

B-27 硫酸塩還元・硫黄脱窒プロセスによる有機物 および窒素除去に及ぼす処理槽滞留時間の影響

金沢大学大学院 環境基盤工学専攻 学生会員

○松上俊行

金沢大学工学部 土木建設工学科 正会員

池本良子・小森友明

金沢大学大学院 環境基盤工学専攻 学生会員

井出康之

1.はじめに

本研究室では、硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌を利用した廃水処理法を提案し、滞留時間4.5時間程度で有機物負荷0.4 g TOC/L.day、C/N比3~7の廃水処理が可能であることを報告した。さらに本処理方式の利点として余剰汚泥の発生量がすくないこと、窒素の負荷変動に強いことを指摘した。本研究では、処理槽内の滞留時間を2.25時間にまで短縮し、有機物負荷0.8 g TOC/L.dayとして処理性能の評価を行った。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概要を図1に示す。第1槽、第2槽共に金沢市の都市下水処理場から採取してきた活性汚泥を種汚泥とし、それぞれ単独で馴養し硫酸塩還元細菌及び硫黄脱窒細菌を集積したのち、両装置を接続した。第1槽、第2槽共に高さ30cm、直径10cmの円筒形（容積2.356 L）で、発泡ポリプロピレン担体を十分に充填した上向流式2槽生物濾床装置とし、空塔滞留時間を第1槽を1.5時間、第2槽を0.75時間（合計2.25時間）に設定した。人工廃水には表1に示す酢酸とペプトンを主体とするものを用いた。後続に接続予定の硝化槽からの返流水を想定して、第2槽には硝酸塩を流入させ、Run2では硝酸塩濃度をRun1の1.5倍とし運転を行った。図1中の4カ所から採水を行い処理装置内の水質変化を調べた。また、Run1、Run2終了後に装置内の微生物を用いて種々の条件での回分実験により、槽内の微生物反応を調べるとともに脱窒細菌および硫酸塩還元細菌の菌数と活性の測定を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 処理装置内の水質分析

図2には第1槽の流入水、流出水、第2槽の流入水、流出水に含まれる硝酸塩濃度の経日変化を示した。Run1では第2槽で流入した硝酸塩が流出水でほとんど消失し、窒素除去率は98%であった。図3にはTOC濃度の経日変化を示した。TOCは第1槽から第2槽を経由する間に分解され、TOC除去率は80%であった。Run2では硝酸塩濃度をRun1の1.5倍にして運転を行ったが、硝酸塩、TOC共にRun1と同様に高い除去率を示した。

図4はRun1における処理槽内の水質変化を示したものである。

第1槽において、硫酸塩の減少に伴いTOCが減少し、ICが増加していることから硫酸塩還元にとともに有機物の完全酸化が起きていることが分かる。第2槽においては、添加された硝酸塩がほとんど除去され、TOCと硫化物の減少が認められることから、他栄養性脱窒と硫黄脱窒が進行していることが分かる。第2槽の流出水に硫化物が検出されないにもかかわらず硫酸塩濃度は理論値の50%程度であり、処理装置内には白色の硫黄粒が蓄積していた。

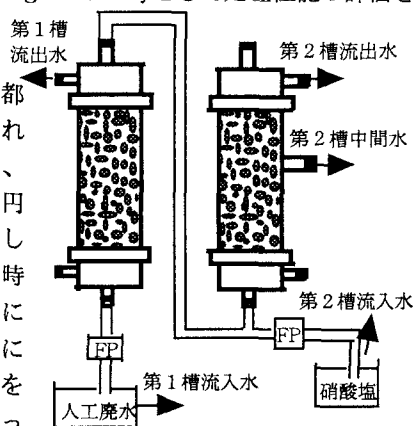


図1 実験装置の概略図

表1 人工廃水の組成 (mg/L)

	Run1	Run2
運転日数	161日	50日
CH ₃ COOK	100	100
Polypeptone	200	200
Yeast Extract	20	20
NaHCO ₃	71	71
KCL	174	174
CaCl ₂	51	51
KH ₂ PO ₄	91	91
MgCl ₂	61	61
MgSO ₄ ・7H ₂ O	157	157
NaNO ₃	110	176

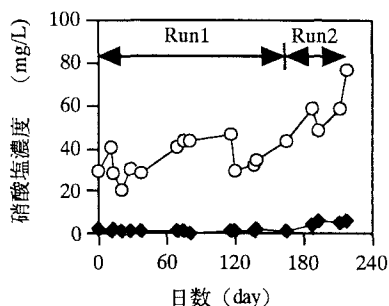


図2 硝酸塩経日変化

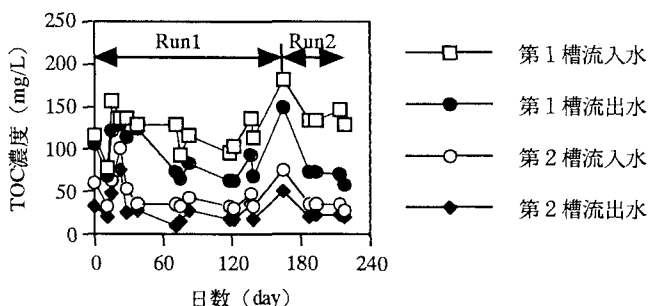


図3 TOC経日変化

Run2では硝酸塩濃度をRun1の1.5倍に増加し運転を行った。図5はRun2における処理槽内の水質変化を示したものである。第2槽流出水で硝酸塩がほとんど消失し、Run1の1.5倍の濃度でも十分な脱窒率を示した。また、第2槽での硫化物の減少量に比べて硫酸塩の生成量が大きくなる場合もあり硫酸塩回復率は平均100%であった。

3.2 装置内の微生物反応

図6、図7は共に第2槽の装置内の微生物を用い、無酸素条件（酸素なし、硝酸塩あり）での微生物反応を回分実験によって調べた結果である。図6は有機物無添加、図7は有機物添加の条件で行った。図6では、有機物及び硫化物共に非存在下であるにもかかわらず添加された硝酸塩が減少し、硫酸塩が増加している。硫黄脱窒細菌は装置内に蓄積した硫黄粒を利用して脱窒を行っていたと考えられる。図6から装置内に貯留されている硫黄粒がすべて脱窒によって硫酸塩に酸化されたものと考え、装置内の全硫黄粒を推定すると約90mg/gMLSSとなった。図7では、基質に有機物を添加したことにより酢酸塩を利用した他栄養性脱窒が起こっていることがわかる。また、硫酸塩が増加していることから硫黄粒を用いた硫黄脱窒も同時に進行し、3時間ほどで硝酸塩はすべて脱窒された。以上のことより、他栄養性脱窒細菌と硫黄脱窒細菌が共存しあうことにより効率的に速やかな脱窒を行うことができたと考えられる。

図8は第2槽の装置内の微生物を用い、嫌気条件（酸素、硝酸塩ともになし）での微生物反応を示したものである。基質に有機物と硫酸塩を添加し、硫酸塩還元条件とした。添加した硫酸塩はほとんど減少していないにもかかわらず硫化物の生成が認められる。本装置内で生育した硫酸塩還元細菌は、硫黄脱窒細菌により装置内に蓄積された硫黄粒を硫化物に還元して活動を行っていると考えられる。

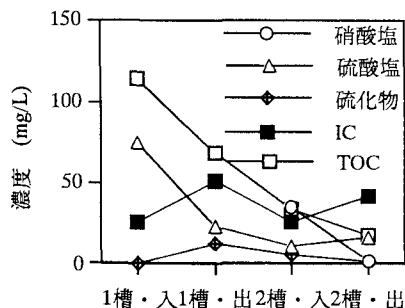


図4 有機物・無機物濃度 (Run1)

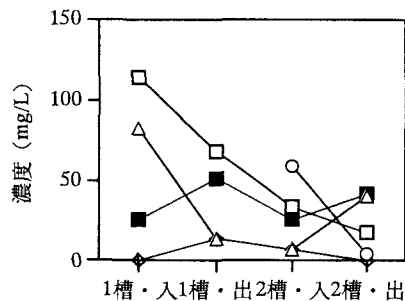


図5 有機物・無機物濃度 (Run2)

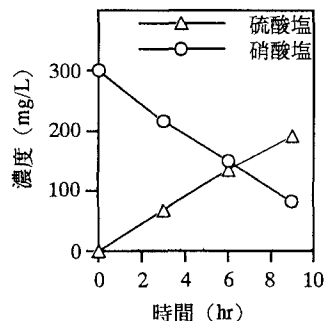


図6 回分実験結果

3.3 装置内の微生物活性

Run1、Run2終了後に装置内の微生物を用いて、脱窒および硫酸塩還元速度とその菌数を求めた。表2および表3にその結果を示す。

表2は無酸素条件の回分実験より得られた脱窒速度およびその菌数である。Run1では活性、菌数共に硫黄脱窒細菌と他栄養性脱窒細菌に大きな差はないことから図4の第2槽流出水で硫酸塩の生成量が少なかったのは、硫黄脱窒細菌の活性が低かったわけではなく、Run1では硝酸塩濃度が低いため硫化物を完全に酸化せずに硫黄粒として装置内に蓄積していたと考えらる。Run2で硝酸塩を増やした結果、他栄養性脱窒、硫黄脱窒細菌ともに活性、菌数が増大した。硫黄脱窒細菌の活性が増大したことにより、Run1で貯留された硫黄粒を用いた硫黄酸化がにおこり、前述したように第2槽流出水での硫酸塩生成量が増大したと考えられる。

表3は嫌気条件の回分実験より得られた硫酸塩消費速度および硫化物生成速度とその菌数である。また、硫酸塩の還元と硫黄粒の還元の速度を比較するために、半反応式より電子消費速度に換算してしめた。第1槽では硫酸塩を硫化物に還元しているため硫酸塩消費速度は大きい、電子消費速度で比較すると第2槽の硫黄粒還元の活性が非常に高いことがわかる。

以上のことから、硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌が共存することにより硫黄粒と硫化物の間に酸化・還元サイクルが形成され、より効率的な脱窒を行うことができたと考えられる。

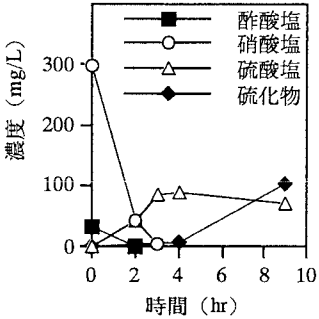


図7 回分実験結果

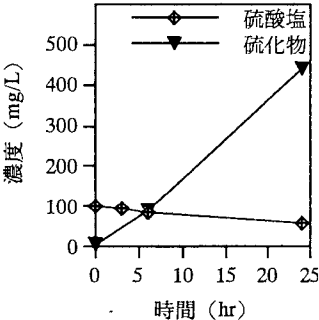


図8 回分実験結果

4. まとめ

上向流2槽生物ろ床装置を用いた硫酸塩還元硫黄脱窒プロセスによる有機物窒素除去能について実験的に検討を行った結果、以下のことが分かった。

- 1) 滞留時間を2.25時間に短縮しても、高い窒素、有機物除去能力を示した。
- 2) 窒素負荷が低い場合には、硫黄脱窒細菌は硫化物を不完全に酸化して硫黄粒として蓄積し、窒素負荷が高くなるとその硫黄粒を用いて脱窒を行った。
- 3) 処理装置内の硫黄粒蓄積量は、約9%であった。
- 4) 処理装置内には硫黄脱窒細菌と他栄養性脱窒細菌が共存し、同程度の活性を示した。また、硫黄還元細菌も共存し高い活性を示した。

表2 脱窒速度(mg-NO₃/gMLSShr)と菌数(MPN/g)

	他栄養性脱窒速度	硫黄脱窒速度	他栄養性脱窒菌数	硫黄脱窒菌数
Run1	5.0	4.1	4.6×10 ⁶	28.0×10 ⁶
Run2	18.8	24.3	7.9×10 ⁶	49.0×10 ⁶

表3 硫酸塩還元にともなう各速度 ((mg-SO₄/gMLSShr)と菌数 (MPN/g)

	硫酸塩消費速度	硫化物生成速度	電子消費速度	硫酸塩還元菌数
第1槽・Run2	10.1	4.1	0.1	49.0×10 ⁷
第2槽・Run1	1.2	2.9	0.2	7.9×10 ⁷
第2槽・Run2	1.6	17.9	1.1	13.0×10 ⁷

<参考文献>池本良子、小森友明、井出康之：硫酸塩還元・硫黄脱窒プロセスによる有機物・窒素除去に及ぼすC/S/N比の影響、土木学会第52回年次講演集Ⅶ-143,pp.286~287