

A I による音響データを用いた 雨天時浸入水検知技術の実用化 に関する実証研究

（株）建設技術研究所・（国研）産業技術総合研究所・
郡山市・つくば市・名古屋市・神戸市・熊本市
共同研究体

目次

1. 革新的技術の概要と目的
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. 革新的技術の概要と目的

1-1. 下水道事業（地方自治体）が抱える課題（革新的技術に関連する課題）

下水道事業が抱える課題

- 雨天時浸入水は全国的な課題であり、下水道経営悪化の一因
 - 全国不明水量：約26億m³/年（年間処理水量の約17%）
 - 約100億円/年超が未回収（下水道事業経営を圧迫）
- 原因特定に膨大な時間と費用がかかり、対策が進まない

出典：令和元年度公営企業年鑑

雨天時浸入水調査の課題

- 調査費用が高い（多箇所水位計・流量計を設置）
- 計画⇒調査⇒分析⇒特定に長期を要する



1. 革新的技術の概要と目的

1-2. 下水道ビジョンとの関連

- 下水道技術ビジョン「⑤雨水管理（雨水利用、不明水対策等）技術目標4（不明水の実態把握、影響評価と有効な対策の確立）」に対応する技術

課題4 不明水対策について実態把握、影響評価、対策が十分講じられていない。このため、必要な技術開発を通じてこれらを体系的に実施する必要がある。	●技術目標4 不明水の実態把握、影響評価と有効な対策の確立 ●技術開発項目4 不明水対策の効果的な実態把握（センサー、モニター）、影響評価、および有効な対応技術の開発 （基礎研究） X-RAINを活用した不明水対策、越流水の水質調査方法の開発（採水手法の開発、水質シミュレーションモデルの開発、センサー、モニターの開発） （実証研究） 対策技術の実証、対策効果の評価、ガイドライン化 （応用研究） 越流水の実態把握、リスク評価の実施、対策技術（消毒、沈殿、ろ過）の開発 注）分流式下水道における雨天時浸入水対策（不明水）もここに含む
---	---

出典：下水道技術ビジョン（令和3年2月一部改定）

1. 革新的技術の概要と目的

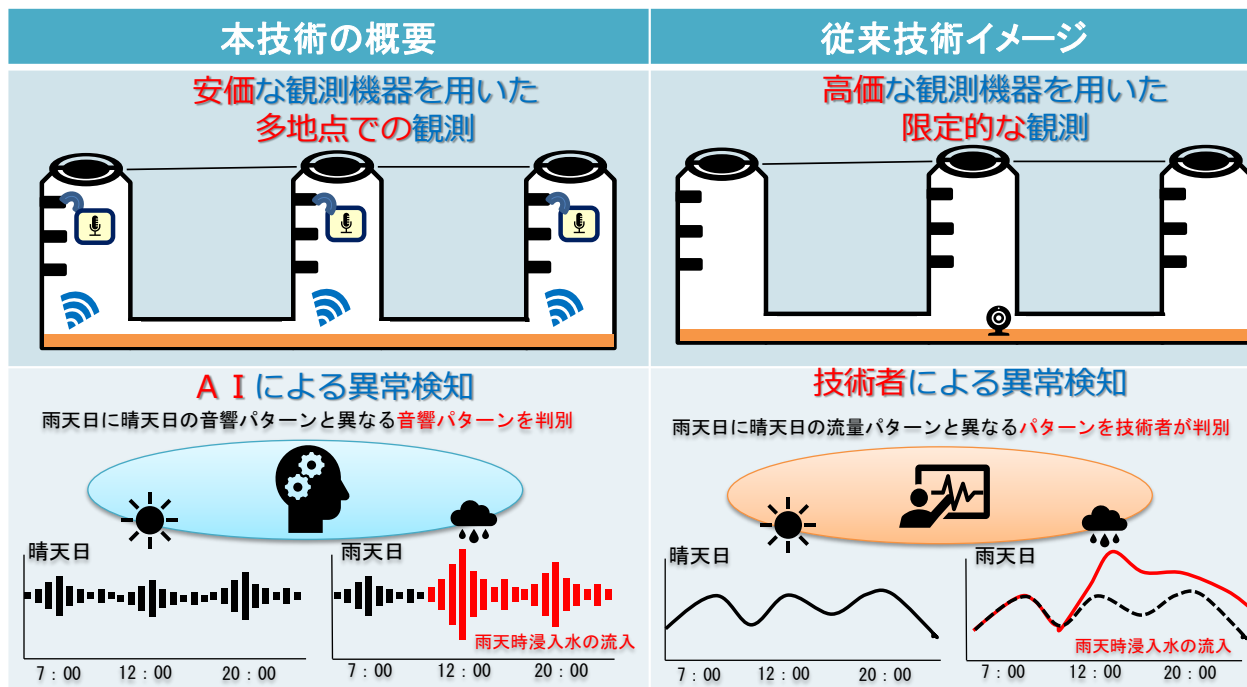
1-3. 革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

革新的技術の特徴

- **流下量と流水音の関係**に特徴があることに着目

- 安価な集音装置を用いて下水道管内の流水音を収録する①音響調査
- 晴天時と雨天時の音響パターンの違いから雨天時浸入水の有無を自動的に判別する②AI解析を組み合わせ

→従来技術の課題である調査費用や期間に対して、**一定の削減効果**を得ることが可能



1. 革新的技術の概要と目的

1-3. 革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

雨天時浸入水の調査手法

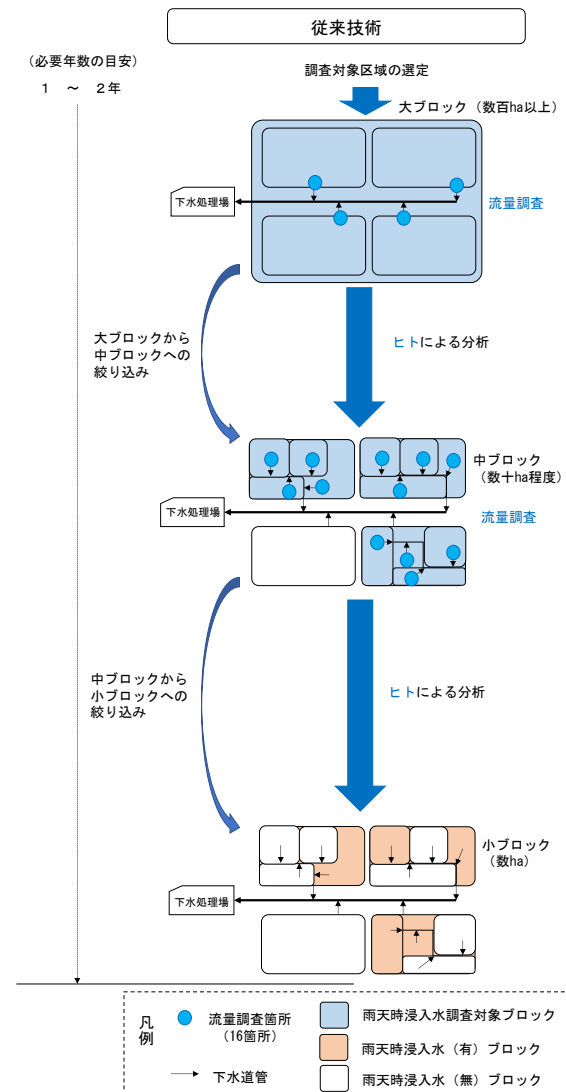
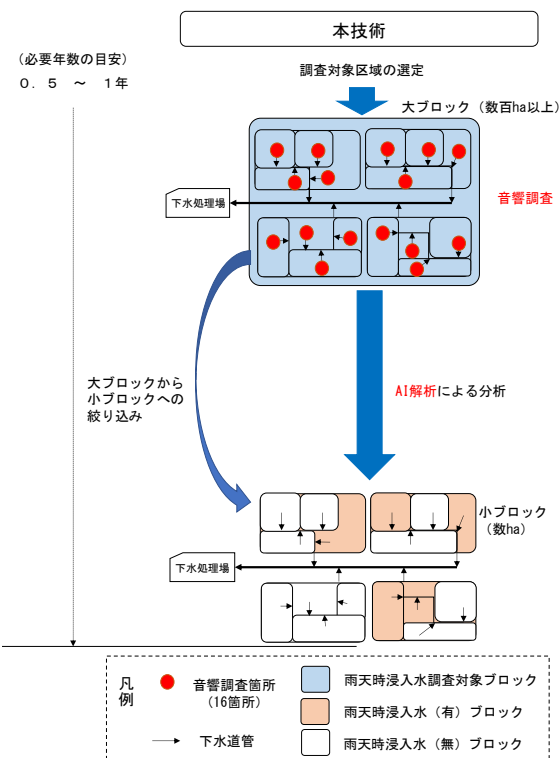
従来技術

- 数年かけて段階的に雨天時浸入水箇所を絞り込み

本技術

- 大ブロック内の小ブロックを対象に、一斉に音響調査を実施（右図）
- 一度の調査で雨天時浸入水の発生区域を検知することが可能

→ 迅速かつ安価な雨天時浸入水調査の実現



1. 革新的技術の概要と目的

1-4. 革新的技術の普及対象範囲（ターゲット）

革新的技術の普及対象範囲

- ・ 本技術は雨天時浸入水を検知するための調査・解析技術
→ 地方公共団体等の下水道事業者及び関連する民間企業等を普及対象範囲として想定

1. 革新的技術の概要と目的

1-5. 革新的技術の導入により期待される効果（経済・環境・社会面）

本技術導入により期待される効果

- 本技術の導入により、雨天時浸入水調査のコストを大幅に削減
- コスト・時間の縮減により対策の推進が期待できる

2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要（詳細）

本技術の構成

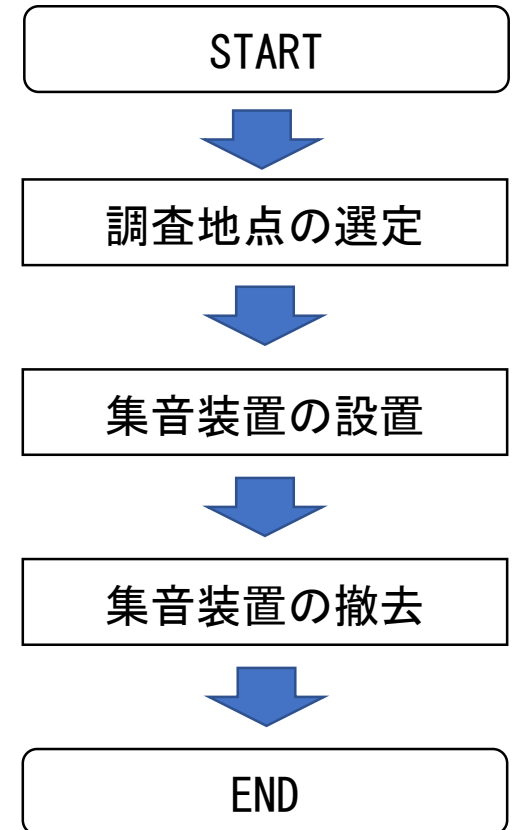
- 音響調査
 - 音響調査は、雨天時浸入水の検知のためのAI解析で使用する下水道管内の流水音を連続的に収録するもの
- AI解析
 - AI解析は、音響調査にて収録された下水道管内の流水音をデータ変換し、その音が有する晴天日と雨天日の特徴の違いから雨天時浸入水の有無を判定するもの

2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要（詳細）

音響調査①

- 雨天時浸入水の検知のためのAI解析で使用する下水道管内の流水音を連続的に収録
- 選定された調査地点のマンホール上部に集音装置を設置して、雨天日1日以上（0.5mm／日以上）、晴天日14日以上を含む観測期間に下水道管内の流水音を収録
- 降雨観測については、調査対象区域内、もしくは近傍に設置された既存の雨量計データを活用することを基本



2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要（詳細）

音響調査②

- 音響調査で必要となる
主な機器の構成・仕様等



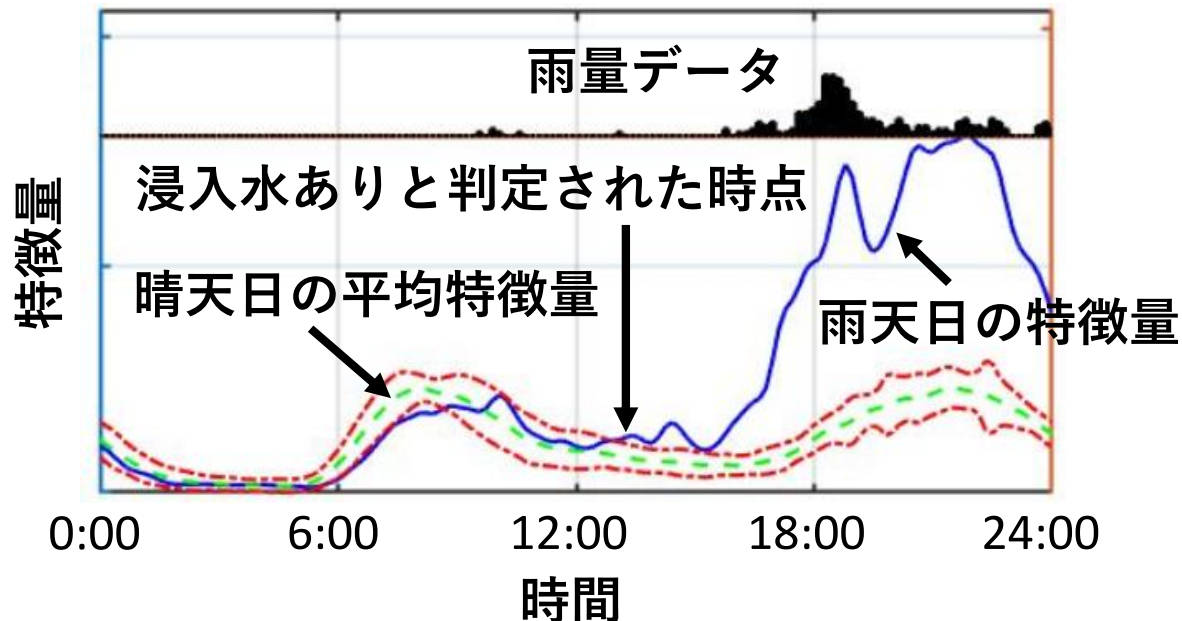
①外部マイク	下水道管内の流水音を収集するための機器であり、IPX4相当の防水性能を有したもの。
②ボイスレコーダ	外部マイクと接続し、収集した音を調査期間中連続的に保存・記録できるもの。
③電源	外部マイク及びボイスレコーダが調査期間中連続的に稼働可能なもの。
④防水ケース	ボイスレコーダ及び電源を格納し、IP67相当の防水・防塵性能を有したもの。

2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要（詳細）

AI解析

- 実証研究で用いたAI解析の基本的な考え方
 - 晴天日の特徴を反映した平均的な音響パターンである特徴量を規定した上で、同様に規定した雨天日の特徴量と比較し、晴天日と異なる場合に雨天時浸入水が発生していると判定

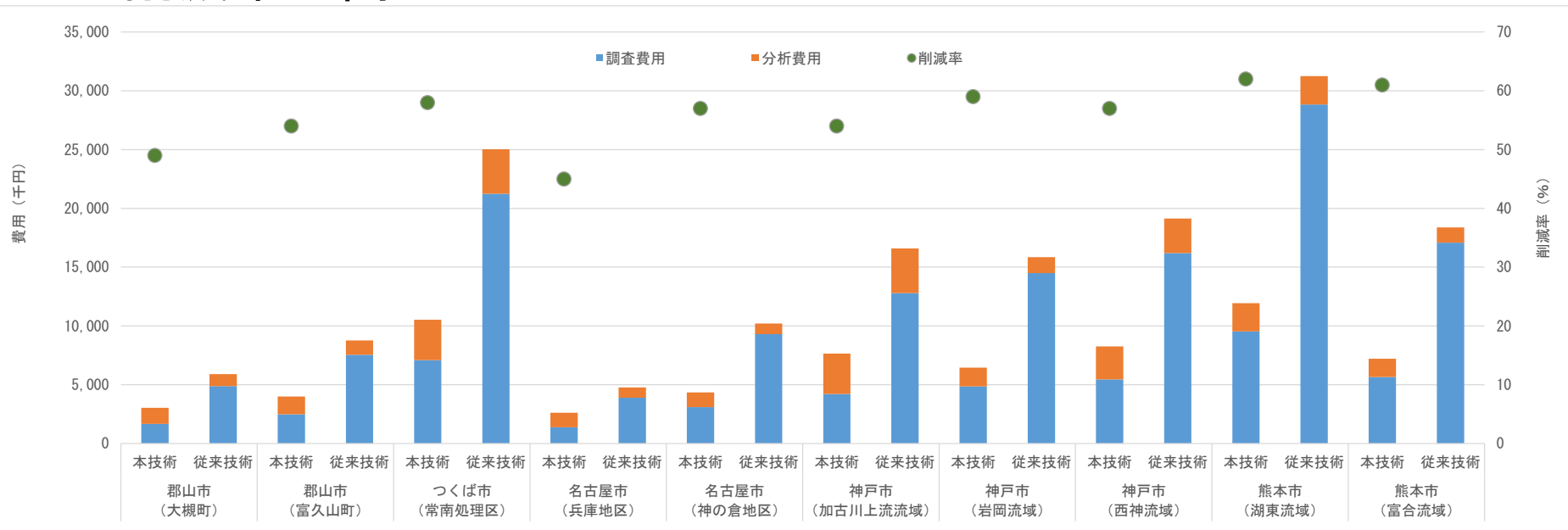


2. 革新的技術の概要

2-2. 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

事業性

- 本技術と従来技術※における調査及び分析に要する費用を算出し、従来技術に対する本技術の削減率で評価
- 調査箇所数が多くなると事業性が高い傾向
- 安価な集音装置で日進量も大きいことから、調査に係る費用の削減率が高い



※従来技術：流量計による観測結果を技術者が分析することで、雨天時浸入水の発生区域や箇所を絞り込む技術

2. 革新的技術の概要

2-2. 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

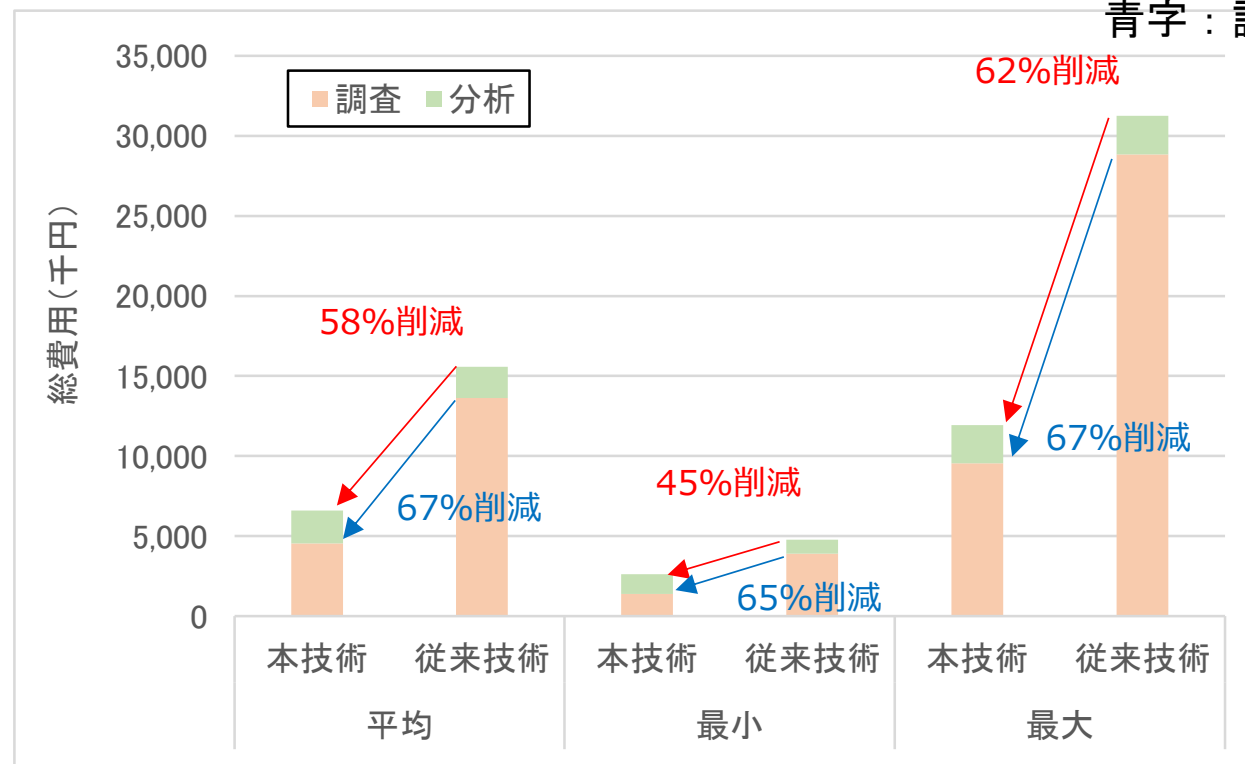
事業性

- 本技術の導入により、調査及び分析に要する費用が**平均58%**
（最大62%、最小45%）削減

※図中の削減率

赤字：総費用に対する削減率

青字：調査費用に対する削減率



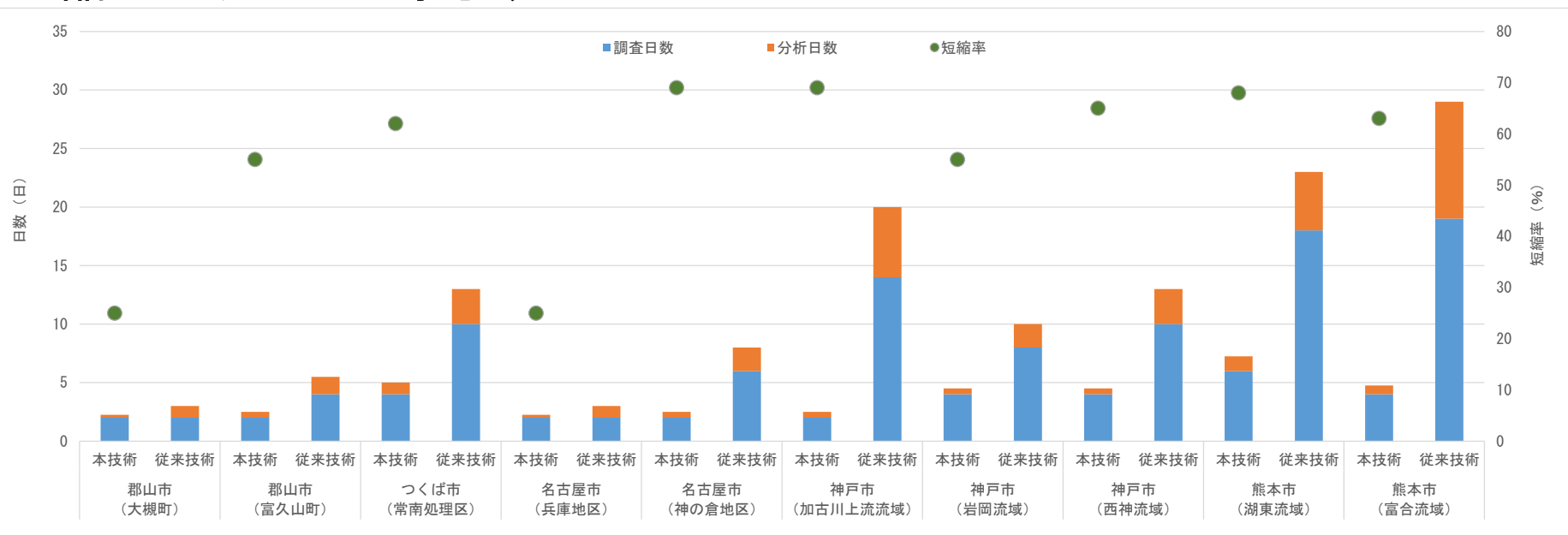
※従来技術：流量計による観測結果を技術者が分析することで、雨天時浸入水の発生区域や箇所を絞り込む技術

2. 革新的技術の概要

2-2. 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

効率性

- 本技術と従来技術※における調査及び分析に要する作業日数を算出し、従来技術に対する本技術の短縮率で評価
- 調査箇所数が多くなると効率性が高い傾向
- AIによる自動解析のため、調査箇所数が多いと分析日数の短縮化に大きく寄与する



※従来技術：流量計による観測結果を技術者が分析することで、雨天時浸入水の発生区域や箇所を絞り込む技術

2. 革新的技術の概要

2-2. 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

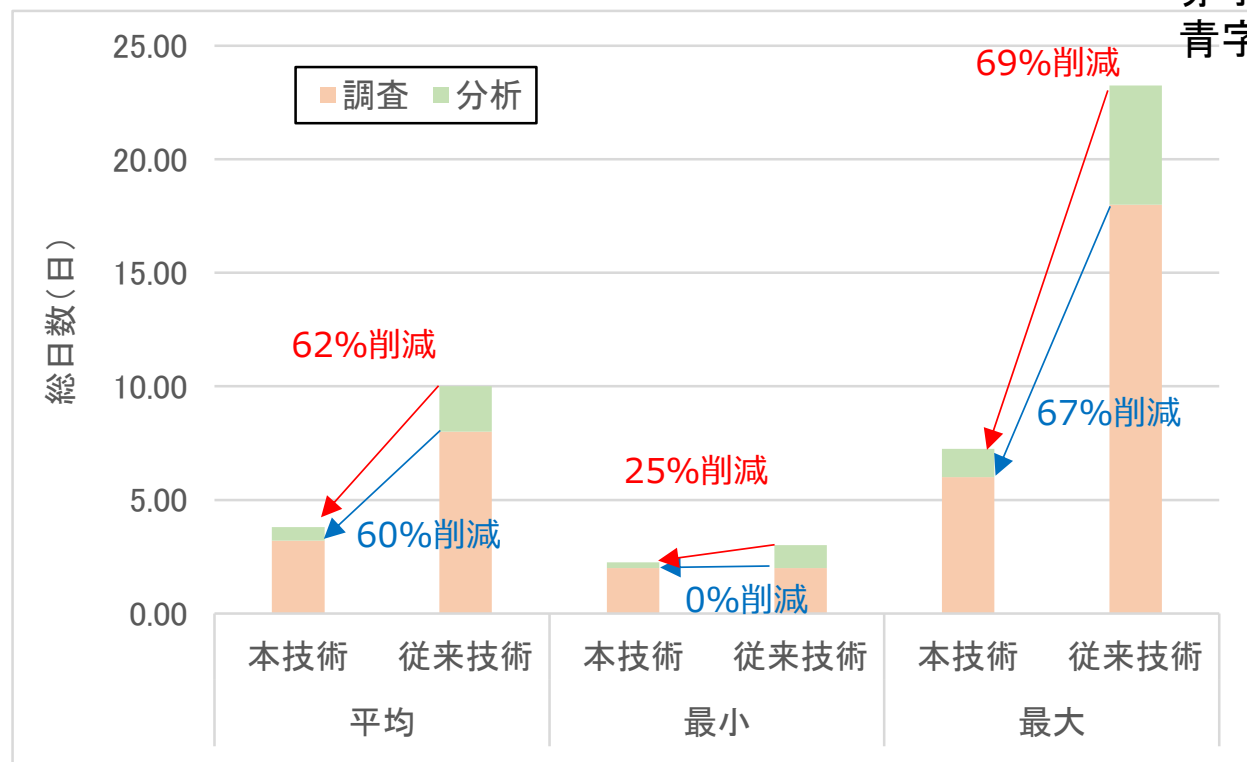
効率性

- 本技術の導入により、調査及び分析に要するに作業日数が**平均62%（最大69%、最小25%）削減**

※図中の削減率

赤字：総日数に対する削減率

青字：調査日数に対する削減率



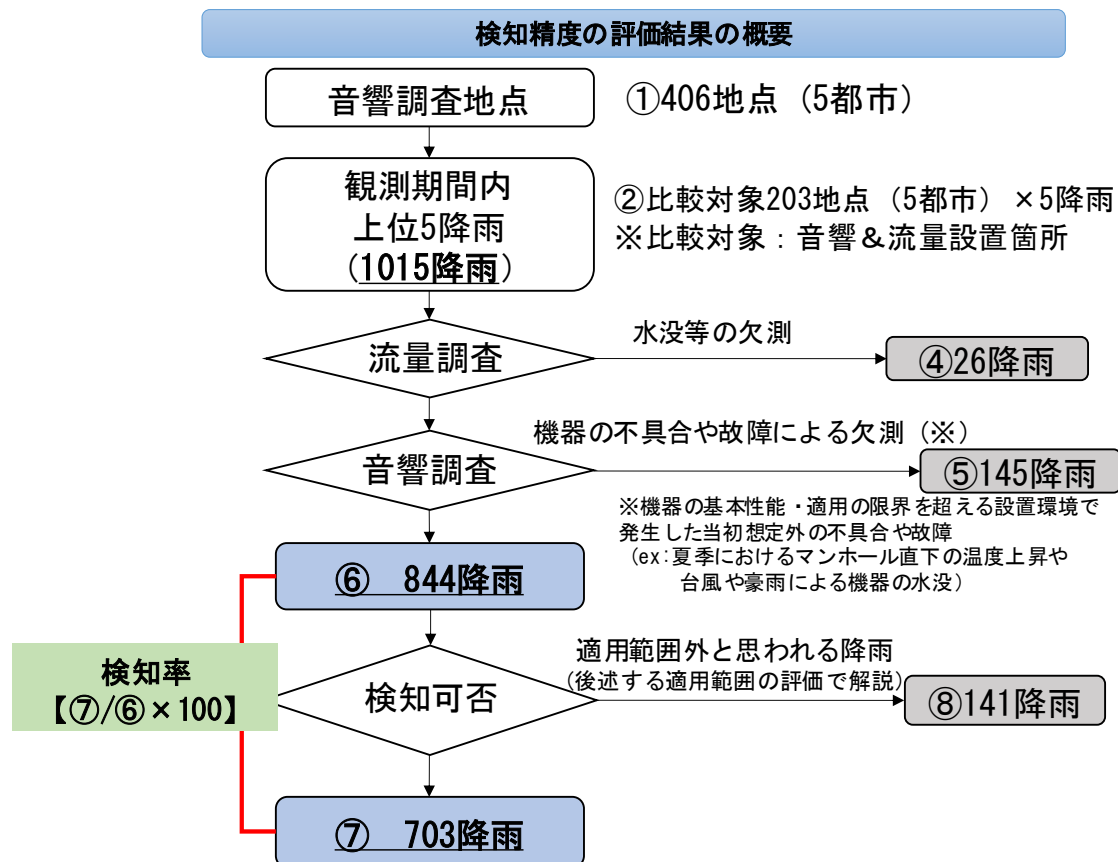
※従来技術：流量計による観測結果を技術者が分析することで、雨天時浸入水の発生区域や箇所を絞り込む技術

2. 革新的技術の概要

2-2. 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

検知精度

- 評価対象844降雨に対しての検知精度は83%（⑦/⑥）
- 適用範囲の評価を踏まえ、適用範囲外を評価母数から除いた場合は**検知精度100%**



2. 革新的技術の概要

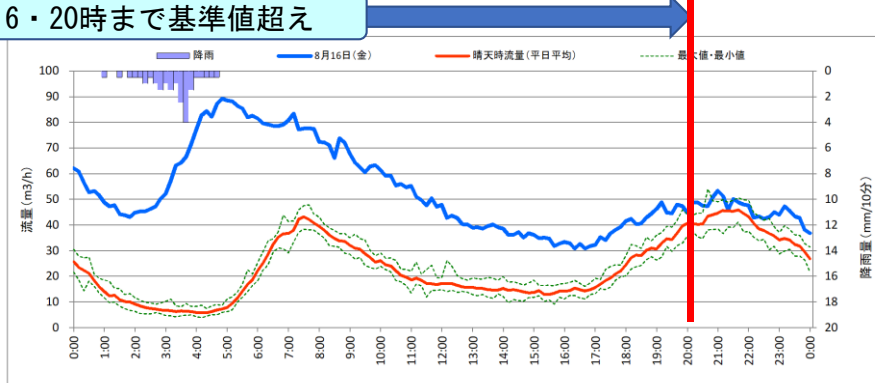
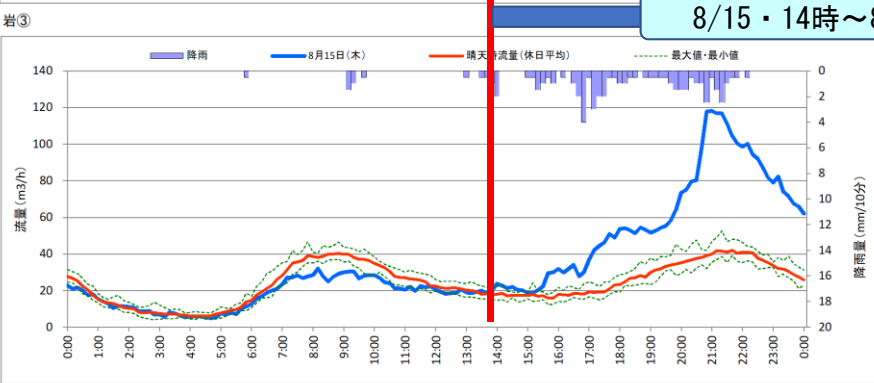
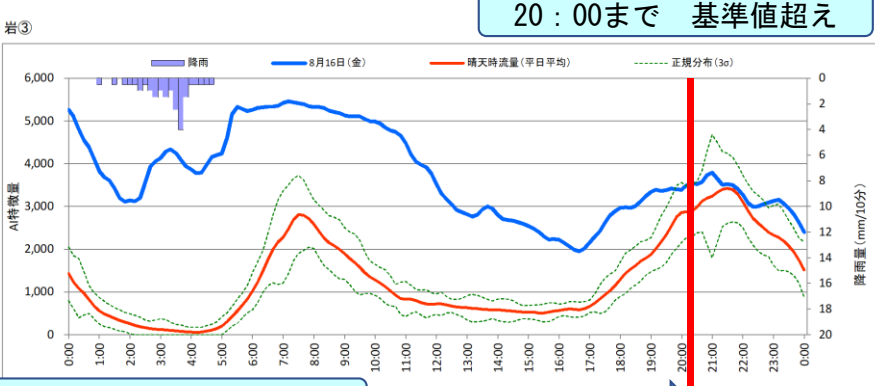
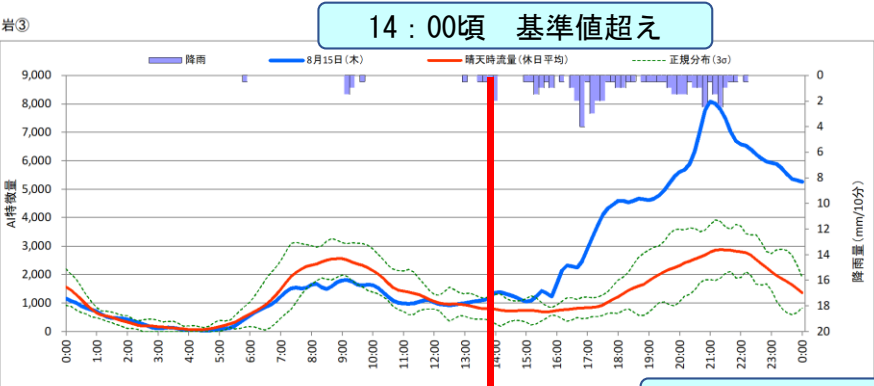
2-2. 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

検知精度

- 従来手法と比較しても、異常を検知する時間帯・異常が発生している期間とも整合が図れている

本技術

従来技術



2. 革新的技術の概要

2-3. 技術の適用条件・推奨条件

適用条件

- 本技術は、分流式下水道の污水管であれば、以下の適用範囲外の調査地点を除き**全て適用可能**

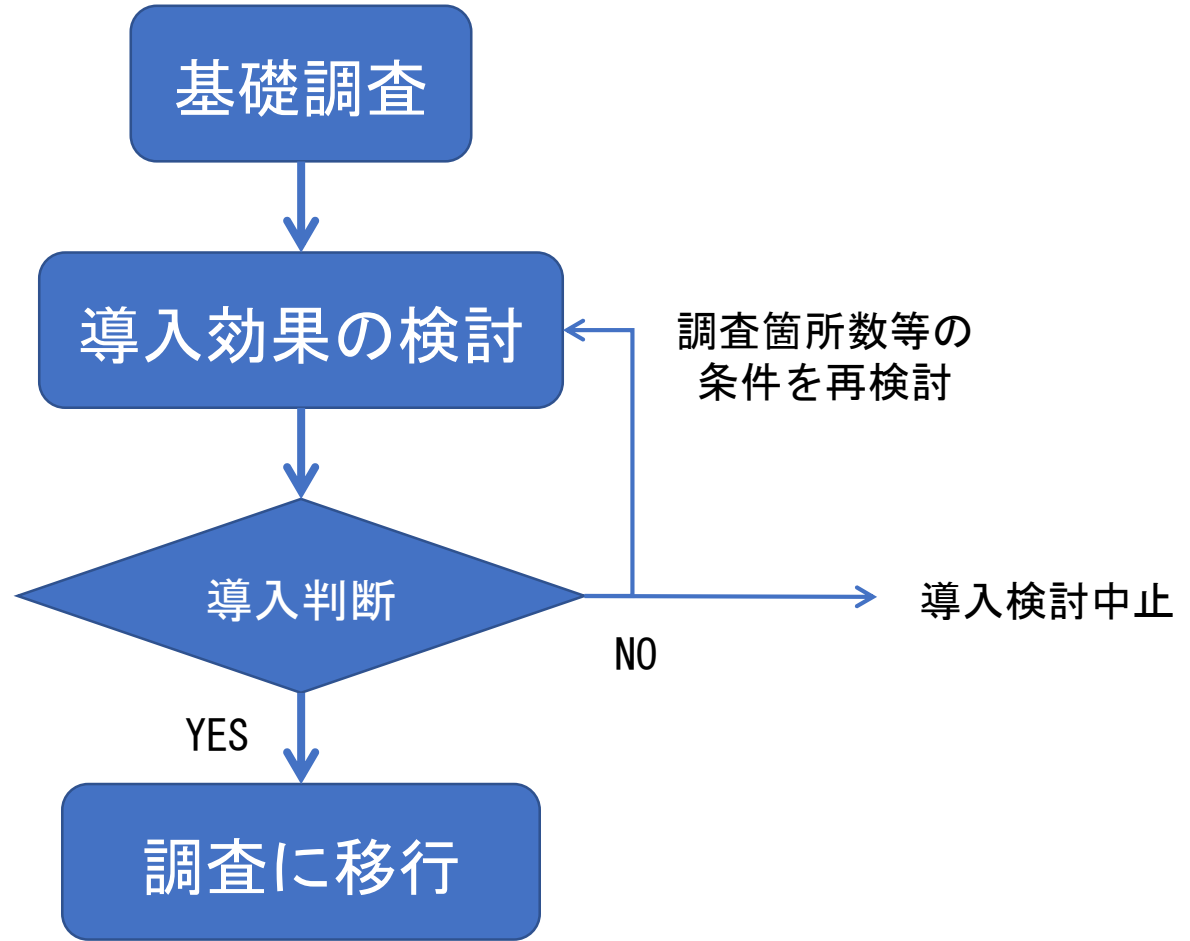
適用範囲

- 以下に該当する調査地点では、AI解析における晴天日の音響パターンの構築が困難となるため、調査地点から除外することが望ましい
 - ポンプの起動・停止の影響
 - 不定期排水の影響
 - 屈曲部で調査する場合
 - マンホールへの直接流入がある場合

3. 革新的技術の導入効果

3-1. 「1-5.」を評価するための方法（概要説明）

導入検討手順



3. 革新的技術の導入効果

3-1. 「1-5.」を評価するための方法（概要説明）

導入効果の検討

・事業性に関する効果

項目	本技術	従来技術
調査	設置 撤去 巡回点検 機器損料（音響装置） 報告書作成	設置 撤去 巡回点検 機器損料（流量計） 報告書作成
分析	計画準備 現地踏査 解析（AI解析） 報告書作成 計画協議	計画準備 現地踏査 解析（調査結果の整理・分析） 報告書作成 計画協議

・効率性に関する効果

項目		本技術	従来技術
調査	設置	設置可能箇所数（箇所/日）	設置可能箇所数（箇所/日）
	巡回点検	点検可能箇所数（箇所/日）	点検可能箇所数（箇所/日）
	撤去	撤去可能箇所数（箇所/日）	撤去可能箇所数（箇所/日）
分析		AI解析を行うための日数（日）	データ分析を行うための日数（日）

3. 革新的技術の導入効果

3-2. 「1-4.」で示すターゲット規模での検証結果

調査地点の概要

- ・ 実証研究での調査は全国5都市の10地区において実施
- ・ 流域面積の大きさもバリエーションを増やし、どの規模でも実施可能かを把握
- ・ 一部地区では、大規模から小規模まで1年間で実施

調査自治体	流域名	絞り込み種別	調査期間			備考
			開始	終了	日数	
郡山市	大槻町	中⇒小ブロック	2019/9/21	2019/10/24	33	
	富久山町	中⇒小ブロック	2019/9/21	2019/10/24	33	
つくば市	常南	大⇒中ブロック	2019/8/24	2019/9/27	34	
名古屋市	兵庫地区	中⇒小ブロック	2019/9/14	2019/10/25	41	
	神の倉地区	中⇒小ブロック	2019/9/14	2019/10/25	41	
神戸市	加古川上流	大⇒中ブロック	2019/7/24	2019/9/9	47	
	岩岡P流域	大⇒中ブロック	2019/7/27	2019/9/9	44	第1フェーズ
	〃	中⇒小ブロック	2019/11/9	2019/12/12	33	第2フェーズ
	西神流域	大⇒中ブロック	2019/7/27	2019/8/28	32	第1フェーズ
	〃	中⇒小ブロック	2019/11/8	2019/12/10	32	第2フェーズ
熊本市	湖東流域	大⇒中ブロック	2019/8/1	2019/9/20	50	第1フェーズ
	〃	中⇒小ブロック	2019/11/16	2019/12/20	34	第2フェーズ
	富合流域	大⇒中ブロック	2019/8/3	2019/9/20	48	

3. 革新的技術の導入効果

3-2. 「1-4.」で示すターゲット規模での検証結果

実証結果の総括

- 検知精度：適用範囲の評価を踏まえ、適用範囲外を評価母数から除いた場合は**検知精度100%**
- 事業性：調査及び分析に要する費用が**平均58%（最大62%、最小45%）削減**
- 効率性：調査及び分析に要する費用が**平均62%（最大69%、最小25%）削減**

実証項目	評価項目	目標	実証結果	備考
性能	検知精度	100%	100%	適用範囲外を除いた評価
性能	適用範囲	適用範囲の 明確化	適用範囲外 事象の抽出	
事業性	調査分析費用	50%削減	平均58%	
効率性	調査分析日数	50%削減	平均62%	

4. 革新的技術の計画・設計

4-1. 革新的技術の導入による既存施設への影響

- 本技術は、雨天時浸入水を検知するための調査・解析技術であるため、**既存施設への影響は特にない**
- ただし、集音装置設置の際、マンホール内に装置を固定する部材（足掛金物等）がない場合は、マンホール壁にアンカーを打設する可能性がある（調査終了後モルタル充填により現況復旧）

4. 革新的技術の計画・設計

4-2. 計画・設計で考慮すべき事項

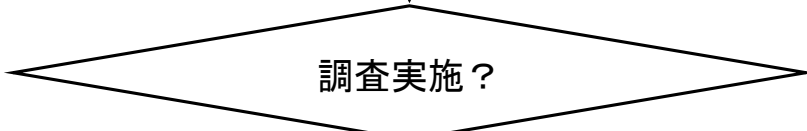
調査手順

第4章 調査の範囲

(1) 事前確認

①机上検討による事前確認
下水道台帳等で調査地点を机上検討

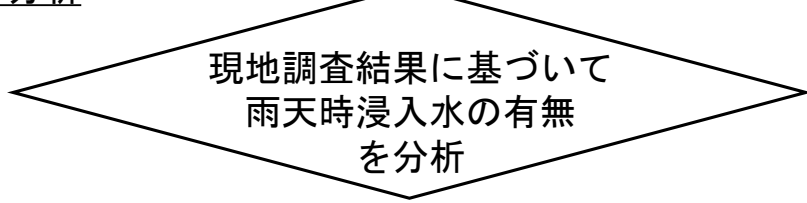
②現地における事前確認
机上検討した調査地点に対して、音響調査が
実施可能かを現地で判断



(2) 現地調査

マンホール内に集音装置を設置し、下水道管
内の晴天日及び雨天日の流水音を収録

(3) 分析



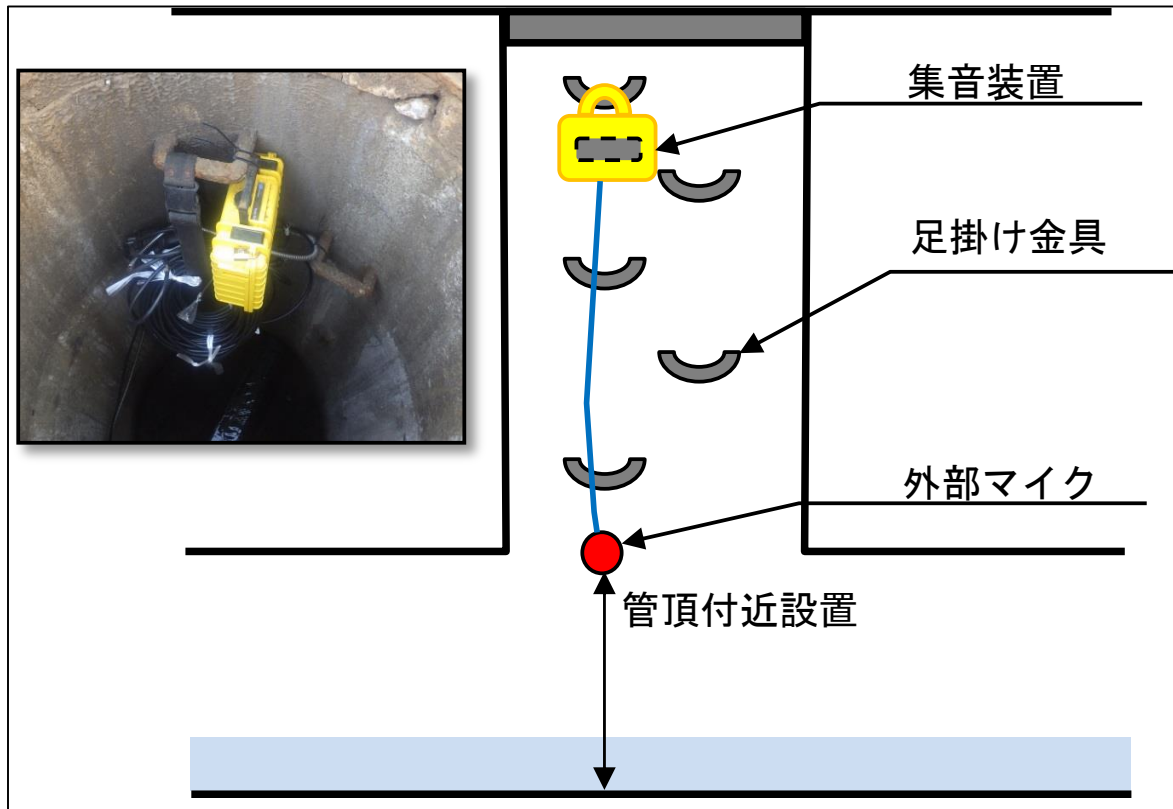
不可の場合、周辺の代
替地点を確認

4. 革新的技術の計画・設計

4-2. 計画・設計で考慮すべき事項

現地調査時の留意点

- 外部マイクは管頂付近に設置することを基本とし、地上部から外部マイクの設置位置を調整
- 外部マイクの位置が変化しないように足掛け金具等に固定



作業開始

①設置（撤去）準備

- ・安全帯設置
- ・マンホール内の酸素・硫化水素測定

②集音装置設置（撤去）

- ・外部マイク高さ調整（設置時のみ）
- ・流水音収録開始（停止）
- ・集音装置設置（撤去）

③設置（撤去）完了

- ・マンホール閉塞状況確認
- ・安全帯開放

作業終了

4. 革新的技術の計画・設計

4-2. 計画・設計で考慮すべき事項

分析

○現地調査において収録された音響データの分析

①晴天日の音響データをAI解析

- ・ 現地調査時の晴天日に収録された音響データをAI解析プログラムによって解析し、晴天日の24時間ごとの特徴量変化（平均特徴量や晴天日の特徴量の範囲）を得る

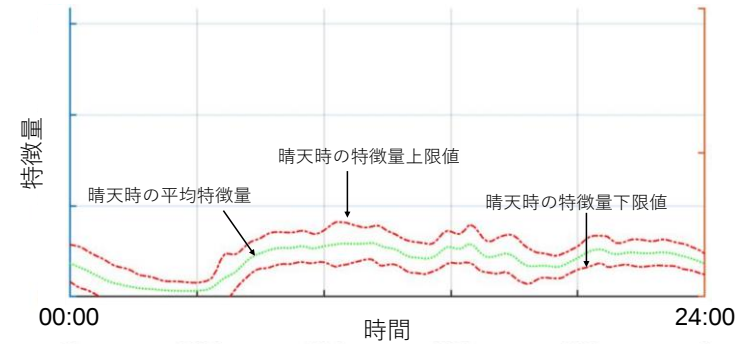
②雨天日の音響データをAI解析

- ・ 現地調査時の雨天日に収録された音響データをAI解析プログラムによって解析

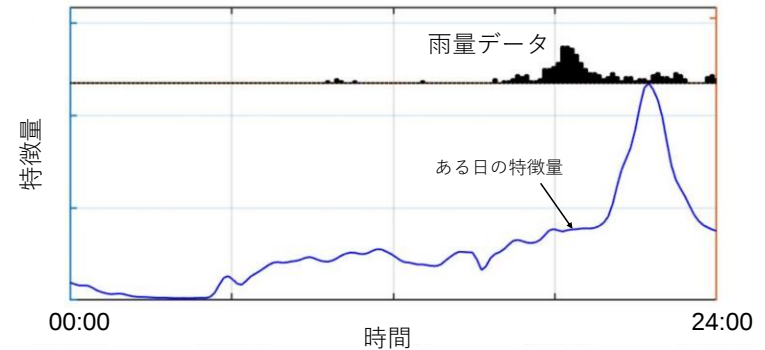
③雨天時浸入水の有無を判断

- ・ 晴天日と雨天日の各時間における特徴量が晴天日の同じ時間の範囲を超えた場合は雨天時浸入水が発生したと判定し、超えない場合は雨天時浸入水が発生していないと判定

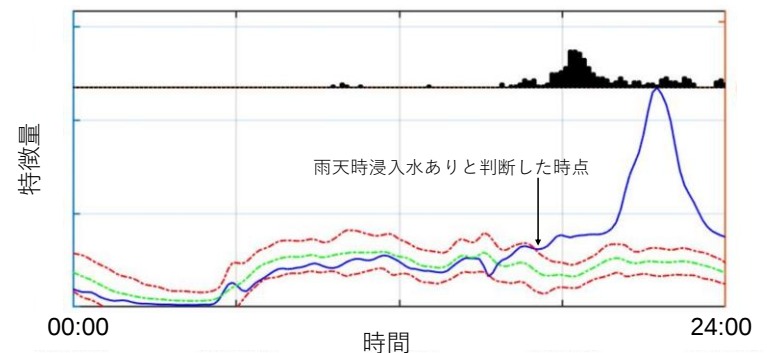
①晴天日の音響データをAI解析



②雨天日の音響データをAI解析



③雨天時浸入水の有無を判断



5. 革新的技術の維持管理

5-1. 革新的技術の導入による既存維持管理への影響・留意点

- 本技術は、雨天時浸入水を検知するための調査・解析技術であるため、既存施設の維持管理への影響は特にない

6. 実証期間中に行った技術上の工夫点・改善点

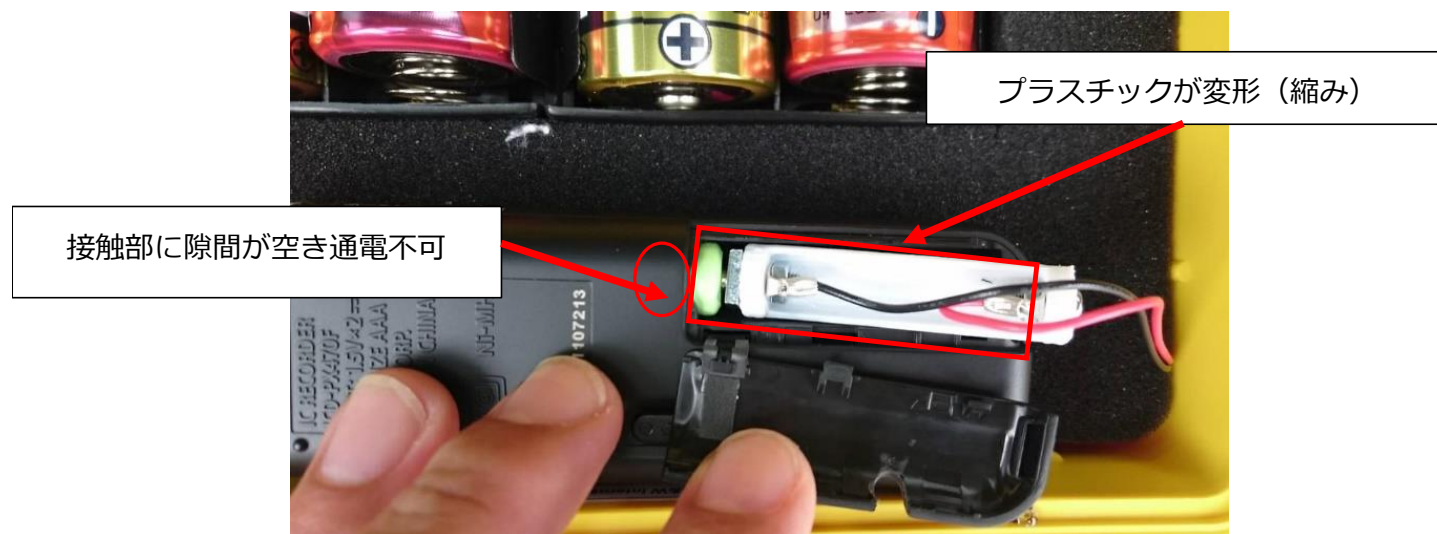
【集音装置の通電不良】

・発生原因

- ・ 夏場のマンホール下がかなりの高温になったため、電源部分に使用していたプラスチック製の電源接続部が変形し、ボイスレコーダが停止した

・改善点

- ・ 強度不足が原因であったことから、接続部の強度を上げることで解消した



7. 問い合わせ先

国土交通省 国土技術政策総合研究所	下水道研究部 下水道研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地 TEL 029-864-3343 FAX 029-864-2817 URL http://www.nilim.go.jp/
《問い合わせ窓口》 株式会社建設技術研究所	東京本社上下水道部 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1 TEL 03-3668-0451 FAX 03-5695-1886 URL http://www.ctie.co.jp/
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	分析計測標準研究部門 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 TEL 029-861-5300 FAX 029-861-5881 URL https://unit.aist.go.jp/rima/

7. 問い合わせ先

郡山市	上下水道局下水道保全課 〒963-8016 郡山市豊田町1番4号 TEL 024-932-7663 FAX 024-939-5820 URL https://www.city.koriyama.lg.jp/
つくば市	生活環境部下水道課 〒305-8555 茨城県つくば市研究学園一丁目1番地1 TEL 029-883-1111 FAX 029-868-7620 URL https://www.city.tsukuba.lg.jp/
名古屋市	上下水道局技術本部計画部技術開発室 〒460-8508 名古屋市中区三の丸三丁目1番1号 TEL 052-972-3771 FAX 052-961-0314 URL https://www.city.nagoya.jp/
神戸市	建設局下水道部管路課 〒651-0084 兵庫県神戸市中央区磯辺通3-1-7 TEL 078-806-8759 FAX 078-806-8924 URL https://www.city.kobe.lg.jp/
熊本市	上下水道局維持管理部下水道維持課 〒862-8620 熊本県熊本市中央区水前寺6丁目2-45 TEL 096-381-6330 FAX 096-381-6339 URL https://www.kumamoto-waterworks.jp/