

# B-16 炭素繊維揺動型生物ろ床を用いた都市下水からの有機物・窒素除去

○須藤 諒<sup>1</sup>・陳月蕊<sup>1</sup>・中木原 江利<sup>2</sup>・池本 良子<sup>2\*</sup>・櫻井 英二<sup>3</sup>

<sup>1</sup>金沢大学大学院自然科学研究科(〒920-1192石川県金沢市角間町)

<sup>2</sup>金沢大学理工研究域(〒920-1192石川県金沢市角間町)

<sup>3</sup>スプリング・フィールド有限公司(〒921-8034石川県金沢市泉野町4-9-5)

\* E-mail: rikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp

## 1. はじめに

都市下水のような低濃度排水に対する嫌気性処理には、処理槽内に生物付着担体を充填した生物ろ床法が有効である。これまでにセラミックスや発泡ポリプロピレン等の担体を用いられているが、処理槽内の実容積を減少させてしまうといった欠点があった。本研究では担体として、単位面積当たりの生物付着量が大きい炭素繊維を適用した。炭素繊維は生物付着性が良好であるだけでなく、処理槽内で炭素繊維が揺動することにより、排水と効率的に接触し処理性能の向上が期待できる。

筆者らは、炭素繊維を充てんした生物ろ床装置を合流下水を受ける下水処理場に設置し、約1年間の連続処理実験を行った結果、良好な処理水質を得ることができた。また、不完全酸化型の硫酸塩還元微生物が重要な役割を果たしていることを報告した<sup>1)</sup>。しかし、冬季は融雪水の流入により下水の濃度と水温が極端に低下して、その処理性能を評価することが困難であった。そこで本研究では、分流水を処理する系列に移設するとともに、嫌気槽の後に好気槽を接続し、その処理性能を評価するとともに、嫌気槽の微生物反応について比較を行った。

## 2. 実験方法

### (1) 実験装置と運転方法

図1に、下水処理場に設置した実験装置の概要を、表1にそれらの運転条件を示す。処理装置は2011年5月に金沢市中心部の分流式区域を処理する系列の最初沈澱池脇に設置し、連続運転を行った。嫌気性および好気槽はそれぞれ容積185 Lと93 Lの円筒形で、内部に生物付着担体として図2に示す炭素繊維が充填されている。HRT(空塔滞留時間)をPeriod 4まで段階的に短縮し、その後段階的に延長した。Period 9では、冬期間の処理性能を把握するために、HRT=24時間(嫌気16時間、好気8時間)に設定

して253日間の運転を行った。時折、SSの流出による処理水質の悪化が見られたため、運転期間中に3回、底部から汚泥の排出を行った。週に一度、流入下水および流出水を採水し、現地で水温及び流量を測定した後、実験室に持ち帰り、水質を測定した。

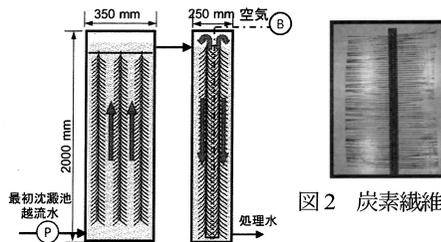


図1 炭素繊維揺動型生物ろ床装置



図2 炭素繊維担体

表1 運転条件

Period	1	2	3	4	5
経過日数(日)	0-57	58-87	88-111	112-141	142-165
HRT(h)	24	15	8	4	6
平均水温(°C)	21	25	26	24	23

Period	6	7	8	9
経過日数(日)	166-337	338-373	374-401	402-654
HRT(h)	8	5	12	16
平均水温(°C)	18	22	25	17

### (2) 微生物活性試験

運転開始から527日目(Period 9)に、嫌気槽から生物膜を取出し、回分実験により硫酸塩還元活性とメタン生成活性を測定した。取出した生物膜は、炭素繊維担体に付着していたもの(繊維付着生物膜)、装置の壁に付着していたもの(壁付着生物膜)と、嫌気槽の底部に堆積していた汚泥(堆積汚泥)の三種類である。これらの生物膜をシリレンジに1.0 g投入し、表2に示す基質を添加して、嫌気的に培養し、経時的に硫酸塩濃度を測定した。メタン生成活性試験では、表2の基質を用いて、経時的にガス発生量を測定した。



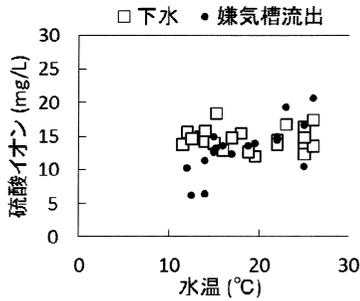


図4 Period9における水温と硫酸イオン濃度の関係

## (2) 微生物活性試験

図5は、酢酸を基質とした硫酸塩還元活性試験の結果の一例として繊維付着生物膜を用いた場合の結果を示したものである。図5 (a)に示すように、硫酸塩の減少に伴い、酢酸の減少と重炭酸塩の増加が認められ、さらに酢酸とペプトンからなる基質を添加したところ、図5 (b)のように酢酸塩がいったん増加した後に減少した。これは、酢酸酸化性の完全酸化型硫酸塩還元微生物と、ペプトン由来の有機物を酢酸に転換する不完全酸化型の硫酸塩還元微生物が生物膜内に共存していることを示唆するものである。一方、前年度に行った合流下水を処理する生物ろ床(HRT: 8時間)の生物膜では完全酸化型の硫酸塩還元微生物の存在が確認できなかったことから、HRTを増加させたことによって硫酸塩還元微生物の多様性が高まったと推測される。

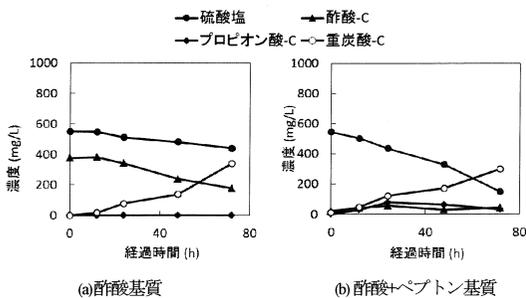


図5 硫酸塩還元活性試験の典型例(繊維付着生物膜)

## (3) 微生物叢の解析

表3に示すプライマーを用いて、本実験で得られた生物膜由来のDNAと昨年度行ったHRTが8時間の生物膜由来のDNAについて、6種類の硫酸塩還元微生物グループの16S-rRNA 遺伝子を標的としたPCRを行った結果、いくつかの硫酸塩還元微生物が検出された。その結果を表5に示す。すべての生物膜から *Desulfovibrio-Desulfomicrobium* 属が検出された。 *Desulfovibrio* -

*Desulfovibrio*属は乳酸やピルビン酸などの有機物から酢酸を生成することが知られており、不完全酸化型の硫酸塩還元微生物である。処理装置内では、この微生物が低分子有機酸の分解に関与していたと考えられる。本研究の生物膜からのみ検出された *Desulfovibrio* 属は *Desulfovibrio-Desulfomicrobium* 属と同様、不完全酸化型の硫酸塩還元微生物である。同じく本研究で検出された *Desulfobacter* 属は酢酸やピルビン酸、エタノールを二酸化炭素にまで完全に分解する、完全酸化型の硫酸塩還元微生物である。以上のことから、合流下水を短い滞留時間で処理する生物膜では、不完全酸化型の硫酸塩還元微生物が優占するが、長い滞留時間で分流水を処理する生物膜では、不完全酸化型と完全酸化型の硫酸塩還元微生物が共存するものと考えられる。

表5 PCRによる6グループの硫酸塩還元微生物の探索結果

Specificity	Primer	240日目		563日目		
		内側	外側	繊維付着	外側	下部
<i>Desulfotomaculum</i>	DFM 140	-	-	-	-	-
	DFM 842	-	-	-	-	-
<i>Desulfovibrio</i>	DBB 121	-	-	+	+	+
	DBB1237	-	-	+	+	+
<i>Desulfobacterium</i>	DBM 169	-	-	-	-	-
	DBM 1006	-	-	-	-	-
<i>Desulfobacter</i>	DSB 127	-	-	+	+	+
	DSB 1273	-	-	+	+	+
<i>Desulfonema-Desulfosarcina-Desulfococcus</i>	DCC 305	-	-	-	-	-
	DCC 1165	-	-	-	-	-
<i>Desulfovibrio-Desulfomicrobium</i>	DSV 230	+	+	+	+	+
	DSV 838	+	+	+	+	+

+ : バンドが検出    -: バンドが不検出

## 3. まとめ

炭素繊維揺動型嫌気性ろ床の処理水質は水温に左右されず、冬季には主に硫酸塩還元反応が進行していること推定された。また、処理槽内の生物膜からは完全酸化型と不完全酸化型の硫酸塩還元微生物が検出された。このことから、装置内で、*Desulfovibrio* 属や *Desulfomicrobium* 属によって生成された酢酸は、*Desulfobacter* 属に利用され、最終的に二酸化炭素にまで分解していると考えられる。

## 参考文献

- 1)喜成他(2011)第48回環境工学フォーラム講演概要集
- 2)Muyzer他(1993) Environ. Microbiol. 59 (3): 695-700.
- 3)Juretschko他(1998) Appl. Environ. Microbiol., 64, 3042-3051
- 4)Watanabe他(2004)FEMS Microbiol. Lett. 232 (2), 153-163.
- 5)Daly他(2000)Microbiol. 146, 1693-1705.