Chapter 3

開発テーマ

1 開発テーマ一覧

2 施策別の開発テーマ

- 再構築技術

☆コラム　ドローンにとって下水道管内は特殊な環境
☆コラム　ベテラン技術者の経験によらない新たなコンクリートの健全性調査

- 維持管理技術

☆コラム　全国初！透析医療業界団体等と連携した下水道管路損傷防止策の実施
☆コラム　海外における AI 活用の先進事例

- 浸水対策技術
- 震災対策技術
- 汚泥処理の信頼性強化と効率化技術

☆コラム　技術開発を通じて地球温暖化対策に貢献する焼却炉
☆コラム　ドローンを活用した汚泥焼却炉内点検 - 安全性と効率性を両立する現場発 DX-

- 公共用水域の水質向上技術

☆コラム　反応槽の微生物
☆コラム　硫化水素が下水道に与える影響

- エネルギー・地球温暖化対策技術

☆コラム　温室効果ガス削減に向けた技術開発

- 下水道資源の有効利用技術

☆コラム　下水中の「りん」と資源化利用

1 開発テーマ一覧

開発テーマは、「現場が直面している課題」と経営計画の実現に向けた将来の施策課題に分類した様々な課題を開発ニーズとして捉え、設定しています。

5つの「技術開発に必要な視点」(→p.23)に基づき、これらのテーマの技術開発を進めていきます。

分野	テーマ番号	重点	取組	開発テーマ
強靭な下水道の構築				
再構築技術	1	No Entry	NEW UP GRADE	危険を伴う特殊環境での点検・調査技術(補修ができるロボティクス技術を含む)
	2		NEW	施工条件が厳しい下水道管(シールドトンネル等)を再構築する技術
	3		UP GRADE	硫化水素で腐食しやすい箇所の補修・改良技術
	4			設計・施工時の品質管理を効率的に行う技術
維持管理技術	5	No Entry	NEW	下水道管周辺の異常を検知する技術
	6	No Entry	NEW UP GRADE	下水道管内の状態を把握する技術
	7	No Entry	NEW	大深度の下水道管等の清掃を効率的に行う技術
	8			下水道管内における油脂のかたまりを除去する技術
	9		UP GRADE	下水道施設内における腐食や臭気対策技術
	10	次世代	NEW	データ利活用による保全管理の高度化技術
	11	次世代	UP GRADE	データ利活用による運転管理の高度化技術
	12			焼却炉の煙道閉塞を防止する技術
浸水対策技術	13			雨天時の運転支援技術
	14			雨天時におけるマンホール蓋の飛散を防止する技術
震災対策技術	15		NEW	震災時に被災した下水道管の復旧を支援する技術
	16		NEW	災害発生時に流入した下水道施設内の土砂や火山灰を除去する技術
汚泥処理の信頼性強化と効率化技術	17		UP GRADE	送泥管の調査や補修をする技術
	18		UP GRADE	焼却炉の維持管理性を向上させる技術

分野	テーマ番号	重点	取組	開発テーマ
脱炭素・良好な水環境への貢献				
公共用水域の水質向上技術	19		NEW	下水を安定的に処理するための技術
	20			水処理施設をコンパクトにする技術
	21			返流水のりん負荷を低減する技術
エネルギー・地球温暖化対策技術	22	ゼロエミ	NEW	下水処理における温室効果ガス削減技術
	23	ゼロエミ	NEW	再生可能エネルギー等の発電・活用による脱炭素化技術
	24	ゼロエミ		下水道がもつ未利用エネルギーを活用した発電・利用技術
持続可能な経営基盤の確立				
再構築技術	(4)			(再掲)設計・施工時の品質管理を効率的に行う技術
維持管理技術	(10)	次世代	NEW	(再掲)データ利活用による保全管理の高度化技術
	(11)	次世代	UP GRADE	(再掲)データ利活用による運転管理の高度化技術
下水道資源の有効利用技術	(24)	ゼロエミ		(再掲)下水道がもつ未利用エネルギーを活用した発電・利用技術
	25		NEW UP GRADE	下水汚泥の資源化技術

注1)重点テーマは下記の区分としています。

No Entry ・・・管内No Entryの実現に向けた技術開発

ゼロエミ ・・・2050年ゼロエミッションを見据えた技術開発

次世代 ・・・次世代型の下水道システムの構築に向けた技術開発

注2)新たな取組について下記のように分類しています。

NEW ・・・技術開発推進計画2026より新たに取り組む開発テーマ

UP GRADE ・・・これまで取り組んできた技術を改善、見直し等により発展させる開発テーマ

再構築技術

施策の目的　将来にわたり安定的に汚水や雨水を流す機能等や、汚水を処理し雨水を排除する機能等を確保します。

技術開発ニーズ

■大断面の下水道幹線においては、高流速や高水位、硫化水素の発生等、管路内調査に危険が伴うことから安全性を確保し、実施可能な点検・調査技術の無人化・高度化が求められています。
■また、今後の生産年齢人口の減少に伴う担い手不足に対応するため、省人化・自動化技術の導入が求められています。
■下水道幹線の多くがシールド工法により施工されていることを踏まえ、シールド管本体の構造特性や健全性を考慮した再構築手法の確立が求められています。
■硫化水素に起因する腐食環境下では、コンクリート構造物の劣化が進行しやすく、補修頻度が高くなることから、耐久性に優れた防食技術の開発が求められています。

これまで開発してきた主な技術など

■老朽化した下水道管の再構築において、道路交通への影響を最小限に抑える更生工法を開発してきました。
■腐食環境下における、長寿命化とCO_2排出量削減に資する低炭素コンクリート二次製品について実現場での検証を行いました。


管内水位が高い下水道管

年代	設計・施工技術の例	調査技術の例
H27以前	SPR工法 自由断面SPR工法 シールド急曲線施工技術 急曲線に対応した更生工法の改良	老朽管きょの機能低下度判定技術 大口径管きょ調査用カメラシステム 大口径管きょ調査用カメラシステムの検証
H28～R2	既設人孔再構築工法	
R3～R7	セメントレスコンクリートを使用した二次製品 防食マンホール蓋の評価手法	
導入事例	・自由断面SPR工法（下水道管再構築）	・大口径管きょ調査用カメラシステム

5か年の主な取組

■下水道管の再構築を計画的に推進するため、点検・調査の無人化・高度化、シールド管きょ本体の構造特性を踏まえた再構築手法の確立、耐久性に優れた防食技術等の開発に取り組みます。

テーマ1　危険を伴う特殊環境での点検・調査技術（補修ができるロボティクス技術を含む）

課題

■安全性の確保が難しいなどの理由により、人の立ち入りが困難な下水道管内では、点検・調査を十分に実施できない状況にあることから、飛行式ドローンや浮流式カメラ等の無人調査機器を用いた調査手法の確立と、調査目的に応じた管内情報の取得技術の高度化が必要です。
■無人調査機器による調査は、機器性能や下水道管内の状態を確認するための画像の取得方法により、調査結果の判断にばらつきが生じるため、客観的に判断可能な画像精度を確保することが必要です。
■下水道管の健全性は、硫化水素等を要因としたコンクリート表面の劣化による影響が大きいため、健全性評価のためには、より的確に劣化状況を把握する調査技術の高度化が必要です。
■将来的な生産年齢人口の減少に伴う担い手不足を踏まえ、下水道管内に人が立ち入ることなく高精度な点検・調査を行うことができる技術の確立が必要です。

技術開発の方向性

■高流速や高水位、硫化水素の発生等、管路内調査に危険を伴う特殊環境において、人が立ち入ることなく安全かつ効率的に点検・調査を行うことができる技術の無人化・高度化を目指します。また将来的には点検・調査に加え簡易な下水道管の補修にも対応可能な、関連技術の開発に挑戦します。
■下水道管の健全性を客観的に評価するため、硫化水素等によるコンクリート表面の劣化状況を把握する調査技術の開発を目指します。

将来的な目標　● 人が下水道管内に立ち入らない「管内No Entry」の実現に向けた、点検・調査技術の無人化・高度化

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
人の立入りが困難な下水道管内の点検・調査技術（調査機器）	調査機器の開発	無人調査機器を用いた調査手法の確立	実用化（標準化・現場導入）
下水道管内の状態を把握するための技術（画像取得方法）	新規	調査画像の取得方法の標準化	実用化（標準化・現場導入）
下水道管の健全性を確認する技術（構造物など）	新規	現場試行によるコンクリート躯体の健全性評価	一部実用化（現場試行の実施）
将来的にNo Entryを実現するための点検・調査技術	新規	現場の条件整理及び技術の要求性能の検討	継　続（試行技術の開発に着手）

事例1　人の立入りが困難な下水道管内の点検・調査技術（調査機器）

▶ 現状と課題

- 高流速や高水位、硫化水素等が発生しているところでは、作業者の立入りに危険が伴うため、潜行目視調査では調査区間の全延長の状態を把握することが困難であるという課題があります。
- 一方、既存の飛行式ドローンや浮流式カメラ等の調査機器は、無線通信の電波到達距離や画像精度に課題があり、適用範囲が限られています。このため、安全かつ効率的な管路内調査の実現に向けては、管径や調査延長、硫化水素濃度等の環境条件に対応できる調査機器の高度化が必要です。

▶開発の進め方（５か年の取組）

適用条件の整理

- 飛行式ドローンや浮流式カメラ等の調査機器は、民間企業を中心に技術開発が進展しており、下水道管内の調査への適用事例も蓄積されつつあります。このため、国内外の調査機器に関する情報を収集し、各調査機器の特徴、仕様及び性能を整理します。

標準化検討・技術改善

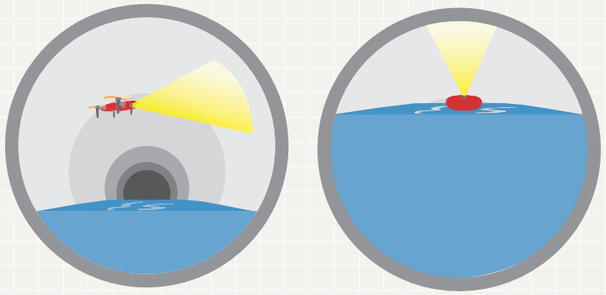
- 既存の調査機器に関する調査結果を踏まえ、実際の下水道管内において複数の調査機器を用いた検証を行い、管径、調査延長、下水の流下状況等の条件に応じた適用範囲や運用課題を明確化します。その上で、安全かつ効率的な管路内調査の実施に向け、条件に応じた調査手法の標準化を検討します。また、既存の飛行式ドローンやテレビカメラ調査機等では十分な調査が困難な場合には、民間企業等との共同研究を通じて、調査機器の改良等に取り組みます。

標準化・現場導入

- 下水道管内での検証結果を踏まえ飛行式ドローン等の調査機器について、管路内調査への適用条件や必要な仕様を整理し、調査手法の標準化を図るとともに、順次、管路内調査への導入を進めます。

▶将来像

- 飛行式ドローンや浮流式カメラ等の調査機器を活用した点検・調査手法の標準化を進め、安全かつ効率的な下水道管内の点検・調査を実施しています。



飛行式ドローンや浮流式カメラを用いた下水道管内の点検・調査のイメージ

事例2　下水道管内の状態を把握するための技術（画像取得方法）　UP GRADE

▶ 現状と課題

- 飛行式ドローンや浮流式カメラ等の調査機器による点検・調査では、調査機器の仕様や搭載するカメラ性能、撮影方法等の違いにより、取得できる下水道管内の画像の精度にばらつきが生じます。
- 人が下水道管内に立ち入ることなく調査機器を用いて点検・調査を実施する場合、管内の状態を的確に把握するためには、評価・判断に必要な情報を明確にするとともに、それらを確実に取得できる調査画像の撮影方法や取得条件を整理する必要があります。

▶開発の進め方（５か年の取組）

基礎情報の整理

- 状態監視、点検、診断等の調査目的により、必要な下水道管内の画像情報が異なります。このため、取得すべき画像情報を明確化するとともに、既存の調査機器の仕様、画像取得に関する機能、特徴等の基礎情報を整理します。なお、調査目的に応じた画像の特徴を整理するに当たっては、必要に応じて学識経験者等に専門的な見解を確認します。

標準化検討・技術改善

- 実際の下水道管内での検証を通じて、調査目的に応じて必要となる管内の画像情報とその取得に必要な機器仕様、搭載機能及び撮影方法を明確化し、高品質な調査画像を用いた下水道管内の状態を確認する手法の標準化に向けた検討を行います。また、下水道管内の環境により既存の調査機器では必要な水準の調査画像を取得できない場合には、民間企業等との共同研究を通じて、調査機器の改良や画像撮影方法の改善等に取り組みます。

標準化・現場導入

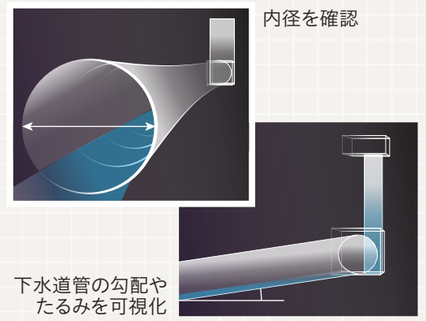
- 検証結果を踏まえ、調査目的に応じた下水道管内の状態確認に必要な調査画像の取得方法の標準化を図り、順次、管路内調査への導入を進めます。

▶将来像

- 調査画像の取得方法の標準化を進めることで、AIによる下水道管内の状態診断への活用を図り、一層の点検・調査技術の高度化・省力化を進めます。



ドローンによる下水道管内の画像取得状況



点群データで構築した
下水道管の３次元モデルのイメージ

事例3 下水道管の健全性を確認する調査技術（構造物など） UP GRADE

▶ 現状と課題

- 下水道管の健全性を評価するための調査方法として、コンクリート構造物に対する打音調査やシュミットハンマー試験、コンクリート躯体からコア抜きした供試体の強度試験等、調査員による詳細調査が一般的に実施されますが、断面が大きく、流量の多い下水道幹線では安全性確保や仮設備の設置等に多くの労力を要します。
- 調査員が下水道管内に立ち入ることなく、安全かつ効率的にコンクリート構造物の健全性を評価するためには、コア採取等を伴わない非破壊検査により、躯体表面のコンクリートの劣化状況を定量的に把握でき、かつ、飛行式ドローン等の調査機器に搭載可能な技術が必要です。

▶開発の進め方（5か年の取組）

基礎データの収集

- 超音波や振動計測器等の非破壊検査により得られる調査データと、クラック発生状況、残存強度、中性化の深さ、鉄筋被りの減少等のコンクリート構造物の劣化状況との相関性を確認し、調査画像のみでは判断が困難な健全性評価に関する基礎データを収集します。なお、調査データとコンクリート構造物の劣化状況の相関性の評価に当たっては、必要に応じて学識経験者等に専門的な見解を確認します。

現場実証に基づく実用化検討

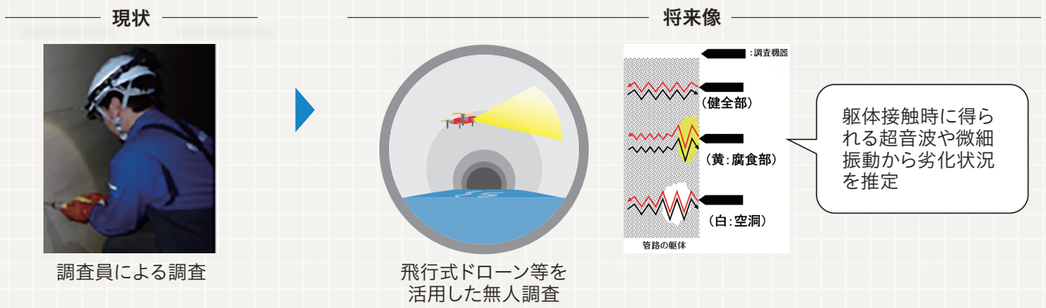
- 実際の下水道管内での実証試験により、既存手法による調査結果との比較を通じて、残存強度や中性化深さ等の躯体表面のコンクリートの健全性を示す物性値との再現性を評価し、非破壊調査技術として実用化を検討します。なお、技術開発は、専門技術を有するスタートアップ等との協働を含む民間企業との共同研究を想定しています。

飛行式ドローン等の管内調査機器への搭載

- 実用化の見通しが得られた非破壊調査技術については、飛行式ドローン等の管内調査機器への搭載を検討し、下水道管内へ立ち入ることなくコンクリート構造物の健全性を評価できる調査技術の確立を目指します。

▶将来像

- 下水道管内の調査画像や非破壊検査データ等の関連情報を蓄積・活用することで、下水道管の状態把握や健全性評価の高度化を図ります。また、将来的には、これらのデータをAIによる下水道管内の状態診断に活用し、点検・調査頻度の最適化や補修時期の予測等、効率的な維持管理につなげていきます。



非破壊調査技術を活用した管内劣化状況を調査する技術

事例4 将来的にNo Entryを実現するための点検・調査技術 NEW

▶ 現状と課題

- 下水道管内では、硫化水素等の有毒ガスの発生や雨天時の急激な水位の上昇、昼夜を問わず水位が高い箇所が存在するなど、人が立ち入って作業する際には、危険を伴うことから十分な安全対策を講じる必要があります。
- 下水道管内の点検・調査は、これまで調査員が管内に立ち入る潜行目視・計測調査を実施してきましたが、今後の生産年齢人口の減少に伴う担い手不足に対応するため、先進的なICT技術や調査機器を活用し、人が立ち入ることなく安全かつ効率的に点検・調査や簡易な補修を実施する「No Entry」の実現に資する技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

データ収集・開発条件の整理

- 下水道管内の点検・調査において、安全対策等に多くの労力を要している事例や作業効率が上がらず長期間を要している事例を分析し、安全性、効率性の観点から課題となる下水道管の規模、流下量、水位等の条件や構造・機能上の特徴を整理するとともに開発ターゲットを明確化します。

開発技術の方向性、要求性能を特定

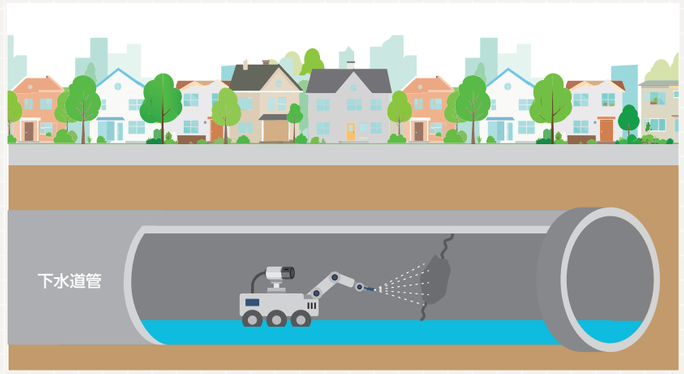
- 事例1～3の技術を組み合せ、新たに開発、実装を目指す機器や装置等に求められる性能を整理するとともに、点検・調査にとどまらない維持管理への活用方法を検討します。また、別途検討を進める飛行式ドローンや浮流式カメラ等の調査機器の技術を活用しながら、補修などの維持管理業務への展開も視野に入れた検討をするため異業種連携を含め、高度な技術を保有する民間企業との幅広い連携を検討します。

技術開発に着手

- 開発対象とした調査機器や装置等の要求性能を明確化し、公募型共同研究等により技術開発に着手します。また、No Entryの実現に必要となる下水道施設への機能付加についても検討します。
- 本技術は、現場実務に直結する内容であることから、TGSと技術連携を図りながら開発を進めます。

▶将来像

- 開発技術を、下水道管内の点検・調査に加え、清掃や補修等の維持管理業務へ展開することで、管内への立ち入りを必要としない「No Entry」の実現を目指します。



No Entryのイメージ

テーマ2 施工条件が厳しい下水道管（シールドトンネル等）を再構築する技術

課題

■大深度に位置し、施工条件が厳しい大断面の下水道管において、安全性を確保しながら確実に施工できる再構築技術が必要です。

■シールド工法により施工された下水道管（以下「シールド管」という。）については、シールド管本体の特性を踏まえた再構築の設計手法を確立する必要があります。

■シールド管においては、一次覆工（セグメント）[1]の劣化状況や健全性を踏まえ、その状態に応じた合理的な再構築方法を確立する必要があります。

技術開発の方向性

■シールド工法で施工された下水道幹線等の再構築に向け、設計手法及び施工技術の開発を目指します。

■多様な施工環境に適用可能な管きょ更生技術の改善・高度化を進めます。

将来的な目標

- シールド管の再構築を計画的かつ効率的に推進
- 枝線再構築を着実に推進し、持続可能な管路再構築を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
シールド管の再構築 設計手法	新規	調査・診断及び 設計手法の確立	実用化 （設計基準の整備）
シールド管の再構築 施工技術	新規	施工環境を踏まえた 施工方法の検討	実用化 （試行工事の実施）
裏込め材が不要な 製管工法	試行工事の着手	試行工事結果に基づく 技術評価	実用化 （工法の標準化）

事例1 シールド管の再構築設計手法 NEW

▶ 現状と課題

- 下水道幹線の多くは、シールド工法により施工されていますが、トンネル本体の健全性を考慮した再構築手法が確立されていません。

▶開発の進め方（5か年の取組）

調査・診断手法の整理

- シールド工法で施工された下水道管内の状況を調査し、二次覆工[2]の劣化状況のほか、二次覆工の劣化が一次覆工に及ぼす影響の有無等を考慮し、シールド管の健全性を評価する調査・診断手法を整理します。

評価・判定基準の明確化

- 調査・診断に要する管路内調査の項目や評価方法を体系化し、再構築や補修の必要性を判定するための評価方法・判定基準の明確化を図ります。

再構築設計手法の確立

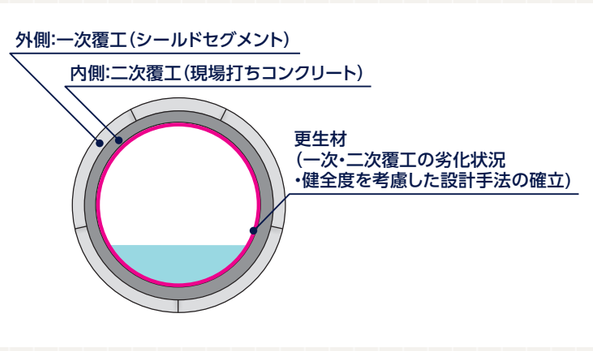
- 調査・診断結果をシールド管の再構築設計に的確に反映するため、シールドセグメントの健全性を評価するとともに、更生管との合成構造として構造検討する解析方法の確立を目指します。また、再構築時に考慮すべき施工上の課題を整理し、設計へ反映することで、安全かつ効率的に再構築が進められるようにします。

▶将来像

- シールド管の構造特性を踏まえた調査により健全性を適切に評価するとともに、再構築や補修の必要性を客観的に判定し、計画的かつ効率的な再構築を進めていきます。



シールド工法で施工された下水道幹線



シールド管の再構築設計手法の確立（イメージ）

1 一次覆工（セグメント）:地山から土圧や水圧を受け、掘削後のトンネル壁面を支える部材。一般的には、鉄筋コンクリート製や鋼製、又はこれらを組み合わせたセグメント材を組み立てシールドトンネルの一次覆工が構成される。

2 二次覆工: 一次覆工の内側に構築され線形や内面の平滑性、防食性を確保するために設けられる。一般的には現場打ちの無筋コンクリートで施工される。

事例2　裏込め材が不要な製管工法

▶ 現状と課題

- 下水道管の再構築方法として開発した製管工法は、交通規制等の道路交通環境への影響を抑制し下水を流したまま非開削で施工することが可能ですが、対象とする下水道管が著しく劣化している場合は適用できないことがあります。
- 著しく劣化している下水道管では、更生管だけで強度を確保する製管工法が求められています。
- 多様な下水道管の状況に適用可能であり、より効率的な施工を実現できる製管工法の開発が必要です。

▶開発の進め方（5か年の取組）

試行工事の施工性等の調査

- 既に一部の現場で試行的に施工されている工事において、裏込め材を必要としない製管工法の施工性等を調査します。

技術評価

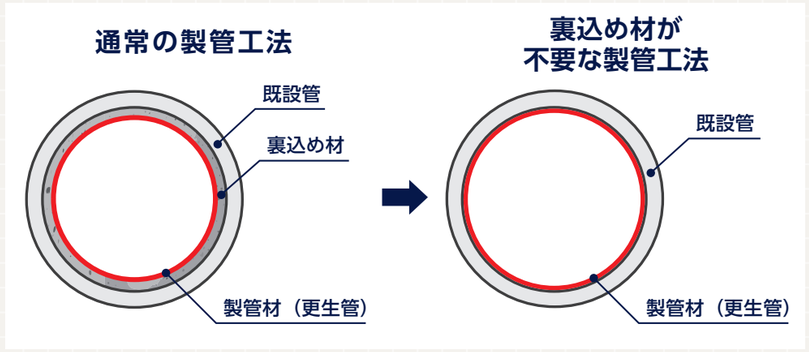
- 試行工事の結果をとりまとめ、標準工法として取り扱うための技術評価を行います。

技術開発の推進

- 今後の再構築事業を勘案し、下水道管の現場条件を把握・整理したうえで、より大きな管径など適用範囲の拡大に向けた技術開発を行います。

▶将来像

- 著しく劣化している下水道管にも対応し、着実な下水道管の再構築事業の推進に貢献します。



裏込め材が不要な製管工法のイメージ

テーマ3　硫化水素で腐食しやすい箇所の補修・改良技術

課題

■多くの下水道管では、晴天時水位の影響により、工事のために下水の流れを一時的に止めることが困難であることから、腐食等に起因した下水道管の損傷に対し、下水の流れを阻害することなく施工できる部分補修技術が求められています。

■水再生センターの沈砂池等のコンクリート構造物では、防食工事の実施頻度が高く、その都度、施設の一部を運転停止する必要があることから、施工頻度の低減につながる高い耐腐食性及び耐久性を有する補修材料が求められています。

■これらの補修工事では、安全対策や施工準備等に多くの労力を要することから、人が施設に立ち入ることなく安全かつ効率的に実施できる補修技術が求められています。

技術開発の方向性

■硫化水素が発生する腐食環境下において、高い耐腐食性・耐久性を有する補修材料の開発を目指します。

■下水道施設内のコンクリート構造物について、安全かつ効率的に改良・補修を行うための施工技術の開発を目指します。

将来的な目標　●硫化水素が発生する腐食環境下でもコンクリートの腐食や劣化が進行しにくい下水道施設を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
高い耐腐食性・耐久性を有する補修・改良技術	セメントレスコンクリートを用いた二次製品の開発など	特殊セメント等を活用した高耐久性材料と施工技術の検討	一部実用化（現場試行）

事例 **高い耐腐食性・耐久性を有する補修・改良技術** UP GRADE

▶ 現状と課題

- 供用中の下水道管の多くは、工事のために下水の流れを一時的に止めることが困難であるため、施工方法を工夫し、下水を流下させながら施工を行っています。
- 水再生センターの沈砂池等のコンクリート構造物では、硫化水素による腐食が進行しやすく、防食工事を繰り返し実施する必要があります。また、その都度、施設の一部を運転停止するため、運転監視の負担が増加するとともに、他施設への影響も生じています。
- 下水道施設への影響を最小限に抑えるためには、硫化水素等によるコンクリートの腐食を軽減する高い耐腐食性及び耐久性を有する補修材料と、安全かつ効率的に施工できる技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

高耐久材料と施工技術の検討

- 腐食環境に強い耐硫酸性材料等について情報収集を行い、既設コンクリート部材の補修に必要となる強度や接着性能等の要求性能を整理します。
- 下水道管内等の稼働中施設での施工を想定し、大規模な仮設を必要としない施工方法を検討するとともに、施工方法を踏まえた補修材料の仕様を検討します。

現場実証と実用化

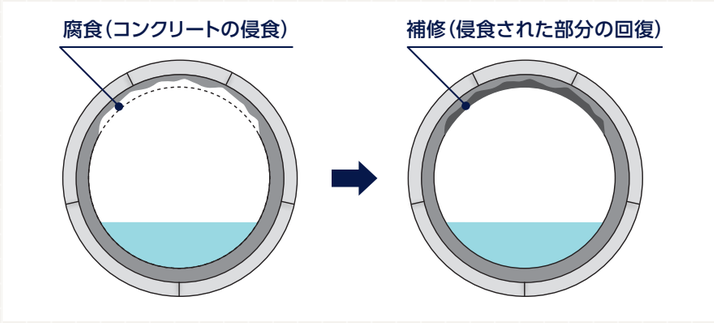
- 現場実証を通じて、部分的に劣化した下水道管等への補修材料としての適用性や施工上の課題等を検証します。
- 検証結果を踏まえ施工方法や材料の改良を行い、稼働中の施設において施工しやすい補修技術の実用化を目指します。

現場試行工事の実施と技術改善

- 稼働中の施設における試行工事を実施し、必要に応じて技術改善を図ります。また、将来的には、人が施設内に立ち入ることなく施工できる無人化技術の検討を進めます。

▶将来像

- 高い耐腐食性及び耐久性を有する補修材料等を活用することで、下水道管や水再生センター等のコンクリート構造物における改良・補修工事の実施頻度を低減し、施設運営への影響を抑えた効率的な下水道施設の維持管理を進めていきます。



シールド管の腐食等を補修するイメージ

テーマ4 設計・施工時の品質管理を効率的に行う技術

課題

■下水道工事の設計・施工等に関する豊富な知識と経験を有するベテラン職員の減少が懸念される中、限られた職員で業務を遂行するため、設計・積算等の作業の省力化や効率化が求められています。

■施工や維持管理の現場では、高所や狭隘箇所、硫化水素が発生する箇所等での作業において、仮設備の設置や安全対策に多くの時間と労力を要しています。

技術開発の方向性

■下水道工事の発注時に必要となる設計書の作成において、設計者の業務を支援するICT・AI技術を活用した支援システムの開発を目指します。

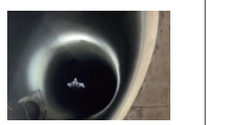
■調査・設計から施工、維持管理までの各段階において、飛行式ドローン等で取得した調査画像や測量データをBIM/CIM[1]モデルへ反映し、一連の業務で活用できる効率的なモデル構築を進めます。

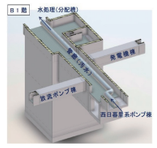
将来的な目標

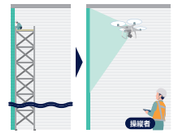
- ICT・AI技術を活用した工事設計書チェック支援システムにより、煩雑な設計業務の省力化を実現
- 下水道施設の調査・点検データ等の記録・情報をBIM/CIMモデルに取り込み、各業務で得られる情報を一元管理できる効率的な業務の推進

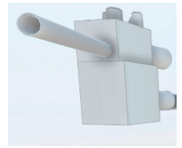
開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達点
AIを活用した工事設計書チェックの効率化	AIによる工事設計書チェックの試行・検証	AIを活用した工事設計書チェックシステムの開発	一部実用化（現場試行）
BIM/CIMを活用したモデル構築による業務効率化	設計、工事及び維持管理にBIM/CIMモデルの試行	設計、工事から維持管理まで一連で活用できるBIM/CIMモデルの構築	一部実用化（現場試行）

調　査	設　計	工　事	品質確認	維持管理
飛行式ドローン等による点検・調査	ＡＩを活用し、設計書チェック	３Ｄモデルでイメージ共有	飛行ドローン等による測量・出来形確認	３Ｄモデルで施設の見える化









調査、設計、施工及び維持管理におけるICT・AI技術を活用した取組例

1 BIM/CIM：Building/Construction Information Modelingの略。3次元モデルや点群データ、GISなど目的に応じたデータやツールを活用し、建設事業で取り扱う情報を統合管理することで、データ活用・共有を容易にし、業務の効率化や高度化を図る取組

事例1　AIを活用した工事設計書チェックの効率化

▶ 現状と課題

- 高度経済成長期以降に整備され、老朽化が進んだ下水道管（枝線）を確実に再構築していく必要があります。一方で豊富な知識、経験を有するベテラン職員の減少に伴う設計・積算業務を担う職員の実務経験の不足が懸念されます。
- 再構築工事を計画的に発注し、着実に事業を推進するためには、チェック対象の拡充など設計・積算業務の更なる効率化と品質向上が求められています。このため、職員の負担を増大させることなく、効率的に業務を実施できるAIを活用した設計書チェック技術の高度化が必要です。

▶開発の進め方（５か年の取組）

AIを活用した設計書チェック支援システムの検討

- 過年度に試行したAIモデルについて、同種工事の設計内容を継続的に学習させ、積算金額の妥当性確認機能の精度向上を図ります。また、設計書への工事数量の入力内容と積算基準との適合等、段階的にチェックが可能な内容を追加し、設計・積算業務におけるチェック機能の高度化を図るシステムを構築します。

現場試行によるAIチェック機能の検証

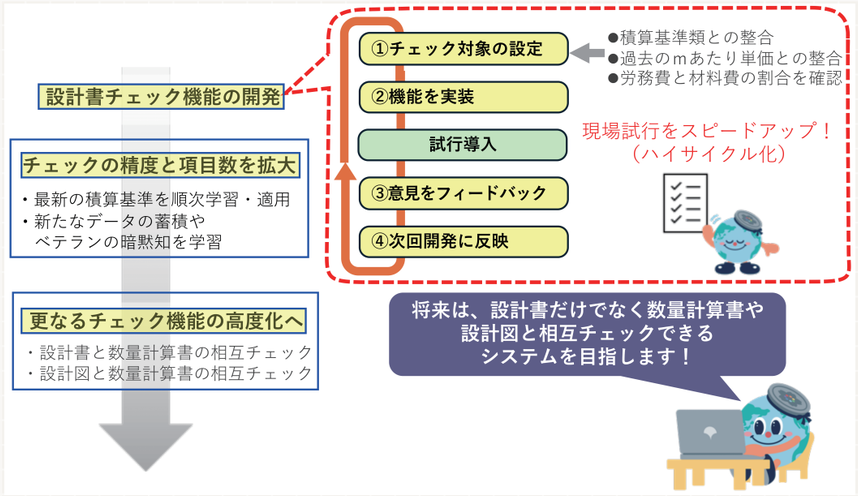
- 高度化したAIチェック支援システムについて、実際の工事設計書を用いた現場試行を実施しながら改善点を抽出し、チェック精度や操作性の向上を進めます。

チェック支援システムの実用化と技術改善

- 工事設計書のチェック、工事設計書と数量計算書のチェックなど、ステップ毎に機能を向上させながら現場試行を進め、AIチェック支援システムの実用化を図ります。
- システムを実運用しながら、改善点を継続的に反映し、段階的な機能拡張と精度向上を進めます。

▶将来像

- 知識や経験が豊富なベテラン職員の知見をAIに反映し、工事設計書チェックの精度向上と業務の効率化を実現します。
- 将来的に、設計書と数量計算書および設計図まで一連の数量チェックや積算条件等の相互チェックを実現します。



AIを活用した工事設計書チェック支援のイメージ

事例2　BIM/CIMモデルの構築・活用による建設から維持管理までの業務効率化

▶ 現状と課題

- 構造が複雑な下水道施設や設備は、設計図面の枚数が多く、下水の流れや施設の位置関係、維持管理用の作業導線を立体的に把握することが難しいため、設計や工事から維持管理に至る各段階において施設全体の状況を確認するのに多くの時間を要しています。
- 工事完了後は、施設の保全・維持管理に活用するため竣工図を作成していますが、土木、建築、設備などの図面が工事ごとに個別に作成・管理されていることから、維持管理に必要な施設情報を一体的に把握することが難しくなっています。

▶開発の進め方（５か年の取組）

設計・工事段階における運用拡大

- 水再生センターやポンプ所等の下水道施設工事の設計・工事を対象に、３次元モデルを活用した工事図面を作成し、活用方法や導入効果を検証しながら、設計・工事段階における活用拡大を進めます。

建設から維持管理へのモデル展開

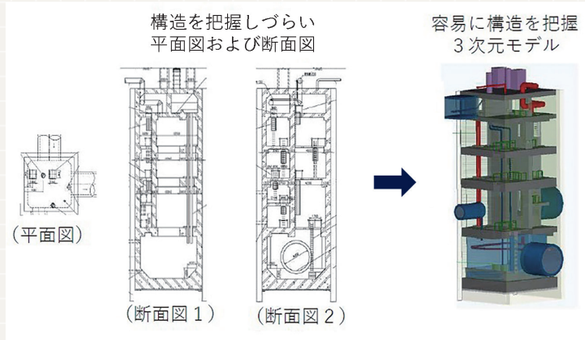
- 水再生センター等の大規模で複雑な施設を対象に、設計・工事段階で構築したBIM/CIMモデルを維持管理業務へ展開するとともに、建設から維持管理まで一貫して活用できるツールを導入し、適用施設の拡大を進めます。

維持管理業務等の効率化・高度化

- 複雑な下水道施設の３次元モデルを作成し、工事や維持管理業務に携わる職員間の協議・情報共有に活用するとともに、配置状況が把握しにくい配管、設備、ダクト類の設置状況の見える化など維持管理業務等の効率化・高度化を進めます。
- また、完了図、点検記録、補修履歴等の施設情報を段階的に電子化し、必要な情報を容易に検索・共有できる環境を目指します。

▶将来像

- 建設段階で構築した３次元モデルを維持管理業務へ展開することで、設計、施工から維持管理業務までの業務効率化を実現します。



BIM/CIMを活用した構造が複雑な下水道施設の見える化

COLUMN 03

ドローンにとって下水道管内は特殊な環境



活躍するドローン　～下水道への挑戦～

近年、ドローンは急速に進化しており、物流、測量、インフラ点検など、さまざまな分野で活用が広がっています。下水道分野においても、施設の点検や調査をドローンが担う時代が到来しつつあります。

しかしながら、下水道管内は暗所でGPSが利用できず、高湿度や硫化水素の発生、狭隘な空間などドローンの飛行や通信に制約を受ける特殊な環境です。

様々な特殊環境

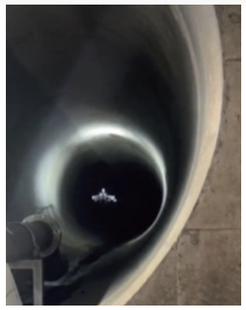
電波が届かない

ドローンは無線通信により操縦や映像伝送を行いますが、下水道管内では、電波の直進性や減衰の影響を受けるため、飛行可能な距離が制限されます。また、屋外で飛行するドローンはGNSS[1]を利用して位置情報を取得できますが、下水道管内では、GNSS信号を受信できないことから、ドローンの自己位置の把握が困難となります。

狭いところで飛ぶのは少し苦手

ドローンは、回転するプロペラにより揚力を生み出し、空中の静止や移動を行います。

しかし、下水道管のような狭い空間では、プロペラによって発生した気流が壁面に反射し、複雑な気流が生じることで、機体が不安定となり姿勢の乱れや墜落を招くおそれがあります。



ドローンを用いた下水道管内の点検



狭い下水道管内を飛行するドローン

今後への期待

下水道管内は、暗所で電波が届きにくく、水位によって飛行空間が制限されるなど、ドローンの運用に特有の課題があります。一方で、下水道管内に人が立ち入ることなく、安全かつ効率的に点検・調査を実施できる技術としてドローンの活躍が期待されています。

1 GNSS: Global Navigation Satellite System 人工衛星を利用して位置情報を取得するシステム。

COLUMN 04

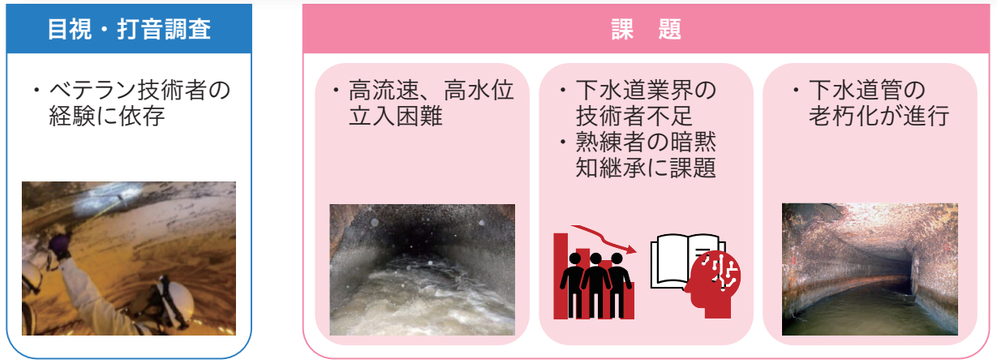
ベテラン技術者の経験によらない新たなコンクリートの健全性調査



点検・調査における課題　～省力化・無人化～

下水道管内の点検、調査には、調査員が管内の状況を目視で確認し、ハンマー等でコンクリートを叩いて剥離や劣化等の異常を判定する打音調査があります。打音調査は、コンクリートの健全性を確認するための重要な調査ですが、異常の判定には技術者の豊富な知識や経験が求められます。

一方で、高流速や高水位により立ち入りが困難な下水道管があるほか、ベテラン技術者の不足、下水道管の老朽化の進行を踏まえると、安全かつ効率的に健全性を判定できる新たな調査技術の開発が求められています。



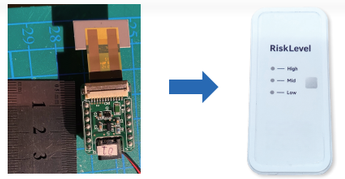
課題に対応するための技術開発

こうした課題に対応するため、下水道局ではICT・AI技術を活用し、打音調査に代わる客観的かつ再現性の高いコンクリートの健全性調査技術の開発を進めています。その一環として、物理探査技術やAIに関する高い専門性を有するスタートアップ企業と協働し実用化に向けた検証を進めています。

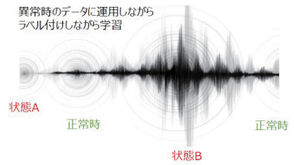
先端技術による非破壊検査の実施について

コンクリートの健全性調査として、ピエゾ素子（圧電素子）[2]を用いた小型のセンサーを、コンクリート表面に接触させる非破壊検査の検討を進めています。この技術は、コンクリート内部を伝播する振動や応答波形等のデータを解析することで、内部の劣化や損傷の状態を把握するものです。

将来的にロボットや飛行式ドローン等に搭載することで、技術者が下水道管内に立ち入ることなく、安全かつ効率的なコンクリートの健全性調査が実施できるようになることを目指しています。



開発段階のピエゾ素子を用いた調査器具



採取した周波数・波形データのイメージ

2 ピエゾ素子: 圧電素子のことで、電圧を加えることで振動を与えたり、反対に振動を加えることで電圧を発生する特性がある。

維持管理技術

施策の目的

下水道管やマンホール等の管路施設や、水再生センターやポンプ所等を適切かつ効率的・効果的に維持管理し、将来にわたり安定的な流下機能及び下水道機能を確保します。

技術開発ニーズ

■下水を流す機能を安定的に確保するため、管路施設を適切な状態に維持し、不具合や事故による機能不全を防止することが求められています。
■路上での臭気の発生や下水道施設の腐食による破損を防止することが求められています。
■水再生センターやポンプ所等を適切に維持管理し、将来にわたり下水道機能を確保することが求められています。

これまで開発してきた主な技術など

■高水位や硫化水素が発生する危険性の高い下水道管内において清掃や堆積土砂等の搬出を安全かつ効率的に行うための技術など幅広い維持管理技術を開発してきました。

年代	調査・点検・清掃技術の例	材料・その他技術の例
H27年度以前	管きょ健全度調査機 空洞調査機 取付管空洞調査機 下水道施設伏越人孔内浚渫機 大口径管きょ調査用カメラ ミラー方式TVカメラ	耐久性の高い管きょ材料 硫黄固化体 非接触型時間計（イドミルメーター） 高引火点潤滑油の送風機への適用評価 耐硫酸性コンクリートの適用性調査
H28～R2年度	エジェクタ式集砂装置 スカムの破壊・堆積防止技術 再生水のオゾン処理及び凝集混和処理の効率化技術 脱水機のポリマー注入量制御システムの開発 画像センサーを用いた焼却炉閉塞抑制技術 有毒ガスを迅速に測定する技術	腐食環境においても長期間メンテナンスフリーな耐硫酸性の高い土木材料技術 耐硫酸性に優れるコンクリートへの粒度調整灰の添加効果の検証
R3～7年度	人力清掃困難箇所における清掃技術 光ファイバーによる計測技術を用いた有毒ガスを迅速に測定する技術 焼却灰分析の自動化 着脱式水中ポンプの簡易昇降装置 下水道管内に堆積した土砂等の撤去搬出技術	
導入事例	・ミラー方式TVカメラ（内径800㎜未満の下水道管） ・エジェクタ式集砂装置（成城排水調整所） ・MSBシアンモニタ（三河島水再生センター） ・着脱式水中ポンプの簡易昇降装置（業平橋ポンプ所）	・硫黄固化体（新河岸水再生センター） ・非接触型時間計（イドミルメーター）（井戸水の下水道使用量の算定）

5か年の主な取組

■管路施設の点検・調査の高度化やDXの推進に資する技術開発を実施します。
■臭気対策や堆積物を除去・清掃に資する技術開発を実施します。
■データの利活用により、水再生センターやポンプ所の運転管理及び保全業務の高度化に資する技術開発を実施します。

テーマ5　下水道管周辺の異常を検知する技術

課題

■地中深くに埋設された下水道管の損傷等に起因して周辺地盤に異常が発生した場合、道路陥没等の重大な事故につながるおそれがあります。
■地中深くに埋設された下水道管周辺の異常を把握することが難しいことから、異常の兆候を早期に検知できる技術が求められています。

技術開発の方向性

■下水道光ファイバーケーブルを活用したセンシング技術[1]により、下水道管周辺の異常を早期に検知する技術を開発します。

将来的な目標

● **大深度の下水道管周辺を継続的に監視し、道路陥没の原因となり得る異常を早期に検知する技術を確立**

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達点
地中深くの下水道管周辺の異常を検知する技術	新規	センシング技術により下水道管周辺の空洞等の異常を早期検知する技術の開発	一部実用化（現場試行）

1 センシング技術：様々な測定機器を用いて対象物に関する状態や動き、その他情報を収集する技術

事例 **地中深くの下水道管周辺の異常を検知する技術** NEW

▶ 現状と課題

- 一般的に用いられている地中レーダー探査では、地下２m程度までしかレーダーが届かないため、地中深くに埋設されている下水道管周辺の異常を把握することが困難です。
- 地中深くに埋設された下水道幹線等が破損し、周辺の土砂が下水道管内に流入した場合、重大な事故につながるおそれがあるため、早期に異常等の発生を検知する必要があります。

▶開発の進め方（５か年の取組）

下水道光ファイバーケーブルを用いたセンシング技術の開発

- 微細なひずみや振動を検知できる光ファイバーの特性を活用し、平常時の常時モニタリングや、異常発生時のデータを取得・解析することで、下水道管周辺の異常を検知するモデルの開発に取り組みます。

技術的課題の整理と高度利用の検討

- 下水道光ファイバーを用いたセンシング技術により取得できる異常検知の精度や適用条件を整理するとともに、現場試行等により導入に向けた技術的課題を把握します。また、下水道管の状態監視や点検時のスクリーニングなど、実用化を見据えた活用方法を検討します。

試行導入と実用化の推進

- 高度な点検・調査技術の一つとして現場試行を進め、その効果や適用性を検証しながら実用化を推進します。
- 技術開発に当たっては、民間企業の先進技術や学識経験者の知見を活用し、連携して取り組みます。

▶将来像

- 下水道管周辺の異常を早期に把握することで、道路陥没等の重大事故の未然防止を目指します。
- 地中深くに埋設された下水道管周辺の状態を継続的に監視し、効率的かつ効果的な維持管理を目指します。
- 人が下水道管内に立ち入ることなく異常の兆候を把握できる「管内No Entry」の実現に貢献します。



下水道光ファイバーを用いた地中の異常検知のイメージ

テーマ6 **下水道管内の状態を把握する技術**

課題

■下水道管の維持管理や工事の安全確保、水再生センター等の効果的な運転管理を行うためには、管内水位や流量等の状況を継続的に把握することが求められています。

■重要な下水道幹線等においては、破損や異常の兆候を早期に把握し、事故や機能低下を未然に防止することが求められています。

■生産年齢人口の減少に伴う担い手不足が懸念されていることから、人が下水道管内に立ち入ることなく、管内の状態を継続的に監視できる技術が求められています。

技術開発の方向性

■下水道光ファイバーケーブルを活用し、下水道管内の流下状況や下水道管の異常を連続的に把握できるセンシング技術を開発します。

将来的な目標
- **下水道管の損傷等の異常を早期に把握し、迅速な対応により事故を未然に防ぐ技術を確立**
- **下水道管内の水位や流量等を継続的に把握し、下水の流下状況の見える化を実現**

開発・検討技術	これまでの取組	５か年の取組	５年後の到達目標
下水道管内の水位や流量を把握する技術	マルチセンシングボックス（MSB）[1]の実用化	マルチセンシングボックス（MSB）を活用した流下量の計測	実用化（現場実装の推進）
下水道管の損傷等の異常を検知する技術	新規	光ファイバーセンシング技術を活用した下水道管のひずみを検知する技術の検討	継　続（実証試験の実施）



下水道管内に設置された光ファイバーケーブル



管理用マンホールに設置された
マルチセンシングボックス（MSB）

1 マルチセンシングボックス（MSB）：下水道管内で各種センサーを用いて測定した情報を下水道光ファイバーを通じて離れた監視施設まで送信する装置

事例 **光ファイバーケーブルを用いた下水道管の損傷を検知する技術** NEW

▶ 現状と課題

- 老朽化した下水道管の損傷等により周辺の土砂が下水道管内へ流入した場合、道路陥没等の重大事故につながるおそれがあることから、下水道管の異常を早期に検知できる技術が求められています。
- 地中深くに埋設された下水道管については、人が立ち入ることなく、安全かつ効率的に状況を把握できる技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

下水道光ファイバーケーブルを用いたセンシング技術の開発

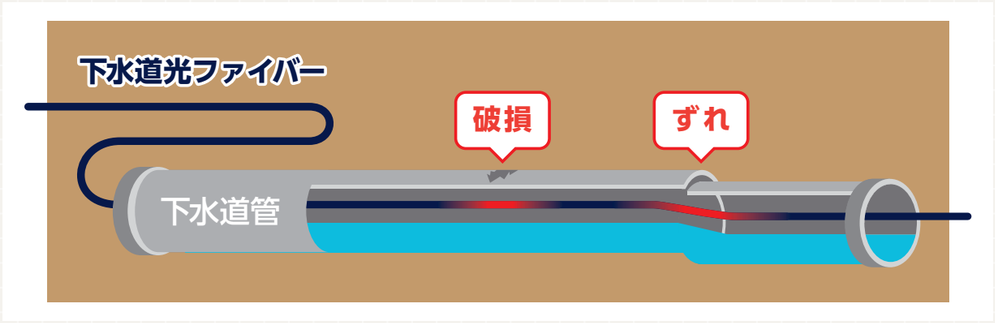
- 下水道管内に設置されている光ファイバーケーブルを活用し、コンクリートに発生する微細なひずみや振動を検知するセンシング技術の開発を進めます。具体的には、模擬管路等を用いた検証により取得したモニタリングデータを活用し、下水道管の損傷等の異常を適切に評価できる解析手法やケーブル設置方法等の開発に取り組みます。

現場実証試験の実施

- 実際の下水道管内で一定期間のモニタリング試験を実施し、異常検知精度の向上に向けた課題の整理や対応策の検討を行うとともに、多様な条件下における計測データの蓄積を進めます。

▶将来像

- 地中深くに埋設された下水道幹線等の状態を、点検者が下水道管内に立ち入ることなく遠隔で継続的に監視し、異常の兆候を早期に把握することを目指します。



下水道光ファイバーを用いた下水道管の状態把握のイメージ

テーマ7 **大深度の下水道管等の清掃を効率的に行う技術**

課題

■大深度に設置された大規模な下水道幹線では、堆積した土砂等の撤去や清掃に多くの労力と時間を要しています。

■雨水幹線等は降雨時に急激な水位上昇が生じることから、安全性の確保や作業環境の改善を図るため、管内作業を可能な限り低減し、効率的に清掃を実施できる技術が求められています。

技術開発の方向性

■大深度の下水道幹線に雨水と共に流入する土砂等を管底に設けた構造物（装置）により発生させる水流を用いた排砂効果によりフラッシングし、下流の維持管理用マンホールに堆積させることで効率的に回収・清掃できる技術の開発を目指します。

将来的な目標

- **大深度の下水道管等の清掃作業について、土砂等の堆積を抑制し、作業の無人化・省力化を実現**

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達点
下水道幹線等に流入する土砂等の堆積を抑制する技術	新規	土砂等の堆積抑制装置の開発・実証	一部実用化（現場試行の実施）

事例

大深度の下水道幹線の土砂等の堆積を抑制する技術の開発 NEW

▶ 現状と課題

- 大深度の下水道幹線に流入する土砂等の撤去、清掃は、維持管理用マンホールから作業者が下水道管内に入り、高圧洗浄機や吸引装置を用いて実施しています。しかし、マンホールから離れた箇所の清掃では、大掛かりな換気設備等の安全対策が必要となるため、多くの労力を要しています。
- 人が下水道管内に立ち入る清掃作業を低減し、安全かつ効率的に維持管理を行うことができる技術の開発が求められています。

▶開発の進め方（５か年の取組）

土砂堆積の抑制装置の検討

- 雨水貯留池等で活用されているフラッシング機能の考え方を応用し、下水道管内に堆積した土砂等を水流を利用することで下流側の維持管理用マンホールまで動力を使わずに運ぶ装置の検討を行います。

流体解析と水理模型実験等による仕様検討

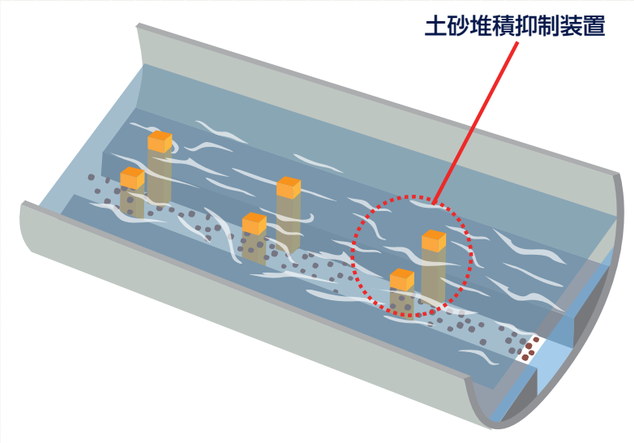
- 流体解析等により装置の形状や設置位置、設置方法等の構造・仕様を検討するとともに、水理模型実験等により土砂堆積抑制効果や適用条件の検証を進めます。

実用化と現場試行の実施

- 大深度の下水道幹線への適用を目指し、現場での実証試験を実施しながら、装置の有効性や維持管理性を検証し実用化を進めます。
- 本技術は、現場実務に直結する内容であることから、TGSと技術連携を図りながら開発を進めます。

▶将来像

- 下水道幹線内への土砂等の堆積を抑制することで、清掃に伴う管路内作業を低減し、安全で効率的な維持管理の実現を目指します。



土砂等の堆積抑制装置（イメージ）

テーマ8 下水道管内における油脂のかたまりを除去する技術

課題

■飲食店等で使用された油脂がそのまま下水道管内に流入すると、管内に付着・堆積し、時間の経過とともに固結します。

■固結した油脂は高圧洗浄による除去が困難となり、下水の流下能力を低下させるほか、悪臭や害虫の発生要因となります。

■さらに、時には固結した油脂が剥離してオイルボールとなり、川や海に流出することで水環境へ影響を及ぼすおそれがあります。

■このため、油脂の付着・固結を抑制し、維持管理の負担を軽減できる技術が求められています。

技術開発の方向性

■下水道管内に固結した油脂を効率的に剥離・除去する技術の開発を目指します。

将来的な目標

- 下水道管内で固結した油脂を容易かつ迅速に除去し、下水道管の流下能力を確保

開発・検討技術	これまでの取組	５か年の取組	５年後の到達点
薬剤等を組み合わせた洗浄手法の開発	高圧洗浄による清掃	固結した油脂を効果的に剥離・除去できる薬剤や洗浄方法の検討、開発	継続（現場実証）



下水道管内に堆積・固結した油脂類

事例

薬剤等を組み合わせた洗浄手法の開発

▶ 現状と課題

- 下水道管内は高圧洗浄により清掃していますが、固結した油脂は完全に除去できない場合があり、下水道管の流下能力や維持管理の負担の増加につながっています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

基礎検討

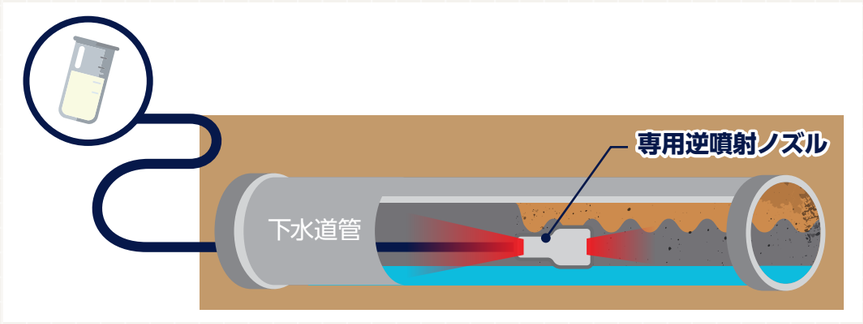
- 固結した油脂の剥離・除去に必要な性状や能力を整理します。
- 産業用洗剤や開発薬剤等を併用した高圧洗浄試験を実施し、固結した油脂の剥離・除去効果の向上に向けた検証を行います。

実フィールドにおける検証

- 固結した油脂の発生が多い箇所を対象に、現場試験を実施し、開発薬剤の適用性や効果を評価します。
- 実施設における試行を通じて、除去性能や作業効率の向上効果を検証し、実用化に向けた課題を整理します。

▶将来像

- 薬剤等を併用した高圧洗浄により固結した油脂を容易かつ迅速に剥離・除去できるようにします。
- 清掃作業の省力化や清掃頻度の最適化を図ることで、維持管理の負担軽減を目指します。



薬剤を併用した高圧洗浄のイメージ

テーマ9

下水道施設内における腐食や臭気対策技術

課題

■下水が嫌気状態（酸素が少ない、あるいはまったく存在しない状態）になると、細菌の働きにより硫化水素が発生し、気相に放出された後、硫酸に変化してコンクリートを腐食させます。

■下水道管や水再生センター等には嫌気状態となる箇所が多く、硫化水素はコンクリート腐食や悪臭の原因となっています。

■薬剤添加による硫化水素対策は、十分な効果を発揮するために継続的な添加が必要であるほか、対策設備の設置場所の確保が課題となっています。

■このため、費用対効果の高い薬剤の開発や、薬剤添加に依存しない新たな硫化水素対策技術の開発が求められています。

技術開発の方向性

■硫化水素の発生抑制効果が高く、費用対効果に優れた薬剤の開発を目指します。

■薬剤に依存しない新たな対策技術の開発を目指します。

将来的な目標

- 下水道施設の硫化水素の発生を抑制し、臭気の発生や腐食による劣化を防止

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
マンホールやポンプ所への硫化水素発生抑制技術	新規	・費用対効果の高い薬剤の開発 ・薬剤に依存しない新たな対策技術の開発	継続 （現場実証）

事例 **マンホールやポンプ所の硫化水素発生抑制技術** UP GRADE

▶ 現状と課題

- 硫化水素に起因する臭気対策として、一部のポンプ所等において鉄含有硝酸塩や苛性ソーダを添加しています。
- 継続的な薬剤添加によりランニングコストが増加している箇所があるほか、設置スペースの確保が困難なため、薬剤添加が行えない箇所もあります。また、供用中の下水道管への薬剤添加は、必要となる薬剤量が多く、膨大なコストを要することから現実的ではありません。

▶開発の進め方（5か年の取組）

費用対効果の高い薬剤の開発

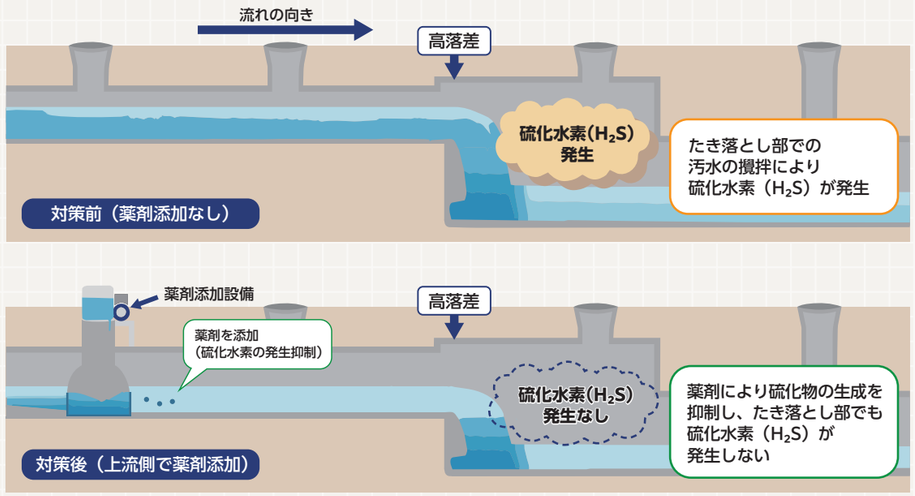
- 机上実験により複数の薬剤の効果や薬剤の添加方法を比較・検証し、費用対効果の高い薬剤の選定を進めます。
- 腐食が顕著な施設を対象に、薬剤の添加方法や硫化水素発生の抑制効果を検証します。

新たな対策技術の開発

- 従来の薬剤添加とは異なる新たな対策技術について、文献調査やメーカーへのヒアリング等により幅広く情報収集を行い、適用可能性を検討します。
- 有効と考えられる技術については、現場実証試験を実施し、その効果や実用性を検証します。本技術は、現場実証による実用性の評価が重要であることから、TGSと技術連携を図りながら開発を進めます。

▶将来像

- 下水道施設における硫化水素の発生を抑制し、腐食や臭気の発生を低減することで効率的な維持管理と施設の長寿命化を目指します。



硫化水素が発生しやすい箇所の硫化水素抑制技術のイメージ

テーマ10 データ利活用による保全管理の高度化技術

課題

■広大な水再生センターやポンプ所には多数の設備機器が設置されており、限られた人員で巡視・点検を実施する必要があります。

■さらに、下水道施設の老朽化が進行する中、設備の劣化状況を的確に把握し、補修・改良を計画的に実施することで、設備の故障や停止を防ぐことが求められます。

技術開発の方向性

■遠隔地や高所等に設置された設備の点検を支援し、安全かつ効率的な維持管理を可能とするロボティクス技術[1]の開発を目指します。

■設備の運転データや点検データを活用し、設備の異常や劣化の兆候を事前に把握できる予知保全技術の開発を目指します。

将来的な目標 ● 下水道施設の維持管理の省力化や保全管理の高度化を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
ロボティクス技術を活用した点検手法の開発	新規	ロボティクス技術を活用した点検手法の確立	一部実用化（現場試行の実施）
予知保全技術の開発	TBM[2]（時間基準保全）の実施	現場実証によるCBM[3]（状態基準保全）の有効性評価	一部実用化（現場試行の実施）



ロボティクス技術による点検のイメージ

1 ロボティクス技術:ロボットをはじめとする機械システムを対象とし、認識・判断・行動を実現する技術体系
2 TBM: Time Based Maintenanceの略。あらかじめ定めた周期ごとに整備を実施する手法
3 CBM: Condition Based Maintenanceの略。設備の劣化傾向を連続的、もしくは定期的に監視把握しながらその寿命を予測し、次の整備時期を定める手法

事例1　ロボティクス技術を活用した点検手法の開発　NEW

▶ 現状と課題

- 水再生センターやポンプ所には約4,000台の主要設備が設置されており、広範な施設を対象に限られた人員で日常点検を実施しています。また、設備の老朽化の進行に伴い、設備の状態を的確に把握し、異常を早期に発見することの重要性が高まっています。
- 一方、設備の異常発生時には昼夜を問わず現場対応が必要となることから、将来的な担い手不足を見据え、点検作業の効率化や設備異常の早期把握を可能とする技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

ロボティクス技術の適用検討

- 異音、振動及び温度等の設備点検標準で定める点検項目について、ロボット、カメラ及びセンサ等のロボティクス技術による代替可能性を調査し、適用可能な技術手法を整理します。

要求性能の検討

- ロボット、カメラ及びセンサ等の最新の技術動向や水再生センター・ポンプ所の特性を踏まえ、ロボットの移動性能やカメラ・センサによるデータ取得性能など、設備の状態把握に必要となる機能・性能等を整理し、明確化します。

現場実証と実用化

- 現場実証により、点検対象施設における階段昇降等の移動性能や計器読取等のデータ取得機能を検証するとともに、取得したデータの記録、蓄積及び異常検知を行い、ロボティクス技術を活用した点検手法の日常点検への適用性を評価し、一部実用化を進めます。
- これに加え、現場実証等により蓄積したデータの分析を加えた段階的な高度化により、「CBM」への活用といった保全管理業務の高度化にも取り組みます。

▶将来像

- 施設で確立した点検手法や運用方法を踏まえ、他施設への展開やロボティクス技術を活用した日常点検の標準化を実現します。
- 日常点検の省力化により、点検計画の見直しや異常原因の分析など、技術的判断を要する業務の時間を確保することで、限られた人員による効率的な保全管理を目指します。



巡視点検ロボットの事例

事例2　予知保全技術の開発

▶ 現状と課題

- 現在、下水道設備の維持管理は、設備ごとに定めた経済的耐用年数や維持管理実績を基に補修・改良時期を決定する「TBM」により実施しています。
- 設備故障の未然防止や保全コストの最適化を図るためには、点検結果や維持管理データに加え、センサ等により取得したデータを活用して設備の状態を継続的に把握し、異常の早期検知や故障予測を行う「CBM」の導入が求められています。このため、「CBM」と従来の「TBM」を組み合わせた、より効果的な維持管理手法の確立が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

データ取得方法の確立

- 維持管理実績や故障履歴等を踏まえ、故障予測の適用が可能なポンプや電動機等を対象に検証を進めます。
- 軸受の摩耗、芯ずれ及び過熱等の異常を的確にとらえるため、電流、振動及び温度等の各センサの特徴や適用条件を整理し、設備の状態を継続的に把握するためのデータ取得方法を確立します。

データ分析手法の検討

- 取得したデータを活用した故障予測の実現に向け、FFT解析[1]等による異常検知手法や診断精度等の評価手法を検討し、異常の早期検知や故障予測に必要な機能・性能を明確化します。

現場実証と実用化

- 現場実証を実施し、電流、振動及び温度等のデータを常時取得するとともに、設備状態を継続的に把握するためのデータ取得方法の有効性を確認します。
- 現場実証の結果を踏まえ、分析手法の改善や適用対象設備の拡大を段階的に進めるとともに、異常の早期検知から故障予測へと実証内容を高度化した上で、「CBM」への活用及び一部実用化に取り組みます。

▶将来像

- 設備の状態をリアルタイムに把握し、故障の予兆段階で対応することで、突発的な設備故障リスクの低減と保全コストの最適化を図り、保全管理業務の高度化を実現します。



予知保全技術の活用イメージ

1 FFT解析：FFTはFast Fourier Transformの略で高速フーリエ変換を指す。電流データや振動データ等を周波数成分に分解し、設備異常に特徴的な挙動を抽出する分析手法

テーマ11　データ利活用による運転管理の高度化技術

課題

■天候や社会活動等により変動する下水の流入量や窒素等の水質に対し、水再生センターの特性に応じたきめ細やかな運転管理・水質管理を行う必要があります。

■一方で、水質試験結果の分析・評価や運転方法の検討には豊富な知識・経験が求められていることから、データやデジタル技術を活用し、運転管理を支援する技術の開発が求められています。

技術開発の方向性

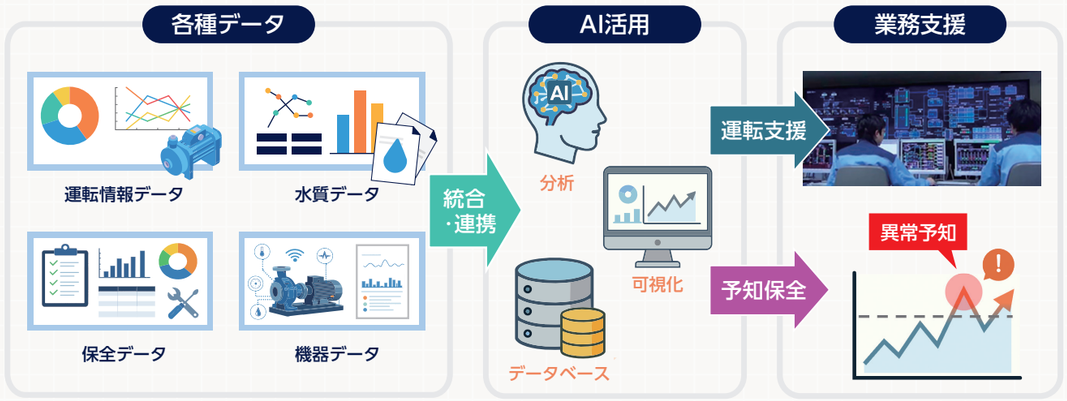
■下水道施設の運転状況や水質データをリアルタイムで集約・解析し、AI等のデジタル技術を活用して流入・流出水量や水質変動を予測する技術の開発を目指します。

■水質予測結果に基づき、送風機やポンプの運転判断を運転員に分かりやすく提示するとともに、運転条件を変更した場合の水質変化を事前に確認できる技術の開発を目指します。

将来的な目標

- 運転管理、水質管理及び保全管理など、これまで個別に管理していたデータを相互に連携させてAI等を活用し、下水道施設の維持管理の総合的な効率化を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
AI等を活用した次世代の水質予測及び運転支援システム	新規	一定の精度をもった水質予測モデルの確立	一部実用化（現場試行の実施）
		水質予測に基づく運転支援システムの開発・評価	一部実用化（現場試行の実施）



データ利活用による維持管理の効率化のイメージ

事例　AI等を活用した次世代の水質予測及び運転支援システム　UP GRADE

▶ 現状と課題

- 水再生センターでは、天候や社会活動の影響により流入量や水質が大きく変動するため、施設特性に応じた柔軟かつきめ細かな運転管理・水質管理が求められています。

- 一方、水質変動への対応や運転条件の設定には経験や専門知識への依存が大きく、技術継承が課題となっていることから、AI等を活用した水質予測や運転判断支援の仕組みの構築が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

データ分析とモデル構築

- 水質管理や運転管理に関するデータ収集や現場ヒアリングを実施し、水質予測や運転支援システムに必要な精度、機能及び仕様等の技術要件を整理します。
- 水質予測モデルを構築し、過去データ等を用いた机上検証を実施するとともに、必要に応じてモデルの改善を図ります。

現場実証と実用化

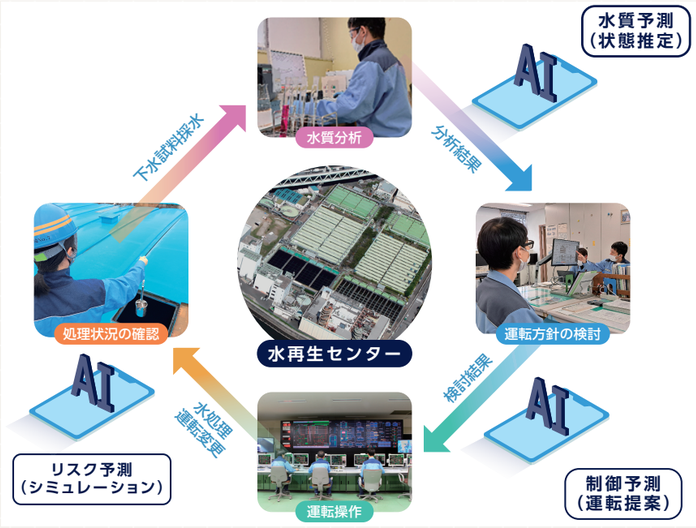
- 現場実証において実運用のシステムと接続し、水質予測の精度や運転支援機能の有効性等を検証します。
- 検証結果を踏まえ、モデル精度の向上や運転支援機能の拡充を図り、実用化を目指します。

現場試行の実施と技術改善

- 現場試行を実施し、運転管理への適用を確認しながら技術改善を進めます。また、将来的には、運転管理、水質管理及び保全管理に関するデータを連携・活用し、維持管理業務全体の高度化・効率化の検討も進めていきます。

▶将来像

- AI等を活用して水質変動や運転判断を適切に支援するとともに、リスクの予測・評価も可能となるシステムを実現することで、水質管理や運転管理に関わる業務負担の軽減、運転品質の均一化及び安定した水処理を実現します。
- テーマ10「データ利活用による保全管理の高度化技術」と組み合わせ、運転管理、水質管理及び保全管理の各種データを連携・統合するとともに、AI等による分析・予測技術を活用することで、施設状態に応じた適切な運転管理や保全管理業務の判断を支援する維持管理を実現します。



次世代の水質予測・運転支援システムのイメージ

テーマ12

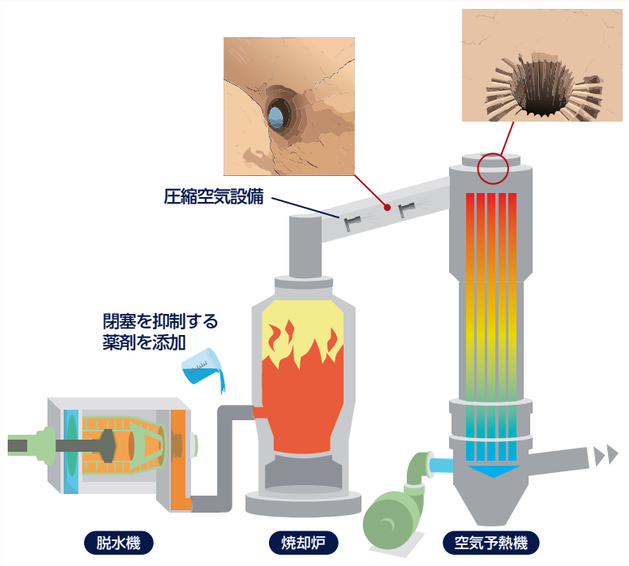
焼却炉の煙道閉塞を防止する技術

課題

■焼却炉において、りんを多く含む汚泥を高温で燃焼させると、排気ガスが通過する煙道内に焼却灰が固化・堆積し、煙道閉塞が発生します。

■煙道閉塞により焼却炉が停止すると、汚泥処理の停滞や水処理への影響を招くため、安定した下水処理を行うことが困難となります。

■煙道閉塞の防止に向け、焼却灰の性状を変化させる薬剤の添加や、焼却灰を除去する圧縮空気設備の設置等の対策を実施していますが、完全な解決には至っておらず、更なる対策技術の開発が求められています。



焼却炉の煙道閉塞対策の例

技術開発の方向性

■焼却灰が固化・堆積するメカニズムを明らかにするとともに、煙道閉塞を防止する技術の開発を目指します。

将来的な目標　●煙道閉塞が発生することのない、安定した焼却炉運転を実施

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
汚泥処理工程への薬剤の添加	薬剤を添加し、汚泥焼却灰の溶融特性を改善	新規薬剤の検討と効果検証	継続（現場試行の実施）
	閉塞傾向時の運転管理の工夫	今までの対策技術との併用とその適用性の検証	
	圧縮した空気で汚泥焼却灰を吹き飛ばす設備の設置		

事例　**汚泥処理工程への薬剤の添加**

▶ 現状と課題

●煙道内での閉塞を防止するため、薬剤（主にポリ硫酸第二鉄）を添加し、焼却灰の成分を調節することで、溶融特性の改善を図っています。

●一部の薬剤には、酸性ガスとなる成分が含まれており、燃焼過程において設備腐食が促進されるリスクを有するほか、焼却灰の比重増加による流動不良・煙道閉塞のリスクを高める場合があります。このため、煙道閉塞の発生要因の解明と更なる対策技術の開発が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

煙道閉塞が発生する条件の整理

●閉塞の発生状況や焼却炉の運転条件を整理し、焼却灰が固化・堆積する要因や煙道閉塞が生じる条件を明らかにします。

閉塞対策に有効な薬剤の検討

●新規薬剤について検討し、机上実験等により、効果や適用可能性を検証します。

●新規薬剤と既存の対策技術との併用の可能性について検証し、相乗効果や運用上の課題を整理します。

実施設への導入に向けた検討

●検証結果を踏まえ、適切な薬剤の選定や添加量の制御など、実規模施設への適用可能性や効果を整理します。また、実施設での検証を通じて技術改善を図りながら導入に向けた検討を進めます。

▶将来像

●煙道閉塞の発生を防止し、年間を通じて焼却炉の安定運転を確保することで、汚泥処理の停滞を抑制し、安定した水処理の運転（余剰汚泥引抜量の適切な運転管理、放流水質の安定化）を実現します。

COLUMN 05

全国初！透析医療業界団体等と連携した下水道管路損傷防止策の実施



下水道管は酸が苦手

コンクリートでできた下水道管は丈夫で、一般的に約50年も使用できるとされています。しかし、そんな下水道管にも弱点があります。その一つは「酸」です。強酸性の排水が流入すると、下水道管の内側が損傷し、道路陥没などの重大事故につながるおそれがあります。

透析排水対策

平成29年、複数の医療機関が入居するビルにおいて下水道管の損傷事故が発生しました。原因を調査したところ、透析医療機関から排出される機器洗浄排水が強酸性であることが判明しました。早期の対策が求められる一方で、医療品質への影響にも十分配慮する必要がありました。このため、下水道局では国や業界団体、透析医療機関、薬剤メーカーなど、医療機関との接点や医学的知見を有する関係者との新たな連携体制を構築し、医療現場の実情を踏まえた対策や指導を推進しました。その結果、事故から７年後には23区内のすべての透析医療機関で下水道管の損傷防止対策が完了しました。この取組は、全国への情報発信や他自治体における透析排水対策の展開にもつながり、令和６年度国土交通大臣賞「循環のみち下水道賞」を受賞しています。





透析排水により底部が損傷した下水道施設

事業場排水の指導

上記のような下水道管の損傷事故を防止するだけでなく、水再生センターの処理機能を適切に維持するためにも事業場等から排出される排水は下水排除基準を満たしている必要があります。そのため下水道局では、事業場等に対して技術的な助言や指導を行っています。これまでも水質測定器の小型化や高度化等の技術開発を行い、水質監視や指導に活用してきました。今後も必要に応じて改善や開発を行い、効果的な排水指導を行います。



汚水ますからの採水の様子



ます内に設置されるpH計

COLUMN 06

海外におけるAI活用の先進事例



開発テーマ11「データ利活用による運転管理の高度化技術」に関連し、海外の先進事例を紹介します。

シンガポール　Ulu Pandan 水再生プラント

Ulu Pandan水再生プラントでは、2019年3月からAI運転制御システムを用いた実証試験が実施されています。アンモニア、硝酸、溶存酸素（DO）、りん、SS（浮遊物質濃度）、流入下水量等の運転データをリアルタイムで収集・蓄積し、機械学習を用いて流入下水量や流入負荷、必要酸素量、凝集剤注入量などを予測しています。

また、複数の計測データを活用した異常検知機能を備えており、処理プロセスの異常を検知することができます。

さらに、監視制御システムと連携して取得したデータをクラウド上で管理し、処理場のデジタルツインを構築することで、より高度な解析を実施しています。機械学習により各処理プロセスの効率を学習し、その結果と流入負荷予測を組み合わせることで、最適な運転設定値を決定しています。AIは数日先の運転状態を予測し、オートパイロットのように運転を支援することで、自動運転の実現可能性が確認されています。

また、予測結果に基づく運転制御により、送風量を最大15%削減できることが報告されており、それに伴う省エネルギー効果も確認されています。

出典：国際水協会ホームページ
(Digital Water: Artificial Intelligence Solutions for the Water Sector - International Water Association)



システムにおけるダッシュボード図

浸水対策技術

施策の目的　気候変動により激甚化・頻発化する豪雨に対して安全・安心なまちを目指します。

技術開発ニーズ

■気候変動に伴い、降雨量の増加や大雨の発生頻度の増加が見込まれており、豪雨の激甚化・頻発化に対応するため、浸水対策の一層の強化が求められています。

これまで開発してきた主な技術など

■下水道光ファイバーを活用し、遠隔地からリアルタイムに管内流量等を把握できる技術を開発しました。
■降雨時におけるアメッシュや幹線水位等のデータをAIが解析し、流入量を予測することで、雨水ポンプを運転する職員を支援する技術を開発しました。

年　代	流出抑制技術の例	雨水排除技術の例
H27年度以前	雨水貯留 雨水浸透モデル 雨水流出抑制施設	東京域レーダー雨量計システム（東京アメッシュ500） 飛散防止型人孔蓋・枠 光ファイバー水位検知装置 高揚程・大口径ポンプ
H28～R2年度		水位計等を組合わせた多機能型マンホール蓋 雨水ポンプの気中待機運転時間を延長する技術
R2～R7年度		光ファイバー流量計（マルチセンシングボックス） 雨水ポンプ運転支援システム
導入事例	・雨水流出抑制施設	・MPレーダー雨量計システム（新型東京アメッシュ）

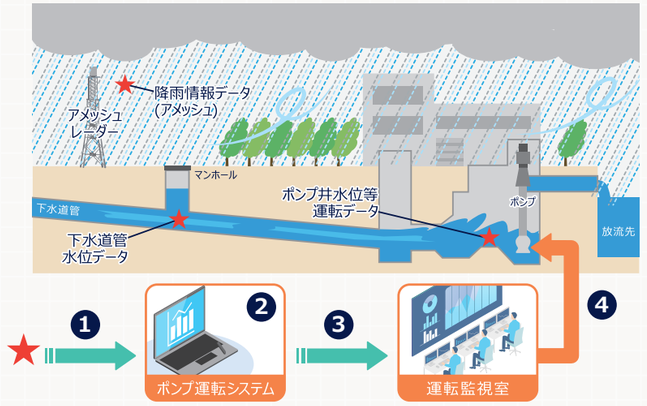
5か年の主な取組

■浸水被害の軽減を図るための技術開発を推進します。

テーマ13　雨天時の運転支援技術

課題

■時々刻々と変化する雨雲の動きや降雨量、管内水位等の状況を的確に把握し、流入する雨水量に応じて雨水ポンプ等の適切な運転を行う必要があります。
■また、運転方針の判断には豊富な知識や経験が求められ、運転員の技能習熟に時間を要することから、AI等を活用して運転判断を支援する技術が求められています。



次世代の雨水ポンプ運転支援システムのイメージ

❶降雨情報データ、下水道管水位データ、ポンプ井水位等運転データの収集
❷AIによるデータ解析
❸ポンプ所への流入予測等による運転支援
❹ポンプ運転操作

技術開発の方向性

■東京アメッシュの機能向上により取得できる観測データを活用し、流入量予測の精度向上を図ります。
■降雨状況や運転情報等を基に、これまでに開発した雨水ポンプの運転支援技術を発展させ、水処理・貯留・放流を含む雨天時の運転全体について、運転員へのガイダンスを行う運転支援システムの開発を目指します。

将来的な目標　●AI等を活用した雨天時の運転判断を支援し、水処理・貯留・放流を含めた雨天時運転の高度化を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
雨天時の運転支援システム構築	AIを活用した流入量予測と雨水ポンプ運転支援システムの開発	より高い精度をもった流入量予測モデルの確立	一部実用化（現場試行の実施）
		雨天時に対応した運転支援システムの開発・評価	一部実用化（現場試行の実施）

事例

雨天時の運転支援システム構築

▶ 現状と課題

- 水再生センターにおける雨天時の運転は、浸水対策と公共用水域の水質向上の両立を図るため、流域や施設特性を踏まえ、降雨状況等から流入量や水位の変動をリアルタイムに把握・予測し、高度な判断のもとで、「水処理」・「貯留」・「放流」を行っています。
- これらの判断や運転は、長年にわたり培われてきた経験やノウハウを基に体系化されていますが、豪雨の激甚化・頻発化に伴い、経験したことのない降雨への対応が求められる場面が増えています。このため、AI等を活用して流入量や放流状況を予測し、運転員の判断を支援する技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

データ分析とモデル構築

- 雨天時における「水処理」・「貯留」・「放流」といった段階における運転判断について、体系化された運転管理をベースに現場ヒアリングやデータ収集を行い、システム開発における必要な機能、仕様等の技術要件を整理します。
- 雨天時の運転判断モデルを構築し、過去データ等を用いた机上検証を実施するとともに、必要に応じて技術改善を図ります。

現場実証と実用化

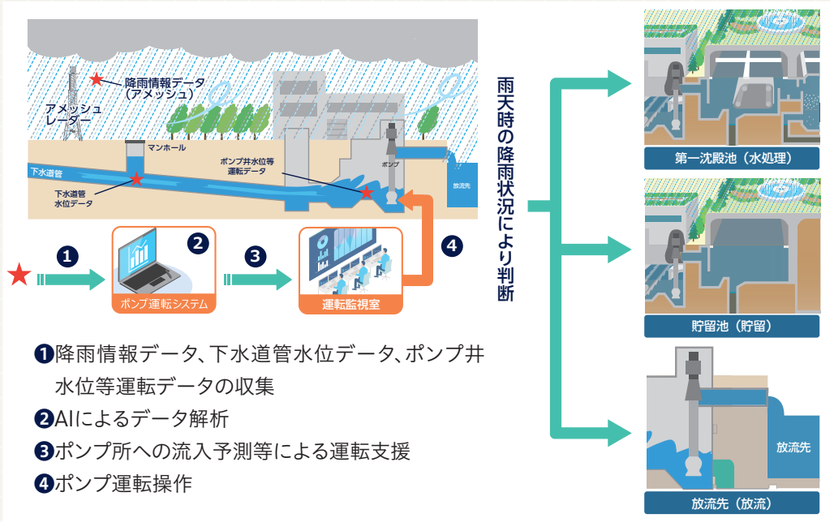
- 現場実証において実運用システムと接続し、リアルタイムでの予測精度や運転支援機能の有効性を検証します。
- 検証結果を踏まえ、課題の解決やモデル精度の向上、運転支援の機能の拡充を図り、実用化を目指します。

現場試行工事の実施と技術改善

- 試行運用を実施し、実際の雨天時運転における適用性を確認しながら技術改善を進めます。また、将来的な運転支援システムの高度化を見据え、運転判断の一部自動化についても検討を進めていきます。

▶将来像

- 経験の浅い運転員の技術力を向上させるため、運転支援システムを活用することで適切な雨天時の運転を実施できる環境を実現します。
- 運転履歴データの蓄積・分析による知見の共有や技術継承を進め、運転技術の向上を図ります。



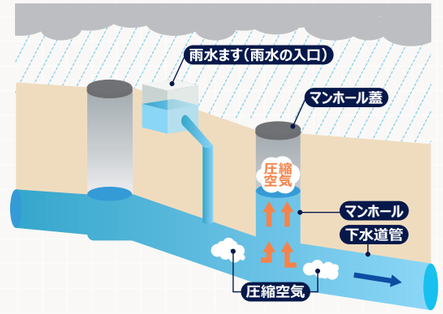
雨天時の運転支援システムのイメージ

テーマ14　雨天時におけるマンホール蓋の飛散を防止する技術

課題

■近年、集中豪雨の発生時に下水道管内の水位が急激に上昇し、管内の空気圧が高まることで、マンホール蓋が飛散する事例が全国的に発生しています。

■下水道管内で高まった空気圧を開放するため、マンホール蓋に開口があり空気の排出機能を有する圧力開放マンホール蓋については、より高い排気性能が求められています。



集中豪雨で急激に水位が上昇する下水道管

技術開発の方向性

■マンホール蓋の開口面積の拡大により、より高い排気性能を有する圧力開放マンホール蓋を開発します。

将来的な目標　● 集中豪雨発生時におけるマンホール蓋の飛散・蓋外れの防止

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
開口面積の大きな 圧力開放マンホール蓋	圧力開放 マンホール蓋の開発	各種検証試験・評価	実用化 （現場実装）

事例

開口面積の大きな圧力開放マンホール蓋

▶ 現状と課題

- 近年、集中豪雨の発生時に下水道管内の水位が急激に上昇し、管内の空気圧が高まることで、マンホール蓋が飛散する事例が全国的に発生しています。
- 下水道管内の空気圧を開放する機能があるマンホール蓋について、さらなる安全性の向上を図るため、より排気性能の高いマンホール蓋が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

基本検討

- これまで開発してきた圧力開放マンホール蓋（格子蓋・蓋径600mm）の知見を踏まえ、開口面積の拡大等について机上検討を行います。
- 今後の維持管理における作業性にも配慮し、親子蓋構造を有するマンホール蓋（蓋径900mm）について、排気性能を有する親蓋の検討を行います。

各種検証試験・評価

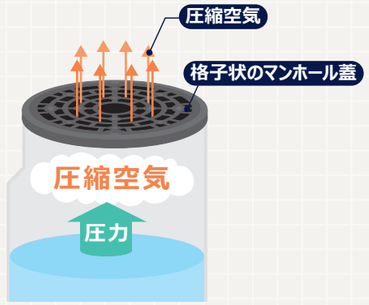
- 排気性能、耐スリップ性及び耐荷重性等に関する各種検証試験を実施し、性能を評価します。
- 試験結果を踏まえ、構造や仕様を整理するとともに、実施設において施工性等を確認します。

現場導入

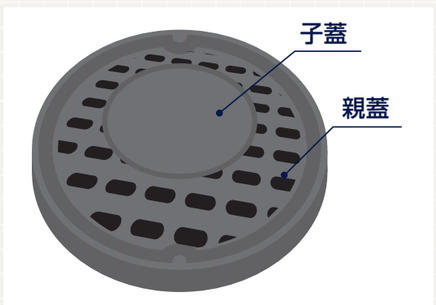
- より高い排気性能と安全性を有する圧力開放マンホール蓋として技術の確立を図り、現場への導入を進めます。

▶将来像

- 集中豪雨時におけるマンホール蓋の飛散や蓋外れを抑制し、安全性の向上を図ります。



格子の隙間から空気を開放するマンホール蓋



親蓋の圧力開放（格子化）のイメージ

震災対策技術

施策の目的

首都直下地震等が発生したときに備え、震災時の下水道機能を確保するとともに、緊急輸送道路等の交通機能を確保します。

技術開発ニーズ

■首都直下地震等の発生に備え、下水道機能の確保と早期復旧を図るため、被害の軽減や状況の把握、復旧の迅速化に資する技術の開発が求められています。

これまで開発してきた主な技術など

■平成7(1995)年の兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)を教訓に、震災時の下水道機能の確保に向け、下水道管とマンホールとの接続部の非開削耐震化工法を開発しました。

■平成16(2004)年の新潟県中越地震では、地盤の液状化によりマンホールが浮上し、応急復旧作業に支障が生じたことから非開削人孔浮上抑制工法を開発しました。

■下水道管とマンホールとの接続部の耐震化を効率的に推進するため、既設管の更生と接続部の耐震化を同時に実施できる更生管人孔接続部耐震化工法や、大口径下水道管を対象とした大口径既設管耐震化工法を開発しました。

■蓋掛幹線においては、流下能力を確保しながら、耐震性の向上を図る炭素繊維グリッドを用いた管きょ更生工法について試行的な工事を進めています。

年代	震災対策技術の例	主な被害地震(震災)
H11年度以前	ポンプ軸受の無注水化	平成7年：兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）
H12～H27年度	非開削耐震化工法 ポンプ設備用無注水化システム 非開削人孔浮上抑制工法 更生管人孔接続部耐震化工法 大口径既設管耐震化工法 地震時の人孔側塊目地ずれ抑制シート	平成16年：新潟県中越地震 平成17年：宮城県南部地震 平成19年：能登半島地震、新潟県中越沖地震 平成20年：岩手・宮城内陸地震 平成23年：東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）
H28～R2年度	人孔更生工法	平成28年：熊本地震 平成３０年：大阪府北部地震 平成３０年：北海道胆振東部地震
R3 ～R7年度	人孔更生工法 炭素繊維グリッドによる耐震化工法（試行工事中）	令和5年：能登半島地震
導入事例	・非開削耐震化工法、更生管人孔接続部耐震化工法 (避難所や防災上重要な施設などの排水を受ける下水道管の耐震化) ・非開削人孔浮上抑制工法 (緊急輸送道路などのマンホール浮上抑制対策)	

5か年の主な取組

■災害発生時の下水道機能の確保を図るとともに、発災後の復旧を迅速化するための技術開発を推進します。

テーマ15　震災時に被災した下水道管の復旧を支援する技術

課題

■首都直下地震等の大規模な地震発生時は、緊急輸送道路等の交通確保や下水道管周辺の他企業インフラ施設の復旧作業等により、下水道施設の復旧に様々な制約が生じることが想定されます。一方で、損傷した下水道管の復旧については、限られた人員・資機材の中で迅速に下水道機能の復旧を行う必要があることから、広域に設置された下水道管の復旧順序を評価し、復旧を支援する技術が求められています。

技術開発の方向性

■震災発生後の下水道管の応急復旧を支援するため、レジリエンス評価手法[1]に着目し、効果的な復旧順序の評価手法の開発に取り組みます。

将来的な目標　●震災時に被災した下水道管の復旧順序を評価する手法を構築

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
下水道管の復旧を支援する技術	新規	レジリエンス評価手法を用いた効果的な復旧順序の評価手法の検討	継　続（試行検証の実施）

1 レジリエンス評価手法：災害発生時のインフラ施設の損傷に対する抵抗性や速やかに回復する強靭さを定量的に評価する手法

事例

下水道管の復旧を支援する技術

NEW

▶ 現状と課題

- 震災時に損傷した下水道管の復旧は、道路や他のインフラ施設の復旧作業等と調整しながら進めるため、調整に当たっては優先的に復旧する必要がある下水道管を定量的に示す必要があります。
- 震災時の限られた人員・資機材の中で、下水道機能を早期に復旧させるため、下水道管の復旧順序の効果的な評価手法が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

最適な評価対象範囲の検討

- 損傷した下水道管の復旧順序を決定するに当たり、レジリエンス評価を行う対象範囲を検討します。

試行検証の実施

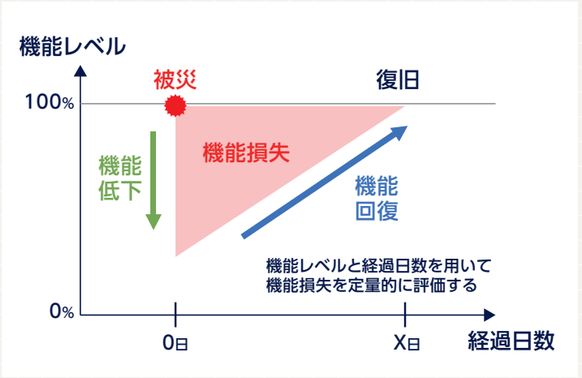
- 周辺環境や道路交通状況等の応急復旧計画に必要な条件を整理するとともに、流域における下水道施設の特徴を踏まえた応急復旧の順序を定量的に評価するレジリエンス評価手法の試行検証を実施し、実用化に向けた課題を整理します。

実用化に向けた検討

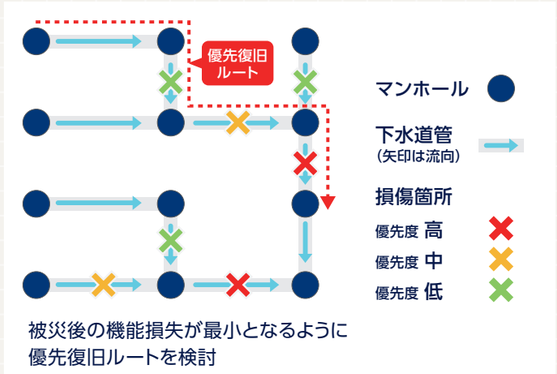
- 試行検証における課題を踏まえ、必要に応じて評価手法の見直しを行うとともに、情報の取得方法やツール等のあり方等、レジリエンス評価手法の実用化に向けた検討を進めます。

▶将来像

- 震災時において、レジリエンス評価に基づき復旧順序を定量的に評価することで、応急復旧の優先度を的確に判断することを支援し、効果的な復旧対応につなげます。



レジリエンス評価手法の概念



応急復旧の優先度のイメージ

テーマ16 災害発生時に流入した下水道施設内の土砂や火山灰を除去する技術

課題

■地震時の液状化や富士山等の噴火により発生する土砂や火山灰が、下水道管、水再生センター及びポンプ所内に流入し、下水道機能に影響を及ぼすことが懸念されています。

■下水道管に流入した火山灰等は、時間の経過により固着しやすくなるため、流下機能を確保するためには速やかな除去による流下機能の確保と閉塞を防止する技術開発が求められています。

技術開発の方向性

■火山灰等の堆積により流下能力の低下が懸念される伏越し管等を対象に効率的な除去技術の開発を進めます。

将来的な目標

- 下水道管や水再生センター等に流入した火山灰等を速やかに除去し、災害時においても下水道機能を確保

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達点
下水道管（伏越し）に堆積した火山灰等の除去技術	新規	伏越しの土砂等の除去技術の開発	継　続（実証試験の実施）
水再生センターに堆積した火山灰等の除去技術	新規	反応槽等へ流入した土砂の除去技術の検討	継　続（実証試験の実施）

事例

火山灰等が堆積した伏越し管の除去技術

NEW

▶ 現状と課題

- 火山灰等は、時間の経過とともに固着しやすくなるため、伏越し管では速やかに除去し、流下能力を確保する必要があります。
- これまで、小口径管における火山灰の除去技術を開発してきましたが、伏越し管の流下能力が著しく低下した場合、上流域の下水道機能に影響を及ぼすとともに、復旧に多くの時間を要することから、火山灰等を効率的に除去する技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

技術調査、要求性能等の検討

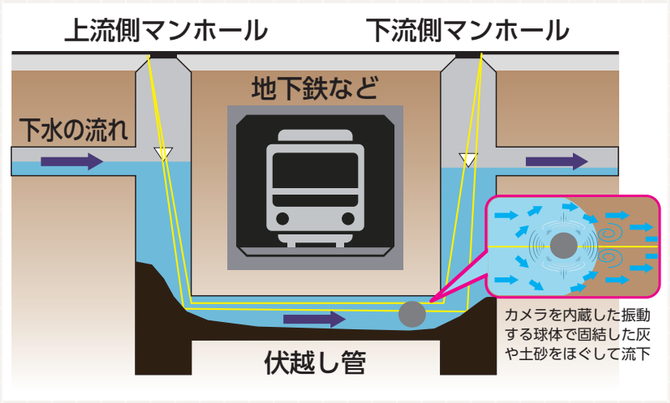
- 土砂清掃等に関する技術調査を実施し、供用中の伏越し管に適用可能な除去技術について、要求性能や機器の仕様を整理します。

除去技術の開発、現場実証による技術改善

- 伏越し管に適用可能な除去技術の開発に取り組みます。なお、本技術の開発に当たっては、公募型共同研究等の制度を活用し、民間企業等の先進的な技術の活用を想定しています。
- 実際の伏越し管において現場実証を実施し、効果を検証するとともに抽出した課題を踏まえた技術改善を進めます。

▶将来像

- 日常的な伏越し管の土砂清掃に活用するとともに、災害発生時には火山灰等を速やかに除去し、下水道管の流下機能を確保します。



伏越し管の清掃技術（イメージ）

汚泥処理の信頼性強化と効率化技術

施策の目的　将来にわたり安定的かつ効率的に汚泥を処理する機能を確保します。

技術開発ニーズ

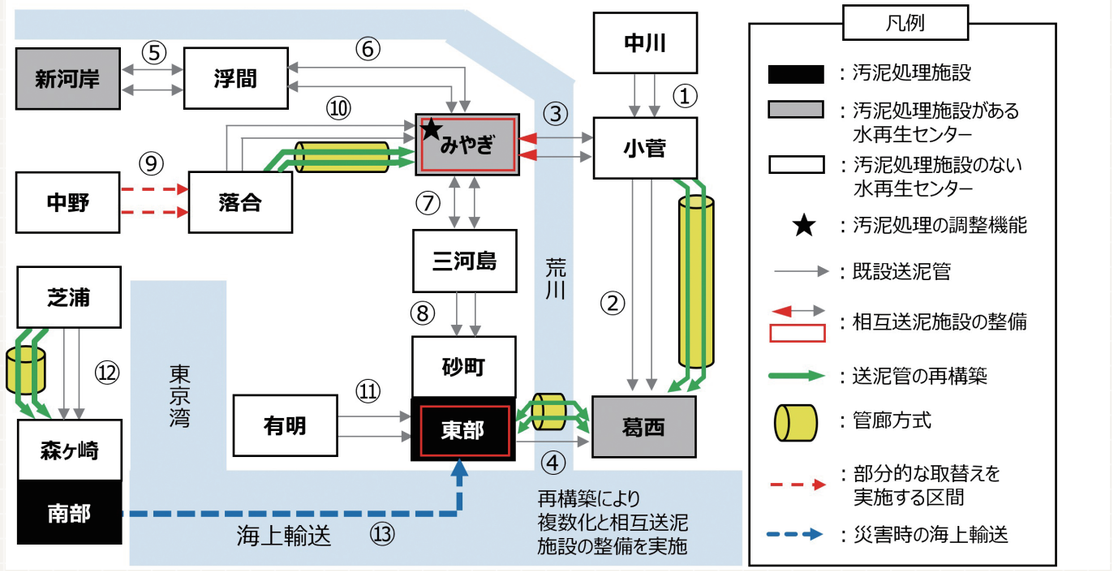
■災害等により送泥管や汚泥処理施設の機能が停止した場合、複数の水再生センターの水処理に影響が及ぶおそれがあることから、汚泥処理機能を安定的に確保することが求められています。

■送泥管は圧力により汚泥を送る構造であるため、送泥管内の調査や劣化状況の把握が困難であり、地中に直接埋設されている箇所では、異常発生時に破損箇所の特定や復旧に時間を要するという課題があります。

■汚泥処理施設の安定的な機能確保に向け、劣化箇所を効率的に特定できる調査技術や、緊急時に迅速な応急復旧を可能とする補修技術が求められています。

これまで開発してきた主な技術など

■災害時等におけるバックアップ機能を確保するため、水再生センター間の相互送泥施設の整備や送泥管の複数系統化を推進しています。



区部の送泥ネットワーク

5か年の主な取組

■水再生センターで発生した汚泥を汚泥処理施設に送泥する送泥管の腐食による劣化状況を的確に把握し、送泥機能を維持できる技術の開発に取り組みます。

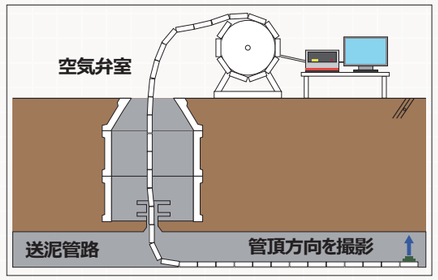
テーマ17　送泥管の調査や補修をする技術

課題

■地中に埋設された送泥管の点検は、挿入式テレビカメラ調査機による管路内調査が一般的ですが、調査可能な距離が短いうえ、カメラを挿入可能な空気弁等の位置が限られているため、全延長の調査が困難であるという課題があります。

■送泥管の腐食による劣化が進行した場合、破損による送泥機能の停止リスクが高まります。

■送泥機能の停止リスクを踏まえ、異常の早期発見と迅速な応急復旧につなげることができる調査技術が求められています。



挿入式テレビカメラ調査機

技術開発の方向性

■超音波等の目視以外の調査方法を検討するなど、腐食による劣化状況を把握できる技術の開発を目指します。

■腐食が進行した送泥管の損傷による送泥機能の停止を防止するため、迅速な応急復旧を可能とする技術の開発を目指します。

将来的な目標　●送泥管の劣化箇所を的確に把握するとともに、損傷発生時には迅速な補修を可能とし、送泥機能の安定的な確保を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達点
送泥管の劣化状況を確認する技術	挿入式テレビカメラ調査機による調査の試行	送泥管の劣化状況を調査する技術の開発	実用化（現場試行の実施）
	新規	管外部から劣化状況を推定する非破壊調査技術の検討	継　続（実証試験の実施）
応急的に送泥管を補修する技術	新規	多様な配管状況に対応可能な補修技術の開発	実用化（現場試行の実施）

事例1　送泥管の劣化状況を確認できる技術　UP GRADE

▶ 現状と課題

- 整備年代の古い送泥管や、布設環境等により腐食による劣化の進行が懸念される送泥区間は、破損による送泥機能の停止リスクが高いことから、劣化状況を的確に把握し、早期に異常を発見できる技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

技術調査、要求性能等の検討

- 既存技術の課題整理を行うとともに、技術開発の進展に伴い国内外の新たな調査技術の情報を収集し、送泥管の調査に必要となる要求性能や機器仕様を整理します。

調査機器の開発、現場実証による技術改善

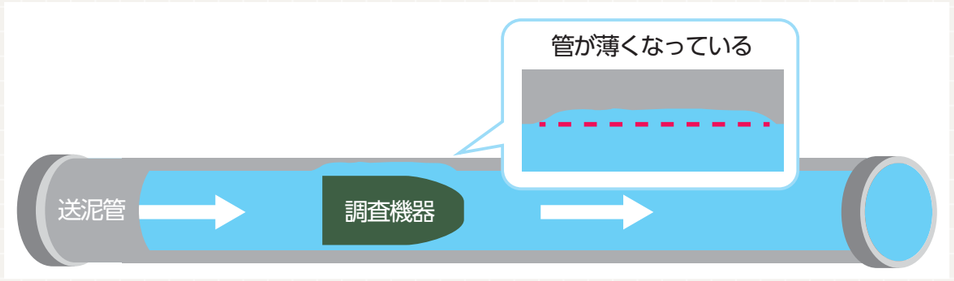
- 送泥管の調査に必要な調査機器の開発に取り組みます。なお、本技術の開発に当たっては、公募型共同研究等の制度を活用し、民間企業等の先進的な技術の活用を想定しています。
- 開発した調査機器（試作機）について、現場実証を実施し、調査性能や適用性を確認するとともに、抽出した課題を踏まえた技術改善に取り組みます。

実用化と現場実装の推進

- 実用化した調査機器について早期の現場試行を実施し、事後評価を継続します。また、劣化の進行が懸念される送泥区間の調査に適用できるよう、現場実装を推進します。

▶将来像

- 送泥管の劣化状況を的確に把握し、異常を早期に発見することで速やかな対応につなげます。



送泥管調査のイメージ

事例2　応急的に送泥管を補修する技術　UP GRADE

▶ 現状と課題

- 供用中の送泥管は長時間の停止が困難であることから、損傷箇所の取替えや本復旧を速やかに実施することが困難です。
- 送泥管の突発的な破損による送泥機能の停止を防止するため、供用中の送泥管を管外部から迅速に補修できる技術が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

高性能補修材と施工技術の検討

- 送泥管は水再生センターや道路下など多様な環境に設置されていることから、供用中の送泥管に適用する補修材料には、加工の容易性や柔軟な伸縮性能に加え、高い強度及び耐腐食性能が求められます。このため、吹付け工法や塗布型の施工に適用可能な補修材料について比較検討を行います。

技術開発、現場実証による効果確認

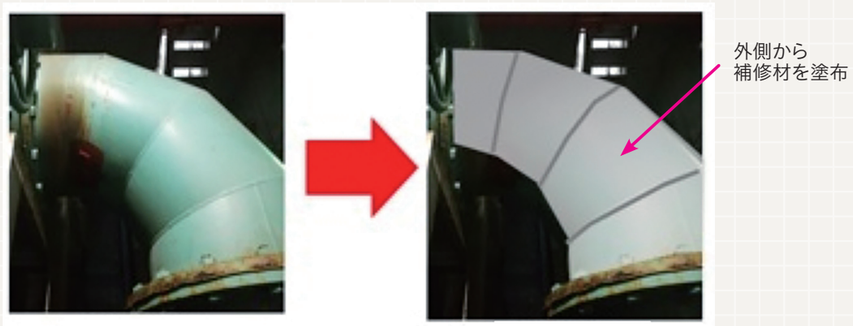
- 補修材料及び施工方法に求められる性能を整理します。なお、本技術の開発は、公募型共同研究等の制度を活用し、民間企業等の先進的な技術の活用等を想定しています。また、下水道施設の複雑な配管状況に対応できるよう、現場実証により効果を検証するとともに、技術改善を進めます。

実用化と現場実装の推進

- 早期の現場試行を進めながら、継続的な事後評価を実施し、水再生センター等への実装を推進します。

▶将来像

- 吹付や塗布型の補修材料を活用し、複雑な配管条件の現場において、迅速な補修を可能とすることで、送泥機能の安定的な確保を図ります。



送泥管補修材のイメージ

テーマ18　焼却炉の維持管理性を向上させる技術

課題

■焼却炉の高度化・複雑化に伴い、機器点数や点検対象が増加しており、点検・補修に多くの時間と労力を要しています。

■また、人手による点検や技術者の経験による評価に依存していることから、安全性を確保しつつ、データに基づく客観的な状態把握への転換が求められています。

■さらに、焼却炉ごとに設備構成や特性が異なるため、故障箇所や劣化状況の把握・予測が困難であり、突発的な故障や補修期間の長期化につながっています。



焼却炉の点検イメージ

技術開発の方向性

■点検調査・診断手法の高度化・標準化を進めるとともに、データの蓄積・活用により、故障箇所の特定や劣化評価を定量的かつ高精度に実施できる技術の確立を目指します。

■焼却炉の機器点数の適正化や設備構成の簡素化により、維持管理に優れた焼却炉の開発を目指します。

将来的な目標

- データに基づく予防保全と維持管理が容易な焼却炉を開発し、安定稼働と維持管理の効率化を実現

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
画像デジタルデータを活用した焼却炉の点検調査・診断技術	焼却炉の点検効率化の調査	ドローン等を用いた点検調査・診断手法の確立	実用化（標準化・現場導入）
維持管理の容易な焼却炉の開発	新規	維持管理性が向上した焼却炉の開発	一部実用化（現場導入・事後評価）

事例1　画像デジタルデータを活用した焼却炉の点検調査・診断技術

▶ 現状と課題

- 焼却炉の維持管理は、作業員による目視点検を中心に実施しており、高所や高温環境での作業負担が大きい状況です。また、ドローン等により画像データの取得は進んでいるものの、その多くは記録にとどまり、点検結果の評価は技術者の経験に依存しています。
- 取得したデータを活用して劣化状況を客観的に把握し、補修の必要性や時期を的確に判断する仕組みが十分とはいえないため、データに基づく定量的かつ標準的な維持管理手法の確立が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

画像データの蓄積・整理

- 現場で取得した画像データを継続的に収集・蓄積するとともに、過去データとの比較によりひび割れや損傷の変化を把握し、劣化の進行状況を可視化する仕組みを構築します。

評価手法の確立・高度化

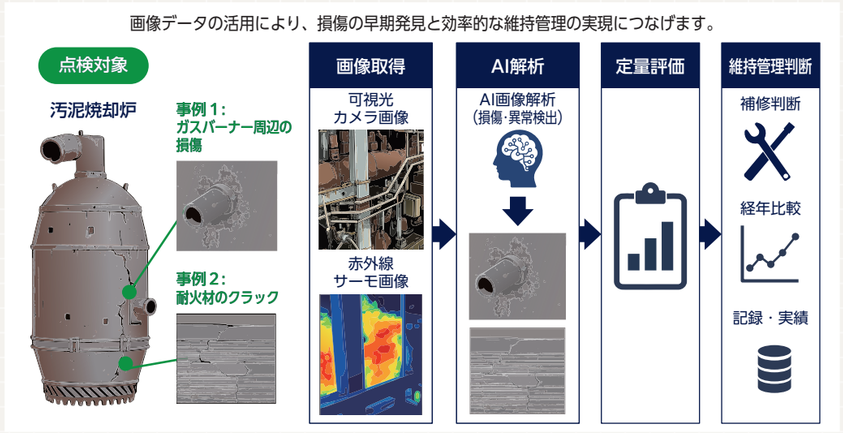
- 点群データ[1]等を活用した三次元解析[2]を導入し、損傷の深さや範囲を数値として把握できるようにすることで、点検結果に基づいて補修方法やタイミングを判断できる評価手法の確立を目指します。
- さらに、AI等を活用した損傷検知技術を開発し、評価手法の高度化を図ります。

標準化・現場導入

- 焼却炉内での検証結果を踏まえ、適用可能なドローン等の点検調査機器の仕様や適用条件を整理し、誰が実施しても同一基準で状態を把握できる点検調査手法の標準化を図ります。また、標準化した点検調査手法について、順次、焼却炉の点検調査への現場導入を進めます。

▶将来像

- ドローン等の点検調査機器を用いた点検調査手法を標準的に運用するとともに、高度化した評価手法の導入により、焼却炉の状態を客観的かつ定量的に評価し、安全かつ効率的な焼却炉の維持管理を実現します。



焼却炉の維持管理性を向上させる技術画像データ活用のイメージ

1 点群データ：3次元空間上の多数の点（X, Y, Z座標）の集合によって対象物や周辺環境の形状を表現するデータ
2 三次元解析：三次元モデル又は点群データ等の空間情報を用いて、対象物や周辺環境の形状、寸法、位置関係及び空間構造を立体的に把握・分析する手法

事例2　維持管理の容易な焼却炉の開発　UP GRADE

▶ 現状と課題

- 焼却炉は多くの機器で構成されており、近年の高性能化に伴い機器点数が増加し、設備全体の構成が複雑化しています。このため、点検・補修箇所が増加し、維持管理に要する労力や費用が増加しています。
- また、専門性の高い機器や部品の採用により部品調達に時間を要することから、迅速な復旧が困難となり、補修の長期化や設備停止の可能性の増大につながっています。このため、焼却性能を確保しながら設備構成を簡素化し、維持管理を容易にする焼却炉の開発・導入が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

基礎情報の整理・検討

- 開発してきた焼却炉の機器構成や運転履歴、点検・補修実績等を整理し、維持管理負担が大きい機器や要因を明確化します。
- 部品調達に要する標準的な期間や供給体制等を踏まえ、維持管理段階における調達性を考慮した部品選定条件や機器仕様を整理し、必要に応じて見直しを行います。

維持管理の容易な焼却炉の開発

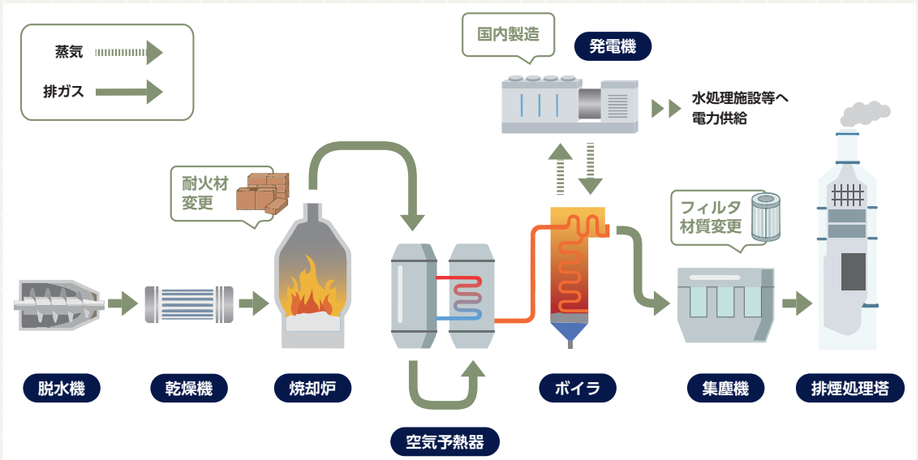
- 民間企業等との共同研究等を通じて、焼却炉の性能を確保しながら、点検・補修など維持管理の容易化を図る焼却炉の機器構成について検討・開発を進め、実用化を目指します。

事後評価

- 実機導入後における運転状況や維持管理性を評価し、想定外の不具合等が確認された場合には、必要に応じて更なる改良等を進めます。

▶将来像

- 焼却炉の機器点数の適正化や維持管理が容易な機器構成への改良等により、点検・補修の効率化と維持管理費の縮減を図ります。また、設備停止のリスクを低減し、長期にわたり安定して稼働可能な焼却炉の運用を実現します。



維持管理の容易な焼却炉の機器構成のイメージ

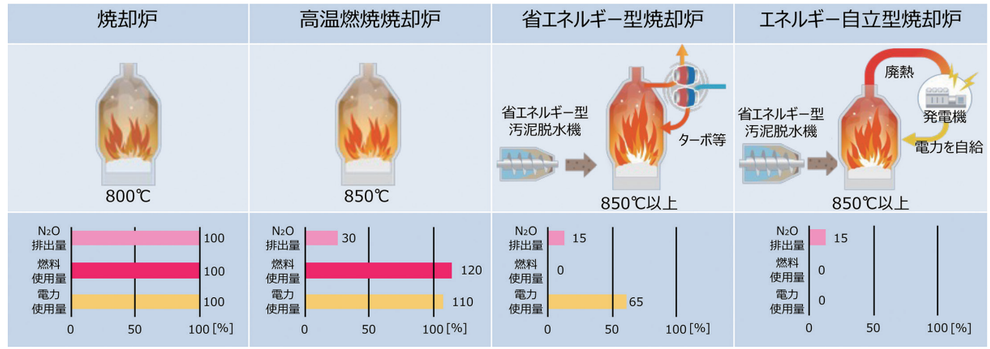
COLUMN 07

技術開発を通じて 地球温暖化対策に貢献する焼却炉



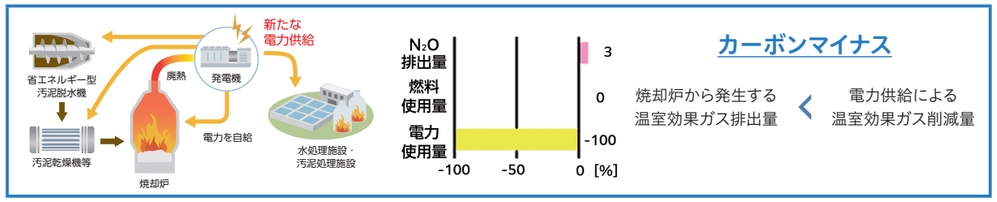
焼却炉を開発した背景・経緯

下水道局では、昭和42年から下水汚泥の焼却処理を順次導入してきました。当初は、地球温暖化係数が二酸化炭素（CO_2）の265倍である一酸化二窒素（N_2O）が多量に排出されていました。また、高度処理の導入等に伴い事業全体のエネルギー消費量が増加し、温室効果ガス排出量も増大していました。こうした中、汚泥焼却に伴う温室効果ガス排出量が事業全体の約3割を占めていたことから、下水道局では平成15年に地球温暖化防止計画「アースプラン2004」を策定し、汚泥処理に伴う温室効果ガス削減に取り組みました。まず、燃焼温度の高温化によりN_2Oの分解が促進されることに着目し、燃焼温度を800℃から850℃に上げた「高温燃焼焼却炉」を開発・導入しました。その後、高温焼却に伴う燃料・電力使用量の増加によるCO_2排出量の増加という課題に対応するため、「省エネルギー型焼却炉」や、焼却廃熱を活用して使用電力を自給する「エネルギー自立型焼却炉」の開発・導入を段階的に進めてきました。



下水道局が開発・導入してきた焼却炉

さらに、環境負荷の一層の低減を図るため、廃熱発電による温室効果ガス削減量が焼却炉から排出される温室効果ガス排出量を上回り、カーボンマイナスを達成可能な「エネルギー供給型（カーボンマイナス）焼却炉」の開発を令和5年12月に完了しました。また、令和7年4月には、当該焼却炉の南部スラッジプラントへの導入に着手しました。今後も、さらなる環境負荷の低減に向けて、焼却炉に関する技術開発を継続的に推進していきます。



エネルギー供給型（カーボンマイナス）焼却炉

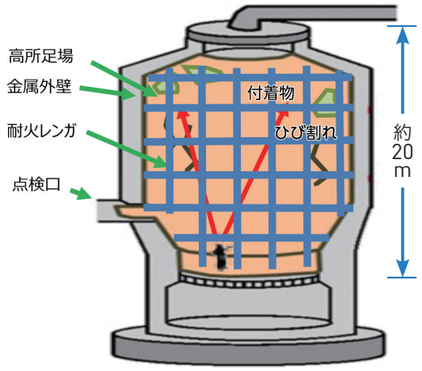
COLUMN 08

ドローンを活用した汚泥焼却炉内点検
―安全性と効率性を両立する現場発DX―



高所・狭あい作業が伴う汚泥焼却炉内点検の現状

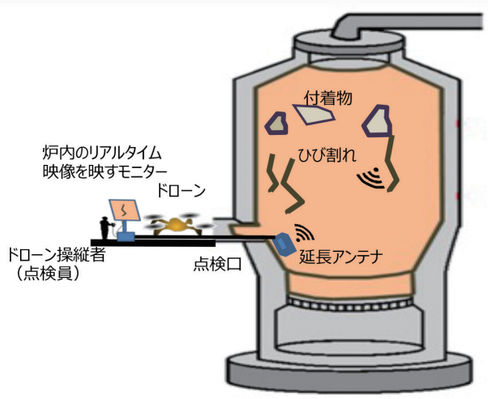
下水道事業では、下水処理により発生する下水汚泥を24時間365日安定的に焼却処理する必要があることから、汚泥焼却炉の内部点検は、設備の安全性と安定的な運転を支える重要な業務となっています。従来の点検では、防護服を着用した点検員が焼却炉内部に立ち入り、炉内に設置した仮設足場を用いて高所を目視確認していました。焼却炉内部は高さ約20mに及び、高所かつ狭あいな環境での作業となることから、点検員の身体的負担や安全上でのリスクが大きく、点検作業の効率化が課題となっていました。



焼却炉内の点検イメージ（従来）

ドローン活用による点検DXとその成果

下水道局では、こうした課題に対応するため、ドローンを活用した汚泥焼却炉内点検のDXに取り組みました。本取組では、小型ドローンを点検口から炉内に投入し、ひび割れや付着物の状況を撮影します。撮影映像はリアルタイムで炉外のモニターに表示されるため、点検員は焼却炉内に立ち入ることなく、遠隔操作により点検を実施できます。これにより、安全性向上と省力化を実現するとともに、取得した映像データの記録・蓄積により、経年変化の把握や維持管理の高度化にもつながっています。本取組は、政策連携団体やスタートアップ企業との連携により実現し、都庁DXアワード2024において特別賞（Tokyo Good Challenge賞）を受賞しました。今後は、現場での本格導入に向けて更なる技術向上を図るとともに、デジタル技術を活用した現場発のDXを推進していきます。



【ドローン機体カメラ】



※機体カメラで撮影したリアルタイム映像を炉外のモニターへ伝送

【焼却炉の外から遠隔操作】



※炉内のリアルタイム映像がモニターに表示、それを見て遠隔操作

ドローンを活用した焼却炉内の点検イメージ

公共用水域の水質向上技術

施策の目的

雨天時に合流式下水道から放流される汚濁負荷量を更に削減するとともに、赤潮の原因とされる窒素やりん等を下水処理水から低減することで、川や海の水質向上に貢献します。

技術開発ニーズ

■下水道法施行令で定められた雨天時放流水質基準を達成するために必要な貯留施設等の整備は令和５年度末に完了しています。一方、潮の干満の影響により水が滞留しやすい水域や、水辺のにぎわい創出を進めている水域等においては、更なる水環境の向上が求められています。

■水再生センターでは、高度処理施設や準高度処理施設の整備により、東京湾へ放流される窒素やりんの濃度を着実に低減してきました。一方、より良好な水環境を実現するため、目標水質の達成に取り組む必要があります。

これまで開発してきた主な技術など

■雨天時放流水の水質改善を目的として、水面制御装置（p.19）や高速ろ過法などの技術を開発してきました。

■水質改善と省エネルギーの両立を図るため、嫌気・同時硝化脱窒処理法やリアルタイム硝化脱窒制御を開発しました。

年　代	公共用水域の水質向上技術の例	水処理技術の例
H27年度以前	スワール分水槽 速効性消毒剤を用いた注入システム 水面制御装置 高速凝集沈殿法 高速ろ過法	急速砂ろ過法 生物膜ろ過法 ステップ流入式嫌気無酸素好気法 アンモニア+DO制御システム 嫌気・同時硝化脱窒処理法 アンモニア態窒素計
H28～R2年度	次亜臭素酸を用いた効率的な速効性消毒技術	NADH計 吸着剤により脱水ろ液中のりんを回収・資源化する技術
R3～R7年度		リアルタイム硝化脱窒制御技術（分流）
導入事例	・高速ろ過法 （芝浦水再生センター、北多摩二号水再生センター） ・高速凝集沈殿法 （小菅水再生センター） ・スワール分水槽 （石神井川流域） ・水面制御装置 （雨水吐口）	・急速砂ろ過法 （落合水再生センター） ・生物膜ろ過法 （東尾久浄化センター、有明水再生センター） ・ステップ流入式嫌気無酸素好気法 （砂町水再生センター、多摩川上流水再生センターなど） ・嫌気・同時硝化脱窒処理法 （芝浦水再生センター、葛西水再生センター、浅川水再生センターなど）

５か年の主な取組

■各水再生センターの特性や課題に応じて、処理水質の向上に寄与する技術の開発を目指します。

テーマ19　下水を安定的に処理するための技術

課題

■活性汚泥と処理水を分離する第二沈殿池では、降雨による処理水量の増加や季節による活性汚泥の性状の変化により、活性汚泥の沈降性が低下し、放流水質が悪化することがあります。

■このため、第二沈殿池の固液分離性を向上させる技術や浮上した活性汚泥を再沈降させる技術の開発が求められています。

技術開発の方向性

■第二沈殿池における固液分離性や活性汚泥の凝集性を向上させる技術の開発を目指します。

■第二沈殿池において浮上した活性汚泥を再沈降させる技術の開発を目指します。

将来的な目標

● 安定した放流水質の確保、雨天時における放流水質に着目し、例えば雨天時における処理水量を増加させることで、良好な水環境を実現

開発・検討技術	これまでの取組	５か年の取組	５年後の到達目標
第二沈殿池の固液分離性を向上させる技術	新規	第二沈殿池の活性汚泥の沈降性を向上させる技術の選定・試行	継続（現場実証）
第二沈殿池の活性汚泥を物理的に沈降させる技術	新規	第二沈殿池で浮上した汚泥を沈降させる技術の選定・試行	継続（現場実証）

事例

第二沈殿池の固液分離性を向上させる技術

NEW

▶ 現状と課題

- 活性汚泥の性状の変化により固液分離性が低下した場合、水処理条件を変更して活性汚泥性状の改善を図りますが、効果の発現には時間を要します。
- また、応急的な対応として、りん除去のための凝集剤（PAC：ポリ塩化アルミニウム）を流用し、添加することがありますが、十分な効果を発揮するために必要な薬剤量を確保することが困難です。

▶開発の進め方（5か年の取組）

文献調査およびヒアリング

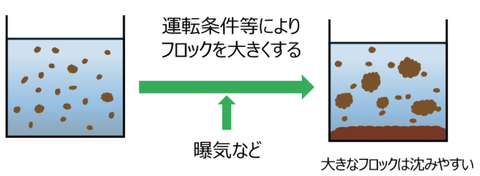
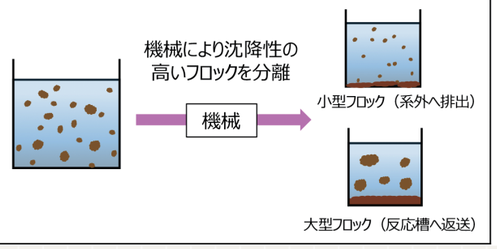
- 固液分離性を向上させる既存技術や新技術について、文献調査やメーカーへのヒアリング等により幅広く情報収集を行います。

効果検証

- 情報収集した技術について、ラボスケールでの実験を実施し、固液分離性の改善効果を定量的に検証します。
- そのうち有望な技術については、実施設における効果検証を実施し、適用条件や運用上の課題を整理します。

▶将来像

- 第二沈殿池からの活性汚泥の流出を抑制し、安定した処理水質を確保します。

技術の種類	技術のイメージ
①化学的方法 薬剤を注入し、汚泥フロックの凝集を促進して沈降性を改善する。	
②生物的方法 運転条件の調整等によりフロックを大きくして沈降性を改善する。	
③機械的方法 活性汚泥を粒径や比重に基づいて選択的に分離し、沈降性の高いフロックを反応槽内に保持する。	

第二沈殿池の活性汚泥の沈降性を向上させる各技術のイメージ

テーマ20

水処理施設をコンパクトにする技術

課題

■施設の再構築は、下水処理を停止することなく、水処理能力を確保しながら進める必要があるため、代替施設を整備した上で実施することが求められます。

■しかし、限られた水再生センターの用地内では代替施設の確保が困難な場合があることから、施設の再構築を円滑に進めるための技術の開発が求められています。

技術開発の方向性

■限られた用地においても水処理能力を確保できるコンパクトな水処理技術の開発を目指します。

■MBRのほか、グラニュール、その他の処理方法についても最新技術動向を入手し、必要な検討・実証を行います。

将来的な目標

- **代替施設をコンパクトな水処理技術で整備することで、施設の再構築を計画的・効率的に推進**

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
水処理施設をコンパクトにする技術	・膜分離活性汚泥法（MBR） ・グラニュール汚泥の適用の検討	・MBRの適用性についてパイロットプラント及び実施設による実証実験 ・新たな技術の調査・検証	継続（現場実証）

事例 **膜分離活性汚泥法（MBR）**

▶ 現状と課題

- 膜分離活性汚泥法（MBR）について、小型試験機による実験を行い、処理水質や処理能力等、膜の基本性能を確認してきました。
- 施設の再構築において代替施設への適用を図るためには、実施設規模を見据えた試験機のスケールアップによる検証が必要です。

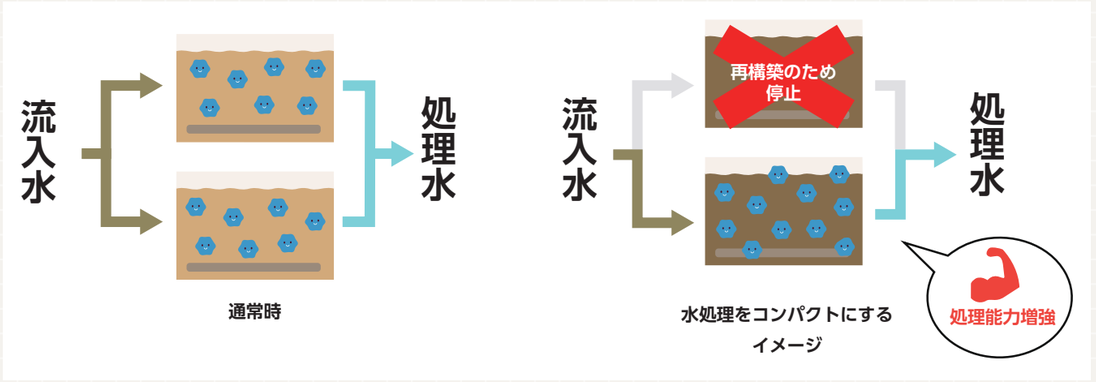
▶開発の進め方（５か年の取組）

２段階での実証実験の実施

- パイロットプラントによる実証実験を実施し、設計や維持管理に必要なデータを収集するとともに技術的課題を整理し、実施設への適用条件を検討します。
- 実施設の一部に導入して実証実験を実施し、水量変動や季節変動に対する適用性、膜の洗浄条件及び維持管理性等を検証します。

▶将来像

- 限られた用地においても水処理能力を確保し、施設の再構築を円滑に進めます。



再構築時における水再生センターの水処理のイメージ

テーマ21 **返流水のりん負荷を低減する技術**

課題

■汚泥処理の返流水はりん負荷が高く、返流水を受ける水再生センターでは、汚泥処理状況の変化や降雨による水量変動に伴い、処理水のりん濃度が大きく変動するため、水処理の安定的な運転が困難となっています。

■返流水のりん負荷を低減するため、凝集剤（LAC：液体塩化アルミニウム）を添加していますが、十分な効果を発揮させるためには大量の薬剤を投入する必要があるためコストや敷地面積の確保が課題となります。

■また、高濃度のりんを含む脱水分離液からりんを回収する技術を開発し、返流水を受ける水再生センターにおいて実証実験を行っていますが、事業コストが課題となっています。

技術開発の方向性

■返流水のりん負荷を低減する技術の改良・開発を目指します。

将来的な目標 ● 返流水のりん負荷を低減し、安定した処理水質を確保

開発・検討技術	これまでの取組	５か年の取組	５年後の到達目標
返流水のりん負荷を低減する技術	・返流水に凝集剤を添加することにより、りん負荷を低減 ・脱水分離液からりんを回収し、りん負荷を低減	凝集剤の添加方法の検討（省スペース、低コスト化）	継続（現場実証）

事例

凝集剤を効果的に添加する技術

▶ 現状と課題

- 凝集剤の効果は添加位置に大きく左右されますが、添加位置の最適化により更なる除去性能の向上が期待されます。
- また、返流水のりん濃度は汚泥処理状況により変動する一方、凝集剤の添加量は一定であることから、添加量の過不足が生じ、十分な除去効果が得られない場合があります。

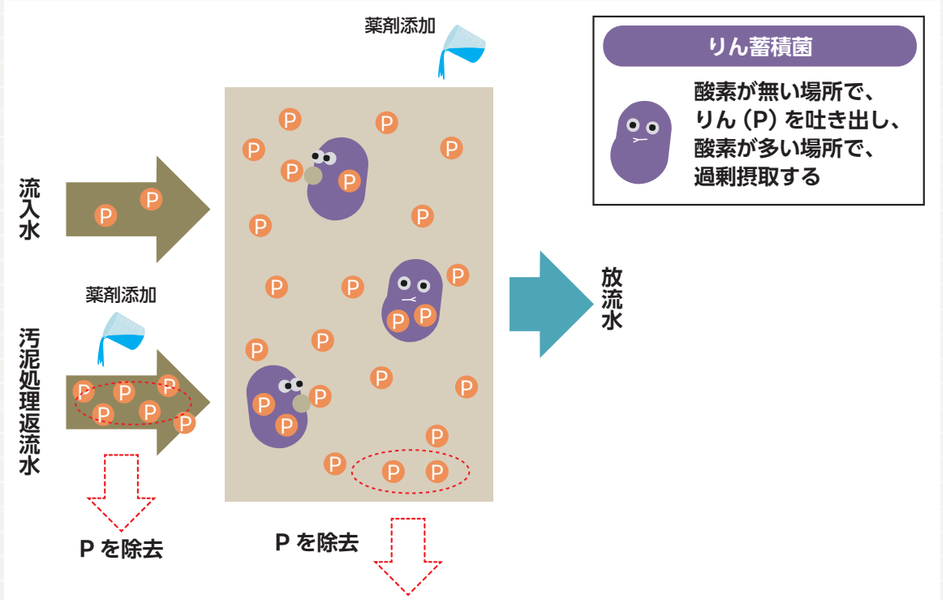
▶開発の進め方（5か年の取組）

凝集剤の添加方法の検討

- 凝集剤の効果が最大限発揮される添加地点について検討します。
- 返流水のりん濃度や汚泥処理状況の変化に応じた凝集剤添加量の制御方法について検討します。

▶将来像

- 汚泥処理状況の変化や降雨による水量変動に対しても、安定したりん処理水質を確保します。



下水処理におけるりん処理のイメージ

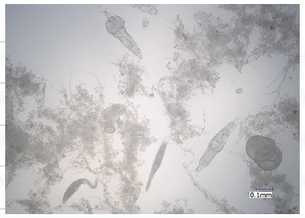
COLUMN 09

反応槽の微生物



活性汚泥法とは

家庭や事業場から排出された下水に含まれる汚れ（有機物）は、微生物の働きによって分解処理されます。この処理方法を活性汚泥法といい、微生物を含む泥状のかたまりを活性汚泥と呼びます。下水は、反応槽と呼ばれるタンク内で活性汚泥と混合されながら、約6～8時間かけて処理されます。



活性汚泥中の様々な微生物

活性汚泥の中には、数μmの細菌類から数㎜の後生動物まで、多様な生物が生息しています。この生態系のバランスが崩れると、処理性能の低下につながる恐れがあります。このため、下水道局では、日々水質や活性汚泥の状況を確認しながら、状況に応じた適切な運転管理を行っています。

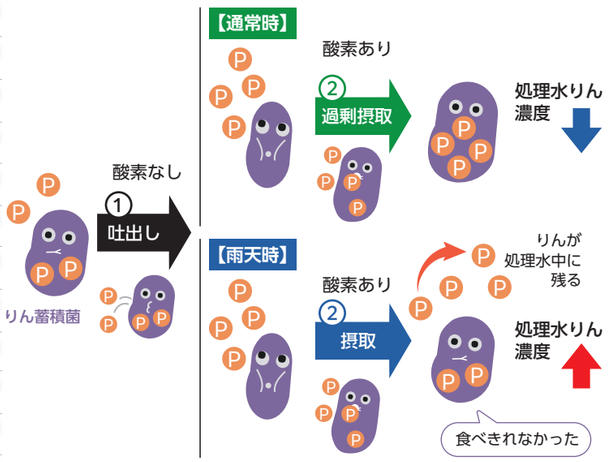
微生物によるりん処理

微生物の中には、赤潮の原因の一つであるりんの除去に関与する細菌が存在します。これはりん蓄積菌と呼ばれ、酸素のない環境では体内に保持しているりんを放出し、その後、酸素のある環境では放出した以上のりんを取り込む特性があります。反応槽ではこの特性を活用し、まず、反応槽の入口付近を酸素のない状態としてりんを放出させた後、十分に空気を供給することでりんを取り込ませて処理水からりんを除去します。

一方で、この工程は運転条件や流入水質の影響を受けやすく、処理水質が不安定となる場合があります。例えば、雨天時には反応槽への流入水量が増えて滞留時間が短くなるため、放出したりんを取り込む時間を十分に確保できず、処理水中のりん濃度が上昇してしまうことがあります。

このような場合には、凝集剤を応急的に添加することで、りん除去を補完し、良好な水質を維持しています。

今後は、凝集剤等の添加方法について最適化を進めるとともに、返流水のりん負荷を低減し、安定した処理水質を確保する技術の開発・導入に取り組んでいきます。



微生物によるりん処理の流れ

COLUMN 10

硫化水素が下水道に与える影響



硫化水素発生のしくみ

硫化水素（H_2S）は、腐卵臭（卵の腐った臭い）を有する無色の気体です。硫黄は、火山周辺などの自然界をはじめ、植物や食品、人体にも存在する身近な元素です。

下水や汚泥が下水道施設内に長時間滞留すると、酸素が不足する状態になることがあります。このような状態では、硫酸塩還元細菌と呼ばれる微生物の働きで、下水中に含まれる硫酸イオン（SO_4^{2-}）から硫化水素（H_2S）が生成され、酸性下ではガスとして溜まっていきます。硫化水素は低濃度でも嗅覚のマヒや眼の痛み等を引き起こすことがあるため、作業時には換気など十分な安全対策が必要です。

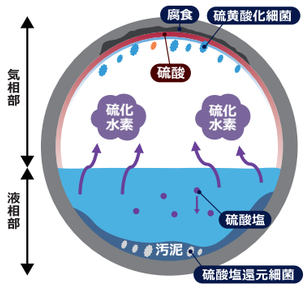
硫化水素の及ぼす影響

▶下水道施設の腐食（化学的浸食）

下水道管などのコンクリート表面に生じた結露水に硫化水素が溶け込むと、硫黄酸化細菌の働きにより硫酸が生成されます。これがコンクリート成分を腐食させてしまいます。

腐食が発生しやすい箇所として、圧送管の吐出し先や落差・段差の大きい箇所などが挙げられます。これらの箇所で、下水道法施行令に基づき、5年に1回以上の頻度で点検することが定められています*。近年発生している道路陥没事故の中には、下水道管の腐食が一因になっている事例もあります。

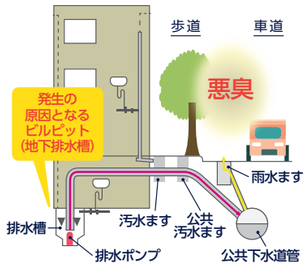
＊（令和8年9月現在）



腐食のメカニズムの概念図

▶臭気

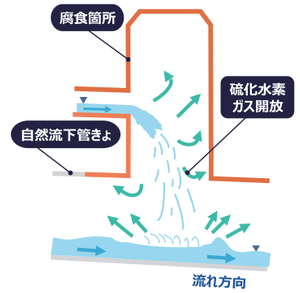
硫化水素は、ビルの地下に設置されている排水槽（ビルピット）においても生成される場合があります。腐敗したビルピット排水が下水道に流入すると、下水道管内に硫化水素ガスが滞留し、道路上の雨水ます等から悪臭が拡散することがあります。そのため、臭気の発生源となる施設の所有者や管理会社に対して、改善を求めるとともに、腐敗したビルピット排水による腐食のリスクや発生メカニズムについて理解を深めてもらうことが重要です。



悪臭拡散のイメージ

～技術開発での取組～

本計画では、硫化水素に関連する技術開発を全25テーマのうち3テーマで位置付けています（開発テーマ1・3・9）。硫化水素が発生する環境下においても下水道施設の腐食を抑制する技術、安全に点検・作業を行うための技術、さらには発生自体を抑制する技術の開発・導入に取り組んでいきます。



腐食するおそれが大きな箇所の例

エネルギー・地球温暖化対策技術

施策の目的　エネルギー使用量や温室効果ガス排出量を積極的に削減することで、環境負荷の少ない都市の実現に貢献します。

技術開発ニーズ

■2030年カーボンハーフの実現に向け、「アースプラン２０２３」の取組を着実に推進するため、省エネルギー機器への更新や省エネルギーの徹底、再生可能エネルギーの活用を進めています。

■一方で、ポンプ所の能力増強等による浸水対策や処理水質の向上など、下水道機能の更なる向上に向けた取組により、エネルギー使用量の増加が見込まれています。

■2050年ゼロエミッションの実現に向けては、下水道が持つエネルギー・資源のポテンシャルを最大限に活用するとともに、先端技術の導入や革新的技術の開発・実証を進める必要があります。

これまで開発してきた主な技術など

■温室効果ガス排出量の削減及び省エネルギー化に資する技術として、電力使用量や補助燃料を更に削減できる「省エネルギー型焼却炉」を開発しました。

■再生可能エネルギーを有効活用する技術として、年間の発電電力量が年間の電力使用量を上回る「エネルギー自立型焼却炉」を開発しました。

年　代	温室効果ガス削減技術の例	省エネルギー技術の例	再生可能エネルギー利用技術の例
H27年度以前	高温焼却 下水汚泥ガス変換発電システム（ガス化炉） 多層型流動焼却炉 N_2O分解触媒 汚泥炭化炉の検証 N_2O排出抑制	低動力型濃縮機 低動力型撹拌機 低動力型脱水機 低含水率脱水技術 ターボ型流動焼却炉 PMモーター	アーバンヒート（下水熱） 小落差水力発電 太陽光発電システム エネルギー自立型焼却炉
H28～R2年度		超低含水率脱水技術 送風量を最適制御して送風機電力を削減する技術	
R3～7年度	省エネルギー型焼却炉	DO計を用いた可変圧力制御	エネルギー供給型焼却炉
導入事例	・汚泥炭化炉（東部スラッジプラント） ・ガス化炉（清瀬水再生センター）	・ターボ型流動焼却炉（新河岸水再生センター、葛西水再生センター、浅川水再生センター） ・可変圧力制御（芝浦水再生センター）	・太陽光発電システム（葛西水再生センター、森ヶ崎水再生センターなど） ・エネルギー自立型焼却炉（新河岸水再生センター、葛西水再生センターなど）

5か年の主な取組

■「アースプラン２０２３」の推進に資する技術開発に取り組むとともに、「2050東京戦略」が掲げる将来像を見据え、温室効果ガス排出量の大幅な削減につながる技術開発を進めます。

テーマ22　下水処理における温室効果ガス削減技術

課題

■下水道事業では、水処理工程や汚泥処理工程から二酸化炭素（CO_2）や一酸化二窒素（N_2O）等の温室効果ガスが排出されています。

■これまで、省エネルギー化によりCO_2排出量の削減や、高温焼却によるN_2O排出量の削減を進めてきましたが、2050年ゼロエミッションの実現に向けては更なる温室効果ガス排出量の削減が求められています。このため、先進技術の導入や革新的な技術の開発・実証を進め、下水道事業における温室効果ガス排出量の大幅な削減を図る必要があります。

技術開発の方向性

■ICT・AI等を活用し、送風量制御等の運転管理手法の高度化に向けた検証を実現します。

■温室効果ガスを回収・濃縮・分解を可能とする技術の開発を目指します。

将来的な目標　● 下水処理から発生する温室効果ガス排出量を大幅に削減し、環境負荷の少ない都市の実現に貢献

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
ICT・AI等を活用した送風量制御技術	AIや活性汚泥モデルを活用した送風量制御手法の開発	処理水質と省エネのバランスを任意に調整可能な運転手法等の検証	一部実用化（検証した運転手法等による現場での効果検証）
下水処理における温室効果ガス排出量削減技術	新規	回収・濃縮・分解できる新たな素材の開発	一部実用化（開発した素材を用いて、実証試験の開始）

事例1　ICT・AI等を活用した送風量制御技術

▶ 現状と課題

- 水処理工程で消費する電力のうち、送風機は約30%を占めており、最も多くの電力を使用する設備の一つです。
- これまでも風量調整の工夫等により電力使用量削減を図ってきましたが、2050年ゼロエミッションの実現に向けては更なる省エネルギー化が必要です。
- 処理水質の確保と電力使用量の削減を両立するため、水再生センターへの流入水量や流入水質等の変動に応じて最適な送風量を算出する制御技術の確立が求められます。

▶開発の進め方（5か年の取組）

実施設での効果検証

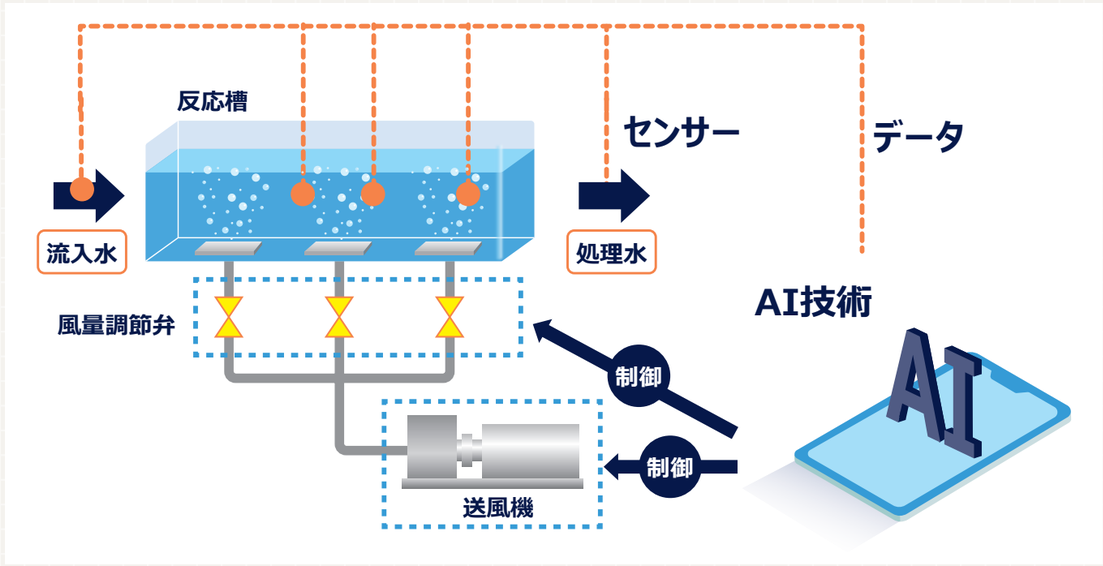
- 流入水量や流入水質の変動に応じてAIが最適な送風量を算出し、処理水質の確保と送風量削減の両立を図る技術（AI送風量制御技術）について、導入施設での送風量削減効果を検証します。
- 実運転への適用条件を整理するとともに、処理水質を確保しながら更なる電力使用量の削減を図る運用方法について検討します。

水平展開に向けた条件の整理

- 各水再生センターの特性に応じた展開が可能となるよう、システム要件や適用範囲を整理するとともに、必要に応じて追加検証を実施します。

▶将来像

- 処理水質を確保しながら、電力使用量の更なる削減を実現します。



送風量制御技術のイメージ

事例2　下水処理における温室効果ガス削減技術　NEW

▶ 現状と課題

- 下水処理の各工程において温室効果ガスが発生しています。このうち、水処理及び汚泥処理工程から発生する一酸化二窒素（N_2O）やメタン（CH_4）は低濃度ではあるものの発生量が多く、水再生センター全体の温室効果ガス排出量の約27%を占めています（2021年度温室効果ガス排出実績）。
- 特に、水処理工程から発生するN_2OやCH_4については有効な削減技術が限られており、2050年のゼロエミッションの実現に向け、更なる温室効果ガスの削減が求められています。このため、温室効果ガスの回収・濃縮・分解など、革新的かつ実効性の高い削減技術の開発・導入が必要です。

▶開発の進め方（5か年の取組）

新規素材の開発、検証

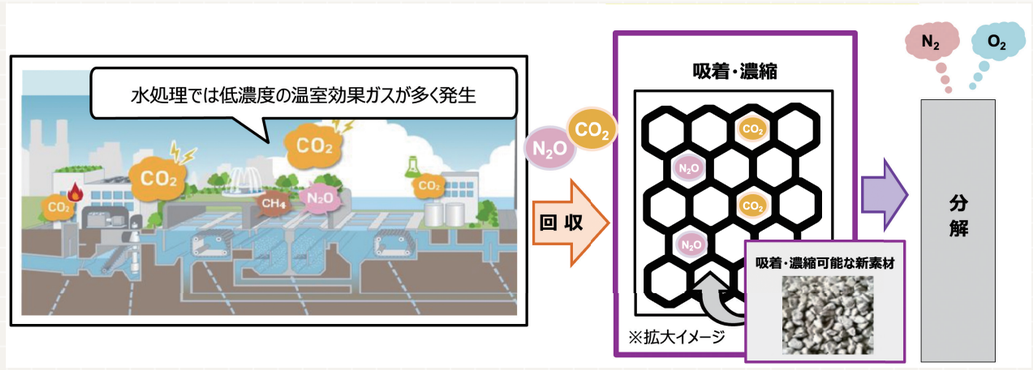
- 低濃度の温室効果ガスを効率よく回収、濃縮する素材の開発及び検証を行います。
- 温室効果ガスを効率的に分解できる素材の開発及び検証を行います。

全体システムの検討 、実証

- 開発した素材を活用した温室効果ガス削減システムについて、水再生センターでの実証実験を見据えた最適化の検討を行います。

▶将来像

- 下水処理に伴い発生する温室効果ガスを効率よく回収・分解することで、2050年ゼロエミッションの実現に向けた取組を大きく前進させます。



新素材を用いた低濃度温室効果ガスの回収・濃縮及び分解イメージ

テーマ23 再生可能エネルギー等の発電・活用による脱炭素化技術

課題

■下水道施設では、汚水の処理や雨水のくみ上げなどにより都内の電力使用量の約１％を消費しています。

■2050年ゼロエミッション東京の実現に向け、再生可能エネルギーの活用や省エネルギー化を進めていますが、更なる温室効果ガス排出量の削減が求められています。このため、下水道が有するエネルギー・資源のポテンシャルを最大限に活用するとともに、先端技術の導入や革新的技術の開発・実証を推進する必要があります。

技術開発の方向性

■次世代型太陽電池等の開発動向を踏まえ、従来は設置が困難であった箇所への導入に向けた調査・検討を行います。

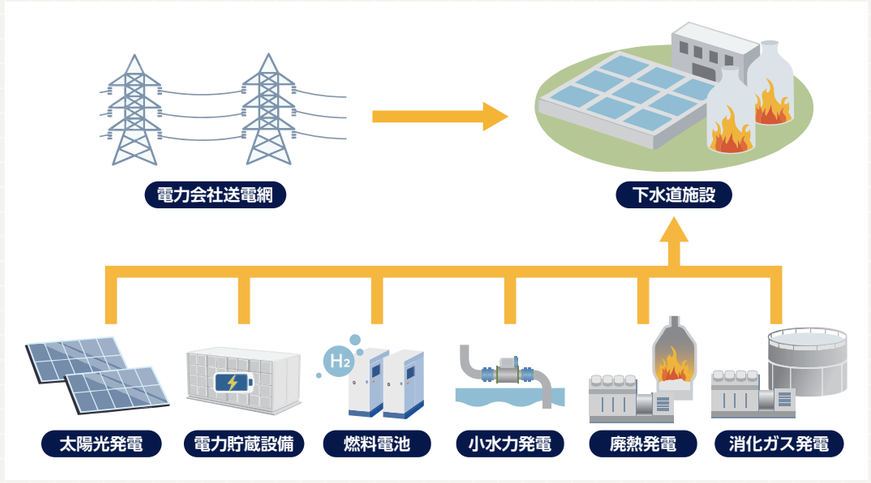
■将来的な水素供給インフラ（パイプライン等）整備を見据え、水素利用に関する革新的技術の開発動向や現場実証に向けた調査・検討を行います。

■このほかの発電及び電力貯蔵システムについても情報を収集し、必要な技術開発を行います。

将来的な目標

- **下水道施設における積極的な再生可能エネルギー等の発電・活用による2050年ゼロエミッション東京の実現に貢献**

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
適用困難箇所における太陽光発電の適用	下水道施設における現場実証	適用困難箇所への設置方法の確立	一部実用化（現場試行の実施）
下水道施設における水素利用技術	新規	条件整理及び要求性能の検討	継続（現場実証）



多様な再生可能エネルギー等

事例１ 適用困難箇所における太陽光発電の適用

▶ 現状と課題

- 再生可能エネルギーの更なる普及拡大に向けて、太陽電池の設置拡大に資する次世代技術の開発と社会実装が求められています。
- 下水道施設においては、これまで従来型太陽電池の設置が可能な箇所への導入を進めてきましたが、更なる拡大を図るためには、低耐荷重の屋根や壁面など、従来は設置が困難であった箇所への適用が必要です。

▶開発の進め方（５か年の取組）

先行導入

- 現在事業化されている様々な太陽光発電について設置条件（低耐荷重屋根）や施工方法等に関する情報収集を行い、改修工事を伴わず設置可能な下水道施設の選定及び施工方法を検討します。

適用拡大の検討

- 下水道施設の未利用スペース等への適用拡大に向け、各種法令や業界ガイドライン等を踏まえた設置条件別の施工方法等を整理し、設置候補地の拡大を図ります。

次世代技術の動向把握

- 次世代型の太陽電池等についても、開発動向や製品化の進捗、性能仕様等を調査し、下水道施設への適用可能性を検討します。

▶将来像

- 本技術の活用により、従来型太陽電池に加え、再生可能エネルギーの活用を推進します。
- 低耐荷重の屋根や壁面など、従来の太陽電池では設置が困難であった箇所へ適用することで、導入可能な範囲の拡大を図ります。

事例2　下水道施設における水素利用技術　NEW

▶ 現状と課題

- 東京都では、水素エネルギーの普及拡大を重要な施策の一つに位置付け、様々な分野におけるグリーン水素の活用を推進しています。
- 下水道施設においても、水素利用の活用は資源循環型社会の実現や脱炭素化への貢献が期待される一方で経済性や技術面に加え、水素供給のインフラ整備などに課題があることから、技術動向を注視しながら実用化に向けた調査・検討を進める必要があります。また、その他の再生可能エネルギーについても情報収集する必要があります。

▶開発の進め方（5か年の取組）

適用条件の整理

- 小容量の水素利用技術については、民間企業を中心とした技術開発や製品化の進展、インフラ分野やプラント等における先行導入事例を調査し、下水道施設へ適用可能な技術の特徴や仕様・性能を整理します。
- ポンプ所など下水道施設の特性や運転条件を踏まえ、大容量の水素発電設備など、水素エネルギーの活用方法を検討するとともに、実証に向けた検証目的や手法等を整理します。

現場実証の実施

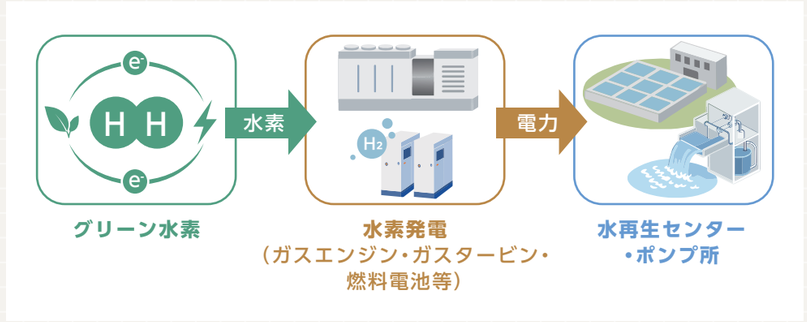
- 検討結果を踏まえ、適用可能な水素利用技術について下水道施設における実証を実施し、実用化に向けた課題を確認、整理します。

開発動向の把握と技術開発

- 大容量の水素利用技術（発電、電力貯蔵等）について、技術の開発動向や水素供給インフラの整備状況を継続的に把握し、下水道施設への将来的な導入可能性について基礎的な調査・検討及び技術開発を行います。
- 水素以外の再生可能エネルギーについても、幅広く開発動向を情報収集し、必要に応じて技術開発を行います。

▶将来像

- 水素利用技術の導入に向けた知見を蓄積し、下水道施設の脱炭素化及びゼロエミッションの実現に貢献します。



水素利用技術のイメージ

テーマ24　下水道がもつ未利用エネルギーを活用した発電・利用技術

課題

- 流入下水（有機物）が有するエネルギーポテンシャルを100%とした場合、現在、有効利用されている割合は約3%にとどまっており、大部分のエネルギーが未利用となっています。
- 未利用エネルギーの中でも、汚泥焼却時に発生する低温排熱（排水・排ガス等）は大きな割合を占めており、その有効利用が課題となっています。
- 低温排熱を効率的かつ経済的にエネルギーとして回収・利用する技術は十分に確立されておらず、更なる技術開発が求められています。

技術開発の方向性

- 下水道局で開発してきた焼却炉による廃熱発電（蒸気発電やバイナリー発電[1]）の導入・拡大に積極的に取り組みます。
- 下水道が有する安定した温度特性を活かし、実用性および費用対効果に優れた熱エネルギー変換技術の開発を目指します。

将来的な目標

- 下水道が有する未利用エネルギーを有効活用することで、エネルギー創出を拡大し、下水道施設の脱炭素化を推進

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
低温排熱を高効率・低コストで活用する技術	熱電発電素子を利用した技術の開発	下水道への展開可能な技術の検討	継続（現場実証）

1 バイナリー発電：排熱等の熱エネルギーを利用して、低沸点媒体を蒸発させ、その蒸気によりタービンを駆動して発電する方式

事例

低温排熱を高効率・低コストで活用する技術

▶ 現状と課題

- 焼却炉（エネルギー自立型・エネルギー供給型）における廃熱発電など、下水道が有するエネルギーの有効活用を推進してきましたが、低温排熱（70～300℃）については、発電効率の制約や設備コスト等の課題から、十分に活用されていない状況にあります。
- 今後は、これまで利用が困難であった低温排熱について、低コストかつ高効率なエネルギー変換技術の開発を進めるとともに、発電・熱利用・エネルギーマネジメントを一体的に最適化し、将来的には、地域でのエネルギー利用や次世代技術との連携も見据えた活用拡大が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

データ収集・開発条件の整理

- これまで下水道局で取り組んできた低温排熱に関する研究事例を分析するとともに、下水道分野への適用が期待される技術について幅広く情報収集し、適用可能性を調査します。
- 下水道施設特有の運転条件や設置環境を踏まえ、既存設備への適用性を検討し、有効性の高い技術を開発ターゲットとして選定します。

開発技術の方向性・要求性能を特定

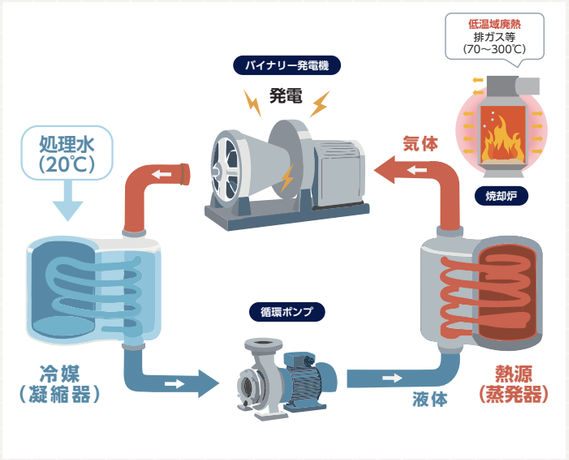
- 開発ターゲットとした低温排熱の特性（温度や流量等）、設備条件等を踏まえ、新たに開発、実装を目指す機器や装置等に求められる性能を整理します。
- あわせて、異業種連携も含め、先進技術や知見を保有する民間企業等との連携を検討します。

技術開発に着手

- 整理した要求性能を踏まえ、公募型共同研究等も活用しながら技術開発に着手します。
- ラボスケールで性能を検証するとともに、実施設への適用が見込まれる技術については現場検証を行い、実用化に向けた効果や課題を確認、整理します。

▶将来像

- 下水道が有する未利用エネルギーの更なる活用を推進していきます。



低温排熱の利活用のイメージ

COLUMN 11

温室効果ガス排出量削減に向けた技術開発



下水道局では、下水道事業の特性を踏まえ、地球温暖化対策とエネルギー対策を一体的に推進することを目的として、令和5年3月に地球温暖化防止計画「アースプラン２０２３」を策定しました。

温室効果ガスの排出削減にあたっては、エネルギー起源CO_2とN_2O等の排出量の削減を総合的に捉え、一体的に対策を推進していきます。

また、2030年カーボンハーフの実現に向け、水処理工程及び汚泥処理工程において対策を推進するため、次の４つの「取組方針」を設定しています。



「アースプラン２０２３」

取組方針

①徹底した省エネルギー

②再生可能エネルギーの活用

③処理工程・方法の効率化

④他分野との連携

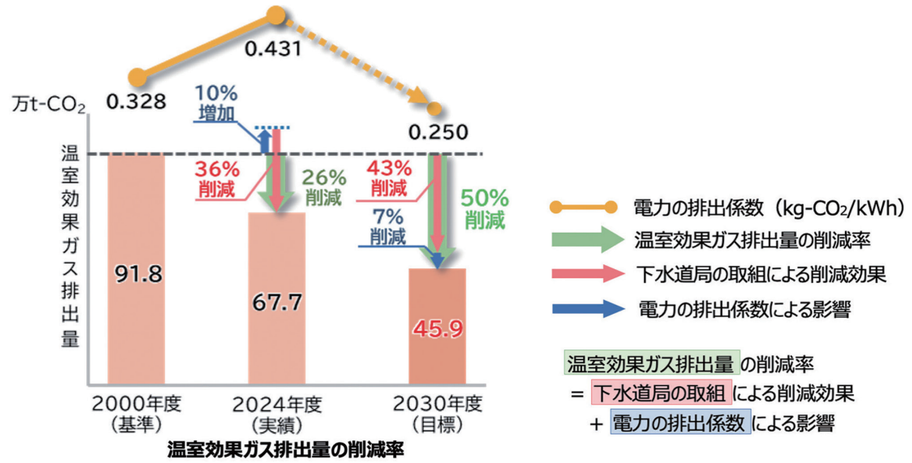
今回の「技術開発推進計画2026」では、これらの取組方針を着実に推進するため、新たな技術開発に取組みます。主な関連テーマとしては次のとおりです。

①徹底した省エネルギー：テーマ22「下水処理における温室効果ガス削減技術」

②再生可能エネルギーの活用：テーマ23「再生可能エネルギー等の発電・活用による脱炭素化技術」

③処理工程・方法の効率化：テーマ20「水処理施設をコンパクトにする技術」

④他分野との連携：テーマ25「下水汚泥の資源化技術」



温室効果ガス排出量の削減目標の内訳

下水道資源の有効利用技術

施策の目的

下水道は、汚泥、消化ガス、りん、再生水、下水熱、建設発生土等、利用可能な多くの資源を有しています。これらの下水道資源を可能な限り活用することで、循環型社会や脱炭素社会の構築に貢献していきます。

技術開発ニーズ

■下水や下水汚泥には、りんなどの有用物質が含まれているほか、エネルギーとして利用可能な有機物も含まれています。循環型社会及び脱炭素社会の実現に貢献するため、汚泥焼却灰の資源化や未利用エネルギーの活用拡大に資する技術の開発が求められています。

これまで開発してきた主な技術など

■再生水技術として、オゾン耐性膜やセラミック膜を活用したろ過技術、オゾン処理及び凝集混和処理の効率化に関する技術を開発してきました。

■りんの資源化技術としては、晶析脱りん法によるりん回収や処理灰の有効利用に関する技術の調査を実施してきました。また、国の委託研究[1]により、汚泥処理返流水からりんを回収・肥料化するとともに、りん負荷の低減による放流水質の改善にも資する技術を開発しました。

■焼却灰の資源化技術では、粒度調整灰（スーパーアッシュ）を活用した土木資材の開発など、焼却灰の有効利用に資する技術を開発してきました。

年　代	再生水技術の例	りんの資源化技術の例	焼却灰の資源化技術の例
H27年度以前	膜分離法 オゾン処理 オゾン耐性膜ろ過 セラミック膜ろ過 オゾン処理及び凝集混和処理の効率化技術	晶析脱りん法 焼却灰中の有害物質の除去及びりん回収技術 鉄電解によるりん回収・資源化技術	セメント原料化 人工軽量骨材 粒度調整灰（スーパーアッシュ）の土木資材（コンクリート二次製品、保水性塗装など）への利用 粒度調整灰を用いた防食被覆工法
H28～R2年度		吸着剤（使い切り型）によるりん回収・資源化技術	余剰汚泥対応型焼却炉・脱水機（分離処理システム）
R3～7年度		新たなリン回収システムによる下水道の資源化に関する実証事業（国の委託研究）	
導入事例	・オゾン処理（多摩川上流水再生センター） ・セラミック膜ろ過（芝浦水再生センター）	・りん回収・肥料化施設（砂町水再生センター）	・セメント原料 ・人工軽量骨材 ・粒度調整灰の土木資材への利用

1 国土交通省国土技術政策総合研究所からの委託研究（B-DASH実規模実証）

5か年の主な取組

■下水道資源の有効利用を一層推進するため、回収・再利用技術の高度化および未利用エネルギーの活用拡大に向けた技術開発を進めます。

テーマ25　下水汚泥の資源化技術

課題

■下水汚泥は全量を焼却処理しており、その焼却灰の一部はセメント原料として資源化していますが、残りは埋立処分しています。

■しかし、セメント需要の低迷に伴う受入制約や埋立処分量の制約等があるため、更なる資源化の推進が求められています。

■資源化技術は、事業コストや利用先の確保などが課題となっており、資源化用途の拡大や事業コストの低減に資する技術開発が求められています。

技術開発の方向性

■下水道が有する資源の有効活用を図るため、多様な用途への展開を可能とする技術の開発と効率的な資源回収技術の高度化を進めます。

将来的な目標

● 下水汚泥の資源化手法を多様化・高度化し、下水道が有する資源ポテンシャルを最大限に活用することで、循環型社会の実現に貢献

開発・検討技術	これまでの取組	5か年の取組	5年後の到達目標
下水からりんを回収する技術の開発	下水道の資源化に関するりん回収・肥料化施設の導入	・りん回収・肥料化施設の処理能力の向上、生産コスト縮減 ・下水再生りんのりん含有率の向上の検討	一部実用化（下水再生りんとしての肥料原料の供給開始、りん回収・肥料化施設の最適運転の確立）
焼却灰等の有効利用技術の開発	・焼却灰中の有害物質の除去及びりん回収 ・下水汚泥焼却灰の低コスト肥料化技術に関する調査事業	・焼却灰等の再利用に向けた製造技術の開発 ・多様な用途への活用検討	継続（有用な資源を再利用する製造技術の検証、工業利用等に向けた技術検討）
下水汚泥を活用したバイオ原油の製造技術	新規	バイオ原油の製造技術の開発	継続（現場実証）

事例1　下水からりんを回収する技術の開発

▶ 現状と課題

- 汚泥処理の返流水を受ける水再生センターでは、流入するりん負荷が高く、水処理の安定性に影響を及ぼしています。このため、高濃度のりんを含む脱水汚泥分離液に回収資材を添加し、りんを回収する技術の開発に取り組んできました。
- 国土交通省が実施するB-DASH事業等における実証試験を通じて技術の有効性を確認するとともに、りん負荷が高い水再生センターにおいて設備導入を進めてきました。
- 回収したりんは「下水再生りん」として肥料原料に活用が可能であり、資源循環の推進に貢献しています。一方で、更なる利用の拡大に向けては、生産コストの低減が課題となっています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

下水再生りんの生産評価とコスト縮減に向けた検証

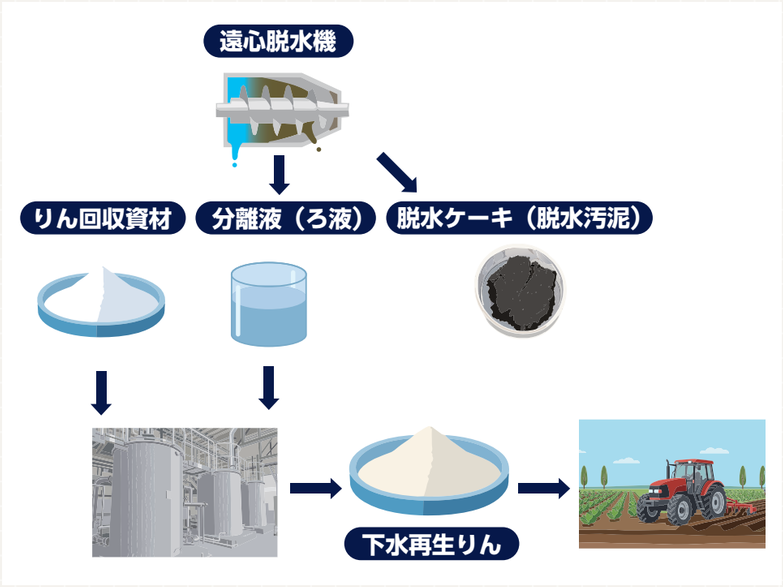
- 年間を通じた回収物の生産評価を行い、運転方法の最適化を図るとともに、生産能力の向上や無人化・省力化によるコスト縮減を図っていきます。

下水再生りんの利用拡大に向けた検討

- 下水再生りんの肥料原料としてのりん含有率の向上等に関する研究を行うとともに、利用拡大に向けた検討を進めます。

▶将来像

- 下水汚泥に含まれるりんを回収・資源化することで、肥料の国内供給の安定化に寄与するとともに、食料安全保障の強化や循環型社会の構築に貢献します。



「下水再生りん」の有効利用技術のイメージ

事例2　焼却灰等の有効利用技術の開発　UP GRADE

▶ 現状と課題

- 下水処理過程で発生する汚泥は、1日当たり約17万m^3と膨大であり、埋立処分場の容量には限りがあります。処分場の延命化を進めるため、汚泥を全量焼却して減量化を図っています。
- 焼却灰については、セメント原料や軽量骨材の原料として資源化を進めるとともに、粒度調整灰（スーパーアッシュ）を活用した土木資材の開発など資源の有効活用に取り組んできました。しかし、セメント需要の低迷に伴い資源利用が減少していることから、更なる資源化の推進が求められています。

▶開発の進め方（5か年の取組）

焼却灰等を有効利用する技術の検討

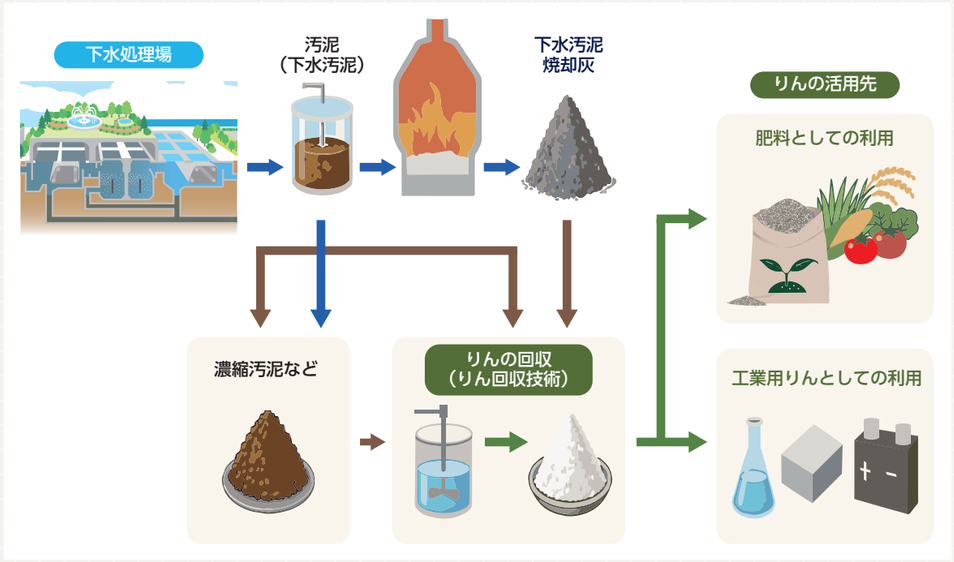
- 薬品処理や溶融処理等により、焼却灰等から有用資源を回収し、付加価値を高めて再利用する技術について検討を行います。

焼却灰等の利用拡大に向けた検討

- 資源回収技術への導入可能性や事業採算性を整理するとともに、リサイクル製品としての利用拡大や多様な用途への展開について検討を行います。
- 余剰汚泥や焼却灰からりんを回収する技術について、情報収集し、共同研究の実現を目指します。

▶将来像

- 下水道資源の有効利用を推進し、サーキュラーエコノミーの実現に貢献します。



汚泥焼却灰の有効利用のイメージ

事例3　下水汚泥を活用したバイオ原油の製造技術　NEW

▶ 現状と課題

- 下水汚泥は有機物を多く含む未利用資源であり、エネルギー利用の観点から、バイオ原油[1]への転換が可能なポテンシャルを有しています。
- 藻類[2]等の培養によるバイオ原油生産の実用化に向けては、燃料品質や生産量の安定確保、エネルギー回収効率の向上、コスト低減などの課題があります。

▶開発の進め方（5か年の取組）

基礎情報の整理

- 下水汚泥から直接、またはバイオマス等と組み合せた培養等により、新たな付加価値を付与して、エネルギー資源の原料の製造技術の検討を行います。

ラボスケール試験[3]

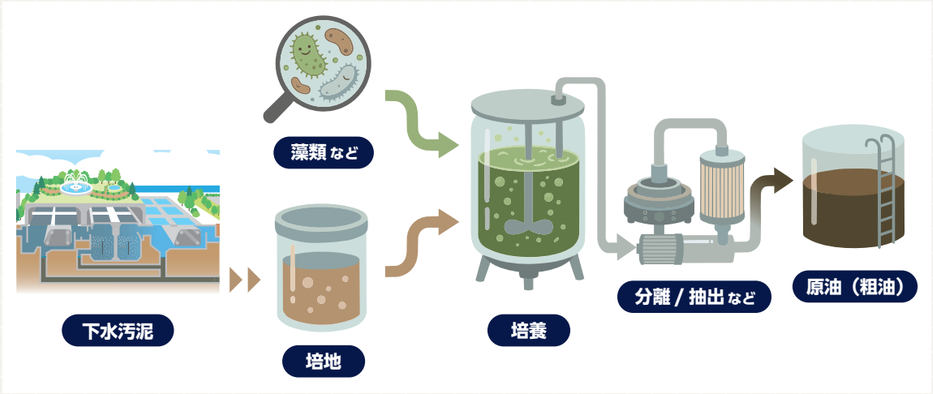
- 下水汚泥や藻類等の特性を踏まえ、汚泥等の選定や培養条件の検討を行い、バイオ原油生産に適した基礎データを取得するとともに、生産条件等を整理します。

パイロット試験[4]

- パイロット試験装置を開発し、一定規模でのバッチ[5]および連続培養試験を実施することでバイオ原油の品質や生産性、培養プロセスの適用性を確認します。

▶将来像

- 下水汚泥を活用したバイオ原油製造技術の確立により、資源循環の促進とサーキュラーエコノミーの実現に貢献します。
- 下水汚泥の資源化及びエネルギー回収を推進し、汚泥処理負担の軽減（減量化等）と水処理施設の運転効率の向上を図ります。



バイオ原油製造プロセスのイメージ

1 バイオ原油：バイオマスを熱化学的変換プロセス（熱分解、水熱液化等）により液体化して得られる原油様の中間生成物
2 藻類：光合成性及び非光合成性を含む藻類・藻類様微生物の総称
3 ラボスケール試験：研究室環境において、要素技術の成立性や基本特性を評価する小規模試験段階
4 パイロット試験：実規模への展開を目的として、実用環境に近い条件下で運転・性能・安全性・経済性を検証する中規模試験段階
5 バッチ：原料を一括投入し、反応終了まで同一容器内で処理を行う不連続運転方式による試験

COLUMN 12

下水中の「りん」と資源化利用



下水処理としての「りん」

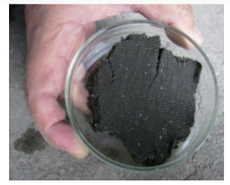
水再生センターには、毎日さまざまな物資を含む下水が流れ込んできます。その中でも「りん」は、環境対策や資源循環の観点から特に注目されている物質のひとつです。では、なぜ下水には「りん」が含まれてしまうのでしょうか。

「りん」は、私たち人間の生命活動に欠かせない重要なミネラル成分で、肉・魚・乳製品・穀物など多くの食品に含まれています。私たちは食事を通じて「りん」を摂取し、必要以上の「りん」は尿や便として体外に排出します。このため、家庭などから排水された「りん」は下水とともに水再生センターへ流れ込みます。また、「りん」は植物プランクトンや藻類の成長に欠かせない栄養塩の一つです。そのため、水域へ過剰に流入すると植物プランクトンが異常増殖し、赤潮などの原因となることがあります。

このため、水再生センターでは下水中の「りん」を汚泥に取り込ませて除去しています。「りん」を含む汚泥は、水分を多く含むことから、脱水・焼却され、その多くは焼却灰として処理されています。


「りん」を含んだ下水汚泥

濃縮・脱水


脱水汚泥

焼却


焼却灰

都市の眠る資源という視点

都市では大量の下水が発生するため、「りん」を含む汚泥も必然的に多く発生します。そのため、下水は巨大な「りん資源の貯蔵庫」とも言える存在です。近年、国内各地で下水汚泥からのりん回収が進められており、下水道局でも東部スラッジプラントにおいて、汚泥処理工程の遠心脱水機から発生する脱水分離液に含まれる「りん」を回収しています。回収した「りん」は、「下水再生りん」として肥料原料へ活用する取組を進めています。



B-DASH事業において設置したりん回収・肥料化施設

世界的な人口増加に伴う食料需要の拡大や肥料需要の増加により、肥料資源である「りん」の国際価格は上昇しています。また、日本はりん鉱石のほぼ全量を輸入に依存しています。このような状況の中で、下水中の「りん」を回収し再利用する取組は、国内資源の確保という観点からも重要性が高まっています。また、約1,400万人が生活する東京都では、下水汚泥が継続的に発生することから、将来的には安定したりん供給源として大きなポテンシャルを有しています。今後も、「下水再生りん」の生産性向上や利用拡大に向けた技術開発を進め、資源循環の推進に取り組んでいきます。