

DHS リアクターによる省エネルギー型硝化プロセスの処理特性

東北大学大学院 学生会員 ○服部賢
 東北大学大学院 正会員 久保田健吾, 李玉友, 原田秀樹

1. はじめに

近年、窒素流入負荷の増大により日本のみならず世界中の閉鎖性水域で富栄養化が深刻化している。このため各種産業廃水等からの窒素除去が急務となっているが、近年のエネルギー価格の高騰によって既存のプロセスにおける曝気エネルギーが問題となっている。

下降流懸垂型スポンジ (Down-flow Hanging Sponge : DHS) はスポンジを生物保持担体に用いた処理技術である。その最大の特徴はスポンジが空気に曝されているため、曝気を不要とするところにある。供給水がスポンジ表面において、もしくはスポンジから滴下する間に空気と触れることで好気性処理に必要な酸素を供給出来るためである。これまでの研究から有機物処理能に加え優れた硝化能力を有していることがわかっている。

そこで本研究では DHS を硝化プロセスに適用し、実験室規模で連続的に高濃度アンモニア含有人工廃水を処理することで DHS リアクターの硝化能力の把握を目的とした。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概要を図-1に示す。リアクターは4つのstage (内径0.25 m, 高さ0.50 m) から構成され、全長2.0 m, 全容量100 Lである。スポンジ担体は、円柱状ポリウレタン製スポンジ (直径30 mm, 高さ30 mm, 空隙率95%) 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た。本研究の有効容量となる全スポンジ容積は30 L, スポンジ充填率は30%である。供給水には表-1に組成を示した人工廃水を用いた。本研究では硝化能力の把握を目的としたため有機物を含めていない。

運転条件を表-2に示す。アンモニア負荷の違いにより5つのphaseに分けた。Phase 1からphase 4では負荷を徐々に上げ、phase 5ではアンモニア負荷2.0 kg-N/m³/dとし条件を変えて実験を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 窒素経日変化

図-2に連続運転実験における水温、負荷 (Ammonia Loading Rate : ALR), アンモニア性窒素, 硝酸性窒素, 亜硝酸性窒素, アンモニア除去率, アンモニア除去速度 (Ammonia Removal Rate : ARR) の経日変化を示す。Phase 1~phase 4の結果は既発表であるため²⁾, 今回はphase 5の結果について言及する。

Phase 5ではアンモニア負荷2.0 kg-N/m³/d一定にし、運転を行った。Phase 5aではphase 3と同条件で運転を行ったにも関わらず、除去性能は低下した (アンモニア除去率 ; Phase 3 : 90% , phase 5a : 59%)。これは3.3, 3.4項で後述するが、汚泥の活性が低下したためであると考えられる。Phase 5bではHRT及びアンモニア濃度を半減させ、phase 5cでは処理水の循環

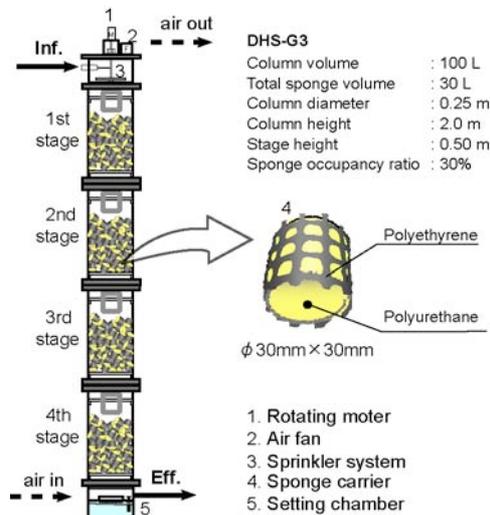


図-1 実験装置

表-1 人工廃水組成

	Concentration (g/L)		Concentration (g/L)
NH ₄ Cl	0.955~1.911	Na ₂ SO ₄	0.213
NaHCO ₃	2.969~5.939	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.036
KH ₂ PO ₄	0.324	MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.051
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	0.856	Nutrient solution	1(mL/L)

表-2 運転条件

	NH ₄ ⁺ 負荷 (kg-N/m ³ d)	HRT (h)	NH ₄ ⁺ 濃度 (mg-N/L)	
phase 1	a	0.25	48	500
	b	0.25	24	250
phase 2	a	0.75	8	250
	b			
phase 3	2.00	6	500	
phase 4	a	3.00	4	500
	b		2	250
phase 5	a	2.00	6	500
	b		3	250
	c		3	250
	d		3	250

※灰色部分は既発表²⁾

を開始した (循環比 1)。目的は流量を増加させることで汚泥と供給水の接触効率を上げることであったが、処理性能からその効果は見られなかった (アンモニア除去率 ; Phase 5a : 59%, phase 5b : 72%, phase 5c : 65%)。処理性能が変化した要因として水温の変動が考えられる。平均水温は phase 5a が 16.1°C, phase 5b が 23.0°C, phase 5c が 21.9°C となっており、水温が高い程処理性能が向上している事がわかる。そこで Phase 5d ではまずエアコンディショナーにより室温を 30°C 付近に制御したところアンモニア除去率が 72%に増加した。供給水の平均水温は phase 5c に比べ低下したが (phase 5d の平均水温は 19.7°C), 室温が上昇したことにより処理性能が

キーワード DHS, 省エネルギー, 硝化, スポンジ担体

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 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

向上したと考えられる。次にヒーターにより供給水の水温を30°Cにすると処理性能はさらに向上し、アンモニア除去速度1.80 kg-N/m³/dを得た。このアンモニア除去率は本研究で得られた最大のアンモニア除去速度であり、既存の硝化プロセスと比較しても同等である。

3.2 保持汚泥量経日変化

図-3に保持汚泥量の経日変化を示す。保持汚泥量は増加傾向にあり、762日目に測定すると15.1 g-SS/L-sponge, 10.1 g-VSS/L-spongeであった。また、VSS/SSは0.6-0.7を推移している。浮遊増殖型の硝化プロセスの保持汚泥量は一般的に3-6 g-VSS/Lとされており、本研究ではその2-3倍の汚泥を保持していることがわかる。さらに本研究と同タイプのスポンジ担体を用いて実下水を処理した研究では20-25 g-VSS/L-spongeの汚泥を保持したと報告されている¹⁾。これは有機物を含んでいるため従属栄養細菌が多く増殖したためであると考えられる。この報告から本研究の保持汚泥量はスポンジの最大保持汚泥能に達していないことがわかる。

3.3 硝化活性試験

図-4にphase 4b及びphase 5dで行なった硝化活性試験の結果を示す。するとphase 5dで行った活性試験のアンモニア除去速度はphase 4bの結果の1/6、亜硝酸除去速度は1/2に減少していた。3.1項で先述した通りPhase 3とPhase 5aでは同条件で実験を行ったにも関わらず、処理性能が大きく異なった(アンモニア除去率; Phase 3: 90%, phase 5a: 59%)。活性試験の結果からphase 3とphase 5aで処理性能が異なった原因は汚泥の活性が低下したためであると考えられる。

3.4 酸素利用速度試験

図-5にphase 4a及びphase 5dで行った酸素利用速度(Oxygen Uptake Rate: OUR)試験の結果を示す。硝化活性試験の結果同様、汚泥の活性の低下が見られPhase 5dのOUR試験の結果はアンモニア基質、亜硝酸基質共にphase 4aのOUR試験の結果に比べ1/10に低下している。しかしなぜ汚泥の活性が低下したかは明白ではない。

3.5 脱窒活性試験

図-6にphase 5dで行った脱窒活性試験の結果を示す。するとわずかではあるが脱窒活性が確認された。連続実験の窒素収支のunknown分から連続実験における脱窒速度を算出すると0.063 kg-N/kg-VSS/dであった。これは活性試験の結果(0.008 kg-N/kg-VSS/d)に比べ高い値となっている。連続実験では汚泥の自己消化による有機物、及びスポンジからの浸出液中に含まれる自己消化による有機物がエネルギー源であった。一方、脱窒活性試験では基質洗浄をしたため持ち込みの有機物がなく、汚泥の自己消化のみであったため連続実験の方が高い脱窒速度を示したと考えられる。

4. まとめ

- ・ 負荷 2.00 kg-N/m³/dにおいてアンモニア除去速度が最大となり1.80 kg-N/m³/dを得た。
- ・ 保持汚泥量は増加傾向にあり 762日目には 10.1 g-VSS/L-spongeであった。
- ・ 活性試験や酸素利用速度試験の結果から汚泥の活性の低下が確認された。
- ・ 脱窒活性試験よりわずかではあるが脱窒活性が確認された。

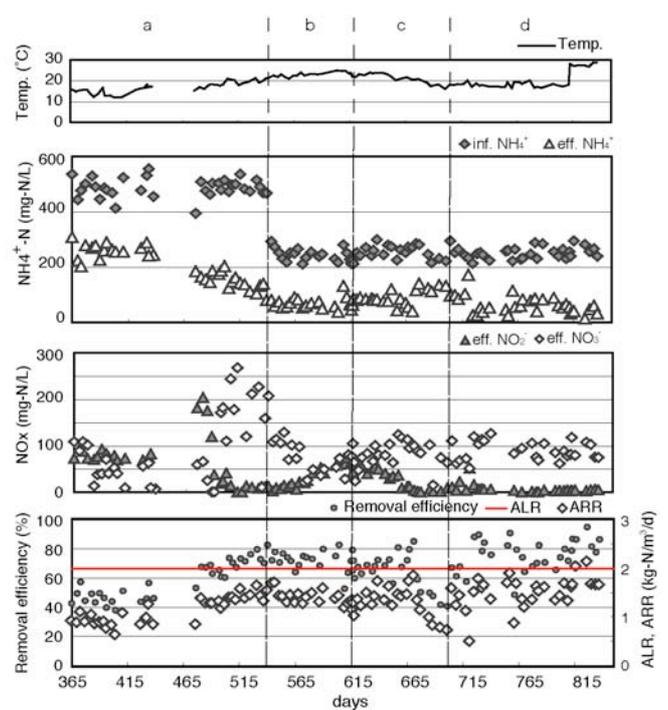


図-2 経日変化(水温, 負荷, アンモニア, 窒素酸化物, アンモニア除去率, アンモニア除去速度)

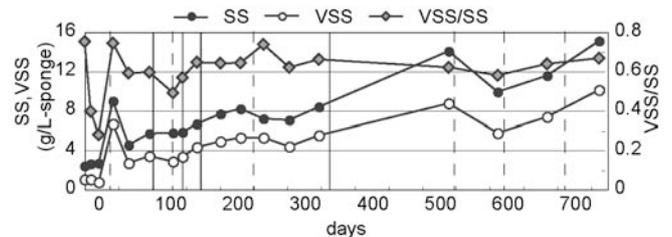


図-3 汚泥経日変化

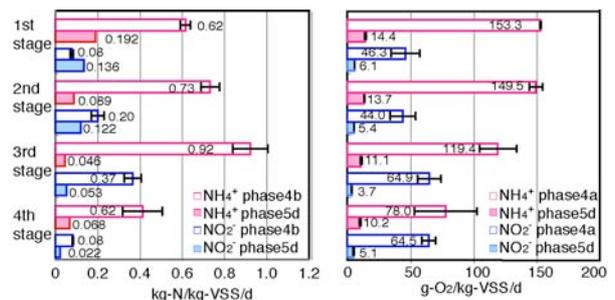


図-4 硝化活性試験

図-5 酸素利用速度試験

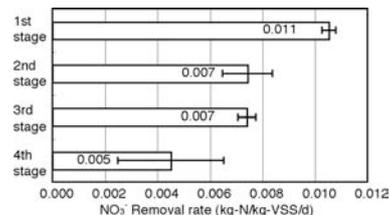


図-6 脱窒活性試験結果

参考文献

- 1) 高橋優信ら: 発展途上国に適用可能なエネルギー最小消費型の下水処理プロセスの開発—スポンジ担体散水ろ床(DHS-G3)リアクターの処理特性—, 環境工学研究論文集, Vol.41, 2004.
- 2) 服部賢ら: DHSリアクターによる無曝気硝化プロセスの開発, 第63回年次学術講演会講演概要集, 2008.