

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

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、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り再び注目を集めている。しかし嫌気性処理では、好気性処理に比べて処理性能が不安定であることなどの課題がある。嫌気性処理における処理性能の安定化には、廃水に含まれる阻害物の低減が有効な方法の一つである。阻害物には、有機物の嫌気分解の過程でしばしば生じる硫化水素やアンモニアなども含まれる。このとき、硫化水素の除去方法としては、(1) 原水を希釈して阻害レベル以下の濃度に低減、(2) 金属イオンを添加して、硫化金属の沈殿物を生成／除去する、(3) モリブデン酸塩を添加して硫酸還元菌を阻害、(4) バリウム塩を添加して、沈殿物を生成／除去する方法などがある。一方、アンモニア阻害の回避方法としては、(1) 原水希釈、(2) 投入基質の窒素濃度 (C/N 比) の調整、(3) 加水分解・アンモニア生成後のアンモニアストリッピング、(4) ゼオライトの添加によるアンモニアの吸収などがある。これらの硫化物およびアンモニア除去法では、希釈水や薬品添加が必要であることが課題である。それに対して、生成するバイオガスをガストリッピングに用いることで、硫化水素もしくはアンモニアを除去する方法がある。しかし、メタン生成相から発生したバイオガスを前段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であり、イニシャルおよびランニングコストが高くなることが課題となる。

そこで本研究では、前処理槽においてバイオガスによる阻害物のストリッピングに利用できるようにするため、メタン発酵槽から発生するバイオガスを前処理槽に導入可能なリアクターシステムを開発した。このリアクターのコンセプトは、嫌気性処理で生じるバイオガスを用いて、嫌気性処理の安定化を図るものであり、本研究独自のアイデアである。

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、キャップに貯留されているガスが溢れて、上段に無動力で供給される仕組みである。

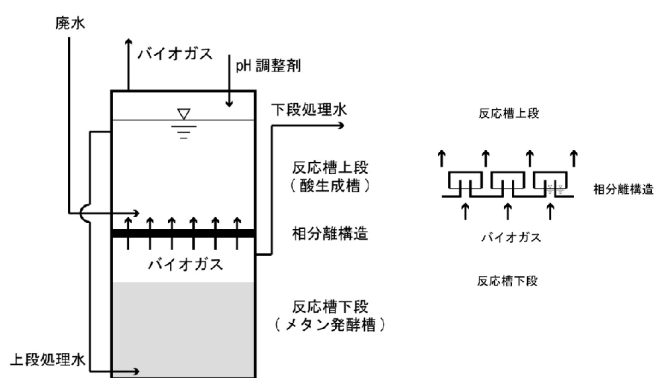


図-1 本提案リアクターの概要図

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、キャップに貯留されているガスが溢れて、上段に無動力で供給される仕組みである。

キーワード バイオガス, 阻害物除去, ガストリッピング, 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 TEL 029-850-2494

本リアクターの特徴は、1) バイオガスによる無動力攪拌、2) バイオガスによるストリッピング効果、3) 各槽において pH 管理が可能、4) 各槽において汚泥管理が可能なことである。

2-2. トレーサー試験

本リアクターに水を連続供給し、KCl 溶液 (2 mol/L) をトレーサーとして用いた試験を行うことで、相分離機能 (上段と下段の水が混合しない) が発揮されるか検証した。また、後段リアクターに N_2 ガスを供給し、メタン生成槽においてガスが連続的に発生していることを模擬した条件下においても検証した。対照系として、気体式弁が機能しない条件下においてもトレーサー試験を行った。全リアクター容量 (チューブを含む) は 12.7 (L) とした。トレーサーの検出には電気伝導度計 (Horiba, LAQUact, D-74) を用いた。流量は約 1000 (mL/min) に設定した。このときの理論 HRT は 12.7 (min) とした。実験を簡便に行うために通常運転時に想定される HRT よりも短く設定した。

2-3. 障害物除去試験

本リアクターにおける硫化水素除去を検証するため、硫化物を含む水に N_2 ガスを供給し、ガス供給量に対する液中の硫化物濃度を把握した。リアクターは円筒形であり、容量は 6.0 (L)、水位は 1.14 (m) とした。初期硫化物濃度は 1,000 (mgS/L) に設定した。pH は硫酸で調整して 5.4~6.2 とした。pH は酸生成槽のレベルとした。温度は 20°C とした。実験はバッチ試験で行った。1 L の液量に対するガス供給量は 0.5~8.0 (L) とした。このガス量は低濃度~中濃度の有機性廃水の嫌気性処理に伴うガス発生量を想定した。

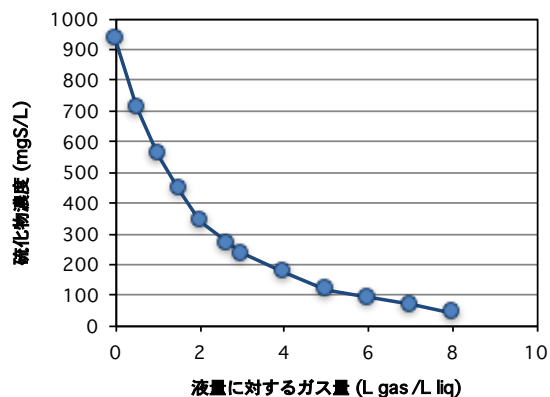


図-2 ガス導入量と硫化物濃度の関係

3. 実験結果と考察

3-1. トレーサー試験

本リアクターの相分離機能を検証するためのトレーサー試験では1) 相分離あり、2) 相分離なし、3) 相分離あり・ガス供給ありの条件で実験を行った。その結果、トレーサーのピークが現れたのは、1) 相分離なしの条件では 1:30 であるに対して、2) 相分離ありの条件では 11:15 であった。同様にガス供給を行った実験系においてもピークは 10:00 となっており相分離機能が発揮されたことが示された。

3-2. 障害物除去試験

図2に窒素ガス導入量に対する硫化物濃度の低減を示す。低~中濃度の有機性排水を想定し、有機物濃度として約 6000 mg COD/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、液中の硫化物濃度が 1000 mgS/L から約 200 mgS/L まで低減できることが確認された。これは、硫化物濃度とメタン生成活性の関係を調べた結果 (35°C, pH 7.5)¹⁾に基づく、硫化物濃度 1000 mgS/L では、メタン生成活性が 10%以下まで低下するが、硫化物濃度 200 mgS/L では、80%以上を維持できるため、ガス導入によって硫化物障害の影響を大きく低減できることを示している。

4. 結論

本研究では、新規嫌気処理リアクターを構築したところ、上段と下段の液相を分けた条件下においても、無動力でバイオガスを下段から上段に導入できることを確認した。また、硫化物を含む水を用いたガスストリッピング試験の結果から、本リアクターが高い障害物除去能を有していることが示唆された。

参考文献

1) Onodera et al., 2011 *J. Env. Sci. Heal. A*, 46, 1721-1731.