

B-24 嫌気性生物ろ床における都市下水からの窒素除去

○喜成 悠希子¹・池本 良子^{2*}・中木原 江利²・山下 恭広³・相川 晃平⁴

¹金沢大学土木建設工学科 (〒921-1192石川県金沢市角間町)

²金沢大学理工研究域環境デザイン学系 (〒921-1192石川県金沢市角間町)

³ (独) 農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所

⁴ (株) ニュージェック

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

1. はじめに

富栄養化を防ぐためには、流入段階での栄養塩類除去が重要である。しかし、従来型の硝化・脱窒プロセスは多量の酸素と有機物を必要とし消費エネルギーが大きい。そのため、より省エネルギーな窒素除去法の開発が求められている。

近年、アナモックス反応による嫌気的脱窒が注目されているが、本反応は有機物存在下では進行しないために、高濃度アンモニア排水への適用に限定されている。都市下水のような有機物とアンモニアが共存する排水中から嫌気的に窒素が除去できれば、きわめて有効な手法となることが期待できる。

本研究では、汚泥発生量を抑えて栄養塩除去を行うことを目的に排水処理実験を行っていた嫌気無酸素好気生物ろ過装置¹⁾の嫌気槽内で、硫酸塩還元に伴いアンモニア性窒素の低下が見られたことから、装置の嫌気槽部分のみを取り出して嫌気性ろ床装置を運転し、窒素除去を確認するとともに、アンモニア除去にかかわっていると推定された硫酸塩還元微生物の群集変化について、亜硫酸塩還元酵素(*dsr*)遺伝子を標的としたNested PCR-DGGE法を適用して検討を行った。

2. 実験方法

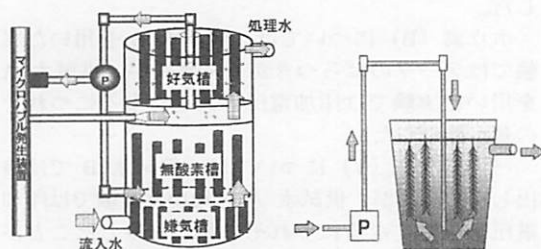
(1) 嫌気無酸素好気生物ろ過装置

図1 (A)に示す循環型の嫌気無酸素好気生物ろ過装置を金沢市城北水質管理センターの最初沈殿地蔵に設置し、最初沈殿池越流水を用いて排水処理実験をおこなった。嫌気槽の滞留時間は、0-201日目と370日目以降は3時間、202-369日目は7時間に設定した。定期的に流入水と嫌気槽流出水採取して、実験室に持ち帰り、DOC、硫酸

塩、アンモニウム塩濃度の測定を行った。

(2) 炭素繊維充填嫌気性ろ床装置の運転

嫌気無酸素好気生物ろ過装置の嫌気槽の生物膜を炭素繊維担体ごと10本取り出し、容積50Lのポリペールで作製した実験装置の上部からつり下げた。図1 (B)のように装置下部から最初沈殿池越流水を流入させ、40Lの位置から流出する構造とした。滞留時間が3時間になるようにポンプの流量を設定して運転をおこなったが、ポンプの目詰まりなどにより、滞留時間は2-6時間とばらついた。週に一度、流入水と流出水を採水し、現地で水温および流量を測定した後、実験室に持ち帰りpH、TOC、TNを測定した。また、0.2μmのメンブレンフィルターでろ過した液について有機酸、アンモニウム塩、硫酸塩、亜硝酸塩および硝酸塩濃度を測定した。



(A) 嫌気無酸素好気生物ろ過装置 (B) 嫌気性ろ床装置

図1 実験装置の概要

(2) 微生物群集解析

嫌気無酸素好気生物ろ過装置および嫌気性ろ床装置から炭素繊維に付着した生物膜を採取し、UltraClean Soil DNA kit (Mo Bio Laboratories, Inc, USA) を用いてDNA抽出をおこなった。抽出したDNAを用いて、*dsr*遺伝子をターゲットとしたNested PCR-DGGE法による解析を試みた。表1に実験に用いたプライマーを示す。

表1 用いたPCRプライマー

Primer		Sequence(5'-3')						Reference
DSRmbxF	DSR1F	ACS	CAG	TGG	AAQ	CAC	G	Wagner <i>et al.</i> 1998
	DSR1Fa	ACC	CAY	TGG	AAA	CAC	G	Loy <i>et al.</i> 2004
	DSR1Fb	GCC	CAC	TGG	AAQ	CAC	G	Loy <i>et al.</i> 2004
DSRmixR	DSR4R	GTG	TAG	CAG	TTA	CCG	CA	Wagner <i>et al.</i> 1998
	DSR4Ra	GTG	TAA	CAG	TTT	CCA	CA	Loy <i>et al.</i> 2004
	DSR4Rb	GTG	TAA	CAG	TTA	CCG	CA	Loy <i>et al.</i> 2004
	DSR4Rc	GTG	TAG	CAG	TTA	CCG	CA	Loy <i>et al.</i> 2004
DSRn2080F ^b	CAA	CAT	CGT	YGA	YCA	CCA	GGG	Geeta <i>et al.</i> 2006

*Ambiguities: R(G or A); Y(C or T); K(G or T); M(A or C); S(G or C); W(A or T)

^bA 40-bp GC clamp was added to the 5' end

(CGGGCCGCCGCGCCCCGCGCCCGGCCGCCGCCGCCGCCGCC)

when the PCR product was used for DGGE analysis (DSRp2060F-GC)

3. 実験結果と考察

(1) 嫌気無酸素好気生物ろ過装置の嫌気槽の水質変化

図2にDOC、アンモニア性窒素および、硫酸塩濃度の経日変化を示す。嫌気槽で硫酸塩還元に伴って有機物が減少しているが、同時にアンモニアの減少が認められた。流入下水中のたんぱく質の分解に伴ってアンモニアは増大することが予想されることから、アンモニア濃度の減少以上に窒素が除去されている可能性があると考えられる。

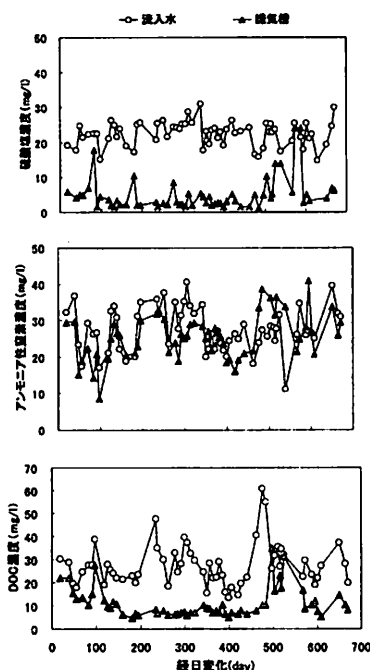


図2 嫌気無酸素好気生物ろ過装置嫌気槽内の水質変化

(2) 嫌気性ろ床の水質の経日変化

嫌気無酸素好気生物ろ過装置の嫌気槽でのアンモニアの除去が確認されたが、上段の無酸素槽の影響により硝化と脱窒が進行したことも否定できないことから、無酸素槽から切り離して、嫌気槽だけの運転を行うこととした。図3に、嫌気性ろ床のHRT、TOC、TN、硫酸塩濃度

の経日変化を示す。流入水に比べ流出水の濃度は、TOCで平均22.7mg/l, TNで平均10.7mg/l, 硫酸塩で平均10.8mg/lの減少が認められた。装置内では、嫌気無酸素好気槽の嫌気槽と同様に、有機物の分解と硫酸塩還元に伴ってアンモニアの除去が進行していると考えられる。しかし、運転開始後100日程度まではTNおよびアンモニアの除去が進行したが、その後アンモニアはほとんど減少せず、TN除去率も20%程度となった。硫酸塩の減少量も徐々に低下した。

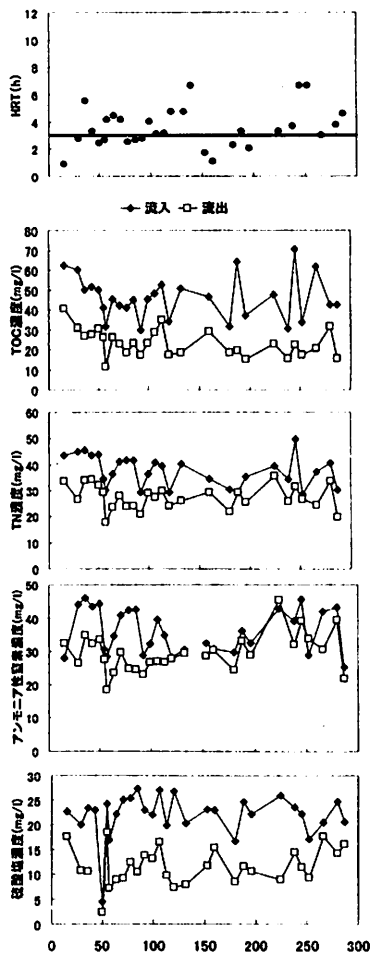


図3 嫌気性ろ床の水質の経日変化

図4および図5にTOC除去量および硫酸塩還元量とTN除去量の関係を示した。TOC除去量および硫酸塩還元量が増大するとTN除去量も増大する傾向が認められる。これらの結果は、窒素の除去には、硫酸塩還元と有機物の分解が関与していることを示唆するものである。

図6に水温と硫酸塩還元量の関係を示した。硫酸塩還元は水温に依存することから、窒素除去に水温が影響している可能性が示唆される。

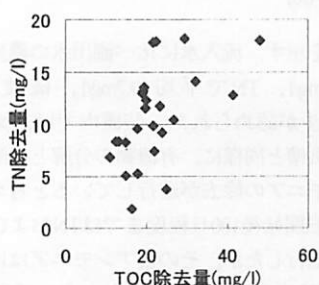


図4 TOC 除去量と TN 除去量の関係

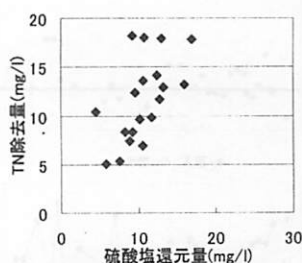


図5 硫酸塩還元除去量と TN 除去量の関係

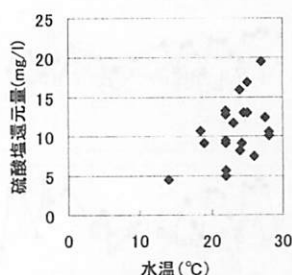


図6 水温と硫酸塩還元量の関係

(3) 微生物群集解析

嫌気無酸素好気生物ろ過装置および嫌気性ろ床装置の炭素繊維に付着した生物膜（0, 20, 55, 257日目）からDNA抽出をおこない、*dsr*遺伝子をターゲットとしたNested PCR-DGGE法を適用した結果を図7に示す。旧装置のバンドと運転開始から0日目、20日目のバンドには大きな差は見られなかった。55日目、257日目には②-④

のバンドと共通している部分も多いが、②-④にはなかったバンドも検出された。すなわち、嫌気性ろ床に移し替えて運転を行うことにより、硫酸塩還元微生物の優占種が変化したことが示唆された。これは、滞留時間が旧装置の嫌気槽と比較して長かったことが大きな要因であると考えられる。硫酸塩還元微生物の群集の変化が、窒素除去率の低下と関連する可能性があることから、今後検討する必要がある。

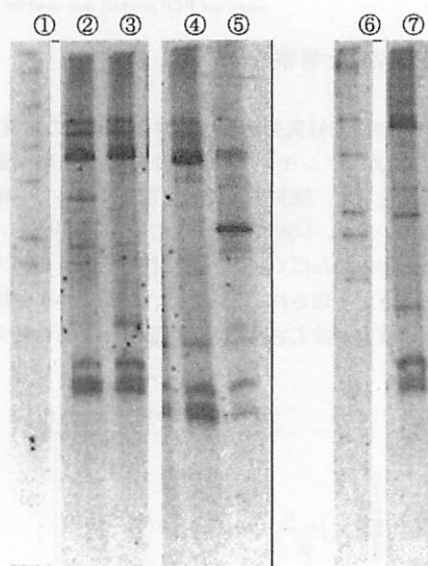


図7 電気泳動写真

- ①, ⑥: マーカー
- ②: 旧装置炭素繊維付着生物膜 08.01.31
- ③: 炭素繊維付着生物膜 08.04.02 (0日目)
- ④: 炭素繊維付着生物膜 08.04.21 (20日目)
- ⑤: 炭素繊維付着生物膜 08.05.27 (55日目)
- ⑦: 炭素繊維付着生物膜 08.12.15 (257日目)

4. まとめ

炭素繊維を充填した嫌気性生物ろ床において、硫酸塩還元に伴うアンモニアの除去が認められた。今後、その反応機構についてさらに検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 金子えりかほか：炭素繊維を用いた嫌気無酸素好気生物ろ過装置による実下水処理（第44回環境工学研究フォーラム講演集，2007）