

金沢大学工学部土木建設工学科

池本良子・小森友明

金沢大学大学院土木建設工学専攻

○藤谷寛

京都大学工学部環境微量汚染制御実験施設 松井三郎

1. はじめに

筆者らは、種々の人工廃水の運転条件で活性汚泥の処理実験を行った結果、硫酸塩還元が活発に起こると糸状性硫黄細菌Type021Nが増殖しバルキングが起こることを報告し、硫酸塩還元菌と糸状性硫黄細菌の共生関係を指摘した。一方、嫌気好気法はバルキング抑制効果があることが知られている。本研究では、ペプトンと酢酸を主体とする人工廃水を用いて嫌気好気活性汚泥装置の運転を行ない、バルキング抑制と硫酸塩還元の関係を探るとともに、硫酸塩還元菌の阻害物質であるモリブデンを添加した回分実験を種々の基質条件で行うことにより、生成した硫酸塩還元菌の基質利用特性について検討を行った。

2. 実験装置と実験方法

Fig. 1に示す嫌気好気活性汚泥連続装置を20℃の恒温温室に設置し、Table 1に示す人工廃水を用いてRun 1からRun 3の運転を行った。Run 1では嫌気槽3L、好気槽3L、Run 2、3は嫌気槽2L、好気槽4Lとし、Run 3は有機物濃度を1/2としたものである。1日1回好気槽から混合液を0.4L引き抜くことによりSAを20日に調整した。運転開始後、SVI、SVIC及びMLSSの測定をほぼ3日おきに行ない、随時、顕微鏡による観察を行なった。運転開始後2週間以上経過後、生成した活性汚泥を用いて以下のような回分実験を行った。活性汚泥を遠心分離により濃縮し、MLSS濃度が1,000~2,000 mg/Lとなるように100 mLの腐卵瓶に投入し、基質を腐卵瓶に満たし空気が混入しないように密栓した後、20℃の恒温温室で攪拌培養を行う。同様に作成したサンプルを複数個用意し、一定時間おきにサンプルを取り出し混合液の硫化物濃度とろ液の水質分析を行った。同時に好気槽内混合液を用いて、MLSS、SVIC (SV₃₀が30%以下の希釈SVI)、顕微鏡ビデオモニター装置による糸状体長およびMPN法による硫酸塩還元菌数の計測を行った。回分実験に用いた基質は人工廃水と同組成のものと、イソ吉草酸、またはプロピオン酸に人工廃水の無機成分を添加したものおよび

Table 1 Experimental conditions.

	Run 1	Run 2	Run 3
	93.5.18~8.13	8.14~10.3	10.4~12.7
The volume of anaerobic tank (L)	3	2	2
The volume of oxic tank (L)	3	4	4
Composition of artificial wastewater			
CH ₃ COOK	200	200	100
Polypepton	400	400	200
Yeast Extract	40	40	20
NaHCO ₃	71	71	71
KCl	174	174	174
MgSO ₄ · 7H ₂ O	157.5	157.5	157.5
CaCl ₂	52	52	52
KH ₂ PO ₄	92	92	92

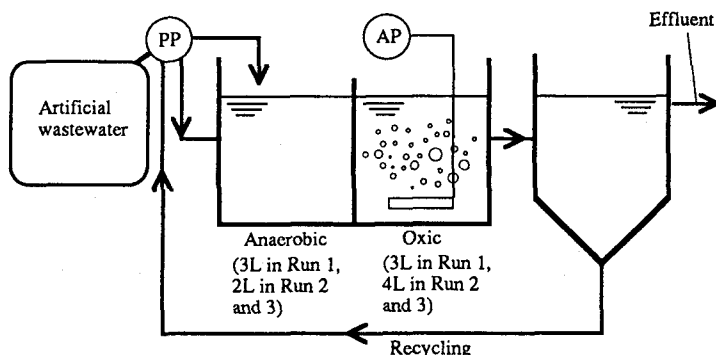


Fig. 1 Experimental set up.

び、それらにモリブデンを添加し硫酸塩還元を抑制したものである。

3. 実験結果と考察

3.1 バルキング抑制と硫酸塩還元

Fig. 2、Fig. 3は糸状体長と硫酸塩還元菌数および人工廃水と同組成の基質を用いた回分実験における硫酸塩還元速度の変化を示したものである。Run 1では、硫酸塩還元菌数および硫酸塩還元速度の増加に伴ってType021Nが多量に増殖した。このときの顕微鏡ビデオモニター装置による糸状体長の測定は行っていないが、写真からの推定では 10^4 cm/mgMLSSと非常に多く増殖していた。Run 2では硫酸塩還元菌数および硫酸塩還元速度の減少が見られ、糸状性細菌がほとんど消失した。Run 3でもType021Nの増殖は認められなかったが、Type0961とType0041の2種類の糸状性細菌が増殖し、その存在割合は同程度であった。以上のことより、硫酸塩還元菌がType021Nの増殖の原因となっており、嫌気好気法で嫌気槽容積を全体の1/3に設定したRun 2の条件では何らかの理由で硫酸塩還元が抑制された結果、Type021Nバルキングも抑制されたと考えられる。

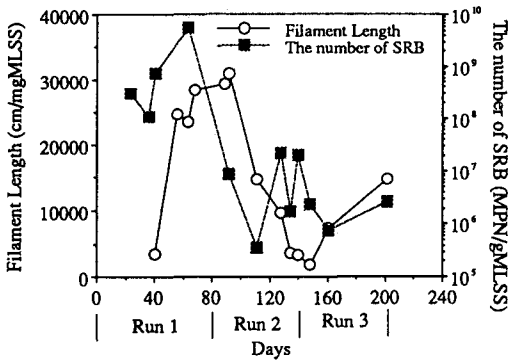


Fig. 2 The courses of filament length and the number of sulfate reducing bacteria(SRB).

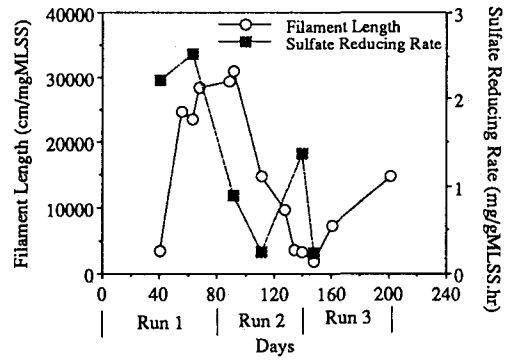


Fig. 3 The courses of filament length and sulfate reducing rate.

3.2 硫酸塩還元菌の関与する基質分解経路

Fig. 4は、人工廃水基質を用いた回分実験と人工廃水にモリブデンを添加した回分実験の結果を比較したものである。モリブデンを添加しない場合には硫酸塩還元により硫酸が減少し硫化物が増加するが、モリブデンの添加により硫酸塩還元が完全に抑制されていることがわかる。また、モリブデンを添加すると、イソ吉草酸およびプロピオン酸の蓄積量が多くなっている。これは、硫酸塩還元菌がこれらの分解に関与していることを示している。一方、酢酸の生成量はモリブデンを添加すると減少していることから硫酸塩還元菌が酢酸の生成に関与していることがわかる。

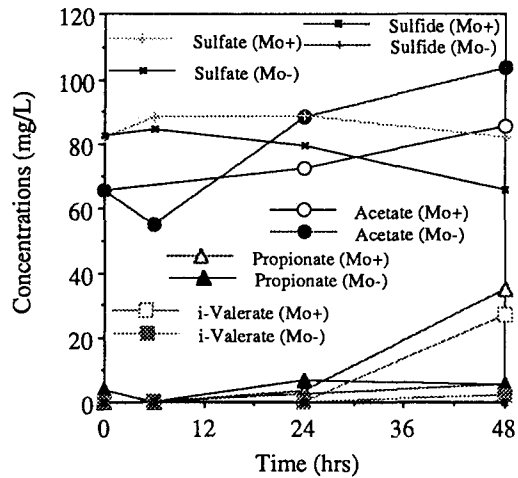
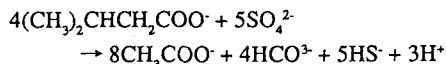


Fig. 4 A result of batch experiments using the acclimated artificial wastewater as the substrate.

Fig. 5は、イソ吉草酸を基質とした回分実験の結果を示したものである。イソ吉草酸の減少に伴い酢酸が生成し、硫化物が増加している。このときの硫化物の増加速度は、同汚泥に人工廃水基質を添加した場合とほとんど変わらなかった。このことは硫酸塩還元菌がイソ吉草酸の分解に関与していることを示している。硫酸塩還元菌によるイソ吉草酸からの酢酸の生成は次式で表すことができる。



本実験結果は量論的には上式と一致しており、本回分実験では硫酸塩還元が上式に従って起こったと考えられる。

モリブデン無添加回分実験における酢酸の増加量 $\Delta\text{Ace}(\text{Mo-})$ からモリブデン添加回分実験における酢酸の増加量 $\Delta\text{Ace}(\text{Mo+})$ を差し引いた値 $\{\Delta\text{Ace}(\text{Mo-}) - \Delta\text{Ace}(\text{Mo+})\}$ が硫酸塩還元菌が関与した酢酸の生成量と考えられる。この値と硫酸塩還元量の関係をFig. 6に示す。図中の実線は酢酸が全てイソ吉草酸から硫酸塩還元菌によって生成されたとした場合の理論線である。酢酸は理論線よりやや多く生成されている傾向にあった。これはモリブデン添加により蓄積されたプロピオン酸からの酢酸生成等にも硫酸塩還元菌が関与しているためと考えられる。プロピオン酸がイソ吉草酸から生成され、硫酸塩還元菌によって下式に従って酢酸に転換されたことも考えられる。

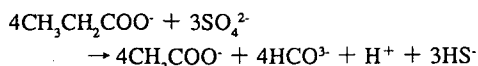


Fig. 7は、本研究の運転条件下における硫酸塩還元菌による基質分解経路をモデル化したものである。硫酸塩還元菌はイソ吉草酸およびプロピオン酸からの酢酸生成に関与していると考えられた。

4. まとめ

1) 室内実験において嫌気好気法により硫酸塩還元が抑制され、同時にType021Nバルキングが抑制された。2) 硫酸塩還元菌はイソ吉草酸およびプロピオン酸からの酢酸生成に関与していると考えられた。

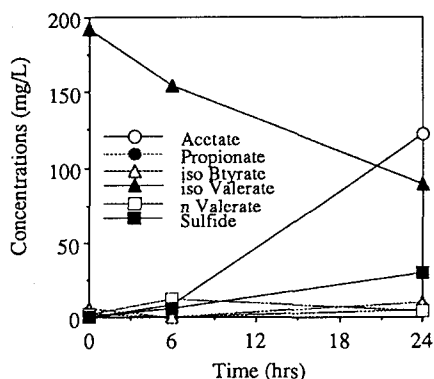


Fig. 5 A result of batch experiment using iso-valerate as the substrate.

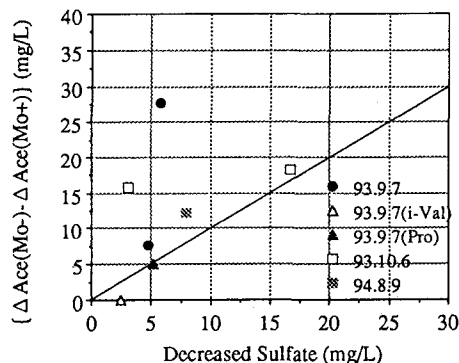


Fig. 6 Relationship between decreased sulfate and produced acetate by sulfate reducing bacteria in the batch experiments.

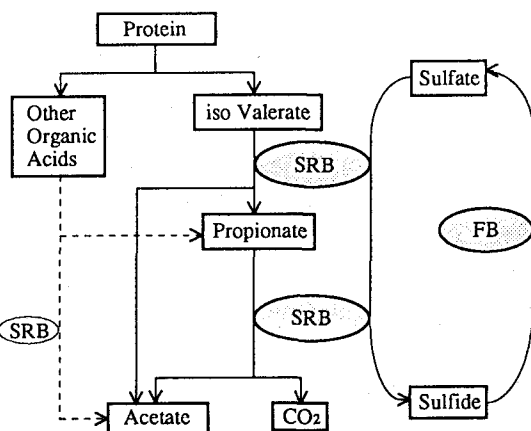


Fig. 7 A model of substrate decomposition pathway by sulfate reducing bacteria.

SRB:Sulfate Reducing Bacteria;FB:Filamentous Bacteria