

KASS模型의 信賴性檢定과 政策實驗

—RAP 모형을 중심으로—

李富權

責任研究員 電算室

- I. 序論
- II. RAP의 模型說明
- III. 模型檢定과 信賴性
- VI. 政策實驗
- V. 結論

I. 序論

시스템과학의 시뮬레이션技法은 大型高速 컴퓨터의 發達로 그 적용분야가 擴大되었고 동시에 대단히 복잡한 大型模型의 分析을 가능케 해 주고 있다. 그 한 예가 韓國農業部門模型(KASM : Korean Agricultural Sector Model)이다. 이 大型模型은 5개의 部分模型으로 構成된 綜合模型으로서 政策分析을 할 수 있도록 고안되어 있다. 각 部分model은 각 부분에서 사용되는一般的 技法을 사용함으로써 模型의 分析能力을 높이고 크기를 줄인다는 模型設計의 두 가지 목적을 동시에 달성하도록 시도하였다.

본 模型은 일종의 learning model¹로서 현재까지 가지고 있는 過去情報에 의해 모형이 부단히 現實에 보다 接近하도록 수정, 보완함으로써 불확실한 未來에 대한 現在의 決定에 보다

確實性을 부여하도록 고안되었다. 政策이란 行상 불확실한 미래에 의도하는 結果가 나타나도록 현재 내려야하는 정책수단 동일의 연속이다. 이 研究의 주된 목적은 農業政策決定者에게 어떤 政策이 미래에 어떤 結果를 가져올 것인가를 보여주는 模型을 제시함으로써, 그들이 보다 건전한 決定하는데 필요한 수단을 제공하는데 있다. 그래서 본 研究에서는 KASS(Korean Agricultural Sector Study)의 일환으로, 우선 RAP(Farm Resource Allocation and Production) 模型에 한하여, 이미 이전에 상기 목적에 의해 구축된 模型을 ① 수정, 보완하여 이 模型의 신뢰성을 높이고, ② 模型을 통한 예시적 政策實驗으로 이 模型의 能力を 顯示코자 한다.

II. RAP의 模型說明

1. 韓國農業의 一般的 問題와 分析되어야 할 政策課題

한국농업은 지난 십 수년 동안 生產資源의 利用面에서나 生產水準에 있어서 상당한 變化를

해 왔다. 이와 같은 變化는 農민들이 과거 慣行的 生產方式에서 近代化된 生產방식을 채택하는, 그리고 傳統的인 生計農業 위주에서 商業的 農業으로 꾸준히 바뀌고 있는데 基因하는 것으로 보인다. 農業과 非農業 사이의 여러 관계를 고려할 때 이와 같은 構造變化는 國民經濟成長의 원인과 결과로서 나타나는 듯하다.

한국의 經濟模型과 그 政策, 그리고 이 計劃된 政策의 實行에 있어서 하나의 주된 假定은, 農業內部資源의 效果적인 配分과 生產構造가 지금까지 상당히 變化하지만, 이와 같은 變化는 앞으로도 계속될 것이라는 것이다. 그래서 政策과 事業計劃分析에서 이 점이 고려되어야 할 것이다.

統計資料를 보면 農業成長率은 1970년까지는 주로 氣象條件의 영향으로 상당한 起伏을 보이고 있으나 그 후 總經濟成長率과 더불어 비교적 安定된 成長을 지속하고 있다. 이 두 成長의 隔差는 工業化政策이 우선하는 한 계속될 것이고, 또 經濟構造에서 차지하는 農業의 비중도 계속 減少할 것이다.

經濟成長과 더불어 農業의 基本生產要素 가운데 農業노동의 減少와 耕地의 他目的 利用은 계속될 것으로 보인다. 현재로서는 이를 資源의 減少는 資本의 增加 즉, 비료투입수준의 增加와 機械化 등으로 어느 정도 相殺되고 있으나, 生產은 아직도 需要增加를 따르지 못하고 있다. 더욱이 新品種開發에 의한 段數의 增加와 政府의 價格支持政策에도 불구하고 1970년에서 1977년 사이의 食糧作物生產 增加는 年平均 1.47%에 그쳐 같은 기간의 人口增加率 1.76%를 밀돌았다. 또 급증하는 家畜飼養으로 農후사료의 증가가 요구되고 있다. 穀物生產의 완만한 增加는 특히 채소와 같은 非穀物生產面積이 增加하기

때문인 것 같다. 이 밖에 중요한 이유로서 식부면적감소, 노동인구감소, 노동인구 構造의 變化 등의 영향도 상당히 입었을 것이다. 農業人口는 계속 줄어들 것이고, 農業用土地는 개간, 간척 등의 農地造成事業을 적극 推進하지 않는 한 農地의 非農業用 사용으로 줄어들 것으로 보인다.

農業政策의 주된 目標인 農業生產의 增加는 非農業 위주의 經濟開發政策 수행으로 생긴 이런 環境變化 때문에 農業內部의 構造의 變化가 계속되기를 요구할 것이다. 만일 계속되는 國民所得增加와 人口增加로 인한 食品需要의 增加를 고려한다면, 한편으로는 食品의 自給을 요구하고 다른 한편에선 國際市場에서 부족분을 매워야 하는 兩面이 農業으로 하여금 農業資源의 再配分과 技術變化를 받아들이는 速度를 빨리하도록 할 것이다.

더우기 國民所得이 增加함에 따라 소득탄성치가 높은 동물성 단백질식품의 수요가 증가하고, 이에 따라서 畜產物의 生產이 全體的으로 볼 때 거의 누진적 증가를 해오고 있다(圖 5). 이들의 需要伸張이 계속될 경우 목초지의 개발, 農후사료의 중요성, 頭數와 畜舍의擴張을 위한 資本投資가 요구될 것이다.

畜產物 生產增加는 食糧과 사료작물 生產이 보다 경쟁적인 關係로 바뀌어 간다는 것을 뜻한다. 쇠고기 需要增加는 보다 專門化된 비육우 생산으로 牛를 대신하는 商業的 한우사육을 가속시킬 것이고, 한편으로 生產增加를 앞지르는 需要增加에 맞추기 위해 이를 品目을 輸入에 의존해야 할 것인가 아닌가를 선택해야 할 것이다.

이와 같은 資源配分과 生產에 있어서 效果적인 適應과 構造變化를 誘導하는 農業政策樹立과 執行의 예시는 灌溉와 水資源開發, 施肥의 增投

와 二毛作率의 증가 등에서도 찾을 수 있을 것이다.

以上에서 언급된 한국농업은, 農業外部의 變化로 인한 農業生產이 品目間에 경쟁, 보합의 긴밀한 關係를 갖고 변화하고 있으므로 綜合的 고려가 결렬된 개개 生産물에 대한 獨立된 模型으로는 사실 설명이 불충분할 것이다. 따라서 이들 生產過程이 서로 밀접한 관계를 갖는, 전체적 일관성이 중시되고 細部的인, 그려면서도 變化過程을 볼 수 있는 다이나믹模型으로 農業政策決定者의 의사결정에 도움을 줄 수 있는, 分析的 模型이 요청된다.

이상의 基本 農業生產 問題를 다루도록 고안된 抽象 시스템 設計의 目標로는 다음과 같이 간략화할 수 있겠다.

(1) 農業生產機構의 설명과豫測을 할 수 있도록 한다. 즉, 기준년도의 資源量과 生産양식, 土地와 勞動力의 變化率, 技術水準, 生產物과 要素들의 過去 價格을 적용하여 農家가 그들의 生產資源을 어떻게 配分하는가 등을 分析할 수 있도록 한다.

(2) 外部要因에 대한 감응분석이 가능하도록 한다. 잘못 판단될 수 있는 중요한 外生變數와 模型 파라메터들에 대한 여러 가정에 예를 들면 여러 수준의 離農率, 기술변화율, 혹은 勞賃, 利子 등의 변화에 대한 技術, 要素投入, 生產物, 農家所得 등의 기대수준과 시간상의 추이가 어떻게 영향을 받을 것인가?

(3) 政策分析이 가능해야 한다. 여러 農業政策 대案에 예를 들면 여러 경우의 가격정책, 輸入量, 보조 등에 대해 (1), (2)에서 언급된 성과 지표가 어떻게 영향을 받는가?

2. 씨스템(RAP)의 정의 : 模型의 限界

기본적으로 RAP은 KASM의 한 構成部分으로서 農家資源配分과 이로 인한 生产을 추정하도록 고안되었다. RAP 자체는 生產의 의사결정 단위로서 農家集團의 행위를 시뮬레이션한다.

추상화하는 과정중의 필수적 고려는 「사실의 어떤 特性을 分析하고자 하는가」이다. 다시 말하면 이는 관련 變數들의 水準이라 하겠다. RAP에서 고려된 변수는 KASM에서 고려된 변수 수준을 만족시키도록 고안되었다(表 1).

表 1 KASM에서 고려된 변수

변 수	변수의 수 (크기)	수 준
인 구	2	농가, 비농가
농업 구 분	4	일년생작물, 다년생작물, 축산물, 수산물*
지 역	1 혹은 3	전국(혹은 단작, 이도작, 전작자 역)
농산물품목	19	쌀, 보리, 밀, 잡곡, 과실류, 두류, 채소류, 서류, 담배, 목초, 뽕(명주), 공예 작물, 쇠고기, 우유, 돼지고기, 닭고기, 계란, 어류*, 기타
토 지	4	논, 밭, 겨울농토, 초지
생 산 요 소	12	토지, 노동, 자본(농구, 경운기, 이앙기), 화학비료, 유기질비료, 농약, 종자, 기름, 기타

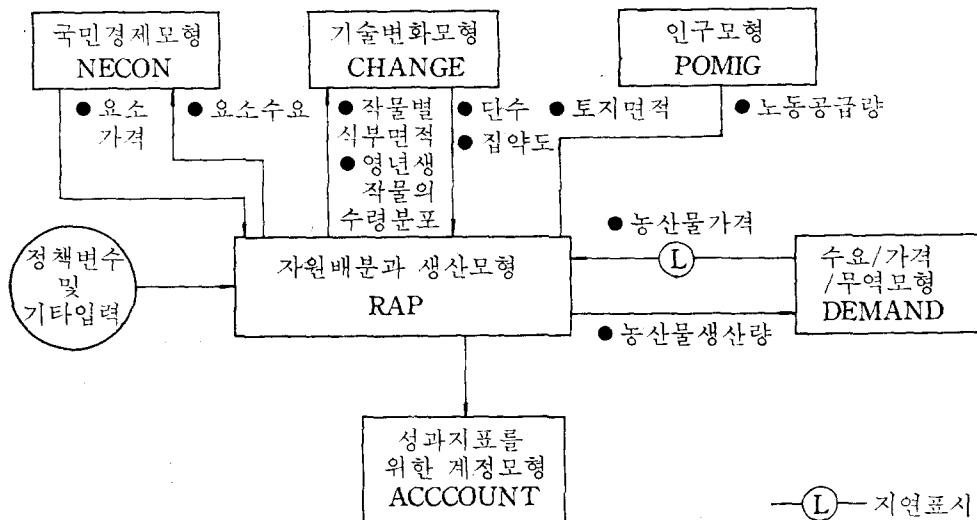
* KASM變數 중 RAP變數가 아님.

그리고 模型 실행은 실제 digital 컴퓨터를 이용하므로 時間增分은 1年을 實行時間周期로 사용한다.

가. RAP과 KASM의 여타부분과의 관계

어떤 정의된 시스템은 ① 시스템, ② 入力, ③ 出力, 그리고 ④ 이 시스템을 둘러싸고 있는 環境要素로 구성된다. RAP는 農家資源配分을 나타내는 模型과 生产계정부분 모형으로 다시 구분할 수 있는데, 이들을 한데 묶어 KASS의 다른 부분 모형과 같이 불력으로 표시하고

圖 1 RAP과 KASM의 여타부분과의 관계



이들 模型을 中요 變數들로 연결하여 시스템을 정의하면 〈圖 1〉과 같다. 계절 노동공급량과 생산자가격, 단수, 생산요소 사용율, 논, 밭, 격율밭으로 구분되는 토지, 요소가격들이 RAP의 주된 入力變數들이고, 政策變數와 기타 입력 변수로는 이자율, 가격정책, 신용, 기계화정책, 노동력의 農外勞動收入 등이다. KASM의 내부 연결 변수로서 RAP의 出力變數로는 농산품의 品目別 生產水準, 所得, 사료곡물 수입량 등을 들 수 있고, 기타 출력변수로는 農業生產요소의 사용량, 技術水準, 고정자본의 潛在價格(shadow price), 자본축적, 저축 등을 들 수 있다.

나. RAP의 내부구조

RAP은 農家集團의 資源配分模型과 生產模型으로 구성되는데 기본적으로 자원배분 決定은 전체 KASM과 다이나믹하게 연결된 線型計劃法(LP)에 의해 模型化되었다. LP 부분은 변수(活動)의 數가 방정식의 數보다 많은 연립방정식과 하나의 선택법칙(목적함수)으로 구성되고, 어느 시점에서 농가집단은 이 연립방정식의 條件을 만족시키는 것(basic solution) 중 선택

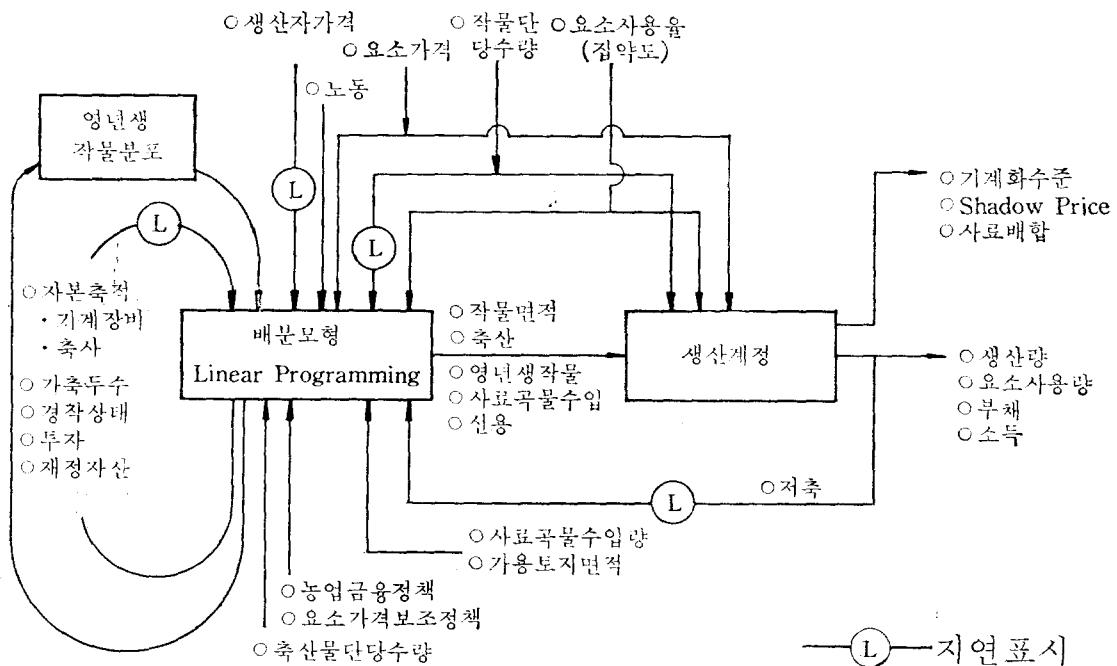
법칙에 따라 행동한다고 가정한다. 그런데 이 模型에서는 두 개의 중요한 피드백 機構에 의해 상황변화에 대한 농가집단의 동태적 적응행위를 표시 한다. 그 하나는 주어진 상황(入力) 내에서 의사결정이 표시되는 内部 피드백이고, 다른 하나는 계속적인 市場조건, 노동력상태, 政策變化 등 外部상태 변화와 연결되는 外部 피드백이다. 다시 말하면 동태적 環境變化에 따른 동태적 적응을 표시하는 것이다.

생산계정부분 模型은, 이 LP 부분의 出力과 入力들의 적당한 산출식에 의해, 이용자나 분석자의 관심변수 즉 성과지표를 계산한다. 이 과정을 도식화하면 〈圖 2〉와 같다.

1) 자원배분부분 모형

대부분의 한국 농가는 전형적으로 복합경영의 小農이다. 거의 대부분의 農家는 小規模의 논과 밭을 갖고 一年生작물과 약간의 畜產活動을 하고 있으며, 소수의 농가가 과수재배와 양잠활동을 하고 있다. 전문화되어 있지 않은 小農 복합경영의 농가수준에서 개개 품목의 生產活動에 대한 資源配分을, 여러 制約요소들에 대해 효과

圖 2 RAP의 내부구조



적인 分析을 하기 위해; 模型化하는 작업은 간단하지 않을 것이다. 더욱이 전체 농업부문 분석에 필수적일 技術開發과 소비자 선호의 변화부분 간의 構造變化를 포함할 수 있는 分析的 模型을 단순한 推定 模型으로는 그 신뢰성을 기대하기 어려울 것이다. 이런 이유로 한국의 농가집단의 資源配分과 生產의 의사결정 과정을 일관성 있게 설명할 수 있는 模型이 요구된다.

韓國農家の 生産의 사결정은 조심스런 最適化 를 백하고 있다고 할 수 있을지 모른다. 이 법칙에 의하면 損失 가능성이 무시될 만큼 적다면, 農家는 技術的, 制度的, 習慣的 制約에 지배를 받으면서 기대소득을 最大로 하려고 할 것이다. 이 결과 資源配分 決定은 어떤 새로운 시기의 기대소득과 불확실한 環境에 의해 영향을 받는 실제치와의 차이에 따라 영향을 받는다. 실제 사용된 模型의 수리적 배분결정은 축차적 선형회귀법 (RLP : receiveive linear

programming)에 의해 시뮬레이션된다. 즉, 어떤 시기, t 의 이 模型은 다음과 같은 행렬로 표시할 수 있다.

$$\left. \begin{array}{l} A_{t \times m} X_{t \times 1} \leq Y_{t \times 1} \\ X_{t \times 1} \geq 0 \end{array} \right\} \text{.....(2)}$$

*표시는 RAP에서 결정되는 최적표시이다.

식 (1)은 목적함수식이고 식 (2)는 制約조건식이다. 목적함수, 제약조건, 투입산출계수행렬로 구성된 3개의 연결함수식에 의한 다이나믹한 내부—외부 피드백이 다음과 같이 형성된다.

$$Z_t = Z(X_{t-1}^*, \dots, X_{t-p}^*; R_{t-1}^*, \dots, R_{t-p}^*; U_{t-1}, \dots, U_{t-s}; V_t)$$

$$Y_t = Y(Y_0 ; X_{t-1}^*; \dots; X_{t-p}^*; R_{t-1}^*; \dots; R_{t-p}^*; U_{t-1}; \dots; U_{t-p}; V_t)$$

$$A_t = A(X_{t-1}^*, \dots, X_{t-p}^*; R_{t-1}^*, \dots, R_{t-p}^*; U_{t-1}, \dots, U_{t-p}; V_t) \quad (2)$$

圖 3 자원배분모형의 활동과 제약

	活 動 要 素	一 年 生 物 生 产		飼 料 作 物		畜 产 物		永 年 生 物 生 产		投 資 外 財 政			許 容 損失 LOSS	内 部 移 轉 畜 的 田 利 用	輸 入 飼 料 利 労 動 用 途 販 売
		慣 行 營 農	機 械 營 農	慣 行 營 農	機 械 營 農	力 牛 乳 牛 肥 育 牛	豬 犬 肥 育 牛	植 栽	生 产	貯 蓄	投 資	融 資			
土 地	畠, 夏田, 冬田 木 草 永年生作物	×	×	×	×			×						×	
勞 動	季節別人力 畜力 機械	×	×	×	×	×	×	×		×					×
資 本	流動的資產 固定資本 畜產 畜舍農家資本 信用의內部割當量	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			×
危 險 과 償 額 償 額 償 額 償 額	最少所得(MINI) 危 險 生産 生産 技術 技術 探 擇	×	×	×	×	×	×	×	×				×		
物 量 均 衡	飼料穀物均衡 飼料需求均衡 複合耕作土地	×	×	×	×	×	×							×	×
政策	飼料穀物收入量														×

여기서 R 은 制約要素들의 潛在價格, U 는 KASM의 다른 부분으로 부터의 入力變數, V 는 外生變數를 나타내는 벡터(Vector)들이다. A 행렬은 여러 개의 지역과 한 개의 전국 공동 부분으로 同質化 시킬 수 있다.²

年次的 資源配分模型을 전국 수준으로 그 계략을 표시하면 <圖 3>과 같다.³

다시 말하면 이 模型은 농민의 위험혐오(risk aversion)와 유연성 制約(flexibility constraints)를 混合하여 lexicographic 선호의 순서⁴에 의해 농가의 조심스런 最適化를 표시한다. 이때 期待所得의 最大化는 다음 2개의 條件을 만족시키는 資源配分 原理이다.

條件 1: 어떤 生產活動으로부터의 손실가능성 — 소득이 생계용 비용, 빚 갚음, 세금 등의 필수 지출(MINI:minimun income)을 넘지 않을 확율

—이 어떤 주어진 확율이하라야 한다.

條件2: 작물재배와 畜產活動의 年次的 變動은 개개 농가의 技術과 판단의 이질성 등으로 전체 농가로 볼 때는一定 유연성 범위를 넘지 않는다. 이 변동은 과거 자료에 의해 일반적으로 最大 편차를 넘지 않는다고 가정한다.

좀더 구체적으로 수식과 함께 상술하면 위험 혐오 방법은 어떤 생산활동군, J_i ,에 대해 氣候나 市場條件이 불리할 때 期待되는 가능손실 PL_i , 이 總許容 損失의 일정율 $1/k_i$, 를 넘지 않는 수준에서 농민들은 그들의 生產活動을 바꾸도록 할 것이라는 假定에 기초를 두고 있다. 총 허용 손실(LOSS)은 생산활동으로부터 기대되는 所得($\sum Z_j \cdot X_j$)과 필수지출(MINI)과의 차이로 정의하면 이상의 機構를 다음과 같이 수식화할 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} \text{LOSS} &= \sum_j Z_j \cdot X_j - \text{MINI} \\ \sum_{j \in J_i} PL_j \cdot X_j &\leq \frac{1}{k_i} \text{LOSS} \end{aligned} \right\} \dots \quad (4)$$

실제로 이 위험험오機構는 식(4)에서 암시하듯이 주로 확실한 段收와 價格 진폭에 의한 효과만을 표시하고 기타의 많은 불확실성과 危險 등에 대한 農家의 반응은 포함하고 있지 않기 때문에 이상의 위험험오기구만으로는 있을 수 있는 큰 振幅의 模型結果가 사실을 설명할 수 없으므로 活動水準 X_{it} , 의 상한 Y_{it} 과 하한 \bar{Y}_{it} 의 제약을 설정했다.

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{it} &\leq X_{it} \leq \bar{Y}_{it} \\ \underline{Y}_{it} &= (1 - b_l) \cdot X_{jt-1}^* + \frac{Y_{kt}}{\bar{Y}_{kt0}}, \quad k \in LD; \\ i &\in LB; \quad j \in AP \\ \bar{Y}_{it} &= (1 + b_u) \cdot X_{jt-1}^* + \frac{Y_{kt}}{\bar{Y}_{kt0}}, \quad k \in LD; \\ i &\in UB; \quad j \in AP \end{aligned} \quad \left. \right\} \dots (5)$$

식(5)에서 LB , UB 는 活動의 하한, 상한의 집합이고 AP 는 모든 生產活動의集合, LD 는 分類된 土地集合을 표시한다. Y_{kt}/Y_{kt0} 는 기준년도 t_0 의 k 토지에 대한 t 년도의 k 토지 비율이다. b_u , b_l 은 토지의 變化가 없을 때 許容되는 最大變化率(유연성계수)이다. 이와 같은 유연성은 家畜生產에도 적용된다. 그런데 家畜의 경우는 輸入 頭數를 外生變數로 추가한다. 위험혐오기구를 표시하는 危險制約과 유연성制約은, 본 모형에서 어느 것이든 制約을 먼저 가하는 쪽의 영향을 받는다.

이상의 生產活動에 대한 유연성 제약과 비슷하게 새로운 機械에 대한 投資는 현 수준의 일정비율 이상은 增加하지 못한다고 假定한다. 그래서 기술보급은 매년 채택자가 늘면 가속화하는 것이 된다. t 년도의 m 농번기에서 i 기계의 작업능력 Y_{imt} 는 실제 일할 수 있는 機械數에 따라 α_{im} 을 곱한 것으로 표시할

수 있다. 실제작업 가능한 기계의 數는 과거의
순투자 X_{ij} 와 해당년수에 해당하는 기계능력
 S_i 에 의해決定된다. 내구년수 S_i 를 지난 것은
반드시 매체된다고 가정한다. 즉,

$$Y_{imt} = \alpha_{im} \left(\sum_{s=1}^{S_i} \lambda_i^s \cdot X_{ij_s, t-s}^* + \lambda_i^1 \cdot X_{ij_s, t-S_i}^* \right) \dots (6)$$

여기서 CM은 機械 종류, IM은 CM에 대한
과거 투자활동의 집합이다. 生產活動에서 사용
된 목적함수의 계수(조수익과 변동비의 差)는
다음과 같이 계산한다.

段收(YLD)와 비용(COST)은 前年度 것을, 당해
년도 農家の 수취가격은 期待價格, \hat{P}_{jt} , 를 사용
한다. 즉

$$\hat{P}_{jt} = \hat{P}_{jt-1} + \frac{1}{\lambda} (P_{jt-1} - \hat{P}_{jt-1}), \quad j \in AP$$

..... (8)

여기서 \bar{x} 는 평균지연 (mean delay) 표시이다.⁵

2) 생사계정⁶

어느 시점에서 여러 生產活動에 대한 資源의
分配이豫測되면 12개의 農作物과 5개의 畜產의
生產水準은 단위당 生產量을 곱해서 얻을 수 있
고 비슷한 계산으로 요소의 需要도 계산된다.
국민경제모형의 入力變數를 계산하기 위해서는
총생산과 총요소 사용량을 계산하고 또 소득과
이에 대한 여러 관계변수들을 계산한다.

III 模型檢定與信賴性

어떤 추상모형이든 실제 사용되기 위해서는 이 模型을 사용코자 하는 사람에게 그 模型의 신뢰성이 인정되어야 한다. 이를 위해서 ① 論理的 内部一致牲 (internal logical consistency) 유무의 일관성 (coherence) 검정, ② 현실과 模型행

태와의 비교검정인 일치성 (correspondence) 검정, ③ 모형과 그 결과가 차지하는 포괄성을 검정하는 명확성 (clarity) 검정, 그리고 모형의 분석정도와 이를 위해서 드는 비용 사이의 효율성을 따지는 능력 (workability) 검정 등의 模型 신뢰성 검정을 통과해야 한다. 여기에 소개된 모형은 직관적인 개념모형을 電算化한 수리모형이다. 이상의 4개의 모형신뢰성 요구는 개별적으로 뿐만 아니라 모두를 동시에 요구하는 것이다. 그래서 模型의 신뢰성검정은 모형 개발 중 뿐만 아니라 모형이 사용될 때마다 계속적으로 적용된다. 이상의 4가지 검정 중 명확성검정과 능력검정은 서로 밀접한 관련이 있는 것이고 모형을 이용할 때 이용자의 가치판단에 좌우될 것이다. 여기서 논하고자 하는 것은 주로 일관성검정과 일치성검정이다. 다시 말하면 논리의 일관성과 시계열 추적 검정이다.⁷

1. 논리의 일관성 검정

RAP의 내부논리 일관성 검정은 모든 컴퓨터 시뮬레이션模型과 마찬가지로 모형 실험을 할 때마다 檢定된다. 일반적으로, 예를 들면 模型의 행위는 기본과정과 일치하는가 등의 確認을 포함한다. 이 過程에서는 주로 수리모형의 확인과 일단의 파라메타들의 값을 확인하는 것과 더불어 전산 프로그램의 오차퇴치 (debugging) 작업이다. RAP에서의 이 과정의 첫 순서는 基本假定에 합당한 LP의 基本 simplex tableau를 만들고, 이것의 基本可能解를 구하는 것이 순서일 것이다. 그런데 이 simplex tableau를 만들 때 模型의 명확성과 能力を 위해 가능한 한 最少의 크기 (dimension)로 최상의 結果를 얻을 것을 요구한다. 이것을 위한 한 시도로 특정 활동들의 上下限 設定과 LOSS活動의 設定이었다. 더욱

기 다이나믹模型에서는 이들의 사용으로 模型의 신뢰성을 增加시키고 반면 模型의 크기를 줄이는 효과는 대단하다고 하겠다. 이들 사용으로 다음에 논하게 될 시계열 추적능력에서 좋은 結果를 보여 주었다. 다이나믹模型은 시간변수가 하나 더 첨가됨으로 일관성검정은 매우 중요하고 까다롭다. 하나의 예로 설명하면 每年 이용된 개개 자원 j 의 총자원량을 Y_{jt} , 각 活動水準을 X_{it} , 그리고 각 活動에서 소요되는 각 資源의 사용율을 d_{ijt} 라 하면 식 (9)와 같이 개개 자원의 配分을 기술할 수 있겠다.

LP 모형의 가장 큰 長點 중의 하나는 개개 活動 水準의 總合은 주어진 資源의 한계를 벗어나지 않는다는 가장 상식적인 사실을 간단한 形式에 의해 만족시켜 준다는 것이다. 본 다이나믹 模型은 이 長點에 부가해서 $\alpha_{jt}=1$ 의 조건으로 d_{ijt} 를 구함으로써 실증적인 값에 보다 接近한다는 믿음을 갖도록 한다(물론 충분조건은 못된다). 그리고 資源의 配分은 절대소득에 관계한다기보다는 각 活動의 상대소득에 의하므로 목적함수의 收益계수 빼타는 경상가격에 의해 계산할 수 있겠으나, RAP은 KASM의 한 構成模型으로 고안되었으므로 다른 部分模型, 특히 DEMAND 模型의 일관성을 위해 전도시 소비자를 가지수로 디플레이트한 것을 사용한다. 模型의 내부 논리의 일관성에 대해서는 「RAP의 模型 설명」에서 상당한 설명이 되었다 [참고문헌 6].

다음에 이야기 하고자 하는 것은 本模型이 보다 더 사실에 接近하도록 할 수 있는 고려들이 다. 그 하나는 資源의 同質性 문제를 들 수 있다. 예를 들면 현재 韓國農村에서 일어나고 있는 것과 같이 資源의 變化 때문에 이 資源을 언제나 資源의 限界生產力이 높은 活動으로 쓰여지려고

할 것이다.

이런 경우, 하나의 예로 벼의 경운작업을 들 수 있겠다. 勞動費用의 상승은 벼논의 초벌갈이를 생략한다든지 하는 것으로 나타날 수 있다. 模型에 이런 고려를 포함할 때는 필연적으로 크기의 增加를 요구하는 費用을 수반한다. 그러나 이런 종류의 고려가 무시될 때 나타나는 模型結果는 사실을 보다 상세히 설명할 수 없게 만들지도 모른다. 이와 유사한 경우는 다른 資源에서도 생긴다. 土地의 구분은 이 模型에서 고려된 논, 밭 그리고 겨울밭뿐 아니라 서로 다른 기술이 적용되는 수자원개발 정도와 耕地整理 여하등에 의한 土地구분을 들 수 있다. 또 다른 問題는 技術과 자원보류를 달리하는 地域구분이다. 이것이 고려되면 資源의 완전이동성 가정을 현실에 가깝도록 줄일 수 있고, 각 作物의 生產水準도 보다 현실적이 될 것이다. 다시 말하면 이것이 고려되지 않은 結果는 農業生產可能性을 過大評價하고 資本投資의 필요성을 輕減 시킬지도 모른다.

이상의 고려들을 模型에 부가하면 유연성 制約의 役割은 상대적으로 輕減될 수 있을 것이다.

2. 時系列추적 능력 검정

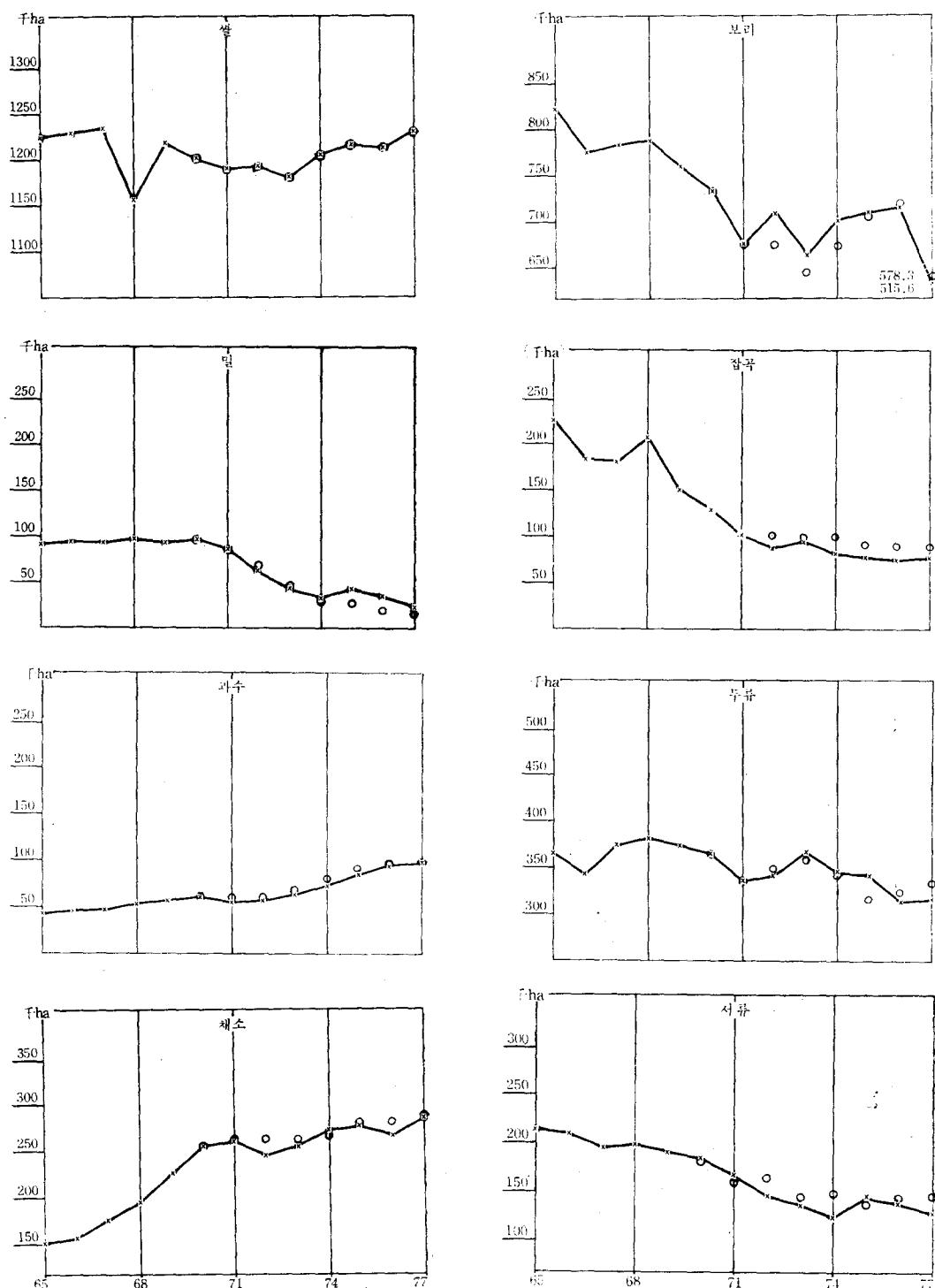
신뢰성檢定 중 일치성검정을 통과하기 위한 필수조건(그러나 충분조건은 못됨)은 一定 허용 범위 내에서 模型이 사실을 추적할 수 있어야 한다. 여기서 말하는 許容範圍란 模型을 어떻게 사용할 것인가에 대한 이용자의 慎意的 판단기준을 뜻한다. 의사결정자들은 보통 자신들의 선입관에 符合되는 模型의 行態를 요구한다. 시계열추적은 「記錄된 統計值」와 반드시 일치하지 않는다 할지라도 사용자에게 모형행태에 대한 나름대로의 판단할 수 있는 어떤 느낌을 주도록

과거행태를 再現하는데, 그리고 서로 다른 여러 假定 밑에서 미래를豫測하는데 사용될 수 있다. 그러나 이 말은 模型의 役割이 이를 사용하는 이들의 예상을 확인하는데 그친다는 것이 아니다. 模型은 이들의豫想을 확인할 수도 있고, 또는 예상 밖의 模型結果가 잘 설명되어질 수 있도록 그 예상을 變化시키고 思考의 범위를 넓히는 「教育的 技能」을 가질 수도 있다. 이 模型의 教育的 技能에 대해서는 대개의 보고서들이 模型을 設計하고 分析한 이들에 의해 별로 언급하고 있지 않지만 실제 작업에서는 거의 언제나 상당한 도움을 받고 있다. 더욱이 模型이 크고 복잡할수록 이 技能은 큰 것이다.

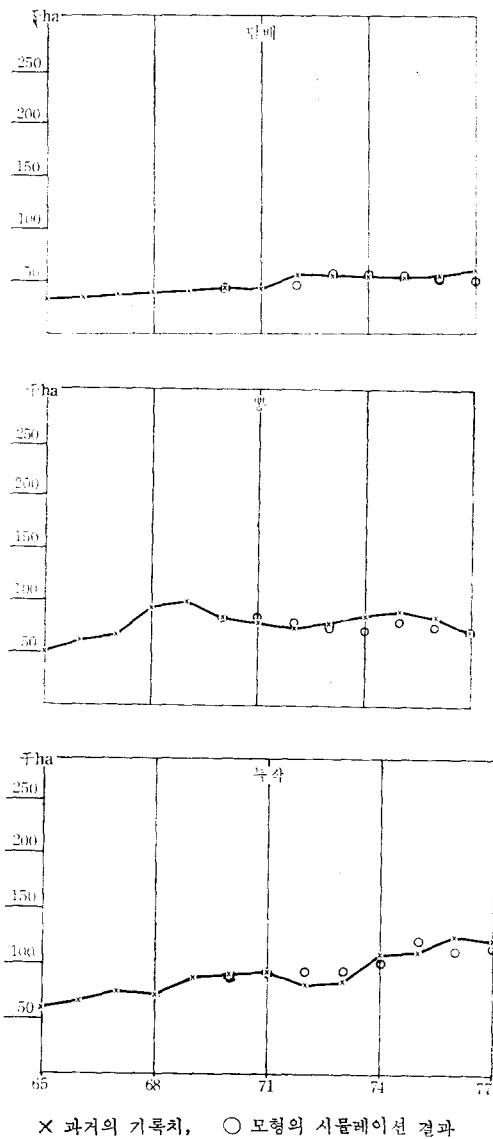
여기 시계열 추적능력 분석에서는 KASM에서 사용된 19개 농수산 品目 중 過去資料가 불확실한 목초지와 RAP에서 사용하지 않은 수산물과 기타 농산물 그리고 外生變數로 취급된 것 중 產卵鷄를 제외한 15개 品目을 포함한다. 農民들의 生產意思決定을 표시하는 成果變數로서는 農作物은 面積으로, 畜產物은 生產量으로 표시한다.

다음은 추적능력검정 기간을 언제부터 언제까지 할 것인가와 얼마 동안의 期間이 適合한가 하는 問題가 생긴다. 前者は 特別한 요구가 없는 한 過去資料가 存在하는 最近까지가 一般的의 것이다. 그러면 언제부터로 할 것인가? 최근까지 상당히 긴기간이 바람직할지 몰라도 여기에는 실제 기록된 資料의 信憑度도 問題이고, 또 이론적으로 「一般模型」은 이런 작업이 가능하다 해도 실제 실행하도록 짜여진 「特殊模型」이 임의의 기간 동안 사용될 수 있는 「一般模型」이기를 바라는 것은 무리한 욕구이고 실제 불가능할 것이다. 그러나 기간이 너무 짧으면 어렵게 구축된 다이나믹模型의 能力を 분석자나 사용자가 感智하는데 실패할지도 모른다.

圖 4 모형의 시계열 추적결과(농작물재배면적)



(계속) 圖4 모형의 시계열 추적결과(농작물재배면적)



여기서 사용한 기간은 1970年부터 과거자료가存在하는 最近 年度인 1977까지로 했다. 1970年年은 다이나믹模型의 初期值로 사용되었으므로 모형의 成果變數의 結果들은 1971年부터이다.

모형이 얼마나 실제를 잘 반영하는가 하는一般的尺度를 찾기는 대단히 어렵다. 어떤 추상 시스템모형도 실제 시스템 그 자체일 수는 없는

것이고 그래서 생기는 菲연적 오차를 객관적으로評價할 수 있는 도구가 아직 잘 開發되어 있 않다. 현재 행하여지고 있는 복잡한 模型의 구축자들 중 대부분은 模型化하는 過程에서 내부 논리의 일관성을 강조하는 것으로 자신들의 모형을 객관적 검정없이 자의적 가치를 객관적 가치로 받아들이도록 요구한다. 이는 費用(과거추적 등을 위해 드는 모형수정의 어려움 등) 때문일 수도 있고 그 밖의 이유일 수도 있다.

현재까지 고안된 이 검정의 도구로는 ① 그래프에 의한 비교, ② 오차의 평방화, 그리고 ③ 회귀분석 등이 있다. 본 검정기간 동안의 과거기록치와 본 모형의 시뮬레이션 결과는 〈表 2〉에 표시되어 있고, 이들에 대한 그림표는 〈圖 4〉와 〈圖 5〉에 표시되어 있다. 符合度의 한 計尺으로 사용된 오차의 平方化는 각 變數의 크기로 나뉘어져 일반화된 통계치이므로 변수간의 비교나 전체의 符合度 표시로도 사용될 수 있다. 이 부합도의 계산은 다음 식(10)과 같이 계산 된다.

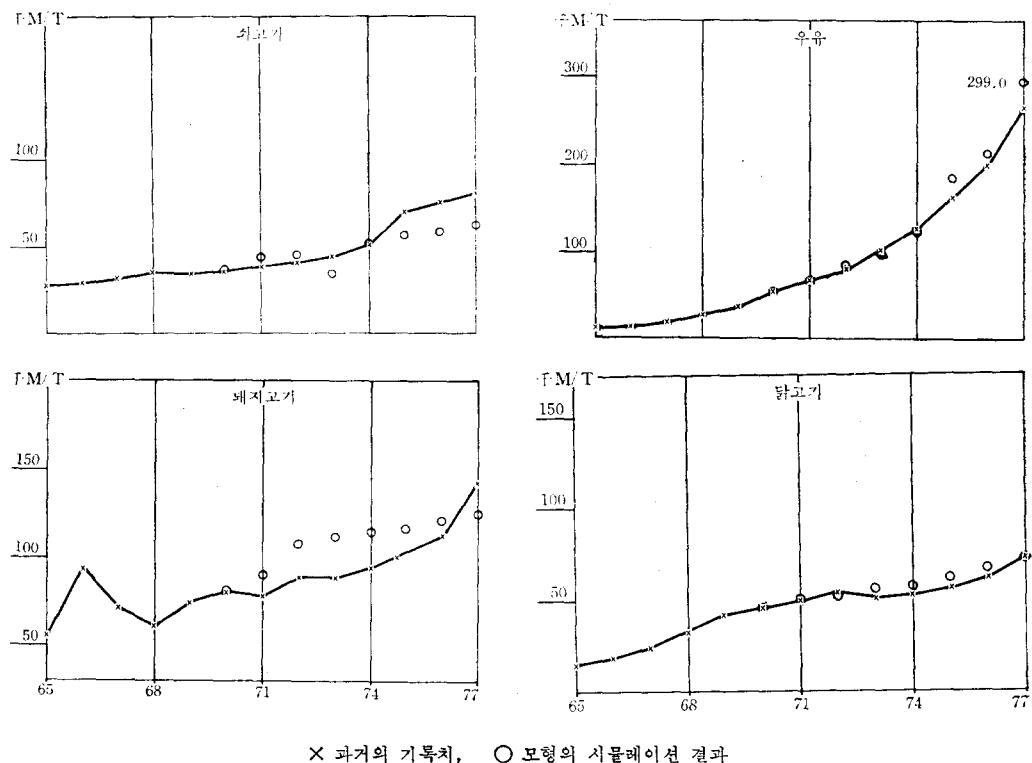
$$SSE_i = \sum_{t=1971}^{1977} \left[\frac{C_{it} - \hat{C}_{it}}{\bar{C}_i} \right]^2 \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

여기서, \hat{C}_{it} 는 i 변수의 과거기록치, C_{it} 는 \hat{C}_{it} 에 대한 시뮬레이션 결과치, 그리고 \bar{C}_i 는 통계의 一般化를 위한 과거 기록치의 평균이다. 식(10)은 一般化된 오차의 평방화를 표시하고 있으므로 전체 혹은 집단의 오차의 평방화, TSS_j ; $j=\text{집단표시는 } i\text{를 개별 작물로 표시하면 식}(11)\text{과 같이 표시할 수 있다.}$

$$TSS_j = \sum_i SSE_{ij} \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

선택된 성과변수가 LP의 活動變數이므로 기본 방정식의 非負條件으로 負의 값을 갖지 않는다. 가장 나쁜 경우는 시뮬레이션된 성과변수의 값이 零의 값을 갖는 것이다. 만일 모형결과가 선택된 변수에 대해 모두 零의 값을 가지면 식

圖 5 모형의 시계열 추적결과(축산물 생산량)



(10)의 符合度 표시는 식 (12)같이 되고 S_i 를 표본의 표준오차로 표시하면 식 (12')와 같이 표시할 수 있다.⁸

$$SSE_i(0) = \sum_{t=1971}^{1977} \left(\frac{\hat{C}_{it}}{C_i} \right)^2 \quad (12)$$

$$SSE_i(0) = \sum_{t=1971}^{1977} 6 \left(\frac{S_i}{C_i} \right)^2 + 7 \quad (12')$$

그래서 오차의 평방화를 이용한 결과표시로 SSE_i 를 $SSE_i(0)$ 로 나눈 E_i 로 符合度를 표시한다. 이들에 대한 결과는 〈表 2〉 우측에 기록되어 있다. 이는 다음에 論할 회귀분석에서 처럼 표본치들의 散布가 심하지 않을 때 생기는 통계치의 不完全性을 극복할 수 있다.

符合度 표시의 또 다른 계측은 회귀분석을 이용한다. 이때의 회기방정식은 단순히 模型結果와 기록치 사이의 관계만으로 표시된 것을 利用

한다.

$$\hat{C}_{it} = f(C_{it}) \quad (13)$$

Dr. Gibson[참고문헌 5]은 개별변수 i , 에 대해 ($i=상수$) 시계열자료를 사용하였고, ADAM[참고문헌 8]에서는 주어진 年度에 대하여 ($t=상수$) 획적자료를 사용하였다. 前者の 문제점은 종적(시계열) 資料가 상대적으로 널 散布하면 통계 결과의 分散이 커지는 단점 때문에 부적당한 경 우가 생길 수 있다. 그러나 本 模型은 다이나믹 模型으로 전체모형의 符合度를 표시하고자 하는 것이지 개별 연도의 符合度를 보려는 것이 아니다. 따라서 本分析에서는 分散 문제를 극복하는 時系列 資料를 사용하기 위하여 全期間(1971~77)에 걸쳐 全品目(15개 品目), 全농작물(11개) 그리고 全畜產物(4개)에 대하여 一次 선형관계

表 2 모형의 시계열 추적결과

	1970년	71	72	73	74	75	76	77	SSE_i	$SSE_i(O)$	E_i
1. 쌀	H 1,203.3	1,190.4	1,191.1	1,181.7	1,204.4	1,218.0	1,214.9	1,230.0			
	S 1,203.3	1,190.4	1,191.1	1,181.7	1,204.4	1,218.0	1,214.9	1,230.0	0.0000	7.0013	0.0000
2. 보리	H 730.3	677.0	710.2	665.9	703.7	711.0	711.1	515.6			
	S 730.3	677.0	678.6	645.2	675.9	709.3	716.9	578.3	.0137	7.0668	.0019
3. 밀	H 96.7	86.7	62.7	43.2	36.5	43.7	36.7	26.5			
	S 96.7	86.6	64.5	45.6	36.1	27.6	20.7	15.5	.2801	8.0753	.0347
4. 잡곡	H 129.7	104.4	90.0	95.1	86.0	79.3	76.3	78.6			
	S 129.7	104.4	102.6	101.9	100.6	97.8	95.8	94.4	.1833	7.0821	.0259
5. 과실류	H 60.2	55.3	59.2	65.7	75.1	8.85	94.7	96.3			
	S 60.2	60.0	59.8	69.4	79.1	88.9	98.6	97.9	.0120	7.2972	.0016
6. 두류	H 365.2	337.8	340.1	369.7	349.4	341.5	315.7	319.4			
	S 365.2	337.8	350.1	366.9	342.5	314.7	325.0	337.7	.0113	7.0173	.0016
7. 채소	H 254.3	257.1	247.9	254.2	274.1	26.5	269.4	285.0			
	S 254.3	258.2	261.8	260.9	272.8	278.5	282.9	288.4	.0062	7.0154	.0009
8. 서류	H 180.4	163.3	147.4	138.2	123.4	147.3	137.5	129.3			
	S 180.4	162.8	163.5	145.7	149.9	146.2	143.2	144.6	.0648	7.0526	.0092
9. 담배	H 43.0	41.0	58.2	55.5	54.3	53.9	54.8	62.8			
	S 43.0	41.0	49.2	59.0	57.4	55.0	53.0	51.4	.0803	7.0901	.0113
10. 뽕	H 85.0	81.4	78.4	80.3	88.0	91.0	82.9	67.8			
	S 85.0	85.0	80.7	76.5	72.2	82.8	78.6	74.3	.0619	7.0503	.0088
11. 공예작물	H 89.2	90.6	81.7	83.3	107.3	108.9	123.6	121.6			
	S 89.2	90.6	94.0	94.5	102.3	127.6	112.0	116.8	.0771	7.1732	.0107
12. 쇠고기	H 37.3	39.5	40.2	44.9	51.5	70.3	75.5	81.6			
	S 37.3	43.5	46.4	35.9	51.6	57.6	59.6	61.9	.2822	7.5678	.0373
13. 우유	H 50.8	64.6	79.1	103.5	126.5	162.2	198.8	262.1			
	S 50.8	64.6	86.2	99.7	123.1	183.0	213.0	299.0	.1022	8.4660	.0121
14. 돼지고기	H 82.5	80.9	90.2	90.1	95.4	106.7	113.6	147.3			
	S 82.5	90.6	109.3	112.0	114.5	117.0	121.1	125.2	.1826	7.2769	.0251
15. 탕고기	H 45.2	50.0	54.3	51.8	53.2	55.6	60.9	73.1			
	S 45.2	50.0	52.2	55.4	56.7	60.6	66.7	71.9			
전 품 목(15개 품목)									1.3852	109.3473	.0127
농 작 물(11개 "									0.7906	78.9214	.0100
축 산 물(4개 "									0.5946	30.4259	.0195

H: 기록치, S: 시뮬레이션 결과

表 3 회귀분석 결과

	표본수(N)	총속변수의 크기	상수(T-값)	기울기(T-값)	R ²
전 품 목	105	228.77	-2.8861(-1.8273)	1.0020(242.91)	.9983
농 작 물	77	279.18	-2.7452(-1.4470)	1.0028(233.74)	.9986
축 산 물	28	90.12	9.4951(2.5031)	.8589(24.88)	.9597

를 보았다(표 3)。

이상의 3개의 시계열추적의 능력표시에서 볼 때 전체적으로 아주 잘 추적한다고 밀어진다. 특히 농작물과 계속하여 증가추세를 보이고 있는 우유생산의 경우는 더욱 그러하다. 그러나

대체적인 축산물의 경우는 전자에 비해 그 능력이 못하다. 이는 농작물보다 더욱 복잡한 축산 경영을 모형이 농작물만큼 상세히 설명하지 못하는 데서 온 결함으로 판단된다.

IV. 政策實驗

앞절에서는 모형의 신뢰성을 알아보기 위해 몇 가지 시도를 했다. 過去 時系列 추적은 대부분의 경우 模型의 신뢰성 검정을 위한 것이고(혹은 온고지신적 과거정책에 대한 評價의 도구

—教育的 技能一로 사용될 수도 있다), 결국 우리가 만드는 추상모형은 이를 통해 불확실한 미래 사항에 대해 현재 내려야 하는 意思決定에 도움을 받고자 하는 것이다.

이 모형이 水準 以上의 신뢰성이나 사실에 대해 어떤 特性을 나타내고 있다면 우리는 이 模型을 이용해서 가능한 여러 假定下의 模型實驗

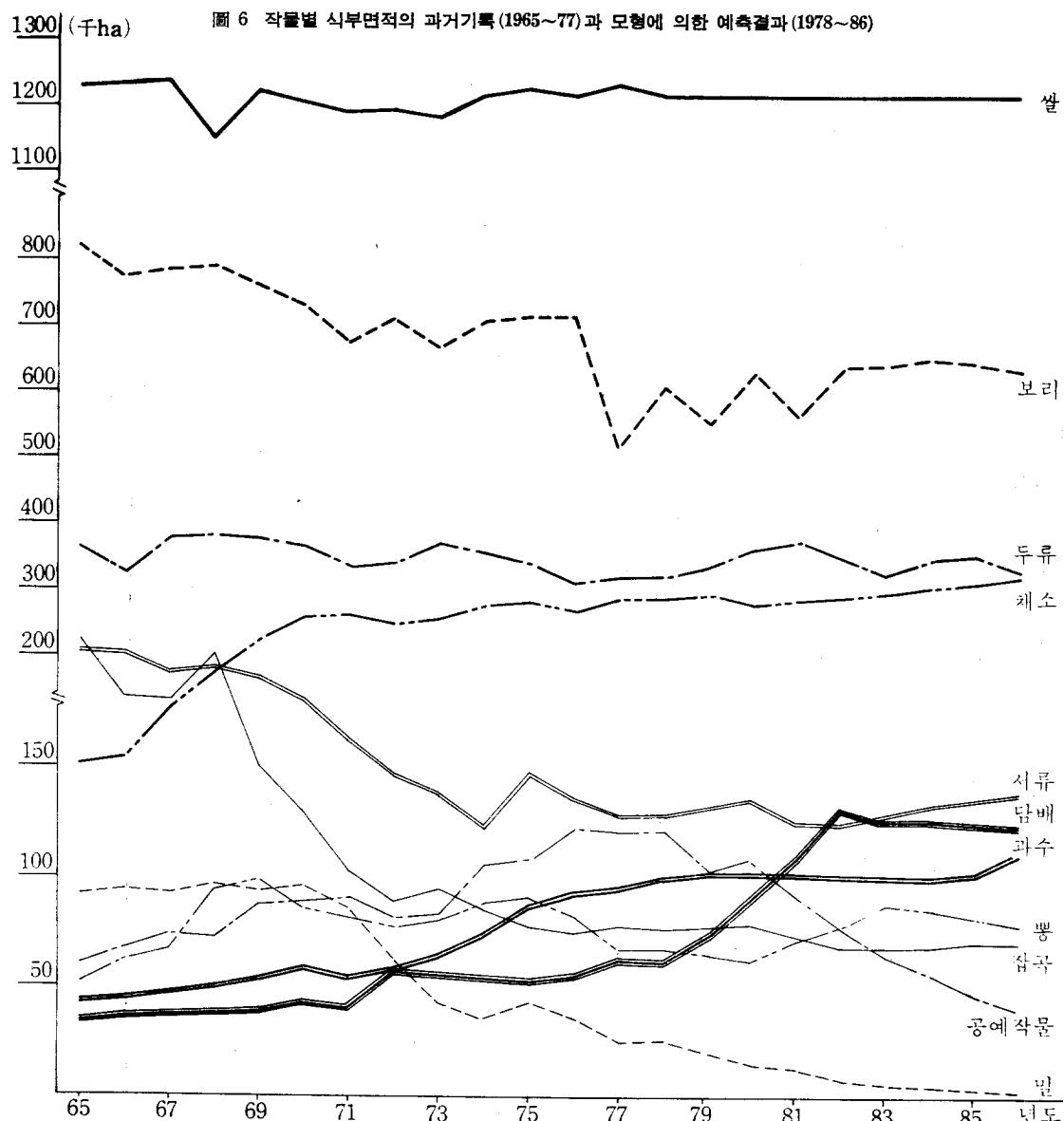
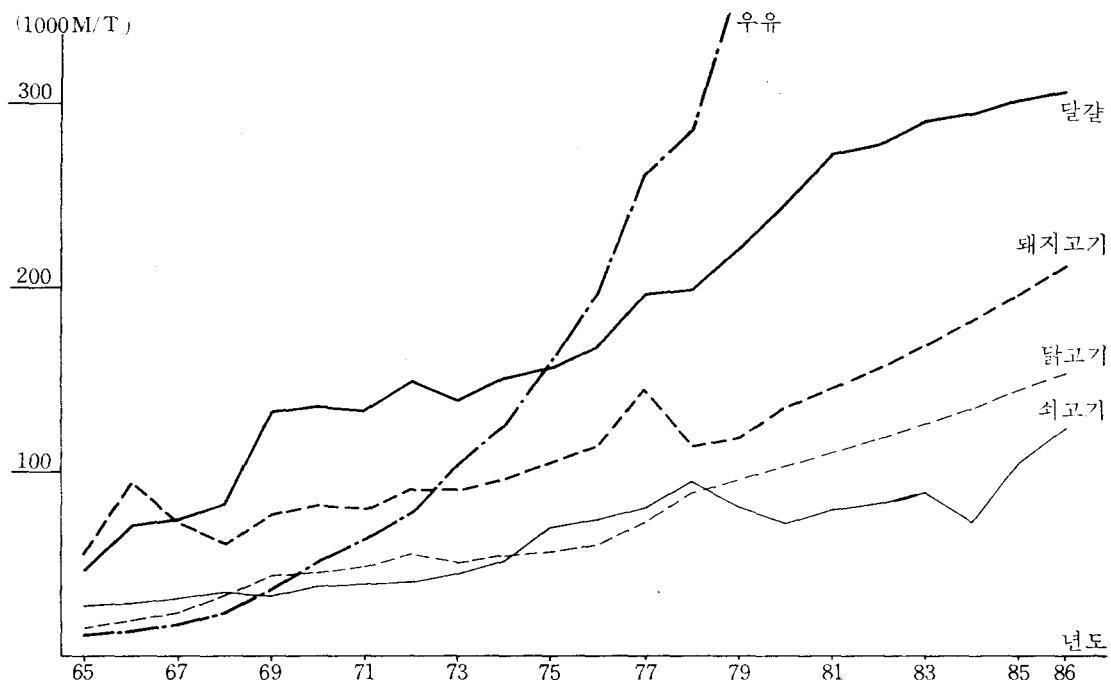


圖 7 축산물생산의 과거기록(1965~77)과 모형에 의한 예측결과(1978~86)



을 통해 最上의 結果를 가져오는 통제 가능한
입力變數—정책변수—의 집합을 구할 수 있을
것이다.⁹

農產物 生產은 기본적으로 農家의 生產計劃에
의한 可用資源配分意思決定에 치배될 것이다.
그리고 農家는 기대소득에 기초하여 生產計劃을
세울 것이다. 그런데 이 기대소득은 대부분 投
入物과 生產物의 기대가격과 단위당 수량에 의
해 決定될 것이다. 이 모형에서는 生產物에 대
한 農民의 기대수취가격은 과거의 實제가격에
대한 지수평균 가격을 사용하고, 農民의 技術水
準을 나타내는 단위당 수량은 전년도 ($t-1$) 것을
사용한다는 것을 模型의 설명에서 언급하였다.
그러나 미래에 대한 豫測實驗에는 이상의 어느
것도 아직 실현되지 아니한 상태이다. 그러나
政策家는 자신의 개념에 기초하여, 예를 들면,
以上의 두 變數를 포함한 여러 假定下의 政策實
驗을 통하여 그가 期待하는 결과를 위한 手段이

무엇인가를 찾을 수 있을 것이다. 여기서 행한

表 4 작목별 10a당 추정 수량

단위 : 100kg/ha

작 물	년 도			
	1977	1981	1986	
쌀	KASS	4.30	4.34	4.88
	농진공	4.88	5.08	5.10
보리	KASS	2.40	2.80	3.40
	농진공	2.32	2.44	2.61
밀	KASS	2.61	3.05	3.58
	농진공	2.28	2.45	2.66
잡곡	KASS	1.36	1.39	1.87
	농진공	1.61	2.40	2.97
과실	KASS	8.66	8.90	9.20
	농진공	7.72	9.92	12.47
두류	KASS	1.17	1.25	1.69
	농진공	1.20	1.39	1.66
채소	KASS	11.90	13.50	16.00
	농진공	11.14	11.37	11.66
서류	KASS	16.10	16.50	17.50
	농진공	18.76	20.14	21.98
담배	KASS	2.64	2.80	2.90
	농진공			
뽕(생사)	KASS	.51	.55	.60
특작	농진공			
	KASS	.88	1.00	1.30
농진공				

表 5 特정 가정에 의한 모형의 예측결과

단위 : ha

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
쌀	1,230.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0
보리	515.6	604.9	544.4	627.8	565.0	640.6	642.0	652.7	644.6	638.0
밀	26.5	26.5	19.9	14.9	11.2	8.4	6.3	4.7	3.5	2.7
잡곡	78.6	3.8	78.3	79.1	74.3	69.9	69.3	69.9	70.6	70.3
파실	96.3	101.0	102.3	102.0	101.6	101.4	101.3	101.4	101.6	111.6
두류	319.3	319.4	339.2	361.3	368.7	346.6	325.0	345.6	348.4	328.2
채소	285.0	285.0	289.3	275.6	282.0	288.6	295.0	304.6	314.5	322.3
서류	129.3	129.3	132.3	135.7	127.6	127.2	129.3	132.9	136.7	139.5
담배	62.8	62.8	75.4	90.4	108.5	130.2	127.2	126.5	125.8	123.4
뽕	67.8	67.8	65.0	61.6	20.8	79.4	89.8	86.4	83.0	79.6
특작	121.6	121.6	103.4	108.8	92.1	78.0	66.0	56.2	47.8	40.5
단위 : %										
쇠고기	81.6	94.2	81.3	72.4	77.9	82.9	88.0	73.7	104.5	122.2
우유	263.6	289.8	408.4	542.3	677.0	845.4	1,052.5	1,299.2	1,595.9	1,951.8
돼지고기	146.3	114.3	119.5	135.3	145.7	156.9	169.0	182.0	196.0	211.1
닭고기	73.1	88.0	94.9	102.3	110.3	117.9	126.1	134.8	144.1	153.33
달걀	195.4	199.2	222.3	248.2	272.8	279.6	286.6	293.7	301.1	308.6

정책실험은 橫型의 能力を 나타내는 하나의 방법으로 시도되었으므로 本 實驗에서 가정된 入力이 政策家의 관심에 반드시 부합되는 것은 아닐지도 모른다. 이 예시적 정책실험의 주된 假定은 다음과 같다.

(1) 노동력 : 총인구 성장은 1977年 이후 매년 1.6%씩 增加하고 총인구에 대한 農業人口構成은 1977年 현재 37.8%에서 1990年에 20% 水準으로 減少할 것이다. 그리고 이 人口의 年령별, 성별구성은 KASS에서 추정한 것을 그대로 사용한다.

(2) 土地 : 1977年 현재의 農地面積은 이 추정 기간 동안 변하지 않는다.

(3) 단위당 收穫量¹⁰ : KASS 연구진과 農業진홍공사의 추정中 前者를 假定한다(表 4). 다만 밀의 경우는 後者의 것을 假定한다.

(4) 農產物 價格 : 1978년 가격을 계속 유지한다.

(5) 農業노동의 農外勞動 : 農業노동의 農外勞動 기회비용은 1970년 기준 일일 750원(1977년

기준 1935원), 그리고 노임상승은 매년 4%로 假定한다.

(6) 農業機械化정책 : 정부에서 추진하는 農業 기계화정책은 정부의 의도대로 추진될 것이다.

(7) 輸入政策 : 乳牛는 77년 이후 매년 12,000 마리를 輸入하고 사료곡물을 필요한 만큼 輸入한다.

이에 대한 결과 表 5를 그림표로 표시하면 图 6 및 图 7과 같다.

V. 結論

模型의 變數 수준에 대해서는 異論이 있을 수 있으나 시계열 추적능력은 상당한 신뢰성을 갖고 있다고 판단된다. 주로 개별 정책 프로그램에 의존하는 현 農水 산부 정책수립, 집행과정에서 韓國 農業의 特殊性을 이해하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이라 기대되며, 이와 아울러 특히 개별 農業개발계획은 그 모두의 실현성이 희박한 이유와 그 결과를 이해할 수 있을 것이다.

종합적인 농업정책수립을 위해 이 모형은 많은情報를 제공해 줄 것으로 믿어진다. 그러나 정책실험이나 정책분석은 정책수립자의 의도가 충분히 모형 설계자에게 잘 전달되지 아니하면 충분한 정책실험으로 좋은 情報를 제공할 수 없을 것이다. 왜냐하면 政策樹立者의 의도는 언제나 잘 노출되지 않아 模型設計者가 그 의도를 충분히 파악하기 어렵기 때문이다. 그의 의도가 미래에 어떤 結果를 가져오는가를 암으로써 더 좋은 정책을 갖도록 하는 政策分析작업은 그래서 정책수립자와 밀접한 관계의 공동작업이 요청되는 것이다. 本研究의 의도 중에는 이와 같은 정책실험을 원하는 이들에게 模型을 소개하고 그 能力を 보임으로써 模型의 利用度를 提高시키고자 함이 포함된다.

불확실한 假定을 줄이고 더 포괄적인 定策實驗을 통한 政策分析을 위해서는 KASM의 다른 부분모형, 특히 需要, 價格, 貿易部分에 대한 分析模型인 DEMAND와 정부투자 정책에 의한 農業內의 技術變化를 模型화하여 農業生産要素의 사용율과 段收를 추정하는 CHANGE의 모형 수정 보완과 이들 모형의 연결작업이 요청된다고 하겠다.

- 註 1. 현실에 접근하도록 부단히 모형을 수정하는 過程을 learning process 라 하고, 이런 過程을 거쳐서 모형을 實存에 접근해 가도록 구상된 模型을 learnnig model이라 한다.
2. 현재는 3개 지역과 한 개의 전국 공동으로 된 컴퓨터 프로그래밍 模型이 되어 있으나 전자제산기의 사용상의 문제와 정확한 지역자료의 결여로 전국을 한 개의 지역 단위로 계산한다.
3. 더 상세한 simplex tableau는 [참고문헌 6]의 Appendix D table D.1과 table D.2 그리고 Appendix E의 table E.1을 참조
4. lexicographic order란 2개 혹은 그 이상의 vector들의 상호 크기를 비교할 때, 사전편찬 때 子母音의 순서를 비교하듯 각 vector 내에 요소들을 순서대로 비교하여 vector의 크기를 정하는 것을 말한다.
5. 원래는 $\frac{d}{dt} \hat{P}_t = \frac{1}{\lambda} (P_t - \hat{P}_t)$ 로 표시되는 일차 미분방정식 형태에서 digital computer를 사용하기 위해 Euler의

적분을 이용하여 간략화했다. λ 는 지수 평균가격, \hat{P}_t 가 $t+\lambda$ 때 실제가격과 37% 틀리는 것을 의미한다.

6. 시스템 방정식의 出力방정식 (output equation)에 해당하는 부분이다. 어떤 추상모형도 다음과 같은 행렬로 표시 할 수 있다.

$$X(t) = F_1(X, U, t) \dots \text{상태방정식 (state equation)}$$

$$Y(t) = F_2(X, U, t) \dots \text{출력방정식}$$

여기서

$$\dot{X} = \frac{dX(t)}{dt}, t \text{는 시작 표시}$$

X : 상태변수 (state variable)

U : 外生變數

Y : 出力변수 혹은 성과변수 (performane variable). 결국 성과변수 $Y(t)$,는 상태변수와 입력변수를 분석자의 관심에 따라 「산술적」으로 적당히 조합한 것이다.

7. 감응도검정 (sensitivity test)도 이용자의 가치판단 이전에 사용된 파라메터의 신뢰성을 높이거나 우리 모형의 논리적관성을 검정하는데 사용될 수 있으나 여기서는 그 체계적인 분석을 생략함.

$$\begin{aligned} 8. \sum_{i=1}^M \left(\frac{X_i}{\bar{X}} \right)^2 &= \frac{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n + (\sum X_i^2)^2/n}{\bar{X}^2} \\ &= \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 + \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{\bar{X}^2} \\ &= \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 + n\bar{X}^2}{\bar{X}^2} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 + n}{\bar{X}^2} \\ &= (n-1) \sum \left(\frac{S}{\bar{X}} \right)^2 + n \\ &\quad \left(\because S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2 \right) \end{aligned}$$

9. 단일 模型設計가 자동제어기구 (servo mechanism)을 사용했으면 원하는 결과가 入力變數이고, 이때 원하는 이런 결과를 가져올 수 있게 하는 단 하나의 入力群을 얻을 수 있을 것이다. 그러나 KASM은 가치기준을 달리하는 여러 정책변수를 다루므로 사용자의 가치기준에 따라 정책목표를 달리할 수 있는 open-looped control system 방식을 사용하므로 원하는 결과에 대해 入力조합을 단번에 구할 수 없다.

10. 가축에 대해서는 [참고문헌 6]의 부록 D의 표 D.4 참조

〈参考文献〉

1. Abkin, Michael H. et al., *Korean Agricultural Sector Model, Version KASM3: System Technical Documentation*, Korean Agricultural Sector Study Special Report 13, Seoul, Korea and East Lansing, Michigan National Agricultural Economics Research Institute, Ministry of Agriculture and Fisheries (Seoul); Department of Agricultural Economics, Michigan State University (East Lansing), 1977.
2. Abkin, M.H., *Demand-Price-Trade Model of KASM3: Technical Documentation*, KASS Special Report 17.
3. Carroll, Tom W. and John E. Sloboda, *Population and Migration Model of KASM 3: Technical Documentation*, KASS Special Report 14.
4. Dulpx/Dulpx: *Dual Simplex Algorithm Linear Programming Subroutine*, 1st Revision, Madison Wisconsin: Academic Computing Center, August 1974.
5. Gibson, Forrest J., *A Generalized System Simulation Model for the Management of Food Grains in the*

- Republic of Korea*, KASS Special Report 19.
6. de Han, Hartwig, *Farm Resource Allocation and Production Accounting Model of KASM 3: Technical Documentation* KASS Special Report 16.
 7. 이정한, *Crop Technology Change Model of KASM 3: Technical Documentation*, KASS Special Report 13.
 8. Kunkel, D.E., Roelriguez, G.R., Gonzales, L.A., and J.C. Alix, "Theory, Structures and Validated Empirical Performance of MAAGAP: A Programming Model of the Agricultural Sector of the Philippines" *Journal of Agricultural Economics and Development*, Vol. VIII, No. 3: Special Issue for ADAM Project, 1978.
 9. Rossmiller, George E., ed., *Agricultural Sector Planning: A General System Simulation Approach*, East Lansing, Michigan: Agricultural Sector Analysis and Simulation Projects, Department of Agricultural Economics, Michigan State University, 1978.
 10. Spivez, W.A., Thrall, R.M. *Linear Optimization*, Rinehart Holt and Winston Inc., 1970.
 11. 농업진흥공사, 「農業生產構造改善을 爲한 農地基盤造成方向樹立」, 中間報告, 1978. 8.
 12. 농촌진흥청 시험국 농업경영과, 「지대별 영농계획수립을 위한 기초자료」, 1965. 9.
 13. 농수산부, 「농림통계연보」, 1975~78.
 14. _____, 「식량작물 통계」, 1978.
 15. _____, 「農政手帖」, 1979.
 16. _____, FAO, 「食品需給表」, 1978.
 17. _____, 「韓國糧政史」, 1978.
 18. 農水產部 農產局, 「畜農關係資料」, 1978.
 19. _____, 「畜產物需給 및 價格資料」, 1978.
 20. 經濟企劃院, 「한국통계월보」, 1979. 8.
 21. _____, 「主要業務指標」, 1978.
 22. 農業協同組合中央會, 「농협연감」, 1975~78.
 23. _____, 「농협조사월보」, 1975~78.
 24. 國立農業經濟研究所, 「農畜產物 標準收益性」, 1970~77.
 25. _____, 「農畜產物의 立地配置에 관한 研究」, 1975.
 26. 專賣廳, 「전매통계연보」, 1978.
 27. 韓國生絲輸出組合, 「제사통계연보」, 1978.