

광역지자체의 산림지 온실가스 인벤토리 시범 산정

김경남¹ · 이선정² · 김래현^{2*} · 손영모²

¹한국임업진흥원, ²국립산림과학원 기후변화연구센터

(2014년 11월 1일 접수; 2014년 11월 6일 수정; 2014년 11월 7일 수락)

Estimation of the Greenhouse Gas Inventory on Forest Land at Provincial Level

Kyeong Nam Kim¹, Sun Jeoung Lee², Raehyun Kim^{2*} and Yeong Mo Son²

¹Korea Forestry Promotion Institute, Seoul 121-914, Korea

²Center of Forest and Climate Change, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

(Received November 1, 2014; Revised November 6, 2014; Accepted November 7, 2014)

ABSTRACT

This study was conducted to estimate of the greenhouse gas inventory on forest land at provincial level. The greenhouse gas emissions are calculated according to the K-MRV guidance. We collected activity data from statistical yearbook of forestry and used default emission factors. The annual total CO₂ emission in forest land was -58,711 Gg CO₂eq. and the annual CO₂ emission in loss such as fellings, fuelwood and fire was 19,896 Gg CO₂eq. in 2011. The results showed the removals of carbon dioxide in the forest land, it's amount was -38,815Gg CO₂eq. in 2011. Annual net CO₂ removal of local forest was highest in Kangwon province in 2011. Our study did not use the many statistics due to exclusion of double counting. There are need complementary activity data and emission factors, and then we will find a way to calculate the greenhouse gas emissions/removals in the near future.

Key words: Carbon stock change, Forest land, Gain-Loss method, Greenhouse gas inventory, Local government

I. 서 론

1992년 채택된 기후변화협약(the United Nations Framework Convention on Climate Change)은 “기후체계가 위협한 인위적 간섭을 받지 않는 수준으로 대기 중 온실가스 농도 안정화를 달성하는 것(제2조)”을 목적으로 두고 있다. 이를 달성하기 위한 가장 효과적인 방법은 온실가스 배출량을 줄이는 것이며, 이를 위하여 온실가스 배출에 있어 역사적 책임이 큰 39개 부속서 I 국가들이 기온년도(1990년) 배출량의 평균 5.8%를 감축하는 교토의정서(the Kyoto Protocol)를 채택하여 제1차 공약기간(2008~2012) 동안 이를

성실히 이행하였고 교토의정서의 개정(2012)에 따라 제2차 공약기간(2013~2020)을 계속적으로 이행하기 시작하였다. 개발도상국들도 이러한 감축노력에 자발적으로 동참하는 차원에서 2020년까지의 자발적 감축 목표를 설정하고, 선진국과 동일하게 이를 공약하기로 하였으며(UNFCCC, 2009), 우리나라도 2020년의 국가 온실가스 배출전망치(BAU, business as usual) 대비 30% 감축을 공약하고(The Republic of Korea, 2009), 이를 국내법적으로 강제하기 위하여 ‘저탄소 녹색성장 기본법(2010)’을 제정한 바 있다.

이와 같이 온실가스 배출량 감축 목표를 설정하고, 이행결과를 확인하기 위해서는 국가별 온실가스 배출



* Corresponding Author : Raehyun Kim
(rhkim@forest.go.kr)

량이 정확하고 지속적으로 보고되어야 한다. 부속서 I 국가들은 2006년부터 매년 국가 온실가스 인벤토리 보고서와 국가보고서를 제출하고 국제검토전문가팀의 평가를 받고 있다. 개도국을 포함한 모든 당사국들은 기후변화협약에 따라 국가보고서(NC, national communication)를 정기적으로 제출해야 하지만 우리나라를 포함한 몇몇 국가를 제외하고는 이를 제대로 이행하지 않고 있다(UNFCCC, 2014). 이에 제16차 기후변화 당사국 총회에서는 선진국은 국가보고서와 격년보고서(BR, biennial report)를 제출하고, 개도국은 국가보고서와 격년갱신보고서(BUR, biennial update report)를 제출하기로 결정하였다(UNFCCC, 2010). 우리나라를 포함한 모든 개도국들은 2014년 12월까지 국가 온실가스 인벤토리 관련 정보 등을 포함한 온실가스 감축정책을 보고해야 하며, 2015년에는 국제협약 및 분석(ICA, international communication and analysis) 절차에 따라 검토를 받는 과정을 이행해야 한다(UNFCCC, 2011).

그러나 이상과 같이 한 국가의 온실가스 감축 정책이 효과적으로 이행되기 위해서는 국가차원의 대응 못지않게 지방자치단체의 역할이 매우 중요하다(Choi and Koh, 2010; Koh, 2007). 온실가스 감축목표가 국가 단위로 주어지더라도 기후변화 완화 및 적응 대책의 주체는 지방자치단체가 되기 때문이다(Koh, 2007). 이러한 이유로 한국환경공단은 지자체 온실가스 배출량 산정지침 발간 등 광역 및 기초지자체 온실가스 인벤토리 산정에 대한 기술지원을 통해 전국 광역(16개) 및 기초(230개) 지자체의 온실가스 배출량을 산정할 계획을 추진하고 있다. 그러나 산림부문은 주로 국가 온실가스 인벤토리를 중심으로 산정되고 있을 뿐(Lee *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2006), 전체 광역지자체의 산림부문 온실가스 인벤토리는 제시된 바가 없고, 경기·전북 등 일부에서만 연구가 진행된 바 있다(Choi and Koh, 2010; Koh, 2007; Jang, 2009).

더불어 우리나라는 2020년까지의 국가 온실가스 감축 목표 이행을 위하여 온실가스·에너지 목표관리제 및 온실가스 배출권거래제 등을 중점적으로 추진하고 있으나, 온실가스 저감을 위해서는 산림과 같은 흡수원 증진을 통해 순 흡수량을 늘리는 것도 중요한 전략이 될 수 있다(Jang, 2009). 제3차 국가보고서에 따르면 부문별 온실가스 배출량 전망에서 토지이용, 토지이용변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change

and Forestry, 이하 LULUCF)에서만 유일하게 온실가스를 지속적으로 흡수하는 것으로 나타났다(The Republic of Korea, 2011). 따라서 지자체에서도 LULUCF 부문을 활용한 감축 정책을 수립하고 이행하기 위해서는 동 부문의 온실가스 인벤토리 산정 체계를 구축하는 노력이 필요하다. 이에 본 연구는 국가 수준의 온실가스 인벤토리 산정, 보고 지침과 일관된 방법론을 활용하여 광역지자체 수준으로 LULUCF 분야 중 산림지를 대상으로 온실가스 인벤토리를 산정하고 향후 개선방향을 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 연구 자료

산림지의 광역지자체별 온실가스 배출량 시범산정은 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침에 근거하였다(Greenhouse gas inventory & Research center of Korea, 2014a). 본 연구에서는 현재 활용할 수 있는 활동자료와 배출계수 그리고 중복계산 등의 문제를 고려하여 산림지에서 온실가스 순 배출량으로는 산림지의 임목 바이오매스 탄소축적량을 다루었고, 손실에 의한 온실가스 배출량으로는 벌채에 의한 탄소 손실량, 연료재 수집에 의한 탄소 손실량, 산불에 의한 Non-CO₂ 배출량 등을 다루었다. 이에 따라 임업통계연보의 임상별·영급별 산림면적 및 임목축적, 벌채허가실적, 연료재 생산실적, 산림피해현황 중 피해상황 등의 자료를 각각 활용하였다(Korea Forest Service, 1998-2012).

온실가스 배출량을 산정하기 위한 임목 바이오매스 탄소 축적량은 임업통계연보의 임목축적자료, 광역지자체의 임상 및 영급별 성장률(산림청 고시 제2012-85호)과 벌채량 통계를 활용하였다. 광역지자체별 손실에 의한 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 임업통계연보상의 임목벌채 허가실적, 연료재 생산실적, 산림피해현황 등의 소관별(지방산림청, 국립산림과학원 등) 통계량을 광역지자체별로 구분하는 것이 필요하다. 이는 지방산림청은 한 개 이상의 지자체 산림을 통합하여 관리하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 전국 단위의 광역지자체별 산림부문 온실가스 인벤토리를 산정하기 위해서 손실량에 대한 소관별 통계량을 광역지자체의 산림면적 비율로 나누어 광역지자체별 통계량에 합산하였다. 국가 온실가스 인벤토리 산정·보고·검증 지침에 따라 침엽수림, 활엽수림, 혼효림을 대상

으로 산정하였으며, 혼효림의 경우 관련계수의 부재로 인해 1:1의 비율로 침엽수림과 활엽수림에 포함시켰다. 순 배출량 산정 시 임목축적은 3년 이동평균을 이용하여 추정하였다.

2.2. 연구 방법

산림부문 광역지자체별 온실가스 순 배출량은 산림 임목 바이오매스 탄소 축적 증가에 따른 온실가스 배출량과 같다. 그러나 우리나라는 획득손실법(gain-loss method)에 따라 국가 온실가스 인벤토리 보고서를 작성하고 있고(Greenhouse gas inventory & Research center of Korea, 2014b), 인벤토리 보고서와 함께

Table 1. The equations for the greenhouse gas emissions in the forest land (Greenhouse gas inventory & Research center of Korea, 2014a; IPCC, 2003).

Equation	
	Eq. (1) Annual increase in carbon stocks due to biomass growth
ΔC_{FFG}	$\Delta C_{FFG} = \Delta C_{FFLB} + \Delta C_{FFL}$ <p> ΔC_{FFG} : Annual increase in carbon stocks due to biomass growth ΔC_{FFLB} : annual change in carbon stocks in living biomass, tonnes C/yr ΔC_{FFL} : annual decrease in carbon stocks due to biomass loss, tonnes C/yr </p>
	Eq. (2) Annual Change in CO ₂ emissions in living biomass
ΔC_{FFLB}	$\Delta C_{FFLB} = \sum_j (V_j \times D_j \times BEF_j) \times (1 + R_j) \times CF$ <p> ΔC_{FFLB} : Annual Change in CO₂ emissions in living biomass V : volume, m³ D : basic wood density, tonnes d.m./m³ BEF : biomass expiation factor R : root to shoot ratio CF : carbon fraction </p>
	Eq. (3) Annual carbon loss due to commercial fellings
	$L_{fellings} = H \times D \times BEF \times (1 - f_{BL}) \times CF$ <p> $L_{fellings}$: Annual carbon loss due to commercial fellings H : annually extracted volume, roundwood, m³/yr D : basic wood density, tonnes d.m./m³ BEF : biomass expansion factor f_{BL} : fraction of biomass left to decay in forest CF : carbon fraction </p>
	Eq. (4) Annual carbon loss due to fuelwood gathering
ΔC_{FFL}	$L_{fuelwood} = FG \times D \times BEF \times CF$ <p> $L_{fuelwood}$: Annual carbon loss due to fuelwood gathering FG : annual volume of fuelwood gathering, m³/yr D : basic wood density, tonnes d.m./m³ BEF : biomass expansion factor CF : carbon fraction of dry matter, tonnes C/(tonne d.m.) </p>
	Eq. (5) Estimation of GHGs directly released in fire
	$L_{fire} = A \times B \times C \times D \times 10^{-6}$ <p> L_{fire} : quantity of GHG released due to fire, tonnes of GHG A : area burnt, ha B : mass of 'available' flue, kg d.m./ha C : combustion efficiency (or fraction of the biomass combusted), dimensionless D : emission factor, g/(kg d.m.) </p>

Table 2. Biomass conversion factors and emission factors.

	Conifer	Deciduous	Reference
Basic wood density	0.49	0.58	Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea (2014a)
Biomass expansion factor	1.3	1.4	
Root to shoot ratio	0.32	0.26	
Carbon fraction	0.5		IPCC(2003)
Combustion efficiency	CH ₄	9	
	N ₂ O	0.11	
Emission factor	0.40		

제출하는 공통보고양식에 배출량을 획득량과 손실량으로 구분하여 입력해야 하기 때문에 본 연구에서는 산림지의 입목 바이오매스 탄소 축적 증가에 따른 온실가스 순 배출량에 벌채, 연료재 수집, 산불에 의한 온실가스 배출량을 합하여 총 배출량을 산정하였다 (Table 1). 산림지의 입목 바이오매스 탄소 축적 증가에 의한 온실가스 순 배출량은 식 (2)을, 벌채, 연료재 수집, 산불에 의한 온실가스 배출량은 식 (3)-(5)을 이용하였고 산정된 값에 지구온난화지수 등을 적용하여 계산하였다 (Table 1). 공통보고양식 표기 방법에 따라 온실가스를 배출하는 경우는 “+” 부호를, 흡수하는 경우에는 “-” 부호를 이용하여 구분하였다.

본 연구에서 활용한 모든 배출계수는 Table 2에 제시하였다. 침엽수와 활엽수의 목재기본밀도, 바이오매스 확장계수, 뿌리-지상부 비율, 탄소전환계수는 “국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침”에 근거하였으며 (Greenhouse gas inventory & Research center of Korea, 2014a), 벌채 후 원목 제재 단계까지 손실된 바이오매스 비율은 전문가 판단에 따라 15% 적용하여 0.85를 추가적으로 적용하였다 (Korea Forest Research Institute, 2013). 수확 후 산림지에 방치되어 부후되는 바이오매스 비율(F_{BL})은 보수적 추정 원칙에 따라 즉시 배출되는 것으로 가정하여 ‘0’을 적용하였다 (Korea Forest Research Institute, 2013). 산불에 따른 Non-CO₂ 배출량을 계산하기 위한 배출계수와 연소이용효율은 IPCC 기본값을 이용하였다 (IPCC, 2003).

III. 결과 및 고찰

3.1. 광역지자체의 산림부문 온실가스 배출량

획득손실법에 따라 산림부문 광역지자체별 온실가스

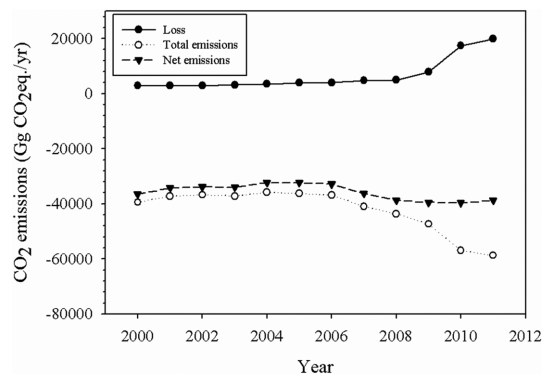


Fig. 1. Annual greenhouse gas emissions using the gain-loss method in forest land.

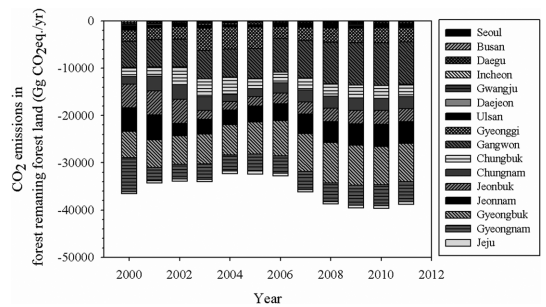


Fig. 2. The greenhouse gas emissions in living biomass in forest land.

배출량을 산정한 결과 2011년 기준으로 산림지의 순 배출량은 -38,815 Gg CO₂eq.으로 나타났다 (Fig. 1). 이는 산림부문 국가 온실가스 인벤토리 산정결과와 같은 값으로 (Greenhouse gas inventory & Research center of Korea, 2014b), 국가 방법론 및 배출계수를 동일하게 적용했기 때문이다. 2011년 기준, 산림지의 총 배출량은 -58,711 Gg CO₂eq.로 나타났으며, 벌채, 연료재 수집, 산불에 의한 배출량은 19,896 Gg

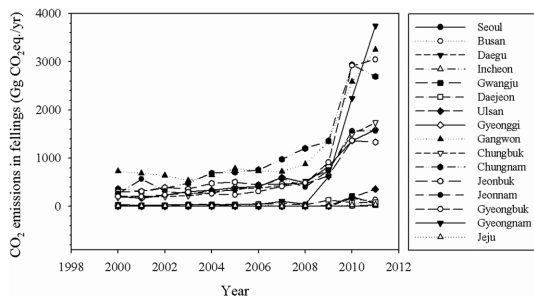


Fig. 3. The greenhouse gas emissions in commercial fellings in forest land.

CO₂eq로 나타났다. 광역지자체별로 순 배출량은 2011년을 기준으로 강원도에서 가장 높았으며, 이는 최근 강원도의 임목축적 증가에 의한 온실가스 흡수량 높기 때문이다(Fig. 2). 시계열적으로 순 흡수량은 2000년에는 경상남도에서 2001년부터 2007년까지는 경상북도에서 2008년부터는 강원도에서 가장 많이 흡수하는 것으로 나타났다.

3.2. 벌채에 의한 CO₂ 배출량

2011년 기준으로 우리나라의 벌채에 의한 CO₂ 배출량은 19,717 Gg CO₂eq로 나타났으며, 광역지자체별로는 경상남도, 강원도, 경상북도 순의 배출량을 보였다. 또한 벌채에 의한 CO₂ 배출이 2000년 이후로 꾸준히 증가하는 추세를 보였는데(Fig. 3), 이는 숲가꾸기의 확대, 규모화 및 기계화를 통한 산물수집 증가, 목재공급 확대정책에 따른 벌채량 증가 등에 의한 것으로 판단된다(Korea Forest Service, 2003, 2013). 산림청 5차 산림기본계획에 따르면 숲가꾸기 사업이 1997년부터 2006년까지 꾸준히 증가한 것으로 나타났고, 그 이후에도 목재 이용 촉진 및 숲가꾸기 수집량 확대 등을 추진 계획으로 보고한 바 있다(Korea Forest Service, 2013). 우리나라는 불법 벌채를 강력하게 규제하고 있고, 허가에 따라 벌채해야 하기 때문에 이와같은 정책적인 요인들이 벌채에 의한 CO₂ 배출에 영향을 미친 것으로 판단된다.

3.3. 연료재 수집에 의한 CO₂ 배출량

2011년도를 기준으로 우리나라 전체 산림에서의 연료재 수집에 의한 CO₂ 배출량은 176 Gg CO₂eq으로 광역지자체별로는 전라북도, 강원도, 경상북도 순의 배출량을 나타내었다(Fig. 4). 2011년 기준, 연료재 수

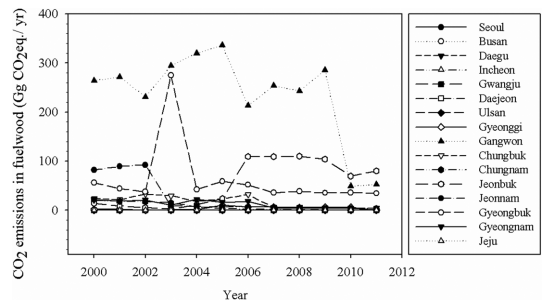


Fig. 4. The greenhouse gas emissions in fuelwood gathering in forest land.

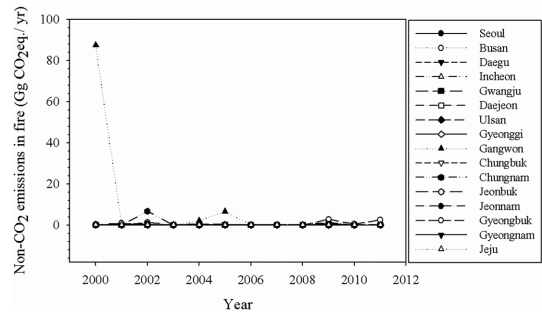


Fig. 5. The greenhouse gas (Non-CO₂) emissions in forest fire in forest land.

집에 의한 전국 CO₂배출량은 2000년 대비 감소하는 추세를 보였으며, 이는 연료재 수집에서 가장 큰 부분을 차지했던 강원지역의 배출량이 2009년 이후로 크게 감소했기 때문이다.

3.4. 산불에 의한 Non-CO₂ 배출량

2011년도를 기준으로 우리나라 산불에 의한 Non-CO₂(CH₄ 및 N₂O) 배출량은 3 Gg CO₂eq로 나타났었다(Fig. 5). 2000년의 Non-CO₂ 전체 배출량이 다른 연도에 비해 매우 높게 나타났는데 이는 2000년 동해안에서 발생한 대형 산불에 의한 것으로, 2000년 산불에 의한 Non-CO₂ 전체 배출량의 98.6%가 강원도에서 배출된 것으로 나타났다. Won *et al.*(2008)이 산불피해자를 대상으로 위성영상을 활용하여 Non-CO₂ 배출량에 대해 보고한 바 있으나 본 연구와는 연구대상지와 활동자료 등의 차이로 결과값을 정확하게 비교하기는 어려웠다. 또한 2002년과 2005년에 충청남도와 강원도에서 배출량이 일시적으로 높게 나타났다. 이러한 경향은 최근 50년간 대형 산불 사례를 분석한 연구결과와 일치하는데, 타 연구결과에서도 2000년에는 강원도 산불, 2002년에는

충남 청양군 비봉면 산불이 대형 산불 사례로, 2005년에도 강풍에 의해 크게 확산되었던 양양 산불이 대형 산불로 분석되었다(Korea Forest Service, 2010).

3.5. 향후 개선 방안

첫째, 향후 신뢰성 있는 광역지자체의 산림부문 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 광역지자체 고유의 활동자료와 배출계수를 확보하는 것이 필요하다(IPCC, 2003; Jeong *et al.*, 2011). 본 연구에서는 산림지의 광역지자체별 온실가스 배출량을 산정하기 위해서 임업통계연보상의 소관별 통계량을 광역지자체별로 임의로 구분하였다. 또한 본 연구에서 활용한 일부 활동자료는 임업통계연보상에 임상별로 구분되지 않기 때문에 광역지자체별 침엽수, 활엽수, 혼효림의 면적을 활용하여 임의로 침엽수 및 활엽수 면적비율로 나누었고 이를 활용하여 산정하였다. 정확한 광역지자체 인벤토리 산정을 위해서는 이러한 시계열적인 활동자료 구축이 개선되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서 활용한 배출계수는 국가 수준의 배출계수를 적용한 것으로 정확한 광역지자체별 인벤토리 산정을 위해서는 광역지자체별 수종 분포 등을 반영한 광역지자체 고유의 배출계수가 개발되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, 광역지자체별 산림지에서의 정확한 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 산림지로 유지되는 산림지와 산림지로 전환된 토지 모두를 다뤄야 한다. 본 연구에서는 활동자료의 부족 등으로 인해 산림지로 유지되는 산림지에서의 온실가스 배출량을 산림지의 온실가스 배출량으로 시범 산정하였으나, 향후 활동자료가 보완된다면 산림지로 전환된 토지에서의 온실가스 배출량도 포함하여 산정해야 할 것이다. 또한 IPCC(2003)에서 권고하는대로 모든 탄소 저장고에서의 온실가스 배출량을 산정해야 할 것이다. 즉 지상부 및 지하부 바이오매스 뿐만 아니라 고사목, 유기물, 토양 등을 포함하여 온실가스 배출량을 산정해야 한다.

셋째, 6가지 토지이용범주를 구분하여 LULUCF 부문의 온실가스 인벤토리 체계를 구축해야 할 것이다. 현재 우리나라의 경우 산림지, 경작지, 초지, 습지, 정주지, 기타 토지에 대한 면적과 이용형태 구분이 어려워 LULUCF의 정확한 인벤토리 산정이 어려운 상황이다. 향후 토지이용구분을 명확하게 하여 토지이용매트릭스를 구축하고 이에 따른 LULUCF의 인벤토리 산정이 국가단위에서 우선 시행되어야 할 것이고, 이후

에 광역지자체별 활동자료를 추가 보완하여 광역지자체별로도 산정, 보고할 수 있도록 체계를 구축해나가야 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침에 기반하여 광역지자체별 온실가스 인벤토리를 시범 산정해 보았다. 획득·손실법에 따라 산림지에서의 2011년 총 배출량은 -58,711 Gg CO₂eq로 나타났으며, 벌채, 연료재 수집, 산불에 의한 배출량은 19,896 Gg CO₂eq로 나타났다. 2011년 산림지에서의 순 배출량은 -38,815 Gg CO₂eq로 나타났으며 강원도에서 가장 높게 나타났다. 본 연구는 기존 국가 온실가스 인벤토리 산정 기준을 활용하여 시범 산정하였기 때문에 광역지자체별 산림부문 순 배출량은 국가 온실가스 인벤토리와 같은 값으로 나타났다. 향후 광역지자체별로 정확한 온실가스 배출량을 추정하기 위해서는 활동자료 및 배출계수 등을 보완할 필요하며, 다른 탄소저장고 및 산림지로 전환된 토지 등에 대한 산정이 포함되어야 할 것이다.

적 요

본 연구는 우리나라의 광역지자체의 산림지 온실가스 배출량을 시범산정하기 위해 수행되었다. 온실가스 배출량은 국가 온실가스 인벤토리 산정 지침에 따라 산정하였으며, 이를 위해 임업통계연보 및 산림관련 활동 자료 및 배출계수를 이용하였다. 그 결과 산림지의 2011년 총 배출량은 -58,711 Gg CO₂eq, 벌채, 연료재 수집, 산불에 의한 배출량은 19,896 Gg CO₂eq로 나타났다. 2011년을 기준으로 산림지에서는 온실가스를 흡수하는 것으로 나타났고, 순 배출량은 -38,815 Gg CO₂eq로 나타났다. 광역지자체 별로는 강원도에서 온실가스를 가장 많이 흡수하는 것으로 나타났다. 본 연구의 산정 결과는 현재 중복산정을 최대한 배제하고자 많은 통계를 활용하지 않은 것으로, 향후 활동자료 및 배출계수 등을 보완하여 산정할 필요가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 임업기술연구개발사업 “Post-2012 대응 산림부문 온실가스 인벤토리 및 탄소계정 체계

개발(S111012L030100)”과 “Post-2020 대응 산림탄소 계정 체계(S111314L100100)” 과제의 연구 결과에 일부이며, 국립산림과학원 리서치펠로우 지원연구에 의한 것입니다.

REFERENCES

- 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 (in English with Korean abstract).
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea., 2014a: Guidelines for measurement reporting and verification in National Greenhouse Gas inventory. *Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea*, Seoul, 148p (in Korean)
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea., 2014b: National greenhouse gas inventory report of Korea. *Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea*, Seoul, 324 p (in Korean)
- IPCC., 2003: *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Jang, N., 2009: A study on greenhouse gas inventories for regional governments (a case study of Jeonbuk province). *Journal of Korean Society of Environmental Engineers* **31**(7), 565-572 (in Korean with English abstract)
- 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 guidelines. *Korean Society of Soil Science and Fertilizer* **44**(6), 1214-1219 (in Korean with English abstract).
- Koh, J. G., 2007: *A Study on greenhouse gas emission characteristics of local governments in Gyeonggi-Do*. Gyeonggi Research Institute, Gyeonggi, 266p (in Korean)
- Korea Forest Research Institute., 2013: *Development of greenhouse gas inventory system in forest sector for post-2012 climate regime*. Korea Forest Service, Seoul, 477p (in Korean with English summary)
- Korea Forest Service., 1998~2012: *Statistical yearbook of forest*. Korea Forest Service, Daejeon (in Korean).
- Korea Forest Service., 2010: *Policy changes and counter-measures wildfire through the forest statistical analysis*. Korea Forest Service, Daejeon, 302p (in Korean).
- Korea Forest Service., 2003: *The 4th Forest basic planning*. Korea Forest Service, Daejeon, 183p (in Korean).
- Korea Forest Service., 2013: *The 5th Forest basic planning*. Korea Forest Service, Daejeon, 238p (in Korean).
- Lee, K. H., Y. M. Son, J. H. Seo, R. H. Kim, I. H. Park, Y. Son and Y. J. Lee, 2006: *The greenhouse gas statistics system for UNFCCC*. Korea Forest Research Institute, Seoul, 218p (in Korean)
- Lee, K. H., Y. M. Son and Y. S. Kim, 2001: Greenhouse gas inventory in land-use change and forestry in Korea. *Journal of Korea forestry energy* **20**(1), 53-61 (in Korean with English abstract)
- The Republic of Korea., 2009: *National greenhouse gas reduction target in 2020, Defined as a 30% reduction compared to BAU*. The Republic of Korea, Seoul.
- The Republic of Korea., 2011: *Korea's third national communication under the United Nations framework convention on climate change*. The Republic of Korea, Seoul, 182p.
- UNFCCC., 2009: Decision 2/CP.15[Available from UNFCCC website : http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/session/6262/php/view/decisions.php].
- UNFCCC., 2010: Decision 1/CP.16[Available from UNFCCC website : http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/session/6254/php/view/decisions.php].
- UNFCCC., 2011: Decision 2/CP.17[Available from UNFCCC website : http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/session/6294/php/view/decisions.php].
- UNFCCC., 2014. Non-Annex I National Communications [Available from UNFCCC website : http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php].
- Won, M. S., K. S. Koo, M. B. Lee and Y. M. Son, 2008: Estimation of non-CO₂ Greenhouse Gases Emissions from Biomass Burning in the Samcheok Large-Fire Area Using Landsat TM Imagery. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **10**(1), 17-24. (in Korean with English abstract)