バイオガスよる阻害物除去機能を有する新規嫌気処理リアクターの開発
～阻害物除去に及ぼす各因子の影響評価～

国立環境研究所　　正会員　○小野寺 崇，珠坪 一晃，水落 元之

１．はじめに

嫌気性処理法は，廃水・廃棄物からバイオガスとしてエネルギーを回収できるため，エネルギー安全保障や地球温暖化問題への関心の高まりによって再び注目を集めている。しかし，嫌気性処理の技術的な課題の一つは，好気性処理に比べて処理性能が不安定なことである。嫌気性処理における処理性能の安定化・効率化には，嫌気性微生物の活性を低下させる阻害物の低減が有効な方法となる。阻害物には，廃水に含まれる塩類などに加えて，有機物の嫌気処理の過程で生じる硫化水素，アンモニア，水素等も含まれる。この硫化水素やアンモニアの除去には，希釈や薬品を添加する方法があるが，処理水量の増大や運転コストが課題となる。一方，メタン生成槽のバイオガスを利用して，前処理槽（酸生成槽）において硫化水素（もしくはアンモニア）をストリッピング除去する方法では，pH 調整以外の薬品添加が不要となる利点がある。しかし，バイオガスを前処理槽に導入するためには，ばっ気のための装置や動力が必要となることが欠点となる。

そこで本研究では，嫌気性処理の阻害物を除去することが可能な，ユニークな構造的特徴を有する新規リアクターを提案し，嫌気性処理処理における新たな基盤技術として開発することを目的とした。従来技術は，１相式もしくは２相式処理法であるが，本技術は２相式メタン発酵法と同様，液相部は分かれながら，気相部は連結している構造である。この結果，各相において別々に pH を管理しながら，メタン生成相から発生したバイオガスが連結部分を通り抜け，ガスストリッピングに利用できる特徴を有する。

本技術のポイントは，前段槽（硫化水素やアンモニアなどの阻害物を除去）における阻害物除去効率を高めることにより，後段のメタン生成反応の安定化・効率化を進めることである。そのため，本研究では，前段における阻害物除去効率の向上のため，阻害物除去に与える様々な要因の影響を評価することを目的とした。

２．実験方法

２-１．リアクター構造

本リアクターの概要図を図１に示す。本リアクターは，２相式メタン発酵法における前段（酸生成相）と後段（メタン生成相）が上下に半連結した構造であり，メタン生成相で発生したバイオガスが酸生成相に無動力で供給される仕組みとなる。このため，ガス攪拌による反応速度の向上とともに，阻害物（硫化水素，アンモニア，水素など）をガスストリッピングで除去できるため，後段のメタン生成反応の安定化・高速化を図る狙いである。上段と下段の境界面には，本研究で独自に開発した「気体式液体仕切弁」を用いることで，上段（酸生成相）と下段（メタン生成相）の液相部は混合せずに，下段のバイオガスが気体式弁を通過して上段に供給することが実現する。仕切弁は，上下の分離板に穴を空けて煙突状にして，その上に隙間を設けてキャップをかぶせた構造である。ここで，キャップ内にガスが溜まると上段と下段の液体は混合されない。同時に，下段からバイオガスが発生するとキャップの貯留ガスが溢れて，上段に無動力で供給される仕組みである。

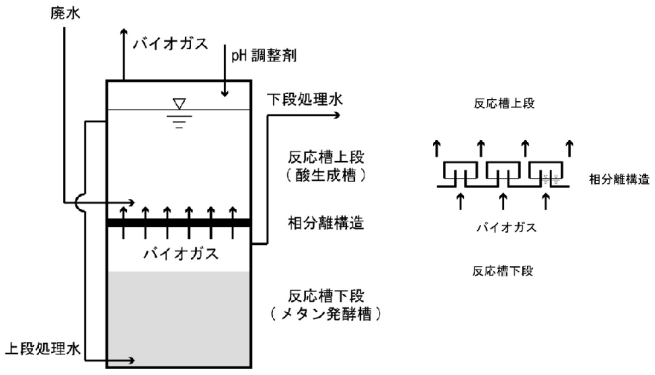

図１　本提案リアクターの概要図

キーワード　バイオガス，阻害物除去，ガスストリッピング，嫌気性処理，新規リアクター
連絡先　〒305-0081 茨城県つくば市小野川 16-2 国立環境研究所地域環境研究センター ＴＥＬ029-850-2494

© Japan Society of Civil Engineers

2-2. 阻害物除去試験

本実験では，塩化ビニール製のリアクターカラムを用いて行った。本実験ではバイオガスが供給される上段（前段）のみに着目して実験を行った。リアクター容量は本体部が 6.02 (L)とした。バイオガスを模擬して N_2 ガスをポンプにて供給した。供給したガスは相分離構造を通過して硫化物除去を行う上部リアクターに供給される仕組みとした。リアクター温度は 35℃とした。供給した N_2 ガス量は流出側にガスメータ（WS-1A 型，シナガワ）を設置して測定した。硫化物濃度は，リアクター内部から溶液をサンプリングし，チューブ内に密封した後に硫化物センサーで測定した（LAQUA, Horiba）。

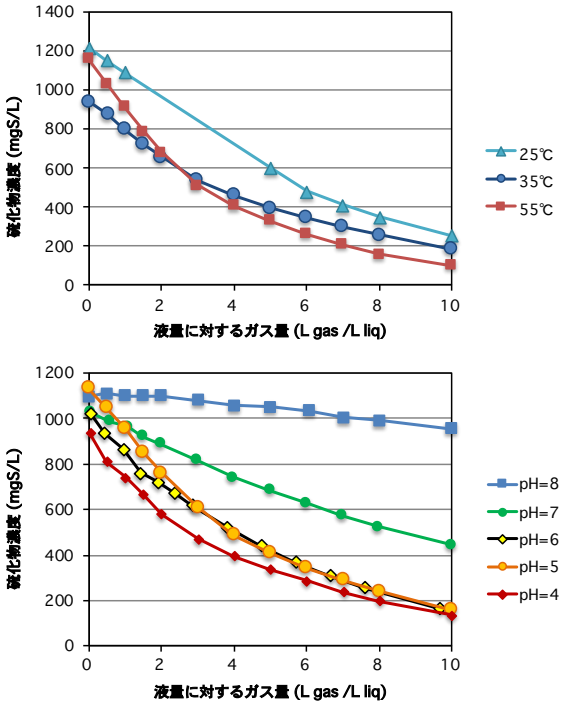

図２　ガス導入量と硫化物濃度の関係
（上）温度の影響、（下）pH の影響

３．実験結果と考察

本リアクターシステムでは，上段の酸生成相において硫化水素等の阻害物をストリッピングにより除去が可能となる。既往の実験において，低～中濃度の有機性排水である，有機物濃度 COD 6000 mg/L 除去で生成するバイオガス量と同量の N_2 ガスを導入したところ，高濃度の硫化物濃度を，メタン生成活性が通常時の 10%以下まで低下するレベルから，80%以上の活性を維持できるレベルまで抑制することが確認され，本システムが十分に実現可能であることが分かった [1,2]。さらに本研究では，pH に代表される各因子（水深，温度，ガス量，ガス粒径など）がガスストリッピング効率に与える影響を把握した。

図 2（上）に H_2S ストリッピング試験における，pH=8, 7, 6, 5, 4 の条件での H_2S 濃度を示した。その結果，pH が H_2S 除去性能に大きく影響していることが示された。pH を 6 以下では H_2S 除去効率が高かったが，メタン生成相の至適 pH である中性付近では H_2S 除去効率が低いことが示された。これは本リアクターの特長である前段の酸生成槽（阻害物除去）と後段のメタン生成槽を分けることで，阻害物除去とメタン発酵の至適 pH を別々に管理することのメリットが示されたといえる。図 2（下）では，温度が高いほど H_2S 除去効率が高いことが示された。このため，中温（35℃）だけでなく，高温（55℃）メタン発酵においても高い除去効率が期待できることを示唆された。

４．結論

本研究では，新規嫌気処理リアクターでは，上段の阻害物除去槽において，ガスストリッピングに及ぼす各因子の影響を評価した。その結果，硫化物除去において，pH および温度の影響が顕著であることを確認した。特に pH が低い時には，硫化水素の除去効率が高いことから，本リアクターによる相分離機能のメリットである阻害物除去とメタン生成反応の両者の効率化に十分に期待できることが示された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K04416 および鉄鋼環境基金の助成を受けたものです。

参考文献

1) Onodera et al., 2011 *J. Env. Sci. Heal. A*, 46, 1721−1731.
2) 小野寺崇，珠坪一晃，水落元之，阻害物除去にバイオガスを利用可能な新規嫌気処理リアクターの開発，土木学会第 72 回年次学術講演会，VII-198, 2017.

© Japan Society of Civil Engineers