

低温環境における UASB リアクターの処理性能の調査

長岡技術科学大学院 (学) ○原田隆大 (正) 渡利高大 (正) 幡本将史 (正) 山口隆司

1. はじめに

上昇流嫌気性汚泥床 (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) 法は嫌気的に廃水を処理する代表的な処理法である。この処理法は好気性処理法の一つである活性汚泥法と比較し、余剰汚泥発生量が少ないこと、曝気動力が不要なこと、メタンガス生成によるエネルギー回収が可能なこと等の利点がある^{1) 2)}。しかし、メタンガスの生成を担っているメタン生成古細菌は低温環境下で活性を維持できないことから、UASB 法が適用できる地域は、リアクター内部の水温を 20℃以上に保つことが容易な熱帯、亜熱帯地域がほとんどである³⁾。広範囲で適用させるためには低温環境下でも処理可能な UASB 法の開発が急務となっている。そこで本研究グループは低温環境下でも活性可能な硫酸塩還元細菌に着目し硫酸塩還元細菌を豊富に含んだ UASB リアクターの連続運転実験を行った。また我々が知る限りでは、硫酸塩還元細菌を用いた UASB リアクターの温度影響を調査した知見は少ない状況にある。そこで本研究では前述の UASB リアクターの水温を 10℃、17℃および 30℃条件に変化させて運転した時の水質プロファイルと比較することで得られた知見と、低温 UASB リアクターの処理性能について調査した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 UASB リアクターの運転条件と供給基質

本研究で用いた UASB リアクターの概要図を図-1 に示す。UASB リアクターの有効容積は 13.9L とした。UASB リアクターは 500 日間、17-18℃ (低温環境) の恒温室で運転した。ただし 357-390 日の期間は 28-30℃ (中温環境)、400 日目以降は 9-10℃ (低温環境) に槽内の温度を制御して運転した。水理学的滞留時間 (HRT) は 8 時間とした。

模擬排水は糖蜜と硫酸塩の濃縮液を用い、流入水の終濃度がそれぞれ 2.0mM および 200mg-COD/L になるように水道水で希釈して供給した。流入水の pH はリン酸緩衝液を用いて、槽内の pH が 7.5 前後に維持されるように調整した。

2.2 分析方法

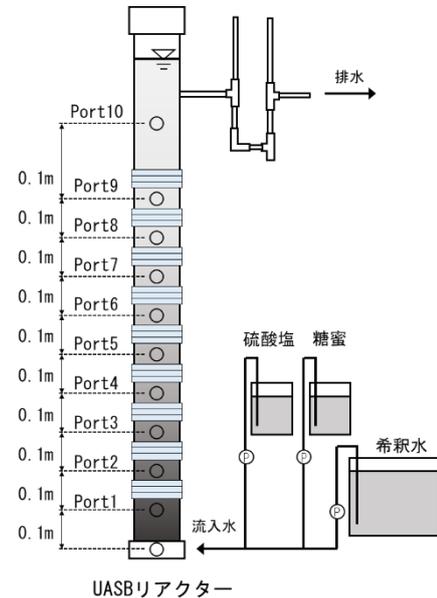


図1 UASB リアクターの概要図

UASB リアクター内の試料水のサンプリングは port1 (高さ 0.1m) から 9 (0.9m) にかけて 0.1m 間隔の位置で採取した。pH、ORP および水温は pH/ORP メーター (TPX-999Si, 東項興科学研究所) を用いて測定した。COD 濃度は重クロム酸カリウムによる酸素要求量 (HACH, Method800) により測定した。加えて、COD 測定の前段処理として、試料に硫酸を添加し、窒素ガスパージを行うことで硫化物除去を施した。有機酸、硫酸塩濃度はキャピラリー電気泳動 (Agilent7100, Agilent technology) を用いて測定した。溶存硫化物濃度は下水道試験法に準じて測定した⁴⁾。

3. 実験結果および考察

図-2に UASB 基軸高さ方向における水質プロファイル結果を示す。有機酸のうち、乳酸塩、ギ酸塩およびプロピオン酸塩は検出限界値 (0.1mg/L) 以下であった。すべての温度条件の COD はリアクター高さ 0.1m 地点で 27%以上除去された (図 2A)。特に 30℃ の COD 除去率はリアクター高さが上がるに伴い増加し、リアクター高さ 0.9m 地点では COD 除去率が 70.9%であった。しかし、10℃および 17℃条件の COD 除去率はリアクター高さ 0.1m 以上で横ばいとなっ

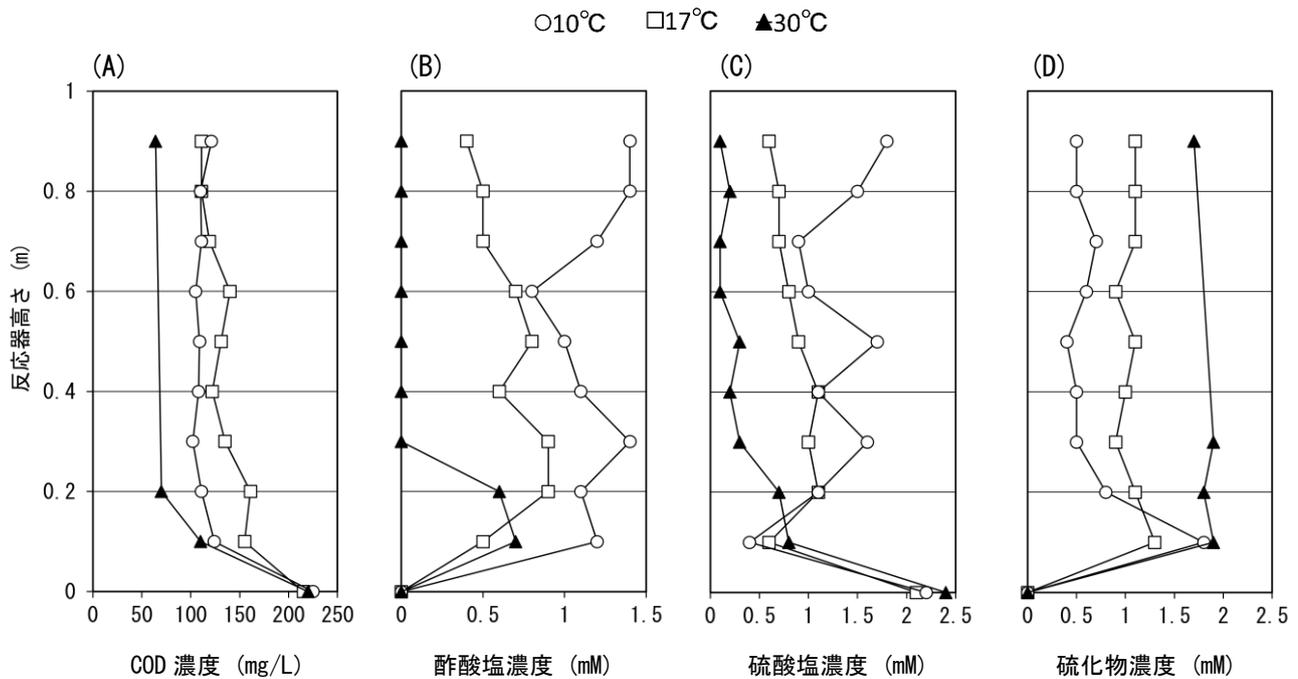


図2 UASB リアクターの基軸高さ方向における水質プロファイル結果

た。また 30°C 条件の酢酸塩濃度はリアクター高さ 0.3m 以上で蓄積されなかったが、10°C および 17°C 条件では UASB リアクター内に蓄積していることが分かった (図 2B)。これはリアクター内の温度が 17°C 以下になると酢酸資化性のメタン生成古細菌の活性が低下し、酢酸塩の消費量が減少し、COD の除去率を停滞させたことが示唆された。

全ての温度条件の硫酸塩濃度はリアクター高さ 0.1m で減少した (図 2C)。しかし 30°C 条件の硫酸塩濃度はリアクター高さが 0.1m 以上では減少傾向であり、0.9m において 0.1mM となった。一方、10°C 条件の硫酸塩濃度はリアクター高さ 0.1m 以上で増加傾向であり、17°C 条件では横ばいとなった。すべての温度条件の硫化物濃度はリアクター高さ 0.1m で増加した。これは硫酸塩の還元反応が要因と考えられる。17°C および 30°C 条件の硫化物濃度はリアクター高さ 0.1m から 0.9m まで横ばいとなった (図 2D)。一方、10°C 条件の硫化物濃度はリアクター高さ 0.1m 以上では減少傾向であり 0.9m 地点では 0.5mM であった。これらのことから、10°C 条件の UASB リアクターは、リアクター高さが 0.1m 以上で硫酸塩濃度の増加と硫化物濃度の減少が確認されたため、硫化物の酸化反応が起こることが示唆された。

以上の結果から、UASB リアクター内部の水温が 10°C (低温環境) で、糖蜜模擬排水と硫酸塩を供給し

た場合、嫌氣的硫黄酸化反応が起こることが示された。

4. 結論

本研究では、硫酸塩還元細菌を豊富に含む UASB リアクターの水温を 10°C、17°C および 30°C 条件に変化させて運転した時の処理性能と水質プロファイルを調査した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 低温環境 (10°C, 17°C) の UASB リアクターでは酢酸塩の蓄積により、COD 除去率が低下した。
- 2) 低温環境 (10°C) の UASB リアクターでは嫌気環境下にもかかわらず、硫化物の酸化反応が起こることが示された。

参考文献

- 1) Mainardis, M.; Cabbai, V.; Zannier, G.; Visintini, D.; Goi, D. Characterization and BMP tests of liquid substrates for high-rate anaerobic digestion. *CheM. BiocheM. Eng.* 2018, 31, 508–518.
- 2) Mainardis, M.; Goi, D. Pilot-UASB reactor tests for anaerobic valorisation of high-loaded liquid substrates in Friulian Mountain area. *J. Environ. CheM. Eng.* 2019, 7, 103348.
- 3) Suitability of UASB Reactor System in Tropical Developing Countries like India. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2319-7064, 2013.
- 4) 公益社団法人日本下水道協会, 下水試験方法 (上巻). 日本下水道協会, 2012 年版: 363-365