

DHS (Down-flow Hanging Sponge)の保持汚泥特性とその減量化ポテンシャルの評価

長岡技術科学大学 (学) ○松永健吾, 小野寺崇, (正) 山口隆司
木更津高専 (正) 上村繁樹, 三機工業 (正) 長野晃弘, 東北大学 (正) 久保田健吾, 原田秀樹

1. はじめに

本研究では数年来, 開発途上国に適した下水処理技術として, 嫌気性処理技術である UASB と, スポンジ担体型の散水ろ床リアクターである DHS を組み合わせた新規の排水処理法を提案してきた. これまでの研究により, その卓越した処理性能と, 維持管理の容易さが示されている. 本技術は曝気が不要であることに加え, 排水の処理による汚泥の発生がほとんどないという特徴を有す. UASB+DHS を新規の下水処理技術として確立するためには, 処理性能を示すだけでなく処理メカニズムの解明も必要である. しかし, 好気性処理技術である DHS において特に余剰汚泥が減量化される要因については, ほとんど分かっていない. 本研究は, DHS において余剰汚泥が減量化される要因を DHS の保持汚泥特性に着目して解析した.

2. 実験方法

Fig.1 に本実験装置の概要を示す. UASB は容積 1,148 L, 塔長 4 m とした. DHS には, 立方体のスポンジ (33 mm) をプラスチックネットリング ($\phi 33 \text{ mm} \times 33 \text{ mm}$) にはめ込んだ担体をランダムに充填した. スポンジ総容積は 454 L (16240 個) とした. リアクター容積に対する充填率は 53 % とした. DHS にはリアクター下部に沈殿池を設け, 沈殿池に蓄積する汚泥を余剰汚泥とした. 本実験では実下水を供給した. 実下水は前段の UASB

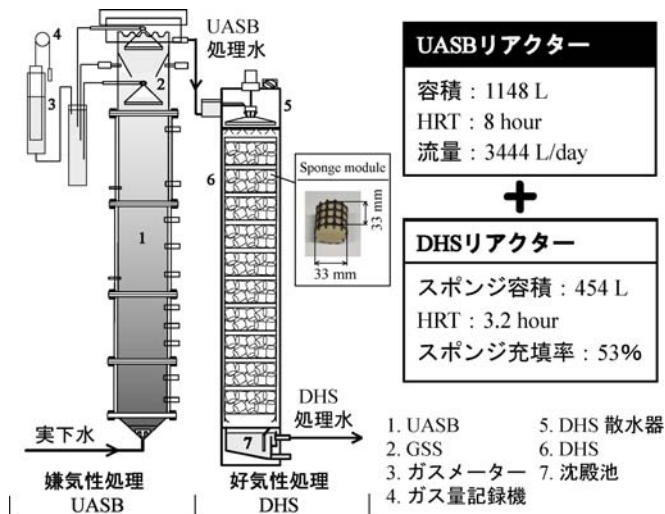


Fig.1 実験装置の概要図

で嫌気的に処理され, その処理水は後段の DHS に全量供給される. 供給水量は $3444 \text{ L} \cdot \text{day}^{-1}$ とし, HRT は UASB で 8 時間, DHS では 3.2 時間とした. なお本実験装置は温度制御を行わず, 外気温度条件で運転した. また DHS では人為的なエアレーションは行なっておらず, 酸素の取り込みは大気と処理水が接触することにより進行する.

3. 実験結果および考察

3.1 処理性能評価

UASB+DHS による最終処理水質は SS が $6 (\pm 6) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ [除去率 97%], BOD が $10 (\pm 8) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ [除去率 94%] と, その処理水質は年間を通して安定しており, 高い処理性能が発揮された. DHS において BOD の除去速度は $13.4 (\pm 8) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{hour}^{-1}$ であった. DHS では優れた DO 取り込み能を発揮し, UASB 処理水で DO ゼロであったものが, DHS 処理水で $6.5 (\pm 1.0) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ となり, 曝気なしでも好気条件を保っていた.

3.2 UASB+DHS から発生する余剰汚泥量評価

UASB+DHS から発生する余剰汚泥量は, 流入 SS 量に対して 1.0 % であった. なお, 好気性処理である DHS においても 2.8 % に抑えられていた. DHS のリアクター容積あたりの余剰汚泥発生量は $13.9 \text{ g-SS} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ であった. 本実験と同一の実下水を処理している長岡市の活性汚泥法から発生する余剰汚泥量 $438 \text{ g-SS} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ と比較すると, DHS は高い余剰汚泥減量化能力を有するといえる.

3.3 DHS による汚泥 (VSS) 減量化評価

DHS は汚泥の保持担体としてスポンジを使用していることから, SS 成分がスポンジに捕捉されるため余剰汚泥が発生しないことが考えられた. しかし Fig.2 に示すように, $\Sigma(\text{流入 VSS 量} - \text{流出 VSS 量}) / \text{スポンジ容積}$ (VSS 除去がスポンジ捕捉のみと仮定した場合の値) と実際に DHS に保持されている VSS 量の実測値を比較すると, 明らかに DHS リアクターにおいて汚泥が減量化しているといえる.

3.4 無機物の行方

約 600 日の長期連続運転試験において DHS への無機

キーワード 都市下水処理, DHS, 保持汚泥, 余剰汚泥

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 (内線 6646) E-mail: kengo@stn.nagaokaut.ac.jp

物の蓄積が懸念されたが、Fig.3に示すように DHS 保持汚泥の VSS/SS は約 0.7 を維持しており、相対的には、無機物はリアクター内に蓄積し続けないことが示唆された。無機物の行方を把握するため、無機物のマスバランスを作成したところ無機物はほぼ溶解性無機物として流出していることが示唆された (Fig.4)。

3.4 汚泥の減量化要因の解析

DHSにおいて汚泥 (VSS)が減量化されていることについて、DHS の保持汚泥特性に着目して解析した。Fig.2に示すように、DHS は汚泥の植種をせずとも保持汚泥濃度は増加し、運転期間 576 日目には汚泥濃度 $45.1 \text{ g-SS} \cdot \text{L-sponge}^{-1}$ ($30.7 \text{ g-VSS} \cdot \text{L-sponge}^{-1}$)に達した。標準活性汚泥と比較すると約 20~30 倍の保持汚泥濃度である。この結果、DHS では保持汚泥に対する BOD-VSS 負荷が $0.029 \text{ g-BOD} \cdot \text{g-VSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ と、標準活性汚泥法よりも 1 オーダー低く維持されていた (Fig.5)。Tandukar らによると DHS 保持汚泥の自己消化速度は 25°C の条件下で $0.055 \sim 0.128 \text{ g-O}_2 \cdot \text{g-VSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ と報告されている (M.Tandukar. et al., 2006)。運転条件の違いなどから直接比較はできないが、本実験に用いた DHS の有機物負荷は、汚泥の自己消化能力に比べ、同等以下であることが示唆された。すなわち、好気性処理である DHS において汚泥が減量化される要因として、基質不足により汚泥の自己消化が促進されていることが考えられた。また DHS の微生物生態に着目すると、その保持汚泥中には貧毛類や輪虫などの微小後生動物が観察された。これらの生物は汚泥減量化に寄与する有用な生物であることが報告されている。これら汚泥収率の低い高次生物は倍加時間が長く、リアクター系内に保持させるには長い SRT が必要である。DHS の SRT は 200 日程度で、高次生物が十分に生息できる環境にある。すなわち、DHS では、食物連鎖が高次に構成され、呼吸で消散するエネルギー量が多くなるために余剰汚泥量が減少していることが示唆された。

4. おわりに

好気性処理である DHS において余剰汚泥の発生は、流入 SS 量に対して 2.8 %に抑えられていた。DHS において汚泥が減量化される要因について、DHS では標準活性汚泥と比較すると約 20~30 倍濃度の汚泥が保持されており、BOD-VSS 負荷が $0.029 \text{ g-BOD} \cdot \text{g-VSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ と低く維持される。このため、基質不足によって汚泥の自己消化が促進されていると考えられた。また、DHS には汚泥収率の低い貧毛類や輪虫などの微小後生動物が観察されており、捕食効果によって余剰汚泥量が減少していることも示唆された。

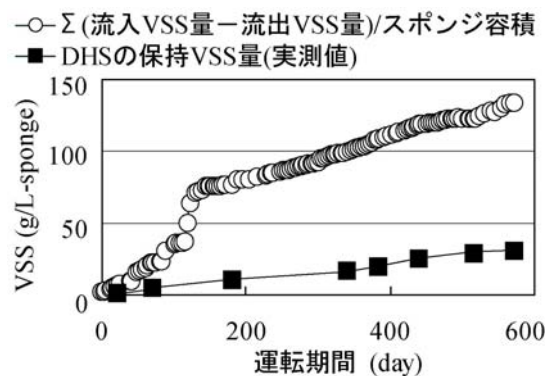


Fig.2 DHS の保持 VSS 量の経日変化

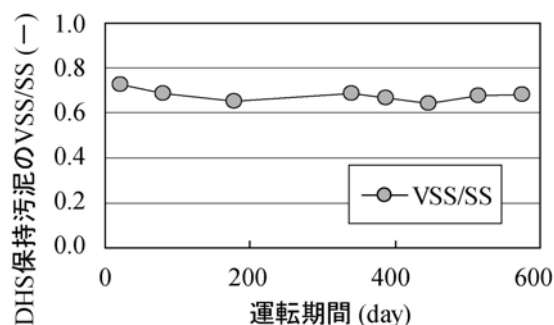


Fig.3 DHS 保持汚泥の VSS/SS 経日変化

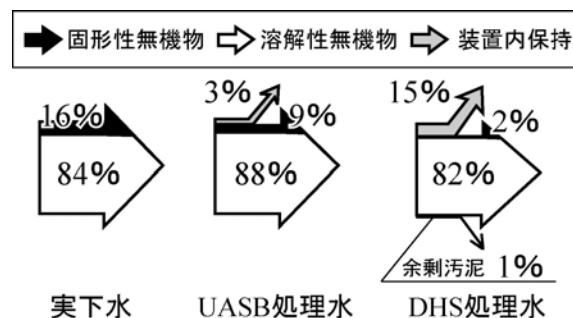


Fig.4 無機物のマスバランス

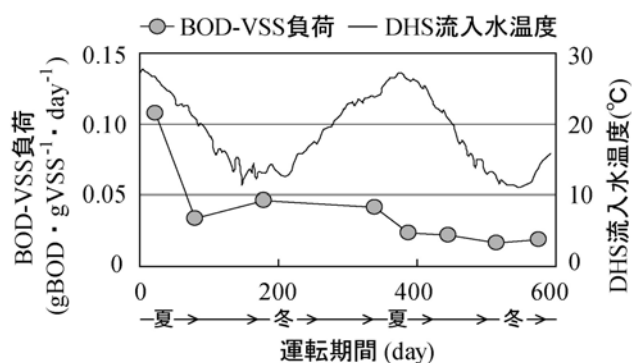


Fig.5 DHS の BOD-VSS 負荷及び水温の経日変化

謝辞

本研究は NEDO 研究開発プロジェクト「無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発」の一貫である。御協力いただいた長岡中央浄化センターに感謝の意を表す。

参考文献

M.Tandukar. et al., 2006. Wat. Sci. Tech., 53 (3), pp 209-218.