

## 국내 습지(침수지) 온실가스 배출량 산정\*

이선정<sup>1)</sup> · 손영모<sup>1)</sup> · 김래현<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 국립산림과학원 산림산업연구과 · <sup>2)</sup> 국립산림과학원 연구기획과

## Estimation of National Greenhouse Gas Inventory in Wetland (Flooded Land)\*

Lee, Sun Jeoung<sup>1)</sup> · Son, Yeong Mo<sup>1)</sup> and Kim, Raehyun<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Division of Forest Industry Research, Korea Forest Research Institute,

<sup>2)</sup> Division of Research Planning and Coordination, Korea Forest Research Institute.

### ABSTRACT

This study was reviewed the national greenhouse gas inventory report (NIR) of Annex I countries and estimated national greenhouse gas inventory on wetlands in Korea. Annex I countries submitted National Inventory Report which are focused on land converted to wetlands category and wetland remaining wetland (mainly peat lands) because IPCC did not suggest a formal methodology on flooded land. So we conducted a study on estimating of national greenhouse gas inventory in wetland (flooded land). The total annual CO<sub>2</sub>-eq. emission of wetland remaining wetland (flooded land) was ranged from 99.9 Gg CO<sub>2</sub>-eq. to 237.1 Gg CO<sub>2</sub>-eq. from 1990 to 2012. The CO<sub>2</sub>-eq. emissions was declined after peaking in 1995, however, it slightly increasing in recently years. The latest total CO<sub>2</sub>-eq. emission from flooded land was 117.7 Gg CO<sub>2</sub>-eq. in 2012 which was covered only 0.00002% of national GHG inventory. This means that flooded land is not key-category in Korea. We will consider an improvement for emissions of flooded land, if IPCC suggest formal or complementary methodology.

Key Words : *Carbon dioxide, Greenhouse gas emissions, Methane, Wetland, Flooded land.*

\* 이 논문은 산림청 “Post-2020 대응 산림탄소계정 체계 고도화(S111314L100100)” 과제의 연구의 지원을 받아 수행되었습니다.

**First author** : Lee, Sun Jeoung, Division of Forest Industry Research, Korea Forest Research Institute,  
Tel : +82-2-961-2825, E-mail : sunjlee1020@korea.kr

**Corresponding author** : Kim, Raehyun, Division of Research Planning and Coordination, Korea Forest Research Institute,  
Tel : +82-2-961-2575, E-mail : rhkim@korea.kr

**Received** : 26 November, 2014. **Revised** : 25 August, 2015. **Accepted** : 30 October, 2015.

## I. 서 론

습지는 전 지구 표면의 5~8%를 차지하며 물질 순환, 생물다양성 등의 차원에서 지구생태계에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있고(Mitsch and Gosselink, 2007), 동시에 육상생태계의 거대한 탄소 흡수원이자(Eswaran et al., 1993) 배출원으로 알려져 있다(Mitsch and Gosselink, 2007). 습지가 탄소의 흡수·배출이라는 양면적 측면에서 고려되는 것은 습지의 침수와 배수 혹은 간헐적 건조의 반복 등에 따라 혐기성 또는 호기성 환경이 형성되고, 이러한 습지의 상태에 따라 다양한 미생물 군집이 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 메탄(CH<sub>4</sub>)과 같은 온실가스를 발생시키거나 제거하기 때문이다(Korea Environment Institute, 2008). 습지 가운데 탄소저장량이 가장 많은 유형은 이탄지(peatlands)로 전 지구적으로 약 13억 Gg CO<sub>2</sub>-eq.의 온실가스가 이탄지에서 배출되고 있으며(Joosten, 2010), 이는 전 세계 온실가스 배출량의 약 30%에 해당한다.

이러한 중요성으로 인해 습지는 토지이용의 한 범주로 포함되었고, 부속서 I (Annex I) 국가들은 인위적인 활동으로 인한 습지의 토지이용 변화와 온실가스 배출량을 산정하여 매년 보고하고 있다(UNFCCC, 1998; UNFCCC, 2008). 습지는 크게 습지로 유지되는 습지와 타토지에서 전환된 습지로 구분하고, 각각의 하위범주로 이탄지(peatland)와 침수지(flooded land)로 세분하여 온실가스 배출량을 산정하도록 하고 있다(IPCC, 2003).

국제적 지침(IPCC, 2003)에서는 습지를 연중 혹은 연중 일정 기간에 한해 침수되는 토지로 정의하고 있으며 국가 정의에 따라 관리되는 인공침수지와 관리되지 않는 자연습지로 구분할 것을 명시하고 있다. 우리나라 환경부의 최근 조사결과에 따르면 국내 습지의 총면적은 약 762,650 ha로 보고되었다(Ministry of Environment,

2010). 습지보전법(Korea Ministry of Government Legislation, 2014)에 따르면 우리나라 습지는 “담수(민물), 기수(바닷물과 민물이 섞여 염분이 적은 물) 또는 염수(바닷물)가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지”로 정의하고 있다. 그러나 우리나라의 경우 IPCC에서 권고하는 기준인 관리 여부에 따라 습지를 구분하지는 않고 있다.

국내에서 습지 관련 온실가스 배출 연구는 서해안 연안습지(갯벌)를 대상으로 한 연구가 진행된 바 있으나(Lee et al., 2014), 국가 전체 습지의 온실가스 인벤토리 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 부속서 I 국가들의 습지 온실가스 인벤토리 보고 현황을 분석하고, 우리나라의 습지 온실가스 배출량 산정 결과와 향후 개선방향을 제시하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 부속서 I 국가

기후변화협약(UNFCCC)에 제출된 부속서 I 국가(44개국)들의 2014년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(national greenhouse gas inventory)와 공통 보고양식(common reporting format)을 수집·분석하고, 그 결과를 국내 적용 가능성과 향후 개선 방안 등 연구에 활용하였다(UNFCCC, 2014).

### 2.2 국내 습지의 온실가스 배출량 산정

#### 2.2.1 활동자료

우리나라의 습지 관련 통계는 온실가스 인벤토리 산정에서 요구하는 수준으로 집계되고 있지 않고 있는데, 예를 들어, 타토지에서 전환된 습지 면적과 습지의 배수 면적 등에 대한 통계가 집계되지 않아 배출량 산정이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 통계 확보가 가능한 습지(침수지)로 유지되는 습지(침수지)에서의 온실가스 배출량만을 산정하였다. 이탄지로 유지되는 이탄지에서의 온실가스 배출량은 이탄지 면적

**Table 1.** Equations for the greenhouse gas emissions in wetland.

Equation	
Eq. 1.	$\text{CO}_2 \text{ emissions}_{\text{wwflood}} = P \cdot E(\text{CO}_2)_{\text{diff}} \cdot A_{\text{flood, total surface}}$ <p> <math>\text{CO}_2 \text{ emission}_{\text{wwflood}}</math> : total <math>\text{CO}_2</math> emissions from flooded lands, Gg <math>\text{CO}_2/\text{yr}</math>                      P : period, days (usually 365 for annual inventory estimate)  <math>E(\text{CO}_2)_{\text{diff}}</math> : averaged daily diffusive emissions, Gg <math>\text{CO}_2/\text{ha}/\text{day}</math>  <math>A_{\text{flood, total surface}}</math> : total flooded surface area, including flooded land, flooded lake and flooded river surface area, ha                 </p>
Eq. 2.	$\text{CH}_4 \text{ emissions}_{\text{wwflood}} = P \cdot E(\text{CH}_4)_{\text{diff}} \cdot A_{\text{flood, total surface}} + P \cdot E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}} \cdot A_{\text{flood, total surface}}$ <p> <math>\text{CH}_4 \text{ emissions}_{\text{wwflood}}</math> : total <math>\text{CH}_4</math> emissions from flooded land, Gg <math>\text{CH}_4/\text{yr}</math>                      P : period, days (usually 365 for annual inventory estimate)  <math>E(\text{CH}_4)_{\text{diff}}</math> : averaged daily diffusive emissions, Gg <math>\text{CH}_4/\text{ha}/\text{day}</math>  <math>E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}</math> : averaged bubbles emissions, Gg <math>\text{CH}_4/\text{ha}/\text{day}</math>  <math>A_{\text{flood, total surface}}</math> : total flooded surface area, including flooded land, flooded lake and flooded river surface area, ha                 </p>

이 4.6km<sup>2</sup>로 극히 적고(Joosten, 2010), 인위적인 관리 여부를 확인할 수 없기 때문에 산정하지 않았다.

활동자료는 국토연구원에서 제공한 지적통계의 하천, 구거, 유지, 양어장 면적 통계를 활용하였다. 인위적인 활동에 따른 배출량만 산정하기 때문에 자연 침수지로 간주되는 하천은 온실가스 배출량 산정에서 제외하였다. 환경부(전국 내륙습지 조사, 습지보호지역 조사, 하구역생태계 조사)와 산림청(산림 습원 조사) 등에서 조사된 습지 면적 통계는 1980년부터의 시계열적 면적 자료를 확보할 수 없기 때문에 활용하지 않았다.

습지(침수지)의 온실가스 배출은 기본적으로 침수 후 10년 동안 토양에서 온실가스가 배출되는 것으로 가정하고 있다(IPCC, 2003). 이에 따라 기준년도(1990년) 이후의 습지 온실가스 배출량은 1981년부터 전년대비 증가한 면적(10년 누적)에서 배출되는 온실가스 배출량으로 산정하였다.

### 2.2.2 산정 방법

습지(침수지)의 온실가스 배출량 산정은 IPCC

우수실행지침(2003)에도 공식적으로 제시되어 있지 않기 때문에 부록(appendix 3a.3)으로 제시한 “향후 적용 가능한 방법론”을 활용하였다(IPCC, 2003; Table 1). 배출기간(P) 설정 시 결빙기와 비결빙기를 구분하고 있어서 본 연구에서는 기상연보(2011~2013)의 연중 비결빙기 일수(월별 기온이 0°C 이상)를 314.3일로 적용하였다(Korea Meteorological Administration, 2012; 2013; 2014). 흡수·배출계수는 우수실행지침에 제시된 기본 값을 활용하였으며(IPCC, 2003), 우리나라는 온난온대습윤지역에 해당하기 때문에  $\text{CO}_2$ 는 13.2kg  $\text{CO}_2/\text{ha}/\text{day}$ ,  $\text{CH}_4$ 는 0.096kg  $\text{CH}_4/\text{ha}/\text{day}$ 를 적용하였다(IPCC, 2003).  $\text{CH}_4$  배출량 산정 시, 기포 발생을 통한 일평균 배출계수(bubbles emissions)가 필요하나 IPCC(2003) 기본 값이 제공되지 않아 이를 적용하지 않았다.

## III. 결과 및 고찰

### 3.1 부속서 I 국가

44개의 부속서 I 국가 중 37개 국가가 습지 온실가스 배출량을 보고하고 있으며 7개 국가는 습지의 온실가스 배출량을 보고하지 않는 것

으로 나타났다(Table 2). 또한 습지 전체(습지로 유지되는 습지, 타토지에서 전환된 습지)의 온실가스 배출량을 모두 보고하는 국가는 총 11국가였다(CRF 5.D 기준). 온실가스별로는 습지로

유지되는 습지의 온실가스 배출량은 대부분 CO<sub>2</sub> 배출만을 보고하고, 타토지에서 전환된 습지에서는 Non-CO<sub>2</sub>에 대해서도 보고하고 있다 (Table 2).

**Table 2.** Wetland Greenhouse gas inventory of Annex I countries (2014).

Nation	Wetland remaining wetland				Land converted wetland				Reference
	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
	Peat land	Flooded land			Peat land	Flooded land			
Australia									Department of Environment, 2014a
Austria					○ <sup>a, b</sup>	○ <sup>a, b</sup>			Environment Agency Austria, 2014
Belarus		○ <sup>c</sup>						○ <sup>c</sup>	Ministry of Natural Resources and Environmental Protection, 2014 (in Russian)
Belgium					○ <sup>c</sup>	○ <sup>c</sup>			Flemish Environment Agency et al., 2014
Bulgaria						○ <sup>a, c</sup>			Ministry of Environment and Water, 2014
Canada	○ <sup>b, c</sup>				○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>a, b, c</sup>			Environment Canada, 2014
Croatia						○ <sup>a, c</sup>			Croatian Environment Agency, 2014
Cyprus									Department of Environment, 2014b
Czech Republic						○ <sup>a, b</sup>			Ministry of the Environment of the Czech Republic, 2014
Denmark		○ <sup>c</sup>				○ <sup>a, c</sup>		○ <sup>c</sup>	Danish Centre for Environment and Energy, 2014
Estonia		○ <sup>c</sup>			○ <sup>a, b, c</sup>			○ <sup>c</sup>	Ministry of the Environment, 2014a
EU	○ <sup>a, c</sup>				○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>c</sup>	○ <sup>c</sup>	European Environment Agency, 2014
Finland					○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>c</sup>	○ <sup>c</sup>	○ <sup>c</sup>	Statistics Finland, 2014
France						○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>d</sup>	○ <sup>d</sup>	Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing, 2014 (in French)
Germany	○ <sup>a, c</sup>				○ <sup>a, b, c</sup>				Federal Environment Agency, 2014
Greece						○ <sup>a, c</sup>			Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2014
Hungary		○ <sup>c</sup>				○ <sup>a</sup>			Hungarian Meteorological Service, 2014
Iceland						○ <sup>c</sup>	○ <sup>c</sup>		Environment Agency of Iceland, 2014

Table 2. Continued.

Nation	Wetland remaining wetland				Land converted wetland				Reference
	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
	Peat land	Flooded land			Peat land	Flooded land			
Ireland	○ <sup>a, c</sup>				○ <sup>a</sup>			○ <sup>c</sup>	Environmental Protection Agency, 2014
Italy									Institute for Environmental Protection and Research, 2014
Japan						○ <sup>a, b</sup>			Ministry of the Environment, 2014b
Kazakhstan		○ <sup>a</sup>							Ministry of and Water Resources of the Republic Kazakhstan, 2014
Latvia	○ <sup>c</sup>							○ <sup>c</sup>	Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, 2014
Liechtenstein					○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>a, b, c</sup>			Office of Environmental Protection, 2014
Lithuania	○ <sup>c</sup>								Ministry of Environment, 2014
Luxembourg						○ <sup>a, b, c</sup>			Administration de l'Environnement, 2014
Malta									Malta Resources Authority, 2014
Monaco									Department of the Environment, 2014 (in French)
Netherland						○ <sup>a, b, c</sup>			National Institute for Public Health and the Environment, 2014
New Zealand		○ <sup>c</sup>				○ <sup>a, b, c</sup>			Ministry of the Environment, 2014c
Norway	○ <sup>c</sup>	○ <sup>a, b</sup>				○ <sup>a, b, c</sup>		○ <sup>c</sup>	Norwegian Environment Agency, 2014
Poland		○ <sup>a</sup>				○ <sup>a</sup>	○ <sup>c</sup>	○ <sup>c</sup>	National Centre for Emission Management, 2014
Portugal						○ <sup>a, b, c</sup>			Portuguese Environmental Agency, 2014
Romania						○ <sup>a, b, c</sup>			Ministry of Environment and Climate Change, 2014
Russian Federation	○ <sup>c</sup>							○ <sup>c</sup> ○ <sup>c</sup>	Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, 2014 (in Russian)
Slovakia									Ministry of the Environment of the Slovak Republic, 2014

Table 2. Continued.

Nation	Wetland remaining wetland				Land converted wetland				Reference
	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
	Peat land	Flooded land			Peat land	Flooded land			
Slovenia								○ <sup>a, b, c</sup>	Slovenian Environmental Agency, 2014
Spain								○ <sup>a, b, c</sup>	Ministry of the Environment, 2014d (in Spanish)
Sweden		○ <sup>c</sup>							Swedish Environmental Protection Agency, 2014
Switzerland	○ <sup>a, c</sup>				○ <sup>a, b, c</sup>	○ <sup>a, b, c</sup>			Federal Office for the Environment, 2014
Turkey									Turkish Statistical Institute, 2014
Ukraine		○ <sup>c</sup>							Ministry of Ecology and Natural Resources Ukraine, 2014 (in Russian)
UK		○ <sup>c</sup>						○ <sup>c</sup>	Department of Energy and Climate Change, 2014
USA		○ <sup>c</sup>							U.S. Environmental Protection Agency, 2014

(a: reported biomass, b: reported dead organic matter, c: reported soil, d: burned biomass)

습지로 유지되는 습지에서의 온실가스 배출량을 보고하는 국가들은 주로 이탄지를 대상으로 보고하고 있었는데(Table 2), 이는 앞서 말한 바와 같이 IPCC 우수실행지침(2003)에서 침수지의 온실가스 배출량 산정을 위한 공식적인 방법론을 제시하지 않았기 때문이다(Ministry of the Environment, 2011; Statistics Finland, 2011). 습지로 유지되는 습지에서 온실가스 배출량을 보고하는 20개 부속서 I 국가들 가운데 18개 국가들이 토양에 대한 온실가스 배출량을 보고하였다(Table 2). 이는 국제 지침에서 이탄지의 바이오매스 변화가 없는 것으로 가정하기 때문이다(IPCC, 2003).

타토지에서 전환된 습지에서의 온실가스 배출량은 침수지와 이탄지로 전환된 경우 모두 보고되고 있다(Table 2). 타토지(산림지, 경작

지, 초지, 정주지, 기타 토지)에서 전환된 습지의 온실가스 배출량은 각 토지이용 범주별로 각각 구분하여 보고하고 있었으며, 탄소저장고별 온실가스 배출량은 5개 탄소저장고 모두를 대상으로 보고하고 있다(Table 2).

### 3.2 국내 습지의 온실가스 배출량 산정

습지의 온실가스 배출량 범주(1990~2012)는 99.9~237.1 Gg CO<sub>2</sub>-eq.으로 나타났다. 1995년에 최고점을 찍은 후 2006년까지 계속 감소해오다 최근 소폭 증가하였는데(Figure 1), 이러한 배출 추세는 구거, 유지, 양어장의 면적 증감 경향과 일치하였다. 지적통계연보의 구거, 유지, 양어장의 면적은 꾸준히 증가하는 추세이긴 하지만, 유지 면적의 증가 폭이 1995년에서 2006년까지 감소하였고, 구거의 면적 증가

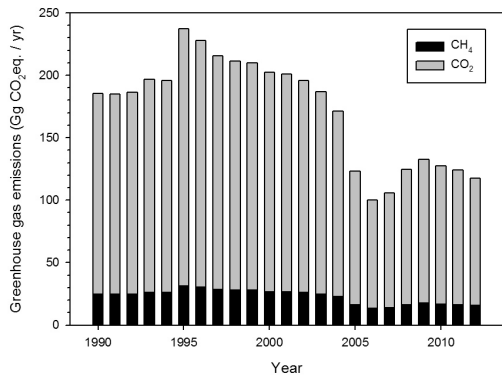


Figure 1. Greenhouse gas emissions in wetlands remaining wetland (flooded land) in Korea.

폭도 1999년 이후로 계속 감소하고 있다. 면적 이외에 배출량에 영향을 주는 활동자료가 없기 때문에 유지와 구거의 면적 변화 추이가 습지(침수지)의 온실가스 배출량에 영향을 준 것으로 판단된다.

본 연구에서 2012년 기준 온실가스 배출량은 117.7 Gg CO<sub>2</sub>-eq.으로 국가 온실가스 인벤토리 보고서(2014)에 제시된 2012년 기준의 습지 배출량 119 Gg CO<sub>2</sub>과는 차이가 있었다. 본 연구 결과는 기존 우리나라 온실가스 인벤토리 산정 방법을 개선하여 산정하였기 때문이다. IPCC 지침에는 국가 온실가스 인벤토리의 정확성 향상 및 시계열적 일관성을 위한 재계산이 허용되며, 인벤토리 보고서에 명시하도록 되어있다. 2014년도 습지부문 온실가스 인벤토리는 이전의 활동자료였던 “농업생산기반 정비사업 통계 연보”의 저수지 현황 자료를 폐기하고 지적통계상의 습지(하천, 구거, 유지, 양어장)면적을 활용하였다(Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, 2014a; 2014b). 이와 같이 국가 온실가스 인벤토리는 매년 정확성 향상 및 시계열적 일관성을 위해 개선되어 왔고, 여전히 개선할 부분이 존재한다. 특히 온실가스 배출원으로 메탄에 대한 보고, 결빙일수 보완 등이 이에 해당한다. 이에 본 연구에서는 습지의 이산화탄소 및 메탄의 온실가스 배출량을 시범적으로 산

정하고, 기상청 자료를 활용하여 우리나라의 비결빙기 일수를 적용하여 기존 온실가스 체계를 개선하였기에 기존 국가 인벤토리 연구결과와는 차이가 나타났다.

한편 2012년 기준으로 습지(침수지)의 온실가스별 배출량은 102.1 Gg CO<sub>2</sub>의 이산화탄소, 15.6 Gg CO<sub>2</sub>-eq. 메탄을 배출하는 것으로 나타났다. 이는 전체 국가 온실가스 배출량의 약 0.00002%, 토지이용, 토지이용변화 및 임업 부문 총 배출량의 약 0.002%로 국가 온실가스 인벤토리에서 매우 미미한 비중을 차지하는 것으로 나타났다(Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, 2014b). 따라서 우리나라의 습지는 국가 온실가스 인벤토리에서 주 범주가 아닌 것으로 판단된다.

본 연구와 같이 이탄지를 제외한 침수지로 유지되는 침수지를 대상으로 온실가스 배출량을 산정하는 국가는 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 카자흐스탄 4개 국가뿐이었다(Table 2). 이는 대부분 부속서 국가들이 국제적으로 공식적인 방법론이 확정되지 않았다는 이유로 침수지로 유지되는 침수지의 온실가스 배출량을 산정하고 있지 않기 때문이다. 또한 본 연구와는 다르게 주로 바이오매스에 대한 배출량을 보고하고 있었으며, 뉴질랜드에서만 토양탄소에 대한 보고만을 하고 있었다.

한편 침수지보다 온실가스 배출량이 많은 이탄지에 대하여 선진국도 핵심 배출원이 아니라는 이유로 개선 노력을 하지 않는 상황이다. 노르웨이의 경우 습지(이탄지)의 온실가스 배출량 보고에 대하여 자국의 핵심 배출원(key category)이 아닌 이유로 향후 개선 계획이 없다고 보고하였다(Norwegian Environment Agency, 2014). 탄소저장고의 축적변화가 비교적 작고, 불확실성을 줄이기 위한 국가적 노력이 효과적이지 않다고 판단하였기 때문이다(Norwegian Environment Agency, 2014).

본 연구도 공식적인 방법론이 확정되지 않은

상태에서 우리나라의 습지의 온실가스 배출량을 시범 산정한 결과 핵심 배출원(key category)이 아닌 것으로 분석되었다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 기존 국가 온실가스 인벤토리 체계를 개선하여 산정하였기 때문에 향후 습지 온실가스 인벤토리 개선에 의미가 있는 것으로 판단된다. 다만 우리나라 역시 공식적인 방법론이 확정되기 전에 침수지의 온실가스 배출량 보고를 위한 개선 노력은 시급히 이루어지지 않아도 될 것으로 사료된다.

### 3.2 향후 개선 방향

본 연구결과 국내의 습지부문에서 배출하는 온실가스 배출량은 미미한 것으로 나타났으나, 향후 국제 지침 상 공식적인 방법론이 제시되고 정확한 온실가스 인벤토리 산정에 대한 요구가 있을 경우에는 다음과 같은 개선 노력이 필요할 것으로 사료된다.

첫째, 습지의 정확한 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 활동자료 개선이 필요하다. 본 연구에서는 지적통계를 활용하여 지적 상 습지 면적을 기반으로 산정하는데, 전체 습지 면적(하천, 구거, 유지, 양어장)은 부대시설(건물, 나지, 시설물 등)이 포함된 면적이기 때문에 실제 습지 면적만 집계되도록 통계를 개선해야 할 것이다.

둘째, 우리나라 고유의 습지 관련 배출계수를 확보해야 한다. 본 연구에서는 국가 고유 계수가 없기 때문에 IPCC 가이드라인에 제시된 기본 값을 활용하였으나, 정확한 인벤토리 산정을 위해서는 국가 고유 배출계수가 요구된다. 부속서 I 국가들도 습지의 정확한 온실가스 배출량 산정을 위하여 활동자료 개선, 국가 고유 배출계수 개발 등 지속적인 연구를 진행하고 있다 (Environment Canada, 2014; Federal Office for the Environment, 2014; Institute for Environmental Protection and Research, 2014; New Zealand Government, 2014; U.S. Environmental Protection

Agency, 2014).

셋째, 타도지에서 전환된 습지에서의 온실가스 배출량 산정을 위한 토지이용변화 매트릭스 구축이 필요하다. 이미 일부 부속서 I 국가들은 타도지에서 전환된 습지에서 온실가스 배출량 산정 시 토지이용변화 매트릭스를 이용하고 있다. 토지이용변화 매트릭스는 습지뿐만 아니라 토지이용, 토지이용변화 및 임업부문 전체를 대상으로 요구되는 자료로 타도지인 산림지, 초지, 경작지, 정주지, 기타 토지에서 전환된 습지의 면적을 파악할 수 있다.

그러나 이상의 개선 노력은 국제적으로 공식적인 방법론이 확정되는 것을 전제로 해야 한다. 현재까지 IPCC는 습지와 관련된 3개의 가이드라인을 발간하였으나, 침수지에 대한 방법론은 부록에서 다룬 비공식 방법론이 전부이다(IPCC, 2003; 2006, 2014). 최근의 IPCC(2014)에서 발간한 2013 습지에 대한 국가 온실가스 인벤토리를 위한 2006 가이드라인 보충서는 배수된 내륙 유기 토양(Drained inland organic soils), 재침수 유기 토양(Rewetted organic soil), 해안 습지(Coastal wetlands), 내륙 무기 토양 습지(Inland wetland mineral soils), 폐수 처리를 위해 조성된 습지(Constructed wetlands for wastewater treatment) 등 다양한 유형의 습지에서 배출되는 온실가스를 산정하는 방법론을 새로 제시하였다. 그러나 이탄지(Peat land)와 유기토양 및 무기토양에 대한 산정방법만 일부 보완되었을 뿐이며 여전히 침수지에 대한 방법론은 제시하지 않았다. 최근 IPCC는 발간된 지 10년이 지난 2006 가이드라인의 개정판을 2018년에 발간할 계획을 수립하고 있는데, 침수지에 대한 공식적인 방법론이 개정판에는 포함될 것으로 기대된다.

## IV. 결 론

본 연구는 부속서 I 국가들의 습지부문 인벤토리 보고서를 검토하고, 국내 습지부문 국가



온실가스 배출량을 산정해 보았다. 부속서 I 국가들은 타토지에서 전환된 습지에서의 온실가스 배출량을 산정하고 있었으나, 습지로 유지되는 습지에서의 온실가스 배출량의 경우 침수지에 대한 온실가스 배출량은 공식적인 방법론이 없다는 이유로 보고하지 않고 있었다. 한편 국내 습지부문 국가 온실가스 배출량 산정 결과 2012년에 습지로 유지되는 습지에서의 온실가스 배출량은 117.7 Gg CO<sub>2</sub>-eq.로 나타났으며, CO<sub>2</sub> 와 CH<sub>4</sub>에서 각각 102.1 Gg CO<sub>2</sub>, 15.6 Gg CO<sub>2</sub>-eq.를 배출하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 국내 습지에서의 온실가스 배출량은 매우 미미한 것으로 나타났다. 향후 국제적으로 공식적인 방법론이 확정된 후, 활동자료와 흡수·배출계수의 보완 등이 이루어진다면 보다 정확한 인벤토리 산정이 가능할 것이다. 본 연구는 습지부문의 온실가스 배출량을 정량적으로 산정하여 제시함으로써 국가 온실가스 인벤토리 산정과 문제점 확인 및 개선 방안 제시에 도움이 될 것으로 판단된다.

## References

- Administration de l'Environnement. 2014. Luxembourg's national inventory report 1990-2009. Administration de l'Environnement, 484p.
- Croatian Environment Agency. 2014. National inventory report 2014. Croatian Environment Agency, Zagreb, 449p.
- Danish Centre for Environment and Energy. 2014. Denmark's national inventory report 2014. Danish Centre for Environment and Energy, 1205p.
- Department of Environment. 2014. National inventory report 2012 volume 2. Department of Environment, 183p.
- Department of Energy and Climate Change. 2014. UK greenhouse gas inventory, 1990 to 2012: Annual report for submission under the Framework Convention on Climate Change. Department of Energy and Climate Change, London, 583p.
- Department of the Environment. 2014a. National report of Monaco on greenhouse gas emissions. Department of the Environment, 176p. (in French)
- Department of the Environment. 2014b. National greenhouse gas inventory report 1990-2012. Department of the Environment, Nicosia, 232p.
- Environment Agency Austria. 2014. Austria's National inventory report 2014. Environment Agency Austria, 840p.
- Environment Agency of Iceland. 2014. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990-2012. Environment Agency of Iceland, 402p.
- Environment Canada. 2014. National inventory report - Part 1. Environment Canada, Quebec, 205p.
- Environmental Protection Agency. 2014. National inventory report 2014. Environmental Protection Agency, 484p.
- European Environment Agency. 2014. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2012 and inventory report 2014. European Environment Agency, 1294p.
- Eswaran, H., E. Van Den Berg and P. Reich. 1993. Organic carbon in soils of the world. Soil Science Society of America Journal 57, 192-194.
- Federal Environment Agency. 2014. Submission under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol 2014. Federal Environment Agency, Dessau pp. 956.
- Federal Office for the Environment. 2014.

- Switzerland's greenhouse gas inventory 1990-2012. Federal Office for the Environment, Bern, 532p.
- Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. 2014. Russian Federation National Inventory Report, 480p. (in Russian)
- Flemish Environment Agency, Flemish institute for technological research, Walloon Agency for Air and Climate, Brussels Environment, Federal Public Service of Health, Food Chain Safety and Environment, Belgian Interregional Environment Agency, ECONOTEC. 2014. Belgium's greenhouse gas inventory (1990-2012). 355p.
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. 2014a. 2013 National greenhouse gas inventory report of Korea, Seoul, 324p. (in Korean)
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. 2014b. 2014 National greenhouse gas inventory report of Korea, Seoul, 403p. (in Korean)
- Hungarian Meteorological Service. 2014. National inventory report for 1985-2012. Hungarian Meteorological Service, 398p.
- Institute for Environmental Protection and Research. 2014. Italian greenhouse gas inventory 1990-2012 national inventory report 2014. Institute for Environmental Protection and Research, Rome, 509p.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventory. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC. 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). IPCC, Switzerland.
- Joosten H. 2009. The global peatland CO<sub>2</sub> picture. Wetland International.
- Korea Environment Institute. 2008. Economic valuation study of Korean major wetland. UNDP.GEF National Wetland Conservation Project Management Division 436p.
- Korea Meteorological Administration. 2012. Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Seoul, 314p. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration. 2013. Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Seoul, 312p. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration. 2014. Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Seoul, 314p. (in Korean)
- Korea Ministry of Government Legislation. 2014. <http://www.law.go.kr>
- Lee, J. · K. Jeong · H. Woo · J. Kang · D. Lee · S. Jang and S. Kim. 2014. Evaluation of basin-specific CH<sub>4</sub> emission flux from intertidal flat sediments of Sogeun-ri, Taean, Mid-west Korea. Journal of Wetlands Research 16(2), 281-291. (in Korean with English abstract)
- Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre. 2014. Latvia's national inventory report. Environment, Geology and Meteorology Centre, 572p.
- Malta Resources Authority. 2014. Annual report for submission under the United Nations framework convention on climate change. Malta Resources Authority, 205p.
- Ministry of Ecology and Natural Resources Ukraine. 2014. National Inventory. Ministry

- of Ecology and Natural Resources, 577p. (in Russian)
- Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing. 2014. National inventory report for France. Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing, 769p. (in French)
- Ministry of Environment. 2010. Research for the national wetland classification types, grades and types wetland restoration manual. Gwacheon, 239p. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2014. National greenhouse gas emission inventory report 2014 of the republic of Lithuania. Ministry of Environment. Vilnius, 535p.
- Ministry of Environment and Water. 2014. National inventory report 2014 for greenhouse gas emissions. Ministry of Environment and Water, 585p.
- Ministry of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan. 2014 National Inventory Report. Ministry of Environment Protection, 339p (in Russian)
- Ministry of Environment, Energy and Climate Change. 2014. Annual inventory submission under the convention and the Kyoto protocol for greenhouse and other gases for years 1990-2012. Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 520p.
- Ministry of the Environment of the Czech Republic. 2014. National greenhouse gas inventory report of the Czech Republic, NIR. Ministry of the Environment of the Czech Republic, 289p.
- Ministry of the Environment of the Slovak Republic. 2014. National inventory report 2014. Ministry of the Environment of the Slovak Republic, Bratislava, 377p.
- Ministry of the Environment. 2011. National greenhouse gas inventory report of Japan. Ministry of the Environment 590p.
- Ministry of the Environment. 2014a. Greenhouse gas emissions in Estonia 1990-2012. Ministry of the Environment, Tallinn, 595p.
- Ministry of the Environment. 2014b. National greenhouse gas inventory report of Japan. Ministry of the Environment, Tokyo, 674p.
- Ministry of the Environment. 2014c. New Zealand's greenhouse gas inventory 1990-2012. Ministry of the Environment, 498p.
- Ministry of the Environment. 2014d. Inventory of emissions of greenhouse gases in Spain and additional information years 1990-2012. Ministry of Environment, 890p. (in Spanish)
- Ministry of Environment and Climate Change. 2014. Romania's greenhouse gas inventory 1989-2012. Ministry of Environment and Climate Change, Bucuresti, 876p.
- Ministry of Natural Resources and Environmental Protection. 2014. National Inventory Report, 182p. (in Russian)
- Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 2007. Wetlands, 4th edn. Wiley.
- National Centre for emission Management. 2014. Poland's national inventory report 2014. National Centre for emission Management, Warszawa, 417p.
- National Institute for Public Health and the Environment. 2014. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2012. National Institute for Public Health and the Environment, 278p.
- Norwegian Environment Agency. 2014. Greenhouse gas emissions 1990-2012, national inventory report. Norwegian Environment Agency, Oslo, 474p.

- Office of Environmental Protection. 2014. Liechtenstein's greenhouse gas inventory 1990-2012. Office of Environmental Protection, 320p.
- Portuguese Environmental Agency. 2014. Portuguese national inventory report on greenhouse gases, 1990-2012. Portuguese Environmental Agency, Amadora, 722p.
- Slovenian Environmental Agency. 2014. Slovenia's national inventory report 2014. Slovenian Environmental Agency, 318p.
- Statistics Finland. 2011. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2009. Statistics Finland, Helsinki, 460p.
- Statistics Finland. 2014. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2012. Statistics Finland, Helsinki, 520p.
- Swedish Environmental Protection Agency. 2014. National inventory report 2014 Sweden. Swedish Environmental Protection Agency, 511p.
- Turkish Statistical Institute. 2014. Turkey greenhouse gas inventory, 1990 to 2012. Turkish Statistical Institute, Ankara, 214p.
- UNFCCC. 1998. Kyoto Protocol Bodies [Available from <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>].
- UNFCCC. 2008. Wetland restoration and management [Available from [https://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/application/pdf/iceland.pdf](https://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/iceland.pdf)].
- U.S. Environmental Protection Agency. 2014. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and Sinks: 1990-2012. U.S. Environmental Protection Agency Washington, 529p.