

水位計と光ファイバー温度分布計測システムに AI を組合せた雨天時浸入水調査技術

令和3年8月17日開催

日本水工設計・ペンタフ・ワイケー技研・シュアテクノソリューション・
ベクトル総研・さいたま市・藤沢市共同研究体

目 次

1. 技術の目的

- 1.1 下水道事業（地方自治体）が抱える課題
- 1.2 新下水道ビジョンとの関係
- 1.3 革新的技術の特徴と課題解決アプローチ
- 1.4 革新的技術の適用条件
- 1.5 革新的技術の導入により期待される効果

2. 技術の概要

- 2.1 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）
- 2.3 技術の適用条件

3. 革新的技術の導入効果

- 3.1 評価方法
- 3.2 検証結果（効率性・事業性に関する評価結果）

4. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

5. 問い合わせ先

1. 技術の目的

1.1 下水道事業（地方自治体）が抱える課題

施設老朽化の進行、地震の被災、降雨の増加等に伴い、雨天時に**分流污水管へ雨水が流入し、下水流量が増加すること**で、さまざまな問題を引き起こしている。

雨天時浸入水により引き起こされる事態

- ✓ マンホールからの溢水
- ✓ ポンプ場の揚水機能の低下
- ✓ 下水処理場の処理機能の低下
- ✓ 公共用水域への未処理放流の発生
- ✓ 道路陥没の誘発
- ✓ 維持管理費の高騰、など



こうした事態を受け、国では、

- ✓ 「雨天時浸入水対策ガイドライン(案) 令和2年1月」を策定
- ✓ 本ガイドラインを参考に**雨天時浸入水対策計画**を速やかに策定し、必要に応じて計画の内容を事業計画に反映し、効果的かつ効率的な対策の実施を求めている(R2.2.28事務連絡)

課題

- 1 従来技術(流量計等を用いた雨天時浸入水発生ブロック絞り込み調査等)では、**機器設置等の手間が掛かるとともに、調査費用が高価となる**
- 2 上記1により優先ブロック(小ブロック)を絞り込んでも、原因把握のための詳細調査の範囲(路線)は多く、**詳細調査のために膨大な期間や費用を要する**

➡ 従来よりも**効率的かつ経済的な調査手法の開発**が求められている

1.2 新下水道ビジョンとの関係

第4章 下水道長期ビジョン実現に向けた中期計画

第2節 「『循環のみち下水道』の進化」に向けた中期計画

4. 雨水管理のスマート化

(1) 現状と将来に向けた課題 (P.4-133より抜粋)

- ストックが蓄積し、ハード整備による浸水安全度は着実に向上しているが、豪雨の増加により都市機能に影響を与える被害が未だ発生している。
- 一定規模以上の被害が生じた地区においてはハード施設の計画を上回る降雨に対して浸水被害の最小化に向けて取組が始まっているが、多くの地区においては取組が不十分である。
- 汚水処理施設整備の考え方とは異なる浸水対策特有の専門的な知見を有する人材が不足している。
- 渇水リスクの高まりはあるが、雨水の利用は、一部の都市でのみ実施している。
- 汚濁負荷削減対策としての合流式下水道越流水対策は着実に進捗している。一方、分流式下水道の雨天時越流水の問題が存在する。

(3) 具体的施策

4) 雨水質管理の推進 (P.4-154より抜粋)

- 事業主体は、合流式下水道改善率の進捗管理のために、ベンチマーキング手法を活用するとともに、国は、合流式下水道緊急改善事業を継続し重点的な支援を実施する。また、改善対策の進捗に応じ、対策の評価を行った上で、水利用の状況を踏まえ、対策の目標を検討する。(制度構築)
- 国及び事業主体は、分流式下水道雨天時越流水について、公衆衛生上の影響、重要影響水域における対策の考え方も考慮しつつ、消毒技術の開発等必要な対策を実施する。また、市街地排水由来の面源負荷についても、放流先水域への影響を把握し、必要な対策を実施する。(技術開発・実証)

国及び事業主体は、
分流式下水道の雨天時
越流水について、技術開発等
必要な対策を実施

1.3 革新的技術の特徴と課題解決アプローチ

技術の特徴

- ①低コストで測定可能な水位計による絞り込み
- ②ラインスクリーニングによる雨天時浸入水発生箇所を検出
- ③AIを活用し、効率的な解析作業を実現

※オレンジ：革新的技術

雨天時浸入水調査の手順

調査対象流域から中・小ブロックへの絞り込み

安価な水位計を用いることで費用・期間を削減

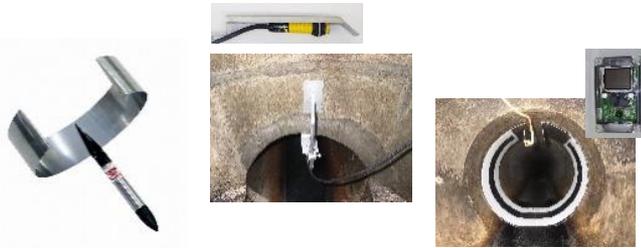
詳細調査対象範囲の絞り込み

路線や家屋を絞り込み、詳細調査に必要な費用・期間を削減

詳細調査の実施

(雨天時浸入水の原因把握)

①水位計で得られる管内水位データを流量に換算し、各ブロックにおける浸入率及び浸入水量を算出・評価

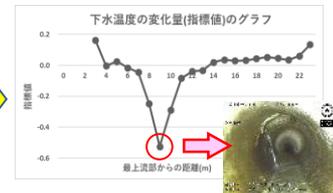


③絞り込みAIにより、取得水位記録から異常データを自動除外することで、効率的な解析を実施

②光ファイバー温度分布計測システムで得られる時系列的な下水温度データをもとに、雨天時浸入水の発生箇所を検出

(単位: °C)

		距離 (m)			
		1199	1200	1201	1202
時刻	13:59:30	21.4	21.4	21.3	21.3
	14:00:00	21.3	21.2	21.1	21.1
	14:00:30	21.4	21.4	21.3	21.4
	14:01:00	21.3	21.2	21.2	21.2
	14:01:30	21.2	21.2	21.2	21.1
	14:02:00	21.4	21.3	21.3	21.3



管内を流れる下水温度を1m間隔・1分ピッチで測定

温度変化を指標値化し、浸入水の発生が疑われる地点を検出

③浸入水検出AIにより、下水温度記録から降雨期間中の下水温度の変化を解析することで、効率的な解析を実施

従来手法

(都市部では調査延長や家屋数が多くなり、多くの費用と長い期間が必要)

1.3 革新的技術の特徴と課題解決アプローチ

① 低コストで測定可能な水位計による絞り込み

- ✓ 得られた水位データは流量に換算し、各ブロックの浸入率及び浸入水量を算出することで、対策優先度の高い小ブロック(優先ブロック)を絞り込む
- ✓ 水位計を用いることで、フィールド作業日数や調査費用を削減

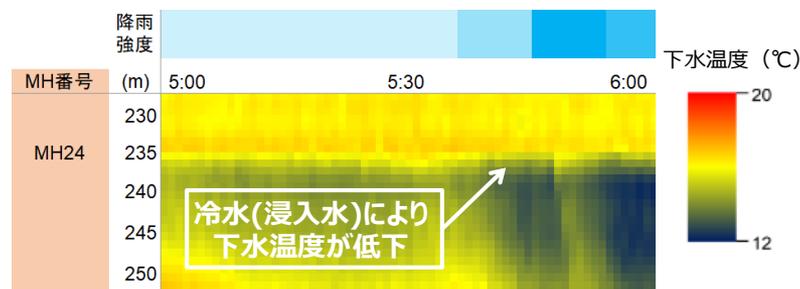
② ラインスクリーニングによる雨天時浸入水発生箇所を検出

- ✓ 管きょ内を流れる下水の温度を測定し、雨天時浸入水によって生じる下水の温度変化から浸入水発生箇所を検出する
- ✓ 詳細調査が必要な範囲を絞り込むことで、調査日数や費用を削減



		距離 (m)			
		1199	1200	1201	1202
時刻	13:59:30	21.4	21.4	21.3	21.3
	14:00:00	21.3	21.2	21.1	21.1
	14:00:30	21.4	21.4	21.3	21.4
	14:01:00	21.3	21.2	21.2	21.2
	14:01:30	21.2	21.2	21.2	21.1
	14:02:00	21.4	21.3	21.3	21.3

管内を流れる下水温度を1m間隔・1分ピッチで測定

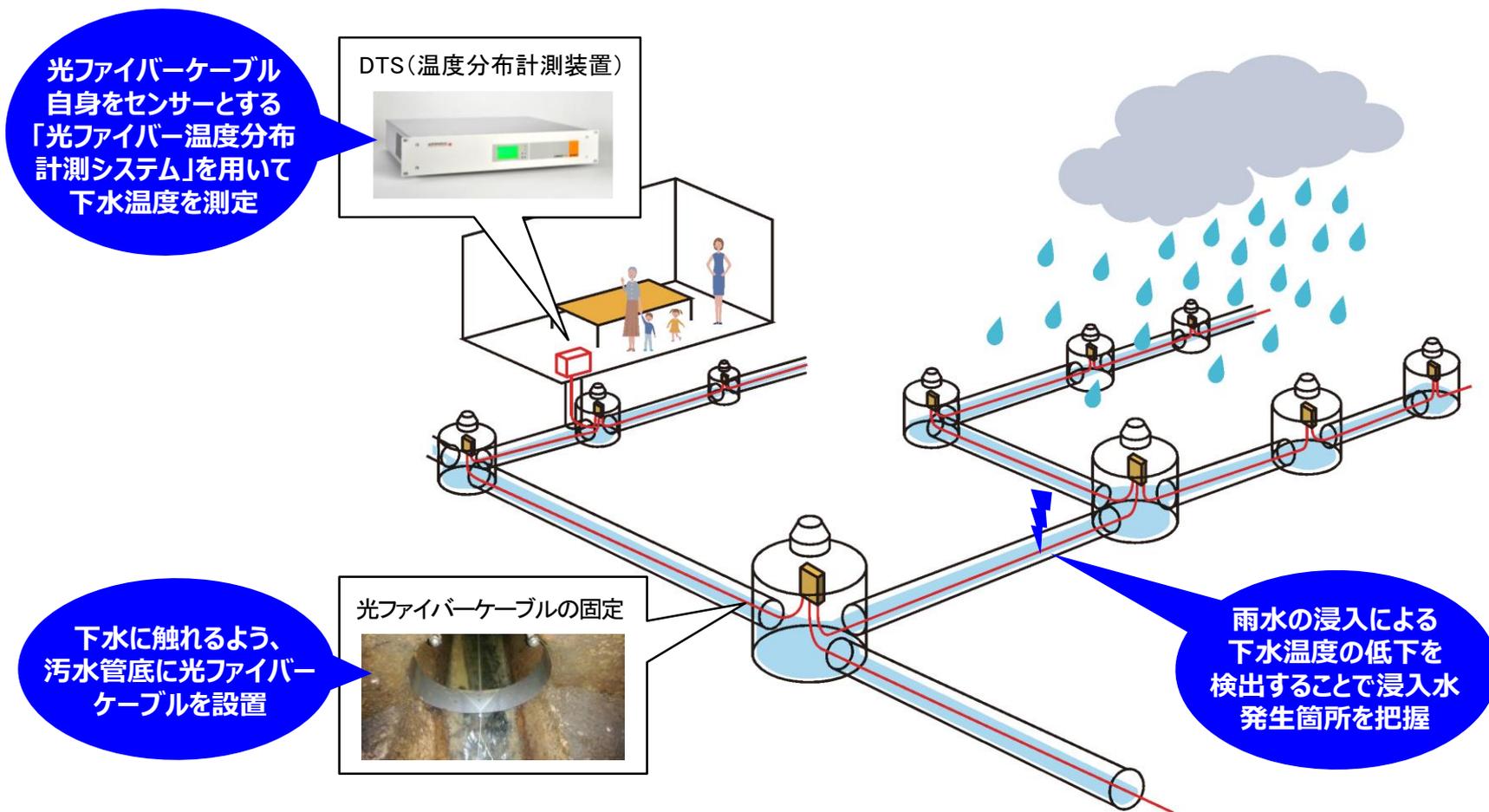


雨天時浸入水による下水温度の低下を把握し、雨天時浸入水発生箇所を検出

③ AIを活用し、効率的な解析作業を実現

- ✓ 各ブロックの浸入率・浸入水量の算出や、大量の下水温度データから雨天時浸入水発生箇所を検出する作業について、AIを活用することで、作業日数や費用を削減

【参考】ラインスクリーニングとは



- ✓ DTS(温度分布計測装置)に接続された光ファイバーケーブルを管底に設置し、降雨が期待される一定期間、**1m間隔・1分ピッチの下水温度データ**を取得します
- ✓ 降雨期間中に**変化する下水温度の特性を分析**することで、雨天時浸入水の発生箇所を**誤差5m以内**で検出します

1.4 革新的技術の普及対象範囲（ターゲット）

- 1 雨天時浸入水調査を実施したいが、調査の対象範囲が広く、調査費用や期間が問題となり、着手できていない地方公共団体
- 2 雨天時浸入水調査を実施し、対策優先度の高い小ブロック（数ha程度）まで絞り込んだが、雨天時浸入水の浸入箇所が特定できず、対策工事に着手できていない地方公共団体
- 3 詳細調査を実施したが、発生箇所を特定できなかった地方公共団体

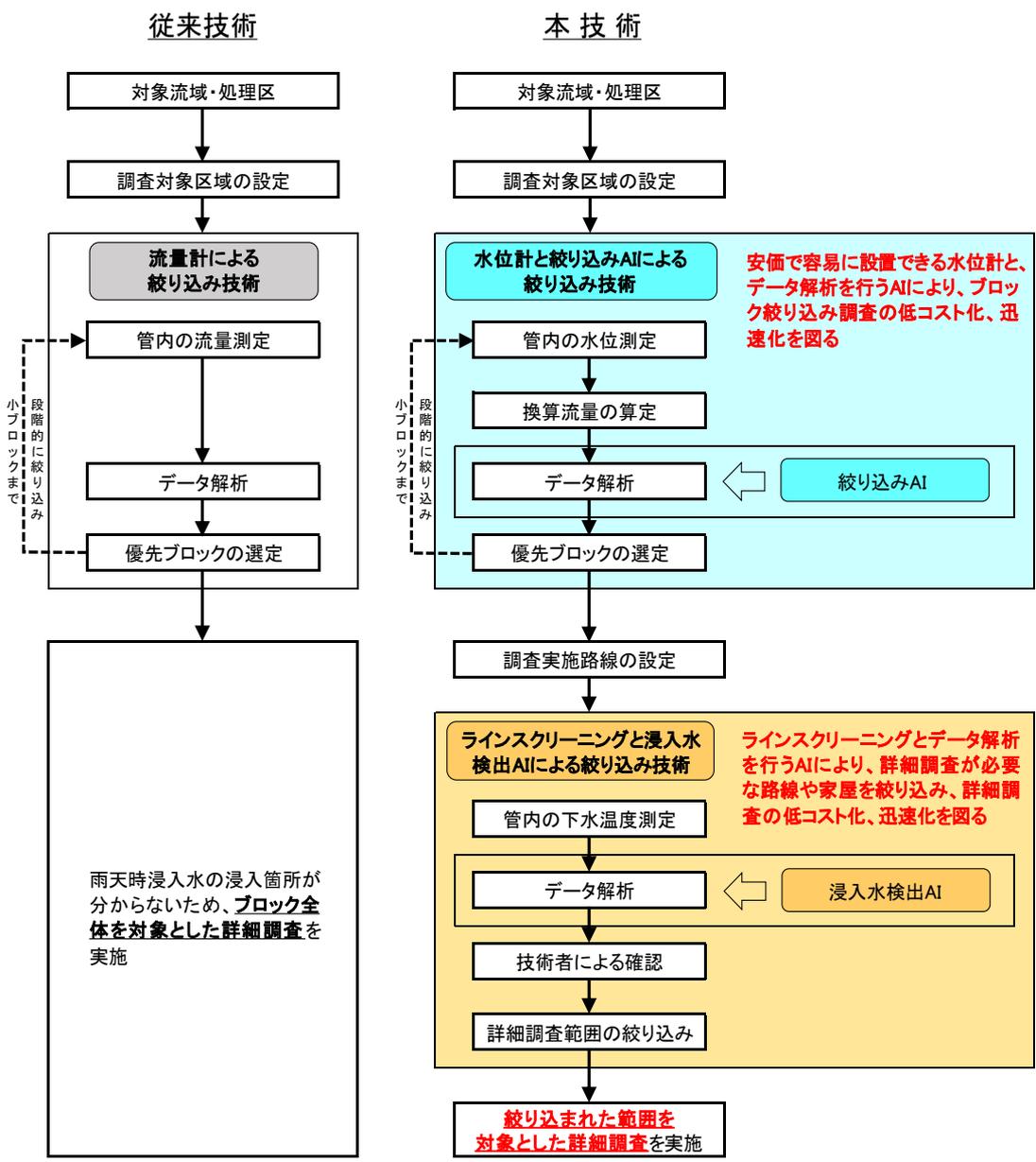
など

1.5 革新的技術の導入により期待される効果

- 1 雨天時浸入水調査の**低コスト化やスピードアップを実現**
- 2 調査全体における**効率性・事業性が向上し、その後の対策工事の早期着手に繋がることが期待**

2. 技術の概要

2.1 技術の概要



(1) 水位計と絞り込みAIによる絞り込み技術

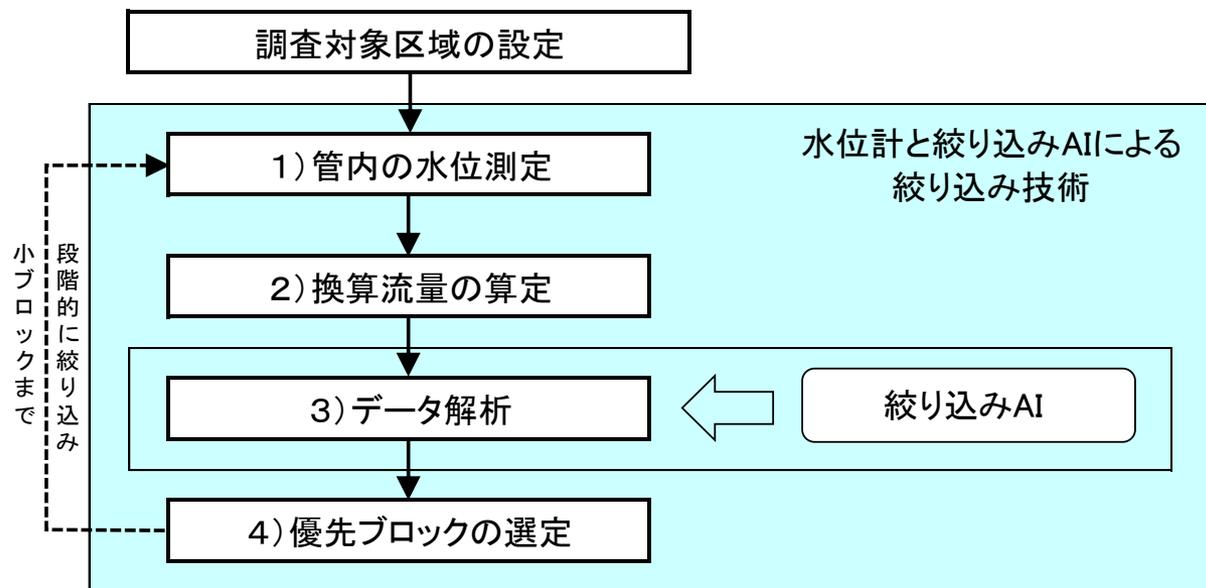
- ✓ 水位計で得られた管内水位を流量へと換算し、**複数ブロックにおける浸入率及び浸入水量試算値を算出**。これらをもとに対策優先ブロック(数ha程度)を絞り込む。
- ✓ 対策優先ブロックの選出にあたり、**異常データの除外や流量データの解析作業をAIにより実施**。

(2) ラインスクリーニングと浸入水検出AIによる絞り込み技術

- ✓ 対策優先ブロックにおいて、光ファイバー温度分布計測システムにより**降雨期間中の下水温度の変化から雨天時浸入水の発生箇所を検出**。これらをもとに詳細調査が必要な範囲を絞り込む。
- ✓ 浸入水発生箇所検出にあたり、**下水温度データ等の解析作業をAIにより実施**。

2.1 技術の概要

(1) 水位計と絞り込みAIによる絞り込み技術



1) 管内の水位測定

- ◆ 降雨が期待される一定期間、各ブロック末流の下水管内に水位計を設置し、管内水位を連続的に測定する。



水位計の設置状況 (例①)



水位計の設置状況 (例②)



2.1 技術の概要

2) 換算流量の算定

- ◆ 得られた水位データをもとに、マンニング式を用いて流量へと換算する。

3) データ解析

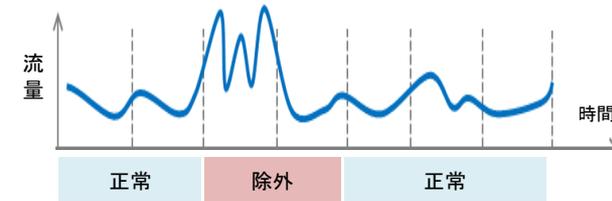
- ◆ 得られた換算流量について、**絞り込みAIにより異常データの発生有無を判別し**、異常と判定された値を除外する。

- ◆ 雨天時下水量から晴天時平均流量を差し引くことで雨天時浸入水量を算出する。

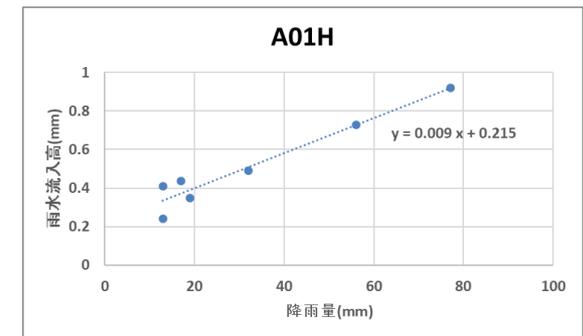
- ◆ 雨天時浸入水量を面積で除することにより雨水流入高を求め、雨水流入高と降雨量の散布図から各ブロックの回帰直線の傾き(**浸入率**)を求めるとともに、**浸入水量試算値**※を算出する。

※浸入水量試算値(m³) = 雨水流入高試算値(mm) × 面積(ha) × 10

- ・ 浸入水量試算値は、浸入水量を浸入率、降雨量、面積から代数的に試算した値
- ・ 雨水流入高試算値(mm) = 浸入率 × 降雨量(mm) + y切片(mm)



AIによる異常データの除外



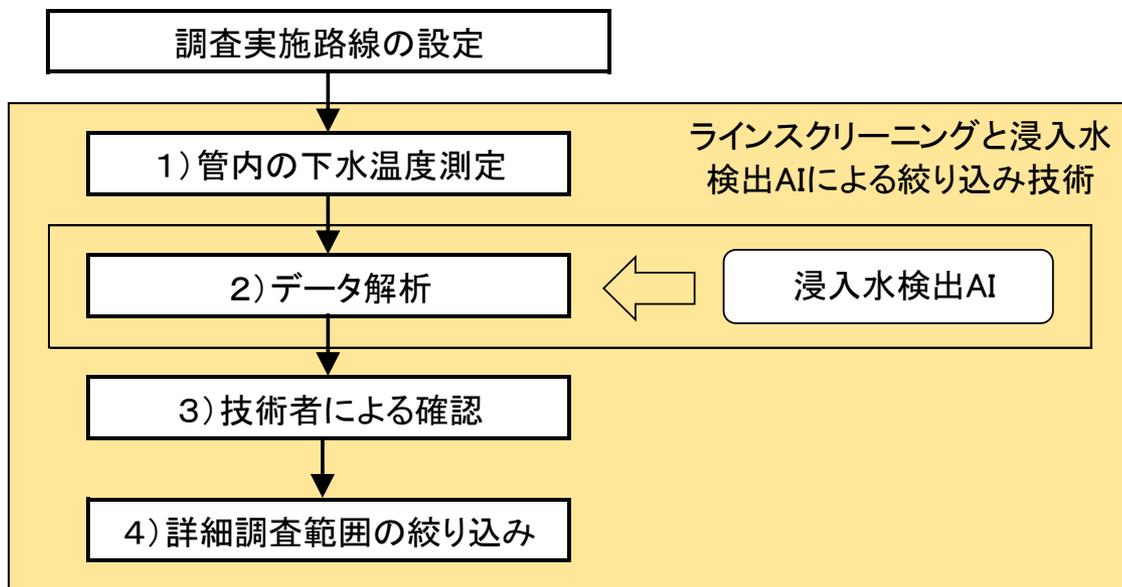
雨水流入高と降雨量の散布図 (例)

4) 優先ブロックの選定

- ◆ 各ブロックの浸入率、浸入水量試算値の算出結果をもとに、技術者により調査対象ブロックの絞り込みを段階的に実施し、ラインスクリーニングを実施する小ブロック(対策優先ブロック)を選定する。

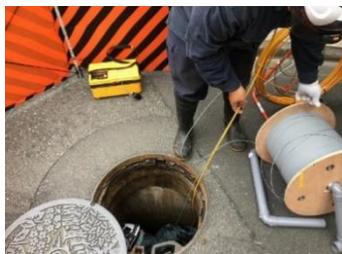
2.1 技術の概要

(2) ラインクリーニングと浸入水検出AIによる絞り込み技術



1) 管内の下水温度測定

- ◆ 降雨が期待される一定期間、下水管内に光ファイバーケーブルを設置し、これに接続されたDTSにより下水温度を連続的に測定する。



光ファイバーケーブルの
下水管への導入作業状況



光ファイバーケーブルの
管底への固定状況



光ファイバーケーブル融着部の
保護状況

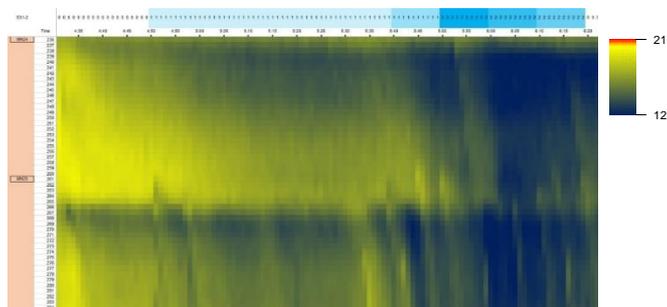


DTSの設置状況

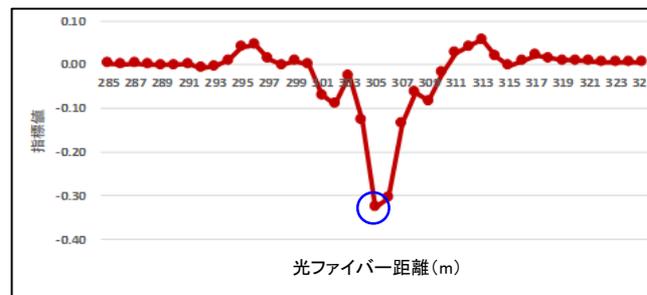
2.1 技術の概要

2) データ解析

- ◆ 降雨期間中の下水温度の変化等から、浸入水の発生箇所を検出する。
- ◆ **浸入水検出AI**では、予め学習した結果に基づき、下水温度データ等から浸入水発生箇所を検出



温度コンター図 (例)



温度差分グラフ (例)

3) 技術者による確認

- ◆ 上記2)の雨天時浸入水検出結果が妥当であるかについて、技術者による確認を行う。

4) 詳細調査範囲の絞り込み

- ◆ 上記3)で確認された浸入水発生箇所(検出箇所±5m以内)をもとに、詳細調査範囲とする路線(スパン単位)、取付管、家屋を抽出する。

雨天時浸入水検出箇所の検出リスト (例)

調査対象 路線	管きよ延長 (m)	浸入水検出AI結果			備考
		検出区間数 (区間)	AI検出地点 (上流入孔からの 距離) (m)	AI検出区間 (検出地点±5m) (m)	
1-2	22.51	2	3 9	0 ~ 8 4 ~ 14	
2-3	24.4	1	3	0 ~ 8	上流1-2の下流2mまで
8-9	20.96	1	11	6 ~ 16	
10-11	20.93	1	17	12 ~ 21	下流11-12の上流1mまで



雨天時浸入水検出箇所の検出マップ (例)

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

実証研究を通じて、下記(1)～(4)に示す技術性能に関する評価を実施

- (1) 水位計による調査の妥当性
- (2) ラインスクリーニングによる雨天時浸入水検出箇所 の妥当性
- (3) 絞り込みAIによる解析結果の妥当性
- (4) 浸入水検出AIによる解析結果の妥当性

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

(1) 水位計による調査の妥当性

1) 浸入率による評価

① 評価方法

- 評価可能ブロック(3ブロック)について浸入率を算定し、浸入率(1mm雨量あたりの雨水流入高)に基づく評価を実施
- 浸入を最小限度にする措置が講ぜられた場合の浸入率(0.003)に流量計浸入率の10%を加えたものを目標値(許容誤差)として設定

② 評価結果

ブロック	流量計にて算出した浸入率①	水位計にて算出した浸入率②	評価		
			浸入率差分 ③= ①-②	差分目標※ ④=①*0.1+0.003	評価結果 ③≤④
S01	0.012	0.009	0.003	0.004	○
S33	0.038	0.035	0.003	0.006	○
F43	0.037	0.031	0.006	0.006	○

流量計、水位計それぞれで算定した浸入率は目標値(許容誤差)を達成することを確認

2) 浸入水量試算値による評価

① 評価方法

- 評価可能ブロック(3ブロック)について流量計、水位計により浸入水量を試算し、両者の差分割合について評価

② 評価結果

ブロック	①面積 (ha)	②評価降雨量 (mm)	③流量計による浸入水量試算 (m3)	④水位計による浸入水量試算値(m3)	⑤差分 (m3) ③-④	⑥差分割合 (%) ⑤/③
S01	4.93	60	4.810	3.818	0.992	21%
S33	10.49	60	20.976	18.708	2.268	11%
F43	6.65	60	12.411	10.550	1.861	15%

両者の浸入水量試算値の差分は20%程度であり、スクリーニングに大きな影響を及ぼす乖離がないことを確認

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

(2) ラインスクリーニングによる雨天時浸入水検出箇所の妥当性

1) 評価方法

$$\text{浸入水正検出率(\%)} = \frac{\text{LSにより検出できた雨天時浸入水発生箇所}}{\text{雨天時TVカメラ調査により確認された全ての浸入水発生箇所}} \times 100$$

2) 評価結果

	LS浸入水正検出率			
	①全ての浸入水を対象		②浸入水レベル大のみを対象	
	a	c	a	c
さいたま市	70	103	32	41
	68%		78%	
藤沢市	47	63	24	26
	75%		92%	
計	117	166	56	67
	70%		84%	

a : ラインスクリーニングにより検出できた雨天時浸入水発生箇所

c : 詳細調査（雨天時テレビカメラ調査）により認められた全ての雨天時浸入水発生箇所

2都市計の評価では、**浸入水正検出率は70%を示した**(表①列)

なお、「浸入水レベル大」を対象とした場合、浸入水正検出率84%(2都市計)を示し、大きな浸入水発生箇所の検出精度は高いことを確認(表②列)

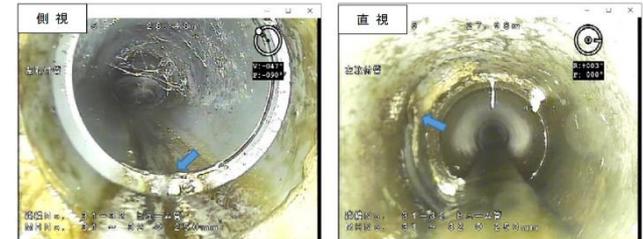
<浸入水レベルの例>

浸入水レベル大



※雨天時浸入水量が比較的多く、流れている状況が明確に確認できる状態のもの

浸入水レベル小



※「浸入水レベル大」以外のもの

※上記の浸入水レベルは、共同研究体により整理したもの

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

(3) 絞り込みAIによる解析結果の妥当性

1) 評価方法

- ① 「従来手法」と「絞り込みAI」により得られたブロック優先度順位と比較し、以下のa、bに当てはまるグループのブロックで90%以上一致すること
 - a. 浸入率が「浸入を最小限度とする措置を講ぜられた場合の浸入率(0.003)」^{※1}以上となったブロック
 - b. 浸入水量試算値^{※2}の順位をもとに浸入水量試算値の累積比率を求め、別途算出した必要対策目標量^{※3}を確保できるブロック
- ② 「絞り込みAI」により得られた浸入率が、従来手法の浸入率 $\pm 10\%$ ^{※4} ± 0.003 (複合同順)を満たすこと^{※5}

※1 雨天時浸入水対策ガイドライン案(令和2年1月)より引用

※2 浸入水量試算値 = (浸入率 × 基準雨量 + y切片) × 面積

基準雨量は、計画降雨(さいたま市55.5mm/h、藤沢市50mm)をもとに設定(さいたま市55.5mm、藤沢市50mm)。なお、浸入水量試算値がマイナスとなった場合は0とした。

※3 雨天時浸入水対策ガイドライン案(令和2年1月)の【参考資料1】に示される雨天時浸入水対策計画の策定例をもとに設定。

現状浸入率(実証フィールド全体の浸入率)を「浸入を最小限度にする措置を講ぜられた場合の浸入率(0.003)」にするために必要な削減量を対策目標量として設定(必要対策目標量試算値:さいたま市:88%、藤沢市:93%)

※4 浸入率によって許容できうる従来手法浸入率と絞り込みAI浸入率の差(差分)は異なると考えられるため、ここでは、浸入を最小限度にする措置が講ぜられた場合の浸入率(0.003)に、従来手法浸入率の10%を加えたものを評価式とした。

※5 本技術は、浸入水が多いブロックを絞り込むための技術であることから、従来手法により求めた浸入率が0.003以下となるブロックは評価対象から除外する。

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

2) 評価結果

①-a 浸入率によるグループ

- 2都市の各ブロックについて浸入率を算定し、浸入率が0.003以上のグループで評価を実施

都市名	① 従来手法で抽出	② ①のブロックのうち、 絞り込みAIでも抽出	③ 一致度
さいたま市	24	24	100%
藤沢市	30	30	100%

浸入率でグループ化した結果、従来手法と絞り込みAIにて抽出されたブロックが一致

①-b 浸入水量試算値によるグループ

- 2都市の各ブロックについて浸入水量試算値を算定し、必要な対策目標量を確保できるグループで評価を実施

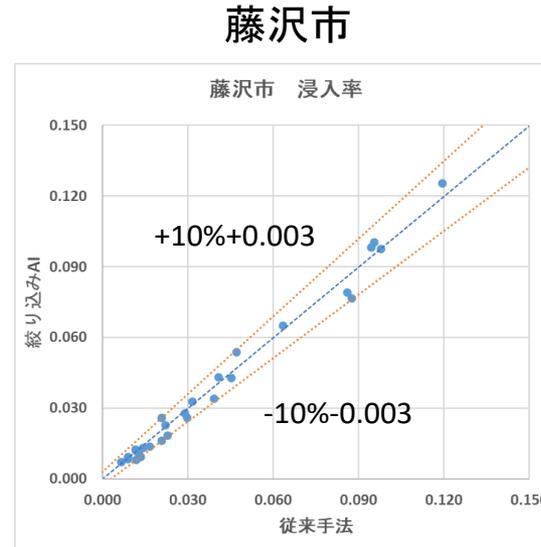
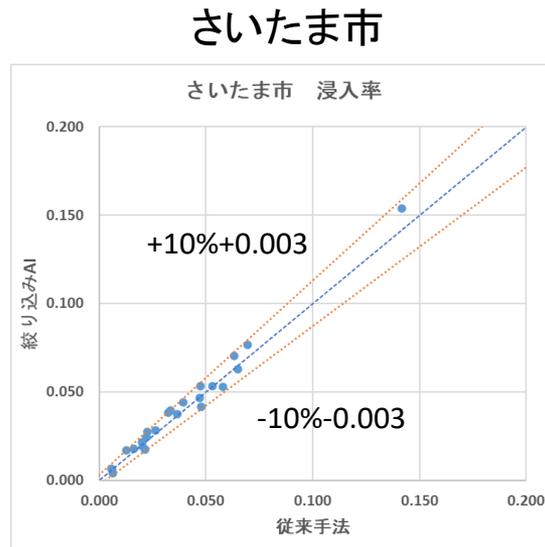
都市名	① 従来手法で抽出	② ①のブロックのうち、 絞り込みAIでも抽出	③ 一致度
さいたま市	14	14	100%
藤沢市	21	21	100%

浸入水量試算値でグループ化した結果、従来手法と絞り込みAIにて抽出されたブロックが一致

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

② 従来手法と絞り込みAIの浸入率の差

- 2都市の各ブロックについて、絞り込みAIで求めた浸入率の差が従来手法で求めた浸入率の $\pm 10\% \pm 0.003$ （複合同順）に収まるかを確認。



絞り込みAIの浸入率は、従来手法の10%±0.003（複合同順）の範囲に収まり、大きな乖離が発生していないことを確認

以上①、②より、従来手法と絞り込みAIそれぞれの浸入率・浸入水量試算の評価結果は概ね一致する結果が得られたことから、絞り込みAIによる雨天時浸入水発生ブロックの絞り込み技術は妥当であると評価

2.2 実証研究結果（技術性能に関する評価結果）

（4）浸入水検出AIによる解析結果の妥当性

1) 評価方法

$$\text{浸入水正検出率(\%)} = \frac{\text{浸入水検出AIにより検出できた雨天時浸入水発生箇所}}{\text{雨天時TVカメラ調査により確認された全ての浸入水発生箇所}} \times 100$$

2) 評価結果

	AI浸入水正検出率			
	①全ての雨天時浸入水を対象		②浸入水レベル大のみを対象	
	a	c	a	c
さいたま市	76	103	38	41
	74%		93%	
藤沢市	47	63	23	26
	75%		88%	
2市計	123	166	61	67
	74%		91%	

a：浸入水検出AIを用いたラインスクリーニングにより検出できた雨天時浸入水発生箇所

c：詳細調査（雨天時テレビカメラ調査）により認められた全ての雨天時浸入水発生箇所

2都市計の評価では、**浸入水正検出率は74%を示した**（表①列）

なお、「浸入水レベル大」を対象とした場合、浸入水正検出率91%（2都市計）を示し、大きな浸入水発生箇所の検出精度は高いことを確認（表②列）

<浸入水レベルの例>

浸入水レベル大



※雨天時浸入水量が比較的多く、流れている状況が明確に確認できる状態のもの

浸入水レベル小



※「浸入水レベル大」以外のもの

※上記の浸入水レベルは、共同研究体により整理したもの

2.3 技術の適用条件・推奨条件

水位計と絞り込みAIによる絞り込み技術

(1) 管内の水位測定

1) 計測範囲

- ・ 晴天時・雨天時を通じて、下水管内の水位変動を計測できる水位計を選定
- ・ 対象とする管きよの状況を踏まえ、適切な計測範囲を有する水位計を選定

2) 計測精度 $\pm 1.1\%F.S.$ 以上

3) 分解能(計測できる最小単位) 1mm 以下

4) 計測間隔(計測時間の最小間隔) 1分以下

実証研究で用いた水位計により、
ブロックの絞り込み評価が可能で
あることを確認

(2) 水位計の設置

以下に、水位計の使用に当たっての留意点を示す。

- ① 現地の管きよ勾配が下水道台帳と著しく異なっていないこと。
- ② 下流のポンプ施設等により、背水等の影響を受けていないこと。
- ③ 汚泥の堆積等により、管きよの断面が障害されていないこと。
- ④ モルタルの付着等により、管きよの粗度が乱れていないこと。
- ⑤ 下水の流れが著しく速い流速でないこと。
- ⑥ 水面・水流の乱れが生じていないこと。
- ⑦ 晴天時水位の時間変動パターンが、日によらず概ね一定であること。
- ⑧ 水位計が適切に設置可能なマンホール構造であること。
- ⑨ 地上部の交通状況など、作業環境の確保(安全管理)に問題がないこと。

2.3 技術の適用条件・推奨条件

水位計と絞り込みAIによる絞り込み技術

(3) 換算流量の算定

上記(1)で得られた管内水位の測定結果をもとに、マンニング式により流速を算定し、流速と流積を掛け合わせるにより流量へ換算する。

以下に、マンニング式の使用に当たっての留意点を示す。

- ① 現地の管きょ勾配が下水道台帳と著しく異なっていないこと。
- ② 下流のポンプ施設等により、背水等の影響を受けていないこと。
- ③ 汚泥の堆積等により、管きょの断面が阻害されていないこと。
- ④ モルタルの付着等により、管きょの粗度が乱れていないこと。

(4) 浸入率算定に必要な降雨数と晴天日数

① 降雨数

- 回帰直線の傾き(浸入率)を算定するための複数降雨データ
- できるだけ降雨強度の異なる多くの降雨を確保することが望ましい
- 実証研究では5降雨を確保

② 晴天日数

- 時間変動を考慮した晴天時平均流量を算定するための複数の晴天日データ
- 実証研究では①の降雨ごとに3日を確保

2.3 技術の適用条件・推奨条件

ラインスクリーニングと浸入水検出AIによる絞り込み技術

(1) ラインスクリーニング

- 1) 分流式下水道(汚水)を対象とする。ただし、光ファイバーケーブルの設置が困難な箇所(管きよの伏越区間やポンプ圧送区間)では調査の実施が難しい。
- 2) 下記に示す箇所では、雨天時浸入水の検出が困難である。
 - ① 下水が満管状態となる箇所
 - ② 下流からの背水影響を受ける箇所
 - ③ 滞水している箇所

(2) DTS

1) DTSの性能

- | | |
|-------------------------|---------|
| ① 計測距離間隔(下水温度を測定する距離間隔) | 1m |
| ② 計測間隔(下水温度を測定する時間間隔) | 1分 |
| ③ 温度分解能※1 | 0.2°C以下 |
| ④ 距離分解能※2 | 2m以下 |

実証研究で用いたDTSにより、浸入水の検出が可能であることを確認

※1 単位時間(計測周期)内に測定された温度の標準偏差

※2 ステップ上の温度変化に対し、10%応答地点から90%応答地点までの距離

2.3 技術の適用条件・推奨条件

ラインスクリーニングと浸入水検出AIによる絞り込み技術

2)DTSの設置

- ①DTSは精密機器であるため、人孔内など湿度の高い箇所への設置は適さない(維持管理が可能な作業環境が求められるため、公共施設等への設置が望ましい)
- ②調査期間を通じて、商用電源が必要。
- ③取付管や污水柵を通じて、管きょ内の光ファイバーケーブルと接続できる必要がある。

(3)雨天時浸入水の検出に必要な降雨日数及び晴天日数

① 降雨日数

- ・ 浸入水が発生する範囲の降雨量が観測された日を複数
- ・ より多くの浸入水発生箇所を検出するためには、多くの降雨を採用することが望ましい

② 晴天日数

- ・ 1晴天日以上(可能な限り、降雨日近傍を採用)
- ・ 晴天日は①の降雨日ごとに用意する

3. 革新的技術の導入効果

3.1 評価方法

(1) 効率性

➤ 本技術及び従来技術における**効率性(作業日数)**を算出し、従来技術に対する削減率を評価

1) 評価項目

①調査に係る作業日数の算定対象

項目	従来技術	本技術
中・小ブロックへの 絞り込み	流量調査に係る設置・撤去・巡回点検に要する 日数	水位調査に係る設置・撤去・巡回点検に要する 日数
詳細調査範囲の絞り込み (ラインスクリーニング)	(なし)	光ファイバー温度分布計測システムによる調査 に係る設置・撤去・巡回点検に要する日数
詳細調査	小ブロックの全路線を対象とする調査に要する 日数	ラインスクリーニングにより絞り込まれた雨天時浸入 水発生路線を対象とする調査に要する日数

②データ解析に係る作業日数の算定対象

項目	従来技術	本技術
中・小ブロックへの絞り込み	浸入水発生区域の絞り込み分析に要する日数	浸入水発生区域のAI解析に要する日数
詳細調査範囲の絞り込み	(なし)	浸入水発生箇所のAI解析に要する日数

2) 算出式

$$\text{削減率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{本技術を用いた場合の総作業日数}}{\text{従来技術を用いた場合の総作業日数}} \right) \times 100$$

3.1 評価方法

(2) 事業性

➤ 本技術及び従来技術における**事業性(調査費用)**を算出し、従来技術に対する削減率を評価

1) 評価項目

①調査に係る費用の算定対象

項目	従来技術	本技術
中・小ブロックへの絞り込み	流量調査に係る設置・撤去・巡回点検、機械損料、報告書作成に要する費用	水位調査に係る設置・撤去・巡回点検、機械損料、報告書作成に要する費用
詳細調査範囲の絞り込み(ラインスクリーニング)	(なし)	光ファイバー温度分布計測システムによる調査に係る設置・撤去・巡回点検、機械損料に要する費用
詳細調査	小ブロック内の全路線を対象とする調査に要する費用	ラインスクリーニングにより絞り込まれた雨天時浸入水発生路線を対象とする調査に要する費用

②分析に係る費用の算定対象

項目	従来技術	本技術
調査方針策定	基本作業の確認及び基礎調査の費用	基本作業の確認及び基礎調査の費用
中・小ブロックへの絞り込み	浸入水発生区域の絞り込み分析費用	浸入水発生区域のAI解析費用
詳細調査範囲の絞り込み	(なし)	浸入水発生箇所のAI解析費用
提出図書の作成	図書作成費用	図書作成費用

2) 算出式

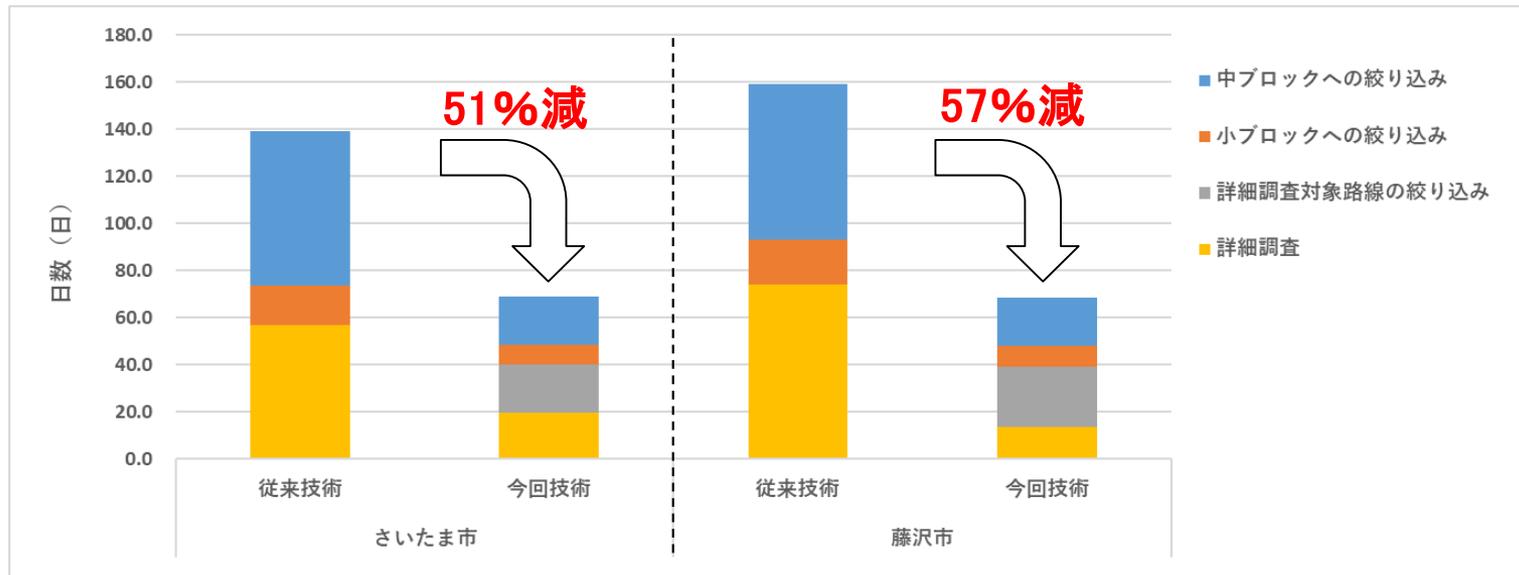
$$\text{削減率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{本技術の実施に要する費用}}{\text{従来技術の実施に要する費用}} \right) \times 100$$

3.2 検証結果（効率性・事業性に関する評価結果）

(1) 効率性

- 実証研究における2都市の実績を基に、従来技術と本技術における作業日数(フィールド作業・データ解析)を試算

項目	さいたま市		藤沢市		備考
	従来技術	今回技術	従来技術	今回技術	
中ブロックへの絞り込み	65.8	20.5	65.8	20.5	50→10ブロック程度
小ブロックへの絞り込み	16.7	8.4	19.2	9.0	10ブロック程度→2ブロック
詳細調査対象路線の絞り込み	0.0	20.5	0.0	25.5	2ブロックを対象
詳細調査	56.7	19.4	73.9	13.5	〃
合計	139.2	68.8	158.9	68.5	



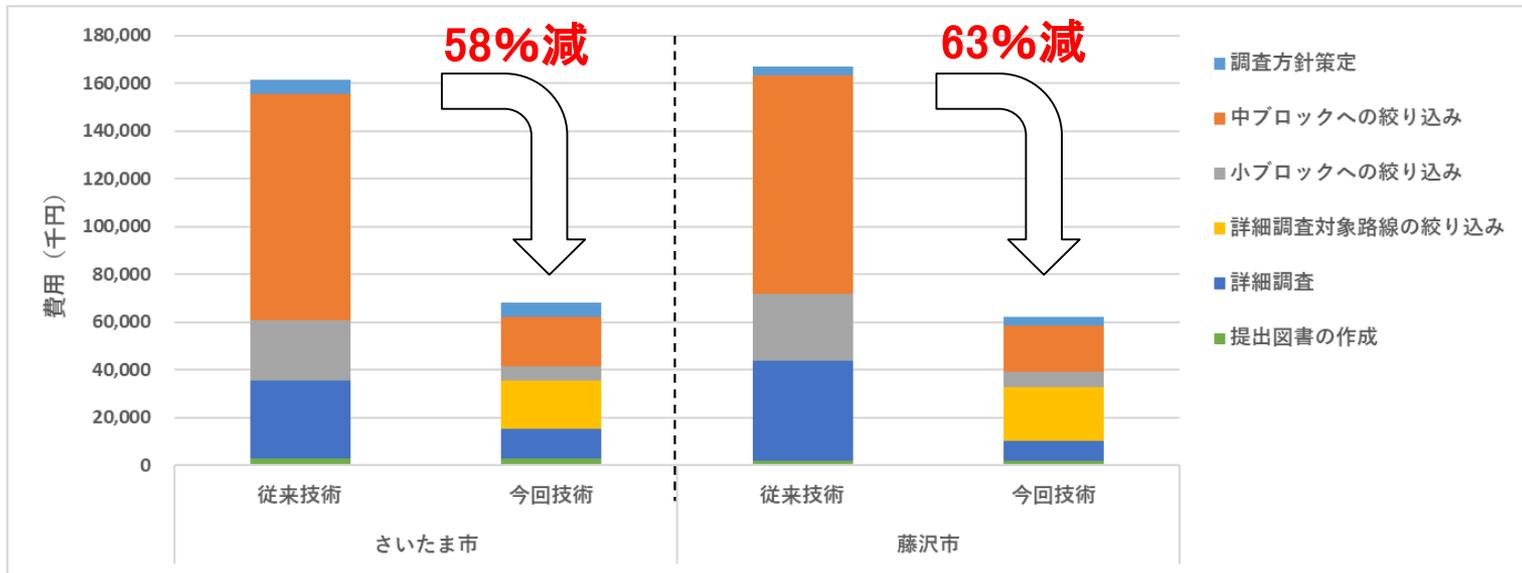
2都市平均の評価では、従来技術に比べて54%の削減

3.2 検証結果（効率性・事業性に関する評価結果）

(2) 事業性

- 実証研究における2都市の実績を基に、従来技術と本技術における調査費用(フィールド作業・データ解析)を試算

項目	さいたま市		藤沢市		備考
	従来技術	今回技術	従来技術	今回技術	
調査方針策定	5,912	5,912	3,785	3,785	
中ブロックへの絞り込み	94,673	20,967	91,489	19,300	50→10ブロック程度
小ブロックへの絞り込み	25,468	6,048	27,954	6,367	10ブロック程度→2ブロック
詳細調査対象路線の絞り込み	0	19,962	0	22,590	2ブロックを対象
詳細調査	32,735	12,722	42,144	8,578	"
提出図書の作成	2,582	2,582	1,653	1,653	
合計	161,370	68,193	167,025	62,273	

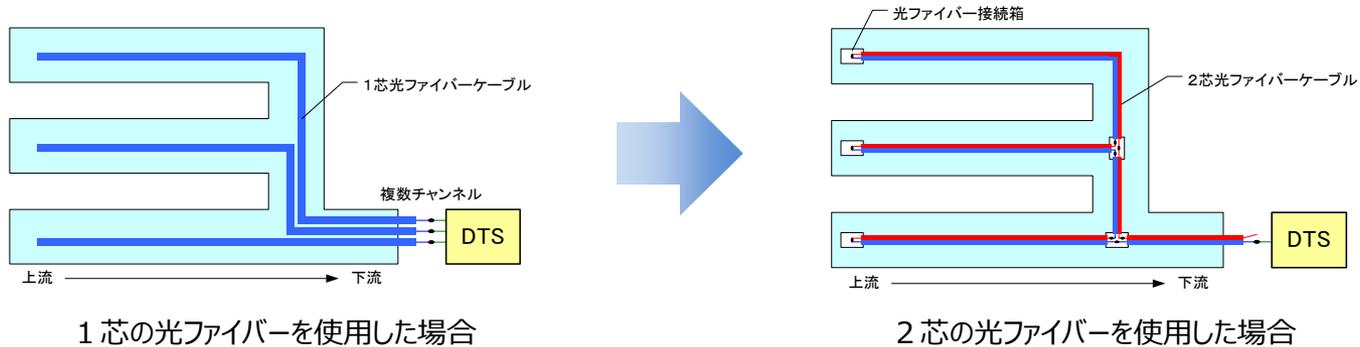


2都市平均の評価では、従来技術に比べて60%の削減

4. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

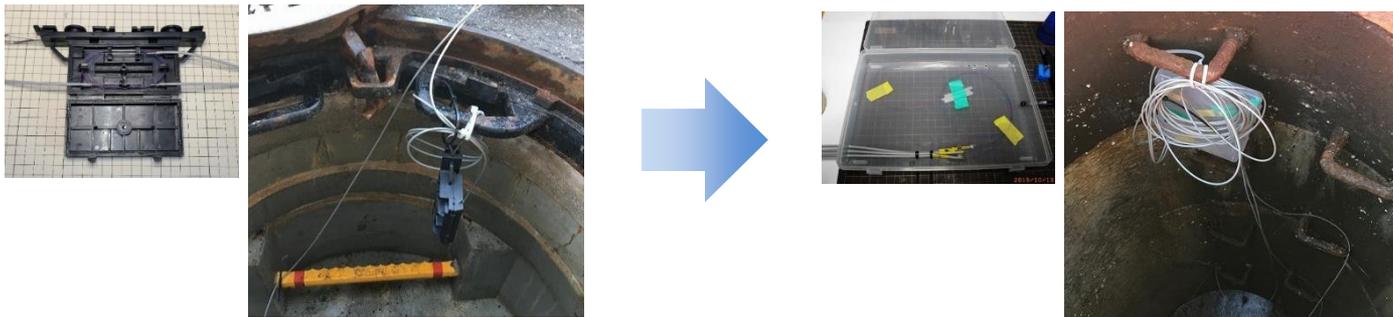
(1) 2芯光ファイバーケーブルの採用

- ◆ 2芯光ファイバーケーブルを採用することにより、DTSの設置箇所の選定自由度を向上



(2) 光ファイバーケーブルの融着作業における工夫

- ◆ 光ファイバー端点部の光ファイバー(2芯)の事前融着(現場における作業時間の短縮)
- ◆ 光接続箱(光成端箱)の代替として、簡易的な接続箱を作成・利用



光接続箱 (光成端箱)

簡易的な光接続箱

5. 問い合わせ先

実証研究者	連絡先
日本水工設計株式会社	水インフラソリューション事業部 〒104-0054 東京都中央区勝どき3-12-1 TEL 03-3534-5533 FAX 03-3534-5510 URL www.n-suiko.co.jp/
ペンタフ株式会社	大阪調査事業部 〒531-0076 大阪府大阪市北区大淀中1-7-10 TEL 06-6458-1231 FAX 06-6458-1221 URL www.pentough.com/
有限会社ワイケー技研	〒223-0064 神奈川県横浜市港北区下田町3-30-14 TEL 045-564-1646 FAX 045-564-1672 URL www.ykgiken.co.jp/
株式会社シュア・テクノ・ソリューション.	〒532-0005 大阪府大阪市淀川区三国本町1-6-21 TEL 06-6395-1192 FAX 06-6395-1193 URL www.sewer.co.jp/
株式会社ベクトル総研	〒150-0002 東京都渋谷区渋谷3-8-12 TEL 03-3409-1001 FAX 03-3409-1002 URL vri.co.jp/
さいたま市	さいたま市建設局下水道部 〒330-9588 埼玉県さいたま市浦和区常盤6-4-4 TEL 048-829-1560 FAX 048-829-1975 URL www.city.saitama.jp/
藤沢市	藤沢市下水道部 〒251-8601 神奈川県藤沢市朝日町1-1 TEL 0466-50-8246 FAX 0466-50-8388 URL www.city.fujisawa.kanagawa.jp/

ご清聴ありがとうございました



補足資料

【参考】実証研究に用いた水位計

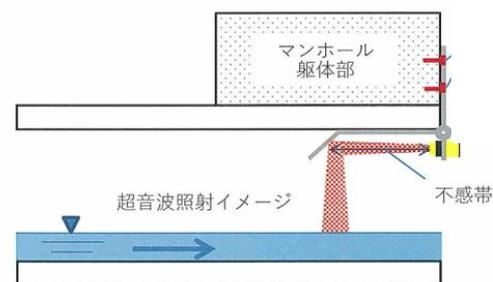
① 圧力チップ

- ✓ 絶対圧式水位計と大気圧計の差圧から計算して水位を求める機器



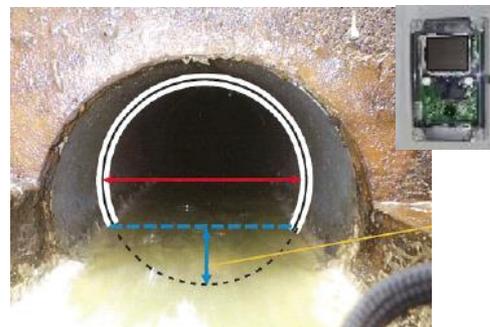
② 横打超音波式水位計

- ✓ 従来から使用されてきた超音波式水位計を改良（反射板の設置）した超音波式水位計
- ✓ 3cm未満の水深でも水位測定が可能



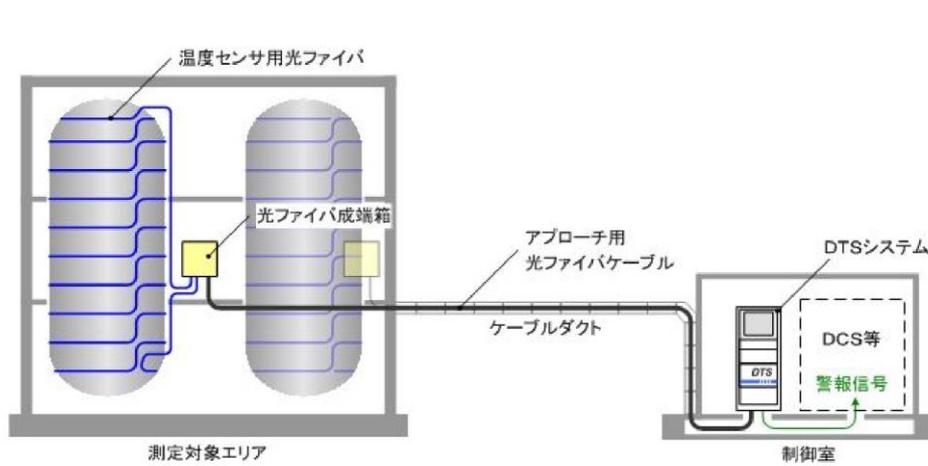
③ 画像・水位変換システム

- ✓ リング状指標とインターバルカメラを設置し、撮影画像から水位へ変換する水位計
- ✓ 3cm未満の水深でも水位測定が可能

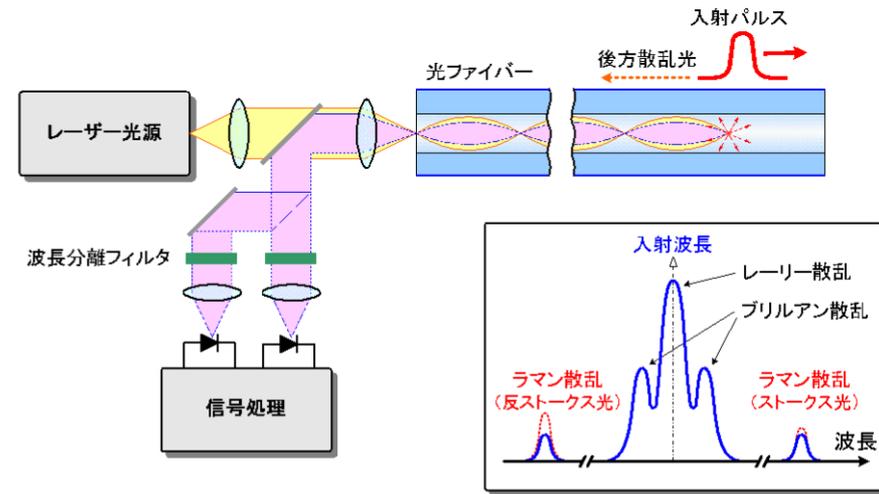


【参考】光ファイバー温度分布計測システムの概要

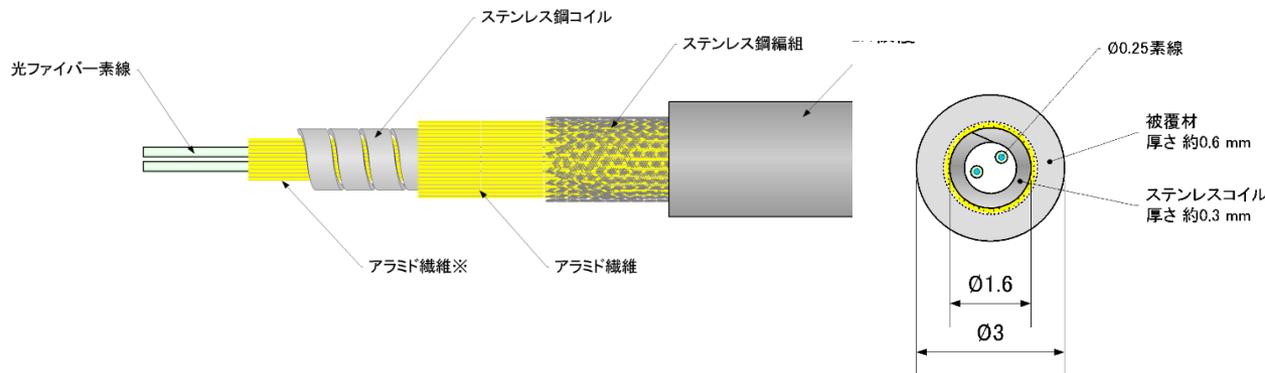
- ✓ 光ファイバー温度分布計測システム（DTS）は光ファイバー自身が温度センサーとなり、光ファイバー全長に沿った長距離の連続的な温度分布を測定する一種の接触式温度計



光ファイバー温度分布計測システムの概念



D T Sの基本構造と概念



雨天時浸入水調査用 2 芯光ファイバーケーブル