Journal of Climate Change Research Vol. 5, No. 4, 2014, pp. 349～357
DOI:http://dx.doi.org/10.15531/KSCCR.2014.5.4.349

농업부문 국가 고유 배출계수와 보정계수 개발에 따른 온실가스 배출량 변화 비교

A Comparison of the Changes of Greenhouse Gas Emissions to the Develop Country-Specific Emission Factors and Scaling Factors in Agricultural Sector

정현철† · 이종식 · 최은정 · 김건엽 · 서상욱 · 소규호
국립농업과학원 농업환경부 기후변화생태과

Jeong, Hyun Cheol†, Lee, Jong Sik, Choi, Eun Jung, Kim, Gun Yeob, Seo, Sang Uk and So, Kyu Ho

Division of Climate Change & Agroecology, Department of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science, Wanju-gun, Korea

ABSTRACT

Greenhouse gases (GHGs) from agricultural sector were categorized in a guideline book from Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) as methane from rice paddy fields and nitrous oxide from agricultural soils. In general, GHG emissions were calculated by multiplying the activity data by emission factor. Tier 1 methodology uses IPCC default factors and Tier 2 uses country specific emission factors (CS). The CS and Scaling factors (SF) had been developed by NAAS (National Academy of Agricultural Science) projects from 2009 to 2012 to estimate how the advanced emissions. The purpose of this study was to compare GHG emissions calculated from IPCC default factors and NAAS CS and SF of agricultural sector in Korea. Methane emissions using CS and SF in rice paddy field was about 79% higher than those using IPCC default factors. In the agricultural soils, nitrous oxide emissions using CS from the 5 crops were about 40% lower than those using IPCC default. Except those 5 crops, approximately up to 52% lower emissions were calculated using CS compared to those using IPCC default factors. The total GHG emissions using CS and SF were about 33% higher than those using Tier 1 method by IPCC default factors.

Key words : IPCC, Country Specific Emission Factor, Scaling Factor, Greenhouse Gas, Methane, Nitrous Oxide

† Corresponding author : E-mail: taiji152@korea.kr
접수일자: 2014. 10. 31 / 수정일자: 2014. 11. 28 / 채택일자: 2014. 12. 10

1. 서론

2011년 우리나라 온실가스 배출량은 697.7 백만톤 CO_2-eq.로 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 하에서의 의무감축국들과 비교할 때 미국, 러시아, 일본, 독일, 캐나다 다음으로 6위이며, 의무감축국이 아닌 국가를 포함할 경우 중국, 인도 다음인 8위에 해당된다(환경부 온실가스종합정보센터, 2013). 우리나라 농업부문에서 배출되는 온실가스는 2011년 약 22 백만톤 CO_2-eq.으로 국가 총 배출량의 약 3.2%를 차지하는 양이다. 온실가스 종류별로는 메탄이 약 12.2 백만톤 CO_2-eq., 아산화질소가 9.8 백만톤 CO_2-eq.이 배출되었다. 메탄의 경우, 국가 전체 배출량의 약 42.0%를 차지하였고, 아산화질소의 경우 66.3%를 차지하였다(환경부 온실가스종합정보센터, 2013).

농업부문 온실가스 배출량 산정은 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 발행한 가이드라인에 따라 산정하며, 산정 방법에 따라 기본 배출계수를 사용하는 Tier 1, 국가 고유 배출계수나 보정계수를 사용하는 Tier 2, 모델이나 직접 측정 방법을 이용하는 Tier 3로 구분한다(IPCC, 1996). IPCC 가이드라인에 따른 Tier 1 방법론은 2001년 약 69%의 국가에서 적용하고 있으나(Philippe *et al.*, 2008), 이러한 방법론에 적용되는 아산화질소 배출계수(0.0125 kg N_2O-N kg^{-1} N)는 약 20여개의 실험 사이트 결과를 평균한 값으로 국가별, 지역별 농업환경 특성을 반영하지 못하므로 불확실성이 크다(Bouwman, 2002). 이러한 이유 때문에 IPCC는 자국의 농업환경에 맞는 국가 고유 배출계수를 개발하여 Tier 2 수준에서 배출량을 산정하도록 권고하고 있으며, 영국(Skiba *et al.*, 2001)과 유럽(Freibauer, 2003) 등에서는 Tier 2 방법론을 적용한 온실가스 배출량 산정 연구를 수행하였다. 2013년 우리나라 농업부문 온실가스 배출량은 1996 IPCC 가이드라인을 기본으로 우수실행지침서(Good Practice Guidance, GPG) 2000과 2003을 적용하고, 일부 배출계수 및 보정계수의 경우에는 2006 IPCC 가이드라인을 적용하여 Tier 1 방법으로 산정하였다(환경부 온실가스종합정보센터, 2013). 아직까지 우리나라는 2006 IPCC 신규 가이드라인을 적용하고 있지 않으나, 향후 도입을 위해 정부는 산업부문별로 많은 연구를 수행 중에 있다. 농업부문의 경우, Jeong *et al.* (2012)은 2006 IPCC 신규 가이드라인을 적용한 경종부문 온실가스 배출량을 1996 IPCC 가이드라인 방법론과 비교 평가하고, 신규 가이드라인 적용을 위한 개선 방안을 연구한 바 있다.

농업부문에서 발생하는 온실가스는 배출원에 따라 벼재배(Rice cultivation) 과정에서의 메탄 배출, 농경지 토양(Agricultural soils)에서의 아산화질소 배출 그리고 작물을 수확하고 남은 잔사(Crop residues)를 소각하는 과정에서 배출되는 메탄 및 아산화질소로 구분한다(IPCC, 1996). 벼를 재배하는 과정에서 발생하는 메탄은 주요 온실가스 중 하나로 작기 중 물 관리 방법과 유기물 시용 유무에 따라 배출량이 크게 달라진다(IPCC, 2006; IPCC GPG, 2003; Cai *et al.*, 2000; IPCC, 2000). Shin *et al.* (2003)은 작기 중 물떼기(중간낙수) 만으로 약 43.8 %의 온실가스 감축 효과가 있다고 하였고, Yagi and Minami(1990)도 약 47.6%의 온실가스 감축 효과가 있다고 하였다. 농경지 토양에서 배출되는 아산화질소는 직접 배출과 간접 배출로 구분되며, 질소 투입원(화학비료, 가축분뇨, 작물잔사, 콩과작물 등)에 따라 배출량 차이가 크다(IPCC, 2006; Rochette and Janzen, 2005). 작물을 수확하고 남은 잔사는 처리 방법에 따라 토양으로 환원하거나, 퇴비로 활용 또는 소각을 하는데 이 과정에서 메탄, 아산화질소뿐만 아니라, 이산화탄소, 질소산화물 등이 발생을 한다.

농업부문에서의 온실가스 배출량은 산정 수준에 따라서도 배출량 차이가 크며, 배출계수 및 보정계수 적용 방법에 따라서도 차이가 크다(Jeong *et al.*, 2011). 따라서 배출원별 정확한 배출량 측정과 국가 환경에 맞는 배출계수 개발이 필요하며, 배출량 산정 방법 고도화를 통해 배출량에 대한 불확도(Uncertainty)를 줄이는 노력이 필요하다. 이를 위해 국립농업과학원에서는 국가 고유 계수 개발을 위해

2009년부터 2012년까지 연구를 수행하여 11개의 배출계수와 보정계수를 개발하여 2014년 환경부 온실가스종합정보센터에 등록을 완료하였다.

이번 연구의 목적은 신규 개발된 국가 고유 배출계수와 보정계수를 적용하여 1990년부터 2012년까지 온실가스 배출량 변화를 평가하고, IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 기본 계수를 적용했을 때와의 배출량 차이를 비교 분석하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

국가 고유 배출계수 및 보정계수 개발에 따른 우리나라 경종부문의 온실가스 배출량 변화 비교 평가를 위해 배출량 산정 방법론은 1996과 2006 IPCC 가이드라인, IPCC GPG 2000, 2003 및 2014 국가 온실가스 통계 산정・보고・검증 지침을 활용하였다. 온실가스 배출량 산정기간은 1990년부터 2012년까지 23년간이고, IPCC 가이드라인에서 제시된 기본계수(Default)와 국내에서 개발된 국가 고유 계수 9종을 적용하여 비교 평가하였다. 배출원에 따른 온실가스 구분은 IPCC 가이드라인을 바탕으로 벼재배에서의 메탄 배출, 농경지 토양에서 화학비료 시용에 따른 아산화질소 배출로 하였고, 온실가스 배출량은 활동자료에 배출 및 보정계수를 곱하여 산정하였다. 배출원별 적용된 계수는 벼재배 논의 경우, 일 배출 계수(EF_C), 작기 중 물 관리 보정계수(SF_W) 및 유기물 보정계수(SF_O)였고, 농경지 토양의 경우 5개 작물별(고추, 콩, 감자, 봄배추, 가을배추) 아산화질소 배출계수와 통합계수였다.

농업부문의 경우, 강우나 태풍 같은 환경요인 등으로 인한 연간 온실가스 배출량 차이가 크기 때문에 IPCC에서는 3년 평균값을 적용하도록 권고하고 있다. 따라서 전전년도, 전년도 및 당해년도의 3년간 평균값을 이용하여 당해연도 배출량을 구하고 비교 평가하였다. 메탄 및 아산화질소 배출량을 이산화탄소로 환산하기 위한 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP)는 1996 IPCC 가이드라인에 따라 메탄 21, 아산화질소 310을 적용하였다.

2.1 활동자료

온실가스 배출량 산정을 위해서는 기본적으로 작물별 재배면적, 생산량 및 화학비료 시용량 등 온실가스 배출에 영향을 미치는 활동자료(Activity data)가 필요하며, 이번 배출량 산정 비교 평가에서는 국가 승인 통계자료인 농림축산식품부(구 농림수산식품부)의 농림수산식품통계연보(1995, 2000, 2005, 2010, 2013)를 활용하였다. 그밖에 벼 재배과정에서의 메탄 배출량 산정을 위한 유기물 시용량과 작기 중 물 관리 방법론은 2014 국가 온실가스 인벤토리 산정・보고・검증 지침을 적용하였다(환경부 온실가스종합정보센터, 2014). 농경지 토양에서 화학비료 시용에 따른 아산화질소 배출량 비교 산정을 위해 개발된 5개 작물(고추, 콩, 감자, 봄배추, 가을배추)과 그 외 작물로 재배면적을 구분하였고, 작물별 면적당 화학비료 시비량은 실제 투입량에 대한 활동자료가 존재하지 않아 작물별 시비처방 기준(국립농업과학원, 2010)의 표준시비량을 적용하였다.

2.2 배출계수 및 보정계수

Table 1은 온실가스 배출원별 배출계수와 보정계수를 국가 고유 계수와 IPCC 가이드라인 기본 계수로 구분한 표이다. 벼재배 논의 경우, 메탄 일 배출계수(EF_C)는 기본 배출계수가 1.30 kg ha^{-1} day^{-1}로 국가 고유 배출계수 2.32 kg ha^{-1} day^{-1}보다 낮았고, 보정계수의 경우 개발된 유기물 시용에 따른 보정계수와 작기 중 물 관리 방법에 따른 보정계수는 기본계수와 큰 차이가 없었다. 농경지 토양에서 배출되는 아산화질소 배출량 산정을 위한 국가 고유 배출계수(5개 작물별 배출계수 및 통합계수)는 IPCC 가이드라인의 기본 계수(0.0125 kg N_2O-N kg^{-1} N)보다 전반적으로 낮았다.

2.3 온실가스 배출량 산정

개발된 배출계수 비교 평가를 위해 온실가스 배출량은 IPCC 가이드라인에 따라 벼 재배에 따른 메탄 배출량과 농경지 토양에서 화학비료 시용에 따른 아산화질소 배출량으로 구분하여 산정하였다.

Table 1. The comparison of IPCC default and developed country specific factors

Emission sources	Factors	Unit	Developed	IPCC
Rice cultivation (CH_4)	Emission factor (EFC)	kg^{-1} ha^{-1} day^{-1}	2.32	1.30
	Scaling factor (SFW)	-	2.50	2.50
	Scaling factor (SFO)	-	0.66	0.60
Agricultural soils (N_2O)	Emission factor (Integration)	kg N_2O-N kg^{-1} N	0.0059	0.0125
	Red pepper	kg N_2O-N kg^{-1} N	0.0086	
	Soybean	kg N_2O-N kg^{-1} N	0.0119	
	Potato	kg N_2O-N kg^{-1} N	0.0049	
	Chinese cabbage (Spring)	kg N_2O-N kg^{-1} N	0.0056	
	Chinese cabbage (Autumn)	kg N_2O-N kg^{-1} N	0.0058	

벼 재배에 의한 메탄 배출량은 식 (1)과 같이 기본 배출계수에 물 관리 및 유기물 보정계수를 곱하여 일 배출계수를 산출한 후 재배면적과 재배일수를 곱하여 산정하였다.

CH_4 Emission

$$CH_4 = \Sigma(EF_i \times t \times A \times 10^{-6})$$
$$EF_i = EF_C \times SF_W \times SF_O \text{ (kg } CH_4 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}) \quad (1)$$

EF_i : Adjusted seasonally integrated emission factor for a particular harvested area

EF_C : Seasonally integrated emission factor for continuously flooded fields without organic amendments

SF_W : Scaling factor to account for the differences in ecosystem and water management regime

SF_O : Scaling factor for both types and amount of amendment applied

A : Cultivation area (ha yr^{-1})

t : Cultivation days

농경지 토양에서의 화학비료 시용에 따른 아산화질소 배출량은 식 (2)와 같이 작물별 화학비료 시용량에 각각의 배출계수를 곱하여 산정한다.

N_2O Emission

$$N_2O_{\text{DIRECT}} = F_{SN} \times EF_1 \times 44/28 \quad (2)$$

F_{SN} : Annual amount of synthetic fertilizer nitrogen applied to soils adjusted to account for the amount that volatilises as NH_3 and NOx (kg N yr^{-1})

EF_1 : Emission factor for emission from N inputs (kg N_2O-N kg^{-1} N input)

3. 결과 및 고찰

3.1 벼재배 논에서의 메탄 배출량

1990년부터 2012년까지 우리나라 벼재배 논에서 메탄 배출량을 IPCC 기본계수(D)와 국가 고유 배출계수(CS)를 각각 적용하여 산정한 결과는 Fig. 1과 같다. 년도별 메탄 배출량은 기본 계수를 적용

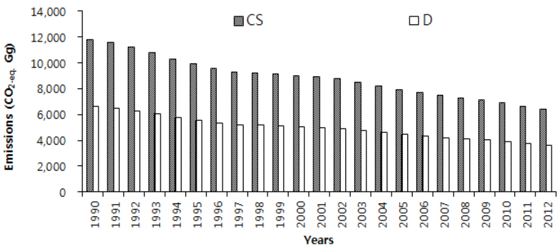


Fig. 1. Changes of methane emission calculated by the developed factor(CS) and IPCC default(D) in the paddy fields from 1990 to 2012.

했을 때보다 국가 고유 계수를 적용했을 때 높았다. 배출량 차이는 벼 재배면적이 가장 많았던 1990년에 5,198 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$으로 가장 컸고, 벼 재배면적이 가장 작았던 2012년에는 2,836 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$으로 배출량 차이가 가장 적었다. 전체적인 메탄 배출량 변화 추이는 1990년 이후 벼 재배면적이 감소함에 따라 지속적으로 감소하였고, 배출량 차이 또한 감소하였다.

Fig. 2는 기본계수와 국가 고유 계수 적용에 따른 상시담수와 간단관개 벼재배에서 23년간 메탄 연평균 배출량을 나타낸다. 상시담수 벼재배보다 간단관개 벼재배에서 평균 배출량이 높은 이유는 1990년부터 간단관개 면적 비율을 증가했기 때문이다. 기본 계수를 적용했을 경우, 상시담수와 간단관개 벼재배에서의 메탄 평균 배출량은 각각 2,179 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$, 2,792 $CO_{2\text{-eq.}}$이었고, 국가 고유 배출계수(EF_C)와 보정계수를 적용했을 경우는 3,888 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$, 4,983 $CO_{2\text{-eq.}}$이었다. 벼 재배 논에서의 메탄 총 평균배출량은 기본 계수 적용 대비 국가 고유 계수를 적용할 경우 약 79% 증가되었는데, 이러한 증가 원인은 개발된 국가 고유 배출계수가 IPCC에서 주어진 기본계수보다 높았기 때문이다. 메탄 배출량은 기본적으로 작기 중 물 관리 방법이나 유기물 시용량 및 종류에 따라 변동이 크나(Cai *et al.*, 2001; Yagi and Minami, 1990), 이번 배출량 평가에서 적용된 보정계수 중 유기물 보정계수는 기본계수와 고유계수가 같았고, 물 관리 보정계수도 기본계수와 큰 차이가 없어 신규 개발된 국가 고유계수를 적용할 경우, 메탄 일 배출계수(EF_C)에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

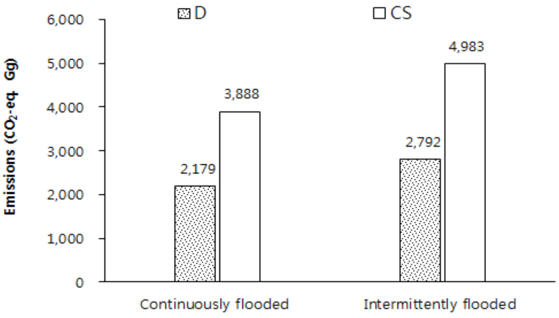
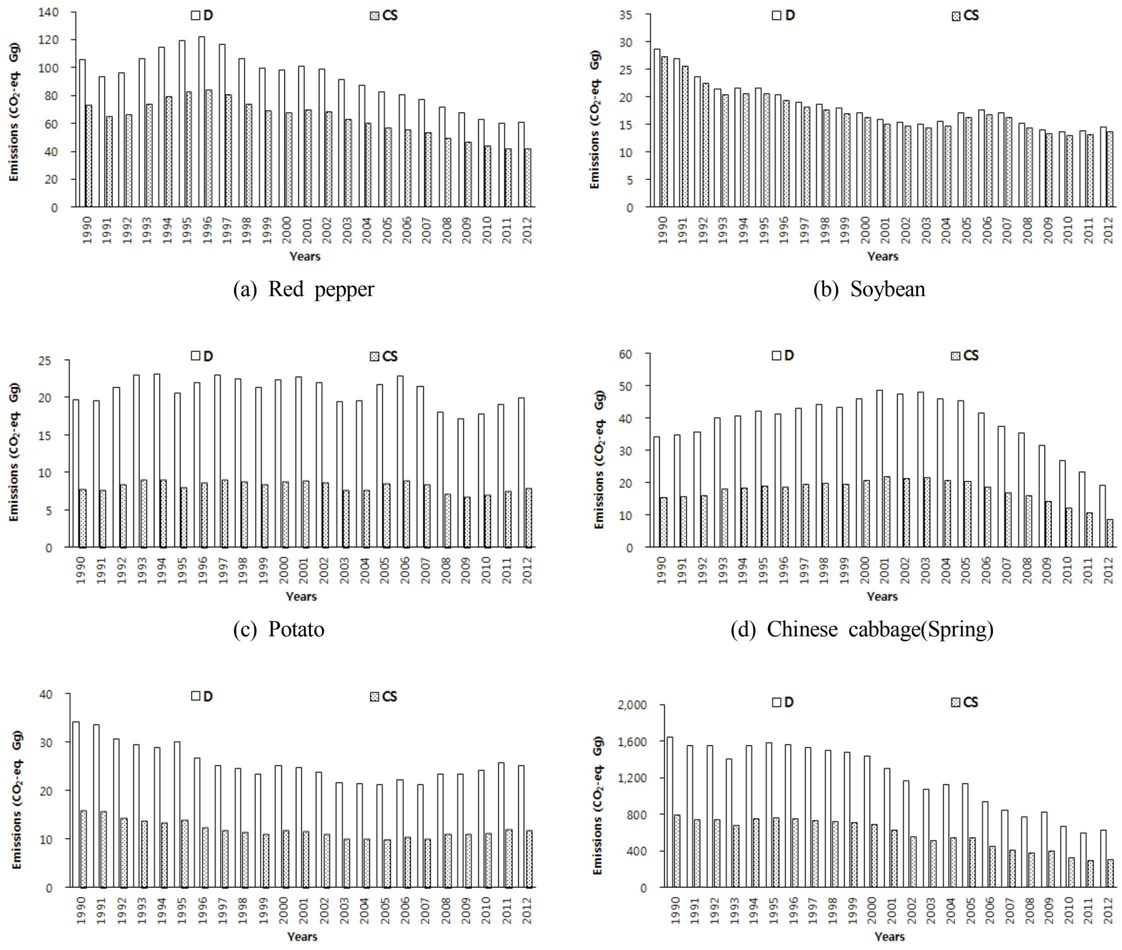


Fig. 2. The differences of methane mean emissions over 23 years by the IPCC default(D) and the country-specific emission factor(CS) according to the water management in the paddy fields.

3.2 농경지 토양에서의 아산화질소 배출량

농경지 토양에서 화학비료 시용에 따른 아산화질소 배출량은 5개 작물별 국가 고유 배출계수 적용에 따른 배출량과 통합계수 적용에 따른 배출량으로 구분하여 IPCC 가이드라인의 기본 배출계수를 적용한 배출량과 비교 평가하였다. 1990년부터 2012년까지 작물별 아산화질소 배출량 변화는 작물 재배면적 증감에 따른 화학비료 시용량의 영향이 큰 것으로 분석되었다. 작물별 아산화질소 배출량은 기본 계수를 적용했을 때보다 국가 고유 배출계수를 적용했을 경우 배출량이 전반적으로 감소하였는데, 이는 아산화질소 기본 배출계수 0.0125 kg N_2O-N kg^{-1} N보다 개발된 작물별 배출계수가 전반적으로 낮았기 때문이다(Fig. 3). 5개 작물을 제외한 다른 작물의 대한 배출량 또한 기본 배출계수를 적용한 배출량보다 작았는데, 이 또한 통합계수 0.00596 kg N_2O-N kg^{-1} N가 기본 배출계수 0.0125 kg N_2O-N kg^{-1} N보다 낮았기 때문이다.

Fig. 4는 1990년부터 2012년까지 농경지 토양에서 기본 배출계수와 국가 고유 배출계수를 적용했을 때 5개 작물에 대한 아산화질소 배출량 차이 변화를 나타낸다. 5개 작물 중 배출량 차이는 고추에서 가장 컸고, 그 다음이 봄배추로 나타났다. 가장



(a) Red pepper (b) Soybean

(c) Potato (d) Chinese cabbage(Spring)

(e) Chinese cabbage(Autumn) (e) Other crops

Fig. 3. The changes of nitrous oxide emission by developed country specific emission factors of 5 crop types and integrated emission factor from 1990 to 2012.

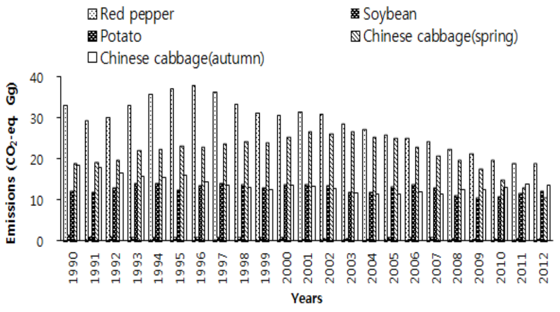


Fig. 4. The emission differences for 5 crop types according to IPCC default and country specific emission factors from 1990 to 2012.

적은 배출량 차이를 나타낸 작물은 콩으로 배출량 차이가 거의 없었는데, 이는 기본 배출계수와 차이가 작았기 때문이다.

5개 작물별로 기본계수와 국가 고유 배출계수를 적용한 23년간 평균 아산화질소 배출량 차이는 Fig. 5와 같다. 5개 작물 중 배출량 차이가 가장 큰 작물은 고추로 기본계수 적용시 약 92 Gg $CO_{2\text{-eq}}$이었고, 국가 고유 배출계수 적용시 64 $CO_{2\text{-eq.}}$였다. 배출량 감소율이 가장 큰 작물은 감자로 기본 배출계수를 적용했을 때보다 약 61% 아산화질소 배출량이 감소하였다. 감자 다음 배출량 감소율이 큰

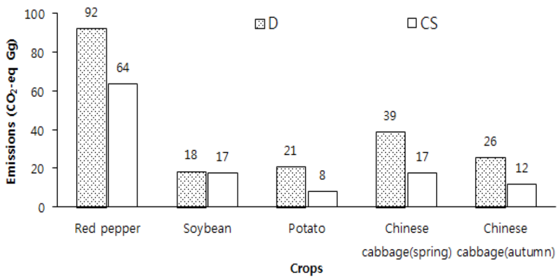


Fig. 5. The differences of nitrous oxide mean emissions over 23 years according to 5 crop types in the agricultural soils.

작물은 봄배추로 55%이었고, 그 다음이 가을배추, 고추, 콩 순서로 나타났다(Fig. 5).

5개 작물에 대한 23년 평균 아산화질소 총 배출량은 기본 배출계수 적용시 196 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$으로, 전체 배출량 1,389 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$의 약 14%에 해당하는 양이었고, 국가 고유 통합 배출계수 적용시 118Gg $CO_{2\text{-eq.}}$으로 전체 배출량 689 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$의 약 17%에 해당하는 양이었다. 5개 작물을 제외한 총 배출량은 기본 계수 적용시 1,214 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$이었고, 국가 고유 통합 배출계수 적용시 579 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$이었다. 5개 작물의 23년 평균 아산화질소 총 배출량은 기본 배출계수 적용시보다 국가 고유 배출계수 적용시 약 52% 감소하였고, 통합계수를 적용할 경우 약 50% 감소되는 것으로 분석되었다(Fig. 6).

5개 작물에 대한 23년 평균 아산화질소 총 평균 배출량은 국가 고유 배출계수를 적용시 118 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$로 기본 배출계수를 적용시 196 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$보다 40% 감소하는 것으로 분석되었다. 5개 작물을 제외한 기타 작물에 시용된 화학비료에 의해 발생하는 아산화질소 23년간 평균 배출량은 통합계수 적용시 579 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$으로 기본계수 적용시 1,214 Gg $CO_{2\text{-eq.}}$보다 약 52% 감소하는 것으로 분석되었다. 기본 배출계수 적용시 5개 작물에 대한 23년 평균 아산화질소 총 평균 배출량은 화학비료 시용에 따른 아산화질소 총 배출량의 약 14%를 차지하였고, 국가 고유 배출계수 적용시 약 17%를 차지하는 것으로 분석되었다(Fig. 6).

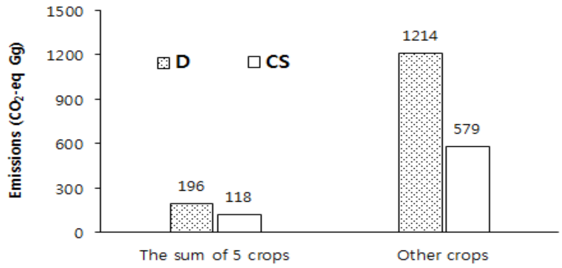


Fig. 6. The differences of nitrous oxide mean emissions over 23 years according to IPCC default and developed country specific emission factor from the sum of 5 crops and other crops.

3.3 벼재배와 화학비료 시용에 따른 온실가스 총 배출량

1990년부터 2012년까지 국가 고유 계수와 기본계수를 적용하여 벼 재배에 의한 메탄 배출량과 작물별 화학비료 시용에 의한 아산화질소 배출량을 더한 총 온실가스 배출량 변화는 Fig. 7과 같다. 총 배출량은 국가 고유 계수와 기본계수와 상관없이 작물 재배면적 및 질소 시용량 감소로 인해 지속적으로 감소하였다. 다만, 기본 배출계수를 적용했을 때보다 국가 고유 배출계수를 적용했을 때 경종부문 온실가스 평균 배출량이 약 50% 더 높은 것으로 분석되었는데, 이는 벼 재배에 의한 메탄 기본 배출계수가 IPCC 가이드라인의 Default 값보다 높기 때문이며, 농경지 토양에서의 작물별 아산화질소 배출계수와 통합계수 적용에 따른 배출량은 IPCC 가이드라이의 기본 계수를 적용했을 때보다 낮았으나, 벼 재배에 의한 메탄 배출량 영향보다는

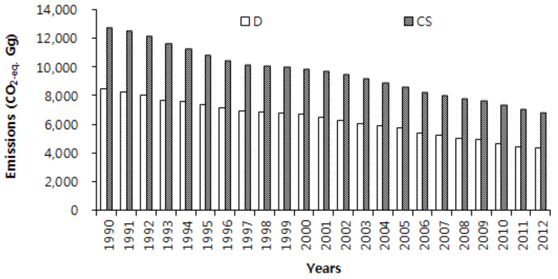


Fig. 7. The Changes of total greenhouse gases emissions by IPCC default and country specific emission factors from 1990 to 2012.

적은 것으로 분석되었다. 이번 배출량 비교 평가에서 제외된 농경지 토양에서 가축분뇨나 작물잔사 투입에 따른 아산화질소 배출량과 간접배출(수계 유출과 대기 휘산)량에 의한 아산화질소 배출량을 같이 고려할 경우, 국가 고유 배출계수가 경종부문 총 배출량에 미치는 영향은 더 감소할 것으로 생각된다.

4. 결론

우리나라 경종부문 발생하는 온실가스 배출량을 1990년부터 2012년까지 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 기본 계수와 국립농업과학원에서 개발한 국가 고유 배출계수 및 보정계수를 각각 적용하여 산정하고, 배출원별 배출량을 비교 분석하였다.

벼 재배 부문 발생하는 메탄은 기본 계수 적용 대비 국가 고유 배출계수와 보정계수를 적용할 경우, 약 79% 증가할 것으로 분석되었는데, 이는 메탄 배출계수가 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 기본 배출계수보다 높았기 때문이며, 개발된 물관리 및 유기물 보정계수는 기본 계수와 차이가 거의 없어 배출량에 큰 영향을 미치지 않았다. 농경지 토양에서의 아산화질소 배출량은 5개 작물에 대한 국가 고유 배출계수 적용과 그 외 작물에 대한 통합계수 적용으로 구분하여 비교 분석하였다. 5개 작물에 대한 아산화질소 평균 배출량은 기본 배출계수 적용 대비 국가 고유 배출계수 적용시 약 40% 감소하였고, 그 외 작물의 경우 약 52%까지 감소하는 것으로 분석되었다. 벼 재배에 의한 메탄 배출과 농경지 토양에서 화학비료 시용에 따른 아산화질소 배출의 총 배출량은 국가 고유 배출계수를 적용할 경우, 기본 배출계수 대비 약 50% 높게 배출되는 것으로 분석되었으나, 이는 농경지 토양에서 가축분뇨나 작물잔사 투입에 따른 아산화질소 배출과 대기 휘산이나 수계 유출과 같은 간접배출을 고려할 경우에는 배출량 증가율은 더 감소할 것으로 생각된다. 따라서 향후 좀 더 정확한 배출량 비교 평가를 위해서는 가축분뇨 투입이나 작물잔사 투입에 따른 아산화질소 국가 고유 배출계수 개발이나, 대기 휘산이나 수계유출과 같은 간접배출에 따른 국가 고유 배출계수 개발이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(PJ01003003)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

Bouwman AF, Boumans LJM, Batjes NH. 2002. Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available data, Global Biogeochem. Cycles 16:1058, doi:10.1029/2001GB001811.

Cai ZC, Tsuruta H, Minami K. 2000. Methane emission from rice fields in China: measurements and influencing factors. J of Geo Res 105:17231-17242.

Cai Z, Tsuruta H, Rong X, Xu H, Yuan Z. 2001. CH_4 emissions from rice paddies managed according to farmer's practice in Hunan, China. Biogeochemistry 56:75-91.

Freibauer A. 2003. Regionalized inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. Eur J Agron 19:135-160.

IPCC. 1996. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.

IPCC. 2000. Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventorise. Penman J, Kruger D, Galbally I, Hiraishi T, Nyenzi B, Emmanual 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. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.

Jeong HC, Kim GY, Lee DB, Shim KM, Kang KK. 2011. Assessment of greenhouse gases emission of agronomic sector between 1996 and 2006 IPCC Guidelines. Kor J Soil Sci Fert 44:1214-1219.

Jeong HC, Kim GY, Lee SB, Lee JS, Lee JH, So KH. 2012. Evaluation of greenhouse gas emissions in cropland sector on local government levels based on 2006 IPCC guideline. Kor J Soil Sci Fert 45:842-847.

Ministry of Environment. Greenhouse Gas Inventory and Research Center(GIR). 2013. 2013 National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea.

Ministry of Environment. Greenhouse Gas Inventory and Research Center(GIR). 2014. Guideline for MRV (Measurement, Reporting and Verification) of national greenhouse gases statistics.

National Academy of Agricultural Science(NAAS). 2010. Fertilizer recommendation for each crop in soil testing. NAAS, Suwon, Korea.

Philippe R, Worth DE, Lemke RL, Mconkey BG, Pennock DJ, Wagner-Riddle C, Deshardins RL. 2008. Estimation of N_2O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology. Can J Sci 641-654.

Rochette P, Janzen HH. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N_2O from legumes. Nutr Cycl Agroecosyst 73:171-179.

Shin YK, Kim GY, Ahn JW, Koh MH, Eom KC. 2003. Effect of rice vegetation and water management on turnover of incorporated organic materials to methane in Korean paddy, soil. Kor J Soil Sci Fert 36:50-56.

Skiba U, Sozanska M, Metcalfe S, Fowler D. 2001. Spatially disaggregated inventories of soil NO and N_2O emissions for Great Britain. Water Air Soil Poll.: Focus 1:109-118.

Yagi K, Minami K. 1990. Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. Soil Sci Plant Nutr 36:599-610.