

担体添加型硝化脱窒法を用いた 最終処分場浸出水処理における脱窒槽容量の検討

安達 紀子 池田 広数 梅澤 浩二 白子 定治

東京都が管理する最終処分場から出る浸出水は、高濃度のアンモニウム体窒素と難分解性有機物を含有するため、窒素及びCOD(化学的酸素要求量)処理の後に下水道放流されている。当研究所では、現在、窒素処理の段階について、安価で効率的な処理を見いだすための研究を行っている。

今回、担体添加型硝化-脱窒プロセスの実験装置を用いて脱窒槽容量に関する検討を行った結果、①脱窒槽容量を従来の硝化槽比の1/2にしても、現在と同様の除去率で窒素処理を行うことは可能である、②脱窒槽容量を小さくすることによる硝化反応への影響は、硝化速度という観点から見ると、特に認められない、ということが明らかになった。よって、脱窒槽の容量を現在の硝化槽比より小さくできる可能性がある。

このことは、排水処理場敷地面積を小さくし、処理場建設費用を節減できる可能性があることを意味している。今後、実機における効果を確認するための検討が望まれる。

キーワード：担体 硝化脱窒 浸出水 脱窒槽容量

1 結論

様々な排水中に含まれる窒素は、富栄養化等の原因となるため処理を必要とする。東京都が管理する最終処分場から出る浸出水も、高濃度のアンモニウム体窒素を含有するため、排水処理場での窒素処理後に下水道放流されている。

窒素処理には多くの方法があるが、なかでも担体添加方式による生物学的窒素除去は、低温時にも安定した処理が可能といわれており¹⁾、東京都の第三排水処理場の処理方式にも採用されている。しかし、第三排水処理場は、従来の排水処理場での処理方法との差に起因する所要経費の増大という問題を有している。そこで、当研究所ではこれまで、窒素処理の段階についてより安価で効率的な処理方法を確立するため、平成6年度より担体添加型脱窒-硝化プロセス、平成9年度より担体添加型硝化-脱窒プロセスの実験装置を用いて実験を継続している。

昨年度までの研究で、硝化-脱窒プロセスの反応をモデル化し、その結果より、硝化-脱窒を一体のシステムとしてとらえる必要があること、この場合、原水に含まれるアンモニウム体窒素と同濃度の硝酸・亜硝酸体窒素を脱窒させる時の反応速度から槽容量を決定していた従来の方法と比較して、脱窒槽に流入する硝酸・亜硝酸体窒素濃度は必ず小さくなること等を指摘

した²⁾。これらの結果を考え合わせると、脱窒槽の容量はこれまでよりも小さくできる可能性があるため、今年度はこの現象をより正確に把握するため、実際に槽容量を変化させた場合の窒素処理の状況について検討を行った。以下に、その結果を報告する。

2 実験方法

2.1 連続実験

2.1.1 装置運転条件

装置の仕様を表1に、処理プロセスを図1に示す。原水は、中央防波堤内側埋立地内にある第三排水処理場着水井より採取した浸出水を用い、りん濃度を調節するため、りん酸水素二カリウムを5mgP/L添加した。

硝化反応は温度に大きく依存するため、処理条件が同じになるよう、20℃に設定した恒温室内に実験装置を設置した。原水流量は30ml/min.とし、原水流量・循環水・返送汚泥の比は1:1:0.5とした。硝化槽曝気量は20L/min.、再曝気槽曝気量は3L/min.とした。

槽容量による処理率の変化をみるため、脱窒槽容量を従来の硝化槽比の1/2~1倍の範囲(図1の脱窒槽2から4に相当)で変化させた。各条件を設定してから測定するまでは、滞留時間を考慮して3日以上おき、定常状態にて実験を行った。

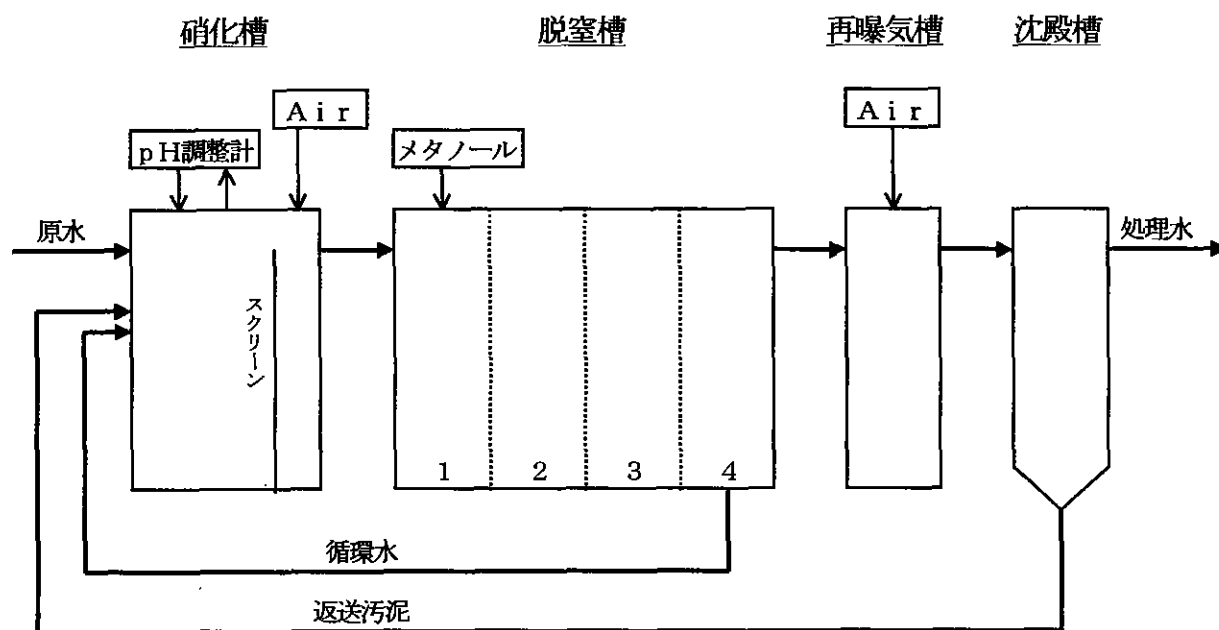


図1 実験装置

表1 実験装置の仕様

名称	仕様(単位: mm)
硝化槽	330×330×510 透明PVC製 有効容積51.2L 担体充填率20vol% スクリーンにて担体流出防止
脱窒槽	300×464×510 透明PVC製 有効容積59.4L 四回路 空気攪拌式密閉槽
再曝気槽	170φ×510 透明PVC製 有効容積10.5L
沈殿槽	250φ×510 透明PVC製 有効容積19.3L

表2 分析方法

項目	分析方法
アンモニウム体素	JIS K0102 42.5 (イオンクロマトグラフ法)
亜硝酸体素	JIS K0102 43.1.2 (イオンクロマトグラフ法)
亜硝酸体素	JIS K0102 43.2.5 (イオンクロマトグラフ法)
溶存酸素	下水試験方法 第3章第16節2.2 (隔膜電極法)
活性汚泥 浮遊物質	下水試験方法 第4章第5節2 (ガラス繊維ろ紙法)

2.1.2 測定方法

各実験条件における測定は、流量、アンモニウム体素(以下NH₄-N)濃度、硝酸体素(以下NO₃-N)・亜硝酸体素(以下NO₂-N)濃度、硝化槽溶存酸素(以下DO; Dissolved Oxygen)濃度及び活性汚泥浮遊物質(以下MLSS; Mixed Liquor Suspended Solids)濃度について行った。

窒素濃度測定用サンプルは、原水タンク、流入原水、硝化槽、脱窒槽1・2・3・4の各槽出口、再曝気槽、返送汚泥水、処理水とした。前処理として、各サンプル採取後直ちにろ過により汚泥(菌体)を除去することで、分析時までの水質変化を防いだ。ろ過には0.45μmのメンブランフィルターを用いた。分析方法を表2に示す。

2.2 バッチ試験

各脱窒槽容量条件において、硝化槽から硝化液を3~5L程度採取し、数時間放置して汚泥を分離した。この汚泥に浸出水(原水)を添加し、添加時を0時間としてガラスボールフィルターを用いて曝気を行い、一定時間経過ごとにサンプルを採取した。サンプルのそれぞれについて窒素量を測定し、窒素処理の反応速度を求めた。また、各試験ごとにMLSS濃度を測定した。分析方法は、2.1.2と同様とした。

3 実験結果及び考察

3.1 脱窒槽容量変化が窒素処理に与える影響

3.1.1 脱窒槽容量が3/4の場合

まず、脱窒槽容量を従来の硝化槽比の3/4にした場合の処理状況の変化について調べた。槽ごとの窒素量の変化について図2に示す。

図2に示すように、硝化槽で発生したNO₂-N及びNO₃-Nは、脱窒槽1の段階でかなりの部分が脱窒される。脱窒槽では、NO₃-NもいったんNO₂-Nに変換されて脱窒されるため、NO₂-NとNO₃-Nに濃度の逆転がみられるが、脱窒槽2、脱窒槽3ではいずれの形の窒素もみられず、脱窒槽容量は十分な大きさが確保されていると考えられた。

3.1.2 脱窒槽容量が1/2の場合

脱窒槽容量が3/4でも十分に脱窒反応が行われることが確認できたため、更に脱窒槽容量を小さくした場合の処理状態の変化について調べた。結果を図3に示す。

図3に示すように、窒素の存在形態は脱窒槽容量に関係なく同様の変化を経ること、また、脱窒反応が良好に進行することが判明した。しかし、処理状態によっては微量の未反応硝酸・亜硝酸体窒素が残存する場合もみられ、脱窒槽容量が従来比の3/4の場合に比較して、処理状態がやや不安定であると考えられた。

3.2 脱窒槽容量変化が硝化に与える影響

これまでの研究から、生物学的硝化脱窒法においては、硝化反応の段階が全体の処理率を左右する重要な段階であることが分かっている³⁾。脱窒槽容量を変化させると循環水の水質も変化すると考えられるため、槽容量を変化させた後の硝化槽から採取した汚泥による硝化速度を元に、脱窒槽容量の変化が硝化反応に与える影響について調査した。結果を図4に示す。

図4に示すように、時間の経過とともにNH₄-Nが減少し、NO₂-N及びNO₃-Nが増加する傾向にある。実際の硝化槽の状態に比較して、NO₃-Nの生成が少ない(ないし遅い)傾向にあるのは、ガラスボールフィルターによる曝気力が連続装置よりも弱いためと考えられる。

脱窒槽容量を変化させるたびにバッチ試験を行ったが、いずれも図4と同様の傾向を示す結果が得られており、NH₄-N減少速度は平均 -0.12mgN/min/gMLSS、NO₂-Nの増加速度は平均 0.10mgN/min/gMLSS、NO₃-Nの増加速度は平均 0.04mgN/min/gMLSSであつ

た。このことから、脱窒槽容量の変化が循環水の水質などを通じて硝化速度に与える影響は、窒素処理が十分なされている状況下では特にみられないと考えられた。

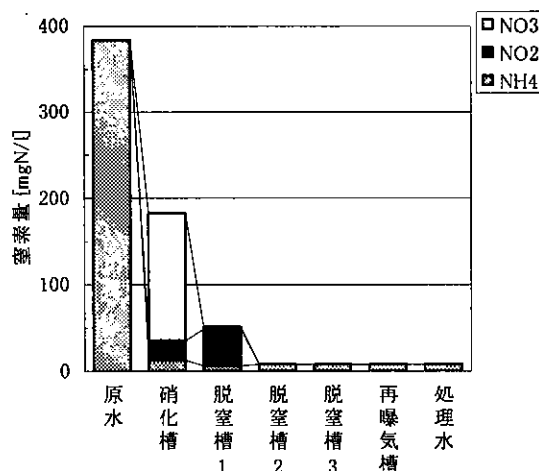


図2 脱窒槽容量3/4の場合の窒素処理の変化

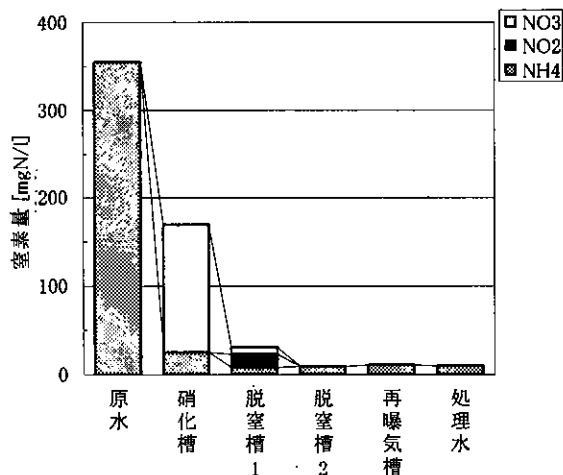


図3 脱窒槽容量1/2の場合の窒素処理の変化

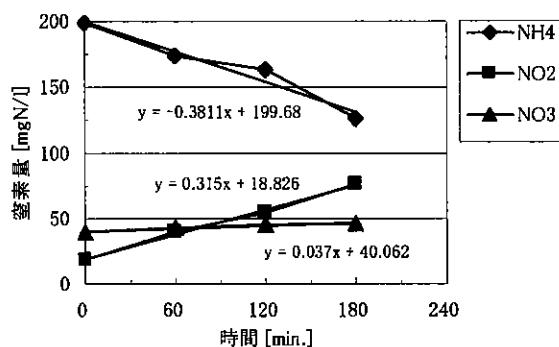


図4 硝化速度の測定

3.3 脱窒槽容量の検討と所要経費について

以上の結果から、脱窒槽容量の変化による窒素処理状態についてまとめると、表3のとおりとなる。表中、脱窒率とは、硝化槽で発生した硝酸・亜硝酸体窒素がその槽段階までにどのくらい脱窒されたかを示す。

窒素処理率はいずれも97%程度であり、脱窒槽容量が変化しても、良好な処理状態を保つことは十分可能であることが分かる。処理率を決めるのは硝化の段階であるというこれまでの研究結果から考えても矛盾しない結果であり、循環水の影響は、処理状態がよければ少ないものと考えられる。

次に、槽段階ごとの脱窒率についてみると、測定ごとの変動もあるため数値に幅があるものの、脱窒槽1の段階で6～8割程度の脱窒が終了し、脱窒槽2の段階ではほぼ完全に脱窒反応が終了していることが分かる。このことから、現在の脱窒槽容量より小さい槽容量でも、十分に脱窒反応を完結させることは可能と考えられる。ただし、脱窒槽が現在の硝化槽比の1/2の

場合では、処理状態(原水水質や汚泥菌叢の変化)によっては脱窒が不完全になる可能性もあり、窒素処理に余裕を持たせるという面からは、現在の硝化槽比の3/4程度なら十分実現の可能性があると考えられる。

一方、脱窒槽容量が小さくなったとしても、原水窒素濃度が同じである限りはメタノール量を削減することはできない(実験でも確認済み)ため、維持管理費のうち薬剤費の節減には槽容量の減少は寄与できず、光熱費の脱窒槽攪拌電力量の削減においてのみ寄与できると考えられる。このため、槽容量の減少は、基本的には初期投資と敷地面積の制約の克服という観点での貢献となる。ただし、実際の第三排水処理場においては、窒素処理の後段にCOD(化学的酸素要求量)処理の段階があり、これには窒素処理以上に維持管理費を必要とするため、この段階の検討によっては、排水処理場全体としての維持管理費の削減が実現できる可能性もある。

表3 窒素処理と槽容量変化の関係

	平均窒素処理率 (%)	平均脱窒率 (%)		
		脱窒槽1	脱窒槽2	脱窒槽3
脱窒槽が3/4の場合	96.6	58.8	93.1	100.0
脱窒槽が1/2の場合	96.7	79.1	96.5	—

4 結論

定温条件下での担体添加型硝化脱窒法を用いた浸出水処理について、以下のことが明らかになった。

- 1) 脱窒槽容量を現在の硝化槽比の1/2にしても、現在と同様の除去率で窒素処理を行うことは可能である。
- 2) 脱窒槽容量を小さくすることによる硝化反応への影響は、硝化速度という観点から見ると、特に認められなかった。
- 3) 1)、2)の結果と処理の安定性を考慮すると、脱窒槽容量は、現在の硝化槽比の3/4程度にできると考えられる。

脱窒槽の容量を現在より小さくできれば、敷地面積が小さくて済み、処理場建設費も節減できることになる。今後、現在の硝化-脱窒プロセスと同様の処理施設を建設もしくは更新する際には、パイロットスケールでの実験結果を踏まえたうえで、脱窒槽容量の縮小について検討する余地があると考えられる。

参考文献

- 1) 日本下水道事業団；包括固定化担体を用いた硝化促進型循環変法「ペガサス」の評価に関する報告書(1993)
- 2) 安達紀子、池田広数、梅澤浩二、白子定治；担体添加型硝化脱窒法における浸出水からの生物学的窒素除去、都市清掃、53、235、pp.47-50 (2000)
- 3) 安達紀子、恩田啓一、池田広数、梅澤浩二、白子定治；担体添加型硝化脱窒法による最終処分場浸出水の窒素除去、平成10年度東京都清掃研究所研究報告第28号、pp.167-170 (2000) ほか