

# 메탄과 아산화질소 배출저감을 위한 과세 효과분석

— 한국농업부문을 중심으로 —

이상엽\* · 김현구\*\*

〈차 례〉

- |            |                      |
|------------|----------------------|
| I. 서 론     | IV. 환경세의 온실가스 배출저감효과 |
| II. 연구 방법  | V. 결 론               |
| III. 분석 결과 |                      |

## I. 서 론

지구온난화의 주 요인은 여러 가지 산업활동에 의한 온실가스 배출이다. 한국의 경우, 1997년의 온실가스 배출량을 이산화탄소 양으로 환산한 경우의 산업부문별 각각의 기여도는 농축산부문 3%, 에너지부문 84%, 산업공정부문 9%,

\* 포스코경영연구소 환경경영연구센터 연구위원.

\*\* 국회 입법전자정보실 입법정보연구원.

폐기물 관리부문 9%이다. 우리 나라의 1997년 온실가스 배출량은 전세계 배출량의 약 1.8%를 차지하며 세계 배출량 순위 10위에 해당한다.

1997년 12월의 기후변화협약 제3차 당사국총회에서는 온실가스 배출감축을 위해 1990년 기준 약 2010년까지 선진국 평균 5.2%로 하는 것을 골자로 하는 교토의정서를 채택하였다(OECD, 1998). 한국의 경우, 일단은 감축의무 대상국에서 제외되었지만 선진국들의 압력으로 감축의무 시기가 앞당겨질 전망이다. 한편, EU를 중심으로 한 선진국은 2000년부터 1990년 배출수준으로 온실가스를 동결하겠다고 발표하고 이를 위해 에너지·탄소세 도입 등의 정책수단을 강구하고 있다.

농업부문에서의 온실가스 배출량이 과대평가되어 있고, 저감잠재력이 과소평가되어 있는 점을 주시하여 이를 면밀히 검토하는 것은 매우 중요한 과제이다. 농업의 미래가 환경과 불가분의 관계가 있다면, 기후변화협약에서 논의되는 배출감소 노력과 이에 따른 결과가 미래 농업의 중요한 지표가 될 것이다. 기준년도를 중심으로 메탄배출을 더 이상 늘려서는 안 될 조건이라면 경종부문에서의 메탄배출 문제는 없을 것이다. 왜냐하면 아무런 경제적 제약과 기술이 없더라도 논면적이 감소하고 있기 때문이다. 그러나 주식으로서의 쌀을 고려하여 자급자족을 위한 논면적의 일정 정도 확보를 전제로 메탄배출저감 문제를 파악한다면, 논면적 감소와 관계없이 메탄배출저감을 위한 다각적인 노력이 필요할 것이다.

본고는 기후변화협약의 온실가스 배출감축 의무의 대비 및 농업부문에서의 친환경적 생산방식의 경제적인 효율성을 유도하기 위한 연구논문이다. 이를 위해 우리 나라가 탄소세를 도입하고, 이에 근거하여 농업부문에 메탄(CH<sub>4</sub>)·아산화질소(N<sub>2</sub>O)세를 부과할 때 그 파급효과와 이것이 농업정책에 시사하는 바를 분석하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 탄소세

탄소세는 여러 가지 경제적 효율성을 제공함에도 불구하고, 시행상의 세심한 선행연구가 필요하다. 왜냐하면 에너지 가격의 변화는 중간재의 수급에 직접 영향을 미쳐 산업간 생산활동에 상호복합적으로 작용하기 때문이다. 이와 같은 이유 때문에 탄소세 적용 관련 선행연구의 대부분은 산업연관표를 이용한 분석 방법이 주류를 이루고 있다. 이와 아울러 기후변화협약 가입국으로서 온실가스 배출감축 의무를 이행해야 할 것으로 예상되는 상황에서 우리 나라는 현재까지 선진국에 비해 의무이행에 관련한 사전연구가 크게 미흡하여, 대부분의 접근 방법이 거시적 분석에 머물러 있는 것 또한 현실이다.

산업연관표를 이용한 분석으로 유상희(1994)와 강명현(1996)의 연구가 있는데, 탄소세로 인한 생산자 가격과 생산활동의 변화를 예측하였다. 위의 두 산업연관 분석에서는 1차 에너지원인 석탄, 원유, 천연가스 등의 사용에서 발생하는 탄소에 부과하는 세가 전체산업에 미치는 영향을 레온티에프 역행렬 모형을 기본으로 다룬 점이 공통점이라 하겠다. 유상희는 국내 산업의 가격과급효과를 통한 산업구조의 변화에서 더 나아가 국제가격경쟁력의 약화로 인한 무역효과를 분석하였고 탄소세의 도입이 특정 제조업과 서비스산업에 크게 영향을 미치는 것을 밝혔다.

이와는 달리 본 논문에서는 농업생산활동에서 자연적으로 발생하는 온실가스 배출에 대한 세를 부과할 때 발생하는 우리 농업 생산활동의 변화를 분석 및 예측하는데 있다. 현 기후변화협약 협상 과정에서 화석연료사용에서 발생하는 온실가스 문제뿐 아니라, 농업부문에서의 온실가스배출 및 산림부문의 흡수원(sink) 또한 논란이 되고 있음을 간과해서는 안 될 사항이기 때문이다. 온실가

스배출 감축문제는 기후변화협약에 대한 대응이라는 단기적 측면뿐 아니라, 지속성장 가능한 친환경산업 달성이라는 장기적이고 발전적인 관점에서 접근되어야 한다. 이를 위한 전략으로 현재를 기준으로 2000년대 초반, 중반에 이르는 배출감소량 및 그 파급효과 등에 관한 연구가 각 산업부문에서 선행되어야 한다.

본 연구에서는 온실가스 배출저감을 위한 정책대안 중에서 탄소세 부과 형식에 의한 농업부문의 파급효과를 분석하였다. 주로 EU를 중심으로 논의되는 탄소세는 집행이 비교적 용이하고, 정책시행의 국제간 비교가 가능하며, 아울러 세수입의 재이용을 통해 친환경 산업육성을 도모할 수 있는 장점이 있다(이상엽b, 1998). 즉, 기술개발을 촉진하여 경제적 유인이 지속적으로 기대되는 장점을 지니고 있다. 그러나 위와 같은 제도의 경제적 효율성에도 불구하고 그 파급효과는 다양하기 때문에 다각적인 검토가 필요하다(유상희, 1994).

농업부문의 온실가스배출 기여를 파악하기 위해서는 단지 수량적 배출량뿐 아니라, 각 온실가스(green house gases: GHGs)의 지구온난화지수(global warming potential: GWP)<sup>1)</sup>를 고려해야 한다.

① 메탄(CH<sub>4</sub>): 메탄은 이산화탄소에 비해 약 20~30배의 열을 흡수하기 때문에 온난화 기여율이 높은 것으로 알려져 있다. 한국의 총메탄 배출량 중 농업에 의한 양은 39.5%이며, 이 중 축산부문의 장내발효에서 32.5%, 분뇨분해에서 9.2%가 각각 발생된다(에너지경제연구원c, 1999).

② 아산화질소(N<sub>2</sub>O): 아산화질소의 배출원은 크게 자연적 요인과 인위적 요인으로 구분된다. 이 가운데 농업부문에서의 질소질 비료시비에 의한 배출량은 우리 나라 전체 양의 약 6%에 달한다. 한편 아산화질소는 총배출량의 50~92%가 실질적으로 지구온난화에 기여하며 GWP는 310으로 매우 높다(Werner & Jans, 1994).

---

1) 지구온난화지수(GWP)란 기준기체 CO<sub>2</sub> 대비 가스 한 단위 당 일정 적산기간 동안의 상대적 복사효과(relative radiative impact)를 정의하는 지수이다(Solow, 1991).

③ 이산화탄소(CO<sub>2</sub>): 여러 가지 온실가스 중 지구온난화의 주 요인으로 간주되는 이산화탄소 역시 농업부문에 의해 배출된다. 작물은 광합성 작용을 통해 대기로부터 이산화탄소를 흡수하는데, 이렇게 흡수된 이산화탄소는 수분과 더불어 태양에너지를 이용해 유기적 결합이 이루어지고, 이 결과 탄소가 함유된 바이오메스가 생성된다. 한편 미생물과 동식물이 호흡할 때 바이오메스는 분해되면서 탄소물질은 이산화탄소의 형태로 대기중으로 재배출 된다(Wintzer *et al.*, 1993).

EU에서 시행되고 있는 탄소세·에너지세는 석유환산 배럴 당 2000년에 US \$10 부과를 목표로 하고 있다. 이를 근거로 본 연구에서는 한국이 앞으로 원유 환산 배럴 당 각각 US \$5, \$10를 부과하는 것을 가정하였다. 농업부문에서 배출되는 주요 온실가스는 대부분 메탄과 아산화질소이며, 우리 나라에서 농업에 의한 이산화탄소 배출량은 관측되지 않았기 때문에(에너지경제연구원, 1998) 이산화탄소는 이 분석에서 고려되지 않았다. 따라서 온실가스 감축을 목표로 한 탄소세를 농업부문에 적용시키기 위해서 위의 탄소세율을 기준으로 메탄(CH<sub>4</sub>)·아산화질소(N<sub>2</sub>O)세를 도입, 적용하였다.

## 2. 메탄·아산화질소세

메탄과 아산화질소세의 부과는 외부비용의 내부화를 인정하는 오염자부담원칙(Polluter Pays Principle)에 근거한다. <표 1>에서 보듯이, 메탄과 아산화질소의 주 배출원은 축산부문과 벼농사이다. 메탄과 아산화질소에 대한 세율을 산정하기 위해 각 생산활동별 배출계수와 이산화탄소를 기준으로 한 지구온난화지수(GWP)를 이용하였다.

논벼에서 메탄은 일반적으로 담수기간이 길수록, 생육기간의 평균기온이 높을수록 배출량이 증가하는 것으로 알려져 있다(에너지경제연구원a, 1995). 본 연구에서 논벼의 지대별 메탄계수는 경지면적, 간단관개, 생육기간, 생육기간 중

(표 1) 메탄(CH<sub>4</sub>) · 아산화질소(N<sub>2</sub>O)세출(1995년 기준)

메탄(CH <sub>4</sub> )	배출량(원/두, ha) (a)	GWP (b)	탄소세(원/톤 CO <sub>2</sub> ) (c)	대합세(원/두, ha) (d = a · b · c)
한우우	0.0450	21	51775 / 103549	48927 / 97854
젖 소	0.0630	21	51775 / 103549	68498 / 136996
돼 지	0.0025	21	51775 / 103549	2718 / 5436
닭(100두)	0.0012	21	51775 / 103549	1305 / 5436
논벼(평야)	0.3168	21	51775 / 103549	344446 / 688890
논벼(산간)	0.2808	21	51775 / 103549	305305 / 610608
논벼(준산간)	0.3360	21	51775 / 103549	365322 / 730642
논벼(도시근교)	0.3528	21	51775 / 103549	383588 / 767174
아산화질소(N <sub>2</sub> O)	배출량(톤/두, ha) (a)	GWP (b)	탄소세(원/톤 CO <sub>2</sub> ) (c)	아산화질소세(원/두, ha) (d = a · b · c)
논벼(평야)	0.00086	310	51775 / 103549	13803 / 27606
논벼(산간)	0.00085	310	51775 / 103549	13643 / 27285
논벼(준산간)	0.00083	310	51775 / 103549	13322 / 26643
논벼(도시근교)	0.00070	310	51775 / 103549	11235 / 22470

주 : \* 총배출량과 지구온난화지수의 자료는 「기후변화협약에의 대내적 대응방향」(에너지경제연구원, 1998)에서 각각 발췌하였음.

^ 배출계수를 고려하여 계산한 것으로 배출계수의 자료는 「기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구 2차년도 최종보고서 下」(에너지경제연구원a, b, 1995)를 참조하여 추정하였음.

\*\* 탄소톤 당 탄소세율은 원유환산 배럴 당 US \$5, \$10 부과시 환율 1,100원을 가정하여 계산하였음(유상희, 1994; 강명현, 1996).

평균온도를 고려하였다. 예를 들어, 논벼의 평야, 산간, 준산간, 도시근교의 평균온도가 각각 22℃, 20℃, 23℃, 21℃일 때 간단관개와 생육기간 120일을 기준으로 하여 위의 배출계수를 산정하였다. 산출 결과에 의하면 도시근교의 논벼에서 배출계수가 가장 크고, 산간지역에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

가축의 메탄배출계수는 기본적으로 기후조건, 사료급여체계와 축사 및 분뇨처

리시설 등에 의해 결정된다. 본 연구에서는 가축사육두수, 장내발효와 분뇨분해를 이용한 에너지경제연구원의 자료를 이용하여 메탄배출계수를 추정하였다. 축종별로 장내발효와 분뇨분해에 의한 메탄배출 기여도는 차이가 있는데, 돼지와 닭은 분뇨분해에 의한 배출량이 약 100%에 이르고, 한우와 젖소의 경우에는 약 95%, 89%가 각각 이에 해당된다(에너지경제연구원b, 1995). 이를 모두 고려하여 <표 1>의 각 축종별 메탄배출계수가 산정되었다. 젖소의 메탄배출계수가 큰 것은 무엇보다 분뇨분해 배출계수가 큰 것에 기인하며, 돼지의 경우 한우와 젖소에 비해 배출계수는 낮지만 사육두수가 월등히 많기 때문에 총메탄배출에 상당부분 기여하고 있다.

한편 아산화질소의 배출은 토양조건에 의해 결정되는데, 무엇보다 질소질 비료의 사용은 배출량을 결정짓는 요인이다. 따라서 총배출량, 경지면적, 비료소비량을 근거로 배출계수를 산정하였다. 또한 메탄과 아산화질소의 지구온난화지수(GWP)는 이산화탄소에 비해 각각 21배, 310배 지구온난화에 기여함을 전제하였다. 원유환산 배럴 당 각각 5달러, 10달러 부과시 탄소톤 당 탄소세율을 구하기 위해, 환율 1,100원을 전제로 TOE<sup>2)</sup> 당 에너지세와 원유의 이산화탄소 배출계수(탄소톤/TOE)를 이용하였다.

### 3. 분석모형

본 연구에서는 메탄·아산화질소세가 농업부문에 미치는 파급효과를 분석하기 위해 농업부문 생산활동간의 상호관계가 반영되는 농업부문 부분균형모형(partial equilibrium model)인 최적화 모형(optimization programming model)을 이용하였다. 이는 생산요소제약하에서 사회후생을 극대화하는 모형이다.

목적함수는 생산자 및 소비자 잉여의 합을 최대화하는 것이며, 완전경쟁시장을 전제로 수요곡선 아래 영역에서 비용부분을 제함으로써 산출된다. 본 연구에

---

2) TOE(Ton of Oil Equivalent)는 원유 1톤이 가지는 열량( $= 10^7$ kcal)이다.

서는 가격 종속적 역수요함수(price dependent reverse demand function) 형태인  $P_c = m - nQ_c$ 을 이용하였으며, 수요함수의 파라미터는 모형내에서 다음과 같이 유도된다.

$$P = m - nQ \text{ (역수요함수)}$$

$$\frac{Q}{P} \frac{\Delta P}{\Delta Q} = -n \frac{Q}{P}$$

$$\frac{1}{\epsilon} = -n \frac{Q}{P}$$

$$n = \frac{P}{Q} \frac{1}{\epsilon}$$

$$m = P + nQ$$

$P$  &  $Q$  : 생산물 가격 및 수요

$m$  &  $n$  : 수요곡선의 파라미터

$\epsilon$ <sup>3)</sup> : 수요의 가격탄력성

또한 생산자 및 소비자 잉여의 합을 구하기 위해 수요곡선 하반부 영역을 균형수급량으로 적분하였다.

$$\int_0^{Q_0} (m - nQ) \Delta Q = mQ_0 - 0.5nQ_0^2$$

또한 비선형 비용함수(non-linear cost function)를 가정하고 이로부터 잠재 가격(shadow prices)을 다음과 같이 도출하였다.<sup>4)</sup>

$$C = \alpha X + 0.5\beta X^2$$

$$\frac{\Delta C}{\Delta X} = \alpha + \beta X (= S)$$

3) 탄력성의 값들은 "농업부문 총량지표 중장기 전망", 농촌경제연구원(1994)을 이용하였다.

4) 모형에 관한 보다 상세한 이론적 설명은 이상엽<sup>a</sup>(1998)를 참조하십시오.



만약  $\alpha = 0$ 일 때,  $\beta = \frac{S}{X}$

- $C$  = 비용
- $X$  = 생산수준
- $S$  = 잠재가격
- $\alpha, \beta$  = 파라미터

따라서 본고에서 고려되는 주어진 제약조건하에서 사회후생을 극대화하는 최적화 모형의 목적함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \max Z = & \sum_c (m_c Q_c + 0.5n_c Q_c^2) \\ & - \sum_c (\alpha_c X_c + 0.5\beta_c X_c^2) \\ & - \sum_a (E_{\text{avg}, a} TAX_a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & \sum_a (r_{b,a} X_a) \leq R_{b,q} \quad (\text{토지제약}) \\ & \sum_a r_{w,a} X_a \leq F_w \quad (\text{생산요소제약}) \\ & \sum_a (r_{c,a} X_a) \leq Q_c \quad (\text{수급균형제약}) \end{aligned}$$

- $Z$  = 목적함수 (소비자잉여 + 생산자잉여)
- $m, n$  = 수요함수의 절댓값 및 기울기
- $Q$  = 균형수급량
- $F$  = 생산요소량(토지, 노동, 비료, 농약, 사료)
- $w$  = 생산요소가격
- $\alpha, \beta$  = 비선형함수의 파라미터
- $X$  = 생산활동수준
- $E$  = 온실가스 배출량
- $TAX$  = 메탄·아산화질소세
- $R$  = 자원

- $c$  = 생산물
- $vc$  = 가변생산요소
- $a$  = 생산활동
- $b$  = 토지
- $gwg$  = 온실가스(메탄, 아산화질소)
- $t$  = \$5, \$10 / 톤 CO<sub>2</sub>
- $r$  = 생산활동 단위 당 자원요구량
- $q$  = 자원량

이 모형에서는 농업부문에서의 메탄과 아산화질소의 주 배출원인 벼생산활동과 주요 축산활동이 각 지대별로 고려되었다. 이 때 각 생산활동은 주어진 생산구조내에서 토지와 같은 희소자원(scarce resource)의 이용을 위해 경쟁적으로 이루어진다. 위와 같은 가정에서 각 생산활동별 메탄·아산화질소세 부과는 생산비의 증가로 나타난다.<sup>5)</sup> 조세부과에 따른 결과는 1995년 기준 기본모형의 해와 비교평가되어 경지별 이용형태(생산활동 변화효과), 소득 및 가격 효과, 온실가스 감축 효과 등이 파악된다.

한편, 기본모형에서 추정된 수요함수의 결과는 <표 2>에서 보듯이 쌀, 우유 보다는 쇠고기, 닭고기, 돼지고기에서 대단히 가격신축적으로 나타났다. 또한 기본모형을 통해 모의분석의 가능성 여부를 판단하는데 지표가 되는 외생가격(statistical prices)과 모형내에서 산출된 균형가격의 결과는 <표 3>에 나타나 있다. 여기서 외생가격(statistical price)이라 함은 base case에서 이용된 주어진 통계가격(equilibrium price)이며 이 자료를 바탕으로 본 모형에서 실질적으로 계산해 본 결과의 가격은 균형가격(equilibrium price)이다. 이 두 가격을 비

5) 본 분석에서는 경지면적 감소가 온실가스 배출량을 저감시켜, 이와 비례하여 환경이 보전된다는 대단히 제한적인 가설을 전제하였다. 그러나 논은 대기정화, 수자원 함양, 홍수방지 등의 환경보전 기능이 있기 때문에 경지면적의 감소는 한편으로 이러한 공익적 기능의 상실이라는 측면을 간과해서는 안 된다. 이런 관점에서 경지면적 감소에 따른 과세효과를 보다 정확히 분석하기 위해서는 상대적으로 낮은 과세율을 책정하든지, 혹은 경지보전에 대한 환경보전 비용을 지불한다는 가정을 도입하는 것이 바람직할 것이다.

〈표 2〉 수요함수의 추정 결과

	절대항( $m$ )	기울기( $n$ )
쌀	5436571.429	-0.695
쇠고기	12895170.00	-3.393
돼지고기	3795857.143	-1.562
닭고기	2902484.848	-2.855
우 유	1267258.065	-0.408

〈표 3〉 외생가격과 균형가격의 비교

	외생가격	균형가격	편 차
쌀	1608000.000	1608000.000	2.380957E-8
쇠고기	6316000.000	6316000.000	2.94909E-14
돼지고기	1563000.000	1563000.000	0
닭고기	1154000.000	1154000.000	2.01760E-14
우 유	485000.0000	485000.0000	0

교함으로써 기타결정되는 내생변수들의 값이 현실적으로 주어진 자료를 잘 반영하고 있는지를 가늠할 수 있으며, 분석도중에 발생하는 문제점들을 역추적할 수 있다.

#### 4. 시나리오 설정

최적화 모형 사용의 의의는 다양한 농업정책의 효과를 파악할 수 있다는 것이다(Bauer, 1990). <표 4>에는 모의분석(simulation analysis)을 위한 여러 가지 시나리오가 설정되어 있다. 온실가스 배출감축을 위한 정책대안은 기후변화 협약에서 논의되는 2010년, 2020년 상황에 근거해야 한다. 따라서 환경세의 효

〈표 4〉 정책모의분석(1995년 기준)

시나리오 1	(1-1) CH <sub>4</sub> · N <sub>2</sub> O세(US \$5/t CO <sub>2</sub> ) (1-2) CH <sub>4</sub> · N <sub>2</sub> O세(US \$5/t CO <sub>2</sub> ) + 인구증가(12%) 소득증가(21.6%) 경지면적(-5%)
시나리오 2	(2-1) CH <sub>4</sub> · N <sub>2</sub> O세(US \$10/t CO <sub>2</sub> ) (2-2) CH <sub>4</sub> · N <sub>2</sub> O세(US \$10/t CO <sub>2</sub> ) + 인구증가(12%) 소득증가(21.6%) 경지면적(-5%)
시나리오 3	인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

과를 보다 현실적으로 파악하기 위해 농업부문 수급에 영향을 미치는 예측 가능한 경제적 상황을 동시에 고려하였다. 이러한 변수들로는 인구증가, 소득증가, 농산물 개방, 기술개발 등이 있을 것이다. 본 연구에서는 그 중에서 특히 추세가 뚜렷한 인구증가, 소득증가,<sup>6)</sup> 경지면적의 감소만을 고려하였다. 이와 같은 경제변수에 대한 2010년 예측치는 통계청과 한국개발연구원의 자료를 참조하였다. 한편 인구증가와 소득증가 분석을 위한 시나리오는 각각 수요곡선 기울기 감소와 절편의 상승을 통해 농산물 수요가 증가하는 것으로 간주하였다. 인구 및 소득 효과는 무엇보다 농산물 수요에 1차적으로 영향을 미칠 것이다. 인구증가와 소득증가가 수요에 미치는 효과를 파악하기 위해서는 무엇보다 수요를 가격, 소득, 인구 및 기타변수들의 함수로 추정된 결과를 사용해야 한다. 그러나 본 논문에서는 여기에서 고려되는 수요함수를 전제로 인구 및 소득이 수요함수의 기울기와 절편의 변화를 통해 영향을 미칠 것이라는 전제로 분석하였다.

6) 현재와 같이 대내외적으로 불확실성이 높은 상황에서는 전망의 유의성이 크지 않으나, 1998년 기준 1999년에 대한 한국개발연구원의 경제전망 +1.8%를 전제로 2010년까지의 성장률을 산정하였다.

### Ⅲ. 분석 결과

#### 1. 생산활동의 변화

<표 5>는 과세에 따른 생산활동 변화의 결과이다. 이산화탄소 기준 톤 당 5\$, 10\$을 메탄·아산화질소 발생량에 대해 부과한 결과, 모든 생산활동은 감소하였으며, 10\$ 부과시 그 감소량은 더욱 크게 나타났다. 특히 도시근교의 벼 생산활동은 그 감소폭이 큰데, 이는 메탄배출계수가 상대적으로 높은 결과, 과세로 인한 생산비 증가효과가 기타 생산활동에 비해 크기 때문이다. 한편 돼지의 경우는 메탄배출계수가 크지는 않지만, 사육두수가 월등히 많기 때문에 생산활동 위축의 결과가 크게 초래되었다.

예측되는 경제상황을 동시에 고려한 결과 역시, 생산활동은 무과세인 경우(시나리오 3)보다 대부분의 경우 감소되었으며, 이는 환경세의 효과이다(<표 6>

<표 5> 생산활동의 변화(메탄·아산화질소세)

생산활동	기준(100%)	시나리오 1-1	시나리오 2-1
논벼(평야)	100	98.671	97.341
논벼(산간)	100	98.277	96.555
논벼(준산간)	100	98.383	96.765
논벼(도시근교)	100	97.765	95.530
한옥우	100	98.880	97.760
젖 소	100	99.595	99.178
돼 지	100	97.870	95.740
닭	100	99.838	99.676

주 : 시나리오 1-1 : CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$5/t CO<sub>2</sub>)

시나리오 2-1 : CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$10/t CO<sub>2</sub>)

〈표 6〉 생산활동의 변화(메탄·아산화질소세 + 경제상황)

생산활동	기준(1985)	시나리오 1-2	시나리오 2-2	시나리오 3
논벼(평야)	100	97.473	97.596	97.585
논벼(산간)	100	73.844	74.691	72.884
논벼(준산간)	100	96.960	96.784	97.364
논벼(도시근교)	100	88.816	88.378	89.368
한육우	100	142.198	140.977	144.499
젖 소	100	140.759	140.309	142.216
돼 지	100	139.216	136.873	142.566
닭	100	139.306	139.129	140.444

주 : 시나리오 1-2 : CH<sub>4</sub>·N<sub>2</sub>O세(US \$5/t CO<sub>2</sub>) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

시나리오 2-2 : CH<sub>4</sub>·N<sub>2</sub>O세(US \$10/t CO<sub>2</sub>) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

시나리오 3 : 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

참조). 단지 예외적으로 평야지대와 산간지역의 벼 생산활동은 높은 과세에도 불구하고 약간 상승하였는데, 이를 통해 과세에 의한 생산비 증가보다 사회적 수요증가로 대표되는 경제상황의 효과가 더욱 결정적으로 작용함을 알 수 있다. 따라서 온실가스의 배출이 생산활동수준에 비례하여 발생할 경우, 배출감축을 위해서는 보다 높은 과세를 부과해야 할 것이다.

인구와 소득 증가로 인한 농산물 수요요인 상승에도 불구하고 벼논의 경지면적 감소로 벼농사 활동은 기준년도에 비해 모두 하락하였다. 특히 과세와 경지면적 감소로 산간지역의 생산활동은 크게 영향을 받을 것으로 보인다. 한편, 축산활동은 증가되는 수요를 충족시키기 위해 생산확대가 현저하게 이루어지는데, 이는 경종부문에서 축산부문으로의 생산활동의 대체 가능성을 의미한다. <표 6>에서 보듯이, 과세의 생산활동 위축효과는 축산부문에서 보다 클

것으로 보이며, 이는 앞으로의 농업환경정책이 부문별로 충분히 고려되어야 함을 시사한다.

## 2. 온실가스 저감효과

농업부문에 의한 온실가스 배출량은 환경세율에 비례하여 감소한다(<표 7> 참조). 이는 기본적으로 <표 5>의 생산활동의 감소에 기인한다. 메탄배출 저감량은 5\$ 탄소세의 경우 약 1.48%, 10\$ 탄소세의 경우 약 3%에 이른다. 아산화질소의 경우는 메탄에 비해 감소효과가 상대적으로 크게 나타났다.

한편 인구증가, 소득증가, 경지면적의 감소를 고려할 때 과세에 의한 메탄저감효과는 각각 2.13%/5\$와 2.54%/10\$에 달한다(<표 8> 참조). 그럼에도 불구하고 메탄배출량은 기준년도에 비해 오히려 7~8% 증가하는데, 이는 축산활동이 증가하였기 때문이다. 따라서 배출저감을 목표로 할 경우, 축산부문에 보다 높은 메탄세율이 책정되어야 할 것이다. 이와 아울러 메탄가스를 사전적으로 줄일 수 있는 사양기술개발도 동시에 고려되어야 할 것이다.

반면 아산화질소의 배출감소는 과세에 의한 것이라기보다는 경지면적 감소에 기인한다. 이러한 의미에서 아산화질소 배출저감을 위해서는 과세정책보다는 경

<표 7> 온실가스 저감효과(메탄·아산화질소세)

	기준	시나리오 1-1	시나리오 2-1
메탄(CH <sub>4</sub> )	100	98.521	97.042
아산화질소(N <sub>2</sub> O)	100	98.468	96.935
총 계	100	98.520	97.040

주 : 시나리오 1-1 : CH<sub>4</sub>·N<sub>2</sub>O세(US \$5/t CO<sub>2</sub>)

시나리오 2-1 : CH<sub>4</sub>·N<sub>2</sub>O세(US \$10/t CO<sub>2</sub>)

〈표 8〉 온실가스 저감효과(메탄·아산화질소세 + 경제상황)

	기준(1995)	시나리오 1-2	시나리오 2-2	시나리오 3
메탄(CH <sub>4</sub> )	100	108.15	107.747	110.095
아산화질소(N <sub>2</sub> O)	100	95.156	95.169	95.946
총 계	100	108.127	107.724	110.261

주 : 시나리오 1-2 : CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$5/t CO<sub>2</sub>) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

시나리오 2-2 : CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$10/t CO<sub>2</sub>) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

시나리오 3 : 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

지면적 감소에 대한 환경보존비용 지불정책이보다 효과적일 것이다.

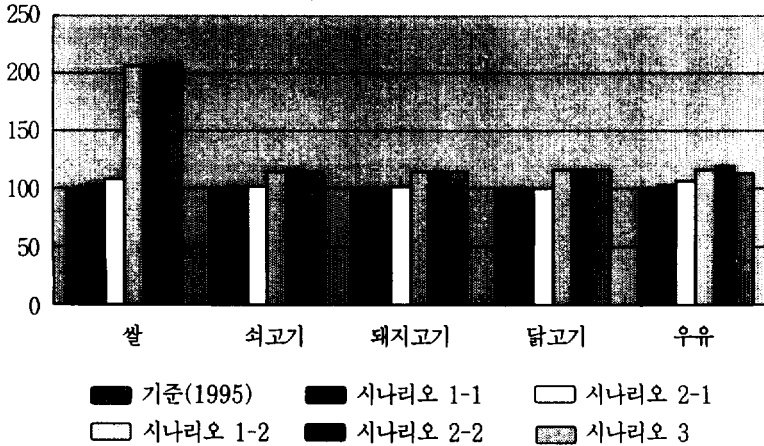
### 3. 가격 및 소득효과

온실가스 배출저감을 위해 도입된 메탄·아산화질소세는 당연히 농업소득과 농산물 가격에 영향을 미친다. 우선 농산물 가격은 모두 상승하는데, 축산물보다는 쌀의 가격상승이 두드러진다(<그림 1> 참조). 이것은 과세로 인해 벼농사의 위축이 축산활동보다 상대적으로 크기 때문이다. 즉, 축산부문과 비교해 벼 생산활동에만 부과되는 아산화질소세에 의해 추가적인 쌀 공급량 감소가 초래되기 때문이다. 한편 본 연구에서 상정한 경제상황을 고려할 때 메탄·아산화질소세는 가격상승에 가시적 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났는데, 과세에 의한 생산비 증가효과보다 경지면적 감소와 수요증대 효과가 크기 때문이다. 따라서 본 연구에서 책정된 메탄·아산화질소세율은 낮은 온실가스 배출저감효과를 보였다.

농가소득은 환경세의 부과로 부의 영향을 받는다(<그림 2> 참조). 아산화질소세 역시 부과되는 벼 생산활동에서의 소득감소폭은 축산부문보다 크다. 소득



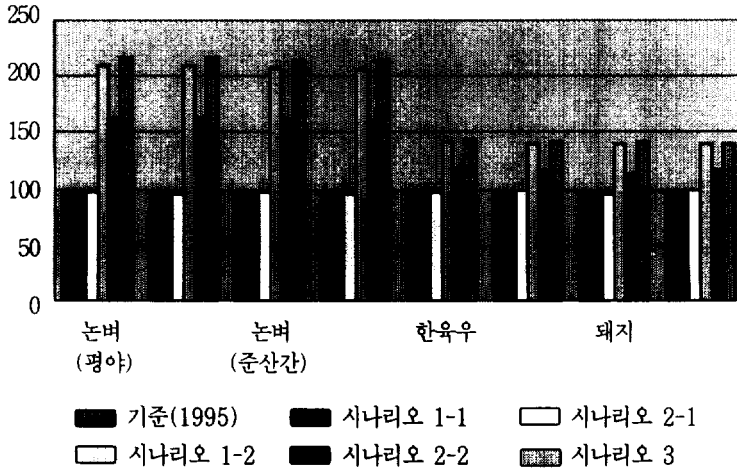
〈그림 1〉 가격효과



주 : 시나리오 1-1 :  $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 세(US \$5 / t  $\text{CO}_2$ )  
 시나리오 2-1 :  $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 세(US \$10 / t  $\text{CO}_2$ )  
 시나리오 1-2 :  $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 세(US \$5 / t  $\text{CO}_2$ ) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%),  
 경지면적(-5%)  
 시나리오 2-2 :  $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 세(US \$10 / t  $\text{CO}_2$ ) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%),  
 경지면적(-5%)  
 시나리오 3 : 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

감소폭은 전반적으로 생산활동의 변화량에 비례한다. 한편 돼지는 메탄배출계수가 상대적으로 작지만, 소득에 대한 과세효과는 축산부문 중 가장 두드러지게 나타났다. 본 모형에서는 농가소득 감소에도 불구하고 최적해에서의 농가 수는 일정하며, 단지 생산활동간 대체만이 이루어짐을 전제하였다. 그러나 소득감소는 중·장기적으로 농업구조의 변화가 초래될 수 있음을 시사한다.

〈그림 2〉 소득효과

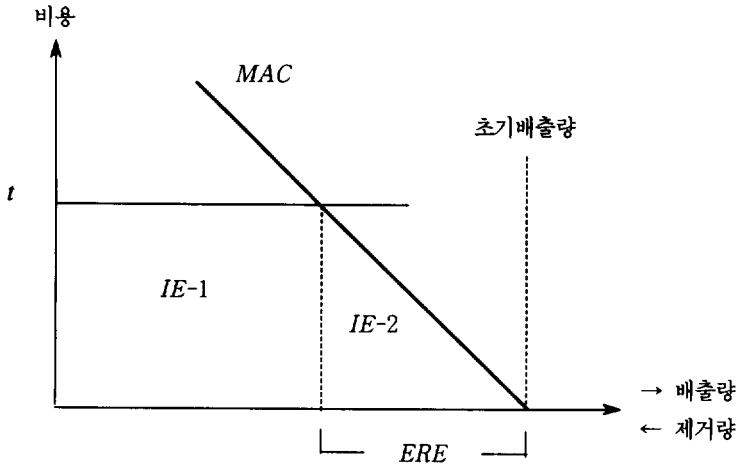


주 : 시나리오 1-1: CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$5/t CO<sub>2</sub>)  
 시나리오 2-1: CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$10/t CO<sub>2</sub>)  
 시나리오 1-2: CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$5/t CO<sub>2</sub>) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%),  
 경지면적(-5%)  
 시나리오 2-2: CH<sub>4</sub> · N<sub>2</sub>O세(US \$10/t CO<sub>2</sub>) + 인구증가(12%), 소득증가(21.6%),  
 경지면적(-5%)  
 시나리오 3 : 인구증가(12%), 소득증가(21.6%), 경지면적(-5%)

#### IV. 환경세의 온실가스 배출저감효과

제IV장의 목적은 제III장에서 밝힌 탄소세의 배출저감효과의 크기가 어떻게 구성되어 있으며 그 파급효과의 크기가 농업부문에서 왜 작은지를 한계제거비용곡선의 형태를 가지고 설명하려는 것이다. 환경세에 의한 배출저감효과(Emission Reduction Effect: ERE)는 세율의 정도와 온실가스 배출감소량 간의 관계로 정의된다. 모든 오염원자는 최소비용으로 생산량을 결정하기 위해 환

〈그림 3〉 한계제거비용곡선과 배출저감효과



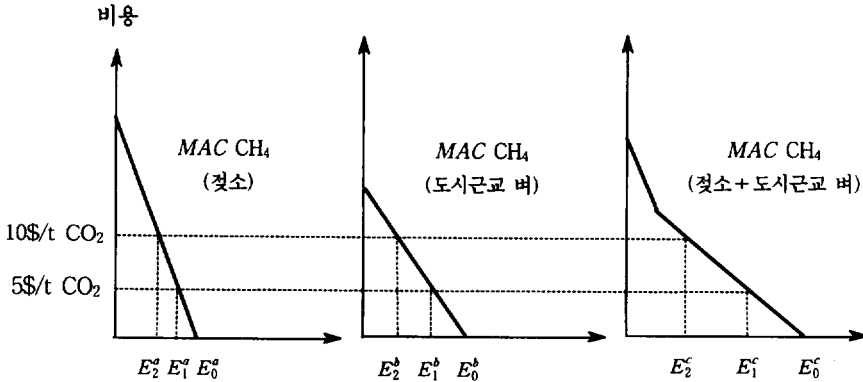
- 주 : 1) MAC : 한계제거비용곡선  
 2)  $t$  : 과세율  
 3) ERE : 배출저감효과  
 4) IE-1, IE-2 : 과세에 의한 소득효과, 배출제거에 의한 소득효과

경제세율( $t$ )과 한계제거비용(Marginal Abatement Cost: MAC)이 일치하는 수준에서 제거량을 결정한다. 일반적으로 한계제거비용의 기울기가 급할수록 배출저감효과는 작다.

생산자는 환경세를 지불할 것인가, 제거조치를 도입할 것인가를 결정해야 한다. 물론 오염배출을 제거할 수 있다면, 환경세를 절감할 수 있다. 그러나 이때 제거비용이 발생하게 된다. 한편 환경세는 소득에 영향을 미치는데 이 소득효과(Income Effect: IE)는 과세액 부분(IE-1)과 배출저감에 따른 제거비용 부분(IE-2)으로 대별된다(〈그림 3〉 참조, Flueckiger *et al.*, 1995).

위와 같은 이론적 근거를 바탕으로 본 연구 결과 중 배출감소와 소득효과를 살펴보면 다음과 같다. 농업부문에서 반추동물과 논벼의 생산활동은 온실가스 배출의 주 요인이다. 반추동물의 경우, 적절한 사료를 이용하여 메탄의 배출량

〈그림 4〉 메탄세의 메탄배출저감효과(예: 젃소와 도시근교 버 생산활동)



- 주 : 1)  $E_0^a, E_0^b$  = 초기 메탄배출량 → 배출량  
 2)  $E_1^a, E_1^b$  = 배출량/5\$ ← 제거량  
 3)  $E_2^a, E_2^b$  = 배출량/10\$  
 4)  $E_0 - E_1$  = 제거량/5\$ ( $E_0^a - E_1^a < E_0^b - E_1^b$ )  
 5)  $E_0 - E_2$  = 제거량/10\$ ( $E_0^a - E_2^a < E_0^b - E_2^b$ )

을 감소시킬 수 있기는 하지만, 기본적으로 그 대체효과는 크게 기대할 수 없다. 또한 농업생산에 있어서 에너지 수요량은 타부문에 비해 낮으며, 연료의 대체가능성이 높지 않다. 즉, 농업부문의 온실가스 배출은 농업생산 자체의 특성에서 발생되기 때문에 기본적으로 한계제거비용(MAC)의 기울기는 가파르다. 이 결과 과세에 의한 배출저감효과(ERE)는 상대적으로 뚜렷하지 않으며, 또한 농가소득에도 큰 영향을 미치지 않는다.

또한 본 연구 결과에 의하면 경지면적의 감소가 아산화질소 배출저감의 주요인으로 작용하고 있다. 1995년 기준의 가격과 비용구조하에서, 과세에 의한 배출저감효과(ERE)는 크지 않았다. 따라서 논벼에서 발생하는 아산화질소 역시 과세에 대해 비탄력적으로 반응함을 암시한다.

과세에 의한 생산활동의 변화(〈표 3〉 참조)를 보면 젃소의 생산활동이 가장

작게, 도시근교의 벼 생산활동은 가장 크게 감소하였다. 메탄의 배출량이 생산활동의 감소와 비례하여 저감된다고 할 때, 위의 결과는 낙농부문에서 매우 낮은 배출저감효과(ERE)와 도시근교의 벼 생산활동에서 상대적으로 높은 ERE를 기대할 수 있음을 시사한다. 이는 한계제거비용곡선(MAC)의 기울기와 관련이 있으며, 이러한 관계하에서 메탄세의 온실가스 저감량이 결정된다. <그림 4>에서는 젖소와 도시근교 벼 생산활동의 메탄세에 의한 메탄저감효과를 일례로 보여 준다. 그림에서 보듯이 메탄저감량은 젖소보다는 도시근교 벼 생산활동에서 많이 발생하며, 소득 역시 벼 생산활동에서 감소폭이 크게 나타난다. 이것은 <그림 2>의 소득효과 결과<sup>7)</sup>와 유사하다.

## V. 결 론

본고에서는 온실가스 배출감축을 위한 경제수단으로 주로 EU에 의해 적극 검토되고 있는 탄소세가 우리 나라 농업부문에 메탄·아산화질소세 형태로 부과될 경우의 파급효과를 분석하였다. 분석 방법으로는 우리 나라 농업부문을 설명하는 최적화모형을 이용하여, 부문내의 생산활동, 소득, 가격효과 및 메탄·아산화질소의 배출저감 효과를 여러 가지 시나리오 가정하에 분석하였다. 농업부문은 타산업에 비해 에너지 수요량과 연료의 대체효과가 크지 않다. 따라서 농업부문의 온실가스 배출은 농업생산 자체에서 발생된다는 특성을 감안하여 농업부문내의 분석을 시도하였다.

연구 결과에 의하면 수도작 부문이 축산부문보다 과세에 의한 온실가스 배출저감 효과가 크게 나타났다. 이는 수도작 부문에서 화학비료시비에 의한 아산화질소 배출에 대해서 추가적인 과세부담을 하여, 축산부문으로의 생산대체가 이

---

7) <그림 2>의 결과는 아산화질소세를 포함하여 직접 비교가 물론 어렵지만, 메탄세만 부과할 경우에도 유사한 효과가 나타난다.

루어지기 때문이다. 수도권 부문내에서는 도시근교에서 순수 과세효과가, 산간 지역에서는 경제상황을 동시에 고려할 때의 과세효과가 주목된다. 한편 축산부 문내에서는 돼지의 소득감소효과가 낮은 배출계수에도 불구하고 두드러졌다. 위 와 같은 결과는 앞으로의 농업환경정책이 농업부문내에서도 경종 대 축산, 또한 지대별 · 축종별로 면밀히 검토되어야 함을 시사한다. 특히 축산부문 확대에 따 른 환경대비책이 마련되어야 한다. 이와 관련하여 조사료의 보급확대, 분뇨처리 시설의 관리방법 개선 등 메탄배출 저감기술 등의 개발이 절실하다. 장기적으로 는 환경세와 관련한 농업환경정책이 차등과세와 세입의 재이용을 통해 농업구 조정책과 연계되어 시행되어야 한다.

농업부문의 온실가스 배출저감을 위한 정책수단으로는 직접규제방식, 환경세, 배출권 거래제 등 경제적 수단과 산림보존 및 조림 등의 기술적 수단으로 대별 될 수 있다. 본 연구의 의의는 이러한 여러 가지 정책수단 중에서 메탄 · 아산화 질소세의 과급효과를 분석함으로써 기후변화협약 진전에 따른 대비책을 마련함 과 동시에, 이와 별개로 궁극적으로 지향해야 할 지속가능한 농업성장의 방안을 모색하려는데 있다. 환경세 부과방식은 여러 가지 정책대안 중 하나임에 불과하 며, 경제활동으로 인한 복잡한 환경문제를 해결하기에는 여러 가지 한계가 있 다. 본 연구 결과에서와 마찬가지로 농업의 특성상 타산업에 비해 과세효과는 양적으로 뚜렷하지 못한 것으로 보인다. 그러나 이산화탄소 대비 메탄과 아산화 질소의 지구온난화 기여도를 고려하면 농업부문 환경세 부과는 지구온난화 방 지를 위한 정책으로서 효과적인 대안일 수 있다. 따라서 대안가능한 모든 정책 수단의 과급효과를 면밀히 검토하는 것에서 이 연구의 의의를 찾을 수 있다. 바 람직한 정책이란 궁극적으로 위의 정책수단간 상호보완적 결합으로, 농업정책, 환경정책, 지역정책 간의 통합화라고 볼 수 있기 때문이다.

◎ 참고 문헌 ◎

1. 강명현, “에너지 / 탄소세 부과가 한국산업구조에 미치는 영향분석”, 「자원경제학회지」, 제5권 제2호, 한국자원경제학회, 1996, pp. 225~251.
2. 에너지경제연구원a, “농업부문의 온실가스 배출량 추정과 저감 대응방안”, 「기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구, 최종보고서 2차년도 下」, 통상산업부, 1995, pp. 733~798.
3. 에너지경제연구원b, “축산부문의 온실가스 배출량 추정과 저감 대응방안”, 「기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구, 최종보고서 2차년도 下」, 통상산업부, 1995, pp. 903~983.
4. 에너지경제연구원c, “기후변화협약 대응 실천계획수립을 위한 연구”, 최종보고서 2차년도 上」, 산업자원부, 1999, pp. 67~69.
5. 에너지경제연구원, “기후변화협약에의 대내적 대응방안(기후변화협약 대응 실천계획 수립연구 1차년도 요약본)”, 1998, p. 5, 11.
6. 유상희, “탄소세의 산업부문별 영향”, 「자원경제학회지」, 제4권 제1호, 한국자원경제학회, 1994, pp. 41~65.
7. 이만기 외, “탄소세 부과의 경제적 효과: 에너지 계량경제모형을 이용한 분석”, 「자원경제학회지」, 제7권 제2호, 한국자원경제학회, 1998, pp. 137~169.
8. 이상엽a, “기후변화요인의 한국 벼 생산량 변동이 사회후생에 미치는 과급효과”, 「환경경제연구」, 제7권 제1호, 한국환경경제학회, 1998, pp. 85~103.
9. 이상엽b, “농업정책과 환경정책의 통합화 방안”, 「농업경제연구」, 제39권 제1호, 한국농업경제학회, 1998, pp. 149~176.
10. 조승현, “탄소세 도입의 국제적 현황”, 「자원경제학회지」, 제9권 제1호, 한국자원경제학회, 1999, pp. 209~228.
11. Bauer, S. and H. Kasnakoglu, “Non-Linear Programming Models for Sector and Policy Analysis: Experiences with the Turkish Agricultural Sector Model,” *Economic Modelling*, 1990. 7.

12. Flueckiger, S. D. and P. Rieder, "The Impact of 'Green Tax' and a CO<sub>2</sub> Premium on Swiss Agriculture," Wissenschaftsverlag Vauk Kiel, 1995.
13. OECD, "Economic Modelling of Climate Change(OECD Workshop Report)," Held at OECD Headquarters, 17-18 September, 1998.
14. Solow, A. R., "Is There a Global Warming Problem?" in R. Dornbusch and J. M. Poterba, *Global Warming-Economic Policy Responses-*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1991, pp. 2~31.
15. Werner, F. and B. Jans, "Extensivierung, Alternativkulturen oder GATT? Eine Methode zur Abschaetzung der Umweltauswirkungen der Schweizer Landwirtschaft," Diplomarbeit an der ETH Zuerich, Abt. XB Umweltnatur- wissenschaften, Zuerich, 1994.
16. Wintzer, D., Fuerniss, B., Klein-vilehauer, S., Leible, L., Nieke, E., Roesch, C. and H. Tangen, *Technikfolgeabschaetzung zum Thema Nachwachsende Rohstoffe*, Landwirtschaftsverlag GmbH, Muenster, 1993.



ABSTRACT

---

The Effects of Methane(CH<sub>4</sub>) and Nitrous Oxides(N<sub>2</sub>O)  
Taxes on the Korean Agricultural Sector

---

Sang-Youp Lee · Heon-Goo Kim

The purpose of this paper is to come up with the measures for sustainable development of the agricultural sector in store for the strengthened U.N. Framework Convention on Climate Change. We analyze the spillover effects of Methane and Nitrous Oxides taxes (carbon tax) on the Korean agricultural sector. Unlike the other sectors, the agricultural sector has a unique characteristic generating greenhouse gas in the process of production itself even without consuming much fossil fuel. In order to estimate the impacts of those taxes, non-linear optimization method has been used with various assumed scenarios.

The production effect, income and price effect, and greenhouse gas emission reduction effect in the agricultural sector have been estimated through this method. The empirical results show that the paddy sector has a bigger tax effect than the livestock sector. In the paddy sector, the carbon tax has more impacts in the suburban areas than in the rural areas, while the swine farming section in the livestock sector has a conspicuous income effect in the midst of low greenhouse gas emission effect. These results allude us to apply graded tax rates to the crop, the livestock, and the region of different kind. Even if the agricultural sector has a less tax effect when compared with other industrial sectors, an environmental tax might be an effective measure to prevent global warming.