

(68) 嫌気性生物処理における適正量の酸素導入による硫酸塩還元菌の制御に関する基礎的研究

井篁 俊人・王 新海・今井 剛*・荒金 光弘・樋口 隆哉・関根 雅彦

山口大学大学院理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)

*E-mail: imai@yamaguchi-u.ac.jp

嫌気性処理法はメタンが回収できる創資源型省エネルギー廃水処理法として広く用いられている。しかしながら、廃水種によってはメタン生成菌に対する硫酸塩還元菌の阻害が問題となっている。そこで本研究では、反応槽内に酸素を導入することでこの阻害を低減することに着目し、その酸素導入効果について検討を行った。効果の一つと考えられるストリップング効果は、硫酸塩還元菌により生成される硫化水素を系外に放出するものである。実験結果から、ストリップングにより安定的なメタン回収ができることがわかった。また、もう一つの効果として、酸素耐性の違いによる硫酸塩還元菌の活性制御および硫化水素の酸化効果が確認された。実験結果から、酸素導入により安定的なメタン回収ができることがわかった。

Key Words : sulfate reducing bacteria, methane producing bacteria, oxygen introduction, inhibition

1. はじめに

現在、我が国では従来からの「大量生産・大量消費・大量廃棄」的経済システムによってさまざまな環境問題が引き起こされている¹⁾。例えば、化石燃料を使用した後に温室効果ガスである二酸化炭素が多く排出されている。こうした現状を打開するため、2005年に京都議定書が発効した。また、2000年に循環型社会形成推進基本法が施行され、2002年にはバイオマスニッポン総合戦略が策定された。これらにより、環境・エネルギー等に関わる諸問題を解決し、さらにそれに関連した新産業（環境保全型産業）を創出することで、地球環境の保全に貢献していく²⁾ 必要性が認識されるようになった。

このような環境保全型産業への転換のためには、創資源・省エネルギー型の技術開発が不可欠となる³⁾。創資源・省エネルギー型技術であり、かつ循環型システム構築のための技術として、メタン発酵プロセスが注目されている。この技術の特徴は、処理過程の最終段階で発生するメタンをエネルギーとして回収ができ、また、そのエネルギー回収率が非常に高い⁴⁾ ことである。さらに、好気性処理法と比較して、余剰汚泥の発生が少なく、エアレーションを必要としないために省エネルギー的であることも優れた特徴である。このような利点故に、近年そのプロセスの開

発が進み、適応廃水種が拡大されてきている⁴⁾。しかし、廃水種が拡大されたことにより、ある特定の業種の工場（製紙・パルプ、石油精製、アルコール蒸留など）や畜産場、鉱山などから排出される廃水の嫌気性処理プロセスにおける硫酸塩還元菌（sulfate reducing bacteria: SRB）の阻害の影響が問題となっている。それは、SRBはメタン生成菌（methane producing bacteria: MPB）と基質競合の関係にあり、SRBはMPBと競合して容易に優勢となる⁵⁾からである。またMPBは基質競合による阻害を受けるだけでなく、優勢となったSRBの硫酸塩還元反応による硫化水素の生成によって、MPBはさらに阻害を受ける⁶⁾。このようなMPBとSRBの関係があるため、効率的にメタンを回収するには、SRBの活性を抑制し、MPBへの阻害を低減する必要がある。しかしながら、MPBとSRBの最適pHや生息温度の範囲はほぼ同じであり、それら運転操作条件の調節によりSRBのみの活性を抑制することは難しい。

これまでの研究により、反応槽内に酸素を導入することによって、SRBによる阻害を低減できることが明らかにされている⁷⁻¹⁰⁾。酸素を導入することで得られる効果は、①ストリップングにより反応槽内の硫化水素を反応槽外へ排出させる効果、②酸素導入によるSRBへの選択的阻害効果（酸素導入による酸素耐性の低いSRBの活性抑制効果及びSRBによ

て生成される硫化水素の酸化効果)の二点が考えられる⁸⁾⁻¹⁰⁾。しかしながら、どちらの効果がSRBによるMPBへの阻害低減に支配的であるのかを把握できていない。

そこで本研究では、酸素を導入することで得られると考えられる上記の2つの効果について個別に検討する。まず、ストリッピング効果により、硫化水素を反応槽内から排出できるかについて検討する。次に、酸素導入による選択的阻害効果について、硫酸塩添加比の違いによる適正酸素導入量を検討し、酸素導入効果が現れる硫酸塩添加比について検討する。

2. 実験装置及び方法

(1) ストリッピングによる阻害低減効果実験

本実験では、酸素によって得られる2つの効果の1つである前述①のストリッピング効果のみを確認するために酸素の代わりにその性質が類似し、しかも嫌気性微生物への毒性がない窒素を装置内に導入して、その効果について検討する。

本実験で用いたUASB装置の概略を図-1に示す。本実験で用いた装置は、有効容積10Lのリアクター部分と、発生ガスを捕集する発生ガス測定器、及び処理水量測定器で構成されている。この装置を2セット用いた。また、反応槽内の温度はMPB(中温菌)を恒常的に保持するのが容易な35℃に維持した。運転条件を表-1に示す。処理水はリアクターの上部から溢流して処理水量測定器に流出させた。生成ガスは、リアクター上部から発生ガス測定器に排出させ、そこで捕集した。また、本実験では人工基質に硫酸塩として硫酸ナトリウムを加え、 $COD_{Cr}:SO_4^{2-}=1:1$ となるように設定した。人工基質の流量は5 L/dayで一定とした。本実験では窒素導入の有無によってストリッピングの効果を確認した。そのため、2つの装置のうち、一方にだけ窒素を運転開始52日目から運転終了まで10L/dayで導入した。窒素ガスを多量に流入させると、装置上部から污泥が流出してしまうため、本実験ではこの流量に設定した。窒素を導入したものを窒素導入系、そうでないものを対照系とした。

(2) 酸素導入によるSRBへの選択的阻害効果実験

前述の②の酸素による効果を検討する。MPB及びSRBはともに嫌気性微生物であるため、酸素導入量が多いとSRBだけでなくMPBの活性も低下し、安定的なメタン回収が困難となる。したがって適正酸素導入量の検討が必要である。また、硫酸塩添加比の違いによりMPBに対する阻害の大きさが変化するた

め、その適正酸素導入量が変化すると考えられる。そこで、本実験では様々な硫酸塩添加比に対する適正酸素導入量を検討する。

本実験では、種々の条件下で多く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、バイアルビンを用いた活性試験を行った。バイアルビン(容積約75mL)に嫌気性消化污泥を50mL入れ、そのビン内に酸素と全ての実験において実験開始時に COD_{Cr} 濃度が1000mg- COD_{Cr} /Lとなるように人工基質を注入し、振とう器(図-2)内にセットし、活性

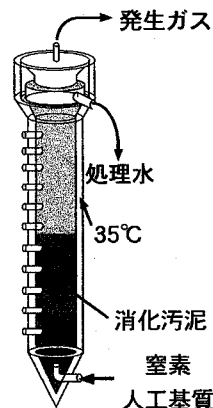


図-1 UASB装置概略

表-1 窒素導入実験運転条件

run	経過日数 (day)	基質濃度 (mg- COD_{Cr} /L)	流量 (L/day)	容積負荷 (kg- COD_{Cr} /m ³ ·day)
1	0 ~ 30	2000	5	0.95
2	31 ~ 85	4000		1.90
3	86 ~ 105	6000		2.86
4*	106 ~ 120	8000		3.81

*対照系については114日目~120日目

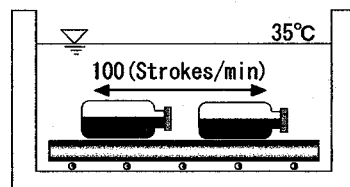


図-2 活性試験装置概略

表-2 SO_4^{2-} 添加量および液量50mLに対する酸素量

$COD_{Cr}:SO_4^{2-}$ g/L:g/L	SO_4^{2-} 添加量 (g/L)	酸素量 (mL)
1:0	0	1.0
1:1	3.3	0.0, 0.5 1.0, 2.0
1:2	6.6	1.0
1:3	9.9	1.0
1:4	13.3	0.1, 0
1:5	16.6	1.0
1:7	23.2	0.1, 0
1:10	33.1	0.1, 0 3.0, 5.0

表-3 人工基質組成表 (10000mg-COD_{Cr}/L)
グルコース基質 無機栄養塩類

グルコース	9.4 (g/L)	A	(NH ₄) ₂ HPO ₄	350.0 (g/L)
A	2.0 (mL/L)	B	KCl	75.0 (g/L)
B	10.0 (mL/L)		NH ₄ Cl	85.0 (g/L)
C	1.0 (mL/L)		FeCl ₃ · 6H ₂ O	42.0 (g/L)
NaHCO ₃	4.0 (g/L)		MgCl ₂ · 6H ₂ O	81.0 (g/L)
K ₂ HPO ₄	4.0 (g/L)		MgSO ₄ · 7H ₂ O	25.0 (g/L)
酵母エキス	0.1 (g/L)	C	CoCl ₂ · 6H ₂ O	1.8 (g/L)
Na ₂ SO ₄	4.9 (g/L)		CaCl ₂ · 6H ₂ O	150.0 (g/L)

試験を行った。振とう器の設定条件は図-2のように設定した。SRBの阻害効果の大きさを変化させるため、硫酸塩添加比がCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:0~1:10となるようにSO₄²⁻を人工基質に添加した。また、それぞれの硫酸塩添加比に対する適正酸素導入手量の決定を行うため酸素量も変化させた。実験条件を表-2に示す。

(3) 種汚泥

本研究で用いた種汚泥は、山口県宇部市東部浄化センターから嫌気性消化汚泥を採取して用いた。

(4) 人工基質

本研究で用いた人工基質は、グルコースを主な炭素源とした。その組成を表-3に示す。グルコースには、緩衝剤としてそれぞれNaHCO₃、K₂HPO₄及び嫌気性微生物の培養のための酵母エキスを加え、さらに、嫌気性微生物の増殖に必要なミネラル類を含んだ無機塩類を投入した。無機塩類と酵母エキスは4℃以下で貯蔵した。この人工基質を適宜希釈して実験に用いた。

(5) 分析項目及び方法

処理水サンプルについては、下水試験方法にしたがい化学的酸素要求量 (COD_{Cr})¹¹⁾、揮発性脂肪酸 (VFA)¹¹⁾、浮遊物質 (SS)¹¹⁾、強熱減量 (VSS)¹¹⁾を測定した。VFAはガスクロマトグラフ(島津製作所GC-8APF)によって分析を行った。発生ガスについては、ガスメーターにより1日の発生ガス量を測定し、ガスクロマトグラフ(島津製作所GC-8APT)によって採取した生成ガスのガス組成を分析した。また、発生ガス中に含まれる硫化水素の濃度を検知管(ガステックGV-100S)を用いて測定した。ただし、バイアルビンを用いた実験では、発生ガス量が少ないため、検知管による硫化水素の測定は行えなかった。

3. 実験結果及び考察

(1) ストリッピングによる阻害低減効果に関する検討 容積負荷と除去率の経日変化を図-3に示す。各運

転型ともにrun2の窒素導入前まで、容積負荷が上昇したことで除去率が40~50%まで低下した。しかし、窒素導入系は窒素導入を開始した52日目から、低下していた除去率が70~80%まで回復したことが確認できた。run3以降は、容積負荷が上昇したにもかかわらず窒素導入がなされている方は除去率が60~80%に維持されていた。これに対して対照系は、容積負荷の上昇に伴い、除去率は徐々に低下した。窒素導入の有無により、除去率に差が出た理由を以下に考察する。硫化水素の非解離率はpHによって異なり、阻害も反応槽内のpHによって異なる¹²⁾。本実験では、窒素導入系、対照系ともに実験開始から終了までpHの変動はなく、ほぼ7.5であった。そのため硫化水素の非解離率は約30%である。硫酸塩還元反応によって生成された硫化水素は高い割合で解離していたことが考えられる。このように、硫化水素をガスとして取り出すことが困難な状況でありながら、窒素導入系は液相中の硫化水素を反応槽内からストリッピングさせることができたと考えられる。よって、硫化水素の酸化にも寄与せず、SRBの活性にも影響を与えないと考えられる窒素の導入によって、硫酸塩還元の阻害の影響が低減され、MPBとSRBの双方の活性が維持され、除去率が回復したと考えられる。

VFAの経日変化を図-4に示す。対照系はVFAの顕著な蓄積が確認された。これはMPBとSRBの活性が著しく低下したためと考えられる。また、高負荷運転を行うと硫酸塩還元反応によって反応槽内で多量の硫化水素が発生する。窒素導入系では、発生した硫化水素を窒素によるストリッピングにより反応槽内から排出し、MPBとSRBの双方の活性を維持されたため、基質の分解が促進できたと考えられる。これに対して対照系では、VFAの蓄積からわかるように、高負荷運転で硫化水素の阻害の影響が増大し、MPBが阻害を受けメタンの発生量が減少したと考えられる。

メタン及び硫化水素の発生量の経日変化を図-5に示す。窒素導入系は、run2の窒素導入直後からストリッピングの効果と考えられる硫化水素発生量が増加した。そして、run3以降から硫化水素発生量が対照系の約5倍に増加した。また、メタン発生量はrun3及びrun4でも維持された。この際に、容積負荷が上昇し除去率は維持されVFAの蓄積もなかったにも関わらず、メタン発生量が増加しなかった。したがって、このとき基質の分解に寄与したのはSRBであると考えられる。これは、発生した硫化水素をストリッピングにより反応槽内から排出し、SRBの活性が維持されたため、基質競合でSRBが優勢となり、基質の分解にSRBが大きく寄与したことによると考えら

れる。これに対して対照系はrun3以降で硫化水素の発生量が低下した。さらに、メタン発生量はrun3以降から低下したことが確認された。なお、対照系のrun3及び4の除去率が0%にも関わらずメタンが発生したのは、別途行ったCOD_{Cr}収支の結果より、基質中のCOD_{Cr}から処理水中のCOD_{Cr}及びメタンに変換されたCOD_{Cr}を差し引いた反応槽内への蓄積分が1000mg/L程度であり、run3以降は反応槽内に残存していたこの蓄積分が徐々にメタンに変換されたものと考えられる。

また、図-6にメタン濃度と硫化水素濃度を示す。窒素を導入することで発生したガス中のメタン濃度

が低下した。また、ストリッピング効果によって硫化水素濃度が増加した。この結果より、バイオガス利用の観点から、現段階での結果をそのまま実機で用いることはできないと考えられる。しかしながら、本実験の目的であるストリッピング効果の確認はできたと考えられる。

本実験で行ったストリッピングは処理液量に対する吹き込み気体量比（気液比）が2である。一般的なストリッピングの気液比はこの値よりもはるかに大きい。本実験では少量の窒素導入でストリッピングの効果を得ることができた。ここで、ストリッピングが用いられる例としてアンモニアストリッピング

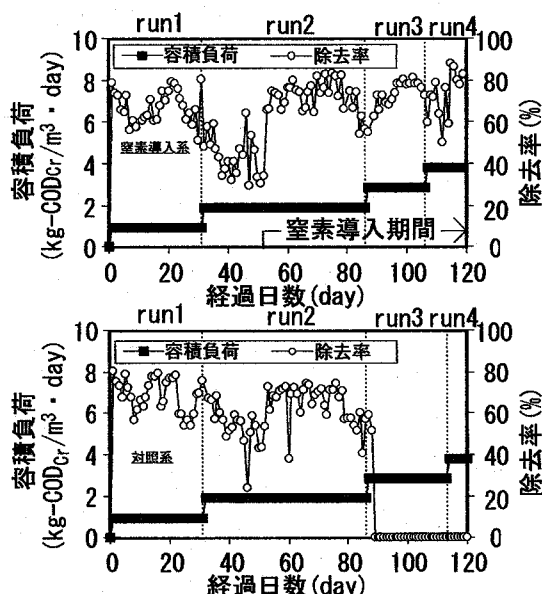


図-3 容積負荷と除去率の経日変化

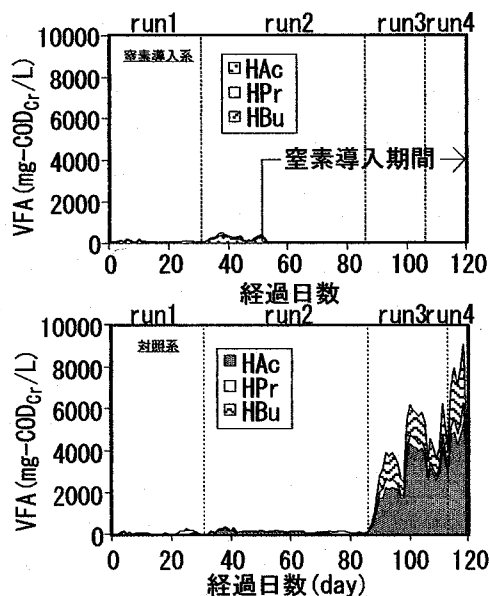


図-4 VFAの経日変化

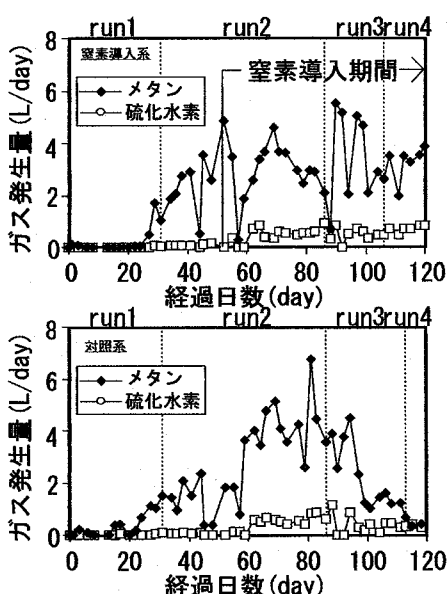


図-5 発生ガスの経日変化

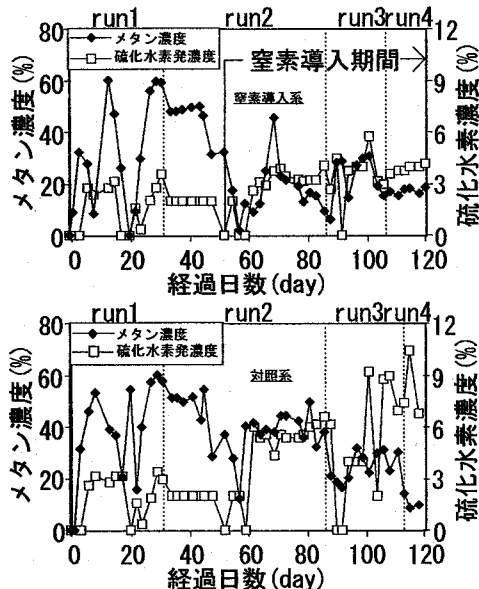


図-6 ガス濃度の経日変化

について説明する。これは、pHと温度を高くし、空気や水蒸気をキャリアガスとして吹き込むものである¹³⁾。空気によるアンモニアストリッピングの効果は、気液比を高くするとアンモニア除去率も高くなる。これまでの報告によると、水温25℃で気液比が1000の場合、アンモニア除去率は約40%である。同じく水温25℃でアンモニア除去率を90%以上にするためには、気液比は7000とする必要がある¹⁴⁾。このように、アンモニアストリッピングの気液比は非常に高いことがわかる。アンモニアと比較すると硫化水素の水に対する溶解度は1/250以下であるが、それを考慮しても、本実験で行ったストリッピングは送気量が極めて少ないと考えられる。このような結果となった理由については、今後も実験を重ね検討を行う必要がある。

以上より、窒素導入によるストリッピング効果により、硫化水素によるMPBへの阻害が低減され、メタン生成が維持されたと考えられる。すなわち、ストリッピングによる硫化水素の阻害低減効果が確認できたと考えられる。

(2) 酸素導入によるSRBへの選択的阻害効果に関する検討

硫酸塩添加比が $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:1$ 、酸素導入量が0, 0.5, 1.0, 2.0mLの場合のメタン発生量の結果を図-7に示す。この図から、酸素導入量2.0mLが他の条件に比べやや積算メタン発生量が少なかったことがわかる。そのため、硫酸塩添加比 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:1$ におい

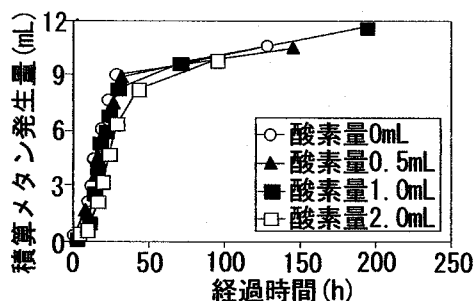


図-7 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:1$ のメタン発生量

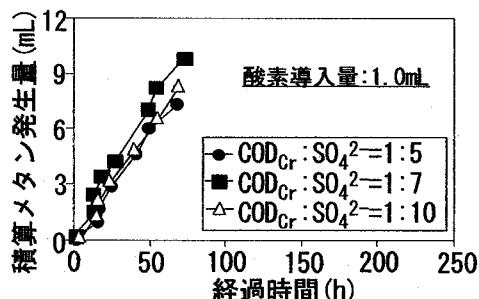


図-8 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:5\sim1:10$ のメタン発生量

て酸素導入量2.0mLは酸素量が多すぎ、酸素によるMPBに対する阻害が大きかったと考えられる。他の条件では結果に明らかな違いがなく、酸素導入による明確な効果がみられなかった。これは、この実験における硫酸塩負荷が低くSRBによる阻害が小さかったことによると考えられる。よって、硫酸塩添加比が小さいときは酸素導入効果は現れないと考えられる。

次に、硫酸塩添加比 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:0\sim1:10$ の実験を行った。この実験は酸素導入の効果が現れる硫酸塩添加比を検討するために行った。前の実験から $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:1$ で酸素導入量2.0mLは多すぎることがわかっていたため、この実験では酸素導入量は1.0mLとした。その結果を以下に述べる。 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:0\sim1:4$ はメタン発生量に差はなく、酸素導入による明確な効果がみられなかった。これは、前述と同様に、硫酸塩負荷が低くSRBによる阻害が小さかったことによると考えられる。よって、 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:0\sim1:4$ では酸素導入の効果は現れないと考えられる。また、 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:5\sim1:10$ のメタン発生量の結果を図-8に示す。この図より $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:7$ でメタン発生量が他の条件より多くなり、効果があったと考えられる。 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:7$ は $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:5$ より阻害要因である SO_4^{2-} が多く添加されているにも関わらず、メタン発生量が上回った。これは、 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:7$ のとき、発生した硫化水素を酸化させるために消費される酸素量が $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:5$ に比べて多くなり、酸素そのもののMPBへの阻害効果が小さくなったためメタン発生

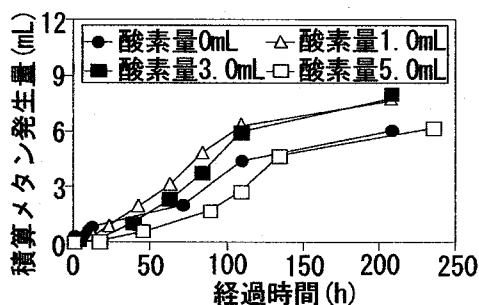


図-9 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:10$ のメタン発生量

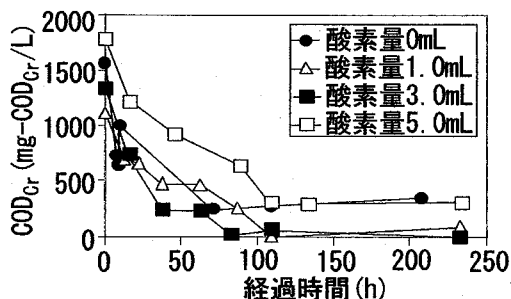


図-10 $\text{COD}_{\text{Cr}}:\text{SO}_4^{2-}=1:10$ の COD_{Cr}

量が増加したと考えられる。COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:5では、発生した硫化水素を酸化させるために消費される酸素量がCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:7に比べて少なく、酸素そのもののMPBへの阻害効果が幾分大きくなったため、COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:7に比べてメタン発生量が低下したと考えられる。また、COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:10では、硫化水素の発生が多く、酸素1.0mLではそれを十分に酸化することができず、MPBへの阻害を低減することはできなかった。そのため、COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:10では、酸素導入量は1.0mL以上必要であると推測された。これらのことから、酸素を1.0mL導入する効果はCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:7で適正に現れることが確認された。

COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:7以上で酸素導入効果が確認されたため、さらに硫酸塩添加比が高いCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:10で実験を行った。この実験の酸素導入量は0, 1.0, 3.0, 5.0mLとした。メタン発生量、COD_{Cr}の結果を図-9、図-10に示す。図-9より積算メタン発生量は、酸素導入量1.0, 3.0mLが0, 5.0mLを上回った。また図-10より、酸素導入量5.0mLは他の条件に比べCOD_{Cr}濃度の低下が遅いことが確認された。これらから、COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:10では、適正酸素導入量は1.0~3.0mL(モル比O₂/SO₄²⁻=1.29×10⁻⁴~3.88×10⁻⁴)の範囲内にあることがわかった。これは、硫酸塩添加比が非常に高いため、硫化水素による阻害が大きく酸素導入の必要量も増加したと考えられる。なお、図-7に示したCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:1で酸素導入量1.0mLのメタン発生量の結果と、図-9に示した同じ条件の結果が異なるが、これは実験を同時に行っておらず、条件の異なる嫌気性消化汚泥を用いたため、このような結果となったと考えられる。

以上より、酸素導入により反応器(バイアルビン)内で起こった反応は、酸素耐性の低いSRBの活性抑制効果及びSRBによって生成される硫化水素の酸化効果であると考えられる⁸⁾⁻¹⁰⁾。嫌気性微生物であるSRBにとって酸素は毒性を持ち、それにより酵素反応が阻害される¹⁵⁾。また、生成された硫化水素を酸素で酸化させ無害な硫黄とする¹⁶⁾。これらが反応槽内で起こりMPBへの阻害が低減され、メタン生成が維持されたと考えられる。すなわち、酸素による硫化水素の阻害低減効果が確認できたと考えられる。

4. まとめ

(1) ストリッピングによる阻害低減効果

窒素をUASB装置に導入してSRBが生成した硫化水素をストリッピングにより系外に放出させると除

去率は回復することがわかった。窒素の導入前後でメタンの発生量に大きな差はなかったが、容積負荷を上昇させてもメタン生成は維持された。硫化水素の発生量は約5倍になった。窒素導入後は低下していたCOD_{Cr}除去率は回復し、蓄積していたVFAの減少も確認できた。

以上より、当初の研究目的としたストリッピングによって硫化水素を槽外に排出し、メタン生成を維持できた。また、窒素を導入することでMPBとSRBに対して阻害低減効果を及ぼし、VFAの蓄積もなく、高いCOD_{Cr}除去率を得ることができた。

(2) 酸素による阻害低減効果

適正な酸素量を導入することによって硫化水素の酸化効果によってMPBへの阻害を低減できたと考えられる。また、硫酸塩添加比が増加するとともに適正導入酸素量も増加することが示唆された。硫酸塩添加比が小さいCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:0~1:5では、酸素を1.0mL導入しても効果は確認されなかった。硫酸塩添加比を上昇させ、酸素を1.0mL導入する効果はCOD_{Cr}:SO₄²⁻=1:7で適正に現れることが確認された。また、COD_{Cr}:SO₄²⁻=1:10の適正酸素導入量1.0~3.0mL(モル比O₂/SO₄²⁻=1.29×10⁻⁴~3.88×10⁻⁴)の範囲内にあることがわかった。

以上より、酸素導入効果は硫酸塩添加比によって異なり、硫酸塩添加比が低い場合は、酸素を導入しても効果は確認されなかった。また、硫酸塩添加比が大きいほど適正酸素導入量も増加することが示唆された。

(3) 今後の展望

ストリッピング効果と酸素による効果の寄与率が明確に把握できれば、気体の導入方法が決定できる。酸素による効果の寄与率が大きい場合は、酸素を少量導入するだけでよくなり、その逆の場合は、窒素だけ導入することになる。場合によっては、空気を導入することも可能であると考えられる。本研究の結果に加えて、今後も研究を重ね、効果の寄与率を明確にし、実際の運転条件を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 佐々木伸彦 (2000) 環境・廃棄物処理技術 循環型社会の構築に向けて循環型経済システム構築の課題と展望, 化学装置, 2月号別冊, pp2-7.
- 2) 木田建次 (2002) 目指せ! バイオテクノロジーによる資源循環型社会の構築, 月刊廃棄物, Vol.28, No.1, pp170-175.
- 3) 五十部誠一郎 (2005) 2005年の化学装置産業を展望する食品分野における製造技術と装置への期待, 化学装置,

- Vol.47, No.1, pp42-46.
- 4) 木田建次 (2001) バイオマス技術の最前線バイオマスのメタン発酵によるサマルリサイクル, Bio Industry, Vol.18, No.3, pp14-31.
 - 5) 山口隆司, 原田秀樹, 山崎慎一, 曾怡禎 (1999) 高級脂肪酸の嫌氣的分解過程における硫酸塩還元細菌とメタン生成菌の基質競合, 水環境学会誌 vol.22, No.9, pp.755-762.
 - 6) 除正仁, 福井学, 漆川芳国, 森忠洋 (1993) 嫌気性汚泥におけるメタン生成の支配因子としての硫酸塩および硫化物, 水環境誌 vol.16, No.9, pp.23-27.
 - 7) KHANAL Samir Kumar, HUANG Ju-Cang (2006) Online Oxygen Control for Sulfide Oxidation in Anaerobic Treatment of High-Sulfate Wastewater, Water Environ Res, Vol.78, No.4, pp397-408.
 - 8) 中川清也, 周偉麗, 今井剛, 浮田正夫, 関根雅彦, 樋口隆哉 (2004) 硫酸還元菌の活性に及ぼす酸素導入の影響, 環境工学研究フォーラム講演集 Vol.41, pp.62-64.
 - 9) 中川清也, WANG Xinhai, 今井剛, 浮田正夫, 関根雅彦, 樋口隆哉 (2005), メタン発酵における窒素曝気による硫化物の阻害低減効果に関する研究, 日本水環境学会シンポジウム講演集 Vol.8, pp.167-168
 - 10) 中川清也, 井篁俊人, WANG Xinhai, 今井剛, 浮田正夫, 関根雅彦, 樋口隆哉 (2006) UASB 法における硫酸還元菌 (SRB) の制御による安定的なメタン回収, 日本水環境学会年会講演集 Vol.40, pp.308.
 - 11) 小垣原尚生 (1997) 下水試験方法上巻 社団法人日本下水道協会
 - 12) 今井剛, 浮田正夫, 関根雅彦, 中西弘, 深川勝之 (1997) UAHB 法による硫酸塩及びアンモニアを高濃度に含有する発酵工程廃液の処理, 土木学会論文集, No.573, pp49-59
 - 13) 深瀬哲郎 (1995) リン、窒素の除去方法および装置, 水質汚濁防止機器, pp162-172
 - 14) 上甲勲 (1994) 特集 海域の富栄養化対策 アンモニアストリッピング法について, 環境管理 (産業環境管理協会), vol.30, No.4, pp.288-293.
 - 15) Alain Dolla, Mariorie Fournier, Zorah Dermoun (2006) Oxygen Defense in sulfate-reducing bacteria, Journal of BIOTECHNOLOGY, Vol.126, pp87-100.
 - 16) Henrik Sass, Heribert Cypionka (2007) Response of sulphate-reducing bacteria to oxygen, Sulphate-reducing Bacteria, pp167-183.

(2007.5.25 受付)

Study on control of SRB's activity by a proper oxygen introduction in anaerobic biological wastewater treatment systems.

Toshihito INO, Xinhai WANG, Tsuyoshi IMAI,
Mitsuhiro ARAKANE, Takaya HIGUCHI and Masahiko SEKINE

Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University

In the anaerobic wastewater treatment process, methane is produced and used due to it's served as high energy and low impact to the environment. However, inhibitory to methane producing bacteria (MPB) were occurred in case of presenting of large amount of sulfate reducing bacteria (SRB) in treatment process and caused of reduction of methane production potential. For the countermeasure to SRB, Nitrogen gas was used as stripping gas for removal of H_2S produced by SRB. The results indicate that introduction of Nitrogen could remove the inhibition of H_2S effectively and the production of methane gas was increased. Other effects are the control of SRB's activity by difference of Oxygen tolerance and oxidizing effect of hydrogen sulfide. The results indicate that these effects by oxygen introduction to anaerobic reactor were able to collect a stable methane.