

우포늪의 메탄 발생량 추정을 위한 관측 연구

이정아 · 김해동* · 이부용¹⁾

계명대학교 환경대학, ¹⁾대구가톨릭대학교 환경과학과
(2010년 4월 28일 접수; 2010년 8월 4일 수정; 2010년 8월 30일 채택)

Observational Study to Estimate the Emission of Methene at Upo-swamp

Jung-A Lee, Hae-Dong Kim*, Bu-Yong Lee¹⁾

College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

¹⁾Department of Environmental Science, Daegu Catholic University, Kyeongbuk 712-702, Korea

(Manuscript received 28 April, 2010; revised 4 August, 2010; accepted 30 August, 2010)

Abstract

The temporal variations of methene emission and its relation to air temperature were investigated in Upo-swamp during June 2007 through July 2008. To perform this study, the methene emission and air temperature were observed using the buoy-type chamber and automatic weather observation system(AWS), respectively. The methene emissions were much during summertime(June~August). The maximum value(about 73.4 mg/m²/hr) appeared at August. The emission diminished by degrees after August. The methene emissions were fewer from September to May of the following year. The peak value(73.4 mg/m²/hr) of the methene emission is very much compared to that of rice pappy field known as about 28.7 mg/m²/hr.

Key Words : Methene emission, Buoy-type chamber, AWS

1. 서 론

지구온난화를 유발하는 주요 온실기체로는 이산화탄소, 메탄, 프레온가스, 아산화질소 등이 있다. 이 중에서 이산화탄소가 지구온난화에 미치는 기여도는 약 60%에 이르러 가장 높지만, 메탄의 기여도도 약 15~20%에 이르는 것으로 알려져 있다(Harazawa 등, 2003). 1850년 이후 현재까지 대기 중으로 이산화탄소를 방출한 배출원은 주로 화석연료의 연소에 의한 것으로 그 양은 270±30Gt으로 추정되고 있어, 육상생

태계에서 배출한 양의 약 2배 정도로 추정되고 있다. 그래서 이산화탄소 배출량을 저감시키기 위한 국제사회의 노력도 이에 초점이 맞추어지고 있다(Hardy, 2003).

산업혁명 이전에 육상생태계에서 방출된 탄소의 총량은 약 320 Gt (7,800년 동안에 0.04 Gt-C/year) 정도이며, 산업혁명 이후 방출된 탄소의 총량은 160 Gt (근래 200년 동안에는 0.8 Gt-C/year)으로 산업혁명 이전의 연간 탄소 방출량에 비하여 20배 정도나 높았던 것으로 추정된다(강, 2008). 이 중에서 78±12 Gt은 토양 교란, 토양 침식, 토양 무기화 등으로 인해 유출된 것으로 추정된다. 따라서 대기 중의 온실기체 농도 증가를 완화하기 위해서는 화석연료 사용 억제 노력과 함께 자연 발생의 온실가스를 억제시키기 위한 대

*Corresponding author : Hae-Dong Kim, College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5930
E-mail: khd@kmu.ac.kr

책 마련도 매우 중요하다(Lal, 2004). 산업 혁명 이후에 토양의 탄소 배출량이 이처럼 급속하게 증가한 이유는 급증한 인구를 부양하기 위하여 대규모 농경이 시작되면서 장기간 유지되어 왔던 지구의 탄소 불균형이 유발되었기 때문으로 해석되고 있는데, 그 결과 토양 유기탄소(SOC, Soil Organic Carbon)가 산화되어 대기 중 이산화탄소로 전환되어 토양의 유기탄소 저장량이 현저하게 감소하였다고 한다(Lal, 2004).

한편, 메탄은 지난 100년 동안에 대기 중의 농도가 2배로 증가하였으며, 메탄이 지구온난화에 미치는 기여도는 15~20%정도이고 분자 1개당의 온실효과는 이산화탄소의 약 23배로 평가된다(陽, 1997). 대기 중의 메탄은 다양한 자연 및 인위적 과정으로 생성된다. 대기 중 메탄의 농도는 금세기에 들어와서 현저한 증가를 보이고 있는데, 그 원인은 이산화탄소와 마찬가지로 주로 인간 활동에 기인한다고 한다(陽, 1997). 메탄의 전체 배출량 중 인간 활동으로 인하여 배출되는 양은 전체의 약 70%정도로, 주로 매립지에서 폐기물의 분해, 가축, 장의 발효현상, 석탄 광산, 경작지, 폐수처리 등에서 발생되고 나머지 30%는 습지와 같은 곳에서 자연적으로 발생된다(서, 2003).

전 세계적으로 메탄발생과 관련된 연구는 활발하게 진행되고 있다. 소나무 숲, 습지 주변의 발 등의 자연발생적인 요인으로부터 쓰레기매립지, 휘발유 자동차 등의 다양한 인위적인 요인에 대한 연구가 수행되었다(Wang 등, 2006). 우리나라를 포함한 아시아지역에서 수행된 자연발생적 요인을 조사한 연구는 주로 논을 대상으로 하여 이산화탄소와 메탄가스 배출현황을 조사한 것에 치우쳐 있다(Yagi 등, 1991). 일본에서는 Minami와 Yagi(1988)가 논에서 메탄배출량을 측정하기 시작하였고, 우리나라에서는 농업 진흥청 농업과학연구소(농과원)에서 1993년부터 간이폐쇄정태 Chamber법을 고안하여 벼논에서 배출되는 메탄을 실제로 측정하여 배출계수를 설정하기 시작하였다(Shin 등, 1994).

자연습지를 대상으로 한 메탄가스 발생과 흡수량을 평가하는 연구는 거의 수행되지 못하고 있는 실정이다. 습지에서는 많은 양의 온실기체가 배출되고 있지만, 한편으로는 식물의 왕성한 성장과 그 사체의 토양으로의 저장과정(이탄층의 형성)을 통하여 다량의

온실기체를 저장하기도 한다. 습지의 이탄층은 습지 식물들의 거대한 유체덩어리로, 기온이 낮고 습한 습지에서는 식물이 죽어도 썩지 않고 그대로 쌓여 오랜 시간에 걸쳐 지층을 형성하는 것을 말한다. 이탄층에서는 광합성을 통해 습지식물의 몸속에 저장된 탄소가 방출되지 않고 이탄층의 형태로 고스란히 저장된다. 산소호환이 잘 되지 않기 때문에 유기탄소의 저장 효과가 열대 우림의 2~7배에 달한다(Fang 등, 2001).

높은 농경지에 비하여 현장 접근이 훨씬 어렵기 때문에 온실 기체 저장기능을 제대로 평가하는 데에는 어려움이 많다. 그래서 여러 지역을 대상으로 동시에 관측을 수행하여 비교연구를 수행하기에 앞서서 이 연구에서는 우리나라의 대표적인 내륙 습지인 우포늪을 대상으로 하여 메탄가스 배출량을 장기간에 걸쳐 직접 포집하여 그것의 발생량과 연중 변화 및 기온에의 의존성을 조사하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 연구대상지역

메탄을 관측한 장소는 1998년에 람사르 협약 습지로 등록된 국내 최대의 자연늪지인 우포늪이다. 우포늪은 행정구역상 경남 창녕군 유어면, 이방면, 대합면, 대지면에 걸쳐서 옆으로 길게 위치하고 있다(동경 128°25'북위 35°33'). 우포늪은 우포, 목포, 사지포, 쪽지라고 불리는 네 개의 늪으로 이루어져 있는데, 본 연구의 관측은 이 중에서 면적이 가장 큰 우포에서 이루어졌다(손 등, 2003; 김, 2007). 우포늪은 1997년 이래로 '자연생태계보전지역(Ecological Conservation Area)'으로 지정되어 정부로부터 보호를 받고 있으며(이 등, 2010), 전체 면적은 약 8.54 km²이다. 우포늪이 여름철 장마나 홍수로 인해 물을 담고 있는 면적은 약 2.314 km²정도가 된다. 우포늪에 물이 가득 찬 면적은 서울의 여의도공원과 그 크기가 비슷하다.

2.2. 메탄가스 포집 방법

오늘날 널리 사용되고 있는 메탄가스 포집방법은 기체 구배와 미기상요소로부터 플럭스를 산출하는 미기상법과 일정 시간 동안에 현장에 설치한 상자 내의 농도변화를 관측하여 플럭스를 구하는 Chamber법이 있다. 논이나 습지에서 메탄 플럭스를 측정하는 데

에는 주로 Chamber법이 이용되고 있다(Shin 등, 1994). 미기상법은 기자재가 고가이면서도 자료의 질은 chamber로 얻은 것보다 낮은 것으로 알려져 있어 널리 보급되고 있지는 않다(Harazawa 등, 2003).

본 연구에서도 Chamber법을 사용하여 메탄 플럭스를 측정하였는데, 농경지와 달리 수위 변화가 큰 늪지에서 사용할 수 있는 부유형 chamber를 자체적으로 고안하여 사용하였다. 관측에 사용한 자체 제작의 chamber의 모양은 Fig. 1과 같다. Chamber의 밑면적은 $0.0638 \text{ m}^2(0.29 \text{ m} \times 0.22 \text{ m})$ 이며, 부피 0.009 m^3 이며, 소재는 투명 Polypropylene을 사용하였다.

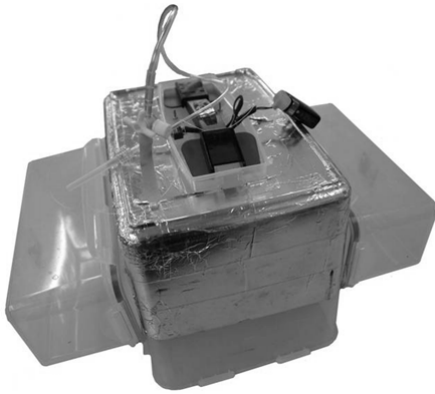


Fig. 1. The chamber used in this study.

습지에서 사용하는 chamber의 경우 농경지에 설치되는 것과 달리 관측 시마다 설치하여 사용한 후에 다시 수거하여야 하기 때문에 이동성과 휴대성을 고려하여 크기와 규격을 적정하게 고안하였다. 또 관측이 장기간에 걸쳐서 반복적으로 진행될 된다는 점을 고려하여 기기의 견고성을 고려하였으며, 강한 일사 조건 하에서 사용되고 포집 대상 가스가 미량 기체이기에 chamber 내에서 발생할 수도 있는 화학반응이 최소화되도록 표면 코팅이 견고하여 음식물의 보관에 사용되는 시판용 PVC 용기를 사용하였다.

chamber 본체에 날개처럼 붙어 있는 부력 Box에 동일한 높이, 동일한 규격의 구멍을 2개 뚫어 물에 뜨는 부분을 동일화시킴으로써, 바람 등의 외부 요인으로 인하여 chamber가 뒤집히거나 잠기는 것을 방지할 수 있었다. 이렇게 함으로써, chamber를 물에 띄웠을 경우 물에 잠기는 부분과 뜨는 부분을 동일화시켜 chamber 내의 유효 체적을 균질하게 유지되는 것을 확인하였다. 그 결과 시료 채취 시마다 chamber의 유효높이를 기록하지 않아도 되도록 하였다.

chamber의 형태는 바닥 면을 제외하고는 막힌 구조이기 때문에 여름과 같이 기온이 높은 시기에는 내부의 온도가 급격히 상승하여 배출량에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 은박테이프로 chamber 전체를 감싸 일사의 흡수를 최소화시켰다. 또 메탄 포집 시 chamber 내부의 밀도를 균등하게 유

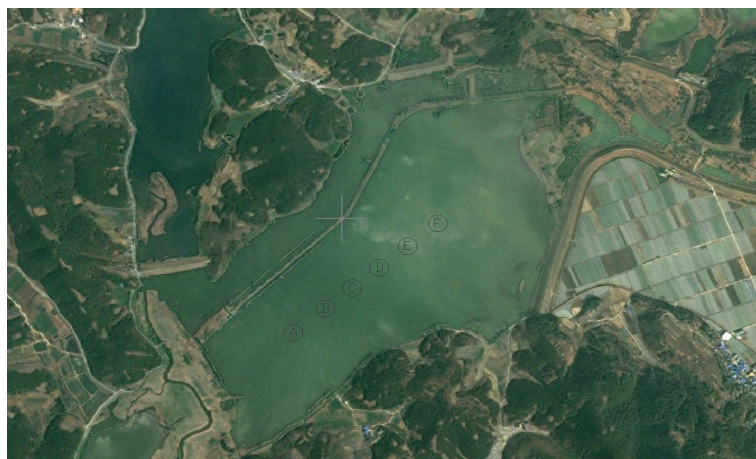


Fig. 2. Photograph of Upo-swamp. The methane observed at 6 points(A~F).

지하기 위하여 chamber 내부에 Fan을 설치하고, 포집이 진행되는 부에 Fan을 지속적으로 가동하여 chamber 내부의 온도분포와 기체진행이 균해지도록 고려하였다. 관측 횟수다. 또의 배출량이 적은 겨울철엔 월 1회씩 그 이외의 달엔 2주를 1회의 비율로 이루어졌다. 관측은 하루 중 평균 배출량을 나타내는 것으로 알려진(신용광 등, 1994) 오전 10-11시 사이에 우포의 중심과 그곳으로부터 동서 방향으로 6개 지점을 선정하여 지정된 지점에서 수행하였다(Fig. 2). 그림 중의 A~F는 관측이 이루어진 6개 지점을 가리킨다.

2.3. 온실가스 배출량(플럭스) 산정 방법

chamber를 이용하여 포집한 메탄가스의 농도 분석은 Gas Chromatography를 이용하였다. 그리고 chamber 내의 농도변화 관측으로부터 메탄 배출 플럭스를 산출하는 데에 사용한 수식은 Shin 등(1994)이 사용한 방법과 같다.

$$F = \rho V / A \times \Delta c / \Delta t \times 273 / T \quad (1)$$

수식에 사용된 chamber의 체적(V)을 밑면의 면적(A)으로 나누면 챔버의 유효고도(h)가 나오는데, 이를 이용하여 식(1)을 간략히 정리하면, $F = 273 \rho h \Delta c / \Delta t / T$ 로 된다.

위의 수식에 사용된 기호의 의미와 단위는 다음과 같다.

ρ : 밀도를 고려한 무 차원 변환계수로 메탄(CH₄)은 0.714

A: 포집장치의 바닥면적 (m²)

V: 포집장치 내 공기의 체적(m³)

h: 포집장치 내 유효높이 (논물로부터의 높이, m)

Δc : 관측 기간 동안의 chamber 내부의 메탄가스 농도 변화량(mg/m³)

Δt : 메탄농도 관측이 이루어진 시간(hr)

T: 포집장치 내부 온도 (단위: K)

3. 결과 및 고찰

3.1. 메탄가스의 연간 배출량

온실기체 포집은 2007년 5월부터 2008년 7월까지

실시되었으나, 2007년 5월에 처음으로 관측된 자료는 관측 지점 간에 편차가 커서 자료로서의 신뢰성이 낮은 것으로 판단되어 분석 대상에서 제외하였다. 그래서 두 번째 관측에서 얻어진 자료부터 분석의 대상으로 삼았다. 매월 6개 지점에서 관측된 메탄플럭스 값 중에서 가장 높은 것과 가장 낮은 것을 제외한 나머지 4개 지점의 값을 평균한 것을 해당 일의 발생량으로 가정하였다. 이렇게 얻은 자료를 Table 1에 제시하였다. 표에서 chamber 내의 농도변화량(ΔC)과 플럭스(F) 간에 비례관계가 성립하지 않은 것은 chamber를 설치해서 자료를 수거할 때까지의 시간이 각 chamber 별로 일정하지 않았기 때문이다. 배를 이용하여 관측 지점에 chamber를 설치하고 나서 일정 시간이 흐른 후에 그것을 수거하는 방식으로 관측이 이루어지기 때문에 chamber별로 설치와 수거 사이의 간격이 일정할 수가 없었다.

Table 1. The monthly averaged methane gas emission amounts observed at Upo-swamp from June 2007 to July 2008

Month/Year	ΔC (mg/m ³)	F (mg/m ² /hr)
06/2007	164.07	45.29
07/2007	100.20	65.23
08/2007	409.44	73.40
09/2007	22.26	4.12
10/2007	66.51	12.29
11/2007	32.02	9.28
12/2007	21.44	4.73
03/2008	26.04	4.92
04/2008	72.15	13.47
05/2008	6.67	1.34
07/2008	183.85	34.49

Table 1에 제시된 농도변화량 ΔC 는 관측시간 사이에 발생한 chamber 내부의 농도변화량을 나타낸다. 관측이 수행되기 전에 chamber 내부의 공기를 채집하고, 관측 후에 다시 chamber 내부의 공기를 채집하였을 때에 나타난 농도 값의 차이이다. 이것을 식(1)에 대입하여 단위 시간당 단위 면적당의 메탄가스 배출량(플럭스)을 계산하였다. 표로부터 우포늪에서 배출

된 메탄가스의 양은 여름철(6~8월)에 압도적으로 많고, 8월 이후엔 이보다 훨씬 적다는 것을 알 수 있다. 이로부터 메탄발생량은 온도에 크게 의존한다는 것을 확인할 수 있다. 관측기간 중에는 태풍의 접근이 없었고 여름철 강수량도 적었다. 그 결과 우포의 수심은 1 m 이내로 낮았다. 그래서 수온의 월 변화 경향도 기온과 거의 같은 위상을 보였다.

연중 메탄 플럭스의 변화경향을 Fig. 3에 나타내었다. 가장 큰 플럭스 값은 2007년 8월 21일에 관측된 것으로 $409.40 \text{ mg/m}^3/\text{hr}$ 에 이르렀다. 또 2007년 하계(6-8월)에 관측된 메탄의 배출량은 모두 $200 \text{ mg/m}^3/\text{hr}$ 이상의 높은 값을 보였다. 그리고 1년 후인 2008년 7월에 관측된 값도 2007년 7월의 관측 값과 비슷한 값을 보였다(Fig. 3). 2008년 7월 이후의 난후기 동안에는 현지의 수위가 너무 높아서 관측이 이루어지지 못하였다.

반면에 기온과 수온이 낮아지는 9월부터 다음 해 5월까지의 평균 $35.79 \text{ mg/m}^3/\text{hr}$ 로 이보다 훨씬 작은 값이 관측되었는데, 이는 메탄이 혐기성 박테리아의 활동이 수온에 크게 의존한다는 사실을 잘 반영한 결과로 판단된다. 또 이러한 메탄발생량의 연중 변화경향은 Shin 등(2005)이 논을 대상으로 조사한 결과와 유사하였다.

3.2. 기온과 메탄가스와의 관계

3.2.1. 메탄 배출량의 기온에의 의존성

우포늪에서 관측된 메탄가스 배출량(플럭스)의 월 평균 값에 미치는 기온의 영향을 알아보기 위하여 우포늪의 중심부에 자동기상관측장치를 설치하여 연속 관측을 수행하였다. 이렇게 얻어진 기상자료를 이용하여 메탄의 관측이 이루어진 시기의 우포늪의 기온과 메탄플럭스와의 관계를 Fig. 4에 나타내었다. 기온이 높은 시기에 메탄플럭스가 크게 관측되는 경향을 확인할 수 있다. 그런데 메탄플럭스 양은 기온만이 아니라, 수심의 영향도 크게 받는 것으로 알려져 있지만, 강수량이 많아서 수심이 깊어져 있는 배를 이용하여 높이 중심지로 나아가서 chamber로 자료를 얻는 것이 매우 위험한 행위이기 때문에 관측이 이루어지지 못하였다. 그래서 이 연구에서는 그 관계를 제시할 수 없었다. 다만 2007년 9월과 2008년 5월은 기온이 낮지 않은 상황에서도 메탄플럭스 값이 작게 나왔는데, 이것이 강수량 증가로 인한 수심증가와 관계가 있을 것으로 추정하여 보았다. 그래서 이 기간의 강수량을 관측 장소에서 가장 가까이 위치한 기상관서인 밀양기상대의 강수량을 조사해 보았다. 2007년 9월엔 180.7 mm, 2008년 5월엔 234.8 mm의 비가 내렸는데, 이것은 기후평년치인 9월의 104.3 mm, 5월의 136.6 mm보다 2

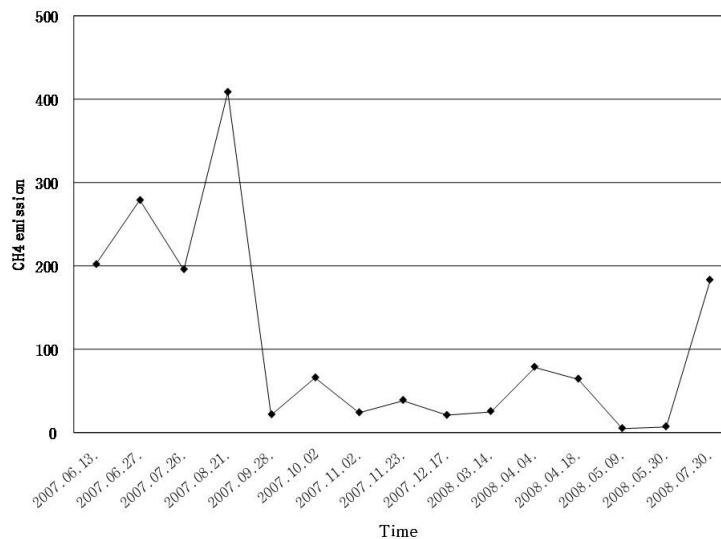


Fig. 3. The increased methene concentration during 1 hour within the chambers.

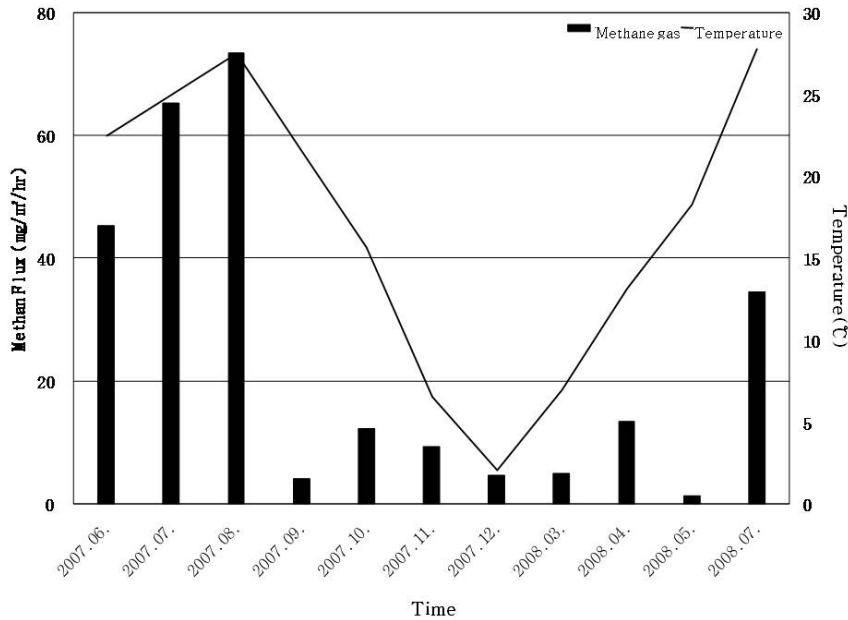


Fig. 4. Monthly variation of methane emission and air temperature in Upo-Swamp.

배 정도 더 큰 값으로 파악되었다. 이러한 사실로부터 메탄플럭스는 기온 이외의 다른 기상요인이나 수심에도 의존한다는 사실을 추정할 수 있다.

3.2.2. 우포늪에서 방출되는 메탄 총량과 지구온난화 잠재력

특정의 온실기체 분자 1개가 지구온난화에 미치는 효과의 크기를 이산화탄소 분자 1개가 갖는 것에 대한 상대적인 양으로 나타낸 것을 지구온난화 계수(Global warming potential)라고 하는데, 메탄의 지구온난화 계수는 23으로 알려져 있다. 즉, 메탄 분자 1개는 이산화탄소 분자 1개보다 23배나 강한 온난화효과를 나타낸다는 의미이다. 그리고 교토의정서에서는 이산화탄소 이외의 온실 가스는 해당기체가 갖는 지구온난화 계수를 곱하여 이산화탄소의 양으로 환산해서 배출량을 표시한다. 메탄 배출량을 이산화탄소의 양으로 환산하는 공식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{메탄의 이산화탄소로의 환산량} = \text{CH}_4 \text{ flux} \times 23 \times \text{CO}_2 \text{ 분자량} / \text{CH}_4 \text{ 분자량} \quad (2)$$

Table 2에 우포늪에서 단위 시간당 단위면적당 관측된 메탄가스의 플럭스 값, 매달 관측된 값이 1년간 지속된다고 가정하였을 때 우포늪 전체 면적에서 1년 동안 배출될 수 있는 배출량(단위; $\text{g} \cdot \text{yr}^{-1}$) 및 이를 이산화탄소 배출량으로 환산한 값(단위; $\text{Gg} \cdot \text{CO}_2$)을 제시하였다. 표에 제시된 값은 관측된 메탄플럭스 값(우측 2번째 칸)을 바탕으로 단위 환산을 하면 3번째와 4번째 칸의 값이 산정된다. 기후변화협약에서는 각국에서 배출되는 각종 온실가스의 총량을 온실효과와 분자량을 감안해서 이산화탄소의 질량으로 환산($\text{ton} \cdot \text{CO}_2$)해서 발표하도록 규정되어 있다(足立芳寛 등, 2004). 이를 따라서 순차적으로 단위환산을 해서 제시한 자료가 표의 값이다. 그리고 표의 우측 마지막 칸(4번째 칸)에는 우포 늪 전체에서 1년 동안 배출된 값으로 환산했는데, 이때 사용된 우포늪 전체의 면적은 $2,312,926 \text{ m}^2$ 이다. 이를 바탕으로 연간 평균적으로(12개월 평균) 우포늪 전체에서 배출되는 메탄가스 양을 이산화탄소의 양으로 환산($\text{ton} \cdot \text{CO}_2$)해 보면, 약 40만 톤 정도로 추정된다.

Table 2. Methene emissions represented by various units and the potential of global warming of methene emitted from Upo-swamp

Month/ Year	Methene emission ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$)	Methene emission $10^{10} \times (\text{g} \cdot \text{yr}^{-1})$	Calculated in CO ₂ emission $10^4 \times (\text{ton-CO}_2)$
06/2007.	45.29	11.96	75.6
07/2007.	65.23	17.22	108.9
08/2007.	73.40	19.38	122.6
09/2007.	4.12	1.09	7.1
10/2007.	12.29	3.25	20.9
11/2007.	9.28	2.45	15.2
12/2007.	4.73	1.25	7.8
03/2008.	4.92	1.30	8.2
04/2008.	13.47	3.56	22.1
05/2008.	1.34	0.35	2.1
07/2008.	34.49	9.11	57.6

4. 결론

이 연구에서는 자연에서 배출되는 온실기체의 양을 추정해 보고자 하는 의도에서 수행되었다. 그래서 우포늪을 대상으로 약 1년간 기상요소와 메탄가스를 연속 관측하였다. 숲이나 논과 같은 형태의 자연발생원을 대상으로는 메탄가스, 아산화질소 및 이산화탄소의 배출량이 비교적 활발하게 수행되고 있지만 (Sullivan 등, 2008), 자연습지를 대상으로 한 연구는 거의 없는 실정이다. 이러한 배경에서 본 연구는 우리나라 최대 자연습지인 경상남도 우포늪을 대상으로 하여 발생하는 메탄가스를 직접 포집하고 메탄가스 발생에 영향을 미칠 수 있는 기상요소를 조사하여 자연습지에서의 온실기체 발생량의 특성에 대해 비교 분석하고, 자연발생의 메탄가스 발생을 억제하기 위해 요구되는 자연습지 보전대책을 찾아보고자 하였다. 이 연구에서 얻어진 메탄가스 배출량의 관측결과는 습지가 갖는 온실기체 저장 기능의 평가를 위한 기초자료로서 중요성을 갖는다.

이 연구를 통해서 추정된 메탄가스 플럭스의 최대치는 73.40 mg/m²/hr(2008년 7월)로 나왔는데, 이는 습지로 구분되는 논에서 얻어진 월간 최대 메탄가스 플럭스 값인 28.74 mg/m²/hr(Shin 등, 1995)보다 훨씬

큰 값이다. 메탄의 배출은 주로 6월에서 8월에 걸쳐서 많이 배출되었는데, 6월에 45.29 mg/m²/hr, 7월에 65.23 mg/m²/hr가 관측되었다. 이처럼 우포늪은 대규모의 메탄가스 발생원의 역할을 하고 있다. 반면에 9월에서 다음 해 5월에 걸친 한후기에는 메탄 발생량이 여름철에 비하여 20% 이하로 작았다.

우포늪과 같은 습지는 다량의 온실가스를 대기 중으로 방출하고 있지만, 한편으로는 수생식물이 왕성하게 성장하고 있으며 성장한 식물은 늪지의 수중에서 이탄층의 형태로 저장되기 때문에 대기 중의 이산화탄소를 대량으로 흡수하는 역할(흡수원)도 한다. 이와 같이 늪지는 온실가스의 큰 발생원이자 흡수원의 역할을 하는데, 잘 보존된 습지는 온실기체 배출원의 기능보다는 흡수원의 기능이 훨씬 큰 것으로 알려져 있다(강, 2008). 장래에 우포늪을 대표할 수 있는 식물을 분류하고 그 식물들의 연간 생장량(식물 건조량)을 조사하거나 이탄층을 실제 분석하여 탄소의 흡수능력을 파악하는 연구가 추가적으로 이루어진다면, 우포늪의 온실가스 수지를 제대로 판단할 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 우포늪에 자동관측시스템을 설치하여, 메탄뿐만 아니라 이산화탄소와 아산화질소까지 장기적으로 연속관측을 수행하게 된다면 우포늪의 온실가스 수지 평가와 온실가스 방출과 여타 기상요소 및 수심과의 관계를 파악할 수 있을 것이다. 이런 연구는 자연배출의 온실가스를 합리적으로 관리하기 위해 반드시 필요한 과제로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 기상청 기상지진기술개발 사업(CATER 2010-1185)의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 강동환, 2008, 습지보전과 기후변화, 제4회 지속가능발전 강원 대회 발표 자료집, 293-302.
 김상운, 2007, 창녕군의 자연 늪 현황 및 관리방안 -우포늪을 중심으로-, 석사학위논문, 경남대학교.
 서경애, 2003, 하·폐수처리시설에서의 온실기체 배출량 평가연구-Methane을 중심으로, 석사학위논문,

- 환경공학과, 동신대학교
- 손명원, 전영권, 2003, 낙동강 하류 연안 자연습지의 자연 지리적 특성, 한국지역지리학회지, 9, 66-76
- 이자연, 김보라, 박소영, 성기준, 2010, 인공습지 조성 후 습지미생물활성도 변화에 관한 연구, 한국환경과학회지, 19, 17-26.
- 足立芳寛, 松野泰也, 舘岡市朗, 躰口博明, 2005, 環境システム工学, 東京大學出版會, 29-42.
- 陽杼行, 1997, 農業から發生する温室効果氣體の制御技術 - Methane および 亞酸化窒素 -, Japanese Study Group for Climate Impact and Application Newsletter, 13, 52-57.
- Fang, C., Moncrieff, J. B., 2001, The dependence of soil CO₂ flux on temperature, Soil Biology & Biochemistry, 33, 155-165.
- Harazawa, H., Nishioka, H., 2003, 地球温暖化と日本-自然・人への影響豫測, 古今書院, 460-463.
- Hardy, T., 2003, Climate Change - Cause, Effects, and Solutions, 1st ed., John Wiley & Sons Ltd., England, 211-247.
- Kim, J., Verma, S. B., 1992, Soil surface CO₂ flux in a Minnesota peatland, Biochemistry, 18, 37-51.
- Lal, R., 2004, Review; Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma, 123, 1-22.
- Minami, K., Yagi, K., 1988, Method for Measuring Methane Flux for Rice Paddies, Japan., J. Soil Sci. Plant Nutr., 59, 458-463.
- National Institute of Agro-Environmental Sciences, Rep. Div. Environ. Planning, Tsukuba, Japan, 7, 143-158.
- Shin, Y. K., Kim, K. S., 1994, Methods for measurement of methane and nitrous oxide emissions from agricultural fields, Korean Journal of Environmental Agriculture, 13, 359-372.
- Shin, Y. K., Lee, Y. S., Yun, S. H., Park, M. E., 1995, A simplified closed static chamber method for measuring methane flux in paddy soils, J. Korean Soc. Soil Sci. Fert., 28, 183-190.
- Sullivan, B. W., 2008, Thinning reduces soil carbon dioxide but not methane flux from southwestern USA ponderosa pine forests, Forest Ecology and Management, 255, 4047-4055.
- Wang, Z. P., Han, X. C., Li, L. H., 2006, Methane emission patches in riparian marshes of the inner Mongolia, Atmospheric Environment, 40, 5528-5532.
- Yagi, K., Tsuruta, H., Minami, K., 1991, Manual of CH₄ and N₂O flux measuring. Res.