

# DHS (Down-flow hanging sponge) と硫黄脱窒リアクターを組み合わせた無曝気型システムによる下水二次処理水からの有機物・窒素除去

岐阜工業高等専門学校 小澤 徹 (学)、小森弘貴、東谷拓哉、角野晴彦 (正)、和田 清 (正)  
 国立環境研究所 珠坪一晃 (正)、東北大学 原田秀樹 (正)  
 長岡技術科学大学 大橋晶良 (正)

## 1. はじめに

近年、湖沼や内湾などの閉鎖性水域において水質汚染が懸念され、下水の高度処理が求められている。下水中の窒素を除去するには、曝気型の硝化槽と有機物を添加させる従属栄養型の脱窒槽を組み合わせる方法が一般的である。この曝気による消費エネルギーや、添加有機物の制御による運転操作を削減できれば、高度処理の低コスト化に繋がる。

そこで我々は、硝化槽に無曝気型の DHS (Down-flow hanging sponge) リアクター、脱窒槽に有機物添加が不要な硫黄脱窒リアクターを組み合わせたシステムを提案する。本報告では、DHS リアクターによる有機物除去・硝化性能を 550 日間以上の長期連続処理で実証した結果と、DHS/硫黄脱窒リアクターを組み合わせたシステムによる有機物・窒素除去性能を評価した。

## 2. 実験方法

### 2-1 DHS リアクター

図 1 (a) DHS リアクターの概要を示す。ろ床は、三角柱スポンジ (断面  $5\text{ cm}^2$ 、幅  $20\text{ cm}$ 、 $0.56\text{ mm}$  孔) を塩化ビニール板に接着したものを  $165\text{ cm}$  懸垂配置した。スポンジの間隙容積は  $3.0\text{ L}$  となり、HRT (水理学的滞留時間) 算出に用いた。植種は、活性汚泥を用いた。流入水はリアクター上部から滴下され、流下中に酸素を取り込み、スポンジに保持される好気性微生物によって有機物除去、硝化が行われる仕組みである。流入水は、本校合併浄化槽処理水に塩化アンモニウムと重曹を添加したものを用いた。実験期間中は、HRT と温度を変化させて運転を行った。

558 日以降にはスポンジから汚泥搾汁して、硝化・有機物除去活性と汚泥濃度を測定した。

### 2-2 DHS/硫黄脱窒リアクター

DHS リアクターで生成された硝酸性窒素を除去するために、図 1 (b) に示す硫黄脱窒リアクターを組み合わせた。ここでの DHS リアクターは、新たに製作した。硫黄脱窒リアクターは、内径  $10\text{ cm}$ 、高さ  $80\text{ cm}$  の円筒形とした。容積は  $6.0\text{ L}$  となり、HRT 算定に用いた。内部には、硫黄カルシウム材 (新日鐵化学、パチルエース) を見掛けの体積で  $4.6\text{ L}$  充填した。両リアクターの植種として活性汚泥を用い、それぞれ別系統で 2 ヶ月以上馴養した後に連結し運転開始日とした。DHS/硫黄脱窒リアクターの流入水は、塩化アンモニウム  $30\text{ mgN/L}$  とスクロース  $30\text{ mgCODcr/L}$  を主とした人工排水で、下水試験法記載の硝化細菌の培地をその他の無機塩類として添加した。室温は

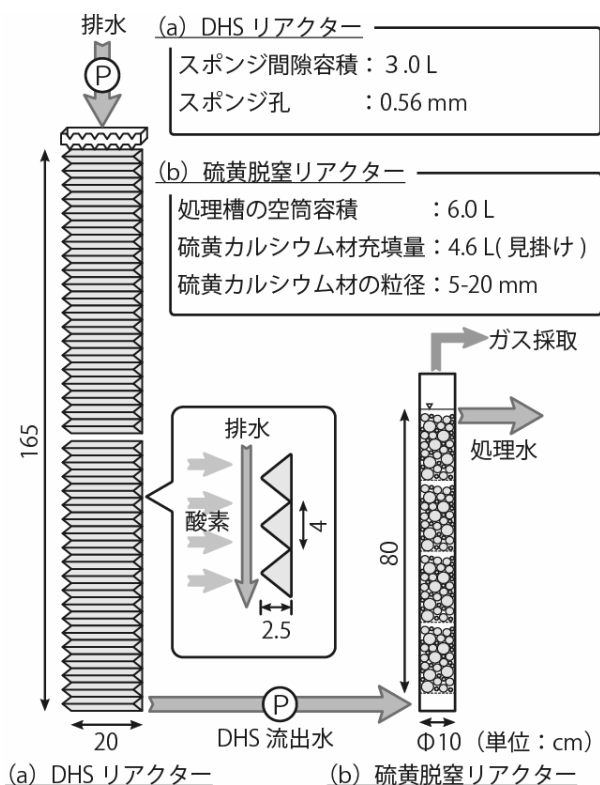


図 1 実験装置の概要

表 1 DHS リアクターの各運転条件での処理水質

|                                 |         |    |         |    |         |    |
|---------------------------------|---------|----|---------|----|---------|----|
| 運転日数 (日)                        | 258-346 |    | 347-437 |    | 438-557 |    |
| HRT (時間)                        | 1       |    |         |    |         |    |
| 室温 (°C)                         | 20      |    | 15      |    | 7-18    |    |
| 単位 (mg/L)                       | 流入      | 流出 | 流入      | 流出 | 流入      | 流出 |
| 全CODcr                          | 34      | 22 | 17      | 10 | 25      | 17 |
| 全BOD                            | 4       | 2  | 4       | 1  | 7       | 4  |
| T-N                             | 66      | 65 | 57      | 56 | 66      | 62 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 31      | 3  | 41      | 3  | 37      | 7  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | 6       | 2  | 3       | 0  | 5       | 2  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | 19      | 51 | 14      | 48 | 20      | 46 |
| SS                              | 12      | 8  | 3       | 1  | 12      | 10 |

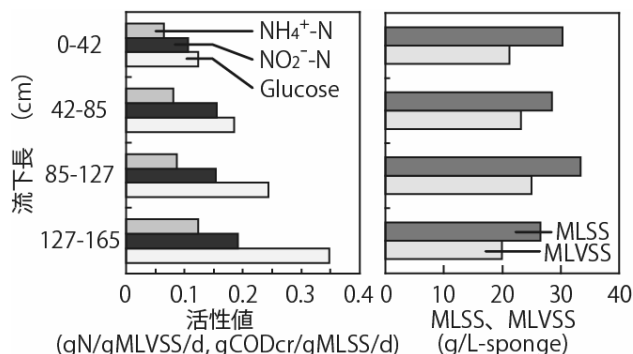


図 2 DHS リアクターの活性値および汚泥濃度

20℃に制御した。HRTは0～39日は13.5（DHS 4.5+硫黄脱窒9）時間、40日以降は6.75（DHS 2.25+硫黄脱窒4.5）時間とした。

### 3. 実験結果および考察

#### 3-1 DHSリアクターによる有機物除去・硝化性能

表1に258～557日までの、DHSリアクターのHRT1時間における各温度での処理水質を示す。流出水の全BODは、室温の低下に依らず1～4 mg/Lと高い水質が安定して得られた。258～557日の流入水の平均アンモニア性窒素は35 mg/Lを占めていた。処理水のアンモニア性窒素は20℃、15℃で3 mg/L、温度無調整（7～18℃）の場合でも7 mg/Lと高い硝化が認められた。

図2に558日以降に行った活性試験と汚泥濃度について示す。硝化活性は流下に伴い増加傾向にあった。有機物除去活性は、0.123～0.348 gCODcr/gVSS/dと下部ほど高い性能を示した。汚泥濃度は全体的に20 gVSS/Lと、活性汚泥法と比較して5倍以上と高濃度であった。

以上より、DHSリアクターは低温かつ高速処理にも関わらず高い硝化・有機物除去性能を示し、無曝気型の硝化槽として有効性を実証した。

#### 3-2 DHS/硫黄脱窒リアクターによる有機物・窒素除去性能

図3に流入水、DHS処理水、硫黄脱窒処理水の全BODの経日変化を示す。流入水は3～15 mg/Lと変動したが、DHS処理水、硫黄脱窒処理水ともに、1 mg/Lと良好であった。

図4に流入水、DHS処理水、硫黄脱窒処理水の各窒素態の経日変化を示す。流入水の平均アンモニア性窒素は31 mg/Lであった。DHS処理水は14日以降にはアンモニア性窒素が検出限界以下となり、硝酸性窒素が平均24 mg/Lで全窒素の7割を占めていた。その後、HRTを短縮しても硝化性能は維持されていた。

硫黄脱窒リアクターでは、処理水中の硝酸性窒素は14日以降のHRT9時間において平均3 mg/Lまで除去され、HRT4.5時間に短縮後は6 mg/L程度であるが徐々に低下傾向にある。ここでの流入水に有機物が極めて少ないこと、処理水から硫酸塩が検出されていること（データ不提示）から、硫黄脱窒による反応が進行していると考えられる。DHSリアクターより生成されている有機性窒素が残存するものの、硫黄脱窒リアクターとしての処理性能は発揮されている。

### 4. まとめ

- 1) DHSリアクターを、HRT1時間、温度20～7℃で運転した結果、処理水の全BODは1～4 mg/L、アンモニア性窒素は3～7 mg/Lと良好であった。これにより、無曝気型の硝化槽としての有効性が実証された。
- 2) DHS+硫黄脱窒リアクターを温度20℃で運転した結果、処理水中の硝酸性窒素はHRT13.5時間において平均3 mg/L、HRT6.75時間に短縮後は6 mg/L程度であった。全BODはHRTに依らず1 mg/Lであった。

### 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費（課題番号：18760407）、（財）鋼鉄業環境保全技術開発基金の助成を受けて実施しました。関係各位に感謝いたします。

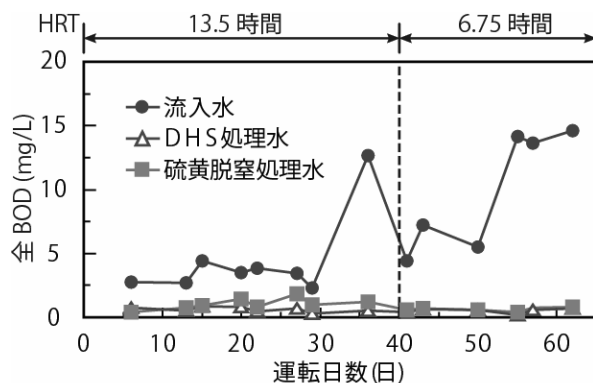


図3 DHS+硫黄脱窒リアクターによる全BODの経日変化

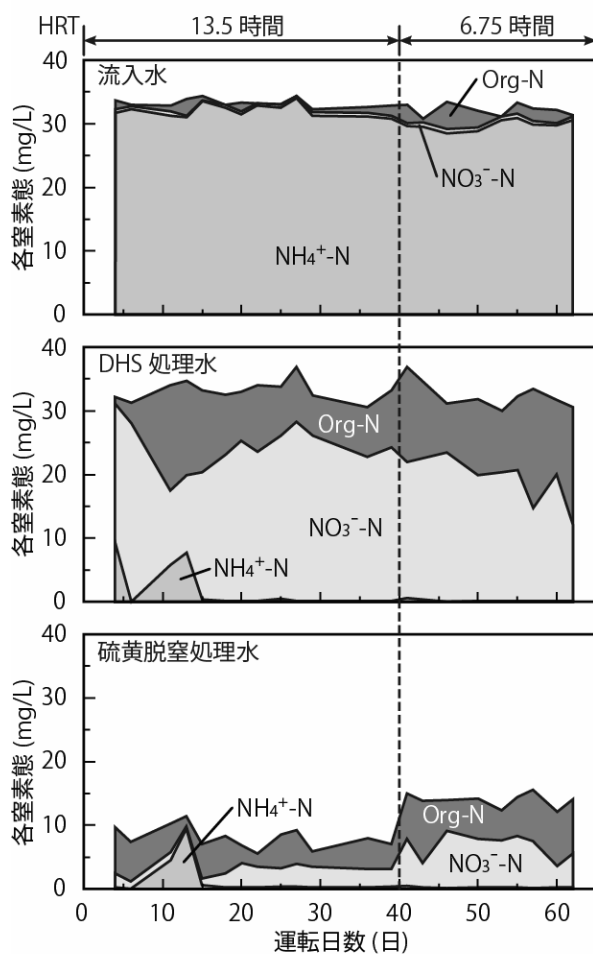


図4 DHS+硫黄脱窒リアクターによる各窒素態の経日変化