

途上国に適用可能なエネルギー最小型の新規下水処理プロセスの国際共同開発 - インドでの (UASB + DHS) システムの実機規模実証テスト -

長岡技術科学大学 学生会員 ○ 桐島佳宏、大久保努
正会員 イザレル マクダル、大橋晶良、原田秀樹

1. はじめに

近年開発途上国では、維持管理が容易で省エネルギー、低コストの簡易型下水処理プロセスとして UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法が注目されている。現在インドでは聖なる川として有名なガンジス川の最大支流ヤムナ川の浄化事業 (YAMUNA ACTION PLAN : YAP) が実施されており、19 箇所の処理場に UASB 法が導入されている。しかし UASB 法単独では、6 割前後の除去率しか達成できず、有機物や病原菌の除去において排出基準を満たさないという問題点があり、UASB 処理水の適切なポスト・トリートメント法が検討されている。そこでインド政府森林省 (MOFF) の河川環境保全局は、我々の研究室が多年にわたって開発してきた DHS プロセスの実規模プラントを建造して実証テストを開始した。DHS (Downflow Hanging Sponge : 下向流懸垂型スポンジ) プロセスとは、ポリウレタン・スポンジを固定担体として使用した新規の散水路床方式の生物膜法である。この DHS システムは エアレーションを必要としない、余剰汚泥が発生しない、維持管理が容易である、などの優れた利点を有している。上述の YAP のもと、日量 1000m³ を処理する第 2 世代型 (カーテン型) DHS リアクターのパイロットプラントがインド・ハリヤナ州カーナル市に建設され稼働している。我々の研究グループは、現地に滞在し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 パイロットプラント概要

カーナル市はデリー市の北 135km に位置する人口約 24 万人のヤムナ川沿いの町である。下水処理場は処理能力 40MLD (40,000m³) と 8MLD (8,000m³) の 2 つがあり、40MLD の処理場は UASB と FPU (Final Polishing Unit) から構成され、我が研究室が提案する DHS システムもここに導入されている。Karnal の所在地図と本システムの写真を Fig.1 に示す。DHS は UASB 処理水 1000m³/day (1MLD) の処理能力があり、スポンジ総容積に対して HRT=1.49 時間で現在稼働中である。DHS の形状は、円筒形のスポンジモジュール部分の直径 5.5m、高さ 5.31m であり、その中にプラスチックシートに三角桁 (断面 2.5cm × 2.5cm × 3.5cm) のスポンジバーを 38 ~ 48 本接着したものが 2 段で配置されている。スポンジ部分の総体積は 31.3m³ である。UASB 処理水と返送 DHS 処理水は一度ポンプアップされ、水頭差で回転する散水機 (電力不要) によって均一に散水され、スポンジカーテンを流下する間に空気中の酸素を取り込んで、スポンジ内に生息する好気性微生物によって浄化される。

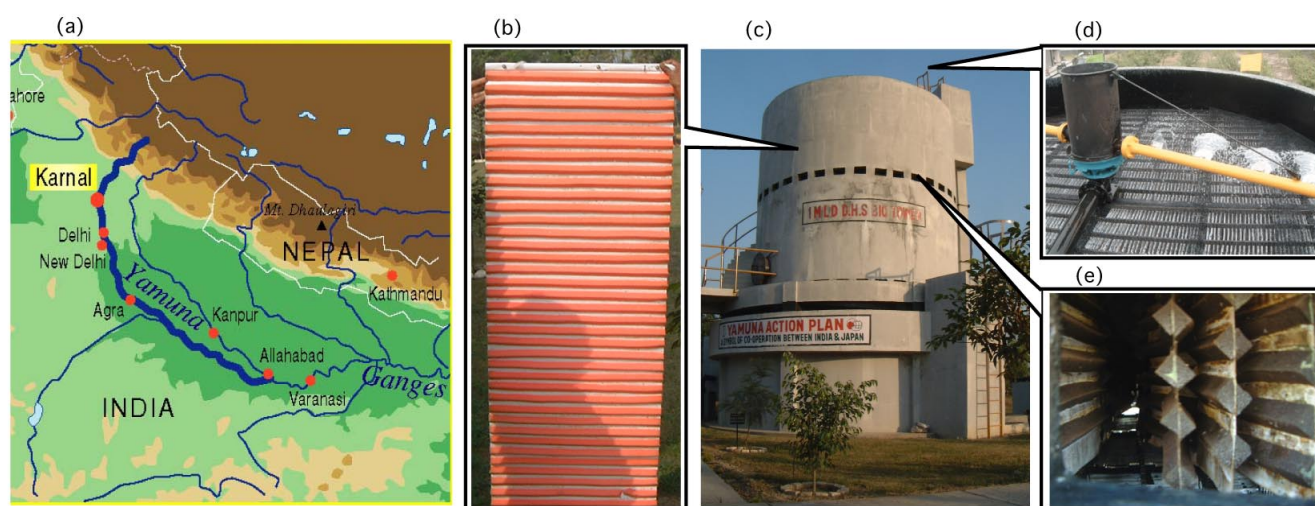


Fig.1. 地図(a)-Karnalの所在地, 写真(b)-DHSスポンジカーテン, 写真(c)-DHS, 写真(d)-散水装置, 写真(e)-リアクター内のスポンジカーテンの様子

キーワード： 開発途上国、下水処理、UASB、DHS、有機物、大腸菌

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 環境システム工学

TEL. 0258-47-1611 (ext.6646) FAX. 0258-47-9630 E-mail: kiri@stn.nagaokaut.ac.jp

3. 実験結果と考察

Fig.2 に全 CODcr(a)、全 BOD(b)、ふん便性大腸菌群数(c)の経日変化をそれぞれ示す。Table 1.に DHS システムと FPU システムの処理水質の比較一覧表を示す。流入下水の全 CODcr は平均 478mg/L (SD±151mg/L) であった。現行システムである UASB 法 (HRT=8hours) と FPU-Pond 法 (HRT=1day) による処理水の平均全 CODcr は129mg/L (SD ±25mg/L) であったのに対し、新規システムの UASB 法 (HRT=8hours) と DHS 法 (HRT=1.49hours) による処理水では平均全 CODcr が53mg/L (SD±18mg/L) であった。CODcr 除去率においては、FPU-Pond 処理水では平均 71% にしか満たないのに対し、DHS-Biotower 処理水では平均88% を達成している。BOD についても、現行システム処理水の除去率が平均 72%であるのに対し、新規システムの処理水では平均 93%という非常に高い除去率を達成している。ふん便性大腸菌においては、流入下水で $7.8 \times 10^4 \sim 2.4 \times 10^7$ MPN/100mL であった。現行システム処理水では $2.3 \times 10^4 \sim 2.4 \times 10^6$ MPN/100mL とほとんど変化しないのに対し、新規システムの処理水では 10^3 オーダーまで減少しており、本 DHS-Biotower システムは病原菌の除去においても、高い能力を示した。

4. まとめ

新規システム (UASB + DHS) は非常に卓越した有機物 CODcr 除去率 88%、BOD 除去率 93%、ふん便性大腸菌においては 10^3 オーダーまで除去できており、全期間を通じて安定した運転を維持した。

5. 謝辞

DHS リアクターの実機規模プラントを建造し、実証実験にいろいろと便宜を図ってくれたインド政府環境森林省 (MOFF: Ministry of Environment and Forest) の河川環境保全局 (NRCD: National River Conservation Directorate) およびハリヤナ州政府公衆衛生局に感謝いたします。

Tabel 1. Karnal下水処理場におけるDHS-BiotowerシステムとFPU-Pondシステム 処理能力の比較

Variable	Raw wastewater (sewage influent)	UASB effluent	DHS Biotower effluent	FPU (Final Polishing Unit) effluent
pH	7.7 - 7.1	7.5 - 6.96	8.2 - 7.8	7.7 - 7.2
DO, mg/L	0	0	5.95 (0.93)	0
BOD-total, mg/L	152 (54)	54 (21)	10 (5)	40 (18)
CODcr-total, mg/L	478 (151)	192 (54)	53 (18)	129 (25)
CODcr-soluble, mg/L	150 (40)	104 (36)	37 (16)	82 (21)
Faecal coli. , MPN/100 ml	7.8×10^4 - 2.4×10^7	4.9×10^4 - 2.4×10^7	3.3×10^3 - 7.5×10^3	2.3×10^4 - 2.4×10^6
NH ₄ -N, mg/L	27 (3.6)	33 (3.6)	17 (4.4)	39 (12.5)
NO ₃ -N, mg/L	ND	ND	7.1 (2.9)	1.6 (1.2)
Suspended solids, mg/L	244 (78)	102 (26)	17 (8)	65 (21)
Ambient temp. ,°C	15 (4)			
DHS Biotower Flowrate, m ³ /day	1000			
Removal		UASB + DHS Biotower		UASB + FPU
BOD-total, %		93 (4)		72 (14)
CODcr-total, %		88 (6)		71 (9)
CODcr-soluble, %		74 (14)		44 (16)
NH ₄ -N, %		48.7 (10.8)		

() Standard deviation ND not detectable

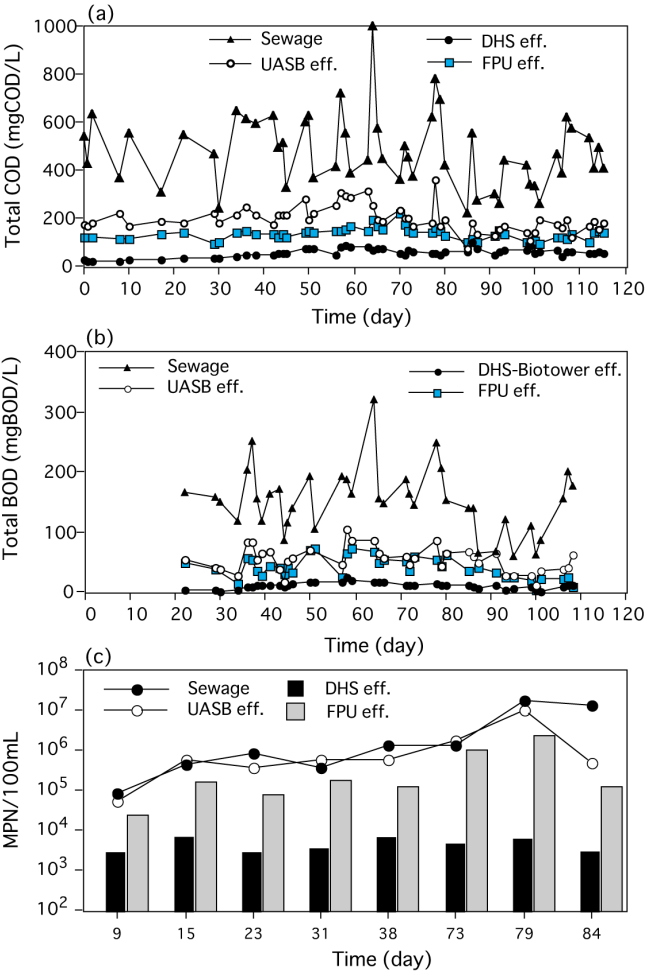


Fig. 2. 全CODの経日変化 (a)、全BODの経日変化 (b) ふん便性大腸菌の経日変化 (c)