KOREAN J ORGANIC AGRI 455
Volume 23, Number 3: 455-467, September 2015 ISSN 1229-3571 (Print)
http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2015.23.3.455 ISSN 2287-819X (Online)

논 물관리 방식에 따른 온실가스 감축기술의 지역별 경제성 분석*

이상호** · 박우균***

The Analysis of Regional Economic Feasibility of GHGs Reduction Technology in the Paddy Rice

Lee, Sang-Ho · Park, Woo-Kyun

This study analyzed the regional economic feasibility of greenhouse gases (GHGs) reduction technology in paddy rice. Firstly, the impact of GHGs reduction technology on productivity, emission reduction, and costs is different from region to region. Secondly, the water irrigation system contributes to productivity, GHGs reduction, and water reduction, but the profit of paddy rice will decrease because of increase in fixed costs and variable costs. Thirdly, the economic feasibility shows that water-savings plot has a 1.41 in a benefit-cost ratio.

Key words : *water irrigation system, greenhouse gases (GHGs) reduction, economic feasibility*

Ⅰ. 서 론

인간 활동으로 인한 온실가스 배출의 증가는 기후변화 및 지구온난화를 야기하는 주된 원인이며, 이에 온실가스 저감을 위한 범지구 차원의 노력이 이루어지고 있다. 우리나라도 신기후변화체제에 대응하기 위해 자발적 온실가스 감축목표(2030년 BAU 대비 37%)를 수립하였다.

* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 농경지 온실가스 감축 기술의 비용-편익 분석 방법 개발, 세부과제번호 : PJ009985002)의 지원에 의해 이루어진 것임.
** 주저자, 영남대학교 식품자원경제학과 부교수
*** Corresponding author, 국립농업과학원 기후변화생태과(sunrise7000@korea.kr)

농업부문의 온실가스 배출량은 지구 전체 온실가스 배출량의 10~14%를 차지하며, 농업부문에서 배출되는 메탄 배출량이 전체 메탄 발생량 중 40%로 농업이 가장 큰 배출원으로 평가되고 있다(RDA, 2010). 농경지에서의 온실가스 배출은 IPCC Guidelines (1997)의 분류체계에 의해 크게 벼 재배에 의한 메탄 배출[1], 농경지의 아산화질소 배출, 작물잔사 소각에 의한 온실가스 배출로 분류된다.

농업부문의 온실가스 배출은 논벼의 물관리 방식, 화학비료 시비량, 사육두수 등에 따라 달라진다. 특히 농업은 지역별로 토양, 물관리방식, 화학비료 시비량 등이 상이하기 때문에 이로 인해 온실가스 배출행태도 달라지게 된다. 따라서 동일한 온실가스 감축기술을 농가에 보급하더라도 지역에 따라 편익과 비용이 상이하고 이로 인해 경제성도 상이할 수 있다. 이 논문에서는 우리나라의 주요 작물인 논벼를 대상으로 온실가스 감축기술 도입에 따른 경제성을 비교 분석하고자 한다.

주요 선행연구를 살펴보면 National academy of agricultural science (2009)은 농경지 온실가스 배출 특성을 규명하고, 온실가스 발생 감축을 위한 벼 재배기술을 제시하였다. Kim 등(2006)은 IPCC 온실가스 배출량 추정방식(Tier 1)을 적용하여 메탄과 아산화질소 배출량과 비료와 에너지 투입에 따른 이산화탄소 배출량을 추정하였다. Kim 등(2014)은 논벼 물관리 방식에 따른 생산성, 온실가스 감축 잠재량, 농업용수 절감 등의 효과를 제시하였다. 그러나 기존 선행연구들은 농업부문의 온실가스 배출량을 추정하고, 이를 감축할 수 있는 기술의 잠재량을 도출하였다. 이 논문은 농업부문 온실가스 감축기술의 경제적 타당성을 분석하고, 지역별 차이를 규명한다는 측면에서 기존 선행연구와는 차별성을 갖는다.

논벼 생산에 있어 지역별로 생산성과 생산비용의 차이가 존재하고 있기 때문에 동일한 논벼 물관리 기술을 도입하더라도 지역별 비용과 편익에 차이가 존재한다. 이 논문에서는 논 물관리 방식에 따른 온실가스 감축기술의 지역별 경제성을 분석하고, 분산분석의 사후검정을 통해 온실가스 감축기술의 경제성에 지역별 차이가 있는가를 검정하고자 한다.

Ⅱ. 농업부문 온실가스 배출현황

농업부문 온실가스 배출은 화석에너지 이용에 따른 이산화탄소, 농경지에서 발생하는 아산화질소와 메탄, 축산의 가축분뇨와 장내발효에서 발생하는 메탄으로 구분된다.

아산화질소(N_2O)의 발생과정은 직접배출과 간접배출로 나누어지는데, 직접배출은 화학

1) 벼 재배 논에서의 연간 메탄 배출량 산정은 배출계수(일일배출량)에 재배기간과 수확면적을 곱해서 계산하며, 배출계수는 유기물을 시용하지 않은 상시담수 조건에서의 일일 메탄 배출량에 물관리(작기 중, 작기 전) 보정계수, 유기물 시용 보정계수(시용량 및 종류), 토성과 품종 등의 보정계수 곱으로 계산된다(IPCC Guidelines, 2006).

비료나 유기비료에 의해 발생되는 질소, 질소고정작물 재배에 의해 생물학적으로 토양에 공급되는 질소, 작물 잔류물을 퇴비로 농경지에 사용할 때 공급되는 질소, 유기질 토양 경작에 의해 공급되는 질소에 의해 이루어진다. 또한 간접배출은 농경지에서 유입된 질소가 암모니아나 산화질소의 형태로 대기 중으로 휘산되어 다른 지역으로 이동·침적되는 대기 침적과 수계로 유출된 질소가 다른 지역으로 이동하여 아산화질소를 배출하는 두 가지 경우로 구분된다.

농경지에서 메탄(CH_4) 배출은 토양조건이 혐기적인 상태에서 발생되므로 우리나라에서는 담수상태로 재배되는 논토양이 주 배출원이다. 논토양은 담수상태로 대기로부터 산소공급이 원활하지 않기 때문에 토양 내 유기물은 혐기적 분해과정을 거치면서 밭 토양에서 발생되지 않는 미량기체들인 메탄 등이 발생하게 된다(Kim et al., 2014).

온실가스 배출전망치를 살펴보면 우리나라는 전체는 2014년 694.5백만톤 CO_2e에서 2020년에는 776.1백만톤 CO_2e로 증가하지만, 농림어업 부문은 동일 기간 30.2백만톤 CO_2e에서 28.5백만톤 CO_2e으로 감소하고 있다. 이는 장기적으로 농림어업부문의 생산활동의 감소하기 때문에 온실가스 배출량도 줄어들 것으로 전망되고 있는 것이다.

Table 1. The emission and emission reductions of GHGs in agriculture, forestry and fishery sectors

Division		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Emission (million ton CO_2e)	Agriculture, forestry and fishery	30.2	29.9	29.6	29.3	29.1	28.8	28.5
	total	694.5	709	720.8	733.4	747.1	761.4	776.1
Target reduction rate (%)	Agriculture, forestry and fishery	0.1	1.7	2.9	3.4	4	4.6	5.2
	total	5.1	10	13.8	16.2	19.1	23.1	30
Target emission reduction (million ton CO_2e)	Agriculture, forestry and fishery	0.04	0.5	0.9	1	1.2	1.3	1.5
	Total	35.4	71.2	99.6	119.1	142.7	176.1	233.1

Source : Ministry of Environment (2014).

농림어업부문 감축수단은 크게 논벼 간단관개, 화학비료 절감, 가축분뇨 처리 등이 있다. 논벼의 간단관개 비율 목표치는 2020년 기준 90%이며, 이를 통해 142천톤 CO_2e의 온실가스 감축이 가능하다. 화학비료 시용량을 2020년 기준 ha당 188 kg으로 감축함으로써 94천톤CO_2e의 온실가스를 줄일 수 있다. 또한 에너지절감시설 지원면적을 2020년까지 10,050 ha로 확대함에 따라 온실가스 감축 잠재량은 470천톤CO_2e이 가능하다.

Table 2. The emission reductions of GHGs by indicators

(unit : %, thousand ton CO_2e)

Division	Indicators		2017		2020	
			Target	Reductions	Target	Reductions
Agriculture, forestry and fishery	Intermittently drainage rate (%)		88.1	72	90	142
	Quantity of chemical fertilizer (kg/ha)		203.9	49	188	93
	Livestock excretions	Energy recovery facility (number)	21	21	30	30
		Resource recovery facility (number)	150	243	180	293
	Quantity of bulky feed (thousand ton)		2,859	58	3,204	73
	New renewable energy facility area (ha)		1,500	249	2,375	383
	Energy saving facility area (ha)		7,753	320	10,050	470

Source : Ministry of Environment (2014).

우리나라의 벼 재배과정에서 발생하는 메탄(CH_4) 배출량은 1990년 이후 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 이는 논벼 재배면적의 감소가 가장 큰 요인으로 작용하고 있다. 온실가스 배출량은 1990년 12,084천 톤 CO_2-eq에서 2011년 6,813천 톤 CO_2-eq으로 40% 이상이 감소하였음을 알 수 있다(Table 3).

Table 3. The change of GHS emission by rice cultivation

(unit : thousand ton CO_2-eq)

	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
Emission	12,083	10,147	9,238	8,118	7,306	7,073	6,813

Source : Ministry of Environment (2014).

Ⅲ. 온실가스 감축의 지역별 경제성 분석

Table 4는 지역별로 쌀 조수입과 생산비, 순수익을 나타낸다. 10a당 조수입이 가장 높은 지역은 경북으로 1,048천원으로 전국 평균 989천원보다 6%정도 높다. 그 다음으로는 충남, 경기의 순으로 나타났고, 조수입이 가장 낮은 지역은 전남으로 조사되었다. 생산비는 충북이 711천원으로 가장 낮았고, 그 다음으로는 강원, 전남, 경기의 순으로 나타났다. 조수입에서 생산비를 제외한 쌀 순수익의 지역별 특징을 살펴보면 경북이 10a당 281천원으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 충북, 경기의 순이며 경남이 가장 낮게 나타났다.

Table 4. The regional profit of rice

(unit : Korea won/10a)

Division	Gross income	Cost of production	Profit
Gyeonggi-do	1,007,250.8	763,026.7	244,224.2
Gangwon-do	957,042.2	752,244.3	204,798.0
Chungcheongbuk-do	972,596.0	710,651.4	261,944.6
Chungcheongnam-do	1,012,183.0	813,082.9	199,100.0
Jeollabuk-do	996,026.9	802,736.8	193,290.1
Jeollanam-do	948,887.4	761,964.6	186,922.8
Gyeongsangbuk-do	1,048,253.5	767,684.2	280,569.3
Gyeongsangnam-do	951,621.5	785,313.9	166,307.6
South Korea	989,120.5	773,789.4	215,331.1

Source : Statistics Korea (2014)

논벼 물관리 방식에 따른 생산성, 온실가스 감축량, 용수사용량, 물관리장치 비용 등을 살펴보면 다음과 같다(Table 5).

Table 5. The benefit and cost by rice irrigation system[2)]

Division	Production quantity (ton/ha)	GHGs emission (CO_2 ton/ha)	Water quantity (ton/ha)	Water irrigation device (won/ha)	Cost of chemicals (won/ha)	Labor cost (won/ha)
Continuously flooding	4.39	4.66	5.49	0	0	0
Intermittently drainage	4.59	3.48	4.43	4,000,000	480,000	470,000
Continuously flooding +Water-saving	4.75	2.1	3.86	4,000,000	240,000	235,000
Water-saving	4.84	1.98	2.78	4,000,000	480,000	470,000

Source : Kim Gun-Yeob et al. (2014)

2) 논벼 물관리 방식은 크게 상시담수와 간단관개로 나누어지는데, 벼 생육기간 중 1회(이앙 후 30일부터 10일간) 낙수한 간단관개와 생육후기의 완전 물 떼기를 제외한 전 생육기간 동안 2~3 cm 담수깊이까지 논물을 채운다음 자연소모(토양 중 침수와 증발)로 토양 바닥이 실금이 보이면 물을 다시 2~3 cm 관개하는 논물얕게대기 관개, 논에 잡초발생을 줄이기 위해 이앙 후, 약 한 달까지는 상시담수 상태로 유지하다가 이후로는 논물얕게대기를 절충한 초기담수+논물얕게대기 등이 가능하다(Lee et al., 2015).

먼저 농업용수 절감측면에서는 상시담수 대비 논물얕게대기 관개 처리가 59.6% 그리고 초기담수+논물얕게대기가 27.9%의 논물 절수효과가 있는 것으로 조사되었다.[3] 둘째, 논 벼 생산성은 상시담수 처리에 비해 논물얕게대기 관개와 초기담수+논물얕게대기에서 각각 10.3%와 8.2%씩 증가하는 것으로 나타났다. 마지막으로 물 관리방식에 따른 온실가스 배출량은 논물얕게대기에서 1.98 CO_2톤/ha으로 가장 낮게 나타났고, 초기담수+논물얕게대기 처리도 2.1 CO_2톤/ha으로 논물얕게대기 관개 처리와 비슷하였다. 온실가스 감축 효과는 상시담수 처리에 비해 논물얕게대기 관개와 초기담수+논물얕게대기에서 각각 57.5%와 54.9%로 나타났다(Kim et al., 2014).

Table 6은 논벼 물관리 방식에 따른 지역별 농업순수익의 변화를 보여주고 있다. 논벼 물관리 기술 도입으로 온실가스 감축에 따른 환경편익과 농업용수 등의 편익을 증가시키지만, 자동물관리장치의 고정비용과 제초비용 및 노동비용 증가로 농업순수익이 상시담수에 비해 감소하는 것으로 분석되었다. 경북은 상시담수의 경우 10a당 순수익이 281천원인데, 간단관개를 도입하면 186천원, 초기담수와 논물얕게대기는 273천원, 논물얕게대기는 247천원으로 모두 감소하는 것으로 분석되었다.

Table 6. The change of rice profit by green house gases reduction

(unit : Korea won/10a)

Division	Continuously flooding	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving
Gyeonggi-do	244,224.2	147,609.6	233,261.3	206,650.1
Gangwon-do	204,798.0	105,896.0	189,717.8	162,077.3
Chungcheongbuk-do	261,944.6	163,751.2	248,139.9	220,818.3
Chungcheongnam-do	199,100.0	102,710.2	188,541.7	162,031.6
Jeollabuk-do	193,290.1	96,164.2	181,406.9	154,565.6
Jeollanam-do	186,922.8	87,649.3	171,173.9	143,366.2
Gyeongsangbuk-do	280,569.3	185,822.8	272,968.9	247,198.3
Gyeongsangnam-do	166,307.6	67,158.6	150,782.9	123,031.2
South Korea	215,331.1	117,890.5	202,881.4	175,898.5

Source : Calculations by the authors based on Kim Gun-Yeob et al. (2014).

3) 간단관개는 벼 생육기간 중 1회(이앙 후 30일부터 10일간) 낙수하는 방식이고, 논물얕게대기는 전 생육기간 동안 2~3 cm 담수깊이까지 논물을 채운 다음 자연소모(토양 중 침수와 증발) 이후 물을 다시 2~3 cm 관개하는 기술이다. 마지막으로 논에 잡초발생을 줄이기 위해 이앙 후, 약 한 달까지는 상시담수 상태로 유지하다가 이후로는 논물얕게대기를 절충한 초기담수+논물얕게대기 등이 가능하다.

논벼 물관리 기술에 따른 경제성을 분석하기 위하여 비용/편익 분석방법론을 적용하였다. 비용/편익 분석은 온실가스 감축기술 도입에 따라 예상되는 편익과 비용을 대응하여 투자수익을 계량적으로 측정함으로써 투자의사결정을 지원하는 체계적인 접근방법이다. 비용/편익 분석에 중요한 영향을 미치는 요인은 편익과 비용의 항목 및 계산방식, 할인율, 내구년수 등이 있다. 먼저 온실가스 감축기술 도입의 비용은 물관리 장치도입의 고정비용과 잡초증가에 따른 가변비용, 즉 노동투입시간의 변화와 농약비 증가로 설정하였다. 편익은 크게 생산성 증대, 온실가스 감축의 환경편익, 농업용수 절감 편익으로 계산하였다.

순현재가치법(NPV: net present value method)은 장래에 실현되는 편익과 비용을 투자액의 기회비용인 사회적 할인율(social dis-countrate)을 적용하여 현재가치(present value)로 나타내어 투자의 수익성을 측정하는 방법이다.

$$(1)\quad \sum_{t=1}^{n} \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \geq 0$$

여기서, Bn : n시점에서의 편익, Cn : n시점에서의 비용, i : 사회적 할인율

편익/비용 비율(benefit/cost ratio)은 사회적 할인율에 의해 편익과 비용의 현재가치를 계산하고 비용에 대한 편익의 비율을 계산한다.

$$(2)\quad \text{B/C ratio} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_n}{1(1+i)^n}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_n}{1(1+i)^n}}$$

온실가스 감축 기술 도입에 따른 편익과 비용의 계산 방식은 아래와 같다. 먼저 논벼 물관리 기술은 기존의 상시담수에 비해 생산성이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 논벼 물관리 기술은 상시담수에 비해 농업용수 사용량을 절감할 수 있기 때문에 경제적 편익도 증가한다. 이 논문에서는 기존 연구결과(Kwon et al., 2009)를 바탕으로 톤당 1,093원/m3을 적용하였다. 마지막으로 논벼 물 관리기술에 따른 온실가스 감축잠재량의 환경편익을 계산하기 위해서는 단위당 가격을 적용해야 한다. 이 논문에서는 현재 농업·농촌 자발적 온실가스 감축 시범사업은 논벼 온실가스 감축량에 대해 1만원/CO2톤으로 구입하고 있음을 반영하여 환경 편익을 계산하였다.

물관리 장치 도입에 따른 시설설치의 고정비용이 발생하고, 상시담수에 비해 간단관개와 논물얕게대기는 잡초 발생이 증가함에 따라 제초제 등 농약비 증가와 노동비용이 증가하

는 가변비용이 발생하게 된다. 잡초증가에 따른 논벼 제초시간 증가와 제초제 비용은 살포 횟수를 바탕으로 산정하였다. 제초시간은 2~3배, 제초제 투입량도 2~3배를 가정하여 농약비와 노동비용 증가를 산정하였다. 자동 물관리장치의 설치비용은 ha당 4,000천원이며, 내구년수는 13년이다. 연간 수리보수비는 8,000원으로 산정하였다. 편익과 비용의 현재가치화를 위해 사회적 할인율은 5.5%를 적용하였다.

Table 7. The benefit and cost by green house gases reduction

(unit : Korea won/10a)

	Benefit of productivity	Benefit of GHG reduction	Benefit of water-savings	Fixed cost	Variable costs
Intermittently drainage	48,966	1,180	116	48,800	94,999
Continuously flooding +Water-saving	88,138	2,560	178	48,800	47,500
Water-saving	110,173	2,680	296	48,800	94,999

논벼 온실가스 감축기술에 따른 지역별 경제성을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 편익은 생산성 증대와 환경편익이며, 비용은 자동물관리장치 도입에 따른 고정비용과 가변비용의 증가이다. 모든 지역에 있어 초기담수와 논물얕게대기의 경제성이 가장 높은 것으로 나타났지만, B/C ratio가 1보다 낮기 때문에 사업의 경제적 타당성이 없는 것으로 분석되었다. 즉 논벼 물관리 기술인 간단관개, 논물얕게대기, 상시담수와 논물얕게대기 모두 편익보다 비용이 높은 것으로 나타났다. 따라서 온실가스 감축 기술도입에 따른 비용을 감소시키는 정책이나 온실가스 감축의 환경편익을 확대할 수 있는 저탄소 인증제 도입과 제도 활성화 정책이 이루어져야 경제적 측면에서 농가의 기술수용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 온실가스 감축기술의 비용 감소를 위해서는 R&D 기술 개발이 중요하다.

Table 8. The economic feasibility by green house gases reduction

(unit : Korea won/10a)

Division	Net present value			B/C ratio		
	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving
Gyeonggi-do	-927,500	-105,243	-360,711	0.33	0.89	0.74
Gangwon-do	-949,459	-144,770	-410,119	0.31	0.84	0.70
Chungcheongbuk-do	-942,657	-132,525	-394,813	0.32	0.86	0.71
Chungcheongnam-do	-925,343	-101,361	-355,858	0.33	0.89	0.74

Division	Net present value			B/C ratio		
	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving
Jeollabuk-do	-932,409	-114,080	-371,756	0.32	0.88	0.73
Jeollanam-do	-953,026	-151,189	-418,143	0.31	0.84	0.70
Gyeongsangbuk-do	-909,567	-72,964	-320,362	0.34	0.92	0.77
Gyeongsangnam-do	-951,829	-149,037	-415,453	0.31	0.84	0.70
South Korea	-935,430	-119,516	-378,552	0.32	0.87	0.73

논벼 물관리 방식에 따른 정부 인증을 받기 위해서는 물관리 장치를 도입해야 하는데, 자동물관리장치 설치에 따른 고정비용의 80%를 정부가 보조할 경우 지역별 경제성을 분석한 결과는 Table 9와 같다.[4] 초기담수와 논물얕게대기는 모두 지역에서 순현재가치가 양(+)의 값을 갖기 때문에 경제적 타당성이 있는 것으로 분석되었다. 또한 논물얕게대기도 경기, 충남, 전북, 경북 지역에서는 양(+)의 값으로 나타났다. 초기담수와 논물얕게대기의 경우 B/C ratio가 경북이 1.55으로 가장 크게 분석되었으며, 그 다음으로는 충남, 경기의 순이다.

Table 9. The economic feasibility by green house gases reduction : 80% subsidy

(unit : Korea won/10a)

division	Net present value			B/C ratio		
	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving	Intermittently drainage	Continuously flooding +Water-saving	Water-saving
Gyeonggi-do	-552,716	269,541	14,073	0.45	1.49	1.01
Gangwon-do	-574,675	230,014	-35,335	0.43	1.42	0.96
Chungcheongbuk-do	-567,873	242,259	-20,029	0.44	1.44	0.98
Chungcheongnam-do	-550,559	273,423	18,926	0.45	1.50	1.02
Jeollabuk-do	-557,625	260,704	3,028	0.45	1.47	1.00
Jeollanam-do	-578,242	223,595	-43,359	0.43	1.41	0.96
Gyeongsangbuk-do	-534,783	301,820	54,422	0.47	1.55	1.05
Gyeongsangnam-do	-577,045	225,747	-40,669	0.43	1.41	0.96
South Korea	-560,646	255,268	-3,768	0.44	1.46	1.00

4) 정부는 신재생에너지 보급 확대를 위해 시설원예 지열난방 시스템에 80%의 보조금을 지원한 사례가 있다. 따라서 이 논문에서는 온실가스 감축을 위해 보급되는 자동물관리 장치에 대해서도 최대 80%의 보조금을 지원할 경우를 가정하여 경제성을 분석하였다.

Ⅳ. 지역별 경제성 분석 비교

분산분석의 사후검정(던칸 검정)을 통해 간단관개 도입에 따른 지역별 순현재가치의 차이를 비교하였다(Table 10). 5% 유의수준에서 지역별 순현재가치는 차이가 있는 것으로 분석되었다. 간단관개 도입시 순현재가치는 모두 음(-)의 값을 갖는 것으로 분석되었다. 지역별로 살펴보면 간단관개를 도입할 경우 1집단인 전남, 경남, 강원, 충북, 전북의 순현재가치가 가장 낮은 것으로 분석되었고, 3집단인 경기, 충남, 경북은 순현재가치가 1집단에 비해서는 큰 것으로 나타났다. 즉 집단 1과 집단 3은 성격이 상이한 지역임을 알 수 있는데, 논벼 물관리 방식인 간단관개에 따른 온실가스 감축이 지역별로 상이한 경제적 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

논벼 온실가스 감축을 위해 도입되는 자동물관리장치에 대해 정부가 80%의 보조금을 지불하더라도 경제성이 없는 것으로 나타났다. 간단관개시 지역별 순현재가치는 전남이 578천원의 손실이 발생하고, 그 다음으로는 경남, 강원의 순으로 나타났다. 던칸 검정에 의하면 온실가스 감축을 위한 간단관개 도입시 지역별로 순현재가치가 다르다는 것을 알 수 있다. 따라서 동일한 온실가스 감축기술을 도입하더라도 지역별로는 차별화된 정책을 도입할 필요가 있다. 즉 지역별 편익과 비용을 고려한 환경정책 보조금의 차별화도 하나의 방안이 될 수 있다.

Table 10. The analysis of economic feasibility of GHG reduction by Intermittently drainage irrigation

Division	Sub-group by significance level=0.05		
	1	2	3
Jeollanam-do	-578,242		
Gyeongsangnam-do	-577,045		
Gangwon-do	-574,675		
Chungcheongbuk-do	-567,873	-567,873	
Jeollabuk-do	-557,625	-557,625	
Gyeonggi-do		-552,716	-552,716
Chungcheongnam-do		-550,559	-550,559
Gyeongsangbuk-do			-534,783
Average	-571,092	-557,193	-546,019

Table 11은 초기담수와 논물얕게대기에 따른 순현재가치의 변화를 지역별로 비교하였다. 일원배치 분산분석결과 지역별 순현재가치는 유의수준 5%에서 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 지역별로 살펴보면 초기담수와 논물얕게대기를 병행할 경우 1집단인 전남, 경남, 강원, 충북, 전북의 순현재가치는 261천원 이하로 분석되었고, 3집단인 경기, 충남, 경북은 순현재가치가 270천원 이상으로 1집단에 비해서 큰 것으로 나타났다. 즉 집단 1과 집단 3은 초기담수와 논물얕게대기에 따른 순현재가치의 변화에 있어 상이한 지역임을 알 수 있다.

상시담수와 논물얕게대기를 병행할 경우의 지역별 순현재가치는 모두 정의 값을 갖는 것으로 나타났고, 최소 224천원(전남)에서 최대 302천원(경북)의 분포를 갖는다. 던칸 검정에 의하면 지역별로 순현재가치의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 분석된다. 이는 동일한 상시담수와 논물얕게대기의 온실가스 감축기술이라 하더라도 지역별로는 상이한 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 이는 지역별 논벼 생산성과 생산비용이 상이하기 때문이다.

Table 11. The analysis of economic feasibility of GHG reduction by continuously flooding +water-saving irrigation

Division	sub-group by significance level=0.05		
	1	2	3
Jeollanam-do	223,595		
Gyeongsangnam-do	225,747		
Gangwon-do	230,014		
Chungcheongbuk-do	242,259	242,259	
Jeollabuk-do	260,704	260,704	
Gyeonggi-do		269,541	269,541
Chungcheongnam-do		273,423	273,423
Gyeongsangbuk-do			301,820
Average	236,464	261,482	281,595

논물얕게대기에 따른 지역별 순현재가치의 비교를 위해 일원배치 분산분석을 이용하였다(Table 12). 일원배치 분산분석결과 5% 유의수준에서 순현재가치는 지역별로 차이가 있는 것으로 분석되었다. 지역별로 살펴보면 논물얕게대기의 경우 1집단인 전남, 경남, 강원, 충북, 전북의 순현재가치는 3,028원 이하로 분석되었고, 3집단인 경기, 충남, 경북은 순현재가치가 14,073천원 이상으로 1집단에 비해서 큰 것으로 나타났다. 즉 집단 1과 집단 3은 논물얕게대기에 따른 순현재가치의 변화에 있어 상이한 지역임을 알 수 있다.

Table 12. The analysis of economic feasibility of GHG reduction by water-saving irrigation

Division	sub-group by significance level=0.05		
	1	2	3
Jeollanam-do	-43,359		
Gyeongsangnam-do	-40,669		
Gangwon-do	-35,335		
Chungcheongbuk-do	-20,029	-20,029	
Jeollabuk-do	3,028	3,028	
Gyeonggi-do		14,073	14,073
Chungcheongnam-do		18,926	18,926
Gyeongsangbuk-do			54,422
Average	-27,273	4,000	29,140

Ⅴ. 요약 및 결론

우리나라는 신기후변화체제에 능동적으로 대체하기 위하여 2030년 기준 시나리오 대비 37%의 온실가스를 감축한다는 계획을 수립하였다. 이러한 온실가스 감축목표를 달성하기 위해서는 농업부문에서도 온실가스를 감축하여야 하는데, 이를 위해서는 화석연료 투입을 줄이거나 농업부문 온실가스 감축기술을 개발·활용해야 한다. 이 논문에서는 논벼의 물관리 방식에 따른 온실가스 감축의 비용과 편익을 바탕으로 지역별 경제성을 분석하고, 분산분석의 사후검정을 통해 지역별 차이를 분석하였다. 주요 분석결과를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 논벼 물관리 방식은 상시담수, 간단관개, 논물얕게대기, 초기담수+논물얕게대기 등이 있다. 이러한 물관리 방식의 변화는 편익과 비용에 영향을 미치게 된다. 편익은 생산성 증대, 온실가스 감축, 농업용수 절감이고, 비용은 고정비용과 가변비용으로 나누어진다. 물관리 장치 도입에 따른 고정비용이 발생하고, 잡초 발생이 증가함에 따라 제초제 등 농약비 증가와 노동비용이 증가하는 가변비용이 발생하게 된다.

둘째, 온실가스 감축을 위한 논벼 물관리 기술을 도입할 경우의 경제성을 분석한 결과 모두 지역에서 순현재가치는 음(-)의 값을, B/C ratio는 1보다 낮게 나타났다. 즉 논벼 물관리 기술은 온실가스를 감축하는 효과가 있지만, 경제적 측면에서는 타당성이 없는 것으로 분석되었다.

셋째, 정부가 온실가스 감축목표 달성을 위해 자동물관리 장치에 대해 보조금을 지불할 경우의 경제성을 분석하였다. 초기담수와 논물얕게대기는 모두 지역에서 순현재가치가 양

(+)의 값을 갖고, B/C ratio는 1보다 큰 것으로 나타났다. 즉 정부가 80%이상의 보조금을 지원할 경우 논벼 물관리 기술 중 초기담수와 논물얕게대기는 경제적 타당성이 있다는 것을 알 수 있다.

넷째, 온실가스 감축기술인 초기담수와 논물얕게대기에 따른 순현재가치의 변화를 지역별로 비교하였다. 일원배치 분산분석결과 지역별 순현재가치는 유의수준 5%에서 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 즉 경북, 충북, 경기가 다른 지역에 비해 순현재가치가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 따라서 논벼 물관리 방식의 도입에 따른 순현재가치는 지역별로 상이한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

[Submitted, August. 27, 2015 ; Revised, September. 10, 2015 ; Accepted, September. 20, 2015]

Reference

1. Kwon, O. S., T. H. Lee, and J. H. Heo. 2009. Valuation of Irrigation Water: A Chance-Constrained Programming Approach. J. of Korea Water Resources Association.
2. Kim, C. G., T. Y. Kim, and Y. K. Shin. 2006. Impacts of the UNFCCC on Agricultural Sector. KREI.
3. Kim, G. Y., J. S. Lee, and H. Ch. Jeong. 2014. Development of GHGs mitigation technology and their on-site assessment in paddy fields. RDA.
4. IPCC. 1997. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. J. T. houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
5. IPCC. 2001. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. In: Eggleston S, Buendia HS, Miwa L, Ngara K, Tanabe T, editors. The national greenhouse gas inventories programme. Hayama, Kanagawa, Japan.
6. Jeong, H. K., C. G. Kim, and D. H. Moon. 2014. An analysis of the Potential to Reduce Greenhouse Gas Emission in Agrifood Sector and Strategies to Achieve the Reduction Goal, KREI.
7. National academy of agricultural science. 2010. Assessment on Greenhouse Gas Emissions in Korea.
8. RDA. 2009. Rice cultivation technology for reducing greenhouse gas emissions.