

## DHS リアクターによる無曝気硝化プロセスの開発

東北大学大学院 学生会員  
東北大学大学院 正会員

小地沢 俊宏, 渡辺 悠介  
Tandukar Madan, 李 玉友, 原田 秀樹

## 1. はじめに

現在, 化学肥料の大量使用, 食料・肥料の輸出入, 化石燃料の使用などが窒素の循環のバランスを崩し, 人体だけではなく生態系にも悪影響を及ぼし, 問題となっている. これらの問題を受け, 環境基準項目への追加など法規制の整備が進められており, 窒素を安定して処理するための除去システムが開発されている. その中でも一般的によく用いられている生物学的窒素除去法は, 硝化によりアンモニアを除去する手法である. この生物学的窒素除去法には排水処理時に発生する汚泥の除去や曝気による酸素の供給のためにエネルギーが必要となり, コストの問題や装置が複雑になるという問題がある.

それを解決したのが DHS リアクターである. DHS は Downflow Hanging Sponge の略であり, スポンジ担体を生物保持担体として用いた新規の好気性処理技術である. 上部から進入した供給水は散水装置により均等にリアクター内に数千個充填されたスポンジに振り分けられ, スポンジへの浸透・浸出を繰り返す. 好気性生物処理に必要な酸素をリアクター内の間隙から吸収し, スポンジの中に保持された微生物による生物処理を行っている.

本研究では, DHS リアクターの窒素除去法としての適用を目指し, 高アンモニア濃度の人工排水を高負荷で処理することにより, DHS リアクターの硝化能力のポテンシャルを検討することを目的とした.

## 2. 実験装置および方法

実験装置の概要を図1に示す. リアクターは内径 0.25m, 塔長 0.50m の4つのカラムから構成される. スポンジ担体は, 円柱状ポリウレタンスポンジ(直径 3.0cm, 高さ 3.0cm)をポリプロピレン製のネットリングに埋め込んだものを使用し, 30L のスポンジをスポンジ充填率 30%でランダムに充填した.

供給水には表1に組成を示した人工排水を用いた. 本研究ではDHSの硝化能力のポテンシャルを把握するという目的のため, 人工排水の組成に有機物を含めなかった. 植種にはS浄化センターのA<sub>2</sub>O法における返送汚泥を用いた. また, 人為的なエアレーションは一切行わず, 温度は常温で運転した.

運転条件を表2に示す. 運転開始時のHRTは48時間としたが, 供給水がリアクター内に均等に流入しておらず, 硝化も進んでいなかった(Phase 1). そこで, 運転36日目に再植種を行い, HRT, アンモニア濃度をそれぞれ半分にして, アンモニア負荷は一定のまま運転を行った(Phase 2). また, 運転106日目にHRTを8時間に短縮し, 負荷を0.25 kg-N/m<sup>3</sup> dから0.75 kg-N/m<sup>3</sup> dに上げた(Phase 3).

サンプリングは, 供給水と処理水について週3回行った. 分析項目は温度, pH, ORP, DO, アルカリ度, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-Nである. また, リアクター内部での挙動を調べるために, 月に2回ほど, 上述した分析項目とSS, VSSについてリアクター内部のサンプリングを行った.

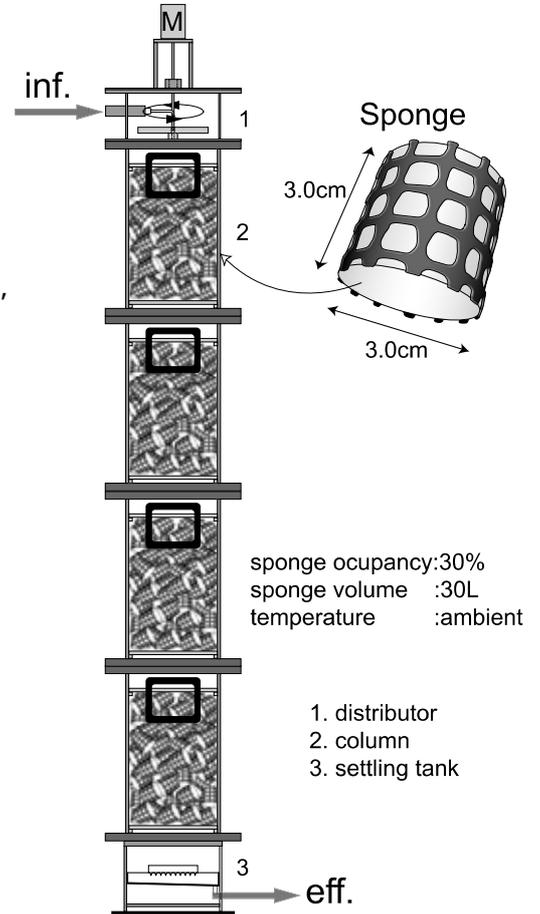


図1 DHS リアクター概要図

表1 人工排水の組成(NH<sub>4</sub>-N 250mg/L)

Compound	Concentration(g/L)
<i>Synthetic wastewater</i>	
NH <sub>4</sub> Cl	0.955
NaHCO <sub>3</sub>	2.969
<i>Phosphate buffer</i>	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.068
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	8.771
<i>Medium component</i>	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.213
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.036
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.051
<i>Nutrient solution</i>	1(mL/L)

表2 運転条件

	Days	HRT	NH <sub>4</sub> loading rate
phase 1	29	48 h	0.25 kg-N/m <sup>3</sup> d
phase 2	70	24 h	0.25 kg-N/m <sup>3</sup> d
phase 3	8	8 h	0.75 kg-N/m <sup>3</sup> d

キーワード DHS, 無曝気, 硝化, 高負荷

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科 環境保全工学研究室 Tel: 022-795-7468

### 3. 実験結果および考察

図2(a)に処理水質の経日変化,表3に連続運転により得られた供給水及び処理水の水質を示す. 図2(a)からphase 1において硝酸・亜硝酸の蓄積が見られず,硝化が進んでいないことがわかる. これは,植種が不十分であったことや,供給水がリアクター内に均等に流入していなかったことが考えられる.そこで,植種を再度行い,運転開始36日目からアンモニア負荷を変えずにHRTを24hに短くしたphase 2に移行した.すると,スタート直後から硝化が進み,処理水で平均39mg-N/Lのアンモニア濃度を示した. また,phase 2では運転開始54日目から79日目の間で亜硝酸の蓄積が見られたが,これは一時的なものであった.現在,運転条件は負荷をphase 2の3倍に上げたphase 3に移行している.処理水のアンモニア濃度は108mg-N/Lと高いが,まだphase 3の条件で運転を始めてまだ8日しか経過しておらず,今後さらに硝化が進むことが期待される.アンモニア除去速度はphase 2で0.21kg-N/m<sup>3</sup> d, phase 3で0.42kg-N/m<sup>3</sup> dであった.

図2(b)に窒素の物質収支を示す.アンモニア除去率はphase 1で10%, phase 2で84%, phase 3で56%であった.図2(b)で示している unknown は処理水から計測されなかったものであり,これはリアクター内の硝化細菌の細胞の同化に使われた,もしくはスポンジ中央部が無酸素状態であるために脱窒が起きたと推測される.

図2(c)にphase 2における高さ方向のDOプロファイルを示す.流入のDOは9.67mg/L,流出のDOは3.84mg/Lであった.リアクターを無曝気で運転しており,アンモニア除去率も84%と高いにもかかわらず,高濃度のDOが残存していることが分かる.これはDHSリアクター内の間隙から硝化に必要なとされる量の酸素を十分に供給できたことを示唆している.

図2(d)にphase 1におけるスポンジ内汚泥量,図2(e)にphase 3におけるスポンジ内汚泥量を示す.スポンジ容積1L当たりの汚泥量は,phase 1で平均2.7g-SS, phase 3で平均5.1g-SSであり,再植種によりスポンジの汚泥量が増加した.また,高さ方向の挙動を見ると,phase 1において再上部のカラムのスポンジ1L当たりの汚泥量が,平均値の2倍以上の汚泥が存在しているのに対し(標準偏差1.8g-SS), phase 3ではその差は少なくなっていた(標準偏差1.1g-SS).

### 4. 結論

高アンモニア濃度の人工排水を用い,常温でDHSリアクターの連続運転実験を無曝気で行った.現段階までに以下の結論が得られた.

- ・アンモニア除去率はphase 2(0.25 kg-N/m<sup>3</sup> d)において平均84%であった.また, phase 3(0.75 kg-N/m<sup>3</sup> d)において,アンモニア除去速度0.42 kg-N/m<sup>3</sup> dを示した.Phase 3は運転して8日しか経過しておらず,今後さらに硝化が進むことが期待される.
- ・リアクターを無曝気で運転し,硝化が進んでいるにもかかわらず,処理水のDOはphase 2において3.84mg/L残存していた.
- ・スポンジ1L当たりの汚泥量はphase 1で平均2.7g-SS(標準偏差1.8g-SS), phase 3で平均5.0g-SS(標準偏差1.1g-SS)であった.再植種後に汚泥量が増加し,スポンジ毎のばらつきは小さくなった.

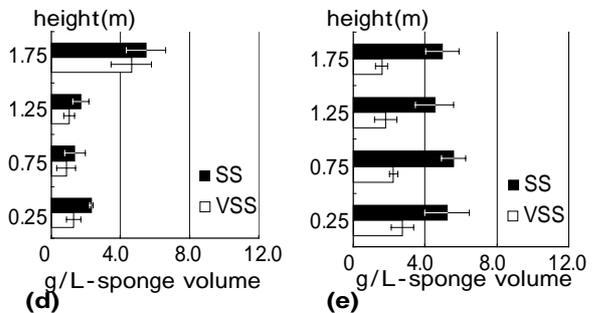
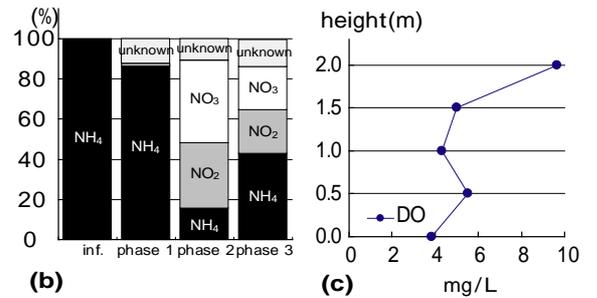
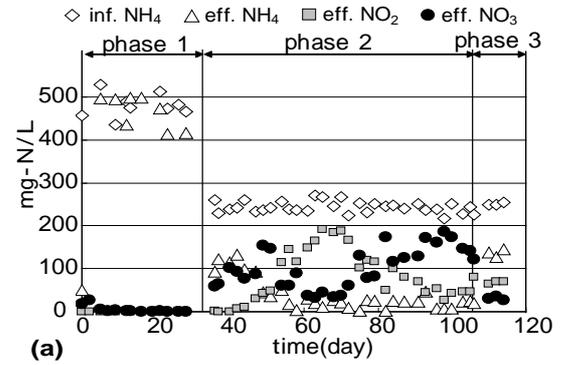


図2 実験結果 (a)処理水質経日変化, (b)窒素の物質収支, (c)高さ方向DOプロファイル, (d)スポンジ内汚泥量(phase 1), (e)スポンジ内汚泥量(phase 3)

表3 処理水の水質

	phase 1		phase 2		phase 3	
	inf.	eff.	inf.	eff.	inf.	eff.
NH <sub>4</sub> (mg-N/L)	480	433	244	39	245	108
NO <sub>3</sub> (mg-N/L)	0	5	0	102	0	54
NO <sub>2</sub> (mg-N/L)	0	1	1	82	5	71
pH	8.37	8.12	8.62	7.10	8.37	7.25
ORP (mV)	178	198	208	263	183	260
alkalinity (mg/L)	5908	3961	3341	1477	2908	1952
NH <sub>4</sub> removal (%)	10		84		56	
NH <sub>4</sub> removal rate (kg-N/m <sup>3</sup> d)	0.02		0.21		0.42	