

雨天時浸入水調査技術 「ラインスクリーニング」の開発

日本水工設計株式会社
水インフライノベーション事業部 DX推進室 企画開発課
今井 聡

目次

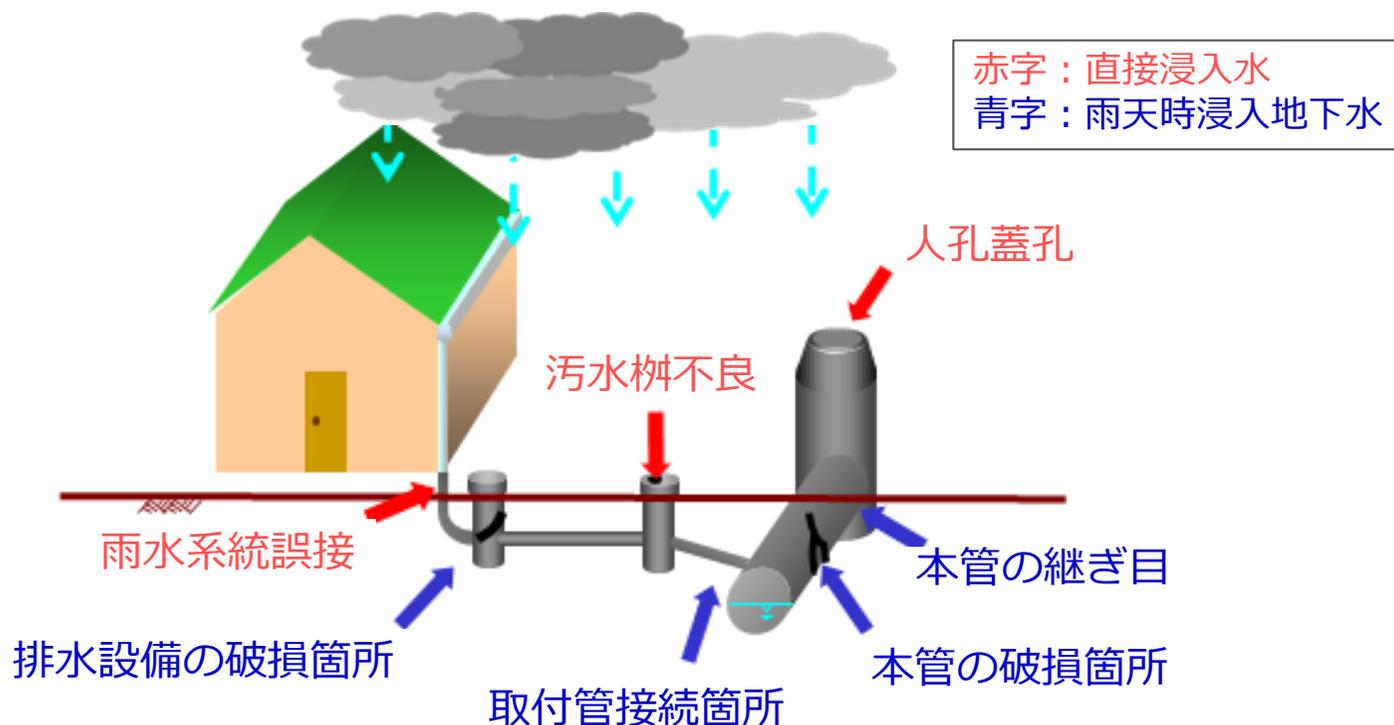
1. はじめに
 - (1) 背景
 - (2) 雨天時浸入水対策
 - (3) B-DASH技術導入ガイドライン(案)
2. 技術の概要
 - (1) ラインスクリーニング
 - (2) 本技術の適用条件
3. 技術の詳細
 - (1) 作業フロー
 - (2) 検出性能(ラインスクリーニングの妥当性)
 - (3) 導入効果
4. おわりに
 - (1) 導入が推奨される都市と期待される効果

1. はじめに

(1) 背景

雨天時浸入水

- 直接浸入水：マンホールの蓋孔や汚水管への誤接続により汚水管系統へ流入する雨水
- 雨天時浸入地下水：雨天時の地下水位上昇等に伴い汚水管系統に流入する地下水

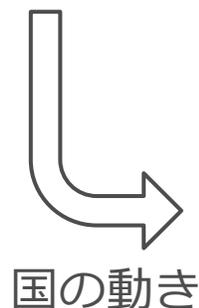


老朽化、地震、降雨の増加等に伴い、雨天時に分流汚水管へ雨水が流入し下水流量を増加させる雨天時浸入水はさまざまな問題を引き起こす

(1) 背景

雨天時浸入水によって引き起こされる問題

- ✓ マンホール等からの溢水や宅内への逆流
- ✓ 公共用水域への未処理放流の発生
- ✓ 処理場の処理能力不足の発生、機能の低下
- ✓ その他、ポンプ場の揚水機能の低下、道路陥没の誘発、維持管理費の高騰、など



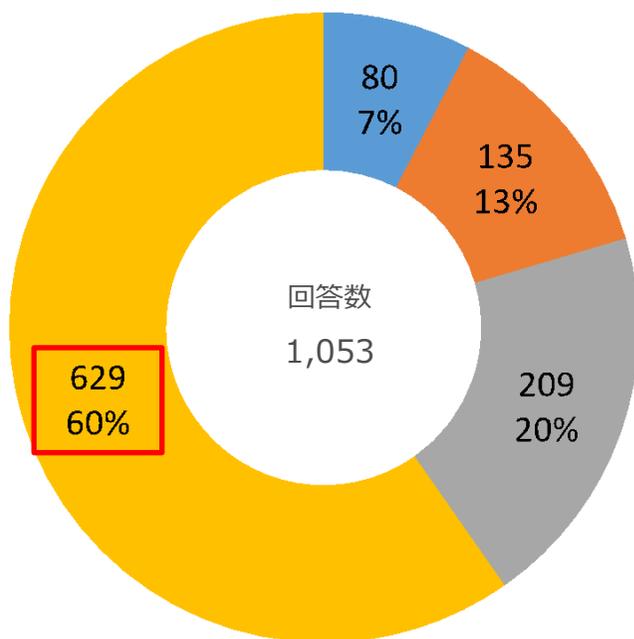
- R2.1.31 雨天時浸入水対策ガイドライン（案）を公表
- R2.1.31 流域管理官通知（国水下流第19号）
 - 計画降雨以下の降雨に対して雨天時浸入水に起因する事象が発生する地方公共団体は、本ガイドラインを参考に雨天時浸入水対策計画を速やかに策定し、効果的かつ効率的な雨天時浸入水対策の実施を図りたい。

国では雨天時浸入水対策ガイドライン（案）を公表し、雨天時浸入水に起因する事象の防止を進めている

(1) 背景

雨天時浸入水によって引き起こされる問題の解消に向けた調査や対策工事の状況

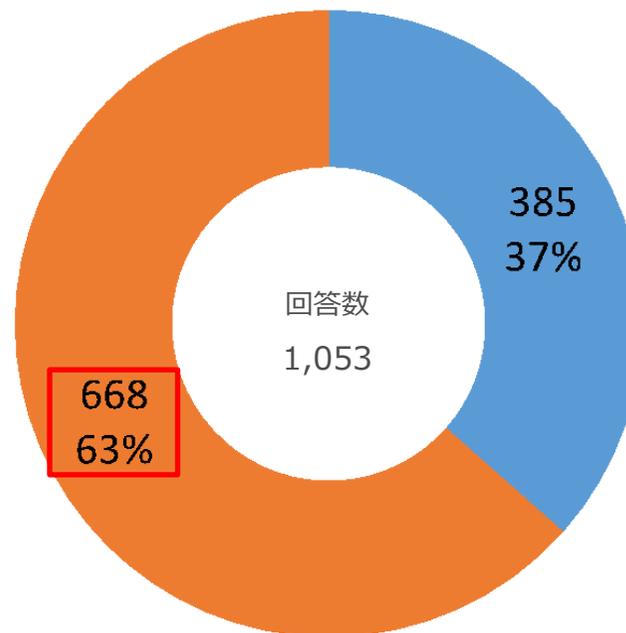
【調査実績】



- スクリーニング調査のみ (80)
- スクリーニング調査のみ + 詳細調査 (135)
- 詳細調査のみ (209)
- 雨天時浸入水調査を実施したことはない (629)

※カッコ内の数字は回答数

【対策工事実績】

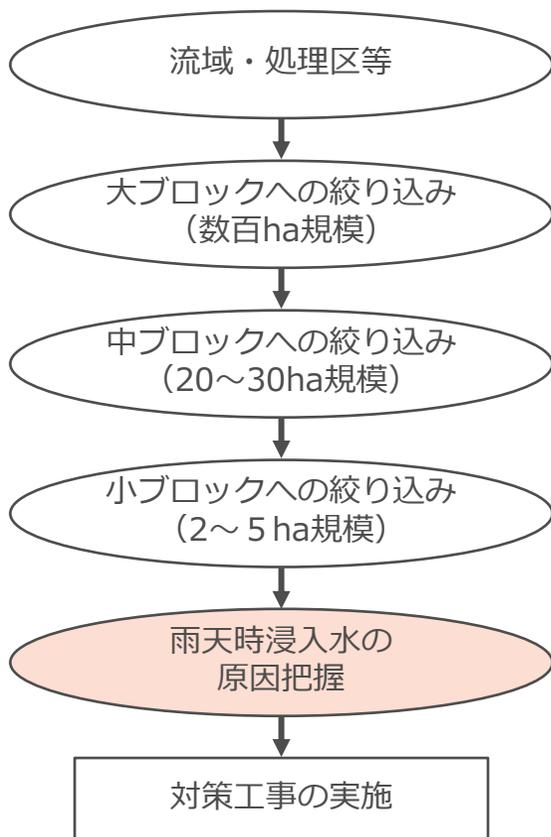


- 実施したことがある (385)
- 実施したことはない (668)

出典：第1回雨天時浸入水対策ガイドライン策定検討委員会（令和元年6月27日）資料

対策には適切な調査が必要だが、調査は一般的に時間と費用が膨大となる

(2) 雨天時浸入水対策



【原因把握のための詳細調査の課題】

詳細調査（テレビカメラ調査、誤接合調査、送煙調査など）は、ブロックを十分に絞り込めないと、**費用や期間が増大**



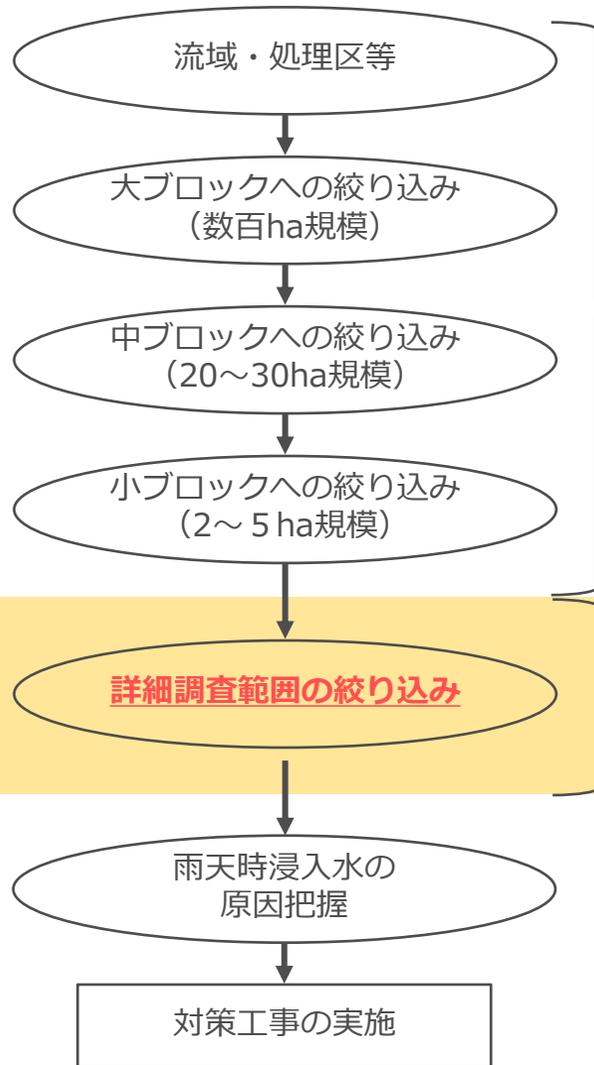
原因把握のための詳細調査及びその前段の絞り込み調査の効率化を目的とした新技術について、国土交通省の下水道革新的技術実証事業(B-DASH)を通じ実証



B-DASH成果を踏まえ、国土政策技術総合研究所は、令和4年3月に、**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導入ガイドライン(案)**を公表

※分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル 2009年3月
(下水道新技術推進機構)を基に作成

(3) B-DASH技術導入ガイドライン(案)



① 水位計と絞り込みAIによる絞り込み技術

- 安価で設置が容易な水位計の利用
- AIによる作業時間短縮、技術者判断のバラつき解消

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**

- 下水温度変化から雨天時浸入水を検出
- 下水温度データ等の解析にはAIを活用

追加

本日の説明技術

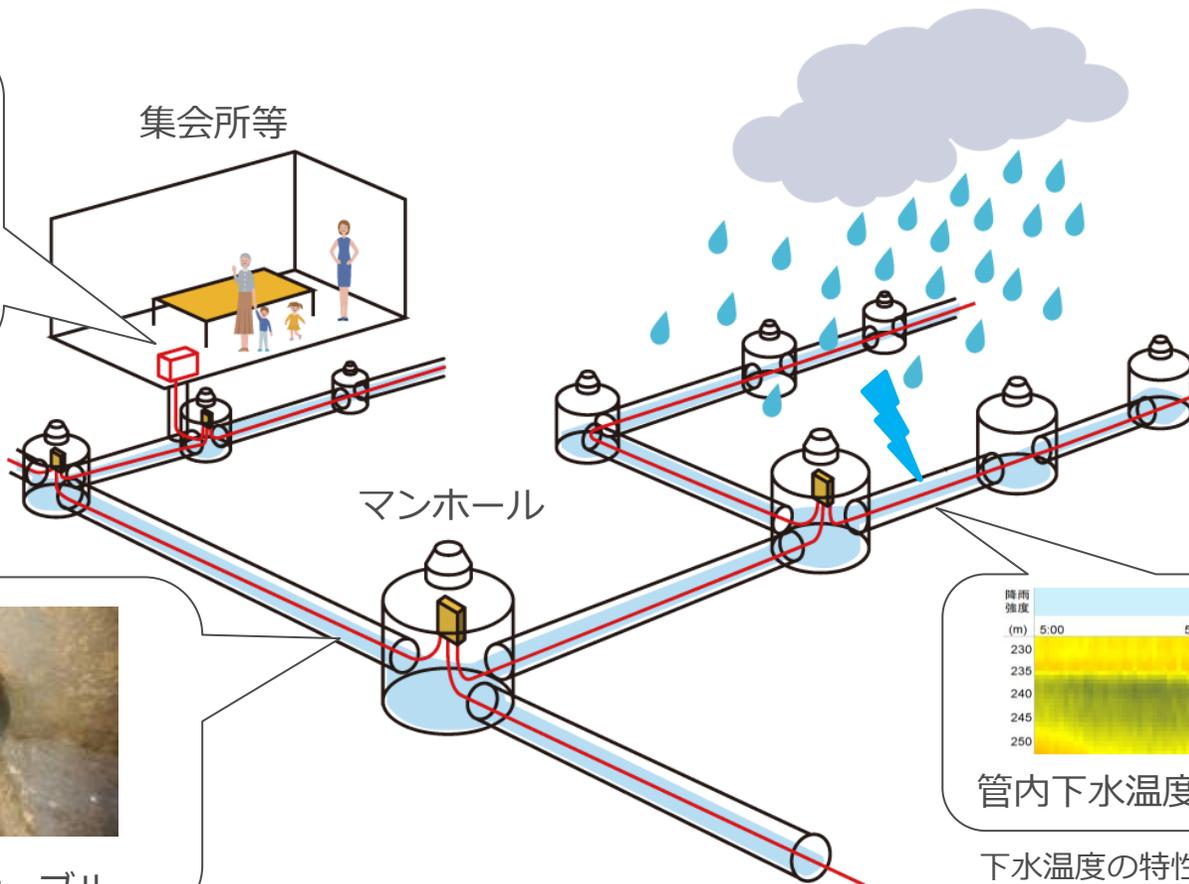
2. 技術の概要

(1) ラインスクリーニング：概要

下水の温度分布データから、降雨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**する技術

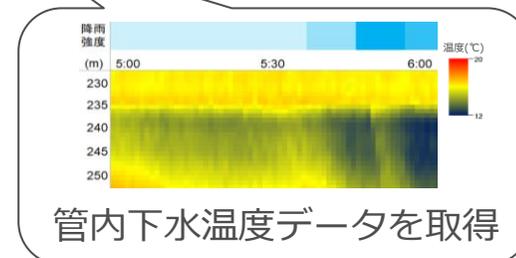


下水温度を 1 m 間隔・
1 分ピッチで測定



光ファイバーケーブル

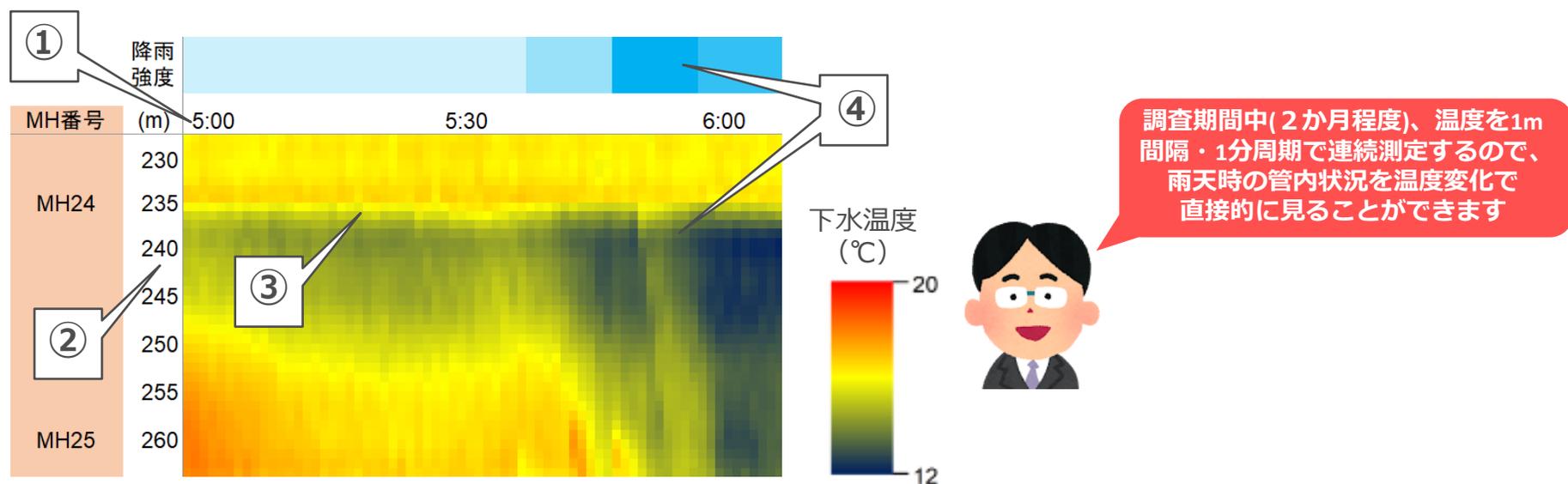
点ではなく、**線的に**下水温度を測定



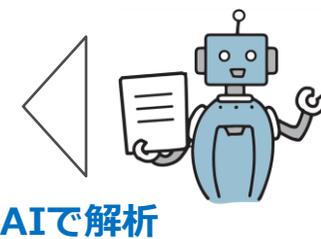
下水温度の特性を分析することで、
雨天時浸入水の発生箇所を**誤差
± 5 m以内で検出**

(1) ラインスクリーニング：検出の基本的な考え方

- ラインスクリーニングでは、**下水温度が低下する箇所**を雨天時浸入水発生箇所として検出
- 解析にはAIを活用するとともに、**AI解析結果が妥当であるかを技術者により確認**
- 技術者による確認においては、測定温度を可視化した**温度コンター図**を活用



- ① X方向は時間の経過を示している
- ② Y方向は距離（ケーブル延長）を示している
- ③ MH24→MH25に向かって温かい下水（オレンジ～黄色）が流れているが、距離235m付近において冷たい下水の流れ（青色）に変化している
- ④ 降雨強度に応じて下水温度が濃い青へ遷移していることから、雨水浸入と判断できる



(1) ラインスクリーニング：詳細調査対象範囲の絞り込み

検出箇所を基に詳細調査対象範囲の絞り込みを行い、調査費用や期間を削減

従来技術（ブロック全体にわたる詳細調査）



ブロック全体を対象に詳細調査を実施するため、
長い期間と多くの費用が必要

本技術（雨天時浸入水の検出＋詳細調査）



検出路線を対象に詳細調査を実施するため、
調査に要する期間と費用を削減

【従来技術の課題のまとめ】

- 従来の浸入水発生箇所の特定方法は雨天時テレビカメラ等に限られ、その実施は困難
 (①天気予報に左右、②日中作業限定、③一定降雨以上での作業実施、④取付管浸入は汚水との区別が困難)
- 人孔内に機器を設置する従来技術は、浸入水発生箇所のスパン単位以下での検出が困難であるため、調査数量が増え多くの時間と費用を要する傾向にある

(2) 本技術の適用条件

(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（温度分布計測装置）の設置

- ① 取付管や汚水柵を通じて、管きよ内の光ファイバーケーブルと接続可能であること
- ② 風雨や塵埃が及ばず湿度が高くない環境であること
- ③ 調査期間を通じて、DTS の電源仕様を満たす電源の確保が可能であること
→ **人孔内へのDTS設置は実質不可**
- ④ 維持管理が可能な作業環境であること（公共施設等）

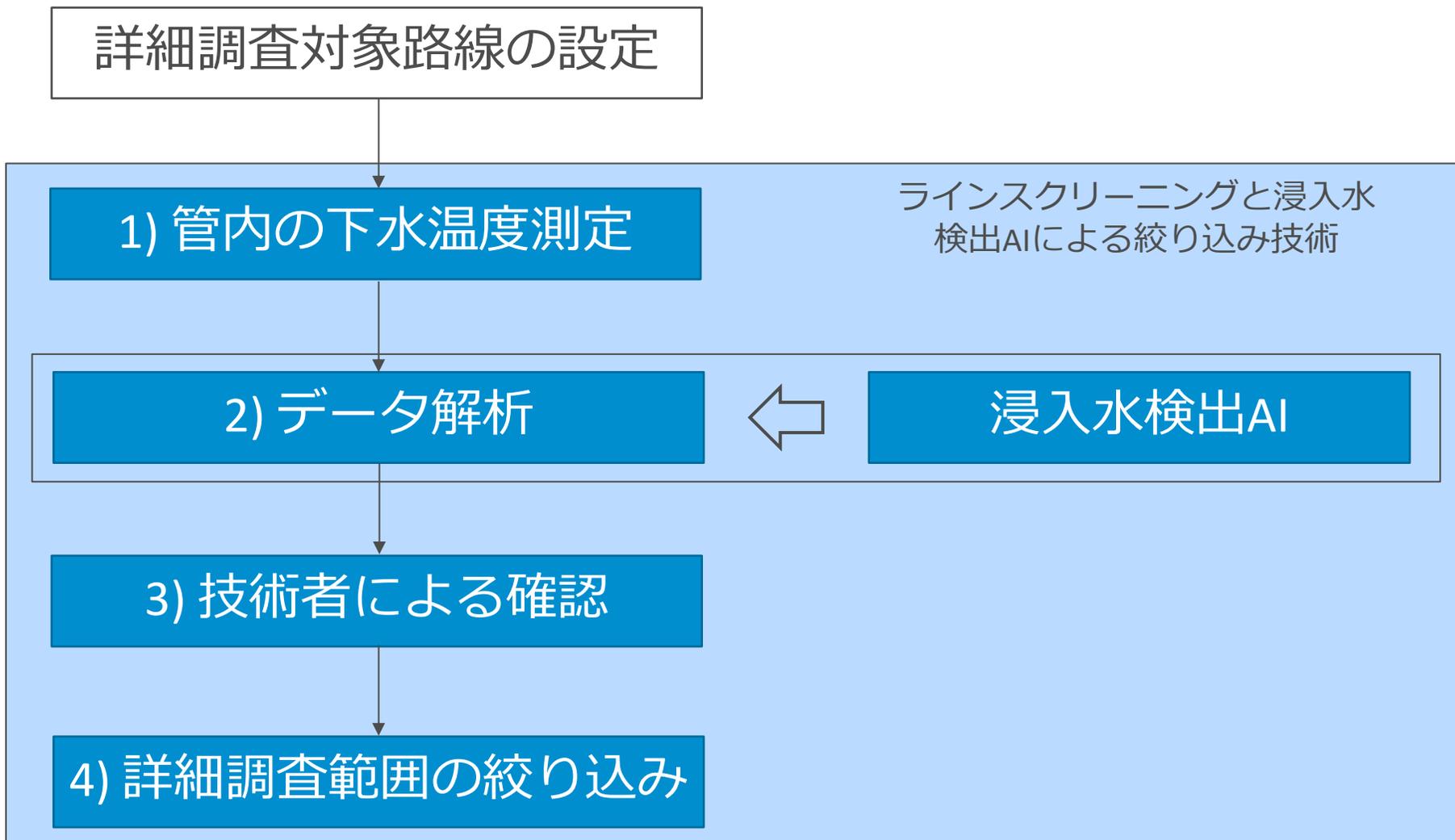


(3) 雨天時浸入水の検出に必要な降雨日数及び晴天日数

- 降雨日は、浸入水が発生する範囲の降雨量が観測された日が複数必要。浸入水発生箇所を確実に検出するためには、多くの降雨を採用することが望ましい
- 晴天日は上記降雨日ごとに1晴天日以上が必要（可能な限り、降雨日近傍を採用）

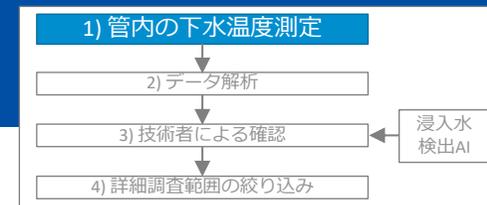
3. 技術の詳細

(1) 作業フロー



(1) 作業フロー：管内の下水温度測定

下水管内底部に光ファイバーケーブルを設置し、これに接続されたDTS(温度分布計測装置)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を管内へ導入



光ファイバーケーブルを管底へ固定



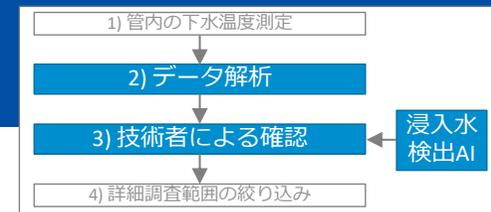
光ファイバーケーブル融着部※の保護

※光ファイバーケーブルは一筆書きになるように下水管内に配置するため、端点（最上流部）などではつなぎ合わせる（融着）作業が発生する



DTSの設置状況

(1) 作業フロー：AIデータ解析と技術者確認



降雨中の下水温度の変化等から、AIを用い浸入水の発生箇所を検出する。また、検出箇所については、技術者による確認を行う。

Date	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13	2024/10/13
Date	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12	2024/10/12
Time	0:00:02	0:01:02	0:02:02	0:03:02	0:04:02	0:05:02	0:06:02	0:07:02	0:08:02	0:08:02
distance	temperature									
m	degC									
0	26.48	26.56	26.46	26.66	26.76	26.62	26.58	26.73	26.60	26.60
1	25.70	25.80	25.55	25.94	25.86	25.75	25.79	25.79	25.72	25.72
2	25.27	25.43	25.27	25.27	25.27	25.27	25.27	25.21	25.22	25.22
3	25.42	25.64	25.42	25.42	25.42	25.42	25.42	25.21	25.34	25.34
4	25.79	26.02	25.94	25.64	25.66	25.67	25.62	25.57	25.64	25.64
5	26.22	26.34	26.28	26.00	26.10	26.00	26.15	26.18	26.05	26.05
6	26.64	26.64	26.57	26.39	26.55	26.37	26.61	26.64	26.50	26.50
7	26.90	26.86	26.75	26.68	26.94	26.70	26.91	26.95	26.87	26.87
8	27.03	26.95	26.80	26.83	27.19	26.92	27.00	27.01	27.09	27.09
9	26.97	26.84	26.72	26.75	27.10	26.87	26.81	26.88	26.98	26.98
									26.36	26.36

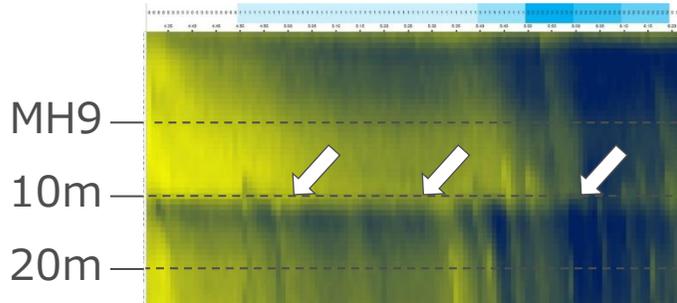
測定データ

AIで解析

AI検出箇所	
人孔 No.	上流人孔からの距離(m)
MH8	18
MH9	10
MH49	22
MH54	9
MH59	10
MH62	13
MH62	41
MH63	8
MH71	12



AI検出箇所の妥当性確認



MH9から10m下流で温度低下
→浸入水：◎

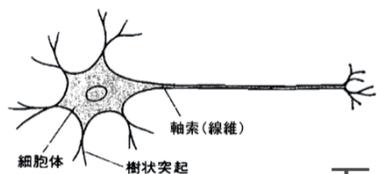


AI検出箇所		技術による確認
人孔 No.	上流人孔からの距離(m)	
MH8	18	◎
MH9	10	◎
MH49	22	×
MH54	9	・
MH59	10	・

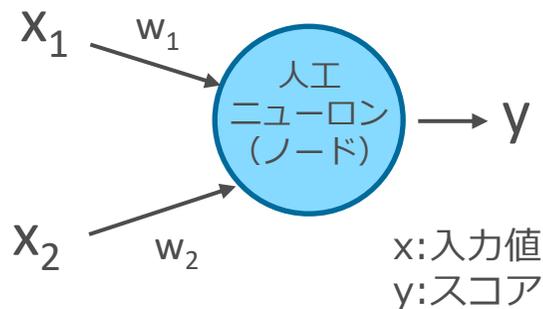
【参考】 AIの活用

- 浸入水検出AIは、下水温度と浸入水の関係进行学习し、浸入水発生箇所を検出
- 検出アルゴリズム（やり方、手順）には“ニューラルネットワーク（NN）”を採用

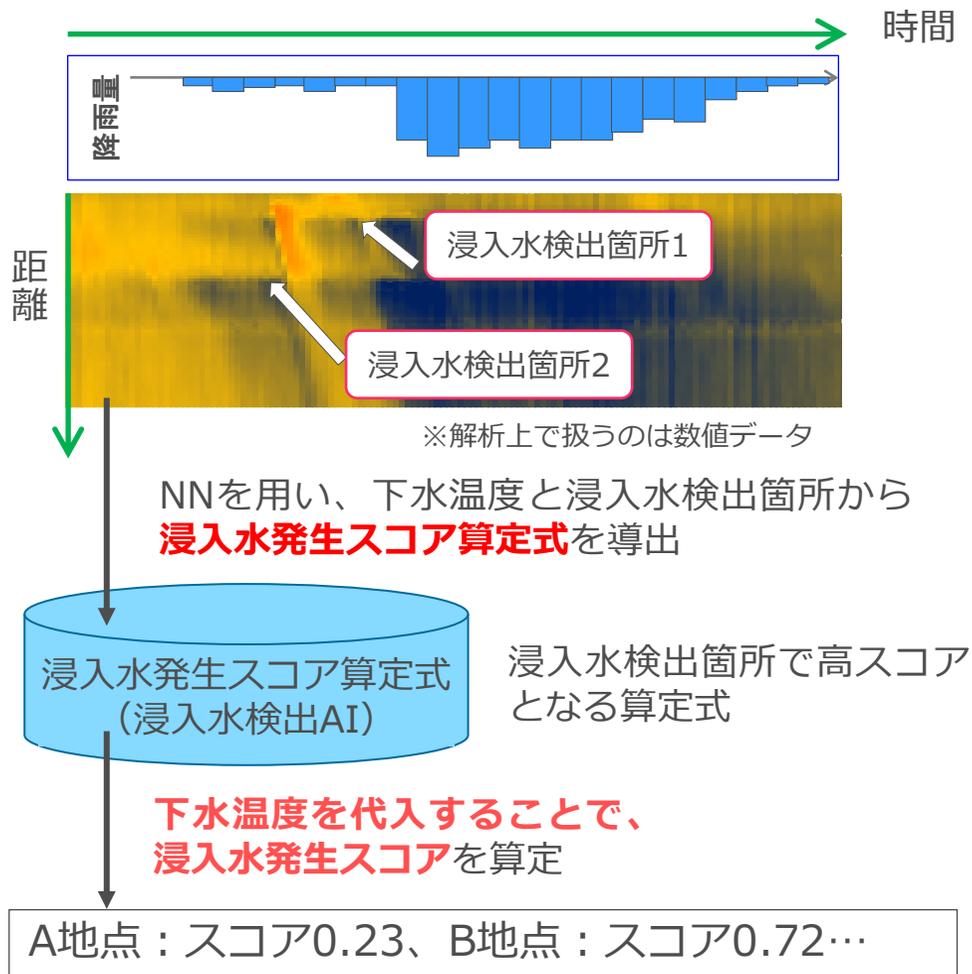
ニューラルネットワーク(NN)



モデル化



- 脳の神経回路の一部を模した数理モデル
- 入力値を関数処理（重みづけ）し、その処理結果をスコア（数値≒確率）として出力



(1) 作業フロー：詳細調査範囲の絞り込み

確認した浸入水発生箇所（検出箇所±5 m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。



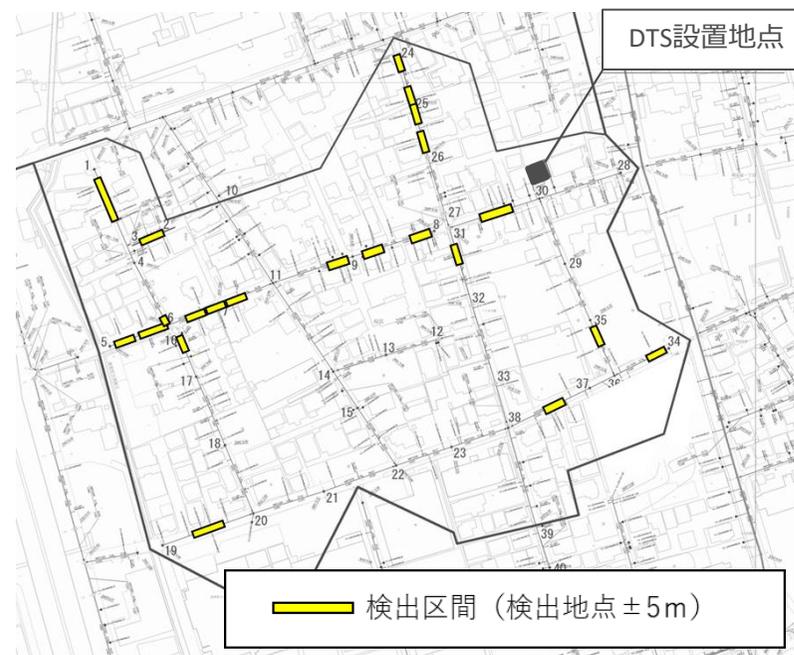
検出リスト

検出区間（検出地点±5m）		
人孔	検出区間(m)	
MH8	13	23
MH9	5	15
MH54	4	14
MH59	5	15
MH62	6	16
MH62	36	36
MH71	7	17

⋮

→
検出区間を
地図上に整理

地図上に検出区間を整理



(2) 検出性能 (ラインスクリーニングの妥当性)

B-DASH成果

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

	AI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	73	103	35	41
	71%		85%	
藤沢市	47	63	23	26
	75%		88%	
計	120	166	58	67
	72%		87%	

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72%を示した** (表①列)
- なお、「浸入水レベル大」を対象とした場合、浸入水正検出率は87% (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)

①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

②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、B-DASH内において研究体により整理したもの

(3) 導入効果

B-DASH成果

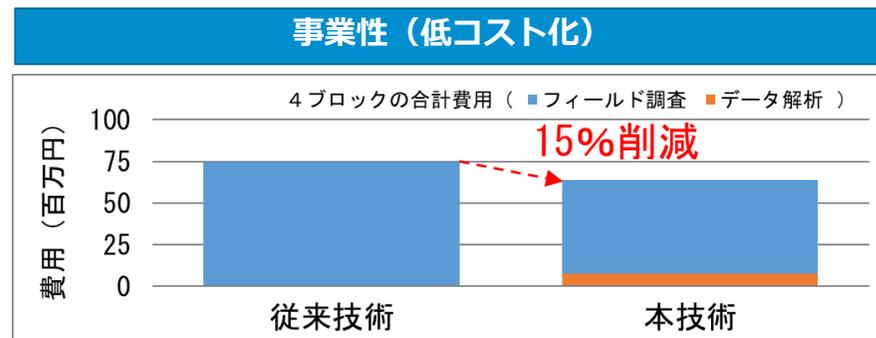
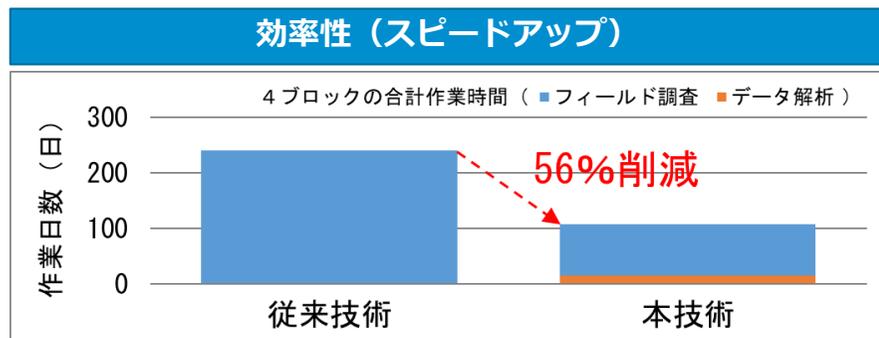
2都市におけるフィールド実証を通じて、従来技術との比較により、本技術の導入により削減される作業日数（効率性）及び費用（事業性）を評価

試算条件	項目	従来技術	本技術
	詳細調査範囲の絞り込み	なし	評価ブロック※1における詳細調査範囲の絞り込み
詳細調査※2	評価ブロック※1の全路線・家屋を対象	絞り込まれた詳細調査範囲※3を対象	

※1 4ブロック（2ブロック×2都市）を対象。4ブロックの特徴は、面積：5～10ha程度、管きょ密度：200～320m/ha程度、家屋密度：25～35戸/ha程度

※2 本管テレビカメラ調査（+管渠洗浄工）、本管送煙調査、誤接合調査（音響・染色）

※3 優先ブロック内の20～40%程度の路線・家屋を詳細調査が必要な範囲として絞り込み（実証研究における実績）



➤ B-DASH実証では、従来の詳細調査に比べて、調査路線延長は59～84%、調査家屋数は70～80%削減するという結果が得られた

項目		①従来技術 (ブロック全体の詳細調査)	②本技術 (ラインクリーニング+詳細調査)	削減率 (1-②/①)
管路延長 (m)	さいたま市	3,154	1,284	59%
	藤沢市	4,312	710	84%
家屋数 (戸)	さいたま市	404	120	70%
	藤沢市	403	82	80%

4. おわりに

(1) 導入が推奨される都市と期待される効果

1) 導入が推奨される都市

- 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都市
- 詳細調査を実施したが、発生箇所を特定できなかった都市

など

2) 期待される効果

- 雨天時浸入水調査の低コスト化やスピードアップ
- 調査全体における効率性・事業性の向上により、その後の対策工事の早期着手に繋がることが期待

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導入ガイドライン（案）

「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」は、大・中ブロックからの絞り込みを行う「水位計と絞り込みAIによる絞り込み技術」とともに、国土政策技術総合研究所（国総研）より技術導入ガイドライン（案）が公表されています。

記者発表資料

国土交通省
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

国土総研
National Institute for Land and Infrastructure Management

令和4年3月22日
国土技術政策総合研究所

資料配布の場所

1. 国土交通省記者会
2. 国土交通省建設専門紙記者会
3. 国土交通省交通運輸記者会
4. 筑波研究学園都市記者会

令和4年3月22日同時配布

水位計と光ファイバー温度分布計測システムにAIを 組み合わせた新しい調査技術で雨天時浸入水対策を推進 ～調査に要する費用・日数を平均60%以上削減～

近年の豪雨の増加により雨天時浸入水が増加し様々な問題が顕在化していますが、このための調査には多大な費用と日数を要していました。

「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

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20220322.pdf>

技術導入ガイドライン（案）

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

国総研について | 研究・活動の紹介 | 研究成果・データ | 報道・広報 | イベント・講演会 | 採用情報

本ホームページ / 国総研資料 第1188号

研究結果資料

国総研資料 第1188号

【資料名】 B-DASHプロジェクト No.36
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導入ガイドライン（案）

【概要】 本ガイドラインは、雨天時浸入水対策に関する調査の低コスト化・効率化を目的として、下水道事業的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）で採択された「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」（実証研究期間 令和元年7月～令和4年3月）において、実証研究の成果を継承して、技術に波及の技術導入の手続きを明示し、技術の普及促進を図るために策定したものである。

【担当研究】 下水道研究室
【執筆者】 下水道研究室

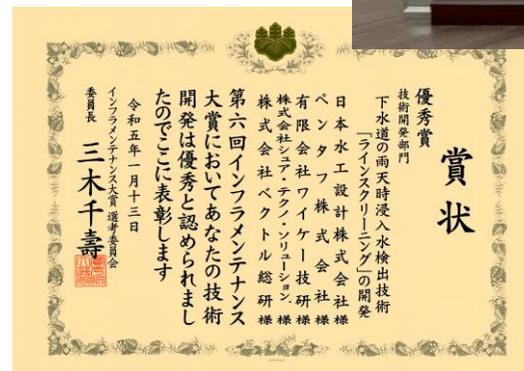
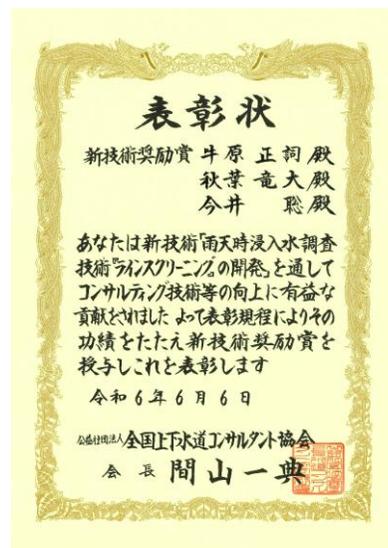
表紙 127KB
中冊 224KB

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1188.htm>



紹介技術の詳細が
記載されていますので、
ぜひご覧ください

ご清聴ありがとうございました



- 左：全国上下水道コンサルタント協会 新技術奨励賞（2024/6）
右：インフラメンテナンス大賞 優秀賞（2023/1）