

2006 IPCC 가이드라인을 적용한 지자체별 경종부문 온실가스 배출량 평가

정현철 · 김건엽* · 이슬비 · 이종식 · 이정환 · 소규호

농촌진흥청 국립농업과학원

Evaluation of Greenhouse Gas Emissions in Cropland Sector on Local Government Levels based on 2006 IPCC Guideline

Hyun-Cheol Jeong, Gun-Yeob Kim*, Seul-Bi Lee, Jong-Sik Lee, Jung-Hwan Lee, and Kyu-Ho So

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

This study was conducted to estimate the greenhouse gas emissions on local government levels from 1990 to 2010 using 2006 IPCC guideline methodology. To calculate greenhouse gas emissions based on the 16 local governments, emission factor and scaling factor were used with default value and activity data came from the food, agricultural, forestry and fisheries statistical yearbook of MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries). The total emissions in crop sector gradually decreased from 1990 to 2010 due to a decline in agricultural land and nitrogen fertilizer usage. The annual average emission of greenhouse gas was the highest in Jeonnam (JN) with 1,698 Gg CO₂-eq and following Chungnam (CN), Gyungbuk (GB), Jeonbuk (JB) and Gyunggi (GG). The sum of top-six locals emission had occupied 83.4% of the total emission in cropland sector. The annual average emissions in 1990 by applying 2006 IPCC guideline were approximately 43% less than the national greenhouse gas inventory by 1996 IPCC guideline. Jeonnam (JN) province occupied also the highest results of greenhouse gas emission estimated by gas types (methane, nitrous oxide and carbon dioxide) and emission sources such as rice cultivation, agricultural soil, field burning of crop residue and urea fertilizer.

Key words: Greenhouse gas, IPCC guideline, Emission, Local government

서 언

2005년 세계 온실가스 배출량 중 10-12%를 농업부문이 차지하고 있으며, 온실가스 종류별로는 N₂O가 총 배출량의 60%, CH₄는 50%, CO₂는 1% 미만인 농업부문에서 배출되었다 (Smith et al., 2007). 2009년 우리나라 농업부문 온실가스 배출량은 19,847 Gg CO₂-eq으로 국가 총 배출량의 3.3%에 해당하는 양이며, 이는 세계 평균과 비교했을 때 배출 비중이 적은 편이다. 우리나라 농업부문 온실가스 배출량은 경종부문과 축산부문으로 구분하여 산정하며 (IPCC, 1996), 이중 경종부문이 차지하는 배출량은 12,207 Gg CO₂-eq으로 농업부문 총 배출량의 61.4%를 차지한다. 온실가스 종류별로는 N₂O가 57%, CH₄이 43%를 차지하며 CO₂에 의한 배출은 산정하지 않는다 (GIR, 2011).

우리나라 온실가스 배출량 산정 방법론은 2010년도 국가

온실가스 통계 산정·보고·검증 지침에 따라 1996 IPCC 가이드라인을 기본으로 GPG (Good Practice Guidance) 2000과 GPG 2003 LULUCF (Land Use, Land-use Change and Forestry)를 적용하여 Top-down 방법으로 산정하고 있다 (GPG, 2000; GPG, 2003; IPCC, 1996). 우리나라 온실가스를 총괄하고 있는 온실가스종합정보센터 (Greenhouse gas inventory & research center of Korea, GIR)는 2015년부터 2006 IPCC 신규 가이드라인을 적용할 계획에 있으며, 이를 위해 농업부문에서도 2006 가이드라인을 적용하기 위한 사전 분석 및 적용성 검토 연구가 활발히 진행되고 있다 (Jeong et al., 2011). 또한 지자체별로 온실가스 인벤토리 구축을 통해 배출특성을 구명하고 감축계획을 수립하는 등 많은 연구들이 진행되고 있다 (Choi and Koh, 2010; Koh and Park, 2008). 그러나, 대부분의 지자체별 온실가스 배출량 평가에 사용된 배출량 평가 프로그램은 온실가스 및 대기오염물질 통합관리시스템 GHG-CAPSS (Greenhouse Gas Clean Air Policy Support System)를 통해 산정된 방식이다 (Jang et al., 2011). 그러나, 농업부문에 있어 이러한

접수 : 2012. 8. 8 수리 : 2012. 10. 2

*연락처 : Phone: +82312900240

E-mail: gykim1024@korea.kr

Table 1. Default value for calculating greenhouse gases using 2006 IPCC guideline.

Division		Emission factor	Default value
Rice cultivation	CH ₄	EF	1.30
Direct emission	N ₂ O	EF ₁	0.01
		EF _{IFR}	0.003
Indirect emission	N ₂ O	EF ₄	0.01
		EF ₅	0.0075
		Frac _{GASF} [*]	0.1
		Frac _{GASM} [‡]	0.2
		Frac _{LEACH} ^{**}	0.3
Urea	CO ₂	EF _{Urea}	0.2

* Fraction of synthetic fertiliser N that volatilises as NH₃ and NO_x, kg NH₃-N and NO_x-N/kg of N input

‡ Fraction of animal manure N that volatilises as NH₃ and NO_x, kg NH₃-N and NO_x-N/kg of N excreted

** Fraction of all N added to/mineralised in managed soils in regions where leaching/runoff occurs that is lost through leaching and runoff, kg N (kg of N additions)⁻¹.

Table 2. Emission factors to assess emission of livestock manure.

Division	Dairy	Korean native cow	Pig	Chicken	Goat	Sheep	Horse	Duck	Deer
----- Mg yr ⁻¹ -----									
Emission Factor	67.9	39.6	17.4	0.51	19.4	23.5	62.1	0.51	62.1

시스템은 2006 IPCC 신규 가이드라인의 방법론을 적용하고 있지 않을 뿐만 아니라 배출계수와 보정계수 그리고 영농 활동자료의 특성을 고려하지 못하고 있는 한계가 있다.

본 연구에서는 2006 IPCC 신규 가이드라인의 방법론과 기본 배출계수, 보정계수를 적용하고 농림수산식품부 농림수산 식품통계연보의 활동자료를 활용하여 16개 지자체별로 1990년부터 2010년까지 경종부문 온실가스 배출량을 산정하고 지자체별 배출량 차이에 대한 원인을 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

우리나라 경종부문에서 발생하는 온실가스 배출량을 지자체별로 평가하기 위해 서울 (SU), 부산 (BS), 대구 (DG), 인천 (IC), 광주 (GJ), 대전 (DJ), 울산 (US), 경기 (GG), 강원 (GW), 충북 (CB), 충남 (CN), 전북 (JB), 전남 (JN), 경북 (GB), 경남 (GN), 제주 (JJ) 16개 지자체를 대상으로 2006 IPCC 가이드라인에 준하여 1990년부터 2010년까지 산정하였다. 울산광역시시의 경우 1997년에 광역시로 승격하여 1998년부터 온실가스 배출량을 산정하였다.

활동자료 (Activity data) 과거 온실가스 배출량 산정을 위한 작물별 재배면적과 생산량, 질소비료 사용량, 가축 사육두수 및 요소 사용량 등의 활동자료는 국가 공식통계인 농림수산식품부의 농림수산식품통계연보 (MIFAFF, 2010)를 활용하였다. 경종부문 온실가스 배출량 평가에 적용된

작물은 논외의 경우 벼, 겉보리, 쌀보리, 맥주보리를 대상으로 하였고, 밭의 경우 밀, 옥수수, 고추, 두류, 감자 및 고구마를 대상으로 하였다. 가축분뇨 농경지 투입에 따른 온실가스 배출량 평가에 적용된 가축은 젓소, 한·육우, 돼지, 닭, 염소, 양, 말, 오리 및 사슴을 대상으로 하였다.

배출계수 (Emission factor, EF) 및 보정계수 (Scaling factor, SF) 벼 재배 과정에서 발생하는 CH₄ 배출량을 산정하기 위한 배출계수 (EF)와 보정계수 (SF)는 2006 IPCC 가이드라인에 제시된 기본계수 (Default)를 적용하였다 (IPCC, 2006). 농경지 토양에 의한 N₂O 배출량, 작물잔사 소각에 의한 CH₄과 N₂O 배출량 및 요소비료 사용에 따른 CO₂ 배출량 산정을 위한 배출계수 또한 2006 IPCC 가이드라인에 제시된 기본계수를 적용하였다 (Table 1).

가축 사육 과정에서 발생하는 가축분뇨를 농경지에 질소 원으로 투입했을 때 발생하는 N₂O 배출량을 산정하기 위한 가축당 연간 질소 배출계수 또한 2006 IPCC 가이드라인에 제시된 기본계수를 적용하였다 (Table 2).

벼 재배에 의한 CH₄ 배출량 평가 벼 재배에 의한 CH₄ 배출량은 식(1)과 같이 2006 IPCC 가이드라인에 따라 기본 배출계수 (EF₁) 1.30에 벼 재배일수 (t) 138일과 지역별 재배면적 (A)을 곱하고 여기에 작기 중 물 관리에 따른 보정계수 (SF_w) 0.6, 유기물 사용에 따른 보정계수 (SF_o) 2.0을 곱하여 Tier 1 방법으로 산정하였다. CH₄을 CO₂로 환산하기 위해 GWP (Global Warming Potential) 21을 곱하였다.

Table 3. Index for agricultural residue burning calculations.

Division	Residue /crop ratio	Dry matter fraction of residue	Fraction burned in fields	Fraction oxidized	C fraction of residue	N fraction of residue
Barely	1.2	0.85	0.439	0.9	0.457	0.006
Wheat	1.3	0.85	0.439	0.9	0.485	0.006
Beans	2.1	0.85	1.000	0.9	0.405	0.008
Pepper	2.1	0.85	1.000	0.9	0.435	0.006

벼 재배에 의한 CH₄ 배출량

$$CH_4 = \sum(EF_i \times t \times A \times 10^{-6})$$

$$EF_i = EF_C \times SF_W \times SF_O \text{ (kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}) \quad (1)$$

농경지에서의 N₂O 배출량 평가

N₂O 배출량은 2006 IPCC 가이드라인에 따라 아래와 같이 식 (2)의 직접배출과 식 (3), (4)의 간접배출로 구분하여 기본 배출계수 (default)를 적용하는 Tier 1 방법으로 산정하였다. 간접배출은 대기 침적에 의한 배출과 수계 유출에 의한 배출로 구분하여 산정하였다. N₂O 배출을 야기하는 질소 공급원은 화학비료 사용에 의한 질소 공급 (F_{SN}), 축산분뇨 사용에 의한 질소 공급 (F_{AW}) 및 작물잔사 환원에 의한 질소 공급 (F_{CR})을 대상으로 하였으며, 논과 밭으로 구분하여 각각의 기본 배출계수를 곱하여 산정하였다. 유기토양에 의한 N₂O 직접배출량 (N₂O-N_{OS})과 가축이 방목되는 토지에서 분뇨에 의한 N₂O 직접배출량 (N₂O-N_{PRP})은 우리나라 농업조건에 해당되지 않아 계산에서 제외하였다. N₂O를 CO₂로 환산하기 위해 GWP 310을 곱하였다.

N₂O 직접배출량 계산

$$N_2O-N_{DIRECT} = N_2O-N_{N INPUT} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

$$N_2O-N_{N INPUT} = [(F_{SN}+F_{ON}+F_{CR}+F_{SOM}) \times EF_1] + [(F_{SN}+F_{ON}+F_{CR}+F_{SOM}) \times EF_{1FR}]$$

$$N_2O_{DIRECT} = N_2O-N_{N INPUT} \times 44/28 \quad (2)$$

N₂O 간접배출량 계산

대기 침적에 의한 N₂O 간접배출

$$N_2O-N_{(G)} = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) + (F_{ON} \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4$$

$$N_2O_{(G)} = N_2O-N_{(G)} \times 44/28 \quad (3)$$

수계 유출에 의한 N₂O 간접배출

$$N_2O-N_{(L)} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR}) \times \text{Frac}_{LEACH}] \times EF_5$$

$$N_2O_{(L)} = N_2O-N_{(L)} \times 44/28 \quad (4)$$

작물잔사 소각에 의한 온실가스 배출량 평가

농경지에서 작물을 수확한 후 잔사를 소각하는 과정에서 발생하는 온실가스 (CH₄, N₂O) 배출량 산정은 작물 생산량에 잔사 비율, 건물질, 소각률, 산화율, 건물 중 C와 N의 함량을 곱

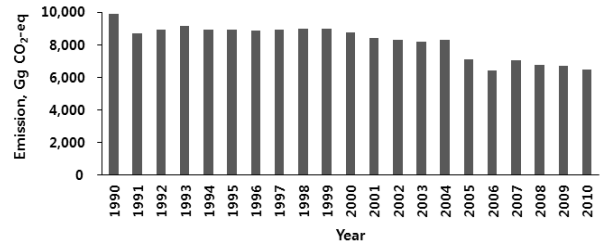


Fig. 1. The total emission of greenhouse gas from 1990 to 2010.

하고 (Table 3), 여기에 CH₄의 가스 배출을 0.005와 N₂O의 가스 배출을 0.007을 각각 곱하여 산정하였다. CH₄ 및 N₂O의 환산계수는 각각 16/12와 44/28을 적용하였다.

요소 사용에 의한 CO₂ 배출량 산정

요소 사용에 따른 CO₂ 배출은 2006 IPCC 가이드라인에서 제시된 신규 배출원으로 지자체별 요소 사용량 (M)에 기본 배출계수 (EF_{UREA}) 0.2를 곱하여 Tier 1 방법으로 식(5)와 같이 산정하였다.

농경지 요소 사용에 따른 CO₂ 배출량 계산

$$CO_2-C_{Emission} = M \times EF_{UREA}$$

$$CO_2 = CO_2-C \times 44/12 \quad (5)$$

결과 및 고찰

경종부문 온실가스 총 배출량

1990년부터 2010년까지 16개 지자체 온실가스 배출량을 합산한 총 배출량 결과는 Fig. 1과 같다. 1990년 경종부문 우리나라 온실가스 총 배출량은 9,888 Gg CO₂-eq으로 산정기간 중 가장 높은 배출량을 나타냈으며, 이는 우리나라 국가 온실가스 인벤토리 보고서의 결과인 17,196 Gg CO₂-eq보다 약 43% 적은 양이다 (GIR, 2011). 배출량 차이의 가장 큰 원인은 국가 온실가스 통계의 경우 1996 IPCC 가이드라인을 기본으로 적용하고 있는 반면 이번 연구에서는 2006 IPCC 가이드라인을 적용하여 산정하였기 때문이다. 논에서의 CH₄ 배출량 산정의 경우 이번 연구에서는 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 기본 배출계수 (Default) 1.30을 적용한 반면 국가 온실가스

인벤토리 보고서에서는 국가 고유의 농업환경을 반영하여 산출한 국가 고유계수 (Country specific) 2.37을 적용하였다. 농경지 토양에서 발생하는 N₂O의 경우 이번 연구에서는 논 (EF_{1FR})과 밭 (EF₁)을 구분하여 각각 0.003 kg N₂O-N/kg N과 0.01 kg N₂O-N/kg N의 기본 배출계수를 적용한 반면 국가 온실가스 인벤토리 보고서에서는 통합 기본 배출계수인 0.0125 kg N₂O-N/kg N를 적용했기 때문에 배출량이 적은 것으로 분석되었다. 가축분뇨 농경지 질소 투입량 계산을 위한 가축 당 질소 배출량 또한 2006 IPCC 가이드라인의 기본계수가 국가 인벤토리 보고서에서 적용한 1996 IPCC 가이드라인의 기본계수보다 낮았기 때문인 것으로 분석되었다.

연도별 총배출량은 1990년 9,888 Gg CO₂-eq 이후 2006년 6,423 Gg CO₂-eq 까지 지속적으로 감소하는 경향을 보였으며, 이는 농경지 면적의 지속적인 감소와 화학비료 사용량의 감소 때문인 것으로 분석되었다. 2007년 총 배출량은 7,067 Gg CO₂-eq으로 2006년 보다 조금 상승하였는데 이는 요소비료 사용량 증가, 가축사육두수 증가로 인한 가축분 퇴비의 농경지 투입량 증가 때문인 것으로 분석되었다. 2007년 이후 2010년까지의 총 배출량은 지속적으로 감소하였는데 이 또한 농경지 면적 감소 및 화학비료 사용량 감소 등이 주요 원인으로 분석되었다.

지자체별 온실가스 연 평균 배출량 지자체별 21년간 누적량을 평균한 연 평균 배출량은 Fig. 2와 같다. 연 평균 배출량은 전남 (JN) 지역이 1,462 Gg CO₂-eq으로 16개 지자체 중 가장 높았고, 경중부문 전체 배출량의 17.8%를 차지하였다. 그 다음은 충남 (CN), 경북 (GB), 전북 (JB), 경기 (GG) 및 경남(GN) 순으로 배출량은 각각 1,249, 1,141, 1,089, 1,077, 844 Gg CO₂-eq이었으며, 경중부문 전체 배출량의 15.2, 13.9, 13.2, 13.1, 10.2%를 각각 차지하였다. 상위 배출 6개 지역 연 평균 배출량 합은 6,862 Gg CO₂-eq으로 경중부문 총 배출량의 83.4%를 차지하였다. 서울 (SU)의 경우 전체 연 평균 배출량의 0.1%로 경중부문 중 가장 적은 배출량을 차지하였다. 6대 광역시인 부산 (BS), 대구 (DG), 인천 (IC), 광주 (GJ), 대전 (DJ), 울산 (US)에서 배출되는 경중부문 온실가스 연 평균 배출량은 6개 지역 모두 우리나라 연 평균 배출량의 1%를 이하를 차지하였으며, 이는 농경지 면적, 작물 생산량 및 질소비료 사용량과 직접적인 연관이 있는 것으로 나타났다.

연도별, 지자체별 온실가스 배출량 Figure 3은 1990년부터 2010년까지 연도별로 16개 지자체에 대한 경중부문 온실가스 배출량 변화를 나타낸다. 1990년 이후 2010년까지 가장 많은 배출량을 나타낸 곳은 전남 (JN)으로 특히 1990년의 경우 배출량은 1,698 Gg CO₂-eq으로 전체 배출량의

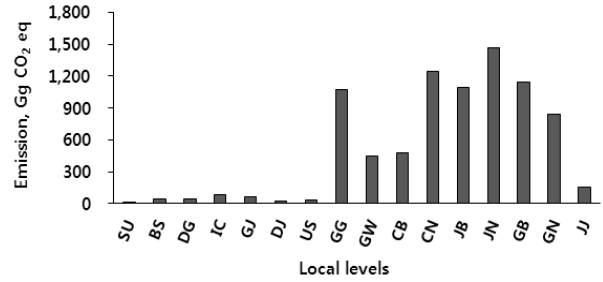


Fig. 2. The annual average emission of greenhouse gas for 16 local governments.

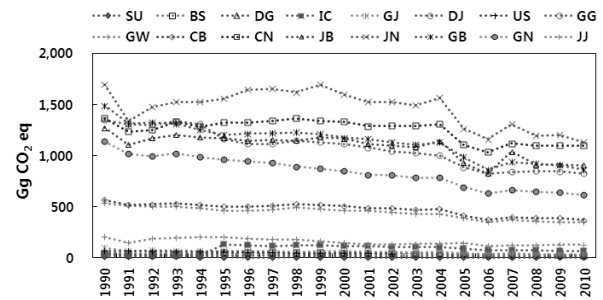


Fig. 3. The trends of greenhouse gas emission of 16 local governments from 1990 to 2010.

18.2%를 차지하였다. 그 다음 많은 배출량을 차지한 곳은 경북 (GB), 충남 (CN), 경기 (GG) 순으로 그 양은 각각 1,489 Gg CO₂-eq, 1,363, 1,347이었고, 서울이 12 Gg CO₂-eq으로 가장 적은 배출량을 나타냈다. 1990년 전남 (JN)이 가장 많은 배출량을 나타낸 원인은 CH₄ 발생의 경우 16개 지자체중 가장 넓은 벼 재배 면적을 차지하였기 때문인 것으로 분석되었고, 질소비료 농경지 사용량 또한 107,875톤으로 두 번째로 배출이 많았던 경북 (GB)보다 24.3%가 많았던 것으로 나타났다.

1990년 이후 경중부문 온실가스 배출량은 지속적으로 감소하였으며, 이러한 감소의 주요 원인은 경지면적 감소와 화학비료 사용량 감소 때문인 것으로 나타났다. 1991년 전남 (JN) 지역의 온실가스 배출량이 급격히 감소한 원인은 화학비료 사용량이 1990년 대비 50%이상 감소하였기 때문인 것으로 분석되었다. 2006년의 경우 또한 전체 화학비료 사용량은 2005년 대비 31% 까지 감소하였다. 이러한 결과로 볼 때 경중부문 온실가스 배출량은 화학비료 사용량에 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다 (Bouwman, 1996; Cai, et al., 2000).

배출원 및 온실가스 종류별 배출량 비교 Figure 4는 벼 재배에 의한 CH₄ 배출량과 농경지 작물 잔사 소각 과정에서 발생하는 CH₄ 배출량의 합을 상위 배출 6개 지자체에 대해 비교한 결과이다. CH₄ 배출의 경우 벼 재배에 의한 CH₄ 배출이 주요 원인이며 작물 잔사 소각 과정에서의 CH₄

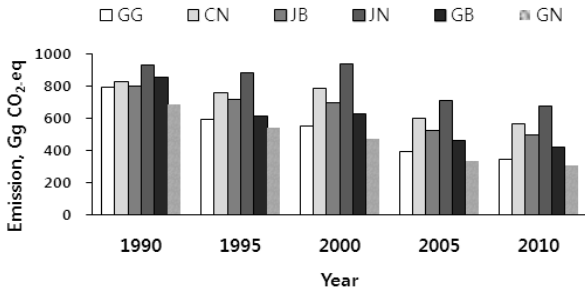


Fig. 4. The methane emissions from rice cultivation and field burning of crop residues for top-six local governments.

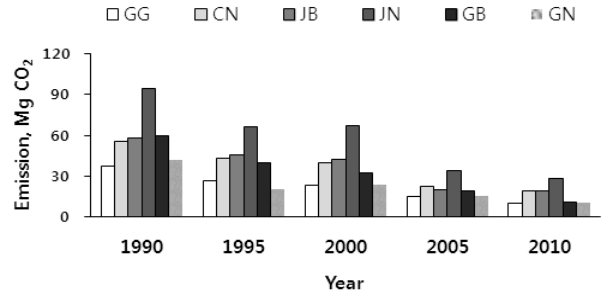


Fig. 6. The carbon dioxide emissions from urea fertilizer for top-six local governments.

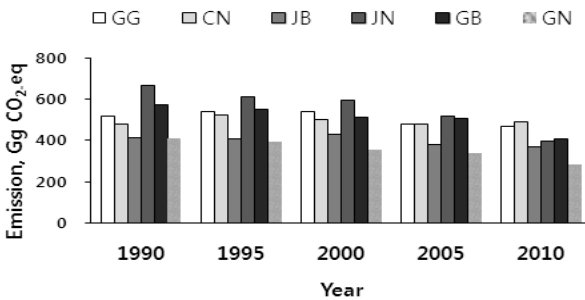


Fig. 5. The nitrous oxide emissions from agricultural soils field burning of crop residues for top-six local governments.

배출은 경종부문 전체 CH₄ 배출량의 약 1%로 큰 영향을 미치지 못했다. 개발도상국의 경우 잔물잔사 소각률이 높아 온실가스 배출 비중이 높으나, 선진국의 경우는 일부 소각하는 작물을 제외하고는 농경지 작물잔사 소각률이 낮아 온실가스 배출 비중이 낮다 (Gadde et al., 2009; Yevich and Logan, 2003). CH₄은 우리나라에서 벼 재배면적이 가장 넓은 전남 (JN) 지역에서 1990년부터 2010년까지 가장 많은 배출량을 차지하였다. 1990년의 경우 경북 (GB) 지역에서 두 번째로 많은 CH₄ 배출량을 차지하였으나, 1995년부터 2010년까지는 충남 (CN) 지역에서 두 번째로 많은 CH₄ 배출량을 차지하였다. 1995년 이후 경북 (GB) 지역은 벼 재배면적이 급격히 감소하여 전국에서 네 번째로 많은 배출량을 차지하였다. 벼 재배에 의한 CH₄ 배출량은 재배면적, 물 관리 방법 및 유기물 사용량과 밀접한 관계가 있다 (Huang et al., 1998; Park and Yun, 2002; Yagi and Minami, 1990). 그러나, 이번 지자체 별 배출량 평가에서는 물 관리 방법과 유기물 사용량은 국가 통계를 사용하여 지역별로 동일한 값을 사용하였기 때문에 배출량 차이의 주요 원인은 재배면적의 차이 때문인 것으로 분석되었다.

농경지 토양에서 질소비료 사용 및 가축분뇨 투입에 따른 N₂O 배출량과 농경지 작물잔사 소각과정에서 발생하는 N₂O 배출량의 합을 상위 6개 지역 대상으로 비교하여 Fig. 5에 나타내었다. N₂O 배출은 1990년부터 2005년까지는 전남 (JN) 지역에서 가장 많은 배출량을 차지하였으며, 2010년의 경우에는 충남 (CN) 지역에서 가장 많은 배출량을 차지하였

다. 1990년부터 2010년까지 모든 지역에서 N₂O 배출은 재배면적 감소에 따른 질소 비료 사용량 감소로 줄어드는 경향을 보였다. 그러나 감소폭은 CH₄ 배출량 감소폭보다 적었는데 이는 가축 사육두수 증가로 인한 농경지 질소 투입량이 일부 증가하였기 때문인 것으로 분석되었다.

Figure 6은 요소 사용에 따른 CO₂ 배출량을 상위 6개 지역을 대상으로 비교한 결과이다. 요소 사용에 의한 CO₂ 배출량은 2006 IPCC 가이드라인에서 산정하는 신규 항목으로 이번 평가에서 요소 사용에 의한 온실가스 배출량은 경종부문 전체 배출량의 2~5%를 차지하는 것으로 분석되었다. 요소 사용에 의한 CO₂ 배출량이 가장 높은 지역은 전남 (JN)으로 1990년 95 Mg CO₂에서 2010년 28 Mg CO₂으로 감소하였고, 가장 적은 배출량을 나타낸 곳은 경기 (GG) 지역으로 1990년 37 Mg CO₂에서 2010년 10 Mg CO₂으로 감소하였다.

요 약

본 연구는 국가 온실가스 배출량 평가에서 향후 적용될 2006 IPCC 신규 가이드라인을 적용하여 16개 지자체별로 경종부문 온실가스 배출량을 평가하고 배출량 차이를 분석하고자 수행하였다.

지자체 별 경종부문 온실가스 배출량을 평가한 결과 전남 (JN)지역에서 가장 많은 배출량을 차지하였으며, 연 평균 배출량 또한 가장 많은 양을 차지하였다. 온실가스 종류 (CH₄, N₂O, CO₂)별 배출량 및 배출원 (벼 재배, 농경지 토양, 작물잔사 소각 및 요소 사용)별 배출량을 분석한 결과 또한 전남 (JN)에서 가장 많은 양을 차지하였다. 전남 (JN) 지역에서 배출량이 많았던 주요 원인은 작물 재배면적이 가장 넓기 때문이며 이에 따른 작물생산량, 질소 비료 사용량 및 요소 사용량 또한 많았기 때문인 것으로 분석되었다. 작물잔사 소각에 의한 온실가스 배출량은 경종부문 총 배출량에 큰 영향을 미치지 못하였다.

Top-down 방법을 적용하여 산정한 국가 온실가스 배출량과 2006 신규 가이드라인을 적용하여 Bottom-up 방법으로 산정한 지자체별 배출량을 비교한 결과 1990년의 경우

이번 배출량 평가에서 더 적은 배출량을 나타냈으며, 가장 큰 원인은 이번 산정에서는 2006 가이드라인의 기본 배출 계수를 사용하였기 때문이며, 가축분뇨 투입에 따른 질소 배출량 기본 계수값이 더 작기 때문인 것으로 분석되었다. 그러나 좀 더 정확한 지자체별 배출량 평가와 분석을 위해서는 작물별 재배면적, 생산량, 화학비료 및 가축분뇨 투입량 등의 활동자료 뿐만이 아닌 지자체 고유의 영농방법 (물관리 방법, 유기물 시용 방법 등)에 대한 활동자료 구축과 더불어 이를 적용한 배출량 산정이 필요하다.

국가 온실가스 배출량 산정 시 기본 계수를 사용할 경우 국내의 농업환경을 반영하기에는 많은 한계가 있으며, 불확도 또한 클 수밖에 없다. 향후, 2006 신규 가이드라인을 적용하고 국내 농업환경을 반영할 수 있는 Tier 2 수준의 온실가스 배출량 산정을 위해서는 국가 고유의 배출계수 개발과 더불어 신뢰도 높은 활동자료를 구축하는 것이 필요하다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 공동연구사업 (과제번호: PJ006784012012)과 에너지경제연구원의 연구 자료에 의해 이루어진 것임을 밝힙니다.

인 용 문 헌

- Bouwman, A.F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling Agro.* 46:53-70.
- Cai, Z.C., H. Tsuruta, and K. Minami. 2000. Methane emission from rice fields in China: measurements and influencing factors. *J. Geo. Res.* 105(D13) :17231-17242.
- Choi, C.G. and J.K. Koh. 2010. Greenhouse gas emission characteristics of local governments and its implications in climate change policy : the case of Gyeonggi-do. *Korea Planners Association.* 45(2):261-273.
- Gadde, B., S. Bonnet, C. Menke, and S. Garivait. 2009. Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. *Environ. Pollution.* 157:1554-1558.
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea (GIR). 2011. National greenhouse gas inventory report of Korea. 33-36.
- Huang, Y., R.L. Sass, and F.M. Fisher. 1998. Model estimates of methane emission from irrigated rice cultivation of China. *Global Change Biol.* 4:809-201.
- IPCC. 1997. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, J.T.houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC. 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventorise. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC. 2006. 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.
- Jang, N.J., J.Y. An, T.K. Kim, S.H. Im, and D.S. Kim. 2011. A study in greenhouse gas emission characteristics for regional governments (A case study of Jeonbuk province). *J. Korean Soc. Atmos. Environ.* 27(2):225-237.
- Jeong, H.C., G.Y. Kim, D.B. Lee, K.M. Shim, and K.K. Kang. 2011. Assessment of greenhouse gases emission of agronomic sector between 1996 and 2006 IPCC guideline. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6):1214-1219.
- Koh, J.K. and N.B. Park. 2008. A study on calculating greenhouse gas emissions of local governments. *Korean Environ. Pol. Admin. Soc.* 16(1):29-61.
- MIFAFF, 2010. Food, agricultural, forestry and fisheries statistical yearbook. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries. Seoul Korea.
- Park M.E. and S.H. Yun. 2002. Scientific basis for establishing country CH4 emission estimates for rice-based agriculture: A Korea (south) case study. *Nutrient Cycling Agro.* 64:11-17.
- Smith P., D. Martino, and Z. Cai. 2007. Agriculture (Chapter 8). In: *Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Metz B, Davidson O R, Bosch P R, Dave R, Meyer L A). p. 497-540. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Yagi, K. and K. Minami. 1990. Effect of organic matter application in methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Sci. Plant Nutri.* 36(4):599-610.
- Yevich, R. and J.A. Logan. 2003. An assessment of biofuel use and burning of agricultural waste in the developing world. *Global Biogeochemical Cycles.* 17(4):1095.