

バイオエタノール糖化残渣を施用した水田における CH₄ および CO₂ 生成 Production of CH₄ and CO₂ following application of residue from a bio-ethanol plant to paddy field.

○西村 拓*, 篠原貴志**, 井本博美*, 宮崎 毅*

Taku Nishimura*, T. Shinohara**, H. Imoto* and T. Miyazaki*

1. はじめに

近年, 化石燃料代替の資源循環型エネルギーとして, バイオエタノールに注目が集まっている。しかし, バイオエタノール生産には課題も多い。課題の一つとして製造工程で排出される残渣や廃液の処理がある。廃棄物の一部は燃料や飼料として利用されているが, 物質循環の観点から農地への還元も検討されている(農林水産省, 2008)。しかし, 残渣や廃液の農地施用後の環境負荷については明らかになっていない。

本研究ではバイオエタノール製造における糖化残渣の水田への施用が CH₄ および CO₂ の発生に及ぼす影響を明らかにするために, 培養試験とイネ栽培カラム実験を行った。培養試験では糖化残渣の施用が CH₄ および CO₂ 生成活性に及ぼす影響の評価を目的とし, カラム実験では糖化残渣の施用が土中の CH₄ および CO₂ の生成, 地表面からの放出に及ぼす影響を把握することを目的とした。

2. 実験方法

試料: 供試土壌には千葉県農林総合研究センター水田作研究室圃場の作土を用いた。土性は LiC で, 全炭素, 全窒素はそれぞれ 2.12%, 0.21% である。糖化残渣は, 稲わらを原料とし, アルカリ処理してから酵素糖化を行った残渣を入手して用いた。化肥は, 市販の 8-8-8 化成肥料を施肥した。糖化残渣区, 堆肥区でも窒素分が不足する場合は必要量を化肥で補った(Table 1)。

培養実験: 培養試験は犬伏ら(2004)の方法を参考に行った。培養ビン(容積 473.4cm³)内に土壌 50g (乾土重)と各資材(Table 1)を入れた。土壌に純水を 100ml 加え, 湛水状態にした後, 内部をよく攪拌し, 気相を窒素で置換した後に培養を開始した。培

養は遮光のためダンボール箱に入れて東京大学農学部生命科学総合研究棟のバイオトロン(温度設定:昼(6-18時):30度, 夜(18-6時):25度)内に静置した。窒素で置換後 24 時間にシリンジでガス試料を 5mL 採取し, 真空バイアルビンに注入した。その後, 試料採取は 5 日に 1 回行った。

Table1 試料および施肥条件

設定	主施用資材	化肥施用量 kg-N ha ⁻¹	有機物施用量 t-DW ha ⁻¹
1	土壌のみ	0	0
2	糖化残渣	200	10
3	堆肥	200	10
4	化肥	200	0

カラム実験: カラム実験では内径 14.6cm, 高さ 65cm(土壌充填部 55cm)の塩ビ製カラムを用いた。測定項目は, CH₄, CO₂ の地表面フラックス(クローズドチャンバー法)と土中ガス濃度(ガス透過性チューブ法), カラム内の酸化還元電位である。

土壌表層 0-15cm を作土層($\rho_b=1.00\text{g cm}^{-3}$), 15-25cm を耕盤層($\rho_b=1.20\text{g cm}^{-3}$), 25-55cm を心土層($\rho_b=1.00\text{g cm}^{-3}$)として土壌を充填した。カラム内にはガス採取チューブを 10, 20, 30, 40cm に埋設し, ガス採取チューブの 2cm 上に熱電対, 2cm 下に白金電極を挿入した。充填後はカラム下部より給水し, 飽和した後はカラム上部からの給水に切り替え, 湛水深を 3cm に保った。排水は行わなかった。施肥条件は Table1 に示した培養実験の設定 2 と設定 4 である。

カラムは前述のバイオトロンに設置した。設定温度条件も同じである。また, カラム内で飼料イネ(タポルリ)を栽培した。

*: 東京大学大学院農学生命科学研究科(University of Tokyo), **: 旭化成株式会社(Asahi Kasei Co.)

キーワード: バイオエタノール糖化残渣, 温暖化ガス, 飼料イネ

3. 結果と考察

培養試験: 培養ビン中の Fig.1 に CH₄, CO₂ 濃度を示す。糖化残渣を施用した培養ビン(設定 2)では CH₄ の生成量は培養 11 日目から上昇を始め, 16 日目には急激に大きくなった。しかし, 設定 1, 3, 4, からは CH₄ の生成は見られなかった。

培養中, 酸素の供給を一切絶っているため CO₂ の生成は起こり難いはずであるが, 糖化残渣を施用した設定 2 においてのみ明らかに CO₂ の発生が多かった。糖化に使うセルラーゼによるセルロース分解で副次的に CO₂ が生成することから, 設定 2 では, 継続して酵素による有機物の分解と CH₄, CO₂ の生成が生じていたと考えられる。

カラム実験: Fig.2 にカラム上面における CH₄ フラックスの変化を示す。CH₄ フラックスは糖化残渣施用カラムのみで湛水後 20 日頃から発生した。

Fig.3, Fig.4 に作土層と耕盤層の土中ガス濃度を示す。化肥を施用したカラムでは, 施用後 18 日目頃から耕盤以深で CH₄ の濃度が上昇したが, 地表近傍の CH₄ 濃度は実験を通して低かった。それに対して糖化残渣を施用したカラムは, 施用直後から非常に高い CH₄ 濃度を示した。耕盤付近でも施用後 18 日目頃から CH₄ 濃度が急増し, 1000ppm を超えた。耕盤以深では, 上層よりは低いとはいえ, 化肥施用カラムよりも高い CH₄ 濃度を示した。

4. まとめ

糖化過程によって有機物中の炭素分は発酵プロセスへ移行するが, 廃棄される糖化残渣にも依然として炭素分は残っている。本実験では, 培養実験, カラム実験共に, 糖化残渣の施用によって土壌中の CH₄・CO₂ の生成が促進され, 地表面における CH₄ 放出フラックスも大きくなる結果となった。比較的酸素が欠乏する培養実験で CO₂ 生成が見られたことから, この結果は, 残渣に残存する炭素分と糖化酵素が原因である可能性が高い。バイオエタノール製造過程においてもその廃棄物の環境負荷を考慮する必要があると考えられる。

参考文献: 農林水産省, バイオ燃料技術革新協議会配布資料, 2008, 犬伏和之, 柴崎直美, 古川勇一郎, 榎本秀雄, 小林雅彦, 中村宏二(2004)千葉大園学報, 58, 11-16

謝辞: 糖化残渣の入手は, 科学技術振興調整費「地

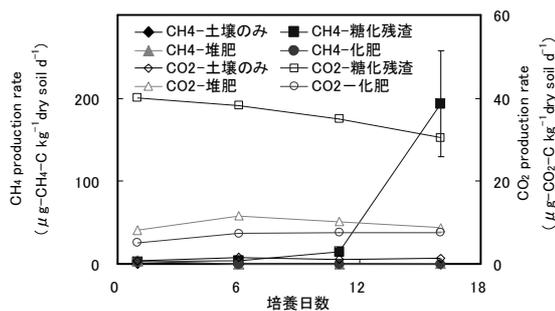


Fig.1 培養中の CH₄, CO₂ 発生速度

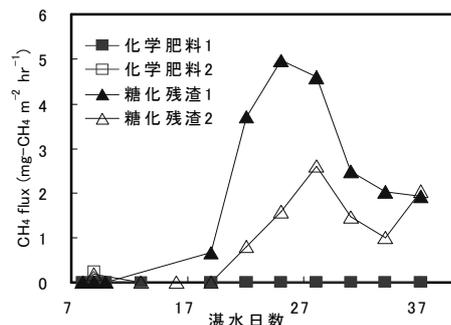


Fig.2 カラム上面の CH₄ フラックス(正值は放出)

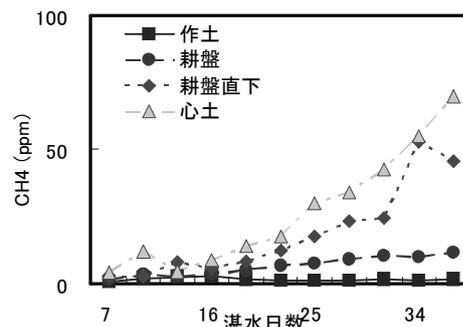


Fig.3 化肥施用カラム内の CH₄ ガス濃度変化

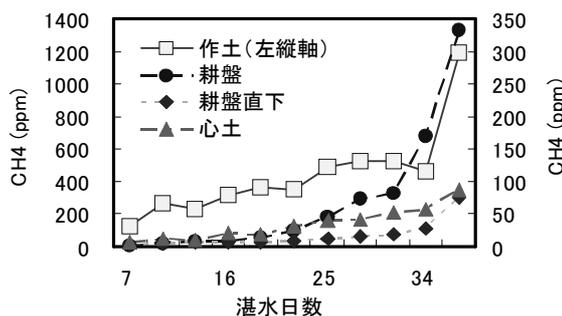


Fig.4 糖化残渣施用カラム内の CH₄ ガス濃度変化(作土以外は右縦軸参照)

域完結型地燃料システムの構築と運営」(代表 五十嵐泰夫)にご協力いただいた。また, 研究の実施に関して一部, 科学研究費補助金, 基盤研究(A) (2024 8025, 代表:宮崎 毅), (19201018, 代表:細見正明)から補助を受けた。ここに記して深謝する。