

散水ろ床方式による中温バイオメタネーション

長岡技術科学大学(非) ○白井翔

(学)山田光陽, (正)幡本将史, (正)渡利高大, (正)山口隆司

1. はじめに

日本政府は、温室効果ガスの排出量を 2030 年度に 2013 年度比で 46%削減を目指すとしている。我が国の温室効果ガスの排出量は 2014 年度の 14 億 800 万トンを超えて年々減少傾向を示しており、2021 年度の排出量は 11 億 7000 万トンであった¹⁾。しかしながら、2030 年度目標を達成するには、2021 年度の排出量からさらに約 5 億トンの削減が必要である。そのためには、化石燃料由来の発電から再生可能エネルギーへの移行などが挙げられる。また、主要な温室効果ガスである二酸化炭素を燃料、化学製品の原料として利用することにより資源化などを行う CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) と呼ばれる技術がある。

この CCUS の一つにメタネーションがある。メタネーションは二酸化炭素と水素からメタンを生成する技術であり、金属触媒を利用した熱化学的手法や、メタン生成古細菌を触媒とした生物学的手法 (バイオメタネーション) がある。バイオメタネーションを担うメタン生成古細菌の至適環境は、中温性の種では 35°C 程度、高温性の種で 55°C 程度とされており、pH は 6.2-8.5 の中性域とされている。バイオメタネーションは熱化学的手法に比べ小規模システムが可能になる一方で、基質となる二酸化炭素と水素を液相に溶解させるための電気エネルギーを必要とする。先行研究では、気液接触効率がよくガス供給に優れた DHS リアクターによるバイオメタネーションシステムを評価した²⁾。この研究より、DHS に用いるスポンジ担体の中央部が気相と接触せず、メタンガス生成においてデッドスペースになっている可能性が考えられた。

本研究では、気相との接触面積を増やすためにマットろ材を担体として用いて、中温バイオメタネーションシステムの性能評価を目的に実験を行った。

2. 実験方法

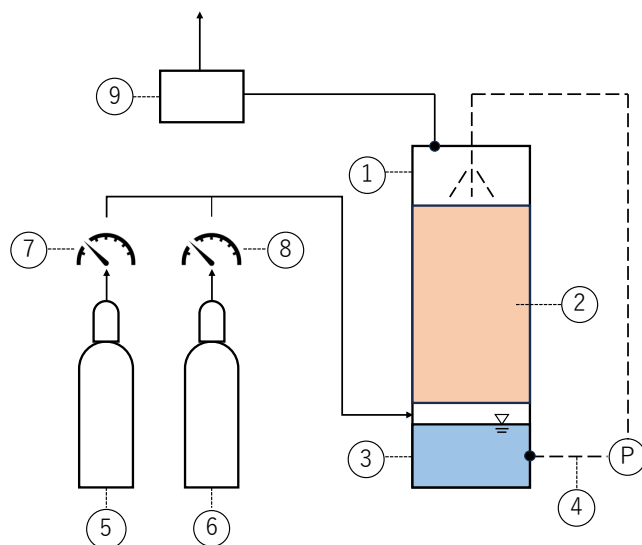


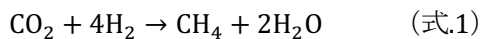
Fig. 1. Trickle-bed reactor with mat filter. (1) Trickle-bed reactor, (2) mat filter carrier, (3) process liquid sump, (4) process liquid circuit, (5) H₂ gas bottle, (6) H₂ mass flow controller, (7) CO₂ gas bottle, (8) CO₂ mass flow controller, (9) gas sampling port.

本研究の散水ろ床方式によるバイオメタネーションリアクターを図.1 に示す。リアクターは、内径 0.2 m、高さ 0.5 m のアクリルパイプと内径 0.2 m の塩ビ製の蓋により構成されたカラムを、室温 36±2.0°C に調節した恒温庫内に設置した。カラム内には、菌体を保持するための担体を配置した。担体は、厚さ約 5 cm のサラン樹脂製のマットろ材を、高さ 30 cm、長さ 36 cm にカットし、ロール状に巻いて設置した。植種汚泥には、長岡中央浄化センターから採取した消化汚泥 (MLVSS 7400 mg · L⁻¹) を使用した。消化汚泥と Widdel 培地を体積混合比 1:9 で混合し、混合液を、CO₂ ガスと H₂ ガスで嫌気状態にしたリアクター内に流し入れ循環させることで植種した。Widdel 培地は、DSMZ870 の組成を参考に、一部変更して調製した。

基質である CO₂ ガスと H₂ ガスは、リアクターに供する前に混合し、混合ガスをリアクター下部から連続的に供給した。ガス供給量は、50 mL · min⁻¹ であり、混合比率は式.1 に示すサバティエ反応に基づいたメタネーションの基本式の化学量論比を参考に CO₂ : H₂ = 1 : 4 とした。循環させている混合液を、リ

アクター下部から 20 mL 採取し、pH, s-COD を測定した。採取後、Widdel 培地を新たに 20 mL ポンプを介してリアクター内に追加した。

リアクター上部から採取したガスをガスクロマトグラフに供し、ガス濃度を測定した。



3. 実験結果および考察

バイオメタネーションリアクター運転開始から経過日数 11 日間までのガス濃度の結果を図.2 に示す。ガス流量 $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ の条件において、実験開始 10 日目の時点でメタン濃度の上昇が確認された。このときのメタン生成速度は $1.4 \text{ L} / \text{day}$ であった。我々の先行研究においても、メタン生成が確認されたのは 13 日目であり、先行研究と同等にリアクターの運転が開始できたと考えられる。

次に、運転開始から経過日数 11 日までの pH の推移を図.3 に示す。2 日目の 7.0 から徐々に酸性へと変化し、11 日目には 5.9 となった。

次に、運転開始から経過日数 11 日までの s-COD の推移を図.4 に示す。2 日目に $404 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、4 日目に $541 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ へ上昇し、6 日目には $2657 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ へと大幅に上昇した。先行研究では、s-COD と揮発性脂肪酸 (VFA) は同様の値を示していたため、本実験のリアクター内でも VFA の増加が考えられる。また、VFA の増加がリアクター循環液の pH が低下した原因と判断できる。

4. 結論および今後の展望

連続メタネーション実験において、本実験で用いた散水ろ床方式によるリアクターはガス流量 $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ (ガス滞留時間 4.2 時間) では 10 日目にメタン生成が確認された。先行研究では、運転開始 35 日目までメタン濃度の上昇が見られたことから、本実験でも同様にメタン濃度が上昇するものと考えられる。先行研究では経過日数が進めにつれて循環液の pH が 4.5 程度まで下がっていたため、本実験でも今後さらに pH が下がることが考えられる。今後は pH を 6.5-7.5 に維持するための策が必要だと考えられる。加えて VFA の測定や担体に付着している微生物

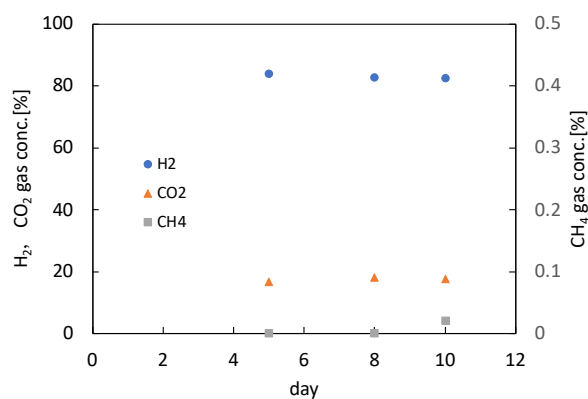


Fig. 2. Variation of gas concentration

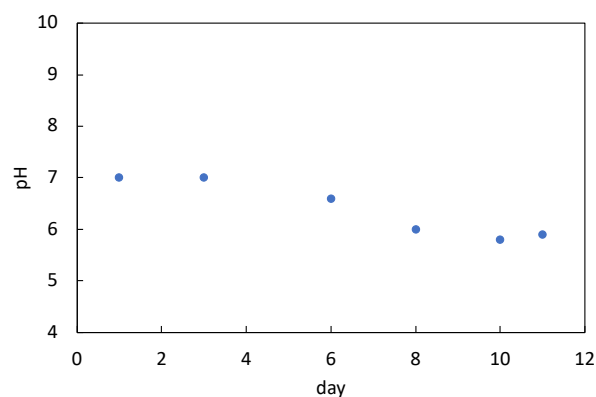


Fig. 3. Time-evaluation of pH

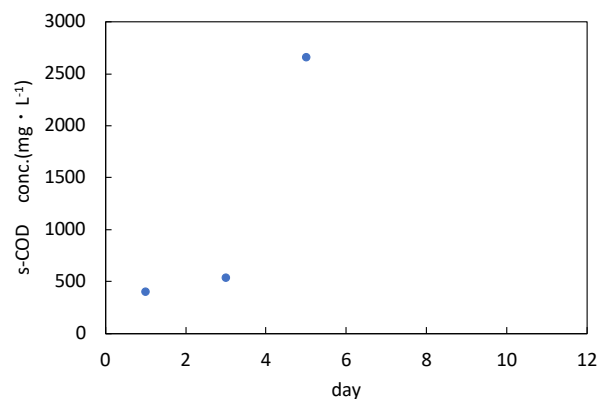


Fig. 4. Soluble COD concentration

物群集を解析することでメタン濃度向上のためのリアクター内の状況をより詳しく調べる必要がある。

参考文献

- 1) 環境省:2021 年度(令和 3 年度)の温室効果ガス排出・吸収量(確報値)について[Online].
Available from:<[https://www. env. go. jp/content/000128750. pdf](https://www.env.go.jp/content/000128750.pdf)>.
- 2) 山田光陽. (2022) . DHS リアクターを用いたバイオメタネーションに関する研究. 長岡技術科学大学修士論文
- 3) DSMZ870:SYNTROPHOTHERMUS MEDIUM[Online].
Available from:<<https://bacdiv.dsmz.de/strain/16695>>.