한국토양환경학회지 Vol.3, No.3 75~86, 1998
Journal of KoSES Vol.3, No.3 75~86, 1998

原著

쓰레기 매립지 최종 복토층에서 가스 측정방법과 유출특성 해석

이 해 승

강원대학교 환경연구소

Analysis of Flow Character and Gas Measurement from Final Cover Soil of Sanitary Landfill

Hae-Seung Lee

Insistute of Environmental Research of Kangwon National University

ABSTRACT

This paper is going to show the way we can sample the landfill gases flowing out to the air through final cover soil by using an closed chamber in the field for a short time. In addition, we came to the following results through the application of model with actual measurements.

1) Analyzing changes of concentration in the chamber(H=10-30cm) every 5 minutes, considering analysis time of gas chromatograph for an half hour.

2) The proportion of CH_4 to CO_2 changes rapidly near the surface of final cover soil by the influence of methane oxidation reaction.

3) When flux of landfill gas is $F=10^{-5}$ mol/($m^2 \cdot s$), methane oxidation reaction has an influence on composition of gases, however, there is little influence when $F=10^{-6}$ mol/($m^2 \cdot s$).

Key words : Sanitary landfill, Final cover soil, Sanitary landfill gas(LFG), Methane

Oxidation Reaction, Gas sampling chamber

요 약 문

쓰레기매립장에서 복토층을 통하여 대기중에 유출하는 가스를 현장에서 단시간내에 측정이 가능한 밀폐형 chamber법을 제시하였다. 또한, 최종복토층에서의 유출가스 실측치를 모델해석으로 모사하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 시간변화에 따른 chamber내(H=10-30 cm)의 농도 변화는 30분이내로, G.C의 분석시간을 고려하여 5분단위로 분석한다.

2) 메탄산화 반응의 영향으로 CH_4 / CO_2 비가 복토층 표면근처에서 급격히 변화한다.

3) 매립지 표면의 flux가 $F = 10^{-5}$ mol/($m^2 \cdot s$)일 경우에는 메탄산화반응에 의해 가스조성에의 영향이 있으나, $F = 10^{-6}$ mol/($m^2 \cdot s$)의 경우에는 복토층내의 메탄가스 농도가 상대적으로 적으므로 메탄산화반응에의 영향이 적다.

주제어 : 쓰레기 매립지, 최종복토, 매립가스, 메탄산화반응, chamber

1. 서 론

식물뿌리등의 호흡작용에 의해 토양 표면으로부터 대기중에 유출되는 CO_2 등의 기체는, 擴散(기체는 농도차)과 移流(압력차)에 의해 대기중에 유출되나, 일반적으로 확산이 주원인이다. 그러나, 쓰레기 매립지 형태의 발생가스량이 비교적 많고, 壓力勾配가 클 경우에는 移流가 지배적으로 가정할 수 있다. 쓰레기매립장에서복토층을 통하여 대기에 유출되는 가스의 현상을 지배하는 것이 "확산일까? 이류일까?"에 대하여는 아직 규명되지 않았으나, 본 연구에서는 농도차도 고려하여 밀폐형 chamber내의 농도변화를 해석하여, 실제 매립지의 복토층에서 단시간내에 샘플링이 가능한 유출가스를 측정할 때 얼마만의 시간내에 측정이 가능한가를 도출하였다. 또한, 매립지 복토층에서의 매립가스(산소, 이산화탄소, 질소, 메탄가스) 측정치를 이용하여, 매립가스의 발생량 변화에 따라 메탄가스와 이산화탄소의 유출비 변화를 모의하여 원인을 도출하였다.

2. 밀폐형 chamber법에 의한 flux 측정 해석의 계산식 제안

chamber법은 대상 가스농도의 시간변화에 의해 flux을 구하는 방법으로, 원래는 식물에서의 탄소동화작용에 의한 가스량을 측정하기 위하여 확산흐름을 대상으로 발표되어 왔다[1]. 그러나, 매립지 형태의 발생 가스량이 많은 경우, 즉 이류에 의한 가스 흐름에서의 밀폐형 chamber법으로 측할때에는 "어느정도의 시간에서 측정이 타당할까"를 고찰하였다.

2.1 가정과 기본식

쓰레기 매립지 최종 복토층에서의 가스 흐름은 Fig. 1과 같이 쓰레기 매립층 B로 부터 복토층A에 압력차로 흐른다면, Darcy 식 $\Delta P = -\mu/K_s \cdot$

υ 으로 부터 복토층내 통과하는 유속 υ(m/s)을 z 방향만을 가정하면

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{\mu}{K_s}\,\upsilon$$

$$\upsilon = -K_s / \mu \cdot dP/dz \qquad \text{(E1-1)}$$

P_A, T ↑ u_A

P, T K_s ↑ u, u

P_B, T

Fig. 1. Schematic Diagram of Gas Flow in the Final Cover

복토층에서의 가스 flux을 u(mol/m²s) 가정하면,

$PV=nRT$로부터

$$\upsilon = u \cdot \frac{V}{n} = u \cdot \frac{RT}{P},$$

$$u \cdot \frac{RT}{P} = -\frac{K_s}{\mu} \cdot \frac{dP}{dz},$$

$$\int_{P_B}^{P_A} PdP = -\frac{\mu}{K_s} \cdot u \cdot R \cdot T \cdot \Delta z$$

$$u = \frac{K_s}{2\mu \cdot RT} \cdot \frac{P_B^2 - P_A^2}{\Delta z} \qquad \text{(E1-2)}$$

또한, Fig. 2와 같이 chamber을 설치한 경우, chamber내에 유입하는 가스flux는

$$u = \frac{K_s}{2\mu \cdot RT} \cdot \frac{P_R^2 - P^2}{\Delta z} \qquad \text{(E2-1)}$$

chamber내에 유입하는 mole속도는

$$\frac{dn}{dt} = \frac{V}{RT} \cdot \frac{dP}{dt} = u \cdot a \qquad \text{(E2-2)}$$

chamber내에 CH_4 유입속도는

$$\frac{dn_m}{dt} = \frac{V}{RT} \cdot \frac{dP_m}{dt} = u_m \cdot a = u \cdot C_m^R \cdot a \qquad \text{(E2-3)}$$

여기서, u [mol/(m² · s)] chamber내에 유입하는 가스flux (변수)

K_s [m²] 복토의 투기계수 (정수)

μ [Pa · s] 가스 점도 (정수)

R [Pa · m³/(mol · K)] 기체정수

T [K] chamber내 온도 (정수)

P_R [Pa] 쓰레기층 내 압력 (정수)

P [Pa] chamber내 압력 (변수)

Δz [m] 복토층 깊이 (정수)

V [m³] chamber 용적 (정수)

a [m²] chamber 단면적 (정수)

H [m] chamber 높이 (H= V/a) (정수)

C_m [-] chamber내 메탄농도 (변수)

C_m^R [-] 쓰레기층 내 메탄농도 (정수)

n [mole] mole

식(2-1), (2-2), (2-3)으로 부터 미지수 P, u, C_m을 구한다.

따라서, 식(2-1)을 식(2-2)에 대입하면,

$$\frac{V}{RT} \cdot \frac{dP}{dt} = \frac{K_s}{2\mu \cdot RT} \cdot \frac{P_R^2 - P^2}{\Delta z} \cdot a$$

$$\int_{P0}^{P} \frac{dP}{P_R^2 - P^2} = \frac{K_s \cdot a}{2\mu \cdot V \cdot \Delta z} \int_0^t dt$$

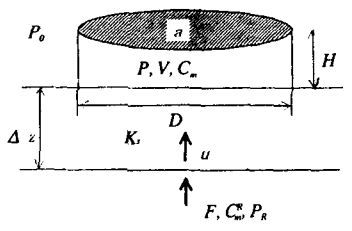

Fig.2. Schematic Diagram of Gas Flow in Final Cover with Chamber

$$\frac{1}{2P_R} In\left(\frac{P_R+P}{P_R-P}\cdot\frac{P_R-P_0}{P_R+P_0}\right)=\frac{K_s\cdot a}{2\Delta z\cdot\mu\cdot V}\cdot t$$

$$\frac{P_R+P}{P_R-P}=\frac{P_R+P_0}{P_R-P_0}\,exp\left(\frac{K_s\cdot a\cdot P_R}{\Delta z\cdot\mu\cdot V}\cdot t\right)$$

여기서,

$$\alpha=\frac{P_R+P_0}{P_R-P_0} \qquad \text{(E2-4)}$$

$$\beta=\frac{K_s\cdot a\cdot P_R}{\Delta z\cdot\mu\cdot V}=\frac{K_s\cdot P_R}{\Delta z\cdot\mu\cdot H} \qquad \text{(E2-5)}$$

로 하면

$$\frac{P_R+P}{P_R-P}=\alpha\cdot e^{\beta t},\ P=P_R\cdot\frac{\alpha\cdot e^{\beta t}-1}{\alpha\cdot e^{\beta t}+1} \qquad \text{(E2-6)}$$

식(2-2)에 식(2-6)을 대입하면,

$$u=\frac{V}{a\cdot RT}\cdot\frac{dP}{dt}=\frac{H}{RT}\cdot\frac{dP}{dt}=\frac{H\cdot P_R}{RT}\cdot\frac{2\alpha\beta\cdot e^{\beta t}}{(1+\alpha\cdot e^{\beta t})^2} \qquad \text{(E2-7)}$$

chamber내에 CH_4 유입속도 식 (2-3)로부터,

$$\frac{V}{RT}\cdot\frac{d(P\cdot C_m)}{dt}=u\cdot a\cdot C_m^R$$

$$\frac{V}{RT}\cdot\left(P\cdot\frac{dC_m}{dt}+C_m\cdot\frac{dP}{dt}\right)=u\cdot a\cdot C_m^R \qquad \text{(E2-8)}$$

chamber내에 유입하는 mole속도 식(2-2)로부터

$$\frac{dP}{dt}=u\cdot a\cdot\frac{RT}{V}$$ 로,

식(2-8)은

$$u\cdot a\cdot C_m^R=\frac{V}{RT}\cdot P\cdot\frac{dC_m}{dt}+u\cdot a\cdot C_m$$

$$\frac{dC_m}{C_m^R-C_m}=\frac{a\cdot RT}{V\cdot P}\cdot u\cdot dt=\frac{RT}{H\cdot P}\cdot u\cdot dt$$

식(2-6), 식(2-7)을 대입하여,

$$\int_{C_{m0}}^{C_m}\frac{dC_m}{C_m^R-C_m}=\int\frac{-2\alpha\beta\cdot e^{\beta t}}{1-\alpha^2\cdot e^{2\beta}t}\,dt=f(t)$$로

놓으면

$$\left[-ln(C_m^R-C_m)\right]_{C_{m0}}^{C_m}=f(t)$$

$$C_m=C_m^R-(C_m^R-C_{m0})\cdot e^{-f(t)} \qquad \text{(E2-9)}$$

여기서, $f(t)=ln\left(\beta\cdot\frac{1-\alpha\cdot e^{\beta t}}{1+\alpha\cdot e^{\beta t}}\right)$ (E2-10)

에 의해, 식(2-6), (2-7), (2-9)와 식(2-4), (2-5), (2-10)로 부터 P, u, C_m이 구하여질수 있다.

한편, 식(2-1)로 부터 $P_R \fallingdotseq P$로 가정하면, 가스의 압축성은 무시되므로 식(2-11)의 근사식이 성립되므로, 식(2-11), (2-2), (2-3)로 부터 미지수 P, u, C_m이 구하여질수 있다.

$$u\fallingdotseq\frac{K_sP_0}{\mu RT}\cdot\frac{P_R-P}{\Delta z} \qquad \text{(E2-11)}$$

식(2-11)과 식(2-2)로 부터

$$\frac{P_R-P}{P_R+P_0}=e^{-\beta' t} \qquad \text{(E2-12)}$$

여기서, $\beta' \equiv K_s P_0/(\mu H \Delta z)$ (E2-13)

식(2-12)을 식(2-11)에 대입하면

$$u=\frac{K_s P_0}{\mu RT}\cdot\frac{(P_R-P_0)}{\Delta z}e^{-\beta' t} \qquad \text{(E2-14)}$$

식(2-3)과 식(2-2)로 부터

$$\frac{dC_m}{C_m^R-C_m}=\frac{RT}{H}\cdot\frac{u}{P}dt$$

식(2-14)와 식(2-12)을 대입하면

$$\frac{dC_m}{C_m^R-C_m}=\frac{K_s P_0}{\mu H\Delta z}\cdot\frac{dt}{\frac{P_R}{P_R-P_0}e^{\beta' t}-1}$$

따라서, 이를 적분하면($t=0$ $C_m^R=C_m^0$, $t=t$에서 $C_m=C_m$)

$$-\ln\{(C_m^R-C_m)/(C_m^R-C_m^0)\}=\ln\left(\frac{P_R}{P_0}-\frac{P_R-P_0}{P_0}e^{-\beta' t}\right) \qquad \text{(E2-15)}$$

$$\therefore\ \frac{C_m^R-C_m^0}{C_m^R-C_m}=\frac{P_R}{P_0}-\frac{P_R-P_0}{P_0}e^{-\beta' t} \qquad \text{(E2-16)}$$

식(2-14), (2-12), (2-16)로 부터 $P_R \fallingdotseq P_0$이면, u, P, C_m가 근사적으로 계산된다.

2.2 chamber법에 의한 flux 측정에 대한 압력차($P_R - P_0$)의 영향

식(2-14), (2-12)을 사용하여, u, P의 시간적 변화를 계산한 결과를 Fig. 3~4에 제시하였다. 여기서, $\mu=2\times10^{-5}$ Pa·s, T=300 K, P_0=1013 hPa로 가정하고, 최종복토의 재질과 복토층의 두

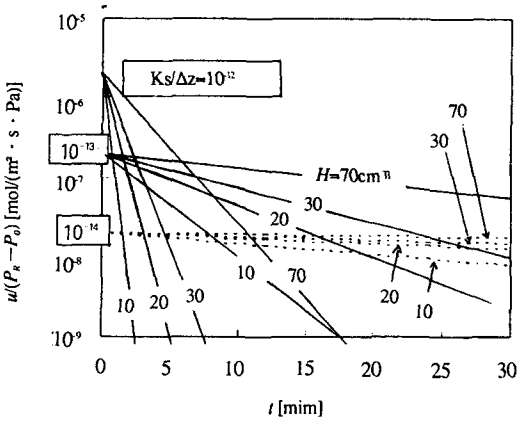

Fig. 3. Change of Flux in a Chamber affected by the Difference between Final Cover Soil and Atmospheric Pressure

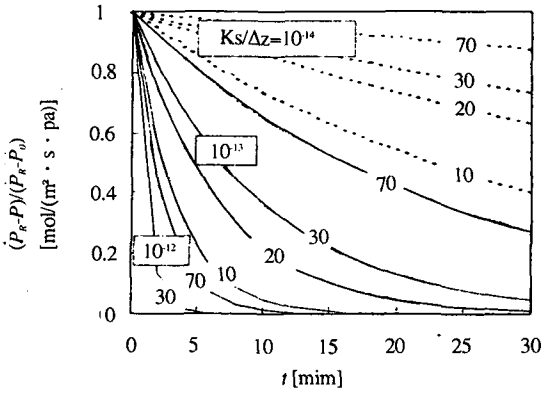

Fig. 4. Change of Pressure in a Chamber influenced by the Difference between Final Cover Soil and Atmospheric Pressure

께 $K_s/\Delta z$와 coamber 높이 H를 parameter로 하였다. Fig. 1, 2의 결과로부터, 높이 10~30cm 정도의 chamber을 이용하면 압력차에 의한 flux을 측정 한다면, $K_s/\Delta z$가 10^{-12}m(모래) 정도까지 투기계수가 크면 단시간 내 chamber내 압력이 포화상태로 나타나므로 정확한 flux 측정이 되지 않는 것을 알수 있고, $K_s/\Delta z$가 $10^{-13\sim14}$m(실트)에서는 무난히 측정가능한 것으로 고찰된다. 따라서, 실매립지에서의 시간변화에 따라 chamber내의 농도 변화를 실측하려면, 대체적으로 G.C의 분석시간을 고려하여 30분이내에 5분단위로 샘플링하여 분석하면 만족할것으로 사료된다.

3. 압력차와 농도차를 고려한 복토층부터의 flux 계산식의 제안

2절에서는 chamber를 이용하여 쓰레기 매립지 복토층에서 "어떤 종류의 가스가 얼마만큼 유출하느가?"의 측정방법론을 고찰하였고, 본절에서는 측정된가스가 어떤 특성에 의해 변화되느가를 현장 실측치와 비교분석하므로서 복토층에서의 가스 유출 특성을 규명하고자 한다.

3.1 가정과 기본식

쓰레기 매립지에서 유출되는 가스 성분은 CH_4 ; m, CO_2 ; c, O_2 ; o, N_2 ; n의 4 성분으로 가정하고(가정 1), 대기에서의 CH_4, CO_2, O2 와 N_2 의 농도는 기존의 대기농도를 사용하여 복토층의 거리 $z=\Delta z$ 산소농도 $x_0^A=0.21$, 질소농도 $x_m^A=0.79$, 메탄농도 $x_m^A=0.0$, 이산화탄소농도 $x_c^A=0.0003$(E3-1)을 이용하고, chamber를 덮는 경우에는 변동하는 것으로 가정한다(가정2). 복토층내에서는 메탄산화반응[2,3] ($CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$)을 가정하고, 반응속도는 식(3.1-2)와 같이 설정한다(가정 3).

$$R_{CH_4} = -R_{max} \cdot x_0 \cdot x_m \qquad \text{(E3-2)}$$

여기서, R_{max}는 반응속도정수 [mol/(m³ · s)]로 가정한다.

복토층내 가스 밀도는 일정하고, 압력은 대기압을 사용한다(가정 4).

$$\rho = \frac{P_0}{RT}\ [mol/m^3] \qquad \text{(E3-3)}$$

복토층내의 가스물성은 가스조성이 일정하게 계산하고(가정 5), 쓰레기층으로 부터 가스 발생량은 일정하고, 메탄가스 flux $x_m^R \cdot F$, 탄산가스 flux $x_c^R \cdot F$가 쓰레기층으로 부터 공급(가정 6), 정상상태로 가정한다.(가정 7)

따라서, Stefan-Maxwell4)의 확산식으로부터

$$\frac{P_0}{RT}\cdot\frac{\partial x_m}{\partial z}=\left(\frac{N_m^0\cdot x_c-N_c^0\cdot x_m}{D_{mc}^e}+\frac{N_m^0\cdot x_0-N_0^0\cdot x_m}{D_{mo}^e}+\frac{N_m^0\cdot x_n-N_n^0\cdot x_m}{D_{mn}^e}\right)\cdot\frac{\xi}{\varepsilon}$$

(E3-4a)

$$\frac{P_0}{RT}\cdot\frac{\partial x_c}{\partial z}=\left(\frac{N_c^0\cdot x_m-N_m^0\cdot x_c}{D_{mc}^e}+\frac{N_c^0\cdot x_0-N_0^0\cdot x_c}{D_{co}^e}+\frac{N_c^0\cdot x_n-N_n^0\cdot x_c}{D_{cn}^e}\right)\cdot\frac{\xi}{\varepsilon}$$

(E3-4b)

$$\frac{P_0}{RT}\cdot\frac{\partial x_0}{\partial z}=\left(\frac{N_0^0\cdot x_m-N_m^0\cdot x_0}{D_{mo}^e}+\frac{N_0^0\cdot x_c-N_c^0\cdot x_0}{D_{co}^e}+\frac{N_0^0\cdot x_n-N_n^0\cdot x_0}{D_{on}^e}\right)\cdot\frac{\xi}{\varepsilon}$$

(E3-4c)

$$\frac{P_0}{RT}\cdot\frac{\partial x_n}{\partial z}=\left(\frac{N_n^0\cdot x_m-N_m^0\cdot x_n}{D_{mn}^e}+\frac{N_n^0\cdot x_c-N_c^0\cdot x_n}{D_{cn}^e}+\frac{N_n^0\cdot x_0-N_0^0\cdot x_n}{D_{on}^e}\right)\cdot\frac{\xi}{\varepsilon}$$

(E3-4d)

상기의 식중 3개의 식만이 유효한 식으로 성립된다.

또 가스 성분은 4성분으로 구성되므로

$$x_m+x_c+x_o+x_n = 1.0 \qquad \text{(E3-5)}$$

자유확산식[4]으로 부터

$$N_m^p \sqrt{M_m}+N_c^p \cdot \sqrt{M_c}+N_o^p \cdot \sqrt{M_o}+N_o^p \cdot \sqrt{M_n}=0 \quad \text{(E3-6)}$$

물질 수지식[4]은 $\frac{\varepsilon}{RT} \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t}=-\frac{\partial N_i^t}{\partial z}+R_i$

이므로

$$0=-\frac{\partial N_m^t}{\partial z}-R_{max} \cdot x_m \cdot x_0 \quad \text{(E3-7a)}$$

$$0=-\frac{\partial N_c^t}{\partial z}-R_{max} \cdot x_m \cdot x_0 \quad \text{(E3-7b)}$$

$$0=-\frac{\partial N_o^t}{\partial z}-2R_{max} \cdot x_m \cdot x_0 \quad \text{(E3-7c)}$$

$$0=-\frac{\partial N_n^t}{\partial z} \quad \text{(E3-7d)}$$

따라서, Fig. 5과 같이 복토층을 Δz/N과 같은 폭으로 box로 분할하여 계산한다.

계산에서는 P_0=1,013 hPa, T=293 K로, 2성분 확산계수는 Table 1과 같이 구하여 고정시킨다.

따라서, 가정6으로 부터

$$N_m^0+x_m^0 \cdot F=x_m^R \cdot F \quad \text{(E3-8a)}$$
$$N_c^0+x_c^0 \cdot F=x_c^R \cdot F \quad \text{(E3-8b)}$$
$$N_o^0+x_o^0 \cdot F=0 \quad \text{(E3-8c)}$$
$$N_n^0+x_n^0 \cdot F=0 \quad \text{(E3-8d)}$$

이상의 식에 의해 한면이 쓰레기 대기층과 복토층면, 양면이 복토층면, 한면이 복토층면과 쓰레기층인면 등을 경계조건으로 하여 Fig. 5과 같이 box로 분할하여 모델링하면 복토층 내 가스성분과 메탄가스 flux, 탄산가스 flux가 계산될 수 있다.

3.2 복토층에서의 CH_4 flux와 CO_2 flux 계산법과 CH_4 flux와 CO_2 flux 비에 관한 고찰

쓰레기 복토층으로부터 대기중에 가스가 자유로이 유출할 때, 1) 이류 flux의 계산조건은 실측치[2]로 10^{-7}~10^{-4}mol/(m² · s), 2) 발생가스 조성비[5, 6]는 x_m^R/x_c^R=1.75, 3) 복토층의 두께 Δz=1 m, 4) 복토층의 공극율은 Rump 등의 식[4] $\varepsilon/\xi=13\varepsilon^{3.5}(1-\varepsilon)^2$를 이용하여 ε으로 부터 계산, 5) 메탄산화 반응속도 정수[3, 4, 7] $R_{max}=10^{-6}$~10^{-4} mol/(m³ · s), 6) P_0=1013 hPa T=20℃로 실측치 및 문헌 조사치를 이용하여 계산하였다. 계산방법은 Fig. 5과 같이 분할하여, 탐사simplex법[9]과 연립1차방정식의 경우에는 Gauss-Seidel법[8]을 이용하여 모델링하였다.

flux 유출량 변화에 따른 계산결과는 Fig. 6과 같이 CH_4 flux가 적게 유출되면 CH_4 flux/CO_2 flux가 적게 유출된다. 즉 메탄산화에 의한 CH_4 flux가 감소하고, CO_2 flux가 크게 유출된다. 따라서, flux가 적게 나타나면 메탄산화의 영향이 큼을 알수 있으므로 flux가 감소함과 동시에 flux비가 적게 유출됨을 알수 있다. 또한, 3개소의 실매립지[5,6] 에서 CH_4 flux와 CO_2의 측정결과로 $R_{max}=10^{-5}$~10^{-4}mol/(m³ · s)로 추정되므로, 실매

Table 1. Calculation of Diffusion Coefficient (D_{ij}^0 [m²/s] 20 ℃, 101.3 kPa)

	Air	O_2	N_2	CO_2
CH_4	2.130×10^{-5}	2.137×10^{-5}	2.125×10^{-5}	1.615×10^{-5}
CO_2	1.498×10^{-5}	1.476×10^{-5}	1.503×10^{-5}	
N_2	1.973×10^{-5}	1.984×10^{-5}		
O_2	1.987×10^{-5}			

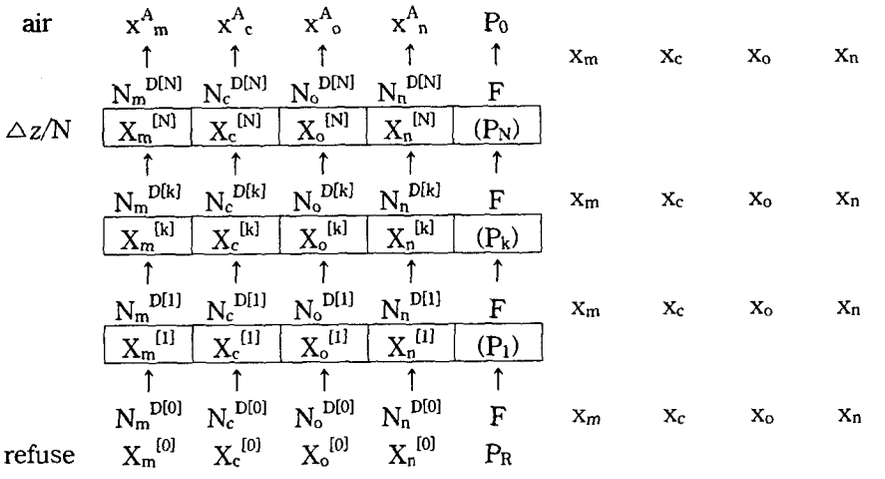

Fig.5. Compactment Model of Calcilation for Flux in Final Cover Soil

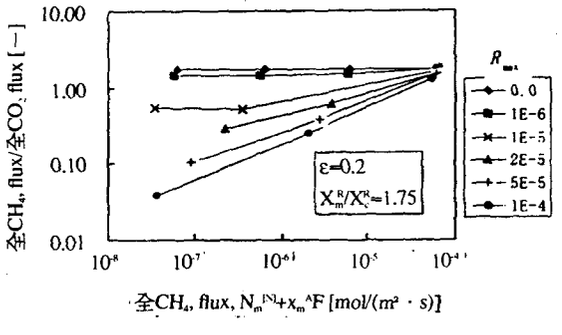

Fig.6. Proportion of Flux (CH_4 / CO_2) Flowing out of Final Cover Soil

립지에서의 메탄산화반응치를 유추할수 있다.

4. 실매립지에서의 측정치와 계산결과의 평가

3절에서 도출한 계산결과와 실매립지에서의 측정치[5, 6]를 이용하여 메탄산화반응이 없는 경우의 모델치로부터 복토층내의 가스조성 변화를 가스발생 flux(F), 토양의 공극률(ε)계산한 결과를 Fig. 7로 나타났다. Fig. 7의 계산결과로부터 가스발생 flux(F)가 클수록, 토양의 공극률(ε)이 작을수록, 메탄가스와 이산화탄소가 복토층 표면에서 영향을 받아 실측치와 유사한 것으로 유추된다.

한편 메탄산화반응이 있는 경우을 모델결과치와 측정치와의 비교한 것은 Fig. 8에 제시하였다. Fig. 8에서와 같이 flux가 클 경우{$F=10^{-4}$mol/(m² · s)}에는 메탄산화반응에 의해 메탄과 산소의 복토층내 가스조성은 거의 변화하지 않으나 CH_4 / CO_2 비는 복토층 표면근처에서 급격히 변화하는 것으로 나타났다. 또한 flux가 $F=10^{-5}$mol/(m² · s)일 경우에는 메탄산화반응에 의해 가스조성에의 영향을 주는 것으로 추정되나, flux가 F가 적을경우{$F=10^{-6}$mol/(m² · s)}에는 복토층내의 메탄가스 농도가 적으므로 메탄산화반응에 영향이 적을것으로 추정된다.

또한 복토층내의 가스조성분포와 실측치와의 비교한 것은 Fig. 9에 제시한 것으로, 매립후 12년 경과된 Ⅰ매립지에서는 $F=10^{-5}$mol/(m² · s), ε=0.11, $R_{max}=2\times10^{-5}$정도로, 매립중인 Ⅲ매립지에서는 $F=10^{-4}$mol/(m² · s), ε=0.10정도로 추정된다.

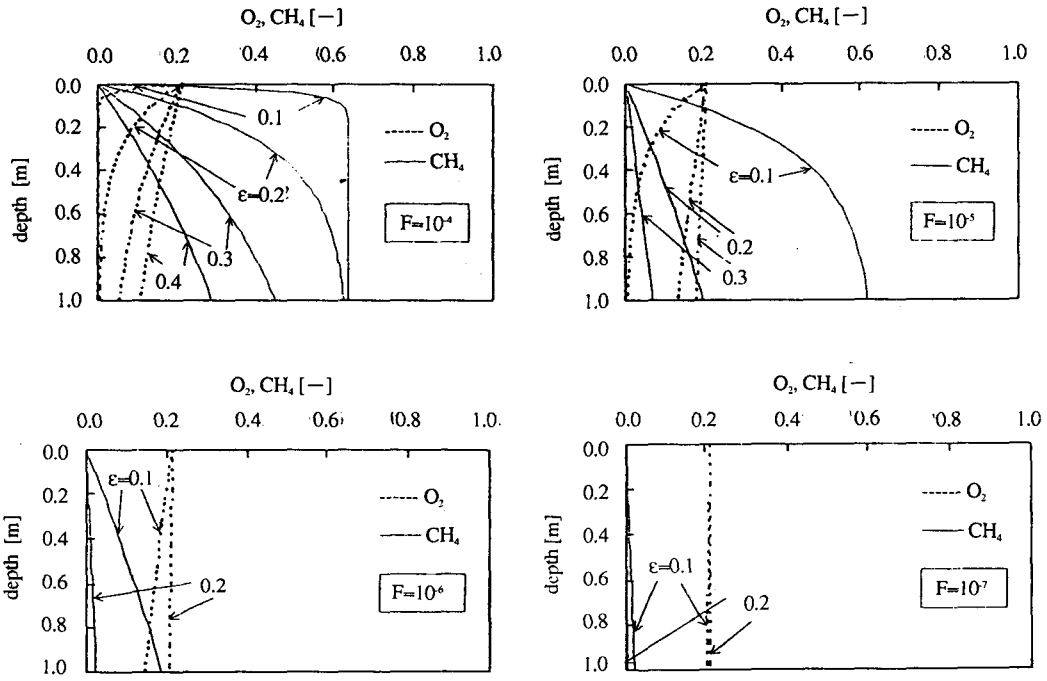

Fig.7. Simulation of Distribution of Gases as an Ingredient in Final Cover Soil

5. 결 론

쓰레기매립장에서 복토층을 통하여 대기중에 유출하는 가스를 현장에서 단시간내에 샘플링이 가능한 밀폐형 chamber의 측정방법을 제시하였다. 또한, 복토층내의 유출가스 실측치를 box형 모델의 방법으로 모사하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 시간변화에 따른 chamber내(H=10-30 cm)의 농도 변화는 30분이내로, G.C의 분석시간을 고려하여 5분단위로 분석한다.
2) 메탄산화 반응의 영향으로 CH_4 / CO_2 비가 복토층 표면근처에서 급격히 변화한다.
3) 매립지 표면의 flux가 F $=10^{-5}$mol/(m² · s)일 경우에는 메탄산화반응에 의해 가스조성에의 영향이 있으나, F $=10^{-6}$mol/(m² · s)에는 복토층내의 메탄가스 농도가 적으므로 메탄산화반응에 영향이 적다.

참 고 문 헌

1) 井上君夫, "チャンバー法による土壌面CO2フラックスの測定", 農業氣象, Vol.42 No.3, pp.225~230(1986)
2) 金子一彦 · 井上雄三 · 山田正人, "可搬型メタン分析計による廢棄物最終處分場からのメタン放出量の測定", 日本廢棄物學會第7回

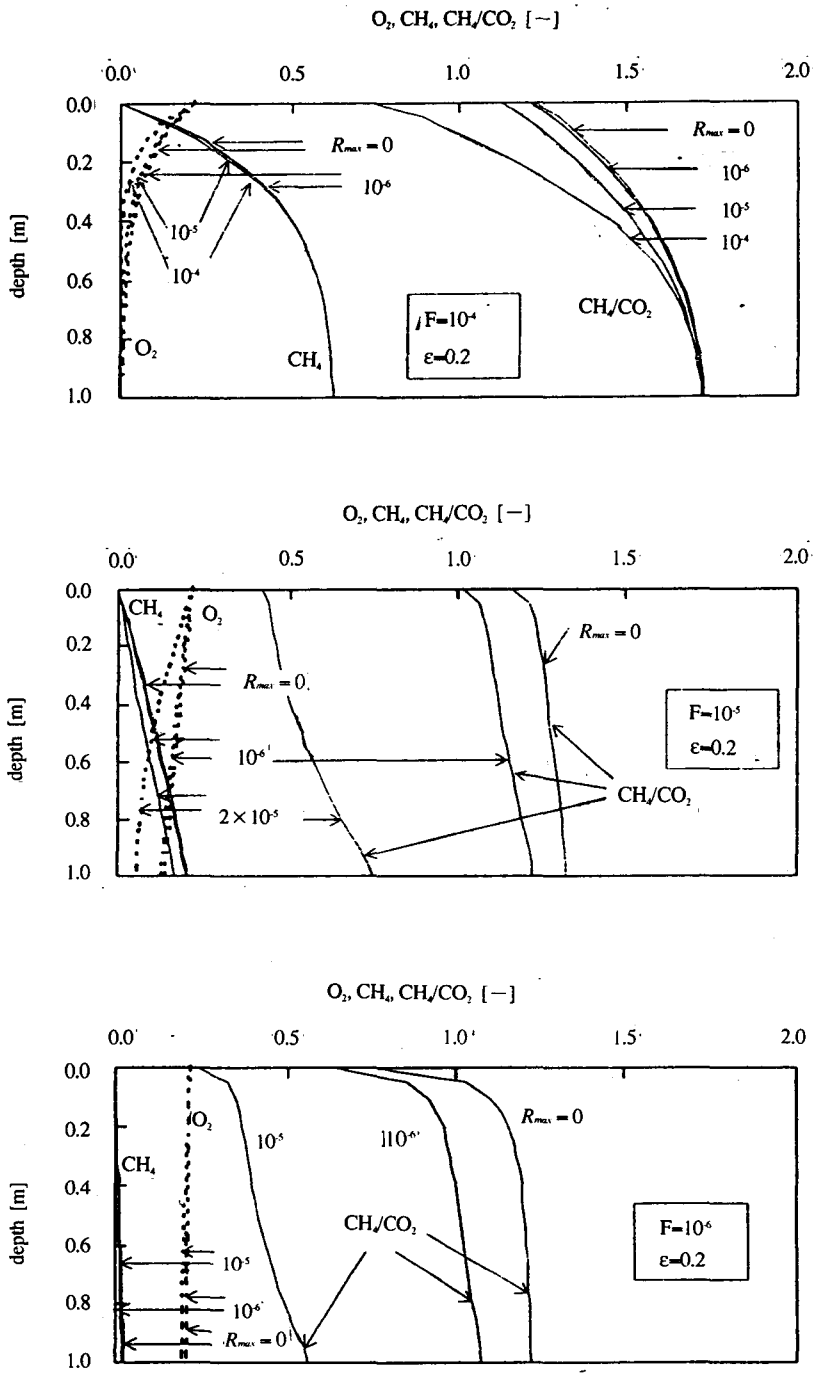

Fig.8. Influence of Methane Oxidation Reaction according to Composition of Gases in Final Cover Soil

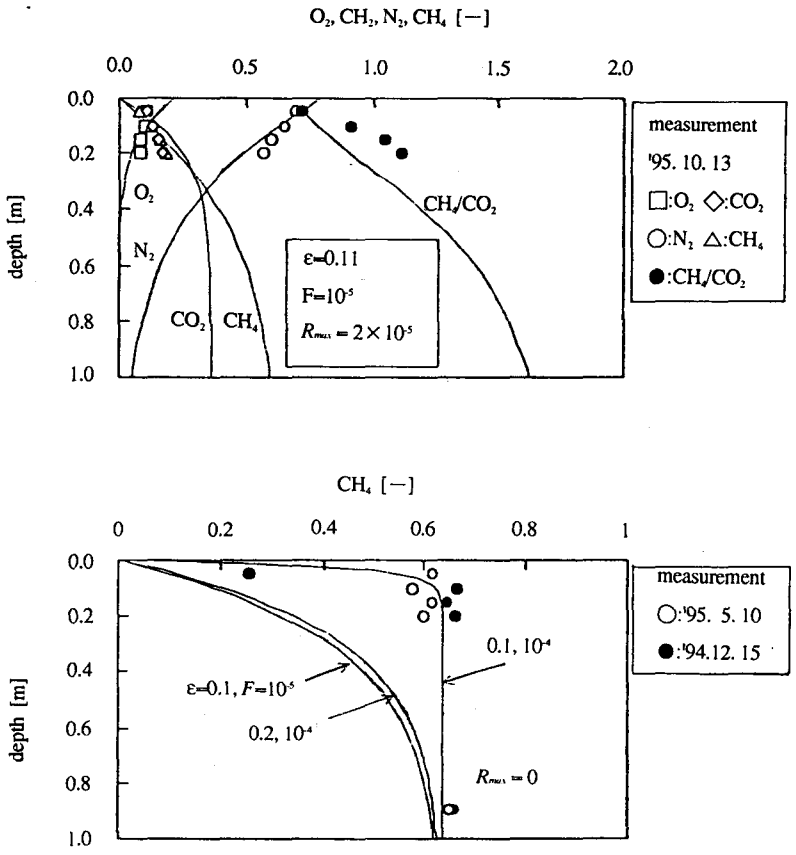

Fig.9. Comparison of Distribution Gases between Measurements and Simulation Data in Final Cover Soil

研究發表會講演論文集, pp.725~727(1996)

3) 山田正人・井上雄三・田中 勝, "最終處分場からのメタンガス發生放出に對する覆土土壤の影響について", 日本廢棄物學會第7回研究發表會講演論文集, pp.723~724(1996)

4) Nobutosi Tanaka, Keiichi Koyama, "Gas and Gas Component Migration in Sanitary Landfill Sites", WASTE MANAGEMENT RESEARCH(japan), Vol.2 No.1(1991)

5) 이해승・이찬기, "쓰레기 매립지에서 대기중에 유출하는 가스 분포", 한국토양환경학회지, Vol.2, No.1 pp.63~72(1997)

6) 李海承, "ごみ埋立地から發生する地球溫暖化ガスの制御に關する基礎的研究", p.69, 日本北海道大學博士學位論文(1996.12)

7) 李海承・石川英之・松尾孝之・田中 信壽, "種々のごみ埋立地から發生するメタンガス・炭酸ガス發生量に關する研究", 日本廢

棄物學會第7回研究發表會講演論文集, pp.720~723(1996)
8) 川崎晴久, "C&FORTRANによる數値解析の基礎", 共立出版株式會社, pp.46~50 66~101(1995)