

II-156

アラスカ中部永久凍土地帯における温室効果ガス（CH₄）放散に関する研究

（株）神戸製鋼所 （正）清水由章

北海道大学

（正）井上雄三

（学）深沢達矢

1.はじめに

近年、多くの地球規模の環境問題が生じているが、その中でも大気中温室効果ガスの増加による地球温暖化は、最も重大な問題である。温室効果ガスの中でメタンは地球温暖化に対して二酸化炭素に次ぐ寄与をしている。近年の観測によると毎年1.0～1.2%の割合で増加しており、増加率の最も大きなガスである。メタンの発生源には水田、天然ガスシステム、廃棄物埋立地等の人為的发生源と、湿地、湖沼等の自然発生源がある。これらのなかで人為的发生源は全メタン発生量の50～80%、自然発生源は20～50%を占めるといわれている。温暖化防止対策としてメタン発生量の削減を行う場合、バックグラウンド値としてより正確に自然起源のメタン発生量を明らかにしなければならない。自然発生源からのメタンの発生において、湿原は大部分を占め、そのうち北半球高緯度地帯からの発生量は約半分と見積もられている。また、この地域においては、温暖化の影響が他の地域より顕著に表れると報告されており、メタン放散の正のフィードバック効果が危惧されている。そこで、本研究では永久凍土地帯におけるメタンフラックスと土壤の生物、物理、化学的特性の関係をフィールド調査によって明らかにし、メタン放散量予測モデルのための基礎データを得、メタン放散モデルを構築してメタンの大気への放散速度に影響を与える因子を検討し、今後のフィールドにおけるメタンフラックス調査の調査項目に関する提案を行うものである。

2.調査および分析

永久凍土地帯の代表地として本研究ではアラスカ、フェアバンクス郊外を選定した。調査を行った5地点の植生はツンドラ泥炭地、森林性ツンドラ、河川氾濫原に分類できた。フィールドにおける調査、測定のかなものは、携帯式チャンバー法によるメタンフラックス測定とコアサンプラーによる土壌サンプリング（地下50cmまで約10cmごとに採集）である。採集した土壌サンプルは実験室に持ち帰り、MPN法によるメタン生成細菌とメタン酸化細菌の計数および物理、化学分析を行った。

3.結果および考察

調査、測定結果を表1に示す。地下水位は-6cm～-38cmと非常に高く湿地帯の特性をよく表している。また、地下水面付近における酸素濃度は非常に低く地下水面付近では、酸素がほとんど存在しないことがわかる。ORPは嫌氣的土壌における値としては高く、地表からセンサーを差し込むことが原因と考えられる。土壌層内のpHは、深い層ほど低下するという泥炭地層に特有の傾向を示した（図1）。土壌層内温度は、夏期の永久凍土地帯に特有の分布を示している（図2）。メタンフラックスは異なる地点ではもちろん、同一地点でも大きな差異を示している。このことはチャンバー法によって測定されたメタンフラックス値の分散が大きく、その評価には、十分注意を要することを示すものである。また、MPN法によりメタン生成細菌は土壌中垂直方向にほぼ均一に分布しており（図3）、その数は測定地点により著しく異なっていた（平均的には $10^2 \sim 10^5$ MPN/g soil）。一方、メタン酸化細菌は、メタン生成細菌よりも1～2オーダー多く生息しており、 $5 \times 10^3 \sim 10^6$ MPN/g soil 程度の値が得られた（図4）。また、これらの細菌数と土壌中の全糖量の間には正の相関がみられ、メタンフラックスに全糖量が大きな影響を与えている可能性を示している（図5）。

表1 調査結果

サンプリング 地点	ORP (mV)	酸素濃度 (%)	地下水位 (cm)	メタンフラックス (mg/(m ² ・h))
1 A	-8.0	2	-6	1.5
B	-1.7			9.4
1-② A	*	2	-3.0	7.3
B				2.5
2 A	-8.2	1	-1.5	25.9
B				0
3 A	*	3.4	*	1.3
B				0
4 A	*	*	-3.8	0
B				0

* : 測定不能

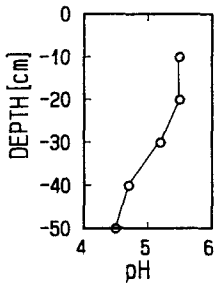


図1 土壌内pH分布の一例

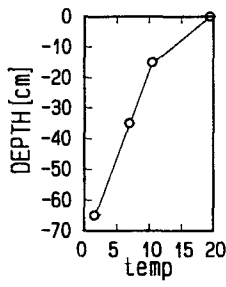


図2 土壌内温度分布の一例

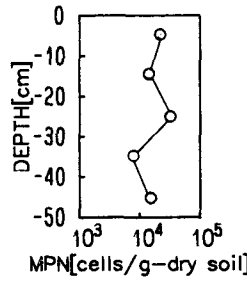


図3 メタン生成細菌分布の一例

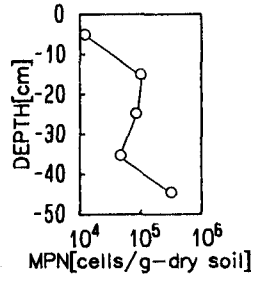
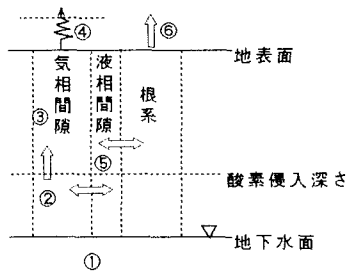


図4 メタン酸化細菌分布の一例

4. メタン放散量予測モデル

永久凍土地帯からのメタン放散量を、グローバルに予測するための基礎となる定常モデルを構築した。図6に、本モデルのシステム構成（土壌中から大気へのメタン放散プロセス）を模式的に示す。

本モデルでは、フラックスに影響を与える因子として、反応速度因子（メタン酸化速度）、輸送因子（気相率、地表面物質移動係数、地下水位）を考慮し、これらの因子について感度解析を行うことにより、メタンフラックスに影響を与える因子を検討した。その結果、メタン酸化速度、気相率および地下水位が著しい影響を与えることが明らかとなった。また図6に近い条件が成立しているいくつかの地点について実測値に近いメタンフラックス計算値を得た。



- ①地下水面でメタンが生成される。
- ②生成されたメタンは土壌中空隙の気相部を拡散により輸送される。
- ③酸素の侵入している領域ではメタンの微生物学的酸化が生じる。
- ④地表面から大気へのメタン放散に関する物質移動係数を考慮し、メタン放散量を計算する。
- ⑤土壌空隙の気相部と液相部の間には気液平衡が成立しており、メタンが溶解している土壌間隙水が植物の根系に吸収される。
- ⑥植物の葉から蒸散によって大気中へメタンが放出される。

⇐ メタンフラックスの方向

5. 結論および今後の課題

モデル計算および調査結果

果から、メタンフラックスに影響を与える因子として、メタン酸化速度、気相率、地下水位の他にメタン生成速度および微生物活性に影響を与える因子（温度、pH、全糖濃度）があることが明らかとなった。

以上の結果から、メタン放散量の長期予測モデルを構築するためには、生物、物理、化学的情報が重要であることが明らかとなった。これらの情報を広域的に得るため、必要な測定項目を整理して表2のように提案する。メタン生成細菌は、土壌内垂直方向に均等に分布していることがわかり、条件によっては全土壌層からメタンが生成されることもあることが明らかとなり、モデル修正の必要があることが判明した。また、気象条件の変化によるフィードバック効果を考慮したモデルを構築し、今後、永久凍土地帯からのメタン放散量がどのように変化するかを予測する必要がある一方、永久凍土地帯からのメタン放散量の予測を地球規模で行うために、土壌層内の生物、物理、化学的特性とメタンフラックスとの関係を明らかにし、簡便で精度のよい調査法を確立することも重要である。

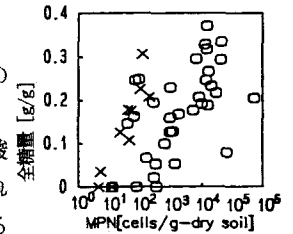


図5 全糖量とメタン生成細菌数の関係
×は検出限界以下

図6 モデル概念図

表2 メタンフラックス調査法に関する提案

レベル1（測定者は必ず測定する）
1. 地下水位
2. 土壌層内温度分布
3. 糖の分析
4. pH
5. 含水率測定
6. コアサンプラーによる土壌サンプリング
レベル2（専門的知識を持つ測定者が測定、評価を行う）
1. レベル1の項目
2. 気相率等の土壌物性
3. メタン生成細菌およびメタン酸化細菌数
4. 植生の影響