

硫酸塩還元菌とメタン生成菌との酸素耐性の差を利用した安定的なメタン回収

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○照喜名 恭子
山口大学大学院理工学研究科 正会員 今井 剛
大同特殊鋼株式会社 非会員 井篁 俊人

1. 研究背景及び目的

現在、我が国では『大量生産、大量消費、大量廃棄』型の経済活動のもと豊かで多様な社会生活が営まれてきた反面、温暖化やエネルギー枯渇など様々な環境問題が山積みとなっており、早期に循環型社会の実現が求められている。そこで、この問題を解決すべく、廃水処理の分野においては余剰汚泥の発生量が少なく、省エネルギー的である嫌気性処理法が注目されている。近年では処理プロセスの開発が進み、産業廃水などへと適応廃水種も拡大され、高濃度硫酸塩含有廃水も処理対象となってきた。しかし、このような廃水の処理においては図1のように、基質分解経路の最終段階で硫酸塩還元菌(SRB)とメタン生成菌(MPB)が基質競合し、SRBが容易に優勢となりMPBの活性が低下し、メタン発生量を低下させる問題が生じる。また、SRBによる硫酸塩還元反応が生じたときに強い毒性を持つ硫化水素が発生し、MPBはさらに阻害を受ける。よって安定的なメタン回収を行うためには、SRBによるMPBへの阻害を軽減する必要がある。これまでの研究で反応槽内に酸素を導入することでSRBによるMPBへの阻害を軽減できることが明らかとなっている。このことについては以下のような要因が考えられる。

- ①反応槽内に蓄積された硫化水素をストリッピングにより反応槽外へ排出する。
- ②MPBよりもSRBの方が酸素耐性が低く、酸素導入によってSRBの活性が抑制される。
- ③反応槽内に蓄積された硫化水素を酸化させ無害な硫黄とする。

しかしながら、上記の3つの要因のうち、どれが阻害を軽減している主要因であるのか不明であったが、昨年度までの研究により①のストリッピング効果については検討がなされ、その効果が確認された。また、昨年度の研究では、②と③の効果についても酸素を導入することでSRBの活性を抑制する効果が確認され、3つの要因のうちそれぞれの効果を調べていく研究がこれまで行われてきた。しかし、この②と③の効果は反応槽内に酸素を導入すると同時に起こるため、どちらの効果がより有効であるのかわかっていない。そこで本研究はこれらの要因を分けて、②のMPBとSRBの酸素耐性の差について検討を行うことを目的とした。

2. 実験手順

SRBとMPBのそれぞれの酸素耐性の検討としては、人工基質と薬品添加によって嫌気性消化汚泥をMPBのみ、もしくはSRBのみが活性を有する状態を作り、その条件下で、段階的に酸素導入量を増加させることにより行う。これにより、より多くの酸素を導入しても活性が低下しなかった系の方が、酸素耐性が高いということを明らかにできる。なお、純菌だけを用いて評価を行うことも考えたが、そのようにすると実際の工業廃水の処理に即した指針を決定することが難しく、また、純菌を用いなくてもMPBとSRBが単独で活性を有する状態を十分に作り出すことができると考えられるため、上記の手順で実験を行った。MPBのみ活性を有するものを系統1、SRBのみ活性を有するものを系統2とする。

3. MPB活性抑制剤の適正な添加量に関する検討

3. 1 実験方法及び条件

本実験では、嫌気性微生物のメタン生成活性を測定する1つの方法であるバイアルビンを用いた活性試験を行った。この試験は種々の条件下で多量の実験条件を同時に、かつ簡単に行えるという利点を有している。これまでの研究よりMPBの活性抑制剤として用いるBESは、多量に添加を行うとMPB以外の嫌気性微生物にも影響を与え、活性を低下させてしまうことが確認された。よって本実験ではMPBの活性を低下させ、かつSRBの活性を低下させない最適なBES添加量を求める。基質として酢酸を用いているため、その消費量を比較することにより、BESの適正な添加量

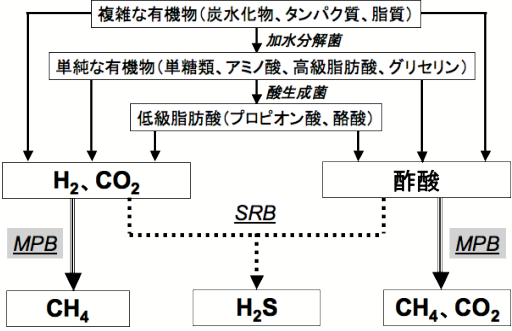


図1 嫌気的基質分解経路

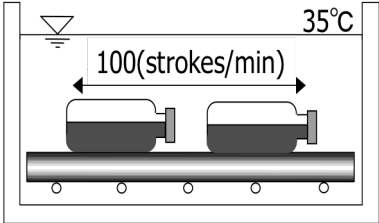


図2 恒温振とう器

表1 実験条件

槽内温度	35℃
振とう速度	100strokes/min
基質濃度	1000mg-COD _{Cr} /L
BES添加量	0g/L, 1.0g/L, 2.5g/L, 5.0g/L

について検討を行う。装置の概略図を図2に、実験条件を表1に示す。

3. 2 実験結果及び考察

BES 濃度を变化させた実験における酢酸の経時変化を図3に示す。BES を 1.0g/L 添加した系では、実験開始時と比べ約 50%の基質の消費がみられ、SRB の活性が低下していないことが確認できた。また、積算メタンガス発生量の結果を図4に示す。コントロールではメタンガスが発生しており、MPB の活性が高いことが確認できたが、BES を添加した系はメタンガスがほとんど発生せず、MPB の活性が低下していることが確認できた。以上より MPB の活性を低下させ、SRB の活性を低下させない BES の適正添加量を 1.0g/L と決定した。

4. MPB と SRB の酸素耐性に関する検討

4. 1 実験方法及び条件

本実験では系統①と②とに同量の酸素を導入し、MPB と SRB の酸素耐性を検討する。実験装置は3. で用いたものと同じとし、槽内温度、振とう速度、基質濃度も同条件とする。3. の結果より系統②に添加する BES 濃度は 1.0g/L とし、導入する酸素を 0、1.0、3.0、5.0、10.0mL と段階的に変化させ、酸素耐性の検討を行う。基質として酢酸を用いているため、酢酸の消費量とガス発生量について測定を行うことで MPB と SRB の活性を比較した。

4. 2 結果及び考察

導入酸素量を 1.0mL と 3.0mL 導入した場合の酢酸の消費量はほぼ同じ傾向を示し、系統①と系統②との酸素耐性の差は現れなかった(データ非表示)。酸素導入量 5.0mL と 10.0mL の酢酸の経時変化を図5、図6に示す。系統①では順調に基質である酢酸が消費されて、最終的にはほぼ 100%の消費が確認できた。系統②では約 100 時間までにコントロールでは約 20%、酸素導入量 5.0mL では約 30%、酸素導入量 10.0mL では約 50%の消費が確認できた。また、系統②ではメタンガスが全く発生していなかったことから基質の消費は SRB によるものと考えられる(データ非表示)。BES による SRB への阻害効果も考えられるため、単純に系統①と系統②の比較はできないが、約 100 時間経過した頃から系統②ではグラフが横這いとなり、基質が消費されておらず、SRB の活性が低下したと考えられる。よって高濃度の酸素を導入した場合、MPB よりも SRB の方が酸素耐性が低いことが確認できた。

系統①の積算メタンガス発生量を図7に示す。酸素導入量 5.0mL のときのメタンガス発生量はコントロールと同様に活性が高く、約 12mL のメタンガスを発生しており、これは投入した基質の約 70%にあたる。酸素導入量 10.0mL のときは約5mLのメタンガスを発生し、これは投入した基質の約40%にあたる。酸素導入量が 10.0mL のときも基質はほぼすべて消費されたため(図5)SRB が活動していたことがわかる。これは系統①には硫酸塩を投入していないが、基質中の無機塩類に含まれる微量の硫酸塩が原因で SRB の活動を十分に抑制できなかったことによると考えられる。また、バイアルビンの気相部が25mL に対して導入酸素量が5mL であることはバイアルビン内の約 20%が酸素ということになる。これは空気中の酸素の割合と同程度である。よって、酸素が多量に含まれる環境下でも MPB はメタンを生成することができ、従来いわれているよりも高い酸素耐性を有する可能性があることが示唆された。

5. まとめ

本実験では、SRB よりも MPB の方が酸素耐性が高いことが判明した。また、MPB は極めて高い酸素耐性を有する可能性があることもわかった。

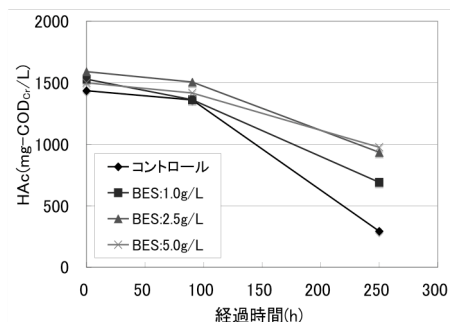


図3 BES 濃度変化時の酢酸の経時変化

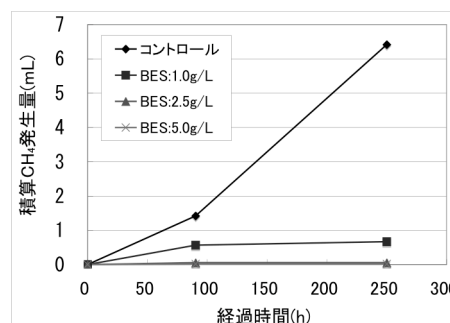


図4 積算メタンガス発生量

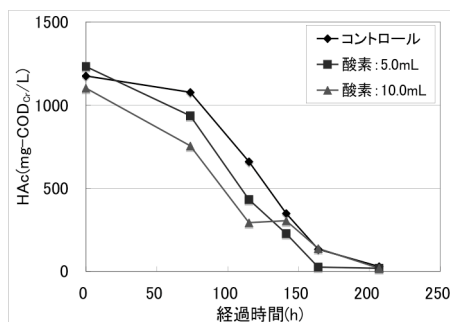


図5 系統① 酢酸の経時変化

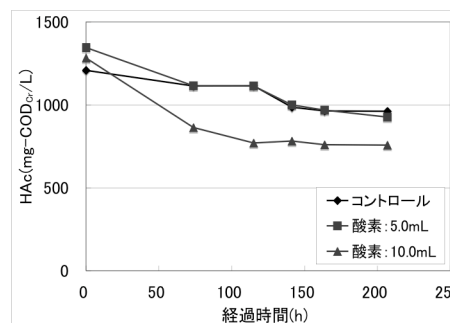


図6 系統② 酢酸の経時変化

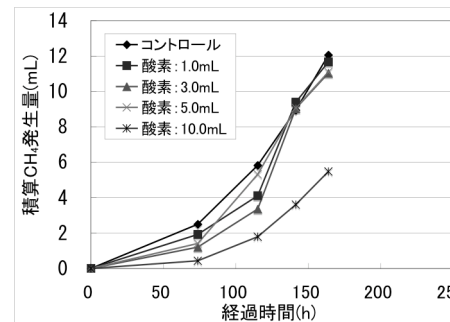


図7 積算メタンガス発生量