

## 2. 共同研究

### 2. 1 令和4年度共同研究実施状況

整理 No.※1	研究名称	研究期間	研究目的	研究担当者	共同研究者
(提) 242	最終沈殿池の処理能力向上技術の開発	2016～2023	B-DASHプロジェクト「最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業」について、最終沈殿池にろ過部を設置し、処理能力を向上することで、系列を増設することなく、低コストで、量的または質的に処理能力を向上できる技術であることを実証する。	糸川浩紀 山森隼人	メタウォーター株式会社
(提) 273	高濃度消化技術を用いた高機能な水素製造システム	2017～2022	B-DASH プロジェクト「高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術に関する実証事業」の委託研究の実施等を通じて、高濃度消化技術を用いた高機能な水素製造システムについて、実規模での実証及び評価を行い、その実用化を図ることを目的とする。	新川祐二 鈴木博子	株式会社神鋼環境ソリューション
(提) 281	能力増強型水処理システムの開発	2018～2022	①処理場の統廃合・広域化等による既存施設を活用した処理能力増強ニーズに対応するため、固定式生物処理法と浮遊式生物処理法をハイブリッドすることで、標準活性汚泥法に比べ 1.5 倍程度の流入水量を処理できるシステムを開発する。②代替施設を構築することなく、反応タンク等の改築更新工事が可能な仮設水処理システムを開発する。	糸川浩紀 山森隼人 瀧本由樹	荏原実業株式会社
(提) 284	省エネ型PVDF平膜ユニットを用いた中・大規模処理場向け膜分離活性汚泥法の運転技術に関する技術開発	2018～2022	中・大規模処理場への MBR 適用時における①省エネ型 MBR ユニットの運転技術、②流量調整槽を介さない流入水量の時間変動への膜ろ過対応、③合流式下水道の雨水時ピークフラックスへの対応等に関する技術開発を行う。	糸川浩紀 山本明広 茂木志生乃	水道機工株式会社 東レ株式会社
(提) 285	AI搭載型次世代水処理最適化システムの実証に関する共同研究	2018～2023	B-DASH プロジェクト「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実証事業」について、ICT・AI を活用した①流入負荷変動、季節変動に対応した空気量制御による単槽型反応タンクにおける A2O 法同等処理水質の短 HRT での達成、②空気量制御と連動した送風機吐出圧力制御による消費電力の削減効果を実証する。	糸川浩紀 相川えりか 山森隼人	メタウォーター株式会社
(提) 290	オゾン水による膜洗浄技術を適用した省エネルギー型MBRの実用化	2019～2022	従来の次亜洗浄にオゾン水洗浄を加えた高効率ろ過膜洗浄技術、膜面曝気風量制御技術、生物補助曝気風量制御技術の 3 つの要素技術からなる省エネ型 MBR を開発・実証する。	糸川浩紀 山本明広 茂木志生乃	三菱電機株式会社

※1 (公)：公募型共同研究，(提)：提案型共同研究，(簡)：簡易提案型共同研究，(特)：特定共同研究

整理 No.※1	研究名称	研究期間	研究目的	研究担当者	共同研究者
(提) 295	嫌気性消化導入時における下水汚泥由来繊維利活用システム導入検討手法に関する開発研究	2019～2022	下水汚泥由来繊維利活用システムについて、これまでの実証試験データの精査と補強を行うとともに適用条件の整理などを行い、消化プロセス未導入の汚泥処理から消化プロセスを用いた汚泥処理への転換を検討する場合であっても導入検討ができる手法の確立を目指す。また、広域化、共同化の推進に伴い増加が予想される地域バイオマスの消化に対する効果も確認し、導入手法に取り入れる。さらに、幅広い選択肢の中から個々の処理場に応じた最適なシステム提案ができるように繊維回収対象汚泥の範囲拡大や回収助材添加方法の追加を目指す。	新川祐二 鈴木博子	株式会社石垣
(公) 299	ICTを活用した広域監視・制御システムの技術開発	2020～2023	B-DASH プロジェクト「ICT を活用した下水道施設広域管理システム」について、製造業者が異なる複数の監視制御設備を大規模な改修を行わずに接続・通信を可能とする要素技術①共通プロトコル方式、②リモートデスクトップ方式で構成される広域監視制御システムの実規模施設を設置し、「通信の信頼性・安定性」、「建設費・維持管理費の削減」を実証する。	若尾正光 井上賀雅	株式会社日立製作所
					三菱電機株式会社
					株式会社明電舎
					メタウォーター株式会社
					東芝株式会社
(特) 300	AIを活用した自動制御技術の実用化に向けた検証	2020～2023	水処理施設における AI を活用した自動制御技術の適用可能性、及び今後の実用化に向けた課題等を明らかにすることを目的に、パイロット規模の実験プラントを用いた実証実験を行う。	糸川浩紀 山本明広 茂木志生乃	安川オートメーション・ドライブ株式会社
(提) 301	AIによる運転管理支援技術の適用性の検証	2021～2023	海外で導入実績のある AI 技術を用いた上下水処理場の運転監視・制御補助技術について、国内の下水処理場への適用可能性や導入効果の検証を行う。	糸川浩紀 山本明広 福井智大 関谷惇 宮部由彩	三菱商事株式会社 日本工営株式会社
(提) 304	回転繊維ユニット RBC を用いた下水処理技術の開発	2021～2023	反応タンクの前処理技術として水処理能力増強および省エネルギー化を図る回転繊維ユニット RBC について、実規模での実証実験により、技術を確立し実用化を図ることを目的とする。	糸川浩紀 瀧本由樹 山森隼人	東芝インフラシステムズ株式会社
(提) 306	省エネ型深槽曝気技術の開発	2021～2026	B-DASH プロジェクト「省エネ型深槽曝気技術に関する実証事業」について、深槽式反応タンクにおける省エネ型深槽曝気技術の消費電力量および温室効果ガス排出量の削減効果や、LCC の縮減効果を実証する。	糸川浩紀 山本明広 山森隼人	前澤工業株式会社
(簡) 309	メンブレン式散気装置（低圧損型）の能力検証	2021～2022	標準化された 8 型式と異なる仕様の筒型の低圧損型メンブレン式散気装置の性能を検証することを目的とする。	井上剛 岡村五朗 土屋盛太郎	メタウォーター株式会社

※1 (公)：公募型共同研究, (提)：提案型共同研究, (簡)：簡易提案型共同研究, (特)：特定共同研究

整理 No.※1	研究名称	研究期間	研究目的	研究担当者	共同研究者
(提) 310	パッケージ型担体処理装置を用いた仮設排水処理システムの実用化	2022～2023	反応タンクや最終沈殿池の補修、改築時等に適用可能な仮設排水処理システムとして、流入水量 1,000m <sup>3</sup> /(日・基) を処理し、BOD15mg/L 以下の処理水質を得ることが可能な技術の実証を行う。	糸川浩紀 村岡正季 山森隼人	株式会社西原環境
(公) 311	汚泥処理の低コスト化に向けたダウンサイジング対応同軸差動式スクリープレス脱水機開発	2022～2024	高効率凝集装置と同軸差動式スクリープレス脱水機の組合せにより、脱水機処理能力の大幅な増強を図り、従来脱水機（圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型）に対し LCC を低減する汚泥脱水技術の開発を行う。また、拡張機能として、AI を用いた自動運転モードについても開発・検証を行い、運転操作性の向上について評価する	新川祐二 鈴木博子	水ingエンジニアリング株式会社 水ing株式会社
(提) 312	発酵熱を利用した下水汚泥の効率的なコンポスト化技術	2022～2028	B-DASH プロジェクト「縦型密閉発酵槽による下水汚泥の肥料化技術に関する実証事業」について、縦型密閉発酵技術を下水汚泥に適用し、副原料配合の最適化を含めた高速発酵乾燥技術を実証する。	新川祐二 村岡正季 島田正夫 熊越瑛	株式会社クボタ UBE三菱セメント株式会社 中部エコテック株式会社

継続… 19件  
 新規… 3件

> 計 22 件 (非掲載 2 件)

※1 (公)：公募型共同研究，(提)：提案型共同研究，(簡)：簡易提案型共同研究，(特)：特定共同研究

## 2. 2 令和 4 年度完了共同研究の概要

令和 4 年度は、7 件の共同研究が完了した。

整理 No.※1	研究名称	研究期間	共同研究者	頁
(提) 273	高濃度消化技術を用いた高機能な水素製造システム	2017～2022	株式会社神鋼環境ソリューション	192
(提) 284	省エネ型PVDF平膜ユニットを用いた中・大規模処理場向け膜分離活性汚泥法の運転技術に関する技術開発	2018～2022	水道機工株式会社 東レ株式会社	193
(提) 290	オゾン水による膜洗浄技術を適用した省エネルギー型MBRの実用化	2019～2022	三菱電機株式会社	194
(提) 295	嫌気性消化導入時における下水汚泥由来繊維利活用システム導入検討手法に関する開発研究	2019～2022	株式会社石垣	195
(簡) 309	メンブレン式散気装置（低圧損型）の能力検証	2021～2022	メタウォーター株式会社	非掲載
その他 2 件				

※1 (公)：公募型共同研究，(提)：提案型共同研究，(簡)：簡易提案型共同研究，(特)：特定共同研究

273	株式会社神鋼環境ソリューション	高濃度消化技術を用いた高機能な水素製造システム	新川 祐二 鈴木 博子
-----	-----------------	-------------------------	----------------

1) 共同研究の目的

初期投資の削減が可能な消化技術および維持管理を容易にしたバイオガス利活用技術からなるシステムを確立するため、実規模の実証研究を実施した。本研究は、(株)神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体として、2018年度に国土交通省の下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）に採択され、「高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術実証研究」として2年間の実証研究を行った。更に、引き続き2020～2022年度に自主研究として実証技術の長期安定性確認を目的に実証研究を継続した。本稿では全期間を通じての成果概要を報告する。

2) 共同研究の概要

実証技術は4つの要素技術から構成される（図-1）。富士市東部浄化センター（日最大処理能力 55,800 m<sup>3</sup>/日）で発生する汚泥を全量処理可能な規模（日最大汚泥固形物量 5.3 t-DS/日）の実証施設を設置し、運転およびデータ取得を行った。

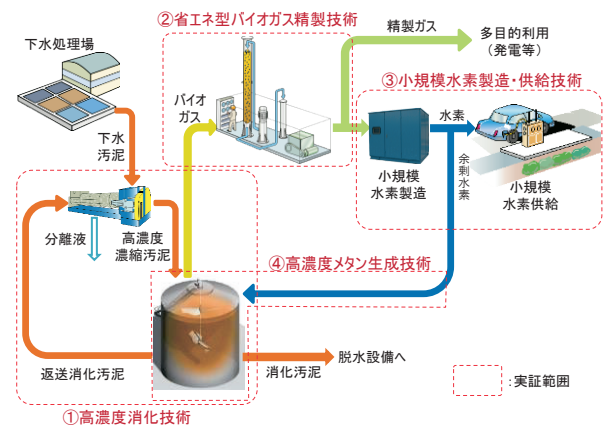


図-1 実証技術の構成

3) 共同研究の成果

- 投入汚泥を TS=8%以上とする高濃度消化技術により、設計日最大負荷である 4.4 kg/m<sup>3</sup>/日以下の VS 負荷において、一般的な消化性能である投入 VS あたりバイオガス発生量 500 Nm<sup>3</sup>/t-VS 以上を達成し（図-2）、中濃度消化（TS=3～4%程度）に比べ、消化槽容量を大幅に削減できることを確認した。
- 省エネ型バイオガス精製技術では、従来よりも運転圧力を低下させると共に、除湿器での吸着能力を向上させることで、単位バイオガス量当たりの消費電力量は 0.43 kWh/Nm<sup>3</sup> となり、従来技術（大規模処理場向け生成技術：2011年度 B-DASH プロジェクト実証<sup>1)</sup>）と比較して約 30%の電力低減が可能となった。
- パッケージ化され維持管理が容易な小規模水素製造・供給技術において、精製ガスから燃料電池自動車の燃料品質規格を満足する水素ガスを製造できることを確認し、また、市販の燃料電池自動車に充填し燃料として活用した。
- 高濃度メタン生成技術では、小型槽および実証槽への水素吹き込み試験において、バイオガス中のメタン濃度上昇が確認され、余剰水素ガスの有効利用が可能であることが示された。

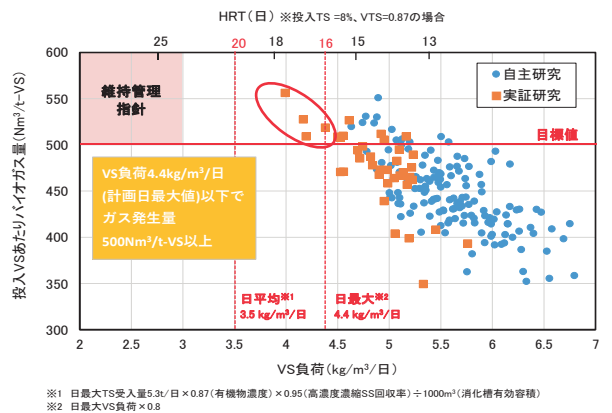


図-2 高濃度消化槽における VS 負荷と投入 VS あたりバイオガス量

4) 関連資料・報文

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム導入ガイドライン（案），pp.135, 2013.
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術導入ガイドライン（案），2020.
- 3) 小倉ら：第 56 回下水道研究発表会講演集，pp.1085-1087, 2019.
- 4) 小倉ら：第 57 回下水道研究発表会講演集，pp.1018-1020, 2020.
- 5) 鈴木ら：第 58 回下水道研究発表会講演集，pp.887-889, 2021.

【謝辞】本研究は(株)神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体により実施されたことを明記すると共に、関係各位に感謝の意を表する。

284	水道機工株式会社 東レ株式会社	省エネ型 PVDF 平膜ユニットを用いた中・大規模処理場向け膜分離活性汚泥法の運転技術に関する技術開発	糸川 浩紀 山本 明広 茂木 志生乃
-----	--------------------	---	--------------------------

### 1) 共同研究の目的

膜分離活性汚泥法（MBR）は、コンパクトな施設で良好な処理水質が得られる長所を有するが、他の水処理方式に比べて処理水量当たりの電力使用量が大きい、雨天時を含めた流入水量変動への対応が不明確である、といった課題がある。本研究では、膜エレメントの薄肉化や多段化による膜の高集積化により省エネ化（電力使用量の削減）を図った新規平膜ユニットを用いた MBR について、パイロット規模の実験プラントを用いた実証実験を行った。

### 2) 共同研究の概要

新規開発した平膜エレメントは、従来の東レ製エレメントで使用されていた支持板を排して流路材のみを用いることで、厚さが 6.5mm から 2mm へと薄肉化している。本研究で使用した膜ユニットは、この膜エレメント 50 枚を納めたカセットを多段化して膜を更に高集積化（投影面積当たりの膜面積として従来品の 1.5 倍）することで、膜面積当たりの膜洗浄曝気量の低減による省エネ化を図ったものである（図-1）。

本研究では、上記膜ユニットを用いた処理能力 252m<sup>3</sup>/d（1 日平均水量として）の循環式硝化脱窒型 MBR の実験プラントを下水処理場内に設置し、最初沈殿池越流水を実験原水として約 3 年間（運転条件の事前検討含む）の実証実験を行った。表-1 に示す運転条件を基本に処理性能および省エネ性能を確認すると共に、省エネ化や流量変動に対応する運転方法について検討した。加えて、膜の薬液洗浄方法の改良等による更なる省エネ化の可能性も検討した。

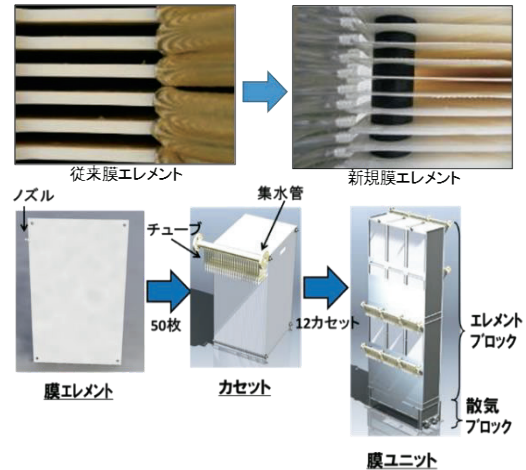


図-1 新規膜ユニットの概要

表-1 実験プラントの基本運転条件

項目	条件	
反応タンクHRT	無酸素3hr+好気3hr	
ろ過方式	重力ろ過（通常）/吸引ろ過（バックアップ）	
内部循環比	2Q（Q：流入水量）	
MLSS濃度	8,000mg/L（好気タンク）	
フラックス	1日平均	0.60m <sup>3</sup> /日
	時間最大	0.84m <sup>3</sup> /日
膜洗浄方式	曝気洗浄	洗浄空気量：1.3m <sup>3</sup> /（分・ユニット）
	薬液洗浄	リカバリークリーニング（薬液注入） 次亜濃度：6,000mg/L、流入量：18L/分 洗浄時間：60分

### 3) 共同研究の成果

- 実証実験期間（2020年11月～2022年6月）の処理水質は、BOD：1.7/8.0mg/L（平均値/最大値）、T-N：6.5/10.0mg/L（同左）と良好であったが、膜処理性能を含めた連続した1年間の運転データを取得するには至らなかった。
- 雨天時を想定した流入水量の増加に対して、1日平均フラックスの1.6倍（0.96m<sup>3</sup>/d）で24hr、1.9倍（1.14m<sup>3</sup>/d）で3hrの連続処理が可能であることが確認された。
- 流量変動（ピーク比1.4倍）を与えた期間の実験プラントの運転実績（2020年5月～10月）に基づき、施設規模25,000m<sup>3</sup>/d（日最大6,250m<sup>3</sup>/日×4池）のケースで省エネ性能を試算した結果、電力使用量原単位が0.37kWh/m<sup>3</sup>となり、開発目標とした0.4kWh/m<sup>3</sup>以下を達成できる見込みを得た。
- メンテナンスクリーニング（頻度0.5～2回/週、次亜濃度600～1,200mg/L、洗浄時間0.5～1hr）の追加導入による膜のファウリング抑制と、微細気泡散気管による膜洗浄空気量低減を組み合わせることで、今更なる省エネ化が可能であるとの見通しが得られた。

290	三菱電機株式会社	オゾン水による膜洗浄技術を適用した省エネルギー型 MBR の実用化	糸川浩紀 茂木志生乃
-----	----------	-----------------------------------	---------------

1) 共同研究の目的

本研究では、以下の①～③の要素技術を導入することで、消費電力量原単位 0.3kWh/m<sup>3</sup> 以下での運転を可能とする新たな省エネルギー型 MBR の実証試験を行い、実用化に向けて処理性能等を検証した。

- ①高効率ろ過膜洗浄技術：次亜とオゾン水を併用する膜の新たな薬液洗浄を導入し、高フラックス化
- ②膜面曝気風量制御技術：膜間差圧の変化速度に基づく制御により、膜面曝気風量を適正化
- ③生物補助曝気風量制御技術：2箇所 の NH<sub>4</sub>-N 計測に基づく制御により、補助曝気風量を適正化

2) 共同研究の概要

JS 技術開発実験センターに実証試験装置（処理能力 25m<sup>3</sup>/日×2 系列、表-1）を設置し、隣接する下水処理場の最初沈殿池流出水を原水として 3 年間の実証試験を実施した。安定運転が可能なフラックスや基本的な処理性能等を確認した後、通年での実証運転（通年試験）を行った。通年試験では、流入水量に時間変動（ピーク比 1.4×2 回/日）を与え表-1 に示す条件にて連続運転を行い、試験終盤には PAC を用いた同時凝集法によるリン除去試験を実施した。加えて、次亜とオゾン水で膜を洗浄した際の活性汚泥性状・処理水質への影響や気相のオゾンガス濃度の変化を確認した。

表-1 実証試験装置の仕様および運転条件

原水	初沈流出水	
生物処理法	循環式硝化脱窒法	
膜仕様	種類、素材、形状	MF膜、PVDF、中空糸膜
	オゾン耐性	あり
	公称孔径	0.1μm
運転条件 (通年試験時)	無酸素タンクHRT	3.3hr(4~11月)
	好気タンクHRT	3.9hr(12~3月)
	MLSS濃度	7,000~13,000mg/L
	フラックス変動比	0.6~1.4倍
	ろ過膜洗浄薬品	次亜、オゾン水
	洗浄頻度	一週間に一回

3) 共同研究の成果

- 1日の平均フラックス 0.91m/d (4~11月)、0.77m/d (12~2月)、膜面積当たりの曝気風量 (SAD<sub>m</sub>) 0.228 Nm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h)の条件にて、上記の要素技術①～③を適用した MBR を通年で安定して運転できた。
- 通年試験期間中の処理水質は、BOD : 3.5mg/L 以下、T-N : 10mg/L 以下、T-P (同時凝集実施時) : 0.2mg/L 以下で、従来の循環式硝化脱窒型 MBR と同等の処理性能であることを確認した。
- 次亜とオゾン水による薬液洗浄後、数時間程度は汚泥のろ過性低下や処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度の増加が見られたものの、MLSS、活性汚泥の呼吸速度、その他の処理水質 (BOD、NH<sub>4</sub>-N、大腸菌フェージ) には洗浄前後で大きな変化は見られず、オゾン水による活性汚泥への影響は軽微と判断した。また、洗浄時の好気タンク周辺の平均オゾンガス濃度は作業環境基準 0.1ppm 未満であり、安全上問題ないレベルであった。
- 処理能力 5 万 m<sup>3</sup>/日規模での年間平均相当の消費電力量原単位を試算すると、要素技術①、②のみを適用するケースで 0.28kWh/m<sup>3</sup>、①～③の全てを適用するケースで 0.27kWh/m<sup>3</sup> となり、いずれにおいても前記の目標を満足した (図-1)。なお、消費電力量原単位におけるオゾン洗浄の寄与率は 3%と小さかった。

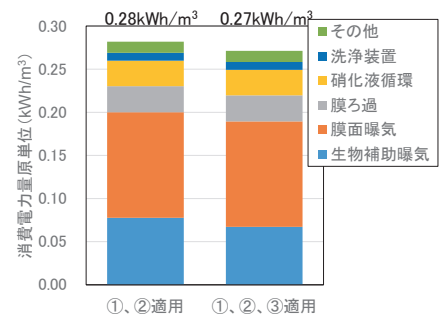


図-1 消費電力量原単位の試算結果 (処理能力 5 万 m<sup>3</sup>/日規模)

なお、本研究の成果に基づき、要素技術①と②を組合わせた「オゾン水による膜洗浄を用いた省エネルギー型 MBR システム」が令和 5 年 6 月に JS の新技術 I 類に選定された。

4) 関連資料・報文等

- ・林ら : 第 59 回下水道研究発表会講演集, pp.736-738, 2022.
- ・古賀ら : 第 59 回下水道研究発表会講演集, pp.739-741, 2022.
- ・林ら : 第 32 回日本オゾン協会年次研究講演会, pp.53-56, 2023.

295	株式会社石垣	嫌気性消化導入時における下水汚泥由来繊維利活用システム導入検討手法に関する開発研究	新川 祐二 鈴木 博子
-----	--------	---	----------------

1) 共同研究の目的

下水汚泥由来繊維利活用システム（以下、「本システム」という）は、繊維状物を多く含む最初沈殿池汚泥より下水汚泥由来繊維を回収（以下、「回収助材」という）し、脱水助材として繊維状物の少ない汚泥に供給することで脱水性向上を図るものである（図-1）。本研究では、本システムについて、これまでの実証データの精査と補強を行い、新規に嫌気性消化の導入（混合汚泥処理から消化汚泥処理への転換）を検討する場合には、嫌気性消化と本システムの同時導入を検討できる手法の確立（以下、「導入検討手法の開発」という）を目的とした。さらに、個々の処理場に応じた最適な本システムの提案ができるように、助材回収対象汚泥の範囲拡大や助材添加方法の追加を目指した。

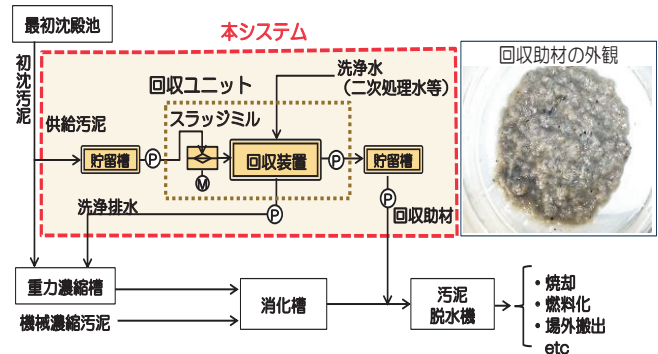


図-1 本システム導入時における処理フロー

図-1) 本システム導入時における処理フロー

2) 共同研究の概要

導入検討手法の開発では、スクリープレス脱水機（SP）、遠心脱水機（遠心）、ベルトプレス脱水機（BP）の3機種を対象に、複数処理場（SPは10箇所、遠心は5箇所、BPは4箇所）において、消化汚泥に対する本システム適用時の脱水汚泥含水率の検証を行い、嫌気性消化と本システムの同時導入を検討する際に使用する脱水性能を設定した。また、従来の助材回収対象汚泥である初沈汚泥に加え、新たに重力濃縮汚泥を適用できるか、繊維状物含有率の実態調査、回収性能、脱水における助材添加効果を初沈汚泥と比較して検証した。さらに従来の脱水機供給汚泥配管への添加に加え、新たに回収助材を汚泥貯留槽へ一括して添加する試験を行い、従来方式と同等の脱水効果が得られるのか検証した。

3) 共同研究の成果

①導入検討に用いる脱水性能

消化汚泥 VS を70%未満と70~78%の2つに分類し、助材添加率ごとに最も高い含水率を繋いだ値を性能値として取りまとめた（表-1）。本性能値は、消化汚泥が発生していない処理場においても、消化汚泥 VS を推定して、適用が可能である。

表-1 助材添加後の脱水汚泥含水率（性能値）

脱水機	消化汚泥 VS <sup>※2</sup>	助材添加率 <sup>※1</sup>		
		10%時	20%時	30%時
SP	70%未満	78%	74%	71%
	70~78%	79%	76%	74%
遠心	70%未満	79%	75%	73%
	70~78%	80%	77%	76%
BP <sup>※3</sup>	70%未満	—	—	—
	70~78%	81%	79%	77%

※1 消化汚泥 VS の上限値は、これまでの実証試験値より78%とする。

※2 助材添加率は、消化汚泥固形物に対する回収助材の固形物添加割合のことをいう。

※3 BP の値（助材添加率と脱水汚泥含水率）は参考値とする。

②助材回収対象汚泥の範囲拡大

重力濃縮汚泥からの助材回収の検証結果から、繊維状物含有率、回収性能は概ね同等であり、脱水性能試験においても同等の結果が得られ、助材回収対象汚泥として重力濃縮汚泥の有効性が確認された。

③助材添加方法の追加

回収助材を汚泥貯留槽へ一括添加した場合、従来の脱水機供給汚泥配管への添加と概ね同等の脱水ケーキ含水率の低減効果であり、回収助材添加手法として有効であることが確認された。

4) 関連資料・報文等

- 1) 朽岡、末次、山下、鈴木、新川：第 59 回下水道研究発表会講演集，pp.829-831，2022。
- 2) 末次、朽岡、山下、鈴木、新川：第 59 回下水道研究発表会講演集，pp.853-855，2022。