

乾燥地域での適応を目的とした簡易沈殿槽と DHS リアクターを組み合わせた 新規下水処理技術の処理性能評価

香川高等専門学校 学生会員 ○長町晃宏 賛助会員 景政柊蘭 賛助会員 野村妃奈 正会員 多川 正
新潟薬科大・応用生命 正会員 井口晃徳 長岡高専 正会員 押木守 正会員 荒木信夫
木更津高専 正会員 大久保努 正会員 上村繁樹 東北大院・工 正会員 久保田健吾
東北大・NICHe 正会員 高橋優信 正会員 原田秀樹

1. はじめに

現在、乾燥地域を含むアフリカなどの開発途上国では 経済成長・人口増加に伴う下水発生量の増加や深刻な水不足から、下・廃水を灌漑に利用する「汚水灌漑」が行われている。しかしその一方、その影響により農民や農作物消費者に対する消化器系感染症（腸チフス・赤痢・コレラ等）が増加している。

我々の研究グループは、建設・運転コストが安価で、維持管理の容易な一次沈殿処理に注目し、途上国の中でも乾燥地域の灌漑再利用を目的とした衛生環境リスク低減技術として、既存の簡易沈殿槽の後段処理に DHS (Down-flow Hanging Sponge) を組み合わせた新規の低コスト・低エネルギー消費型下水処理システムを考案した。

本研究では、パイロットスケールリアクターを用いた連続下水処理実験を行うことで、灌漑利用のための良好な処理水を確保するために必要となる有機物除去性能、硝化特性に関し処理性能評価を行った。¹⁾

2. 実験方法

本システムは既設活性汚泥法の分流式系列の最初沈殿池(1 池当たり W 3.75 m×L 18.0 m×H 3.0 m、有効容積 202.5 m³, HRT:1.2 時間) とパイロットスケールの DHS リアクターはスポンジ充填部分の直径が 0.8 m、高さが 5.25 m で、高さ方向に 5 つの円柱状のボックス (Box) を積み上げている (各ボックスの高さは 1.05 m)。有効容積は 2.4 m³ で、G3 型スポンジ (プラスチック製ネットリング [直径 33 mφ, 高さ 33 mm] にスポンジ [33 mm 四方] を入れたものを充填[スポンジ容量:661 cm³]) することにより構成した。²⁾ また 1,000 日以上に及ぶ連続通水実験は Phase 1-5 の期間に分類されており、リアクター立ち上げ時における汚泥の植種は行わず、処理下水中の微生物を担体に保持・定着させることとし、Phase1-2 をその順応期間とした。その後、DHS 処理水量の増加により HRT を 1-4hr で変更した。

分析項目の DO, SS, BOD₅ (以下 BOD と称す) は下水試験法に従い、アンモニア性窒素 (NH₄⁺-N) はサリチル酸法、硝酸性窒素 (NO₃⁻-N) はクロモトロプ法により測定を行った。

3. 実験結果と考察

1) 連続通水実験

スタートアップから運転開始後 1,000 日目までの連続処理運転時の処理条件、水温、BOD、SS、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、の結果を図-1 に示す。また処理水質は、研究拠点国で

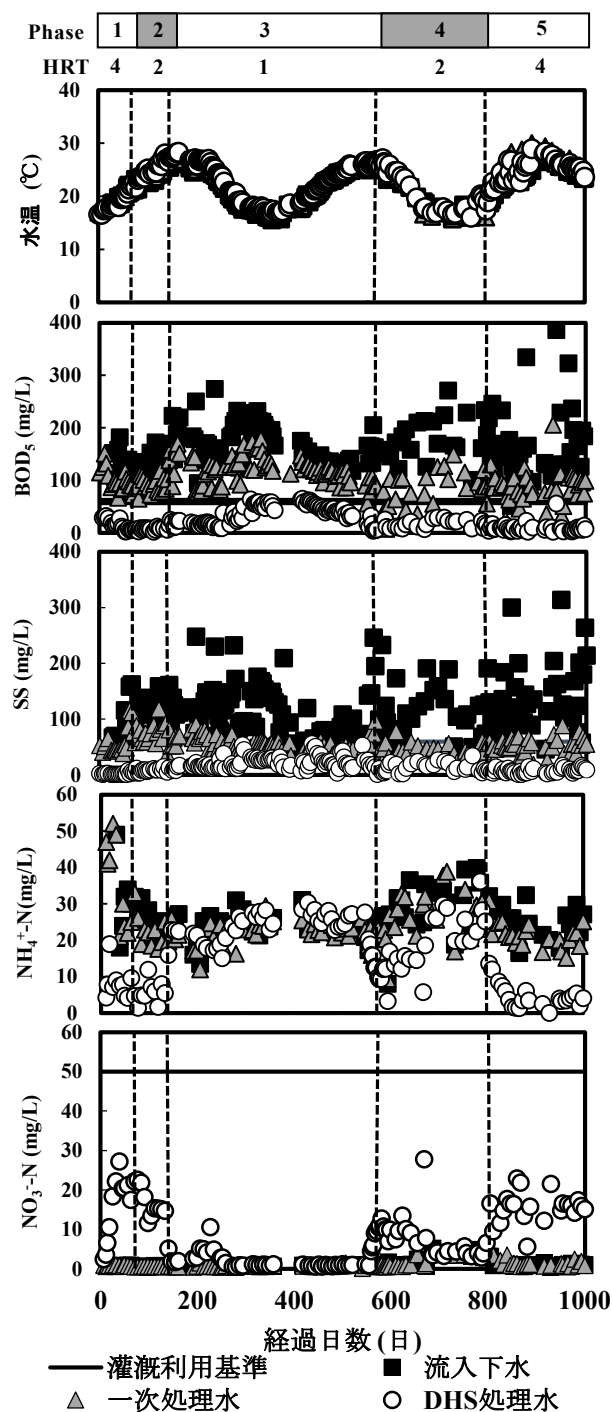


図-1 連続通水実験結果

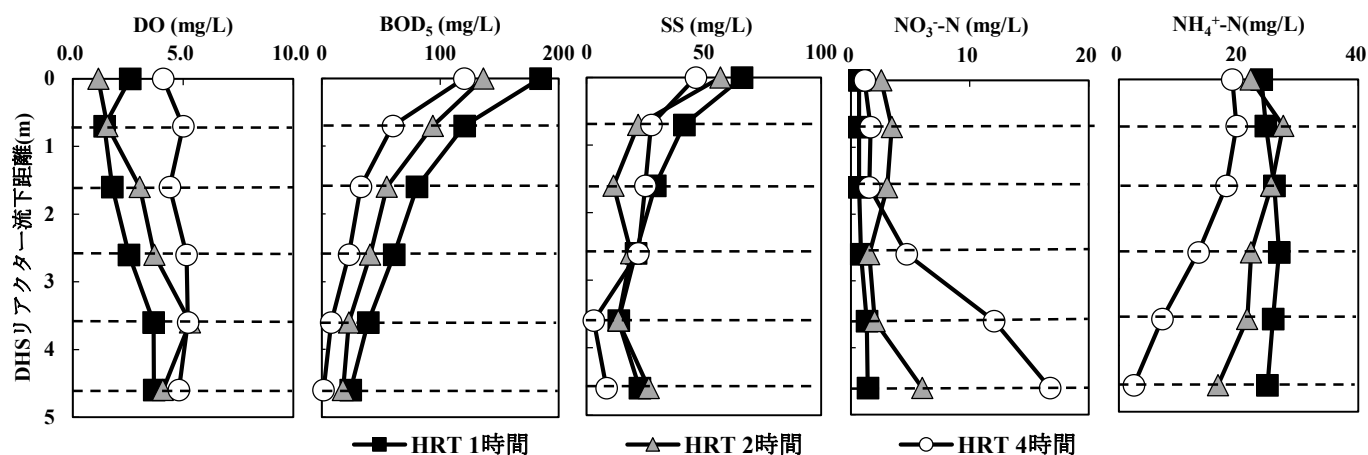


図-2 DHS リアクター縦方向距離における水質分析結果

あるエジプト政府の定めた灌漑利用基準(BOD < 60mg/L, SS < 60 mg/L, NO₃-N < 50mg/L)を達成目標水質として処理性能評価を行った.本システムにおける流入下水の平均 BOD 濃度は全期間で 165±61mg/L であった.システム全体における BOD 除去率は Phase 3-5 期間平均で 75%, 81%, 89% であった.しかし HRT が 1hr (Phase 3) においては, 20℃ 以上の水温が高い時期(133-284 日目, 427-555 日目)において, 平均 BOD 濃度が期間平均 30±15mg/L であったのに対し, 水温が 20℃ 以下(287-421 日目)となってより平均 BOD 濃度は期間平均 51±10mg/L となり水質が悪化した.そのため, HRT を 1hr から 2hr, 4hr と段階的に変更し BOD 容積負荷を変動させることで, BOD 濃度は期間平均 16±9mg/L (Phase 4), 10±8mg/L (Phase 5) となり処理水質が回復した.またすべての期間において平均 BOD 濃度は灌漑利用基準 (BOD: 60mg/L) を達成した.そして流入下水の平均 SS 濃度は全期間で 129±96mg/L であり, 各期間(Phase 3-5)における平均除去率はそれぞれ 65%, 69%, 84% であった.ここで, 平均 SS 濃度はスポンジ担体部からの微生物膜剥落による水質悪化が確認されたが全期間で灌漑利用基準 (SS: 60mg/L) を達成し, DHS が後段処理としての役割を十分に示した.

窒素栄養塩(NH₄⁺-N 及び NO₃⁻-N)の除去において, 平均 NO₃⁻-N 濃度は全期間で灌漑基準を既に達成している.また NH₄⁺-N は灌漑利用基準による規制対象に含まれていないが, 土壌環境や水域環境への影響を軽減するためにも除去は必要とされる.DHS システムにおける NH₄⁺-N 除去率は HRT 1-4hr においてそれぞれ 1%, 32%, 70% であった.Phase 3 においては, 有機物負荷の上昇に伴いリアクター全体において蓄積する有機物を除去するため従属栄養細菌と硝化菌の間で酸素競合が生じ, 硝化反応に不利な環境となったことで, 最終的に NO₃⁻-N は確認されなくなった.しかし Phase 4, 5 では再び硝化反応が確認されたことから, リアクター下部では低有機物環境が構築されたことで, 硝化菌にとって良好な環境下となっていたと考えられた.よって硝化反応には, 有機物負荷及び HRT が深く関与しており, これらを管理することで灌漑利用基準(BOD: 60mg/L)を満足しつつ NH₄⁺-N と NO₃⁻-N の含有量を制御できる可能性を示した.

2) Profile 試験結果

Phase 3-5(HRT 1-4 時間)における DO, BOD, SS, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N の水質 Profile 試験結果を図-2 に示す.リアクター内における DO は自然流下中に供給されており, 流下が進むとともに増加傾向がみられた.次に有機物除去能は, Box 1-3 で主に除去されており, 各運転条件における BOD, SS それぞれの Box 3 通過後の除去率は, HRT: 1 時間(Phase 3)で, 67%, 68%, HRT: 2 時間(Phase 4)では, 76%, 67%, HRT: 4 時間では, 87%, 53% であった.また NH₄⁺-N は主に Box 4-5 において除去されており, 硝化菌は有機物を酸化するバクテリアより世代交代時間が長いため, 有機物負荷の低いリアクター下部で硝化反応が進行したことが示された.

4. まとめ

下水を対象とした新規の下水処理システム「簡易沈殿槽+DHS システム」において DHS リアクター内では上部で有機物除去が起こり, 下部で硝化反応が進行した.また HRT: 1 時間のとき水温の下降と共に処理水中の有機物濃度の増加が見られたが, 灌漑利用基準は全期間で安定的に満足した.しかしながら, 硝化反応は低下した.その後 HRT: 2 時間及び 4 時間にすることで有機物除去及び硝化反応が見られた.この結果は, HRT を管理することで BOD の灌漑利用基準を満たしつつ処理水中の窒素栄養塩の含有量の制御できる可能性を示している.

5. 参考文献

- 1) 瀬戸雄太 最初沈殿池+DHS システムを用いた都市下水を用いた都市下水処理性能 第 49 回日本水環境学会年会 2015
- 2) 長町晃宏 最初沈殿池+DHS システムにおける衛生学的指標細菌の除去性能評価 第 49 回日本水環境学会年会 2015