



2006 IPCC 지침을 적용한 농경지 온실가스 배출량 분석

박성진[†] · 이창훈 · 김명숙

국립농업과학원 농업환경부 토양비료과 연구사

The Analysis of Greenhouse Gases Emission of Cropland Sector Applying the 2006 IPCC Guideline

Park, Seong Jin[†], Lee, Chang Hoon and Kim, Myung Sook

Researcher, Division of Soil & Fertilizer, Department of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju-gun, 55365, Korea

ABSTRACT

The field of agriculture, forestry, and other land-use (AFOLU) is concerned with greenhouse emissions of agriculture (crop and livestock), as is the field of land-use, land-use change, and forestry (LULUCF). The 1996 IPCC guideline and the 2006 IPCC guideline are used in combination for calculation of greenhouse gas emission from the agricultural sector, and the 2003 IPCC guideline is used for that from the land-use sector.

In this research, we analyzed GHG emissions of the cropland sector in AFOLU based on the 2006 IPCC guideline. The results showed that GHG emissions of 1990 was -504 Gg·CO₂-eq, while that of the last year was 2,871 Gg·CO₂-eq. Compared with the 2003 methodology, total emissions according to the 2006 IPCC was lower except in 1997 and 2003. This trend is due to difference of analyzed emission sources, lower default values, and global warming potential by the 2006 IPCC. The results are estimated using limited data at the Tier 1 level and the first issue to be solved is the activity data from the land-use change matrix. Although this result should be improved, it can be used as the basis for calculating GHG emissions of the AFOLU sector.

Key words: Greenhouse gases, IPCC 2006 Guideline, LULUCF, Cropland

1. 서 론

기후변화의 주요 원인은 인간의 인위적 활동에 의한 온실가스 농도의 증가 때문이며 (IPCC 1996) 전 지구적 온실가스 배출량은 각 국가의 발생 총합으로 계산하는 bottom-up 방식으로 산정하게 된다. 2015년 파리협정에 따라 모든 국가가 온실가스 감축의무를 가지게 되었으며 감축 목표를 관리하기 위해서는 온실가스 인벤토리의 정확성 제고가 무엇보다 중요하다. 우리나라의 국가온실가스 인벤토리 보고서 (NIR, National Inventory Report) 는 1996 IPCC 지침과 2000, 2003 IPCC GPG의 방법을 혼용하고 있으며, 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 (LULUCF, Land-use, land-use and Forestry) 농경지 분야는 2003 IPCC GPG만을 적용하여 산정하고 있다.

반면 유엔기후변화협약 (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) 상에서 ANNEX I에 속하는 국가는 온실가스 인벤토리 보고 시 2006 IPCC 지침을 적용해 배출량을 산정·보고하고 있다. 온실가스 인벤토리를 총괄 담당하는 환경부 온실가스 종합정보센터를 주축으로 우리나라에서도 2006 IPCC 지침의 방법론을 적용해 온실가스 배출량을 산정 할 계획에 있으며 2018년 시범 산정에 대한 논의가 있었다. Jeong et al. (2011)은 경종 분야의 온실가스 배출량을 IPCC 1996 지침과 2006 지침별로 배출량 산정방법에 따른 차이를 보고하였고 Kim et al. (2013)은 2006 IPCC 지침을 적용하여 LULUCF 산림지 분야의 온실가스 흡·배출량을 분석하였으나 아직까지 LULUCF 농경지 분야에 관한 연구는 수행되지 않았다. 2017 국가 온실가스 인벤토리 보고서에

[†] Corresponding author: archha98@korea.kr (National Institute of Agricultural Sciences, Wanju-gun, 55365, Korea) Received November 30, 2018 / Revised December 5, 2018 / Accepted December 14, 2018

따르면 LULUCF는 산림, 농경지, 초지 및 습지를 대상으로 -44.4 백만톤 CO₂-eq의 흡수량을 기록하였다. 이 중 농경지는 토양 탄소 축적변화량과 석회 사용 및 농경지로의 토지전용에 의한 부분을 산정하여 3.8 백만톤 CO₂-eq를 배출하는 것으로 평가되었으며 이는 LULUCF 분야의 배출량 중 총 91.1%에 해당 된다 (GIR, 2017). LULUCF 부분 온실가스 배출량 산정 시 우리나라의 기후조건, 토양 조건 및 토지이용 형태에 대한 판단의 근거로 쓰일 신뢰성 있는 통계자료의 확보와 함께 통계자료가 없는 부분에 대해서는 전문가의 합리적인 판단이 필요하다. 현재 우리나라의 LULUCF 농경지 부분의 온실가스 배출량은 국가 고유 계수의 부재로 Tier 1 수준으로만 산정되고 있으나 환경부의 온실가스 총괄 관리계획 (2017)에 따라 국가 고유 계수를 개발하고 배출량 산정 수준을 높일 계획을 가지고 있다

LULUCF 분야는 무기토양의 탄소 축적변화량 산정에 있어 국가 고유계수의 적용과 토지이용변화 면적 산정에 관한 활동자료 고도화 관련 문제가 보완해야 할 사항으로 논의되고 있으며 과수원 분야의 바이오매스 탄소축적에 관한 연구가 필요하다. 우리나라의 토지이용변화에 대한 활동자료는 매트릭스가 구축되어 있지 않아 단순 가감법에 의존해 면적 변화를 파악하고 있는 실정으로 산정방법론에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

Table 1. Removal/Emission factor used to calculate for GHGs emission by 2006 IPCC GL

Factor	Type	Factor value
Soil type	Low Activity Clay	63 t C ha ⁻¹
	Sandy	34 t C ha ⁻¹
	Volcanic	80 t C ha ⁻¹
Soil organic carbon	Paddy Rice	0.69
	Long-term Cultivate	1.1
Tillage	Full	1.0
	Non	1.15
Input	Medium	1.0
N ₂ O by land-use		0.01 kg N ₂ O-N kg ⁻¹
Biomass	Harvest / Maturity cycle	30 yr
	Biomass accumulation rate	2.1 t C ha ⁻¹
	Biomass carbon loss	63 t C ha ⁻¹

<2006 IPCC GL, Chapter 2, Table 2.3, Chapter 5, Table 5.1, Table 5.5>

이번 연구는 우리나라의 LULUCF 농경지 분야 온실가스 배출량 산정을 위해 2006 IPCC 지침을 적용한 합리적인 산정 방법론을 연구하고 기존 방법론과의 차이를 비교·분석하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

AFOLU (Agriculture, Forestry, Other Land Use)는 농업과 토지이용분야를 합쳐서 산정한다. 이 중 농경지의 온실가스 배출량 산정은 ‘토양의 탄소축적 변화량-유지된 농경지와 전용된 농경지’에서의 이산화탄소 (CO₂)와 ‘농경지로의 전용’에 따른 아산화질소 (N₂O) 그리고 ‘입목바이오매스’ 생장에 따른 탄소축적 변화량’으로 나누어 산정하고 GWP (Global Warming Potential)의 환산 값을 이용해 CO₂-eq 단위로 표시하였다. 기존 2003 IPCC GPG를 적용하는 부분과 동일한 부분은 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침 (2018)에 따라 수행되었다. 흡·배출량은 작성된 활동자료에 각각에 해당되는 IPCC 기본 계수 (Table 1)를 곱하여 산정된다.

2.1 활동자료

‘토양의 탄소축적 변화량’ 산정을 위한 토지이용 면적은 논, 밭, 과수 재배면적을 구분하고 초기산정 연도인 1990년의 20년전 (1970년) 자료부터 현재까지 연간단위로 필요로 한다. 이에 통계청의 농업면적조사 (1970~2016)의 논, 밭 면적 통계를 활용하였으며 통계 작성표를 참고해 과수 부분에 해당하는 뽕밭, 기타 수원지, 기타 작물, 노지 과수 및 시설작물 과수 재배면적을 따로 빼내어 과수 재배 면적으로 계산하였다. 이때 ‘유지된 농경지’는 해당 인벤토리 연도의 농경지 면적과 20년전 농경지 면적을 비교하여 더 적은 면적을 적용하였고, 면적 차이 값이 해당 연도가 더 큰 경우에는 ‘타토지에서 전용된 농경지’로 더 적은 경우에는 ‘타토지로 전용된 농경지’로 적용하였다. ‘입목바이오매스 탄소 축적 변화량’의 활동자료는 농촌진흥청의 과수시설 재배의 현황과 발전방향 (1992)과 농업면적조사의 과수 품종별 재배면적 자료를 이용하였다.

2.2 토양 탄소 축적 변화량 산정 방법론

농경지의 토양탄소 축적변화량은 기후 및 토양 특성별 기본 토양 탄소 축적계수 (SOCref, Soil organic carbon reference)에 축적 변화계수 (F_{LU}, F_{MG}, F_I)와 면적을 곱하고 기본 시계열 (20년)으로 나누어 계산한다 (equation 1). 2006 지침상의 토

양탄소 축적 변화량 산정 영역에는 기존 2003 지침과는 다르게 석회사용에 의한 이산화탄소 발생량에 대한 산정이 제외되었다. 국가 고유계수 값의 부재로 지침의 기본 제공 값을 적용하였으며 2003 지침에서 제공되는 기본 값 (default)과 비교해 Table 2에 나타내었다.

2.3 농경지 전용에 따른 N₂O 발생량 산정 방법론

‘타토지에서 전용된 농경지’와 ‘타토지로 전용된 농경지’의 면적에 질소 배출계수 0.01 kg N₂O-N kg⁻¹ N 과 C/N율 15를 이용하여 계산한다. 온실가스 배출량 산정시에는 GWP (Global warming potential) 변환 값 298을 곱하여 CO₂ 당량 (CO₂-eq) 값으로 변환하였다.

Annual change in organic carbon stocks in mineral soils (equation. 1)

$$\Delta C_{\text{Mineral}} = [(SOC_0 - SOC_{0-T}) \times A] / T$$

$$SOC = SOC_{\text{REF}} \times F_{\text{LU}} \times F_{\text{MG}} \times F_{\text{I}}$$

where :

$\Delta C_{\text{Mineral}}$: annual change in carbon stocks in mineral soils (tonnes C year⁻¹)

SOC₀ : soil organic carbon stock in the last year of an inventory time period (tonnes C ha⁻¹)

SOC_{0-T} : soil organic carbon stock at the beginning of the inventory time period (tonnes C ha⁻¹)

T : number of years over a single inventory time period (year, default: 20 year)

A : land area being estimated (ha)

SOC_{REF} : the reference carbon stock (tonnes C ha⁻¹)

F_{LU} : stock change factor for land-use systems

F_{MG} : stock change factor for management regime

F_I : stock change factor for input of organic matter

<2006 IPCC GL, Chapter 2, Equation 2.7>

2.4 임목바이오매스에 탄소 축적변화량 산정 방법론

농경지 임목바이오매스 산정을 위하여 획득손식법을 적용하였다. 다년생 과수를 대상으로 바이오매스 생장으로 인한 연간 탄소 축적량에 바이오매스 손실로 인한 연간 탄소 감소를 제하는 방식이다 (equation. 2). 적용된 흡·배출 계수는 기본 값을 적용하였다.

Table 2. Comparison of relative carbon stock change factors by 2003 and 2006 IPCC GL

Factor value type	Level	Temperature	Moisture regime	2003 default	2006 default	Description
Land use (F _{LU})	Longterm cultivated	Temperate/Boreal	Moist	0.71	0.69	Represents area that has been continuously managed for >20 yrs, to predominantly annual crops. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes. Land-use factor was estimated relative to use of full tillage and nominal (“medium”) carbon input levels.
	Paddy rice	All	Dry and Moist	1.1	1.1	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetlands (paddy rice). Can include double-cropping with nonflooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Tillage (F _{MG})	Full	All	Dry and Moist	1.0	1.0	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.
	No-till	Temperate/Boreal	n/a	1.16	1.15	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed contro
Input (F _I)	Medium	All	Dry and Moist	1.0	1.0	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.

Annual change in carbon stocks in biomass
(Gain-loss method) (equation. 2)

$$\Delta C_{LB} = (\Delta C_G - \Delta C_L)$$

where :

ΔC_{LB} = annual change in carbon stocks in biomass for each land sub-category, considering the total area, tonnes C yr⁻¹

ΔC_G = annual increase in carbon stocks due to biomass growth for each land sub-category, considering the total area, tonnes C yr⁻¹

ΔC_L = annual decrease in carbon stocks due to biomass loss for each land sub-category, considering the total area, tonnes C yr⁻¹

(LB: living biomass, G: growth, L: loss)

<2006 IPCC GL, Chapter 2, Equation 2.7>

3. 결과 및 고찰

3.1 연도별 토양 탄소 축적변화량 산정 방법 분석

통계청에서 제공하는 농업면적조사에는 과수원의 면적을 따로 제공하고 있지 않으므로 작물별 재배 조사표를 참조하여 논, 밭, 과수원을 구분하였다 (Fig. 1).

우리나라 농경지의 전체 면적은 1990년 2109 kha에서 2016년 1643 kha으로 꾸준히 감소하는 추세이다. 논 면적은 1990년 대비 2016년에 34%, 밭은 13% 각각 감소하였고 과수원만 약 44% 증가하는 것으로 조사되어 농경지 면적의 주요 감소 원인은 논 면적 감소에 따른 것으로 분석되었다. 탄소 축적량 산정을 위한 유기토양과 무기토양의 구분은 한국토양의 분류 및 해설 (RDA, 2011)을 활용하였다. 1970년부터 약 20년간 전국 토양을 미국 농무성의 기준으로 분류했는데 이에 따르면 IHO 통 (series)과 YONGHO 통만이 유기질 토양에 해당되며 이는 우리나라 전 국토의 0.003%에 해당되어 산정시 제외하고 무기토양의 탄소 축적량만 산정하였다. 기상청의 평균기온 12.9°C, 연평균 강수량 1,499 mm을 적용하면 온대습윤기후로 분류된다. 토양의 특성은 제주도만 화산토 (Volcanic)형 토양으로 구분하고 내륙은 점토광물 기준에 따라 1:1 형 카올린 계열의 LAC형과 모래를 70% 이상 포함하고 있는 Sandy형 토양으로 구분하였다.

IPCC는 토양 탄소의 변동 기준을 20년으로 보고 기본 토양 탄소 축적량에 농경지의 경작방법에 따라 탄소량의 변화를 계산하도록 하고 있는데 이의 종류에는 토지이용방법 (Flu), 경운 정도 (Fmg), 유기물 사용 정도 (Fi)에 등급별로 계수를 제공하고 있다.

토지이용방법 (Flu)의 논은 온대 습윤 기후대에서 물을 대고 논벼를 재배한다는 가정하에 1.1을 적용하고 밭과 과수는 0.69를 적용하였다. 경운 정도 (Fmg)에 관한 계수 결정은 논, 밭에서 일반적으로 이용되는 기계를 이용한 전면경운 계수인 1.0을 선택하고 과수는 경운을 하지 않는 1.15를 적용하였다.

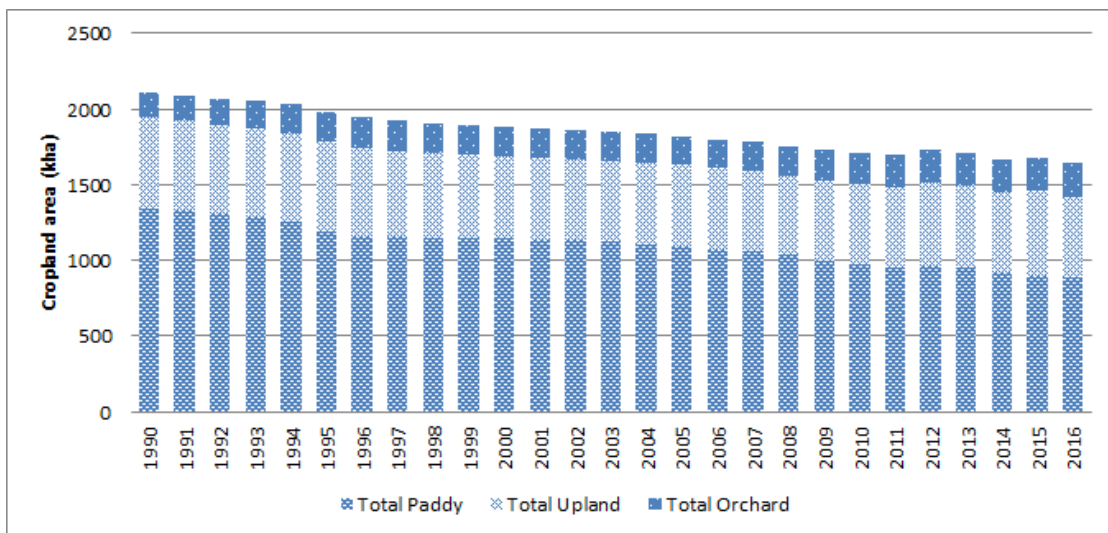


Fig. 1. Changes of cropland area (kha) in South Korea from 1990 to 2016.

토지이용방법과 경운 정도는 국가 전체를 대표할 수 있는 통계가 마련되어 있지 않기에 전문가의 판단을 활용해 결정하였다. 유기물 투입수준은 논, 밭, 과수에서 작물 잔사를 남겨 두거나 적어도 가축 분뇨를 투입하는 중간 수준의 계수인 1.0을 이용하였다. ‘유지된 농경지의 탄소 축적변화량’을 Tier 1 수준으로 산정시 축적 계수 (SOCref)와 축적변화계수가 동일하게 적용되어 변화량은 0 이다. 반면 ‘농경지에서 전용된 농경지’와 ‘농경지로 전용된 농경지’의 탄소 축적변화량에 의한 온실가스 배출량 산정결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2 에서 토양탄소 손실량에 따른 다른 온실가스 배출량은 1990년 323 Gg CO₂부터 2016년 3,749 까지 약 12배 가량 증가하였다. 변동량을 살펴보면 2011년 4,937 Gg CO₂까지 계속 증가하다가 2012년 이후 다시 감소하여 현재는 2007

년 수준까지 감소하였다. 농경지의 면적 변화추세와 탄소축적량 변화 추세가 일치하지 않는 이유는 탄소 축적량 변화식에서 알 수 있듯이 토양탄소 변동 기간을 20년으로 두었기 때문이다.

3.2 농경지 전용에 따른 아산화질소 (N₂O) 배출량 산정 방법 분석

농경지 전용에 의한 아산화질소의 배출은 타 토지에서 농경지로 이용됨에 따른 토양 산화에 의한 것으로 정의된다. 질소 무기화 과정에서 발생하는 아산화질소량을 배출계수를 곱하여 산정 (Tier 1)하고 지구 온난화 지수 (GWP)를 곱하여 아산화탄소 당량으로 산정한 결과는 Table 3와 같다.

농경지 전용에 따른 아산화질소의 배출량은 무기토양 탄

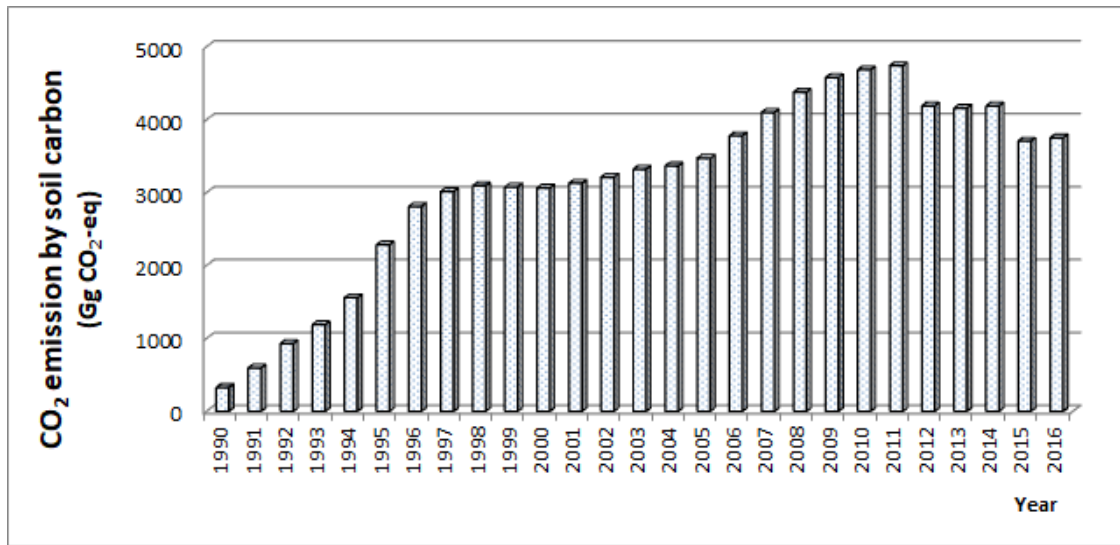


Fig. 2. Changes of CO₂ emission by soil carbon loss in cropland sector.

Table 3. N₂O emission from land-use change (other land-use to cropland)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Gg N ₂ O yr ⁻¹	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
Gg CO ₂ -eq*	212.9	182.5	141.0	105.4	55.1	55.6	43.2	42.8	49.0
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gg N ₂ O yr ⁻¹	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Gg CO ₂ -eq	50.8	50.7	45.7	50.5	45.9	43.4	42.3	38.8	44.6
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gg N ₂ O yr ⁻¹	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Gg CO ₂ -eq	46.1	47.3	48.2	44.9	39.9	35.2	26.3	18.5	28.1

* Gg CO₂eq* : (Gg N₂O/yr) x 298 (지구온난화지수, GWP)

소에 의한 배출량의 1/100에 미치지 못하는 상대적으로 적은 양에 속한다. 2006 지침에는 토양 관리에 따른 아산화질소와 석회, 질소질 비료에 따른 이산화탄소 배출과 함께 Non-CO₂ 부분에서 산정하도록 되어 있어 향후 AFOLU 분야 적용시 농경지 분야에서 제외하여 산정할 여지도 있을 것으로 사료된다.

3.3 입목바이오매스 탄소 축적 변화량 산정 방법 분석

농경지 바이오매스 탄소 변화량 산정을 위해 Tier 1 수준에서 획득 손실법을 적용하여 산정하였다 (Fig. 3). 그림에서 막대가 아래로 내려간 부분은 흡수부분으로 입목바이오매스의 성장에 의한 부분은 농경지 온실가스 산정 영역 중 유일한 흡수원이다. 1996, 1998, 2001, 2004, 2006년에 입목 바이오매스의 탄소 축적량이 음수가 되어 오히려 배출원으로 평가되었는데 이는 비교 대상 년도와 면적 비교시 면적 감소에 따른 것이다. 바이오매스 산정 대상은 다년생 목본작물로서 과수에만 해당이 되고 농업면적조사 자료의 노지과수, 기타 수원지, 시설과수 항목이 농경지의 다년생 입목 바이오매스 산정 대상이다. 농업면적조사에서 작목별 개별 면적조사는 2002년부터 시작되었기에 과거의 활동자료가 없는 실정이다. 이에 Lee (2016)는 농경지 흡수량 산정방안 연구에서 과수 품종별 재배면적 증감현황을 제시한바 있다. 이는 과수 전체 면적을 토대로 산정했을 때의 일부 연도에만 감소량이 나타났던 것과는 달리 품종별 감소면적이 반영되어 전체연도에 감소면적이 나타나고 있어 감소면적 과소추정의 문제점이 일부 보완 되었다고 할 수 있다. 계수의 선택에 있어 국내 과수

별 성숙목 주기와 연간 바이오매스 축적량에 대한 고유 계수가 없어 IPCC의 기본값을 적용하였다. 성목의 주기를 IPCC 기본주기인 30년으로 모든 과수에 동일하게 적용함에 따라 이를 기본으로 계산된 손실계수 적용으로 탄소 축적 감소량이 과다 추정될 수 있을 것으로 생각된다.

3.4 2003 IPCC GPG 와 IPCC 2006 지침별 농경지 배출량 차이 분석

Fig. 4 는 산정 지침별 온실가스 배출량 변화를 나타내었다. 2006 지침에 의해 산정된 값은 산정초기 연도인 1990년과 1991년도에 각각 -540, -305 Gg CO₂-eq로 흡수원으로 작용했음을 알 수 있다. 2003 지침의 산정결과는 2011년도 4,937 Gg CO₂-eq까지 꾸준히 증가하다가 감소추세인 반면 2006 지침의 산정된 배출량은 1996년 3,240 Gg CO₂-eq를 기점으로 불규칙하게 상승 감소를 반복하고 있으며 전체적으로 2003 지침에 의해 산정된 배출량에 비해 낮은 값을 보였다. 두 지침간의 산정 결과 값이 다른 이유는 첫째, 지침 간 다른 산정 영역에 있다. 산정 영역이 2003 지침 적용 시 ‘무기토양의 탄소 축적변화량’, ‘농경지 전용에 따른 아산화질소 배출량’, ‘석회사용에 따른 이산화탄소 배출량’ 및 ‘입목바이오매스의 탄소 축적변화량’ 으로 구분되었으나 2006 지침에는 ‘무기토양의 탄소 축적변화량’, ‘농경지 전용에 따른 아산화질소 배출량’ 그리고 ‘입목바이오매스 탄소 축적변화량’으로 정의된다. 둘째, 적용된 흡·배출계수의 차이가 원인이다. 무기토양의 탄소 축적변화량 산정에 있어 기본 토양 유기탄소 축적계수는 동일하게 적용되나 축적변화계수 중 토지이용

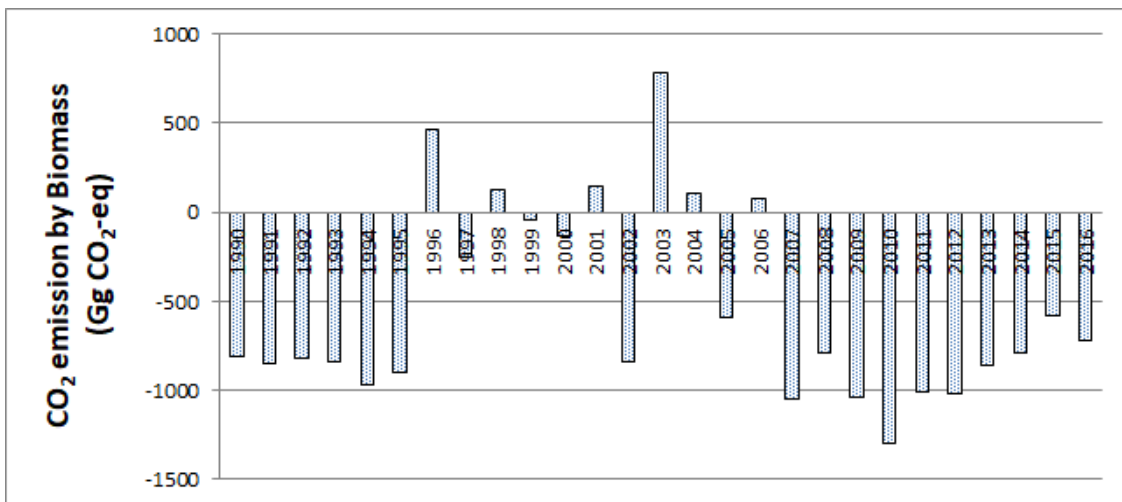


Fig. 3. Amount of CO₂ removal / emission by biomass C in cropland sector.

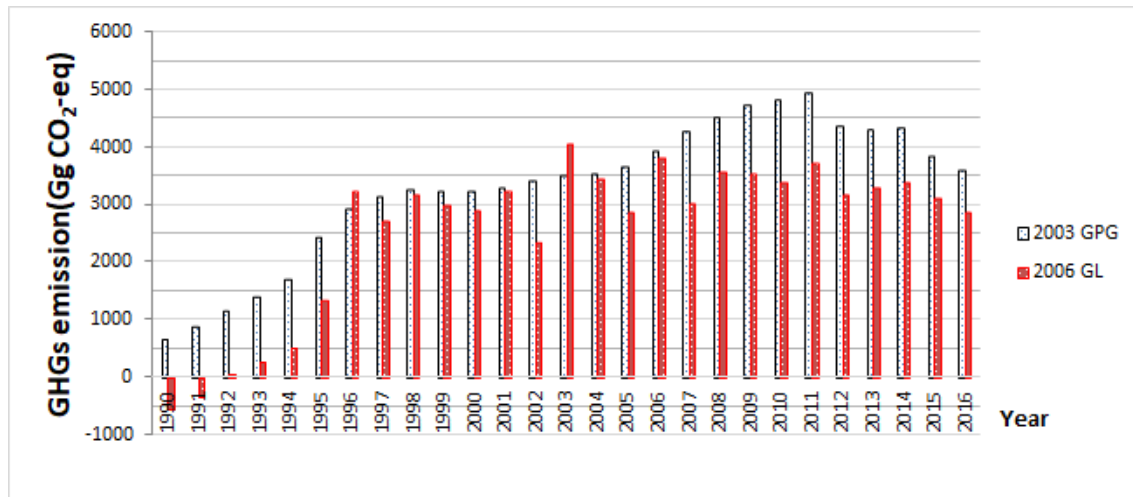


Fig. 4. Comparison of GHGs emission between 2003 and 2006 IPCC calculation methodology.

(Flu)의 계수가 온대 습윤기후를 기준으로 논은 1.1을 그대로, 밭과 과수는 0.71에서 0.69로 변경되었다. 경운에 따른 변화 계수에서는 무경운 과수의 계수가 0.16에서 1.15으로 감소하여 배출량이 전반적인 감소 경향을 나타내었다. 또한 농경지로의 전용에 따른 아산화질소 배출계수 역시 0.0125에서 0.01로 변경되었다. 셋째, 아산화질소의 이산화탄소로의 전환하는 온난화지수 (GWP, Global warming potential)값이 310에서 298로 변경되어 전반적인 감소 경향을 나타낸 것으로 판단된다.

4. 결론

2006 IPCC 지침을 적용한 농경지 분야의 온실가스 배출량을 산정한 결과 2016년을 기준으로 2,871 Gg CO₂-eq 이었다. 2006 지침을 적용하여 배출량 산정시 현재 매우 제한적으로 가능한 상황이며 몇몇 부분에서는 Tier 1 수준으로의 산정도 어려운 상황이다. 토지이용변화 이력을 확인할 수 있는 전국 단위의 토지이용 매트릭스가 없다는 것이 가장 기초적인 문제이며 성목과수 주기, 과수별 연간 탄소 축적량 등 적용할 수 있는 계수에 관한 연구가 부족하기 때문이다. 본 연구의 산정 결과는 현재의 국내에서 적용되는 산정·보고·검증 지침의 방법에 따라 2006 지침과의 비교를 통해 산정된 값으로 향후 2006 지침을 통해 국가보고서 제출 시 산정 방법론 부분의 기초자료로 활용 될 수 있으리라 사료된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (PJ01253501) 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Greenhouse Gas Inventory and Research Center. 2017. National greenhouse gas inventory report of Korea (NIR). Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea. Ministry of Environment.
- IPCC. 1996. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
- 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.
- Jeju Special Self-Governing Province. 2010. Statistics annual report of Jeju special self-governing province
- Jeong HC, Kim GY, Lee DB, Shim KM, and Kang KK. 2011. Assessment of greenhouse gases emission of agronomic sector between 1996 and 2006 IPCC guideline. Korean J. Soil Sci. Fert. 44 (6):1214-1219
- Kim RH, Kim KN, Lee SJ, Son YM. 2013. Study on improvement of GHGs emission of AFOLU according to

- 2006 IPCC guideline.
- Korean Statistical Information Service. 2018. Investigation of agricultural area of korea (1970~2016), <http://Kosis.kr/>
- Lee HS. 2016. Study on the estimation method of agricultural removal carbon
- Lee KH, Son YM, Kim YS. 2001. Greenhouse Gas Inventory in Land-use Change and Forestry in Korea.
- Ministry of Environment. 2017. National greenhouse gas management plan. p. 11-15
- Ministry of Environment. 2018. Guideline for measurement, report, verification greenhouse gas emission
- National Academy of Agricultural Science. 2011. Taxonomical classification of Korean soils. RDA. Suwon, Korea.
- Rural Development Administration. 1992. Status and development plan of orchard facilities.