

好気型 DHS と無酸素型 DHS リアクターを組み合わせた下水の有機物・窒素除去システムの開発

岐阜工業高等専門学校 ○森 夏希 (学)、井上祥大、角野晴彦 (正)
国立環境研究所 藤田 壮、水落元之、小野寺 崇 (正)、珠坪一晃 (正)

1. はじめに

近年の下水処理では、有機物に加えて窒素を除去するシステムがいくつも開発されている。これらのシステムは、全てが浸漬型反応槽であり、硝化では曝気と汚泥管理、脱窒では汚泥管理を要する。

そこで本研究では、前述のシステムに要する曝気と汚泥管理を省くことができる下水処理システムを開発した。開発したシステムは、硝化槽に無曝気型好気処理の Down-flow Hanging Sponge (以降、DHS) リアクター、脱窒槽に無酸素状態に保った Anoxic DHS (以下、AnDHS) リアクターである。本報告では、この2種類の DHS リアクターのスタートアップ (馴致) 期間として別々に運転を行い、その処理性能を評価する。

2. 実験方法

(1) DHS リアクター

図1(a) DHS リアクターの概要を示す。ろ材は、直径 3.5 cm、高さ 3 cm の潰れ防止の円筒形のプラスチック製リングにスポンジを詰めたものを用いる。ろ床は、41 個のろ材をテグスで直列につなげ懸垂したものとした。ろ床は、高さ 144 cm、スポンジの間隙容積 0.94 L となる。設定 HRT は、スポンジの間隙容積基準で 4 h とした。流入水は、本校の下水を用いた。下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、ろ材に保持された汚泥と接触し、好氣的に有機物除去と硝化が行われる機構である。

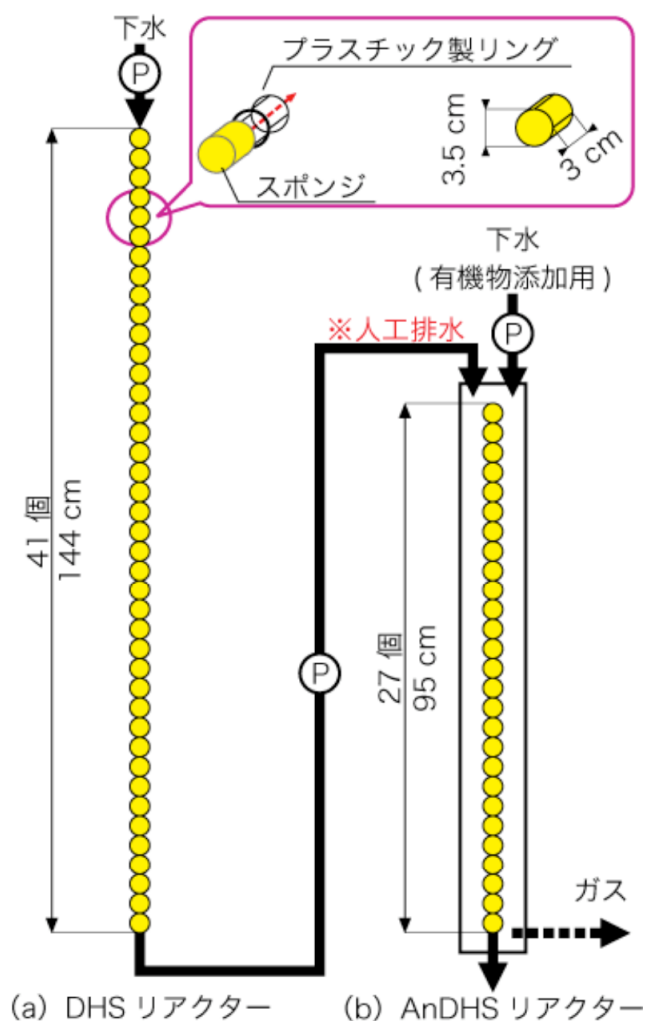
(2) AnDHS リアクター

図1(b) AnDHS リアクターの概要を示す。ろ床は、DHS リアクターと同様のろ材を 27 個つなげたものとした。ろ床は、高さ 95 cm、スポンジの間隙容積 0.62 L となる。無酸素処理とするため、ろ床は塩化ビニル製の槽内に懸垂し密閉した後、槽内を N_2 パージした。設定 HRT はスポンジの間隙容積基準で 2 h とした。流入水は、硝化処理水を模擬した硝酸カリウムを 20 mgN/L に調整した人工排水と、脱窒のための有機物添加を目的とした下水を用いる。なお、流入比は人工排水：下水=1 : 0.3 の割合に設定した。2 つの流入水はリアクター上部から滴下され、スポンジに保持された汚泥が接触し無酸素状態で処理される機構である。

3. 実験結果および考察

(1) DHS リアクター

図2に下水と DHS リアクター処理水の COD の経日変



※本報告

硝酸カリウム 20 mgN/L の人工排水

図1 開発した下水処理システムの概要

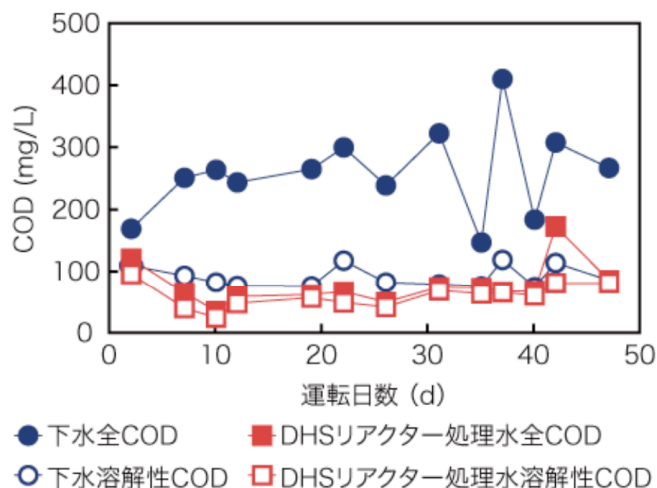


図2 下水と DHS リアクター処理水の COD の経日変化

化を示す。実験期間における下水の平均 COD（標準偏差）は、全成分 260（±67）mg/L、溶解成分 92（±17）mg/L であった。下水の全 COD のうち 6 割程度が固形性由来であった。DHS リアクター処理水の COD は運転開始から徐々に低下し、運転 10 日目には COD 除去率は全成分 86 %、溶解成分 69 % であった。これより、スポンジ担体による固形性 COD のろ過作用と保持汚泥による溶解性 COD の生物分解が認められた。運転 12 日目以降、DHS リアクターの処理水の溶解性 COD は、下水の濃度に関わらず、平均 63（±13）mg/L と安定していた。下水と DHS リアクター処理水の溶解性 COD の差は少なく、一見、処理が進んでいない。これは生物分解が停止している訳ではなく、固形性 COD からの溶解性 COD が生成されており、下水と処理水の濃度差が少ない可能性がある。

図 3 に下水と DHS リアクター処理水の各窒素態濃度の経日変化を示す。実験期間における下水の各窒素態の平均は、T-N 60（±11）mgN/L、有機態窒素 20（±3.9）mgN/L、 NH_4^+ 40（±7.7）mgN/L であり、 NO_2^- と NO_3^- は検出限界以下であった。DHS リアクター処理水では、運転 12 日目に NO_2^- が検出され、硝化反応の 1 段階目である NH_4^+ 酸化が進行し始めた。運転 22 日目に送液が停止するトラブルがあり、一旦 NO_2^- が低下した。その直後から再び NO_2^- が増加し、運転 35 日目以降のアンモニア除去率は 70 % 以上であった。運転 47 日目から NO_3^- が検出され、硝化反応の 2 段階目である NO_2^- 酸化が進行し始めた。

(2) AnDHS リアクター

図 4 に流入水と AnDHS リアクター処理水の各窒素態濃度の経日変化を示す。ここでの流入水は、人工排水と下水の混合後のものを示す。AnDHS リアクターでは、 NH_4^+ と有機態窒素の積極的な除去は望めないため、まず NO_3^- に注目する。流入水の NO_3^- は、人工排水が安定して作成できており、平均 14（±0.5）mgN/L であった。AnDHS リアクター処理水の NO_3^- は、運転 10 日目に 10 mgN/L まで低下しており、脱窒反応が確認できた。その後、AnDHS リアクター処理水の NO_3^- は、徐々に低下しており、運転 42 日目が最小値で 5 mgN/L（除去率 64 %）であった。ここでの AnDHS リアクター処理水の BOD は、4 mg/L であり、 NO_3^- 除去の向上に BOD が必要であることが示唆された。しかしながら、AnDHS リアクター処理水のケルダール性窒素は平均 15 mgN/L である。よって、下水の添加率をあげると AnDHS リアクター処理水の T-N が増加することになる。このことから NO_3^- 除去の向上のために、別の BOD 供給方法を検討する必要がある。

4. まとめ

無曝気で維持管理が容易な本下水処理システムによって、20℃における有機物・窒素除去の性能を評価した。DHS リアクターでは、HRT 4 h で有機物除去と硝化ができる可能性が示唆された。AnDHS リアクターでは、 NO_3^- 最大除

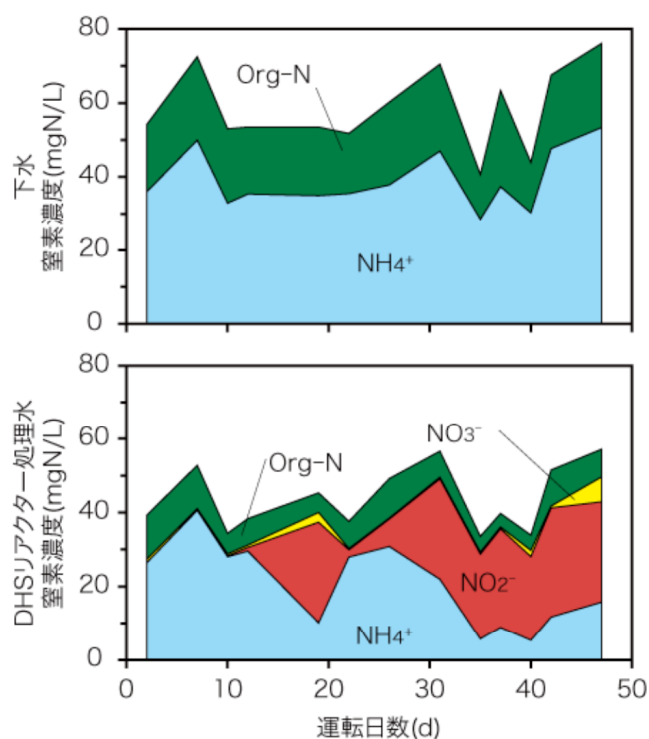


図3 下水とDHSリアクター処理水の各窒素態の経日変化

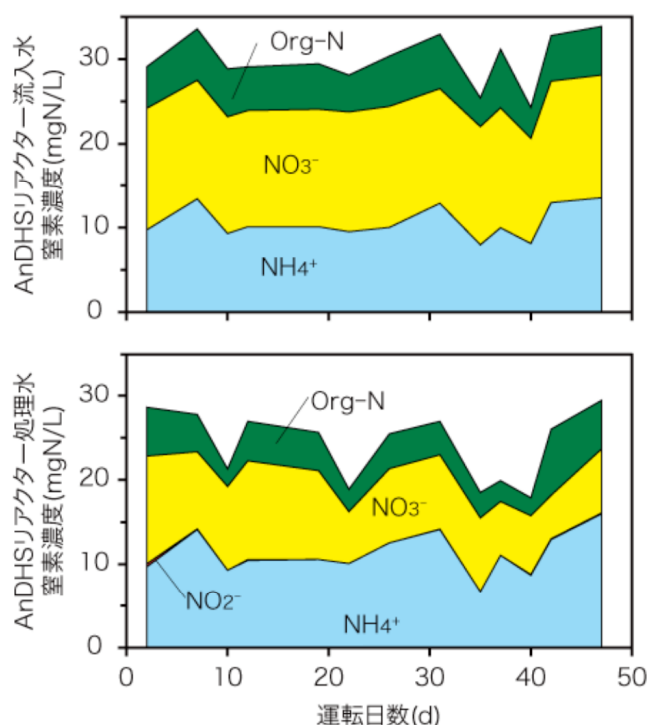


図4 AnDHSリアクターの流入水と処理水の各窒素態の経日変化

去率 64 %まで確認できたが、除去率向上の検討が必要である。

謝辞

本研究の一部は、(独) 国立環境研究所 環境都市システム研究プログラムによって実施しました。関係者各位に感謝いたします。