

令和3年度ガイドライン説明会

# センサー連続監視とクラウドサーバ集約による 劣化診断技術および設備点検技術の実証研究

水ing株式会社・仙台市共同研究体

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

# 1. 革新技術の概要と目的

## 下水道事業が抱える課題（革新的技術に関連する課題）

- 下水道処理施設は令和元年度現在、約2,200箇所あり、このうち、機械・電気設備の標準的な耐用年数である15年を経過した施設は、約1,900箇所(約86%)にのぼっている

(出展：国土交通省HP, 下水道：下水道の維持管理, [https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd\\_sewerage\\_tk\\_000135.html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html), 参照2021-07-14)

- 適切な維持管理・改築など計画的かつ効率的に施設管理を行うためのストックマネジメントの重要性が増大している

## 下水道ビジョンとの関連

- 新下水道ビジョン(平成26年7月) ⇒ (1)「循環のみち下水道」の持続

- ① **人・モノ・カネの持続可能な一体管理（アセットマネジメント）の確立**
- ② 非常時（大規模地震・津波・異常豪雨等）のクライシスマネジメントの確立
- ③ 国民理解の促進とプレゼンスの向上
- ④ 下水道産業の活性化・多様化

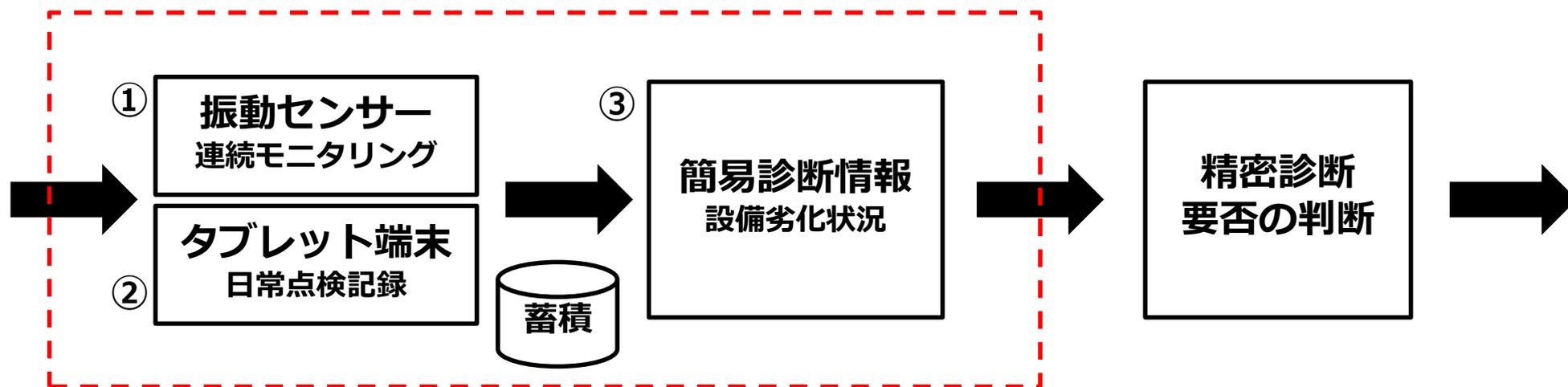
⇒ **①に寄与**

# 1. 革新技術の概要と目的

## 革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

ストックマネジメントの効率的・効果的な実施のため、設備健全度を簡易診断するための情報活用を目的とする。具体的には①振動センサーによる連続モニタリングデータと、②タブレット端末による日常点検記録データを自動で収集・蓄積し、③設備劣化状況の簡易診断のための情報としてデータ処理・可視化するものである。

### ◆ 革新的技術



# 1. 革新技術の概要と目的

## 革新的技術の普及対象範囲（ターゲット）

- 全ての下水道施設に適応可能  
(水質や処理量・処理方式等には依存しない)

### 適用条件

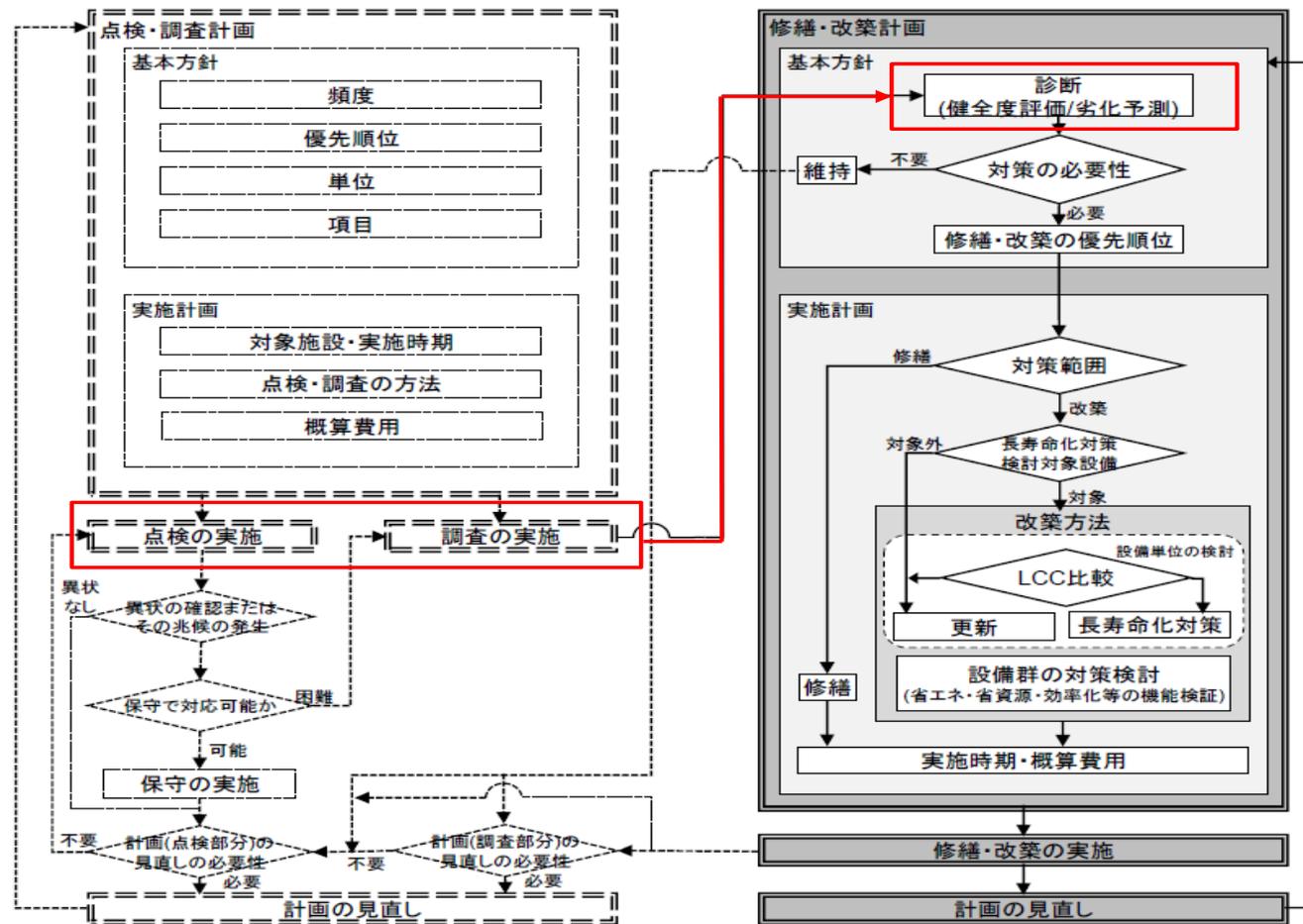
- 陸上設置の中速回転設備(600rpm超)
  - <適用不可の設備>
  - ・ 低速回転設備(汚泥掻寄せ機等)
  - ・ 軸受が水中にある設備(水中ポンプ等)
  - ・ 金属筐体で覆われる設備(ターボ送風機等)
  - ・ 補機類の組合せで作動する設備(汚泥脱水機等)
  - ・ 高性能な振動測定器が必要な高速回転設備(ガスタービン等)

### 推奨条件

- 精密診断を数多く実施している施設
- 設備の故障発生頻度が多い施設
- 巡回点検箇所が多く帳票集計作業に時間を要する施設

# 1. 革新技術の概要と目的

## ストックマネジメントガイドラインにおける位置づけ



下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-では、修繕・改築計画の策定に際し、設備の劣化状況を総合的に評価して健全度を算出している。その健全度情報等から劣化予測を行い、対策の必要性を判断している。また、同ガイドラインでは、設備の劣化状況の調査例として、振動診断による方法を例示しており、本技術はその振動診断の位置付けで活用可能である。

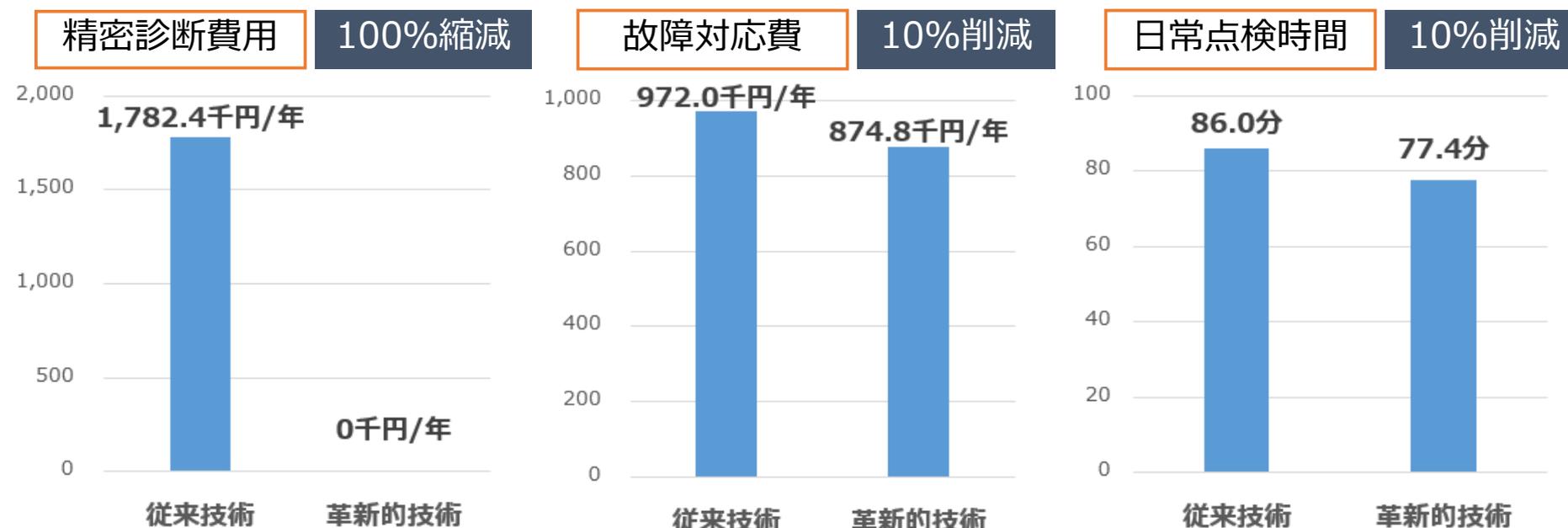
# 1. 革新技術の概要と目的 期待される効果

## 従来技術

- 手測定による年に数回の振動モニタリング
- 紙帳票による日常点検データの人手による集積
- 蓄積情報から設備劣化状況を簡易診断

## 試算規模

処理規模	日最大50,000m <sup>3</sup> /日
対象機器	汚水ポンプ：4台
	曝気ブロワ：4台



## 経費回収年

処理規模	対象機器 (台数)	建設費 (千円)	維持管理費 (千円)	導入効果 (千円)	経費回収年 (年)
5万m <sup>3</sup> /日	汚水ポンプ(4台) ブロワ(4台)	5,833	716	2,009	4.5

1. 革新技術の概要と目的
2. **革新的技術の概要**
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

## 2. 革新的技術の概要

### 実証事業概要 実証フィールド

- ◆実証フィールド： 宮城県仙台市 広瀬川浄化センター他4ポンプ場
- ◆処理方式： 2段式嫌気好気活性汚泥法+砂ろ過法+オゾン消毒
- ◆現有処理能力： 16,875m<sup>3</sup>/d



## 2. 革新的技術の概要

技術	従来技術	革新的技術
センサー モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポータブルタイプの振動センサーを使用</li> <li>設備を巡回して手測定によりデータを収集・蓄積</li> <li>年数回の測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>常設タイプの振動センサーを使用</li> <li>自動測定によりデータを収集・蓄積</li> <li>連続測定(最低10分周期)</li> </ul>
タブレット点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>紙帳票を使用</li> <li>設備を巡回して点検記録を記入することで収集</li> <li>点検記録データを手入力して蓄積</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>タブレット端末を使用</li> <li>設備を巡回して点検記録を入力することで収集</li> <li>点検記録データを自動で蓄積</li> </ul>
設備劣化 簡易診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易診断情報を手作業でデータ処理・可視化または振動データと点検記録データをそのまま利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易診断情報を自動でデータ処理・可視化</li> </ul>

## 2. 革新的技術の概要 (センサーモニタリング)

- ・ 振動等のセンサーを内蔵するセンサーノードによる自動連続モニタリング
- ・ センサーノードはバッテリー（コイン電池）駆動により別途電源を取らずに稼働
- ・ クラウドサーバ環境により、いつでも・どこからでも情報にアクセス可能



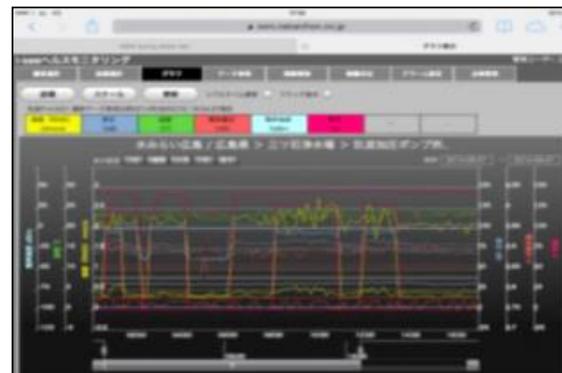
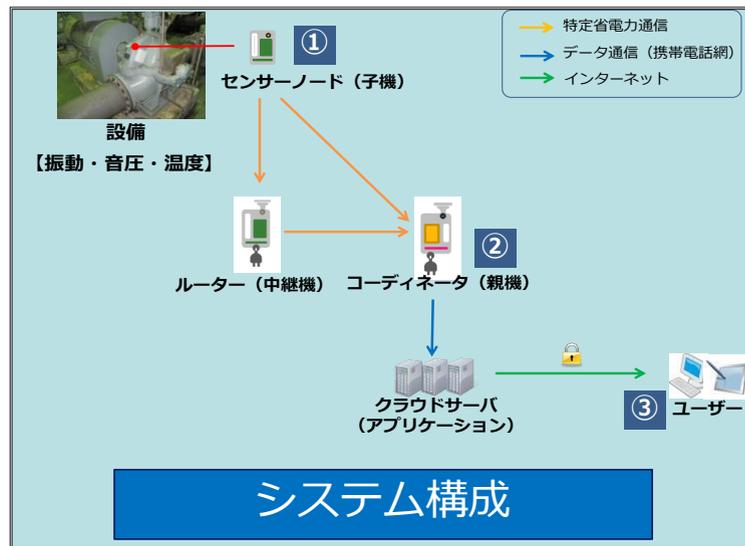
①センサーノード（連続モニタリング）

センサーノード仕様  
 ◆筐体外径：縦40mm×横30mm×高さ20mm  
 ◆バッテリー：コイン電池×1個  
 ◆内蔵 I C 基盤に以下のセンサを各々実装  
 【振動】・【筐体内温度】  
 ◆その他  
 4-20mA外部入力ポートを実装。水位計、圧力計等の各種計装機器データ収集も可能

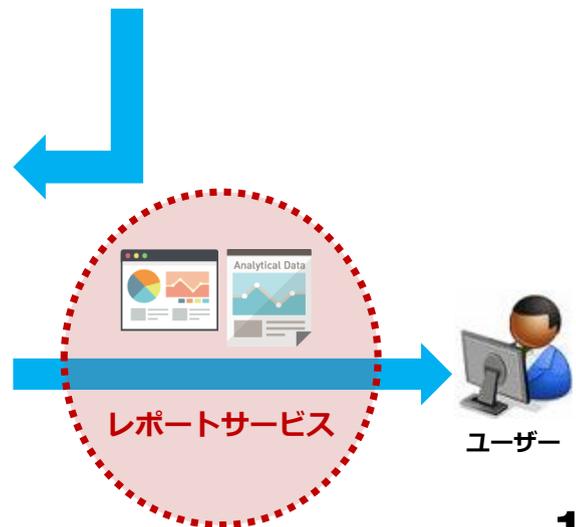


②親機（収集データ送信）

無線通信

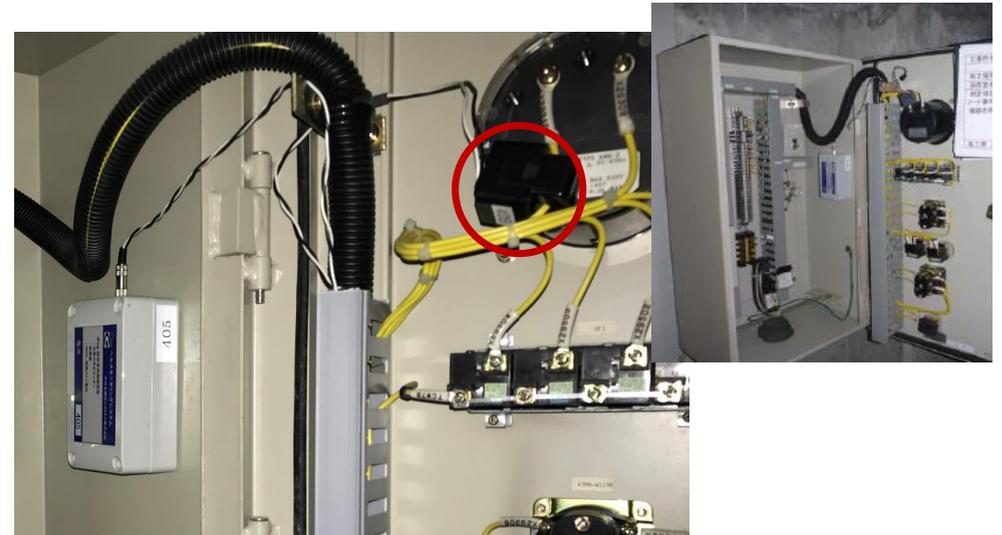
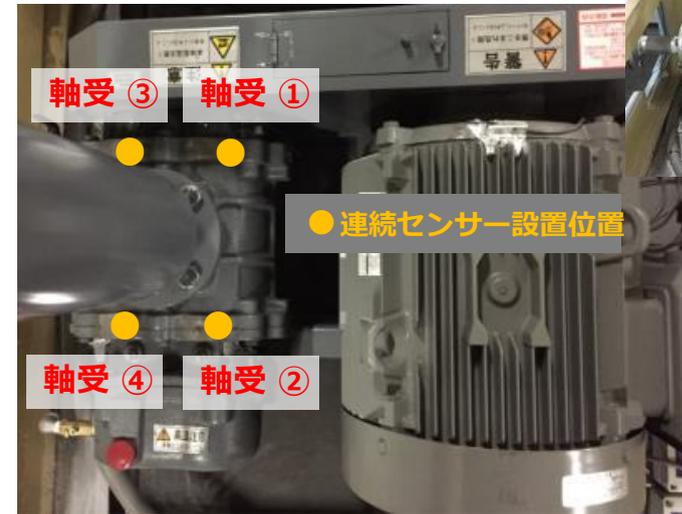


③収集情報を表示・蓄積するWebシステム  
(タブレット・PCから確認可能)



## 2. 革新的技術の概要 (センサーモニタリング)

### センサー設置状況

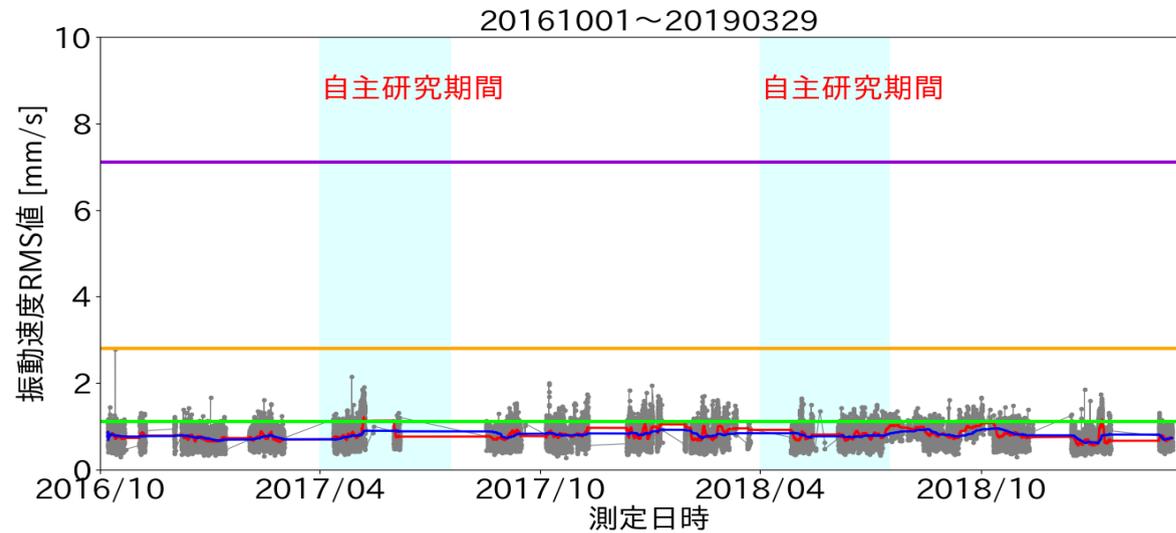


## 2. 革新的技術の概要 (センサーモニタリング)

### センサーモニタリングデータ



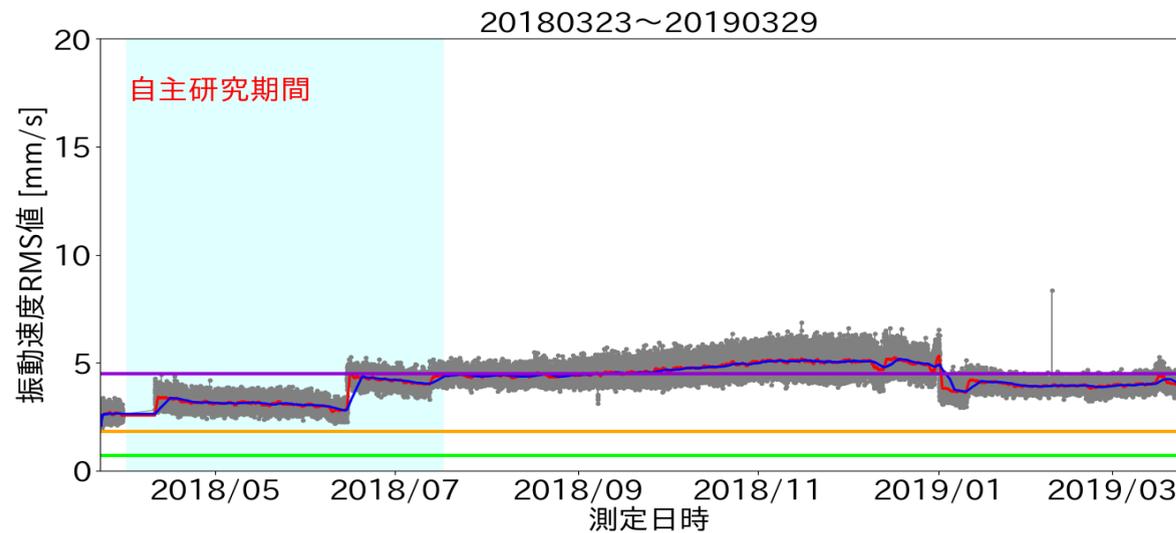
広瀬川No2汚水ポンプ



<span style="color: green;">—</span>	ISO判定結果B (良好)
<span style="color: orange;">—</span>	ISO判定結果C (注意)
<span style="color: purple;">—</span>	ISO判定結果D (危険)



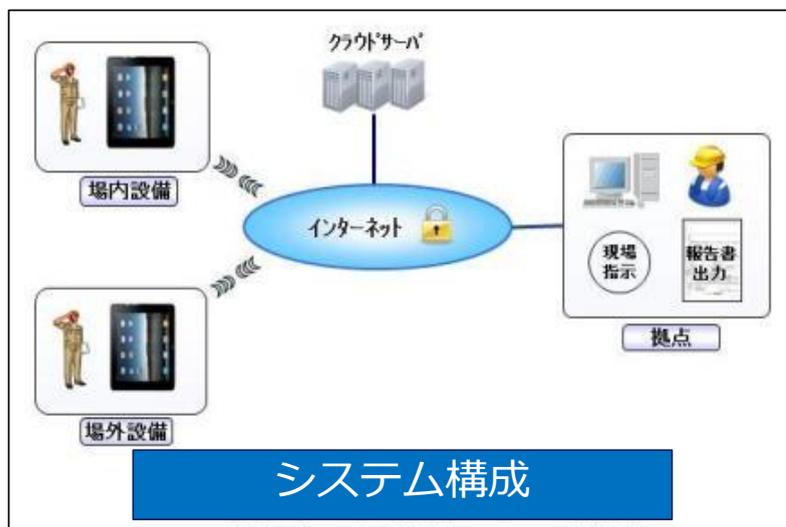
劣化加速試験機



●	連続センサー測定値
— (red)	連続センサー移動平均 (1日)
— (blue)	連続センサー移動平均 (5日)

## 2. 革新的技術の概要 (タブレット点検)

- ・ 日常点検記録データをタブレット端末に入力することで自動蓄積
- ・ 入力ミスや入力漏れなどのヒューマンエラーの軽減可能
- ・ クラウドサーバ環境により、いつでも・どこからでも情報にアクセス可能



無線通信



タブレット端末と画面例

項目	値	単位	基準値	状態	備考
振動	0.15	mm/s	0.2	OK	
温度	25.0	℃	30.0	OK	
湿度	60%	%	80%	OK	
電圧	100V	V	100V	OK	
電流	5A	A	10A	OK	
回転数	1500	rpm	1500	OK	
油圧	10MPa	MPa	10MPa	OK	
油温	40℃	℃	50℃	OK	
油質	良好			OK	
異音	なし			OK	
異臭	なし			OK	
漏れ	なし			OK	
その他					

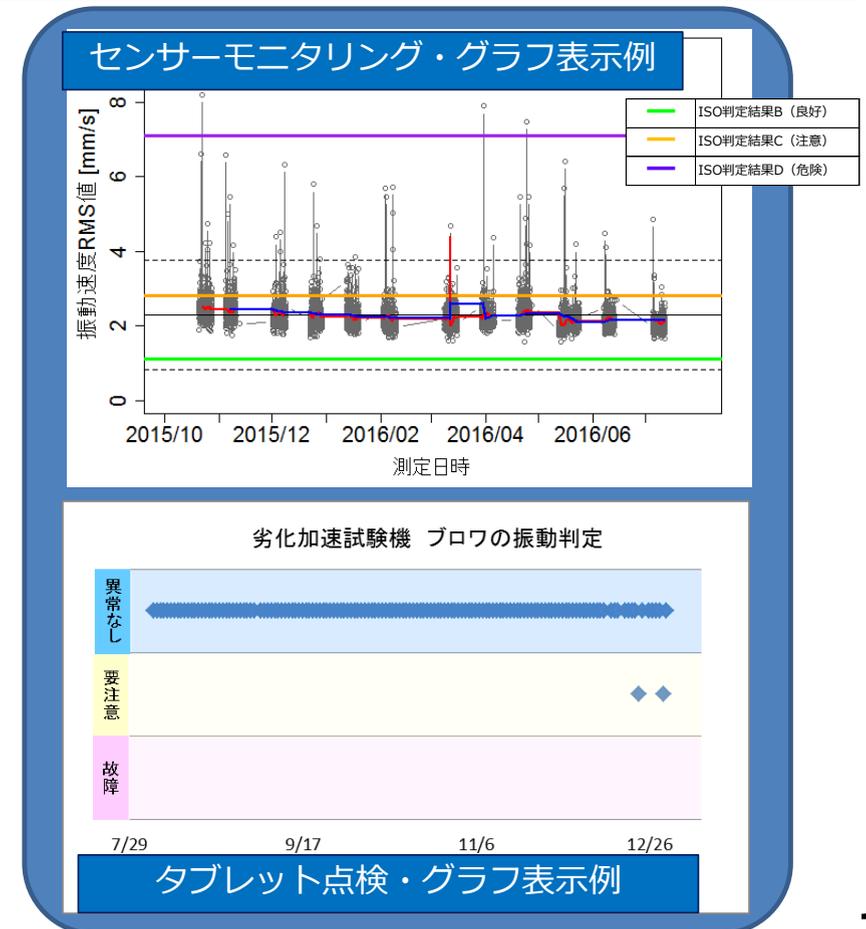
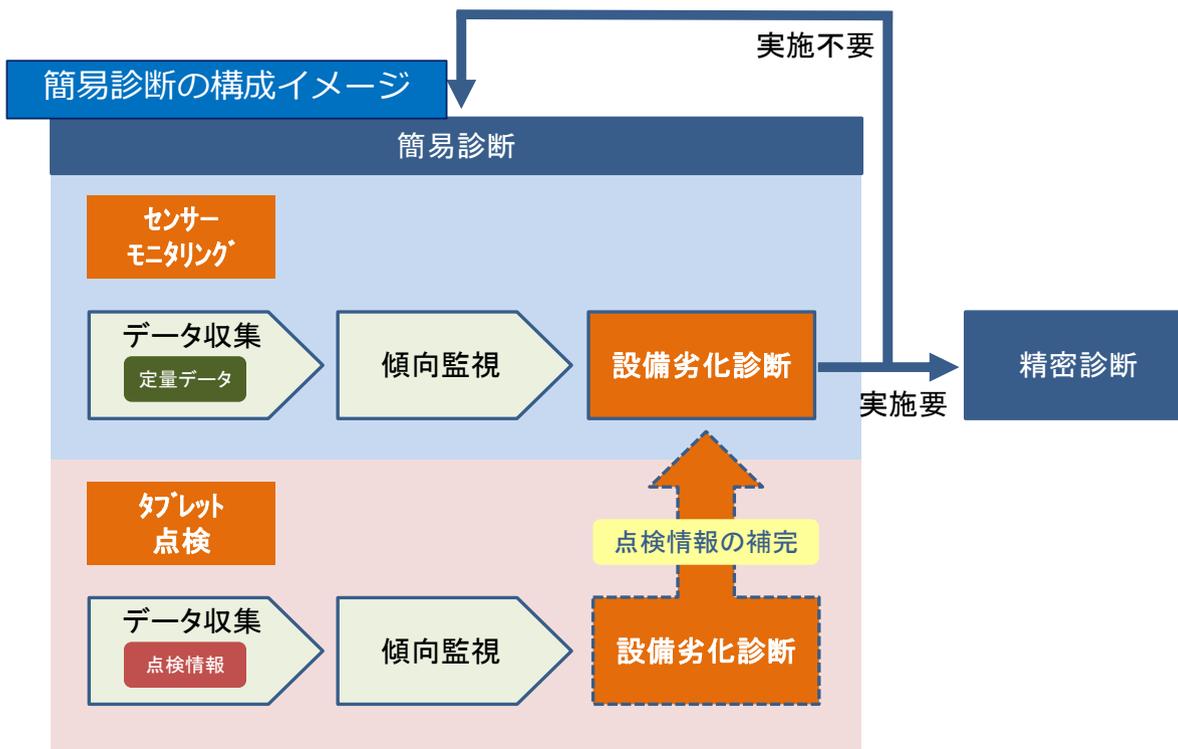
タブレット端末入力画面  
・ 前回点検値表示機能により前回値を見ながら点検が可能

・ 管理値を逸脱した場合、色で作業  
者へ異常を認識させる。(気づき、  
誤記入力)

・ オフライン対応により、電波環境  
が悪い地下での点検にも対応

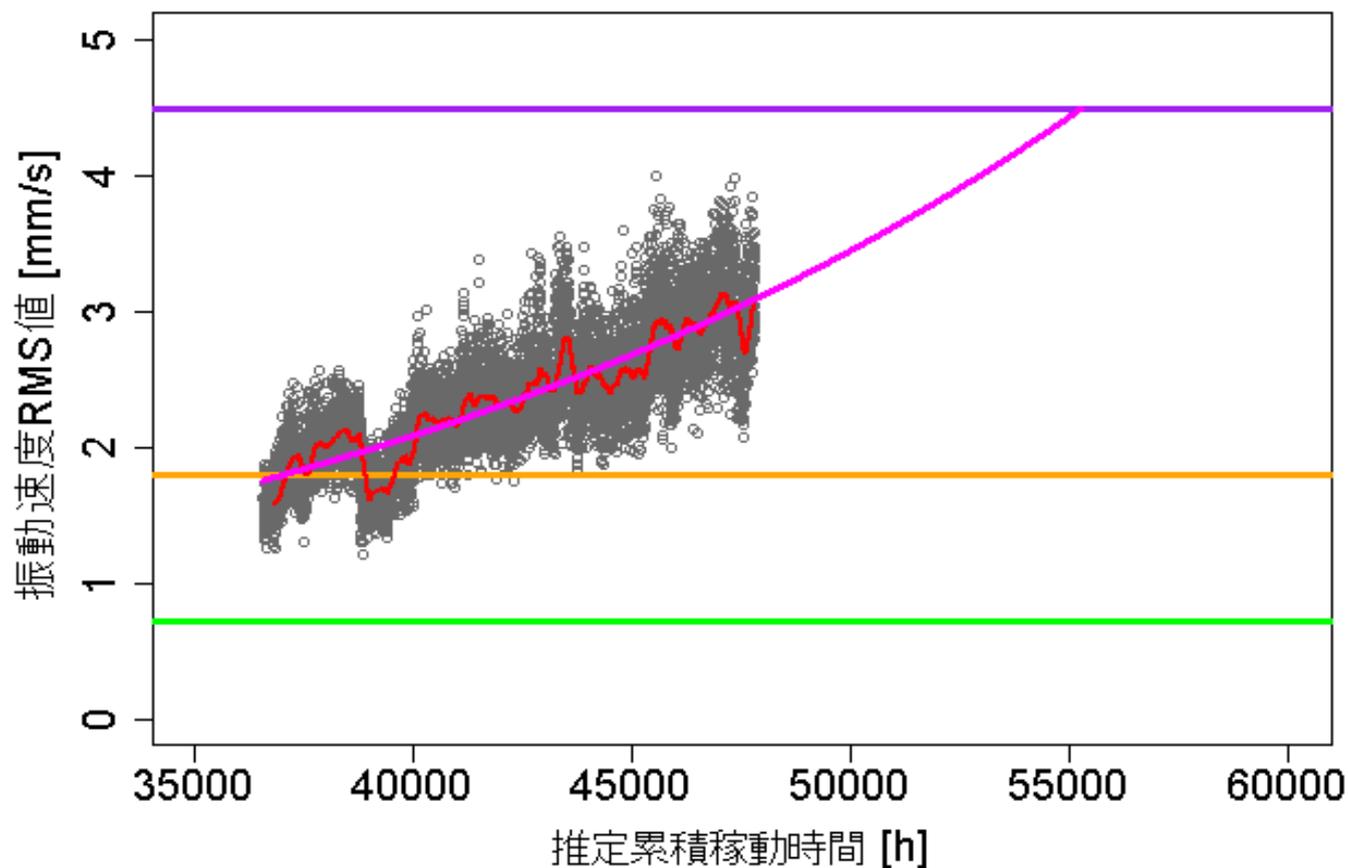
## 2. 革新的技術の概要 (設備劣化簡易診断)

- ・ センサーモニタリングデータを処理し、グラフ表示により設備劣化傾向を可視化
- ・ 点検日毎のタブレット点検データをグラフ表示により設備劣化傾向を可視化  
～タブレット点検データはセンサーモニタリングデータ補完用



## 2. 革新的技術の概要 (設備劣化簡易診断)

- 予測に必要なデータ日数：9カ月以上
- 予測期間の精度：ゾーンD到達を約3カ月の範囲で予想できる可能性あり
- 劣化予測に必要な最低測定周期：1日1回程度



	ISO判定結果B (良好)
	ISO判定結果C (注意)
	ISO判定結果D (危険)
	連続センサー測定値
	連続センサー移動平均 (1日)
	回帰予測線

## 2. 革新的技術の概要 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

技術	評価項目	評価指標	評価方法	目標値	評価結果
センサー モニタリング	劣化診断の 効率化	作業量・ 時間の低減	実証フィールドでの従来 技術を代替した場合の 作業時間を測定	振動計測に係る100%の作 業時間低減	振動計測に係る <b>100%</b> の作業時間低減→年間 <b>約10.5時間</b> (14設備)
	劣化診断の 高度化	計測誤差 低減	手測定による測定値と の比較	手測定による測定値との一 致(±10%以内)	手測定による測定値と の一致( <b>±10%以内</b> )
	下水処理場 への適用性	適用範囲・ 適用条件	機械設備への適用範 囲を確認	ポンプ・送風機の機種別セン サー設置可否の提示	水中軸受以外の設備に 設置可能
				センサー設置面条件の提示	サイズ・温度条件・設置 位置・固定方法を整理
	設置環境下 での耐久性	劣化 耐久性	設置センサー内部の分 解調査により腐食等を 確認	センサー内部劣化なし 5年程度の耐久性保有	センサー内部劣化なし
タブレット 点検	劣化診断の 効率化	作業量・ 時間低減	実証フィールドでの従来 技術を代替した場合の 作業時間を測定	10%程度の作業時間低減	<b>平均10%</b> の作業時間 低減
	劣化診断の 高度化	精度向上	タブレット点検導入効 果を確認	タブレット端末利用による副 次的効果を整理	遠隔監視、図面管理、 ビデオ通話の効果を整理

## 2. 革新的技術の概要 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

技術	評価項目	評価指標	評価方法	目標値	評価結果
設備劣化 簡易診断 (1/2)	故障予防	損害低減	国総研アンケート結果に基づく低減効果を試算	損害低減率試算方法の確立とその方法による試算	故障対応費標準値からの試算方法確立→ <b>0.06～0.51%</b> の低減率
			劣化加速試験機・実証フィールド既設設備の故障対応標準値から低減効果を試算	国総研アンケート結果に基づく試算相当の損害低減率	劣化加速試験機の故障対応標準値から試算→ <b>0.10%</b> の低減率
	設備補修 点検周期の 延伸	コスト縮減	国総研アンケート結果に基づく縮減効果を試算	経費回収年の試算方法の確立とその方法による試算	延伸倍数(仮定)における標準値コスト縮減効果より経費回収年の試算方法確立延伸1.1倍で経費回収年8.5年
			劣化加速試験機・実証フィールド既設設備の故障対応標準値から縮減効果を試算	オーバーホール周期延伸倍数の可能性とそのコスト縮減率の提示	劣化加速試験機のオーバーホール費から延伸2倍の可能性があり試算→ <b>約50%</b> のコスト縮減率
	劣化診断の 高度化	精度向上	劣化加速試験機のセンサーモニタリング蓄積データから劣化予測の精度を確認	劣化予測情報の可視化と目安となる予測精度の評価	1パターンによる劣化予測情報の可視化と予測精度を確認
			精密診断により設備劣化簡易診断結果を検証	簡易診断結果がAE診断結果の劣化状態と同等	<b>簡易診断結果がAE診断結果の劣化状態と同等を確認</b>

## 2. 革新的技術の概要 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

技術	評価項目	評価指標	評価方法	目標値	評価結果
設備劣化簡易診断 (2/2)	モニタリングデータの蓄積	精度向上	実証フィールドの設備において、ISO規格による絶対判定基準が適用可能な割合を整理	振動速度値がISO規格の優良・良好ゾーンである割合を整理	<b>86%</b> の設備が優良・良好ゾーンにて絶対判定基準適用可能(14%が注意・危険ゾーン)
			判定基準に適用するISO規格の整理	絶対判定基準ISO規格の整理と絶対判定基準適用不可の設備管理方法を整理	ISO10816-1:1995と関連ISO規格の整理 注意・危険ゾーンにある設備の管理方法をフロー化
	劣化診断の効率化	作業量・時間の低減	劣化予測曲線制定に必要な最低測定周期を確認	従来技術(手測定)による本技術の代替可否を評価	1日1回程度の計測が必要で従来技術では代替不可能
	下水処理場への適用性	適用範囲・適用条件	普及展開に向けた建設費・維持管理費用の確認	導入モデルケースの策定と費用関数の整理	処理量別導入モデルケースを策定し、費用関数を整理
			本技術適用にあたり適用対象設備の選定フローを整理	ストマネガイドラインに沿った選定フローの整理	選定フローの整理 実証フィールドでの適用例として14設備を抽出
			本技術適用にあたり設備劣化簡易診断タイミングとフローを整理	保全に係る中期計画・次年度計画における対象設備の選定フローを整理	中期計画(5年間)・中間年度・次年度計画(翌年)における <b>対象設備選定フローを整理</b>

## 2. 革新的技術の概要

### 技術の適用条件・推奨条件(再掲)

- 全ての下水道施設に適応可能  
(水質や処理量・処理方式等には依存しない)

#### 適用条件

- 陸上設置の中速回転設備(600rpm超)
  - <適用不可の設備>
    - ・ 低速回転設備(汚泥掻寄せ機等)
    - ・ 軸受が水中にある設備(水中ポンプ等)
    - ・ 金属筐体で覆われる設備(ターボ送風機等)
    - ・ 補機類の組合せで作動する設備(汚泥脱水機等)
    - ・ 高性能な振動測定器が必要な高速回転設備(ガスタービン等)

#### 推奨条件

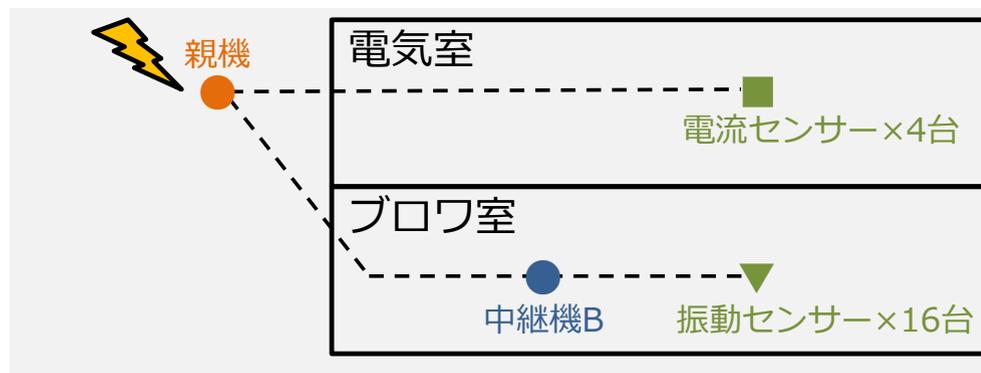
- 精密診断を数多く実施している施設
- 設備の故障発生頻度が多い施設
- 巡回点検箇所が多く帳票集計作業に時間を要する施設

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
- 3. 革新的技術の導入効果**
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

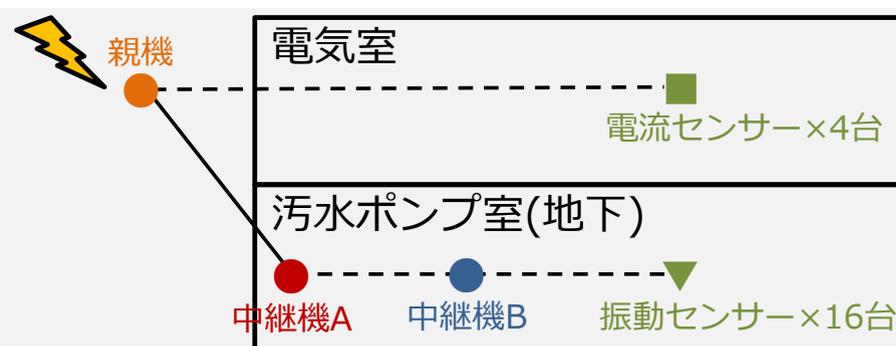
### 3. 革新的技術の導入効果(精密診断の回避)

処理規模5万m<sup>3</sup>/日の連続センサー設置図

①ブロワ棟  
モニタリング対象機器(ブロワ4台)



②ポンプ棟  
モニタリング対象機器(汚水ポンプ4台)



処理規模5万m<sup>3</sup>/日の導入効果①(精密測定回避)

H25～H28年度仙台市での精密診断実績より  
仙台市職員による一次診断(手測定)で二次診断(精密診断)対象となった測定点  
精密診断対象(330ポイント)／総測定点(4,169ポイント)=0.08(8%)

仙台市実績で精密診断を行う対象機器は全体数の8%であることから、  
本ケースにおける対象機器数を1台に設定した。

また、その際の測定ポイント数を軸受部分の4ポイントに設定した。

精密測定対象機器 : 1台(8台 × 0.08 ≒ 1台)

振動測定ポイント数 : 4ポイント(機器側2ポイント、電動機2ポイント)

精密診断費用⇒実証研究での実績値を採用 (導入効果 : 1,782,400円/年)

### 3. 革新的技術の導入効果(故障対応費の低減)

処理規模5万m<sup>3</sup>/日の導入効果②(故障対応費の低減)

- 故障対応費  
機器の軸受部分に関わる故障件数が全体発生件数の10%程度(仙台市実績)であることから、**損害低減効果を標準値の10%**に設定した

#### 故障対応費

全国55下水処理場のアンケート結果に基づく標準値(平成28年度国総研実施)

#### 汚水ポンプ標準値

項目	[千円/年/台]
更新費(15年周期)	1,600
オーバーホール費(8年周期)	467
故障対応費*	129
日常・定期点検対応費	140

計 2,335

#### 送風機標準値

項目	[千円/年/台]
更新費(20年周期)	2,850
オーバーホール費(9年周期)	700
故障対応費*	114
日常・定期点検対応費	151

計 3,815

**導入効果 : 97,200円/年**

汚水ポンプ : 129,000(円)×0.1×4(台) = 51,600円

送風機 : 114,000(円)×0.1×4(台) = 45,600円

### 3. 革新的技術の導入効果(点検時間の低減)

処理規模5万m<sup>3</sup>/日の導入効果③(点検時間の低減)

#### ・点検時間の低減

タブレット端末を利用することにより、点検結果がデータ化される。

従来の紙による点検手法と比べて、点検結果をデータ化する時間削減等の効果を10%に設定した。

#### 点検時間の低減

対象機器	台数 (台)	点検項目	点検項目数 (項目)	点検時間※ (分)	データ入力※ (分)
汚水ポンプ	4	・五感判定(異音、触診、損傷・汚れ、油漏れ、臭気) ・計測判定(温度、圧力、電流、電圧、周波数)	40(=10項目/台×4台)	80	6
ブロワ	4		40(=10項目/台×4台)		

※平成28年度実績より、対応時間を推測

みやぎ中山ポンプ場(点検項目数94)：点検時間90.7分、データ入力6分

国見第一ポンプ場(点検項目数71)：点検時間65.7分、データ入力6分

#### ・1日1回点検した場合の時間削減効果

点検時間86分/回 × 0.1 × 365日/年 = 3,139分(=52.3時間)

52.3時間 × (8時間/人工)<sup>-1</sup> × 19,900円/人工 ≒ 130,000円/年

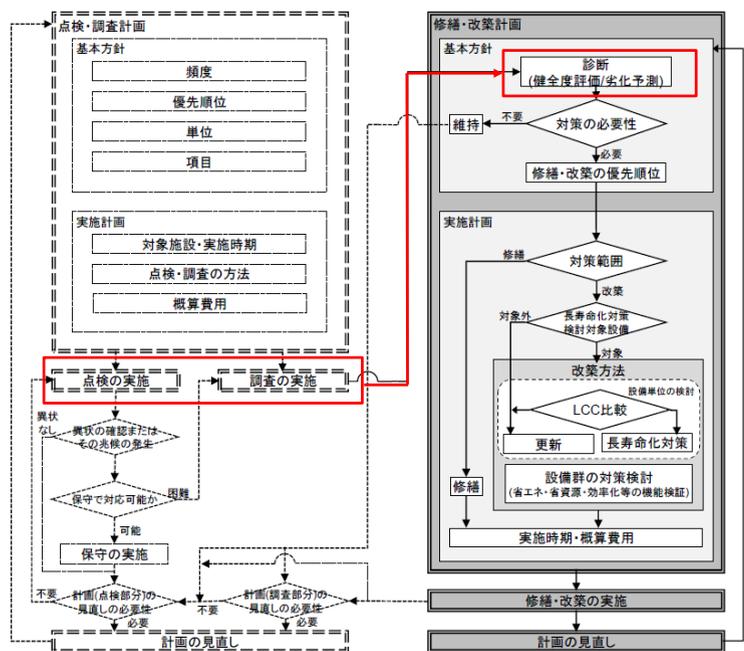
**導入効果： 130,000円/年**

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. **革新的技術の計画・設計**
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

## 4. 革新的技術の計画・設計

### 革新的技術の導入計画策定時の留意点

- 本技術は長期的な運用を前提としているため、運用する当事者が変わっても十分に理解できるように、本技術を導入する意図を明確にしておくこと
- 人事異動等で担当者が変わるたびに運用が疎かになり、導入から数年で陳腐化してしまう恐れがあるため、関係者間で本技術を導入する必要性や意義を十分に共有すること



- **上位計画における本技術の位置づけを示す**  
例えば左図のフローを示し、「〇〇市ストックマネジメント計画において活用されるものであり、機器〇〇の点検・調査を行い、健全度算出のための情報の一部を点検結果として入手するところまでが、本技術の運用範囲である」等とし、上位計画との関係を整理する
- **実際の点検で使用するイメージを明確にする**  
例えば、「機器〇〇の点検は維持管理体制上、これまで手作業で1年ないし数カ月に1回しか振動測定ができなかったが、本技術の導入により10分間隔で測定を行うこととする」等、どのように運用したいか明確にしておく

## 4. 革新的技術の計画・設計

- ◆中期保全計画期間(5年)の間に振動値が急上昇した場合、中期保全計画の対象設備を、毎年の次年度実施判定を実施することでカバー可能
- ◆1年未満の振動値が急上昇は、突発故障が疑われるため、突発故障発生時のフローにて対応
- ◆**中期計画で保全計画対象から漏れた設備の振動上昇を確認する目的で中期計画の中間年度にも実施判定を実施する**  
 ～実証期間中に振動値が上昇した設備はなく劣化による振動値の上昇は少なくとも5年以上のスパンであることを確認

保全計画策定スケジュール例



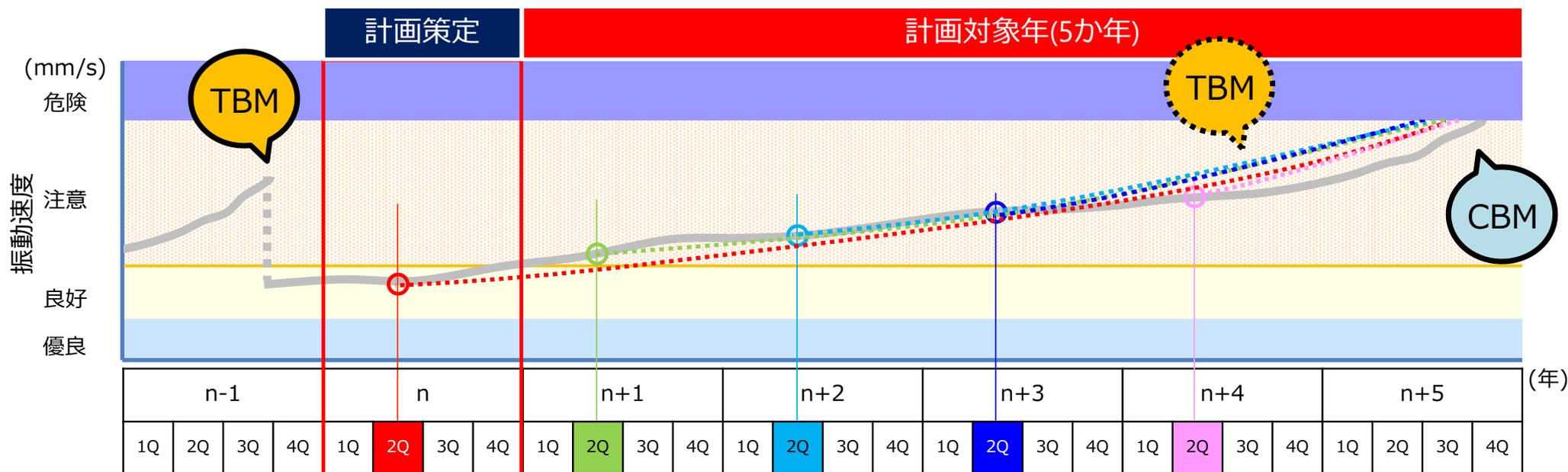
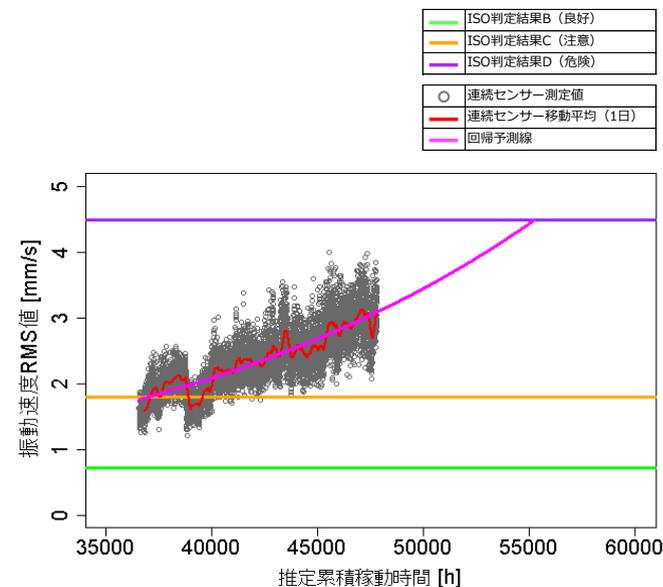
②中期計画の保全対象設備につき、毎年の次年度実施判定を下記フローで実施  
 【保全対象設備の次年度実施判定フロー】※中間年度でも確認

①中期計画年度の前年に、同計画期間中に保全対象となる設備を下記フローで選定  
 【中期計画保全対象設備の選定フロー】

突発故障発生時は常時監視による警報発報→緊急連絡フローに従い対応  
 (警報発報：センサーモニタリングが保有する機能)

# 4. 革新的技術の計画・設計

判定	実施年	期	到達年	判定結果
計画策定判定	n	2Q	n+5	○
次年度計画判定	n+1	2Q		×
	n+2	2Q		×
	n+3	2Q		×
	n+4	2Q		○



1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
- 5. 革新的技術の維持管理**
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

## 5. 革新的技術の維持管理

### 革新的技術の導入による既存維持管理への影響

本技術を導入した場合の従来技術の維持管理との比較

技術	追加される項目	削減される項目
センサー モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>•電池交換(年4回/台)</li> <li>•死活監視</li> <li>•しきい値およびアラーム設定の変更管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•手測定実施後のデータ入力作業</li> </ul>
タブレット点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>•タブレット端末の保守管理</li> <li>•クラウドサーバの保守管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•点検実施後のデータ入力作業</li> </ul>
設備劣化 簡易診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>•取得データの前処理・可視化</li> </ul>	—

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

## 6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

実証中に発生した課題	課題に対する工夫
親機⇔子機間の無線通信エラー	<p>発生原因： 親機設置場所と子機設置場所の間隔が遠いことに加え、RC躯体のため電波が届かず欠測していた</p> <p>対策： 中継器と有線ケーブルの組み合わせ敷設を行うことで通信エラーを回避した</p> <p>対策後： 対策以後、通信エラーは無くなった</p>

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

## 7. 問い合わせ先

本技術ガイドラインに関する問い合わせは、以下にお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	下水道研究部 下水処理研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3933 URL <a href="http://www.milim.go.jp">http://www.milim.go.jp</a>
----------------------	--

### <実証研究者連絡先>

水ing株式会社	デジタルイノベーション統括 ITサービス開発部 〒108-8470 東京都港区港南1-7-18 TEL 03-6830-9085 URL <a href="https://www.swing-w.com">https://www.swing-w.com</a>
仙台市	仙台市建設局 下水道経営部 経営企画課 〒980-8761 仙台市青葉区国分町3丁目7番1号 TEL 022-214-8509 URL <a href="https://www.city.sendai.jp/">https://www.city.sendai.jp/</a>

# Appendix

# 経費回収年の試算

## 試算条件

- ・連続センサーの設置およびタブレット点検による導入効果(コストメリット)を精密測定  
の回避と故障対応費の低減に対比させて、以下の計算式より経費回収年を試算した

$$\text{経費回収年 (年)} = \frac{\text{建設費 (百万円)}}{\text{導入効果 (百万円/年)} - \text{維持管理費 (百万円/年)}}$$

### 経費回収年に関わる費用項目

費用項目		センサーモニタリング	タブレット点検
建設費		<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器費(連続センサー、親機、中継機、タブレット端末)</li> <li>・LANケーブル設置費(LANケーブル資材費、設置費等)</li> <li>・センサー設置費(クラウド設定費、現地通信試験確認等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タブレット本体の購入費</li> </ul>
維持管理費		<ul style="list-style-type: none"> <li>・連続センサー通信費(クラウド使用費、親機通信費)</li> <li>・連続センサーの電池交換、作業労務費 <b>(年4回/4人工を想定)</b></li> <li>・モニタリング技術が提供するデータ分析費用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タブレット端末の通信料</li> <li>・クライアント証明書費用</li> </ul>
導入効果	精密診断の回避	<ul style="list-style-type: none"> <li>・精密測定にかかる現地作業人工を<b>振動測定ポイント(12ポイント迄/日)</b>として、費用を算出した。尚、精密測定にかかる費用は本研究での実績値を採用した</li> <li>・簡易診断を適用した場合、状態判定B(注意1)のものは精密診断を行わずに連続センサーによる状態監視を継続する。</li> <li>本技術の適用対象となる測定ポイントの割合を仙台市実績より<b>全体8%</b>に設定した(H25~H28年度仙台市実績) 状態判定B(330ポイント) / 総測定ポイント数(4169ポイント) = 0.08</li> </ul>	
	故障対応費の低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の軸受部分に関わる故障件数が全体発生件数の10%程度(仙台市実績)であることから、<b>損害低減効果を標準値(故障対応費)の10%</b>に設定した。</li> <li>・故障対応費は、平成28年度に実施した国総研アンケート結果より処理規模別の値を採用した。</li> </ul>	
	点検時間の低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検にタブレット端末を利用した場合、従来の紙を用いた場合と比較して<b>10%</b>の作業時間が低減される。</li> </ul>	

# 経費回収年の試算

## 建設費(処理規模5万m<sup>3</sup>/日)

- センサーモニタリングでは、処理場内で連続センサーによる測定、通信環境を整えることから①機器費、②LANケーブル設置費、③環境構築費が必要になる
- タブレット点検では、①機器費(端末本体、端末保持具)③環境構築費(点検帳票作成等)が必要になる

### ①機器費

対象	品目	単価	個数	小計
センサーモニタリング	親機	132,000	2	264,000
	中継機A	63,000	1	63,000
	中継機B	76,000	2	152,000
	電流センサーA(電流)	45,000	8	360,000
	電流センサーB(振動)	76,000	32	2,432,000
タブレット点検	タブレット端末	37,800	2	75,600
	タブレット保持具	7,500	2	15,000
	契約事務手数料	3,000	2	6,000
				3,367,600

### ③環境構築費

対象	品目	単価	個数	小計
センサーモニタリング	計測支援	657,100	1	657,100
	旅費交通費	530,600	1	530,600
タブレット点検	環境構築費	1,000,000	1	1,000,000
				2,187,700

### ②LANケーブル設置費

対象	品目	単価	個数	小計
センサーモニタリング	【材料費】			
	LANケーブル材料費			
	ポンプ棟(20m)	210	20	4,200
	メタルラック	7,900	5	39,500
	プラボックス	11,500	5	57,500
	漏電遮断器	4,100	5	20,500
	防水タップコード	4,800	5	24,000
	【工事費】			
	LAN配線工事費	750	20	15,000
	成端工事費	1,000	2	2,000
	LAN測定費	1,500	1	1,500
	機器取付工事費	64,000	1	64,000
	諸経費	50,000	1	50,000

**建設費(①+②+③) : 5,833,500円**

# 経費回収年の試算

## 維持管理費(処理規模5万m<sup>3</sup>/日)

- センサーモニタリングでは、連続センサーが収集したデータをクラウドに登録することから、親機の通信費、クラウド使用料が維持管理費として現れる。また、連続センサーの電池交換が年4回の頻度で必要になることから、電池費用と交換作業労務費が現れる
- タブレット点検では、本体通信料とシステムに接続するためのクライアント証明書が必要になる

### ④維持管理費

対象	品目	単価	個数	小計
センサー モニタリング	親機 通信費	82,800	2	165,600
	連続センサーA(電流) クラウド使用料	1,800	8	14,400
	連続センサーB(振動) クラウド使用料	5,400	32	172,800
	電工単価(宮城県・主任)※	19,900	4	79,600
	交換電池(電流用) 単三電池3本セット	250	32	8,000
	交換電池(振動・温度用) CR電池	150	128	19,200
	データ分析費用	100,000	1	100,000
タブレット 点検	タブレット端末の通信料	68,400	2	136,800
	クライアント証明書費用	10,000	2	20,000

※労務単価については、宮城県における平成29年の電工単価(主任)を適用した

716,400

**維持管理費： 716,400円/年**