

## 현장 측정을 통한 매립가스 발생량 추정인자의 검토

한현수 · 서동천 · 권정안 · 이동훈 · 유만석\* · 서창일\* · 김승도\*\* · 김낙주\*\*\* · 이남훈` · 고시은`  
서울시립대학교 · \*환경관리공단 · \*\*한림대학교  
\*\*\*서울산업대학교 · `안양대학교 · ``유신코퍼레이션

### I. 서론

지구온난화 유발요인의 하나로 꼽히고 있는 매립가스의 이용을 위해서는 정확한 매립가스 발생량 파악이 요구된다. 매립가스 발생량의 추정을 위한 방법으로는 다양한 방법이 이용되어 왔으나 현재에는 주로 폐기물의 1차분해를 가정한 수학적 모델이 사용되는 추세이다. 모델에서 사용하는 추정인자에 대한 검토는 지속적으로 이루어지고 있으나 실제 매립지 조건과는 차이를 보이는 경우가 많았다.

본 연구에서는 매립지 상부 복토층에 시트가 포설되어 있어 매립가스의 표면발산이 없는 것으로 확인된 W 시 생활쓰레기매립장의 제 1공구를 대상으로, 전체 매립가스 발생량 연속측정결과와 매립된 폐기물자료를 이용하여 매립가스 발생량 추정인자를 구하고 이를 다른 추정인자를 사용하는 경우에 의해 나타나는 결과와 비교·검토하고자 하였다.

### II. 매립가스 발생량추정 방법

매립가스의 발생량을 추정하기 위하여 IPCC에서 제시하는 방법으로는 Default Method와 Reference Method가 있으며, Reference Method가 매립가스 발생량 추정의 수학적 모델인 1차분해 모델이다. 1차 분해모델은 메탄발생이 일시적이지 않고 장기간에 걸쳐 이루어진다는 사실에 기초하고 있으며 다음식과 같다<sup>1)</sup>.

$$Q = L_0R(e^{-kc} - e^{-kt})$$

여기서,

- Q = 해당년도의 메탄 발생량(m<sup>3</sup>/yr)
- L<sub>0</sub> = 메탄 최대발생량(m<sup>3</sup>/Mg-폐기물)
- R = 매립기간 중 연평균 폐기물 매립량(Mg/yr)
- k = 메탄 발생속도상수(1/yr)
- c = 매립지 매립종료 후 경과시간(yr)
- t = 매립지 매립개시 후 경과시간(yr)

메탄 최대발생량, L<sub>0</sub>는 폐기물 조성에 의해 변화된다. L<sub>0</sub>의 값은 폐기물조성에 따라 매우 다양하며 매립지 형태별로 다르기 때문에 정확히 평가하기가 어렵다. L<sub>0</sub>값은 기존의 문헌자료, BMP (Biochemical Methane Potential) 실험 결과, 폐기물의 화학적 조성을 이용한 이론적인 값 등을 이용하고 있으며, 반응속도 상수 k값은 실험에 의하여 구하거나 경험에 의지하여 가정값을 사용하기도 한다.

---

[연락처] (우)130-743 서울특별시 동대문구 전농3동 90번지 서울시립대학교 도시과학대학 환경공학부  
한 현수, Tel : 02)2210-2591, Fax : 02)2244-2245, E-mail : hshan@ene.uos.ac.kr

### III. 연구방법

#### 1. 대상 매립지

매립가스 발생량 전체를 연속적으로 측정하기 위하여 매립지 상부 복토층에 HDPE가 포설되어 있어 표면발산이 없는 것으로 확인된 W시 생활 쓰레기매립장 제 1공구를 조사 대상으로 선정하였다. 1998년 5월부터 18개월간 173,794톤의 생활 및 하수슬러지가 매립되었으며, 3개의 가스배제공이 설치되어 있고, 일반적 현황과 가스배제공 및 시트가 없는 사면부의 플럭스 측정 위치는 Table 1과 Figure 1에 보이고 있다.

#### 2. 조사 항목

W시 매립지 제 1공구내 매립가스 배제공 3곳 모두에 유속계(Dywer 640 velocity transmitter)를 장착하여 매립가스의 배출유속 및 온도를 10분 간격으로 측정하였으며, 주요성분(CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>)농도도 측정하였다. 시트가 포설되어 있지 않아 매립가스의 유출이 예상되는 사면(2,363m<sup>2</sup> (85m×28.7m))에 대해서는 10m 간격으로 5개 지점에서 표면발산량을 측정하였다. 기상조건으로는 기온, 지표온도, 대기압을 측정하였다.

Table 1. General information of W landfill, site I

Waste amount	173,794ton	'98 : 79,257 ton '99 : 94,537 ton
Landfill area	15,500 m <sup>2</sup>	
Waste component	municipal solid waste + sewage sludge	
Landfill periods	'98.5 ~ '99.10 (18months)	
Gas collection well	3	

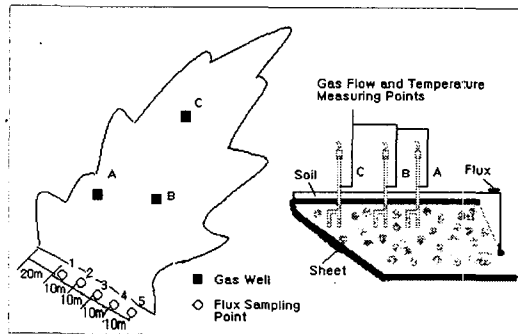


Fig. 1. Schematic diagram of landfill site I and sampling point.

### IV. 결과 및 고찰

#### 1. 유량측정 결과

매립가스 배제공에서 측정한 가스의 유량 및 조성, 사면flux 측정결과는 Table 2와 같다. 측정된 결과를 보면, 1공구 전체에서 발생하는 매립가스의 발생량은 '일일 평균 5.02~5.87m<sup>3</sup>/min이었으며, 배제공을 통해 평균 5.33m<sup>3</sup>/min의 매립가스가 배출되고 있었다. 상부에 sheet가 포설되어 있지 않은 사면의 면적은 약 2,363m<sup>2</sup>(85×28.7m)이며, 5개 지점의 flux 측정결과를 보면 1회 측정의 경우에는 2지점에서 flux가 확인되었으며 0.19L/m<sup>2</sup>/min 과 0.53L/m<sup>2</sup>/min이었다. 2회 차에는 5지점중 1지점에서만 flux가 측정되었으며, 측정치는 0.038L/m<sup>2</sup>/min이었다. 측정된 flux를 가지고, 사면전체면적에서 발생하는 flux양으로 계산해보면 0.014m<sup>3</sup>/min(1회), 0.0015m<sup>3</sup>/min(2회)으로 가스배제공으로 배출되는 양에 비하여 사면을 통하여 배출되는 매립가스량은 상당히 미량임을 알 수 있었다.

Table 2. Results of LFG flow rate and LFG concentration

Point	LFG flow rate (m <sup>3</sup> /min)								Concentration (%)		Flux (m <sup>3</sup> /min)
	1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	1/26	1/27	average	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	
A	1.78	1.81	1.89	1.89	1.84	1.94	1.94	1.84	60.0	40.0	0.014 0.002
B	2.17	2.28	2.25	2.27	2.67	2.84	2.84	2.41	60.5	39.5	
C	1.07	1.15	1.03	1.00	1.01	1.03	1.03	1.07	60.3	39.7	
Total	5.02	5.24	5.16	5.16	5.52	5.87	5.81	5.33	-	-	

## 2. 매립가스 발생량 추정인자의 검토

### 1) $L_0$ 값의 산정

환경부 자료를 이용하여 구한 대상지역에 매립된 폐기물의 조성은 Table 3과 같다. 메탄 최대발생량인  $L_0$  값은 폐기물 조성과 기존의 폐기물 종류별 BMP 실험 결과<sup>2)</sup>를 이용하여 구하면 85.64m<sup>3</sup>/Mg이었다.

Table 3. Amount of landfilled waste and waste composition

Unit: %(w/w wet base)

Year	Waste amount (ton/year)	Food	Paper	Combustible miscellaneous	Wood	Rubber & leather	Plastics	Incombustibles
1998	79,257	20.03	5.01	43.86	1.98	2.82	2.41	23.88
1999	94,537	15.61	2.39	54.85	1.36	2.31	1.49	21.99
Total	173,794	17.63	3.59	49.84	1.64	2.54	1.91	22.85

### 2) 현장측정에 의한 추정인자의 산정

실측된 매립가스 발생량 5.3m<sup>3</sup>/min 와 앞에서 산정한  $L_0$ , 1998년과 1999년에 매립된 폐기물로부터 각각 메탄이 발생하는 것으로 나누어 계산하였으며, 매립가스 중 메탄농도를 60.0%로, 메탄발생까지의 지체기간을 1년으로 가정하였다. 그 결과 메탄발생속도상수, k값은 0.172 yr<sup>-1</sup> 로 산정되었다.

### 3) 매립가스 발생량 추정

1차 분해모델에 Scholl Canyon, SCS Model, 국내 연구결과, 환경부의 온실가스 배출량조사 결과, 실측을 통한 산정값을 적용하여 향후 20년간의 매립가스 발생량을 추정하였다. 추정인자와 결과는 Table 4와 Fig.2 에 나타내었다.

Scholl Canyon model의추정인자를 이용한 경우 2001년의 매립가스 발생예측량은 4.4m<sup>3</sup>/min, SCS model의 경우 2.6m<sup>3</sup>/min, 국내 연구결과(수도권매립지)는 5.0m<sup>3</sup>/min, 온실가스 배출량조사의 경우는 5.3m<sup>3</sup>/min, 현장측정을 통한 추정인자를 사용한 경우는 4.5m<sup>3</sup>/min이었다. 현장측정을 통하여 얻은 추정인자가 가장 실제 값을 잘 표현한다고 가정한다면 매립가스 발생량 예측값은 Scholl Canyon model의 추

정인자에 의한 값과 비교적 유사한 결과를 나타내는 것을 볼수 있으나 이는  $L_0$ 값이 같기 때문인 것으로 판단된다. 수도권 매립지에 적용되었던 두 가지 모델의 추정결과는, SCS model<sup>5)</sup>의 경우 전체적인 양은 과소평가되는 반면 오랜 기간동안 발생량이 어느 정도 유지되는 것으로 나타났고 수도권매립지 운영관리조합<sup>1)</sup>의 추정인자를 사용한 경우는 k값이 커서 빠른 속도로 매립가스 발생이 감소하였다. 현장측정이 겨울철에 이루어진 점을 감안하면 실제 추정인자 및 추정결과는 달라질 수 있겠으나, 매립가스 발생량 예측에 일반적으로 사용되어지고 있는 추정인자와는 차이가 있음을 볼 수 있었다. 앞으로 지속적인 현장측정으로 보다 실제적인 매립가스 발생량 추정인자를 도출한

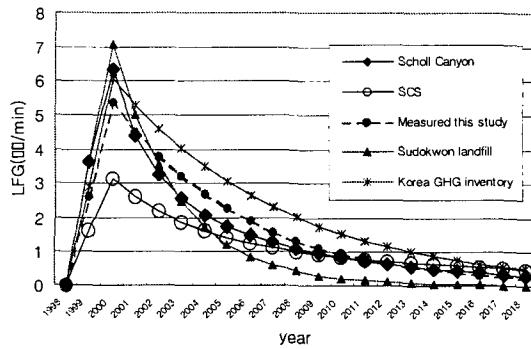


Fig. 2 The estimated LFG generation

다면 지구온난화 대응 및 매립가스 이용측면에서 유용할 것으로 판단된다.

Table 4. Factors and results of LFG generation rate calculation

Model	$L_0$ (m <sup>3</sup> /Mg)	$k$ (yr <sup>-1</sup> )		Flow rate in 2001(m <sup>3</sup> /min)	Remarks
Scholl Canyon <sup>3)</sup>	85.64*	group 1	0.693	4.4	group 1 : food group 2 : paper, wood, textile group 3 : rubber,leather, plastics
		group 2	0.1386		
		group 3	0.0347		
SCS model <sup>3)</sup>	78.9	group 1	0.3	2.6	group 1 : food group 2 : paper, combustible miscellaneous group 3 : textile, rubber, leather
		group 2	0.06		
		group 3	0.015		
Sudokwon landfill <sup>2)</sup>	65.05	0.35		5.0	
Korea GHG inventory) <sup>4)</sup>	117.5	0.1376		5.3	$L_0$ : theoretical methane potential
This study	85.64*	0.1722		4.5	

\* Calculated value by landfilled waste composition in W city landfill site 1

#### Reference

- 1) IPCC : Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Method(1997)
- 2) 수도권매립지 운영관리조합 : 매립가스 처리시설 설치효율 분석조사 연구용역보고서, pp. 80-111(1997)
- 3) Schumacher, M.M.ed : Landfill Methane Recoveryk Noyes Data Corporation, pp. 126-145(1983)
- 4) 환경부 : 환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량조사, pp.34-45(2000)
- 5) 환경부, 환경관리공단 : 수도권매립지 매립가스 자원화사업 및 기본 계획 최종보고서, pp.75-98(2000)