

## 샘플링방법에 따른 생활폐기물 소각시설의 CH<sub>4</sub> 배출계수 비교 연구

이대겸\* · 김성동\*\* · 이화수\*\*\* · 전의찬\*\*\*\*†

\*세종대학교 기후환경융합센터 연구원, \*\*세종대학교 기후환경융합센터 석사과정 학생,  
\*\*\*동원대학교 신소재응용화학학과 교수, \*\*\*\*세종대학교 기후환경융합학과 교수

### Comparative Study of CH<sub>4</sub> Emission Factors for Domestic Waste Incineration Facilities by Sampling Method

Lee, Dae-Kyeom\* · Kim, Seong-Dong\*\* · Lee, Hwa-Soo\*\*\* and Jeon, Eui-Chan\*\*\*\*†

\*Researcher, Climate Change and Environment Research Center, Sejong University, Seoul, Republic of Korea  
\*\*Master Student, Climate Change and Environment Research Center, Sejong University, Seoul, Republic of Korea  
\*\*\*Professor, Department of Advanced Materials and Applied Chemistry, Dong-Eui Institute of Technology  
\*\*\*\*Professor, Department of Climate Change and Environment, Sejong University, Sejong University

#### ABSTRACT

In order to actively respond to the framework convention of climate change, it is necessary to estimate emissions using reliable emission factors. Compared to the energy and industry sectors that emit large amounts of greenhouse gases, the waste sector is relatively lacking in greenhouse gas studies. In particular, non-CO<sub>2</sub> in the waste sector has fewer studies of greenhouse gases than CO<sub>2</sub>.

In this study, CH<sub>4</sub> emission factors for domestic waste incineration facilities were compared according to sampling methods that included intermittent collection, continuous collection, and continuous measurement. Sampling methods suitable for developing CH<sub>4</sub> emission factors for domestic waste incineration facilities were derived. Statistically, there was no difference in CH<sub>4</sub> emission factors according to sampling method at the 95% confidence level. Therefore, intermittent collection, continuous collection, and continuous measurement sampling can be used to develop CH<sub>4</sub> emission factors for domestic waste incineration facilities.

**Key words:** Domestic Waste Incineration Facility, CH<sub>4</sub> Emission Factor, Kruskal-Wallis Test, Intermittent Collection, Continuous Collection, Continuous Measurement

#### 1. 서론

2015년 파리에서 개최된 제21차 UN기후변화협약 (United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC) 당사국 총회에서 온실가스 배출에 대한 지속적인 관리와 책임이행을 약속하는 ‘파리협정’을 채택하였다.

‘파리협정’에 따라 파리협약 당사자인 선진국과 개도국은 자발적으로 온실가스 감축을 위한 INDC (Intended Nationally Determined Contributions)를 제출하여, 2023년부터 파리협정이행 전반에 대한 국제사회 공동차원의 종합적인 이행점검을 받아야 한다(Ministry of Environment, 2016).

기후변화 협약에 적극적으로 대응하기 위해서는 신뢰성

†Corresponding author : [ecjeon@sejong.ac.kr](mailto:ecjeon@sejong.ac.kr) (05006, 11th floor, Gwanggaeto Bldg., 209, Gwangjin-ro, Gwangjin-gu, Seoul, Republic of Korea. Tel. +82-2-3408-3388)

ORCID 이대겸 0000-0002-2037-4937  
김성동 0000-0001-9861-0226

이화수 0000-0003-4262-8181  
전의찬 0000-0003-2783-4550

이 높은 배출계수에 의한 배출량 산정이 필요하며, 이에 따라 국가 온실가스 통계총괄관리계획(Joint ministry, 2020)에서는 국가 온실가스 인벤토리의 정확성 확보가 필요함을 강조하고 있다. 다량의 온실가스를 배출하는 에너지 및 산업 분야에 비해 폐기물 분야는 온실가스 관련 조사 및 연구가 상대적으로 부족한 상태이다(Yoon, 2016). Non-CO<sub>2</sub>는 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O 등 CO<sub>2</sub>에 비해 상대적으로 연구가 매우 적으며, 배출 농도 측정에 기반하는 배출계수의 확보가 필수적이라 할 수 있다.

배출구의 온실가스 농도 측정방법에는 간헐포집, 연속포집, 연속측정 방법이 있으며, 측정방법에 따라 측정 농도의 값과 분포특성이 달라지고, 측정농도를 기초로 한 배출계수가 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 간헐포집, 연속포집, 연속측정의 샘플링방법에 따라 생활폐기물 소각시설의 배출계수가 어떤 차이를 나타내는가를 알아보고 소각시설의 CH<sub>4</sub> 배출계수 개발에 적합한 시료채취 방

법을 도출하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상시설 선정

우리나라의 생활폐기물 소각방식은 스토커방식, 고정상방식, 유동상방식, 열분해방식, 용융방식, 기타방식으로 분류되며, Table 1과 같이 전국 생활폐기물 소각처리시설 178개소 중 스토커방식이 137개소(77%)로 가장 많았다(Ministry of Environment, 2017).

본 연구는 생활폐기물이 많이 배출되고 비교적 접근이 용이한 서울지역의 생활폐기물 소각처리시설 중 가장 많이 사용되는 스토커 소각시설을 대상시설로 선정하였다. 선정된 시설은 24시간 연속 소각하는 소각량 400 ton/day 규모의 시설이다.

Table 1. Comparison of domestic waste incineration methods

Incineration method	Operation method	Average facility capacity (ton/day)	Total facility capacity (ton/day)	Number of facility
Stoker	Continuous <sup>1)</sup>	147	14,808	101
	Semi-continuous <sup>2)</sup>	8	79	10
	Batch <sup>3)</sup>	3	85	26
Sub total				137(77%)
Fixed-bed	Continuous	30	30	1
	Semi-continuous	12	12	1
	Batch	5	49	10
Sub total				12(7%)
Pyrolysis	Continuous	48	386	8
	Semi-continuous	29	29	1
	Batch	-	-	-
Sub total				9(5%)
Other methods		-		20
Sub total				20(11%)
Total				178(100%)

1) Continuous: 24 hours a day operating conditions

2) Semi-continuous: 16 hours a day operating conditions

3) Batch: 8 hours a day operating conditions

(Source: Ministry of Environment, 2017)

2.2 시료채취 및 분석방법

2.2.1 시료채취 방법

간헐포집에는 EPA Method 18 (US EPA, 2000) 방법을 활용하였다. 이 방법은 Lung sampler (ACEN, KOREA) 내부에 Tedlar bag (SKC, US)을 연결하고, sampler의 펌프가 작동해 sampler 내부를 부압(負壓)으로 만들어 시료가 펌프를 거치지 않도록 포집하는 방법이다. 배기가스에 포함된 수분은 시료채취장치 전단에 공병과 실리카겔(6 mesh ~ 16 mesh 크기의 변색 지시형)로 구성된 흡습병을 설치하여 제거하였으며, 시료포집은 10 L 용량의 Tedlar bag (SKC, US)을 이용하였다.

연속포집은 미 환경청(The U.S. Environmental Protection Agency, EPA)의 보고의무강제규정(US EPA Mandatory Reporting Rule, MRR)에서 요구하는 ASTM D 7459-08 방법을 활용하였다. ASTM D 7459-08에 의한 시료채취방법은 배기가스의 농도가 균일하지 않을 경우 주로 사용되며, 대표성을 가지도록 24시간 연속으로 시료를 포집하기 때문에 배기가스의 24시간 평균 농도를 구하는 방법이다.

간헐포집 및 연속포집 시료채취 시 CH<sub>4</sub>의 유실률을 고려하여 측정하였다. 현장에서 시료를 Tedlar bag에 포집하여 실험실에서 분석할 경우, 분석 시기에 따라 포집된 대상 물질의 유실이 발생할 수 있다. 유실은 시료를 보존하는 기간하는 동안 시간의 흐름에 따라 발생하며, 시료 보존 기간 중 시료의 대기 중 수분에 의한 영향, 고분자 성분의 테들러백 내면으로의 고착(adhering), 저분자 성분의 테들러백 표면으로의 투과(permeating), 낮은 온도에서의 응축손실, 화학물질들 간의 결합에 의한 손실 등에 영향을 받을 수 있다(Lee et al., 2013).

Jeong et al. (2006)의 연구에서는 CH<sub>4</sub>을 대상으로 Tedlar bag에서 36hr 동안 보관 시, 차광이 되지 않은 용기와 달리 차광된 용기에서는 유실이 발생되지 않았다. Hong et al. (2016)의 연구에서는 표준가스와 현장시료를 통해 CH<sub>4</sub>을 분석한 결과, 표준가스는 초기농도와 관계없이 최대 240 hr까지 농도변화율이 5% 이내로 매우 안정적인 것으로 나타났으며, 현장시료의 경우 실험 설계 최대 시간인 192 hr까지 안정적인 것으로 나타났다.

연속포집장비는 세종대학교에서 자체개발한 연속포집기를 사용하였다. 본 연구에 사용된 연속포집기는 수분제거장치(ALPHA, Korea)를 통해 100℃ 이상의 배기가스를 3℃ 이하로 냉각하여 응축수분을 제거하고, 내장된 전자질량유량계(ALICAT SCIENTIFIC, USA)와 펌프(KNJ N86

LABOPRORT, Korea)를 통해 흡입 유량을 설정할 수 있다. 또한 타이머를 사용하여 대상 시설의 운영시간에 맞춰 실험자가 직접 기기를 조작하지 않아도 특정 시간에만 배기가스 포집이 가능하도록 하였다.

연속측정방법은 CH<sub>4</sub>연속측정 장비를 이용하였다. 본 연구에서 사용한 CH<sub>4</sub>연속측정장비(SYNSPEC BV, Netherlands)는 연속형 GC-FID로서, 측정주기는 3분이고 TNMHC (Total Non Methane Hydro Carbon)와 CH<sub>4</sub>을 측정할 수 있다. TNMHC의 측정 범위는 0.05 ~ 20 ppm이고, CH<sub>4</sub>의 측정범위는 10 ppm 이하이다. CH<sub>4</sub> 연속측정데이터는 IQR (Interquartile range)에 의한 이상치 제거방법을 사용하여 이상치를 제거하였다.

2.2.2 시료 중 CH<sub>4</sub> 농도 분석방법

간헐포집과 연속포집을 이용하여 포집한 시료는 실험실에서 가스크로마토그래피법(Gas Chromatography, GC)을 이용하여 분석하였다. 가스크로마토그래피법은 기체 시료를 운반가스와 혼합하여 고정상(컬럼)을 통과하게 하여, 그 과정 중 시료와 고정상의 작용에 의해 성분을 분리·정량하는 방법이다. CH<sub>4</sub>의 농도 분석은 디텍터로 GC-FID (Gas Chromatography Flame Ionization Detector, FID)를 사용하는 Varian CP-3800을 사용하였으며, 분석 조건은 Table 2와 같다. 컬럼은 스테인레스강 소재의 Porapack Q 80/100를 사용하였고, 운반가스(N<sub>2</sub>, 99.999%)와 H<sub>2</sub>, Air의 유량은 각각 25 ml/min, 30 ml/min, 300 ml/min으로 설정하였다. 시료 주입구와 오븐, 검출기의 온도는 각각 120℃, 70℃, 250℃로 설정하였다. 연속측정 방법의 CH<sub>4</sub> 농도 분석은 시료채취 기간 동안 대상시설에 CH<sub>4</sub> 연속측정

Table 2. Gas Chromatography analysis conditions

Varian CP-3800		
Detector	FID	
Colume	Porapack Q 80/100	
Carrier gas	N <sub>2</sub> (99.999%)	
Gas flow rate	N <sub>2</sub>	25 ml/min
	H <sub>2</sub>	30 ml/min
	Air	300 ml/min
Temperature	Oven	70 °C
	Inlet	120 °C
	Detector	250 °C

장비를 설치해 현장에서 직접 실시하였다.

### 2.3 CH<sub>4</sub> 배출계수 산정방법

CH<sub>4</sub> 배출계수 개발을 위한 배출량 산정방법은 ‘온실가스-에너지 목표관리제 지침’에서 제시하고 있는 「굴뚝자동 측정기 등 배출가스 연속측정방법을 활용한 배출량 산정 방법론」을 사용하였다. 굴뚝연속자동측정기에 의한 배출량 산정방법은 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 산정식만 제시하고 있으므로, 이 식을 활용하여 CH<sub>4</sub> 배출계수를 산정하였다.

본 연구에 활용한 CH<sub>4</sub> 배출계수 산정식은 다음 식 (1) 과 같다.

$$EF_{CH_4} = [K \times C_{CH_4} \times Q_{day} \times 10^{-3}] / W \quad (1)$$

$EF_{CH_4}$  : CH<sub>4</sub> 배출계수(g-CH<sub>4</sub>/ton-waste)

$C_{CH_4}$  : CH<sub>4</sub>의 일 평균농도(ppm) (건연소가스 기준)

$K$  :  $\frac{16}{22.4}$  (kg/Sm<sup>3</sup>)

$Q_{day}$  : 1일 적산 유량(Sm<sup>3</sup>/day) (건연소가스 기준)

$W$  : 1일 소각량(ton-waste/day)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 시료채취 방법별 CH<sub>4</sub> 농도 분석 결과

간헐포집 시료는 총 2차에 걸쳐 6일간 포집을 실시하였고, 30분 간격으로 시료를 3분간 포집하여 하루에 9개의 시료를 확보하였다. 채취된 시료는 온습도가 유지되는 실험실에서 CH<sub>4</sub>의 유실률을 고려하여 분석 전까지 차광을 한 상태로 보관하였으며, GC-FID를 이용하여 분석하였다. CH<sub>4</sub> 농도 분석은 3회 반복 실시하여 평균값을 농도로 사용하였다.

간헐포집 시료의 1차 측정 CH<sub>4</sub> 농도는 0.364 ppm ~ 0.455 ppm의 분포를 보였으며, 1차 측정 평균농도는 0.411 ppm로 나타났다. 1차 측정 상대표준편차는 1.41% ~ 4.80%의 범위를 보였다. 간헐포집 2차 측정 CH<sub>4</sub> 농도는 0.488 ppm ~ 0.773 ppm의 분포를 보였으며, 2차 측정 평균 농도는 0.587 ppm으로 나타났다. 2차 측정 상대표준편차는 3.98% ~ 12.19%의 범위를 보였다. 간헐포집에 따른 CH<sub>4</sub> 농도를 다음 Table 3에 나타냈다.

Table 3. CH<sub>4</sub> concentration in Intermittent collection sample

Sampling days		Mean	Total mean	SD	RSD (%)	Number of samples
1st investigation	Day 1	0.416	0.411	0.006	1.410	9
	Day 2	0.432		0.017	4.040	9
	Day 3	0.385		0.018	4.800	9
2nd investigation	Day 1	0.482	0.526	0.019	3.980	9
	Day 2	0.598		0.062	10.370	9
	Day 3	0.681		0.083	12.190	9

연속포집 시료는 총 2차에 걸쳐 6일간 포집하였다. 샘플링 일정상 1차 연속포집 시료는 5개, 2차 연속포집 시료 5개를 확보하였다. 채취된 시료는 간헐포집 시료와 마찬가지로 온습도가 유지되는 실험실에서 CH<sub>4</sub>의 유실률을 고려하여 분석 전까지 차광을 한 상태로 보관하였으며, GC-FID를 이용하여 분석하였다. CH<sub>4</sub> 농도 분석은 3회 반복 분석을 실시하여 평균값을 농도로 사용하였다.

연속포집 시료의 전체 CH<sub>4</sub> 농도 범위는 0.392 ppm ~ 0.676 ppm으로 나타났으며, 연속포집 1차 측정 평균농도는 0.399 ppm, 2차 측정 평균농도는 0.570 ppm으로 분석되었다. 연속포집 1차 측정 CH<sub>4</sub> 농도의 표준편차는 0.013 이고, 상대표준편차는 3.24%로 나타났다. 연속포집 2차 측정의 경우, CH<sub>4</sub> 농도의 표준편차는 0.079이며 상대표준 편차는 13.8%로 나타났다. 연속포집시료는 상대적으로 다른 샘플링방법보다 상대표준편차가 비교적 낮게 산정되었으며 이는 포집기간의 평균 농도를 나타내는 연속포집의 특성 때문으로 판단된다. 연속포집에 따른 CH<sub>4</sub> 농도를 다음 Table 4에 나타냈다.

연속측정 시료는 총 2차에 걸쳐 6일간 측정을 실시하였다. 연속측정 시료의 경우, 1차 측정 CH<sub>4</sub> 농도 범위는 0.271 ppm ~ 0.461 ppm으로 나타났다. 하지만 1차 측정 1일차, 2일차, 3일차 샘플링의 CH<sub>4</sub> 평균농도는 비교적 큰 차이를 보이지 않았다. 2차 측정 CH<sub>4</sub> 농도 범위는 0.286 ppm ~ 0.762 ppm으로 나타났으며, 2차 측정 중 2일차의 평균 CH<sub>4</sub> 농도가 0.554 ppm으로 가장 높았다. 연속측정 방법에 따른 CH<sub>4</sub> 농도를 다음 Table 5에 나타냈다.

Table 4. CH<sub>4</sub> concentration in Continuous collection sample

Sampling days		Mean	Total mean	SD	RSD (%)	Number of samples
1st investigation	Day 1	0.403	0.399	0.013	3.24	5
	Day 2	0.399				
	Day 3	0.392				
2nd investigation	Day 1	0.532	0.570	0.079	13.8	5
	Day 2	0.555				
	Day 3	0.676				

Table 5. CH<sub>4</sub> concentration in Continuous measurement sample

Sampling days		Mean	Total mean	SD	RSD(%)
1st investigation	Day 1	0.322	0.362	0.022	6.87
	Day 2	0.379		0.033	8.64
	Day 3	0.364		0.024	6.72
2nd investigation	Day 1	0.489	0.526	0.031	6.31
	Day 2	0.554		0.093	16.87
	Day 3	0.511		0.124	24.19

3.2 측정방법에 따른 CH<sub>4</sub> 배출계수 산정

CH<sub>4</sub> 배출계수의 산정은 식 (1)을 사용하였다. 측정방법에 따른 1차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 산정 결과, 간헐포집에 따른 1차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 최댓값은 0.179 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste, 최솟값은 0.154 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났으며, 간헐포집 1차 측정 평균 배출계수는 0.167 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 연속포집에 따른 1차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 최댓값은 0.164 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste, 최솟값은 0.157 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났으며, 연속포집 1차 측정 평균 배출계수는 0.161 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 연속측정에 따른 1차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 최댓값은 0.156 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste, 최솟값은 0.128 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났으며, 연속측정 1차 측정 평균 배출계수는 0.143 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 각 측정방법에 따른 1차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 평균값 중에서 최솟값과 최댓값의 차이는 0.024 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste였다.

측정방법에 따른 2차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 산정 결과, 간헐포집에 따른 2차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 최댓값은 0.273 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste, 최솟값은 0.192 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났으며, 간헐포집 2차 측정 평균 배출계수는 0.236 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 연속포집에 따른 2차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 최댓값은 0.271 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste, 최솟값은 0.212 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났으며, 연속포집 2차 측정 평균 배출계수는 0.237 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 연속측정에 따른 2차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 최댓값은 0.224 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste, 최솟값은 0.198 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났으며, 연속측정 2차 측정 평균 배출계수는 0.209 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 각 측정방법에 따른 2차 측정 CH<sub>4</sub> 배출계수 평균값 중에서 최솟값과 최댓값의 차이는 0.028 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste로 1차 측정과 비교했을 때는 0.004 g-CH<sub>4</sub>/ton-waste의 차이를 보였다. 측정방법에 따른 배출계수는 다음 Table 6에 나타내었다.

Table 6. CH<sub>4</sub> emission factor by measurement method

(Unit: g CH<sub>4</sub>/ton-waste)

Sampling days		Intermittent collection	Continuous collection	Continuous measurement
1st investigation	Day 1	0.166	0.161	0.128
	Day 2	0.179	0.164	0.156
	Day 3	0.154	0.157	0.146
평균		0.167	0.161	0.143
2nd investigation	Day 1	0.192	0.212	0.198
	Day 2	0.242	0.228	0.224
	Day 3	0.273	0.271	0.203
Mean		0.236	0.237	0.209
Total mean		0.201	0.199	0.176

3.3 통계적 기법을 활용한 CH<sub>4</sub> 배출계수의 비교분석

대부분의 통계분석에서는 일반적으로 모집단이 정규성일 따를 것이라는 가정 하에 진행되기 때문에 정규성을 따르지 않는 모집단의 경우 일반적인 검정법과는 달리 비모수 통계 방법을 사용해야한다(Lee and Im, 2011). 본 연구에서는 3가지 측정방법으로 산정된 CH<sub>4</sub> 배출계수 집단의 정규성을 검정하기 위해 통계프로그램 SPSS 21을 사용하

었다. SPSS 21에서는 정규성 검정에서 Kolmogorov-Smirnov와 Shapiro-Wilk 방법을 제공한다.

3가지 측정방법에 의한 배출계수는 2000개 이하이므로, Shapiro-Wilk test를 시행하였다(Royston, 1992). 정규성 검정에는 ‘표본이 정규분포를 따른다.’는 귀무가설과 ‘표본이 정규분포를 따르지 않는다.’는 대립가설을 사용하였으며, 유의수준은 0.05이다.

이에 따른 정규성 결과는 다음 Table 7에 나타내었다.

Table 7. Normality test of CH<sub>4</sub> emission factor by measurement method

Category	Statistic	Degree of freedom	Significance probability
Intermittent collection	0.902	6	0.386
Continuous collection	0.871	6	0.228
Continuous measurement	0.976	6	0.931

Shapiro-Wilk test 결과 간헐포집, 연속포집, 연속측정의 유의확률은 각각 순서대로 0.386, 0.228, 0.931로 나타났다. 3가지 방법의 유의확률이 모두 0.05보다 큰 값을 나타내므로 정규성을 가지고 있다고 판단된다. 하지만 표본의 수가 일반적으로 30개 미만일 경우 비모수 통계방법을 이용하여 분석할 수 있으므로(Park et al., 2014), Kruskal-Wallis test를 통하여 검정하였다. Kruskal-Wallis test에는 ‘3가지 방법의 CH<sub>4</sub> 배출계수분포는 다르지 않다.’는 귀무가설과 ‘3가지 방법의 CH<sub>4</sub> 배출계수분포는 다르다.’는 대립가설을 사용하였으며, 유의수준은 0.05이다.

검정결과, Kruskal-Wallis 검정통계의 유의수준은 0.796으로 유의수준 0.05보다 크기 때문에 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 검정되었다. 따라서 통계적으로 샘플링 방법에 따른 CH<sub>4</sub> 배출계수의 분포는 같다고 볼 수 있으며, 생활폐기물 소각시설에서 간헐포집과 연속포집, 연속측정을 통한 CH<sub>4</sub> 배출계수는 95% 신뢰구간에서 차이가 없는 것으로 판단할 수 있다.

## 4. 결론

생활폐기물 소각시설에서 배출되는 배기가스의 온실가스 농도 측정방법에는 간헐포집, 연속포집, 연속측정 방법이 있다. 측정방법에 따라 측정농도의 값과 분포특성이 달라지고, 측정농도를 기초로 한 배출계수도 달라진다. 본 연구에서는 3가지 측정방법을 활용하여 생활폐기물 소각시설을 대상으로 CH<sub>4</sub> 배출계수를 산정하고, CH<sub>4</sub> 농도 측정방법에 따른 배출계수 차이를 통계적인 방법으로 비교하였다.

간헐포집에 의한 평균 배출계수는 0.201 g CH<sub>4</sub>/ton-waste, 연속포집에 의한 평균 배출계수는 0.199 g CH<sub>4</sub>/ton-waste, 그리고 연속측정에 의한 평균 배출계수는 0.176 g CH<sub>4</sub>/ton-waste로 나타났다. 간헐포집과 연속측정에 의한 배출계수 값의 차이는 0.025 g CH<sub>4</sub>/ton-waste로서 연속측정이 약 12% 적게 나타났으며, 간헐포집과 연속포집의 배출계수 값은 거의 같았다.

간헐포집, 연속포집, 연속측정으로 배출계수를 도출한 후, 통계적 방법으로 각 배출계수의 정규성을 검정하였다. 검정결과, 배출계수들은 모두 정규성을 갖고 있는 것으로 분석되었으나, 시료수가 적기 때문에 비모수 통계검정방법을 사용하였다. 비모수통계방법인 Kruskal-Wallis test를 이용하여 측정방법별로 도출된 배출계수가 통계적으로 차이가 있는지를 검증하였으며, 그 결과 유의수준이 0.796으로 나타났다. 유의수준이 0.05보다 크기 때문에 통계적으로 샘플링 방법에 따른 CH<sub>4</sub> 배출계수의 분포는 같다고 분석되었으며, 생활폐기물 소각시설에서 간헐포집과 연속포집, 연속측정을 통한 CH<sub>4</sub> 배출계수 간에는 95% 신뢰구간에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 소각시설의 CH<sub>4</sub> 배출계수 개발에는 간헐포집, 연속포집, 연속측정 시료채취 방법을 모두 사용할 수 있는 것을 알 수 있다.

## 사사

본 연구는 환경부 “기후변화특성화대학원사업”의 지원으로 수행되었습니다.

## References

- ASTM D7459-08, 2016, Standard practice for collection of integrated samples for the speciation of biomass(biogenic) and fossil-derived carbon dioxide Emitted from Stationary Emissions Sources.
- Hong UJ, Cho CS, Kang SM, Yun HK, Jeon EC, 2016, Temporal Variability of CH<sub>4</sub> Gas Concentration Collected in Sampling Bag, *Journal of Climate Change Research* 7(4): 477-484
- Joint ministry, 2020, The 2nd National Greenhouse Gas Statistics Comprehensive Management Plan.
- Jeong JH, Lim HS, Kim JH, Bae WS, Jeon EC, 2006, Some Insights into the Basic QA/QC for the Greenhouse Gas Analysis: Methane and Carbon Dioxide. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment* 22(5): 712-718.
- Lee HS, Im JH, 2011. SPSS 18.0 Manual, Seoul: JypHyunJae.
- Lee JS, Kim KJ, Yoon JH, Choi KH, Cho SY, 2013, Study on the Sampling Bag Stability for the Substances Requiring Preparation for Accidents -Focusing on Acrolein and Propylene Oxide-. *J. of the Korean Society for Environmental Analysis* 16(2): 71-76.
- Ministry of Environment, 2017, 5th National Waste Statistics Survey. Sejong, Korea: Korea Environment Corporation.
- Ministry of Environment, 2016, New climate regime after the Kyoto Protocol-Guide to the Paris Agreement, Sejong, Korea: Korea Environment Corporation.
- Park YO, Shin JE, Lee BI, Hwang HS, Lee SH, 2014. Statistical data analysis through SPSS. Seoul: Kyungmoon.
- Royston P, 1992. Approximating the Shapiro-Wilk W-test for non-normality. *Statistics and Computing* 2(3): 117-119.
- US EPA, 2000, Amendments for Testing and Monitoring Provisions: Final Rule. Washington, D.C., United States. Federal Register 65(201).
- Yoon HG, 2016, Development of N<sub>2</sub>O emission factor from municipal solid waste pyrolysis-melting facility [dissertation]. University of Sejong.