

インドの都市下水を処理する DHS リアクターの処理性能と処理メカニズムの解明

東北大学工学部 学生会員 ○安齋英悟
東北大学大学院工学研究科 正会員 谷口涼子
正会員 高橋優信
正会員 原田秀樹

1. はじめに

現在、先進国において下水処理の主流となっている標準活性汚泥法は、SS、BODなど処理水質1mg/Lオーダーレベルの卓越した処理性能を有する反面、曝気動力をはじめ莫大なエネルギーを消費する。一方、曝気動力を必要としないUASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) 法は、経済的であり、電力インフラの整備が途上である国々において普及が進んでいる。しかしながらUASBのみでは放流基準が達成されないため、経済的な何らかの後段処理が必要となる。そこで我々研究グループでは、インド国カルナール下水処理場において、DHS (Down-flow Hanging Sludge) 法を新規の下水処理後段処理技術として設置し、UASB+DHSシステムの実証試験を実施している。DHSは、微生物補足担体としてスポンジを用いたオリジナルの好気性生物処理法である。処理メカニズムは主に物理化学的および生物化学的反応により進行する。この生物化学的反応とは、微生物が生存するために行っている内生呼吸と、有機物を摂取して成長・増殖するプロセスにおいて酸素を利用することである。そこで本研究では、DHSの生物学的処理メカニズムを解明することを目的に、生物処理法において重要なファクターであるDHSリアクター保持微生物汚泥の捕捉濃度および酸素利用速度を測定した。

2. 実験方法

2.1 DHS リアクター

図-1は、インド国カルナール下水処理場に設置したDHSリアクターの概要図を示す。DHSリアクターは、円筒型コンクリート製カラム（直径5.5 m、高さ5.31 m、空塔容積125 m³）で下部に沈殿槽を設けた。DHS流入水は、下水を処理したUASBリアクター処理水をDHSリアクター上部にポンプアップし、自走式散水装置により均一に散水した。充填した担体は、直径32 mm、高さ32 mmの円柱

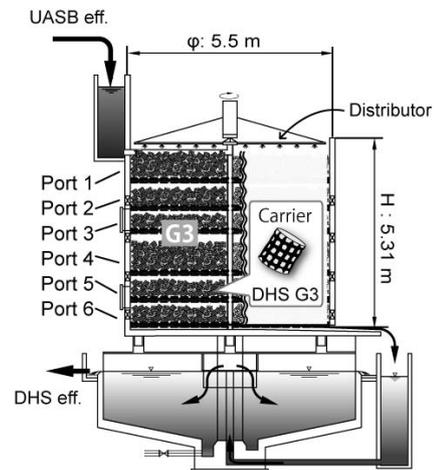


図1 DHSリアクターの概要図

形ポリウレタンの外側にポリエチレン製ネットリングを被覆したDHS-G3を用いた。担体スポンジの総有効容積は、27.7 m³（スポンジ層充填率：48.6 %）である。なお、運転1202日以降はUASB維持管理やDHS補修工事があり、回分式運転となっている。

2.2 DHSリアクターの保持汚泥濃度測定

DHS保持汚泥濃度を調査するために、6段あるDHSリアクター各層の担体をランダムに採取した。MLSS、MLVSSは、担体スポンジを蒸留水で搾取した液体を測定し、単位スポンジ有効容積に換算して保持汚泥濃度とした。

2.3 酸素利用速度 (OUR) 試験

DHS保持汚泥の酸素利用速度の測定において、供試DHS担体は運転開始1202日目のポート1、5のものを採取した。採取した担体は1mMリン酸バッファーで洗浄し、遠心分離により汚泥を濃縮して用いた。試験温度は20℃とし、恒温水槽内で試験環境を作成した。容量102 mLフラン瓶に試験基質、微生物汚泥、ミネラルを投入後、直ちに攪拌付きDOセンサーにて

キーワード 下水処理、UASB、DHS、酸素利用速度

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院 工学研究科 TEL : 022-795-7465

測定した。従属栄養細菌の酸素利用速度を測定するための試験基質は、グルコース、スキムミルク、UASB処理水溶解性画分、下水溶解性画分を用いた。試験開始時の試験濃度は、それぞれ100 mgCOD/Lとした。また硝化抑制試薬としてアシルチオ尿素（ATU）を2 mg/Lとなるように添加した。独立栄養細菌の酸素利用速度を測定するための試験器質は、塩化アンモニウムと亜硝酸ナトリウムを用い、それぞれ窒素濃度で25 mgN/Lとした。内生呼吸による酸素利用速度測定は、基質なしとした。

3. 実験結果と考察

3.1 試験性能

表1は、UASB+DHSシステムおよびカルナール下水処理場の既存技術であるUASB+FPUシステムの処理性能を示す。下水処理場の流入下水は、平均全BODで176 mgBOD/Lであり、UASBにおいてHRT 16時間（計画HRT 8時間）で、80 mgBOD/Lとなり、DHSにおいてはHRT 2時間で、11 mgBOD/L（インド放流基準30 mgBOD/L）まで浄化される。一方、既存技術であるFPUはHRT 45時間を要して、最終放流水質56 mgBOD/Lに留まる。その他の水質についても同様であり、UASB+DHSシステムは、既存技術に比べて卓越した下水処理システムであることが示され、その能力は回分式制御の運転方式となっても11~15 mgBOD/Lの範囲内で浄化能力を維持していた。

3.2 DHS基軸高さの保持汚泥濃度

図2は、DHSの保持汚泥濃度を示す。保持汚泥TVS濃度は、全基軸高さを通して26~64 gTVS/L程度であり、標準活性汚泥法に比べ1オーダー以上の汚泥保持能力を有していた。

3.3 DHS保持汚泥の酸素利用速度（OUR）

図3は、DHSの酸素利用速度測定結果を示す。特定の基質を消費する酸素利用活性を明らかにしたところ、過去に実施された大久保ら（2010）の酸素消費活性に比べて5~10倍の低い値となった。DHSの運転をストップする期間が続いたことが影響しているものと示唆される。

4. まとめ

UASB+DHSシステムは、既存技術に比べ卓越した処理能力を有し、BODの最終処理水で11 mgBOD/Lの放流基準を満たす水質を得ており、その浄化能力は、回分運転となっても維持された。単位汚泥あたり酸素

表1 UASB+DHS システムと UASB+FPU システムの処理性能

| Parameter | Sewage | UASB | DHS(G3) | FPU |
|--------------------|--------|------|---------|------|
| HRT [hr] | | 16.2 | 1.9 | 45.3 |
| Temp [°C] | 26 | 26 | 22 | 24 |
| pH [-] | 7.2 | 7.1 | 7.9 | 7.7 |
| ORP [mV] | -232 | -231 | 130 | -76 |
| BODt [mg / L] | 176 | 80 | 11 | 56 |
| BODs [mg / L] | 72 | 43 | 5 | 25 |
| CODt [mg / L] | 445 | 196 | 33 | 158 |
| CODs [mg / L] | 148 | 86 | 20 | 62 |
| SS [mg / L] | 262 | 71 | 10 | 49 |
| TN [mg-N / L] | 38 | 35 | 26 | 32 |
| Ammonia [mg-N / L] | 24 | 28 | 6 | 24 |
| Nitrate [mg-N / L] | 3.3 | 4.8 | 10 | 2.3 |

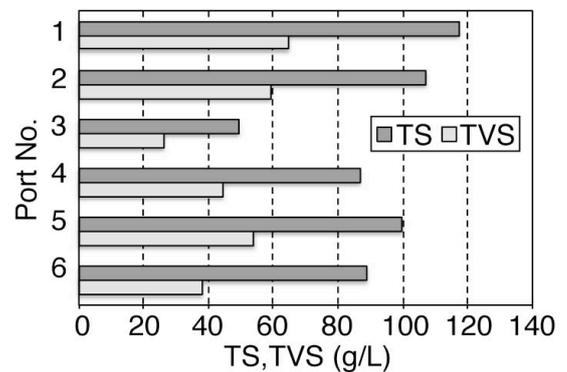


図2 DHSリアクターの保持汚泥濃度

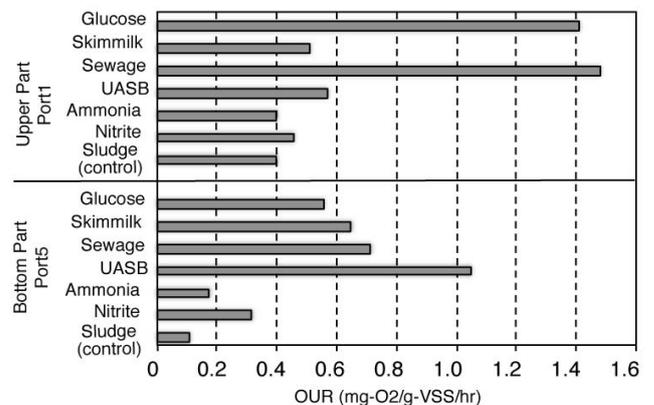


図3 DHS保持汚泥の酸素利用速度

消費活性は連続運転時に比べ低い値であるが、保持汚泥能力の高さが処理性能の良好な結果に起因するものと考えられた。

5. 謝辞

本研究は、平成23-28年度JST・JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業の受託により実施しております。記して関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

大久保ら、土木学会論文集G、Vol.66、pp149-158、20