

宮崎大学工学部 学生員 片平善浩
 宮崎大学工学部 正会員 土手 裕
 宮崎大学工学部 正会員 丸山俊朗

1. はじめに

温室効果ガスであるメタンは、大気中に約1.7ppmしか存在せず、その量としては二酸化炭素の0.5%に過ぎない¹⁾。しかし、同量の二酸化炭素と比較した場合、メタンの地球温暖化に対する寄与は二酸化炭素の約20倍であるといわれ、その大気中における濃度は年率1~2%程度で増加し、地球温暖化への寄与は大きい^{1) 2)}。

人為的なメタン排出源において廃棄物埋立地の占める割合は大きく、そこから排出される燃焼処理困難な低濃度メタンの処理が求められる。そのような低濃度メタンをメタン酸化菌を含む埋立地覆土を利用して酸化分解する方法が考えられるが、その設計においてメタン酸化速度を把握する必要がある。既存の研究では、培養中で水中の容存酸素濃度を一定にして溶液中のメタン酸化速度を求めたものはあるが³⁾、酸素濃度の影響を考慮したものはない。そこで本研究では、酸素濃度の影響を考慮したメタン酸化速度式を求め、さらにメタン酸化実験の再現性の確認、及び酸化限界を明らかにすることを目的として研究を行った。

2. 実験方法

図-1に実験装置を示す。温度一定(25℃±2)の室内で、土壌を入れた三角フラスコとメスシリンダーをつなぎ、気相をメタンガスで置換し水槽につなぐ。土壌中のメタン酸化菌がメタンを消費することで装置内の体積が減少し、その減少した体積分だけ水槽からメスシリンダーに飽和食塩水が吸引される。その量を測定することで減少したガス体積を測定することができる。実験中は、ガス体積減少量と三角フラスコ及びメスシリンダー内のガス濃度を測定した。実験は、生土壌+メタンに加えて、メタン酸化菌以外の微生物の影響を評価するための生土壌+空気、及び物理的な変化の影響を評価するための殺菌土壌+メタンの三種類を

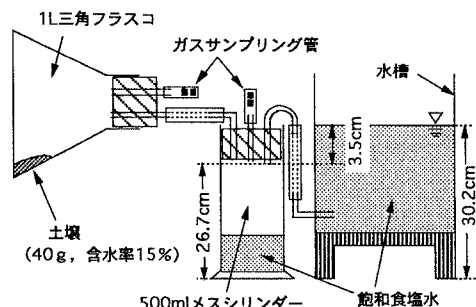


図1 メタン酸化実験装置

一組として行った。生土壌+空気では、生土壌+メタンと酸素濃度が等しくなる様に窒素ガスで調整した。メタン濃度は20、5%で実験を行い、再現性の確認のため20%については二回行った。

実験に用いた土壌は、1995年に宮崎県佐土原町一般廃棄物埋立処埋場覆土から採取したものを冷蔵庫で保存し、実験前にメタン雰囲気(20%)で馴養したあと、滅菌した蒸留水で含水率を15%に調整して用いた。

3. 解析方法

生土壌+メタンでのメタン酸化菌によるメタン、酸素、二酸化炭素の土壌重量当たりの反応速度(r_M , r_O , r_C)、及び生土壌+空気での他の微生物による酸素、二酸化炭素の土壌重量当たりの反応速度(r'_O , r'_C)を次のように仮定した。

$$\begin{aligned} r_M &= -K \cdot C_M / (C_M + K_M) \cdot C_O / (C_O + K_O) & K, K_M, K_O, a, b, k', \gamma, c; \text{定数} \\ r_O &= a \cdot r_M & C_M, C_O; \text{ガス中のメタン, 酸素濃度 (\%)} \\ r_C &= -b \cdot r_M \\ r'_O &= -k' C_O^\gamma & r'_C &= -c \cdot r'_O \end{aligned}$$

メスシリンダーから三角フラスコへのガス移動フラックスを拡散と体積変化にともなうガス移動によって表現し、三角フラスコとメスシリンダーにおける各ガス成分の物質収支をたて、他の微生物の影響、物理的な変化、及びガスサンプリングによる影響を考慮して、Runge-Kutter法により解き、Simplex法により反応速度式中の各定数を探索した。

4. 結果と考察

メタン20%(一回目)での実験結果を図2に示す。生土壌+メタンでは、約500hrでメタン濃度は21%から14%、酸素濃度は18%から2%まで減少した。生土壌+空気、及び殺菌土壌+メタンでは、ガス濃度に大きな変化はみられ

キーワード: メタン酸化菌, 反応速度式, 再現性, 酸化限界

〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1 TEL 0985-58-2811 FAX 0985-58-1673

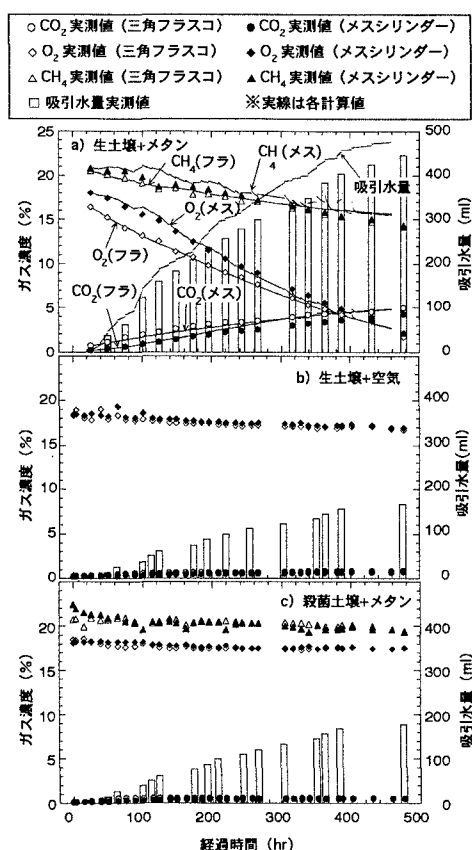


図2 メタン20%（一回目）のガス濃度，及び吸引水量の経時変化と生土壌+メタンにおける各計算値

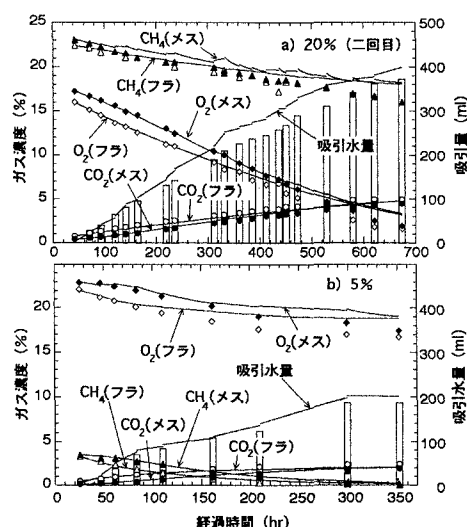


図3 メタン20%（二回目）とメタン5%の生土壌+メタンにおけるガス濃度，及び吸引水量の経時変化と各計算値（図中の記号は図2と同じ）

表1 パラメータの探索結果

メタン濃度	20%		5%
	一回目	二回目	
K (mol/hr/g)	2.82E-06	2.33E-06	7.31E-06
K _M (mol/L)	2.58E-03	3.05E-03	1.25E-02
K _O (mol/L)	2.36E-02	2.69E-02	3.39E-03
a (—)	1.62	1.65	1.40
b (—)	3.52E-01	3.49E-01	4.63E-01
k' (mol/hr/g)	5.07E-08	2.10E-08	1.03E-08
c (—)	2.45E-01	6.27E-01	4.73E-01

なかった。このことから生土壌+メタンにおけるメタン，酸素濃度の減少は，主にメタン酸化菌によるものであるといえる。なお，他の実験でも生土壌+空気，及び殺菌土壌+メタンについては同様の結果が得られた。

各ガス濃度での生土壌+メタンにおける実験結果と探索によって得られたパラメータを用いて計算したガス濃度，及びガス体積減少量の計算値を図2a)，図3a)，b)，探索によって得られたパラメータ値を表1に示す。ただし実験結果より，生土壌+空気における酸素の反応を0次反応とみなし $\gamma = 0$ とした。全ての実験について，ガス濃度，ガス体積の変化とともに計算値と実測値が良く一致していることから，今回提案した反応速度式や解析方法は妥当であると考えられる。メタン20%での二回の実験結果，及び表1より各パラメータ値を比較しても両者よく一致しており，本実験の再現性の良さも確認できた。またメタン5%の実験において，約350hrで三角フラスコのメタン濃度が定量限界である0.02%以下まで減少したことより，メタン酸化菌によってメタン濃度を0.02%以下まで下げることが可能であることがわかった。

5. おわりに

今回提案した反応速度式の妥当性が確認され，メタン20%での実験結果，解析結果より本実験の再現性の良さも確認された。また，メタン5%での実験結果よりメタン酸化菌によってメタン濃度を0.02%以下まで下げることが可能であることがわかった。今後は土壌を変えて，本研究で提案した反応速度式，解析方法を検証する予定である。

《参考文献》

- 1) 野崎義行，地球温暖化と海，東京大学出版会，p 16, 55 (1994)
- 2) 松澤裕，田中勝，岡本芽久美，北郷剛，最終処分場からメタン放出量の推定，第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集，p 433 (1993)
- 3) S.E.Strand, M.D.Bjelland, H.D.Stensel, Kinetics of chlorinated hydrocarbon degradation by suspended cultures of methane-oxidizing bacteria, Research Journal WPCF, Volume 62, Number 2, p 124 (1990)