

II-611

覆土によるメタン分解に関する研究

宮崎大学工学部 正会員 土手 裕、正会員 丸山俊朗
正会員 鈴木祥広、小幡孝慈

1. はじめに

近年、地球温暖化が懸念されているが、温室効果ガスの一つであるメタンが廃棄物埋立処分場からも放出されており¹⁾、その削減が求められるものと考えられる。その対策としてはガス抜き管出口で燃焼させることが考えられるが、埋立が完了してメタン濃度が低下した場合に自燃させることは困難になる。これ以外の方法として、埋立覆土中の微生物によりメタンを酸化分解する方法が考えられる。本研究では土壌中のメタン酸化菌の活性を明らかにするためにメタン分解速度を測定する実験を行った。

2. 実験及び解析方法

1) 実験方法：実験に用いた土壌は宮崎市近郊の7カ所から採取した(埋立地3カ所を含む)。採取場所と含水率を表1に示す。土壌50gを2Lのポリ瓶に入れ、メタンと空気が50%ずつになるように調整し、サンプリングポートの付いたシリコン栓で密封した。一定温度(15~20℃)の部屋にポリ瓶を放置し、1日に一度ポリ瓶を振ることにより中の土壌を攪拌した。1週間間隔でポリ瓶中のガス組成をガスクロマトグラフィーで分析した。また、土壌中のメタン酸化菌数及び一般細菌数の測定は「土壌微生物実験法」²⁾に基づいて行った。

表1 土壌の採取場所及び含水率

土壌名称	採取場所	含水率(%)
萩の台	萩の台ごみ埋立処分場	6.8
たらのき台	たらのき台不燃物埋立地	4.5
佐土原	佐土原町一般廃棄物埋立処分場	10.6
鷹高	宮崎県立農業高校付属農場	20.9
ササノ場	宮崎大学ラグビー場	23.5
牧場	宮崎大学付属牧場	6.7
公園	宮崎県立総合運動公園	42.0

2) 解析方法：メタン酸化速度 r_M はメタンと酸素の濃度のべき乗に比例すると式(1)で表現した。ただし、 W は土壌中のメタン酸化菌数(cell)、 V はポリ瓶の容積(L)、 n はモル数、添字M、O、Cはそれぞれメタン、酸素、二酸化炭素を意味し、 k 、 α 、 β はパラメータである。 $r_M = -(k/W)(n_M/V)^\alpha (n_O/V)^\beta$... (1)
また、メタン酸化菌によるメタン酸化反応として式(2)が報告されている。 $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2$... (2)
式(2)より酸素及び二酸化炭素の反応速度は次式で定義される。 $r_O = r_M$... (3)、 $r_C = -r_M$... (4)
このときメタン、酸素、二酸化炭素のモル数の時間変化は次式で書ける。

$$dn_M/dt = Vr_M \quad \dots(5), \quad dn_O/dt = Vr_M \quad \dots(6), \quad dn_C/dt = -Vr_M \quad \dots(7)$$

V の時間変化は気体の状態方程式 $PV=nRT$ より次式で表現できる。

$$\begin{aligned} dV/dt &= RT(dn/dt) \quad (\because P=1atm) \\ &= RT(dn_M/dt + dn_O/dt + dn_C/dt) \\ &= RTVr_M \quad \dots(8) \end{aligned}$$

以上の式を用いて、メタン濃度について計算値と実測値の自乗誤差の和が最小になるように探索法によりパラメータを求めた。酸素、二酸化炭素についてはメタン酸化菌以外の生物によっても消費、生成されるので評価関数には用いなかった。

3. 結果と考察

1) メタン酸化菌数：測定したメタン酸化菌数と一般細菌数の関係を図1に示す。全ての土壌についてメタン酸化菌の存在が認められ、 10^1 から 10^4 (cell/g-dry)のオーダーで存在していた。メタン酸化菌数と一般細菌数の間には弱い負の相関が見られた。また、含水率と細菌数の関係を図2に示すが、メタン酸化菌数、一般細菌数ともに含水率との相関は見られなかった。

2) ガス組成変化: メタン濃度の顕著な減少は公園、農高、ラグビー場の土壌で認められた(図3)。これらの土壌では実験開始後42~56日目からメタン及び酸素濃度の急激な減少と二酸化炭素濃度の増加が生じており、微生物によるメタン酸化が起きているとみなせる。なお、実験開始初期ではメタン濃度は徐々に減少

しているが、それに見合う酸素濃度の減少、炭酸ガスの増加は認められなかった。このことから微生物酸化以外のメタン減少機構が存在している可能性がある。

上記以外の4つの土壌ではメタン濃度の顕著な減少は認められなかった。これらの土壌の含水率はいずれも10%以下であり、メタン濃度の顕著な減少を示した土壌の含水率は20%以上であった。さらに、これら4つの土壌にはメタン酸化菌が存在していることを考慮すると、これらの土壌については微生物が活動するには含水率が低過ぎたためにメタン濃度の急激な減少が生じなかったと考えられる。

3) メタン酸化速度: メタン及び酸素濃度が急激に変化する領域でパラメータを探索したが、データ数が少ないため精度良く決定することができなかった。比較的データの多かった農高土壌でパラメータを求め、その値を用いてシミュレーションした結果も図3中に示す($k=4.7 \times 10^{-3}$, $\alpha=1.1$, $\beta=1.1$)。農高土壌の場合、酸素、二酸化炭素の実測値とも良く一致した。ラグビー場土壌についてはメタン、酸素濃度の実測値を良く説明しているが、二酸化炭素については一致していない。公園土壌については全く一致しなかった。

4. おわりに

温室効果ガスであるメタンを土壌中の微生物によって分解させる実験を行った。実験で用いた埋立地覆土はメタン酸化菌を含んでいたものの、含水率が低かったために微生物活性は見られなかった。含水率が20%以上の土壌では微生物によるメタン分解が認められた。そのことから埋立地覆土でも含水率が適切であればメタン分解が可能であると思われる。

<引用文献>

1. (財)日本環境センター、メタン等排出量分析調査結果報告書(環境庁委託)、1990
2. 土壌微生物研究会編、土壌微生物実験法、養賢堂、1992
3. L.R.Brown et.al., The isolation and characterization of methanomonas metanooxidans Brown and Strawinski, Canadian J. Microbiology, **10**, pp.791, 1964

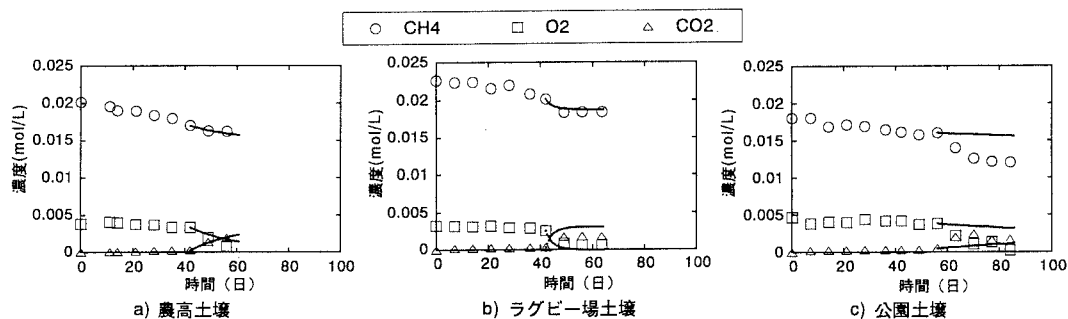


図3 ガス組成の経時変化