

無曝気型好気性処理の DHS リアクターによる下水二次処理水の残存有機物除去と硝化

岐阜工業高等専門学校 小澤 徹（学）、角野晴彦（正）、和田 清（正）

国立環境研究所 珠坪一晃（正）

長岡技術科学大学 大橋晶良（正）、原田秀樹（正）

1 はじめに

近年、湖沼や内湾などの閉鎖性水域において水質汚染が進行しており、下水二次処理水より残存有機物・窒素・リン除去を行う高度処理が求められている。窒素除去の過程では、硝化反応槽内の細菌を増殖させるための過剰なエアレーション、増殖した細菌を槽内に保つ高度で高コストな技術が不可欠である。そこで本研究では、エアレーション不要な低コスト型処理法である DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターを用いて、活性汚泥法処理水の残存有機物除去と硝化の連続処理性能を評価した。

2 実験方法

図1に本研究で使用した実験装置の概要を示す。ろ床は、三角柱スポンジ（断面 0.50 cm^2 、幅 20 cm 、 0.56 mm 孔）を塩化ビニール板に接着したものをカーテン状に設置し、高さが 165 cm となる。スポンジの間隙容積は 3.0 L となり、HRT（水理学的滞留時間）算出には、これを用いた。流入水はリアクター上部から滴下され、流下中に酸素を取り込み、スポンジに付着した好気性微生物によって浄化される仕組みである。連続処理実験の供給水は、本校合併浄化槽処理水に塩化アンモニウムと炭酸水素ナトリウムを添加したものをを用いた。添加する塩化アンモニウムは供給水において運転開始～257日目まで 20 mgN/L 、258日目以降は 40 mgN/L の割合とした。HRT は、運転開始～85日目は2時間、86日目以降は1時間とした。室温は、運転開始～346日目まで 20°C 、347～437日目は 15°C で制御し、それ以降は制御せずに冬季の屋内温度とした。植種には、活性汚泥を用いた。

室温 15°C 、HRT 1時間の連続運転中に、人工排水による水理学的負荷と濃度負荷を与えるショックロード試験を行った。水理学的負荷は流入アンモニア性窒素を 40 mgN/L とし、HRT を通常運転の1時間から段階的に短縮し、濃度負荷は HRT を1時間とし供給するアンモニア性窒素（又は亜硝酸性窒素）濃度を増加させ、硝化性能への影響を調査した。

運転期間中の実 HRT を把握するため、トレーサー試験を塩化ナトリウム添加法により行った。

3 実験結果及び考察

3-1 連続処理性能

表1に258～484日目までの、DHS リアクターの処理状況を示す。流出水の全 BOD は、室温の低下に依らず、 $1\sim2\text{ mg/L}$ と高い水質が安定して得られた。258～484日目の平均 BOD/CODcr は、流入水で 0.33 、流出水で 0.14 となり、処理水中の生物分解が困難な有機物が残存し、生物分解可能な有機物は本リアクターでほとんど消費されたと考えられる。

258～484日目の流入水の平均全窒素は 63 mgN/L で、そのうちアンモニア性窒素は 35 mgN/L を占めて

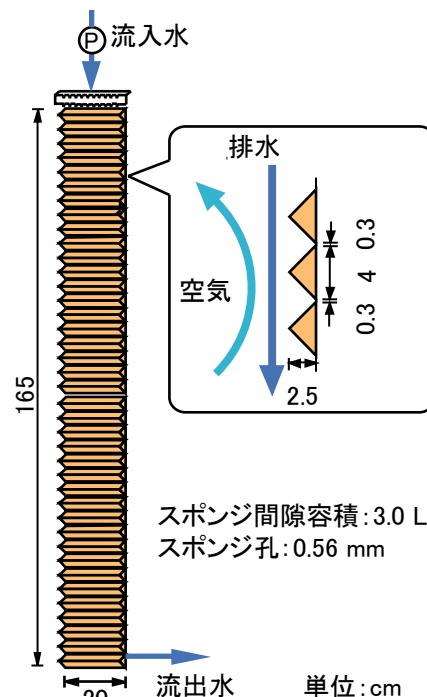


図1 DHS リアクター概要図

表1 DHS リアクターの各運転条件での処理状況

項目	運転期間	258-346日目		347-437日目		438-484日目	
	HRT	1時間					
	室温	20℃		15℃		15℃以下	
	箇所	流入	流出	流入	流出	流入	流出
水温(℃)		21.2	20.3	15.8	14.9	15.5	9.4
全CODcr (mg/L)		34	22	17	10	28	14
溶解性CODcr (mg/L)		18	14	10	7	17	10
全BOD (mg/L)		4	2	4	1	9	2
溶解性BOD (mg/L)		1	2	2	1	2	1
全BOD/全CODcr		0.11	0.14	0.29	0.10	0.33	0.18
Total-N (mg/L)		66	65	57	56	66	63
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)		31	3	41	3	34	4
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)		6	2	3	0	5	0
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)		19	51	14	48	22	53
SS (mg/L)		12	8	3	1	11	3
pH		7.6	7.1	7.8	7.6	7.9	8.0
ORP		125	152	149	170	140	145
除去率							
全CODcr (%)			32		36		48
全BOD (%)			25		73		72
NH ₄ ⁺ -N (%)			91		99		89
Total-N (%)			1		2		4
SS (%)			18		51		66

キーワード DHS リアクター、残存有機物除去、硝化、エアレーション不要

連絡先 〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2 岐阜工業高等専門学校 角野研究室 TEL : 058-320-1408

いた。258 日目より流入アンモニア性窒素を増加させたが、除去率は 90%以上と良好であった。20℃から 15℃へと室温を低下させても、流出水のアンモニア性窒素は平均 3 mgN/L と硝化性能の低下はみられなかった。流出水に、亜硝酸性窒素は検出されず、硝酸性窒素まで完全に酸化されていた。

図 2 に運転 438～484 日目（冬季の屋内温度条件）における流出水温とアンモニア除去率との関係を示す。10℃以上ではアンモニア除去率 90%以上の良好な処理が得られた。最低水温は 6.8℃を記録したが、アンモニア除去率 80%を下回らなかった。本リアクターは低温かつ HRT 1 時間という短時間で、高い硝化性能を維持できた。

3-2 基軸方向分解特性

図 3 に室温 20℃（321 日目）、15℃（413 日目）、12℃（477 日目）の各窒素態の流下方向プロファイルを示す。20℃では中間（82.5 cm 位置）で 90%以上のアンモニア性窒素が除去されていた。温度が低下するに従い、中間でのアンモニアの残存量が増加傾向にあるが、残存したものは下部で除去されていた。亜硝酸性窒素は、温度条件にかかわらず流出水ではほとんど検出されなかった。溶解性 COD_{cr} は、各温度も下部で除去されていた（データ不提示）。

3-3 ショックロード試験

図 4 に、室温 15℃、HRT 1 時間、平均流入アンモニア性窒素 41 mgN/L の連続運転中における水理的・濃度負荷による硝化性能の影響を示す。HRT 0.75 時間に短縮させても、硝化性能に影響はなかった。HRT 0.50、0.25 時間に短縮すると、アンモニア除去率はそれぞれ 75、45%まで低下した。流入アンモニア性窒素を 60 mgN/L 以上とすると、除去率は低下していった。流入亜硝酸性窒素は、100 mgN/L としても、除去率は 98%を示した。

3-4 実 HRT 測定

表 2 にトレーサー試験の結果を示す。85 日目より理論的 HRT 1 時間で運転していたが、実際は 0.45 時間で流下していた。運転の経過に伴い、実 HRT は徐々に増加し、運転 480 日目には 0.57 時間となった。生物膜の肥大化により排水が短絡することが懸念されたが、実 HRT は 400 日を超える運転でも短縮しなかった。これは、本リアクターが良好な処理水質が安定して得られた一因と考えられる。

4 まとめ

DHS リアクターによって下水二次処理水を連続処理し、次の知見が得られた。

- 1) HRT 1 時間、処理水温 20～7℃の運転条件において、流出水の全 BOD は 2 mg/L 以下、アンモニア性窒素は 5 mgN/L 以下であった。本リアクターはエアレーションを必要とせず、480 日以上の実験期間中に汚泥引抜きと維持管理を行わずに、高い有機物除去能と硝化性能を発揮した。
- 2) HRT 1 時間、室温 15℃、流入アンモニア性窒素 41 mgN/L の連続運転中にショックロード試験を行った。その結果、水理的負荷では HRT 0.75 時間、濃度負荷では流入アンモニア性窒素 50 mgN/L まで、硝化性能は維持された。
- 3) 実 HRT を測定すると理論的 HRT（1 時間）の半分程度であったが、480 日間の長期の運転期間にも関わらず短縮されることはなかった。

謝辞

本研究の一部は、（財）鉄鋼業環境保全技術開発基金の助成を受けて実施しました。関係各位に感謝いたします。

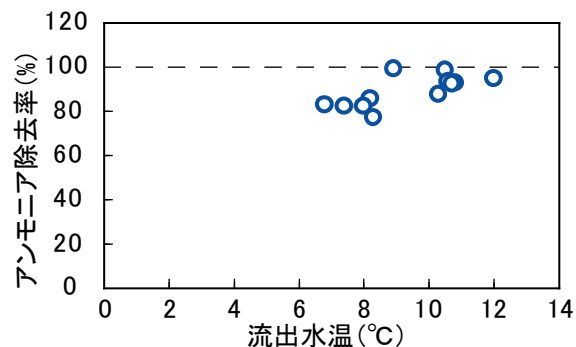


図 2 温度に伴うアンモニア除去の変化

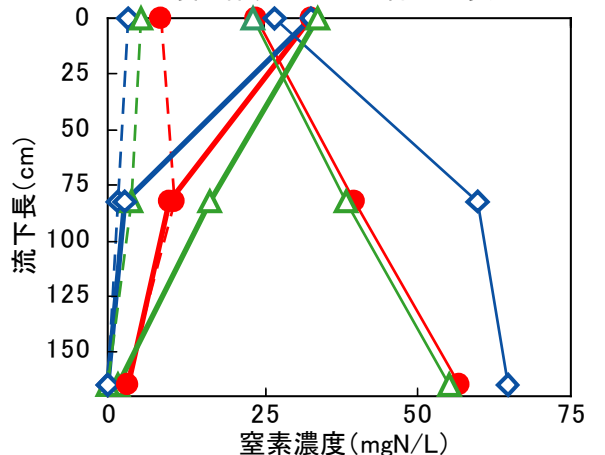


図 3 窒素の流下方向プロファイル

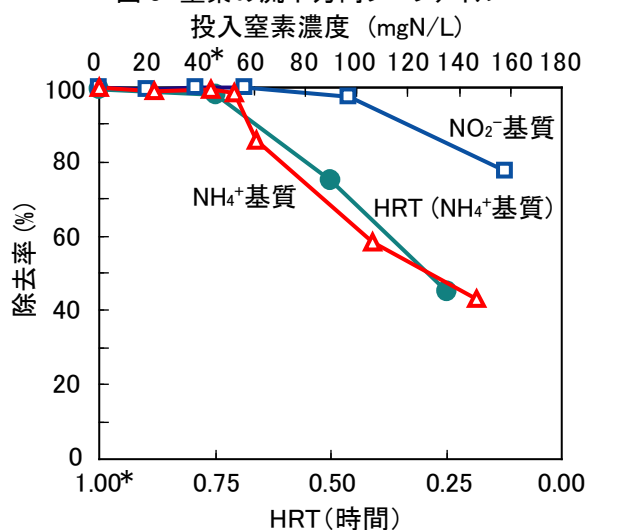


図 4 水理的・濃度的負荷による硝化性能の影響
表 2 運転日数による流下時間の変化

運転 (日目)	理論的HRT (時間)	実HRT (時間)	実HRT/理論的HRT (%)
204	1.02	0.45	44.2
405	1.00	0.50	50.0
480	1.00	0.57	56.7