

雨天時流入下水が Dephanox 法の窒素・リン除去に与える影響

九州大学工学部 学生会員 ○山下 智彰 九州大学大学院 学生会員 永瀬 慶彦
九州大学大学院 正会員 V. Torrico 九州大学大学院 正会員 久場 隆広

1.はじめに

下水道の普及に伴い全国の河川の環境基準達成率(BOD)は大幅に向上しているが、閉鎖性水域における富栄養化問題は依然として改善されているとは言えない。窒素・リンの排出量削減のため高度処理の普及が求められているが、例えばA₂O法では、窒素とリンは脱窒菌と脱リン菌がそれぞれ個別に除去していると考えられ、有機物の利用において両者が競合するという問題点がある。そこで、硝酸塩を電子受容体として利用でき嫌気-無酸素条件の下でリン除去活性を示す脱窒脱リン菌の存在が注目されており、脱窒と脱リンの両反応を1種の菌で担うことで有機物の有効利用を図ることが期待されている。

Dephanox法(図1)は脱窒脱リン菌を利用した非循環式硝化-内生脱窒脱リン法である¹⁾。ここでは、Dephanox法の処理性能についての報告と、高度処理施設での降雨時リン除去機能低下の問題点に着目して、Dephanox法における降雨による希釈下水流入時の各槽及び処理水でのリン・窒素の挙動について検討した。

2. Dephanox 法について

本法では、一般の生物学的リン除去プロセスと同様に前段の嫌気槽で有機物の摂取とリンの放出が行われる。次いで内部沈殿池で脱窒脱リン汚泥は固液分離され、上澄液中に含まれるアンモニア性窒素が硝化槽へ送られる。硝化槽では担体に付着した硝化菌によって硝酸が生成され、硝化液のみが無酸素槽に供給される。一方、汚泥は硝化槽をバイパスされるため好気条件に晒されることなく無酸素槽へと移行し、硝化槽から送られてくる硝酸を利用して脱窒脱リンが行われる。最終段の好気槽は付着気泡による汚泥の浮上防止と処理水の嫌気化防止を目的として設置され、滞留時間は短

く設定されている。

このように、Dephanox法では、汚泥が嫌気-無酸素条件に保たれることで高濃度に脱窒脱リン菌が集積され、細胞内有機物(PHA)を好氣的に空費することなく脱窒脱リン可能である。同時に、比増殖速度が遅く好氣的汚泥滞留時間を長く保つ必要がある硝化菌を脱窒脱リン菌と独立して維持・管理でき、A₂O法といった前脱窒法(循環式硝化-脱窒法)に必要な硝化液の循環も不要である。また、施設面積の抑制とともに、有機酸生成を活発にして脱窒脱リンを促進するために、最初沈殿池を省略して生下水を利用している。

3. 雨水混入を想定した希釈下水流入実験

3.1 実験の目的

有機物の競合が少ない Dephanox 法において、雨水混入による流入有機物濃度の低下が処理水中の窒素・リン除去に与える影響を調べた。また、希釈下水混入時の嫌気槽や無酸素槽でのリン放出・摂取活性の変化を追い、その影響時間を推測した。

3.2 実験装置概要

6つの水槽で構成された実験装置を前原下水管理センター(分流式)に設置し、生下水を連続的に供給した。運転条件は表1の通りである¹⁾。なお硝化槽には、あらかじめ硝化菌を付着させたポリプロピレン製担体(中空タイプ、外径4mm(内径3mm)×5mm)を容積比で約15%投入した。また、高い硝化活性を維持するために22℃を下回らないように温度制御を行った。day28からSRT20日として余剰汚泥の引き抜きを開始し、MLSSは2000mg/L前後で運転した。

表1 運転条件

流入水量[L/d]	110	嫌気槽[L]	12.1
余剰汚泥量[L/d]	1.84	硝化槽[L]	14.0
HRT[hour]	12	無酸素槽[L]	19.6
SRT[day]	20	好気槽[L]	5.0
bypass比	0.13		
汚泥返送比	0.2		

3.3 希釈下水の流入方法

生下水 Q_1 と水道水 Q_2 を同時に流入させ、降雨時の雨水混入による希釈下水を想定した。その際、流入量 $Q = Q_1 + Q_2 = 110\text{L/d} = 4.58\text{L/h}$ (一定)とし、希釈倍率を変

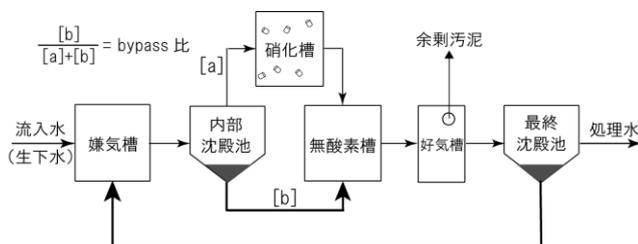


図1 Dephanox 法フロー図

表2 実験条件

	希釈倍率	濃度(%)	流入時間(h)
RUN1(day49)	1.25	80	3
RUN2(day54)	1.5	67	3

表3 流入水及び処理水の平均水質(day41~day65)

	SS	COD	DOC	T-N	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	T-P	PO ₄ ³⁻ -P
流入水	80	394	50.6	49.3	<0.1	<0.1	33.9	5.4	2.8
処理水	50	116	6.1	9.8	3.2	0.44	1.2	1.9	0.2

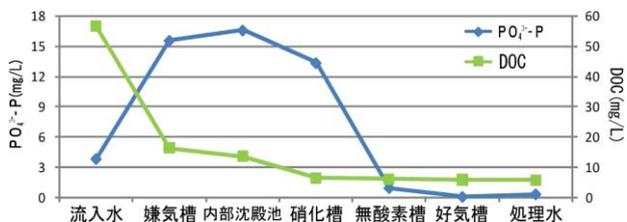
単位:(mg/L)

化させた。実験条件は表2の通りである。また、希釈下水の流入開始時間はすべて午前9時とした。

4. 結果と考察

4.1 通常運転

day40 までを馴致期間とし、day41 以降の流入水及び処理水の平均水質を表3に示す。最終沈殿池の構造上の問題によって処理水中のSS濃度が高いため、COD、T-N、T-Pの濃度もそれぞれ高い値を示している。また、処理水中の三態窒素の残存量はbypass比($[b]/([a]+[b])$)、図1参照)により規定される。これは、一部のNH₄⁺-Nが内部沈殿池より汚泥(図1の[b])とともに無酸素槽に流入することが原因で、無酸素槽以降ではほぼ除去不可能なためである。bypass比は、無酸素槽に流入するNH₄⁺-N量と汚泥による同化量とのバランスを考慮した上で管理されるが、無酸素槽MLSS濃度や嫌氣的SRTにも影響を与え、窒素・リンの同時除去には0.08~0.13が適切という報告がある¹⁾。次に、各槽でのPO₄³⁻-P及びDOC濃度の挙動を図2に示す。リンの放出・摂取の過程が明確で大部分が無酸素槽で摂取されていることがわかり、脱窒脱リン現象が確認された。

図2 各槽でのPO₄³⁻-P、DOC濃度変化(day55)

4.2 希釈下水流入実験

day48 に各槽のPO₄³⁻-P濃度の経時変化を予め把握した(Blank)後に、実験(RUN1、RUN2)を行った。図3より嫌気槽においては希釈下水流入直後からリン放出濃度が低下し、無酸素槽においては流入開始から約4時間経過した後にリン摂取が若干悪化する傾向がうかがえる。両槽で4~6時間にわたって影響が残ったため、処理水質においても同程度の時間は悪化することが予想された。しかし、好気槽の働きもあって、処理水中のPO₄³⁻-P濃度は0.4mg/L未満で推移し、流入水の変動幅と比較するとRUN1、RUN2の実験条件ではリン除去に関して特に大きな影響はなかったといえる(図4)。一方で、図5よりRUN2の処理水中三態窒素濃度は流

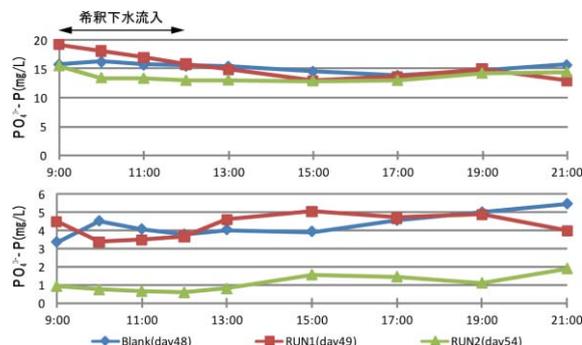
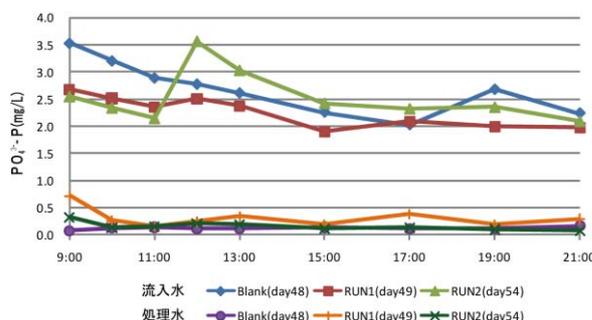
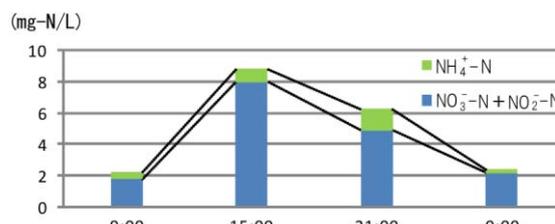
図3 PO₄³⁻-P濃度変化(上)嫌気槽(下)無酸素槽図4 流入水と処理水のPO₄³⁻-P濃度変化

図5 処理水中三態窒素濃度の変化(RUN2)

入開始から6~12時間(HRTと同程度)後に数倍まで悪化した。24時間以内に回復したが、脱リンよりも脱窒過程が希釈の影響を受けやすいことが示唆された。ただし、脱窒現象が不安定な期間にあたるBlankやRUN1でも若干の悪化が見られた。

5. おわりに

実下水を適用したDephanox法において、脱窒脱リン菌による安定した窒素除去・リン除去が明確に認められた。また、希釈下水の流入はリン除去以上に窒素除去に対して悪影響を及ぼすことも考えられ、希釈倍率や流入時間、流入量といった条件変更によって確認する必要がある。

参考文献

- 1) Torrico, V. et al. (2006): Effect of Anaerobic SRT on Complete Phosphate Removal in a Post-denitrification System, 環境工学論文集, Vol.43, pp.327-332.