

II-395

活性汚泥中の硫酸塩還元反応と糸状性細菌の増殖

金沢大学工学部 正員○山本良子 木村 勉
京都大学工学部 正員 松井三郎

1. はじめに

硫酸塩還元菌は自然界に広く分布する細菌であり、下水管内や嫌気性処理槽内に生育していることが知られている。筆者らは、活性汚泥処理でも嫌気性時間を設けると硫酸塩の減少が起こることを指摘した。本研究では、活性汚泥中の硫酸塩還元反応を含む嫌気性微生物反応について検討を行うとともに、生成した硫化物を利用できる糸状性硫黄細菌の増殖との関係を考察した。

2. 実験方法

表-1に示す人工廃水を用い7種類の回分式の室内実験を行った。運転サイクルを図-1に示す。それぞれ生成汚泥の沈降性及び出現糸状性微生物種をIkelboomの方法によって分類した。実験開始後3週間経過した汚泥に対し、水質の経時変化の測定を行った。

3. 実験結果および考察

廃水を嫌氣的に投入したFDCS-1~4では、廃水流入時間と曝気時間で異なる反応が起こっていた。図-2は、一例として実験FDCS-3の1サイクルの水質の変化を示している。廃水流入中に酸化還元電位およびpHの低下、有機酸の生成、硫酸塩及び無機炭素の減少、硫化物の生成が認められる。一方、曝気開始後は酸化還元電位が回復し、有機酸の減少、硫酸塩、無機炭素の増加が起こっている。このことは、活性汚泥中に嫌気性微生物と好気性微生物が共存していることを示すものである。図-3にTOC収支図を示すが、FDCS-2では、廃水流入中に炭水化物は殆ど分解されるのに対し蛋白質は殆ど残存し、溶液中のTOC成分は未分解の蛋白質と乳酸及び酢酸で殆ど占められている。FDCS-3では、廃水流入中に未知TOCが生成されているがこれは蛋白質の分解産物と考えられる。一方、TOCもICも流入廃水濃度から換算した値より減少しており、炭素成分が気相および液相へ移行していることがわかる。ICが流入廃水濃度より低下していくことから、 CO_2 として気相へ移行したとは考えにくい。また、汚泥量の増加及び貯蔵物質(PHB, glycogen様多糖類)の生成が認められたが、IC減少と比べると微量であった。このことより、炭素成分は CO_2 以外のガスとして気相へ移行したか、他の貯蔵物質として細胞内に蓄えられたと考えられる。

表-1 人工廃水の組成

人口 廃水 組成	グルコース	250 mg
	ペプトン	250 mg
	KH_2PO_4	75 mg
	K_2SO_4	75 mg
	NaHCO_3	125 mg
	水道水	1 l
	COD_{cr}	400 mg/l
容積負荷	1.12 mgCOD/l·day	
汚泥日令	約 5 日	

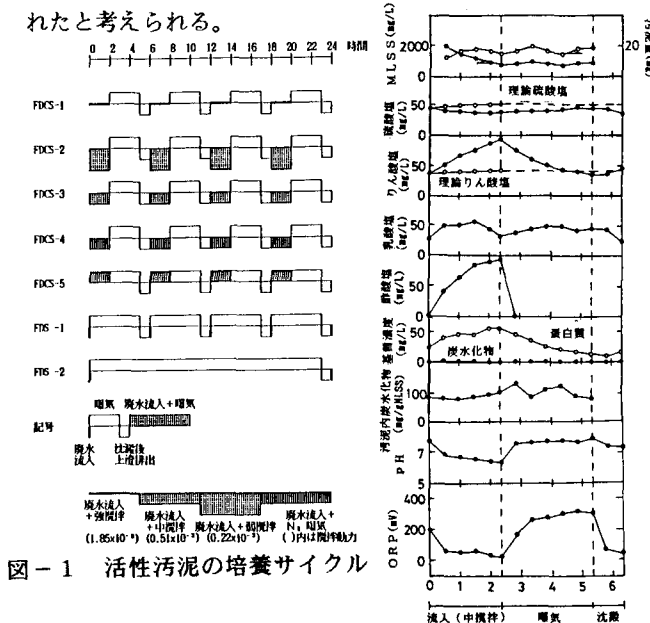


図-1 活性汚泥の培養サイクル

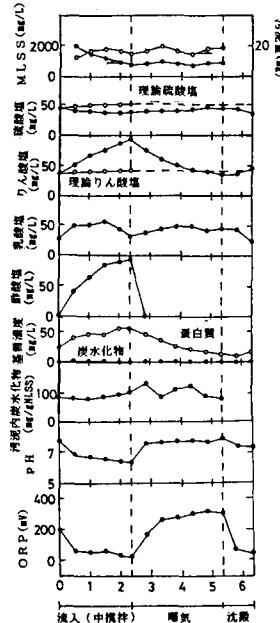


図-2 FDCS-3の1サイクルの水質の変化

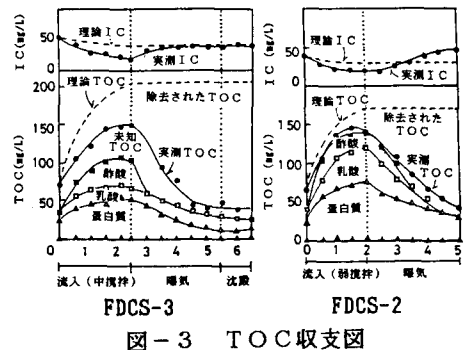
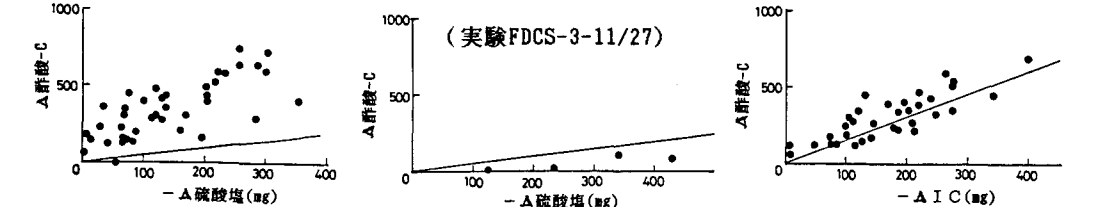


図-3 TOC収支図

表－2 は生成汚泥の沈降性と出現糸状性細菌種とともに有機酸の最大生成量と硫酸塩、無機炭素の最大減少量を示している。乳酸が多く検出されている場合は酢酸の検出量が少なく、酢酸が多い場合は乳酸が多いことより、酢酸は主に乳酸を経由して生成されたと考えられる。*Beggiatoa* の最も多く出現したFDCS-2では有機酸の生成および硫酸塩の減少量が最も多かったことより、*Beggiatoa* の多量増殖は硫酸塩還元菌による硫化物の生成に起因していると考えられる。図－4 は各実験での硫酸塩の減少量と酢酸-Cの増加量との関係を示したものである。硫酸塩還元菌が乳酸を直接資化する場合も水素酢酸生成菌により生成された水素を利用する場合も、硫酸塩1分子の還元により酢酸は2分子生成される。図－4中にその理論値を示してあるが、酢酸の生成量は理論値を遙かに上回っている。表－2中のFDCS-3-11/27は廃水中の無機炭素をNaCO₃とした実験であるがICの減少が起こっていない。この時の硫酸塩の還元量と酢酸の生成量の関係を図－5に示す。酢酸はほぼ理論値程度生成されている。そこで、硫酸塩還元菌が関与して生成された酢酸量を生成酢酸量から差し引いた値と無機炭素の減少量の関係を図－6に示す。両者の間には相関性があり、ほぼ無機炭素3分子の減少により、酢酸2分子が生成される反応が起こっていたと推察される。TCは前述したように減少しているため、ICが酢酸に転換する反応では説明がつかない。その他の可能性としては、水素酢酸生成菌により生成された水素を資化するメタン菌の活動が考えられる。今後ガス成分の分析ならびに、他の有機酸の分析を行い詳しく検討する必要があると思われる。

廃水を瞬時に投入したFDS-1, 2でも、糸状性硫黄細菌の増殖が認められた。FDS-2 の1 サイクルの水質変化を図－7に示す。連続的に曝気しているにもかかわらず、硫酸塩およびICの減少と有機酸の減少がおこっている。槽の壁に付着した微生物を取り除いたところ*Beggiatoa* が消失したことより、壁に酸生成菌および硫酸塩還元菌が付着して起こった反応と推察された。

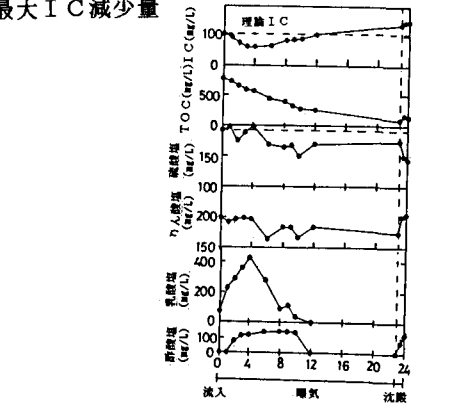
4. まとめ 活性汚泥中には嫌気性微生物と好気性微生物が共存しており、種々の反応を同時に行っていることが推察された。特に、嫌気時間を設けた場合に硫酸塩還元反応が顕著になり、糸状性硫黄細菌の増殖を促すことがあったと考えられた。



図－4 硫酸塩の減少量と酢酸（炭素換算）の生成量の関係 図－5 硫酸塩の減少量と酢酸の生成量の関係 図－6 無機炭素の減少量と酢酸の生成量（補正值）の関係

表－2 最大有機酸生成量，最大硫酸塩減少量および最大IC減少量

実験	Δ乳酸 (mg)	Δ酢酸 (mg)	Δ乳酸+酢酸 (mg)	Δ硫酸塩 (mg)	ΔIC (mg)	SVIC (ml/g)	出現糸状性細菌 (検出量cm ² /4.55)
FDCS-1-9/18	235.0	587.0	822.0	-300.8	-274.0	857	<i>Sphaerotilus natans</i> (4,440)
FDCS-1-9/25	383.6	600.4	984.0	-238.2	-131.4		
FDCS-2-10/16	623.8	479.8	1103.6	-117.6	-341.0		
FDCS-2-10/27	808.5	313.7	1122.2	-125.6	-308.0	308	<i>Beggiatoa</i> sp.
FDCS-2-10/30	978.2	426.4	1404.6	-442.2	-168.4		<i>Sphaerotilus natans</i> (p)
FDCS-2-11/6	756.8	409.6	1266.4	-522.0	-219.4		(30,500)
FDCS-3-11/27	1077.0	95.7	1172.7	-649.8	-44.8		
FDCS-3-12/3	194.7	751.1	945.8	-256.0	-337.8	152	<i>Beggiatoa</i> sp. (少)
FDCS-4-12/13	515.2	640.6	1155.8	-285.8	—		(350)
FDCS-4-12/13	429.8	556.1	1024.9	-220.7	-275.2	78	<i>Sphaerotilus natans</i>
FDCS-4-12/18	429.4	412.8	842.2	-354.0	-246.6		<i>Beggiatoa</i> sp. (少)
FDCS-5-10/20	検出されず		—	-31.4	+10.8	519	<i>Sphaerotilus natans</i> (2,030)
FIS-1-11/17	検出されず		—	0	-143.4		Type0041, Type021N
FIS-1-11/19	検出されず		—	-97.4	-40.6	217	<i>Beggiatoa</i> sp. (少)
FIS-2-12/17	1123.0	3379.2	4502.0	-125.5	-1430.4	71	<i>Beggiatoa</i> sp. (少)



図－7 FDS-2の1サイクルの水質の変化