

途上国のためのエネルギー最小消費型の新規下水処理プロセスの開発 -インドでの大規模実証試験-

長岡技術科学大学 学生会員 ○大久保努、小野寺崇、桐島佳宏
正会員 上村繁樹、大橋晶良、原田秀樹

1. はじめに

近年インドでは、「聖なる」ガンジス川の最大支流であるヤムナ川が、流域都市から排出される生活排水や工業廃水の増大に伴い水質悪化が深刻な問題となっている。ヤムナ川流域には、首都デリー（Delhi）をはじめ多くの都市が立ち並び、太古から生活用水、灌漑用水、沐浴などに利用されており、数千万人におよぶ流域住民の生活に密着した非常に重要な河川に位置づけられている。そこで現在、ヤムナ川浄化計画事業（Yamuna Action Plan:YAP）がインド政府・環境森林省（Ministry of Environment and Forest:MOEF）・河川局（National River Conservation Directorate:NRCD）により実施されている。このヤムナ川浄化計画事業によりヤムナ川沿いの 19 箇所に、上昇流嫌気性汚泥床（Upflow Anaerobic Sludge Blanket:UASB）法が導入されている。UASB 法は維持管理が容易で省エネルギー、低コスト型の下水処理プロセスとして、開発途上国の下水処理技術として注目されている。しかし、UASB 法単独の導入では、流入下水の 6 割前後の有機物除去率しか望めず、有機物や病原菌の除去において放流基準を満たしていないのが現状であり、UASB 法の適切な後段処理プロセスの設置が検討されている。そこで MOEF 及び NRCD は我々の研究グループが長年にわたり研究・開発を続けてきた UASB 法の後段処理法である DHS（Downflow Hanging Sponge）法に着目し、インド・ハリアナ州カルナール市の下水処理場に実規模プラント（最大処理量 $1000\text{m}^3/\text{day}$ 、5600 人規模）を建造し実証実験を開始した。我々は、実際に現地に滞在し長期（450 日間）にわたる本下水処理システムの処理性能を連続モニタリングしたので報告する。

2. DHS 実規模プラント概要

カルナール下水処理場では現行システムとして UASB+安定化池（Final Polishing Unit:FPU）法が導入されており、モニタリング全期間を通じて現行システムと新規システム UASB+DHS 法の処理水の比較検討を行った。DHS 反応部（Fig.1 (a)）には、2m のプラスチックシートの両面に断面 $2.5\text{cm} \times 2.5\text{cm} \times 3.5\text{cm}$ の三角柱状のスポンジメディアを接着したものを 2 段で、合計 2164 枚配置している。反応部（直径：5.5m、高さ：5.3m）容積に対し、スポンジ部分の充填率は 24.7%（総体積 31.1m^3 ）、HRT は 1.5 時間で現在稼働中である。UASB 処理水は一旦 DHS 上部へポンプアップされた後、水頭差で回転する自走式散水機（Fig.1 (b)）により均一にスポンジへ散水される。散水された UASB 処理水はスポンジカーテン（Fig.1 (e)）を流下する間に空気中の酸素を取り込み、スポンジ表面あるいは内部に付着、保持した微生物により浄化される。したがって、本システムは、活性汚泥法のように人為的なエアレーションを一切必要とせず、また余剰汚泥の発生量も著しく抑制可能な下水処理システムである。運転後期には DHS 処理水の返送率を変化させることにより、本システムの BOD 負荷や HRT 変動による影響を検討した。

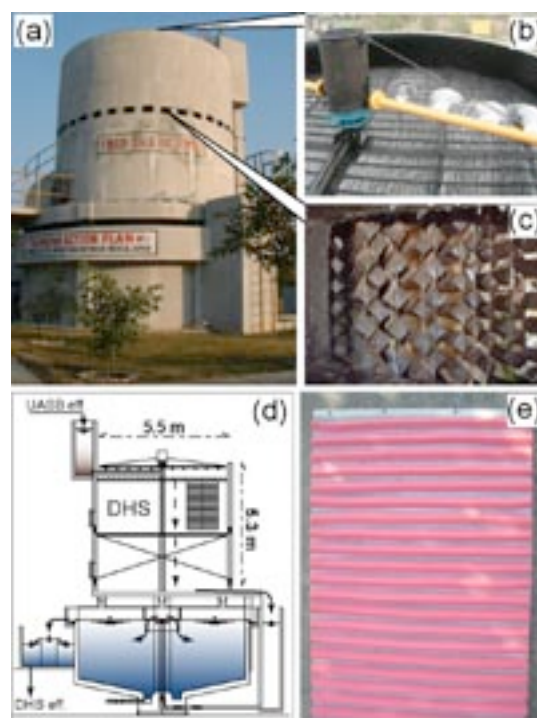


Fig.1 (a)フルスケールDHSプラント、(b)自走式散水機、
(c)DHS内部の様子、(d)DHSリアクター概要図、
(e)スポンジカーテン

キーワード：開発途上国、下水処理、UASB、DHS、

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境制御研究室

TEL.0258-47-1611(6646) FAX.0258-47-9630 e-mail:okubo@stn.nagaokaut.ac.jp

3. 実験結果及び考察

Fig.2 に全期間における各水質測定項目の経日変化と除去率を示す。流入下水の全 BOD は平均 154mg/L であった。現行システムである UASB（HRT=8.6 時間）+安定化池（HRT=24 時間）法による処理水の平均全 BOD は 40mg/L であったのに対し、新規システムの UASB+DHS（HRT=1.5 時間）法による処理水では平均全 BOD は 6mg/L であった。全 BOD 除去率においては、安定化池処理水では平均 71% 程度であるのに対し、DHS 処理水では平均 96%という非常に高い除去率を達成した。全 COD においても、DHS 処理水で 35mg/L、除去率で 92%を達成し、SS についても DHS 処理水で 11mg/L、除去率で 95%を達成した。Table 1 に全期間における水質測定結果の総括を示す。全期間において DHS 処理水は安定化池処理水と比較して高い有機物除去率を示した。ふん便性大腸菌群数は返送率を下げることでより除去率も若干低下したが、全期間での DHS 処理水中のふん便性大腸菌群数は平均 10⁴ オーダー前後、最大で 10³ オーダーにまで減少しており、病原菌に対する除去においても高い除去能を示した。また DHS は人為的なエアレーションを行っていないにもかかわらず、処理水には平均で 5.7mgO₂/L の溶存酸素が含まれていた。

4.まとめ

DHS 処理水はインドの排出基準を満たし、BOD 除去率 96%、CODcr 除去率 93%、SS 除去率 95%、ふん便性大腸菌においても最大で 10³ オーダーまで減少しており、高い有機物除去能と病原菌除去能を示した。また、全期間（450 日間）を通じて非常に安定した運転を維持した。今後、さらなる開発途上国の水環境改善のために本システムの普及を重ねていきたい。

Table 1 全期間(450日間)における処理性能の総括				
測定項目	下水	UASB	DHS	安定化池
BOD, mg/L	154	50	6	40
CODcr, mg/L	470	178	35	140
SS, mg/L	243	89	11	72
Fecal coliform, MPN/100 ml	7.8x10 ⁴ ~ 7.0x10 ⁷	4.9x10 ⁴ ~ 5.4x10 ⁷	1.7x10 ³ ~ 9.2x10 ⁴	1.8x10 ⁴ ~ 1.8x10 ⁷
DO, mg/L	0	0	5.7	0
除去率				
		by UASB	UASB + DHS	UASB + 安定化池
BOD-total, %		68	96	71
CODcr-total, %		62	92	67
SS, %		63	95	69
Fecal coliform, log		0.3	2.8	0.8

謝辞

本研究を遂行するに当たり、フルスケール規模の DHS プラントを建造し、実証実験の便宜を図ってくれた、インド政府環境森林省（MOEF）・河川環境保全局（NRCD）およびハリアナ州公衆衛生局に感謝いたします。

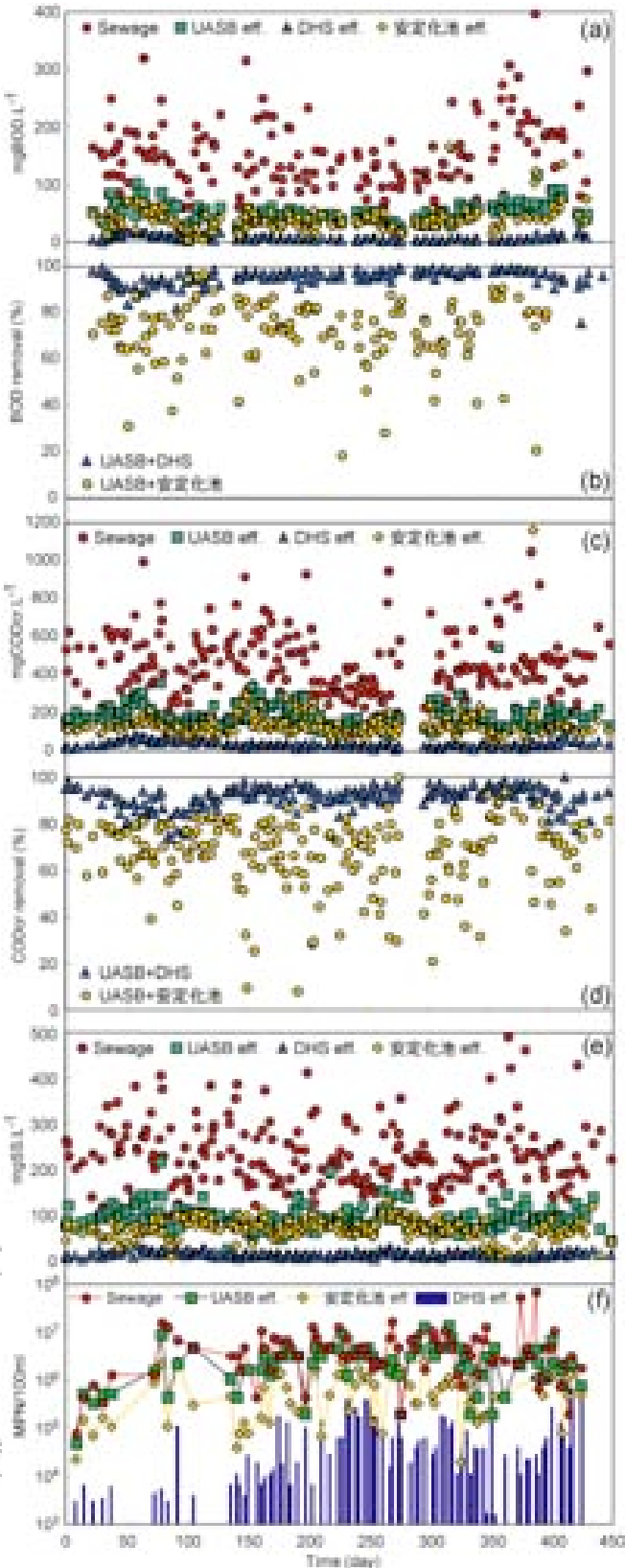


Fig.2 (a)BOD 経日変化、(b)BOD 除去率の経日変化、(c)COD 経日変化、(d)COD 除去率の経日変化、(e)SS 経日変化、(f)ふん便性大腸菌群の経日変化。