

**微生物を利用した  
窒素及びリン除去プロセスの評価  
に関する第3次報告書**

— 単段式及び二段式活性汚泥循環変法による窒素除去 —

平成2年3月

日本下水道事業団技術開発部



## ま え が き

公共用水域の水質の保全を図る上で、下水道施設の果たすべき役割はますますその重要性を増している。特に湖沼等の閉鎖性水域においては、富栄養化の進行にともなう様々な問題が顕在化しており、その周辺においては下水の処理に際して、有機物除去とともに、富栄養化の原因物質と考えられている窒素やリンについても除去することが求められるようになってきている。このようなケースは今後増加していくものと予想される。

下水中からの窒素やリンの除去方法としては、大別して物理化学的方法と生物学的方法がある。窒素除去においては、運転コスト、維持管理性、最終生成物の環境への影響等の観点から、現在は生物学的な方法が主流となっている。また、リン除去法としては、金属塩を添加する方法やリン鉱石等を用いてリンを析出させる方法等の物理化学的方法とともに、これらの薬剤を用いずに生物反応を利用してリンの除去をする生物学的リン除去法についても調査、研究が行なわれ、実用化されているものもある。

このような状況をふまえて、昭和59年11月9日に日本下水道事業団理事長から事業団技術評価委員会に対して、微生物を利用した窒素及びリン除去プロセスの評価についての諮問が行なわれた。

技術評価委員会は、昭和61年11月18日、生物学的窒素除去方法についての審議結果をまとめ、活性汚泥循環変法についての評価を「第1次報告書」として答申した。続いて、昭和63年5月17日には、生物学的リン除去法として嫌気-好気活性汚泥法についての評価が「第2次報告書」として答申された。

「第3次報告書」においては、活性汚泥環境変法の多段化による窒素除去率の向上等の評価と合わせて、「第1次報告書」における活性汚泥循環変法の評価の見直し、確認を行なった。評価に当たっては現在稼働中の実施設の運転データ及び同法に関する既往の調査結果を用いているが、本報告はこれらの運転データ及び文献調査結果をもとに、単段式及び二段式活性汚泥循環変法の特徴、設計・維持管理上の留意事項などをまとめたものである。

本評価によってこれらの方法の優れた特性が明らかにされたと考え、本法が必要な場所において広く採用される契機となることを期待するとともに、本報告が単段式及び二段式活性汚泥循環変法の設計、維持管理に広く活用されることを希望したい。

最後に、本報告の発刊に当たり、日本下水道事業団技術評価委員会及び同高度処理専門委員会及びご協力頂いた関係各位に深謝する次第である。

平成2年3月

日本下水道事業団技術開発研修本部  
技術開発部長 田 中 和 博



# 目 次

(まえがき)	397
(評価の対象技術)	398
(評価の範囲)	398
(除去特性)	398
(処理機能上の特徴)	399
(設計に当たっての留意事項)	400
(維持管理上の留意事項)	401
(建設費及び維持管理費)	403
1 建設費	403
2 維持管理費	403



(まえがき)

湖沼等の閉鎖性水域に処理水を放流する下水処理場では、水域の富栄養化防止の目的から、窒素及びリンを除去することが求められている。

窒素除去を目的とした単段式の活性汚泥循環変法（以下、単段循環変法という。）は、従来の活性汚泥法の変法として窒素の除去を行うことが可能なプロセスであり、幾つかの下水処理場で既に本施設として実用化されている。

このため、本委員会では、昭和59年11月に出された日本下水道事業団理事長の諮問に応じて、実施設における調査結果等に基づき、窒素除去を目的とした単段循環変法の、主としてその窒素除去に係る除去特性や特徴等について審議し、その結果を「第1次報告書」として報告した（昭和61年11月18日）。

また、微生物を利用したリン除去プロセスについては、嫌気-好気活性汚泥法について、主としてそのリン除去特性や特徴等について審議し、その結果を「第2次報告書」として報告した（昭和63年5月17日）。

その後も、窒素除去プロセスについては、単段循環変法の特徴及び窒素除去特性等について調査を継続するとともに、第1次報告書の中においても示唆された、二段式の活性汚泥循環変法（以下、二段循環変法という。）による窒素除去率の向上についても調査を進めてきた。そこで、これらの調査結果をまとめて、現時点で明らかになった事項について審議した結果を「第3次報告書」として報告することとした。

### (評価の対象技術)

本報告では、単段循環変法及び二段循環変法を評価の対象としている。

単段循環変法は、窒素除去及び有機物の除去を目的とした活性汚泥法であり、生物反応槽を脱窒槽と硝化槽に仕切り、一般の都市下水の最初沈殿後の一次処理水を、後半部の硝化槽で硝化し、硝化槽末端部より硝酸性窒素を含む混合液（以下、硝化液という。）をポンプ等で前半部の脱窒槽に循環返送することにより、下水処理を行う方法である。

また、二段循環変法は、単段循環変法における窒素除去率の向上を目的として、上述の脱窒槽、硝化槽及び硝化液の循環の組合わせからなる生物反応槽を二つ直列につなぎ、各脱窒槽に一次処理水をステップ注入することにより、活性汚泥処理を行う方法である。

### (評価の範囲)

一次処理された下水が、脱窒槽に流入し、硝化槽を経て、最終沈殿池から流出するまでの水処理過程を評価の範囲とする。

### (除去特性)

- 1 単段循環変法及び二段循環変法による都市下水の処理において、生物反応槽をはじめとする諸施設が適切に設計されており、また、適切な運転管理が行われれば、処理水のBOD及びSSを10 mg/ℓ程度以下に処理することが可能であると認められる。
- 2 単段循環変法及び二段循環変法の処理水にはケルダール窒素及び亜硝酸性窒素がほとんど含まれないので、硝化反応に起因する処理水BOD



の上昇が避けられる。

- 3 単段循環変法による都市下水の処理において、硝化槽及び脱窒槽をはじめとする諸施設が適切に設計されており、また、適切な運転管理が行われれば、最初沈殿池流出水中の全窒素（以下、T-Nという。）の平均70%程度を除去することが可能であると認められる。
- 4 二段循環変法による都市下水の処理において、同様な条件のもとで、最初沈殿池流出水のステップ注入比を適切に管理することにより、最初沈殿池流出水中のT-Nの平均80%程度を除去することが可能であると認められる。

#### (処理機能上の特徴)

- 1 窒素除去は、有機物除去に比較して水温の影響を受けやすく、特に低水温時には、硝化・脱窒に要する時間は長くなる。
- 2 T-N除去率は硝化工程の状況に影響される場合が多く、良好なT-N除去率を得るためには、硝化が良好に達成されていることが必要である。また、硝化が良好な場合には、T-N除去率は脱窒工程の状況に影響される。
- 3 二段循環変法では、脱窒が向上することにより、単段循環変法に比較して、高いT-N除去率を達成することができる。
- 4 アルカリ度は硝化の進行により消費されるが、硝化液の循環・脱窒によりアルカリ度の回収がある程度期待でき、処理水のpH低下を防ぐことができる。
- 5 硝化液の循環手法として、隣接する脱窒槽と硝化槽の間では、硝化槽

の散気にともなうエアリフト効果による循環流を利用することができる。  
この場合、脱窒槽と硝化槽の仕切壁上部に設けた開口部の調節により、  
循環比をコントロールすることができる。

- 6 流入下水にある程度の水量、水質の時間的変動があっても安定したT-N、BOD除去を行うことができる。
- 7 硝化槽にポリ塩化アルミニウム（PAC）等の凝集剤を添加することによってリン除去をも行うことが可能である。ただし、この場合には凝集剤添加を行わない場合に比較して硝化速度は低下することがある。
- 8 活性汚泥の沈降性は、標準活性汚泥法のものと同程度である。
- 9 余剰汚泥発生量は、除去BOD量に対して0.3～0.8程度、また、除去SS量に対して0.4～1.0程度である。なお、リン除去のために硝化槽に凝集剤を添加する場合には、汚泥発生量はこれより多くなる。

#### （設計に当たっての留意事項）

- 1 硝化液の循環手法として、循環ポンプを用いる方法と硝化槽の散気にともなうエアリフト効果による循環流を利用する方法とがある。エアリフト効果を利用する場合には、循環流量の調整、脱窒槽へのDOの持込の抑制、短絡流の防止等のため生物反応槽の構造等に留意する必要がある。
- 2 硝化・脱窒の進行にともなうアルカリ度収支を検討し、必要に応じてアルカリ剤注入設備を設置する。
- 3 処理場の稼働初期等において、脱窒反応に必要なBODを補うために、メタノール注入等が必要となる場合がある。

- 4 必要酸素量は、有機物の酸化、アンモニア性窒素の硝化、内生呼吸及び硝化槽のMLDOの維持に要する酸素量から算定される。特に有機物の酸化に要する酸素量については、生物反応槽流入有機物量から、脱窒反応による有機物の除去量を控除することができる。
- 5 生物反応槽の容量は、T-N容積負荷、設計水温、硝化速度、脱窒速度、MLSS濃度等を考慮して算定する。また、硝化細菌の維持に必要な固形物滞留時間（SRT）が確保できるように留意する必要がある。
- 6 単段循環変法及び二段循環変法の生物反応槽の滞留時間は同程度であり、標準活性汚泥法に比較して長く、一般的には大きな生物反応槽容積を必要とする。
- 7 脱窒槽の攪拌は、機械式攪拌を原則とする。攪拌に要する必要動力は、脱窒槽 1 m<sup>3</sup>当り 5 w程度である。
- 8 最終沈殿池の水面積負荷は、1.5～2.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日程度が適当であると考えられる。また、汚泥ホッパー部の容量は余裕を持ったものとするように配慮し、スカム止めやスカム除去装置を設置する。

#### （維持管理上の留意事項）

- 1 硝化細菌は、他栄養細菌に比較して増殖速度が小さく、環境条件に対して敏感であるのでSRTなどの運転条件を適正に保つことに留意する必要がある。
- 2 単段循環変法は、処理の安定化のため、2,000～4,000mg/ℓ程度のMLSS濃度を保つことが望ましく、標準活性汚泥法より低いBOD-SS負荷（0.1 kg/kg・日程度以下）で運転される場合が多い。

- 二段循環変法は、一次処理水をステップ注入するので、単段循環変法に比べて、生物反応槽中の平均MLSS濃度を高くすることが可能である。
- 3 単段循環変法及び二段循環変法において、良好な窒素除去を達成するためには、硝化、脱窒の状況を定期的に把握しておく必要がある。
  - 4 硝化が良好に進行するためには、硝化槽末端のMLDO濃度は2.0 mg/l以上に保つ必要がある。しかし、脱窒槽へのDOの持込を抑えるため、必要以上に高くないように留意する。
  - 5 脱窒が良好に進行するためには、脱窒槽入口で、BODと酸化態窒素の比が3以上必要であるが、単段循環変法及び二段循環変法の前段の脱窒槽においては、通常の下排水質と実用範囲の循環比では、この条件は満たされているものと考えられる。
  - 6 単段循環変法では、硝化液の循環比（返送汚泥量を含む）は最大200%程度で実用上十分であり、これ以上循環比を大きくしてもT-N除去率は大きく上がらない。
  - 7 二段循環変法では、特に後段の脱窒が良好に進行するために、一次処理水のステップ注入比、硝化槽のMLDO濃度及び循環比等の管理に留意する必要がある。
  - 8 二段循環変法の一次処理水の後段へのステップ注入比は、T-N除去率、後段脱窒槽の管理等を考慮して、実用上0.2～0.4程度である。
  - 9 二段循環変法の硝化液の循環比は、実用上前段100～200%程度、後段100%程度で十分である。
  - 10 単段循環変法及び二段循環変法は、SRTが長いので最終沈殿池において、放線菌等によるスカムが発生することがある。

(建設費及び維持管理費)

1 建設費

- (1) 単段循環変法及び二段循環変法は、生物反応槽の滞留時間が長い  
ため、標準活性汚泥法に比較してその容量が大きく、また、攪拌機等が  
必要となるために、建設費は標準活性汚泥法よりは高くなる。

2 維持管理費

- (1) 単段循環変法の生物反応槽における消費電力量は、処理されるべき  
下水 1 m<sup>3</sup>当たり 0.3 kwh程度、除去T-N 1 kg当たり 2.0 kwh程度  
であり、このうち循環ポンプ動力は約 20%程度である。
- (2) 二段循環変法の生物反応槽における消費電力量は、単段循環変法に  
比較して、硝化液の循環比が大きくなるため、処理されるべき下水  
1 m<sup>3</sup>当たり 0.4 kwh程度とやや高く、このうち循環ポンプ動力は約  
35%程度である。
- (3) 硝化槽から脱窒槽への硝化液の循環返送に要する循環ポンプの電力  
は、硝化槽の散気にとまなうエアリフト効果による循環流を利用する  
ことが可能であれば、削減することができる。