

# 硫酸塩還元細菌による間伐材の利用性

金沢大学大学院 山下恭広・国土計画（株） 森茂紀・金沢大学工学部 池本良子

## 1. はじめに

下水の2次処理水や農業系排水等の有機物濃度が低い排水からの硝酸除去には、硫黄脱室が有効であるが、硫黄脱室には電子供与体としての還元型硫黄の添加が必要である。チオ硫酸塩を用いることにより極めて高速の脱窒が可能ではあるが、コスト面から問題がある。また、硫黄粒はその利用速度が遅いのが欠点である。筆者らは、有機性排水を用いて硫酸塩還元で生成した硫化物により効率的な脱窒が可能であることを報告している。無機排水の場合、硫酸塩還元細菌の電子供与体を供給することにより硫化物を生成させ、それを脱窒に用いる方法が有効であると考えられる。そこで、本研究では廃棄物としてその利用用途の拡大が望まれている間伐材に着目し、硫酸塩還元細菌の電子供与体としての利用性を検討した。

## 2. 実験方法

実験装置の概要を図1に示す。高さ260mm、直径100mm、容積1Lの亚克力樹脂性の円筒形カラムを2本連結し、1槽目に間伐材として杉を充填した。2槽目には生成した硫化物を酸化するために発泡ポリプロピレンを充填して曝気を行った。Run 1では杉材のまきを横約100mm、縦約200mmに、Run 2では約20×20×10mm程度の角形に切断して充填し、種汚泥として金沢市西部下水処理場の活性汚泥を添加して、表1に示す人工排水を通路した。Run1では運転開始の滞留時間は24時間とし、その後12時間、8時間と短くしていった。Run2では運転開始から42日目までは滞留時間12時間とし、その後24時間に変更した。種汚泥として用いた活性汚泥と、Run 1および2終了時の嫌気槽生物膜を用いて、嫌気条件下での杉材の分解について回分実験により検討した。表2に回分実験の条件を示した。

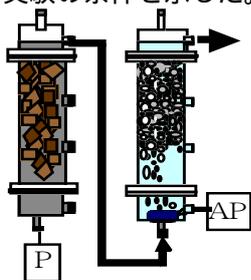


図1 装置図

表1 人工排水の組成

	人工排水
NaHCO <sub>3</sub>	35
CaCl <sub>2</sub>	46
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	46
MgSO <sub>4</sub>	79
KCl	87

(mg/l)

## 3. 実験結果と考察

### 1) 処理槽内の水質変化

図2にRun 2の経日変化を示す。Run 1では、滞留時間24時間で嫌気槽でほとんど硫酸塩が消失したため、滞留時間を徐々に低下したところ、8時間でも30%程度の減少が認められた。Run 2では、滞留時間12時間で運転を開始したが、硫酸塩の減少が少なかったため、24時間にしたところ、60%程度の硫酸塩減少率を示した。図3は装置内の硫酸塩の縦方向の変化を示したものである。嫌気槽で硫酸塩が減少し、好気槽で流入濃度まで回復して

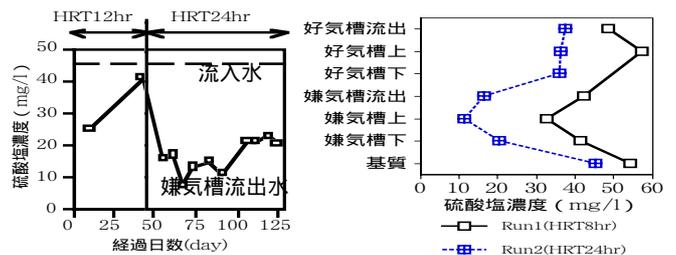


図2 Run2の経日変化

図3 装置内の水質変化  
表2 回分実験条件

いることから、嫌気槽での硫酸塩の減少は、硫酸塩還元によるものであると判断された。

### 2) 処理槽内微生物による杉材の分解性

図4は種汚泥として用いた活性汚泥の回分実験結果である。回分実験0-aと回分実験0-bの硫酸塩濃度を比較すると杉材を活性汚泥に添加することにより、酢酸が生成されることがわかる。しかし、硫酸塩還元は杉材を加えてもほとんど変化しないこと、さらにモリブデンを添加して硫酸塩還元を抑制しても（回分実験1-c）、酢酸生成量が変わらないことから、

	微生物	間伐材	Mo
0-a	活性汚泥	無し	-
0-b	活性汚泥	杉材	-
0-c	活性汚泥	杉材	
1-a	Run1生物膜	無し	-
1-b	Run1生物膜	杉材	-
2-a	無し	杉材	-
2-b	Run2生物膜	無し	-
2-c	Run2生物膜	杉材	-
2-d	無し	Run2槽内の杉材	-
2-e	Run2生物膜	Run2槽内の杉材	-
2-f	Run2生物膜	Run2槽内の杉材	

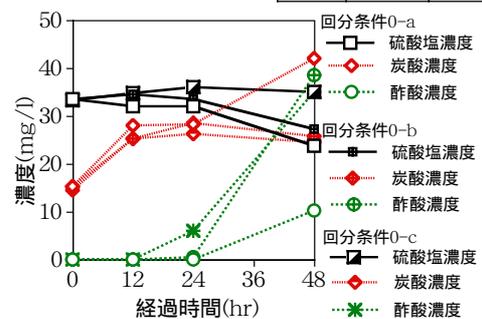
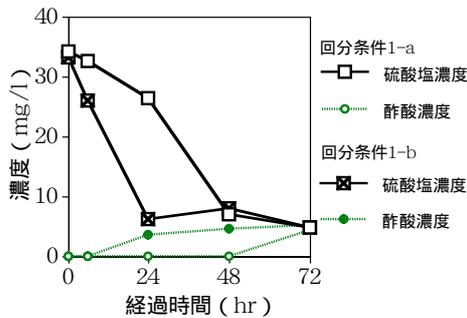


図4 活性汚泥による嫌気条件下での杉材の分解性

硫酸塩還元、間伐材、生物膜、硫黄脱室

連絡先（〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20、金沢大学工学部、TEL 076-234-4641、FAX 076-234-4644）



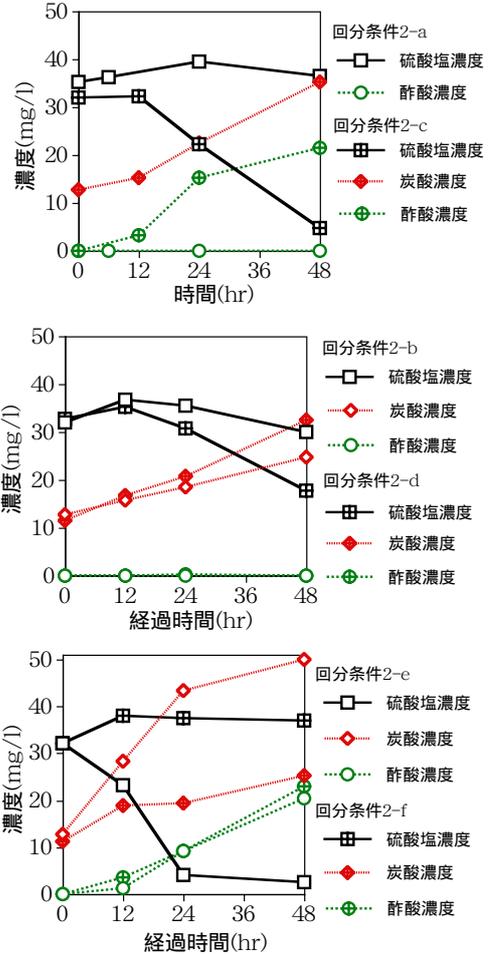
**図5 Run1生物膜による嫌気条件下での杉材の分解性**  
 硫酸塩還元は杉材の分解にほとんど関与していないことがわかる。

図5はRun 1の微生物を用いた回分実験を行った結果である。処理槽の生物膜のみを用いた回分実験1-aよりも杉材を添加した回分条件1-bの方が硫酸塩還元速度が約2倍となった。このことから、杉材が硫酸塩還元を促進していることがわかる。杉材を添加しなくても硫酸塩還元が起こったのは、生物膜を取り出す際に、杉材に付着した生物膜をかき取ったため、木片が生物膜に含まれていたためと考えられる。

図6はRun 2の微生物を用いた回分実験を行った結果である。この実験では杉材が混入しないように付着性の悪い生物膜のみを取り出したため、生物膜のみで行った回分実験2-bではほとんど硫酸塩還元は起こらなかったが、そこに杉材を添加した回分実験2-cでは、Run 1と同様に酢酸の生成と硫酸塩還元が起こった。生物膜を添加しなかった場合（回分実験2-a）には杉材からの酢酸の溶出は認められないことから、酢酸の生成は生物作用によるものであることがわかる。一方、処理槽内から取り出した杉材のみで行った回分実験2-dでも硫酸塩還元が起こった。これは、杉材表面に付着していた生物膜が杉材を分解したためと考えられる。また、この結果は、充填した杉材が有機炭素源としても生物付着担体としても有効に働いていたことを示している。生物膜に槽内の杉材を添加した回分実験2-eと、同条件でモリブデンを添加して硫酸塩還元を抑制した回分実験2-fを比較すると、酢酸増加にほとんど差はないことから、酢酸の生成が硫酸塩還元細菌によるものでないことがわかる。一方、炭酸塩濃度に大きな差が認められることから、硫酸塩還元細菌は杉材由来の有機物の無機化に関与していたと考えられる。

2) 硫酸塩還元速度と硫酸塩還元活性

表3は、Run 1およびRun 2の装置内の硫酸塩還元速度と、回分実験で求めた硫酸塩還元活性を示したものである。硫酸塩還元活性にほとんど差は認められなかったが、杉材を細かくしたRun2よりも大きな木片で投入したRun 1の方が硫酸塩還元速度が速い結果となった。これは、Run 1の方が処理槽内に多くの硫酸塩還元細菌が集積されたことを示している。投入した杉材の組成や充填率に差があったことが考えられるが、木材を細かくしても処理速度を大きく改善することは難しいと考えられる。



**図6 Run2生物膜による嫌気条件下での杉材の分解性**

**表3 硫酸塩還元速度と活性**

	Run1	Run2
装置内硫酸塩還元速度 (mg/l hr)	4.0444	2.1193
硫酸塩還元活性 (mg/l ss. hr)	1.1262	1.1679

4. まとめ

間伐材を硫酸塩還元細菌の電子供与体として利用できるかを検討した結果、以下のことがわかった。

- 1) 種汚泥として用いた活性汚泥中には、杉材を利用できる硫酸塩還元細菌は少ないが、杉材を充填したカラムにより、杉材を利用する硫酸塩還元細菌を集積することができた。
- 2) カラム内に集積された硫酸塩還元細菌は、杉材由来の有機物の無機化に関与していた。
- 3) カラム内の杉材は有機炭素源として働くと同時に、生物付着担体としても機能した。

以上のことより、間伐材を有機炭素源とした硫酸塩還元により生成した硫化物を、無機排水の脱窒に用いることが可能であると考えられた。