

鉄含有木炭のメタン生成抑制効果の検証

○日本大学 学生会員 荒井 篤

日本大学 正会員 中野 和典

(株)フジタ技術センター 非会員 松澤 大起

(株)フジタ技術センター 非会員 倉澤 響

(株)フジタ技術センター 非会員 横山 茂輝

(株)フジタ技術センター 非会員 袋 昭太

1. はじめに

2016年に発効したパリ協定の下、日本でも2030年までに温室効果ガス排出量26%(2013年比)削減に向けた取り組みが必要とされている。温室効果ガス削減の取り組みとして、本研究では木炭を土中へ埋めることによる炭素の地下貯留に注目した。温室効果ガスの中でメタンは二酸化炭素に次いで発生量が多く、同量の二酸化炭素に対し25倍の温室効果を持っており、その発生抑制が望まれている。我が国のメタン発生量の78%が農業分野から発生しており、更にその58%が水田から発生しているため、水田からのメタン発生の抑制手法の開発が必要とされている。排水中に含まれるリンを吸着させた鉄含有木炭を水田に施用することで、鉄による水田からのメタン抑制効果、炭による炭素の地下貯留による温室効果ガス削減効果及びリン吸着炭による肥効の3つの効果が期待出来る。しかし、鉄含有木炭のメタン抑制効果に対する知見は乏しい。そこで本研究では、メタン発生活性を持つメタン発酵液に鉄含有木炭を添加し、メタン生成抑制効果を検証した。

2. 実験方法

供試試料としてリン吸着鉄含有木炭(リン鉄炭)と鉄含有木炭(鉄炭)を準備した。これらの鉄含有木炭は14%の鉄を含んでいる。メタン生成抑制効果を評価する比較対象は塩化鉄(Ⅲ)六水和物(Fe^{3+})とし、鉄無添加(鉄なし)を含めた4種の鉄試料添加条件によりメタン生成抑制試験を行った。試験に用いた装置の外観を図-1に示す。試験装置としてメタン発酵液3ℓを投入した円筒カラム(内径10cm×長さ50cm)4系列を作製し、メタン生成細菌の活性を維持するため33℃に設定したインキュベーター内に設置し、基質(グルコース30g、ミートペプトン5g)と鉄含有量0.5gの鉄試料を各試験装置に投入し、試験を開始した。各試験装置から発生するガスをガスパックで収集し、24時間毎に水上置換法でガス体積の計測を行った。ガスの発生が活発な日を選び、試験装置のヘッドスペースのガスをシリンジを用いてブチル栓付きバイアル瓶に採取し、ガスクロマトグラフィーで CO_2 とメタン濃度を測定した。ガスの発生が無くなると試験装置の蓋を開け、次の基質と鉄含有試料の添加を行った。



図-1 カラム試験装置の外観

3. 結果及び考察

3.1 4種の鉄試料添加条件におけるメタン生成抑制効果の比較

4種の鉄試料添加条件における生成ガスの比較を図-2に示す。実験開始から0、5、9、14、18日目に基質と0.5gの鉄含有試料を添加した。全ての系でガスは発生し続けた。しかし、鉄なしで発生したガス中に高濃度のメタンが検出されたのは4日目だけであった。そこで4日目に生成したガスに着目すると、鉄なしでは4145ppmのメタンガスが1925ml発生したことから、メタン発生量は7.97 cm^3 であった。 Fe^{3+} では384ppmのメタンガスが3105ml発生し、メタン発生量は1.19 cm^3 であった。この発生量は鉄なしでの15%に相当し、85%の抑制効果が認められたことになる。つまり、酸化鉄の Fe^{3+} の投入によりメタン発酵が抑制されたことになる。

Fe^{3+} と同量の鉄を含むリン鉄炭では、発生ガスからはメタンは検出されず、メタン発生抑制効果は100%であった。

キーワード: メタンガス 鉄含有木炭 発生抑制

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学 工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

鉄炭では219ppmのメタンガスが3765 ml発生し、メタン発生量は0.82 cm³であったが、この発生量は鉄なしでの10%に相当し、抑制効果は90%であった。このようにリン鉄炭と鉄炭の両方でFe³⁺と同様にメタン抑制効果が確認されたことから、鉄含有木炭がリンの吸着の有無にかかわらずメタン抑制効果を発揮することが明らかとなった。

メタン以外のガス成分としてCO₂の発生に着目すると、どの系でも8日目までは発生量が多かった事が確認された。経過日数8日目にカラム試験装置の蓋を開けてメタン発酵液の酸化還元電位(ORP)を測定したところ、鉄なし、Fe³⁺、リン鉄炭及び鉄炭のORP値はそれぞれ108、104、101及び8mVであり、鉄なしでもメタンの発生に十分な還元条件ではなかったことから、鉄の添加に関係なくメタンの発生が抑制されたことが推察された。

3.2 再現実験における4種の鉄試料添加条件によるメタン生成抑制効果の比較

3.1の実験において鉄なしでもメタンの生成活性が維持されなかったことから、鉄含有木炭のメタン生成抑制効果の再現性を確認する実験を行った。再現実験の結果を図-3に示す。再現実験では3,7,10日目に基質と0.5gの鉄含有試料を添加した。その結果、前回の実験と同様に全ての系でガスは発生し続けた。鉄なしの系に着目すると、前回の実験で高濃度のメタンが検出されたのは1回のみであったのに対し、再現実験では2及び7日目の2回高濃度のメタンが検出されたことから、前回よりもメタンの生成活性を長く維持できたことを確認することができた。

2日目に生成したガスで比較すると、鉄なしでのメタン発生量が29.8 cm³であったのに対し、Fe³⁺での発生量は5.7 cm³であり、81%の抑制効果が認められた。したがってFe³⁺の投入によりメタンの生成が抑制される現象を再現することができた。これに対しFe³⁺と同量の鉄を含むリン鉄炭のメタン発生量は13.1 cm³であり、抑制効果は56%であった。一方、鉄炭のメタン発生量は4.3 cm³であり、抑制効果は86%であった。リン鉄炭の抑制効果は前回よりも低かったが、これはリン鉄炭の鉄が溶存してFe³⁺として効果を発揮するまでに時間を要したためと考えられ、2日目のメタン抑制効果が低くなった可能性がある。

7日目に生成したガスで比較すると、鉄なしでのメタン発生量は12.5 cm³であったのに対し、Fe³⁺ではメタン発生量は0.5 cm³であり96%の抑制効果が認められたことから、Fe³⁺の投入によるメタンの生成抑制効果が持続していたことが示された。これに対し、リン鉄炭のメタン発生量は0.5 cm³であり、96%の抑制効果が認められ、鉄炭ではメタン発生量1.5 cm³であり、88%の抑制効果が認められたことから、木炭やリンの有無にかかわらずメタンの生成抑制効果は持続していた。

CO₂発生量は、どの系でも12日目までは低下しなかったことが確認された。経過日数10日目にカラム試験装置の蓋を開けてメタン発酵液のORPを測定したところ、鉄なし、Fe³⁺、リン鉄炭及び鉄炭のORP値はそれぞれ108、226、168及び287mVであり、前回の実験と同様に鉄の添加に関わらずメタンの発生に十分な還元条件ではなくなったことが確認された。

4.まとめ

本研究ではFe³⁺を比較対照として、鉄含有木炭のメタン生成抑制効果を検証した。リン鉄炭と鉄炭のどちらもFe³⁺と同等のメタン生成抑制効果があることが確認された。この結果から、鉄含有木炭を水田に施用することで水田からのメタン生成抑制に貢献できる可能性が示された。

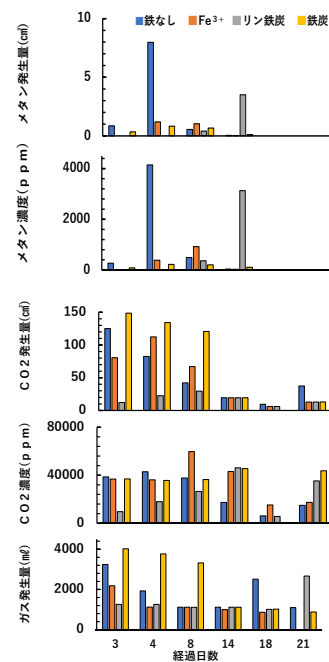


図-2 4種の鉄試料添加条件での生成ガスの比較

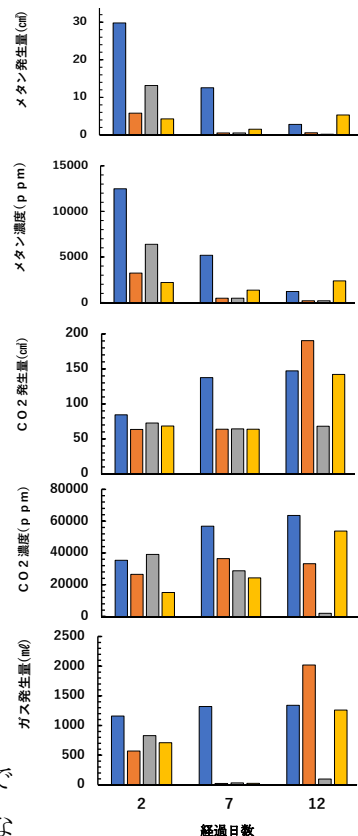


図-3 再現実験での4種の鉄試料添加条件での生成ガスの比較