

既存施設を活用した段階的高度処理 の普及ガイドライン（案）

平成27年7月

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部

はじめに

下水道の整備が進み、高度処理の実施率は高まっているが（H19：25%→H25：41%）、水域によってその取組状況は異なっており、閉鎖性水域等においては、富栄養化による赤潮・青潮、アオコ等が発生し、生態系へも悪影響が生じている。下水処理場（以下、「処理場」という）においては、水域の水質改善を図るため、富栄養化の原因となる窒素・りんを除去を目的とした高度処理の導入を進めているものの、既存施設が標準活性汚泥法等（以下、「標準法等」という）で稼働している場合は、施設の耐用年数や厳しい財政状況等から、高度処理の導入に向けた全面的な増改築は当面見込めないケースがある。閉鎖性水域が持つ汚濁負荷が滞留しやすいという特徴を踏まえると、施設の改築更新時まで待つのではなく、早期に汚濁負荷を削減する方策を講じていく必要がある。

一方、一部の処理場においては、既存施設を活用した部分的な施設・設備の改造や運転管理の工夫により、処理水質を向上させる取り組みが進められている。このような取り組みは全国各地で行われているものの、処理場間や技術者間でのナレッジの共有が不十分で体系化されておらず、本格的な水平展開には至っていない。

このような背景を踏まえ、国土交通省では、平成26年1月に「高度処理ナレッジ創造戦略会議」を設置し、上述のような取り組みを進めている自治体と今後取り組みを検討している自治体を始め、関係団体等も参加し、事業計画では標準活性汚泥法（以下、「標準法」という）と位置付けられている処理場において、部分的な施設・設備の改造や運転管理の工夫で窒素・りんを除去している事例を「高度処理ナレッジ集」としてとりまとめた。また、本会議で、耐用年数等から施設の全面的な改築が当面の間見込めない処理場であっても、『水域の早期水質改善に向けて、既存施設の一部改造や運転管理の工夫により段階的に高度処理化を図る手法』を「段階的・高度処理」と定義し、段階的・高度処理の普及を目的として、効果、導入手順、運転管理上の留意点、事業計画への位置付けに関する事項等を整理し、「既存施設を活用した段階的・高度処理の普及ガイドライン（以下、「本ガイドライン」という）としてとりまとめた。

平成27年1月に改訂した「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」においては、中期整備事項として、概ね10年程度の中期的な整備方針を定め、既存施設・ナレッジを活用した段階的・高度処理等の導入を検討することが示された。こうしたことも鑑み、本ガイドラインを活用し、既存施設を活用した部分的な改造や運転管理の工夫による処理水質向上の取り組みが各地で進められるとともに、ノウハウの蓄積や、運転管理技術の開発が一層促進され、水質改善の取り組みが普及拡大していくことを期待する。

高度処理ナレッジ創造戦略会議 委員等名簿

平成 27 年 3 月現在
(50 音順、敬称略)

座長	山下	洋正	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部 下水処理研究室室長
委員	糸川	浩紀	地方共同法人日本下水道事業団技術戦略部 水処理技術開発課課長代理
〃	片山	建壯	東広島市下水道部下水道施設課主査
〃	小池	利和	東京都下水道局計画調整部カーボンマイナス推進 担当課長
〃	小林	康太	川崎市上下水道局下水道計画課担当係長
〃	後藤	茂樹	埼玉県下水道局下水道管理課主幹
〃	佐藤	洋行	一般社団法人日本下水道施設管理業協会常務理事
〃	田中	茂幸	大阪市建設局技術監下水道河川部水質管理担当課長
〃	中野	文裕	四日市市上下水道局技術部施設課課長補佐
〃	中村	正一郎	周南市上下水道局下水道施設課管理担当係長
〃	西澤	直幸	船橋市建設局下水道部下水道施設課処理場係副主幹
〃	林	孝雄	京都府流域下水道事務所技術次長
〃	森山	勝	久留米市企業局上下水道部下水道施設課主査
〃	横土	俊之	千葉県県土整備部都市整備局下水道課副課長
特別委員	加藤	裕之	国土交通省水管理・国土保全局下水道部流域管理官

目 次

1. 本ガイドライン（案）の構成 -----	1
1.1 本ガイドライン（案）の構成 -----	1
2. 段階的高度処理の定義と導入の効果 -----	2
2.1 関係通知 -----	2
2.2 高度処理の現状 -----	4
2.3 段階的高度処理の定義 -----	6
2.4 段階的高度処理の対象条件 -----	12
2.5 段階的高度処理の導入効果 -----	16
3. 段階的高度処理の導入方法 -----	18
3.1 段階的高度処理の導入手順 -----	18
3.1.1 段階的高度処理導入検討フロー -----	18
3.1.2 当該処理場を取り巻く状況の把握 -----	20
3.1.3 当該処理場における流入下水量、流入水質及び処理能力の 現状と将来 -----	21
3.1.4 当該処理場における施設・設備及び運転条件等の現状把握 --	22
3.1.5 段階的高度処理方法の選定 -----	24
3.1.6 施設・設備の見直しの検討 -----	37
3.1.7 運転条件の検討 -----	39
3.1.8 運転切替方法の検討 -----	59
3.1.9 運転（維持）管理上の留意事項の確認 -----	62
3.1.10 計画放流水質の適用に係わる処理方式の評価 -----	70
3.2 管渠の交付金対象範囲の拡大 -----	74
4. 段階的高度処理運転の事例 -----	78
5. 参考資料 -----	110

1. 本ガイドライン（案）の構成

1.1 本ガイドライン（案）の構成

本ガイドライン（案）は、『水域の早期水質改善に向けて、既存施設の一部改造や運転管理の工夫により段階的に高度処理化を図る手法』を検討する際に参考とするものであり、「本ガイドライン（案）の構成」、「段階的処理の定義と導入の効果」、「段階的処理の導入方法」、「段階的処理運転の事例」及び参考資料から構成される。

（解説）

本ガイドライン（案）の構成及び各章の概要を以下に示す。

1. 本ガイドライン（案）の構成

本ガイドライン（案）の構成を記載する。

2. 段階的処理の定義と導入の効果

段階的処理の関係通知について整理し、段階的処理の現状、定義、対象条件、導入効果を記載する。

3. 段階的処理の導入方法

段階的処理の概要として、全国の処理場を対象にアンケート調査した結果をまとめ、段階的処理の導入手順・処理方法・運転切替手順・運転管理上の留意事項等について整理する。

段階的処理を事業計画に位置付ける手順を整理する。

4. 段階的処理運転の事例

段階的処理運転の事例として、代表的な運転方法を例示する。

5. 参考資料

関係通知、高度処理ナレッジ創造戦略会議にて段階的処理運転を実施している各自治体（埼玉県、東京都、京都府、船橋市、大阪市、久留米市、千葉県）から提供された運転管理上の留意点等に関する資料を掲載する。

2. 段階的高度処理の定義と導入の効果

2.1 関係通知

関係する通知は以下の通り。

- ・「下水道法施行令の一部を改正する政令等の施行について」
(平成 16 年 3 月 29 日国都下企第 74 号都市・地域整備局長通知)
- ・「下水道法施行令の改正に伴う事業計画の認可の運用について」
(平成 16 年 3 月 29 日国都下事 530 号都市・地域整備局長通知)
- ・「計画放流水質の適用の考え方について」
(平成 16 年 4 月 9 日都市・地域整備局下水道部下水道事業課企画専門官事務連絡)
- ・「処理方法の考え方について」
(平成 20 年 6 月 17 日都市・地域整備局下水道部下水道企画課下水道技術開発官、下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡)
- ・「高度処理方法として取り扱うことのできる処理方法の事業計画への位置づけについて」
(平成 20 年 9 月 9 日都市・地域整備局下水道部下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡)
- ・「下水道法に基づく事業計画の運用について」
(平成 24 年 3 月 27 日国水事第 63 号水管理・国土保全局通知)

(解説)

平成 15 年 9 月 25 日に下水道法施行令の一部を改正する政令が公布され(平成 16 年 4 月 1 日施行)、「下水道法施行令の一部を改正する政令等の施行について」(平成 16 年 3 月 29 日国都下企第 74 号都市・地域整備局長通知)により、法令の適正な運用に当たっての留意点が通知された。

その中では、計画放流水質という概念が導入され、下水道管理者が放流先の状況等を考慮して計画放流水質を自ら定め、当該計画放流水質の区分に応じた処理方法を選定することとなった。処理方法には、「標準活性汚泥法」、「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」、「嫌気無酸素好気法」等が規定された。

同時に、「下水道法施行令の改正に伴う事業計画の認可の運用について」(平成 16 年 3 月 29 日国都下事 530 号都市・地域整備局長通知。以下「運用通知」という。)が通知され、計画放流水質の導入と事業計画の関係、計画放流水質と処理方法等、下水道事業計画の策定に当たって留意すべき事項が通知された。

また、「計画放流水質の適用の考え方について」(平成 16 年 4 月 9 日都市・地域整備局下水道部下水道事業課企画専門官事務連絡。以下「企画専門官事務連絡」という。)が通知され、計画放流水質を定めるための評価の方法等が示された。

このように計画放流水質の考え方が整理される一方で、段階的高度処理の考え方も運用

通知の補足として整理された。

「処理方法の考え方について」（平成 20 年 6 月 17 日都市・地域整備局下水道部下水道企画課下水道技術開発官、下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡）において、標準活性汚泥法等の施設について部分的な施設・設備の改造を行う場合等により、「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」及び「嫌気無酸素好気法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすものについては、これらの処理方法として扱うことができると示されるとともに、「同様の処理原理」と「最低限必要な構造」の考え方及び具体の事例が示された。

また、「高度処理方法として取り扱うことのできる処理方法の事業計画への位置づけについて」（平成 20 年 9 月 9 日都市・地域整備局下水道部下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡）において、高度処理の推進とともに、部分的な施設・設備の改造等による処理水質の向上を行っている処理場に係る、管渠の補助対象範囲の拡大の考え方が再確認された。

これらにより、段階的・高度処理の考え方及び事業計画への位置付けが明確化され、その推進が図られている。

なお、運用通知は、下水道法の改正等に伴い改廃され、平成 27 年 3 月時点では「下水道法に基づく事業計画の運用について」（平成 24 年 3 月 27 日国水事第 63 号水管理・国土保全局通知）となっている。

2.2 高度処理の現状

閉鎖性水域の水質改善を実現するためには、処理場において、富栄養化の原因となる窒素・りん等を除去する高度処理を導入する必要があるが、導入の現状は芳しくない。その理由として、耐用年数や費用等の問題から全面的な増改築が当面見込めない処理場が多数あることが原因として挙げられる。

段階的高度処理を導入することは高度処理の普及促進につながり、また、既存施設を有効活用するという考え方は今後の下水道事業・維持管理に広く適用されるべきものである。

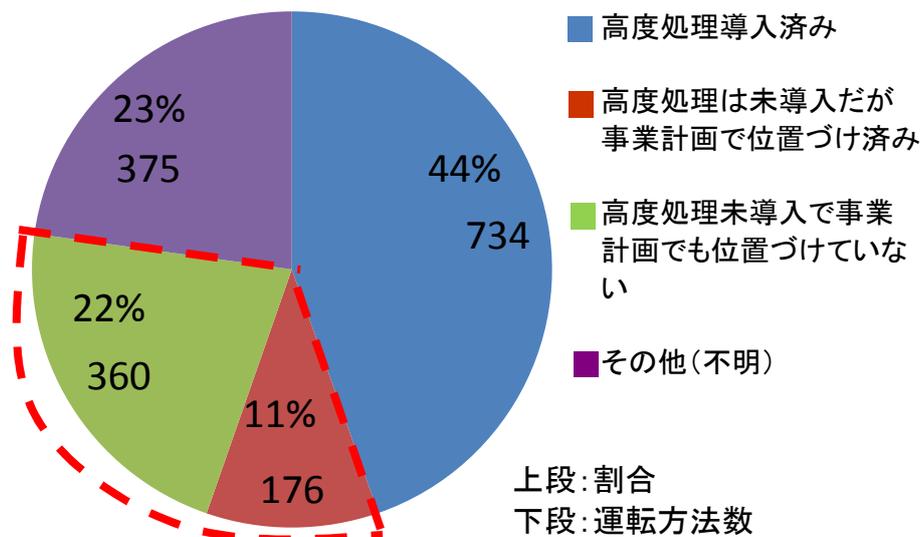
(解説)

閉鎖性水域の水質改善を実現するためには、富栄養化の原因となる窒素・りん等を除去する高度処理の導入が必要である。

高度処理とは、標準法などの二次処理では十分に除去できない有機物、浮遊物質、窒素、りん等の除去を行うものである。窒素、りん等の除去を目的とした場合は、下水道法で定められた高度処理方式を選定・検討し、事業計画に基づき既存施設の増改築等によって導入し、処理を開始する、という流れになる。

国土交通省が、平成 25 年 1 月から 11 月にかけて 3 回にわたって実施した高度処理に係る全国アンケート調査によると、全体計画で高度処理を位置付けている処理場は、全国の処理場数 2,208 箇所（4,192 系列）のうち、約 27%にあたる 593 箇所（1,645 系列）であった。全体計画で高度処理を位置付けている処理場のうち、約 44%の施設では高度処理が導入されていたが、事業計画で位置付けているものの高度処理を導入していない施設が約 11%、事業計画に位置付けていない施設が約 22%と、必要性が高いにも関わらず取り組みに至っていない施設が多い（図 1）。良好な水環境創出のための高度処理実施率（図 2）は、年々増加傾向にあるものの、平成 25 年度末における全国平均は、約 41%に留まるとともに、水域毎に取り組みに差が生じている。

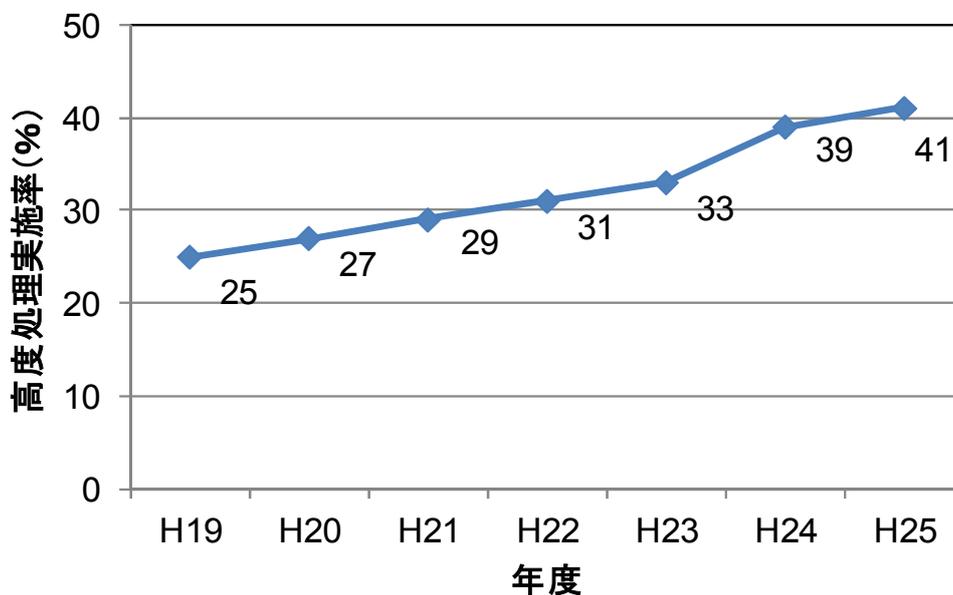
その理由として、耐用年数や費用等の問題から全面的な増改築が当面見込めない処理場が多数あることが挙げられる。そこで、標準法として供用中の施設においても、部分的な施設・設備の改造や運転管理の工夫により、早期かつ安価に高度処理化を図る『段階的高度処理』を推進し、閉鎖性水域の水質改善を目指す必要がある。



 高度処理未導入

高度処理未導入の主な理由：①改築更新時又は増設時に高度処理を実施する予定のため
：②他事業を優先するため

図 1 全体計画で高度処理を位置付けている処理場の現状



※良好な水環境創出のための高度処理実施率 (%)
= 高度処理が実施されている区域内人口 / 高度処理を導入すべき処理場に係る区域内人口

図 2 良好な水環境創出のための高度処理実施率

2.3 段階的高度処理の定義

本ガイドライン（案）では、『水域の早期水質改善に向けて、既存施設の一部改造や運転管理の工夫により段階的に高度処理化を図る手法』を「段階的高度処理」と定義する。
また、その手法により運転を行っている状態を「段階的高度処理運転」と定義する。

（解説）

本ガイドライン（案）では、段階的高度処理とは、『水域の早期水質改善に向けて、既存施設の一部改造や運転管理の工夫により段階的に高度処理化を図る手法』と定義する。

一方、国土交通省では平成 20 年 6 月事務連絡¹の中で、『部分的な施設・設備の改造を行う場合等において、運用通知の別表第 1 の「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」又は「嫌気無酸素好気法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすものについては、これらの処理方法のいずれかとして取り扱うことができる。』としている。本ガイドライン（案）では、平成 25 年度及び平成 26 年度に実施した段階的高度処理の各自治体への事例調査（以下、「事例調査」という）において運転管理の工夫により処理水質向上を図る事例が多く見られたことから、上述の「部分的な施設・設備の改造を行う場合等」に運転管理の工夫による対応も含めるものとして扱い、早期かつ安価な高度処理化を図ることとする。

¹ 平成 20 年 6 月 17 日付け都市・地域整備局下水道部下水道企画課下水道技術開発官、下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡の「処理方法の考え方について」（以下「平成 20 年 6 月事務連絡」という。）

以下に、段階的な施設整備等による高度処理化のイメージ、段階的に水質の向上を図っていくイメージ、段階的・高度処理の考え方、本ガイドラインに記載する主な範囲、段階的・高度処理導入時の「評価 2」の可否を示す。

【段階的な施設整備等による高度処理化のイメージ】

この段階的な施設整備による高度処理化のイメージを図 3 に示す。従来手法では、改築更新時期に全面的に改築することで高度処理化を図っていたが、段階的・高度処理ではその時期を待つことなく、既存施設を最大限活用して、部分的な施設・設備の改造や運転管理を工夫することで、「流域別下水道整備総合計画（以下、「流総計画」という）」に定める目標水質の確保等に向けて、段階的に水質の向上を図っていく。

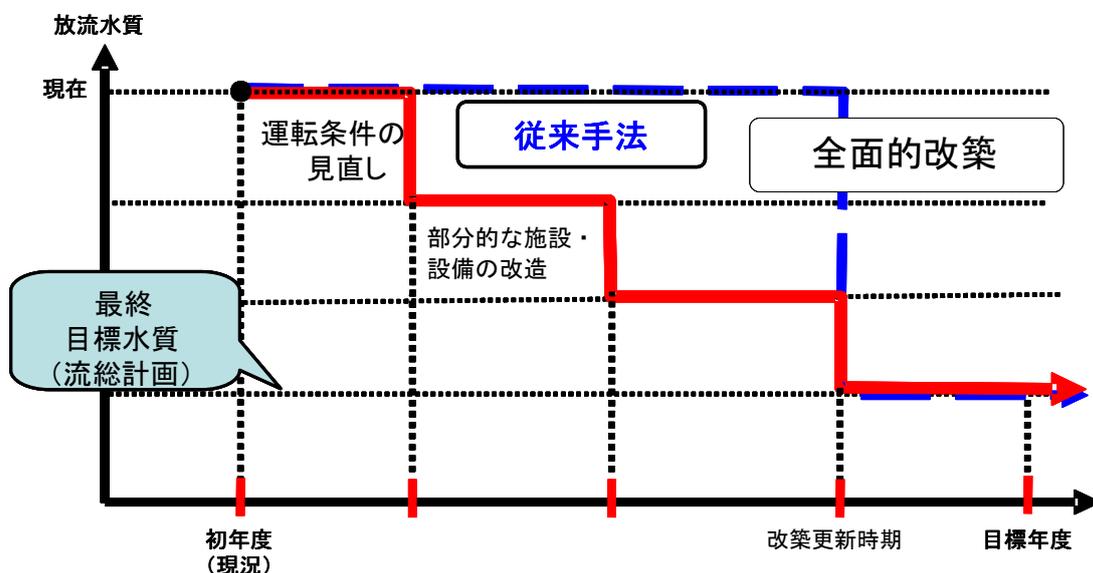


図 3 段階的な施設整備等による高度処理化のイメージ

【段階的に水質の向上を図っていくイメージ】

この段階的に水質の向上を図っていくイメージを図 4 に示す。

図 4 は、平成 24 年 3 月 27 日付け通知国水事第 63 号「下水道法に基づく事業計画の運用について」の別表 1 を使って、段階的高度処理における処理水質向上のイメージを示している。段階的高度処理とはこの表のうちの「◎」が適用されている施設を、運転管理の工夫等によって着色箇所の水質に向上させていくということである。なお、段階的高度処理は放流水質の向上を目的としているため、通常的高度処理と同様に、除去対象物質としては図 4 に示す BOD、COD、窒素、りん等が想定されるが、本ガイドライン（案）では、既存施設の一部改造や運転管理の工夫による対応性や既往の検討・導入事例に加え、閉鎖性水域の富栄養化抑制の観点から、窒素、りんを除去対象物質とする場合に限定する。

別表1(抜粋)

計画放流水質 (単位 mg/L)	B O D	≤10						10< ≤15	
		≤10			10< ≤20			≤20	
		≤0.5	0.5< ≤1	1< ≤3	≤1	1< ≤3	≤1	1< ≤3	≤3
標準活性汚泥法等									◎
循環式硝化脱窒素法等								◎	◎
嫌気好気活性汚泥法								◎	◎
嫌気無酸素好気法							◎	◎	◎

一部改造や運転管理の工夫により水質を上げる。

図 4 段階的高度処理における処理水質向上のイメージ

【段階的高度処理の考え方】

段階的高度処理の考え方を図 5 に示す。これは、最終目標水質達成の可否および事業計画への位置付けの有無を切り口として、高度処理および段階的高度処理の位置付けを整理したものである。標準法等の既存施設に対して、一部改造又は運転管理の工夫により高度処理を行う場合において、最終目標水質が達成される場合には高度処理、最終目標水質に至らない場合には段階的高度処理となるが、本ガイドライン（案）では、後者で運転されている状態（図 5 の赤枠）を「段階的高度処理運転」と定義する。更に、これを高度処理として事業計画へ位置付けた状態（図 5 の緑枠）²を「段階的高度処理の状態」と定義する。

「段階的高度処理運転」のうち、嫌気好気活性汚泥法と「同様の処理原理」（生物学的りん除去）により主としてりん除去を目的とする運転を「段階的高度処理（りん除去）」、循環式硝化脱窒法と「同様の処理原理」（硝化・脱窒）により主として窒素除去を目的とする運転を「段階的高度処理運転（窒素除去）」とよぶ。

なお、段階的高度処理は流総計画に定める目標水質に達する途中の状態であることから、運転管理を工夫すること等で流総計画に定める目標処理水質が達成でき、将来的にもそれが担保される場合に、これを事業計画に位置付けると、『段階的高度処理の状態』ではなく、高度処理となる。

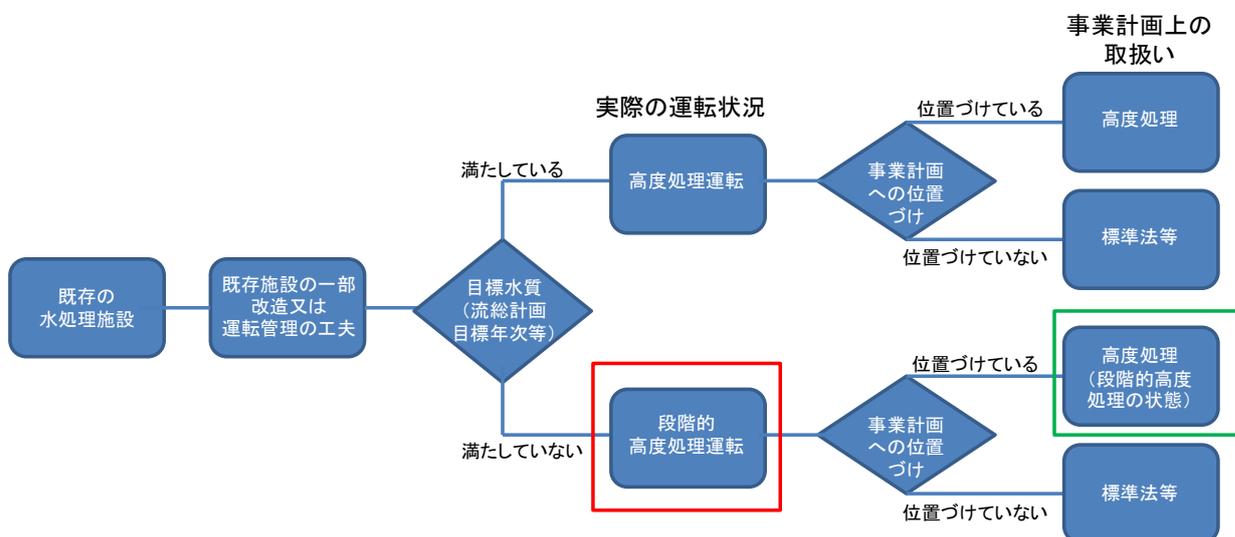


図 5 段階的高度処理の考え方

² 事業計画へ位置付けた場合、事業計画は高度処理扱いとなり、窒素・りん等の計画放流水質が設定される。ただしその水質は、流総計画の最終目標水質には至らない途中段階の水質であるため、「段階的高度処理の状態」となる。事業計画に位置付ける場合は、既存施設の評価（処理方法・構造等を確認し、必要な場合は「評価 2」（「3.1.10 計画放流水質の適用に係わる処理方式の評価」で後述）を自ら実施した上で、確保する処理水質等を設定する。

【本ガイドラインで記載する段階的高度処理の範囲】

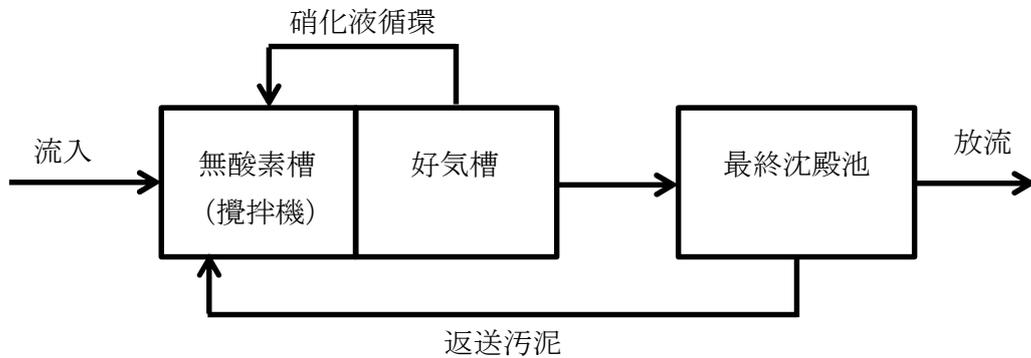
段階的高度処理は、既存施設の部分改造、運転管理の工夫等で水質の向上を目指す方法であり、本ガイドラインで記載する段階的高度処理の範囲は、除去対象物質、現状の処理方法や計画上の位置付け、施設・設備の改造や運転管理の工夫の内容等において広い範囲が対象となる。例えば、標準法で運転しているものの流総計画上での最終処理方法は A₂O 法である場合、標準法から A₂O 法に移行する途中段階として、高度処理の AO 法を事業計画へ位置付けることも、段階的高度処理（高度処理の途中段階）となる。また、凝集剤添加を利用した方法も段階的高度処理運転の処理方法に含まれる。これについては、本ガイドライン（案）では記載しないものとする。

【段階的高度処理導入時の「評価 2」の要否について】

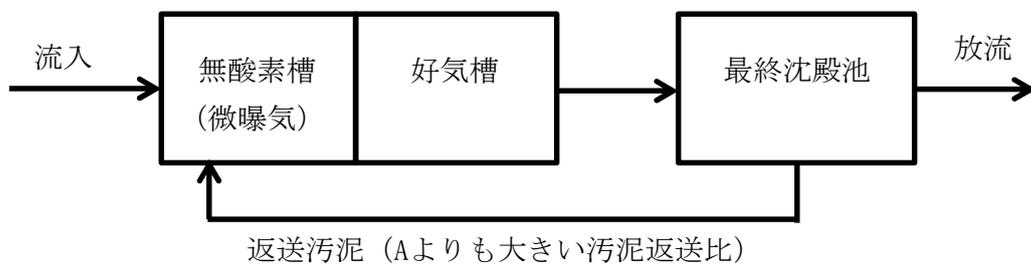
平成 20 年 6 月事務連絡では、標準法等の施設について部分的な施設・設備の改造を行う場合等に関して、「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」及び「嫌気無酸素好気法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすものについては、これらの処理方法として扱うことができることとされており、その考え方及び具体の事例が示されている（p11 参照）。それとともに、国土交通省では、処理水質の向上が見込まれる部分的な施設・設備の改造等に関する知見について今後さらに集積し、「同様の処理原理」であり「最低限必要な構造」を有している事例について、順次公表することとしている。

本ガイドライン（案）では、段階的高度処理運転の導入の際に行われる既存施設の一部改造や運転管理の工夫が、これらの事例に該当するか否か（「評価 2」が必要か否か）についても解説した。（「3.1.5 段階的高度処理方法の選定」）

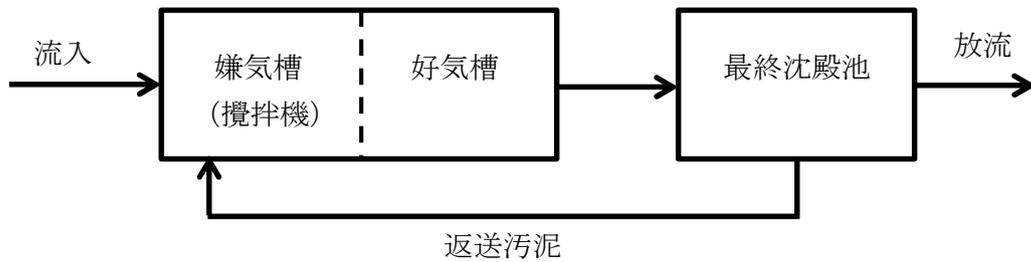
循環式硝化脱窒法 (A) :



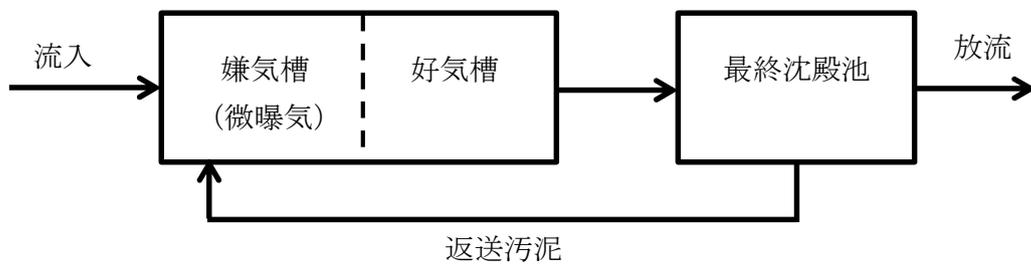
循環式硝化脱窒法として取り扱うことができるものの事例 (B) :



嫌気好気活性汚泥法 (A) :



嫌気好気活性汚泥法として取り扱うことができるものの事例 (B) :



2.4 段階的高度処理の対象条件

段階的高度処理の対象条件は、「流総計画や全体計画で高度処理の位置付けがある」、「既存施設の一部改造や運転管理の工夫により処理水質の向上を図ることが期待できる処理場」とする。

(解説)

対象条件は、上位計画での位置付けと、一部改造や運転管理の工夫で処理水質の向上が可能な既存施設とする。

段階的高度処理運転を行う処理場は高度処理の必要性があることに繋がるので、上位計画での位置付けは、「流総計画や全体計画で高度処理の位置付けがある」処理場が対象条件となる。

段階的高度処理は、全面的な高度処理化ではない、あくまで途中段階である「段階的」な高度処理化であるため、「既存施設の一部改造や運転管理の工夫により処理水質の向上(=「標準法等」を超える処理水質)を図る」処理場が対象となる。

「流総計画や全体計画で高度処理の位置付けがある」を満たしていることを前提条件とし、「既存施設の一部改造や運転管理の工夫により処理水質の向上を図ることが期待できる」場合の具体的なケースを【1】～【3】に分類する。

【1】標準法等として運転管理することを目的に設計され、運転管理の工夫により高度処理並の水質を得られることとする場合

⇒【1】既存施設の事業計画上の位置付けが『標準法等』である場合

【2】将来的に高度処理としての運転が可能ないように設計され構造物が完成しているが、高度処理としての運転に必要な設備等について、現時点では全てが設置されておらず、流入水量等の関係から標準法等として運転されているものを運転管理の工夫によって高度処理並みの水質を得られることとする場合

⇒【2】既存施設を事業計画で『高度処理』として位置付けているが、現状は『標準法等』で運転されている場合

【3】高度処理として設計されて既に当初設計通りの高度処理で運転管理されているが、さらなる水質向上を目指して、目標水質を向上しようとする場合や他の物質も除去対象に追加しようとする場合

⇒【3】既存施設の事業計画上の位置付けが『高度処理』であり、現状も高度処理で運転されている場合

以下に、【1】～【3】の処理原理の具体例を示す。事例調査でまとめた各運転方法の事例は、「4.段階的高度処理運転の事例」を参照のこと。

【1】既存施設の事業計画上の位置付けが『標準法等』である場合

部分的改造や運転管理の工夫により、いわゆる『高度処理』並の水質が得られるようになる場合

(具体例1) りん除去

現状は標準法等で処理しているが、全面曝気で運用されていた反応タンクの前段を、風量制限して微曝気³とし、嫌気状態を作り出して、段階的高度処理運転（りん除去）でりん除去を図ることで高度処理化を目指す（図6参照）。

設置当時の散気装置の形式は散気板であったが、更新の際に水中攪拌式に変更した場合もある。ただし、この運転では好気槽が小さくなることから、BOD等の水質確保のために、後段の好気槽の送風量を増加させる場合もある。

構造的には、「嫌気部分と好気部分が構造的に区分されていない場合」、「既存施設の一部改造を行い、隔壁を設けて槽割りする場合」、「既に槽割りされている場合」のパターンがある。

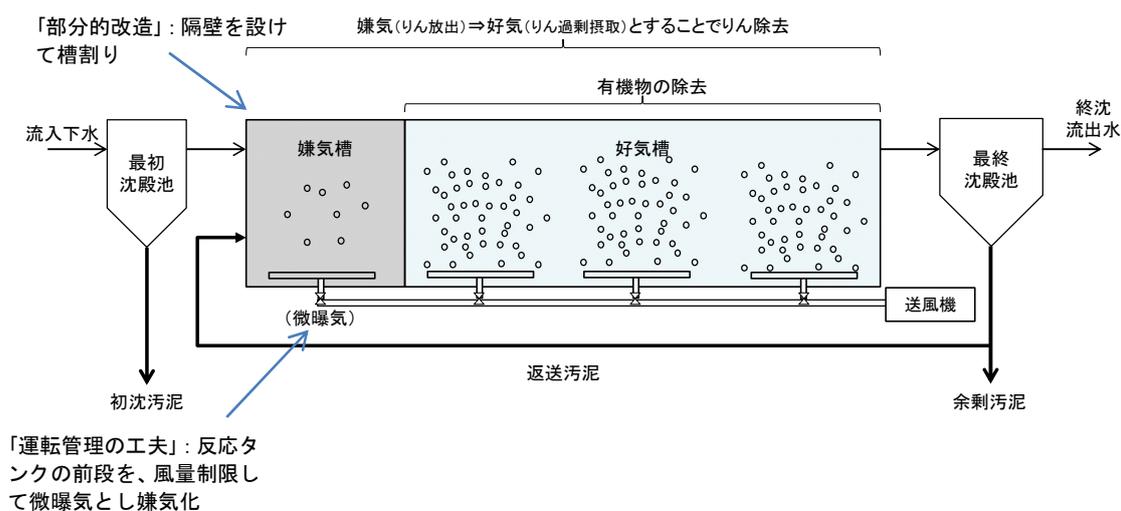


図6 標準法の施設を高度処理化する例1

³ 隔壁の有無に関わらず、上図のように嫌気槽を微曝気にて攪拌しているものを、通常、擬似嫌気好気と呼んでいるが、隔壁が無く前段を微曝気にて攪拌しているものを疑似嫌気好気とよぶ場合もあるため、疑似嫌気好気という呼称は使わない。

(具体例 2) りん除去 (りん除去が主だが窒素除去も目指す)

(具体例 1) のように、現状は標準法等で処理しているが、全面曝気で運用されていた処理施設の前段を、風量制限して微曝気又は攪拌機で嫌気状態を作り出して、段階的高度処理運転 (りん除去) でりん除去を図る。それに加えて、後段の好気槽の送風量を増加し完全硝化させ、最終沈澱池からの硝化液を含む汚泥返送比の比率を通常より大きくすることで、硝化液を循環させるとともに、嫌気槽に一部無酸素槽としての脱窒を期待し、窒素除去も目指す (図 7 参照)。

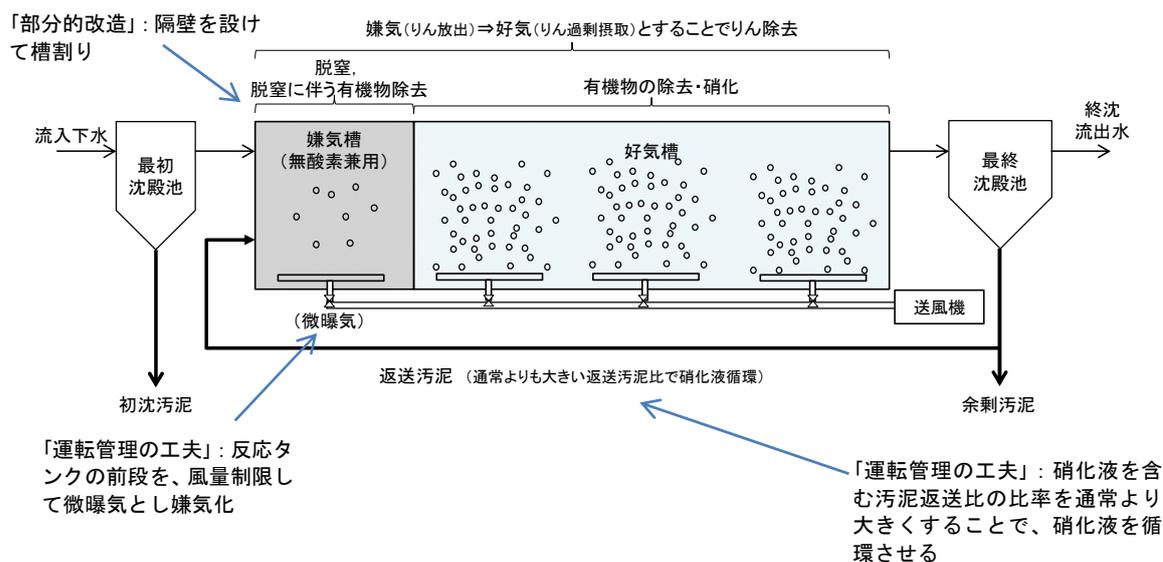


図 7 標準法の施設を高度処理化する例 2

【2】既存施設を事業計画で『高度処理』として位置付けているが、現状は標準法等で運転されている場合

流入水量等の関係で高度処理施設として機能していないが、部分的改造や運転管理の工夫により、『高度処理』並の水質が得られるようにする場合

現状は標準法等で処理しているが、施設は『高度処理』として設計されているため、「既に槽割りがなされている場合」が多い。よって、主に運転管理の工夫により水質の向上が可能となる。りん除去の場合は、(具体例 1) と同様の方法で水質向上を図り (図 6 参照)、りん除去 (りん除去が主だが窒素除去も目指す) の場合は、(具体例 2) と同様の方法で水質向上を図る (図 7 参照)。

その後、処理施設の増設等により当該施設の処理水量が設計通りとなり、設計通りの設備や運転管理を行っていく場合は対象にならない (段階的高度処理の状態ではなく高度処理となる)。

【3】既存施設の事業計画上の位置付けが『高度処理』であり現状も高度処理で運転されている場合

既に高度処理として運転しているが、部分的改造や運転管理の工夫により、除去対象物質の追加や更なる水質の向上を図る場合

(具体例3) 窒素・りん除去

既存施設がりん除去を図る嫌気好気法の場合、汚泥返送比を大きくすることにより硝化液を循環させるとともに、嫌気槽前段の槽に無酸素槽の役割を持たせ、窒素除去も図る手法(図8参照)。

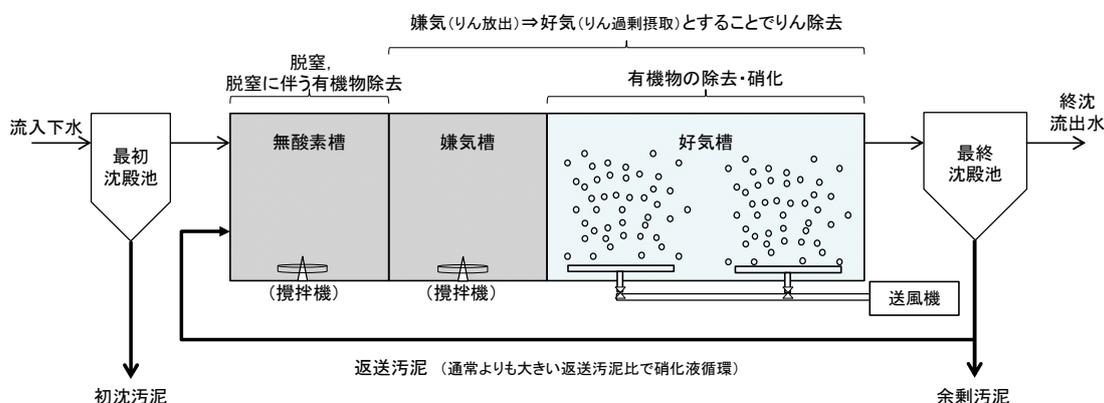


図8 高度処理の施設をさらに高度処理化する例3

2.5 段階的高度処理の導入効果

段階的高度処理の導入効果としては、「既存施設を活用して安価かつ早期に水質改善に貢献」及び「省エネルギー対策への貢献」ができることが挙げられる。

(解説)

【水質改善への貢献】

段階的高度処理では、大幅な改築を必要しないため、「安く」、「早く」良好な処理水質を確保することが可能となる。また、良好な処理水質を確保することで、水域の水質改善や最終流達先の水環境の改善に貢献できる。

事例として、段階的高度処理ではないものの、高度処理の導入による効果を例示する。

(事例)

神田川は、昭和 61 年以前、環境基準を大きく超過する水質であったが、高度処理を導入した昭和 62 年以降については、水質が改善し、現在は環境基準を満足する水質を確保している (図 9 参照)。



図 9 神田川における水質(平均 BOD)の経年変化

【省エネルギー対策への貢献】

段階的高度処理運転では、従来は好気槽として運用されていた反応タンクの一部を嫌気槽や無酸素槽に転用するケースが多いと考えられるが、段階的高度処理への切替えに際して送風量を適正に見直した結果として、標準法と比較して送風倍率が小さくなる事例が報告されている。このような送風倍率の低減は省エネルギー対策に繋がる。

(事例)

段階的高度処理運転として、りん除去を目的とした場合と窒素除去を目的とした場合を対象に、導入前後の送風倍率の変化を例示し、省エネルギー対策への貢献の可能性を示す。

この事例は、段階的高度処理運転の実績がある大都市を対象に、運転導入前後の送風倍率の変化状況を調査した結果である。その結果より、標準法から段階的高度処理運転（りん除去）を導入した事例（A 処理場）と標準法から段階的高度処理運転（窒素除去）を導入した事例（B 処理場）における導入前後の送風倍率の変化状況を図 10 に示す。通常、標準法から嫌気好気活性汚泥法としても必要空気量はほとんど変わらないことが想定されるものの、A 処理場は、段階的高度処理運転で送風量を適性に見直した結果、送風倍率が 5.7 倍から 2.2 倍に下がっている。一方、標準法から窒素除去として硝化促進を行うと送風倍率が増えることが想定されるものの、B 処理場は、段階的高度処理運転で送風量を適正に見直した結果、送風倍率は導入前と同等の 4.0 倍となっている。

このように、段階的高度処理運転を導入することで、前述の「水質改善への貢献」に加えて、省エネルギー対策にも貢献できるケースがあることが分かる。

なお、ここでは送風倍率について記載したが、これ以外に攪拌機の間欠運転等で電力削減を図る場合もある。

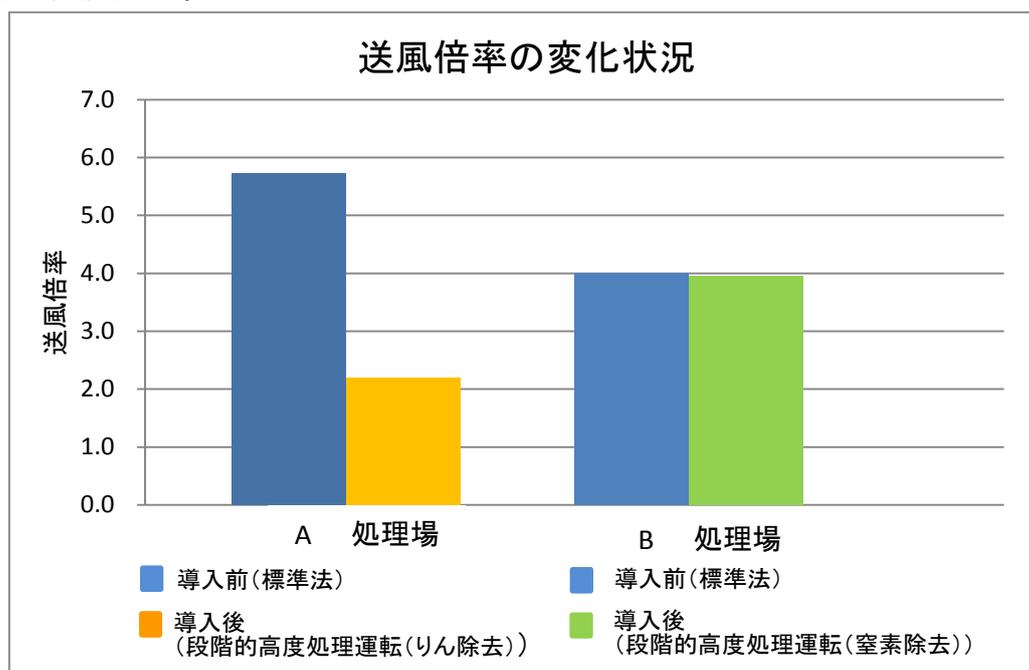


図 10 段階的高度処理導入前後の送風倍率の変化状況の例

3. 段階的高度処理の導入方法

3.1 段階的高度処理の導入手順

3.1.1 段階的高度処理導入検討フロー

段階的高度処理の導入検討は、図 11 に示すフローに従って行う。

(解説)

段階的高度処理の導入を検討する際には、十分な事前検討を行い、処理方法を選定した上で実際の運用（段階的高度処理）を行い、処理機能・性能を確認した後に、事業計画への位置付けを行う。

まず、当該処理場の放流先の環境基準等、当該処理場を取り巻く状況を把握するとともに、当該処理場の流入下水量、流入水質・処理能力の現状、施設・設備の現状、運転条件の現状等も把握する。流入下水量、流入水質等については将来計画についても整理する。

次いで、段階的高度処理方法の選定を行い、施設・設備の見直しや運転条件に係る検討を行った上で、運転方法を決定する。

運転方法の決定後、運転切替手順を検討する。同時に、運転（維持）管理上の留意事項の確認を行った上で、段階的高度処理運転を行う。

段階的高度処理運転を始めた後、目指している処理水質を満たしているかについて評価・確認し、目指すべき処理水質に達していない場合には、高度処理方法や運転条件を含めた見直しを行う。

なお、採用した段階的高度処理が、下水道法施行令等に示された処理方法以外の処理方法の場合には、「下水道法に基づく事業計画の運用について」（平成 24 年 3 月 27 日国水事第 63 号水管理・国土保全局通知）等で示されている「評価 2」を行う（詳細は、3.1.10 に後述）。

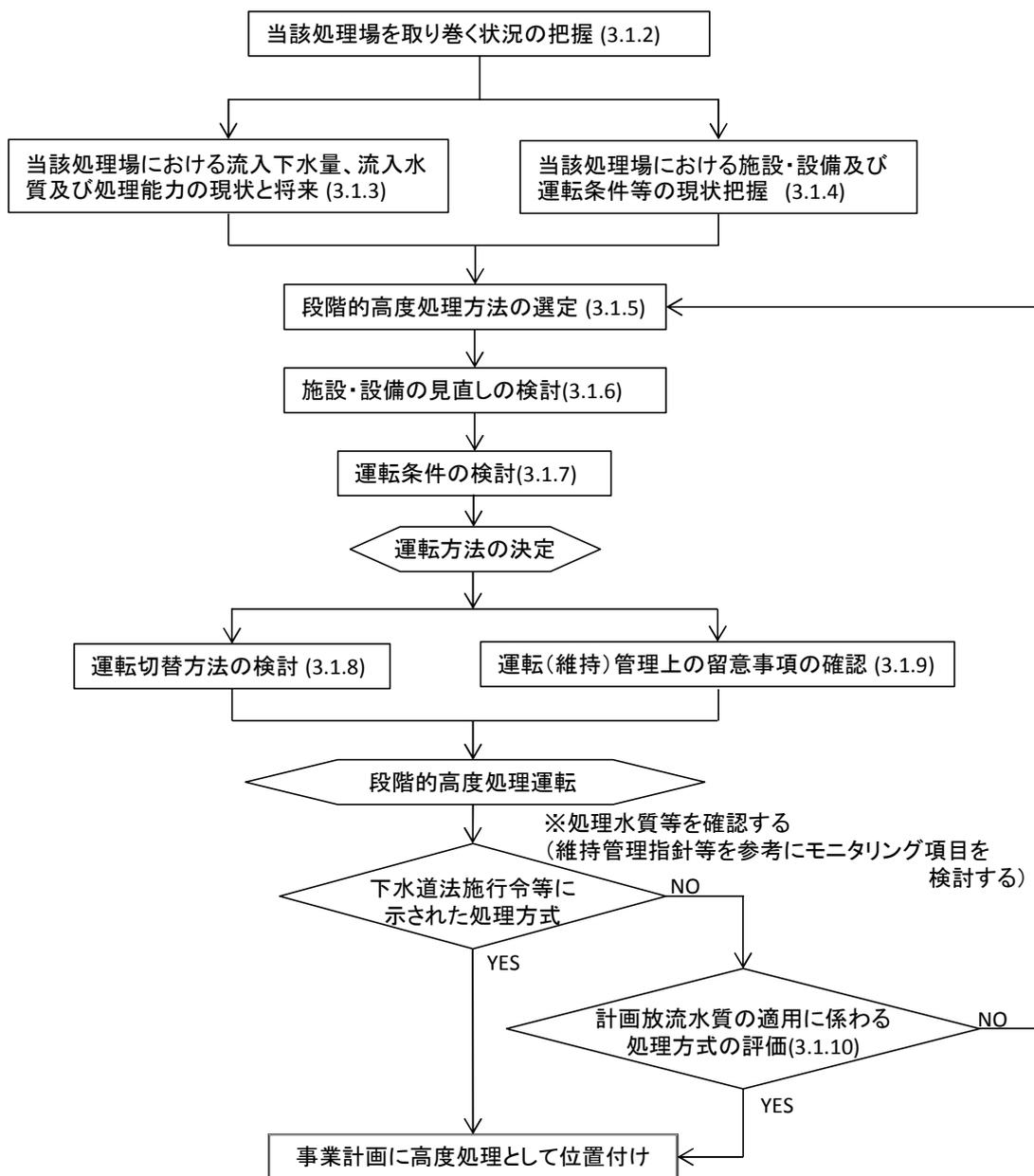


図 11 段階的・高度処理導入検討フロー

3.1.2 当該処理場を取り巻く状況の把握

当該処理場を取り巻く状況として、下記の3点について把握・整理する。

- ①流総計画の把握
- ②事業計画の把握
- ③放流先の環境基準等及びその達成状況の把握

(解説)

① 流総計画の把握

流総計画は下水道計画(全体計画)の上位計画であり、広域水域について汚濁解析を行い、各処理場で順守すべき汚濁負荷量を設定している。段階的高度処理は、流総計画などに位置付けられた高度処理の目標水質(計画処理水質など)に向けて段階的に高度処理化を図るものであるため、その導入検討においては、流総計画における当該処理場の高度処理の位置付け状況や計画処理水質の設定値を把握することが重要である。

② 事業計画の把握

事業計画で設定している計画放流水質、処理方法について流総計画との整合を把握する。

③ 放流先の環境基準等及びその達成状況の把握

放流先の水質環境基準及びその達成状況について把握する。その際、都道府県によっては、水質汚濁防止法に基づく排水基準について、上乘せ基準や横出し基準が設定されている場合もあるため、それらに関連する基準を把握する。

3.1.3 当該処理場における流入下水道量、流入水質及び処理能力の現状と将来

当該処理場における流入下水道量、流入水質及び処理能力について、現状と将来を把握・整理する。

- ①現状の流入負荷（水量、水質、施設の処理能力）
- ②将来の流入負荷（水量、水質、施設の処理能力）

（解説）

① 現状の流入負荷（水量、水質、施設の処理能力）

段階的高度処理運転は、標準法の施設を利用することが多いと考えられ、施設を嫌気槽（又は無酸素槽）と好気槽に区分した場合に処理能力が低下する可能性があることから、流入水量に対する現状の処理能力を適切に評価する必要がある。

② 将来の流入負荷（水量、水質、施設の処理能力）

人口減少や人口構成の変化、工場排水の動向等により流入負荷や流入水量が変化することも想定される。将来計画が把握できている場合は、それらも整理する。

3.1.4 当該処理場における施設・設備及び運転条件等の現状把握

当該処理場における施設・設備及び運転条件として、下記の 4 点について現状を確認・把握する。

- ①土木躯体
- ②機械設備
- ③電気設備（計装設備）
- ④運転条件等

（解説）

段階的高度処理において実施可能な処理方法や運転条件は、既存の施設・設備及び運転条件等に影響されるため、これらに係る具体の検討に先立ち、以下の項目について現状を確認・把握する。

① 土木躯体

既存施設の土木躯体について、まず、現状の反応タンクの運用（全面好気なのか、前段を風量制限するのか、AOAO なのか等々）を確認する。次いで、反応タンクの寸法や容量に加えて、タンク内を嫌気槽・無酸素槽・好気槽等に仕切る隔壁の有無を確認し、隔壁が有る場合には設置位置と形状を把握する。

また、ステップ流入を行う可能性を考慮して、ステップ流入水路の有無、反応タンク内の流入箇所、流入ゲートの有無等を確認する。

② 機械設備

主に以下に示す項目について把握する。

- ・散気装置の能力…散気装置の設置位置および能力を把握する。なお、散気装置は供用年数に応じて能力が低下する可能性があるため、現状の能力を把握することが望ましい。
- ・嫌気/無酸素攪拌運転の可能性…反応タンク内のどの槽又はゾーンを嫌気状態（又は無酸素状態）に変更が可能かどうかを確認する。ここで、段階的高度処理では、嫌気槽（又は無酸素槽）において必ずしも機械攪拌を要しないことから、攪拌機の設置状況だけでなく、散気装置の微曝気運転による攪拌の可能性についても対象に加える。
- ・返送汚泥系統とポンプ能力…窒素除去において返送汚泥ポンプを用いて硝化液循環を行う可能性を考慮する場合、段階的高度処理の導入は、最低限、返送汚泥を共有する系列/池等の単位とする必要がある。本見地から、返送汚泥系統について、現状の運用および施設・設備的に実施可能な運用形態を確認する。また、返送汚泥ポンプの能力についても確認する。設置当初と比較して送水能力が低下している場合には、現状の能力も把握する。
- ・送風機の能力…既設送風機の能力を把握する。なお、設置当初と比較して送風能力が低下している場合には、現状の能力を把握する。
- ・凝集剤注入設備の有無…降雨の影響等で、りん除去率が低下する恐れがある場合の対応

としての凝集剤注入設備の有無を確認する。

③ 電気設備（計装設備含む）

主に以下に示す設備について把握する必要がある。

- ・流入水量計、風量計及び返送汚泥流量計の設置状況（設置個所、計測施設範囲等）を確認する。
- ・水質計測装置としては、系列毎に DO 計、MLSS 計、返送汚泥濃度計等の設置状況（設置個所、計測施設範囲等）を確認する。
- ・制御装置としては、DO 計等による風量制御が可能かどうかを確認する。

④ 運転条件等

主に以下に示す運転条件等について系列毎に確認し、処理状況を把握する。特に、当該処理場において、これまでに処理水質向上や省エネルギー化に向けた運転方法の改善の取り組みを行っている場合は、それらの経過や結果を把握する。

- ・反応タンク流入水量
- ・反応タンク流入水質（BOD、SS、T-P、T-N 等）
- ・最終沈殿池流出水質（BOD、SS、T-P、T-N、NH₄-N 等）
- ・MLSS 濃度
- ・HRT
- ・ASRT
- ・SVI
- ・pH
- ・送風量
- ・汚泥返送比
- ・その他処理状況等

3.1.5 段階的高度処理方法の選定

前項までで確認した高度処理の計画処理水質や既存施設の現況を踏まえて、段階的
高度処理の方法（処理方法）を選定する。ここでは、国内で実施事例のあるものを中心
に、想定される処理方法を以下の通り除去対象物質毎に分類して例示し、併せて「評
価 2」を実施する必要性も示す。これらも参考として、実施可能なものを選定する。

- ① 主にりん除去を行う場合
- ② 主に窒素除去を行う場合
- ③ 窒素・りん除去を行う場合

（解説）

前項までで確認した高度処理の計画処理水質や既存施設の現況を踏まえて、段階
的処理の方法（処理方法）を選定する。ここでは、国内で実施事例のあるもの（事
例調査の結果）を中心に、想定される処理方法を以下の通り除去対象物質毎に分
類して例示する。これらも参考として、実施可能なものを選定する。

段階的処理の方法（処理方法）を選定する場合、「評価 2」を実施するか否かとい
う確認も必要となる。事業計画への位置付けは、平成 20 年 6 月事務連絡で定義
されている「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」又は「嫌気無酸素好
気法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすものとい
う観点等から「評価 2」（「3.1.10 計画放流水質の適用に係わる処理方式の評
価」で後述）の必要性の有無を判断している。分類した実施事例（事例調査の
結果）に「評価 2」の必要性の有無も示す。

「評価 2」を実施する必要が無いもの(a)と、実施する必要があるもの(b)につ
いて、以下に記載する。

(a) 「同様の処理原理」の処理方法のうち、「評価 2」を行わずに、事業計画に高
度処理として位置付けることができるもの：

p11 に示す、「循環式硝化脱窒法 (A)」、「循環式硝化脱窒法として取り扱うこと
ができるものの事例 (B)」、「嫌気活性汚泥法 (A)」及び「嫌気好気活性汚泥法
として取り扱うことができるものの事例 (B)」のフローについては、「最低限必要
な構造」を満たすものとして、運用通知の別表第 1 の「循環式硝化脱窒法」、
「嫌気好気活性汚泥法」として取り扱うものとし、「評価 2」を行わずに、事
業計画に高度処理として位置付けることができる。

高度処理の推進の観点から、国土交通省では、処理水質の向上が見込まれる
部分的な施設・設備の改造等に関する知見について今後さらに集積し、「評価 2」
の不要な事例については、順次公表することとしている。

(b)「同様の処理原理」の処理方法のうち、事業計画に高度処理として位置付けるにあたっては、「評価 2」を実施する必要があるもの：

「最低限必要な構造」を満たさないもの、及び「最低限必要な構造」を満たしているもののフローが p11 に示すものと異なり現時点では処理水質の向上に関する知見が少ないものは、事業計画に高度処理として位置付けるにあたって、「評価 2」を実施する必要がある。

また、その他採用予定の処理方法について、上記の「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすという判断が困難な場合は、国土交通省下水道部流域管理官付に相談されたい。

以下に、①～③の場合に分けた処理方法の概要、既存施設・設備の状況で導かれる運転ケースの場合分けと、「事例調査」で報告のあった運転ケース、及び事業計画に高度処理として位置付けるにあたっての「評価 2」を実施する必要性について示す。

「事例調査」では、好気タンクが複数区画に分割されているケース (AOO、A000 など) も見られたが、ここでは、複数区画は 1 区画とみなしている。例えば、AOO、A000 は AO の説明に含まれるものとする。

①主にりん除去を行う場合

p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡より、主にりん除去を行う場合は「嫌気好気活性汚泥法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすことで、同等の処理方法として扱うことができると示されている。

「同様の処理原理」とは、活性汚泥の嫌気条件下でのりん放出と、その後の好気条件下で起こる活性汚泥によるりんの過剰摂取現象を利用する生物学的りん除去法を示しており、「最低限必要な構造」として嫌気槽及び好気槽が含まれている必要がある。

具体的には、嫌気条件下で、活性汚泥からのりんの放出を一定濃度以上に保つことが重要であるため、好気条件下からの混合液の過度の逆流による溶存酸素の流入をできるだけ抑制する観点から、反応タンク内に嫌気条件と好気条件を区分する「隔壁」を有することである。

嫌気条件下における攪拌の方法は、「攪拌機」による場合と「微曝気」（間欠曝気も含む。以下同様）による場合がある。汚泥が沈降することなく嫌気状態を維持できるものであれば、いずれでも良いが、嫌気条件を形成する上では、攪拌機による方法が望ましい。

以上を踏まえ、図 12 に運転ケースの場合分けを示す。いずれの処理方法も「同様の処理原理」を満たしている。このうち、反応タンクに隔壁を有しており、嫌気槽を攪拌機で攪拌している場合は、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡において「嫌気好気活性汚泥法」として例示されたものと同様であるため高度処理となるが、流総計画に定めるりんの目標処理水質が達成できない場合、もしくはりんの目標処理水質は達成できているが窒素も目標処理水質を設定されており、それが達成できていない場合は、高度処理（段階的・高度処理の状態）となる。

事業計画への位置付けに際して、いずれの処理方法も「同様の処理原理」を満たしており、「最低限必要な構造」の観点等から、「評価 2」の必要性の有無を記述する。

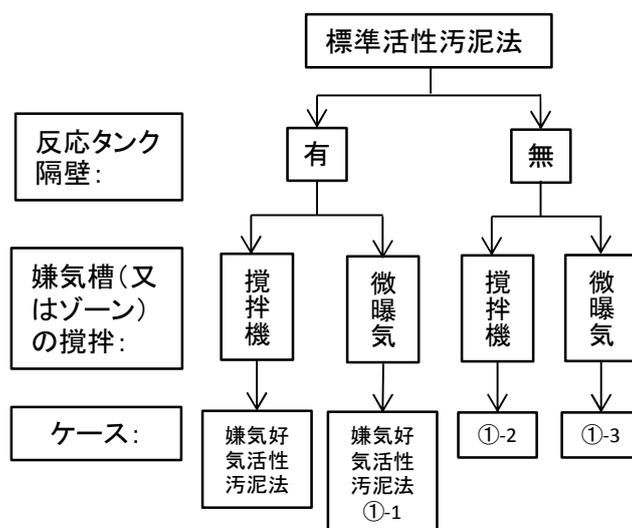


図 12 段階的・高度処理運転ケースの場合分け(主にりん除去を行う場合)

このうち、「事例調査」で報告のあった【①-1】と【①-2】について、以下に示す。

【①-1】

嫌気好気活性汚泥法と同様に、隔壁により区分された嫌気槽を好気槽の前段に配した反応タンクにおいて生物学的りん除去を行う処理方法である。ただし、嫌気槽において散気装置を用いた攪拌（微曝気攪拌）を行う点が、嫌気好気活性汚泥法とは異なる。

「事例調査」では、好気タンクが複数区画に分割されているケース（A00、A000 など）も見られたが、これらは図 13 と同一の処理フローと見なす。

本フローは、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡において「嫌気好気活性汚泥法として取り扱うことのできるものの事例」として例示されたものと同等であるため、「評価 2」を行なうこと無しに事業計画に高度処理として位置付けることができる（嫌気好気活性汚泥法と「同様の処理原理」であり、独立した嫌気槽と好気槽を有していることから同法に係る「最低限必要な構造」を満たすと判断できる）。

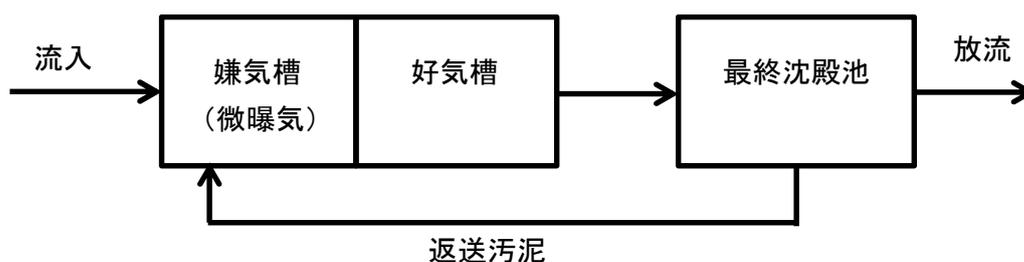


図 13 運転ケース【①-1】

【①-2】

図 14 は①-1 と同様の処理フローであるが、隔壁の無い反応タンクの上流部において嫌気攪拌を行い、「嫌気ゾーン」⁴として運用することで、生物学的りん除去を行うものである。

本処理方法は、隔壁により区分された嫌気槽および好気槽を有していないため、「最低限必要な構造」を満たしていないと判断される。このため、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

なお、事例調査には存在しなかったが、「攪拌機」によらず、「微曝気」によって攪拌を行う場合（図 12 ①-3）も同様に、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

⁴ 本ガイドライン（案）では、反応タンク内が隔壁により区分される場合に「嫌気/無酸素/好気槽」、隔壁を有しない場合に「嫌気/無酸素/好気ゾーン」と称することで、隔壁の有無を明示している。

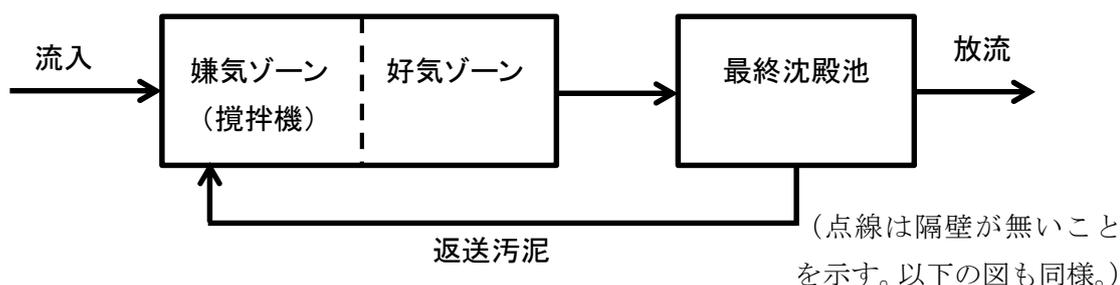


図 14 運転ケース【①-2】

②主に窒素除去を行う場合

p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡より、主に窒素除去を行う場合は「循環式硝化脱窒法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすことで、同等の処理方法として扱うことができると示されている。

「同様の処理原理」とは、活性汚泥の好気条件下での硝化と無酸素条件下での脱窒による生物学的反応が組み合わせられて行われることを示しており、「最低限必要な構造」として無酸素槽、好気槽及び硝化液を無酸素槽に送る仕組みが含まれている必要がある。

具体的には、無酸素槽と好気槽のそれぞれにおける反応が確実に起こることを考慮し、混合液の逆流をできるだけ抑える構造とするための「隔壁」を有することである。

無酸素条件下における攪拌の方法は、「攪拌機」による場合と「微曝気」による場合がある。汚泥が沈降することなく無酸素状態を維持できるものであれば、いずれでも良いが、無酸素条件を形成する上では、攪拌機による方法が望ましい。

脱窒反応を行う場合には、好気槽の硝化液を無酸素槽へ供給させる必要がある。例として、循環式硝化脱窒法では、循環ポンプ又はエアリフト効果による循環流（好気槽の散気に伴い、好気槽の水位が無酸素槽の水位よりも高くなることに伴って生じる逆混合流）を利用する硝化液循環が基本である。ただし、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡において、返送汚泥ポンプを循環式硝化脱窒法よりも大きい汚泥返送比^{*}で運転するものも同等と見なす考え方が示されており、これも段階的高度処理における硝化液循環の一方法と見なす。なお、返送汚泥ポンプを利用する場合は、返送汚泥量（硝化液循環量）の増加につれて最終沈殿池の負荷が増大する点に留意する必要がある。

以上を踏まえ、無酸素槽・好気槽間の隔壁の有無、無酸素槽の攪拌方法、硝化液循環方法という 3 つの切り口にに基づき運転ケースを場合分けしたものを図 15 に示す。いずれの処理方法も「同様の処理原理」を満たしている。このうち、反応タンクに隔壁を有しており、無酸素槽を攪拌機で攪拌している場合は、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡において「循環式硝化脱窒法」として例示されたものと同等で高度処理となる。また、反応タンクに隔壁を有しており、無酸素槽を微曝気で攪拌している場合は、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡において「循環式硝化脱窒法として取り扱うことができるものの事例」として例示されたものと同等であるため、高度処理となる。しかし、共に流総計画に定める窒素の目標処理水

質が達成できない場合、もしくは窒素の目標処理水質は達成できているがりんの目標処理水質が達成できていない場合は、高度処理（段階的・高度処理の状態）となる。

事業計画への位置付けに際して、いずれの処理方法も「同様の処理原理」を満たしており、「最低限必要な構造」の観点等から、「評価 2」の必要性の有無を記述する。

※循環式硝化脱窒法の通常運転時の汚泥返送比は 50%程度を目安としている。「高度処理施設設計マニュアル(案)：平成 6 年：p175、下水道維持管理指針実務編：2014 年版：p598」。

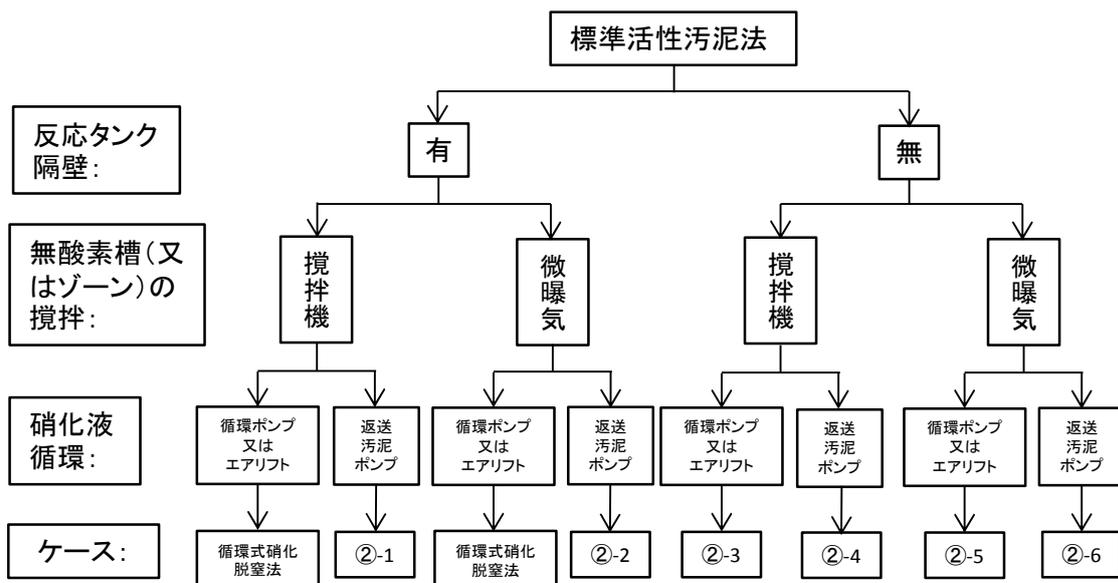


図 15 段階的・高度処理運転ケースの場合分け(主に窒素除去を行う場合)

これらのうち、「事例調査」で報告のあった【②-1】、【②-2】、【②-6】について、以下に示す。

【②-1】

AO、AOAO といった多段化の有無により、②-1a、②-1b と細分化して示す。

②-1a (図 16) は、無酸素槽と好気槽を有し、無酸素槽の攪拌を攪拌機によって行う場合であり、汚泥返送比を循環式硝化脱窒法よりも大きくすることで好気槽の硝化液を返送汚泥とともに無酸素槽へ送り、窒素の除去を行っている。これは、「最低限必要な構造」を満たすものであることから、「評価 2」を行うこと無しに事業計画に高度処理として位置付けることができる。

「事例調査」では、好気タンクが複数区画に分割されているケース (A00、A000 など) も見られたが、これらは図 16 と同一の処理フローと見なす。

②-1a と同様の処理フローであっても汚泥返送比が循環式硝化脱窒法よりも小さい場合には、「最低限必要な構造」を満たさないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

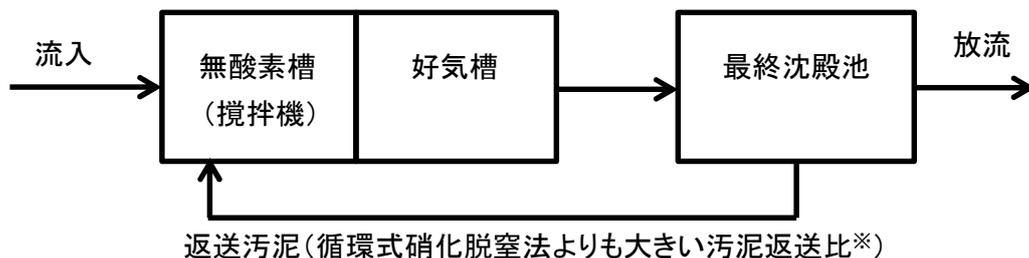


図 16 運転ケース【②-1a】

②-1b (図 17) は、②-1a (図 16) と同様に、無酸素槽と好気槽を有し、無酸素槽の攪拌を攪拌機によって行う場合であり、汚泥返送比を循環式硝化脱窒法よりも大きくして硝化液を返送汚泥とともに無酸素槽に送る仕組みが含まれていれば、「最低限必要な構造」を満たすことになり、「評価 2」を行うこと無しに事業計画に高度処理として位置付けることができる。

また、ステップ流入を行なう場合にはステップ多段法に類似した処理フローになる (図 17 の点線参照)。ただし、事例より、必ずしもステップ流入量が均等でない、季節的にステップ流入の有無を切り替えることもあるなどステップ多段法とは異なる運用となる場合が多いと考えられる。よって、本ガイドラインでは、ステップ多段法と同一の処理方法と見なすのではなく、単段流入を行なう処理方法の運用上の変法として整理し、ステップ流入の有無に関わらず一括的に扱う。

図 17 は、無酸素槽と好気槽を AOAO と多段化することによって第 2 槽目で生成した硝化液を第 3 槽目の無酸素槽で脱窒していることにより、窒素除去率を高めている。事例を見る限り、一定の知見も確認されていることから、「評価 2」を行うこと無しに事業計画に高度処理として位置付けることができる。

②-1b と同様の処理フローであっても汚泥返送比が循環式硝化脱窒法よりも小さい場合には、「最低限必要な構造」を満たさないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

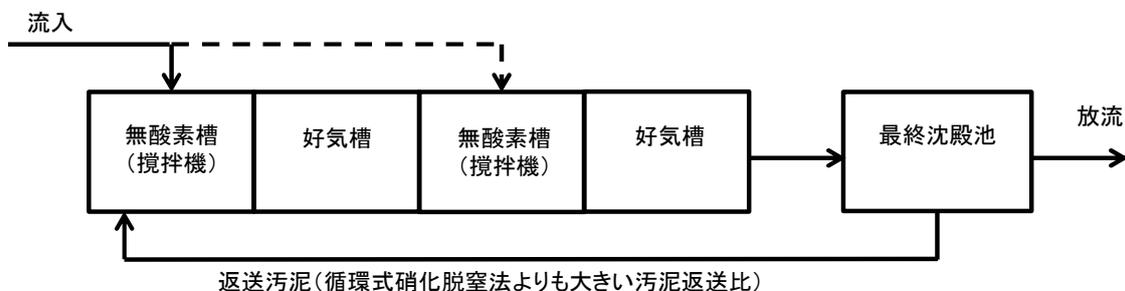


図 17 運転ケース【②-1b】

【②-2】

AO、AOAO といった多段化の有無により、②-2a、②-2b と細分化して示す。

②-2a (図 18) は、②-1a (図 16) に対して、無酸素槽の攪拌を微曝気によって行う場合のみが相違点であり、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡に示された循環式硝化脱窒法として取り扱うことができるものの事例に相当することから、事業計画に高度処理として位置付けることができる。

「事例調査」では、好気タンクが複数区画に分割されているケース (AOO、AOOO など) も見られたが、これらは図 18 と同一の処理フローと見なす。

汚泥返送比が循環式硝化脱窒法よりも小さい場合は、「最低限必要な構造」を満たすことにならないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。



図 18 運転ケース【②-2a】

②-2b (図 19) は、②-1b (図 17) に対して、無酸素槽の攪拌を微曝気によって行うことのみが相違点であり、無酸素槽と好気槽を有し、汚泥返送比を循環式硝化脱窒法よりも大きくして硝化液を返送汚泥とともに無酸素槽に送る仕組みが含まれていれば、「最低限必要な構造」を満たすことになる。

図 19 は、無酸素槽と好気槽を AOAO と多段化することによって第 2 槽目で生成した硝化液を第 3 槽目の無酸素槽で脱窒していることにより、窒素除去率を高めている。事例を見る限り、一定の知見も確認されていることから、「評価 2」を行うこと無しに事業計画に高度処理として位置付けることができる。

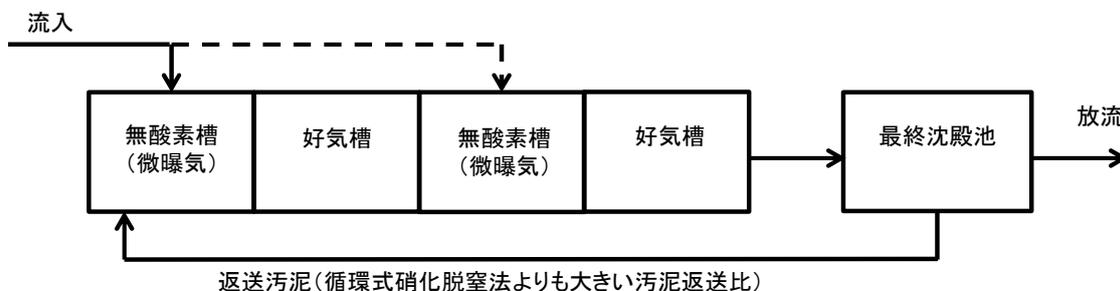


図 19 運転ケース【②-2b】

【②-6】

図 20 は無酸素槽と好気槽が明確に区分されていない場合である。

汚泥返送比の大小（循環式硝化脱窒法と比較した）に拘らず、「最低限必要な構造」を満たすことにならないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

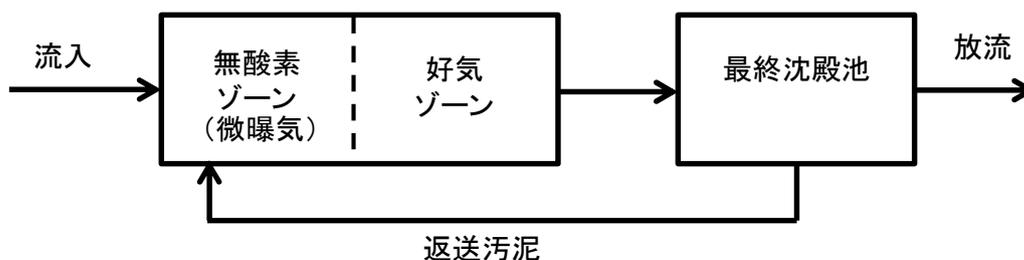


図 20 運転ケース【②-6】

③窒素・りん除去を行う場合

窒素・りんを同時に除去する処理方法は、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡の、「循環式硝化脱窒法」と「嫌気好気活性汚泥法」の処理原理が組み合わせて行われることを「同様の処理原理」とする。「最低限必要な構造」は、嫌気槽、無酸素槽、好気槽が含まれるもの（なお、硝化液を無酸素槽に送る仕組みも必要）とする。

具体的には、①りん除去を行う場合及び②窒素除去を行う場合と同様の理由から、「隔壁」を有することとする。

嫌気条件下及び無酸素条件下における攪拌の方法は、「攪拌機」による場合と「微曝気」による場合がある。汚泥が沈降することなく嫌気状態を維持できるものであれば、いずれでも良いが、嫌気条件を形成する上では、攪拌機による方法が望ましい。

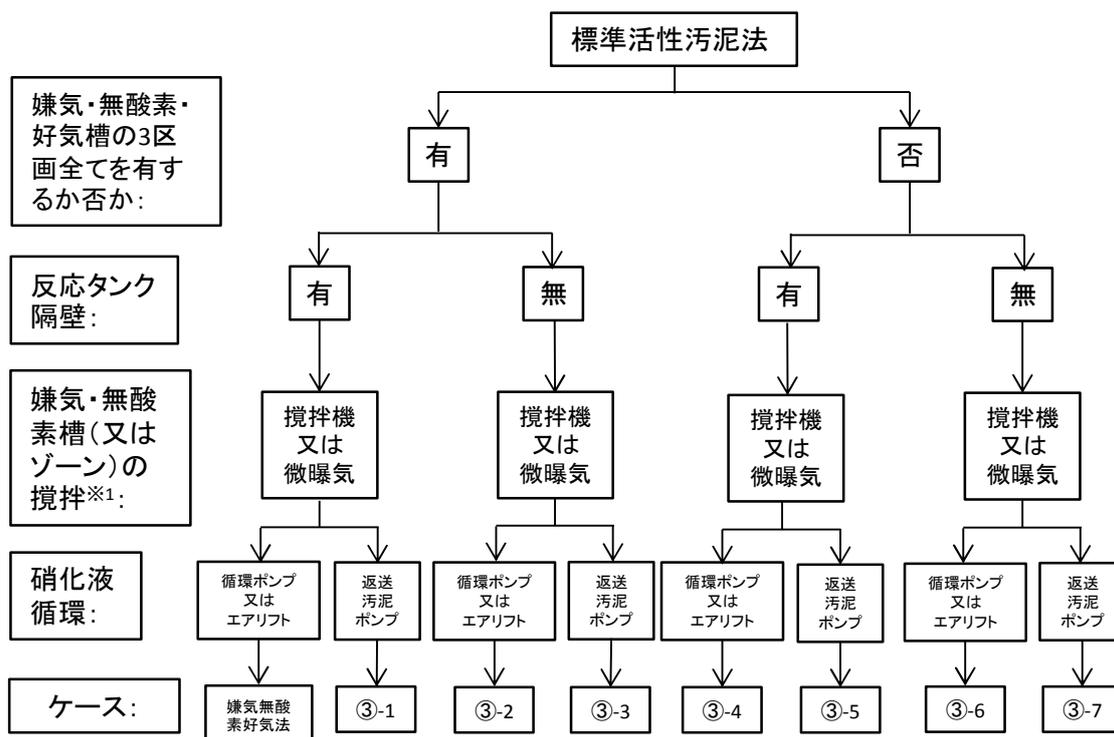
脱窒反応を行う場合には、好気条件下から無酸素条件下へ硝化液を循環させる必要があり、循環ポンプ又はエアリフト効果による循環流（好気槽の散気に伴い、好気槽の水位が無酸素槽の水位よりも高くなることに伴って起こる逆流）を利用するものと、返送汚泥ポンプを嫌気無酸素好気法よりも大きい汚泥返送比^{*}で運転するものの 2 通りに大きく分けられるが、返送汚泥ポンプを利用する場合は、返送汚泥量が増大すると最終沈殿池の負荷をより高めることになるため、留意する必要がある。

以上を踏まえ、図 21 に運転ケースの場合分けを示す。いずれの処理方法も「同様の処理原理」を満たしている。このうち、嫌気槽、無酸素槽、好気槽の 3 区画を有し、区画が隔壁で分けられており、嫌気・無酸素槽（又はゾーン）を攪拌機又は微曝気で攪拌し、循環ポンプ又はエアリフトで硝化液を循環している場合は、p11 に示す平成 20 年 6 月事務連絡の「循環式硝化脱窒法」及び「嫌気好気活性汚泥法」として例示されたものと同等の機能を有

しているため、高度処理（嫌気無酸素好気法）となる。しかし、流総計画に定める窒素及びリンの目標処理水質が達成できない場合、もしくは窒素、りんどちらかの目標処理水質のみ達成できている場合は、高度処理（段階的・高度処理の状態）となる。

事業計画への位置付けに際して、いずれの処理方法も「同様の処理原理」を満たしており、「最低限必要な構造」の観点等から、「評価 2」の必要性の有無を記述する。

※嫌気無酸素好気法の通常運転時の汚泥返送比は 50%程度を目安としている。「下水道維持管理指針実務編：2014 年版：p634」。



*1: 平成20年6月事務連絡において、「汚泥が沈降することなく、嫌気・無酸素状態が維持できるものであれば、必ずしも攪拌機を備えている必要はない。」ことから、区別しないものとする。

図 21 段階的・高度処理運転ケースの場合分け(主に窒素・りん除去を行う場合)

これらのうち、「事例調査」で報告のあった【③-1】、【③-5】、【③-7】について、以下に示す。

【③-1】

③-1a (図 22) は、無酸素槽、嫌気槽及び好気槽を有し、汚泥返送比を嫌気無酸素好気法よりも大きくすることで、硝化液を返送汚泥とともに無酸素槽に送り窒素の除去を行うものである。

無酸素槽及び嫌気槽の攪拌を攪拌機又は微曝気によって行っており、「最低限必要な構造」を満たしているが、反応タンクにおける嫌気槽と無酸素槽の位置が嫌気無酸素好気法のフローと異なり、知見の蓄積が不十分であるため、当面、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

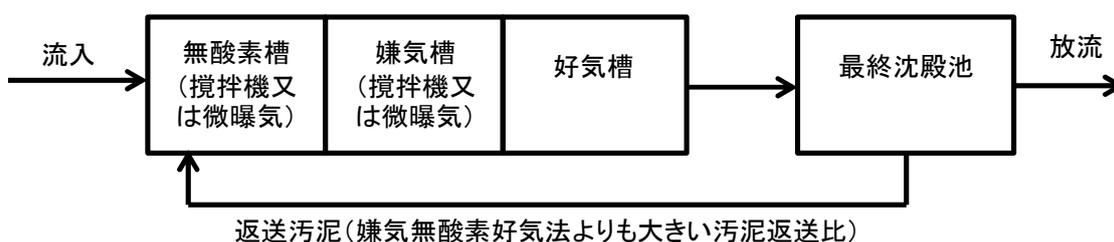


図 22 運転ケース【③-1a】

③-1b (図 23) は、嫌気槽、無酸素槽及び好気槽を有し、汚泥返送比を嫌気無酸素好気法よりも大きくすることで、硝化液を返送汚泥とともに無酸素槽に送り窒素の除去を行うものであり、嫌気槽及び無酸素槽の攪拌を攪拌機又は微曝気によって行っており、「最低限必要な構造」を満たしている。

しかし、反応タンク内に嫌気槽を設けておらず、無酸素槽の位置も嫌気無酸素好気法のフローと異なり、知見の蓄積が不十分であるため、当面、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

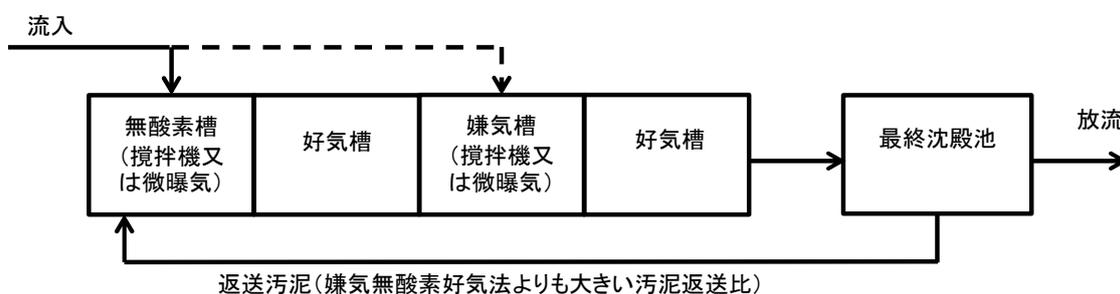


図 23 運転ケース【③-1b】

【③-5】

③-5a (図 24) は、嫌気槽及び好気槽を有し、汚泥返送比を循環式硝化脱窒法よりも大きくすることで、硝化液を返送汚泥とともに嫌気槽に送り、嫌気槽に一部無酸素ゾーンが形成されることを期待し、りんだけではなく、窒素除去も行うものである。嫌気槽の攪拌は攪拌機又は微曝気によって行っている。

「事例調査」では、好気タンクが複数区画に分割されているケース (AOO、A000 など) も見られたが、これらは図 24 と同一の処理フローと見なす。

「最低限必要な構造」を満たしていないことから、汚泥返送比の大小 (循環式硝化脱窒法と比較した) に拘らず、事業計画に高度処理として位置付ける際には「評価 2」が必要である。

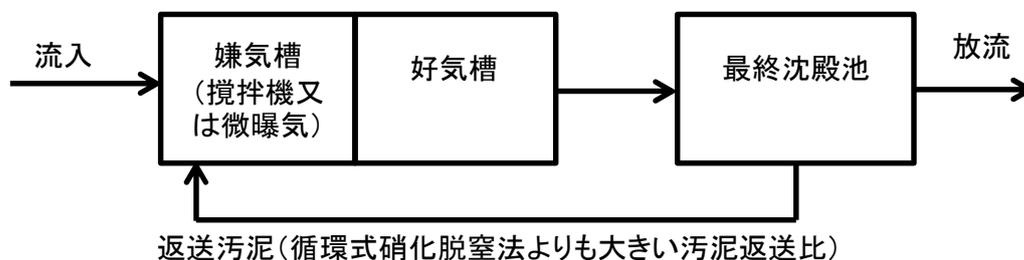


図 24 運転ケース【③-5a】

③-5b (図 25) は、③-5a (図 24) と同様に、第 1 槽目の嫌気槽に一部無酸素ゾーンが形成されることを期待し、りんだけではなく窒素除去も行うもの。

嫌気槽及び好気槽を有し、嫌気槽及び好気槽の滞留時間を長くすることで、りんだけではなく、窒素除去も行うものである。嫌気槽の攪拌は攪拌機又は微曝気によって行っている。

「事例調査」では、好気タンクが複数区画に分割されているケース (AOO、A000 など) も見られたが、これらは図 25 と同一の処理フローと見なす。

「最低限必要な構造」を満たしていないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。



図 25 運転ケース【③-5b】

【③-7】

③-7a (図 26) は、嫌気槽と好気槽を区分する隔壁が無く、汚泥返送比を循環式硝化脱窒法よりも大きくすることで、硝化液を返送汚泥とともに嫌気ゾーンに送り、嫌気ゾーンに一部無酸素ゾーンが形成されることを期待して、りんだけではなく、窒素除去も行うものである。嫌気状態の攪拌は攪拌機又は微曝気によって行っている。

「最低限必要な構造」を満たしていないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

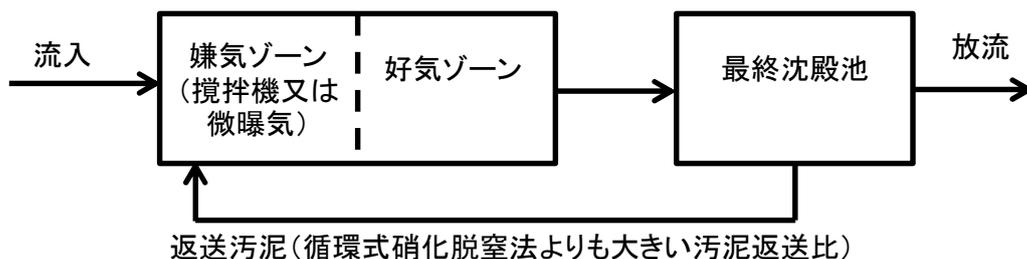


図 26 運転ケース【③-7a】

③-7b (図 27) は、③-7a (図 26) と同様に、反応槽の前段で無酸素ゾーンに一部嫌気ゾーンが形成されることを期待し、窒素だけではなく、りん除去も行うもの。

無酸素槽と好気槽を区分する隔壁が無く、無酸素状態の攪拌を攪拌機又は微曝気によって行っている。

「最低限必要な構造」を満たしていないことから、高度処理として事業計画に位置付ける際には「評価 2」が必要である。

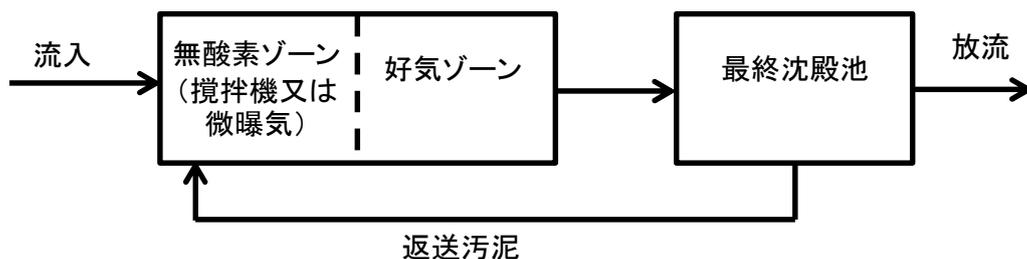


図 27 運転ケース【③-7b】

3.1.6 施設・設備の見直しの検討

施設・設備の見直しは、以下の項目について検討する。

- ①土木躯体
- ②機械設備
- ③電気設備（計装設備）

（解説）

①土木躯体

- ・反応タンク内の隔壁の見直し

反応タンク内において嫌気・無酸素・好気状態を区分けする必要があるため、既存施設に隔壁が有る場合と無い場合に分けて検討する。

隔壁が有る場合は、開口部（流出口）の大きさによって、嫌気（又は無酸素）状態と好気状態を適切に保持出来ない恐れがある。このような場合は、その大きさについて見直しを行う（事例調査によると、隔壁開口部の割合は1~30%の範囲（平均7%程度）であった）。場合によっては、開口部を塞ぐ増し打ち等を検討する。

（嫌気状態及び好気状態を適切に保持する工夫）

主にりん除去を行う場合は、嫌気条件を維持することが重要である。

隔壁がある場合で、図 28 のように、嫌気槽～好気槽間の隔壁において上下に開口が設けられている場合、意図せぬエアリフト循環により好気槽から DO が持ち込まれ嫌気槽における嫌気条件の維持が困難となる可能性があるため、上部流出口を仕切り板で塞ぎ、槽を分割した事例がある。

なお、上部開口を全て塞いでしまうと、嫌気槽で溜まりやすいスカムを流下させることが困難になるので、その対策として、上部開口は完全には塞がずに角落しを設置して、一時的に開くことが出来るように改造する方法がある。

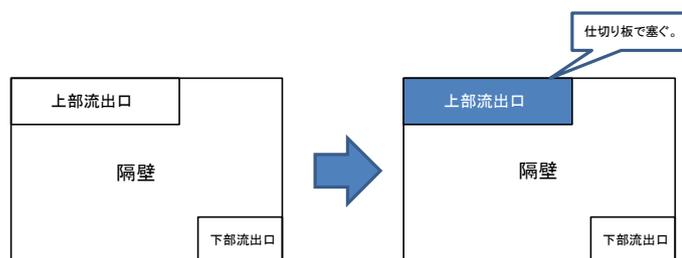


図 28 事例(仕切り版で槽を分割(断面図))

隔壁が無い場合において、嫌気・無酸素・好気状態を適切に保持出来ず、窒素又はりん除去が不十分となる場合は、「一部改造」として隔壁の設置を検討する。

②機械設備

- ・嫌気又は無酸素ゾーンの攪拌方式の見直し

嫌気条件下及び無酸素条件下における攪拌の方法は、「攪拌機」による場合と散気装置を用いた「微曝気」による場合がある。

高度処理と同様に「攪拌機」を設置することが望ましいが、既設の散気装置を用いた「微曝気」による攪拌を採用する場合は、嫌気及び無酸素状態を適切に保持出来ない恐れがあるため、必要に応じて、以下のことを検討する。

散気装置が散気筒の場合、底部に汚泥が沈降しやすく風量の調整も難しいことから、多孔管とすることを検討する。その際、風量計を設置して運転管理を容易にすることなども検討する。

また、散気装置が酸素移動効率の良い超微細気泡散気装置の場合、嫌気槽や無酸素槽で酸素が溶解し、嫌気状態や無酸素状態が保てず窒素・りん除去機能が低下する恐れがある。このため、散気装置を全面的に高効率の設備へ更新するような場合でも、嫌気槽・無酸素槽だけは攪拌性能を考慮して別途の検討を行なうなどの留意が必要である。

- ・返送汚泥ポンプ（硝化液循環含む）能力の見直し

段階的高度処理運転においては、返送汚泥ポンプを利用して硝化液循環を行うことが多い。ただし、返送汚泥ポンプの既設能力の範囲で十分な硝化液循環比に達しないこともあるため、必要に応じて、返送汚泥ポンプの能力アップ又は硝化液循環ポンプの設置を検討する。

- ・補完的設備（凝集剤添加設備）の見直し

段階的高度処理は、本来の高度処理と比較して、嫌気条件が不安定になりやすい場合があり、生物学的なりん除去が悪化しやすいと推測されるため、必要に応じて、補完的設備として凝集剤添加設備の設置について検討する。

③電気設備（計装設備）

硝化反応を十分に進行させ、しかも過度のエアレーションによるエネルギーの浪費を防止するためには、DO計を活用し風量制御を行うことを検討する。

また、嫌気槽や無酸素槽における嫌気／無酸素状態を把握するための酸化還元電位（ORP）計の設置を検討する。特に、これらの槽の攪拌を微曝気方式により行う場合には、ORPをモニタリングする意義は通常の高度処理より大きくなる。

ORP計と同様に、本格的な高度処理よりも条件が厳しい段階的高度処理において、好気状態における硝化状況を把握するため、アンモニア計を設置した事例もある。

3.1.7 運転条件の検討

前項までで確認・把握した高度処理の計画処理水質や既存施設の現況を踏まえて、段階的・高度処理の運転条件を決定する。ここでは、国内で実施事例のあるものを中心に、想定される処理方法を以下の通り除去対象物質毎に分類して例示するので、これらも参考として、実施可能なものを検討する。

- ①主にりん除去を行う場合
- ②主に窒素除去を行う場合
- ③窒素・りん除去を行う場合

(解説)

事例調査により収集した設備条件、運転条件等と「下水道施設計画・設計指針と解説 - 2009 年版・(社)日本下水道協会」(以下、「設計指針」という)に示されている諸条件、さらには本項で示す既往事例の運転実績等を参考にして、MLSS 濃度、HRT、ASRT、汚泥返送比などの運転条件を決定する。

以下に、①主にりん除去を行う場合、②主に窒素除去を行う場合、③窒素・りん除去を行う場合について、「事例調査」で報告のあったケースを既往事例の運転実績等とし、3.1.5 で分類した処理方法毎に運転条件と処理実績(除去率)、留意事項を整理したので、段階的・高度処理運転を行う上での参考にして頂きたい。

①主にりん除去を行う場合

高度処理で生物学的りん除去を行う場合の処理法の一つに、嫌気好気活性汚泥法があるが、りん除去性能で留意する点として、主に流入水の TP 及び MLSS 濃度、嫌気タンク・好気タンクの HRT、ASRT、嫌気タンクの ORP、好気タンクの DO、汚泥処理系からのりんの逆流負荷等が挙げられる。

本ガイドラインに記載する段階的・高度処理は、嫌気好気活性汚泥法の処理原理と類似するものを取り扱っているため、嫌気好気活性汚泥法で留意する項目のうち、段階的・高度処理の運転条件で特筆すべきものを整理する。

嫌気好気活性汚泥法と比較すると、嫌気槽(又は嫌気ゾーン)の攪拌が微曝気又は攪拌機となるため、微曝気の場合は攪拌が不十分となる。そのため、りん放出に必要な嫌気槽における HRT を十分に確保するとともに、好気槽におけるりんの過剰摂取に必要な HRT も同等以上に確保することが重要である。

表 1 に「3.1.5 段階的・高度処理方法の選定」で示した「事例調査」で報告のあったケースについて、運転条件、除去率を整理する。これらは、処理実績が TP1.0mg/L 以下(T-N14mg/L 以上)に該当するケースを整理したものである。

表 1 ①ケース別運転条件、除去率

ケース	運転方式	隔壁	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	嫌気部HRT (hr)	ASRT (d)	汚泥返送比 (%)	T-P除去率 (%)	処理場
①-1	AO	有	2,300程度	11程度	3.7	9程度	80~90	94%程度	k
①-2	AO	無	1,000~2,200	11程度	4.5	5程度	30程度	86%程度	m
	AOAOAO	一部有	1,400程度	7程度	3.5	3程度	50程度	93%程度	l
参考	嫌気好気活性汚泥法		1,000~2,000	6~8	1~2	4.5程度 (2~7)	30~50	80%以上	
参考	標準活性汚泥法		1,500~2,000	6~8			20~40		

参考の指標値の出典:「下水道施設計画・設計指針と解説 -2009年版-(社)日本下水道協会)」

標準活性汚泥法の出典:下水道維持管理指針2014を最優先、無い場合は下水道施設計画・設計指針と解説 -2009年版-を参照

【①-1 (隔壁：有、嫌気槽の攪拌：微曝気)】

①-1 の運転ケースを図 29 に示す。

平成 20 年 6 月事務連絡に示された嫌気好気活性汚泥法として取り扱うことができるものの事例に相当する。

嫌気好気活性汚泥法と比較すると、嫌気槽及び好気槽における HRT が十分に確保され ASRT も同等以上に確保されている。ASRT を長く確保することは、りん除去率の向上に繋がらない場合もあるが、本ケースでは高い除去率を示している。

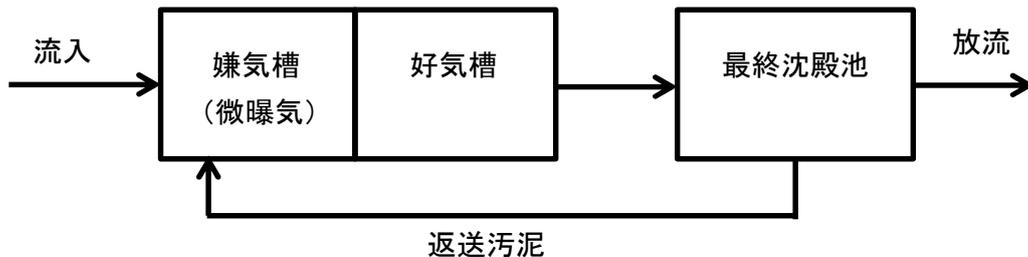


図 29 運転ケース(①-1) (再掲 p27 図 13)

【①-2 (隔壁：無、嫌気ゾーンの攪拌：攪拌機)】

①-2 の運転ケースを図 30 に示す。

嫌気好気活性汚泥法と比較すると、嫌気ゾーンにおける HRT が十分に確保されている。好気ゾーンにおける HRT は十分に確保されている場合もあれば同程度の場合もある。ASRT も同等程度に確保されている。汚泥返送比は、嫌気好気活性汚泥法に対して、同等にすることで、返送汚泥中の NO_x-N が嫌気ゾーンに供給され、嫌気ゾーンが保てなくなるこ

とでりん放出が不十分にならないようになっている。

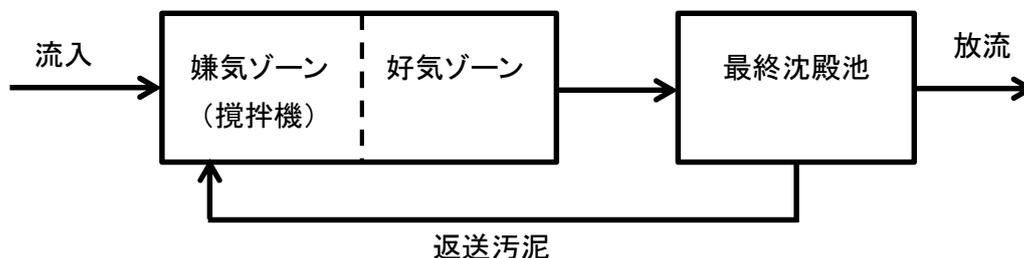


図 30 運転ケース(①-2) (再掲 p28 図 14)

②主に窒素除去を行う場合

高度処理で生物学的窒素除去を行う場合の処理法の一つに、循環式硝化脱窒法があるが、窒素除去性能で留意する点として、主に流入水の水温、流入水の TN 及び MLSS 濃度、好気タンクの HRT、ASRT、硝化液循環比、好気タンクの MLDO、pH 等が挙げられる。

本ガイドラインに記載する段階的高度処理は、循環式硝化脱窒法の処理原理と類似するものを取り扱っているため、循環式硝化脱窒法で留意する項目のうち、段階的高度処理の運転条件で特筆すべきものを整理する。

循環式硝化脱窒法と比較すると、無酸素槽 (又は無酸素ゾーン) の攪拌が微曝気又は攪拌機となるため、微曝気の場合は攪拌が不十分となる。そのため、脱窒に必要な無酸素槽における HRT を十分に確保するとともに、好気槽における硝化反応の促進のため、硝化細菌の濃度保持に必要な ASRT を確保することが重要である。ASRT の確保を含めた活性汚泥濃度の保持により、MLSS 濃度は循環式硝化脱窒法と同等程度になる。

また、硝化液循環の方法が、循環ポンプ又はエアリフトを利用、もしくは返送汚泥ポンプを利用となるため、返送汚泥ポンプを利用する場合は、好気槽で生成された硝化液を無酸素槽に供給するため、汚泥返送比を循環式硝化脱窒法と同等以上にする必要がある。

表 2 に「3.15 段階的高度処理方法の選定」で示した「事例調査」で報告のあったケースについて、運転条件、除去率を整理する。これらは、処理実績が T-N 14mg/L 以下 (T-P 1.0mg/L 以上) に該当するケースを整理したものである。

表 2 ②ケース別運転条件、除去率

ケース	運転方式	隔壁	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	無酸素部 HRT(hr)	ASRT (d)	汚泥返送比 (%)	ステップ	T-N除去率 (%)	処理場
②-1a	AO	有	1,800~3,000	6~14	1.5~5.4	10~13	60~110		60~70%	n,o,p,q
	AO	有	1,500~2,100	8~10	1.3~1.6	5~15	40~50		60~65%	u,v
	AOO(ステップ)	有	1,800程度	16程度	4.1程度	10程度	40程度	第3槽に 50%	50%程度	w
②-1b	AOAO	有	1,700~4,800	13~20	6.5~8.0	24程度	50~90		73~74%	r,s
②-2a	AO	有	1,600~3,900	3.5~12	0.8~6.5	7~10	50~95		45~75%	y,z,aa,ab,ac,ad
	AO	有	1,600~2,200	6~11	2.6~3.4	3.5~11	30~40		62~72%	af,ag
②-2b	AOAO	有	1,900程度	12程度	3.9	12程度	60程度		70%程度	ae
	AOAO	有	1,600程度	11程度	2.7	13程度	50未満		67%程度	ah
②-6	AO	無	1,300~2,300	7~8	1.3~2.8	5.5~7	60~85		60~68%	ai,aj,ak
	AO	無	1500~2,500	5.5~11	3.3~5	3~19	40~50		53%程度	al,am
参考	循環式硝化脱窒法		2,000~3,000	14~18	6程度	11~14 [※]	50程度		60~70%	
参考	標準活性汚泥法		1,500~2,000	6~8			20~40			

参考の指標値の出典:「下水道施設計画・設計指針と解説 -2009年版-(社)日本下水道協会」

標準活性汚泥法の出典:下水道維持管理指針2014を最優先、無い場合は下水道施設計画・設計指針と解説 -2009年版-を参照

※実用的には6~14日程度でも硝化は十分に進むことが多い。また、本来は水温に応じたASRTの必要値を記述すべきだが割愛する。

注) 表 2 は、表 1 と統一を図るために同じ項目としている。

【②-1 (隔壁：有、無酸素槽の攪拌：攪拌機、硝化液循環：返送汚泥ポンプ)】

②-1a の運転ケースを図 31 に示す。

循環式硝化脱窒法と比較すると、ASRT を同等程度に確保し、汚泥返送比も同等以上に設定されている場合もある。

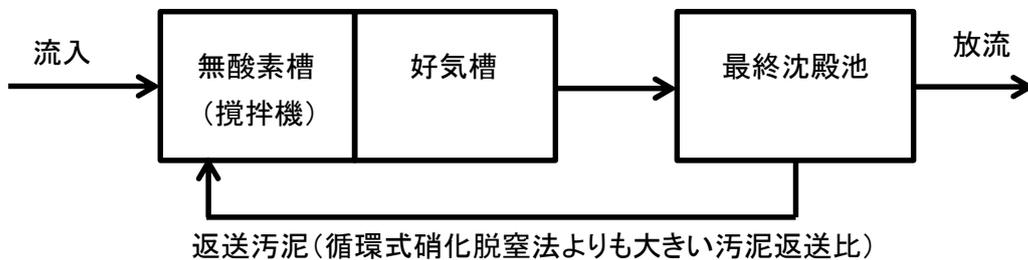


図 31 運転ケース(②-1a) (再掲 p30 図 16)

②-1b の運転ケースを図 32 に示す。

②-1a との相違は、無酸素槽と好気槽を AOA と多段化し、ステップ流入する場合も考慮している点である。

循環式硝化脱窒法と比較すると、ASRT を十分に確保し、汚泥返送比も大きく設定されており、高負荷で運転している。

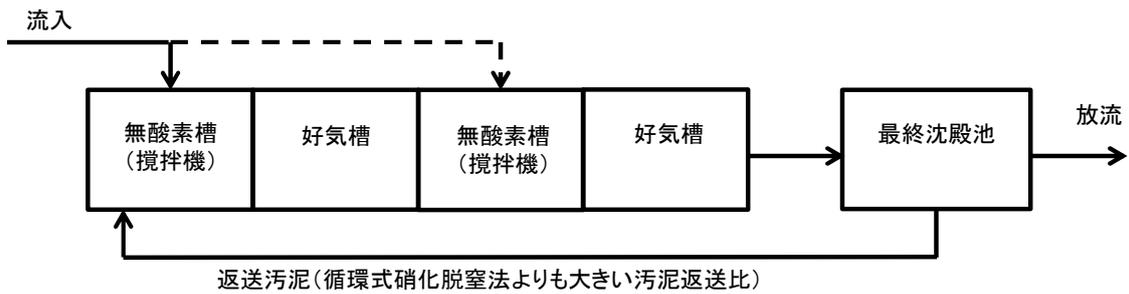


図 32 運転ケース(②-1b) (再掲 p30 図 17)

【②-2 (隔壁：有、無酸素槽の攪拌：微曝気、硝化液循環：返送汚泥ポンプ)】

②-2a の運転ケースを図 33 に示す。

平成 20 年 6 月事務連絡に示された循環式硝化脱窒法として取り扱うことができるものの事例に相当する。②-1a との相違は、無酸素槽の攪拌を微曝気により行っている点である。

循環式硝化脱窒法と比較すると ASRT は同等以下で、汚泥返送比は同等より大きく設定されている場合が多いが、小さく設定されている場合もある。

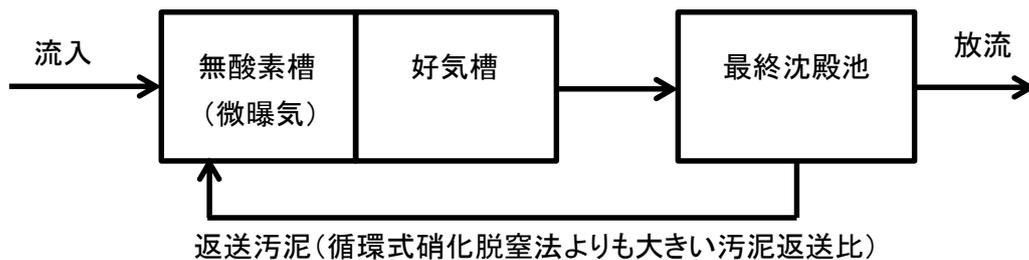


図 33 運転ケース(②-2a) (再掲 p31 図 18)

②-2b の運転ケースを図 34 に示す。

②-1b との相違は、無酸素槽と好気槽を重ねての攪拌を微曝気により行っている点である。

循環式硝化脱窒法と比較すると、ASRT は同等に確保されているが、汚泥返送比は同等より大きく設定されている場合と同等以下に設定されている場合がある。

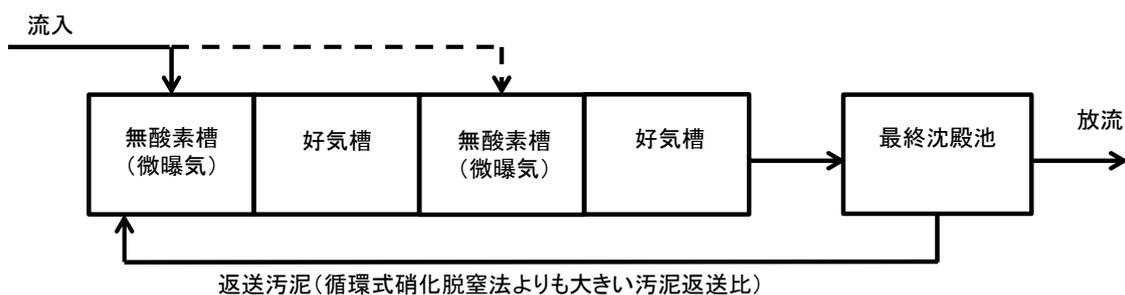


図 34 運転ケース(②-2b) (再掲 p31 図 19)

【②-6 (隔壁：無、無酸素ゾーンの攪拌：微曝気、硝化液循環：返送汚泥ポンプ)】

②-6 の運転ケースを図 35 に示す。

②-2a との相違は、無酸素ゾーンと好気ゾーンを区分けする隔壁が無い点である。

循環式硝化脱窒法と比較すると ASRT は同等より小さく設定されている場合が多いが同等以上に設定されている場合もある。汚泥返送比は同等以上で、一部同等より小さく設定されている場合もある。

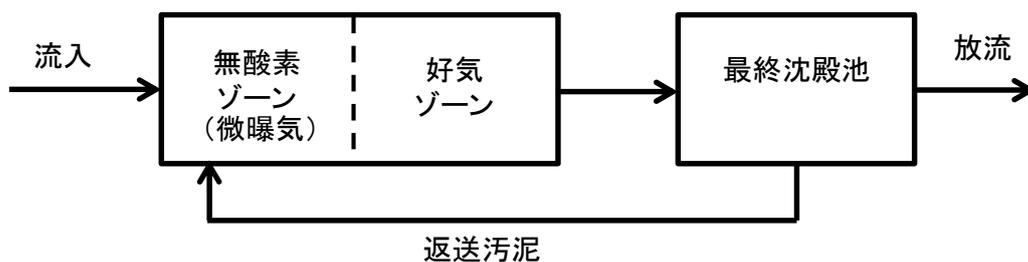


図 35 運転ケース(②-6) (再掲 p32 図 20)

③窒素・りん除去を行う場合 (処理水 T-P1.0mg/L 以下かつ T-N14mg/L 以下)

高度処理で生物学的窒素除去と生物学的りん除去を同時に行う場合の処理法に、嫌気無酸素好気法があるが、性能で留意する点として、主に流入水の水温、流入水のりん、窒素及び MLSS 濃度、嫌気タンク・好気タンクの HRT、ASRT、嫌気タンクの ORP、好気タンクの DO、硝化液循環比、好気タンクの MLDO、pH、汚泥処理系からのりんの返流負荷等が挙げられる。

本ガイドラインに記載する段階的の高度処理は、嫌気無酸素好気法の処理原理と類似するものを取り扱っているため、嫌気無酸素好気法で留意する項目のうち、段階的の高度処理の運転条件で特筆すべきものを整理する。

嫌気無酸素好気法と比較すると、無酸素槽 (又は無酸素ゾーン) の攪拌が微曝気又は攪拌機となるため、微曝気の場合は攪拌が不十分となる。そのため、脱窒に必要な無酸素槽における HRT を十分に確保するとともに、好気槽における硝化反応の促進のため、硝化細菌の

濃度保持に必要な ASRT を確保することが重要である。ASRT の確保を含めた活性汚泥濃度の保持により、MLSS 濃度は循環式硝化脱窒法と同等程度になる。

また、硝化液循環の方法が、循環ポンプ又はエアリフトを利用、もしくは返送汚泥ポンプを利用となるため、返送汚泥ポンプを利用する場合は、好気槽で生成された硝化液を無酸素槽（第 1 槽目）に供給するため、汚泥返送比を同等以上にする必要がある。

さらに、嫌気槽（又は嫌気ゾーン）の攪拌が微曝気又は攪拌機となるため、微曝気の場合は攪拌が不十分となる。そのため、りんの放出に必要な嫌気槽（第 2 槽目）における HRT を十分に確保するとともに、好気槽におけるりんの過剰摂取に必要な HRT も同等以上にすることが重要である。

表 3 に「3.15 段階的高度処理方法の選定」で示した「事例調査」で報告のあったケースについて、運転条件、除去率を整理する。これらのケースは、処理実績が T-P1.0mg/L 以下かつ T-N14mg/L 以下に該当するものを整理した結果に基づいている。

表 3 ③ケース別運転条件、除去率

ケース	運転方式	隔壁	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	嫌気無酸素部 HRT(hr)	ASRT (d)	汚泥返送比 (%)	ステップ	T-P除去率 (%)	T-N除去率 (%)	処理場
③-1a	AAOO	有	2,200程度	18程度	7程度	14程度	145		73%程度	42%程度	ao
③-1b	AOAO	有	1,600~3,000	10~14	4~6.5	5~13	50~100		72~96%	48~78%	au,av,aw,ax,ay,az,ba,bb
	AOAO	有	1,500~2,400	7~14	2.4~4.2	7.5~16	35~50	0~50%	77~93%	52~86%	bc,bd,be,bf
③-5a	AO	有	1,200~2,600	7~14	1.8~4.8	4.7~12	50~80		74~96%	50~69%	ap,aq,ar,as,at,bg,bh,bi,bj
③-5b	AO	有	1,200~2,000	9~14	2.1~3.4	5.5~11	28~45		77~92%	57~71%	bk,bl,bm,bn
③-7a	AO	無	1,800~2,200	7.5~11	1.5~3.4	4.7~6.7	61~66		81~90%	56~70%	bo,bp
③-7b	AO	無	800~2,900	4~6	1程度	7~8	38~50		80%程度	63%程度	bq,br
参考	嫌気無酸素好気法		2,000~3,000※1	16~17	7~8	11~14	50程度		70~80	60~70	
参考	嫌気好気活性汚泥法		1,000~2,000	6~8	1~2	4.5程度(2~7)	30~50		80%以上		
参考	循環式硝化脱窒法		2,000~3,000	14~18	6程度	11~14※	50程度			60~70%	
参考	標準活性汚泥法		1,500~2,000	6~8			20~40				

参考の指標値の出典:「下水道施設計画・設計指針と解説 -2009年版-(社)日本下水道協会」

標準活性汚泥法の出典:下水道維持管理指針2014を最優先、無い場合は下水道施設計画・設計指針と解説 -2009年版-を参照

※1.一般的な都市下水の場合は硝化速度が理論値よりも速い場合が多く、また、りん除去やコスト削減の観点からも、あまりMLSS濃度を高めに設定することは好ましくない。一般に、多くの処理場では設計値より低く、1,500~2,500mg/Lで運転している例が多い。

※2実用的には6~14日程度でも硝化は十分に進むことが多い。また、本来は水温に応じたASRTの必要値を記述すべきだが割愛する。

【③-1（嫌気・無酸素槽の両方が有、隔壁：有、硝化液循環：返送汚泥ポンプ）】

③-1a の運転ケースを図 36 に示す。

嫌気無酸素好気法と比較して ASRT を同等程度に確保し、HRT も必要な時間を確保している。汚泥返送比も高く設定されている。また、嫌気槽（第 2 槽目）及び好気槽の HRT を十分に確保し ASRT も同等以上に長く確保している。

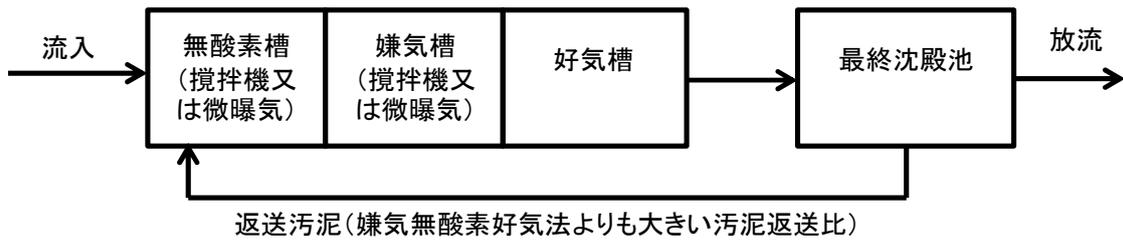


図 36 運転ケース(③-1a) (再掲 p34 図 22)

③-1b の運転ケースを図 37 に示す。

嫌気無酸素好気法と比較して ASRT を同等程度に確保されている場合もあるが同程度より小さく設定されている場合もある。

汚泥返送比は高く設定されている場合が多い。一部、汚泥返送比が小さい場合（その結果として、MLSS 濃度も小さい場合）があるが、高く設定されている場合と比較すると窒素除去率はやや低くなる。

さらに、嫌気無酸素好気法と比較すると HRT はやや短い、嫌気好気活性汚泥法と比較すると嫌気槽（第 3 槽目）における HRT は十分に確保されており、好気槽における HRT も同等以上に確保している。

特にほとんどの場合、ステップ水路を介して、第 3 槽目に汚水を流入し、有機物負荷量を高め、りん放出（とその後の過剰摂取）を促進している。

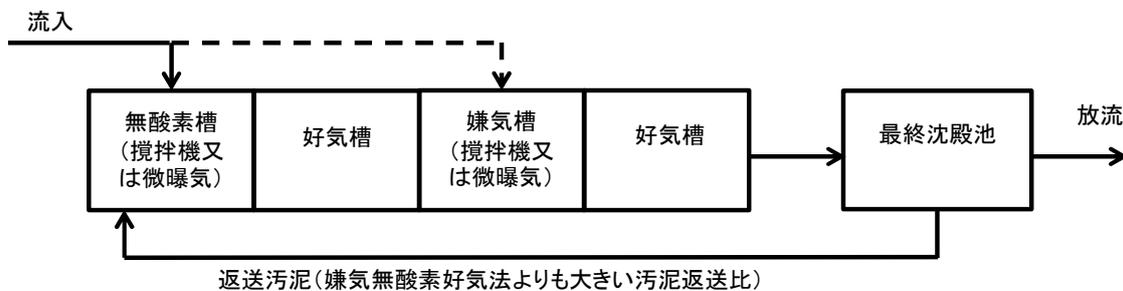


図 37 運転ケース(③-1b) (再掲 p34 図 23)

【③-5 (嫌気・無酸素槽の片方が有、隔壁：有、硝化液循環：返送汚泥ポンプ)】

③-5a の運転ケースを図 38 に示す。

③-5a の運転ケースの構造は嫌気槽と好気槽で、嫌気好気活性汚泥法と同じ構造であるとともに、返送汚泥比が硝化液の循環を兼ねていることから、嫌気好気活性汚泥法及び循環式硝化脱窒法と比較し、違いを述べる。

循環式硝化脱窒法と比較して汚泥返送比を大きくし、好気槽で生成された硝化液を第 1 槽

目の嫌気槽に送り、嫌気槽に一部無酸素ゾーンが形成されることを期待し、りんだけではなく、窒素の除去も行おうとするものである。

嫌気好気活性汚泥法と比較して、嫌気槽及び好気槽における HRT を十分に確保するとともに ASRT も長く確保している。

一方で、循環式硝化脱窒法と比較して ASRT は十分に確保されていない。

そのため、事例調査により収集したデータは、処理水 T-P1.0mg/L 以下かつ T-N14mg/L 以下に収まっているが、窒素の除去率はやや低くなっている。

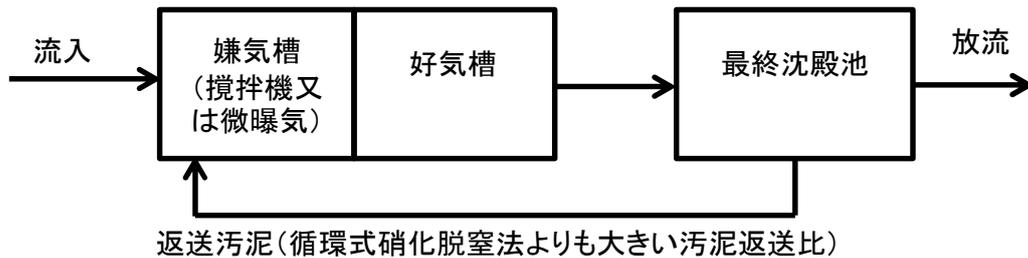


図 38 運転ケース(③-5a) (再掲 p35 図 24)

③-5b の運転ケースを図 39 に示す。

③-5a と同様に、第 1 槽目の嫌気槽に一部無酸素ゾーンが形成されることを期待し、りんと窒素の除去を行おうとするものである。③-5a との違いは、汚泥返送比は大きくしていないことである。

よって、③-5a と同様に、嫌気好気活性汚泥法及び循環式硝化脱窒法と比較し、違いを述べる。

嫌気好気活性汚泥法と比較して、嫌気槽及び好気槽における HRT を十分に確保するとともに ASRT も長く確保している。

一方で、循環式硝化脱窒法と比較して ASRT は十分に確保されていない。

そのため、事例調査により収集したデータは、処理水 T-P1.0mg/L 以下かつ T-N14mg/L 以下に収まっているが、窒素の除去率はやや低くなっている。



図 39 運転ケース(③-5b) (再掲 p35 図 25)

【③-7 (嫌気・無酸素状態の片方が有、隔壁：無、硝化液循環：返送汚泥ポンプ)】

③-7a の運転ケースを図 40 に示す。

循環式硝化脱窒法と比較し、汚泥返送比を大きくして、好気ゾーンで生成された硝化液を反応タンク前段の嫌気ゾーンに送り、嫌気ゾーンに一部無酸素ゾーンが形成されることを期待し、りんだけではなく、窒素の除去も行おうとするものである。

③-5a との相違は、嫌気状態と無酸素状態を区分けする隔壁が無い点である。

よって、③-5a と同様に、嫌気好気活性汚泥法及び循環式硝化脱窒法と比較し、違いを述べる。

嫌気好気活性汚泥法と比較して、嫌気ゾーン及び好気ゾーンにおける HRT を十分に確保するとともに ASRT も長く確保している。

一方で、循環式硝化脱窒法と比較して ASRT はやや短く、十分に確保されていない。

隔壁が無いことは、りん除去においては、好気条件下から嫌気条件下への混合液の逆流により溶存酸素が嫌気条件下に流入する、という観点で好ましくないが、窒素除去においては、エアリフト効果により、好気条件下から無酸素条件下への硝化液の循環や同一の槽で同時硝化脱窒が生じるゾーンが形成されることが期待される。

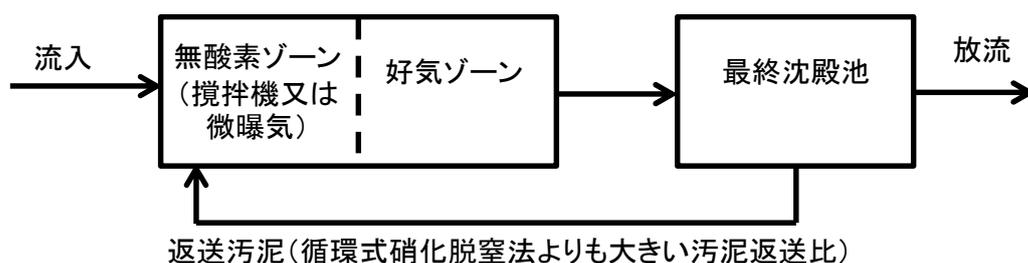


図 40 運転ケース(③-7a) (再掲 p36 図 26)

③-7b の運転ケースを図 41 に示す。

反応タンク前段の無酸素ゾーンに一部嫌気ゾーンが形成されることを期待し、窒素とリンの除去を行おうとするものである。

事例調査により収集したデータには、処理水 T-P1.0mg/L 以下かつ T-N14mg/L 以下の事例もあったが、運転条件等のデータが不十分であるため、考察については、割愛する。

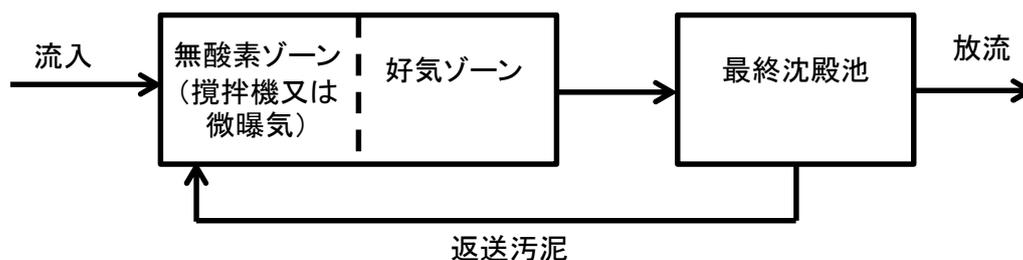


図 41 運転ケース(③-7b) (再掲 p36 図 27)

以下に、ケース毎の詳細（施設条件、運転条件、水質、返流水の影響等）を表 4～表 8 に示す。

表 4 運転条件、水質、返流水の影響(①主にりん除去を行う場合:処理水 T-P 1.0mg/L 以下かつ T-N 14mg/L 超え)

ケース	処理場	施設条件				運転条件							水質							返流水の影響 消化槽の有無	備考	
		隔壁の有無	嫌気槽の攪拌	散気装置	凝集剤添加設備	運転方式	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	嫌気部HRT (hr)	A-SRT (d)	汚泥返送比 (%)	送風倍率 (倍)	流入T-P (mg/L)	初沈出T-P (mg/L)	放流T-P (mg/L)	除去率 (%)	流入T-N (mg/L)	初沈出T-N (mg/L)	放流T-N (mg/L)			除去率 (%)
嫌気好気活性汚泥法	a	有	機械攪拌	散気板	無	AOAOAO	1,300~1,600	5.8	2.9	6.8	30	5.0	9.4	(8.2)	0.30	96%	68.0	(54.4)	23.8	56%	無	
嫌気好気活性汚泥法	b	有	機械攪拌	散気筒(メンブレン)	有	AOOOAOOO	2,071	-		11.1	56	5.5	3.5	(3.0)	0.39	87%	28.3	(22.6)	13.1	42%	無	
嫌気好気活性汚泥法	c	有	機械攪拌	散気筒	無	(AO)	1,596/1,781	10.1/7.4	3.3	8.8/4.7	30/30	6.3/2.6		3.3	0.44	87%		30.5	11.9	61%	有	1系1・2/2系1
嫌気好気活性汚泥法	d	有	機械攪拌	水中エアレータ	無	AOOO	1,680	-		-	45	2.2	7.9	(6.8)	0.42	94%	40.5	(32.4)	12.1	63%	有	
嫌気好気活性汚泥法	e	有	機械攪拌	水中エアレータ	無	AO	1,414	7.8	2.0	4.3	55	2.4	5.0	(4.4)	0.65	85%	49.3	(39.4)	22.8	42%	無	
嫌気好気活性汚泥法	f	有	機械攪拌	水中エアレータ	無	AOOO	2,044	15.0	3.8	9.4	35	2.3	3.8	(3.3)	0.73	78%	35.8	(28.6)	21.5	25%	無	
嫌気好気活性汚泥法	g	有	機械攪拌	散気膜	無	AOAO	1,408	2.6	1.0	4	45	3.1	4.4	(3.8)	0.98	74%	36.5	(29.2)	18.8	35%	有	
嫌気好気活性汚泥法	h	有	機械攪拌	散気筒	無	AO	1,300	8.8	2.2	5.8	25	3.3		3.23	0.43	87%		36.1	19.6	46%	有	
嫌気好気活性汚泥法	i	有	機械攪拌	散気板	無	AOOO	1,660(1,400~2,000)	11.0	2.8	4.6	40	5.0	5.0	(4.3)	0.37	91%	48.3	(38.7)	28.1	27%	無	
嫌気好気活性汚泥法	j	有	機械攪拌	散気板	無	AAAO	1,700~2,700	7.9	4.7	4.0	33	6.2	5.3	(4.6)	0.80	83%	36.1	(28.9)	19.6	32%	無	
①-1	k	有	微曝気(6池)/ 機械攪拌(2池)	散気板	無	AOOO	2,266	11.1	3.7	9.2	80~90	7.7	4.6	(4.0)	0.22	94%	37.7	(30.2)	19.1	37%	有	
①-2	l	無	機械攪拌	1系:散気板 2系:水中エアレータ	無	AOAOAO	1,388	7.0	3.5	2.7	50	5.6	6.7	(5.8)	0.43	93%	28.6	(22.9)	13.8	40%	無	
①-2	m	一部有	機械攪拌	散気板/水中エアレータ	無	3系AAOOOO 4系AAOO	1,000~2,200	10.8	4.5	5.3	27	5.0	7.1	(6.2)	0.88	86%	51.1	(40.9)	24.3	41%	有	

注:()は、流入下水濃度より、最初沈殿池除去率を想定して反応タンク流入水濃度とした値。
 想定除去率: T-P=15%, T-N=20%
 参考: S63.5, 土木研究所資料「下水道高度処理計画及び高度処理導入プログラムに関する研究報告書」
 除去率は、反応タンクにおける除去率を示す。

表 5 運転条件、水質、返流水の影響(②主に窒素除去を行う場合:処理水 T-P 1mg/L 超えかつ T-N 14mg/L 以下 (1/2))

ケース	処理場	施設条件					運転条件							水質						返流水の影響 消化槽の有無	備考			
		隔壁の有無	嫌気槽の攪拌	散気装置	硝化液循環	ステップ水路	運転方式	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	無酸素部 HRT(hr)	A-SRT (d)	汚泥返送比 (%)	送風倍率 (倍)	ステップ	流入T-P (mg/L)	初沈出T-P (mg/L)	放流T-P (mg/L)	除去率 (%)	流入T-N (mg/L)			初沈出T-N (mg/L)	放流T-N (mg/L)	除去率 (%)
②-1a	n	有	機械攪拌	散気板/水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	A000	1,600~1,800	15.0	3.0	15.0	3系80, 4系40	1.6~3.3			3.8	1.78	0.53		26.8	10.8	59.9%	無	
②-1a	o	有	機械攪拌	メンブレン	返送汚泥ポンプ	無	A000	1,981	6.1	1.5	12.9	61	4.5		5.2	(4.5)	0.77	0.83	37.2	(29.7)	8.9	70.2%	無	
②-1a	p	有	機械攪拌	水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	AA00	2,979	13.6	5.4	9.7	110		-		1.86			27.7	(22.2)	8.2	63.0%	有	
②-1a	q	有	機械攪拌	散気板/メンブレン	返送汚泥ポンプ	無	AA000	1,800~2,200	13.2	5.3	10.0	70	5.9		3.4	(2.9)	0.52	0.82	31.5	(25.2)	8.2	67.4%	無	
②-1b	r	有	機械攪拌	散気板	返送汚泥ポンプ	無	AOAO	2,014	13.0	6.5	-	50	5.2		5.2	(4.5)	0.59	0.87	38.8	(31.0)	8.4	72.9%	無	
②-1b	s	有	機械攪拌	水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	AOAO	1,730~4,820	20.0	8.0	24.0	90	5.0		5.4	(4.7)	1.34	0.71	30.3	(24.3)	6.2	74.3%	無	
②-1a	u	有	機械攪拌	メンブレン	返送汚泥ポンプ	無	A0000	1,500~2,000	7.9	1.6	5.3	40	3.2		2.9	(2.5)	0.50	0.80	35.1	(28.1)	9.8	65.1%	無	
②-1a	v	有	機械攪拌	散気板	返送汚泥ポンプ	無	A0000	2,101	9.6	1.3	15.4	46			1.9	(1.7)	1.10	0.33	17.0	(13.6)	5.5	59.6%	無	
②-1a	w	有	機械攪拌	散気板/メンブレン	返送汚泥ポンプ	有	A000 (凝集剤添加)	1,804	16.3	4.1	9.7	40	5.2	第3槽に50%		3.9	1.18	0.70		23.5	12.2	48.1%	無	ステップは硝化に伴うpH低下を調整
循環式硝化脱窒法	x	有	微曝気	散気筒	循環ポンプ	有	AOAO	3,200	10.0	5.0	8.8	97			3.9	(3.4)	0.34	0.90	30.3	(24.2)	5.2	78.5%	有	

注:()は、流入下水濃度より、最初沈殿池除去率を想定して反応タンク流入水濃度とした値。

想定除去率:T-P=13%, T-N=20%

参考:S63.5, 土木研究所資料「下水道高度処理計画及び高度処理導入プログラムに関する研究報告書」
除去率は、反応タンクにおける除去率を示す。

表 6 運転条件、水質、返流水の影響(②主に窒素除去を行う場合:処理水 T-P 1mg/L 超えかつ T-N 14mg/L 以下 (2/2))

ケース	処理場	施設条件					運転条件							水質				返流水の影響		備考				
		隔壁の有無	嫌気槽の撈拌	散気装置	硝化液循環	ステップ水路	運転方式	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	無酸素部 HRT(hr)	A-SRT (d)	汚泥返送比 (%)	送風倍率 (倍)	ステップ	流入T-P (mg/L)	初沈出T-P (mg/L)	放流T-P (mg/L)	除去率 (%)	流入T-N (mg/L)		初沈出T-N (mg/L)	放流T-N (mg/L)	除去率 (%)	消化槽の有無
②-2a	y	有	微曝気	ドーム	返送汚泥ポンプ	無	AOOO	1,300~2,900	6.1	1.5	7.2	96			3.6	(3.1)	0.81	0.74	37.0	(29.6)	7.4	75.0%	無	
②-2a	z	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	AOOO	1,304	11.8	3.0	7.0	58			-		0.80		-		7.2		無	
②-2a	aa	有	微曝気	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	AAOOOO	1,800	11.0	3.3	7.7	72	6.8			2.6	1.50	0.43		22.6	10.5	53.3%	無	
②-2a	ab	有	微曝気	水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	AOOO	1,200~1,600	13.0	6.5	7.0	63	6.4		3.7	(3.3)	1.05	0.68	34.4	(27.5)	13.8	49.9%	無	
②-2a	ac	有	微曝気	水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	AO	1,850	8.2	3.1	9.4	60	7.6			5.7	4.01	0.30		20.8	11.4	45.2%	無	
②-2a	ad	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	AOOO	1,600~3,900	3.3~4.9	0.8	9.5	44.6~71.8			3.3	(2.9)	0.70	0.76	29.5	(23.6)	7.3	69.1%	無	
②-2b	ae	有	間欠曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	有	AOAOOO	1,850	11.8	3.9	11.5	58			2.9	(2.5)	0.50	0.80	20.0	(16.0)	4.9	69.4%	無	
②-2a	af	有	微曝気	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	AOO	1,590~2,190	5.6~10.6	2.6	3.4~5.3	30~35			4.0	(3.5)	0.58	0.83	33.1	(26.5)	7.4	72.1%	無	
②-2a	ag	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	AAOOOO	2,080	9.0	3.4	10.8	40	4.2			2.3	0.81	0.65		21.0	7.9	62.4%	無	
②-2b	ah	有	微曝気	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	(AO)(AO)OOO	1,596	10.7	2.7	13.4	49	4.0		3.4	(2.9)	1.18	0.60	25.5	(20.4)	6.6	67.4%	無	
②-6	ai	無	微曝気	散気板/メンブレン ディフューザー	返送汚泥ポンプ	無	AOOOOO	1,700~2,300	7.8	1.3	6.9	81	6.9			2.5	0.93	0.63		24.3	9.9	59.3%	無	
②-6	aj	無	微曝気	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	AAAAOOOOOO	1,300~2,700	7.0	2.8	6.2	58			1.7	(1.5)	0.84	0.43	17.0	(13.6)	4.3	68.4%	無	
②-6	ak	無	微曝気	散気管	返送汚泥ポンプ	無	AO	1,900	7.0	1.4	5.5	85	6.9			3.1	0.66	0.79		24.8	9.2	63.0%	無	
②-6	al	無	微曝気	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	AAOOOO	1,540~2,170	5.6~7.4	3.3	2.7~4.0	37~39			1.8	(1.6)	0.70	0.55	19.3	(15.4)	7.3	52.7%	無	
②-6	am	無	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	AAAAOOOOOO	1,800~2,500	11.0	5.0	6~19	40~50			-		0.91		-		5.9		有	

注:()は、流入下水濃度より、最初沈殿池除去率を想定して反応タンク流入水濃度とした値。
 想定除去率:T-P=13%, T-N=20%
 参考:S63.5, 土木研究所資料「下水道高度処理計画及び高度処理導入プログラムに関する研究報告書」
 除去率は、反応タンクにおける除去率を示す。

表 7 運転条件、水質、返流水の影響(③主に窒素・りん除去を行う場合: 処理水 T-P 1.0mg/L 以下かつ T-N 14mg/L 以下 (1/2))

ケース	処理場	施設条件						運転条件							水質						返流水の影響 消化槽の有無	備考			
		隔壁の有無	嫌気槽の 撹拌	散気装置	硝化液循環	凝集剤添加 設備	ステップ 水路	運転方式	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	嫌気無酸素部 HRT(hr)	A-SRT (d)	汚泥返送比 (%)	送風倍率 (倍)	ステップ	流入T-P (mg/L)	初沈出T-P (mg/L)	放流T-P (mg/L)	除去率 (%)	流入T-N (mg/L)			初沈出T-N (mg/L)	放流T-N (mg/L)	除去率 (%)
嫌気無酸素 好気法	an	有	微曝気	エアパネル	エアリフトボ ンプ	無	無	AAOOOO	2,400	11.0	5.5	4.9	65	5.5		6.6	(5.7)	0.8	86.1%	44.5	(35.6)	11.1	68.8%	有	
③-1a	ao	有	機械撹拌	水中エア レータ	返送汚泥 ポンプ	有	有	AAOO	2,221	17.8	6.9	14.2	145		1.9	(1.7)	0.5	72.8%	17.7	(14.2)	8.2	42.1%	無		
③-1b	au	有	機械撹拌	水中エア レータ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	2,848	13.9	6.5	12.6	77	6.6	6.5	(5.7)	0.4	93.1%	43.4	(34.7)	8.7	75.1%	無		
③-1b	av	有	機械撹拌	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO又 はAOOO	2,320	12.4	4.7	13	51	7.5	4.1	(3.6)	0.4	90.2%	27.6	(22.1)	6.0	72.7%	無		
③-1b	aw	有	機械撹拌	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,900- 3,000	10.6	4.2	11.6	約50	4.3	6.5	(5.7)	0.5	91.4%	46.0	(36.8)	8.2	77.7%	無		
③-1b	ax	有	機械撹拌	散気板	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,600~ 2,000	12.7	5.1	5.7	51	3.5	4.7	(4.1)	0.4	89.9%	36.0	(28.8)	6.8	76.5%	有		
③-1b	ay	有	機械撹拌 (一部微曝 気)	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	2,028	12	6	4.7	100	7.4	4.6	(4.0)	0.6	85.4%	38.9	(31.1)	12.2	60.9%	無		
③-1b	az	有	機械撹拌	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,200~ 2,400	10	4	7	53	4	1系=1.3に 1:1	2.8	0.8	71.8%		24.0	12.4	48.1%	無		
③-1b	ba	有	機械撹拌	水中エア レータ	返送汚泥 ポンプ	無	無	AOAO	2,000~ 3,000	10.3	4	7.4	150		2.7	(2.3)	0.3	87.2%	23.0	(18.4)	7.3	60.3%	有		
③-1b	bb	有	間欠曝気	散気板	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOOAA OO	2,611	12.7	5.6	9.2	81		5.2	(4.5)	0.2	95.5%	39.8	(31.8)	6.2	80.5%	無		
③-1b	bc	有	機械撹拌	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,900~ 2,400	7	2.8	16	40		30%	3.4	(3.0)	0.2	92.9%	27.0	(21.6)	7.5	65.3%	無	
③-1b	bd	有	機械撹拌	散気板	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,394	10.6	2.4	7.49	37	2	4.8	(4.1)	0.9	77.3%	38.3	(30.6)	11.4	62.7%	無		
③-1b	be	有	機械撹拌	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,550	14.1	4.2	8.2	49.5	6.5	1系=1.3に 1:1	4.6	0.4	92.3%		28.9	4.0	86.3%	有		
③-1b	bf	有	機械撹拌	散気板/水 中エアレー タ	返送汚泥 ポンプ	無	有	AOAO	1,513	8.5	3.4	10	34.4	2.7	1.3に7:3 (3系除く)	4.0	(3.4)	0.6	82.3%	34.9	(27.9)	13.3	52.4%	無	

注:()は、流入下水濃度より、最初沈殿池除去率を想定して反応タンク流入水濃度とした値。

想定除去率:T-P=15%, T-N=20%

参考:S63.5, 土木研究所資料「下水道高度処理計画及び高度処理導入プログラムに関する研究報告書」
除去率は、反応タンクにおける除去率を示す。

表 8 運転条件、水質、返流水の影響(③主に窒素・りん除去を行う場合: 処理水 T-P 1.0mg/L 以下かつ T-N 14mg/L 以下 (2/2))

ケース	処理場	施設条件						運転条件							水質					返流水の影響		備考			
		隔壁の有無	嫌気槽の攪拌	散気装置	硝化液循環	凝集剤添加設備	ステップ水路	運転方式	MLSS (mg/L)	HRT (hr)	嫌気無酸素部 HRT(hr)	A-SRT (d)	汚泥返送比 (%)	送風倍率 (倍)	ステップ	流入T-P (mg/L)	初沈出T-P (mg/L)	放流T-P (mg/L)	除去率 (%)	流入T-N (mg/L)	初沈出T-N (mg/L)		放流T-N (mg/L)	除去率 (%)	消化槽の有無
③-5a	ap	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	有	AAOOOO OO	1,540	8.7	2.2	6.9	68			3.3	(2.9)	0.4	86.1%	30.4	(24.3)	7.5	69.2%	無	
③-5a	aq	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	有	AAOOOO OO	1,620	7.6	1.9	4.9	62			3.4	(3.0)	0.4	86.6%	27.7	(22.2)	8.2	63.0%	無	
③-5a	ar	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	有	AAAOOO OOOO	1,920	6.7	2	4.7	60			5.8	(5.0)	0.2	96.0%	29.9	(23.9)	8.4	64.9%	有	
③-5a	as	有	粗大気泡/間欠曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	無	AAAOOO OOO	2,070	14.3	4.8	9.1	70	4		3.2	(2.8)	0.7	76.0%	32.7	(26.1)	10.6	59.3%	有	
③-5a	at	有	粗大気泡/間欠曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	無	AAOOOO OO	2,100	9.5	2.7	7.6	64	4.2		3.2	(2.8)	0.7	73.6%	32.7	(26.1)	11.9	54.6%	有	
③-5a	bg	有	機械攪拌	微細気泡式 ディフューザー	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOO	2,434	11.8	3	5.5	61			-		0.3		-		5.5		有	
③-5a	bh	有	微曝気(1・2系) 機械攪拌(3系)	散気板(1,2系) 水中エアレータ(3系)	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOO	1,200~ 1,300	-	-	9	50	7.0~10		5.7	(5.0)	0.9	82.6%	34.3	(27.5)	12.0	56.3%	無	
③-5a	bi	有	第1:微曝気/ 第2:機械攪拌	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	有	A(AO) OO	2,635/2,198	7.9/10.9	3.5	11.8/8.5	55.4/79	8.0/3.5	第1=1,2,3 ~(比率不明) 第2=雨天 時3W運転	3.1	(2.7)	0.3	88.1%	27.5	(22.0)	8.9	59.4%	無	
③-5a	bj	有	微曝気	メンブレン/散気板	返送汚泥ポンプ	有	有	AOOO	1,300~ 1,800	7	1.8	10	50	5.6		5.0	(4.3)	0.5	87.4%	28.1	(22.5)	11.2	50.4%	無	
③-5b	bk	有	機械攪拌	水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOOO	1,200~ 1,400	12.1	2.1	5.4	28.4	8		4.8	(4.2)	0.6	85.2%	33.4	(26.7)	11.6	56.7%	無	
③-5b	bl	有	循環水ポンプにて攪拌	微細気泡噴射形	返送汚泥ポンプ	有	有	AOOO	1,500~ 2,000	13.6	3.4	11.3	31.7	4.6			7.7	0.6	92.0%		42.3	12.5	70.5%	有	
③-5b	bm	有	1系:機械攪拌 2系:微曝気	散気筒/水中エアレータ	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOO	1,900	9.2	2.3	8.4	45	7.8		4.9	(4.3)	0.6	86.7%	36.7	(29.4)	11.0	62.5%	無	
③-5b	bn	有	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOO	1,415	9.4	2.4	8.4	37.9	4.1		4.8	(4.1)	0.9	77.3%	38.3	(30.6)	11.4	62.7%	無	
③-7a	bo	無	微曝気	散気管	返送汚泥ポンプ	無	無	AO	1,800~ 2,200	11.2	3.4	4.7	65.5	6.8			2.5	0.3	89.8%		20.3	6.0	70.2%	無	
③-7a	bp	無し(5系のみ有)	粗大気泡	メンブレン	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOOO	1,930	7.39	1.5	6.72	61	3.6			4.0	0.8	81.1%		23.5	10.4	55.6%	無	
③-7b	bq	無	微曝気	散気筒	返送汚泥ポンプ	無	有	AO	1,400~ 800	-	-	7	40	5		3.5	(3.1)	0.6	80.3%	35.5	(28.4)	10.5	63.2%	有	
③-7b	br	無	微曝気	散気板	返送汚泥ポンプ	無	有	AOOO	1,800~ 2,900	4.0~6.0	0.9	7~8	38~50			-		0.3		-		3.1		無	

注:()は、流入下水濃度より、最初沈殿池除去率を想定して反応タンク流入水濃度とした値。

想定除去率:T-P=15%, T-N=20%

参考:S63.5、土木研究所資料「下水道高度処理計画及び高度処理導入プログラムに関する研究報告書」除去率は、反応タンクにおける除去率を示す。

前述したケースの基となる事例調査の傾向として、収集した設備条件、運転条件等を、下記の①～③の場合に分け、示す。収集したデータは年間平均値である。

①主にりん除去を行う場合（処理水 T-P1.0mg/L 以下（T-N14mg/L 以上））

T-P の数値は、下水道法施行令第 5 条の 5 第 2 項に掲げられた別表 1 において、嫌気好気活性汚泥法として下水を処理する構造の場合のりんに係る計画放流水質 3.0mg/L を標準換算係数 $\ast P=2.6$ で除したものの。嫌気好気活性汚泥法の設計諸元の数値と対比する。

②主に窒素除去を行う場合（処理水 T-N14mg/L 以下（T-P1.0mg/L 以上））

T-N の数値は、下水道法施行令第 5 条の 5 第 2 項に掲げられた別表 1 において、循環式硝化脱窒法として下水を処理する構造の場合の窒素に係る計画放流水質 20mg/L を標準換算係数 $\ast N=1.4$ で除したものの。循環式硝化脱窒法の設計諸元の数値と対比する。

※標準換算係数：「計画放流水質の設定における流域別下水道整備総合計画との整合性について」（平成 19 年 11 月 9 日付け流域管理官付け補佐事務連絡）による。

③窒素・りん除去を行う場合（処理水 T-P1.0mg/L 以下かつ T-N14mg/L 以下）

嫌気無酸素好気法の設計諸元の数値と対比する。

以下、図 42～図 48 のグラフ中の①～③の数字は、上記に対応する。

施設条件（隔壁及び攪拌機の有無）と処理水質（T-P、T-N）の関係及び施設条件（隔壁及び攪拌機の有無）と T-P、T-N 除去率の関係を図 42 及び図 43 に示す。

りん除去を行う①と③の処理水 T-P 濃度は同程度であり、窒素除去を行う②と③の処理水 T-N 濃度も同程度である。

①～③のいずれについても、好気条件下から嫌気条件下や無酸素条件下への過度の逆流による溶存酸素の流入をできるだけ抑制する観点から、反応タンク内に好気条件と嫌気条件、好気条件と無酸素条件を区分する「隔壁」があることが望ましいと考えられる。また、嫌気条件や無酸素条件を形成する上で、溶存酸素を取り込まないという観点から、攪拌については、微曝気よりも攪拌機による場合が望ましいと考えられるが、収集したデータは、比較的良好な処理水質（処理水 T-P 1.0mg/L 以下かつ T-N 14mg/L 以下）が得られている処理場に限定したものであること等から、その差は明確に読み取ることができなかった。

本結果から、各現場の状況（流入水質、設備・施設の状況等）に応じて、水質改善への効果は一律でないことが確認されたため、段階的高度処理の導入にあたっては、本ガイドラインの事例を参考に各々の現場に適した方式の導入を検討されたい。

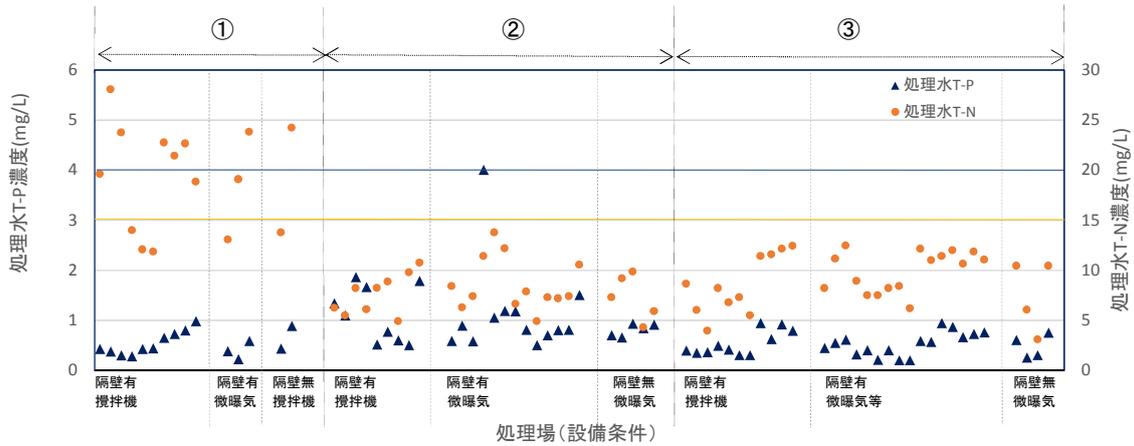


図 42 施設条件(隔壁及び攪拌機の有無)と処理水質(T-P、T-N)の関係

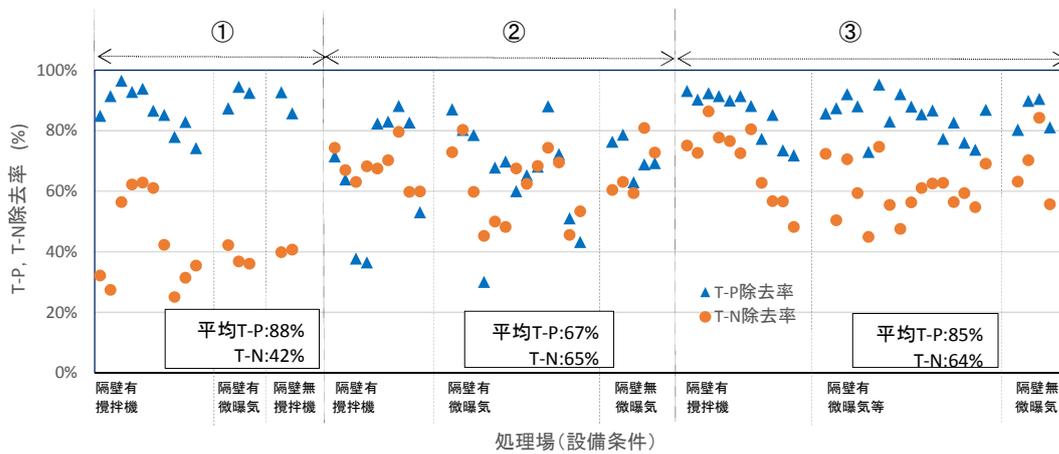


図 43 施設条件(隔壁及び攪拌機の有無)とT-P、T-N 除去率の関係

反応タンクにおける嫌気条件または無酸素条件の占める割合を図 44 に示す。

平均値を比較すると①が②及び③に比べて若干大きいですが、いずれも概ね 20～50%程度である。

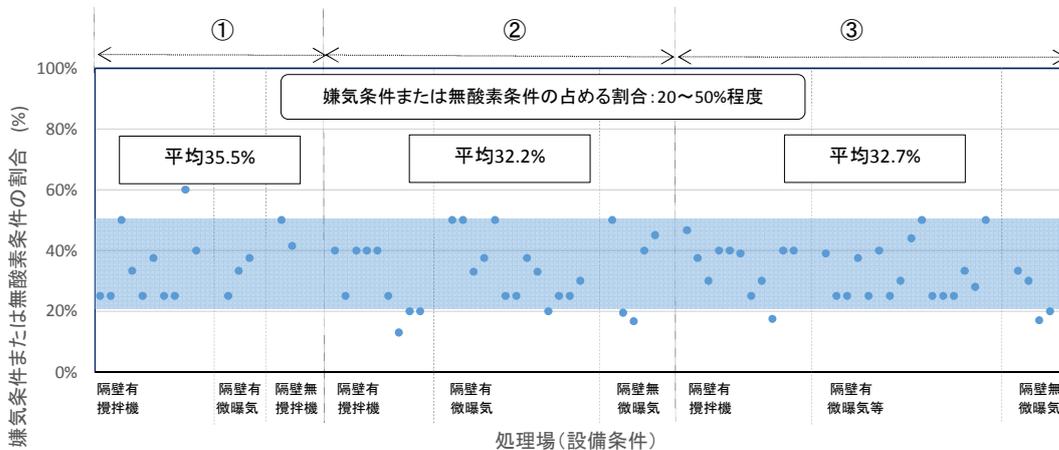


図 44 嫌気・無酸素条件の占める割合

水理的滞留時間（HRT）及び好氣的固形物滞留時間（ASRT）の比較を図 45 に示す。平均値を比較すると、HRT 及び ASRT のいずれも「①の場合」<「③の場合」<「②の場合」となっている。

HRT を長くして硝化に要する時間を確保するとともに ASRT を長くして硝化細菌濃度が増加している結果、硝化が促進され、①よりも②、③は窒素が多く除去されていると推測される。

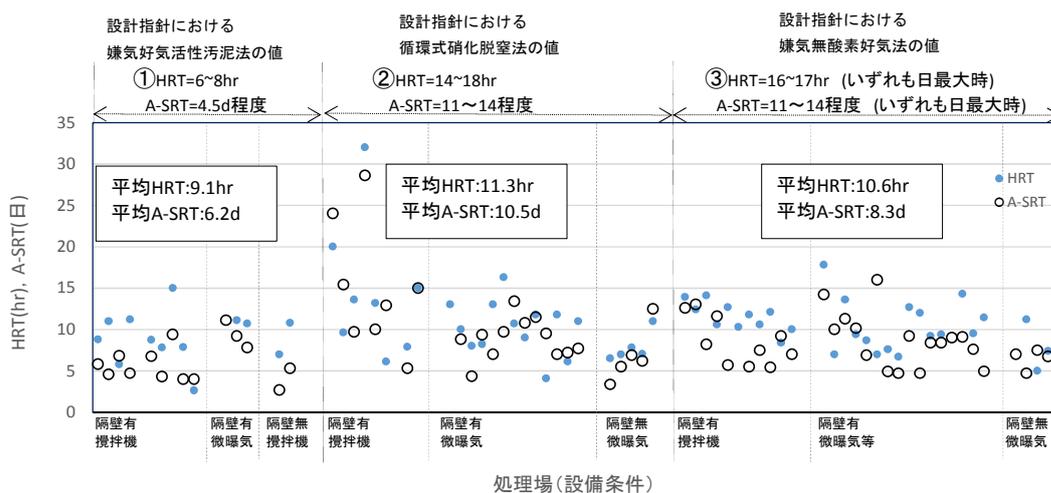


図 45 HRT 及び ASRT の比較

MLSS 濃度の比較を図 46 に示す。

平均値を比較すると、「①の場合」<「③の場合」<「②の場合」となっている。

MLSS 濃度を高く保持することにより ASRT が長くなり、硝化細菌濃度が増加した結果、硝化が促進され、①よりも②、③の窒素が多く除去されていると推測される。

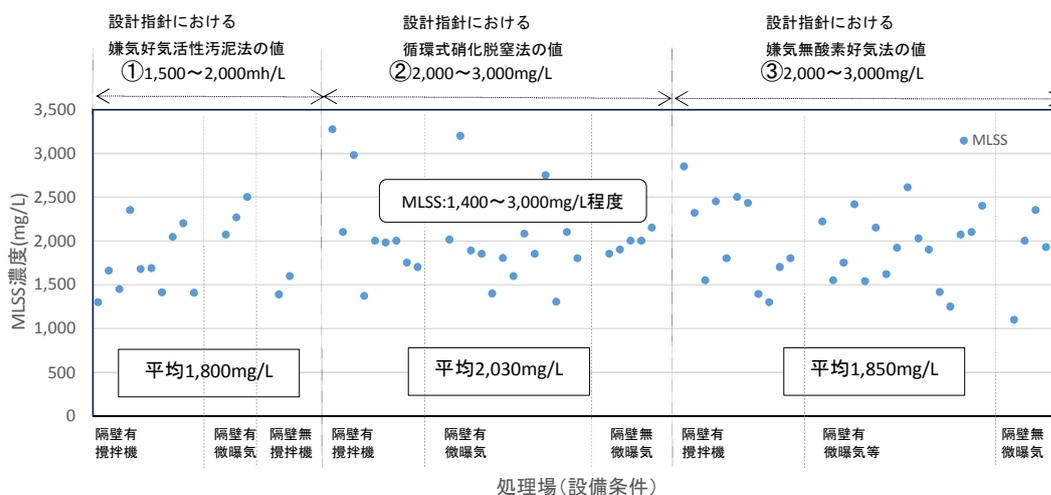


図 46 MLSS 濃度の比較

汚泥返送比の比較を図 47 に示す。

平均値を比較すると、「①の場合」<「③の場合」<「②の場合」となっている。

窒素除去にあたって、硝化液の循環が必要になるが、今回収集した事例は、硝化液循環ポンプによらず、返送汚泥ポンプによって硝化液を循環させている。一方で、りん除去に際しては、嫌気状態を保持するために、返送汚泥中に硝化液が多く含まれることは、好ましくない。

これらの硝化液循環の大小によって、汚泥返送比が最も高い②が窒素のみ除去率が高く、次に汚泥返送比が高い③が窒素とりんの両方の除去、汚泥返送比の低い①はりんのみ除去率が高いということになっているものと推測される。

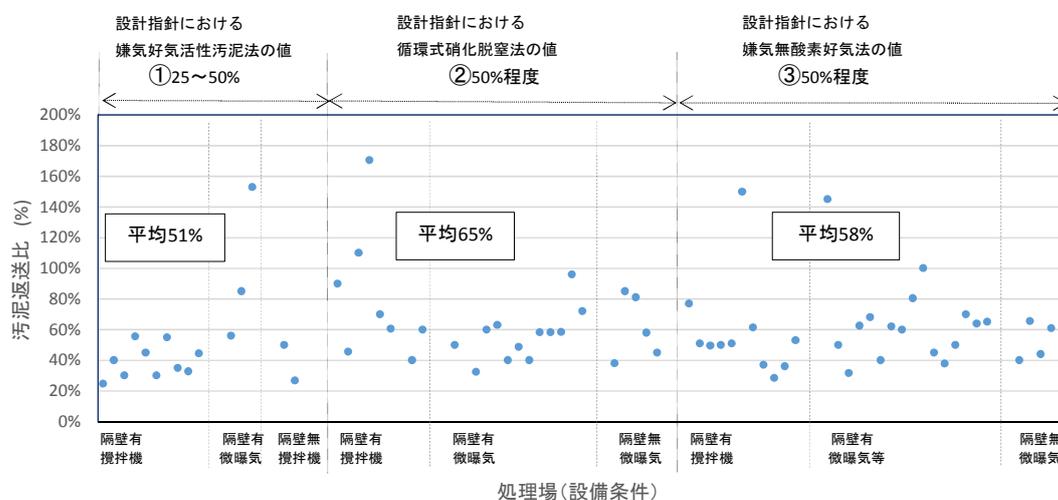


図 47 汚泥返送比(硝化液循環含む)の比較

送風倍率を図 48 に示す。

反応槽形状(水深)、散気装置の種類により酸素移動効率が大きく異なるため明確ではないが、送風倍率は、窒素除去を行う②③が主にりん除去を行う①より大きい傾向が見られる。これは、好気ゾーンにおけるりん摂取よりも硝化促進に要する空気量が大きいためであると推測される。

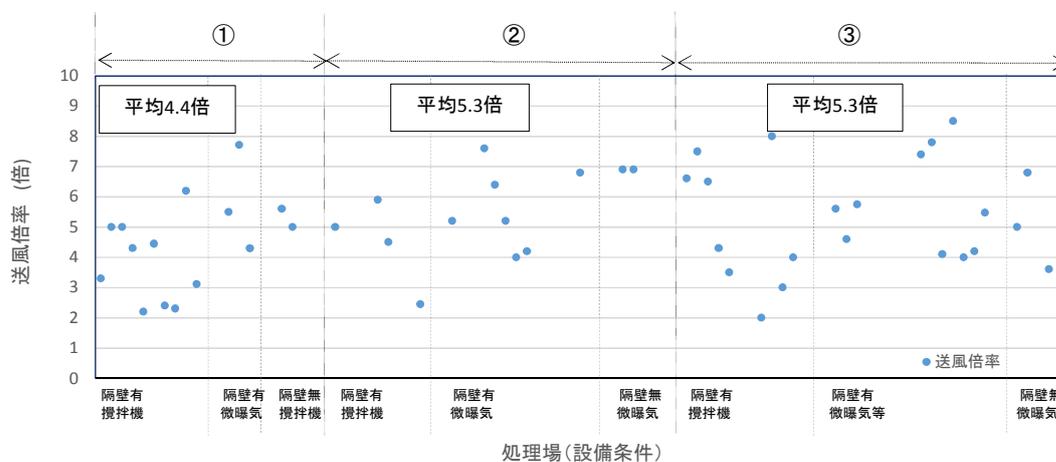


図 48 送風倍率

3.1.8 運転切替方法の検討

段階的高度処理運転に向けて、運転切替方法を検討する。以下に主な留意事項を示す。

- ①嫌気槽・無酸素槽における送風量の調整
- ②汚泥返送比の調整
- ③MLSS 濃度の調整
- ④反応タンク内の好気状態における送風量の調整
- ⑤ステップ水路の使用（AOAO 運転等の場合）

（解説）

段階的高度処理運転に向けて、運転切替方法を検討するにあたっては、以下の事項に留意する。

①嫌気槽・無酸素槽における送風量の調整（微曝気攪拌の送風量の調整例）

嫌気槽・無酸素槽（ゾーンを含む）の攪拌を散気装置による「微曝気」で行っている場合、風量調整弁の開度調整については、汚泥が沈降しないよう留意し、嫌気状態におけるりんの放出及び無酸素状態における脱窒が良好に行われているか、水質分析にて挙動を把握する必要がある。嫌気状態または無酸素状態の管理指標としては ORP 値の測定が有効であり、ORP 値をできるだけ低く保つ必要がある。

②汚泥返送比の調整

段階的高度処理運転（りん除去）において汚泥返送比を増加すると、好気槽で生成した硝化液を反応タンク前段の嫌気槽（一部無酸素ゾーンが形成されることを期待）に多く返送することになり、脱窒を促進することが出来る。但し、この場合、汚泥返送比を増加することで、返送汚泥中の溶存酸素及び硝酸性窒素が反応タンク前段の嫌気槽に多く混入し、嫌気状態が不安定となり、りん除去に影響が出る場合があることに留意する必要がある。また、汚泥返送比の増加にあたっては、最終沈殿池の水面積負荷が過大とならないよう、留意する。

③MLSS 濃度の調整

MLSS 濃度の目標値に合わせて余剰汚泥の引抜量を調整する。例えば余剰汚泥濃度を多量に引き抜くことによって、MLSS 濃度を急速に低くすることができる。しかし、MLSS 濃度を上昇させる場合は活性汚泥の増殖を待たなければならず、急激に増殖させることは望めないので注意する。

④反応タンク内の好気状態における送風量の調整

好気槽末端の残存 $\text{NH}_4\text{-N}$ や MLDO に注意しながら送風量を調整する。一般に ASRT を確保して、好気槽末端の MLDO を 1.5～2.0mg/L 程度で管理することで、硝化を良好に行

う条件を作り出すことが出来る。MLDO が上がり過ぎる場合は、省エネルギーを考慮して送風量を絞る必要がある。なお、送風量の調整にあたっては、好気状態において硝化が良好に行われているか、水質分析にて挙動を把握する必要がある。

⑤ステップ水路の使用（AOAO 運転等の場合）

AOAO 運転等の場合、第 3 槽目の無酸素槽にて脱窒を促進させるために必要な水素供与体（有機物）を供給できるよう、ステップ水路の使用を検討する。

【段階的高度処理運転への切替方法の例】

段階的高度処理運転への運転切替方法の例として、「標準法から段階的高度処理運転（OOOO⇒A000）」を行った事例（りん除去だけでなく、嫌気槽に一部無酸素ゾーンが形成されることを期待し、窒素除去も行おうとするもの）を以下に示すので、段階的高度処理運転を行う上での参考にして頂きたい（図 49、表 9 参照）。

当 初：反応タンク全槽を好気槽として運転。

第 1 段階：汚泥の沈降が妨げられないように配慮しながら、反応タンク第 1 槽目の送風量を抑制し、微曝気による嫌気状態とする。

（当初は、嫌気状態を設けることにより、好気性細菌である糸状菌を抑制するバルキング対策として実施しており、その結果としてりん除去率が向上した。）

第 2 段階：窒素除去を目指し、最終沈殿池の余剰汚泥の引抜を一旦抑制することにより、反応タンクの MLSS 濃度を上昇させるとともに好気槽の送風倍率を増加して硝化促進運転を行う。

この際、送風倍率を増加すると、硝化反応が進み、アルカリ度が消費されることにより pH が低下するので注意を要する。また、消費電力量の増加にも留意する必要がある。

第 3 段階：硝化液循環のため、汚泥返送比を増加する。その際、一時的に MLSS 濃度が高くなることもある。

汚泥返送比を増加すると、第 1 槽目の嫌気槽（一部無酸素ゾーンが形成されることを期待）に DO 及び NO_x-N が持ち込まれ、そのため、りん放出が不十分になることがあるので注意を要する。また、消費電力量の増加にも留意する必要がある。

第 4 段階：反応タンク後段の MLDO が上がり過ぎた場合は、好気槽における硝化及びりん摂取の状況を監視しつつ、省エネルギーを考慮して反応タンク後段の送風量を抑制する。

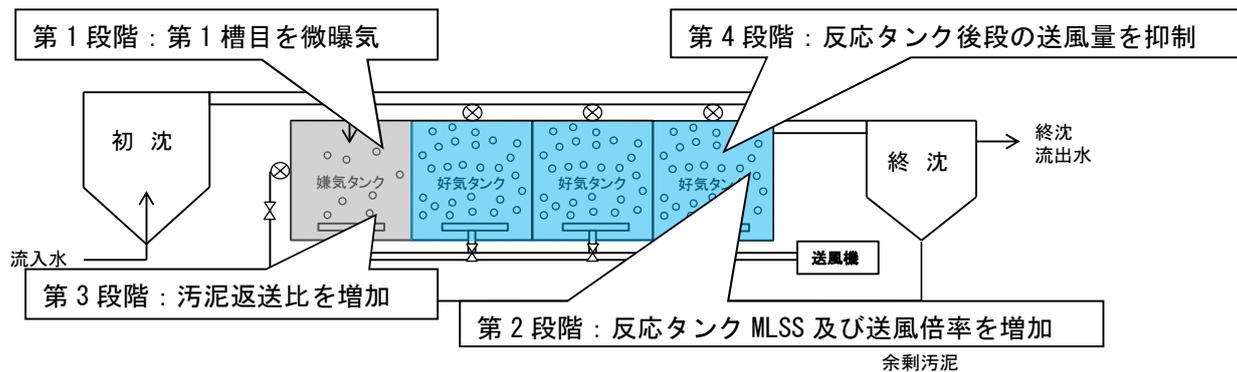


図 49 運転フロー(0000⇒A000)

表 9 切替推移(0000⇒A000)

	当初	⇒ (運転操作)	第1段階	⇒ (運転操作)	第2段階	⇒ (運転操作)	第3段階	⇒ (運転操作)	第4段階
運転方法	全槽好気		硝化抑制		硝化促進		脱窒促進		脱窒・脱りん促進
処理水量			従来通り(特別な水量調整は行わない)		従来通り(特別な水量調整は行わない)		従来通り(特別な水量調整は行わない)		従来通り(特別な水量調整は行わない)
汚泥返送率 (返送汚泥量/ 流入水量)			30%		30%	硝化液循環を 狙って汚泥返 送率をアップ。	45%		45%
A-SRT (MLSS, DO 等)			MLSS:1,100mg/L SVI:180 SRT:6日 空気倍率:4倍	硝化促進を 狙ってMLSS 及び空気倍率 をアップ。	MLSS:1,600mg/L 空気倍率:6倍		MLSS:1,600mg/L SVI:230 SRT:10日 空気倍率:6倍	DOが上がり 過ぎたため、 反応タンク後 半部の散気量 を制限。	MLSS:1,600mg/L 空気倍率:4.5~5倍
制限曝気領域	無し 0000	バルキング対 策のため第1 槽を微曝気。	反応タンクの1/8 (第1槽) A000		反応タンクの1/8 (第1槽) A000		反応タンクの1/8 (第1槽) A000		反応タンクの1/4 (第1槽) A000

【埼玉県段階的高度処理実証実験の事例】

3.1.9 運転（維持）管理上の留意事項の確認

段階的高度処理運転を行うにあたっては、嫌気又は無酸素状態の確保、MLSS 濃度や送風量の管理、運転開始後の水質分析などの項目について、留意事項を確認して適切に運転を行う必要がある。

（解説）

事例調査や「下水道維持管理指針-2014 年版-（実務編）（社）日本下水道協会」（以下、「維持管理指針」という）の内容を踏まえ、運転（維持）管理上の留意事項（①りん除去、②窒素除去、③窒素・りん除去の 3 つの場合）を以下に示す。

①主にりん除去を行う場合

りん除去においては、活性汚泥の嫌気条件下におけるりんの放出とその後の好気条件下で起こる活性汚泥によるりんの過剰摂取現象を利用しており、りんの放出と摂取のバランスが重要である。

段階的高度処理では、反応タンク内の嫌気条件と好気条件を区分する「隔壁」を有していなかったり、嫌気条件下における攪拌方法が「攪拌機」では無く、「微曝気」による場合があり、嫌気条件が不安定になりやすい。

1) 【嫌気状態の確保】

(a) 「ORP の管理」

嫌気槽において、溶存酸素や $\text{NO}_x\text{-N}$ ($\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$) が存在すると嫌気状態が不安定となり、活性汚泥からのりん放出が生じにくくなるので、嫌気状態の保持が非常に重要である。嫌気槽における嫌気状態の程度は ORP を測定することにより判断することができる。

嫌気槽混合液の ORP 値が低いほどりんの放出量が多く、また、りん放出量が多いほど後段の好気槽における活性汚泥によるりん摂取量が多い。したがって、良好なりん除去を行うには嫌気槽の ORP 値を低く保つことが重要である。

りん除去目的の段階的高度処理運転は、反応タンクの前段を微曝気にて嫌気条件下とする場合が多く、嫌気条件下に ORP 計を設置し、日常運転の中で嫌気状態を確認することが望ましい（図 50 に示すように、N 水循環センターの実証実験において、嫌気槽 ORP が -200mV 程度になるようにした場合、終沈 T-P が 0.1mg/L 程度と低い傾向が見られた）。

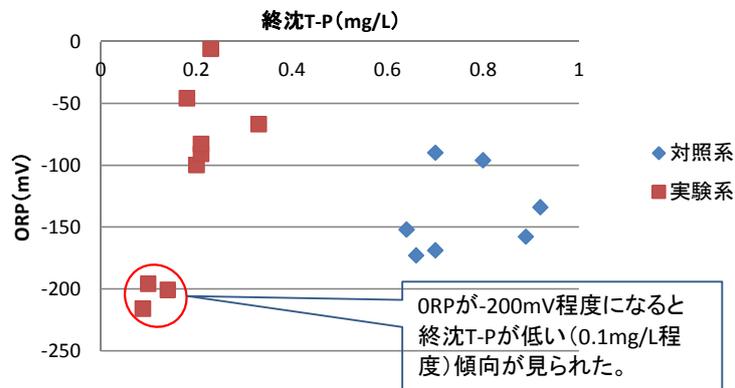


図 50 嫌気槽の ORP 変化の例(N 水循環センターでの実証実験)

(b) 「汚泥返送比の抑制」

返送汚泥により嫌気槽に $\text{NO}_x\text{-N}$ が持ち込まれ、嫌気状態が不安定となり、りん放出が阻害される場合があるため、汚泥返送比は過大とならないように注意する。

(c) 「流入有機物濃度の確保」

嫌気槽におけるりんの放出は、反応タンク流入水の有機物負荷量に大きく依存する。このため、反応タンク流入水の有機物濃度が低い場合は、最初沈殿池の池数を減らすことで水面積負荷を大きくし、反応タンク流入水の有機物濃度を高めることを検討する。

(d) 「散気装置の目詰まり対策」

散気装置の微曝気により嫌気槽の攪拌を行なう場合、散気装置の目詰まりにより汚泥沈降等の恐れがあるため、散気装置毎の必要最低風量に注意して風量設定を行い、定期的に散気装置の風量を上げる等により、目詰まり防止策を講じることを検討する。

2) 【MLSS 濃度の管理】

りん除去は、りんの濃度を高めた活性汚泥を余剰汚泥として引き抜くことによって水処理系内からりんを除去する方法であるため、一定量以上を引き抜く必要がある。MLSS 濃度を高くすると余剰汚泥が減るため、りん除去への影響を考慮する。また ASRT の長期化により、硝化が過度に進行することも考えられる。上記の対策としては、MLSS 濃度を適正に管理する必要がある。

なお、今回の事例調査では、MLSS 濃度は 1,000~2,700mg/L (平均 1,800mg/L 程度) で運転されており、嫌気好気活性汚泥法 (MLSS 濃度: 1,000~2,000mg/L) と同程度で

ある。

3) 【雨天時の対応】

段階的高度処理運転は、嫌気状態が不安定になりやすいため、雨水の流入に伴って溶存酸素が多く混入し、嫌気状態の維持が出来ずに、処理水中の全りん濃度が上昇してしまう恐れが通常の高度処理によるりん除去方法以上に大きい。対策としては、初沈汚泥を投入して有機物の確保を行う方法や、PAC を添加してりんを凝集する方法がある。

4) 【送風量の最適化】

嫌気槽でりんを放出後、好気槽でりんを確実に摂取させるためには、好気状態を適正に保つよう、送風量の最適化を図る必要がある。事例調査から、好気槽末端の MLDO が 1mg/L 程度になるよう、送風量を管理している事例が半数程度見られた。

5) 【残留する NH₄-N の影響】

りん除去を目的とした嫌気好気活性汚泥法では、標準活性汚泥法と同様、反応タンク内の NH₄-N を把握しないまま運転を行うことがある。硝化反応が中途半端に進行すると、処理水中に NH₄-N と硝化細菌が同時に残留し、BOD 測定の際に残留した NH₄-N が酸化され、BOD (N-BOD) が上昇することがあるので注意する。

6) 【運転開始後の水質分析】

りん除去の効果を確認するためには、高度処理法と同様に水質分析を行う必要がある。嫌気状態及び好気状態を的確に把握するのに必要な水質項目と測定場所は維持管理指針等を参考に設定する (表 10 参照)。

表 10 りん除去に関する水質項目

	T-P	PO ₄ -P	ORP
流入水	○	○	
嫌気槽		△	○
好気槽末端		△	
処理水	○	○	
返送汚泥	△(汚泥中)	△(汚泥中)	

○: 水質管理を目的として定期的に行う項目

△: 適宜試験を行うことが望ましい項目

②主に窒素除去を行う場合

窒素除去においては、好気条件下における硝化と硝化液を無酸素条件下に送る仕組み、さらに無酸素条件下における脱窒が組み合わせられるが、段階的高度処理では、反応タンク内の無酸素条件と好気条件を区分する「隔壁」を有していなかったり、無酸素条件下における攪拌方法が「攪拌機」では無く、「微曝気」による場合があり、無酸素条件が不安定になりやすい。また、硝化細菌の濃度保持のための ASRT を考慮した MLSS 濃度の管理と、返送汚泥による硝化液循環の両機能を備えることになるため、循環式硝化脱窒法よりも窒素除去機能が不安定になりやすい。以下に留意事項を示す。

1) 【無酸素状態の確保】

(a) 「ORP の管理」

段階的高度処理では、好気状態における硝化の促進、無酸素状態における脱窒が重要である。無酸素状態の維持は脱窒反応を促進させる上で極めて重要であり、無酸素状態の把握には ORP の測定を行うことが望ましい。

返送汚泥により硝化液循環を行っていて、ORP 値が高く、脱窒反応が十分起こっていないと思われる場合には、窒素除去の状況を把握して適正な ORP 値になるよう、汚泥返送比の管理を行う。

(b) 「汚泥返送比の調節」

段階的高度処理では、硝化液循環の機能を汚泥返送によってまかなう場合が多い。この場合の汚泥返送比は、循環式硝化脱窒法では 50%程度である。事例調査によると、主に窒素除去を行う場合（処理水質 T-N14mg/L 以下かつ T-P1.0mg/L 以上）の汚泥返送比は 30~110%まで様々であるが、概ね 2/3 の事例において汚泥返送比は 50%以上となっている。汚泥返送比を増加させることにより無酸素槽に流入する NO_x-N の量を増加させることができる。

一方、汚泥返送比を上げることによって、余剰汚泥濃度が低下する場合がある。余剰汚泥を機械濃縮等している場合は、汚泥の濃縮性が悪化することで、機械濃縮の稼働率が上昇し、エネルギー消費量増大の他、定期整備費の増大に繋がることに配慮が必要である。

(c) 「流入有機物濃度の確保」

流入水中の有機物は無酸素槽における脱窒反応で水素供与体として利用される。このため、反応タンク流入水の有機物濃度が低い場合は、最初沈殿池の池数を減らすことで水面積負荷を大きくする、又は最初沈殿池をバイパスして下水を反応タンクに流入させることで、反応タンク流入水の有機物濃度を高めることを検討する。また、AOAO 運転のような 2 段又は 3 段運転の場合は、後段の槽にステップ流入を行い、有機物濃度を高めることを検討する。

2) 【MLSS 濃度の管理】

窒素除去を行うためには、硝化反応を促進するとともに、硝化細菌の濃度保持に必要な ASRT を確保し、水温に応じて MLSS 濃度を調節する必要がある。水温が低い冬期に硝化に必要な ASRT を確保するためには MLSS 濃度を高めに設定して運転することを検討する。

今回の事例調査では、MLSS 濃度は 1,200~3,900mg/L (平均 2,030mg/L 程度) で運転されており、循環式硝化脱窒法 (2,000~3,000mg/L) と比較して幅広い傾向にある。

3) 【pH 低下に対する対応】

好気槽において硝化反応が進むとアルカリ度が消費され、pH が低下する恐れがある。返送汚泥によって、無酸素槽に硝化液を循環して脱窒を促進し、pH の低下を抑制できる。脱窒を高めるためには、(b)「汚泥返送比の調節」及び (c)「流入有機物濃度の確保」で述べた方法による対応がある。

また、そのような対応をしても好気槽末端の pH が回復しない場合には、水酸化ナトリウム等を添加して中和する方法もある。

4) 【消費電力量の削減】

硝化抑制運転から硝化促進運転に変更する場合の送風量の増加、無酸素槽に硝化液を循環する汚泥返送比の増加により、標準法の運転と比較すると、消費電力量が増加することがある。

これに対して、「二軸 (送風電力量と窒素濃度) 管理による水処理運転の最適化」によって、放流水の窒素濃度を低く保ちつつ、送風電力量の削減にも取り組んでいる事例がある。(5.参考資料 別紙2参照)

5) 【汚泥処理プロセスへの留意】

硝化促進のため ASRT を長くし過ぎた場合は、活性汚泥の自己分解が進み、余剰汚泥の沈降性が低下するとともに、それに伴い返送汚泥濃度が低下し、汚泥の濃縮や脱水が困難になる等、汚泥処理プロセスに影響が出る可能性があることに留意する必要がある。

6) 【残留する NH₄-N の影響】

窒素除去を目的とする場合は、硝化促進運転を行うが、硝化反応が中途半端に進行すると、処理水中に NH₄-N と硝化細菌が同時に残留し、BOD 測定の際に残留した NH₄-N が酸化され、BOD (N-BOD) が上昇することがあるので注意する。

事例調査によると、硝化促進を良好に行っている反応タンクにおいては、残存 NH₄-N

濃度が比較的低濃度であるため N-BOD 値も比較的低いが、硝化促進が中途半端になると、残存 NH₄-N 濃度が 10mg/L 程度となり、一方で ASRT が長く、硝化細菌が増殖しているため、N-BOD が 15mg/L を超える値となった事例がある。

7) 【運転開始後の水質分析】

窒素除去の効果を確認するためには、高度処理法と同様に水質分析を行う必要がある。無酸素状態及び好気状態を的確に把握するのに必要な水質項目と測定場所は維持管理指針等を参考に設定する（表 11 参照）。

表 11 窒素除去に関する水質項目

	T-N	NO _x -N	NH ₄ -N	ORP	pH	MLDO
流入水	○		○		○	
無酸素槽		○		○		
好気槽中間			△			△
好気槽末端		△	△			○
処理水	○	○	○		○	

○：水質管理を目的として定期的に行う項目

△：適宜試験を行うことが望ましい項目

③窒素・りん除去

窒素・りん除去は、①で示したりん除去の方法と②で示した窒素除去の方法が組み合わされて行われる方法である。両方法の管理上の留意点にはトレードオフの関係になるものもある。

段階的高度処理では、反応タンク内の嫌気条件及び無酸素条件と好気条件を区分する「隔壁」を有していなかったり、一つの槽内において、嫌気条件と無酸素条件の両方の形成を期待する場合がある。嫌気条件及び無酸素条件下における攪拌方法が「攪拌機」では無く、「微曝気」による場合や、汚泥の返送によって MLSS 濃度の管理と硝化液循環の両機能を備えることも多い。これらのことから、窒素除去及びりん除去機能が不安定になりやすい。以下に留意事項を示す。

1) 【嫌気条件及び無酸素条件の確保】

(a) 「ORP の管理」

①りん除去、②窒素除去の記載と同様、ORP の測定によって管理することが望まれ、その際、嫌気槽及び無酸素槽における ORP 値を低く保つことが重要である。

(b) 「汚泥返送比の調節」

②窒素除去と同様、汚泥返送比は、嫌気無酸素好気法では 50%程度である。

2) 【好気条件における硝化反応とりん除去のバランスの維持】

(a) 「MLSS 濃度と ASRT の管理」

窒素除去は、硝化反応を促進させる必要があり、硝化細菌の濃度保持に必要な ASRT を確保するために水温に応じて MLSS 濃度を調節する。硝化速度が大きい夏期は MLSS 濃度を低く、冬期は ASRT を考慮しながら MLSS 濃度を高めに設定して運転するのが望ましい。

一方、りん除去は、りん濃度を高めた活性汚泥を余剰汚泥として引き抜くことによって水処理系内からりんを除去する方法であるため、MLSS 濃度が高くなると余剰汚泥が減少し、汚泥が水処理系内に保持されてしまうので、りん除去量が減少する。このため、窒素・りんの同時除去のためには、MLSS 濃度の設定のバランスが重要である。

今回の事例調査では、MLSS 濃度は 1,200~3,000mg/L (平均 1,850mg/L 程度) で運転されており、嫌気無酸素好気法 (2,000~3,000mg/L) と比較して若干低めの傾向にある。

(b) 「MLDO の設定」

好気槽内において MLDO が不足すると、硝化反応やりんの過剰摂取が抑制される。

一方、過度の MLDO (送風量が過大) は、逆流により無酸素槽に DO が流入し、脱窒反応が阻害されることや嫌気槽に DO が流入し、嫌気条件下における活性汚泥からのりんの放出が阻害されることがあるため、注意が必要である。

AOAO 運転の場合、第 3 槽目の嫌気槽の状態を維持するため、第 2 槽目の好気槽は、第 4 槽目の好気槽より MLDO を低めに管理することに留意する。

3) 【消費電力量の削減】

嫌気無酸素好気法では、硝化のために必要となる空気量が増え、ブロワの消費電力量が増える一方、脱窒等による汚泥の減量、MLSS 濃度を上げるための余剰汚泥引抜量の縮減により、最終的な発生汚泥量が減る場合がある。

処理場毎に電気の契約料金や汚泥処分費は異なるが、事例調査によると電力使用料の増加が汚泥処分費の縮減によって相殺された結果、経費を抑えることができた事例があった。

4) 【汚泥浮上・りんの再溶出】

硝化促進時には、好気槽で硝化された処理水が無酸素条件となる最終沈殿池に入ること、脱窒に伴う汚泥浮上が起こる場合がある。この現象は、スカムスキマーの下流側でも起こり、汚泥ブロックが処理水に混ざり SS 及び BOD が上昇することが懸念される。

最終沈殿池で連続的な汚泥浮上が起こった場合は、各系列の処理量調整や、反応タンク内の好気槽での曝気風量を弱めることで硝化を抑制し、浮上を抑える方法がある。

また、りんについても嫌気条件となる最終沈殿池では活性汚泥からのりんの放出が懸念される。最終沈殿池の泥深管理も重要である。

5) 【残留する NH₄-N の影響】

②窒素除去の記載と同様、反応タンク流出水中の残留 NH₄-N によって、N-BOD が上昇することがあるので注意する。

6) 【運転開始後の水質分析】

窒素・りん除去の効果を確認するためには、高度処理法と同様に水質分析を行う必要がある。無酸素状態及び好気状態を的確に把握するのに必要な水質項目と測定場所は維持管理指針等を参考に設定する（表 12 参照）。

表 12 窒素りん除去に関する水質項目

	T-N	NO _x -N	NH ₄ -N	T-P	PO ₄ -P	活性汚泥中の りん含有率	ORP	pH	MLSS	MLDO
流入水	○		○	○	○			○		
嫌気槽		△			○		○			
無酸素槽		○			△		○			
好気槽末端		△	△		△	○		○	○	○
処理水	○	○	○	○	○			○		

○:水質管理を目的として定期的に行う項目

△:適宜試験を行うことが望ましい項目

3.1.10 計画放流水質の適用に係わる処理方式の評価

下水道法施行令等に示された処理方法以外の処理方法（又は施行令等に示された処理方法を別の区分）として採用する場合は、以下に示す手順で「評価 2」を実施して、「測定した放流水質の日間平均値が設定しようとする計画放流水質を超えないこと」を満足すれば、当該処理方法を事業計画に高度処理として位置付けることができる。

（解説）

「評価 2」とは、既存施設における処理方法を評価する手法の一つである。

「評価 2」の評価項目・評価手法を図 51 に示す。

既存施設の処理方法が、別表 1（p71）の「BOD（mg/l）：10 を超え 15 以下」の区分以外の区分とする場合は、別表 2「評価 2」（p72）のとおりとする。既存施設の処理方法を変更せず、増設、改築する場合も同様とするが、既に既存施設が評価を受けている場合は改めて評価を受ける必要はない。

評価の対象は実証実験を行った処理場のみとなる。国土交通省では、実証実験の実績が増えて知見を集積した後に、順次公表することとしており、その際には「評価 2」を経ずに当該処理方法を事業計画に位置付けることが可能となる。（当面は個別評価となる。）同じ処理場の他系列で同じ段階的・高度処理を適用する場合、躯体の形状や流入水量が概ね同じであれば、本評価が適用できる。

また、段階的・高度処理運転を行う上では、標準法と比較して、反応タンク内の一部で嫌気状態や無酸素状態を確保して、りん除去や窒素除去を行うことから、一般的に処理能力が小さくなる。

実証実験を実施する上での 1 日当たり平均流入下水量は、設計値の 1/2 以上であり、事業計画に位置付ける際の流入水量は、設計値の 1/2 以上、上限は実証実験を行った水量以下とする。1 日当たり平均流入下水量が 1/2 未満の場合には、面整備や接続率の向上等により、1/2 以上となってから「評価 2」を行うことが可能となる。流入水量は系列あたりの水量であることから、系列毎の分配量を変えて、当該系列の流入水量を 1/2 以上として実験を行うことも可能である。

詳細は、5.参考資料の「下水道法に基づく事業計画の運用について」（平成 24 年 3 月 27 日国水事第 63 号水管・国土保全局通知）及び「計画放流水質の適用の考え方について」（平成 16 年 4 月 9 日付下水道事業課企画専門官事務連絡）（p109）を参照のこと。

なお、p27～31 の中で、①-1、②-1b、②-2b については、「評価 2」を実施することなく、事業計画に高度処理として位置付けることが可能であることを念のため申し添える。

別表 1

別表 1

処理方法 (単位 mg/L)	生物化学的 酸素要求量		一〇以下						一〇を超え 一五以下			
	窒素含有量		一〇以下		一〇を超え 二〇以下		一を超え三以下		二〇以下		一を超え三以下	
	燐含有量		〇・五以下	一を超え三以下	一以下	一を超え三以下	一以下	一を超え三以下	三以下	三以下	三以下	
標準活性汚泥法等 ^{注1)}												◎
急速濾過法を併用									◎			○
凝集剤を添加											○	○
凝集剤を添加、急速濾過法を併用							○	○	○		○	○
循環式硝化脱窒法等 ^{注2)}										◎		○
有機物を添加											○	○
急速濾過法を併用							◎		○		○	○
凝集剤を添加										◎	○	○
有機物を添加、急速濾過法を併用					◎		○		○		○	○
有機物を添加、凝集剤を添加											○	○
凝集剤を添加、急速濾過法を併用						◎	◎	○	○	○	○	○
有機物及び凝集剤を添加、急速濾過法を併用				◎	◎	○	○	○	○	○	○	○
嫌気好気活性汚泥法												◎
急速濾過法を併用									◎	○		○
凝集剤を添加												○
凝集剤を添加、急速濾過法を併用								◎	○	○		○
嫌気無酸素好気法										◎	◎	◎
有機物を添加											○	○
急速濾過法を併用							◎	◎		◎	○	○
凝集剤を添加											○	○
有機物を添加、急速濾過法を併用						◎	◎		○	○	○	○
有機物を添加、凝集剤を添加											○	○
凝集剤を添加、急速濾過法を併用							◎	○	◎	○	○	○
有機物及び凝集剤を添加、急速濾過法を併用				◎	◎	○	○	○	○	○	○	○
循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法					◎				○		○	○
凝集剤を添加						◎	◎	◎	○	○	○	○

注1) 標準活性汚泥法等とは、以下の7つの方法を指す。

標準活性汚泥法、オキシデーションディッチ法、長時間エアレーション法、回分式活性汚泥法、酸素活性汚泥法、好気性ろ床法、接触酸化法

注2) 循環式硝化脱窒法等とは、以下の4つの方法を指す。

循環式硝化脱窒法、硝化内生脱窒法、ステップ流入式多段硝化脱窒法、高度処理オキシデーションディッチ法

◎ 令第5条の5第1項第2号に示された処理方法

別表 2

項 目		評価 1	評価 2
実証実験実施期間		連続する1年間以上	連続する1年間以上
実証実験実施場所		実施設	実施設
流入水量	実施設	不問 ※設計値の1/2未満 の場合は、1/2以上に 達した時点で再評価 を実施	設計値の1/2以上
流入水質	水質条件等	当該箇所の水質	当該箇所の水質
	測定頻度	日間平均: 月2回以上	日間平均: 月2回以上
	測定項目	水温、pH、BOD、SS	水温、pH、BOD、SS 必要に応じて、T-N、T-P
放流水質	測定頻度	日間平均: 月2回以上 日間変動: 時間変動3 ヶ月に1回以上	日間平均: 月2回以上 日間変動: 時間変動3 ヶ月に1回以上
	測定項目	水温、pH、BOD、SS	水温、pH、BOD、SS T-N、T-Pを評価する 場合は、T-N、T-P
外部評価		不要	不要
評価方法		測定した放流水質の 日間平均値が設定し ようとする計画放流 水質を超えないこと	測定した放流水質の 日間平均値が設定し ようとする計画放流 水質を超えないこと

3.2 管渠の交付金対象範囲の拡大

段階的高度処理により、事業計画に標準法その他これと同程度に下水を処理することができる方法よりも高度な処理方法に関する事項が記載されており、かつ、実際に当該処理方法により処理を実施している下水道の処理区域は、管渠の交付対象範囲を定める「別表」において、第1種が適用可能となる。

(解説)

段階的高度処理により、事業計画に標準法その他これと同程度に下水を処理することができる方法よりも高度な処理方法に関する事項が記載されており、かつ、実際に当該処理方法により処理を実施している下水道の処理区域においては、下水道法施行令第24条の2第1項第1号及び第2号並びに第2項の規定に基づく告示に示されている管渠の交付対象範囲を定める「別表」において（p75参照）、第1種が適用可能となり、整備等が促進される。

（政令指定都市を除く）。

関係通達等は以下のとおり。

下水道法施行令第24条の2第1項第1号及び第2号並びに第2項の規定に基づき定める件（昭和46年10月9日告示第1705号、一部改正平成25年5月16日告示第492号）
（抜粋）

注3 この表中「第1種」、「第2種」及び「第3種」とは、それぞれ次に定めるものをいう。

第1種 次のいずれかに該当する予定処理区域をいう。

イ 下水道法（昭和33年法律第79号）第4条の事業計画に標準活性汚泥法その他これと同程度に下水を処理することができる方法よりも高度な処理方法に関する事項が記載されており、かつ、実際に当該処理方法による処理を実施している下水道の予定処理区域（ただし、公共用水域の水質保全に資するものに限る。）

(例) 一般市 (甲)

第 1 種

予定処理区域の面積 (ha)		口径 (mm)	下水排除量 (m ³ / 日)
50 未満		300 以上	15 以上
50 以上	100 未満	300 以上	20 以上
100 以上		300 以上	25 以上

第 2 種

予定処理区域の面積 (ha)		口径 (mm)	下水排除量 (m ³ / 日)
50 未満		300 以上	20 以上
50 以上	100 未満	300 以上	25 以上
100 以上		300 以上	30 以上

第 3 種

予定処理区域の面積 (ha)		口径 (mm)	下水排除量 (m ³ / 日)
50 未満		300 以上	25 以上
50 以上	100 未満	300 以上	30 以上
100 以上		300 以上	35 以上

第 1 種になることにより、第 2 種及び第 3 種と比較して、下水排除量が少なくとも交付金の対象となる（交付対象範囲が拡大する）。

下水道法施行令第 24 条の 2 第 1 項第 1 号及び第 2 号並びに第 2 項の規定に基づき定める
件（昭和 46 年 10 月 9 日 建設省告示第 1705 号、一部改正平成 25 年 5 月 16 日 国土
交通省告示第 492 号）

(抜粋)

■分流污水

指定都市（甲）

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	150 以上
50 以上 100 未満	300 以上	200 以上
100 以上 250 未満	300 以上	250 以上
250 以上 500 未満	300 以上	300 以上
500 以上 1000 未満	300 以上	400 以上
1000 以上 2000 未満	350 以上	600 以上
2000 以上 3000 未満	350 以上	1200 以上
3000 以上	350 以上	2400 以上

指定都市（乙）

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	100 以上
50 以上 100 未満	300 以上	150 以上
100 以上 250 未満	300 以上	200 以上
250 以上 500 未満	300 以上	250 以上
500 以上 1000 未満	300 以上	300 以上
1000 以上 2000 未満	350 以上	600 以上
2000 以上 3000 未満	350 以上	1200 以上
3000 以上	350 以上	2400 以上

一般市（甲）第 1 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	15 以上
50 以上 100 未満	300 以上	20 以上
100 以上	300 以上	25 以上

一般市（甲）第 2 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	20 以上
50 以上 100 未満	300 以上	25 以上
100 以上	300 以上	30 以上

一般市（甲）第 3 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	25 以上
50 以上 100 未満	300 以上	30 以上
100 以上	300 以上	35 以上

一般市（乙）第 1 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	5 以上
50 以上 100 未満	300 以上	10 以上
100 以上	300 以上	15 以上

一般市（乙）第 2 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	10 以上
50 以上 100 未満	300 以上	15 以上
100 以上	300 以上	20 以上

一般市（乙）第 3 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
50 未満	300 以上	15 以上
50 以上 100 未満	300 以上	20 以上
100 以上	300 以上	25 以上

一般市（丙）第 1 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
250 未満	300 以上	2 以上
250 以上	300 以上	3 以上

一般市（丙）第 2 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
100 未満	300 以上	2 以上
100 以上	300 以上	3 以上

一般市（丙）第 3 種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
100 未満	300 以上	3 以上
100 以上	300 以上	5 以上

■分流汚水

町村第1種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
面積によらず	300 以上	2 以上

町村第2種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
500 未満	300 以上	2 以上
500 以上	300 以上	3 以上

町村第3種

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
250 未満	300 以上	2 以上
250 以上	300 以上	3 以上

予定処理区域の面積 (ha)	口 径 (mm)	下水排除量 (m ³ /日)
面積によらず	300 以上	2 以上

注3 この表中「第1種」、「第2種」及び「第3種」とは、それぞれ次に定めるものをいう。
 一 第1種 次のいずれかに該当する予定処理区域をいう。

イ 下水道（昭和33年法律第79号）第4条の事業計画に標準活性汚泥法その他これと同程度に下水を処理することができる方法よりも高度な処理方法に関する事項が記載されており、かつ、実際に当該処理方法による処理を実施している下水道の予定処理区域（ただし、公共用水域の水質保全に資するものに限る。）

ロ 下水道法第2条の2第5項の規定に基づく流域別下水道整備総合計画への記載により同条第2項第5号に掲げる削減目標量を達成する特定終末処理場に係る下水道の予定処理区域

ハ 有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律(平成14年法律第120号)第3条第1項に規定する指定地域を含む予定処理区域のうち下水道等の汚水処理施設が整備された区域における人口の当該市町村の総人口に対する割合が低い市町村の予定処理区域

二 以上の市町村等が共同で利用する下水道施設の整備を一体的に行う市町村の予定処理区域

ホ 下水道事業及びその他の汚水処理事業において共同で利用する汚水処理施設の整備を一体的に行う市町村の予定処理区域

4. 段階的高度処理運転の事例

下記に示す3ケースについて代表的な事例を紹介する。

- ①りん除去
- ②窒素除去
- ③窒素・りん同時除去

(解説)

平成25年1月に全国の処理場(1,981処理場)を対象に実施した「高度処理の実施状況の全国実態調査」から、放流水質が良好な運転管理上のノウハウの収集を行う目的で、図52図53の選定条件を基に処理場を抽出し、段階的高度処理運転の事例を調査した。

【Ⅰ】【Ⅱ】に当てはまる処理場は96処理場あり、この処理場を対象に段階的高度処理運転の概要、設備面、運転面、水質についてアンケート調査を行った。

「反応タンク全槽が好気運転である」又は「段階的高度処理運転をしていないため無回答」の処理場を除くと、収集整理した事例は69処理場である。

代表的な事例をp79から紹介する。

【 I 】： 20 処理場

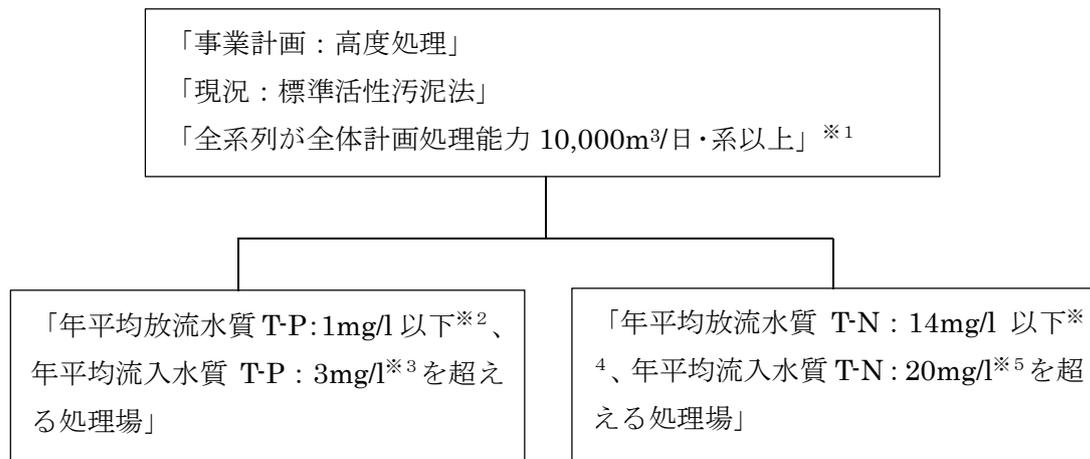


図 52 処理場の選定条件(【 I 】： 20 処理場)

【 II 】： 49 処理場

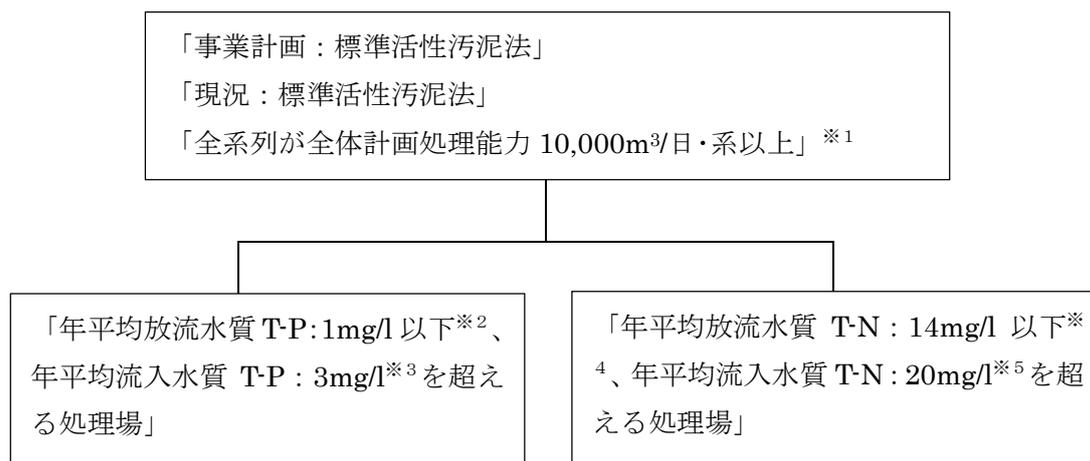


図 53 処理場の選定条件(【 II 】： 49 処理場)

※ 1. 全体計画処理能力 10,000m³/日未満の系列を有する処理場を除外。

※ 2. 別表 1 : AO 法として最低限必要なレベルの数値 (3.0mg/l) を標準換算係数 P=2.6 で割った値

※ 3. 別表 1 : AO 法として最低限必要なレベルの数値

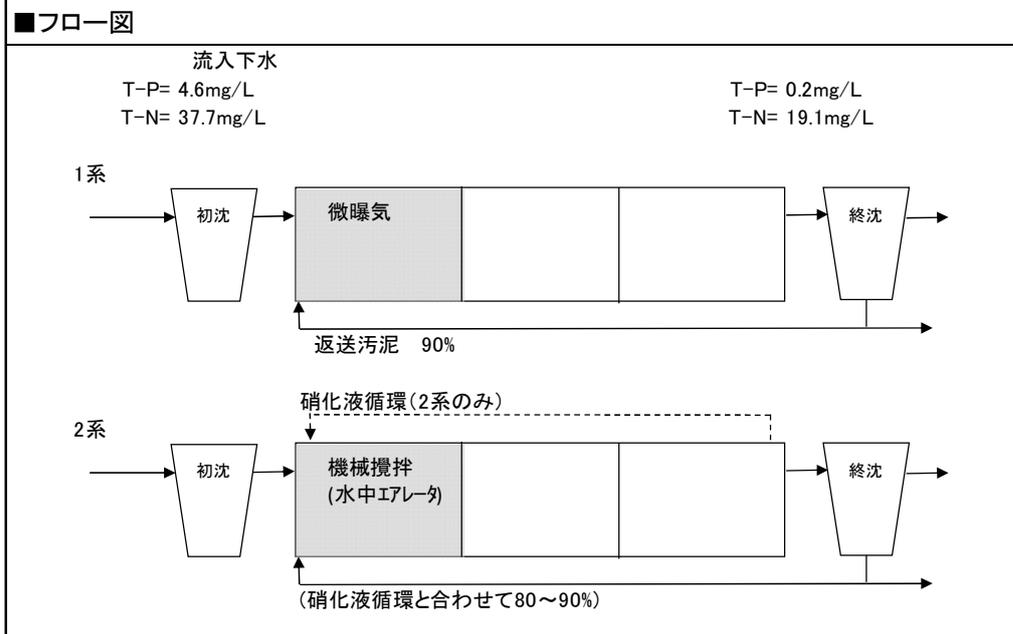
※ 4. 別表 1 : 窒素除去まで踏み込んだ高度処理として最低限必要なレベルの数値 (20mg/l) を標準換算係数 N=1.4 で割った値

※ 5. 別表 1 : 窒素除去まで踏み込んだ高度処理として最低限必要なレベルの数値

①りん除去

【事例1】		会津若松市		会津若松市下水浄化工場		
■概要(処理場全体)						
運転方法		1系:嫌気好気(1段)運転 2系:循環式硝化脱窒運転		主な除去対象物質		
				りん		
下水道の種類		公共下水道		当初の設計思想		
				標準活性汚泥法		
排除方式		分流		上位計画		
				阿賀野川流総		
計画処理面積 (ha)	全体計画	2,329		水処理方式	全体計画	標準活性汚泥法
	事業計画	1,845			事業計画	標準活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	117,900			現況 導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	102,950			現況 導入後	1系:嫌気好気(1段)運転 2系:循環式硝化脱窒運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	41,700		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	41,700
	事業計画 (日最大)	36,400			事業計画	36,400
	現況H25 (日最大)	31,329			現況 全体	29,120
	現況H25 (日平均)	24,213			現況 対象系列	2
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	阿賀川	
BOD	15	15	5	供用開始年	昭和57年	
SS	10	10	7	導入開始年	平成10年	
T-N			25.0	連絡先	下水道課 下水浄化工場 TEL:0242-24-7474	
T-P			0.25			
■導入に至る背景・経緯						
<p>(段階的高度処理の導入について):曝気槽の前段を嫌気槽にしたほうが処理が安定するという情報があった。 (施設の改造等について):曝気槽の前段の散気バルブを絞った。 (改造費用について):バルブを絞り曝気槽に嫌気部をつくる(0円)。硝化液循環ポンプを設置する(400万円)。</p>						

■設備面			
反応槽の構成	嫌気槽・好気槽	嫌気槽攪拌方法	1系:散気板による旋回流方式 2系:機械攪拌
AとOの比率	A:O=1:2	散気装置	散気板
槽の数	AOO	分配槽見直しの有無	無
隔壁の有無	有	返送汚泥ポンプ能力 (m ³ /分)	3.3m ³ ×2台 4m ³ ×2台
ステップ水路の有無	有(使用せず)	ブロウ能力(m ³ /h)	23700
補完設備	無(汚泥処理にはポリ鉄添加)	硝化液循環ポンプの有無	有
初沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	50	終沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	20
反応槽内の計装機器	反応槽後段にDO計、PH計、MLSS計、DO計、ORP計など		



■運転面							
項目	導入前 (8年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	20,765	⇒	24,213	22,953	25,652	24,374	23,867
MLSS(mg/L)	1390	⇒	2,266	2,170	2,223	2,333	2,338
HRT(hr)	11.9	⇒	11.1	11.7	10.4	11	11.3
A-SRT(d)	5.9	⇒	9.2	8.8	9.8	9.5	8.9
汚泥返送比(%)	39	⇒	90	90	90	90	90
送風量(m ³ /日)	165,720	⇒	121,720	123,865	119,690	129,150	114,170
送風倍率(倍)	6.9	⇒	7.71	8.8	6.7	8.2	7.1
反応槽末端DO (mg/l)	2.5	⇒	1.8	2.2	1.0	1.4	2.7

■ 運転管理

(運転の確認方法)

PH, DOにより管理

(日間変動・季節変動の対応)(負荷量への対応)

流入水はなるべくためこまず、水処理系にいれている。送風量は流入水の変動に合わせて、2~3段階で調整している。0~9時まで少なめ、9~18時多め、18~24時さらに多く。5月~11月ごろまでは、硝化が進みやすく、エアレーションタンクのPHがさがり過ぎないように管理している。エアタン出口でPH6~6.5、DO1.0を目安で調整 11月~4月ごろまでは硝化が進みにくいのでMLSSを下げすぎないようにし、DOで管理している。MLSS2200mg/L DO2.0を目安

■ 維持管理

(管理主体)

維持管理は委託している。

(作業量の増加)

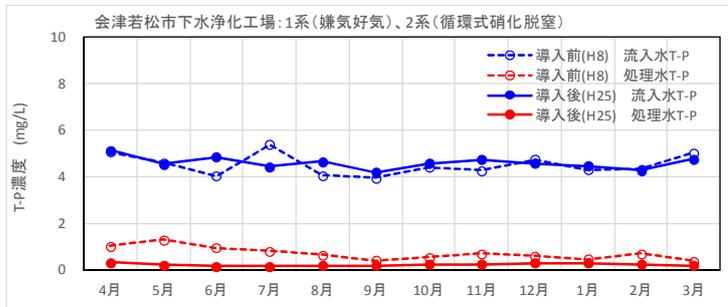
特になし

■ その他

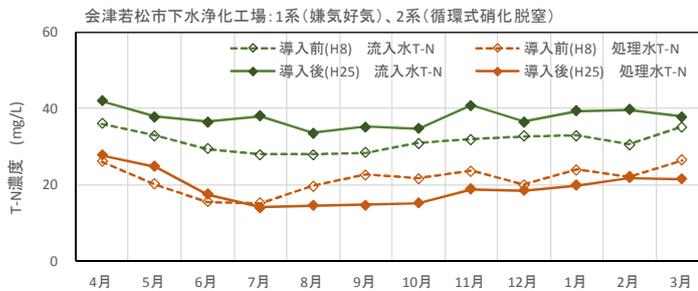
(雨天時の対応)

放流水質が確保できていれば特になし

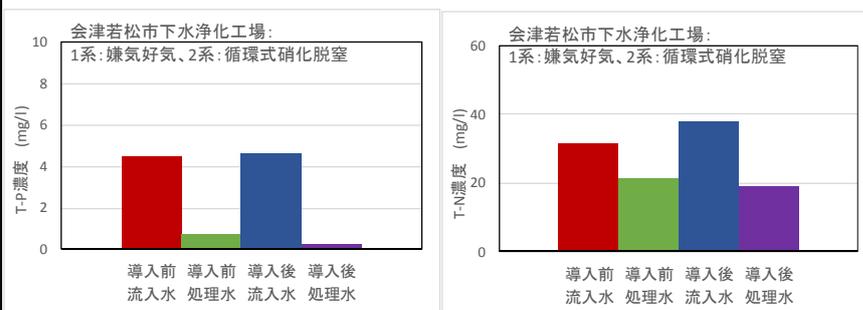
■ 水質データ TP



■ 水質データ TN

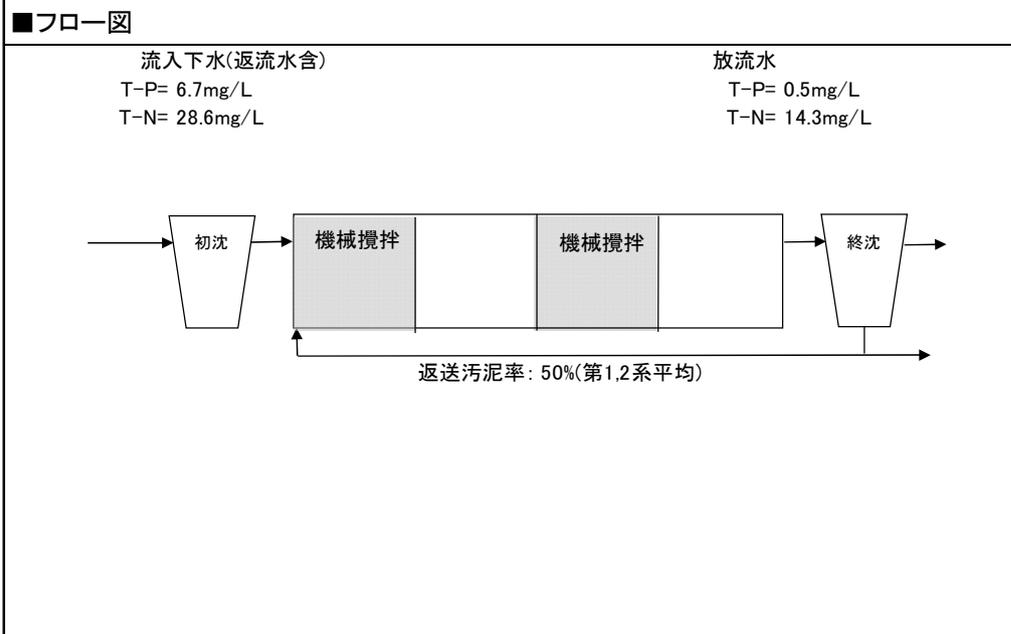


■ 導入前後の水質 TP, TN



【事例2】		加須市		加須市環境浄化センター 第2系列		
■概要(処理場全体)						
運転方法		嫌気-好気(2段)運転		主な除去対象物質		
				りん		
下水道の種類		公共下水道		当初の設計思想		
				窒素、りん除去		
排除方式		分流式		上位計画		
				中川流総		
計画処理面積 (ha)	全体計画	2,199		水処理方式	全体計画	凝集剤添加循環式硝化脱窒法+高速ろ過法
	事業計画	904			事業計画	標準活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	53,300			現況導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	41,300			現況導入後	嫌気-好気(2段)運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	31,500		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	31,500
	事業計画 (日最大)	24,920			事業計画	24,920
	現況H25 (日最大)	51,079			現況全体	24,920
	現況H25 (日平均)	14,294			現況対象系列	13,520
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	青毛堀川	
BOD	15	15	-	供用開始年	昭和58年4月	
SS	10	10	-	導入開始年	平成7年	
T-N	-	-	-	連絡先	上下水道部下水道課 TEL:0480-65-8981	
T-P	-	-	-			
■導入に至る背景・経緯						
平成6年度頃、第1系列において反応槽内に糸状菌が年中発生してバルキングの状態が続いていたため、1槽目の風量を絞ったところ、バルキングが解消された。翌年から第2系列の運転を開始し、第1系列の運転方法に習い1槽目と3槽目を嫌気状態とし、嫌気好気法による運転を行うようになった。						

■設備面			
反応槽の構成	嫌気槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	機械攪拌(水中エアレータ)
AとOの比率	AOAO=1:1:1:1	散気装置	散気板/エアレータ
槽の数	AOAO	分配槽見直しの有無	無
隔壁の有無	無	返送汚泥ポンプ能力(m ³ /分)	×7台
ステップ水路の有無	有(使用せず)	ブロワ能力(m ³ /h)	40m ³ /分×2台 90m ³ /分×2台
補完設備	無	硝化液循環ポンプの有無	無
初沈水面積負荷(m ³ /m ² ・日)	50以上	終沈水面積負荷(m ³ /m ² ・日)	20
反応槽内の計装機器	反応槽前段にORP計、反応槽後段にMLSS計及びDO計、pH計	MLSS計、DO計、ORP計など	



■運転面							
項目	導入前 (○年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	—	⇒	14,294 (第1,第2系列)	—	—	—	—
MLSS(mg/L)	—	⇒	1,388 (第2系列)	—	—	—	—
HRT(hr)	—	⇒	7 (第1,第2系列)	—	—	—	—
A-SRT(d)	—	⇒	2.7 (第1,第2系列)	—	—	—	—
汚泥返送比(%)	—	⇒	50 (第1,第2系列)	—	—	—	—
送風量(m ³ /日)	—	⇒	34,478 (第2系列)	—	—	—	—
送風倍率(倍)	—	⇒	5.6 (第1,第2系列)	—	—	—	—
反応槽末端DO(mg/l)	—	⇒	3.41 (第2系列)	—	—	—	—

■運転管理

(運転の確認方法)

・1槽目と3槽目は、空気を送らずに水中エアレーターによる攪拌のみで、2槽目と4槽目は空気を送り好気状態にしている。

(日間変動・季節変動の対応)

・DO濃度は、目標値は設定していないがpHを確認しながら冬期は、夏期よりもDO濃度を高めにして運転している。

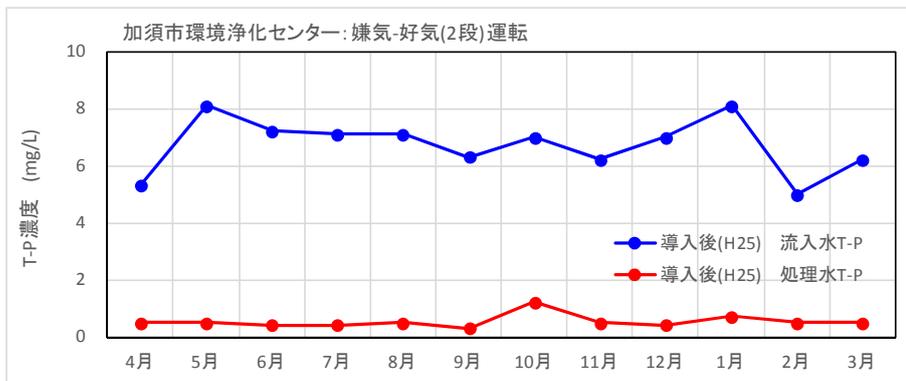
■維持管理

(管理主体)

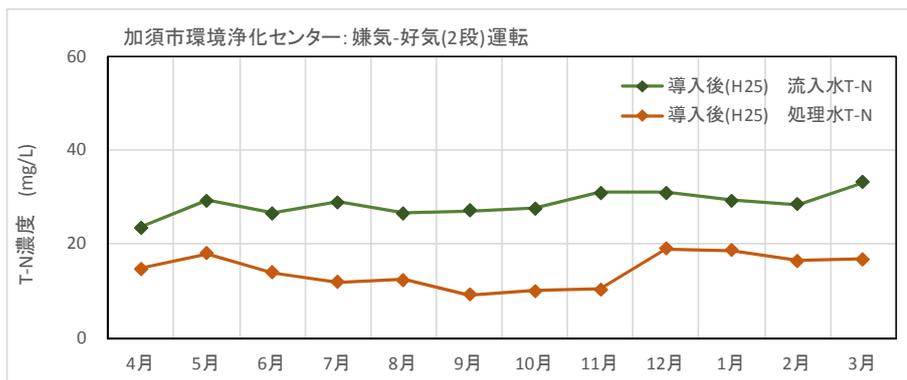
・維持管理は委託している。

■その他

■水質データ TP



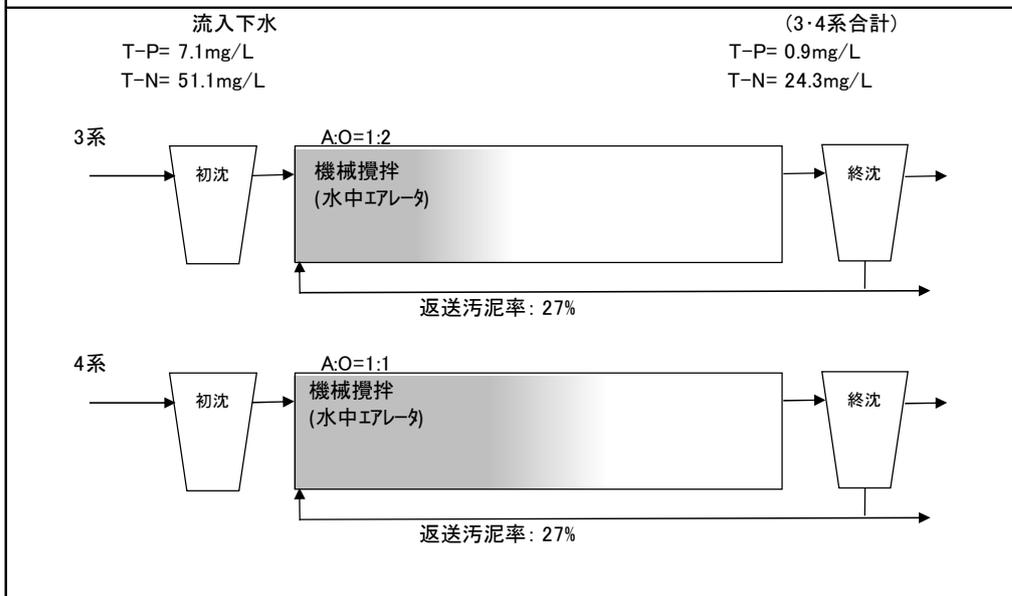
■水質データ TN



【事例3】	十和田市			十和田下水処理場		
■概要(処理場全体)						
運転方法		嫌気-好気(1段)運転		主な除去対象物質		
				りん		
下水道の種類		公共下水道		当初の設計思想		
				標準活性汚泥法		
排除方式		分流式		上位計画		
				新井田川流総		
計画処理面積 (ha)	全体計画	1,908.6		水処理方式	全体計画	標準活性汚泥法
	事業計画	1,703.4			事業計画	標準活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	41,200			現況 導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	42,000			現況 導入後	嫌気-好気(1段)運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	17,790		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	17,790
	事業計画 (日最大)	17,560			事業計画	17,560
	現況H25 (日最大)	15,660			現況 全体	12,328
	現況H25 (日平均)	12,069			現況 対象系列	7,280
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	奥入瀬川	
BOD	15	15	-	供用開始年	昭和55年	
SS	21	21	-	導入開始年	平成8年	
T-N	-	-	20	連絡先	下水道課 TEL:0176-25-4015	
T-P	-	-	-			
■導入に至る背景・経緯						
・H8、H16に増設した3系、4系は、嫌気好気運転により、りんの除去が行われているが、1系、2系は標準活性汚泥法のままである。						

■設備面			
反応槽の構成	嫌気槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	機械攪拌(水中エアレータ)
AとOの比率	3系 1:2 4系 1:1	散気装置	3系 散気槽/エアレータ 4系 散気板/エアレータ
槽の数	3系 AA0000 4系 AA00	分配槽見直しの有無	無
隔壁の有無	無	返送汚泥ポンプ能力 (m ³ /分)	2.5m ³ /分 2台 3.3m ³ /分 1台
ステップ水路の有無	有(使用せず)	プロウ能力(m ³ /h)	50m ³ /分 3台
補完設備	無	硝化液循環ポンプの有無	無
初沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	24.7	終沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	14.7
反応槽内の計装 機器	反応槽後段にMLSS計、 DO計、PH計	MLSS計、DO計、ORP計など	

■フロー図



■運転面

項目	導入前 (H8年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	5,112	⇒	7,213	4,500	8500	〃	〃
MLSS(mg/L)	1,300	⇒	1,000~ 2,200	1,000~ 1,900	1,000~ 1,500	1,500~ 1,800	1,600~ 1,200
HRT(hr)	8.1	⇒	10.8	10.8	〃	〃	〃
A-SRT(d)	2.6	⇒	5.3	5.3	〃	〃	〃
汚泥返送比(%)	53.3	⇒	26.8	26.8	〃	〃	〃
送風量(m ³ /日)	23,183	⇒	36,079	36,079	〃	〃	〃
送風倍率(倍)	4.5	⇒	5	5	〃	〃	〃
反応槽末端DO (mg/l)	2.5	⇒	1.1	1.1	〃	〃	〃

■ 運転管理

(目標値)

・DOは最終槽で0.4mg/L以下にならないことを目標としている。省エネの為、ブローワーは1台運転としている。

(確認状況)

・水中内の攪拌機、ポンプ類は、年2回地上に引き上げ点検している。槽内の汚泥堆積もなく良好に機能している。

(調整方法)

・MLSSの増減は返送率を変えるのではなく余剰汚泥の1回当たりの引抜量を調整して対応している。

■ 維持管理

(管理主体)

・維持管理は委託している

(作業量の増加)

・夜間は送風量を下げている。

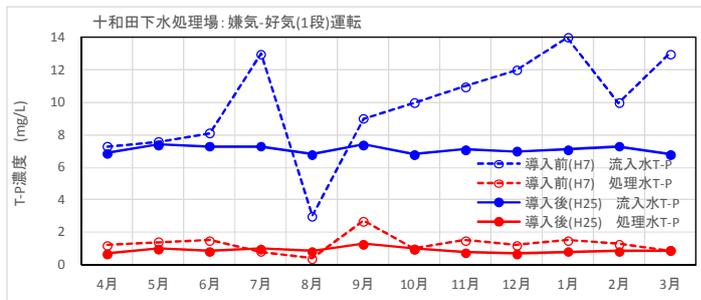
・冬期の水温低下に合わせMLSS濃度を高くしている。

■ その他

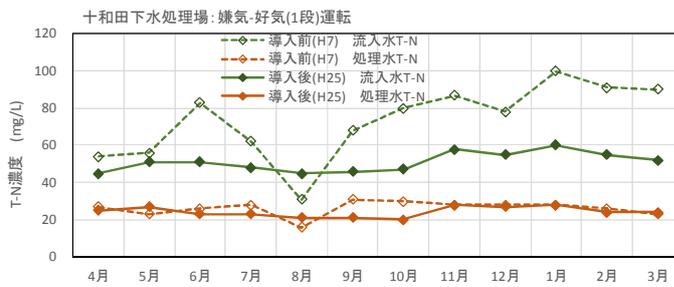
(雨天時の対応)

・送風量を下げる。

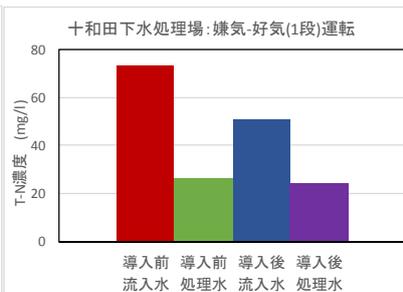
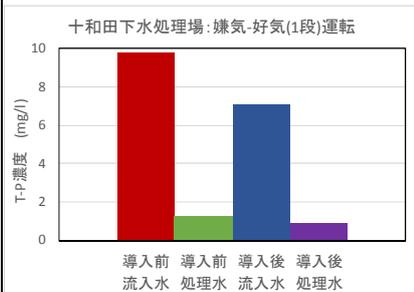
■ 水質データ TP



■ 水質データ TN



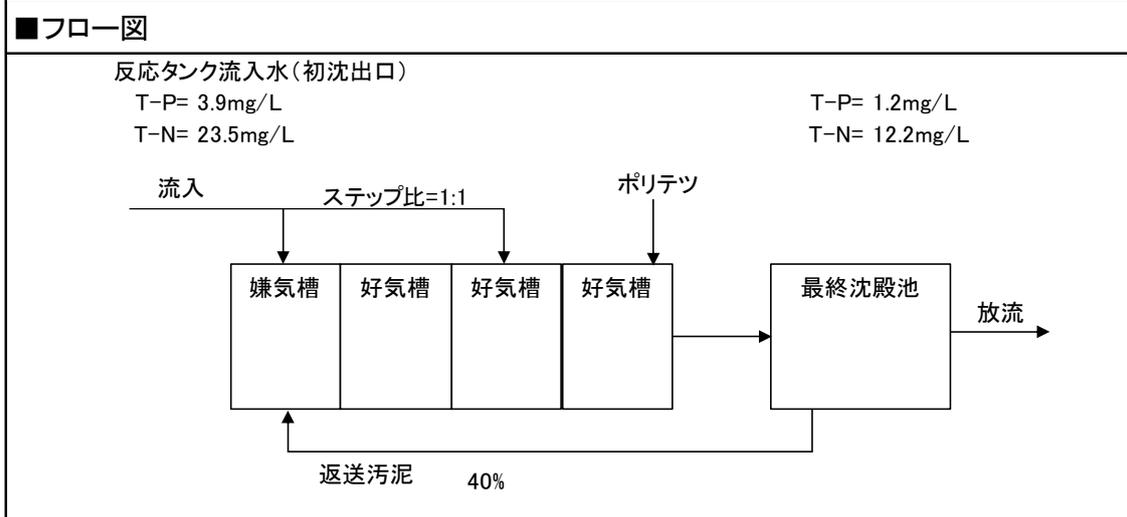
■ 導入前後の水質 TP, TN



②窒素除去

【事例4】		和歌山市		北部終末処理場		
■概要(処理場全体)						
運転方法		ステップ流入式嫌気-好気(1段)運転		主な除去対象物質		
下水道の種類		公共下水道		窒素		
排除方式		分流		当初の設計思想		
計画処理面積 (ha)		分流		上位計画		
計画人口(人)		紀の川流総				
計画処理面積 (ha)	全体計画	2,813		水処理方式	全体計画	凝集剤添加活性汚泥法
	事業計画	1,065			事業計画	凝集剤添加活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	116,500			現況導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	49,100			現況導入後	ステップ流入式嫌気-好気(1段)運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画(日最大)	62,370		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	62,400
	事業計画(日最大)	23,200			事業計画	23,400
	現況H25(日最大)	13,347			現況全体	17,550
	現況H25(日平均)	5,755			現況対象系列	-
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	和歌山港区北港地区	
BOD	15	15	-	供用開始年	平成13年4月	
SS	-	-	-	導入開始年	平成19年1月	
T-N	-	-	-	連絡先	下水道経営課 TEL: 073.435-1093	
T-P	1	1	-			
■導入に至る背景・経緯						
<p>本市においては、建設段階の流入量負荷に対してのエアレーションタンク内の活性汚泥性状の安定化のために平成18年度より現況の運転方法を採用している状況です。</p> <p>高度処理については平成26年4月より事業計画に位置づけており、現在、段階的の高度処理に向けて検討中です。</p>						

■設備面			
反応槽の構成	嫌気槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	機械攪拌
AとOの比率	A:O=25:75	散気装置	散気板/ 超微細気泡散気装置
槽の数	AOOO	分配槽見直しの有無	無
隔壁の有無	有	返送汚泥ポンプ能力 (m ³ /分)	5.0m ³ /分×2台
ステップ水路の有無	有(1,3槽へステップ比1:1)	ブロウ能力(m ³ /h)	61.0m ³ /分×2台
補完設備	凝集剤添加 (常時,沈降性対策)	硝化液循環ポンプの有無	無
初沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	50	終沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	25
反応槽内の計装機器	MLSS計、DO計、 ORP計、温度計		



■運転面							
項目	導入前 (17年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	2,713	⇒	1,918	1,769	1,798	1,974	2,136
MLSS(mg/L)	1,784	⇒	1,804	1,843	1,792	1,763	1,819
HRT(hr)	11.2	⇒	16.3	17.3	17.1	15.9	15.2
A-SRT(d)	5.9	⇒	9.7	10.2	9.8	9.8	9.3
汚泥返送比(%)	34	⇒	40	41	41	39	37
送風量(m ³ /日)	16,486	⇒	10,790	10,384	11,081	10,729	10,964
送風倍率(倍)	5.4	⇒	5.2	5.2	5.5	5.0	4.9
反応槽末端DO (mg/l)	1.7	⇒	1.5	1.6	1.6	1.4	1.4

<p>■ 運転管理</p>
<p>(季節変動の対応) ・MLSSとDOの管理値は、季節で変更している。 (リンの対応) ・リンの上昇を抑えるため、余剰汚泥は可能な限り引き抜きを行い、引き抜き後は早急に脱水するようにしている。 (pHの対応) ・ステップ流入により、反応タンクの1と3から汚水を入れ、硝化に伴うpH低下を調整している。 (透視度の対応) ・SSを沈降させるため、反応タンクの出口付近でポリテツによる添加実験を行っている。 放流水の透視度(日最小) 導入前(H17):25度、導入後(H25):83度</p>
<p>■ 維持管理</p>
<p>(管理主体) ・維持管理は委託している。</p>
<p>■ その他</p>
<p>■ 水質データ TP</p>
<p>北部終末処理場:ステップ流入式嫌気-好気(1段)運転</p>
<p>■ 水質データ TN</p>
<p>北部終末処理場:ステップ流入式嫌気-好気(1段)運転</p>
<p>■ 導入前後の水質 TP, TN</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="335 1606 782 1971"> <p>北部終末処理場 :ステップ流入式嫌気-好気(1段)運転</p> </div> <div data-bbox="782 1606 1257 1971"> <p>北部終末処理場: ステップ流入式嫌気-好気(1段)運転</p> </div> </div>

【事例5】	伊勢原市			伊勢原終末処理場		
■概要(処理場全体)						
運転方法		嫌気-好気(1段)運転		主な除去対象物質		
				窒素		
下水道の種類		公共下水道		当初の設計思想		
				標準活性汚泥法		
排除方式		分流		上位計画		
				金目川等流域別下水道整備総合計画		
計画処理面積 (ha)	全体計画	1240.1		水処理方式	全体計画	標準活性汚泥法 +急速ろ過法
	事業計画	683			事業計画	標準活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	67,800			現況 導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	51,430			現況 導入後	嫌気-好気(1段)運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	55,100		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	55,100
	事業計画 (日最大)	49,410			事業計画	49,410
	現況H25 (日最大)	30,227			現況 全体	41,400
	現況H25 (日平均)	26,335			現況 対象系列	6,900
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	鈴川	
BOD	8	15	8	供用開始年	昭和62年3月	
SS	20	20	-	導入開始年	-	
T-N	-	-	-	連絡先	下水道施設課 TEL:0463-92-4751	
T-P	-	-	-			
■導入に至る背景・経緯						
平成2年度にスカミング対策として嫌気好気法を導入し、現在も同法でリン対策も併せて実施している。						

■設備面							
反応槽の構成	嫌気槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	機械攪拌(水中エアレータ)				
AとOの比率	2系列4池 A:O=25:75 1系列2池 A:O=16:84	散気装置	水中エアレータ				
槽の数	AOOO	分配槽見直しの有無	無し				
隔壁の有無	有	返送汚泥ポンプ能力 (m ³ /分)	6m ³ /分×4台 4.4m ³ /分×2台				
ステップ水路の有無	有(大雨時に3W)	ブロワ能力(m ³ /h)	160m ³ /分×2台 80m ³ /分×2台				
補完設備	凝集用としてPAC注入	硝化液循環ポンプの有無	無し				
初沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	80.8	終沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	12.4				
反応槽内の計装機器	反応槽後段にMLSS計及びDO計	MLSS計、DO計、ORP計など					
■フロー図							
<p>流入下水 T-P= 3.7mg/L T-N= 34.4mg/L</p> <p>雨天時のみ3W運転</p> <p>2系列4池</p> <p>初沈</p> <p>機械攪拌</p> <p>終沈</p> <p>返送汚泥率: 63%</p> <p>雨天時のみ3W運転</p> <p>1系列2池</p> <p>初沈</p> <p>機械攪拌</p> <p>終沈</p> <p>返送汚泥率: 63%</p> <p>雨天時のみ3W運転</p> <p>T-P= 1.1mg/L T-N= 13.8mg/L</p>							
■運転面							
項目	導入前 (○年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)		⇒	5,040	5,040	〃	〃	〃
MLSS(mg/L)		⇒	1200~1600	1200~1600	〃	〃	〃
HRT(hr)		⇒	13	13	〃	〃	〃
A-SRT(d)		⇒	7	7	〃	〃	〃
汚泥返送比(%)		⇒	63	63	〃	〃	〃
送風量(m ³ /日)		⇒	38,600	38,600	〃	〃	〃
送風倍率(倍)		⇒	6	6	〃	〃	〃
反応槽末端DO (mg/l)		⇒	2.4	2.8	1.9	2.5	2.3

■ 運転管理

(目標値)

・第3槽のDOを0.5mg/L以上、第4槽のDOを1.5～2.5mg/Lを目標としている。

(日間変動・季節変動の対応)

水温が高い夏場にはMLSSを1500より低く、冬場は1500より高くして運転している。

■ 維持管理

(管理主体)

維持管理は委託している。

(日間変動・季節変動の対応)

午前中にピークを迎える汚水の一部を通常運転で使用していない1系2池に貯留し、反応槽への負荷を軽減するピークカット運転を実施している。

(確認状況)

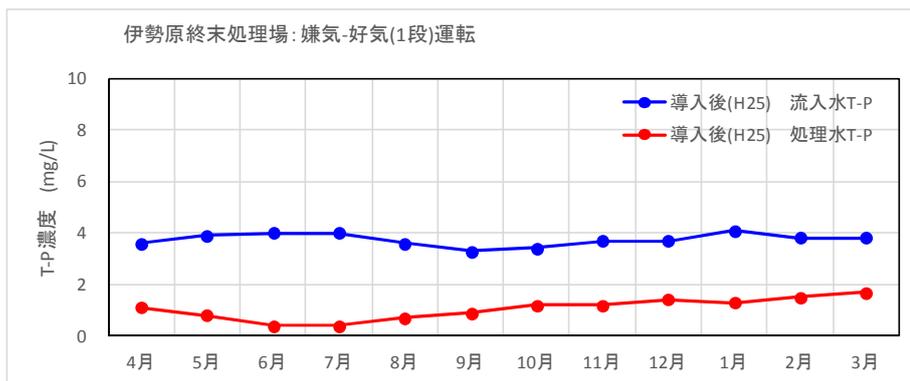
・機械攪拌は年1回地上に引き上げ点検している。

■ その他

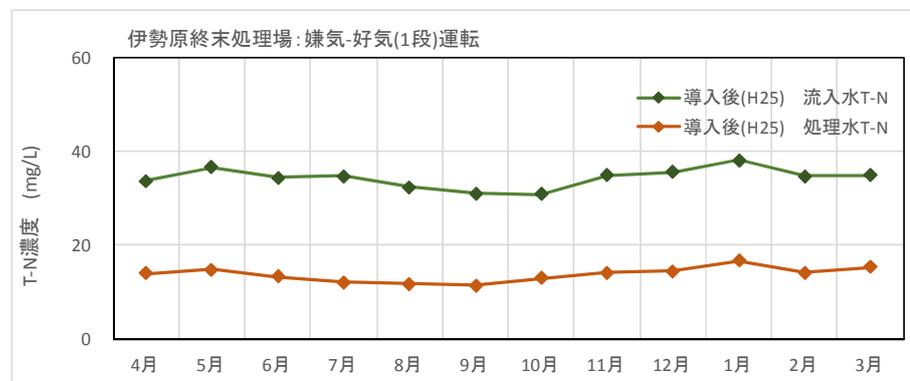
(雨天時の対応)

4槽目のステップを開けて揚水し、1～3槽目のMLSSを確保する。

■ 水質データ TP



■ 水質データ TN



【事例6】	横浜市	神奈川水再生センター 第1～2系列				
■概要(処理場全体)						
運転方法	嫌気-好気(1段)運転		主な除去対象物質		窒素	
下水道の種類	公共下水道		当初の設計思想		標準活性汚泥法	
排除方式	合流		上位計画		東京湾流総	
計画処理面積 (ha)	全体計画	4,771		水処理方式	全体計画	A2O法、循環法
	事業計画	4,771			事業計画	A2O法、循環法
計画人口(人)	全体計画	546,200			現況 導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	546,200			現況 導入後	嫌気-好気(1段)運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	280,400		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	280,400
	事業計画 (日最大)	280,400			事業計画	280,400
	現況 (日最大)	H23: 260954 H25: 132640			現況 全体	407,800
	現況 (日平均)	H23: 102800 H25: 65300			現況 対象系列	99,800
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	東京湾 (入江川小派川)	
BOD	15	15	なし	供用開始年	昭和53年3月	
SS			なし	導入開始年	平成14年2月	
T-N	16	20	なし	連絡先	下水道事業調整課 TEL: 045-671-2840	
T-P	1.4	2	なし			
■導入に至る背景・経緯						
(導入目的) ・バルキング対策や窒素除去向上(最終沈殿池での汚泥浮上抑制)を目的として実施。 (目標水質) ・他系列の高度処理施設(A2O)の実績を考慮し、T-N=6～9mg/L、T-P=0.5～1.0mg/Lとした。						

■設備面							
反応槽の構成	嫌気槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	散気板(微曝気)				
AとOの比率	A:O=3:5	散気装置	散気板				
槽の数	AAOOO	分配槽見直しの有無	無				
隔壁の有無	有	返送汚泥ポンプ能力(m ³ /分)	11.7m ³ /分×6台				
ステップ水路の有無	有(使用せず)	ブロワ能力(m ³ /h)	370m ³ /分×2台 275m ³ /分×2台				
補完設備	硫酸バンド注入 (年間数日, 処理悪化時など)	硝化液循環ポンプの有無	無				
初沈水面積積負荷(m ³ /m ² ・日)	H23年度: 24 H25年度: 21	終沈水面積積負荷(m ³ /m ² ・日)	H23年度: 15 H25年度: 20				
反応槽内の計装機器	反応槽後段にMLSS計及びDO計	MLSS計、DO計、ORP計など					
■フロー図							
反応タンク流入水(初沈出口) T-P= 2.3mg/L T-N= 21.0mg/L				1,2系合計 T-P= 0.8mg/L T-N= 7.9mg/L			
■運転面							
項目	導入前 (12年度) A系 (1系+2系)	⇒	導入後 (H23年度) A系 (1系+2系)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	124500	⇒	102800	110200	100800	99500	100800
MLSS(mg/L)	1180	⇒	2,080	1,880	1,910	2,130	2,390
HRT(hr)	7.2	⇒	9	8.5	9	9	9.3
A-SRT(d)	5.7	⇒	10.8	8.8	13.0	11.7	9.9
汚泥返送比(%)	68	⇒	40	40	40	40	40
送風量(m ³ /日)	553,500	⇒	429,700	439,600	385,300	449,100	445,000
送風倍率(倍)	4.7	⇒	4.2	4.0	3.8	4.5	4.4
反応槽末端DO(mg/l)	2.0	⇒	2.3	2.0	2.1	1.8	3.3

■ 運転管理

(運転の確認方法)
 ・疑似嫌気槽の曝気量の調整は、目視で汚泥の攪拌具合を確認しながら行っている。また、曝気不足で汚泥の堆積が無いことを、MLSSの推移でも確認している。
 ・好気槽の一部を疑似嫌気槽に転用しており、好気槽容量が不足しているため、特に硝化の進み具合に注意している(基本的には完全硝化が目標)。
 (日間変動・季節変動の対応)
 ・日間変動については、DO制御で対応している。完全硝化を目標としつつ、過曝気とならないようなDO設定値としている(概ね2.0mg/L前後で、時間帯別の設定は行っていない)。
 ・季節変動については、冬季に好気槽容量が不足するため、嫌気槽を短縮する(A:O=3.5→2.6)。またMLSSを2000台半ばまで上げている。

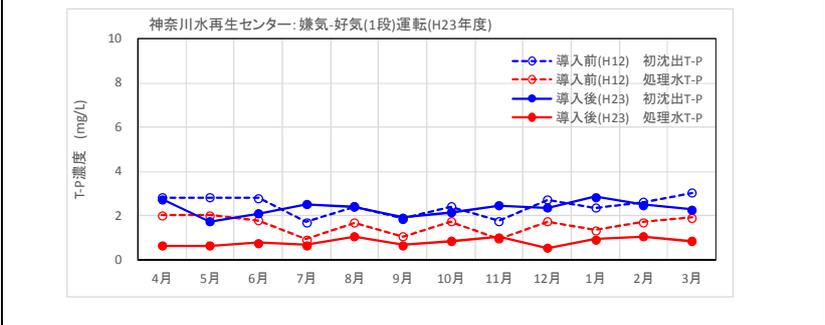
■ 維持管理

(管理主体)
 維持管理は直営。
 (作業量の増加)
 疑似嫌気槽の管理に関する現場作業が増加(汚泥攪拌状況の確認、好気槽延長/短縮時の現場空気弁の開閉等)。

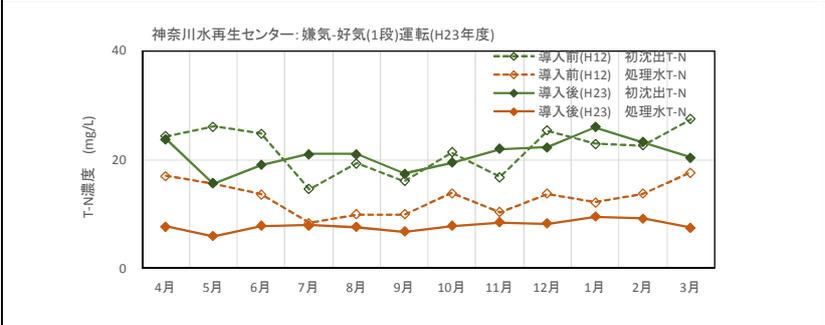
■ その他

(雨天時の対応)
 MLSSを高くして運転することで、汚泥流出の危険性が高まるため、汚泥界面の推移を注視している。

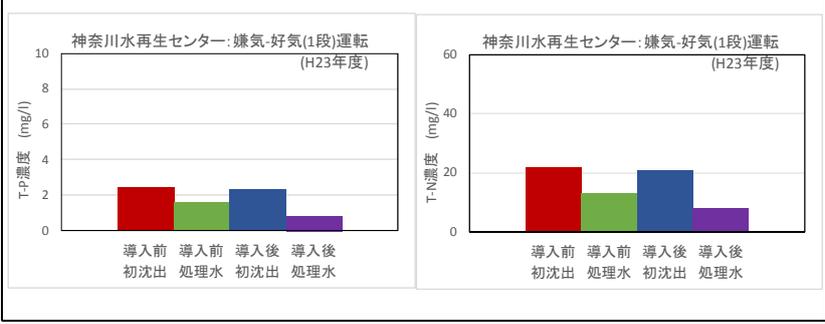
■ 水質データ TP



■ 水質データ TN



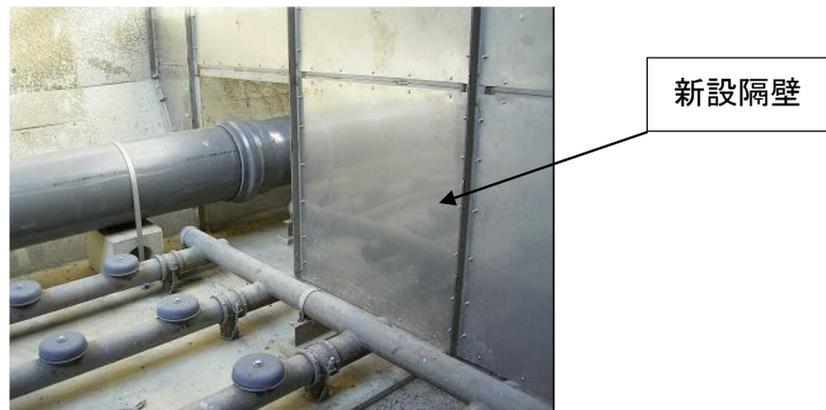
■ 導入前後の水質 TP, TN



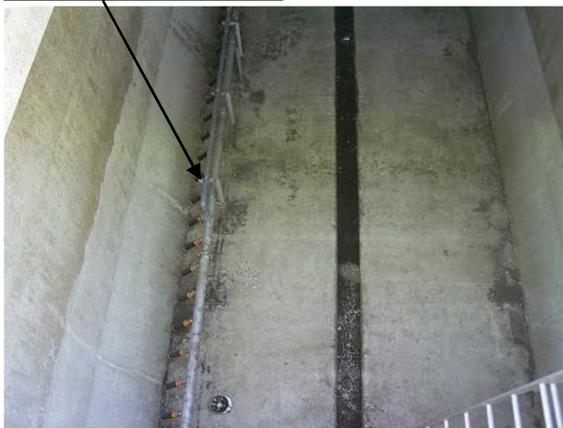
③窒素・りん同時除去

【事例7】		久留米市		中央浄化センター		
■概要(処理場全体)						
運転方法 ¹⁾		(擬似)嫌気・無酸素・好気法		主な除去対象物質 ²⁾		
				窒素、りん		
下水道の種類		公共下水道		当初の設計思想 ³⁾		
				標準活性汚泥法		
排除方式		分流式		上位計画		
				有明海関連水域流域別下水道整備総合計画		
計画処理面積 (ha)	全体計画	1,888		水処理方式	全体計画	
	事業計画	1,878			事業計画	嫌気・無酸素・好気法
計画人口(人)	全体計画	99,000		現況導入前 ⁴⁾	(擬似)嫌気・好気法	
	事業計画	99,300			現況導入後	(擬似)嫌気・無酸素・好気法
処理水量(m ³ /日)	全体計画(日最大)	72,900		施設能力(m ³ /日)日最大	全体計画	
	事業計画(日最大)	64,700			事業計画	72,900
	現況H25(日最大)	111,706			現況全体	64,700
	現況H25(日平均)	44,204			現況対象系列	60,600
計画放流水質(mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質 ⁵⁾	放流先	金丸川	
BOD	15	15	-	供用開始年	昭和47年	
SS	30	30	-	導入開始年 ⁶⁾	平成14年	
T-N	10	-	-	連絡先	上下水道部下水道施設課 TEL0942-39-1155	
T-P	1	-	-			
<p>1) 対象系列の、計画ではなく現在の運転方法。 2) 対象系列の、計画ではなく現在の運転方法に対して、目的とする除去対象物質。 3) 対象系列を当初設計した際の処理方法(標準法、又は将来的に高度処理(嫌気好気活性汚泥法、循環式硝化脱窒法等))。 4) 現在の段階的の高度処理を導入する前の運転方式(以前も段階的の高度処理ならその方式)。 5) 対象系列に対して、計画放流水質以外で独自に目標水質を設定している場合。 6) 対象系列の、計画ではなく現在の運転方法を導入した年。</p>						
■導入に至る背景・経緯						
<p>(背景・経緯) ・放流先河川等の水質向上を目指し、リン除去のAO法、窒素・リン同時除去のA₂O法へと改造した。 (攪拌・循環) ・標準法の施設を利用し、嫌気槽、無酸素槽の攪拌には、曝気用エアリーを使用した少量空気による旋回流攪拌装置を利用した。 ・内部循環も、エアリーフトポンプを使用し、初期投資を縮減した。</p>						

■設備面				
反応槽の構成	嫌気槽:無酸素槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	微曝気	
AとOの比率	C系(代表系列) 25:25:50	散気装置	嫌気槽:散気筒など 無酸素槽:エアパネル 好気槽:エアパネル	
槽の数	4槽(AA00)	分配槽見直しの有無	無	
隔壁の有無	有	返送汚泥ポンプ能力(m ³ /分)	C系(代表系列) 3.9 m ³ /分×4台	
ステップ水路の有無	無	ブロワ能力(m ³ /h)	1,680m ³ /h×2台 3,300m ³ /h×2台	
補完設備	無	硝化液循環ポンプの有無	有(エアリフトポンプ)	
初沈水面積負荷(m ³ /m ² ・日)	19m ³ /m ² ・日 (H25実処理状況による計算値)	終沈水面積負荷(m ³ /m ² ・日)	15m ³ /m ² ・日 (H25実処理状況による計算値)	
反応槽内の計装機器 ⁷⁾	好気槽前段にMLSS計、DO計、ORP計	7) MLSS計、DO計、ORP計など		
■フロー図				
<p>改造前</p> <p>改造後</p>				



嫌気槽攪拌装置

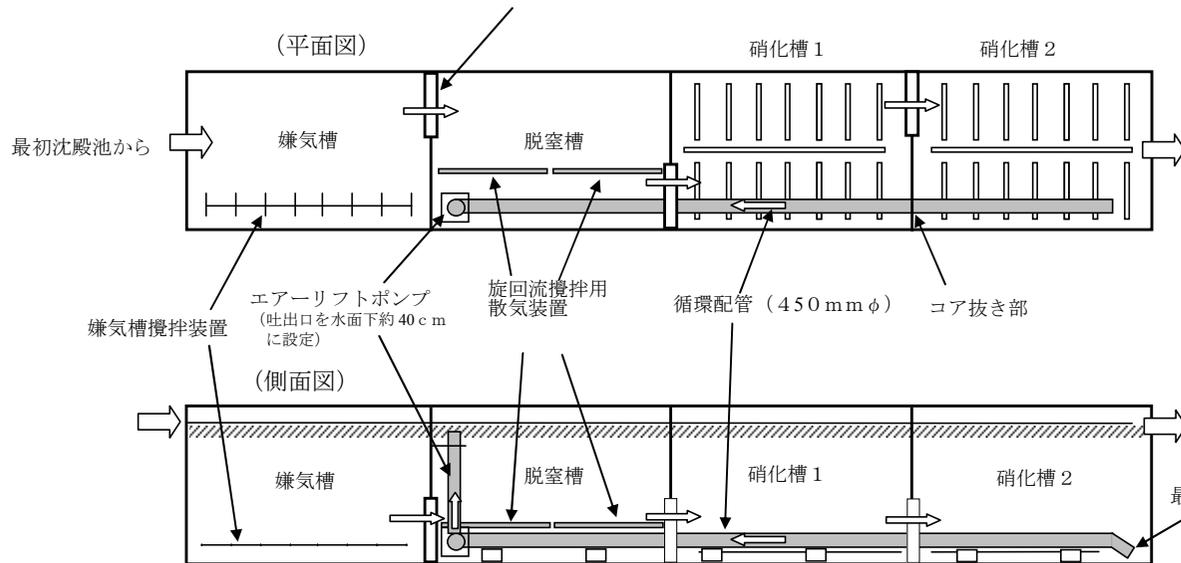


循環配管



中央第2プラント高度処理改造 (×4系列)

開口部面積調整 2.4m×2.4mを2.4×1.2m (高さ)へ変更 各池3ヶ所



エアリフトポンプ
及び攪拌用散気装置

【概要】

嫌気・無酸素・好気（以下A₂O）高度処理は、生物反応槽内で有機物のみならず窒素、りん等の処理も同時におこなうもので、特徴は、槽内に嫌気槽、脱窒槽、硝化槽の3つの槽を設け、硝化槽末端から脱窒槽へ一定量内部循環させることにより、多様な微生物が同時に機能する環境をつくり、これらの物質を同時に除去する仕組みである。

A₂O法は標準法と比べ嫌気槽、脱窒槽の攪拌及び、循環ポンプが新たに必要となり、一般的にこれらの設備には機械的な攪拌機ならびにポンプが用いられる。しかし、この方法では多数の機械、電気設備を要するため、イニシャルコスト上昇に加え、運転のための電力消費、機器の定期的な修繕などの維持管理費も増大するため高コストになり高度処理施設の普及を妨げる一因となっていた。

これらの課題を解決するため、本事例では嫌気槽、脱窒槽の攪拌及び内部循環ポンプに送風用エアーの一部を動力源とする攪拌装置ならびに循環ポンプを使いコスト縮減とともに、槽全体における滞留時間分布を適正化し水質向上を図っている。攪拌装置は槽の流れ方向に沿って直線上に配置した散気装置を使い、流れと直角方向の旋回流攪拌とすることで槽内の短絡流防止を図り、嫌気槽、脱窒槽の機能が十分発揮されるようにした。内部循環は、吸込み口を反応槽末端下部に配置した水平管と、脱窒槽前部で垂直に立上げたポンプとして機能する垂直管を水面下に設置し、エアー放出口を垂直管下部に備え、風量調節バルブで循環流量を可変できるエアーリフトポンプを使っている。

また、垂直管上端部を水面から数十センチ程度下げた位置とすることで少ないエアー量で高効率循環液移送を可能としている。さらに、硝化槽内への適切な隔壁追加及び、循環水の吸い込み口の最下部設置により、脱窒槽から硝化槽末端までの流れ方向と、底部から水面までの水深方向の死水域の発生を抑制した。

改造は平成13年度から部分的に着手し、約8年をかけて当市2処理場すべての系列を完了した。

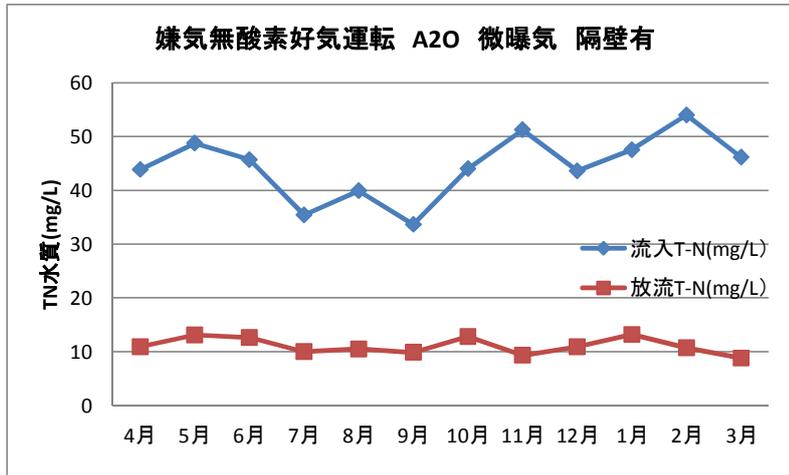
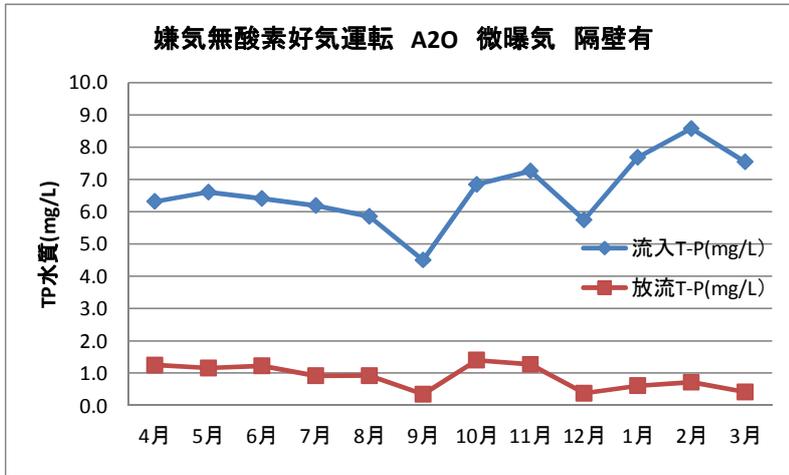
低水温期でも安定な運転が出来、処理性能も水準以上の満足できるものである。

【特徴】（事業実施による具体的効果、その他配慮・工夫事項）

- 標準法から高度処理へ改造に要する費用は一般的な方法の約1/10以下で出来た。
- 嫌気・脱窒槽の攪拌に用いるエアーを作るためのブロワー電力増はエアー量から計算すると機械攪拌機電力の約1/5、循環ポンプでは同じく1/6程度である。
- これまでに要した修繕費用としては攪拌用、エアーリフト用散気装置の部分的な交換程度で、大きな故障・修繕は発生していない。メンテナンスも標準法と同等。
- 処理水のBOD、SS値は十分低く、アンモニア性窒素の完全硝化、凝集剤等を使わずにりん除去も良好である。

■ 運転面							
項目	導入前 ⁸⁾ (H20年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日・系列)	14,630	⇒	17,422	18,732	19,488	16,381	15,048
MLSS(mg/L)	2,000	⇒	2,540	2,400	2,340	2,550	2,850
HRT(hr)	11	⇒	12	11	11	13	14
A-SRT(d)	5.4	⇒	7.4	5.5	7.8	8.1	8.2
汚泥返送比(%)	60	⇒	66	64	62	67	70
送風量(m ³ /日・系列)	22,400	⇒	23,600	26,400	22,800	22,800	22,300
送風倍率(倍)	4.6	⇒	5.4	5.6	4.7	5.6	5.9
反応槽末端DO(mg/l)	1.40	⇒	0.90	1.23	0.65	1.01	0.72
8) 標準法 ※導入前後の数値は、実績値となります。							
■ 運転管理							
【運転方法】							
<ul style="list-style-type: none"> ・運転制御 : 好気槽中段でのDO計又はORP計の数値で制御 (硝化抑制運転でDOは0.2~0.5、ORPは100~150mV程度) ・MLSS : 夏場2,200mg/L、冬場2,600mg/L程度とし、余剰引抜量で調節 ・硝化液循環 : 1.5Q程度(循環にはエアリフトポンプを使用) ・返送率 : 0.6Q程度 ・日常試験 : 毎日、好気槽末端のMLSS、DO測定に加え、アンモニア、パックテスト等を実施 ・定期試験 : 月2回、各系列のTN、TP等を測定 							
【負荷変動への対応】							
<ul style="list-style-type: none"> ・急激な負荷変動への対応できるよう、DO計は好気槽末端ではなく、中段へ設置。また、ORP計も嫌気槽ではなく、好気槽中段へ設置しているため急激にDO、ORPが下がっても(負荷変動)次の段で処理できる。 							
【本運転の特徴】							
<ul style="list-style-type: none"> ・嫌気槽で攪拌用散気装置の設置レベルの適正化により曝気風量増減による攪拌風量の変動が少ない。 (曝気風量変更に伴う調整が不要) ・全ての系列で硝化促進運転を行っているため、効率的かつ安定した処理水質が得られる。 ・電気・機械設備増改築が不要で、設備改造に係るイニシャルコストが安い。 (一般的な高度処理改造費の1/10以下) 							
■ 維持管理							
(管理主体)							
<ul style="list-style-type: none"> ・管理主体は市側であるが、維持管理は委託している、運転管理の指示は市側が行なう。 (作業量の増加) 							
■ その他							
(雨天時の対応)							
<ul style="list-style-type: none"> ・最終沈殿池からの汚泥流出防止、及び、リン対策のために簡易のPAC注入設備を有している 							

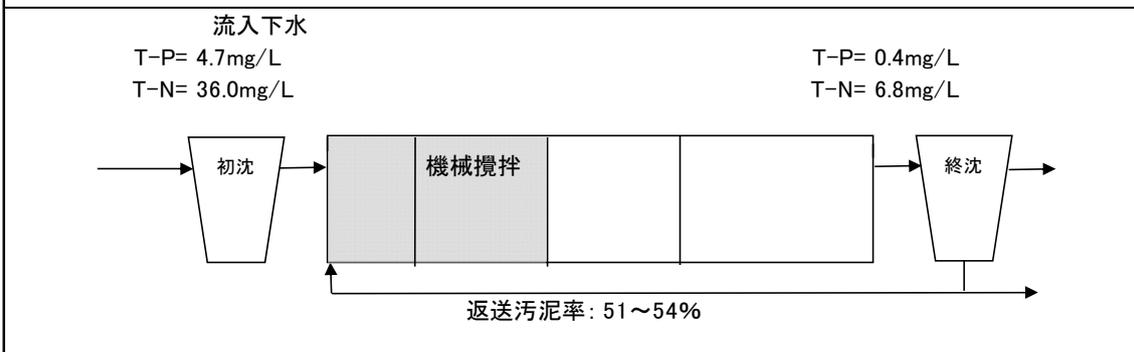
■ 流入放流水質データ(平成25年度)



【事例8】	高松市	牟礼浄化苑 5～8系				
■概要(処理場全体)						
運転方法	嫌気-好気(1段)運転		主な除去対象物質		窒素、りん	
下水道の種類	公共下水道		当初の設計思想		嫌気好気+硝化脱窒運転(1段) 隔壁有	
排除方式	分流		上位計画		備讃瀬戸流総計画	
計画処理面積 (ha)	全体計画	816.4		水処理方式	全体計画	標準活性汚泥法
	事業計画	616.6			事業計画	標準活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	19,200			現況 導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	16,570			現況 導入後	嫌気-好気(1段)運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	11,200		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	11,200
	事業計画 (日最大)	8,110			事業計画	11,200
	現況H25 (日最大)	19,708			現況 全体	11,200
	現況H25 (日平均)	5,861			現況 対象系列	5,400
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	久通港	
BOD	15	15	—	供用開始年	昭和54年10月	
SS	—	—	—	導入開始年	平成13年10月	
T-N	—	—	—	連絡先	下水道施設課 TEL:087-843-8580	
T-P	—	—	—			
■導入に至る背景・経緯						
牟礼浄化苑増設(5～8系)において、硝化反応が進行する夏季及び増設後に、計画水量が流入するまでの低負荷運転時は、処理の安定を目的として、硝化促進を前提とした硝化脱窒運転の可能な構造とする。						

■設備面			
反応槽の構成	嫌気槽:好気槽	嫌気槽攪拌方法	機械攪拌(水中エアレータ)
AとOの比率	AO=4:6 (構造=1:1.5:1.5:2.25)	散気装置	散気板
槽の数	AAOO	分配槽見直しの有無	無
隔壁の有無	有	返送汚泥ポンプ能力 (m ³ /分)	1.0m ³ /分×2台
ステップ水路の有無	無	ブロウ能力(m ³ /h)	既設標準活性汚泥法のブローを使用
補完設備	凝集剤添加 (年間数日,沈降性対策)	硝化液循環ポンプの有無	無
初沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	50	終沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	20
反応槽内の計装機器	反応槽後段にDO計	MLSS計、DO計、ORP計など	

■フロー図



■運転面

項目	導入前 ⁸⁾ (平成12年度)	⇒	導入後 (H25年度)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	5,227	⇒	3,975 1,914				
MLSS(mg/L)	2,000	⇒	1600~2200 1600~2000				
HRT(hr)	13.3	⇒	13.1 12.7				
A-SRT(d)	9.5	⇒	7.7 5.7	上段:既設 下段:増築			
汚泥返送比(%)	48	⇒	54 51				
送風量(m ³ /日)	9,429	⇒	6,230				
送風倍率(倍)	5.3	⇒	3.5				
反応槽末端DO (mg/l)	—	⇒	1.0				

■ 運転管理

(運転の確認方法)

- ・機械攪拌機は年1回引き揚げ確認をしている。絶縁抵抗測定を毎月行っている。
- (日間変動・季節変動の対応)
- ・DO目標値は0.8mg/L~1.2mg/L設定している。夏季と冬季でMLSS目標値を変え対応している。
- (負荷量への対応)
- ・ピークカットで対応している。

■ 維持管理

(管理主体)

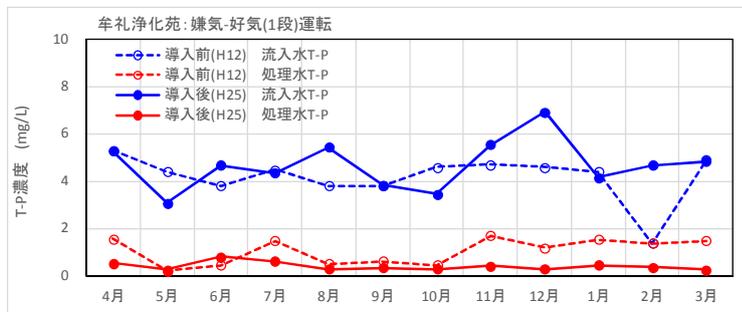
- ・維持管理は委託している。
- (作業量の増加)
- ・機械攪拌機導入により運転管理、維持管理の量が増加している。

■ その他

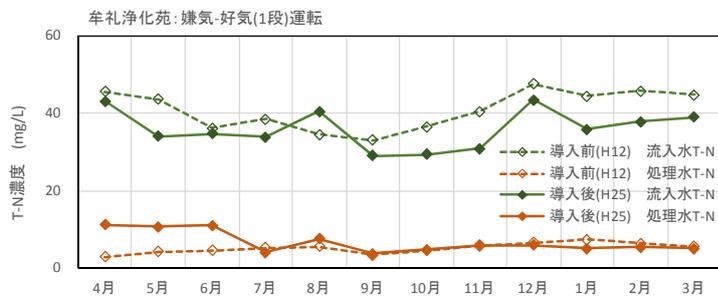
(雨天時の対応)

- ・雨天時に不明水流入水を一時的に調整槽に貯留し流入水の増加に対応している。

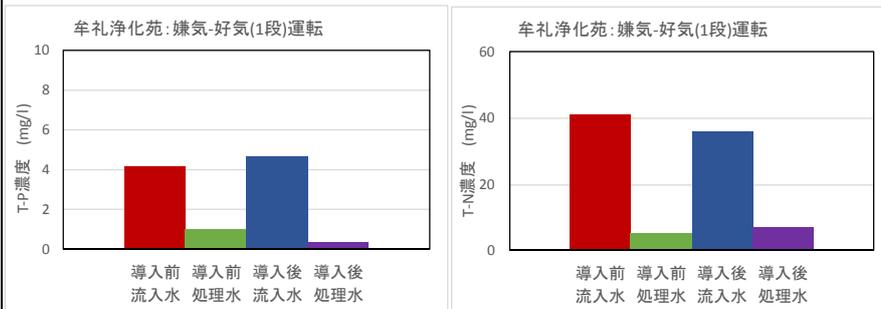
■ 水質データ TP



■ 水質データ TN

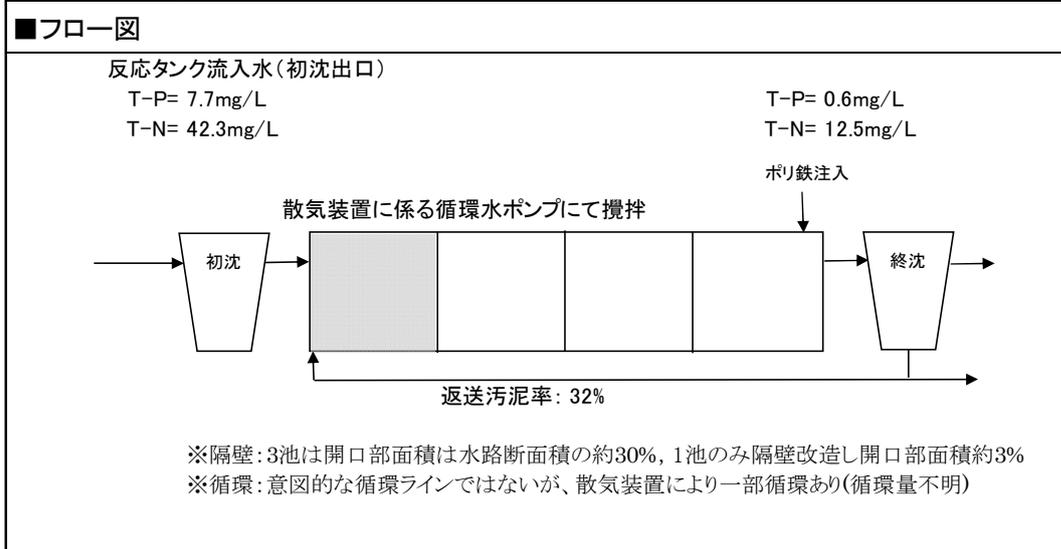


■ 導入前後の水質 TP, TN



【事例9】	松山市			西部浄化センター 第1系列		
■概要(処理場全体)						
運転方法	硝化脱窒運転			主な除去対象物質	窒素、りん	
下水道の種類	公共下水道			当初の設計思想	標準活性汚泥法	
排除方式	分流			上位計画	重信川流総	
計画処理面積 (ha)	全体計画	2,303.3		水処理方式	全体計画	凝集剤併用型ステップ流入式3 段硝化脱窒法
	事業計画	1,720.4			事業計画	標準活性汚泥法
計画人口(人)	全体計画	126,000			現況 導入前	標準活性汚泥法
	事業計画	104,900			現況 導入後	硝化脱窒運転
処理水量 (m ³ /日)	全体計画 (日最大)	59,650		施設能力 (m ³ /日) 日最大	全体計画	59,650
	事業計画 (日最大)	49,820			事業計画	58,650
	現況H25 (日最大)	60,373			現況 全体	35,550
	現況H25 (日平均)	21,421			現況 対象系列	27,850
計画放流水質 (mg/L)	全体計画	事業計画	目標水質	放流先	伊予灘	
BOD	15	20	10	供用開始年	平成4年5月	
SS	40	40	6	導入開始年	平成11年7月	
T-N	10	-	25	連絡先	松山市下水道部 下水道施設課下水浄化センター TEL:089-922-2855	
T-P	1	-	2			
■導入に至る背景・経緯						
<p>・放流先の水質向上のため導入。</p> <p>・反応槽には水路の断面積に対して約70%を塞ぐ隔壁が3枚あるが、平成11年に1系3池目を増設した際、1池目の隔壁のみ開口部を小さくする改造工事を行った。現在、1系4池で硝化脱窒運転(1段)を行っているが、隔壁の改造工事を行ったのは1池のみである。</p> <p>・反応タンクの前段の一部を曝気せず、無酸素状態にして運転。</p> <p>・処理水のリン濃度が高い時に、反応タンク後段に凝集剤(ポリ鉄)を注入している。</p>						

■設備面			
反応槽の構成	無酸素槽：好気槽	嫌気槽攪拌方法	散気装置に係る循環水ポンプにて攪拌
AとOの比率	A：O＝25：75	散気装置	微細気泡噴射形
槽の数	A000	分配槽見直しの有無	無
隔壁の有無	有(3池は開口部大、改造した1池は開口部小)	返送汚泥ポンプ能力 (m ³ /分)	3.0m ³ /分×4台
ステップ水路の有無	有(使用せず)	ブロワ能力 (m ³ /h)	15m ³ /分×2台 30m ³ /分×2台
補完設備	反応タンク後段にポリ鉄注入の簡易な設備(年間1/3日程度P除去・処理悪化時)	硝化液循環ポンプの有無	意図的な循環ラインではないが一部循環あり(循環量不明)
初沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	34.6	終沈水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	24.9
反応槽内の計装機器	反応槽後段にMLSS計、DO計及びPH計	MLSS計、DO計、ORP計など	



■運転面							
項目	導入前 (H10年度) (2池)	⇒	導入後 (H25年度) (4池)	季節			
				春	夏	秋	冬
処理水量(m ³ /日)	8,051	⇒	15,145	15,145	〃	〃	〃
MLSS(mg/L)	1200～2000	⇒	1500～2000	1600～1800	1500～1700	1600～1800	1700～2000
HRT(hr)		⇒	13.6	13.6	〃	〃	〃
A-SRT(d)	19.1	⇒	11.3	11.3	〃	〃	〃
汚泥返送比(%)	49	⇒	32	32	〃	〃	〃
送風量(m ³ /日)	24,846	⇒	86,128	86,128	〃	〃	〃
送風倍率(倍)	4	⇒	5	5	〃	〃	〃
反応槽末端DO (mg/l)	0.3	⇒	0.3	0.3	〃	〃	〃

■ 運転管理

(目標値)

・MLSSは季節により目安となる目標値を決めているが、ORPやDOは水質の状況(流入水、返流水、放流水の状況)によって、変動するため、特に目標値は定めていない。

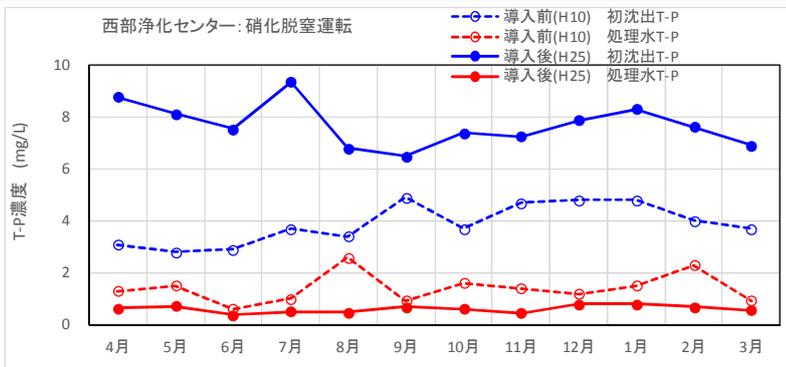
■ 維持管理

(管理主体)

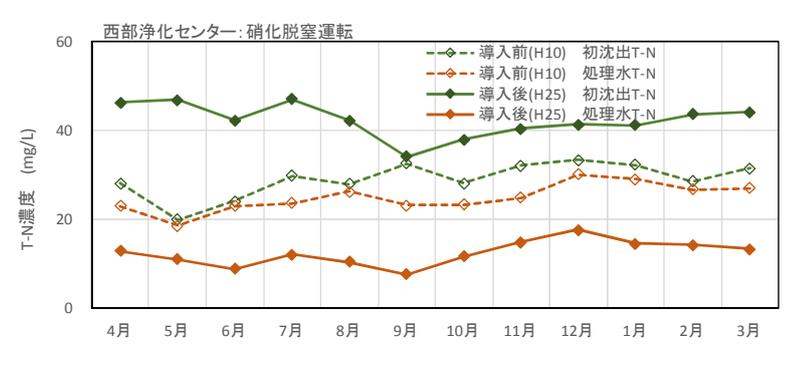
・維持管理は委託している。

■ その他

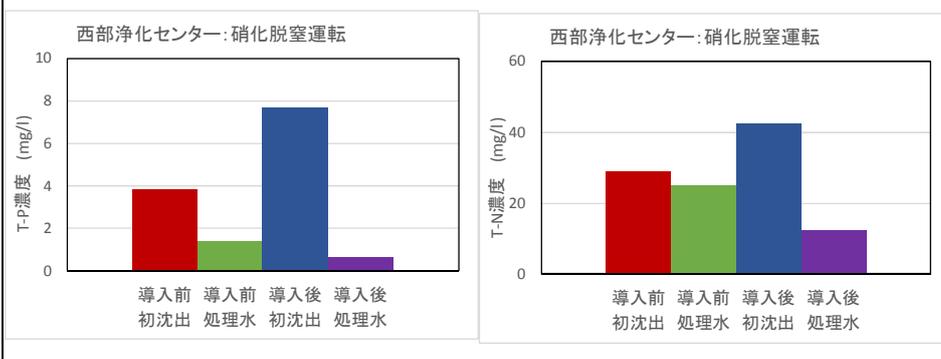
■ 水質データ TP



■ 水質データ TN



■ 導入前後の水質 TP, TN



5. 参考資料

(関係通知)

「下水道法に基づく事業計画の運用について（平成 24. 3. 27 国水下事第 63 号）」

(抜粋)

【別添 2】

令第 5 条の 5 第 1 項第 2 号の表の各区分に掲げる方法及び別表 1 に掲げる方法以外の処理方法については以下の評価方法に基づき区分を決定するものとする。

1. 既存施設に関する評価方法

・既存施設を「BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下」の区分とする場合は、別表 2 「評価 1」のとおりとする。なお、既存施設を処理方法の変更を行わず、増設、改築する場合も同様とするが、既に既存施設が評価を受けている場合は改めて評価を受ける必要はない。

・既存施設を「BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下」の区分以外の区分とする場合は、別表 2 「評価 2」のとおりとする。なお、既存施設を処理方法の変更を行わず、増設、改築する場合も同様とするが、既に既存施設が評価を受けている場合は改めて評価を受ける必要はない。

「処理方法の考え方について〔平成 20.6.17 都市・地域整備局下水道部下道企画課下水道技術開発官、下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡〕」

平成 15 年 9 月 25 日に公布された下水道法施行令の改正に伴う下水道事業計画の運用については、「下水道法に基づく事業計画の運用について」（平成 24 年 3 月 27 日付け国水下水道第 63 号）（以下、「運用通知」という。）において通知したところでありますが、運用通知の別表 1 の「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」及び「嫌気無酸素好気法」の考え方について下記のとおり補足しますので、事務執行上の参考とされますようお願いいたします。なお、都道府県においては貴管内の市町村(政令指定都市を除く。)に対しても、この旨周知方よろしく申し上げます。

記

- (1) 運用通知の別表 1 の「標準活性汚泥法等」により処理を行っている施設につて、部分的な施設・設備の改造を行う場合等において、運用通知の別表第 1 の「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」又は「嫌気無酸素好気法」と「同様の処理原理」であり、「最低限必要な構造」を満たすものについては、これらの処理方法のいずれかとして取り扱うことができるものとする。
- (2) (1) の「同様の処理原理」とは、以下に該当するものを示す。
 - ①窒素の除去については、硝化・脱窒反応の原理により下水中の窒素が窒素ガスとして大気中に放出される過程を経て下水を処理するもの。
 - ②リンの除去については、活性汚泥の過剰摂取の原理により、下水中のリンが活性汚泥中に移行して除去される過程を経て下水を処理するもの。
- (3) (1) の「最低限必要な構造」は、以下のとおりとする。なお、放流水の水質の技術上の基準の一部として、計画放流水質について適合することが義務付けられているものであることに留意されたい。
 - ①「循環式硝化脱窒法」の生物反応槽の構造は、水中から有機物及び窒素を除去するために、無酸素槽(汚泥が沈降することなく無酸素状態が維持できるものであれば、必ずしも攪拌機を備えている必要はない。以下、③において同じ。)好気槽及び硝化液を無酸素槽へ送る仕組み(必ずしも好気槽から直接無酸素槽に返送するものでなくてもよい。以下、③において同じ。)が含まれるものとする。
 - ②「嫌気好気活性汚泥法」の生物反応槽の構造は、下水中から有機物及びリンを除去するために、嫌気槽(汚泥が沈降することなく嫌気状態が維持できるものであれば、必ずしも攪拌機を備えている必要はない。以下、③において同じ。)及び好気槽が含まれるものとする。
 - ③「嫌気無酸素好気法」の生物反応槽の構造は、下水中から有機物、窒素及びリンを除去

するために、嫌気槽、無酸素槽及び好気槽が含まれるものとする。

「循環式硝化脱窒法」又は「嫌気好気活性汚泥法」と「同様の処理原理」であり、いずれかの処理方法として取り扱うことのできる処理方法として、現時点において部分的な施設・設備の改造等により処理水質の向上が見込まれる事例(図-1(B)及び図-2(B))を以下に示す。なお、これらはいくまでも「同様の処理原理」である処理方法の事例を示したものであり。

「循環式硝化脱窒法」又は「嫌気好気活性汚泥法」と

「同様の処理原理」の処理方法を事例のとおりに限定するものではない。

・「循環式硝化脱窒法」として取り扱うことができるものの事例

図-1の上図(A)は窒素除去に係る高度処理方法である「循環式硝化脱窒法」の標準的なフローであり、好気槽の硝化液を無酸素槽に循環することにより、窒素を除去している。

図-1の下図(B)は通常標準活性汚泥法の前段を嫌気条件にし、汚泥の返送率を上げて好気槽の硝化液を返送汚泥とともに無酸素槽へ送ることによって窒素の除去を行っており、「循環式硝化脱窒法」の最低限必要な構造を満たしているため、同一の処理方法で高度処理を行っていると取り扱うことができる。

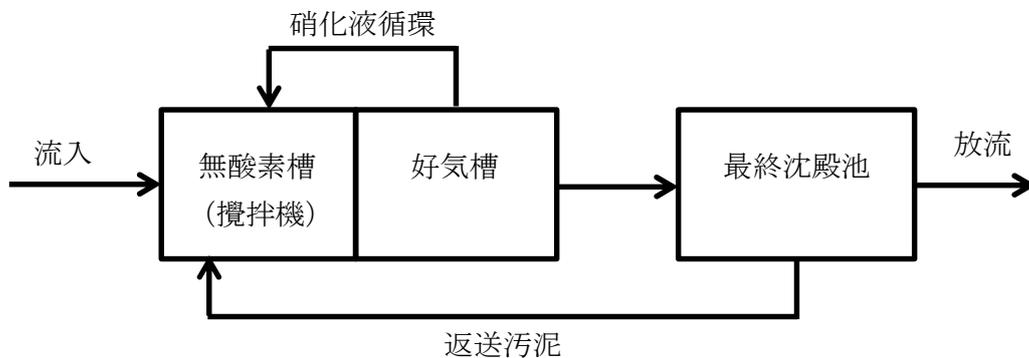
・「嫌気好気活性汚泥法」として取り扱うことができるものの事例

図-2の上図(A)はリン除去に係る高度処理方法である「嫌気好気活性汚泥法」の標準的なフローであり、攪拌機により汚泥を攪拌している嫌気槽における活性汚泥のリンの放出、好気槽における活性汚泥のリンの過剰摂取を経て、リンを除去している。

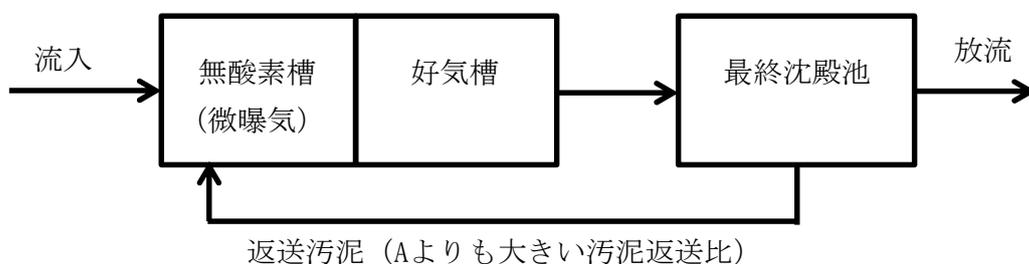
図-2の下図(B)は通常標準活性汚泥法の前段を嫌気条件にしてリンの除去を行っており、「嫌気好気活性汚泥法」の最低限必要な構造を満たしているため、同一の処理方法で高度処理を行っていると取り扱うことができる。

図-1 循環式硝化脱窒法として取り扱うことのできるものの事例

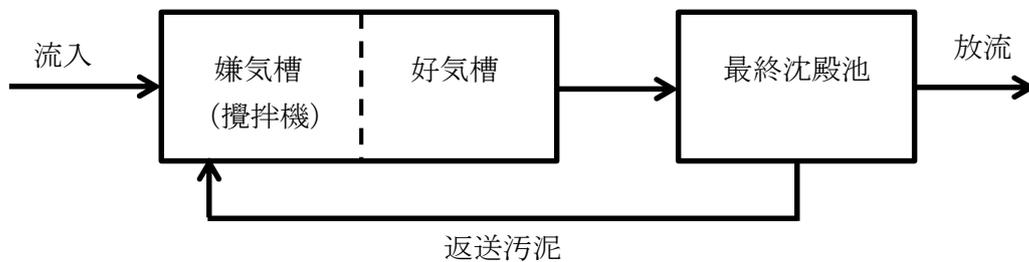
循環式硝化脱窒法 (A)



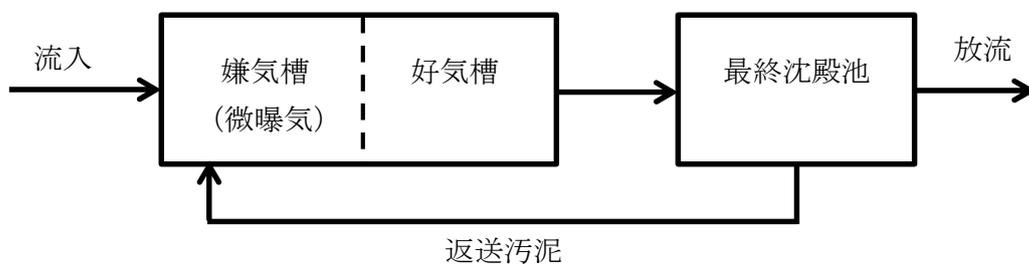
循環式硝化脱窒法として取り扱うことのできるものの事例 (B)



嫌気好気活性汚泥法 (A)



嫌気好気活性汚泥法として取り扱うことのできるものの事例 (B)



(4) 図-1 及び図-2 に示す標準的なフロー以外であっても、(2) に示す最低限必要な構造を満たしていれば運用通知の別表第 1 の「循環式硝化脱窒法」「嫌気好気括性汚泥法」又は「嫌気無酸素好気法」として取り扱うものとするが、高度処理の推進の観点から、国土交通省では、処理水質の向上が見込まれる部分的な施設・設備の改造等に関する知見について今後さらに集積し、「同様の処理原理」であり、必要な構造を有している事例については、順次公表することとしている。

採用予定の処理方法について、「循環式硝化脱窒法」「嫌気好気括性汚泥法」又は「嫌気無酸素好気法」と「同様の処理原理」であり、必要な構造を有しているかどうかの判断が困難な場合は、国土交通省下水道部流域管理官付に相談されたい。

各地方公共団体におかれては、流域別下水道整備総合計画において位置付けられている等、閉鎖性水域の水質改善対策が必要な場合は、現在標準活性汚泥法等として供用中であり、耐用年数に達していない系列についても、上記に示す部分的な施設・設備の改造等により、必要に応じて可能な限り早期に高度処理を導入し、処理水質の向上を図り、閉鎖性水域の水質改善を推進していただくようお願いする。この際、維持管理に携わる担当者に過度な負担が生じることのないように、施設・設備の改造等、適切な配慮を行っていただきたい。

なお、「同様の処理原理」である処理方法を採用する処理区域についても、下水道法施行令第 24 条の 2 第 1 項第 1 号及び第 2 号並びに第 2 項の規定に基づき定める件(昭和 46 年告示第 1705 号)の注書きの 3 の一に示す第 1 種の補助対象範囲が適用されるので、積極的に高度処理の導入を図っていただきたい。

「高度処理方法として取り扱うことのできる処理方法の事業計画への位置づけについて(平成 20.9.9 都市・地域整備局下水道部下水道事業課企画専門官、流域管理官付補佐事務連絡)」

「循環式硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」及び「嫌気無酸素好気法」のいずれかとして取り扱うことができる処理方法の考え方については、平成 20 年 6 月 17 日付け下水道企画課下水道技術開発官・下水道事業課企画専門官・流域管理官付補佐事務連絡（以下、「事務連絡」という。）により通知したところであるが、(1) 窒素又は燐の除去を目的として、既に部分的な施設・設備の改造等を行っている、もしくは行う予定の処理場はもとより、(2) 流域別下水道整備総合計画において、処理方法として高度処理方法が位置づけられている下水処理場 (3) 下水処理水の放流先の状況を勘案して、窒素又は燐の除去が必要な下水処理場については、公共用水域の早期水質改善の観点から、事業計画の変更時に事務連絡の考え方の適用について検討の上、積極的に高度処理方法を位置づけるとともに、早期に窒素又は燐の計画放流水質を設定していただきますようお願いいたします。なお、部分的な施設・設備の改造等による処理水質の向上を行っている処理場に係る処理区域についても、事業計画に高度処理を位置づければ、下水道法施行令第 24 条の 2 第 1 項第 1 号及び第 2 号並びに第 2 項の規定に基づき定める件（昭和 46 年告示第 1705 号）の注書きの 3 の一に示す第 1 種の補助対象範囲が適用されますことを念のため申し添えます。

都道府県におかれましては、貴管内の市町村（政令指定都市を除く。）に対して、この旨周知方よろしくお願いいたします。

運転管理上の留意点等に係る各自治体からの回答

運転管理上の留意点等について、高度処理ナレッジ創造戦略会議に参加している各自治体（埼玉県、東京都、京都府、船橋市、大阪市、久留米市、千葉県）より得られた回答結果を次項以降に示す。

自治体	埼玉県	東京都	京都府	船橋市
段階的高度処理の運転方法	擬似AO法 (段階的高度処理実証実験の概要は別紙1参照)	擬似AO法、擬似A2O法 (※いずれも事業計画への位置づけを実施している方法)	ステップ流入AOAO法	擬似AO法(元々将来的に高度処理が可能な施設)
1. 処理場の運転管理マニュアルや運転管理チェックリスト	—	各現場で維持管理マニュアル、チェックリストを整理している。	運転マニュアル(硝化脱窒運転)を整備している。…別紙4参照	—
2. 高度処理を行う上での切替手順	(1)切替手順等は整備していないが、段階的高度処理実証実験開始に間に合わせるため、①硝化促進、②脱窒促進、③脱りん促進、の順で、運用対応した。 (2)全系列硝化促進運転を目標に運転管理を行っているため、段階的高度処理を行う上で大きな切替はなく、手順も無い。(返送率の変更のみ)	(1)切替の流れ: 散気装置と隔壁の設置⇒微曝気部と好気部の風量調整⇒処理水質の確認。 (2)耐用年数に伴う設備再構築の時期(散気装置を更新する時期)に合わせて段階的高度処理化を実施。	嫌気好気運転(AOOO)からステップ流入運転(AOAO)への切替手順は次のとおり。 3槽目のステップ流入ゲートを「開」、ステップ流入水路角落し「取外し」、3槽目曝気「停止」 ↓ 2・3槽目スクラム流し水路「閉」、3・4槽目エアリフト循環 ↓ 返送汚泥率、2・4槽目空気量の調整	○1系列5セルで全曝気運転からの切り替えの場合 ①最初沈殿池において、水面積負荷を100 m ³ /m ² 日以上にする。(使用する最初沈殿池の減) ↓ ②1セル目を無酸素にする。(送気停止で機械攪拌のみ。) ↓ ③4セル目を、疑似無酸素にする。(機械攪拌を停止して、送気のみとし粗大気泡により攪拌)
3. 水質を改善する運転で苦労した点及び改善した点。	(1)実験系列と他系列との流入水量バランス調整⇒実験系列流入水量の最低水量を設定し、流入量変動は、他系列で賄った。 (2)実験系列と他系列との送風量バランス調整⇒送風機の台数を増減することなしに、送風弁調整により、実験系列の送風量を確保した。 (3)嫌気槽の嫌気状態維持⇒嫌気槽の端末送風バルブ開度調整(当初20%弱→10%弱)により対応した。 (4)処理水質の確保⇒処理水SSを2mg/L以下、アンモニア性窒素を5mg/L以下になるように、送風量(溶存酸素濃度)調整を実施した。 (5)硝化促進運転をする上で硝化が進み最終沈殿池で脱窒が起こり、汚泥が浮上し水質の低下が見られた。そこで、水処理点検及び硝化状況の確認(分析)を頻繁に行い、送風量(設定DO)及び余剰汚泥引抜量の調整を行った。 (6)冬季の水温低下時及び降雪時に硝化が鈍化傾向になり、返送率の高い(50%)実験系列では回復が早く硝化が継続できた。しかし、返送率の低い(約35%)対照系列では硝化が抑制され回復に時間がかかり、最終的には硝化している実験系列から余剰汚泥を移送し硝化を促した。	水質改善策の一つとして、制限ばきによる好気槽脱窒の促進を進めてきた。 具体的な取組として、負荷量の調整、無酸素ゾーンを形成させるための風量調整(DO設定値調整、回路の送風バランス調整)、硝化・脱窒速度確保のための高MLSS運転が挙げられる。 苦労した点として、既存設備のスペックの中で水質変動や水量変動を踏まえた条件設定が必要なため、適用が可能なセンターの選別や反応槽流入負荷量の調整が必要となるケースがあった。各回路の送風バランス調整については、他センターでの成功事例等を参考に、目詰まり防止のために送風管バルブの間引きを行うなど微調整を行った。また、高水温期と低水温期での異なる汚泥性状を踏まえ、二沈からの汚泥流出を防止しつつ硝化脱窒がバランスよく進むMLSS値の検証を行うなど運転条件の最適化を進めた。	硝化槽で極力完全硝化となるよう、2・4槽目のDOを設定した。2槽目DOが低すぎる場合、アンモニア性窒素が残存してステップ2段目への負荷が増大し、また高すぎる場合2段目の脱窒反応に影響するため、これらが回避可能な値を設定した。4槽目では、完全硝化とエネルギー効率を考慮して設定した。	—
4. 維持管理費を下げるために工夫している点	(1)送風機の台数制御はせずに、インレットペーン方式による風量調整を実施。 (2)送風圧力の低減による電力量の抑制。 (3)目標MLSSを1500mg/L程度とし、MLSS濃度高による送風量の増加を極力抑えた。	(1)二軸管理の導入…送風電力を下げる方向に努力していく。別紙2参照。 (2)取組の例⇒攪拌機の間欠運転、送風機の台数削減運転、高水位運転、NaS電池による夜間電力の活用、水量の振り分け。	完全硝化を目標としてMLSS濃度やDOを設定し、送風量の増加を抑えている。	○粗大気泡による攪拌について フロア設備が細かな送風量の制御(インバータ制御)で無いことから、基本的にはフロアの台数で送風量を制御せざるを得ない。そのため常に余剰気味の送風となるためその送風を攪拌で利用することにより、機械攪拌を停止させて電気代を節約する。
5. 散気装置の微曝気による嫌気又は無酸素状態をつくる上での留意点など、運転(維持)管理上の留意している点	(1)反応タンク送風倍率の設定に際しては、下記に留意した。 ①嫌気槽ORPが、-200mV程度になるように留意した。 ②好気槽DOが、上昇しすぎないように留意した。 (2)嫌気槽の端末送風バルブ調整に際しては、活性汚泥の沈降抑制(閉め切りすぎないこと)に配慮した。 (3)維持管理 雨水流入時に嫌気状態の維持ができないため、全りん濃度の上昇に注意が必要。 (4)設備 送風バルブの形状により微曝気に調整することが難しかったもの(パタフライ弁)があり、注意が必要である。また、送風バルブが固着して動かないものもあったため事前調査が必要である。	(1)嫌気又は無酸素状態をつくる上での留意点 ・ライザーバルブの間引きによる通気量調整(目詰まり防止)…別紙3参照。 (2)運転管理上で留意している点 ・維持管理のために行う日常試験によるりん、窒素の処理状況確認。 ・自動計器(全窒素・全りん計)による水処理状況の確認。	(1)硝化槽での完全硝化を目標とするよう、2・4槽目のDOに留意する。(2槽目1.5~2.0mg/L、4槽目2.0~3.0mg/L) (2)返送汚泥率は原則一定とし(50%)、返送率の操作は、窒素除去率を改善する場合に硝化が完了している条件下で行う。 (3)窒素除去率を上げるため、ステップ2段目(3・4槽目)でエアリフト循環させる。 (4)各段硝化槽のアンモニア性窒素が残存していないことを確認する。 (5)2・3槽目の硝酸性窒素から、3槽目での脱窒状況を確認する。 (6)運転マニュアルに「処理悪化時の対応」を取りまとめている。	(1)アクアレータ(好気運転可能型攪拌機)での、粗大気泡による攪拌は底部に汚泥が滞留しないように注意する必要がある。特に、深層においては送気の吐出口が層の中層あたりにあるため、底部でのエアリフト効果及び攪拌効果が弱く、底で汚泥が腐敗する恐れがある。 (2)粗大気泡運転する際に、反応タンク全体での送風バランスが悪くなり、好気槽でのエア不足に陥らないように注意する。 ※ここで紹介した処理場は、将来高度処理化に移行することを前提にした施設であり、躯体構造・設置機器がすでに高度処理化を見据えて設置されている。…別紙5参照。

自治体	大阪市	久留米市	千葉県
段階的高度処理の運転方法	AO法及び擬似AO	擬似A ₂ O法	AO法
1. 処理場の運転管理マニュアルや運転管理チェックリスト	運転管理チェックリストについて、各処理場で運転管理点検日誌(別紙6参照)を作成している。この表のように、ポンプ類の点検に合わせて、透視度・SVの測定、MLSS計・DO計の指示値、並びに、濃縮槽の界面測定を行い状況確認している。	特にマニュアルやリストはないが日常試験にて常に処理状況を把握している。分光光度計があれば紫外線透過%(220nm測定 久留米での通称D2)にて一定の硝化状況が把握できる。	—
2. 高度処理を行う上での切替手順	高度処理に切替した時は、水質職・設備職・処理場職員と手順を確認しながら実施した。	当初の処理方式(標準法)から現在の処理方式(擬似A ₂ O法)へ切り替える途中にAO法で処理を行なった時期がある。標準法からAO法に切り替えるだけでもリンの除去は期待できる。※改造費は少なくすむ。	実施例としては次のとおりである。 ①嫌気槽の確保(反応槽上流側1/4の風量調整) ②嫌気槽の嫌気状態及び汚泥堆積の有無確認(ORP計、MLSS計他) ③硝化促進(MLSS、風量及び返送率の増大) ④嫌気槽の嫌気状態及び汚泥堆積の有無確認(ORP計、MLSS計他)
3. 水質を改善する運転で苦労した点及び改善した点。	(1)嫌気好気法において、雨天時活性汚泥法(合流式下水道改善)の実施で次のような状況がある。 ・雨天時活性汚泥法(3W):反応槽第1ステップに1Qを流入させ、最終ステップに2Q流入させて処理する方法 →流速が上がり、汚泥を巻き上げることがある。 →低負荷状態が継続する。 (2)硝化促進運転において、最終沈殿池で脱窒によるスカム浮上がある。 ・ゴールド式最終沈殿池(汚泥かき寄せ方向が水の流れ方向)に多い。 ➢散水にて早期に除去を行う。	(1)最初沈殿池の使用池数減 一般的にA ₂ OはBOD/N比が3以上、BOD/P比が20以上必要と言われている。このため、久留米市でも必要に応じて最初沈殿池の使用数を減らし、曝気槽に入る水の有機物量を増やした。 (2)BODの吊り上げ 中央Jでは3つの水処理系列があり、処理水は1つにまとめて、河川に放流している。段階的にAOからA ₂ Oへと改造するに当たって、1系列、2系列改造時には、まだ改造していない系列の処理水と混ざってしまう、つまり、硝化抑制と硝化促進の処理水が混ざってしまい、これにより、BODの吊り上げが起こりやすい。現在、全3系列ともA ₂ O改造が済み、大幅なBODの吊り上げは見られない。 (3)汚泥浮上・リンの再溶出 A ₂ Oによる硝化促進時には好気槽で硝化した処理水が、嫌気条件となる最終沈殿池に入ることで、脱窒による汚泥浮上が起こる。これが、スカムスキマーの先の方(下流側)でも起こり、汚泥ブロックが処理水に混ざりSS・BOD上昇が懸念される。最終沈殿池で連続的な汚泥浮上が起こった時は、各系列の処理量調整や、反応槽の好気槽での曝気風量を弱めることで浮上を抑えている。また、リンについても嫌気条件となる最終沈殿池では活性汚泥からのリンの放出が懸念される。最終沈殿池の泥深管理も重要である。	(1)空気量調整による嫌気槽の確保 絞り過ぎると汚泥が堆積してしまうため、槽内底部の汚泥堆積状況を定期的確認しながら調整。また、散気筒の目詰まりを防止するために定期的に全開運転する。 (一部多孔管に変更) なお、汚泥が底部に堆積してしまったときは、腐敗した汚泥が攪拌され、若干、処理水質に影響することがある。 (2)硝化促進移行時の水質低下 完全硝化に至るまでの不安定な期間は水質が低下し易いため、一部の系列から段階的に実施。
4. 維持管理費を下げるために工夫している点	(1)嫌気好気法における嫌気槽第1槽の機械攪拌の停止・動力費の削減 ➢第1槽・第2槽の機械攪拌機の動力回路を分岐しておく必要あり。 →連続停止の処理場。 →1日1時間稼働させる処理場あり。スカム堆積を防止。 (2)ブロワの運転台数削減・動力費の削減 ➢流入水量の時間差(昼夜間差)を小さくし、ブロワの運転台数を増加させないようにする。	A ₂ Oによる硝化促進運転では、硝化のために必要となる空気量が増えプロア電気代が増える一方、脱窒等による汚泥減量、MLSSを上げるための余剰汚泥を減量により、最終的な発生汚泥量も減る。電気代の契約料金や汚泥処分費で状況は違うが、当浄化センターで電気代と汚泥処分費を考慮すると、硝化促進運転を行う方が経費は抑えることができた。	将来、継続して硝化促進運転を行うには送風機の不足が考えられることから、酸素移動効率の高い散気装置へ段階的に移行しており、電力量の上昇が抑えられている。
5. 散気装置の微曝気による嫌気又は無酸素状態をつくる上での留意点など、運転(維持)管理上の留意している点	(1)嫌気槽で汚泥を沈降させないこと ➢日常管理として巡回点検で確認を行っている。 ➢散気板の目詰まり スカムの発生に注意 (2)嫌気状態の維持 ➢返送汚泥の返送率を下げる。 ➢硝化促進型から抑制型へ変更する。	嫌気槽・無酸素槽は縦1列に配置した散気装置により微曝気で旋回流攪拌を行っているが、上昇した空気の泡が水面を横に流れ対岸に達するところで気泡が消える程度(汚泥と水が分離するかどうか程度)の攪拌としている。 また、好気槽と同じ空気配管から空気をとっているため、好気槽への空気吹込みの増減の影響をできるだけ受けたくない、嫌気槽・無酸素槽の散気装置の設置高さをやや高めに設定している。	(1)前記3、4を参照。 (2)硝化促進やT-N除去率を上昇させるために返送汚泥率を上げることによって、余剰汚泥濃度が低下する場合がある。余剰汚泥を機械濃縮などしている場合は、機械濃縮の稼働率が上昇し、エネルギー消費量増大の他、定期整備費の増大に繋がることがある。 (3)近年、流動焼却炉での高温焼却時(850℃以上)に炉出口の煙道や空気予熱器において、灰の焼結による堆積が発生し、閉塞による圧力損失の増加や損傷等により運転不能となることが発生している。焼結現象は、焼却する汚泥中のりん含有率が上昇していることが大きな要因の一つと考えられることから、りん除去を目的とした段階的高度処理後における高温焼却には注意が必要と思われる。 (第51回下水道研究発表会 N-10-5-1(P994)参照)

＜段階的高度処理方法導入に関するトップランナー実証実験（H25.10.1～H26.9.30）の評価＞ 実施主体：埼玉県・国土交通省

1. 背景と目的

東京湾の早期水質改善のために、東京湾流域内の下水処理場における高度処理化を実施し、東京湾に流入する負荷量の削減が急務。

耐用年数の問題等から施設の全面的な改築が当面の間見込めない処理場であっても、早期に導入可能な処理方法を採用することにより、処理水質を段階的に向上すること（段階的高度処理）が重要。

東京湾に面していないが、処理水量の大きい埼玉県の処理場において、既存施設を活用した運転管理の工夫による実証実験をトップランナーで実施。

2. 埼玉県流域下水道管内図



- ① 荒川水循環センター
- ② 元荒川水循環センター
- ③ 新河岸川水循環センター
- ④ 新河岸川上流水循環センター
- ⑤ 中川水循環センター
- ⑥ 古利根川水循環センター
- ⑦ 荒川上流水循環センター
- ⑧ 市野川水循環センター
- ⑨ 小山川水循環センター

7. 水質向上を目指すための運転条件値

	新河岸川		中川	
	実験系列	対照系列	実験系列	対照系列
汚泥返送率	約50%	約35%	約45%	約30%
MLSS濃度	約1,500mg/L以上	約1,500mg/L	約1,500mg/L以上	約1,300mg/L
DO濃度	0.5～1.0mg/Lを確保	同左	0.5～1.0mg/Lを確保	硝化抑制運転
制限曝気領域	反応タンクの1/4区画(隔壁で区分)			1/4区画の前半部のみ
送風倍率	-H25年11月10日より、4.0倍⇒4.5倍にUP -H26年1月24日より、4.5倍⇒5.0倍にUP		5.0倍程度	-H25年11月14日より、4.5倍⇒5.0倍にUP -H26年6月18日より、5.0倍⇒4.5倍にDOWN 4.5倍程度

◆バルキング対策のために、当初から「制限曝気を実施」
◆脱窒を向上させるために、「汚泥返送率をUP」
◆硝化促進のために、「MLSS濃度をUP」
◆水質確保のために、「反応槽 DO、NH4-N 濃度を確認して送風倍率を調整」
※運転管理する上での反応タンク廻りの計装機器は、DO計、MLSS計、ORP計（中川のみの）、送風量計、返送汚泥濃度計及び流量計とした。

8. 段階的高度処理方法の目標水質（年間を通しての評価を行う）

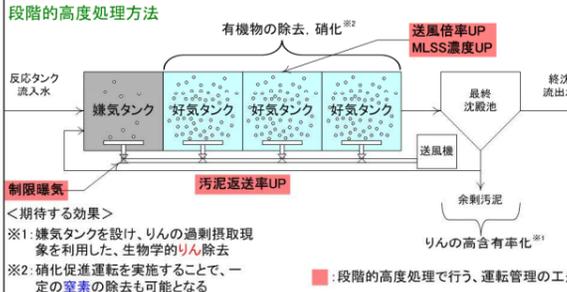
- ＜基本レベル＞ ・年間最大値：BOD \leq 15mg/L、T-P \leq 3.0mg/L
- ＜チャレンジレベル＞ ・年間最大値：BOD \leq 15mg/L、T-P \leq 3.0mg/L、T-N \leq 20mg/L
- ＜参考＞ ・年間平均値：COD \leq 10mg/L

※窒素も除去対象としており、「施行令等に示された処理方法以外の処理方法」となり、【評価2】「BOD:10を超え15以下」以外の区分とする場合に該当する。

3. 実証実験実施施設の概要

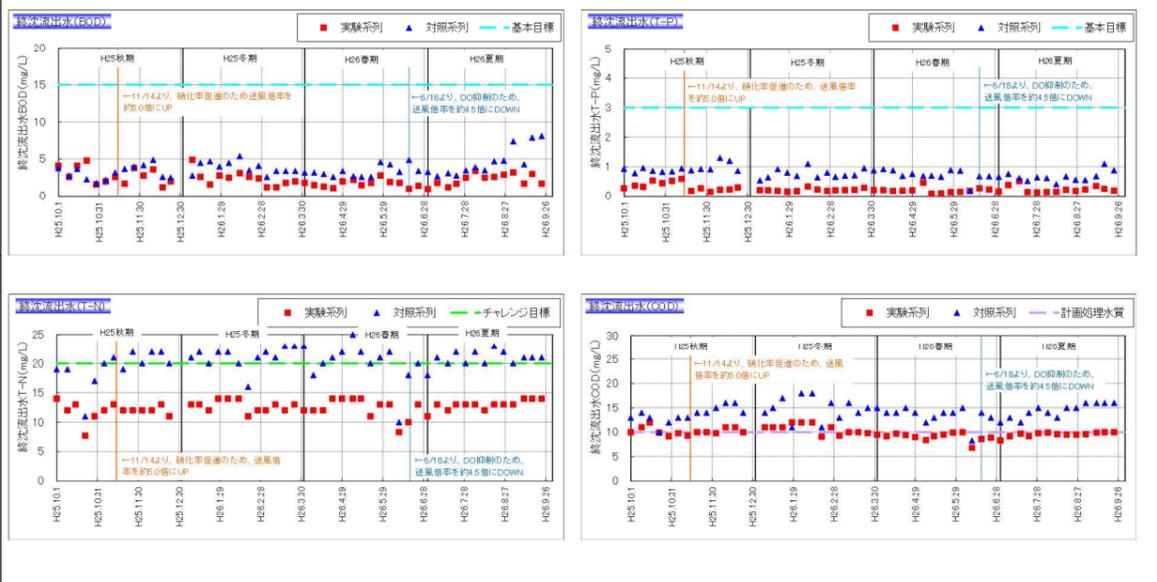
- ～新河岸川水循環センター～
- ・排除方式：分流式（一部合流式）
 - ・現況処理能力（1～5系）：700,860m³/日
 - ・事業計画（認可）処理能力（1～6系）：824,360m³/日
 - ・全体計画処理能力（1～8系）：695,900m³/日
- ～中川水循環センター～
- ・排除方式：分流式
 - ・現況処理能力（1～8系）：549,580m³/日
 - ・事業計画（認可）処理能力（1～10系）：707,960m³/日
 - ・全体計画処理能力（1～14系）：765,000m³/日

4. 既存施設を活用した運転管理の工夫の方法

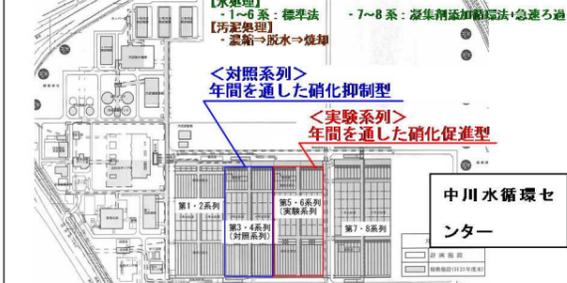


9. 実証実験の状況：最終沈殿池流出水の経日変化

○中川水循環センターの最終沈殿池流出水の経日変化を示す。



5. 実証実験実施施設と処理方法



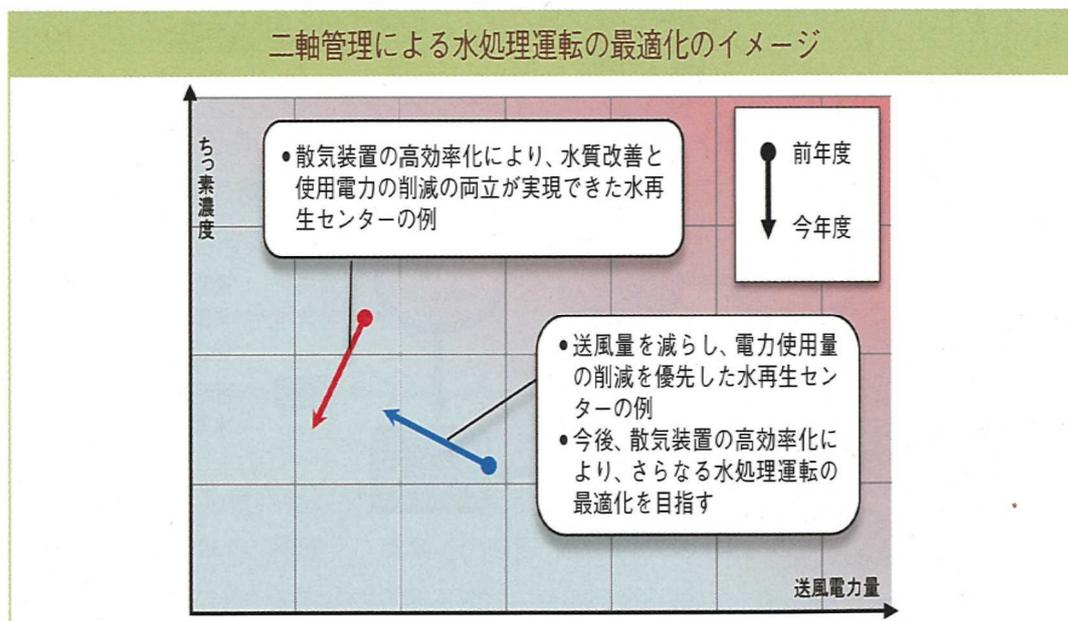
6. 段階的高度処理方法の評価項目

- ①段階的高度処理性能（BOD、T-N、T-P）の実証
- ②段階的高度処理方法に最適な運転方法（MLSS、DO等）の探索
- ③段階的高度処理方法の導入に伴う消費電力量増加（送風機、返送汚泥ポンプ）の把握
- ④段階的高度処理方法の導入に伴う汚泥性状への影響（沈降性、濃縮性、脱水性）の把握

10. 一年間を通じた評価：【評価2】

	評価値	新河岸川水循環センター					中川水循環センター					備考			
		実験系：実証値					実験系：実証値								
		H25.10～12月	H26.1～3月	H26.4～6月	H26.7～9月	年間	評価	H25.10～12月	H26.1～3月	H26.4～6月	H26.7～9月		年間	評価	
実証実験期間	連続する1年間以上	平成25年10月1日～平成26年9月30日の1年間					達成	平成25年10月1日～平成26年9月30日の1年間					達成		
流入水量	設計値の1/2以上	1.08	1.01	0.97	0.98	1.01	達成	0.92	0.88	0.85	0.83	0.87	達成	計画日平均(晴天日)	
BOD(基本)	mg/L	15.0	12.7	13.9	8.4	5.5	13.9	達成	4.8	4.9	2.8	3.4	4.9	達成	年間最大
T-P(基本)	mg/L	3.0	2.1	1.9	1.9	1.3	2.1	達成	0.6	0.3	0.5	0.5	0.6	達成	年間最大
T-N(チャレンジ)	mg/L	20.0	13.9	15.3	16.0	13.1	16.0	達成	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	達成	年間最大
COD(参考)	mg/L	10.0	8.0	9.9	9.7	8.9	9.1	達成	10.2	10.7	9.1	9.6	9.9	達成	年間平均

※東京都下水道事業 経営計画 2013 より抜

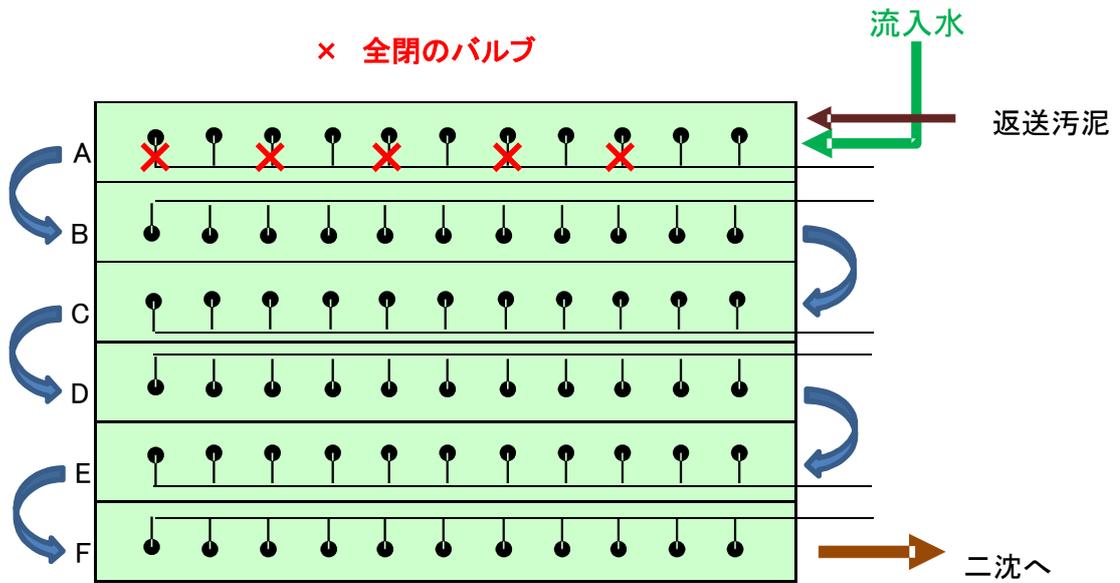


良好な水質を維持するためには多くのエネルギーが必要となるため、地球温暖化対策の面にも配慮が必要となる。しかし、温室効果ガス削減のために省エネルギーを過度に推進すると水質の悪化につながる。

このように水質改善と温室効果ガス削減は一般的に相反する関係にある。

そこで、相反する二つの取組みの関係を「見える化」し、要因分析と改善につなげていく「二軸管理」により、下水道本来の目的である水質改善と地球温暖化対策の両立を図る。

例



反応槽の微曝気調整について

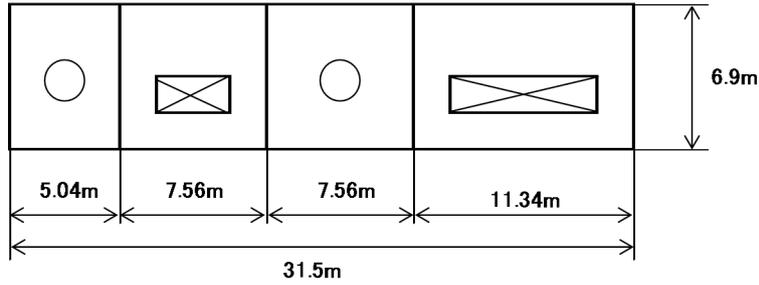
運転マニュアル（硝化脱窒運転）

当水処理設備は嫌気好気運転（A000）と硝化脱窒運転（A0A0）が行える設備である。

当水処理設備は硝化脱窒運転を基本とし、運転を行うが、水温の下降する冬期については、処理状況により嫌気好気運転に変更するものとする。

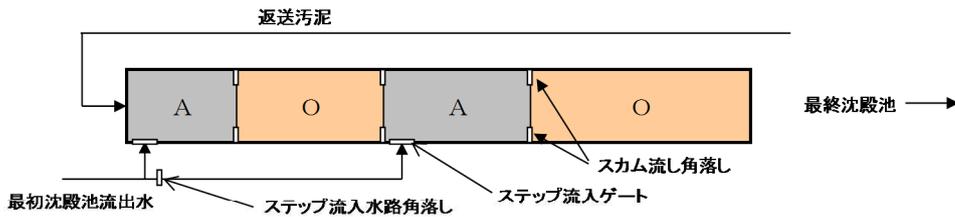
1. 施設概要

反応槽（容量V=1,738m³/池、水深H=8.0m）



○ 水中機械式散気装置 ⊠ 超微細気泡散気装置

2. 運転操作



ア) 3 槽目のステップ流入ゲート「開」

イ) ステップ流入水路角落し「取外し」

初期設定はステップ流入比を 1 : 1 とするが、処理状況で 1 段目の流入を増やす。
（1 : 1 の時はゲートを全開にしているので、1 段目の流量を増やすときは、
2 段目のゲートを絞る）



ウ) 3 槽目のエアレーション「停止」

現場操作盤にて「モード2」を選択し、3 槽目散気弁が「閉」になっているのを確認する。



エ) 2・3 槽目のスカム流し水路は角落しで仕切る

オ) 3・4 槽目のスカム流し水路は角落しを取り外し、エアリフト循環させる。

2 段目でエアリフト循環を行うことにより、窒素除去率を上げる。



カ) 返送汚泥率を 50%にする。

監視制御室において、設定変更を行なう。

キ) 2・4 槽目の空気量の調整

2 槽目の DO が 1.5 ~ 2.0 mg/l、4 槽目の DO が 2.0 ~ 3.0 mg/l になるよう空気量を調整する。(空気バルブは 6 回転で全開)



3. 運転管理

(1) 硝化脱窒運転

ア) DO	2槽目-1.5~2.0mg/l、4槽目-2.0~3.0mg/l
イ) MLSS	反応槽出口2, 500mg/l(夏期)~2,800mg/l(冬期)
ウ) A-SRT	夏期7日以上、冬期10日以上
エ) ステップ流入比	1~1.5:1
オ) BOD-SS負荷	0.05~0.1 (kgBOD/kgMLSS・日)

ア) 2槽目のDOは1.5~2.0mg/l程度に保持すること。2槽目のDOが低すぎるとアンモニア性窒素が残存し、2段目の硝化槽への負荷が高くなり、DOが高すぎると2段目の脱窒反応に影響を及ぼすため注意が必要である。4槽目においては、完全硝化、エネルギー効率を考慮し、DOは2.0~3.0mg/l程度に保持する。

イ) 硝化槽内における硝化細菌の保持が重要であり、A-SRTを保持するためには反応槽内平均MLSS濃度を高く設定しなければならず、通常2,500(夏期)~2,800mg/lとする。

ウ) 硝化反応を保持し得る必要最小限のA-SRTを計算し、余剰汚泥引抜量を必要最大限にするようにする。計算方法は下記に示す。

$$A-SRT = \frac{(1 \text{ 段目} MLSS \times 1 \text{ 段目} \text{硝化槽容積} + 2 \text{ 段目} MLSS \times 2 \text{ 段目} \text{硝化槽容積})}{(\text{終沈流出SS固形物量} + \text{余剰汚泥濃度} \times \text{余剰汚泥量})}$$

$$\text{目標} A-SRT = 20.65 \times EXP(-0.0627 \times \text{水温}) \times (1.2 \sim 1.5) \text{ (安全率)}$$

目標A-SRT以上になるように管理を行う。

エ) 各段の汚水流入バランスが悪く、汚水流入量の多い段の後段ではBOD/N比が低くなり、硝酸性窒素の一部が脱窒されず脱窒反応が不十分となる恐れがある。また、2段目硝化槽の硝酸濃度が高くなると脱窒反応が不十分となり処理水の窒素(硝酸性窒素)濃度が高くなる恐れがある。そのため、汚水流入水を把握する必要がある。

MLSS濃度測定による流入比の計算方法を下記に示す。

※1段目

$$ML1 = \frac{0.5 \times MLr}{Rn + 0.5} \quad \therefore R1 = \frac{0.5 \times MLr}{MLn} - 0.5$$

※2段目

$$ML2 = \frac{0.5 \times MLr}{Rn + 0.5} \quad \therefore R2 = \frac{0.5 \times MLr}{MLn} - 0.5 - R1$$

Rn : ステップ流入比、MLn : MLSS濃度、MLr : 返送汚泥濃度

返送汚泥比 : 0.5 (50%)

オ) 脱窒速度がBOD-SS負荷とほぼ比例関係にあるので、BOD-SS負荷の低負荷運転を行うと脱窒速度が低下して各段の脱窒反応が不十分となる恐れがある。

BOD-SS負荷が低い場合は生物反応槽の池数もしくは最初沈殿池池数を調整するなどしてBOD-SS負荷を上げる。

4. 水質管理

下記の事項を把握するため、各反応槽のMLSS・MLVSS、アンモニア性窒素・亜硝酸性窒素・硝酸性窒素・有機性窒素・全窒素、溶解性リン、T-BOD・C-BODを分析し、水質管理を行う。

- ア) 各段硝化槽のアンモニア性窒素が0になっていることを確認する。
- イ) 2・3槽目の硝酸性窒素から3槽目で脱窒が行われているか確認する。
- ウ) 各槽の溶解性リン及び溶解性C-BODの推移を把握する。
- エ) 水質的に負荷の高い時間帯の処理水質の推移を把握する。

5. 処理悪化時の対応

状況		原因	対策	
沈降性	SVが高い。	硝化が進行していない。	DO、MLSS、滞留時間等から負荷状況を把握し、完全硝化させる。	
		有機物負荷が適正でない。	系列汚水分配比、ステップ分配比を調べ、適正化していく。	
		MLSS濃度が高い。	硝化速度を考慮した上で調整する。	
硝化	1段目のみ硝化が完了しない。	DOが不足している。	DOを2～3となるように送風量を調整する。	
		滞留時間が不足している。	1段目のステップ流入比が高い場合は調整する。	
		MLSS濃度が低い。	2段目のMLSSの1.5倍の濃度になるようステップ流入比を調整する。	
		アンモニア負荷が高い	リン除去をやめるか、2段目でリン除去をさせる。 1槽目でもエアリフト循環を行い、2槽目へのアンモニア負荷を低減させる。	
	2段目のみ硝化が完了しない。	DOが不足している。	DOを2～3となるように送風量を調整する。	
		滞留時間が不足している。	2段目のステップ流入比が高い場合は調整する。 エアリフト量が調整できる場合は増量する。	
		MLSS濃度が低い。	返送汚泥濃度から算出されるMLSS濃度と比較し低い場合は、返送比が適正でない為、汚水もしくは返送汚泥量を調整する。	
	2段とも硝化が完了しない。	DOが不足している。	DOを2～3となるように送風量を調整する。酸素利用速度が速い場合は+1上げる。	
		滞留時間が不足している。	汚水分配量の見直し。エアリフト循環の見直し(減)。	
		MLSS濃度が低い。	目標MLSS濃度の見直し。	
	脱窒	2段目の脱窒量が少ない。	DOの持込による阻害	1段目のDO過多、2・3槽目間の仕切り板の確認 2段目エアリフト量の過多。
			MLSS濃度が低い。	目標MLSS濃度の見直し。
リン	1槽目のリンが高い	正常	高すぎて再吸収できない状況であれば返送汚泥率を若干上げてよい。	
	2槽目のリンが高い	DOが不足している。	DOを2～3となるように送風量を調整する。	
		滞留時間が不足している。	1段目のステップ流入比が高い場合は調整する。 エアリフト量が調整できる場合は増量する。	
	3槽目のリンが高い	リン除去目的の場合は正常窒素除去目的の場合	エアリフト循環水量の不足もしくは4槽目の硝化が十分でない。	
4槽目のリンが高い	DOが不足している。	DOを2～3となるように送風量を調整する。		
	滞留時間が不足している。	2段目のステップ流入比が高い場合は調整する。 エアリフト量が調整できる場合は増量する。		

別紙 4-5

状 況	原 因	対 策	
リン	1 槽目のリンが低い	亜硝酸による阻害	硝化が不十分で返送汚泥から硝酸性窒素の流入量が多い
		有機物不足 (発酵可能・発酵物質)	1 段目のステップ比が低い。
		返送汚泥量が多い。	返送汚泥量が多い（濃度ではなく水量）ので量を見直す。
	2 槽目のリンが低い	正常	
	3 槽目のリンが低い	窒素除去目的の場合は正常	2 段目のステップ比が低い。(有機物不足・DOの持込過多)
		リン除去目的の場合 滞留時間が不足している。	
	4 槽目のリンが低い	正常	

原則：硝化槽では極力完全硝化を目標とする。そのため、MLSS・DOは高くなる。

年間のMLSS濃度等は硝化速度見合いで調整する。

返送汚泥率をむやみに上げない。

・返送汚泥率を上げる運転操作は、硝化が完了している条件下で窒素除去率を上げる場合に行う。

・リンの吐き出し後、再吸収が悪い場合に吐き出し抑制のを行う。

参 考

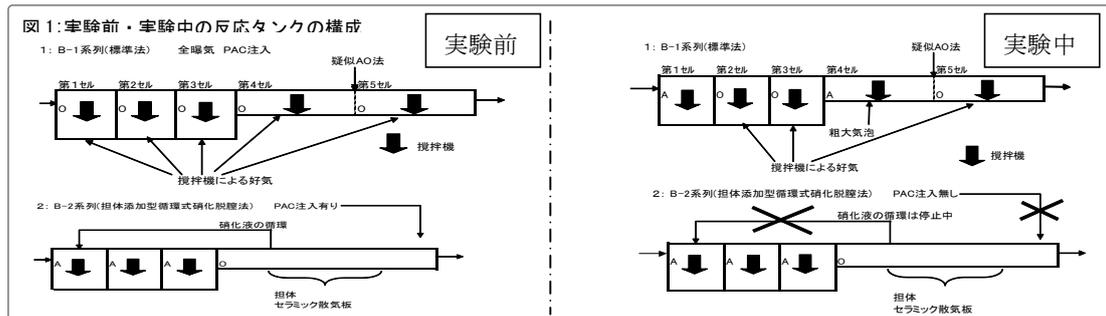
・アンモニア負荷が高い場合は曝気攪拌によるフロックの微細化が生じることがある。

・好気槽から嫌気槽に移行する際にスカムが発生する。終沈でもスカムは発生する。

(水で叩くのではなく、スキマーで除去するしかない) スカム発生はA2O法等より発生しやすい。

西浦下水処理場の擬似A O法化

西浦下水処理場のB系の1系列はいまだに高度化改造予定中であり、この施設において、通常の標準法（すべての槽に酸素を存在させる方法）ではなく、一部の槽において酸素のない状態にし、反応タンクの使用方法を変更することで擬似A O法と最初沈殿池の高水面積負荷運用による窒素・リン除去を試みた。



実験結果

有機物の供給量が1割強増え、SS（浮遊固形物）の供給は4割増え、槽の使用方法を変えたB-1系列では、変更前と変更後において、窒素の除去率では、69%から78%まで上昇、リンの除去率は、87%から92%に上昇した。このことより、現状では高度処理の設計値となる、窒素除去率75%、リン除去率90%を満足する結果となった。

※ 擬似A O法を試みたことの利点・欠点

- 利点 窒素の除去率向上
改造費なし
- 欠点 リンの除去率は安定しない
- 苦勞している点

雨水による希釈によりSS及びBOD源が不十分となり放流水中の硝酸濃度が上昇する。

SS分やBODの補給源として場内の汚泥循環が有効であるが、汚泥循環が多すぎると雨天時の簡易放流水質の悪化や消化ガスの減少の原因となるため、循環している汚泥量を適切な量で制御することが、量を測定するという点で難しい。

別紙 6

運転管理点検日誌(2-4)

次 重 塩 注 入 ボ ン プ 室	機器名称	状態	停止時点検項目	運転時点検項目	管理値	10時~16時 異常の有無		所見		
						10時	15時			
○ ○系 2次	★No.1注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.9 A		無・有	10時現在		
				吐出圧力	0.1~0.3MPa		無・有			
	★No.2注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.9 A		無・有			
				吐出圧力	0.1~0.3MPa		無・有			
	急 速 ろ 過 設 備	★No.1注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.0 A				無・有
					吐出圧力	0.1~0.3MPa				無・有
	○ ○系 1	★No.2注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.0 A				無・有
					吐出圧力	0.1~0.3MPa				無・有
	3	★No.1注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.0 A				無・有
					吐出圧力	0.1~0.3MPa				無・有
	○ ○系 4	★No.2注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.0 A				無・有
					吐出圧力	0.1~0.3MPa				無・有
5	★No.1注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.0 A		無・有	No.1 次亜塩 貯蔵量	m ³	
				吐出圧力	0.1~0.3MPa		無・有			
6	★No.2注入ポンプ	運・停	外観・計器類・潤滑油	電流値・異音・振動	1.0 A		無・有	No.2 次亜塩 貯蔵量	m ³	
				吐出圧力	0.1~0.3MPa		無・有			

場 所	機器名称	停止時点検項目	運転時点検項目	管理値	異常の有無		コメント
					点検時間		
					10時	15時	
水質管理	第1沈殿池入口		気温	℃			
			水温	15~25℃			
			透視度	3cm以上			
			P H	6~8			
	放流水1		水温(1~3池)	15~25℃			
			透視度(1~3池)	30cm以上			
			P H (1~3池)	6~8			
	放流水2		透視度(4~6池)	30cm以上			
	エアレーションタンク (○○系)		MLSS	1000~2000			
			DO	1~5			
SV			10~30%				
返送汚泥(○○系)		SV	20~70%				

汚 泥 界 面	6時				10時				15時				18時			
○○系(余剰)濃縮槽 No.1	m				m				m				m			
○○系(余剰)濃縮槽 No.2	m				m				m				m			

★月間切換機器 ●週間切換機器