

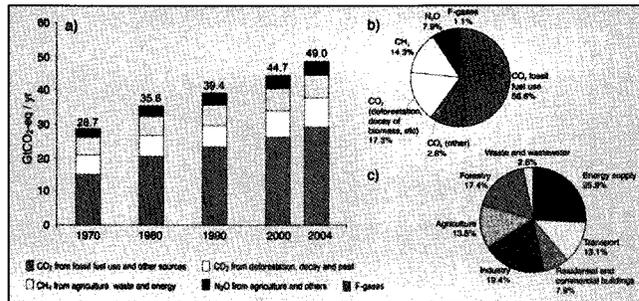
기후변화 대응 농업부문 녹색성장 전략

이인화 | 충남발전연구원 책임연구원

1. 기후변화와 농업¹⁾

전세계적으로 농업부문은 직접 온실가스의 비중이 약 14% 정도 되는데, 한국과 일본의 경우 2-3%를 차지하며 뉴질랜드의 경우 50% 정도를 차지한다. 농업에서의 온실가스 배출은 주로 농경지개간을 위한 산림벌채로

부터 발생하며 CO₂와 메탄, NO₂ 등 비(非)탄소를 배출한다²⁾. 농업과 온실가스의 관계는 농지와 경작방법, 날씨의 이질성 등 여러 요인에 따라 영향을 받는다. 토양은 탄소를 고정하는 특성을 지니고 있으며, 농업은 기후변화에 매우 취약한 반면 적응 가능하다는 측면에서 토지사용 변화와 관련하여 산림과 농업을 함께 고려하는 것이 현명하다.



〈그림 1〉 농업과 온실가스 배출량

본고는 2009년 9월 10일 충남발전연구원과 한국농촌경제연구원이 공동 주최한 국제심포지움 「농업부문 녹색성장 전략」을 필자가 요약·정리한 것이다.

- 1) Wilfrid Legg의 발표문 Climate change and agriculture: impacts, adaptation, mitigation - an OECD perspective와 Robert Mendelsohn의 발표문 Climate Change and Agriculture: Impacts and Adaptations을 요약 정리한 것임
- 2) 인류는 토지와 숲을 농경지로 개간(FAO 2006)하고 있으며, 산림벌채로 1990년대 연간 5.8Gt의 CO₂가 발생(IPCC 2007)하였다. 작물재배로 연간 2.8Gt의 NO₂가 발생(IPCC 2007)하며, 가축은 연간 3.3 GT의 메탄을 발생한다(IPCC 2007)

(1) 기후변화가 농업에 미치는 영향 작물 수확량 감소, 밀집사육 가축의 생산성 감소, 열 압박과 폐사율의 증가 등을 야기한다(표 1).

농업부문의 기온변화 영향은 농작물 재배 북방한계선의 완화, 저위도 지역에서의 농

〈표 1〉 OECD 국가의 기후변화의 농업부문 영향

기 온 변 화	영 향
+1 ~ +2°	어떤 작물은 수확량이 증가함 농작물재배 북방한계 완화 저위도 지역에서는 수확량 감소(적응이 없는 경우) 밀집사육가축의 계절적 증가
+2 ~ +3°	이산화탄소의 풍부함 때문에 수확량이 증가(그러나 다른 요인들에 의해 증가분이 상쇄될 것임) 밀집사육가축의 생산성 감소 열 압박의 증가 저위도 지역에서는 모든 작물의 수확량 감소(적응이 없는 경우)
+3 ~ +5°	저위도 지역에서는 적응과 무관하게 옥수수과 밀 수확량 감소 밀집사육가축의 높은 생산성 감소 열 압박과 가축 폐사율의 증가

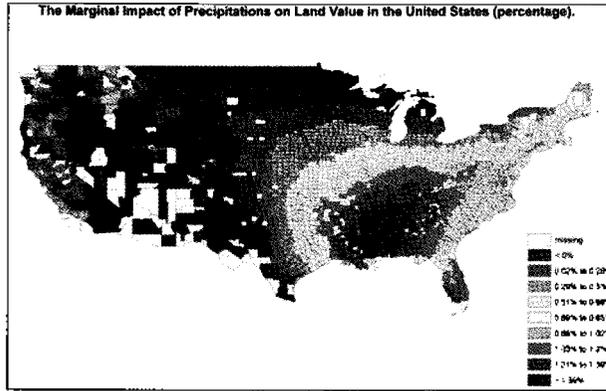
기후변화는 복잡한 연관성을 띠고 있어서 농업, 산림, 토지사용에 영향을 미친다. 생산 패턴에 따라 온실가스 배출량과 탄소저장이 다르며, 농업 생산은 토지사용 변화에 직간접적인 영향을 받기 때문에 결과적으로 온실가스 배출량에 영향을 미친다. 생산과 토지사용 변화는 온실가스 뿐만 아니라 생물다양성과 물과 같은 다른 환경에도 영향을 미친다. 온

실가스와 관련된 기술적 진보는 생산기회를 확대할 수도 있으며 정책은 생산과 토지사용에 영향을 미친다.

기후변화의 영향은 현장과 연구실 실험, 작물 시뮬레이션 모델, 동태적인 경제관련 자료 및 횡단면 자료 검토를 통해서 확인될 수 있다³⁾. 아래의 〈그림 2〉는 횡단면 자료를 통해 조사된 토지가치에 대한 강수량의 한계

3) 다른 기후여건을 가진 농가들의 횡단면 분석을 위해 리카디언 방법론이 이용된다. 이 방법은 기후와 다른 통제 변수들의 토지 가치나 순 수익을 회귀분석하여 각 조건에서 가장 경제성이 높은 지역을 선택함으로써 그 지역이 이동함에 따른 기후변화의 장기적인 가치를 추정한다. 리카디언의 선행 연구는 미국에서 시작하여 아프리카, 라틴아메리카, 중국 등으로 확대되었으며 한국, 이스라엘, 방글라데시, 스리랑카, 인도에서도 연구가 수행되었다.

영향을 지도화 한 것으로 강수량이 부족한 지역과 강수가 필요한 지역이 높은 수치를 보이고 있다.



〈그림 2〉 토지가치에 대한 강수량의 한계영향(%)—미국의 사례

(2) 완화와 적응

두 가지 중요한 기후 정책 결정은 완화(mitigation)와 적응(adaptation)으로 완화는 온실가스 배출 감소와 탄소 고정과 관련되며, 적응은 기후변화에 적응하는 성장을 의미한다. 농업부문의 완화의 예는 식량 수요 감소와 생산성 증가로 산림벌채의 감소, 비료 사용 감소와 저경운 농법을 통해 NO₂ 배출 감소, 집중적인 가축관리를 통해 메탄 포집 등이다.

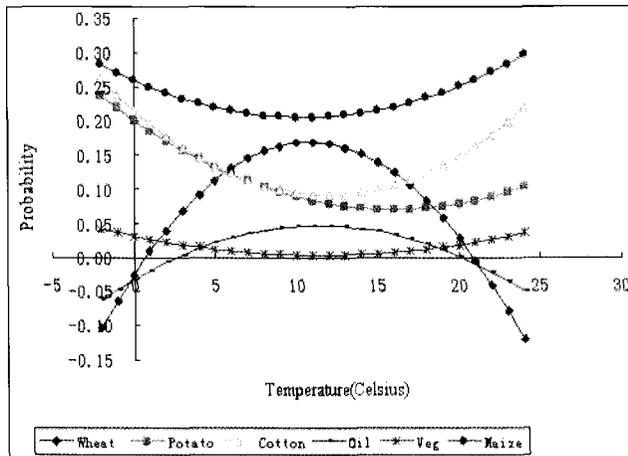
완화의 이슈는 “얼마나 필요한가?”, “기술적으로 가능하고, 경제적으로 효율적이며 사회적으로 수용될 수 있는 방안은 무엇인가?”로 요약할 수 있다. 완화는 “인간의 행동이 미래에 얼마나 영향을 미치는가?”, “과학적

지식이 얼마나 빠르게 진보하는가?”라고 하는 요인에 영향을 받는다. 완화의 기술적 방안은 토양탄소저장을 높이기 위해 다년생 작물이나 심근 시스템의 수를 증가시키는 작물 혼작, 부산물을 사용하고 경운을 감소시키는 경작 시스템, 메탄 배출량을 감소시키기 위한 쌀벼의 품종, 1년생 작물에서 다년생 작물로 전환하는 토지사용, 녹색 피복과 초지와 농식림, 메탄 배출량을 저감시키기 위한 향상된 가축 유전자와 사료 등을 들 수 있다.

농업부문의 기후변화 적응은 작물 전환, 축종 전환, 관개, 새로운 품종 등이 주요한 예이다. 실제 혹은 예상되는 기후변화나 그 영향에 대한 자연 혹은 인간 시스템의 적응, 그것은 피해를 줄이거나 유리한 기회를 창출한다(IPCC, 2001). 적응의 이슈는 생산적인 활

동을 위해 농가자원이 지속 가능하게 사용되고 복원력이 어느 정도인지, 기후변화에 대처하는 가장 비용효과적인 방법은 무엇인지에 집중된다. 적응의 기술적 방안은 생물학적 기술을 포함하는 품종 개량, 생물적(살아있는 유기체) 스트레스와 무생물적(가뭄, 홍수, 오염 등) 스트레스에 대한 저항, 도로·물 저장

시설과 같은 물리적 인프라와 신용과 요소시장·지식과 같은 제도적 인프라 투자 등이다. <그림 3>은 기온에 따른 농작물의 재배가능성을 보여주는 것으로 밀의 경우, 0°C에서 20°C의 온도에서 재배가능성이 있음을 나타낸다.



<그림 3> 중국의 작물선택 가능성

기후변화 적응의 한계와 장애요인은 높은 적응 능력이 행동으로 반드시 전환되는 것은 아니며, 생태계는 임계치를 넘어서는 적응을 하지 않는다는 점이다.

(3) 정책방안

저탄소 농업을 장려하는 정책은 식량생산 증대 목표를 저해할 수도 있으며, 농업으로부터

터의 온실가스 배출량을 감축하는 정책은 환경이행(윈-윈 전략)을 향상시킬 수 있는 잠재력을 지닌다. 전문적인 기후변화 정책으로부터 분리된 다양한 기후정책 프로그램(총량거래제, 탄소세, R&D, 지식보급, 탄소라벨링)이 농업부문의 완화와 적응에 영향을 미친다.

기후변화 정책 수립에 있어 주의를 기울여야 할 사항은 i) 기후변화는 농업부문에 분명한 영향을 미친다. ii) 영향은 농업부문에 대

한 이익과 손실을 의미하며 적응은 불확실하고 경제적 평가는 어렵다. iii) 완화는 외부적으로 구속력 있는 약속에 의해 결정된다. iv) 행동의 범위는 기술적으로 가능하고 경제적으로 실현가능성이 있어야 한다. v)완화와 적응 정책의 통합은 다른 정책들과 연결되어 수행될 때 최대 지분을 약속한다는 것이다.

기후변화가 제기하는 새로운 정책 메시지는 i)저감 비용/편익, 탄소저장과 적응에 분명한 신호를 보내는 정책환경을 확인해야 하며, ii) 저탄소 제품에 대한 투자, R&D, 기술과 이행을 유도하는 인센티브로써 실제 혹은 내재된 탄소가격을 제공할 필요가 있으며, iii) 농업부문의 탄소발자국을 보다 잘 이해하고 측정할 수 있는 능력을 제고함으로써 과정과 배출량 거래에 대한 모니터링을 시행하고, iv) 취약한 사람들에 대해 보상을 해줌과 동시에 기후변화에 대응하는 생산자를 증가시킴으로써 적응을 용이하게 하는 기존의 정책과 보험시스템을 시행하거나 개선해야 하며, v) 국내 및 국제 수준의 양질의 정보제공, 정책수립 및 이행에 대한 연구를 촉진해야 한다는 것이다.

농업부문의 주요 정책 과제는 첫째, 비용효과적인 방법으로 온실가스 배출량과 천연자원의 압력을 줄이고 식량안보의 목표를 달성하

기 위해 무엇을 할 수 있는가? 둘째, 이 목표를 달성할 수 있게 하는 인센티브와 디스인센티브의 구조는 어떠한가? 셋째, 바람직한 인센티브와 디스인센티브를 제공하는 정책의 역할은 무엇인가? 넷째, 토지사용과 경작, 생산지역, 무역에 있어 농업부문 탄소발자국 감축의 의미는 무엇인가? 이다. 보다 구체적으로는 기후변화의 영향에 대한 농업부문의 적응을 촉진하는 정책방안은 무엇인가?, 온실가스의 완화에 기여할 수 있는 정책방안은 무엇인가?, 기후변화에 대한 농업부문의 적응과 온실가스 완화, 다른 환경적 이익을 최대화하는 정책결합은 무엇인가?, 논의를 필요로 하는 지식과 데이터 갭은 어떤 것인가? 이다.

2. 일본과 우리나라의 기후변화 대응⁴⁾

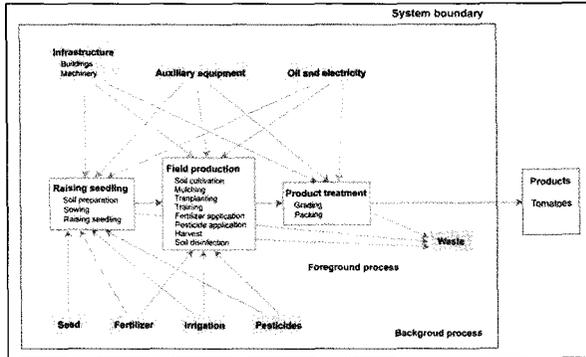
(1) 일본 농업의 기후변화에 대한 적응과 완화 전략: 전 과정 관점

연구의 모티베이션은 저 탄소 경제에 대한 관심의 증가와 농업과 바이오매스 부문에서 전과정 평가에 관한 연구실적의 증가는 어떻게 관련될 수 있는가? 였다. 연구의 목적은 기후변화 대응 전략에 대한 전과정 해석을 통

4) Kiyotada Hayashi의 발표문 Adaptation and Mitigation Strategies for Climate Change in Japanese Agriculture: A Life Cycle Perspective와 김창길의 발표문 Countermeasures for Climate Change in Korean Agriculture을 요약한 것임.

해 일본의 적응 및 완화에 대한 현재의 전략에 대한 검토를 하는 것이다.⁵⁾ <그림 4>는 토

마토를 사례로 한 전과정 평가를 위한 농업생산 시스템이다.

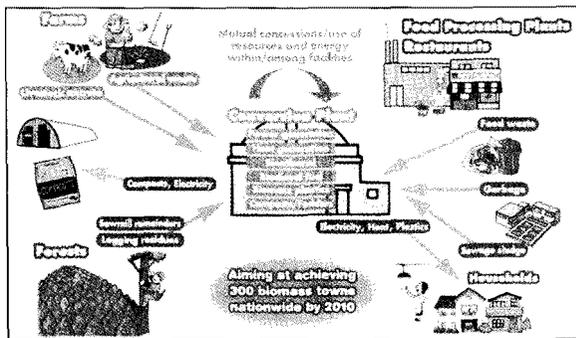


<그림 4> 토마토 생산을 위한 농업생산 시스템

① 일본의 적응과 완화 전략

농림수산성의 『지구온난화대책종합전략』은 지구온난화 대책의 통합 전략으로 2007년 6월 실행되었으며 2007년과 2008년 두 차례 개정되었다. 농림수산성의 완화전략은

산림 관리와 바이오매스 활용에 중점을 두었으며 국내의 바이오연료 생산과 바이오매스 타운 조성으로 대표된다. 또한 식품 산업의 자발적인 환경 프로그램을 추진하며,



<그림 5> 일본의 바이오매스 타운 조성 개념도

5) 전과정 평가는 한 제품이 생산되기까지 전방과 후방의 전과정에서 발생하는 생산요소를 분석하는 기법이다 (필자 주).

농업생산에 있어서는 i) 시설하우스 생산의 에너지 보존, ii) 농기계의 온실가스 저감, iii) 쌀 재배에 있어 메탄 저감, iv) 비료 사용에 의한 농지에서의 아산화질소 저감, v) 농업 첨가제의 재활용, vi) 축산부문의 국내 뉘질 사용을 추진한다.

② 중요한 완화 전략의 전과정평가 접근

농장의 온실가스 배출 저감의 전방 과정은 토양으로부터의 직접 배출 저감(유기 CO₂, CH₄, N₂O, ...), 기계사용으로부터의 직접 배출 저감(화석 CO₂, ...) 등이며, 후방 과정은 기계 생산, 비료와 농약 생산, 폐기물 관리 등이다. 탄소 고정은 전 과정 평가에서 다른 영향범주로 다루어질 수 있으며 “토양 질

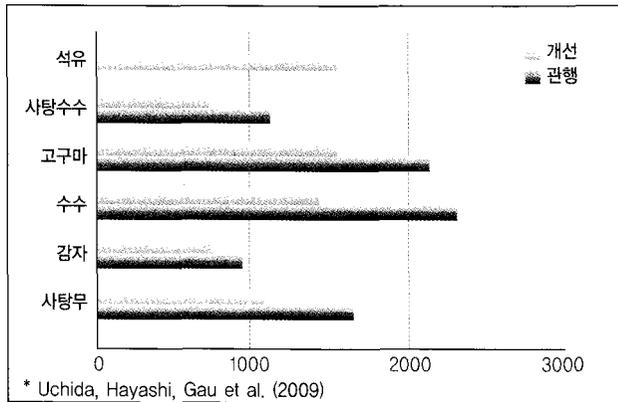
과 관련이 있다.

전 과정 관점으로부터 농업부문의 사례를 검토할 필요가 있다. 예로 화훼농업에서 증유를 사용하는 히터에서 히트 펌프로 전환, 채소농업에서 증유를 사용하는 온수 보일러에서 우드 칩을 사용하는 온수 보일러로 전환, 화훼농업의 백열전구에서 인공광(LED)전구로 전환하는 경우 그 효율성과 경제성을 계산하는 방법을 재고할 필요가 있는데, 전과정 평가를 통한 비교를 해야 한다는 것이다. 여기에는 자본재의 평가 역시 고려되어야 한다. <표 2>와 <그림 6>은 에너지 작물의 재배개선과 신제품종의 도입으로 인한 온실가스의 배출량의 감소를 전과정평가 방법으로 분석한 결과를 나타낸다.

〈표 2〉 에너지 작물 생산의 전과정 평가 비교 대안의 정의

작 물	개 선 내 용	
	재배의 개선	신제품종의 도입
사탕무	직접적 파종(←이식) 최소 경운	병 저항성 높은 당(17 → 22%)
감자	식 재배 반정도 흙 덮기	병 저항성 높은 단수(전분 : 9 → 13t/ha)
수수료	보다 낮은 투입물 (재료)	
고구마	당이줄기 사전처리	높은 단수(37.5 → 50t/ha)
사탕수수	이랑, 멀칭과 함께 직접 식재 5배의 그루터기 새싹재배	높은 바이오매스(70 → 120t/ha)

* Uchida, Hayashi, Gau et al. (2009)



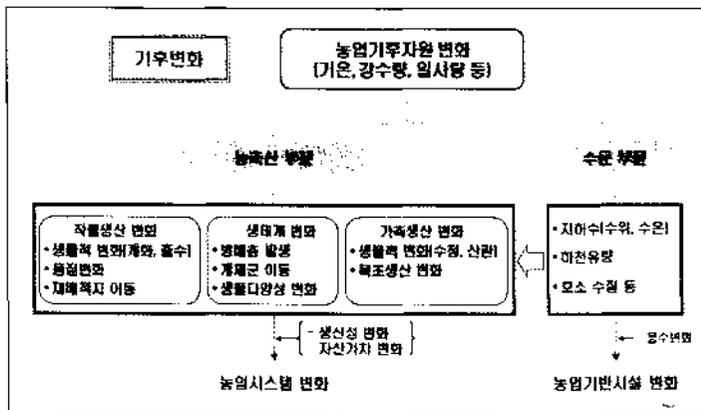
〈그림 6〉 에너지작물 생산의 전과정평가 비교 결과

(2) 한국의 농업부문 기후변화대응

는 작물생산의 변화와 생태계변화, 가축생산 변화를 야기하며 더불어 수문분야의 자원을 변화시킨다. 기후변화가 농업부문에 미치는 파급영향 체계는 아래의 〈그림 7〉과 같다.

① 기후변화의 영향

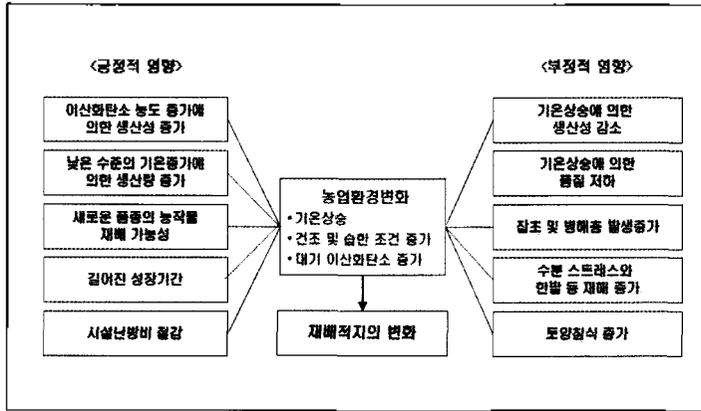
기후변화는 농업기후자원을 변화시키며 이



〈그림 7〉 기후변화가 농업부문에 미치는 파급영향 체계

기후 온난화는 농업환경에 긍정적 영향과 부정적 영향의 두 측면을 갖고 있다. 이러한

두 측면은 결국 재배적지의 변화를 초래한다 (그림 8).



〈그림 8〉 온난화의 농업부문 잠재적 영향

② 기후변화의 경제적 영향

기후변화에 의한 자산가치(농지가치) 효과의 변화⁶⁾ 기온 1℃ 상승 시(평균기온 12.4℃ 기준) 농지가격(생산자 후생)은 ha당 1,450 ~ 1,920만원 감소한다(농지가격의 약 5.7 ~ 7.5% 해당). 월 기준 강수량 1mm 증가 시(월 평균 강수량 110.8mm) 농지가격은 ha당 33만원 ~ 36만원 증가하는 것으로 분석되었다.

국립기상연구소의 2020년 전망에 따르면 기온은 1.2℃ 상승, 강수량은 12% 증가할 것으로 예상하고 있다. 기온 1.2℃ 상승 시 ha당 1,460 ~ 1,920만원 감소하고, 강수량 12% 증가 시 ha당 400 ~ 440만원 증가하게 된다. 결국 2020년의 전망치를 기준으로 하면, 기후변화에 따른 농지가치의 순변화는 ha당

1,330 ~ 1,850만원 감소한다. 이는 총농지가격의 5.6 ~ 7.3%에 해당한다.

③ 적응 대안 및 정책

기후변화의 적응정책의 기본방향은 위험을 최소화, 기회를 극대화하는 것으로 기후변화의 위험 최소화과 새로운 기회 활용을 위한 적응 추진하고 국가 녹색성장 전략을 미래 농업의 성장엔진으로 활용하며 정책통합과 조정을 통한 정책결합을 추진하는 것이다. 또한 기후변화의 적응능력을 구축하여 인프라, 교육, 연구개발을 추진하는 것이다(표 3 참조). 목표달성은 초기(2009-2012), 중기(2013-2018), 정착기(2019-2030) 등 3단계로 접근할 필요가 있다.

6) 멘델존 교수 등에 의해 개발된 리카디언 모형은 기후변화에 따른 직접 및 간접영향을 반영하며 적응적 과정 및 대체효과 반영한다.

〈표 3〉 적응방안의 목록

범 주	주 요 내 용
기술개발	작물개발-내열성 품종 및 교잡종 개발 기후 및 기상정보 시스템-예보 및 조기경보시스템 개발 자원(물)관리 혁신기술 개발
기술선택	농가생산혁신-새로운 품종 도입 농지이용변화-재배적지 변화 관개-농가단위 관개기술 적용 시기조절-재배시기 조절
정부 프로그램	농업보조금 및 지원시스템 - 인센티브 시스템 보험제도 - 농가재정관리 보완적 자원관리프로그램
교육	개발된 기술과 지침의 보급(파종시기 연장, 관개, 병해충관리) 새로운 기술 시범 사업
모니터링	현장에서의 관찰 및 확인

핵심 실행 프로그램은 위험 및 부정적 측면의 최소화를 위해 재배적지를 재편한다. 이를 위해서는 토양과 물 환경자원의 DB 구축과 지역적 기상 및 기후변화 위험 방지기술을 적용하고 병해충관리 및 재해위험 완화 기술을 보급하여야 한다. 또한 물관리, 관개시설 현대화(TM/TC), 농업기상 예보 및 기후변화 조기경보시스템 구축 등 인프라를 강화할 필요가 있다.

기후변화를 기회로 활용하기 위해서 저탄소 녹색기술을 활용한다. 화학비료를 축분뇨 퇴액비로 대체, 전답작파와 간단관개를 통한 논농사의 메탄 감축, 새로운 품종선택으로 메탄감축, 친환경농법 확산으로 아산화질소 감축, 에너지작물(유채, 고구마 등) 재배의 확대, 농경지 토양의 탄소고정 기능 활용, 가축

분뇨처리 및 장내발효 개선을 통한 메탄 감축 등이 그 예이다.

정책결합 및 통합 방안은 보험제도 확대(농작물자연재보험, 풍수해보험 등)와 농가소득 안정화 프로그램을 활용한 위험관리시스템 활성화와 저탄소 농업생산시스템 지원 제도의 도입(저탄소농업 식불제 도입) 등 환경적 상호 준수프로그램의 도입 등을 예로 들 수 있다.

기후변화 적응을 위한 향후 과제는 i) 기후변화 적응의 체계적 접근(영향평가-통합-적응대안 식별-우선순위 결정-집행-모니터링 및 평가), ii) 녹색성장의 선제적 대응 역량 강화를 위한 적응의 중요성의 인식과 같은 적응에 대한 인식 전환, iii) 관련주체의 적절한 역할 분담으로 중앙정부와 지방정부의 역할과 최고정책결정자의 리더십이 중요하다.

3. 농업부문의 녹색성장⁷⁾

(1) 녹색성장과 저탄소 녹색성장

① 녹색 성장

녹색성장은 환경오염과 온실가스를 최소화하면서도 신성장동력과 일자리를 창출하는 경제성장(국무총리실 2008)이며 신재생에너지 생산기술 등을 포함한 녹색기술 개발과 환경오염을 획기적으로 저감시키는 환경개발기술 등을 통해서 환경오염을 줄이고 개선시키는 것을 동시에 추구하는 경제성장(김정인, 2009; 김은식, 2009)으로 정의된다⁸⁾.

녹색성장의 작동원리는 생산과정에서 녹색자본(녹색기술, 녹색지식)을 투입하여 환경오

염을 줄이고 자연자본(에너지, 환경자원)을 확충하여 생산력을 지속적으로 제고함으로써 환경과 경제성장간의 구조를 선순환 구조로 전환하는 것이다. 저탄소 녹색성장 패러다임은 고탄소·저에너지체계를 저탄소 청정에너지체계로 전환해 에너지의 효율을 높이고 이산화탄소를 줄임으로써, 국가경제성장을 촉진하고 환경·생태의 건전성을 높이는 것으로 태양광, 풍력, 바이오 에너지 등 신·재생에너지 기술개발과 보급 확대를 통해 탈석유화의 성공적 수행이 필요하다. 2009년 1월 스위스 다보스에서 개최된 '세계경제포럼'에서 녹색뉴딜⁹⁾의 중요성이 강조되었다. 또한 UNEP는 2008년 녹색뉴딜 사업의 사례를 발표하였다.

〈표 4〉 UNEP 제안 녹색뉴딜 사업

UNEP가 제시한 5대 녹색뉴딜사업
①자원 재활용을 포함하는 청정에너지 및 청정기술 분야
②재생 가능하고 지속가능한 바이오매스 등 농촌 에너지 분야 ※바이오매스 : 동식물 등 생물체로부터 생성·배출되는 유기물에서 얻어지는 에너지
③유기농업을 포함하는 지속가능한 농업 분야
④개발도상국의 산림훼손 방지사업 분야
⑤도시계획, 교통, 친환경빌딩 등 지속가능한 도시사업 분야
(자료 :UNEP (2008. 10. 22.) Press Releases.

7) 이인희의 발표문 Green Growth and Rural Development: As a Countermeasure against Climate Change in Korea의 요약

8) 이코노미스트지(2000.1)에서 최초로 언급되었으며 '2005 UNESCAP 환경과 개발 장관회의', 유엔 아·태 환경과 개발 장관회의(MCED)에서 논의된 이후 다보스 포럼을 통해 널리 사용되었다.

9) 2008년 7월 영국의 NEF는 'A Green New Deal'이라는 보고서를 통해 세계가 금융위기, 기후위기, 에너지위기 등 3중충에 직면하고 있다고 지적하고 해결책으로 '녹색뉴딜'을 제시하였다. 반기문 UN총장은 '세계 각국은 신·재생에너지와 친환경기술 개발에 적극 투자해 신규 일자리를 창출하고 경제위기를 극복해야 한다'고 주장하였다.

② 우리나라의 저탄소 녹색정책

우리나라 정부는 2008년 8월 '저탄소 녹색성장'을 기후변화에 대응하는 새로운 60년의 국가비전 및 패러다임으로 제시하였다. 정책의 제도적인 틀을 갖추기 위해 2009년 2월 '녹색성장위원회'가 출범하였고 「저탄소 녹색성장 기본법(안)」이 입법 예고되었다. 저탄소 녹색성장의 핵심은 녹색기술로 녹색혁신체제를 통해 창출된 녹색기술의 사용과 확산은 저탄소 녹색성장의 기술적·경제적·사회적 기반을 형성한다. 녹색뉴딜예산¹⁰⁾은 국토정비 관련 사업의 비중이 압도적으로 9개 핵심사업에 2012년까지 50조원의 재정을 투입하여 약

96만개의 일자리를 창출할 계획이다¹¹⁾.

(2) 농업농촌부문의 녹색성장 정책

① 정부의 농업·농촌 부문 녹색성장 정책

우리나라 정부는 기후변화의 대응책으로서 농업·농촌 부문 저탄소 녹색성장정책을 추진하고 있다. 농업부문의 녹색성장(지속가능농업(sustainable agriculture) 보다 포괄적인 개념으로 농업생태계의 환경용량을 고려하여 환경적으로 건전하고, 경제적으로 수익성이 보장되는 성장을 의미한다. 농업·농

〈표 5〉 농업농촌 부문의 저탄소 녹색성장을 위한 정책

온실가스 감축정책	
1. 화학비료절감 작물재배기술 개발보급	○ 녹비작물(자운영, 헤어리베치)로 화학비료 대체(질소 70~100% 절감) ○ 전답직파(61.4% 메탄감축), 간단관개(26.2% 메탄 감축)기술 보급 ○ 겨울철 유후지에 밀, 청보리 등 농작물 생산확대 : 녹색경관, 조사료 지급
2. 가축분뇨의 비료화 및 장내발효 조절	○ 저농도 액비시설 농가 보급 : 퇴비화로 메탄 7~87% 저감 ○ 사료 및 첨가제 조절로 장내발생 메탄 7~27% 저감
신·재생 및 바이오에너지 연구 강화	
1. 바이오에너지 국산원료 개발 및 재배기반 강화	○ 바이오연료 국산화율 : 전국(12) 10%, 유채(다셀), 고구마(에탄올) ○ 새로운 바이오에너지 원료작물 선별 : 아주까리, 스위치그래스 등
2. 신재생에너지 지열·풍력·LED 이용기술	○ 지열히트펌프 냉난방시스템 보급 : 전국(05)650ha, 730억원 절감 ○ 인공태양 LED 작물재배 적용기술 확립 : (08) 1 → (12) 3작목

10) 녹색뉴딜 사업은 우리나라에서 저탄소 녹색성장과 혼용되는 용어로 예산은 「저탄소 녹색성장 기본법(안)」에 의해 책정되었다.

11) 9개 핵심사업별 재정투입계획규모를 보면, 4대강 살리기에 36.8%, 녹색교통망확충에 24.5%가 할당되어 국토정비 관련 사업의 비중이 61.3%를 차지한다.

촌분야의 저탄소녹색성장을 위해서는 기후변화 적응기반 구축, 저탄소 농업기술의 개발을 위해 신·재생에너지의 활용, 신품종 및 대체작목, 저투입 농법 등 온난화 대응연구 강화 등이 필요하다(농촌진흥청, 2008). 이를 위해 정부는 「기후변화대응연구사업단」을 구성하고 5년간(2008~2012년) 200억원을 투입할 예정이다.

농업농촌 부문의 녹색성장의 핵심은 신재생에너지¹²⁾의 활용이라 할 수 있다.

2008년 우리나라의 신·재생에너지는 636만toe로 1차 에너지 소비에서 차지하는 비중이 2.6%에 지나지 않으나 정부는 이를 2030년까지 약 11%로 확대할 계획이며 바이오와 폐기물을 제외한 태양열, 태양광, 풍력, 지역, 해양 등은 그 비중이 매우 작다. 국제적으로는 폐기물 소각열은 탄소중립적이지 않아 신·재생에너지로 인정하지 않으므로 탄소 중립적인 신·재생에너지의 확대를 위해서는 바이오 에너지가 중요하며¹³⁾, 바이오

에너지는 농업농촌부문의 녹색성장을 위한 신·재생에너지의 핵심이라 할 수 있다.

② 신·재생에너지를 활용한 농촌의 녹색 성장

바이오 매스는 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체 및 균체와 이를 먹고 살아가는 생물 유기체의 총칭¹⁴⁾으로 바이오매스의 에너지화가 중요한 이유는 바이오매스 자체가 농업부문의 주요 온실가스 배출원이기 때문에 바이오매스를 활용한 대체에너지 개발은 화석연료의 소비 저감뿐 아니라 농업부문 온실가스의 저감에도 기여하기 때문이다.

바이오매스는 혐기소화를 통한 바이오가스 및 가스화(gastification)를 이용하여 전력생산이 가능하다. 축산분뇨 및 음식물류 폐기물의 혐기소화 및 소각을 통한 에너지화¹⁵⁾는 이들 물질이 2011년 이후부터 해양투기가 금지된다는 점에서 일석이조의 효과를 기대할 수

12) 신·재생에너지는 「신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법」 제2조에 기존의 화석연료를 변형시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변형시켜 이용하는 에너지로 정의하고 11개 분야로 구분한다. 대표적인 신·재생에너지 분야는 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열, 연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지 등이다.

13) 정부는 신·재생에너지를 확대하기 위해 바이오 에너지의 생산량을 2030년까지 약 20배로 늘려, 현재 신·재생에너지의 8.1%의 바이오에너지를 2030년에는 31.4%까지 늘릴 계획이다.

14) 에너지 측면에서 생물에너지원을 가리키는 개념으로 전분질계, 셀룰로오스계, 당질계의 자원 등 음식을 찌꺼기, 도시쓰레기 같은 유기성 폐기물도 포함한다. 볏짚 및 보릿짚과 같은 식물체 잔사, 축산분뇨, 음식물쓰레기 등도 이에 속한다.

15) EU는 21세기 대체에너지 실행 계획인 "도약의 캠페인 계획"에서 바이오에너지산업 육성전략 추진하고 있다. 2010년까지 대체에너지를 3배로 확충하여 총에너지소비의 약 9%(전체 대체에너지의 74%)를 바이오에너지(폐기물 포함)로 공급할 예정이다. 독일은 2050까지 전체 에너지소비의 50% 이상을 대체 한다는 계획을 수립하였다. 일본은 유기성폐기물을 이용한 "바이오매스 타운" 건설을 꾸준히 추진하여, 2010년까지 2.8MTOE의 에너지를 생산하고, 760만톤의 이산화탄소를 감축할 예정이며 바이오매스 활용률을 2000년 60%에서 2010년에는 80%까지 끌어올릴 예정이다. 미국은 주로 교통분야에서의 신재생에너지 보급에 주력하고 있는데 2020년까지 수입 원유에 의해 생산되는 연료 및 화학 소재를 바이오매스로부터 100% 대체한다는 목표를 세웠다.

있다.

에너지 자립 마을¹⁶⁾은 에너지 자립 또는 로우 카본 빌딩/시티(low carbon buildig/city)으로도 불리며 농촌에서의 저탄소 녹색성장을 위한 녹색기술의 대표적 사례이다. 에너지 자립마을의 개념은 에너지 절약, 이용 효율 극대화, 신재생에너지 개발 및 이용을 통해 에너지 생산 및 공급을 자립하고 잉여 에너지를 판매하여 수익을 얻는 마을이다. 즉, 지역에서 필요한 에너지를 바이오매스, 풍력, 태양광, 지열, 소수력 등 지역의 특성에 알맞고 이용이 가능한 로컬 에너지(local energy)를 개발 및 이용하는 마을이다. 에너지 자립마을 중 바이오 에너지마을은 지역의 생물학적 자원에 기반한 에너지 자립마을로 바이오 에너지 마을에서는 인근 축산 농가에서 발생한 축산분뇨와 농장에서 재배된 밀, 옥수수 등의 에너지 작물을 혼합해서 혐기성(anaerobic) 상태에서 발효시켜 메탄가스를 얻는다. 축산분뇨에서 발생하는 메탄가스(CH₄)는 이산화탄소보다 온실효과가 큰 기체이기에 태울 필요가 있을 뿐만 아니라 연소과정을 통해서 전

기를 생산해낼 수도 있다. 특히 열병합 발전기(CHP: Combined Heat and Power station)를 사용할 경우 부가적으로 난방용 온수를 공급할 수 있다는 장점이 있다¹⁷⁾.

기타 녹색 기술로는 첫째, 농업의 기후변화 취약성 지도 개발이다. 이를 활용해 농업의 기후변화 취약성 지도를 개발함으로써 기후변화 적응 기반을 구축할 수 있다. 농경지 토양, 물, 환경 등 농업생태계 취약성평가 및 지도작성으로 새로운 재배적지의 국지기상 분석 및 재해 예방 재배법을 개발할 필요가 있다. 둘째, 저탄소 녹색기술을 개발하여 온실가스의 저감을 도모하는 것으로 화학비료 절감 작물재배기술 개발·보급, 녹비작물(자운영, 헤어리베치)로 화학비료 대체(질소 70~100% 절감), 건답직파(61.4% 메탄감축)와 간단관개(26.2% 메탄 감축)기술 보급, 겨울철 유희지에 밀, 청보리 등 농작물 생산 확대, 가축분뇨의 비료화 및 장내발효 조절 기술 개발, 바이오에너지 국산원료 개발 및 재배기반 강화, 지열·풍력·LED 이용기술 등이 있다.

16) 정부는 에너지 자립마을 시범사업 추진계획 수립에 관한 공모사업을 추진하고 있다. 선정된 마을단위 에너지 절약 및 효율성 평가, 에너지 진단, 지도를 위한 신·학·연이 참여하는 기술지원팀을 구성하여에너지 절약, 효율개선, 신·재생에너지 개발 등에 관한 주민 교육 프로그램 운영할 계획이다.

17) 에너지 자립마을은 도시와 농촌의 교류가 가능하고, 농경지와 산지에서 충분한 양의 바이오매스 연료 확보가 가능하며, 다양한 주민조직이 운영되어 협동적 프로젝트 추진이 가능한 공동체에서 실현할 수 있다. 외국의 대표적 사례로 독일 쾰른(Juhnde)마을을 들 수 있는데, 협동조합 방식을 선정하여 조합원의 참여와 출자를 의무화하여 바이오매스 열병합발전소 건설(전력생산량 연간 5,000Mwh)하고 전력 생산과정에서 발생하는 열과 온수(연간 생산량 5,500Mwh, 연간 소비량 3,500Mwh)는 6km에 달하는 배관망을 통해서 각 가정으로 공급한다. 메탄의 혐기성 발효에 필요한 축산 분뇨는 지역의 9개 농가로부터 전량 공급되며, 혐기성 발효과정에 투입되는 에너지 작물인 밀과 옥수수도 지역 농가를 통해서 공급받는다.

(3) 농업·농촌부문의 녹색성장 정책의 과제

① 바이오 에너지 보급을 위한 기술적 연구과제

단기적 과제로는 바이오가스 생산 시 발생하는 유해가스인 황화수소가스 제거, 바이오메탄을 전환에 따른 기술개발, 에스테르화 공정을 통한 바이오디젤 생산 시스템의 구축, 하수종말처리장으로 방류하거나 축사 청소용으로 재활용하는 통합적인 처리 시스템 구축이 필요하다. 장기적 과제로 바이오매스를 이용한 열화학적 에너지 전환기술로 열분해, 가스화(gasification) 및 액화(liquefaction)와 같은 에너지 전환 기술, 바이오에너지 개발 연구를 통한 화석 에너지 고갈 및 고유가를 대비한 에너지 수급문제해결과 농가 신소득원 창출을 위한 바이오에너지 연구를 확대해 나갈 필요가 있다.

② 바이오에너지의 효율적 이용을 위한 정책적 접근

바이오매스의 종합적인 활용계획 수립이 필요하다. 지역의 다양한 바이오매스를 이용하여 바이오매스 혐기소화 발전시설, 탄화시설, 퇴비화시설, 바이오디젤 생산시설 등을 복합적으로 설립하는 종합적 단위사업으로서의 접근을 취해야 한다. 즉, 전기 및 열 에너

지와 연료 그리고 퇴비 등을 생산, 지역에 공급하거나 판매를 통한 수익을 창출할 수 있는 종합적인 단위사업으로서의 접근이 필요하다는 것이다. 관련된 사안으로 바이오 연료의 과제로 친환경에너지작물재배직접지불제 등 제도적 장치를 활용하여 국내유체에 의해 생산된 바이오디젤의 원가를 보존하고 유체의 생산성을 늘일 수 있는 기계화, 작부체계 등 농가재배기술의 보급이 필요하다.

③ 에너지 자립마을 건설의 과제

지역 내 유기성 폐기물의 성상, 경제성, 환경성, 시설운영의 안전성을 검토한 후 지역에 적합한 기술을 선정하고 운영시스템을 제시하여야 한다. 지역 전체를 아우르는 정보의 공유와 제휴가 필수적이며, 바이오매스타운 간 그리고 선진지역의 바이오매스타운과의 정보공유를 통한 지역문화화가 매우 중요하다. 에너지 자립마을의 형성과정에 외부의 사회적 자본(정부 및 대학)과 경제적 자본(지원금)이 중요한 역할을 하므로 경제적, 사회적 자본들이 유기적으로 결합될 때 성공할 가능성이 제고된다. 따라서 한국적 상황에 적합한 경제·사회·생태적 자본들을 어떻게 조성하고, 그런 기반 위에 바이오 에너지 마을을 도입할 수 있을지를 고민하는 신중함이 필요하다. 지역내부로부터 사업을 추진하고 초기자본을 만들어내려는 자발적 노력이 가장 중요

하며, 지역의 특성에 적합한 로컬 에너지를 이용하며, 지역주민의 적극적인 참여, 전문가의 기술지원 및 주민 설득, 정부의 친환경에너지 정책 지원이 성공요인이라 할 수 있다.

④ 지자체의 역할

중앙정부와 지자체간 연계와 지역주민의 요구와 지역 특성을 반영한 보급정책이 추진되어 하며, 이를 위해서 지자체에 예산 재량권을 부여함으로써 보급사업 추진의 유연성 및 참여의식을 제고할 필요가 있다. 유럽, 일본 등 선도국은 지자체가 자율적으로 특화된 신재생에너지 개발 및 보급을 수행하고 있다. 또한 단기 전시행정 사업을 탈피한 중장기 계획을 수립할 수 있도록 지자체의 신·재생에너지 보급 패러다임을 전환해야 할 필요가 있다.