

DHS リアクターによる無曝気硝化プロセスの開発

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○服部賢，渡辺悠介
オルガノ(株) 小地沢俊宏

東北大学大学院工学研究科 正会員 タンドカールマダン，久保田健吾，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，化学燃料の使用などが窒素の循環のバランスを崩し，人体だけでなく生態系にも悪影響を及ぼし，問題となっている．このため排水からの窒素除去が急務となっている．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方法である．しかし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 Down-flow 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．上部から浸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る．スポンジへの浸透，浸出を繰り返す際に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出来る．またスポンジの中に高濃度に汚泥を保持出来るため汚泥の滞留時間が長く，増殖速度の遅い硝化細菌に適した処理技術である．

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. 実験装置及び方法

実験装置の概要を図-1 に示す．リアクターは内径 0.25 m，塔長 0.50 m の 4 つの stage 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 3.0 cm，高さ 3.0 cm)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．本研究では硝化能力の把握を目的としたため有機物を一切含めなかった．また，人為的なエアレーションは行わず，常温(11.6-28.4℃)での運転とした．植種にはS浄化センターのA₂O法における返送汚泥を用いた．

運転条件を表-2 に示す．phase 1 から phase 4 に移行するに従い負荷を徐々に上げている．本研究で用いたリアクターは密閉型であり空気循環が困難な状態にあったため運転開始 133 日目より小型ファンでの空気循環(循環速度 0.07min⁻¹)を開始した．

3. 実験結果及び考察

3.1 窒素経日変化

図-2 に連続運転実験による窒素の経日変化及び温度の経

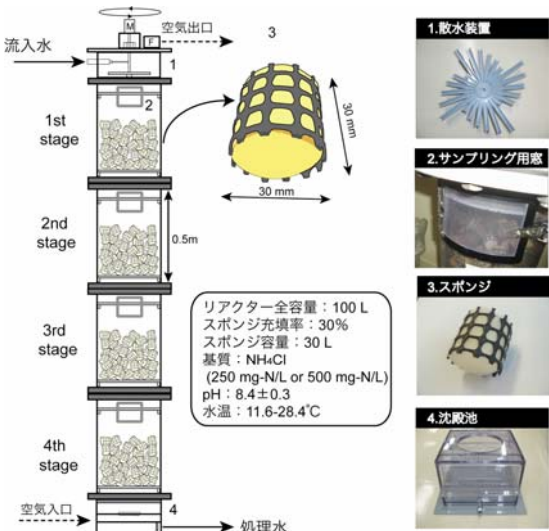


図-1 実験装置

表-1 人工排水組成

Compound	Concentration (g/L)	Compound	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	0.081	MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.051
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	0.214	Nutrient solution	1(mL/L)

表-2 運転条件

	NH ₄ ⁺ 負荷 kg-N/m ³ /d	Days	HRT h	NH ₄ ⁺ 濃度 mg-N/L	空気循環
phase 1 a	0.25	29	48	500	なし
phase 1 b		70	24	250	なし
phase 2 a	0.75	26	8	250	なし
phase 2 b		13	8	250	あり
phase 3	2.00	27	6	500	あり
phase 4 a	3.00	75	4	500	あり
phase 4 b		19	2	500	あり

日変化を示す．Phase 1aではHRTを 48 時間，アンモニア負荷を 0.25 kg-N/m³/dで運転したが硝酸・亜硝酸がほとんど検出されず，硝化は進まなかった．そこで再植種を行ない，負荷を変えずにHRTを 24 時間にして運転したところ(Phase 1b)，硝化が進行しスタートアップに成功することが出来た．負荷を 0.75 kg-N/m³/dに上げHRTを 8 時間にして運転したphase 2aではアンモニア除去率が 52%に低下した．処理水のDOが 3.8 ± 0.5 mg/Lまで低下したことからphase 2bより空気循環を開始したところアンモニア除去率 99%を達成した．Phase 3 では負荷を 2.00 kg-N/m³/dに上げHRTを 6 時間にして運転した結果，アンモニア除去率 90%，アンモニア除去速度 1.78

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 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:022-795-3584

kg-N/m³/dを得た。Phase 4aでは負荷を3.00 kg-N/m³/d, HRTを4時間にして運転を行なったが処理性能は低下し、アンモニア除去率55%となった。そこで遊離アンモニアによる阻害を低減させるために、さらに汚泥と供給水との接触効率を上げるためにphase 4bでは負荷を変えずにHRTを2時間にして運転したが処理性能は向上しなかった。Phase 3において最大アンモニア除去速度1.78 kg-N/m³/dを達成したことから、無曝気にも関わらず既存の高負荷プロセスと同等の硝化能力を有していることが分かった。

3.2 汚泥量経日変化

図-3に汚泥量の経日を示す。運転開始29日目に再植種を行なった後、汚泥量が安定してから徐々に増加し最終的に汚泥量は5.54 g-VSS/L-spongeとなった。本研究と同タイプの担体を使用したリアクターによる実下水を用いた研究では20-25 g-VSS/L-spongeの汚泥を保持したとの報告がある。本研究の約4倍の汚泥保持量であるが、この差は本研究では供給水に有機物を含めておらず従属栄養細菌の増殖が抑制されたためであると考えられる。

3.3 硝化活性試験

図-4にphase 4bで行なったアンモニア基質(100 mg-NH₄⁺-N/L)と亜硝酸基質(25 mg-NO₂⁻-N/L)の硝化活性試験の結果を示す。アンモニア除去速度は各stage平均で0.67 kg-N/kg-VSS/dを得た。Phase 4bでのリアクター内の平均アンモニア除去速度は0.19 kg-N/kg-VSS/dであったため、活性試験の結果の29%しかないことがわかる。

3.4 酸素利用速度

処理水のNO₂⁻-N及びNO₃⁻-Nから算出した酸素利用速度を図-5に示す。空気循環を開始したphase 2bより酸素利用速度が急激に高くなり、処理が最も良好だったphase 3では平均66±8 g-O₂/kg-VSS/hであり、無曝気にも関わらず、DHSリアクターの高い酸素摂取能力が確認された。

またphase 4aで行なった酸素消費速度試験の結果を図-6に示す。試験はアンモニア基質(500 mg-NH₄⁺-N/L)と亜硝酸基質(250 mg-NO₂⁻-N/L)、基質なしで行なった。アンモニア基質の酸素消費速度から内因性の酸素消費速度を差し引いた純粋なアンモニア酸化における酸素消費速度は各stage平均で91±26 g-O₂/kg-VSS/hであった。Phase 4aにおける連続運転での酸素利用速度は46±8 g-O₂/kg-VSS/hであり、連続実験では回分実験で得られた結果の約半分の値であった。

3.5 アンモニア負荷とアンモニア除去速度

図-7に負荷と除去速度の関係を示す。負荷2.00 kg-N/m³/dのとき最大平除去速度1.78 kg-N/m³/dを達成した。

4. まとめ

- アンモニア負荷2.00 kg-N/m³/d, 温度18-20℃においてアンモニア除去速度が最大となり1.78 kg-N/m³/dであった。また、このときアンモニア除去率は90%であった。
- 汚泥保持量は最終的に各stage平均で5.54 g-VSS/L-spongeであった。
- 活性試験では各stage平均で0.67 kg-N/kg-VSS/dであった。
- 酸素利用速度を算出することによってDHSリアクターの高い酸素摂取能力が確認された。

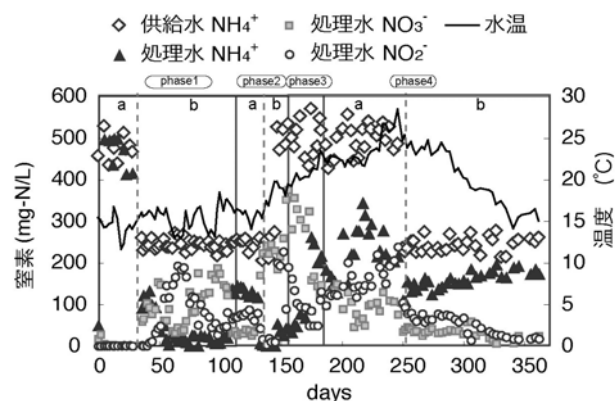


図-2 窒素経日変化

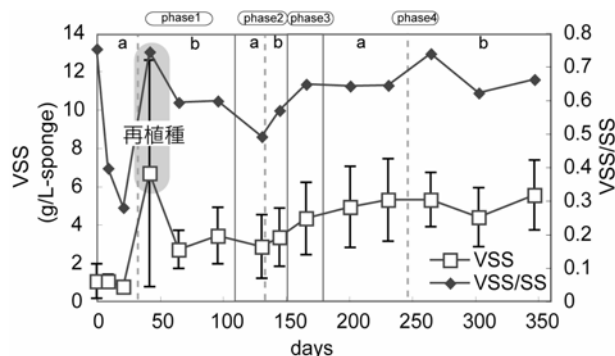


図-3 汚泥経日変化

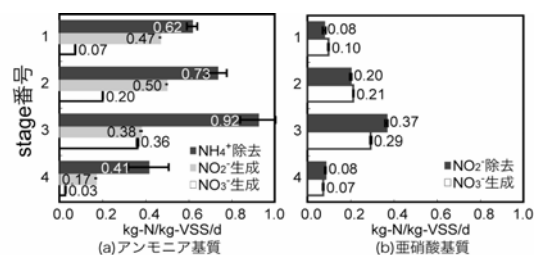


図-4 活性試験結果

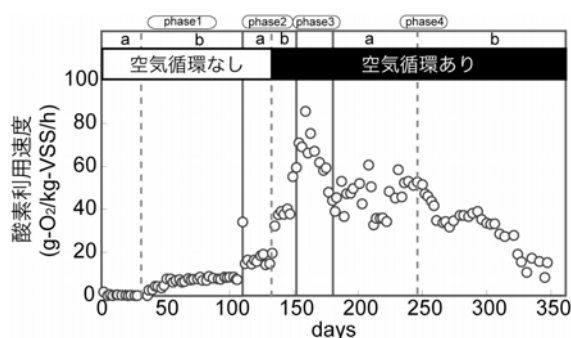


図-5 酸素利用速度

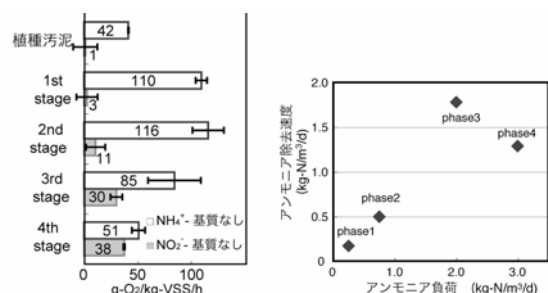


図-6 酸素消費速度試験 図-7 アンモニア除去速度