

論文内容の要旨

氏名 野本 直樹

開発途上国では、資金および人材の不足等様々な課題を有しており、衛生設備の普及は容易ではない。近年、開発途上国の一つであるインド国において、このような実情に即した下水技術として、UASB (Up-flow anaerobic sludge blanket) 法の適用が進んでいる。UASB 法は嫌氣的排水処理方法の一種であり、運転管理費用が安価、かつ運転管理が容易である等の利点を有している。他方、UASB リアクター単独では放流水質基準を満たせないため、下水処理においては後段処理設備が合わせて設置される。インド国では、UASB リアクターの後段処理設備としてポンド法が多数採用されているが、広大な面積を要することや放流水質基準を満たすことが困難であることが確認されており、より適した後段処理方法の開発が望まれる。そこで、UASB 法の後段処理技術として、DHS (Down-flow hanging sponge) 法が開発された。DHS 法は散水ろ床法の一つであり、保持汚泥用の担体としてスポンジを用いることを特徴とする。DHS 法は、これまでに日本国内の都市下水を対象として良好な有機物除去性能を示してきた。さらに、インド国現地において実証規模スケールのリアクターを用いて下水処理試験が実施され、開発途上国に適用し得ることが示された。一方、当試験における流入下水の有機物濃度は低濃度であり、開発途上国においては高濃度の流入下水もあり得ることや、リアクターサイズが実際の普及を考慮すると小規模であったこと等、DHS 法を普及する上で課題も残されている。そこで本研究では、実際の普及サイズを想定した DHS リアクターを新たにインド国に建設し、これに高有機物濃度の下水を供給した時の、有機物およびアンモニア性窒素除去特性について調査した。

本論文の第3章では、実規模スケール DHS リアクターのスタートアップ特性を調査することを目的として、運転開始後1年間の有機物およびアンモニア性窒素除去性能を評価した。本 DHS リアクターは、無植種ながら運転開始より1箇月間、 COD_{Cr} 除去率 40% 前後を示した。その後、運転開始3箇月目に、DHS リアクターの COD_{Cr} 除去率は月平均 60% に達した。その後リアクター停止、流入水量変動等種々の影響を受けながら9箇月目に定常状態になった。9～12 箇月目は、DHS 処理水は平均 COD_{Cr} $92 (\pm 20) \text{ mg L}^{-1}$, $\text{BOD}_{26} (\pm 8) \text{ mg L}^{-1}$ と、インド国の放流基準 ($\text{BOD } 30 \text{ mg L}^{-1}$) を満たしており、高有機物条件下においても DHS リアクターが適用可能であることが示された。本 DHS リアクターは開発途上国で生じ得る様々な問題に遭遇しながらも、特別な運転管理を行わずにスタートアップに成功し、開発途上国における適応性が示された。DHS リアクターのアンモニア性窒素除去率は、運転開始後3箇月間で徐々に向上したが、その後は流入有機物濃度および水温の影響を受けて除去率が変動した。9 箇月目より、アンモニア性窒素除去率は再度上昇し、9～12 箇月目における除去率は 27～47% であった。

第4章では、流入水温や有機物負荷を変化させた時の有機物および窒素除去機構に関して、水質プロファイル分析を元に、その特性を評価した。また、第5章では、下水処理時に消費する酸素量の観点から、有機物およびアンモニア性窒素の除去特性を評価した。

有機物除去機構に関しては、1層目で大半の有機物が除去され、その後2層目以降では徐々に除去されることが示された。この1層目では、有機物由来の酸素消費量、保持汚泥の酸素利用速度試験、保持汚泥濃度等、種々の視点から考察した結果、好氣的生分解はもちろんのこと、スポンジ担体への有機物の吸着および保持汚泥内での嫌氣的生分解も生じていることが示唆された。

アンモニア性窒素除去に関しては、有機物濃度が高い条件や、DOが低い条件においてはDHSリアクター内で除去が進行しにくいことが示唆された。また、2層目以降0次および1次反応的にアンモニア性窒素除去が進行することが明らかとなった。HRTを長くすると、硝化が進み、脱窒反応も生じやすくなることが示された。

第6章では、DHSリアクターの保持汚泥の微生物群集構造を調査した。DHSリアクター内において、下水処理の進行に伴い、リアクター高さ方向で種構成が変化することが示された。季節間で微生物群集構造を比較すると、夏の乾季、雨季が最も近く、続いて秋季、冬季と進むに従い群集構造が変化した。微生物群集の多様性は、水温に影響され、高温であるほど高くなることが示された。

また、DHSリアクターの水平方向間においては、DO、COD_{Cr}、NH₃-Nのプロファイルの挙動および微生物群集構造が異なることが明らかとなった。他方、最下層においては水質が収束して同様になる傾向が示され、最終処理水質への影響は限られていることが示された。故に、本DHSリアクターを実際の普及サイズのリアクターとして適用し得ることが示された。

以上の様に、開発途上国における過酷な環境下において、本DHSリアクターが適応し得ることが示された。本研究で得られた知見を活用し、開発途上国でUASB-DHSシステムが普及することで、開発途上国における衛生問題の解決の一助となることが期待される。