

## 4A2)

# CH<sub>4</sub> 표면 발산량 실측 기법으로써의 dynamic flux chamber method 검증 및 불확도 평가

## Verification and Uncertainty Evaluation of Dynamic Flux Chamber Method as the Measuring Technique for CH<sub>4</sub> Surface Emissions

정진희 · 정병원 · 임종명<sup>1)</sup> · 이진홍 · 허귀석<sup>2)</sup>

충남대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>한국원자력연구원 중성자과학연구부,

<sup>2)</sup>한국표준과학연구원 대기환경표준센터

### 1. 서 론

CH<sub>4</sub>는 CO<sub>2</sub>에 이어 두 번째로 지구온난화 기여도가 높은 온실가스로서, 인위적으로 배출되는 CH<sub>4</sub>의 양은 전체 배출의 약 70%를 차지하고 있다. 폐기물 부분의 경우, 고형 폐기물 매립지가 가장 큰 CH<sub>4</sub> 배출원이며, 폐수처리 등에서 배출되는 CH<sub>4</sub> 역시 상당히 중요하다(IPCC, 1996). 하지만 이들 폐기물 부분의 온실가스 배출량 산정은 대개 처리되는 폐기물의 양과 같은 활동도 자료에 배출계수를 곱하는 방식을 취하고 있기 때문에 해당 처리시설에서의 표면 발산량을 정확히 설명하지 못하고 있다.

폐기물 처리시설에서의 CH<sub>4</sub> 표면 발산량은 혐기반응에 의하여 생성되고 매질의 내부와 대기의 압력차에 의한 가스 이동으로 인하여 표면으로부터 대기 중으로 확산된다. 그러나 CH<sub>4</sub> 생성과 소비, 이동과정에서의 시간적·공간적 편차가 매우 크기 때문에 완전무결한 실측 기법은 존재하지 않는다(Bonger *et al.*, 1997). 지금까지 여러 가지 측정 기법이 제안된 바 있으며, 그 중에서도 flux chamber method는 오염된 토양이나 수표면으로부터 발산되는 배출량을 직접적으로 측정할 수 있는 접근법으로써, 매질의 표면에 장치를 직접 삽입하여 발산량을 측정하는 방식이다. Flux chamber method는 다양한 매질에 적용 가능하고, 장비의 구조가 비교적 단순하여 제작과 운용이 편리하고 경제적이다. 뿐만 아니라, 검출한계가 낮으면서 정확도와 정밀도가 우수한 측정값을 얻을 수 있다는 장점이 있다(Cooper *et al.*, 1992). 따라서 본 연구에서는 폐기물 처리시설의 실표면에 적용 가능한 방법으로써, 비용-효율적이면서도 정확한 측정 자료를 얻을 수 있는 flux chamber를 현장 여건에 적합한 형태로 자체 제작하였고, 다각적인 성능 시험을 실시하여 이에 대한 검증 연구를 수행하였으며, 또한 측정값에 대한 불확도를 평가하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구에서는 U.S. EPA(1985)의 chamber 설계를 참고하여 dynamic flux chamber(DFC) 형태의 chamber 2대를 제작하였다. 각각의 DFC는 스테인리스 강 재질의 원기둥과 투명한 아크릴 소재의 반구형 구조물을 결합한 형태로, 직경은  $\Phi$  400 mm로 하고, 전체 높이를 350 mm로 하여, chamber 하부의 단면적은 0.1256 m<sup>2</sup>이다. DFC 상단에 fan motor(20 rpm)를 장착하여 chamber 내부에서 표면 발산 가스가 완전히 혼합되도록 하였고, 온도 변화의 영향을 고려하기 위하여 온도 감지 센서를 설치하였다. 또한 아크릴 재질의 반구에 가스 유입구를 내어 통제된 유입가스를 5 L/min의 유속으로 흘리도록 하고, 유입구와 일정한 거리를 두고 유출구를 내어 유출가스가 배기될 수 있도록 하였다.

성능 시험은 크게 3가지 인자에 대하여 실시하였는데, 첫째, DFC 내부 농도가 평형상태에 도달하는 최적의 시간을 파악하여 측정 절차의 효율성을 기하였다. 둘째, DFC의 유출구에서 채취한 시료가 DFC 내부 가스에 대하여 대표성을 갖는지 확인하고자 균질도 시험을 실시하였다. 셋째, 표면 발산량에 대한 DFC의 회수율 시험을 통하여 측정 기법으로써의 유효성을 파악하고자 하였다.

CH<sub>4</sub> 시료의 농도 정량은 GC-FID(6890 series, Agilent, USA)를 이용하였으며, 예비실험을 통하여 온 분 온도를 3분간 40°C, 가스 주입 온도는 100°C, 검출기 온도를 250°C로 설정하였으며, 시료 손실을 최소화하도록 gas-tight syringe(Hamilton, USA)를 이용하여 0.2 mL의 시료를 일정하게 취하여 기기에

주입하였다. 또한, 기기의 정도관리를 위하여 분석 정밀도 및 정확도에 대한 QA/QC 프로그램을 적용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

평형상태 도달 시간을 파악하기 위하여 Lab-scale과 field test를 각각 실시한 결과, DFC 내부의 CH<sub>4</sub> 농도는 관측 초기에 급격히 증가하다가, DFC 내부와 매질의 표면 사이에 CH<sub>4</sub> 농도의 평형이 이루어져 감에 따라 약 30분이 경과한 후에 일정 수준의 농도로 수렴하는 경향을 확인하였다. 시료의 균질도의 경우, 시료채취 초반에는 시료간의 RSD가 18% 이상으로 크게 나타나지만, 이는 측정 초기의 불충분한 혼합 때문으로 판단된다. 시간이 경과함에 따라 RSD가 점차 감소하였는데, lab-scale에서는 실험 초기를 제외하면 0.5~2.4% 내외의 RSD를 유지하였다. 반면 표면 발산 flux의 변동이 심한 field test에서는 시료간 편차가 더 큰 것으로 나타났으나, DFC에 30분 이상 시료를 혼화하였을 때 RSD가 5% 미만으로 감소하였다. 또한 유속 조건을 달리하여도 2개의 DFC에서 모두 90% 이상의 회수율을 보였다. 구체적으로, 각각의 조건에서 DFC#1은 95.0%, 93.8% 그리고 95.6%의 회수율을 보였고, DFC#2는 90.6%, 97.8%, 그리고 92.9%의 회수율을 가지는 것으로 나타났다.

Table 1. Temporal concentrations of CH<sub>4</sub> samples inside if the DFC (a) Experiment 1: Lab-scale test using standard CH<sub>4</sub>, (b) Experiment 2: Field test at the municipal solid waste disposal in Daejeon.

(a) Experiment 1(Lab test)					(b) Experiment 2(Field test)				
Time (min)	Response(peak area)			RSD (%)	Time (min)	Response(peak area)			RSD (%)
	#1	#2	#3			#1	#2	#3	
0	0	0	0	-	0.5	79.0	79.3	119.0	24.9
1	0.62	0.69	0.87	18.0	5	1,338	969	1,246	16.2
6	21.8	21.5	21.1	1.7	10	1,291	1,550	1,760	15.3
12	55.0	53.2	53.9	1.7	15	1,618	1,579	1,396	7.7
18	75.6	74.1	73.6	1.4	20	1,455	1,679	1,504	7.6
24	86.3	86.0	85.4	0.5	25	1,851	1,900	1,621	8.3
30	92.5	90.8	90.3	1.3	30	1,779	1,866	1,721	4.1
36	96.3	93.1	92.0	2.4	35	1,712	1,753	1,717	1.3
42	95.5	94.3	94.1	0.8	40	1,799	1,683	1,724	3.4
48	97.1	95.6	95.2	1.1	45	1,760	1,790	1,792	1.0

### 참 고 문 헌

- Bonger, J., M. Meadows, and P. Czepiel (1997) Fluxes of methane between landfills and the atmosphere: natural and engineered controls, *Soil Use and Manage.*, 13, 268-177.
- Cooper, C.D., D.R. Reinhart, F. Rash, D. Seligman, and D. Keely (1992) Landfill gas emissions, Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management.
- IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- U.S. EPA (1985) Measurement of gaseous emission rates from land surfaces using an emission isolation flux chamber user's guide, EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, Nevada.