

インド国アグラ市の下水を処理する実規模 DHS リアクターの実証・評価

東北大学 学生会員 ○羽鳥伸吾
東北大学大学院 学生会員 袖野太士
東北大学大学院 正会員 高橋優信
東北大学大学院 正会員 原田秀樹

1.はじめに

我々の研究グループでは、途上国で適用可能な下水処理システムとして、エネルギー消費が最小で、維持管理が容易、コンパクト、故にトータル・コストを最小化、更には途上国で頻発する停電時においても機能が破綻せず、処理が継続できる処理技術を開発している。現在インド国アグラ市下水処理場において、我々の提案技術である DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターを既存の UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Bed) リアクターの後段処理技術として実規模で建設し、その性能に関する実証試験を実施している。

本研究では、実規模 DHS リアクターのスタートアップ段階からこれまでの下水処理状況について調査し、その適用可能性を評価した。また DHS リアクターの基本設計に必要とされる設計因子である DHS 担体の最適充填高さについて、充填高さや流入濃度などのパラメータ変化させたときの回分試験により参考となる設計値を求めた。

2.実験方法

2.1 実規模 DHS リアクターの途上国適応可能性評価

図 1 は、実規模 DHS リアクターの概要図を示す。処理システムの構成は、前段 UASB リアクター+後段 DHS リアクターとし、スクリーン・沈砂後の下水をシステムに供給した。計画処理流量は 5,000 m³/日、計画 HRT (水理学的滞留時間) は、UASB 8 時間+DHS 1.5 時間 (DHS の HRT 計算における有効容積は担体のスポンジ体積とした)、全体で 9.5 時間とした。採水位置は、生下水、UASB 処理水、DHS 処理水、FPU 処理水 (インド既存技術の最終処理水) とし、SS、VSS、COD_{Cr}、BOD、NH₃-N、NO₂-N、NO₃-N、全窒素、SO₄-S、糞便性大腸菌群数について水質分析した。

2.2 DHS 担体の最適充填高さの検討

図 2 は、最適充填高さ評価実験の概要図を、表 1 は実験条件を示す。評価実験のために用いた装置は、DHS 担体を玉すだれ型に連ねたものを作成して行った。充填高さは、

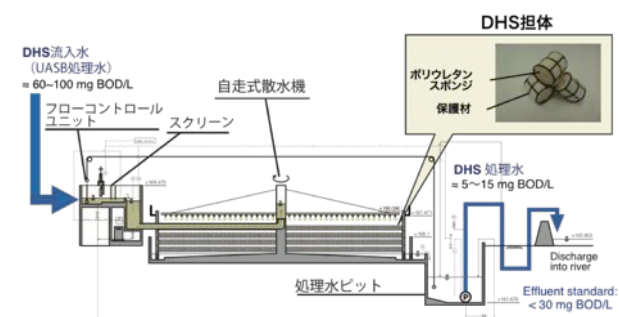


図 1 実規模 DHS リアクターの概要図 (アグラ市下水処理場に設置。5,000 m³/日、28,000 人処理規模)

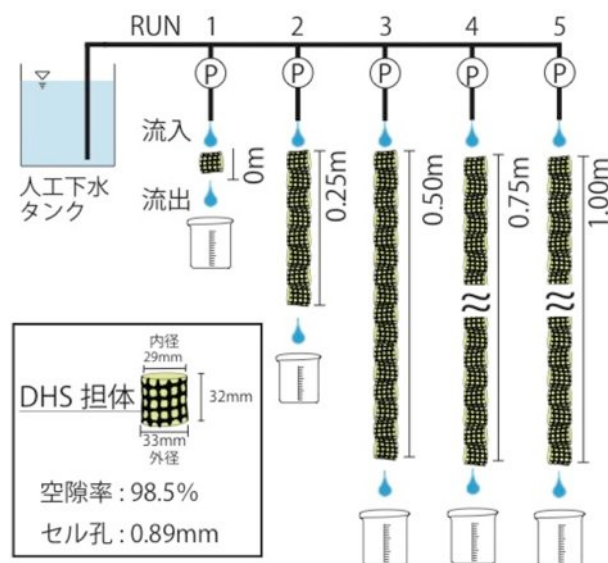


図 2 DHS 担体の最適充填高さ評価実験の概要図

表1 DHS 担体の最適充填高さ評価実験の条件

		RUN1				RUN2				RUN3				RUN4				RUN5			
		1-a	1-b	1-c	1-d	2-a	2-b	2-c	2-d	3-a	3-b	3-c	3-d	4-a	4-b	4-c	4-d	5-a	5-b	5-c	5-d
充填高さ	m	0				0.25				0.5				0.75				1			
担体数	個	1				8				16				24				32			
リアクター容積	cm ³	21.12				168.96				337.92				506.88				675.84			
理論HRT	hour	2		1		2		1		2		1		2		1		2		1	
流量	mL/min	0.176		0.352		1.414		2.828		2.828		5.656		4.242		8.484		5.656		11.312	
散水負荷	m ³ /(m ² ・h)	0.0100		0.0200		0.0803		0.1607		0.1607		0.3214		0.2410		0.4820		0.3214		0.6427	

従来製作された DHS の最大積み高さ 1m（これ以上積み上げると自重+保持汚泥重量により圧縮する）の範囲内で段階的に積み高さを割り振った RUN1-5 で行った。実験は、HRT を 2 時間ないしは 1 時間で固定し、各充填高さ条件での COD 除去効率の変化およびインパルス応答法を用いたトレーサー試験による混合特性結果から、最適充填高さを評価した。

3.結果及び考察

3.1 実規模 DHS リアクターの適応可能性評価

図 3 は、運転開始から 154 日間（2014.7/5~2014.12/5）の流入下水量を示し、図 4 は、各位置の BOD の経日変化を示す。実際の流入下水量は、計画流入量 5,000 m³/日に対して半分程度であり、平均流入量は 2,540 m³/日であった。特に約半分の運転期間は、電力低下等の影響で満足な供給量が得られていない。更には下水が供給されない時期もあったが、BOD 除去性能は破綻することなく下水が供給されると処理が行われた。各位置の BOD については、下水平均 158 mgBOD/L が、UASB 処理水平平均 90 mgBOD/L となり、DHS 処理水平平均では 37 mgBOD/L が得られており、インド既存技術である UASB+FPU システムに比べ約 2 倍の BOD 除去効率を有した。

3.2 DHS 担体の最適充填高さの検討

図 5 は、DHS 担体充填高さ と COD 除去効率の関係を示す。理論 HRT を固定した条件で充填高さを変化させた場合、流下高さが長い方が除去効率は高くなる傾向にあり、0.5 m を下回る充填高さにおいては、その除去効率が極端に低下することが分かった。その時の接触効率については、各充填高さにおいてそれを裏付ける変化が無かったことから（データ不提示）、流下高さが長くなり大気との接触が増すことで、有機物分解が進行したものと示唆された。

4.まとめ

・インド国アグラ市に設置した実規模 DHS リアクターは、電力低下等の影響で計画流量を確保せず、更には供給が停止するケースが多々起こったが、DHS リアクターの BOD 除去能力は破綻することなく運転を継続できた。

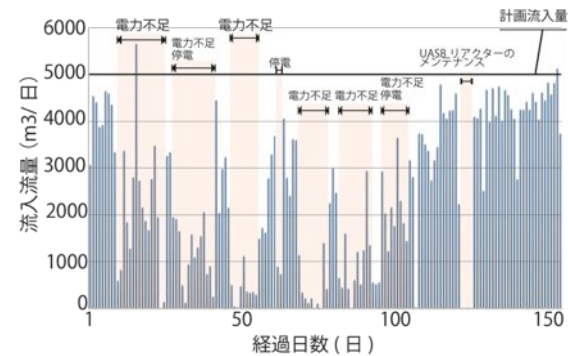


図3 アグラ UASB+DHS システムへ流入する下水量の推移

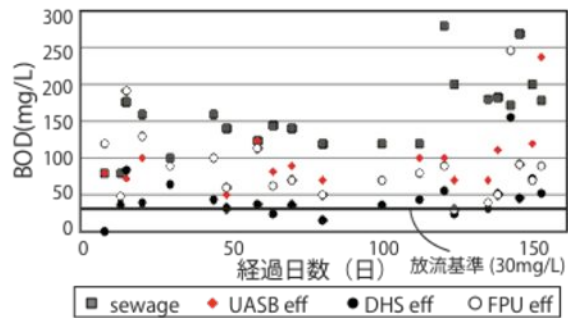


図4 アグラ UASB+DHS システム各位置の BOD 経日変化

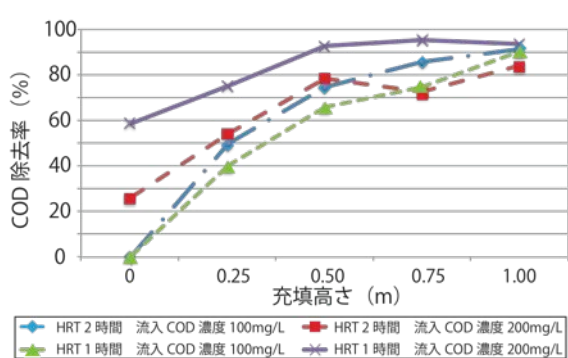


図5 DHS 担体充填高さ と COD 除去効率の関係

・DHS 担体の充填高さは、0.5-1.0 を確保した設計が望ましい。

謝辞

本研究は、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム、公益信託下水道振興基金の助成を受けて一部実施しております。記してここに深謝致します。