

B-55 東南アジア地域に展開可能な 適切下水処理システムの開発

○ 珠坪 一晃^{1*}・小野寺 崇¹・Wilasinee YOOCHATCHAVAL²
角野 晴彦³・水落 元之¹・岡寺 智大¹・藤田 壮⁴

¹ (独) 国立環境研究所 地域環境研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

² Dept. of Environ. Eng., King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand

³ (独) 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑2236-2)

⁴ (独) 国立環境研究所 社会環境システム研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

* E-mail: stubo@nies.go.jp

1. はじめに

東南アジア地域では、主に経済的な理由から下水処理施設の導入が遅れており、都市部やその近郊における水質汚染は深刻な問題である。現在、大型の下水処理施設の導入計画の具体化が進んでいるが、本格的な稼働までには時間を要する。それ故、喫緊の水質汚染対策として、低コストかつ維持管理が容易な小規模処理設備の導入が一つの有効な手段である。また、東南アジア地域では、日本とは下水濃度が異なることがある。例えばタイ・バンコク都では、合流式下水道であること、腐敗層が設置されていること、運河からの侵入水による希釈などの理由で下水濃度が低いことが多い^{1,2)}。そのため低濃度下水の処理に適した技術が必要である。さらに、都市郊外ではラグーンや曝気式安定化池等のプロセスを採用している³⁾が、都市部では既存市街地での用地確保が難しく、その成否が下水処理事業の実施の決め手となるため、よりコンパクトな下水処理システムが求められている¹⁾。すなわち、以上のような地域の実情を把握した上で、それに即した適正技術を適用することが必要となる。

そこで本研究では、東南アジア地域に適用可能な下水処理システムの一つを提案することを目的とし、スポンジ担体を用いた好気性ろ床法 (DHS法) をバンコク都の下水処理場に設置し、都市下水 (スクリーン通過後下水) の直接処理における性能評価を行った。

2. 実験方法

(1) DHSリアクターの概要と運転条件

本研究では、バンコク都トゥンクル (Thung Khru) 下水

処理場の施設内にパイロットスケールDHSリアクター (以下、DHS)を設置して下水処理試験を行った。DHSの概要図を図1に示す。DHSは、散水機、6段のカラム部、沈殿槽から構成した。DHSの高さは、各カラム部で2.5 m (0.42 m×6)とした。各カラム内にはスポンジ担体を充填した。各リアクターにおける全カラム部とスポンジ担体の体積は、それぞれ95.2 Lおよび50.5 Lとした (充填率53%)。スポンジ担体は立方体のポリウレタンスポンジ (3.3 cm)を円筒形プラスチックネットリング (直径: 3.3 cm, 高さ: 3.3 cm)に充填した構造とした。植種汚泥には本下水処理場の活性汚泥を用いた。

流入下水はスクリーン通過後の下水 (最初沈殿池なし) を連続的に供給した。前段DHSを通過後の処理水は、沈殿槽下部から後段DHSに供給した (前段DHS沈殿槽不

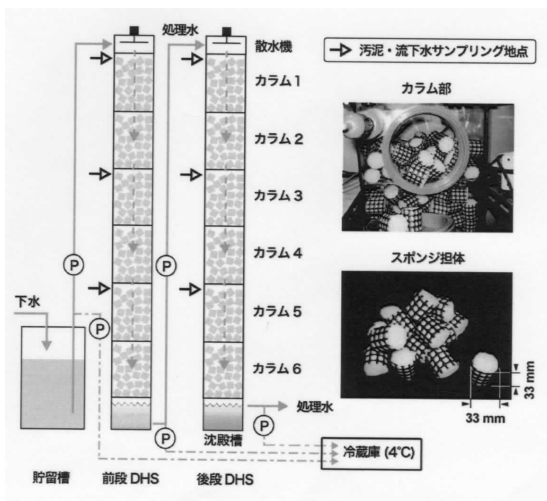


図1 DHSリアクターの概要図

使用)。DHSの運転は外気環境下(平均31℃)で行った。DHSは、HRT 4 hr(スポンジ容量基準)で運転を開始し、運転経過95日目からHRT 2hrで運転を継続した。

(2) 水質分析

下水、前段DHS処理水、後段DHS処理水を水質分析に供した。水質分析は週に2回行った。試料の採取は1日(5 min/hr×24 hr)のコンポジットサンプリングで行った(図1)。水質プロファイル試験では、各カラムの上部から流下水を直接採取した。温度、pH、ORP、DOの測定ではスポットサンプリングで得た試料を用いた。SSおよびVSSの分析にはガラス繊維ろ紙(0.4 μm, GB-140, Advantec)を使用した。COD、TN、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-Nの測定にはHACHを用いた。

(3) 汚泥性状評価試験

DHS汚泥は、各カラムに充填されているスポンジ担体をランダムに3個採取し、蒸留水を用いて圧搾して得た。汚泥濃度はスポンジ担体の体積当たりで算出した。

酸素利用速度試験および硝化活性試験は運転開始186日目の汚泥を用いて行った。汚泥は前段DHSの上部から1, 3, 5段目のカラムから採取した。汚泥はスポンジ担体からバッファーを用いて圧搾して得た。DHS汚泥は一晩ばっ気して残存有機物を分解した。酸素利用速度および活性試験の培地組成は下水試験方法の硝化活性試験の方法に準じた。酸素利用速度試験は、(1) 基質なし、(2) 有機物基質(酢酸)のみ、(3) 有機物およびアンモニア基質の系で実験を行った。DOの測定にはDOメーターを用いた。硝化活性試験では、湿潤空気を用いてばっ気を十分に行い、DOを高く維持した条件で実施した。基質には塩化アンモニウムと亜硝酸ナトリウムを用いた。活性試験における硝化速度は、硝酸性窒素の生成速度から算出した。

3. 結果および考察

表1 連続処理試験における水質結果のまとめ

	HRT 4 hr			HRT 2 hr		
	下水	前段DHS	後段DHS	下水	前段DHS	後段DHS
DO	-	5.1	5.4	-	4.8	5.6
SS	36	2	1	33	9	1
VSS	24	2	1	17	5	1
全COD	67	34	22	63	36	25
溶解性COD	37	24	15	34	22	17
全BOD	20	5	4	15	3	2
溶解性BOD	9	4	3	6	3	2
全窒素	8.4	6.6	6.5	7.9	6.0	4.9
アンモニア性窒素	7.0	0.1	0.1	6.9	0.1	0.1
硝酸性窒素	0.4	4.3	4.5	0.5	3.1	2.7
亜硝酸性窒素	-	-	-	-	0.1	0.1

Unit: mg/L

(1) DHSリアクターの連続運転試験

表1に各運転条件における水質の結果をまとめた。なお、スタートアップ期間(14日間)のデータを除いて平均値を示した。下水温度は30~34℃で安定していた(平均31℃)。本実験で用いた下水は低濃度であり、全期間の平均はSS 34 mg/L、COD 62 mg/L、BOD 17 mg/L、全窒素 10 mg/Lであったが、これは本下水処理場の流入下水濃度と同程度である。HRT 4 hrの条件では、前段DHSにおいてSSや有機物除去だけでなく、硝化も進行しており、良好な処理水質を維持した。また、前段DHS処理水質は、後段DHS処理水質と同程度であることから、前段DHSで処理が完了したと考えられた。同様にHRT 2 hrの条件でも、前段DHSと後段DHSの処理水が同程度であった。なお、実験期間を通じて、余剰汚泥は発生しなかった。

(2) DHSリアクターの処理特性

図2にHRT 2 hrにおけるDHSリアクターの流下方向における処理水質の変化を示す。HRT 4 hrおよび2 hrでは同様に、前段DHS上部においてSSおよびCODの除去が進行した。また、下部では硝化反応が進行してNO₃-N濃度が

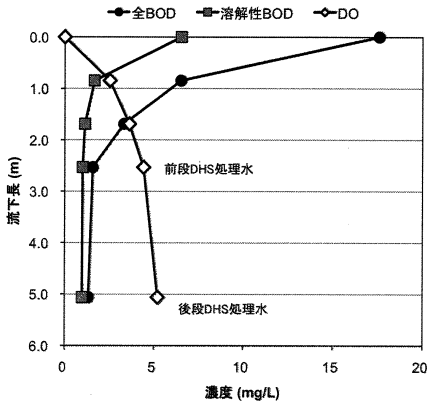


図2 水質プロファイルの結果

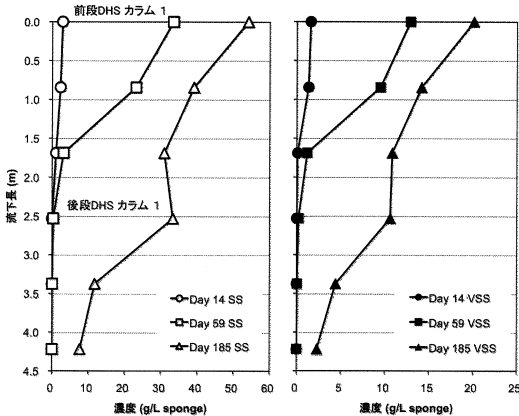


図3 汚泥プロファイルの結果

表2 各汚泥における硝化活性

	硝化活性 (gN/gVSS day)	
	アンモニア基質	亜硝酸基質
前段DHS カラム1	0.001	0.003
前段DHS カラム3	0.022	0.031
前段DHS カラム5	0.036	0.041

上昇した（データ省略）。連続処理試験および水質プロファイルの結果から、本流入下水濃度では、さらに滞留時間を短縮できる可能性がある。そこで、現在は、HRTが1.5 hr以下の運転条件における処理性能の評価を行っている。

(3) DHSリアクターの汚泥濃度プロファイル

図3にDHSにおける汚泥濃度のプロファイルの結果を示す。植種後のスポンジ担体の保持汚泥濃度は、前段DHSカラム1において3 g/L sponge以下であった。運転の経過と共に前段DHS上部から汚泥濃度が増加したが、これまでのUASBの後段処理DHSと比較すると、明らか汚泥の増加速度は低かった。これは、有機物負荷が低いことや、温度が高いために汚泥の自己分解が活発に進行したことなどが要因と考えられる。HRT 2 hrで運転を継続した185日目には、前段DHSのカラム1で54.2 gSS/L (20.1 gVSS/L)の高い汚泥濃度に達した。このため低濃度下水を供給した場合においても、DHSの特徴の一つである高濃度の汚泥保持が可能であることが確認された。

(4) ポテンシャル試験

HRT 2 hr条件時 (185日目)に、DHSの硝化ポテンシャルを測定するため、前段DHSに対してアンモニアのみを基質とした人工廃水を供給し、水質プロファイル調査を行った（データ省略）。その結果、前段DHSでは、流入下水の全窒素濃度と同程度の硝酸濃度が処理水で確認された。このため、前段DHSは十分なアンモニア酸化が可能なポテンシャルを有していることが裏付けられた。また、前段DHSの上部から硝化能が発揮されることが確認された。これは、流入下水の有機物濃度がすみやかに低下するため、従属栄養細菌との酸素をめぐる競合が回避され、硝化菌が生息可能であることを示している。前段DHSにおける硝化速度は、最も速度が早いカラム5から6において0.33 gN/L sponge day (30°C)であった。

(5) 硝化活性試験

HRT 2 hr運転時 (186日目)の保持汚泥を用いて硝化活性試験を行った (表2)。流入下水散水直下のカラム1ではNH₄-NおよびNO₂-Nの両基質とも硝化活性は低かった。一方、カラム3および5では両基質において硝化活性を有することが確認された。なお、前段DHSにおける全窒

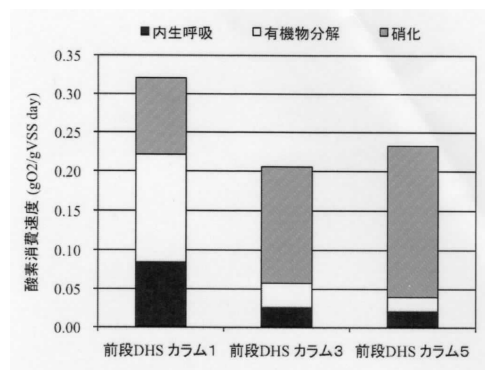


図4 各汚泥における酸素消費速度

素負荷を算出すると0.013 gN/gVSS dayであり、前段DHS保持汚泥の硝化活性の平均値(アンモニア基質: 0.020, 亜硝酸基質: 0.025)の半分程度であることから、前段DHSの保持汚泥は、窒素負荷を上回る硝化活性を有していることが確認された。

(6) 酸素利用速度試験

HRT 2 hr運転時 (186日目)に、保持汚泥を用いて酸素利用速度試験を行った (図4)。カラム3および5では、内生呼吸および有機物分解に伴う酸素利用速度が大きく低下し、硝化に伴う酸素利用速度が高くなることが確認された。

4. まとめと今後の展望

本研究では、タイ・バンコク都の下水処理場にパイロットスケールDHSを設置して実下水を用いた連続実験を行った。その結果、DHSは低濃度下水の直接処理において、HRT 2 hr (前段DHSのみでは1 hr)の運転条件で、良好な処理水質が得られることを確認した。このとき、DHSでは高い汚泥濃度と優れた汚泥活性を有していることを確認した。現在、処理システムの更なる省スペース化を目指し、HRTを短縮した条件での連続処理試験を進めている。また今後は、本下水処理の下水濃度とは対照的に、下水濃度が高い条件 (分流式のコミプラ下水) における実験を行うことで、適用範囲拡大の検討を進める予定である。

謝辞 本研究の遂行に対してご協力を頂いたバンコク都の関係者に感謝致します。また、現地での実験にご協力頂いた岐阜高専の段下氏、森氏に感謝致します。本研究の一部は、国立環境研究所「環境都市システムプログラム」の助成を受けて実施致しました。

参考文献

- 1) タイ国・バンコク下水道整備事業準備調査, JICA, 2011
- 2) 発展途上国に適した低コスト型新下水道システムの開発に関する研究, 国総研, 2007