固有調査研究（標準化技術）【S-3】

既存施設活用による改築更新円滑化・処理能力増強

（平成 29 年度～令和 3 年度）

報告書

令和4年3月

日本下水道事業団
技術戦略部

はじめに

日本下水道事業団（JS）では、2017（平成 29）年度から 2021（令和 3）年度までの 5 ヶ年度を計画期間とする第 5 次中期経営計画に定める JS の 2 つの役割、すなわち「下水道ソリューションパートナーとしての総合的支援」、「下水道ナショナルセンターとしての機能発揮」を着実に果たしていくため、JS 自らの財源を確保し、安定的かつ継続的に調査研究を実施し、地方公共団体に成果を還元することを目的として、2018 年 1 月に策定した「基礎・固有調査研究の中期計画」（計画期間：同上）に則り、14 テーマの調査研究を進めて参りました。

本報告書は、これらのうち、導入技術について事後評価調査などのフォローアップを行い、技術基準への反映などを図る「固有調査研究（標準化技術）」の一環として実施した「既存施設活用による改築更新円滑化・処理能力増強」に関する調査研究成果を取りまとめたものです。

本調査研究では、最初沈殿池・最終沈殿池の代替・能力増強技術、反応タンクの能力増強技術について、開発・実用化および導入手法の体系化を行うとともに、OD 法における二点 DO 制御システムについて、導入施設における事後評価調査を行いました。

本報告書が地方公共団体の皆さまの下水道事業の遂行の一助になりますとともに、下水道事業全体の発展に寄与することを期待するものです。

なお、本調査研究は、橋本敏一（2017・19 年度）、山下洋正（2018 年度）、糸川浩紀（2020～21 年度）の指導の下、星川珠莉（2017 年度）、水田丈裕（2018 年度）、細川和也（2019～20 年度）、山森隼人（2021 年度）が担当しました。

2022 年 3 月

技術戦略部長　橋本 敏一

既存施設活用による改築更新円滑化・処理能力増強
（平成 29 年度～令和 3 年度）
報告書

－ 目次 －

第１章　研究の概要 1-1
１．１　研究の背景および位置づけ 1-1
１．２　研究の目的 1-2
１．３　実施項目 1-2
１．４　報告書の構成 1-2
第２章　処理能力増強技術の開発・実用化 2-1
２．１　検討の概要 2-1
２．２　検討の内容および目的 2-1
２．３　検討の方法 2-1
２．４　検討の結果 2-3
２．５　主たる成果 2-9
第３章　OD 法における二点 DO 制御システムの事後評価調査 3-1
３．１　検討の概要 3-1
３．２　検討の内容および目的 3-1
３．３　検討の方法 3-3
３．３．１　調査対象施設 3-3
３．３．２　調査の方法 3-4
３．４　検討結果および考察 3-6
３．５　主たる成果 3-12
第４章　処理能力増強技術の導入効果および導入検討手法に係る検討 4-1
４．１　検討の概要 4-1
４．２　検討の内容および目的 4-1
４．３　導入効果の明確化の検討 4-2
４．３．１　検討対象技術の概要 4-2
４．３．２　検討の方法 4-3
４．３．３　検討の結果および考察 4-5
４．４　導入検討手法の検討 4-7

４．４．１　　導入検討手法の内容 4-7
４．５　　主たる成果 4-11
第５章　成果および課題 5-1
５．１　　成果の総括 5-1
５．２　　結論 5-1
５．３　　今後の課題 5-2

参考文献

謝辞

第１章　研究の概要

１．１　研究の背景および位置づけ

平成 30 年度版「下水道統計」によると、全国の下水処理場（休止および開始を除く）は 2,168 箇所存在している。図 1－1 は、年度別の全国における下水処理場の供用開始箇所数を表しているが、1980 年代初頭から 2000 年代初頭にかけて急激に数が伸びており、2005 年以前に供用開始した下水処理場の割合は約 9 割にものぼる。

下水処理場における機械・電気設備の標準耐用年数は、多くが 10 年から 15 年とされているため、現在は、これら設備系ストックの大量更新時期と言える。特に、水処理施設内に設置されている設備系ストックの更新においては、稼働中の系列もしくは池を一時的に停止させて更新工事を行うことになり、停止に伴い既存の処理能力が一時的に低下することになる。その場合の従来の対応策として、水処理施設を増設することになるが、土木躯体を含めた増設となるためコストが多くかかる。

一方、現在の地方自治体においては、人口減少に伴う下水道使用料の減少並びに下水道事業費の縮小、職員数の減少などの問題があることから、効率的で持続可能な下水道事業の継続が求められている。そこで、「経済・財政再生計画工程表 2017 改訂版」（平成 29 年 12 月 21 日 経済財政諮問会議決定）において、令和 4 年度までにすべての都道府県において広域化・共同化*に関する計画を策定する目標が掲げられた。

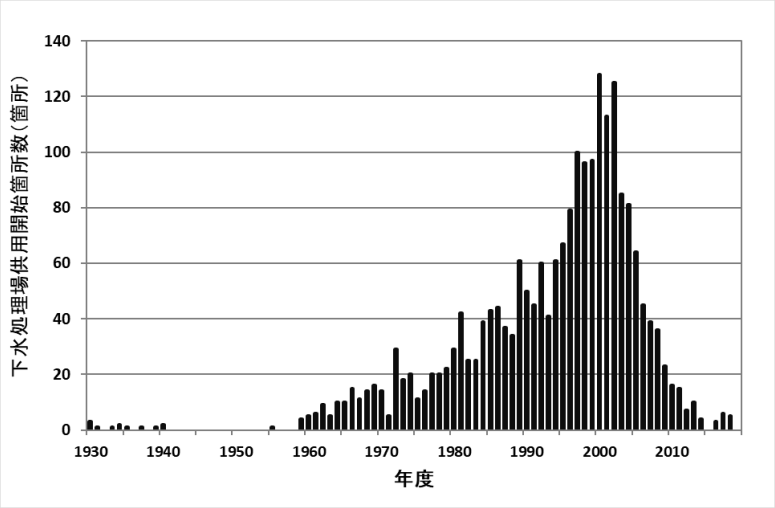


図 1-1　下水処理場の年度別供用開始箇所数の推移

* 広域化・共同化：複数の処理区の統合や下水汚泥の共同処理、複数事業の管理を一体的に行うなど、広域的な連携により事業運営基盤の強化を図る仕組み。

広域化・共同化における１つの手段として、処理施設の統廃合がある。統廃合によって、統合先の下水処理場では現有能力を超える汚水を受け入れる可能性があることから、計画放流水質を満足することができない場合が想定される。この場合、既設の処理能力不足を補うために、水処理施設を増設することになる。

従来、一時的な処理能力の低下や流入水量の増加に伴う対策として、水処理施設の増設が第一の選択肢であった。しかし、水処理施設の増設はコストが大きい反面、長期的に人口減少に伴って流入水量が減少する場合、増設した能力が不要となってしまう可能性がある。

そこで、既設を有効活用してライフサイクルコスト（LCC）を抑えながら処理能力を増強することが可能な「処理能力増強技術」の開発および実用化が求められている。

１．２　研究の目的

本研究では、日本下水道事業団（JS）の共同研究や国土交通省の B-DASH プロジェクト†において新たな処理能力増強技術を開発･実証することなどにより同技術のラインナップの充実を図ると共に、各種処理能力増強技術の汎用的な導入検討手法を確立することを目的とした。

１．３　実施項目

本研究の実施項目は以下のとおりである。

- 処理能力増強技術の開発・実用化
- 「OD 法における二点 DO 制御システム」の事後評価調査
- 処理能力増強技術の導入効果および導入検討手法の検討

１．４　報告書の構成

本報告書の構成は以下のとおりである。

第 2 章：処理能力増強技術の開発・実用化
平成 29 年度から令和 3 年度の期間内で実施された処理能力増強技術の開発・実用化に係る検討内容、結果および成果について報告する。
第 3 章：OD 法における二点 DO 制御システムの事後評価調査

† B-DASH プロジェクト：国土交通省が実施する「下水道事業革新的技術実証事業」の略称で、Breakthtough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project の略語。

JS の新技術Ⅰ類[‡]に選定されている「OD 法における二点 DO 制御システム」について、導入施設における事後評価調査の結果と検証内容について報告する。

第 4 章：処理能力増強技術の導入効果および導入検討手法に係る検討
実用化された処理能力増強技術を整理し、導入効果や汎用的な導入検討フローなどを検討した結果について報告する。

第 5 章：成果および課題
第 2 章から第 4 章までの報告を踏まえて、取り纏めた成果と課題について報告する。

‡ JS 受託建設工事において、新しい技術の積極的かつ円滑な導入促進を図ることを目的に創設された「新技術導入制度」で定義されている。新技術とは、JS 受託建設工事で導入実績が少なく基準化されていない下水道技術である。また、当該制度では、新技術をⅠ類（JS が関与し開発された技術）、II 類（公的機関が開発に関与し、JS が技術確認した技術）、III 類（民間企業が独自に開発し、JS が技術確認した技術）に分類して選定される。

第２章　処理能力増強技術の開発･実用化

２．１　検討の概要

平成 29 年度から令和 3 年度にかけて JS が実施した以下の 6 件の処理能力増強技術に関する共同研究および B-DASH プロジェクトの実証研究･自主研究（継続中のものを含む）について、技術の概要や研究成果を取り纏める。

(1) 初沈代替高速ろ過システム
（研究実施者：名古屋市、JS、メタウォーター株式会社）
(2) ディスク式特殊長毛ろ布ろ過装置
（研究実施者：JS、メタウォーター株式会社、前澤工業株式会社）
(3) 高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術
（研究実施者：JS、前澤工業株式会社、株式会社石垣）
(4) 能力増強型水処理システム
（研究実施者：JS、荏原実業株式会社）
(5) 最終沈殿池の処理能力向上技術
（研究実施者：メタウォーター株式会社、JS、松本市）
(6) 単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術
（研究実施者：メタウォーター株式会社、JS、町田市）

２．２　検討の内容および目的

１．１節で述べた設備更新工事などに伴う一時的な処理能力の低下や下水処理施設などの統廃合に伴う流入水量の増加だけでなく、高度処理化や二次処理水の更なる水質向上などに伴う処理能力向上に対して、既設を可能な限り活用して LCC の低減を図ることが可能な処理能力増強技術が求められている。

ついては、最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池およびろ過設備の各種水処理施設における新たな処理能力増強技術の実用化を目的に実証実験などを行った。

２．３　検討の方法

(1)初沈代替高速ろ過システム

「初沈代替高速ろ過システム」は、平成 23 年度採択の B-DASH プロジェクトにおいて「超高効率固液分離技術」として実証・評価された最初沈殿池の代替技術であるが、

標準的な最初沈殿池と本技術との性能比較を行った事例はなく、本技術の処理水が後段の生物処理へ与える影響（一次処理性能の差異による影響）についても確認されていなかった。

そこで、JS の共同研究において、パイロット規模の実験により本技術と最初沈殿池との性能比較や、本技術が後段の生物処理に与える影響を確認し、最初沈殿池の代替技術としての適用性を検証した。

実験は、名古屋市鳴海水処理センター内に実験プラントを設置し、令和元年 9 月から令和 2 年 12 月まで行った。

（2）ディスク式特殊長毛ろ布ろ過装置

九州地方の某下水処理場に、海外で多くの実績があるディスク式特殊長毛ろ布ろ過装置の実験機を設置し、処理性能や導入効果、従来技術との優位性の検証を目的として、令和元年 8 月から令和 2 年 9 月の約 1 年間の実証実験を行った。

（3）高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術

平成 26～27 年度の B-DASH プロジェクトにおいて、埼玉県利根川右岸流域下水道小山川水循環センターを実証フィールドとして実規模の実証実験を行い、本技術の適用性などを評価するとともに、平成 28 年度以降は自主研究として、安定した処理水質の確認や更なる省エネ性の検証などを目的に、長期の実証実験を継続した（令和 4 年 3 月自主研究完了）。

（4）能力増強型水処理システム

JS 技術開発実験センター内に、能力増強型水処理システムのパイロットプラントを設置して、令和元年 7 月から、主に同プラントを用いて本技術の実証実験を行っている。

（5）最終沈殿池の処理能力向上技術

平成 29～30 年度の B-DASH プロジェクトにおいて、松本市両島浄化センターを実証フィールドとして実規模の実証実験を行い、最終沈殿池の処理能力向上技術の適用性などの評価を行った。平成 31 年度からは自主研究として、継続して処理水質の長期安定性の確認などを行っている。

(6)単槽型硝化脱窒プロセスの ICT･AI 制御による高度処理技術

平成 31～令和 2 年度の B-DASH プロジェクトにおいて、町田市成瀬クリーンセンターを実証フィールドとして、「単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術」に係る実証実験を行い、導入効果および適用性などの検証を行った。令和 3 年度からは自主研究として、導入効果の更なる検証や処理性能の限界点の検証などのために長期の実証実験を行っている。

2．4　　検討の結果

(1)初沈代替高速ろ過システム

①技術の特徴

本技術は、最初沈殿池と比較して SS や BOD の除去率が高く、ろ過速度が 250～500m/日であり設置面積当たりの処理水量を多くすることが可能であるため、処理能力の増強が期待できる。主に、(a)ろ過池設備、(b)空気圧縮設備、(c)洗浄排水設備、(d)洗浄排水濃縮設備、(e)洗浄水供給設備、(f)制御設備で構成される（図　2－1）。

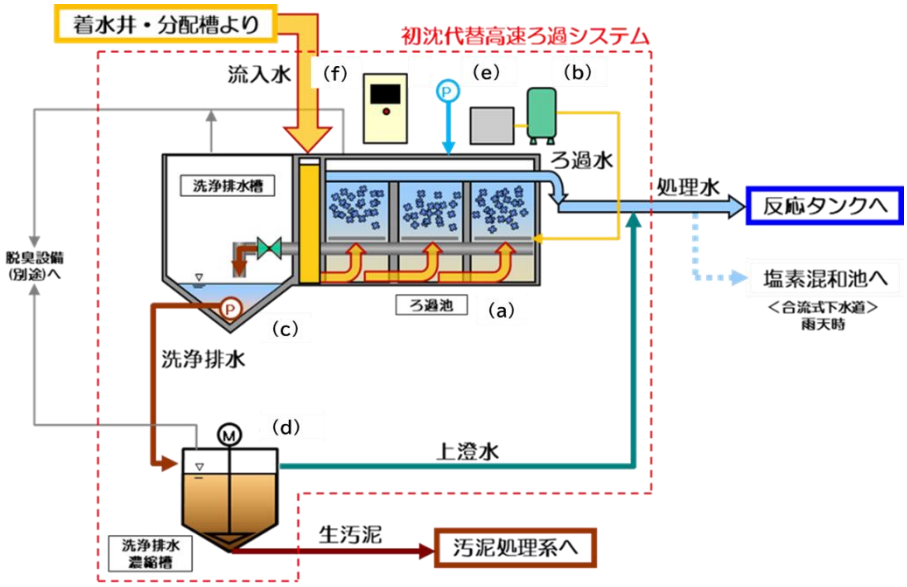


図 2-1　初沈代替高速ろ過システムの概略図

②研究の結果

晴天時における流入水の 1 日平均濃度は、SS：76～420mg/L、BOD：100～280mg/L、雨天時における流入水の 1 日平均濃度は、SS：83～446mg/L、BOD：119～405mg/L であったのに対して、表　2－1 に示すとおり、晴雨問わず本システムの SS 除去率およ

び BOD 除去率が対照系（最初沈殿池）よりも高く、本技術の除去性能が最初沈殿池よりも高いことが確認された。また、両系列の生物処理水（最終沈殿池流出水）の S-BOD 濃度は、実証系：平均 4mg/L、対照系：平均 6mg/L で、両系列の処理水質に顕著な差が見られなかったことから、本技術が後段の生物処理に与える影響は小さいことが確認された。これらの結果に基づき、本システムは令和 4 年 3 月に JS の新技術 I 類に選定された。

表 2-1 実証系（高速ろ過システム）および対照系（最初沈殿池）の除去率（SS、BOD）

①晴天時：1Q	対照系	実証系	②雨天時：3Q	対照系	実証系
平均 SS 除去率	66%	74%	平均 SS 除去率	42%	63%
平均 BOD 除去率	34%	44%	平均 BOD 除去率	29%	45%

（2）ディスク式特殊長毛ろ布ろ過装置

①技術の特徴

図 2－2 に本技術の概略とろ過時の処理フローを示す。本技術は、最終沈殿池流出水から SS を除去するためのろ過技術である。専用の特殊長毛ろ布に包まれたディスクを垂直に複数枚取付けることで設置面積に対して大きなろ過面積を確保することができるため、従来のろ過技術と比較して処理能力増強が可能となる。ろ過運転を継続すると、ろ布に SS が蓄積するが、ディスク表面に備え付けられた専用装置によって蓄積した SS を除去する洗浄設備を有する。

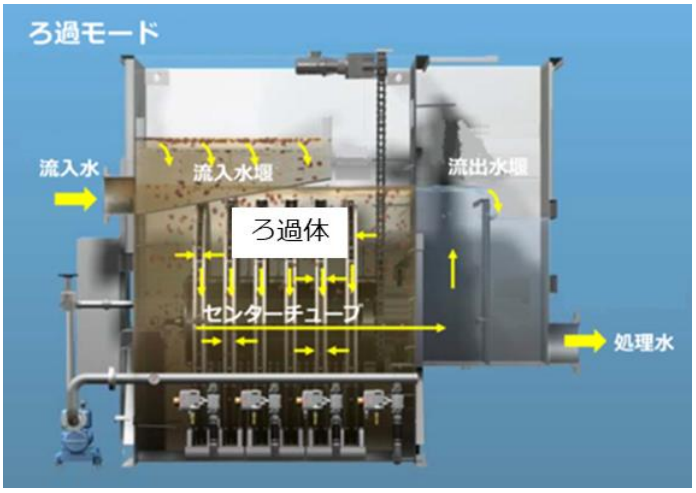


図 2-2 ディスク式特殊長毛ろ布ろ過装置の処理フロー

②研究の結果

24hr コンポジット採水による検証において、原水（活性汚泥添加により SS 濃度を調整した二次処理水）の SS：10～35mg/L および BOD：20～60mg/L に対して、1 年間を通して処理水の SS：2.5mg/L 以下、BOD：10mg/L 前後と安定した処理水質が得られた。本研究の結果に基づき、本技術は令和 4 年 3 月に新技術 I 類として選定された。

（3）高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術

①技術の特徴

本技術は 2 つの要素技術から構成される。高効率固液分離技術は、従来の最初沈殿池よりも固形物を効率的かつ安定的に除去することにより、反応タンクの有機物負荷を低減させ、曝気風量の削減および反応タンク HRT の短縮を図ることが可能な技術である。一方、二点 DO 制御技術は、OD 法と同様の無終端水路に改造した標準活性汚泥法の反応タンク内の二箇所に DO 計を設置し、各々の計測値に基づき攪拌流速および曝気風量を独立して制御する技術であり、好気ゾーンと無酸素ゾーンを安定的に形成することで、効率的かつ安定的な硝化・脱窒を実現することが可能である（図 2－3）。

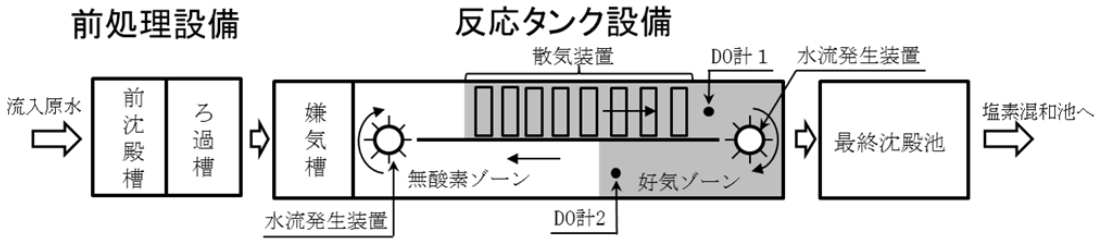


図 2-3 高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術の処理フロー

②研究の結果

自主研究の実証実験で得られた処理水質は、BOD：平均 5.4mg/L（2.0～11.1mg/L）、T-N：平均 5.5mg/L（2.4～8.9mg/L）、T-P：平均 1.9mg/L（0.2～6.6mg/L；ただし流入水質が悪化した時期を除く）であり、B-DASH プロジェクトの実証研究からの目標処理水質（BOD：10mg/L を超え 15mg/L 以下、T-N：10mg/L 以下、T-N：1mg/L を超え 3 mg/L 以下）を満足する結果であったことから、長期間の安定した処理性能が確認された。これらの結果を踏まえて、ガイドラインのフォローアップが完了した。

（4）能力増強型水処理システム

①技術の特徴

本技術は、標準活性汚泥法の反応タンクの上流側に専用の接触ろ材を浸漬させ、生物

膜法と活性汚泥法の併用処理を行うことで処理能力増強が可能となる新たな水処理システムである。標準活性汚泥法の反応タンク内を複数区画に分割することを想定して、前段の一部の区画を接触ろ材を投入する「固定槽」、後段の区画を活性汚泥法の「浮遊槽」としている（図 2-4）。

②研究の結果

パイロットプラント（固定槽：5m³、浮遊槽：15m³）において、流入水量：90m³/日（HRT が 5.3hr で、標準活性汚泥法で一般的な 8hr に対して 1.5 倍水量に相当）の一定量流入にて処理性能を確認したところ、約 2 週間ではあるが、処理水の SS：15mg/L 以下、BOD：15mg/L 以下と目標値を満足する結果が得られた。短期間であるが、1.5 倍水量を処理できる可能性が示された。

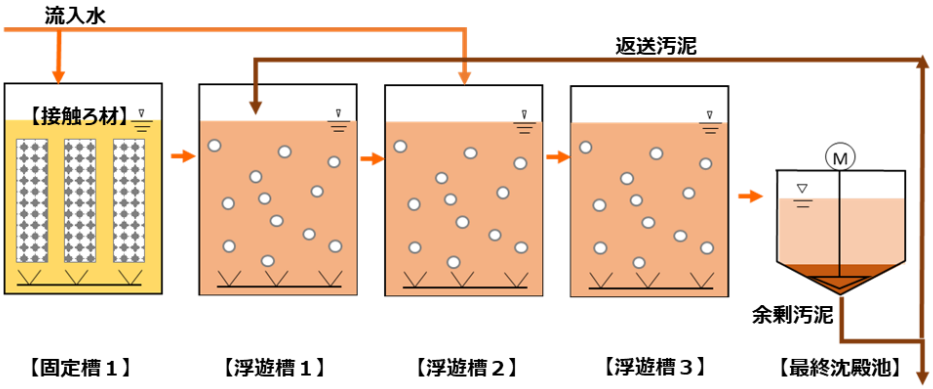


図 2-4 能力増強型水処理システムの処理フロー

(5)最終沈殿池の処理能力向上技術

①技術の特徴

本技術は、図 2-5 の概略図のとおり、最終沈殿池上流側で沈殿分離できなかった浮遊性の固形物を下流側で捕捉するろ過設備と、補捉した固形物を定期的に洗い出し、最終沈殿池より上流へ排出する洗浄設備で構成されており、特徴として、量的または質的な性能向上を図る点を掲げている。「量的向上」は、従来と同等の処理水質を得ながら従来よりも処理水量を増加することを可能とするもので、「質的向上」は、従来と同等の処理水量において急速ろ過と同等の処理水質を可能とするものである。

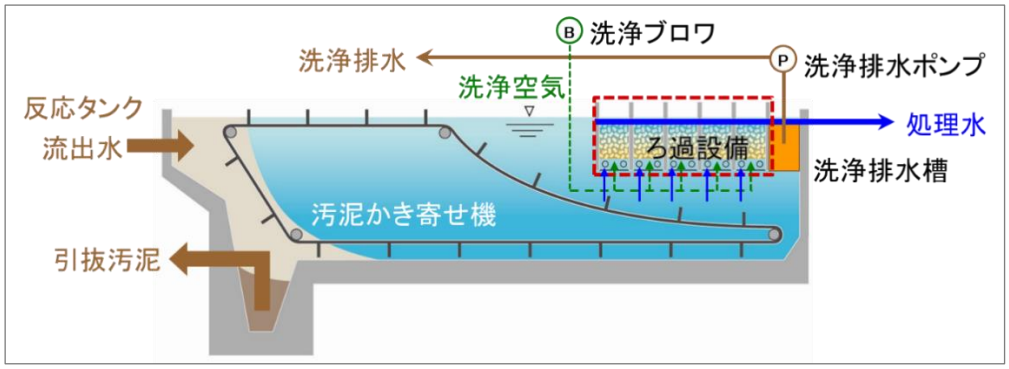


図 2-5 最終沈殿池の処理能力向上技術の概略図

②研究の結果

ここでは、B-DASH プロジェクトの委託研究期間に得られた成果を紹介する。表2－2に約1年間の実証実験で得られた結果を示す。採水条件は、週2回、季節ごとに6回スポット採水を行っており、採水後は放流水質を模擬するために、実証フィールドの実績に合わせて、約1mg/Lの次亜塩素酸ナトリウムを添加している。

量的向上においては、対照系の流入水量に対して、実証系の流入水量を2倍程度にして実験したが、実証系処理水は、BODおよびSS（年平均値）のどちらについても対照系と同程度の処理水質が得られた。質的向上においては、実証系処理水は対照系と比較してBODおよびSSが低濃度となりBOD：10mg/L以下の水質が得られたことから、長期的に安定して目標とする処理水質を確保できることが確認された。この結果に基づき、令和元年12月にガイドライン化が完了した。

表 2-2 実証系および対照系の処理水質

目標	放流水質目標値	実証方法	処理水質			
量的向上	・対照系と同等	✓処理水量：対照系の2倍 ✓運転期間：1か月/季×四季（スポット採水を6回/季）	（年平均）		対照系	**実証系**
			T-BOD	mg/L	5.0	**5.1**
			SS	mg/L	4.3	**3.2**
質的向上	・対照系より良好 ・BOD≦10mg/L	✓処理水量：対照系と同等 ✓運転期間：1か月/季×四季（スポット採水を6回/季）	（年平均）		対照系	**実証系**
			T-BOD	mg/L	4.3	**2.4**
			SS	mg/L	3.7	**1.3**

（6）単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術

①技術の特徴

本技術は3つの要素技術（統合演算制御システム、単槽型硝化脱窒プロセス、負荷変動追従型送風ユニット）で構成されており、ICT・AI技術の活用により、従来の高度処理法（A2O法）と比較して、短HRTで同等の処理水質が得られるとともに、最適な空

気量および送風機吐出圧力の自動制御により省エネ性と維持管理性の向上を図ることが可能な技術である（図　2-6）。

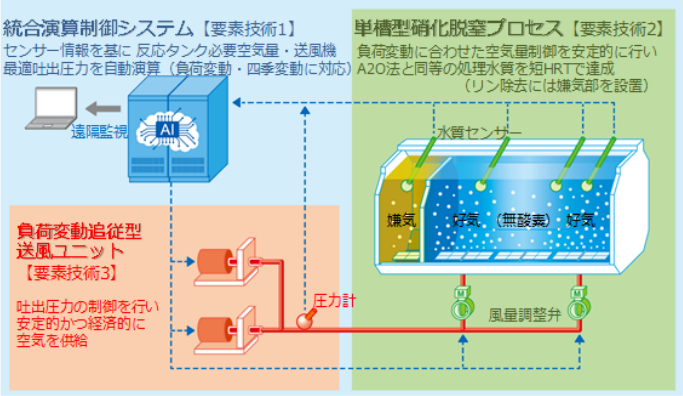


図 2-6　単槽型硝化脱窒プロセスの ICT･AI 制御による高度処理技術の概略図

②研究の結果

ここでは、B-DASH プロジェクトの委託研究期間に得られた結果を紹介する。15 ヶ月間の実証実験の結果、表　2－3 に示すとおり、すべての測定データで目標値を満足する結果であったことから、高度処理として処理能力を増強しつつ安定した処理水質が得られることが確認された。この結果に基づき、令和 4 年 3 月にガイドライン化が完了した。

表 2-3　実証実験の結果

実証項目	目標値	結果（期間平均値）
処理水質	・BOD：15mg/L 以下 ・T-N：20mg/L 以下 ・T-P：3mg/L 以下 ・窒素除去率：60～70%	・BOD：5.0mg/L ・T-N：10.8mg/L ・T-N：1.3mg/L ・窒素除去率：68.1% （※雨天時除く）
処理能力	・A2O 法の設計 HRT の 20%削減 （設計 HRT16hr×0.8=12.8hr 以下）	・HRT：9.8hr

２．５　　主たる成果

平成 29 年度から令和 3 年度にかけて JS が実施した処理能力増強技術に関する共同研究および B-DASH プロジェクトの実証研究･自主研究（継続中のものを含む）において、以下の成果が得られた。

・新技術 I 類に選定されたもの

「初沈代替高速ろ過システム」および「ディスク式特殊長毛ろ布ろ過装置」について、共同研究での長期間の実証実験で安定した処理性能が確認され、各々令和 4 年 3 月に新技術 I 類に選定された。

・B-DASH プロジェクトでガイドライン化されたもの

「高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術」について、自主研究まで完了し、ガイドラインのフォローアップも完了した。今後は、実施設への積極的な導入を進める必要がある。一方、「最終沈殿池の処理能力向上技術」および「単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術」については、委託研究期間中に処理性能等が確認され、各々令和元年 12 月および令和 4 年 3 月にガイドライン化された。今後は、委託研究からのさらなる処理性能の確認や導入効果の検証などを行う。

・その他共同研究中のもの

「能力増強型水処理システム」については、短期間の実証実験での結果であったことから、今後は長期間のパイロットプラントの運転による処理性能の確認などを行う。

第３章　　OD 法における二点 DO 制御システムの事後評価調査

３．１　　検討の概要

平成 26 年度に新技術 I 類に選定された「OD 法における二点 DO 制御システム」（以下、「二点 DO 制御システム」とする。）に関して、本技術が導入された下水処理場において、処理性能や導入効果などを検証するために、流入水･処理水の水質分析や消費電力量のモニタリングなどの事後評価調査を実施した。

３．２　　検討の内容および目的

二点 DO 制御システムは、OD 槽内に設置する 2 箇所の DO 計の計測値から、曝気風量と槽内循環流速を各々独立して制御することにより、OD 槽内で好気ゾーンと無酸素ゾーンを安定的に形成し処理水質の安定化と消費電力の削減を図る技術である。一時的な高負荷流入条件でも運転が可能となることから、既設を活用して処理能力を増強することが可能な技術である。図　3･1 に本技術の概略フローを、表　3･1 に主要構成機器を示す。

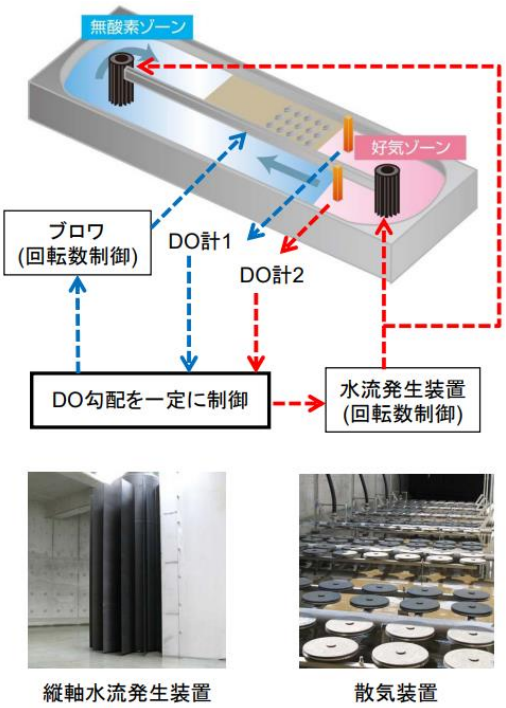


図　3-1　二点 DO 制御システムの概略フロー

表 3-1 二点 DO 制御システムの主要構成機器

機器名称	型式	備考
水流発生装置	縦軸型	
散気装置	メンブレン式	
送風機	ルーツ式	
DO 計	蛍光式	変換器、洗浄用空気圧縮機
DO コントローラー	コントロールセンタ組込用	電気設備へ支給
定流量排出装置	電動ボールねじ式	水位計付属

一方、従来の OD 法は、維持管理が容易で流入負荷変動に強いなどの特長から小規模の下水処理場を中心に国内で広く普及している。JS では、昭和 63 年度以降、OD 法の標準設計を整備し、OD 法の普及に貢献してきた。平成 30 年度版「下水道統計」では、水処理施設を有する下水処理場 2,146 箇所の内、OD 法を採用している処理場が 977 箇所となっており、約 45%を OD 法が占めている。

二点 DO 制御システムは、平成 26 年 7 月に JS の新技術 I 類に選定され、令和 3 年度末時点で 8 件の JS 受託建設工事で導入が決定された。導入事例が増加していることから、導入施設における処理性能や導入効果を検証し、今後、JS において本技術を基準化するための基礎資料を作成することなどを目的として、本技術を導入した下水処理場 1 施設における事後評価調査を令和 2～3 年度の 2 年間で実施した。

３．３　　検討の方法

３．３．１　　調査対象施設

事後評価調査の対象とした下水処理場の概要を表　３-２に示す。

表 3-2 調査対象施設の概要

処理方式	OD 法
処理能力（現有能力）	3,720m³/日（令和 3 年度末時点）
系列・池数	2 池/1 系列×2 系列
供用開始	平成 10 年

本処理場では、し尿および浄化槽汚泥を受け入れるにあたり、増設を行うことなく既設活用により処理能力を増強することが可能な二点 DO 制御システムを 1/2 系列 2 池（2 - 1 系、2 - 2 系）に導入している（表　３-３）。事後評価調査は、本技術が先ず 2 - 2 系に設置された直後の令和 2 年 4 月に開始し、以降、令和 3 年度末まで継続した。

表 3-3 二点 DO 制御システム導入の工事スケジュールと各年度の処理能力（m³/日）

	H29 年度	H30 年度	R 元年度	R2 年度	R3 年度
1 - 1 系	1,100	1,100	1,100	630	630
1 - 2 系	1,100	1,100	1,100	630	630
2 - 1 系	1,100	1,100	1,100	導入工事	1,230
2 - 2 系	―	―	導入工事	1,230	1,230
全体能力	3,300	3,300	3,300	2,490	3,720
備考				R2.4~： し尿等受入 R2.12~： 2 - 1 系稼働	

なお、本調査では、二点 DO 制御システムが導入された 2 - 2 系を主たる調査対象（調査池）としてデータの取得を行ったが、比較対象（対照池）として従来の OD 法が稼働している 1 - 2 系においても同様にデータ取得を行った。

３．３．２　調査の方法

調査項目および内容を表 ３-４に示す。

表 3-4 調査項目および内容

調査項目	調査対象池		調査内容
	２-２ 系 (調査池)	１-２ 系 (対照池)	
（１）運転データの整理・解析	○	○	運転管理年報・月報・日報の整理および解析
（２）制御データの収集・解析	○	－	DO コントローラーの制御データの収集および解析
（３）消費電力量の計測・解析	○	○	調査用電力モニタによる対象池毎の消費電力量の計測および解析
（４）水質調査	○	○	①定期採水による水質調査 ②通日採水による水質調査
（５）設備運転状況調査	○	－	①反応タンク内 DO 濃度勾配の調査 ②散気装置圧損の調査 ③定流量排出装置の運転状況調査

(1)運転データの整理・解析

同処理場を管理する下水道事業者から、運転管理月報や水質月報など過去 5 か年の運転データを入手し、データの整理および解析を行った。

(2)制御データの収集・解析

DO コントローラー内に蓄積された制御データを定期的に回収し、解析を行った。

(3)消費電力量の収集・解析

２-２系（調査池）と１-２系（対照池）の消費電力量を比較するために、それぞれの池に電力モニタを設置し、データの収集と解析を行った。

(4)水質調査

処理性能の確認・検証を行うため、以下の水質調査を行った。

①定期採水による水質調査

・　実施期間：令和２年４月～令和４年３月

・　実施頻度：週 1 回
・　採水対象：流入原水（分配槽）*、処理水（調査池および対照池の最終沈殿池流出水）
・　採水方法：15:00～17:00 のスポット採水
・　水質分析項目：　表　3-5 のとおり

表 3-5　定期採水における水質分析項目

採水対象		流入原水	調査池 処理水	対照池 処理水
分析項目	ｱﾙｶﾘ度	○	○	○
	pH	○	○	○
	BOD	○	○	○
	ATU-BOD	—	○	○
	COD_{Mn}	○	○	○
	SS	○	○	○
	T-N	○	○	○
	NH_4-N	○	○	○
	NO_x^--N	○	○	○
	T-P	○	○	○

②通日採水による水質調査

・　実施回数：計 6 回（令和 2 年度：6、9、11、2 月、令和 3 年度：12、2 月）
・　採水方法：2hr 毎（自動採水器による 1hr 毎のスポット採水試料を 2hr 分混合）×24hr（13 回）
・　採水対象：流入原水（分配槽）、処理水（調査池および対照池の最終沈殿池流出水）
・　水質分析項目：　表　3-6 のとおり

表 3-6　通日採水における水質分析項目

採水対象		流入原水	調査池 処理水	対照池 処理水
分析項目	ｱﾙｶﾘ度	○	○	○
	pH	○	○	○
	BOD	○	—	—
	ATU-BOD	—	○	○
	COD_{Mn}	○	○	○
	SS	○	○	○
	T-N	○	○	○
	NH_4^+-N	○	○	○
	NO_x^--N	○	○	○
	T-P	○	○	○

* 本処理場ではし尿および浄化槽汚泥を受け入れていることから、流入原水は、それらと沈砂池棟への流入下水が混合された後の箇所で採取した。

(5)設備運転状況調査

①反応タンク内 DO 濃度勾配の調査

OD 槽内の好気ゾーンと無酸素ゾーンの形成状況を確認するために、槽の周長方向の DO 濃度勾配を調査した。具体的には、通日採水と同じ日に、本設の DO 計 2 台（DO1 および DO2）以外に、ポータブル DO 計 2 台（DO1'および DO2'）を設置し、槽内の DO 濃度を 24 時間計測した。

②散気装置圧損の調査

本技術の導入に際して設置された散気装置の圧損状況を把握するために、通日採水と同じ日に、ポータブル圧力計により散気装置の空気管圧力を測定し、式(1)を用いて散気装置圧損を推定した。

散気装置圧損(kPa)

$$= \text{測定圧力(kPa)} - \text{散気水深(m)} \times 9.81\text{(kPa/m)} - \text{配管圧損(kPa)} \qquad (1)$$

③定流量排出装置の運転状況調査

定流量排出装置は、OD 槽から最終沈殿池への流出部に設ける電動の可動堰で、越流水深を一定に制御することが可能な装置である。これにより、OD 槽への流入水量の一時的な増加に対して、最終沈殿池への流出水量を一定に維持することが可能となり、最終沈殿池からの汚泥の流出（キャリーオーバー）のリスクを低減できる。

この定流量排出装置の作動状況について、通日採水と同じ日に本装置の越流水深を測定すると共に付属制御盤の数値を確認し、本装置の機能を検証した。

3．4　　検討結果および考察

2 年間の調査期間のうち、し尿等受入れに伴う想定以上の流入負荷量の増加や池間の返送汚泥分配の不均衡（2‐1 系と 2‐2 系における MLSS 濃度の不均衡）などにより、想定とは異なる条件での運転期間が長かったことから、本稿では主として令和 3 年 12 月～令和 4 年 2 月の期間の調査結果の一部を掲載する。

(1)運転データの整理・解析

令和 2 年度から令和 3 年度までの処理場全体の月別平均流入水量の長期的な変化を処理能力と共に図 3‐2 に示す。2‐1 系が工事中の令和 2 年 4 月から 11 月では、処理能力 2,490m³/日に対して平均流入水量は 3,220m³/日、2-1 系の二点 DO 制御システムが供用後の令和 2 年 12 月から令和 4 年 2 月では、処理能力 3,720m³/日に対して平均流入水量は 4,329m³/日と、調査期間中は概ね流入水量が処理能力を超過している状況であった。

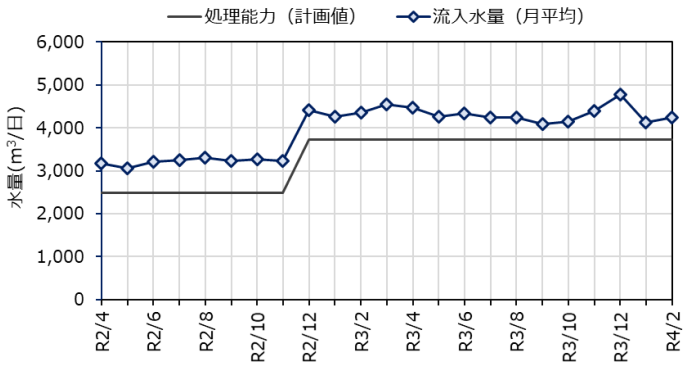


図 3-2 流入水量（処理場全体）の実績（R2～R3 年度）

（2）制御データの収集・解析

令和 3 年度の第 2 回通日調査（2 月 16 日～17 日）を実施した 24hr について、調査池における散気装置下流側の DO 計（DO1）計測値（1 時間平均値）および送風量（1 時間平均値）の時間変化を図 3-3 に示す。同図には、OD 槽内の活性汚泥による酸素消費速度の指標として、通日調査における水質分析結果から推定した OD 槽内の時間毎の必要酸素量(AOR)も示す。2 月 16 日の 20:00 前後において、AOR が増加する時間帯に DO 濃度および送風量の値が上下する傾向を示しており、流入負荷の変動などによる酸素消費速度の変化に追随するように二点 DO 制御システムが送風量を増減させていることが確認できる。当該 24hr を通して、DO1 の計測値が概ね設定値である 1.0mg/L を中心に変化しており、同システムの想定通りの動作であることが確認された。なお、2 月 17 日の 3:00 の DO 濃度が大きく低下しているのは、自動的に低負荷モードとなり送風機が停止したためである。

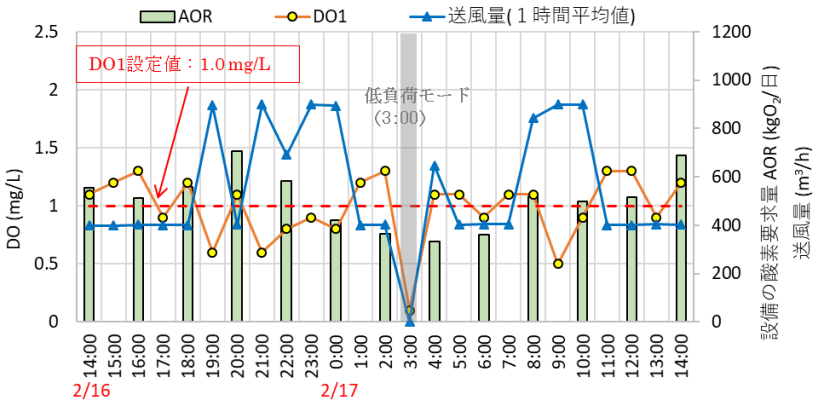


図 3-3 令和 3 年度第 2 回通日調査における必要酸素量（AOR）、DO1 計測値
および送風量の時間変化（2/16 14:00～2/17 14:00）

(3)消費電力量の収集・解析

池間の MLSS 濃度の不均衡が解消された後の令和 3 年 12 月および令和 4 年 1 月の調査池における月当たりの消費電力量削減率は、対照池に対して約 84%であった。これは、新技術 I 類選定時に示された従来の OD 法と比較した場合の削減効果（削減率：30%）よりも大幅に高い結果であった。今後、継続してデータを収集し、長期的な効果を検証する必要がある。

(4)水質調査

令和 3 年 12 月～令和 4 年 3 月の水質調査の結果を以下に示す。

①定期採水

(a) BOD

流入原水の BOD が平均 208mg/L（範囲 160～270mg/L ; 以下同様）であったのに対して、調査池（2 - 2 系）処理水では平均 4.2mg/L（2.5～7.7mg/L）、対照池（1 - 2 系）処理水では平均 5.9mg/L（3.6～9.2mg/L）であった。両池共に処理水質は良好であったが、調査池の方がやや低濃度であった。

(b) SS

流入原水の SS が平均 160mg/L（130～220mg/L）であったの対して、処理水の SS は調査地で平均 2.2mg/L（1.0～4.0mg/L）、対照池で平均 2.8mg/L（1.0～4.0mg/L）であった。両池共に処理水 SS は 5mg/L 以下と良好であった。

②通日採水

(a) ATU-BOD

図 3-4 および図 3-5 に令和 3 年度の第 1 回（令和 3 年 12 月 15 日～16 日）および第 2 回（令和 4 年 2 月 15 日～16 日）の通日採水における調査池、対照池の処理水の ATU-BOD の時間変化を示す。どちらの調査日においても、両池の処理水の ATU-BOD は 5mg/L 以下で、1 日を通して良好な処理水質であった。

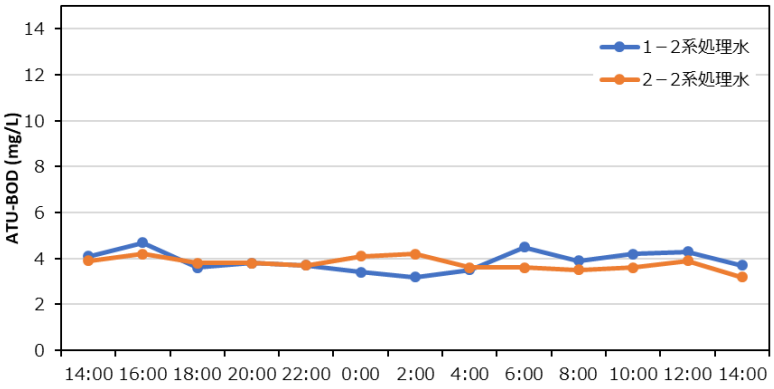


図 3-4 ATU-BOD の経時変化（令和 3 年度第 1 回通日採水）

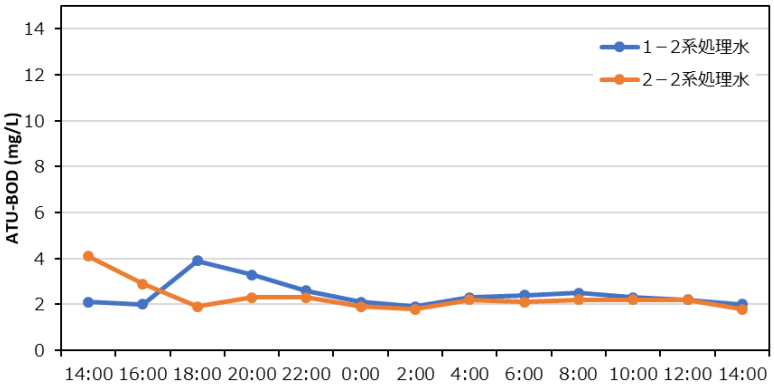


図 3-5 ATU-BOD の経時変化（令和 3 年度第 2 回通日採水）

(b) SS

図 3-6 および図 3-7 に令和 3 年度の第 1 回（令和 3 年 12 月 15 日～16 日）および第 2 回（令和 4 年 2 月 15 日～16 日）の通日採水における調査池と対照池の SS の時間変化を示す。どちらの調査日においても、両池の SS は 5mg/L 以下と良好な処理水質が得られた。

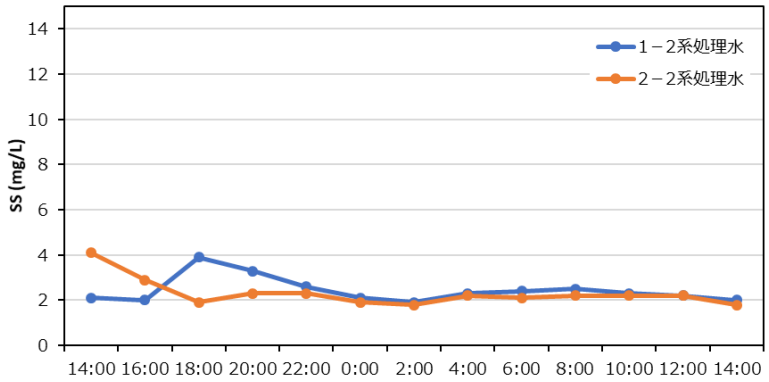


図 3-6 SS の経時変化（令和 3 年度第 1 回通日採水）

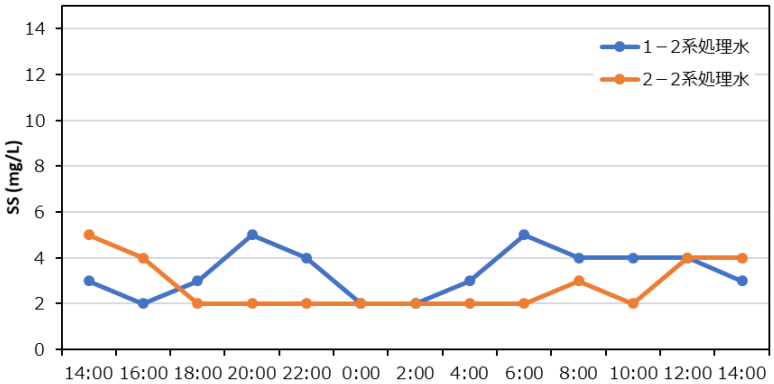


図 3-7 SS の経時変化（令和 3 年度第 2 回通日採水）

（5）設備運転状況調査

①反応タンク内 DO 濃度勾配の調査

図 3-8 に令和 3 年度第 2 回通日採水時における調査池 4 箇所の DO 濃度の測定結果を示す。各計測地点において、測定時間ごとで DO 濃度に変動が見られるが、概ね設定値に近い濃度となっており、DO1～DO2 間の濃度勾配も確認されたことから、良好な制御ができていたと推測される。

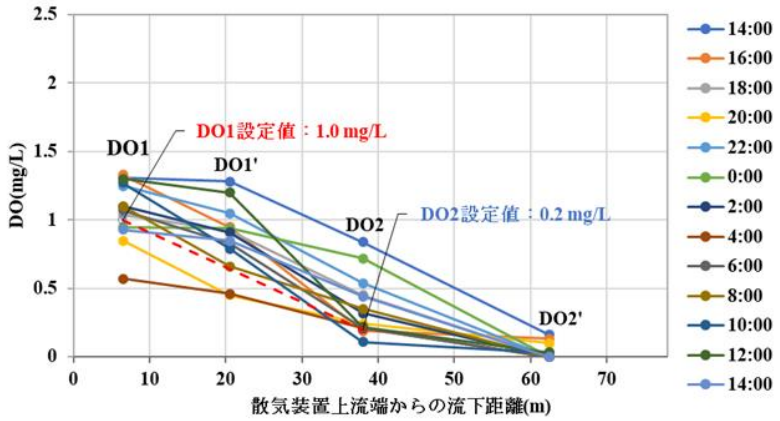


図 3-8 OD 槽内の DO 濃度測定結果（令和 3 年度第 2 回通日調査）

②散気装置圧損の調査

図 3-9 に令和 3 年度の通日調査における調査池 OD 槽の空気管圧力と送風機の経年変化を示す。送風機の仕様吐出圧力（36.9kPa）に対して空気管圧力が下回っていることから、顕著な圧損は確認されなかった。

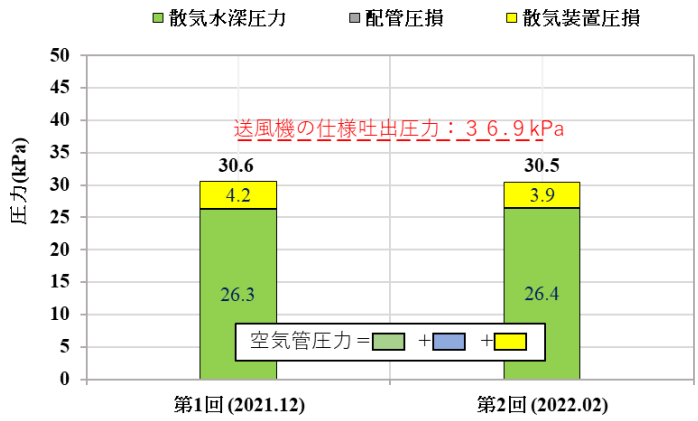


図 3-9 通日調査における平均の空気管圧力（令和 3 年 12 月、令和 4 年 2 月）

③定流量排出装置の稼働状況

図 3-１０に令和 3 年度第 2 回通日採水における調査池の定流量排出装置の稼働状況を示す。1 日を通して、水位の実績値と推定値がほぼ同等であり、越流水深の制御目標値（0.062m）を維持するように、定流量排出装置が稼働していることが確認された。

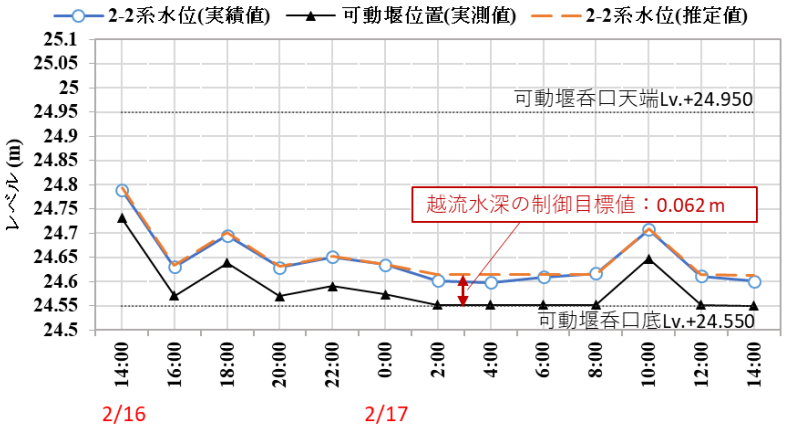


図 3-10 定流量排出装置の稼働状況（令和３年度第２回通日調査）

３．５　主たる成果

OD 法における二点 DO 制御システムについて、導入施設にて処理性能や導入効果などを検証するために、流入水・処理水の水質分析や消費エネルギーの解析などの事後評価調査を実施したところ、以下の成果が得られた。

- 令和３年度の通日調査において、流入負荷の時間変動による酸素消費速度の変化に追従するように送風量が調整されていることや、2 箇所の DO 計設置個所の間で DO 濃度勾配が形成されていることなどから、二点 DO 制御システムの機能が良好に発揮されていることが確認された。
- 令和３年 12 月および１月の月間の消費電力量削減率は、対照池（1－2 系）に対して、調査池（2－2 系）は約 84%と、新技術Ｉ類選定時に示された削減効果（30%）よりも大きな削減率が得られた。
- 令和３年 12 月から２月の３か月間の定期採水および通日採水において、調査池は対照池の約 2 倍の水量を処理しているにもかかわらず、BOD および SS ともに、5mg/L 以下（ただし、定期採水は期間平均）と良好な処理水質が得られた。

上記成果は、比較的短い期間のデータに基づくものであることから、次年度も同様の調査を継続し、長期の運転データから処理性能や導入効果などの検証を行う予定である。

第４章　処理能力増強技術の導入効果および導入検討手法に係る検討

４．１　検討の概要

これまでに JS の共同研究や B-DASH プロジェクトを通じて実証された処理能力増強技術の導入促進を図るために、各種処理能力増強技術の導入効果の検証や汎用的な導入検討手法の検討を行った。

４．２　検討の内容および目的

各種処理能力増強技術は、国内の自治体および下水道事業者が抱えるヒト・カネ・モノの問題に対して、既設を活用しつつ、低コストで処理能力の増強を図ることができる有用な技術である。

しかし、個別の処理能力増強技術に係る技術資料（非公開資料を含む）などが整備されているにもかかわらず、実施設へ導入された事例は多くなく、理由として、導入検討に必要な情報や手法が不十分であることが考えられる。したがって、導入効果の見える化や最適な処理能力増強技術の選定を可能とする汎用的な導入検討手法が示されれば、導入促進ならびに課題解決の一助になると考える。

そこで、令和 2 年度では、平成 26 年度に新技術 I 類に選定された「OD 法における二点 DO 制御システム」（以下、「二点 DO 制御システム」）および「担体投入活性汚泥法（リンポープロセス）」（以下、「リンポープロセス」）を対象に導入のケーススタディを行い、これらの処理能力増強技術による導入効果の明確化の検討を行った。また、令和 3 年度においては、JS の新技術 I 類選定技術 3 点と、B-DASH プロジェクトの実証技術 3 点を想定して、処理能力増強技術の汎用的な導入検討フローの検討を行った。

４．３　　導入効果の明確化の検討

OD 法施設における処理能力増強技術である二点 DO 制御システムおよび標準活性汚泥法や高度処理法における反応タンクの処理能力増強技術であるリンポープロセスについて、導入のケーススタディを行うことにより、コスト面での導入効果の明確化を図った。

４．３．１　　検討対象技術の概要

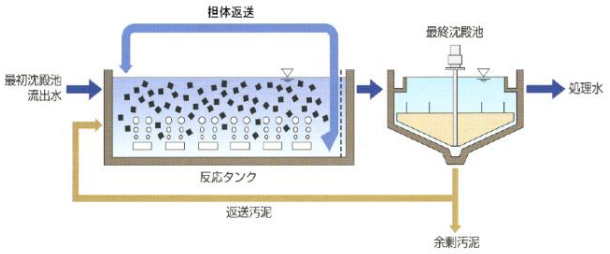
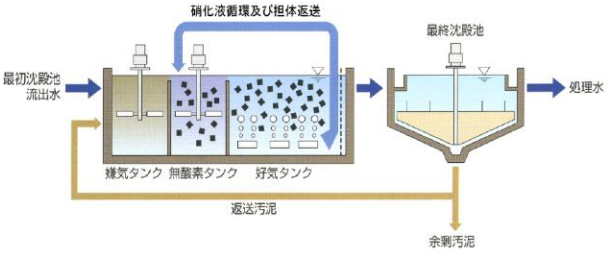
(1)二点 DO 制御システム

技術の概要は３．２節に示したとおりであり、ここでは省略する。

(2)リンポープロセス

技術の概要を表 ４-１に示す。

表 4-1 リンポープロセスの概要

技術の名称	担体投入活性汚泥法（リンポープロセス）
概要	リンポープロセスは、活性汚泥を保持する担体（リンポーキューブ）を反応タンクに投入することで反応タンク内の微生物濃度を引上げる水処理技術で、担体投入型活性汚泥法の一種である。処理水量の増加に対応することが可能な「処理水量増加対応型」と、高度処理への対応が可能な「高度処理対応型」の 2 つのタイプがある。これにより、反応タンクや最終沈殿池の増設を行うことなく、わずかな改造を行うだけで処理水量の増加や窒素・リンの除去が可能となる。 【処理水量増加対応型】  リンポーキューブ 【高度処理対応型】 

4．3．2　　検討の方法

(1)対象施設の条件設定

①二点 DO 制御システム

二点 DO 制御システムの適用条件として、好気ゾーンと無酸素ゾーンを安定的に形成するために OD 槽の水路長が 100m 以上必要とされており、そのための槽容量の目安として、馬蹄形の場合で 1,000m³、長円形の場合で 1,500m³ が提示されている。そこで、平成 29 年度版「下水道統計」から池の諸元の記載がある OD 法の施設を抽出したところ、1 池の水路長が 100m 以上の施設は 294 箇所であった。この 294 箇所について、池数別で整理したところ、2 池が最も多く 145 箇所、次いで 1 池が 78 箇所、3 池が 45 箇所であり、これらで約 90%を占めていた。また、1 池当たりの槽容量は 1,000～3,000m³ の範囲で、1,000～1,250m³ が最も多く 62 箇所、次いで 1,250～1,500m³ が 57 箇所、1,500～1,750m³ が 58 箇所、1,750～2,000m³ が 30 箇所であり、これらで 70%を占めていた（図　4-1）。

以上より、本技術の導入対象となる施設の典型的な池数を 1～3 池、1 池当たりの容量を 1,000～3,000m³ と想定し、以下のケースで導入コストの試算を行うこととした。

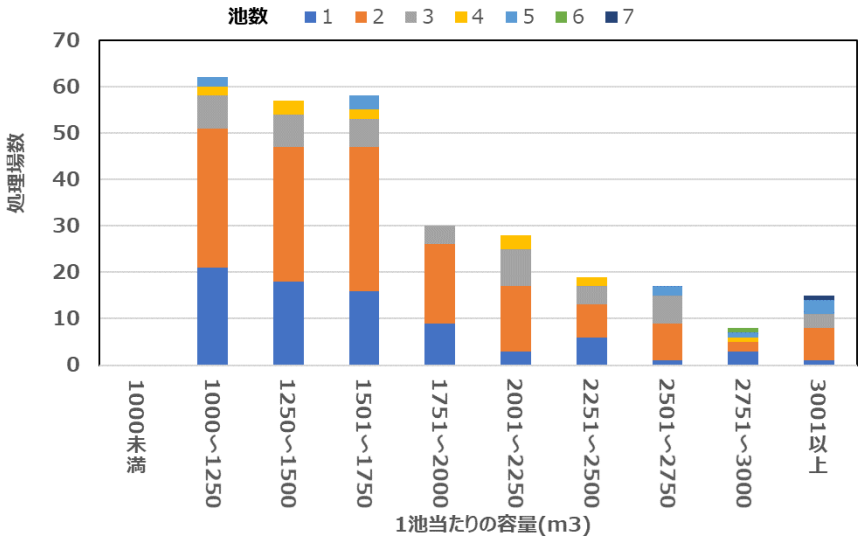


図 4-1　OD 法の 1 池あたりの容量別処理場数

ケース 1：既設の処理能力が 2,000m³/日（1,000m³/日×2 池）の施設に対して 1.5 倍に能力増強する場合

ケース 2：既設の処理能力が 4,000m³/日（2,000m³/日×2 池）の施設に対して 1.5 倍に

能力増強する場合
ケース 3：既設の処理能力が 6,000m³/日（3,000m³/日×2 池）の施設に対して 1.5 倍に能力増強する場合

3 つのケースに共通する条件は以下のとおりである。

- 新技術として、既設 2 池に二点 DO 制御システムを導入する。
- 従来技術として、既設 1 池を単純更新（曝気方式：縦軸型曝気装置）し、同仕様の 1 池を増設する。

②リンポープロセス

平成 29 年度版「下水道統計」において、標準活性汚泥法を採用しており、池の諸元の記載がある系列**の池数と池容量を確認したところ、812 の系列数の内、2 池が最も多く 193 系列、次いで 4 池が 170 系列、3 池が 100 系列であり、1～6 池までで全体の 79%を占めていた。また、1 池当りの容量については、1,000～2,000m³ の範囲が最も多く 296 系列、次いで 1,000m³ 未満が 178 系列、2,000～3,000m³ の範囲が 177 系列、3,000～4,000m³ の範囲が 92 系列であり、これらで 91%を占めていた（図 4-2）。

以上より、本技術の導入対象となる系列の典型的な池数を 1～6 池、1 池当り容量を 4,000m³ と想定し、以下のケースで導入コストの試算を行うこととした。

ケース 1：既設の処理能力が 2,000m³/日（1,000m³/日×2 池）の施設に対して 1.5 倍に能力増強する場合
ケース 2：既設の処理能力が 4,000m³/日（2,000m³/日×2 池）の施設に対して 1.5 倍に能力増強する場合
ケース 3：既設の処理能力が 6,000m³/日（3,000m³/日×2 池）の施設に対して 1.5 倍に能力増強する場合

3 つのケースに共通する条件は以下のとおりである。

- 新技術として、既設 2 池にリンポープロセスを導入する。
- 従来技術として、1 池増設し、既設 2 池は単純更新を行う。

** 下水道統計では、複数の系列がある施設の場合、系列ごとに池の諸元の記載がある。

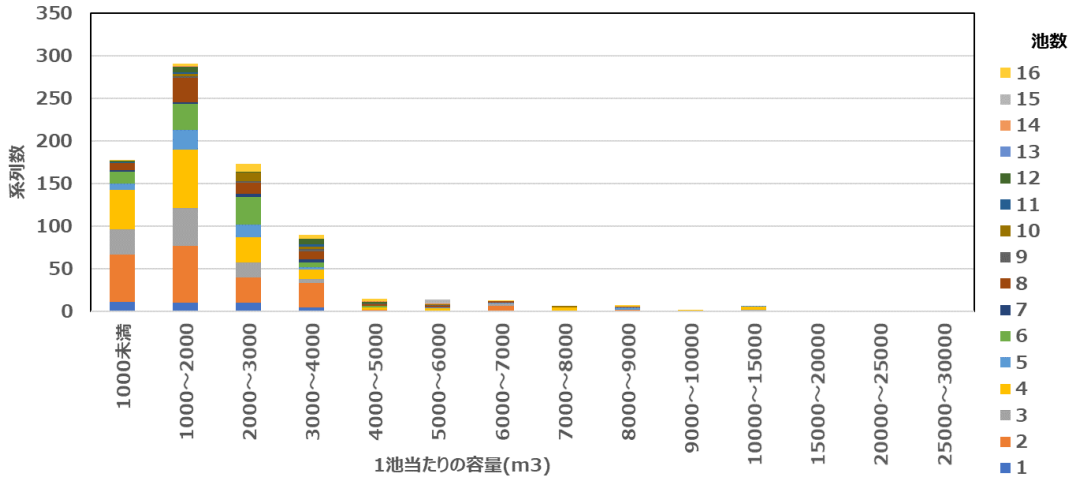


図 4-2 1池あたりの容量別系列数(標準活性汚泥法)

(2)コストの試算方法

導入コストは、建設費年価と年間維持管理費の合計費用を増強後の処理能力で割り戻した水量原単位として算出した。建設費年価は、費用関数を用いて算出した建設費(土木工事費、機械設備工事費、電気設備工事費)に対して、各施設・設備の標準耐用年数で除した値の合計とした。維持管理費は、電力費と保守点検費の合計とした。

なお、適用した費用関数は以下のとおりである。

- 新技術Ⅰ類選定時における技術資料(JS 外非公開資料)
- 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 参考資料[2)]
- 汚水処理システムのコスト・消費エネルギー等算定手法(費用関数)構築に関する研究[3)]
- 人口減少化での汚水処理システム効率化技術資料[4)]

4.3.3 検討の結果および考察

(1)二点 DO 制御システム

図 4-3に新技術導入と従来の単純更新および増設とのコスト比較を示す。いずれの処理規模においても、新技術を導入するほうが安価となり、処理規模が小さいほどその傾向が顕著であった。そのため、新技術においては、処理水量によるスケールメリットは得られず、水量規模が大きいほど新技術と従来技術とのコスト差が小さくなる。

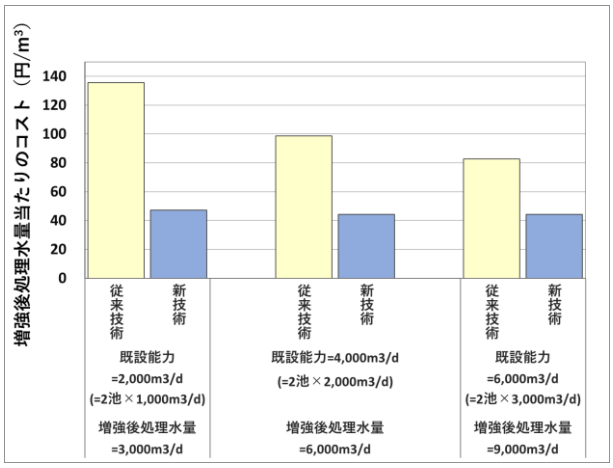


図 4-3 二点 DO 制御システムにおけるコスト比較

(2)リンポープロセス

図 4-4に新技術導入と従来の単純更新および増設とのコスト比較を示す。新技術を導入するほうが従来技術よりも安価になるが、処理規模によらず、20%前後の削減率であった。

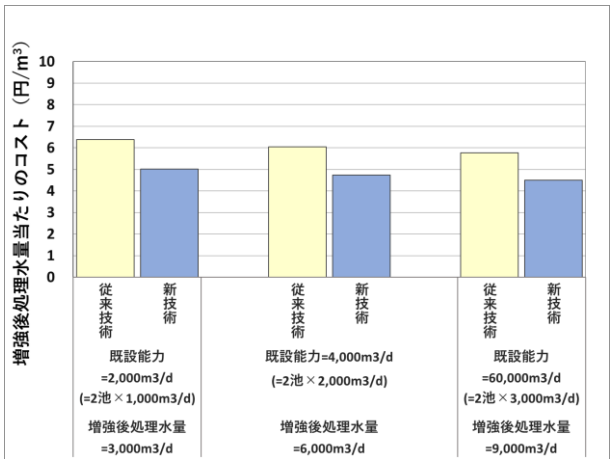


図 4-4 リンポープロセスにおけるコスト比較

４．４　　導入検討手法の検討

現在、処理能力増強技術に係る導入検討方法や設計方法は個々の技術資料（非公表資料を含む）などで明らかにされているが、その前段において、各水処理施設（最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池）に対応した複数の処理能力増強技術の中から最適な技術（の組合わせ）を選定するために必要な検討項目や検討手順は体系化されていない。

そこで、流入水量の増加や処理方式の高度処理化に伴って、既存の水処理施設へ処理能力増強技術を導入する場合に検討すべき項目を整理するとともに、コスト（建設費および維持管理費）試算を中心とした導入効果の評価によって導入判断ができる汎用的な導入検討フローを検討することとした。検討に当たっては、(i)標準活性汚泥法の下水処理施設において能力増強が必要な場合と、(ii)標準活性汚泥法から高度処理への変更が必要な場合を想定することとし、技術の単独導入、複数導入どちらも検討に含むものとした。

４．４．１　　導入検討手法の内容

(i)標準活性汚泥法の下水処理施設において能力増強が必要な場合と、(ii)標準活性汚泥法から高度処理への変更が必要な場合に共通する導入検討フローを図　4-5に示す。基本的な検討項目は以下の 1)～6)とした。

1) 情報収集・整理
2) 既存施設の能力評価
3) 不足能力の確認
4) 処理能力増強技術の抽出
5) 従来技術との比較
6) 詳細検討

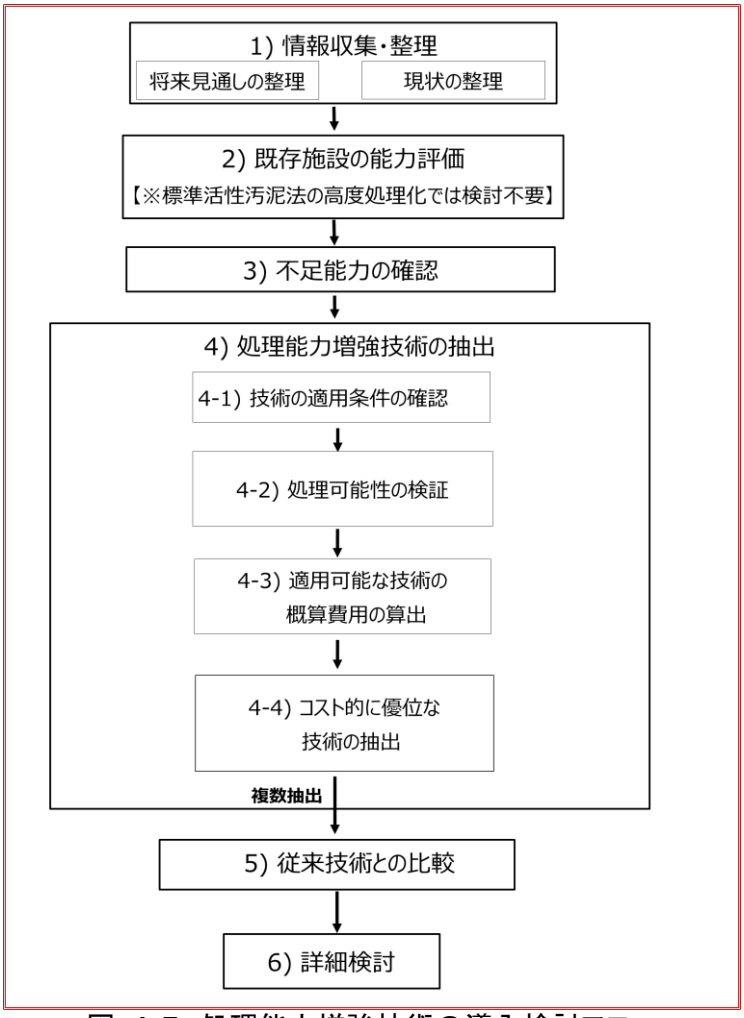


図 4-5 処理能力増強技術の導入検討フロー

1) 情報収集・整理

「02) 既存施設の能力評価」を行うための事前段階として、①関連する下水道計画および既存施設の運転状況等の情報整理と、②将来の見通しに係る情報整理を行う。

① 関連する下水道計画および既存施設の運転状況等の情報整理

以下のデータを下水道事業計画書における処理施設調書および容量計算書、維持管理年報などから収集し、計画値と実績値を比較できるように整理する。

- 施設諸元
- 流入水量
- 流入水質・放流水質
- 水温
- 活性汚泥に係る情報
- 汚泥量・汚泥濃度

② 将来の見通しに係る情報整理

関連する下水道計画（全体計画書や事業計画書など）から将来の流入水量や標準活性汚泥法からの高度処理化にあたって求められる処理水質の情報を整理する。

2) 既存施設の能力評価

既存施設の能力評価はケース(i)のみに限定される。「01) 情報収集・整理」で整理した情報を基に、既存施設の処理能力を評価する。そのための具体の方法として、ここでは、①最初沈殿池の能力評価、②反応タンクの能力評価、③最終沈殿池の能力評価を行い、既存の水処理施設における最大処理能力を求める方法を例示する。

① 最初沈殿池の能力評価

最初沈殿池流出水の処理水質を基に反応タンクの能力評価を行うため、最初沈殿池における BOD および SS の除去率と水面積負荷（実績値）との関係を整理し、限界水面積負荷を確認する。

② 反応タンクの能力評価

「下水道施設計画・設計指針と解説 －2019 年版－」[1)]（以下、「設計指針」とする。）に準拠して、SRT と最終沈殿池流出水の C-BOD の関係から、設計処理水質に対する必要 ASRT を求め、MLSS 当たりの処理可能水量を算出する。

③ 最終沈殿池の能力評価

設計指針に記載の活性汚泥の性状を考慮した最終沈殿池水面積負荷の計算式から許容水面積負荷を算出し、上記反応タンクと同様に MLSS 当たりの処理可能水量を算出する。

上記②および③の結果を基に、反応タンクおよび最終沈殿池の両能力に基づく最適な MLSS を求め、検討対象の水処理施設の処理可能水量を把握する。ただし、最適な MLSS に調整することが現実的でない場合などには、実績値より処理可能水量を求める。

3) 不足能力の確認

ケース(i)においては、ここまでに整理した将来見通しの情報（将来流入水量）と既存施設の処理可能水量から不足能力の確認を行う。「02) 既存施設の能力評価」で求めた既存施設における処理可能水量と、将来流入水量の差分から不足能力を確認する。

ケース(ii)においては、既存施設の諸元を入力条件として、従来の高度処理方式を採用した場合の設計処理水質を満足するために必要な容量を計算し、既存躯体容量と必要容量の差から不足容量を確認する。

4) 処理能力増強技術の抽出

ここでは、不足能力および不足容量を解消できる処理能力増強技術を複数抽出するために、以下の４項目について検討する。

① 技術の適用条件の確認
② 処理可能性の検証
③ 適用可能な技術の概算費用の算出
④ コスト的に優位な技術の抽出

① 技術の適用条件の確認

検討対象の水処理施設に対して、処理能力増強技術の適用条件を満足するか確認する。

② 処理可能性の検証

適用条件を満足する技術の処理可能性の検討を行う。ケース(i)については、「3) 不足能力の確認」と同様に各技術における最適な MLSS とそれに対応する処理可能水量を算出し、将来流入水量を処理することが可能か検討する。ケース(ii)については、各技術の導入効果を反映した容量計算または各技術指定の容量計算を実施し、既存施設の容量で不足がないかを検証する。

なお、処理可能と推定できた技術において、最も少ない系列数および池数で増強が可能となる条件を確認する。

③ 適用可能な技術の概算費用の算出

「② 処理可能性の検証」において適用が可能と推定された技術の導入時の概算費用（建設費および維持管理費）を費用関数法や単価法などによって算出する。

④コスト的に優位な技術の抽出

「③ 適用可能な技術の概算費用の算出」において、単独または複数導入の技術を安価な順に整理して、上位３技術を抽出する。

5) 従来技術との比較

4) 処理能力増強技術の抽出結果を踏まえ、上位３つの処理能力増強技術と従来技術（増設による対応）とでコストを含め、維持管理性や省エネ性などを考慮した総合的な比較検討を行う。

6) 処理能力増強技術適用の具体的検討

5) 従来技術との比較で、最も優位性が高い技術を選定し、詳細な検討を行う。

４．５　　主たる成果

(1)導入効果の明確化の検討

OD 法における二点 DO 制御システムおよび担体投入活性汚泥法（リンポープロセス）ともに、コスト面で従来技術（単純更新および増設による対応）よりも安価になったことから導入効果が得られることを確認した。特に二点 DO 制御システムにおいて、処理規模が小さいほど導入効果が高いことを確認した。

(2)導入検討手法の検討

コスト試算を中心としたひとつの処理能力増強技術の導入検討フロー案を示した。今後は、フローの改良余地を含め、検討項目ごとの実施内容を検討し、汎用的に活用できる手法を確立する。

第５章　成果および課題

５．１　成果の総括

（1）処理能力増強技術の開発・実用化

JS の共同研究および B-DASH プロジェクトの実施を通して、処理能力増強技術としての性能が確認された。

（2）OD 法における二点 DO 制御システムの事後評価調査に係る検討

OD 法における二点 DO 制御システムについて、導入施設にて処理性能や導入効果などを検証するために、流入水・処理水の水質分析や消費エネルギーの解析などの事後評価調査を実施したところ、以下の成果が得られた。ただし、本成果は、比較的短い期間のデータでの検証に基づくものである。

- 通日の調査結果から、流入負荷の時間変動による酸素消費速度の変化に追従するように送風量が調整されていることや、二点の DO 系の計測値から DO 勾配が形成されていることなどから、二点 DO 制御システムの機能が良好に発揮されていることが確認された。
- 対照池に対して、調査池の月当たりの消費電力量削減率は約 84%であり、新技術 I 類選定時に示された削減効果（30%）よりも大きな削減率が得られた。
- 定期採水および通日採水において、調査池は対照池の約 2 倍の水量を処理しているにもかかわらず、BOD および SS は同程度であり、良好な処理水質が得られた。

（3）処理能力増強技術の導入効果および導入検討手法に係る検討

OD 法における二点 DO 制御システムおよび担体投入活性汚泥法（リンポープロセス）ともに、コスト面で従来技術（増設による対応）よりも安価になったことから導入効果が得られることを確認した。特に二点 DO 制御システムにおいて、処理規模が小さいほど導入効果が高いことを確認した。

コスト試算を中心としたひとつの処理能力増強技術の導入検討フロー案を示した。

５．２　結論

平成 29 年度から令和 3 年度にかけて実施した処理能力増強技術の実証実験において、継続中の研究を含め、所定の処理性能が確認された。流入水量の増加に伴い OD 法における二点 DO 制御システムを導入した施設において、所定の処理性能や導入効果が確認された。また、処理能力増強技術の導入を検討する際の導入効果や導入検討フロー案を示した。

５．３　　今後の課題

令和 4 年度以降も、処理能力増強技術に係る実証実験を継続し、処理性能や導入効果などを検証したうえで、実用化につなげる。OD 法における二点 DO 制御システムを導入した施設での事後評価調査も継続して実施し、長期の連続データを取得し、更なる検証を行う。また、今後、実用化される処理能力増強技術のラインアップが増えることを想定し、汎用的な導入検討手法を確立する。

【参考文献】

1) 日本下水道協会：下水道施設計画･設計指針と解説 －2019 年版－，日本下水道協会，2019.
2) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 参考資料，国土交通省水管理・国土保全局下水道部，2015.
3) 日本下水道新技術機構：汚水処理システムのコスト・消費エネルギー等算定手法（費用関数）構築に関する研究, 2015 年度 下水道新技術研究所年報, pp175-180, 2015.
4) 田隠淳・山下洋正・石川剛士・松本龍：人口減少化での汚水処理システム効率化技術資料，国土技術政策総合研究所資料，第 1071 号，2019.

【謝辞】
共同研究の実証フィールドを提供していただいた地方自治体や OD 法における二点 DO 制御システムの事後評価調査にご協力いただいた地方自治体などの関係者各位に深く感謝いたします。