

2011년 경제·인문사회연구회 녹색성장 종합연구 총서
농업·농촌부문 녹색성장 추진전략 개발

1. 녹색성장 종합연구 총서 시리즈

녹색성장 종합연구 총서 일련번호	연구기관 고유 일련번호	연구보고서명	연구기관
11-02-53-(1)	R636	농업·농촌부문 녹색성장 추진전략 개발(2/2차연도)	한국농촌경제 연구원
11-02-53-(2)	R636-1	농업부문의 녹색성장 추진 전략	한국농촌경제 연구원
11-02-53-(3)	R636-2	농촌부문의 녹색성장 추진 전략	한국농촌경제 연구원
11-02-53-(4)	R636-3	녹색성장을 위한 농업부문 정책조합 방안	한국농촌경제 연구원

2. 참여연구진

연구기관		연구책임자	참여연구진
주관 연구 기관	한국농촌경제연구원	김창길 선임연구위원	김정섭 부연구위원 김윤희 부연구위원 정학균 부연구위원 채종현 전문연구원 임지은 연구원 김태훈 연구원

농업부문의 녹색성장 추진 전략

김 창 길 선임연구위원
정 학 균 부 연구 위원
김 태 훈 연 구 원

한국농촌경제연구원

연구 담당

김 창 길	선임연구위원	연구총괄, 실증분석 종합, 해외사례 및 전략 개발
정 학 균	부연구위원	한계감축비용 및 생태효율성 분석
김 태 훈	연구원	녹색생산성 분석

머 리 말

정부의 ‘저탄소 녹색성장’ 정책에 대응하여 농업부문에서도 생산과 소비에 이르는 전 과정에 걸쳐 저탄소 녹색성장의 환경친화적인 생명산업을 육성하고자 다양한 녹색성장 정책을 추진하고 있다. 친환경농산물 생산 확대, 바이오매스 에너지화 촉진, 녹색기술·장비 보급 확대 등 현재 추진되고 있는 녹색성장 정책에 대한 심층적이고 체계적인 분석은 녹색성장을 보다 효과적으로 추진하는 데 매우 유용하다.

이 보고서는 「농업·농촌부문 녹색성장 추진전략 개발(2/2차연도)」 연구의 제1세부과제인 ‘농업부문 녹색성장 진단과 평가’ 연구의 최종 결과물이다. 여기에서는 온실가스 배출량 전망, 녹색성장 정책평가, 녹색성장 인지도 조사·분석 등 녹색성장 대내·외 여건 진단, 생태효율성, 한계감축비용, 녹색생산성, 경제적 효과 등의 실증분석, 국제기구 및 주요국의 농업부문 녹색성장 사례분석, 그리고 녹색성장전략의 우선순위 평가 등을 시도하였다. 이러한 분석결과를 토대로 농업부문 녹색성장 추진전략을 제시하였다. 아무쪼록 이 연구가 농업부문 녹색성장 전략을 수립하는 데 많은 참고가 되기를 바란다.

농업분야 초임계유체 실용화 방안을 연구한 서울대학교의 이윤우 교수, 녹색기술의 위험을 완화시켜주는 녹색금융 활용방안을 연구한 보험연구원의 진익 박사, 연구자문위원으로 이 연구에 많은 도움을 준 중앙대학교 김정인 교수와 농림수산식품부 신우식 사무관 등 관계자들께 감사드린다.

2011. 11.

한국농촌경제연구원장 이 동 필

요 약

기후변화와 에너지 위기에 선제적으로 대응하기 위해 정부는 미래 국가 발전 핵심 전략으로 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하였다. 농업부문에서도 기후변화의 부정적인 영향, 경영비 부담 증가, 농업환경의 훼손 등 농업부문이 안고 있는 문제들에 대응하기 위해 바이오매스 활용 촉진, 녹색기술·장비 보급 확대, 융합기술의 활용, 기후변화 대응역량 강화 등 다양한 저탄소 녹색성장정책을 추진하고 있다. 에너지·기후 시대를 맞이하여 향후 상당한 기간 동안 녹색성장은 국내외적으로 핵심과제로 다루어질 것으로 전망되어 농업부문 녹색성장에 관한 종합적인 진단과 체계적인 분석을 통한 실효성 있는 실천전략 제시는 중요한 과제이다.

이 연구는 녹색성장 관련 국내·외 논의 동향과 산업적 측면에서 녹색성장을 심층적으로 분석함으로써 농업부문 녹색성장 추진을 위한 체계적이고 실효성 있는 실행전략의 제시를 목적으로 추진되었다. 이러한 연구목적 달성을 위해 2년 과제로 진행되었으며 1년차 연구는 녹색성장의 개념과 관련이론 검토, 농업부문 녹색성장의 대내외 여건 진단, 농업부문 녹색성장 실증분석, 녹색성장 해외사례 다루었다. 2011년 2년차 연구는 녹색기술의 경제적 효과분석을 포함하여 농업부문 녹색성장 실증분석을 종합하고, 녹색성장정책의 우선순위 평가를 기초로 농업부문 녹색성장 실행전략을 제시하였다.

이 연구의 주요 성과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 농업부문 녹색성장 정책을 평가한 결과, 녹색성장 수단이 적절하게 수립된 것으로 판단되나, 가시적인 성과 달성과 녹색기술을 효과적으로 보급할 수 있는 정책 프로그램 개발이 미흡한 것으로 나타났다.

둘째, 농업인과 전문가를 대상으로 한 농업계의 녹색성장 인지도는 조사 결과 높은 것으로 나타났고, 환경보전과 경제성장의 병행여부에 대해서도 긍정적으로 평가하는 것으로 나타났다. 우선 추진되어야 할 정책 프로그램

으로는 ‘바이오매스 에너지화 촉진’ ‘녹색기술 보급 확대’ 등으로 응답하였고, 그 외에도 ‘기후변화 대응 예방적 조치 강화’ ‘친환경농업지구 조성사업 확대’ 등을 중요한 사업으로 제시하였다.

셋째, 농업부문 녹색성장의 실증분석을 위해 핵심사업인 유기농업과 지열히트펌프의 생태효율성을 분석한 결과, 유기농업은 관행농업보다 32.0, 지열히트펌프는 기름난방시설보다 6.6 높게 나타났다. 유기농 쌀 생산농가의 기술효율성을 분석하고, 생태효율지수와 비교한 결과, 기술효율성이 높은 그룹일수록 생태효율지수도 높은 것으로 분석되었다. 또 지열히트펌프 사용농가의 생태효율성 그룹별 경영성과를 비교한 결과, 생태효율지수가 높을수록 난방비 사용액은 감소하고 생산액은 증가하는 것으로 나타났다.

넷째, 녹색성장 수단의 한계감축비용분석을 시도한 결과 지열히트펌프가 가장 비용효과적인 기술로 나타났고, 다겹보온커튼, 잎들개 LED 적용, 녹비작물재배, 바이오가스플랜트 등의 순으로 나타났다. 한계감축비용분석을 통한 비용효과적 대책의 정책적 우선순위 결정은 예산제약하에서 농업부문 온실가스 감축목표를 효과적으로 달성할 수 있음을 시사한다.

다섯째, 탄소생산성지수를 이용한 녹색성장의 실증분석 결과 농업부문이 비농업분야에 비해 상대적으로 녹색생산성이 높은 녹색산업인 것으로 나타났다. 그러나 벼 재배면적 감소에 의한 질소질 비료의 사용량 감소와 축산부문의 돼지 사육증가에 따른 GDP 증가 등이 농업부문 녹색생산성 증가에 크게 기여하고 있어 저탄소 녹색기술의 활용을 통한 녹색성장으로 평가하는 데는 한계가 있다. 향후 농업분야의 건설한 녹색성장을 위해서는 단위면적당 질소질 비료 투입량 감소, 반추가축의 온실가스 감축기술 등 녹색기술 활용 등 녹색성장을 위한 핵심과제 발굴이 관건인 것으로 분석되었다.

여섯째, 주요 녹색기술에 대한 경제적 효과 분석결과 2020년 기준 5,732억원의 수익이 발생하는 것으로 나타났으며, 국제유가가 상승하고, 정부의 녹색기술 보급의지가 강할수록 경제적 효과는 더욱 크게 나타날 것으로 예상되었다. 하지만 이러한 결과는 향후 기술개발이 이루어져 초기투자비를 감소시켰다는 주요한 가정이 도입된 것으로 이와 같은 수익성을 위해서는

기술개발이 선행되어야 함을 시사한다.

일곱째, AHP 분석을 통해 농업부문 녹색성장 정책의 중요도를 평가한 결과 기후변화 완화정책 1위, 기후변화 적응정책 2위, 에너지 이용효율화 3위로 나타나 기후변화대응과 에너지정책이 중요한 것으로 나타났다. 기후변화 완화정책의 우선순위로 시장기반 탄소저감 1위, 배출통계 및 관리시스템 구축·운영 2위, 탄소저장능력구축 3위로 각각 나타났다.

끝으로 농업부문 녹색성장을 위해 기후정책의 참여도 제고를 위한 프로그램 도입, 녹색기술의 농가보급 확대 방안, 새로운 녹색기술(초임계유체 공정)의 활용방안, 생태효율성이 높은 녹색산업의 전략적 육성, 가치사슬을 통한 환경친화형 농업경제시스템 구축, 정책 통합·조합을 통한 최적 정책포트폴리오 선택, 그린 ODA를 통한 글로벌 협력 강화 등이 필요한 것으로 나타났다.

농업부문의 녹색성장정책 인벤토리에 대한 우선순위 분석에서 기후변화 대응한 완화와 적응방안이 중요도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 단기적으로는 기후변화정책에 대한 참여도를 높이고 또한 가시적인 성과를 거둘 수 있는 실행전략에 상당한 비중을 두고 추진해야 한다. 중·장기적으로는 새로운 녹색기술 개발과 보급 및 유망한 녹색산업을 전략적으로 육성하고 축적된 녹색성장의 경험을 개발도상국에 확산하는 그린 ODA를 통한 글로벌 협력강화 전략도 적절하게 추진되도록 해야 한다. OECD의 녹색성장과 UN의 녹색경제는 향후 상당한 기간 동안 글로벌 핵심 어젠다로 다루어질 것이므로 이에 대비한 농업분야의 실효성 있는 전략 추진은 미래 농업의 성장동력 확보에 크게 기여할 것으로 기대된다. 향후 농업부문의 녹색성장에 대한 연구 수요를 충족시키기 위해서는 실행전략으로 제시된 핵심과제에 대한 심층적인 연구가 지속적으로 이루어져야 한다. 특히 녹색성장정책의 수용성을 높이고 가시적인 성과를 달성하기 위해서는 실제로 녹색성장을 실천하는 농업인을 대상으로 녹색기술과 관련정책 수용에 대한 행태분석을 통해 애로요인을 분석하고 적절한 대응방안을 제시하는 현장연구가 수행되어야 할 것이다.

ABSTRACT

Strategies for Promoting Green Growth in Agriculture Sector

The purpose of this study is to analyze green growth trends in Korea and other countries from an industrial perspective and present a systematic strategy that is effective and practical for promoting green growth in agriculture and rural districts. This study is the second half of a two-year research project. The first year study laid emphasis on reviewing the concept and theories related to green growth, analyzed the conditions in Korea and other countries for green growth, and examined the current state of green growth, overseas cases of green growth, and policy integration for green growth in the agriculture sector and rural districts. The second year study in 2011 laid emphasis on general analysis of green growth in agriculture and rural districts and economical efficiency of green technology, and presented a practical strategy and policy integration scheme for green growth based on a priority evaluation of green growth policy.

This report is the product of combining the first and second year study. Chapter 1 is the introduction which describes the need for the study, precedent studies, and the method of study. Chapter 2 describes the concept and theories related to green growth and Chapter 3 analyzes the state of green growth in agriculture and rural districts in Korea and other countries. Chapter 4 describes green growth in agriculture and rural districts, including eco-efficiency, marginal abatement cost, green productivity, economical efficiency of green technology, and green growth potential in rural districts. Chapter 5 presents green growth related theories and a method of integrating green growth policies. Chapter 6 examines green growth cases of international organizations such as OECD, UN, FAO, and UNESCAP and of major advanced countries such as the US, UK, Australia, and Japan and EU countries. Chapter 7 presents strategies for promoting green growth in

agriculture and rural districts, a method of establishing related strategies, and analysis, selection, and implementation of strategies. Chapter 8 presents the summary and conclusion.

The major findings of this study are as follows.

First, the result of evaluating green growth policy in agriculture showed that green growth measures are appropriately established but policy program development is not yet satisfactory to contribute to achieving tangible outcomes and effectively disseminating green technologies. The result of evaluating and analyzing the green growth policy applicable to rural districts showed that it is necessary to develop policy instruments to specifically implement projects in detail and to supplement policies and systems related to green growth in rural districts.

Second, it was shown that green growth in the agricultural field is highly recognized especially among farmers and agriculture experts and they positively accept the promotion of environmental conservation alongside economic growth. They answered that the policy program that should be promoted first is 'biomass energy promotion' and 'dissemination and expansion of green technology', and suggested 'enhanced preventive measures to cope with climate change' and 'further creation of environment-friendly agricultural districts' as major projects.

Third, a study analyzing the eco-efficiency of organic farming and geothermal heat pumps showed that the eco-efficiency of organic farming is 32.0 higher than conventional farming, and geothermal heat pumps are 6.6 higher than oil heating facilities. A technical efficiency analysis of organic rice production showed that the farmer groups of high technical efficiency scored high in the eco-efficiency index. A comparison of geothermal heat pump management by eco-efficient farmer groups showed that the farmer groups who scored higher on the eco-efficiency index spend less on heating and increase production values.

Fourth, an analysis of marginal abatement cost of green growth measures showed that the most cost-effective technology is geothermal heating pumps, followed by multi-ply insulation curtains, application of LED to perilla, cultivation of green manure crops, and utilization of biogas plants. The policy priority decision for cost-effective measures through a marginal abatement cost analysis implies effective achievement of a greenhouse gas

abatement target in agriculture and rural districts under the conditions of a limited budget.

Fifth, an analysis of carbon productivity index showed that agriculture is a relatively greener industry than other non-agricultural industries. However, since the major contributing factor to the increase in green productivity is the reduction of nitrogen fertilizers due to reduced rice cultivation area and increased GDP resulting from an increase in pig farming, it is not highly reasonable to consider it as a green growth achieved through the application of low carbon green technology. The analysis revealed some important issues that need to be addressed for steady green growth in agriculture in the future. These include development of key projects for green growth, e.g., development of green technology for reduction of nitrogen fertilizer input per unit area and greenhouse gas abatement technology for ruminant livestock.

Sixth, an economic effect analysis of major green technologies showed that a profit of 573.2 billion won can be achieved by 2020, and it is predicted that more economic benefits can be generated as international oil price rise and the governments put more emphasis on disseminating green technology. However, this result is based on the main assumption that technology development is achieved in the future, thereby reducing initial investment cost.

Seventh, an analysis of derivation using the OECD index frame related to the green growth potential index in rural districts showed that relatively less urbanized areas including mountainous areas of Gangwon-do and Gyeongsangbuk-do and some plain areas of Jeonnam and Jeonbuk showed higher green growth potential in the four general categories of 'green production', 'green consumption', 'green resource base' and 'environmental quality of residents' living'.

Eighth, it was examined that policy integration for green growth in agriculture and rural districts requires reorganization of the policy promotion system, enhancement of connection between budgets and outcome management, establishment of mid- and long-term plans, introduction of a system for environment impact assessment for policies concerning agriculture and rural districts, etc. The policies requiring adjustment between policies for mitigating climate change include a oil tax exemption system, a carbon tax,

carbon tax and carbon emission trading, carbon emission trading and energy target management, carbon labeling and subsidies, and carbon labeling by the Ministry of Environment.

Ninth, the result of evaluating the relative importance of green growth policy in agriculture and rural districts by means of AHP analysis showed that the climate change mitigation policy is ranked in the 1st place, the climate change adaptation policy in the 2nd place, and efficient energy-use in the 3rd place, which implies that coping with climate change and energy policies are important. The top policy priority for mitigating climate change is market-based carbon emission reduction, followed by construction and operation of an emission statistics management system and construction of carbon storage capability.

Remaining challenges in agriculture include introduction of programs for improving participation in green growth climate policy in agriculture and rural districts, schemes for encouraging farmers to apply green technology, schemes for using new green technology (e.g. supercritical fluid systems), strategic support for highly eco-efficient green industry, construction of an environment-friendly agricultural economic system through the value chain, selection of an optimum policy portfolio through policy integration and combination, preparation of conditions for promoting green growth policies, construction of a green resource management system, and improvement of global cooperation through the green ODA.

An analysis of priority for the green growth policy inventory in agriculture and rural districts showed that higher importance was placed on mitigation of and adaptation to climate change. Therefore, it is necessary to lay great emphasis on a practical strategy to enhance participation in the climate change policy and achieve tangible outcomes in the short term. In the mid- and long-term, it is necessary to develop and disseminate new green technology to support the green industry of bright prospect by means of relevant strategies, and promote these strategies to improve global cooperation through the green ODA and spread the experience of green growth know-how to developing countries. The green growth of the OECD and the green economy of the UN will be a key global agenda for a significant period of time. Therefore, it is expected that effective promotion of complementary strategies in agriculture will contribute to ensuring future

growth potential of agriculture. Continuous further study of the key projects presented as practical strategies is required to fulfil the demand for research on green growth in agriculture and rural districts. In particular, it is required to carry out field study to analyze the difficulties faced by farmers who actually practice green growth and to present methods of handling them through green technology analysis to improve application of green growth policies and attain tangible outcomes.

Researchers: Chang-Gil Kim, Hak-Kyun Jeong, and Tae-Hoon Kim
E-mail address: changgil@krei.re.kr

차 례

제1장 서론

1. 연구의 필요성 1
2. 연구목적 및 범위 2
3. 선행연구 검토 3
4. 연구과제의 구성과 흐름도 7
5. 연구방법 8

제2장 녹색성장의 개념과 관련 이론

1. 녹색성장의 개념 15
2. 녹색성장의 이론적 배경과 전제 조건 17
3. 농업부문 녹색성장의 의미 21
4. 녹색성장의 정책수단 24

제3장 농업부문 녹색성장의 대내외 여건 진단

1. 농업부문 녹색성장 여건 변화 29
2. 농업부문 녹색성장 정책의 진단과 평가 35

제4장 농업부문 녹색성장의 실증분석

1. 생태효율성 분석 43
2. 녹색성장 수단의 한계감축비용 분석 54
3. 녹색생산성 분석 75
4. 녹색기술의 경제적 효과분석 102

제5장 국제기구 및 주요국의 농업부문 녹색성장

1. 국제기구의 농업부문 녹색성장 논의 동향 121
2. 주요국의 농업부문 녹색성장 추진 사례 130

제6장 농업부문의 녹색성장 추진 전략

1. 전략수립의 접근방법 151
2. 전략적 분석 155
3. 전략적 선택 158
4. 전략의 실행 175

제7장 요약 및 결론 199

- 부록 1. 저탄소 녹색성장 기본법 주요 내용 203
- 부록 2. 농업부문 녹색성장 정책 인벤토리 204
- 부록 3. 농업부문 녹색성장 정책 인벤토리 전문가 조사 206

참고 문헌 217

표 차례

제1장

표 1- 1. 국내·외 위탁연구 추진 상황	13
-------------------------------	----

제2장

표 2- 1. 전통적 경제성장 모형과 녹색성장 모형의 비교	18
표 2- 2. 녹색성장 정책수단의 분류	25

제3장

표 3- 1. 농업부문의 온실가스 배출량 전망	30
표 3- 2. 농업부문의 온실가스 저감기술 목록	32
표 3- 3. 시도별 녹색성장 농업부문 특화 정책	39

제4장

표 4- 1. 생태효율성의 평가 요소	45
표 4- 2. 사례농가의 지열히트펌프 시설개요	48
표 4- 3. 에너지 종류별 이산화탄소 배출계수	49
표 4- 4. 시스템별 경영성과 비교(10a당)	50
표 4- 5. 시스템별 생태효율성 지수 비교	51
표 4- 6. 생태효율성 그룹별 경영성과 비교	52
표 4- 7. 비용효과의 정량화 과정	57
표 4- 8. 완화대책 목록	61
표 4- 9. 대책 조합 시 감축률 계산	63
표 4-10. 대책 조합 시 감축률 계산(예)	64
표 4-11. 축산부문 감축옵션 목록	65

표 4-12.	소 감축조치와 연관된 비용의 설명	66
표 4-13.	2022년 감축 잠재력: 평균적인 실행가능성의 경우 추정치 ...	69
표 4-14.	온실가스 감축 녹색기술 목록	71
표 4-15.	녹색기술의 한계감축비용 도출	73
표 4-16.	녹색총요소생산성 추계결과(근로자 1인당 증가율)	79
표 4-17.	녹색생산성 방법론별 주요 연구 내용	82
표 4-18.	농업분야 온실가스 배출량 산정 항목 분류	83
표 4-19.	IPCC의 축산분야 온실가스 배출관련 방법론	84
표 4-20.	축종별 장내발효 과정의 메탄 배출계수 및 출처	85
표 4-21.	농업부문 온실가스 배출량	86
표 4-22.	제조업·건설업과 농업의 탄소생산성 변화 추이(GDP 2005년 기준) ...	88
표 4-23.	주요 농업활동변수 변화	94
표 4-24.	농업탄소생산성 영향요인 회귀분석 결과	95
표 4-25.	2007년 대비 농업활동변수 변화에 따른 탄소생산성 변화분 ...	98
표 4-26.	파프리카 농가 지열난방기의 이용성과	104
표 4-27.	잎들깨 농가 LED의 이용성과	105
표 4-28.	바이오가스플랜트 도입의 수익성	106
표 4-29.	파프리카 농가 다겹보온커튼 장치의 이용성과	107
표 4-30.	딸기 농가 순환식 수막보온시스템의 이용성과	109
표 4-31.	파프리카 농가 목재펠릿 난방기의 이용성과	110
표 4-32.	벼논에의 녹비작물 재배의 성과	111
표 4-33.	녹색기술 보급에 따른 경제적 효과(종합)	114
표 4-34.	경제적 효과 분석 시나리오 구성	116
표 4-35.	녹색기술 보급에 따른 경제적 효과(시나리오 II)	117
표 4-36.	녹색기술 보급에 따른 경제적 효과(시나리오 III)	118

제5장

표 5- 1.	호주의 기후변화 대응전략	139
표 5- 2.	농가단위에서 적용되는 다양한 기후변화 적응 방안	140

표 5- 3. 호주의 농업부문 탄소상쇄 옵션 142
 표 5- 4. 농림분야 크레디트의 형태별 분포(2011. 5월 말 기준) ... 147

제6장

표 6- 1. 농업부문 녹색성장을 위한 SWOT 분석 157
 표 6- 2. ISO14001에 따른 일본 농림수산성의 환경관련 업무 163
 표 6- 3. 농업·농촌부문 녹색성장 정책 평가기준의 정의 169
 표 6- 4. 농업·농촌부문의 녹색성장 정책별 평가기준 쌍대비교 결과 ... 171
 표 6- 5. 농업·농촌부문의 녹색성장 정책 인벤토리의 종합평가 결과 ... 173
 표 6- 6. 기후정책의 우선순위 결과 175
 표 6- 7. 농업부문의 녹색성장을 위한 핵심전략과 실행프로그램 ... 179

부록

부표 1. 저탄소 녹색성장 기본법 주요 내용 203
 부표 2. 농업·농촌 녹색성장 정책 인벤토리(안)의 주요 내용 204

그림 차례

제1장

- 그림 1- 1. 농업부문 녹색성장 연구 흐름도 8
 그림 1- 2. 녹색성장 진단과 평가를 위해 적용한 방법론 9

제2장

- 그림 2- 1. 선진국과 개도국의 녹색성장 추진 궤도 20
 그림 2- 2. 농업부문 녹색성장의 개념적 위치 22

제3장

- 그림 3- 1. CO₂ 환산 농업부문 온실가스 배출량 31
 그림 3- 2. 농업 농촌분야 녹색성장 비전과 추진과제 구성도 36
 그림 3- 3. 수도작의 온실가스 저감수단별 효과 비교 41

제4장

- 그림 4- 1. 지열냉난방과 기름난방의 환경지문 비교 51
 그림 4- 2. 탄소예산으로부터 MACC 도출 55
 그림 4- 3. 한계감축비용곡선 56
 그림 4- 4. 대안별 한계감축비용 비교: 농업부문 사례 56
 그림 4- 5. 비용효과를 고려한 계산방법 58
 그림 4- 6. 농업부문 녹색기술의 한계감축비용 비교 74
 그림 4- 7. 녹색생산성의 구성 요소 75
 그림 4- 8. 제조업 및 건설업의 탄소생산성 변화율 추이(2000년 기준) · 89
 그림 4- 9. 농업부문의 탄소생산성 변화율 추이(2000년 기준) 90
 그림 4-10. 경중부문의 탄소생산성 변화율(2000년 기준) 91

그림 4-11.	축산부문의 탄소생산성 변화율(2000년 기준)	91
그림 4-12.	농업활동변수 변화비율	95
그림 4-13.	농업활동변수 1% 변화 시 탄소생산성 변화	98
그림 4-14.	한국과 미국의 산업부문 탄소생산성 비교	99
그림 4-15.	한국과 미국의 농업부문 탄소생산성 비교	100
그림 4-16.	국제유가와 경유가 추이	115

제6장

그림 6- 1.	농업·농촌부문 녹색성장의 비전과 목표	152
그림 6- 2.	농업부문 녹색성장 전략수립 체계	154
그림 6- 3.	녹색성장 전략수립을 위한 SWOT 분석의 구성 체계 · 155	
그림 6- 4.	전략적 선택을 위한 프로그램 추진 체계	159
그림 6- 5.	농업정책·환경정책·에너지정책의 통합	161
그림 6- 6.	정책통합과 정책조합을 통한 최적 정책방안 도출 과정 ...	165
그림 6- 7.	농업부문 녹색성장 정책의 재분류 구성도	167
그림 6- 8.	농업·농촌부문의 녹색성장 정책의 계층구조	168
그림 6- 9.	농업부문의 녹색성장 정책 계층1의 상대적중요도 결과 ...	172
그림 6-10.	기후정책의 완화 및 적응정책 수단별 쌍대비교 결과	174
그림 6-11.	농업·농촌부문 녹색성장을 위한 단계적 추진방안	176
그림 6-12.	농업·농촌부문 녹색성장정책 추진을 위한 로드맵	177

1. 연구의 필요성

지구온난화는 대홍수, 폭염과 산불, 폭설과 한파 등 기상재해를 유발하는 것은 물론이고 생태계 파괴 등의 형태로 표출되어 인류 생존의 위협요인으로 작용하고 있다. 기후변화 이슈와 더불어 최근 중국과 인도 등 신흥개발도상국의 경제개발에 따른 에너지 수요의 급격한 증가와 세계인구의 지속적인 증가로 에너지 자원 고갈의 가속화와 공급 부족에 따른 에너지 위기감이 고조되고 있다. 지구온난화와 에너지 위기의 여건 변화 속에서 국제사회는 당면문제를 해결하기 위해 온실가스 배출에 대한 국제적 규제를 강화하는 등 글로벌 차원에서 적극적인 대응을 추진하고 있다. 지구환경문제와 에너지 및 최근의 경제이슈를 해결하기 위한 방안으로 UN은 2008년 10월 녹색경제 이니셔티브를 출범시켰고, OECD는 2009년 5월 ‘녹색성장 선언’을 채택, 2011년 5월 녹색성장전략 보고서를 발표하였다.

이러한 대외적인 여건 변화 속에서 기후변화와 에너지 위기에 선제적으로 대응하기 위해 한국 정부는 2008년 8월 향후 60년의 새로운 국가비전 및 패러다임으로 ‘저탄소 녹색성장(low carbon green growth)’을 제시하였다. 녹색성장을 통해 온실가스 배출 완화, 자연자원이용의 효율성 증대, 환경오염 최소화를 달성하고, 이를 다시 경제성장의 동력으로 활용하는 선순환구조를 이룬다는 계획이다. 녹색성장의 국가전략을 실천하기 위한 제도적 틀을 갖추기 위해 2009년 1월 ‘녹색성장위원회’가 출범하였고, 2009년

2 서론

7월에는 녹색성장의 실천전략을 담은 ‘녹색성장 5개년 계획(2009~2013)’이 발표되었다. 2010년 4월 녹색성장 추진을 위한 법적 기반으로 ‘저탄소 녹색성장기본법’이 제정되어 발효되었다(2010. 4. 14 시행, <부표 1> 참조).

녹색성장을 위한 제도적·법적 틀이 갖추어지고 녹색성장 중기계획이 발표된 이후 정부 부처별로 다양한 정책 프로그램과 투자계획이 수립되어 본격적으로 추진되고 있을 뿐만 아니라 정책목표 달성을 위해 분야별로 활발한 논의와 연구가 수행되고 있다. 그러나 정부의 적극적인 녹색성장 추진 정책에도 불구하고 온실가스 감축, 에너지 절약 등을 자발적으로 유도할 수 있는 제도적 기반구축과 녹색생활 실천 등은 미흡한 실정이다. 또한 녹색성장의 필요성에 대해서는 공감하면서도 분야별 구체적 제도설계, 정책수단 등에 대해 부처 간 유기적인 협조가 미흡하고, 중앙정부가 녹색성장에 정책적 역량을 집중하는 데 비해 지방정부의 녹색성장을 위한 핵심 정책화 미흡 등 녹색성장 추진체계의 응집력이 미약하다. 또한 농업부문의 경우도 녹색성장을 위한 다양한 정책프로그램을 개발하여 추진하고 있으나 가시적인 성과달성을 위한 실천전략은 미흡한 실정이다. 미래농업의 성장 동력 발굴과 국가발전 전략에 부응하기 위해서는 농업부문 녹색성장 추진을 위한 실효성 있는 추진전략 개발이 시급하며 향후 상당기간 동안 국내외적으로 이 분야의 연구수요가 증가할 것으로 예상됨에 따라 체계적이고 선도적인 연구수행이 필요하다.

2. 연구목적 및 범위

이 연구는 녹색성장 관련 국내·외 논의 동향과 산업적 측면에서 녹색성장에 관한 심층적인 분석을 통해 농업부문 녹색성장 추진을 위한 체계적이고 단계적이며 실효성 있는 실행전략을 제시하는 데 목적이 있다.

1차연도에는 농업부문 녹색성장 여건 진단과 실태파악 및 정책평가, 주요국의 사례검토 등 실증분석을 위한 기초연구를 수행하였다. 또한 녹색성

장을 위한 농업관련 정책통합의 현황 파악과 진단을 통해 정책통합의 추진 방향을 제시하였다.

2차연도에는 농업부문 녹색성장 실태진단과 핵심과제 발굴을 기초로 농업분야 녹색성장을 위한 단계적인 세부 실행전략과 전략의 우선순위를 제시하게 될 것이다. 또한 녹색성장을 위한 농업 관련 정책을 통합하기 위한 구체적인 추진전략을 제시하였다.

농업분야 녹색성장 연구범위는 기후변화에 대응한 온실가스 완화, 온난화 적응, 환경친화적 농업자원관리, 녹색기술, 미래성장동력 등의 분야 등을 대상으로 한다. 녹색성장의 경우 온실가스 완화에 비중을 두고, 녹색성장의 기반 구축 분야에서 적응분야를 다루고 있어 저감과 적응 모두를 대상으로 하나 저탄소 분야에 상당한 비중을 두도록 한다. 농업분야는 경종 부문과 축산부문을 대상으로 한다.

3. 선행연구 검토

3.1. 녹색성장의 개념에 대한 논의

국내에서 녹색성장에 관한 본격적인 연구는 2008년 후반부터 시작되었다. 경제인문사회연구회와 한국개발연구원이 주관하는 녹색성장 토론회에서 발표된 논문으로 한진희, 김재훈(2008)은 녹색성장의 개념과 국가전략으로 환경과 경제의 종합적 고려에 대한 이론적 접근을 제시하였다. 또한 환경과 경제성장을 종합적으로 추진하는 데 있어 불확실성과 분배문제, 배출저감정책의 정치경제학적 측면 및 산업 정책적 측면 등을 고려해야 함을 제시하였다. 미래기획위원회(2009)는 녹색성장의 개념과 추진방식 및 분야별 핵심과제를 제시하였다. 녹색성장위원회(2009)는 분야별 전문가와 소관부처의 녹색성장 논의내용을 종합하여 녹색성장의 개념, 비전, 추진전략, 단계별·분야별 추진방안 등 녹색성장 추진을 위한 마스터플랜을 제시하였다.

4 서론

한편 녹색성장에 대한 비판적 시각도 여러 측면에서 접근되었다. 윤순진(2009)은 ‘지속가능한 발전’ 개념과 ‘생태근대화’를 이론적으로 비교 분석하여 녹색성장을 조명하였다. 정부의 녹색성장 추진내용에 대한 검토를 기초로 설정된 녹색성장 개념은 성장지상주의적 본질을 내포하고 있고, 지속가능한 발전의 개념적 가치를 담아내지 못하는 하위개념으로 판단하였다. 이상현(2009)은 저탄소 녹색성장 전략을 자본주의적 자연-사회관계, 경제 성장에 대한 물질-에너지 차원의 고찰 등 정치경제학적 시각에서 조명하였다. 녹색성장은 기존의 경제성장 우선주의에서 벗어나지 못하고 있고 재정적 계획도 불투명하며, 기술지향적 해결책은 우선순위도 불분명한 채로 사회적 합의 없이 추진되는 것으로 진단하였다.

3.2. 농업분야의 녹색성장에 대한 논의

김창길(2009)은 농업부문 녹색성장을 “지속가능농업보다 포괄적인 개념으로 농업생태계의 환경용량을 고려하여 환경적으로 건전하고, 경제적으로 수익성이 보장되는 성장”으로 설정하였다. 실제로 농업부문 녹색성장은 지역별·수계별 환경용량을 고려하여 재배기술과 농법전환, 환경친화적 저탄소 농업을 통한 성장을 의미하는 것으로 제시하였다. 이충원 외 3인(2010)은 농림수산식품 분야 녹색성장의 추진방향, 비전과 전략, 저투입 고효율 녹색산업화, 자연자원의 지속가능 이용·관리, 국민건강 증진과 국력제고 등 3대 전략과 저탄소 녹색성장 50개 실천 프로젝트, 2009~2013년까지의 투·융자 계획 및 기대효과를 제시하였다.

OECD(2011)는 농식품부문의 녹색성장 전략 보고서에서 녹색성장의 필요성과 녹색성장과 기존 경제성장의 비교, 녹색성장 접근방법, 혁신, 녹색성장의 제약요소, 녹색성장 정책 우선순위와 패키지, 다층적 거버넌스 등을 제시하였다. 농식품부문의 녹색성장은 환경을 파괴하지 않고 생물다양성을 유지하며, 천연자원을 지속가능한 방식으로 사용하면서 경제성장을 달성하는 개념으로 제시하고 있다.

3.3. 녹색성장을 위한 정책통합 분야 논의

이상엽(1998)은 농업정책과 환경정책의 통합목표를 자연보호의 중요성과 결부된 농업정책이 실현될 수 있는 생산조건의 실현이라고 설정하고, 환경문제는 본질적으로 장기적인 관점과 접근이 요구됨을 제시하였다. 시장경제의 원칙을 바탕으로 농업 및 환경정책 통합수단으로 환경세와 생태보호를 위한 인센티브 정책, 연구·기술개발의 필요성을 강조하였다.

성지은·송위진(2008)은 정책 통합론의 등장 배경을 검토하고 정책 통합론의 중요성 및 정책조정과의 차이점을 제시하였다. 또한 정책통합의 대상과 주요 쟁점, 실효성 있는 정책통합을 구현하기 위한 방안 등을 제시하였다.

성지은(2009)은 핀란드의 혁신정책과 환경정책 통합사례를 분석하였다. 핀란드의 환경 친화적 혁신정책을 시스템 전환과 정책통합의 관점에서 전략수립, 집행, 평가 단계로 나누어 분석하고, 우리나라 환경혁신 정책통합과의 비교 검토를 통해 정책통합의 효과적 추진방안을 제시하였다.

Mickwitz and Kivimaa(2007)는 정책통합에 따른 결과와 성과진단을 기초로 정책평가를 수행하는 것이 정책의 발전을 위해서 중요하다고 제시하였다. 환경과 기술정책의 통합, 혁신과 환경정책의 통합 등 환경분야의 정책통합 평가사례를 제시하였다.

3.4. 타분야의 녹색성장 연구

국토분야에서의 연구로 김명수 외(2009)는 녹색성장은 녹색경제·녹색환경·녹색사회 등의 세 가지 견인 축을 기초로 국토분야에서 추진해야 할 녹색성장 6대 정책과제를 제시하였다. 과학기술 분야의 연구로 배용호 외(2009)는 저탄소 녹색성장 달성을 위해서 국가적 차원의 합리적인 기술개발과 성장전략이 요구되며 녹색기술 개발과 녹색성장 전략의 효율적인 연계의 필요성을 제시하였다. 에너지 분야의 연구로 오진규(2009)는 녹색성

장을 기후변화 대응과 연계하여 개념 정립과 수단의 도출 및 파급효과 분석 등을 기초로 에너지와 산업부문 녹색성장 전략을 제시하였다. 지방자치단체 분야의 연구로 김현호 외(2009)는 녹색성장에 대한 개념적 이해를 바탕으로 녹색성장의 특성과악과 지방자치단체의 실태분석을 토대로 지방자치단체 녹색성장의 성과창출을 위한 주요 추진전략을 제시하였다.

3.5. 녹색성장 실증분석

김창길, 정학균(2009)은 녹색성장의 핵심요소인 생태효율성의 개념과 방법론을 농업분야에 적용하여 지열히트펌프를 대상으로 생태효율성을 분석하였다. 표학길 외 3인(2009)은 녹색성장회계이론을 기초로 녹색성장모형을 정립하고, 하이브리드 산업연관표를 이용한 총요소생산성 추정을 통해 산업부문별 녹색생산성을 산출하여 제시하였다.

McKinsey & Company(2009)는 한계감축비용곡선을 이용하여 부문별 온실가스 완화수단의 비용효율성을 분석하고 농업분야의 11개 온실가스 완화수단을 대상으로 2030년 BAU대비 비용효과적인 잠재적 한계감축비용을 산정하여 제시하였다.

3.6. 농업분야의 새로운 녹색기술 적용

강희찬(2009)은 기후변화에 대응하여 온실가스 배출을 최소화하면서 전천후 농산물 생산이 가능한 식물공장 도입의 필요성, 국내·외 사례, 식물공장의 비용구조, 도입방안 등을 제시하였다. 김정호(2009), 김정호·장승동(2009)은 식물공장의 변천과 최근 동향, 유비쿼터스-빌딩농장 모델개발과 시범사업 추진방안, 식물공장 사업화의 조건과 경제적 타당성 검토, 식물공장의 향후 전망과 과제 등을 제시하였다.

3.7. 선행연구와 본연구의 차별성

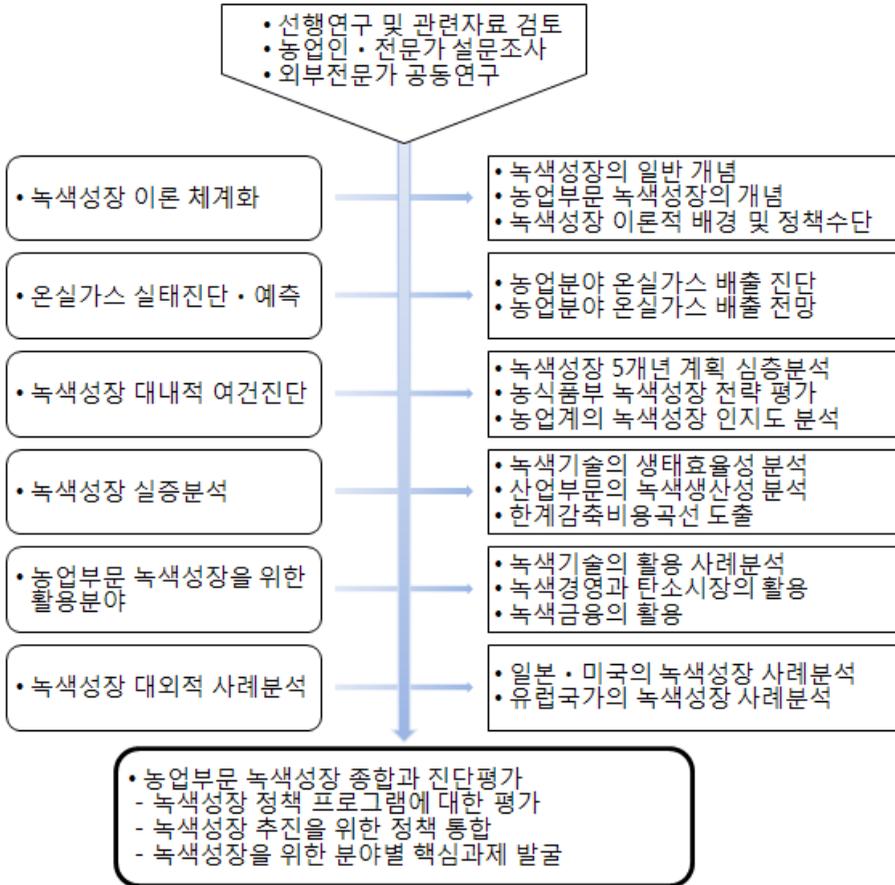
이 보고서에서의 농업부문의 녹색성장 연구는 그동안 녹색성장 개념과 이론, 정책통합, 실증분석 및 녹색기술 등 관련분야에서 추진된 연구를 종합적으로 검토하여 체계화하는 데 상당한 비중을 두고 추진되었다. 특히 친환경농업 및 기후변화 대응 분야의 연구로 KREI에서 이루어진 「친환경농업 체제로의 전환(2003~'04)」, 「교토의정서 이행에 따른 농업부문 대응 전략(2006~'07)」, 「농업부문 바이오매스 이용활성화 전략(2006~'07)」, 「기후변화에 따른 농업부문 영향분석과 대응전략(2008~'09)」등 일련의 연구가 기초가 되었다. 기존 연구와의 차별성은 녹색성장에 초점을 맞추어 농업분야의 체계적인 실태 진단과 실증분석, 해외사례 검토 및 분야별 과제발굴이 이루어졌다는 점이다. 농업분야의 녹색성장 관련 녹색기술과 녹색금융 및 정책통합 등 새로운 분야는 국내·외 전문가와의 협동연구를 최대한 활용하여 심층적인 연구가 이루어지도록 하였다. 이 밖에도 농업분야의 녹색성장을 다루는 외부 전문가와 정책담당자와의 정보교류와 의견수렴 및 학제 간 효과적인 연구수행 등을 위해 2009년 기후변화 대응과제 수행시 구축된 'KREI 기후변화 대응포럼'을 'KREI 농업부문 녹색성장포럼(KREI 녹색성장포럼)'으로 재편하여 운영하였다.

4. 연구과제의 구성과 흐름도

농업부문 녹색성장 추진 전략 개발에 관한 효과적인 연구수행을 위해 1년차 연구에서는 녹색성장 관련 이론의 체계화, 녹색생산성과 생태효율성을 적용한 녹색성장 실증분석, 주요국의 녹색성장 사례분석 등을 다루었다.

2년차 연구에서는 농업부문의 녹색성장을 성공적으로 추진하기 위한 구체적인 실천전략과 체계적인 정책통합 추진방향을 제시하였다<그림 1-1>.

그림 1-1. 농업부문 녹색성장 연구 흐름도



5. 연구방법

5.1. 문헌연구

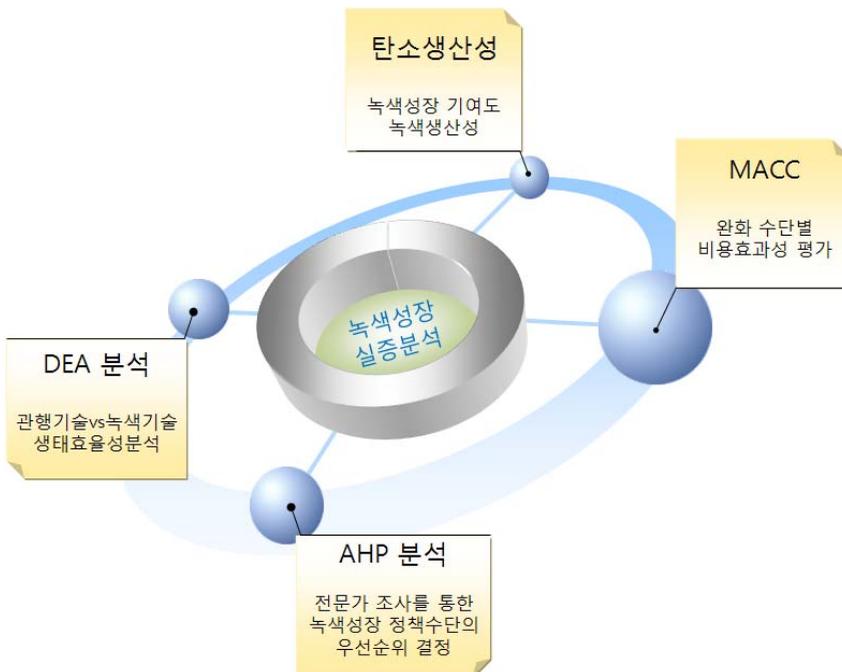
국내문헌으로 녹색성장 관련 정부정책자료와 연구보고서 등을 활용하였다. 먼저 농림수산식품부, 농촌진흥청, 국립농업과학원, 환경부, 녹색성장

위원회, 경제인문사회연구회, 한국환경정책·평가연구원, 에너지경제연구원 등의 녹색성장 관련 문서와 연구결과물을 검토하였다. 또한 해외문헌으로는 미국, EU, 영국, 호주, 일본 등의 녹색성장 관련 정부자료와 관련 분야 연구자료를 검토하였고, OECD, UN, FAO, UNESCAP 등 국제기구의 녹색성장 보고서와 농업분야의 녹색성장 연구자료를 활용하였다.

5.2. 녹색성장의 실태진단과 평가를 위한 실증분석

녹색성장의 실태진단과 평가를 위한 실증분석을 위해 정량적·정성적 접근의 다양한 방법론이 적용되었다<그림 1-2>. 녹색성장에 대한 농업계의 인지도 조사결과에 대한 빈도 및 교차분석(Frequency analysis and Cross tabulation)을 이용하였다. 농업부문 녹색성장의 실증분석으로 유기농업과

그림 1-2. 녹색성장 진단과 평가를 위해 적용한 방법론



관행농업의 성과비교를 위해 생태효율성 기준을 적용한 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 수행하였다. 또한 농업부문의 온실가스 완화 수단별 비용효과성 평가를 위한 한계감축비용곡선(Marginal Abatement Cost Curve, MACC) 도출을 시도하였다. 농업부문과 비농업부문 간의 녹색생산성 비교 분석을 위해 탄소생산성 분석과 탄소생산성 기여도별 요인을 밝히기 위한 회귀분석 등을 적용하였다. 또한, 녹색성장 정책수단의 우선순위 결정을 위해 계층분석 의사결정과정(Analytic Hierarchy Process, AHP) 방법론을 적용하였다.

5.3. 국내·외 전문가 및 유관기관 현지조사

녹색성장에 대한 인지도 평가와 정부정책에 대한 반응조사를 위해 농업인과 전문가(정책담당자 포함)를 대상으로 설문조사를 실시하였다.

국내에서 녹색성장 연구를 수행하는 국책연구기관과 유관기관을 방문하여 관련 분야 자료를 수집하고, 전문가들과의 정보교류 및 네트워킹을 추진하였다. 또한 해외의 녹색성장 관련 정책이 집행되고 연구가 활발하게 이루어지고 있는 영국과 일본을 방문하여 연구자 및 정책담당자와의 심층 면담을 통해 관련 자료를 수집·분석하여 벤치마킹 자료로 활용하였다.¹

5.4. 협의회 및 국내·국제세미나 개최

농업부문 녹색성장 관련 의견수렴과 협의를 위해 국내외 전문가를 초청하여 세미나와 협의회 등을 8회 개최하였고, 「KREI 농업·농촌부문 녹색성장포럼」을 11회(1년차 연구 7회, 2년차 연구 4회) 개최하였다. 농업부문

¹ 농업분야 녹색성장 관련 해외조사를 위해 일본(2010. 5.12~5.16)과 영국(2010. 9.12~9.18) 출장을 실시하였다. 일본의 농림수산성, 농업정책연구소, 농업기술정책총합연구기관 등을 방문하여 조사하였고, 영국은 환경식품농촌부, 스코틀랜드농업대학, 유럽환경정책연구원 등을 방문하여 조사하였다.

녹색성장 추진 전략 개발에 관한 정책담당자와 전문가의 의견 수렴을 위해 2011년 3월 17일에 ‘농업부문 녹색성장 정책개발’이란 주제로 농림수산물부, 농촌진흥청, 녹색성장위원회, 농업기술실용화재단 등 유관기관이 참여하는 녹색성장 정책워크숍을 개최하였다. 주요 발제로 ‘농업부문 녹색성장을 위한 새로운 정책프로그램 개발’(농림수산물부 강형석 과장), ‘농업부문 녹색기술 개발 현황과 과제’(농촌진흥청 이규성 과장), ‘농업부문 녹색성장 추진 전략개발 연구추진 방향’(KREI 김창길 박사) 등 세 가지 주제가 발표되었다.²

1년차 연구에서는 농업부문 녹색성장 진단과 실증분석에 관한 연구 성과를 알리고 국내·외 전문가 의견을 수렴하기 위해 “농업부문 녹색성장의 진단과 과제”라는 주제로 2010년 11월 19일 국제세미나를 개최하였다. 녹색성장 국제세미나에서는 ‘미국의 저탄소 녹색성장’(오레곤주립대 수잔 카팔보 교수), ‘호주농업 녹색성장을 위한 정책적 접근’(호주 ABARE 허탈 아하마드 박사), ‘일본농업의 녹색성장을 위한 정책적 접근’(일본 농림수산물부 마사미치 사이고 과장), ‘농업부문 녹색성장의 평가와 과제’(KREI 김창길 박사) 등 국가별 전문가의 주제발표와 종합토론이 이루어졌다(국제세미나 자료집 발간, 김창길 외 3인, 2010b).

2년차 연구에서는 농식품 부문의 녹색성장 전략 개발에 관한 OECD 회원국과의 정보교류와 의견수렴을 위해 2011년 4월 6일부터 4월 8일까지 3일간 OECD 농업환경정책위원회와 공동으로 ‘OECD-KREI 녹색성장 전문가회의’를 개최하였다. 녹색성장 전문가회의는 제1세션 농업과 녹색성장 추진배경, 제2세션 농식품부문의 녹색성장, 제3세션 녹색성장의 환경적 도전과제, 제4세션 녹색성장 전략의 기술혁신 과제, 제5세션 녹색성장 실증분석, 제6세션 농업과 식량부문의 녹색성장을 위한 구조적 여건, 제7세션 종합 및 폐회 등으로 세션을 구성하여 이루어졌다. 기조연설로 네덜란드 농업경제연구원 휴브 실비스 부장의 ‘농업과 녹색성장’이 발표되었다.

² 2010~2011년까지 「KREI 농업부문 녹색성장포럼」에서 발표된 11회 발표자료와 토론내용을 모아서 「농업부문의 녹색성장포럼 자료집」(2011)이 발간되었다.

주요 발제로는 ‘OECD 농식품부문의 녹색성장 접근방식’(OECD무역농업국 윌프리드 레그 과장), ‘OECD 농식품부문의 녹색성장 전략’(OECD농업무역국 신황 환경담당관), ‘농업경제의 녹색화 추진’(FAO 티에리 페이컨 부장), ‘한국농업부문의 녹색생산성 분석’(KREI 김창길 박사), ‘스위스 농식품부문의 녹색성장 지표’(스위스 농업부 브리짓 데크라우사즈 과장), ‘녹색성장을 위한 기후스마트 상품과 기술에의 투자’(UNESCAP 조중완 과장), ‘한국 농림수산물 부문 녹색성장 성과와 과제’(농림수산물부 강형석 과장), ‘일본의 농업부문 녹색성장 정책’(일본 농림수산물성 유지 고자키 사무관) 등 19편의 주제가 발표되었다(OECD, 2011b). 녹색성장 전문가회의는 2011년 5월 말에 발간된 OECD의 「농식품부문의 녹색성장전략」보고서 발간을 앞두고 개최되어 1년차 연구보고서가 OECD 농식품부문 녹색성장 연구의 중요한 자료로 인용되었고, 한국의 농업부문 녹색성장 정책이 대표적인 사례로 보고서에서 박스로 인용되는 성과를 거두었다(OECD, 2011a, p.53).³

5.5. 국내·외 전문가와의 협동연구 추진

농업부문 녹색성장 진단과 과제발굴에 효과적인 과제수행을 위해 외부 연구진의 전문성이 요구되는 녹색기술, 녹색금융, 주요국의 특정사례 등의 분야를 중심으로 5건의 협동연구(원고의뢰)를 추진하였다<표 1-1>.⁴

1년차 연구에서 국내 위탁연구로는 농업분야의 새로운 녹색기술 응용분야로 ‘초임계유체를 이용한 농업분야 녹색기술 적용방안’(서울대학교 이윤우 교수), ‘농업분야의 녹색금융 활용방안’(보험연구원 진익 박사) 등이 이

³ OECD 농업환경정책위원회는 2012~13년 위원회에서 다룰 핵심 의제의 하나로 녹색성장을 확정하고, 향후 농식품부문 녹색성장 논의를 위한 중요한 자료로 1년차 연구보고서 활용을 요청해와 2012년 말까지 영문보고서를 OECD사무국에 제출키로 하였다(OECD, 2011c).

⁴ 녹색성장 추진 전략 개발에 관한 2개년 연구수행 과정에서 외부 위탁원고를 모아서 녹색성장 연구자료집으로 2012년 말에 발간할 계획이다.

루어졌다. 해외 위탁연구로는 미국 농업을 대상으로 녹색생산성 실증분석과 녹색성장 정책프로그램 등을 다룬 ‘미국농업의 저탄소 녹색성장’(오레곤 주립대학교 수잔 카팔보 교수) 등에 관한 과제가 수행되었다.

2년차 연구에서 해외 위탁연구로 EU 농업부문 녹색성장을 다룬 ‘EU의 녹색성장 전략-농식품부문을 중심으로’(네덜란드 농업경제연구원 플로어 브라우어 박사), 일본의 농업부문 녹색성장 정책프로그램으로 부각되고 있는 ‘일본 농업부문의 배출권거래제도’(일본 나고야대학교 후지카와 키요시 교수) 등에 관한 과제가 수행되었다.

표 1-1. 국내·외 위탁연구 추진 상황

구분	연구 책임자 (소속)	주요내용
국내 공동 연구	이윤우 교수 (서울대 화학생명공학부)	<ul style="list-style-type: none"> 농업분야 초임계유체 실용화 녹색기술 활용방안 쌀 기반 바이오리 파이너지 시스템의 구축방안
	진익 박사 (보험연구원)	<ul style="list-style-type: none"> 녹색금융의 개념과 적용 실태 농업분야 녹색성장을 위한 녹색금융 활용 방안
해외 공동 연구	Susan Capalbo 교수 (미국 Oregon State University, 응용경제학부)	<ul style="list-style-type: none"> 미국의 농업부문 녹색생산성 실증분석 미국의 농업부문 녹색성장 전략 농업부문 녹색성장 정책설계와 한국 적용가능성 검토
	Floor Brouwer 박사 (네덜란드 농업경제연구원)	<ul style="list-style-type: none"> 유럽의 농업부문 녹색성장 추진 현황과 과제 네덜란드 녹색성장 관련 녹색기술의 활용 사례
	Fuzikawa Kiyoshi (일본 나고야대학교)	<ul style="list-style-type: none"> 일본의 저탄소 농업정책 일본의 농업부문 배출량거래제도

총 5과제(국내: 3과제, 해외: 3과제)

녹색성장의 개념과 이론은 아직 체계적으로 정립되어 있지 않지만 현재 활발하게 논의되고 있다. 제2장에서는 그동안 논의된 관련 분야의 문헌을 기초로 녹색성장과 지속가능성장의 개념을 비교하여 설명하고, 녹색성장기 본법에 제시된 녹색성장의 개념을 제시하였다. 환경 쿠즈네츠 가설을 이용하여 녹색성장의 이론적 배경을 제시하였고, 녹색성장의 목표달성을 위한 전제조건을 검토하였다. 또한 농업부문 녹색성장의 개념과 녹색성장 달성을 위한 정책수단을 제시한다.

1. 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(World Commission on Environment and Development, WCED)의 개념 정립을 거쳐, 1992년 UN의 ‘환경·개발에 관한 리우 선언’과 실천과제인 ‘의제 21’의 근간이었다. 지속가능한 발전의 개념은 주류경제학의 경제성장 패러다임인 경제성장을 우선으로 하되, 환경문제를 해결하려는 시각(growth first, clean up later)에 대한 반성으로부터 나왔다. WCED에서는 지속가능한 발전을 “세대 간의 형평성에 기초하여 미래세대의 필요를 충

족시키면서 현세대의 필요도 충족시키는 발전”으로 규정하고 있다(김창길·김정호, 2002, pp.7-9).

녹색성장(green growth)은 지속가능한 성장(경제성·환경성·사회성)의 개념적 추상성 및 광범위성을 보완하기 위해 도출된 개념으로 환경적으로 지속가능한 경제성장을 의미하는 것이다. 즉, 녹색성장은 생태적·경제적 건전성 확보를 통해 국민의 삶의 질을 높이는 ‘질적 성장’으로 볼 수 있다. 또한 기존의 경제성장 패러다임에서 경제와 환경 간의 관계가 상충관계라면, 녹색성장은 상호 보완관계로 설정할 수 있다.

한국 정부는 녹색성장을 “환경오염과 온실가스를 최소화하면서도 신성장동력과 일자리를 창출하는 경제성장”으로 규정하고 있다(녹색성장위원회, 2009). 이와 같이 녹색성장은 여러 측면에 다르게 규정되고 있어 새로운 문명과 변화의 질서를 수용하는 복합적이고도 열린 개념(open-ended concept)으로 이해될 수 있다. 이런 맥락에서 녹색성장은 많은 논의를 거치게 되면서 지속적으로 발전할 개념으로 볼 수 있다. 저탄소 녹색성장기본법(제2조)에서 제시하는 녹색성장의 개념을 “에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 기후변화와 환경훼손을 줄이고 청정에너지와 녹색기술의 연구개발을 통하여 새로운 성장동력을 확보하며 새로운 일자리를 창출해 나가는 등 경제와 환경이 조화를 이루는 성장”으로 규정하고 있다.

녹색성장에 대한 정의는 입장에 따라 다르나 기본적인 작동원리는 성장패턴과 경제구조의 일대 전환을 통해 환경과 경제성장 간의 악순환 구조를 선순환 구조로 전환하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 녹색성장은 생산과정에서 녹색자본(녹색기술, 녹색지식)을 투입하여 환경오염을 줄이고 자연자본(에너지, 환경자원)을 확충하여 생산력을 지속적으로 제고시키는 것이다. 녹색성장이 이루어지면 생산·기술 및 소비패턴 변화와 환경친화적인 정책을 통해 환경용량에 부합하고 생산·소비 측면의 경제적 효율성과 환경성을 동시에 고려하는 생태적 효율성이 향상된다. 따라서 녹색성장은 환경과 경제의 선순환 구조를 정착시키고 시너지 효과를 극대화하는 국가발전 전략이다. 경제성장이 환경개선에 기여하고 환경이 새로운 성장동력으로 전환되는 윈-윈 전략으로 볼 수 있다.

현실적으로 녹색성장은 환경적 지속가능성(environmental substantiality)과 환경적 성과(environmental performance)가 결합될 때 실현 가능하다. 기존의 환경접근은 규제 등을 통한 환경적 성과 개선에 주력하며, 환경적 지속가능성은 생산과 소비와 관련된 사회 시스템의 전환을 필요로 한다.

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 기존의 생활방식을 탈피해야 한다. 그러므로 녹색성장 목표 달성을 위해서는 경제적 유인책, 녹색기술 개발·보급, 관련주체의 이해와 협력이 관건이며 발상의 전환과 신속한 대응이 필요하다.

2. 녹색성장의 이론적 배경과 전제 조건

녹색성장은 생태근대화론에 이론적 기초를 두고 있다. 생태근대화론은 상충적인 관계로 인식되어온 경제성장과 환경보호가 산업적 근대화의 틀 안에서 통합되고 양자가 이익이 되는 윈-윈 관계에 있다고 보는 입장이다. 자본주의적 경제구조 안에서 환경을 배려하고 환경적 외부효과를 내부화함으로써 환경개선과 경제성장이 동시에 이루어질 수 있다는 입장이므로 생태적 근대화의 발상은 경제성장과 환경보호가 양립 가능한 것으로 간주한다. 녹색성장은 저탄소사회 실현 및 녹색산업화를 통해 지속적인 경제성장을 구현하고자 하는 정책기조와 사회가치관을 내포하고 있다.

녹색성장 모형이 전통적 경제성장 모형과의 기본적인 차이는 환경보호가 경제성장의 애로요인으로 작용하는 것이 아니고 견인차(driver)로 보는 데 있다<표 2-1>. 따라서 녹색성장 계획 수립은 중·단기적 전망보다는 장기적 전망을 중시하고 정책적 관점에서는 시장실패의 중재자의 역할을 넘어 조정을 촉진하기 위해 녹색기술과 관리기법 등 구조변화를 필요로 한다. 녹색성장을 진단하기 위해서는 경제지표인 GDP와 생산성에 추가하여

성장의 질적 측면과 환경이슈를 포괄하는 녹색생산성과 생태효율성 지표가 요구된다. 또한 녹색성장 모형에서 환경지표의 경우 전통적 경제성장에서 적용된 자원사용과 오염물질 배출량에 대한 측정뿐만 아니라 경제활동의 성과와 함께 환경적 재화와 서비스 공급과 경제활동 간의 연계성 측정이 필요하다.

표 2-1. 전통적 경제성장 모형과 녹색성장 모형의 비교

	전통적 경제성장 모형	녹색성장 모형
경제와 환경의 관계	환경보호는 경제성장과 대립	환경보호는 경제성장의 견인차
계획의 관점	중·단기적 전망	장기적 전망
정책적 관점	정부정책은 시장실패에 대한 중재자 역할을 수행	정부정책은 시장실패에 대한 해결책, 조정을 촉진하기 위해 녹색기술, 관리기법과 구조변화 추진
환경적 책임 영역	정부기관들과 민간부문은 친환경적 경영의 책임	모든 정부기관과 기업, 넓게는 사회적 영역
환경 정책적 개입	모든 생산과 소비 양상에 대한 개선	경제활동의 패턴을 환경적 부하가 적은 것으로 변화
경제 정책적 개입	환경적 외부효과에 대한 세금과 부과금	녹색혁신, 비즈니스, 직업 등에 대한 지원과 재정적 인센티브
경제지표	GDP와 생산성과 같은 경제성장 비율과 정도 계측	성장의 질적인 면이나 환경을 포함하는 웰빙에 대한 측정
환경지표	자원사용과 오염물질 배출에 대한 측정	경제활동과 환경적 재화와 서비스의 공급과 경제활동 간의 연계성 측정
정책지표	지원의 변화수준에 대한 생산효과와 지지의 전체적인 수준	지지의 구성요소 변화수준에 대한 생산과 환경적 효과와 지지의 구성요소 변화

자료: OECD(2010c).

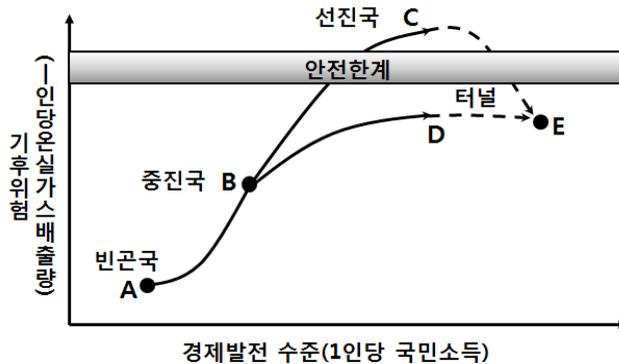
녹색성장의 이론적 배경은 환경과 소득수준과의 관계를 경험적으로 설명한 환경 쿠즈네츠 가설을 이용하여 설명될 수 있다(UN ESCAP, 2008).

이는 환경오염과 경제성장 간에도 분배와 성장의 관계와 같은 경향이 존재한다는 가설이다. 환경 쿠즈네츠 곡선(Environmental Kuznets Curve, EKC)은 경제개발 초기단계에는 성장할수록 환경오염 수준이 증가하다가, 어느 수준을 넘어서면 소득이 증가할수록 환경오염 수준이 감소함을 나타낸 역 U자 모양의 곡선을 지칭한다. 경제성장은 환경성과 개선을 위해 필요하나 소득이 증가한다 해도 환경오염이 자동적으로 감소하지는 않으며, 경제성장은 전환점에 도달하기 전에 환경을 악화시킬 수 있다. 따라서 성장 중심의 국가들의 경우 EKC를 평평하게 하고 봉우리 경계에 도달하는 시간을 줄이기 위해 녹색성장 체제로 전환하여 환경적 성과를 개선하는 것이 필요하다.

경제성장을 어느 정도 달성한 후에는 환경오염에 대한 우선순위가 올라가고, 환경정책 집행을 위한 기술이나 인력 및 예산이 풍부하게 됨을 국내·외 사례를 통해 알 수 있다. 또한 고소득과 높은 교육수준이 지역사회로 하여금 환경기준을 더욱 강화할 수 있게 한다는 점이다. 일반적으로 국민 소득이 약 8,000~10,000달러가 되는 시점에 환경오염 문제가 개선된다는 주장이 어느 정도 지지를 얻고 있다. 온실가스 배출량 문제는 개선이 그리 쉽지 않지만, 역시 높은 경제성장을 이룬 나라들에서 배출량 증가율이 둔화되는 등의 완화가 이루어지고 있음은 사실이다.

‘환경 쿠즈네츠 가설’이 정부나 민간부문의 역할과 무관하게 자동적으로 이루어지는 것은 아니다. 경제 수준이 향상되고 환경오염이 심각해지면서 정부나 민간은 환경보전을 위한 기술개발과 환경친화적 산업 발전에 상당한 관심과 투자를 증가시키게 된다. 또한 정부는 환경규제를 강화하기 위한 정책을 추진하게 된다. 이러한 민간기업과 정부의 상호 보완적인 역할이 수반되지 않는다면 선순환적인 관계가 성립되기 어렵기 때문이다. 그런데 ‘환경 쿠즈네츠 가설’은 환경이 성장과 결합해 개선될 수 있는 가능성을 보여줌과 동시에 선진국과 개도국 간의 불공정한 현실을 보여주고 있다. 이 곡선대로라면 개도국은 경제성장이 일정수준에 도달하기까지는 환경문제에 적절하게 대응할 수 없지만, 현재의 기후변화 협상은 국제적 기후변화 대응방안 모색에 있어서 개도국의 동참을 요구하고 있기 때문이다.⁵

그림 2-1. 선진국과 개도국의 녹색성장 추진 궤도



자료: Munasinghe(2010).

기후변화 및 에너지 문제와 관련하여 개도국들이 선진국의 길을 그대로 따라가는 것이 아니라 녹색성장을 위한 정책기조를 수용하여 선진국의 발전된 녹색기술과 지식을 전수받게 되면 환경훼손을 적게 하면서 경제발전을 추구할 수 있다. <그림 2-1>에서 현재 개도국은 A에서 B 사이에 위치해 있고, 선진국은 C에 위치해 있다고 하면, 현재의 경제발전 상태에서 보면 선진국들은 위험범위의 환경상황을 보여주고 있으나 앞으로 기후변화 협약에 따라 저탄소 녹색성장 전략을 구사하면서 C에서 E로 이동하게 될 것이다. 그렇다면 중진국과 빈곤국들이 환경문제를 최소화하면서 지속적인 경제성장을 추구하기 위해 적용해야 하는 국가정책과 추진 경로를 살펴보기로 한다. 국가별 경제성장의 경로와 관련하여 녹색성장의 가설에서는 B에 도달한 중진국은 상당한 자본과 노력을 투입해온 선진국의 경로를 따라가기 보다는 새로운 녹색성장의 경로로 진행하는 국가발전 전략을 채택한다는 것이다. 즉, 중진국들은 선진국들의 저탄소 성장기술(녹색기술)과 지

5 개도국과 선진국의 기후변화 문제를 해결하기 위한 국제적 공조에 대한 대담으로 IPCC 부의장이며, 2007년 노벨평화상을 공동수상한 무나싱헤(Munasinghe)는 ‘지속가능 경제(sustainomics)’ 가설을 제시하였다. 이는 전통적인 환경 쿠즈네츠 곡선을 수정하여 국가 간의 협조라는 새로운 변수를 추가한 것이다 (Munasinghe, 2010).

식을 이용하여 환경 안전선 이하 경로를 따라가는 터널 효과(tunnel effect)를 누린다는 것이다(미래기획위원회, 2009; 강성진, 2010). 따라서 선진국들은 C에서 E로 이동하지만, 후발 주자들은 같은 경로를 따르는 것이 아니라 B에서 D를 거쳐 E로 가는 점프 다운이 가능해진다는 것이다. 이러한 이론의 현실화는 선진국과 개도국 간의 국제적인 협조가 이루어질 때 가능하다.⁶

3. 농업부문 녹색성장의 의미

농업부문 녹색성장의 개념은 전반적으로 활용되는 개념과 차별화하여 범위를 설정하여 제시해 볼 수 있다. OECD(2011)는 녹색성장의 개념을 환경을 파괴하지 않고, 생물다양성을 유지하며, 천연자원을 지속가능한 방식으로 사용하면서, 경제성장과 개발을 달성하는 것으로 설정하고 있다. 또한 농업분야의 녹색성장은 환경부하를 줄이면서 증가하는 세계 인구를 부양하기 위한 충분한 식량 확보를 보증하는 것으로 정의하고 있다. 즉, 토양·물·생물다양성 등과 같은 천연자원을 지속가능하게 관리하면서 식량사슬에 대한 탄소집약도 및 환경에 대한 부정적 영향을 줄이고 탄소고정, 물질순환 등과 같은 중요한 생명지원기능을 수행하는 생태계 서비스의 강화를 의미하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 농업부문의 녹색성장에서는 자원생산의 효율성 개선과 식량공급 사슬에 따른 폐기물 감소 기술 및 관리활동을 중요하게 다루게 된다.

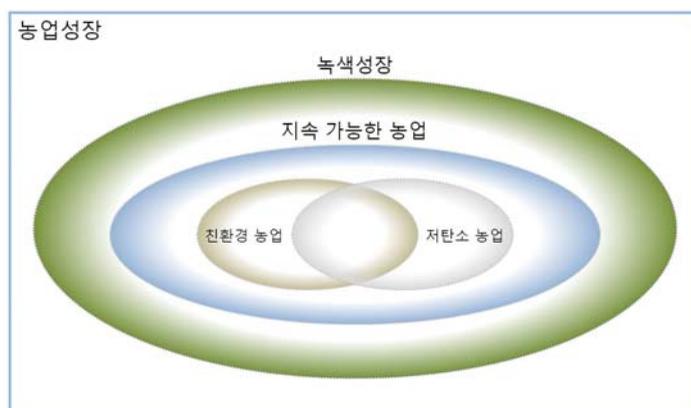
지속가능발전과 녹색성장의 차별성에 대해서는 앞에서 살펴보았다. 농업부문 녹색성장은 지속가능농업보다 포괄적인 개념으로 농업생태계의 환

⁶ 중진국의 녹색성장 경로는 선진국이 개발하여 이용하는 녹색기술을 전수하고, 개도국의 감축 노력을 지원하는 등의 국제적 협조가 이루어질 때에만 가능하다. 글로벌 어젠다인 기후변화 문제만큼은 전 세계적인 공조가 필요하며, 실패하면 모두가 공멸한다는 인식을 전제로 하고 있다.

22 녹색성장의 개념과 관련 이론

경용량을 고려하여 환경적으로 건전하고, 경제적으로 수익성이 보장되는 성장으로 이해될 수 있다. 현실적으로 농업부문 녹색성장은 지역별·수계별 환경용량을 고려하여 재배기술과 농법전환, 환경친화적 저탄소농업을 통한 지속적인 성장을 의미한다. 녹색성장의 목표 달성은 친환경농업과 저탄소농업 확대 등 지속가능한 농업체제로의 전환과 환경친화적 농업기반 정비 등을 통해 이루어질 수 있다<그림 2-2>.⁷

그림 2-2. 농업부문 녹색성장의 개념적 위치



농업부문에서 녹색성장을 지향하는 농업을 녹색농업(green agriculture)으로 규정할 수 있으나 공식적으로 널리 이용되는 용어는 아니다. 실제로 농업분야에서 녹색과 연계하여 여러 가지 용어가 사용되고 있으나, 녹색성장과 직접 관련된 것이 아님에 유의할 필요가 있다. 예를 들면 중국에서는 친환경의 의미를 소비자들에게 보다 다가가는 의미로 ‘녹색식품(green

⁷ 친환경농업은 합성농약, 화학비료 및 항생·항균제 등 화학자재를 사용하지 않거나 사용을 최소화하고 농·축산업 부산물의 재활용 등을 통하여 농업생태계와 환경을 유지·보전하면서 안전한 농축산물을 생산하는 농업을 의미한다. 저탄소농업은 질소비료와 농약 등 화학적 농자재를 적게 사용하는 친환경농법도 포함하나 건답지파, 관개조절, 무경운, 바이오작물 재배, 바이오가스 플랜트, 장내발효 촉진 사료첨가제 사용 등을 통해 탄소배출을 적게 하는 농업을 의미한다.

food)’이라는 용어를 사용하고 있다. 또한 농업분야에서 다수확 품종개발(통일벼 계통의 신품종 IR667)을 통한 획기적인 생산성 증대를 ‘녹색혁명(green revolution)’이란 용어를 사용하고 있으나 녹색성장과는 관련성이 없다. 한편 겨울철 유희농지에 사료작물을 재배하는 경우 ‘제2의 녹색혁명’이란 용어로 사용하고 있으나 녹색성장과는 직접적인 관련성은 없고, 경종과 축산을 연계하는 자원순환농업과 간접적으로 관련성이 있다고 볼 수 있다.

농업부문 녹색성장은 경제성과 환경성이 통합된 개념으로 사람(People), 지구환경(Planet), 이윤(Profit)의 3P의 관점에서 접근 가능하다. 먼저, 사람은 농업부문 녹색성장 실천과 관련된 생산자·소비자·정책담당자·연구자·관련단체 등의 적절한 역할분담과 협력체계 구축을 의미하며, 지구환경은 토양·물·공기 등 농업생태계를 구성하는 환경요소에 대해 환경용량 범위에서 지속적인 관리와 유지를 의미한다. 마지막으로 이윤은 경제적 수익성을 의미하는 것으로 농업이 지속가능한 생명산업으로 유지되기 위한 녹색경영 능력제고, 녹색기술 혁신, 경쟁력 제고 등을 위한 핵심적 요소이다.

저탄소농업구조 개편(Green Agricultural Restructuring)은 에너지 효율성 제고와 융합기술 활용을 통해 농업전반을 저탄소농업 체제로 전환함을 의미한다. 이를 위해서는 가치사슬의 녹색변환 달성과 녹색혁신이 관건이다. 가치사슬의 녹색변환(Green Transformation)은 ‘생산-유통-가공-소비-재생 자원화’에 이르는 가치사슬 전과정의 저탄소형 녹색화로 전환하여 시장에서 경쟁우위를 확보하는 동시에 새로운 시장창출을 이루는 것이다. 농업부문의 녹색가치사슬(Green Value Chain)을 위해서는 녹색기술 인증제 도입 및 IT, NT, BT 등 융합기술을 활용한 생산부문의 녹색화와 함께 유통과 물류 등 중간단계의 녹색화를 필요로 한다. 우선 기후변화에 대응하고 자원순환이나 에너지 효율 향상과 관련된 국내 표준화 및 국제표준 선점을 통해 농업부문 녹색기술을 보호하고 환경경쟁력을 향상해야 한다. 다음으로 IT기술을 활용한 에너지 효율성 향상과 환경문제 해결 등 농업분야 Green IT를 통해 농업관련 산업의 녹색화를 촉진하며, 농산물 유통, 수출 마케팅 물류 등 중간단계의 녹색화 추진 등 생산과 소비의 녹색전환을 통한 공급체인 전반의 녹색화를 유도해야 한다. 또한 저탄소형 농업구조의

재설계를 통해 친환경농자재 산업과 농업관련 산업의 그린화를 통한 녹색 성장 기반을 구축해야 하며, 유기농, LED, 지열활용 식품산업 등 환경친화적 산업부문을 핵심 녹색산업으로 육성해야 한다.

농업부문 녹색성장을 위해서는 혁신(innovation)이 관건이다. 기술변화는 세계적으로 농업생산성을 증가시키는 주요한 동력이다. 혁신을 위해서는 지식을 행동으로 연결하는 전략적 접근방법이 필요하다. 이를 위해서는 관련 분야의 의사결정자와 학자들 간의 상호작용, 농업 및 환경, 식량안보간의 협력이 관건이다. 농업분야 녹색성장을 위한 혁신 방법으로는 녹색 잠재력을 지닌 새로운 과학 및 유전공학의 활용, 농업생산을 구성하는 상이한 방식의 녹색 잠재력을 지닌 농업시스템 혁신, 특정 기술이나 농업생산 시스템은 전국적인(또는 지방) 녹색의제로 중요한 의미를 가진다. 이밖에도 통합 국가녹색제도(Integrated National Green Regimes)로 브라질의 바이오연료, 인도의 유기농업 및 농업부문 재생에너지에 대한 잠재력을 들 수 있다.

4. 녹색성장의 정책수단

녹색성장은 기본적으로 환경과 경제의 선순환에 있으므로 주요 정책수단은 온실가스 배출 감축과 녹색기술 활용을 통해 환경문제를 최소화하고 환경대책이 지속적인 경제성장에 큰 애로요인으로 작용하지 않도록 하는 방안으로 볼 수 있다. 온실가스 배출 증가에 따른 지구온난화 가속화는 경제주체가 지구환경 문제를 충분히 인식하지 못하고 경제활동을 지속함으로써 발생하는 외부효과(externality)로부터 기인된다. 이런 맥락에서 녹색성장은 부정적 외부효과를 내부화하고 지구환경 악화로부터 초래하는 비용을 개인이나 기업 또는 국가가 적절하게 분담하는 시스템 구축을 통해 이루어질 수 있다. 현실적으로 온실가스 배출에 따른 환경문제로부터 발생하는 외부효과를 정확하게 계측하여 온실가스(또는 환경오염) 배출자에게 해당하는 경제적 비용을 부과하는 최선책(first best solution) 모색은 거의 불가능하다.

표 2-2. 녹색성장 정책수단의 분류

수단	녹색성장 정책
환경 규제 및 표준	농약과 비료 투입제한 규제 제정 수질과 토질 및 토양 관리를 위한 법규 및 표준 강화
지원	기준 레벨을 초과하는 환경적인 공익 제공에 대해 보상 환경성과 또는 환경 관리 실행을 목표로 설정 녹색 기술에 대한 공공 투자
경제적 수단	환경을 파괴하는 투입물 사용에 대해 비용 부과 용수권 및 탄소 배출권 거래 방식 구현 녹색 기술 및 녹색 관리에 대한 민간 투자 격려
무역	농업무역에 대한 관세 장벽 및 비관세 장벽을 철폐/낮춤 농산물에 대한 수출 지원금 및 제약을 철폐/감소 양호하게 기능하는 투입물 및 산출물 시장을 지원
연구 및 개발	보조금과 세액공제를 통해 민간부문의 농업 연구개발을 촉진 녹색 농업 연구에 대하여 공공·민간 협력을 수행
개발 지원	농식품부문 녹색성장 이니셔티브를 포함하는 개발지원 확대 빈곤퇴치전략(PRS)에서 농업 프로젝트를 육성 무역 지원 프로젝트에서 농업에 대한 자금 지원 증대
정보	에코라벨과 인증을 통한 녹색소비 패턴 전환과 인식도 제고

자료: OECD(2011).

이러한 현실적 여건을 반영하여 녹색성장 정책수단은 정부투자·연구개발, 탄소세·배출권거래제·보조금 등 외부경제의 내부화 수단, 직접규제, 유인책, 도덕적 설득·정보제공 등을 들 수 있다<표 2-2>. 정부투자는 대규모 재정투자를 통한 기본인프라 구축 분야로 녹색 R&D투자와 녹색뉴딜을 통한 사회간접자본 구축 등을 들 수 있다.

외부효과의 내부화 수단은 시장 기능을 활용하는 정책으로 부과금, 탄소세, 배출권거래제, 보조금제도 등을 들 수 있다. 이들 수단이 제대로 작동되기 위해서는 온실가스 배출의 사회적 한계비용, 온실가스 배출량, 배출 저감의 사회적 편익 등에 관한 신뢰할 만한 자료와 정보가 구축되어야 한다.

부과금제도는 온실가스 단위당 배출에 대해 그 귀속가격(imputed price)과 같은 금액의 부과금을 온실가스 배출자에게 부담시키는 방안으로 경제

적인 유인을 사용하여 효율적인 자원배분을 달성하는 이상적인 경제적 수단이다.⁸ 실제로 부과금 제도를 실행하기 위해서는 개별이용자의 온실가스 배출량에 대한 모니터링과 실제 배출량에 따라 부과해야 한다.

온실가스 감축을 위한 세금은 크게 탄소세와 온실가스세로 나눌 수 있다. 탄소세는 부과금의 형태로 화석연료 사용 시 연료에 함유되어 있는 탄소 함유량에 비례하여 세금을 부과하는 제도이다. 현실적으로 탄소세의 부과 및 징수상의 편의성 때문에 제품부과금의 형태로 운용되고 있다. 온실가스세와 탄소세의 차이는 온실가스세는 가스배출량을 과세기준으로 하고 탄소세는 가스배출의 원천이 되는 화석연료의 투입량(또는 생산량)을 과세기준으로 한다는 점이다. 탄소세가 화석연료 투입량을 효율적 수준으로 유지할 수 있는 것은 온실가스세와 동일하나 화석연료 투입량(또는 생산량)을 과세기준으로 설정함으로써 실행가능성을 높일 수 있다는 점이다. 또한 온실가스 배출량을 과세당국이 정확하게 모니터링할 필요가 있는 온실가스세와 달리, 탄소세는 화석연료의 출하단계 또는 유통단계만 과세당국이 모니터링하여 과세하면 충분하다. 세금이 화석연료 가격으로 전가됨으로써, 온실가스의 귀속가격을 화석연료의 최종이용자의 의사결정에 반영할 수 있어 탄소세를 실행하는 행정비용은 비교적 적다고 볼 수 있다.

배출권거래제(emission trading 또는 marketable permit system)는 온실가스 총배출량 산출을 기초로 배출권을 설정하여 그 권리를 시장에서 매매할 수 있도록 인정하는 방안이다. 배출권에 대한 시장의 수요와 함께 가격조절 기능을 통하여 배출권의 수요량과 공급량이 결정된다. 어떤 온실가스 배출원이 보다 저렴한 비용으로 온실가스를 배출할 수 있으면 배출량을 절감하고 절약된 양만큼의 배출권을 배출권거래시장에 공급함으로써 이득을 얻게 된다.

보조금(subsidy)제도는 온실가스 배출자에게 특정수준까지 온실가스를 배출할 권리를 인정해주고, 배출자가 자신이 부여받은 권리 가운데 일부를

⁸ 귀속가격은 온실가스 증가 1단위당 외부효과에 의해 감소되는 경제후생을 현재가치로 평가한 수치로 온실가스 방출의 사회적 한계비용을 의미한다.

포기할 경우에 보조금을 통해 정부가 보상해주는 방법이다. 보조금제도가 제대로 작동하기 위해서는 보조금을 지급하는 정부가 지급대상 기술수준, 비용, 저감잠재량 등 여러 가지 관련정보를 정확하게 알아야 한다.

직접규제는 온실가스 배출목표를 달성하기 위하여 배출자가 준수해야 할 배출기준(emission standards)을 구체적인 법률로 정하고 여러 가지 수단을 동원하여 기준을 준수하도록 하는 방법이다. 배출기준은 각 배출원이 배출할 수 있는 온실가스 총량의 상한을 명시하여 이를 준수하도록 하는 지침으로 타정책수단에 비해 단순하고 명확하여 정부가 손쉽게 도입하여 실행할 수 있는 조치이다. 에너지효율 상승 및 청정에너지 이용 확대를 위해 신재생 에너지 공급의무화, 자동차온실가스 배출규제, 에너지 소비효율 등급화 등을 들 수 있다.

유인책은 인센티브 지급 등을 통해 새로운 시장을 형성하고 기술개발을 촉진하는 방안으로 친환경 세계개편과 발전차액 보조금제도 등을 들 수 있다.

도덕적 설득은 저탄소 녹색성장을 지향하는 소비와 생산 패턴으로 전환하기 위한 교육과 홍보를 들 수 있다. 개인과 기업 및 사회가 녹색성장에 대한 인식제고에 도움이 될 수 있도록 온실가스 배출과 기후온난화의 영향 등에 대한 정보제공도 중요한 정책수단으로 활용할 수 있다.

온실가스 감축과 관련한 녹색성장의 여러 가지 정책수단은 경제적 효율성, 환경적 효과성, 정책수용성, 시행가능성 측면에서 각각의 장점과 단점을 가지고 있다.⁹ 따라서 실제로 정책을 집행하기 위해서는 어떤 하나의 정책프로그램을 선택하여 추진하기보다는 정책여건에 대한 종합적인 평가를 기초로 정책조합(policy mix)의 포트폴리오를 수립해야 한다. 현실적으로 적절한 정책결합 방안을 찾기가 쉽지 않기 때문에 정책 시뮬레이션에 의한 사전적인 평가와 비교적 성공적인 정책추진이 이루어지고 있는 주요국의 녹색성장 추진 사례를 벤치마킹하는 것이 바람직하다.

⁹ 경제적 효율성, 환경적 효율성, 형평성, 정책수용성, 기술개발 촉진, 환경의식 증진 등의 정책 평가기준을 기초로 한 온실가스 감축수단별 비교는 임재규·박근수(2004) pp.12-17에 상세히 제시되어 있다. 또한 온실가스 관리 정책수단에 대한 경제적 후생 비교는 신의순·김호석(2005), pp.112-119에 제시되어 있다.

농업부문 녹색성장 추진을 위한 정책수단으로는 온실가스 감축과 흡수와 관련된 완화정책과 기후변화 적응 등을 포괄하는 기후정책 수단을 들 수 있다. 기후정책 수단은 녹색성장의 대표적인 프로그램으로 <표 2-2>에서 제시된 탄소세·배출권거래제 등 외부효과의 내부화 방식이 유력한 수단으로 적용될 수 있다. 농업부문 탄소배출권 거래제와 탄소세 및 탄소성적표시제도 등은 현실적으로 녹색성장 목표달성을 위해 널리 활용되는 정책수단이다. 다음으로 에너지 효율화와 재생에너지 및 새로운 에너지개발 등을 포함하는 에너지 정책수단을 들 수 있고, 녹색공간 조성과 농업환경 자원관리 등을 포함하는 환경·자원관리정책 수단이 있다. 또한 친환경농업(유기농업 포함)·녹색식품·녹색금융·생명산업·일자리 창출 등을 포함하는 녹색산업 정책수단을 들 수 있고, 융합기술 활용·녹색기술인증제·녹색기술 통합사업단·녹색기술 표준체계와 DB 구축 등을 담고 있는 녹색기술정책 수단 등을 들 수 있다. 농업부문 녹색성장이 효과적으로 이루어지기 위해서는 정책수단에 따라서 농업인·전문가·정책담당자 등 관련주체별로 적절한 역할 분담이 이루어져야 한다.

농업부문 녹색성장 과제 발굴을 위해서는 정확한 실태진단이 필요하다. 제3장에서는 농업부문 녹색성장 실태 파악을 위해 온실가스 배출실태와 전망 및 온실가스 관리수단 등을 중심으로 여건 변화를 진단하였다. 또한 농업부문 녹색성장 정책 프로그램에 대한 현황과 정책평가를 제시하였다. 그리고 녹색성장 인지도에 대한 농업인과 전문가(정책담당자 포함)의 반응 조사 결과를 제시하였다.

1. 농업부문 녹색성장 여건 변화

1.1. 농업부문의 온실가스 배출 실태와 전망

국내 온실가스 총배출량(2007년 기준)은 약 6억 2천만 CO₂톤으로 전년 대비 2.9% 증가하였다. 산업부문별 전년대비 변동률을 보면 에너지부문은 3.9%, 농업부문은 5.3% 증가한 반면, 산업공정부문은 4.4%, 폐기물부문은 2.2% 감소한 것으로 나타났다.

농업부문의 온실가스 배출량(2007년 기준)은 약 1,840만 CO₂톤으로 국가 총배출량의 2.9%를 차지하며, 2006년까지 매년 감소 추세였으나, 가축 사육두수 증가와 화학비료 사용량 증가 등으로 증가 추세로 전환되었다. 농업부문 온실가스 배출량은 벼 재배, 농경지토양, 잔사소각 등 경종부문

이 65.4%, 장내발효와 분뇨처리 등 축산부문이 34.6%를 차지하고 있다.

2020년 농업부문의 온실가스 배출량 전망은 여러 가지 방식으로 이루어지고 있다. 국가 온실가스 배출량 전망치와의 비교를 위해 감축조치를 시행하지 않는 경우(Business as Usual, BAU)의 농업부문 온실가스 배출량 예측이 가능하다. 시나리오 구성에 있어서 대외적인 여건 변화 요인으로 쌀 관세화 유예, 2011년부터 주요국과의 FTA 발효 등을 반영하였다. 또한 내부적 요인으로 벼짚 투입률 20%, 간단관개 50%, 중만생종 품종비율 89% 등을 적용하였다.

경종부문 메탄은 2005년 31.2만톤보다 2010년 7.2%, 2015년 10.4%, 2020년 13.5% 수준으로 감소하여 2020년 27.0만톤으로 전망되었다. 경종부문 아산화질소는 2005년 1.9만톤보다 2010년 10.9%, 2015년 7.8%, 2020년 3.9% 수준으로 증가하여 2020년 2.0만톤으로 전망된다. 또한 축산부문 메탄은 2005년 21.3만톤보다 2010년 21.3%, 2015년 14.1%, 2020년 7.3% 수준으로 증가하여 2020년에 22.8만톤으로 전망되었다. 축산부문 아산화질소도 2005년 0.4만톤보다 2010년 33.2%, 2015년 25.1%, 2020년 17.2% 수준으로 증가하여 2020년에 0.5만톤으로 전망된다. 농업부문의 2020년 BAU 전망치는 1,827만CO₂톤으로 2005년 기준치인 1,836만CO₂톤 보다 0.5% 감축될 것으로 전망된다<표 3-1>, <그림 3-1>.

표 3-1. 농업부문의 온실가스 배출량 전망

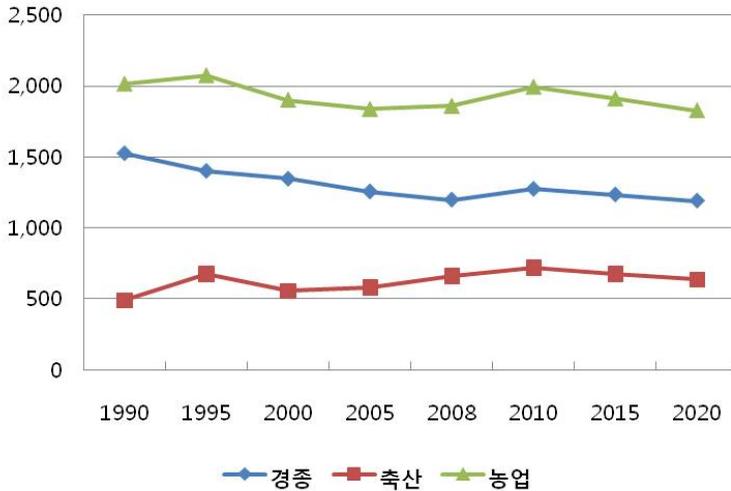
단위: 만톤

연도	경종			축산			계 (가스종류별환산)		
	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 환산	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 환산	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 환산
2005	31.2	1.9	1,255.3	21.3	0.4	581.1	52.4	2.4	1,836.3
2008	29.7	1.8	1,197.1	23.8	0.5	661.4	53.5	2.4	1,858.5
2010	28.9	2.1	1,273.6	25.8	0.6	720.7	54.7	2.7	1,994.3
2015	27.9	2.1	1,234.1	24.3	0.5	677.5	52.2	2.6	1,911.6
2020	27.0	2.0	1,190.5	22.8	0.5	636.7	49.8	2.5	1,827.1

자료: 김창길 외 4인(2010).

그림 3-1. CO₂ 환산 농업부문 온실가스 배출량

단위: 만CO₂톤



자료: 김창길 외 4인(2010).

1.2. 농업부문의 온실가스 관리 대책

농업부문에서 온실가스 감축 및 흡수 확대를 위해 농경지 온실가스 배출 감축기술, 토양 내 유기탄소 저장기술, 반추가축 장내발효개선 기술, 가축 분뇨 처리시설 개선, 바이오매스 활용 및 화석연료 사용량 감축 기술 등 여러 가지 기술이 개발되어 상당한 수준의 실용화가 이루어지고 있다<표 3-2>. 여러 가지 온실가스 저감기술 가운데 대표적으로 활용되는 기술은 크게 온실가스 배출량 감축 기술, 유기농·축산업 기술, 토양유기탄소저장 기술, 바이오에너지 활용 기술 등 네 가지로 대별된다.

첫째, 배출량 감축기술(emissions reduction technology)은 시비관리와 물 관리 등 작물재배기술과 사료급여 개선 및 발효촉진 첨가제 투여 등 가축 사양기술을 적용함으로써 메탄과 아산화질소 배출 감축이 이루어지는 청정기술이다. 경종부문에 있어서 논의 감축기술로는 질소비료 시비량 감축,

유기물 사용 확대, 간단관개로의 관개방법 전환, 건답직파로의 재배방식 변경 등을 들 수 있다. 밭의 감축기술로는 화학비료 시비량 감축과 친환경 농업의 실천 등을 들 수 있다. 축산부문의 경우는 사료의 에너지 함량 및 소화효율 향상, 가축개량, 양질 조사료 급여, 반추위 발효조정제(사료첨가제, 미생물제제 투여) 첨가 등에 의한 반추가축 장내발효 개선기술이 있다. 또한 슬러리 저장기간 중 호기처리시설 확대, 가축분뇨 저장탱크의 덮개 설치 등의 가축분뇨처리 시설개선 기술을 들 수 있다.

표 3-2. 농업부문의 온실가스 저감기술 목록

부 문	저감 목록
농경지 메탄 및 아산화질소 배출량 감축	유기농법 및 친환경농법 확대
	영농방법 개선을 통한 화석연료 사용량 감축
휴경 농경지 초목 조성	휴경지 조림, 초지 조성
	휴경지 피복작물 재배
토양 내 유기탄소 저장	보전경운(홀경, 무경운), 윤작
	화학비료의 유기물 대체(작물잔사, 슬러리 활용 등)
	토양피복, 관개방법 개선(물관리 방법 개선)
반추가축 장내발효 개선	사료의 에너지 함량 및 소화효율 개선
	가축개량, 양질조사료 급여
	반추위 발효조정제(사료첨가제, 미생물제제 등) 투여
축산분뇨 처리시설 개선	슬러리의 호기처리시설 확대, 덮개설치
	메탄포집 및 자원화
바이오매스 활용 및 화석연료 사용 감축	바이오에너지 작물 재배를 통한 화석연료 대체
	바이오가스·바이오매스 자원화기술 확대
	쌀겨 이용 발전

둘째, 유기농·축산업 실천기술은 온실가스 저감기술의 일종으로 이산화탄소와 아산화질소 배출량을 감축하는 기술이다. 유기농업은 윤작, 부산물

비료나 유기질비료의 투입 등으로 토양을 관리하며 화학비료와 농약을 전혀 사용하지 않는 농법이다. 유기농업의 핵심은 토양미생물 활성화 촉진, 두과작물과 생물학적 질소고정, 윤작 등을 통해 토양비옥도를 관리하고 경종-축산의 유기적인 연계를 통해 외부투입물을 최소화하고 자원순환농업이 이루어지도록 하는 데 있다. 이러한 자원순환형 유기농·축산업은 이산화탄소와 아산화질소 배출 감축에 기여하는 것으로 제시되고 있다. 국제유기농업운동 연맹(IFOAM) 보고서에 따르면 유기농·축산업은 환경 친화적 농경지 이용 및 관리, 가축분뇨자원화 및 폐기물의 재활용, 친환경 가축사육관리, 자원순환적 양분관리는 물론 녹색소비자로의 행동 변화 등을 통해 직접·간접적으로 온실가스 감축에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다(Kotschi and Muller-Samann, 2004). 실제적으로 유기농법 실천은 토양 및 양분관리를 통해 외부 농자재 투입을 최소화하고 또한 배합사료 등 외부 투입사료를 최소화하는 경우, 화석연료 에너지가 적게 투입됨으로써 이산화탄소 배출을 줄일 수 있다.

셋째, 토양유기탄소 저장(soil organic carbon sequestration) 기술을 들 수 있다. 토양유기탄소는 식물의 광합성작용을 통해 저장된 탄소가 생물의 잔해로 토양에 들어온 후 토양 내에서 분해되는 과정 중에 있는 물질이다.¹⁰ 토양유기탄소는 토양 내에서 느린 속도로 분해되면서 장기간 토양 속에 존재하며 지표면 위 토양탄소의 저장과 대기 중 이산화탄소와의 관계를 조절하는 중요한 역할을 한다. 토양유기탄소의 저장은 토양 내 탄소의 추가 축적 기능을 통해 화석연료의 연소로 방출되는 탄소를 토양유기탄소의 축적으로 상쇄하는 효과를 가지고 있다. 토양유기탄소 저장을 위한 관리기술로는 토양관리, 피복작물재배, 보전경작, 종합적 양분관리, 무경운 영농, 환경을 고려한 최적의 작물재배 등을 들 수 있다.

넷째, 농업부문 바이오에너지 활용기술을 들 수 있다. 바이오에너지는

¹⁰ 토양유기탄소는 농작물 성장을 위한 양분의 근원이며 농산물 생산성을 유지하는 데 중요한 수단이다. 토양유기탄소가 심하게 유실되면 토양의 질이 악화되고 바이오매스 생산이 감소한다(정원교, 2007b).

바이오매스로부터 생산된 에너지를 의미하는 것으로 바이오매스는 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성을 통해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체를 지칭한다.

바이오매스 자원은 곡물, 감자류를 포함한 전분질계의 자원과 초본, 임목과 벚짚, 왕겨 같은 농수산물을 포함하는 셀룰로오스계의 자원, 사탕수수, 사탕무 같은 당질계의 자원은 물론 가축의 분뇨, 사체와 미생물의 균체를 포함하는 단백질계 자원까지를 포함하는 다양한 성상을 지닌다. 따라서 바이오에너지 생산기술이란 생물 유기체를 각종 가스, 액체 혹은 고형연료로 변환하거나 이를 연소하여 열, 증기 혹은 전기를 생산하는 데 응용되는 화학, 생물, 연소공학 등을 일컫는다.

농업부문의 바이오에너지는 바이오매스 종류에 따라 가축분뇨와 식품폐기물 등을 이용하는 바이오가스, 유채와 유지작물 등을 이용하는 바이오디젤, 옥수수와 사탕수수, 감자·고구마 전분 등을 이용하는 에탄올, 왕겨와 톱밥 등을 이용하는 메탄올 등을 들 수 있다. 이 중 농업부문의 대표적인 바이오에너지 실용화 기술로는 유채와 유지작물 재배를 통한 바이오디젤 생산기술과 가축분뇨의 메탄발효를 이용하는 바이오가스 플랜트 기술 등을 들 수 있다.

가축분뇨를 활용한 바이오가스 플랜트는 최근 국내·외적으로 활발하게 추진되고 있다.¹¹ 가축분뇨를 이용한 바이오가스 발전시설은 개별농가형인 독일식과 공동처리형인 덴마크식이 있다. 독일식 개별농가형은 개별농가의 가축분뇨를 혐기 소화시켜 메탄가스를 발전기에 공급, 전력을 판매하고 처리가 끝난 축산폐기물은 전량 액비로 사용하는 방식이다. 공동처리형은 축산폐기물과 음식물쓰레기 등 유기성폐기물의 처리수요가 증가하면서 대두된 기술이다(박순철, 2006). 가축분뇨 바이오가스 플랜트로 에너지를 생산하게 되면 재생가능에너지 생산, 가축분뇨처리, 온실가스 저감이라는 효과를 얻게 된다.

¹¹ 바이오가스 플랜트는 플랜트 내에 열병합 발전기를 설치해 바이오가스를 연소시켜 발전함으로써 전기와 열을 생산하여 플랜트에서 자급하거나 판매하여 수익을 얻게 하는 발전 시스템이다.

2. 농업부문 녹색성장 정책의 진단과 평가

2.1. 농업부문 녹색성장 추진 정책

2008년 8월 미래 국가발전 패러다임으로 ‘저탄소 녹색성장’이 발표된 이후 농림수산식품부는 2008년 9월 부처 내 녹색성장 대책을 수립하기 위해 실·국별 저탄소 녹색성장 관련 정책 제안을 기초로 녹색성장을 위한 본격적인 대책마련에 착수하였다.¹² 2008년 12월에 ‘농림수산식품 분야 녹색성장대책협의회’(위원장 농림수산식품부 장관)를 설치하고, 2009년 1~10월 까지 세 차례의 협의회를 거쳐 2009년 11월에 농림수산식품 분야 저탄소 녹색성장 추진전략을 확정하였다.

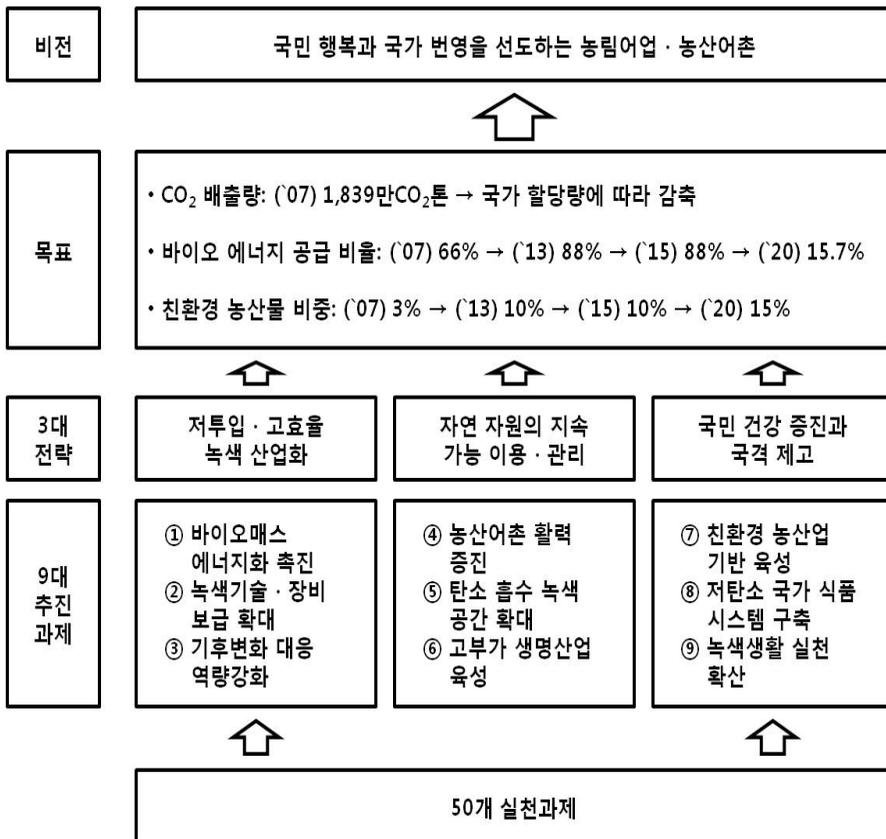
농식품 분야의 종합적이고 체계적인 녹색성장 추진을 위해 2009년 4월 녹색성장 정책관을 신설하였고, 녹색성장 업무를 총괄하는 부서로 ‘녹색미래전략과’를 설치하였다. 녹색미래전략과에서는 녹색성장위원회의 「녹색성장 5개년 계획(2009~2013)」의 50대 실천과제 가운데 농식품 부문과 관련된 사업을 관리하고 있다<부표 3>. 농식품 분야의 녹색성장 추진을 위해 ‘국민행복과 국가번영을 선도하는 농림어업·농산어촌’으로 비전을 설정하고, 3대 전략(저투입·고효율 녹색산업화, 자연자원의 지속가능 이용·관리, 국민건강 증진과 국격 제고)과 9대 추진과제, 50개 실천과제를 수립하여 추진하고 있다<그림 3-2>.

농업부문 녹색성장 정책추진의 기본방향은 “실질적 성과창출을 위한 역량 집중과 단계적·전략적 정책 접근을 통한 성과의 극대화 도모”로 설정하고 있다(농림수산식품부 2010b). 녹색성장 정책의 추진 원칙(3-G&S)으로 선제적 자발적 대응(Green Spontaneity), 시스템화된 정책추진(Green System), 녹색성장 성과확산(Green Spread)을 제시하였다. 즉, 선제적 정책추진은 녹

12 농업부문 녹색성장 추진과 관련 한국농촌경제연구원은 2008년 10월 7일 농림수산식품부 대회의실에서 열린 장관주재 유관기관 관계자회의에서 「농업부문 녹색성장의 개념과 추진과제」라는 주제발표를 하였다.

색성장을 가속화하고 주도적으로 추진하기 위해 구체적인 성과 창출이 가능하고 새로운 정책 환경에 적합한 과제를 발굴하는 것이다. 정책시스템 강화는 발굴한 정책과제에 대해 가시적인 성과를 도출할 수 있도록 관련 기관 및 협의체 공조강화 등 시스템화된 정책 추진체계 강화를 의미한다. 정책홍보는 성과확산을 위한 다양한 홍보 방안을 마련하고, 농식품 분야 녹색성장 정책의 대국민 접근성을 제고를 의미한다. 녹색성장의 정책목표로 생활공감형 녹색정책 발굴 및 추진을 통한 녹색가치 확산, 저탄소·녹색 에너지 정책의 정착 기반 구축, 농림수산식품 분야 그린 글로벌 리더십 구현 등을 제시하였다.

그림 3-2. 농업·농촌분야 녹색성장 비전과 추진과제 구성도



성과 극대화를 위한 6대 추진과제 및 2대 관리과제가 있다. 먼저 6대 추진과제로 ①녹색생활 분야에서 국민 체감도가 높은 생활 속의 녹색 실천, ②녹색에너지 분야에서 바이오매스에너지 활용 및 에너지 고효율화 촉진, ③저탄소정책 분야에서 저탄소 농림수산물 정책의 정착화, ④녹색산업기반구축 분야에서 녹색 R&D 투자 확대 및 친환경 농산업 기반 육성, ⑤지속가능 자원관리 분야에서 해양 및 산림생태계 보호, ⑥국제협력강화 분야에서 녹색 글로벌 파트너십 강화 등을 설정하였다. 2대 관리과제로는 ①50대 과제 추진실적 점검 및 환류(feedback) 강화의 성과관리 분야와 ②농식품 분야 녹색성장 홍보강화를 통한 성과확산 등 홍보 관리 등으로 설정하였다.

2대 관리과제로 50대 과제 추진실적 점검 및 환류 강화를 위해 관련 분야 전문가로 구성된 자체평가단을 구성하여 자체점검을 강화하고, 추진실적 미흡과제는 계획이행 및 향후 개선독려 등 환류를 강화하도록 한다. 또한 성과확산을 위한 농식품 분야 녹색성장 홍보강화를 위해 우수사례 발굴과 사례집 제작·배포, 녹색성장 대전 추진, 대국민 접근성이 높은 매체의 활용 등을 통해 추진하고 있다.

농림수산물부는 2011년 3월 ‘농림수산물 녹색성장 2011년 녹색성장 핵심과제 추진계획’을 발표하였다(농림수산물부, 2011a). 2011년 녹색성장 정책방향으로 국가 녹색성장 정책방향 및 농정방향에 부합하고, 미래를 대비할 수 있는 정책과제를 전략적으로 발굴하여 추진하는 것으로 설정하였다. 핵심분야로 농식품산업의 특성을 반영하고, 여건변화에 선제적으로 대응할 수 있는 기후변화 대응, 녹색에너지, 녹색생활 실천 확산, 지속가능한 자원관리, 국제협력 강화 등 5대 과제를 선정하였다. 또한 관리분야로 핵심과제들과 연계한 지속적인 성과관리, 홍보 등을 통해 정책성과 창출을 극대화하는 것으로 제시하였다. 2011년 10월 농식품부문의 저탄소 녹색성장 성과사례집을 발간하였다. 이 사례집에는 한국의 농식품부문 녹색성장 정책에 대한 OECD 전략보고서에서의 대표사례로 인용한 내용과 녹색생활 실천, 녹색공간으로 리모델링, 탄소제로에 도전하는 농업분야의 정책성과, 신성장동력으로 녹색산업 육성, 글로벌리더십을 발휘하는 농업분야

의 국제협력 사례 등을 제시하고 있다(농림수산식품부, 2011b).

농림수산식품부는 2011년 9월 농업부문 녹색성장의 핵심분야인 ‘기후변화 대응 세부추진계획(2011~’20)’을 발표하였다. 2020년까지의 농업부문 온실가스 감축 및 기후변화 대응 마스터플랜인 ‘농림수산식품 기후변화 대응 세부추진계획’을 수립하여 165개의 방대한 과제를 제시하였다. 비전으로 ‘국가 기후변화 대응을 선도하는 농림수산식품 산업’으로 설정하고, 2020년까지 온실가스 배출전망치 대비 35% 감축목표 설정과 농식품부문의 기후변화 적응능력 제고를 통한 수급불안 해소의 정책목표를 설정하고 있다. 특히 세부계획에는 2020년까지 국가 온실가스 감축목표(30%) 이행을 위해 농업분야 감축목표(5.2%) 설정에 따른 구체적인 대응 방안을 제시하고 있다. 농림업은 온실가스 배출산업이자 유일한 온실가스 흡수산업으로 다양한 흡수원을 인정받음으로써 온실가스 감축의 소득화 방안과 상쇄사업 등을 통해 2015년 시행될 예정인 배출권거래제에 참여함으로써 기후변화를 기회로 활용 가능성 등을 제시하였다.

중앙정부의 농업부문 녹색성장 추진정책에 부응하여 각 도에서도 적합한 정책을 수립하여 추진하고 있다<표 3-3>. 기후변화 완화와 관련된 프로그램의 경우 탄소캐시백 포인트제도, 탄소성적표지제도, 온실가스 목표관리제 등 중앙정부의 프로그램과 연계하여 추진하고 있다. 그러나 아직 농업분야의 경우 중앙정부 프로그램과 연계되어 추진되는 직접적인 온실가스 감축 프로그램은 거의 없고 간접적인 광역친환경농업단지조성사업 등이 중앙정부와 연계되어 추진되고 있다. 현재 여러 지자체에서 기후변화에 대응하여 지역별 상황을 고려한 특화된 정책 개발도 활발하게 이루어지고 있다. 강원도의 경우 기후변화 적응과 녹색산업 육성에 초점을 맞추고 있고, 경기도는 온실가스 저감과 세계유기농대회에 대비한 유기농 육성, 경상북도는 환경자원 관리와 녹색농업타운 조성, 식물공장의 복합산업단지 육성, 경상남도는 기후변화 적응과 물 자원관리 등에 비중을 두어 추진하고 있다. 전라북도와 전라남도는 기후변화 적응과 녹색산업육성, 충청북도와 충청남도 및 제주도는 새로운 녹색기술을 활용한 산업단지조성에 상당한 비중을 두고 추진하고 있다.

표 3-3. 시도별 녹색성장 농업부문 특화 정책

구분	농업부문 주요내용	
강원도	기후	<ul style="list-style-type: none"> · 풍수해저감 종합계획 수립, 풍수해보험 가입(18시·군) · 지역우위 전락작목 개발·육성, 고랭지채소 안정생산 기술·대체작목 개발 · 동해안 해양기후 자원이용 기술 개발
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 탄력적인 식량수급 위한 국제협력 확대(몽골 튼브도 ‘강원농업타운’ 운영) · 친환경 농식품산업 육성(생태 그린 바이오 특구 지정·운영) · 고부가 식품산업 육성(우량 모삼포, 약초 명품화, 특화품목 육성사업)
경기도	기후	<ul style="list-style-type: none"> · ‘농사도 전문경영시대’ 쌀 전문 경영인 육성 · 온실가스 배출저감 신재형 화학비료 개발
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 2011 세계유기농대회 성공개최로 유기농관련 산업 확산
경상북도	환경·자원관리	<ul style="list-style-type: none"> · 낙동강 수계 저수지 증고사업
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 녹색 농업타운 조성(그린에너지 시설원예단지 조성) · 로컬푸드 활성화
	녹색기술	<ul style="list-style-type: none"> · 식물공장 중심 복합 산업단지 조성 · 신재생에너지 원예단지 조성
경상남도	기후	<ul style="list-style-type: none"> · 자연재해 보험 활성화
	환경·자원관리	<ul style="list-style-type: none"> · 맑은 물 농업용수 공급사업(맑은 물 공급하여 품질 고급화 및 생산성 향상)
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 생명환경농업 육성(고성군)
	녹색기술	<ul style="list-style-type: none"> · 시설원예 순환식 수막시스템 보급(농업기술원)
전라북도	기후	<ul style="list-style-type: none"> · 자연재해피해 최소화를 위한 농작물 재해보험 활성화 사업
	환경·자원관리	<ul style="list-style-type: none"> · 4대강(금강, 섬진강) 주변 농업용 저수지 증축 · 다목적 농촌용수 개발
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 탄소순환 해수농장 시범사업 · 친환경 천일염 명품화 사업 · 녹색 비즈니스 전문가(농업 CEO) 육성사업 · 녹색일자리 창출을 위한 녹색현장인턴 사업 · Seed 밸리 조성사업 · 친환경 허브산업 육성
전라남도	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 도시농업(Urban Agriculture) 활성화 · 글로벌 농식품 복합단지 조성 · 남도 맛 산업의 명품화·세계화(남도 맛 산업 애그리비즈니스 모델 구축) · 종자산업(Seed Industry) 육성 · 친환경 식품산업 육성 · 천일염의 세계 명품화
충청북도	기후	<ul style="list-style-type: none"> · 기후변화 대응 양분 종합관리 기술 개발
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 태백산맥 한방바이오산업 클러스터 조성 · 제천 약초산업 클러스터 육성사업
충청남도	환경·자원관리	<ul style="list-style-type: none"> · 해외농업개발 및 국제교류 협력 강화
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> · 발전소 폐열 이용 교부가 농축산산업단지 조성
	녹색기술	<ul style="list-style-type: none"> · 농축산 바이오 R&D 클러스터 조성: 서산, 홍성
제주도	환경·자원관리	<ul style="list-style-type: none"> · 물 산업 육성(농촌용수 대체수자원 개발사업)
	녹색기술	<ul style="list-style-type: none"> · 시설원예 저탄소 에너지 저감 실증(지하공기열, 지열히트펌프 등)

2.2. 농업부문 녹색성장 정책평가

농업부문 녹색성장 실현을 위한 비전과 기본방향은 실제적이고 설득력 있게 잘 수립된 것으로 판단된다. 정책추진을 위한 원칙과 정책목표 또한 체계적이고 적절하게 설정된 것으로 사료된다.

녹색성장을 위한 50개 실천과제 가운데 농식품 분야의 정책 프로그램은 34개로 녹색성장 수단이 적절하게 결합된 것으로 판단된다. 농업부문 녹색성장 정책 프로그램에서 제시된 온실가스 감축량 등 정책성과와 기대효과가 명확하게 제시되고 있지 않지만, 제시된 34개 정책이 성공적으로 추진되는 경우를 상정하면 연간 약 127만 CO₂톤의 온실가스 감축효과가 있을 것으로 보여 농업분야 온실가스 배출량(약 1,900만톤)의 6.7% 정도를 감축할 수 있는 것으로 추정된다.

농업부문 녹색성장의 핵심 녹색산업으로 유기농식품산업이 선정되어 「유기농식품산업 육성방안」(농림수산식품부, 2010a)이 수립되어, 생산기반구축, 가공 및 농자재산업 육성, 유통·소비 활성화, 관리체계 확립 등 유기농식품 육성을 위한 마스터플랜이 수립된 것으로 판단된다. 유기농식품 육성정책 성과를 극대화하기 위해서는 분야별 예산투입과 세부 실행프로그램이 마련되어 지속적으로 추진되어야 할 것으로 사료된다.

농업부문 녹색성장에 대한 인식도를 높이고 정책 프로그램에 대한 참여도를 높이기 위해서는 우선 농업 현장에서 녹색성장의 가시적인 성과를 거둘 수 있는 정책 프로그램 개발이 필요하다. 농업부문의 저탄소 농법으로 개발된 수단을 면밀하게 검토하여 현장에 쉽게 적용할 수 있는 사례를 발굴해야 한다. 아울러 이들 사례에 대한 모니터링과 계량적 평가를 통해 모범사례를 선정하여 성과확산이 이루어질 수 있는 성과관리시스템 구축이 필요하다. 국내 농업여건에 적합한 온실가스 감축기술이 분야별로 개발되어 있다. 경종분야의 수도작에 있어 건담적과와 간단관개 및 질소소비량 감축<그림 3-3>, 축산부분의 장내발효 개선과 사료첨가제 사용 등의 저탄소 기술을 농가에 보급함으로써 상당한 온실가스 감축성과를 이룰 수 있는 것으로 제시되고 있다(국립농업과학원, 2009).

그림 3-3. 수도작의 온실가스 저감수단별 효과 비교



자료: 국립농업과학원(2009).

따라서 개발된 녹색기술의 보급이 효과적으로 이루어질 수 있는 정책 프로그램 개발이 필요하다. 경종부문의 경우 벼 재배면적의 30% 정도가 건답직파로 전환하는 경우 메탄 저감량이 연간 약 80만 CO₂톤에 달하므로 상당한 효과가 있는 것으로 추정되고 있다(김창길 외 4인, 2007). 수도작 농가들에 건답직파와 간단관개 등을 유도할 수 있는 저탄소직불제 프로그램에 대한 적극적인 검토가 필요하며, 축산부문의 경우 양질의 조사료 사용, 사료첨가제 사용, 가축생산성 개선 등 반추가축의 장내발효 개선을 통해 축산분야 온실가스 감축이 가능하므로 이들 기술을 보급하는 정책 프로그램 개발이 필요하다. 농업분야 녹색성장 추진 34개 프로그램에 대한 추진실적 점검과 평가(자체평가 및 외부전문가 평가)를 통해 정책의 보완과 조정 등 피드백을 강화할 필요가 있다.¹³

13 국무총리실 정책분석 평가실에서는 관련 분야별 전문가로 녹색성장평가단을 구성하여 각 중앙행정기관의 저탄소 녹색성장의 효율적·체계적인 달성을 위한 추진노력 및 성과에 대한 평가가 이루어지고 있다. 평가방식은 탁월, 우수, 보통, 미흡 등 4등급으로 실시되고, 결과가 통보되어 피드백이 이루어지도록 하고 있다.

농업부문 녹색성장에 관한 실증분석은 설득력 있는 녹색성장 전략 개발에 있어서 중요한 비중을 차지한다. 또 실증분석은 본 보고서의 1차연도 연구목표의 하나인 “평가지표 개발”의 기초자료를 제공해준다. 실제로 실증분석을 위해서는 다양한 방법론이 동원될 수 있다. 제4장에서는 녹색성장의 정당성 확보를 위한 실증분석으로 생태효율성 분석, 비용효과적인 녹색성장 수단선택의 기준이 되는 한계감축비용 분석, 부문별 녹색성장 추진 성과를 비교 분석하는 녹색생산성 분석 등을 제시하였다.

1. 생태효율성 분석

녹색성장 정도를 평가하기 위해서는 적절한 지표가 필요하다. 녹색성장의 측정 지표 가운데 비교적 최근에 등장한 개념으로 생태효율성이 있다. 생태효율성은 자원의 효율적인 사용을 통해 환경에 영향을 미치는 영향을 최소화하면서 경제개발도 동시에 이루는 녹색성장 평가지표이다. 여기서는 생태효율성의 개념과 계측방법을 소개하고, 생태효율성 지표를 이용하여 유기농업, 지열히트펌프 등 녹색성장의 핵심 사업에 대한 녹색성장 정도를 계측하고자 한다.

1.1. 생태효율성의 개념과 측정방법

1.1.1. 생태효율성의 개념

생태효율성은 ecology와 economy에서 eco와 efficiency를 합성한 용어로 WBCSD(2000)에 의해 제안되어 1992년 브라질 리우데자네이루에서 개최된 지구정상회의에서 공식적으로 채택되었다¹⁴. 자원효율성과 자원집약도¹⁵가 연계된 생태효율성은 자원의 효율적 사용을 통해 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 경제개발도 동시에 이루는 녹색성장 평가지표로 활용될 수 있다. 생태효율성(Eco-efficiency)은 산업부문의 가치(경제적 생산성)를 환경영향(환경부하)으로 나눈 값으로 다음 <식 4-1>과 같이 정의된다.

$$EE_r = \frac{y_r}{x_r} \dots\dots\dots (4-1)$$

여기서, EE: 생태효율성, r: r번째 측정대상, r = 1, 2, ..., k
 x: 투입변수(환경영향), y: 산출변수(경제적 가치)

위 <식 4-1>에서 제시된 바와 같이 생태효율성 향상은 산출변수인 경제적 가치를 최대화(more is better) 또는 투입변수인 환경영향을 최소화(less is better)하거나, 또는 이들 두 가지를 모두 달성함으로써 생산효율성을 극대화할 수 있다.

¹⁴ WBCSD는 생태효율성을 “지구의 추정 환경용량(estimated carry capacity)과 부합하는 최소한의 수준까지 생태적 영향(ecological impacts)과 자원 집약도(resource intensity)를 점진적으로 줄이면서 인류의 욕구 충족과 삶의 질을 향상시키는 제품과 서비스를 경쟁력 있는 가격(competitively-priced)으로 제공하는 것”으로 정의하고 있다(WBCSD, 2000, p.4).

¹⁵ 자원효율성(resource efficiency)은 투입된 자원의 산출물과 물질 투입의 비율로 정의되며(Ekins and Tomei, 2007, p.10), 자원집약도(또는 자원강도, resource intensity)는 자원생산성의 역으로 정의된다.

1.1.2. 생태효율성의 계측방법

생태효율성을 계측하는 방법으로는 대체로 투입변수에 환경부하의 투입 지표를, 산출변수에는 경제적 생산성 지표를 사용하고 있다. 환경영향의 경우 물리적인 지표가 활용되나 경제적인 지표는 매출액 등 금전적인 지표가 활용된다<표 4-1>.

표 4-1. 생태효율성의 평가 요소

구분	산출지표(y)	투입지표(x)
요소 유형	<ul style="list-style-type: none"> · 매출액(또는 판매가격) · 생산량 · 생산성 · 연간 이익 	<ul style="list-style-type: none"> · 단위요소 (에너지, 자원, 물, 토지, 폐기물 등) · 종합요소 (종합 환경영향)
평가 범주	생산 공정(gate to gate)	
	상위과정(cradle to gate)	
	전 과정(cradle to grave)	

자료: 이수열(2004), p.4의 자료를 기초로 일부 내용을 보완한 자료임.

생태효율성 지표 산출을 위한 심층적인 연구와 정보 공유를 위해 2004년 네덜란드 라이덴 대학에서 “지속가능성을 향한 에코효율성: 의사결정을 위한 계량화 방법(Eco-Efficiency for Sustainability: Quantified Methods for Decision Making)”이란 주제의 국제학술대회가 개최되어 방법론이 정립되었다(Huppes and Ishikawa, 2007).

일반적으로 생태효율성은 제품의 경제적 성과와 환경부하의 비율로 나타내는데, 이 경우 환경부하는 저감되지 않고 경제적 성과만 향상되는 경우 해당제품의 생태효율성이 증가되어 환경성과를 정확히 평가하는 데 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 <식 4-2>와 같이 Factor-X가 제안되었다.

$$FX = \frac{EE_r^t}{EE_r^0} \dots\dots\dots (4-2)$$

여기서 EE_r^t : 비교시점(t)의 생태효율성, EE_r^0 : 기준시점(0)의 생태효율성

다투입·다산출의 경우 효율성을 계측하려면 다수의 투입요소에 가중치를 적용한 총투입(aggregate input)과 다수의 산출물에 가중치를 적용한 총산출(aggregate output)을 계산하는 과정이 필요하다. 생태효율성 분석에 있어서 바람직한 산출물과 환경오염원으로 작용하는 바람직하지 않은 부산물이 동시에 산출되는 다수 산출물과 다수의 투입요소를 사용하는 생산조직의 생태효율성을 평가하기 위한 모형으로 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)가 개발한 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)이 널리 활용되고 있다. DEA는 선형계획모형의 형태의 경영과학기법으로 제안되어 의사결정단위의 효율성 측정뿐만 아니라 비효율성의 원인 분석 및 효율성 개선의 목표설정을 위한 도구로 널리 활용되고 있다.

생태효율성 방법론을 농업분야에 적용한 연구로는 1990년대 중반 이후 활발하게 이루어져왔다(McGregor et al., 2003, Maxime et al., 2006, Meul et al., 2007 등). McGregor et al.(2003)은 호주의 곡물을 대상으로 전과정분석(Life Cycle Analysis, LCA) 방식을 이용하여 생태효율성에 대한 시스템적 접근을 하였다. 호주 곡물부문의 전과정분석은 생산단계에서 곡물가공품의 소비까지의 전과정으로부터 발생하는 환경영향을 평가한다. Maxime et al.(2006)은 캐나다의 식음료부문을 대상으로 에너지 사용, 온실가스 배출, 물 사용 및 오수 발생, 유기 잔류물, 포장 잔류물 등의 환경문제를 다루기 위해 집약도 지표를 이용하여 생태효율성을 분석하였다. Meul et al.(2007)은 핀란드의 낙농부문을 대상으로 질소이용 효율성(nitrogen use efficiency)과 에너지이용 효율성(energy use efficiency)을 결합하여 낙농부문의 생태효율성 분석을 시도하였다. 분석결과 생태효율성이 높은 우수 농장들이 전체 농장에 비해 29% 정도 높은 총부가가치를 실현한 것으로 나타났다.

1.2. 지열냉난방의 생태효율성 분석

1.2.1. 분석방법 및 자료

최근 농업부문 녹색성장 추진을 위한 새로운 실행프로그램으로 제시되고 있는 지열히트펌프 시스템을 대상으로 생태효율성을 분석하고자 한다. 지열시스템의 생태효율성 분석방법은 <식 4-3>과 같이 지열시스템의 생산액을 에너지사용액으로 나누어 계산한다. 기름난방 시스템의 생태효율성도 지열시스템과 동일한 방법으로 계산한다.

$$EE_r = \frac{P_r}{E_r} \dots\dots\dots (4-3)$$

여기서, EE: 생태효율성, r: r번째 지열적용 농가, r = 1, 2, ..., k

E: 에너지사용액, P: 생산액

생태효율성 분석을 위한 자료를 위해 지열 시스템을 적용한 파프리카 재배 농가를 대상으로 면접조사를 실시하였다<표 4-2>. 사례농가들의 지열냉·난방 시스템 유형은 수직 밀폐형 8농가, 하이브리드형, 수직개방형, 수평밀폐형, 수직/수평 밀폐형 각 1농가이며, 온실은 베로형 유리온실 9농가 비닐온실 3농가로 조사되었다. 조사대상 농가들은 모두 양액으로 재배하고 있었으며 지열냉·난방 시스템을 적용한 면적은 평균 13,410m²(4,064평), 사업비 평균은 14억 1,892만 원, 용량은 315RT(Refrigeration of Ton, 냉동톤)로 각각 조사되었다.

기름난방 시스템의 생태효율성 분석을 위해서는 지열시스템과 마찬가지로 기름난방 시스템 적용 재배 농가를 대상으로 설문조사한 자료를 이용하여야 한다. 조사의 편의를 위해 지열시스템 적용 농가를 대상으로 지열시스템 적용 이전 기름난방 시스템의 경영성과 자료를 이용하였다. 또한 기름난방 시스템의 고정비 자료는 기름난방을 적용한 시기가 농가마다 차이가 크고 정확한 자료를 얻기 어려워 농촌진흥청의 기름난방 시스템의 고정비를 자료를 이용하였다.

표 4-2. 사례농가의 지열히트펌프 시설개요

번호	히트펌프 종류	시설 유형	면적 (m ²)	사업비 (만 원)	용량 (RT)
농가 1	수직밀폐	유리온실	9,900	100,000	320
농가 2	수직밀폐	유리온실	26,730	270,500	600
농가 3	하이브리드	유리온실	22,770	200,000	450
농가 4	수직밀폐	유리온실	11,362	155,400	300
농가 5	수직밀폐	유리온실	14,652	194,900	390
농가 6	수직밀폐	비닐온실	6,930	66,400	140
농가 7	수직밀폐	비닐온실	5,544	53,100	103
농가 8	수직밀폐	유리온실	8,580	88,000	190
농가 9	수직개방	유리온실	4,950	42,000	100
농가 10	수평밀폐	유리온실	4,950	42,000	100
농가 11	수직밀폐	유리온실	22,770	230,400	584
농가 12	수직/수평형	비닐온실	21,780	260,000	500
평균			13,410	141,892	315

자료: 한국농촌경제연구원 농가조사치(2011).

1.2.2. 분석결과

전기와 기름 사용에 따른 이산화탄소 배출량을 계산하기 위해서는 에너지 종류별 이산화탄소 배출계수가 필요하다. 아래의 <표 4-3>을 적용하였으며, 경유와 전력의 총발열량 기준 이산화탄소 배출계수를 이용하여 산정하였다. 양 시스템의 이산화탄소 배출량을 계산한 결과, 지열 57.7 CO₂천톤, 기름난방 64.4 CO₂천톤으로 지열이 기름난방보다 10.3% 적은 것으로 나타났다.

농가별로 지열히트펌프 적용 이전(기름난방)과 이후의 조수입, 사업비(고정비), 에너지사용량, 에너지사용액, 추가경영비 등을 조사하였다<표 4-4>. 생산액의 경우 지열 5,261만 원, 기름난방 5,034만 원으로 지열의 경우가 많게 나타났다. 고정비는 농촌진흥청 「시설원예 가이드북(2009)」에 따라 각 농가의 세부설치비를 산정하였으며, 감가상각비의 시설자재비는

표 4-3. 에너지 종류별 이산화탄소 배출계수

구분	석유환산계수 (10 ⁻³ toe/각단위)	탄소배출계수 (tonc/toe)	탄소 (kg C)	이산화탄소 (kg CO ₂)
원유(kg)	1.010	0.829	0.837	3.07
경유(l)	0.845	0.837	0.707	2.59
LNG(Nm ³)	0.955	0.637	0.608	2.23
전력(kWh)	0.215	-	-	-

주: toe란 국제에너지기구에서 정한 단위이며, 107kcal로 정의되며, toe환산 시에는 에너지열량환산기준(에너지기본법)의 총발열량을 이용하여 환산하지만 IPCC는 이산화탄소 배출량 계산시 순발열량을 적용하도록 권고하고 있음.
 자료: 지식경제부, 에너지열량환산기준(에너지기본법 제5조 제1항 관련) IPCC, 탄소배출계수.

내구연수 10년, 기계는 20년으로 하고, 수선비는 기계비의 5%, 고정자본 분석에서 이자는 설치비의 5%를 적용하였다. 고정비 I은 100% 자부담, II와 III은 각각 50%, 20% 자부담인 경우를 나타낸다. 고정비의 경우 100% 자부담일 때 지열 1,278만 원, 기름난방 677만 원으로 크게 차이가 나타났다. 하지만 자부담 비율이 낮아질수록 그 차이는 크게 줄어들었다.

에너지 사용량은 Meul M. et al.(2007)을 따라 경유 40.68, 전기 5.65의 환산계수를 이용하여 MJ(megajoule) 단위로 전환하였다. 양 시스템에 이용된 에너지의 사용량을 서로 비교해 본 결과, 지열의 경우에는 692,500MJ, 기름난방의 경우 855,300MJ로 기름난방이 더 많은 것으로 나타났다. 에너지사용액은 지열이 642만 원, 기름난방이 1,475만 원으로 지열이 기름난방에 비해 56.5% 감소하는 것으로 나타났다. 추가경영비는 지열히트펌프의 경우에만 있으며, 난방 효과로 생산기간이 늘어나면서 추가경영비가 발생하였다. 운영비의 경우 운영비 I은 고정비 I에 에너지사용액과 추가경영비를 합산하여 산정하였고, 운영비 II와 III도 동일하게 산정하였다. 운영비 산정결과를 살펴보면, 100% 자부담일 때 지열 2,106만 원, 기름난방 2,152만 원으로 지열이 낮았으며, 이는 자부담 비율이 낮아질수록 그 격차가 커지는 것으로 나타났다.

표 4-4. 시스템별 경영성과 비교(10a당)

		지열냉·난방		기름난방	
조수입	생산량(kg)	17,106	(100)	15,716	(92)
	생산액(만 원)	5,261	(100)	5,034	(96)
고정비 (만 원)	고정비 I	1,278	(100)	677	(53)
	고정비 II	639	(100)	339	(53)
	고정비 III	256	(100)	135	(53)
에너지사용량	에너지사용량 (100MJ)	6,925	(100)	8,553	(124)
	기름(L)	3,055	(100)	17,501	(573)
	전기(kWh)	100,571	(100)	25,371	(25)
에너지사용액 (만 원)	에너지사용액	642	(100)	1,475	(230)
	기름	240	(100)	1,374	(573)
	전기	402	(100)	101	(25)
이산화탄소 배출량(CO ₂ 톤)		58	(100)	64	(111)
추가 경영비 (만 원)	노력비	132	(-)		(-)
	양액, 농약비	26	(-)		(-)
	재료비	28	(-)		(-)
운영비 I(만 원)		2,106	(100)	2,152	(102)
운영비 II(만 원)		1,467	(100)	1,814	(124)
운영비 III(만 원)		1,084	(100)	1,611	(149)

주 1) 에너지 사용량은 Meul M. et al.(2007)을 따라 경유 40.68, 전기 5.65의 환산계수를 이용하여 MJ 단위로 전환함.

2) CO₂ 배출량은 경유와 전력의 총발열량 기준 이산화탄소 배출계수를 이용하여 산정함.

3) 고정비는 농촌진흥청 「시설원에 가이드북(2009)」에 따라 각 농가의 세부설치비를 산정함. 감가상각비의 시설자재비는 내구연수 10년, 기계는 20년으로 하고, 수선비는 기계비의 5%, 고정자본이자는 설치비의 5%를 적용하였음. 고정비 I은 100% 자부담, II와 III은 각각 50%, 20% 자부담인 경우임.

4) 운영비 I은 고정비 I에 에너지사용액과 추가경영비를 합산하여 산정하였고, 운영비 II와 III도 동일함.

5) 기름 사용가격은 리터당 785원, 전기는 kWh당 40원으로 각각 계산함.

자료: 한국농촌경제연구원 농가조사치(2011).

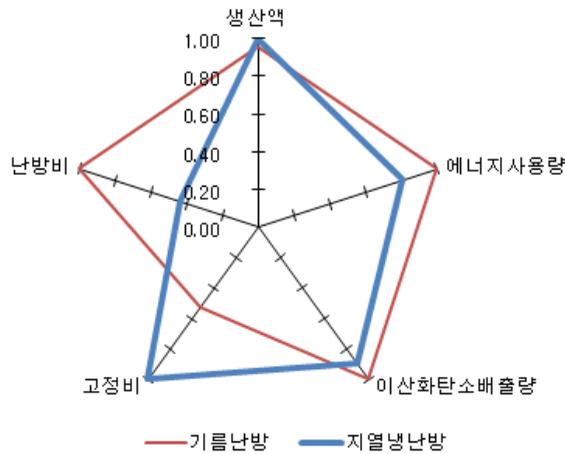
지열히트펌프와 기름난방 두 시스템의 생태효율지수를 산출한 결과는 <표 4-5>와 같다. 생산액을 에너지 사용액으로 나눈 생태효율성 지수는 지열 10.36, 기름난방 3.72로 나타났다.

표 4-5. 시스템별 생태효율성 지수 비교

	지열히트펌프	기름난방	증감
조수입/에너지사용액	10.36	3.72	6.641
생산량/에너지사용량	2.77	1.94	0.826

독일 화학제품 회사인 BASF(Baden Aniline and Soda Factory)가 개발한 환경지문(Environmental Fingerprint) 방식을 응용하여 지열냉난방과 온수난방의 환경 지문을 그림으로 나타낼 수 있다<그림 4-1>.16 여기에서 에너지사용량, 이산화탄소 배출량, 난방비, 고정비 등은 바깥에 위치할수록 덜 선호되고 생산액의 경우 바깥에 위치할수록 선호된다. 에너지사용량, 이산화탄소배출량, 난방비 등은 온수난방이 보다 바깥에 위치하고 생산액, 고정비 등은 지열냉난방이 바깥에 위치하게 된다. 환경 및 경제 지문을 통해서 지열냉난방과 온수난방을 비교해볼 때 지열냉난방이 온수난방에 비해 선호됨을 알 수 있다.

그림 4-1. 지열냉난방과 기름난방의 환경지문 비교



16 BASF는 배출에 대한 표준화를 통해 상응하는 계산 값을 어떤 특별한 플롯(plot)에 요약하여 제시하며, 1의 값을 가진 가장 바깥의 대안은 검토 중인 대안 가운데 가장 선호되지 않는다(Saling P., et al., 2002).

생태효율성 그룹별 경영성과를 비교한 결과 생태효율성 지수가 높은 농가일수록 난방비 사용액은 감소하고 생산액은 증가하는 것으로 나타났다 <표 4-6>. 농가 간 생태효율성지수의 차이가 발생하는 이유는 하우스보온 시설을 갖춘 농가와 그렇지 않은 농가 간 운영기술의 차이에 기인한 것으로 보인다. 즉 운영기술이 좋은 농가일수록 적정온도를 맞추어 줄 수 있기 때문에 겨울철에도 생산량과 품질을 제고시킬 수 있는 것으로 보인다.

표 4-6. 생태효율성 그룹별 경영성과 비교

	농가 번호	생태 효율 지수	용량 (RT)	기름 소비액 (만 원)	전력 소비액 (만 원)	에너지 사용량 (100MJ)	난방비 합계 (만 원)	생산량 (톤)	생산액 (만 원)
상 위	9	23.3	100	-	242	3,418	242	15.7	5,643
	4	13.0	300	71	299	4,587	441	19.0	5,712
	3	11.5	450	139	388	6,194	526	20.3	6,075
	7	11.5	103	-	431	6,085	431	16.5	4,950
	평균	14.8	238	105	340	5,071	410	17.9	5,595
중 위	5	11.3	390	148	330	5,428	478	18.0	5,400
	6	11.2	140	-	393	5,549	393	13.8	4,400
	8	10.7	190	59	506	7,455	535	19.0	5,712
	1	8.8	320	144	513	7,997	657	19.3	5,775
	평균	10.5	260	117	436	6,607	516	17.5	5,322
하 위	11	7.1	584	160	670	10,297	878	22.0	6,270
	2	6.4	600	532	370	7,988	902	18.6	5,780
	10	5.2	100	192	458	7,468	650	9.6	3,369
	12	4.3	500	714	227	6,908	941	13.5	4,050
	평균	5.8	446	399	432	8,165	843	15.9	4,867
전체		10.4	314.8	240	402	6,614	590	17.1	5,261

1.3. 생태효율성 분석의 시사점과 한계

지열히트펌프의 경제적인 총편익은 기름난방시설보다 크고 생태효율성 지수도 크게 높은 것으로 분석되었다. 지열히트펌프에 의한 에너지 절감은 국가적 에너지 안보 면에 있어서도 시사하는 바가 매우 크다고 할 수 있다. 유가를 비롯한 시설자재비가 지속적으로 상승함에 따라 시설농가는 경영 압박을 받고 있으므로 시설농가에 지열히트펌프를 보급함으로써 경영을 안정화시킬 필요가 있다. 생태효율성 그룹별 경영성과를 비교한 결과 생태효율성 지수가 높은 농가일수록 운영기술이 좋아 난방비 사용액은 감소하고 생산액은 증가하는 것으로 나타났다. 농가 간 생태효율성지수의 차이가 발생하는 이유로는 하우스보온시설을 갖춘 농가와 그렇지 않은 농가 간 운영기술의 차이에 기인한 것으로 보인다. 즉 운영기술이 좋은 농가일수록 적정온도를 맞추어 줄 수 있기 때문에 겨울철에도 생산량과 품질을 제고시킬 수 있다. 따라서 이러한 선도농가들의 기술력을 적극적으로 교육시키고, 보급할 필요가 있다. 한편, 지열히트펌프 등 신재생에너지기술의 경우 경제적인 편익이 발생하지만 초기에 투자되는 시설비용이 매우 높기 때문에 농가들의 투자를 유도하기 위해서는 적절한 지원 대책이 요구된다.

본 절에서 지열히트펌프에 대해 생태효율성 분석을 시도하였지만 한계 점도 있다. 경제적 성과와 환경적 부담을 설명하는 지표로 다양한 지표가 활용될 수 있다는 점이다. 이는 곧 어느 지표를 활용하느냐에 따라 그 결과가 조금씩 달라질 수 있음을 의미한다. 또 하나는 경제적 성과에 대한 환경적 부담의 비율로만 평가하기 때문에 환경적 부담의 절대치가 증가하는 경우를 간과하게 된다. 즉 생태효율성의 개선이 때로는 환경용량을 초과할 정도로 환경적 부담이 가중되는 것을 생태효율성 분석에서 나타낼 수 없다는 점이다. 이런 한계에도 불구하고 생태효율성 지표는 경제적 성과와 환경적 부담을 동시에 고려하는 지표로 널리 활용되고 있다.

2. 녹색성장 수단의 한계감축비용 분석

농업부문의 녹색성장은 작물 토양의 개선, 에너지 효율화, 바이오매스의 활용, 첨단 농업기술 적용 등 다양한 수단에 의해 추진되어질 수 있다. 예산제약하에서 국가 온실가스 감축목표에 도달하기 위해서는 경제적으로 효율성 있는 감축 수단들을 우선적으로 추진해야 할 것이다. 이와 같이 비용효과적인 감축대책의 우선순위를 정하는데 온실가스 한 단위 감축에 추가적으로 들어가는 비용으로 정의되는 한계감축비용(Marginal Abatement Cost, MAC)의 분석이 적용된다. 여기에서는 해외(영국)의 사례를 소개하고, 국내 농업부문을 대상으로 한계감축비용 분석이 가능한 수단에 대해 시산해보고자 한다.

2.1. 한계감축비용곡선의 개요

한계감축비용은 온실가스 한 단위 감축에 추가적으로 들어가는 비용으로 정의할 수 있으며 이는 배출권 거래시장에서 배출권의 가격으로도 활용된다. 예를 들어, 이산화탄소 1톤을 감축하는 데 필요한 추가 저감비용(한계비용)은 설비투자비용과 연간유지관리비용에서 선택된 대책기술에 의한 탄소 톤당 에너지비용 경감분을 공제하여 산정할 수 있다.

$$A = C - EP \dots\dots\dots (4-4)$$

여기서, A : CO₂ 1톤을 감축하는 데 필요한 추가 감축비용

C : CO₂ 1톤 감축에 추가적으로 필요한 설비투자비용과 연간유지관리비용

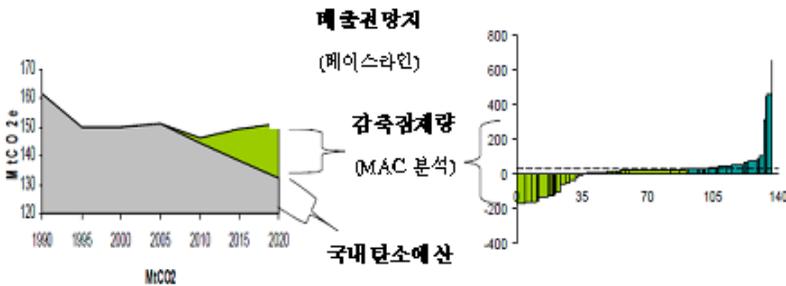
EP : 대책 기술 채택에 의한 탄소 톤당 에너지 비용 경감분

한계감축비용은 단위 온실가스 감축에 투입되는 비용 즉, 추가비용이 일

마인가를 나타내는 절대적인 판단기준이 된다. 감축비용이 마이너스 값을 갖게 되면 에너지절약에 의한 비용 감소분이 대책 채택에 따른 초기투자비나 운영비 등을 충분히 보상해 주는 ‘NO regret’ 대책으로 분류된다. 한계 감축비용분석은 각 부문들 내의 온실가스 감축 대책들과 관련된 데이터를 상향식 방법으로 분석함으로써 비용과 저감잠재력 간의 관계를 나타낸다. MACC 분석은 부문별 배출 목표를 맞추기 위한 비용효과적 대책을 확인하며, 효율적인 배출량 수준을 결정하는 데 도움을 준다.

국내 탄소예산이 한계감축비용곡선(Marginal Abatement Cost Curve, MACC)으로부터 도출될 수 있다. <그림 4-2>의 오른쪽 MACC곡선의 막대 높이는 비용효과성을 나타내며, 비용효과성이 감소하는 순서로 저감 옵션들을 정렬한다. 옵션들이 곡선의 왼쪽과 x축 아래쪽에 위치할수록 음의 비용 혹은 사회적 편익을 나타내고, 곡선의 오른쪽과 x축 위쪽에 위치할수록 사회적 비용을 나타낸다. MACC는 기술들과 옵션들이 한계적으로 비교되는 것을 허용한다. 각 막대의 폭은 옵션의 저감 잠재력을 나타내게 된다.

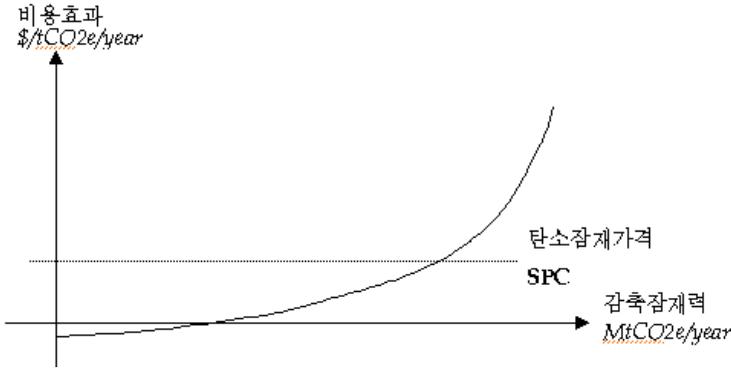
그림 4-2. 탄소예산으로부터 MACC 도출



한계감축비용곡선은 다양한 방법들의 저감잠재력과 비용효과성의 평균을 나타낸다<그림 4-3>. 탄소가격의 수준은 생산자와 소비자 행동 즉, 온실가스 배출량, 농장 생산량, 장소, 경작법 등에 영향을 미친다.

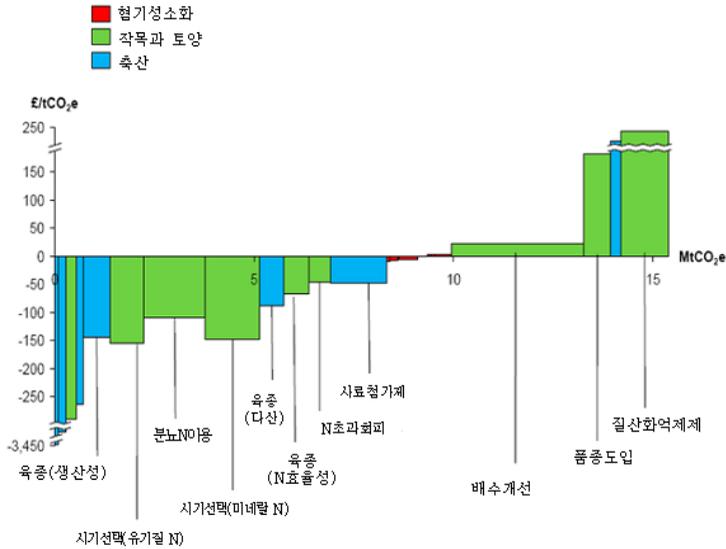
농업부문에서도 무경운, 양분관리, 보전경운, 유기토양관리, 토지피복, 부산물관리, 벼재배, 가축분뇨관리, 유기농업, 기타 등 온실가스 감축 수단 별로 MACC 분석을 시도할 수 있다<그림 4-4>.

그림 4-3. 한계감축비용곡선



한계감축비용곡선 도출을 통해 비용효과적인 감축대책의 우선순위를 정하는 데 활용할 수 있고, 정책결정에 기초자료를 제공할 수 있다. 더 나아가 타분야의 한계감축비용이 있다면 타분야와의 비교를 통해 농업분야가 상대적으로 비용효과적인지를 비교할 수 있다.

그림 4-4. 대안별 한계감축비용 비교: 농업부문 사례



자료: McKinsey & Company(2009).

2.2. 해외(영국)의 한계감축비용 도출 사례

영국은 2050년까지 1990년보다 온실가스를 80% 줄이는 야심찬 국가 온실가스 감축 목표를 세우고, 기후변화 위원회(Committee on Climate Change, CCC)를 통해 감축량 할당 작업을 하였다. 영국 기후변화 위원회는 배출량 감축을 경제적으로 효율성 있게 추진할 필요를 인식하고, 상향식의 한계감축비용 곡선 접근법을 채택하게 되었다. 영국 기후변화 위원회가 도출한 한계감축비용곡선은 이산화탄소의 단위당 비용에 의해 순서가 정해진 감축 대책의 목록을 보여준다. 감축 대책들은 정상적으로 경제성장을 이루었을 때(Business as usual, BAU) 발생할 것으로 예상되는 감축활동에 추가적 감축활동을 나타낸다. 한계감축비용은 대책들의 비용효과성(CE) 혹은 비용편익 평가를 설명하며, 탄소 배출 손해 회피의 편익은 Defra(2007)에 의해 개발된 탄소의 잠재가격(Shadow Price of Carbon, SPC)으로 나타내어진다.

한계감축비용곡선 도출은 정상적으로 경제성장을 이루었을 때 2012년, 2017년, 2022년의 감축 혹은 기준 배출 전망치를 파악하는 것으로부터 시작된다. 다음으로 각 기간의 BAU 시나리오에 의한 감축전망치를 증가하는 추가적인 감축가능성을 파악한다. 이는 남아있는 감축대책과 BAU 감축을 비교함으로써 이루어지는데 대책은 최대 기술적 가능성과 중간, 높고, 낮은 실현가능성에 일치하는 대책 시나리오를 포함한다. 최대 기술적 감축잠재량과 아래의 과정을 따라 각 기간의 추가적인 감축(대책 인벤토리, 현존 자료, 전문가 그룹 검토 등에 근거)에 기여하는 각 대책을 유로(/tCO₂)로 나타낸 비용-효과를 정량화한다<표 4-7>.

표 4-7. 비용효과의 정량화 과정

구분	주요 내용
STEP I	비용과 편익 및 그 시기의 정량화
STEP II	할인율을 사용하여 순현재가치 계산
STEP III	유로 2006으로 비용 표시
STEP IV	비용효과 계산에 사용된 비용명세의 열거
STEP V	대책의 세계의 잠재적 배출영향 가능성 파악

비용-효과를 정량화하는 작업이 끝나면 사회적, 사적, 혼합 매트릭스를 도출하기 위해 초기 MACC의 변화하는 할인율을 도출한다. 다음으로 대책들의 상호작용에 의한 감소한/증가된 비용효과를 고려하고 여러 상이한 평균비용 반영 위한 MACC의 조밀도(granularity)를 고려하여 비용효과를 조정한다<그림 4-5>. MACC를 다시 도출하고, 실행 가능한 활용 수준을 파악하며, 기존의 정책과 관련하여 준수/활용 수준의 검토에 근거하여 중간, 낮은, 높은 수준의 예측으로 실행 가능한 잠재량을 정량화한다. 마지막으로 실행 가능한 잠재량을 위임된 행정(devolved administration, DA)에 의해 분해하고, 요약 시트 양식에 보고하며, 독립적인 한계감축비용(MACC)에 대한 검토를 한다.

그림 4-5. 비용효과를 고려한 계산방법



2.2.1. 농가수준 모델 접근방법

영국의 한계감축비용곡선은 수학적 프로그래밍을 이용한 농가수준 모델 접근방법을 통해 도출되었다. 수학적 프로그래밍을 통해 농가, 환경과 시장의 물리적 시스템을 알 수 있고 또한, 모델에 나타나는 가능한 일련의 활동을 통해 ‘무엇을 할 수 있는지’를 해석할 수 있다. 농가시스템의 모델링을 통해 연구자는 농가시스템 프로세스의 투입과 산출 간의 정량화된 연계를 구축할 수 있다. 실제로 모델링 프로세스는 정보가 부족한 분야를 집중조명하여 시스템을 전체로 이해하게 하고 정적인 정보와 데이터를 동적으로 더 의미 있게 만든다.

영국의 수학적 프로그래밍을 통한 농가수준 모델은 정책의 변화와 시장 조건에 농부들이 어떻게 반응할지에 대해 직접적인 해답을 얻도록 개발되었다. 이 모델을 통해 농가의 여러 활동의 구성과 금융의 영향에 대한 변화를 알 수 있게 되어 있다. 활동의 변화에 따른 가상가격을 계산할 수 있고, 모델의 여러 제한조건 변화를 통해 농가수준에서의 비용효과를 계산할 수 있다.

농가수준 모델의 기본모델은 194개의 활동과 205개의 억제 유형이 있다. 활동은 작물활동의 면적에서 여러 종류의 가축의 수, 예를 들면 송아지 중 새끼를 낳지 않는 어린 암소, 태어난 것, 산 것과 팔린 것 등이다. 억제는 주요변수와 영국 농가시스템의 많은 고정비용 즉, 농지면적, N, P, K 적용 등을 아우른다. 모델은 총마진을 극대화함으로써 자원의 최적 분배에 대한 해를 도출하도록 되어 있다. 모델링을 통한 시기별 비용과 편익 정량화 프로세스(<표 4-7>의 STEP I)는 다음과 같다.

- ① 농가의 형태는 보통 크기의 작물농가, 축산 혼합농가와 축산농가로 정의된다. 이는 영국의 환경식품농림부의 농업인구통계 데이터의 정의를 따르는 것으로 농지면적, 농지종류와 같은 기준활동과 억제요인의 지표를 얻을 수 있다.
- ② 농산물의 주요 투입과 산출 가격은 영국 내 농업관련 보고자료

(Defra, 2007)로부터 얻어졌다. 이는 1990년대 초부터의 가격정보를 제공하지만 가격동향의 조사와 2022년까지의 예측에는 2000년에서 2006년까지의 가격만이 사용되었다. 2000년에서 2006년까지의 비용과 가격의 가중평균이 사용되었으며 이 평균은 많은 정책과 경제적 충격이 고려된 것이다.

- ③ 농가가 2006, 2012, 2017, 2022년의 각 시기의 선형프로그래밍(LP)모델 내에서 총마진을 극대화한다는 가정하에서 최적화되었다. 결과적으로 경감 시나리오의 영향과 비교할 기준 시나리오가 도출되었다.
- ④ 총마진의 변동은 특정 경감전략 채택 시의 비용 혹은 이익으로 정의된다. 하지만 선형프로그래밍의 가정이 자원의 최적화에 있으므로 농가의 결정이 그들의 최적효율 수준에서 측정된다는 약점이 있다. 결과적으로 일부 계정이 이 약점을 보완하기 위해 전 산업을 통해 효율의 연장 위에서 만들어졌다(Morgan et al., 2008).

2.2.2. 감축대책 인벤토리(작물과 토양)

가. 완화대책 목록

<표 4-8>은 작물과 토양을 사례로 한 완화대책 목록을 나타내고 있다. 대책들은 주로 화학비료의 살포를 최소화하거나 화학비료가 작물에 미치는 영향을 최적화함으로써 N의 투입을 감소시킨다. 대책을 실행했을 경우 수확량이 감소하거나 장비·인건비 등이 증가하는 등 비용에 미치는 영향은 대책별로 다양하게 나타난다.

표 4-8. 완화대책 목록

대책	대책의 설명	비용측면의 영향
N투입 제공하기 위한 생물학적 고착방법	콩류로 질소를 고착시켜 비료 N의 요구량을 최소화	수확 30% 감소
종의 도입	도입되는 품종이 효과적으로 N을 흡수	장비·인건비 등 비용 증가, 수확 7% 감소
질소비료 사용량 감소	비료 시비율을 전면적으로 감소	비료구입비 감소, 장비 및 인건비 감소
N 과다 방지	N이 과다 살포되던 지역에서 N의 살포 감소	질소비료 구입비 10% 감소
퇴비 N 공급의 완전한 허용	퇴비 N의 사용을 가능한 많이 증가	질소비료 투입 15% 감소
화학비료 N과 퇴비 적용시기의 개선	비료를 최대한으로 이용하는 시점에 투입시기를 맞추어 시비	추가비용 없음. 수확 3~5% 증가
비료시비 며칠 후 슬러리 별도 살포	가용 N의 탈질화를 크게 증가시켜 질소산화물의 배출 증가	추가비용 많지 않음.
슬러리 대신 혼합비료, 밀집 들어간 퇴비 사용	혐기조건을 증가시켜 질소산화물의 손실을 크게 함	작물의 생산성 감소 추가비용 많지 않음.
방출제어비료	흙 속의 광물 N을 미생물활동에 의해 질소산화물로 변환	비료비용 증가, 살포횟수 감소
질화억제제	비료의 암모니아가 질산염으로 변환하는 속도는 늦춤	상당한 비용증가, 인건·장비비 약간 감소
투입에 덜 의존적인 시스템 채택	전체적인 온실가스 배출 감소	수확량 10% 감소, N 비료 값 25% 감소
N-사용효율 개선하는 다양한 식물	적은 N을 이용하는 새로운 식물군을 채택함.	비료 사용량 감소
경작지 감소/휴경	감소된 산화율로 토양 속에 저장된 탄소의 배출 감소	상당한 일회성 비용 소요, 경작비 16% 감소
농지하수 개선	흙의 포기를 증가시켜 N ₂ O 배출 감소	상당한 비용 소요, 수확 10% 증가

나. 비용

온실가스 감축잠재량을 추정하기 위해 데이터가 필요하지만 대부분의 대책에 대한 최신 비용데이터가 부족하다. 이 문제의 해결을 위해 전문가의 조언을 구하며, 농가 입장에서의 비용과 편익을 파악한다. 그리고 비용과 편익을 농가단위 모델링에 투입이 가능하도록 바꾸는데, 그 예로 투입 자재 구입비, 인건비 및 장비비 등이 있다. 모델을 사용하여 각 감축대책이 대표적인 작물과 농가의 총마진에 미치는 영향을 계산한다. 농가 유형에 따른 헥타당 비용을 대책이 적용되는 영국 내 농지 크기에 곱하고 그 결과를 각 대책의 가중 평균비용의 계산에 사용한다. 독립적 비용-효과는 비용 (£/ha/y)을 감축률(tCO₂e/ha/y)로 나누어 얻는다.

다. 감축률과 잠재력

영국의 전체적인 감축 잠재력을 산출하기 위해서는 대책의 감축률(tCO₂e/ha/y)과 주어진 기간 내 대책이 적용될 추가 면적(현 면적 이상의)에 대한 정보가 요구된다. 최대 기술가능성이 있는 추가적 분야는 전문가로부터 자문을 구한다. 세 가지 실현가능성(높음, 중간, 낮음)은 기존 정책의 채택·준수의 검토에 근거하여 계산한다.

감축률에 대한 기존의 근거에 전문가의 판단을 결합하여 각 대책의 감축률을 예측한다. 감축률은 농가의 직접배출이 대상이 되며 확장된 수명주기 영향은 포함시키지 않는다. 예를 들어 비료 제조 과정에서 배출되는 CO₂는 포함시키지 않지만 간접적인 N₂O 배출은 포함한다.

라. 비용-효과

감축대책은 독립적으로 혹은 다른 대책과 함께 적용될 수 있다. 대책의 독립적인 비용-효과는 간단히 가중 평균비용((£/ha/y)을 감축률(tCO₂e/ha/y)로 나누어 계산한다. 하지만 다른 대책과 함께 적용될 때는 대책들이 상호

작용하며, 함께 적용된 대책에 맞추어 감축률 및 비용효과에 변동이 생기게 된다. 예를 들어 농가가 대책 A(생물학적 고정화)를 실행하며 적은 N의 비료가 필요할 것이며, N비료의 감소량을 줄어들게 한다(대책B). 이때 대책의 효율이 증가(혹은 감소)하는 양을 간섭계수(interaction factor)를 이용하여 나타낸다.

$$\text{간섭계수} = \frac{\text{대책 A 이후 대책 B 적용 시 감축률}}{\text{대책 B의 독립적 감축률}} \dots\dots\dots (4-5)$$

예를 들어 대책 A, B가 0.55의 간섭계수를 갖는다면 대책 A 이후 대책 B를 적용 시 대책 B의 감축률은 0.55를 곱한다. 대책이 실행될 때마다 모든 남은 대책의 감축률은 적당한 간섭계수를 곱하여 다시 계산한다. 즉 대책 A가 먼저 실행되면 A열의 모든 남은 대책은 간섭계수를 곱한다<표 4-9>. 따라서 각 대책이 실행된 후 남은 대책의 감축률과 비용-효과는 다시 계산하며, “다음의 최고” 대책을 선택한다.

표 4-9. 대책 조합 시 감축률 계산

실행 대책	조치	독립 감축률 (tCO ₂ e/ha/y)	상호작용고려 시 감축률
			(간섭계수는 밑줄 표시)
1차	A: 생물적 고착	1	1
2차	D: 과다 N 회피	0.4	0.4× <u>0.55</u> = 0.22
3차	E: 종 도입	0.5	0.5× <u>0.9</u> × <u>0.9</u> =0.405
4차	H: 방출제어 비료	0.3	0.3× <u>0.55</u> × <u>0.75</u> × <u>0.6</u> =0.074

대책 조합 시 고려해야 할 또 다른 사항은 대책이 중복되는 양에 대한 불확실성이다. 대책이 상호작용하는 방식은 그것이 어떻게 감축시키느냐와 농지의 중복면적에 적용되는 양에 따라 다르다. <표 4-10>의 예와 같이 C와 D의 두 대책이 있으면 D의 감축률은 C 후에 적용 시 30%까지 줄어든

다. 이때의 간섭계수는 0.7이다. 만약 50%의 중복률을 가진다면 대책 D와 같이 표현된다.

표 4-10. 대책 조합 시 감축률 계산(예)

대책	독립적감축률 (tCO ₂ e/ha/y)	대책 적용가능 초지의 %	간섭 계수	100% 중복 시 100ha당 감축	50% 중복 시 100ha당 감축
C	1	60	na	60%×100=60	60
D	1	60	0.7	60%×100×0.7 =42	(60×100×0.5)+ (60×100×0.5×0.7)=51

2.2.3. 감축대책 인벤토리(축산)

가. 감축옵션 목록

축산부문의 감축목록은 크게 두 가지 범주로 구분된다. 하나는 동물관리에 초점을 맞춘 것이고 다른 하나는 분뇨관리에 초점을 맞춘 것이다. 동물관리의 감축옵션으로는 사료에서 농축물의 증가, 사료에서 옥수수 사일리지 비율의 증가, 프로피온 에스테르 선구물질, 생균제, 이온 투과담체, 성장호르몬, 생산의 유전학적 개량, 생식력의 유전학적 개량, 유전자 변형 새끼의 사용 등이 있다. 분뇨관리의 감축옵션으로는 덮개 있는 슬러리 탱크, 덮개 있는 오수처리 인공 못, 무산소성 저장에서 유산소 저장(탱크)으로 변경, 무산소성 저장에서 유산소성 저장(못)으로 변경, 분뇨의 통기, 무산소성 소화제재 등이 있다.

양과 염소에 대한 동물관리 옵션은 연구에 포함시키지 않는데 그 이유는 전통적인 양 관리 시스템하에서 감축 옵션이 영국의 양 떼 전체에 대해 적용하기 어려울 것이라는 점 때문이다.

표 4-11. 축산부문 감축옵션 목록

	낙농	소	돼지	가금류
동물 관리				
사료에서 농축물의 증가	✓	✓		
사료에서 옥수수 사일리지 비율의 증가	✓	✓		
프로피온 에스테르 선구물질	✓	✓		
생균제	✓	✓		
이온 투과담체	✓	✓		
소 성장호르몬	✓	✓		
생산의 유전학적 개량(또는 개량된 흡수)	✓	✓		
생식력의 유전학적 개량	✓			
유전자 변형 새끼의 사용	✓			
분뇨 관리				
덮개 있는 슬러리 탱크	✓	✓	✓	
덮개 있는 오수처리 인공 못	✓	✓	✓	
무산소성 저장에서 유산소 저장(탱크)으로 변경	✓	✓	✓	
무산소성 저장에서 유산소 저장(못)으로 변경	✓	✓	✓	
분뇨의 통기	✓	✓	✓	
무산소성 소화제제(농가규모 및 중간정도)	✓	✓	✓	✓

나. 비용

각 동물관리 감축옵션의 비용은 처리된 동물당 감축옵션의 연간 관리비용에 처리된 동물의 수를 곱하여 추정한다. 영양 옵션 비용(예를 들면 옥수수 사일리지의 증가하는 비율)은 감축옵션이 관리되는 날 수와 이전 옵션과 비교한 사료비용의 변화를 설명한다. 낙농용 가축에 대해서는 비용효율성도 감축옵션이 생산성을 개선한 경우에 산출량의 고정수준에서 암소 무리의 수를 감소시킴으로써 전반적인 연간비용의 감소를 설명한다. 소에 대

한 감축옵션의 시행비용은 옵션의 적용을 위한 직접비용과 쇠고기의 판매량 증가를 통한 생산 산출의 증가로부터 발생하는 간접적인 혜택을 고려한다<표 4-12>. 분뇨관리 옵션의 비용은 조치의 시행에 필요한 투자와 저장단위당 연간 연관비용을 추정함으로써 계산한다. 저장단위의 수는 분뇨 분량의 비율과 각 분뇨관리 시스템에서의 평균 저장용량으로부터 추정한다.

표 4-12. 소 감축조치와 연관된 비용의 설명

	직접	간접	비고
농축물	고농축물 함량으로 변경	산출증가수입	곡물가격 예측과 연결
프로피온 에스테르	연간 관리비용	"	
바이오 유제품	연간 관리비용	"	
이온투과담체	연간 관리비용	"	
bSt	연간 관리비용	"	
유전적 개선	비용 없음	"	
유전자변형 새끼	유전자변형 어미의 새끼 추정비용	"	5년 수명기간을 가진 자본비용

다. 감축기술의 채택/준수율

동물관리 및 분뇨관리 옵션에 대해 가정된 기술적인 가능성과 타당성 수준은 채택과 준수율에 근거하여 추정한다. 채택/준수율은 각 감축옵션에 대한 비용(즉, 긍정적 또는 부정적)과 조치가 시행하기 어렵거나 쉬울 것이라고 가정하고 있는지에 근거하여 적용한다. 동물관리 조치의 몇 가지는 모든 가축시스템에서 적용하지 않는다(예를 들면, 사료첨가제의 사용은 유기농 비료를 사용하는 가축에서 허용될 가능성이 적다). 이러한 감축옵션들은 가축 수의 비율에만 적용한다(예를 들면, 낙농에서 소의 소마타트로핀의 90%의 적용 가능성). 무산소성 소화에 대한 채택 수준은 2022년에 대한 중·고·저 수준의 가능성으로 각각 45%·75%·30%를 설정한다.

라. 비용-효과

축산부문의 경우 각 옵션의 감축가능성과 비용효율성은 함께 작용할 때 더 효율적일 가능성은 없다(예를 들면, 중앙 또는 농가에서 무산소성 소화가 발생하고 있는 경우에 탱크를 덮는 것과 같은 분뇨관리 전략을 적용할 방법이 없다). 한편, 감축옵션 중 몇 가지는 보완적일 수 있으며 또한 동시에 적용될 수 있다(예를 들면, 유전적 개선과 사료의 변경). 가축시스템에서 결합된 조치의 효과에 대한 연구는 별로 없다.

2.2.4. 한계감축비용의 계산

MACC의 주요사항은 다음과 같이 계산한다. 즉 연간 감축가능한 양은 베이스라인의 온실가스 배출량에서 감축방법 온실가스 배출량을 제외시킴으로써 도출한다<식 4-6>. 비용-효과성은 감축방법의 평생비용에서 베이스라인의 평생비용을 뺀 값을 베이스라인의 평생 GHG 배출량에서 감축방법의 평생 GHG 배출량을 뺀 값으로 나누어줌으로써 도출한다<식 4-7>. 저감잠재력은 베이스라인의 MtCO₂에서 감축된 MtCO₂를 제외시킴으로써 도출한다<식 4-8>. 마지막으로 감축비용은 감축방법의 총비용에서 베이스라인의 총비용을 뺀 값을 베이스라인의 GHG 배출량에서 감축방법의 GHG 배출량을 뺀 값으로 나누어줌으로써 도출한다<식 4-9>.

$$\text{연간감축가능한 양} = \text{베이스라인의 온실가스 배출량} - \text{감축방법 온실가스 배출량} \quad \cdots (4-6)$$

$$\text{비용-효과성} = \frac{\text{감축방법의 평생비용} - \text{베이스라인의 평생비용}}{\text{베이스라인의 평생 GHG 배출량} - \text{감축방법의 평생 GHG 배출량}} \quad \cdots (4-7)$$

$$\text{저감잠재력} = \text{베이스라인의 MtCO}_2 - \text{감축된 MtCO}_2 \quad \cdots \cdots \cdots (4-8)$$

$$\text{감축비용} = \frac{\text{감축방법의 총비용} - \text{베이스라인의 총비용}}{\text{베이스라인의 GHG배출량} - \text{감축방법의 GHG배출량}} \dots\dots\dots (4-9)$$

2.2.5. 대책별 감축잠재력 추정결과

<표 4-13>은 2022년에 대하여 추정된 평균적인 실행가능성의 경우 (Central Feasible Potential, CFP)를 예시로 나타내고 있다. 비용효과성이 가장 큰 대책으로는 육우 사육관리의 유전자개선으로 -3,603유로/(tCO₂e)로 나타났다. 다음으로는 육우 사육관리의 반추위 발효조정제 사용이 -1,748유로/(tCO₂e), 작물-토양의 경운 감축이 -1,053유로/(tCO₂e), 낙농 사육관리-옥수수 사일리지 -263유로/(tCO₂e), 작물-토양-숙성가축분뇨 -149유로/(tCO₂e)로, 작물-토양-미네랄 N 시기선택 -103유로/(tCO₂e)로, 작물-토양-개선된 N 사용 재배 -76유로/(tCO₂e) 등의 순서로 나타났다.

비용효과성이 가장 작은 대책으로는 작물-토양의 생물학적 N고정이 14,280유로/(tCO₂e)로 나타났다. 다음으로는 작물-토양-투입물 의존 낮은 시스템이 4,434유로/(tCO₂e)로, 육우 사육관리-농축물 2,704 유로/(tCO₂e)로, 작물-토양-N 비료 감축 2,045유로/(tCO₂e)로, 낙농 사육관리-유전형질 전환 1,691 유로/(tCO₂e)로, 작물-토양-비료 방출 조절 1,068 유로/(tCO₂e) 등의 순서로 나타났다.

대책별 감축량이 가장 큰 대책은 작물-토양의 배수로 1,741 ktCO₂e이고, 다음으로는 작물-토양의 미네랄 N 시기선택 1150 ktCO₂e, 작물-토양의 유기질 N 시기선택 1,027 ktCO₂e, 낙농 사육관리-반추위 발효조정제 740 ktCO₂e으로 각각 나타났다.

표 4-13. 2022년 감축 잠재력: 평균적인 실행가능성의 경우 추정치

코드	대책	대책별 감축량 (ktCO ₂ e)	누진 감축량 (ktCO ₂ e)	비용 효과성 (₩2006/tCO ₂ e)
CE	육우 사육관리-반추위 발효조정제	347	347	-1,748
CG	육우 사육관리-유전자개선	46	394	-3,603
AG	작물-토양-미네랄 N 시기선택	1,150	1,544	-103
AJ	작물-토양-유기질 N 시기선택	1,027	2,571	-68
AE	작물-토양-숙성가축분뇨	457	3,029	-149
AN	작물-토양-경운감축	56	3,084	-1,053
BF	낙농 사육관리-생산성 개선	377	3,462	0
BE	낙농 사육관리-반추위 발효조정제	740	4,201	-49
BI	낙농 사육관리-번식력 개선	346	4,548	0
AL	작물-토양- 개선된 N 사용 재배	332	4,879	-76
BB	낙농 사육관리-옥수수 사일리지	96	4,975	-263
AD	작물-토양-질소 초과 회피	276	5,251	-50
AO	작물-토양- 퇴비사용	79	5,330	0
AM	작물-토양-슬러리 미네랄 N 지연	47	5,377	0
EI	농장의 혐기성 소화-돼지(대)	48	5,425	1
EF	농장의 혐기성 소화-소(대)	98	5,523	2
EH	농장의 혐기성 소화-돼지(중)	16	5,539	5
EC	농장의 혐기성 소화-낙농(대)	251	5,790	8
HT	집중화된 혐기성 소화-닭(5mW)	219	6,009	11
AC	작물-토양-배수	1,741	7,750	14
EE	농장의 혐기성 소화-소(중)	51	7,801	17
EB	농장의 혐기성 소화-낙농(중)	44	7,845	24
AF	작물-토양-품종 도입	366	8,211	174
BG	낙농 사육관리-소과의 성장호르몬	132	8,343	224
AI	작물-토양-질화억제물	604	8,947	294
AH	작물-토양-비료 방출 조절	166	9,113	1,068
BH	낙농 사육관리-유전형질전환	504	9,617	1,691
AB	작물-토양-N 비료 감축	136	9,753	2,045
CA	육우 사육관리-농축물	81	9,834	2,704
AK	작물-토양-투입물 의존 낮춘 시스템	10	9,844	4,434
AA	작물-토양-생물학적 N 고정	8	9,853	14,280

2.3. 국내 농업부문의 한계감축비용곡선 도출 및 활용

국내 농업부문에서 실행 가능한 온실가스 감축 녹색기술들을 살펴보면 <표 4-14>와 같다. 녹색기술은 크게 농업과 축산으로 분류할 수 있고, 농업은 경종과 시설원예로, 축산은 장내발효개선과 분뇨처리로 분류할 수 있다. 녹색기술은 다시 에너지의 직접적인 감축을 통해 온실가스를 줄일 경우 에너지기술로 그 밖의 기술을 비에너지기술로 분류할 수 있다.

농업부문의 경종분야에서 간단관개, 무경운+로타리, 가을경운 등 17개, 시설원예 분야에서 지열히트펌프, 다겹보온커튼장치 등 6개가 있다. 축산 부문에서는 장내발효개선에서 양질조사료, 사료첨가제 등 2개, 분뇨처리에서 퇴액비화, 에너지화 등 2개가 있다.

경종분야에서 감축량이 가장 큰 기술은 녹비작물 재배로 ha당 7.300톤을 줄일 수 있다. 다음으로 바이오디젤용 유채재배 5.000톤, 무경운+로타리 3.827톤, 간단관개 2.940톤, 암거배수 2.912톤을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 감축량이 가장 적은 기술은 유기질비료 시용으로 ha당 0.003톤을 줄이는 것으로 나타났다. 축산 분야에서는 바이오가스플랜트가 개소당 1,763톤으로 나타났고, 가축분뇨퇴액비화의 경우 한우 1두당 0.059톤, 사료첨가제 0.025톤, 양질조사료 0.009톤 등으로 나타났다.

시설원예 분야에서는 목재펠릿 보일러가 ha당 486.0톤으로 가장 많은 양을 감축시키는 것으로 나타났고, 보온터널개폐장치 109.0톤, 다겹보온커튼장치 92.5톤, 지열히트펌프 77.6톤 등으로 단위당 감축량이 높게 나타났다. 이는 시설원예농업이 토지 집약적인 데다 냉난방, 전조 등 에너지 집약적이기 때문이다.

온실가스 감축을 위해 개발된 기술들의 경우 온실가스 감축량은 계량화되어 있으나 경제성 분석 관련 자료는 많지 않다. 또 개발된 기술이 어느 정도 적용될지, 즉 어느 정도의 농가가 수용할지는 경제성 측면과 연계되어 결정될 것인데, 이에 대한 면밀한 분석이 필요하다.

한계감축비용은 <식 4-4>와 같이 감축기술별로 이산화탄소 1톤을 감축하는 데 추가적으로 필요한 설비투자비용과 연간유지관리비용에서 감축

표 4-14. 온실가스 감축 녹색기술 목록

분류1	분류2	분류3	감축기술	단위당 CO ₂ 감축량(톤)	참고 문헌
농업	경종	비에 너지	간단관개	2.939/ha	a,e
			무경운+로타리	3.827/ha	a
			가을경운	0.383/ha	a
			벗짚제거	2.885/ha	a,e
			암거배수	2.915/ha	a
			건답직파재배(평면)	1.278/ha	a
			토양개량제(규산 사용)	0.978/ha	a
			돈분톱밥퇴비	0.482/ha	a
			조생종파종	0.102/ha	a
			청보리재배	0.680/ha	c
			맞춤형비료사용	0.479/ha	j
			유기질비료사용	0.003/ha	c
			바이오디젤용 유채재배	5.000/ha	c
			녹비작물 재배 ¹⁾	7.300/ha	l
	에너지	에너지	부분경운건답직파기	0.144/ha	j
			부분경운이앙기	0.174/ha	j
			트랙터용에코드라이빙시스템	0.016/ha	j
	시설 원예	에너지	지열히트펌프	77.6/ha	f
			다겹보온커튼장치	92.5/ha	h
			보온터널개폐장치	109.0/ha	j
			순환식수막보온시스템	67.1/ha	h
일들개 LED적용			27.1/ha	b	
목재펠릿보일러 ²⁾			486.0/ha	h	
축산	장내발효 개선	비에 너지	양질조사료(한우)	0.009/두	k
			사료첨가제(한우)	0.025/두	k
	분뇨처리	비에 너지	가축분뇨퇴액비화(한우)	0.059/두	k
			가축분뇨에너지화	1,763/개소	k

주 1) 녹비작물의 경우 헤아리베치 기준이며, 흡수량을 나타냄.

2) 목재펠릿의 감축량 원단위가 높은 이유는 목재펠릿을 이용할 때 발생하는 이산화탄소는 발생량으로 산정하지 않는다는 IPCC 기준에 근거함.

자료 a: 국립농업과학원(2009). b: 농촌진흥청(2009).

c: 농림수산식품부(2009). d: 고지환외 8명(2002).

e: 신용광외 3명(1995). f: 김창길외 7명(2010).

g: 김창길외 7명(2011). h: 김연중외 2명(2009).

j: 농업기술실용화재단(2011). k: 국립축산과학원 추정치(2011).

l: 농촌진흥청(2010).

기술 채택에 의한 탄소 톤당 에너지 비용 경감분을 빼줌으로써 도출할 수 있다. 감축기술 목록 가운데 경제성 분석이 시도되었던 지열히트펌프, 바이오가스플랜트, 잎들개 LED, 다겹보온커튼, 수막보온시스템, 목재펠릿, 녹비작물 등에 대해서 한계감축비용을 도출하였다<표 4-15>.

지열히트펌프 기술의 경우 KREI 경제성 분석 결과(2011)를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 비용을 계산하면 고정비와 경영비를 합하여 10a당 101만 원이고, 추가 수익은 생산액 증가분과 에너지비용 감축분을 합하여 136만 원이 된다. 따라서 한계감축비용은 -35만 원으로 나타났으며, 이는 CO₂ 1톤을 감축하기 위해 지열히트펌프를 설치하면 10a당 35만 원의 수익이 발생함을 의미한다.

바이오가스플랜트 기술의 적용의 경우 이지 바이오가스플랜트 경제성 분석결과(2008)를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 비용을 계산하면 고정비와 경영비를 합하여 1개소당 67만 원이고, 추가 수익은 전력판매액, 액비살포지원금 등을 합하여 88만 원으로 나타났다. 따라서 한계감축비용은 -21만 원(21만 원의 수익)으로 나타났다.

잎들개 LED 기술 적용의 경우 시설원에 분야에서 전조등이 필요한 잎들개, 국화, 딸기 농가에 2010~12년까지 매년 25개소(약 9ha)씩 설치하기로 정부가 방침을 정하였다. 농촌진흥청 경제성 분석결과(2010)를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 고정비용을 계산하면 10a당 42만 원이고, 추가 수익은 증가된 생산액, 에너지사용액 감축분 등을 합하여 71만 원이 된다. 따라서 한계감축비용은 -29만 원(29만 원의 수익)으로 나타났다. 다겹보온커튼 기술의 경우 농촌진흥청 경제성 분석결과에 대한 내부 자료를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 고정비용을 계산하면 10a당 12만 원이고, 감축 비용은 46만 원이 된다. 따라서 한계감축비용은 -34만 원(34만 원의 수익)으로 나타났다.

수막보온시스템 기술의 경우 농촌진흥청 경제성 분석결과에 대한 내부 자료를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 고정비용을 계산하면 10a당 18만 원이고, 감축 비용은 32만 원이 된다. 따라서 한계감축비용은 -14만 원(14만 원의 수익)으로 나타났다.

목재펠릿 보일러 적용 기술의 경우 농촌진흥청 경제성 분석결과에 대한

내부자료를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 고정비용을 계산하면 목재펠릿 가격인 kg당 370원을 가정할 경우(이때 면세경유 가격은 리터당 880원) 10a당 5만 원이고, 감축 비용은 6만 원이 된다. 따라서 한계감축비용은 -1만 원(1만 원의 수익)으로 나타났다.

녹비작물 재배기술은 헤어리베치, 청보리, 호밀 등을 재배하여 화학비료를 대체하는 기술로 농촌진흥청 경제성 분석결과(농촌진흥청, 2010)를 바탕으로 CO₂ 1톤을 감축하기 위한 추가 경영비용을 계산하면 10a당 -2만 원이고, 추가수익은 21만 원이 된다. 따라서 한계감축비용은 -23만 원(23만 원의 수익)으로 나타났다<표 4-15>.

표 4-15. 녹색기술의 한계감축비용 도출

단위: 톤, 만 원, 10a/개소

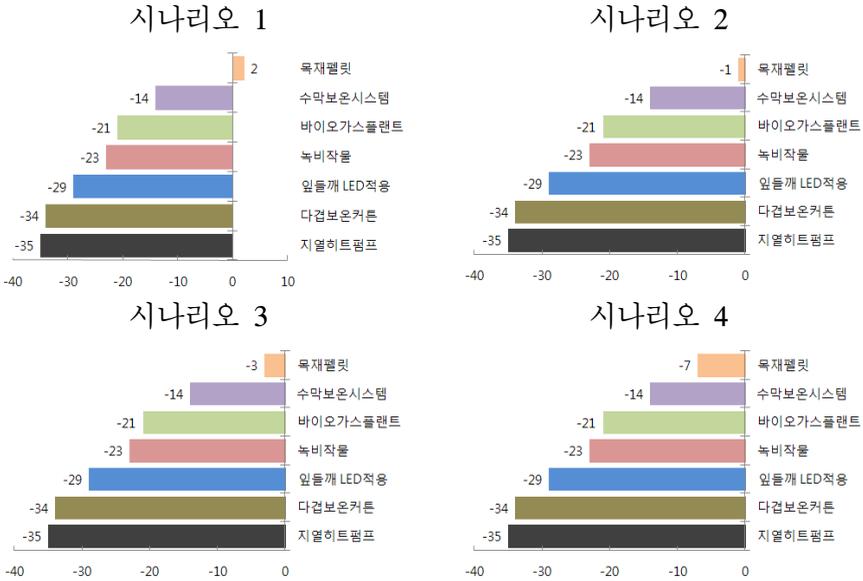
	한계 감축비용	추가 고정비용	추가 경영비용	추가 수익	비용 감축
지열히트펌프	-35	77	24	29	107
바이오가스플랜트	-21	32	35	88	-
있들개 LED 적용	-29	42	-	63	8
다겹보온커튼	-34	12	-	-	46
수막보온시스템	-14	18	-	-	32
목재펠릿	-1	5	-	-	6
녹비작물	-23	-	-2	21	-

- 주 1) 지열히트펌프는 KREI 추정치를, 바이오가스플랜트는 이지바이오 추정치를, 나머지 기술은 농촌진흥청 추정치를 기초로 각각 도출함.
- 2) 바이오가스플랜트의 단위는 개소 기준이며, 나머지 기술은 10a당 기준임.
- 3) 목재펠릿 kg당 가격은 370원, 면세경유 가격은 리터당 880원을 가정함.

한계감축비용을 추정된 결과 지열히트펌프가 가장 비용효과적인 기술로 나타났고, 다음에는 다겹보온커튼, 있들개 LED 적용, 녹비작물재배, 바이오가스플랜트, 수막보온시스템 등의 순으로 나타났다. 목재펠릿의 경우는 펠릿가격에 따라 한계감축비용이 달라지게 되는데 펠릿 가격이 kg당 400원일 경우 2만원의 손실이 발생하는 반면 펠릿가격이 290원일 경우 7만원의 수익이 발생하게 된다<그림 4-6>.

그림 4-6. 농업부문 녹색기술의 한계감축비용 비교

단위: 만 원/CO₂ 톤



주: 시나리오 1은 목재펠릿 가격이 kg당 400원, 2는 370원, 3은 340원, 4는 290원 일 경우를 가정함. 이때 면세경유가격은 리터당 880원으로 동일함.

2.4. 한계감축비용분석의 시사점

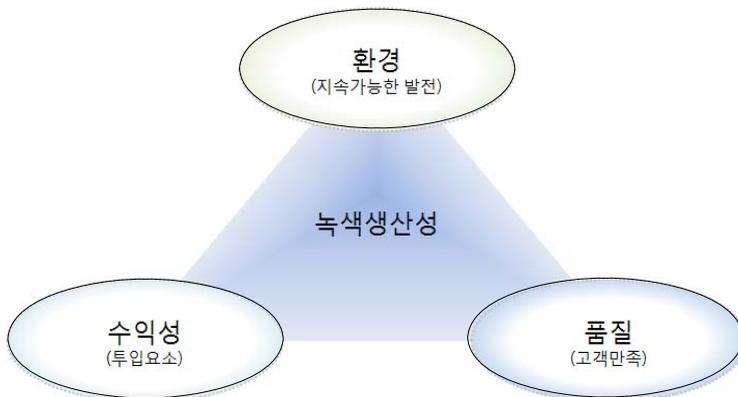
한계감축비용분석은 비용효과적인 정책수단을 제시함으로써 경제적으로 효율적인 배출량 수준을 결정하기 위한 정책결정에 기초자료를 제공한다. 또한 타분야의 한계감축비용이 있다면 타분야와 비교할 때 농업분야가 상대적으로 비용효과적인지를 비교할 수 있다. 한계감축비용은 이산화탄소 1톤의 추가적 감축에 소요되는 비용에서 감축기술 채택에 따른 탄소 톤당 에너지비용 경감분을 제외함으로써 도출하였다. 자료의 제약으로 모든 녹색기술에 대한 분석이 이루어지지 않아 향후 추가적인 한계감축비용 분석이 필요하다. 국가의 온실가스 관리 정책목표치로부터 한계감축비용을 도출하였으나 실제로 농가가 기술을 어느 정도 수용할지에 대한 조사도 함께 이루어질 때보다 신뢰할 수 있는 정확한 감축량이 도출될 수 있다.

3. 녹색생산성 분석

3.1. 녹색생산성의 개념

녹색생산성(Green Productivity)은 연속적인 사회·경제적 발전을 위한 생산성 향상과 지속가능발전의 기초가 되는 환경보전의 양립을 실현하기 위한 전략으로 설정되었다(APO, 2002). APO의 녹색생산성 개념에 따르면 경제개발 전략이 지속적으로 이루어지기 위해서는 새롭고 안전한 물질의 사용을 통한 제품·서비스에 대한 소비자 만족도의 향상을 위한 품질(Quality), 원재료와 에너지절약을 통한 수익성(Profitability), 그리고 원재료와 에너지의 효율성 사용을 통한 환경성(Environment protection) 등 세 가지 측면을 강조하고 있다<그림 4-7>.¹⁷

그림 4-7. 녹색생산성의 구성 요소



자료: APO(2002).

¹⁷ APO는 생산성 향상과 환경보전의 양립을 실현시키기 위해 1994년부터 녹색생산성을 본격적으로 다루기 시작하였다. 녹색생산성 도입 당시에는 실효성에 의문이 제기되었으나, 기후변화가 핫이슈로 부각되면서 녹색생산성의 유효성과 환경과 에너지의 효율 및 폐기물 관리 등 공급사슬 측면의 접근이 강화되고 있다.

녹색생산성은 녹색성장과 깊은 관련이 있다. 정부의 녹색성장은 에너지·자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 기후변화문제와 환경훼손을 줄이면서 청정에너지와 녹색기술의 연구개발을 통하여 신성장동력을 확보하고 새로운 일자리를 창출해 나가는 경제와 환경의 조화로운 성장방식이다.¹⁸ 즉, 녹색성장이란 자원·에너지의 효율적 사용과 환경부하가 적은 에너지 사용 등을 통해 온실가스 배출량을 줄여 기후변화협약에 대응하는 것과 온실가스 등 환경부하를 줄이기 위한 녹색기술 개발, 그린에너지 개발 등 녹색산업 육성을 통한 신성장동력화로 지속가능한 성장(sustainable growth)을 실현하는 것이다. 따라서 기후변화 대응 측면에서 온실가스 감축조치는 환경비용을 초래하나 에너지 저감과 친환경제품 생산 및 소비를 유도하여 녹색시장을 창출한다는 점에서 녹색생산성과 녹색성장은 긴밀한 관계로 볼 수 있다. 기업경영의 측면에서 녹색생산성은 사업의 초기과정부터 환경을 고려하면 비용 저감과 동시에 생산성 향상을 통한 경쟁력 제고라는 의미를 지닌다.

3.2. 녹색생산성 계측 방법론

3.2.1. 녹색총요소생산성

녹색총요소생산성(Green Total Factor Productivity)은 기존의 성장회계를 이용하는 총요소생산성(Total Factor Productivity)과는 달리, 이산화탄소 배출량을 통해 측정된 환경 기여도를 성장회계의 한 투입요소로 고려한 녹색성장모형(Green Growth Model)을 이용하여 총생산에서 환경이 차지하는 비중을 계량화하는 방법이다(Tzouvelekas, Vouvaki and Xepapadeas, 2007).

기존의 성장회계에서는 투입요소 중에서 노동(Labor), 물질 자본(Material Capital), 인적 자본(Human Capital) 등 측정 가능한 투입요소로

¹⁸ 저탄소 녹색성장기본법 제정안(2009.2.16), 제2조

인해 설명되는 부분은 각 투입요소에 기인한 생산성이며, 성장회계에 포함되지 않는 나머지 모든 부분(Solow residual)은 기술진보요소로 정의된다. 그러나 생산요소 투입으로 발생하는 이산화탄소는 지구온난화와 같은 부정적 외부효과(negative externalities)를 발생시키고, 이를 해결하기 위한 비용증가를 야기한다. 환경을 일종의 사회적 자본으로 간주할 때 이산화탄소 배출은 이들 자본을 감소시키는 요소로 작용한다. 따라서 이산화탄소 배출은 농업생산에 있어서 사회적 자본 투입이라는 일종의 도구변수(Instrumental Variable)로 대신할 수 있다.

녹색성장모형은 일반 성장모형에 이산화탄소 배출량으로 측정되는 환경적 요소인 X가 추가되어 <식 4-10>과 같은 모형이 된다.

$$Y = F(K, H, E, X) \dots\dots\dots <4-10>$$

K와 E는 성장회계모형에서와 같이 물적자본과 유효노동량을 의미하며, H는 인적자본을 의미한다. 이산화탄소 배출량으로 측정되는 유효 환경요소 투입 X는 물리적 배출량인 Z와 이산화탄소 배출 저감기술의 변화에 해당하는 B의 곱으로 표현할 수 있다($X = BZ$). 이를 총요소생산성의 증명절차를 따르면 <식 4-11>과 같이 경제성장률의 요인들을 구분할 수 있다.

$$\dot{Y} = \epsilon_K \dot{K} + \epsilon_H \dot{H} + \epsilon_A \dot{A} + \epsilon_L \dot{L} + \epsilon_Z \dot{B} + \epsilon_Z \dot{Z}, \quad \dot{Y} = \frac{dY}{dt} \frac{1}{Y} \dots\dots\dots <4-11>$$

GDP 성장률은 물적자본(K), 인적자본(H), 노동보정 기술변화(A), 노동(L), 이산화탄소 물리적 배출량(L), 이산화탄소 배출 기술변화(B)의 성장률로 구성된다. 이때 기술변화에 해당하는 A, B는 Solow 모형의 잔차 부분에 해당하게 되고 K, H, L, Z는 실제 투입재가 된다. 이를 실제 투입재 부분과 기술진보 부분으로 나누면 <식 4-12>와 같다.

$$TFP = \epsilon_A \dot{A} + \epsilon_Z \dot{B} = \dot{Y} - (\epsilon_K \dot{K} + \epsilon_H \dot{H} + \epsilon_L \dot{L} + \epsilon_Z \dot{Z}) \dots\dots\dots <4-12>$$

이를 물적자본과 인적자본 간의 한계생산이 동일하고, 규모수익불변이라 가정하면 다음 노동보정하면 <식 4-13>과 같은 최종 식을 도출할 수 있다. $\epsilon_k \epsilon_z$

$$TFP = \dot{y} - (\epsilon_k \dot{k} + \epsilon_z \dot{z}) \dots\dots\dots <4-13>$$

TFP:	총요소생산성의 증가율	y:	노동자 1인당 실질 GDP
k:	노동자 1인당 실질 자본스톡	z:	노동자 1인당 이산화탄소 배출량
ϵ_k :	자본소득분배율	ϵ_z :	에너지소득분배율

녹색성장모형을 기초로 한 총요소생산성 계측은 기존에 기술진보요소로 해석되던 나머지 부분을 환경요소와 새로운 기술진보에 의한 생산성 부분으로 나누어 체계적으로 설명할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 녹색성장모형을 이용한 녹색총요소생산성 계측은 여전히 성장회계에 포함되지 않는 나머지 모든 부분이 고려되어 과대평가될 우려가 있고, 복잡한 지수화 과정 및 농업부문별 세부 단위가격과 투입량 자료가 요구되어 실제로 계측하는 데 어려운 점이 있다.

녹색총요소생산성을 이용한 농업부문 녹색생산성에 관한 연구로는 표학길(2009)의 연구가 있다. 노동, 자본 이 외에 온실가스배출량을 통해 측정된 환경기여도를 성장회계의 한 투입요소로 고려하여 산업 전 부분에 대한 녹색총요소생산성(Green TFP)을 분석하였다.

$$GTFP = \dot{av} - k - e \dots\dots\dots <4-14>$$

GTFP:	녹색총요소생산성의 증가율	av:	1인당 부가가치 증가율
k:	1인당 자본증가율	e:	1인당 온실가스배출량 증가율

표 4-16. 녹색총요소생산성 추계결과(근로자 1인당 증가율)

단위: %

산업	I 구간(1995~2000)				II 구간(2000~2005)			
	연평균 부가가치 성장률/ 1인당	성장 요인			연평균 부가가치 성장률/ 1인당	성장 요인		
		자본	환경 요소	녹색 TFP		자본	환경 요소	녹색 TFP
농림수산업	1.5	3.4	-0.4	-1.5	0.8	3.7	0.3	-3.2
제조업	10.4	1.9	1.7	6.8	5.5	1.0	0.5	4.0

자료: 표학길 외(2009).

하이브리드 산업연관표를 이용한 이산화탄소 배출량을 통해 녹색총요소 생산성(Green TFP)을 분석한 결과 환경요소에 의한 발전은 1995~2000년 기준으로 농림수산업은 -0.4%, 제조업은 1.7%, 2000~2005년 기준으로 농림수산업은 0.3%, 제조업은 0.5%로 측정되었다.

먼저, 농림수산업의 경우 1995~2000년 기준으로 1인당 연평균 부가가치 성장률 1.5%는 환경요소에 의한 성장이 -0.4%임으로 1인당 연평균 부가가치 성장률은 환경요소에 의해 총 26.7% 낮아지는 것으로 분석되었다.¹⁹

2000~2005년 기준으로 1인당 연평균 부가가치 성장률 0.8%는 환경요소에 의한 성장이 0.3%임으로 1인당 연평균 부가가치 성장률은 환경요소에 의해 총 37.5% 증가한 것으로 분석되어 환경비용에 대한 지출 없이 농업부문이 성장한 크기라고 할 수 있다.²⁰

제조업의 경우 1995~2000년 기준으로 1인당 연평균 부가가치 성장률 10.4%는 환경요소에 의한 성장이 1.7%임으로 1인당 연평균 부가가치 성장률은 환경요소에 의해 총 16.3% 증가한 것으로 분석되어 환경비용에 대

¹⁹ $\frac{\text{환경요소}}{\text{1인당 연평균 부가가치 성장률}} = \frac{-0.4}{1.5} \times 100 = -26.7\%$

²⁰ $\frac{\text{환경요소}}{\text{1인당 연평균 부가가치 성장률}} = \frac{0.3}{0.8} \times 100 = 37.5\%$

한 지출 없이 제조업부분이 성장한 크기라고 할 수 있다.²¹ 2000~2005년 기준으로 1인당 연평균 부가가치 성장률 5.5%는 환경요소에 의한 성장이 0.5%임으로 1인당 연평균 부가가치 성장률은 환경요소에 의해 총 9.1% 증가한 것으로 분석되어 환경비용에 대한 지출 없이 제조업이 성장한 크기라고 할 수 있다.²²

그러나 표학길(2009)의 연구는 농업, 수산업, 광업이 통합된 결과임으로 순수하게 농업의 녹색생산성을 분석했다고 보기에는 어렵다. 또한 1995~2000년 기준 농림수산광업의 1인당 연평균 부가가치 성장률이 환경요소에 의해 총 26.7% 낮아지는 것으로 분석된 결과에 대한 원인을 환경적 요인으로 단정 짓기에는 무리가 있다. 실제로 농림수산식품업의 온실가스 배출량은 꾸준히 감소해왔는데, 이는 경지면적의 감소에 기인한 것이다. 따라서 농업부문 1인당 연평균 부가가치 성장률의 감소를 유발한 것으로 분석된 환경요소는 허위변수로 볼 수 있고 경지면적 감소가 원인변수가 될 수 있다. 반면 2000~2005년의 환경요소에 의한 농업부문 1인당 연평균 부가가치 성장률 증가는 경지면적 감소와 그에 따른 온실가스 배출량 감소의 여건에도 불구하고 친환경 농산물의 발달과 같은 시장에서 평가받은 농산물의 부가가치가 더 커진 것으로 판단된다.

3.2.2. 탄소생산성

녹색생산성을 간단하게 계측할 수 있는 방법으로 GDP(또는 부가가치)와 이산화탄소 배출량 비율로 산정하는 탄소생산성을 들 수 있다(McKinsey, 2008). 이 방법은 생태효율성과 유사한 개념으로 온실가스 감축비용 지불로 인해 GDP가 줄어들 것으로 예상됨에도 불구하고 실제로는 GDP 감소폭을 상쇄시키거나 GDP를 증가시키는 요인으로 설명할 수 있다.

²¹ $\frac{\text{환경요소}}{\text{1인당 연평균 부가가치 성장률}} = \frac{1.7}{10.4} \times 100 = 16.3\%$

²² $\frac{\text{환경요소}}{\text{1인당 연평균 부가가치 성장률}} = \frac{0.3}{0.8} \times 100 = 37.5\%$

녹색성장 패러다임에서 농업부문 생산함수는 기존의 노동과 자본 외에 온실가스 배출량을 생산요소로 간주한다. 여기서 온실가스 배출량은 향후 감축조치인 탄소세나 배출권 거래제가 도입될 경우 배출량에 따라 부과되는 비용으로 볼 수 있다.

$$Y=f(L,K,CO_2) \dots\dots\dots (4-15)$$

Y: GDP 또는 부가가치 L: 노동
 K: 자본 CO₂: 이산화탄소 배출량

생산요소와 산출물 값은 생산성으로 나타낼 수 있으므로 <식 4-15>에서 GDP/L은 노동생산성, GDP/K는 자본생산성, GDP/CO₂는 탄소생산성이 된다. 탄소생산성은 결국 생산성과 환경영향요소의 비율로 이뤄지는 녹색생산성과 생태효율성의 개념과 유사하며, 산업부문 전체로 적용 가능하다. 또한 에너지 생산성을 계측하지 않고도 GDP와 CO₂만으로 계산이 가능한 장점이 있다. 탄소생산성은 에너지생산성(GDP/E)과 탄소 집약도(CO₂/E) 역수의 곱으로 <식 4-16>과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{GDP}{CO_2} = \frac{GDP}{E} \times \frac{E}{CO_2} \dots\dots\dots (4-16)$$

탄소생산성을 높이기 위해서는 에너지 생산성(GDP/E)을 높이거나 에너지 소비 대비 온실가스 배출량의 역수인 탄소집약도(CO₂/E)를 낮추는 방안이 필요하다. 이를 위하여 탄소함유량이 적으면서 열량이 높은 대체에너지를 사용한다면 탄소집약도를 낮출 수 있으나 직접적으로 에너지의 탄소 집약도를 낮추는 방안은 사실상 쉽지 않다. 따라서 현실적인 방안으로 에너지 사용 효율을 높이는 기술개발이나 녹색기술을 활용하여 GDP를 높이는 방안과 에너지 투입을 낮추는 방법 등이 모색될 수 있다.

표 4-17. 녹색생산성 방법론별 주요 연구 내용

방법론	연구	주요 연구 내용
TFP (GTFP)	Tzouvelekas (2007)	일반성장모형에 환경적 요소를 고려한 녹색성장회계모형 제시 및 환경부분을 고려한 국가별 GTFP 계측
	ByungM.Jeon (2003)	방향거리함수를 이용한 생산성 성장률을 효율성변화와 기술변화로 구분하여 분석 Malmquist-Luenberger 지수를 이용하여 경제적 효율성 분석
I/O	심상렬 (2005)	에너지문제에 대한 연관표의 이용이 용이한 에너지 산업 연관표를 작성하여 에너지문제 분석
	표학길 (2009)	하이브리드 산업연관표를 작성하여 녹색생산성 분석
	한국은행 (2009)	에너지산업연관표를 시산하여 에너지 수요구조 및 효율성 추이, 유발효과, 에너지수요 증가요인 분석
DEA	Lichtenberg (2001)	베트남의 전통적인 쌀 생산과 녹색혁명 쌀 생산인 농가 참여 프로그램(FPR)하에서의 농약에 의한 생산성을 기술 및 비용효율성으로 계측
	T. Kuosmanen (2004)	선형계획법을 기초로 한 분석방법인 DEA를 이용하여 기존의 DEA 방법과 환경의 다원적 가치에 대한 문제를 적용한 DEA 분석
	Olajide (2008)	DEA 방법을 이용한 준사하라 아프리카 국가들의 1961~2003년 농업생산성 변화를 설명함. 맘퀴스트지수를 이용한 TFP를 통해 생산성을 계측
LCA	Hur, Kim and Yamamoto (2004)	LCA와 TCA를 이용한 제조시스템, 공정상의 녹색생산성과 이를 개선하기 위한 방안을 논의
	R. Pineda-henson (2003)	녹색생산성 평가에 대한 제조공정에서의 전문가진단 시스템을 LCA, AHP, ES 등 방법론 체계화
탄소 생산성	McKinsey (2008)	세계 전체의 경제부분(생산량 혹은 부가가치)과 환경부문의 비율인 탄소생산성을 제시
	산업연구원 (2010)	우리나라의 탄소생산성은 OECD 및 G20 국가들을 포함한 40개국 중 31위를 나타낼 정도로 낮은 수준이라 분석
	육근효 (2010)	탄소생산성과 기업의 재무성과 간에는 어떤 관련성이 있는지 연구. 탄소생산성이 높은 기업일수록 재무성과 향상

3.3. 농업부문 온실가스 배출량

우리나라 농업부문 온실가스 배출량 산정은 IPCC 인벤토리 작성 지침을 따르고 있다. IPCC는 산정항목, 산정방법, 배출계수 등에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 이 지침은 지속적으로(1996, 2000, 2003, 2006) 수정, 보완되고 있다. 온실가스 배출량은 기본적으로 (배출계수×활동자료)로 이루어지며, 배출계수는 IPCC제공 기본배출계수(default value, Tier 1) 또는 자국의 고유계수(country-specific emission factor, Tier 2)를 사용하고 있다. 자국의 고유 배출계수는 항목별로 3년간 배출량의 평균값을 사용하며, 국제적 신뢰도 확보를 위해 연구결과의 논문게재 등이 필요하다.

국가온실가스 배출통계에서 보고되는 농업부문 온실가스 배출은 크게 경종부문과 축산부문에 구분된다. 경종부문은 다시 벼 재배 유래 메탄, 밭 토양 유래 아산화질소, 작물잔사의 농경지 소각 등 세 가지로 구분되고, 축산부문은 가축 장내발효, 가축분뇨처리 등 두 가지로 구분된다.

표 4-18. 농업분야 온실가스 배출량 산정 항목 분류

분류번호	산정항목(Key Category)	세부항목
경종 부문	① 벼 재배 유래 메탄	벼 재배면적
	- 물 관리방법	상시담수
		중간배수
		1회 배수
		2회 이상 배수
	겨울철 담수, 비담수	
- 유기물 시용방법	유기물 종류, 시용량, 시용시기	
② 밭 토양 유래 아산화질소	화학비료, 가축분뇨, 콩과작물 수확량, 작물잔사 퇴비화율	
③ 작물 잔사의 농경지 소각	벼짚, 보릿짚, 고추 등 작물별 잔사 소각, 면적	
축산 부문	④ 가축 장내발효	축종별 사육두수
	⑤ 가축 분뇨처리	분뇨발생량, 분뇨처리 방법

자료: 김창길(2010).

배출량 산정 세부 항목을 보면 경종부문에서 벼 재배 유래 메탄의 경우 물관리 방법, 유기물 시용방법 등이 있다. 경종부문의 물 관리 방법에는 다시 상시담수와 중간배수 등으로 나누어지고 유기물 시용방법에는 유기물 종류, 시용량, 시용시기 등이 있다. 경종분야의 밭 토양 유래 아산화질소 산정을 위한 세부항목으로는 화학비료, 가축분뇨, 콩과작물 수확량, 콩과작물 퇴비화율 등이 있고, 작물 잔사의 농경지 소각 산정을 위한 세부항목으로는 벗짚, 보릿짚, 고추 등 작물별 잔사 소각 면적이 있다.

축산부문은 축종별 사육두수, 분뇨발생량, 분뇨처리 방법 등이 있다. IPCC의 축산부문 온실가스 배출관련 방법론은 Tier 1~3이 있는데 한국에서는 Tier 1을 적용하고 있다.

표 4-19. IPCC의 축산분야 온실가스 배출관련 방법론

방법론	내용
Tier 1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IPCC에서 정한 기본값을 배출계수로 사용하는 방법. ◦ 장내발효가 메탄 배출의 주요배출원이 아닌 국가나 세부적인 자료가 존재하지 않는 국가에서 사용함.
Tier 2	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 총에너지 섭취량과 하위 그룹에 속하는 축종에 대한 메탄 환산계수 계산을 위해 상세한 국가 고유 자료를 고려한 값을 사용하는 방법. ◦ 해당 국가의 가축과 분뇨관리 방법이 IPCC의 정의와 잘 맞지 않거나 장내발효가 국가 온실가스 배출량에 큰 부분을 차지하는 국가에서 사용함.
Tier 3	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Tier 2 방법보다 더 구체적으로 국가고유의 사료 특성, 하부 축종 범주 따른 사료 급이량과 사료의 질, 계절에 따른 발생량 변화 등을 고려한 값을 배출계수로 사용하는 방법.

자료: 김창길(2010).

IPCC 지침서에 따르면 축산부문의 장내발효에 있어서 배출계수는 소화기관에 따라 반추동물(소, 물소, 양, 염소, 낙타), 비반추 초식동물(말, 노새/당나귀), 가금류(닭, 오리, 칠면조, 거위), 비가금류 단일위 동물(돼지) 등으로 구분하여 다루어지고 있다. 그러나 국내 축산부문 배출원은 배출계수

크기가 크고, 사육두수가 비교적 많은 젓소, 한·육우, 돼지, 닭, 염소, 양, 말로 국한하고 있다. 그 외 사슴, 토끼, 개, 오리, 칠면조, 거위, 메추리, 꿀벌, 관상조, 타조, 오소리, 뉴트리아, 꿩, 지렁이는 전체 축산부문 중 사육비중이 미미하여 평가 대상에서 제외하고 있다.

표 4-20. 축종별 장내발효 과정의 메탄 배출계수 및 출처

축종	배출계수 (kg 메탄/두수/년)	배출계수 출처	배출계수 계산법
젓소	118	IPCC 기본값(북미)	IPCC, Tier 1
한·육우	47	IPCC 기본값(북미)	IPCC, Tier 1
돼지	1.5	IPCC 기본값(서유럽)	IPCC, Tier 1
닭	NE	IPCC 기본값(선진국)	IPCC, Tier 1

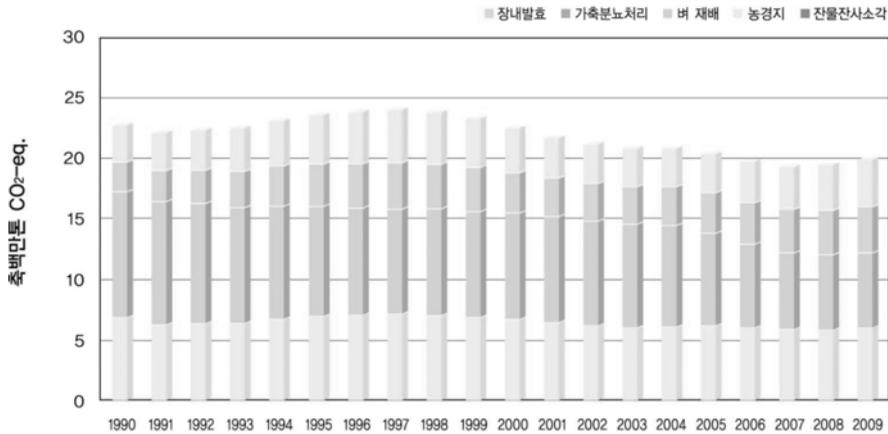
주: NE는 Not Estimated를 의미함.

자료: IPCC(1997).

농업부문 온실가스 배출은 1990~2009년 평균으로 경종부문이 68%, 축산부문이 32%를 차지한다. 세부적으로는 장내발효 16%, 분뇨처리 15%, 비 재배 39%, 농경지 29% 정도를 차지하며, 잔사소각은 미미한 수준이다.

표 4-21. 농업부문 온실가스 배출량

단위: 백만tCO₂ eq



부문	경종				축산			총배출량
	벼 재배	농경지	잔사 소각	소계	장내 발효	분뇨 처리	소계	
1990	10.2	6.9	0.1	17.2	3.0	2.5	5.5	22.7
1991	10.1	6.2	0.1	16.4	3.1	2.6	5.7	22.1
1992	9.9	6.3	0.1	16.3	3.2	2.7	5.9	22.2
1993	9.6	6.3	0.1	16.0	3.5	3.0	6.5	22.5
1994	9.3	6.7	0.1	16.1	3.8	3.2	7.0	23.1
1995	9.0	6.9	0.1	16.0	4.0	3.5	7.5	23.5
1996	8.8	7.0	0.1	15.9	4.2	3.6	7.8	23.8
1997	8.7	7.1	0.1	15.9	4.3	3.8	8.1	24.0
1998	8.7	7.0	0.1	15.8	4.3	3.8	8.1	23.8
1999	8.7	6.9	0.1	15.7	4.0	3.6	7.6	23.2
2000	8.7	6.7	0.1	15.5	3.6	3.4	7.0	22.4
2001	8.7	6.4	0.1	15.2	3.3	3.2	6.5	21.7
2002	8.7	6.1	0.1	14.9	3.1	3.1	6.2	21.1
2003	8.5	5.9	0.1	14.5	3.1	3.1	6.2	20.8
2004	8.3	6.1	0.1	14.5	3.1	3.2	6.3	20.8
2005	7.6	6.1	0.1	13.8	3.2	3.3	6.5	20.3
2006	6.9	5.9	0.1	12.9	3.4	3.4	6.8	19.7
2007	6.3	5.8	0.1	12.2	3.5	3.5	7.0	19.3
2008	6.2	5.8	0.1	12.1	3.7	3.7	7.4	19.4
2009	6.2	5.9	0.1	12.2	3.8	3.8	7.6	19.8

자료: 온실가스종합정보센터(2011).

먼저 경종부문의 벼 재배 온실가스 배출량은 꾸준한 농경지 면적의 감소와 함께 경종부문 친환경농업 확대에 의하여 1990년 10.2(45%) 백만tCO₂에서 2000년 8.7(39%) 백만tCO₂, 2009년 6.2(31%) 백만tCO₂로 꾸준히 감소하고 있다. 농경지 온실가스 배출량 또한 같은 이유로 인하여 1990년 6.9(30%) 백만tCO₂에서 2000년 6.7(30%) 백만tCO₂, 2009년 5.9(30%) 백만tCO₂로 배출치 절대량이 꾸준히 감소하고 있다.

축산부문의 온실가스 배출량은 한우, 젓소, 돼지 등 가축 사육두수와 직결된다. 소와 같은 반추가축으로부터의 장내발효는 1990년 3.0(13%) 백만tCO₂에서 1998년 4.3(18%) 백만tCO₂까지 증가하였으나 2000년, 2002년 구제역 파동으로 2002년 3.1(15%) 백만tCO₂로 감소하였다가 2009년 3.8(19%) 백만tCO₂로 다시 꾸준한 증가추세에 있다. 같은 이유로 가축분뇨 처리 또한 1990년 2.5(11%) 백만tCO₂에서 1998년 3.8(16%) 백만tCO₂까지 증가하였으나 2002년 3.1(15%) 백만tCO₂로 감소하였다가 2009년 3.8(15%) 백만tCO₂로 다시 꾸준한 증가추세에 있다.

3.4. 부문별 녹색생산성 계측

녹색생산성 실증분석을 위해 온실가스 배출량과 GDP를 통해 탄소생산성을 분석한 McKinsey(2008)의 방법론을 사용하였다. 탄소생산성은 IEA(2009)에서 OECD 회원국과 비회원국의 탄소생산성 역수를 사용해 온실가스배출량을 예측하기 위해 사용되었고, 국가온실가스 인벤토리 보고서(2009)에서도 실질 국내총생산 대비 온실가스 총 배출량의 형태로 탄소생산성의 개념을 사용하고 있다.

분석대상은 한국은행의 GDP 분류 기준에 따라 전체 농업부문과 경종(재배업) 및 축산부문이며, 비교대상은 제조업 및 건설업부문에 설정하였다. 탄소배출량은 IPCC 가이드라인에 의해 계산되는 2009년도 국가 온실가스 인벤토리 보고서(2011)의 CO₂ 환산 온실가스 배출량 데이터를 사용하였고 GDP는 한국은행의 2005년 기준 실질가격 데이터를 사용하였다.

표 4-22. 제조업·건설업과 농업의 탄소생산성 변화 추이(GDP 2005년 기준)

단위: 백만CO₂ eq, 조원, %

구분	제조업 및 건설업			농업			경중			축산		
	GDP	배출량	탄소 생산성	GDP	배출량	탄소 생산성	GDP	배출량	탄소 생산성	GDP	배출량	탄소 생산성
1990	112.2 (-45.3)	77.0 (-40.6)	1.5 (-7.9)	20.6 (-17.3)	22.7 (1.3)	0.9 (-18.4)	13.7 (-18.5)	17.2 (11.0)	0.8 (-26.5)	2.6 (-46.9)	5.5 (-21.4)	0.5 (-32.5)
1991	124.1 (-39.5)	89.5 (-30.9)	1.4 (-12.3)	21.2 (-14.9)	22.1 (-1.3)	1.0 (-13.7)	14.1 (-16.1)	16.4 (5.8)	0.9 (-20.7)	2.9 (-40.8)	5.7 (-18.6)	0.5 (-27.3)
1992	127.4 (-37.9)	97.3 (-24.9)	1.3 (-17.2)	23.0 (-7.6)	22.2 (-0.9)	1.0 (-6.8)	15.3 (-8.9)	16.3 (5.2)	0.9 (-13.4)	3.6 (-26.5)	5.9 (-15.7)	0.6 (-12.8)
1993	135.7 (-33.8)	106.8 (-17.6)	1.3 (-19.7)	22.0 (-11.6)	22.5 (0.4)	1.0 (-12.0)	14.2 (-15.5)	16.0 (3.2)	0.9 (-18.1)	4.2 (-14.3)	6.5 (-7.1)	0.6 (-7.7)
1994	146.8 (-28.4)	111.3 (-14.1)	1.3 (-16.6)	21.9 (-12.0)	23.1 (3.1)	0.9 (-14.7)	14.3 (-14.9)	16.1 (3.9)	0.9 (-18.1)	3.9 (-20.4)	7.0 (0.0)	0.6 (-20.4)
1995	159.8 (-22.0)	115.2 (-11.1)	1.4 (-12.3)	23.4 (-6.0)	23.5 (4.9)	1.0 (-10.4)	15.4 (-8.3)	16.0 (3.2)	1.0 (-11.2)	4.7 (-4.1)	7.5 (7.1)	0.6 (-10.5)
1996	170.9 (-16.6)	122.8 (-5.2)	1.4 (-12.0)	24.3 (-2.4)	23.8 (6.3)	1.0 (-8.2)	15.9 (-5.4)	15.9 (2.6)	1.0 (-7.7)	5.1 (4.1)	7.8 (11.4)	0.7 (-6.6)
1997	178.1 (-13.1)	128.2 (-1.1)	1.4 (-12.2)	25.4 (2.0)	24.0 (7.1)	1.1 (-4.8)	16.7 (-0.6)	15.9 (2.6)	1.1 (-3.1)	5.1 (4.1)	8.1 (15.7)	0.6 (-10.1)
1998	162.8 (-20.6)	119.2 (-8.0)	1.4 (-13.7)	23.4 (-6.0)	23.8 (6.3)	1.0 (-11.6)	15.2 (-9.5)	15.8 (1.9)	1.0 (-11.2)	5.0 (2.0)	8.1 (15.7)	0.6 (-11.8)
1999	184.1 (-10.2)	124.9 (-3.6)	1.5 (-6.8)	24.6 (-1.2)	23.2 (3.6)	1.1 (-4.6)	16.4 (-2.4)	15.7 (1.3)	1.0 (-3.6)	4.5 (-8.2)	7.6 (8.6)	0.6 (-15.4)
2000	205.0 (0.0)	129.6 (0.0)	1.6 (0.0)	24.9 (0.0)	22.4 (0.0)	1.1 (0.0)	16.8 (0.0)	15.5 (0.0)	1.1 (0.0)	4.9 (0.0)	7.0 (0.0)	0.7 (0.0)
2001	211.4 (3.1)	130.0 (0.3)	1.6 (2.8)	25.3 (1.6)	21.7 (-3.1)	1.2 (4.9)	17.1 (1.8)	15.2 (-1.9)	1.1 (3.8)	4.7 (-4.1)	6.5 (-7.1)	0.7 (3.3)
2002	227.1 (10.8)	135.6 (4.6)	1.7 (5.9)	24.7 (-0.8)	21.1 (-5.8)	1.2 (5.3)	16.2 (-3.6)	14.9 (-3.9)	1.1 (0.3)	5.4 (10.2)	6.2 (-11.4)	0.9 (24.4)
2003	241.2 (17.7)	137.8 (6.3)	1.8 (10.7)	23.4 (-6.0)	20.8 (-7.1)	1.1 (1.2)	15.1 (-10.1)	14.5 (-6.5)	1.0 (-3.9)	5.1 (4.1)	6.2 (-11.4)	0.8 (17.5)
2004	260.6 (27.1)	135.3 (4.4)	1.9 (21.8)	25.5 (2.4)	20.8 (-7.1)	1.2 (10.3)	16.8 (0.0)	14.5 (-6.5)	1.2 (6.9)	5.4 (10.2)	6.3 (-10.0)	0.9 (22.4)
2005	272.9 (33.1)	134.6 (3.9)	2.0 (28.2)	25.9 (4.0)	20.3 (-9.4)	1.3 (14.8)	16.8 (0.0)	13.8 (-11.0)	1.2 (12.3)	5.5 (12.2)	6.5 (-7.1)	0.8 (20.9)
2006	291.5 (42.2)	136.0 (4.9)	2.1 (35.5)	26.2 (5.2)	19.7 (-12.1)	1.3 (19.6)	16.7 (-0.6)	12.9 (-16.8)	1.3 (19.4)	5.7 (16.3)	6.8 (-2.9)	0.8 (19.7)
2007	309.5 (51.0)	144.6 (11.6)	2.1 (35.3)	27.3 (9.6)	19.3 (-13.8)	1.4 (27.2)	16.9 (0.6)	12.2 (-21.3)	1.4 (27.8)	6.2 (26.5)	7.0 (0.0)	0.9 (26.5)
2008	315.1 (53.7)	150.0 (15.7)	2.1 (32.8)	28.8 (15.7)	19.4 (-13.4)	1.5 (33.5)	17.7 (5.4)	12.1 (-21.9)	1.5 (35.0)	6.8 (38.8)	7.4 (5.7)	0.9 (31.3)
2009	312.3 (52.3)	140.8 (8.6)	2.2 (40.2)	29.8 (19.7)	19.8 (-11.6)	1.5 (35.4)	18.1 (7.7)	12.2 (-21.3)	1.5 (36.9)	7.2 (46.9)	7.6 (8.6)	0.9 (35.3)

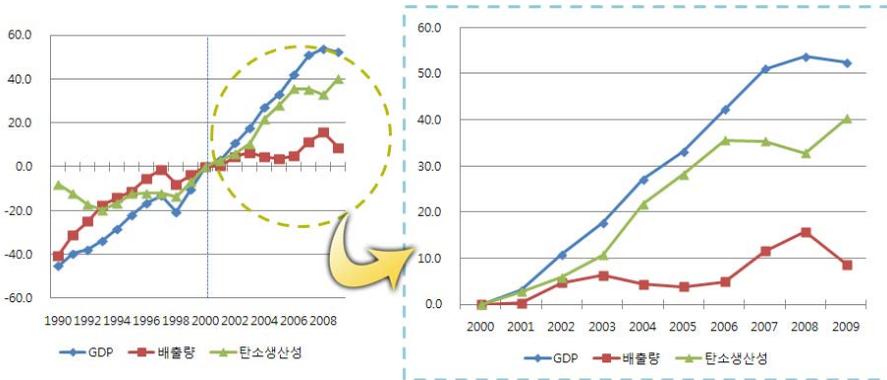
자료: 한국은행(2011), 온실가스종합정보센터(2011).

분석기간은 GDP 데이터와 온실가스 배출량 데이터가 모두 확보되는 1990~2009년으로 설정하였다.

산업별 녹색생산성을 평가하기 위해 경제성장 요인인 GDP를 환경요인인 온실가스 배출량으로 나눈 탄소생산성을 분석하였다. 제조업 및 건설업의 탄소생산성은 1.4~2.2로 농업부문의 0.9~1.5보다 높은 것으로 나타났다 <표 4-22>.

제조업·건설업부문은 온실가스 배출량과 GDP 증가로 탄소생산성이 1990년 1.5로부터 2000년까지 약 1.3~1.6 수준이었으나, 2001년 이후 지속적인 증가추세를 보여 2009년 2.2를 기록하였다. 농업부문 탄소생산성은 1990년 0.9로 시작하여 2000년 1.1 수준이었고, 2009년 1.5로 지속적인 증가세를 보였다. 경종부문의 탄소생산성은 농업부문 탄소생산성 변화와 유사하게 1990년 0.8을 시작으로 2000년 1.1에서 2009년 1.5까지 증가하고 있다. 축산부문의 탄소생산성은 1990년 0.5, 2000년 0.7, 2009년 0.9까지 느린 속도로 증가한 것으로 나타났다.

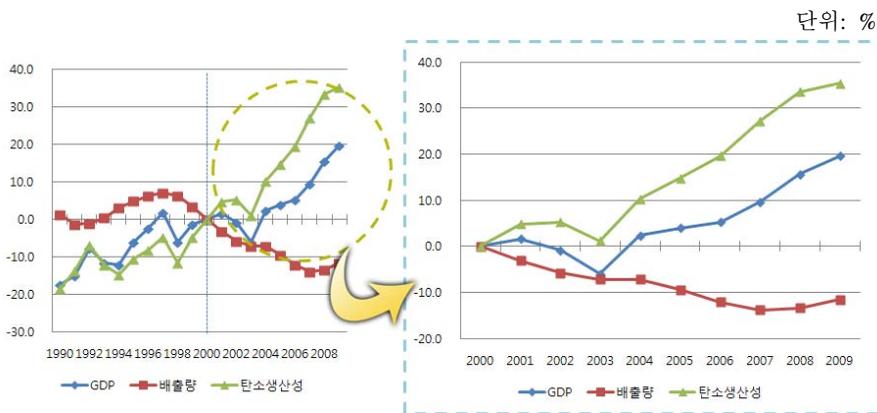
그림 4-8. 제조업 및 건설업의 탄소생산성 변화율 추이(2000년 기준)
단위: %



2000년을 기준 시점으로 한 부문별 탄소생산성 변화 추세를 비교하면 제조업과 건설업의 2000년 이후 배출량, GDP, 탄소생산성 변화율은 지속적으로 증가해왔다. 제조업 및 건설업의 경우 2000년 대비 2009년의 GDP

는 52.3% 증가하였고, 온실가스 배출량은 8.6% 증가하여 탄소생산성은 40.2% 증가한 것으로 나타났다. 이 경우의 탄소생산성 증가는 온실가스 배출량 증가보다 상대적으로 높은 GDP의 성장률 때문이며 온실가스 배출량이 증가하는 상황에서는 탄소생산성의 증가율이 GDP 증가율을 상회할 수 없다. 따라서 제조업 및 건설업은 온실가스 배출량 감축이 수반된 녹색성장으로 보기는 어렵다.

그림 4-9. 농업부문의 탄소생산성 변화율 추이(2000년 기준)



농업부문의 탄소생산성 변화율은 2000년 이후 지속적인 온실가스 배출량 감소와 축산부문의 GDP 성장에 힘입어 지속적인 증가 추세이다. 농업부문의 경우 2000년 대비 2009년의 GDP는 19.7% 증가, 온실가스 배출량은 11.6% 감소, 탄소생산성은 35.4% 증가하였다. 농업부문 온실가스 감소는 논 경지면적 감소와 그에 따른 화학비료 감소에 기인한 것으로 판단되지만 GDP는 꾸준히 증가하고 있으므로 이는 온실가스 배출량 감소와 함께 부가 가치를 높인 것으로 본다면 녹색성장의 개념과 부합되는 것으로 볼 수 있다.

경중부문의 2000년 이후 GDP는 큰 변화가 없었음에도 불구하고 배출량 변화율은 감소하였으므로 탄소생산성의 변화율은 증가하는 것으로 분석되었다. 경중부문의 경우 2000년 대비 2007년의 GDP는 7.7% 증가, 온실가스 배출량은 21.3% 감소하여 탄소생산성은 36.9% 증가하였다. 경중부문의

온실가스 배출량 감축은 논 경지면적의 감소에 따른 메탄 발생량 감소와 화학비료 투입량 감소가 가장 큰 원인이다. 그러나 경지면적 감소에도 불구하고 GDP는 오히려 증가했고, 탄소 배출량은 감소했기 때문에 경증부문의 GDP 성장과 배출량 감소는 녹색성장의 개념과 부합된다고 볼 수 있다.

그림 4-10. 경증부문의 탄소생산성 변화율(2000년 기준)

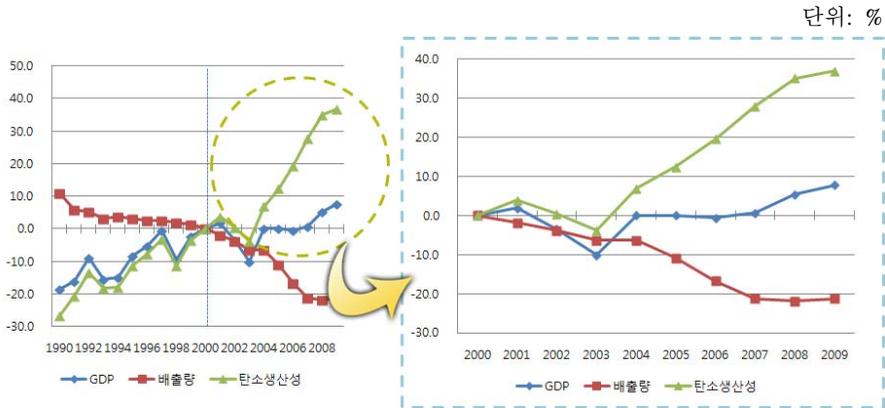
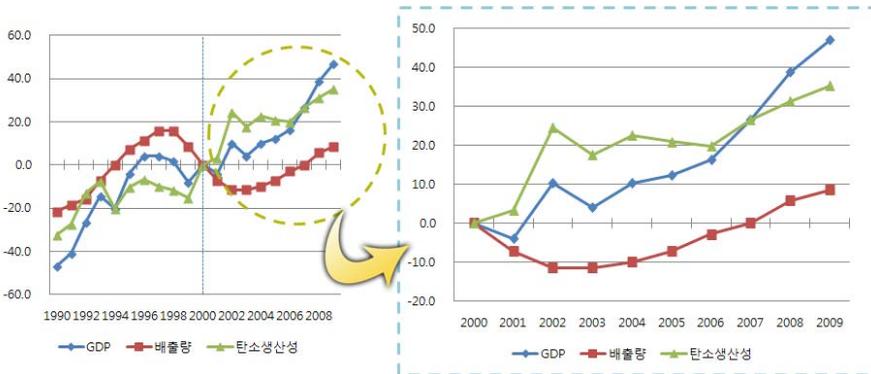


그림 4-11. 축산부문의 탄소생산성 변화율(2000년 기준)



축산부문은 2000년 이후 배출량 변화율은 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 GDP 또한 배출량 변화율보다 큰 폭으로 증가함에 따라 탄소생산성의 변화율은 증가하고 있다. 축산부문의 경우 2000년 대비 2009년의 GDP

는 46.9% 증가, 온실가스 배출량은 8.6% 증가, 탄소생산성은 35.3% 증가하였다. 축산부문의 탄소생산성 증가는 한·육우 사육두수의 증가에 기인한 것이며, 온실가스 배출량이 증가했음에도 불구하고 GDP 증가율이 더 크게 증가했기 때문이다. 축산부문의 사육두수 증가는 GDP와 온실가스 배출량을 동시에 증가시키게 되므로 축산부문의 녹색성장을 위해서는 장내발효와 가축분뇨관리 개선 등과 같은 온실가스 저감기술의 개발이 필요하다.

3.5. 농업탄소생산성 영향요인 분석

탄소생산성은 기본적으로 경제부문(GDP)과 환경부문(이산화탄소)의 함수 관계에 있다. GDP와 이산화탄소 모두 농업활동의 산출물임을 감안하면 탄소생산성 또한 농업활동 산출물의 변형된 형태로 볼 수 있다. 따라서 탄소생산성은 농업활동 관련변수들이 선형 결합된 함수 형태로 나타낼 수 있어 회귀분석이 가능해진다. 농업활동 관련변수들에는 크게 경제부문 활동변수와 환경부문 활동변수로 구분할 수 있다.

$$CP^{agri} = f(GDP_i^{agri}, CO_2^{agri}) \dots\dots\dots (4-17)$$

먼저, 환경부문 활동변수와 관련하여 IPCC 가이드라인에 따르면 농업부문 온실가스 배출관련 주요 항목은 경종부문에서 벼 재배면적이 메탄 배출의 주요 항목이고, 논 질소질 화학비료 사용량, 가축분뇨 투입량 등이 아산화질소 배출의 주요 항목이 된다. 축산부문에서는 가축사육두수가 반추가축의 장내발효에 의한 메탄 배출의 주요 항목이고, 가축분뇨처리방법이 아산화질소 배출의 주요 항목이다. 따라서 IPCC 가이드라인에 따른 농업부문 온실가스 배출관련 주요 항목들은 회귀식에 적절하게 포함되어야 한다.

농업 GDP 부분에서는 온실가스 배출과 관련된 재배면적, 논 질소질 화학비료 사용량, 가축사육두수 등이 주요 변수이긴 하나 모든 농업부문 GDP를 설명하기에는 한계가 있다. 따라서 회귀식의 변수누락(omitted variable)에

따른 추정계수가 편의를 일으키는 내생성문제(endogeneity)를 해결하기 위하여 재배업 GDP와 축산업 GDP를 사용하였다. 재배업 GDP와 축산업 GDP 변수는 모형에서 벼 재배면적, 한우 젖소 사육두수 이 외의 GDP 성장 부분을 의미하게 된다.

마지막으로 회귀분석 모형을 설정함에 있어 독립변수의 특징을 살펴볼 필요가 있다. 특히 논 질소질 화학비료 사용량 데이터는 현재 국가 통계상에 논과 밭을 구분한 비료사용량 자료는 없다. 다만, 논에 시용한 질소원별 비료 통계 자료가 있기 때문에 농촌진흥청에서 국가온실가스 배출량 산정에 활용하는 재생산된 데이터를 사용하였다. 현재, 농촌진흥청은 경험적으로 2007년 벼 재배면적 기준으로 130kg/ha 정도의 논 질소질 비료가 사용된다고 가정하고, 2007년 이 외의 연도를 2007년 벼 재배면적의 비율에 따라 계산한 자료를 사용하고 있다. 따라서 벼 재배면적 데이터와 질소질 화학비료 데이터는 회귀분석의 독립변수로는 사실상 같은 변수라고 볼 수 있기 때문에 질소질 화학비료 논 사용량 데이터만 독립변수로 구성하였다. 다만 해석을 할 때는 질소질 화학비료는 사실상 벼 재배면적으로 이해하는 것이 이해하기 쉽다. 이와 같은 과정을 통해 최종 도출된 농업탄소생산성 회귀방정식은 다음과 같다<식 4-18>.

$$CP^{agri} = f(F, L_i, GDP_i) \dots\dots\dots (4-18)$$

CP_{agri}: 농업탄소생산성 F: 질소질 화학비료 논 사용량
 L_i: 가축 i 사육두수 GDP_i: 농업 i부문 GDP

위 <식 4-18>을 기초로 농업활동변수는 독립변수로<표 4-23>, 농업탄소 생산성을 종속변수로 설정하고 전대수함수로 변환하여 회귀분석을 하였다. 논 경지면적은 농림수산식품 통계연보의 데이터를 사용했으며, 논 질소질 비료 시비량 데이터는 농촌진흥청의 경종부문 온실가스 배출량 산정에 사용된 내부 데이터이다. 젖소, 한우 등 가축사육두수는 농촌진흥청의 축산 부문 온실가스 배출량 산정에 사용된 데이터로써 해당 연도 및 그 직전 2년까지의 3년간 평균 사육두수이다.

표 4-23. 주요 농업활동변수 변화

년 도	논경지면적 (천ha)	논질소비료 (톤)	단위면적당 화학비료	젓소두수 (천두)	한우두수 (천두)	경종 GDP (조원)	축산 GDP (조원)
1990	1,244 (0.0)	161,732 (0.0)	130.0 (0.0)	504 (0.0)	1622 (0.0)	13.7 (0.0)	2.6 (0.0)
1991	1,208 (-2.9)	157,149 (-2.8)	130.0 (0.0)	500 (-0.8)	1697 (4.6)	14.1 (2.9)	2.9 (11.5)
1992	1,157 (-7.0)	150,511 (-6.9)	130.1 (0.1)	503 (-0.2)	1805 (11.3)	15.3 (11.7)	3.6 (38.5)
1993	1,136 (-8.7)	147,815 (-8.6)	130.1 (0.1)	519 (3.0)	2017 (24.4)	14.2 (3.6)	4.2 (61.5)
1994	1,103 (-11.4)	143,483 (-11.3)	130.1 (0.1)	538 (6.7)	2224 (37.1)	14.3 (4.4)	3.9 (50.0)
1995	1,056 (-15.1)	137,447 (-15.0)	130.2 (0.1)	553 (9.7)	2416 (49.0)	15.4 (12.4)	4.7 (80.8)
1996	1,050 (-15.6)	136,620 (-15.5)	130.2 (0.1)	552 (9.5)	2610 (60.9)	15.9 (16.1)	5.1 (96.2)
1997	1,052 (-15.4)	136,968 (-15.3)	130.1 (0.1)	550 (9.1)	2724 (67.9)	16.7 (21.9)	5.1 (96.2)
1998	1,059 (-14.9)	137,596 (-14.9)	129.9 (-0.1)	545 (8.1)	2654 (63.6)	15.2 (10.9)	5 (92.3)
1999	1,066 (-14.3)	137,866 (-14.8)	129.3 (-0.5)	539 (6.9)	2357 (45.3)	16.4 (19.7)	4.5 (73.1)
2000	1,072 (-13.8)	137,408 (-15.0)	128.1 (-1.4)	539 (6.9)	1975 (21.8)	16.8 (22.6)	4.9 (88.5)
2001	1,083 (-12.9)	137,501 (-15.0)	126.9 (-2.4)	542 (7.5)	1649 (1.7)	17.1 (24.8)	4.7 (80.8)
2002	1,053 (-15.3)	135,264 (-16.4)	128.4 (-1.2)	545 (8.1)	1469 (-9.4)	16.2 (18.2)	5.4 (107.7)
2003	1,016 (-18.3)	130,438 (-19.3)	128.4 (-1.3)	537 (6.5)	1432 (-11.7)	15.1 (10.2)	5.1 (96.2)
2004	1,001 (-19.5)	128,099 (-20.8)	128.0 (-1.6)	520 (3.2)	1519 (-6.4)	16.8 (22.6)	5.4 (107.7)
2005	980 (-21.2)	125,921 (-22.1)	128.5 (-1.1)	498 (-1.2)	1655 (2.0)	16.8 (22.6)	5.5 (111.5)
2006	955 (-23.2)	123,129 (-23.9)	128.9 (-0.9)	485 (-3.8)	1768 (9.0)	16.7 (21.9)	5.7 (119.2)
2007	950 (-23.6)	122,715 (-24.1)	129.1 (-0.7)	470 (-6.7)	1946 (20.0)	16.9 (23.4)	6.2 (138.5)
2008	936 (-24.8)	120,862 (-25.3)	129.1 (-0.7)	459 (-8.9)	2150 (32.6)	17.7 (29.2)	6.8 (161.5)
2009	924 (-25.7)	120,403 (-25.6)	130.3 (0.2)	448 (-11.1)	2422 (49.3)	18.1 (32.1)	7.2 (176.9)

주: () 안은 1990년 대비 변화율.

그림 4-12. 농업활동변수 변화비율

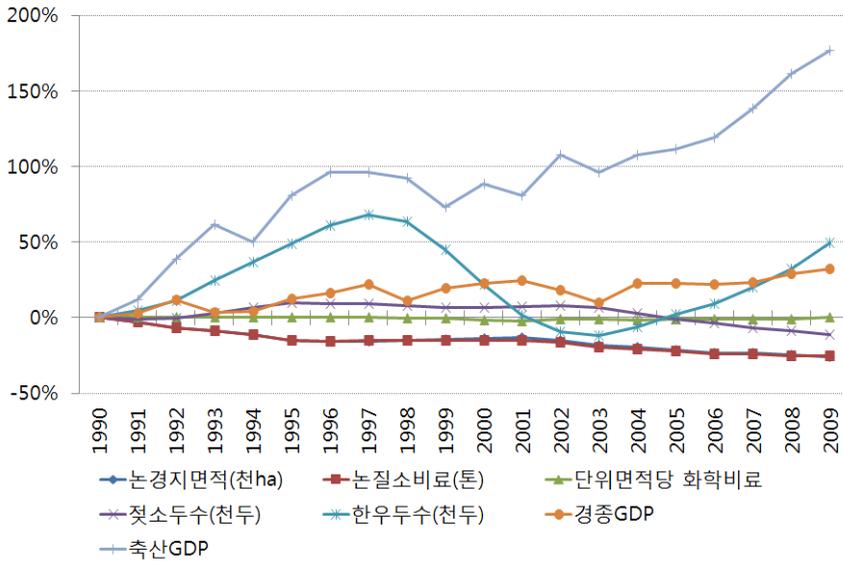


표 4-24. 농업탄소생산성 영향요인 회귀분석 결과

	계수	표준오차	t값	p값
(상수)	8.630	1.695	5.090	0.000
ln논질소비료	-0.312	0.149	-2.097	0.055
ln한우두수	-0.150	0.016	-9.523	0.000
ln젓소두수	-0.932	0.052	-17.893	0.000
ln경종GDP	0.673	0.069	9.747	0.000
ln축산GDP	0.177	0.050	3.508	0.003

농업부문의 탄소생산성 독립변수별 기여도를 계수를 통해 해석하면 다른 변수가 변하지 않는다고 가정할 때, 질소질 화학비료 논 사용량(또는 벼 재배면적²³)을 1% 줄이면 농업부문 탄소생산성은 0.31% 증가하는 것으로

나타났다.

경중부문의 탄소생산성 향상은 친환경농업 실천 확산에 따른 화학비료 감축이 기여한 측면이 있을 것이나 주로 벼 재배면적 감소가 기여하는 부분이 큰 것으로 해석할 수 있다. <그림 4-13>에서와 같이 현재의 논 질소 비료 사용량은 벼 재배면적 변화에 기인한 것으로써 단위면적당 질소질 비료 사용량은 약 130kg/ha로 큰 변함이 없는 것으로 확인되었다. 따라서 농업부문 질소질 화학비료량을 줄이기 위해서는 화학비료 총 사용량의 증감에 만족할 것이 아니라 단위면적당 화학비료 투입량을 감축할 수 있는 실효성 있는 정책적 접근이 필요하다. 만약 벼 재배면적이 변하지 않는다고 가정할 때, 현재 단위면적당 질소질 비료 사용량인 약 130톤/천ha에서 1%를 줄인 약 128.7톤/천ha만을 사용하는 목표를 잡고 실천한다 하더라도 탄소생산성을 약 0.31% 증가시킬 수 있다. 또한 전체 농경지 중 1%가 친환경농업으로 전환하면 관행 논 재배면적의 감소와 단위면적당 논 질소비료 투입량 감소효과가 발생해 단위면적당 질소질 비료 사용량 감소와 같은 효과를 나타낼 것이다. 따라서 경중부문의 녹색성장을 위해서는 친환경농업으로의 전환뿐만 아니라 단위면적당 질소질 화학비료 사용량 감소라는 목표를 설정할 필요가 있다.

축산부문에서는 젓소 사육두수와 한우 사육두수가 농업탄소생산성에 크게 영향을 주는 것으로 분석되었다. 한우 사육두수가 1% 증가하면 농업부문 탄소생산성은 0.15% 감소하며, 젓소 사육두수가 1% 증가하면 농업부문 탄소생산성은 0.93% 감소하는 것으로 분석되었다. 젓소 사육두수의 회귀계수 값은 음의 값인 -0.932로 농업활동변수 중 온실가스 배출과 가장 크게 연관되어 있음을 알 수 있다. 젓소는 한우나 돼지에 비해 사육두수는 적지만 장내발효 과정에서 메탄을 생성하는 반추가축으로, IPCC 가이드라인에서 같은 반추가축인 한우가 연간 두당 1.5kg의 메탄을 발생시킨다고 설정한 것에 비해 젓소는 118kg의 메탄을 발생시키는 것으로 설정되어 있

23 <그림 4-13>에서 논 경지면적과 논 질소비료는 사실상 같은 변수임을 확인할 수 있다.

기 때문이다. 따라서 젓소 사육두수 변화는 GDP 증가보다는 축산부문의 온실가스 배출량을 증가시켜 농업탄소생산성을 감소시키는 요인으로 작용할 가능성이 크다. 그러므로 녹색성장과 젓소 사육두수 증가를 위해서는 반드시 장내발효 과정에서 발생하는 메탄가스를 줄일 수 있는 기술개발과 현장 적용이 요구된다.

경종·축산 GDP 변수의 해석에서 만약, 논 재배면적에 변화가 없는 상황에서 쌀의 부가가치가 증가하여 GDP가 증가하거나 논 재배면적과 관련된 GDP 부분을 제외한 시설작물, 채소, 과일 등의 경종부문 GDP가 1% 증가한다면 농업부문 탄소생산성은 0.67% 증가하는 것으로 분석되었다. 그리고 한우 및 젓소 사육두수에 변화가 없는 상황에서 한우 및 젓소의 부가가치 증가 등에 의한 GDP 성장, 돼지, 닭 등 다른 축종에 의한 GDP 성장 등과 같은 이유에 의해 축산부문 GDP가 1% 증가하면 농업부문 탄소생산성은 0.18% 증가하는 것으로 분석되었다<표 4-25>.

농업부문의 녹색생산성을 높이기 위한 기술로는 간단관개, 무경운+로타리, 가을경운 등의 기술이 있고, 맞춤형비료 사용, 유기질비료 사용, 녹비작물재배 등도 온실가스를 감축시키는 기술들로 나타났다<표 4-14>.

축산부문의 녹색생산성을 위해서는 반추가축에 대한 녹색기술 적용이 필수적이다. 축산부문은 GDP와 온실가스 배출량이 모두 축종 사육두수와 직결되므로 사육두수는 늘리되 온실가스 배출량을 저감시키는 기술개발이 필요하다. 예를 들어 반추가축의 장내발효과정에서 발생하는 메탄가스를 줄이는 사료첨가물 기술을 사용해서 반추가축 마리당 1%의 메탄가스 발생량을 감축시켜도 탄소생산성을 0.51% 증가시킬 수 있다. 축산부문 탄소생산성을 개선하기 위한 또 다른 방법으로 온실가스 배출량은 적고 GDP를 높일 수 있는 돼지 사육두수를 높이는 방법이 있다. 돼지 사육두수를 1% 늘이면 탄소생산성을 0.23% 증가시킬 수 있다. 이 밖에도 축산부문의 녹색생산성을 높이기 위한 기술로는 가축분뇨 퇴액비화와 가축분뇨에너지화가 있다<표 4-14>.

그림 4-13. 농업활동변수 1% 변화 시 탄소생산성 변화

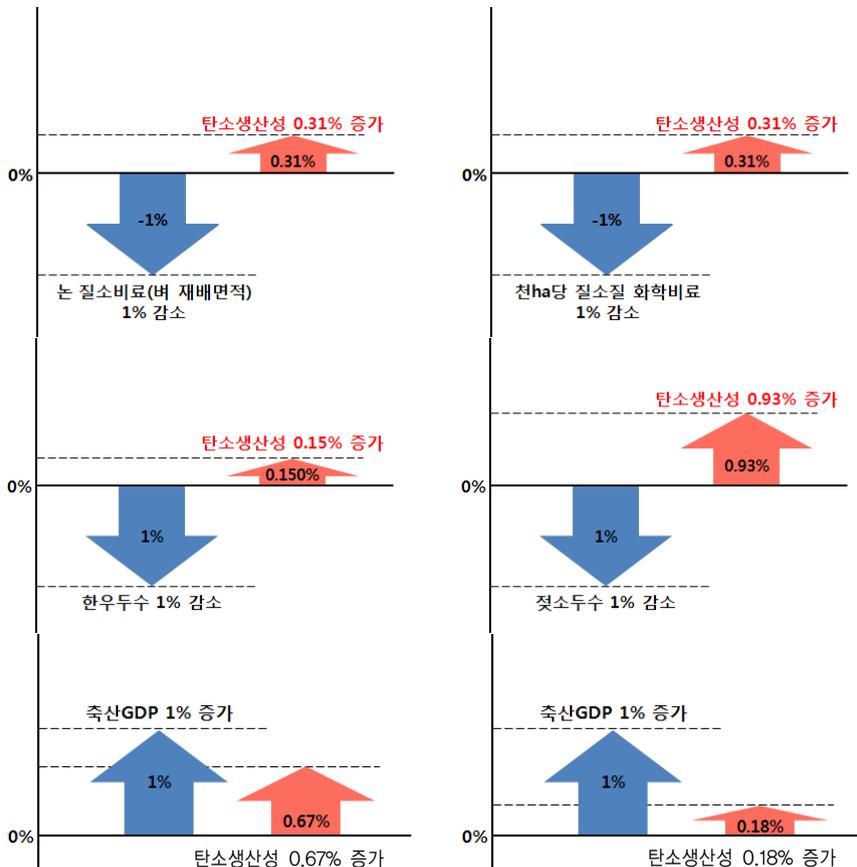


표 4-25. 2009년 대비 농업활동변수 변화에 따른 탄소생산성 변화분

구분	재배면적 (천ha)	질소비료량 (톤/천ha)	한우두수 (천두)	젓소두수 (천두)	탄소생산성	
	값(변화율)	값(변화율)	값(변화율)	값(변화율)	값	변화율
2009	924	130.3	2,422	448	1.505	
	915(-1)				1.510	0.312
		129(-1)			1.510	0.312
			2,398(1)		1.507	0.150
				444(-1)	1.519	0.932

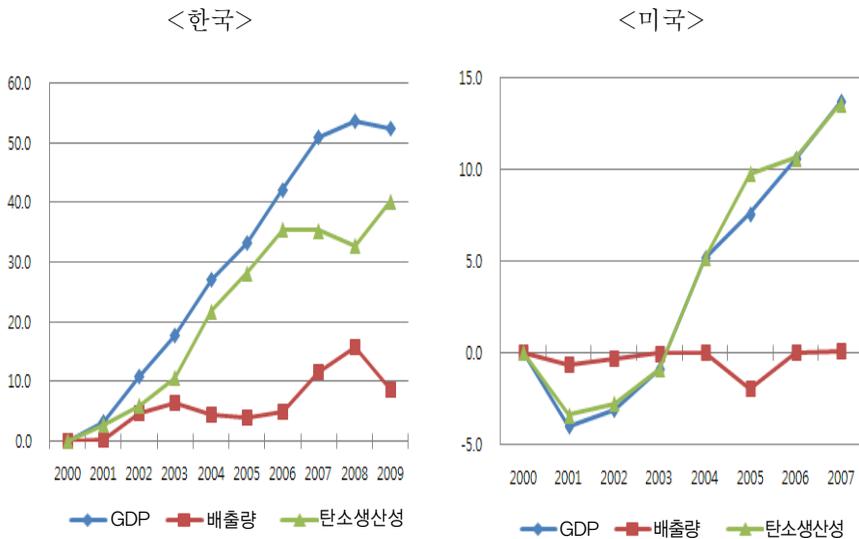
주: 재배면적, 질소질 화학비료 단위투입량, 한우두수, 젓소두수의 각각 -1% 감축 사례.

3.6. 한국과 미국 농업의 녹색생산성 비교 분석

2000년 대비 한국의 산업부문(제조업 및 건설업) GDP와 온실가스 배출량은 모두 증가추세를 보여 산업부문의 탄소생산성은 지속적인 증가추세를 나타내었다. 미국의 경우도 탄소생산성은 2001년 하락 후 회복되어 지속적인 증가세를 보이고 있다.

그림 4-14. 한국과 미국의 산업부문 탄소생산성 비교

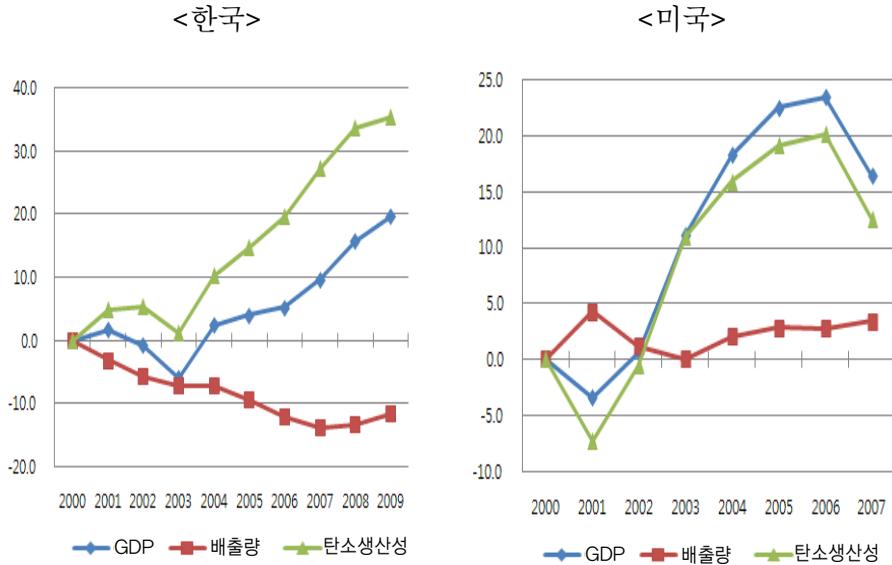
단위: %



한국의 산업부문 탄소생산성은 2000년과 비교해 볼 때, 증가하는 추세를 나타내므로 탄소 배출 한 단위당 부가가치 비율이 점점 증가하는 것으로 분석되었다. 이러한 원인은 부가가치 증가율이 배출량 증가율보다 더 높기 때문이다. 반면, 미국은 IT 버블 붕괴에 따라 2001년 3~11월 약간의 경기 침체 이후 성장세가 회복되어 2007년에는 2000년 대비 13.7%까지 성장세를 보였고, 온실가스 배출량 추세는 감소 또는 보합세로 건설한 녹색성장 구조로 나타내고 있다.

그림 4-15. 한국과 미국의 농업부문 탄소생산성 비교

단위: %



한국의 농업부문 탄소생산성은 GDP가 증가함에도 불구하고 온실가스 배출량은 감소하는 추세를 보이고 있으나, 미국의 경우 2006년 이후 GDP가 하락세를 보이거나 온실가스 배출량은 지속적인 증가세를 보이는 한국과는 다른 형태를 나타내고 있다.

한국은 2000년 이후 친환경농업 확산, 화학비료 및 농약 사용 절감 등은 환경부하를 줄이고, 경제성장을 추구하는 녹색성장의 형태로 탄소 배출 한 단위당 부가가치 비율을 높이는 탄소생산성을 증가시킨 것으로 해석될 수 있다. 반면, 미국 농업부문의 경우 2002년부터 2006년까지 GDP 증가율이 온실가스 배출량 증가세보다 높아 탄소생산성 증가율이 높은 것으로 나타났으나, 2001년과 2007년의 경우는 GDP가 하락함에도 불구하고 온실가스 배출량은 증가하는 것으로 나타나고 있다.

3.7. 녹색생산성 분석의 시사점

녹색성장 시대를 맞이하여 온실가스 감축과 경제성장이라는 두 가지 목표를 달성하기 위해서는 녹색생산성의 개념이 중요하다. 농업부문의 경우 탄소생산성 증가율은 GDP 증가율보다 크기 때문에 비농업부문에 비해 상대적으로 녹색생산성이 높은 녹색성장 산업으로 평가될 수 있다. 그러나 농업분야의 경우 재배면적 감소요인과 녹색기술의 발달 요인이 모두 적용되고 있어 이에 대한 심층적인 분석이 요구된다. 또한 녹색성장의 결정요인인 탄소생산성과 GDP, 이산화탄소의 변화율 등에 대한 분석결과를 고려할 때 비 재배면적 감소가 미치는 영향이 크게 작용하고 있어 건실한 녹색성장을 위해서는 부문별로 적절한 대책이 모색되어야 한다.

경중부문의 경우 녹색성장이 제대로 이루어지기 위해서는 친환경농업으로의 전환을 통한 단위면적당 질소비료 사용량 감소와 농산물 부가가치 창출, 저탄소 고효율 에너지 사용 등 에너지 효율성 제고가 필요하다. 이와 함께 시장에서 부가가치 제고를 통한 GDP 증가와 저탄소 기술을 적용한 탄소생산성 제고 방안이 요구된다. 다음으로 축산부문의 녹색성장을 위해서는 GDP 증가와 온실가스 배출량 감소가 동시에 이루어질 수 있는 녹색기술 개발이 관건이다. 특히 축산부문의 가축사육두수는 GDP 성장과 배출량 감소 양쪽에 밀접한 연관성이 있기 때문에 가축 사양관리, 분뇨처리 개선, 반추가축의 장내발효 시 메탄발생 억제기술 등이 필요하다.

한국과 미국 농업의 녹색생산성 비교 분석에서 제시된 바와 같이 2005년 이후 한국 농업의 녹색생산성이 보다 건실한 것으로 나타났다. 미국의 경우 농업부문의 지속적인 성장세로 온실가스 배출량도 증가하고 있고 GDP는 하락하여 녹색생산성이 감소추세를 보이고 있다. 한편 한국은 온실가스 배출량은 감소하면서 GDP는 증가하여 녹색생산성이 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 국가 간의 녹색생산성 기여요인에 대한 심층적인 분석이 이루어진다면 녹색성장의 진전도와 기여도 평가가 적절하게 이루어질 수 있을 것이다.

4. 녹색기술의 경제적 효과분석

4.1. 경제적 효과분석 방법

녹색기술의 중장기적인 경제적 효과를 분석하기 위해서는 정부의 녹색기술 보급목표치가 반영되어야 한다. 목표연도는 2020년으로 하고 각 연도의 보급 목표치(재배면적 혹은 개소)를 반영하여 경제적 효과를 산출하며, 분석결과를 토대로 녹색기술의 보급 확대를 위한 정책적 함의를 제시하고자 한다.

분석대상의 주요 기술은 녹색성장의 핵심사업인 지열, LED, 바이오가스플랜트, 다겹보온커튼, 순환식 수막보온, 목재펠릿, 녹비작물 등으로 한정한다. 경제적 효과분석은 생산효과, 경영비 절감효과, 온실가스 감축효과, 기술개발 효과 등으로 구성되며, 경제적 효과분석의 구체적인 내용은 아래와 같다.

4.1.1. 생산효과

지열의 경우 작물에 필요한 적정온도를 유지해 줌으로 말미암아 생산량이 증가하는 효과와 품질이 제고되는 효과가 발생하게 된다. LED의 경우도 생산량 증가효과와 품질제고 효과를 발생시키게 된다.

품질제고 효과는 다시 생산량 증가효과와 단가 상승효과를 유발하게 된다. 이와 같은 생산효과는 녹색기술하의 조수입에서 기존기술하의 조수입과 추가경영비를 제함으로써 아래 식과 같이 산출된다.

$$EE_{\text{생산효과}} = \text{조수입}_{\text{녹색기술}} - \text{조수입}_{\text{기존기술}} - \text{추가경영비}_{\text{녹색기술}}$$

여기서, 추가경영비는 증가된 생산량을 재배, 수확, 판매하는 데 소요되는 경영비를 의미함.

4.1.2 경영비 절감효과

지열, LED 등 녹색기술 적용은 초기 시설설치비로 인해 고정비가 상승

하게 되는 반면, 기존기술에 비해 에너지 소비량이 절감된다. 바이오가스 플랜트의 경우 전력을 생산함으로써 에너지를 절감하는 효과가 발생하게 된다. 에너지 소비량이 감소하면 경영비 절감효과를 가져오게 된다.

경영비 절감액은 면세유 가격과 농업용 전력 가격이 변동함에 따라 달라질 것이다. 따라서 유가상승 및 농업용 전력 가격 상승 시나리오를 반영하여 분석하며 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$EE_{\text{경영비절감효과}} = \text{에너지 사용절감액} - \text{고정비 상승액}$
 여기서, 에너지 사용절감액은 유가와 전력가격 변동 시나리오를 적용.

4.1.3. 온실가스 감축효과

지열, LED, 바이오가스플랜트 등은 온실가스를 감축시키는 효과가 발생한다. 따라서 온실가스가 감축되는 경제적 효과는 이산화탄소 감축량이 온실가스 배출권거래시장에서 거래되었다고 가정했을 경우를 가정하여 산출한다. 온실가스 감축효과는 CO₂ 저감량에 TCO₂가격을 곱하여 아래 식과 같이 산출된다.

$EE_{\text{온실가스감축효과}} = \text{CO}_2\text{저감량(TCO}_2\text{)} \times \text{TCO}_2\text{가격}$

4.1.4. 기술개발 효과

녹색기술 개발이 단계적으로 진행되어 미래에 현재보다 설치비가 절감될 경우 기술개발에 따른 고정비 절감효과가 발생하게 될 것이다. 따라서 아래 식과 같이 기술개발의 경제적 효과를 산출하게 된다.

$EE_{\text{기술개발효과}} = \text{고정비} \times \text{설치비 감축비율(현재 대비)}$

4.2. 주요 녹색기술의 경제적 효과 분석

4.2.1. 분야별 경제분석 기초자료

가. 지열히트펌프

지열히트펌프는 지하에 열교환기를 매설하여 지중의 물 또는 토양으로부터 히트펌프의 냉매 순환과정에 열을 흡수하거나 열을 방출하는 시스템이다. 최근에 지열히트펌프가 시설원예의 난방비를 절감하고 온실가스를 줄이기 때문에 녹색성장의 유력한 방안으로 제시되고 있다. 농업부문에서 지열히트펌프는 농업시설 및 주택의 난방, 급탕에 이용할 수 있고, 농산물의 건조 등에 이용할 수 있다. 또한 농업시설 및 주택의 냉방, 과수의 저온저장, 화훼의 저온처리 등에 이용할 수 있다. 농림수산식품부의 저탄소 녹색성장 추진전략의 저투입 고효율 녹색산업화 전략 중 세부추진전략인 녹색기술·장비 보급확대의 하나가 지열을 이용한 농작물 재배 확대이다. 화석연료 대체 및 온실가스 감축을 위해 2010년부터 시설원예 농가에 지열히트펌프 보급을 추진하고 있다.

표 4-26. 파프리카 농가 지열난방기의 이용성과

단위: 만 원/10a

		지열난방	기름난방	차이값
조수입		5,261	5,034	228
시설설치 고정비		1,278	677	601
추가경영비		186	-	186
에너지비용		642	1,475	-833
에너지사용량	기름(ℓ)	2,301	17,646	-15,345
	전력(kWh)	104,548	26,127	78,421
경영비		2,106	2,152	-46

자료: 한국농촌경제연구원(2011)의 자료를 재구성함.

지열히트펌프의 경제적 효과를 추산하기 위해 한국농촌경제연구원에서 파프리카 농가를 대상으로 조사 분석한 자료를 활용하였다. 지열히트펌프 사업의 이용성과를 분석한 결과 지열히트펌프의 경영비는 10a당 시설설치 고정비 1,278만 원, 에너지비용 642만 원, 추가 경영비 186만 원을 합하여 2,106만 원으로 나타났고, 기름난방은 2,152만 원으로 나타났다.

나. 앞들개 LED적용

LED(Light Emitting Diode)는 반도체 발광소자이며, 광 효율이 높고 반영구적인 차세대 광원이다. 앞들개, 국화의 재배에서 LED 적색광을 활용하면 백색광보다 광합성 작용을 촉진하여 생산량과 품질을 향상시킬 수 있다. 또, 오이, 토마토 등 호광성 작물 재배에서 태양광 대신 보광해 줄 때 백색광 대신 적색 LED 광이나 청색 LED 광을 적절히 적용하면 생산량과 품질을 높일 수 있다. 농림수산식품부 현장 실증연구가 완료된 딸기, 국화, 앞들개 등의 작목에 대해 2010년부터 시범사업을 실시하며, LED를 2010~12년 동안 매년 25개소(약 9ha)씩 보급할 계획이다.

LED의 경제적 효과를 추산하기 위해 농촌진흥청에서 앞들개 농가를 대

표 4-27. 앞들개 농가 LED의 이용성과

단위: 만 원/10a

	LED	백열등	차이값
추가 생산액	171.2	-	171
시설설치 고정비	114	-	114
추가 에너지비용	-	22	22
추가에너지사용량(kWh)	-	5,500	5,500
경영비	114	22	-92

주 1) 설치비는 1,140천 원이 소요되며, 10년 내구연수를 고려하여 산정함.

2) 백열등 교체주기는 단순화를 위해 계산에 포함시키지 않았으며, 전기료는 kWh당 40원으로 함.

자료: 농촌진흥청 자료(2010)를 재구성함.

상으로 조사한 내부자료를 활용하였다. 농가의 LED 이용성과를 분석한 결과 LED의 경영비는 10a당 시설설치 고정비가 114만 원으로 나타났고, 백열등은 추가 에너지 비용이 22만 원으로 나타났다.

다. 바이오가스플랜트

바이오가스플랜트는 유기물이 미생물에 의해 분해되면서 메탄, 이산화탄소 등 바이오가스를 생성하게 되는데 이 바이오가스를 이용하여 발전을 하는 공장을 말한다. 바이오가스플랜트는 메탄가스를 연소시킴으로써 이산화탄소를 감소시킬 수 있고, 혐기발효 후의 소화액은 액비로 사용할 때 질소가 감소되어 토양에 과 영양을 억제할 수 있게 된다. 바이오가스 플랜트의 주요 이점은 바이오가스의 전력생산으로 유류 절감에 의해 외화를 절약할 수 있으며, 축산 농가로부터 축산분뇨를 그대로 수거하여 활용하므로 고품질비처리에 대한 추가 경영비가 줄어들게 된다. 또한 주변의 음식물 쓰레기나 농산물 부산물과 같은 유기성 폐기물을 활용할 수 있어서 쓰레기 처리 비용을 줄이고 환경 친화적이다. 농림수산물식품부는 녹색성장 전략의 하나로 2020년까지 1일 처리 100톤 규모의 바이오가스플랜트 100기를 설치할 목표를 세우고 추진하고 있다.

표 4-28. 바이오가스플랜트 도입의 수익성

단위: 만 원

손실적 요소(A)		이익적 요소(B)	
직원급료	14,400	음식쓰레기처리비	45,000
액비처리비	32,400	분뇨처리비	50,400
감가상각	23,850	전기판매	48,384
이자	33,390	액비살포지원금	2,460
기타	14,040	CDM사업	9,720
계(A)	118,080	계(B)	155,964
추정수익액(B-A)		37,884	

자료: 이지바이오가스플랜트 내부자료.

바이오가스 플랜트의 경제적 효과를 추산하기 위해 (주) 이지바이오시스템에서 작성한 바이오가스플랜트 도입의 수익성 분석 자료를 활용한다. (주) 이지바이오시스템은 2008년에 정부 보조 없이 순수 민간 자본 47억 7천만 원으로 설립되었으며, 일일 처리능력 100톤(돈 분뇨 70톤, 기타 유기물 30톤) 규모이다. 플랜트의 수익성을 분석한 결과 증가되는 비용으로는 직원급료, 액비처리비 등 연간 11억 8천만 원이고, 증가되는 이익은 연간 15억 6천만 원으로 3억 8천만 원의 이익이 발생한다.

라. 다겹보온커튼

다겹보온커튼은 부직포, 폴리에틸렌폼 등의 보온자재를 여러 겹으로 누벼서 만든 온실 보온용 커튼이다. 수평형 다겹보온커튼은 부직포커튼에 비해 난방연료 절감효과가 크고, 단동온실 다겹보온커튼장치는 PE필름 3중 피복 대비 난방연료 절감효과가 커서 연료 연소 시 발생하는 이산화탄소의

표 4-29. 파프리카 농가 다겹보온커튼 장치의 이용성과

단위: 만 원/10a

		다겹보온커튼	얇은 보온커튼	차이값
시설설치 고정비	개폐장치	59	26	33
	보온자재	118	41	78
	합계	177	67	110
에너지비용		1,012	1,437	-425
경유사용량		12,321	17,501	-5,180
경영비합(고정비+에너지비)		1,188	1,503	-315

주: 1) 다겹보온커튼 시설설치비는 개폐장치 405만 원, 보온자재 945만 원이며, 고정비는 감가상각비(내구연수 10년), 자본이자, 수리보수비(보온자재는 수리보수비 제외)로 구성됨.

2) 얇은 보온커튼 시설설치비는 개폐장치와 보온자재 각 180만 원이며, 고정비는 다겹보온커튼과 동일하나 보온자재 내구연수의 경우 5년임.

3) 얇은 보온커튼의 경유사용량은 본 보고서의 조사 자료를 이용하였으며, 에너지 절감율은 농식품부에서 제시한 29.6%를 적용함. 경유비는 리터당 821원을 적용함.

자료: 농촌진흥청의 내부자료를 재구성함.

발생량을 연료절감 비율만큼 절감할 수 있다. 농림수산식품부 채소특작과에서는 2010년까지 다겹보온커튼을 6,766농가 2,232ha에 보급하였으며, 2020년까지 5,480ha를 보급할 목표를 가지고 있다.

다겹보온커튼의 경제적 효과를 추산하기 위해 농촌진흥청에서 다겹보온커튼을 설치한 파프리카 농가를 대상으로 조사한 내부자료를 활용한다. 농가의 다겹보온커튼 이용성과를 분석한 결과 다겹보온커튼의 경영비는 10a당 시설설치 고정비 177만 원과 에너지비용 1,012만 원을 합하여 1,188만 원으로 나타났고, 얇은 보온커튼은 1,503만 원으로 나타났다.

마. 순환식 수막보온시스템

수막재배 기술은 에너지 절감효과가 크지만 최근 지하수 부족현상으로 수막보온 재배가 어려움을 겪고 있어 지하수를 재순환하여 수막에 활용함으로써 지하수 부족 문제를 해결한 기술이다. 순환식 수막시스템 도입 시 비순환식 대비 2,000m²의 온실에 연간 17,788톤의 지하수를 절약할 수 있다. 그리고 연료비만 고려할 경우 순환식 수막시스템은 온풍난방에 비해 난방연료를 크게 절감할 수 있다.

농식품부 채소특작과는 2010년까지 순환식 수막시스템을 154.2ha에 보급하였고, 이는 수막재배면적 10,746ha(2006년 기준)의 1.4%에 해당한다. 이 보고서에서는 2020년까지 18%인 1,920ha²⁴를 보급하는 것을 목표로 세웠다.

순환식 수막보온 시스템 사업의 경제적 효과를 추산하기 위해 농촌진흥청에서 순환식 수막보온 시스템을 설치한 딸기 농가를 대상으로 조사한 내부자료를 활용하였다. 농가의 순환식 수막보온 시스템을 분석한 결과 순환식 수막보온 시스템의 경영비는 10a당 시설설치 고정비 120만 원과 에너지비용 120만 원을 합하여 240만 원으로 나타났고, 기존 시스템은 에너지비용으로 337만 원으로 나타났다.

²⁴ 농업기술실용화재단 보고서(2011)에서는 50%인 5,300ha를 보급목표로 세웠으나 현재까지의 보급률을 고려하여 보수적인 목표를 세웠다.

표 4-30. 딸기 농가 순환식 수막보온시스템의 이용성과

단위: 만 원/10a

		수막온시스템	미설치	차이값
시설설치고정비	개폐장치	120	-	120
에너지비용		120	337	-217
에너지사용량	경유(ℓ)	1,340	4,060	-2,720
	전력(kWh)	2,840	1,096	1,744
경영비합(고정비+에너지비)		240	337	-97

주 1) 순환식 수막보온시스템 시설설치비는 개폐장치 600만 원이며, 고정비는 감가상각비(내구연수 10년), 자본이자, 수리보수비로 구성됨.

2) 전기료는 kWh당 36.4원, 경유비는 리터당 821원을 적용함.

자료: 농촌진흥청의 내부자료를 재구성함.

바. 목재펠릿 난방기

목재펠릿은 청정에너지 자원으로 인식되고 있으며 국내에서 가능한 자원을 활용하여 에너지를 생산할 수 있는 중요한 재생에너지원으로 기대되고 있다. IPCC에서 바이오매스는 연소 시에 발생하는 배기가스에서 온실가스 배출이 없는 것으로 규정하고 있어 온실가스 배출 저감과 직접적인 연관이 있다. 농림수산식품부는 녹색성장 전략의 하나로 2020년까지 시설하우스에 목재펠릿 난방기를 1,620ha를 보급할 목표를 세우고 추진하고 있다.

목재펠릿 난방기 사업의 경제적 효과를 추산하기 위해 농촌진흥청에서 목재펠릿 난방기를 적용한 파프리카 농가를 대상으로 조사한 내부자료와 산림청의 목재펠릿 이용성과 내부자료를 활용하였다. 농가의 목재펠릿 난방비의 이용성과를 분석한 결과 목재펠릿 경영비는 10a당 시설설치 고정비 300만 원과 시나리오2 기준 에너지비용 1,491만 원을 합하여 1,791만 원으로 나타났고, 기름난방은 1,821만 원으로 나타났다.

표 4-31. 파프리카 농가 목재펠릿 난방기의 이용성과

단위: 만 원/10a

		목재펠릿	기름난방	차이값
시설설치고정비	난방시설	300	60	240
에너지비용1(펠릿 400원, 경유 880원)		1,611	1,761	-150
에너지비용2(펠릿 370원, 경유 880원)		1,491	1,761	-270
에너지비용3(펠릿 340원, 경유 880원)		1,371	1,761	-390
에너지비용4(펠릿 290원, 경유 880원)		1,171	1,761	-591
에너지사용량	펠릿(kg), 경유(리터)	40,019	19,899	-
	전기(kWh)	2,537	2,537	-
경영비1(고정비+에너지비1)		1,911	1,821	90
경영비2(고정비+에너지비2)		1,791	1,821	-30
경영비3(고정비+에너지비3)		1,671	1,821	-150
경영비4(고정비+에너지비4)		1,471	1,821	-351

주 1) 목재펠릿 난방기 시설설치비는 1,500만 원이며, 고정비의 경우 감가상각비는 총설치비의 50%를 내구년수 10년, 수선비는 총설치비의 5%, 고정자본이자는 총설치비의 5%를 적용함.

2) 산림청 내부자료에 따르면 목재펠릿 가격은 구매량에 따라 340~400원으로 각각 다름. 국립농업과학원 내부자료에 따르면 동남아 수입산의 경우 290원임. 따라서 시나리오 1은 400원, 2는 370원, 3은 340원, 4는 290원으로 각각 설정함. 전기료는 kWh당 40원, 면세경유 가격은 리터당 880원으로 설정함.

자료: 농촌진흥청 및 산림청의 내부 자료를 재구성함.

사. 녹비작물 재배

녹비는 농가 자급비료로서 재배녹비로 쓰이는 식물을 보통 녹비작물 또는 비료작물이라 한다. 녹비작물은 생육이 왕성하고 재배가 쉬울 것, 심근성으로 하층의 양분을 이용할 수 있을 것, 비료성분의 함유량이 높으며 유리질소의 고정력이 강할 것, 줄기·잎이 유연하여 토양 중에서 분해가 빠를 것 등의 조건이 요구된다.

농가들이 잘 이용하는 녹비작물로는 헤어리베치, 자운영, 청보리, 호밀 등이 있으며, 10a당 녹비생초 2톤을 투입하면 헤어리베치 100%, 자운영 70%,

보리 30%, 호밀 19%의 화학비료 대체효과가 있다(농촌진흥청 작물환경과). 농림수산식품부는 2015년까지 녹비작물 재배면적을 145,000ha로 확대할 목표를 세웠다. 이 보고서에서는 이러한 농식품부의 목표를 2020년까지 추세 연장하였고, 이 가운데 헤어리베치 면적비중 30%(2010년 기준)를 적용하여 2020년 헤어리베치 녹비작물 재배면적을 59,250ha로 설정하였다.

표 4-32. 벼논에의 녹비작물 재배의 성과

단위: 원, kg/10a

	녹비작물	관행	차이값
쌀 단수	522	483	39
쌀 단가	1,800	1,800	-
생산액	939,138	869,400	69,738
비료대		39,883	-39,883
종자대	30,000		30,000
노동력	4,100	12,300	-8,200
경영비 합계	34,100	52,183	-18,083

- 주 1) 녹비작물은 헤어리베치를 기준으로 함.
 2) 관행의 쌀 단수는 2010년 기준 10a당 483kg이며, 녹비작물의 단수는 농촌진흥청(2010)의 단수를 활용함.
 3) 단가는 kg당 1,800원을 적용함.
 4) 헤어리베치를 적용하는 양은 표준시비량을 충족시키기 위해 10a당 7.5kg(농촌진흥청, 작물환경과)으로 하였으며, 단가는 kg당 4천 원을 적용함.
 5) 노동력은 관행의 경우 10a당 1.23시간이며, 헤어리베치의 경우 농작업을 고려하여 관행의 1/3 수준으로 하였으며, 단가는 남자 하루 8시간 기준 8만 원을 적용함.
 자료: 농촌진흥청. 2010. 「헤어리베치 표준영농교본 175」의 자료를 재구성함.

녹비작물 재배의 경제적 효과를 추산하기 위해 농촌진흥청의 「헤어리베치 표준영농교본의 경제성 분석자료를 활용하였다. 농가의 녹비작물 재배의 성과를 분석한 결과 녹비작물 재배의 경영비는 10a당 종자대 30,000원과 노동력 4,100원을 합하여 34,100원으로 나타났고, 관행은 52,183원으로 나타났다.

4.2.2. 농업분야 녹색기술의 경제적 효과 추정

지열히트펌프의 보급면적은 정부의 녹색성장 정책에 따라 매년 50~64ha씩 2020년까지 일률적으로 보급하는 것(누적 보급률 적용)을 가정하였다. 2020년 기준 비용절감효과가 107억 원으로 나타났고, CO₂ 저감효과는 ha당 절감량 77.54TCO₂(/ha)를 재배면적에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출하였으며, 11억 원으로 나타났다. 기술개발 효과는 지열히트펌프 개발 기술이 단계적으로 진행되어 2011~2015년 사이 30% 효율이 개선되고, 2016~2020년 사이 50% 개선되었다고 가정하였으며, 2020년 41억 원으로 나타났다. 생산효과는 ha당 13.9톤의 증수효과로 2020년 264억 원으로 나타났다. 지열보급에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 423억 원으로 나타났다.

잎들깨 LED 보급면적은 정부의 녹색성장 정책에 따라 2010년부터 매년 25개소(9ha)씩 2020년까지 일률적으로 보급하는 것(누적 보급률 적용)을 가정하였다. 비용절감효과는 2020년 -11억 원으로, CO₂ 저감효과는 ha당 저감량 27.1TCO₂(/ha)를 재배면적에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출하였으며, 2020년 0.6억 원으로 나타났다. 기술개발 효과는 2020년 6억 원으로, 생산효과는 ha당 1,712만 원의 품질 및 증수에 따른 생산액 증가분을 반영하였으며, 2020년 17억 원으로 나타났다. 잎들깨 LED 보급에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 13억 원으로 나타났다.

농림수산물식품부는 녹색성장 전략의 하나로 2020년까지 1일 처리규모 100톤 규모의 바이오가스플랜트 100기를 설치할 목표를 세우고 추진하고 있다. 2020년 기준 경제적 효과는 수익창출효과 282억 원, CO₂ 저감효과(개소당 저감량 1,763TCO₂(/개소))를 보급개소에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출) 41억 원, 기술개발 효과 590억 원으로 나타났다. 바이오가스플랜트 보급에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 913억 원으로 나타났다.

농식품부는 2020년까지 5,480ha를 보급할 목표를 가지고 있다. 농식품부의 다겹보온커튼의 보급 계획을 반영하여 다겹보온커튼 보급의 2020년의 경제적 효과를 분석한 결과 비용절감효과 1,866억 원, CO₂ 저감효과(ha당 저감량 92.5 TCO₂(/ha))를 재배면적에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출) 117억 원, 기술개발 효과 482억 원으로 나타났다. 다겹보온커튼 보

급에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 2,465억 원으로 나타났다.

농식품부 채소특작과는 2010년까지 순환식 수막시스템을 154.2ha에 보급하였고, 이는 수막재배면적 10,746ha(2006년 기준)의 1.4%에 해당한다. 본 보고서에서는 2020년까지 18%인 1,920ha²⁵를 보급하는 것을 목표로 세웠다. 농식품부의 순환식 수막보호시스템의 보급 계획을 반영하여 순환식 수막보호시스템 보급의 경제적 효과는 2020년에 비용절감효과 212억 원, CO₂ 저감효과(ha당 절감량 67.1TCO₂(/ha))를 재배면적에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출) 30억 원, 기술개발 효과 115억 원으로 나타났다. 순환식 수막보호시스템 보급에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 357억 원으로 나타났다.

농림수산식품부는 녹색성장 전략의 하나로 2020년까지 시설하우스에 목재 펠릿 난방기를 1,620ha를 보급할 목표를 세우고 추진하고 있다. 농식품부의 목재펠릿 난방기의 보급 계획을 반영하여 목재펠릿 난방기 보급의 경제적 효과는 2020년 비용절감효과 17억 원으로, CO₂ 저감효과(ha당 저감량 486TCO₂(/ha))를 재배면적에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출) 182억 원, 기술개발 효과 243억 원으로 나타났다. 목재펠릿 난방기 보급에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 442억 원으로 나타났다.

농림수산식품부는 2015년까지 녹비작물 재배면적을 145,000ha로 확대할 목표를 세웠다. 농식품부의 녹비작물 재배기술 보급 계획을 반영하여 녹비작물 재배의 경제적 효과는 2020년 비용절감효과 107억 원, CO₂ 저감효과(ha당 저감량 7.3 TCO₂(/ha))를 재배면적에 곱한 후 TCO₂의 국제거래가격 21달러를 적용하여 산출) 100억 원으로 나타났다. 경관가치는 ha당 84만 원의 경관가치에 대한 지불의향가격을 반영하였으며, 498억 원으로 나타났다. 생산효과는 ha당 70만 원의 증수에 따른 생산액 증가분을 반영하였으며, 415억 원으로 나타났다. 녹비작물 재배에 따른 전체 경제적 효과는 2020년 1,120억 원으로 나타났다.

²⁵ 농업기술실용화재단 보고서(2011)에서는 50%인 5,300ha를 보급목표로 세웠으나 현재까지의 보급률을 고려하여 보수적인 목표를 세움.

표 4-33. 녹색기술 보급에 따른 경제적 효과(종합)

단위: 억 원

		비용 절감	CO ₂ 저감	기술 개발	생산 효과	수익 창출	경관 가치	합계
2012 년	지열	32	3	7	80	-	-	123
	LED	-3	0	1	5	-	-	3
	바이오가스	-	8	71	-	56	-	135
	다겹보온커튼	507	32	79	-	-	-	618
	순환식수막보온	23	3	8	-	-	-	34
	목재펠릿	5	49	39	-	-	-	93
	녹비작물	62	57		238	-	286	643
	합계	626	153	205	323	56	286	1,649
2015 년	지열	65	7	15	160	-	-	247
	LED	-6	0	2	9	-	-	6
	바이오가스	-	20	177	-	141	-	338
	다겹보온커튼	1,015	64	158	-	-	-	1,236
	순환식수막보온	66	9	22	-	-	-	97
	목재펠릿	9	98	78	-	-	-	185
	녹비작물	79	73	-	305	-	365	822
	합계	1,228	272	452	474	141	365	2,931
2020 년	지열	107	11	41	264	-	-	423
	LED	-11	1	6	17	-	-	13
	바이오가스	-	41	590	-	282	-	913
	다겹보온커튼	1,866	117	482	-	-	-	2,465
	순환식수막보온	212	30	115	-	-	-	357
	목재펠릿	17	182	243	-	-	-	442
	녹비작물	107	100	-	415	-	498	1,120
	합계	2,298	481	1477	696	282	498	5,732

4.2.3. 녹색기술 보급 시나리오에 따른 경제적 효과 분석

가. 시나리오의 설정

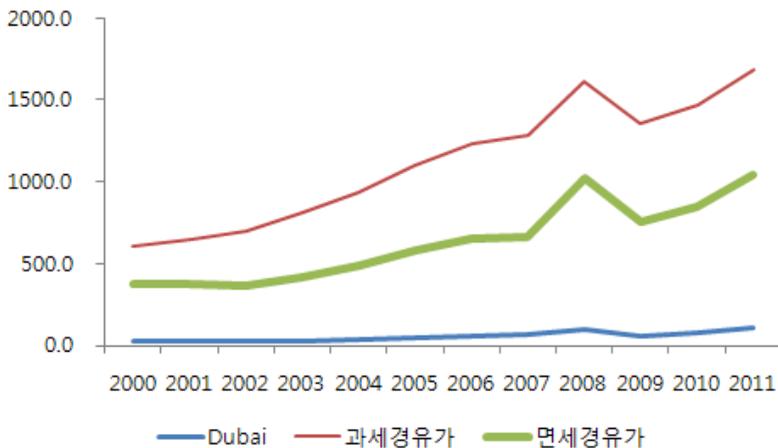
국제유가(두바이 기준)는 2000~2011년 사이 연평균 16% 상승하였다.

2000년에 배럴당 26.2달러였으나, 2011년(1~6월)에 105.4달러를 나타냈다. 국제유가가 상승함에 따라 농업용 면세경유가도 2000~2011년 사이 연평균 11% 상승하여 2011년(1~6월) 현재 리터당 1,041원을 나타내고 있다.

국제유가 및 면세 경유가는 앞으로도 등락을 거듭하겠지만 지속적으로 상승할 것으로 전망되고 있어 가운을 통해 농작물을 재배하고 있는 농가의 경영을 압박하고 있다. 과거의 국제유가를 기준으로 시나리오Ⅰ은 80달러(면세경유가 870원)를 베이스라인으로 설정하고, 시나리오Ⅱ는 110달러(1,078원)로 상승, 시나리오Ⅲ은 130달러(1,216원)로 상승하는 것으로 가정하였다.

그림 4-16. 국제유가와 경유가 추이

단위: 달러/배럴, 원/리터



주: 2011년 자료는 1~6월 평균치임.
 자료: 에너지경제연구원, 농협중앙회.

지금까지 논의된 농식품부 최소보급 목표는 2020년 기준, 지열 634ha, LED 99ha, 바이오가스플랜트 100기, 다겹보온커튼 5,480ha, 순환식수막보온시스템 1,920ha, 목재펠릿 1,620ha, 헤어리베치 59,250ha이다. 농식품부의 보급목표는 실행가능한 목표치로 매우 보수적으로 설정되었다. 따라서

향후 농식품부의 정책의지에 따라 보급 목표가 상향 조정될 수 있다는 점을 감안하며, 시나리오 II는 최소보급 목표에 비해 15% 증가된 목표를, 시나리오 III은 30% 증가된 목표를 설정하였다.

표 4-34. 경제적 효과 분석 시나리오 구성

단위: 달러/매럴, 원/리터

	보급목표	국제유가	면세유가
시나리오 I	농식품부 최소보급 목표	80	870
시나리오 II	시나리오 I 대비 15% 증가	110	1,078
시나리오 III	시나리오 I 대비 30% 증가	130	1,216

주: 농식품부 최소보급 목표는 2020년 기준 지열 634ha, LED 99ha, 바이오가스플랜트 100기, 다겹보온커튼 5,480ha, 순환식수막보온시스템 1,920ha, 목재펠릿 1,620ha, 헤어리베치 59,250ha임.

나. 분석결과 종합

2020년 기준 주요 녹색기술 보급에 따른 경제적 효과는 <표 4-33>과 같이 나타났다. 비용절감, CO₂ 저감, 기술개발, 생산, 수익창출, 경관가치 등을 합하여 5,732억 원으로 추정되었다.

다겹보온커튼이 2,465억 원으로 가장 효과가 큰 것으로 나타났고, 다음으로 녹비작물 재배 1,120억 원, 바이오가스플랜트 913억 원, 지열 423억 원, 순환식수막보온 357억 원 등으로 수익이 나타나는 것으로 나타났다. 다겹보온커튼의 효과가 크게 나타난 이유는 시설설치비에 비해 에너지사용액이 크게 감소하여 비용절감효과가 크기 때문으로 분석되었다.

시나리오 II의 경우 2020년 기준 경제적 효과는 비용절감 4,479억 원, CO₂ 저감 555억 원, 기술개발 1,704억 원, 생산 838억 원, 수익창출 324억 원, 경관가치 572억 원 등 총 8,474억 원으로 나타났다<표 4-35>.

표 4-35. 녹색기술 보급에 따른 경제적 효과(시나리오 II)

단위: 억 원

		비용 절감	CO ₂ 저감	기술 개발	생산 효과	수익 창출	경관 가치	합계
2 0 1 2 년	지열	146	6	12	130	-	-	294
	LED	-3	0	1	5	-	-	3
	바이오가스	-	9	81	-	65	-	156
	다겹보온커튼	768	37	91	-	-	-	895
	순환식수막보온	40	4	9	-	-	-	53
	목재펠릿	212	56	45	-	-	-	313
	녹비작물	71	66	-	274	-	329	740
	합계	1,234	178	239	409	65	329	2,454
2 0 1 5 년	지열	250	10	20	222	-	-	502
	LED	-7	0	2	11	-	-	6
	바이오가스	-	23	204	-	162	-	389
	다겹보온커튼	1,536	73	182	-	-	-	1,791
	순환식수막보온	115	11	25	-	-	-	151
	목재펠릿	425	112	90	-	-	-	627
	녹비작물	90	84	-	350	-	420	945
	합계	2,409	314	523	583	162	420	4,411
2 0 2 0 년	지열	385	15	52	342	-	-	794
	LED	-12	1	6	19	-	-	14
	바이오가스	-	47	679	-	324	-	1,050
	다겹보온커튼	2,825	135	555	-	-	-	3,514
	순환식수막보온	369	34	132	-	-	-	535
	목재펠릿	791	209	279	-	-	-	1,279
	녹비작물	123	115	-	477	-	572	1,287
	합계	4,479	555	1,704	838	324	572	8,474

시나리오 III의 경우 2020년 기준 경제적 효과는 비용절감 6,422억 원, CO₂ 저감 627억 원, 기술개발 1,926억 원, 생산 943억 원, 수익창출 366억 원, 경관가치 647억 원 등 총 10,931억 원으로 나타났다<표 4-36>.

표 4-36. 녹색기술 보급에 따른 경제적 효과(시나리오 III)

단위: 억 원

		비용 절감	CO ₂ 저감	기술 개발	생산 효과	수익 창출	경관 가치	합계
2012 년	지열	228	6	13	142	-	-	389
	LED	-4	0	1	6	-	-	4
	바이오가스	-	11	92	-	73	-	176
	다겹보온커튼	1,007	41	103	-	-	-	1,151
	순환식수막보온	56	4	10	-	-	-	70
	목재펠릿	395	63	51	-	-	-	510
	녹비작물	80	75	-	310	-	372	836
	합계	1,762	201	270	458	73	372	3,135
2015 년	지열	395	11	23	246	-	-	674
	LED	-8	0	2	12	-	-	7
	바이오가스	-	26	230	-	183	-	440
	다겹보온커튼	2,013	83	205	-	-	-	2,301
	순환식수막보온	160	12	28	-	-	-	200
	목재펠릿	791	127	102	-	-	-	1,019
	녹비작물	102	95	-	396	-	475	1,068
	합계	3,453	355	590	654	183	475	5,710
2020 년	지열	612	16	58	382	-	-	1,068
	LED	-14	1	7	22	-	-	16
	바이오가스	-	53	768	-	366	-	1,187
	다겹보온커튼	3,702	152	627	-	-	-	4,481
	순환식수막보온	510	39	150	-	-	-	699
	목재펠릿	1,472	236	316	-	-	-	2,024
	녹비작물	139	130	-	539	-	647	1,455
	합계	6,422	627	1,926	943	366	647	10,931

4.2.4. 경제적 효과 분석의 시사점

주요 녹색기술에 대한 경제적 효과 분석결과 기술 간 차이가 있으나 대부분 수익성이 있는 것으로 나타났다. 보급면적 혹은 규모의 누적효과에 의해 시간이 경과할수록 그 효과가 커지는 것으로 분석되었다. 특히 다겹 보온커튼의 경우 시설설치비에 비해 에너지 사용액이 크게 감소하여 비용 절감효과가 크게 나타나는데, 녹색기술 설비의 내구연수를 10~20년으로 장기 설정하였기 때문인 것으로 보인다.

국제유가상승과 보급규모의 시나리오를 설정하여 분석한 결과 향후 국제유가가 상승하고, 정부의 녹색기술 보급의지가 강할수록 주요 녹색농업 기술의 경제적 효과는 더욱 크게 나타날 것으로 예상된다.

주요 녹색기술에 대한 경제적 효과 분석은 100% 자부담을 가정하였음에도 수익성이 있는 것으로 나타난 중요한 이유 가운데 하나는 기술개발효과를 가정하고 있기 때문이다. 즉, 향후 30~50%의 기술개발이 이루어져 초기투자비를 감소시켰다는 가정을 도입하였기 때문이다. 따라서 수익성이 개선되도록 하려면 기술개발이 반드시 선행되어야 함을 시사하고 있다.

주요 녹색기술에 대한 경제적 효과 분석은 정부의 보급면적 혹은 보급규모에 기초하고 있으며, 따라서 경제적 효과가 실제로 나타나기 위해서는 농가단위에 보급이 이루어져야 가능한 일이다. 녹색기술을 확대 보급하기 위해서는 초기의 높은 투자비와 기술에 대한 안정성 문제가 해결해야 할 과제이다. 지열히트펌프를 예로 들면 현재 정부에서 80%를 지원해주고 있지만 초기 설치비용이 3.3㎡당 20만~30만 원으로 매우 비싸 자부담 20%도 농가에게는 커다란 부담으로 작용하고 있는 것으로 보인다. 따라서 정부가 적절한 지원을 지속적으로 할 필요가 있고 동시에 민간투자를 유도하여 시설설치비를 낮추고 기술의 안정성을 확보할 필요가 있다.

주요 녹색기술에 대한 경제적 효과 분석은 대부분 농촌진흥청의 실증실험 결과를 토대로 추정된 것이어서 과대 추정되었을 가능성도 있으며, 향후 농업부문 녹색성장 정책을 추진하는 데 있어서 실증자료를 바탕으로 경제적 효과 분석이 선행될 필요가 있다.

국제사회에서 녹색 성장에 대한 논의는 최근에 이루어지고 있으나, 기후 변화에 대응한 녹색 성장 정책은 다양한 형태로 수년 전부터 추진되어왔다. 제5장에서는 OECD, UNESCAP, UN, FAO 등 국제기구에서의 녹색 성장에 대한 논의내용에 대해서 살펴본다. 또한 영국, 호주, 일본 등 주요국에서 추진되고 있는 농업부문 녹색 성장 정책에 대해서 살펴보고자 한다.

1. 국제기구의 농업부문 녹색 성장 논의 동향

1.1. OECD의 농업부문 녹색 성장

OECD는 회원국의 지속가능발전으로의 패러다임 전환을 위한 정책적 접근을 위해 1990년대 초반부터 분야별 합동작업반을 구성하여 활발하게 논의해왔다. 환경문제에 대한 논의와 연계하여 기후 변화 대응책으로 온실 가스 감축의 완화대책과 지구온난화의 적응대책 모색을 위해 환경국과 무역농업국을 중심으로 2000년대 중반부터 활발하게 논의되어왔다. 특히 농업·환경정책위원회 합동작업반에서는 2007년에 컨설턴트를 통해 농업부문의 기후 변화 완화와 적응에 대한 보고서 작성과 회원국의 심층적인 검토를 거쳐 2009년 관련보고서를 발간하였다.

OECD의 녹색 성장에 대한 본격적인 논의는 한국이 2009년 6월 각료이

사회에서 “녹색성장 선언”을 제안하여 만장일치로 채택된 이후부터로 볼 수 있다. OECD는 온실가스 완화와 경제성장을 동시에 추구할 수 있는 녹색성장을 회원국 핵심과제로 선정하여 환경분야와 농업분야에서 활발하게 논의 중이다. 특히 녹색성장 선언의 후속조치로 녹색성장전략 중간보고서(Interim Report)를 OECD 장관급 위원회(2010. 5. 27~28)에서 발표하였다(OECD, 2010). OECD 녹색성장전략 중간보고서에서는 녹색성장 추진 배경, 녹색성장의 기본 틀, 녹색성장 정책의 핵심요소, 녹색성장 계측 방법, OECD 녹색성장 추진전략의 보급 방안 등을 다루고 있다.

OECD는 2010년 2월 농업각료회의에서 기후변화 이슈와 지속가능한 사회 및 경제시스템을 효과적으로 다루기 위해 녹색성장을 농업분야의 핵심과제로 채택하였고, 후속조치로 2011·12년 농업위원회 핵심과제로 채택하였다. OECD 농업환경정책위원회 합동작업반에서는 농업분야의 녹색성장을 심층적이고 체계적으로 다루기 위해 제30차 JWP회의(6. 28~30, 프랑스 파리)에서 주요의제로 포함시켜 논의하였다. JWP의 논의에 따라 2011년 각료이사회 녹색성장 종합보고서(Synthesis Report) 발간에 부응하는 차원에서 농업환경정책위원회는 녹색성장전략 개발에 관한 이슈를 집중적으로 논의키로 하였다. 농업부문 녹색성장 이슈를 종합적이고 체계적으로 다루기 위해 OECD는 2010년 12월 제31차 농업환경정책위원회에서 ‘농식품부 부문 녹색성장 전문가 회의(Expert Meeting)’를 2011년 4월 한국에서 개최하는 방안을 확정하였다. OECD의 결정으로 OECD-KREI 녹색성장 전문가회의가 2011년 4월 6일부터 4월 8일까지 서울에서 개최되었다. 녹색성장 전문가회의에는 OECD 11개 회원국 대표와 FAO와 UNESCAP 등의 대표등이 참여하고 19개 자료가 발표되었다.

1.2. UN ESCAP의 녹색성장 논의 동향

유엔 아시아태평양지역 경제사회이사회(Economic and Social commission for Asia and Pacific, UN ESCAP)는 지역경제위원회의 한 기구로 개발도상

국과 저개발국의 경제발전 및 빈곤퇴치에 중요한 역할을 담당하고 있다. UN ESCAP는 아태지역의 급속한 경제성장으로부터 발생하는 환경부하를 체계적으로 관리하는 차원에서 2005년 5차 환경과 개발에 관한 각료회의 (Ministerial Conference)에서 녹색성장이라는 용어를 도입하였고, 녹색성장의 개념과 확산을 위한 다양한 접근을 추진하고 있다. 아태지역 저개발 국가들이 선진국들의 산업화 단계를 거치지 않고 경제성장 단계에서부터 환경과 조화를 이루도록 하기 위한 전략을 수립하였는데, 이것을 녹색성장 전략이라고 불렀다. 아태지역의 저개발국의 경우 “선성장 후환경(grow clean up later)”의 전통적인 형태의 패러다임에서 소위 “녹색성장(Green Growth)”이라고 불릴 수 있는 환경적으로 지속가능한 경제성장의 새로운 패러다임으로 신속히 이동해야만 한다는 시각에서 녹색성장 기조를 중요하게 다루고 있다.

최근 UN ESCAP에서는 녹색성장을 경제성장으로 증대되는 환경적 압박을 줄임으로써 현세대의 빈곤을 줄이는 한편, 미래세대를 위한 환경용량을 유지할 수 있게 하는 데 초점을 맞추는 패러다임을 설정하고 다양한 접근을 시도하고 있다. 생산과 소비패턴의 생태적 효율성(ecological efficiency)을 개선하여 경제성장의 환경압박을 줄임으로써 경제와 환경 사이의 시너지, 윈-윈 해법의 창출을 요구하며 녹색성장의 성공은 환경과 경제정책을 상호 강화시키는 통합(integration)과 시너지(synergy)를 위해 필요한 개념과 시스템 변화를 촉진하고 있다.

UN ESCAP은 녹색성장이 성공적으로 추진되기 위해서는 정부, 민간부문, 시민사회의 적절한 역할분담을 기초로 거버넌스 접근이 이루어져야 함을 강조하고 있다. 정부는 저탄소 녹색경제 체제로의 전환을 위한 시스템 변화를 주도해야 하고, 민간부문은 환경과 경제의 통합과 양자의 시너지 창출을 위한 기술혁신을 제공하고, 시민사회는 생태효율성의 새로운 패러다임을 받아들이고 라이프스타일로의 편입을 촉진해야 한다고 권고하고 있다. 녹색성장의 정책도구로는 기존의 명령과 통제(command and control), 환경세와 배출권거래제 등 시장지향적 정책수단, 자발적인 협정 등 다양한 정책의 조합(policy mix)이 필요하고, 민간부문에서 환경친화적인 생산과 소

비를 유도하는 혁신가(innovator), 환경보전의 책임 있는 관리자(caretaker), 환경마케팅의 촉진자(promotor)를 강조하고 있다. 이러한 권고사항과 강조하는 내용은 국가별 녹색성장 추진에 있어서 유념해야 할 사항이다.

UN ESCAP의 농업 및 농촌분야의 녹색성장에 대한 논의는 2008년부터 본격적으로 추진되어 국제심포지엄과 세미나를 통해 회원국 간의 정보공유를 시도하고 있다. 특히 농업분야의 녹색성장은 기후변화 완화와 적응의 시각에서 환경친화적 농업자원관리와 식량안보 등 종합적이고 다차원적인 측면에서 접근하고 있다. 농업분야의 기후변화 대응과 저탄소 농업생산시스템 등 녹색성장에 대한 심층적인 논의를 위해 인도네시아 발리(2010. 10. 13~10. 14)에서 “저탄소 경제: 무역, 투자 및 기후변화”라는 주제로 국제심포지엄을 개최하였다. 심포지엄의 권고사항으로는 온실가스를 완화하는 데 시장기구의 역할이 중요하나, 정부개입을 통해 민간부문에 인센티브를 지급하는 방안도 유력한 완화수단으로 활용될 수 있도록 해야 하고, 무역에서 탄소발자국제도는 중요하나 과학적이고 신뢰성 있는 탄소발자국 접근이 이루어져야 함이 강조되었다. 기후변화 스마트 재화(climate smart goods)와 용역의 무역과 투자를 촉진하기 위해서는 다자 간 무역체제, 지역 간·양자 간 무역에 있어서 협력적인 관계가 이루어질 수 있도록 적절한 개방화조치가 필요하다고 제안하였다. 또한 녹색성장, 저탄소 성장 등 유사한 개념이 제시되고 있으나 보다 명확한 용어사용과 개념 정립이 필요하고, 농업분야의 녹색성장은 주요한 과제이며 식량안보와 연계되어 추진되어야 함이 강조되었다. 특히 녹색성장은 특정국가에서 추진하는 특별한 방식이 아니며 이미 많은 나라에서 추진하고 있는 사항으로, 목표달성을 위해서는 상당한 시간이 소요되므로 단계적 중·장기적 접근이 권고사항으로 채택되었다.

13. UN의 농업부문 녹색경제 추진 전략

UN은 OECD의 녹색성장과 차별되는 녹색경제(Green Economy)라는 용어를 도입하여 활용하고 있다. 유엔환경계획(United Nations Environment

Programme, UNEP)은 전 세계 금융과 경제 위기가 최고조였던 2008년 10월 녹색경제 이니셔티브(Green Economy Initiative, GEI)를 출범시켜, 정책 개혁과 주요산업 투자에 관한 거시경제 분석을 제공하고 있다. UNEP에서 녹색경제는 “인간의 웰빙과 사회적 균등을 지향하고 동시에 환경적 위험도와 생태학적 결핍을 감소시키는 경제”로 정의하고 있다. 녹색경제의 핵심은 인간의 웰빙과 사회적 평등을 촉진하고 동시에 환경적 위험과 생태학적 결핍을 감소시키는 데 그 비전을 두고 있다.

녹색경제와 지속가능발전과는 밀접한 연관이 있다. 녹색경제로의 변화는 최종목표가 아닌 목표지점을 향한 여정으로 지속가능한 발전으로 가는 길을 설정하고 있다. 녹색경제는 지속가능한 개발을 위한 경제, 사회 및 환경적 요소들을 다루고, 현 시대가 이루어야 할 과정에서의 경제적 선택을 강조하고 있다. 녹색경제하에서는 이산화탄소 배출 및 그로 인한 오염을 줄이고 에너지와 자원의 효율성을 증가시키고 생물 다양성과 생태계 서비스의 손실을 방지하기 위한 민간 및 정부의 투자가 소득증대 및 일자리 창출과 연계되는 구조로 규정하고 있다. 자연자원은 주요한 경제 자산 및 공공 이익의 보고로 적절히 유지되고 재조직되어야 함을 강조한다. 녹색경제의 성과 측정을 위한 지표로 경제지표, 환경지표, 진보 및 웰빙의 종합지표 등으로 나누어 접근하고 있다.

UN의 「정책입안자들을 위한 녹색 경제와 밀레니엄개발목표에 대한 요약본」에 따르면 유엔(UN) 본부에서 각국 정상들과 장관들이 모여 밀레니엄개발목표(Millennium Development Goals, MDGs)와 관련된 내용을 5년 후인 2015년까지 검토하기로 하였다. 빈곤 퇴치를 위해 국제적으로 합의된 목표를 달성하고자 한다면 청정에너지, 지속가능한 수송, 그리고 삼림과 친환경 농업에 대한 투자가 중요함을 강조하고 있다. 또한 녹색경제로의 이행과 관련된 저탄소 사회로의 이행, 자원 효율성 및 일자리 창출에 대한 더 많은 증거들이 세계 곳곳에서 나타나고 있으며, 이는 21세기 지속가능한 도전을 이루기 위한 녹색경제 발전에 핵심적인 요소가 될 뿐만 아니라 MDGs를 이루는 데 상당한 기여를 할 것으로 분석하고 있다. 녹색경제로의 이행에 관한 구체적인 사례로 코스타리카의 국립공원 확장을 통한 생태

관광 붐 조성, 중국의 풍력 사용과 태양광전지 수출을 통한 녹색 일자리 창출, 브라질 쿠리치바의 미래지향적 도시계획과 지속가능한 교통정책, 네 팔의 지속가능한 산림이용, 우간다의 유기농제품(바닐라, 생강, 파인애플) 생산과 수출 등을 제시하고 있다.

UN에서는 세계적인 인구증가와 식량수요, 영양공급 문제 등에 대응하기 위해 녹색농업이 추진되어야 함을 강조하고 있다. 현재의 농업시스템은 자연자원을 고갈시킬 뿐만 아니라 상당한 양의 온실가스 및 기타 오염물질을 발생시키므로 전통적인 영농방식에서 벗어나야 한다는 것이다. 녹색농업은 온실가스 배출량 감소, 토양의 지력회복과 농약오염 감소, 용수이용의 효율성 제고와 생물다양성 손실 감소 등을 통해 자연자원을 복원시키는 힘을 가지며, 폐기물과 비효율성 감축을 통해 환경악화 및 빈곤 문제 해결에 기여한다. 또한 새로운 녹색 일자리 창출과 노동력 투입에 대한 수익력을 제고시킬 수 있다. 따라서 녹색농업은 지속적으로 식량안보를 보장하고 궁극적으로 환경 비용과 경제적 비용을 줄이는 기회를 제공한다고 볼 수 있다. 녹색농업이 제대로 이루어지기 위해서는 과감한 투자와 연구, 역량강화(capacity building)가 관건이며, 국가 및 국제적 차원에서 정책개혁과 혁신의 필요성을 제시하고 있다.

UNEP는 녹색경제 실현을 위한 견인차로 녹색농업을 “지속가능한 방식으로 식품공급을 보장하면서 농가생산성과 수익성을 유지 및 증대하고 부정적 외부효과를 줄이고 점진적으로 긍정적 외부효과를 유도하고, 오염을 줄이고 자원을 효과적으로 이용함으로써 생태적 자원(토양, 물, 공기 및 생물다양성 자연자본 자산 등)을 복구하는 농업”으로 정의하고 있다. 녹색농업을 추진함으로써 식량수요 증대, 바이오연료와의 경합적인 수요, 제한적 경지이용과 부족한 물 자원, 수확 후 감모분, 농촌 노동력 감소, 기후변화의 취약성 등 도전적 요인에 대한 효과적인 대처가 가능하다는 입장이다.

녹색성장 추진을 위해서는 글로벌정책 차원에서 지속가능한 농업 육성을 위한 국제무역시스템(수출보조금, 시장지배력 비대칭, 식품안전성 기준, 지적재산권 등) 및 경제개발협력을 강화해야 한다. 국가적인 차원에서는 소규모 농가의 농지임차권 보장, 여성 소규모 농가에 대한 맞춤형 프로그

램, 지속가능 농산물에 대한 공공조달 등의 정책추진이 필요하다. 또한 경제적 수단으로 세금과 지불금을 적절하게 활용하고, 능력배양과 인식도 제고를 위한 공급체인 관리, 기술보급 강화, NGOs 역할 강화, 기술 확산을 위한 정보통신기술의 통합 등이 이루어져야 함을 강조하고 있다.

1.4. FAO의 기후변화 대응 스마트농업

FAO는 개발도상국의 농업의 경우 식량안보와 기후변화의 도전에 대응하기 위하여 농정개혁과 같은 상당한 변화가 필요한 것으로 진단하고 있다. 세계농업의 지난 60여년 동안 농지는 10% 증가에 머무른 반면, 효율성의 증대와 생산시스템 및 작물·축산사료 시스템 등의 향상으로 식량생산은 상당히 증가하였다. 그러나 기후변화로 농업부문에 위협요소로 작용함으로써 기존의 도전들을 악화시킬 것으로 예상하고 있다. 특히 세계인구가 현재 67억 명에서 2050년까지 90억 명으로 증가할 것으로 전망되어 FAO는 인구증가에 부응하기 위해 약 70%의 농산물생산 증가가 필요한 것으로 추정하고 있다. 동시에 기후변화는 농산물의 안정성과 생산성을 위협하고 있고, 세계의 여러 지역에서는 이미 농산물 생산성이 하락하고 있는 것으로 진단하고 있다. 장기적으로 보았을 때, 생산계절과 병해충 발생패턴의 변동을 가져오고, 생산량, 가격, 소득 등에 영향을 미치게 될 것으로 보고 있다. 따라서 농업부문의 생산량, 소득, 생산시스템을 안정화시키기 위해서는 기후변화에 따른 복원력을 향상시켜야 하고, 이를 위해서는 자연자원의 환경친화적인 관리와 자연자원의 효율적 사용이 전제되어야 하는 것으로 보고 있다.

이러한 여건변화 속에서 기후변화 대응 스마트농업(climate-smart agriculture)은 생산성을 증가시키면서 지속가능한 저탄소농법으로의 전환을 의미하며, 개발된 최신과학기술 활용과 제도개혁, 금융 등의 인프라 구축을 통해 이루어질 수 있다. 특히 기후변화하에서 식량안보 구축은 농업생산시스템과 생산성, 복원력이 중요하며, 이를 위해서는 제도적·정책적 지원이 필수적이다. FAO는 농업과 환경, 금융적 범위를 뛰어넘어 협력과 혁신적 제도가

요구된다는 점을 강조하고 있다.

스마트 소규모 농업으로의 전환을 촉진하는 정책적 환경을 조성하기 위해 기후변화, 농업발전, 식량안보 정책 사이의 일관성과 협력, 통합이 매우 중요하다. 국가수준의 기후변화정책은 적응을 위한 국가행동계획(NAPAs, National Action Plan for Adaptation)과 국내적으로 적절한 감축행동(NAMAs, Nationally Appropriate Mitigation Action)을 통해 표현된다. 농업발전과 식량안보 계획은 국가발전전략(National Development Strategies)과 빈곤퇴치전략보고서(PRSPs, Poverty Reduction Strategy Papers)에 잘 제시되어 있다. FAO는 최근 NAPAs, NAMAs, CAADP에 명시된 정책목표들을 비교하는 연구를 수행하였다. 이 연구결과에 따르면 식량안보, 안전망, 적응정책의 통합으로 상당한 이익을 가져올 수 있음이 밝혀졌다. 주요 정책방안으로 위험과 취약성평가에 대한 기후과학정보의 사용은 안전망과 보험상품의 개발을 이끌어 긍정적인 결과를 가져올 수 있으며, 가격안정화와 관련 정책 역시 적응과 식량안보 모두에 있어 주요한 역할을 하는 것으로 제시하였다. 국제 수준에서도 식량안보, 농업발전, 기후변화정책의 통합과 금융지원이 필요하다. 식량안보 구축과 기후변화대응의 양대 축은 지금까지 특별히 실질적인 통합이 이루어지지 않았으나, 향후 식량안보, 농업발전, 기후변화 정책입안자들 간의 긴밀한 협력과 네트워크가 구축되어야 함을 제시하였다. 제도의 중요한 역할 중 하나는 규제와 표준 개발을 위한 생산 및 마케팅 조건에 대한 정보를 생산하고 보급하는 것이다. 기후변화는 불확실성을 높이기 때문에 신속하고 정확한 대응이 필요하다. 따라서 정보의 가치와 제도의 중요성이 커지고 국가적·국제적 농업 연구프로그램 역시 중요하게 된다.

기후변화 대응 스마트농업은 농업기술적인 측면에서는 생산시스템의 효율성, 복원력, 적응력, 저감잠재력 등 다양한 요소들의 개선을 통해 이루어질 수 있다. 분야별 핵심적인 수단으로는 토양 및 양분관리, 물 관리, 병해충 방지, 복원력 강한 생태계(resilient ecosystem), 유전자원 수확·가공·공급망(supply chains) 등을 들 수 있다.

저탄소 농법에 적용될 수 있는 스마트 농업기술로는 논농사에서 기후변

화에 대응하여 경작패턴 변경, 파종일 조정 등 재배기술의 활용, 농장에서 발생하는 잔여물과 폐기물을 혼합하여 농장에서 혼합퇴비로 사용 등은 농가소득 증대와 양분개선, 복원력 증진, 금융위기를 최소화하는 데 기여할 수 있다. 기후변화 대응 스마트농업이 제대로 이루어지기 위해서는 교육·훈련이 중요하다. 기후변화는 농민들이 반드시 단·장기적인 계획수립과 기술선택의 능력을 갖출 것을 요구한다. 농업기술보급은 이러한 변화에 대한 정보의 확산을 위한 통로이다. 농민현장학교(FFS, Farmer Field Schools)는 농민교육과 훈련을 위한 실제적인 방법이다. FFS는 최근 빠르게 확산되고 있으며, FAO로부터 지원을 받고 있다. 농민들이 생산시스템을 분석하여 문제점을 파악하고 가능한 해결방법을 시험하여 최종적으로 그들의 농장에 가장 적합한 농법과 기술을 채택하도록 하는 것이다.

기후변화에 대응하는 환경적 서비스에 대한 적절한 보상책과 과감한 투자가 필요하다. 환경서비스 지불금(Payment for environmental services, PES)은 농업 전환을 위한 대안적 금융지원의 잠재적 요인 중 하나이다. 기후변화의 완화는 소규모 농가가 제공할 수 있는 일종의 환경적 서비스이며, 나아가 농업생산성 및 안정성의 향상으로 인한 시너지도 유발된다. 다음으로 탄소시장의 부상은 농업활동과 농민에게 새로운 소득원을 제공할 것으로 관심과 기대를 받고 있다. 하지만 대부분의 소규모 농가 입장에서는 거래비용이 높고, 감축으로 인한 이윤이 낮기 때문에 탄소시장의 진입 가능성이 제한된다. 따라서 소규모 농가의 탄소시장 활용에 대한 적절한 대응 방안으로 대규모 농가와 소규모 농가를 포괄할 수 있는 공식적·비공식적 제도의 준비, 공공과 민간금융지원이 농민에게 유입될 수 있도록 하는 농업금융정책, 농업인 보조금에 대한 합의된 시스템 등이 필요하다.

식량안보, 농업발전, 기후변화에 대응하기 위하여 필요한 지속가능한 스마트농업 체제로의 전환은 많은 비용이 소요되므로 대규모의 투자가 필요하다. 잠재적인 손실, 기후변화에 대응하지 않았을 때의 비용증가와 비극적인 위협에 대한 불확실성 등을 고려할 때 상당한 자원마련이 긴급하다. 자원마련을 위해서는 혁신과 협력이 요구되며, 실제로 긴급하고 적절하게 다루어져야 한다. 다양한 금융요인과 기존체계, 새로운 체계를 연결해 사

용함으로써 기후변화 적응 및 완화를 위한 프로젝트를 진행해 나가야 한다. FAO(2009)는 측정과 모니터링, 능력배양 시스템구축과 인프라구축, 탄소 크레딧 화폐화 등을 위한 거래비용으로 2030년 기준 38억유로로 추정하였다. 2010~2030년 동안에 감축활동으로 소요되는 총비용은 130억유로 등으로 상당한 비용이 소요될 것으로 추정하고 있다.

2. 주요국의 농업부문 녹색성장 추진 사례

2.1. 영국

2.1.1. 온실가스 배출 실태와 감축 목표

영국의 국토면적(2008년 기준)은 2,400만ha로 초지가 1,040만ha로 43%, 농경지가 610만ha로 25%, 산림이 280만ha로 약 12%를 차지한다. 농업부문 관련 경제활동 인구는 전체 경제활동 인구 중 2.2%인 약 20만 명 수준으로 지난 10년간 15% 감소하였다. 영국의 주요 농업생산물은 가축(주로 양과 축우), 곡류, 낙농품 등이다.

영국의 농업과 토지이용에서 발생하는 온실가스는 2008년 기준 46.4백만 CO₂톤으로 총온실가스 배출량의 7.4%에 달한다. 농업부문의 온실가스 배출량은 주로 가축생산 과정과 경종부문의 화학비료 사용으로부터 발생한 것이고, 나머지는 토지이용과 관리 방법의 변화에 의한 자연적인 탄소 균형변화 때문인 것으로 분석되고 있다.

영국은 EU 가맹국 부담공유약정에 의거하여 제1차 공약기간(2008~2012)까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 12.5% 감축목표를 설정하였다. 국제적인 공약 외에도 영국 정부는 2010년까지 기준시점 대비 20% 감축하는 별도의 자국 내 목표를 설정하였으며, 2020년까지 60% 감축의 야심적 목표를 제시하였다.

2.1.2. 녹색성장을 위한 추진 전략²⁶

영국정부는 지구환경문제에 대한 농업인 및 국민들의 인식도를 높이는 정책 프로그램을 적극적으로 추진하고 있다. 이와 관련된 프로그램의 일환으로 온난화 문제에 대한 정책담당자와 농업인 및 관계자들 간의 공감대 형성을 위해 ‘농촌기후변화포럼(Rural Climate Change Forum, RCCF)’을 설치하여 운영해오고 있다.²⁷ 이 포럼에서는 온실가스 경감을 위한 실질적인 조치와 의사소통 전략 개발, 기후변화 프로그램의 효과적 전달 등 정책 결정에 상당한 기여를 하고 있는 것으로 제시되고 있다.

2008년 기후변화법(Climate Change Act)과 2009년 저탄소 전환계획(Low Carbon Transition Plan)의 시행으로 국가정책이 온실가스 감축으로 전환되고 있다. 영국정부의 저탄소 전환계획(UK Low Carbon Transition Plan)에 따르면 농업부문의 배출량은 연간 3백만 CO₂톤씩 줄어들 것으로 추정하고 있으며 이는 2007년 영국 농업부문 배출량의 11%에 해당한다. 저탄소 전환계획은 영국 농민들의 의무배출감축량을 어느 수준으로 할 것인지에 대한 실천계획의 수립을 요구하였으며 정부는 이러한 접근방법이 온실가스 감축을 달성하는 가장 효과적인 방법이 될 수 있다고 생각하고 있다. 농민들은 축산과 비료사용으로부터의 배출량 감축뿐만 아니라 여러 부문에서 기후변화 대응조치에 적극적으로 참여하고 있다. 온실가스 완화를 위해 기술적인 측면에서는 신재생에너지의 개발을 통해 에너지부문의

²⁶ 영국의 농업부문 녹색성장 추진 전략은 연구책임자가 2010.9.12~9.18일까지 환경·식품·농촌부(Defra)의 미래전략과를 방문하여 수집한 자료와 관련 분야 담당자들과의 면담조사 등을 기초로 작성한 것이다.

²⁷ 농촌기후변화포럼(RCCF)은 2005년 3월에 창설되었고 포럼의 기간은 2008년 10월에 종료될 예정이었으나 2008년 10월 17일 Defra 장관이 RCCF의 기간을 재조정하여 2011년 3월까지 연장되었다. 처음에 8개의 회원단체가 포럼에서 활동하였으며 2008년 10월에 3개의 단체가 추가되어 모두 11개의 단체가 활동하고 있다. 처음 8개 단체는 국가농지사업연합, 환경청, 산림위원회, 탄소신탁, 전국농민단체 내셔널트러스트, 자연영국, 조류보호왕립협회 등이며 추가된 3개의 단체는 농산업연합, 토양협회, 지속가능발전위원회 등이다.

탄소집중도를 낮추고 에너지 효율성을 제고시키며, 저탄소 물질의 생산을 위한 원료 생산과 토양 및 산림에서의 탄소저장을 위해 노력하고 있다.

영국 정부는 기후변화에 효과적으로 대응하고 지속적인 농업경제 발전을 추구하는 농업부문 녹색성장을 추진하기 위해 세 가지 우선순위를 정하고 다양한 정책 사업을 추진하는 구조개혁계획안(Draft Structural Reform Plan)을 2010년 7월에 발표하였다.

첫째, 영국 농업을 지원개발하고, 지속가능한 식품생산을 장려하기로 하였다. 농수산업을 포함한 전체 식품사슬의 경쟁력과 복원력(resilience) 강화를 지원하여 안전하고 환경적으로 지속가능하며, 건강한 식품공급을 보장하고, 동물복지의 표준을 향상시킨다.

둘째, 삶의 질 향상을 위한 환경을 조성하고 생물다양성을 증진하고자 한다. 따라서 오염을 줄이고 서식지 손실 및 붕괴를 예방함으로써 생물다양성과 해양환경을 포함한 자연환경을 보호한다.

셋째, 강하고 지속가능한 녹색경제와 기후변화에 대한 대응력을 지원하고자 한다. 사업, 사람, 지역사회가 지속가능한 방법으로 자연자원을 관리·사용하고 폐기물을 줄이도록 권장하며 영국 경제가 기후변화에 대응력을 높이도록 지원한다.

영국 환경·식품·농촌부(Defra)는 농산업계의 온실가스 감축을 위한 농산업계의 온실가스 실행계획(Greenhouse Gas Action Plan, GHGAP)을 2010년 2월에 발표하였다. 실행계획은 농업분야 유관기관으로 구성된 합동작업반(Task Force)에 의해 마련되었고 업계와의 논의를 거쳐 작성되었다.

GHGAP는 온실가스 배출량 저감을 위해 실현가능하나 과감한 이행으로 생산성과 자원이용의 효율성을 높이며, 농산물 생산을 위한 신재생 에너지의 사용을 장려하여 농가에 이익이 되도록 하는 데 목표를 설정하고 있다. 이를 위해 구체적으로 2018~2022년의 탄소예산과 온실가스 완화에 대한 기여도를 측정·보고·검증토록 하고 있다. 또한 GHGAP는 정책과 지식의 변화를 유도할 수 있는 현실적인 연구를 목표로 하고, 정기적인 변화와 개혁을 요구하고 있다. GHGAP의 운영은 1단계로 효과적인 관리를 위한 시스템의 개발 및 보급, 2단계로 목표달성을 위한 세부 시행계획을 체계화하는

두 단계로 접근하고 있다.

온실가스 감축을 위한 노력은 다양한 방법과 경로를 통하여 농촌사회의 모든 부문에 이어질 것으로 분야별로 경험이 많은 사람들과 지속적인 의사소통을 통해서 농업 효율성의 향상에 관심이 많은 사람들을 동참하도록 하는 행동을 명확히 해야 한다. 또한, 농업 및 화훼발전위원회(Agriculture and Horticulture Development Board, AHDB) 분야와 산업계는 추가 정부기금이 기존의 계획과 잘 부합하게 할 방법을 강구할 것이다.

이러한 과정을 통해서 이 프로세스와 정부의 농업자문서비스 분석 프로젝트에 의한 차이를 제시할 수 있다. 자문과 정보교환은 에너지 효율성 및 재생에너지에 대한 자문을 통해 이산화탄소 배출량을 줄이고, 기존의 농업 효율성과 관련된 자문을 통해 아산화질소 및 메탄 배출량을 저감하는 역할을 하며, 온실가스 실천계획이 성공하기 위해서는 의사소통의 양이 중요하기 때문에 자문과 정보교환 서비스가 매우 중요하다.

Defra는 농업부문의 메탄 배출을 감축할 수 있는 조치들을 조사하기 위한 포트폴리오를 갖고 있다. 적절한 토양 관리와 관련 토양자원 보전과 토양탄소 손실에 대한 취약성 문제를 해결하기 위해 토양관리 프로그램을 추진하고 있다. 2025년까지 취약한 토양에서 초래된 토양유기물질 감소를 중단시키도록 유도하고 있고, 토양침식 예방 및 토양유기물을 유지하기 위해서 기준설정 및 상호준수 프로그램을 적용하고 있다. 또한 Defra는 기후변화와 관련하여 온실가스 감축에 유기농업의 기여를 인정하고 적극적인 육성정책을 추진하고 있다. 그러나 유기농업의 온실가스 감축에 대한 기여도가 어느 정도인지에 대한 보다 과학적인 연구가 필요하다는 점이 제시되고 있다. 바이오에너지 활성화 대책으로 2004년 11월에 ‘비식용 작물 생산 및 활용 전략’을 수립하여 추진하고 있으며, 지속가능한 농업 개발과 재생에너지 생산 확대 등을 위해 2007년부터 ‘바이오자원 전략’을 수립하여 추진하고 있다. 바이오에너지 대책의 핵심 사업으로 바이오에너지 인프라 구축, 바이오에너지 작물 생산농가 지원을 위한 5년간의 교부금 지급, 차세대 바이오연료 기술개발 지원 등을 담고 있다. ‘영국의 바이오자원 전담반’은 지속가능한 농업의 개발과 재생에너지 목표들을 지원하여 바이오자원

에너지의 개발을 정부와 산업이 적정화시키는 것을 돕기 위해서 구성되었다. 또한 경작포기 농지에 에너지 작물 재배 시 단독지불금을 지급하고 있다. 이 밖에도 연구개발에 대한 지원을 강화하고 있다. 온실가스를 감축할 수 있는 농경지 관리방식 개선, 토양유기탄소 흡수원 활용 등에 관한 대책 과제를 발굴하여 상당한 연구비를 지원하고 있다. 또한 농업부문에서 온실가스 배출권거래제를 가능하게 할 시장 메커니즘의 실현가능성과 가능한 선택 대안을 모색하려는 전략적인 연구도 추진하고 있다.

2.2. 네덜란드²⁸

2.2.1. 온실가스 배출 실태

네덜란드의 온실가스 배출량은 2007년 기준으로 207.5백만 CO₂톤이다. 이는 LULUCF를 제외한 양으로 1990년 213.3백만 CO₂톤보다 2.7% 줄어든 양이다. LULUCF의 배출량은 2.537백만 CO₂톤으로 이를 포함하게 되면 210.04백만 CO₂톤이다. LULUCF를 포함한 총온실가스 배출량을 기준으로 농업부문은 8.77%인 18.423백만 CO₂톤을 배출하는데 총 메탄 배출량의 52.72%, 총아산화질소 배출량의 60.69%가 농업부문에서 배출된다.

2.2.2. 기후변화 대응책

가. 농업부문 기후변화 완화정책

네덜란드 정부는 농업 및 원예부문에서 2020년까지 5백만~6백만 CO₂톤을 저감하는 목표를 수립하였다. 이는 2020년 BAU대비 1백만~2백만 CO₂

²⁸ 네덜란드의 농식품부문의 녹색성장 전략부분은 네덜란드 농업경제연구원 Dr. Floor Brouwer에게 의뢰한 『유럽연합의 녹색성장 전략 - 농식품부문』의 원고를 기초로 정리한 내용이다.

톤을 줄이는 것에 해당한다. 동일기간 비이산화탄소 온실가스는 25~27CO₂톤을 저감할 계획이며, 이러한 감축목표 달성을 위해서는 원예부문에서 16~17CO₂톤을 감축해야 한다.

이산화탄소 저감과 관련한 청정 및 효율적 프로그램은 2020년까지 1990년 대비 3.5~4.5CO₂톤을 저감하는 것을 목표로 설정하고 있다. 온실원예정책(Greenhouse horticulture policy)은 1980~2010년 동안 에너지 효율성을 65%까지 높이는 것을 목표로 하여 추진되었다. 에너지 절약과 지속가능한 전기 및 열 병합 등의 지속가능한 소비 분야에서 적극적인 정책을 추진하였다. 이를 위해 규제 및 재정정책, 자발적 협약 등을 포함한 다양한 수단을 사용하고 있다. 온실원예 외에 다른 농업활동들은 에너지 절약과 바이오매스를 적극적으로 활용하는 방안을 추진하고 있다. 청정 및 효율적 프로그램은 비이산화탄소 저감, 특히 산업부문에서의 아산화질소, 농업부문에서의 메탄과 이산화질소의 감축을 목표로 한다. 비이산화탄소는 2020년까지 4.0~6.0백만 CO₂톤을 줄여야 한다. 특히 메탄 저감을 위한 가축사육 규모 제한은 2015년까지 우유쿼터를 시행하고 가축 수를 줄이는 규제정책으로 축산부문의 온실가스 완화를 위한 주요한 수단이다. 또한 아산화질소 저감을 위한 암모니아 및 가축분뇨정책(Ammonia and manure policy)은 암모니아와 가축분뇨 관리를 통하여 아산화질소 배출량을 줄이는 규제정책으로 온실가스 완화를 위한 주요한 정책으로 추진되고 있다.

네덜란드 기후정책(Dutch Climate Policy 2008~2012) 기간 동안에는 농업부문은 온실가스 의무저감이 적용되지 않으나, 비용효과적인 방법으로 자발적인 참여를 독려하고 있다. 아산화질소를 줄이기 위해서는 저탄소 우수농업의 개발과 메탄저감을 위한 가축사료 조치, 가축분뇨 저장과 발효 촉진 등을 위한 적절한 기술적 수단이 개발되어 활용되고 있다.

나. 농업부문 기후변화 적응정책

기후변화에 따른 기온상승은 정도에 따라 차이가 있으나 작물 생육기간이 늘어나게 되면 잠재적 작물 수확량이 증가할 수 있기 때문에 긍정적인

요인으로 작용할 수 있다. 네덜란드 농업은 기후조건에 유연성 있게 대응할 수 있는 시스템이 어느 정도 구축되어 있기 때문에 가뭄으로 인한 수확량의 감소는 농산물의 가격상승으로 소득보전이 가능하다. 다만, 극심한 기상재해가 농업부문에 제한적으로 경제적으로 손실을 가져올 수는 있다. 농업지역의 경우 극심한 기후변화와 병해충 발생, 해안지역의 염류작용 등은 농작물 생산에 상당히 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 또한 높은 가축사육 밀도와 다양한 운송수단을 활용한 여러 지역과의 접촉 등도 조심해야 한다.

네덜란드의 저지대에서는 기후적응과 수계 경관개발, 간척지와 이탄지에서의 물관리 조정 사이의 시너지가 매우 중요하다. 고지대에서는 지역수계와 누수지역의 개발 및 복구 등이 시너지로 작용할 수 있다. 다음으로 기후 완충지대는 기후변화로 인한 모든 피해와 위협을 줄이는 역할을 한다. 취약한 지역에 특별 계획을 수립하고 완충지대를 구성하여 위협을 줄이고 상쇄시킬 수 있다. 완충지대는 홍수의 위험을 줄임과 동시에 가뭄도 줄이는 역할을 한다. 네덜란드에는 Natuurmonumenten, Bird Protection, State Forest Foundation, The ARK Foundation and the Wadden Association 등 5개의 보전기관이 있어 자연 기후완충지대의 개발을 담당하고 있다. 이미 35개 도시에 기후완충지대가 기능을 하고 있는 것으로 파악되고 있다. 산림지역의 취약성 방지를 위하여 완충지대를 사용하며, 특히 모래지역, 언덕지대, 상류지역에 완충지대를 설치함으로써 집중호우로 인한 피해를 줄일 수 있다.

농업부문의 토지 및 물과 관련한 정책으로 농업그린 및 청색서비스를 들 수 있다. 농업그린 및 청색서비스는 공간개발을 위한 국가 정책계획(National Policy Plan for Spatial Development)이 서부의 토탄지역의 잠식을 저지해야 한다고 주장하고 있다. 당시 52,900ha의 농경지를 포함하여 약 67만 5천ha의 토지가 침식되었다. 이 가운데 물을 이용한 농법(Farming with water) 프로그램은 농민들이 주요 농업기능 이외의 물의 기능과 중요성에 대한 관심을 제고시키는 것을 목표로 한다. 궁극적으로 물 저장, 물 보전, 지표 및 지하수의 수질개선을 목적으로 하며, 네덜란드는 이러한 블루 서비스에 대하여 직불금도 부여하고 있다.

다. 저탄소 녹색기술의 활용

네덜란드의 농식품부에서 널리 활용되고 있는 녹색기술은 크게 네 가지로 유형화할 수 있다.

첫째, 농업공원을 들 수 있다. 농업공원은 곡물, 축산물 생산 시스템 및 식품가공을 위한 통합시스템을 포함하는 농업 기업체들의 지역적인 집단으로 볼 수 있다. 농식품시스템은 다른 기능, 예를 들면 에너지 제공, 폐기물 및 물 관리, 물류, 또는 수송과 같은 기능들과 통합될 수 있다. 식량은 식량품질 기준, 면적·공간계획 요구사항 및 국지 환경의 제약 등을 고려하여 대량으로 공급될 수 있다. 증가하는 구매력으로 소비자는 효율적인 식량 체인을 요구한다. 도시의 소비자들은 가공 및 물류를 포함하여 농·식량 생산을 위한 혜택을 만들어 낼 수 있다. 그러한 활동의 통합은 온실가스를 적게 배출하고 환경에 도움이 되고 도시와 지방 사람들의 소득 격차를 극복하며 식량 생산의 수익성을 향상시킬 수 있다.

둘째, 에너지 중립적인 낙농 체인을 들 수 있다. 낙농식품 체인은 에너지의 주요한 사용자이며 메탄 배출의 주 원천이기도 하다. 재생가능 에너지의 생산과 활용을 위한 사례로 낙농업계의 바이오가스 플랜트를 들 수 있다. 낙농 농장에서 분산된 에너지의 생산은 낙농산업에 의한 중앙집중식 에너지 활용에 연결하고, 이 개념이 에너지 중립적인 낙농 체인으로의 첫 걸음이 될 수 있다. 우유 가공은 우유와 재생 가능 에너지에 부가가치를 더해 준다.

셋째, 에너지 중립적인 유리집 시스템을 들 수 있다. 유리집에서의 생산이 천연 가스의 주요 사용자이며 에너지 비용이 생산업자의 주요 관심사이다. 주요한 해결책은 결합된 열 및 전력 시스템으로 에너지 비용을 20~30%까지 감소시킬 수 있다. 이 개념은 1987년에 최초로 시행되어 식물 성장에 필요한 빛을 위해 전기를 제공하였다. 오늘날에 전기는 연소되는 연료에 의해 생산되며 온실은 이산화탄소와 열을 사용한다. 나머지 전기는 빛으로 이용되거나 아니면 국가 송전선망으로 반환된다. 2006년에 그 개념은 에너지의 공급과 균형을 이루도록 하기 위한 에너지의 사용과 함께 에너지 중립적인 유리집 시스템에서 사용되었다. 고려된 에너지원으로 태양

에너지, 바이오매스 및 지열 등을 포함한다. 그러한 에너지 중립적 시스템은 2020년까지는 가동될 것으로 예측된다.

넷제, 지속 가능한 지역 농업 시스템을 들 수 있다. 혁신네트워크는 농업 생산물의 세계화와 지역화 사이의 조화를 강화하는 지역 농업시스템의 개념을 주도하였다. 과거 몇 년간 여기서는 지역화에 도움이 되는 개념을 찾고 있었다. 다음과 같은 3가지의 주된 도전과제에 대응할 필요가 있다: (i) 지속 가능성(경제적 측면뿐만 아니라 생태적 및 사회문화적인 면까지), (ii) 매우 발전된 공공부문과 식량생산 프로세스를 통제하는 규정체계를 가진 농업부문의 관리, (iii) 국민들이 식량생산에 대한 책임을 지고 그에 영향을 미치는 식량체인의 혁신 등을 들 수 있다.

이 밖에도 농업부문에서의 친환경 기술은 크게 농식품에서 에너지 소비의 감소와 비-재생 가능 에너지 공급에 대한 의존성을 감소시키는 것을 목표로 하고 있다.

2.3. 호주

2.3.1. 온실가스 배출 실태

호주의 국토면적(2007년 기준)은 7억 725만ha이며, 초지를 포함한 농경지 면적은 4억 1,720만ha로 약 54%를 차지한다. 농업부문 관련 경제활동 인구는 전체 경제활동 인구 중 약 3%인 약 37만 명 수준이다. 호주의 주요 농업생산물은 소맥, 가축(주로 낙농과 양), 낙농품 등이다.

호주의 농업과 토지이용에서 발생하는 온실가스는 2007년 기준 88.1백만 CO₂톤으로 총온실가스 배출량 541.2백만 CO₂톤의 16.3%에 달한다. 농업부문의 온실가스 배출량은 주로 축산부문과 경작지의 화학비료 사용으로부터 발생한 것이다.

호주 정부는 온실가스 감축 목표를 2020년까지 2000년 대비 25% 감축, 2050년까지 60% 감축 목표를 설정하였다. 이러한 온실가스 감축목

표 달성을 위해 다양한 정책 프로그램을 마련하여 추진하고 있다.

2.3.2. 기후변화 대응책

가. 기후변화 대응방안 개관

호주의 기후변화 대응은 「2006~2009 국가 농업과 기후변화 실천계획 (National Agriculture and Climate Change Action Plan)」에 잘 나타나 있다. 이는 정부와 농업부문의 기후변화 정책에 중요한 틀을 제공하고 있으며, 연방, 주, 지방 정부가 협력 및 조율과정을 거쳐 수립하였고, 농가, 지역사회, 기후학자, 정부의 자문을 받아 완성되었다. 기후화 실천계획에는 농업시스템의 복원력을 위한 적응전략, 온실가스 배출을 줄이기 위한 감축 전략, 기후변화에 대응할 수 있는 연구와 개발, 인식과 소통 등 4개의 주요 부분으로 구성되어 있으며 이 가운데 적응전략과 감축전략이 핵심이라고 할 수 있다.

호주의 기후변화 적응전략으로는 농업시스템의 복원력 배양, 자연자원 관리자 및 시스템의 능력배양, 병해충 유입에 의한 악영향 최소화, 시장 기회의 장점 활용 등이 있다. 감축전략으로는 농업시스템으로부터의 배출 경감, 에너지 효율 개선, 화석연료 사용의 비용 효율적 대안 촉진, 온실가스의 생물학적 고정화의 기회 확대, R&D 자원에 대한 투자 효율성 보장 등이 있다<표 5-1>.

표 5-1. 호주의 기후변화 대응전략

적응전략	감축전략
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업시스템의 복원력 배양 ▪ 자연자원 관리자 및 시스템의 능력 배양 ▪ 병해충 유입에 의한 악영향 최소화 ▪ 시장 기회의 장점 활용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업시스템으로부터의 배출 경감 ▪ 농업에서의 에너지 효율 개선 ▪ 화석연료 사용의 비용 효율적 대안 촉진 ▪ 온실가스의 생물학적 고정화의 기회 확대 ▪ 온실가스 감소 위한 R&D 자원에 대한 투자 효율성 보장

자료: www.daff.gov.au.

나. 적응전략

호주 정부는 미래농업(Australia's Farming Future)을 통해 1차 산업을 위한 기후변화 대응책을 제시하였는데, 그 핵심은 4년에 걸친 자금지원을 통해 1차 생산자들이 기후변화에 적응토록 하는 것으로 요약될 수 있다. 호주의 미래농업은 기후변화 연구 프로그램(Climate Change Research Program), 농장준비(FarmReady), 기후변화조정프로그램(Climate Change Adjustment Program) 등으로 구성되어 있다.

기후변화 연구프로그램(Climate Change Research Program)의 주요 내용을 보면 연구 프로젝트와 농장실험에 자금을 지원하여 농업부문이 기후변화에 적응하도록 도와주고, 농업부문이 미래에 대응하도록 한다. 이 프로그램에는 온실가스 저감, 토양 관리 개선, 기후변화 적응에 초점을 맞추어 농가와 농업에 실제적인 관리 해법을 제시해주는 프로젝트들을 포함하고 있다. 이 프로그램은 연구제공자, 산업 그룹, 대학 및 주 정부와 같은 많은 조직들을 포함하는 대규모 공동 프로젝트를 지원하게 된다. 결과적으로 기

표 5-2. 농가단위에서 적용되는 다양한 기후변화 적응 방안

구분	적응 방안
품종 및 재배기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 기상변동에 적합한 품종 포트폴리오의 개발: 해충 및 질병에 대한 내성을 가진 품종 개발 재배 방식과 재배 결정의 변화: 파종기, 파종 정도, 재식밀도, 관개, 경운, 질소비료의 기술적 적용
기상관측 개선 및 활용	<ul style="list-style-type: none"> 기상예보의 기술 개발에 의한 작물 재배과중, 방제, 제초, 수확 계절예보 기술의 발전에 의한 재배형태, 품종선택, 작물 투입 수준에 관한 결정 가물의 정도와 기간을 보다 정확히 예측하는 개선된 기후 예측 시스템을 통한 재고와 재고 청산에 관한 결정
첨단 시설 및 기술 활용	<ul style="list-style-type: none"> 인공위성 이미지 기술과 전문 시스템을 이용하는 자문 서비스를 기반으로 한 개선된 목초와 작물 경영 결정 지원 시스템 관개 작물에 물을 공급하기 위해 염분이 함유된 지하수를 사용하는 저비용 탈염 설비의 개발
영향평가 및 연구	<ul style="list-style-type: none"> 장기화된 건기와 고온이 잡초와 해충 생태계에 미치는 영향 연구 및 연구결과의 활용

자료: 김창길 외 4인(2009a) 자료에 제시된 내용을 재구성함.

후변화에 대한 생산자의 적응력과 복원력을 강화하는 개별적 전략을 개발하도록 촉진한다. 기후변화 연구프로그램에 따라 농가단위에서 실질적으로 적용할 수 있는 다양한 적응 방안들이 연구 개발되었다<표 5-2>.

품종 및 기술개발 분야에서는 보다 커진 기상변동에 적합한 품종 포트폴리오의 개발과 재배 방식과 재배 결정의 변화가 있다. 기상관측 개선 및 활용분야로는 기상예보, 계절예보, 가뭄 등 이상기상 예보를 개선하고 품종선택, 재배과종, 방제, 제초, 수확, 재고 청산 등 농업의 일련의 활동에 적용한다.

첨단 시설 및 기술 활용 분야로는 인공위성을 이용한 개선된 목초와 작물 경영 결정 지원 시스템 확립, 염분이 함유된 지하수를 사용하는 저비용 탈염 설비의 개발 등이 포함되어 있다. 기후변화 영향 평가 및 연구 분야로는 장기화된 건기와 고온이 잡초와 해충 생태계에 미치는 영향 연구 및 연구결과의 활용이 있다.

다. 완화전략

호주의 농업과 토지이용 부문은 온실가스 배출을 감축하는 데 상당한 기여를 해왔다. 농업부문의 생산 활동은 이산화탄소, 아산화질소, 메탄 등 세 가지 주요한 온실가스 배출에 영향을 미친다. 국가 차원에서 온실가스를 효과적으로 관리하기 위해 호주 정부는 2009년 11월 당초 7월부터 시작하기로 계획된 탄소오염 감축계획(Carbon Pollution Reduction Schemes, CPRS)의 수정안을 발표했는데, 그 핵심 내용은 CPRS에서 농업부문의 배출권거래제도를 2013년 이후로 연기되었다.²⁹

²⁹ 호주의 탄소시장 배출권거래제는 유럽의 배출권거래제(EU-ETS)와 같은 Cap-and-Trade 방식을 채택하게 되며, 배출권 할당은 무상 배분이 아닌 경매를 통해 배분될 계획이다. 배출권 경매를 통한 수입은 배출권거래제로 피해를 보는 산업과 가계부문을 위한 지원과 청정에너지 개발에 투입될 예정이다.

표 5-3. 호주의 농업부문 탄소상쇄 옵션

교토의정서 준수 CPRS 탄소상쇄	CPRS가 아닌 자발적 탄소상쇄
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 비료 살포 시기의 개선(나누어 살포) ▪ 비료 품질 개선 ▪ 목초지에서 비료 관리 개선 ▪ 질소비료 살포의 개선 ▪ 벼 재배에서의 물 관리 ▪ 메탄 발생을 줄이는 벼 품종의 이용 ▪ 축산 관리 및 사료 품질 개선 ▪ 집중된 축산 경영에서 메탄포집시스템 활용 ▪ 사마나 소각(burning) 방법 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무경운 재배의 확대 ▪ 벌거벗은 휴경지의 제거/피복 작물 재배/비옥한 휴경지의 활용 ▪ 심근 목초 품종의 도입 ▪ 과도한 방목(overgrazing)에 의한 품질저하 축소 ▪ 재배 작물을 다년생 식물로 전환

자료: www.abare.gov.au.

배출권거래제에서 농업부문의 경우 배출량 산정과 모니터링의 어려움으로 제도 도입 초기에는 배출권거래대상에서 제외시킬 예정이었다. 정부는 국가 전체적인 탄소감축정책을 따르기 위해 농업부문 탄소상쇄 계획을 CPRS와 동시에 도입하기로 하였다. 수정된 CPRS하에서 탄소상쇄 옵션은 교토의정서 준수 탄소 상쇄와 자발적 탄소상쇄로 나누어진다<표 5-3>.

교토의정서를 준수하는 탄소상쇄의 활동 부문에는 가축분뇨관리, 비료 사용, 사마나 소각(burning), 농업부산물 소각, 벼 재배, 산림벌채 회피 등이 포함된다. 구체적인 실행 옵션들로는 비료 살포시기의 개선, 비료품질개선, 목초지에서 비료관리 개선, 질소비료살포의 개선 등이 있다. 자발적 탄소상쇄의 활동 부문에는 토양 탄소와 바이오 숯을 통한 바이오고정(bio-sequestration)을 포함하는 농업토양(목초지와 작물토양)이 포함된다. 구체적인 실행 옵션들로는 무경운 재배의 확대, 벌거벗은 휴경지의 제거, 심근목초 품종의 도입 등이 있다.

2.3.3. 바이오에너지

가. 수급동향 및 전망

호주의 2005년 바이오에탄올 생산량은 6천만 리터이며, 2010년에는 3억 5천만 리터까지 확대할 목표를 세우고 있다. 바이오디젤은 상업적으로 아

직 소규모이다. 에탄올 생산 원료로 소맥 등이 주류이며, 사탕수수가 증가하고 있으며, 디젤의 원료는 주로 폐식용유와 수지이다.

바이오에탄올 소비는 E10이 400군데(2006년 기준)의 가솔린 탱크에서 판매되고 있으며, 바이오디젤은 지방정부나 연구소용으로 B5(바이오디젤 5% 포함) 이상의 공급도 개시하고 있다.³⁰ 호주는 농업 대국이기 때문에 바이오 연료 증산을 위한 원료 확보에 문제가 적다. 에탄올을 혼합한 연료 사용이 계속 증가하고 있기 때문에 바이오연료의 생산과 판매는 계속 늘어날 전망이다.

나. 제도 및 정책

국제유가가 상승하면서 바이오연료 의무사용 입법 목소리가 높지만 아직까지 의무사용에 관한 법안은 없는 상황이다. 현재 정부는 바이오연료 1리터당 38.1센트를 생산업체에 보조금으로 지급하고 있으며 또한 바이오연료에 대한 소비세를 2011년 7월까지 면제하고 있다. 2011년 8월 이후에는 2015년 7월 1일까지 바이오에탄올과 바이오디젤에 대해 각각 리터당 12.5센트, 19.1센트의 소비세가 부과될 예정이다. 생산량 기준의 보조금이므로 생산단가 상승에 따라 실질 보조금은 감소하게 된다.

일부 바이오연료 생산자들에게 3,760만 달러의 바이오연료 자본장려금 프로그램을 통해 장려금이 지급되고 있다. 이 장려금은 연간 최소한 5백만 배럴을 생산하는 조건으로 지급되며 리터당 16센트를 보조 받는 셈이 된다. 에탄올 유통 프로그램(Ethanol Distribution Program)은 E10 연료 공급 시설을 갖추는 주유소에 1만 호주 달러의 보조금을 지원한다.

다. 생산시설 사례

바이오에탄올 생산시설은 2007~2008년 동부 및 서부지역에서의 생산시설 프로젝트 개시로 크게 확대되었다. 호주 내의 대표적인 바이오에탄올 생

³⁰ 호주에서는 2003년 7월 1일부터 가솔린에 혼합될 수 있는 에탄올의 최대 허용 비율을 10%로 제한하고 있는데 이러한 혼합연료를 E10이라고 부른다.

산 기업은 Manildra, CSR, Rocky Point/ Bundaberg 등이며 Manildra사의 Bomaderry 공장은 New South Wales 주에 있는데 전체 생산을 주도하고 있다. Manildra는 연간 100백만 리터의 생산능력을 갖추고 있으며 밀, 부산물 등을 원료로 사용하고 있다. 이 공장에서는 산업용 밀 곡물가루에서 단백질과 탄수화물을 추출하고 있으며, 탄수화물 생산의 부산물이 에탄올이다. 1992년에 에탄올 제조를 시작한 이래 생산시설을 지속적으로 확대하고 있다.

2.4. 일본

2.4.1. 온실가스 배출 실태

일본의 온실가스 총배출량(2008년 기준)은 12억 8,200만 CO₂톤이며, 농업부문 발생량은 3,723만 CO₂톤으로 약 2.9%를 차지한다. 일본 온실가스 가운데 메탄의 경우 농업부문이 차지하는 비중은 70%이고, 아산화질소는 약 50%를 차지하고 있다. 농업부문의 경우 온실가스 의무감축 시점(1990년)대비 감소 경향을 보이고 있다. 식품제조업 분야의 2008년도 온실가스 배출량은 1,562만 CO₂톤으로 총배출량에서 차지하는 비율은 약 1.2%이며 최근 감소 경향을 보이고 있다.

2.4.2. 농업부문 녹색성장 대책³¹

가. 농업부문 녹색성장 추진 조직

일본 농업부문 녹색성장 대책은 내각관방 환경·바이오매스 정책과에서 총괄하고, 지구온난화 종합대책사업, 환경보전형 농업과 유기농업 등은 생

³¹ 일본의 농업부문 녹색성장 대책은 연구진이 2010.5.25~5.28일까지 일본농림수산성 환경·바이오매스 정책과와 국립농업연구센터를 방문하여 수집한 자료와 유관기관 관계자와의 면담조사 등을 기초로 작성한 것이다.

산국 농업환경대책과에서 다루고 있다. 또한 축산분야의 온실가스 문제와 가축분뇨처리와 순환농업은 축산국 축산기획과 축산환경·경영안정 대책실에서 다룬다. 환경·바이오매스 정책과는 농림수산 지구온난화대책본부, 지구환경분과위원회 등을 설치하여 운영하고 있고, 배출권거래제도와 바이오매스타운 조성, 환경관리시스템 등의 관련 업무를 다룬다. 농업환경대책과는 지속농업법과 유기농업, 환경과 조화로운 농업생산 활동 규범(농업환경규범), 지력증진, 유기 JAS 인증과 에코팜 인증 등의 업무를 다룬다. 효과적인 정책추진을 위해 전국친환경농업추진회의를 운영하고 있다. 또한 농업환경대책과에서는 농업생산 지구온난화 대책사업을 총괄하고 있다. 생산유통진흥과는 저탄소 시설도입 지원사업으로 식물공장 보급 확대 종합 대책사업을 추진한다. 식물공장 보급·지원사업의 경우 경제산업성은 식물공장에 응용하는 기반기술의 개발 및 식물공장 홍보활동을 지원하고, 농림수산성은 재배기술을 포함한 실증, 연수 및 생산현장에 대한 식물공장의 도입을 지원한다. 축산기획과는 가축분뇨 처리, 자원순환형 축산, 축산분야 온실가스 완화 대책 등의 업무를 총괄하고 있다.

일본농림수산성은 2003년 12월 농림수산 분야의 효과적인 환경정책 추진을 위해 순환형 사회구축·지구온난화대책 추진본부를 설치하여 운영해오고 있다.

나. 저탄소사회형 농림수산업체제 구축을 위한 녹색혁신

기후변화에 대응한 완화대책으로 바이오매스 이·활용에 따른 온실효과 가스의 배출감소, 흡수·저장기능 향상에 기여하는 녹색기술을 개발하고 있다. 국내부존 바이오매스를 유용하게 활용하고, 화석연료의 대체원으로 바이오연료를 생산하기 위해, 목재 바이오매스 등을 원료로 발전·메탄을 합성을 병행하고 있는 「농림 바이오매스 3호기」개발을 추진하고 있다. 이외에도 농림수산업에 있어서의 온실가스 배출 감소를 위해 중간건조, 간단관개, 암거배수 등에 따른 논에서의 메탄 배출저감기술을 개발하고 있다. 농림수산업에서 지구온난화에 적응하고 지속적인 농식품을 생산하기 위해 고온이나 건조 등을 감내할 수 있는 품종과 재배기술 등을 개발

하고 있다. 지구온난화에 대응하기 위해 고온내성품종으로 백미숙립이 적고, 쌀알이 알차며, 수확이 많고 맛도 좋은, 온난에 적합한 벼품종을 개발하고 있다.

생물다양성의 보존을 위해 국민에게 건전하고 양질의 농림수산물을 안정적으로 제공하고, 지속적인 농업생산을 실행하기 위해, 과학적 근거에 기반한 생물다양성 지표 및 생물다양성의 보존·향상기술을 개발하고 있다. 생물다양성의 보존·향상기술 개발과 관련하여 농촌의 생물다양성을 보존하고, 과학적 근거를 부여하기 위해서 관행농업과 환경보전형 농업에 따른 생물종의 비교조사 실시, 농업에 유용한 생물다양성 지표를 제시하고 있다.

다. 농식품산업 부문의 지구온난화 대책

농식품산업 부문의 지구온난화 대책은 교토의정서의 온실가스 배출량을 1990년 대비 6% 감축을 약속하고, 25% 감축목표(2020년) 달성에 맞추어 산림흡수원 대책과 바이오매스 활용 등을 체계적으로 추진하며, 농림수산업·식품산업에 따른 새로운 지구온난화 대책을 가속화하기 위한 프로그램이다. 2010년 예산투입은 258,066백만엔이다.

교토의정서에 따른 제1차 공약기간(2008~2012년)에 1990년 대비 6%의 온실가스 배출량 감축의무를 가지고 있으나, 2007년도(확정치) 배출량은 반대로 9.0% 증가하여 6% 감축 약속을 지키기 어려운 상황이다. 농림수산분야에서도 온실가스의 배출감축·흡수 대책이 확대되어가면서 산림흡수원 대책과 바이오매스 활용의 추진 등을 착실히 수행하고 있고 배출량 거래와 ‘CO₂ 표시하기’ 등을 통한 새로운 지구온난화 대책을 추진할 필요가 있다. 교토의정서 차기 대책에 맞춰, 지속적인 일본의 산림정비 대책이 적절하게 평가받고 있으며, 농지 토양이 일본의 온실가스 흡수원으로서 활용 가능하도록 국제교섭 중이다. 정책목표는 교토의정서의 온실가스 배출량 6% 감축 약속과 25% 감축 목표(2020년)의 달성을 위해 농림수산업·식품산업에서 배출 감축을 추진하고 있다.

온실가스 감축 및 흡수를 위한 주요 정책 내용을 보면 아래와 같다.

첫째, 농림수산 분야에 따른 배출권거래제를 들 수 있다. 농림수산업에서 발생하는 메탄, 아산화질소 등의 온실가스과 관련된 새로운 배출감축 방법론의 검토·책정을 지원한다. 또한 온실가스 배출 감축·흡수를 위해 크레디트를 창출하는 복수의 농업인(판매자)과 기업(구매자)을 연결하는 등 배출량거래제도를 계획하여 참여하는 것을 지원한다. 배출량거래제도에 있어서 농림수산 분야의 연계방식은 배출원과 흡수원의 두 가지 모두를 적절하게 활용하고 있다. 배출원의 경우 감축대상이 되는 CO₂에 더해서 CH₄와 N₂O가 관련된다. 농업시설 기기나 조명, 냉난방 등의 사용에 수반하는 전력 사용, 수송기계나 난방기계 사용 시 연료 사용 등에 의한 배출을 들 수 있다. 한편 흡수원의 경우 교토의정서에는 각국이 규정을 일부 선택할 수 있는 구조로 되어 있기 때문에 종합적인 검토가 필요하다. 농업분야가 전체인증 국내 크레딧에 차지하는 비중은 2.6% 수준이다. 농업부문 프로젝트 가운데 식물 바이오매스에 의한 연료 대체가 131건으로 60%이상의 압도적 비중을 차지하고, 다음으로 열펌프의 도입으로 48건이다. 승인된 프로젝트의 경우도 식물바이오매스대체가 전체의 70.8%를 차지하고, 다음으로 열펌프 도입이 22%를 차지한다.

표 5-4. 농림분야 크레딧의 형태별 분포(2011. 5월 말 기준)

단위: 건, t-CO₂

	프로젝트 건수	승인 프로젝트건수	전체인증 국내 크레딧	승인건수 당 크레딧
식물바이오매스대체	131	119	82,622	694.3
바이오디젤대체	7	5	324	64.8
바이오가스대체	4	1	1,255	1,255.0
열펌프도입	48	37	9,043	244.4
태양광발전도입	3	2	43	21.5
LED도입	5	2	269	134.5
기타 및 상기 복합	6	2	0	0.0
계	204	168	93,556	2,414.5

자료: 藤川清史·山岸尙之(2011).

둘째, 농업부문의 저탄소직불제의 추진이다. 농업분야가 지구온난화 방지와 생물다양성 보전에 적극적으로 기여하기 위해 2011년부터 환경보전 효과가 높은 영농활동에 대한 메뉴방식의 저탄소 직접지불제도를 추진하고 있다. 지급대상자는 에코팜으로 인정을 받고, 농업환경규범에 근거한 점검을 시행하는 농업인과 농업인그룹이며, 저탄소 직불금 지원단가는 ha 당 80,000엔, 지원대상은 피복작물(녹비작물), 초생재배(리빙멀칭), 동절기 담수, 유기농법 실천 등 지구온난화 방어나 생물다양성 보전 등에 효과가 높은 프로젝트로 제시하고 있다.

셋째, 농림수산 분야에 따른 'CO₂ 표시하기'를 추진한다. 농림수산업에서 사용하는 생산자원과 수입원자재 등과 관련된 온실가스 배출원 단위 등 'CO₂ 표시하기'에 필요한 기초 데이터베이스 구축과 온실가스 배출량을 산정하기 위한 간편한 도구를 개발하기 위해 2010년에 15백만 엔 투입한다. 또한 지구환경 종합대책추진 사업 중 농림수산 분야에 따른 'CO₂ 표시하기' 추진 모델사업의 예산으로 39백만 엔이 투입되었다.

넷째, 농경지토양의 온실가스 흡수원 기능 활용대책을 추진한다. 토양은 적절히 관리하는 것에 따라 탄소저장이 가능하기 때문에 유기물 시용 등 탄소저장에 효과가 높은 영농활동과 관련된 대책을 지원한다. 이를 위해 생산환경 종합대책사업에 2010년에 1,499백만 엔이 투입되었다.

다섯째, 미래 개척을 위한 6차 산업창출 종합대책을 추진한다. 농산어촌의 재생가능 에너지를 활용하여 에너지와 비용을 절약하고 지구온난화를 방지하기 위해 농작물 보존냉장창고, 축사, 바이오매스 변환시설 등의 농림수산업 관련 시설 등에 태양광판 설치를 지원한다. 이들 사업에 2010년에 7,241백만 엔이 투입되었다.

이 밖에도 일본의 농업부문 녹색성장을 위한 프로그램으로는 환경보전형농업 직접지원대책, 유기농업지원, 에너지 효율화를 위한 농축산업기계 임대지원사업, 탄소저장촉진과 농작물 고온장해 회피시설 등을 지원하는 강한 농업 만들기 교부금 등을 들 수 있다.

라. 녹색성장 정책의 온실가스 배출감축·흡수효과 시산

일본 농림수산성의 지구온난화 대책본부에서 농업부문 온실가스 배출감축 및 흡수효과를 계측하였다. 온실가스를 2020년까지 1990년 대비 25% 감축을 목표로 현행 기술수준과 예산적·제도적 제약의 구애 없이, 타관청의 시책을 포함해 새로운 감축기술과 시설 등을 최대한 도입한 경우를 시산하였다. 이 경우 적어도 2020년까지 약 30조엔 정도의 비용이 필요할 것으로 예측하였다. 2020년도 농작물의 작부면적과 산림의 연령구성 등의 미래가치는 현행 식료·농업기본계획과 전국 산림계획 등 현행정책의 농림수산업 관련계획에 따른 목표치를 사용하였다.

농림수산업·식품산업에서의 배출감축대책에 따라 약 395만 CO₂톤으로 추정한다. 농업분야에서는 질소의 사용량을 10~20% 감축하여 약 35~71만 CO₂톤, 퇴적발효를 하는 낙농가의 50%를 전환함에 따라 약 77만 CO₂톤, 가온하우스의 60%에 열펌프 및 다층피복 도입으로 165만 CO₂톤, 식품산업분야에서 중간 규모 2,400곳의 보일러를 고효율 보일러로 교체하는 경우 약 82만 CO₂톤 등으로 추정하였다. 한편 흡수원은 농경지 토양에서 뜻거름의 작부면적을 현재의 98천ha에서 21만 6천ha로 확대하고 논에 퇴비 사용량을 증가할 경우 약 380만 CO₂톤을 흡수할 수 있는 것으로 추정하였다.

2.4. 주요국 녹색성장의 시사점

세계의 주요국은 기후변화와 에너지 위기에 대응하여 에너지 저감 및 효율화, 저탄소 녹색기술의 개발, 바이오에너지 활용 등 환경적 부담을 최소화하고 경제성장을 지향하는 노력을 가속화하고 있다.

탄소배출 감축 분야에서는 친환경농어업, 에너지 효율성 향상 등의 수단을 대부분의 국가에서 도입·시행하고 있고, 무경운·휴경도 한국을 제외한 모든 국가에서 도입·시행하고 있다. 바이오에너지 분야에서는 축산분뇨를 활용한 바이오가스 플랜트의 경우 모든 국가에서 도입·시행하고 있으며, 바이오디젤

과 바이오에탄올의 경우 한국에서만 미도입·미시행 상태이다. 기타 신재생에너지 분야를 보면, 지열과 소수력의 경우 대부분의 국가에서 도입·시행하고 있고, 태양열의 경우 한국을 제외하고 모든 국가에서 도입·시행 상태이다. 풍력의 경우는 호주와 한국을 제외하고 모두 도입·시행 상태이다.

기후변화 적응분야를 보면 품종개량, 작부개편, 생물다양성 관리, 재해대비 등을 모든 나라에서 도입·시행하고 있다. 탄소흡수 분야에서는 영국과 한국을 제외하고 모두 토양관리(탄소축적) 수단을 적용하고 있다. 식품부문 에너지 효율화 분야를 보면, 탄소표시제의 경우 영국, 호주, 일본에서, 푸드 마일리지의 경우 영국, 일본에서, 가공·물류 효율화의 경우 영국, 한국에서 각각 도입·시행되고 있다.

세계금융 분야에서 농업부문 탄소세의 경우 영국, 일본, 농업부문 배출권 거래제의 경우 호주와 일본, 그리고 녹색펀드의 경우 모든 나라에서 도입·시행되고 있다. 기타 포럼은 대부분의 나라에서, 기타 인재양성프로그램은 영국을 제외한 모든 나라에서 도입·시행되고 있다.

영국, 네덜란드, 호주, 일본은 거의 모든 분야에서 녹색성장 추진수단을 적용하고 있다. 한편 호주는 농업부문의 온실가스 배출비중이 높아 탄소세, 배출권거래제 등 세계금융 수단을 활용하고 있지 않는 것으로 나타났다. 선진국들의 경우와 달리 한국은 기후변화 적응분야를 제외하고 대부분의 분야에서 녹색성장 추진수단을 아직 도입·시행하지 못하고 있는 부분이 있다. 특히 탄소세, 배출권거래제 등 세계 금융분야, 디젤, 에탄올 등 바이오에너지 분야, 태양열, 풍력 등 기타 신재생에너지 분야, 탄소표시제, 푸드 마일리지 등 식품부문 에너지 효율분야 등의 수단이 향후 도입될 필요가 있는 것으로 나타났다.

일본의 경우 온실가스 배출감축·흡수를 위해 크레디트를 창출하는 복수의 농업인(판매자)과 기업(구매자)을 연결하는 배출량거래제도를 계획하여 참여하는 것을 지원하는 데 우리와 농업여건이 비슷하므로 향후 배출량거래제도를 도입할 경우 이를 벤치마킹할 수 있다.

지금까지 농업부문 녹색성장 전략수립을 위한 대내외 여건 진단과 실증 분석, 정책통합과 정책조합 방안, 국제기구 및 주요국의 농업부문 녹색성장 사례를 검토하였다. 제6장에서는 실태분석과 사례분석, 실증분석 등을 기초로 ‘전략적 분석-전략적 선택-전략실천’ 등 3단계로 나누어 농업부문 녹색성장 전략을 제시하였다. 전략적 분석에서는 내부적 역량과 외부적 여건을 종합하는 SWOT 분석을 통해 적절한 전략을 제시하였다. 전략적 선택에서는 녹색성장 정책 인벤토리를 구축하고, 수단별 우선순위 설정을 위해 효율성·효과성·시행 가능성·정치적 수용성 등 정책평가기준을 기초로 AHP 분석기법을 적용하였다. 전략실천에서는 농업계의 녹색성장 정책에 대한 설문조사 결과와 정책우선순위 분석결과를 기초로 분야별 핵심과제를 제시하였다.

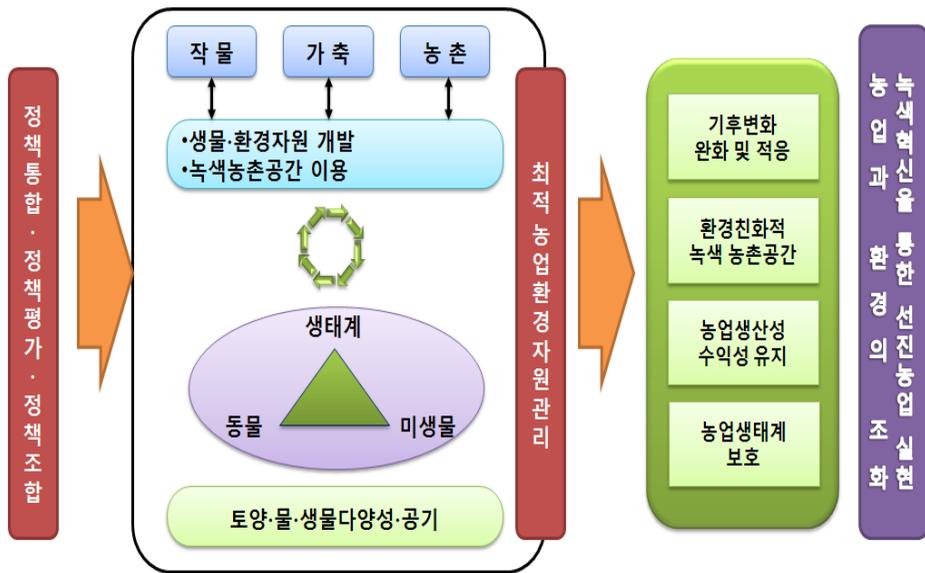
1. 전략수립의 접근방법

1.1. 전략수립의 기본방향

농업부문의 녹색성장을 위한 전략수립은 국가적인 관점에서 비전과 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 종합적인 활동계획이라 할 수 있다. 농업부문 녹색성장의 비전은 녹색혁신(green innovation)을 통한 선진농업 실

현으로 설정하였다.³² 농업부문 녹색성장 관련 목표로는 온실가스를 감축하거나 흡수하는 기후변화 완화와 기후변화의 위험을 최소화하는 기후변화 적응, 농업생산성과 수익성 유지 및 농업생태계 보호 등으로 설정할 수 있다. 이들 녹색성장 목표 달성을 위해서는 농업정책과 에너지정책, 환경정책의 정책통합이 이루어져야 하며, 정부의 지원과 환경규제 및 보상시스템의 적절한 정책조합이 이루어져야 하며, 적극적인 정책의지를 가지고 지속적으로 추진해야 한다.

그림 6-1. 농업·농촌부문 녹색성장의 비전과 목표



³² 국가 녹색성장 전략의 비전으로 ‘2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입’으로 제시하고 있다(녹색성장위원회, 2009). 농림수산물부문의 농림수산물 부문의 녹색성장 비전으로 ‘국민행복과 국가 번영을 선도하는 농림어업·농산어촌 구현’을 비전으로 설정하였다.

농업부문 녹색성장을 위한 실효성 있는 추진전략을 수립하기 위해서는 우선 농업부문의 환경문제와 녹색기술에 대한 인식이 획기적으로 전환되어야 한다. 녹색성장을 위한 주요과제는 어떻게 하면 온실가스를 완화하고 기후변화에 적응하면서 지속적으로 농업생산성과 수익성을 유지하느냐 하는 데 있다. 따라서 농업부문 녹색성장을 위한 전략수립의 기본방향을 크게 다섯 가지로 설정하였다.

첫째, 「감축(Reduced) ↔ 재활용(Recycled) ↔ 재사용(Reuse)」등 3R을 기초로 한 자원순환형 저탄소 농업시스템을 정착시키도록 해야 한다.

둘째, 농업생산 측면에서 ‘최대시스템(maximum system)’에서 환경용량을 고려한 ‘최적시스템(optimum system)’으로 전환해야 한다. 즉 최대생산을 통한 생산성 증대 중심에서 농업생태환경을 고려한 최적생산 체제로 전환토록 해야 한다.

셋째, 녹색성장의 모니터링과 성과 평가에 관한 과학적인 분석을 기초로 한 정책프로그램 개발과 집행이 이루어지도록 해야 한다.

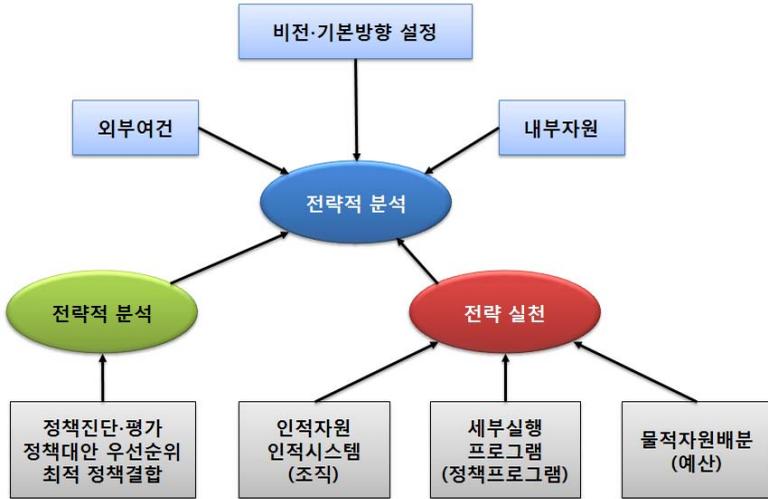
넷째, 농업정책과 환경정책, 에너지정책의 정책통합과 여러 가지 녹색성장 정책 인벤토리 구축과 정책수단의 우선순위 결정 및 수단 간의 적절한 정책조합이 이루어지도록 해야 한다.

다섯째, 녹색성장 추진과 관련된 주체인 「농업인-소비자-연구자-정책담당자」간의 적절한 역할 분담과 협조체제를 구축하도록 해야 한다.

1.2. 전략수립 체계

농업부문의 녹색성장 추진을 위한 효과적인 전략수립을 위해 전략적 분석, 전략적 선택, 전략 실천 등 세 단계로 나누어 접근될 수 있다<그림 6-2>.

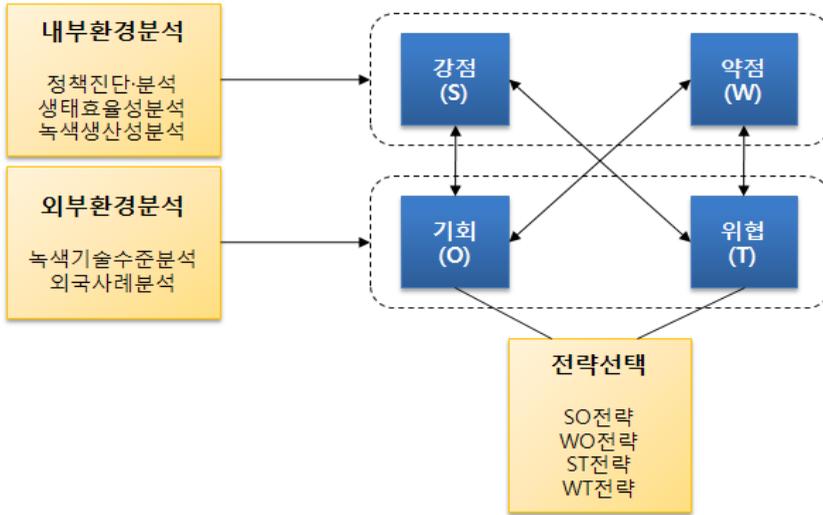
그림 6-2. 농업부문 녹색성장 전략수립 체계



전략적 분석(strategic analysis)에서는 내부자원 역량과 외부환경 여건에 관한 분석을 기초로 SWOT 분석을 추진한다.³³ SWOT 분석은 내부자원의 강점(Strengths, S)과 약점(Weakness, W)을 파악하고 외부환경의 기회(Opportunity, O)와 위협(Threats, T) 요인을 분석한 후 전략적 대안을 도출하는 방법이다. 전략수립을 체계적으로 접근하기 위해서 내부환경분석의 경우 수립된 정책에 대한 진단과 평가, 생태효율성과 녹색생산성의 실증분석, 녹색기술의 경제적 효과분석 등을 적용할 수 있고, 외부환경분석의 경우 녹색기술 수준 분석과 외국의 사례분석 등을 적용할 수 있다. SWOT 분석을 기초로 강점과 기회를 활용하는 SO전략, 약점을 보완하고 기회를 활용하는 WO전략, 강점을 살리고 위기를 보완하는 ST전략, 약점과 위기를 보완하는 WT전략으로 대별하여 접근할 수 있다.

³³ SWOT 분석은 전략수립 단계에 있어서 내·외부적 환경을 분석하기 위해서 사용된다. 이 분석의 장점은 내부와 외부적 여건을 동시에 판단할 수 있고, 강점·약점·기회·위협 요인 등이 간단명료하게 정리될 수 있기 때문에 문제점 파악이 체계적으로 이루어질 수 있다는 점이다.

그림 6-3. 녹색성장 전략수립을 위한 SWOT 분석의 구성 체계



전략적 선택(strategic choice)에서는 전략적 분석을 통해 제시된 결과를 기초로 주어진 여건하에서 목표달성을 위해 실현 가능한 전략적 프로그램을 개발하여 평가함으로써 적절한 대안을 선택하고 여러 가지 대안 가운데 우선순위를 결정하여 제시한다.

전략 실천(strategy implementation)에서는 전략적 분석과 전략적 선택에서 제시된 내용의 종합적 분석·평가를 통해 선택된 전략을 실천하기 위한 분야별 핵심과제를 제시한다.

2. 전략적 분석

농업부문의 녹색성장 추진을 위한 전략적 분석을 위해서 농림수산식품부의 녹색성장 정책에 대한 진단과 생태효율성과 녹색생산성의 실증분석과 주요국의 녹색성장 사례분석 등을 기초로 SWOT 분석을 시도하였다.

강점 요인으로는 국가 ‘녹색성장 5개년 계획’에 따른 농림수산물 식품 부문의 녹색성장 5개년 계획 수립, 법제정과 추진 기반 구축, 우리나라의 녹색성장 패러다임 선점과 국제적 리더십 확보, IT·BT·ET·NT 등 융합기술 활용 강화, 농업계의 녹색성장에 대한 높은 이해도 등을 들 수 있다.

약점 요인으로는 2009년부터 추진된 녹색성장에 대한 가시적 성과 미흡과 온실가스 감축에 대한 산업계의 반발 등 공감대 형성 미흡, 농업인의 환경친화적 녹색경영 마인드 미약, 녹색기술 투자 자본력 미흡, 생태비효율적인 기술적용, 녹색기술 투자의 예산제약, 실질적 저(低)녹색생산성 등을 들 수 있다.

기회 요인으로는 녹색성장에 대한 정책적 관심 증가, 안전성과 환경성 중시의 사회가치 전환, 농업의 다원적·공익적 기능 중시, 저탄소 농업실천을 위한 환경농업단체와 소비자단체 등 NGO의 역할 강화, 대외적으로 OECD 녹색성장 전략과 UN의 녹색경제 추진 강화 등을 들 수 있다.

위협 요인으로는 유가 및 원자재 상승 등으로 세계경제의 불안정과 식량안보 위협, 녹색기술 및 녹색산업 선점을 위한 글로벌 그린경쟁 심화, 비농업부문과의 성장 격차 확대에 따른 농업부문의 위축, 국제적·국가적·지역적 환경규제 강화, 농업부문 온실가스 감축 압력 강화 등을 들 수 있다.

SWOT분석을 기초로 효과적인 녹색성장 전략 모색을 위해서는 강점과 기회 요인을 최대한 살리는 강점-기회전략(SO전략), 약점과 위협요인을 회피하거나 최소화하는 약점-위협전략(WT전략)이 유력한 대안이다.

SO전략으로는 융합 녹색기술을 활용, 녹색금융을 활용한 녹색성장 투자 확대, 녹색기술의 해외 수출사업 확대, 다양한 녹색기술 개발 연구소 설치 등을 들 수 있다. 또한 WT 전략으로는 녹색기술인증제 정착과 농업부문 탄소성적표지제도, 저탄소 직접지불제도 도입, 유기농 육성 직접지불금 제도 개선 등을 들 수 있다. 이 밖에도 강점을 가지고 위협을 회피하거나 최소화하는 강점-위협전략(ST전략), 약점을 보완하여 기회로 살리는 약점-기회전략(WO전략) 등 다양한 전략을 수립하여 체계적·단계적으로 추진해야 한다. WO 전략으로는 녹색성장 성공사례 발굴·홍보, 녹색성장 관련 농업계 교육·훈련 활성화, 교육부문 투자확대, 대규모 민간 녹색기술 투자 유도 인센티브 제공, MACC 분석을 통한 투자의 우선순위 결정 등을 들 수 있다. ST 전략

표 6-1. 농업부문 녹색성장을 위한 SWOT 분석

		강점(S)	약점(W)
		<ul style="list-style-type: none"> · 녹색성장 5개년 계획 수립, 녹색성장기본법제정 등 추진기반 구축 · 녹색성장 패러다임 선점과 국제적 리더십 확보 · IT·BT·ET·NT 등 융합기술 확대 강화 · 농업계의 녹색성장애 대한 높은 이해력 	<ul style="list-style-type: none"> · 녹색성장의 가시적 성과 제시 미흡 · 온실가스 감축에 대한 산업계 반발 등 공감대 형성 미흡 · 농업인의 환경친화적 녹색경영 마인드 미약 · 녹색기술 투자 자본력 미흡 · 생태비효율적인 기술적용 · 녹색기술 투자의 예산제한 · 실질적 저(低)녹색생산성
기회(O)	<ul style="list-style-type: none"> · 녹색성장에 대한 정책적 관심 증가 · 녹색산업 투자 분위기 조성 · 녹색성장에 대한 국민적 인식 제고 · 안전성·환경성 중시의 사회가치 전환 · 농업의 다원적·공익적 기능 중시 · 저탄소농업실천 관련 NGO의 역할 강화 · OECD의 녹색성장 전략, UN의 녹색경제 추진 강화 	<p>강점-기회(SO)전략</p> <ul style="list-style-type: none"> · 융합 녹색기술을 활용 · 녹색금융을 활용한 녹색성장 투자 확대 · 녹색기술 연구시설 설치 확대 · 녹색기술의 해외 수출사업 확대 · 다양한 녹색기술 개발 연구소 설치 	<p>약점-기회(WO)전략</p> <ul style="list-style-type: none"> · 녹색성장 성공사례 발굴·보 · 녹색성장 관련 농업계 교육·훈련 활성화 · 교육부문 투자확대 · 대규모 민간 녹색기술 투자 유도 인센티브 제공 · MACC분석을 통한 투자의 우선순위 결정
	<ul style="list-style-type: none"> · 유가 및 원자재 상승 등 세계경제 불안정과 식량안보 위협 · 녹색기술 및 녹색산업 선점을 위한 그린경쟁 심화 · 비농업부분과의 성장 격차 확대에 따른 상대적 농업 부문의 위축 · 국제적·국가적·지역적 환경규제 강화 · 농업부문 온실가스 감축 압력 강화 	<p>강점-위협(ST)전략</p> <ul style="list-style-type: none"> · 녹색기술 초기자본 지원강화 · 신재생에너지 이용 활성화 지원책 강구 · 저탄소 녹색기술의 개발 및 보급 · 에너지효율적 농기계 활용 	<p>약점-위협(WT)전략</p> <ul style="list-style-type: none"> · 녹색기술인증제 정착 · 농업부문 탄소성적표 지제도 도입 · 저탄소 직접지불제도 도입 · 유기농 지속직불금 제도 도입

으로는 녹색기술 초기자본 지원강화, 신재생에너지 이용 활성화 지원책 강구, 저탄소 녹색기술의 개발 및 보급, 에너지 효율적 농기계 활용 등을 들 수 있다. 이들 전략을 기초로 실천전략에서 핵심과제를 제시하게 될 것이다.

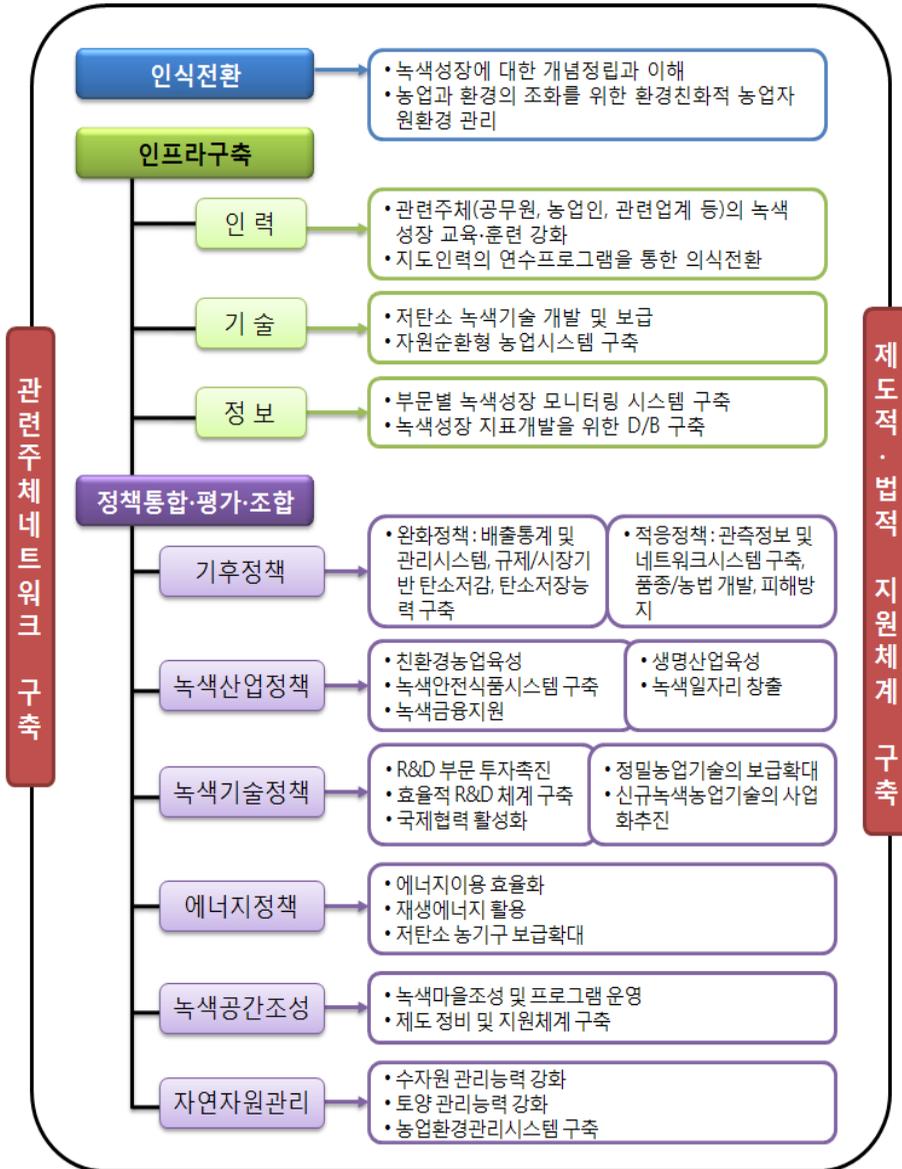
3. 전략적 선택

3.1. 녹색성장 정책프로그램 추진 체계

농업부문의 녹색성장 추진을 위한 전략수립의 프로그램 추진 체계는 <그림 6-4>와 같이 제시할 수 있다. 우선 농업과 환경의 조화를 위한 환경친화적 최적의 농업환경자원관리라는 측면에서 인식의 대전환을 전제로 한 전략적 선택을 위해서는 녹색성장을 위한 인력, 기술, 정보 등 인프라가 구축되어야 한다. 인력육성과 관련 그린경영체를 육성하기 위한 교육·훈련프로그램 개발과 지도인력(농업인, 지자체 공무원, 시군의원 등)의 연수 프로그램 등을 통한 의식전환이 중요하다. 기술개발과 관련해서는 해당지역의 농업환경여건에 적합한 최적자원관리방안(Best Management Practices, BMP)과 자원순환형 농업시스템 구축을 위한 경종-축산 연계프로그램이 개발되어야 할 것이다. 또한 지역단위 농업환경 모니터링 시스템 구축을 위한 농업환경지표의 개발 및 관련 지표의 데이터베이스 구축과 이를 기초로 한 농업환경지도 작성에 관한 프로그램도 추진되어야 할 것이다.

시스템 구축을 위한 구체적인 실행 프로그램으로는 앞에서 제시된 바와 같이 적절한 정책조합(policy mix)이 관건이므로 지원·규제·보상의 정책프로그램의 개발과 조정이 필요하다. 이를 위해서는 경제적 수단, 규제적 수단과 상호준수제도에 관한 세부적인 프로그램이 개발되어야 한다. 실천전략의 실제적인 추진을 위해서는 생산규모와 생산방법 전환을 위한 규제·보상·지원의 정책프로그램과 기술, 인력, 정보 등이 유기적으로 연계될 수 있는 네트워크 구축이 필요하다.

그림 6-4. 전략적 선택을 위한 프로그램 추진 체계



3.2. 정책통합·조합을 통한 최적의 정책 포트폴리오

3.2.1. 정책통합·정책조합의 기본원칙

농업부문의 녹색성장을 확실하게 정착시키기 위해서는 농업정책에 환경정책과 에너지정책을 통합시키고 비용효과성과 효율성을 기초로 한 정책수단 간의 적절한 정책조합이 이루어져야 한다. 정책통합과 정책조합이 적절하게 이루어지기 위한 다섯 가지 기본원칙을 제시할 수 있다.

첫째, 경제와 환경의 조화를 추구하는 농정목표와 기본방향이 확실하게 설정되어야 한다. 정책목표는 정책수단을 통해 궁극적으로 달성하고자 하는 구체적인 목표를 제시해야 하며, 이들 목표달성을 위한 정책통합과 정책조합이 이루어지게 된다. 개별정책의 정책목표 간에는 상충관계가 있을 수 있으므로, 녹색성장의 궁극적인 목표가 설정되는 경우 상호보완 관계로 전환하기 위해 환경성과 경제성에 적절한 비중을 고려하여 정책통합을 추진토록 한다.

둘째, 성장 측면에서는 기존의 농업정책에서 비중 있게 다루어 왔으므로 환경성 측면에 비중을 두고 상충된 정책목표의 조화와 균형, 정책 추진체계 및 거버넌스 개편, 예산제도 보완, 평가시스템 보완 등을 연계하여 추진한다.

셋째, 녹색성장의 핵심인 경제와 환경의 시너지효과 극대화를 위한 적절한 정책수단(정책 인벤토리)을 기초로 비용효과성과 효율성 등의 지표를 활용한 정책조합을 통해 최적의 정책포트폴리오를 구성한다.

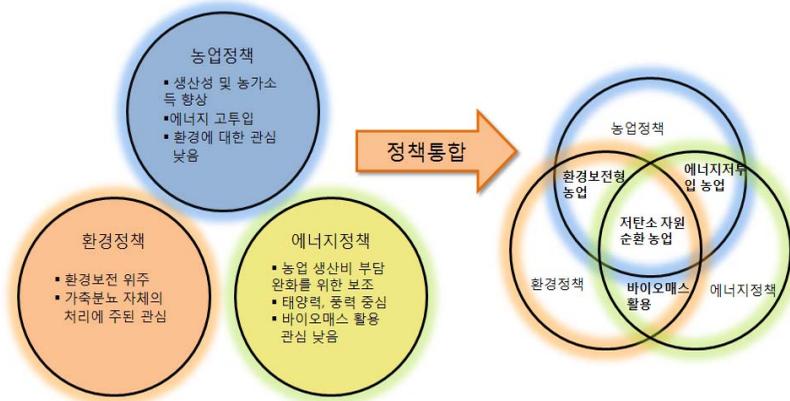
넷째, 녹색성장을 위한 정책통합과 정책조합의 지속적인 추진이 이루어질 수 있도록 정책의 기획·집행·평가 등 정책 환류시스템(feedback system)을 최대한 활용한다.

다섯째, 경제적 비용과 녹색생산·소비 시스템 수용의 불편성 등과 같은 녹색성장의 전제조건을 완화하기 위해 녹색기술 개발과 보급을 최대한 활용한다.

3.2.2. 정책목표와 기본방향 설정 및 정책추진체계 개편

녹색성장을 위한 농업관련 정책통합은 각각의 정책목표를 달성하기 위해 개별적으로 추진되어온 농업정책, 환경정책, 에너지정책 등을 녹색성장이라는 상위목표 달성을 위해 상호 유기적으로 연계시키고 통합적으로 추진한다. 이들 3개의 정책을 통해 환경보전형 농업, 에너지저투입농업, 바이오매스를 활용한 농업이 제시되며, 모든 분야를 포괄하는 형태로 저탄소 자원순환농업이 도출된다<그림 6-5>.

그림 6-5. 농업정책·환경정책·에너지정책의 통합



녹색성장이 국가 의제화됨에 따라 농림수산물부는 녹색성장을 위한 정책 추진 체계와 거버넌스 구축을 위해 정책추진체계의 재편을 검토할 필요가 있다.

첫째, 현재 녹색미래전략과에서 녹색성장을 총괄하고 있으나 에너지 및 환경관련 전담인력의 보강이 필요하다. 또한 농림수산부문 녹색성장대책협의회는 ‘녹색성장 대책위원회(가칭)’로 변경하고, 농업분야 녹색성장 주요 정책과 종합계획의 수립·조정, 녹색성장관련 예산의 배분방향과 효율적 운영에 관한 사항, 녹색성장기술 예산의 확대방안 및 관련기관 등에 대한 연구개발 투자 권고 등에 대한 논의와 결정을 하도록 한다.

실제로 농림수산식품부가 관장하는 농업 정책의 틀 속에서 녹색성장 전략이 효과적으로 이루어지기 위해서는 일본 농림수산성의 환경방침과 ISO14001을 벤치마킹할 필요가 있다.

일본 농림수산성은 폐기물의 증가, 생물다양성의 감소, 지구온난화의 진전 등과 같은 환경문제를 중요한 문제로 인식하고 있다. 또한 농림수산업의 지속적인 발전을 위해서 농지·농업용수 등의 지역자원의 보전·관리, 전문인력의 확보 등과 함께 농림수산업의 자원순환기능의 유지·증진이 필수적임을 인식하고 있다. 이에 따라 2003년 12월 「농림수산환경정책의 기본방침」을 마련하였다. 이 방침에 농림어업자의 주도적인 노력을 바탕으로 농림수산업의 자원순환기능을 유지·증진하고 농산어촌의 건전하고 풍부한 자연환경을 보전·조성하기 위한 정책을 추진할 것을 명시하였다.

2006년 3월 농림수산성은 ISO14001에 근거하는 환경관리시스템을 도입해 환경부하 저감 및 환경보전을 위한 방안을 추진하였다. 이에 따라 대신관방 환경바이오매스정책과를 총괄부서로 하고 관련 과들이 참여하여 매년 ‘직접 환경에 영향을 미치는 농림수산성업무’와 ‘농림수산시책 기획·입안’에 관한 ‘환경목적 및 환경목표와 실시계획 등록표’를 작성하고 이에 따라 정책을 시행하고 있다.

농림수산성 훈령 제17호는 ISO14001:2004(JISQ14001:2004)의 요구사항에 따라 ‘농림수산성 환경관리 시스템’에 관한 기본적인 사항을 제시하고, 농림수산성의 조직이 수행하는 업무의 추진 시 환경배려 및 환경보전에 기여하기 위한 적절한 조치를 취하도록 하는 것을 목적으로 한다고 밝히고 있다<표 6-2>.

둘째, 정책담당자의 인식전환을 위한 교육 및 인센티브체계 도입이 필요하다. 정책통합을 위해서 보다 중요한 것은 정책추진체계 자체보다도 녹색 성장에 대한 정책 담당자들의 인식이다. 즉, 녹색성장 정책담당자뿐만 아니라 모든 정책담당자들의 녹색 성장에 대한 인식이 능동적으로 이루어지도록 시스템이 작동될 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서는 녹색성장 및 정책통합과 정책조합의 개념, 필요성, 수단 등에 대한 교육 이수를 필수로 지정하여 정책담당자들의 녹색성장 정책에 대한 의식을 높일 필요가 있다. 교육 수료 여부의 인사 고가 반영 등의 인센티브 제공도 고려할 필요가 있다.

표 6-2. ISO14001에 따른 일본 농림수산성의 환경관련 업무

환경에 직접 영향을 미치는 업무	(1)사무활동	환경에 직접 영향을 미치는 업무 가운데, 일상업무에 해당되는 업무를 포함. -공용차 연료사용, 전기사용, 에너지 공급 설비 등에 관련된 연료사용, 용지 사용, 상수사용, 폐기물 배출, 물품조달
	(2)그 외 환경에 직접 영향을 미치는 업무	환경에 직접 영향을 미치는 업무 가운데, (1)에 포함되지 않는 업무를 포함
환경에 간접 영향을 미치는 업무	(1)환경보전 정책의 기획 및 입안	환경보전을 목적으로 한 농림 수산 시책의 기획 및 입안 업무를 포함
	(2)그 외 환경에 간접적으로 영향을 미치는 농림 수산 정책의 기획 및 입안	토지의 형상의 변경 등을 수반하는 농림 수산 시책의 기획 및 입안이며, (1)에 포함되지 업무를 포함

자료: 日本農林水産性(2005).

셋째, 녹색성장 정책관련 커뮤니케이션 및 전략적 지식 관리를 강화할 필요가 있다. 많은 선행연구들은 정책통합이 국민, 정부, 민간단체가 지속 가능하고 효과적으로 관리되며 미래세대에 대해 책임지는 발전을 지향한다는 사회적·정치적·경제적 공감대를 형성할 때 성공적으로 이루어질 수 있음을 밝히고 있다.

예를 들어 덴마크 정부는 1970년대 부족한 에너지 자원, 높은 실업률, 농업문제를 해결하기 위해 재생에너지를 확대하는 정책을 실행해왔고, 최근에는 통합적인 ‘실행계획(Action Plan)’을 추진하고 있다. 그 결과 덴마크는 현재 풍력발전 부분에서 선도 국가 중 하나로 자리매김하고 있다 (Hamdouch, et al., 2010). 이와 같이 현재의 문제를 해결하고 미래에 대비하기 위한 통합정책의 성공은 정부, 기업, 연구기관, 금융 및 무역 기관, 로비단체 뿐만 아니라 대중의 지지에 기반하고 있다.

넷째, ‘녹색성장성과평가’ 등의 평가제도 도입을 통해 개별 정책의 녹색 성장에 대한 영향 및 기여 정도를 평가하고 평가 내용이 예산 설명서에 반영되게 하는 방안에 대한 검토가 필요하다.

이를 위해서는 환경·에너지·경제 상태를 진단하고 평가할 수 있는 녹색성장지표의 개발이 선행되어야 한다. 선정된 녹색성장지표를 기초로 사전평가와 사후평가가 이루어질 수 있다. 사전평가를 통해 타당성이 확인되면 정책 프로그램 시행이 가능하므로 정책실패를 최소화할 수 있다. 또한 녹색성장지표를 바탕으로 정책목표를 설정하면 이를 기초로 정책이행을 통해 나타난 성과평가가 가능하며, 정책조정 및 보완의 피드백이 이루어질 수 있다.

3.2.3. 최적의 정책 포트폴리오

농업부문의 녹색성장을 위한 최적의 정책 포트폴리오를 선택하기 위해서는 위에서 제시된 바와 같이 정책목표를 확실하게 설정하고, 이를 기반으로 정책통합이 이루어져야 한다.

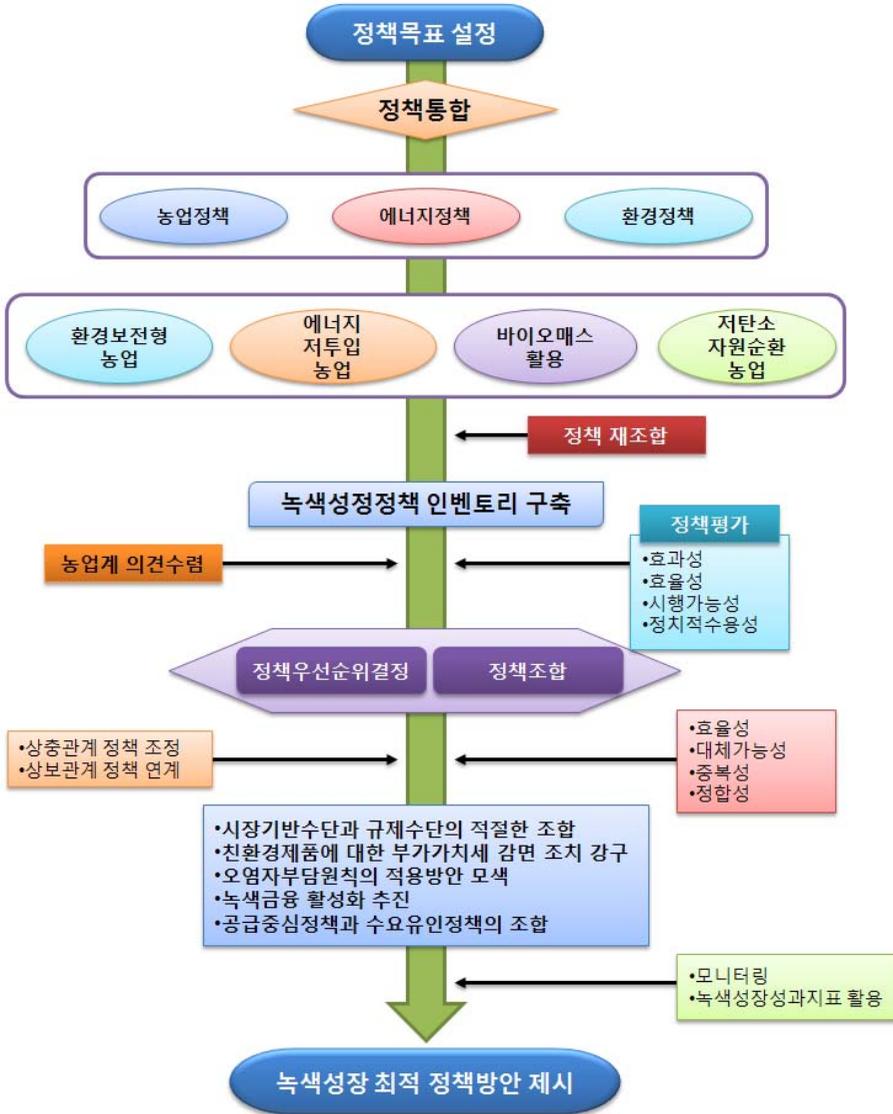
농업정책, 에너지정책, 환경정책을 적절하게 통합하면 환경보전형 농업, 에너지 저투입농업, 바이오매스 활용, 저탄소 자원순환농업이 설정될 수 있다. 이와 같이 녹색성장에 실질적으로 기여할 수 있는 농업이 정착될 수 있도록 하기 위해 여러 가지 정책수단이 동원될 수 있다. 여러 가지 정책수단을 비교·검토하고 선택하기 위해서는 녹색성장정책 인벤토리를 구축해야 한다<그림 6-6>.

이들 정책수단에 대한 농업계의 의견을 수렴하고, 효율성·효과성·시행가능성·정치적 수용성 등의 평가기준을 적용한 전문가 설문조사를 기초로 AHP 방법론을 이용하여 정책우선순위를 결정한다.

또한 정책 간 상충관계 조정과 상보관계 정책 연계 및 녹색생산성과 생태효율성, 한계감축비용 등 녹색성장 성과와 비용효과성을 분석하는 지표를 이용하여 정책목표 달성을 위한 정책조합을 시도할 수 있다.

녹색성장을 위한 적절한 정책조합이 이루어지기 위해서는 시장기반수단과 규제수단의 적절한 조합이 필요하고, 친환경제품에 대한 부가가치세 감면조치 강구, 오염자부담원칙 적용, 녹색금융 활성화 추진, 공급정책과 수요유인정책의 조합 등이 고려되도록 해야 한다.

그림 6-6. 정책통합과 정책조합을 통한 최적 정책방안 도출 과정



적절한 정책수단이 선택되고 이를 기초로 정책조합이 이루어지면 최적의 정책 포트폴리오를 구성할 수 있다.

현실적으로 최적의 정책 포트폴리오 구성을 위해서는 저탄소 자원순환

농업을 실현하기 위해 적용될 수 있는 녹색기술에 대한 한계감축비용의 도출과 저탄소 농법에 대한 생태효율성 분석 등 실증연구가 수반되어야 한다. 영국의 경우 비용효과적인 농식품분야의 녹색성장 정책수단 선택을 위해 한계감축비용의 추정을 기초로 한 의사결정과 관련분야의 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

정책통합과 정책조합이 지속적으로 발전하기 위해서는 녹색성장 성과에 대한 지속적인 모니터링과 진단하고 평가할 수 있는 지표개발이 우선되어야 하며, 작은 규모의 정책조합 실험(mini-mix)을 통해 성공의 경험을 축적하고 이를 확대해 나가야 한다. 향후 농업분야의 녹색성장에 대한 실증분석과 성과를 모니터링 할 수 있는 적절한 지표의 선정과 개발에 관한 심층적인 연구가 필요하다.

3.3. 녹색성장 정책프로그램의 우선순위 결정

3.3.1. 우선순위 결정을 위한 AHP 활용과 분석절차

녹색성장을 위한 정책 인벤토리는 <부록 2>에서 제시된 바와 같이 다양하며, 개별 정책수단은 효율성, 효과성, 시행가능성, 정치적수용성 등의 기준에 의해서 평가될 수 있다. 정책평가 기준을 적용하여 정책프로그램의 우선순위를 결정하기 위해 계층분석 의사결정과정(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 적용하였다. AHP분석은 목표들 사이의 중요도(weight)를 계층적으로 나누어 파악함으로써 각 대안들의 중요도를 산출하는 방법으로 고정비용이나 유동비용과 같은 정량적인 자료뿐만 아니라 정성적인 자료도 동시에 고려하는 특징이 있다.³⁴ AHP분석을 이용하여 의사결정 문제

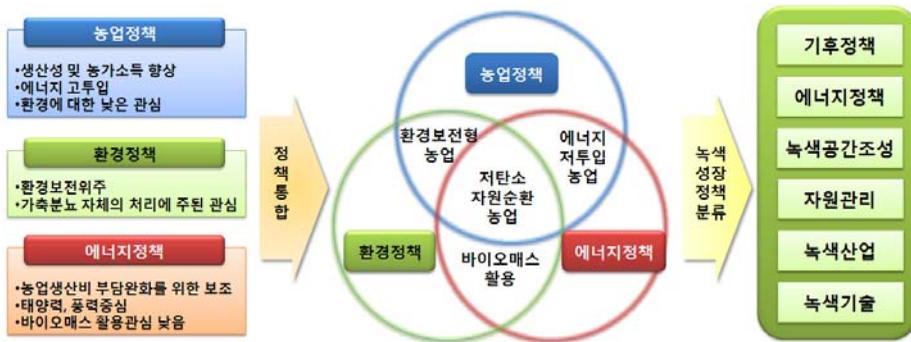
³⁴ Saaty에 의해 개발된 계층분석 의사결정과정은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통해 계량화가 곤란한 문제나 애매한 상황 하에서 의사결정을 하는 데 유용한 방법 가운데 하나이다. AHP의 기본개념, 이론적 기초, 적용절차, 응용분야 등에 관한 상세한 내용은

를 해결하고자 하는 경우에는 일반적으로 네 단계로 이루어진다.

가. <1단계> 의사결정문제의 계층화

의사결정문제를 서로 관련된 의사결정사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층(Decision Hierarchy)을 설정한다. 이 단계에서는 문제의 각 요소를 최종목표, 평가기준, 대체안으로 분류하여 여러 의사결정 사항들을 계층화하는 단계이다. 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 설정되며, 그 다음 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 비교 가능한 다양한 속성들로 구성된다. 마지막으로 계층의 최하층은 선택의 대상이 되는 의사결정대안들이 구성된다. 이러한 평가기준을 설정함에 있어서 AHP에서는 항목 간에 독립성이 유지되고, 상위항목에 대한 하위요인의 종속성이 확보되고, 처리가능한 항목의 수를 유지해야 한다는 「상호배타성」, 「완전결합성」, 「처리성」이라는 평가기준선정의 기본원리에 따라야 한다. 본 연구에서는 농업부문 녹색성장 정책의 우선순위 선정기준을 3단계 계층구조로 설정하였다.

그림 6-7. 농업부문 녹색성장 정책의 재분류 구성도



조근태, 조용곤, 강현수(2003)에 잘 제시되어 있다.

일반적으로 녹색성장 정책은 기술개발, 경제적 수단, 법제도 정비, 인력양성 등으로 구성된다. 현재 녹색성장과 관련하여 추진 중이거나 신규로 도입할 만한 정책들로는 R&D 기술개발, 법제도 정비, 모니터링, 기반시설관리, 인력양성 및 교육, 경제적 수단 등으로 범주화할 수 있다. 우선 이들 정책을 녹색성장에 적합한 기후정책, 에너지정책, 녹색공간조성, 자원관리, 녹색산업, 녹색기술의 6가지로 재분류 하여 1단계 계층을 구축하였다.

다음으로 1단계에서 재분류된 6가지 정책을 세부 카테고리로 한 단계 더 분류하여 2단계 계층을 작성하였고, 보다 세분화 가능한 일부 2단계 계층에 대하여 3단계 계층까지 세분화하였다. 이상의 과정을 거쳐 구축한 농업부문의 녹색성장 정책의 계층구조는 <그림 6-8>과 같이 나타낼 수 있다.

‘계층1’에서 제시한 농업부문 녹색성장 정책 시행에 있어서 고려해야 할 기준으로 효율성, 효과성, 시행가능성, 정치적수용성을 설정하였다<표 6-3>.

그림 6-8. 농업·농촌부문의 녹색성장 정책의 계층구조

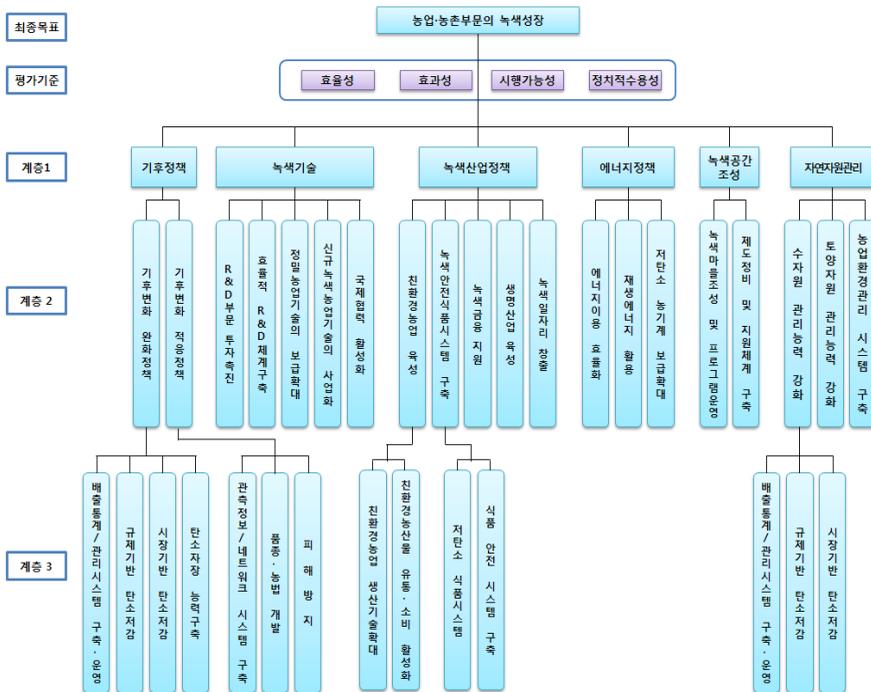


표 6-3. 농업·농촌부문 녹색성장 정책 평가기준의 정의

평가기준	정의
효율성	녹색성장 정책에 어느 정도의 노력이 필요했는가를 측정하는 개념으로 비용대비 편익을 평가하는 항목
효과성	녹색성장 정책목표의 달성 정도를 평가하는 항목
시행가능성	정책당국이 녹색성장 정책을 실제로 시행할 수 있는지를 평가하는 항목
정치적 수용성	정책조치에 대한 정치적 지지 정도에 대해 평가하는 항목

나. <2단계> 평가기준 비교

이번 단계에서는 평가기준과 대체안의 중요도를 평가하는 단계이다. 평가기준과 대체안의 중요도 평가에는 절대비교 방법과 쌍대비교 방법이 있다. 먼저 절대비교는 경험을 통해 얻게 된 표준을 기억 속에 갖고서 대안을 비교하는 경우이고 쌍대비교는 공통의 속성에 따라 대안을 쌍으로 비교하는 경우이다(Saaty, 1990).

AHP에서는 계층의 요소 간에 1대 1로 쌍대 비교하는 상대측정이 이용된다. 따라서 본 연구에서는 평가기준과 정책수단 각각에 대하여 쌍대비교를 통해 중요도를 평가하였다.

다. <3단계> 가중치의 추정(Estimation of Relative Weights)

Saaty의 가중치 계산방법을 이용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치와 절대적인 가중치를 구하였다.³⁵

상대적인 가중치는 일관성지수(Consistency Index, CI)와 일관성비율

³⁵ 가중치의 산출에 이용되는 방법은 고유벡터법, 최소자승법, 엔트로피법 등 여러 가지 방법이 있다. Saaty(1990)는 고유벡터법이 다른 가중치 산출방법에 비해 더 좋은 추정치를 산출할 뿐만 아니라 쌍대비교 시 응답자 판단의 일관성을 측정할 수 있는 유일한 방법임을 제시하였다.

(Consistency Ratio, CR)을 이용하여 쌍대비교에 의한 가중치가 논리적으로 일관성이 있는지를 검토하였다. 본 연구에서는 일관성 판정기준으로 Satty가 제안한 CR값 0.1 이하(10%이내)를 일관성기준으로 선정하였다.³⁶

라. <4단계> 가중치의 종합(Aggregation of Relative Weights)

마지막으로 <4단계>에서는 <3단계>에서 구한 평가기준의 가중치와 대체안의 가중치를 곱하여 의사결정 사항들의 상대적인 가중치를 종합화한다. 이를 이용하여 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻는 단계이다.

3.3.2. 정책프로그램의 우선순위결정 결과

가. 설문조사 개요

농업부문의 녹색성장 정책의 우선순위 결정을 위하여 AHP 방식을 활용한 설문조사를 실시하였다. 설문은 <그림 6-9>에서 나타난 각 정책의 대안들에 대하여 쌍대비교법을 활용하여 질문하는 방식으로 구성하였다<부록 3>. 설문 조사는 2011년 9월 연구기관, 대학, 정부기관 등에서 기후변화 및 녹색성장과 관련된 연구를 수행하고 있거나 정책수립에 기여하고 있는 전문가들을 대상으로 하였다. 전자메일 및 면담조사를 병행하여 18명의 응답을 회수하였다.

³⁶ 일관성지수(CI)는 $(\lambda_{\max} - N)/(N - 1)$ 에 의해 계측되며, 쌍대비교행렬이 완전한 일관성을 가지는 경우에 0이며 일관성이 낮을수록 큰 값을 가진다. 일관성비율(CR)은 CI/R 로 계측되는데 쌍대비교행렬의 CI를 계산하여 무작위 일관성지수(R)로 나눈 값이다. 무작위 일관성지수는 행렬의 크기가 3, 4, 5일 경우에 각각 0.58, 0.90, 1.12이다. 일관성의 판정기준은 Tone(1986)는 CI와 CR값이 모두 0.15 이하일 경우, Satty(1995)는 CR값이 0.1 이하(10%이내)에 들 경우에 해당 쌍대비교 행렬은 가중치(판단)에 일관성이 있다고 판정하고 있다.

나. 농업부문의 녹색성장 정책방안의 우선순위 계측결과

먼저 ‘계층1’의 정책별 평가기준의 우선순위 결과를 보면, 에너지정책을 제외하고 기후정책, 녹색산업정책, 녹색기술정책, 녹색공간조성, 자연자원관리 모두에서 시행가능성이 가장 높게 나타나 정책당국이 녹색성장 정책을 실제로 시행할 수 있는지가 가장 중요하다고 판단하였다. 에너지정책과 관련해서는 정책의 효율성이 가장 중요한 것으로 판단하였으나 시행가능성이 두 번째로 중요한 것으로 나타나 중심적인 평가기준임을 확인할 수 있다<그림 6-9>.

녹색산업정책과 녹색기술정책, 녹색공간조성, 자연자원관리 4개 부문에서는 시행가능성, 효과성, 효율성, 정치적 수용성의 순이었다.

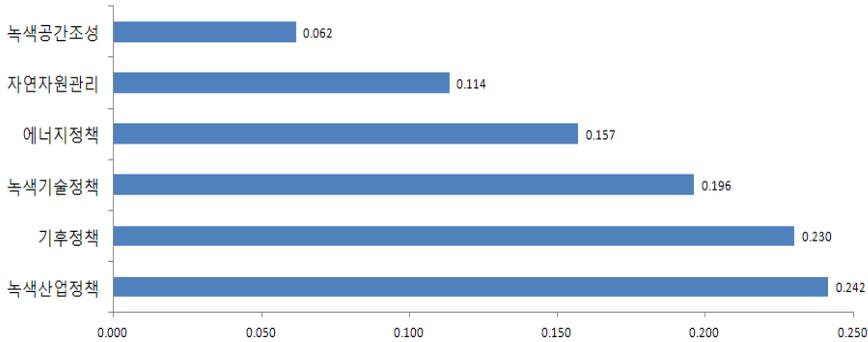
기후정책에서는 시행가능성, 효과성, 정치적 수용성, 효율성의 순으로 나타났으며, 에너지정책에서는 효율성, 시행가능성, 효과성, 정치적수용성의 순이었다<표 6-4>.

표 6-4. 농업·농촌부문의 녹색성장 정책별 평가기준 쌍대비교 결과

정책방안	평가기준				
	효율성	효과성	시행 가능성	정치적 수용성	합계
기후정책	0.135	0.298	0.378	0.189	1.00
녹색산업정책	0.260	0.288	0.309	0.142	1.00
녹색기술정책	0.236	0.271	0.353	0.141	1.00
에너지정책	0.309	0.245	0.275	0.171	1.00
녹색공간조성	0.188	0.281	0.352	0.179	1.00
자연자원관리	0.193	0.276	0.349	0.182	1.00

농업·농촌부문의 녹색성장 정책의 쌍대비교 결과는 ‘계층1’ 녹색성장정책의 우선순위는 녹색산업정책이 0.242로 가장 높고 기후정책 0.230, 녹색기술정책 0.196, 에너지정책 0.157, 자연자원관리 0.114, 녹색공간조성 0.062 순으로 나타났다<그림 6-9>.

그림 6-9. 농업부문의 녹색성장 정책 계층1의 상대적중요도 결과



‘계층1’의 하위 정책들 간의 쌍대비교 결과에서는 기후정책의 ‘계층2’인 완화정책과 적응정책의 중요도는 거의 차이가 없으나 완화정책이 적응정책보다 약간 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다.

녹색산업정책의 경우 생명산업육성 0.251, 친환경농업육성 0.223, 녹색금융지원 0.203, 녹색 안전식품시스템 구축 0.183, 녹색일자리창출 0.140의 순으로 나타났다.

녹색기술정책의 경우 효율적 R&D 체계구축 0.347, 정밀농업기술의 보급확대 0.224, R&D 부문 투자촉진 0.187, 신규 녹색농업기술의 사업화추진 0.136으로 나타났다.

에너지정책은 에너지 이용 효율화 0.584, 재생 에너지 활용 0.240, 저탄소 농기구 보급확대 0.176의 순의 중요도를 보여 재생에너지 등의 새로운 에너지 관련 사업의 추진보다는 기존 에너지 이용의 효율성을 높이는 것을 중요하게 판단한 것으로 해석된다.

녹색공간조성의 경우 녹색마을조성 및 프로그램 운영이 0.735로 제도 정비 및 지원체계 구축 0.265에 비하여 상대적으로 매우 높은 중요도를 보였다.

끝으로 자연자원관리 정책의 경우는 수자원 관리능력 강화가 0.459로 중요도가 높게 판단되었으며, 농업환경관리시스템 구축 0.285, 토양관리능력 강화 0.256의 순으로 나타났다. 이들 결과를 종합하면 농업자원관리 측면에서 수자원 관리의 역할이 중요하다고 판단한 것으로 해석된다.

다. 농업부문 녹색성장 정책의 중요도 종합평가

농업·농촌부문 녹색성장 정책의 중요도를 종합하여 평가하면 ‘계층1’과 ‘계층2’의 가중치를 종합하여 농업부문의 녹색성장 정책 인벤토리의 우선순위를 계측하면, 기후변화 완화정책과 기후변화 적응정책이 0.116과 0.114로 각각 1, 2위를 차지하여 기후변화정책이 중요함을 알 수 있다<표 6-5>.

표 6-5. 농업·농촌부문의 녹색성장 정책 인벤토리의 종합평가 결과

녹색성장 정책				평가기준					
계층1	계층1 가중치	계층2	계층2 가중치	효율성	효과성	시행 가능성	정치적 수용성	종합 가중치	우선 순위
기후 정책	0.23	완화정책	0.505	0.016	0.035	0.044	0.022	0.116	1
		적응정책	0.495	0.015	0.034	0.043	0.022	0.114	2
녹색 산업 정책	0.24	친환경농업육성	0.223	0.014	0.015	0.017	0.008	0.054	6
		녹색 안전식품시스템 구축	0.183	0.012	0.013	0.014	0.006	0.044	10
		녹색금융지원	0.203	0.013	0.014	0.015	0.007	0.049	8
		생명산업육성	0.251	0.016	0.017	0.019	0.009	0.061	5
		녹색일자리창출	0.140	0.009	0.010	0.010	0.005	0.034	14
녹색 기술 정책	0.20	R&D 부문 투자촉진	0.187	0.009	0.010	0.013	0.005	0.037	13
		효율적 R&D 체계구축	0.347	0.016	0.018	0.024	0.010	0.068	4
		정밀농업기술 보급 확대	0.224	0.010	0.012	0.016	0.006	0.044	11
		신규 녹색농업기술의 사업화추진	0.136	0.006	0.007	0.009	0.004	0.027	18
		국제협력활성화	0.105	0.005	0.006	0.007	0.003	0.021	19
에너지 정책	0.16	에너지 이용 효율화	0.584	0.028	0.023	0.025	0.016	0.092	3
		재생 에너지 활용	0.240	0.012	0.009	0.010	0.006	0.038	12
		저탄소 농기구 보급확대	0.176	0.009	0.007	0.008	0.005	0.028	17
녹색 공간 조성	0.06	녹색마을조성 프로그램 운영	0.735	0.009	0.013	0.016	0.008	0.045	9
		제도 정비 및 지원체계 구축	0.265	0.003	0.005	0.006	0.003	0.016	20
자연 자원 관리	0.11	수자원 관리능력 강화	0.459	0.010	0.014	0.018	0.009	0.052	7
		토양관리능력 강화	0.256	0.006	0.008	0.010	0.005	0.029	16
		농업환경관리시스템 구축	0.285	0.006	0.009	0.011	0.006	0.032	15

다음으로 에너지 이용효율화, 효율적 R&D 체계 구축을 중요하다고 판단하였다. 녹색공간조성을 위한 제도정비 및 지원체계 구축과 녹색기술정책에서의 국제협력활성화는 상대적으로 낮은 중요도를 보였다. 다만, 여기서 기후 정책은 녹색공간조성과 마찬가지로 2개의 하위 정책으로 양분하였는데 반해, 다른 정책들은 3~5개로 세분화 수준이 높다. 이를 감안하면, 기후변화 정책은 하위 정책을 완화와 적응 두 가지로 양분하였기 때문에 상대적으로 종합가중치가 높을 수 있다.

기후정책을 ‘계층3’까지 세분화할 경우의 우선순위 계측결과를 보면, 완화정책의 수단별 중요도는 시장기반 탄소저감이 0.403으로 가장 높았고, 배출통계 및 관리시스템 구축·운영 0.270, 탄소저장능력구축 0.180, 규제기반탄소저감 0.148의 순으로 나타났다<표 6-6>. 전반적으로 탄소세나 배출권거래제의 도입, 인센티브 지급 등의 경제학적 유인체계를 활용하여 온실가스를 완화하는 방법이 보다 중요한 것으로 판단하였다. 적응정책의 수단별 중요도를 살펴보면 녹비작물 품종·농법개발이 0.394로 가장 중요하다고 판단하였고, 다음으로 관측정보 및 네트워크 시스템 구축 0.332, 피해방지 0.274의 순으로 나타났다<그림 6-10>.

그림 6-10. 기후정책의 완화 및 적응정책 수단별 상대비교 결과

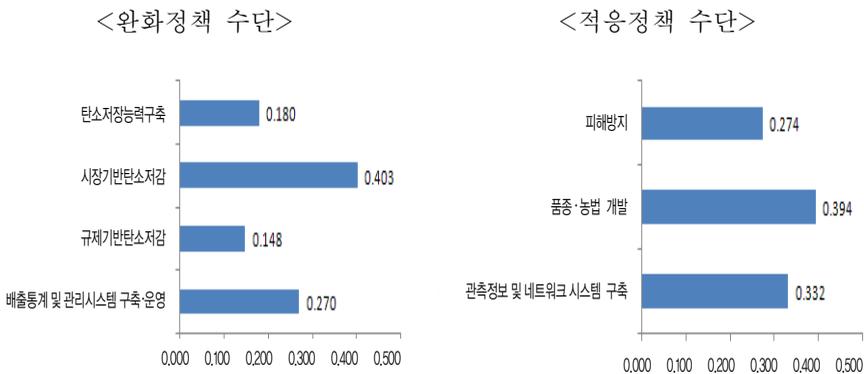


표 6-6. 기후정책의 우선순위 결과

계층1	계층1 가중치	계층2	계층2 가중치	계층3	계층3 가중치	종합 가중치
기후 정책	0.230	완화 정책	0.505	배출통계 및 관리시스템	0.270	0.031
				규제기반 탄소저감	0.148	0.017
				시장기반 탄소저감	0.403	0.047
				탄소저장 능력구축	0.180	0.021
		적응 정책	0.495	관측정보 및 네트워크시스템 구축	0.332	0.038
				품종·농법 개발	0.394	0.045
피해방지	0.274			0.031		

4. 전략의 실행

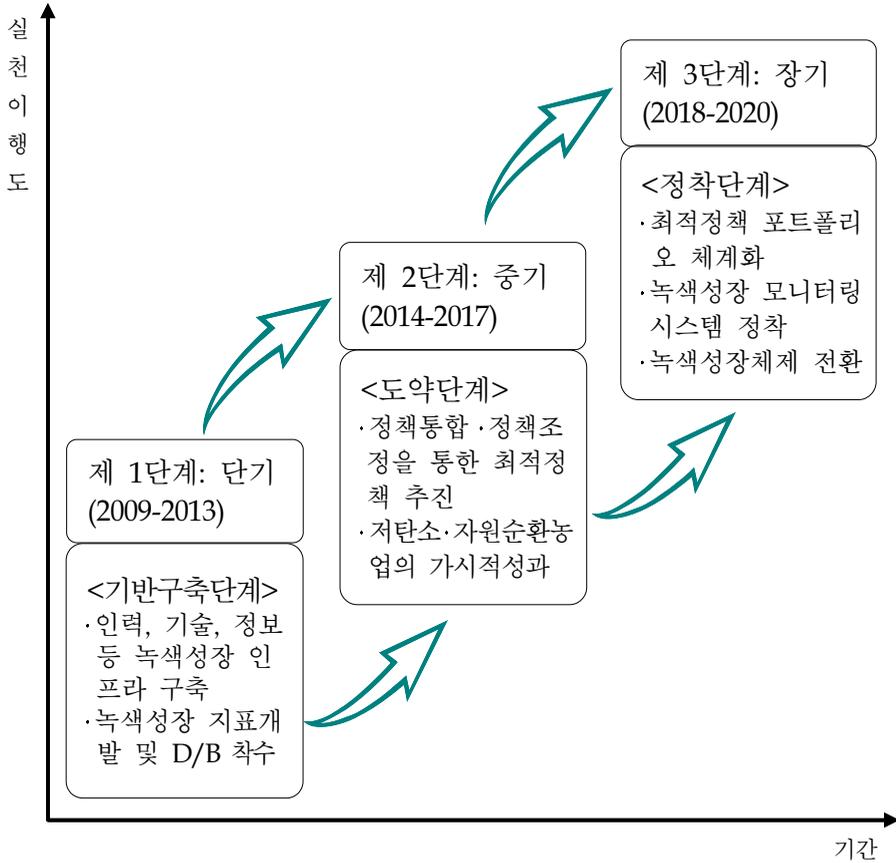
4.1. 전략실천의 단계적 추진

농업부문의 녹색성장 체제를 정착시키기 위해서는 상당한 시간이 소요되므로 정책추진 과정은 2020년을 목표연도로 기반구축단계(2009~2013), 도약단계(2014~2017), 정착단계(2018~2020) 등 3단계로 나누어 단계적으로 추진하는 것이 바람직하다<그림 6-11>.

전략실천을 위한 분야별·단계별 주요 실행프로그램을 제시하면 다음과 같다<그림 6-12>.

제1단계인 「기반구축단계」에는 녹색성장을 위한 인력, 기술, 정보 등 인프라 구축을 추진한다. 정책담당자와 유관기관 관계자의 녹색성장에 대한 인식도 제고와 정책적 대응에 대한 정보제공을 위해 교육 및 연수프로그램을 확대하도록 한다. 또한 농업현장에서 녹색성장을 실천하는 농업인들에게 정책에 대한 소개와 참여를 높이기 위해 영농교육 및 관련분야 행사에

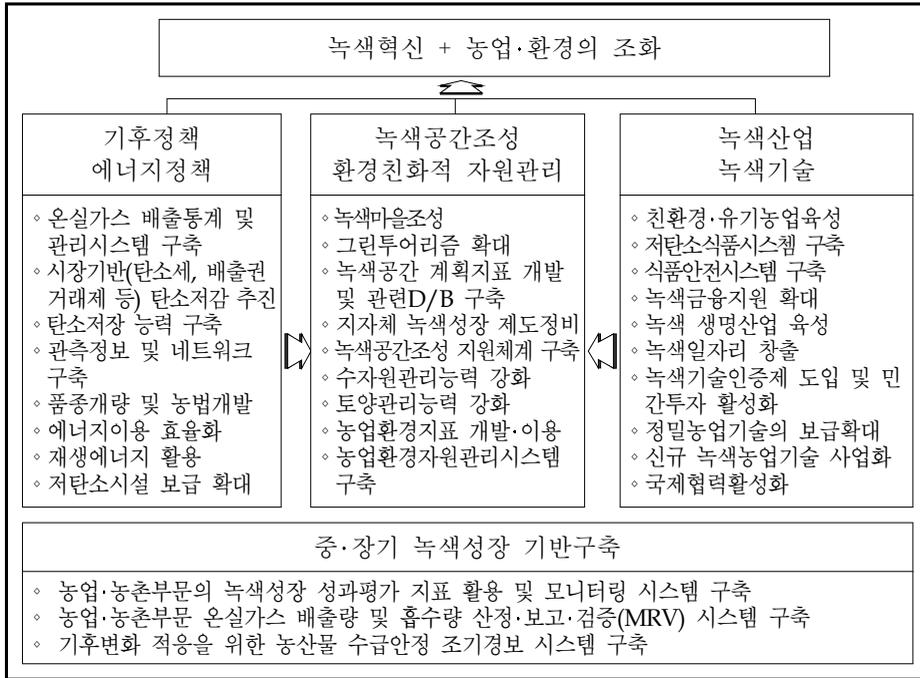
그림 6-11. 농업·농촌부문 녹색성장을 위한 단계적 추진방안



서 정책정보를 제공하도록 한다. 특히 지역별·영농형태별 농업인 대표나 지도자를 중심으로 녹색성장에 대한 심층교육과 국내외 우수사례 지역 방문 등 체험교육을 확대하는 프로그램을 실행해야 한다. 녹색성장을 위한 저탄소 농법 및 친환경농법 관련하여 개발된 기술이 체계적으로 보급되도록 시스템을 구축해야 한다. 또한 분야별 녹색성장의 성과와 진전도를 평가하기 위해 적절한 지표개발과 모니터링 시스템구축 등이 필요하다.

제2단계인 「도약단계」에는 녹색성장을 위한 정책통합과 정책조합을 통해 최적의 정책포트폴리오가 구성되어 기후정책, 녹색산업정책, 녹색기술

그림 6-12. 농업·농촌부문 녹색성장정책 추진을 위한 로드맵



< 정책추진 로드맵 >

	1단계(2011-2013)	2단계(2014-2017)	3단계(2018-2020)
녹색성장 인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 녹색성장 교육·훈련 강화 ◦ 그린경영체 육성 ◦ 녹색성장지표개발 및 모니터링 D/B 구축 착수 ◦ 녹색기술 진단·평가 ◦ 녹색기술 개발 R&D 투자 확대 ◦ 저탄소 자원순환형농업 시스템 구축사업 착수 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 녹색성장 교육 시스템 구축 ◦ 그린경영체에 대한 지속적 지원 및 관리 ◦ 녹색성장지표를 통한 성과 평가와 모니터링체계 구축 ◦ 녹색기술의 보급 확대 ◦ 저탄소 자원순환형농업 체제로 전환 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 단계별 녹색성장 교육 ◦ 육성된 그린경영체의 핵심인력화 ◦ 녹색기술 보급 활성화 ◦ 녹색기술개발 R&D강화 ◦ 녹색성장 성과 및 모니터링 시스템 정착 ◦ 저탄소 자원순환형농업 정착
정책통합 정책조합	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 저탄소직불제 도입 ◦ 녹색금융 도입 ◦ 녹색기술의 농가보급 확대 ◦ 초임계유체활용 시범 사업 추진 ◦ 유기농식품산업 전략적 육성 ◦ 녹색생명산업 육성 ◦ 가치사슬 활용 기반 구축 ◦ 농촌부문 녹색성장 추진 ◦ 그린ODA국제협력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 저탄소직불제 정착 ◦ 녹색금융 활성화 ◦ 녹색기술의 농가보급 정착 ◦ 초임계유체활용 기반구축 ◦ 유기농식품산업의 기반 구축 ◦ 녹색생명산업 발전 ◦ 가치사슬 활용 보편화 ◦ 녹색농촌마을 조성 확대 ◦ 그린 ODA국제협력 발전 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 저탄소직불제 정착 ◦ 녹색금융 정착 ◦ 농가단위 녹색기술 일반화 ◦ 초임계유체활용 정착 ◦ 유기농식품산업의 정착과 지속적 발전 ◦ 녹색생명산업의 지속적 발전 ◦ 가치사슬 활용 보편화 ◦ 농촌부문 녹색성장 정착

정책, 에너지정책, 녹색공간조성, 자연자원관리 등 분야별 정책 프로그램이 체계화되고 적절하게 집행하여 가시적인 성과를 거두도록 해야 한다.

제3단계인 「정착단계」에는 농업분야의 녹색성장 관련 인프라가 확실하게 구축되고 맞춤형 최적정책기법(Best Policy Practices)이 활발하게 적용되는 단계이다. 특히 개발된 녹색성장 관련지표를 이용한 모니터링 시스템 정착과 농업정책과 환경정책 및 에너지정책이 적절하게 통합되고 분야별 정책인벤토리를 통해 최적의 정책조합이 이루어지도록 해야 한다.

녹색성장 체제로의 전환을 위해서는 주요 정책프로그램이 집행되고 관리되는 시점을 기반으로 해서 단기와 중장기 단계별 로드맵이 제시되어야 한다. 녹색성장 추진 로드맵이 효과적으로 운용되기 위해서는 녹색성장 정책 이행과 성과를 평가할 수 있는 지역별 모니터링 시스템을 확립하고, 녹색성장 성과에 따른 인센티브 부여 등 정책지원 프로그램이 마련되어야 한다. 또한 중앙정부와 지방정부, 유관기관 및 단체 등 다양한 관련주체들의 참여와 파트너십을 통한 협력적 관리체제인 녹색성장 거버넌스 시스템을 구축해야 한다. 지역단위의 거버넌스 시스템 구축과 관련해서는 지방정부가 역할을 담당해야 한다.

4.2. 핵심 실행전략

농업분야의 녹색성장을 위한 핵심과제는 농업인과 전문가를 대상으로 한 설문조사와 녹색성장 실증분석 및 정책 우선순위 분석 등을 기초로 부문별 전략을 설정하고, 전략별로 실제로 현장에 적용되어 가시적으로 성과를 거둘 수 있는 프로그램을 중심으로 발굴하여 제시하였다. 핵심 실천전략은 6개 전략이고, 전략별로 대표적인 3~4개의 실행 프로그램을 수립하였다.

표 6-7. 농업부문의 녹색성장을 위한 핵심전략과 실행프로그램

부분별 전략	실행 프로그램
<p><전략 1> 기후정책 참여도 제고 유인 프로그램 도입</p>	<p>저탄소 농업육성을 위한 저탄소 직불제 도입</p> <p>온실가스 완화를 위한 가시적인 프로그램 도입</p> <p>녹색성장을 위한 녹색금융 활용</p>
<p><전략 2> 농가보급형 녹색기술의 확산</p>	<p>지열히트펌프 활용</p> <p>농업용 LED 활용</p> <p>녹비작물 재배</p> <p>녹색기술 적용의 교육·홍보 강화</p>
<p><전략 3> 유망한 녹색기술 실용화와 녹색산업 육성</p>	<p>초임계유체를 활용한 바이오 리파이너리의 육성</p> <p>중자산업 육성</p> <p>분자농업 육성</p>
<p><전략 4> 생태효율성이 높은 녹색 산업의 전략적 육성</p>	<p>유기농업의 육성</p> <p>유기식품 가공산업 육성</p> <p>유기식품 푸드밸리 조성</p>
<p><전략 5> 가치사슬을 통한 환경 친화형 시스템 구축</p>	<p>저탄소순환농업 실천 확산</p> <p>전자태그부착의 확산</p> <p>공동물류센터 건립 확대</p> <p>로컬푸드시스템 확산</p>
<p><전략 6> 그린ODA를 통한 농업부문의 글로벌 협력 강화</p>	<p>농업용수개발 지원</p> <p>농업기술전수와 현장교육 확대</p> <p>녹색 새마을운동 보급 확대</p>

4.2.1. (전략 1): 기후정책 참여도 제고 유인프로그램 도입

가. 저탄소 농업 육성을 위한 저탄소직불제 도입

녹색성장을 위한 정책 우선순위가 높은 기후변화 대책(완화와 적응)에 농업인들의 관심을 제고시키고 정책 참여를 유도하는 대책이 마련되어야 한다. 농업계의 녹색성장에 대한 반응조사에서 제시된 바와 같이 녹색성장의 핵심과제인 기후변화정책의 참여도를 높이기 위해서는 소득증대와 연계된 저탄소 정책 프로그램의 개발이 필요하다.

제3장의 <표 3-2>에서 제시된 바와 같이 농업부문의 온실가스 저감기술은 유기농법 실천, 휴경지 피복작물 재배, 보전경운, 수도작의 간단관개, 사료첨가제를 활용한 반추가축 장내발효 개선, 축산분뇨 처리시설 개선, 바이오매스 활용 등 다양하다.

온실가스 감축효과가 높은 저탄소농업기술을 도입하여 실천하는 경우 적절한 인센티브 지급이 필요하다. 저탄소 농법에 대한 인센티브 지급 방안으로는 환경적 상호준수 프로그램(environmental cross-compliance program)의 형태로 메뉴방식의 저탄소 직접지불제도 도입을 검토해 볼 수 있다. 메뉴방식의 저탄소 직불제는 지역별·농가별 입지적 여건 및 농가의 경영상황 등을 고려하여 농가가 선택할 수 있는 여러 가지 저탄소 농법 가운데 실천 가능한 방법을 선택하여 준수사항을 이행하면 직불금을 지급하는 방식을 말한다(김창길 외 4인, 2009c, pp.130-140).

예를 들어 수도작에서 무경운 농법의 경우 온실가스를 약 20% 정도 감축할 수 있는 것으로 제시되고 있다<그림 3-3>. 이 경우 무경운 농법의 지원 단가는 ha당 60만원 수준으로 책정할 수 있다.³⁷ 이 밖에도 겨울철 자운

37 무경운 농법은 보통 자운영, 헤어리베치 등의 피복작물재배와 연계되며, 무경운 자운영피복 벼 재배법에 대한 소득분석 결과 1년차는 관행농법의 67% 수준, 2년차는 85% 수준이며, 3년차 이후에는 일반 관행농법의 소득을 상회하는 것으로 나타났다. 따라서 1~2년차의 무경운 농법 소득을 관행농법 소득 ha당 452만원의 76% 수준인 343만 원으로 할 때 소득격차는 109만 원이 된다. 이러

영 등 피복작물(cover crop)을 재배하는 경우 토양의 비옥도 개선을 통해 단위면적당 화학비료 투입량을 줄일 수 있으므로 저탄소 직불제 메뉴로 활용이 가능하다. 피복작물 재배 시의 ha당 지원단가는 85~100만원 수준으로 책정될 수 있다.³⁸

제4장의 농업부문 녹색생산성에 대한 실증분석에서 제시된 바와 같이 농업인들의 소득과 연계한 단위면적당 질소비료 감축은 건실한 녹색성장을 위한 핵심과제이다.

농업인들의 질소비료 사용량에 대한 의존성이 강하고 실제로 화학비료의 경우 수요의 가격 비탄력성으로 인해 가격조절을 통한 질소비료 투입량 감축에는 한계가 있다. 따라서 농업인과 지자체 농정책임자들이 농경지의 과다한 양분투입에 보다 관심을 가지고 적절하게 관리할 수 있도록 소득보전의 인센티브와 함께 지역단위 양분총량제 추진에 대한 적극적인 검토도 병행되어야 할 것이다. 농업부문의 온실가스 감축 또는 흡수와 관련된 저탄소 영농행위에 대한 과학적인 분석과 모니터링 시스템이 구축된다면 농업부문은 탄소 배출권거래제와 연계되어 새로운 소득창출도 가능할 것이다.

나. 온실가스 완화를 위한 가시적인 프로그램 개발

제3장에서 살펴본 바와 같이 농업부문 녹색성장 정책 중 34개의 프로그램의 경우 기존의 농업정책의 틀 속에서 수립된 것이 거의 대부분이다. 온실가스 완화를 목표로 하는 녹색성장을 위한 환경정책과 에너지정책 등과의 정책통합 시각에서 이루어진 프로그램은 매우 제한적이다. 따라서 온실가스 완화를 위해 가시적인 성과를 거둘 수 있는 프로그램 개발이 필요하다. 이를 위해서는 최근 우리나라에서도 활발하게 이루어지고 있는 교토메

한 소득격차의 50~60% 수준을 적용하여 ha당 55~65만 원으로 산정된다.

³⁸ 자운영과 헤어리베치 등 겨울철 피복작물을 재배하는 데 소요되는 비용은 종자비와 트랙터 사용료 및 노력비 등으로 단보당 15~20만 원(약 17만 원) 정도로 추정되어 ha당 지원 단가는 소요비용의 50~60% 수준을 적용하여 85~100만 원으로 산정하였다.

커니즘 가운데 이용 가능한 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM) 사업의 활용 방안과 포스트 교토체제에 대비하여 논의되고 있는 탄소배출권 거래시장 활용방안이 모색되어야 한다.

CDM 사업의 경우 현재 국내에서 농업분야에 적용되는 사례는 제시되고 있지 않다. 소규모 CDM 방법론을 적용하면 농업분야에서 추진 가능한 분야로 농촌형 에너지 자립 녹색마을 조성, 가축분뇨 바이오가스플랜트, 농업용 저수지를 이용한 소수력 발전, 광역친환경농업단지조성사업, 맞춤형 비료사업 등은 일부 방법론적인 보완과 온실가스 측정·보고·검증(Measurable, Reportable and Verifiable) 시스템이 구축된다면 가능성이 있는 것으로 분석되고 있다(김창길 외 3인, 2010). 따라서 가축분뇨를 이용한 바이오가스플랜트와 광역친환경농업단지조성사업, 바이오매스 타운 조성사업 등 적용성이 높은 분야를 대상으로 CDM 추진을 위한 시범사업이 마련되어야 할 것이다.

주요국의 녹색성장 사례에서 검토된 바와 같이 배출권거래제는 대부분의 국가에서 활용되고 있거나 도입을 앞두고 활발하게 논의되는 대표적인 정책 프로그램이다. 우리나라의 경우도 국내 배출권거래제 도입을 위한 법률제정과 추진 방식 등에 대한 검토가 심층적으로 이루어지고 있다. 일본 사례에서 제시된 바와 같이 일본의 경우 온실가스 완화의 가시적인 성과를 거둘 수 있는 정책 프로그램으로 2008년부터 농업분야의 배출권거래제가 도입되어 추진되고 있다. 일본의 제도는 농가(시설재배 농가)가 에너지 저감 기기 도입 등 사전에 결정된 방법론으로 저감한 온실가스 배출 프레임으로 인정하여 크레디트를 부여하는 시스템이다. 해당 농가는 배출저감 사업계획서를 작성하여 크레디트 인정위원회로 제출하고 승인받은 배출저감 실적보고서를 기초로 크레디트를 인정받아 대기업 등에 크레디트를 판매하여 수익원으로 활용하는 방식이다. 일본의 방식은 우리나라가 벤치마킹할 수 있는 사례로 향후 이 분야에 대한 구체적이고 심층적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

현실적으로 농업분야의 온실가스 배출량의 주 원인인 메탄과 아산화질소의 경우 배출량은 토양의 특성과 날씨 등 자연조건에 따라 상당한 차이

가 발생하여 불확실성이 커서 신뢰성 있는 모니터링에 상당한 어려움이 있다. 탄소배출권거래제의 핵심은 배출량 감축분과 흡수량 등을 계측하고 기록하여 이들 자료를 기초로 크레디트화하는 작업이 관건이다. 따라서 지침에 따라 모니터링과 계측을 위한 계측기 설치가 필요하며, 이에 따른 비용이 수반되므로 향후 배출권거래제에 대비하여 정책적 차원에서 적절한 대책이 마련되어야 한다.

이 밖에도 정부가 탄소저감을 위한 노력의 일환으로 탄소성적표지제도(탄소라벨링)가 2009년 2월부터 운영되고 있으며, 이 제도를 통해 제품의 전과정에 걸친 탄소배출량과 감축량에 대한 정보가 소비자와 생산자에게 제공되고 있다. 아직 농업분야의 경우 탄소성적표지제도의 운용이 본격화되고 있지는 않다. 따라서 탄소성적표지제도의 농업분야 적용을 위한 전과정목록(Life-cycle Inventory, LCI) 구축과 관련 기관의 적절한 역할분담 등 구체적인 추진 방안이 마련되어야 한다. 최근 농업분야 탄소성적표지제도의 농업분야 적용을 위한 정책연구과제가 수행되었으므로(남재작 외 3인, 2010), 이를 기초로 시범사업 및 단계적 세부 프로그램을 수립하여 적극 추진해야 한다.

다. 녹색성장을 위한 녹색금융 활용³⁹

1) 녹색금융 활용 필요성

농업부문에서 다양한 녹색성장 정책이 추진되고 있지만 민간부문이 자발적으로 참여하고 있다고 보기 어렵기 때문에 이를 개선하기 위해 ‘녹색금융(green finance)’을 활용할 필요성이 있다. 녹색금융은 자금 공급자가 금융회사나 자본시장을 통해 녹색기업에 자금을 공급하면 녹색기업이 이 자금을 운용하여 수익을 창출한 후 자금공급자에게 되돌려주는 순환과정이다. 하지만 국내 농업부문에서 투자자의 기대수익에 부응하는 녹색사업이 많지 않으며, 자금수요자인 농업부문 녹색사업·기업의 범위도 명확하지

³⁹ 녹색금융 활용방안에 관해서는 보험연구원 진익 박사에게 원고를 의뢰하여 수행한 「농업분야 녹색금융 활성화 방안」의 핵심내용을 발췌하여 정리한 것이다.

않아 그러한 순환구조가 형성되지 못하고 있다. 또한 농업부문에 자금을 증개할 자본시장이 충분히 성숙되어 있지 못하고, 녹색기술의 경제성에 대한 금융회사의 평가능력도 부족한 실정이다. 요컨대, 농업부문 녹색성장과 관련하여 시장기능에 기초한 자율적 녹색금융은 아직까지 본격화되지 못한 상태라고 할 수 있다.

정부는 농업부문 녹색성장을 조기에 활성화시키고자 다각적인 지원 방안을 제시하고 있다. 정부의 정책지원은 일시적으로 농업부문 녹색성장 재원을 확대할 수 있다는 점에서 긍정적이나 선별과 감시기능이 충분하지 않은 상태에서 자원배분이 이루어지고 있어 정책 실효성이 반감될 가능성이 존재한다. 따라서 농업부문에서 녹색성장이 보다 효과적으로 추진될 수 있도록 하기 위해 정책지원 확대와 동시에 우량 녹색기업을 선별하고 효과적으로 감시하는 데 필요한 인프라 구축을 병행하는 것이 절실하다.

2) 농업부문 녹색금융 검토 방향

농림수산식품부의 주요 농업부문 녹색성장 정책은 에너지 저감과 효율화, 신재생 에너지 보급 확대, 온실가스 배출 감축 등 3가지라고 할 수 있다. 우선 농업부문 에너지 저감과 효율화 관련 녹색금융으로, 자본집약적 시설 도입을 전제로 하는 식물공장과 관련하여 친환경농산물 보험, 친환경 건축 보험, ESCO⁴⁰ 사업 성과보증 등을 활용하는 방안을 검토할 수 있다. 다음으로 농업부문 신재생에너지 보급 확대 관련 녹색금융으로, 바이오 에너지 개발에 필요한 농업투자펀드 조성 관련 성능보험, 환경오염배상책임보험 등의 활용 가능성을 검토할 수 있다. 끝으로 농업부문 온실가스 배출 감축 관련 녹색금융으로서, 농업부문 온실가스 배출 감축을 목표로 하는 CDM 사업과 관련하여 전통적 보험, 배출권 투자위험 관련 보험상품(Contingent Cap Forward), 배출권인도보증 등의 활용 가능성을 검토할 수 있다.

⁴⁰ ESCO는 에너지절약전문기업(Energy Service Company, ESCO)으로 투자수익을 기대하여 투자위험을 부담하는 벤처형 기업으로, 에너지 사용자에게 기술, 전문적 서비스, 자금을 제공하는 대신 투자시설에서 발생하는 에너지 저감액으로 투자비를 회수한다.

위에서 검토한 바와 같이 농업부문 대상 녹색금융은 보험을 통해 이루어질 가능성이 가장 높다. 은행업의 경우 단기 예금을 통해 자금을 조달하는 만큼 투자성과 회수에 장기간 소요되는 녹색기술·사업·기업 대출에 적극적이기 어려우며, 녹색펀드의 경우도 투자대상인 녹색기업의 벤처적 특성을 감안할 때 공모를 통한 대규모 자금조달이 쉽지 않다. 반면에 녹색보험은 녹색기술 개발 및 녹색사업 수행에 수반되는 위험요인에 대해 다양한 위험관리수단을 제공하는 한편, 녹색사업·기업에 필요 자금을 공급할 수 있다.

3) 농업부문 녹색금융 활용가능성

농업부문에서 에너지 저감과 효율화를 추구하는 녹색사업의 대표적인 예는 식물공장이라고 할 수 있는 만큼, 식물공장 활성화를 위해 녹색금융을 활용하는 방안을 검토할 필요가 있다. 식물공장은 LED 조명설비, 양액재배시스템, 자동화시스템 설치비용 등 대규모 초기 설비투자비용이 소요되므로 투자자에게 큰 부담으로 작용한다.

식물공장 활성화를 위해 첫째로 그 생산물에 대한 시장 수요가 안정적으로 형성되어야 한다는 점에서 잔류농약이 검출되었을 때 소비자에 대한 보상 등의 비용을 지급하는 친환경농산물비용손해 보상 특별보험 활용을 고려할 수 있다. LIG손해보험은 2009년 4월에 전라남도 산하 22개 시·군에 소재하는 친환경인증 농업사업자를 대상으로 보험 계약을 체결한 바 있다. 둘째로 식물공장 건물은 건물에너지 효율화, 신재생에너지 적용, 건물외부의 생태환경 개선을 수반하므로 친환경건축 보험을 활용할 수 있다. 그 사례로 화재나 다른 손해가 발생할 경우 환경친화자재를 기준으로 재물복구비용을 지급하는 환경친화 재물복구비용 특약(green upgrade coverage), 친환경 건축으로 재건축 할 경우 보험요율산정 시 혜택을 제공하는 친환경 건물 업그레이드 보험(green building project insurance) 등이 있다. 셋째로 ESCO사업으로써 식물공장을 건축할 경우, 에너지 사용자가 절약시설 설치에 필요한 투자재원을 조달하고, ESCO가 에너지 사용자에게 절약시설에서 발생하는 에너지저감액에 대해 보증을 제공하는 성과보증 계약(guaranteed savings contract)을 활용할 수 있다.

최근 국내외적으로 관심이 높아지고 있는 바이오에너지를 생산하는 데는 초기에 많은 시설설치비가 요구되며, 투자손실 발생 위험이 매우 높다. 바이오에너지 기업은 기술기반 소기업(Technology-Based Small Firms, TBSF)에 해당하며, 이러한 특징 때문에 자금조달이 쉽지 않다. 특히 신생·성장 진입단계에 있는 바이오에너지 기업이 은행이나 자본시장을 통한 통상적인 금융방식을 활용하기에는 많은 제약이 있다.

바이오에너지 기업 대상 녹색금융을 위해 창업자본, 엔젤투자, 벤처금융 등의 활용방안을 모색할 필요가 있다. 또 위험요인을 관리하기 위해 성능인증제품을 구매한 농가가 손실을 입은 경우 손해를 배상하는 성능보험을 활용할 필요가 있다.

농업부문 온실가스 배출 감축 분야에서 CDM은 여러 가지 사업 절차를 수행할 때 다양한 위험요인이 수반된다. CDM 사업의 위험들 중 일부는 전통적인 위험관리 수단을 통해 관리가 가능하다. 예를 들어 품질보증과 장기매입계약 불이행 위험에 보증 보험을, 자연 재해, 제품 생산량 변동에 물적 보험과 기후 파생상품을 활용할 수 있다. 또 전통적인 보험을 통해 농업부문 CDM 사업의 위험을 관리할 수 있는데, 예를 들면 설계 결함 등 기술적 요인과 자연 재해에 의한 물적, 인적 손실의 배상을 위해 건설공사 보험이나 조립공사보험을 활용할 수 있다.

농업부문 CDM 사업으로부터 획득한 배출권 가격이 예상보다 낮게 형성됨에 따라 투자자·금융회사가 입을 수 있는 손실을 관리하는 수단으로 배출권 투자위험 관련 보험상품(Contingent cap forward)도 활용할 수 있다. 이 상품은 배출권 인도와 관련된 거래상대방의 계약불이행 위험을 관리하기 위해 설계된 보험이다. 또 배출권구매협정에 따른 배출권 선도계약과 관련하여 계약이행여부에 대한 불확실성을 제거하기 위해 배출권인도 보증(Credit Delivery Guarantee, CDG)을 활용할 수 있다. 이는 CDM 사업으로부터의 배출권 발생량이 기대에 못 미치거나 혹은 배출감축 실적을 인증받지 못할 경우의 손실을 보상해 준다.

4.2.2. (전략 2) 농가보급형 녹색기술의 확산

가. 지열히트펌프

지열히트펌프의 생태효율성을 분석한 결과 관행에 비해 매우 높은 것으로 나타났으며, 한계감축비용을 분석한 결과 이산화탄소 1톤을 줄이는 데 -35만원(35만원의 수익)으로 녹색기술 가운데 한계감축비용이 가장 낮은 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 비용절감, 이산화탄소저감, 생산효과 등 경제적인 효과도 있는 것으로 분석되어 지열히트펌프의 농가단위로 보급·확대 방안 모색이 필요하다.

농가단위에서 지열히트펌프를 확산시키는 데 있어 장애요인으로는 초기의 높은 시설투자비용, 기술에 대한 안정성 등이 있다. 우선은 정부에서 지속적으로 초기 시설투자비를 지원해 줄 필요가 있으며, 장기적으로는 시설 설치비를 낮추기 위한 노력이 요구된다. 이를 위해 민간투자를 유도하고, 규모화와 기술개발을 통해 지열히트펌프의 생산비용을 낮춤으로써 초기 시설투자비용을 낮추고 기술의 안정성을 높이는 것이 필요하다.

현재 추진되고 있는 지열히트펌프 사업을 활성화하기 위해서는 사업 운영과 관련하여 몇 가지 개선해야 할 점이 있다. 우선 현재 시공업체가 난립되어 있어 농가에게 혼란을 주고 있는데 면허제를 도입하여 무능력업체를 규제할 필요가 있다. 설계·시공·감리 관련 업체에서 사업을 총괄하도록 일원화하고 관리·감독이 실제적으로 이루어지도록 해야 한다. 또한 향후 사업 대상자 선정시 자부담능력이 있고, 재배기술이 높은 농가를 우선적으로 고려해야 한다. 또한 품목별로 일률적으로 적용하고 있는 지열용량을 품목에 따라 다르게 적용할 필요가 있다.

나. 농업용 LED

농업용 LED의 한계감축비용을 분석한 결과 이산화탄소 1톤을 줄이는 데 -29만원(29만원의 수익)으로 녹색기술 가운데 한계감축비용이 비교적

낮은 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 생산효과, 이산화탄소저감의 경제적인 효과도 있는 것으로 분석되었다. 따라서 농업용 LED를 농가단위로 보급 확산시킬 필요가 있다.

농가단위에 농업용 LED를 확산시키는 데 있어 장애요인으로는 초기의 높은 시설투자비용이라고 할 수 있다. LED 광원의 수명이 백열등보다 10~30배 길고 전기에너지로부터 광전환 효율이 90%로 높아 에너지절감효과가 매우 크게 나타나지만(홍성창, 2009) 초기 설치비용이 너무 높아 농가단위에서 적용하는 데 어려움이 있다. 따라서 단기적으로 초기 설치비용에 대한 정부의 지원이 필요하고, 장기적으로 지열히트펌프와 같이 설치비용을 낮추기 위한 여러 가지 방안을 강구할 필요가 있다.

농림수산물부에서는 저탄소 녹색성장 추진전략의 하나로 LED 이용 시범사업 정책을 추진하고 있다. 현재의 시범사업을 본사업으로 추진할 필요가 있고, 실증연구 대상품목을 보다 확대할 필요가 있다. 또 백열등은 열이 발생하지만 LED는 열이 발생하지 않아 주로 겨울철에 재배하는 시설농가들을 위해 LED 보급과 함께 시설하우스의 보온대책을 함께 강구시켜줄 필요가 있다.

다. 녹비작물 재배

녹비작물의 한계감축비용을 분석한 결과 이산화탄소 1톤을 줄이는 데 -23만원(23만원의 수익)으로 한계감축비용이 비교적 낮은 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 비용절감, 생산효과, 이산화탄소저감, 경관가치효과 등 경제적인 효과도 있는 것으로 분석되었다. 그러므로 녹비작물 재배를 농가단위로 보급 확산시킬 필요가 있다.

농가단위에 녹비작물을 확산시키는 데 있어 애로사항으로는 녹비작물의 작황이 기상요인에 의해 변동이 심하여 농가가 중도 포기하거나 연속 재배를 회피하는 사례가 발생한다는 것이다. 또한 녹비작물의 종자를 외국으로부터 수입하게 되는데 외화가 낭비되고 있을 뿐만 아니라 세계적인 기후변화로 가격변동이 심하다는 점을 들 수 있다.

녹비작물 보급을 보다 확대시키기 위해서는 안정적인 녹비작물 재배기술을 개발할 필요가 있다. 또한 외국 녹비작물의 국내공급 차질을 방지하

기 위해 국내 녹비작물 종자의 자가 채종기술 개발이 필요하다.

라. 녹색기술 적용의 교육·홍보 방안

지열히트펌프, 농업용 LED 적용, 녹비작물 재배 등 주요 녹색기술 적용은 농업현장에서 시군 농업기술센터의 지도, 작목반장 또는 선도 농업인 등을 통해 이루어지고 있으므로 이들 기관과 핵심적인 지도자에 대한 체계적인 교육과 녹색기술 적용 효과에 대한 홍보가 필요하다.

성공적인 녹색기술 적용 확대를 위한 공감대 형성과 인식제고를 위해서는 효과적인 교육 프로그램 개발과 이를 위한 적절한 예산투입이 필요하다. 지열히트펌프를 적용한 농가를 대상으로 생태효율성 그룹별 경영성과를 분석한 결과 생태효율성 지수가 높은 농가일수록 난방비 사용액은 감소하고 생산액은 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 선도농가들의 지열히트펌프 적용기술 매뉴얼을 만들고 선도 농가를 위촉하여 교육을 시키는 프로그램을 만들 필요가 있다.

농가들이 주요 녹색기술 적용 기술을 쉽게 받아들이지 않고 있으므로 주요 녹색기술의 경제적 효과분석 결과를 바탕으로 장기적인 관점에서 농가 소득에 도움이 된다는 사실을 농가가 인식하도록 교육하고 적극 홍보할 필요가 있다. 또 새로운 녹색기술 보급을 위한 농가교육을 확대하고, 새로운 녹색기술에 대한 적응력을 높이기 위해 우수농가, 외국의 선진사례 등을 견학할 수 있는 프로그램을 개발하여 추진할 필요가 있다.

4.2.3. (전략 3) 유망한 녹색기술 실용화와 녹색산업 육성

가. 초임계유체를 활용한 바이오리파이너리의 육성⁴¹

바이오매스 자원을 이용하여 식량, 에너지 및 각종 화학원료와 제품을 생

⁴¹ 초임계유체 공정의 농업분야 녹색기술로 활용하는 방안에 대해서는 서울대학교 화학생물공학부 이윤우 교수에게 원고를 의뢰하여 수행한 「초임계유체를 이용한 농업분야 녹색기술 적용방안」보고서의 핵심부분을 발췌하여 정리한 것이다.

산하는 데서 주목받고 있는 녹색기술로서 초임계유체 이용기술, 생물·화학적 처리기술 등이 있으며, 이를 기반기술로 한 일관생산체계가 바이오 리파이너리 산업으로 활발하게 전개되고 있다. 초임계유체(supercritical fluid)는 온도와 압력이 기액(氣液)의 임계점을 넘는 비응축성 유체로 기체-액체-고체와 마찬가지로 온도-압력조건에 따라 결정되는 물질 상(相)의 특징을 지닌다. 초임계유체에는 많은 종류가 있지만 환경에 대한 부하가 적고, 화학적으로 안정적이며, 안전성과 경제적 비용 등의 측면에서 초임계이산화탄소, 초임계수, 초임계알코올(메탄올이나 에탄올) 등이 주목받고 있다.

바이오 리파이너리(Bio Refinery)는 바이오매스로부터 생물학적·화학적 변환과정을 거쳐 바이오연료나 화학제품을 제조하는 기술과 이를 구현하기 위한 종합적인 플랜트 시스템을 의미한다. 이는 기존의 오일 리파이너리(Oil Refinery)에 대칭되는 개념이다.

초임계수를 이용하는 기술은 빠른 반응속도와 작은 규모의 장치에 의한 간단한 합성 등으로 인해 바이오매스 리파이너리의 핵심 요소 기술로 간주되고 있다. 바이오 리파이너리는 목질계, 곡물계, 초본계 등으로 유형화될 수 있다. 특히 농업분야에서는 쌀과 밀, 옥수수 등 곡물계 바이오 리파이너리가 중요하다. 특히 쌀 기반 바이오 리파이너리는 농업분야 녹색기술로 유용하게 활용될 수 있다.

초임계유체 공정을 쌀 분야에 적용하여 현미를 생산하면 부산물인 왕겨와 벧짚으로부터 바이오에너지와 나노입자가 추출된다. 현미는 백미와 미강으로 분리되는데, 백미의 경우 초임계를 이용하여 씻어 나온 청정 쌀이 생산되고, 미강에 초임계 CO₂를 이용하면 탈지미강과 미강원유가 생성된다. 미강원유는 초임계 정제과정을 통해 바이오디젤 생산이 가능하고, 초임계 프로판을 적용하면 지방산 알코올을 통해 계면활성제가 생산된다. 한편 탈지미강으로부터는 피틴산, 이노시톨, 제2인산칼슘 등과 초임계 탈지미강 파우더 생산도 가능하다. 이처럼 융합 녹색기술인 초임계유체 공정을 통한 쌀 기반 바이오 리파이너리는 가공과정에서 백미의 생산 외에도 여러 고기능성 제품 생산이 가능하여 쌀을 유용한 자원생성의 보고로 활용할 수 있게 한다.

바이오 리파이너리 활성화를 위해서는 발상의 전환이 요구된다. 물질순환

을 전제로 한 바이오매스와 같은 분산자원의 이용에서는 규모의 경제에 의한 경제성을 발현하는 데 어려움이 있다. 시범사업을 통해 바이오 리파리이너리가 농업분야 녹색산업으로 검증될 수 있도록 하는 방안이 모색되어야 한다.

나. 종자산업 육성

종자 산업은 단순히 종자를 개발 및 생산하여 판매하는 전통적 종자산업에서 종자가공 및 생명공학기술의 발달로 종자 또는 동식물의 활용범위가 확대됨에 따라 종자산업이 의약산업, 생명산업 등과의 융·복합산업으로 발전하고 있다. 선진국에서는 종자산업에 대한 투자를 강화함에 따라 유전자원 확보를 통한 종자주권이 강화되고, 글로벌 종자기업의 집중화, 대형화가 진전될 것으로 전망되고 있으므로 우리나라도 종자산업의 융·복합산업화 추진, 수출확대를 통한 미래유망산업화 도모, 경쟁력 있는 글로벌 종자 전문 기업 육성 등이 요구된다(박기환 외, 2010).

고부가 종자 산업은 녹색기술에 의해 발전하며 환경적인 부담은 변하지 않으면서도 경제적인 성과를 높인다는 점에서 녹색성장산업이라고 할 수 있다. 고부가 종자 산업화를 위해 연구·개발에 대한 투자가 우선 확대되어야 한다. 기초·원천 기술을 개발하고 수출전략 품종 육성 등에 연구·개발 투자를 확대하고 효율성을 높여야 한다. 토종(약용) 작물산업화, 천연색소 산업화, 친환경종축, 내수 및 관상 어류 등 고부가 종자산업화를 위한 연구·개발에 초점을 맞출 필요가 있다. 정부는 2011년에 골든시드(Golden Seed) 프로젝트를 발표한 바 있다. 골든시드 프로젝트는 식량자원의 생산성 확보, 품종보호 대응, 기후변화 대응 등을 위한 종자를 개발하고 미래의 수요에 대응한다는 취지이며 이는 매우 시의적절한 방향이라고 할 수 있다. 따라서 골든시드 프로젝트가 차질 없이 추진되어야 할 것이다. 다음으로 수출 전략품목을 통해 수출을 확대할 필요가 있다. 고부가 종자산업이 지속적으로 발전하기 위해서는 인도, 중국 등 종자를 대규모로 소비하는 국가를 대상으로 종자시장을 조사하고 수출전용 품종을 개발하고 마케팅을 지원할 필요가 있다. 또한 종자산업이 정부주도하에 있는 품목의 경우

민간으로 이양될 수 있도록 민간역량을 강화시킬 필요가 있다. 육종 전문 인력을 양성하고, 연구단지를 조성함으로써 민간의 품종육성 역량을 강화시킬 필요가 있다.

다. 분자농업 육성

분자농업은 식물을 생산수단으로 삼아 고부가가치를 지닌 유용 단백질이나 화학물질을 대량생산으로 산업으로 IT·BT·NT 등 융합기술을 기반으로 한 식물공장과 연계하여 기후변화 대응 스마트 농업의 유력한 형태로도 볼 수 있다. 온실가스 배출을 최소화하고 환경오염을 시키지 않으면서 기능성 물질(백신 등 생물의약품 원재료)을 생산하여 고부가가치를 높일 수 있기 때문에 미래에 유망한 녹색산업으로 간주될 수 있다. 분자농업은 2025년경 전 세계적으로 1,000억 달러 정도의 시장이 형성될 것으로 전망하고 있다(김창길 외 4인, 2011). 그러나 향후 정제 및 발현수준 향상을 위해 상당한 기술개발을 필요로 한다. 최근 일본과 미국 등 주요국에서는 분자농업을 식물공장과 연계하여 고부가 농업기술로 활발한 연구와 투자가 이루어지고 있다. 우리나라도 식물공장 상용화의 필요성을 인식하고 공장 운영 관련 핵심부품인 LED-IT 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 실제로 전라북도에서는 식물공장 사업에 상당한 관심을 가지고 추진하고 있다. 일본에서는 인플루엔자 백신을 축적시킨 쌀 사업화 계획과 대두를 이용한 알츠하이머병 백신 생산, 경구백신용 양상추 생산 등 분자농업의 산업화에 상당한 노력과 연구비 투입이 이루어지고 있다. 미래농업은 식품생산의 영역을 넘어서 백신과 같은 의약품원료를 생산하는 녹색산업으로 발전할 수 있도록 분자농업 분야에 대한 전략적 연구가 활발하게 이루어질 수 있도록 정책적 관심과 과감한 지원이 이루어져야 한다.

4.2.4. (전략 4) 생태효율성이 높은 녹색산업의 전략적 육성

제4장 생태효율성 분석 결과에서 제시된 바와 같이 유기농업이 관행농업에 비해 상대적으로 생태효율성이 높은 것으로 분석되었다. 생태효율성

을 제고시키는 것은 곧 녹색성장으로 해석할 수 있으므로 유기농업을 포함한 유기농식품산업 육성방안을 도출하고 적극적으로 실행할 필요가 있다. 유기가공식품산업의 발전은 그 자체로 부가가치를 창출할 수 있고, 유기농산물이 과일 생산되었을 때 수급조절을 할 수 있다. 또한 유기가공식품산업을 위해서는 안정적인 원료농산물의 공급이 필요하다. 따라서 유기농업과 유기가공식품산업은 상호보완적으로 발전시켜 나갈 필요가 있다.

정부는 2010년 4월 유기농식품산업을 녹색성장의 핵심과제로 선정하여 추진하고 있다. 세계적인 웰빙 트렌드와 함께 보다 안전한 농식품을 선호하는 소비자들의 필요에 의해 유기농식품 시장은 지속적으로 발전할 것으로 전망되고 있다. 새로운 성장동력으로써 녹색성장인 유기농식품산업을 육성을 핵심과제로 강력하게 추진할 필요가 있다. 유기농식품산업을 발전시키기 위해서는 생산(가공), 유통, 소비, 제도 등 전반적인 분야에서 핵심과제를 도출하여 추진하여야 한다.

생산측면에서는 유기농산물 및 유기가공식품 생산의 규모화를 추진할 필요가 있다. 소비자들의 소비확대의 애로사항으로 유기농산물을 포함한 친환경농산물의 경우 비싼 가격과 생산·유통 등에 대한 신뢰성 저하 문제(김창길 외, 2008), 가공식품의 경우 비싼 가격과 품질저하(정학균 외, 2011)로 나타났으므로 규모화를 통해 유기농식품 가격을 현재보다 낮출 필요가 있다. 소비자들의 필요를 충족시켜 주기 위해서는 고품질의 식품을 저렴하게 공급하여야 한다. 이를 위해 유기농산물의 경우 규모화된 유기농산물 생산단지에 지원을 확대해줄 필요가 있으며, 가공식품의 경우 영세적인 유기가공식품 생산업체의 규모화를 유도하거나 세금지원을 통해 유기가공식품의 생산단가를 낮출 수 있을 것이다. 또 대기업의 참여를 유도하여 대기업이 자본력을 바탕으로 첨단 시설을 투자하고, 신선식품 내지는 가공식품에 대한 생산을 규모화시킬 필요가 있다.

유통 측면에서 살펴보면, 유통효율화를 촉진하고 비용을 절감시키기 위해 유기농식품 전문 도매시장의 건립을 고려할 수 있다. 현재 생산량이 많지 않아 도매시장에 대한 필요성이 낮을지 모르나 장기적으로 유기농식품 생산량이 크게 증가하게 될 것이며, 이를 위해 전용 도매시장을 건립할 필

요가 있다. 소비측면에서 보면 소비자의 니즈를 고려한 새로운 소비처를 발굴할 필요가 있다. 특히 유기농식품에 대한 글로벌 수요 증가추세와 중국과 일본 등 인근 국가의 상당한 잠재적 수요를 고려하여 국내 유기농식품의 해외수출 시장진출을 적극 모색해야 한다.

제도적 측면에서 살펴보면, 현행 친환경농업 실천농가의 경우 3년 한시적으로 친환경농업직불금을 수령하고 있으나, 유기재배 인증농가만을 대상으로 일정수준의 직불금을 지속적으로 지급하도록 친환경농업직접지불제도를 개편하여 관행농업에서 유기농업으로의 전환을 유도해야 한다(김창길 외, 2009). 사회적 비용 절감을 위해 유기식품 관련 이원화된 인증제도를 통합하여 단일 법령에 규정하는 방안을 추진하여야 한다. 유기농식품의 생산·제조·유통·사후관리 등에 대한 일원적 시스템을 구축하여 합리적 운영체제를 마련할 필요가 있다. 또, 향후 유기가공식품산업을 성장시키기 위해 그리고 우리나라 유기농산물 해외 수출을 위해 유기 인증제도의 동등성 근거가 마련되도록 친환경농업육성법 개정을 추진할 필요가 있다. 유기농식품의 생산·가공·유통이 집적하여 시너지 효과를 창출하도록 적절한 지역을 선정하여 유기농클러스터 혹은 유기농 푸드밸리를 구축해야 한다.

4.2.5. (전략 5) 가치사슬을 통한 환경친화형 농업경제시스템 구축

농업부문의 녹색성장 체제로 전환하기 위해서는 ‘농산물의 생산-물류-마케팅-자원순환’에 이르는 가치사슬(value chain)을 녹색화해야 한다.⁴² 궁극적으로는 생산-유통-소비 등 전과정을 포괄하는 농업경제시스템의 녹색전환(green transformation)을 통해 녹색 경쟁력을 확보할 수 있다. 이를 위해서는 농산물 생산단계에서 온실가스 배출 및 환경부하를 최소화할 수 있도록 환경친화적 농법과 저탄소 자원순환농업의 실천 등 농가의 녹색경영 실

42 가치사슬은 기업활동에서 제품설계, 생산, 판매, 운송, 지원 등 부가가치가 생성되는 일련의 연쇄과정으로 부가가치 창출에 직·간접으로 관련된 모든 활동·기능·프로세스의 연계성을 의미한다(김연중 외 3인, 2010).

천이 중요하다. 다음으로 유통·물류의 녹색혁신을 통해 농업부문 녹색성장의 견인차 역할을 수행하도록 해야 한다. 녹색물류는 원재료의 탐색부터 최종소비자에 이르기까지의 과정과 사용 후 재사용 또는 폐기에 이르기까지의 물류 전과정을 통해 환경유해요소를 원천적으로 제거하거나 최소화하는 활동이다. 이러한 녹색물류 확대를 위해서는 개별 유통주체의 독립적인 효율화보다는 통합적인 공급망 관리(Supply Chain Management, SCM)를 통해 공급망 구성원 간의 정보를 공유하여, 실시간으로 소비자 수요변화에 연동된 농산물 흐름을 유지하도록 해야 한다. 이를 위해서는 공동물류센터 건립을 통한 운송거리 단축, 물류설비 등 표준화 촉진, 유통·물류의 전자태그(Radio Frequency Identification, RFID) 부착의 확산 등이 필요하다. 또한 유통업 주도의 온실가스 감축을 위해 친환경 매장, 친환경 및 유기농산물 판매, 친환경 물류 관리 등도 필요하다. 농산물 출하 조직 및 규모화를 통해 취급량을 증대시키고 하역기계화·물류장비 가동률을 증대시킬 필요가 있다. 농산물 물류 표준화·물류기기 공동이용사업의 확대를 통한 물류 효율화와 저온물류시스템의 구축을 통해 산지유통을 활성화하도록 해야 한다. 또한 수송비 절감을 위해서는 대량·규모화를 위한 공동수송 추진으로 공동집하·수송이 이루어지도록 해야 한다. 산지유통조직의 경우 규모화를 통해 대량수송의 이점을 누려야 한다. 현재 농산물은 대부분 5톤 이하 차량으로 수송되고 있으나 앞으로는 10톤 이상의 대형 트럭을 이용함으로써 단위당 수송비를 절감시켜야 한다. 농산물의 물류효율화를 위해 물류 표준화사업 또한 가능한 농산물의 지역 간 이동을 최소화하여 환경부하를 줄이고자 하는 로컬푸드시스템(local food system)이 확산되도록 하는 것도 중요한 과제이다. 로컬푸드시스템은 지역 내에서 생산된 농산물을 지역 내에서 소비함으로써 물류비 절감과 생산자 및 소비자에게 다양한 편익을 제공하고 있다. 로컬푸드시스템의 이점으로는 중간유통마진 절감에 의해 소비자에게는 적절한 가격판매와 생산자에게는 상대적으로 높은 수취가격 제공을 들 수 있다. 또한 로컬푸드시스템은 얼굴 있는 농산물과 친환경농산물을 판매함으로써 소비자에게는 안전한 먹거리를 공급하고, 생산자에게는 적절한 소득을 올릴 수 있도록 하고, 약탈적 상업 농업의 대안 농업으로 과포장 억제와 수송

거리 최소화 등을 통해 저탄소 녹색유통을 선도하는 등을 들 수 있다. 로컬푸드시스템을 확대하기 위해서는 먼저 제도적으로 푸드마일리지와 탄소성적표지제도의 도입이 필요하다.

4.2.6. (전략 6) 그린 ODA를 통한 글로벌 협력 강화

농업부문 녹색성장의 국제협력 분야와 관련된 정책수단은 그 우선순위가 낮은 것으로 평가되었다. 최근 녹색분야의 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA)에 대한 국내외적 관심이 커지고 있어 농업분야에서 개도국의 녹색성장을 지원하는 그린 ODA사업 개발이 현안과제로 부각되고 있다.

기후변화의 악영향은 빈곤국가와 빈곤층에서 먼저 발생하고 피해의 정도도 큰 것으로 나타나고 있다. 빈번한 자연재해와 인명피해는 경제발전을 위한 국가적 역량결집을 저해하는 요소로 작용한다. 세계 대륙의 지역별 농업 실태와 개발협력 수요를 분석한 결과 개발수요가 높은 그린 ODA 분야로는 농업용수 개발, 바이오매스타운 조성, 녹색 새마을운동 등으로 나타났다(KOICA, 2010).

국제협력 분야에서 농업부문의 녹색성장 추진방식으로는 개도국을 대상으로 녹색농업 기술의 보급과 현지전문가 파견 등을 들 수 있다. 농촌진흥청은 외국인 대상의 농업기술 훈련, 전문가 파견, 시범사업 등 수십년간 축적된 노하우를 종합한 국제농업한국프로젝트(Korea Project on International Agriculture, KOPIA)를 2009년에 착수하였다. 베트남, 미얀마, 우즈베키스탄, 케냐, 브라질, 파라과이 등 6개국의 대표적 농업연구기관에 KOPIA 센터를 설치하였다. KOPIA 센터는 현지 기술수요를 조사하고 시범사업을 총괄하고 농촌진흥청이 현지 맞춤형 기술을 제공하는 창구역할을 담당하고 있다. 농업의존도가 높은 개발도상국들로부터 우리나라의 녹색농업기술 이전에 대한 수요가 증가하고 있다. 향후 농업분야의 기술개발과 보급에 있어 그 동안 생산측면의 기술과 함께 자원 및 환경자원 관리에 대한 농업 기술 등 국제협력 분야는 매우 활발하게 이루어질 것으로 전망되어 녹색농업 기술 수출을 위한 적절한 대비책 마련이 필요하다.

다음으로 농업분야 녹색성장의 국제협력 과제로는 녹색 새마을운동의 보급을 들 수 있다. 새마을운동은 ‘근면·자조·협동’이라는 근대화 지향형 이념을 바탕으로 지도자의 강력한 리더십과 국민들의 ‘하면 된다’는 강력한 의지가 결합되어 지역주민의 생활수준을 향상시키고 국가발전에 기여한 범국가적인 운동이다. 국내외적인 여건변화를 반영한 녹색 새마을운동이 농업부문 국제협력사업으로 정착되기 위해서는 글로벌 녹색 새마을운동 추진을 위한 가이드라인 또는 매뉴얼 마련이 필요하다. 녹색성장의 성공은 정부중심의 시책추진으로는 한계가 있다. 따라서 농업인, 환경 시민단체 등 민간부문의 자발적 참여를 유도할 수 있는 민간주도 정부지원의 전략적 추진이 바람직하다. 특히 소단위 공동체 및 지역사회의 개성과 특성을 최대한 발휘할 수 있는 현장기반형 의제설정 방식의 상향식 접근이 필요하다.

세계 10대 에너지 소비국으로 총에너지 소비량의 97%를 수입에 의존하고 있는 우리나라의 경우 기후변화 대응과 화석연료 고갈에 대비한 새로운 돌파구 마련이 시급한 당면과제로 부각되었다. 지구온난화가 진행될수록 국제사회는 온실가스를 줄이기 위한 국제적 공조를 강화하기 위해 국제규범을 통한 환경규제를 더욱 강화하고 있다. 이러한 국내외 여건 변화 속에서 기후변화와 에너지 위기에 선제적으로 대응하기 위해 정부는 미래 국가 발전 핵심 전략으로 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하였다. 농업부문에서도 기후변화의 부정적인 영향, 경영비 부담 증가, 농업환경의 훼손 등 농업부문이 안고 있는 문제들에 대응하기 위해 바이오매스 활용 촉진, 녹색기술·장비 보급 확대, 융합기술의 활용, 기후변화 대응역량 강화 등 다양한 저탄소 녹색성장정책을 추진하고 있다. 에너지·기후 시대를 맞이하여 향후 상당한 기간 동안 녹색성장은 국내외적으로 핵심과제로 다루어질 것으로 전망되어 농업부문 녹색성장에 관한 종합적인 진단과 체계적인 분석을 통한 실효성 있는 실천전략 제시는 중요한 과제이다.

이 연구는 녹색성장 관련 국내·외 논의 동향과 산업적 측면에서 녹색성장을 심층적으로 분석함으로써 농업부문 녹색성장 추진을 위한 체계적이고 실효성 있는 실행전략을 제시하기 위해 추진되었다. 이러한 연구목적 달성을 위해 2년 과제로 진행되었으며 2010년에는 녹색성장이 개념과 관련 이론 검토, 농업부문 녹색성장의 대내·외 여건 진단, 농업부문 녹색성장 실증 분석, 국제기구 및 주요국의 농업부문 녹색성장 사례분석, 녹색성장을 위한 정책통합방안 등의 연구를 하였다. 2011년에는 녹색기술의 경제적

효과분석을 포함하여 농업부문 녹색성장을 종합적으로 분석하였고, 녹색성장전략의 우선순위 평가를 기초로 정책조합방안을 포함한 농업부문 녹색성장 추진전략을 제시하였다.

이 연구의 주요 성과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 농업부문의 온실가스 배출량은 국가 총배출량의 2.9%를 차지하고 있으며, 2020년 BAU 전망치를 IPCC의 온실가스 배출량 산정 지침에 따라 전망한 결과, 2005년 대비 0.5% 감축하는 것으로 전망되었다. 이는 국가 온실가스 감축목표치인 -4.0%보다 높은 수준으로 향후 농경지 온실가스 배출 감축기술, 토양 내 유기탄소 저장기술, 반추가축 장내발효개선 기술 등 농업부문에서 다양한 온실가스 감축 및 흡수 등 완화대책이 필요함을 시사한다.

둘째, 농업부문 녹색성장 정책을 평가한 결과, 녹색성장 수단이 적절하게 수립된 것으로 판단되나, 가시적인 성과 달성과 녹색기술을 효과적으로 보급할 수 있는 정책 프로그램 개발이 미흡한 것으로 나타났다.

셋째, 농업인과 전문가를 대상으로 한 농업계의 녹색성장 인지도는 조사 결과 높은 것으로 나타났고, 환경보전과 경제성장의 병행여부에 대해서도 긍정적으로 평가하는 것으로 나타났다. 우선 추진되어야 할 정책 프로그램으로는 ‘바이오매스 에너지화 촉진’ ‘녹색기술 보급 확대’ 등으로 응답하였고, 그 외에도 ‘기후변화 대응 예방적 조치 강화’ ‘친환경농업지구 조성사업 확대’ 등을 중요한 사업으로 제시하였다.

넷째, 농업부문 녹색성장의 실증분석을 위해 핵심사업인 유기농업과 지열히트펌프의 생태효율성을 분석한 결과, 유기농업은 관행농업보다 32.0, 지열히트펌프는 기름난방시설보다 6.6 높게 나타났다. 유기농 쌀 생산농가의 기술효율성을 분석하고, 생태효율성지수와 비교한 결과, 기술효율성이 높은 그룹일수록 생태효율성지수도 높은 것으로 분석되었다. 또 지열히트펌프 사용농가의 생태효율성 그룹별 경영성과를 비교한 결과, 생태효율성지수가 높을수록 난방비 사용액은 감소하고 생산액은 증가하는 것으로 나타났다.

다섯째, 녹색성장 수단의 한계감축비용분석을 시도한 결과 지열히트펌프가 가장 비용효과적인 기술로 나타났고, 다겹보온커튼, 잇들개 LED 적용,

녹비작물재배, 바이오가스플랜트 등의 순으로 나타났다. 한계감축비용분석을 통한 비용효과적 대책의 정책적 우선순위 결정은 예산제약하에서 농업 부문 온실가스 감축목표를 효과적으로 달성할 수 있음을 시사한다.

여섯째, 탄소생산성지수를 이용한 녹색성장의 실증분석 결과 농업부문이 비농업분야에 비해 상대적으로 녹색생산성이 높은 녹색산업인 것으로 나타났다. 그러나 벼 재배면적 감소에 의한 질소질 비료의 사용량 감소와 축산 부문의 돼지 사육증가에 따른 GDP 증가 등이 농업부문 녹색생산성 증가에 크게 기여하고 있어 저탄소 녹색기술의 활용을 통한 녹색성장으로 평가하는 데는 한계가 있다. 향후 농업분야의 건실한 녹색성장을 위해서는 단위면적당 질소질 비료 투입량 감소, 반추가축의 온실가스 감축기술 등 녹색기술 활용 등 녹색성장을 위한 핵심과제 발굴이 관건인 것으로 분석되었다.

일곱째, 주요 녹색기술에 대한 경제적 효과 분석 결과 2020년 기준 5,732 억원의 수익이 발생하는 것으로 나타났으며, 국제유가가 상승하고 정부의 녹색기술 보급의지가 강할수록 경제적 효과는 더욱 크게 나타날 것으로 예상되었다. 그러나 이러한 결과는 향후 기술개발이 이루어져 초기투자비를 감소시켰다는 가정을 상정한 것으로 이와 같은 수익성을 위해서는 기술개발이 선행되어야 함을 시사한다.

여덟째, AHP 분석을 통해 농업부문 녹색성장 정책의 중요도를 평가한 결과 기후변화 완화정책 1위, 기후변화 적응정책 2위, 에너지 이용효율화 3위로 나타나 기후변화대응과 에너지정책이 중요한 것으로 나타났다. 기후변화 완화정책의 우선순위로 시장기반 탄소저감 1위, 배출통계 및 관리시스템 구축·운영 2위, 탄소저장능력구축 3위로 각각 나타났다.

마지막으로 농업부문 녹색성장을 위해 기후정책의 참여도 제고를 위한 프로그램 도입, 녹색기술의 농가보급 확대 방안, 새로운 녹색기술(초임계 유체공정)의 활용방안, 생태효율성이 높은 녹색산업의 전략적 육성, 가치사슬을 통한 환경친화형 농업경제시스템 구축, 정책 통합·조합을 통한 최적 정책포트폴리오 선택, 마지막으로 그린 ODA를 통한 글로벌 협력 강화 등이 필요한 것으로 나타났다.

농업부문의 녹색성장정책 인벤토리에 대한 우선순위 분석에서 기후변

화에 대응한 완화와 적응방안이 중요도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 단기적으로는 기후변화정책에 대한 참여도를 높이고 또한 가시적인 성과를 거둘 수 있는 전략실천에 상당한 비중을 두고 추진해야 한다. 중·장기적으로는 새로운 녹색기술 개발과 보급 및 유망한 녹색산업을 전략적으로 육성하고 축적된 녹색성장의 경험을 개발도상국에 확산하는 그린 ODA를 통한 글로벌 협력강화에도 상당한 비중을 두고 전략실천이 이루어지도록 해야 할 것이다. OECD의 녹색성장과 UN의 녹색경제는 향후 상당한 기간 동안 글로벌 핵심 어젠다로 다루어질 것으로 보여 이에 대비한 농업분야의 실효성 있는 전략 수립은 미래 농업의 성장동력 확보에 크게 기여할 것으로 기대된다. 향후 녹색성장에 대한 연구 수요를 충족시키기 위해서는 실천전략으로 제시된 과제에 대한 심층적인 연구가 지속적으로 이루어져야 한다. 특히 녹색성장의 정책성과를 높이고 가시적인 성과를 거두기 위해서는 현장에서 녹색성장을 실천하는 농업인을 대상으로 녹색기술과 관련정책 수용에 대한 행태분석을 통해 애로요인을 분석하고 적절한 대응방안을 제시하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

부록 1

저탄소 녹색성장 기본법 주요 내용

부표 1. 저탄소 녹색성장 기본법 주요 내용

각 장의 명칭	법 조항	주요 내용
제1장 총칙	(제1조~ 제8조)	-법의 목적, 저탄소 녹색성장, 녹색기술 등의 용어 정의 -저탄소 녹색성장 추진의 기본원칙, 국가와 지방자치단체 및 사업자, 국민의 책무에 관한 규정 -다른 법률과의 관계 등
제2장 저탄소 녹색성장 국가전략	(제9조~ 제13조)	-저탄소 녹색성장 국가전략의 수립·시행에 관하여 중앙행정기관과 지방자치단체의 역할 정의 -추진상황 점검 및 평가, 정책에 관한 의견제시 등
제3장 녹색성장 위원회 등	(제14조~ 제21조)	-녹색성장위원회의 구성 및 운영과 기능에 관한 전반적인 내용 -분과위원회와 녹색성장기획단의 구성, 공무원 등의 파견요청, 지방녹색성장위원회의 구성 및 운영, 녹색성장책임관의 지정 등
제4장 저탄소 녹색성장의 추진	(제22조~ 제37조)	-녹색경제·녹색산업 구현을 위한 기본원칙의 제시 -녹색경제·녹색산업의 육성·지원에 관한 조세와 금융지원, 정보통신기술과 중소기업지원 등에 관한 세부적인 사항 -녹색기술·녹색산업에 대한 일자리 창출과 규제 선진화와 국제규범 대응 등
제5장 저탄소 사회의 구현	(제38조~ 제48조)	-기후변화대응의 기본원칙과 계획, 에너지정책 등의 기본원칙과 계획 수립 -기후변화대응 및 에너지의 목표관리, 온실가스 관련 체계 구축, 총량제한 배출권 거래제, 원자력 산업 육성 등
제6장 녹색생활 및 지속가능발전 의 실현	(제49조~ 제59조)	-녹색생활 및 지속가능발전의 실현, 지속가능발전 기본계획의 수립·시행 -국토·물·교통체계, 건축물 관리, 녹색생활운동의 촉진, 교육·홍보 등 -제55조 친환경 농림수산의 촉진 및 탄소흡수원 확충: 에너지 저감 및 바이오에너지 생산을 위한 농업기술을 개발하고 친환경·유기농 농수산물 및 나무제품의 생산·유통 및 소비 확산 -제56조 생태관광의 촉진 등: 동·식물의 서식지, 자연환경자산 등을 조화롭게 보존·복원 및 이용하여 관광자원화하고 지역경제를 활성화하여 생태관광을 촉진 -제57조 녹색성장을 위한 생산·소비 문화의 확산: 제화의 전과정에서 에너지와 자원을 절약하고 효율적 이용하며 정보를 소비자에게 공개하도록 함.
제7장 보칙	(제60조~ 제64조)	-자료 제출 등의 요구, 국제협력의 증진, 국회보고와 보고서작성, 과태료 등

주: 저탄소 녹색성장기본법은 2010년 1월 13일에 제정(법률 제9931호)되었으며, 2010년 4월 14일부터 시행됨.

부록 2

농업·농촌부문 녹색성장 정책 인벤토리

부표 2. 농업·농촌 녹색성장 정책 인벤토리(안)의 주요 내용

범 주		주 요 내 용	시행여부		
			기존	신규	
기후정책	완화정책	배출통계 및 관리시스템	·국제기준에 부합하는 배출·흡수계수 개발 ·농축산분야 전과정목록(LCD) 완성, DB 구축	○	○
		규제기반 탄소저감	·의무적인 탄소저감량 부과	○	○
		시장기반 탄소저감	·농업부문 탄소세, 배출권거래제 도입, 인센티브 지급	○	○
	적용정책	탄소저장 능력구축	·탄소저장 및 저탄소 농업기술 개발(간단관개, 무경운 농법 등) ·탄소상쇄(Carbon Offset) 지원체계 구축	○	○
		관측정보 및 네트 워크시스템 구축	·작물별 재배적지 재배치, 병해충 예찰·방제 네트워크 조성	○	○
		품종·농법 개발	·녹비작물 활용기술, 아열대 작물 도입, ·기상재해, 병해충 적용 및 방제법 개발	○	○
	피해방지	·농생태계 취약성 지도 작성, 농작물 재해보험 재정비	○	○	
녹색산업정책	친환경농업 육성	친환경농업 생산기술확대	·친환경농업 기술개발 및 농업단지조성, 전문인력양성 등 생산기반 확충 ·친환경실천농가 소득 보전	○	○
		친환경농산물 유통·소비 활성화	·친환경 농·축산물 학교급식 확산 등 유통 확대	○	○
	녹색 안전식품 시스템 구축	저탄소 식품시스템 구축	·저탄소·친환경 식품클러스터 조성 ·로컬푸드 활성화 및 농수산물분야 푸드마일리지/탄 소표시제 활성화	○	○
		식품 안전 시스템 구축	·국내산 원료 사용업체에 인센티브 제공 및 원산지 대 상품목 등을 확대 ·유기농식품 인증 강화 등 식품안전 신뢰도 향상	○	○
	녹색금융지원		·에너지 절감과 효율화 등의 녹색기술 활용 농업시설 금융지원, 유통부문 금융지원 ·농업부문 녹색보험 개발, 녹색기술보급 기업에 대한 우대금리 대출	○	○
생명산업육성		·종자 및 유전자원 활용기술 개발, Seed 밸리 조성 ·BT·나노기술 등을 이용한 신기능성 작물 및 신소재 산업화기술 개발	○	○	

부표 2. 농업·농촌 녹색성장 정책 인벤토리(안)의 주요 내용(계속)

범 주		주 요 내 용	시행여부		
			기존	신규	
	녹색일자리창출	·녹색 기술개발·산업육성 등을 통한 일자리창출 및 일자리 종합정보 네트워크 구축		○	
녹색 기술 정책	R&D 부문 투자촉진	·녹색기술인증제를 도입하여 민간투자 활성화 유도 ·녹색기술·프로젝트 투자시 저리자금 지원, 수출·보험 지원 인센티브제공		○ ○	
	효율적 R&D 체계구축	·농업부문 녹색기술 연구개발 거점 조성, 산·학·연 연계체제 구축 ·농업부문 R&D 종합조정 강화, 정보종합시스템 및 DB 구축		○ ○	
	정밀농업기술의 보급확대	·농작업 자동화 및 정밀농업 기계 보급, 농업정보화 기술 보급	○	○	
	신규녹색농업기술의 사업화추진	·녹색신기술 인증 및 실용화 사업 추진, 기반구축 ·식물공장 등 농작업 자동화 및 정밀농업 시스템 구축 확대		○ ○	
	국제협력활성화	·녹색기술 표준체계 확립 및 국제표준화 추진, 정보 관련 국내외 네트워크 구축		○	
에너지 정책	에너지 이용 효율화	·농업시설 보온력 향상, 에너지 절감장치 보급, 농업용 면세유 제도 개선	○		
	재생 에너지 활용	·바이오에너지 원료작물 생산시스템 개발 ·바이오매스, 지열히트펌프, 폐열, 태양광, 풍력 등 재생에너지 활용		○ ○	
	저탄소 농기구 보급확대	·농업용 LED, 전기차 보급사업 추진		○	
녹색공간 조성	녹색마을조성 및 프로그램 운영	·친환경·에너지 저감형 주택 개발 및 보급, 에너지 자립형 녹색마을 확산 ·농어촌 체험·휴양시설, 도시농업 등 녹색공간 조성 및 프로그램 개발보급		○ ○	
	제도 정비 및 지원체계 구축	·녹색공간 계획지표 개발 및 생태공동체 지속성 연구 ·지자체 및 농촌 시군 수준의 녹색성장 정책목표 설정, 지원체계 구축		○ ○	
자연자원 관리	수자원 관리 능력 강화	수량관리	·물 절약 기술개발의 실용화 및 산업화, 홍수위험지역 관리	○	
		수질관리	·통합유역관리를 통한 수질개선, 수변자원의 보존 및 관리, 모니터링 구축		○
		시설관리	·하천 건천화 방지, 수생태계 보전, 빗물저장소 구축, 저수지 내진보강 및 증고, 배수시설정비 등		○ ○
	토양관리능력 강화	·토양지력 증진, 토양침식 방지를 위한 주변 식생관리 ·유휴 농지, 하천부지 등 식량·사료작물 재배 등 토지 이용 효율성 향상		○ ○	
농업환경관리시스템 구축	·농업환경지표 구축, 농업환경자원 관리시스템 구축	○	○		

부록 3

농업부문 녹색성장 정책 인벤토리 전문가 조사

「농업·농촌부문 녹색성장 정책 인벤토리 전문가 조사」

우리 연구원에서는 “농업·농촌부문 녹색성장 추진전략 개발”에 관한 연구과제를 수행하기 위하여 각계 전문가(또는 정책담당자)를 대상으로 농업·농촌부문 녹색성장 정책 우선순위에 대해 조사하고자 합니다. 본 연구결과는 향후 농업·농촌부문의 녹색성장 추진전략 수립을 위한 기초자료로 활용하고자 하는 중요한 조사이므로 적극 협조해주시길 부탁드립니다. 조사표에 관한 문의사항은 한국농촌경제연구원 자원환경팀으로 연락주시기 바랍니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 농식품정책연구본부 자원환경팀
 주소: (우)130-710, 서울시 동대문구 회기로 119-1
 조사관련 문의: 김창길 팀장 02-3299-4265, changgil@krei.re.kr
 문동현 연구원 02-3299-4340, dhmoon0326@krei.re.kr

※ 응답자 정보

성명		전화번호	
이메일주소			
소속			

※ 본 설문서의 각 문항을 답변하는 요령은 다음과 같습니다.

만약 적응 방안을 결정함에 있어서 정책A의 중요성을 정책B의 중요성과 비교하여

“비슷하게”	중요하면	숫자 1	로 응답하여 주십시오.
“약간”		숫자 3	
“매우”		숫자 5	
“확실히”		숫자 7	
“절대로”		숫자 9	

참고로 “매우”와 “확실히”의 중간 정도로 생각되면 5와 7의 중간수인 6으로 응답.

· 응답사례: “농업부문 녹색성장 추진전략”을 위한 정책수단을 결정함에 있어 정책A

(기후정책)와 정책B(에너지정책)를 비교하여 **정책A(기후정책)가 정책B(에너지정책)보다 매우 중요할 경우**의 상대적인 중요도는 다음과 같이 **√**로 표시하여 응답합니다.

농업부문 녹색성장 정책의 중요도 평가														정책B				
정책A	A가 절대로중요	A가 확실히중요	A가 매우중요	A가 약간중요	서로비슷한정도	B가 약간중요	B가 매우중요	B가 확실히중요	B가 절대로중요									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5		6	7	8	9
기후정책					√													에너지정책

- 일반적으로 정책은 기술개발, 경제적 수단, 법제도 정비, 인력양성 등으로 구성되어 있는데, 현재 녹색성장 관련하여 추진 중이거나 신규로 도입할 만한 정책들을 녹색성장에 적합한 기후정책, 에너지정책, 녹색공간조성, 자연자원관리, 녹색산업, 녹색기술의 6가지로 재분류 할 수 있습니다<그림 1>. 전체적인 내용은 <부표 1>을 참조 바랍니다.

<그림 1> 농업부문 녹색성장 정책의 재분류 구성도



<표 1> 기후정책의 주요내용

		범 주	주 요 내 용
기 후 정 책	완 화 정 책	배출통계 및 관리시스템 구축·운영	· 국제기준에 부합하는 배출·흡수계수 개발 · 농축산분야 전과정목록(LCI) 완성, DB 구축
		규제기반 탄소저감	· 의무적인 탄소저감량 부과,
		시장기반 탄소저감	· 농업부문 탄소세, 배출권거래제 도입, 인센티브 지급
		탄소저장 능력구축	· 탄소저장 및 저탄소 농업기술 개발(간단관개, 무경운농법 등) · 탄소상쇄(carbon offset) 지원체계 구축
적 응 정 책	적 응 정 책	관측정보 및 네트워크 시스템 구축	· 작물별 재배적지 재배치, 병해충 예찰·방제 네트워크 조성
		품종·농법 개발	· 녹비작물 활용기술, 아열대 작물 도입, · 기상재해, 병해충 적응 및 방제법 개발
		피해방지	· 농생태계 취약성 지도 작성, 농작물 재해보험 재정비

2-1. 다음은 녹색산업정책수단 중 **친환경농업육성 정책**의 수단별 상대적 중요도를 평가하시고, 해당 부분에 √표하여 주십시오.

친환경농업육성 정책의 수단별 상대적 중요도																		
정책A	A가 절대우월	A가 확실우월	A가 우월	A가 약간우월	서로 비슷함	B가 약간우월	B가 우월	B가 확실우월	B가 절대우월	정책B								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9
친환경농업 육성 정책																		친환경농산물 육성 정책

2-2. 다음은 녹색산업정책수단 중 **녹색안전식품시스템 구축 정책**의 수단별 상대적 중요도를 평가하시고, 해당 부분에 √표하여 주십시오.

녹색안전식품시스템 구축 정책의 수단별 상대적 중요도																		
정책A	A가 절대우월	A가 확실우월	A가 우월	A가 약간우월	서로 비슷함	B가 약간우월	B가 우월	B가 확실우월	B가 절대우월	정책B								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9
저탄소 식품 시스템 구축																		식품안전 시스템 구축

<표 3> 녹색기술정책의 주요내용

범 주	주 요 내 용	
녹색기술정책	R&D 부문 투자촉진	· 녹색기술 인증제를 도입하여 민간투자 활성화 유도 · 녹색기술·프로젝트 투자시 저리자금 지원, 수출·보험지원 인센티브제공
	효율적 R&D 체계구축	· 농업부문 녹색기술 연구개발 거점 조성, 산·학·연 연계체제 구축 · 농업부문 R&D 종합조정 강화, 정보종합시스템 및 DB구축
	정밀농업기술의 보급확대	· 농작업 자동화 및 정밀농업 기계 보급, 농업정보화 기술 보급
	신규녹색농업기술의 사업화추진	· 녹색신기술 인증 및 실용화 사업 추진 기반구축 · 식량농장 등 농작업 자동화 및 정밀농업 시스템 구축·확대
	국제협력활성화	· 녹색기술 표준체계 확립 및 국제표준화 추진, 정보 관련 국내외 네트워크 구축

3. <표 3>은 농업부문의 녹색성장을 위한 **녹색기술정책**과 그 내용입니다. 이와 관련하여 상대적인 중요도를 평가하시고 해당 부분에 √표하여 주십시오.

녹색기술정책들의 상대적 중요도 평가																		
정책A	A가 절대무관	A가 확실의중요	A가 매우중요	A가 약간중요	서로비슷함정도	B가 약간중요	B가 매우중요	B가 확실의중요	B가 절대무관	정책B								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9
R&D 부문 투자촉진																		후계적 R&D 체계구축
R&D 부문 투자촉진																		전문농업기술의 보급확대
R&D 부문 투자촉진																		신규농업기술의 사업화 촉진
R&D 부문 투자촉진																		국제협력활성화
후계적 R&D 체계구축																		전문농업기술의 보급확대
후계적 R&D 체계구축																		신규농업기술의 사업화 촉진
후계적 R&D 체계구축																		국제협력활성화
전문농업기술의 보급확대																		신규농업기술의 사업화 촉진
전문농업기술의 보급확대																		국제협력활성화
신규농업기술의 사업화 촉진																		국제협력활성화

<표 4> 에너지정책의 주요내용

범 주	주 요 내 용
에너지 정책	에너지 이용 효율화 · 농업시설 보온력 향상, 에너지 절감장치 보급, 농업용 면세유 제도 개선
	재생 에너지 활용 · 바이오에너지 원료작물 생산시스템 개발 · 바이오매스, 지열히트펌프, 폐열, 태양광, 풍력 등 재생에너지 육성
	저탄소 농기계 보급확대 · 농업용 LED, 전기차 보급사업 추진

7. <표 7>은 농업부문의 녹색성장을 위한 상위범주의 정책과 주요내용입니다. 정책들의 상대적인 중요도를 평가하시고 해당 부분에 √표하여 주십시오.

<표 7> 농업부문 녹색성장 정책과 주요 내용

구 분	주 요 내 용
기 후 정 책	· 기후변화 완화정책과 적응정책으로 배출통계·관리시스템 구축, 탄소저감유도, 탄소저장, 관측정보·네트워크 시스템 구축, 품종·농법의 개발, 피해방지책 등
녹색산업정책	· 친환경농업육성, 저탄소-안전식품 시스템구축, 녹색금융 및 생명산업 육성 등
녹색기술정책	· 친환경녹색농업기술에 대한 투자촉진, 효율적 R&D를 위한 체계구축, 정밀농업 기술의 보급확대, 신규녹색기술의 사업화추진, 국제협력강화 등
에 너 지 정 책	· 에너지이용효율성 개선, 재생에너지사용촉진, 저탄소 농기구 개발 및 보급확대 등
녹색공간조성	· 녹색 마을조성 및 프로그램운영, 지원체계구축, 제도정비 등
자연자원관리	· 수자원 및 토양관리능력강화, 농업환경관리시스템 구축 등

농업부문 녹색성장 추진전략 개발을 위한 정책의 상대적 중요도 평가																			
정책A	A가절대중요	A가중요	정책B																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6		7	8	9	
기후정책																		녹색산업정책	
기후정책																			녹색기술정책
기후정책																			에너지정책
기후정책																			녹색공간조성
기후정책																			자연자원관리
녹색산업정책																			녹색기술정책
녹색산업정책																			에너지정책
녹색산업정책																			녹색공간조성
녹색산업정책																			자연자원관리
녹색기술정책																			에너지정책
녹색기술정책																			녹색공간조성
녹색기술정책																			자연자원관리
에너지정책																			녹색공간조성
에너지정책																			자연자원관리
녹색공간조성																			자연자원관리

8. 다음의 박스는 농업부문 녹색성장을 위한 각 정책별 평가기준입니다.

- ① **정책의 효율성**은 녹색성장 정책 방안의 **비용 < 편익**을 의미합니다.
- ② **정책의 효과성**은 정책당국의 녹색성장 정책 방안의 **정책목표 달성여부**를 의미합니다.
- ③ **정책의 시행가능성**은 정책당국이 녹색성장 정책을 **실제로 시행할 수 있는지**를 의미합니다.
- ④ **정치적 수용성**은 녹색성장 정책을 **국민들이 쉽게 받아들일 수 있는 정도**를 의미합니다.

참고 문헌

- 강희찬. 2009. 「기후변화에 대응한 농업의 진화: 식물공장」. SERI 경제포커스 제 255호. 삼성경제연구소.
- 국회예산정책처. 2010. 「프로그램 예산사업 편람」.
- 길종백, 정병걸. 2009. “녹색성장과 환경·경제의 통합.” 「정부학연구」 제15권 제2호: 45-70.
- 김명수 외. 2009. 「녹색성장 개념정립과 국토분야 정책과제」. 국토연구원.
- 김성수. 1997. “환경친화적 녹색생산성 운동의 방향설정.” 「생산성논집」 11(4).
- 김수석. 2009. “농지제도와 농지 이용의 효율화”, 「신농업 비전과 전략」. 한국농촌경제연구원.
- 김원규. 2010. “우리나라 탄소생산성 현황 및 추이와 시사점.” 「e-KIET 산업경제정보」. 470. 산업연구원.
- 김윤경. 2006. “환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구.” 한국은행. 「계간국민계정」 2: 44-99.
- 김연중 외 2인. 2009. 「농어업용 에너지 절감시설 보급효과 및 정책방안」. 한국농촌경제연구원.
- 김연중 외 3인. 2010. 「주요 농산물의 가치사슬 분석과 성과제고 방안농어업용 에너지 절감시설 보급효과 및 정책방안」. 연구보고서R621. 한국농촌경제연구원.
- 김정호. 2009. 「식물공장의 동향과 전망」. 연구속보 제61권. 한국농촌경제연구원.
- 김정호, 장승동. 2009. “식물공장 사업화의 조건과 가능성.” 「농업경영·정책연구」 제36권 제4호: 918-939.
- 김창길. 2009. “농업부문 녹색성장의 개념과 추진과제.” 「농어촌과 환경」 통권 102호(봄호): 20-34.
- 김창길, 김정호. 2002. 「지속가능한 농업 발전전략」. 연구보고서 C2002-13. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 7인. 2004. 「친환경농업체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안」. 연구보고서 R469. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 김태영, 신용광. 2006. 「기후변화협약에 따른 농업부문 파급영향 분석」. 연구보고서 R520. 한국농촌경제연구원.

- 김창길 외 4인. 2007. 「교토의정서 이행에 따른 농업부문 대응 전략」. 연구보고서 R541. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 정학균 편저. 2008. 「농업부문 녹색성장 추진방안」. 농업부문 녹색성장 심포지엄 자료집 D250. 한국농촌경제연구원. pp.25-73.
- 김창길 외 4인. 2009a. 「기후변화에 따른 농업부문 영향분석과 대응전략」. 연구보고서 R593. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 4인. 2009b. 「탄소성적표지제도의 농업분야 적용과 시사점」. P121. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 4인. 2009c. 「친환경농업 직접지불제 개편 및 환경기준 준수조건 지원정책 도입방안 연구」. C2009-63. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 정학균, 장정경 편저. 2009. 「기후변화 대응 농업부문 녹색성장 전략」. 기후변화대응 국제심포지엄자료집. D275-2. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 정학균. 2009. “생태효율성 분석 방법론과 농업부문 적용 사례.” 「2009년 하계학술대회발표 논문집」. 한국농업경제학회.
- 김창길, 김윤형, 정학균. 2010. 「주요국의 농업분야 탄소배출권 거래제도 운용 실태: 미국, 일본, EU, 호주, 뉴질랜드 등을 중심으로」. 연구속보 제66권. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 3인. 2010a. 「농업분야 배출권거래제와 CDM사업의 적용방안 연구」. 한국농촌경제연구원. 발간예정.
- 김창길 외 3인. 2010b. 「국내외 농업부문 녹색성장 정책과 진로」. D292. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 4인. 2010. 「2020년 농업활동량 변화 및 온실가스 배출량 전망」. C2010-15. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 3인. 2011. 「녹색성장을 위한 식물공장의 분자농업 산업화 가능성 연구」. 연구보고서 C2011-10. 한국농촌경제연구원.
- 김호석, 김종호, 이정호. 2009. 「지속가능발전 관점에서의 녹색성장 의미와 평가방안에 관한 연구」. 정책보고서 2009-05. 한국환경정책평가연구원.
- 김홍규. 2008. 「Q방법론: 과학철학, 이론, 분석 그리고 적용」. 커뮤니케이션.
- 국립농업과학원. 2011. 2009년 농업부문 온실가스 배출량 평가 보고서. 농촌진흥청.
- 금융감독원. 2009. 「녹색보험 도입방안」. 2009.04.15. 정례브리핑자료.
- 남재작 외. 2008. “전과정평가 방법을 이용한 가축분뇨/음식폐기물 통합 소화형 바이오가스 시설의 온실가스 배출량 평가.” 「한국환경농학회지」. 제27권 제4호.

- 남재작 외 3인. 2010. 「농림수산식품 분야 탄소표시제 및 탄소포인트제 도입방안」.
농림수산식품부.
- 녹색성장위원회. 2009a. 「녹색성장 국가전략」.
- 녹색성장위원회. 2009b. 「녹색성장 5개년 계획(2009~2013)」.
- 농림수산식품부. 2009. 「농림수산식품 분야 저탄소 녹색성장 추진전략」. 녹색성장
정책관실.
- 농림수산식품부. 2010a. 「유기농식품 육성방안」.
- 농림수산식품부. 2010b. 「농림수산식품 분야 녹색성장 정책 중점 추진전략」.
- 농림수산식품부. 2011a. 「농림수산식품 녹색성장 - 2011년 핵심과제 추진계획」.
- 농림수산식품부. 2011b. 「농림수산식품 저탄소 녹색성장 성과사례집」.
- 농업기술실용화재단. 2011. 「녹색농업기술편람」.
- 농촌진흥청. 2009. 「OECD 농업환경지표 이용 농업정책 환류평가 연구」.
- 농촌진흥청. 2010. 「헤어리베치 표준영농교본 175」.
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2009. 「녹색기술」. 녹색성장 워크숍 자료집.
- 레스터 브라운. 2008. 「플랜B 3.0」. 황의방·이종욱 역. 환경재단 도요새.
- 미래기획위원회. 2009. 「녹색성장의 길」. 중앙북스.
- 박기환 외 4인. 2010. 「중자산업의 동향과 국내 중자기업 육성 방안」. 정책연구보
고 P129. 한국농촌경제연구원.
- 박승규, 한표환. 2009. 「저탄소녹색성장의 지역경제발전 효과 추정 및 극대화 방
안」. 한국지방행정연구원.
- 박시현, 송미령. 1999. 「외국의 환경친화적 농촌정비」. 한국농촌경제연구원.
- 박영숙, 제롬 글렌, 테드 고든. 2009. 「유엔미래보고서2 - 2020년 위기와 기회의 미
래」. 교보문고.
- 박정건 외 3인. 2006. “전동차의 생태효율성 산출을 위한 ‘환경성과 지수’ 개발.” 대
한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문집: 1760-1766.
- 박지혜 외 3인. 2006. “국내 전기전자 산업의 에코효율성 측정 및 평가 동향.” 「한
국전과정평가학회지」. 제7권 제1호: 33-38.
- 박현태 외 3인. 2007. 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전
략」. 연구보고서 R545. 한국농촌경제연구원.
- 배민기, 박창석. 2009. 「저탄소 생태관광지표 개발 및 평가」. 한국환경정책평가연구원.
- 배용호 외. 2009. 「저탄소 녹색기술 개발과 녹색성장전략의 연계」. 과학기술정책연
구원.

- 배정환. 2009. 「바이오매스 보급정책 개선방안」. 농정연구센터 제17회 연례심포지엄 자료집.
- 산업연구원. 2009. 「녹색성장시대, 한국 주력산업의 새로운 성장기회와 과제」. 주력산업실.
- 산업연구원. 2010. “우리나라 탄소생산성 현황 및 추이와 시사점.” 「e-Kiet 산업경제정보」.
- 성주인. 2009. 「농어촌 경관관리사업이 추진실태와 개선방안」. 한국농촌경제연구원.
- 성지은. “환경친화적 혁신정책과 정책통합: 핀란드 사례.” 「환경정책연구」 제8권 제2호(2009): 119-144.
- 성지은, 송위진, 2008. “정책 조정의 새로운 접근-정책통합.” 춘계학술대회 발표논문집: 479-498.
- 송미령 외 4인. 2007. 「살기 좋은 농촌 만들기를 위한 정책 재편 방안(1/2차연도)」. 한국농촌경제연구원.
- 심상렬. 2005. 「에너지 산업연관표 작성」. 에너지경제연구원.
- 심성희, 박호정. 2009. 「에너지부문의 기후변화 대응과 연계한 녹색성장 전략 연구: 기후대응 녹색에너지산업의 성장잠재력 분석」. 기본연구보고서 09-22. 에너지경제연구원.
- 이근희. 2009. 「Green Productivity의 한·미·일 동향비교 - 에너지 생산성을 중심으로」. 한국생산성본부.
- 오진규. 2009. 「에너지부문의 기후변화 대응과 연계한 녹색성장 전략 연구: 녹색성장 추진 기반구축 연구」. 기본연구보고서 09-21. 에너지경제연구원.
- 온실가스종합정보센터. 2011. 2009년도 국가 온실가스 인벤토리 보고서.
- 유종일. 2009. 「MB 정부의 ‘녹색 New Deal’ 비판과 대안」. ‘녹색뉴딜사업’과 ‘녹색성장기본법’진단 자료집. 녹색연합. pp.5-14.
- 육근효. 2010. “탄소생산성과 경제적 성과의 인과성에 관한 실증연구.” 「환경정책연구」 제9권 제3호: 47~67.
- 윤순진. 2008. “저탄소 녹색성장 정책의 문제점과 대안.” 「계간 농촌과 사회」 통권 49호(가을·겨울): 53-70.
- 윤순진. 2009. “저탄소 녹색성장의 이념적 기초와 실제.” 「환경사회학연구 ECO」. 제13권 2호(하반기): 7-41.
- 윤원근. 2010. “농어촌 계획 제도의 현황과 개선 방안.” 국가 농어촌 정책의 추진

- 방향과 과제 토론회 자료집. 한국농촌경제연구원·지역발전위원회.
- 이근희. 2009. 「Green Productivity의 한·미·일 동향비교 - 에너지 생산성을 중심으로」. 생산성동향 2009-1. 한국생산성본부.
- 이상엽. 1998. “농업정책과 환경정책의 통합화 방안.” 「농업경제연구」 39-1: 149-176.
- 이상헌. 2009. “MB정보 ‘저탄소 녹색성장 전략’에 대한 정치경제학적 고찰.” 「환경사회학연구 ECO」. 제13권 1호(상반기): 219-266.
- 이수열. 2004. “에코효율성 평가의 최신 동향과 흐름 - 2004에코효율성 국제학술대회 주요 논의를 중심으로.” Sustainability Issue Papers, 제5호. (주)에코프런티어.
- 이윤우. 2009. “화학공정에서의 녹색기술: 초임계유체공정 이용 녹색기술.” 「과학기술계 및 산업계 전문가 토론회 자료집」. 경제·인문사회연구회.
- 이인희. 2009. “기후변화에 대응한 농업부문의 저탄소 녹색성장전략과 과제.” 「한국지역개발학회지」 제21권 제4호: 41-70.
- 이충원 외 3인. 2010. “농림수산물 분야 저탄소 녹색성장 추진전략.” 「농업전망 2010(1)」. E04-2010. 한국농촌경제연구원. pp. 45-68.
- 장영배. 2009. “기술혁신정책과 환경정책의 통합: 필요성과 정책과제.” 「강원행정학회·한국행정학회 2009년도 공동춘계학술대회 발표논문집(상)」. pp. 383-4034
- 장진규 외 12인. 2009. 「저탄소 녹색성장을 위한 과학기술정책 과제」. 과학기술정책연구원.
- 정훈희, 김사균, 허승욱. 2009. “농업경영의 가치사슬 구조에 근거한 지속가능성 연구.” 「농촌지도와 개발」 제16권 2호: 363-384.
- 제임스 마틴. 2006. 「미래학 강의」. 류현 역. 김영사.
- 조부연 외. 2009. “녹색생산성 향상 대상 심사기준 개발에 대한 연구.” 「한국생산성학회 웹진」 35.
- 최영국. 2008. 「녹색성장과 지속가능한 국토관리」. 국토연구원.
- 최은희. 2009. 「바이오매스타운 도입 방안 연구」. 농림수산물부.
- 표학길 외 4인. 2009. 「녹색성장 및 녹색생산성의 산업경제효과 연구」. 지식경제부.
- 통계청. 2008. 「농산물생산비통계」
- 한국은행. 2009. 에너지산업연관표를 이용한 에너지 수요구조 및 효율성 분석.
_____. 2011. 「2010년 국민계정」.
- 한진희, 김재훈. 2008. “국가성장전략으로서의 녹색성장: 개념·프레임워크·이슈.”

- 「녹색성장: 국가성장전략의 모색」. 한국개발연구원. pp.1-41.
- 홍성창. 2009. “차세대광원 LED와 농업의 만남.” 농경과 원예. 3월호 총권 270호.
- 農業環境技術研究所. 2002. 農業におけるライフサイクルアセスメント.
- 農業環境技術研究所. 2002. 環境影響評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発.
- 農業環境技術研究所. 2002. LCA手法を用いた農作物栽培の環境影響評価実施マニュアル.
- 農林水産省, 2005. 環境側面調査や法的要求事項など調査 実施要領,
- Aghion, P., D. Hemous, and R. Veugerlers. 2009. No Green Growth without Innovation. *Brugel Policy Brief*, Issue 2009/07.
- Asian Productivity Organization(APO). 2002. Green Productivity Manual.
- APO. 2005. Greening on the Go - A Pocket Guide to Green Productivity.
- APO. 2008. Green Productivity and Green Supply Chain Manual.
- BCPC. 2004. Eco-Efficiency in the Future Pattern of British Agriculture. BCPC FORUM REPORT. The British Crop Production Council.
- Brown, S.R. 1998. The History and Principles of Q Methodology in Psychology and the Social Sciences. Department of Political Science, Kent State University.
- Considine T. J. and D. F. Larson. 2004. “The Environment as a Factor of Production”. World Bank Policy Research Working Paper.
- Charnes A., W.W. Cooper and E. Rhodes. 1978. “Measuring the Efficiency of Decision Making Units.” *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Ekins, P. and J. Tomei. 2007. Eco-Efficiency and Resource Productivity: Concepts, Indicators and Trends in Asia-Pacific. UN ESCAP.
- Friedman, Thomas L. 2008. Hot, Flat, and Crowded. Farrar, New York: Farrar, Straus and Giroux. 최정임·이영민 역. 「뜨겁고 평평하고 붐비는 세계」. 21세기북스.
- Hamdouch, A. & Depret, M-J., 2010. Policy integration strategy and the development of the 'green economy': foundation and implementation patterns. *Journal of Environmental Planning and Management*. 53(4):473-490.
- Huppel, G. and M. Ishikawa. 2007. Quantified Eco-Efficiency: An Introduction with Application. Springer.
- Hur, T, Kim, I, and R. Yamamoto. 2004. “Measurement of green productivity and its improvement”. *Journal of Cleaner Production*.

- International Energy Agency. 2009. CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights.
- ISO 14040. 2006. Environmental management - Life cycle assessment -Principles and framework. International Organisation for Standardisation (ISO). Geneve.
- ISO 14044. 2006. Environmental management - Life cycle assessment -Requirements and guidelines. International Organisation for Standardisation (ISO). Geneve.
- Jeon, B. M. Jeon and R. C. Sickles. 2003. “The Role of Environmental Factors in Growth Accounting: a Nonparametric Analysis”. *Journal of Applied Econometrics* 19: 567-591.
- Maxime, D., et al. 2006. “Development of Eco-Efficiency Indicators for the Canadian Food and Beverage Industry,” *Journal of Cleaner Production*. 14: 636-648.
- McGregor, M., et al. 2003. A Role of Eco-Efficiency in Farm Management? - Case Study of Life Cycle Assessment of Australian Grains. International Farm Management Association, 14th Congress, Perth, Western Australia.
- McKinsey. 2008. “The Carbon Productivity Challenge - Curbing climate change and sustaining economic growth”. McKinsey Global Institute
- McKinsey & Company. 2009. Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve.
- Meul M. et al. 2007. “Operationalising Eco-Efficiency in Agriculture: The Example of Specialized Dairy Farms in Flanders.” *Progress in Industrial Ecology*. 4: 41-53.
- Mickwitz, P. and P. Kivimaa. 2007. “Evaluating Policy Integration: The Case of Policies for Environmentally Friendlier Technological Innovations”, *Evaluation*.
- Munasinghe, Mohan. 2010. “Addressing the Sustainable Development and Climate Change Challenges Together”: Applying the Sustainomics Framework, Selected Papers of Beijing Forum 2008. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 41: 6634-6640.
- Neha Khanna and Florenz Plassmann. 2006. “Total Factor Productivity and the Environmental Kuznets Curve: A Comment and Some Intuition”. Department of Economics Working Paper 0518. Binghamton University.
- OECD. 2009. *Cultivating Rural Amenities: An Economic Perspective*.
- OECD. 2010a. *Interim Report of the Green Growth Strategy: Implementing Our Commitment for a Sustainable Future*, Meeting of the OECD Council at Ministerial Level. 27-28 May.

- OECD. 2010b. Green Growth and Agriculture. COM/TAD/CA/ENV/EPOC(2010)34. June.
- OECD. 2010c. Green Growth and Agriculture. TAD/CA/APM/WP(2010)46.
- OECD. 2011a. A Green Growth Strategy for Food and Agriculture.
- OECD. 2011b. OECD-KREI Expert Meeting on Green Growth and Agriculture and Food. COM/TAD/CA/ENV/EPOC/RD(2011)38.
- OECD. 2011c. Green Growth and Agriculture: Follow up Work. COM/TAD/CA/ ENV/ EPOC(2011)22.
- Saddler, Hugh and Helen King. 2008. Agriculture and Emission Trading: The Impossible Dream? Discussion Paper No. 102. The Australia Institute.
- Stephenson, W., 1953. The Study of Behavior: Q-Technique and Its Methodology. Chicago: The University of Chicago Press.
- Timo Kuosmanen. 2004. 「data envelopment analysis in environmental valuation: environmental performance, eco-efficiency and cost-benefit analysis」. University of Eastern Finland Electronic Publications.
- Tzouvelekas, V., Vouvaki, D. and A. Xepapadas. 2007. Total Factor Productivity Growth and the Environment: A Case for Green Growth Accounting. Fondazione Eni Enrico Mattei. Working Paper.
- UNEP. 2009. Overview of the Republic of Korea's Green Growth National Vision.
- UN ESCAP. 2005. Achieving Environmentally Sustainable Economic Growth in Asia and the Pacific. E/ESCAP/SO/MCED(05)/7.
- UN ESCAP. 2006. Green Growth at a Glance: The Way Forward for Asia and the Pacific. 2006.
- World Business Council for Sustainable Development(WBSCD). Eco-Efficiency.
- Yoichi Kaya and Keiichi Yokobori. 1997. Environment, Energy, and Economy: Strategies for Sustainability. United Nations University Press.

연구보고 R636-1

농업부문의 녹색성장 추진 전략

등 록 제6-0007호(1979. 5. 25)

인 쇄 2011. 11.

발 행 2011. 11.

발행인 이동필

발행처 한국농촌경제연구원

130-710 서울특별시 동대문구 회기동 4-102

전화 02-3299-4000 <http://www.krei.re.kr>

인쇄처 동양문화인쇄포럼

전화 02-2242-7120 e-mail: dongyt@chol.com

ISBN 978-89-6013-307-5 93520

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.