

# 1990년부터 2008년까지 우리나라 경종분야 온실가스 (메탄) 배출량 평가

정현철\* · 김건엽 · 소규호 · 심교문 · 이슬비 · 이덕배

농촌진흥청 국립농업과학원

## Assessment on Greenhouse Gas (CH<sub>4</sub>) Emissions in Korea Cropland Sector from 1990 to 2008

Hyun-Cheol Jeong\*, Gun-Yeob Kim, Kyu-Ho So, Kyo-Moon Shim, Seul-Bi Lee, and Deog-Bae Lee

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

Rice paddy fields and crop residue burning are a major source of methane (CH<sub>4</sub>) emissions, a potent greenhouse in agriculture. This study was conducted to assess CH<sub>4</sub> emissions in Korea cropland sector from 1990 to 2008. Greenhouse gas emissions from the cropland sector are calculated in two categories: 4C (Rice cultivation) and 4F (Field burning). In 4C: Rice Cultivation, methane emissions from paddy fields (continuously flooded and intermittently flooded) cultivated for rice production had decreased from 395 CH<sub>4</sub> 10<sup>3</sup> Mg in 1990 to 297 CH<sub>4</sub> 10<sup>3</sup> Mg in 2008. CH<sub>4</sub> emissions converted into CO<sub>2</sub> equivalent were 8,303 CO<sub>2</sub>-eq. 10<sup>3</sup> Mg in 1990 and 6,229 CO<sub>2</sub>-eq. 10<sup>3</sup> Mg in 2008. Greenhouse gas emissions from paddy field in Korea showed that it was gradually going down as the cultivation area decreased. In 4F: Field Burning, methane emissions by burning crop residue increased from 2,502 CH<sub>4</sub> Mg in 1990 to 2,726 CH<sub>4</sub> Mg in 2008. Emissions converted CH<sub>4</sub> into CO<sub>2</sub> equivalent were 53 CO<sub>2</sub>-eq. 10<sup>3</sup> Mg in 1990 and 57 CO<sub>2</sub>-eq. 10<sup>3</sup> Mg in 2008. Total emissions of CH<sub>4</sub> from the cropland sector declined from 8,356 CO<sub>2</sub>-eq. 10<sup>3</sup> Mg in 1990 to 6,287 CO<sub>2</sub>-eq. 10<sup>3</sup> Mg in 2008.

**Key words:** Greenhouse gas, CH<sub>4</sub>, Paddy rice, Field burning, Crop residue

## 서 언

최근 큰 관심이 주목되고 있는 국가 정책 과제인 기후변화에 대응한 기술 개발, 온실가스 저감계획 수립 및 정책개발 등 기후변화에 효율적으로 대응하기 위해서는 온실가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요하며, 특히 정확한 온실가스 배출량 평가는 기후변화 대응 연구의 핵심이다 (노 등, 2009). 유엔기후변화협약 (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)은 온실가스 증가로 인한 기후변화에 대처하기 위해 국가별로 온실가스배출을 의무적으로 감축하는 것을 목표로 삼고 있으며, 이에 대응하기 위해서는 국내 주요 온실가스 배출원 및 배출량 조사가 정확히 이루어져야 한다 (Kim, 2007).

1996년 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996)에서 발간한 가이드라인은 농업부문에서

의 온실가스 배출원 (Source category)을 크게 축산부문과 경종부문으로 나누고 있다. 축산부문은 다시 장내발효 (Enteric fermentation)와 가축분뇨 처리과정 (Manure management)으로 구분하고, 경종부문은 벼재배 (Rice cultivation), 농경지 (Agricultural soil) 및 작물잔사 소각 (Field burning of agricultural residue)으로 구분한다 (IPCC, 1996).

농업부문에서 배출되는 온실가스는 크게 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>), 메탄 (CH<sub>4</sub>), 아산화질소 (N<sub>2</sub>O)의 3종류이지만, CO<sub>2</sub>는 작물의 광합성작용으로 O<sub>2</sub>와 호흡작용에 의한 CO<sub>2</sub> 발생으로 인해 두 기체가 온실가스 배출효과를 상쇄하고 있어 다른 산업분야와 달리 온실가스 배출량 계산에는 포함되지 않는다. 따라서 농업부문의 온실가스 배출은 일반적으로 메탄과 아산화질소에 의해서 일어난다. 특히 메탄은 아시아 국가의 가장 중요한 식량자원인 벼에서 배출되며, 담수된 논에서 유기물의 혐기적 분해과정에서 주로 발생하고 (Naser et al., 2007), 작물잔사를 소각하는 과정에서도 일부 발생된다.

따라서 본 연구에서는 1990년부터 2008년까지 농업 통계자료를 활용하여 벼 재배시 유기물과 물관리에 따른

접수 : 2010. 11. 17 수리 : 2010. 12. 16

\*연락처 : Phone: +82312900238

E-mail: taiji152@korea.kr

메탄 배출량 및 보리, 밀, 고추, 두류를 대상으로 작물의 잔사 소각과정에서 발생하는 메탄 배출량을 평가하였다.

### 재료 및 방법

#### 벼 재배 (Rice cultivation)에 의한 메탄 배출량 평가

**배출원 구분 방법** 벼 재배에 의한 메탄 발생은 저지대나 담수된 논에서 유기물이 혐기적으로 분해되는 과정에서 일어나며, 그 양의 90% 이상이 벼 통기조직을 통해 대기 중으로 배출된다 (Conrad, 1993). 배출량은 지역과 측정 시기에 따라 변동이 크며, 토양 특성과 온도, 물 관리 방법, 유기물이나 화학 비료의 사용량, 벼 품종, 수확 횟수나 재배기간 등에 따라서도 차이가 크다 (Neue and Sass, 1994). 이처럼 메탄 배출량의 변화폭이 큰 것은 기후, 토양과 논 특징, 영농방법, 특히 물 관리를 포함한 여러 가지 요인들이 시간적 혹은 공간적으로 다르게 영향을 미치기 때문이다.

1996 IPCC 가이드라인은 벼 재배에 의한 메탄 배출량을 평가하기 위한 카테고리를 Fig. 1과 같이 구분하고 있다. 즉 전체 농경지를 크게 밭 (upland, 중요한 시기에 전혀 침수되지 않는 농경지)과 저지대 (Lowland, 중요한 시기에 침수되는 농경지)로 구분하고, 저지대는 다시 관개수의 유입과 유출, 즉 물관리가 가능한 논 (Irrigated), 물 관리를 자연강우에 의존하는 논 (Rainfed), 그리고 항상 깊게 물에 잠기는 논 (Deep water)으로 구분한다. 물관리가 가능한 논은 다시 벼 재배기간 동안 항상 물을 담수하는 논 (Continuously flooded)과 적어도 한번 (3일 이상) 이상의 건조기간을 가지는 논 (Intermittently flooded)으로 나누며, 건조기간을 가지는 논은 다시 1회 배수하는 논 (Single aeration)과 2회 이상 배수하는 논 (Multiple aeration)으로 나누고 있다. 물 관리를 자연강우에 의존하는 논은 벼 재배기간 중 50 cm까지 물에 잠길 수 있는 논 (Flood prone)과 벼 재배기간 동안 건조한 기간이 나타나는 논 (Drought prone)으로 구분한다. 벼 재배기간 중 농경지가 물에 깊게 잠기는 논은 다시 수위가 50~100 cm까지 담수되는 논과 100 cm 이상을 담수하는 논으로 구분한다 (IPCC, 1996). 우리나라는 현재 수리시설의 발달로 자연강우에만 의존하는 논 (Rainfed)이나 동남아와 같이 물에 깊게 잠기는 논 (Deep water)이 존재하지 않아 밭과 물관리가 가능한 논에서만 벼를 재배하며 밭은 일반적으로 담수상태가 아니므로 메탄을 배출하지 않는다.

따라서 우리나라 벼 재배에 따른 메탄 배출량은 논 (Irrigated)에서만 산정하였으며, 본 연구에서는 활동통계의 확보가 가능한 물 관리 방법과 유기물 (벼짚) 사용

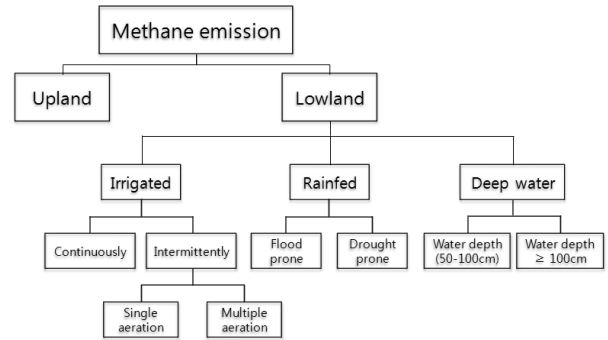


Fig. 1. Source category of methane (CH<sub>4</sub>) emissions proposed by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996).

요인만을 고려하여 메탄 배출량을 평가하였다.

**배출량 평가 방법** UNFCCC는 2001년부터 당사국의 온실가스 배출량 평가에 1996 IPCC 가이드라인, 2000 GPG (Good Practice Guidance)를 적용하도록 요구하고 있다. 논에서의 메탄 배출량은 농경지 산화환원 정도를 결정하는 “논의 물 관리 방법 (Yagi and Minami, 1990; Sass et al., 1990)”, 메탄의 탄소원인 “유기물 사용량 (Neue et al., 1994; Yagi and Minami, 1990)” 그리고 “토성과 벼 품종 (Braatz and Hogan, 1991; Lee, 1997)”에 의해 가장 크게 영향을 받는다. 따라서 IPCC는 1996 가이드라인, 2000 GPG, 2006 가이드라인을 통해 벼 재배기간이나 재배기간 이전의 물 관리 방법, 유기물 사용량 및 사용방법별 default 값을 제시하고 있다 (IPCC, 1996; IPCC, 2000; IPCC, 2006). 그러나 2006 IPCC 가이드라인은 현재까지 공식 가이드라인으로 UNFCCC의 승인을 받지 않아 우리나라 논에서 벼 재배에 따른 메탄 배출량은 1996 IPCC 가이드라인에 의한 벼 재배 기간 중 물 관리 방법, 벧짚 또는 보릿짚 사용여부, 품종, 재배일수 등의 요인을 고려하여 식 (1), (2)와 같이 계산하였다. 각 조건에서 계산된 배출량을 합하여 우리나라 농경지에서의 메탄 배출량으로 산정하였다.

메탄 배출량을 계산하기 위해서는 식 (2)에서와 같이 EF<sub>C</sub>, SF<sub>w</sub>, SF<sub>O</sub>에 대한 배출계수가 필요하며, 기본 배출계수인 EF<sub>C</sub> (Baseline factor)는 5년 동안 유기물을 사용하지 않고 재배기간 동안 지속적으로 담수한 조건에서 1년 동안의 메탄 배출량으로 최소 3년 이상 동일 시험의 평균값이다 (IPCC, 1996).

$$CH_4 \text{ Rice} = A \times t \times EF_1 \times 10^{-6} \text{ (Gg CH}_4 \text{ yr}^{-1}) \quad (1)$$

A : ha yr<sup>-1</sup>  
t : days

$$EF_i = EFC \times SF_w \times SFO \text{ (kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}) \text{ (2)}$$

EFC : 기본배출계수

SF<sub>w</sub> : 벼 재배기간 중 물 관리 계수

SFO : 유기물 시용 계수

**작물잔사 소각 (Field burning of agricultural residue)에 의한 메탄 배출량 평가**

**배출원 구분 방법** 현재 우리나라는 농업에서 생산되는 작물잔사, 활용실태 및 소각에 관한 통계자료가 거의 없다. 그러나 1996 IPCC 가이드라인에서는 통계자료가 없을 경우 전문가에 의한 판단을 인정하고 있으며, 농경지에서 잔사의 소각형태는 작물별로 거의 유사하기 때문에 전문가에 의한 소각량 평가와 IPCC 가이드라인의 default값을 활용하면 배출량 계산이 가능하다. 세계적으로 농업생산 과정에서 많은 양의 작물잔사가 발생하며 들판에서 작물잔사 소각은 개발도상국에서 빈번하게 일어난다. 농경지에서 작물잔사의 소각 비율은 개도국에서 40%, 선진국에서는 이보다 낮은 것으로 알려져 있다 (Barnard and Kristoferson, 1985).

벼짚의 경우 농업 여건이나 환경에 따라 다소 차이는 있지만 수거하여 가축의 사료로 활용하거나 퇴비로 논에 환원하므로 대부분 소각하지 않는다. 또한, 배추, 시금치, 상추, 양배추, 파 등의 엽채류는 식물체의 지상부가 식용부위로 활용되어 잔사가 없다. 하지만 고추, 두류 등은 잔사가 너무 단단하여 농경지 환원이 어려워 일반적으로 소각되므로 본 평가에서는 모두 농경지에서 소각되는 것으로 분류하였다. 보리나 밀의 잔사는 영농활동의 어려움 때문에 일정부분 농경지에서 소각처리되고 있는 실정이며 소각비율은 농촌진흥청 국립식량과학원 (구 작물과학원) 시험연구 결과에 따라 43.9%로 계산하였다 (Ko et al., 2008).

농경지의 작물잔사 소각에 의해 발생하는 탄소의 대부분은 이산화탄소로 배출되어 다시 작물로 흡수되기 때문에 온실가스 배출량으로 계산하지 않지만 소각 시 배출되는 메탄, 일산화탄소, 아산화질소, 질소산화물들은 온실가스로 규정하여 배출량으로 계산한다 (IPCC, 1996).

**배출량 평가 방법** 작물잔사 소각에 의한 온실가스 발생량은 1996 IPCC 가이드라인의 농경지에서 작물잔

사 소각에 의한 온실가스 배출량 계산표에 따라 아래의 단계로 계산하였다.

작물의 잔사량 (건물)은 작물 종류별 생산량, 잔사와 곡실 비율, 작물 종류별 잔사의 건물 비율 등 작물별 작물잔사의 특성을 활용해 계산하였다 (Kim et al., 2009). 소각되는 총 잔사량은 앞에서 언급한 작물별 소각비율과 산화율 (1996 IPCC 가이드라인의 default 값, 0.9)을 적용하여 계산하였으며, 소각에 의해 배출되는 탄소량은 잔사 소각량과 잔사 중의 탄소비율 (해당 자료가 없을 경우 0.5를 default 값으로 적용)로 계산하였다.

**결과 및 고찰**

**벼 재배에 의한 메탄 배출량**

**벼 재배면적 변화** 메탄배출량 평가를 위해 활동자료로 이용한 우리나라 벼 재배 면적은 Table 1과 같이 1990년 124 만 ha에서 2008년에는 94 만 ha로 지속적으로 감소하였다 (농림수산식품부, 2008).

**물 관리 방법별 벼 재배면적** 논에서 메탄 배출량 결정에 가장 중요한 요인인 벼 재배 기간 중 물 관리 방법별 재배면적에 대해서는 현재까지 공식적인 통계자료가 없다. 일반적으로 간척지의 경우 소금물의 피해를 방지하기 위해 재배기간 동안 물을 상시 담수하는 방법을 채택하고 있으며, 보리 재배 후 보릿짚을 논에 투입하는 논에서는 보릿짚의 분해과정에서 발생하는 가스피해를 방지하기 위해 간단관개를 채택하고 있다. 따라서 이 같은 점을 고려하여 보리재배 후 보릿짚을 논에 바로 사용하는 논은 전체를 간단관개를 하는 논으로, 그리고 나머지 논은 상시 담수와 간단 관개를 동일한 면적 (50:50)으로 계산하였다.

**유기물 시용 방법별 벼 재배면적** 메탄은 유기물이 혐기적 상태에서 분해될 때 발생하므로 유기물 시용은 메탄 배출의 가장 큰 요인이다. 과거에 우리나라는 논의 지력증진과 안전 다수확을 위해 유기물 시용을 권장해 많은 논에서 벼짚을 토양으로 환원하였다. 그러나 현재는 벼짚을 수거하여 가축의 사료로 사용할 뿐만 아니라 논에는 유기물을 거의 사용하지 않는 것이 일반적

**Table 1. Change of irrigated paddy area.**

Division	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Area	12.41	12.24	12.01	11.66	11.31	10.97	10.69	10.52	10.52	10.56	10.57	10.56	10.50	10.32	10.08	9.84	9.65	9.51	9.39

※ Source : Agricultural & forestry statistical yearbook of MIFAFF.

인 벼 재배 방법이다. 따라서 유기물 시용 논 면적에 대한 활동자료는 메탄배출량 평가에 중요한 요인이다. 그러나 이에 대한 통계자료가 부족하여 관련분야 전문가들의 협의를 거쳐 벅짚의 농경지 환원율을 20%로 결정하여 메탄배출량을 계산하였다. 또한 보리재배 후 보릿짚 환원면적은 농촌진흥청 국립식량과학원 (구 작물과 학원) 연구결과인 43.8%를 적용하였다 (Ko et al., 2008).

**메탄 배출계수** 농촌진흥청은 1980년대 후반부터 벼 재배에 따른 메탄 배출계수 개발과 배출량을 평가하기 위해 많은 시험 연구를 수행하였다. 그중 1993년~1997년까지 5년 동안 수원, 익산, 밀양에서 수행한 시험 연구 결과를 바탕으로 우리나라 벼논에서의 1일 평균 메탄 배출량을  $2.37 \text{ CH}_4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$ 으로 설정하였다 (농촌진흥청, 1998).

1일간 단위면적당 메탄배출량을 1996 IPCC 가이드라인의 메탄배출 기본계수인 연간 단위면적 (ha)당 배출량으로 전환해야 하는데 이를 위해 가장 중요한 요인이 벼 재배기간이다. 우리나라 경우 벼 재배기간은 일반적으로 조생종 111일, 중생종 126일, 만생종은 146일 정도이다. 이를 바탕으로 품종별 재배면적과 재배일수의 가중평균을 통해 우리나라의 평균 벼 재배기간을 138일로 계산하였다. 따라서 1일 평균 메탄 배출량인  $2.37 \text{ CH}_4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$ 과 평균 벼 재배일수 138일을 근거로 산출한 우리나라 벼 재배 논에서의 기본배출계수는  $32.7 (22.6 \sim 43.0) \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$  이었고, 이 값을 우리나라 논에서의 메탄 배출량을 평가하는 기본 배출계수로 사용하였다 (농촌진흥청, 1998).

벼 재배기간 중 물 관리 방법별 메탄 배출계수 (SF<sub>w</sub>) 또한 농촌진흥청 (1998)의 연구결과를 바탕으로 상시담수 시 배출량의 60% (0.6)를 간단관개 한 논의 메탄배출계수로 적용하였으며, 이는 2006 IPCC 가이드라인의 default 값과 같은 결과를 보여주고 있다. 유기물 시용에 따른 논에서의 메탄 배출계수는 현재 국립농업과학원에서 개발 중이며, 이번 배출량 평가에서 유기물 시용 논에서의 메탄 배출계수 (SF<sub>o</sub>)값은 우리나라 농경지에서 벅짚이나 보릿짚 시용량이 평균 5톤 ha<sup>-1</sup> 정도인 것을 감안하여 유기물 시용에 따른 배출량의 default 값 2.0을 적용하였다 (IPCC, 2000).

**우리나라 벼 재배 논에서의 메탄 배출량 평가** 우리나라 논에서의 연도별 메탄배출량을 계산한 값은 Table 2와 같다. 상시담수 논에서의 메탄 배출량은 1990년 230 천 톤에서 2008년 179 천 톤으로 감소하였으며, 간단관개 논에서의 메탄 배출량은 1990년 165 천 톤에서 2008년 117 천 톤으로 감소하였다. 따라서 논에서의 총 메탄 배출량은 1990년 395 천 톤에서 2008년 297 천 톤으로 벼 재배면적의 감소에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였다.

**작물잔사 소각에 따른 온실가스 배출량**

**작물잔사 소각면적과 잔사량** 작물 잔사소각에 의한 온실가스 배출량을 평가하기 위한 작물별 생산면적은 Table 3과 같다. 보리와 두류의 재배면적은 각각 159,135 ha, 187,696 ha로 1990년부터 지속적으로 감소하여 2008년에는 보리가 54,684 ha, 두류가 91,995 ha로 감소하였다. 밀 재배면적은 1990년대 중반과 2000년 초에 크게 증가하여 2005년 3,156 ha를 최대를 이루다 2008년에는 2,087 ha로 다소 감소하였다. 고추의 경우 1990년부터 2008년까지 조금씩 증감을 반복하였으며, 2008년 재배면적은 57,933 ha 였다.

보리와 두류는 재배면적 감소와 비례하여 생산량이 1990년 이후 2008년까지 꾸준히 감소하는 추세였다. 고추의 경우 재배면적과는 다르게 생산량은 조금씩 증가하였으며, 밀의 경우 재배면적 증가와 함께 생산량도 증가하였다.

Table 3에서 조사한 작물별 생산면적과 Table 4에서 조사한 작물별 생산량은 근거로 하여 산출한 작물 잔사 소각에 의한 우리나라의 연도별 메탄 배출량은 Table 5와 같다. 전체 메탄 배출량은 1990년 2,502 톤에서 2008년 2,726 톤으로 작물별 차이는 있었으나 전체적인 메탄 배출량에는 큰 변화가 없었다.

경중부분에서 벼재배와 작물잔사 소각에 의해 발생한 메탄 배출량을 CO<sub>2</sub>로 환산한 결과는 Table 6과 같다. 메탄을 CO<sub>2</sub>로 환산하기 위해서 GWP (Global Warming Potential)를 이용하였으며, 1996 IPCC 가이드라인에서 제시된 환산지수 21을 적용하였다. 벼재배에 의한 총 배출량은 1990년 8,303 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.에서 2008년

**Table 2. Changes of CH<sub>4</sub> emission from paddy fields.**

Division	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
----- 10 <sup>3</sup> Mg -----																			
Continuously flooded	230	228	225	219	213	207	202	199	199	201	201	201	199	196	192	188	184	182	179
Intermittently flooded	165	161	157	151	145	141	137	134	134	134	134	134	133	131	127	123	121	119	117
Total	395	389	382	370	359	348	339	333	333	334	334	334	332	327	319	311	305	301	297

**Table 3. Cultivation area for estimating emitted CH<sub>4</sub> by field burning of agricultural residue.**

Division	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	----- ha -----																		
Barely	159,135	143,043	129,793	115,687	101,444	96,178	88,019	82,506	80,684	74,921	74,863	77,732	79,081	76,998	66,600	59,719	58,184	58,280	54,684
Wheat	294	236	212	296	431	1,147	1,894	2,312	1,999	1,581	1,275	1,122	1,214	2,001	2,960	3,156	2,657	2,035	2,087
Pepper	62,759	66,839	70,285	77,773	83,757	88,763	92,199	89,954	82,605	77,649	76,980	79,061	77,750	71,985	69,140	65,736	64,149	61,809	57,933
Legume	187,696	171,172	159,063	144,885	142,402	141,632	133,814	125,549	121,409	116,850	111,766	104,565	101,626	97,643	98,051	104,163	106,131	102,258	91,995

※ Source : Agricultural & forestry statistical yearbook of MIAFF.

**Table 4. Outputs for estimating emissions emitted CH<sub>4</sub> by field burning of agricultural residue.**

Division	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	----- Mg -----																		
Barely	574,490	529,879	502,682	460,823	406,224	387,779	371,983	351,053	305,577	281,984	271,245	313,342	302,720	300,603	256,067	247,175	243,100	239,372	229,021
Wheat	889	720	664	862	1,397	4,634	7,780	9,539	7,712	5,947	4,249	3,602	3,671	6,229	9,489	10,104	8,704	6,946	7,840
Pepper	132,748	137,034	148,619	166,718	178,367	226,555	275,010	323,700	314,284	349,030	372,015	413,231	394,735	381,027	380,537	385,249	386,180	387,465	384,288
Legume	271,339	247,497	235,682	212,275	197,022	189,447	185,453	170,067	161,797	145,062	145,891	137,590	136,211	131,805	137,191	158,511	174,796	165,615	148,329

※ Source : Agricultural & forestry statistical yearbook of MIAFF.

**Table 5. Change of CH<sub>4</sub> emissions by field burning of agricultural residue.**

Division	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	----- Mg -----																		
Barely	705	651	617	566	499	476	457	431	375	346	333	385	372	369	314	303	298	294	281
Wheat	1	1	1	1	2	7	11	13	11	8	6	5	5	9	13	14	12	10	11
Pepper	618	638	692	777	831	1,055	1,281	1,508	1,464	1,626	1,733	1,925	1,839	1,775	1,773	1,795	1,799	1,805	1,790
Legume	1,177	1,074	1,022	921	855	822	804	738	702	629	633	597	591	572	595	688	758	713	643
Total	2,502	2,364	2,333	2,264	2,186	2,360	2,553	2,690	2,552	2,610	2,705	2,912	2,807	2,725	2,696	2,800	2,868	2,827	2,726

**Table 6. The conversion result of emitted CH<sub>4</sub> to CO<sub>2</sub> through rice cultivation and crop residue burning.**

Division	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	----- 10 <sup>3</sup> Mg CO <sub>2</sub> -eq. -----																			
Paddy		8,303	8,176	8,015	7,770	7,529	7,306	7,111	6,998	6,999	7,015	7,022	7,023	6,980	6,861	6,696	6,533	6,409	6,316	6,229
Agricultural burning	53	50	49	48	46	50	54	56	54	55	57	61	59	57	57	59	60	59	57	
Total		8,356	8,225	8,064	7,818	7,575	7,355	7,165	7,054	7,052	7,070	7,079	7,084	7,039	6,919	6,752	6,592	6,469	6,375	6,287

6,229천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.로 약 25% 감소하였으며, 이는 재배면적 감소와 함께 지속적으로 감소함을 알 수 있었다. 작물잔사 소각에 의한 배출량은 1990년 53 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.에서 2008년 57 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.로 벼 재배에 비해 그 양이 미미하여 배출량 증감에는 큰 영향을 미치지 않았다. 벼재배와 작물잔사소각에 의한 총 메탄 배출량을 이산화탄소로 환산한 값은 1990년 8,356 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.에서 2008년 6,287 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.로 나타났다.

### 요 약

농업활동 중 경종분야인 벼재배와 작물잔사 소각은 온실가스인 메탄의 주 발생원이다. 이번 연구는 1990년부터 2008년까지 우리나라 경종분야에서 발생하는 메탄

배출량을 평가하기 위해 수행되었다. 우리나라에서 벼 재배에 의한 메탄 배출량은 1990년 395 천 톤에서 2008년 297 천 톤으로 벼 재배면적의 감소에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 작물잔사 소각에 의한 메탄 배출량은 1990년 2,502 톤에서 2008년 2,726 톤으로 작물별 차이는 있었으나 연도별 전체 배출량에는 큰 변화없이 일정한 값을 유지하였다. 작물잔사 소각에 의한 메탄 배출은 경종부분 전체 배출량에는 큰 영향을 미치지 않았다. 벼재배와 작물잔사 소각에 의한 총 메탄 배출량을 이산화탄소로 환산한 값은 1990년 8,356 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.에서 2008년 6,287 천 톤 CO<sub>2</sub>-eq.로 나타났다.

농업부문의 온실가스 배출량 평가의 정확도 제고를 위해서는 활동자료의 신뢰성 확보가 무엇보다도 중요하다. 2010년부터 농촌진흥청과 통계청이 공동으로 활동자료의 공식적인 조사를 시작하였으며, 이러한 체계적인 활

동량 조사는 농업부문 온실가스 배출량 평가의 신뢰도 향상과 불확도 저감에 크게 기여할 것으로 예상된다.

## 인 용 문 헌

- Barnard G. and L. Kristoferson. 1985. Agricultural residues as fuel in the third world. Technical report No. 5. Earthscan, London, UK.
- Braatz, B.V. and K.B. Hogan. 1991. Sustainable rice productivity and methane reduction research plan. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation. Washington D.C. pp. 61.
- Conrad, R. 1993. Mechanism controlling methane emission from wetland rice field. In R.S. Oremland (ed) The biochemistry of global change: Radiative trace gases, Chapman & Hall. new york. pp. 317-335.
- IPCC. 1996. Guidelines for national greenhouse gas inventories.
- IPCC. 2000. Good Practice Guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories.
- IPCC. 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
- Kim, D.S. 2007. Greenhouse gas (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) emissions from estuarine tidal and wetland and their characteristics. J. Korean Soc. Atmospheric Environment. 23:225-241.
- Kim, G.Y., B.G. Ko, H.C. Jeong, K.A. Roh, K.M. Shim, J.T. Lee, D.B. Lee, S.Y. Hong, and S.I. Kwon. 2009. Estimating carbon fixation of 14 crops in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 42:460-466.
- Ko, J.Y., J.S. Lee, K.Y. Jung, Y.D. Choi, E.P. Ramos, E.S. Yun, H.W. Kang, and S.T. Park. 2008. Effect of barely straw Management practices on Greenhouse gases (GHGs) emission during rice cultivation in rice-barely double cropping system. Korean J. Soil Sci. Fert. 41: 65-73.
- Lee, K.B. 1997. Effects of rice cultivation in methane emission from submerged paddy field. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Naser, H.M., O. Nagata, S. Tamura, and R. Hatano. 2007. Methane emissions from five paddy fields with different amounts of rice straw application in central Hokkaido, JAPAN. Soil Science and Plant nutrient. 53:95-101.
- Neue, H.U. and R. Sass. 1994. Trace gas emissions from rice fields. In R.G. Prinn (ed.) Global atmospheric-biospheric chemistry. Plenum Press. New York.
- Neue, H.U., R.S. Latin, R. Wassmann, J.B. Aduna, C.R. Alberto, and M.J.F. Andales. 1994. Methane emission from rice soils of the Philippines. In K. Minami, A. Mosier and R. Sass (eds.). Methane and Nitrous Oxide: Global Emissions and Controls from Rice Fields and Other. Agricultural and Industrial Sources. Yokendo, Tokyo. pp. 55-63.
- Sass, R.L., F.M. Fisher, P.A. Harcombe, and F.T. Turner. 1990. Methane production and emission in a Texas rice field. Global Biogeochemical Cycles. 4:47-68.
- Yaki, K. and K. Minami. 1990. Estimation of global methane emission from paddy fields. Res. Div. Environ. Planning. 6:132-142.
- 노기안, 김건엽, 심교문, 정현철, 이길재, 이덕배. 2009. 농경지 온실가스 배출 및 흡수 평가. 농촌진흥청.
- 농림수산식품부. 2008. 농림통계연보.
- 농촌진흥청. 1998. 농업부문 온실가스 배출 저감기술 개발.