

* アセットマネジメントのキーとなる技術

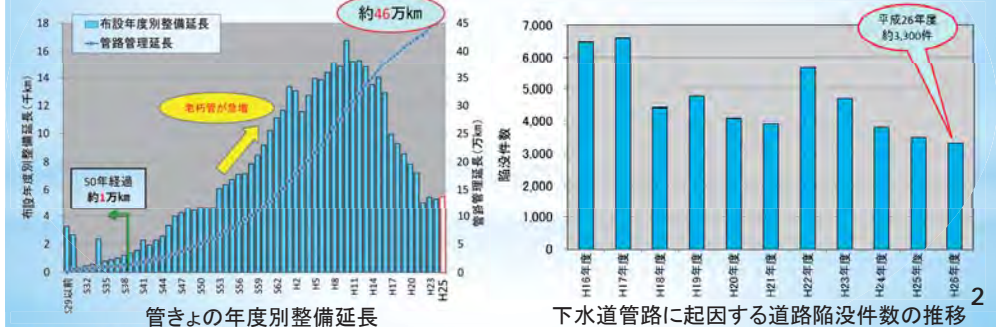
主任研究官 深谷 渉



1

背景

- ◆ 道路等に布設されている **下水道管路は約46万km**（地球約12周分）
- ◆ 高度経済成長期に布設された管路の更新時期が迫っており、下水道管路起因の **道路陥没が年3千～4千件発生**する等、重大な事故の発生が懸念
- ◆ **異常箇所**を点検調査により **早期に発見**し、適切に対応していくことが重要
- ◆ **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**の刊行
- ◆ **改正下水道法**（平成27年）により、**管路施設の点検が義務化**に（腐食の恐れの大い箇所）



下水道管路施設の維持管理が極めて重要な時代へ突入

背景



下水管の腐食

歩道の陥没



下水管のたわみとクラック



根の侵入

3

重大な事故が起こる前に早期発見、早期対処

課題

- ◆ 管路異状の早期発見には、適切な頻度での点検・調査の実施が必要だが、その実施率（年間調査延長）は1%程度

管路維持管理費用の確保が困難

現状のTVカメラ調査費用は、小口径管で2千～3千円/mと高額。

発注のための技術職員の不足

全国的に自治体職員（技術系）が減少傾向（ベテランの退職、新規採用職員の減少）

路線により事故リスクが異なる

施設規模が小さいと発生する事故も小さい傾向にあり、「事後対応でいいか」という意識が強まる。

管路延長が長大で調査が追いつかない

TVカメラ調査の日進量は300m/日程度で、一般的な調査頻度（1回/10年）での調査は困難。

調査困難な箇所がある（大口径・流量、空洞等）

幹線管きよでは、水替え（止水）が困難で、潜行目視やTVカメラ調査が困難。地下空洞は、管内面からは発見困難。

4

点検・調査の効率化、低コスト化、自動化等が必要

課題への対応方針

【ニーズ】

- ✓ 膨大な管路延長を早く調査し、状況を把握したい。
- ✓ 調査費用を安くしたい。
- ✓ リスクに応じた適切な頻度を設定したい。
- ✓ 見えない箇所を診たい。



- 研究①：調査優先箇所の抽出 →スクリーニング
- 研究②：調査を効率化、高速化 →性能向上、改良
- 研究③・新たな調査技術を確立 →技術応用、開拓

研究動向

研究①
調査優先度判定システムの構築



研究②
管路調査技術の効率化・
低コスト化のための開発・評価

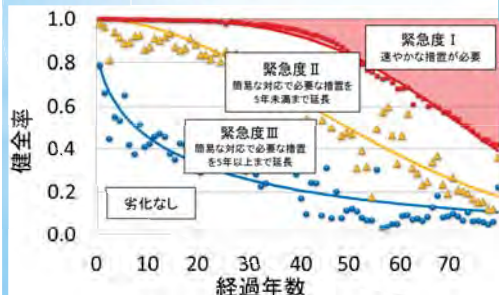
研究③
道路陥没の未然防止に供する
点検調査技術の開発・評価



研究①：調査優先度判定システムの構築

- 全国のTVカメラ調査データを分析し、健全率曲線を作成
→自治体の将来改築事業量やTVカメラ調査量の推定に活用
→ストックマネジメント研究推進のため上記データを公開
(DL2千件超, <http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>)
- 下水道全国DB等を活用して、健全率曲線の精度向上を図る
- 陥没や劣化影響因子の分析からリスクを算定し、優先して調査すべき箇所を判定するシステムを構築

マクロな健全率曲線



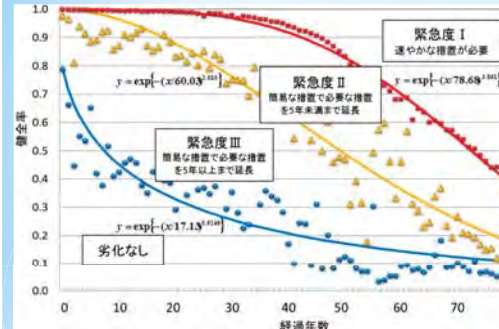
下水道全国DBを活用し、劣化影響因子や異常発生毎の健全率曲線を作成

現場に即した健全率曲線

- 布設年度
- 施設属性情報
- 布設状況
- 道路埋設環境
- ...

研究①：調査優先度判定システムの構築

マクロな健全率曲線(経過年数での評価)



不具合発生に影響する因子
(鉄筋コンクリート管)

- 大都市
 - ① 圧送管下流、② 地盤条件、③ 特殊排水
- 地方中小都市
 - ① 過去の陥没等に隣接、② 地盤条件、③ 樹木の近く

下水道全国DBを活用し、劣化影響因子毎の健全率曲線を作成

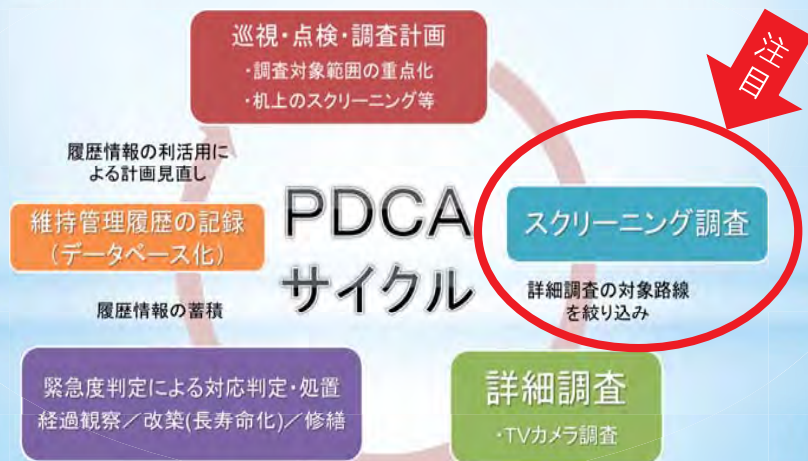
不具合発生時の影響の大きさ

- 大都市
 - ① 鉄道・河川横断、② 防災拠点下流
- 地方中小都市
 - ① 鉄道下、② 国道・県道下

優先調査箇所の判定システム

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

- 管路内を早く安く調査する手法として、スクリーニング調査に着目した管渠マネジメントシステムの実証研究を実施
- 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）



9

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

スクリーニング技術とは

広範囲にわたる管きょを迅速に調査し、緊急的対応の必要な異常の発見、詳細調査の対象箇所を絞り込むことを目的とした技術である。

- 1) 広範囲の管きょを迅速、安価に調査する
- 2) 中度以上の異常有無を見つける
- 3) 調査前の洗浄等の事前措置は極力実施しない

詳細調査技術・追加調査技術とは

点検やスクリーニング調査によって発見された異常箇所をさらに詳細に調査し、異常の程度を見極めて、改築、修繕等の対策につなげる技術である。また追加調査技術は従来型TVカメラ等の詳細調査に追加して実施することで、調査の効率性や調査精度を向上させることや、従来型TVカメラ調査では確認できない異常項目を把握することを目的とした技術である。

※B-DASH実施上の定義 10

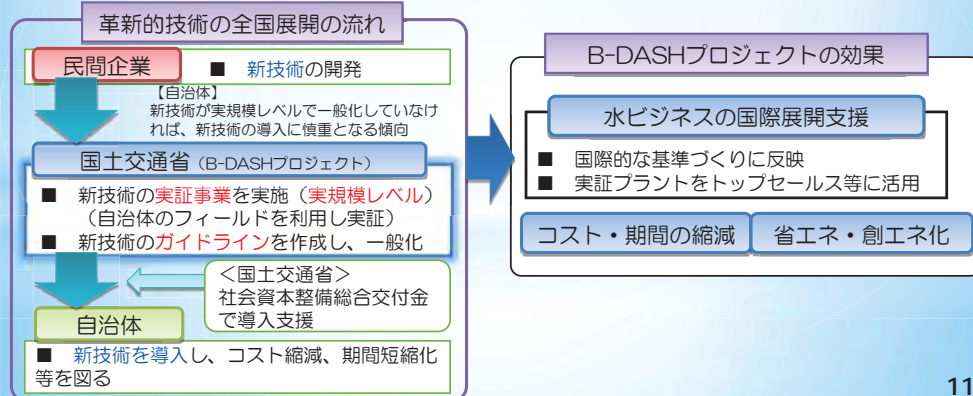
研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

B-DASHプロジェクトとは

※Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における大幅なコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、国土交通省が平成23年度より実施。

これまで、水処理技術（窒素除去、リン回収）、バイオガス技術（回収、発電、精製）、下水污泥固形燃料化技術、下水熱利用技術等を、国総研の委託研究として実フィールドを使って実証研究を実施し、ガイドライン化を進めてきた。



11

管口カメラ点検と展開広角カメラ調査

管清工業(株)・(株)日水コン・八王子市共同研究体

スクリーニング調査技術

- 持ち運び可能な簡易なカメラを用いて、マンホール内に入ることなく管渠内部画像を取得。
- 高い機動性と人件費削減で、調査費用の大幅低減と工期短縮を実現。



管口カメラ

詳細調査技術

- 側視無しで展開図を作成可能な展開広角カメラを用いて詳細調査を実施。

展開広角カメラ



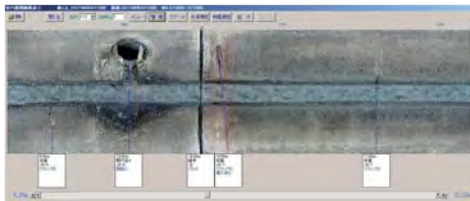
12

展開広角カメラと衝撃弾性波検査法技術

積水化学工業(株)・都市技術センター・河内長野市・大阪狭山市共同研究体

スクリーニング調査技術

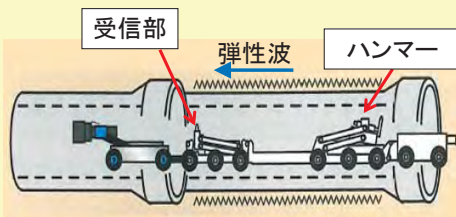
・詳細調査で使用される展開広角カメラを、スクリーニング用に利用。



展開広角カメラ

詳細調査技術

・ハンマー打撃で得られる弾性波（振動）を用い、周波数分布の特性（高周波成分比）を解析し、管の耐荷力を定量化。
 ・部分修繕/スパン改築の判別や、改築工法の選定（複合管/自立管）に活用が可能。
 ・微小クラックや外面クラックが発見可能。
 ・調査員の主観・個人差が出にくい。



衝撃弾性波検査機

13

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

【実証研究における評価項目】

管渠マネジメントシステム技術の性能等を明らかにするための評価項目として下記項目を設定し、**実証フィールドで得られたデータに基づき確認**を行った。

性能諸元

- ①日進量(m/日)
- ②調査コスト(円/m)
- ③確認可能な異常項目とランク
- ④異常確認精度

現場諸元

- ①適用範囲(管きょ属性)
- ②適用条件(現場環境)
- ③専門技術性

その他諸元

性能諸元および現場諸元に含まれない、各技術特有の諸元例)
 ・走行型スクリーニング調査技術：堆積物走破率
 ・衝撃弾性波検査法：改築事業費の削減効果等

※最終的に、従来型TVカメラの性能と比較！

15

高度な画像認識技術(スクリーニング技術)

船橋市・下水道事業団・日本電気(株)共同研究体

機械学習による識別作業支援

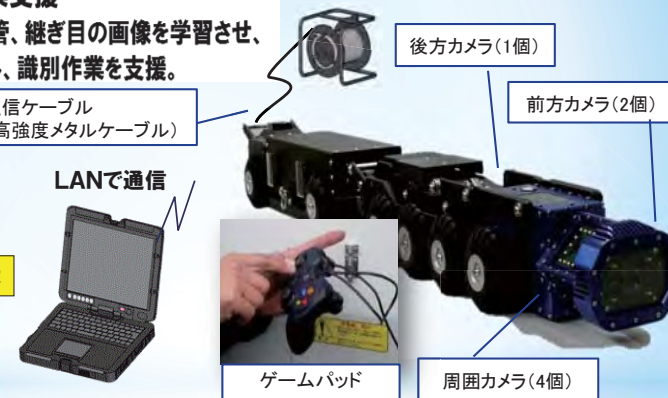
傷、汚れ等だけでなく、支管、継ぎ目の画像を学習させ、**要観察ポイントを自動抽出し、識別作業を支援。**

通信ケーブル
(高強度メタルケーブル)

LANで通信

画像認識型カメラ本体

全長：1,215mm
 高さ：150mm
 重量：30kg
 速度：10m/分(標準)



高度な画像認識技術

機械学習による不具合自動検出
 画像フィルタによる高精度認識

高い走破性能

バッテリー内蔵による長距離連続調査
 無停止での全周画像撮影
 特殊有線によるワイヤー軽量化による長距離調査

14

実証研究における評価結果

- ✓ 技術毎に、異なる実証フィールドで実証を実施した。
- ✓ しかしながら、管きょ内の土砂堆積状況、不具合箇所数、スパン長等がフィールド毎に異なることから、算出した評価結果が、どの調査フィールドにも当てはまるとは限らない！



- 実証フィールドで得たデータを条件毎に整理した上で、仮想のフィールド上で導入効果を確認。

<試算条件の例>

- ・S29年以前、昭和30年～49年、昭和50年～平成4年
- ・コンクリート管、陶管、塩化ビニル管
- ・土砂堆積多い、少ない

16

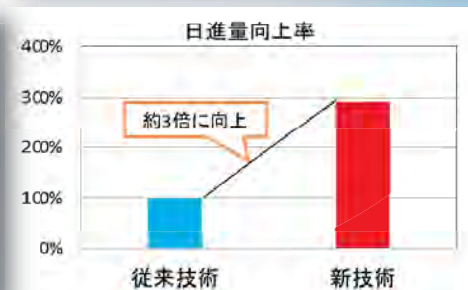
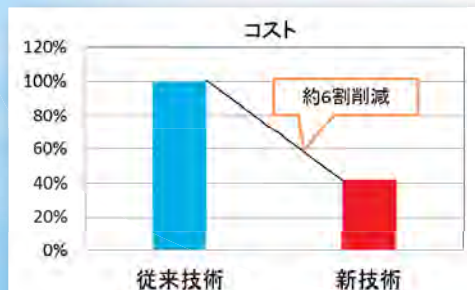
管口カメラ点検と展開広角カメラ調査

導入効果（試算例）

＜最も効果の高い条件＞

- 昭和50年～平成4年に布設
- 陶管
- 土砂堆積少ない

※適用範囲ではありません。



17

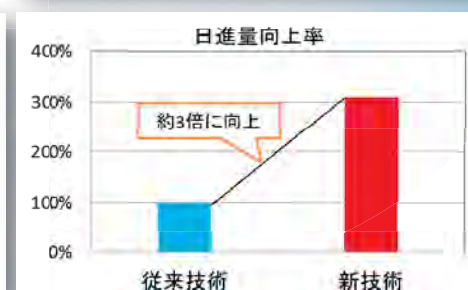
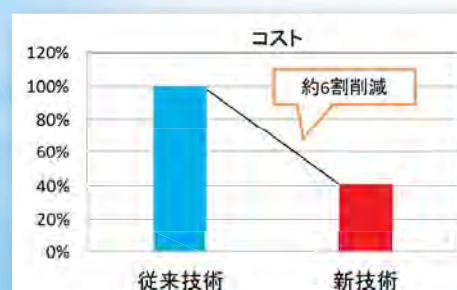
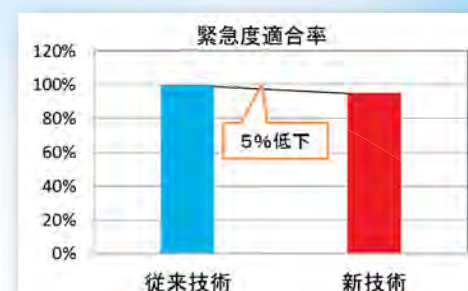
展開広角カメラ

導入効果（試算例）

＜最も効果の高い条件＞

- 昭和29年以前に布設
- 陶管
- 土砂堆積少ない

※適用範囲ではありません。



18

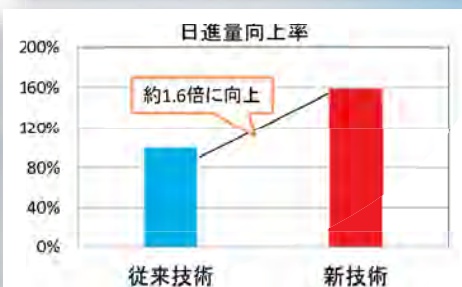
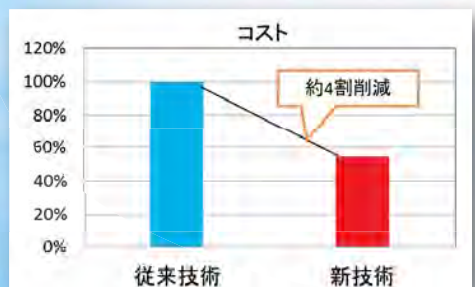
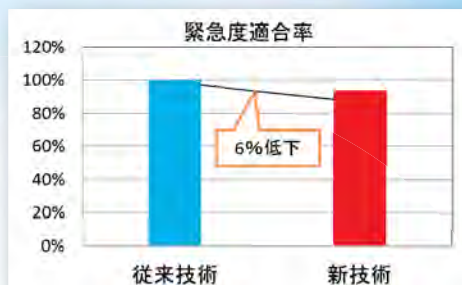
高度な画像認識カメラ

導入効果（試算例）

＜最も効果の高い条件＞

- 昭和29年以前に布設
- コンクリート管
- 土砂堆積少ない

※適用範囲ではありません。



19

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

詳しくは…

国総研下水道研究室のホームページにて

スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン

を絶賛公開中！

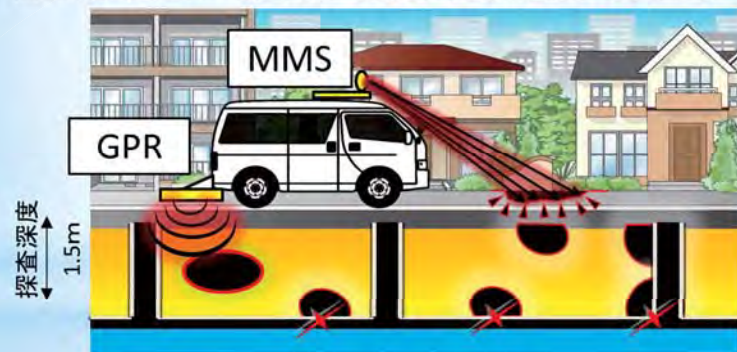
<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/b-dash.html>

20

研究③ 道路陥没の未然防止に供する点検調査技術の開発・評価

●道路の陥没予兆検知技術

TVカメラで発見できない下水道管周辺の空洞や地盤の緩み、路面変状を迅速かつ効率的に発見し、管路管理に役立てる



MMS：モバイルマッピングシステム
GPR：地中レーダ探査

21

研究③ 道路陥没の未然防止に供する点検調査技術の開発・評価

平成27年度B-DASH選定技術

陥没の兆候の検知を目的とした空洞探査の精度と日進量の向上に関する実証研究

三菱電機(株)・名古屋市・相模原市共同研究体

車両牽引型深層空洞探査装置の実用化に向けた実証研究

川崎地質(株)・日本下水道事業団・船橋市共同研究体

三次元陥没予兆診断技術に関する実証研究

(株)環境総合テクノス・(株)日水コン・関西大学・豊中市共同研究体

【検証内容】

- ① 空洞探査技術の正答率の向上や解析の効率化・省力化
- ② 下水道の管路管理への適用性
- ③ 計測頻度及び計測結果の判定基準(案)の検討

<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/b-dash.html>

22

おわりに

- ・厳しい地方財政、技術者不足の中で、管渠ストックは増大し、老朽化が進行。
- ・新たな調査手法であるスクリーニングの有効性を実フィールドで検証した。
- ・効率的な施設の点検調査のファーストステップとして、スクリーニング調査の導入を検討していただきたい。(ガイドライン公開中)
- ・健全率曲線、調査優先度判定、陥没予兆等のアセットマネジメントの実践に必要なツールの開発を行います。

ご清聴ありがとうございました。