

炭素材添加土壌を用いた温室効果ガス放出抑制に関する実験的並びに理論的検討

早稲田大学理工学研究科
早稲田大学理工学部

学生会員
正会員

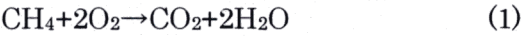
○鷲尾 央道
榊原 豊

1.はじめに

地球温暖化は深刻な環境被害を及ぼす可能性を有している。筆者らは、温室効果ガス(GHG)であるメタン及び亜酸化窒素が面的に放出されている土壌に炭素材を添加し、その放出を抑制する方法について検討を行っている。本研究は、先の研究¹⁾より実際に近い条件(土壌下部から温室効果ガスを注入し、土壌表層に空気を接触させる条件)で GHG 抑制効果について実験的並びに理論的検討を行った。

2. 実験装置及び方法

図 1 に実験装置の概略を示す。表 1 に示した種類の装置を用いて炭素材添加土壌を充填したカラム下部から GHG ガス(CH₄:260mmol/m²d, N₂O:26mmol/m²d)、上部から空気(O₂:540mmol/m²d)供給し、流出ガス量及びガス組成を測定、分析した。カラム内では炭素材による吸着及び微生物による式(1)に示すようなメタン酸化反応などが起こっていると考えられる。



ガス組成は TCD ガスクロマトグラフ(島津 GC-8A)を用いた。

3.メタン放出過程モデル

炭素添加土壌(カラム)内で起こる移流、分散、吸着、分解等のメカニズムを明らかにするために既往研究²⁾のメタン放出過程モデルを用いてシミュレーションを行った。モデルでは図 2 に示すように、土壌中の間隙が気相、液相、微生物相に分かれていると仮定し、気相、液相に関しては次に示す式(2),(3)を、微生物相に関しては従来の増殖項、自己酸化項等を用いて計算を行っている。

【気相】

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{A}{V\theta_g} (Q_{i-1}C_{i-1} + D_{gCH_4} f_{ig} \frac{\theta_{gi}^{v_g}}{\theta_{pi}^2} \frac{C_{i-1}-C_i}{z_{i-1}} - a_{gsi} \frac{D_{i,CH_4}}{film} (S_{CH_4} f_{is} C_i - C_i') - Q_i C_i - D_{gCH_4} f_{ig} \frac{\theta_{gi}^{v_g}}{\theta_{pi}^2} \frac{C_i - C_{i+1}}{Z_i})$$

(2)

キーワード:地球温暖化、温室効果ガス、土壌、炭素材、メタン酸化菌、放出抑制

連絡先〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部土木工学科 tel. 03-5286-3902

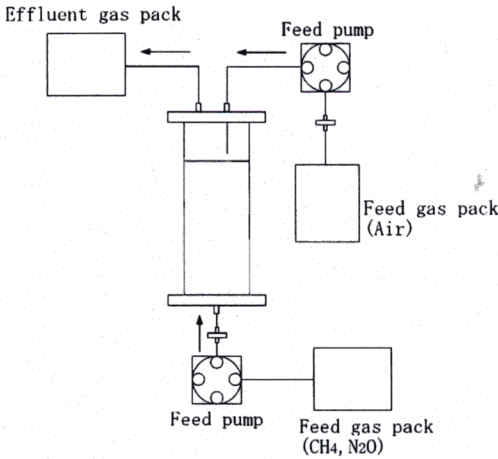


図 1. 実験装置概略図

表 1. 実験装置系列

実験装置	土壌添加物	添加量(%)	装置馴養期間
R-1~3	生物活性炭(BAC)	10~50	5年
R-4~6	生物木炭(BC)	10~50	3年
R-7	なし(土壌のみ)	0	5年
R-8	成型炭	25	なし
R-9	木炭	25	なし
R-10	なし(土壌のみ)	0	なし

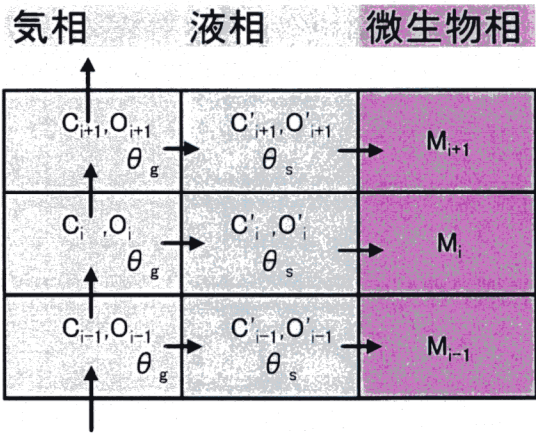


図 2.メタン放出過程モデル

【液相】

$$\frac{dC_i'}{dt} = \frac{A}{V\theta_s} \left(a_{gsi} \frac{D_{t,CH_4}}{film} (S_{CH_4} f_{is} C_i - C_i') - X_{ct}'' M_i f_{in} f_w \frac{C_i'}{K_{ctCH_4} + C_i'} \frac{O_i'}{K_{ctO_2} + O_i'} \right) \quad (3)$$

ここで A:土壌表面積, V:土壌体積, θ_g :気相間隙率, θ_s :水相間隙率, θ_p :間隙率, Q:流量, f:温度補正係数, C:気相メタン濃度, C':液相メタン濃度, O':液相酸素濃度, M:微生物量, D_g :気相での拡散係数, D_t :液相での拡散係数, S:ガス溶解度, a_{gs} :比接触面積, K_{ct} :量反応係数, film:境膜厚さ, X_{ct} :最大比酸化速度である。

5. 実験結果及び考察

実験結果の一例として図3に各カラムのメタンの流出率、先の研究¹⁾における同負荷条件の実験結果及びシミュレーション結果を示す。流出率 E は次式より求めた。

$$E = Q_{out} C_{out} / Q_{in} C_{in} \quad (4)$$

ここで Q_{in} 及び Q_{out} はガス流入及び流出速度、 C_{in} 及び C_{out} はガス流入及び流出濃度である。

図3より馴養期間なしのカラム(図中の○, △, ※)の流出率は0.4~0.7程度でありメタンの抑制が行われていることが分かる。今後微生物量が増加すれば、馴養期間が3年以上のカラム(図中の●, ■, ※)と同程度の流出率まで下がると考えられる。馴養期間が長いカラムの流出率は0.1程度であり、放出がよく抑制されていることが分かる。しかし、同一負荷条件でカラム下部から全ガスを注入した定常状態での流出率¹⁾(図中の●)と比較すると低くなっていることが分かる。

これは全ガスをカラム下部から供給していた先の研究に比べ、本実験条件ではカラム内での窒素ガスの移動が少ない結果、GHG 滞留時間が増加し、結果的に生物増殖速度及び生物反応速度が増加したためであると考えられる。

なお、亜酸化窒素については、馴養期間が長いカラムでの流出率は0.3以下、馴養期間なしのカラムでは0.2以下であった。

6. まとめ

実際の GHG 放出場に近い条件においても放出抑制が可能であることが分かった。またメタン放出過程の数理モデルを用いると、定常状態における既往研究及び本研究の GHG 放出量をほぼ計算できることが分かった。今後は非定常過程を中心に最適な炭素添加率及び GHG 抑制能力等について検討していく予定である。

謝辞

本研究の一部は先導研究「樹木等の炭化による温暖化防止等複合環境対策技術の開発」(RITE)の補助を得て実施した。

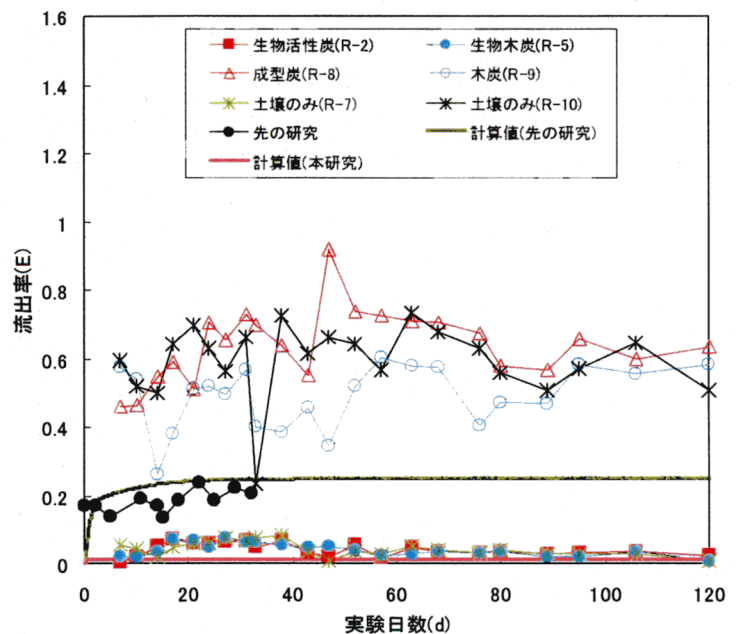


図3.各カラムのメタン流出率経日変化

- 参考文献 1) 榎原ら:土木学会論文集 No.629/VII-12,27-36(1999)
2) R. F. Grant:Soil Biology and Biochemistry 31,pp287-297(1999)