

일본의 농업부문 기후변화 대응 방안*

김 창 길

(한국농촌경제연구원 선임연구위원)

문 동 현

(한국농촌경제연구원 연구원)

1. 농업부문의 온실가스 배출 현황

2008년 일본의 총 온실가스 배출량은 약 12억 8,200만 CO₂ 톤¹⁾에 달한다. 이 가운데 농림수산업²⁾에서의 배출량은 약 3,723만 CO₂ 톤으로 총배출량에 차지하는 비율은 약 2.9%이며, 기준시점(1990년)대비 감소하는 경향을 보이고 있다. 일본 온실가스 가운데 메탄이 농업부문에서 차지하는 비중은 70%이고, 아산화질소는 약 50%이다. 2008년 기준 식품제조업 분야의 온실가스 배출량은 1,562만 CO₂ 톤으로 총배출량에서 차지하는 비율은 약 1.2%로 최근 감소 경향을 보이고 있다.

일본은 지구온난화 방지에 맞춰 교토의정서 제1공약기간(2008~2012년)동안 온실가스 배출량을 1990년 대비 6% 저감해야 하는 의무를 갖고 있으며, 중장기적으로는 2020년까지 1990년 대비 25% 저감하는 목표로 가지고 있지만, 2007년도(확정치) 배출량은 반대로 9.0% 증가하여 6% 저감을 이행하기 어려운 상황이다.

* 본 내용은 농림수산물부 정책과제로 수행한 「기후변화 대응을 위한 농림수산물산업 전략수립 연구」(2011. 11)의 주요국 기후변화 대응사례에 제시된 내용을 바탕으로 작성하였다 (changgil@krei.re.kr, 02-3299-4265.)

1) 이산화탄소톤(tCO₂)은 [에너지소비량×순발열량×탄소배출계수]로 계산함.

2) 연료, 반추가축의 장내발효, 가축 배설물의 관리, 벼농사, 비료사용, 작물잔사, 논밭 태우기 등.

2. 기후변화의 영향

일본은 1980년대 후반부터 농업환경기술연구소를 중심으로 기후변화에 따른 농업 부문 대응책 수립을 위한 영향평가와 관련하여 심층연구를 수행해오고 있다.

일본 농업·식품산업기술종합연구기구(농연기구)는 2003년 과수, 2005년 수도, 밀, 대두, 채소, 화훼, 축산에 대해 47개 지방자치단체 농업관련 공립시험연구기관을 대상으로 농업에 대한 지구온난화 영향에 관한 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과 「과수」는 모든 지역, 「채소·화훼」는 90%, 「수도」는 70% 이상, 「밀·대두」·「축산(가축·사료 작물)」은 40% 정도의 지역에서 지구온난화에 의해 영향을 받는 것으로 조사되었다. 쌀 생산에서 최근 문제가 되고 있는 백색미숙립 발생이 증가하고 있다고 응답한 지자체는 37개였고, 그 절반 이상인 22개 지자체는 그 원인을 온난화로 인식하고 있는 것으로 나타났다.³⁾ 백색미숙립 이외에도 동할립(胴割粒, 균열이 생긴 쌀알) 발생이 증가했고 온난화를 원인으로 꼽은 지자체도 6개로 조사되었다.

일본 농림수산성에서는 지구온난화대책 종합전략(2007) 수립과 관련하여 온난화 영향 시뮬레이션(100년에 4~5℃ 상승) 결과를 기초로 농업환경기술연구소의 작목별 영향분석 결과를 활용하고 있다<그림 1 참조>.

수도작의 경우 수도생육·수량예측 모델(CERES-Rice)을 이용하여 분석한 결과, 전국 평균 약 3℃ 상승(2060년)하였을 때, 지역별 잠재적 수량이 북해도는 13% 증가한 반면, 동북 이남은 8~15% 감소하는 것으로 전망되었다. 한편 이산화탄소 농도가 현재 수준보다 200ppm 상승했을 경우 약 15%의 미곡 증수효과가 있는 것으로 추정되었다.

사과는 재배적지(연평균기온 7~13℃)가 서서히 북상하여 2060년경에는 북해도가 재배적지로 전환되고 현재 주산지인 아오모리, 나가노 등에서는 사과재배가 상당히 줄어들 것으로 전망하였다. 또한 고온으로 착색 장애 등과 같은 사과의 품질이 저하될 것으로 예상하였다.

귤의 재배적지(연평균기온 15~18℃) 역시 서서히 북상하여 2030년대에 니가타 평야, 2040년대에 관동 평야, 2060년대에 남동북까지 확대될 것으로 추정하였다. 또한 2060년대에는 현 주산지인 시즈오카(静岡), 와카야마(和歌山), 미나미규슈(南九州)의 연안부의 대부분이 18℃ 이상 되어 귤 재배 부적합지로 전환될 것이라 전망하고 있다.

3) 수도의 백색미숙립(白色未熟粒, 하얀 미숙한 쌀알)은 현미의 전부 또는 일부가 유백(乳白)화하는 현상이며 등숙(登熟)기(출수·개화에서 수확까지의 기간)의 평균기온이 27℃를 넘으면 많이 발생하고 등숙기 평균기온이 상승경향을 보이고 있는 것으로 조사되었다.

축산업의 경우 양계부문에서 산육량 저하가 니시니혼(西日本)으로부터 확산되어 2060년에는 15% 이상 저하하는 지역이 10% 정도이고, 도호쿠(東北)이남 지역에도 영향을 미칠 것이다. 목초생산의 경우, 생산량이 증가하고 생산지역이 확대될 것으로 전망하고 있다.

그림 1 일본의 기온상승에 따른 농축산부문 영향

		+ 250ppm					
		1℃		3℃		4℃	
		2010	2030	2050	2070	2090	
수도	기온상승에 따른 관개용수 부족			CO ₂ 증가로 15% 증수			
				동북 이남 0~10% 감수	동북 이남 8~15% 감수		
				이식일 최적화 5~20% 증수	북해도 13% 증수		
				CO ₂ 증가로 불임율 증가			
대두				CO ₂ 증가로 28% 증수	고온으로 6~10% 감수		
					CO ₂ 증가와 고온 수량(98~116%)		
사과					북해도 적지화		
					주산지의 일부 변경		
귤			일본해 연안지역 적지화	관동 평야지역 적지화	남동부 연안지역 적지화		
					주산지의 일부 변경		
축산			생산량 저하가 서일본에서 점차 증대	15% 이상 저하되는 지역이 1할		목초 생산량 1.5배 증가	
					동북 이남 생산량 저하	여름철 불가능 목초재배 지역 1.5배 증가	

주 : 중장기 기온상승 전망치는 현행 고성장사회 시나리오를 가정한 영향평가 결과를 기초로 평균기온이 2030년대 1℃ 상승, 2060년대 3℃ 상승(CO₂ 농도가 250 ppm 상승), 2090년대 4℃ 상승을 가정한 것임.

자료 : 日本 農林水産省(2008).

기후의 온난화는 수자원부문에에도 영향을 미쳐 2030년대 8월경의 잠재적 수자원량은 현재보다 약 30mm 감소(증발산량이 현재보다 약 20% 증가)할 것으로 예측되고 있다. 특히, 가용수자원의 60% 정도를 농업용수가 차지하고 있어 지역적으로 관개용수 사용이 크게 제약될 것으로 전망하고 있다. 이밖에도 기후의 온난화로 수도작(水稻作)과 채소류 및 과일류 등에서 병해충 발생이 증가하고, 남부지역에서의 새로운 병해충 정착이 유리해져 외래 병해충 문제가 심화될 것으로 전망하고 있다.

3. 지구온난화 적응대책

일본 농림수산업성은 2008년 3월에 현재까지의 연구결과를 종합하여 「농림수산업 지구온난화 대책 종합전략」을 발표하였다. 이 종합전략은 지구온난화 방지대책, 지구온난화 적응대책, 농림수산업 분야 국제협력의 세 부분으로 구성되어 있으며, 지구온난화 적응대책은 지구온난화 적응대책 추진과 지구온난화 적응대책에 관한 기술개발로 세분화되어 있다. 지구온난화 적응대책 추진과 관련된 주요품목에 대해서는 전국단위 조사 결과나 연구기관의 기술개발 결과 등을 근거로 당면의 적응대책이나 향후의 대응방침을 「품목별 적응대책 보고서·일정표」로 제시하였다. 또한, 적응대책에 관한 기술개발로는 생산현장에서 이용할 수 있는 고온내성 품종육성이나 재배관리기술의 개선 등과 같은 안정적인 기술의 조기개발 등을 제안하였다.

일본 농림수산업성 생산국에서 2007년 6월에 「품목별 지구온난화 대응책 보고서」를 출판하였는데, 이 보고서에서는 농업생산 현장에서 적용될 수 있는 적응수단과 단기·중장기적인 연구개발 과제 등을 제시하고 있다. 연구과제 추진방식은 단기(2008~2010년), 중기(2010~2030년), 장기(2030년 이후)로 나누어 접근하고 있다<표 1 참조>.

표 1 일본의 지구온난화 적응 관련 단계적 연구추진 계획

단 기(2008~2010년)	중 기(2010~2030)	장 기(2030년 이후)
■ 시급성이 높은 과제(프로젝트 연구 등에서 대응) - 벼의 동할미 발생 경감기술 개발 - 식물 생육 조절제를 이용한 감귤의 부피방제 기술 개발 - 토마토의 장해과 억제에 위한 효율적 조광법의 개발 ■ 품종육종 등의 중장기적 과제(교부금 등에서 대응) - 수도의 고온내성 품종의 개발 - 고온화에서도 착색이 잘되는 과수품종 개발	■ 계획적인 적응대책 연구추진 (탄소배출·흡수량 평가나 농림수산물 생산성에 대한 영향 고려) - 생산안정기술 개발 - 고온 등의 스트레스에 강한 온난화 적응 품종 육종 - 신규 병해충에 대응 ■ 작물 전환 평가 시스템 개발 - 작물전환의 조건 등에 대한 검토	■ 적응대책의 근본적 견해 검토 - 재배기술에 대한 근본적 재검토 등 생산 안정 기술 개발 - 계통 정보 등을 이용하여 온난화에 고도로 적응하는 품종개발 - 온난화 영향평가 등에 기초한 작물전환 실시

자료 : 日本 農林水産省(2008).

적응보고서에 제시된 품목은 벼, 맥류, 두류, 온주밀감 등이며, 주요 구성은 주요현상, 당면 적응대책, 향후 적응대책으로 구성되어 있다<표 2 참조>. 주요 적응대책을 살펴보면, 벼의 경우 백미숙립이나 동할립⁴⁾ 발생에 대응하여 당면 적응대책으로는 지

연이식의 도입, 적절한 시비 관리, 고온내성 품종으로의 전환 등이 있다. 향후 대응방안으로는 직파에 의한 이삭 패는 시기 연장의 유효성 검증, 기술개발 확립 및 재배관리 체계 보급 등이 있다.

두류의 경우 고온다우에 의한 생육량 부족, 착협⁵⁾ 불량⁶⁾의 피해를 줄이기 위해 이랑사이에 관수를 철저히 하는 적응책을 세워두고 있고, 병해충의 다발 및 발생기간의 확대, 난지성 병해충의 발생에 대응해 적기, 적정 방제를 철저히 하고 저항성 품종으로 전환하는 적응책 등을 마련하였다. 온주밀감의 착색불량에 대해서는 적정 착과량의 엄수, 시트 멀칭 재배기술의 도입 등의 적응책을, 부피증⁶⁾에 대해서는 칼슘제 사용을 제시하고 있다.

표 2 지구온난화에 따른 품목별 현상 및 적응책

품목	주요 현상	당면 적응대책	향후 대응방안
벼	■백미숙립 발생	■자연이식의 도입 ■적절한 시비·수 관리의 실시 ■고온내성품종으로 전환	■직파에 의한 이삭 패는 시기 연장의 유효성 검증 ■기술개발 확립 및 재배 관리체계 보급
	■동할립 발생		
	■방귀벌레류 다발	■이삭패기 전 논두렁 등의 잡초관리 ■색채선별기로 피해난알 제거	■페로몬을 이용한 발생 예측의 고도화와 개체군 억제기술 개발
두류	■고온다우에 의한 생육량 부족, 착협(着莢)불량, 여물지 못하는 뿌리의 발생	■이랑사이에 관수 철저	■배수와 관개의 양립이 시스템에 의한 물 관리기술 확립 및 보급 ■내병해충성의 강화와 내습성 등을 복합시킨 품종의 육성 ■페로몬 이용 등에 의한 발생예측·방제기술개발
	■병해충의 다발 및 발생기간의 확대, 난지성 병해충의 발생	■적기·적정방제 철저, 저항성 품종으로 전환 등	
	■많은 비로 단수저하, 고온다우로 품질저하	■배수대책 철저, 무경운파종기술의 도입	
온주 밀감	■착색 불량	■적정착과량 엄수 ■시트멀칭 재배기술의 도입	■자재활용·재배관리기술 개발 ■보다 정밀도가 높은 예측 모형을 통한 품목 전환검토
	■부피증	■적정착과량 엄수 ■칼슘제 사용(施用)	

자료 : 日本 農林水産省(2008).

4) 동할립은 탈곡, 거제거, 정미가공 때 작은 알갱이로 부스러기 때문에 품질상 바람직하지 못하다. 동할의 원인은 급격한 건조에 의한 경우와 급격한 흡습에 의한 경우가 있다. 보통은 쌀알 내에 수분열록은 거의 없지만 쌀알이 급격히 마르든지 급격히 흡습하면 쌀알 중에 수분열록이 생기고 이때에 쌀알에 균열이 생길 수 있다. 자라고 있는 벼에 동할이 생기는 것은 비교적 맑은 날씨가 계속되면 베기 작기를 지난 벼는 선 채로도 상당히 건조되며 이때 갑자기 비에 맞거나 이슬에 젖으면 동할이 일어난다. 또한 잘 마른 벼에 소나기라든가 이슬을 맞았을 때에도 일어나며 대기 중의 습기를 흡수하여 동할을 일으키는 수도 있다. 건조 때에 일어나는 동할은 일반적으로 초기수분이 높을수록 또한 연속으로 건조하는 경우에 많이 발생하며 더욱이 온도가 높고 건조속도가 빠르면 동할의 발생은 많아진다.

5) 착협(着莢): 꼬투리가 맺는 것.

6) 껍질 뜯 증상.

일본은 또한 기후변화 관련 연구 성과를 종합하여 ‘품목별 적응대책’을 제시하여 농가들이 현장에서 실제로 활용할 수 있도록 기술보급에 상당한 노력을 기울였다. 벼의 경우 고온장해, 병해충에 의한 백미숙립, 동할립, 고온불임의 발생에 대응하여 고온내성 품종의 육성, 적절한 낱알 수 억제 및 유도, 재배밀도 조정, 시비관리 개선 등의 적응대책을 세워두고 있다. 사과와 감귤류의 경우 착색기 고온에 의한 착색불량에 대응하여 착색우량 계통의 선택, 반사 필름 등에 의한 수광 개선 기술의 도입을 고려하고 있다.

복숭아의 경우 성숙기 고온에 의한 과육 갈변병 피해를 줄이기 위해 조색품종으로의 전환, 적정착과, 적정수확 염수, 토양·지초 관리 등의 적응책이 있다. 포도의 경우 착색기 고온에 의한 착색불량에 대응하여 ABA(Absciscic acid) 처리와 환장박피 처리기술의 적응대책을 세웠으며, 감귤류는 착색기 고온에 의한 착색불량 및 부피과 피해를 최소화하기 위해 반사 멀칭 자재에 의한 수광 개선 기술, 방장착과 등에 의한 큰 열매 억제, 부피과 발생하기 어려운 품종의 육성 등의 적응책을 마련하였다. 두류의 경우 여름과 가을 고온에 의한 가뭄 피해를 막기 위해 지하수위 조절 시스템의 개발 등의 적응책을 고려하고 있다<표 3 참조>.

표 3 품목별 지구온난화 적응대책

품 목	기 후	영 향	적 응 대 책
벼	고온장해	백미숙립	■ 고온내성 품종 육성 - 고온내성 조생품종 육성 ■ 이앙기 연기, 적절한 낱알수 억제·유도, 재배밀도 조정, 시비관리 개선
		동할립	
		고온불임	
	병해충	방귀벌레류	■ 성페로몬트랩에 의한 발생 예측 - 신약제를 포함한 방제법 재검토
사과	착색기 고온	착색불량(과육연화, 저장성 저하)	■ 쓰가루, 후지 등에서 착색 우량 계통 선택 - 반사 필름 등에 의한 수광 개선 기술
복숭아	성숙기 고온	밀증상·과육갈변병	- 조색품종으로의 전환 - 적정착과나 적정수확 염수 - 토양, 지초 관리
포도	착색기 고온	착색불량	■ ABA(Absciscic Acid) 처리와 환장박피 처리기술 - 적정 착과 철저
감귤류	착색기 고온	착색불량 및 부피과	- 반사 멀칭 자재에 의한 수광 개선 기술 - 방장착과 등에 의한 큰 열매 억제 - 부피과 발생하기 어려운 품종 육성 ■ 식물조절제에 의한 부피과 경감 기술
	여름 고온	생리적 낙과	■ 지베렐린처리에 의한 생리낙과 억제 기술
	병해충	감귤그린병	■ LAMP법을 이용한 신속진단법 - 매개충 방제
두류	여름과 가을 고온	가뭄피해	■ 지하수위 조절시스템 개발

자료 : 日本 農林水産省(2008).

4. 기후변화 완화대책

4.1. 농업부문 완화정책

일본의 농업부문 기후변화 완화정책은 작물부문에서 비료사용의 최적화, 토양을 이용한 탄소고정, CO₂ 표시하기, 산림이용, 온실가스 배출권거래제 시범사업, 저탄소직불제 추진 등 다양한 정책 프로그램이 추진되고 있다.

비료적용의 최적화 및 감소를 통해 친환경적인 농업으로의 전환을 촉진하고 있다. 먼저 농법전환과 관련하여 기존의 벚짚경운을 퇴비적용으로 전환함으로써 메탄 배출량을 줄일 수 있는데, 이를 촉진하기 위한 각종 지원을 하고 있다. 다음으로 화학비료 사용량 감소, 흩어 뿌림 활용, 완효성 비료(slow release fertilizers) 사용으로 아산화질소 배출량을 줄일 수 있다. 기존의 비료표준을 검토하고 수정·보완하여 생산성을 향상시키면서 메탄 배출량을 줄이도록 할 계획이다.

토양에서 발생하는 온실가스를 통제할 수 있는 시스템 구축 프로젝트를 수행 중에 있다. 온실가스 통제 시스템 구축 프로젝트는 신기술적용, 온실가스 산정을 위한 기본 데이터 수집으로 구분할 수 있다. 신기술적용과 관련하여 새롭게 개발된 메탄배출통제기술을 설치 및 시험 적용하는 농가에 대하여 정부가 지원하고 있고, IPCC 지침서에 기반을 둔 온실가스 계산을 위하여 기본 데이터 수집을 지원한다.

농림수산 분야에 따른 'CO₂ 표시하기'를 추진하고 있다. 농림수산업에서 사용하는 생산자원과 수입원자재 등과 관련된 온실가스 배출원 단위 등에 필요한 기초 데이터 베이스 구축을 위하여 관련기술을 연구·개발 중에 있다. 궁극적으로는 CO₂ 표시를 통한 저탄소제품의 촉진을 목적으로 한다.

농촌지역은 산림을 통해 탄소를 저장하는 등 저탄소 사회 구축을 위한 중요한 역할을 하게 된다. 일본 정부는 수송부문에서의 에너지사용을 줄이기 위하여 '지역소비를 위한 지역생산'을 촉진하고 있다. 또한 산림자원의 개선과 사용, 농림수산업부문의 온실가스 저감을 촉진하고 있는데, 이러한 조치들은 지역사회에 새로운 활력을 제공하고, 식량자급률을 높인다는 점에서 편익효과를 유발한다고 볼 수 있다.

교토의정서에 따른 온실가스 배출권 거래제를 추진하는 가운데, 새로운 배출저감 방법론의 검토·채택을 지원하고 크레디트를 창출하는 농업인(판매자)과 기업(구매자)을 연결시킴으로써 농민들에게 탄소저감 인센티브를 부여한다.

농림수산분야의 크레디트 제도에 대한 지역별 프로젝트 수는 총 204건이며, 그 중 도

호쿠(東北)가 38건, 추오부(中部)가 42건, 규슈(九州)가 36건을 차지하고 있다. 총 인증 국내 크레디트의 합계는 총 93,556톤에 이른다. 프로젝트의 건수가 많은 도호쿠(東北)와 규슈(九州)에서는 인증 크레디트량도 많지만, 추오부(中部)는 예외적으로 적은 수준이다. 도호쿠(東北)와 규슈(九州)의 크레디트를 합하면 50,441톤, 전체의 53.9%로 절반이상을 차지하고 있는 반면 추오부(中部)는 프로젝트 건수는 전체의 20.6% (42/204×100)를 차지하나 인증 크레디트량은 7.7%(7,214/93,556×100)에 불과하다<표 4 참조>.

표 4 농림분야 크레디트의 지역별 분포

구 분	프로젝트건수	승인 프로젝트건수	총 인증 국내 크레디트 (CO ₂ 톤)	승인건수당 크레디트 (CO ₂ 톤)
홋카이도	21	13	4,783	367.9
도호쿠	38	36	24,627	684.1
간토	16	12	9,831	819.3
추오부	42	37	7,214	195.0
킨키(近畿)	14	13	7,715	593.5
츄고쿠(中国)	21	15	8,166	544.4
시고쿠(四国)	16	15	5,406	360.4
규슈	36	27	25,814	956.1
계	204	168	93,556	556.9

자료: 藤川清史, 山岸尚之(2011).

다음으로 형태별 분포를 살펴보면 농림수산성이 추진하고 있는 식물 바이오매스에 의한 연료 대체의 건이 131건이 압도적으로 많아 60%이상을 차지한다. 다음으로는 열펌프(heat pump)의 도입으로 48건이었다. 크레디트량에서는 바이오매스에 의한 연료대체가 전체의 약 90%를 차지할 정도로 압도적이고, 다음으로는 열펌프도입이 10%수준으로, 이들 2종이 대부분을 차지하고 있다<표 5 참조>.

바이오매스와 열펌프 이외의 바이오가스는 축산폐기물⁷⁾이 발효할 경우에 배출되는 메탄가스로, 이 프로젝트는 1건당 크레디트가 크며, 비교적 대규모 농장이나 복수농장이 공동으로 축산폐기물의 관리시설을 도입하고 있을 것으로 판단된다. 이는 메탄의 온난화계수가 21로 매우 크다는 것과 관련이 있다. 또, 2011년 8월에 재생가능에너지

7) 소나 돼지의 대변 등.

를 이용한 전력과 관련해서 그 전량을 고정가격으로 매입하는 제도를 도입하기로 결정하였다. 기존 제도는 「잉여전력」만의 매입을 대상으로 하였기 때문에, 이러한 제도의 변경은 재생가능에너지 이용을 위한 촉진제 역할을 할 것이다. 전량매입 제도는 금년 중 시행될 것으로 예상되며, 이에 따라 태양광발전의 의한 전력대체가 빠르게 진행되는 것으로 전망된다.

표 5 농림 분야 크레딧의 형태별 분포(2011. 5월말 기준)

구 분	프로젝트건수	승인 프로젝트건수	총 인증 국내크레딧 (CO ₂ 톤)	승인건수당 크레딧 (CO ₂ 톤)
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	556.9

자료 : 藤川清史, 山岸尚之(2011).

산림자원의 개선 및 사용과 관련하여 정부는 간벌(thinning)을 통한 산림개선 계획을 수행하고 있다. 주택건설시 지역원료를 사용하는 것에서부터 미개발 바이오매스 자원으로부터 에너지를 생산하는 것까지 확장하고 있다.

농경지 토양의 온실가스 흡수원 기능 활용과 관련하여 탄소저장기능을 향상시키는 조치로 쪼갬의 작부면적을 확대시키고, 논에 퇴비사용량을 증가할 수 있다. 또한 배출량검증을 위한 모델을 검토 중에 있다.

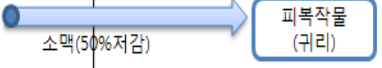
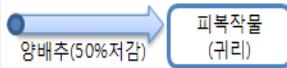
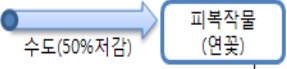
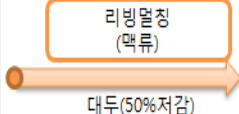
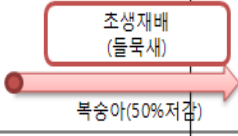
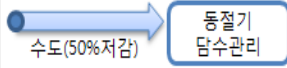
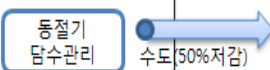
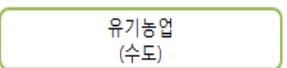
일본 정부는 농업분야가 지구온난화 방지와 생물다양성 보전에 적극적으로 기여하기 위해 2011년부터 환경보전 효과가 높은 영농활동에 대한 메뉴방식의 저탄소 직접지불제도(환경보전형농업 직접지원 교부금)를 추진하고 있다. 주요 사업 내용은 다음과 같다.

- 지원대상자는 친환경 농장으로 인정을 받고, 농업환경규범에 근거한 점검을 시행하는 농업인과 농업인그룹(집락영농)으로 한다.
- 지원 단가는 8,000엔/10a(중앙정부 4,000엔, 지방정부 4,000엔)이다.

◦ 지원대상 사업은 지구온난화 방지나 생물다양성 보전 등에 효과가 높은 사업으로 네 가지를 메뉴로 설정하고 있다<그림 2 참조>.

- ① 화학비료와 농약의 50% 절감사업과 피복작물(녹비작물) 작부를 조합시킨 사업
- ② 화학비료와 농약의 50% 절감사업과 리빙멀칭 또는 초생재배를 조합시킨 사업
- ③ 화학비료와 농약의 50% 절감사업과 동절기 담수(湛水)관리를 조합시킨 사업
- ④ 유기농업 사업(화학비료, 농약을 사용하지 않는 사업)

그림 2 농업부문의 저탄소작물제 영농활동

영농활동	지원대상 사업사례	도입방식			지불연도
		2010	2011	2012	
피복작물	추파소맥 ⇒ 귀리				2011년도
	양배추 ⇒ 귀리				2011년도
	수도 ⇒ 연꽃				2012년도 ¹⁾
리빙멀칭· 초생재배	대두 / 맥류				2011년도
	복숭아 / 들묵새				2012년도
동절기 담수관리	수도 ⇒ 동절기담수				2011년도
	동절기담수 ⇒ 수도				2012년도 ¹⁾
유기농업	유기농업				2011년도

주 : 피복작물(동절기담수관리) 또는 화학비료, 화학농약의 50%저감 사업 중 하나가 2011년도 이전에 종료되기 때문에, 2011년도에 실시계획서 검 확인의뢰서를 제출할 필요가 있음.

자료 : 日本 農林水産省(2011).

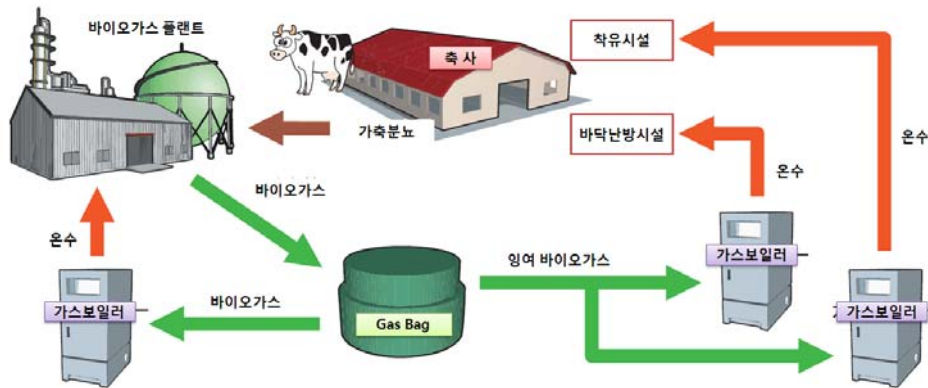
4.2. 농업관련 에너지부문 완화정책

일본정부는 농장의 에너지 효율을 높이고, 신재생에너지를 사용하도록 권장하고 있다. 예를 들면, 오일절약/오일프리 온실원예를 위한 촉진정책이 있다. 오일절약/오일프리 온실원예 촉진정책은 목질계 바이오매스를 활용하는 열 시스템과 오일프리 원예시스템을 도입하도록 장려하고 있으며, 에너지 효율성 등급 시스템을 고려하고 있다. 국내 가축부산물에서 발생한 메탄을 원예하우스에서 활용하는 것을 지원하며, 온실가스 배출량이 적은 저탄소 농기계의 이용도 권장하고 있고, 농기계용 바이오디젤 활용을 위한 ‘지역소비를 위한 지역생산’ 모델 개발을 시도하고 있다.

또한 제재소(lumber mills) 및 기타 시설에서의 목질계 바이오매스를 활용한 시설을 설치함으로써 에너지 보전을 촉진하고 있다. 이 밖에 LED와 같은 새로운 에너지 절약 기술을 도입을 권장하고 있다.

바이오매스와 관련하여 2010년까지 300개의 바이오매스 타운 건립을 추진하였다. 이를 기반으로 바이오연료 생산을 위한 정책들을 도입하였다. 일본은 바이오연료 생산은 식량생산과 경쟁관계에 있는 것이 아니라는 인식하에서 벳짚이나 폐목재로부터 에탄올을 생산하고, 이를 수송부문으로 확장토록 하였다. 이밖에도 ‘지역소비를 위한 지역생산’과 관련하여 지역에서 생산된 농수산물을 학교급식에 주로 공급하고 지역생산물 직판장을 설치하였다. 또한 폐식용유를 활용하여 바이오연료를 생산하는 것도 포함하였다.

<완화프로그램 사례1> 일본의 잉여 바이오가스 보일러 시스템 활용



● 설비개요

- 가스보일러: 2대
- 가스배관: 1세트
- 낙농시설용 바닥난방: 1세트
- 제습장치: 1대

● 바이오가스 플랜트

- 원료가 되는 가축분뇨 등의 유기성 폐기물을 공기와 접촉하지 않은 상태, 즉 혐기상태로 두고 열을 가하여 메탄발효에 의해 바이오가스를 발생시키는 플랜트.

● 잉여바이오가스의 발생

- 발전기를 설치하지 않은 일반적인 개별형 플랜트에서는 발생한 전체 바이오가스의 약 2/3 정도가 잉여바이오가스로 폐기처분되고 있음. 이 목장에서는 1일 약 270m³의 잉여바이오가스가 발생함.

● 잉여 바이오가스 보일러 시스템의 활용

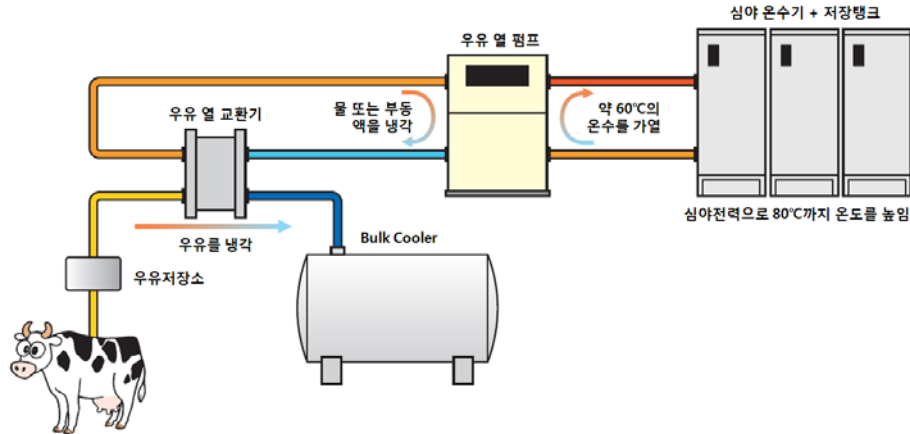
- 개별 낙농가의 바이오가스 플랜트에서 발생한 바이오가스는 발효통에 열을 가하기 위한 에너지로 사용됨.
- 다량의 잉여 바이오가스가 발생하기 때문에 가스보일러 확충하고 시설에서 사용하는 온수나 바닥 난방에 이용함으로써 에너지를 저감하고 있음.
- 연간 원유를 기준으로 에너지 투입을 44KL 줄일 수 있으며, CO₂ 배출량은 연간 120 CO₂ 톤을 저감할 수 있음.

● 온실가스 감축효과

구 분	기존시스템(A)	신 시스템(B)	비용절약(A-B)
유지비	3,400,000	0	3,400,000
중유요금	3,400,000	0	3,400,000
전기요금	0	0	0
기본건설비	0	20,800,000	-
투자회수기간	6.1년	6.1년(4.1년)	-

주: 기본건설비의 1/3을 보조금으로 지급할 경우 투자회수기간은 4.1년으로 단축가능.

<완화 프로그램 사례2> 열펌프 도입 열원기기의 갱신 시스템 활용



• 설비개요

- 시설용도 : 축사 내 세정용 온수 공급
- 에너지 회수 시스템 : 열 펌프
- 열교환기 : 플레이트 세트 1대
- 탱크 : Cushion 탱크 1대, 저장 탱크 2대

• 열 펌프 도입을 통한 열원기기의 갱신 시스템의 활용

- 물로 우유를 식혀서 Bulk Cooler에 보관하던 기존 시스템에서 착유에서 열 교환기로 열을 제거하여 우유의 냉각과 착유기계의 세정 등 온수를 만드는 열 펌프 시스템으로 변화하였음.
- 우유를 냉각하는 것으로 착유를 보관하는 냉장고 기능을 하는 Bulk Cooler의 경비부담을 줄이고, 기존의 냉각수와 등유 사용을 크게 줄였음.
- 연간 가구당 4.1KL의 원유를 절약할 수 있으며, CO₂ 배출량은 연간 7.6 CO₂ 톤을 저감할 수 있음. 50가구를 기준으로 하면 원유 205KL의 원유를 절약과 CO₂ 배출량 380 CO₂ 톤을 저감하는 효과를 달성할 수 있음.

• 온실가스 감축효과

구 분	기존시스템(A)	신 시스템(B)	비용절약(A-B)
유지비	864,000	265,000	-5,990,000
수도요금	421,000	0	-421,000
등유요금	443,000	0	-443,000
전기요금	0	265,000	265,000
기본건설비	0	4,000,000	
투자회수기간	6.7년	6.7년(4.5년)	

주: 기본건설비의 1/3을 보조금으로 지급할 경우 투자회수기간은 4.5년으로 단축가능.

<완화 프로그램 사례3> 일본의 장미농장의 배출권거래제 활용

● 사업 추진배경

- 일본 오이타현(大分縣)의 유한회사 메루헨로즈(2009년 기준 직원 14명, 자본금 2,200만엔)는 장미 생산기업으로 일본에서 배출권거래제 활용 성공사례로 제시되고 있음.
- 이 회사는 연료가격 상승에 따른 비용부담을 해소하고, 환경친화적 장미재배를 통해 CO₂ 배출량저감 운동에 동참하기 위해 온실난방용 중유 보일러를 열펌프(heat pump)로 대체함.
- 이 과정에서 열펌프의 제안이나 제조업에 대한 소개는 동경 소재 쇼코통상(昭光通商) 주식회사(2009년 기준 직원 430명, 자본금 80억 2,179만 엔)로서 현재 국내크레딧 인증사업의 공동실시자로 참여하고 있음. 쇼코통상은 국내크레딧 인증사업의 공동참여를 통해 2009년에 176톤의 CO₂ 배출권을 취득하였는데, 이것이 농업 분야에서 CO₂ 배출감축 실적에 대해 처음으로 인증된 것임.

● 사업 성과

- 2008년 국내크레딧 인증을 신청한 이후 현재 열펌프의 도입으로 도입 2차년인 2009년에는 도입 이전인 2002년도에 비해 연간 약 60%의 CO₂ 배출량을 감축함.
- 사업 1차년인 2008. 12. 3~2009. 3. 31 기간에 176 CO₂ 톤, 2차년인 2009. 4. 1~2010. 2. 28 기간에는 559 CO₂ 톤을 감축한 것으로 조사됨.

● 메루헨로즈사의 배출량 저감 계획

구 분	기준배출량 (CO ₂ 톤/년)	사업실시후배출량 (CO ₂ 톤/년)	배출량감축 (CO ₂ 톤/년)
2008 ¹⁾	332	137	195
2009	986	409	577
2010	986	409	577
2011	986	409	577
2012	986	409	577
계	4,276	1,773	2,503

주 1) 2008년은 가동일수 123일 기준임.

자료 : 일본농림수산성(2011).

● 국내크레딧 인증기간 및 감축 계획

- 인증기간: 2008.12.3~2013.3.31
- 배출량감축계획: 577 CO₂ 톤/년

● 사업자 및 사업소

- 배출감축사업자: 유한회사 메루헨로즈
- 배출감축 공동실시자: 쇼코통상주식회사



<완화 프로그램 사례4> 멜론농장의 배출권거래제 활용

• 사업 추진배경

- 시즈오카(静岡)현 후쿠로이(袋井)시 온실 멜론 생산자 5명(크라운 멜론: 조합원 총수 약 300명)이 2008년에 목재 펠릿 보일러를 도입, 저탄소형 농업에 착수함.
- 맛있는 멜론을 재배하기 위해서는 동절기 가온 온도 22~25℃가 필요함. 이를 위해 연간 A종유 사용량은 생산자 1호(戸)당 약 60~80㎏정도가 되어 에너지 전환으로의 신속한 대책이 필요한 상황임.
- 2008년 CO₂ 감축사업이 필요하다고 느끼는 온실 멜론 생산자 5명이 목재 펠릿 보일러를 도입하고 연료를 카본 뉴트럴(이산화탄소 배출량 제로) 목재 펠릿으로 전환하여 화석연료에 의존하지 않는 멜론재배 농장을 경영함.
- 목재 펠릿 연료를 활용한 이산화탄소 감축을 실현하기 위해 시즈오카 산림에너지연구소, 지역상공회의소, (주)마루분 제작소와 원주 목질연료이용조합 등이 출자자로 참여함. 유한 책임 사업조합 덴류 목질바이오사업조합(2008년 7월 설립)은 목질계 바이오매스 자원을 활용한 사업화와 시장화를 위한 컨설턴트 사업을 추진하고 있음.
- 일본정부는 시설원에 에너지절감 기술인급도입 추진사업을 추진하여 온실가스 배출량 감축에 기여하는 목질계 바이오매스활용 설비와 히트펌프 등에 대해 설비비의 1/2 이내의 보조금을 지급함.

• 사업 성과

- 원주(遠州) 목질 연료 이용 조합의 연간 펠릿 사용량은 약 665t이며, 국내 크레딧 제도에 의해 SONY와 계약을 체결하여 연간 1,382 CO₂ 톤을 거래함.
- 생산된 멜론은 '에코 멜론'으로 환경친화적인 멜론으로 시장에서 주목을 받고 있음.

• 국내크레딧 인증기간 및 감축계획

- 인증기간: 2008.12.3~2013.3.31
- 배출량감축계획: 1,382 CO₂ 톤/년

• 사업자 및 사업소

- 배출감축사업자: 크라운멜론조합
- 배출감축 공동실시자: 원주목질이용조합



참고문헌

- 김창길 외 4인. 2011. 「기후변화 대응을 위한 농림수산물산업 전략수립 연구」. C2011-32. 한국농촌경제연구원.
- 日本農林水産省. 2008. 地球温暖化・森林吸収源対策推進本部. 第5回 議事次第及び配布資料. www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/s_ondanka/honbu/honbu04.html.
- 日本農林水産省. 2011. 地球温暖化対策. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/index.html>.
- 藤川清史, 山岸尚之. 2011. 日本の排出量取引制度の現況と課題. 農業部門綠色成長資料集. 韓國農村經濟研究院.