

廃棄物埋立地における植物を介したメタンガス放出のモデル化に関する研究

九州大学大学院工学府 学生会員 ○高橋麻由
 九州大学大学院工学研究院 正会員 中山裕文 小宮哲平
 九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島岡隆行

1. はじめに

廃棄物埋立地は主要なメタン人為発生源の一つである。廃棄物埋立地において放出されるメタンガスのフラックスは覆土に生育する植物に影響を受けている¹⁾²⁾。そのため、廃棄物埋立地における植物を介したメタンガス放出メカニズムを解明することで、植物の植生分布や季節変動によるメタンガス放出への影響を考慮でき、メタンガス測定および推定手法において精度の向上が期待できる。また、植物を介した大気中へのメタンガス放出と同時に大気中の酸素が植物を介して覆土および廃棄物層へと送られることが考えられる。このようなガス交換が起こることで、覆土中のメタン酸化にも影響を及ぼしていると考えられることから、覆土施工時にメタン放出速度またはメタン酸化量の制御等の目的に応じて植物を制御するメタン放出制御技術検討のための知見が得られると期待される。本研究では、屋外に設置した植生条件の異なる3つのコンテナに植物を実際の廃棄物埋立地を模擬した群生状態で生育させ、植物を介したメタンガス放出および影響要因について検討した。また、その結果を再現できる植物を介したメタンガス放出のモデル化を行った。

2. 植生のある覆土を模擬した実験装置におけるメタンガス放出実験

2-1 実験概要 メタンガスの測定に用いた実験装置(チャンバー、実験用コンテナ)の概略および実験コンテナの様子(B)を図-1に、実験条件を表-1に示す。屋外に設置された実験用コンテナは通常は大気に解放されており、実験時のみチャンバーを被せて密封出来るようになっている。設置した3つの実験コンテナには、コンテナAおよびBにそれぞれオヒシバ(イネ科)およびオオアワダチソウ(キク科)が移植されており、コンテナCには植物は移植されていない。植物を移植した土壌には市販の培養土を用いた。植物は2011年9月23日に移植され、実験開始時期は植物が土壌に定着する期間を考慮し2011年10月17日とした。実験では、メタン60%、二酸化炭素40%の混合ガスを底部から2.430供給し、その後、植物および土壌から放出されるメタンガス濃度の経時変化をチャンバー上部の窓からレーザーメタン検知器(レーザーメタン mini、東京ガス・エンジニアリング株式会社)を用いて測定し、メタンフラックスを算出した。

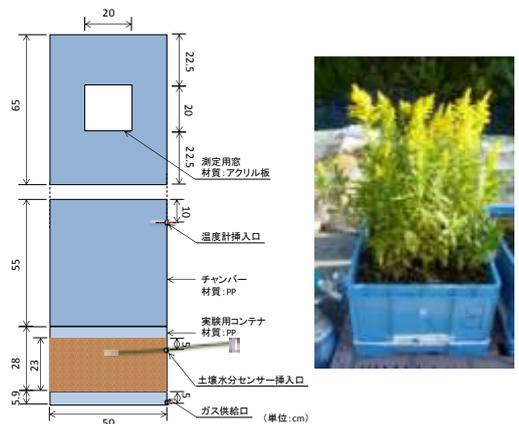


図-1 実験装置概要および実験コンテナの様子(B)

表-1 実験条件

実験用コンテナ	A	B	C
植物種	オヒシバ (イネ科)	オオアワダチソウ (キク科)	なし
植被率	90%	90%	0%
CH ₄ 供給量	CH ₄ 60%、CO ₂ 40%混合ガス 2.430		

2-2 実験結果 実験結果および実験時の周辺の環境要因(気温、気圧)を図-2に示す。メタンフラックスはAで0.30 ~0.98 g/m²/hr、Bで0.33 ~1.38 g/m²/hr、Cで0.16 ~0.74g/m²/hrの範囲で変動しているが、実験期間中を通して植物のあるAおよびBにおけるメタンフラックスが植物のないCよりも大きくなっていることから、植物がメタンガス放出経路として機能し、メタンガス放出量を増加させていると考えられた。この結果は小宮ら¹⁾の廃棄物埋立地において植生のある被植地と植生のない裸地では被植地の方が相対的にメタンフラックスが大きいという結果と整合している。また、メタンフラックスと気温および気圧との相関は見られなかった。次に、メタンフラッ

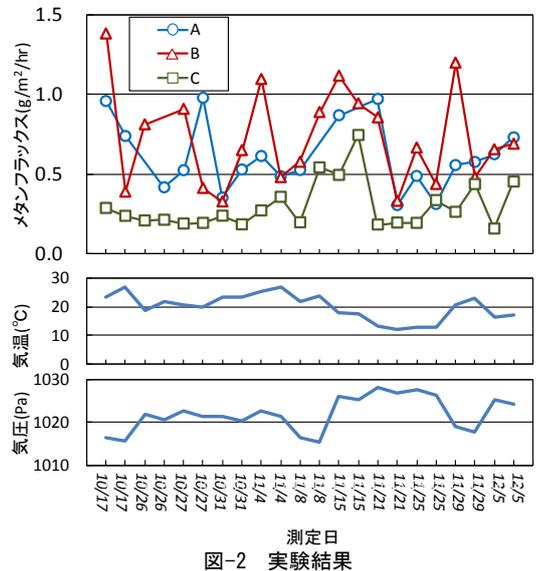


図-2 実験結果

クスと土壌の体積含水率の関係を図-3に示す。体積含水率の増加に伴い、A、BおよびCの全てにおいてメタンフラックスは減少傾向を示した。体積含水率が増加すると土壌中の気相が小さくなることから、土壌中のガス移動が制限されたと考えられる。Cと比較してAおよびBでメタンフラックスの減少量が大きくなっている理由として、気相が小さくなることによって植物根とガスとの接触面積が小さくなったために植物からのメタンフラックスが小さくなったと考えられる。

3. 植物を介したメタンガス放出モデル

土壌のみの覆土と植物が生育している覆土のメタンフラックスの差は、土壌中のメタンガスが植物根から吸収され、植物を通過した後に大気中に放出された量であると仮定する。植物が生育している覆土からのメタンフラックスは、土壌中の拡散、移流および植物根により吸収されたメタンガスの大気中への放出によると考えると、メタンガスの物質収支式は式-1 で表わされる。この時、植物根による吸収項 S は式-2 で表わされる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(-D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v}{\epsilon_g} C \right) - S \quad (\text{式-1})$$

$$S = kC \quad (\text{式-2})$$

ここで、 C はガス濃度 (mol/m^3)、 t は経時時間 (min)、 x は土壌高さ (m)、 D は土壌中の拡散係数 (m^2/min)、 v はガスの移動速度 (m/min)、 ϵ_g は土壌の気相率 (-)、 k は植物によるガス吸収割合 ($1/\text{min}$)である。ただし、 D は大気中のガス拡散係数 D_0 を土壌の屈曲度 ξ ($\xi > 1$)で除したものと

する。モデルによる計算値と実験値との比較の一例として、チャンバー内のメタンガス濃度の経時変化について2011年11月4日に行った実験結果を示す(図-4)。拡散係数 D および植物によるガス吸収割合 k は、計算値と実験値が一致するように設定した。図-4に示す結果より、モデルにより植物を介したメタンガス放出現象を表現できたと考える。次に、植物によるガス吸収割合 k と土壌の体積含水率との関係(図-5)に着目すると、土壌の体積含水率の増加に伴い植物によるガス吸収割合 k が減少しており、相関が認められた。植物のガス吸収割合 k と土壌の体積含水率は直線回帰により式-3で表わされ、相関係数 r は0.74であった。

$$k = -1.07 \times 10^{-2} \epsilon_w + 0.41 \times 10^{-2} \quad (\text{式-3})$$

ここで、 ϵ_w は土壌の体積含水率 (-)である。なお、本研究ではAおよびBの植物種の違いを考慮しなかったが、実際には植物による吸収割合 k は植物種によっても異なると考えられる。

3. まとめ

本研究では、廃棄物埋立地の植生を模擬した実験装置を用いて植物を介したメタンガス放出実験を行い、その結果についてモデル化を行った。実験では、植物を介したメタンガス放出を確認することができた。また、体積含水率の増加に伴いメタンフラックスが減少する傾向にあることを確認した。土壌中のメタンガスの一部は植物を通過して放出されるとして植物を介したメタンガス放出モデルを提案し、計算値と実験値を比較したところ、よい一致を示した。

[参考文献]1) 小宮哲平, 石崎俊夫, 中山裕文, 島岡隆行: 大規模最終処分場安定化モニタリングにおける NDVI の利用可能性に関する検討, 環境システム研究論文集, Vol. 34, pp. 423-431, 2006 2) Mayu Takahashi, Hirofumi Nakayama, Takayuki Shimaoka, Xiaoli Chai: Relation between the Effect of Vegetation on CH4 Emission and Cover Soil Property, EAEP2011, pp. 25-28, 2011

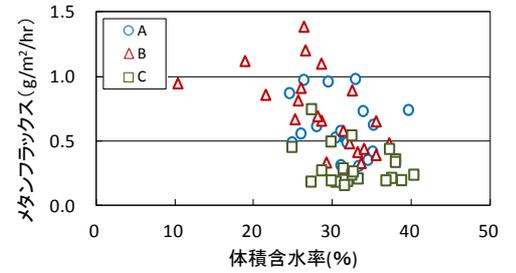


図-3 メタンフラックス-体積含水率

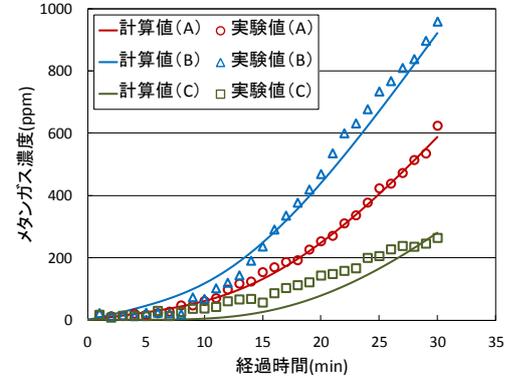


図-4 計算値と実測値の比較(11/4)

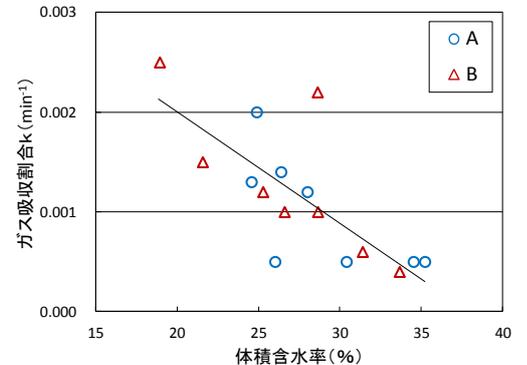


図-5 ガス吸収割合と体積含水率の関係