

実規模 DHS リアクターにおける無機態窒素の処理性能と K_La の評価

木更津工業高等専門学校 正会員 ○大久保努, 東北大学 正会員 久保田健吾、原田秀樹

1. はじめに

インドにおける下水処理は、曝気電力を必要とせず維持管理が容易な UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) 法が中核となり、全下水処理水量の内 43% を UASB リアクターにより処理している。UASB リアクターの後段には、処理水のポリッシュアップを目的としてポンド (インドでの呼称: FPU) が設置されている。しかし、UASB+FPU システムでは処理水質が放流基準を満足出来ず (放流基準: 30 mgBOD/L)、ポンドの設置に広大な敷地を必要とし、かつ堆積汚泥の排出管理が難しいなど、最適な後段処理技術とは言いがたい実情がある。そこで我々は、UASB 法の経済的な優位性を損なわない効率的な後段処理技術として、DHS (Down-flow Hanging Sponge) 法の基礎的研究を 1990 年代半ばより国内で続けている。それと同時に、インドの下水処理場に実規模 DHS リアクターを建設し、現地の気候や下水性状等のプラクティカルな条件下で実証実験を行っている。これまでに実施した、第 2 世代型スポンジ担体 (以下、DHS-G2) を用いた長期連続実験では、有機物および窒素除去において高い処理性能を示した。しかしながら、DHS-G2 は担体の形状上、散水した排水が担体に接触せずにリアクターの表面を流れ落ちる短絡流が生じ処理水質に影響を及ぼす懸念や、施工性に難点があるため大規模処理場への適用が難しいなどの欠点も明らかとなった。そこで本研究では、DHS-G2 よりも施工性が容易で、かつ短絡流を防止可能な第 3 世代型スポンジ担体 (以下、DHS-G3) を充填しモニタリングを行い、各運転条件における無機態窒素の処理性能及び総括酸素移動容量係数 (K_La) を評価したので報告する。

2. 実験方法

2-1 実規模 DHS リアクター

DHS リアクターの全景と DHS-G3 の詳細を図 1 に示す。DHS リアクターの反応部は、直径 5.5m、高さ 5.3m、空塔容積 126m³ のコンクリート製円筒型である。リアクター側面には、内部の通気を目的に 104 カ所の通気窓を設けている。DHS 流入水は、DHS リアクター上部にポンプアップし、水頭差で回転する自走式散水機により均一に上部スポンジ担体へ散水した。リアクター内部は 4 層のスポンジ層から構成され、1,076,000 個の DHS-G3 を均等に充填した (269,000 個/各層)。各スポンジ層は高さ約 600mm とし、スポンジ層間には流下する排水への酸素取込みを目的にギャップを設けている。スポンジの総有効容積は 27.7m³、リアクター空塔容積基準のスポンジ充填率は 22.3% である。

2-2 DHS リアクターの運転条件

連続運転は、処理水の返送及び負荷上昇時における処理性能への影響をみるために 3 条件で行った。0 日目から 305 日目 (Phase1) が処理水量 500m³/日 (返送なし、スポンジ容積基準の HRT 1.3 時間)、306 日目から 325 日目 (Phase2) が処理水量 500m³/日 (返送比 1、HRT 1.3 時間)、326 日目から 365 日目 (Phase3) は処理水量 1000m³/日 (返送無し、HRT 0.7 時間) で実施した。

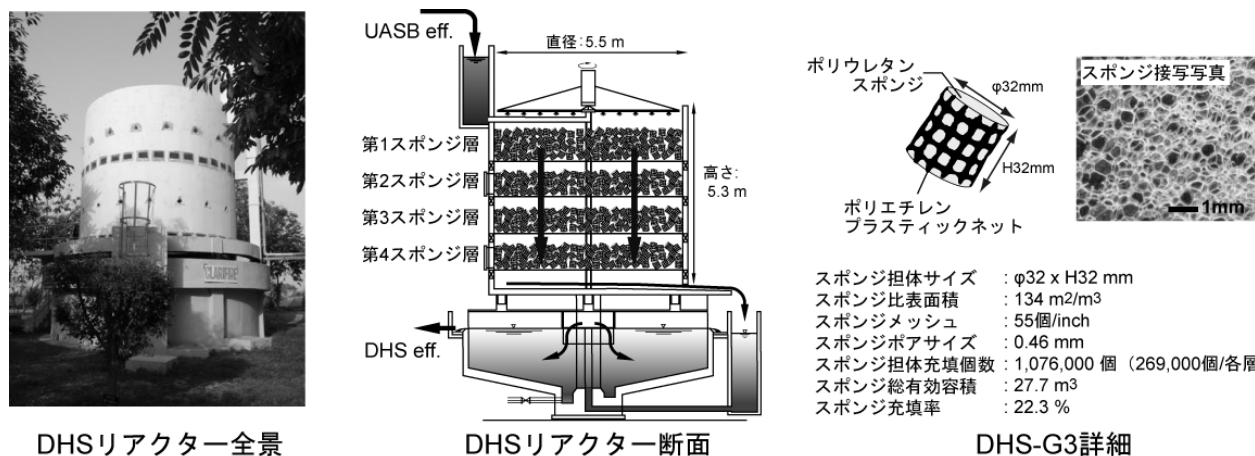


図1 DHS リアクター全景、DHS リアクター断面、DHS-G3 詳細

キーワード: 下水処理、UASB、DHS、連続処理性能、総括酸素移動容量係数 (K_La)

連絡先: 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL&FAX: 0438-30-4165 (大久保)

3. 実験結果と考察

3-1 連続処理性能

全期間のモニタリング結果を表1に示す。平均BODは、下水で130 mg/L、UASB処理水で62 mg/Lであった。DHS処理水は、運転開始24時間後に32 mg/Lで検出されたが、Phase1の期間平均で10 mg/L、Phase2で4 mg/L、Phase3で14 mg/Lとなり、各運転条件下でインドの放流水質基準(30 mg/L)を満足した。SSや無機態窒素においても、優れた処理性能を示したが、F. coliについては、2log程度の除去に留まり塩素消毒等の追加的処理の必要性が示唆された。

3-2 各運転条件における無機態窒素の処理性能

DHSリアクター基軸方向におけるプロファイル結果を図2に示す。Phase1では、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率が80%を示し、DHS処理水の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は7 mg/L程度で推移した。TNは30%減少したことから、担体内部の嫌気層において脱窒反応も進行したと推察された。Phase2では、流入の有機物濃度が低く硝化に適した条件となったが、DHS上段で高いDOとなり担体内部の嫌気層に影響した事で、TN除去率が低下したと考えられた。Phase3では、有機物容積負荷上昇により処理水質が悪化し、本来であればDHS下部にて期待される硝化反応が進行しなかった。増殖速度の遅い硝化細菌よりも従属栄養細菌が優先したと推察された。

3-3 K_La からみたDHS法の優位性

K_La の観点からDHS法の優位性を検証するため、本DHSリアクターの K_La を算出したところPhase1で15~35/時、Phase2とPhase3で12~13/時と算出された。他好気性処理における K_La を図3に示した。 K_La に影響を及ぼす因子として、ASPでは曝気強度、SS濃度、塩類、温度等、RBCでは円盤の回転速度、TFは送風強度が K_La に影響する。MBRでは、曝気強度を上げても槽内のMLSS濃度が17.9 g/Lを超えると K_La が著しく低下すると報告されている。MLSS濃度が高いと槽内における空気攪拌効果が低下するためと考えられる。一方DHS法は、担体間の空気の通りが汚泥の肥大化により閉塞されない限り、担体内に保持されている汚泥濃度は K_La に影響を与えないと考えられる。全期間を通して温度とHRTによる影響を若干受けたが、 K_La に顕著な差が確認されず、HRT 0.7時間でも十分な酸素取込と、汚泥肥大化による閉塞は生じなかったと推測された。DHS法は排水と大気の接触効率が高く、優れた酸素取込能力を有することで、高い処理性能を示したと K_La の観点からも明らかとなった。

表1 連続モニタリング結果

測定項目	流入下水	UASB 処理水	DHS処理水			FPU 処理水
			Phase1	Phase2	Phase3	
BOD, mg/L	130	62	10	4	14	42
COD _{Cr} , mg/L	380	168	40	42	52	152
FC, MPN/100mL	1.1x10 ⁷	6.3x10 ⁶	2.4x10 ⁵	6.4x10 ⁴	8.1x10 ⁵	5.7x10 ⁵
$\text{NH}_4^+\text{-N}$, mg/L	23	26	12	8	19	22
$\text{NO}_3^-\text{-N}$, mg/L	-	-	7	8	4	3
SS, mg/L	229	51	11	10	20	66
DO, mg/L	-	-	6.0	5.7	5.6	3.5

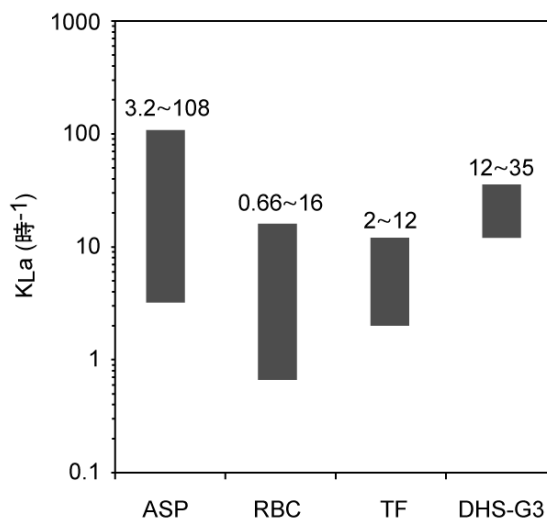


図3 各処理方式による K_La

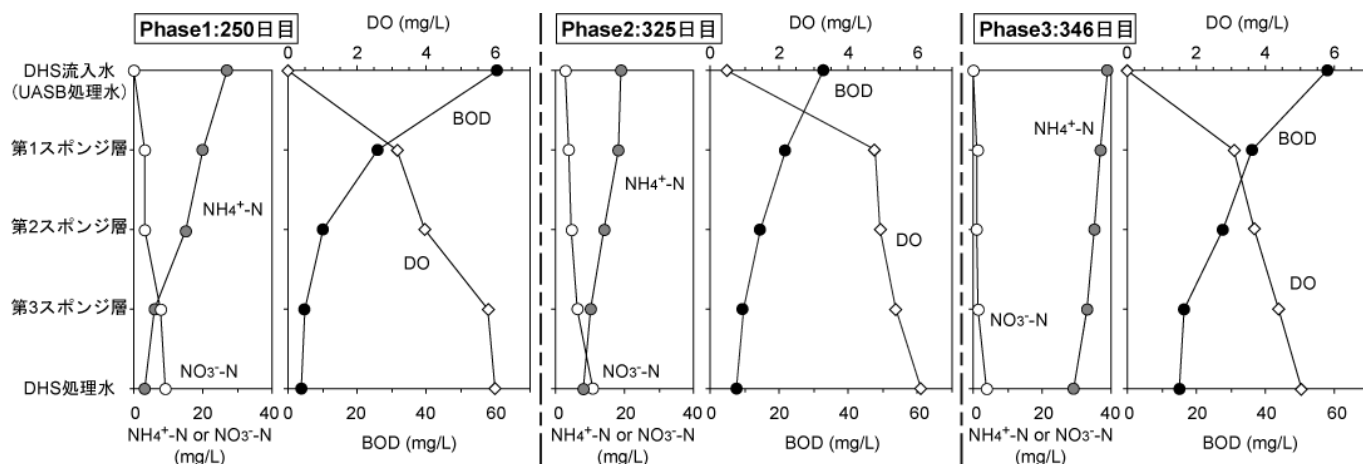


図2 各運転条件におけるDHS基軸方向のプロファイル結果