

植物を介した埋立ガス放出量と土質特性の関連性に関する研究

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
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

廃棄物埋立地はメタンの主要な人為発生源として、地球温暖化に寄与しており、IPCC の報告¹⁾によると廃棄物埋立地から放出されるメタンは全メタン発生量の約 10%に相当すると概算されている。過去の著者らの研究²⁾において、廃棄物埋立地の裸地と被植地では廃棄物層内の埋立ガス濃度や覆土表面からの埋立ガスフラックスには違いがあることを明らかにしている。その原因として、埋立地のガス交換に影響を及ぼす覆土層の通気性等の要因に差異があると考えられた。しかし、調査対象区の裸地と被植地における覆土層の物理化学的性状にあまり大差ないことから、農業分野でのメタン放出量に関する研究ではメタン放出経路として水稻の通気組織の影響が報告されており³⁾、廃棄物埋立地においても植物の通気組織がメタン放出量に影響を与えていることが考えられた。これまでの植物および土壌表面からのメタンフラックスに着目したカラム実験⁴⁾により植物を介したメタンガスの放出を確認したが、植物を介したメタン放出量に影響を及ぼす土質特性についてはあまり検討できていなかった。そこで、本研究では、植物を介したメタンガス放出量と土質特性の関連性について検討を行った。

表-1 実験に用いた植物
(ダンチク)の特性

植物 試料 番号	高さ (cm)	重量 (g)	茎の 直径 (cm)
1	87	164.5	0.90
2	80	187.1	0.65
3	87	97.0	0.70
4	84	111.5	0.65



写真-1 ダンチクの根の断面

2. 植物を介したメタンガス放出実験

2-1 実験に用いた植物 実験に用いる植物は、著者らのこれまでの廃棄物処分場での現地調査およびカラム実験において埋立ガスの放出が確認されたイネ科植物から選定することとし、ダンチクを用いた。実験に用いたダンチクは4本で、それぞれの植生高さ、重量および茎の直径を表-1に示した。ダンチクはイネ科の植物であり、イネ科の植物は地中の根の部分に地上の酸素を取り入れるために通気組織と呼ばれる空気の通り道を発達させ、通気組織は根の部分が嫌氣的状態であるほど発達しやすいと言われている⁵⁾。実験に使用したダンチクの根の断面を写真-1に示した。根の中心柱の周囲に細長い柵状の空洞が見られ、実験に用いたダンチクに通気組織が発達していることを確認した。なお、根の長さは10~50cm程度で、根の直径は1~3mm程度であった。

2-2 カラム実験概要 メタン(CH₄)ガスフラックスの測定に用いたカラムを図-1に示す。このカラムは上下二段の中央部に仕切りがあり、植物を介して大気中に放出されるCH₄ガスフラックス(図中①のガス採取口より採取)と、土壌表面から放出されるCH₄ガスフラックス(図中②のガス採取口より採取)を区別して測定できる構造になっている。実験では、CH₄ガス(99.0%)をカラム底部のCH₄ガス供給スペース容積の約30%(167ml)になるよう供給し、その後、カラムの各採取口よりガスを採取して経時的な濃度変化を測定し、式(1)を用いてCH₄ガスフラックスを算出した。

$$F = \rho \cdot \frac{\Delta C}{\Delta t} \cdot \frac{V}{A} \cdot \frac{273}{273 + T} \times 60 \times 10^{-6} \quad \text{式(1)}$$

F : CH₄ガスフラックス (g/m²・hr)

ρ : CH₄ガス密度 (0.714g/m³)

$\Delta C / \Delta t$: 経過時間濃度変化 (ppmv/hr)

V : 体積 (m³)

A : 底面積 (m²)

T : カラム内の平均温度 (°C)

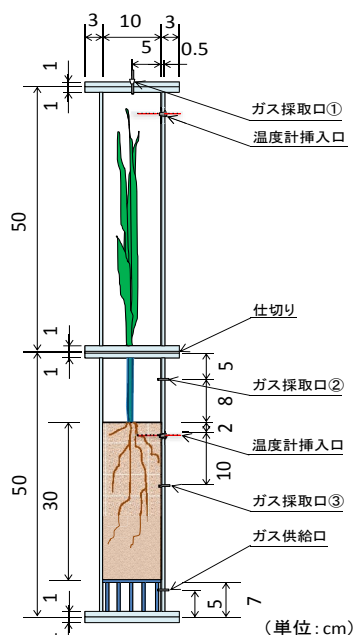


図-1 カラムの概要

実験には、粒度分布の異なる3種類の土壌(以下、土壌A、土壌Bおよび土壌Cと示す)を用いた。3種類の土壌の粒度分布を図-2に示した。粒度分布は土壌の透水性および通気性に影響を及ぼし、植物からのCH₄ガスフラックスと土壌表面からのCH₄ガスフラックスの割合にも影響を与えられられる。各土壌の平均粒径(D₅₀)、粒度の良さを示す均等係数(U_c)および通気性を示す代理指標として粒度分布から算出した飽和透水係数(k)を表-2に示した。飽和透水係数の値に着目すると、平均粒径の大きさの順と同じ土壌A>土壌B>土壌Cとなっている。なお、カラム内の土壌充填部分は固相率60%、液相率20%、気相率20%に調整した。

2-3カラム実験結果 カラム実験結果を表-3に示す。実験は各土壌で5回行い、植物および土壌表面からのCH₄ガスフラックスの平均および標準偏差を求めた。植物を介したCH₄ガスフラックスは土壌Aで0.927 g/m²/hr、土壌Bで9.511 g/m²/hr、土壌Cで5.457 g/m²/hrとなり、3種類全ての土壌で植物を介したCH₄ガスフラックスを確認した。次に、直径10cmの円内に植物(ダンチク)が一本生育していると仮定して、全フラックスに対する植物および土壌表面からのCH₄ガスフラックス割合を計算した。計算結果を表-4に示す。植物を介したCH₄ガスフラックスの割合は土壌Aで0.8%、土壌Bで4.6%、土壌Cで10.1%となり、3種類の土壌ともに植物を介したCH₄ガスフラックスの割合は大きくなかった。ここで、3種類の土壌の違いによる結果の違いに着目すると、飽和透水係数の大小関係土壌A>土壌B>土壌Cとは逆の土壌A<土壌B<土壌Cの順で植物からCH₄ガスフラックスの割合は大きくなる傾向が見られた。理由としては、一般的に、土壌は均等係数が大きく、大小の粒がよく混じっている土壌ほど締め固めやすくなり、土壌間の間隙が小さくなることが挙げられる。土壌間隙が小さくなると土壌中のガスの通気性は悪くなり、土壌表面からのCH₄ガスフラックスは制限され、一方で、土壌内にガスが滞留することによって、植物の根にガスが吸収される時間ができ、植物からのCH₄ガスフラックスは増加したと考えられる。また、CH₄ガスフラックスの計算において、植物(ダンチク)が直径10cmの範囲に一本生育していると想定したが、実際には、ダンチクは密生して生育していることが多く、植物を介したCH₄ガスフラックスの割合は大きくなると考えられる。

3. まとめ

廃棄物埋立地盤の土質特性が植物を介したCH₄ガス放出量に及ぼす影響について、粒度分布を調整した3種類の土壌を用いたカラム実験を行った。その結果、種類に依らず全ての土壌で植物を介したCH₄ガスフラックスを確認した。土壌の通気性が大きな場合には土壌からのCH₄ガスフラックスの割合が大きくなり、小さい場合には植物を介したCH₄ガスフラックスの割合が大きくなる傾向を把握できた。

今後、カラム実験による植物を介したCH₄ガス放出量の割合を現場での植物を介したCH₄ガス放出量推定に適用するためには、植物種や生育環境による通気組織の発達程度や各植物の植生密度によるCH₄ガスフラックス計算の補正方法についてさらに検討を行う必要がある。また、植物を介したCH₄ガス放出量に与える影響因子について、土質特性以外の地温や気温、日照といった周囲の環境要因についても検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) IPCC(2007): IPCC Fourth Assessment Report (AR4): Climate Change 2007, Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/> 2) 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 3) 細野達夫: 水田におけるメタンフラックスと水稻体を通じたメタン放出機構に関する研究, 農環研法, Vol. 18, pp. 33-80, 2000 4) 高橋麻由, 中山裕文, 島岡隆行, 柴曉利: 廃棄物埋立地における埋立ガス放出に及ぼす植物の影響に関する基礎的研究, 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp. 519-520, 2010 5) 野内勇, 細野達夫, 青木一幸: 水田からの水稻を介したメタンの放出, 農業気象, Vol. 55(3), pp. 267-287, 1999.

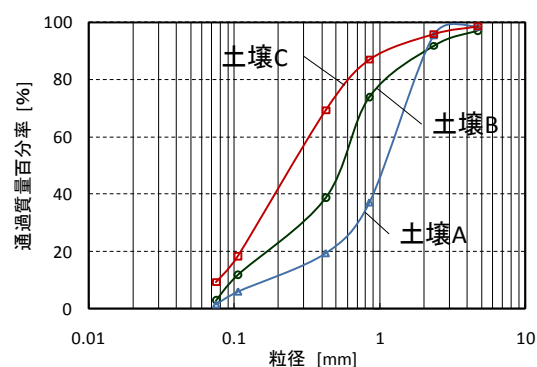


図-2 実験に使用した土壌の粒度分布

表-2 実験に使用した土壌の土質特性

土壌の種類	平均粒径 D ₅₀ (mm)	均等係数 U _c (-)	透水係数 k(cm/sec)
土壌A	1.15	8.235	5.3×10^{-2}
土壌B	0.56	6.701	5.8×10^{-3}
土壌C	0.25	4.533	2.6×10^{-3}

表-3 カラム実験結果

土の種類	CH ₄ ガスフラックス(g/m ² ・hr)		
	項目	植物	土壌表面
土壌A	平均	0.927	0.389
	標準偏差	2.076	0.197
土壌B	平均	9.511	0.953
	標準偏差	8.273	0.618
土壌C	平均	5.457	0.330
	標準偏差	3.579	0.296

表-4 CH₄ガスフラックスの割合

土の種類	CH ₄ ガスフラックスの割合(%)		
	植物	土壌表面	計
土壌A	0.8	99.2	100
土壌B	4.6	95.4	100
土壌C	10.1	89.9	100