2010 제7회 FANEA

동북아농정연구포럼

국제심포지엄

The 7th FANEA International Sysmposium

- 일시 : 2010. 6. 10(목), 09:00~18:00
- 장소 : 제주국제컨벤션센터
- 주최 : 한국농촌경제연구원(KREI), 중국농업과학원 농업경제발전연구소(IAED / CAAS), 일본 농림수산성 농림수산정책연구소(PRIMAFF)
- 주관 : 제주특별자치도, 제주발전연구원, 제주도농업기술원, 제주대학교

2010 제7회 FANEA

동북아농정 연구포럼

국제심포지엄

The 7th FANEA International Symposium

- 일시 : 2010. 6. 10(목), 09:00~18:00
- 장소 : 제주국제컨벤션센터
- 주최 : 한국농촌경제연구원(KREI),
  중국농업과학원 농업경제발전연구소(IAED/CAAS),
  일본 농림수산성 농림수산정책연구소(PRIMAFF)

The 7th FANEA Symposium

1. Date: 2010 June 10th

2. Place: Jeju International Convention Center

3. Time Schedule

9:00-9:20 Registration

9:20-9:40 Opening Ceremony

❍ Opening Remark: Dr. SeIk OH, President of KREI

❍ Welcoming Remark: The Governor of Jeju Special Self-governing Province

❍ Congratulatory Remark: The president of Jeju Development Institute

9:40-9:50 Break Time

9:50-11:10 **Agenda 1 presentation: Agricultural Outlook using Econometric Model**

Moderator: Dong Yang WANG, Vice DG from China

✔ Outlook for Food Consumption by Japanese Household: Considering the Impacts of Low Birthrate, Aging and Altering Generation,
Tetsuro YAKUSHIJI (PRIMAFF)

✔ Agricultural Products Supply and Demand Simulation Model and Its Assumption,
Ninghui LI (IAED/CAAS)

✔ An Analysis on the Effect of the Distribution Control System for Tangerine,
Seong Bo KO(professer, Jeju National University)

11:10-11:20 Break Time

11:20-12:30 Agenda 1: Discussion

Moderator: Dong Yang WANG, Vice DG from China

Panelists: Suk Ho HAN(KREI)

Tomoo HIGUCHI(PRIMAFF)

Xiande LI(IAED/CAAS)

Q&A

12:30-14:30 Lunch

14:30-16:10 **Agenda 2 Presentation: Green Growth in Agriculture and Rural Communities**

Moderator: Kiyoshi CHO, DG from Japan

✔ Implementation of Green Growth Strategy in Agriculture

Chang Gil KIM(KREI)

✔ Impacts of Climate Change on China's Agriculture,

Wei XIONG (Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS)

✔ Building a Supply-Demand System for Eco-Friendly Crops in Jeju for Green Growth,

Seung Jin KANG(Jeju Development Institute)

✔ Current Situation on the Emissions Trading Scheme and Agricultural Sector in Japan,

Daisuke SAWAUCHI(PRIMAFF)

16:10-16:30 Break Time

16:30-17:50 Agenda 2: Discussion

Moderator: Kiyoshi CHO DG from Japan

Panelists: Shin Chan LEE(Jeju Agricultural Research & Extension Service)

Takeo TOMONO(PRIMAFF)

Suoping LI(IAED/CAAS)

Q&A

17:50-18:00 Closing

English Version

1. Outlook for Food Consumption by Japanese Household: Considering the Impacts of Low Birthrate, Aging and Altering Generation / Tetsuro YAKUSHIJI ····· 5

2. Agricultural Products Supply and Demand Simulation Model and Its Assumption / Li Ninghui ····· 19

3. An Analysis on the Effect of the Distribution Control System for Tangerine / Seong Bo KO ····· 37

4. Implementation of Green Growth Strategy in Agriculture / KIM Chang Gil ····· 57

5. Impacts of Climate Change on China's Agriculture / XIONG Wei ····· 73

6. Building a Supply-Demand System for Eco-Friendly Crops in Jeju for Green Growth /KANG Seung-Jin ····· 95

7. Current Situation on the Emissions Trading Scheme and Agricultural Sector in Japan/Daisuke SAWAUCHI ····· 113

Outlook for Food Consumption by Japanese Household: Considering the Impacts of Low Birthrate, Aging and Altering Generation

Tetsuro YAKUSHIJI
Policy Research Institute Ministry of Agriculture,
Forestry and Fisheries

1. Introduction

The falling birthrate and aging of the population are expected to progress.[1] The demographic structure of Japan is such that persons aged 65 and over will comprise 30.5% of the population by 2025 (20.2% as of 2005) while the percentage of persons under age 14 will fall to 10.0% (13.8% as of 2005). Likewise, household composition is predicted to change with one-person households increasing 24.0% to comprise 36.0% of the total (29.5% as of 2005).[2] In this way, the continued falling birthrate and aging coupled with the change in household composition is expected to have a considerable impact on food consumption in Japan.

In this paper, we provide, under certain assumptions, an outlook for food consumption under the conditions of the falling birthrate and aging based on an analysis of changes in per-household food expenditures to date.

2. Basic idea behind the outlook

In developing the outlook in this paper, we posit that food consumption for certain items at certain years in certain age groups is determined by the cohort effect, which differs according to birth year, the age effect, which is concurrent with aging, the period effect, which stems from the change in eras, consumption expenditure, and price. By analyzing these factors we examined what kind of impact these effects have had on consumption to date and what kind of impact they will have in the future. Conventionally, one ascertains these effects by looking at individuals[3], but in this paper we use per-household data by age group of household head. Most food purchases in the household are not made individually by each household member but by a housewife or other household member who makes purchases for the entire household. With this in mind, we believe the use of per-household data is permissible. Therefore, the cohort effect and age effect referred to hereinafter are not effects for individual household members, but the cohort effect that stems from difference in the birth year of the household head for household to which other household members are party and the age effect concurrent with the aging of the household head. As a result, the age effect includes both changes in preference concurrent with ageing and changes in per-capita consumption in line with changes in family composition, such as the birth of children, their growth and their leaving the household as well as changes in lifestyle. In this sense, the age effect we refer to possess such qualities that it could also be called the life-stage effect[4].

There are numerous analyses of food consumption that focus on the cohort effect. One of these is the compilation edited by Mori [3]which covers a wide array of issues—such as estimating individual consumption for several items per age group and problems with estimating the cohort effect—that concern this kind of analysis. More recent works include the analysis by Stewart et al. [4] to link the results of past cohort analyses to future outlooks. They examined the impact of the cohort effect on a vegetable consumption outlook in the United States and found that expenditures on household consumption for younger generations are declining and that expenditures on fresh vegetables will decline when these younger generations replace the older generations. While some works like this one conduct a thorough analysis of one specific item, it seems there are no works to date that have analyzed food consumption across the board. In this paper, we analyze all the items that comprise food expenses and offer an outlook for food consumption. The following analysis owes a great deal to Stewart et al. [4].

3. Data and model

(1) Data used

In this paper we use data from the Family Income and Expenditure Survey, the National Survey of Family Income and Expenditure, and the Annual Report on Consumer Price Index, which are all issued by the Ministry of Internal Affairs and Communications, as well the Households Projections for Japan and the Population Projections for Japan, which are both issued by the National Institute of Population and Social Security Research.

For two-or-more-person households we used the 21 years of data from 1987 to 2007 for expenditures by age group of household head (which did not include farmer, forester and fisher households through 2006) drawn from the Family Income and Expenditure Survey, and we used the 2005 data which includes farmer, forester and fisher households as the default[5]. For one-person households we used the five years of data from 1984 to 2004 for expenditures by sex and age group drawn from the National Survey of Family Income and Expenditure, a survey that is conducted every five years. We used the household number forecast issued in March 2008 and the population forecast issued in December 2006.

In general, the older a household becomes the more it spends on items at high prices; therefore, we eliminated to the extent possible the expenditure differences caused by price differences among household head age groups by using average prices.

For two-or-more-person households we calculate per-capita real expenditures by dividing figures for households by household member numbers for each household head age group, after having calculated real expenditures at 2005 prices using the Consumer Price Index.

(2) Outlook model

Since per-age group data are the average values for each group, we calculated our estimate

using the method of weighted least squares (WLS). We develop the following model to estimate coefficients:

$$\log(E^{(it)}) = \beta_1 + \sum_{c=2}^{n_c} \beta_{2c} \cdot D_{2c}^{(it)} + \sum_{a=2}^{n_a} \beta_{3a} \cdot D_{3a}^{(it)} + \sum_{p=2}^{n_p} \beta_{4p} \cdot D_{4p}^{(it)} +$$

$$(\beta_{51} + \sum_{h=2}^{n_h} \beta_{5h} \cdot D_{5h}^{(it)}) \cdot Y^{(it)} + \beta_6 \cdot P^{(t)} + e^{(it)}$$

Where,

$E^{(it)}$	: Real expenditures per household member (For age group i and year t) (Same throughout))
$D^{(it)}_{2c}$	: Cohort dummy
$D^{(it)}_{3a}$	: Age group dummy
$D^{(it)}_{4p}$	: Period dummy
$D^{(it)}_{5h}$	: Consumption expenditure coefficient dummy
$Y^{(it)}$	: Per capita consumption expenditure (per age group, per year)
$P^{(t)}$	: Price (per year)
$e^{(it)}$	: Error

and β_{ik} is the coefficient to be estimated. In this equation, the second item on the right-hand side is the cohort effect, the third item is the age effect and the fourth item is the period effect.

When one attempts to divide consumption by the cohort effect, age and the period effect, there is a relationship among birth year, age and period (i.e., year) of birth year + age = year; therefore, the problem of variables not being linearly independent has been pointed out[6].

To counter this problem, the forecited Stewart et al. [4] paper posits that persons born in or around the same year possess similar experiences (and exhibit similar behaviors). Based on this, they compiled cohort variables in five-year class interval, age variables in three-year class interval and period variables in two-year class interval in order to avoid this problem (The data used was raw data from Family Income and Expenditure Surveys conducted every three years between 1982 and 2003). We have avoided this problem by similar method although we do not have much freedom to set categories since the data used in this paper is aggregate data.

Unlike data for two-or-more person households, data for one-person households is severely lacking, so we used the results from the National Survey of Family Income and Expenditure which can be used for age groups in 10-year class interval. Since this survey is only conducted every five years, the data we used was the data collected every five years between 1984 and 2004; however, per-gender data for one-person households could be used. For this reason, we developed an outlook with 60 samples over both genders x 6 age groups x 5 years.

We felt the sample size was too small for one-person households to seek the coefficients for consumption expenditures and price simultaneously with other coefficients as we did with two-or-more-person households. As such, we used the coefficients for two-or-more-person households for these. More specifically, we calculated the consumption expenditure elasticity

(per age group) and price elasticity from the results of estimate for two-or-more-person households, and using these, we estimated the other coefficients as independent variables by removing the elements pertaining to consumption expenditure and price from log ($E^{(it)}$).

$$\log(E^{(it)}) - \left(\sum_{h=1}^{n_h} \eta_{Yh} \cdot D_{5h}^{(it)} \cdot \log(Y^{(it)}) + \eta_P \cdot \log(P^{(t)}) \right) = \beta_1 + \sum_{g=1}^{n_g} \beta_{7\,g} \cdot D_{7g}^{(it)} + \sum_{c=2}^{n_c} \beta_{2c} \cdot D_{2c}^{(it)} + \sum_{a=2}^{n_a} \beta_{3a} \cdot D_{3a}^{(it)} + \sum_{p=2}^{n_p} \beta_{4\,p} \cdot D_{4\,p}^{(it)} + e^{(it)}$$

Here, $D^{(it)}{}_{7g}$ is the female dummy and is defined for each age group g (three groupings).η_{Yh} is the consumption expenditure elasticity for age group h, η_p is the price elasticity and $D^{(it)}{}_{5h}$ is the age group dummy.

The number of independent variables for two-or-more-person households totaled 34: 13 for cohorts, nine for age, six for period, one for consumption expenditure, four for consumption coefficients and one for price. The number of samples for this was 10 age groups x 21 years = 210. For one-person households there were a total of 18 independent variables for a sample size of 60: three for female, six for cohorts, five for age and four for period (See Table 1 for details on variables used).

The sample size for two-or-more-person households under the age of 24 was small, so there are large fluctuations according to year. Given this, we defined an outlier dummy for the data which were thought to clearly represent outliers in order to prevent an adverse impact on the coefficient estimation. Likewise for one-person households, we incorporated an outlier dummy for data thought to be outliers as determined from the preceding or following year.

Table 1. List of variables

	Model for two-or-more-person households	Model for one-person households
Female dummy	None	～39 years old 40～59 60～
(Number of variables)		3
Cohort dummy (Birth year dummy)	～1922 (*) 1923～27 1928～32 1933～37 1938～42 1943～47 1948～52 1953～57 1958～62 1963～67 1968～72 1973～77 1978～82 1983～87	～1927 (*) 1928～37 1938～47 1948～57 1958～67 1968～77 1978～87
(Number of variables)	13	6
Age dummy	～24 years old (*) 25～29 30～34 35～39 40～44 45～49 50～54 55～59 60～64 65～	～29 years old (*) 30～39 40～49 50～59 60～69 70～
(Number of variables)	9	5
Period dummy	1987～89 (*) 1990～92 1993～95 1996～98 1999～01 2002～04 2005～07	1984 (*) 1989 1994 1999 2004
(Number of variables)	6	4
Consumption expenditure	(～29 years old) (**)	Unnecessary because elasticities estimated by the model for two-or-more-person households are used.
(Number of variables)	1	
Slope dummy of consumption expenditure	～29 years old (*) 30～39 40～49 50～59 60～	～29 years old 30～39 40～49 50～59 60～69 (same to 60～) 70～ (same to 60～)
(Number of variables)	4	0
Price	Common coefficient for all the age groups	Unnecessary because elasticities estimated by the model for two-or-more-person households are used.
(Number of variables)	1	0
Number of independent variables	34	18

* Excluded from variables

** The coefficient of this variable represents the group that is less than 29 years old because this age group is excluded from the slope dummy variables.

(3) Estimating per-capita future real consumption

Regarding the future outlook, we sought E , the per-household member per-age group expenditures for the estimate year, from the exogenously given $D^{(it)}{}_{2c}$, $D^{(it)}{}_{3a}$, $D^{(it)}{}_{4p}$, $D^{(it)}{}_{5h}$, $Y^{(it)}$ and $P^{(t)}$. Then, we multiplied this by the future average number of household members per household and number of households[7] for each household head age group to calculate overall expenditures.

When we exogenously determine $D^{(it)}{}_{2c}$, we equated the cohort effect for the cohort which will newly enter the lowest age group going forward with the current lowest age group.

Regarding the coefficient for period effect $D^{(it)}{}_{4p}$, when the factor clearly exhibited an increasing or decreasing trend, we altered the future coefficient accordingly. More specifically, we examined the trend in the coefficient for period effect, and when no specific trends could be found, we set the coefficient for the most recent year. When a specific trend could be found, as a rule we adjusted the coefficient by the average annual increase or decrease for the coefficients for the past two periods (six years for two-or-more-person households; 10 years for one-person households) over the 10 years between 2005 and 2015, and we adjusted for the subsequent 10 years by halving that quantity.[8]

For consumption expenditures Y, we calculated changes in per-capita consumption expenditures for future household surveys from the GDP growth rate and population growth rate for Japan used by the OECD [5][9]. The average per-capita real GDP growth rate that we used was then 1.6% for 2005 ~ 2015 and 1.5% for 2015 ~ 2025. Price P was set at the 2005 level.

Since we do not think that consumption is dependent upon the reasons listed above, we set values for school lunch (only for two-or-more-person households) proportionate to changes in the number of pupils.

4. The cohort effect, age effect and period effect in several items

We looked at uncooked rice and cooked food with rice, bread or noodles for two-or-more-person households and observed the coefficients for the estimated cohort dummy, age dummy and period dummy to examine the impact of cohort effect, age effect and period effect on past expenditures. Our analysis is as follows. Uncooked rice is a household cooking ingredient and an example of an item for which demand has fallen. Cooked food with rice, bread or noodles is a home meal replacement and an example of an item for which demand has risen.

Here we set the value of the variables removed from the dummy variables at zero and have included them in the graph. Some of the estimated coefficients have low t-statistics. In the graph, coefficients with a t-statistic of two or higher are highlighted. In addition to these coefficient estimates generated by all variables, we used the backward elimination method to reduce the number of variables and estimate significant coefficients. We did not use them in the projection, but marked coefficients with a t-statistic of two or higher with an X.

(1) Rice

Since the generation born in the 1940s, the cohort effect has decreased continuously and significantly. The age effect from the 30s through the 50s is high, but falls for the 60s and higher. We believe this reflects changes in per-household member consumption concurrent with changes in the age composition of household numbers due to the birth of children, their growth and their leaving the household. The period effect has decreased continuously and significantly (See Figures 1－1－1 ~ 1－1－3).

Given these results, both the cohort effect and the period effect (if this trend continues) are expected to move to reduce future per-capita consumption.

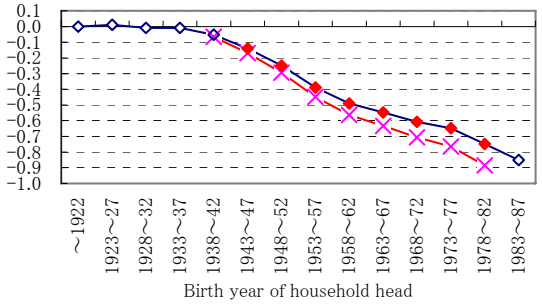


Figure 1-1-1. Cohort effect - 001 Rice

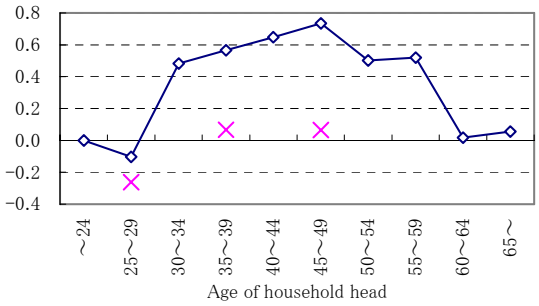


Figure 1-1-2. Age effect - 001 Rice

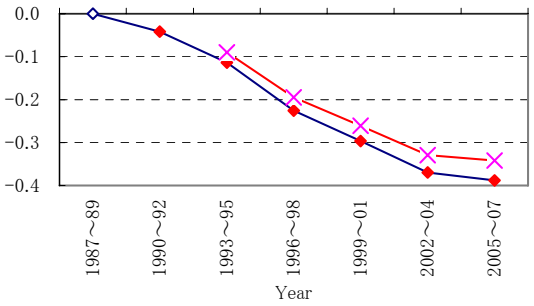


Figure 1-1-3. Period effect - 001 Rice

(2) Cooked food with rice, bread or noodles

The cohort effect for cohorts born after around 1935 increases as birth year's decrease, reaching its peak around 1955. After that it stabilizes (and coefficients to this point are significant) and makes another upturn around birth year 1980. The age effect is highest for 50 year olds. The period effect is on an upward trend and is significant (See Figures 1－2－1 ~1－2－3).

In the future, it is highly likely that the cohort effect will contribute to an increase in consumption, and the same applies to the period effect if this trend continues.

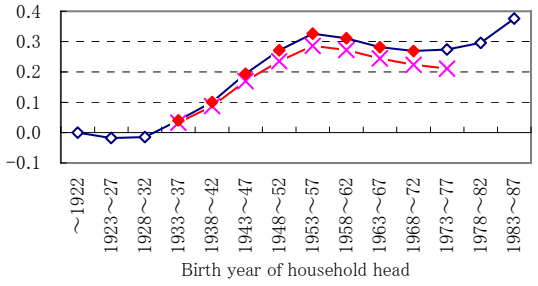


Figure 1−2−1. Cohort effect − 023 Cooked food with rice, bread or noodles

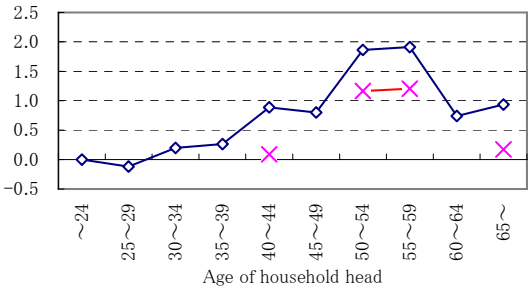


Figure 1−2−2. Age effect − 023 Cooked food with rice, bread or noodles

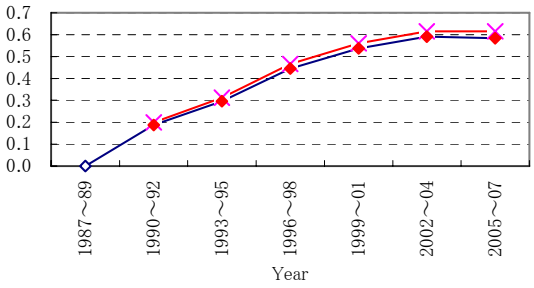


Figure 1−2−3. Period effect − 023 Cooked food with rice, bread or noodles

5. Results of the future outlook

(1) Outlook for 30 food items

Figures 2－1 ~ 2－3 show the past change rate (1990 – 2005 (converted to a 20-year change rate)) and the future change rate (2005 – 2025) for overall real consumption of all of the 30 food items. Data is shown for two-or-more-person households, one-person households, and all households (two-or-more-person households + one-person households).

1) Two-or-more-person households

Due to the decrease in households and household members per household, total food expenditures will fall 11.8%. Looking at each item, expenditures for almost all items will fall with expenditures for six on this rise and expenditures for 24 decreasing. Amidst this trend, expenditures for cooked food with rice, bread or noodles will post a major increase. Expenditures for beverages will also increase. Among items on which expenditures will fall, the decline for rice, fish and shellfish, raw meat, fresh vegetables, fresh fruits and other fresh foods will be steep, while the rate of decline for bread, seasonings, oils and fats, processed meat, soybean products, processed fruits and other processed items and for meals outside the home will be small. While it is not shown here, when one examines per-capita expenditures,

expenditures for eating out, other processed foods, bread, seasoning and oils and fats are expected to increase. A shift from fresh items to processed items and from meals inside the home to eating out and home meal-replacement is forecast (Figure 2－1).

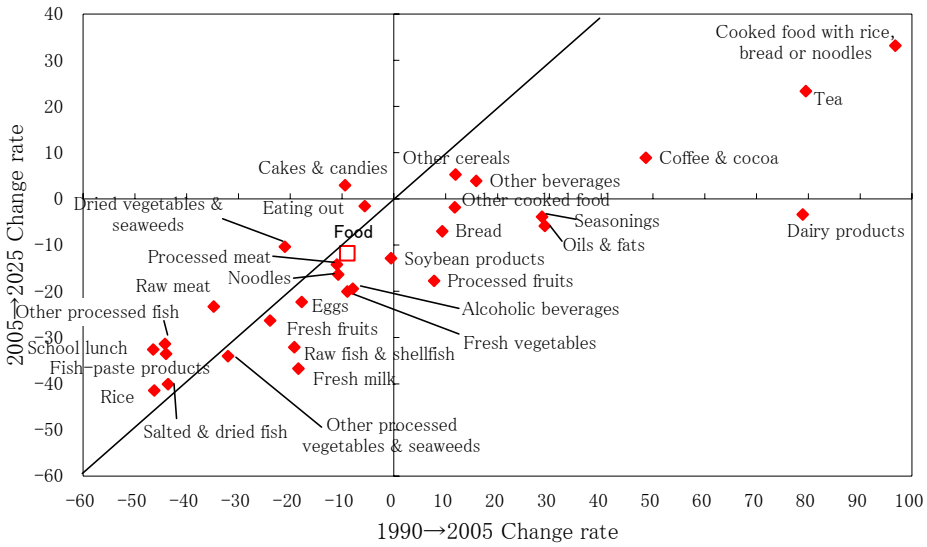


Figure 2-1. Expenditure change (%)
(Two-or-more-person households)

Note: 1990→2005 Change rates have been converted into 20-year change rates.

2) One-person households

Due to the increase in households, total food expenditures will grow 33.7%. Looking at each item, expenditures for almost all items will increase with expenditures for 24 on this rise and expenditures for five falling. Among items on which expenditures will rise, the rate of increase for processed fruits, other cooked foods, oils and fats, tea, soybean products, seasonings, cooked food with rice, bread or noodles, dairy products and other processed items will be high, the rate of increase for rice, fresh vegetables, fish and shellfish and other fresh items will be low. Despite this situation, expenditures for eating out will diminish. A shift from fresh items to processed items is predicted for one-person households as well, but unlike two-or-more-person households, a shift from eating out to home meal replacement is also anticipated (Figure2－2).

3) All households (Two-or-more-person households + one-person households)

Total food expenditures will remain almost the same, falling 1.9%. Looking at each item, expenditures 14 items will increase while expenditures for 16 items will fall—an almost even split. Major increases are forecast for cooked food with rice, bread or noodles, other cooked foods and beverages. The past and future directions of change are the same for almost every item except eating out which will shift from an increase to a decline. This is because they are predicted to fall in one-person household despite the rise in its number. Due to falling household numbers and number of members per household, expenditures for many fresh food items will fall. Expenditures for many processed items are forecast to rise because of the increase in

one-person households. A shift from fresh items to processed items and from at home cooking to purchasing cooked food or home meal replacement is expected to progress. Our diet will be much more dependent on food industry (Figure 2－3).

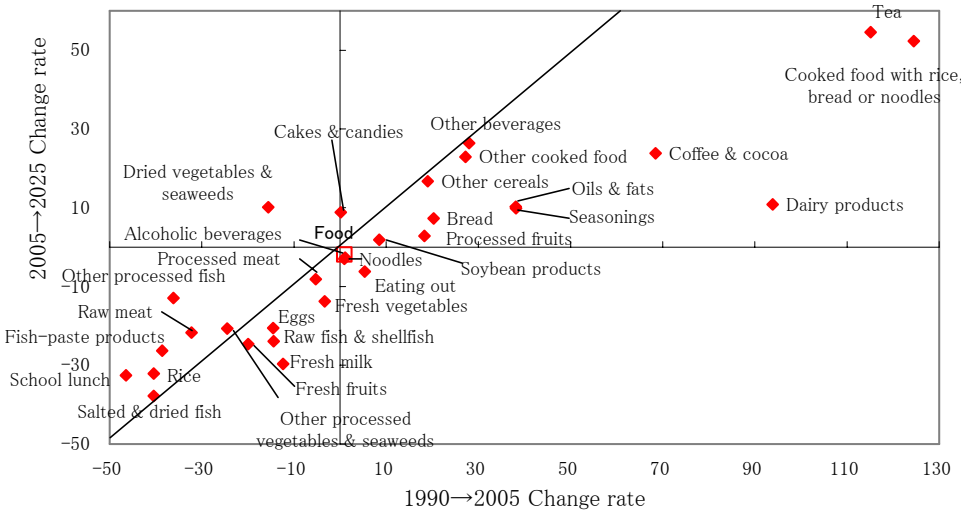


Figure 2-3. Expenditure change (%)
(All households)

Note: 1990→2005 Change rates have been converted into 20-year change rates.

Figure 3 shows the ratio of each food item to total food expenditures. To avoid complication, the 30 food types have been re-grouped into 12 categories. The six items on the bottom of the legend (from Cereals up to Fruits) are those for which ratios will continue to contract, while the next four items (from Oils, fats and seasonings up to Beverages) are those for which ratios will increase. The ratio for alcoholic beverages hardly changes, while that for meals outside the home falls. Cooked food and meals outside the home comprised 34.1% of food and drink expenses in 2005, and this will rise to 37.4% in 2025. Meanwhile, the ratios for fresh items such as rice, fish and shellfish, fresh meat, eggs, fresh vegetables and fresh fruits continue to fall drastically over the years: 32.1% in 1990, 31.0% in 1995, 29.1% in 2000, 26.8% in 2005, 23.5% in 2015 and 21.3% in 2025.

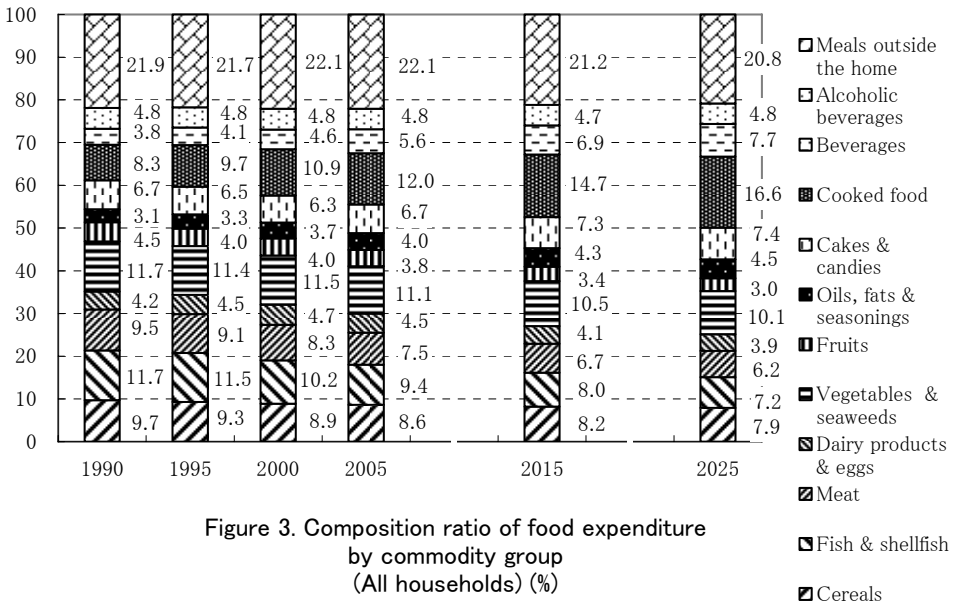


Figure 3. Composition ratio of food expenditure by commodity group (All households) (%)

Note: 2005 price. Totaled in 12 commodity groups.

(2) Outlook by household head age group and household type

Looking at changes in expenditure ratios as a part of overall food expenditures by household head age group (Figure 4), the expenditure ratio for households with household heads aged 60 or older will rise from 37.0% in 2005 to 47.5% in 2025, comprising nearly half of all expenditures.

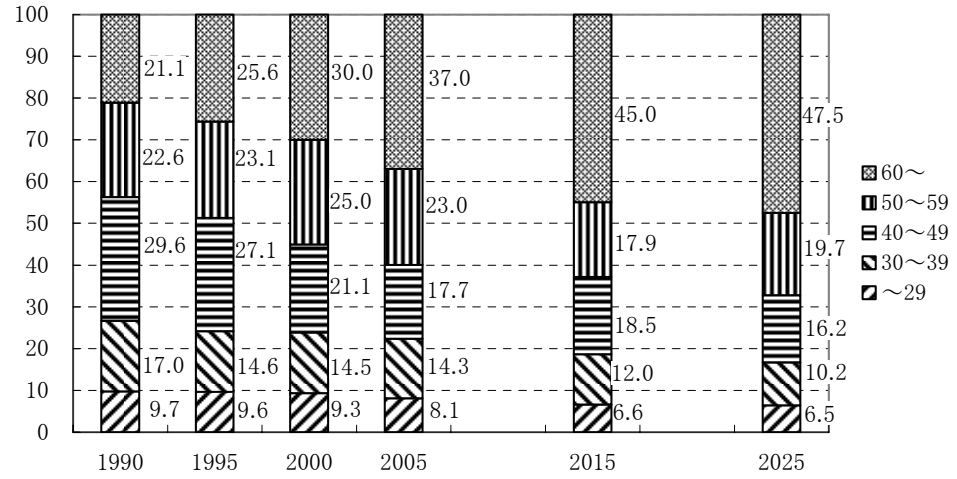


Figure 4. Composition ratio of food expenditure by age group of household heads (All households) (%)

Note: 2005 price.

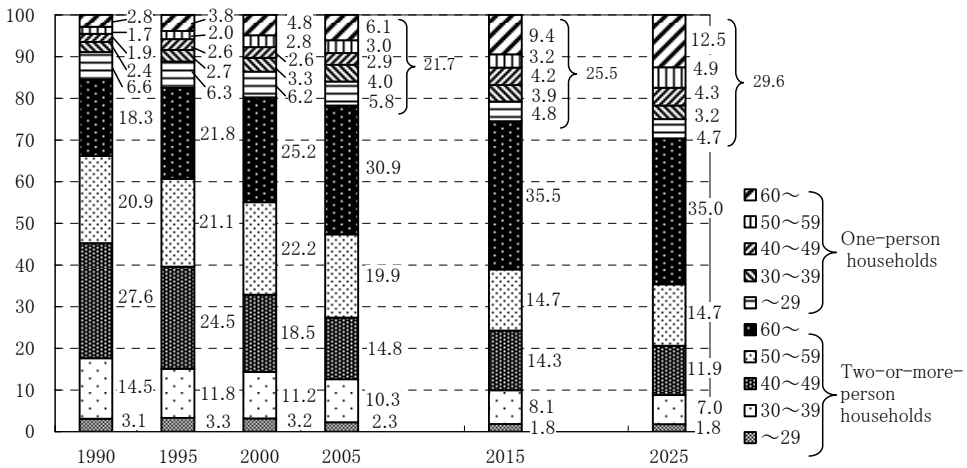


Figure 5. Composition ratio of food expenditure by age group of household head, by family type of household (%)

Note: 2005 price.

Looking at expenditure ratios as a part of overall food expenditures for one-person households versus two-or-more-person households (Figure 5), ratios for one-person households will rise from 21.7% in 205 to 29.6% in 2025, comprising nearly 30% of all expenditures.

Figure 6 shows the per-item consumption ratios for households with household heads aged 60 or older. Consumption ratios for almost all items rise in households with household heads aged 60 or older. One can see higher ratios for fruits (fresh fruits and processed fruits); seafood (raw fish and shellfish, salted and dried fish, fish-paste products and other processed fish); and dried vegetables and seaweeds and lower ratios for eating out; beverages (tea, coffee and cocoa and other beverages); cooked food with rice, bread or noodles; bread; noodles and meat (raw and processed).

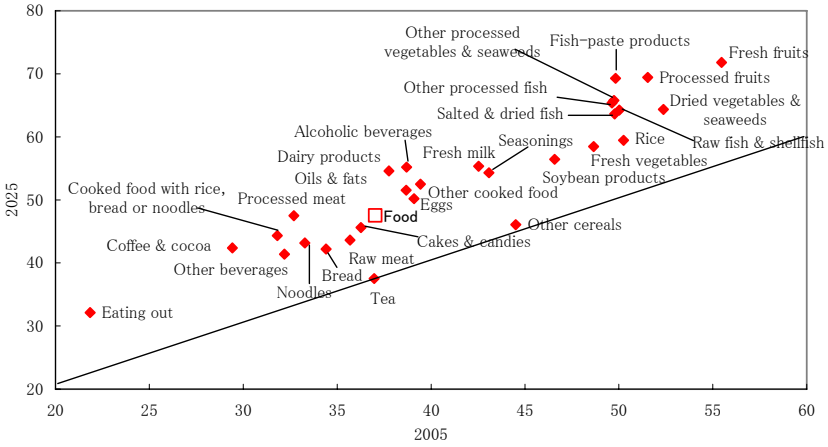


Figure 6. Proportion of expenditure by households with heads aged 60 or older (All household) (%)

Figure 7 shows the per-item consumption ratios for one-person households. Excluding eating out, ratios in 2025 will increase over 2005 levels. Items with high ratios in 2005 that will rise higher include tea, coffee and cocoa and cooked food with rice, bread or noodles. Items with low ratios in 2005 that will not rise significantly include meat (raw and processed), salted and dried fish and eggs.

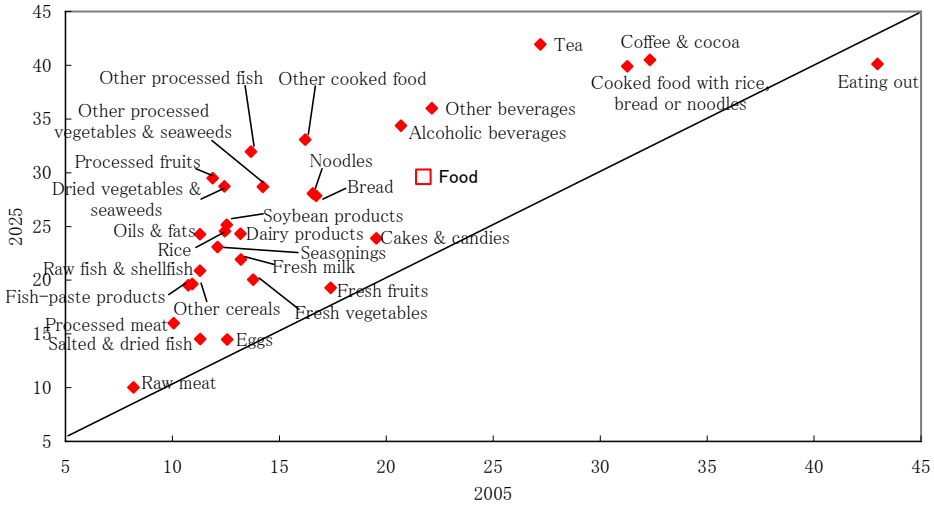


Figure 7. Proportion of expenditure by one-person households (%)

6. Conclusion

In this paper, we examined the cohort effect, age effect and period effect as factors that have an impact on per-capita consumption in household for the expenditures on 30 food items in the Family Income and Expenditure Survey. In addition to price and consumption expenditures, we analyzed these effects on past data, and based on this, we provided an outlook for future consumption given certain assumptions.

By offering a future outlook that assumes a measure of growth in consumption expenditures, our findings have shown a shift from fresh items to processed items, from at-home cooking to purchasing cooked food or home meal replacement, so that the externalization of food, more specifically the dependency of our diet on food industries, will progress.

Let us briefly touch on the relationship between these findings and consumers' recent return to cooking at home. This point was mentioned in the *Annual Report on Food, Agriculture and Rural Areas in Japan FY2008*, but we did not examine it in this paper. If this is a reflection of the recent economic situation, then trends would move toward another dependency on food industries concurrent with a long-term economic recovery. As mentioned earlier, the outlook in this paper was developed based on a certain measure of GDP growth. We should state that this is one reason why, in our findings, expenditures on processed items and cooked food—both which have high consumption expenditure elasticities—will rise sharply, contributing to continuing

externalization of food.

In closing, the estimates in this paper are for items purchased as part of household budgets, so we did not give any consideration to demand for agricultural raw materials. For example, we predict a steep decline in the consumption of raw items purchased as part of household budgets, but the consumption of agricultural raw materials will increase indirectly by way of processed items purchased and the shift to home meal replacement. When viewed through the lens of agricultural raw materials, direct consumption in household will fall, but the potential exists for a large increase in demand for raw materials for processed goods. While the extent of this change is unclear, we must point out that, in this paper, as consumption of fresh items by household declines, overall demand for agricultural raw materials will not fall.

Literature Cited

[1] National Institute of Population and Social Security Research. "Population Projections for Japan" (December 2006 estimates). Available at http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikei07/index.asp (Downloaded November, 21, 2008)

[2] National Institute of Population and Social Security Research. "Households Projections for Japan" (March 2008 estimates). Available at http://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2008/t-page.asp (Downloaded November, 21, 2008)

[3] Hiroshi Mori, ed., (2001). *Cohort Analysis of Japanese Food Consumption—New and Old Generations*, August 2001, Senshu University Press.

[4] H. Stewart and N. Blisard (2008), "Are Younger Cohorts Demanding Less Fresh Vegetables?", *Review of Agricultural Economics*, Vol. 30, No. 1, Spring 2008.

[5] OECD (2008), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*.

---

1 Based on National Institute of Population and Social Security Research estimates for medium variant for fertility (and medium variant for mortality) in [1].

2 Based on [2].

3 Mori, ed. [3] contains individual consumption estimates by age for fruits and several other items.

4 Based on a suggestion from Professor Yukihiko Uehara, Meiji University Global Business Graduate School.

5 Individual data, not aggregate data, is used in Stewart et al. [4].

6 Identification issues such as these are discussed in detail in Hirohiko Asano's "Comparative Methodological Study of Cohort Analysis" (in Mori, ed. [3]).

7 In the National Institute of Population and Social Security Research's household number estimates, estimates are given for household numbers per age group of household head but not for household member numbers. For this reason, we separately estimated household member numbers by using population estimates for two and three-generation households per family types in the 2005 Population Census.

8 We halved the change rate since it is difficult to assume that change over the past six to 10 years will continue at the same rate for 20 years.

9 There is a major discrepancy between the change rate for household consumption expenditures derived from National Accounts and the change rate for consumption expenditures (for two-or-more-person households) derived from the Family Income and Expenditure Survey. For this reason, based on the relationship between past per-capita real GDP growth and the Family Income and Expenditure Survey-based per-capita real consumption expenditure change rate, we converted the real GDP growth rate into the Family Income and Expenditure Survey-based real consumption expenditure change rate, thereby making it exogenous.

Agricultural Products Supply and Demand Simulation Model and Its Assumption

LI Ninghui
Institute of Agricultural Economics
Chinese Academy of Agricultural Sciences

Chinese food security is important not only for China's economy development and Chinese livelihood but also for the whole world's food security, which makes it necessary to simulate and project the variation of production, consumption, and trade of agricultural products, project In order to analyze various agricultural economic behaviors, relations, phenomena, effects on whole national economy, and future development trends, it is necessary to find factors affecting economy simultaneously and to build some dynamic economic model system for which some new theories and methods are appealed. It is this consideration that elicit CAPSiM (CCAP's Agricultural Policy Simulation Model)..

Theoretical structure of CAPSiM

CAPSiM is driven either by endogenous or by exogenous determinants of supply and demand. Supply equations, which are decomposed by area and yield for crops and output for meat and other products, allow producer own price and cross market responses, as well as the effects of shifts in technology stock on agriculture, irrigation stock, ratio of erosion area to total land area, ratio of salinity area to cultivate area, yield change due to exogenous shock of climate, and yield change due to other exogenous shock.

Demand equations, which are decomposed by urban and rural, allow consumer own-price and cross market responses, as well as the effects of shifts in income, population level, market development and other shocks.

The general framework is presented in the following figure.

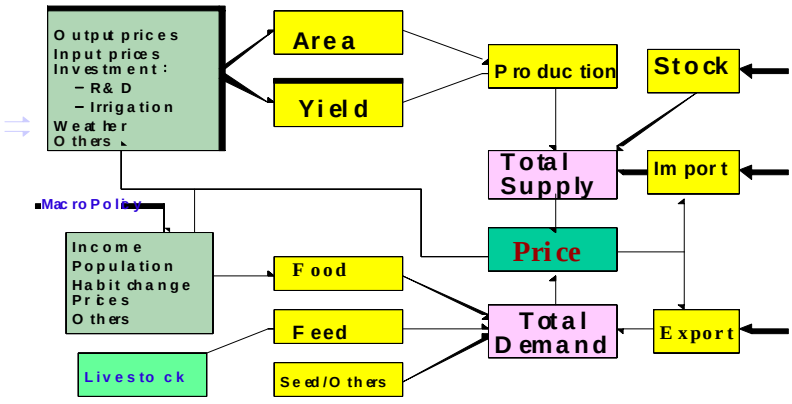


Figure III. 1 CAPSiM Framework

The theoretical models of CAPSiM are given below.

Let: $\hat{X} = dX/X$ *(percentage change in X) in the following equations.*

1. Domestic Production

1.1. Crop Production

Crop production is the product of harvested area and yield. Crop harvested area is a Cobb-Douglas function of the crop's own price and other crops' prices, and responds to the exogenous shocks from climate, policy and the other sources. Yield is a Cobb-Douglas function of the crop's own price, agriculture technology stock and irrigation stock, and responds to the exogenous shocks from climate and other sources. All parameters used in these models are econometrically estimated.[1]

Area:

$\log A_{it} = a^{A}_{i0} + \Sigma_j b^{A}_{ij}(\log p^{S}_{jt})$

***Yield*:**

$\log Y_{it} = a^{Y}_{i0} + \Sigma_j b^{Y}_{ij}(\log p^{S}_{jt}) + c_i \log R_t + k_i \log I_t + g_i \log (Erosion_t) + h_i \log (Salinity_t)$

Production:

$Q^{S}_{it} = A_{it} * Y_{it}$

Variation Relationship:

$$\hat{Q}^{S}_{it} = \hat{A}_{it} + \hat{Y}_{it} + (Z^{A1}_{i(t-1)} + Z^{A2}_{it} + Z^{A3}_{it} + Z^{Y1}_{it} + Z^{Y2}_{it}).$$

Where:

A: Crop harvested area.

Z^{A1}: percentage change in area due to exogenous shock of climate.

Z^{A2}: percentage change in area due to exogenous shock of policy.

Z^{A3}: percentage change in area due to other exogenous shock.

p^{S}: prices of output and input for producer.

Y: crop yield per hectare.

R: agriculture technology stock.

I: irrigation stock.

Erosion: ratio of erosion area to total land area.

Salinity: ratio of salinity area to cultivate area.

Z^{Y1}: percentage change in yield due to exogenous shock of climate.

Z^{Y2}: percentage change in yield due to other exogenous shock.

i: index crop, including: rice, wheat, maize, sweet potato, potato, other coarse grains, soybean, cotton, oil crop, sugar crop, vegetable, and other crops.

j: index crop output and input, including: rice, wheat, maize, sweet-potato, potato, other

[1] The parameters of these two models (1998) are given in Appendix 2 Table 1 and Table 2.

coarse grains, soybean, cotton, oil crop, sugar crop, vegetable, and other crops, fertilizer, labor, and land.

Constraints:

- When i>j, $b^{A}_{ij} = b^{A}_{ji} * A_j / A_i$ because $(dA_i/dp_j^S)/(dA_j/dp_i^S)=p_i^S/p_j^S$. It means that the area's marginal rate of substitution between any two crops must be equal to their price ratio.
- $\sum_j b_{ij}^A = 0$ because of homogenous of degree zero. It means that an equal percentage change in all prices leads to no change in the crop area response.
- When $i \neq j$, $b^{Y}_{ij} = 0$, it means that crop yield responds to the change in its own price only.

Note:

- *In this crop production model, if CAPSiM runs in endogenous mode and if A_{it} is fixed exogenously, at least one of the three shocks, $Z^{A1}_{i(t-1)}$, Z^{A2}_{it} and Z^{A3}_{it}, must be endogenized. Similarly, if Y_{it} is fixed exogenously, at least one of the two shocks, Z^{Y1}_{it} and Z^{Y2}_{it}, must be endogenized.*
- *When i>j, b^{A}_{ij} varies yearly due to the first constraint.*

1.2. Livestock Production

Livestock production is a Cobb-Douglas function of prices of output and input for producer and responds to the exogenous shocks from disease and the other sources.[2]

Production:

$\log q_{it} = a^{q}_{i0} + \Sigma_j b^{q}_{ij} (\log p^{S}_{jt})$

Variation Relationship:

$$\hat{q}_{it} = \hat{q}_{it} \mid_{without_shocks} + Z^{q1}_{it} + Z^{q2}_{it}$$

Where:

q: total livestock production.

Z^{q1}: livestock production change due to exogenous shock of disease.

Z^{Y2}: livestock production change due to other exogenous shocks.

p^S: prices of output and input for producer.

i: index meat production, including: pork, beef, mutton, poultry, egg, milk, fish.

j: index meat and input, including: pork, beef, mutton, poultry, egg, milk, fish, maize and labor.

Constraints:

- When $i \neq j$, $b^{q}_{ij} = 0$, it means that livestock production responds to the change in its own price only

Production by Mode:

In China, livestock is produced in three production modes: backyard, specialized household, and commercial intensive production. In order to analyze the technological coefficients of input

[2] Parameters of this model (1998) are given in Appendix 2 Table 3.

and output in livestock production, the total livestock production is decomposed into three parts according to these three modes. The share of output in each production mode is subject to be changed from year to year.[3]

$q_{ikt} = \theta_{ikt} * q_{it}$

$\theta_{ikt} = \theta_{ik(t-1)} + \gamma_{ik}$

$\Sigma_k \theta_{ikt} = 1$

Where:

θ: share of each production mode.

γ_{ik}: annual change in θ.

k: index production mode, including: backyard, specialized household, and commercial intensive production.

2. Domestic Demand

On the demand side, the changes in urban economy have made urban consumers almost entirely depend on markets for their consumption need. In this sector, prices and income changes will likely be the fundamental forces driving change in consumption patterns.

Rural residents live in a very different environment from their urban counterparts and exhibit a different kind of demand behavior. Taking this fact into account, the demand models for urban and rural areas are given separately, which differ in the inclusion of the food market development index.

Among the domestic demand models, grain consumption is divided into two parts: grain that is directly consumed for food and grain that is fed to animals and consumed indirectly which is inputted from underlying demand equations for pork, beef, mutton, poultry, fish, eggs and milk.

Similar to supply side, this part of the analysis uses econometrically estimated parameters. Demand parameters are estimated using an Almost Ideal Demand System framework and based on household survey data. Elasticities of expenditure are estimated to vary according to the level of income.

2.1. Food Demand

Food demand is a Cobb-Douglas function of consumer prices, per capita income and food market development index in rural area. At first, per capita demands in rural and urban areas are calculated separately, then, national per capita demand is calculated by using rural and urban population as weights.[4]

$\log d^R_{it} = a^{RD}_{i0} + \Sigma_j b^R_{ij}(\log p^D_{jt}) + e^R_i \log Y^R_t + m_i \log (MKT_t)$

$\log d^U_{it} = a^{UD}_{i0} + \Sigma_j b^U_{ij}(\log p^D_{jt}) + e^U_i \log Y^U_t$

$d_{it} = \theta^R_t d^R_{it} + \theta^U_t d^U_{it}$

$D_{it} = d_{it} * Pop_t$

Where:

[3] Coefficients are given in Appendix 2 Table 4.

[4] Parameters of this model are given in Appendix 2 Table 5 (Urban) and Table 6 (Rural).

d^R, d^U: per capita demand in rural, urban.
d: national per capita demand.
D: national total demand.
p^D: consumer price.
Y^R, Y^U: per capita income in rural, urban.
MKT: food market development index.
b^R, b^U: price elasticity matrix of demand in rural, urban.
e^R, e^U: income elasticity vector of demand in rural, urban.
m: market development elasticity of demand in rural.
θ^R, θ^U: rural share, urban share in the total population.
Pop: total population
i: index non-livestock food, including: rice, wheat, maize, sweet potato, potato, other coarse grain, soybean, sugar, oil, fruit, vegetable, and other food, pork, beef, mutton, poultry, egg, milk, and fish.

Constraints:

- When i>j, b^R_{ij} = Expenditure Share$_j$ * (b^R_{ji} / Expenditure Share$_i$ + Real income$_j$ - Market development$_i$).
- Cournot$_j$ = $\sum_i b^R_{ij}$ *Expenditure Share$_i$ + Expenditure Share$_j$. Walras' law. (The properties of Cornot and Engel aggregation). It means that total expenditure cannot change in response to a change in prices.
- The constraints on b^U_{ij} are the same as those on b^R_{ij} except there is no Market Development in the first constraint.

Note:

- *When i>j, b^R_{ij} and b^U_{ij} vary yearly due to the first constraint.*

2.2. Total Feed Demand

In this model, feed demand in different grain is obtained by tracing the quantity of grain consumed by different livestock produced in different production modes. Once the demand for meat and other animal products is known, the implied feed demand is calculated by applying a set of feed conversion ratios. Then total feed demand is calculated by using the grain's share as weight. The feed/meat ratio, efficient gain in feeding livestock and grain i's share in total feed grain are estimated from other surveys out of CAPSiM. The feeding efficiency of hogs is expected to increase slightly over time. Meat products are assumed to be produced in China and to be sufficient to satisfy demand. The alternative assumption of net import of meat is also made to investigate the effects of meat imports on the demand for total grain.[5]

$D^{FeedG}_{jt} = \Sigma_k(1 + \delta_{jkt})\beta_{jk}\theta_{jkt}q_{jt}$
$\theta_{jkt} = \theta_{jk(t-1)} + \gamma_{jk}$
$D^{FeedG}_{t} = \Sigma_j D^{FeedG}_{jt}$

[5] θ, γ, β and δ are given in Appendix 2 Table 4, f and r_f are given in Appendix 2 Table 7.

$D^{FeedG}_{it} = \Sigma_i f_{it} D^{FeedG}_t$

$f_{it} = (1 + r_f)^t f_{i(t-1)}$

Where:

D^{FeedG}: Total Feed Demand.

θ: share of each production mode.

γ_{ik}: annual change in θ.

β: Feed/meat ratio.

δ: Efficient gain in feeding livestock.

f: grain i's share of total feed grain.

r_f: annual growth rate of f.

i: index individual grain and other feed, including: rice, wheat, maize, sweet potato, other coarse grain, and soybean.

j: index meat product, including: pork, beef, mutton, poultry, egg, milk, and fish.

k: index production mode, including: backyard, specialized household, and commercial intensive (company) production.

2.3. Other Grain Demand

Other grain demand includes grain used as seed, grain used in industry and grain wasted due to post-harvest loss. Quantity of grain used as seed depends on the crop-harvested area. Quantity of grain used in industry this year is calculated based on that used last year. Quantity of grain wasted is calculated as share of crop production.[6]

$D^{Seed}_{it} = (1 + \beta^S_t)^t d^{Seed}_{i(t-1)} A_{it}$

$D^{Ind}_{it} = (1 + \beta^I_i)^t D^{Ind}_{i(t-1)}$

$D^{Waste}_{it} = (1 + \beta^W_i)^t d^{Waste}_{i(t-1)} Q^S_{it}$

Where:

A: Crop harvested area.

D^{Seed}: Seed grain use.

D^{Ind}: Industrial grain use.

D^{Waste}: Grain post-harvest loss.

d^{Seed}: Seed grain use (kg) per hectare.

d^{Waste}: Waste (loss) as share of production.

β^S: annual growth of seed use per ha.

β^I: annual growth of industrial grain use.

β^W: annual growth of post-harvest loss.

i: index individual grain, including: rice, wheat, maize, sweet potato, potato, other coarse grain, soybean.

[6] Coefficients of this model are given in Appendix 2 Table 8.

2.4. Total Grain Demand

Total grain demand is the summation of total food demand, total feed demand, seed use, industry use and total wasted which exhaust total grain consumption.

$D^{G}_{it} = D^{FoodG}_{it} + D^{FeedG}_{it} + D^{Seed}_{it} + D^{Ind}_{it} + D^{Waste}_{it}$

Where:

D^{G}: Total Grain Demand.

D^{FoodG}: Total Food Grain Demand.

i: index individual grain, including: rice, wheat, maize, sweet potato, potato, other coarse grain, soybean.

3. Grain Stock

Grain stock this year is inferred by referencing the increase in gain demand and grain stock last year as well as the effect of change in price on grain stock.

$B^{G}_{it} = B^{stock}_{i(t-1)} (1 + \Psi D^{G}_{it} / D^{G}_{i(t-1)}) - \Psi B^{stock}_{i(t-1)} + Lp^{D}_{it}$

Where:

B^{G}: Grain stock.

p^{D}: consumer price.

L: marginal change in grain stock due to grain price change.[7]

$\Psi = 0$ if long-term grain stock is constant over time. That is, $B^{G}_{it} - B^{stock}_{i(t-1)} = Lp^{D}_{it}$, implying the change in stock is a linear function of consumer price. It is this formula that is used in this study since we are doing long-term simulation and projection.

$\Psi = 1$ if the proportion of grain stock to consumption is constant over time. That is, $B^{G}_{it} / D^{G}_{it} - B^{stock}_{i(t-1)} / D^{G}_{i(t-1)} = Lp^{D}_{it}$, implying the change in the ratio of stock to consumption is a linear function of consumer price. This formula is used in short-term (usually less than 5 years) simulation and projection.

In terms of this formula, the stock change will be directly affected by domestic consumer price, and indirectly affected by world market price through trade because domestic consumer price will be affected by world market price via trade model. Because the value of L is negative, if the consumer price keeps decrease, the stock will keep increase (in the case of $\Psi = 1$, if the stock grows faster than consumption). In this case, according to the government stock policy, we give a maximum stock for each commodity (30% of each product production). If the stock grows so that the stock level is greater than the maximum, the export will be forced to increase exogenously while the stock level will be maintained unchanged. In the opposite case, the minimum stock level is set at 5% of production. In this case, if the stock decreases due to the increase in consumer price so that the stock level is less than the minimum, the import will be forced to increase while the stock level will be maintain unchanged.

[7] L: rice –0.19, wheat –0.2, maize –0.3, sweet potato –0.3, potato –0.3, other grains –0.2, soybean –0.35.

Trade Behavior

After estimating the changes in production of and demand for agriculture products by using the models given above, we can get the percentage changes in import and export by decomposition equation derived from constant elasticity of substitution (CES) mechanism, in response to the percentage changes in their prices domestically and abroad.

Consider the two components case, where the elasticity of substitution is defined as the percentage changes in the ratio of the two cost-minimizing component demands, given a 1 percent change in the inverse of their price ration:

$$\sigma \equiv (q_1 \hat{/} q_2)/(p_2 \hat{/} p_1). \qquad \text{(V.1)}$$

For larger values of σ, the rate of change in the quantity ratio exceeds the rate of change in the price ratio and the cost share of the component that becomes more expensive actually falls. Expressing equation (V.1) in percentage change form, we obtain:

$$(\hat{q}_1 - \hat{q}_2) = \sigma(\hat{p}_2 - \hat{p}_1). \qquad \text{(V.2)}$$

CES functional form gives the following relationship between the changes in quantities demanded of components and the composite good:

$$\hat{q} = \theta_1 \hat{q}_1 + (1-\theta_1)\hat{q}_2, \qquad \text{(V.3)}$$

where θ_1 is the cost share of component 1 and $(1-\theta_1)$ is the cost share of component 2. Solving for $\hat{q}_2$ gives:

$$\hat{q}_2 = (\hat{q} - \theta_1 \hat{q}_1)/(1-\theta_1), \qquad \text{(V.4)}$$

which may be substituted into (V.2) to yield:

$$\hat{q}_1 = (1-\theta_1)\sigma(\hat{p}_2 - \hat{p}_1) + \hat{q}. \qquad \text{(V.5)}$$

Note that this conditional demand equation is homogeneous of degree zero in price, and the compensated cross-price elasticity of demand is equal to $(1-\theta_1)\sigma$.

CES functional form also gives the following relationship between the changes in prices of components and the composite good:

$$\hat{p} = \theta_1 \hat{p}_1 + (1-\theta_1)\hat{p}_2. \qquad \text{(V.6)}$$

First we solve for $\hat{p}_2$ as a function of $\hat{p}_1$ and $\hat{p}$, then substitute this to (V.5) to obtain:

$$\hat{q}_1 = \sigma(\hat{p} - \hat{p}_1) + \hat{q}. \qquad \text{(V.7)}$$

Note that *the form of equation (V.7) is unchanged when the number of components increases beyond two*. This equation decomposes the change in the derived demand, $\hat{q}_1$, into two parts. The first is the substitution effect. It is the product of the constant elasticity of substitution and the percentage changes in the ration of the composite price to the price of component 1. The

second is the expansion effect. Owing to constant return to scale, this is simply an equi-proportionate relationship between composite and component.

4. Trade

In this trade model, FOB and CIF prices are first exchanged into domestic currency. After that, they are transformed into domestic market prices at the national level by deducting producer subsidy expenditure. Then, the percentage changes in the quantities imported and exported are given in the form of equation (V.7), in which the percentage changes in composite quantity and price are the percentage change in total quantity demanded and weighed averages percentage changes in producer price, consumer price, import price and export price by using their cost share in the last year as weights, respectively. The elasticity of substitution $\sigma = 2.2$ (FAO).[8]

$$\hat{X}_{it}^{import} = \sigma(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^{import}) + \hat{\tau}_{it}$$

$$\hat{X}_{it}^{export} = -\sigma(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^{export}) - \hat{\tau}_{it}$$

$X^{netimport}_{it} = X^{import}_{it} - X^{export}_{it}$
$p^{import}_{it} = p^{ib}_{it}(1 + PSE^{import}_{it})$
$p^{export}_{it} = p^{xb}_{it}(1 + PSE^{export}_{it})$
$p^{ib}_{it} = XR_t p^{cif}_{it}$
$p^{xb}_{it} = XR_t p^{fob}_{it}$
Where:
X^{import}: Import.
X^{export}: Export.
$X^{netimport}$: Net import.
XR: Exchange rate.
p^{rural}: Rural consumer price.
p^{cif}: CIF price.
p^{fob}: FOB price
PSE: Producer subsidy expenditure.
i: index individual grain, including: rice, wheat, maize, sweet potato, potato, other coarse grain, soybean, sugar, pork, beef, mutton, poultry, egg, and fish.

5. Market Clearing

Total supply equals total demand.

[8] CIF price and FOB price are subject to changes in the prices of traded commodities in world market which are estimated based on projection of world market prices made by World Bank. Exchange rate is given in Appendix 1 Table 1.

$X^{netimport}_{it} + S^{G}_{it} = D^{G}_{it} + B_{it} - B_{i(t-1)}$

3. The formation of the equilibrium among endogenous determinants in CAPSiM model system

CAPSiM is driven by endogenous determinants of supply and demand.

Supply equations, which are decomposed by area and yield, grain and meat, allow producer own price and cross market responses as well as the effects of shifts in technology stock of agriculture, irrigation stock, ratio of erosion area to total land area, ratio of salinity area to cultivate area, yield change due to exogenous shock of climate, and yield change due to other exogenous shock.

Demand equations, which are decomposed by urban and rural areas, grain and meat, allow consumer own price and cross market responses as well as the effects of shifts in income, population level, market development and other shocks.

The total change in supply of different commodities between periods is derived by first order derivative of equation 1.1 (for grain) or equation 1.2 (for meat). It can be stated in terms of its components, as follows:

$$(1)\ \frac{\Delta S_{it}}{S_{i(t-1)}} = \eta_{si}\frac{\Delta P_{it}}{P_{i(t-1)}} + \sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}} + \delta c_i\frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \delta k_i\frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + \delta g_i\frac{\Delta Z_t^{Erosion}}{Z_{t-1}^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_t^{Salinity}}{Z_{t-1}^{Salinity}}$$

where:

S_{it} = market supply curve for i^{th} commodity;

η_{si} = own price elasticity of supply of i^{th} commodity;

η_{sj} = cross price elasticity of supply of i^{th} commodity;

δ = 1 for grain and 0 for meat;

In a similar fashion, total change in demand for different commodity between periods is derived by first order derivative of equation 2.1 or equation 2.2

$$(2)\ \frac{\Delta D_{it}}{D_{i(t-1)}} = \xi_{di}\frac{\Delta P_{it}}{P_{i(t-1)}} + \sum_{j\neq i}\xi_{dj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}} + e_i\frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} + \delta m_i\frac{\Delta Z_t^{MKT}}{Z_{t-1}^{MKT}}$$

where:

D_{it} = domestic demand curve for i^{th} commodity;

ξ_{di} = own price elasticity of demand for i^{th} commodity;

ξ_{dj} = cross price elasticity of demand for i^{th} commodity;

δ = 1 for rural, 0 for urban.

Figure V.6 below graphically illustrates price determination in period *t+1*. Finding the equilibrium values, P_1^* and Q_1^* requires knowing S_1 and D_1 first. Recall from (1) and (2) above that for the i^{th} commodity, when $\Delta P_{it} = 0$, the following is evident:

$$(3)\ \frac{\Delta S_t\,|_{\Delta P_{it}=0}}{Q_{t-1}^*} = \sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}^*} + \delta c_i\frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \delta k_i\frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + \delta g_i\frac{\Delta Z_t^{Erosion}}{Z_{t-1}^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_t^{Salinity}}{Z_{t-1}^{Salinity}}$$

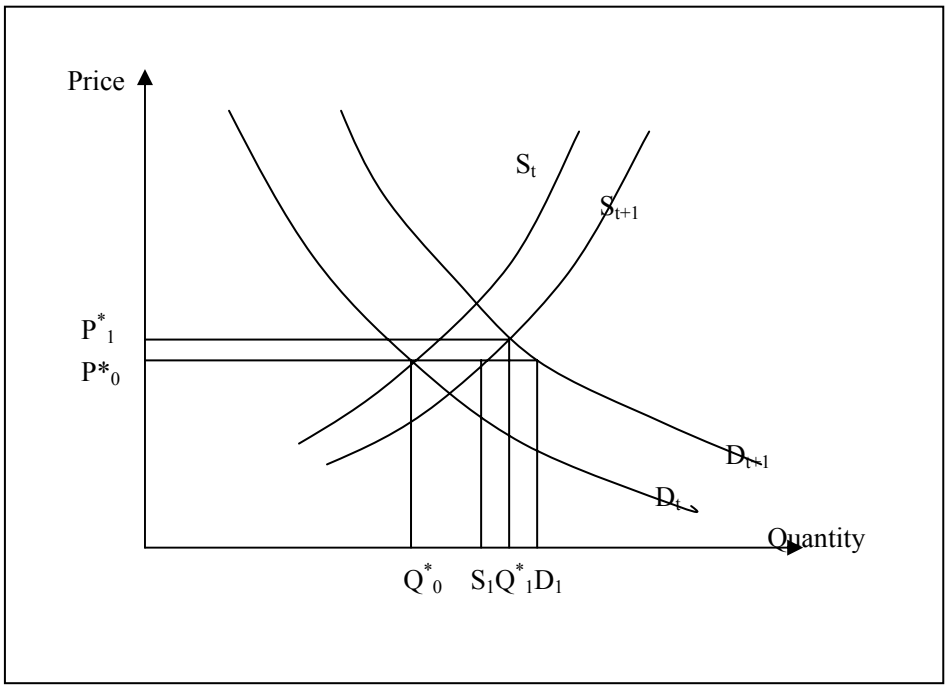
$$(4)\ \frac{\Delta D_t \mid_{\Delta P_{it}=0}}{Q^*_{t-1}} = \sum_{j \neq i} \xi_{dj} \frac{\Delta P_{jt}}{\Delta P^*_{j(t-1)}} + e_i \frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} + \delta m_i \frac{\Delta Z_t^{MKT}}{Z_{t-1}^{MKT}}$$

With such relationships, Figure V.6 shows S_1 and D_1 can be deduced as follows:

$$(5) S_1 = Q^*_0 [1 + \sum_{j \neq i} \eta_{sj} \frac{\Delta P_{j1}}{P^*_{j0}} + \delta c_i \frac{\Delta R_1}{R_0} + \delta k_i \frac{\Delta I_1}{I^*_0} + \delta g_i \frac{\Delta Z_1^{Erosion}}{Z_0^{Erosion}} + \delta h_i \frac{\Delta Z_1^{Salinity}}{Z_0^{Salinity}}]$$

$$(6) D_1 = Q^*_0 [1 + \sum_{j \neq i} \xi_{dj} \frac{\Delta P_{j1}}{P^*_{j0}} + e_i \frac{\Delta Y_1}{Y_0} + \delta m_i \frac{\Delta Z_1^{MKT}}{Z_0^{MKT}}]$$

Figure V.6



Note that (5) and (6) simply add Q_o^* and the changes in demand or supply attributed to shiftors, i.e. variables other than own price which is held constant at P_o^*. Once S_1 and D_1 are known, the equilibrium values are solved using the following equations:

$$(7) \Delta P_1 = \frac{P^*_o (D_1 - S_1)}{(S_1 \eta_s - D_1 \xi_d)} \ \textit{such that}\ \ P^*_1 = P^*_o + \Delta P_1$$

$$(8) Q^*_1 = D_1 [1 + \xi_d \frac{\Delta P_1}{P^*_o}] = S_1 [1 + \eta_s \frac{\Delta P_1}{P^*_o}]$$

From hereon, the cycle of calculations repeats in a recursive, dynamic fashion for the entire simulation period.

Demand Elasticity

Almost Idea Demand System (AIDS) (Deaton and Muellbauer，1980) is used as theoretical framework of demand research in CAPSiM. The general form of AIDS can be expressed as follows:

$$w_i = A_i + B_i\log(X/P) + \Sigma_j r_{ij}\log(p_j) \quad (1)$$

Where, i, j = 1, …, n; w_i is the cost share of commodity i in total expenditure, X. p_j is commodity j's price, P is price index, defined as:

$$\log(P) = a_0 + \Sigma_k A_k\log(p_k) + 1/2\Sigma_k\Sigma_j r_{kj}\log(p_k)\log(p_j) \quad (2)$$

a_0, A_i, B_i and r_{ij} are parameters to be estimated. Because the mode of food consumption is subject to the influence of non-income and non-price variables, i.e., structure factors, the change (Z) in the structure factors should be taken into account in AIDS. Hereon, we assume that the parameters A_i and B_i in equation (1) and (2) are linearly related to z_j，j = 1, …, n：

$$A_i = a_i + \Sigma_s a_{is} z_s \quad (3)$$

$$B_i = b_i + \Sigma_s b_{is} z_s \quad (4)$$

Where $Z = (z_1, \ldots, z_m)$; a_i, a_{is}, b_i and b_{is} are parameters to be estimated.

According to properties of demand theory, we have the following constraints conditions for equation (1) ~ (4):

adding up:

$$\Sigma_i a_i = 1 \quad (5a)$$

$$\Sigma_i a_{is} = \Sigma_i b_{is} = 0，\ s = 1, \ldots, m \quad (5b)$$

$$\Sigma_i b_i = 0 \quad (5c)$$

$$\Sigma_i r_{ij} = 0 \quad (5d)$$

Homogeneity:

$$\Sigma_j r_{ij} = 0 \quad (6)$$

Symmetry:

$$r_{ij} = r_{ji}，\ i \neq j \quad (7)$$

The stochastic structure forms of equation (1)~(4) can be obtained by adding subscript h representing household's characteristics, and adding an error term ε_{ih} in equation (1).

The demand system above is of nonlinear form. Suppose that the distribution of ε_{ih} is multivariate normal. The parameters in above nonlinear equation system can be estimated by ML estimation of sufficient statistics. In this estimation, homogeneity and symmetry are imposed.

There are 8 components in Z: 3 dummy variables (town, city and occupation) and 5 demographic variables (family size, age groups, etc.). Because the dependent variable is budget (cost) share, covariance matrix is singular and one of these equations must be cancelled.

Consumer's income elasticity (e_{iy}), uncompensated price elasticity (e_{ij}) and compensated price elasticity (ce_{ij}) can be expressed as:

$$e_{iy} = 1 + (b_i + \Sigma_s b_{is} z_s)/w_i \quad (8)$$

$$e_{ij} = -\delta_{ij} + r_{ij}/w_i - (b_i + \Sigma_s b_{is} z_s)[\, a_i + \Sigma_s a_{is} z_s + \Sigma_k r_{kj}\log(p_k)]/\, w_i \quad (9)$$

$$ce_{ij} = e_{ij} + w_j e_{iy} \quad (10)$$

δ_{ij} is Kronecker delta.

In equation (8)~(10), the expenditure of demand and price elasticity vary when urbanization level, occupation, family structure, and other factors change.

Mathematically, the effect of z_i can be expressed as:

Keeping other variables unchanged, to derivate equation (1) with respect to the m^{th} z_i to get:

$$dw_i = a_{im}dz_m - (b_i + \Sigma_{s\neq m}b_{is}z_s)[\ \Sigma_j a_{js}\log(p_j)]dz_m \qquad (11)$$
$$- \{b_{im}\Sigma_j a_{js}\log(p_j)$$
$$+b_{im}[\log x - a_0 - \Sigma_j(a_j + \Sigma_{s\neq m}a_{js}z_s)\log(p_j)$$
$$-\Sigma_i\Sigma_j r_{ij}\log(p_i)\log(p_j)]dz_m\}$$

The changes in income and price are embodied in equation (11). Dividing (10) with w_i, we get the percentage change in consumption of the i^{th} commodity (q_i) at different z_m level, i.e.:

$$dw_i/w_i = dq_i/q_i \qquad (12)$$
$$= \{a_{im}dz_m - (b_i + \Sigma_{s\neq m}b_{is}z_s)[\ \Sigma_j a_{js}\log(p_j)]dz_m$$
$$- \{b_{im}\Sigma_j a_{js}\log(p_j)$$
$$+b_{im}[\log x - a_0 - \Sigma_j(a_j + \Sigma_{s\neq m}a_{js}z_s)\log(p_j)$$
$$-\Sigma_i\Sigma_j r_{ij}\log(p_i)\log(p_j)]dz_m\}\}/w_i$$

The price ealticities for urban and rural households used in CAPSiM are Marshall uncompensated since we are more interested in substitute effects among commodities when comparative prices change. The following two tables give these elasticities estimated from household data in 2005.

Table 2-1 Urban household's Marshall uncompensated price elasticities

	Milled rice	Wheat	Maize	Sweet -potato	Potato	Other Coarse	Soybean	Cotton	Edible Oil	Sugar	Vegetables	Fruits
Milled Rice	-0.22579	0.03991	0.00014	0.00017	-0.00027	-0.00046	-0.00153	0.00669	0.00757	-0.00672	-0.06062	0.00664
Wheat	0.06015	-0.33352	0.00015	0.00015	-0.00103	-0.00049	-0.00303	0.01817	0.00986	-0.00413	-0.05373	-0.00109
Maize	0.00938	0.00629	-0.27686	0.00515	0.00094	0.01941	0.00028	0.02402	0.01144	0.00011	-0.05285	0.01048
Sweet-potato	0.00960	0.00594	0.00443	-0.43984	-0.00227	0.01414	0.00033	0.01640	0.00253	-0.00172	-0.04248	-0.00597
Potato	-0.00767	-0.01030	0.00004	-0.00085	-0.16484	0.00396	0.00357	0.02700	0.00649	-0.00082	-0.16942	0.02687
Other Coarse	-0.00342	-0.00256	0.00810	0.00687	0.00789	-0.09103	0.00005	0.03043	0.01450	0.00032	-0.06531	0.01375
Soybean	-0.01284	-0.01367	-0.00015	-0.00018	0.00179	-0.00053	-0.39719	0.00635	0.00500	0.00125	-0.00535	0.01038
Cotton	0.00364	0.01498	0.00067	0.00043	0.00407	0.00209	0.00155	-0.37648	0.02828	0.01025	-0.00207	0.01030
Edible Oil	0.00793	0.00784	0.00026	-0.00011	0.00107	0.00082	0.00164	0.03060	-0.74139	-0.01858	-0.04127	-0.00376
Sugar	-0.04942	-0.02173	-0.00020	-0.00055	-0.00063	-0.00050	0.00131	0.04069	-0.07111	-0.52302	-0.00144	0.03352
Vegetables	-0.02357	-0.01421	-0.00056	-0.00057	-0.00509	-0.00166	-0.00026	0.00129	-0.00741	0.00017	-0.44822	0.01664
Fruits	-0.00232	-0.00432	-0.00008	-0.00034	0.00132	-0.00019	0.00090	0.00428	-0.00178	0.00286	0.02473	-0.59471
Pork	-0.01431	-0.00902	-0.00020	-0.00029	-0.00006	-0.00040	0.00073	-0.00039	0.00106	0.00076	0.01332	-0.02791
Beef	-0.00583	-0.00586	-0.00007	-0.00020	-0.00155	-0.00002	0.00132	0.00451	0.00928	0.00118	-0.01054	-0.02793
Mutton	-0.00521	-0.00639	0.00004	-0.00012	-0.00260	0.00035	0.00259	0.00899	0.01796	0.00234	-0.00554	-0.02722
Poultry	-0.01272	-0.00899	-0.00007	-0.00021	-0.00054	-0.00015	0.00067	-0.00251	0.01363	0.00146	-0.03149	0.00567
Eggs	-0.00588	-0.00737	0.00005	-0.00018	-0.00039	0.00023	0.00180	-0.00158	0.00966	0.00193	-0.00408	-0.01126
Milk	0.00527	0.00266	0.00013	0.00004	0.00052	0.00040	0.00121	-0.00495	-0.00947	0.00085	0.02363	-0.01762
Fish	-0.00291	-0.00281	-0.00008	-0.00014	0.00027	-0.00014	0.00256	0.00326	0.00353	0.00121	0.00499	-0.00064
Other Food	-0.01451	-0.01055	-0.00041	-0.00048	-0.00069	-0.00104	-0.00172	-0.00374	-0.00652	-0.00145	-0.04144	-0.02680
Non-food	-0.00976	-0.00519	-0.00022	-0.00013	-0.00118	-0.00069	-0.00226	-0.00788	-0.00261	-0.00129	-0.02592	-0.00742

Table 2-1 Urban household's Marshall uncompensated price elasticities (continued)

	Pork	Beef	Mutton	Poultry	Eggs	Milk	Fish	Other food	Non-food
Milled Rice	-0.03723	0.00239	0.00076	-0.00707	-0.00114	0.02226	0.00958	0.01364	0.33109
Wheat	-0.03397	-0.00017	-0.00138	-0.00817	-0.00742	0.02046	0.00675	0.00113	0.43131
Maize	0.00270	0.00733	0.00569	0.00998	0.01215	0.02721	0.01528	0.01274	0.49915
Sweet-potato	-0.00601	0.00397	0.00270	0.00373	0.00202	0.02193	0.01183	0.01254	0.76122
Potato	0.00266	-0.01047	-0.01211	-0.00408	-0.00483	0.01543	0.01113	0.03604	-0.04782
Other Coarse	0.01736	0.01125	0.00874	0.01269	0.01690	0.03190	0.02080	0.01909	0.44166
Soybean	0.02282	0.00899	0.00738	0.00789	0.01121	0.01668	0.03354	0.02003	-0.02339
Cotton	-0.00859	0.00741	0.00689	-0.00550	-0.00610	-0.00718	0.01148	0.02216	-0.21831
Edible Oil	0.01389	0.01661	0.01569	0.03403	0.01972	-0.01488	0.01807	0.00021	0.35163
Sugar	0.02235	0.00858	0.00760	0.01410	0.01341	0.01381	0.01929	0.00465	0.08929
Vegetables	0.02607	0.00061	0.00021	-0.00939	-0.00116	0.01870	0.00925	-0.01391	0.17807
Fruits	-0.06804	-0.01061	-0.00674	0.00605	-0.00853	-0.00705	0.00242	-0.03983	0.32197
Pork	-0.48279	0.01824	0.01407	0.01072	-0.00545	0.01255	0.03223	-0.01490	0.05202
Beef	0.08647	-0.82323	0.01234	0.08648	0.01004	0.00500	-0.00163	0.01795	0.04227
Mutton	0.12985	0.02329	-0.85573	0.08451	0.00025	0.00684	-0.00394	-0.00105	0.18080
Poultry	0.03124	0.05659	0.03054	-0.70081	0.06002	0.00731	0.04596	0.00436	0.00004
Eggs	-0.01506	0.01028	0.00100	0.06960	-0.59360	0.04421	0.02791	-0.01252	0.18526
Milk	0.02088	0.00144	0.00055	0.00278	0.03095	-0.92967	-0.01324	-0.02181	0.15543
Fish	0.06338	0.00040	-0.00120	0.02861	0.01276	-0.00441	-0.74215	-0.01805	0.15156
Other Food	-0.05265	-0.00461	-0.00454	-0.01082	-0.01502	-0.01126	-0.02270	-0.42987	-0.53920
Non-food	-0.04113	-0.00574	-0.00286	-0.01166	-0.00920	-0.00379	-0.01247	-0.09524	-0.96496

Table 2-2 Rural household's Marshall uncompensated price elasticities

	Milled rice	Wheat	Maize	Sweet -potato	Potato	Other Coarse	Soybean	Cotton	Edible Oil	Sugar	Vegetables	Fruits
Milled Rice	-0.37040	0.00155	0.00158	-0.00037	0.00115	-0.00180	0.00071	0.01419	0.00265	-0.00079	-0.04031	-0.00069
Wheat	-0.00007	-0.34222	0.00184	-0.00033	0.00359	-0.00136	-0.00046	0.02481	0.00775	-0.00096	-0.05152	-0.00062
Maize	0.03802	0.02706	-0.30506	0.00408	0.00769	0.04323	-0.00086	0.03536	0.00988	-0.00061	-0.05643	0.00480
Sweet-potato	-0.01158	-0.00377	0.03515	-0.07963	0.01059	0.05790	-0.00072	0.04013	0.00166	-0.00298	-0.07287	-0.00945
Potato	0.04399	0.09433	0.02745	0.00449	-0.26792	0.00399	0.00475	0.02877	0.03328	-0.00098	-0.11204	0.01799
Other Coarse	-0.00352	0.00384	0.06377	0.00994	0.00223	-0.16996	-0.00179	0.04189	0.01181	-0.00054	-0.06361	0.00745
Soybean	0.01473	-0.01491	-0.00551	-0.00062	0.00376	-0.00609	-0.51400	0.03482	0.00465	0.00050	-0.01235	0.00558
Cotton	0.00580	0.02224	0.00359	0.00052	0.00113	0.00318	0.00197	-0.79466	0.00393	0.00066	0.00612	0.01018
Edible Oil	-0.00409	0.00952	-0.00007	-0.00032	0.00238	0.00003	0.00036	0.01199	-0.62862	-0.02616	-0.06233	0.00241
Sugar	-0.04212	-0.02785	-0.00517	-0.00139	-0.00100	-0.00370	0.00022	0.01276	-0.24439	-0.47464	0.00126	0.03737
Vegetables	-0.03980	-0.02764	-0.00637	-0.00088	-0.00188	-0.00495	-0.00033	0.00798	-0.01245	0.00015	-0.42118	0.01643
Fruits	-0.02576	-0.01426	-0.00225	-0.00087	0.00121	-0.00122	0.00025	0.01831	-0.00028	0.00457	0.08590	-0.75157
Pork	-0.03381	-0.02098	-0.00576	-0.00073	-0.00027	-0.00317	-0.00033	0.00117	0.00214	0.00030	-0.04031	-0.01857
Beef	-0.01614	-0.01545	-0.00365	-0.00045	-0.00957	-0.00210	0.00049	0.02031	0.04155	0.00174	-0.04464	-0.01796
Mutton	0.00244	-0.00209	-0.00121	-0.00007	-0.00149	-0.00022	0.00123	0.02039	0.04108	0.00202	-0.03989	-0.02617
Poultry	-0.01688	-0.01811	-0.00434	-0.00042	-0.00051	-0.00309	0.00041	-0.00411	0.04723	0.00164	-0.04394	0.02914
Eggs	-0.00743	-0.01581	-0.00234	-0.00035	-0.00030	-0.00150	0.00088	0.00001	0.01525	0.00165	-0.06226	-0.00331
Milk	-0.00588	-0.00230	0.00108	0.00001	-0.00011	0.00043	0.00047	-0.04229	-0.09177	0.00053	-0.00949	-0.01271
Fish	-0.00573	-0.01335	-0.00177	-0.00010	-0.00001	-0.00073	0.00120	0.00665	0.01003	0.00125	-0.05040	0.01127
Other Food	-0.03500	-0.01942	-0.00475	-0.00044	-0.00012	-0.00344	-0.00054	0.00563	0.00077	-0.00039	-0.01560	-0.00375
Non-food	-0.04167	-0.02773	-0.00394	-0.00061	-0.00161	-0.00320	-0.00132	-0.01331	-0.01092	-0.00103	-0.06179	-0.00613

Table 2-2 Rural household's Marshall uncompensated price elasticities (continued)

	Pork	Beef	Mutton	Poultry	Eggs	Milk	Fish	Other food	Non-food
Milled Rice	-0.01611	0.00115	0.00380	0.00174	0.00254	0.00641	0.01302	0.00100	0.27898
Wheat	-0.01978	-0.00021	0.00267	-0.00241	-0.00402	0.00636	0.00575	0.00241	0.21877
Maize	-0.03031	0.00070	0.00443	-0.00125	0.00319	0.01153	0.01567	0.00430	0.48458
Sweet-potato	-0.03441	0.00071	0.00567	0.00191	0.00164	0.01033	0.02080	0.02004	0.35890
Potato	0.00973	-0.04731	-0.00590	-0.00104	-0.00090	0.00591	0.01308	0.02916	-0.08084
Other Coarse	-0.00416	0.00210	0.00646	-0.00040	0.00531	0.01155	0.02081	0.00647	0.45040
Soybean	0.00169	0.00395	0.00791	0.00760	0.01151	0.00800	0.02794	0.00768	0.11315
Cotton	-0.00702	0.00573	0.00642	-0.00513	-0.00491	-0.01147	0.00987	0.02221	0.01964
Edible Oil	0.02594	0.01816	0.02005	0.04653	0.01687	-0.03491	0.02334	0.02898	0.19993
Sugar	0.02153	0.00739	0.00940	0.01554	0.01527	0.00696	0.02339	0.00680	0.19236
Vegetables	-0.02509	-0.00205	-0.00188	-0.00534	-0.01227	0.00450	-0.00310	0.01340	0.14777
Fruits	-0.10810	-0.00815	-0.01340	0.03173	-0.00656	-0.00248	0.02353	-0.00194	0.22134
Pork	-0.50216	0.00773	0.01162	0.01851	0.01136	0.00510	0.02663	0.00520	-0.01368
Beef	0.09170	-0.74365	0.10223	0.09357	0.04078	-0.00036	-0.00977	0.01996	-0.14858
Mutton	0.12492	0.09163	-0.85695	0.06280	0.01889	0.00055	-0.00738	0.00425	-0.03472
Poultry	0.09893	0.04077	0.03065	-0.78608	0.04166	0.00066	0.03894	0.00460	-0.00717
Eggs	0.06487	0.01673	0.00939	0.03874	-0.74832	0.05448	0.02210	0.01902	0.19851
Milk	0.01108	-0.00375	-0.00326	-0.00724	0.11802	-0.95956	-0.00947	0.00764	-0.14143
Fish	0.07732	-0.00453	-0.00425	0.02314	0.01037	-0.00112	-0.78703	0.00342	-0.12563
Other Food	-0.01233	0.00090	-0.00088	-0.00246	-0.00118	0.00330	0.00222	-0.60579	-0.10675
Non-food	-0.06746	-0.00662	-0.00600	-0.01246	-0.01072	-0.00344	-0.01579	-0.04587	-1.06160

An Analysis on the Effect of the Distribution Control System for Tangerine

Seong Bo KO
Professor of Applied Industrial
Economics at Juju National University

Ⅰ. Introduction

Citrus Unshiu (the satsuma, satsuma tangerine, mikan, Jeju satsuma) producers, producer cooperatives and distributors (on the Jeju Island) voluntarily agreed to adopt the "mandate for controlled satsuma distribution" based on the "act on agricultural product distribution and price stabilization" in October 2003 for field-grown satsumas in response to a drastic drop in the fruit's prices for four consecutive years from 1999 to 2002.

The mandate was spreaded nationwide since 2004 with government registered wholesalers/wholesale markets continuing to adopt the mandate to those satsumas produced until 2006. The results were field-grown satsuma price stabilization for four years between 19999 and 2002 and increased crude income for three consecutive years from 2004 to 2006 to over KRW 600 billion. And it seemed as if the "formula (the mandate = significant increase in crude income from satsuma = regional economic promotion)" could be set up.

Although the mandate was adopted with the same contents as that of 2006 to those field-grown satsumas produced in 2007 and 2009, the years of overproduction, the price of 10kg of the satsuma dropped an average of 20% (for those produced in 2009) and 40% (for those produced in 2007) compared to the average price between 2003 and 2006. Consequently, the above formula (the mandate = price hike) was shown to be not effective, which demonstrated that the mandate was no longer the "panacea" for price increase. Therefore, this formula valid from 2003 to 2006 needed to be analyzed quantitatively in detail in comparison to the years 2007 and 2009 when satsuma prices plummeted.

The purpose of this study was (1) to analyze the background/causes behind the introduction of the mandate for the first time in 2003 and (2) to quantitatively analyze the effect of mandate adoption on satsuma prices and farm incomes.

Ⅱ. Significance and background on the introduction of the mandate for controlled satsuma distribution

1. Significance and effect of the mandate

The mandate for controlled satsuma distribution was a voluntary self-help distribution

tool/program by producer cooperatives to legally control producers and middle distributors with the approval by the Minister for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries in order to improve farm incomes and distribution efficiency by controlling the amount or quality of products distributed in markets.

Generally, the following are the benefits and drawbacks consequent to the adoption of distribution mandates but it is not easy to quantify the actual effect of this mandate program and whether it was carried out effectively.

The benefits of the distribution mandate include ① market and price stabilization by reducing market uncertainties by supporting markets, ② farm income and satsuma price increases in a stable basis, ③ an orderly distribution of agricultural products, ④ transfer of market power from distributors to producers, ⑤ increased information in markets and increased market efficiency, ⑥ quality improvement by stimulating farmers to produce quality agricultural products and guarantee quality products to consumers, and ⑦ increased demand from R&D on markets, product development and marketing.

The drawbacks include ① increased consumer prices, ② decreased choice for consumers, ③ the issue of free riders, ④ significant administrative, supervisory and monitoring costs, ⑤ difficulty in resolving differences in interest among farms and regions, and ⑥ stagnation in improving quality and product variety by taking the program for granted. Especially, the issue of free riders props up because it is difficult to completely control the distribution amount so that it is not an exaggeration to say that the success of this mandate program heavily depends on minimizing free riders because they can reduce the effect of mandate or completely remove the effect in the worst case.

2. Background for the introduction of the mandate for controlled satsuma distribution (for satsumas produced in 2003) for the first time

A. Causes of satsuma price plummeting and decline in the Jeju economy

The Jeju economy suffered as prices of field-grown satsuma produced for four consecutive years from 1999 to 2002 plummeted as never seen before.

Firs, this continued decline decreased the crude income from satsuma by 40% from KRW 515.8 billion in 1998 to KRW 316.4 billion in 2002. Second, the average farm income also decreased from KRW 39 million in 1996 to KRW 22~24 million since 1999 to 2001 but increased slightly because of vegetable price increases to KRW 293 million in 2002. Third, the average debt per each farm on the Jeju Island, which remained the national average at less than KRW 13 million until 1997, started to increase drastically since the financial crisis of Korea to KRW 30.84 million in 2001 and to KRW 32.53 million in 2002, which was a 36% increase compared to the national average of KRW 24 million. Fourth, this sharp decline in satsuma prices drastically decreased the GRDP ratio of the primary industry of the Jeju Island from 25.3% to 16.7% during the same period, and the per capita GRDP to KRW 8.85

million, which was only 78.4% of the national average at KRW 11.28 million. The problem is compounded from the fact that the ratio of workers in the primary industry on the Island was high at around 25%.

Then, what was the cause of plummeted satsuma prices? Although satsuma farmers point out the culprit to be over supply due to imported oranges and satsuma over production, exports indicated poor quality of satsuma and over supply of fruits other than this tangerine. On the other hand, along with these causes, wholesalers in Garak whole sale market (the largest fruit and produce wholesale market in Korea) pointed out a decline in satsuma flavor, consumption decline, production of fruits alternative to the satsuma such as strawberries, and poor quality satsuma due to such factors as rottenness, as some of the causes of satsuma price decline. In other words, there was a gap between producers and consumers for the causes of price decline with the former pointing out the amount of production as the basic problem of the satsuma industry, whereas the latter, the quality. Consumers thought the basic problem lied in quality and the amount of production thought to be important for producers was not such a serious problem to the point of being behind distribution.

In other words, the satsuma suffered two-tier problems in which it had less quality competitiveness compared to other fruits (domestic and imported oranges) and decreasing cost competitiveness in which decreasing prices of other fruits brought about price decreases in other fruits as well as the satsuma. The sugar-acid ratio used for the quality of field-grown satsuma decreased significantly since 1999 to less than 9.0 compared to 1998 (the year when the crude income from the satsuma was over KRW 500 billion) at 9.8 and 1996 at 10.0.

<Table Ⅱ-1> Comparison of the quality and crude income per year from field-grown *Onju* mikan grown on the Jeju Island

Year	Sweetness (。Bx)	Sourness (%)	Sugar-acid ratio	Production amount (ton)	Crude income (in KRW 100 million)
’94	10.8	1.2	9.0	548,945	5,521
’95	9.9	1.4	7.1	614,770	4,334
’96	11.1	1.1	10.0	479,980	6,079
’97	11.2	1.2	9.3	693,200	4,009
’98	9.8	1.0	9.8	543,980	5,158
’99	8.9	1.0	8.9	638,740	3,257
2000	9.8	1.1	8.9	563,341	3,708
2001	10.3	1.16	8.9	646,023	3,617
2002	9.6	1.36	7.1	788,679	3,164
평균	10.15	1.16	8.8	613,073	4,316

Source : Report from the satsuma testing field

<Table Ⅱ-2> Plunge in satsuma prices and decline in Jeju regional economy

Unit : in KRW 10,000, %

Year	Farm income	Farm debt	Regional gross domestic product (GRDP) related		
			Ratio of the primary industry	Per GRDP	Comparison to national average (=100)
1993	2,113	694	27.2	521.2	85.0
1994	2,217	809	27.3	626.4	90.1
1995	2,722	855	31.0	720.4	90.8
1996	2,990	1,163	24.8	766.5	87.6
1997	2,238	1,298	24.1	845.3	90.0
1998	2,596	1,869	25.3	780.6	85.3
1999	2,224	2,572	25.7	860.0	85.7
2000	2,473	2,934	22.4	881.2	82.4
2001	2,476	3,084	16.7	885.5	78.4
2002	2,930	3,253	-	-	-

Sources : "Report on farm economy statistics" from MIFAFF and "Report on GRDP" by Statistics Korea for each year.

B. Limitations and problems of ordinance related with the production and distribution of Jeju Island satsuma

Until now programs related with Jeju satsuma were adopted upon the "ordinance related with the production and distribution of Jeju Island satsuma", which was based on the "special law to transform Jeju Island into an international free economic zone" (article 50 on stable supply and demand on agricultural, forestry and fishery products). However, the ordinance is carried out not in tune with the "act on distribution and price stabilization of agricultural, forestry and fishery products" of the central government (MIFAFF), central to stable supply and demand of these products. In other words, the act allows the enforcement and policy support for all satsuma-related organizations including sellers and satsuma farms. On the other hand, at the legal interpretation level, the ordinance can be used to punish those who illegally distribute non-standard Jeju satsuma in Garak wholesale market; however, it is a regional law effective in limited terms because it is based on the regional special law of Jeju Island.

<Table Ⅱ-3> Comparison of benefits and drawbacks of satsuma policy implementation based on the ordinance and the act

Category	Local government-oriented satsuma policies based on the ordinance	Satsuma policies at national level based on the act
Applicable period	Temporary (2011)	No limitation
Applicable region	Jeju province	Nationwide
Policy consistency	Lack of consistency, high potential	Lack of consistency, low potential
Enforcement commitment and effectiveness	Relatively low	Relatively low
Usability in mobilizing policy support funds	Not easy due to disagreement between policy enforcement platform and support funds (agriculture stabilization funds)	Easy due to agreement between policy enforcement platform and support funds (agriculture stabilization funds)
Safety and practicability	Low (amendable)	High(can differ each year based on mandate order)
Policy direction	Top down	Bottom up (Self-funding, mandate, etc)
Perception by Jeju people	Recognized as an autonomous ordinance not having to be abided by	Recognized as enforceable legal policies

It is true that the ordinance was amended due to many reasons such as changes in local government heads as Korea transformed from a centrally oriented government to one that granted more power to local governments. And this change was believed to be an important factor in the ordinance being operated at a short-term basis rather than medium to long-term basis and lack of consistency in policies based on the ordinance. And of course, there are free riding farmers and merchants who tried to use the loopholes innate to the ordinance such as the currently loose legal system and lack of strong committment to enforce the law related with coming elections to choose local government representatives.

This reality was reported through an article in Jemin Daily Newspaper on January 3, 2003, titled "local governments abiding by law suffer". The article reported on unintended victims who suffered as a result of local governments not taking legal actions against those who violated the ordinance for the fear of added civil complaints due to other uncooperative local government, even in the face of illegal satsuma distribution. And the article also pointed out the issue of public opposition by illegal distributors who had been fined based on the ordinance.

The Jeju satsuma producers cooperative discovered a total of 967 cases of illegal distribution between 1997 to 2002 but fine was levied in only 19.4% of the cases at 188 cases, whereas the remaining 776 cases (80.29%) received a warning or citation.

<Table Ⅱ-4> Crackdowns and levying of fines on non-standard satsumas

Year	Number of crackdowns	Levying of fines	Warning or citation issued	Others
1997-2002	967 (100%)	188 (19.4%)	776 (80.2%)	3 (0.3%)

Source : Internal data from Satsuma Department of Jeju Provincial Office

3. Contents of the mandate for controlled satsuma distribution and crackdowns on satsumas produced in 2009

A. Contents of the mandate for controlled satsuma distribution for satsumas produced in 2009

The Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF) announced the mandate for controlled distribution, barring the shipment of non-standard field-grown Jeju satsuma produced in 2009 from October 29, 2009 to March 31, 2010.

The amount of satsuma production in 2009 exceeded the optimal amount (580,000 tons) by 12% at some 650,000 tons, causing concern for unstable supply and demand. Thus, the Ministry planned to overcome unstable supply and demand and provide quality fruits to consumers by barring the release of non-standard satsumas into markets through the mandate.

This mandate would bar the release of those unmarketable satsumas into domestic markets such as those with small/large diameters or underweight/overweight (less than 51mm or bigger than 71mm in diameter or less than 135.14g or more than 135.14kg in weight), artificially colored ones, or those with minor defects from October 29, 2009 to March 21, 2010.

Those producers and producer cooperatives (including farm cooperative corporations) violating the mandate would be fined less than KRW 8 million and the mandate did not include those satsumas to be processed.

This measure barring the release of non-standard satsumas into domestic markets would supply quality satsumas to consumers on a stable basis and producers can charge optimal prices, which would be a win-win for both consumers and producers. The Ministry pointed out that the mandate that went into effect from 2003 to 2007 helped in a stable operation of satsuma farms and stable supply of the fruit to consumers.

B. Crackdowns on the mandate for controlled satsuma distribution

The number of crackdowns on the violation of the mandate for controlled distribution (including the ordinance) was 1,454 cases in total, including 1,286 cases (88.4%) in the Jeju province and 168 cases(11.6%) outside the province.

The types of violation included non-standard satsuma distribution at 1,205 cases (82.0%), followed by 6 cases(0.4%) of artificial coloring, 224 cases 15.4%) of noncompliance to quality, and 19 cases (1.3%) of other reasons.

The violating parties included merchants' associations at 923 cases (63.5%), followed

by agricultural/satsuma farm cooperatives at 74 cases (5.1%), cooperations at 68 cases (4.7%), and individuals at 389 cases (26.8%).

<Table Ⅱ-5> Types and parties involved in crackdowns on the violation of the mandate for controlled distribution of satsuma (including the ordinance) - based on the number of case

City/Kun	Crackdown number	Contents of violation of the mandate (ordinance)				Parties involved in violation			
		Distribution of non-standard satsumas	Artificial coloring	Non-compliance to quality	Others	Agricultural/satsuma cooperative	Merchant association	Cooperations	Individuals
Jeju city region	307	186	3	101	7	27	49	6	225
Seogwipo city region	979	851	3	123	2	16	780	38	145
Subtotal-within the Jeju province	1,286	1,037	6	224	19	43	829	44	370
Subtotal-outside the Jeju province	168	168	-	-	-	31	94	24	19
2009	1,454 (100.0)	1,205 (82.0)	6 (0.4)	224 (15.4)	19 (1.3)	74 (5.1)	923 (63.5)	68 (4.7)	389 (26.8)
2007	825 (100.0)	717 (86.9)	21 (2.5)	73 (8.8)	14 (1.7)	136 (16.5)	516 (62.5)	42 (5.1)	131 (15.9)
2006	523 (100.0)	479 (91.6)	11 (2.1)	23 (4.4)	10 (2.0)	74 (14.2)	360 (69.0)	13 (2.5)	75 (14.4)
2005	400 (100.0)	327 (81.8)	26 (6.5)	34 (8.5)	13 (3.2)	47 (11.8)	309 (77.2)	10 (2.5)	34 (8.5)
2004	450 (100.0)	336 (74.7)	42 (9.3)	31 (6.9)	41 (9.1)	42 (9.3)	347 (77.1)	10 (2.2)	51 (11.3)
2003	602 (100.0)	505 (83.9)	15 (2.5)	56 (9.3)	26 (4.3)	166 (27.6)	377 (62.6)	30 (5)	29 (4.8)

Note) Parentheses indicate the percentages of the pertaining category. Source : Internal data from Satsuma policy department of Jeju Provincial Office

Ⅲ. Quantitative analysis on the mandate for controlled distribution of satsumas

1. Increases satsuma price and crude income using statistical data

In reality it would be difficult to quantitatively calculate the effect following the enforcement of the mandate for controlled satsuma distribution because there are many factors that would affect satsuma prices such as the quality such as sweetness and sourness of satsuma produced in the pertaining year, the amount of production, the

amount and quality of alternative fruits, and imported fruits, etc.

Thus, it would be difficult to figure out the actual cause behind increased prices of field-grown satsumas, whether it was due to the enforcement of the mandate, quality improvement and decreased production, production control in comparison to other fruits combined with price increases in overall fruits, or the actual production underestimated than the actual amount. Nonetheless, this study tried to calculate the effect from the enforcement of the mandate for controlled satsuma distribution using the methodologies that took these factors into account as much as possible. This study used the following two methods to calculate the effect of the mandate.

First, the crude incomes from field-grown satsumas from the past were compared with the estimated crude income from those grown in 2009 to obtain the difference. And this difference was defined as the effect of the mandate with other effects. Second, the given production amount and non-standard satsumas under the mandate were applied in various ways to calculate the changes in the production amount. And the effects of these changes on crude incomes were calculated using a quantitative economic model.

First, lets examine the method of utilizing the data on crude incomes from field-grown satsumas. This method defines the difference in crude incomes between the average from the past and that estimated from 2009 as an effect. However, there is difficult in defining the difference as an effect of the mandate because flavor (the sugar-acid ratio) of field-grown satsumas from 2006 was somewhat less than that from 2004 but better than that from other years. Furthermore, the production amount was decreased because of a strong production control policy of the Jeju province. Thus, the effect from the enforcement of the mandate was estimated by subtracting the average crude income from that estimated figure from 2009 and taking the effect from improved quality and production reduction into account.

Then, the relationship between crude income and production amount and the relationship between crude income and the sugar-acid ratio needed to be calculated. Although not enough, 13 different data from 1997 to 2009 were used on regression analysis to estimate the following result.

Equation to estimate crude income from field-grown satsumas based on changes in production amount and the sugar-acid ratio(1997-2009)[1)]

---

1) The following is the estimated result using data from 1997 to 2004.

Equation to estimate crude income from field-grown satsumas based on changes in production amount and the sugar-acid ratio(1997-2004)

$$TR = \underset{(1.01)}{28025} + \underset{(2.27)^*}{30973}\,SAR - \underset{(-1.414)}{0.40459}Q$$

$R^2 = 0.8061$

However, *TR* : revenue(Million Won) *SAR* : sugar-acid ratio *Q* : production(Ton) Dummy(2000,2003=1)

Parentheses indicate t-values * : ±10% significance.

TR= 567504 + 32819 SAR - 0.82266 Q - 83154 Dummy
(2.21)** (2.18)** (-3.15)** (-2.00)*

$R^2 = 0.7816$

However, *TR* : revenue(Million Won) *SAR* : sugar-acid ratio *Q* : production(Ton)
Parentheses indicate t-values * : ±10% significance.** : ±5% significance

Based on the estimated results, each coefficient showed a ±5% significance for the sugar-acid ratio and production amount and a ±10% significance for dummy variable. The determinant showing overall reliability was 0.7816, which was excellent. Therefore, the data used for analysis would be sufficient.

The estimated result of the equation showed that an one point increase in the sugar-acid ratio determining satsuma flavor would result in a KRW 32.8 billion increase in crude income, whereas an one ton decrease in satsuma production resulted in a KRW 820,000 increase in crude income. These results were larger than previously determined using data from 1997 to 2004 in which an one point increase in the sugar-acid ratio resulted in a KRW 30.9 billion increase in crude income, whereas an one tone decrease in satsuma production resulted in a KRW 400,000 increase. Although the interpretation of parameters was done with caution since the degree of freedom was not sufficient, the sugar-acid ratio and optimal production (supply) were shown to be more important.

The satsuma price increase was due partly to the decrease in the absolute amount of production coming from price plunge for four consecutive years between 1999 to 2002 but improved overall quality of field-grown satsumas because of closed down farms that used produced less quality satsumas also played a role.

Closed down satsuma farms covered only 700ha between 1997 to 2002 but the continued satsuma price plunge between 1999 and 2002 increased the area to 1,323ha(KRW 38 billion) in 2003, 2,559ha(KRW 74.7 billion) in 2004, 6ha(KRW 40 million) in 2005, 35ha(KRW 0.21 billion) in 2006, 38.2ha(KRW 0.23 billion) in 2007, 59ha(KRW 0.36 billion) in 2008, 53ha(KRW 0.21 billion) in 2009, drastically decreasing the total area of closed down farms by 18,279ha as of 2009.

It was important to determine the reference year(s) for the analysis of the effect of the mandate. And in this study, the target years of analysis were from 1997 to 2002, when the mandate was not in effect. Thus, the four years between 1999 to 2002 were chosen as the reference years, with the belief that the analysis before and after the mandate adoption should be done based on the years having similar production conditions. In other words, the average of and difference in each parameter from 1999 to 2002 were used as the basis data for the analysis on the effect of the mandate. For example, the average sugar-acid ratio for the reference years (1999-2002) was 8.0 but was 10.2 in 2009; thus, the difference was 2.2. And along with this figure, the difference in field-grown satsuma production of 37,772 ton and the difference in crude income of KRW 72.97 billion were used for the analysis.

<Table Ⅲ-1> Increase and decrease in satsuma farm land and closed down farms by year

Year	Farm land for field-grown satsuma (ha)	Closed down farm area (ha)	Budget (KRW 1million)	Project unit cost (KRW 1 million)	Note
1997	24,816	31.4	899	30	Farm support rate
1998	24,681	31.1	893	30	〃
1999	24,500	20.7	600	30	〃
2000	24,394	31.0	897	30	〃
2001	23,841	377.7	10,779	30	Start support
2002	23,495	208.6	5,988	30	
2003	22,471	1,323.9	37,980	30	
2004	19,789	2,559.1	74,713	30	
2005	19,143	6.5	39	6	
2006	19,035	35.7	212	6	
2007	18,911	38.2	229	6	
2008	18,457	59.0	354	6	
2009	18,279	53.0	218	5	
Total	-	4,775.9	133,801		

Source: Internal data from satsuma policy department of Jeju provincial office

<Table Ⅲ-2> Changes in sugar-acid ratio and crude income based on production (2005 reference price)

Year	Sweetness (Brix) (a)	Acidity(degree) (b)	Sugar-acid ratio (a/b)	Production of field-grown satsumas (ton)	Crude income from field grown satsumas (KRW 1 million)
1997	11.5	1.25	9.2	659,121	378,186
1998	11.4	1.03	11.1	511,014	544,857
1999	9.1	1.43	6.4	603,294	294,544
2000	9.3	0.97	9.6	525,069	338,059
2001	10.5	1.2	8.8	600,140	266,825
2002	9.4	1.2	7.8	739,266	207,487
2003	9.8	1.1	8.9	596,732	314,941
2004	9.8	1.0	9.8	536,668	429,042
2005	9.7	1.05	9.2	540,000	446,283
2006	9.9	1.1132	8.925	568,920	474,031
2007	8.6	1.10	7.8	677,770	248,050
2008	9.7	0.98	9.9	520,350	417,962
2009	9.9	0.97	10.2	654,714	349,703
A Average(97-02)	10.2	1.2	8.6	606,317	338,326
B Average(99-02)	9.6	1.2	8.0	616,942	276,729
2009-A	-0.3	-0.2	1.6	48,397	11,377
2009-B	0.3	-0.2	2.2	37,772	72,974

Therefore, the effect from the enforcement of the mandate for controlled satsuma distribution on 2009 satsumas were analyzed by first calculating the difference in crude income between those years when the mandate was not in effect and 2009. And changes in sugar-acid ratio and production were quantified and identified using the estimated parameters in the equation to determine the crude income. Then, the consequent results were subtracted from the differences in crude income for the reference years and the pertaining year.

Therefore, the effect from the introduction of the mandate for controlled satsuma distribution was estimated by subtracting the effect of increased sugar-acid ratio (2.2) of KRW 72.89 billion (=2.2×32.819 billion) and the effect of -KRW 31.07 billion 〔=37,772×(-0.82266)〕 from increased production (37,772 tons) from the difference in the average crude income between the reference years (1999 to 2002 before the mandate took effect) and 2009 of KRW 72.97 billion. Thus, the estimated effect was KRW 31.16 billion (2005 reference price).

<Table Ⅲ-3> Analysis on the effect of the mandate for controlled satsuma distribution (2005 reference price)

Unit : KRW 1 million

Crude income gap (A)	Effect from sugar-acid ratio (B)	Effect from production amount (C)	Effect of the mandate E=A-(B+C)
72,974	72,886	-31,073	31,162

Although the economic benefit from the mandate in 2009 was KRW 31.16 billion, which was about KRW 11 billion higher than KRW 19.97 billion from satsumas produced in 2007, the figure was only half the effect of the mandate applied to those satsumas produced from 2004 to 2006 at around KRW 60 billion. In other words, despite the fact that the 2009 mandate was the same in the contents as the 2006 mandate, the latter brought about a completely opposite effect as the former mandate with increased production for the applicable year compared to the previous year where the average price of 10kg of satsumas produced between November to December only hovered lower KRW 8,000. This result confirmed the fact that the mandate was no "panacea" for satsuma price hike with this result showing the invalidity of the equation where the mandate adoption equals satsuma price increase.

The fluctuation in prices of satsumas produced in 2009 (based on 2005 unchanged prices) showed that the average auction price of 10kg of the satsuma was KRW 9,389, which was about a KRW 4,000 decline compared to the 2006 high at KRW 13,131.

This auction price was a 38% increase compared to KRW 6,808 between 1999 and 2002 before the mandate but was a 20% decline compared to KRW 11,457 between 2003 and 2006. Furthermore, differences were seen in the monthly price pattern between the mandate adoption period (after 2003) and non-adoption period (before 2002). Although satsuma released early were high in price before the adoption, the price was

relatively high after December to March in the following year after the adoption. Specifically, the price dropped in October and November by 15.1% and 8.6%, respectively, after the adoption, but increased 1.1%, 7.7.%, 7.6% and 8.0% in December, January, February and March, respectively. However, the price decreased 24.2% in April.

<Table Ⅲ-4> Changes in field-grown *Onju* mikan auction price per month

(Unit : won/10kg, 2005 reference price)

Year produced	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Aveg
1997	11,790	7,957	6,859	8,104	9,671	12,551	15,974	8,353
1998	11,370	11,021	10,976	15,490	17,758	15,799	20,277	13,070
1999	12,903	8,135	6,823	5,843	4,869	5,271	6,278	6,831
2000	11,488	8,815	7,850	7,467	7,722	12,467	16,203	8,287
2001	7,493	5,358	5,581	7,458	10,200	11,680	12,663	6,752
2002	6,598	6,024	5,790	4,830	4,465	4,313	4,787	5,360
2003	12,515	8,448	7,206	8,068	9,988	12,464	16,319	8,457
2004	11,555	8,514	9,877	15,781	19,386	21,691	11,644	12,105
2005	12,764	11,411	14,380	13,332	8,589	8,664	10,269	12,134
2006	11,603	10,676	11,927	14,370	19,660	17,838	n.a.	13,131
2007	11,175	7,392	6,148	6,125	7,607	7,748	9,568	7,003
2008	13,737	12,400	12,730	13,308	11,306	16,864	n.a.	12,796
2009(A)	10,501	8,234	8,209	10,113	10,945	14,744	n.a.	9,389
97-2002 average prices(B)	10,274	7,885	7,313	8,199	9,114	10,347	12,697	8,109
99-2002 average prices(C)	9,621	7,083	6,511	6,400	6,814	8,433	9,983	6,808
2003-2006 average prices(D)	12,109	9,762	10,848	12,888	14,406	15,164	9,558	11,457
A/B	1.022	1.044	1.122	1.233	1.201	1.425	n.a.	1.158
A/C	1.092	1.162	1.261	1.580	1.606	1.748	n.a.	1.379
A/D	0.867	0.843	0.757	0.785	0.760	0.972	n.a.	0.820

Source : Jeju province satsuma producer cooperative, "analysis on the situation on satsuma distribution" each year

The production of 2009 field-grown satsumas was 459,286 tons, similar to 459,737 tons from 2007 when satsuma production was the highest after the mandate adoption and to 484,374 tons of average production from 1997 to 2002 before the mandate adoption.

<Table Ⅲ-5> Comparison in monthly production of field-grown satsuma per year

Year produced	Total released (ton)	oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Oct - Dec total
1995	508,632	0.049	0.211	0.240	0.250	0.178	0.048	0.024	0.500
1996	416,557	0.066	0.150	0.264	0.328	0.152	0.036	0.003	0.480
1997	579,789	0.101	0.209	0.304	0.266	0.090	0.026	0.004	0.614
1998	481,480	0.070	0.226	0.324	0.205	0.126	0.041	0.009	0.620
1999	531,039	0.058	0.188	0.288	0.294	0.110	0.056	0.005	0.534
2000	398,675	0.071	0.179	0.303	0.295	0.123	0.027	0.001	0.554
2001	424,020	0.096	0.238	0.300	0.248	0.096	0.021	0.001	0.634
2002	491,238	0.096	0.170	0.250	0.287	0.111	0.080	0.007	0.516
2003	437,652	0.067	0.205	0.329	0.268	0.113	0.018	0.000	0.601
2004	374,285	0.097	0.267	0.296	0.229	0.098	0.012	0.000	0.660
2005	446,899	0.077	0.209	0.256	0.240	0.148	0.067	0.002	0.542
2006	405,120	0.081	0.225	0.313	0.268	0.106	0.007	0.000	0.619
2007	459,737	0.080	0.211	0.283	0.293	0.105	0.028	0.0003	0.574
2008	374,405	0.083	0.218	0.319	0.272	0.099	0.009	0.0000	0.620
2009(A)	459,286	0.109	0.225	0.279	0.246	0.122	0.018	0.0000	0.613
97-2002 average production (B)	484,374	0.082	0.202	0.295	0.266	0.109	0.042	0.004	0.579
2003-2009 (C)	422,483	0.085	0.223	0.296	0.260	0.113	0.023	0.000	0.604
1995-2000 average (D)	484,541	0.065	0.188	0.295	0.273	0.129	0.040	0.010	0.547
2001-2009 average (E)*	422,675	0.086	0.225	0.297	0.258	0.111	0.022	0.000	0.608
B-A	25,088	-0.027	-0.023	0.016	0.020	-0.013	0.023	0.004	-0.034
C-B (Before and after the mandate adoption)	-61,890	0.003	0.021	0.002	-0.006	0.004	-0.019	-0.004	0.026
E-D (Before and after orange import)	-61,866	0.021	0.037	0.002	-0.015	-0.018	-0.018	-0.009	0.061

Source: Jeju satsuma producers cooperative‘s website: http:\\citrus.or.kr.

In overall, the amount of field-grown satsuma released was decreased 61,890 tons from the annual average of 422,483 tons for six years from 2003 to 2009 before the adoption compared to 484,374 tons before the adoption.

When compared to referenced to 2001 when oranges were imported to Korea in large quantities, the amount of field-grown satsuma released from 1995, the year when free import of oranges was allowed, to 2000 was 484,541 tons, whereas it was 422,675 tons from 2001 to 2009, showing a decrease of 61,866 tons. The satsuma release pattern changed since January with a drastic increase in orange import. The average of satsuma released between October to December before orange import compared to the

total amount of release was 54.7%. On the other hand, the average ratio of release during the same period between 2001 (the year of free import of orange took effect) and 2009 was 60.8%, showing a 6.1% increase. In other words, although there can be other factors, the increase release of satsuma between October to December was closely related with the tactic of releasing satsumas before December to avoid competing with oranges.

2. Analysis on the effect of the mandate using a supply and demand model

A. Estimation of the ratio of non-standard satsumas and discussion on the feasibility of product standards

The Jeju Agricultural Technology Center introduced various scenarios for the estimation of non-standard satsumas classified based on the mandate among 2009 satsuma screen standards by combining minor defects from non-standard fruit classified into the categories 0, 1, 9 and 10 with the categories 2 and 8.

<Table Ⅲ-6> Ratio per screen standards and minor defects ratio from 2009 field-grown satsumas

Ratio per screen standards (%)					Minor defects ratio (%)
Cat 0	Cat 1	Cat 9	Cat 10	Subtotal	
2.5	10.2	8.2	2.9	23.8	4.5

Source : The Jeju Agricultural Technology Center, "Results of 2009 satsuma production estimation", 2010

Five scenarios were considered on the ratio of non-standard field-grown satsumas. The scenario one was 5.4%, which was the ratio between the categories 0 and 10 defined in the ordinance[2] on satsuma production and distribution before the introduction of the mandate for controlled satsuma distribution. The second scenario was 15.6%, the ratio between the categories 0, 10 and 1. The third was 13.6%, the ratio between the categories 0, 10 and 9. The fourth was 23.8%, the ratio between the categories 0, 10, 1 and 9. And the last scenario was 28.3%, which resulted from adding the fourth scenario's 23.8% and 4.5%, the minor defects ratio from the categories 2～8.

2) Starting 2005, the ordinance on satsumas revised the non-standard satsumas to be the categories 0, 1, 9 and 10 fruit. However, the ordinance was revised to have consistency between the mandate for controlled satsuma distribution introduced in 2003 and the ordinance; thus, there would not be much problem in using the comparison scenarios to quantify the effect of the mandate.

<Table Ⅲ-7> Scenarios for estimating non-standard satsumas

Categories	Contents	Ratio of non-standard satsumas
Scenario 1	The ratio between the categories 0 and 10, which were non-standard satsumas classified based on the ordinance before the introduction of the mandate for controlled satsuma distribution.	5.4%
Scenario 2	Ratio between Scenario1+category 1 (categories 0, 10 and 1)	15.6%
Scenario 3	Ratio between Scenario1+category 9 (categories 0, 10 and 9)	13.6%
Scenario 4	Ratio between Scenario1+category 1 and 9 (categories 0, 10, 1 and 9)	23.8%
Scenario 5	Ratio between Scenario4+ratio of satsumas with minor defects (categories 2～8)	28.3%

However, some point out that the criteria used to define non-standard satsumas in the mandate for controlled satsuma distribution is based on too much on size so that it might be a type of collusion where only the interest of satsuma farms is considered through increasing price by decreasing the supply. Of course, it is true that the current mandate uses the screen standards to define non-standard satsumas. Nonetheless, surveys on screen standards based on fruit quality showed a degree of validity of the criteria for non-standard satsuma classification defined in the mandate for controlled satsuma distribution.

The quality (the average between 1999 and 2009) of field-grown satsumas based on screen standards showed that smaller fruits had high sweetness and also sourness so that the sugar-acid ratio decreased. The acidity of small fruit categories 0 and 1 was relatively high with the acidity higher than 1.1 so that the sugar-acid ratio of these small categories was less than 9.0. Furthermore, MIFAFF and National Agricultural Products Quality Management Service define small fruits as non-standard. And small satsumas become messy and dirty hands when peeling with the tangerine pulp sticking to th peel so that it would not be convenient to handle and eat the fruit.

<Table Ⅲ-8> Quality of field-grown satsumas based on screen standards (average between 1999 and 2009)

Screen standards	Sweetness (Brix) (A)	Acidity (Degree) (B)	Sugar-acid ratio (A/B)
Cat 0	10.0	1.13	8.8
Cat 1	9.9	1.10	9.0
Cat 2	9.7	1.06	9.1
Cat 3	9.7	1.03	9.4
Cat 4	9.7	1.03	9.4
Cat 5	9.6	1.02	9.4
Cat 6	9.6	1.00	9.6
Cat 7	9.5	1.00	9.5
Cat 8	9.4	0.97	9.7
Cat 9	9.3	0.96	9.6
Cat 10	9.2	0.93	10.0

Source : The Jeju Agricultural Technology Center, "Survey on satsuma production estimation", each year

On the other hand, the categories 9 and 10 satsumas are larger fruits that have a relatively high sugar-acid ratio but are more than 0.5Brix less sweet, which can be felt by just tasting, than the categories 0 and 1 fruits. Thus, these two categories lag behind the optimal sweetness level that consumers want. From the production technology aspect, those farms with excellent technology produce satsumas with a significantly less gap between small and large category fruits. Furthermore, wholesalers in consumption regions want size consistency when demanding quality improvement. Thus, in overall, the criteria used for non-standard satsumas under the current mandate for controlled satsuma distribution are valid to a certain extent.

As for validity, when correlations[3] among sweetness, sourness, sugar-acid ratio and field-grown satsuma production and crude income using satsuma data from 1997 to 2009, the results showed that crude income showed a high positive correlation with the sugar-acid ratio (with the correlation coefficient of 0.700) and sweetness (0.523). On the other hand, crude income showed a negative correlation with the production amount (-0.705) and acidity (-0.441). One interesting finding was that acidity and production showed a positive relationship (0.436), whereas acidity and sugar-acid ratio showed a high negative relationship with the correlation coefficient of -0.802. These results suggest that higher production increased the amount of small fruits, which possibly increased acidity so that overall quality would decrease.

<Table Ⅲ-9> Correlation among quality, production amount and crude income from field-grown satsumas

Category	Sweetness	Acidity	Sugar-acid ratio	Production	Crude income
Sweetness	1.000				
Acidity	0.003	1.000			
Sugar-acid ratio	0.578	-0.802	1.000		
Production	-0.212	0.436	-0.544	1.000	
Crude income	0.523	-0.441	0.700	-0.705	1.000

In order to come up with the criteria for screening quality satsumas that would meet the needs of consumers, research is needed on consumers' expectation on a degree of sweetness and sugar-acid ratio.

B. Contents and effect of basic scenario

The non-standard ratio in the basic scenario (Scenario 5) was 28.3% from 654,714 tons of 2009 field-grown satsumas produced, which was composed of the non-standard categories 0, 1, 9 and 10 satsumas based on the mandate for controlled satsuma distribution and those with minor defects. Among the total, the satsuma supply model[4]

3) Interpretation of correlation coefficients: ‘0.2～0.4 low correlation’ ‘0.4～0.6 correlation exists’ ‘0.6～0.8 high correlation’ ‘0.8～1.0 very high correlation’

4) Specific model by Go, Sung-bo and others, "Construction of satsuma production control", Jeju

was set up assuming that 5,000 tons would be exported and non-standard fruits, sold to processing firms at KRW 100 per kg. And using this model, income per kg that went to satsuma farms and crude income were calculated.

The non-standard ratio in Scenario 1 was 5.4%, which would be under the ordinance rather than the mandate. Under this assumption, the difference in crude income from Scenario 1 and Scenario 5 was calculated, and the resulting difference in crude income was defined as the effect of the mandate adoption.

This calculated value showed that the crude income was increased by KRW 44.23 billion with farm income increase of KRW 200 per kg. With the remaining scenarios 2 through 4, farm income increases of KRW 52～153 per kg resulted in crude income increased between KRW 9.6 billion～35.30 billion.

<Table Ⅲ-10> Effects of the mandate based on the supply model

Category	Price (won/kg)	crude income(100 mil won)	Effect of controlling release amount*	
			Price(won/kg)	Crude income(100 million won)
Scenario 1	485	3,054.7	200	442.3
Scenario 2	551	3,196.3	135	300.7
Scenario 3	532	3,144.0	153	353.0
Scenario 4	633	3,401.0	52	96.0
Scenario 5 (기본Scenario)	685	3,497.0	0	0.0

Note) * Effect of controlling release amount=Basic Scenario - each Scenario 1～4

This value was only about 75% of KRW 60 billion (based on Scenario 5) of economic effect from the mandate introduction for 2006 satsumas when quality and optimal supply backed the income. This result suggests that optimal supply must come along with quality in order to maximize the effect of the mandate, and otherwise, the mandate alone would not guarantee high prices of satsumas.

Ⅵ. Summary and Conclusion

It would be realistically difficult to actually calculate the effect from the enforcement of the mandate for controlled satsuma distribution because satsuma prices for the year are affected by many factors such as the quality including sweetness and sourness of satsumas produced in the pertaining year, the production amount and quality of fruits alternative to this tangerine, imported fruits, etc.

This study attempted to calculate the effect of the mandate for controlled satsuma

---

Development Institute, 2002

distribution using a methodology accounting these factors into account. The effect of the mandate was analyzed using two methods.

First, the crude incomes from field-grown satsumas from the past were compared with the crude income from those produced in 2009. Then, the difference was defined with the effect of the mandates including other factors. Second, the effect of changing supply on crude income can be calculated using the satsuma supply model by defining non-standard satsumas in various ways under a given production and quality.

To elaborate, the first method of utilizing the data from crude incomes from field-grown satsumas were examined as follows. With this method, the difference between crude income from 20009 field-grown satsumas and average crude income from other years was calculated. And from the calculated result, the effect from quality improvement and supply reduction was subtracted. The effect from the mandate adoption was estimated to be KRW 31.16 billion (2005 reference price), which was calculated by subtracting the effect of increased sugar-acid ratio (2.2) at KRW 72.89 billion (=2.2×KRW 32.819 billion) and the effect of increased production at -KRW 31.07 billion [=KRW 37.772 billion×(-0.82266)] from KRW 72.97 billion, which was the estimated average crude income from 1999 to 2002 before the mandate was introduced and the estimated crude income from 2009 field-grown satsumas. However, the economic effect of the 2009 mandate was KRW 31.16 billion, which was KRW 11 billion more than KRW 19.97 billion from 2007; however, this value was half the effect as that from 2004 to 2006 that came from the mandate, which was around KRW 60 billion.

For the second method calculating crude income increase using the supply model, various scenarios were used. The basic scenario used in the study was Scenario 5, under which crude income was calculated based on the following assumption: from 654,714 tons of 2009 field-grown satsumas produced, 28.3% would be the non-standard categories 0, 1, 9 and 10 satsumas based on the mandate for controlled satsuma distribution and those with minor defects, 5,000 tons would be exported, and non-standard fruits would be sold to processing firms at KRW 100 per kg. And under Scenario 1, non-standard satsuma ratio would be 5.4% before the mandate adoption but would fall under the ordinance. The difference between Scenarios 1 and 5 was calculated to determine the effect of the mandate introduction and adoption for field-grown satsumas. The calculated value showed that a 200 won increase in farm income per kg and KRW 44.23 billion in crude income, which was only around 75% of KRW 60 billion (based on Scenario 5) from 2006 satsumas when quality and optimal supply were backed by the mandate.

The quantitative analysis on the effect of the 2009 mandate for controlled distribution of satsumas on farm income calculated based on the two methods showed that the mandate did not have much effect compared to other years when quality and optimal supply were maintained. This result suggests that the mandate itself is no "panacea" guaranteeing higher prices of satsumas, which had been taken for granted and that optimal supply and quality should follow to maximize the effect of the mandate.

<References>

Go, Sung-bo, “Comprehensive evaluation on 2009 the mandate for controlled satsuma distribution", Satsuma distribution control steering committee, April 2010

Go, Sung-bo, "Comprehensive evaluation on 2007 the mandate for controlled satsuma distribution", Satsuma distribution control steering committee, April 2008

Go, Sung-bo, "Comprehensive evaluation on 2006 the mandate for controlled satsuma distribution", Satsuma distribution control steering committee, April 2007

Go, Sung-bo, "Comprehensive evaluation on 2005 the mandate for controlled satsuma distribution", Satsuma distribution control steering committee, April 2006

Go, Sung-bo and others, "Comprehensive evaluation on 2004 the mandate for controlled satsuma distribution", Satsuma distribution control steering committee, April 2005

Go, Sung-bo and others, "Comprehensive evaluation on 2003 the mandate for controlled satsuma distribution", Satsuma distribution control mandate steering committee, May 2004

Go, Sung-bo, “Policy reform toward quality and optimal supply system for satsumas", Jeju development forum, 2003(spring edition), Jeju Development Institute, 2003.

Go, Sung-bo and others, " Model for controlling satsuma production", Jeju Development Institute, 2002.12.

Kim, Byung-Ryul and others, "Agreement on agricultural and fishery goods distribution and introduction of the distribution method", Korea Rural Economic Institute, 1999.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, "Farm economic statistics", each year

Jeju Development Institute, "Survey on Juju province major policies", February 2003

Statistics Korea, "Regional gross domestic product", each year

FAO Internet site.

Kohl, R.L. and Uhl, J.N., *Marketing of Agricultural Products*, 7th ed., Macmillan Publishing Company, 1990.

Implementation of Green Growth Strategy in Agriculture

Chang-gil KIM
Team Leader of Livestock and Environment Research Team
Korea Rural Economic Institute

I. Introduction

Global warming is being presented as a megatrend that will lead the change in future society based upon strong scientific evidence, causing resource and environmental crisis. The 4th report on climate change by the *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* says that global warming is irrefutably clear and increase in man-made greenhouse gas emission seems to be the biggest culprit for rising global temperature since the mid-20th century. In particular, the report warns that if our humankind maintains its dependence on fossil fuel such as oil and coal, the global average temperature will increase by up to 6.4℃, and sea level will rise to 59cm by the end of 21st century (2090~2099).

In addition, it predicted that 2℃ increase in global average temperature leads to extinction of nearly 15~40% of animal and plant species, 3~4℃ increase will force more than 200 million people to migrate to another places. Indeed, it was known that for the past 100 years the global average temperature increased 0.74℃, and sea level rose 1.8mm annually since 1961. On top of that, Korea is more vulnerable than global average to the effects of climate change. During 1912-2008, average surface temperature in Korea rose 1.74℃, which is above the world average.

Along with global warming, the world has been witnessing the exacerbation of "global imbalance" caused by surge in demand for energy and resources stemming from the rapid economic development of BRICs (Brazil, Russia, India and China) countries. If current trends continue, we are expected to have 43 years of oil supply left and 62 years of natural gas supply left, respectively.

Existing input-driven (high-input, high-yield) economic growth that depends on sustained increase in the use of energy and resources is not desirable not only in terms of environmental aspect, but also in terms of economic aspect.

It is analyzed that economic structure that replies upon input of resource and energy in large quantity will lose its competitiveness as the price of resource and energy is skyrocketing. With global warming worsening, international community is strengthening environmental regulation through international standard to make international coordination to reduce greenhouse gases.

Against the backdrop of changing environment where energy and resource crisis including global warming continues, major developed countries including U.S., Japan as well as Germany and the UK have been implementing strategies to utilize green industry and green technology as a growth-engine of their national economy since 20 years ago.

They have also been consolidating their policy to cope with climate change including enforcement of emission trading scheme aimed at encouraging reduction of greenhouse gas emission through utilization of intensive investment in and market for renewable energy sources.

As a world's 10th largest energy consuming nation, Korea depends on import for 97% of its total energy demand. Korea imports 82.2% of oil used in a nation from the Middle East region, making itself very vulnerable to the external variables in the international arena. The amount of money spent on importing energy was $95 billion in 2007, representing 26.6% of total amount of imports. Korea's greenhouse gas emission is on the rise, and the nation emitted a total of 590 million tons of greenhouse gas in 2005, putting itself in the 16th place for total emission, and every individual emitted 9.3 tons of greenhouse gas, placing itself in the 28th place for per capita emission.

Reflecting changing environment at home and abroad, in August 2008 the Korean government presented a "Low Carbon, Green Growth (LCGG)" strategy as a new national vision and paradigm for the next 60 years to respond to energy crisis and create a new engine of growth. The plan is that we create a virtuous cycle where we minimize the use of resources and environmental pollution and to use them again as a source of economic growth.

The Presidential Committee on Green Growth (PCGG) which is an organization directly responsible to the President to promote low carbon green growth as a national agenda was formed in January 2009 to lay the systematic foundation for implementation of national strategy for green growth, and in July the nation announced the *Five-Year Plan for Green Growth* to serve as a medium-term plan for implementing the National Strategy for Green Growth over the period 2009~2013.[1] In addition, *the Framework Act on Low Carbon, Green Growth* (Act No. 9931) was enacted on January 13 2010, and entered into force since April 14, 2010. Each government agency has established and enforcing various policy programs and investment plans for carrying out green growth strategy. In this regards, the objective of this paper is to set up the concept of green growth in agricultural sector, and to investigate the current situation and future agenda of green growth in the agricultural field.

II. Meaning of Green Growth

1. Concept of Green Growth

Sustainable development means achieving sustained economic growth reconciling environmental protection and economic development. Since its first appearance at the *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment* in 1972, this concept was solidly established by World Commission on Environment and Development (WCED) in

[1] With total funding of US$ 83.6 billion, representing 2 per cent of GDP, the Five-Year Plan intends to turn the strategy into concrete and operational policy initiatives towards achieving green growth (PCGG, 2009).

1987, and became to serve as a basis for the *Rio Declaration on Environment and Development* of 1992 and its acting plan, *Agenda 21*.

The concept of sustainable development sprang from the reflection on the economic paradigm of mainstream economists, which revolves around 'growth first, clean up later' idea where you believe that economy should develop first and environmental damage is dealt with later. WCED defines sustainable development as "development that meets of the present without compromising the ability of the future generation to meet there own needs" (Kim Chang-gil and Kim Jeong-ho, 2002, pp.7-9).

The concept of green growth was created in order to increase the possibility of policy enforcement of sustainable development, whose concept is abstract and broad-based covering three aspects of economic feasibility, environmental protection and social equity.[2] In other words, green growth is a qualitative growth that enhances the standard of living of people through attainment of ecological and economic soundness. The government presents green growth as "economic growth that minimizes environmental pollution and greenhouse gas, while creating a new growth engine and jobs" (Presidential Council for Future and Vision, 2009). In addition, relevant framework act defines green growth as "growth achieved by saving and using energy and resources efficiently to reduce climate change and damage to the environment, securing new growth engines through research and development of green technology, creating new job opportunities, and achieving harmony between the economy and environment" (Article 2, Section 2 of *the Framework Act on Low Carbon, Green Growth*). As green growth is variably defined, it can be understood as complex and open-ended concept that accepts a new civilization and order of change. Within this context, we can understand that green growth is a concept in the making, subject to many discussions in the future.[3]

Operating principle of green growth policy is turning a vicious circle between environment and economic growth into a virtuous circle through transformation of growth pattern and economic structure. Under the new paradigm of qualitative growth, the essential factors of production are new ideas, transformational innovations, and state-of-the-art technology. Economic growth based on these drivers is expected to generate substantially intensive, qualitative growth unlike the extensive quantitative growth of the past.

Therefore, green growth continuously enhances the productivity by putting green capitals (i.e., green technology and green knowledge) into production process, thereby reducing pollution and expanding natural capital (energy and environmental resources). As a result, green

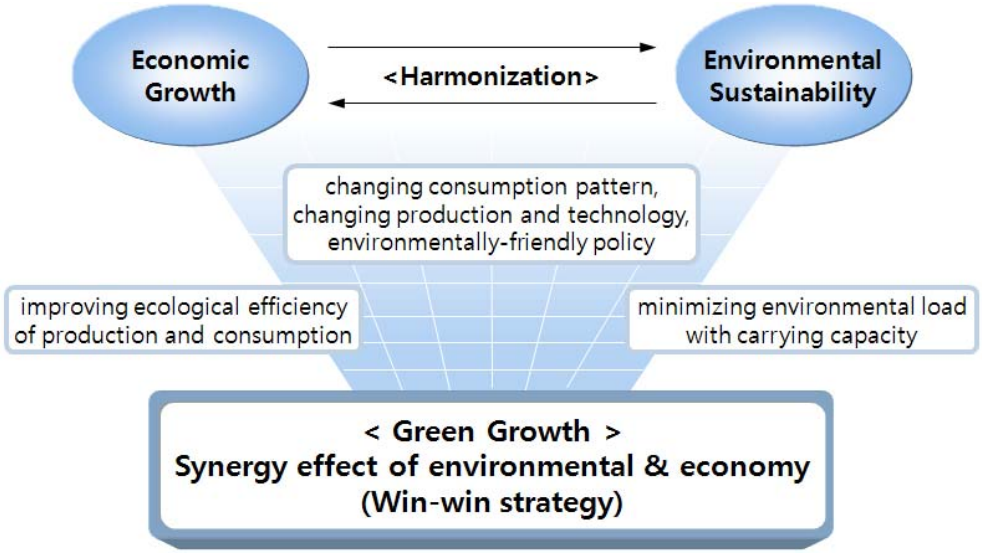
---

[2] The term "green growth" was newly-coined by the *Economist* magazine (January 27. 2000), therefore is it more widely used in journals, rather than in academic circle. Since then, the Ministerial Conference on Environment and Development of UN ESCAP in 2005 had a in-depth discussion on this new concept before it started to be widely used after Davos Forum. (UN ESCAP, 2006: Kim Chang-gil and Cheong Hak-kyun, eds., 2009, p.31). OECD's ministerial council meeting held in June 2009 adopted a Declaration of Green Growth.

[3] Given that green Growth is a newly-conceived term, therefore its meaning is not set, green growth is defined as 'a growth that effectively and fairly joins the efforts made by international community to deal with climate change and continuously minimize per capita income gap with developed nations' (Han Jin-hyee, Kim Jae-hoon, 2008, p.19).

growth brings about the change in production, technology and consuming pattern and improves ecological efficiency that takes into account environmental capacity, and economic and environmental aspects of production and consumption <Figure 1>.

Figure 1. Mechanism to Achieve the Goals of Green Growth



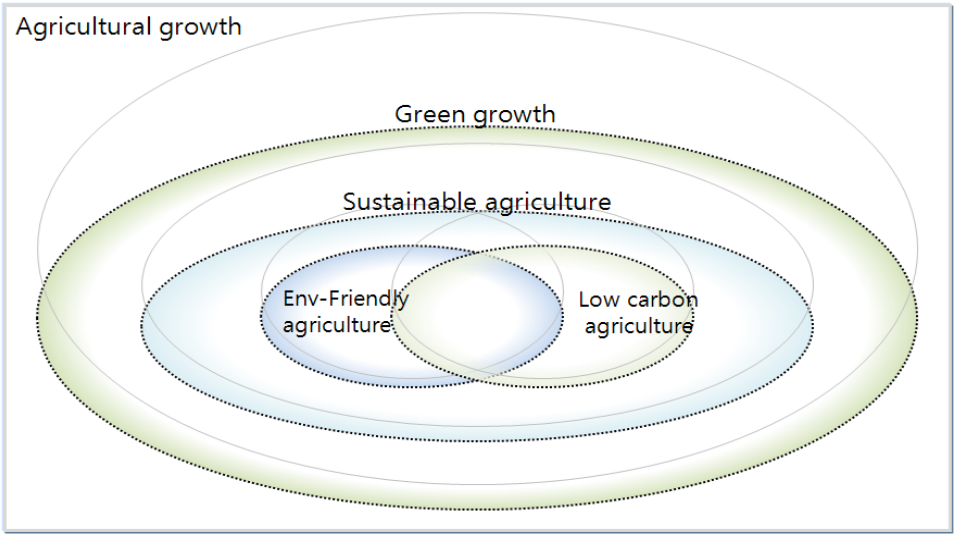
Green growth involves policy regime and social value that wish to achieve economic growth through realization of low-carbon society and green industrialization. The realization of green growth accompanies a significant amount of economic costs and efforts, and above all, it requires us to move away from our existing living pattern. Thus, for green growth to be materialized, economic incentive, development and distribution of green technology and understanding and cooperation of relevant bodies are of most important, urgently requiring a paradigm shift and swift response.

2. Conceptual Scope of Green Growth in Agricultural Sector

Green growth in agricultural sector is more comprehensive than sustainable agriculture, and it means a growth that guarantees environmentally sound and economically viable growth that takes into consideration environmental capacity in agricultural ecosystem. Green growth in agricultural sector means a growth that is achieved through shift in agricultural practice that takes into account environmental capacity of each different region and water system, low-carbon agriculture via greenhouse gas reduction and higher absorbing capacity, and energy efficiency and saving. Green growth can be realized by shifting to sustainable agricultural system including environmentally-friendly agriculture and low-carbon agriculture, and by improving environmentally-friendly agriculture. Thus, green growth in agricultural sector can be regarded as more comprehensive than sustainable agriculture <Figure 2>.

In the meantime, green growth in the agri-food means a growth through a shift toward environmentally and low-carbon system in life cycle that involves not only agriculture in the production aspect, but also distribution, processing and consumption aspects.

Figure 2. Conceptual Position of Green Growth in Agriculture



An agriculture that pursues green growth in agricultural sector can be defined as green agriculture, however the term is not widely used. Several terms are being used in agricultural sector associated with the concept of green, however, a special attention should be paid to how they are actually related to green growth. For example, China uses the term "green food" to increase the public familiarity with the concept of environmentally-friendliness, and the term is relevant to green growth to some extent. The Korean agricultural sector uses the term " green revolution " , which refers to drastic increase in productivity through the development of high-yield rice variety (new rice variety, "Tongil" IR667), but it is hardly related to green growth. By contrast, the term " the 2nd green revolution " is being used to describe planting of wheat, green manure crop and fodder crop on idle lands during winter season, and it is significantly relevant to green growth in agricultural sector as it involves energy saving and greenhouse gas mitigation.

III. Current Status of Green Growth in Agriculture

The most representative case of pursuing green growth in agricultural sector is fostering of environmentally-friendly agriculture which is a sustainable agriculture that seeks harmony between agriculture and the environment through non-use or minimal use of chemical materials (i.e., pesticides, chemical fertilizers, antibiotics and antibacterial agents) and recycling of agricultural and livestock by-products. Environmentally-friendly agriculture has been rapidly

growing at an annualized rate of 70% since 2000. On the back of active government support in the form of 5-*Year Plan for Environmentally Friendly Agriculture*, the agricultural land where environmentally friendly agriculture is practiced was only 2,039ha in 2000, but increased at the annualized rate of 67% before reaching 201,688ha in 2009, representing nearly 11.5% out of total agricultural land.

The next most representative case of green growth in agricultural sector is energy-saving technologies. For example, facility agriculture increasingly use technologies utilizing geothermal heat (geothermal heat pump), air source heat (air source heat pump) and solar power regarding the use of thermal facility and equipment (fan heater). In addition to them, LED (light emitting diode) technology is being applied that promotes crop growing via adjustment in pulses of light (NAAS, 2009). Production of biodisel using biofuel crop (rape and sweat potato) is an example of using biomass in agricultural sector. Examples also include the expansion of eco-tourism in the agricultural and fishing village including experience village and rural theme park.

For the systematic and effective implementation of green growth in agricultural sector, ministry for food, agriculture, forestry and fisheries, or MIFAFF, established in April, 2009 the division of green growth policy and division of green future strategy that oversee policies regarding green growth in the ago-fishery sector. In addition, MIFAFF created a *Strategy for Low Carbon Green Growth in the Agro-Fishery Sector* in November 2009 to implement 3 strategies, 9 agendas and 50 implementation projects.

IV. Tasks for Implementing Green Growth in Agricultural Sector

1. Basic Directions and Implementation Methods

Shifting from the pre-existing conventional agricultural growth to LCGG requires setting of vision and specific goal. Right vision would be reconciling agriculture and environment, thus mitigating greenhouse gas and improving agricultural ecosystem environment, which contributes to the resolution of the issue of global warming and enhancing the living standard for the people (current and future generation) <Figure 3>.

As a basic direction for the establishment of acting plan for LCGG in agricultural sector, resource circulation type agricultural system based upon 3R of "Reduced ↔ Recycled ↔ Reuse" should take root. Besides, it should be followed by transition of goal in the production of agricultural and livestock products from maximization to optimization. In other words, the goal should be shifting from increasing productivity through maximum production to optimal production by taking into account regional agricultural environment, and greenhouse gas emitting and absorbing conditions. For the mitigation of greenhouse gas in agricultural sector and improvement of living standard, policy combination of support, regulation and compensation should be formulated so that a right policy mix that includes consolidation and coordination of environmental policies can be realized. To minimize the inconvenience and

economic costs that come along with green growth, green technology in agricultural sector should be actively developed and disseminated. Lastly, it is no less important that relevant bodies share a common understanding and share their respective roles through sufficient information provision, and education and promotion.

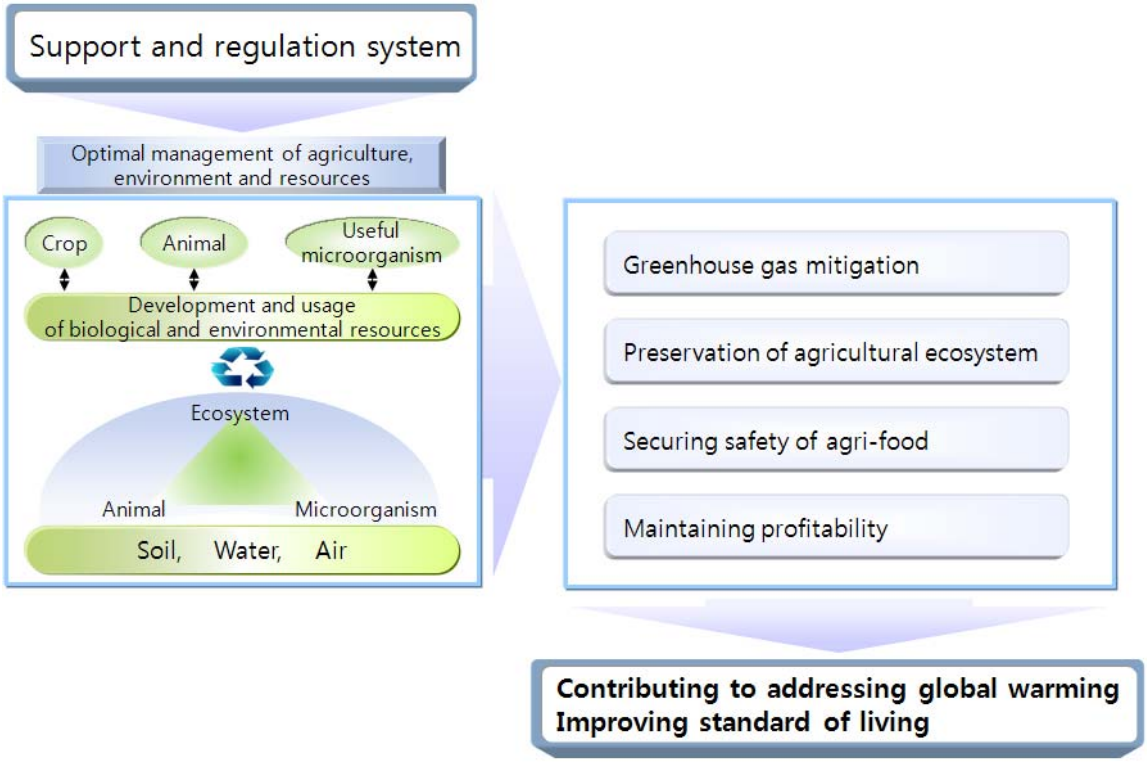


Figure 3. Vision and Goal of LCGG in agricultural sector

2. Implementation Methods

As it takes a considerable amount of time to establish an agricultural system that promotes low carbon and green growth with respect to obligatory greenhouse gas reduction, acting plans should be devised based upon the three-stage process by the target year of 2030: groundwork establishment stage for creation of the system, utilization stage and settlement stage.

Groundwork establishment stage (2010-2013) involves promotion of policy for fostering environmentally friendly agriculture, establishment of production basis for renewable energy and pilot project for Kyoto mechanism for the purpose of greenhouse gas reduction. Greenhouse gas absorption sector includes identifying the role of soil organic carbon and estimating storage of organic carbon on the agricultural land. And adjustment stage involves development of prediction system for productivity of agricultural products and biota, and the development of varieties with an ability to adapt to global warming. Utilization stage (2014-2019) should pursue the development of D/B for greenhouse gas emission, dissemination of greenhouse gas

mitigating technology, expansion in the use of Kyoto mechanism and application of incentive program aimed at enhancing absorbing capability. The last stage of settlement (2020-2030) is regarding the establishment of agricultural production system based upon low carbon and green growth, and pursues an optimal policy combination of programs in various areas, including greenhouse gas mitigation, greenhouse as absorption and adaptation to global warming.

A roadmap should be drawn at every stage to ensure the establishment of low carbon and green growth system through implementation of sectoral programs in each of stage of greenhouse gas mitigation-absorption-adaptation.

The stage of groundwork establishment within greenhouse gas mitigation stage involves dissemination of greenhouse gas reduction technology, planting of bioenergy crops, and emission trading scheme and pilot project for Clean Development Mechanism (CDM). The utilization stage includes the development and dissemination of tailored technology for each region, settlement of bioenergy production system and emission trading scheme. The last stage of settlement pursues supplementing greenhouse gas management system and establishing low carbon and green system.

The sector of greenhouse gas absorption should lay the foundation for identifying the role of soil organic carbon, estimating the storage of organic carbon and utilization basis. The utilization stage should introduce direct payment system for low carbon, and the settlement stage should include the establishment of agricultural system that maximizes the ability to mitigate and absorbs greenhouse gas. The sector greenhouse gas adaptation should have -in its groundwork establishment stage- the development of prediction and evaluation model for productivity of agricultural sector and biota, establishment of ecosystem monitoring system, and the development of species that can adapt to global warming.

The utilization stage should involve the drawing and distribution of adaptation manual, establishment of early-warning system, dissemination of varieties with an ability to adapt to global warming and the establishment of educational system.

3. Main Implementation Projects

3.1. Establishment of resource circulation agricultural system

For the realization of green growth in agricultural sector, a solid resource circulation type environmentally-friendly agriculture and environmentally friendly agriculture-related industry should be built. And small-scale complex (approximately 10ha) and wide environmentally friendly agricultural complex (approximately 1,000ha) that are established through the project for environmentally friendly agricultural complex will be utilized as a basis for expansion of production and distribution base for environmentally friendly agriculture. It is recommendable that *Regional Circulation Agriculture Support Center* (tentatively named) is created and operated to help these complexes take root as resource circulation environmentally friendly agricultural system. Especially for transition to environmentally friendly agricultural system that is suitable for environmental capacity at each region, an effective implementation plan should

be formulated so that *Regional-based Maximum Nutrients Loading System* could be carried out at an early date as it is due to be started from 2007 (Kim Chang-gil and et al., 2008).

Industry for environmentally friendly agricultural machineries will be fostered to build the sound environmentally friendly agriculture. Organic fertilizer and by-product fertilizer will be combined through improvement of fertilizer processing standard, and a basis should be grounded for the strict management of inferior organic fertilizer and post management of mandatory listing of environmentally friendly organic agricultural machineries.

3.2. Integration of Agricultural Policy and Low Carbon Eco-Friendly Policy

Green growth pursues a harmonization between agricultural activity and the environment through paradigm shift toward low carbon environmentally friendly agricultural system that mitigates or absorbs greenhouse has. A transition toward low carbon and green growth cannot be achieved only through the implementation of environmentally friendly cultivation programs, but it requires a reorganization of overall current agricultural policy system. To enhance ecological efficiency that maximize the efficiency in the usage of agricultural resource, while minimizing environmental pollution, the environmental evaluation test should be conducted on overall agricultural policy programs, including agricultural structure policy such as fostering professional farmer·elite agricultural human resource, policy for agricultural production basis, distribution policy for agricultural products, policy for farmer's income·management stabilization, livestock policy and rural development policy so that all these agricultural policy programs can be combined or made consistent with low carbon policy.

An effort should be made to introduce direct payment scheme for low carbon agriculture, which is the most representative program of ECC, or environmental cross compliance, for integration of agricultural policy and environmental policy.[4] When various kinds of low carbon agriculture aimed at encouraging voluntary greenhouse gas reduction are practiced, direct payment scheme for low carbon agriculture that provides a proper incentive including manual-type direct payment through monitoring can encourage farmers to actively participate in low carbon and green growth.

3.3. Development and Dissemination of Low Carbon and Green technology

Green technology refers to a technology that minimizes the use of materials and energy, decreases environmental load and weakens entropy through circulation and utilization of renewable materials and energy for the purpose of establishment of low carbon paradigm. Therefore, green technology pursues the minimization of use of energy and materials, and entropy that are accompanied by the application of scientific technology, such as a technology

[4] Environmental Cross Compliance (ECC) refers to a conditional compensation program that gives compensation to eligible farmers if they meet certain specific requirements regarding environmental goals.

that promotes and restores material circulation, a technology that follows and promotes dynamic balance in the realm of nature and renewable energy technology. In addition, green technology entails an adjustment of input and production to an extent that natural ecosystem can handle.

Green technology with aforementioned characteristics is manifested in the form of four distinctive technologies: greenhouse gas mitigating technology, energy efficiency technology, clean energy technology and new environmental technology. Green technology in the field of agriculture can be categorized into 4 technologies: greenhouse gas mitigation and absorption technology in production activity of agricultural and livestock products, energy efficiency and clean energy technology, and new environmental technology.

First, greenhouse gas mitigation technology in the area of agriculture includes methane and nitrous oxide mitigation technology on agricultural land, storage technology for soil organic carbon, technology for improving intestinal fermentation of ruminant animals, improvement of animal manure treatment facility, biomass utilization and fossil fuel reducing technology. Most of these technologies are at commercialization stage thanks to technology development effort so far, showing a significant technological achievement. Nevertheless, greenhouse has mitigation technology is not widely distributed in agricultural and rural scene due to low level of technology acceptance by farmers.

Second, energy efficiency technology includes heat recovery ventilator improving technology and heat exchanger improving technology. Technology development in this area has gone to such a great extent that heat exchanger improving technology for warm air heater and exhaust heat recovery facility for warm air heater are already at distribution stage for commercialization of energy saving technology in agricultural sector. Technology development should continue so that energy efficiency technology can be easily accessible at rural level including creating complementary plan for achieving economical efficiency.

Third, clean energy technology refers to a technology that utilizes non-polluting energy sources including geothermal, solar power (photo voltaics), wind power including multifold thermal cover and water filter protection curtain. Clean energy technology also involves the development of production model for cellulose crops to produce bio-ethanol such as canola, sweet potato for ethanol and C4 (non-food crops), and Korean cellulose ethanol.

Forth, new environmental technology includes bio crop protection agent using natural materials, biological pesticide such as environmentally friendly micro-organism and natural enemy, development of urban building type plan system for crop production through convergence of agriculture and cutting-edge technologies, such as Nano Technology (NT), Biology Technology(BT), Information Technology (IT), Environment Technology (ET) and crop production technology using LED. More efforts should be made for commercialization of new convergence green technology, including production of rice bran products using

supercritical fluid (materials put onto temperature and pressure above critical level) and introduction of bio-refinery for rice.[5]

Green technology of the future actively involves the development of state-of-the-art technologies, such as NT, BT, IT, and ET, leading to the expectation that convergence technology will be expanded in the agricultural sector. And more attention and support need to be paid to the installment and expansion of plant factory and vertical farm that uses such convergence technologies.

3.4. Development of Policy Programs Based on Carbon Information

In order to effectively pursue green growth, the success of which largely depends on greenhouse gas reduction in each sector, it will be essential to develop policy programs that actively utilize carbon information. One of the major policy options is "carbon labeling" system. It seeks market-oriented greenhouse gas reduction by quantifying carbon emissions along with the entire product life cycle of production, transportation, distribution and disposal and make the information available to consumers to induce them to lead a low-carbon, greener life. Korea introduced carbon reduction labeling system of its own in February 2009. In the agri-food sector, its implementation is currently limited to processed products such as precooked rice and tofu, but it is necessary to expand the system to agricultural commodities and other food-related areas through appropriate measures including establishment of greenhouse inventory along the steps of production, procession and consumption.

Different types of carbon emissions markets are currently working in place where carbon emission rights - the right to emit greenhouse gases - are commercialized and traded. The types of the market can be categorized into "allowance-based market" and "project-based market" depending on what origin the right is based upon; and into "mandatory carbon market" and "voluntary carbon market" depending on whether the reduction is compulsory according to the Kyoto Protocol.

Clean Development Mechanism (CDM), a regime of project-based market, can be considered for introduction in the agricultural sector. The utilization of CDM is still in its early stage in the domestic agricultural sector, but has a huge potential to contribute to greenhouse gas reduction and green growth if potential business items are explored and identified by benchmarking overseas CDM operation cases. The launch of CDM projects should be more actively considered including establishment of internationally-approved animal waste biogas plant and bioenergy projects using agricultural byproducts. In order to boost CDM projects in the domestic agricultural sector, feasibility studies should be conducted first on projects with higher possibility of greenhouse gas reduction such as methane reduction in livestock waste disposal facilities and utilization of biomass and bioenergy.

---

[5] Bio-refinery refers to a technology that does not use oil to produce industrial materials and energy, but produces raw materials for energy industry, such as renewable biomass (rice, rice bran, corn) to prepare for oil depletion, and to significantly reduce climate change and environmental pollution.

The second option to consider in regard to emissions trading system (cap and trade scheme) is to trade the emissions reduced in the agricultural sector with players in the non-agricultural sectors. the cap and trade scheme, the implementation tool of the Kyoto Protocol, is operated or test-operated in EU, Britain, Canada, Denmark and Japan. Each country committed to the Protocol allocates emissions allowances to domestic sectors and companies to achieve the mandatory reduction targets under the Protocol. A company that fails to reach the target can purchase emissions rights from other sectors. It is necessary to develop appropriate programs for early reduction or absorption of greenhouse gases under a new market-oriented policy that can encourage farmers to participate in carbon reduction efforts.

3.5. Utilization of Green Finance in Agricultural Sector

Green finance stems from "environmental finance" or "sustainable finance" used in foreign countries, but in Korea it implies something more comprehensive and economy-oriented. Green finance is a concept that incorporates indirect support for green industries by including the process of environmental risk management, etc. Green finance in Korea has been actively planned and pursued mostly by state-run financial Institutions. Non-governmental financial institutions have recently started to engage in green finance by devising green products and systems in support of green industries, but there has been little tangible result.

An example of green finance in the agricultural sector is a "Green World Installment Deposit" launched by the National Agricultural Cooperative Federation, which applies up to 0.6%p of preferential interest rate to the deposit if the subscriber participates in low-carbon, green growth related activities. As another example of green finance, LIG Insurance Company introduced a special policy for losses related to eco-friendly agricultural products. Under the policy, if pesticide residues are detected in eco-friendly products purchased by consumers, the producer of such products are compensated for the costs to redeem the consumer confidence on the concerned products and to prevent future occurrence of such cases (e.g., direct compensation to consumers). Measures to promote green finance in the agricultural sector include financial support for the introduction of green energy technology in capital-intensive areas such as protected livestock and horticulture; financial assistance for agricultural production facilities utilizing green technologies for energy-saving and higher efficiency in production as well as for packaging and transportation in the process of distribution; and creation of agricultural investment fund to provide loan programs with preferential rates for businesses distributing green agricultural technologies.

3.6. Education and Communication for Green Growth

Shift to low carbon green growth regime will require a substantial investment in and support for education and training programs aimed at promoting active participation in the green growth effort of relevant players such as farmers, businesses and policy makers. The day-to-day actions on field for low-carbon, green growth in agriculture are lead by Agricultural Research

and Extension Services of each province and Agricultural Technology Centers in municipalities, local producers' units, and leading farmers. Therefore, structured education and communication programs targeting core leaders in the sector should be one of the priorities.

V. Concluding Remarks

In the face of so-call an "energy-climate era," a new development strategy is required to replace the conventional growth strategy faced with its own limitation. In preparing for the future, the low-carbon green growth became the main stream as an inevitable core task to be performed home and abroad, and it is anticipated that there will be a lot of discussions in relation to the preparation of a green growth strategy to cope with the global warming for a considerable period of time. As the agricultural sector takes up a very low portion of the total amount of domestic greenhouse gas emission with approximately 3%, there is a possibility that proper attention may not be paid to the administering of greenhouse gas reduction in the agricultural sector. In this regard, we need to do benchmarking major advanced countries such as the U.S., Europe and Japan where agricultural sector is given significant attention in terms of implementing green growth. The agricultural sector has significant potential to contribute not only to the administering of national greenhouse gas reduction but also to the national development toward green industry in the future.

Given that the growth paradigm in agriculture up to date has been based on productivity-oriented quantitative approach, green growth holds a significance of paradigm shift for the sector into qualitative approach which takes both productivity and ecology into account. In the light of this shift, Korea's agricultural sector should leave the old paradigm behind and pro-actively seek measures to play a part in resolving global warming and to achieve a balance between agricultural development and environmental protection. In order to accomplish green growth in the agricultural sector, we should create an innovative way to turn inconvenience into a growth engine by leaving existing convenience and inertia behind, and by achieving a shift in thinking among relevant parties to ensure that inconvenience and hazard can be properly managed. For this to happen, an amicable atmosphere should be created where a bold paradigm shift, suggestion of various ideas and active discussion can take place. First of all, it is urgent that we come up with the implementation strategy that allows us to maintain the unique characteristics of agricultural sector as a green industry, and thereby eventually achieve green growth by actively developing public functions, such as atmospheric purification and environmental protection through agricultural production innovation and clean technology. It is particularly necessary to establish green governance where all farmers, relevant organizations and policy makers concerned can work together, and a strong will to implement green growth and an effective execution system are required to accomplish green growth. However, policies to promote environmentally friendly agriculture itself is not enough to ensure assured transition toward low-carbon green growth agricultural system, but reorganization of overall agricultural system is needed. Especially, agricultural policy and low carbon environmental policy should be

properly integrated so that the concept of green growth in overall agricultural sector takes root. In order to maximize the policy effectiveness through proper combination of policy instruments in various relevant sectors, green innovation system should be established where policymakers, researchers, relevant organizations, farmers and other relevant bodies can have proper understanding of green growth and share their roles. In addition to that, a systematic, staged and feasible strategy to develop technology should be devised and implemented on a steady basis that utilizes green technology reducing or absorbing greenhouse gas in agricultural sector into a growth engine. When green growth in agricultural sector is successfully implemented, agriculture will solidify its position as a green industry that manages national land in an environmentally sustainable manner, as a life industry that supplies safe agricultural products, and as a good industry that manages national greenhouse gas.

References

FAO. *Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming System*. 2009.

Friedman, Thomas L., *Hot, Flat and Crowded: Why We Need a Green Revolution and How It Can Renew America*, New York: Farrar, Straus and Giroux. 2008.

Han Jin-hyee and Kim Jae-hoon. "Green Growth as National Growth Strategy: Concept, Framework and Issues." in *Green Growth: Search for National Growth Strategy.* Souurcebook for Green Growth Discussion. Korea Development Institute. 2008. pp.1-41.

Ho, Mae-Wan. Green Growth for Developing Nations. ISIS Report 06/04/10. Institute of Science in Society. 2010.

IPCC. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

Kang Sung-Jin and et al., *Green Growth: New Paradigm for Korea's Economic and Social Development-Theory and Vision.* National Research Council for Economics, Humanities and Social Sciences. 2010.

Kim Chang-gil. "Strategies for Implementing Green Growth in Agricultural Sector." in *Proceedings in Green Korea 2009 - Green Growth and Cooperation*. National Research Council for Economics, Humanities and Social Science. 2009.

Kim Chang-gil and Kim Jung-ho. *Strategy for Developing Sustainable Agriculture*. Research Report C2002-13, Korean Rural Economic Institute, 2002

Kim Chang-gil and Cheong Hak-kyun. eds., *Action Plan for Green Growth in Agricultural Sector*. Symposium Proceedings on Green Growth in Agricultural Sector D250. Korean Rural Economic Institute. 2008. pp-25-73

Kim Chang-gil and et al., *Agricultural Sector's Response to Kyoto Protocol*. Research report R541. Korean Rural Economic Institute. 2007.

Kim Chang-gil and et al., *Strategies to Comply with the Kyoto Protocol in Korean Agricultural Sector*. Research Report D251. 2008.

Korean Development Institute. *Green Growth: Search for National Growth Strategy*. Sourcebook for Green Growth Discussion. 2008.

Lee Ji-hoon. Arrival of an Era of Green Growth. CEO Information. Vol. 675. Samsung Economic Research Institute. 2009.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). Proceedings of Symposium on Green Growth in Agriculture. Jan. 2009.

National Academy of Agricultural Science (NAAS). Proceedings of Green Growth Workshop in Agriculture. Jan. 2009.

OECD. *OECD and Green Growth*. www.oecd.org/greengrowth. 2009a.

OECD. *Green Growth: Overcoming the Crisis and Beyond*. 2009b.

OECD. *Interim Report of the Green Growth Strategy: Implementing Our Commitment for a Sustainable Future*. May 2010.

Park Seong-jae and et al., Vision and Strategy for Agro-Fisheries and Rural-Fishing Villages 2020. Research Report C2010-4. Korean Rural Economic Institute. 2010.

Presidential Committee on Green Growth (PCGG). *Five-Year Plan for Green Growth (2009~2013)*. 2009.

Presidential Committee on Green Growth (PCGG). *Road to Our Future: Green Growth*. 2010.

Presidential Council for Future and Vision. *Road to Green Growth*. Joongangbooks. 2009.

Stern, Nicholas, *Economics of Climate Change: the Stern Review*. Cambridge. 2006.

UN ESCAP. *Green Growth at a Glance: The Way Forward for Asia and the Pacific*. 2006.

United Nations Environment Programme (UNEP). *Overview of the Republic of Korea's National Strategy for Green Growth*. April 2010.

Yoon Soon-jin. " Ideological Foundation and Existence of Low Carbon and Green Growth" *Environmental Sociology ECO*. 13-2 (2nd half, 2009): 7-41.

Impacts of Climate Change on China's Agriculture

XIONG Wei
Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture,
Chinese Academy of Agricultural Sciences

Abstract:

Food production in China is a fundamental component of the national economy and driver of agricultural policy. Sustaining and increasing output to meet growing demand faces significant challenges including climate change, increasing population, agricultural land loss, and competing demands for water. Recent warming in China is projected to accelerate by climate models with associated changes in precipitation and frequency of extreme events. How changes in cereal production and water availability due to climate change will interact with other socio-economic pressures is poorly understood. By linking crop and water simulation models and two scenarios of climate (derived from the Regional Climate Model PRECIS) and socio-economic change (downscaled from IPCC SRES A2 and B2) we demonstrate that by the 2040s the absolute effects of climate change are relatively modest. The interactive effects of other drivers are negative, leading to decreases in total production of -18% (A2) and -9% (B2). Outcomes are highly dependent on climate scenario, socio-economic development pathway and the effects of CO_2 fertilization on crop yields which may almost wholly offset the decreases in production. We find that water availability plays a significant limiting role on future cereal production, due to the combined effects of higher crop water requirements (due to climate change) and increasing demand for non-agricultural use of water (due to socio-economic development). Without adaptation, per capita cereal production falls in all cases, by up to 40% of the current baseline.

By simulating the effects of three adaptation scenarios we show that for these future scenarios China is able to maintain per capita cereal production, given reasonable assumptions about policies on land and water management and progress in agricultural technology. Our results are likely to be optimistic because PRECIS simulates much wetter conditions than a multi-model average, the CO_2 crop yield response function is highly uncertain and the effects of extreme events on crop growth and water availability are likely to be underestimated.

Key words: China; food production; climate change; water availability; scenarios, adaptation.

Introduction

Food production in China is a fundamental component of the national economy and driver of agricultural policy. Its global importance is measured by the fact that Chinese agriculture supports staple food supply for most of its population (~20% of global population) and produces 30, 15, and 17% of global production of rice, wheat and maize, respectively (as of 2003; Winters and Yusef, 2007). Sustaining and increasing this output to meet growing demand faces significant challenges including, land degradation, maintaining yield gains through agricultural technology, changing patterns of food consumption (per capita increase and changes in dietary preference), increasing population, pressure to use agricultural land for other purposes, and competing demands for water currently used for irrigation (Gale, 2002; Zhao et al., 2008). In the face of these challenges there is increasing concern about the impacts of future climate change, and interaction of climate change, water availability, land use change, and socio-economic development on food security (Gregory and Ingram, 2000; Parry, 2001; Rosegrant and Cline, 2003; Gregory et al., 2005).

Water availability is critical for agricultural production (Fischer et al., 2007) and is already a major stress factor for China's grain production, particularly in northern parts of the country (Li, 2006). In China, irrigated agriculture is the primary consumer of water and accounts for over 70% of total use. More than 75% of grain production in China is from irrigated land. Irrigation plays a major role in food security and poverty alleviation in China, and even in stabilizing the world grain market due to the significance of China's grain imports (Jin and Yong, 2001).

Studies of climate change impacts on crops in China show conflicting results and uncertainties primarily relating to differences between crop models (empirical, econometric, biophysical), differences between GCM scenarios and whether the effects of CO_2 fertilisation are included. CO_2 fertilisation tends to increase yields and offset the negative effects of higher temperatures. Recent reviews (e.g. IPCC, 2007; Zisha et al., 2007) conclude that simulations of CO_2 effects on crop yields are still within the range observed in experimental trials (Kimball et al., 2002). Econometric studies using Ricardian analysis show both negative (Wang et al., 2007) and positive effects on average farm net revenues (Liu et al., 2004). Lobell et al. (2008) presented empirical relationships between observed harvests and monthly temperature and precipitation for seven crops in China. Only two of the relationships were statistically significant ($P < 0.05$). They modelled probability distributions of crop production changes using multi-model output (20 GCMs) for 2030 and found moderate (< 5%) increases in five cases (including wheat) and decreases for rice and maize.

Crop modelling studies without CO_2 fertilisation tend to show negative impacts on crop production. Tao et al. (2008) made a probabilistic assessment of changes in rice yield (based on 20 different climate scenarios) and found that rice yield would decrease with a probability of 90%. Similar results have been reported by Jin et al. (1995) and Yao et al. (2007) for rice and by

Jiang et al. (1998) and Ju et al. (2005) for wheat. Fischer et al. (2005) inferred that generally higher precipitation projected by GCMs for China will benefit future national food production. Lin et al. (2005) also found the effects of higher CO_2 concentrations offset the negative effects of higher temperatures, resulting in average increases in yield of 13% for rice, 18% for maize, and 28% for wheat.

The interactions between climate change, crop production, land use and water availability have been largely neglected until recently (Betts, 2005). The drivers of agricultural responses to climate change are direct biophysical effects and their mediation through socio-economic processes. The relentless pressure of increasing population and per capita food consumption on land and water use are major factors in determining the characteristics of future scenarios of food security and are likely to be key factors in increasing the risk of famine in the future (Slingo et al., 2005). Recent studies have used a variety of models and climate scenarios to analyze the integrated impacts of climate change on food production. Several integrated assessments have incorporated water availability (e.g. Rosenberg et al., 2003; Rosenzweig et al., 2004) and others have considered different socio-economic development pathways (e.g. Parry et al., 2004; Fischer et al., 2005). Although most of the integrated assessments have been done in developed countries (e.g. Izaurralde et al., 2003; Holman et al., 2005, 2008; etc.), results for China have been referred to in global studies such as Parry et al. (2005). They simulated modest changes in China's national potential grain yield by the 2080s (range of 0%~2.5%) which would be indistinguishable from the effects of background climate variability.

This paper sets out a framework to assess the direct effects of climate change (using high resolution regional scenarios) on cereal crop yields (using detailed simulation of rice, maize and wheat) and the indirect effects of changes in water availability (as it affects irrigation water supply). Other factors considered include the direct effects of CO_2 fertilization and changes in arable land and demand for water due to population increase and economic development based on socio-economic scenarios (downscaled from the IPCC SRES, Gaffin et al., 2004). Changes in crop yields and water availability are presented and, using areas of crops sown across China, converted into estimates of cereal production, expressed as a national total or per capita. The analysis explores projections of the future for the 2020s and 2040s using two emissions scenarios (A2 and B2), with and without the direct effects of CO_2. Results are presented in a stepwise manner to demonstrate the relative impacts of climate change and other drivers on cereal production. Our objective is to quantify the influence of different drivers of change on future cereal production in China and to examine the effectiveness of three adaptation scenarios, which reflect national level agricultural policy objectives, in relation to maintaining national grain production. The adaptation scenarios consider: prioritizing water allocation for cereal production; successful implementation of controls on agricultural land conversion and sustained improvements in agricultural technology in the future.

The next section introduces the modelling framework and the scenarios. Section 3 presents the impacts models and methods. Section 4 presents the results in a stepwise manner,

before introducing the overall integrated results and the effects of adaptation scenarios. The final section discusses the main assumptions and factors not included in the analysis and the wider research and policy implications of the results, before identifying our main conclusions.

2. Generating scenarios

Figure 1 shows the components of the analysis and their linkages. Expert judgement was used to ensure that as far as possible the climate scenarios, socio-economic scenarios (SES) and adaptations were internally consistent and underpinned by similar assumptions about the future guided by relevant storylines.

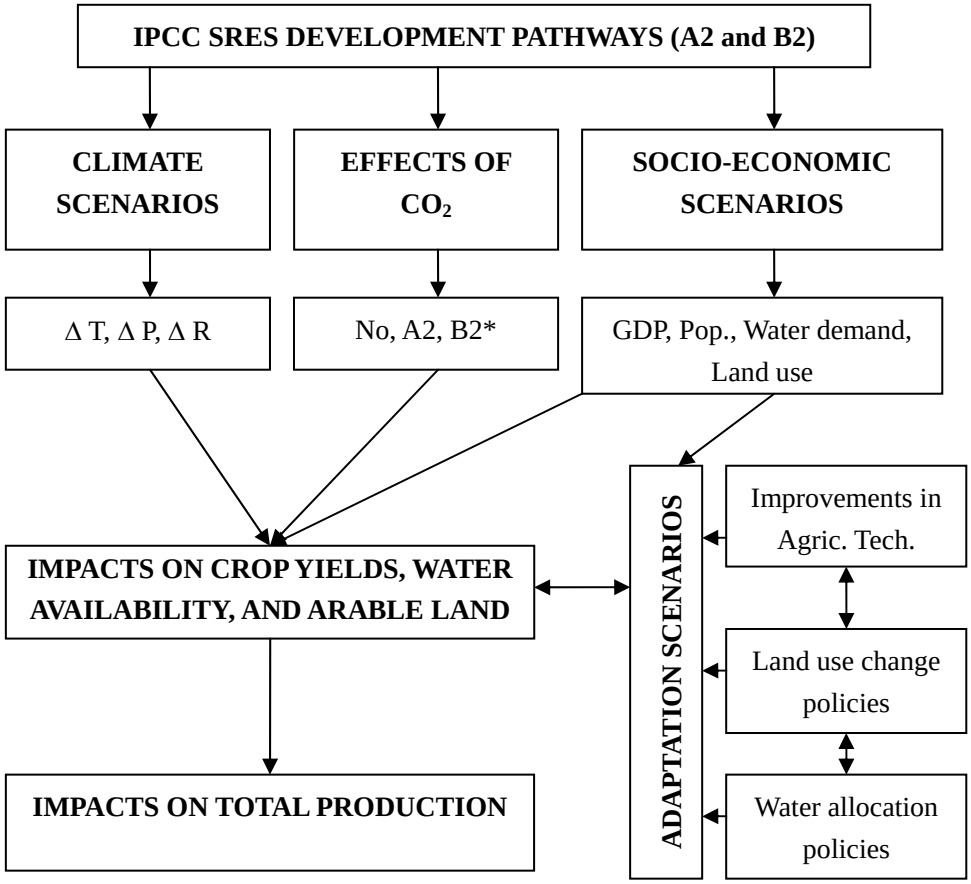


Fig. 1. The main steps and linkages between different components in the analysis. Δ = Changes in: T = temperature, P = precipitation and R = radiation. A2, B2 are the IPCC SRES emissions scenarios.

Climate impacts were simulated using process-based models with high resolution climate scenarios (50km×50km). In brief, the overall process can be described in five steps. First, climate change and SES were constructed for China; second, crop models and a hydrological model were used to simulate the impacts of climate change on crop production and water availability; third, total national rainfed and irrigated cereal production was calculated; fourth,

the effects of the drivers were combined and compared; and finally, the effects of three policy related adaptation scenarios were assessed.

2.1. Climate Change Scenarios for China

Regional climate scenarios were generated using a high resolution (~50 km grid interval) atmospheric regional model (PRECIS – Providing Regional Climates for Impacts Studies, Jones et al., 2004; Xu, 2004; Xu et al., 2007). Two scenarios of CO_2 concentrations (based on the IPCC SRES A2 and B2 stroylines) were used with PRECIS to simulate changes in daily temperature, radiation, and precipitation. A2 represents medium-high emissions and B2 medium-low, together they encompass a wide range of future emissions pathways (Nakicenovic and Swart, 2000). It is important to note that the CO_2 concentration scenarios used to drive PRECIS (Table 1) were derived from the SRES emissions scenarios using a simple carbon cycle model which does not account for a potential acceleration in CO_2 concentrations due to climate–carbon cycle feedbacks. This uncertainty has received limited attention but is potentially very important (Meehl et al., 2007) and means that the standard concentrations scenarios used here (A2 and B2) will not necessarily be associated with their corresponding socio-economic scenarios. However, to avoid confusion in our analysis we kept the respective CO_2 concentrations and socio-economic scenarios together. PRECIS projections of future temperature, precipitation and radiation in China are summarized in Table 1 for three future 30-year time slices.

Table 1

Average changes in surface air temperature, precipitation and radiation relative to a baseline period (1961-1990) under SRES A2 and B2 emissions scenarios simulated by PRECIS. Corresponding CO_2 concentrations are also given.

Timescale	A2 Emissions Scenario				B2 Emissions Scenario			
	Temperature change (°C)	Precipitation change (%)	Radiation change (%)	CO_2 (ppmv)	Temperature change (°C)	Precipitation change (%)	Radiation change (%)	CO_2 (ppmv)
2020s (2011~2040)	+1.3	+5	+0.5	440	+1.5	+4	+0.5	429
2050s (2041~2070)	+2.6	+10	+0.7	599	+2.4	+6	+0.7	492
2080s (2071~2100)	+4.5	+17	+1.1	721	+3.4	+9	+0.9	561

As different climate models (global and regional) simulate different patterns of response in temperature and particularly precipitation it is important to assess how PRECIS results compare with those from other climate models to reflect this source of potential uncertainty. Results are presented from 17 climate models made available through the Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) for the IPCC Fourth Assessment Report (Meehl et al., 2007). Forty years of temperature and precipitation data were used from the 20th Century model runs (1961-2000) and 99 years of data were extracted from the SRES A2 and SRES B1 scenarios (2001-2099, see Xiong et al., 2008a for detail).

2.2. Socio-economic scenarios for China

To be consistent with the high resolution climate scenarios available from PRECIS we developed socio-economic scenarios (SES) at provincial level for A2 and B2 out to 2050. The methods are based broadly around those used in Nakicenovic and Swart (2000) and Gaffin et al. (2004) and guided by relevant literature on agricultural and other trends in China (e.g. Yang, 2000; Zhao et al., 2008). The IPCC SRES B2 storyline fits broadly with China's national social and economic development plans over the medium to long term and is taken here as an optimistic or desired socio-economic scenario. The 'A2 family' represents the higher range of likely CO_2 emissions under the development of business as usual, and is chosen here to represent an environmentally pessimistic development pathway.

Based on SRES GDP and population projections we changed the base year from 1990 to 2005 according to more recent statistics (China Statistical Year Book, 2006) and assumed a linear relationship between global and country scale. National annual population and GDP growth rates were set equal to the SRES rates for southeastern Asia.

Scenarios of future water demand were based on four sectors; agricultural (*AW*), industrial (*IW*), domestic (*DW*), and municipal (*MW*). A combination of recent trends in water use, other research and expert judgement were used to calculate water demand in each sector. Irrigation water use in all provinces is projected to decrease based on the assumption that technology advancements in irrigation and water management, and implementation of water sector reform and new policies will continue. For the *IW* and *DW* sectors per capita water consumption was based on economic development and technological advances. The proportion of demand from the municipal sector was assumed to increase.

Since China's Reform period began in the late 1970s arable land has declined substantially (Yang 2000; Zhao et al. 2008) although not evenly over time and space. Coastal and central provinces lost arable land and northern and western provinces have tended to gain arable land. During 1986-1995 arable land was lost to capital construction, conversion to higher value production and natural hazards (Yan et al. 2006 as cited in Zhao et al. 2008), whilst in the north land was reclaimed from forests and pasture (Song 1998 as cited in Yang 2000). Concern about land degradation resulted in the 'Grain-for-Green' Programme in 1998, intended to convert marginal arable land to grasslands and forest (Feng et al. 2005) which became a significant regional source of arable land loss. Pressures on agricultural land are counter-balanced by government policies such as the Basic Farmland Protection Regulation (Shao 2006). For this study relationships were derived between provincial scale GDP and change in arable land area, using the hypothesis that urbanization and industrial growth are the main drivers in national arable land area conversion (Yang 2000). Conversion of arable land in the future was projected using the provincial level relationships, interpolated to the 50 km × 50 km grid. For A2 the future rate of change was consistent with recent trends (between 1990 and 2005) and for B2 the area of arable land was kept constant at the current level to reflect successful implementation of national policies.

3. Modelling impacts

3.1. The crop and hydrological models

Three CERES crop models (Ritchie et al., 1989) were modified to simulate yields and potential irrigation demand across China at the same resolution as the regional climate model (50km × 50km): Rice, maize and wheat. Full details of the models are presented in Xiong et al. (2007a, b) and details of recent improvements in their calibration and validation in Xiong et al. (2008b, c). The simulated yields are assumed to represent observed yields obtained in the field assuming technological levels from 2000. Crops are simulated for rainfed and irrigated conditions using areas of crops sown across China based on the distribution in 2000 (obtained from county census data).

For irrigated crops water is applied periodically throughout the growing season and the total irrigation water requirement for each grid and crop is obtained by multiplying by the total irrigation area. Crop response to CO_2 is based on results from FACE experiments from (Kimball et al., 2002); a 850 ppm CO_2 concentration causes a roughly 40% increase in photosynthesis for wheat and rice, and 15% for maize. Higher CO_2 levels tend to decrease the evapotranspiration rates of crops and improve their water use efficiency.

The Variable Infiltration Capacity (VIC) hydrologic model was used to simulate runoff, water yield (surface flow + groundwater flow + lateral flow – loss from evapotranspiration) at 50km × 50km grid resolution across China. Previous studies have validated VIC simulation of runoff in China and streamflow simulation in some catchments (Su and Xie, 2003). Daily water yield was calculated from each grid cell and annual total water yield series were calculated for ten main river basins in China (Fig. 2). These volumes were used to provide estimates of annual renewable internal water resources in each basin (*WRI*).

3.2. Agriculture water use and irrigation area

Water available for agriculture (WAA_i) in province i was calculated as (1)

$$WAA_i = \left(\sum_{j=1}^{n} \left(WRI_j \times R_j \times P_{ij} \right) \right) \times \left(AW_i / \left(AW_i + DW_i + IW_i + MW_i \right) \right) \qquad (1)$$

Where R_j is the water exploitation proportion in basin j (an average value of the observed exploitation proportion for each basin from 1994 to 2005 which is assumed to remain constant in the future), P_{ij} represents the proportion of water used in province i that comes from basin j (based on the average value from historical data for 1994 to 2005). For any given grid k in i province, the Available Irrigation Water, AIW_k is computed as (2)

$$AIW_k = WAA_i \times \left(IA_k / IA_i \right) \qquad (2)$$

Where IA_k is the irrigation area in grid k and IA_k is total irrigation area in k province.

The balance between *AIW* and potential crop irrigation demand (section 3.1) in each grid cell was used to limit irrigation and estimate the irrigated area of each crop at the grid cell. Because most of the rice planted in China is irrigated paddy rice, we assumed that rice takes highest priority for water withdrawal, with the objective of irrigating as much of the present area of rice as available water permits. The remaining water was allocated to maize and wheat.

3.3. National cereal production

Estimates of national total cereal production incorporated scenarios of land use change based on the SES (section 2.2). The future area of crop land in each grid was calculated as a function of current arable land, multiplied by projected arable land conversion rate. The conversion rate was set to the rate of the province in which the grid lies. These estimates, together with an assumption of constant patterns of crop-planting and crop mix were used to calculate total production, by multiplying the area of irrigated or rainfed crops by the yield per unit of land area.

3.4. Combinations of driving forces and simulation runs

In order to determine the contributions of different driving forces to the overall impacts on total crop production and per capita productivity, a series of simulations were performed with different combinations of scenarios and drivers. The combinations were; climate change scenarios only (CC), climate change scenarios + CO_2 fertilization effects (CC+CO_2), climate change scenarios + water availability (CC+WA), climate change scenarios + CO_2 effects + water availability (CC+CO_2+WA), climate change scenarios + water availability + arable land loss (CC+WA+LA), and climate change scenarios + CO_2 effects + water availability + arable land loss (ALL). The annual total and per capita cereal production was calculated for each combination from 2011 to 2050 and compared with simulated current production (climate for 1961-1990 and agricultural technology and cultivated area for 2000). Averages were calculated for the periods 2011-2030 (2020s) and 2031-2050 (2040s).

4. Results

4.1. Main results of the socio-economic scenarios

Table 2 lists the main components of the SES. Agricultural land use was projected, based on extrapolation of recent trends across China. The rates of change and areal estimates are subject to large uncertainty due to problems with observed data and the important role of policy interventions (Yang 2000; Liu et al. 2005). Changes range from large decreases with A2 (due to high contemporary rates) and moderate change with B2 (reflecting national policy interventions to slow decline in agricultural land area).

Table 2

Population and GDP projections for China in the two SES, plus the general characteristics of the scenarios.

	2000	2005	A2		B2	
			2020	2050	2020	2050
GDP	99,200	156,000	301,000	837,000	481,000	1,450,000
Population	1.27	1.31	1.53	1.94	1.44	1.51
GDP per capita ($)	950	1,700	2,400	5,200	4,050	11,650
Water demand	5,497	5,633	6,161	7,470	6,194	6,910
Arable land	128,250	121,500	113,950	107,700	121,500	117,550
Characertistics			Rapid regional economic growth, materialist; low GDP growth rate; high population growth; rapid decrease of arable land; and rapid growth of water demand.		Local emphasis and environmental priority; moderate GDP growth rate and population growth; conservation of arable land; and steady growth of water demand.	

Notes: GDP in 100 M RMB at comparable price in 2000; Population: billion persons; GDP per capita Unit: USD in 2000 (100USD = 828RMB); arable land: 1000 hectares; water demand: 100 M m^3. Figures are rounded to nearest thousand (50 for per capita GDP).

Water demand was projected to increase from 5633 (2005) to 7470 (A2), and 6914 (B2) in 2050 (100M m^3). This was accompanied by a shift in the proportional use of water by sector; primarily away from agriculture in response to greater demand from industrial, urban and municipal users. The proportion of water used for agriculture decreases from 63.6% in 2005 to 37.5% (A2), 46.2% (B2) in 2050.

4.2. Impacts of climate change on crop production

In 2000, the total cereal production in China was 395.7 million metric tones (MT), with 189.8, 99.6 and 106.2 MT for rice, wheat, and maize, respectively (FAOSTAT). The corresponding planting acreages for the three crops were 30.3, 26.7, and 23.1 million ha. The projected cereal production for the current conditions was 429.8 MT (rice, wheat and maize comprise 216.6, 104.6, and 108.6 MT, respectively, without limitation from water).

Figure 2 shows that without CO_2 fertilization climate change decreased cereal production in China under B2, but increased it under A2, in both the 2020s and 2040s. The production of rice increased a little under the A2, but decreased under B2. Wheat production increased in all cases and maize decreased in all. CO_2 fertilization effects caused increases in production in all cases (production increased by 14.2% (2020s) and 13.9% (2040s) under A2, and 5.5%, 6.6%

under B2, respectively). The largest change occurred for wheat, and the smallest for maize. The differences between the effects of A2 and B2 are modest, within roughly 10%, and very small between the 2020s and 2040s (<5%). Spatial patterns of change in total crop production by the 2040s exhibit marked differences across China (not shown). The general pattern shows increases in the northeast and north and decreases in the central, eastern and southern provinces.

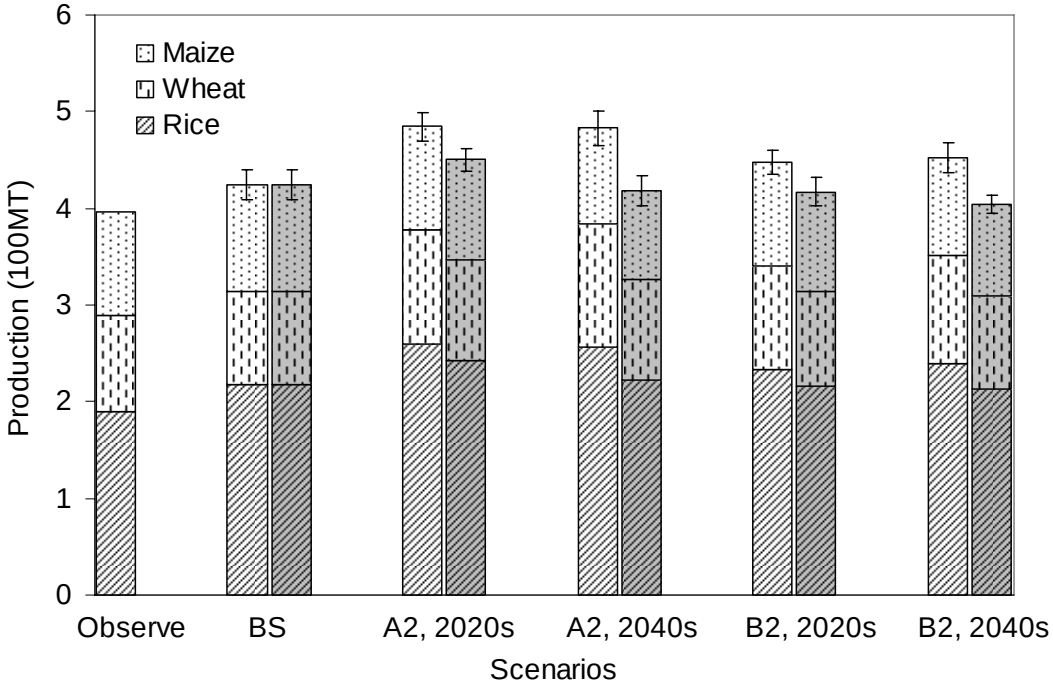


Fig. 2 Changes in total cereal production for China with present (2000) cultivation areas and maximum irrigation area. Observed production (from FAO), BS=baseline simulation 1961-1990. White (grey) background with (without) the effects of CO_2 fertilization. The vertical lines indicate the Standard Deviation (SD) of the data set.

4.3. Impacts of climate change and water availability on the area of irrigated land

Water availability is critical for agriculture production (Fischer et al., 2007). In China, irrigated agriculture is the primary consumer of water. More than 75% of grain production in China is from irrigation land (Jin and Yong, 2001). Results from simulations with VIC showed an overall increase in water resources in the future as precipitation increases offset greater losses to evaporation (roughly 10% in all cases). However, due to increases in demand in other sectors (domestic, municipal and industrial) captured in the SES the water available for agriculture decreased. This resulted in substantial decreases of irrigated land in all cases, under the assumption of current irrigation practice.

Figure 3 shows changes in the area of irrigated land with climate change after irrigation is limited according to water availability for agriculture. In this estimation, the available water was

assumed to first meet the irrigation demand of the current area of cereal production. For paddy rice the baseline area is 29.9M ha. This showed a large decrease with A2, and moderate decrease with B2. For the area of irrigated wheat/maize the decreases were generally quite small under A2 and B2. With CO_2 fertilization effects included the changes become smaller in most cases. Changes in the area of irrigation for wheat and maize were generally small because of increased water use efficiency, caused by higher CO_2 concentrations, reduced the irrigation water requirements. The different changes of water availability imposed on rice and wheat/maize were related to the different geographic distribution of the crops; rice is largely distributed in the humid southern and northeastern China, and wheat/maize mainly located in semi-humid or semi-arid northern and western China.

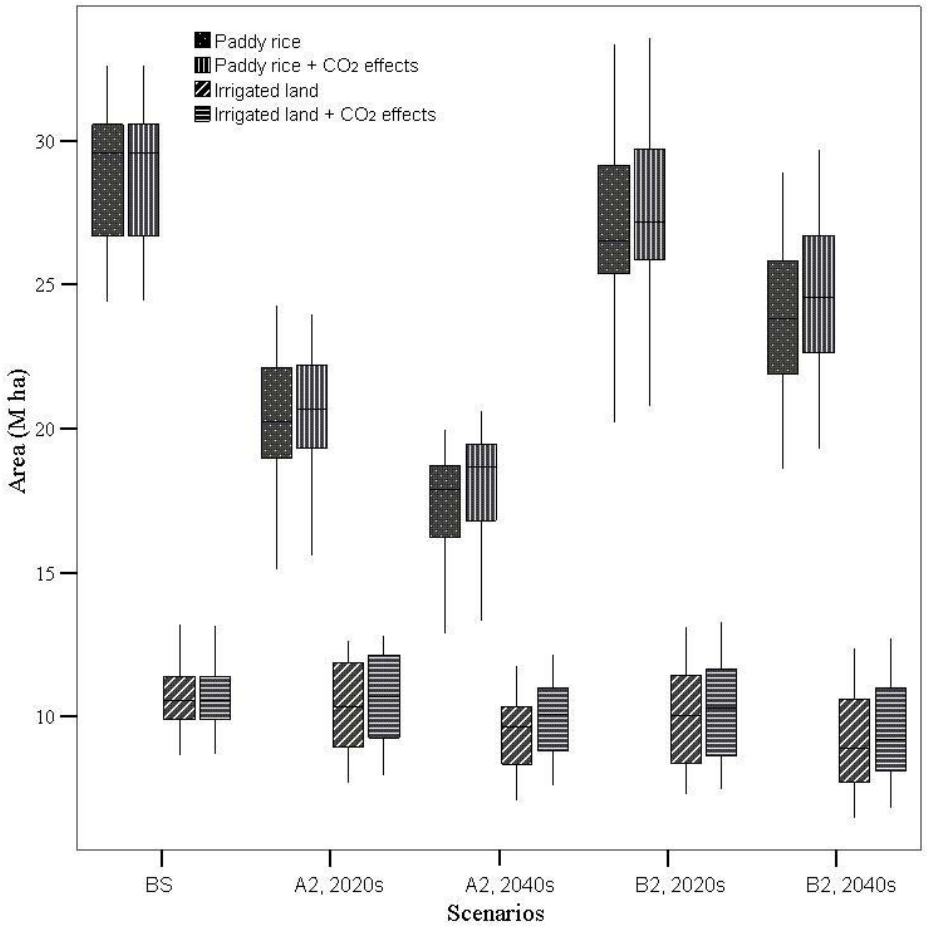


Fig. 3. Change in the total annual irrigated area (including paddy rice area and other irrigated land, wheat/maize) due to changes in future water availability (resulting from climate change and socio-economic change). The upper and lower hinge of the box indicates the 75th percentile and 25th percentile of the data set (20-year), respectively. The line in the box indicates the median value of the data set. The ends of the vertical lines indicate the minimum and maximum values.

4.4. Integrated results for national cereal production

Figure 4 shows the percentage change in total cereal production in China under different combinations of drivers. A2 and B2 increase average production moderately in the 2020s, but only slightly in the 2040s (first cluster of bars in Fig. 6). Including CO_2 effects led to large increases in production ranging from 12% to 18% due to stimulated photosynthesis and improved water use efficiency. A2 produced a larger increase in production than B2 primarily because of its higher CO_2 concentrations. Including the effects of water availability with and without CO_2 fertilization led to increases and decreases in total production, respectively. The fifth cluster of bars shows the additional effects of decreases in arable land which further reduced total production under A2 due to its higher rate of land conversion. The overall effects of climate change, water availability and agricultural land conversion reduced production in the 2040s by 9% (B2) and 18% (A2). The final cluster of bars in Figure 6 shows the integrated effects of all drivers and highlights the counter-balancing effects of CO_2 fertilization, such that slight increases in production occur in all cases except the 2040s under A2.

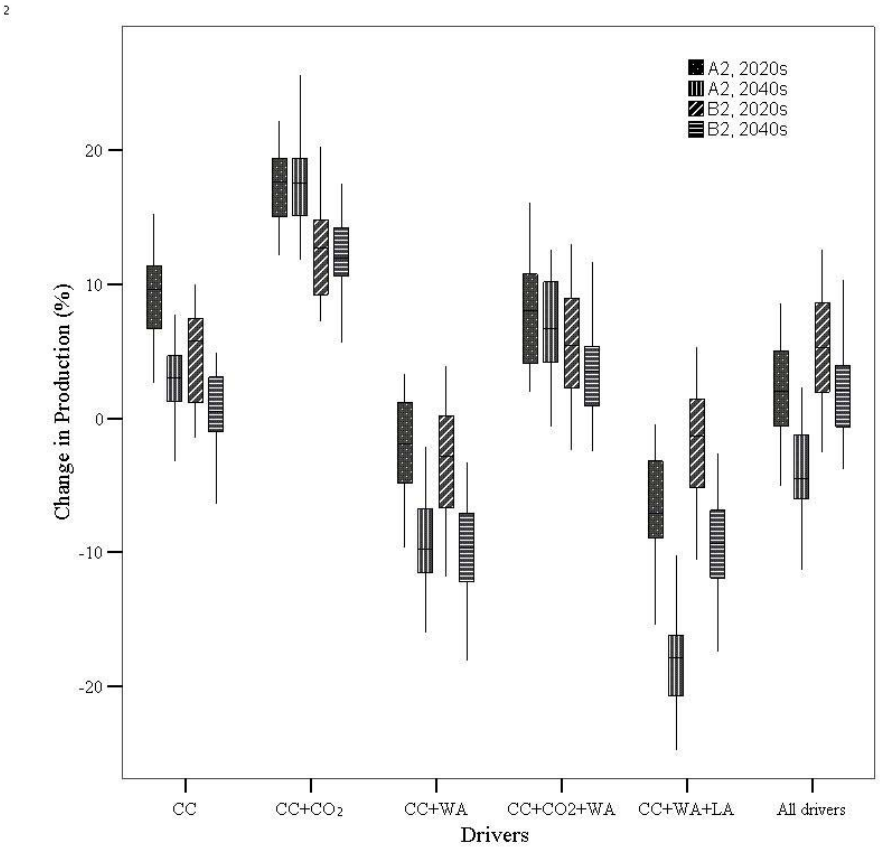


Fig. 4. Change in total cereal production under different combinations of drivers (CC: Climate Change; CO_2: CO_2 fertilization effects; WA: Water Availability; LA: Agricultural land conversion; All: Climate Change, CO_2 fertilization effects, Water Availability, and Agricultural Land conversion). The upper and

lower hinge of the box indicates the 75th percentile and 25th percentile of the data set (20-year), respectively. The line in the box indicates the median value of the data set. The ends of the vertical lines indicate the minimum and maximum values.

5. Discussion

We have presented the first detailed attempt in China to link the interactions of climate change, crop production, water availability and socio-economic development. Our results highlight in terms of cereal production, key challenges and sensitivities, however, it is important to examine the main uncertainties and assumptions and their relative significance to the results.

5.1 Key uncertainties and assumptions

The main scientific uncertainties: Standard concentration scenarios for A2 and B2 (based on emissions pathways) were used to drive PRECIS and these do not account for possible acceleration of the CO_2 concentrations due to climate–carbon cycle feedbacks (Meehl et al., 2007). This means that A2 and B2 SES might not necessarily be associated with their corresponding climate scenarios. Differences in the spatial patterns and magnitude of future precipitation between climate models have a large bearing on future yields of rainfed crops and irrigation water availability. Differences in the daily characteristics of climate variables and differences between ensemble experiments will also influence the overall results. The multi-model average precipitation change is much lower than PRECIS but due to the data requirements of the crop models it has not been possible to simulate impacts with other climate models. This is a key requirement for future analysis and our results should be understood as just one realization of future climate impacts and probably optimistic due to PRECIS' large precipitation increases.

The effects of CO_2 on crop yields are critical to the overall results, but they remain highly uncertain. CERES simulates the effects of CO_2 on photosynthesis and on crop water use efficiency broadly in line with current experimental and modeling results. Given present state of knowledge it is not possible to attribute different levels of confidence to results either with or without CO_2 effects and therefore we present both with equal weight with the expectation that the reality should lie within this range and not beyond it.

The significance of extreme events: China's vulnerability to climatic hazards is high; because of its size and geographical extent it experiences many types of hazard and because of its transitional economy, production and employment in sectors such as agriculture remain very important, such that millions of livelihoods are exposed to climate related risks. The annual average crop area affected by meteorological hazards is around 50 million ha and economic losses amount to over 200 billion RMB per annum (Wang, 2007). Drought in 2004-2006 in

Ningxia (Northwest China) led to crop failure, increased need for local people to purchase water and significant economic impacts (Yue et al., 2008). China's high exposure and sensitivity were clearly highlighted by the events during January and February 2008 when unusually low temperatures and heavy snowfalls (the heaviest in ~50 years) in southern China brought massive disruption to transport networks during the peak travel period of the Spring Festival. By mid-February the impacts had spread to 21 provinces, caused 129 deaths, destroyed crop harvests across 1.68 M ha, and led to direct economic losses of 152 billion RMB (Wang, 2008).

Climate models, either global or regional, are unlikely to capture fully the spatial and temporal detail of many extreme events across China. This is due to the imperfect understanding of their physical causes and limitations related to model structure. Crop models may also fail to simulate the total impact of events such as temperature peaks and soil moisture deficits during critical stages in crop growth cycles.

Assumptions related to the impacts modeling: The simulation of crop production did not incorporate the effects of changes in distribution and impact of pests and diseases, changes in management practice, crop variety and type, and the multiple cropping index. Farmers were assumed to apply optimum inputs. Water management and efficiency of use were also assumed to continue at current levels and the observed planting and irrigation area were used to calculate future potential production. Water use did not consider non-grain production and livestock requirements, both of which are growing rapidly in China, the ratio of arable farming output value to total agricultural output value fell from 89% (1949) to 49.7% (2005, Zhao, et al., 2008). Also, whilst agricultural water availability was constrained within the simulations, it was assumed that all of the agricultural water is available at the correct times for irrigation. Decreasing groundwater levels due to abstractions for irrigation and urban water use (e.g. North China Plain) and declining soil fertility were not incorporated in the modelling work.

Assumptions in the SES: We downscaled IPCC SRES storylines to China and sub-national scales, however, large uncertainties exist in the SRES SES and it is quite possible that China will follow different pathways to the world and Asia. Indeed, the A2 population is much higher than other projections and given current national policies on population probably unrealistic. Farmers and agricultural policies will respond to many signals and drivers but we have made no assumptions in the SES about their roles in affecting production. The SES do not incorporate incremental responses or anticipatory actions in response to change as it occurs; i.e. there are no feedbacks in the scenarios: they are not co-evolutionary. Our results do not include the effects of extreme events and adaptation related to agronomic practices.

We have made no assumptions about the role of crop prices and international trade in affecting production and incremental responses/anticipatory actions in response to changes as it occurs (i.e. there are no feedbacks in the scenarios). Other important trends not included here are rapid changes in food consumption patterns in China. For example, average per capita meat

consumption increased from 8.2 kg to 25.3 kg between 1978 and 2000 (Zhao et al., 2008).

5.2 The wider implications of the results

To provide some traction to the results of this impact analysis we set the results in the context of maintaining national food (staple grains) sufficiency in China. This is an important current policy goal for China and is likely to remain a major influence on agricultural policy and practice over the timescales considered in our study. Nevertheless, this production oriented policy goal ignores issues of sustainability, such as land degradation and over-application of inputs, all of which need to be addressed to maintain and increase future production.

In relation to climate change the results demonstrate the importance of improving our understanding of the effects of CO_2 fertilization in real world situations. Water availability is a critical factor for agricultural production in China and so effective linkages between agriculture and water management/policy will be vital for successful adaptation. Improved projections of future water availability will require better surface and groundwater modeling and simulation of soil moisture dynamics and evapotranspiration. In terms of adaptation we have identified three broad-level scenarios; there is a need to develop more detailed and grounded policies based on understanding of existing decision-making and management practice which are highly context specific.

6. Conclusions

The effects and interactions of multiple drivers of change (climate, CO_2 fertilization, water availability, population and land use change) have been considered in relation to their impacts on staple cereal production in the 2020s and 2040s. Two standard IPCC SRES emission scenarios and SES storylines provided the quantitative inputs and qualitative context for the future drivers of change and adaptation scenarios. The main conclusions are as follows.

- Scenarios of future climate change project continued warming in all seasons over the whole of China, and consistent but modest increases in mean annual precipitation. The regional climate model PRECIS produced warming similar to a multi-model average for China but precipitation higher than a multi-model average for China.
- By the 2040s climate change alone produced small to moderate effects on China's potential cereal production. The largest changes in production occurred with wheat (increases) and the smallest with maize (decreases).
- The combined effects of CO_2 fertilization and climate change produced increases in cereal production with both A2 and B2 climate scenarios. The increases were larger with A2.
- Water availability acted as a significant limitation to national production in the future with or without CO_2 fertilization effects. A decrease in water availability for agriculture reduced the irrigation area in all cases, particularly under A2 for the area of paddy rice.

- The absolute effects of climate change by the 2040s were modest relative to the other drivers. The interactive effects of all drivers together led to significant decreases in total production by the 2040s (-18%, A2 and -9%, B2).
- In most cases production per capita was projected to decrease, particularly the cases with A2 population, but the decreases were significantly different between combinations of drivers and population scenarios.
- Outcomes were highly dependent on socio-economic development pathways and their underlying assumptions and the effects of CO_2 fertilization which, assuming sustained positive effects, offset most of the negative effects of the other drivers.

We judge our results on climate change and water availability impacts on cereal production to be near the upper limits to the potential range in response because PRECIS gives much wetter conditions than the multi-model average, the CO_2 crop yield response function may not be sustained and the negative effects of extreme events on crop growth and water availability are likely to be underestimated. By concentrating on results for the 2020s and 2040s, aggregated for three crops at national scale, we omit some of the more significant effects of higher temperatures on crop yield and the existence of significant differences at provincial scale and between crops. The general patterns show production increases in the northeast and north and decreases in the central, eastern and southern provinces. Such patterns could create adaptation opportunities in the north, subject to constraints from water availability, and food production risk hotspots in the central, eastern and southern provinces.

References

Abdulla, F.A., Lettenmaier, D.P., Wood, E.F., Smith, J.A., 1996. Application of a macroscale hydrologic model to estimate the water balance of the Arkansas-Red river basin. Journal of Geophysical Research 101(D3), 7449-7459.

Alcamo, J., M. Florke and M. Marker, 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. Hydrological Sciences Journal, 52(2), 247-275.

Barry, S., Cai, Y., 1996. Climate change and agriculture in China. Global Environment Change 6, 205-214.

Betts, R. 2005. Integrated approaches to climate-crop modeling: needs and challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 360, 2049-2065.

Cao, L.J., Zhang, Y., Xu, Y.L., Dong, W.J., 2007. Validating the runoff from the PRECIS model using a Large Scale Routing Model. Advances in Atmospheric Sciences 24(5), 855-862.

China Statistical Yearbook, 2006. China Statistics Press, Beijing.

Christensen, N.S., Wood, A.W., Voisin, N., Lettenmaier, D.P., Palmer, R.N., 2004. The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado river basin. Climatic Change 62, 337-363.

Conway, D., M. Krol, J. Alcamo and M. Hulme, 1996. Future availability of water in Egypt:

The interaction of global, regional, and basin scale driving forces in the Nile basin, Ambio, 25(5), 336-342.

Editors' Committee of Chinese Water Resource (ECCWA), 2006. The bulletin of Chinese water resource. The Ministry of Water Resources, the People's Republic of China.

Feng, Z. et al. 2005. Grain-for-green policy and its impacts on grain supply in West China. Land Use Policy , 22: 301-312.

Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F.N., van Velhuizen, H., 2005. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 360: 2061-2083.

Fischer, G., Tubiello, F.N., van Velthuizen, F., Wiberg, D.A., 2007. Climate change impacts on irrigation water requirement: Effects of mitigation, 1990-2080. Technological forecasting & Social change 74, 1083-1107.

Food and Agricultural Organization of The United Nations Economic and Social Department, the Statistics Division (FAOSTAT database), available on http://faostat.fao.org/.

Gaffin, S.R., Rosenzweig, C., Xing, X.S., and Yetman, G., 2004. Downscaling and geo-spatial gridding of socio-economic projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). Global Environment Change 14, 105-123.

Gale, F., 2002. China's food and agriculture: Issues for the 21st century. Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin No. 775.

Gregory, P.J., Ingram, J.S.I., 2000. Global change and food and forest production: future scientific challenges. Agriculture, Ecosystem & Environment 82, 3-14.

Gregory, P.J., Ingram, J.S.O., Brklacich, M., 2005.Climate change and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 360, 2139-2148.

Hafner, S., 2003. Trends in maize, rice, and wheat yields for 188 nations over the past 40 years: a prevalence of linear growth. Agriculture, Ecosystems & Environment 97, 275-283.

Herdt, R.W., 2006. Establishing priorities for plant science research and developing world food security. European Journal of Plant Pathology 115, 75-93.

Holden, N.M., Brereton, A.J., 2005. Adaptation of water and nitrogen management of spring barley and potato to possible climate change in Ireland. Agricultural water management 82, 297-317.

Holman, I.P., Nicholls, R.J., Berry, P.M., Harrison, P.A., Audsley, E., Shackley, S. and Rounsevell, M.D.A., 2005. A regional, multi-sectoral and integrated assessment of the impacts of climate and socio-economic change in the UK: Part II. Results. Climatic Change 71: 43-73.

Holman, I.P., Rounsevell, M.D.A., Cojacaru, G., Shackley, S., McLachlan, C., Audsley, E., Berry, P.M., Fontaine, C., Harrison, P.A., Henriques, C., Mokrech, M., Nicholls, R.J., Pearn, K.R., Richards, J.A., 2008. The concepts and development of a participatory regional integrated assessment tool. Climatic Change 90(1-2), 5-30

Iglesias, A., Minguez, M.I., 1997. Modelling crop-climate interactions in Spain: vulnerability and adaptation of different agricultural systems to climate change. Mitigation and

Adaptation strategies for global change 1, 273-2008/4/11.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 7-22.

Izaurralde, R.C., Rosenberg, N.J., Brown, R.A., and Thomson, A.M., 2003. Integrated assessment of Hadley center (HadCM2) climate-change impacts on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States: Part II. Regional agricultural production in 2030 and 2095. Agricultural and Forest Meteorology 117, 97-122.

Jiang, M., Jin, Z.Q., Gao, L.Z., 1998. Gradual impacts of climate change on winter wheat production in China. JiangSu Journal of Agricultural Science 14, 90-95.

Jin, L.S., Yong W., 2001. Water use in agriculture in China: importance, challenges and implications for policy. Water policy 3(3), 215-228.

Jin, Z., Ge, D., Chen, H., Feng, J. 1995. Effects of climate change on rice production and strategies for adaptation in south China. In: Rosenzweig, C., Ritchie, J.T., Jones, J.W., Tsuji, G.Y., Hildebrand, P. (Eds.), Climate change and Agriculture: Analysis of potential international impacts. American Society of Agronomy.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT cropping system model. European Journal of Agronomy 18, 235-265.

Jones, R.G., Noguer, M., Hassell, D.C., Hudson, D., Wilson, S.S., Jenkins, G.J. and Mitchell, J.F.B., 2004. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, pp. 35.

Ju, H., Xiong, W., Xu, Y.L., Lin, E.D., 2005. Impacts of Climate Change on Wheat Yield in China. Acta agronomica sinica. 31, 1340 -1343.

Kahn, M.E., 2003. Two measures of progress in adapting to climate change. Global Environmental Change 13, 307-312.

Kaiser, H.M., Rkha, S.J., Wilks, D.S., and Sampath, R., 1993. Adaptation to global climate change at the farm level. In: Kaiser, H.M., Drennen, T.E., (Eds.), Agricultural dimensions of global climate change. St. Lucie Press. Florida, U.S.A. PP136-152.

Kimball, B.A., Kobayashi, K., Bindi, M., 2002. Responses of agricultural crop to free-air CO_2 enrichment. Advances in Agronomy 77, 293-368.

Li, F.C., 2005. Drawing up main crop's irrigation quota of Shanxi province and analyzing present deficient degree of water irrigation, Shanxi Hydrotechnics 13(2), 62-64.

Li, Y.H., 2006. Water saving irrigation in China. Irrigation and Drainage 55, 327-336.

Liang, X, Lettenmaier, D.P., Wood, E., Burges, S.J., 1994. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. Journal of Geophysical Research1 99(D7), 14,415-14,428.

Liang, X., Lettenmaier, D.P., Wood, E.F., 1996. One-dimensional statistical dynamic representation of subgrid spatial variability of precipitation in the two-layer variable

infiltration capacity model. Journal of Geophysical Research 101(D16), 21,403-21,422.

Lin, E., Zhang, H., Wang, J. (Eds.), 1997. Simulation of impacts of global change on agriculture in China. Chinese Agricultural Press, Beijing.

Lin, E., Xiong, W., Ju. H., Xu, Y.L., Li, Y., Guo, L.P., Xie, L.Y., 2005. Climate change impacts on crop yield and quality with CO_2 fertilization in China. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 360, 2149-2154.

Liu, J. 2005. China's changing landscape during the 1990s: Large-scale land transformations estimated with satellite data. Geophysical Research Letters 32:2, L02405.

Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R.L. (2008) Prioritising climate change adaptation needs for food security in 2030. Science 319, 607-610.

Long, S.P., Ainsworth, E.A., Leakey, A.D.B., Morgan, P.B., 2005. Global food insecurity: Treatment of major food crops with elevated carbon dioxide or ozone under large-scale fully open-air conditions suggests recent models may have overestimated future yields. Transactions of the Royal Society of London, Series B 360, 2011-2020.

Long, S.P., Ainsworth, E.A., Leakey, A.D.B., Nosberger, J., Ort, D.R., 2006. Food for thought: lower expected crop yield stimulation with rising CO2 concentrations. Science 312, 1918-1921.

Lorenzoni, I., Jordan, A., Hulme, M., Turner, R.K. and O'Riordan, T., 2000. A co-evolutionary approach to climate change impact assessment: Part I. Integrating socio-economic and climate change scenarios. Global Environmental Change 10, 57-68.

Mall, P.K., Lal, M., Bhatia, V.S., Rathore, L.S., Singh, R., 2004. Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study. Agricultural and Forest Meteorology 121, 113-125.

Matthews, R.B., Kropff, M.J., Horie, T., and Bachelet, B., 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation. Agricultural systems 54, 339-425.

Maurer, E.P., O'Donnell, G.M., Lettenmaier, D.P., Roads, J.O., 2001. Evaluation of the land surface water budget in NCEP/NCAR and NCEP/DOE reanalyses using an off-line hydrologic model. Journal of Geophysical Research 106(D16), 17, 841-17,862.

Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J. Zhao, Z.-C., 2007. Global Climate Projections. In Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor M., Miller, H.L., (eds.) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Nakicenovic, N., Swart, R. (eds.), 2000. Special Report on Emission Scenarios, Cambridge University Press, London.

Nijseen, B., O'Donnell, G.M., Lettenmaier, D.P., Lohmann, D., Wood, E.F., 2001. Predicting the

discharge of global rivers. Journal of Climate 14, 1790-1808.

Nijssen, B., Lettenmaier, D.P., Liang, X., Wetzel, S.W., Wood, E., 1997. Streamflow simulation for continental-scale basins. Water Resources Research 33(4), 711-724.

Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J.M., Ortiz-Monasterio, I., and Reynolds, M., 2008. Climate change: can wheat beat the heat? Agriculture, Ecosystems & Environment 126, 46-58.

Parry, M., Rosenzweig, C., Livermore, M., 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 360, 2125-2138.

Parry, M.L., Arnell, N., McMichael, T., Nicholls, R., Martens, P., Kovats, S., Livermore, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., 2001. Millions at risks: defining critical climate change threats and targets. Global Environmental Change 11, 181-183.

Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G., 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. Global Environmental Change 14, 53-67.

Payne, J.T., Wood, A.W., Hamlet, A.F., Palmer, R.N., Lettenmaier, D.P., 2004. Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia river basin. Climatic Change 62, 233-256.

Ritchie, J.T., Singh, U., Godwin, D. and Hunt, L., 1989. A user's guide to CERES-Maize v. 2.10. Int. Fert. Dev. Cent., Muscle Shoals, AL.

Ritchie, J.T., Singh, U., Godwin, D.C., Bowen, W.T., 1998. Cereal growth, development and yield, pp. 79-97, in Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (eds.) Understanding options for agricultural production. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, the Netherlands.

Rosegrant, M.W., Cline, S.A., 2003. Global food security: challenges and policies. Science 302, 1917-1919.

Rosenbeg, N.J., Brown, R.A., Izaurralde, R.C., Thomson, A.M., 2003. Integrated assessment of Hadley Centre (HadCM2) climate change projection on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States I. Climate change scenarios and impacts on irrigation water supply simulated with the HUMUS model. Agricultural and Forest Meteorology 117, 73-96.

Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., Liu, Y.H., Baethgen, W., Jones, J.W., 1999. Wheat yield functions for analysis of land-use change in China. Environmental Modeling and Assessment 4, 115-132.

Rosenzweig, C., Strzepek, K.M., Major, D.C., Iglesias, A., Yates, D.N., McCluskey, A., Hillel, D., 2004. Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. Global Environmental Change 14, 345-360.

Slingo, J.M., Challinor, A.J., Hoskins, B.J., Wheeler, T.R., 2005. Introduction: food crops in changing climate. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 360, 1983-1989.

Song, 1998. Half relieved and half worried 10 years: a survey of land reclamation and utilization in four Northern provinces. China Land, 11: 21-24.

Southworth, J., Randopph, J.C., Habeck, M., Doering, O.C., Pfeifer, R.A., Rao, D.G., and Johnston, J.J., 2000. Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in Midwestern United States. Agriculture, Ecosystems & Environment 82, 139-158.

Su, F., Xie, Z.H., 2003. A model for assessing effects of climate change on runoff in China. Progress in Natural Science, 13(9), 701-707.

Tao, F.L, Yokozawa, M., Hayashi, Y., Lin, E.D., 2003. Changes in agricultural water demands and soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production. Agricultural and Forest Meteorology 118, 251-261.

Tao, F.L., Hayashi, Y., Zhang, Z., Sakamoto, T., Yokozawa, M., 2008. Global warming, rice production, and water use in China: Developing a probabilistic assessment. Agricultural and Forest Meteorology 148, 94-110.

Tao, F.L., Yokozawa, M., Hayashi, Y., Lin, E.D., 2003. Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China. Agricultural, Ecosystems and Environment 95, 203-215.

Thomas, A., 2000. Climatic changes in yield index and soil water deficit trends in China. Agricultural and Forest Meteorology 102, 71-81.

Tobey, J.A., 1992. Economic issues in global climate change. Global Environmental Change 2, 215-218.

Tong, C.L., Hall, C.A.S., Wang, H.Q. 2003. Land use change in rice, wheat and maize production in China (1961-1998). Agriculture Ecosystem & Environment 95, 523-536.

Trnka, M., Dubrovský, M., and Zalud, Z., 2004. Climate change impacts and adaptation strategies in spring barley production in the Czech republic. Climatic Change 64, 227-255.

UK Climate Impacts Programme (UKCIP), 2002. Climate Change Scenarios for the United Kingdom. The UKCIP02 Scientific Report. Tyndall Centre and Hadley Centre. UK, p. 45-65.

Vicuna, S., Maurer, P., Joyce, B., Dracup, J.A., Purkey, D., 2007. The sensitivity of California water resources to climate change scenarios. Journal of the American Water Resources Association 43(2), 482-498.

Vorosmarty, C.J., P. Green, J. Salisbury and R.B. Lammers, 2000: Global water resources: vulnerability from climate change acid population growth, Science, 289(5477), 284-288.

Wang Chunyi (2007). Advances in severe meteorological disasters. Meteorological Press, 2007, Beijing.

Wang Zhenyao. (2008). remarks on the work of the recovery and rebuilding of the collapsed houses caused by the snow and freeze disaster. http://www.mca.gov.cn/article/mxht/ftzb/zxft/200802/20080200012026.shtml. Last accessed 05/11/08.

Wang, D., Ru, S.R., 2005. Compiling for irrigation water quota in Jilin province. Jilin Water Resources 25(4), 41-13.

Wang, J.H., Lin, E.D., 1996. The impacts of potential climate change and climate variability on simulated maize production in China. Water, Air & Soil pollution 92, 75-85.

Wang, L., Li, J., 2005. A study on zoning of Yunnan province irrigation water quota, Water Conservancy Science and Technology and Economy 11(1), 39-41.

Winters, L.A., Yusef, S. 2007. Dancing with Giants: China, India, and the global economy. World Bank Publications. ISBN 0821367498.

Wood, A.W., Maurer, E.P., Kumar, A., Lettenmaier, D.P., 2004. Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs. Climatic Change 62, 189-216.

Xie, Z.H., Liu, Q., Yuan, F., Yang, H.W., 2004. Macro-scale land hydrological model based on 50km×50km grids system. Journal of Hydraulic Engineering, 76(5), 76-82.

Xiong, W., Lin, E.D., Ju, H., Xu, Y.L., 2007a. Climate change and critical thresholds in China's food security. Climatic Change 81, 205-221.

Xiong, W., Matthews, R., Holman, I., Lin, E.D., and Xu, Y.L., 2007b. Modelling China's potential maize production at regional scale under climate change. Climatic Change 85,433-451.

Xiong, W., Conway, D., Xu, Y.L., Jinhe, J. Ju, H., and Lin, E.D. 2008a. The Impacts of Climate Change on Chinese Agriculture - Phase II National Level Study: The Impacts of Climate Change on Cereal Production in China. Final Report. AEA Group. 62pp.

Xiong, W., Holman, I., Conway, D., Lin, E.D., Li, Y., 2008b. A crop model cross calibration for use in climate impacts studies. Ecological Modelling 213, 365-380.

Xiong, W., Conway, D., Holman, I. and Lin, E. 2008c. Evaluation of CERES-Wheat simulation in the main wheat producing areas of China. Journal of Agronomy.

Xu, Y.L., 2004. Setting up PRECIS over China to develop regional SRES climate change scenarios. In: Proceedings of the international workshop: Prediction of Food Production Variation in East Asia under Global Warming, Tsukuba, Japan, pp. 17-21.

Xu, Y.L., Huang, X.Y., Zhang, Y., Wen, Z.P., Li, W.B., 2007. Validating PRECIS' capacity of simulating present climate over south China. Acta Scientiarum Naturalium Unversitatis Sunyatseni 46, 93-97.

Yang, H., Li, X.B., 2000. Cultivated land and food supply in China. Land use policy 17, 73-88.

Yao, F.M., Xu, Y.L., Lin, E.D., Yokozawa, M., Zhang, J.H., 2007. Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China. Climatic Change 80, 395-409.

Yue, L., Yanjuan, W., Conway, D., Preston, F., Lin, E., Jisheng, Z., Taoming, W., Yi, J., Qingzhu, G., and Hui, J. (2008) Climate and Livelihoods in Rural Ningxia: Final Report. AEA Group. 26pp. www.china-climate-adapt.org Last accessed 05/11/08.

Zhang, Y., Xu, Y.L., Dong, W.J., Cao L.J., Sparrow, M., 2006. A future climate scenario of regional changes in extreme climate events over China using the PRECIS climate model. Geophysical Research Letters 33, L24702, doi:10.1029/2006GL027229.

Zhao, J., Luo, Q., Deng, H. and Yan, Y. (2008) Opportunities and challenges of sustainable agricultural development in China. Phil. Trans. R. Soc. B 363, 893-904.

Zhen, S.Z, Wang, S.W, Zhang, J.J, 2004. Introduction of compiling agricultural irrigation water quota in Zhejiang Province, Zhejiang Hydrotechnics 32(6), 47-48.

Building a Supply-Demand System for Eco-Friendly Crops in Jeju for Green Growth

- Focusing on Jeju Community Supported Agriculture (CSA) -

Seung-Jin KANG
Jeju Development Institute

Ⅰ. Questions in Focus

○ The direction for achieving low-carbon green growth can largely be classified into three fields of interest (empowerment of new engines of growth, improvement of quality of life and the environment, and raising of national status) and ten policy guidelines.

○ Of these, a project to build a green village based on eco-friendly organic agriculture is currently underway as part of the ninth policy guideline for green revolution of living.

○ The industry structure of Jeju is comprised mostly of the first and third industries. Of these, the local government plans to nurture the first industry into a green industry of growth, but no special way has been found to achieve the goal.

○ The relative importance of agriculture in the local Jeju economy as a whole is very high compared to other regions in Korea. Therefore, in order to raise international competitiveness and create value-added to cope with market liberalization, it is necessary to seek ways to re-energize the local economy while increasing farm income through the cultivation of eco-friendly agricultural crops.

○ For this purpose, it is possible to approach the issue by considering rural-urban exchanges in the form of a production-consumption convergence model where farmers and consumers mutually benefit. In other words, rural-urban exchanges are regarded as a way of dealing simultaneously with farmers' hardship and urban residents’ need to consume safe agricultural crops and form healthy eating habits .

○ In this sense, we need to examine community supported agriculture (CSA) that is being developed in the US as a form of rural-urban exchange and explore proper ways to introduce it in Jeju for the construction of a supply-demand system for eco-friendly agricultural crops for green growth.

Ⅱ. The Concept of Local Food Movement and Regional Economic Effects

1. The Concept of Local Food Movement

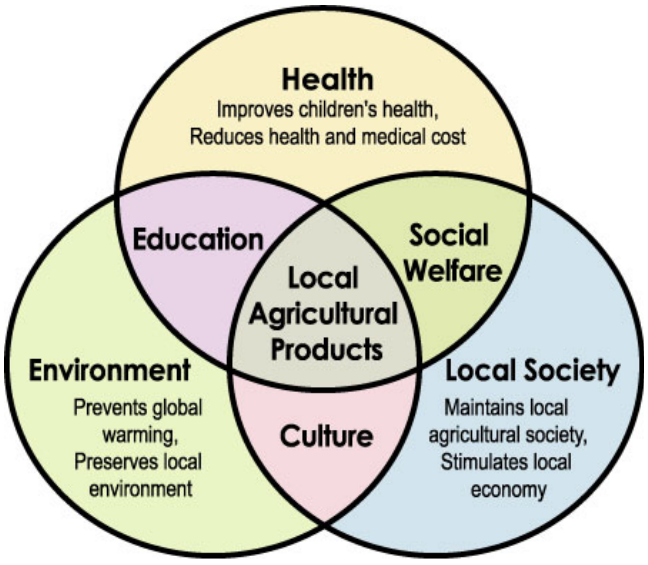
○ The local food movement refers to the consumption of local food within the local region as much as possible. The consumed foods include agricultural crops, processed products and foods produced locally.

○ It has the effect of vitalizing the local circular economy and creating jobs by means of ensuring the stability of farmers' income and food safety of consumers, reducing the environmental pollution caused by transportation, and connecting the intra-regional network of production, distribution, processing, and consumption.

○ The local food movement shows the possibility of a new counter strategy of a local society to overcome existing limitations to local development. The preconditions of this movement are 'residents' participation,' 'linkage through regional integration,' and 'care for the weak.'

2. Local Food Movement and Regional Economic Effects

○ Boosts resource circulation and self-supply within a region
○ Promotes eco-friendly agricultural crops and supplies safe agricultural crops at low prices
○ Creates jobs and stimulates local resource utilization
○ Promotes education about agro-food and human education
○ Achieves health improvement and restores food and local culture



3. Examples of Local Food Movement

○ farmer‘s market
○ community supported agriculture (CSA/US), Jisanjisho movement (consumer teikei movement/Japan)
○ urban agriculture, community kitchen, local restaurants (Farm to Cafeteria)
○ co-ops, community garden (Canada)
○ local currency (LETS)

Ⅲ. Domestic and Foreign Cases of CSA and Implications

1. Overview of CSA

1) Meaning of CSA(community supported agriculture)

○ CSA is a type of agriculture wherein consumers become contract members and forms partnership with farmers(producers). Membership fee is collected and provided to farmers as a yearly farming revenue before the farming season. Some members provide labor instead of membership fee and farmers in turn supply harvested crops to consumers in cities.

○ One characteristic of CSA is that consumers share the risk of farming and are jointly responsible for farms and farming (natural condition). Consumers not just pay membership fee but meet farmers regularly, exchanging opinions and reflecting consumers' needs into farming.

2) History

○ CSA began as a response to the concerns for food safety and urbanization of farmland in Germany, Switzerland and Japan in the early 1960s.
○ In 1984, when Jan Vander Tuin introduced the CSA concept in Europe, this idea took root in the United States.

○ The newly coined word 'CSA' was born in the Great Barrington CSA owned by Vander Tuin and co-founder Robyn Van En. At that time, CSA farms sprang up across North America and were prevalent especially in the Northeast, Pacific coastal regions, north of Midwest and Canada.

3) Types of CSA

○ There are four types of CSA: farmers-led CSA, members-led CSA, farmers co-op

CSA, and farmer-member co-op CSA.

<Table 1> Types of CSA

Type	Description
farmers-led CSA	Farmers organize CSA programs. They recruit members and make all decisions. They decide what crops to cultivate and distribute.
members-led CSA	Local residents organize CSA programs and employ farmers who will cultivate the residents' special crop of choice. Local residents make decisions in most cases.
farmers co-op CSA	Farmers of various types organize local agricultural programs. This form of CSA has the merit of providing various kinds of harvested crops to member consumers.
farmer-member co-op CSA	Local residents and farmers own resources of CSA programs and jointly operate the programs through cooperation.

National Alternative Agriculture. (2008). Community Supported Agriculture. http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/csa/csa.shtml

4) Operation Process of CSA

○ Consumers and producers discuss various issues of mutual concern, such as crop type, production cost, and production amount, and jointly make an annual cultivation plan. Generally, member consumers make a deposit (agricultural fund) before they receive harvested products.

○ Usually agricultural crops harvested each week are delivered to collection centers or homes. The right to choose the amount and type of item is restricted once the cultivation plan is finalized.

○ Consumers actively participate in agricultural activities by taking part in periodic helping-hand or hands-on experience activities (If labor is provided for farming and shipping, membership fee is reduced). Since farmers and member consumers jointly take up the burden of CSA based on the spirit of solidarity and cooperation, the poor and welfare institutions can participate for free or at low cost.

⇒ The trust of producers and consumers is extremely important for CSA compared to other arrangements and it requires a mindset that values consumers and takes them into account as producers.

5) Advantages of CSA

○ Although there are many forms of CSA, it basically has the following advantages rewarding farmers, consumers, and the local community.

○ First, it provides new opportunities to smallholder farmers, hourly-working part-time farmers, and farmers who are new to agriculture. Second, it provides farmers who practice traditional farming methods with opportunities to diversify business and gives much assistance to farm households that produce vegetables, fruits, meat, and eggs. Third, CSA allows producers to gain more market share through direct transactions.

○ First, consumers who are local residents can get fresh and safe agricultural products. Second, learning opportunities are provided to consumers and many CSA farms enable member consumers to directly cultivate and manage crops. Third, farmers and consumers stabilize the local food system by dispersing risk elements, and consumers can share a lot of benefits in times of good harvest even though there is the risk of a poor harvest.

○ With respect to the local community, CSA energizes the life of individuals and the local community to an extent that is far more beneficial than just providing healthy agricultural products to its members. Second, CSA induces changes in the routine lives of rural residents and promotes their active participation in local community activities. Third, CSA makes communities become more close to farming and nature. Fourth, CSA keeps domestic agriculture in balance with the multinational global food system by rapidly developing a local community's network of small activities. Fifth, CSA promotes respect toward local biodiversity or farming specialists by maintaining farming methods through which various crops can be produced in the local region.

2. Domestic and Foreign Cases of CSA and Implications

1) The CSA in the US and the Old Trail Market in the City of Moorhead, Minnesota

(1) Overview and Facts about CSA(Community Supported Agriculture) in the US

○ As a form of local food system, CSA is a fast-growing agricultural management entity in the US. It aims to build a new combination of food, nature and society and provides ideas on new forms of agriculture.

○ CSA is an alternative form of agriculture which draws much attention in rural regions and it is a method of direct transactions which is aimed at building a local

community through a local food system based on mutual trust between farmers and consumers. The trend is that the farming method of CSA is steadily spreading across the world.

○ Starting with Switzerland in 1975, CSA spread into Japan. In the US, CSA emerged from the Indian Line Farm in Massachusetts in 1986. There were only two CSAs at that time and the number grew to 200 in 1992 and to over 600 in 2000. The total number of CSA farms registered with the US Department of Agriculture in December, 2003 was 985 and it increased to 1,140 in 2006.

<Table 2> Number of CSAs in the US

year	1986	2000	2001	2003	2004	2005	2006
number	2	600	761	985	1,034	1,144	1,140

Source: National Alternative Agriculture. (2008). http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/csa/

(2) Old Trail Market in Minnesota and Its Implications

○ The Old Trail Market in the city of Moorhead at the east end of Minnesota near the border with North Dakota is a good example of CSA in operation.

○ The Old Trail Market was launched by Randolph Probstfield who had a dream of creating a self-sufficient farm cultivating crops like vegetables, flowers, and tobacco.

○ Ben Larson relaunched the Old Trail Market and in 1931 his son took over the market after his death. In 1997, Larson started CSA as part of a project to set up a Probstfield farm fund.

○ Larson, who lives in the farm, began the CSA by recruiting 25 members on 3 acres of land. The membership grew to 45 with the cultivation field increasing to five acres in 1999.

○ In terms of management characteristics, one third of produced crops are sold through the CSA, while the two one thirds are equally sold at the farmers market and on street stands, thus dispersing risks. Larson produces various agricultural crops, which include raspberries, strawberries, salad lettuce, eggplants, tomatoes, carrots, beans, sugar beets, and flowers.

2) Examples of Jisanjisho Movement in Japan and Its Implications

(1) Overview of Jisanjisho Movement

○ Although the concept originated from the 1970s, the word began to be used in the 1980s. In 1981, the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan carried the banner of Jisanjisho to prevent the intake of too much salt in diet and to increase the production of vegetables for maintaining balanced diet.

○ In 1987, Director Dakashi of Policy Research Institute of Agriculture, Forestry and Fisheries used the term after getting the hint from producers of organic crops. It quickly spread across Japan as the term was highlighted at the 20th and 23rd national congresses of Japan Agricultural Cooperatives (JA) in 2000 and 2003.

○ The concept of Jisanjisho originates from the movement to consume and sell harvested crops locally.

○ Recently the movement has expanded to include various activities that connect consumers with producers and other activities related with locally produced agricultural crops.

(2) Types of Jisanjisho

○ Jisanjisho through direct sales at production areas

- Direct sales at production sites: 'Edogawa Farm Gate Sales' was launched by local farmers. 'Farmers' Market Itoman' of JA Okinawa was opened and 'Friendly Shop' is run by agricultural authorities in Gifu Prefecture.
- Large retail shops, restaurants and take-outs: Kumamoto JA and the Kumamoto Economic Association jointly opened a large retail shop; a women's volunteer group of the Japan Agricultural Cooperatives in Fukui Prefecture operates a restaurant; and Miyakonojo JA's 「ATOM」 shop sells take-out meals.

○ Jisanjisho through school meals

- About 94% of elementary, middle and high schools use local agricultural crops for school meals. By category, vegetables topped the preference list with 96%.
- In order to step up meal service at schools, mutual understanding is promoted between suppliers (farms) and school meal administrators (including dieticians) through meetings. Also, the amount, variety and number of shipping times are expanded to increase the share of local agricultural products used at schools.

(3) Stimulating local economy through Jisanjisho

○ Green tourism: It is possible for rural communities in farming, fishing and mountainous regions to maintain agriculture's multi-functionality, which includes income creation and maintenance of traditional culture by energizing exchanges with cities. Even in regions where there isn't any corporation and where tourism resources are scarce, it is possible to revitalize local economy through green tourism.

○ Jisanjisho actively pursues to supply local agricultural products to company cafeterias in cooperation with administrative authorities, producer groups and the chamber of commerce.

○ Jisanjisho model town project (April, 2007): The municipality as a whole carries out the Jisanjisho movement with the support of all industry sectors concerned, including agriculture, catering, commerce and tourism. Himishi Jisanjisho in Toyama Prefecture was chosen as the model town through public bidding.

(4) Benefits of Jisanjisho and Implications

○ Jisanjisho secures a sales channel for producers through the selling of agricultural and livestock products at direct selling depots and reduces transportation cost. It also supplies safe agricultural products to consumers.

○ Jisanjisho expands the consumption of domestic agricultural and livestock products by supplying them to schools for lunch, and it can provide proper education related to food to children. Green tourism is promoted and expanding the use of local agricultural products at local company cafeterias revitalizes the local economy.

○ In order to elevate such campaigns as the 'local production for local consumption' and 'I love farm' campaigns into movements that truly benefit agriculture and rural villages, it is necessary to develop businesses that are based on the selling of agricultural products.

○ Joint efforts such as production that caters to consumer's needs, active assistance by the central government, and creative business development by local authorities and agricultural cooperatives are important.

3) CSA in Korea: Member Consumers' Direct Transaction ('Life Meals') in Chuncheon

○ It was launched with the catch phrase of "dining table full of life" as part of the safe food (local food) campaign to consume agricultural products produced locally.

○ It is a form of direct transaction directly connecting eco-friendly organic farms with consumers so that residents can purchase safe food. Eco-friendly agricultural products that are delivered to member households are organic rice dubbed 'snail rice', cereals, organic potatoes, sun-dried peppers, eco-friendly tomatoes and fruits. One package of these products is delivered once a week for a period of a year.

○ Contents in the box: 7~8 items of mostly fruits, vegetables, spices

○ Membership fee and coupons: 60,000 won per month, Coupon 1 ('life meal') and Coupon 2 ('rural meal')

4) CSA in Korea: ‘Baekwhagol Green Food' in Jangsu County, Jeollabukdo and 'Farmer's Heart' (seasonal vegetable package) in Paldang, Namyangju City

○ Baekwhagol Green Food is a members only food delivery service run by Cho Gye-Hwan and Park Jung-Sun who became farmers after leading their lives in cities. The delivery is made to Seoul and other regions.

○ 'Farmer's Heart' (seasonal vegetable package) is a members only direct transactions service that began in 2006 by an organic farmers group (8 YMCAs) in Paldang led by Roh Guk-Hwan.

○ These examples of CSA are drawing attention as a sound way of reviving organic agriculture while sharing safe foods produced at the right season. Also, farm visits bridging the gap between farmers and consumers are available and 'helping hand' assistance is provided.

○ Internet cafes are in operation and letters are sent to consumers to strengthen the bond between farmers and consumers.

Ⅳ. Ways of Building a Supply-Demand System for Eco-Friendly Agricultural Crops in Jeju Island through CSA

1. The Current State of Eco-Friendly Agriculture in Jeju

1) Farm Households and Income

○ The farming population of Jeju Special Self-Governing Province decreased to 102,192 in 2008 from 185,339 in 1985. The percentage of farming population to the total population of Jeju was 21.2% in 2008, which is about 3.5 times more than the national average of 6%.

○ During the same period from 1985 to 2008, the number of farm households decreased from 42,278 to 36,213, and the number of persons per household shrank from 4.4 persons in 1985, which was same as the national average, to 3 persons in 2008, which was 0.4 person more than the national average of 2.6 persons.

<Table 4 > Yearly Changes in Farmers and Farm Households

Year	Farmers		% of Farmers		Farm Households		Persons per Household	
	Jejudo	Nationwide	Jejudo	Nationwide	Jejudo	Nationwide	Jejudo	Nationwide
1985	185,339	8,521,073	37.9	20.9	42,278	1,925,869	4.4	4.4
1990	163,986	6,661,322	31.9	15.5	40,147	1,767,033	4.1	3.8
1995	145,579	4,851,080	28.0	10.8	39,781	1,500,745	3.7	3.2
2000	129,152	4,031,065	24.6	8.6	39,114	1,383,468	3.3	2.9
2005	110,272	3,433,312	23.2	6.4	36,213	1,272,895	3.1	2.7
2008	102,192	3,186,753	21.2	6.0	34,645	1,212,050	3.0	2.6

Source : MOAF, Agricultural and Forestry Statistical Yearbook
Jejudo, Jeju Statistics Yearbook

○ Since 1995, farm household income in Jeju has generally stayed above the national average, and non-farm income, too, continues to be maintained at above the national average.

<Table 5> Changes in Farm Income

(unit : 10,000 won, %)

Year	Nationwide			Jejudo			Ratio to the National Average	
	Farm Income (A)	Non-Farm Income (B)	Ratio of Non-Farm Income	Farm Income (C)	Non-Farm Income (D)	Ratio of Non-Farm Income	Farm Income (C/A)	Non-Farm Income (D/B)
1995	2,180	693	31.8	2,722	751	27.6	124.8	108.3
2000	2,307	743	32.2	2,473	873	35.3	107.2	117.5
2005	3,050	988	32.4	4,482	1,850	41.3	147.0	187.3
2006	3,230	1,004	31.1	4,205	1,866	44.4	130.2	185.9
2007	3,197	1,107	34.6	4,119	1,673	40.6	128.8	151.1
2008	3,052	1,135	37.2	3,767	1,537	40.8	123.4	135.4
'95～'08 average	2,836	945		3,628	1,425			

Source : Statistics Korea, Farm Household Economy Survey
Jeju Special Self-Governing Province, Major Statistics on Agriculture and Livestock

2) Changes in Cultivation Area by Crop Item and Gross Profit Structure

○ The cultivation area of crops that had a large share in the economy decreased sharply since 1990. These crops include cereal grains, beans, sweet potato, rape, sesame, and some vegetables as well as mandarin oranges, potatoes, and flowers. In contrast, the cultivation areas of winter vegetables such as carrot, garlic, onion and stoneleek have continued to increase.

○ The total cultivation area has continued to decrease from 67,037ha in 1990 to 56,062ha in 2009.

<Table 6> Changes in Cultivation Area of Major Crops

(unit : ha, %)

Type	1970		1980		1990		2000		2009	
	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio
Food Crops	**59,768**	**75.7**	**39,144**	**54.6**	**28,772**	**42.9**	**15,227**	**25.3**	**16,349**	**29.2**
rice	2,001	2.5	2,037	2.8	797	1.2	205	1.3	26	0.1
barley	25,032	31.7	15,526	21.7	9,322	13.9	2,576	4.3	16,323	29.1
mixed grains	8,447	10.7	1,493	2.1	1,752	2.6	552	0.9	1,419	2.5
pulse crops	10,550	13.3	8,403	11.7	10,332	15.4	5,876	9.8	8,028	14.3
(bean)	9,609	12.1	7,749	10.8	8,722	13.0	5,597	9.3	7,639	13.6
root vegetables	13,738	17.4	11,685	16.3	6,569	9.8	6,018	10.0	2,553	4.5
(sweet potato)	13,559	17.2	10,580	14.7	3,790	5.6	1,095	1.8	140	0.2
(potato)	179	0.2	1,105	1.5	2,779	4.1	4,923	8.2	2,413	4.3
Vegetables	**2,004**	**2.5**	**3,497**	**4.9**	**7,110**	**10.6**	**12,163**	**20.2**	**18,119**	**32.3**
(cabbage)	52	0.1	197	0.3	783	1.2	1,132	1.9	2,239	4.0
(Chinese cabbage)	-	-	500	0.7	632	0.9	542	0.9	435	0.8
(carrot)	4	0.0	494	0.7	1,052	1.6	2,617	4.4	1,681	3.0
(garlic)	203	0.3	560	0.8	1,921	2.9	3,414	5.7	3,448	6.1
(green onion)	184	0.2	251	0.3	432	0.6	719	1.2	1,037	1.8
(radish)	423	0.5	301	0.4	541	0.8	604	1.0	4,427	7.9
Tree Fruits	**5,002**	**6.3**	**14,164**	**19.8**	**20,237**	**30.2**	**26,767**	**44.6**	**18,801**	**33.5**
(mandarin orange)	5,002	6.3	14,095	19.7	19,414	29.0	25,796	42.9	18,344	32.7
Special Crops	**12,275**	**15.5**	**14,854**	**20.7**	**10,673**	**15.9**	**5,507**	**9.2**	**2,606**	**4.7**
(rape)	10,440	13.2	8,150	11.4	5,200	7.8	2,117	3.5	718	1.3
(sesame)	1,314	1.7	6,321	8.8	5,107	7.6	2,320	3.9	1,719	3.1
flowers	**11**	**0.0**	**31**	**0.0**	**245**	**0.4**	**408**	**0.7**	**187**	**0.3**
Total Cultivation Area	**79,060**	**100.0**	**71,690**	**100.0**	**67,037**	**100.0**	**60,072**	**100.0**	**56,062**	**100.0**

Source: www.kosis.kr, Major Statistics on Agriculture and Livestock

○ The growth in gross profits in the agricultural sector of Jeju slowed down after the Asian financial crisis in 1999 but managed to increase to 1.1662 trillion won in 2008 from 121.8 billion won in 1980.

○ In terms of gross profit composition in 2008, tree fruits earned the largest profit with a 56.2% share, followed by vegetables (27.9%), food crops (9.1%), special crops (4.6%), and flowers (2.2%). By item, mandarin orange was ranked top with a 54.2% share, followed by garlic (7.7%), potato (5.6%), radish (5.5%), and carrot (3.6%).

<Table 7> Changes in Gross Profits of Major Crops

(unit : mil. won, %)

	1970		1980		1990		2000		2008	
	gross profit	ratio	gross profit	ratio	gross profit	ratio	gross profit	ratio	gross profit	ratio
Food Crops	**4,149**	**62.1**	**37,110**	**30.5**	**79,388**	**14.1**	**118,331**	**15.0**	**106,009**	**9.1**
rice	214	3.2	2,452	2.0	3,184	0.6	1,555	0.2	3,403	0.3
barley	2,046	30.6	14,113	11.6	20,010	3.6	11,789	1.5	9,093	0.8
mixed grains	316	4.7	1,795	1.5	2,145	0.4	1,533	0.2	3,719	0.3
pulse crops	284	4.2	4,381	3.6	23,941	4.2	20,043	2.5	23,569	2.0
(bean)	263	3.9	4,183	3.4	21,832	3.9	18,745	2.4	21,430	1.8
root vegetables	1,289	19.3	14,369	11.8	30,108	5.3	83,411	10.5	66,225	5.7
(sweet potato)	1,246	18.6	11,644	9.6	14,875	2.6	4,652	0.6	1,337	0.1
(potato)	43	0.6	2,725	2.2	15,233	2.7	78,759	10.0	64,888	5.6
Vegetables	**892**	**13.3**	**15,530**	**12.8**	**62,395**	**11.1**	**193,632**	**24.5**	**325,750**	**27.9**
(cabbage)	29	0.4	1,176	1.0	6,383	1.1	20,981	2.7	12,438	1.1
(Chinese cabbage)	-	-	2,181	1.8	4,083	0.7	6,025	0.8	4,340	0.4
(carrot)	2	0.0	1,886	1.5	5,358	1.0	28,979	3.7	41,700	3.6
(garlic)	199	3.0	4,059	3.3	20,261	3.6	63,003	8.0	89,388	7.7
(green onion)	133	2.0	1,774	1.5	7,790	1.4	14,616	1.8	25,960	2.2
(radish)	-	-	962	0.8	1,680	0.3	5,672	0.7	63,635	5.5
Tree Fruits	**953**	**14.3**	**55,776**	**45.8**	**380,900**	**67.6**	**386,243**	**48.8**	**655,500**	**56.2**
(mandarin orange)	953	14.3	54,500	44.8	315,100	55.9	370,811	46.9	631,500	54.2
Special Crops	**674**	**10.1**	**9,765**	**8.0**	**23,586**	**4.2**	**43,966**	**5.6**	**53,133**	**4.6**
(rape)	544	8.1	4,868	4.0	6,509	1.2	3,402	0.4	2,127	0.2
(sesame)	125	1.9	3,235	2.7	13,516	2.4	13,172	1.7	14,911	1.3
flowers	**17**	**0.3**	**3,599**	**3.0**	**17,214**	**3.1**	**48,699**	**6.2**	**25,831**	**2.2**
Total Gross Profits	**6,685**	**100**	**121,780**	**100**	**563,483**	**100**	**790,871**	**100**	**1,166,223**	**100.0**

Source: Major Statistics on Agriculture and Livestock in Jeju

3) Analysis of Specialization of Major Crops

○ According to classification based on average specialization coefficient[1)] for the period 1980～2007, specialized products with specialization coefficient value of 1 or above

are found and they are garlic, onion, green onion, carrot, radish, cabbage, beer barley, mixed grains, bean, sweet potato, potato, rape, sesame, flowers, and mandarin orange.

○ However, it is thought that, in view of policy factors and the crops with a decreasing coefficient value, the items that are forecast to remain important in the future are garlic, onion, radish, carrot, potato, rape, and mandarin orange.

<Table 8> Yearly Changes in Specialization Coefficient of Major Crops

Type		1980	1985	1990	1995	2000	2005	2007	average
Root Vegetables	garlic	0.59	1.08	0.81	1.20	2.7	4.4	4.0	2.1
	onion	1.27	1.70	1.10	1.66	1.5	1.8	2.3	1.6
	green onion	0.53	5.59	12.14	2.31	2.9	1.6	1.3	3.8
	radish	0.44	0.34	0.51	0.52	0.8	3.3	5.6	1.6
	carrot	4.69	6.4	14.83	15.36	18.5	17.8	18.0	13.7
Leaf Vegetables	Chinese cabbage	0.38	0.47	0.97	0.52	0.5	0.5	0.5	0.6
	cabbage	3.42	2.92	13.28	8.60	12.0	12.9	11.3	9.2
Fruit Vegetables	water melon	0.27	0.47	1.76	0.85	0.9	0.6	0.5	0.8
	tomato	0.85	0.74	0.52	1.13	0.3	0.1	0.1	0.5
	cucumber	0.54	0.35	0.35	0.56	0.1	0.2	0.2	0.3
	zucchini	0.94	0.61	0.37	0.24	0.2	0.6	1.7	0.7
Food Crops	rice	0.06	0.04	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	beer barley	9.91	5.09	7.07	4.70	2.9	3.4	4.1	5.3
	mixed grains	1.11	1.32	1.66	1.29	0.6	1.1	0.6	1.1
	bean	1.60	1.53	2.01	2.50	2.1	1.5	2.2	1.9
	sweet potato	7.50	6.26	7.01	2.86	2.2	0.1	0.4	3.7
	potato	1.15	1.44	4.62	7.59	5.3	6.3	4.2	4.4
Special Crops	rape	21.66	35.66	25.48	32.5	31.0	32.6	27.3	29.5
	sesame	5.07	3.74	1.68	1.09	1.1	1.7	1.5	2.3
Flowers	flowers	0.95	1.64	2.45	2.19	1.1	1.4	1.2	1.6
Fruits	mandarin orange	38.80	37.58	35.06	32.87	31.9	32.8	38.0	35.3

Source : www.kosis.kr

1) specialization coefficient : (cultivation area of mandarin oranges in Jeju/total area of farmland in Jeju)/(cultivation area of mandarin oranges nationwide/total area if farmland nationwide)

√ **Mandarin Oranges in Jeju:** mandarin oranges are the lifeblood industry of Jeju. They are grown by 87% of total farm households in Jeju and account for over half the gross agricultural profits.

- cultivation area: 20,937ha (37% of 57,204ha of total farmland)
- cultivating farm households: 31,027 farm households (87% of 35,735 total farm households)
- production amount: about 650,000 tons (gross profits: 600 billion won)

2. Feasibility and Effects of Introducing CSA in Jeju

1) Introduction Feasibility

○ It is necessary to develop a new production-consumption convergence model to strengthen the competitiveness of Jeju's agriculture in step with free trade expansion (DDA and FTAs) and other environmental changes.

○ Consumers' interest in safe food is increasing across the world, and this in turn comes as a new opportunity for agriculture in Jeju. Therefore, it is necessary to build a customer-tailored production system that completely caters to consumer's preference from the production stage.

○ Since Jejudo is a secluded island with a fragile closed ecology, it is essential to strategically nurture eco-friendly organic agriculture. It is also urgently needed to promote understanding on eco-friendly organic agriculture and expand it by adopting a Jeju-type CSA.

○ Therefore, it is necessary to increase farm income and boost agricultural competitiveness by experimentally adopting a Jeju-type CSA for building an eco-friendly agro-product supply system.

2) Anticipated Effects

○ Increase in farm income through the creation of new consumption and production of high-quality, eco-friendly organic products

○ Crop diversification and prevention of over-production through a new consumption-production convergence model

○ Improvement of residents' health by spreading healthy eating habits

○ Accumulation of intellectual property by standardizing eco-friendly school meals and promotion of Jeju's image as an unpolluted clean province

○ The consumers' trust that Jeju is a production area of safe foods lays the ground to strategically promote it as a multi-functional tourism destination for sightseeing, sporting, and resting.

○ Protection of underground water and the environment and creation of a green growth model by expanding eco-friendly agriculture

3. Direction for Building Eco-Friendly Agriculture by Utilizing CSA

1) Policy Guidelines

○ A creative CSA model that reflects changes in social, economic and cultural trends is necessary.

○ Since Jeju is a secluded island with not so many city dwellers, it is also necessary to prepare a multi-faceted, stage-by-stage strategy and measures that can maximize Jeju's clean image.

○ New value creation should be made alongside and since consumers of eco-friendly agricultural products show a strong characteristic of value-seeking consumption, it is necessary to form an expanded bond of understanding by shedding the existent producer-centered viewpoint and creating values in all echelons of society.

○ In order to enhance public understanding and expand participation, it is necessary to prepare various programs related to education, public relations promotion, and field experience. Also, it is necessary to create a convergence model that utilizes the merits of transportation, IT and BT and maximize industry synergy.

2) Major Projects

○ Nine projects are proposed as CSA projects that can be carried out in Jeju. The contents are described in the table below.

<Table 9> Major CSA Projects in Jeju

	Major Projects	Project Contents
1	eco-friendly agriculture voucher[2] project	financial assistance projects to energize eco-friendly agriculture
2	eco park construction	hands-on experience related
3	Eco Sunuleum[3] project	exchange cooperation network
4	opening of Hybrid Green Market	food education and marketing
5	organize 'Housewives Club for Fun Food' (tentatively named)	food utilization research
6	construction of Green APC	distribution related
7	construction of an IT portal concerning eco-friendly agriculture	information service and PR
8	organization of an eco-friendly farmers cooperative	distribution related and R&D
9	Jeju Eco Sunuleum Festival	theme festival

Ⅴ. Summary and Conclusion

○ The agricultural industry in Jeju is expected to face difficulties as a result of external changes such as free trade expansion through DDA and FTAs. In order to overcome this, it is necessary to prepare multi-faceted measures to increase farm income and strengthen agricultural competitiveness.

○ In Jeju, the agricultural industry plays a far more important role in the local economy than any other regions in the country. In order to raise international competitiveness and create new value-added in the midst of market liberalization, it is, therefore, necessary to find measures that can raise farm income and stimulate the local economy with eco-friendly agricultural products.

○ To achieve this goal, and in step with the current trend of rising consumers' interest in safe foods worldwide, urban-rural exchange in the form of a production-

2) This is a social safety net providing partial financial assistance to the weak and low income earners. Currently, various forms of assistance including social welfare projects and travel benefits are provided to stimulate consumption.

3) Sunuleum is a word native to Jeju, which refers to the traditional exchange of labor for mutual assistance.

consumption convergence model was taken up as a key concept to deal with the issue and promote the progress of both farmers and consumers side by side. Major projects of a customer-tailored production system that completely caters to consumers' preference from the production stage are also presented.

○ For this purpose, domestic and foreign cases of CSA, which is developing as a form of rural-urban exchange, are examined together with its implications and ways to introduce a CSA that is suitable for Jeju.

○ If CSA is introduced in Jeju and agriculture progresses with producers and consumers side by side, this would contribute to solving the current crisis faced by farmers and simultaneously eliminate urban residents' concerns on food safety.

○ Above all, and since the share of agricultural industry in the local economy of Jeju is large, it is necessary to introduce CSA as a trial case to revitalize the local economy, supply safe foods, and stably increase farm income through stable production of agricultural crops.

○ It is especially necessary to actively utilize the experience and fruits of the current eco-friendly school meal service and the livelihood cooperative movement to build a Jeju-type CSA model.

Current Situation on the Emissions Trading Scheme and Agricultural Sector in Japan

Daisuke SAWAUCHI
Policy Research Institute
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

1. Introduction

In Japan, an experimental emissions trading scheme was commenced in October 2008 as a means of contributing to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. Since then, a number of farms have emerged that reduce their GHG emissions by using energy-saving equipment and then trade the reduced emissions as domestic credit with major companies that are obligated to reduce their emissions. Through their participation in the scheme, farmers can contribute to reduce GHG emissions, while they receive economic benefits that include lower fuel costs and revenue from credit sales. However, only a limited number of farms are participating in the newly launched domestic credit scheme, and therefore the actual circumstances surrounding the scheme's use are unclear.

The purpose of this paper is to clarify how the domestic credit scheme is being used in Japan's agricultural sector. Specifically, the author intends to shed light on farmers' motives for participating in the scheme, circumstances surrounding credit trade, and views regarding the domestic credit scheme based on the results of an interview survey conducted with farmers participating in the domestic credit scheme.

In section 2, I begin with a brief overview of the domestic credit scheme in Japan. Section 3 describes the survey method and its results. And section 4 provides a summary. It should be noted that this manuscript was prepared based on information available until the end of February 2010.

2. Overview of the emissions trading scheme and domestic credit scheme in Japan

2.1 General overview of the trial emissions trading scheme[1]

In October 2008, the "experimental introduction of an integrated domestic market for emissions trading" (hereafter "experimental introduction") was launched based on the Action Plan for Achieving a Low-Carbon Society (approved by Cabinet in July 2008). The experimental

[1] This subsection uses the Operational Secretariat for the Japanese Experimental Emissions Trading Scheme (2009) as its primary source.

introduction is an attempt to reduce GHG emissions through trading in a domestic GHG market in which companies and others participate voluntarily.
Behind the experimental introduction is a desire to apply market mechanisms to encourage technical development and efforts to reduce emissions. It is also intended as a means of identifying scheme design problems prior to full-scale introduction of the emissions trading scheme based on experiences gained through its implementation.

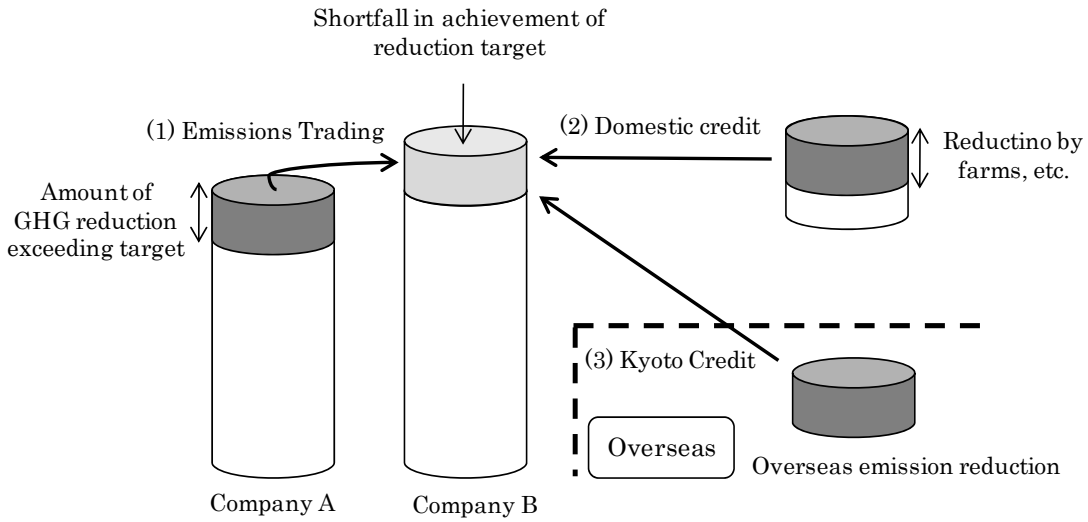


Figure 1: Outline of the experimental emissions trading scheme
Source: Global Warming Preservation Headquarters.

The experimental introduction is comprised of two frameworks: (1) an experimental emissions trading scheme (hereafter "experimental trading") and (2) creation and trading of credits that can be used in experimental trading. Framework (1) is emissions trading based on the cap and trade system. In essence, it is a system through which large companies and others set targets for GHG emissions reduction and then work to achieve those targets through their own efforts, or engage in allowance (credit) trading. In trading of GHG emissions, Company B, which failed to achieve its target, purchases an allowance from Company A, which reduced its emissions over and above its target, and as a result both Company A and Company B are able to achieve their targets (Figure 1).

In the creation and trading of credits under framework (2), domestic credit and Kyoto credit are traded as allowances[2]. Domestic credits are amounts of GHG reductions by actors who do not set emissions reduction targets, such as small- and medium-size enterprises (SMEs) and farms in Japan. Domestic credits can be used as allowances by large companies to achieve their emissions reduction targets. The following section will introduce the basic rules of emissions

[2] Kyoto credits are credits generated overseas based on the Kyoto Mechanisms (International Emissions Trading, Joint Implementation, and the Clean Development Mechanism).

trading.

Under the emissions trading scheme, companies and other enterprises voluntarily participate as either "participants with own targets" or "transaction entities." Participants with own targets are participants that voluntarily set emissions reductions targets. Any business installation, individual firm, or plural farm (e.g. group of farms) can apply to the experimental trading as participants with own targets. They set emissions reduction targets each fiscal year (April 1 to March 31 of the following year) and then implement approaches toward achieving the targets. Transaction entities do not set emissions reduction targets; rather they participate for the purpose of trading allowances. In principle, transaction entities are at the individual firm level.

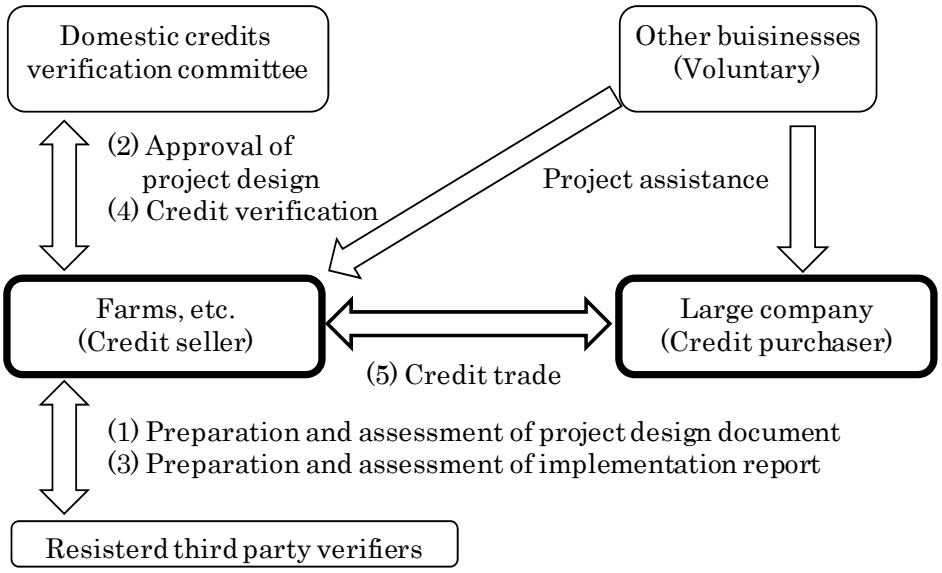


Figure 2: An example of the credits trade under the domestic credit scheme

At the present time, the only GHG that is eligible for trading is CO_2 originating from energy. Participants set their reduction targets using one of two types: "absolute targets" for reduction of emissions below a set level, and "intensity targets" for reduction of quantities that are tied to production value[3]. Confirmation of actual performance in GHG reduction requires verification by a third-party validation organization. Allowances and credits can be traded among participants in 1 t-CO_2 units based on their own responsibility. Excess amounts can be carried over to the next fiscal year (called "banking") and insufficient amounts can be borrowed from the allowance allocated in the next fiscal year (called "borrowing"). It should be noted that no penalties are applied against companies that cannot achieve their GHG reduction targets.

[3] This paper primarily describes rules applying to companies that are participating in Keidanren's "Voluntary Action Plan on Environment" (http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/vape/index.html). Rules applying to companies not participating in the Voluntary Action Plan differ in terms of methods for setting targets, etc. For details, see METI, MOE and MAFF (2008).

2.2 General overview of the domestic credit scheme

The domestic credit scheme is a system that recognizes as GHG allowances (domestic credits) the amounts that farmers, SMEs, or others reduce their GHG emissions using predetermined emission reduction methodologies (such as introduction of energy-saving technologies) (Figure 2). Verified domestic credits can be purchased by large companies and others having GHG emissions reduction targets, and can be used by these companies as GHG allowances toward target achievement. The domestic credit scheme is operated based on the "managerial regulations for the domestic credit scheme" (hereafter the "managerial regulations")[4]. The following is an overview of the procedure up to use of the domestic credit scheme by farms to trade credits. It is based largely on the managerial regulations.

A farmer wishing to apply for the scheme must first plan an emissions reduction project. The farmer must prepare a "project design document" (hereafter "project design") and then be assessed by third-party verifiers. The "project design" must provide an outline of the project as well as calculations of the amount of GHG emission reduction and details regarding monitoring methods. The project design must also note credit purchasers, and thus the farmer must find credit purchasers prior to assessment of his project design.

Second, the farmer must submit his assessed project design to the domestic credits verification committee and apply for approval of his emissions reduction project. The committee then decides whether or not the project design is acceptable. Acceptance of the farmer's emissions reduction project hinges on whether or not it meets all of the following requirements: 1) the project will be implemented in Japan; 2) the project will have additionality; 3) the farmer is not participating in the Voluntary Action Plan, 4) the project is based on an approved emission reduction methodology; 5) the project design was assessed by a assessment organization or examiner; and 6) the project is in agreement with other items established by the committee.

Third, the farmer implements his GHG emissions reduction project based on the approved project design and prepares a "report on monitoring of emissions reduction" (hereafter "report"). The report is then assessed to determine if the project meets all of the following requirements: 1) the amount of emissions reduction is being produced through implementation of the approved design; 2) the amount of emissions reduction is being calculated in accordance with the design; 3) the project's performance is confirmed by an assessment organization or examiner; 4) the period for which the emissions reduction amount was calculated does not exceed beyond March 31, 2013; and 5) the project is in agreement with other items established by the committee.

Fourth, the domestic credits verification committee verifies the farmer's GHG reduction amount as domestic credits based on the assessed report. After he receives credit verification, the

[4] This paper was prepared based on information that was available as of the end of February 2010. For information regarding March 2010 and thereafter, see the website of the domestic credit scheme (http://jcdm.jp/), etc.

farmer can then trade his credits with large companies or others. Many farmers' emissions reduction projects are implemented over many years, and this generally makes it necessary to verify credits multiple times.

The following points deserve attention. First, an emissions reduction project must be based on methodologies that were previously approved by the committee. These methodologies are patterns of GHG emissions reduction methodologies, such as upgrade of boilers (e.g., conversion from a fossil fuel-fired boiler to a biomass-fired boiler) and air-conditioning equipment (e.g., introduction of a heat pump, etc.). As of the end of February 2010, there are 20 such methodologies in existence. Methods for calculating GHG emission amounts, methods for confirming performance, and other factors are established for each methodology. The methodologies undergo procedures that include deliberations by the domestic credits verification committee and public comment, and can be amended as necessary.

Second, the existence of additionality in an emissions reduction project is a requirement for assessment. Additionality refers to the condition in which an emissions reduction project is being implemented because domestic credits are verified and sold. In the case of the domestic credit scheme, the number of years needed for recovery of investment in energy-saving equipment is used an indicator of whether or not additionality exists. As a rule, a project is deemed to have additionality if three or more years are required for recovery of investment[5]. If less than three years is required, the project is not approved, as it is deemed that the project would be implemented even if the domestic credit scheme did not exist.

Third, handling fees must be paid for assessments of project designs and reports by assessment organizations. Project designs must be assessed at least once at the time of project commencement, and reports must be assessed each time credits are verified. It is thought that some projects that produce few credits may pay more in handling fees than they receive from credit sales. Although the Ministry of Economy, Trade and Industry; Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries; and other bodies provided assessment subsidies in FY2009, such subsidies did not exist when the domestic credit scheme was launched in FY2008, and therefore farmers, or credit purchasers had to pay the handling fees.

Fourth, there are some items on project design forms and reports that require specialized knowledge, such as calculation of GHG emission amounts. In FY2009, the Ministry of Economy, Trade and Industry provided support for preparing project designs (know-how support project), and as a result the burden on farmers for preparing documents has been alleviated somewhat.

[5] Based on regulation No. 4 of the domestic credits verification committee (http://jcdm.jp/committee/data/rule100326.pdf)

2.3 Outline of approaches in the agricultural sector

The status of implementation of the domestic credit scheme as of the end of February 2010 is as follows[6]. The total number of submitted project design proposals is 332, and the total amount of GHG reduced per year is approximately 197,000 t-CO_2. Many of the actors implementing projects are factories, and boiler upgrade tends to be the GHG emissions reduction methodology used most often. Looking at the types of industries that purchase credits, the largest purchasers are trading companies, followed by power companies, think tanks/consulting companies, and banks and leasing companies. These top four industries account for the majority of all applications received. The following provides an overview of approaches in the agricultural sector.

As of the end of February 2010, 27 projects were implemented by farmers (Table 1). Most of the projects implemented by farmers involved changing from boilers that burn heavy fuel oil A to heat pumps that run on electricity in greenhouses. There were also farmers who were not greenhouse farmers, such as broiler farmers. It should be noted that, as the end of February 2010, only one project in the agricultural sector had received verification of credits under the domestic credit scheme.

In FY2009, the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries organized a "study group for promotion of the experimental introduction of an integrated domestic market for emissions trading in agriculture, forestry, and fisheries" (hereafter, the "study group") to examine methods for promoting participation in emissions trade in the agriculture, forestry, and fisheries sectors. Factors behind the ministry's decision to set up the
study group were the small GHG reductions by individual farmers, the difficulty individual farmers had difficulty in finding credit purchasers, and the large cost burden associated with monitoring.

The study group's findings present various measures that are tied to expanded emissions trade opportunities in the agriculture, forestry, and fisheries sectors. Among them are 1) creation of aggregators (businesses that aggregate credit) to bring together GHG reductions at the individual farm level; 2) creation of a framework that links farmers and credit purchasers; and 3) making GHG emissions that are unique to the agriculture, forestry, and fisheries sectors (e.g., generation of N_2O from livestock manure) eligible for trade.

[6] Based on information provided on the website of the domestic credit scheme (http://jcdm.jp/index.html)

Table 1: Changes in number of applications to the domestic credit scheme

Year	Month	Total applications	
		All sectors	Agricultural sector
2008	Nov.	5	0
2009	Jan.	12	1
	Apr.	23	2
	May	100	6
	Jun,	118	6
	Jul.	125	8
	Nov.	147	10
2010	Jan.	248	22
	Feb.	332	27

Source: Prepared by the author based on the website of the domestic credit scheme

3. Interview survey with farmers participating in the domestic credit scheme

3.1 Outline of the survey and interviewed farmers

In order to clarify the kinds of trading activity farmers were engaged in under the domestic credit scheme, the author conducted an interview survey targeting all eight farmers that had applied to the domestic credit scheme as of July 16, 2009. The survey employed a "leave-and-pick-up" method (placement method) whereby questionnaire forms were delivered to farmers beforehand and then filled out together with the survey taker on a later date. The survey was conducted from December 2009 to February 2010. There were two reasons for using the placement method. The first was to raise the response rate. The domestic credit scheme was still in its infancy and thus the number of farmers who could be interviewed was small. This made it important to accumulate as many questionnaire responses as possible. And the second was to reduce the number of incorrect responses. Because not everyone has the same understanding of the terminology used in the domestic credit scheme, it became necessary to have farmers fill in the questionnaire while receiving explanations from the survey taker.

Table 2: Summary of interviewed farms

Interviewee	GHG reduction method	Credit purchaser	GHG reduction ($t\text{-}CO_2$/year)	GHG reduction rate (%)
Rose farm No. 1	Introduction of heat pump	Electrical device manufacturer	729	-58
Rose farm No. 2	Introduction of heat pump	Power company	674	-67
Rose farm No. 3	Introduction of heat pump	Power company	656	-59
Rose farm No. 4	Introduction of heat pump	General trading company	577	-59
Rose farm No. 5	Introduction of heat pump	Power company	338	-67
Melon farm	Introduction of wood biomass boiler	Electrical device manufacturer	1,382	-99
Vegetable farm	Introduction of wood biomass boiler	Holding company (retail trade, etc.)	307	-91
Chrysanthemum farm	Introduction of LED lamps	General trading company	305	-53

Source: Prepared by the author based on the website of the domestic credit scheme

Note: "GHG reduction" refers to the value noted in each "project design document." "GHG reduction rate" is obtained by dividing the emissions reduction noted in each "project design document" by the baseline emissions (emissions prior to project implementation).

The survey focused on 1) farmers' circumstances prior to their use of the domestic credit scheme; 2) conditions surrounding use of the scheme; and 3) evaluation of the scheme and future intentions. As for 1) farmers' circumstances prior to their use of the domestic credit scheme, the farmers were asked about how they learned of the scheme, their motives for participating in it, and their concerns regarding it. For 2) conditions surrounding use of the scheme, the farmers were asked a set of questions designed to clarify how they are engaged in trading. Specifically, they were asked about how they reduced emissions and their expenses and workload. And for 3) evaluation of the scheme and future intentions, the farmers were asked to evaluate the domestic credit scheme. The following summarizes the surveyed farmers.

All of the eight farms surveyed were greenhouse farms (Table 2). Of them, five were rose farms, and the remaining three were a melon farm, vegetable farm, and a chrysanthemum farm. Applications by both individual farms and corporations made up of multiple farms were seen. There was also a case in which farms started up a new corporation in order to participate in the domestic credit scheme.

The farms that were interviewed were either large-scale greenhouse farms or agricultural production organizations of greenhouse farms. Looking at the rose farmers, their sales ranged from 150 million to 340 million yen and had greenhouse areas of between 1.8 and 3.0 hectares[7]. According to a survey conducted by the Rose and Cut Flower Association of Japan (Nichibara)[8], the average farm greenhouse area per farm is estimated to be between approximately 30a and 40a. Thus, the farms involved in this survey are thought to be several times larger than the average.

As for methods for GHG reduction, all of the rose farms replaced heaters that burned heavy fuel oil A with electrically powered heat pumps[9]. The melon farm and vegetable farm replaced heaters that burned heavy fuel oil A with wood biomass-powered heaters. And the chrysanthemum farm replaced incandescent light bulbs used for growth control with highly efficient LED lamps. Power companies accounted for the highest number of credit purchasers with three, while electrical device manufacturers and general trading companies numbered two each. There was one pure holding company (retail trade, etc.)

The farms' per-year GHG reductions were between 305 t-CO_2 (chrysanthemum farm) and 1,382 t-CO_2 (melon farm)[10]. The amount that can be traded as domestic credit is limited to the share contributed by farmers in investment for heat pumps and other such equipment. In other words, subsidies from the central government and others are subtracted from investment for new equipment. For example, if the farms received 30% subsidies for introducing equipment and sold their credits at 1,500 yen/t-CO_2, their income from sale of the credits would range from between approximately 320,250 yen/year (=305×1,500×0.7) and 1,451,100 yen/year (=1,382×1,500×0.7).

Next, Table 3 shows the amounts of time required from submittal of project design to project approval. Periods of between one and seven months were needed from the time that application for domestic credit was made until project approval. It can be inferred that such time was needed to make corrections, etc., in the project designs.

---

[7] Figures on sales and greenhouse areas were not obtained from websites or other sources, but through interviews with each farmer.

[8] Results of a 2009 survey by Nichibara that were obtained by the author in an interview

[9] It has been pointed out that significant amounts of heavy fuel oil A have been used for heating in the greenhouse horticulture field. According to Oikawa (2007), 6.11 million t-CO_2, or 45% of all CO_2 emissions from fuel combustion in the agricultural sector in FY2005 (13.64 million t-CO_2), were generated from heavy fuel oil A-fueled combustion boilers.

[10] Looking at GHG reduction rates, there were reductions of 58% to 67% achieved through introduction of heat pumps compared to emissions prior to project implementation, and reductions of 91% to 99% achieved through introduction of wood biomass boilers. Because the fuel of wood biomass boilers is considered to be carbon-neutral, these boilers achieved major reduction rates.

Table 3: Time from submittal of project design to project approval

Interviewee	Submittal of project design (application)	Project approval	Time until project approval
Rose farm No. 1	May 2009	Nov. 2009	6 months
Rose farm No. 2	Apr. 2009	May 2009	1 month
Rose farm No. 3	May 2009	Jun. 2009	1 month
Rose farm No. 4	Jan. 2009	Apr. 2009	3 months
Rose farm No. 5	Jul. 2009	Jan. 2010	6 months
Melon farm	May 2009	Jun. 2009	1 month
Vegetable farm	Jul. 2009	Feb. 2010	7 months
Chrysanthemum farm	May 2009	Aug. 2009	3 months

Source: Prepared by the author based on the website of the domestic credit scheme

Only rose farm No. 4 had verified credits as of the end of February 2010, and that in this case it took three months from project approval to credit verification. The other farmers had not had their credits verified, which indicates that 10 months or more may be required from project approval until credit verification. This can be inferred to be the time needed for monitoring of emissions reduction, preparation of documents, etc.

3.2 Survey results

3.2.1 Circumstances prior to scheme participation

Table 4 shows tabulated results on how the farmers learned of the domestic credit scheme. The most common response was from "information provided by credit purchasers, etc.," which was selected by four out of the eight farms. Three farms answered "other" (although it was understood from their responses that each had learned of the scheme from "the newspaper, etc."). On the other hand, even though multiple responses were allowed, only one farm indicated that he learned of the scheme through "government PR activities." It is thought that this was due to the scheme's still being in its infancy, which meant that a sufficient number of explanatory meetings had not been held. No farms answered that they had learned of the scheme from "information provided by affiliated agricultural cooperative." Although some farms indicated that "it was easy for farmers to receive consultations at agricultural cooperatives" during the interviews, none of the surveyed farms took the initiative to consult with or receive information from their agricultural cooperatives.

Table 4: Reasons for knowing about the domestic credit scheme

Item	No. of responses
Information provided by credit purchasers, etc.	4
Government PR activities, such as explanatory meetings or websites	1
Information provided by affiliated agricultural cooperative	0
Other	3
Total	8

Source: Prepared based on the interview survey

Table 5 shows tabulated results on the reasons farms chose to participate in the domestic credit scheme (responses were the top three reasons in order of importance). The response most often given as the most important reason was “cost reduction” (three farms). This is thought to be due to the fact that the domestic credit scheme’s launch coincided with a period of high crude oil prices, and shows the farmers’ expectations for lower fuel costs through the introduction of heat pumps and other energy-saving technologies. Each of the following reasons was given by one farmer: “To gain recognition of company’s environmental approaches,” “To gain profit through credit sales,” and “other” (understood from the interview to be “to supplement operations”). These responses are thought to concern such economic benefits as advertising effect for the company and increased income. Based on the above, it is found that six of the eight farms listed economic benefits as their reasons for participating. It is further thought that the economic benefits of lower fuel cost and credit sales revenue were significant incentives that led the farmers to participate in the domestic credit scheme.

At the same time, however, when all results were tabulated without emphasis on level of importance, it was found that the most common response was “social contribution” (five farms). From this, it is thought that contribution to the region and society, rather than simply economic benefit, was also a major reason for farmers to participate in the domestic credit scheme.

On the other hand, there were points pertaining to the scheme itself that were identified during the interviews as pre-participation concerns. Among them were “uncertainty regarding the future of the scheme,” “lack of scheme maturity,” and “insufficient information disclosure.” These concerns were likely the result of the scheme’s being an experimental undertaking that had only just begun, as well as a lack of sufficient knowledge about the advantages and disadvantages that participation would bring. The existence of uncertainty in the domestic credit scheme is thought to be having a negative effect on farmers’ participation in the scheme.

Table 5: Reasons for deciding to use the domestic credit scheme (multiple responses accepted)

Item	Most important reason	Total responses	
	No. of responses	No. of responses	Response share
To reduce company costs	3	3	38%
To make a social contribution	1	5	63%
To gain recognition of company's environmental approaches	1	4	50%
To gain profit through credit sales	1	3	38%
Because purchaser suggested the scheme	1	1	13%
To raise added-value of products	0	3	38%
As a means of reducing GHG in the agricultural sector	0	1	13%
Other	1	2	25%

Source: Prepared based on the interview survey

3.2.2 Farmers' workloads and cost burden

Table 6 shows the cost burden between farms and credit purchasers. It was understood that, in almost all cases, the cost of purchasing heat pumps and other energy-saving technologies ("new investment burden") and maintenance and management costs ("equipment maintenance and management") were borne entirely by the farmers. Regarding document assessment costs, even if three farms responded that "all costs are borne by the farm," there were also cases in which farms applied subsidies to assessment costs and thus, in actual fact, did not bear such costs.

From the above, it is found that, with the exception of subsidies from the central government and others for assessment fees and introduction of energy-saving technologies, all costs for introducing energy-saving technologies and for maintenance and management are paid by the farms. In other words, it can be said that almost all risks associated with investment profitability bear on the farms. Moreover, the interview survey also shed light on the fact that additional burden on farmers for use of the domestic credit scheme—including investment in monitoring equipment and higher basic electricity fees—is being generated.

Table 6: Cost burden on farmers for use of the domestic credit scheme

Item	Farmer bears all costs	Purchaser bears all costs	Both sides share costs	Other
New investment burden	7	0	0	1
Equipment maintenance and management	8	0	0	0
Document assessment	3	1	1	3

Source: Prepared based on the interview survey

Note: Figures in the table are numbers of responses.

Table 7: Division of work roles for use of the domestic credit scheme

Item	Farm does work	Credit purchaser does work	Other
Collection of scheme information	1	3	4
Search for trading partners	2	2	4
Negotiation with credit purchaser	6	-	2
Collection of data for project design	2	2	4
Preparation/filling out of project design	0	4	4
Collection of data for report	2	2	4
Preparation/filling out of report	0	3	5
Liaison with assessment organization	1	3	4

Source: Prepared based on the interview survey

Note: Figures in the table are numbers of responses.

Table 7 shows the division of work roles pertaining to use of the domestic credit scheme. In many cases, actors other than the farmers themselves, such as credit purchasers, took on work associated with application. "Other" indicates that a seller of energy-saving equipment, an environmental consulting company, or other interest took on this work on behalf of the farm[11].

There were no cases in which a farm was the actor that prepared/filled out a project design or report. This is likely because calculating GHG reductions and other work needed to prepare documents require sophisticated and specialized knowledge, which made it difficult for individual farmers to prepare the documents on their own. Thus, raising the availability of advisors who possess the knowledge and skills needed to prepare the documents will probably help promote use of the domestic credit scheme.

[11] Although the central government offered schemes to assist in the preparation of project designs in FY2009, there were cases in which sellers of energy-saving technology, environmental consulting companies, or other interests helped farmers prepare their project designs without using the schemes.

Table 8: Farmers' evaluations of the domestic credit scheme

Item	Very satisfied	Basically satisfied	No opinion	Somewhat dissatisfied	Very dissatisfied
Prior supply of information	0	1	0	2	5
Amount of paperwork needed for application	0	0	1	2	5
Cost burden on the farm (assessment costs, etc.)	1	1	2	2	2
Credit sales price	1	2	2	2	1

Source: Prepared based on the interview survey

Note: Figures in the table are numbers of responses

3.2.3 Farmers' evaluations of the domestic credit scheme

Table 8 shows farmers' evaluations of the domestic credit scheme. For "prior supply of information" and "amount of paperwork needed for application," seven of the eight farmers responded that they were "very dissatisfied" or "somewhat dissatisfied." Thus, it is evident that farmers' overall evaluation was low. Regarding supply of information, farmers put forward opinions that included "want the advantages and disadvantages of participation in the domestic credit scheme to be spelled out," "the terminology is difficult to understand," and "there was no one nearby with whom I could consult."

Regarding the amount of paperwork, several farmers indicated that the too much work was required for monitoring and other operations (e.g., recording of data, tabulation of data on past heavy fuel oil use, etc.). Some farmers expressed the opinion that "many procedures and much time were required from preparation of project designs to actual credit sales." Although accurate measurement of data is required to ensure the scheme's precision, it is thought that excessive insistence on data quality will significantly increase the burden on farmers. Accumulating know-how of work methods and other aspects of the scheme should help reduce the administrative workload.

As for "cost burden on the farm," two farmers answered that they were "very dissatisfied," while one responded that it was "very satisfied." This suggests that some measures were being taken to alleviate farmers' burden, as there were cases of farmers' applying subsidies to assessment costs.

For "credit sales price," as well, farmers' evaluations varied from "very dissatisfied" to "very satisfied." Credit prices are determined through negotiations between farms and credit purchasers. It is remarkable that credit prices are not always set at levels that satisfy farmers.

When asked of their future intentions regarding use of the domestic credit scheme, four of the eight farmers responded that they "will use the domestic credit scheme." Two answered that they "will decide after watching the situation" and one each answered "will not use the scheme" and "will reconsider use of other schemes." The farm that answered "will not use the scheme" indicated that the cost of introducing monitoring equipment was higher than expected, and thus the cost of applying for the scheme could exceed credit revenue. This suggests that the existence of economic benefits is an important factor in project sustainability.

4. Conclusion

The purpose of this study was to clarify conditions surrounding usage of the domestic credit scheme in Japan's agricultural sector from an interview survey that targeted farmers participating in the scheme. Because the survey focused on a small number of samples (eight) and was conducted shortly after the scheme's launch, care is required when amplifying analytical results. However, the author believes the survey was successful in clarifying the following points.

1) The surveyed applicants for the domestic credit scheme in the agricultural sector were either large-scale greenhouse farms or agricultural production organizations of greenhouse farms.
2) Among the reasons for the farmers' participation in the domestic credit scheme was high interest in economic benefits, such as lower fuel costs through introduction of energy-saving equipment. Furthermore, economic benefits were inferred to be an important factor in terms of project sustainability.
3) The workload of farmers was alleviated by assistance from credit purchasers and other businesses in application work; specifically, preparation of documents. On the other hand, with the exception of subsidies from the central government and others, costs associated with use of the domestic credit scheme are borne primarily by the farmers, and almost all profitability risks that arise from fluctuating crude oil prices and other factors rests with the farmers.
4) Farmers had a tendency to show dissatisfaction with the domestic credit scheme in areas that included lack of information and abundance of paperwork. It can be inferred that uncertainties in the domestic credit scheme that are caused by insufficient information on economic benefits and other factors may be lowering expected profits from GHG reduction projects and having a negative impact on farmers' participation in the scheme.

References

1. Ministry of Economy, Trade and Industry; Ministry of the Environment; and Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, “Kokunai Kurejitto Siedo (Kokunai Haishutsu Sakugen-ryo Ninsho Seido) Unei Kisoku” (managerial regulations for the domestic credit scheme), 2008. Available online at http://jcdm.jp/outline/data/rule .pdf. (Last access: April 15, 2010)
2. Oikawa, H., “Shisetsu Engei ni okeru Sho-ene no Torikumi no Suishin nado Chikyu Ondanka e no Taio”, *Shisetsu-to-Engei*, No. 138, 2007, pp. 4-7.
3. Operational Secretariat for the Japanese Experimental Emissions Trading Scheme, “Shiko Haishutsu-ryo Torihikii Sukimu Jisshi Yoryo” (operational guide for the experimental emissions trading scheme) (revised on March 26, 2009), 2009. Available online at http://www.shikou-et.jp/files/jisshi.pdf (Last access: April 15, 2010)

2010 제7회 FANEA 동북아농정연구포럼 국제심포지엄

□ 일시 및 장소

○ 일시: 2010. 6. 10(목) 09:00~18:00

○ 장소: 제주국제컨벤션센터

09:00~09:20 등록

09:20~09:40 **개회식**

개회사: 오세익(한국농촌경제연구원장)

환영사: 제주특별자치도지사 혹은 부지사

축 사: 유덕상(제주발전연구원장)

09:40~09:50 **휴식**

09:50~11:10 **제1세션: 농식품 수급구조와 전망**

좌장: 왕동양(IAED/CAAS 부소장)

▶ **일본의 식료소비구조 전망 -저출산,고령화, 세대교체의 영향을 고려하여**

야쿠시지 테츠로 (일본 농림수산정책연구소)

▶ **농산물 수급예측 이론모형과 가설**

리닝후이(중국 농업경제발전연구소)

▶ **감귤유통조절명령제의 정량적 효과분석**

고성보(제주대학교)

11:10~11:20 **휴식**

11:20~12:30 **제1세션 토론**

▶ 한석호(한국농촌경제연구원 부위원)

▶ 히구찌 토모(일본 농림수산정책연구소)

▶ 리시엔더(중국 농업경제발전연구소)

12:30~14:30 점심식사

14:30~16:10 **제2세션: 농업·농촌부문 녹색성장**

좌장: 조 키요시(일본농림수산정책연구소장)

▶ **농업부문의 녹색성장 추진과제**

김창길(한국농촌경제연구원)

▶ **기후변화가 중국농업에 미치는 영향**

숑웨이(중국 농업환경·지속발전연구소)

▶ **녹색성장을 위한 제주지역 친환경농산물 수급체계 구축방안 -제주형 CSA를 중심으로**
강승진(제주발전연구원)

▶ **일본의 농업부문 배출량거래제도 이용실태**
사와우치 다이스케 (일본 농림수산정책연구소)

16:10~16:30 **휴 식**

16:30~17:50 ▶ **제2세션 토론**
이신찬(제주도 농업기술원)
토모노 타케오(일본 농림수산정책연구소)
리숴핑(중국 농업경제발전연구소)

※ 시간이 허락하는 범위 내에서 floor 토론 허용

17:50~18:00 폐회식

18:00~20:00 만찬

한글발표 자료집

1. 일본의 식료소비구조 전망 / 야쿠시지 테츠로 ····· 3

2. 농산물 수급예측 이론모형과 가설 / 리닝후이 ····· 9

3. 감귤유통조절명령제의 정량적 효과분석 / 고성보 ····· 51

4. 농업부문의 녹색성장 추진 과제 / 김창길 ····· 9

5. 기후변화가 중국농업에 미치는 영향 / 숑웨이 ····· 12

6. 녹색성장을 위한 제주지역 친환경 농산물 수급체계 구축방안/ 강승진 ·····722

7. 일본의 농업부문 배출량거래제도의 이용실태 / 사와우치 다이스케 ·····542

일본의 식료소비구조 전망

– 저출산·고령화, 세대교체 영향을 고려하여

야쿠시지 테츠로

일본 농림수산정책연구소

1. 서 론

일본의 인구구성은 2025년 65세 이상이 30.5%를 차지하고(2005년 20.2%), 14세 이하가 10.0%로 저하(2005년 13.8%)하는 등 저출산·고령화가 진행될 것으로 예상되고 있다[1]. 또한, 세대구성도 2025년에는 단독세대가 2005년에 비해 24.0% 증가한 36.0%를 차지할 것으로 전망된다[2]. 이와 같은 저출산·고령화의 진행과 세대구성의 변화는 일본의 식료소비에 적지 않은 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 현재까지의 세대단위 식료비 지출 변화 분석을 기초로 일정의 가정 하에서 저출산·고령화 시대의 식료소비를 전망하고자 한다.

2. 전망의 기본적 고려 사항

본 논문의 전망에 있어 어느 연령계층, 어느 해의 어느 품목 식료소비는 출생년도의 차이에 의한「코호트 효과(cohort effect)」, 연령에 따른「연령효과(age effect)」, 시대의 변화에 의한「시대효과(period effect)」및 소비지출과 가격에 의해 결정된다고 생각된다. 이것들을 분석함으로써 이제까지 이러한 효과가 어떻게 소비에 영향을 미쳐왔는가, 장래에는 어떤 영향을 미칠 것인가를 검토한다. 또한, 본래 이것들은 소비하는 개개인에 대해 파악하여 검토해야만 하지만[3], 여기에서는 세대주 연령계급별 세대단위 데이터를 이용한다. 가계 식료품 구입의 상당부분은 세대원 개개인이 행하는 것이 아니라 주부 등이 일괄적으로 구입하는 것을 고려한다면, 세대단위 데이터를 이용하는 것도 허용될 것으로 판단된다. 이 때문

---

1) 국립사회보장·인구문제연구소의 출생(사망) 추계에 기초한다(참고문헌 [1]).

2) 국립사회보장·인구문제연구소의 전망치이다(참고자료 [2]).

3) 森編(참고문헌[3])에서는 과일 등 몇 품목에 대해 연령별 개인소비량의 추계가 이루어져 있다.

에 이하에서 코호트 효과와 연령효과는 개개 세대원에 대한 효과가 아니라 각각 세대원이 속한 가계의 세대주 출생연도 차이에 의한 효과와 세대주 연령에 따른 효과가 된다. 그 결과, 연령효과에는 연령에 따른 기호 변화뿐만 아니라 출산·자녀의 성장, 독립 등의 가계구성 변화, 라이프 스테이지 변화에 따른 1인당 소비량 변화도 포함하게 된다. 그런 의미에서 여기에서 연령효과는「라이프 스테이지(life stage) 효과」[4]라고 말할만한 성격을 지니고 있다.

식료소비 분석에 있어서 코호트 효과에 착안한 분석은 많다. 그 중에서 森編(참고문헌 [3])은 몇 품목의 개인단위에서 연령계급별 소비량의 추계, 코호트 효과 추계의 문제 등 이러한 분석을 둘러싼 다양한 논점을 폭넓게 다루고 있다. 최근에는 Stewart et al.(참고문헌 [4])이 과거 코호트 분석 결과를 장래 전망에 연결시키는 분석을 하고 있다. 이 논문에서는 미국의 채소 소비 전망에 있어 코호트 효과의 영향을 검토하여 가계소비는 젊은 세대의 지출액이 감소할 것으로 전망하였다. 또한, 향후 젊은 세대가 고령세대로 전환해 감에 따라 신선 채소의 지출액은 감소할 것으로 분석하였다. 그러나 이처럼 특정 품목에 대해 심도 깊은 분석을 한 연구는 있으나, 지금까지 식료소비 전체에 걸쳐 분석한 연구는 없을 것으로 생각된다. 본 논문에서는 식료비를 구성하는 전 품목에 대해 분석과 전망을 실시하고자 하지만, 이하의 분석은 상당부분을 Stewart et al.(참고문헌 [4])에 근거하고 있다.

3. 데이터 및 모델

3.1. 이용한 데이터와 데이터 사전 처리

이용한 데이터는『가계조사연보』(총무성),『전국소비실태조사』(총무성),『소비자물가지수연보』(총무성),『일본의 세대수 장래추계(전국추계)』(국립사회보장·인구문제연구소),『일본의 장래추계인구』(국립사회보장·인구문제연구소)이다.

2인 이상 세대는 가계조사에 의한 1987~2007년 21년분 세대주 연령계급별 지출액 데이터(2006년까지는 농림어가를 포함하지 않은 것)와 초기값으로써 2005년 농림어가세대를 포함한 자료를 이용하였다[5]. 단신세대는 전국소비실태조사(5년마다 조사)에 의한 1984~2004년까지 5년분 남녀별 연령계급별 지출액 데이터를 이용하였다. 세대수 장래추계는 2008년 3월 추계, 장래추계인구는 2006년 12월 추계

4) 明治대학 글로벌 비즈니스 연구과 上原征彦 교수가 지적하고 있다.
5) Stewart et al.(참고문헌 [4])은 집계 데이터가 아닌 개별 데이터(個票)가 사용되고 있다.

를 이용하였다.

대체로 고령세대 정도의 구입품목 가격이 높기 때문에 가능한 범위에서 세대주 연령계층간 가격차에 의한 지출액 격차를 평균가격에서의 평가로 보정하였다.

또한, 소비자물가지수를 이용하여 지출액을 2005년 가격으로 실질화하였으며, 2인 이상 세대는 세대주의 연령계급별로 세대원수에서 제외하여 세대원 1인당 실질지출액을 산출하였다.

3.2. 전망 모델

다음과 같은 모델을 설정하여 계수를 추정한다. 추정은 연령계급별 데이터가 각각 계급의 평균치이기 때문에 가중최소이승법(WLS)로 분석하였다.

$$\log(E^{(it)}) = \beta_1 + \sum_{c=2}^{n_c} \beta_{2c} \cdot D_{2c}^{(it)} + \sum_{a=2}^{n_a} \beta_{3a} \cdot D_{3a}^{(it)} + \sum_{p=2}^{n_p} \beta_{4p} \cdot D_{4p}^{(it)} + (\beta_{51} + \sum_{h=2}^{n_h} \beta_{5h} \cdot D_{5h}^{(it)}) \cdot Y^{(it)} + \beta_6 \cdot P^{(t)} + e^{(it)}$$

$E^{(it)}$: 세대원 1인당 실질지출액
(연령계급 i, 연차 t(이하동일))

$D_{2c}^{(it)}$: 출생연도 더미(코호트 더미)

$D_{3a}^{(it)}$: 연령계급 더미

$D_{4p}^{(it)}$: 시대 더미

$D_{5h}^{(it)}$: 소비지출계수 더미

$Y^{(it)}$: 1인당 소비지출(연령계층별, 연차별)

$P^{(t)}$: 가격(연차별)

$e^{(it)}$: 오차항

β_{ik}는 추정된 계수이다. 이 식에서 우변 제2항이 코호트 효과, 제3항이 연령효과, 제4항은 시대효과를 나타낸다.

또한, 소비를 코호트 효과, 연령효과, 시대효과로 나눌 경우 출생연도와 연령 시대(연) 간에는 출생연도+연령=연도의 관계가 있기 때문에 변수가 일차독립이 되지 않는 문제가 지적되고 있다[6].

이 문제에 대해 전게한 Stewart et al.(참고문헌 [4])에서는 어느 연도의 주변 연

6) 이와 같은 식별문제에 대해서는 朝野熙彦의 「코호트 분석의 비교방법론적 고찰」(森編(참고문헌 [3])에 상세히 언급되어 있다.

도에 태어난 사람은 유사한 경험을 지닌다(유사한 행동을 취한다)는 생각 하에서 코호트 변수는 5년 정도로 취합하고, 동일하게 연령변수는 3년 정도, 시대변수는 2년분마다 취합하여 이 문제를 회피하고 있다(사용하고 있는 데이터는 1982~2003년까지 3년마다의 가계조사 원 데이터임). 본 논문에서는 사용한 데이터가 집계 데이터이기 때문에 구분의 설정 자유도는 그다지 없으나, 이것을 모방하여 문제를 회피하였다.

2인 이상 세대와는 달리 단신세대는 극단적으로 데이터가 부족하다. 단신세대는 연령계급이 10세 정도에서 이용 가능한 전국 소비실태조사 결과를 활용하였다. 그렇지만 5년마다로 밖에 조사가 이루어지고 있지 않기 때문에 이용한 데이터는 1984~2004년까지의 5년마다 5개년분이다. 한편, 단신세대는 남녀별 데이터를 이용할 수 있다. 이 때문에 남녀별 2구분×연령계급 6구분×5개년의 샘플 수 60개로 전망하였다.

단신세대는 소비지출 계수와 가격 계수를2인 이상 세대와 동일하게 타 계수와 동시에 구하기에는 샘플 수가 너무 작다고 생각하기 때문에 이것들에 대해서는2인 이상 세대 계수를 이용하였다. 구체적으로는 2인 이상 세대 계측결과로부터 소비지출탄력성(연령계층별)과 가격탄력성을 산출하고 이것을 이용하여$\log(E^{(it)})$부터 소비지출과 가격에 관한 항을 공제한 것을 피설명변수로서 타 계수를 추정하였다.

$$\log(E^{(it)}) - [\sum_{h=1}^{n_h} \eta_{Yh} \cdot D_{5h}^{(it)} \cdot \log(Y^{(it)}) + \eta_p \cdot \log(P^{(t)})] = \beta_1 + \sum_{g=1}^{n_g} \beta_{7gc} \cdot D_{7g}^{(it)} + \sum_{c=2}^{n_c} \beta_{2c} \cdot D_{2c}^{(it)} + \sum_{a=2}^{n_a} \beta_{3a} \cdot D_{3a}^{(it)} + \sum_{p=2}^{n_p} \beta_{4p} \cdot D_{4p}^{(it)} + e^{(it)}$$

$D_{7g}^{(it)}$은 여성 더미이며, 연령계급 g(3구분)마다 설정된다. 또한, η_{Yh}는 h연령계급의 소비지출탄력성, η_p는 가격탄력성, $D_{5h}^{(it)}$는 연령계급 더미이다.

2인 이상 세대의 설명변수 수는 코호트13, 연령 9, 세대 6, 소비지출 1, 소비지출계수 4, 가격 1의 합계 34가 되었다. 이것에 대해 샘플 수는 연령계급10구분×21년으로 210이다. 단신세대는 샘플 수 60에 대해 설명변수 수는 여성3, 코호트6, 연령 5, 시대 4의 합계 18이 되었다(이용한 변수의 상세설명은 표1을 참조).

또한, 2인 이상 세대의 24세 이하 계급은 샘플 수가 적고 연도에 따라 크게 변동하고 있다. 이 때문에 명확히 이상 수치로 판단되는 데이터는 이상 수치 더미를 설정하여 계수 추정의 악영향을 방지하였다. 단신세대는 전후 연도로부터 판단하여 이상 수치라고 생각되어지는 것은 이상 수치 더미를 도입하였다.

표 1. 전망에 이용한 변수의 구분 일괄

	2인 이상 세대	단신세대
여성 더미	없음	39세 이하 40～59세 60세 이상
(변수의 수)		3
코호트(출생연도) 더미	1922년 이전(변수에서 제외) 1923～27년 1928～32년 1933～37년 1938～42년 1943～47년 1948～52년 1953～57년 1958～62년 1963～67년 1968～72년 1973～77년 1978～82년 1983～87년	1927년 이전(변수에서 제외) 1928～37년 1933～47년 1948～57년 1958～67년 1968～77년 1978～87년
(변수의 수)	13	6
연령 더미	24세 이하(변수에서 제외) 25～29세 30～34세 35～39세 40～44세 45～49세 50～54세 55～59세 60～64세 65세 이상	29세 이하(변수에서 제외) 30～39세 40～49세 50～59세 60～69세 70세 이상
(변수의 수)	9	5
시대 더미	1987～89년(변수에서 제외) 1990～92년 1993～95년 1996～98년 1999～01년 2002～04년 2005～07년	1984년(변수에서 제외) 1989년 1994년 1999년 2004년
(변수의 수)	6	4
소비지출	(29세 이하)(주)	2인 이상 세대에서 추계된 탄력성을 이용(설명변수에 포함하지 않음)
(변수의 수)	1	
소비지출계수 더미	29세 이하(변수에서 제외) 30～39세 40～49세 50～59세 60세 이상	29세 이하 30～39세 40～49세 50～59세 60～69세(60세 이상과 동일) 70세 이상(60세 이상과 동일)
(변수의 수)	4	
가격	연령계층 구분 없음	2인 이상 세대에서 추계된 탄력성을 이용(설명변수에 포함하지 않음)
(변수의 수)	1	
설명변수의 수	34	18

주: 소비지출계수 더미에서29세 이하를 제외한 것으로 20세 이하의 계수를 나타내는 것이 됨

3.3. 종래 세대원 1인당 실질지출액 시산

장래에 대해 외생적으로 얻어진 $D_{2c}^{(it)}$, $D_{3a}^{(it)}$, $D_{4p}^{(it)}$, $D_{5h}^{(it)}$, $Y^{(it)}$, $P^{(t)}$로부터 시산 연도의 연령계급별 세대원1인당 지출액 E를 구한다. 이것에 장래 세대주 연령계급별 평균세대원수[7]와 세대수를 곱하여 전체 지출액으로 한다.

또한, $D_{2c}^{(it)}$을 외생적으로 얻어지는 것에 있어 향후 새롭게 최저 연령계층으로 들어오는 코호트의 코호트 효과는 현재 최저연령계층과 동등한 것으로 두었다.

시대효과 $D_{4p}^{(it)}$의 계수는 계수의 명확한 상승, 하강 트렌드가 있는 경우 그것에 대응하여 장래의 계수를 변화시켰다. 구체적으로는 지금까지의 시대효과 계수 동향을 살펴 일정한 트렌드가 발견되지 않는 경우는 직근 연도의 계수로 고정한다. 명확한 트렌드가 보여 지는 경우는 2005~2010년까지 10년간은 원칙으로써 과거 2기간(2인 이상 세대의 경우는 6년간, 단신세대에 대해서는 10년간) 계수의 연평균 증감량으로 계수를 변화시키며, 그 후 10년간은 그 절반으로 변화시켰다[8].

더욱이 소비지출 Y는 OECD{참고문헌 [5])에서 이용하고 있는 일본의 GDP 성장률 및 인구 성장률과 함께 장래 가계조사 기준의 1인당 소비지출 변화를 산출하여 이용하였다[9]. 이용한 1인당 실질 GDP 성장률의 평균은 2005~2015년이 1.6%, 2015~2025년은 1.5%이다. 가격 P는 2005년 수준 그대로 고정하였다.

학교급식(2인 이상 세대만)은 소비지출이 이상에서 전개한 요인에 의한 것이라고는 생각되지 않기 때문에 아동 수 변화에 비례시켰다.

4. 몇 가지 품목의 코호트 효과, 연령효과, 시대효과

2인 이상 세대는 쌀과 주식적인 조리식품을 채택하여 추정된 코호트 더미, 연령 더미, 시대 더미 계수를 살펴보는 것에 의해 과거 지출액에 미치는 코호트 효과, 연령효과, 시대효과 영향을 검토하면 다음과 같다. 쌀은 가계의 조리 식재로 수요가 감소해 온 예인 반면, 주식적인 조리식품은 수요가 증가하고 있는 중식의

---

7) 국립사회보장·인구문제연구소의 세대수 추계에서는 세대주의 연령계급별 세대수는 추계되어 있지만, 세대원수는 추계되어 있지 않기 때문에 2005년 국세조사의 가족 유형별로 2세대, 3세대 동거 가족에 대해 인구추계를 이용하는 등 세대원수를 별도로 추계하였다.

8) 과거 6년 내지 10년의 변화가 동일한 비율로 20년도 계속될 것으로 생각하기 어렵기 때문에 변화율을 절반으로 하였다.

9) 국민경제계산에 의한 가계소비지출변화율과 가계조사에 의한 소비지출(2인 이상 세대) 변화율 간에는 커다란 괴리가 있다. 이 때문에 과거 1인당 실질 GDP 성장률과 가계조사 기준의 1인당 실질 소비지출변화율과의 관계를 기초로 실질 GDP 성장률을 가계조사 기준의 실질소비지출변화율로 변환하여 외생화하였다.

예이다.

여기에서는 더미 변수에서 제외한 변수 값을 제로로써 그래프에 포함하고 있다. 또한, 계측된 계수 가운데에는 t값이 낮은 것도 포함되어 있다. 그래프에는 t값 2 이상의 계수를 빈틈없이 검게 칠한 마크로 나타냈다. 이처럼 전체 변수에 의한 계수 추정값 이외에 시산에서는 이용하지 않았지만 변수감소법에 의해 변수의 수를 줄여 계수를 추정한 결과도 t값 2 이상인 것을 X 마크로 나타내고 있다.

4.1. 쌀

1940년대에 태어난 세대 이후 지속적으로 코호트 효과가 저하하고 있으며, 더욱이 유의하다. 연령효과에 대해서는 30대부터 50대에 걸쳐 높고 60대 이상은 저하한다. 이것은 자녀 출산, 성장, 독립 등 세대원 연령구성 변화에 따른 세대원 1인당 소비량 변화가 반영되어 있다고 생각된다. 시대효과는 지속적으로 저하하고 있으며, 유의하다(그림 1-1-1~1-1-3).

이상의 결과로부터 코호트 효과와 시대효과(이 경향이 계속된다면)는 장래 1인당 소비를 감소시키는 방향으로 이동할 것으로 보여 진다.

그림 1-1-1. 코호트 효과 - 001 쌀

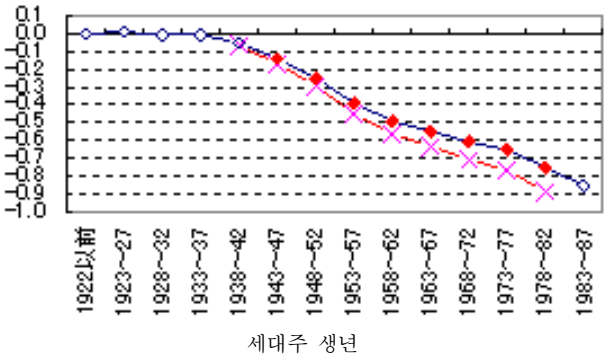


그림 1-1-2. 연령 효과 - 001 쌀

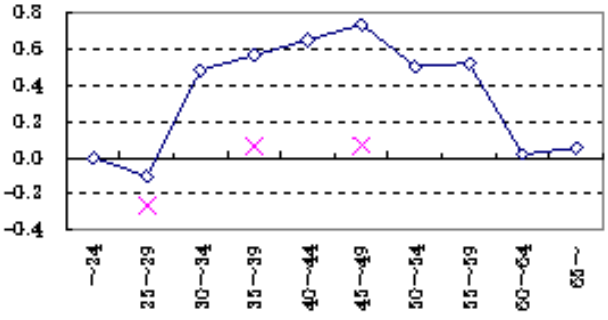
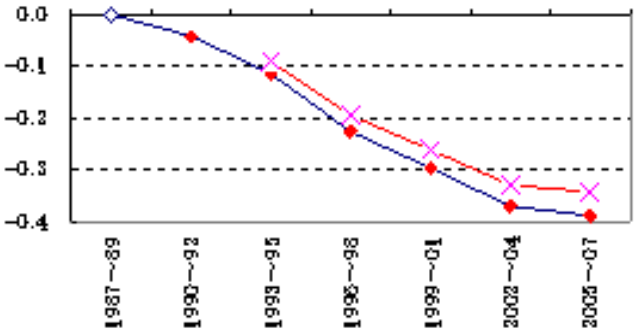


그림 1-1-3. 시대 효과 - 001 쌀



4.2. 주식적 조리식품

코호트 효과는 1935년 전후 태어난 이래 생년이 내려감에 따라 상승하여1955년경 생년에서 최고에 도달한다. 그 후안정(지금까지의 계수는 유의) 가운데 생년 1980년경 이후 또한 상승 경향에 있다. 연령효과는 50대가 가장 많다. 시대효과는 상승 경향으로 있으며, 유의하다(그림 1-2-1~1-2-3).

장래에 대해서는 코호트 효과가 소비 증가요인이 될 가능성이 높으며시대효과도 이 경향이 지속된다면 소비의 증가 요인이 된다.

그림 1-2-1. 코호트 효과 - 023 주식적인 조리식품

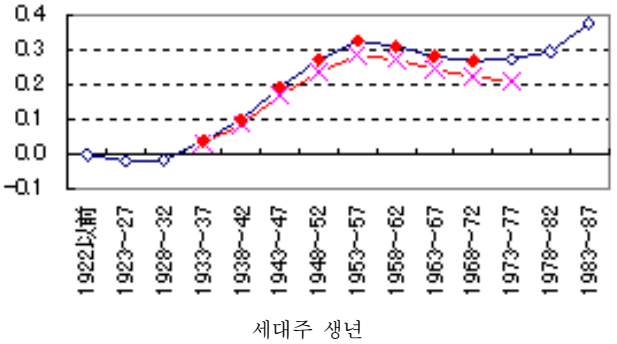


그림 1-2-2. 연령 효과 - 023 주식적인 조리식품

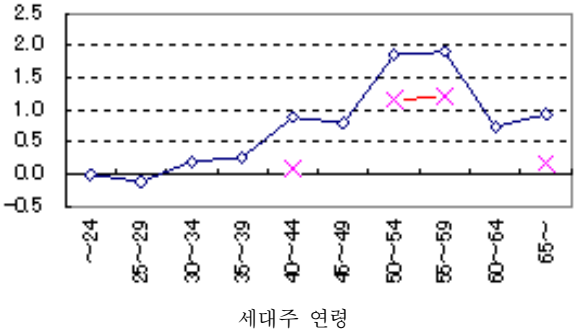
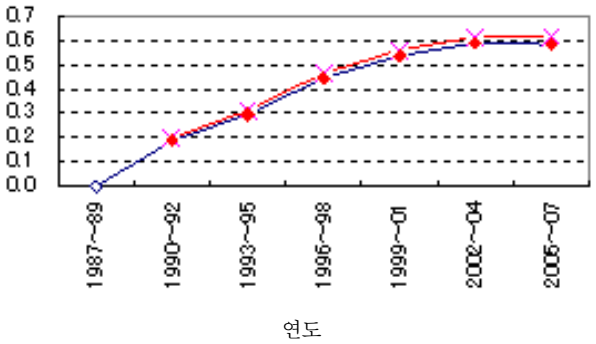


그림 1-1-3. 시대 효과 - 023 주식적인 조리식품



5. 장래 전망결과

5.1. 30분류 장래 전망

그림 2-1～2-3은 2인 이상 세대, 단신세대, 전 세대(2인 이상 세대+단신세대)별로 30분류 전 품목에 대해 전체 실질지출액의 과거 변화율(1990년～2005년 20년간 변화율로 환산)과 장래 변화율(2005～2025년)을 나타낸 것이다.

5-1-1. 2인 이상 세대

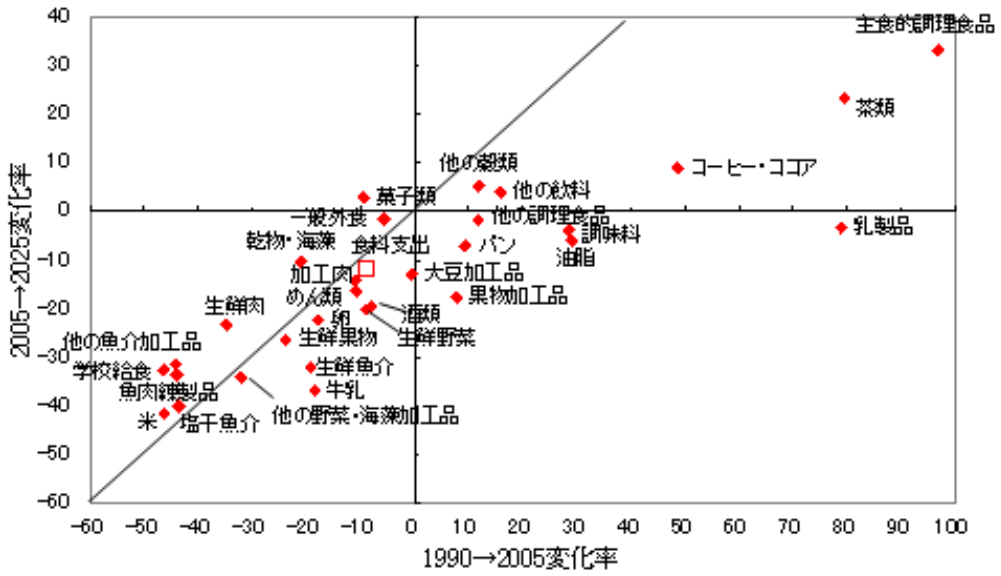
전체 지출액은 장래 세대수 및 세대당 세대원수의 감소로 인해 식료지출합계에서 11.8% 감소할 것으로 전망된다. 품목별로 살펴보아도 증가할 품목 6품목, 감소할 품목 24품목으로 대부분의 품목에서 감소할 것이다. 그 중에서 주식적인 조리식품은 크게 증가할 것이며, 음료도 증가할 것으로 예상된다. 감소 품목 가운데에서는 쌀, 신선 어개류, 신선육, 신선 채소, 신선 과일 등 신선품 감소가 크며, 타 조리식품, 빵, 조미료, 유지, 가공육, 대두가공품, 과일가공품 등의 가공품이나 일반 외식의 감소율은 낮은 것으로 나타났다. 또한, 여기에서는 나타나 있지 않지만 1인당 지출액으로 살펴보면, 일반 외식, 타 조리식품, 빵, 조미료, 유지 등은 증가할 것으로 전망되어 신선품에서 가공품으로의 이동이나 내식에서 외식 및 중식으로의 이동이 예상된다(그림 2-1).

5-1-2. 단신세대

전체 지출액은 세대 수의 증가로 식료지출합계에서33.7% 증가할 것으로 보인다. 품목별로 살펴보아도 증가할 품목 24품목, 감소할 품목 5품목으로 대부분의 품목에서 증가할 것이다. 증가할 품목 가운데에서는 과일가공품, 타 조리식품, 유지, 차류, 대두가공품, 조미료, 외식적인 조리식품, 유제품 등의 가공품 증가율이

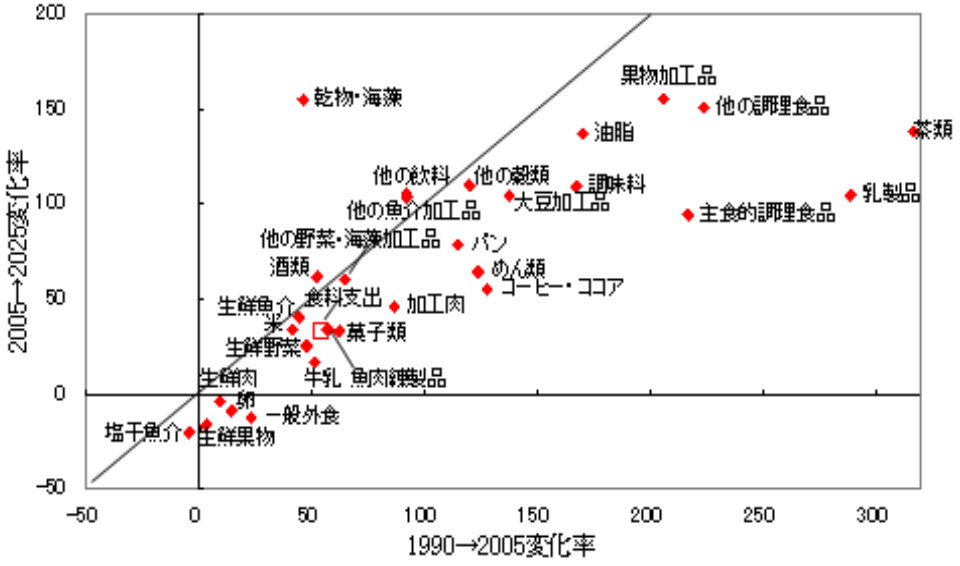
높으며, 쌀, 신선 채소, 신선 어개류 등 신선품의 증가율은 낮다. 이러한 가운에서도 일반 외식은 감소할 것이다. 단신세대에 있어서도 신선품에서 가공품으로의 변동이 예상되지만, 2인 이상 세대와는 달리 외식에서 중식으로의 이동이 전망된다(그림 2-1).

그림 2-1. 지출액 변화(2인 이상 세대) (%)



주: 1990～2005년 변화율은 20년간 변화율로 환산

그림 2-2. 지출액 변화(단신세대) (%)

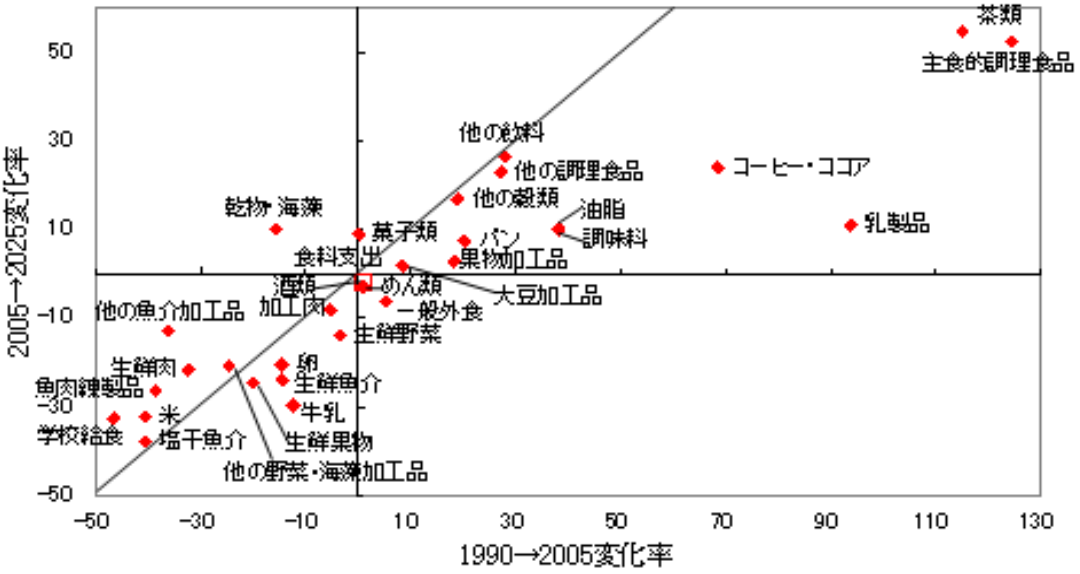


주: 1990～2005년 변화율은 20년간 변화율로 환산

5-1-3. 전 세대(2인 이상 세대+단신세대)

전체 지출액은 식료지출합계에서1.9% 감소하여 거의 변화는 없지만 품목별로 살펴보면, 증가할 품목 14품목, 감소할 품목 16품목으로 거의 반반이다. 크게 증가가 예상되는 것은 주식적인 조리식품 타 조리식품, 음료 등이다. 대부분의 품목이 과거와 장래의 변화 방향이 일치하고 있지만일반 외식에 대해서는 증가에서 감소로 전환될 것으로 나타났다. 그것은 단신세대는 세대수가 증가함에도 불구하고 감소가 예상되고 있기 때문이다. 세대수 및 세대당 세대원 수의 감소로 인해 신선 식품을 중심으로 많은 품목에서 감소가 전망되지만 단신세대 증가의 영향으로 많은 가공품은 증가가 예상된다. 신선품에서 가공으로의 이동이나 내식에서 중식으로의 이동, 식의 외부화가 더욱 진전될 것으로 전망된다(그림 2-3).

그림 2-3. 지출액 변화(전 세대) (%)

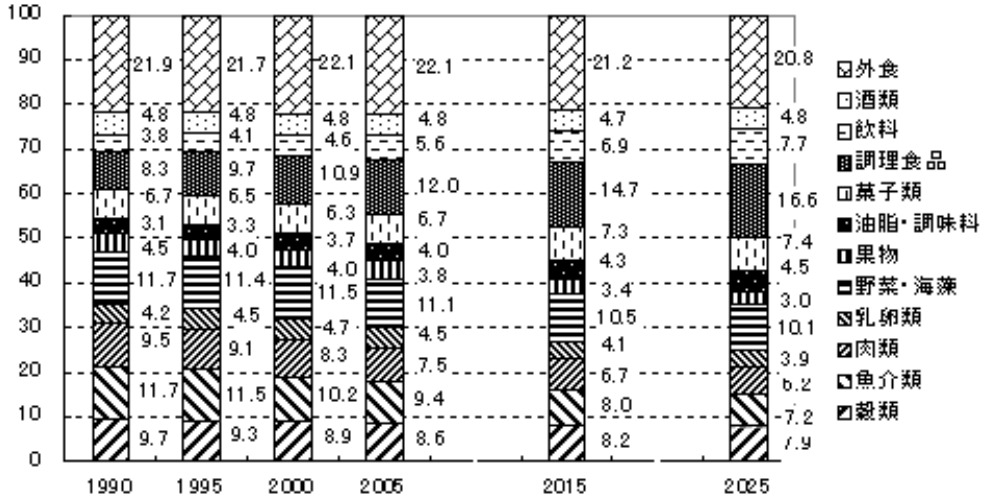


주: 1990~2005년 변화율은 20년간 변화율로 환산

그림 3은 식료지출합계에서 차지하는 각 품목의 비율 추이이다.번잡함을 피하기 위해 30분류를 12분류로 집계하고 있다. 범례 아래에서 6개(곡류~과일)는 비율이 지속적으로 저하하는 반면, 그 위의 4개(유지·조미료~음료)는 비율이 증가한다. 주류 비율은 거의 변화가 없으며, 외식의 비율은 저하한다. 조리식품과 외식이 음식비에서 차지하는 비율은 2005년 34.1%에서 2025년 37.4%로 상승한다. 한편, 30분류 하에서 쌀, 신선 어개류, 신선육, 계란, 신선 채소, 신선 과일을 신선품으로써 그 비율 추이를 살펴보면, 1990년 32.1%, 1995년 31.0%, 2000년 29.1%,

2005년 26.8%, 2015년 23.5%, 2025년 21.3%로 계속해서 크게 저하한다.

그림 3. 품목별 지출비율(전 세대) (%)

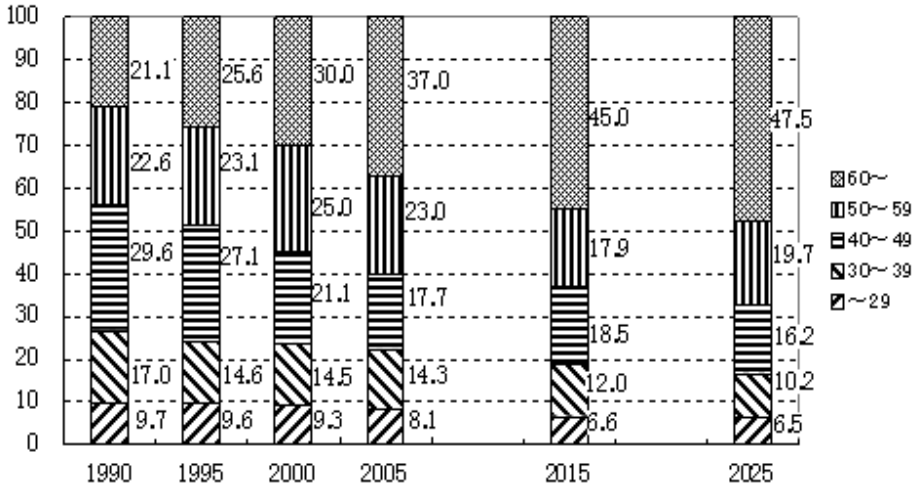


주: 2005년 가격, 12분류로 집계한 것임.

5.2. 세대주 연령계층별·세대 유형별 장래 전망

식료지출 전체에서 차지하는 세대주 연령계층별 지출비율의 변화를 살펴보면 (그림 4), 세대주 연령 60세 이상의 세대 지출비율은 2005년 37.0%에서 2025년 47.5%로 절반 가까이 차지할 것으로 전망된다.

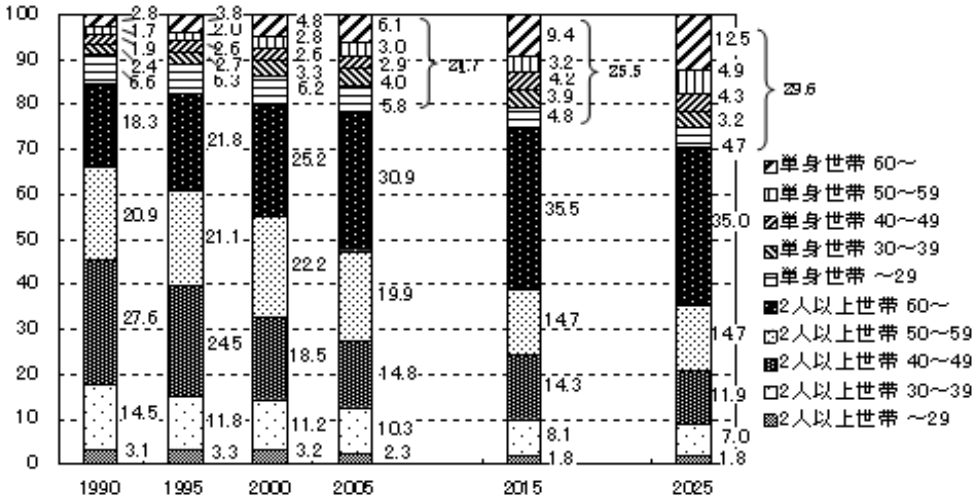
그림 4. 세대주 연령계층별 지출비율(전 세대) (%)



주: 식료비지출(2005년 가격) 비율

단신세대와 2인 이상 세대별 식료지출비율(그림 5)은 단신세대 지출비율이 2005년 21.7%에서 2025년 29.6%로 약 30% 정도 차지하는 것으로 나타났다.

그림 5. 세대 유형별·세대주 연령계층별 지출비율(전 세대) (%)



주: 식료비지출(2005년 가격) 비율

그림 6은 품목별로 세대주 60세 이상 세대 지출비율을 살펴본 것이다 대부분의 품목에서 60세 이상 세대의 지출비율이 높아지고 있다 이 비율이 높은 것은 과일(신선 과일, 과일가공품), 어개류(신선 어개, 염간 어개, 어육연제품, 기타 어개가공품), 건어물・해조 등이며, 낮은 것은 일반 외식, 음료(차류, 커피・코코아, 기타 음료), 주식적인 조리식품 빵, 면류, 육류(신선육, 가공육) 등이다.

그림 6. 세대주 60세 이상의 세대 지출비율(전 세대) (%)

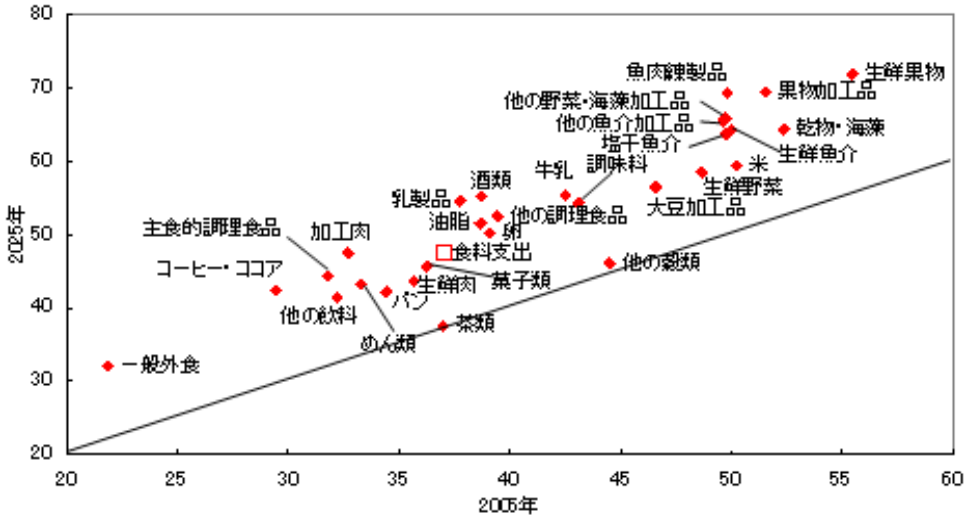
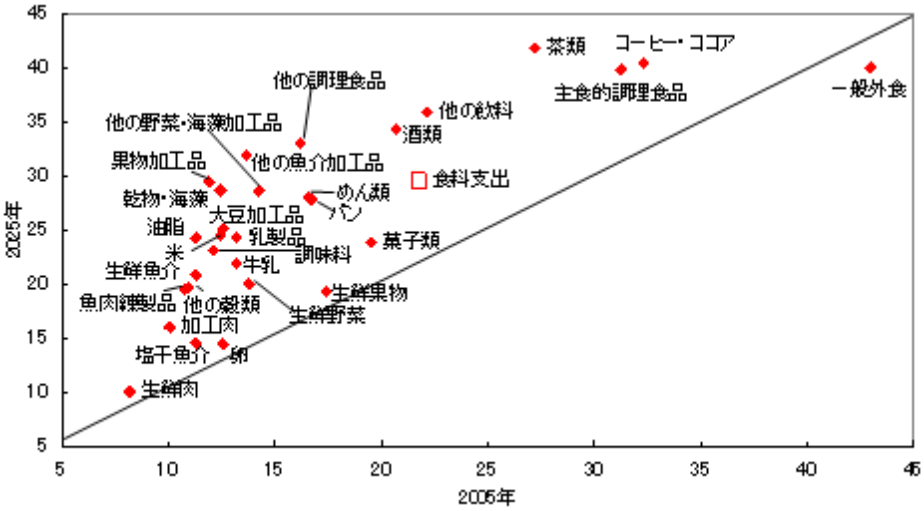


그림 7은 품목별로 단신세대의 지출비율을 살펴본 것이지만, 2025년에는 일반외식을 제외하고 2005년보다 상승한다. 2005년에도 높고 더욱 상승할 것은 차류, 커피・코코아, 주식적인 조리식품이며, 2005년에 낮고 그다지 상승하지 않을 것은 육류(신선육, 가공육), 염간 어개, 계란 등이다.

그림 7. 단신세대의 지출비율 (%)



5. 결 론

본 논문에서는 가계조사의 식료지출30분류에 대해 가계 1인당 소비에 영향을 미치는 요인으로서「코호트 효과」,「연령효과」,「시대효과」3가지를 채택하였다. 더욱이 가격과 소비지출을 추가하여 과거에 있어 이들 요인 분석을 실시하였으며, 이를 기초로 일정한 가정 하에서 장래 소비를 전망하였다.

소비지출의 일정한 신장을 예상하여 장래를 전망하면, 향후에도 신선품에서 가공품으로, 또한 내식에서 중식으로의 이동이 진전되어 식의 외부화가 더욱 진행될 것이라는 결론을 도출하였다.

이 결과에 대해 최근 논의되고 있는 소비자의 가정식 회귀와의 관계에 관하여 언급해 두고자 한다. 이 점에 대해서는 2000년도『식료・농업・농촌백서』에서도 지적되고 있으나, 본 논문에서는 이 검토는 행하지 않는다. 이러한 상황이 최근의 경제상황 등을 반영한 것이라면, 장기적으로는 경제상황 회복에 따라 다시 식의 외부화를 향해 움직일 수도 있다. 본 논문의 전망은 전술한 바와 같이 GDP의 일정한 신장을 전제로 하고 있다. 이것은 소비지출탄력성이 높은 가공품이나 조리식품 등이 보다 크게 증가할 요인이 되며, 식의 외부화 진전에 기여할 것이라는

결론이 된다고 부언하고자 한다.

끝으로 본 논문에서의 시산은 가계가 구입한 품목에 대해서이며 원료 농산물의 수요에 대해서는 전혀 다루고 있지 않다. 예를 들어 가계가 구입한 신선품의 소비는 향후 커다란 감소가 예상되고 있지만, 한편으로는 가공품이나 중식을 통해 직접적으로 소비하는 원료 농산물은 증가할 것이다. 따라서 원료 농산물 관점에서 볼 경우 가계의 직접소비는 감소하지만, 가공 수요는 크게 증가할 가능성이 있다. 이 때문에 어느 정도 불분명하지만, 본 논문에서의 신선품 소비감소 정도로는 원료농산물 전체의 수요가 감소하지 않을 것이라는 점을 지적해 두고자 한다.

[참고문헌]

[1] 국립사회보장·인구문제연구소「일본의 장래추계인구」(2006년 12월 추계), Address http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikei07/index.asp(2008년 11월 21일 다운로드).

[2] 국립사회보장·인구문제연구소「일본 세대수의 장래추계(전국추계)」(2008년 3월 추계), Address http://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2008/t-page.asp(2008년 11월 21일 다운로드).

[3] 森宏編(2001)『식료소비의 코호트 분석-연령·세대·시대』, 20001년 8월, 專修대학출판국.

[4] H. Stewart and N. Blisard(2008), "Are Younger Cohorts Demanding Less Fresh Vegetables?", *Review of Agricultural Economics*, Vol. 30, No. 1, Spring 2008.

[5] OECD(2008), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*.

농산물 수급예측 이론모형과 가설

리닝후이(李宁辉)
중국농업과학원 농업경제발전연구소 농업정책연구중심 주임

중국의 농산물 수급안정은 중국의 경제발전과 국민생활에 중요할 뿐만 아니라 세계 식품안보에도 매우 중요하다. 따라서 우리는 향후 중국의 농산물 생산, 소비수요와 수출입 상황에 대해 시나리오분석과 예측을 진행함으로써 제때에 그리고 정확하게 농업생산 관련 정책과 조치를 조정하여 중국 나아가서 세계의 식품안보를 보장해야 한다.

시나리오 분석과 예측에서 중국의 도시화와 공업화로 인한 경지 감소, 수자원 부족, 기후 변화 등 요인이 농업생산력에 영향을 미치는 환경요인과 인구 증가, 소득 증가, 시장의 발달 등 농산물 수요를 유발하는 구조변화, 과학기술 진보와 농업기반시설 투자수준이 농업의 성장에 미치는 영향 등을 충분히 고려해야 할뿐만 아니라 중국이 WTO에 가입한 이후 국내 농산물 생산과 수요에 미치는 국내외 가격변화의 영향 효과, 즉 국내 농산물수급 균형에 대한 미세한 조정이 국제시장 가격의 파동을 일으킬 수 있고, 마찬가지로 국제 농산물시장 가격의 변화가 중국의 수출입 물량 및 국내시장 가격에 영향을 미칠 수 있는 상황도 고려해야 한다.

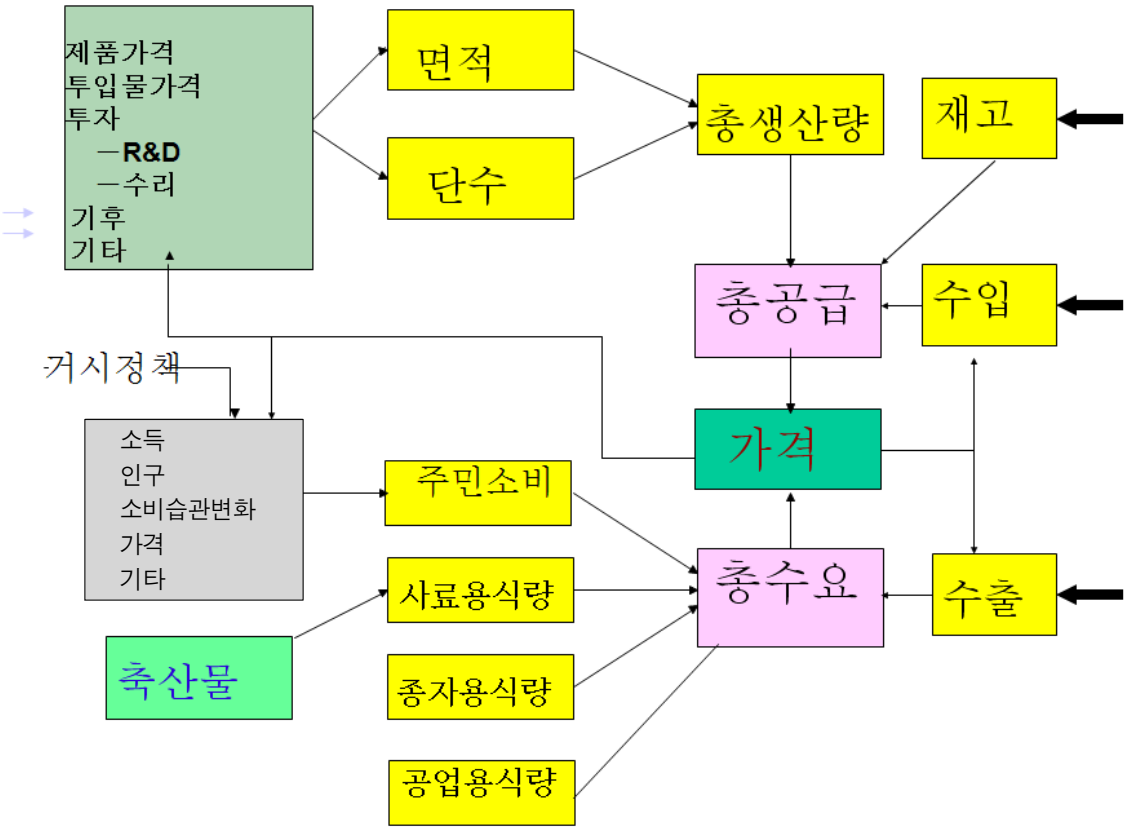
실제 분석과정에서 우리는 중국농업과학원 농업경제발전연구소 농업정책연구중심의 '중국 농업정책분석과 예측모형(CAPSiM)'을 사용하여 중국의 농산물 공급과 수요에 대해 시나리오 분석과 예측을 진행한다.

1. CAPSiM모형의 기본 틀

CAPSiM은 농업부문의 균형모형으로서 주요한 목표는 농산물 생산, 소비, 가격, 시장, 무역에 대한 정책과 외부충격의 영향을 분석하고 미래의 중국 농산물 공급, 수요, 무역, 시장가격 변동추세를 예측하는 것이다. 정책과 외부충격은 국민경제에 대한 거시정책(예를 들면 화폐환율정책, 재정투자정책, 경제성장 등), 인구정책(가족계획 정책과 도시화발전 정책 등), 시장발전정책, 과학기술정책(과학기술연구투자, 기술보급투자 등), 농산물가격정책, 농자재가격정책 무역정책, 환경보호정책 등을 포함한다. 농산물 공급(생산, 재고, 수출입)과 수요는 가격조정을 통해 시장균형을 이루거나 혹은 수출입에 대한 조정을 통하여 시장균형(가격외생모형)에 도달한다.

CAPSiM의 농산물 공급탄력성계수는 주로 농산물 동태조정체계반응모형의 계량경제연구결과로 부터 얻은 것이다. 농산물 수요탄력성계수는 준이상수요체계모형(AIDS)의 계량경제평가결과에 기초하였다.

그림 1 CAPSiM모형의 틀



CAPSiM모형에서 국내 농산물공급은 국내가격요인의 영향 외에 일련의 공급이동 요인의 영향을 받는다. 이러한 요인은 기술진보(정부의 과학기술투자정책), 자원환경(자원과 환경보호정책), 준고정투입물(예를 들면 경지 혹은 재배면적, 노동력등으로 이러한 요인은 경지보호정책, 토지재산권정책, 토지시장정책, 노동력시장 등의 영향을 받음)과 제도혁신 등을 포함한다. 농산물 수요는 가격요인의 영향 외에 인구증가(가족계획정책), 소득증가, 도시화, 시장발전 및 기타요인의 영향을 받는다. 중국은 농업 대국이기 때문에 국내 농산물 수급균형의 미세한 변화도 국제 농산물시장가격의 파동을 유발할 수 있다. 마찬가지로 국제 농산물시장 가격의 변화도 중국의 식량수출입량 및 국내 시장가격에 영향을 미칠 수 있다.

CAPSiM의 생산모형이 포함하는 농작물은 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 면화, 유지작물, 식용 당류, 채소, 기타 농작물 등 12개이다. 축산물과 수산물은 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 유제품, 물고기·새우 등 7개를 포함한다.

수요체계에서는 소비품을 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 식용유, 설탕, 채소, 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 유제품, 물고기·새우, 기타 식품, 소비품(모든 비식품) 등 20개로 분류하였다.

CAPSiM모형의 예측변수로는 농작물 파종면적, 단수, 총생산량, 소비품의 식용소비량, 생산량, 기타 소비량(종자용, 공업용, 손실 등), 농산물의 수출입량, 농산물의 생산자가격, 소비품의 소매가격 등이다.

2. CAPSiM모형의 수식[주)]

2.1 국내 생산모형

2.1.1 농작물 생산모형

농작물 생산량은 파종면적과 단수를 곱한 값이다. 파종면적은 농작물의 자체가격과 기타 농작물 가격의 콥더글러스함수(Cobb Douglas function)이며, 그 백분율의 변동은 기후요인, 정책요인, 기타 외생요인 등 외생변수의 영향을 받는다. 단수는 농작물의 자체가격, 농업기술, 수리재고(irrigation stock), 전체 면적 중 수토유실면적의 비중, 경지면적 중 알칼리성 토지면적 비중 등 변수의 콥더글러스함수이며, 그 백분율 변동은 기후 및 기타 외생요인 등 외생자체변수의 영향을 받는다.

면적 :

$\log A_{it}=a^{A}_{i0}+\Sigma_j b^{A}_{ij}(\log p^{S}_{jt})$

단수 :

$\log Y_{it}=a^{Y}_{i0}+\Sigma_j b^{Y}_{ij}(\log p^{S}_{jt})+c_i \log R_t+k_i \log I_t+g_i \log Z^{Erosion}_{t}+h_i \log Z^{Salinity}_{t}$

총생산량 :

$Q^{S}_{it}=A_{it}*Y_{it}$

변동계수 :

$\hat{Q}^{S}_{it} = \hat{A}_{it} + \hat{Y}_{it} + (Z^{A1}_{i(t-1)}+Z^{A2}_{it}+Z^{A3}_{it}+Z^{Y1}_{it}+Z^{Y2}_{it})$.

여기서,

A: 농작물 파종면적 ;

Z^{A1} : 기후 외생요인에 의한 면적 변화 ;

Z^{A2} : 정책 외생요인에 의한 면적 변화 ;

주) 이하 방정식 중 $\hat{X}$ =dX/X (X의 백분율 변화)

Z^{A3} : 기타 외생요인에 의한 면적 변화 ;
p^S : 투입 및 산출가격 ;
Y : ha당 농작물 생산량 ;
R : 농업기술축적
I : 수리재고(irrigation stock)
$Z^{Erosion}$: 전체면적 중 수토유실면적 비중 ;
$Z^{Salinity}$: 경지면적 중 알칼리성 토지면적 비중 ;
Z^{Y1} : 단수에 대한 기후요인의 영향 ;
Z^{Y2} : 단수에 대한 기타요인의 영향 ;

i: 농작물: 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 면화, 유지작물, 식용 당류, 채소, 기타 농작물

j: 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 면화, 유지작물, 식용 당류, 채소, 기타 농작물, 화학비료, 노동력, 토지

피라미터의 계수제약조건 :

- i>j일 때, $b^A_{ij} = b^A_{ji} * A_j/A_i$, 이 때 $(dA_i/dp_j^S)/(dA_j/dp_i^S)=p_i^S/p_j^S$, 즉 두 제품간의 한계대체율은 가격비와 같음.
- $\sum_j b_{ij}^A = 0$, 영차동차성, 모든 제품 가격의 백분율 변동은 농작물면적에 영향을 미치지 않음.
- i≠j일 때, $b^Y_{ij}=0$, 즉 농작물의 단수는 자체 가격의 영향만 받음.

2.1.2 축산물 생산모형

축산물 생산량은 축산물 생산자가격의 콥더글러스 함수이고, 그 백분율 변동은 가축질병, 기타 외생변수의 영향을 받는다

생산량 :

$$\log q_{it}=a^q_{i0}+\Sigma_j b^q_{ij}(\log p^S_{jt})$$

변동관계:

$$\hat{q}_{it} = \hat{q}_{it}\,|_{without_shocks} + Z^{q1}_{it}+Z^{q2}_{it}$$

여기서,

q : 축산물 생산량 ;

Z^{q1} : 가축질병요인에 의한 축산물 생산량 변화 ;

Z^{Y2} : 기타요인에 의한 축산물 생산량 변화 ;

i : 축산물: 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 유제품, 물고기·새우 ;

j : 축산물과 투입: 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 유제품, 물고기·새우, 밀, 노동력

피라미터의 제약조건 :

$i \neq j$일 때, $b^{q}_{ij}=0$, 즉 축산물 생산량은 자체가격의 양향만 받음.

사육방식

중국에서 축산물의 생산방식은 주로 일반농가 사육, 전업농가 사육, 공업화 사육 등 3가지이다. 3가지 생산방식의 투입산출 효율이 다르기 때문에 축산물 생산량을 3가지 생산방식으로 분리할 필요가 있으며, 이는 축산물 생산량에 근거한 사료용 식량수요를 계산하는데 편의를 준다.

$q_{ikt}=\theta_{ikt} * q_{it}$

$\theta_{ikt} = \theta_{ik(t-1)} + \gamma_{ik}$

$\Sigma_k \theta_{ikt} = 1$

여기서

θ : 각 사육방식의 비율 ;

γ_{ik} : 각 사육방식θ의 연간 변화율 ;

k : 각 사육방식: 일반농가 사육, 전업농가 사육, 공업화 사육

2.2 국내 수요모형

도시 소비자는 주로 시장을 통하여 소비를 실현하기 때문에 농산물가격과 소비자의 소득은 소비에 영향을 미치는 주요한 요인이다. 이는 농촌 소비자와 다른 점이다. 농촌 소비자의 소비에 영향을 미치는 중요한 요인은 가격과 소득 외에 시장의 발전정도이다. 이러한 차이점으로 인해 도시 소비모형과 농촌 소비모형은 수요탄력성행렬이 다르고 시장발육도 변수가 다르다.

수요모형에서 식량소비는 직접소비와 간접소비로 구분한다. 직접소비는 사람이 식용으로 소비하는 부분이고, 간접소비는 사료용, 공업용 등으로 소비하는 부분이다.

수요모형의 탄력성행렬은 준이상수요체계(AIDS)을 이용하여 얻었다.

2.2.1 식품 수요

식품수요는 소비자가격, 실제소득, 시장발육도(농촌에서)의 콥더글러스 함수이다.

$\log d^{R}_{it}=a^{RD}_{i0}+\Sigma_j b^{R}_{ij}(\log p^{D}_{jt})+e^{R}_{i}\log Y^{R}_{t}+m_i \log Z^{MKT}_{t}$

$\log d^U_{it} = a^{UD}_{i0} + \Sigma_j b^U_{ij}(\log p^D_{jt}) + e^U_i \log Y^U_t$

$d_{it} = \theta^R_t d^R_{it} + \theta^U_t d^U_{it}$

$D_{it} = d_{it} * Pop_t$

여기서,

d^R, d^U : 농촌, 도시의 일인당 평균 수요량 ;

d : 전국 일인당 평균 수요량 ;

D : 전국 총수요량 ;

p^D : 소비자가격 ;

$Y^R, Y^{U,}$: 농촌, 도시의 일인당 평균 소득 ;

Z^{MKT} : 식품시장 발육지수 ;

b^R, b^U : 농촌, 도시의 수요가격탄력성행렬 ;

e^R, e^U : 농촌, 도시의 소득탄력성 벡터 ;

m : 농촌 소비시장 발육탄력성 ;

θ^R, θ^U : 전체 인구 중 농촌과 도시인구 비중 ;

Pop : 총인구 ;

i : 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 당, 식용유, 과일, 채소, 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 물고기·새우, 기타 식품

피라미터의 계수제약조건 :

● i>j일 때, b^R_{ij} = 지출 할당액$_j$ * (b^R_{ji} / 지출할당액$_i$ + 실제소득$_j$ - 시장발육도$_i$)

● Cournot$_j$ = $\sum_i b^R_{ij}$ *지출할당액$_i$ + 지출할당액$_j$. Walras정의 (The properties of Cornot and Engel aggregation), 즉, 총지출은 가격변동에 따르지 않음.

2.2.2 사료용 식량 수요

모형에서 사료용식량 수요는3가지 사육방식에 따라 서로 다른 사료용 식량 수요량을 도출하였다. 이 중 축산물 생산량으로 추산한 사료용 식량 수요량은 사료전환율(feed conversion ratio)을 적용하여 계산하였다.

$D^{FeedG}_{jt} = \Sigma_k(1 + \delta_{jkt})\beta_{jk}\theta_{jkt}q_{jt}$

$\theta_{jkt} = \theta_{jk(t-1)} + \gamma_{jk}$

$D^{FeedG}_t = \Sigma_j D^{FeedG}_{jt}$

$D^{FeedG}_{it} = \Sigma_i f_{it} D^{FeedG}_t$

$f_{it} = (1+r_f)_t f_{i(t-1)}$

여기서,

D^{FeedG} : 총 사료용 식량 ;

β: 사료/고기 전화율 ;

δ: Efficient gain in feeding livestock.

f: grain i's share of total feed grain.

r_f: f의 연간 성장

i : 식량 사료: 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 기타 잡곡, 대두 ;

j : 육제품: 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 물고기·새우 ;

k : 사육방식: 일반농가 사육, 전업농가 사육, 공업화 사육

2.2.3 기타 식량 수요

$D^{Seed}_{it}=(1+\beta^{S}_{t})^{t}d^{Seed}_{i(t-1)}AA_{it}$

$D^{Ind}_{it}=(1+\beta^{I}_{i})^{t}D^{Ind}_{i(t-1)}$

$D^{Waste}_{it}=(1+\beta^{W}_{i})^{t}d^{Waste}_{i(t-1)}Q^{S}_{it}$

여기서,

D^{Seed} : 종자용 식량 ;

D^{Ind} : 공업용 식량 ;

D^{Waste} : 손실

d^{Seed} : ha당 종자용 식량(kg) ;

d^{Waste} : 총 생산량 중 손실량 비중 ;

β^{S} : ha당 종자용 식량의 연간평균증가 ;

β^{I} : 공업용 식량의 연간평균 증가 ;

β^{W} : 손실의 연간평균 증가 ;

i : 식량: 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두

2.2.4 식량 총수요

$D^{G}_{it}=D^{FoodG}_{it}+D^{FeedG}_{it}+D^{Seed}_{it}+D^{Ind}_{it}+D^{Waste}_{it}$

여기서,

D^{G} : 식량 총수요 ;

D^{FoodG} : 주민 소비 식량 ;

I : 식량: 쌀, 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두

2.3 식량 재고

$B^G_{it}=B^{stock}_{i(t-1)}(1+\Psi D^G_{it}/D^G_{i(t-1)}) - \Psi B^{stock}_{i(t-1)} + lp^D_{it}$

여기서,

B^G : 재고 ;

D^G : 식량 총소비량 ;

p^D : 식량 시장가격 ;

$\Psi = 0$ 만약 재고량이 불변이면, 장기모형 사용 ;

$\Psi = 1$ 소비총량 중 재고량의 비율이 불변이면, 단기모형 사용 ;

l : 식량 가격변화로 인한 저장·비축 식량의 한계 변화

2.4 무역

일반적으로 농산물 수출입과 국내수요 사이에 불변 대체탄력성(CSE) 관계가 존재한다고 가정할 수 있다. 이 가정에 근거하여 국내 수요모형으로 국내수요를 불변대체탄력성의 성질을 이용하고, 아래의 유도 결과를 응용하여 수출입으로 인한 국내 및 추정한데 기초하여 국제 가격의 변화에 따른 백분율 변화를 추정한다.

총수요는 국내수요, 수입수요, 수출수요로 구분한다. 먼저 국내수요와 순수입의 관계를 고려한다. 국내수요와 순수입의 대체탄력성은 양자의 수요량 비율의 백분율 변동을 양자의 가격 비율의 백분율 변동으로 나눈 값으로 정의한다.

$$\sigma \equiv (Q_1 \hat{/} Q_2)/(P_2 \hat{/} P_1) \qquad (4.1)$$

위 식에서 1은 국내수요, 2는 순수입이다. 만약 불변 대체탄력성일 경우 σ는 상수이다. σ의 값이 클수록 수요량 비의 변동률이 가격 비의 변동률을 초과한다는 것을 의미한다. 때문에 가격이 비교적 높은 부분의 비용 할당액은 하락한다. 식 (4.1)을 국내 수요와 순수입의 수요와 가격의 백분율 변동 형식으로 표시하면 다음과 같다.

$$(\hat{q}_1 - \hat{q}_2) = \sigma(\hat{p}_2 - \hat{p}_1) \qquad (4.2)$$

불변 대체탄력성함수 형식에 근거하여, 이러한 상품의 총수요의 백분율 변동은 국내수요 백분율 변동과 순수입 백분율 변동의 볼록성 조합이다. 즉,

$$\hat{q} = \theta_1 \hat{q}_1 + (1-\theta_1)\hat{q}_2 \quad (4.3)$$

위 식에서 θ_1은 국내수요의 비용할당액, $(1-\theta_1)$ 은 순수입의 비용할당액이다. 여기서 $\hat{q}_2$ 를 계산하여 다음 식을 얻는다.

$$\hat{q}_2 = (\hat{q} - \theta_1 \hat{q}_1)/(1-\theta_1) \quad (4.4)$$

이를 식(4.2)에 대입하여 다음 식을 얻는다.

$$\hat{q}_1 = (1-\theta_1)\sigma(\hat{p}_2 - \hat{p}_1) + \hat{q} \quad (4.5)$$

이 조건의 수요방정식은 가격의 일차동차방정식으로, 수요의 보상 교차가격탄력성은$(1-\theta_1)\sigma$이다.

마찬가지로 불변 대체탄력성함수 형식에 근거하여, 이러한 상품의 종합가격의 총 수요 백분율 변동은 국내 수요가격 백분율 변동과 순수입 가격 백분비 변동의 볼록성 조합이다. 즉,

$$\hat{p} = \theta_1 \hat{p}_1 + (1-\theta_1)\hat{p}_2 \quad (4.6)$$

위식에서 $\hat{p}_2$ 를 구하여, $\hat{p}_1$ 과 $\hat{p}$ 의 함수로 하고, 식(4.5)에 대입하여 다음 식을 얻는다.

$$\hat{q}_1 = \sigma(\hat{p} - \hat{p}_1) + \hat{q} \quad (4.7)$$

식(4.7)의 구성부분이 2보다 크면 형식은 불변이다. 그러므로 수입과 수출에 대해서 식(4.7)의 방정식이 있다. 그러나 수출과 총수요의 반대반향 변동관계로 등식의 좌변은 부의 값이된다. 식(4.7)에서 1의 백분율 변동은 두 개 부분으로 구분한다. 하나는 대체효과로서 불변대체탄력성에 종합가격과 1의 가격비를 곱한 백분율 변화 부분이고, 다른 하나는 확장효과이다. 규모수익불변이기 때문에 이 부분이 반영하는 것은 총수요와 총수요의 각 구성부분의 등비례 확장관계이다. 식(4.7)을 응용하여 다음과 같은 무역모형을 세울 수 있다.

무역모형에서 CIF가격과 FOB가격은 관세조정과 환율변환을 거쳐 국내시장가격으로 전환된다. 방정식에서 대체탄력성 σ=2.2(FAO)이다.

$$\hat{X}_{it}^{import} = \sigma(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^{import}) + \hat{q}_{it}$$

$$\hat{X}_{it}^{export} = -\sigma(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^{export}) - \hat{q}_{it}$$

$X^{netimport}_{it} = X^{import}_{it} - X^{export}_{it}$

$p^{import}_{it} = p^{ib}_{it}(1+PSE^{import}_{it})$

$p^{export}_{it} = p^{xb}_{it}(1+PSE^{export}_{it})$

$p^{ib}_{it} = XR_t p^{cif}_{it}$

$p^{xb}_{it} = XR_t p^{fob}_{it}$

여기서,

X^{import} : 수입 ;

X^{export} : 수출 ;

$X^{netimport}$: 순수입 ;

XR : 환율 ;

p^{rural} : 농촌 소비자가격 ;

p^{cif}: CIF가격 ;

p^{fob}: FOB가격 ;

PSE : 생산자보조 지출 ;

I : 쌀 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 당, 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 물고기·새우

2.5 시장 균형

$X^{netimport}_{it}+S^{G}_{it}=D^{G}_{it}+B_{it}-B_{i(t-1)}$

여기서,

S : 국내 총생산량, $S = Q^{S}$ (농작물), $S = q$ (축산물) ;

D : 국내 총수요;

$B_t - B_{t-1}$: 재고변동량;

i : 벼(쌀), 밀, 옥수수, 고구마, 감자, 기타 잡곡, 대두, 면화, 유지작물, 채소, 과일, 돼지고기, 소고기, 양고기, 가금육, 계란류, 유제품, 물고기·새우 등

위 식은 가격조정을 통하여 균형가격이 정해지고 각 농산물의 총공급이 총수요와 같아 질 때까지 조정되어 시장균형이 이루어지는 것을 의미한다.

농산물시장이 어떤 요인의 영향을 받을 때, 다음 시기의 농산물 공급은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$(1)\ \frac{\Delta S_{it}}{S_{i(t-1)}} = \eta_{si}\frac{\Delta P_{it}}{P_{i(t-1)}} + \sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}} + \delta c_i\frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \delta k_i\frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + \delta g_i\frac{\Delta Z_t^{Erosion}}{Z_{t-1}^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_t^{Salinity}}{Z_{t-1}^{Salinity}}$$

즉 농작물 생산모형과 축산물 생산모형에 대해서 시간(t)으로 미분한다. 편의를 위해 위 식에 새로운 탄력성 부호를 도입한다.

S_{it}= i 농산물의 시장공급 ;

η_{si}= i 농산물 공급의 탄력성 (면적과 단수탄력성으로 구함) ;

η_{sj}= i 농산물 공급의 j 농산물가격에 대한 교차탄력성 (면적과 단수의 교차탄력성으로 구함) ;

δ= 농작물인 경우 1, 축산물인 경우 0

같은 원리로 서로 다른 농산물의 수요 변동은 식품수요방정식과 사료용 식량수요방정식에 대해 미분하여 다음과 같은 식을 얻는다.

$$(2)\ \frac{\Delta D_{it}}{D_{i(t-1)}} = \xi_{di}\frac{\Delta P_{it}}{P_{i(t-1)}} + \sum_{j\neq i}\xi_{dj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}} + e_i\frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} + \delta m_i\frac{\Delta Z_t^{MKT}}{Z_{t-1}^{MKT}}$$

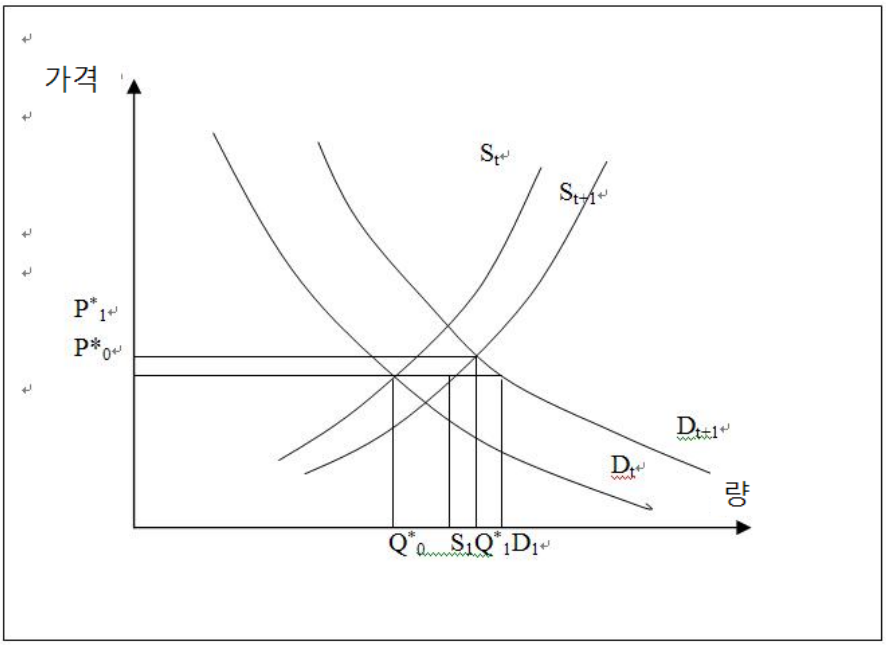
위 식의 변수와 부호에 대한 정의는 다음 몇 개 외에는 앞의 내용과 같다

D_{it}= i 농산물의 국내 총수요 ;

ξ_{di} = i 농산물 수요의 자체가격수요탄력성(농촌과 도시의 가중평균 수) ;

ξ_{dj} = i 농산물 수요의 j 농산물 가격에 대한 교차탄력성(농촌과 도시의 가중평균 수) ;

δ = 농촌인 경우 1, 도시인 경우 0



위 그림은 t와 t+1시기 시장균형가격(P^*_0, P^*_1) 과 시장균형 상황에서의 농산물 수급수량(Q^*)의 조정 과정이다. P_1^*와 Q_1^*의 값을 구하기 위해서는 S_1과 D_1을 알아야 한다. 농작물 생산모형과 축산물 생산모형에서 i 농산물에 대해, $\triangle P_{it}=0$일 때 다음식을 얻을 수 있다.

$$(3)\ \frac{\Delta S_t\,|_{\Delta P_{it}=0}}{Q_{t-1}^*} = \sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}^*} + \delta c_i\frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \delta k_i\frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + \delta g_i\frac{\Delta Z_t^{Erosion}}{Z_{t-1}^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_t^{Salinity}}{Z_{t-1}^{Salinity}}$$

$$(4)\ \frac{\Delta D_t\,|_{\Delta P_{it}=0}}{Q_{t-1}^*} = \sum_{j\neq i}\xi_{dj}\frac{\Delta P_{jt}}{\Delta P_{j(t-1)}^*} + e_i\frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} + \delta m_i\frac{\Delta Z_t^{MKT}}{Z_{t-1}^{MKT}}$$

위의 식(3)과 식(4)에 기초하여 그림에서 S_1와 D_1은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$(5)S_1 = Q_0^*[1+\sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{j1}}{P_{j0}^*} + \delta c_i\frac{\Delta R_1}{R_0} + \delta k_i\frac{\Delta I_1}{I_0^*} + \delta g_i\frac{\Delta Z_1^{Erosion}}{Z_0^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_1^{Salinity}}{Z_0^{Salinity}}]$$

$$(6) D_1 = Q_0^*[1 + \sum_{j \neq i} \xi_{dj} \frac{\Delta P_{j1}}{P_{j0}^*} + e_i \frac{\Delta Y_1}{Y_0} + \delta m_i \frac{\Delta Z_1^{MKT}}{Z_0^{MKT}}]$$

S_1와 D_1을 구한 후 시장의 균형가격과 제품 수량은 다음의 (7)과 (8)으로 구할 수 있다.

$$(7) \Delta P_1 = \frac{P_o^*(D_1 - S_1)}{(S_1 \eta_s - D_1 \xi_d)} \qquad P_1^* = P_0^* + \nabla P_1$$

$$(8) Q_1^* = D_1[1 + \xi_d \frac{\Delta P_1}{P_o^*}] = S_1[1 + \eta_s \frac{\Delta P_1}{P_o^*}]$$

이상의 과정은 동태적 과정으로 끊임없는 조정과정이다. 일정 시기의 시장균형의 해는 수백 심지어 수만번의 조정과정을 거쳐 얻어진다.

3. CAPSiM 모형의 피라미터 추정 및 설정

3.1 도시와 농촌주민의 농산물 수요탄력성

도시주민과 농촌주민의 농산물 수요탄력성은 두 개의 수요탄력성 행렬로 이루어진다. 두 개의 수요탄력성 행렬은 도시와 농촌주민 조사 자료를 이용하여 AIDS모형으로 추정한다. 소득수준이 제고됨에 따라 농산물 수요탄력성도 상응하는 변화가 발생하였을 것이다. 따라서 지난 몇 년 동안 구한 수요탄력성에서 소득변동으로 인해 발생하는 변화의 규칙을 이용하여 소득변동 상황에 따른 미래의 수요탄력성 변동에 대해 상응히 조정을 하였다.

AIDS모형은 Angus Deaton과 John Muelldauer(1980)에 의해 제안되었다. 모형은 시장에서 소비자의 소비행위는 하나의 이성적 소비자의 소비행위가 대표한다고 가정하였다. 이 소비자는 소비품에 PIGLOG(Price Independent Generalized Log)형 함수의 소비기호를 갖고 있다.

u를 소비자가 n개 상품의 소비에서 얻은 효용, $p = (p_1, \cdots, p_n)$를 n개 소비품의 가격, c(u, p)를 소비자가 가격이 p일 때 u를 얻는데 필요한 최저 지출수준이라고 가정하면 PIGLOG형 함수는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\log c(u, p) = (1-u)\log[a(p)] + u\log[b(p)] \qquad (1)$$

여기서 a(p)와 b(p)를 다음과 같이 정의한다.

$$\log a(p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j \quad , \qquad (2)$$

$$\log b(p) = \log a(p) + \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad , \qquad (3)$$

(2), (3)식을 (1)식에 대입하여 AIDS 비용함수를 얻는다.

$$\log c(u, p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j + u\beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \qquad (4)$$

위 식에서 α_i、β_i、γ_{ij}^*는 피라미터이다. c(u, p)는 p에 대해 선형동차함수가 되도록 $\Sigma_i\alpha_i = 1, \Sigma_i\beta_i = 0$、$\Sigma_i\gamma_{ij}^* = \Sigma_j\gamma_{ij}^* = 0$의 조건을 만족해야 한다. q_i를 i 소비재에 대한 수요량이라고 하면 Shephard 정의에 의하여 다음 관계가 성립한다.

$\partial c(u, p)/\partial p_i = q_i$

따라서, $$\frac{\partial \log c(u, p)}{\partial \log p_i} = \frac{p_i q_i}{c(u, p)} = w_i \qquad (5)$$

여기서 w_i는 i 소비재에 대한 지출액을 의미한다. 식(4)으로부터 다음 식을 도출할 수 있다.

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i u\beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \qquad (6)$$

여기서, $$\gamma_{ij} = \frac{1}{2}(\gamma_{ij}^* + \gamma_{ji}^*) \qquad (7)$$

Walras의 정리에 의해, 소비자가 효용을 극대화할 때, 소비 총지출 x=c(u, p)로 표현할 수 있다. 이 식에 의해 u(p, x)를 유도할 수 있다. 즉, 식(4)에 의해 u(p, x)를 도출하고, 식(6)에 대입하면 다음과 같은 지출액 기준의 AIDS 수요함수를 얻는다.

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log(x/P) \quad , \qquad (8)$$

여기서 p는 다음과 같이 정의되는 가격지수이다.

$$\log P = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_j \sum_k \gamma_{kj} \log p_k p_j \quad 。 \qquad (9)$$

식(4)의 피라미터의 제약조건과 식(7)이 AIDS모형(8) 추정에 부여된다.

$\Sigma_i\alpha_i = 1$, $\Sigma_i\gamma_{ij} = 0$, $\Sigma_i\beta_i = 0$

$\Sigma_j\gamma_{ij} = 0$

$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$

상술한 AIDS모형에 근거하여 다음 관계를 도출할 수 있다.

1) 지출탄력성

$$\eta_i = \frac{\partial q_i}{\partial x}\frac{x}{q_i} = 1 + \frac{\beta_i}{w_i}$$

2) Marshall의 비보상가격탄력성

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{q_i} = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \frac{\beta_i w_j}{w_i}$$

여기서, i=j일 때, δ_{ij}=1, i≠j일 때, δ_{ij}=0

Marshall의 비보상가격탄력성은 재화의 가격 변화에 따른 해당 재화의 소비량의 변화를 의미한다.

3) Hicks의 보상가격탄력성

Slutsky 방정식에 근거하여 다음을 도출할 수 있다.

$$\left.\frac{\partial q_i}{\partial p_j}\right|_{u=\bar{u}} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j} + \frac{\partial q_i}{\partial x} q_j$$

따라서,

$$\left.\frac{\partial q_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{q_i}\right|_{u=\bar{u}} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{q_i} + \frac{\partial q_i}{\partial x}\frac{x}{q_i}\frac{q_j p_j}{x}$$

$$\nu_{ij} = \varepsilon_{ij} + \eta_i w_j = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} + w_j$$

여기서, ν_{ij}는 Hicks의 보상가격탄력성이다.

Hicks의 보상가격탄력성은 재화의 가격변동으로 야기된 해당재화에 대한 소비자의 소비량 변화를 반영한다. 그러나 이러한 소비량 변화는 가격요인의 직접적인 영향 이외에 가격변화로 인한 소비자의 실제소득 변화가 해당 재화의 소비에 영향을 미치는 간접영향도 포함한다. Hicks의 보상가격탄력성과 Marshall의 비보상가격탄력성의 차이는 바로 이 간접영향인 소득효

과인데 Marshall의 비보상가격탄력성은 순대체효과를 반영한다. 소득효과는 식품의 가격이 변화하면 소비자는 소비구조의 조정을 통하여 원래의 효용을 유지한다는 것이다.

CAPSiM모형에서 주민의 농산물 수요탄력성은 Marshall의 비보상가격탄력성을 사용한다. 소득변화에 따라 수요탄력성을 조정하는 방식으로 먼저 Hicks의 보상가격탄력성을 구하고, 이 중에서 소득효과를 제거하여 새로운 Marshall의 비보상가격탄력성을 도출한다(표2-1, 표2-2).

표 2-1 도시주민의 Marshal 비보상가격탄력성

	쌀	밀	옥수수	고구마	감자	기타잡곡	대두	면화	식용유	설탕	채소	과일
쌀	-0.22579	0.03991	0.00014	0.00017	-0.00027	-0.00046	-0.00153	0.00669	0.00757	-0.00672	-0.06062	0.00664
밀	0.06015	-0.33352	0.00015	0.00015	-0.00103	-0.00049	-0.00303	0.01817	0.00986	-0.00413	-0.05373	-0.00109
옥수수	0.00938	0.00629	-0.27686	0.00515	0.00094	0.01941	0.00028	0.02402	0.01144	0.00011	-0.05285	0.01048
고구마	0.00960	0.00594	0.00443	-0.43984	-0.00227	0.01414	0.00033	0.01640	0.00253	-0.00172	-0.04248	-0.00597
감자	-0.00767	-0.01030	0.00004	-0.00085	-0.16484	0.00396	0.00357	0.02700	0.00649	-0.00082	-0.16942	0.02687
기타 잡곡	-0.00342	-0.00256	0.00810	0.00687	0.00789	-0.09103	0.00005	0.03043	0.01450	0.00032	-0.06531	0.01375
대두	-0.01284	-0.01367	-0.00015	-0.00018	0.00179	-0.00053	-0.39719	0.00635	0.00500	0.00125	-0.00535	0.01038
면화	0.00364	0.01498	0.00067	0.00043	0.00407	0.00209	0.00155	-0.37648	0.02828	0.01025	-0.00207	0.01030
식용유	0.00793	0.00784	0.00026	-0.00011	0.00107	0.00082	0.00164	0.03060	-0.74139	-0.01858	-0.04127	-0.00376
설탕	-0.04942	-0.02173	-0.00020	-0.00055	-0.00063	-0.00050	0.00131	0.04069	-0.07111	-0.52302	-0.00144	0.03352
채소	-0.02357	-0.01421	-0.00056	-0.00057	-0.00509	-0.00166	-0.00026	0.00129	-0.00741	0.00017	-0.44822	0.01664
과일	-0.00232	-0.00432	-0.00008	-0.00034	0.00132	-0.00019	0.00090	0.00428	-0.00178	0.00286	0.02473	-0.59471
돼지고기	-0.01431	-0.00902	-0.00020	-0.00029	-0.00006	-0.00040	0.00073	-0.00039	0.00106	0.00076	0.01332	-0.02791
소고기	-0.00583	-0.00586	-0.00007	-0.00020	-0.00155	-0.00002	0.00132	0.00451	0.00928	0.00118	-0.01054	-0.02793
양고기	-0.00521	-0.00639	0.00004	-0.00012	-0.00260	0.00035	0.00259	0.00899	0.01796	0.00234	-0.00554	-0.02722
가금육	-0.01272	-0.00899	-0.00007	-0.00021	-0.00054	-0.00015	0.00067	-0.00251	0.01363	0.00146	-0.03149	0.00567
계란류	-0.00588	-0.00737	0.00005	-0.00018	-0.00039	0.00023	0.00180	-0.00158	0.00966	0.00193	-0.00408	-0.01126
유제품	0.00527	0.00266	0.00013	0.00004	0.00052	0.00040	0.00121	-0.00495	-0.00947	0.00085	0.02363	-0.01762
어류	-0.00291	-0.00281	-0.00008	-0.00014	0.00027	-0.00014	0.00256	0.00326	0.00353	0.00121	0.00499	-0.00064
기타 식품	-0.01451	-0.01055	-0.00041	-0.00048	-0.00069	-0.00104	-0.00172	-0.00374	-0.00652	-0.00145	-0.04144	-0.02680
비식품	-0.00976	-0.00519	-0.00022	-0.00013	-0.00118	-0.00069	-0.00226	-0.00788	-0.00261	-0.00129	-0.02592	-0.00742

표 2-1 도시주민의 Marshal 비보상가격탄력성(계속)

	돼지고기	소고기	양고기	가금육	계란류	유제품	어류	기타 식품	비식품
쌀	-0.03723	0.00239	0.00076	-0.00707	-0.00114	0.02226	0.00958	0.01364	0.33109
밀	-0.03397	-0.00017	-0.00138	-0.00817	-0.00742	0.02046	0.00675	0.00113	0.43131
옥수수	0.00270	0.00733	0.00569	0.00998	0.01215	0.02721	0.01528	0.01274	0.49915
고구마	-0.00601	0.00397	0.00270	0.00373	0.00202	0.02193	0.01183	0.01254	0.76122
감자	0.00266	-0.01047	-0.01211	-0.00408	-0.00483	0.01543	0.01113	0.03604	-0.04782
기타 잡곡	0.01736	0.01125	0.00874	0.01269	0.01690	0.03190	0.02080	0.01909	0.44166
대두	0.02282	0.00899	0.00738	0.00789	0.01121	0.01668	0.03354	0.02003	-0.02339
면화	-0.00859	0.00741	0.00689	-0.00550	-0.00610	-0.00718	0.01148	0.02216	-0.21831
식용유	0.01389	0.01661	0.01569	0.03403	0.01972	-0.01488	0.01807	0.00021	0.35163
설탕	0.02235	0.00858	0.00760	0.01410	0.01341	0.01381	0.01929	0.00465	0.08929
채소	0.02607	0.00061	0.00021	-0.00939	-0.00116	0.01870	0.00925	-0.01391	0.17807
과일	-0.06804	-0.01061	-0.00674	0.00605	-0.00853	-0.00705	0.00242	-0.03983	0.32197
돼지고기	-0.48279	0.01824	0.01407	0.01072	-0.00545	0.01255	0.03223	-0.01490	0.05202
소고기	0.08647	-0.82323	0.01234	0.08648	0.01004	0.00500	-0.00163	0.01795	0.04227
양고기	0.12985	0.02329	-0.85573	0.08451	0.00025	0.00684	-0.00394	-0.00105	0.18080
가금육	0.03124	0.05659	0.03054	-0.70081	0.06002	0.00731	0.04596	0.00436	0.00004
계란류	-0.01506	0.01028	0.00100	0.06960	-0.59360	0.04421	0.02791	-0.01252	0.18526
유제품	0.02088	0.00144	0.00055	0.00278	0.03095	-0.92967	-0.01324	-0.02181	0.15543
어류	0.06338	0.00040	-0.00120	0.02861	0.01276	-0.00441	-0.74215	-0.01805	0.15156
기타 식품	-0.05265	-0.00461	-0.00454	-0.01082	-0.01502	-0.01126	-0.02270	-0.42987	-0.53920
비식품	-0.04113	-0.00574	-0.00286	-0.01166	-0.00920	-0.00379	-0.01247	-0.09524	-0.96496

표 2-2 농촌주민의 Marshal 비보상가격탄력성

	쌀	밀	옥수수	고구마	감자	기타잡곡	대두	면화	식용유	설탕	채소	과일
쌀	-0.37040	0.00155	0.00158	-0.00037	0.00115	-0.00180	0.00071	0.01419	0.00265	-0.00079	-0.04031	-0.00069
밀	-0.00007	-0.34222	0.00184	-0.00033	0.00359	-0.00136	-0.00046	0.02481	0.00775	-0.00096	-0.05152	-0.00062
옥수수	0.03802	0.02706	-0.30506	0.00408	0.00769	0.04323	-0.00086	0.03536	0.00988	-0.00061	-0.05643	0.00480
고구마	-0.01158	-0.00377	0.03515	-0.07963	0.01059	0.05790	-0.00072	0.04013	0.00166	-0.00298	-0.07287	-0.00945
감자	0.04399	0.09433	0.02745	0.00449	-0.26792	0.00399	0.00475	0.02877	0.03328	-0.00098	-0.11204	0.01799
기타잡곡	-0.00352	0.00384	0.06377	0.00994	0.00223	-0.16996	-0.00179	0.04189	0.01181	-0.00054	-0.06361	0.00745
대두	0.01473	-0.01491	-0.00551	-0.00062	0.00376	-0.00609	-0.51400	0.03482	0.00465	0.00050	-0.01235	0.00558
면화	0.00580	0.02224	0.00359	0.00052	0.00113	0.00318	0.00197	-0.79466	0.00393	0.00066	0.00612	0.01018
식용유	-0.00409	0.00952	-0.00007	-0.00032	0.00238	0.00003	0.00036	0.01199	-0.62862	-0.02616	-0.06233	0.00241
설탕	-0.04212	-0.02785	-0.00517	-0.00139	-0.00100	-0.00370	0.00022	0.01276	-0.24439	-0.47464	0.00126	0.03737
채소	-0.03980	-0.02764	-0.00637	-0.00088	-0.00188	-0.00495	-0.00033	0.00798	-0.01245	0.00015	-0.42118	0.01643
과일	-0.02576	-0.01426	-0.00225	-0.00087	0.00121	-0.00122	0.00025	0.01831	-0.00028	0.00457	0.08590	-0.75157
돼지고기	-0.03381	-0.02098	-0.00576	-0.00073	-0.00027	-0.00317	-0.00033	0.00117	0.00214	0.00030	-0.04031	-0.01857
소고기	-0.01614	-0.01545	-0.00365	-0.00045	-0.00957	-0.00210	0.00049	0.02031	0.04155	0.00174	-0.04464	-0.01796
양고기	0.00244	-0.00209	-0.00121	-0.00007	-0.00149	-0.00022	0.00123	0.02039	0.04108	0.00202	-0.03989	-0.02617
가금육	-0.01688	-0.01811	-0.00434	-0.00042	-0.00051	-0.00309	0.00041	-0.00411	0.04723	0.00164	-0.04394	0.02914
계란류	-0.00743	-0.01581	-0.00234	-0.00035	-0.00030	-0.00150	0.00088	0.00001	0.01525	0.00165	-0.06226	-0.00331
유제품	-0.00588	-0.00230	0.00108	0.00001	-0.00011	0.00043	0.00047	-0.04229	-0.09177	0.00053	-0.00949	-0.01271
어류	-0.00573	-0.01335	-0.00177	-0.00010	-0.00001	-0.00073	0.00120	0.00665	0.01003	0.00125	-0.05040	0.01127
기타식품	-0.03500	-0.01942	-0.00475	-0.00044	-0.00012	-0.00344	-0.00054	0.00563	0.00077	-0.00039	-0.01560	-0.00375
비식품	-0.04167	-0.02773	-0.00394	-0.00061	-0.00161	-0.00320	-0.00132	-0.01331	-0.01092	-0.00103	-0.06179	-0.00613

표 2-2 농촌주민의 Marshal 비보상가격탄력성(계속)

	돼지고기	소고기	양고기	가금육	계란류	유제품	어류	기타 식품	비식품
쌀	-0.01611	0.00115	0.00380	0.00174	0.00254	0.00641	0.01302	0.00100	0.27898
밀	-0.01978	-0.00021	0.00267	-0.00241	-0.00402	0.00636	0.00575	0.00241	0.21877
옥수수	-0.03031	0.00070	0.00443	-0.00125	0.00319	0.01153	0.01567	0.00430	0.48458
고구마	-0.03441	0.00071	0.00567	0.00191	0.00164	0.01033	0.02080	0.02004	0.35890
감자	0.00973	-0.04731	-0.00590	-0.00104	-0.00090	0.00591	0.01308	0.02916	-0.08084
기타잡곡	-0.00416	0.00210	0.00646	-0.00040	0.00531	0.01155	0.02081	0.00647	0.45040
대두	0.00169	0.00395	0.00791	0.00760	0.01151	0.00800	0.02794	0.00768	0.11315
면화	-0.00702	0.00573	0.00642	-0.00513	-0.00491	-0.01147	0.00987	0.02221	0.01964
식용유	0.02594	0.01816	0.02005	0.04653	0.01687	-0.03491	0.02334	0.02898	0.19993
설탕	0.02153	0.00739	0.00940	0.01554	0.01527	0.00696	0.02339	0.00680	0.19236
채소	-0.02509	-0.00205	-0.00188	-0.00534	-0.01227	0.00450	-0.00310	0.01340	0.14777
과일	-0.10810	-0.00815	-0.01340	0.03173	-0.00656	-0.00248	0.02353	-0.00194	0.22134
돼지고기	-0.50216	0.00773	0.01162	0.01851	0.01136	0.00510	0.02663	0.00520	-0.01368
소고기	0.09170	-0.74365	0.10223	0.09357	0.04078	-0.00036	-0.00977	0.01996	-0.14858
양고기	0.12492	0.09163	-0.85695	0.06280	0.01889	0.00055	-0.00738	0.00425	-0.03472
가금육	0.09893	0.04077	0.03065	-0.78608	0.04166	0.00066	0.03894	0.00460	-0.00717
계란류	0.06487	0.01673	0.00939	0.03874	-0.74832	0.05448	0.02210	0.01902	0.19851
유제품	0.01108	-0.00375	-0.00326	-0.00724	0.11802	-0.95956	-0.00947	0.00764	-0.14143
어류	0.07732	-0.00453	-0.00425	0.02314	0.01037	-0.00112	-0.78703	0.00342	-0.12563
기타식품	-0.01233	0.00090	-0.00088	-0.00246	-0.00118	0.00330	0.00222	-0.60579	-0.10675
비식품	-0.06746	-0.00662	-0.00600	-0.01246	-0.01072	-0.00344	-0.01579	-0.04587	-1.06160

3.2 인구변화

미래의 인구변화는 총인구, 도시인구, 농촌인구 3개 부분으로 구성된다. 여기서는 1980-2007년의 인구 자료를 이용하여 총인구, 도시인구의 ARMA모형을 구축하고 미래치를 추정한 후 미래 농촌인구를 예측하였다.

표 2-3 총인구 모형

Dependent Variable： LOG(POP)
Method： Least Squares
Sample (adjusted)： 1983 2007
Included observations： 25 after adjustments
Convergence achieved after 14 iterations
Backcast： 1982

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	14.19982	0.067610	210.0256	0.0000
AR(1)	0.527496	0.213491	2.470818	0.0226
AR(2)	0.718376	0.130564	5.502094	0.0000
AR(3)	-0.299392	0.176959	-1.691871	0.1062
MA(1)	0.997281	0.086802	11.48917	0.0000

R-squared	0.998820	Mean dependent var	13.99190
Adjusted R-squared	0.998584	S.D. dependent var	0.079757
S.E. of regression	0.003001	Akaike info criterion	-8.602584
Sum squared resid	0.000180	Schwarz criterion	-8.358809
Log likelihood	112.5323	F-statistic	4231.637
Durbin-Watson stat	1.896550	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.95	.39	-.81
Inverted MA Roots	-1.00		

표 2-4 도시인구 모형

Dependent Variable： LOG(POPU)
Method： Least Squares
Sample (adjusted)： 1981 2007
Included observations： 27 after adjustments
Convergence achieved after 16 iterations
Backcast： 1978 1980

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24.74603	5.669417	4.364828	0.0003
LOG(POPF)	-0.654864	0.385180	-1.700151	0.1039
AR(1)	0.983069	0.011162	88.06929	0.0000
MA(1)	0.841135	0.205737	4.088399	0.0005
MA(2)	0.769864	0.217044	3.547034	0.0019
MA(3)	0.301930	0.202939	1.487788	0.1517

R-squared	0.999575	Mean dependent var	12.78064
Adjusted R-squared	0.999474	S.D. dependent var	0.323342
S.E. of regression	0.007415	Akaike info criterion	-6.777461
Sum squared resid	0.001155	Schwarz criterion	-6.489497
Log likelihood	97.49573	F-statistic	9883.410
Durbin-Watson stat	2.061485	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.98		
Inverted MA Roots	-.17-.76i	-.17+.76i	-.50

표 2-5 미래 인구 예측(천 명)

	총인구	도시인구	농촌인구
2009	1334384	632190	702194
2010	1340557	653889	686668
2011	1346459	675795	670664
2012	1352110	698103	654007
2013	1357507	720816	636691

3.3 농촌노동력의 노동시간 분배

경제가 발전함에 따라 농촌노동력의 농업 노동시간과 비농업 노동시간에는 구조적인 변화가 일어나고 있다. 전반적인 추세는 농업 노동시간이 갈수록 감소하고, 비농업 노동시간이 갈수록 증가하는 것이다. 월을 단위로 양자간의 변동관계는 다음과 같다.

$NA_{(t-1)}$를 t-1년도의 비농업 노동시간, t년도의 비농업 노동시간의 변동률을 $P_t\%$, t년도의 농업 노동시간의 변동률을 $Q_t\%$라고 가정하면,

$Na_{(t-1)}(1+P_t\%)+(12-NA_{(t-1)})(1+Q_t\%)=12$

따라서, $Q_t\% = \frac{NA_{t-1}}{NA_{t-1}-12} P_t\%$

[전국 농산물 비용수익자료 全國農産品成本收益資料匯編]를 이용하여 모형을 구축하고, 먼저 미래의 농업 노동시간 변동률과2007년 농업 노동시간을 계측한 후 다시 공식을 통해 미래 비농업 노동시간 변동률을 계측하였다.

표 2-6 미래 노동시간 변동률(%)

	비농업 노동시간 변동률	농업 노동시간 변동률
2009	6.092507	-5.47197
2010	5.787881	-5.19837
2011	5.255907	-4.72058
2012	4.993112	-4.48455
2013	4.743456	-4.26032

3.4 농산물무역 정책 변수

미래의 농산물 수입관세 2009년은 2008년 관세로 계산하였고, 2010-2013년은 2010년 관세로 계산하였다.

표 2-7 농산물 수입관세(%)

	1997	2003	2010
쌀	17	1.0	1.0
밀	5	1.0	1.0
옥수수	7	1.0	1.0
기타 주요 식량	25	11.8	9.8
식용 식물유	47	11.8	10.6
설탕	29	19.1	19.1
과일	50	10.0	9.0
채소	50	18.1	14.8
소고기	60	13.1	10.0
돼지고기	35	14.0	8.5
가금육	35	14.0	8.5
유제품	23.5	14.5	8.7
계란류	33	11.0	8.5
수산물	27	15.9	10.4

미래의 농산물 수출관세 2009년은 2008년 관세로 계산하였고 2010-2013년은 2010년 관세로 계산하였다.

표 2-8농산물 수출관세(%)

	1997	2003	2010
쌀	10	8	0
밀	0	0	0
옥수수	0	0	0
기타 주요 식량	0	0	0
식용 식물유	0	0	0
설탕	0	0	0
과일	10	10	0
채소	10	10	0
소고기	8	8	0
돼지고기	26	26	10
가금육	26	26	10

유제품	0	0	0
계란류	0	0	0
수산물	15	15	7

미래의 농산물 수입할당 2009-2013년은 2005년도의 할당량 및 관세로 계산하였다 단, 면화는 제약을 받지 않는 것으로 가정하였다

표 2-9농산물 수입할당(백만톤)

	2002	2003	2004	2005
밀	8.468	9.052	9.636	--
옥수수	5.85	6.525	7.2	--
쌀	1.995	2.328	2.66	--
대두유	2.518	2.818	3.118	3.587
종려유	2.4	2.6	2.7	3.168
유채씨유	0.879	1.019	1.127	1.243
설탕	1.764	1.852	1.945	--
면화	0.819	0.856	0.894	--

표 2-10농산물 수입할당관세

	할당 내 (%)	할당 외 (%)			
		2002	2003	2004	2005
밀	1	71	68	65	--
옥수수	1	71	68	65	--
쌀	1	74	71	65	--
대두유	9	75	71.7	68.3	65
종려유	9	75	71.7	68.3	65
유채씨유	9	75	71.7	68.3	65
설탕	20	90	72	50	--
면화	1	54.4	47.2	40	--

3.5 사료용 식량의 고기 전환율

여러 가지 식량 중 사료용 식량의양을 계산하기 위하여 축산물의 양과 사료용 식량의 고기 전환율에 근거하여 사료용 식량 총량을 계산하고 국가식량국국가양유정보센터(國家粮油信息中心의 자료에 근거하여 각 품목별로 사료용 식량이 식량 총량에서 차지하는 비중을 계산한 후, 사료용 식량품목의 사료용 식량으로 배분하는 사료용 식량과 축산물 생산의 연동관계를 구축하였다. [전국 농산물 비용수익자료]에 근거하여 사료용 식량의 고기전환율을 계산하였다 사육방식에 따라 사료용 식량의 고기전환율도 다소 다르기 때문에 일반농가 사육, 전업농가 사육, 대규모 공업화 사육 3가지 방식으로 나누어 계산하였다.

표 2-11 사료용 식량의 고기 전환율

	사료용 식량의 고기 전환율			사육방식 비중		
	일반농가 사육	전업농가 사육	대규모 공업화 사육	일반농가 사육	전업농가 사육	대규모 공업화 사육
돼지고기	1.768	1.841	1.838	0.781	0.150	0.069
소고기	0.768	0.768	0.768	0.550	0.200	0.250
양고기	0.958	0.958	0.958	0.200	0.200	0.600
가금육	1.560	1.657	1.735	0.400	0.151	0.449
계란류	0.167	0.174	0.182	0.400	0.151	0.449
유제품	0.391	0.371	0.362	0.200	0.350	0.450
물고기·새우	0.983	1.035	1.083	0.390	0.560	0.050

표 2-12 식량 중 사료용 식량의 비중

	각 식량 중 비중
쌀	0.098581
밀	0.063068
옥수수	0.730394
고구마	0.042812
감자	0.032692
기타 잡곡	0.024487
대두	0.007966

감귤유통조절명령제의 정량적 효과분석

고 성 보

제주대학교 산업응용경제학과 교수

Ⅰ. 서 론

감귤가격이 1999년산 이후 2002년산까지 연속 4년동안 폭락하면서, '농수산물유통 및 가격안정에 관한 법률에 근거한 유통조절명령제(Marketing Order)가 2003년산 노지감귤에 대해서 2003년 10월 전국 최초로 제주지역의 감귤생산자, 생산자단체 및 유통인(산지유통인)을 대상으로 발령되었다.

2004년산 이후부터는 지역이 전국으로 확대되었고 대상도 전국의 법정도매시장으로 확대되어 2006년산까지 연속 4년동안 도입되어, 1999년산 이래 2002년산까지 연속 4년동안의 노지감귤가격 폭락현상을 저지하고, 2004년산부터 2006년산까지 감귤조수입이 연속 3년 6,000억원을 돌파하여 '감귤유통명령제 도입=감귤조수입의 획기적 증대=지역경제 활성화' 라는 무언의 법칙(?)이 성립되는 듯 했다.

그렇지만, 과잉생산이 우려되었던 2007년산과 2009년산 노지감귤에 감귤유통조절명령제가 2006년산과 같은 내용으로 도입되었지만, 그 결과는 노지감귤 10kg 한박스의 도매시장 경락가격이 2003년산~2006년산 평균가격대비 20%(2009년산), 40%(2007년산) 각각 하락하였다. 따라서, 그 동안 '유통명령제 도입=감귤가격의 상승'이라는 공식이 무너지면서 유통명령제 도입 자체가 가격상승을 보장해 주는 감귤산업의 속칭 '만병 통치약'이 아님을 확인하는 계기가 되었다. 따라서, 2003~2006년산까지 경험했던 일반적(?)인 현상인 '유통명령제 도입=감귤가격의 상승'이라는 공식과는 달리, 가격 폭락 현상이 나타난 2007년산, 2009년산 감귤유통조절명령제에 대한 평가를 더 면밀하게 분석할 필요성이 제기되었다.

본연구의 목적은 첫째로, 왜 전국 최초로 2003년산 노지감귤의 유통명령제가 도입되었는가에 대한 원인을 분석한다. 둘째, 감귤유통조절명령제의 도입이 감귤가격 및 농가소득에 어떠한 영향을 미쳤는지를 계량적으로 평가한다.

Ⅱ. 감귤유통조절명령제의 의의와 도입배경

1. 유통조절명령제의 의의 및 효과

유통조절명령제(Marketing Order)는 시장유통 물량규제 또는 품질 규제를 통해 농가소득과 유통효율성을 높이기 위해 생산자조직에서 자발적으로 제안농림부 장관이 승인함으로써 생산자와 중간유통업자를 법적으로 규제하는 자조적 유통프로그램(self-help marketing program)이다.

일반적으로 유통명령제 시행에 따른 긍정적인 효과와 부정적인 효과는 다음과 같은 것이 있지만 정확한 프로그램 실시 효과를 계측하기는 쉽지 않다.

유통명령제 실시에 따른 긍정적 효과에는① 시장 지원활동을 통해 불확실성을 줄여 시장과 가격을 안정시키는 시장과 가격 안정화 효과② 소득과 가격을 안정적으로 증가시키는 효과③ 농산물 유통을 더 질서 있게 하는 유통질서 확립 효과 ④ 시장력(market power)을 유통업자에게서 생산자에게 이전시키는 시장력 이전 효과 ⑤ 시장에서의 정보량 증가 및 시장의 효율성 증대 효과⑥ 생산자에게 고품질 농산물을 생산하도록 자극하고 소비자에게 고품질 농산물의 소비를 보장하는 품질 향상 효과 ⑦ 시장 및 제품 연구개발과 홍보를 통한 수요 확대 효과 등이 있다.

부정적인 효과로는 ① 소비자 가격의 상승 ② 소비자 선택권의 축소 ③ 무임승차자(free rider) 문제 ④ 행정 및 감시·감독 비용 과다 소요 ⑤ 농가간·지역간 이해관계 차이 해소 어려움 ⑥ 제도에 안주하여 품질향상 품종개량 장애 등이 있다. 특히, 무임 승차자 문제는 유통량에 대한 완전한 통제가 어렵게 때문에 나타나는 문제로 유통명령제의 효과를 반감시키거나 심한 경우 거의 효과를 상쇄할 수도 있기 때문에 이를 최소화하는데 유통명령제의 성패가 달려있다고 해도 과언이 아니다.

2. 감귤유통조절명령제(2003년산) 최초 도입 배경

가. 감귤가격의 폭락원인과 제주지역경제의 위축

노지감귤 가격이 1999년산 이래로 2002년산까지 연속 4년동안 예전에 없던 폭락현상을 보이며 제주지역경제에 어려움을 가중시켰다.

이러한 연속적인 감귤가격의 하락은 첫째, 감귤조수입을 1998년 5,158억원에서 2002년에는 3,164억원으로 약 40% 감소시켰고, 둘째, 농가소득은 1996년 3천만원이었던 것이 1999년이후 2001년까지 2200~2400만원 수준이었으나, 2002년에는

채소류의 가격호조로 2,930만원으로 나타났다. 셋째, 농가부채는 1997년까지는 1300만원 미만 수준으로 전국과 거의 같은 수준으로 보여왔으나IMF외환위기 이후 급증하기 시작하여 2001년 3,084만원, 2002년 3,253만원으로 전국의 2,400만원대보다 36% 높은 수준을 만드는 결과를 초래하였다. 넷째, 이러한 감귤가격의 급격한 하락은 제주지역의 1차산업의 GRDP비중을 동기간동안 25.3%에서 16.7%로 급격하게 감소시켰고, 1인당 GRDP도 885만원으로 전국의 1,128만원의 78.4%에 불과하다. 그렇지만 1차산업종사자 비중은 여전히 25%수준으로 높아 문제점으로 지적되고 있다.

감귤가격하락원인[1]은 어디에 있는가? 감귤생산당사자인 농민들은 오렌지수입과 과잉생산으로 인한 감귤류의 전체 공급량이 많다는 것을 주요원인으로 지적하고 있지만, 전문가 집단은 감귤품질의 불량과 국내산 타과일의 공급과잉을 지적하고 있다. 가락동 도매시장 관계자들은 이와 함께 가격 하락의 원인으로 맛 저하와 소비심리 위축, 그리고 딸기 등 대체과일의 출하, 그리고 부패과 등 저급품감귤출하를 들었다. 즉, 생산자들은 감귤산업의 근본적인 문제가 먼저 생산량에 있다고 보는데 반해, 소비자들은 품질에 있다는 차이를 보이고 있다. 소비자의 입장에서 볼 때 제주도 감귤산업의 근본적인 문제점은 무엇보다도 품질불량에 있으며 생산자들이 염려하는 생산량의 문제는 그 정도가 유통보다도 후순위로 밀려나고 있다.

따라서 감귤은 타과일(국내산 및 수입오렌지)에 비해 상대적으로 낮은 품질경쟁력과 타과일의 공급증가로 인한 타과일가격의 하락은 타과일과 감귤가격비의 하락으로 감귤의 가격경쟁력이 하락하는 이중의 어려움에 직면해 있다는 진단이다. 노지감귤의 품질을 나타내는 당산비는 1999년 이후 9.0미만으로 감귤조수입이 5000억원을 넘어섰던 1998년의 9.8, 1996년 10.0에 비해 상당히 떨어진 수준이다.

<표 II-1> 제주산 노지 온주밀감의 연도별 품질과 조수입 비교

연도	당도 (。Bx)	산도(%)	당산비	생산량(톤)	조수입(억원)
'94	10.8	1.2	9.0	548,945	5,521
'95	9.9	1.4	7.1	614,770	4,334
'96	11.1	1.1	10.0	479,980	6,079
'97	11.2	1.2	9.3	693,200	4,009
'98	9.8	1.0	9.8	543,980	5,158
'99	8.9	1.0	8.9	638,740	3,257
2000	9.8	1.1	8.9	563,341	3,708
2001	10.3	1.16	8.9	646,023	3,617
2002	9.6	1.36	7.1	788,679	3,164
평균	10.15	1.16	8.8	613,073	4,316

자료 : 감귤시험장 보고서

1) 제주발전연구원, 『제주도 주요정책 도민의견조사』, 2003.2.

<표 II-2> 감귤가격의 하락과 지역경제의 위축

단위 : 만원, %

연도	농가소득	농가부채	지역내총생산(GRDP)관련		
			1차산업비중	1인당GRDP	전국(=100)대비
1993	2,113	694	27.2	521.2	85.0
1994	2,217	809	27.3	626.4	90.1
1995	2,722	855	31.0	720.4	90.8
1996	2,990	1,163	24.8	766.5	87.6
1997	2,238	1,298	24.1	845.3	90.0
1998	2,596	1,869	25.3	780.6	85.3
1999	2,224	2,572	25.7	860.0	85.7
2000	2,473	2,934	22.4	881.2	82.4
2001	2,476	3,084	16.7	885.5	78.4
2002	2,930	3,253	-	-	-

자료 : 농림부, 『농가경제통계』, 통계청, 『지역내총생산』, 각년도.

나. 제주도감귤생산및유통에관한조례의 한계와 문제점

그동안 제주도의 감귤정책은 제주국제자유도시특별법(50조, 농림축수산물의 수급안정)에 근거한 "감귤의생산및유통에관한조례"를 위주로 펴왔는데, 이는 중앙정부(농림부)의 농산물수급안정정책의 핵심 법률인 "농수산물유통및가격안정에관한법률"과 연계되지 못한 지역적인 한계를 지니고 있다. 즉 농안법은 전국의 감귤 관련 단체를 비롯해 상인, 감귤농가를 대상으로한 법집행과 정책적 지원이 가능한 반면에 제주도의 감귤조례는 법리해석적으로는 가락동에서 적발된 비상품감귤을 유통시킨 사람을 처벌할 수 있다고는 하나 엄연히 조례가 갖고 있는 한지(限地)적인 한계와 더불어 한시법인 국제자유도시특별법을 모법으로 하고 있기 때문에 한시(限時)적인 한계를 지니고 있다는 점이다.

<표 II-3> 감귤조례와 농안법에 의한 감귤정책 시행의 장·단점 비교

구 분	감귤조례에 의한 지방자치중심의 감귤정책	농안법에 의한 전국차원의 감귤정책
적용시기	한시적(2011년)	제한없음
적용지역	제주도	전국
정책의 일관성	일관성 결여 가능성 비교적 높음	일관성 결여 가능성 비교적 낮음
법의 집행의지 및 실효성	대체적으로 낮음	대체적으로 높음
정책자금 조달용이성	정책시행근거와 지원자금(농안기금)의 불일치로 용이하지 않음	정책시행근거와 지원자금(농안기금)의 일치로 용이함
법의 안정성 및 실천성	낮음(가변적임)	높음(명령요청서에 의해 매년 달리할 수 있음)
정책의 기조	하향식	상향식 (자조금, 유통명령제 등)
도민 인식	도조례는 지키지 않아도 되는 자율적(?)인 것으로 인식	법의 강제성을 띠는 것으로 인식

민선자치시대의 본격적인 실시에 따라 자치단체장이 바뀌는 등의 상황에 따라 여러 가지 이유로 조례의 개정이 있어 왔던 것이 사실이며, 이것은 감귤정책이 기본적 문제해결을 위한 중·장기대책보다는 단기적 정책 중심으로 운영되었을 가능성과 이에 따른 정책의 일관성 결여 가능성을 높게 하는 요인이 되어 왔을 것으로 판단된다. 물론 여기에는 현재의 느슨한(?) 법체계, 민선시대의 선거와 관련된 강력한 법 집행의지의 결여 가능성과 같은 태생적인 허점을 이용할려는 일부 농민들과 상인들의 무임승차 심리가 크게 작용하고 있다는 점은 인정된다.

이러한 현실을 반영하는 '법 지킨 지자체 오히려 "곤혹"'이라는 제민일보(2003. 1. 3.)의 기사내용을 소개한다. 과태료를 부과할 수 있도록 법적 근거가 마련된 제주도 감귤생산 유통에 관한 조례가 시행 첫 해부터 자치단체의 비협조(?)로 인해 대부분의 자치단체에서 불법 감귤유통을 적발해 놓고도 눈앞의 민원만을 우려해 법적 조치를 취하지 않는 바람에 선의의 피해자가 발생하는가 하면 법에 따라 과태료를 부과한 자치단체에 불법 유통자가 공개적으로 반발하는 등의 문제가 노정되고 있다.

제주도감귤출하연합회가 1997년에서 2002년산까지 총적발건수는 967건인데 이중에서 과태료 부과건수는 188건으로 전체의 19.4%에 불과하고, 나머지 776건인 80.2%는 경고 및 주의에 그친 것으로 나타났다.

<표 II-4> 비상품 감귤 단속 및 과태료 부과실적

연도	적발건수	과태료부과	경고및주의	기타
'97-2002 계	967 (100%)	188 (19.4%)	776 (80.2%)	3 (0.3%)

자료 : 제주도청 감귤과 내부자료.

3. 2009년산 감귤유통조절명령제 도입내용 및 단속실적

가. 2009년산 감귤유통조절명령제 도입내용

농림수산식품부는 2009년산 제주 노지(露地)감귤 중 비상품 감귤의 시장출하를 2009년 10월29일부터 2010년 3월31일까지 금지하는 유통조절명령을 시행한다고 발표하였다.

2009년산 노지감귤 생산량 전망은 적정량(58만톤)보다 12%초과한 약 65만톤 수준으로 수급불안이 우려됨에 따라, 유통조절명령을 시행을 통해 비상품 감귤의 시

장출하를 금지하여 수급불안을 해소하고 우수한 품질의 감귤을 소비자에게 안정적으로 공급할 계획이다.

이번 조치로 크기가 매우 작거나(지름 51mm이하 또는 무게 57.47g), 매우 큰(지름 71mm 이상 또는 무게 135.14g 이상) 감귤, 강제착색감귤, 중결점과 등 상품성이 떨어지는 감귤은 2009년 10월 29일부터 2010년 3월 31일까지 국내시장에 출하할 수 없게 된다.

유통조절명령을 위반한 감귤생산자와 생산자단체(영농조합법인 포함) 및 유통인(산지유통인, 도매시장법인, 시장도매인)에게는 800만원 이하의 과태료를 부과하게 되며, 가공용은 유통조절명령 대상에서 제외된다.

이번 비상품 감귤의 국내시장 출하금지 조치로 소비자는 고품질의 감귤을 안정적으로 공급받고, 생산자는 제값을 받게 되어 소비자와 생산자 모두에게 이익이 될 것으로 전망된다. 2003년부터 2007년까지 기간 중에도 감귤 유통조절명령 시행으로 농가 경영안정 및 고품질 감귤의 안정적 공급에 기여한 바 있다고 농림수산식품부는 발표했다.

나. 감귤유통조절명령제 단속 실적

감귤유통명령(조례포함) 적발 실적을 살펴보면, 총 적발건수는 1,454건인데, 도내 1,286건(88.4%), 도외 168건(11.6%)으로 나타났다.

유형별 적발내역을 보면, 비상품감귤유통 1,205건(82.0%)이 가장 많고, 다음으로 강제착색 6건(0.4%), 품질관리 미이행 224건15.4%), 기타 19건(1.3%) 의 순이다.

주체별 위반내역으로 이를 구분해 보면 상인단체 923건(63.5%)으로 가장 많고, 다음으로 농·감협 74건(5.1%), 법인 68건(4.7%), 개인 389건(26.8%) 등의 순이다.

<표 II-5> 감귤유통명령(조례포함)위반 적발내역 및 주체별 위반내역(건)

시·군별	적 발 건 수	유통명령(조례)위반 적발내역				주체별 위반내역			
		비 상 품 감귤유통	강제착색	품질관리 미 이 행	기 타	농·감협	상인 단체	법 인	개 인
제 주 시 지 역	307	186	3	101	7	27	49	6	225
서귀포시지역	979	851	3	123	2	16	780	38	145
도내소계	1,286	1,037	6	224	19	43	829	44	370
도외소계	168	168	-	-	-	31	94	24	19
2009년	1,454 (100.0)	1,205 (82.0)	6 (0.4)	224 (15.4)	19 (1.3)	74 (5.1)	923 (63.5)	68 (4.7)	389 (26.8)
2007년	825 (100.0)	717 (86.9)	21 (2.5)	73 (8.8)	14 (1.7)	136 (16.5)	516 (62.5)	42 (5.1)	131 (15.9)
2006년	523 (100.0)	479 (91.6)	11 (2.1)	23 (4.4)	10 (2.0)	74 (14.2)	360 (69.0)	13 (2.5)	75 (14.4)
2005년	400 (100.0)	327 (81.8)	26 (6.5)	34 (8.5)	13 (3.2)	47 (11.8)	309 (77.2)	10 (2.5)	34 (8.5)
2004년	450 (100.0)	336 (74.7)	42 (9.3)	31 (6.9)	41 (9.1)	42 (9.3)	347 (77.1)	10 (2.2)	51 (11.3)
2003년	602 (100.0)	505 (83.9)	15 (2.5)	56 (9.3)	26 (4.3)	166 (27.6)	377 (62.6)	30 (5)	29 (4.8)

주) ( )안은 점유율을 나타냄.
자료 : 제주도 감귤정책과 내부자료.

III. 감귤유통명령제의 계량적 효과분석

1. 통계자료를 이용한 감귤 가격과 조수입 증대효과

감귤유통조절명령제 시행으로 얻은 효과를 정확하게 계량적으로 추정해 낸다는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 왜냐하면 당해연도의 감귤가격은 그 해에 생산된 감귤의 당도, 산도 등 자체 품질과 생산량, 또한 대체과일의 생산량과 품질, 수입량 등 복잡한 현상에 의해 영향을 받기 때문이다.

따라서 노지감귤 가격 상승이 유통명령제의 시행으로 인한 것이지, 감귤자체의 품질향상과 감귤생산량 감소에 의한 것인지, 그리고 타 과일의 생산량의 적절한 조정과 품질향상에 따른 전반적인 과일부문의 가격상승에 기인한 것인지, 아니면 생산량 예측을 실제보다 과소로 예측한 것에 의한 것인지 명확하게 구분한다는 것은 쉽지 않은 작업이다. 그렇지만 본 연구에서는 이러한 문제점을 감안해 가면서 최대한 수용가능한 방법론을 통해 감귤유통조절명령제 시행으로 얻은 효과를 계측해 보고자 한다. 본 연구에서 이용된 유통명령제 시행 효과 계측은 다음의 두 가지 방법을 통해 이뤄졌다.

첫째, 과거의 노지감귤 조수입과 2009년산 조수입 추정치를 비교해 그 차액을 여타효과를 포함한 유통명령제 시행의 효과로 규정하는 것이고, 둘째는 주어진 생산량과 품질하에서 유통명령제의 비상품 규정을 다양하게 적용해 산출된 출하량 변화가 감귤조수입에 미치는 효과를 계량경제 모형을 이용해 산출하는 방법이 있다.

먼저 노지감귤 조수입 자료를 활용하는 방법을 살펴보자. 이 방법은 과거의 평균조수입과 2009년산 노지온주밀감의 조수입 추정치를 이용해 그 차액을 효과로 규정짓는 방법이다. 그런데 이 방법은 2006년산 노지감귤은 2004년산에 비해 맛(당산비)이 다소 떨어지지만 다른 해에 비해서는 어느 정도 당산비가 향상되었고, 생산량도 제주도의 강력한 폐원정책 등의 시행으로 생산량이 줄어들었기 때문에 예년의 조수입과 비교해 그 차액을 단순히 유통명령제의 효과로 보기에는 어려움이 있다. 따라서 노지감귤유통명령제에 따른 효과는 2009년산 노지감귤 조수입에서 평년 또는 평균조수입을 공제하여 차액을 추정하고, 추정된 수치에서 노지감귤 품질향상, 생산량 감축에 따른 효과 등을 공제해 계산된다.

그러면 조수입과 생산량과의 관계, 조수입과 당산비와 관계를 추정해야 되는 문제가 남아 있다. 충분한 자료는 아니지만, 자료가 가능한 1997년 이후 2009년까지의 13개 자료를 이용해 회귀방정식을 추정한 결과는 다음과 같다.

생산량과 당산비 변화에 따른 노지감귤조수입 추정 방정식(1997-2009)[2)]

$$TR = 567504 + 32819\ SAR - 0.82266\ Q - 83154\ Dummy$$
$$(2.21)^{**} \quad (2.18)^{**} \quad (-3.15)^{**} \quad (-2.00)^{*}$$
$$R^2 = 0.7816$$

단, TR: 조수입(백만원) SAR: 당산비 Q: 생산량(톤) Dummy(2000,2003=1)

( )안은 t-value임 * : 10% 유의수준.** : 5% 유의수준

추정결과, 각 계수들의 유의수준이 당산비는, 생산량은 5% 유의수준에서 유의적이고, 더미변수는 10% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났고, 전체 설명력을 나타

2) 1997-2004년까지의 자료를 이용해 추정한 결과는 다음과 같음.

생산량과 당산비 변화에 따른 노지감귤조수입 추정 방정식(1997-2004)

$$TR = 28025 + 30973\ SAR - 0.40459Q$$
$$(1.01) \quad (2.27)^{*} \quad (-1.414)$$
$$R^2 = 0.8061$$

단 , TR: 조수입(백만원) SAR: 당산비 Q: 생산량(톤)

( )안은 t-value임 * : 10% 유의수준.

내는 결정계수도 0.7816로 양호한 것으로 나타나 분석자료로 활용하는데 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

방정식 추정결과에 따르면, 감귤의 맛을 결정하는 당산비가1이 상승하면 감귤조수입은 328억원이 증가하고, 감귤 생산량 1톤 감산은 감귤조수입 82만원이 증가되는 효과를 갖는 것으로 해석될 수 있다. 이러한 결과는 이전의 1997년에서 2004년까지의 자료를 이용해서 추정한 결과인 감귤의 맛을 결정하는 당산비가1이 상승하면 감귤조수입은 309억원이 증가하고, 감귤 생산량 1톤 감산은 감귤조수입 40만원이 증가되는 효과에 비해 최근에 더욱 더 그 계수의 크기가 커진 것으로 나타났다. 충분한 자유도의 확보가 안되어 파라메타의 해석상 조심스럽긴 하지만 최근들어 당산비의 중요성과 적절한 출하량(공급량) 조절의 중요성이 더 부각되는 것으로 해석될 수 있다.

이와 관련해 1999~2002년 연속 4년 동안의 노지감귤가격의 폭락으로 최근 감귤원 폐원이 급격하게 증가해 절대적인 감귤생산량의 감축에도 기여했지만 품질이 다소 떨어지는 한계 감귤원의 폐원으로 평균적인 의미에서 노지감귤 품질이 향상된 것도 감귤가격 상승에 기여한 것으로 판단된다.

감귤의 폐원실적을 살펴보면, 1997~2002년까지 총 폐원면적은 700ha에 그쳤으나 1999년부터 2002년까지 계속되는 감귤가격의 폭락으로 2003년에는 1,323ha(380억원), 2004년 2,559ha(747억원), 2005년 6ha(0.4억원), 2006년 35ha(2.1억원), 2007년 38.2ha(2.3억원), 2008년 59ha(3.5억원), 2009년 53ha(2.1억원) 등이 폐원되어 2009년 현재 노지감귤 재배면적은 18,279ha 수준으로 대폭 축소되었다.

<표 III-1> 연도별 노지감귤 재배면적 증감 및 폐원현황

연도별	노지감귤재배면적 (ha)	폐원 면적 (ha)	예산액 (백만원)	사업단가 (백만원)	비고
1997	24,816	31.4	899	30	농가자율
1998	24,681	31.1	893	30	〃
1999	24,500	20.7	600	30	〃
2000	24,394	31.0	897	30	〃
2001	23,841	377.7	10,779	30	지원시작
2002	23,495	208.6	5,988	30	
2003	22,471	1,323.9	37,980	30	
2004	19,789	2,559.1	74,713	30	
2005	19,143	6.5	39	6	
2006	19,035	35.7	212	6	
2007	18,911	38.2	229	6	
2008	18,457	59.0	354	6	
2009	18,279	53.0	218	5	
누 계	-	4,775.9	133,801		

자료 : 제주특별자치도 감귤정책과 내부자료.

유통명령제 효과를 분석하기 위해서는 유통명령제 실시 이전의 기준년도를 어느 연도로 설정하느냐가 중요한 관건인데, 본 연구에서는 유통명령제가 시행되지 않았던 1997년부터 2002년산까지가 분석대상인데, 유통명령제의 효과를 분석하기 위해서는 비슷한 생산여건의 해를 기준으로 유통명령제 도입전후의 효과를 분석하는 것이 타당하다고 판단되어, 기준년도를 1999년산부터 2002년산까지의 4개년도로 설정했다. 즉 1999년에서 2002년까지의 각 변수별 평균과 분석대상인2009년산 관찰치 간의 차이가 유통명령제 효과분석의 기초자료가 된다는 점이다.예를 들면, 기준년도(1999-2002)의 당산비의 평균은 8.0인데 비해 2009년산 당산비는 10.2이기 때문에 그 차이인 2.2, 마찬가지로 노지감귤 생산량의 차이인37,772톤, 노지감귤 조수입의 차이인 729.7억원이 분석대상이 된다는 것이다.

<표 III-2> 당산도, 생산량에 따른 조수입 변화(2005년 기준가격)

연 도	당도(Brix) (a)	산도(도) (b)	당산비 (a/b)	노지감귤 생산량 (톤)	노지감귤 조수입 (백만원)
1997	11.5	1.25	9.2	659,121	378,186
1998	11.4	1.03	11.1	511,014	544,857
1999	9.1	1.43	6.4	603,294	294,544
2000	9.3	0.97	9.6	525,069	338,059
2001	10.5	1.2	8.8	600,140	266,825
2002	9.4	1.2	7.8	739,266	207,487
2003	9.8	1.1	8.9	596,732	314,941
2004	9.8	1.0	9.8	536,668	429,042
2005	9.7	1.05	9.2	540,000	446,283
2006	9.9	1.1132	8.925	568,920	474,031
2007	8.6	1.10	7.8	677,770	248,050
2008	9.7	0.98	9.9	520,350	417,962
2009	9.9	0.97	10.2	654,714	349,703
A평균(97-02)	10.2	1.2	8.6	606,317	338,326
B평균(99-02)	9.6	1.2	8.0	616,942	276,729
2009-A	-0.3	-0.2	1.6	48,397	11,377
2009-B	0.3	-0.2	2.2	37,772	72,974

따라서, 2009년산 노지감귤유통조절명령제 시행에 따른 효과는 먼저 감귤조수입의 변화를 유통명령제가 도입된2009년산 노지감귤조수입과 비교 대상시나리오인 감귤유통명령제 미 도입시기의 조수입의 차이를 먼저 계산하고,조수입 결정방정식에서 추정된 파라메타를 활용해 당산비, 생산량 변화에 따른 효과로 계측·분리해 내고, 기준년도와 당해연도 노지감귤 조수입의 차액에서 이들을 각각 공제하여 산출하였다.

따라서 감귤유통조절명령제 도입에 따른 효과는 감귤유통조절명령제가 도입되기 이전의 기준년도인 1999년에서 2002년까지의 평균조수입과 2009년산 노지감귤 조수입 추정치의 차이인 729.7억원에서 당산비 증가(2.2)에 따른 효과 728.9억원(=2.2×32,819백만원), 생산량 증대(37,772톤)에 따른 효과 -310.7억원〔=37,772×(-0.82266)〕을 공제한 311.6억원(2005년 기준가격)으로 추정된다.

<표 III-3> 감귤유통조절명령제의 효과분석(2005년 기준가격)

단위 : 백만원

조수입차이 (A)	당산비효과 (B)	생산량효과 (C)	감귤유통명령제효과 E=A-(B+C)
72,974	72,886	-31,073	31,162

그런데, 2009년 감귤유통명령제 도입에 따른 경제적 효과가311.6억원으로 2007년산의 199.7억원에 비해서는 약 110억원이 높은 수준이나 2004년산~2006년산 유통명령제 도입효과인 600억원 내외의 약 1/2 수준으로 하락한 수치이다. 즉, 2009년산 노지감귤의 감귤유통명령제는2006년산 노지감귤 유통명령제와 동일한 내용으로 다시 도입되었지만, 출하량이 예년에 비해 많아 11-12월 출하기간의 노지감귤 10kg 한박스당 도매시장 경락가격이 8천원 초반에 머무르는 등 2006년산과는 매우 상반되는 결과를 초래하였다. 이런 결과는 그 동안 '유통명령제 도입=감귤가격의 상승'이라는 무언의 공식이 무너지면서 유통명령제 도입 자체가 가격상승을 보장해 주는 '만병 통치약'이 아니었음을 확인하는 계기가 되었다.

2009년산 노지온주감귤의 가격동향(2005년 불변가격 기준)을 살펴보면, 상자(10kg)당 평균경락가격은 9,389원으로서 최고를 기록했던 2006년산 13,131원에 비해서는 4,000원 정도 하락한 수준이다.

이 경락가격은 감귤유통명령제가 도입되기 전인 1999~2002년까지의 평균가격 6,808원 보다는 약 38% 높은 수준이지만, 유통명령제가 도입되고 품질수준이 높았던 2003~2006년산의 평균가격인 11,457원에 비해서는 약 20% 정도 하락한 것으로 나타났다. 또한 유통명령제 도입된 시기(2003년 이후)와 그렇지 않은 시기(2002년 이전)의 월별 가격형성 패턴에 상이한 점이 발견된다. 유통명령제 시행 이전에는 출하초기의 가격이 높았지만, 유통명령제 시행이후에는 노지감귤의 본격적인 출하시점인 12월 이후부터 3월까지의 가격이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면, 유통명령제 시행 이전에 비해 시행후 10월과 11월의 가격은 각각 15.1%와 8.6%포인트가 하락하였으나, 12월에는 1.1%포인트, 1월 7.7%포인트, 2월 7.6%포인트, 3월 8.0%포인트 등 그 이후의 가격은 상승한 것으로 나타났다. 그

렇지만 4월 가격은 24.2%포인트가 하락한 것으로 나타났다.

<표 III-4> 노지온주밀감의 월별 평균경락가격 변화추이

(단위 : 원/10kg, 2005년 기준가격)

연산	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균
1997년산	11,790	7,957	6,859	8,104	9,671	12,551	15,974	8,353
1998년산	11,370	11,021	10,976	15,490	17,758	15,799	20,277	13,070
1999년산	12,903	8,135	6,823	5,843	4,869	5,271	6,278	6,831
2000년산	11,488	8,815	7,850	7,467	7,722	12,467	16,203	8,287
2001년산	7,493	5,358	5,581	7,458	10,200	11,680	12,663	6,752
2002년산	6,598	6,024	5,790	4,830	4,465	4,313	4,787	5,360
2003년산	12,515	8,448	7,206	8,068	9,988	12,464	16,319	8,457
2004년산	11,555	8,514	9,877	15,781	19,386	21,691	11,644	12,105
2005년산	12,764	11,411	14,380	13,332	8,589	8,664	10,269	12,134
2006년산	11,603	10,676	11,927	14,370	19,660	17,838	n.a.	13,131
2007년산	11,175	7,392	6,148	6,125	7,607	7,748	9,568	7,003
2008년산	13,737	12,400	12,730	13,308	11,306	16,864	n.a.	12,796
2009년산(A)	10,501	8,234	8,209	10,113	10,945	14,744	n.a.	9,389
97-2002년산 평균가격(B)	10,274	7,885	7,313	8,199	9,114	10,347	12,697	8,109
99-2002년산 평균가격(C)	9,621	7,083	6,511	6,400	6,814	8,433	9,983	6,808
2003-2006년산 평균가격(D)	12,109	9,762	10,848	12,888	14,406	15,164	9,558	11,457
A/B	1.022	1.044	1.122	1.233	1.201	1.425	n.a.	1.158
A/C	1.092	1.162	1.261	1.580	1.606	1.748	n.a.	1.379
A/D	0.867	0.843	0.757	0.785	0.760	0.972	n.a.	0.820

자료 : 제주도감귤출하연합회, 『감귤유통처리실태분석』, 각년도.

2009년산 노지감귤의 출하량은 459,286톤으로 유통명령제 시행이후 출하물량이 가장 많았던 2007년산 459,737톤와 유사하며, 유통명령제 시행 이전인 1997~2002년 평균출하량 484,374톤에 거의 근접할 정도로 많은 물량이었다.

<표 III-5> 노지감귤의 연산별 월별 출하 비율 추이

연산	총출하량(톤)	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	10월-12월계
1995년산	508,632	0.049	0.211	0.240	0.250	0.178	0.048	0.024	0.500
1996년산	416,557	0.066	0.150	0.264	0.328	0.152	0.036	0.003	0.480
1997년산	579,789	0.101	0.209	0.304	0.266	0.090	0.026	0.004	0.614
1998년산	481,480	0.070	0.226	0.324	0.205	0.126	0.041	0.009	0.620
1999년산	531,039	0.058	0.188	0.288	0.294	0.110	0.056	0.005	0.534
2000년산	398,675	0.071	0.179	0.303	0.295	0.123	0.027	0.001	0.554
2001년산	424,020	0.096	0.238	0.300	0.248	0.096	0.021	0.001	0.634
2002년산	491,238	0.096	0.170	0.250	0.287	0.111	0.080	0.007	0.516
2003년산	437,652	0.067	0.205	0.329	0.268	0.113	0.018	0.000	0.601
2004년산	374,285	0.097	0.267	0.296	0.229	0.098	0.012	0.000	0.660
2005년산	446,899	0.077	0.209	0.256	0.240	0.148	0.067	0.002	0.542
2006년산	405,120	0.081	0.225	0.313	0.268	0.106	0.007	0.000	0.619
2007년산	459,737	0.080	0.211	0.283	0.293	0.105	0.028	0.0003	0.574
2008년산	374,405	0.083	0.218	0.319	0.272	0.099	0.009	0.0000	0.620
2009년산(A)	459,286	0.109	0.225	0.279	0.246	0.122	0.018	0.0000	0.613
97-2002년평균물량(B)	484,374	0.082	0.202	0.295	0.266	0.109	0.042	0.004	0.579
2003-2009년(C)	422,483	0.085	0.223	0.296	0.260	0.113	0.023	0.000	0.604
1995-2000년산평균(D)	484,541	0.065	0.188	0.295	0.273	0.129	0.040	0.010	0.547
2001-2009년산평균(E)*	422,675	0.086	0.225	0.297	0.258	0.111	0.022	0.000	0.608
B-A	25,088	-0.027	-0.023	0.016	0.020	-0.013	0.023	0.004	-0.034
C-B (명령제도입전후)	-61,890	0.003	0.021	0.002	-0.006	0.004	-0.019	-0.004	0.026
E-D (오렌지본격수입전후)	-61,866	0.021	0.037	0.002	-0.015	-0.018	-0.018	-0.009	0.061

자료 : 제주도감귤출하연합회 홈페이지 http:\\citrus.or.kr.

전체적으로 이를 유통명령제 시행 전후로 나누어 보면2003~2009년 6년 동안의 연간 평균 노지감귤출하량은422,483톤으로 유통명령제 시행이전의484,374톤에 비해 61,890톤이 감소된 것으로 나타났다.

그리고 오렌지가 본격적으로 수입되었던2001년산을 기준으로 나누어 분석해 보면, 오렌지 수입개방 시점인 1995년부터 2000년까지의 노지감귤 출하량은484,541톤인데 비해 오렌지가 본격적으로 수입되기 시작한2001~2009년까지의 평균 노지감귤 출하량은 422,675톤으로, 그 전에 비해 61,866톤이 감소된 것으로 나타났다. 또한 오렌지 수입량이 1월이후 급증하면서 노지감귤의 출하패턴에도 변화를 일으

켰다. 오렌지가 본격적으로 수입되기 전의10월부터 12월까지의 전체 출하량 중에서 차지하는 평균출하량 비율은 54.7%인데 비해 오렌지가 본격적으로 수입되기 시작한 2001~2009년까지의 평균출하량 비율은 60.8%로 약 6.1% 포인트가 많은 것으로 나타났다. 즉 10월이후 12월까지의 출하량 비율의 상승은 다른 요인이 있을 수 있지만, 수입오렌지와의 경쟁을 피하기 위해 12월이전의 출하량을 늘리는 출하전략을 선택한 것과 밀접하게 관련되어 있을 것으로 판단된다.

2. 수급모형을 이용한 감귤유통명령제의 효과 분석

가. 비상품감귤 비율의 추정과 상품규격의 타당성 논의

비상품감귤 비율의 추정은 제주도농업기술원의 2009년산 선과규격별 과실크기 분포비율 중에서 유통명령제에서 비상품감귤로 분류된0, 1, 9, 10번과와 2번과에서 8번과까지의 중결점과 비율을 조합해 비상품율에 대한 다양한 시나리오를 도입하였다.

<표 III-6> 2009년산 비상품 노지감귤의 선과규격별 비율과 중결점과 비율

노지감귤 비상품의 선과규격별 비율(%)					중결점과비율 (%)
0번	1번	9번	10번	소계	
2.5	10.2	8.2	2.9	23.8	4.5

자료 : 제주도농업기술원,『2009년산 감귤생산관측 조사결과』, 2010.

노지감귤의 비상품율에 대한 시나리오는 첫째 감귤유통조절명령제 도입이전의 감귤생산 및 유통에 관한 조례[3]에서 규정하고 있는 0번과와 10번과의 비율인 5.4%(시나리오 1), 둘째 0번, 10번 그리고 1번과의 비율인 15.6%(시나리오 2), 셋째 0번, 10번, 9번과의 비율인 13.6%(시나리오 3), 넷째 0번, 10번, 1번, 9번과의 비율인 23.8%(시나리오 4), 마지막은 시나리오 4의 23.8%에 2~8번과 중결점과의 비율인 4.5%를 더한 28.3%의 다섯가지로 구성하였다.

3) 2005년산부터 감귤조례의 비상품 규정은 선과규격 0, 1, 9, 10번과로 개정되었으나 이것은 2003년산 이후 감귤유통조절명령제가 도입된 후 비상품 규정을 유통명령제에 일치시키고자 개정된 것이기 때문에 유통명령제의 효과를 계측하기 위한 비교 시나리오로 구성하더라도 큰 문제가 없을 것으로 판단됨.

<표 III-7> 비상품감귤 비율 추정 시나리오

구 분	내 용	비상품과율
시나리오 1	감귤유통조절명령제 도입이전의 감귤조례의 비상품과인 0번과와 10번과 비율	5.4%
시나리오 2	시나리오1+1번과 비율(0, 10 1번과)	15.6%
시나리오 3	시나리오1+9번과 비율(0, 10, 9번과)	13.6%
시나리오 4	시나리오1+1번, 9번과 비율(0, 10, 1, 9번과)	23.8%
시나리오 5	시나리오4+중결점과 비율(2번~8번과)	28.3%

그런데 혹자는 감귤유통조절명령제는 비상품감귤의 규정이 너무 크기 위주로 되어 있어 물량감축을 통한 감귤가격 상승으로 감귤농가의 이득만을 보는 일종의 담합행위가 아니냐는 지적을 하기도 한다. 물론 현재의 감귤유통조절명령제의 비상품 규정이 선과규격을 기준으로 정해지고 있다는 점에서 어느 정도 인정할수 밖에 없는 분명한 사실임에 틀림없다. 그렇지만 과거의 선과규격별 과실품질조사 결과를 보면 현재 감귤유통조절명령제에서 규정하고 있는 비상품 분류 기준이 어느 정도 타당성이 있다고 보여 진다.

왜냐하면, 선과규격별 노지감귤의 품질(1999~2009년 평균)을 보면 소과 일수록 당도가 높지만 산도가 역시 높아 당산비(당도/산도)는 낮아지는 결과를 초래하고 있다. 소과인 0번과에서 1번과까지는 산도가 1.1 이상으로 상대적으로 높은 관계로 당산비가 9.0 미만을 나타내고 있다. 그리고 농림수산식품부의 국립농산물품질관리원의 상품선별 기준은 소과를 비상품으로 처리하고 있으며 또한 감귤의 소과인 경우 껍질을 깔 때 속에 있는 알맹이까지 붙어 나와 손이 더러워지는 등 감귤을 소비하는 이유 중의 하나인 간편하게 먹을 수 있는 장점을 잃기 쉽다는 문제점도 있다.

<표 III-8> 선과규격별 노지감귤의 품질(1999~2009년 평균)

선과규격	당도(브릭스) (A)	산도(도) (B)	당산비 (A/B)
0번과	10.0	1.13	8.8
1번과	9.9	1.10	9.0
2번과	9.7	1.06	9.1
3번과	9.7	1.03	9.4
4번과	9.7	1.03	9.4
5번과	9.6	1.02	9.4
6번과	9.6	1.00	9.6
7번과	9.5	1.00	9.5
8번과	9.4	0.97	9.7
9번과	9.3	0.96	9.6
10번과	9.2	0.93	10.0

자료 : 제주도농업기술원, 『감귤생산관측조사결과』, 각년도.

반면에 대과인 9번과와 10번과는 당산비는 다소 높지만 소과인0번과와 1번과에 비해 당도가 인간의 미각으로 식별할 수 있는 수준으로 인식되고 있는0.5Brix 이상 차이를 보이고 있어 소비자의 과일 품질 선택기준인 일정 수준 이상의 당도하에서 적절한 당산비를 원하는 기준에 다소 미흡한 것으로 판단된다.그리고 생산기술적으로 보더라도 재배기술이 뛰어난 농가는 소과와 대과 비율이 현저히 떨어진다는 사실과 소비지 도매인의 품질개선 요구 중에'균일한 감귤'을 선호하고 있다는 점을 종합적으로 감안해 보면 현재 감귤유통조절명령제의 비상품 감귤의 기준은 어느 정도 논리적 타당성을 가지고 있다고 보아진다.

이와 관련해 1997년부터 2009년까지의 자료를 이용해 당도, 산도, 당산비, 노지감귤생산량, 노지감귤조수입과의 상관관계[4]를 분석해 본 결과, 노지감귤조수입과 양(+)의 높은 상관관계는 당산비(상관계수 0.700), 당도(0.523)이며, 반대로 노지감귤 생산량(-0.705), 산도(-0.441)와는 음(-)의 관계를 보여주고 있다. 한가지 흥미로운 사실은 산도와 노지감귤 생산량이 양의 관계(0.436)를 보여주고 있고 산도와 당산비는 상관계수가 -0.802로서 음(-)의 상관이 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 감귤생산량이 많을 경우 소과가 많아지고 이에 따라 산도가 높아질 가능성이 높아 전반적으로 품질이 떨어질 가능성이 높다고 판단된다.

<표 III-9> 노지감귤의 품질, 생산량, 조수입과의 상관관계 분석

구 분	당도	산도	당산비	노지감귤 생산량	노지감귤 조수입
당도	1.000				
산도	0.003	1.000			
당산비	0.578	-0.802	1.000		
노지감귤 생산량	-0.212	0.436	-0.544	1.000	
노지감귤 조수입	0.523	-0.441	0.700	-0.705	1.000

물론 고품질 감귤을 원하는 소비자의Needs에 부응하기 위한 품질위주의 선과기준을 마련하기 위해서는 '어느 정도가 소비자가 원하는 일정수준의 당도인지, 당산비는 어느 정도 이상이어야 하는지에 대한 연구'가 향후 별도의 연구과제로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

나. 기본 시나리오의 구성과 효과 분석

여기에서 비교 기준이 되는 기본 시나리오(시나리오 5)의 구성은 2009년산 노지감귤 생산량 654,714톤 수준에서 감귤유통조절명령제의 비상품 규정인 선과규격10,

4) 상관계수의 해석: '0.2~0.4 상관이 낮음' '0.4~0.6 상관이 있음' '0.6~0.8 상관이 높음' '0.8~1.0 상관이 매우 높음'

1, 9, 10번과와 중결점과로 구성되는 시나리오 5(비상품율 28.3%), 수출 5천톤, 비상품과로 분류되는 것은 kg당 100원으로 가공공장에서 수매한다는 전제하에 기존에 만들어진 감귤수급모형[5]을 이용하여 kg당 농가 수취가격과 노지감귤 조수입을 계산하였다.

먼저 시나리오 1은 비상품율이 5.4%로서 감귤유통명령제를 도입하지 않고, 단지 감귤유통명령도입전의 감귤조례로 운영되는 경우에 해당된다. 이러한 가정하에서 계산된 시나리오 1의 노지감귤 조수입과 기본시나리오인 시나리오5에서 계산된 노지감귤조수입과의 차이를 감귤유통명령제 도입 시행에 따른 효과로 규정하였다.

이렇게 계산된 수치에 따르면, kg당 농가수취가격 200원의 상승과 조수입 442.3억원의 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 나머지 시나리오인 시나리오 2~4는 상품의 출하량 수준에 따라 kg당 농가수취가격은 52원~153원, 조수입은 96억원~353.0억원의 상승효과가 있는 것으로 나타났다.

<표 III-10> 수급모형에 의한 감귤유통명령제 효과분석

구 분	가격(원/kg)	조수입(억원)	상품량 조절 효과*	
			가격(원/kg)	조수입(억원)
시나리오 1	485	3,054.7	200	442.3
시나리오 2	551	3,196.3	135	300.7
시나리오 3	532	3,144.0	153	353.0
시나리오 4	633	3,401.0	52	96.0
시나리오 5 (기본시나리오)	685	3,497.0	0	0.0

주) * 상품량조절효과=기본시나리오 - 각 시나리오 1~4 로 계산되었음.

이는 품질과 적정수준이 뒷받침 되었던 2006년산 감귤유통명령제 도입의 경제적 효과인 600억원 수준(시나리오 5 기준)의 약 75% 수준에 불과한 금액이다. 이러한 결과가 주는 교훈은 유통명령제 도입의 효과를 극대화하기 위해서는 기본적으로 적정출하와 품질수준이 동시에 수반되지 않는 다면 유통명령제의 도입이 높은 가격을 보장해 주지 못한다는 것을 알 수 있다.

5) 구체적인 분석모형은 고성보 외, 『감귤의 출하조절모형 구축』, 제주발전연구원, 2002. 참조.

Ⅵ. 요약 및 결론

감귤유통조절명령제 시행으로 얻은 효과를 정확하게 계량적으로 추정해 낸다는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 왜냐하면 당해연도의 감귤가격은 그 해에 생산된 감귤의 당도, 산도 등 자체 품질과 생산량, 또한 대체과일의 생산량과 품질, 수입량 등 복잡한 현상에 의해 영향을 받기 때문이다. 즉, 노지감귤 가격 상승이 유통명령제의 시행으로 인한 것이지, 감귤자체의 품질향상과 감귤생산량 감소에 의한 것인지, 그리고 타 과일의 생산량의 적절한 조정과 품질향상에 따른 전반적인 과일부문의 가격상승에 기인한 것인지, 아니면 생산량 예측을 실제보다 과소로 예측한 것에 의한 것인지 명확하게 구분한다는 것은 쉽지 않은 작업이다.

그렇지만 본 연구에서는 이러한 문제점을 감안해 가면서 최대한 수용가능한 방법론을 통해 감귤유통조절명령제 시행으로 얻은 효과를 계측해 보고자 한다. 본 연구에서 이용된 유통명령제 시행 효과 계측은 다음의 두가지 방법을 통해 이뤄졌다.

첫째, 과거의 노지감귤 조수입과 2009년산 조수입 추정치를 비교해 그 차액을 여타효과를 포함한 유통명령제 시행의 효과로 규정하는 것이고, 둘째는 주어진 생산량과 품질하에서 유통명령제의 비상품 규정을 다양하게 적용해 산출된 출하량 변화가 감귤조수입에 미치는 효과를 감귤수급모형을 이용해 산출하는 방법이 있다.

먼저 노지감귤 조수입 자료를 활용하는 방법을 살펴보자. 이 방법은 2009년산 노지감귤 조수입에서 평년 또는 평균조수입을 공제하여 차액을 추정하고, 추정된 수치에서 노지감귤 품질향상, 생산량 감축에 따른 효과 등을 공제해 계산된다. 감귤유통조절명령제 도입에 따른 효과는 감귤유통조절명령제가 도입되기 이전의 기준년도인 1999년에서 2002년까지의 평균조수입과 2009년산 노지감귤 조수입 추정치의 차이인 729.7억원에서 당산비 증가(2.2)에 따른 효과 728.9억원(=2.2×32,819백만원), 생산량 증대(37,772톤)에 따른 효과 -310.7억원〔=37,772×(-0.82266)〕을 공제한 311.6억원(2005년 기준가격)으로 추정된다. 그런데, 2009년 감귤유통명령제 도입에 따른 경제적 효과가 311.6억원으로 2007년산의 199.7억원에 비해서는 약 110억원이 높은 수준이나 2004년산~2006년산 유통명령제 도입효과인 600억원 내외의 약 1/2 수준으로 하락한 수치이다.

둘째, 감귤수급모형을 이용한 감귤 가격과 조수입 증대효과를 계측하기 위해서 다양한 시나리오를 도입하였다. 여기에서 비교 기준이 되는 기본 시나리오(시나리오 5)의 구성은 2009년산 노지감귤 생산량 654,714톤 수준에서 감귤유통조절명령제의 비상품 규정인 선과규격 0, 1, 9, 10번과와 중결점과로 구성되는 비상품율 28.3%, 수출 5천톤, 비상품과로 분류되는 것은 kg당 100원으로 가공공장에서 수매한다는 전제하에 kg당 농가 수취가격과 노지감귤 조수입을 계산하였다. 그리고 시

나리오 1은 비상품율이 5.4%로서 감귤유통명령제를 도입하지 않고 단지 감귤유통명령도입전의 감귤조례로 운영되는 경우에 해당된다. 이러한 가정하에서 계산된 시나리오 1의 노지감귤 조수입과 기본시나리오인 시나리오5에서 계산된 노지감귤 조수입과의 차이를 감귤유통명령제 도입 시행에 따른 효과로 규정하였다. 이렇게 계산된 수치에 따르면, kg당 농가수취가격 200원의 상승과 조수입 442.3억원의 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 품질과 적정출하가 뒷받침 되었던2006년산 감귤유통명령제 도입의 경제적 효과인600억원 수준(시나리오 5 기준)의 약 75% 수준에 불과한 금액이다.

두가지 방법에 의해 2009년산 유통명령제의 정량적 분석결과가 적정출하와 품질이 유지된 다른 연도에 비해 그 효과가 작은 것으로 나타났다. 이는 그 동안 '유통명령제 도입=감귤가격의 상승'이라는 무언의 공식이 무너지면서 유통명령제 도입 자체가 가격상승을 보장해 주는 '만병 통치약'이 아니었음을 확인하는 계기가 되었다. 따라서, 유통명령제 도입의 효과를 극대화하기 위해서는 기본적으로 적정출하와 품질수준이 동시에 수반되어야 함을 시사하고 있다.

<참고문헌>

고성보, 『2009년산 감귤유통조절명령제 종합 평가 보고서』, 감귤유통조절추진위원회, 2010. 4.

고성보, 『2007년산 감귤유통조절명령제 종합 평가 보고서』, 감귤유통조절추진위원회, 2008. 4.

고성보, 『2006년산 감귤유통조절명령제 종합 평가 보고서』, 감귤유통조절추진위원회, 2007. 4.

고성보, 『2005년산 감귤유통조절명령제 종합 평가 보고서』, 감귤유통조절추진위원회, 2006. 4.

고성보 외, 『2004년산 감귤유통조절명령제 종합 평가 보고서』, 감귤유통조절추진위원회, 2005. 4.

고성보 외, 『2003년산 감귤유통조절명령제 종합 평가 보고서』, 감귤유통조절명령이행추진단, 2004. 5.

고성보, "고품질·적정생산체제 구축을 위한 감귤유통·제도 개혁 방안", 『제주발전포럼』 2003년(봄호), 제주발전연구원, 2003.

고성보 외, 『감귤의 출하조절 모형 구축』, 제주발전연구원, 2002.12.

김병률외, 『농산물유통협약 및 유통명령제 도입방안』, 한국농촌경제연구원, 1999.

농림부, 『농가경제통계』, 각년도.

제주발전연구원, 『제주도 주요정책 도민의견조사』, 2003.2.

통계청, 『지역내총생산』, 각년도.

FAO Internet site.

Kohl, R.L. and Uhl, J.N., *Marketing of Agricultural Products*, 7th ed., Macmillan Publishing Company, 1990.

농업부문의 녹색성장 추진 과제

김창길
한국농촌경제연구원 축산·환경팀장

1. 서론

지구온난화는 상당히 과학적인 근거를 통해 미래 사회의 변화를 주도할 메가트랜드로 제시되고 있으며, 자원 및 환경의 위기를 초래하고 있다. UN산하 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 「기후변화에 관한 제4차 보고서」에 따르면 지구온난화는 논란의 여지가 없을 정도로 명백하며 인간 활동으로 인한 온실가스 증가가20세기 중반 이후 온난화를 일으켰을 가능성이 매우 큰 것으로 발표하였다. 특히 이 보고서에서는 지금과 같이 인류가 석유·석탄 등 화석연료에 의존하는 생활을 계속하면21세기 말(2090~2099)에는 지구의 평균기온이 최대 6.4℃ 추가로 상승하고, 해수면은 59㎝까지 상승할 것이라 경고하고 있다. 또한 지구평균기온이 2℃ 상승하는 경우 약 15~40%의 동식물종이 멸종하고, 3~4℃ 상승시에는 약 2억명 이상이 이주가 필요할 것으로 예측하고 있다. 실제로 지난 100년간 지구 평균기온은 0.74℃ 상승하였고, 해수면이 1961년 이후 연간 1.8mm 상승 한 것으로 밝혀졌다. 지구온난화와 더불어 세계는 BRICs(Brazil, Russia, India and China, BRIC) 국가의 본격적인 경제개발로 에너지와 자원 수요의 급증으로"글로벌 불균형"이 심화되고 있다. 이러한 추세로 가면 화석연료 에너지원 사용가능 연수는 석유43년, 천연가스 62년으로 각각 추정되고 있다.

지속적인 에너지와 자원 사용의 증가에 의존하는 기존의"요소투입(고투입-고산출)" 위주의 경제성장은 환경적인 측면에서 바람직하지 않을 뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 한계에 도달해 있다. 자원·에너지 가격의 급등에 따라 자원 및 에너지의 대량 투입에 의존하는 경제구조는 경쟁력을 상실하여 점차 성장이 어려워질 것으로 분석되고 있다. 지구온난화가 진행될수록 국제사회는 온실가스를 줄

이기 위한 국제적 공조를 위해 국제규범을 통한 환경규제가 더욱 강화되고 있다. 지구온난화와 에너지·자원 위기가 지속되는 여건변화 속에서 미국과 일본을 비롯하여 독일과 영국 등 주요 선진국들은 20년 전부터 녹색산업과 녹색기술을 국가발전의 성장엔진으로 활용하는 실천전략을 추진해오고 있다. 최근에는 신재생에너지 분야에 집중적인 투자와 시장을 활용하여 온실가스 감축을 유도하는 배출권거래제 실시 등 기후변화에 대응하는 정책기조를 강화해 오고 있다.

한편 한국은 세계 10대 에너지 소비국으로 총에너지의 97%를 해외수입에 의존하고 있다. 석유는 중동지역에서 82.2%를 수입하는 등 국제변수에 매우 취약하며, 2007년 에너지수입액은 950억 달러로 전체수입액의 26.6%를 차지하고 있다. 우리나라의 온실가스 배출량은 매년 지속적으로 증가하는 추세에 있고, 2005년 국내 온실가스 총배출량 5.9억톤, 배출규모 세계 16위, 1인당 배출규모는 9.3톤으로 세계 28위권이다. 이러한 국내외 여건변화를 반영하여 2008년 8월 정부는 에너지 위기에 대응하고 미래의 신성장 동력을 창출하기 위한 새로운 비전인 '저탄소 녹색성장'을 새로운 60년의 국가비전 및 패러다임으로 제시하였다. 녹색성장을 통해 자원이용과 환경오염을 최소화시키고, 이를 다시 경제성장의 동력으로 활용하는 선순환구조를 이룬다는 계획이다. 녹색성장의 국가전략을 실천하기 위한 제도적인 틀을 갖추기 위해 2009년 1월 '녹색성장위원회'가 출범하였고 7월에 「녹색성장 5개년 계획(2009~2013)」을 발표하였다. 또한 2010년 1월 13일 「저탄소 녹색성장 기본법」(법률 제9931호)이 제정되어 2010년 4월 14일부터 시행되고 있다. 이에 따라 정부의 부처별로 녹색성장 실천을 위한 다양한 정책프로그램과 투자계획이 수립되어 추진 중에 있다. 이러한 맥락에서 이 논문에서는 녹색성장의 의미와 농업부문에 있어서 녹색성장의 개념, 농업부문의 녹색성장의 현황과 추진과제 등을 중심으로 살펴보기로 한다.

2. 녹색성장의 의미

가. 녹색성장의 개념

지속가능한 발전(sustainable development)은 환경보전과 경제개발을 조화시키면서 지속적인 경제성장을 달성한다는 의미로 1972년 스톡홀름 유엔회의의 환경선언에 제시된 이후 1987년 환경·개발에 관한 세계위원회(WCED)의 개념정립을 거쳐, 1992년 UN의 '환경·개발에 관한 리우선언'과 실천과제인 '의제 21'의 근간이었다. 지속가능한 발전의 개념은 주류경제학의 경제성장 패러다임인 경제성장

을 우선으로 하고 다음으로 환경문제(growth first, clean up later)를 해결하려는 시각에 대한 반성으로부터 나왔다. WCED에서는 지속가능한 발전을 "세대간의 형평성을 기초하여 미래세대의 필요를 충족시키면서 현세대의 필요도 충족시키는 발전"으로 규정하고 있다(김창길, 김정호, 2002, pp.7-9).

녹색성장(green growth)은 경제성·환경성·사회적 형평성 등 세 가지를 포괄하는 지속가능한 발전의 추상성과 광범위성을 정책실현 가능성 측면에서 보완하기 위해 도출된 개념이다.[1] 즉, 녹색성장은 생태적·경제적 건전성 확보를 통해 국민의 삶의 질을 높이는 '질적 성장'으로 볼 수 있다. 정부는 녹색성장을 "환경오염과 온실가스를 최소화하면서도 신성장동력과 일자리를 창출하는 경제성장"으로 제시하고 있다(미래기획위원회, 2009). 또한 관련법에서는 녹색성장을 "에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 기후변화와 환경훼손을 줄이고 청정에너지와 녹색기술의 연구개발을 통하여 새로운 성장 동력을 확보하며 새로운 일자리를 창출해 나가는 등 경제와 환경이 조화를 이루는 성장"으로 규정하고 있다(저탄소녹색성장기본법 제2조 2항). 이와 같이 녹색성장은 여러 측면에서 다르게 규정되고 있어 새로운 문명과 변화의 질서를 수용하는 복합적이고도 열린 개념(open-ended concept)으로 이해될 수 있다. 이런 맥락에서 녹색성장은 향후에 많은 논의를 거치게 되면서 지속적으로 발전하는 개념으로 볼 수 있다.[2]

녹색성장의 작동원리는 성장패턴과 경제구조의 일대 전환을 통해 환경과 경제성장간의 악순환구조를 선순환 구조로 전환하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 녹색성장은 생산과정에서 녹색자본(녹색기술, 녹색지식)을 투입하여 환경오염을 줄이고 자연자본(에너지, 환경자원)을 확충하여 생산력을 지속적으로 제고시킨다. 따라서 녹색성장이 이루어지면 생산·기술 및 소비패턴 변화와 환경 친화적인 정책을 통해 환경용량에 부합하고 생산·소비측면의 경제적 효율성과 환경성을 동시에 고려하는 생태적 효율성이 향상되게 된다<그림 1>.

녹색성장은 저탄소사회 실현 및 녹색산업화를 통해 지속적인 경제성장을 구현하고자 하는 정책기조와 사회가치관을 내포하고 있다. 녹색성장의 실현을 위해서는 상당한 경제적 비용과 노력이 수반되어야 하며, 특히 편리함을 추구해온 기존

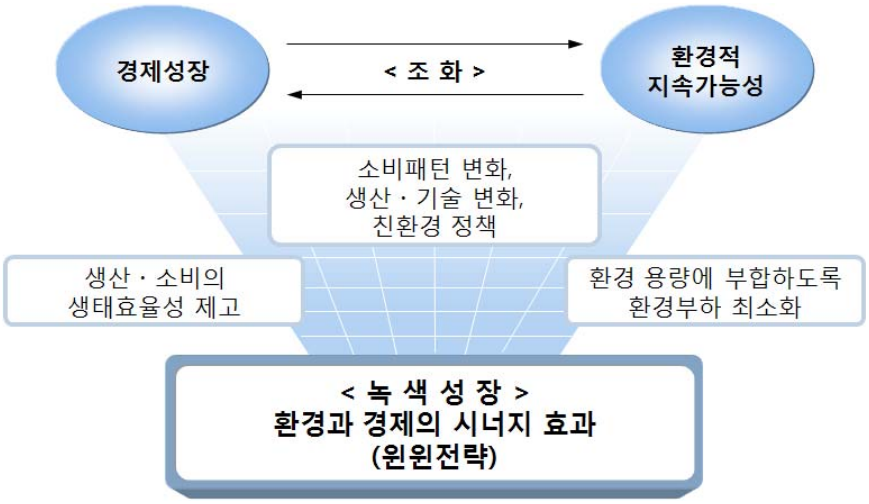
---

1) "녹색성장" 용어는 이코노미스트지(2000. 1. 27)에서 최초로 언급되어 학술적인 측면보다는 저널에서 제시된 용어로 볼 수 있다. 이후 「2005 UNESCAP 환경과 개발 장관회의」에서 녹색성장에 관한 심층적인 논의가 이루어졌으며, 다보스 포럼을 통해 널리 사용되기 시작하였다(UN ESCAP, 2006; 김창길, 정학균, 2009, p.31). 또한 2009년 6월에 개최된 OECD 각료이사회에서 녹색성장 선언문을 채택하였다.

2) 녹색성장은 합의된 정의가 존재하는 개념이라기보다는 활발한 논의를 통해 정립되어야 한다는 시각에서 "녹색성장을 기후변화에 대한 국제적 노력에 효율적이고 공정한 방식으로 동참하면서 선진국과의 일인당 소득격차를 지속적으로 축소하는 성장"으로 정의하고 있다(한진희, 김재훈, 2008, p.19).

의 생활방식을 탈피해야 한다. 그러므로 녹색성장 목표 달성을 위해서는 경제적 유인책, 녹색기술 개발·보급, 관련주체의 이해와 협력이 관건이며 발상의 전환과 신속한 대응이 긴요하다.

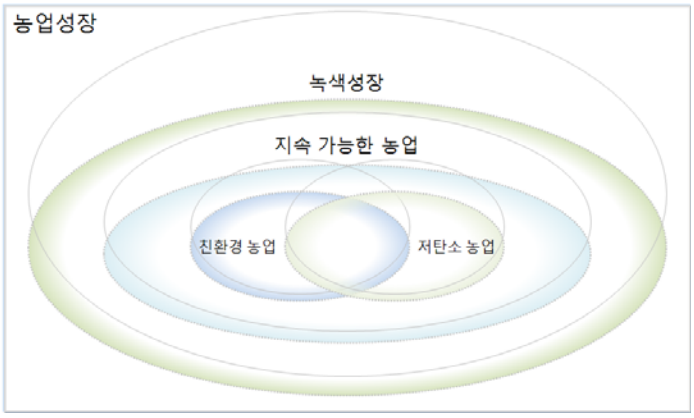
<그림 1> 녹색성장 달성 체계



나. 농업부문의 녹색성장 개념

농업부문의 녹색성장은 지속가능농업(sustainable agriculture) 보다 포괄적인 개념으로 농업생태계의 환경용량을 고려하여 환경적으로 건전하고, 경제적으로 수익성이 보장되는 성장으로 이해될 수 있다. 농업부문의 녹색성장은 지역별·수계별 환경용량을 고려한 농법전환, 온실가스 감축과 흡수능력 제고를 통한 저탄소 농업, 에너지 효율성과 절약 등을 통한 성장을 의미한다. 녹색성장의 목표 달성을 위해서는 친환경농업과 저탄소농업 확대 등 지속가능한 농업체제로의 전환과 환경친화적 농업·농촌 기반정비 등을 통해 이루어질 수 있다. 따라서 농업부문의 녹색성장은 지속가능농업보다 포괄적인 개념으로 볼 수 있다(그림 2>.

<그림 2> 농업부문 녹색성장의 개념적 위치



한편 농식품부문을 대상으로 하는 녹색성장은 생산측면의 농업뿐만 아니라 유통과 가공, 소비 등 전과정(Life Cycle)에서 환경친화적이고 저탄소 체제로의 전환을 통한 성장을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

농업부문에서 녹색성장을 지향하는 농업을 그린농업(green agriculture)로 규정할 수 있으나 공식적으로 널리 이용되는 용어는 아니다. 농업부문에서 녹색과 연계하여 여러 가지 용어가 사용되고 있으나 녹색성장과의 실질적인 연관성에 유념할 필요가 있다. 예를 들면 중국에서는 친환경의 의미를 소비자들에게 보다 다가가는 의미로 '녹색식품(green food)'이라는 용어를 사용하고 있으나 녹색성장과 어느 정도의 연관성을 가지는 것으로 볼 수 있다. 국내 농업분야에서 녹색관련 분야로 다수확 품종개발(통일벼 계통의 신품종 IR667)을 통한 획기적인 생산성 증대를 "녹색혁명(green revolution)"이란 용어로 사용하고 있으나 직접적으로 관련되어 있다고 볼 수는 없다. 한편 겨울철 유휴 논에 밀과 녹비작물 및 사료작물 재배와 관련하여 "제2의 녹색혁명"이란 용어로 사용하고 있으나 이 경우는 에너지 절약과 온실가스 감축과 연계되어 있어 농업부문 녹색성장과 상당한 관련성이 있다고 볼 수 있다.

3. 농업부문의 녹색성장 추진 현황

농업부문의 녹색성장 추진 현황을 보면 대표적으로 친환경농업 육성을 들 수 있다. 친환경농업은 2000년 이후 매년 연평균 70%의 급성장세를 이루며 추진되어 왔다. 친환경농업육성 5개년 계획에 따른 적극적인 육성정책에 힘입어 친환경농업 실천면적은 2000년 2,039ha에 불과하였으나, 2009년 20만 1,688ha로 매년 67%

증가하여 전체 농경지면적의 11.5% 정도를 차지하고 있다.

다음으로 농업부문에서 에너지 절감기술을 활용하는 사례를 들 수 있다. 예를 들면 시설농업에서 보온시설과 장비(온풍기)의 활용과 관련하여 지열(지열히트펌프)·공기열(공기식 히트펌프)·태양열을 활용한 기술이 보급되고 있다. 또한 최근 광파장 조절에 의해 작물생육을 촉진하는 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED) 기술의 적용을 들 수 있다(농촌진흥청, 2009). 또한 최근 활발하게 이루어지고 있는 농업부문의 바이오매스 활용사례로 바이오연료작물(유채, 고구마 등)을 활용한 바이오디젤 생산을 들 수 있다. 이밖에도 체험마을·농촌테마공원 등 농산어촌생태관광의 확대를 들 수 있다.

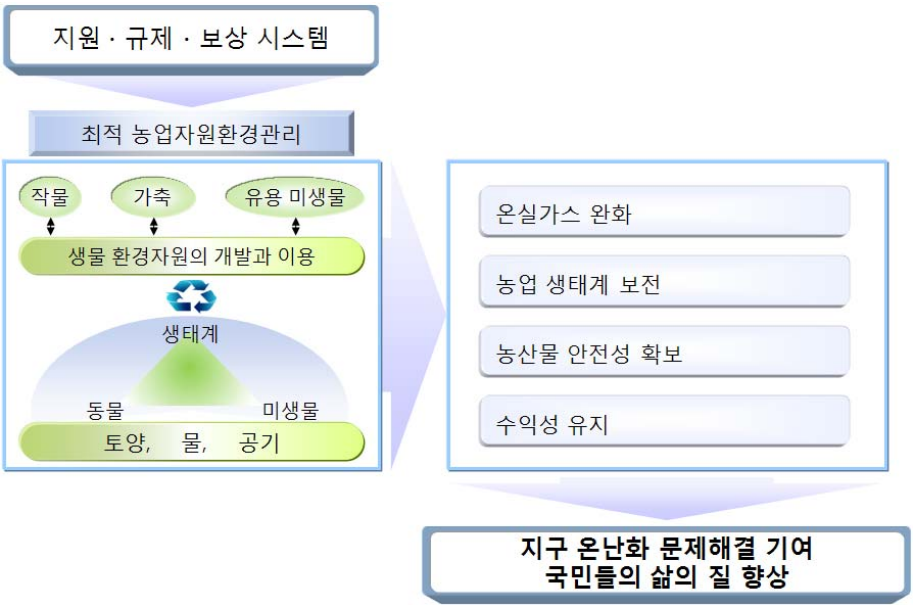
농업부문의 녹색성장을 체계적이고 효과적으로 추진하기 위해 2009년 4월 농수산분야의 녹색성장 정책을 총괄하는 조직으로 농림수산식품부에 녹색성장정책관과 녹색미래전략과를 설치하여 운영하고 있다. 또한 농식품부는 2009년 11월에 「농림수산식품 분야 저탄소 녹색성장 추진전략」을 수립하여 3대 전략과 9대 추진과제 50개 실천프로젝트를 추진해오고 있다.

4. 농업부문 녹색성장의 추진 과제

가. 기본방향 및 추진방법

기존의 관행적 농업성장으로부터 '저탄소 녹색성장' 체제로 전환하기 위해서는 비전과 구체적인 추진목표 설정이 필요하다. 비전은 농업과 환경과의 조화를 통해 온실가스를 완화하고 농업생태계 환경을 개선함으로써 지구온난화 문제 해결에 기여하고 국민(현세대와 미래세대 포함)들의 삶의 질 향상으로 설정할 수 있다<그림 3>.

<그림 3> 농업부문 저탄소 녹색성장의 비전과 목표



농업부문의 저탄소 녹색성장 추진과제 수립의 기본방향으로 우선 「감축(Reduced) ↔ 재활용(Recycled) ↔ 재사용(Reuse)」의 3R을 기초로 한 자원순환형 농업시스템을 정착시키도록 해야 한다. 다음으로 농축산물 생산 측면에서 최대에서 최적으로 전환해야 한다. 즉 최대생산을 통한 생산성 증대 중심에서 지역적 농업환경과 온실가스 배출·흡수 여건 등을 고려하여 최적생산 체제로 전환토록 해야 한다. 농업부문 온실가스 완화와 환경 질 개선을 위해 지원·규제·보상의 정책수단을 활용하여 농업정책과 환경정책의 통합·조정 등 적절한 정책결합(policy mix)이 이루어지도록 해야 한다. 녹색성장에 따른 불편함과 경제적 비용 최소화를 위해서는 농업부문의 녹색기술을 적극 개발하고 보급토록 해야 한다. 끝으로 '저탄소 녹색성장'을 추진함에 있어 충분한 정보제공과 교육·홍보 등을 통해 관련주체의 인식, 공감대 형성, 적절한 역할분담이 이루어지도록 해야 한다.

나. 추진방법

온실가스 의무 감축과 관련하여 저탄소 녹색성장의 농업시스템을 구축하기 위해서는 상당한 기간이 소요되므로 실천전략은 2030년을 목표 연도로 시스템구축을 위한 기반구축단계, 활용단계, 정착단계 등 3단계로 나누어 단계적으로 추진해야 한다.

기반구축단계(2010-2013)에서는 온실가스 감축관련 친환경농업육성 정책 추진, 신재생에너지 생산기반 구축, 교토메커니즘 활용 시범사업 등을 추진한다. 온실가스 흡수 부문에서는 토양유기탄소역할 규명, 농경지의 유기탄소 저장량을 추정하

고, 적응단계에서는 농산물 생산성 및 생물상 예측 개발온난화 적응품종 개발 등을 추진한다. 활용단계(2014-2019)에서는 온실가스 배출량 D/B 개발, 온실가스 저감기술의 보급 확대, 교토메커니즘 활용 확대, 흡수기능 제고를 위한 인센티브 프로그램 적용 등이 이루어지도록 해야 하며, 마지막 정착단계(2020-2030)는 환경친화적 저탄소 농업생산시스템 구축과 관련 온실가스 저감온실가스 흡수, 온난화적응 등 각 분야 프로그램의 최적의 정책적 결합을 추진한다.

온실가스 감축흡수-적응의 분야별 프로그램 추진을 통해 저탄소 녹색성장체제가 구축될 수 있도록 단계별 로드맵을 작성할 필요가 있다. 온실가스 감축부문의 경우 기반구축단계에서는 온실가스 저감기술 보급 바이오에너지작물 재배, 배출권거래제와 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM) 시범사업 등을 추진한다. 활용단계에서는 온실가스 배출· 흡수 모니터링, 지역별 맞춤형 기술개발 및 보급 확대, 바이오에너지 생산시스템 정착, 배출권거래제 정착 등이 이루어지며, 정착단계에서는 온실가스 관리프로그램 보완, 저탄소 녹색시스템 구축 등의 사업이 이루어져야 한다. 온실가스 흡수부문의 경우 기반구축단계에서는 토양유기탄소 역할 규명과 유기탄소 축적량 추정 및 활용기반을 구축해야 한다.활용단계에서는 저탄소 직불제 도입, 정착단계에서는 온실가스 완화와 흡수 기능을 극대화하는 농업시스템을 구축해야 한다. 온실가스 적응부문의 경우 기반구축단계에서는 농산물 생산성 예측과 생물상 평가모델 구축,생태계 모니터링 시스템 구축, 온난화 적응 품종개발이 이루어져야 한다. 활용단계에서는 적응 매뉴얼 작성・보급, 조기경보시스템 구축, 온난화 적응 품종보급, 교육시스템 등이 구축되어야 한다.

다. 핵심 추진과제

1) 자원순환형 농업시스템 구축

농업부문의 녹색성장 달성을 위해서는 우선 건실한 자원순환형 친환경농업과 친환경농업 관련 산업을 육성토록 해야 한다. 친환경농업지구조성사업을 통해 구축된 소규모단지(10ha 규모)와 광역친환경농업단지(1,000ha 규모)를 지역단위 친환경농업의 생산-유통기반 확충을 위한 전진기지로 활용한다. 이들 단지가 자원순환형 친환경농업시스템으로 정착될 수 있도록 "지역순환농업지원센터(가칭)"를 설치·운영하는 것이 바람직하다. 특히 지역별 환경용량에 부합되는 친환경농업체제로 전환하기 위해 2007년부터 추진키로 한 "지역단위 양분총량제"의 조속한 추진을 위해 실효성 있는 실천방안을 마련해야 한다.

건실한 친환경농업육성을 위해 친환경농자재 산업을 육성한다. 비료공정규격 개

정을 통해 유기질비료에 부산물비료를 통합하고 불량한 유기질비료에 대한 철저한 관리, 친환경유기농자재 목록공시제의 사후관리를 위한 근거를 마련해야 한다.

2) 농업정책과 저탄소 환경정책과의 통합

녹색성장은 온실가스를 줄이거나 흡수하는 저탄소 친환경농업시스템 체제로의 패러다임 전환을 통해 농업활동과 환경과의 조화를 추구한다. 저탄소 녹색성장 체제로의 전환을 위해서는 현행 친환경농업 육성 정책프로그램 이행만으로는 한계가 있으며, 농정체제 전반에 대한 재편이 필요하다. 농업자원이용의 효율성을 최대화하고 환경오염을 최소화하는 생태효율성 증대를 위해서는 현재 추진되고 있는 전업농 정예인력육성 등 농업구조정책, 농업생산기반정책, 농산물유통정책, 농가소득·경영안정정책, 축산정책, 농촌 개발정책 등 농정 전반의 프로그램에 대한 환경성 평가를 통해 저탄소정책과의 통합·조정방안 마련이 필요하다.

농업정책과 환경정책을 통합하기위해 환경적 상호준수(Environmental Cross Compliance, ECC)의 대표적인 프로그램인 저탄소농업직불제의 도입을 추진해야 한다.[3] 농업부문의 자발적인 온실가스 감축을 유도하기 위해 여러 가지 방식의 저탄소농업을 실천하는 경우 모니터링을 통해 메뉴방식의 직불제 등 적절한 인센티브를 지급하는 저탄소농업직불제를 도입하여 농업인들이 저탄소 녹색성장에 적극적으로 참여하도록 유도할 수 있다.

3) 저탄소 녹색기술의 개발 및 보급

녹색기술(Green Technology)은 저탄소 패러다임 구축을 위해 물질 및 에너지 소비를 최소화하고 순환과 재생가능 물질 및 에너지 활용을 통해 환경부하를 줄이고 엔트로피를 약화시키는 기술을 의미한다. 따라서 녹색기술은 물질순환을 촉진 및 복원시키는 기술, 자연계의 동적 평형을 따르고 촉진시키는 기술, 재생가능 에너지 기술과 같이 과학기술 적용에 수반되는 에너지 및 물질 이용과 엔트로피의 최소화를 지향한다. 또한 녹색기술은 자연생태계에서 처리할 수 있는 범위 내에서 투입재 및 생산규모의 조정이 수반된다.

이와 같은 특성을 지닌 녹색기술은 크게 온실가스저감기술, 에너지이용효율화 기술, 청정에너지기술, 신환경기술 등으로 대별되고 있다. 농업부문의 녹색기술은 농축산물 생산 활동에서 온실가스 감축·흡수기술, 에너지이용 효율화 및 청정에너지기술과 신환경기술 등 네 가지로 나누어 접근될 수 있다.

첫째, 농업부문의 온실가스 저감기술로 농경지 메탄 및 아산화질소 감축기술

---

3) 환경적 상호준수제도는 수혜자격이 있는 농업인이 환경적 목표와 관련된 특정 요구사항을 준수하는 경우 정부가 직접적으로 보상하는 조건부 보상 프로그램을 의미한다.

토양 내 유기탄소 저장기술, 반추가축 장내발효개선 기술, 가축분뇨처리시설 개선, 바이오매스 활용 및 화석연료 사용량 감축 기술 등을 들 수 있다. 이들 기술의 대부분은 그동안 기술개발의 노력으로 실용화 단계에 있고 또한 상당한 기술적인 성과를 나타내고 있다. 그러나 온실가스 저감기술은 기술개발의 성과에도 불구하고 농업인들의 기술수용 수준이 낮아 농업·농촌현장에서의 보급은 미흡한 실정이다.

둘째, 에너지이용 효율화기술로는 열회수형 환기장치 개선과 열교환기 개량 기술 등을 들 수 있다. 그동안 이 분야의 기술개발이 상당히 이루어져 온풍난방기의 열교환기 개량, 온풍난방기 배기열 회수장치 등은 농업분야 에너지 절감기술 실용화를 위해 보급단계에 있다. 향후 에너지 효율화 기술은 농가단계에서 쉽게 보급될 수 있도록 경제성에 대한 보완책 마련 등 지속적인 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

셋째, 청정에너지기술은 지열, 태양열(광), 풍력 등 유해물질을 배출하지 않는 에너지를 활용하는 기술로 농업부문의 경우 다겹보온커튼, 수막보온커튼 등을 들 수 있다. 또한 최근 국내외적으로 크게 부각되고 있는 바이오에너지 기술개발과 관련 유채, 에탄올용 고구마, 비식량화본과(C4) 등 바이오에탄올용 최적 셀룰로스계 작물, 한국형 셀룰로스계 에탄올 생산모델 개발 등을 들 수 있다.

넷째, 신환경기술로는 천연물질 이용 신바이오 작물보호제, 친환경 미생물과 천적 등 생물농약, NT·BT·IT·ET 등 첨단기술과 농업의 융합화를 통한 도심 빌딩형 작물생산 공장시스템 개발, 인공 광 LED(Light Emitting Diode) 이용 작물재배 기술 등을 들 수 있다. 이밖에도 초임계유체(supercritical fluid, 임계점 이상의 온도와 압력에 놓인 물질)를 이용한 미강제품(현미, 탈지미강 등) 생산 및 쌀의 바이오리파이너리(Bio-refinery) 도입 등 새로운 융합 녹색기술 실용화 방안을 적극적으로 검토하여 추진토록 해야 한다[4].

향후 녹색기술은 NT·BT·IT·ET 등 첨단기술 개발이 활발하게 이루어지고 있어 농업부문에서도 융합기술 적용이 확대될 것으로 전망되고 이들 융합기술을 이용한 식물공장 및 수직농장의 설치와 확대에 관한 관심과 지원이 필요하다.

4) 탄소정보를 적극 활용하는 정책프로그램 개발

각 부문별 온실가스 완화에 상당한 비중을 두고 있는 녹색성장을 효과적으로 추

4) 바이오리파이너리는 석유로부터 산업물질과 에너지를 추출하는 석유정제방(refinery)에서 벗어나, 석유고갈에 대비하고 기후변화와 환경오염을 크게 줄일 수 있도록 재생가능한 바이오매스(쌀, 쌀겨, 옥수수)와 같은 에너지 산업 원료물질을 생산하는 기술을 의미한다.

진하기 위해서는 탄소정보를 적극적으로 활용하는 정책프로그램 개발이 관건이다. 우선 제품의 생산과 수송, 유통 및 폐기 등 전과정에 걸친 탄소배출량을 정량화하여 소비자에게 공개함으로써 저탄소 소비문화 확산을 유도함으로써 시장주도의 온실가스 감축을 도모하는 탄소라벨링을 들 수 있다. 우리나라는 탄소성적표지제도가 2009년 2월부터 도입되어 추진되고 있다. 농식품분야의 경우 햇반과 두부 등 가공식품분야에 한정하여 이루어지고 있으나 원료농산물 및 다양한 식품분야에서 탄소성적표지제도가 활성화 될 수 있도록 생산·가공·소비 등 단계별 온실가스 인벤토리 구축 등 적절한 방안이 마련되어야 한다.

온실가스를 배출할 수 있는 권한인 탄소배출권을 상품화하여 거래되는 탄소시장이 다양한 형태로 운영되고 있다. 탄소시장의 유형은 배출권의 근거에 따라 할당량 거래시장(Allowance-based Market)과 프로젝트 거래시장(Project-based Market)으로 나누어지고, 교토의정서에 따른 온실가스 의무감축 이행여부에 따라 강제적 탄소시장과 자발적 탄소시장으로 대별된다.

농업분야에서는 프로젝트 거래시장인 청정개발체제(CDM)사업의 활용방안을 검토해 볼 수 있다. 국내 농업분야의 CDM사업 활용은 초기단계에 있으나, 해외사례를 참고로 가능한 사업 아이템을 발굴하면 온실가스 감축은 물론 녹색성장에 크게 기여할 것이다. 국제적으로 공인된 가축분뇨의 바이오가스 플랜트와 농산부산물을 이용한 바이오에너지 사업 등을 통한CDM사업을 적극적 검토할 필요가 있다. 국내 농업부문 CDM사업 활성화를 위해서는 축분처리시설 활용 메탄 감축, 바이오매스와 바이오 연료 활용 등 온실가스 감축 잠재력이 높은 사업에 대한 타당성 평가 작업이 필요하다.

다음으로 배출권거래제도와 관련하여 농업부문 온실가스 감축분을 비농업부문과 거래를 검토해 볼 수 있다. 배출권거래제는 교토의정서 이행수단으로EU, 영국, 캐나다, 덴마크, 일본 등에서 본사업 또는 시범사업으로 추진하고 있다. 국가마다 할당된 감축량 의무달성을 위해 자국의 기업별, 부문별로 배출량을 할당하고 기업들은 할당된 온실가스 감축의무를 이행하지 못할 경우 타 부문에서 구입이 가능하다. 시장 지향적 방식의 새로운 정책 하에서 온실가스 조기감축 또는 흡수 등 탄소 관리에 농민의 참여를 장려하기 위한 프로그램 개발이 필요하다.

5) 농업분야 녹색금융의 적극 활용

녹색금융은 해외에서 사용되는 환경금융(Environmental Finance) 또는 지속가능금융(Sustainable Finance)에 근거하고 있으나 우리나라에서는 보다 포괄적이고 경제성에 초점을 맞춘 의미로 사용되고 있다. 녹색금융은 환경위험 관리 과정까지 포함하여 녹색산업에 대한 간접적인 지원까지 포함하는 개념이다. 국내 녹색

금융 추진현황을 보면 주로 정책금융기관에서 활발하게 계획·추진하고 있다. 최근 일반금융기관에서도 녹색금융상품 및 각종 제도를 마련하고, 녹색산업을 지원하는 녹색금융이 출현하고 있으나 아직 실질적인 실적은 미흡한 실정이다.

농업부문의 녹색금융 운용사례로 농협은 녹색금융 상품으로 가입고객이 저탄소 녹색성장 활동에 참여하면 최대 0.6%포인트의 우대금리를 적용하는 <초록세상적금> 출시하였다. 또한 LIG 손해보험사는 친환경농산물 비용손해 특약으로 소비자가 구입한 친환경농산물에 잔류농약이 검출되는 경우 친환경농업인의 실추된 신뢰를 회복하거나 방지하기 위해 소요되는 비용(소비자에 대한 보상 등)을 지급하고 있다. 농업부문의 녹색금융 활성화를 위해서는 자본집약적 시설농업(축산·원예 등)에서 녹색에너지 기술도입시 금융지원, 생산측면에서 에너지 절감과 효율화 등의 녹색기술 활용 농업시설, 유통측면에서 포장과 운송 부문에서의 금융지원, 농업투자펀드를 통해 농업관련 녹색기술보급 기업에 대한 우대금리 대출 등을 들 수 있다.

6) 농업분야 녹색성장 관련 교육 및 홍보 강화

저탄소 녹색성장 체제로 전환하기 위해서는 농업인, 업계, 정책담당자 등 관련주체의 적극적인 참여가 이루어질 수 있도록 교육·훈련 프로그램에 대한 상당한 투자와 지원이 이루어져야 한다. 특히 농촌현장에서의 저탄소 녹색성장 실천은 도농업기술원, 시·군 농업기술센터의 지도와 홍보, 작목반 또는 선도농업인 등을 통해 이루어지고 있으므로 핵심적인 지도자를 대상으로 한 체계적인 교육과 홍보 프로그램을 적극적으로 추진해야 한다.

5. 결론

에너지·기후 시대(energy-climate era)를 맞이하여 기존의 성장 전략은 한계에 달하고 있고, 새로운 발전을 위한 전략이 필요한 시기이다. 미래를 대비하여 저탄소 녹색성장은 국내외적으로 반드시 수행해야 할 핵심과제로 대세를 이루고 있고, 향후 상당기간 동안 국내외적으로 지구온난화에 대처하기 위한 녹색성장 추진전략 마련에 많은 논의가 있을 것으로 예상된다. 농업부문의 경우 국내 온실가스 배출량에서 약3% 정도의 비중을 차지하고 있어 국가적인 온실가스 관리 측면에서 소홀히 다루어질 우려가 있다. 미국, 유럽, 일본 등 주요 선진국의 경우 농업분야는 국가 온실가스 관리는 물론이고 향후 녹색산업으로 국가발전에 크게 기여할 수 있어 녹색성장의 실천전략에

있어서 상당한 비중을 두고 다루고 있음을 벤치마킹해야 한다.

그동안 농업성장의 패러다임이 생산성 증대에 초점을 맞춘 양적 성장이었다면 녹색성장은 생산성과 환경성을 동시에 고려하는 생태효율성을 제고시키는 질적 성장의 패러다임으로 전환하는 중요한 의미를 갖는다. 따라서 우리나라의 농업부문도 기존의 생산성 증대의 패러다임에서 벗어나 지구온난화 문제 해결에 기여하고 환경과 농업이 상생하는 방안을 적극적으로 모색해야 한다. 농업부문의 녹색성장을 달성하기 위해서는 기존의 편안함과 관행적 타성에서 탈피하여 불편함과 위험이 적절하게 관리될 수 있도록 관련 주체의 발상전환을 통해 불편함을 오히려 성장 동력으로 활용하는 혁신 방안이 마련되어야 한다. 이를 위해서는 과감한 발상의 전환과 여러 가지 아이디어 제시 및 활발한 논의가 이루어질 수 있는 분위기가 조성되어야 한다. 우선 농작물의 생산과정 및 청정 농업기술을 통해 대기정화와 환경보전 등의 공익적 기능을 적극적으로 발전시켜 농업부문만의 독특한 녹색산업으로의 특성을 유지하고 녹색성장을 이룩하는 실천전략이 조속히 마련되어야 한다. 특히 농업인과 유관단체 및 정책담당자 모두가 함께 하는 녹색 거버넌스 구축이 필요하며, 이를 위한 강력한 녹색성장 추진 의지와 효과적인 집행체계가 필요하다. 저탄소 녹색성장 농업체제로 확실하게 전환되기 위해서는 친환경 농업육성 정책만으로는 한계가 있으며, 농정체제 전반에 대한 재편이 필요하다. 특히 농업부문 전반에 녹색성장의 개념이 정착될 수 있도록 농업정책과 저탄소 환경정책간의 통합이 이루어지도록 해야 한다. 관련 분야 정책통합이 효과적으로 이루어져 정책성과를 극대화하기 위해서는 정책담당자, 연구자, 유관기관, 농업인 등 관련주체가 녹색성장을 공감하고 적절한 역할이 수행될 수 있는 농업부문의 녹색혁신시스템(green innovation system) 구축되어야 한다. 또한 농업부문의 온실가스를 감축하거나 흡수하는 녹색기술을 성장엔진으로 활용하는 체계적이고 단계적인 실효성 있는 기술개발 전략이 수립되어 지속적으로 추진되어야 한다. 농업부문의 녹색성장이 성공적으로 이루어지는 경우 농업은 환경친화적 국토관리 녹색산업으로, 안전한 농식품을 공급하는 생명산업으로, 국가온실가스 관리 효자산업으로 확실하게 자리 매김하게 될 것이다.

참고문헌

강성진 외 7인. 「녹색성장: 한국 경제·사회 발전의 새로운 패러다임이론과 비전」. 경제·인문사회연구회. 2009.

김창길, 김정호. 「지속가능한 농업 발전전략」. 연구보고서 C2002-13. 한국농촌경제연구원. 2002.

김창길, 정학균 편저. 「농업부문 녹색성장 추진방안」. 농업부문 녹색성장 심포지엄 자료집 D250. 한국농촌경제연구원. 2008. pp.25-73.

김창길 외 4인. 「교토의정서 이해에 따른 농업부문 대응 전략」. 연구보고서 R541. 한국농촌경제연구원. 2007. p.42.

농림수산식품부. 「농림수산식품분야 녹색성장 심포지엄 자료집」. 한국마사회 대강당. 2009. 1. 13.

농촌진흥청 국립농업과학원. 「녹색기술」. 녹색성장 워크숍 자료집. 2009. 1. 31.

미래기획위원회. 「녹색성장의 길」. 중앙북스. 2009.

박성재 외 20인. 「2020 농어업·농어촌 비전과 전략」. 연구보고서 C2010-4. 한국농촌경제연구원. 2010.

윤순진. "저탄소 녹색성장의 이념적 기초와 실제" 「환경사회학연구 ECO」. 제13권 2호(하반기, 2009): 7-41.

이지훈. 「녹색성장시대의 도래」. CEO Information. 제675호. 삼성경제연구소. 2008.

이충원 외 3인. "농림수산식품분야 저탄소 녹색성장 추진 전략" 「농업전망 2010(I) - 녹색성장과 농업·농촌의 새로운 활로」. 한국농촌경제연구원. 2010. pp45-68.

조용성. "농업부문 녹색성장 과제와 전망" 「농업전망 2009(I)」. 한국농촌경제연구원. 2009. pp.293.

한국개발연구원. 「녹색성장: 국가성장전략의 모색」. 녹색성장 토론회 자료집. 2008.

한진희·김재훈. "국가성장전략으로서의 녹색성장 개념·프레임웍·이슈." 「녹색성장: 국가성장전략의 모색」. 녹색성장 토론회 자료집 한국개발연구원. 2008. pp.1-41.

FAO. *Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming System*. 2009.

Friedman, Thomas L., *Hot, Flat and Crowded: Why We Need a Green Revolution and How It Can Renew America*, New York: Farrar, Straus and Giroux. 2008.

Ho, Mae-Wan. Green Growth for Developing Nations. ISIS Report 06/04/10. Institute of Science in Society. 2010.

IPCC. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

OECD. OECD and Green Growth. www.oecd.org/greengrowth. 2009a.

OECD. *Green Growth: Overcoming the Crisis and Beyond*. 2009b.

OECD. *Interim Report of the Green Growth Strategy: Implementing Our Commitment for a Sustainable Future*. May 2010.

Stern, Nicholas . *Economics of Climate Change: the Stern Review*. Cambridge. 2006.

UN ESCAP. *Green Growth at a Glance: The Way Forward for Asia and the Pacific*. 2006.

United Nations Environment Programme (UNEP). *Overview of the Republic of Korea's National Strategy for Green Growth*. April 2010.

기후변화가 중국농업에 미치는 영향

숑웨이(熊偉)

중국농업과학원 농업환경·지속가능발전연구소
농업부 기후변화와 농업환경중점실험실

개요

모형 시뮬레이션 분석방법을 통해 중국의 사회발전계획에 근거하여 사회경제 발전 전망과 지역기후모형, 수자원모형 및 작물모형을 연결시켜 향후 중국의 식량생산에 대한 종합적인 평가와 분석을 실시함으로써 거시정책 결정에 과학적인 참고자료를 제공하고자 한다.

주요한 결론은 다음과 같다.

1) 기후변화는 향후3대 식량작물의 단수에 영향을 미칠 것이다. 만약 CO_2 비료효과를 고려하지 않을 경우, 향후 감수의존 작물의 단수는 더욱 큰 영향을 받을 것이다. 관개조건을 보장한 후의 벼는 더욱 커다란 영향을 받을 것이고, 단수 감소가 가장 클 것이다. 특히 A2의 상황이 그렇다. 만약 CO_2 비료효과를 고려하지 않을 경우 향후 옥수수의 단수 변화는 크지 않을 것이며, 밀의 단수는 뚜렷이 증가할 것이다. 특히 강수에 의존하는 밀과 벼의 단수는 다소 증가할 것이다.

2) 향후 기후변화·수자원·사회경제 발전은 중국의 3대 식량작물의 물 수요량과 농업 용수 공급량에 영향을 미쳐 벼, 관개 옥수수 및 밀의 파종면적 축소를 초래할 것이다. 반면 강수에 의존하는 밀과 옥수수의 파종면적은 증가할 것이다.

3) 향후 기후변화, CO_2 비료효과, 수자원과 토지이용 변화가 식량생산에 미치는 영향은 더욱 복잡하며, 상황과 시기에 따라 그 영향도 다르게 나타날 것이다. 농업용 수자원이 식량 총생산에 미치는 영향이 가장 커, 3대 식량작물의 총생산량은 뚜렷하게 감소하여 향후 식량, 특히 벼 생산을 제약하는 주요한 요인이 될 것이다. 토지이용이 식량 총생산에 미치는 부정적인 영향은 가장 작을 것으로 보이며, 기후변화와 CO_2의 상호 작용으로 인하여 식량 총생산량은 다소 증가할 것이다. 향후 여러 가지 상황에서 벼 생산이 가장 커다란 영향을 받을 것으로 보이며, 밀과 옥수수는 생산량이 다소 증가할 것이다.

식량은 인류 생존과 발전의 기초이며, 식량생산은 민생에 관계되는 큰 문제이기도 하고 세계 평화와 안정에도 관계된다. 기후변화가 식량생산에 미치는 영향은 1970년대부터 학술계와 정부관련 부처의 광범위한 주목을 받아왔다. 동아시아 계절풍기에 속하는 중국은 세계에서 기

후변화가 가장 뚜렷하고 기상재해도 제일 빈번하게 일어나고 있는 나라로서 향후 기후변화와 극단적인 기상재해의 증가는 식량생산의 안정과 지속적인 발전에 영향을 미칠 것이다[1]. 이와 관련하여 국내외 학자들이 많은 연구를 진행하였는데[2-5], 선행 연구들은 미래의 농업생산이 현 단계 상황과 일치한다는 가정하에 향후 기후변화(CO_2농도 증가, 온도 상승)를 배경으로 단지 개별적인 영향 요인들(온도 상승, CO_2농도 증가) 이 식량생산에 미치는 영향을 평가하였다. 하지만 농업생산은 기후변화의 영향을 받을 뿐만 아니라 여러 가지 사회적 요인의 영향도 받는다. 예를 들면 수자원·토지자원의 이용 패턴, 사회구조와 소비습관 및 과학기술 발전 수준 등의 영향도 받는다[6]. 일부 학자들은 중국 건국 50년 이래 식량작물의 단수에 영향을 미치는 요인들에 대한 분석을 실시하였다. 종합적으로 볼 때 관개와 기술진보는 식량작물의 증가에 결정적인 작용을 한다[7]. 현재 기술진보, 수자원 및 토지 이용은 중국의 식량생산에 영향을 미치는 제일 중요한 3대 요인으로 널리 알려져 있는데 이러한 요인들이 향후 우리나라 식량생산에 미치는 영향은 무시할 수 없다. 심층적인 연구가 진행됨에 따라 연구자들과 정책 담당자들은 미래의 식량생산 상황에 대해 전반적이고 체계적으로 인식하고, 정책담당자들에게 단기, 중장기 정책 수립에 과학적 근거를 제공하기 위해서 반드시 관리부서에서 단기 기후변화와 기타 영향 요인들을 서로 결합하여 종합적인 평가를 해야 할 필요성을 느끼게 되었다.

일부 학자들은 여러 가지 종합적인 요인들을 고려하여 기후변화가 식량생산에 미치는 영향을 분석하였다. Parry(2005)[8]는 사회경제적 여건의 차이에 따라 기후변화가 세계 각국 식량생산에 미치는 영향을 연구하였는데, 2080년 중국의 식량생산량은 0~±2.5% 범위 내에서 변화할 것이며, 이러한 변동폭은 자연기후 변화의 정상적인 영향 범위에 속하는 것이라고 지적하였다. Fischer(2005)[9]도 서로 다른 사회경제상황 하에서 세계 식량생산에 대한 분석을 하였는데, 중국은 강수량의 증가로 변경 지역의 식량생산량이 증가할 것이라고 전망하였다. Rosenzweig(2004)[10]는 수자원의 변화와 결부시켜 기후변화가 식량생산에 미치는 영향을 분석하였는데, 중국 동북지역이 향후 식량생산에서 주로 수자원의 제약을 받을 것이라고 분석하였다.

국내 학자들도 일부 종합적인 연구를 진행하였는데 그들은 농지에서의 실험, 생산량 예측, 물 수요량 및 전문가들의 판단 등 종합적인 분석을 통하여 향후 CO_2농도 증가로 중국 식량생산량의 잠재력은 다소 확대될 것이지만, 수자원 부족과 극단적인 재해의 증가로 식량생산의 증가에는 불안정적인 요인들이 존재하고 적응성[11]을 저하시킨다는 결론을 도출하였다. 선행 연구들 가운데 국외 학자들은 세계 식량안보 문제와 그 사회경제적 여건에 대한 가정이 중국의 현정세와 일정한 차이가 존재하고 있다는 점에 주목하고 있다. 반면 국내 연구는 주로 기후변화와 그 개별적인 영향요인들의 영향 결과에 대해 종합분석을 실시하였으나 고려요인이 적고, 각 요인들간 유기적인 연관성을 소홀히 하에 진정한 의미에서의 종합적인 평가라고는 할 수 없다.

본 연구는 모형 시나리오분석 방식으로 향후 중국의 사회발전계획에 근거하여 기후변화모형, 수자원 모형, 사회경제발전 및 작물 모형을 결합시켜 향후 중국의 식량생산에 대한 종합적인 평가와 분석을 시도하였다.

1. 자료와 방법

1.1 평가 체계

본 연구에서는 ① IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 제공하는 사회발전 방안에 기초하여 향후 중국의 사회경제 상황과 서로 다른 CO_2배출량 상황하에서의 향후 기후변화 상황 시나리오를 구축하였고, ② 미래의 기후상황을 토대로CERES 작물모형을 이용하여 50km×50km 규격하에서 기후변화가 주요 식량작물의 단수와 필요관개수량 변화에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였으며, ③ 기후변화 상황과 VIC 분포식 수문(水文)모형을 이용하여 각 유역의 수자원(지표와 지하 수심을 포함) 총량 변화를 예측하였으며, ④ 사회경제 상황과 미래의 중국의 수자원 총량을 결합하여 향후 농업부문에서 이용가능한 물의 총량을 계산하였으며, ⑤ 사회경제발전 상황을 고려하여 결부시켜subGrid(网格) 척도하에서 미래의 경지면적을 예측하였으며, ⑥ 필요 관개수량과 농업에서 이용가능한 용수량 및 경지면적에 의거하여 각 작물의 강수의존 면적과 관개면적을 확정하며⑦ 예측한 단수와 강수의존면적, 관개면적에 의거하여 식량 총생산량을 계산하였다.

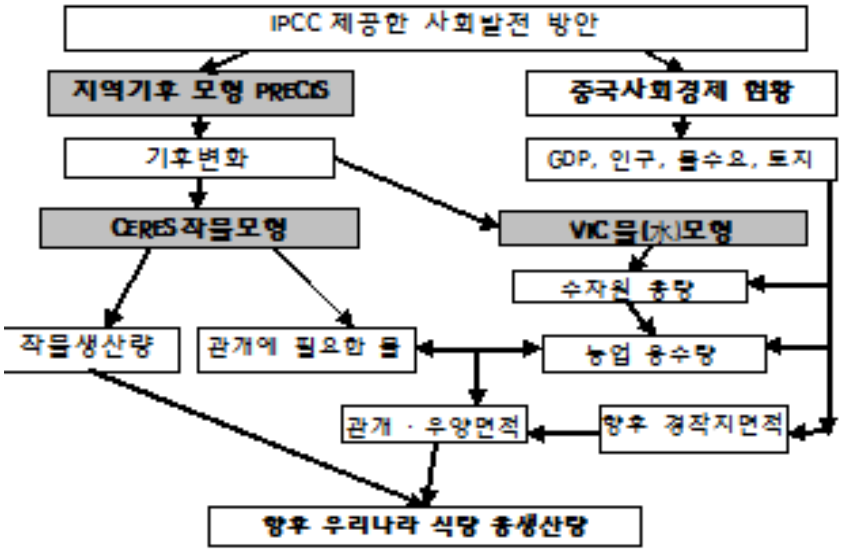


그림1 : 본 연구의 순서도

1.2 사회발전방안의 선택

SRES 배출 상황은 IPCC가 향후 여러 가지 가능한 발전모델에 기초하여 미래의 배출방안을 전문적으로 정리 수정한 것이다. 각 배출 방안과 미래의 서로 다른 사회발전 모델이 서로 대응된다[12]. 그 가운데 A2 상황(중-고 배출방안)은 인구의 급속한 증가를 고려한 것으로 중국의 발전상황과 차이가 비교적 크지만 일종의 가설로서 고 배출상황은 최악의 발전상황에서 가능한 영향[13,14]을 평가하는데 도움이 된다. B2(중-고 배출 방안)는 중국의 중장기 사회발전 방안과 근접하여 향후 지속가능한 발전상황으로 간주할 수 있기에 이 두 가지 상황을 선택하였다.

1.3 기후변화

영국Hadley센터에서 최근 개발한 지역기후모델 PRECIS[15]를 선택하였다. 이 모델은 이전 연구에서 사용했던 전세계 기후모델(GCM)과 비교할 경우 모델에 대한 검증, 시간과 공간해상도, 지형에 대한 설명과 모델의 불확실성 측면에서 뚜렷하게 개선되었지만 강수량 변화에 대한 예측치가 타 모델에 비해 높게 나타난다.

연구에서는 A2와 B2 상황에 기초하여 지역기후모델을 운용하여 50km×50km Grid의 일일 최고 온도, 최저 온도, 강수량, 복사량 등 20여 가지의 기상지표에 대한 시뮬레이션을 실시하였다. 그 가운데서 시뮬레이션한 1961-1990년 동안의 일일 기상정보를 기준시기(BS)로 간주하여 현재 기후를 대표하도록 하였다. A2와 B2 각각의 시뮬레이션을 통하여 획득한 2071-2100년의 일일 기상정보는 미래의 기후상황을 대표한다. 기후 시뮬레이션 작업량의 제한으로 인하여 2011-2070년의 일일 기상정보는 시간강척도(時間降尺度) 방법으로 계산하였다. 사회경제발전 상황과 서로 일치하도록 하기 위해 2011-2050년 구간에 대한 일일 기상수치를 선택하여 타 모델로 입력하였다. 표1은 PRECIS이 시뮬레이션한 기후상황과 그에 상응한 CO_2 농도를 나타낸다.

표1 기후변화 상황A2와 B2(현재기후와의 비교치)

시기	A2(중-고 배출량)				B2(중-고 배출량)			
	온도변화 (°C)	강수변화 (%)	복사변화 (%)	CO_2 (ppmv)	온도변화 (°C)	강수변화 (%)	복사변화 (%)	CO_2 (ppmv)
2020s (2011～2040)	+1.3	+5	+0.5	440	+1.5	+4	+0.5	429
2050s (2041～2070)	+2.6	+10	+0.7	599	+2.4	+6	+0.7	492
2080s (2071～2100)	+4.5	+17	+1.1	721	+3.4	+9	+0.9	561

1.4 사회경제 상황의 설정

기후변화와 사회경제발전이 식량생산에 미치는 종합적인 영향을 좀 더 잘 평가하기 위해 IPCC의 A2와 B2 사회발전방안과 중국 중장기발전계획에 기초하여 향후 2050년 내 GDP, 인구, 공업구조, 물수요 및 토지이용 상황 등에 대해 예측을 실시하여 중국의 사회발전 상황을 설정하였다(표2 참조). 동시에 현재와 같은 비율불별법에 의거하여[17] GDP, 인구, 물수요, 토지이용 예측치를 조정하였다.

표2 두 가지 사회경제발전 상황(A2·B2)과 미래 중국 인구 및 경제발전

	2000	2005	2020		2050	
			A2	B2	A2	B2
GDP(만억원)	9.92	15.6	30.1	48.1	83.7	145.0
인구(억)	12.7	13.1	15.3	14.4	19.4	15.1
일인당평균 GDP($)	950	1,700	2,400	4,050	5,200	11,650
경작지(억hm^2)	1.28	1.22	1.14	1.22	1.08	1.22
물수요(억m^3)	5497	5633	6161	6194	7470	6910

주: GDP Yuan at comparable price in 2000; GDP per capita Unit: USD in 2000 100USD = 827.84Yuan.

1.5 CERES 작물모형 및 시뮬레이션

CERES 계열 모형은 현재 세계적으로 가장 광범하게 응용되고 있는 것으로 본 연구는 그 가운데서 CERES-Rice[18], CERES-Wheat[19] 및 CERES-Maize[20]을 이용하였다.

이들 모형은 서로 다른 작물 품종의 서로 다른 기후 생태조건과 재배조건 하에서의 생장발육과 생산량을 예측할 수 있으며, 다중 목표의 최적정책을 제정하는 데 도움이 된다. 이 모형은 CO2농도의 증가와 작물의 광합성 작용 및 수분 이용효율에 대한 영향까지 고려하여 서로 다른 농업관리 조건하에서 온도, 강우량, 복사량 및 CO_2농도 등 자연적인 요인들이 작물생산과 생산량에 미치는 영향을 분석할 수 있다.

작물모형을 응용하기에 앞서 본 연구는 먼저 각 모형에 대해 지점(站点)과 지역 두 가지 척도의 조정과 검증을 하였다[21-22]. 결과에서 보다시피 조정 이후 모형은 지점(站点)척도의 일모작 작물에 대한 시뮬레이션 효과가 비교적 좋을 뿐만 아니라 지역 시뮬레이션에 있어서도 생산량의 시간과 공간의 변화추세까지 반영할 수 있었다. 조정과 검증을 거친 모형을 이용하여 기준시기 상황(BS, 1961-1990년)과 2가지 SRES 온실기체 배출 방안에서 2011-2050년 동안의 중국의 강수의존 면적과 관개화된 면적의 단수와 필요 물 수요량을 시뮬레이션 하였다.

체적인 시뮬레이션 과정은 참고문헌[3]을 참조할 수 있다.

1.6 VIC 물모형 및 시뮬레이션

VIC(Variable Infiltration Capacity)모형을 이용하여 기후변화에 따른 수자원 상황을 시뮬레이션하였다. VIC 모형은 미국 워싱턴대학과 프린스턴대학이 공동으로 구축한 것으로 기후변화가 runoff(徑流)에 미치는 영향을 평가하는 분포식 수문모형이다[23-27]. 이 모형은 많은 지역에서 검증·응용되고 있으며, 모형 피라미터의 그리드화 특성은 기후 모형 내포에 유리하고, 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 평가하는데 유리하다.

연구에서는 먼저 원격탐지, DEM(수치표고자료)와 기후자료(출처는 국가기상국 정보센터)를 이용하여 50km×50km의 Grid(网格) 척도에서 VIC 모형에 필요한 기후변수, 식생변수, 토양변수에 대해 측정하였다. 다음에는 강수량, 온도 및 유량 자료를 이용하여 전국 서로 다른 기후지역 60개 전형적인 유역의 VIC 모형 수문 변수의 비율을 확정하여 역사적인 유량 과정을 시뮬레이션하였고, 동시에 실제 유량과 비교를 하였다. 결과적으로 VIC 모형에 기초하여 전국적으로 기후변화가 runoff(徑流)에 미치는 영향을 평가하는 것은 가능하다. 그 다음에는 기후와 토양을 구분하여 비슷한 것들은 그룹으로 묶어 분석하면 전국은 41개 수문변수구역[28]으로 구분할 수 있다. 동시에 동일한 수문변수 구역에서는 이미 정해져 있는 수문 변수의 평균을 구하여 그것을 동일한 다른 구역의 기타 Grid(网格)에 응용함으로써 자료가 없는 지역에서 수준 변수로 도입할 수 있었다. 마지막으로는 전국의 각 Grid(网格) BS(1961-1990년), A2(2011-2050년), B2(2011-2050년) 상황의 일일 runoff(徑流) 수심(지표와 지하의 수심)의 시뮬레이션을 실시하였다.

1.7 모형간 연관성과 처리

1.7.1 향후 각 성과 Grid(网格)의 농업용수 수량

분석을 간단하게 하기 위하여 각 Grid(网格)의 연간 runoff(徑流)의 수심을 그 Grid(网格)의 연간 수자원 총량으로 간주하였다. 식(1)에 따라 전국 10개 주요 유역의 수자원 총량을 계산하였다.

$$S_j = \sum_{k=1}^{n} (R_k \times A_k) \qquad (1)$$

여기서 Sj 는 유역 j (전국을 10개 유역으로 나눔)의 연간 수자원 총량, n는 유역 j에 포함되어 있는 Grid(网格)의 수, R_k는 Grid(网格) k의 연간 유심(流深), A_k는 유역 j에서의 Grid(网格) K의 면적이다.

중국은 성 단위로 수자원을 배치하였기에 식(2)에 근거하여 i 성이 농업에서 사용 가능한 수자원 AWP_i 을 계산하였다.

$$AWP_i = \left(\sum_{i=1}^{n} (S_j \times R_j \times P_{ij}) \right) \times (aw_i / t_i) \quad (2)$$

여기서 AWP_i는 i성의 농업에서 사용 가능한 물의 총량을 나타낸다. 많은 성이 여러 개의 유역에서 물을 취수하기 때문에 n은 i성의 취수가능한 유역 수를 나타낸다. P_{ij}는 i성의 유역 j에서의 취수량(取水量), R_j는 유역 j의 수자원 개발 비율로 본 수리부(水利部) 수리정보센터의 1994-2007년 수자원 동안의 관측 평균치를 이용하였다. S_j는 식(1)에서 도출되었으며, t_i는 i성의 수자원 수요 총량을 나타낸다. aw_i는 i 성의 농업에서 수요하는 물의 총량을 나타낸다. t_i, aw_i는 중국의 사회발전 상황 예측에서 도출한 것이다.

i성 내 k Grid(网格)의 농업에서 사용 가능한 물 총량 AWG_k는 식(3)에 따라 계산한다.

$$AWG_k = AWP_i \times (IA_k / IA_i) \quad (3)$$

여기서 IA_k 는 k Grid(网格)의 잠재적인 최대 관개면적(2000년의 조사 수치로서 전국농업조사팀에서 제공한 각 현의 수치를 이용하여 구체적으로는 각 현 관개면적이 재배면적에서 차지하는 비중에 따라 계산하였음), IA_i는 i성의 전체 관개면적을 나타낸다.

1.7.2 향후 각 Grid(网格)의 경지면적

향후 k Grid(网格)의 경지면적 A_k'는 해당 Grid(网格)가 위치한 성의 경지분배 계수 q_i 와 해당 Grid(网格)가 보유하고 있는 경지면적 A_k로부터 결정된다. 즉,

$$A_k' = (1 - q_i) \times A_k \quad (4)$$

위 식에서 i성의 경지분배 계수 q_i는 식(5)로부터 얻는다.

$$q_i = \triangle L_i / A_i \quad (5)$$

위 식에서 ΔL_i 는 i성의 경지 감소 총량을 나타내며, 사회발전 상황 예측에서 도출하였다. A_i는 i성이 보유하고 있는 경지면적을 나타낸다.

1.7.3 향후 각 Grid(网格)의 식량 총생산량 계산

향후 k Grid(网格)의 연간 식량 총생산량 P는 식(6)에 의해 도출한다.

$$P_k = Y(rice)_k \times a(rice)_k + Y(wheat)_k \times a(wheat)_k + Y(maize)_k \times a(maize)_k + Y'(mheat)_k \times a'(mheat)_k + Y'(maize)_k \times a'(maize)_k \quad (6)$$

여기서 Y와 Y'는 각각 작물의 관개면적 단수와 강수의존면적 단수를 나타낸다. a와 a'는 각각 관개면적과 강수의존면적에서의 파종면적을 나타낸다. 중국 경작제도의 복잡성으로 인하여 본 연구에서 3대 식량작물의 강수의존면적과 관개면적은 다음과 같은 가정(작물 윤작 등 상황은 고려하지 않음)하에서 계산하였다. ① 작물모형으로 계산한 k Grid(网格)의 벼의 물 수요량(DWG_k)이 농업용수 총공급량(DWG_k)을 초과할 경우 K Grid(网格)의 벼의 면적을 최대 관개면적으로 간주하고, 밀과 옥수수의 면적은 0으로 한다. 만약 벼의 물 수요량이 농업용수 총

공급량 보다 작을 경우 벼 재배에 필요한 전체 물 총량 외의 나머지 부분은 밀과 옥수수에 평균적으로 배분하며, 이에 근거하여 밀과 옥수수의 관개면적을 계산한다.② K Grid(网格)의 나머지 관개하지 않은 면적은 평균적으로 강수의존 밀과 옥수수 면적으로 배분한다.

2. 결과와 분석

기후변화율이 결과에 미치는 영향을 제거하기 위하여 본 연구는 1961-1990(BS)년 동안의 평균치를 기준으로 하여, 2011-2030(2020s)년 동안의 평균치를 미래의 단기, 2031-2050(2040s)의 평균치를 미래의 중기로 간주하여 분석을 하였다.

2.1 기후변화가 3대 식량작물의 단수에 미치는 영향

기후조건의 변화에 따라 3대 식량작물의 단수 변화는 그림2(a는 CO_2의 비료효과를 고려하지 않음, b-는 CO_2의 비료효과를 고려함)에서 보는 바와 같이 옥수수의 경우 강수의존 옥수수의 평균 단수는 기준시기 BS에 비해 다소 감소하고, 2040s 시기에는 그 감소폭이 더 커지지만 -5%를 초과하지는 않는다. 반면 관개를 통해 재배한 밀은 B2 상황의 평균 단수는 다소 감소하지만, A2 상황에서는 다소 증가되었고, 특히 2020s 시기에 그러하다. 벼의 단수는 B2 상황에서는 점차 감소하며, 2040s 시기에는 약 10% 정도 감소한다. A2 상황에서는 선 증가 후 감소 추세가 나타나는데 이러한 결과는 CO_2 농도 및 온도의 상승과 관련이 있다.

관개방식과 강수의존 방식을 비교했을 경우, 밀과 옥수수는 모두 강수의존 방식일 때 단수 감소폭이 더 컸으며, 변화 폭도 더 컸다. 이는 향후 강수의존 작물의 생산량이 받을 충격이 더 클 것이며, 양호한 관개시설은 높고 안정적인 단수를 보장할 수 있는 요인임을 설명해준다. 3대 식량작물의 관개시설을 보장했을 경우를 상정하면 벼가 받는 충격이 더 크며, 생산량도 상대적으로 취약하다. 위와 같은 두 가지 정황으로 볼 때 2020s 시기 3대 식량작물의 단수 변화는 그렇게 뚜렷하지 않지만, 2040s 시기에 기후변화 영향이 점차적으로 뚜렷하게 나타나 큰 파동을 가져올 가능성이 있다.

만약 CO_2 비료효과(그림2-b)를 고려하면, 향후 옥수수의 평균 단수 변화는 크지 않다. 그러나 밀의 단수 증가는 뚜렷하며, 특히 강수의존 밀은 B2 상황에서 2040s시기에 단수 증가폭이 30% 이상이다. 벼의 경우 단수는 다소 증가하는데, 특히 A2 상황에서 증가폭이 5-10% 정도일 것으로 예측된다.

그림2-a와 2-b를 비교했을 경우, CO_2의 비료작용이 작물의 단수에 미치는 영향은 무시할 수 없으며, 이러한 영향은 밀에서 제일 뚜렷하게 나타나 최고 37% 정도에 달한다. 반면 벼의 경우 최고 15% 정도이며, 옥수수는 10% 정도이다. 3대 식량작물의 생산량 증가폭에도 차이가 있는데 이는 CO_2 비료효과가 C3작물(예를 들면 밀,벼)에 미치는 효과가 C4(예를 들면 옥수수)에

비하여 더 큰 것과 관련이 있다[29-30]. 비료효과는 강수의존 작물에 미치는 영향이 더 뚜렷한데 이는 CO_2 비료효과가 수분 이용효율을 제고시키는 것과 관련이 있다[30].

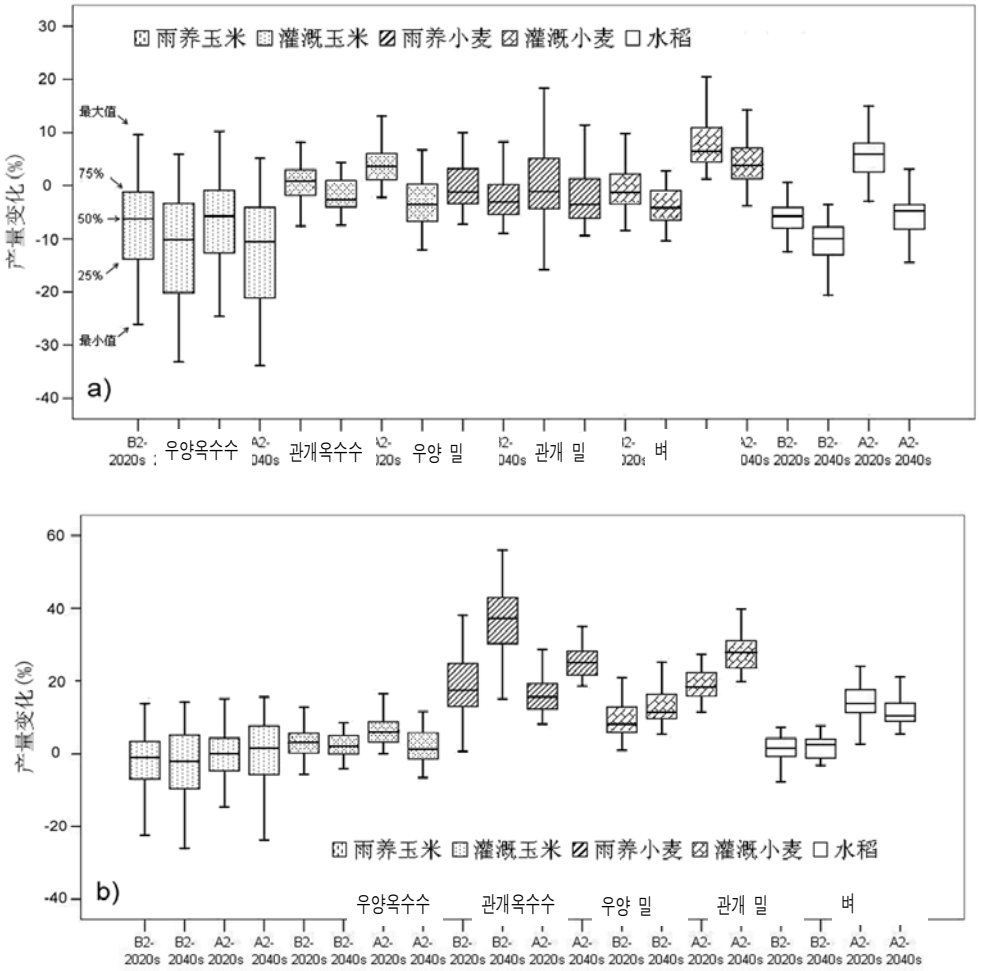


그림2 A2와 B2상황에서 서로 다른 시기에 3대 식량작물의 단수의 변화,
(a : CO_2 비료효과를 고려하지 않음, b : CO_2 비료효과를 고려함)

2.2 기후변화, 수자원, 사회경제발전이 3대 식량작물의 관개면적에 미치는 영향

기후변화, 수자원, 사회경제발전은 3대 식량작물의 물 수요량과 농업용수 사용 가능량에 영향을 미쳐 3대 식량작물의 관개면적의 변화를 초래할 것이다. 표3에서 보는 바와 같이 2020s, 2040s 시기의 A2와 B2상황에서 3대 식량작물의 관개면적에 변화가 나타나는 것을 알 수 있다. CO_2 비료효과를 고려할 경우, B2 상황에서 향후 벼와 관개 옥수수 및 밀의 파종면적은 다소 증가, 강수의존 옥수수 파종면적은 대폭 증가될 것이다. A2는 B2 상황의 변동 추세와 비슷하

지만 파동폭이 좀 더 크다. A2 상황에서 2040s 시기의 벼의 파종면적은 40% 감소하지만 강수의존 옥수수는 40% 넘게 증가할 것이다. 이는 A2 상황에서 고 배출량, 빠른 인구 증가 및 고속경제성장 등으로 농업 부분의 물 사용 가능량이 급감하여 초래되었을 가능성이 있다.

CO_2 비료효과를 고려하지 않았을 경우, A2, B2 상황에서 향후 3대 식량작물의 면적변화는 CO_2비료 효과를 고려했을 때와 그 추세가 일치한다. 단지 A2 기후 상황에서 강수의존 밀옥수수의 파종면적의 증가폭이 감소하는 것 외에 나머지는 변동 폭이 모두 다소 증가한다. 이는 일정한 농도의 CO_2 비료효과가 작물의 수분이용률을 제고하고, 작물의 물 수요량을 감소시키는 것과 관련이 있을 가능성이 있다.

표3 향후 중국의 3대 식량작물의 관개면적 변화 백분율(BS와 비교)

	시기	A2(중-고 배출량)					B2 (중-고 배출량)				
		논변화(%)	관개면적(%)		강수의존면적(%)		논면적(%)	관개면적(%)		강수의존면적(%)	
		벼	밀	옥수수	밀	옥수수	벼	밀	옥수수	밀	옥수수
CO_2 비료효과 고려	2020s	-27.83	1.87	-4.52	21.83	30.71	-3.33	-3.08	-6.06	1.20	3.26
	2040s	-37.32	-2.98	-11.38	31.49	42. 97	-13.79	-10.19	-10.16	9.95	12.73
CO_2 비료효과 고려하지 않음	2020s	-30.25	-6.34	-12.68	11.21	19.03	-8.00	-6.99	-12.92	9.11	12.78
	2040s	-41.40	-17.75	-26.03	10.24	23.41	-19.64	-15.87	-19.00	16.58	21.87

2.3 기후변화, 수자원, 사회경제발전이 식량생산에 미치는 종합적인 영향

향후 기후변화, 수자원, 사회경제발전이 중국의 식량생산에 미치는 종합적인 영향은 그림 3에서 볼 수 있다. 그림 3-a는 CO_2비료효과를 고려했을 경우 향후3대 식량작물의 총생산량의 변화를 나타낸 것이다. 3대 식량작물의 생산량은 2000년(FAO) 생산량과 시뮬레이션한 BS(1960-1990년)의 평균 생산량의 차이가 별로 크지 않은데 이는 모형 시뮬레이션 결과가 비교적 좋다는 것을 의미하며, 시뮬레이션 결과와 실제의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않는다. 만약 기후변화의 영향을 고려하지 않을 경우, 3대 식량작물의 생산량은 BS시기에 비하여 뚜렷하게 증가하며, 벼 23-38%, 밀 8-25%이며, 옥수수는 다소 감소한다. 두 가지 상황을 비교하면 A2 상황의 변동 폭이 더 큰데 이는 향후 기후변화로 온도가 상승하고 열량조건이 개선되어 CO_2 농도가 높아지고 광합성효율이 높아져 작물의 성장 발육에 유리하여 식량생산량이 증가할 수 있다는 것을 의미한다. 생산량 증가 폭의 차이는 CO_2 비료효과가 C3 작물에 미치는 영향이 더 크다는 것을 의미하며 이는 선행연구 결과와 비슷하다[29-30].

기후변화와 수자원의 변화를 동시에 고려하는 경우 기후변화의 영향만을 고려했을 때와 비교하여 3대 식량작물의 생산량 증가의 변동폭은 뚜렷이 낮아져, 약 8-15% 정도 감소하는 것으

로 나타났지만 BS시기 보다는 여전히 높다. 향후 수자원의 변화는 기후변화로 인하여 나타날 수 있는 양호한 조건들을 상쇄할 것이며, 향후 수자원의 결핍이 생산량에 미치는 영향은 무시할 수 없으며, 일부 지역(화북, 서북 등)에서는 이것이 식량생산의 제약요인이 될 것이다.

수자원의 영향으로 인한 벼의 생산량 감소는 시기와 상황에 따라 서로 다르게 나타난다. B2 2020s(-2%) < B2 2040s(-11%) < A2 2020s(-215) < A2 2040s(-30%)이며, 이는 소비자들의 쌀에 대한 소비 습관 등에도 영향을 미칠 것이다. 밀과 옥수수의 경우 시기와 상황별로 모두 생산량이 증가한다. 밀의 증가폭이 더 뚜렷하며 A2 상황의 2040s 시기에 최대인 평균 45% 증가한다. 이러한 변화는 주로 수자원 결핍으로 논 면적이 축소되고 더 많은 경지가 강수의존 옥수수와 밀재배로 바뀌었기 때문이다. 두 가지 기후상황을 서로 비교했을 경우 A2 상황에서 벼 생산량의 감소가 더 크며, 밀과 옥수수의 증가는 더욱 뚜렷하다. A2 상황에서 수자원으로 인한 모순은 더욱 치열해 질 것으로 보이며, 따라서 지속가능한 발전을 견지하는 것이 필요하다.

기후와 수자원의 변화에 토지이용 변화요인을 추가하면 두 기후 상황에서 3대 식량작물의 생산량은 더욱 감소하지만 그 폭은 수자원 변화로 인해 나타나는 감소폭에 비해서는 뚜렷하게 작다. 이는 토지이용이 향후 식량생산에 미치는 영향이 수자원의 영향보다 작음을 의미하며, 일부지역에서 식량생산을 제약하는 주요한 요인이 수자원임을 알 수 있는데 이러한 연구 결과는 선행 연구결과와 비슷하다[10].

그림 3-b은 CO_2 비료효과를 고려하지 않은 것으로 각기 다른 상황과 요인이 3대 식량작물 생산량 미치는 영향을 보여주는 것이다. CO_2 비료효과를 고려한 것과 비교했을 경우 비슷한 추세를 나타내지만 생산량의 변화폭에 있어서 다소 차이가 있다. 예를 들면 기후변화의 영향을 고려할 경우 향후 3대 식량작물의 식량생산량은 BS 시기수준보다 여전히 높지만, 총생산량과 각 작물의 생산량의 변화폭은 비료효과를 고려했을 때보다 뚜렷하게 작게 나타난다. 또한 수자원과 토지이용변화 요인을 고려했을 경우 그림 3-a와 비교하면 3대 식량작물의 생산량은 뚜렷하게 감소하여 BS 시기수준보다도 낮다. CO_2 비료효과가 작물 생산량에 미치는 영향은 무시할 수 없음을 알 수 있으며, 기후 변화로 인한 불리한 영향도 완화시켜줄 수 있음을 볼 수 있고, 동시에 수분이용 효율을 제고시켜 작물의 생산량을 제고시킬 수 있는데 이러한 효과는 본 연구 결과에 따르면 최대 11% 정도이다. 향후 CO_2 비료효과에 대한 연구를 좀 더 확대하여 미래 변화에 좀 더 잘 적응할 필요가 있다.

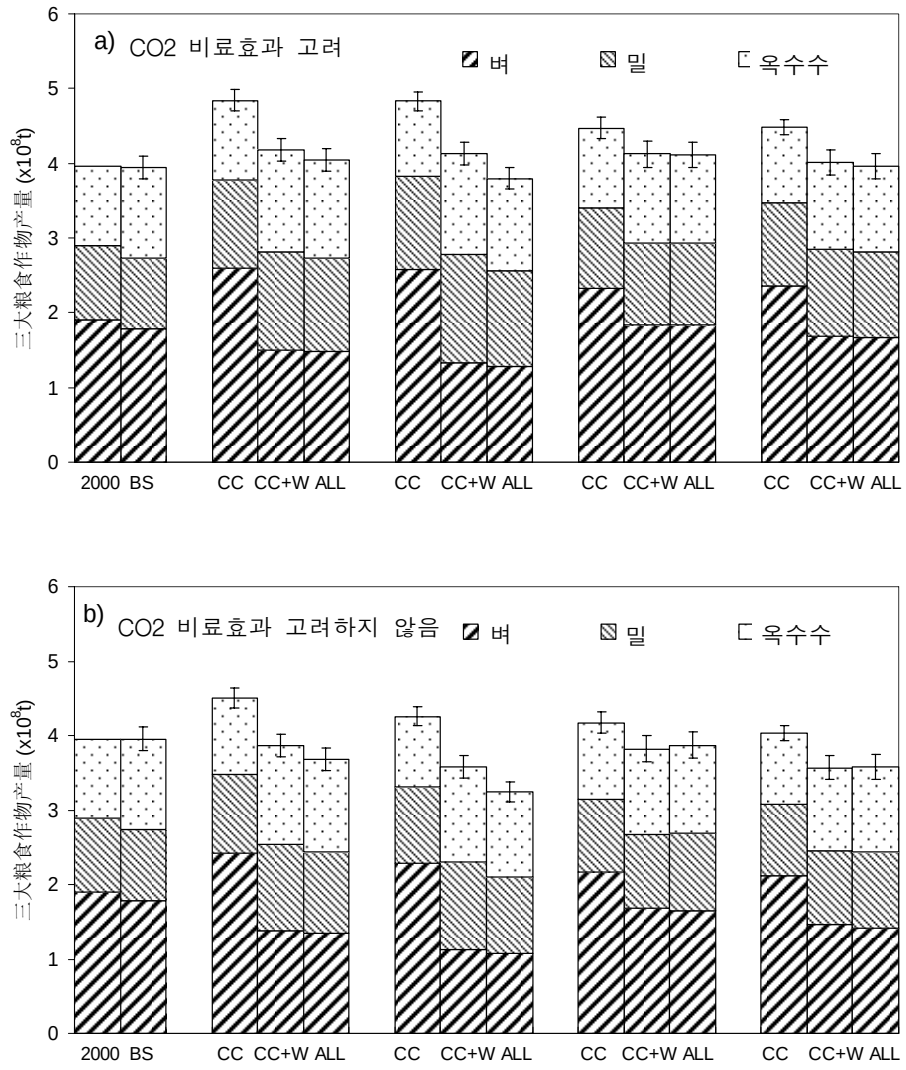


그림3 기후변화, 수자원, 사회경제발전이 3대 식량작물 생산에 미치는 종합적인 영향(CC : 기후변화 영향을 고려, CC+W:기후변화와 수자원의 공동영향을 고려 ; ALL : 기후변화, 수자원, 토지이용의 종합적인 영향을 고려)

3. 결론과 토론

본 연구는 시뮬레이션을 이용하여 향후 중국의 사회발전계획에 따라 각기 다른 기후변화 모형, 수자원 모형, 향후 사회경제발전상황 및 작물모형을 연계하여 3대 식량작물의 생산에 대한 종합적인 평가와 분석을 진행하였으며 아래와 같은 결과를 도출하였다.

1) 기후변화는 3대 식량작물의 단수에 영향을 미치며, CO_2 비료효과를 고려하지 않을 경우 밀, 옥수수 두 가지 작물은 모두 강수의존방식으로 할 경우 단수가 더 크게 감소하는 것으로 나타났으며, 향후 강수의존 작물의 단수는 더 큰 충격을 받을 것이다. 관개조건이 보장된 3대 식량작물인 경우 향후 벼에 미치는 충격이 더 커 단수 감소도 훨씬 많은데 특히 A2 상황에서 더 뚜렷하다. CO_2 비료효과를 고려할 경우 향후 옥수수의 평균 단수 변화는 크지 않으며, 밀은 단수 증가가 뚜렷한데 특히 강수의존 밀이 더욱 뚜렷하다. 벼도 단수가 다소 증가한다.

2) 향후 기후변화, 수자원, 사회경제발전은 3대 식량작물의 관개면적에 일정한 변화를 초래할 것이며, 벼와 관개 옥수수 및 밀의 파종면적은 모두 감소될 것이고, 그 가운데서 벼의 감소폭이 제일 크다. 그 다음으로는 관개 옥수수이며, 강수의존 밀과 옥수수의 파종면적은 다소 증가될 것이고 특히 옥수수의 증가폭이 제일 크다.

3) 향후 기후변화, CO_2 비료효과, 수자원, 토지이용변화 요인가운데 기후변화와 CO_2 비료효과는 작물의 생산량을 증가시킬 수 있다. 반면에 수자원은 작물의 생산량에 가장 불리한 영향을 미쳐 3대 식량작물의 생산량의 뚜렷한 감소를 초래하여 향후 식량생산을 제약하는 주요한 요인이 될 것이고 특히 벼 생산을 제약할 것이다. 토지이용 변화가 생산량에 미치는 영향은 비교적 작다. 향후 기후 상황에서 벼 생산량이 받는 충격이 제일 커 일정한 정도로 감산될 것이고, 가장 크게는 -30% 이상 감소될 것이다. 밀과 옥수수의 경우 일정한 정도로 증산될 것이며, B2 상황에서는 고 배출량을 상정한 A2 상황에 비해 변화 폭이 작다.

참고문헌 (References):

[1] Wang FT. Climate change and Chinese food production. Chinese Rural Economy, 1996, 11: 19-23.

[2] Xiong W, Matthew R, Holman I, etal. Modelling China's potential maize production at regional scale under climate change. Climatic Change, 2007, 85 (3-4): 433-451.

[3] Xiong W, Lin ED, Ju H, et al. Climate change and critical thresholds in China's food security. Climatic Change, 2007, 81 (2): 205-221.

[4] Yao FM, Xu YL, Lin ED, et al. 2007. Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China. Climatic Change,2007,80(3-4):395-409.

[5] Lin ED, Xiong W, Ju H, et al. Climate change impacts on crop yield and quality with CO_2 fertilization in China. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences,2005,360:2149-2154.

[6] Wang Zheng, Zhen Yiping. Impacts of global change on China's food security. Geographical Research, 2001 20(3): 282-289.

[7] Cai Chenzhi. Cropping system and food security. Chinese Agricultural Press, 2006.

[8] Parry M, Rosenzweig C, Livermore M. Climate change, global food supply and risk of hunger. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, SeriesB, 2005,360:2125-2138.

[9] Fischer G, Shah M, Tubiello FN, et al. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, SeriesB, 2005, 360:2061-2083.

[10] Rosenzweig C, Strzepek KM, Major DC, et al. Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. Global Environmental Change, 2004, 14: 345-360.

[11] Barry S, Cai Y. Climate change and agriculture in China. Global Environment Change 1996,6:205-214.

[12] Nakicenovic N, Swart R. Special Report on Emission Scenarios. London: Cambridge University Press, 2000.

[13] Cholaw B, Cubasch U, Lin Y H, et al. The change of North China climate in Transient simulation using the IPCC SRES A2 and B2 scenarios with a coupled atmosphere-ocean General Circulation Model. Advances in Atmospheric Sciences, 2003, 20(5): 755-766.

[14] Cholaw B. Simulation of the future change of East Asian monsoon climate using the IPCC SRES A2 and B2 scenarios. Chinese Science Bulletin, 2003, 48 (10): 1024-1030.

[15] Jones RG, Noguer M, Hassell DC, etal. Generating high resolution climate change scenariosusing PRECIS,2004, Met Office Hadley Centre, Exeter,UK,2001.35pp.

[16] Xu YL. Setting up PRECIS over China to develop regional SRES climate change scenarios. In: Proceeding softheinter national workshop: Prediction of Food Production Variationin East Asiaunder Global Warming, Tsukuba, Japan,2004,pp.17-21.

[17] Gaffin SR, Rosenzweig C, Xing XS, et al. Downscaling and geo-spatial Grid(网格)ding of socio-economic projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). Global Environment Change, 2004 14: 105-123.

[18] Ritchie JT, Baer BD, Chou TY. Effect of global climate change on agriculture Great Lakes Region. Smith JB. Tirpak DA (eds). The Potential Effects of Global Climate Change on the United States: AppendixC – Agriculture. Washington DC: USEPA,1989.1~25.

[19] John H, Retchie JT. Modeling plant and soil systems Madison, Wiscons, USA. 1991

[20] Ritchie JT, Singh U, Godwin DC, et al. Cereal growth, development and yield. In: GordonYT,GerritH ,PhilipKT.(Eds.) Understanding Optionsfor Agricultural Production .Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1998.79-98

[21] Xiong W, Holman I, ConwayD, etal. A cropmodel cross calibration for use in climateim pacts studies. Ecological Modelling, 2008, 213:365-380.

[22] Xiong W, Conway D, Holman I, et al. Evaluation of CERES-Wheat simulation of wheat production in China.AgronomyJournal,2008,100(6):1720-1728.

[23] Wood EF, Lettenmaier DP, Zartarian VG. A Land-surface hydrology parameterization with subGrid(网格) variability for general circulation models. Journal of Geophysical Research, 1992, 97(D3): 2717-2728.

[24] Liang X, Lettenmaier D P, Wood E F, et al. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. Journal Geophysical Research, 1994, 99(D3): 14415-14428.

[25] Liang X, Wood EF, Lettenmaier DP. Surface soil moisture parameterization of the VIC-2Lmodel:evaluationandmodification.GlobalPlanetChange,1996,13(1):195-206.

[26] Liang X, Xie Z. A new surface runoff(徑流) parameterization with subGrid(网格) – scale soil heterogeneity for land surface models. Advances in water resources, 2001, 24(9-10): 1173-1193.

[27] Liang X, Xie Z. Important factors in land –atmosphere interactions: surface runoff(徑流) generations and interactions between surface and ground water. Global and planetary change, 2003, 38(1): 101-114.

[28] Su F, Xie ZH. A model for assessing effects of climate change on runoff(徑流) in China. Progressin Natural Science, 2003,13(9):701-707.

[29] Wechsung F, Garcia RL, Wall GW, et al. Photosynthesis and conductance of spring wheat ears: Field response to free-air CO_2 enrich mentand limitation sin water and nitrogen supply. Plant Cel lEnvironment,2000,23:917-929.

[30] Bai Liping, Lin Erda. The effects of CO_2 concentration enrichment and climate change on the agriculture. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2003, 11(2): 132-134.

녹색성장을 위한 제주지역 친환경 농산물 수급체계 구축방안

- 제주형 CSA(community supported agriculture)를 중심으로-

강승진
제주발전연구원 연구위원

Ⅰ. 문제의 제기

○ 저탄소 녹색성장을 위한 녹색성장 추진방향은 크게3개 분야(신성장 동력확충, 삶의 질과 환경 개선, 국가위상정립) 10대 정책방향으로 나눌 수 있음

○ 이중 9대 정책방향인 생활의 녹색혁명 세부내용에서 친환경유기농 중심의 녹색마을 만들기가 전개·추진중임.

○ 제주지역의 산업구조는 대부분 1차와 3차 산업으로 구성되어 있는 특징을 가지고 있으며, 이중 1차 산업을 녹색성장 육성산업으로 추진하고자 하지만 특별한 방안이 없는 실정임

○ 제주지역은 농업이 차지하는 비중이 타지역에 비해 매우 높아 개방화에 따른 국제경쟁력과 부가가치를 높이기 위해서는 친환경 지역농산물을 가지고 농가소득 증대와 더불어 지역경제 활성화에 기여할 방안모색이 요구됨

○ 이를 위해서는 생산자인 농민과 소비자가 함께할 수 있는'생산·소비 융합모델'의 하나인 도농교류형태를 통한 접근이 가능하며, 생산자인 농민과 소비자인 도시민간의 교류, 즉 도농교류는 농민이 처해있는 어려움과 도시민이 직면해 있는 안전한 농산물소비와 건강한 식습관 형성 등의 문제를 동시에 해결할 수 있는 하나의 방안으로 여겨짐

○ 이러한 맥락에서 녹색성장을 위한 친환경농산물 수급체계 구축을 위해 도농교류의 한 형태로 미국에서 발전하고 있는 CSA (community supported agriculture)에 대해서 살펴보고 제주지역에 적합한 도입방안을 모색하고자 함

Ⅱ. 로컬푸드 개념과 지역경제 효과

1. 로컬푸드의 개념

○ 지역에서 생산한 생산물과 그 가공품 그리고 음식까지 포함하여 지역에서 농민에 의해 생산된 먹거리를 가능한 지역내에서 소비하는 것임

○ 농민의 안정된 소득과 소비자의 식품안정을 보장, 이동에 따른 환경오염의 절감, 생산·유통·가공·소비의 지역내부연결을 통해 지역순환경제 활성화와 일자리 창출의 효과가 있음

○ 로컬푸드는 기존의 지역개발 한계를 극복하고 새로운 지역사회 대응전략의 가능성을 보여주며 주민참여와 지역통합적 연계 그리고 약자에 대한 배려가 전제조건임

2. 로컬푸드 운동과 지역경제 효과

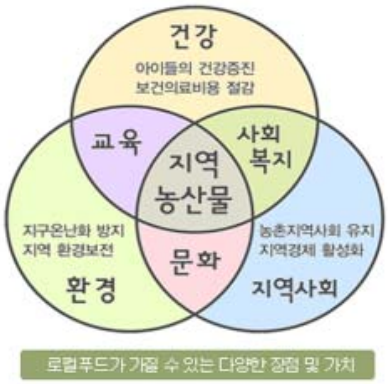
○ 자원순환 및 지역내 자급 촉진

○ 친환경농산물 육성 및 안전농산물을 저렴하게 공급

○ 고용창출과 지역자원 활용 촉진

○ 식농(食農)교육 및 인간교육 촉진

○ 건강증진 실현, 식문화 및 지역문화의 복원



3. 로컬푸드 운동의 사례

○ 생산자 직판장(Farmer's Market)

○ 공동체 지원농업(CSA/미국), 지산지소 운동(소비자 제휴(teikei) 운동/일본)

○ 도시농업(Urban Agriculture), 동네부엌, 지역레스토랑(Farm to Cafeteria)

○ 협동조합(Co-op), 공동체 텃밭(Community Garden/캐나다)

○지역화폐(LETS)

III. CSA의 국내·외 사례 및 시사점

1. CSA 개요

1) CSA(community supported agriculture) 의미

○ CSA는 소비자회원들이 계약회원이 되어 농민(생산자)과 결합하는 형태 이며, 회원들은 영농철이 시작되기 전에 회비를 모아1년 영농비를 농민에게 제공하고, 농민은 농장의 수확물을 도시소비자에게 공급하며, 일부회원들은 회비대신 노동력을 제공하기도 하는 것임

○ CSA의 특징은 소비자가 영농의 위험을 공유하고, 농장과 영농에 대해 공동의 책임을 진다는 점(자연적 천재적인 조건)이며, 소비자들은 단지 회비를 내는 것에 그치지 않고 생산자인 농민과 지속적으로 만나서 영농에 대한 의견을 나누고 소비자들의 요구사항을 영농에 반영함

2) 역 사

○ CSA는 1960년대 초 독일·스위스·일본에서 음식안전과 농지의 도시화로 인한 걱정에 대한 해답으로 시작되었음.

○ 1984년에 Jan Vander Tuin이 유럽에서 CSA의 개념을 도입했을 때 이 아이디어는 미국에서 뿌리를 내렸음.

○ CSA라는 신조어는 Vander Tuin와 공동창시자인 Robyn Van En이 소유한 Great Barrington CSA에서 탄생되었으며, 이 시기에 CSA농장들이 북미 전역에 만들어 졌고 특히 북동쪽과 태평양 연안, 중서부의 위쪽, 캐나다에서 성행하였음.

3) CSA 유형

○ 공동체지원농업(CSA)은 4가지 형태가 있다. 농민주도형, 회원 주도형, 농민들의 협동조합형, 농민-회원의 협동조합형이 있음.

<표 1> 공동체지원농업의 유형

유 형	내 용
농민 주도형	농민이 공동체지원농업의 프로그램을 조직하는 것으로 농민이 회원을 모집하고 모든 의사결정을 하는 형태임. 그리하여 농민이 어느 작물을 경작하여 배분할 것인지를 결정하는 형태임.
회원 주도형	지역주민들이 공동체지원농업 프로그램을 조직하여 그들이 원하는 특별한 작물을 경작할 농민을 고용하는 형태임. 회원들이 대부분의 의사결정을 하는 형태임.
농민들의 협동조합형	여러 가지 형태의 농민이 지역사회농업 프로그램을 조직하는 형태임. 이것은 농민들이 다양한 농산물을 회원소비자들에게 제공할 수 있다는 장점이 있음.
농민-회원의 협동조합형	지역사회 주민과 농민이 협력하여 공동체지원농업 프로그램의 자원을 소유하고 함께 프로그램을 운영하는 형태임.

National Alternative Agriculture. (2008). Community Supported Agriculture. http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/csa/csa.shtml

4) CSA의 운영과정

○ 품목, 생산비, 생산량 등 제반 사항을 소비자와 생산자가 함께 논의하여 연간 영농계획을 공동으로 수립하며, 기본적으로 농산물을 받기 전에 소비자 회원은 선금(영농자금)을 지불함

○ 통상 매주 수확되는 다품목 농산물을 거점 집하장이나 가정으로 배송하고, 일반적으로 영농계획이 확정된 이후, 수량과 품목의 선택 자유가 제한됨

○ 소비자들은 정기적인 일손돕가체험 등의 형태로 영농활동에 적극 참여하며 (영농 및 유통에 필요한 노동력 제공할 경우 회비 일부 감면), CSA는 연대와 협동정신을 바탕으로 농민과 소비자회원이 공동 부담하여 가난한 사람이나 복지기관 등이 무료/저렴한 회비로 참여 가능함

⇒ CSA는 다른 유형에 비해 생산자와 소비자의 신뢰가 매우 중요하고, "소비자가 곧 생산자이다"라는 마인드를 필요로 함.

5) 공동체지원농업(CSA)이 주는 이점

○ 공동체지원농업은 여러 가지 형태가 있지만 농민, 소비자, 지역사회에 다음과 같은 이점을 주고 있음.

○ 농민들에게는 첫째, 소농, 시간제 겸업농, 새로 영농에 정착한 농민에게 새

로운 기회 및 소규모 농가나 영농후계자, 파트타임 농가에게 유용한 영농의 기회 제공과 둘째, 재래적인 영농을 하는 농민들을 위하여 공동체지원농업은 영농을 다각화할 기회 제공 및 채소과일·육류·계란 등 생산하는 농가들에게 많은 도움과 관행적인 농업을 하는 농가들에게는 영농을 다양화할 수 있는 기회를 제공함. 셋째, 공동체지원농업은 생산자가 직거래를 통하여 더 많은 market share를 갖게 함.

○ 지역사회주민인 회원 소비자들에게 첫째, 소비자는 신선하고, 안전한 농산물을 제공받을 수 있고, 둘째, 소비자에게 학습기회를 부여하며, 많은 CSA 농장은 농작물 재배와 관리를 회원 소비자들이 직접 하도록 하고 있음. 셋째, 농민과 소비자들이 위험요소를 분산시켜 지역식품체계를 안정시키고, 소비자들은 작물흉작에 대한 위험이 있지만 풍작일 때는 많은 이득이 공유하는 이점이 있음.

○ 지역사회에 첫째, 회원들에게 신선·건강에 좋은 농산물을 제공하는 것 이상으로 개인들의 삶과 지역사회에 활력 제고가 되고, 둘째, 공동체지원농업을 통하여 농촌 지역사회 공동체에서 살아가는 농촌주민들의 일상적인 삶의 변화와 지역사회 공동체의 활동에 대한 적극적인 참여를 견인을 제공함. 셋째, 공동체지원농업은 인간 공동체가 영농이나 자연과 보다 더 친밀해지게 하고, 넷째, 공동체지원농업은 지역사회의 소규모 활동의 연결망을 급속하게 신장시켜 세계화된 다국적 식품체계에 대응하여 균형을 이루게 하며, 다섯째, 지역사회에 다양한 작물이 생산될 수 있는 영농방식을 유지시켜 줌으로써 지역사회 생물다양성이나 영농 전문가를 존중하게 함

2. CSA의 국내·외 운영사례 및 시사점

1) 미국의 공동체지원농업(CSA)과 미네소타 주 무어헤드시의 Old Trail Market의 사례

(1) 미국 공동체지원농업(Community Supported Agriculture) 개요와 현황

○ 공동체지원농업은 지역사회식품체계(local food system)의 한 형태로서 미국에서 빠르게 성장하고 있는 지역사회 공동체를 지향한 농업 경영체의 한 가지 유형으로, 식품·자연·사회의 새로운 혼합을 만드는 것으로서 새로운

영농형태에 대한 아이디어를 제공하고 있음

○ 공동체지원농업은 농촌지역에서 주목받고 있는 대안적인 농업이면서 직거래 방법이고, 이것은 농민과 소비자가 상호 신뢰를 바탕으로 지역사회 식품체계를 통한 지역사회 공동체를 구현하고자 한 것이며 지역사회지원 농업과 같은 영농의 방식은 현재 전 세계적으로 점점 확산되고 있는 추세임

○ 1975년 스위스를 시작으로 일본 확대되었고 1986년 미국의 메사츄세추 Indian Line Farm에서 시작되었으며, 그 당시에는 단지 2개이던 공동체지원농업은 점점 확대되어 1992년 200개, 2000년에는 약 600여개, 2003 12월 미 농무성에 등록된 총 농장은 985개, 2006년에는 1,140개로 증가하고 있음.

<표 2> 미국 공동체지원농업 현황 (단위: 개)

년도	1986년	2000년	2001년	2003년	2004년	2005년	2006년
개수	2	600	761	985	1,034	1,144	1,140

자료: National Alternative Agriculture. (2008). http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/csa/

(2) 미네소타 Old Trail Market 공동체지원농업 사례 및 시사점

○ 미국 미네소타(Minnesota)주에서 동쪽 끝에 노스다코타주와 주경계를 접하고 있는 무어헤드(Moorhead)시에서 운영되고 있는 Old Trail Market은 공동체지원농업의 좋은 사례임

○ Old Trail Market는 란돌프 프롬스트필드(Randolph Probstfield)에 의해 처음 시작되었으며, 그는 채소, 화훼, 담배와 같은 것을 재배하여 자급자족적으로 운영되는 농장을 만드는 꿈을 가지고 있었음

○ 벤 라슨(Ben Larson) 씨는 Old Trail Market을 다시 시작하는 것으로 사업을 시작하였으며, 1911년까지 잘 운영되다가 그가 죽은 후 그의 아들이 Old Trail Market을 1931년에 시작하였고, 1997년 라슨씨는 프롬스트필드 가족사 농장 기금을 설립하는 사업의 한 부분으로 공동체지원농업을 시작함

○ 라슨씨는 농장 안에 있는 주택에서 살고 있으며 1997년 3에이커의 토지로 25명의 회원을 모집하여 공동체지원농업을 시작하였고 1999년에 재배면적도 5에이커로 늘어나면서 45명의 회원을 가지게 되었음.

○ 운영상의 특징을 보면, 생산품의 3분의 1은 공동체지원농업, 3분의 1은 농민시장, 3분의 1은 길거리 가판대로 나누어 판매하여 위험을 분산시키고 있고

라슨씨는 회원들을 위하여 다양한 농산물을 생산하면서 그가 생산하는 농산물은 나무딸기(raspberries), 줄딸기(strawberries), 셀러드 상추, 가지, 토마토, 당근, 콩, 사탕무우, 꽃 등임.

2) 일본 지산지소(地産地消) 사례와 시사점

(1) 지산지소의 개요

○ 개념은 1970년대에도 있었으나, 용어는 1980년대부터 사용하였으며, 1981년 농림수산성은 과다 염분 섭취 방지, 균형적인 식생활 유지를 위한 채소 증산을 위해 '지산지소'를 표방함.

○ 1987년 다카시 농림수산정책연구소장이 유기농산물 생산자 간에 사용되던 '지역생산·지역소비'에서 힌트를 얻어 사용하고, 2000년 제20회 및 2003년 제23회 JA(일본 농협 약칭) 전국대회에서 '지산지소'가 강조되면서 전국적으로 확산됨.

○ 지산지소의 본래 의미는 지역생산·지역소비 차원을 넘어 지역 운동으로 발전되어 지역에서 생산된 것(地産)을 해당지역에서 소비·판매(地消)하는 것을 말함.

○ 최근에는 지역 농산물의 생산과 소비 행위뿐만 아니라 생산자와 소비자를 연계하는 활동과 지역 농산물을 매개로 한 다양한 활동으로 확대됨

(2) 지산지소 유형(산지 직판장을 통한 지산지소)

○ 산지 직판장을 통한 지산지소

- 산지 직판 : 현지 농가를 구성원으로 하는「에도가와 농산물 직판」실시, JA 오키나와의 '파마스마켓 이토만'을 개설, 기후현 아노우町 농림과의 '프렌들리 숍' 운영
- 양판점·외식·중식 등 : JA 쿠마모토와 쿠마모토 경제연합회 공동으로 양판점 개설, 후쿠이현 JA 에츠젠다케후 여성부 봉사그룹의 레스토랑 운영, JA 미야코노죠의 안테나 숍「ATOM」에서의 도시락 판매

○ 학교급식을 통한 지산지소

- 학교급식에 지역농산물을 이용하는 초·중·고교는 94% 정도, 품목별로는 야채 사용비율이 96%로 가장 선호되고 있음.

- 학교급식 활성화를 위해서는 우선 생산농가와 학교급식 담당자(영양사 등) 간 모임을 통해 상호간 이해의 폭을 확대와 공급 및 학교급식에 지역 농산물의 사용 비율을 높이기 위해 농산물의 물량·종류·출하시기 등을 확대함

(3) 지산지소를 통한 지역경제 활성화

○ 그린투어리즘 : 농산어촌 지역은 도시와의 교류 활성화로 소득 창출, 전통문화 유지 등 다원적 기능이 유지가 가능, 기업이 없고, 관광자원이 부족한 지역에서도 그린투어리즘으로 지역경제 활성화 가능

○ 행정, 경단련, 생산자 단체, 상공회의소와의 제휴를 통한 지역소재 기업의 사원식당에 지역농산물 공급 적극 추진

○ 지산지소 모델타운 사업(2007년 4월) : 농업, 급식, 상공, 관광 등이 하나가 되어 지역 전체가 사업을 추진하는「지산지소 모델타운」추진, 공모를 통해 토야마현 '히미시 지소지산 협의회' 채택

(4) 지산지소의 효과와 시사점

○ 산지 직판장에서의 농축산물 판매로 생산자에게는 소농의 판로 확보와 유통비용 절감, 소비자에게는 안전한 농축산물 공급

○ 학교급식을 통해 국산 농축산물 소비 확대, 어린이들에게 올바른 식교육이 가능 및 그린투어리즘 연계와 지역 소재 사원식당에서의 지역 농산물 이용 확대 등 지역 경제 활성화에 기여

○ 신토불이, 농촌사랑운동을 농업·농촌 실익 운동으로 승화시키기 위해서는 농산물 판매를 기본으로 한 사업 개발이 필요

○ 소비자의 수요에 맞는 생산, 중앙정부 차원의 적극적인 지원, 지방행정조직 및 농협의 창의적 사업개발 등 공동 노력이 중요

3) 춘천 소비자회원직거래(생명밥상) 국내사례

○ 지역에서 생산되는 농산물을 지역에서 소비하자는 취지의 안전한 먹을거리 운동(로컬 푸드)의 하나로 '생명이 꽃피는 밥상'이란 이름으로 발족함.

○ 주민들이 먹을거리를 안전하게 구입할 수 있도록 친환경농산물 생산농가와 가정(소비자)을 직접 연결하는 직거래 활동이며, 회원가입을 한 가정에 배달

되는 친환경농산물은 우렁이쌀과 잡곡 유기농감자, 태양초고추, 친환경토마토와 과일 등으로 구성돼 한 상자씩1년간 주 1회 제공됨.

○ 먹을거리 구성 : 과일/채소/양념을 중심으로 7~8 품목 내외

○ 회비 및 상품 : 월6만원 기준, 상품1(생명밥상)·상품2(시골밥상)

4) 전북 장수군의 '백화골 푸른밥상'과 남양주시 팔당의 '농부의 마음'(제철채소꾸러미) 국내 사례

○ 백화골 푸른밥상은 장수로 귀농한 조계환, 박정선씨가 서울 등 타지역 소비자들과 택배로 회원직거래를 운영하는 사례임

○ 농부의 마음(제철채소꾸러미)은 노국환씨를 중심으로 팔당의 유기농작목반이 모여 등대생협(8개 YMCA 참여)이 2006년부터 회원직거래를 운영하는 사례임.

○ 이 사례들은 제철에 생산된 안전한 먹거리를 나누면서 유기농을 살리는 방안으로 주목받고 있고, 농민과 소비자의 거리를 좁히는 농가방문 일손돕기가 이루어지고 있음.

○ 카페, 박스 배송 시 편지를 동봉하여 농민과 소비자의 거리를 좁히면서 친밀감과 유대를 형성하고 있음

Ⅳ. CSA 도입을 통한 제주지역 친환경농산물 수급체계 구축 방안

1. 제주지역 친환경 농산업 현황과 실태

1) 농가 및 소득

○ 제주특별자치도의 농가인구는 1985년 18만5,339명이었던 것이 2008년 현재 10만2,192명으로 줄어듬. 제주특별자치도 전체인구 대비 농가인구비율은 2008년 현재 21.2%로 전국의 6.0%의 약 3.5배 수준을 보이고 있음

○ 농가호수는 동기간 동안 4만2,278호에서 3만6,213호이며, 호당인구는 1985년 전국의 4.4명과 같았던 것이 2008년 현재 3.0명으로 전국의 2.6명에 비해 0.4명이 많음.

<표 4 > 연도별 농가인구, 농가호수의 변화

연 도	농가인구(명)		농가인구비율(%)		농가호수(호)		호당인구(명)	
	제주도	전 국	제주도	전 국	제주도	전 국	제주도	전 국
1985	185,339	8,521,073	37.9	20.9	42,278	1,925,869	4.4	4.4
1990	163,986	6,661,322	31.9	15.5	40,147	1,767,033	4.1	3.8
1995	145,579	4,851,080	28.0	10.8	39,781	1,500,745	3.7	3.2
2000	129,152	4,031,065	24.6	8.6	39,114	1,383,468	3.3	2.9
2005	110,272	3,433,312	23.2	6.4	36,213	1,272,895	3.1	2.7
2008	102,192	3,186,753	21.2	6.0	34,645	1,212,050	3.0	2.6

자료 : 농림부,「농림통계연보」, 각년도.
제주도,「제주통계연보」, 각년도.

○ 제주특별자치도의 호당 농가소득은 1995년 이래 대체적으로 전국 평균을 상회하는 편이며, 호당 농외소득도 전국 평균보다 높은 수준을 계속 유지하고 있음.

<표 5> 농가소득의 변화 추이

(단위 : 만원, %)

년 도	전 국			제 주 도			전국 대비	
	농가소득 (A)	농외소득 (B)	농외소득 비중	농가소득 (C)	농외소득 (D)	농외소득 비중	농가소득 (C/A)	농외소득 (D/B)
1995	2,180	693	31.8	2,722	751	27.6	124.8	108.3
2000	2,307	743	32.2	2,473	873	35.3	107.2	117.5
2005	3,050	988	32.4	4,482	1,850	41.3	147.0	187.3
2006	3,230	1,004	31.1	4,205	1,866	44.4	130.2	185.9
2007	3,197	1,107	34.6	4,119	1,673	40.6	128.8	151.1
2008	3,052	1,135	37.2	3,767	1,537	40.8	123.4	135.4
'95~'08 평균	2,836	945		3,628	1,425			

자료 : 통계청,「농가경제통계」, 각년도.
제주특별자치도, 주요 농축산현황, 각년도

2) 작목별 재배면적 변화 및 조수입 구조

○ 1990년 이후 제주도 농작물의 재배면적의 변화를 보면 그 동안 비중이 높았던 맥류, 잡곡, 콩, 고구마, 유채, 참깨와 일부 채소류와 감귤, 감자, 화훼류의 재배면적이 크게 감소한 반면에 당근, 마늘, 양파, 쪽파 등의 월동채소류의 재배면적은 계속적으로 증가하고 있음

○ 작목별 연간 총 작물 재배면적은 1990년의 6만7,037ha에서 2009년에 5만6,062ha로 계속적으로 감소하고 있는 추세임

<표 6> 주요 작목별 재배면적의 변화

(단위 : ha, %)

구 분	1970		1980		1990		2000		2009	
	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율
식량작물	**59,768**	**75.7**	**39,144**	**54.6**	**28,772**	**42.9**	**15,227**	**25.3**	**16,349**	**29.2**
미 곡	2,001	2.5	2,037	2.8	797	1.2	205	1.3	26	0.1
맥 류	25,032	31.7	15,526	21.7	9,322	13.9	2,576	4.3	16,323	29.1
잡 곡	8,447	10.7	1,493	2.1	1,752	2.6	552	0.9	1,419	2.5
두 류	10,550	13.3	8,403	11.7	10,332	15.4	5,876	9.8	8,028	14.3
(콩)	9,609	12.1	7,749	10.8	8,722	13.0	5,597	9.3	7,639	13.6
서 류	13,738	17.4	11,685	16.3	6,569	9.8	6,018	10.0	2,553	4.5
(고 구 마)	13,559	17.2	10,580	14.7	3,790	5.6	1,095	1.8	140	0.2
(감 자)	179	0.2	1,105	1.5	2,779	4.1	4,923	8.2	2,413	4.3
채 소 류	**2,004**	**2.5**	**3,497**	**4.9**	**7,110**	**10.6**	**12,163**	**20.2**	**18,119**	**32.3**
(양 배 추)	52	0.1	197	0.3	783	1.2	1,132	1.9	2,239	4.0
(배 추)	-	-	500	0.7	632	0.9	542	0.9	435	0.8
(당 근)	4	0.0	494	0.7	1,052	1.6	2,617	4.4	1,681	3.0
(마 늘)	203	0.3	560	0.8	1,921	2.9	3,414	5.7	3,448	6.1
(양 파)	184	0.2	251	0.3	432	0.6	719	1.2	1,037	1.8
(무)	423	0.5	301	0.4	541	0.8	604	1.0	4,427	7.9
과 수	**5,002**	**6.3**	**14,164**	**19.8**	**20,237**	**30.2**	**26,767**	**44.6**	**18,801**	**33.5**
(감 귤)	5,002	6.3	14,095	19.7	19,414	29.0	25,796	42.9	18,344	32.7
특용작물	**12,275**	**15.5**	**14,854**	**20.7**	**10,673**	**15.9**	**5,507**	**9.2**	**2,606**	**4.7**
(유 채)	10,440	13.2	8,150	11.4	5,200	7.8	2,117	3.5	718	1.3
(참 깨)	1,314	1.7	6,321	8.8	5,107	7.6	2,320	3.9	1,719	3.1
화 훼	**11**	**0.0**	**31**	**0.0**	**245**	**0.4**	**408**	**0.7**	**187**	**0.3**
총재배면적	**79,060**	**100.0**	**71,690**	**100.0**	**67,037**	**100.0**	**60,072**	**100.0**	**56,062**	**100.0**

자료 : www.kosis.kr , 제주도 주요 농축산현황, 각년도.

○ 제주특별자치도의 농업부문 조수입은 1980년 1,218억원이었던 것이 1999년 IMF금융위기 이후의 경기침체의 영향 등으로 증가폭이 둔화됐다가2008년에는 1조1,662억원으로 늘어났음.

○ 2008년 기준으로 조수입의 구성을 보면 과수류가 56.2%로 가장 높고 다음으로 채소류 27.9%, 식량작물 9.1%, 특용작물 4.6%, 화훼류 2.2%, 임. 품목별 순위를 보면, 감귤이 54.2%로 가장 높고 다음으로 마늘7.7%, 감자 5.6%, 무 5.5%, 당근 3.6% 순임.

<표 7> 주요 작목별 조수입의 변화

(단위 : 백만원, %)

구 분	1970		1980		1990		2000		2008	
	조수입	비율	조수입	비율	조수입	비율	조수입	비율	조수입	비율
식량작물	**4,149**	**62.1**	**37,110**	**30.5**	**79,388**	**14.1**	**118,331**	**15.0**	**106,009**	**9.1**
미 곡	214	3.2	2,452	2.0	3,184	0.6	1,555	0.2	3,403	0.3
맥 류	2,046	30.6	14,113	11.6	20,010	3.6	11,789	1.5	9,093	0.8
잡 곡	316	4.7	1,795	1.5	2,145	0.4	1,533	0.2	3,719	0.3
두 류	284	4.2	4,381	3.6	23,941	4.2	20,043	2.5	23,569	2.0
(콩)	263	3.9	4,183	3.4	21,832	3.9	18,745	2.4	21,430	1.8
서 류	1,289	19.3	14,369	11.8	30,108	5.3	83,411	10.5	66,225	5.7
(고구마)	1,246	18.6	11,644	9.6	14,875	2.6	4,652	0.6	1,337	0.1
(감 자)	43	0.6	2,725	2.2	15,233	2.7	78,759	10.0	64,888	5.6
채 소 류	**892**	**13.3**	**15,530**	**12.8**	**62,395**	**11.1**	**193,632**	**24.5**	**325,750**	**27.9**
(양배추)	29	0.4	1,176	1.0	6,383	1.1	20,981	2.7	12,438	1.1
(배 추)	-	-	2,181	1.8	4,083	0.7	6,025	0.8	4,340	0.4
(당 근)	2	0.0	1,886	1.5	5,358	1.0	28,979	3.7	41,700	3.6
(마 늘)	199	3.0	4,059	3.3	20,261	3.6	63,003	8.0	89,388	7.7
(양 파)	133	2.0	1,774	1.5	7,790	1.4	14,616	1.8	25,960	2.2
(무)	-	-	962	0.8	1,680	0.3	5,672	0.7	63,635	5.5
과 수	**953**	**14.3**	**55,776**	**45.8**	**380,900**	**67.6**	**386,243**	**48.8**	**655,500**	**56.2**
(감 귤)	953	14.3	54,500	44.8	315,100	55.9	370,811	46.9	631,500	54.2
특용작물	**674**	**10.1**	**9,765**	**8.0**	**23,586**	**4.2**	**43,966**	**5.6**	**53,133**	**4.6**
(유 채)	544	8.1	4,868	4.0	6,509	1.2	3,402	0.4	2,127	0.2
(참 깨)	125	1.9	3,235	2.7	13,516	2.4	13,172	1.7	14,911	1.3
화 훼	**17**	**0.3**	**3,599**	**3.0**	**17,214**	**3.1**	**48,699**	**6.2**	**25,831**	**2.2**
조수입총액	**6,685**	**100**	**121,780**	**100**	**563,483**	**100**	**790,871**	**100**	**1,166,223**	**100.0**

자료 : 제주도 주요농축산현황, 각년도.

3) 주요 작목의 특화 분석

○ 1980～2007년까지의 특화계수[1]의 평균치를 기준으로 보면, 특화품목(1이상의 값을 보이는 품목)은 마늘, 양파, 파, 당근, 무, 양배추, 맥주보리, 잡곡, 콩, 고구마, 감자, 유채, 참깨, 화훼, 감귤로 나타났음.

○ 그렇지만 특화계수의 감소 추세를 보이고 있는 작목과 정책적 변수를 고려해 볼 때 향후 특화품목으로서의 중요도를 차지할 수 있는 품목은 마늘,양파, 무, 당근, 양배추, 감자, 유채, 감귤 등인 것으로 판단됨.

<표 8> 제주도 주요 작목별 특화계수의 연도별 변화

구 분		1980	1985	1990	1995	2000	2005	2007	평균
근채류	마 늘	0.59	1.08	0.81	1.20	2.7	4.4	4.0	2.1
	양 파	1.27	1.70	1.10	1.66	1.5	1.8	2.3	1.6
	파	0.53	5.59	12.14	2.31	2.9	1.6	1.3	3.8
	무	0.44	0.34	0.51	0.52	0.8	3.3	5.6	1.6
	당 근	4.69	6.4	14.83	15.36	18.5	17.8	18.0	13.7
엽채류	배 추	0.38	0.47	0.97	0.52	0.5	0.5	0.5	0.6
	양배추	3.42	2.92	13.28	8.60	12.0	12.9	11.3	9.2
과채류	수 박	0.27	0.47	1.76	0.85	0.9	0.6	0.5	0.8
	토마토	0.85	0.74	0.52	1.13	0.3	0.1	0.1	0.5
	오 이	0.54	0.35	0.35	0.56	0.1	0.2	0.2	0.3
	호 박	0.94	0.61	0.37	0.24	0.2	0.6	1.7	0.7
식량작물	미 곡	0.06	0.04	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	맥주보리	9.91	5.09	7.07	4.70	2.9	3.4	4.1	5.3
	잡 곡	1.11	1.32	1.66	1.29	0.6	1.1	0.6	1.1
	콩	1.60	1.53	2.01	2.50	2.1	1.5	2.2	1.9
	고구마	7.50	6.26	7.01	2.86	2.2	0.1	0.4	3.7
	감 자	1.15	1.44	4.62	7.59	5.3	6.3	4.2	4.4
특용작물	유 채	21.66	35.66	25.48	32.5	31.0	32.6	27.3	29.5
	참 깨	5.07	3.74	1.68	1.09	1.1	1.7	1.5	2.3
화훼류	화 훼	0.95	1.64	2.45	2.19	1.1	1.4	1.2	1.6
과일류	감 귤	38.80	37.58	35.06	32.87	31.9	32.8	38.0	35.3

자료 : www.kosis.kr

1) 특화계수 : (제주지역감귤재배면적/제주지역 총경지면적)/(전국 감귤재배면적/전국 총경지 면적)

✓ **감귤산업의 위치 :** 감귤은 제주지역 전체농가의 87%가 재배하고, 농산물 조수입의 50% 이상을 차지하는 제주의 생명산업

- 재배면적 : 20,937ha(전체 경지면적 57,204ha의 37%)
- 재배농가 : 31,027농가(전체농가 35,735호의 87%)
- 생 산 량 : 65만톤 내외(조수입 : 6,000억원 수준)

2. 제주지역 CSA 도입 타당성 및 효과

1) 도입 타당성

○ DDA·FTA 확대 등 제주농업을 둘러싼 대외 여건의 변화에 따른 제주농업 경쟁력 강화를 위한 새로운 '생산·소비 융합 모델' 창출이 필요함.

○ 전 세계적으로 안전한 먹거리에 대한 소비자의 관심이 증대하고 있는 추세이며, 이는 제주 농업의 새로운 기회 요소로서, 생산 준비 단계부터 소비자 기호에 철저히 부합하는 맞춤형 생산 시스템 구축이 요구됨

○ 제주도는 고립된 섬이라는 폐쇄형 생태계이므로, 생태 취약성을 고려한 친환경유기농업의 전략적 육성이 필수적이며, 제주형 CSA 도입을 통한 친환경유기농업에 대한 인식 제고와 확대 전략이 시급함

○ 따라서 친환경농산물 수급체계 구축을 위한 제주형CSA의 시범적 도입으로 농가소득 증대와 농업경쟁력 강화에 대한 필요성이 요구됨

2) 기대효과

○ 제주형 CSA를 도입을 통한 친환경유기농업 및 고품질농산물 생산 업그레이드 효과 등 새로운 소비창출을 통한 농가소득 증대 효과

○ '소비 융합형' 생산 모델 구축을 통한 작목 분산과 과잉생산방지 효과

○ 안전한 먹거리에 대한 새로운 식습관 확산을 통한 주민 건강 증대 효과

○ '제주친환경학교급식' 표준화를 통한 지적재산 축적과 제주지역 청정 브랜드 이미지 제고에 기여

○ 안전한 먹거리 생산지역이라는 소비자 신뢰는'觀 ' - '樂' - '休' 로 변환되는 제주관광패턴에 전략적으로 조응 할 수 있는 기반 조성

○ 친환경농업 확대를 통안 지하수 및 기타 생태계 보호 및 제주 형'녹색성장'

모델 창출에 기여

3. CSA 등을 활용한 제주형 친환경농업 구축 방향

1) 정책 방향 설정 기조

○ 선진국 CSA 사례를 제주지역 실정에 맞고 소비자를 둘러싼 사회경제·문화 트랜드의 변화에 조응하는 창조적 모델이 필요함

○ 제주는 고립된 섬으로써 역내 도시인구가 많지 않기 때문에1단계로 도내, 2단계로 도외 3단계로 해외를 대상으로 하는 입체적 전략 수립과 청정 이미지를 최대화하는 구축방안도 필요함

○ 새로운 가치 창출이 병행 되어야 하고 친환경유기농산물 소비자는 가치추구형 소비 특성을 강하게 갖고 있으며, 따라서 기존의 생산자 중심의 관점에서 탈피하여 전 사회적인 가치 창출을 통하여 사업의 공감대를 넓게 형성 할 필요가 있음.

○ 사업에 대한 인식 재고와 참여 확대를 위해서는 교육·홍보, 체험 등과 관련한 다양한 프로그램 준비가 요구되며, 정보, 통신, 교통, IT, BT 산업의 성과를 최대한 활용하는 convergence 형 모델 창출로 산업융합시너지를 극대화해야 할 것임.

2) 주요 사업

○ 제주지역에서 추진할 수 있는 CSA사업으로는 9개의 사업을 제안할 수 있으며 각각의 사업에 대한 내용은 아래와 같음

<표 9> 제주형 CSA 주요 사업

구분	주요 사업명	주요 사업 내용
1	친환경농업 바우처[2] 사업	친환경 농업의 활성화를 위한 재원 지원 사업
2	Eco park 조성	체험관련사업
3	Eco 수눌음[3] 사업	교류 협력 네트워크 사업
4	Hybrid Green Market 개설	먹거리 교육 및 판매 사업
5	(가칭)'즐거운 먹거리 주부 모임'조직	먹거리 활용 연구 사업
6	친환경농산물 복합 Green APC구축	유통 관련 사업
7	친환경 IT포털 구축 사업	정보제공 및 홍보 사업
8	친환경농업인협동조합 조직	유통 관련 및 연구개발사업
9	제주 Eco 수눌음 축제	테마축제사업

Ⅴ. 요약 및 결론

○ DDA·FTA 확대 등 제주농업을 둘러싼 대외여건 변화에 따라 제주농업의 어려움이 예상되며, 이를 극복하기 위해서 농가소득증대와 농업경쟁력 강화를 위한 다각적인 방안 수립이 필요한 실정임

○ 제주지역은 농업이 차지하는 비중이 타지역에 비해 매우 높아 개방화에 따른 국제경쟁력과 부가가치를 높이기 위해서는 친환경 지역농산물을 가지고 농가소득 증대와 더불어 지역경제 활성화에 기여할 방안모색이 요구됨

○ 이를 위해서는 최근 전 세계적으로 안전한 먹거리에 대한 소비자의 관심이 증대하고 있는 추세에 맞추어, 생산자인 농민과 소비자가 함께할 수 있는 '생산·소비 융합 모델'의 하나인 도농교류형태를 통해 접근해 보았으며, 생산 준비 단계부터 소비자 기호에 철저히 부합하는 맞춤형 생산 시스템 주요사업에 대해서도 제시하였음.

○ 이를 위해 도농교류의 한 형태로 발전하고 있는CSA(community supported agriculture)에 대해서 국내·외 사례와 시사점들을 살펴보고, 친환경농업 정

2) 사회취약계층이나 저소득자에게 비용의 일부를 지원하는 제도. 현재 우리나라에서는 사회복지사업은 물론 여행 등 다양한 형태의 소비지원 사업이 시행되고 있다.

3) 제주지역사회의 전통적인 상부상조 문화에 대한 품앗이의 제주고유어임

책방향과 더불어 제주지역에 적합한CSA 도입 방안을 모색하였음.

○ 제주지역에 CSA가 도입되어 생산자와 소비자가 함께하는 농업이 전개된다면, 현재 농민들이 직면한 영농위기 및 도시민들이 안고 있는 식품안전문제를 동시에 해결하는데 기여하게 될 것임.

○ 무엇보다도 제주지역은 농업이 차지하는 비중이 높기 때문에 지역경제 활성화와 안전한 먹거리 공급 그리고 과잉생산에 대한 농산물 안정생산을 통한 안정적 농가소득증대를 위해서는 제주형CSA를 시범적으로 도입할 필요가 있다고 사료됨.

○ 특히 현재 시행되고 있는 친환경학교급식 추진 사업이나 생활협동조합 운동의 경험과 성과를 제주형CSA 모델을 구축하는데 적극 활용할 필요가 있다고 보여짐.

참 고 문 헌

강원일보, 2009. 4.22.

곽호영, “IT・BT산업과의 연계를 통한 제주농업의 혁신방안”,「IT・BT산업과의 연계를 통한 제주농업의 활로 모색」, 제주대 유비쿼터스컨버전스사업단, 2008.

김종덕, “미국의 공동체지원농업(CSA)”, 지역사회학회,「지역사회학」5(2), 2004

농촌진흥청,「농업분야 기후변화대책 추진현황」, 2008.

박덕병, “미국의 로컬푸드시스템과 공동체지원농업의 현황과 전망, 한국농촌사회학회, 「농촌사회」15(1), 2005.

농협경제연구소, “일본의 지산지소(地産地消) 현황과 시사점”, CEO Focus 220호, 2009. 1

제주특별자치도,「1차산업 수출 활성화 5개년 계획」, 2008.

제주특별자치도,「제2차 친환경농업 육성 5개년 계획」, 2008.

제주특별자치도, 주요 농축산현황, 각년도

제주특별자치도교육청,「2009, 친환경 학교급식 설명회」, 2009.

제주생태연구소,「지역식량체계와 녹색성장을 위한 열린 강좌 자료」, 2009. 4

제주생태연구소,「제주지역 로컬푸드 아카데미」, 2009. 5~6.

진희종, “2003년 제주지역 친환경급식 추진 활동 개괄”「2004 제주의 환경을 말한다」, 제주환경운동연합, 2004.

춘천친환경농산물유통사업단,「한국형 공동체지원농업의 가능성에 대한 연구」, 2009. 5

통계청,「농가경제통계」, 각년도.

http://www.google.co.kr/

http://kosis.kr/

http://www.naver.com/

일본의 농업부문 배출량거래제도의 이용실태

사와우치 다이스케
일본 농림수산정책연구소

1. 배경과 과제

일본에서는 2008년 10월부터 온실효과 가스배출량절감에 기여할 배출량거래제도가 시행적으로 개시되었다. 농업부문에서도 생에너지 기기도입 등으로 절감한 온실효과 가스배출량을 국내credit으로써 배출절감의무가 있는 대기업 등과 거래하는 사례가 나타나고 있다. 배출량거래제도에 참가함으로써 농가는GHG 절감에 공헌하면서도 생에너지 기기도입에 의한 연료비 절감과credit 판매수입 등 경제적 이득을 얻을 수 있다. 그렇지만 개시한지 얼마 되지 않은 제도인 국내 credit 제도에 참가하고 있는 농가 수는 한정적이며, 제도의 이용실태도 명확히 나타나 있지 않다.

본 논문에서는 일본의 농업부문 국내credit 제도의 이용실태를 명확히 하고자 한다. 구체적으로는 국내 credit 제도에 참가하고 있는 농가를 대상으로 청취조사를 실시하여 제도 참가 동기, credit 거래 상황, 국내 credit 제도에 대한 평가를 실시하고자 한다.

본 논문의 구성은 이하와 같다. 2장에서는 국내 credit 제도의 개요 및 농업부문의 실천방안 내용을 검토한다. 3장에서는 조사방법 및 조사결과를 제시하며, 4장은 결론으로 구성한다. 또한, 본 논문은 2010년 2월말까지의 정보를 기초로 작성하였다.

2. 배출량거래제도 및 국내 credit 제도의 개요

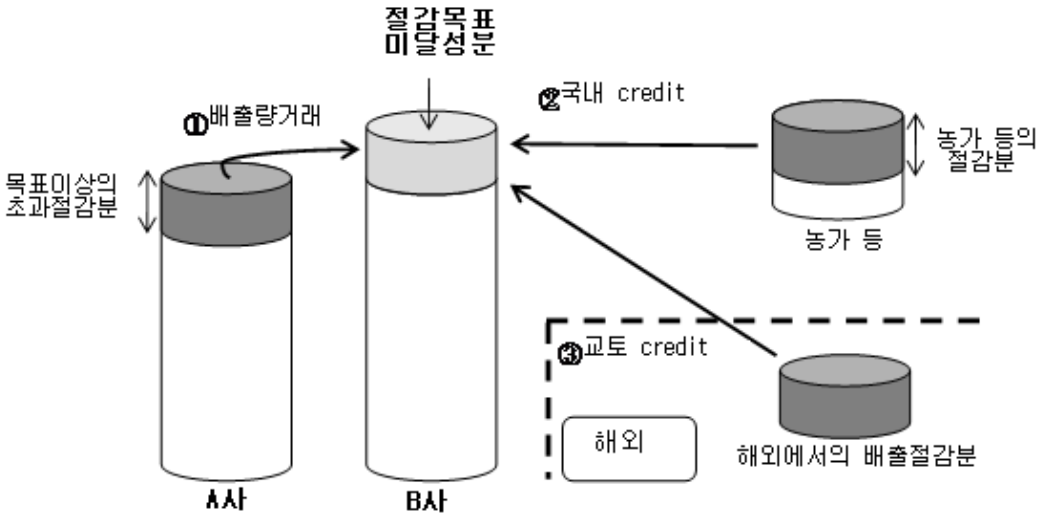
2.1. 시행 배출량거래제도의 일반 개요

2008년 7월에 각의 결정된「저탄소사회 만들기 시행계획」과 2008년 10월「배출량거래의 국내통합시장 시행적 실시 (이하 시행실시로 한다)」가 개시되었다[1].

시행실시는 기업 등의 자주적 참가로GHG 국내시장에서의 거래를 통해GHG를 절감하고자 하는 시도이다. 시행실시의 배경에는 시장 메커니즘을 활용하여 기술개발과 절감노력을 유도하려는 목적이 있다. 또한, 본격적으로 배출량거래제도를 도입하기 전에 시행실시에서의 경험을 토대로 제도설계상의 문제 등을 파악하고자 하는 의도도 있다.

시행실시는 ①「시행배출량거래기획」(이하 시행거래로 한다) 및 ② 시행거래에서 이용 가능한 credit의 창출·거래 등 2가지의 틀로 되어 있다. ① 시행거래는 cap and trade라 불리는 배출 프레임의 거래이다. 주로 대기업 등이 온실효과가스의 배출절감 목표를 설정하여 자사노력이나 배출 프레임의 거래 등에 의해 목표를 달성하는 구조이다. GHG 배출량의 거래는 목표미달성의B사가 목표이상으로 배출량을 절감한A사로부터 배출 프레임을 구입하고, 최종적으로 A사도 B사도 목표를 달성할 수 있도록 하는 것이다(그림 1). ② credit의 창출·거래에서는 국내 credit 및 교토 credit이 배출 프레임으로써 거래 된다[2]. 국내 credit은 일본 국내의 중소기업이나 농가 등 배출절감 목표를 설정하지 않는 주체에 의한 GHG 절감분이다. 국내 credit은 배출 프레임으로써 대기업의 배출절감 목표 달성 등에 이용 가능하다. 이하에서는 시행배출량거래 기획운영사무국(2009)을 참조하면서 배출량거래의 기본 규칙을 확인하고자 한다.

그림 1. 시행배출량 거래제도의 개요



자료: 지구온난화대책추진본부.

1) 본 절의 기술은 주로 시행배출량거래 기획운영사무국(2009)에 기인한다.
2) 교토 credit은 교토 메커니즘(국제간의 배출량 거래, 공동실시, 크린 개발 메커니즘)에 의해 해외에서 발생한 credit이다.

배출량거래 기획에서는 목표설정 참가자 또는 거래참가자 등 어떠한 형태든 기업 등이 자주적으로 참가한다. 목표설정 참가자는 자주적으로 배출절감목표를 설정한 참가자이며, 참가단위는 사업소, 개별기업 또는 복수기업(기업 그룹)이다. 목표설정 참가자는 연도(4월 1일～익년 3월 31일까지)마다 배출절감 목표를 설정하여 목표달성을 향해 다양한 노력을 실시한다. 거래참가자는 배출목표를 설정하지 않고 배출 프레임 거래를 목표로 하는 참가자로 원칙적으로 참가단위는 개별기업이 된다.

거래대상이 되는 GHG는 현재 에너지 기원인 CO_2만으로 규정되어 있다. 절감목표는 배출량을 일정 이하에서 절감하는 배출총량 목표또는 생산액당 배출량을 절감하는 원단위 목표 중 어느 것으로 설정 한다[3]. GHG 절감 실적의 확인에는 제3자 검증기관에 의한 검증이 필요하다. 배출 프레임 및 credit은 참가자 간의 책임에 있어 1t-CO_2 단위로 자유롭게 거래 가능하며, 잉여분의 차년도 이월(banking), 부족분의 차년도 차입도 가능하다. 또한, 반대로 GHG 절감목표가 달성되지 않아도 기업 등에 패널티는 없다.

2.2. 국내 credit 제도의 일반 개요

국내 credit 제도는 농가나 중소기업 등이 생에너지 기기 도입 등 사전에 결정된 방법론으로 절감한 GHG 배출량을 GHG 배출 프레임(국내 credit)으로써 인증한 것이다(그림 2). 인증된 국내 credit은 GHG 배출절감 목표를 가진 대기업 등이 구입하여 목표달성을 위한 GHG 배출 프레임 등으로 사용할 수 있다. 국내 credit 제도는「국내 credit 제도(국내배출절감량인증제도) 운영규칙」(이하 운영규칙으로 한다)에 기초하여 운영 된다[4]. 이하에서는 주로 운영규칙을 토대로 농가 등이 국내 credit 제도를 이용해서 credit 거래를 하기까지의 절차를 개관하고자 한다.

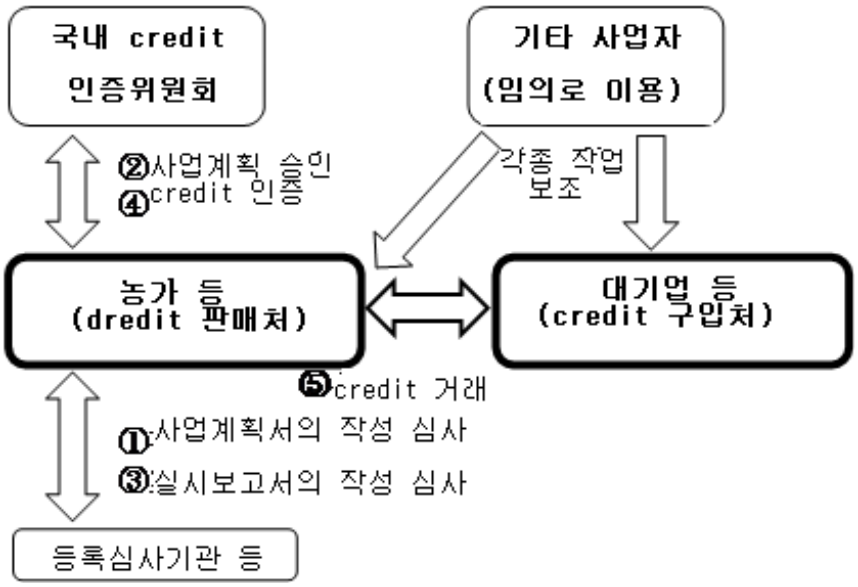
신청을 위해 필요한 작업으로써 첫째, 농가는 배출절감사업계획을 작성해야만 한다. 농가 등은『배출절감사업계획서』(이하『계획서』)를 작성하여 심사기관의 심사를 받는다.『계획서』에는 사업의 개요 외에 GHG 배출절감량의 산정이나 상세한 모니터링 방법 등도 기재할 필요가 있다. 또한, credit 구매인도 계획서에 기재할 필요가 있으며, 농가 등은『계획서』심사 전에 credit 구매인을 찾아야만 한다.

---

3) 본 논문에서는 주로 경제단체연합회「환경자주행동계획」(http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/vape/index.html)에 참가하고 있는 기업의 규칙에 대해 기술한다. 자주행동계획에 참가하지 않는 기업에 대한 규칙은 목표의 설정방법 등에 차이가 있다. 상세한 것은 경제산업성・환경성・농림수산성(2008)을 참조할 것.

4) 본 자료는 2010년 2월말 시점에서의 정보를 기초로 작성하였다. 2010년 3월 이후 정보에 대해서는 국내 credit 제도 홈페이지(http://jcdm.jp) 등을 참조할 것.

그림 2. 국내 credit 제도의 의한 credit 거래(예)



둘째, 농가 등은 심사를 마친『계획서』를 위원회에 제출하고, 배출절감사업의 승인을 신청한다.『계획서』는 국내 credit 인증위원회에서 승인·비승인이 결정된다. 농가의 배출절감사업계획이 승인되기 위해서는 배출절감사업이① 일본 국내에서 실시될 것, ② 추가성을 지닐 것, ③ 자주행동계획에 참가하지 않는 것에 의해 행하여 질 것, ④ 승인배출절감 방법론에 기초하여 행하여 질 것⑤ 심사기관 또는 심사원에 의한 심사를 받을 것, ⑥ 기타 위원회가 정한 사항에 합치할 것 등 전체를 만족시킬 필요가 있다.

셋째, 농가 등은 승인을 받은『계획서』를 기초로 GHG 배출절감사업을 실시하고,『배출절감실적보고서』(이하『보고서』로 한다)를 작성한다.『보고서』의 심사에서는 ① 배출절감량이 승인된 계획을 실시한 결과로 발생할 것② 배출절감량이 계획에 따라 산정될 것, ③ 심사기관 또는 심사원의 실적확인을 받을 것 ④ 배출절감량을 산정한 기간이2013년 3월 31일을 넘지 않을 것, ⑤ 기타 위원회가 정한 사항에 합치할 것 등 전체를 만족시킬 필요가 있다.

넷째, 인증위원회는 심사를 종료한『보고서』를 기초로 농가의 GHG 절감량을 국내 credit으로써 인증한다. 농가 등은 credit 인증을 받은 후 대기업 등에 credit의 수수가 가능하게 된다. 농가 등의 배출절감사업은 복수 년도에 걸쳐 실시되는 경우가 많아 credit 인증도 일반적으로는 복수 횟수가 필요하게 된다.

이상이 주로 농가측에서 살펴본 절차의 개요이나, 이하에 주목할 필요가 있다. 첫째, 배출절감사업은 미리 위원회가 승인한 방법론에 기초해야만 한다.방법론은 보일러 갱신(석화연료사용에서 바이오매스 연료사용으로 전환 등)이나 공조설비의 갱신(히트펌프 도입 등)으로 일컫는 GHG 절감방법이며, 2010년 2월말 시점으

로 20여개의 방법론이 있다. 방법론마다 온실효과 가스배출량의 산정방법이나 실적 확인방법 등이 미리 정해져 있다. 방법론은 인증위원회에서의 협의 및 public comment 등의 절차를 거쳐 수시로 추가하는 것이 가능하다.

둘째, 배출절감사업의 추가성 존재가 심사요건의 하나이다. 추가성은 국내 credit의 인증·판매가 처음 배출절감사업이 실시된 상황임을 나타낸다. 국내 credit 제도의 경우 생에너지 기기 등으로의 투자회수연수를 추가성 유무의 판단 지표로써 이용하고 있다. 원칙으로써 투자회수연수가 3년 이상이면 추가성이 있는 것으로 판단한다[5]. 투자회수연수가 3년에 충족하지 않는 사업은 국내 credit 제도가 없어도 실시될 것으로 판단되어 승인되지 않는다.

셋째, 심사기관에 의한『계획서』나『보고서』의 심사에는 수수료가 필요하다. 『계획서』의 심사는 사업 개시 시에 최저 1회 필요하며,『보고서』심사는 credit 인증 때에 필요하다. Credit 창출량이 작은 사업에서는 심사료가 credit 판매에 의한 수입을 상회할 것으로 생각된다. 2009년도는 경제산업성이나 농림수산성 등으로부터 심사료 보조가 있었지만, 국내 credit 제도 개시 당시인 2008년도에는 심사료 보조 없이 농가나 중소기업 혹은 credit 구매인 등이 심사료를 부담해야만 했다.

넷째,『신청서』나『보고서』기업에는 온실효과 가스배출량의 산정 등 전문적인 지식을 지니고 있지 않으면 대응할 수 없는 항목도 보여 진다. 2009년도에는 경제산업성이『계획서』등의 작성지원(소프트 지원사업)을 실시하고 있기 때문에 서류 작성에 걸린 농가부담은 어느 정도 경감되고 있다고 말할 수 있다.

2.3. 농업부문의 실천방안 개요

2010년 2월말 시점에서의 국내 credit 제도의 실시상황은 이하와 같다[6]. 사업계획안의 제출건수는 누계로 332건이며, 합계로 1년 당 약 19.7만 t-CO_2의 GHG가 절감된다(표 1). 사업의 실시주체로서는 공장이 많으며, GHG 절감방법론은 보일러 갱신이 많은 경향이 있다. Credit의 구매인 업종은 상사가 가장 많고, 전력회사, 싱크탱크·컨설팅 회사, 은행·리스업 순으로 상위 4업종이 전체 신청건수의 과반수를 차지한다. 이하에서는 농업분야의 실천방안을 개관하고자 한다.

2010년 2월말 시점에서 농가가 주체로 실시한 사업은 27건이다. 농가가 주체가 되어 실시한 사업에서는 시설원예 하우스의 A 중유분 보일러로 교체하여 전기이용 히트 펌프를 도입한 안건이 가장 많다. 브로이라 농가 등 시설원예농가 이외

5) 국내 credit 제도 인증위원회 규정 제4호(http://jcdm.jp/committee/data/rule100326.pdf).
6) 국내 credit 제도 홈페이지(http://jcdm.jp/index.html).

에 의한 적용도 다수 보여 진다. 또한, 2010년 2월말 시점에서 국내 credit 제도 하에서 credit량의 인증을 받은 사업은 농업부문에서 1건뿐이다.

농림수산성은 2009년도에 「농림수산성의 배출량거래 국내통합시장 시행적 실시 등 추진검토회」(이하 검토회)를 개최하여 농림수산성의 배출량 거래로 참가를 추진하는 방법 등에 대해 검토하였다. 검토회 개최 배경으로 개개 농가 등에 의한 GHG 절감량이 작다는 점, 개개 농가 등이 credit의 구매인을 찾기 곤란하다는 점, 모니터링에 관한 비용 부담이 크다는 점 등을 들 수 있다.

검토회의 취합보고서에서는 ① 개개 농가 수준에서의 GHG 절감량을 취합하는 aggregator(credit 취합 사업자)의 창설, ② 농가 등과 credit 구매인을 연결 지을 조직 구축, ③ 농림수산업 특유의 GHG 배출(축산분뇨에서의 N_2O 발생 등) 거래 대상화 등이 농림수산 분야의 배출량 거래 기회 확대에 연결될 방책 등이 나타나 있다.

표 1. 국내 credit 제도의 신청건수 추이

	총 신청건수	
	전 분야	이중 농업분야
2008년 11월	5	0
2009년 1월	12	1
4월	23	2
5월	100	6
6월	118	6
7월	125	8
11월	147	10
2010년 1월	248	22
2월	332	27

자료: 국내 credit 제도 홈페이지에서 필자 작성.

3. 국내 credit 제도 참가농가의 청취 조사

3.1. 조사 및 조사대상 농가의 개요

국내 credit 제도 하에서 농가가 어떠한 거래를 하고 있는가를 규명하기 위해 2009년 7월 16일 시점에서 국내 credit 제도의 이용을 이미 신청한 전체 8건의 농가를 대상으로 조사를 실시하였다. 조사는 사전에 대상자에게 조사표를 전달하고

후일 조사원과 함께 조사표를 기입하는 유치 방식을 채용하여 2009년 12월부터 2010년 2월에 걸쳐 실시하였다. 유치 방식을 채용한 이유는 이하의 2가지이다. 첫째, 회수율을 높이기 위해서이다. 국내 credit 제도는 개시한지 얼마 되지 않은 제도로 조사대상 농가가 소수인 가운데 가능한 한 많은 조사사례를 확보할 필요가 있었다. 둘째, 오응답을 줄이기 위해서이다. 국내 credit 제도로 이용되고 있는 용어의 의미 등은 반드시 공통 인식이 얻어지지 않은 측면이 있어 조사원이 설명하면서 조사표를 기입할 필요가 있었다.

표 2. 조사대상 농가의 개요

조사대상	GHG 절감방법	Credit 구매인	GHG 절감량 ($t\text{-}CO_2$/년)	GHG 절감율(%)
장미 농가 ①	HP 도입	전기기구회사	729	-58
장미 농가 ②	HP 도입	전력회사	674	-67
장미 농가 ③	HP 도입	전력회사	656	-59
장미 농가 ④	HP 도입	종합상사	577	-59
장미 농가 ⑤	HP 도입	전력회사	338	-67
메론 농가	木 바이오 보일러 도입	전기기구회사	1,382	-99
채소 농가	木 바이오 보일러 도입	소매업 등 지주회사	307	-91
국화 농가	LED 램프 도입	종합상사	305	-53

주 1) GHG 절감방법의 HP 도입은 히트 펌프 도입, 木바이오 보일러 도입은 목질 바이오매스 보일러 도입을 나타냄.
2) GHG 절감량은 각 안건의 『배출절감사업계획서』에 기재한 값임. GHG 절감율은 『배출절감사업계획서』에 기재한 배출절감량을 기준 배출량(사업실시 전의 배출량)으로 나눈 값임.

자료: 국내 credit 제도 홈페이지에서 필자 작성.

조사내용은 ① 국내 credit제도의 이용 전 상황, ② 제도의 이용 실태, ③ 제도의 평가 및 향후 의향이다. ① 국내 credit 제도 이용 전 상황에서는 제도를 알고 있었는지, 제도참가의 동기·불안점 등을 물었다. ② 제도의 이용 실태는 농가가 어떠한 거래를 하고 있는가를 규명하기 위한 설명군이다. 구체적으로는 배출절감 방법이나 비용·작업부담 상황 등을 질문하였다. ③ 제도의 평가 및 향후 의향에서는 국내 credit 제도에 대한 평가를 물었다. 이하에서는 우선 조사농가의 개요를 정리한다.

조사대상이 된 8건은 시설원예농가에 의한 신청안건이었다(표 2). 이 중 5건이

장미 재배농가이며, 나머지 3건은 메론 재배농가, 채소 재배농가, 국화 재배농가이다. 개별 농가에 의한 신청과 농가가 복수로 모인 법인조직에 의한 신청 등 모두가 보여 진다. 국내 credit 제도에 참가하기 위해 새롭게 법인을 설립한 사례도 있었다.

이번 조사대상 농가의 특징으로써 평균적인 개별 경영농가에 비해 대규모인 개별 경영농가, 또는 복수 농가에 의한 조직이라는 점을 들 수 있다. 장미 농가를 예로 들면, 판매 규모는 1.5억엔에서 3.4억엔이며, 하우스 면적은 1.8ha에서 3.0ha 이었다[7]. 일본 장미절화협회의 조사[8]에서는 장미 농가 1호당 하우스 면적이 대략 30~40a 정도로 추정되어 이번 조사농가는 평균적인 농가의 수배 규모인 것으로 판단된다.

GHG 절감방법은 장미 재배농가에서는A 중유분 난방기를 전력이용의 히트 펌프로 교체하는 방안이었다[9]. 메론 재배농가 및 채소 재배농가는 A 중유분 난방기에서 목질 바이오매스를 이용한 난방기로 교체하는 방안을 마련하였으며, 국화 재배농가는 성장억제용 백열전구를 고효율의 LED 램프로 교체하였다. Credit의 구매인은 전력회사가 3건으로 가장 많고, 전기기구 회사와 종합상사가 2건씩, 소매업 등 지지회사가 1건이었다.

GHG 절감량은 1년당 305 t-CO_2(국화 농가)에서 1,382 t-CO_2(메론 농가) 사이이다[10]. 이 중 국내 credit으로써 거래 가능한 것은 히트 펌프 등의 기기 투자액에서 차지하는 농가 갹출 비율분에 한정된다. 더욱이 신규 설비 투자 가운에 국가 등으로부터의 보조금분은 빼 버린다. 예를 들면, 기구 도입에 30%의 보조를 받아 credit을 1,500엔/t-CO_2에서 판매 가능한 것으로 시산하면, credit 판매에 의해 얻어지는 수입은 약 32만엔/년(=305×1,500×0.7)에서 145만엔/년(=1,382×1,500×0.7) 정도이다.

<표 3>은『계획서』의 제출에서부터 사업 승인까지 소요된 기간을 나타낸다. 국내 credit으로 신청해서 사업 승인을 얻기까지는 1개월에서 7개월 기간을 필요로 한다. 이것은『계획서』의 수정 등에 소요되는 기간으로 추측된다.

또한, 장미 농가 ④만 2010년 2월말 시점에서 credit이 인증되어 사업 승인에서

---

7) 판매 규모 및 하우스 면적은 홈페이지 등에 공개하고 있는 정보가 아니라 각 농가의 청취 조사로 얻었다.

8) 일본 장미절화협회에 의한2009년 조사결과로 저자가 청취조사로 입수하였다.

9) 시설원예 분야에서는 난방을 위해A 중유를 다량 투입한 것이 지적되고 있다. 及川(2007)에 의하면, 2005년도 농업분야의 연료연소에 의한CO_2 배출량 1,364만 t-CO_2 가운데 45%에 해당하는 611만 t-CO_2가 시설원예 분야의A 중유분 보일러 등에 유래한 것으로 지적하고 있다.

10) GHG 절감율로 살펴보면, 사업실시 전과 비교해 히트 펌프 도입으로 58~67%, 목질 바이오매스 보일러의 도입으로 91~99%를 절감하였다. 목질 바이오매스 보일러는 연료가 carbon neutral로 계산되기 때문에 커다란 절감율을 나타내고 있다.

credit 인증까지 3개월이 소요되었다. 기타 농가는 credit의 인증까지 도달하지 않아 사업 승인에서 credit 인증까지 길게는 10개월 이상의 기간을 소요한 것으로 나타났다. 이것은 배출절감량의 모니터링이나 서류 정비 등에 필요한 기간으로 추측된다.

표 3. 『계획서』 제출에서 사업 승인까지의 기간

조사대상	『계획서』 제출 (신청)	사업 승인	사업 승인까지의 기간
장미 농가 ①	2009년 5월	2009년 11월	6개월
장미 농가 ②	2009년 4월	2009년 5월	1개월
장미 농가 ③	2009년 5월	2009년 6월	1개월
장미 농가 ④	2009년 1월	2009년 4월	3개월
장미 농가 ⑤	2009년 7월	2009년 1월	6개월
메론 농가	2009년 5월	2009년 6월	1개월
채소 농가	2009년 7월	2009년 2월	7개월
국화 농가	2009년 5월	2009년 8월	3개월

자료: 국내 credit 제도 홈페이지에서 필자 작성.

3.2. 조사 결과

3.2.1. 제도참가 이전의 상황

<표 4>는 국내 credit을 알게 된 동기의 집계결과를 나타낸다. 가장 응답이 많았던 것은「credit 구매인 등으로부터의 정보제공」으로 8건 중 4건이었다. 또한,「기타」(응답내용은「신문 등에서」) 회답도 3건이었다. 한편, 복수응답임에도 불구하고「설명회나 홈페이지 등 농림수산성의 홍보활동」은 1건밖에 선택되지 않았다. 이것은 실시한지 얼마 되지 않은 제도로 설명회 등이 충분한 횟수로 개최되지 않았기 때문이다.「소속된 JA 등으로부터 정보제공」은 0건이었다. 청취조사에서「농가로서는 농협 등이 상담하기 쉽다」는 의견도 이었지만, 조사대상 가운에서는 스스로 농협에 상담을 요청해 정보를 입수한 사례는 보여 지지 않았다.

표 4. 국내 credit 제도를 알게 된 동기

항 목	응답수
Credit 구입처 등으로부터 정보 제공	4
설명회나 홈페이지 등 정부의 홍보활동	1
소속된 농협 등으로부터 정보 제공	0
기 타	3
계	8

자료: 청취조사.

<표 5>는 국내 credit에 참가를 결정한 이유(중요한 순으로 최대 3개까지 응답)의 집계 결과이다. 가장 중요한 이유로는「비용절감」(3건)이 제일 많았다. 이것은 국내 credit 제도의 개시 시기가 원유가격의 폭등 시기와 겹쳐 농가는 히트 펌프 등 생에너지 기기도입으로 연유(燃油) 비용 절감효과를 기대했던 것으로 생각된다. 기타에서도「자사의 추진 노력 선전」,「credit 판매에 의한 수익」,「기타」(응답내용은「경영보전을 위해」)를 각 1건씩 응답하고 있다. 이들은 자사의 홍보선전효과와 수입증가로 일컫는 경제적 이득과 연관한 것이라 생각된다. 이상에서 8건 중 6건이 참가 이유로써 경제적 이득에 관한 항목을 들고 있어 연유(燃油) 비용 절감이나 credit 판매수입 등과 같은 경제적 이득은 농가가 국내 credit 제도에 참가할 때 커다란 유인이 되고 있음을 알 수 있다.

한편, 순위에 관계없이 전체 응답을 집계한 결과, 가장 응답수가 많았던 것은「사회공헌」(5건)이었다. 이것으로부터 경제적 이득뿐만 아니라 지역이나 사회로의 공헌도 농가의 국내 credit 제도로의 참가 이유로써 중요하다고 생각된다.

또한, 청취조사 시에는 제도 참가 이전의 불안한 사항으로「제도자체의 선행이 불투명」,「제도의 성숙도가 낮음」,「정보공개가 불충분」등 제도자체와 관련한 문제도 들고 있었다. 국내 credit 제도는 개시 된지 얼마 되지 않는 시행적인 제도로써 참가로 인한 이득·불리함 등은 아직 충분히 알려져 있지 않기 때문이라 생각된다. 제도에 관한 불확실성의 존재는 농가의 국내 credit 제도로의 참가에 마이너스 영향을 미치고 있다고 판단된다.

표 5. 국내 credit 제도의 이용을 결정한 이유(복수응답)

항 목	가장 중요한 이유 응답수	총 응답수	
		응답수	응답비율
자사의 비용절감을 위해	3	3	38%
사회적 공헌의 일환으로써	1	5	63%
자사의 환경으로의 추진 노력을 알리기 위해	1	4	50%
Credit 판매에 의한 이익을 얻기 위해	1	3	38%
구입처 등으로부터의 제안이 있어서	1	1	13%
생산물의 부가가치 제고를 위해	0	3	38%
농업부문에서의 온실효과 가스절감대책으로써	0	1	13%
기 타	1	2	25%

자료: 청취조사.

3.2.2. 농가의 작업부담 및 비용부담 상황

<표 6>은 농가와 credit 구매인 간에 비용부담 상황을 나타낸 것이다. 히트 펌프 등 생에너지 기기의 구입비용(「신규투자 부담」)이나 유지관리 비용(「설비의 유지관리」)은 거의 대부분의 경우에 농가 전액부담인 것으로 나타났다. 서류의 심사비용에 관해서는「농가가 전액부담」한다는 응답이 3건이었다. 그러나「농가가 전액부담」이라고 응답한 농가에 있어서도 심사비용에 대한 보조금을 이용하여 실질적으로는 농가의 비용부담이 없는 경우도 보여 진다.

이상에서 심사료나 생에너지 기구도입에 대한 국가로부터의 조성을 제외하면 생에너지 기구의 도입과 유지관리 비용은 전체 농가가 부담하고 있다는 점이 명확해졌다. 즉, 석유가격 변동 등에 기인하는 투자의 수익성과 관련된 리스크는 거의 대부분 농가측에 의지하는 상황이라고 말할 수 있다.또한, 모니터링용 기기의 투자나 전기요금의 기본요금 증액 등 국내 credit 제도를 이용하기 위한 추가적인 농가부담이 적지 않게 발생하고 있는 점이 이번 조사에서 명확히 밝혀졌다.

표 6. 국내 credit 제도 이용에 관한 농가의 비용부담 상황

항 목	농가 전액부담	구입처 전액부담	양측에서 부담	기타
신규투자의 부담	7	0	0	1
설비의 유지관리	8	0	0	0
서류 심사	3	1	1	3

주: 표 안의 숫자는 응답수임.
자료: 청취조사.

<표 7>은 국내 credit 제도의 이용과 관련된 작업의 역할분담 상황을 집계한 결과이다. 신청에 당면하여 작업을 credit 구매인 등 농가 이외가 주체로 되어 실시하고 있는 경우가 많이 보여 진다.「기타」는 생에너지 기기의 판매회사나 환경 컨설팅 회사 등이 농가를 대신하여 작업을 분담한 것이다[11]. 『계획서』나 『보고서』의 작성·기입은 농가가 주체로 되어 실시한 경우는 보여 지지 않았다. 서류의 작성에 있어 GHG 절감량의 산정 등 고도의 전문지식이 필요하여 개개 농가 수준에서는 대응할 수 없었기 때문이라 판단된다. 향후 『계획서』, 『보고서』를 작성·기입할 수 있는 지식·기술을 지닌 조언자(adviser)를 농가 인근에 증가시키는 것이 국내 credit 제도의 이용 촉진에 기여할 것으로 생각된다.

표 7. 국내 credit 제도 이용에 관한 농가의 작업분담 상황

항 목	농가 부담	Credit 구입처 부담	기타
제도에 관한 정부수집	1	3	4
거래 상대의 탐색	2	2	4
Credit 거래처와의 교섭	6	-	2
『계획서』 데이터 수집	2	2	4
『계획서』의 작성·기입	0	4	4
『보고서』 데이터 수집	2	2	4
『계획서』의 작성·기입	0	3	5
심사기관과의 연락 조정	1	3	4

주: 표 안의 숫자는 응답수임.
자료: 청취조사.

3-2-3. 농가에 의한 국내 credit 제도의 평가

<표 8>은 농가에 의한 국내 credit 제도의 평가를 나타낸 것이다.「사전의 정보제공」및「신청에 필요한 사무작업량」은 8건 중 7건이「매우 불만」또는「다소 불만」인 것으로 응답하여 농가로부터의 평가는 매우 낮다고 말할 수 있다. 정보제공에 관해 농가는「국내 credit 제도 참가에 의한 이득·불리함을 제시해 주길 바란다」,「용어가 어렵고 알기 곤란하다」,「인근에 상담할 수 있는 곳이 없다」등의 의견을 제시하였다.

사무작업의 양에 관해서는 모니터링 등에 관한 작업(데이터 기록, 과거의 중유

11) 2009년도에는 『계획서』 작성에 관한 국가의 사업이 있었지만, 이들 사업을 이용하지 않고 생에너지 기기의 판매회사나 credit 구매인 등이 농가의 『계획서』 작성 등을 지원하는 사례도 보여 진다.

사용 데이터 집계 등)의 양이 많았다는 농가가 복수 보여 진다. 이 외에 사무작업량에 관한 농가의 의견으로써는「『계획서』작성에서 실제 credit을 판매하기까지 절차가 많고 시간이 소요된다」는 의견도 나타났다. 제도의 엄격성을 유지하기 위해서는 데이터를 정확히 계측하는 것이 필요한 반면, 데이터 질의 요구를 지나치게 높게 하면, 농가의 부담은 상당히 증가할 것으로 판단된다. 작업방법 등의 노하우를 축적하여 사무작업량을 절감할 수 있을 것으로 생각된다.

「심사비용 등의 자사부담」에 관해서는「매우 불만」의 응답이 2건인 반면,「매우 만족」의 응답도 1건으로 나타났다. 이것은 심사비용에 대한 보조금을 이용하고 있는 사례도 있는 등 어느 정도는 농가부담의 경감조치가 도모되어 왔기 때문이라 생각된다.

「Credit 판매가격」에 대해서도「매우 불만」에서「매우 만족」까지 농가로부터의 평가가 상이하다. Credit 가격은 농가와 구매인과의 상대거래로 결정되지만, 반드시 농가가 만족할 수준에서 가격이 결정되는 것은 아니라는 점이 주목된다.

농가에 국내 credit 제도 이용에 관한 향후 의향을 질문한 결과, 8건 중 4건이 향후에도「국내 credit 제도를 이용한다」고 응답하였다. 그 외에「상황을 보고 판단한다」는 응답이 2건,「향후는 이용하지 않는다」,「별도 제도의 이용을 검토한다」는 응답이 각 1건이었다.「향후 이용하지 않는다」고 응답한 농가에서는 모니터링 기기의 도입에 예상 이상으로 비용이 든 상황이었다. 이것으로부터 사업의 계속에 관해서도 경제적 이득의 유무가 중요한 요인이라는 것을 시사하고 있다.

표 8. 국내 credit 제도에 대한 농가의 평가

항 목	매우 만족	대체로 만족	보통	다소 불만	매우 불만
사전 정보제공	0	1	0	2	5
신청에 필요한 사무작업량	0	0	1	2	5
심사비용 등의 자사부담	1	1	2	2	2
Credit 판매가격	1	2	2	2	1

주: 표 안의 숫자는 응답수임.
자료: 청취조사.

5. 결 론

본 논문의 목적은 국내 credit 제도에 참가하고 있는 농가를 대상으로 실시한 청취조사로부터 일본의 농업부문 국내 credit 제도의 이용실태를 명확히 밝히는 것이었다. 개시한지 얼마 되지 않은 상황이었기 때문에 8건이라는 소수의 샘플 조사로 분석결과의 자세한 설명에는 주의를 요하지만 이하의 점은 명확해졌다고 생각한다.

① 국내 credit에 참가한 농가는 시설원예 농가로 평균적인 개별경영농가에 비해 대규모인 개별경영농가 또는 복수농가 조직에 의한 신청이었다.

② 국내 credit 제도에 참가한 이유로써 농가는 생에너지 기기 도입에 의한 연유(燃油)비용 절감효과 등 경제적 이득에 높은 관심을 지니고 있었다. 또한, 사업의 계속이라는 측면에서 살펴보아도 경제적 이득이 중요한 요인이라고 추측되었다.

③ 서류작성이라고 하는 신청작업에 대해서는 credit 구매인이나 기타 사업자로부터의 지원에 의해 농가의 작업부담은 경감되고 있었다. 한편, 국가로부터의 조성을 제외하고 국내 credit 제도이용에 드는 비용은 주로 농가가 부담하고 있어 원유가격변동 등에 기인하는 수입성 리스크는 거의 대다수 농가측에서 부담하고 있는 상황이었다.

④ 농가는 정보제공의 부족과 사업작업의 과다라는 측면에서 국내credit 제도에 대해 불만을 가지고 있는 경향이 나타났다. 특히, 경제적 이득에 관한 정보부족 등으로 발생하는 국내 credit 제도의 불확실성은 GHG 절감사업의 기대수입을 줄여 농가의 동 제도로의 참가에 마이너스 영향을 미치고 있는 것으로 추측된다.

[참고문헌]

[1] 경제산업성・환경성・농림수산성「국내 credit 제도(국내배출절감량인증제도) 운영규칙」, 2008. (http://jcdm.jp/outline/data/rule.pdf(최종 억세스: 2010년 4월 15일).

[2] 及川仁「시설원예의 생에너지 과제 추진 등 지구온난화의 대응」『시설과 원예』, 138호, 2007, pp.4-7.

[3] 시행배출량거래기획운영사무국『시행배출량거래기획실시요령』(2009년 3월 26일 개정판), 2009. (http://www.shikou-et.jp/files/jisshi.pdf(최종 억세스: 2010년 4월 15일).

Chinese Version

1. 農產品供需預測理論模型与假設 / 李宁輝 …… 261

2. 气候變化對中國農業的影響 / 熊偉 …… 285

农产品供需预测理论模型与假设

中国农业科学院农业经济与发展研究所
李宁辉

中国农产品供需安全状况，不仅对中国经济发展和国计民生至关重要，而且对世界食物安全也是至关重要。因此，我们必须对中国未来的农产品生产、消费需求和进出口形势进行模拟分析和预测，以便及时而准确地调整农业生产相关政策和措施，确保中国、乃至世界的食物安全。

在进行模拟分析和预测时，除了要充分考虑中国城市化与工业化中耕地减少、水资源短缺、气候异动等影响农业生产能力的环境因素（环境胁迫），以及人口增长、收入提高和市场发育将诱发农产品需求的刚性增长与结构变化，科学技术进步和农业基础设施投资水平影响农业增长进程以外，还应考虑到中国加入WTO后，国内外价格关系变化对国内各种农产品生产和需求的影响效应：国内农产品供需平衡的微调变化都可能引起国际市场价格的波动，同样，国际农产品市场价格的变化也可能影响中国的进出口量以及国内市场价格。

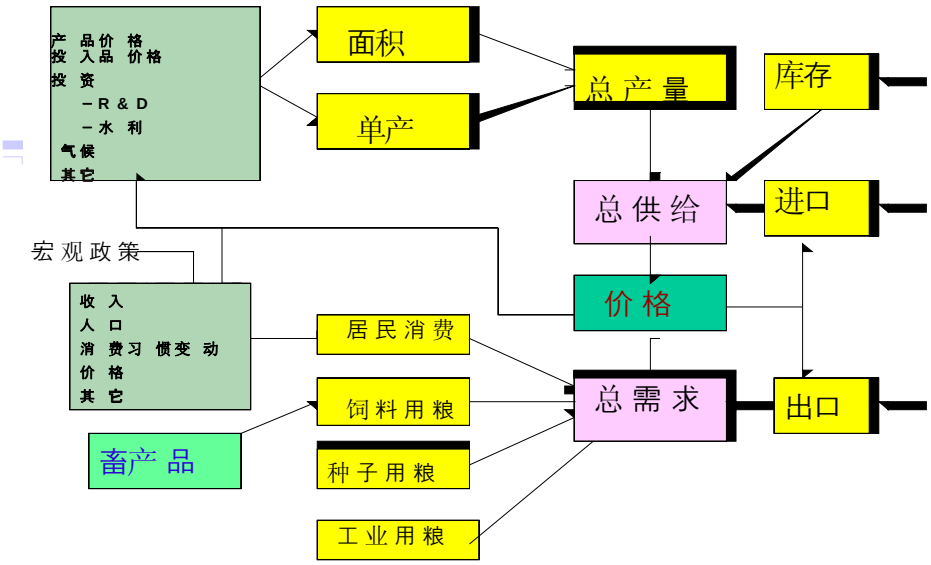
在实际应用中，我们经常采用中国科学院农业政策研究中心的“中国农业政策分析和预测模型”（CAPSiM）对中国农产品供给与需求进行模拟分析和预测。

一、CAPSiM 基本框架

CAPSiM是一个农业部门均衡模型，其主要目标是分析各种政策和外界冲击对各种农产品的生产、消费、价格、市场和贸易的影响以及预测未来中国农产品供给、需求、贸易和市场价格变动趋势。这些政策和外界冲击包括国民经济的宏观政策（如货币兑换政策、财政投资政策、经济增长等）、人口政策（计划生育政策和城市化发展政策等）、市场发展政策、科技政策（如科研投资、技术推广投资等）、农产品价格政策、农业生产资料价格政策、贸易政策、环境保护政策以及各种部门的和产品的政策等。农产品供给（生产、库存和进出口变动）和需求是通过价格调整来达到市场均衡（价格内生模型）或通过进出口变动调整来达到市场均衡（价格外生模型）。

CAPSiM农产品供给方面的弹性系数主要来自对农产品的动态调整系统反应模型的计量经济研究结果，农产品需求方面的弹性系数则基于近乎理想需求系统模型（AIDS）的计量经济估计结果。

CAPSiM 的简单框架见下图。



在 CAPSiM 中，国内农产品供给除受国内价格影响外，还受一系列供给移动因素影响。这些因素包括技术进步（国家科技投资政策）、资源环境（资源和环境保护政策）、准固定投入品（如耕地或播种面积、劳动力，这些因素又取决于耕地保护政策、土地产权政策、土地市场政策、劳动力市场等影响）和制度创新等。农产品需求除受价格因素影响外，还将主要取决于人口增长（计划生育政策）、收入增长、城市化、市场发育及其它因素的变化。由于中国是一个大国，所以国内农产品供需平衡的微小变化都有可能引起国际农产品市场价格的波动。同样地，国际农产品市场价格的变化也可能会影响中国粮食进出口量以及国内市场价格。

在 CAPSiM 的生产模型中包括的农作物产品有大米、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆、棉花、油料作物、糖料作物、蔬菜和其它农产品等 12 种类农作物产品。畜产品和水产品分为 7 类，它们分别为猪肉、牛肉、羊肉、家禽、蛋类、奶类和鱼虾。

在需求系统中，消费品分成 20 类，它们分别为大米、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆、食用油、食糖、蔬菜、猪肉、牛肉、羊肉、家禽、蛋类、奶类、鱼虾、其它食品、消费品（所有非食品）。

CAPSiM 模型预测的变量主要有：各种农作物的播种面积、单产和总产，各种消费品的生活消费量和生产量及其它消费量（如种子需求、工业需求、产后损耗等），各种农产品的进口和出口数量、各种农产品的生产者价格和消费品的零售价格等。

二、CAPSiM 的数学表达式

注：以下方程中 $\hat{X}$ = dX/X（X 的百分比变化）

（1）国内生产模型

1.1 农作物生产模型

农作物产量是播种面积和单产的乘积。播种面积是作物自身价格和其它作物价格的柯贝-道格拉斯函数，其百分比变动受气候因子、政策因子及其它外生因子等外生变量冲击影响；单产是作物自身价格、农业科技储备、水利存量、水土流失面积占总面积的比例和盐碱地面积占耕地面积的比例等变量的柯贝-道格拉斯函数，其百分比变动受气候因子及其它外生因子等外生变量冲击影响；

面积：

$\log A_{it} = a^{A}_{i0} + \Sigma_j b^{A}_{ij}(\log p^{S}_{jt})$

单产：

$\log Y_{it} = a^{Y}_{i0} + \Sigma_j b^{Y}_{ij}(\log p^{S}_{jt}) + c_i \log R_t + k_i \log I_t + g_i \log Z^{Erosion}_t + h_i \log Z^{Salinity}_t$

总产：

$Q^{S}_{it} = A_{it} * Y_{it}$

变动关系：

$$\hat{Q}^{S}_{it} = \hat{A}_{it} + \hat{Y}_{it} + (Z^{A1}_{i(t-1)} + Z^{A2}_{it} + Z^{A3}_{it} + Z^{Y1}_{it} + Z^{Y2}_{it}).$$

其中：

A: 农作物播种面积；

Z^{A1}：因气候外生因子引起的面积变化；

Z^{A2}：因政策外生因子引起的面积变化；

Z^{A3}：因其它外生因子引起的面积变化；

p^{S}：生产者者投入和产出价格；

Y：每公顷农作物产量；

R：农业科技储备；

I：水利存量；

$Z^{Erosion}$： 水土流失面积占总面积的比例；

$Z^{Salinity}$：盐碱地面积占耕地面积的比例；

Z^{Y1}：气候外生因子对单产的影响；

Z^{Y2}：其它外生因子对单产的影响；

i：各种农作物，包括：水稻、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆、棉花、油料作物、糖料作物、蔬菜和其它作物；

j：各种作物产和投入，包括：水稻、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆、棉花、油料作物、糖料作物、蔬菜、其它作物、化肥、劳动力和土地。

参数约束条件：

- 当 i>j 时，$b^{A}_{ij} = b^{A}_{ji} * A_j / A_i$，此时$(dA_i/dp_j^{S})/(dA_j/dp_i^{S}) = p_i^{S}/p_j^{S}$，即两种产品之间的边际替代率等于其价格之比。
- $\sum_j b^{A}_{ij} = 0$，零次齐次性，因而所有产品价格的等百分比变动对作物面积不产生影响。
- 当 $i \neq j$ 时，$b^{Y}_{ij} = 0$，即作物单产只受自身价格影响。

1.2 畜产品生产模型

畜产品产量是畜产品生产者价格的柯贝-道格拉斯函数，其百分比变动受疾病及其它外生变量冲击影响。

产量：

$$\log q_{it} = a^{q}_{i0} + \Sigma_j b^{q}_{ij}(\log p^{S}_{jt})$$

变动关系：

$$\hat{q}_{it} = \hat{q}_{it}\,|_{without_shocks} + Z^{q1}{}_{it} + Z^{q2}{}_{it}$$

其中：

q：畜产品产量；

Z^{q1}：因疾病外生因子引起的畜产品产量变化；

Z^{Y2}：因其它外生因子引起的畜产品产量变化；

i：各种畜产品，包括：猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类、奶类和鱼虾；

j：各种畜产品和投入，包括：猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类、奶类、鱼虾、小麦和劳动力。

参数约束条件：

当 $i \neq j$ 时，$b^{q}_{ij} = 0$，即畜产品产量只受自身价格影响。

饲养方式

在中国，畜产品生产模式主要有三种方式，即农户家养、专业户饲养和工业化饲养。由于三种生产模式的投入产出效率不同，因此有必要将畜产品总产量分解到这三种生产模式，以便根据畜产品产量计算饲料粮需求。

$$q_{ikt} = \theta_{ikt} * q_{it}$$

$$\theta_{ikt} = \theta_{ik(t-1)} + \gamma_{ik}$$

$$\Sigma_k \theta_{ikt} = 1$$

其中：

θ：各饲养方式比例；

γ_{ik}：各饲养方式 θ 的年变化率；

k：各饲养方式，包括：农户家养，专业户饲养、工业化饲养。

（2）国内需求模型

在需求方面，由于城镇消费者主要是通过市场来实现消费需求，因此农产品价格和消费者收入是影响消费的主要因素。这一点与农村消费者有所不同。除价格和收入外，影响农村

消费者的一个主要因素还有市场发育程度。基于这种差异，城镇消费模型与农村消费模型有所不同，除需求弹性矩阵不同外，另一个差异就是市场发育程度变量。

需求模型中，粮食消费被分解成直接消费与间接消费两部分。直接消费即为人消费部分，间接消费即为饲料用粮、工业用粮等部分。

需求模型的弹性矩阵是用几乎理想需求系统（AIDS）求得。

2.1 食品需求

食品需求是消费者价格、实际收入和市场发育率（对农村）的柯贝-道格拉斯函数。

$\log d^R_{it} = a^{RD}_{i0} + \Sigma_j b^R_{ij}(\log p^D_{jt}) + e^R_i \log Y^R_t + m_i \log Z^{MKT}_t$

$\log d^U_{it} = a^{UD}_{i0} + \Sigma_j b^U_{ij}(\log p^D_{jt}) + e^U_i \log Y^U_t$

$d_{it} = \theta^R_t d^R_{it} + \theta^U_t d^U_{it}$

$D_{it} = d_{it} * Pop_t$

其中：

d^R, d^U：农村、城镇人均需求量；

d：全国人均需求量；

D：全国总需求量；

p^D：消费者价格；

Y^R, Y^U：农村、城镇人均收入；

Z^{MKT}：食品市场发育指数；

b^R, b^U：农村、城镇需求价格弹性矩阵；

e^R, e^U：农村、城镇需求收入弹性向量；

m：农村需求市场发育弹性；

θ^R，θ^U：农村、城镇人口占总人口的比重；

Pop：总人口；

i：各种非肉食产品，包括：大米、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆、糖、食用油、水果、蔬菜、猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类、鱼虾、其实食品。

参数约束条件：

- 当 i>j 时，b^R_{ij} = 支出份额 $_j$ * (b^R_{ji} / 支出份额 $_i$ + 实际收入 $_j$ – 市场发育率 $_i$)。
- Cournot$_j$ = $\sum_i b^R_{ij}$ *支出份额 $_i$ + 支出份额 $_j$。Walras 定律（The properties of Cornot and Engel aggregation），即总支出不随价格变动而变动。

2.2 饲料粮需求

在这个模型中，饲料粮需求是根据三种不同生产模式下各种畜产品对不同的饲料粮需求量而求得。其中，畜产品产量推算饲料量用量应用一套转换系数求出。

$$D^{FeedG}_{jt} = \Sigma_k(1 + \delta_{jkt})\beta_{jk}\theta_{jkt}q_{jt}$$

$$\theta_{jkt} = \theta_{jk(t-1)} + \gamma_{jk}$$

$$D^{FeedG}_{t} = \Sigma_j D^{FeedG}_{jt}$$

$$D^{FeedG}_{it} = \Sigma_i f_{it} D^{FeedG}_{t}$$

$$f_{it} = (1 + r_f)_t f_{i(t-1)}$$

其中：

D^{FeedG}：总饲料用粮；

β：饲料/肉转换率；

δ: Efficient gain in feeding livestock.

f: grain i's share of total feed grain.

r_f: f 的年增长。

i：各种粮食饲料，包括：大米、小麦、玉米、红薯、其它粗粮和大豆；

j：各种肉产品，包括：猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类和鱼虾；

k：各种饲养方式，包括：农户家养，专业户饲养、工业化饲养。

2.3 其它粮食需求

$$D^{Seed}_{it} = (1 + \beta^{S}_{t})^t d^{Seed}_{i(t-1)} AA_{it}$$

$$D^{Ind}_{it} = (1 + \beta^{I}_{i})^t D^{Ind}_{i(t-1)}$$

$$D^{Waste}_{it} = (1 + \beta^{W}_{i})^t d^{Waste}_{i(t-1)} Q^{S}_{it}$$

其中:

D^{Seed}：种子用粮；

D^{Ind}：工业用粮；

D^{Waste}：产后损耗；

d^{Seed}：每公顷种子用量（公斤）；

d^{Waste}：产后损耗占总产的比重；

β^{S}：每公顷种子用粮年均增长；

β^{I}：工业用粮年均增长；

β^{W}：产后损耗年均增长；

i：各种粮食，包括：大米、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆。

2.4 粮食总需求

$D^{G}_{it} = D^{FoodG}_{it} + D^{FeedG}_{it} + D^{Seed}_{it} + D^{Ind}_{it} + D^{Waste}_{it}$

其中：

D^{G}：粮食总需求；

D^{FoodG}：居民消费用粮；

i：各种粮食，包括：大米、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆。

（3）粮食库存

$B^{G}_{it} = B^{stock}_{i(t-1)} (1 + \Psi D^{G}_{it} / D^{G}_{i(t-1)}) - \Psi B^{stock}_{i(t-1)} + lp^{D}_{it}$

其中：

B^{G}：库存；

D^{G}：粮食总消费量；

p^{D}：粮食市场价格；

$\Psi = 0$ 如果库存量不变，供模型长期模式使用；

$\Psi = 1$ 如果库存量占消费总量的比例不变，供模型短期模式使用；

l：因粮食价格变化引起的粮食储备边际变化。

（4）贸易

通常情况下，我们可以假定农产品进出口与国内需求存在着不变替代弹性（CSE）关系。根据这一假定，我们在以上需求模型估计出国内需求的基础上，利用不变替代弹性的性质，运用以下推导的结果，估计出进出口因应国内和国际价格的变化而产生的百分比变化。

一种产品的总需求可分解为国内需求、进口和出口。不失一般性，我们先考虑国内需求与净进口的关系。国内需求与净进口的替代弹性定义为两者需求量之比的百分比变动除以这两者价格之比的百分比变动：

$$\sigma \equiv (Q_1 \hat{/} Q_2) / (P_2 \hat{/} P_1). \qquad (4.1)$$

其中，成份 1 是国内需求，成份 2 是净进口。若是不变替代弹性，则σ是常数。σ的值越大，表明需求量之比的变动率超过价格之比的变动率，因而价格较贵的那一部分的成本份

额便下降。把（4.1）表示两种国内需求与净进口的需求和价格的百分比变动形式，便得：

$$(\hat{q}_1 - \hat{q}_2) = \sigma(\hat{p}_2 - \hat{p}_1). \qquad (4.2)$$

根据不变替代弹性函数形式，这种产品总需求的百分比变动是国内需求百分比变动与净进口百分比变动的凸性组合，即：

$$\hat{q} = \theta_1 \hat{q}_1 + (1-\theta_1)\hat{q}_2, \qquad (4.3)$$

其中θ_1是国内需求的成本份额，（1-θ_1）是净进口的成本份额。从中解出$\hat{q}_2$，得：

$$\hat{q}_2 = (\hat{q} - \theta_1 \hat{q}_1)/(1-\theta_1), \qquad (4.4)$$

将其代入（4.2），得：

$$\hat{q}_1 = (1-\theta_1)\sigma(\hat{p}_2 - \hat{p}_1) + \hat{q}. \qquad (4.5)$$

注意这一条件需求方程是价格的一次齐次方程，需求的补偿交叉价格弹性是$(1-\theta_1)\sigma$。

同样地，根据不变替代弹性函数形式，这种产品综合价格的百分比变动是国内需求价格百分比变动与净进口价格百分比变动的凸性组合，即：

$$\hat{p} = \theta_1 \hat{p}_1 + (1-\theta_1)\hat{p}_2. \qquad (4.6)$$

从中解出$\hat{p}_2$作为$\hat{p}_1$和$\hat{p}$的函数，然后代入（4.5），得：

$$\hat{q}_1 = \sigma(\hat{p} - \hat{p}_1) + \hat{q}. \qquad (4.7)$$

可以证明，方程（4.7）式在组成部分大于 2 时，形式保持不变。因此，对于进口，我们有（4.7）式的方程，对于出口我们也有（4.7）式的方程，但由于出口与总需求的反方向变动关系，等式左边应该为负。（4.7）式将成份 1 的百分比变动分解成了两部分。第一部分是替代效应，为不变替代弹性乘以综合价格与成份 1 价格之比的百分比变动化。第二部分是扩张效应。由于是不变规模回报，这一部分反映的是总需求与其各组成部分的等比例扩张关系。利用方程式（4.7），可建立如下贸易模型。

在贸易模型中，到岸价和离岸价经过关税调整和汇率变换后转换成国内市场价格。方程中的替代弹性$\sigma = 2.2$ (FAO)。

$$\hat{X}_{it}^{import} = \sigma(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^{import}) + \hat{q}_{it}$$

$$\hat{X}_{it}^{export} = -\sigma(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^{export}) - \hat{q}_{it}$$

$X^{netimport}_{it} = X^{import}_{it} - X^{export}_{it}$

$p^{import}_{it} = p^{ib}_{it}(1 + PSE^{import}_{it})$

$p^{export}_{it} = p^{xb}_{it}(1 + PSE^{export}_{it})$

$p^{ib}_{it} = XR_t p^{cif}_{it}$

$p^{xb}_{it} = XR_t p^{fob}_{it}$

其中：

X^{import}：进口；

X^{export}：出口；

$X^{netimport}$：净进口；

XR：汇率；

p^{rural}：农村消费者价格；

p^{cif}：到岸价；

p^{fob}：离岸价；

PSE：生产者补贴支出；

i：各种产品，包括：大米、小麦、玉米、红薯、土豆、其它粗粮、大豆、糖、猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类和鱼虾。

（5）市场平衡

$X^{netimport}_{it} + S^{G}_{it} = D^{G}_{it} + B_{it} - B_{i(t-1)}$

其中：

S：国内生产总量，$S = Q^S$（农作物产品），$S = q$ （动物产品）；

D：国内总需求;

$B_t - B_{t-1}$：库存变动量;

i：包括稻谷（大米）、小麦、玉米、红薯、土豆、其他粗粮、大豆、棉花、油料作物、蔬菜、水果、猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类、奶类、鱼虾等。

上式的含义为，通过价格调整，即模型通过多次迭代，寻找一组价格，使各种农产品的总供给等于总需求，以达到市场的均衡。

当农产品市场受某种因素变动影响时，农产品生产供给在下一时期的变动可表达为：

$$(1)\ \frac{\Delta S_{it}}{S_{i(t\text{-}1)}} = \eta_{si}\frac{\Delta P_{it}}{P_{i(t\text{-}1)}} + \sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}} + \delta c_i\frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \delta k_i\frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + \delta g_i\frac{\Delta Z_t^{Erosion}}{Z_{t-1}^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_t^{Salinity}}{Z_{t-1}^{Salinity}}$$

即对 1.1 和 1.2 中各种农产品生产模型对时间（t）求微分。为了简化公式，我们在上式中引入新的弹性符号，即：

S_{it} = 第 i 种农产品的市场供给；

η_{si} = 第 i 种农产品生产对自身价格的弹性（由面积和单产弹性求得）；

η_{sj} =第 i 种农产品生产对第 j 种农产品价格的交叉弹性（由面积和单产叉弹性求得）；

δ = 1 若是农作物产品，0 若是动物产品。

同理，不同农产品需求变动，可由 2.1 和 2.2 中的方程对时间（t）求微分，得出如下表达式；

$$(2)\ \frac{\Delta D_{it}}{D_{i(t-1)}} = \xi_{di}\frac{\Delta P_{it}}{P_{i(t-1)}} + \sum_{j\neq i}\xi_{dj}\frac{\Delta P_{jt}}{P_{j(t-1)}} + e_i\frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} + \delta m_i\frac{\Delta Z_t^{MKT}}{Z_{t-1}^{MKT}}$$

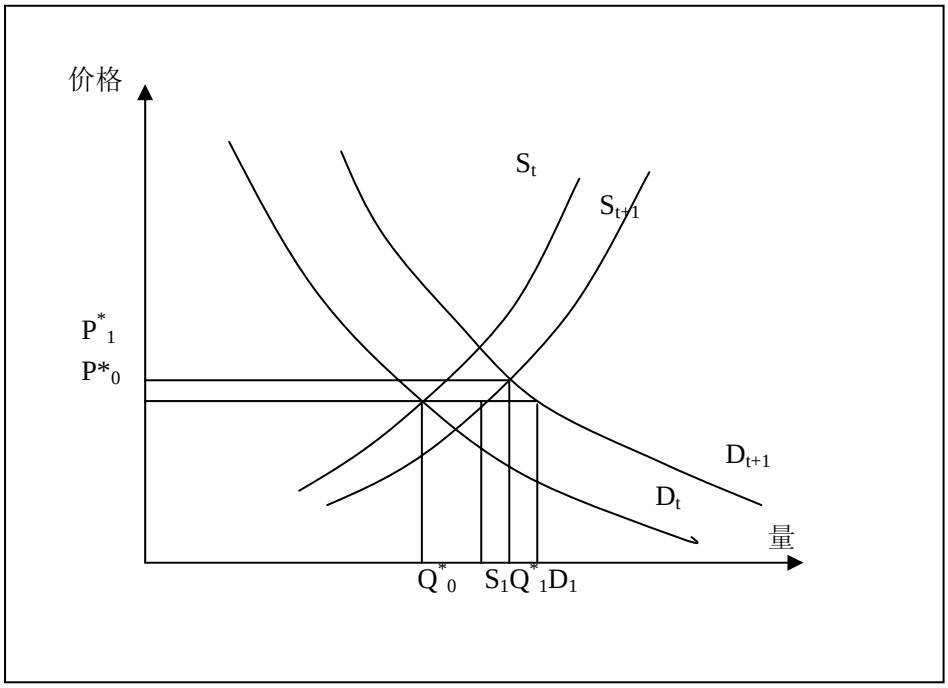
上式中的变量和符号定义除以下几个之外，同以前一样。

D_{it} = 第 i 种农产品的国内总需求；

ξ_{di} = 第 i 种农产品需求的自身价格需求弹性（农村和城市另加权平均数）；

ξ_{dj} = 第 i 种农产品需求对第 j 种农产品价格的交叉弹性（农村和城市加权平均数）；

δ = 1 若是农村，0 若是城市。



上图说明了在 t 和 t+1 时期，市场均衡价格（P^*_1 和 P^*_2）以及市场均衡情况下的农产品

供需数量（Q^*）调整过程。为了求解 P_1^*和 Q_1^*，必须知道 S_1和 D_1。对 1.1 和 1.2 各方程中的第 i 种农产品来说，当$\Delta P_{it} = 0$时，我们可得到如下等式：

$$(3)\frac{\Delta S_t|_{\Delta P_{it}=0}}{Q^*_{t-1}} = \sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{jt}}{P^*_{j(t-1)}} + \delta c_i\frac{\Delta R_t}{R_{t-1}} + \delta k_i\frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + \delta g_i\frac{\Delta Z_t^{Erosion}}{Z_{t-1}^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_t^{Salinity}}{Z_{t-1}^{Salinity}}$$

$$(4)\frac{\Delta D_t|_{\Delta P_{it}=0}}{Q^*_{t-1}} = \sum_{j\neq i}\xi_{dj}\frac{\Delta P_{jt}}{\Delta P^*_{j(t-1)}} + e_i\frac{\Delta Y_t}{Y_{t-1}} + \delta m_i\frac{\Delta Z_t^{MKT}}{Z_{t-1}^{MKT}}$$

给定上述（4）和（5）式，上图表明 S_1 和 D_1可由下两式求得：

$$(5)S_1 = Q_0^*[1+\sum_{j\neq i}\eta_{sj}\frac{\Delta P_{j1}}{P^*_{j0}} + \delta c_i\frac{\Delta R_1}{R_0} + \delta k_i\frac{\Delta I_1}{I_0^*} + \delta g_i\frac{\Delta Z_1^{Erosion}}{Z_0^{Erosion}} + \delta h_i\frac{\Delta Z_1^{Salinity}}{Z_0^{Salinity}}]$$

$$(6)D_1 = Q_0^*[1+\sum_{j\neq i}\xi_{dj}\frac{\Delta P_{j1}}{P^*_{j0}} + e_i\frac{\Delta Y_1}{Y_0} + \delta m_i\frac{\Delta Z_1^{MKT}}{Z_0^{MKT}}]$$

求出 S_1 和 D_1 后，市场的供需均衡价格和产品数量即可下面方程式（7）和（8）求得：

$$(7)\Delta P_1 = \frac{P_o^*(D_1 - S_1)}{(S_1\eta_s - D_1\xi_d)}$$ 使得 $P_1^* = P_0^* + \nabla P_1$

$$(8)Q_1^* = D_1[1+\xi_d\frac{\Delta P_1}{P_o^*}] = S_1[1+\eta_s\frac{\Delta P_1}{P_o^*}]$$

以上过程是一个动态的不断迭代的过程，一个时期市场均衡的求解，往往要经过几百次，甚至上万次的迭代才能得以实现。

三、CAPSiM 模型参数估计或设定

（1） 城乡居民农产品需求弹性

这两类弹性由两个弹性矩阵组成，即城镇居民农产品需求弹性矩阵和农村居民农产品需求弹性矩阵。两个需求弹性矩阵利用城乡住户分户调查数据使用 AIDS 模型估计。随着城乡居民收入水平的提高，其农产品需求弹性也会相应地发生变动。因此，我们利用以往在几个年份求得的需求弹性中找出随着收变动而发生的变动规律，对未来需求弹性按照收入变动情况进行相应的变动调整。

AIDS 模型是 Angus Deaton 和 John Muellbauer (1980 年) 提出的。该模型首先假定在市场上消费者的消费行为可以由一个理性的消费者的消费行为来代表。这个消费者对消费品具有 PIGLOG (Price Independent Generalized Log)型函数的消费偏好关系。

设 u 为消费者 n 件商品的消费中所获得的效用，p = (p_1， …， p_n)为 n 种消费品的价格，c(u， p)为消费者在价格为 p 时要获得 u 所需的最低支出，则 PIGLOG 型函数定义为：

logc(u， p) = (1 - u) log(a(p)) + u log(b(p))，
(1)

并定义 a(p)和 b(p)为：

$$\log a(p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j \ , \qquad (2)$$

$$\log b(p) = \log a(p) + \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \ , \qquad (3)$$

将(2)、(3)式代入(1)式得到 AIDS 成本函数

$$\log c(u,p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j + u\beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \qquad (4)$$

其中α_i、β_i、γ_{ij}^*是待估参数。可以证明，为了保证 c(u， p)是 p 的线性齐次函数，必须有$\sum_i \alpha_i = 1$、$\sum_i \beta_i = 0$、$\sum_i \gamma_{ij}^* = \sum_j \gamma_{ij}^* = 0$。设 q_i是消费者对第 i 种消费品的需求量，则根据 Shephard 引理，

$\partial c(u， p)/\partial p_i = q_i$。

于是，

$$\frac{\partial \log c(u,p)}{\partial \log p_i} = \frac{p_i q_i}{c(u,p)} = w_i \ , \qquad (5)$$

其中 w_i为用于第i种消费品的支出份额。于是，从(4)式得：

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i u \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \ , \qquad (6)$$

其中，

$$\gamma_{ij} = \frac{1}{2}(\gamma_{ij}^{*} + \gamma_{ji}^{*})。 \quad (7)$$

根据 Walras 定律，当消费者效用最大化时，其消费总支出 x = c(u， p)。从这一等式，我们可以解出 u(p， x)。于是，可根据(4)式解出 u(p， x)并代入(6)式便得到支出份额形式的 AIDS 需求函数：

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log(x / P)， \quad (8)$$

其中 P 为如下形式的价格指数：

$$\log P = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_j \sum_k \gamma_{kj} \log p_k p_j 。 \quad (9)$$

(4)式中参数的限制条件和(7)式，决定了(8)式中参数的限制条件为：

$\Sigma_i \alpha_i = 1$，$\Sigma_i \gamma_{ij} = 0$，$\Sigma_i \beta_i = 0$，

$\Sigma_j \gamma_{ij} = 0$，

$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$。

根据上述 AIDS 模型，可以求出：

1）支出弹性

$$\eta_i = \frac{\partial q_i}{\partial x}\frac{x}{q_i} = 1 + \frac{\beta_i}{w_i}。$$

2）Marshall 非补偿价格弹性

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{q_i} = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \frac{\beta_i w_j}{w_i}，$$

其中， i = j 时，$\delta_{ij} = 1$；i ≠ j 时，$\delta_{ij} = 0$。

Marshall 非补偿价格弹性反映了城镇消费者纯粹由于食品价格变动而引起对各食品消费量的变动。

3）Hicks 补偿价格弹性

根据 Slutsky 方程，

$$\left.\frac{\partial q_i}{\partial p_j}\right|_{u=\bar{u}} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j} + \frac{\partial q_i}{\partial x} q_j ,$$

于是，

$$\left.\frac{\partial q_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{q_i}\right|_{u=\bar{u}} = \frac{\partial q_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{q_i} + \frac{\partial q_i}{\partial x}\frac{x}{q_i}\frac{q_j p_j}{x} ,$$

即

$$\nu_{ij} = \varepsilon_{ij} + \eta_i w_j = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} + w_j ,$$

其中ν_{ij}即为 Hicks 补偿价格弹性。

Hicks 补偿价格弹性反映了消费者由于食品价格变动而引起对各食品消费量的变动。但是这种消费量变动除了价格因素直接影响外，还包含了因价格变动引起的消费者实际收入变动进而影响消费需求这一间接影响。Hicks 补偿价格弹性与 Marshall 非补偿价格弹性之差就是这一间接影响，也就是收入效应，而 Marshall 非补偿价格弹性反映的就是纯替换效应。收入效应的效果就是当食品价格发生变动后，消费者通过调整消费结构使其仍然维持原有效用。

在 CAPSiM 模型里，居民农产品需求弹性使用 Marshall 非补偿价格弹性。而依据收入变动调整需求弹性的方式为先求出 Hicks 补偿价格弹性，再从中剔除收入效应而得到新的 Marshall 非补偿价格弹性（表 2-1、表 2-2）。

表 2-1 城镇居民 Marshall 非补偿价格弹性

	大米	小麦	玉米	红薯	土豆	其它粗粮	大豆	棉花	食用油	食糖	蔬菜	水果
大米	-0.22579	0.03991	0.00014	0.00017	-0.00027	-0.00046	-0.00153	0.00669	0.00757	-0.00672	-0.06062	0.00664
小麦	0.06015	-0.33352	0.00015	0.00015	-0.00103	-0.00049	-0.00303	0.01817	0.00986	-0.00413	-0.05373	-0.00109
玉米	0.00938	0.00629	-0.27686	0.00515	0.00094	0.01941	0.00028	0.02402	0.01144	0.00011	-0.05285	0.01048
红薯	0.00960	0.00594	0.00443	-0.43984	-0.00227	0.01414	0.00033	0.01640	0.00253	-0.00172	-0.04248	-0.00597
土豆	-0.00767	-0.01030	0.00004	-0.00085	-0.16484	0.00396	0.00357	0.02700	0.00649	-0.00082	-0.16942	0.02687
其它粗粮	-0.00342	-0.00256	0.00810	0.00687	0.00789	-0.09103	0.00005	0.03043	0.01450	0.00032	-0.06531	0.01375
大豆	-0.01284	-0.01367	-0.00015	-0.00018	0.00179	-0.00053	-0.39719	0.00635	0.00500	0.00125	-0.00535	0.01038
棉花	0.00364	0.01498	0.00067	0.00043	0.00407	0.00209	0.00155	-0.37648	0.02828	0.01025	-0.00207	0.01030
食用油	0.00793	0.00784	0.00026	-0.00011	0.00107	0.00082	0.00164	0.03060	-0.74139	-0.01858	-0.04127	-0.00376
食糖	-0.04942	-0.02173	-0.00020	-0.00055	-0.00063	-0.00050	0.00131	0.04069	-0.07111	-0.52302	-0.00144	0.03352
蔬菜	-0.02357	-0.01421	-0.00056	-0.00057	-0.00509	-0.00166	-0.00026	0.00129	-0.00741	0.00017	-0.44822	0.01664
水果	-0.00232	-0.00432	-0.00008	-0.00034	0.00132	-0.00019	0.00090	0.00428	-0.00178	0.00286	0.02473	-0.59471
猪肉	-0.01431	-0.00902	-0.00020	-0.00029	-0.00006	-0.00040	0.00073	-0.00039	0.00106	0.00076	0.01332	-0.02791
牛肉	-0.00583	-0.00586	-0.00007	-0.00020	-0.00155	-0.00002	0.00132	0.00451	0.00928	0.00118	-0.01054	-0.02793
羊肉	-0.00521	-0.00639	0.00004	-0.00012	-0.00260	0.00035	0.00259	0.00899	0.01796	0.00234	-0.00554	-0.02722
家禽	-0.01272	-0.00899	-0.00007	-0.00021	-0.00054	-0.00015	0.00067	-0.00251	0.01363	0.00146	-0.03149	0.00567
蛋类	-0.00588	-0.00737	0.00005	-0.00018	-0.00039	0.00023	0.00180	-0.00158	0.00966	0.00193	-0.00408	-0.01126
奶类	0.00527	0.00266	0.00013	0.00004	0.00052	0.00040	0.00121	-0.00495	-0.00947	0.00085	0.02363	-0.01762
鱼类	-0.00291	-0.00281	-0.00008	-0.00014	0.00027	-0.00014	0.00256	0.00326	0.00353	0.00121	0.00499	-0.00064
其它食品	-0.01451	-0.01055	-0.00041	-0.00048	-0.00069	-0.00104	-0.00172	-0.00374	-0.00652	-0.00145	-0.04144	-0.02680
非食品	-0.00976	-0.00519	-0.00022	-0.00013	-0.00118	-0.00069	-0.00226	-0.00788	-0.00261	-0.00129	-0.02592	-0.00742

城镇居民 Marshall 非补偿价格弹性（续）

	猪肉	牛肉	羊肉	家禽	蛋类	奶类	鱼类	其它食品	非食品
大米	-0.03723	0.00239	0.00076	-0.00707	-0.00114	0.02226	0.00958	0.01364	0.33109
小麦	-0.03397	-0.00017	-0.00138	-0.00817	-0.00742	0.02046	0.00675	0.00113	0.43131
玉米	0.00270	0.00733	0.00569	0.00998	0.01215	0.02721	0.01528	0.01274	0.49915
红薯	-0.00601	0.00397	0.00270	0.00373	0.00202	0.02193	0.01183	0.01254	0.76122
土豆	0.00266	-0.01047	-0.01211	-0.00408	-0.00483	0.01543	0.01113	0.03604	-0.04782
其它粗粮	0.01736	0.01125	0.00874	0.01269	0.01690	0.03190	0.02080	0.01909	0.44166
大豆	0.02282	0.00899	0.00738	0.00789	0.01121	0.01668	0.03354	0.02003	-0.02339
棉花	-0.00859	0.00741	0.00689	-0.00550	-0.00610	-0.00718	0.01148	0.02216	-0.21831
食用油	0.01389	0.01661	0.01569	0.03403	0.01972	-0.01488	0.01807	0.00021	0.35163
食糖	0.02235	0.00858	0.00760	0.01410	0.01341	0.01381	0.01929	0.00465	0.08929
蔬菜	0.02607	0.00061	0.00021	-0.00939	-0.00116	0.01870	0.00925	-0.01391	0.17807
水果	-0.06804	-0.01061	-0.00674	0.00605	-0.00853	-0.00705	0.00242	-0.03983	0.32197
猪肉	-0.48279	0.01824	0.01407	0.01072	-0.00545	0.01255	0.03223	-0.01490	0.05202
牛肉	0.08647	-0.82323	0.01234	0.08648	0.01004	0.00500	-0.00163	0.01795	0.04227
羊肉	0.12985	0.02329	-0.85573	0.08451	0.00025	0.00684	-0.00394	-0.00105	0.18080
家禽	0.03124	0.05659	0.03054	-0.70081	0.06002	0.00731	0.04596	0.00436	0.00004
蛋类	-0.01506	0.01028	0.00100	0.06960	-0.59360	0.04421	0.02791	-0.01252	0.18526
奶类	0.02088	0.00144	0.00055	0.00278	0.03095	-0.92967	-0.01324	-0.02181	0.15543
鱼类	0.06338	0.00040	-0.00120	0.02861	0.01276	-0.00441	-0.74215	-0.01805	0.15156
其它食品	-0.05265	-0.00461	-0.00454	-0.01082	-0.01502	-0.01126	-0.02270	-0.42987	-0.53920
非食品	-0.04113	-0.00574	-0.00286	-0.01166	-0.00920	-0.00379	-0.01247	-0.09524	-0.96496

表 2-2 农村居民 Marshall 非补偿价格弹性

	大米	小麦	玉米	红薯	土豆	其它粗粮	大豆	棉花	食用油	食糖	蔬菜	水果
大米	-0.37040	0.00155	0.00158	-0.00037	0.00115	-0.00180	0.00071	0.01419	0.00265	-0.00079	-0.04031	-0.00069
小麦	-0.00007	-0.34222	0.00184	-0.00033	0.00359	-0.00136	-0.00046	0.02481	0.00775	-0.00096	-0.05152	-0.00062
玉米	0.03802	0.02706	-0.30506	0.00408	0.00769	0.04323	-0.00086	0.03536	0.00988	-0.00061	-0.05643	0.00480
红薯	-0.01158	-0.00377	0.03515	-0.07963	0.01059	0.05790	-0.00072	0.04013	0.00166	-0.00298	-0.07287	-0.00945
土豆	0.04399	0.09433	0.02745	0.00449	-0.26792	0.00399	0.00475	0.02877	0.03328	-0.00098	-0.11204	0.01799
其它粗粮	-0.00352	0.00384	0.06377	0.00994	0.00223	-0.16996	-0.00179	0.04189	0.01181	-0.00054	-0.06361	0.00745
大豆	0.01473	-0.01491	-0.00551	-0.00062	0.00376	-0.00609	-0.51400	0.03482	0.00465	0.00050	-0.01235	0.00558
棉花	0.00580	0.02224	0.00359	0.00052	0.00113	0.00318	0.00197	-0.79466	0.00393	0.00066	0.00612	0.01018
食用油	-0.00409	0.00952	-0.00007	-0.00032	0.00238	0.00003	0.00036	0.01199	-0.62862	-0.02616	-0.06233	0.00241
食糖	-0.04212	-0.02785	-0.00517	-0.00139	-0.00100	-0.00370	0.00022	0.01276	-0.24439	-0.47464	0.00126	0.03737
蔬菜	-0.03980	-0.02764	-0.00637	-0.00088	-0.00188	-0.00495	-0.00033	0.00798	-0.01245	0.00015	-0.42118	0.01643
水果	-0.02576	-0.01426	-0.00225	-0.00087	0.00121	-0.00122	0.00025	0.01831	-0.00028	0.00457	0.08590	-0.75157
猪肉	-0.03381	-0.02098	-0.00576	-0.00073	-0.00027	-0.00317	-0.00033	0.00117	0.00214	0.00030	-0.04031	-0.01857
牛肉	-0.01614	-0.01545	-0.00365	-0.00045	-0.00957	-0.00210	0.00049	0.02031	0.04155	0.00174	-0.04464	-0.01796
羊肉	0.00244	-0.00209	-0.00121	-0.00007	-0.00149	-0.00022	0.00123	0.02039	0.04108	0.00202	-0.03989	-0.02617
家禽	-0.01688	-0.01811	-0.00434	-0.00042	-0.00051	-0.00309	0.00041	-0.00411	0.04723	0.00164	-0.04394	0.02914
蛋类	-0.00743	-0.01581	-0.00234	-0.00035	-0.00030	-0.00150	0.00088	0.00001	0.01525	0.00165	-0.06226	-0.00331
奶类	-0.00588	-0.00230	0.00108	0.00001	-0.00011	0.00043	0.00047	-0.04229	-0.09177	0.00053	-0.00949	-0.01271
鱼类	-0.00573	-0.01335	-0.00177	-0.00010	-0.00001	-0.00073	0.00120	0.00665	0.01003	0.00125	-0.05040	0.01127
其它食品	-0.03500	-0.01942	-0.00475	-0.00044	-0.00012	-0.00344	-0.00054	0.00563	0.00077	-0.00039	-0.01560	-0.00375
非食品	-0.04167	-0.02773	-0.00394	-0.00061	-0.00161	-0.00320	-0.00132	-0.01331	-0.01092	-0.00103	-0.06179	-0.00613

农村居民 Marshall 非补偿价格弹性（续）

	猪肉	牛肉	羊肉	家禽	蛋类	奶类	鱼类	其它食品	非食品
大米	-0.01611	0.00115	0.00380	0.00174	0.00254	0.00641	0.01302	0.00100	0.27898
小麦	-0.01978	-0.00021	0.00267	-0.00241	-0.00402	0.00636	0.00575	0.00241	0.21877
玉米	-0.03031	0.00070	0.00443	-0.00125	0.00319	0.01153	0.01567	0.00430	0.48458
红薯	-0.03441	0.00071	0.00567	0.00191	0.00164	0.01033	0.02080	0.02004	0.35890
土豆	0.00973	-0.04731	-0.00590	-0.00104	-0.00090	0.00591	0.01308	0.02916	-0.08084
其它粗粮	-0.00416	0.00210	0.00646	-0.00040	0.00531	0.01155	0.02081	0.00647	0.45040
大豆	0.00169	0.00395	0.00791	0.00760	0.01151	0.00800	0.02794	0.00768	0.11315
棉花	-0.00702	0.00573	0.00642	-0.00513	-0.00491	-0.01147	0.00987	0.02221	0.01964
食用油	0.02594	0.01816	0.02005	0.04653	0.01687	-0.03491	0.02334	0.02898	0.19993
食糖	0.02153	0.00739	0.00940	0.01554	0.01527	0.00696	0.02339	0.00680	0.19236
蔬菜	-0.02509	-0.00205	-0.00188	-0.00534	-0.01227	0.00450	-0.00310	0.01340	0.14777
水果	-0.10810	-0.00815	-0.01340	0.03173	-0.00656	-0.00248	0.02353	-0.00194	0.22134
猪肉	-0.50216	0.00773	0.01162	0.01851	0.01136	0.00510	0.02663	0.00520	-0.01368
牛肉	0.09170	-0.74365	0.10223	0.09357	0.04078	-0.00036	-0.00977	0.01996	-0.14858
羊肉	0.12492	0.09163	-0.85695	0.06280	0.01889	0.00055	-0.00738	0.00425	-0.03472
家禽	0.09893	0.04077	0.03065	-0.78608	0.04166	0.00066	0.03894	0.00460	-0.00717
蛋类	0.06487	0.01673	0.00939	0.03874	-0.74832	0.05448	0.02210	0.01902	0.19851
奶类	0.01108	-0.00375	-0.00326	-0.00724	0.11802	-0.95956	-0.00947	0.00764	-0.14143
鱼类	0.07732	-0.00453	-0.00425	0.02314	0.01037	-0.00112	-0.78703	0.00342	-0.12563
其它食品	-0.01233	0.00090	-0.00088	-0.00246	-0.00118	0.00330	0.00222	-0.60579	-0.10675
非食品	-0.06746	-0.00662	-0.00600	-0.01246	-0.01072	-0.00344	-0.01579	-0.04587	-1.06160

（2）未来人口变动

未来人口变动由三部分组成，即总人口、城镇人口和乡村人口。在此，我们利用1980-2007 年人口数据分别对总人口、城镇人口构建 ARMA 模型进行模拟并对未来值进行预测，再得出未来乡村人口预测值。

表 2-3 总人口模型

Dependent Variable： LOG(POP)

Method： Least Squares

Sample (adjusted)： 1983 2007

Included observations： 25 after adjustments

Convergence achieved after 14 iterations

Backcast： 1982

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	14.19982	0.067610	210.0256	0.0000
AR(1)	0.527496	0.213491	2.470818	0.0226
AR(2)	0.718376	0.130564	5.502094	0.0000
AR(3)	-0.299392	0.176959	-1.691871	0.1062
MA(1)	0.997281	0.086802	11.48917	0.0000

R-squared	0.998820	Mean dependent var	13.99190
Adjusted R-squared	0.998584	S.D. dependent var	0.079757
S.E. of regression	0.003001	Akaike info criterion	-8.602584
Sum squared resid	0.000180	Schwarz criterion	-8.358809
Log likelihood	112.5323	F-statistic	4231.637
Durbin-Watson stat	1.896550	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.95	.39	-.81
Inverted MA Roots	-1.00		

表 2-4 城镇人口模型

Dependent Variable： LOG(POPU)

Method： Least Squares

Sample (adjusted)： 1981 2007

Included observations： 27 after adjustments

Convergence achieved after 16 iterations

Backcast： 1978 1980

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24.74603	5.669417	4.364828	0.0003
LOG(POPF)	-0.654864	0.385180	-1.700151	0.1039
AR(1)	0.983069	0.011162	88.06929	0.0000
MA(1)	0.841135	0.205737	4.088399	0.0005
MA(2)	0.769864	0.217044	3.547034	0.0019
MA(3)	0.301930	0.202939	1.487788	0.1517

R-squared	0.999575	Mean dependent var	12.78064
Adjusted R-squared	0.999474	S.D. dependent var	0.323342
S.E. of regression	0.007415	Akaike info criterion	-6.777461
Sum squared resid	0.001155	Schwarz criterion	-6.489497
Log likelihood	97.49573	F-statistic	9883.410
Durbin-Watson stat	2.061485	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.98		
Inverted MA Roots	-.17-.76i	-.17+.76i	-.50

表 2-5 未来人口预测（千人）

	总人口	城镇人口	乡村人口
2009	1334384	632190	702194
2010	1340557	653889	686668
2011	1346459	675795	670664
2012	1352110	698103	654007
2013	1357507	720816	636691

（3）农村劳动力未来工作时间分配

随着经济的发展，农村劳动力农业工作时间与非农业工作时间在不断地发生着结构性变动。总的趋势是，农业工作时间越来越少，非农业工作时间越来越多。以月为单位，两者的变动关系是：

设 NA_{t-1} 为第 t-1 年非农工作时间，第 t 年非农工作时间变动率为 $P_t\%$，第 t 年农业工作

时间变动率为 $Q_t\%$，则有

$$Na_{(t-1)}(1+P_t\%) + (12-NA_{(t-1)})(1+Q_t\%) = 12$$

于是

$$Q_t\% = \frac{NA_{t-1}}{NA_{t-1}-12} P_t\%。$$

我们利用《全国农产品成本收益资料汇编》中的相关数据构造模型先估计出未来农业工作时间变动率及 2007 年农业工作时间，再公式得出，未来非农业工作时间变动率。

表 2-6 未来工作时间变动率（%）

	非农工作时间变动率	农业工作时间变动率
2009	6.092507	-5.47197
2010	5.787881	-5.19837
2011	5.255907	-4.72058
2012	4.993112	-4.48455
2013	4.743456	-4.26032

（4）农产品贸易政策变量

未来农产品进口关税：2009 年按 2008 年关税计算，2010-2013 年按 2010 年关税计算。

表 2-7 农产品进口关税（%）

	1997	2003	2010
大米	17	1.0	1.0
小麦	5	1.0	1.0
玉米	7	1.0	1.0
其它主食	25	11.8	9.8
食用植物油	47	11.8	10.6
食糖	29	19.1	19.1
水果	50	10.0	9.0
蔬菜	50	18.1	14.8
牛羊肉	60	13.1	10.0
猪肉	35	14.0	8.5
家禽	35	14.0	8.5
奶类	23.5	14.5	8.7
蛋类	33	11.0	8.5
水产品	27	15.9	10.4

未来农产品出口关税等值：2009 年按 2008 年关税计算，2010-2013 年按 2010 年关税计算。

表 2-8 农产品出口关税等值（%）

	1997	2003	2010
大米	10	8	0
小麦	0	0	0
玉米	0	0	0
其它主食	0	0	0
食用植物油	0	0	0
食糖	0	0	0
水果	10	10	0
蔬菜	10	10	0
牛羊肉	8	8	0
猪肉	26	26	10
家禽	26	26	10
奶类	0	0	0
蛋类	0	0	0
水产品	15	15	7

未来农产品进口配额：2009-2013 年按 2005 年配额和关税计算，但棉花不受限制。

表 2-9 农产品进口配额（百万吨）

	2002	2003	2004	2005
小麦	8.468	9.052	9.636	--
玉米	5.85	6.525	7.2	--
大米	1.995	2.328	2.66	--
大豆油	2.518	2.818	3.118	3.587
中榈油	2.4	2.6	2.7	3.168
菜籽油	0.879	1.019	1.127	1.243
食糖	1.764	1.852	1.945	--
棉花	0.819	0.856	0.894	--

表 2-10 农产品进口配额关税

	配额内 (%)	配额外 (%)			
		2002	2003	2004	2005
小麦	1	71	68	65	--
玉米	1	71	68	65	--
大米	1	74	71	65	--
大豆油	9	75	71.7	68.3	65
中榈油	9	75	71.7	68.3	65
菜籽油	9	75	71.7	68.3	65
食糖	20	90	72	50	--

棉花	1	54.4	47.2	40	--

（5）饲料用粮/肉转换率

对于计算各粮食产品中的饲料用粮，我们先基于畜产品的数量、根据饲料用粮/肉转换率计算出饲料用粮总量，再根据粮油中心的数据，计算出各粮食产品饲料用粮占总饲料用粮的份额，将总饲料用粮分摊到各粮食产品饲料用粮，这样就建立起了饲料用粮与畜牧业生产的联动关系。根据《全国农产品成本收益资料汇编》计算出饲料用粮/肉转换率。考虑到饲养模式的不同，饲料用粮/肉转换率也有所不同，我们分农户散养、专业农户饲养、大规模工业化饲养三种模式分别计算。

表 2-11 饲料用粮/肉转换率

	饲料用粮/肉转换率			各饲养模式比重		
	农户散养	专业农户饲养	大规模工业化饲养	农户散养	专业农户饲养	大规模工业化饲养
猪肉	1.768	1.841	1.838	0.781	0.150	0.069
牛肉	0.768	0.768	0.768	0.550	0.200	0.250
羊肉	0.958	0.958	0.958	0.200	0.200	0.600
家禽	1.560	1.657	1.735	0.400	0.151	0.449
蛋类	0.167	0.174	0.182	0.400	0.151	0.449
奶类	0.391	0.371	0.362	0.200	0.350	0.450
鱼虾	0.983	1.035	1.083	0.390	0.560	0.050

表 2-12 饲料用粮分摊

	各粮食比例
大米	0.098581
小麦	0.063068
玉米	0.730394
红薯	0.042812
土豆	0.032692
其它粗粮	0.024487
大豆	0.007966

气候变化对中国农业的影响

熊伟[1, 2]

([1] 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 北京 100081；[2] 农业部气候变化与农业环境重点实验室 北京 100081)

摘要：采用模型模拟的方式，根据未来我国社会发展规划，将未来社会经济发展情景与区域气候模型、水资源模型和作物模型相连接，综合地评估和分析未来我国的粮食生产状况，以期为宏观决策的制定提供科学参考。结果表明，1）气候变化将影响未来三大作物单产，如果不考虑 CO_2 肥效作用，未来雨养作物单产将受到更大冲击；当灌溉条件保障后，水稻受到冲击更大，单产降低最多，尤其是 A2 情景。如果考虑 CO_2 肥效作用，未来玉米平均单产变化不大，小麦单产明显增加，尤其是雨养小麦，水稻单产也有所增加。2）未来气候变化、水资源、社会经济发展将影响我国三大作物的需水量和农业供水量，导致水稻、灌溉玉米和小麦的播种面积下降，而雨养小麦和玉米的播种面积上升。3）未来气候变化、CO_2 肥效、水资源和土地利用变化对粮食生产的影响较为复杂，依情景和时段的不同而不同。农业可用水资源对粮食总产的影响最不利，致使三大作物粮食总产量明显降低，成为未来粮食生产的主要限制因素，尤其是水稻生产；土地利用对总产的负面影响最小；气候变化和 CO_2 的相互作用可使总量少许增加。未来各情景下水稻受到冲击最大，而小麦和玉米则表现为不同程度的增产。

关键词：气候变化，水可用性，粮食生产，综合评估

粮食是人类生存和发展的基础，粮食生产不仅是关系国计民生的大问题，而且关系到世界的和平与稳定，气候变化对粮食生产的影响评价，从 20 世纪 70 年代以来，一直受到学术界和有关政府部门的广泛关注。我国地处东亚季风区，是世界上气候变化最为显著、气象灾害最频繁的国家之一，未来气候变化及其极端天气事件的增多将有可能影响我国粮食生产的稳定和持续发展[1]，对此国内外学者展开了大量的研究[2-5]，研究中多假设未来农业生产与现阶段状况保持一致，以未来气候变化（CO_2 浓度增加、温度增加）为背景，从单因素影响角度出发（仅考虑温度增加或温度增加的同时考虑了 CO_2 浓度）去评价气候变化对粮食生产的影响。然而，农业生产不仅受气候环境变化的影响，还受到诸多社会因素，如未来的水资源、土地资源利用格局、社会结构和消费习惯以及科学技术发展水平等的影响[6]。部分学者对建国 50 年来影响粮食作物单产的因素进行分析，从总体上讲，灌溉和技术进步对提高粮食作物单产起了决定性作用[7]，目前技术进步、水资源和土地利用已被公认为影响我国粮食生产最重要的三大驱动因素，它们对我国未来粮食生产的影响也是不可忽视的。因此随着研究的逐渐深入，研究者和决策部门已越来越意识到，如果要全面和系统地了解未来粮食生产的状况，为管理部门制定短、中、长期决策提供科学的依据，结合气候变化和其它趋动因子，开展综合评估是非常必要的。

部分学者尝试综合多种因子，研究气候变化对粮食生产的影响，Parry(2005)[8]结合不同社会经济情景，研究气候变化对全球各国粮食生产的影响，指出未来 2080 年中国粮食产量在 0~±2.5%的范围内变化，而这一幅度仍属于自然气候波动的正常影响范围；Fischer(2005)[9]也分析了不同社会经济情景下全球粮食生产，认为中国地区由于降水增加，边缘地区的粮食产量将会增加。Rosenzweig(2004)[10]结合水资源变化，评价气候变化对粮食生产影响时指出，我国东北地区未来粮食生产的主要限制因子是水分。国内学者也展开了一些综合研究，研究

中将田间试验、产量预测、需水量预测以及专家判断等的结果进行了综合分析，得出由于未来 CO_2 浓度增加，我国粮食产量潜力将会增大，但是由于水分胁迫和极端天气事件的增加，也会增大粮食生产的不稳定性，降低其适应性[11]。前人研究中，国外学者多关注全球粮食安全问题，其社会经济情景的假设与我国的国情和发展存在一定差距；而国内研究目前还主要是将气候变化与各驱动因子的单独影响结果进行综合分析，考虑的因素少且忽略了各因素之间的有机关联，并非真正意义上的综合评估。鉴于此，本研究采用模型模拟的方式，根据未来我国社会发展规划，尝试将气候变化模型、水资源模型、未来社会经济发展情景与作物模型接合起来，以综合地评估和分析未来我国粮食生产的状况。

1. 材料和方法

1.1 整体评估框架

研究中①.基于 IPCC 提供的社会发展方案，构建我国未来社会经济情景和模拟不同 CO_2 排放情景下未来气候变化状况;②.基于未来气候状况，利用 CERES 作物模型，模拟 50km×50km 网格尺度下气候变化对我国主要粮食作物单产量和灌溉需水量的变化；③.利用气候变化情景和 VIC 分布式水文模型，预测未来我国各流域水资源(包括地表径流深和地下径流深)总量的变化；④.结合社会经济情景和未来我国水资源总量，计算出未来我国农业可利用水量；⑤.结合社会经济发展情景，预测网格尺度下未来耕地面积；⑥.根据预测的灌溉需水量、农业可利用水量以及耕地面积，确定各作物的雨养和灌溉面积；⑦.根据预测的未来作物单产量(灌溉、雨养单产)和雨养、灌溉面积，计算未来粮食总产。研究流程如下：

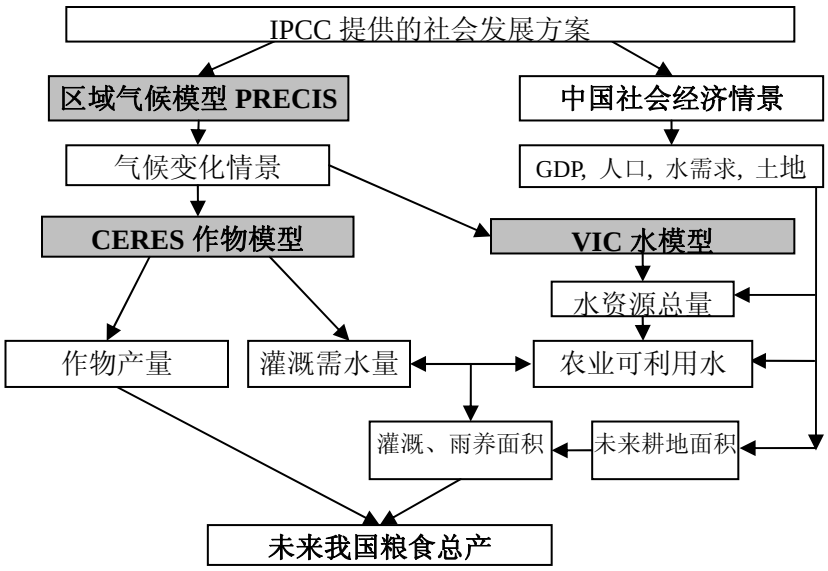


图 1 本研究的流程图

Fig. 1. Flowchart of the approach

1.2 社会发展方案的选择

SRES 排放情景是 IPCC 基于未来的多种可能的发展模式，专门整理和修订的未来排放方案，每种排放方案与未来不同的社会发展模式相对应[12]，其中 A2 情景(中-高排放方案)考虑了快速的人口增长，与中国发展状况差异较大，但作为一种假设的高排放情景，可以帮助我们评估在最坏的发展状况下可能的影响[13,14]；B2(中-低排放方案)情景与中国中长期社会发展方案相近，可以作为未来可持续的发展情景，因此我们选取了这两种情景。

1.3 气候变化情景

我们选用了英国 Hadley 中心最新开发的区域气候模式 PRECIS[15]，与以往研究中所采用的全球气候模式(GCM)相比，该模式在模式验证、时空分辨率、对地形的表述以及模式的

不确定性方面有显著的改善[16]，但 PRECIS 对降水变化的预测较其它模型大。

研究中，基于 A2 和 B2 情景，运用区域气候模式模拟出我国 50km×50km 网格的逐日最高温、最低温、降水、辐射等 20 余项气象指标，其中以模拟的 1961-1990 年历年的逐日气象信息作为基准时段(BS)，代表当前气候；由 A2 和 B2 分别驱动模拟得到 2071-2100 年的逐日气象信息，代表未来远期的气候状况；受气候模拟工作量的限制，2011-2070 年的逐日气象信息，由时间降尺度方法计算得出。为了与社会经济发展情景相一致，我们选择了 2011-2050 时段的逐日天气数据作为其它模型的输入。PRECIS 模拟气候情景及对应的 CO_2 浓度见表 1。

表 1 气候变化情景(与目前气候 BS 的比较值)

Tab. 1 Climate change scenarios (corresponding to the present climate BS)

时段	A2(中-高排放情景)				B2(中-低排放情景)			
	温度变化 (°C)	降水变化 (%)	辐射变化 (%)	CO2 (ppmv)	温度变化 (°C)	降水变化 (%)	辐射变化 (%)	CO2 (ppmv)
2020s (2011~2040)	+1.3	+5	+0.5	440	+1.5	+4	+0.5	429
2050s (2041~2070)	+2.6	+10	+0.7	599	+2.4	+6	+0.7	492
2080s (2071~2100)	+4.5	+17	+1.1	721	+3.4	+9	+0.9	561

1.4 社会经济情景构建

为了更好地评价气候变化和社会经济发展对我国粮食生产的综合影响，基于 IPCC 的 A2 与 B2 社会发展方案和我国中长期发展规划，对未来 2050 年内我国的 GDP、人口、工业结构、水需求以及土地利用情况等进行了预测，构建了中国社会发展情景(见表 2)，并按现有比例不变法[17]，把 GDP、人口、水需求、土地利用预测降尺度到网格水平。

表 2 两种社会经济发展情景下(A2、B2)未来中国的人口和经济发展

Tab. 2. China; population and GDP projections in the two socio-economic scenarios

	2000	2005	2020		2050	
			A2	B2	A2	B2
GDP(万亿元)	9.92	15.6	30.1	48.1	83.7	145.0
人口(亿)	12.7	13.1	15.3	14.4	19.4	15.1
人均 GDP($)	950	1,700	2,400	4,050	5,200	11,650
耕地(亿 hm^2)	1.28	1.22	1.14	1.22	1.08	1.22
水需求(亿 m^3)	5497	5633	6161	6194	7470	6910

说明：GDP 按 2000 年不变价格计算；人均 GDP：按 2000 年兑换率，1 美元=8.2784 人民币。

Note: GDP Yuan at comparable price in 2000; GDP per capita Unit: USD in 2000 100USD = 827.84Yuan.

1.5 CERES 作物模型及模拟

CERES 系列模型是目前世界上应用最广的作物模型之一，本研究中选用其中的 CERES-Rice[18]，CERES-Wheat[19]和 CERES-Maize[20]模型，它们不仅可以预测不同作物品种在各种气候生态和栽培条件下的生长、发育和产量，而且可以帮助制定多目标的优化决策。模型中还考虑了 CO_2 浓度增加对作物光合作用和水分利用效率的影响，可以模拟不同农业管理措施条件下，气温、降水、辐射以及 CO_2 浓度等自然因素对作物生产和产量的影响。

在运用作物模型之前，研究首先对每个模型分别进行站点和区域两种尺度的校准和验证[21-22]，结果表明，校准后，模型不但对站点尺度的单季作物模拟效果较好，而且在区域模拟

上可以反映出产量的时间和空间变化趋势。然后利用校准和验证的模型，模拟了基准气候情景下(BS，1961-1990 年)和 2 种 SRES 温室气体排放方案下 2011-2050 年我国雨养、灌溉作物单产量(自动灌溉方式，即当土壤有效含水量小于 60%时进行定量灌溉，其他管理和品种数据由区域校准过程确定)和作物需水量，具体模拟过程参见文献[3]。

1.6 VIC 水模型及模拟

采用 VIC(Variable Infiltration Capacity)模型模拟了气候变化下网格尺度的水资源状况。VIC 模型是美国华盛顿大学和普林斯顿大学共同研制，基于网格而建立的气候变化对径流影响评估的分布式水文模型[23-27]。该模型在很多地区已经得到了验证和运用，模型参数的网格化特性有利于与气候模型嵌套，以评价气候变化对水资源的影响。

研究中首先采用遥感、DEM(数字高程图)和气候等资料（来源于国家气象局信息中心），在 50km×50km 的网格尺度上对 VIC 模型所需要的气候背景参数、植被参数和土壤参数进行了标定。其次利用降水、气温及流量资料，对全国不同气候区 60 个典型流域 VIC 模型水文参数进行率定，模拟了历史流量过程，并与实测历史流量进行对比。结果表明，基于 VIC 模型在全国进行气候变化对径流影响的评估是可行的。再后，通过对气候和土壤分区的聚类分析，将全国分为 41 个水文参数区[28]，并对同一水文参数区所有已率定的水文参数求平均，将其应用到同一分区的其他网格，实现无资料地区的水文参数的移植，最后模拟了全国各网格 BS(1961-1990 年)，A2(2011-2050 年)和 B2(2011-2050 年)逐日的径流深(包括地表径流深和地下径流深)。

1.7 模型间的连接和处理

1.7.1 未来各省和网格的农业可用水量

为了简化分析，我们将每个网格的年径流深作为该网格该年水资源总量。按公式(1)计算出全国 10 个主要流域的水资源总量。

$$S_j = \sum_{k=1}^{n} (R_k \times A_k) \tag{1}$$

其中 S_j 表示流域 j (全国分为 10 个流域)的年水资源总量，n 表示流域 j 所涵盖的网格数，R_k 表示网格 k 的年径流深，A_k 为该网格在流域 j 中的面积。

由于我国是以省为单位进行水资源分配，因此按式(2)计算 i 省农业可用水资源 AWP_i:

$$AWP_i = \left(\sum_{j=1}^{n} (S_j \times R_j \times P_{ij}) \right) \times \left(aw_i / t_i \right) \tag{2}$$

其中 AWP_i 表示第 i 省的农业可用水总量，由于多数省份是从多个流域内取水，所以用 n 表示第 i 省可以取水的流域数，P_{ij} 表示 i 省从流域 j 的取水量，R_j 表示 j 流域的水资源开发率，该值来源中国水利部水利信息中心，为 1994-2007 多年观测平均值。S_j 由式(1)获得, t_i 表示第 i 个省的水资源需求总量，aw_i 该省农业需水量，t_i、aw_i 由所构建的中国社会发展情景预测获得。

i 省内 k 网格农业可用水量 AWG_k 按式(3)式计算:

$$AWG_k = AWP_i \times \left(IA_k / IA_i \right) \tag{3}$$

其中 IA_k 表示 k 网格内潜在最大灌溉面积(为 2000 年调查值，由全国农调总队提供的分县数据计算而得，具体由各县灌溉面积占种植面积的比重计算得出)，IA_i 是 i 省全部的灌溉面积。

1.7.2 未来各网格的耕地面积

未来 k 网格耕地面积 A_k' 由该网格所在省的耕地分配系数 q_i 和该网格的现有耕地面积 A_k 共同决定，即：

$$A_k^{'} = \left(1 - q_i\right) \times A_k \quad (4)$$

式中第 i 省的耕地分配系数 q_i 由式(5)获得：

$$q_i = \Delta L_i / A_i \quad (5)$$

ΔL_i 表示第 i 省的耕地减少总量，由所构建的中国社会发展情景预测获得；A_i 表示 i 省的现有的耕地面积。

1.7.3 未来各网格的粮食总产计算

未来 k 网格历年的粮食总产 P 按式(6)计算

$$P_k = Y(rice)_k \times a(rice)_k + Y(wheat)_k \times a(wheat)_k + Y(maize)_k \times a(maize)_k + Y'(wheat)_k \times a'(wheat)_k + Y'(maize)_k \times a'(maize)_k \quad (6)$$

其中 Y, Y' 分别表示作物灌溉和雨养单产，a, a' 分别表示灌溉和雨养播种面积，鉴于实际生产中我国耕作制度复杂多样，本研究中进行了简化处理，对三大作物雨养和灌溉面积按如下假设来计算(不考虑作物轮作等情况)：①如果作物模型计算得出的 k 网格的水稻需水量(DWG_k)大于该网格的农业总供水量(AWG_k)，则将该网格中水稻面积作为该网格灌溉的最大面积，而灌溉小麦、玉米面积为 0；如果水稻需水量小于农业总供水量，则除满足目前水稻所需的全部用水外，其余水量平均分配给小麦和玉米，并依此计算出灌溉小麦和玉米的面积；②将该网格中其余未灌溉的面积平均分配用于种植雨养小麦和玉米。

2. 结果和分析

为了去除气候变率对结果的影响，研究中取 1961-1990(BS)年的平均值作为基准，2011-2030(2020s)的平均值作为未来近期，2031-2050(2040s)的平均值为未来中期进行分析。

2.1 气候变化对三大作物单产的影响

未来不同气候情景下三大作物的单产变化如图 2(a-不考虑 CO_2 肥效,b-考虑 CO_2 肥效)。如果不考虑 CO_2 肥效作用(图 2-a)，就玉米而言，雨养玉米平均单产较基准情景 BS 有所减产，都表现为 2040s 时段降低幅度更大，大约在-10%左右，两种情景差异不明显；未来灌溉玉米受到影响明显小于雨养玉米，2020s 时段平均单产变化不大，甚至略有增加，2040s 时段则有所降低，幅度在-5%以内。对小麦而言，未来两种情景下雨养小麦平均单产较 BS 略有降低，2040s 时段下降幅度更大，但均不超过-5%，而灌溉小麦 B2 情景下平均单产略有下降，A2 情景下则有所增产，尤其是在 2020s 时段。就水稻单产而言，未来 B2 情景下，表现为单产逐渐降低，在 2040s 时段约减产 10%左右，而 A2 情景则为先增加后降低的趋势，这可能与两种情景不同的 CO_2 浓度和增温幅度有关。

综上来看，就雨养和灌溉方式相比，小麦、玉米两种作物都表现为雨养方式下单产降低更大，变化幅度更大，说明未来雨养作物产量将会受到更大冲击，而良好的灌溉措施是产量高产稳产的保障之一；当灌溉条件保障后，三种作物相比，未来水稻受到的冲击更大，生产相对更脆弱；从两种情景来看，在 2020s 三大作物单产变化并不明显，但是到 2040s 气候变化的影响将逐渐显露，将可能带来更大的波动。

如果考虑 CO_2 肥效作用(图 2-b)，未来玉米平均单产变化不大，小麦单产明显增加，尤其是雨养小麦，B2 情景下 2040s 时段单产增幅可达 30%以上，水稻单产也有所增加，尤其是 A2 情景下增产幅度为 5%-10%。

图 2-a 和 2-b 相比，可以看出 CO_2 肥效作用对作物单产的影响是不可忽视的，这种作用在小麦上最明显，最大可达 37%左右，而水稻最大为 15%左右，玉米则 10%左右，三种作物增产幅度的差异，可能与 CO_2 肥效作用对 C3 作物(如小麦、水稻)的效应比 C4(如玉米)更

大有关[29-30]，这种肥效作用对雨养作物影响更明显，这可能与 CO_2 肥效作用可以提高水分利用效率有关[30]。

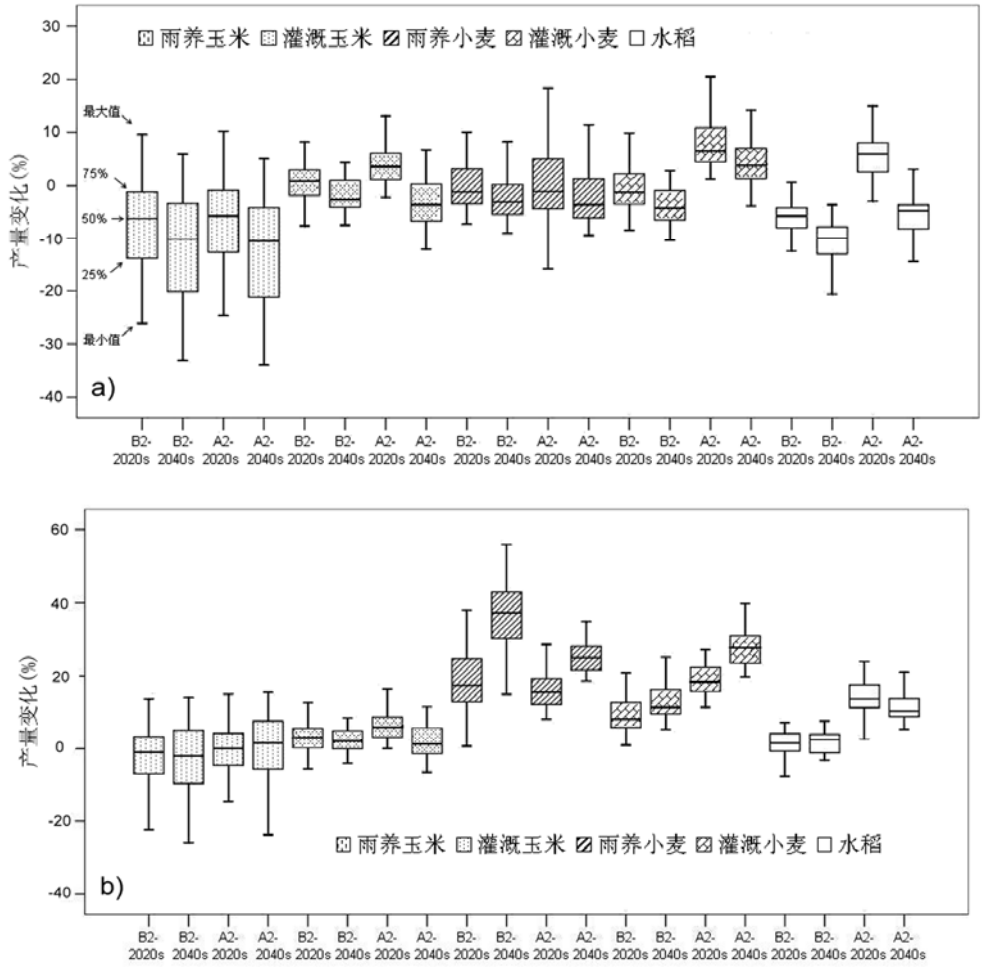


图 2　A2 和 B2 情景下，不同时段三大作物单产的变化（a：不考虑 CO_2 肥效，b：考虑 CO_2 肥效）

Fig. 2. Yield change for different periods, under A2 and B2 scenarios (a: without CO_2 effects, b: with CO_2 effects)

2.2 气候变化、水资源、未来社会经济发展对我国三大作物灌溉面积的影响

未来气候变化、水资源、未来社会经济发展将影响我国三大作物的需水量和农业可用水量，导致未来三大作物灌溉面积发生变化。表 3 中列出未来 2020s、2040s 时段，A2 、B2 情景下，我国三大作物灌溉面积的变化。考虑 CO_2 肥效作用时，B2 情景下未来水稻、灌溉玉米和小麦播种面积都将逐渐减少，2040s 减少更多，三种作物中水稻减少幅度最大，而雨养小麦、玉米的播种面积将有所增加，雨养玉米增幅更大；A2 与 B2 情景波动趋势相似，但波动的幅度更大，A2 情景 2040s 时段水稻播种面积甚至减少 40%，而雨养玉米也增长了 40%多，这可能是由于 A2 情景下，高排放量和快速的人口、经济增长等导致造成农业可用水量骤减而造成的。

如果不考虑 CO_2 肥效，A2、B2 情景未来三大作物面积变化与考虑 CO_2 肥效趋势一致，除了 A2 气候情景下雨养小麦、玉米的播种面积增加幅度减小外，其余波动幅度均有所增加，这可能与一定浓度的 CO_2 肥效能提高作物水分利用率，降低作物需水量有关。

表 3 未来我国三大作物灌溉面积的变化百分比(与 BS 相比)

Tab.3 Percentage change of future irrigated area for crops (corresponding to values of BS)

	时段	A2(中-高排放情景)					B2（中-低排放情景）				
		水田变化(%)	灌溉面积(%)		雨养面积(%)		水田面积(%)	灌溉面积(%)		雨养面积(%)	
		水稻	小麦	玉米	小麦	玉米	水稻	小麦	玉米	小麦	玉米
考虑 CO_2 肥效	2020s	-27.83	1.87	-4.52	21.83	30.71	-3.33	-3.08	-6.06	1.20	3.26
	2040s	-37.32	-2.98	-11.38	31.49	42. 97	-13.79	-10.19	-10.16	9.95	12.73
不考虑 CO_2 肥效	2020s	-30.25	-6.34	-12.68	11.21	19.03	-8.00	-6.99	-12.92	9.11	12.78
	2040s	-41.40	-17.75	-26.03	10.24	23.41	-19.64	-15.87	-19.00	16.58	21.87

2.3 气候变化、水资源、社会经济发展对粮食总产的综合影响

未来气候变化、水资源、社会经济发展对粮食总产量的综合影响见图 3。图 3-a 为考虑 CO_2 肥效作用时，未来三大作物总产量的变化情况。三大作物的粮食产量 2000 年(数据来源于 FAO)与模拟的 BS(1960-1990 年)的平均产量相差不大，说明模型模拟效果较好，模拟结果与实际差异不明显。如果只考虑气候变化的影响，未来三大作物粮食总产比 BS 明显增加，水稻增产幅度为 23%-38%之间，小麦 8%-25%，玉米则略有减产；两种情景相比 A2 情景波动更大，可见未来气候变化，温度升高改善热量条件，CO_2 浓度增加提高光合效率，从而有利于作物生长发育，提高粮食产量。三种作物增产的差异则说明 CO_2 肥效作用对 C3 作物影响更大，这与前人研究结果相似[29-30]。如果在气候变化的同时，又考虑未来水资源的变化，与单考虑气候变化的影响相比，三大粮食作物总产增加幅度明显降低，约降低 8%-15%左右，但仍高于 BS。可见，未来水资源的变化将抵消气候变化带来的热量条件和高 CO_2 的益处，未来水资源短缺对产量影响作用是不可忽视的，在某些地区(华北、西北等)可能成为粮食生产的限制因素。受水资源的影响，水稻产量表现出不同程度的减产：B2 2020s(-2%)<B 22040s(-11%)<A2 2020s(-21%)<A2 2040s(-30%)，这种减产将会影响我国居民对大米的消费习惯等；小麦和玉米则表现出不同程度增产，小麦增加幅度更明显些，最大 A2 情景的 2040s 平均增加了 45%。这种变化主要是由于水资源不足后，水稻面积缩减，更多的耕地改为玉米、小麦的雨养种植造成的。两种气候情景相比，A2 情景下水稻产量降低更大，小麦玉米增加也更明显，说明在 A2 方案下未来发展状况水资源矛盾将更激烈，因此坚持可持续发展是非常必要的。

与考虑气候和水资源变化的结果相比，当增加土地利用变化因素，未来各情景的三大作物总产将进一步降低，但产量变化幅度明显小于由水资源引起的变化幅度，说明土地利用的因素对未来粮食产量的影响要小于水资源的影响，未来部分地区粮食生产的限制因素可能是水，这与前人的研究结果相似[10]。

图 3-b 是不考虑 CO_2 肥效的结果，不同情景和不同因素对三大作物产量的影响，与考虑 CO_2 肥效相比，具有相似的趋势，但产量的变化幅度上有所差异：如果只考虑气候变化的影响，尽管未来三大作物粮食总产仍高于 BS 水平，但总产及各作物产量变化幅度将明显小于考虑肥效的情况，如果再进一步考虑水资源及土地利用的因素，与图 3-a 相比，三大作物总产下降明显，已低于 BS 水平，可见 CO_2 肥效作用对作物产量是不可忽视的，有利于帮助缓解未来气候变化的不利影响，以及提高水分利用效率，从而提高作物产量，这种作用在本研究中最大可达 11%左右，因此今后有必要加大 CO_2 肥效作用的研究，以更好适应未来变化。

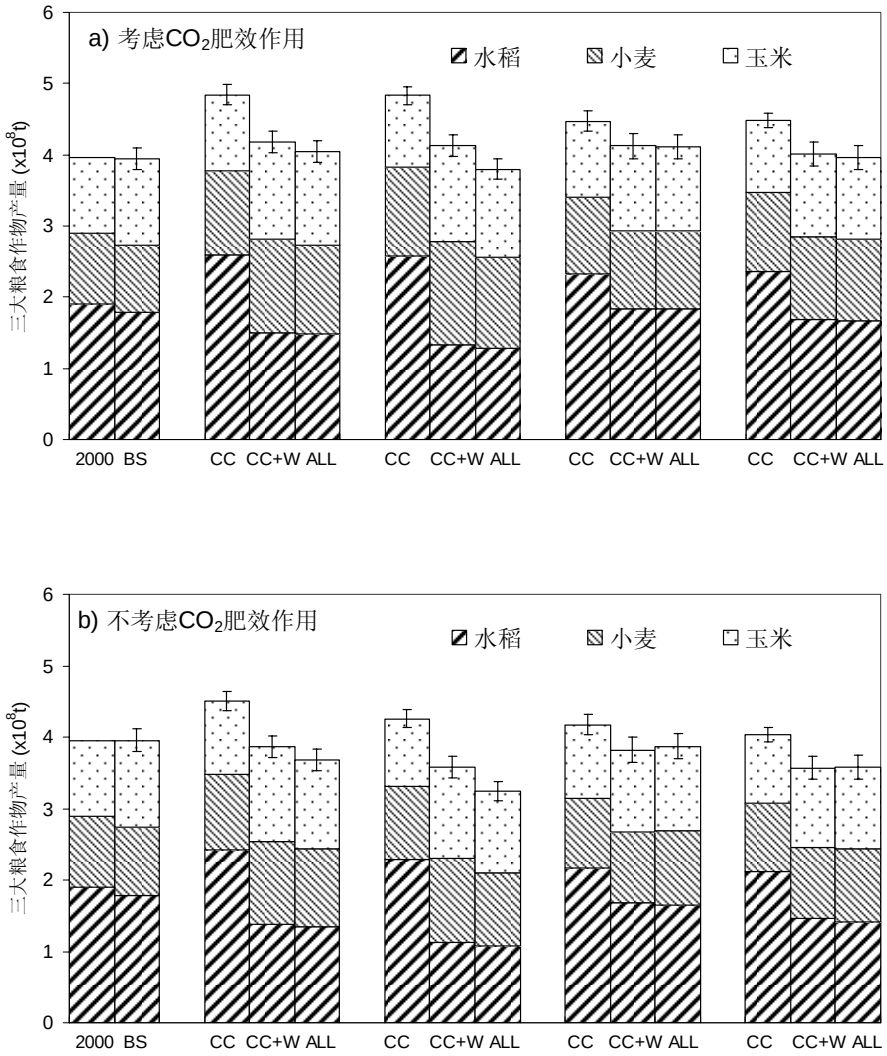


图 3 未来气候变化、水资源、社会经济发展对三大作物粮食总产量的综合影响(CC：表示考虑气候变化影响，CC+W:表示考虑气候变化和水资源共同影响；ALL：表示考虑了气候变化、水资源、土地利用的综合影响）

Fig. 3 The integrated impacts of climate change, water availability, and socio-economic development on cereals production (CC: climate change, CC+W: climate change and water availability, ALL: climate change, water availability and land use change)

3. 结论和讨论

本研究利用模拟的方式，根据未来我国社会发展的规划，尝试将气候变化模型、水资源模型、未来社会经济发展情景与作物模型相接合，以综合地评估和分析未来我国三大粮食作物生产状况，结果表明：

1) 气候变化将影响未来三大作物单产，如果不考虑 CO_2 肥效作用，小麦、玉米两种作物都表现为雨养方式下单产量降低更大，未来雨养作物单产将会受到更大冲击；当灌溉条件保障后，三种作物而言，未来水稻受到的冲击更大，单产降低更多，尤其是 A2 情景。如果考虑 CO_2 肥效作用，未来玉米平均单产变化不大，小麦单产明显增加，尤其是雨养小麦，水稻单产也有所增加。

2) 未来气候变化、水资源、社会经济发展将导致未来三大作物灌溉面积略有变化，水稻、灌溉玉米和小麦的播种面积都将减少，其中水稻减少幅度最大，其次是灌溉玉米；而雨养小麦和玉米的播种面积将有所增加，其中雨养玉米增加更大。

3) 未来气候变化、CO_2 肥效、水资源、土地利用的影响中，气候变化和 CO_2 肥效作用可以使作物产量增加，而水资源对作物产量的影响最为不利，致使三大作物粮食总产量将明显降低，成为未来粮食生产的限制因素，尤其是水稻生产；而土地利用对产量的影响较小。未来各情景下水稻产量受到冲击最大，表现不同程度的减产，最大可达-30%以上，小麦和玉米则表现为不同程度的增产；B2 情景较高排放量的 A2 情景变化幅度小。

参考文献 (References)：

[1] Wang FT. Climate change and Chinese food production. Chinese Rural Economy, 1996, 11: 19-23. [王馥棠. 气候变化与我国的粮食生产.中国农村经济, 1996, 11: 19-23.]

[2] Xiong W, Matthew R, Holman I, et al. Modelling China's potential maize production at regional scale under climate change. Climatic Change, 2007, 85 (3-4): 433-451.

[3] Xiong W, Lin ED, Ju H, et al. Climate change and critical thresholds in China's food security. Climatic Change, 2007, 81 (2): 205-221.

[4] Yao FM, Xu YL, Lin ED, et al. 2007. Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China. Climatic Change, 2007, 80 (3-4): 395-409.

[5] Lin ED, Xiong W, Ju H, et al. Climate change impacts on crop yield and quality with CO2 fertilization in China. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, 2005, 360: 2149-2154.

[6] Wang Zheng, Zhen Yiping. Impacts of global change on China's food security. Geographical Research, 2001 20(3): 282-289. [王铮，郑一萍. 全球变化对中国粮食安全的影响分析. 地理研究, 2001, 20(3): 282-289.]

[7] Cai Chenzhi. Cropping system and food security. Chinese Agricultural Press, 2006. [蔡承智.农作制与粮食安全.中国农业出版社, 2006.]

[8] Parry M, Rosenzweig C, Livermore M. Climate change, global food supply and risk of hunger. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 2005, 360: 2125-2138.

[9] Fischer G, Shah M, Tubiello FN, et al. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 2005, 360: 2061-2083.

[10] Rosenzweig C, Strzepek KM, Major DC, et al. Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. Global Environmental Change, 2004, 14: 345-360.

[11] Barry S, Cai Y. Climate change and agriculture in China. Global Environment Change 1996, 6: 205-214.

[12] Nakicenovic N, Swart R. Special Report on Emission Scenarios. London: Cambridge University Press, 2000.

[13] Cholaw B, Cubasch U, Lin Y H, et al. The change of North China climate in Transient simulation using the IPCC SRES A2 and B2 scenarios with a coupled atmosphere-ocean General Circulation Model. Advances in Atmospheric Sciences, 2003, 20(5): 755-766.

[14] Cholaw B. Simulation of the future change of East Asian monsoon climate using the IPCC SRES A2 and B2 scenarios. Chinese Science Bulletin, 2003, 48 (10): 1024-1030.

[15] Jones RG, Noguer M, Hassell DC, et al. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS, 2004, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 2001. 35pp.

[16] Xu YL. Setting up PRECIS over China to develop regional SRES climate change scenarios. In: Proceedings of the international workshop: Prediction of Food Production Variation in East Asia under Global Warming, Tsukuba, Japan, 2004, pp. 17-21.

[17] Gaffin SR, Rosenzweig C, Xing XS, et al. Downscaling and geo-spatial gridding of socio-economic projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). Global Environment Change, 2004 14: 105-123.

[18] Ritchie JT, Baer BD, Chou TY. Effect of global climate change on agriculture Great Lakes Region. Smith JB. Tirpak DA (eds). The Potential Effects of Global Climate Change on the United States: Appendix C – Agriculture. Washington DC: US EPA, 1989. 1~25.

[19] John H, Retchie JT. Modeling plant and soil systems Madison, Wiscons, USA. 1991

[20] Ritchie JT, Singh U, Godwin DC, et al. Cereal growth, development and yield. In: Gordon YT, Gerrit H, Philip KT. (Eds.) Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1998. 79-98

[21] Xiong W, Holman I, Conway D, et al. A crop model cross calibration for use in climate impacts studies. Ecological Modelling, 2008, 213: 365-380.

[22] Xiong W, Conway D, Holman I, et al. Evaluation of CERES-Wheat simulation of wheat production in China. Agronomy Journal, 2008, 100(6): 1720-1728.

[23] Wood EF, Lettenmaier DP, Zartarian VG. A Land-surface hydrology parameterization with subgrid variability for general circulation models. Journal of Geophysical Research, 1992, 97(D3): 2717-2728.

[24] Liang X, Lettenmaier D P, Wood E F, et al. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. Journal Geophysical Research, 1994, 99(D3): 14415-14428.

[25] Liang X, Wood EF, Lettenmaier DP. Surface soil moisture parameterization of the VIC-2L model: evaluation and modification. Global Planet Change, 1996, 13(1): 195-206.

[26] Liang X, Xie Z. A new surface runoff parameterization with subgrid – scale soil heterogeneity for land surface models. Advances in water resources, 2001, 24(9-10): 1173-1193.

[27] Liang X, Xie Z. Important factors in land –atmosphere interactions: surface runoff generations and interactions between surface and groundwater. Global and planetary change, 2003, 38(1): 101-114.

[28] Su F, Xie ZH. A model for assessing effects of climate change on runoff in China. Progress in Natural Science, 2003, 13(9): 701-707.

[29] Wechsung F, Garcia RL, Wall GW, et al. Photosynthesis and conductance of spring wheat ears: Field response to free-air CO_2 enrichment and limitations in water and nitrogen supply. Plant Cell Environment, 2000, 23: 917-929.

[30] Bai Liping, Lin Erda. The effects of CO_2 concentration enrichment and climate change on the agriculture. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2003, 11(2): 132-134. [白莉萍,林而达.CO_2浓度升高与气候变化对农业的影响研究进展[J].中国生态农业学报, 2003, 11(2): 132-134.]

Japanese Version

1. 日本における食料消費構造の展望 / 薬師寺哲郎 …… 27

2. 日本の農業分野における排出量取引制度の利用実態 / 澤内 大輔 …… 39

日本における食料消費構造の展望
－少子・高齢化，世代交代の影響を考慮して－

農林水産政策研究所
薬師寺哲郎

１．はじめに

我が国の人口構成は，2025 年には 65 歳以上が 30.5%占め（2005 年 20.2%），14 歳以下が 10.0%に低下する（同 13.8%）など，少子・高齢化の進行が予想されている[1]。また，世帯構成も，2025 年には単独世帯が 2005 年に比べて 24.0%増加し，36.0%を占めるようになる（2005 年 29.5%）と予想されている[2]。このような少子・高齢化の進行や世帯構成の変化は我が国の食料消費に少なからず影響を及ぼすはずである。

本稿では，世帯単位の食料費支出のこれまでの変化の分析を基礎にして，一定の仮定の下で，少子・高齢化の下での食料消費を展望する。

２．展望の基本的考え方

本稿での展望に当たっては，ある年齢階層，ある年におけるある品目の食料消費は，出生年の違いによる「コーホート効果（cohort effect）」，加齢に伴う「加齢効果（age effect）」，時代の変化による「時代効果（period effect）」及び消費支出，価格によって決まると考える。これらを分析することによって，これまでこれらの効果がどのように消費に影響を及ぼしてきたか，そして将来にはどう影響を及ぼすのかを検討する。なお，本来，これらは消費する個々人について把握し，検討すべきものであるが[3]，ここでは，世帯主年齢階級別の世帯単位のデータを用いる。家計における食料品購入の多くは，世帯員個々が行うのではなく，主婦などがまとめて行うことを考慮すると，世帯単位のデータを用いることも許容されると考える。このため，以下におけるコーホート効果，加齢効果は個々の世帯員についての効果ではなく，それぞれ，世帯員の属する家計の世帯主の出生年の違いによる効果，世帯主の加齢に伴う効果となる。この結果，加齢効果には，加齢に伴う嗜好の変化のみならず，出産，子供の成長，独立などの家族構成の変化やライフステージの変化に伴う 1 人当たり消費量の変化も含まれることになる。その意味では，ここでの加齢効果は「ライフステージ効果」[4]ともいうべき性格を持っていると言える。

食料消費の分析において，コーホート効果に着目した分析は数多い。そのなかで，まとまっているのは森編［３］であるが，そこでは，いくつかの品目の個人単位での年齢階級別消費量の推計や，コーホート効果の推計における問題など，このような分析をめぐる様々な論点が広く取り扱われている。一方，最近では，Stewart et al.［４］が，過去のコーホート分析の結果を将来展望に結びつける分析を行っている。そこでは，アメリカにおける野菜の消費見通しにおけるコーホート効果の影響を検討し，家計消費においては若い世代の支出額が少なくなっており，今後若い世代が高齢世代に置き換わって行くにつれ，生鮮野菜の支出額は減少するとした。しかし，このように特定の品目について深く分析したも

のはあるものの，これまで食料消費全体にわたって分析したものはないように思われる。本稿では，食料費を構成する全品目について分析と展望を行うが，以下の分析においては，多くを Stewart et al.［４］に負っている。

３．データとモデル

（１）　利用したデータとデータの事前処理

利用したデータは，『家計調査年報』（総務省），『全国消費実態調査』（同），『消費者物価指数年報』（同)），『日本の世帯数の将来推計（全国推計)』（国立社会保障・人口問題研究所)，『日本の将来推計人口』（同）である。

2 人以上世帯については，家計調査による 1987 年から 2007 年までの 21 年分の世帯主の年齢階級別支出額のデータ（2006 年までは農林漁家を含まないもの。）及び初期値として 2005 年の農林漁家世帯を含むものを用いた[5]。単身世帯については，全国消費実態調査（5 年ごと調査）による 1984 年から 2004 年までの 5 年分の男女別年齢階級別支出額のデータを用いた。世帯数の将来推計は 2008 年 3 月推計，将来推計人口は 2006 年 12 月推計を用いた。

概して高齢世帯ほど購入品目の価格が高いため，可能な範囲で，世帯主年齢階層間価格差による支出額格差を平均価格での評価に補正した。

また，消費者物価指数を用いて支出額を 2005 年価格に実質化した上で，2 人以上世帯については，世帯主の年齢階級別に，世帯員数で除して，世帯員 1 人当たり実質支出額を算出した。

（２）　展望モデル

次のようなモデルを考え，係数を推定する。推定は，年齢階級別データがそれぞれの階級の平均値であるため加重最小二乗法（WLS）により行った。

$$\log(E^{(it)}) = \beta_1 + \sum_{c=2}^{n_c} \beta_{2c} \cdot D_{2c}^{(it)} + \sum_{a=2}^{n_a} \beta_{3a} \cdot D_{3a}^{(it)} + \sum_{p=2}^{n_p} \beta_{4p} \cdot D_{4p}^{(it)} +$$

$$(\beta_{51} + \sum_{h=2}^{n_h} \beta_{5h} \cdot D_{5h}^{(it)}) \cdot Y^{(it)} + \beta_6 \cdot P^{(t)} + e^{(it)}$$

ここで，

$E^{(it)}$　：世帯員 1 人当たり実質支出額
（年齢階級 i，年次 t における。（以下同様））

$D^{(it)}_{2c}$　：出生年ダミー（コーホートダミー）

$D^{(it)}_{3a}$　：年齢階級ダミー

$D^{(it)}_{4p}$　：時代ダミー

$D^{(it)}_{5h}$　：消費支出係数ダミー

$Y^{(it)}$　：1 人当たり消費支出（年齢階級別，年次別）

$P^{(t)}$　　：価格（年次別）
$e^{(it)}$　　：誤差項

であり，β_{ik} は，推定すべき係数である。この式で，右辺第 2 項がコーホート効果，第 3 項が加齢効果，第 4 項が時代効果を表す。

なお，消費をコーホート効果，加齢効果，時代効果に分けようとする場合，出生年と年齢と時代（年）の間には、出生年＋年齢＝年の関係があるため，変数が一次独立にならないという問題が指摘されている[6]。

この問題に対して，前掲 Stewart et al.［4］では，ある年の周辺の年に生まれた人は，似たような経験を持っている（似たような行動をとる）との考えのもとに，コーホート変数は 5 年刻みにまとめ，同様に年齢変数は 3 年刻み，時代変数は 2 年分ずつにまとめることにより，この問題を回避している（用いているデータは，1982 年から 2003 年までの 3 年ごとの家計調査の原データである。）。 本稿では，使用したデータが集計データであるため，区分の設定の自由度はあまりないが，これにならって問題を回避した。

2 人以上世帯とは異なり，単身世帯については，極端にデータが不足する。単身世帯については，年齢階級が 10 歳刻みで利用できる全国消費実態調査の結果を利用した。しかしながら，5 年ごとにしか調査が行われていないため，利用したデータは，1984 年から 2004 年までの 5 年ごとの 5 年分である。他方，単身世帯については，男女別のデータが利用できる。このため，男女別 2 区分×年齢階級 6 区分×5 年分のサンプル数 60 で展望を行った。

単身世帯については，消費支出の係数と，価格の係数を，2 人以上世帯と同様に他の係数と同時に求めるにはサンプル数が少なすぎると思われたので，これらについては，2 人以上世帯の係数を利用した。具体的には，2 人以上世帯の計測結果から消費支出弾力性（年齢階層別）と価格弾力性を算出し，これを利用して $\log(E^{(it)})$ から消費支出，価格に関する項を差し引いたものを被説明変数として他の係数を推定した。

$$\log(E^{(it)})-\left(\sum_{h=1}^{n_h}\eta_{Yh}\cdot D_{5h}^{(it)}\cdot\log(Y^{(it)})+\eta_P\cdot\log(P^{(t)})\right)=\beta_1+\sum_{g=1}^{n_g}\beta_{7\,g}\cdot D_{7g}^{(it)}+$$
$$\sum_{c=2}^{n_c}\beta_{2c}\cdot D_{2c}^{(it)}+\sum_{a=2}^{n_a}\beta_{3a}\cdot D_{3a}^{(it)}+\sum_{p=2}^{n_p}\beta_{4\,p}\cdot D_{4\,p}^{(it)}+e^{(it)}$$

ここで，$D^{(it)}_{7g}$ は，女性ダミーであり，年齢階級 g（3 区分）ごとに設定される。また，η_{Yh} は h 年齢階級の消費支出弾力性，η_p は価格弾力性，$D^{(it)}_{5h}$ は，年齢階級ダミーである。

2 人以上世帯の説明変数の数は，コーホート 13，年齢 9，時代 6，消費支出 1，消費支出係数 4，価格 1 の合計 34 となった。これに対し，サンプル数は，年齢階級 10 区分×21 年で 210 である。単身世帯については，サンプル数 60 に対し，説明変数の数は，女性 3，コーホート 6，年齢 5，時代 4，の合計 18 となった（用いた変数の詳細は第 1 表を参照のこと）。

なお，2 人以上世帯の 24 歳以下の階級はサンプル数が少なく，年により大きく変動することがある。このため，明らかに異常値と思われるデータについては，異常値ダミーを設けることにより，係数推定への悪影響を防止した。単身世帯についても，前後の年から判

第1表　展望に用いた変数の区分一覧

	2人以上世帯	単身世帯
女性ダミー （変数の数）	なし	39歳以下 40～59歳 60歳以上 3
コーホート（出生年）ダミー （変数の数）	1922年以前（変数から除外） 1923～27年 1928～32年 1933～37年 1938～42年 1943～47年 1948～52年 1953～57年 1958～62年 1963～67年 1968～72年 1973～77年 1978～82年 1983～87年 13	1927年以前（変数から除外） 1928～37年 1938～47年 1948～57年 1958～67年 1968～77年 1978～87年 6
年齢ダミー （変数の数）	24歳以下（変数から除外） 25～29歳 30～34歳 35～39歳 40～44歳 45～49歳 50～54歳 55～59歳 60～64歳 65歳以上 9	29歳以下（変数から除外） 30～39歳 40～49歳 50～59歳 60～69歳 70歳以上 5
時代ダミー （変数の数）	1987～89年（変数から除外） 1990～92年 1993～95年 1996～98年 1999～01年 2002～04年 2005～07年 6	1984年（変数から除外） 1989年 1994年 1999年 2004年 4
消費支出 （変数の数）	（29歳以下）（注） 1	2人以上世帯で推計された弾力性を利用（説明変数に含めず）
消費支出係数ダミー （変数の数）	29歳以下（変数から除外） 30～39歳 40～49歳 50～59歳 60歳以上 4	29歳以下 30～39歳 40～49歳 50～59歳 60～69歳（60歳以上と同じ） 70歳以上（60歳以上と同じ）
価格 （変数の数）	年齢階層区分なし 1	2人以上世帯で推計された弾力性を利用（説明変数に含めず）
説明変数の数	34	18

注．　消費支出係数ダミーから29歳以下を除外することにより、29歳以下の係数を表すことになる。

断して異常値と思われるものは，異常値ダミーを導入した。

（3）　将来における世帯員 1 人当たり実質支出額の試算

将来について，外生的に与えた $D^{(it)}_{2c}$，$D^{(it)}_{3a}$，$D^{(it)}_{4p}$，$D^{(it)}_{5h}$，$Y^{(it)}$，$P^{(t)}$により，試算年の年齢階級別の世帯員 1 人当たり支出額 E を求める。これに将来の世帯主年齢階級別平均世帯員数[7]と世帯数を乗じて，全体支出額とする。

なお，$D^{(it)}_{2c}$を外生的に与えるに当たっては，今後新たに最低年齢階層に入ってくるコーホートのコーホート効果は，現在の最低年齢階層と等しいとおいた。

また，時代効果 $D^{(it)}_{4p}$ の係数については，係数の明確な上昇，下降トレンドがある場合にはそれに応じて将来の係数を変化させた。具体的には，これまでの時代効果の係数の動向をみて，一定のトレンドが見出されない場合は直近年の係数で固定し，明確なトレンドがみられる場合は，2005 年から 2015 年までの 10 年間は原則として過去の 2 期間（2 人以上世帯の場合は 6 年間，単身世帯については 10 年間）の係数の年平均増減量により係数を変化させ，その後の 10 年間についてはその半分の量により変化させた[8]。

さらに，消費支出 Yについては，OECD［5］で用いられている日本の GDP 成長率と人口成長率をもとに将来の家計調査ベースの 1 人当たり消費支出の変化を算出して利用した[9]。用いた 1 人当たり実質 GDP 成長率の平均は, 2005～2015 で 1.6%, 2015～2025 年で 1.5%となっている。価格 P については，2005 年水準のまま固定した。

学校給食（2 人以上世帯のみ）については，消費支出は以上に掲げた要因によるとは考えられないため，児童数の変化に比例させた。

４．いくつかの品目におけるコーホート効果，加齢効果，時代効果

2 人以上世帯における, 米と主食的調理食品を取りあげて, 推定されたコーホートダミー，年齢ダミー，時代ダミーの係数をみることによって，過去の支出額に及ぼしたコーホート効果，加齢効果，時代効果の影響を検討すると以下の通りである。米は家計における調理の食材であり，需要が減少してきたものの例，主食的調理食品は，需要が増加してきた中食の例である。

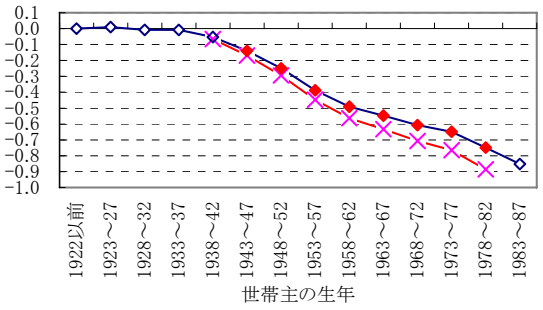
ここではダミー変数から除外した変数の値をゼロとして，グラフに含めている。なお，計測された係数のなかには t 値が低いものも含まれている。グラフには，t 値 2 以上の係数を塗りつぶしのマーカーで示した。また，このような全変数による係数推定値のほか，試算には用いなかったが，変数減少法によって変数の数を減らして係数を推定した結果も t 値 2 以上のものについて×印のマーカーで示している。

（1）　米

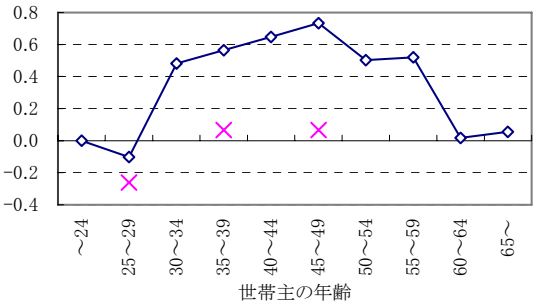
1940 年代に生まれた世代以降，継続的にコーホート効果が低下しており，しかも有意である。加齢効果については， 30 代から 50 代にかけて高く 60 代以上は低下する。これは，子供の出産，成長，独立などによる世帯員の年齢構成の変化に伴う世帯員 1 人当たり消費

量の変化が反映していると考えられる。時代効果は継続的に低下しており，有意である。(第1－1－1図～第1－1－3図)

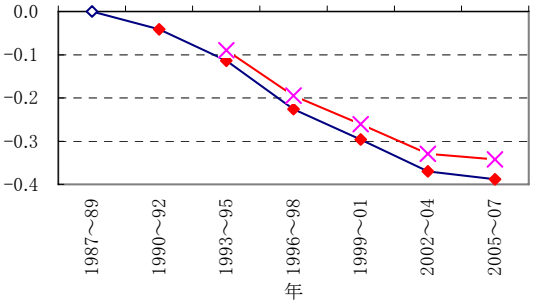
以上の結果からは，コーホート効果，時代効果（この傾向が続くならば）とも，将来1人当たり消費を減少させる方向に働くとみられる。



第1－1－1図　コーホート効果－001米



第1－1－2図　加齢効果－001米

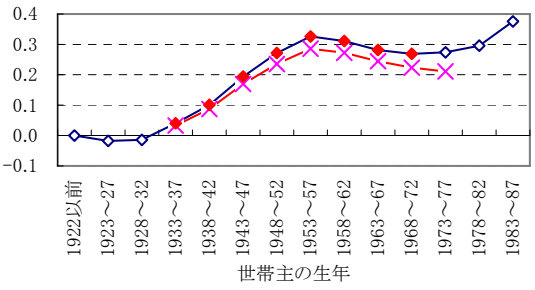


第1－1－3図　時代効果－001米

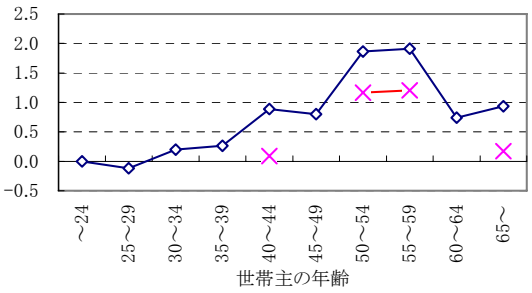
（2）　主食的調理食品

コーホート効果は，1935年前後生まれ以降，生年が下るにつれて上昇し，1955年頃の生年でピークに達し，その後安定（ここまでの係数は有意）したのち，生年1980年頃以降また上昇傾向にある。加齢効果は，50歳代が最も多い。時代効果は，上昇傾向にあり，有意である（第1－2－1図～第1－2－3図）。

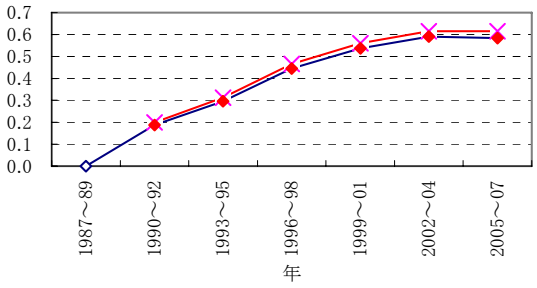
将来については，コーホート効果は消費の増加要因となる可能性が高く，時代効果も，この傾向が続くならば，消費の増加要因となる。



第1－2－1図　コーホート効果
－023主食的調理食品



第1－2－2図　加齢効果
－023主食的調理食品



第1－2－3図　時代効果
－023主食的調理食品

５．　将来展望結果

（１）　30 分類の将来展望

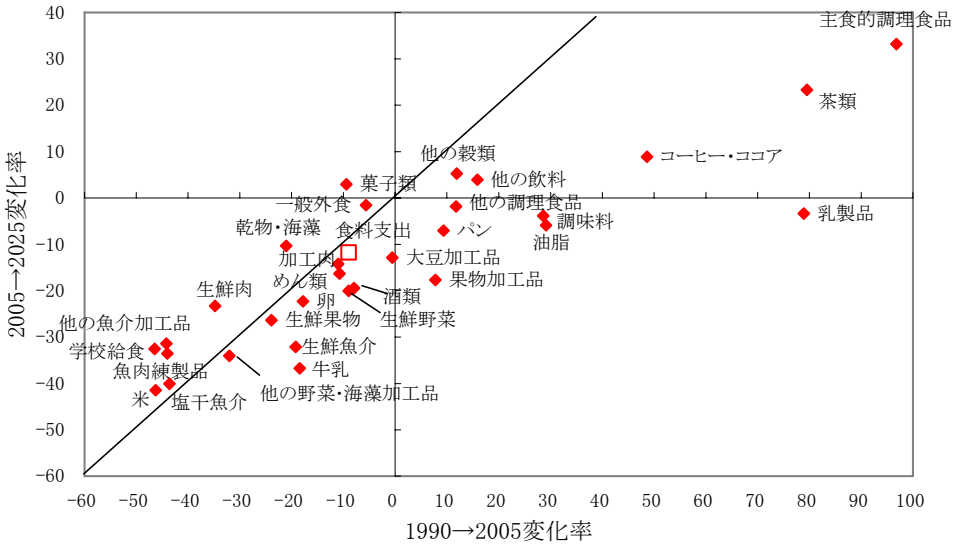
第 2－1 図～第 2－3 図は，2 人以上世帯，単身世帯，全世帯（2 人以上世帯＋単身世帯）別に，30 分類全品目について，全体実質支出額の過去の変化率（1990 年から 2005 年（20 年間の変化率に換算））と将来の変化率（2005 年から 2025 年）を図示したものである。

１）　2 人以上世帯

全体支出額は，将来，世帯数及び世帯当たり世帯員数の減少により，食料支出合計で 11.8%減少する。品目別にみても増加する品目 6 品目，減少する品目 24 品目となり，ほとんどの品目で減少する。そのなかで，主食的調理食品は大きな増加となる。また，飲料も増加する。減少する品目の中では，米，生鮮魚介，生鮮肉，生鮮野菜，生鮮果物などの生鮮品の減少が大きく，他の調理食品，パン，調味料，油脂，加工肉，大豆加工品，果物加工品などの加工品や一般外食の減少率は低い。なお，ここでは示していないが，1 人当たり支出額で見ると，一般外食，他の調理食品，パン，調味料，油脂などは増加すると見通され，生鮮品から加工品へのシフトや内食から外食及び中食へのシフトが予想される。（第 2－1 図）

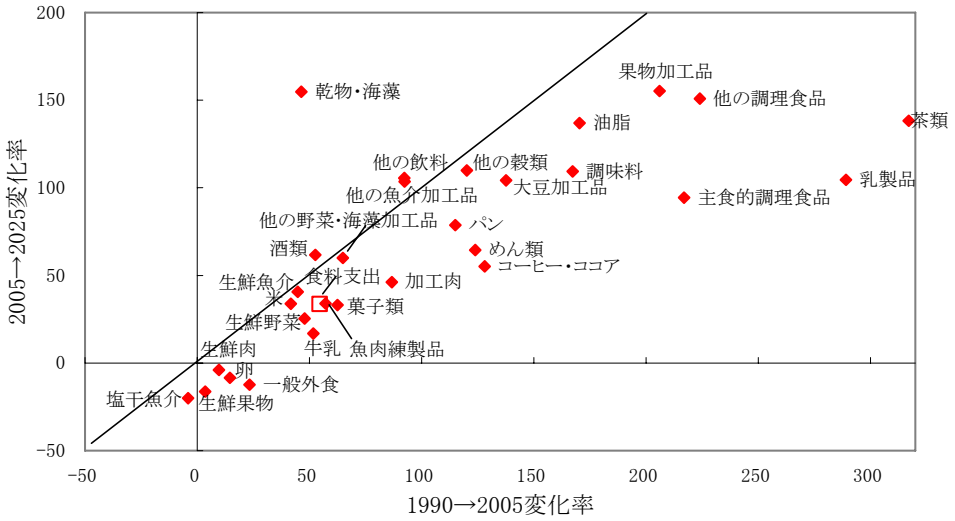
２）　単身世帯

全体支出額は，世帯数の増加により，食料支出合計で 33.7%増加する。品目別にみても，増加する品目 24 品目，減少する品目 5 品目となり，ほとんどの品目で増加する。増加する品目の中では，果物加工品，他の調理食品，油脂，茶類，大豆加工品，調味料，主食的調理食品，乳製品などの加工品の増加率が高く，米，生鮮野菜，生鮮魚介などの生鮮品の増加率は低い。このような中にあっても一般外食は減少する。単身世帯においても，生鮮品から加工品へのシフトが予想されるが，2 人以上世帯とは異なり，外食から中食へのシフトが見通される。（第 2－2 図）



第2-1図　支出額変化（2人以上世帯）（%）

注．1990→2005年の変化率は20年間の変化率に換算



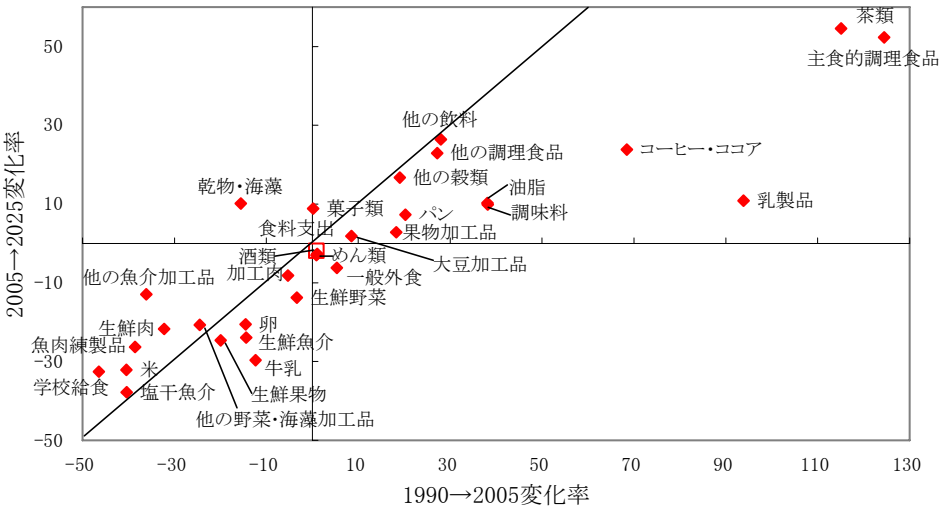
第2-2図　支出額変化（単身世帯）（%）

注．1990→2005年の変化率は20年間の変化率に換算

3）　全世帯（2 人以上世帯＋単身世帯）

全体支出額は，食料支出合計で 1.9%減少と，ほとんど変化はないが，品目別にみると，増加する品目 14 品目，減少する品目 16 品目とほぼ半々である。大きく増加が予想されるのは，主食的調理食品，他の調理食品，飲料などである。ほとんどの品目が過去と将来の変化の方向が一致しているが，一般外食については増加から減少に転じている。これは，単身世帯において，世帯数が増加するにもかかわらず，減少が予想されていることによる。世帯数及び世帯当たり世帯員数の減少により，生鮮食品を中心に多くの品目で減少するが，単身世帯の増加の影響で，多くの加工品の増加が予想される。生鮮品から加工品へのシフ

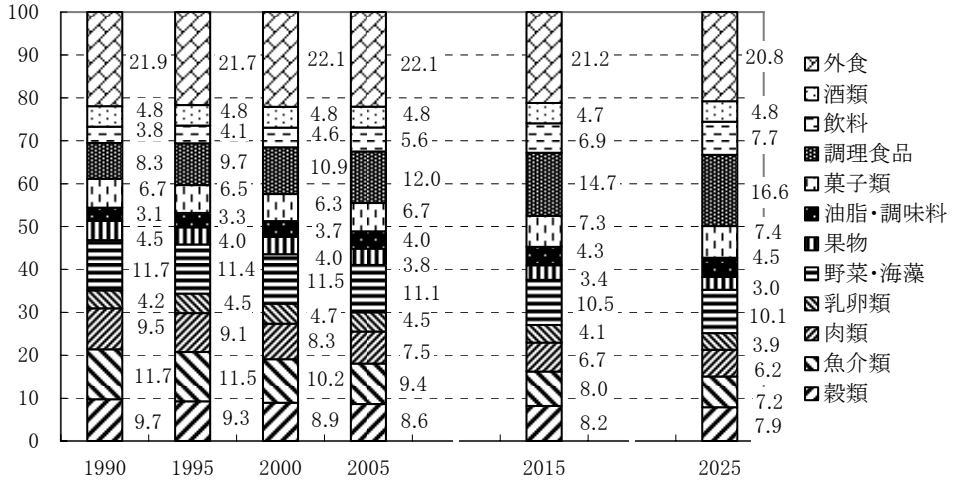
トや内食から中食へのシフト，食の外部化の一層の進展が予想される。（第 2－3 図）



第2-3図　支出額変化（全世帯）（%）

注．1990→2005年の変化率は20年間の変化率に換算

第 3 図は，食料支出合計に占める各品目の割合の推移である。煩雑さを避けるため，30 分類を 12 分類に集計してある。凡例の下から 6 つ（穀類～果物）は，割合が継続的に低下する一方，その上の 4 つ（油脂・調味料～飲料）は，割合が増加する。酒類の割合はほとんど変わらず，外食の割合は低下する。調理食品と外食が飲食費に占める割合は 2005 年の 34.1%から 2025 年には 37.4%に上昇する。一方，30 分類をもとに，米,生鮮魚介，生鮮肉，卵，生鮮野菜，生鮮果物を生鮮品としてその割合の推移をみると，1990 年 32.1%，1995 年 31.0%，2000 年 29.1%，2005 年 26.8%，2015 年 23.5%，2025 年 21.3%と継続して大きく低下する。

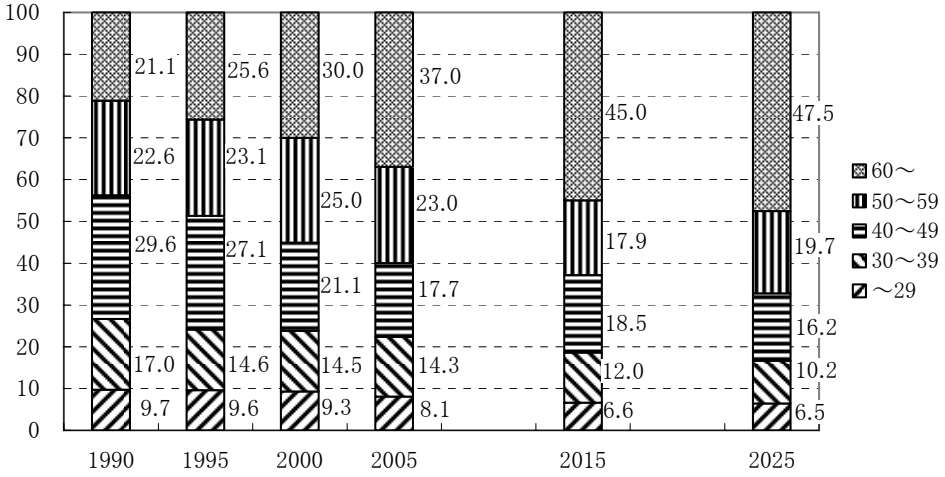


第3図　品目別支出割合（全世帯）（%）

注．2005年価格。12分類に集計したもの。

（２）　世帯主年齢階層別，世帯類型別の将来展望

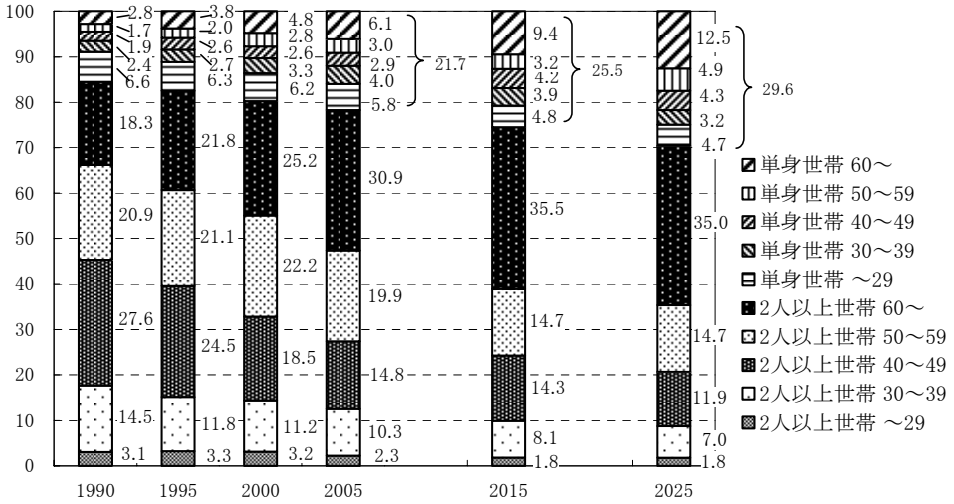
食料支出全体に占める世帯主年齢階層別の支出割合の変化をみると（第 4 図），世帯主年齢 60 歳以上の世帯の支出割合は，2005 年の 37.0%から，2025 年には 47.5%と半分近くを占めるようになる。



第4図　世帯主年齢階層別支出割合（全世帯）（%）

注. 食料費支出(2005年価格)の割合

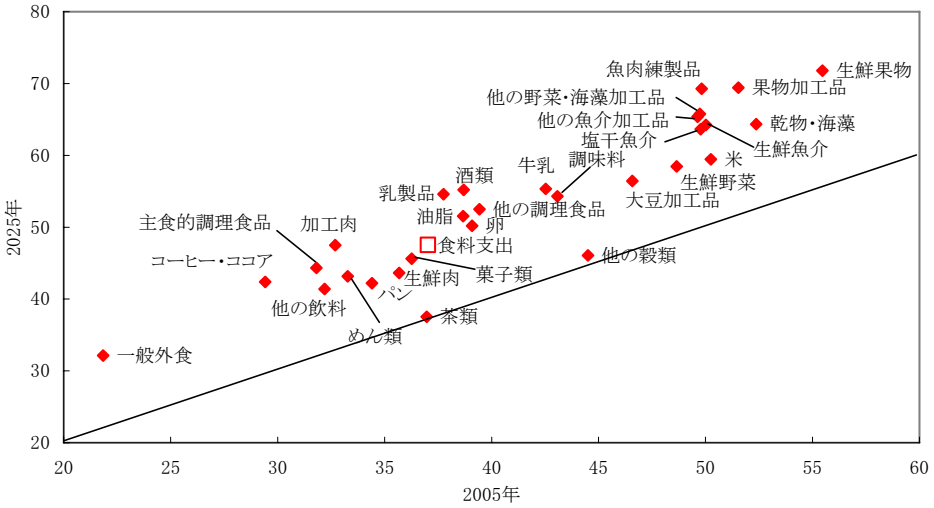
単身世帯と 2 人以上世帯別の食料支出割合（第 5 図）は，単身世帯の支出割合が 2005 年の 21.7%から 2025 年には 29.6%と約 3 割を占めるようになる。



第5図　世帯類型別，世帯主年齢階層別支出割合（%）

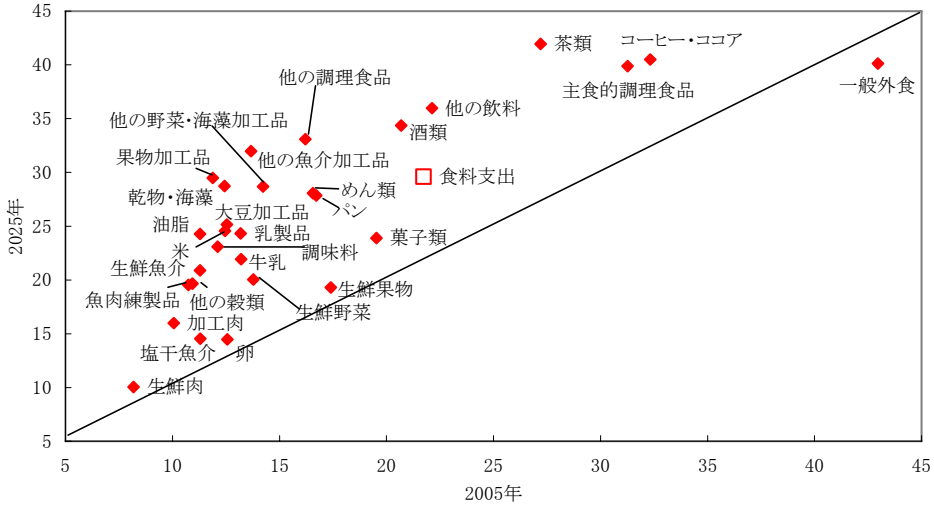
注. 食料費支出(2005年価格)の割合

第 6 図は，品目別に，世帯主 60 歳以上の世帯の支出割合をみたものである。ほとんどの品目で 60 歳以上の世帯の支出割合が高まる。この割合が高いのは果物（生鮮果物，果物加工品），魚介類（生鮮魚介，塩干魚介，魚肉錬製品，他の魚介加工品），乾物・海藻などであり，低いのは一般外食，飲料（茶類，コーヒー・ココア，他の飲料），主食的調理食品，パン，めん類，肉類（生鮮肉，加工肉）などである。



第6図　世帯主60歳以上の世帯の支出割合（全世帯）（%）

第 7 図は，品目別に，単身世帯の支出割合をみたものであるが，2025 年には，一般外食を除き，2005 年より上昇する。2005 年にも高く，一層上昇するのは，茶類，コーヒー・ココア，主食的調理食品であり，2005 年に低く，あまり上昇しないのは，肉類（生鮮肉，加工肉），塩干魚介，卵などである。



第7図　単身世帯の支出割合（%）

6．　おわりに

本稿では，家計調査の食料支出 30 分類について，家計の 1 人当たり消費に影響を及ぼす要因として，「コーホート効果」，「加齢効果」，「時代効果」の 3 つを取りあげ，さらに，価格と消費支出を加えて，過去におけるこれらの要因の分析を行い，これを基礎として，一定の仮定のもとに将来の消費を展望した。

消費支出の一定の伸びを見込んで将来を展望すると，今後とも生鮮品から加工品へ，また，内食から中食へのシフトが進み，食の外部化が一層進むという結果となった。

この結果について，近年いわれている消費者の家庭食回帰との関係について触れておき

たい。この点については，平成 20 年度の『食料・農業・農村白書』でも指摘されているが，本稿ではこの検討は行っていない。この状況が，近年の経済状況等を反映したものであるならば，長期的には経済状況の回復に伴って再び食の外部化に向かって動き出すであろう。本稿の展望は，前述のように，GDP の一定の伸びを前提として行っている。このことは，消費支出弾力性の高い加工品や調理食品などがより大きく増加する要因となり，食の外部化の進展に寄与するという結果になっていることを付言しておきたい。

最後に，本稿での試算は，家計が購入する品目についてのものであり，原料農産物の需要については全く触れていない。例えば，家計が購入する生鮮品の消費は今後大きな減少が見込まれているが，他方で加工品や中食を通じて間接的に消費する原料農産物は増加する。したがって，原料農産物の観点から見た場合，家計の直接消費は減少するが，加工向け需要は大きく増加する可能性がある。このため，その程度は不明であるが，本稿での生鮮品の消費減少ほどには，原料農産物の全体の需要は減少しないということを指摘しておきたい。

［参考文献］

［１］　国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」（2006 年 12 月推計），アドレス http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikei07/index.asp（2008 年 11 月 21 日ダウンロード）

［２］　国立社会保障・人口問題研究所「日本の世帯数の将来推計（全国推計）」（2008 年 3 月推計），アドレス http://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2008/t-page.asp（2008 年 11 月 21 日ダウンロード）

［３］　森宏編（2001）『食料消費のコウホート分析―年齢・世代・時代』，2001 年 8 月，専修大学出版局

［４］　H. Stewart and N. Blisard (2008), “Are Younger Cohorts Demanding Less Fresh Vegetables?”, *Review of Agricultural Economics*, Vol. 30, No. 1, Spring 2008.

［５］　OECD（2008）, *OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*.

1　国立社会保障・人口問題研究所［１］の出生中位（死亡中位）推計による。

2　同［２］による。

3　森編［３］では，果物等いくつかの品目について年齢別の個人消費量の推計が行われている。

4　明治大学グローバル・ビジネス研究科教授上原征彦氏の示唆による。

5　Stewart et al.［４］においては，集計データではなく個票が使われている。

6　このような識別問題については，朝野熙彦「コウホート分析の比較方法論的考察」（森編［３］所収）で詳しく論じられている。

7　国立社会保障・人口問題研究所の世帯数推計では，世帯主の年齢階級別の世帯数は推計されているが，世帯員数は推計されていないため，2005 年国勢調査の家族類型別に，2 世代，3 世代同居の家族について人口推計を利用するなどにより世帯員数を別途推計した。

8　過去 6 年ないし 10 年における変化が同じ率で 20 年も続くとは考えにくいため変化率を半分にした。

9　国民経済計算による家計消費支出変化率と，家計調査による消費支出（2 人以上世帯）の変化率の間には大きな乖離がある。このため，過去における 1 人当たり実質 GDP 成長率と家計調査ベースの 1 人当たり実質消費支出変化率との関係をもとに，実質 GDP 成長率を家計調査ベースの実質消費支出変化率に変換して外生した。

日本の農業分野における排出量取引制度の利用実態

農林水産政策研究所
澤内　大輔

１．背景と課題

平成 20 年 10 月より、日本では温室効果ガス排出量削減に資する排出量取引制度が試行的に開始された。農業分野においても省エネルギー機器導入などによって削減した温室効果ガス排出量を国内クレジットとして、排出削減義務のある大企業などと取引する事例がみられる。排出量取引制度に参加することにより、農家は GHG 削減に貢献しつつも、省エネルギー機器導入による燃料コスト削減やクレジット販売収入などの経済的メリットを享受することができる。とはいえ、開始間もない制度である国内クレジット制度に参画している農家数は限られており、制度の利用実態も明らかになっていない。

そこで本稿では、わが国の農業分野における国内クレジット制度の利用実態を明らかにすることを試みたい。具体的には、国内クレジット制度に参画している農家を対象としたヒアリング調査から、制度参画の動機、クレジット取引の状況、国内クレジット制度に対する評価を明らかにする。

本論文の構成は以下の通りである。2 章では、国内クレジット制度の概要および農業分野での取組み内容を概観する。3 章では調査方法および調査結果を示す。4 章はまとめである。なお、本原稿は 2010 年 2 月末までの情報をもとに作成した。

２．　排出量取引制度および国内クレジット制度の概要

２．１．　試行排出量取引制度の一般概要

平成 20 年 7 月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」のもと、平成 20 年 10 月より「排出量取引の国内統合市場の試行的実施」（以下、試行実施とする）が開始された[1]。試行実施は、企業等の自主的な参加による GHG の国内市場での取引を通じ、GHG を削減しようという試みである。試行実施の背景には、市場メカニズムを活用し、技術開発や削減努力を誘導しようという狙いがある。また、本格的に排出量取引制度を導入する前に、試行実施での経験から、制度設計上の課題などを明らかにするとの意図もある。

試行実施は、①「試行排出量取引スキーム」（以下、試行取引とする）、および②試行取引で利用可能なクレジットの創出・取引、の 2 つの枠組みからなる。①試行取引はキャップ・アンド・トレード型と呼ばれる排出枠取引である。主として大企業などが温室効果ガスの排出削減目標を設定し、自社努力や排出枠の取引などによって、目標を達成する仕組みとされる。GHG 排出量の取引においては、目標未達成の B 社が、目標以上に排出量を削減した A 社から、排出枠を購入し、最終的に A 社も B 社も目標を達成できるとするものである（図 1）。②クレジットの創出・取引では、国内クレジットおよび京都クレジットが排出枠として取引される[2]。国内クレジットとは、日本国内の中小企業や農家など、排出削減

---

[1] 本節の記述は主として試行排出量取引スキーム運営事務局（2009）による。

[2] 京都クレジットとは、京都メカニズム（国際間の排出量取引、共同実施、クリーン開発メ

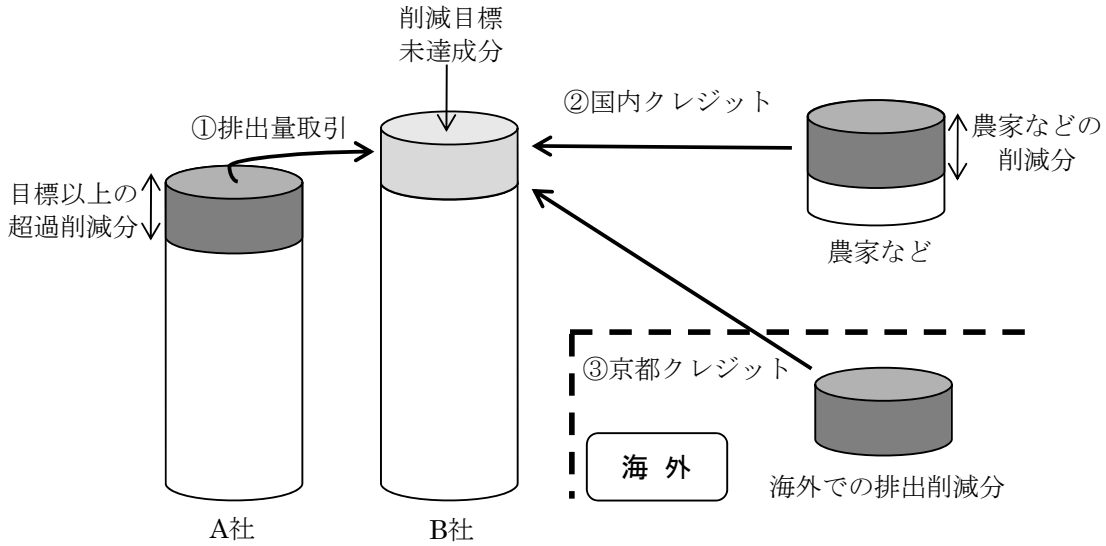


図１　試行排出量取引制度の概要

資料：地球温暖化対策推進本部

目標を設定しない主体による GHG 削減分である。国内クレジットは排出枠として、大企業の排出削減目標の達成などに利用可能である。以下では、試行排出量取引スキーム運営事務局（2009）を参照しつつ、排出量取引の基本ルールを確認したい。

排出量取引スキームでは、目標設定参加者、または取引参加者のどちらかの形態で、企業等が自主的に参加する。目標設定参加者は、自主的に排出削減目標を設定する参加者であり、参加単位は事業所、個別企業または複数企業（企業グループ）となっている。目標設定参加者は、年度（4 月 1 日～翌年 3 月 31 日まで）ごとに排出削減目標を設定し、目標達成に向けた取り組みを実施する。取引参加者は、排出目標を設定せず排出枠を取引することを目的とする参加者で、原則として参加単位は個別企業となっている。

取引対象となる GHG は、今のところ、エネルギー起源の CO_2 のみと規定されている。削減目標は、排出量を一定以下に削減する排出総量目標、または生産額あたりの排出量を削減する原単位目標のどちらかの方法により設定する[3]。GHG 削減実績の確認には、第三者検証機関による検証が必要となる。排出枠およびクレジットは、参加者間の責任において $1tCO_2$ 単位で自由に取引可能であり、余剰分の次年度への持ち越し（バンキング）、不足分の次年度からの借り入れ（ボローイング）ともに可能である。また、仮に、GHG 削減目標が達成されなかったとしても、企業等へのペナルティーはない。

２．２　国内クレジット制度の一般概要

国内クレジット制度は、農家や中小企業などが省エネ機器導入などのあらかじめ決められた方法論に沿って削減した GHG 排出量を GHG 排出枠（国内クレジット）として認証す

カニズム）により海外において発生したクレジットである。

[3] 本稿では主として経団連「環境自主行動計画」（http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/vape/index.html）に参加している企業に対するルールについて述べる。自主行動計画に参加していない企業に対するルールは、目標の設定方法などに違いがある。詳細は、経済産業省・環境省・農林水産省（2008）を参照のこと。

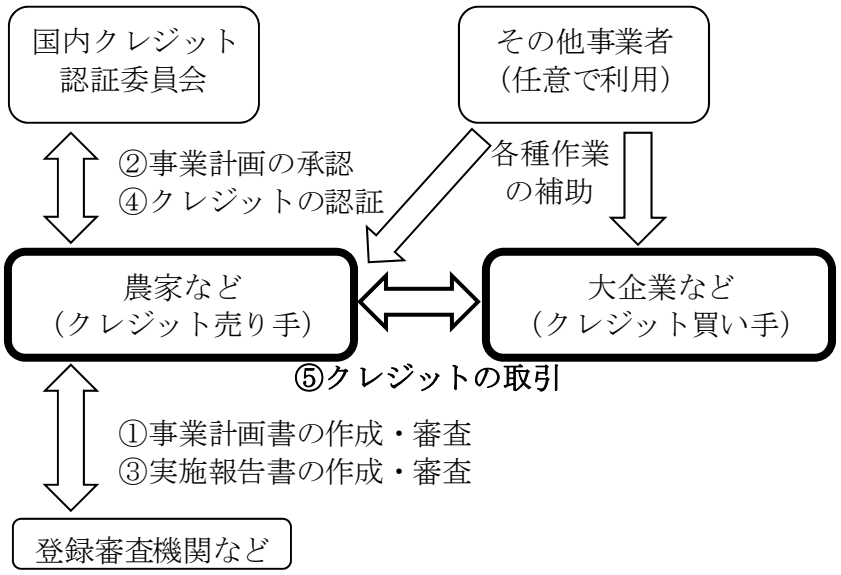


図 2 国内クレジット制度によるクレジット取引（例）

るものである（図 2)。認証された国内クレジットは GHG 排出削減目標を持つ大企業などが購入し、目標達成のための GHG 排出枠などとして使用できる。国内クレジット制度は、「国内クレジット制度（国内排出削減量認証制度）運営規則」（以下、運営規則とする）に基づき運営される[4]。以下では、主として運営規則をもとに農家などが国内クレジット制度を利用して、クレジット取引をするまでの手続きを概観する。

申請のために必要な作業として、まず農家は排出削減事業計画を作成しなければならない。農家などは、『排出削減事業計画書』（以下、『計画書』）を作成し、審査機関の審査を受ける。『計画書』には、事業の概要のほか GHG 排出削減量の算定やモニタリング方法の詳細なども記載する必要がある。また、クレジットの買い手も計画書に記載する必要があり、農家などは、『計画書』の審査前にクレジット買い手を見つけなければならない。

第 2 に、農家などは、審査を終えた『計画書』を委員会に提出し、排出削減事業の承認を申請する。『計画書』は国内クレジット認証委員会にて承認、非承認が決定される。農家の排出削減事業計画が承認されるためには、排出削減事業が①日本国内で実施されること、②追加性を有すること、③自主行動計画に参加していないものにより行われること、④承認排出削減方法論に基づいて行われること、⑤審査機関または審査員による審査を受けていること、⑥その他委員会の定める事項に合致していること、の全てを満たしていることが必要となる。

第 3 に、農家などは、承認を受けた『計画書』に基づき、GHG 排出削減事業を実施し、『排出削減実績報告書』（以下、『報告書』とする）を作成する。『報告書』の審査では、①排出削減量が承認された計画を実施した結果生じていること、②排出削減量が計画に従って算定されていること、③審査機関または審査員の実績確認を受けていること、④排出削減量を算定した期間が 2013 年 3 月 31 日を超えないこと、⑤その他委員会の定める事項に

[4] 本資料は 2010 年 2 月末時点での情報をもとに作成している。2010 年 3 月以降の情報については国内クレジット制度のホームページ（http://jcdm.jp/）などを参照のこと。

合致していること、を全て満たしていることが必要となる。

第 4 に、認証委員会は審査を終えた『報告書』をもとに、農家の GHG 削減量を国内クレジットとして認証する。農家等はクレジット認証を受けてはじめて、大企業などにクレジットの受け渡しなどが可能となる。農家などの排出削減事業は複数年にわたって実施されることが多く、クレジットの認証も一般的には複数回必要となる。

以上が、主として農家側から見た手続きの概要であるが、以下の点に注意が必要であろう。第 1 に、排出削減事業はあらかじめ委員会が承認した方法論に基づいていなければいけない。方法論とは、ボイラーの更新（化石燃料使用からバイオマス燃料使用への転換など）や空調設備の更新（ヒートポンプの導入など）といった、GHG 削減方法のひな形であり、2010 年 2 月末時点でのべ 20 の方法論がある。方法論ごとに温室効果ガス排出量の算定方法や、実績の確認方法などがあらかじめ定められている。方法論は、認証委員会での協議およびパブリックコメントなどの手続きを経ることで、随時追加することが可能である。

第 2 に、排出削減事業における追加性の存在が審査要件の一つとなっている。追加性とは、国内クレジットの認証・販売があって初めて排出削減事業が実施される状況であることを示す。国内クレジット制度の場合、省エネ機器などへの投資回収年数を、追加性有無の判断指標として用いている。原則として投資回収年数が 3 年以上であれば、追加性ありと判断される[5]。投資回収年数が 3 年に満たない事業は、国内クレジット制度が無くても実施されるであろうと判断され、承認されない。

第 3 に、審査機関による『計画書』や『報告書』の審査には手数料が必要となる。『計画書』の審査は事業の開始時に最低 1 回必要であり、『報告書』の審査はクレジット認証の度に必要となる。クレジット創出量が小さい事業では、審査料がクレジット販売による収入を上回ることも考えられる。2009 年度は、経済産業省や農林水産省などから審査料補助があったものの、国内クレジット制度開始当初の 2008 年度には審査料補助はなく、農家や中小企業、もしくはクレジット買い手などが審査料を負担しなくてはならなかった。

第 4 に、『申請書』や『報告書』の記入には、温室効果ガス排出量の算定など専門的な知識を持っていないと対応できない項目も見られる。2009 年度には、経済産業省が『計画書』などの作成支援（ソフト支援事業）を実施しているため、書類の作成にかかる農家負担はある程度軽減されていると言える。

２．３　農業分野における取組概要

2010 年 2 月末時点での国内クレジット制度の実施状況は、以下の通りである[6]。事業計画案の提出件数は累計で 332 件であり、合計で 1 年あたり約 19.7 万 tCO_2 の GHG が削減される（表 1）。事業の実施主体としては工場が多く、GHG 削減方法論としてはボイラーの更新が多い傾向にある。クレジットの買い手の業種は、商社が最も多く、電力会社、シンクタンク・コンサルティング会社、銀行・リース業が続き、この上位 4 業種で全申請件数の

---

[5] 国内クレジット制度認証委員会規程第 4 号（http://jcdm.jp/committee/data/rule100326.pdf）による。

[6] 国内クレジット制度ホームページ（http://jcdm.jp/index.html）の情報による。

表１　国内クレジット制度への申請件数の推移

年	月	のべ申請件数	
		全分野	うち農業分野
2008 年	11 月	5	0
2009 年	1 月	12	1
	4 月	23	2
	5 月	100	6
	6 月	118	6
	7 月	125	8
	11 月	147	10
2010 年	1 月	248	22
	2 月	332	27

資料：国内クレジット制度ホームページより著者作成。

過半数を占める。以下では農業分野における取組を概観したい。

2010 年 2 月末時点で、農家が主体となって実施した事業は 27 件である。農家が主体となって実施した事業では、施設園芸ハウスの A 重油焚きボイラーに替えて、電気利用のヒートポンプを導入した案件が最も多い。ブロイラー農家など施設園芸農家以外による取り組みも数件見られる。また、2010 年 2 月末時点で、国内クレジット制度の下でクレジット量の認証を受けた事業は農業分野では 1 件のみである。

農林水産省は、平成 21 年度に「農林水産業における排出量取引の国内統合市場の試行的実施等推進検討会」（以下、検討会）を開催し、農林水産業における排出量取引への参加を推進する方法などについて検討した。検討会開催の背景として、個々の農家等による GHG 削減量が小さい点、個々の農家等がクレジットの買い手を見つけることが困難である点、モニタリングに関するコスト負担が大きい点などを挙げている。

検討会の取りまとめでは、①個々の農家レベルでの GHG 削減量を取りまとめるアグリゲータ（クレジット取りまとめ事業者）の創設、②農家等とクレジット買い手とを結びつける仕組みの構築、③農林水産業特有の GHG 排出（家畜糞尿からの N_2O 発生など）の取引対象化などが、農林水産分野の排出量取引機会拡大につながる方策として示されている。

３．国内クレジット制度参画農家へのヒアリング調査

３．１　調査および調査対象農家の概要

国内クレジット制度の下で農家がどのような取引をしているのかを明らかにするために、2009 年 7 月 16 日時点ですでに国内クレジット制度の利用を申請していた全 8 件の農家を対象に調査を実施した。調査は、事前に対象者に調査票を渡し、後日、調査員とともに調査票を記入する留め置き方式を採用し、2009 年 12 月から 2010 年 2 月にかけて実施した。留め置き方式を採用した理由は、以下の 2 点である。第 1 に、回収率を上げるためである。国内クレジット制度は開始されて間もない制度であり、調査対象となる農家が少数である中で、できるだけ多くの調査事例を積み上げる必要があった。第 2 に、誤回答を減らすためである。国内クレジット制度で用いられている用語の意味などについては、必ずしも共

表 2　調査対象農家の概要

調査対象	GHG の削減方法	クレジット買い手	GHG 削減量 ($t\text{-}CO_2$/年)	GHG 削減率 (%)
バラ農家①	HP 導入	電気機器メーカー	729	-58
バラ農家②	HP 導入	電力会社	674	-67
バラ農家③	HP 導入	電力会社	656	-59
バラ農家④	HP 導入	総合商社	577	-59
バラ農家⑤	HP 導入	電力会社	338	-67
メロン農家	木バボイラ導入	電気機器メーカー	1,382	-99
野菜農家	木バボイラ導入	小売業等の持株会社	307	-91
キク農家	LED ランプ導入	総合商社	305	-53

資料：国内クレジット制度ホームページより著者作成。

注：1）GHG 削減方法の HP 導入はヒートポンプ導入を、木バボイラ導入は木質バイオマスボイラ導入を表す。

2）GHG 削減量は各案件の『排出削減事業計画書』に記載の値。GHG 削減率は、『排出削減事業計画書』に記載の排出削減量をベースライン排出量（事業実施前の排出量）で割った値。

通の認識が得られていない面があり、調査員が説明しながら調査票を記入していく必要があった。

調査内容は、①国内クレジット制度の利用前の状況、②制度の利用実態、③制度への評価および今後の意向とした。①国内クレジット制度利用前の状況では、制度を知ったきっかけや、制度参加の動機・不安点などを訊ねた。②制度の利用実態は、農家がどのような取引をしているのかを明らかにするための設問群である。具体的には、排出削減方法や費用・作業負担状況などを訊ねた。③制度への評価および今後の意向では、国内クレジット制度に対する評価を訊ねた。以下ではまず、調査農家の概要を整理する。

調査対象となった 8 件は、いずれも施設園芸農家による申請案件であった（表 2)。うち 5 件がバラ栽培農家であり、残りの 3 件は、メロン栽培農家、野菜栽培農家、キク栽培農家である。個別の農家による申請、および農家が複数集まった法人組織による申請もどちらも見られた。国内クレジット制度に参加するために新たに法人を立ち上げた事例もあった。

今回調査対象となった農家の特徴として、平均的な個別経営農家に比べ大規模な個別経営農家，または複数農家による組織である点があげられる。バラ農家を例にとると、売り上げの規模は 1.5 億円から 3.4 億円、ハウス面積は 1.8ha から 3.0ha であった[7]。日本バラ切り花協会の調査[8]では、バラ農家 1 戸当たりのハウス面積はおおよそ 30～40a 程度と推定されており、今回の調査農家は平均的な農家の数倍の規模であると考えられる。

GHG 削減方法は、バラ栽培農家ではいずれも A 重油焚きの暖房機を電力利用のヒートポ

7 売り上げ規模およびハウス面積は、ホームページ等で公開している情報ではなく、各農家へのヒアリング調査で得た。

8 日本ばら切り花協会による 2009 年の調査結果であり、著者がヒアリングにより入手した。

表 3　『計画書』の提出から事業の承認までの期間

調査対象	『計画書』提出（申請）	事業の承認	事業承認までの期間
バラ農家①	2009 年 5 月	2009 年 11 月	6 ヵ月
バラ農家②	2009 年 4 月	2009 年 5 月	1 ヵ月
バラ農家③	2009 年 5 月	2009 年 6 月	1 ヵ月
バラ農家④	2009 年 1 月	2009 年 4 月	3 ヵ月
バラ農家⑤	2009 年 7 月	2010 年 1 月	6 ヵ月
メロン農家	2009 年 5 月	2009 年 6 月	1 ヵ月
野菜農家	2009 年 7 月	2010 年 2 月	7 ヵ月
キク農家	2009 年 5 月	2009 年 8 月	3 ヵ月

資料：国内クレジット制度ホームページより著者作成。

ンプに替える取り組みであった[9]。メロン栽培農家および野菜栽培農家は A 重油焚きの暖房機から木質バイオマスを利用した暖房機に替える取り組み、キク栽培農家は成長抑制用の白熱電球を高効率の LED ランプに替える取り組みであった。クレジットの買い手は、電力会社が 3 件で最も多く、電気機器メーカーと総合商社が 2 件ずつ、小売業等の純粋持ち株会社が 1 件であった。

GHG 削減量は、一年あたり 305 t-CO2（キク農家）から 1,382 t-CO2（メロン農家）の間である[10]。このうち国内クレジットとして取引可能であるのは、ヒートポンプなどの機器への投資額に占める農家拠出割合の分に限られる。つまり、新規設備への投資のうち国などからの補助金分は差し引かれてしまう。たとえば、機器の導入に 3 割の補助を受けクレジットを 1,500 円/t-CO_2 で販売できたとして試算すると、クレジット販売により得られる収入は、約 32 万円/年（=305×1,500×0.7）から約 145 万円/年（=1,382×1,500×0.7）程度となる。

続いて、表 3 に『計画書』の提出から事業の承認までにかかった期間を示した。国内クレジットに申請してから、事業の承認を得るまでには 1 ヵ月から 7 ヵ月の期間を要している。これは『計画書』の修正などに要した期間と推察される。

また、バラ農家④のみ 2010 年 2 月末時点でクレジットが認証されており、事業の承認からクレジットの認証までには 3 ヵ月間要していた。その他の農家は、クレジットの認証にまでは至っておらず、事業の承認からクレジット認証までに長いところで 10 ヵ月以上の期間を要していることになる。これは、排出削減量のモニタリングや書類の整備などに要している期間と推察される。

---

[9] 施設園芸分野では暖房のため A 重油を多量に投入してきたことが指摘されている。及川（2007）によると、2005 年度における農業分野の燃料燃焼による CO2 排出量 1,364 万 tCO_2 のうち 45%にあたる 611 万 tCO_2 が、施設園芸分野の A 重油焚きボイラーなどに由来すると指摘している。

[10] GHG 削減率でみると、事業実施前と比べてヒートポンプの導入で 58%～67%の削減、木質バイオマスボイラの導入で 91%～99%の削減であった。木質バイオマスボイラは燃料がカーボンニュートラルとしてカウントされるため、大きな削減率となっている。

表 4　国内クレジット制度を知ったきっかけ

項　目	回答数
クレジット買い手などからの情報提供	4
説明会やホームページなど政府の広報活動	1
所属する農協などからの情報提供	0
その他	3
合　計	8

資料：ヒアリング調査により作成。

３．２　調査結果

３．２．１　制度参画前の状況

表 4 に国内クレジットを知ったきっかけについての集計結果を示した。最も回答が多かったのは、「クレジット買い手などからの情報提供」で 8 件中 4 件が選択していた。また、「その他」（回答内容はいずれも「新聞などから」）との回答も 3 件あった。一方で、複数回答にもかかわらず、「説明会やホームページなど農林水産省等の広報活動」は 1 件のみしか選択されていない。これは、実施間もない制度であり、説明会などが十分な回数開催されていなかったためと考えられる。「所属する JA などからの情報提供」は 0 件であった。ヒアリングでは「農家としては農協などが相談しやすい」との意見も聞かれたが、調査対象の中では、自ら農協に相談に赴き情報入手した事例は見られなかった。

表 5 に、国内クレジットへの参画を決めた理由（重要な順に最大 3 つまで回答）の集計結果を示した。最も重要な理由としては「コスト削減」（3 件）が最も多かった。これは、国内クレジット制度の開始時期が原油価格の高騰時期と重なっており、農家はヒートポンプなどの省エネ機器導入による燃油コスト削減効果を期待したものと考えられる。その他にも、「自社の取り組みの宣伝」「クレジット販売による利益」「その他」（回答内容は「経営補てんのため」）が各 1 件ずつ回答されている。これらは、自社の広告宣伝効果や収入増加といった経済的メリットに関連すると考えられる。以上より、8 件中 6 件が参画理由として経済的メリットに関する項目を挙げており、燃油コスト削減やクレジット販売収入といった経済的メリットは農家が国内クレジット制度に参画する際の大きな誘因となっている点が示されたと考えられる。

一方で、順位に関係なく全回答を集計した結果、最も回答数が多かったのは「社会貢献」（5 件）であった。このことから、経済的メリットだけでなく、地域や社会への貢献も、農家の国内クレジット制度への参画理由として重要であると考えられる。

また、ヒアリング時には制度参加前の不安点として「制度自体の先行きが不透明」、「制度の成熟度が低い」、「情報公開が不十分」など制度自体に関連した点も挙げられていた。国内クレジット制度は開始されて間もない試行的な制度であり、参画することによるメリット・デメリットなどはまだ十分に知られていないためと考えられる。制度に関する不確実性の存在は、農家の国内クレジット制度への参画にマイナスの影響を及ぼしているものと考えられる。

表 5　国内クレジット制度の利用を決めた理由（複数回答）

項　目	最も重要な理由	のべ回答数	
	回答数	回答数	回答割合
自社のコスト削減のため	3	3	38%
社会的貢献の一環として	1	5	63%
自社の環境への取り組みを知ってもらうため	1	4	50%
クレジット販売による利益を得るため	1	3	38%
買い手などからの提案があったため	1	1	13%
生産物の付加価値を高めるため	0	3	38%
農業部門での温室効果ガス削減対策として	0	1	13%
その他	1	2	25%

資料：ヒアリング調査により作成。

表 6　国内クレジット制度利用に関わる農家の費用負担状況

項目	農家が全額負担	買い手が全額負担	両社で分担	その他
新規投資の負担	7	0	0	1
設備の維持管理	8	0	0	0
書類の審査	3	1	1	3

資料：ヒアリング調査により作成。

注：表中の数字は、回答数。

３．２．２　農家の作業負担および費用負担状況

表 6 に、農家とクレジット買い手との間での費用負担状況を示した。ヒートポンプなど省エネ機器の購入費用（「新規投資の負担」）や維持管理コスト（「設備の維持管理」）は、ほぼすべての場合で、農家の全額負担となっていることが明らかになった。書類の審査費用に関しては、「農家が全額負担」との回答は 3 件であった。しかし、「農家が全額負担」と回答した農家であっても、審査費用に対する補助金を利用し、実質的には農家の費用負担がないケースも見られた。

以上より、審査料や省エネ機器導入に対する国などからの助成を除けば、省エネ機器の導入や維持管理コストは全て農家が負担している点が明らかになった。すなわち、石油価格変動などに起因する投資の収益性に関わるリスクは、ほぼすべて農家側にかかっている状況といえる。また、モニタリング用の機器への投資や、電気料金の基本料金の増額など、国内クレジット制度を利用するための追加的な農家負担が少なからず発生している点が今回の調査で明らかになっている。

表 7 に国内クレジット制度の利用に関わる作業の役割分担状況の集計結果を示した。申請にあたっての作業を、クレジット買い手など農家以外が主体となって実施しているケースが多くみられる。「その他」とは省エネ機器の販売会社や環境コンサル会社などが農家に代わって作業を分担したものである[11]。『計画書』や『報告書』の作成・記入は、農家が主

[11] 2009 年度には『計画書』作成に関する国の事業があったが、これらの事業を利用せずに

表 7　国内クレジット制度利用に関わる農家の作業分担状況

項目	農家が担当	クレジット買い手が担当	その他
制度に関する情報収集	1	3	4
取引相手の探索	2	2	4
クレジット買い手との交渉	6	-	2
『計画書』のデータ収集	2	2	4
『計画書』の作成・記入	0	4	4
『報告書』のデータ収集	2	2	4
『報告書』の作成・記入	0	3	5
審査機関との連絡調整	1	3	4

資料：ヒアリング調査により作成。

注：表中の数字は、回答数。

表 8　国内クレジット制度に対する農家の評価

項目	とても満足	おおむね満足	どちらでもない	やや不満	とても不満
事前の情報提供	0	1	0	2	5
申請に必要な事務作業量	0	0	1	2	5
審査費用などの自社負担	1	1	2	2	2
クレジット販売価格	1	2	2	2	1

資料：ヒアリング調査により作成。

注：表中の数字は、回答数。

体となって実施したケースは見られなかった。書類の作成にあたって GHG 削減量の算定などの高度な専門知識が必要となり、個々の農家レベルでは対応できなかったためと考えられる。今後、『計画書』『報告書』を作成・記入できる知識・技術を持ったアドバイザーを農家の身近に増やすことが、国内クレジット制度の利用促進に資するものと考えられる。

３．２．３　農家による国内クレジット制度の評価

表 8 に、農家による国内クレジット制度への評価を示した。「事前の情報提供」および「申請に必要な事務作業量」は、8 件中 7 件が「とても不満」または「やや不満」と回答しており、農家からの評価は総じて低いといえる。情報提供に関して、農家からは「国内クレジット制度参画によるメリット・デメリットを提示してほしい」「用語が難しくて分かりにくい」「身近に相談できるところがない」などの意見が提示された。

事務作業の量に関しては、モニタリングなどに関する作業（データの記録、過去の重油使用データの集計など）の量が多かったとする農家が複数見られた。このほか事務作業量に関する農家の意見としては、「『計画書』の作成から実際にクレジットを販売するまでに

省エネ機器の販売会社やクレジット買い手などが農家の『計画書』作成などを支援する事例も見られた。

手続きが多く、時間がかかる」といった意見も見られた。制度の厳格性を保つためには、データを正確に計測することは必要である一方、データの質の要求を高くし過ぎると、農家の負担はかなり増えるものと考えられる。作業方法などのノウハウを蓄積することで、事務作業量を削減できるものと考えられる。

「審査費用などの自社負担」に関しては、「とても不満」の回答が 2 件ある一方で、「とても満足」との回答も 1 件見られた。これは、審査費用に対する助成金を利用している事例もあるなど、ある程度は農家負担の軽減措置が図られていたためと考えられる。

「クレジットの販売価格」についても、「とても不満」から「とても満足」まで農家により評価が異なっている。クレジット価格は農家と買い手との相対取引で決定されるが、必ずしも農家が満足する水準で価格が決まっているわけではない点が注目される。

農家に国内クレジット制度利用に関する今後の意向を訊ねたところ、8 件中 4 件が今後も「国内クレジット制度を利用する」と回答した。そのほか「状況を見て判断する」と回答したのが 2 件、「今後は利用しない」「別制度の利用を検討」との回答が各 1 件であった。「今後は利用しない」と回答した農家では、モニタリング機器の導入に予想以上にコストがかかったため、国内クレジット制度への申請に関わる費用がクレジット収入を上回りかねない状況であった。このことから、事業の継続に関しても経済的メリットの有無が重要な要因であることが示唆されたと考える。

４．結論

本稿の目的は、国内クレジット制度に参画している農家を対象としたヒアリング調査から、わが国の農業分野における国内クレジット制度の利用実態を明らかにすることであった。8 件という少数サンプルの調査で、いずれも取り組み開始間もないという状況であるため、分析結果の敷衍には注意を要するが、以下の点が明らかになったと考える。

①国内クレジットに参画していた農家は、いずれも施設園芸農家であり、平均的な個別経営農家に比べ大規模な個別経営農家、または複数農家による組織による申請であった。

②国内クレジット制度に参画した理由として、農家は省エネ機器導入による燃油コスト削減効果などの経済的メリットに高い関心を持っていた。また、事業の継続という点から見ても、経済的メリットは重要な要因となっていることが推察された。

③書類作成といった申請作業に対しては、クレジット買い手やその他事業者からの支援により農家の作業負担は軽減されていた。一方で、国などからの助成を除き、国内クレジット制度利用にかかる費用は主として農家が負担しており、原油価格変動などに起因する収益性リスクは、ほぼすべて農家側にかかっている状況であった。

④農家は、情報提供の不足や事務作業の多さという面で、国内クレジット制度に対して不満を持っている傾向が見られた。特に、経済的メリットに関する情報不足などに起因する国内クレジット制度の不確実性は、GHG 削減事業の期待収益を減らし、農家の同制度への参画にマイナスの影響を及ぼしている恐れがあるものと推察される。

引用文献

[1] 経済産業省・環境省・農林水産省「国内クレジット制度（国内排出削減量認証制度）運営規則」，2008 年．[online] available in http://jcdm.jp/outline/data/rule.pdf（最終アクセス：2010 年 4 月 15 日）．

[2] 及川仁「施設園芸における省エネの取り組みの推進など地球温暖化への対応」『施設と園芸』，138 号，2007 年，pp. 4-7.

[3] 試行排出量取引スキーム運営事務局『試行排出量取引スキーム実施要領』（2009 年 3 月 26 日改訂版），2009 年．[online] available in http://www.shikou-et.jp/files/jisshi.pdf（最終アクセス：2010 年 4 月 15 日）．