

N-3 DHS リアクターによるエアレーション不要な下水三次処理

岐阜工業高等専門学校 ○小澤 徹、角野 晴彦、和田 清

茨城大学 河村 百栄

広島県産業科学技術研究所 高橋 優信

高知工業高等専門学校 山崎 慎一

呉工業高等専門学校 山口 隆司

長岡技術科学大学 原田 秀樹

1. はじめに

現在の下水処理では生物の安全性や上水道源を確保するために、活性汚泥法の処理水より窒素・残存有機物・リン除去を行う高度処理が求められている。しかしながら、2002 年末の下水処理普及率が 63.5% に対し、高度処理は 9.7% にしか達していない¹⁾。窒素除去の過程では、硝化反応槽内で、硝化細菌を増殖させるための過剰なエアレーションと、増殖した細菌を槽内に保つ高度で高コストな技術が不可欠である。これまで我々の研究グループでは嫌気性処理の後段処理として、エアレーション・汚泥管理不要な好気性処理である DHS (Downflow Hanging Sponges) リアクターを開発し、実現化している²⁾。そこで、DHS リアクターに C/N の低い下水二次処理水を供給すれば、残存有機物は速やかに除去され硝化細菌が優先的に増殖し、エアレーション不要の硝化槽が可能になると考えた。本研究では、DHS リアクターによる実排水による連続実験を行い、硝化と残存有機物除去の性能評価をした。

2. 実験装置と実験方法

2.1 実験方法

Fig.1 に連続処理実験で使用した実験装置の概要を示す。ろ床は、三角柱スポンジ (断面 0.50 cm^2 、幅 20 cm、孔 0.56 mm) を塩化ビニール板に接着し、Fig.1 のように設置した。リアクター高さは 165 cm、スポンジの間隙容積は 3L となる。HRT (水学的滞留時間) 算出にはスポンジ間隙容積を用いた。流入水はリアクター上部から滴下され、流下中に自然に大気から酸素を取り込み、スポンジに付着した好気性微生物によって浄化される仕組みである。植種汚泥には活性汚泥を用い、運転開始時の汚泥濃度はスポンジ間隙当たり 2.18 gVSS/L であった。

処理する排水は、校内合併浄化槽処理水を基質タンクに移し、塩化アンモニウムを添加したものを用いた (合併浄化槽で硝化が進行している場合が多いため)。塩化アンモニウムは、運転開始～257 日まで 20 mgN/L 、258 日以降は 40 mgN/L となるように加えた。pH は重炭酸水素ナトリウムにより基質タンク内で、7～8 に調整した。リアクターは恒温室内において、 20°C で運転した。HRT は運転開始～85 日を 2 時間、86 日以降は 1 時間とした。

2.2 分析項目および方法

運転開始後、定期的に pH、ORP、SS、COD_{Cr}、BOD、全窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の分析を行った。

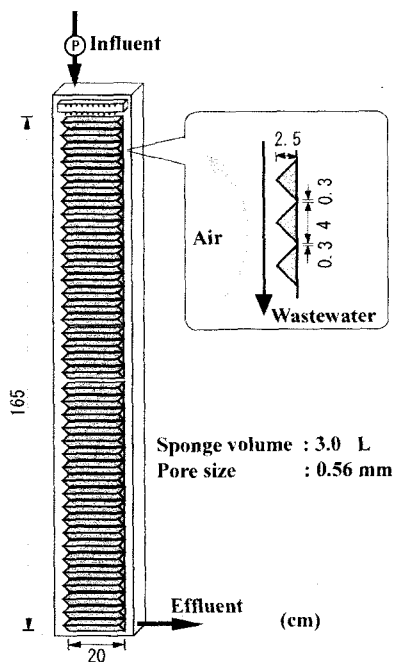


Fig.1 Schematic representation of DHS reactor.

COD_{Cr}、アンモニア性窒素は多項目迅速水質分析計（DR2400、HACH 社）を用い、その他の分析項目は下水試験法に準拠した。運転 279～302 日に、リアクターの硝化性能を調査するための回分実験を行った。実験は、アンモニア性窒素と BOD 希釈水用補強液からなる基質をリアクターに供給し、4 時間後に水質を測定した。基質のアンモニア性窒素を 5、10、20、40、60、80 mgN/L と変化させて、硝化活性値（最大硝化量）を求めた。また、有機物が硝化へ及ぼす影響を調べるために、アンモニア性窒素を 40 mgN/L で一定とし、グルコースを加えた基質でも同様の実験を行った。グルコースは、0、60、80、100 mgCOD/L とした。

3. 実験結果及び考察

3. 1 硝化性能

Fig.2 に流入水と処理水の各窒素態の経日変化を示す。流入水の全窒素は、運転開始～257 日で 43 mgN/L、258 日以降は 69 mgN/L であった。アンモニア性窒素は、運転開始～257 日で 21 mgN/L、258 日以降は 30 mgN/L であった。アンモニア性窒素は運転 10 日後より徐々に除去が進行し、亜硝酸性窒素が検出されてきた。80 日以降は、亜硝酸性窒素が検出限界以下となり、除去されたアンモニア性窒素は硝酸性窒素まで酸化され、完全に硝化が行われていた。処理水中のアンモニア性窒素が 1 mgN/L 以下となったので、HRT を 1 時間に短縮した。HRT2 時間から 1 時間に運転条件を変更直後でも、硝化は全く衰えることはなかった。258 日より、アンモニア性窒素濃度を増加させたが、その影響も受けることはなかった。硝化反応が完全に進行すると、pH 調整不足や急激な有機物負荷の場合を除けば、アンモニア性窒素除去率 95%以上、処理水中のアンモニア性窒素 2 mgN/L 以下の高い性能を常に得られた。

3. 2 有機物除去と SS 除去

Fig.3 に流入水と処理水の全 BOD、SS の経日変化を示す。流入の全 BOD、SS は浄化槽処理水の採取時間により、全 BOD で 1～11 mg/L、SS で 1～18 mg/L と変動した。全 BOD は運転開始 40 日を経過すると、1 mg/L 以下の良好な処理水が得られるようになった。HRT1 時間に短縮後も BOD 処理性能は低下することなく、処理水で平均 1.2 mg/L と安定した処理が行われた。86 日以降の平均 BOD/COD_{Cr} は、流入水で 0.186、処理水で 0.075 となり、易分解性の有機物は速やかに消費され、処理水中に生物分解が困難な有機物が残存していることを示す。

SS 除去は、運転開始直後から高い処理水質が得られた。処理水の SS 平均値は、HRT2 時間において 2.3

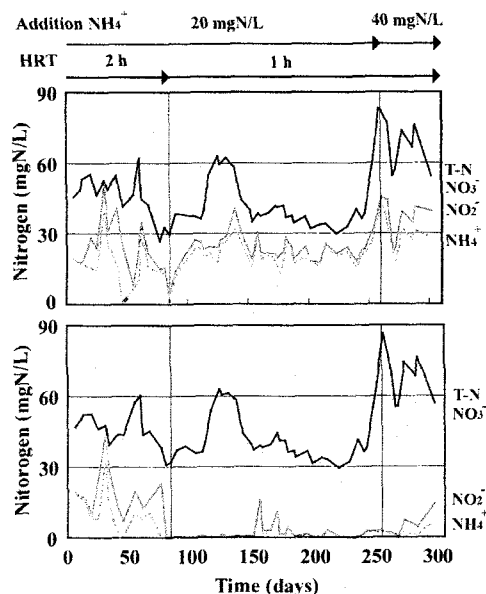


Fig.2 Time course of nitrogen species concentration .

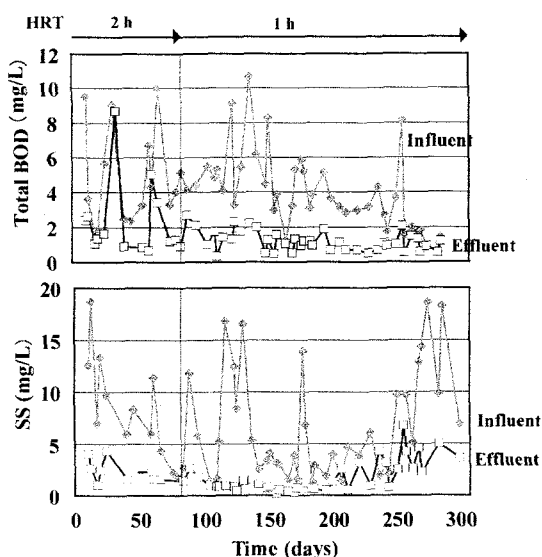


Fig.3 Time course of BOD , SS concentration.

mg/L となり、HRT1 時間で 1.7 mg/L と極めて高い水質となった。このように卓越した BOD と SS 除去能は、スポンジ担体の高い固形物補足能力と高濃度汚泥保持によるものと考えられる²⁾。

3. 3 回分試験による硝化性能評価

Fig.4 に、硝化回分試験の結果を示す。横軸に投入アンモニア性窒素濃度、縦軸に流出硝酸性窒素濃度とし、図中の破線は硝化率 100% を示す。アンモニア性窒素 5、10、20 mgN/L では、硝化率がほぼ 100% であった。投入アンモニア性窒素 40 mgN/L から流出水中にアンモニア残存するようになった。60、80、100 mgN/L では、生成硝酸性窒素が 41.5 (±0.7) mgN/L と横ばいになった。この値を最大硝化量とし、リアクター条件から硝化活性値を算出すると 0.328 kgN/m³/day となった。

Fig.5 に、投入有機物濃度と硝化の関係を示す。アンモニア性窒素 40 mgN/L、グルコース無添加における硝化率を 1 とする (図中 0:40)。添加グルコースが 60、80 mgCOD/L での硝化率は 0.85、0.99 であり、添加グルコースが 100 mgCOD/L において、硝化率が 0.70 まで減少した。グルコースは、添加 60、80、100 mgCOD/L で除去率が 31、22、28% と低かった。定常運転において流入有機物濃度が低いため、硝化細菌と酸素獲得を競合する従属栄養細菌の存在率が低く、一過的に有機物負荷を増加しても、硝化性能は著しく低下しなかったと考えられる。

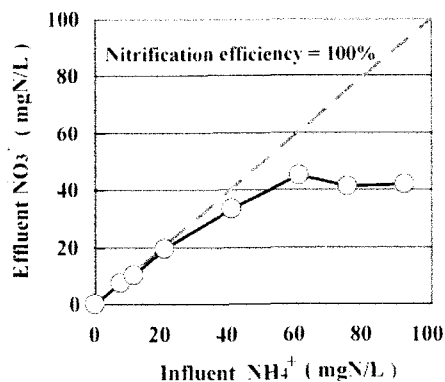


Fig.4 Nitrification activity.

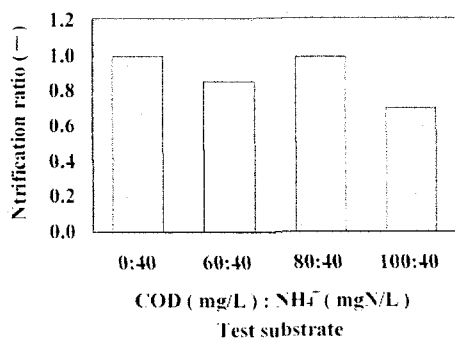


Fig.5 Effect of organic concentration to nitrification activity.

4. まとめ

DHS リアクターによる合併浄化槽流出水の連続実験を行った結果、以下のような知見が得られた。

- 1) HRT1 時間、20℃の温度条件下における、硝化率は 95% 以上で、処理水質はアンモニア性窒素は 2 mgN/L 以下、全 BOD が 1.2 mg/L、SS は 1.7 mg/L であった。実験期間中、汚泥引き抜きや維持管理不要で、エアレーション不要にも関わらず卓越した処理性能を発揮した。
- 2) 硝化性能に関して、硝化活性値は 0.328 kgN/m³/day であった。本リアクターは、グルコース 80 mgCOD/L を一過的に供給しても、硝化性能に影響はなかった。

参考文献

- 1) 松原誠：湖沼水質保全と下水道事業、水環境学会誌、8月号、16-19、2004
- 2) 原田秀樹、上村繁樹、鈴木薫、Sunil K. Karn、Lalit K Agrawal：アフリカ・ニジェールの首都ニアメの衛生状況と世界初の UASB-DHS バイオタワー下水処理プラントに関する報告、下水道協会誌、Vol.40、No.486、140-146、2003