

次世代の水道管路に関する研究
(*Pipe Stars* プロジェクト)

最終報告会テキスト

平成 26 年 8 月

公益財団法人 水道技術研究センター

目 次

PipeStars プロジェクト研究総括	1
首都大学東京 都市環境学部 特任教授 小泉 明	
基礎研究 1	
水道管路の修繕コストの可視化	19
首都大学東京 都市環境学部 特任教授 小泉 明 准教授 荒井 康裕	
基礎研究 2	
管路システムの環境影響評価	27
首都大学東京 都市環境学部 特任教授 小泉 明 准教授 荒井 康裕	
基礎研究 3	
人口減少が残留塩素濃度に及ぼす影響予測と対策	39
鳥取大学 理事・副学長 細井 由彦	
基礎研究 4	
水道水のフィルターろ過と元素分析を用いた管路内面状況の診断手法 に関する研究	49
東京都市大学 工学部 教授 長岡 裕	
基礎研究 5	
衝撃応答に基づく中口径ダクタイル鋳鉄管の外面腐食の簡易非破壊評価方法 に関する研究	63
大阪大学大学院 工学研究科 教授 鎌田 敏郎	
第 1 研究委員会	
健全な水道管路の維持管理に関する研究	73
株式会社クボタ 安達 徹	
第 2 研究委員会	
水道管路の最新技術に関する研究	119
株式会社栗本鐵工所 河野 光宏	

PipeStars プロジェクト
研究総括

Pipe Stars プロジェクト 総括

首都大学東京 都市環境学部
特任教授 小泉 明

1

水道の現状

- 水道普及率：97.6%（平成24年3月末）
- 蛇口から直接水を飲むことができる安全で安心な「**世界のトップレベルの水道**」を築き上げた
- 水道があって当たり前となり、断水経験のない世代も増加、**水道の恩恵**が意識されていない状況に

2

水道における最近の動向

2004年: **水道ビジョン** (厚生労働省)

安心・安定・持続・環境・国際 ⇒ **地域水道ビジョン**

2008年: **水道ビジョン改訂** ⇒ **広域化**

2005年: **水道事業ガイドライン** (日本水道協会)

業務指標 (PI) JWWA Q 100

2005年: **水道施設更新指針** (日本水道協会)

2005年: **水道施設機能診断の手引き** (水道技術研究C)

2008年: 水道施設の技術的基準を定める **省令の改正** (厚生労働省)

【備えるべき**耐震性能**を明確化、更新に併せて**耐震化**を推進】

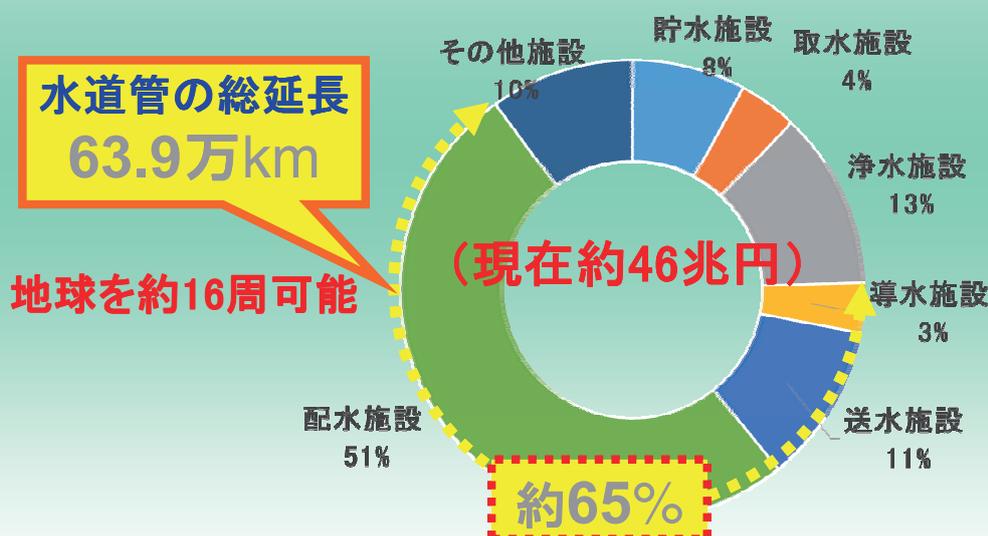
2009年: 水道事業における **アセットマネジメント** (資産管理) に関する手引き (厚生労働省)

2013年: **新水道ビジョンの作成** (安全・持続・強靱)

3

水道施設の現状

水道事業が取り組むべき課題の1つに **施設の更新** が挙げられる。



出典) 水道ビジョンフォローアップ検討会資料に加筆

4

管路に特化した産官学共同研究

(公財)水道技術研究センター

1. Epochプロジェクト

(平成14～16年度)

2. New Epoch プロジェクト

(平成17～19年度)

3. e-Pipeプロジェクト

(平成20～22年度)

4. Pipe Starsプロジェクト

(平成23～25年度)

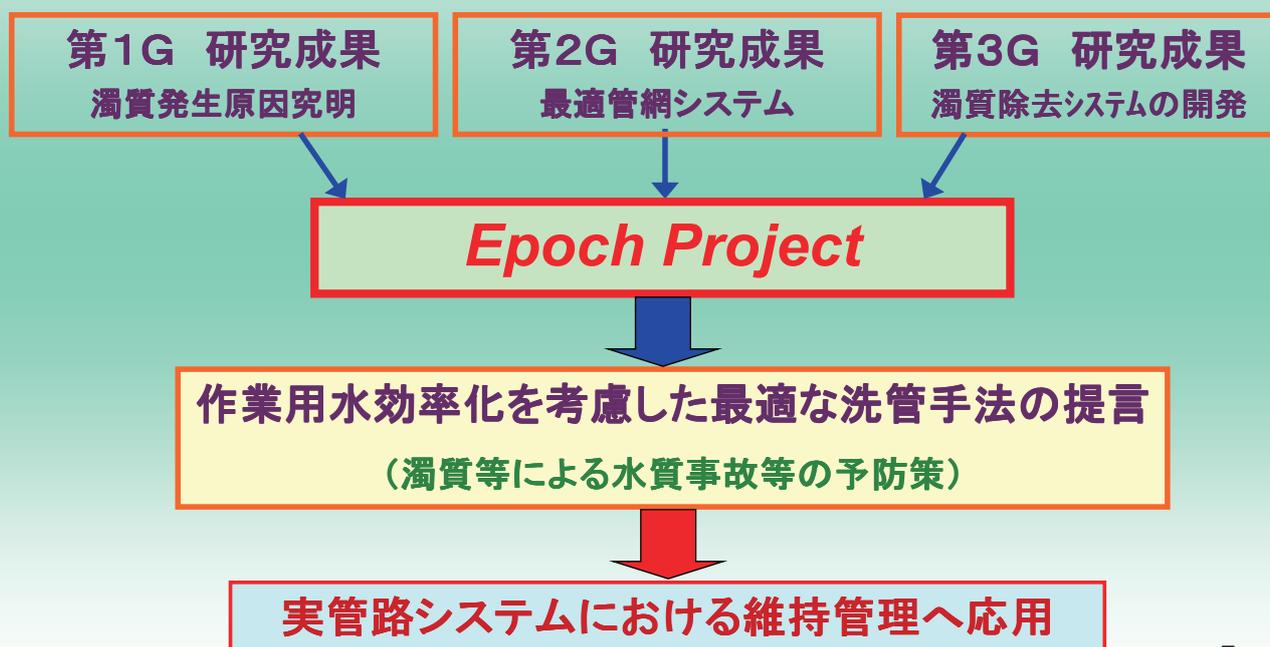
5

Epochプロジェクト(平成14～16年度)

- 厚生労働科学研究費補助金を中核にして、企業14社からの共同研究費により実施するもので、大学、水道事業体および企業による「水道管路に特化した産官学一体となった共同研究」
- プロジェクトの名称は、Effective water use in Pipeline Operation Considering High qualityの頭文字を取り、通称「Epoch プロジェクト」

6

Epoch Project の成果



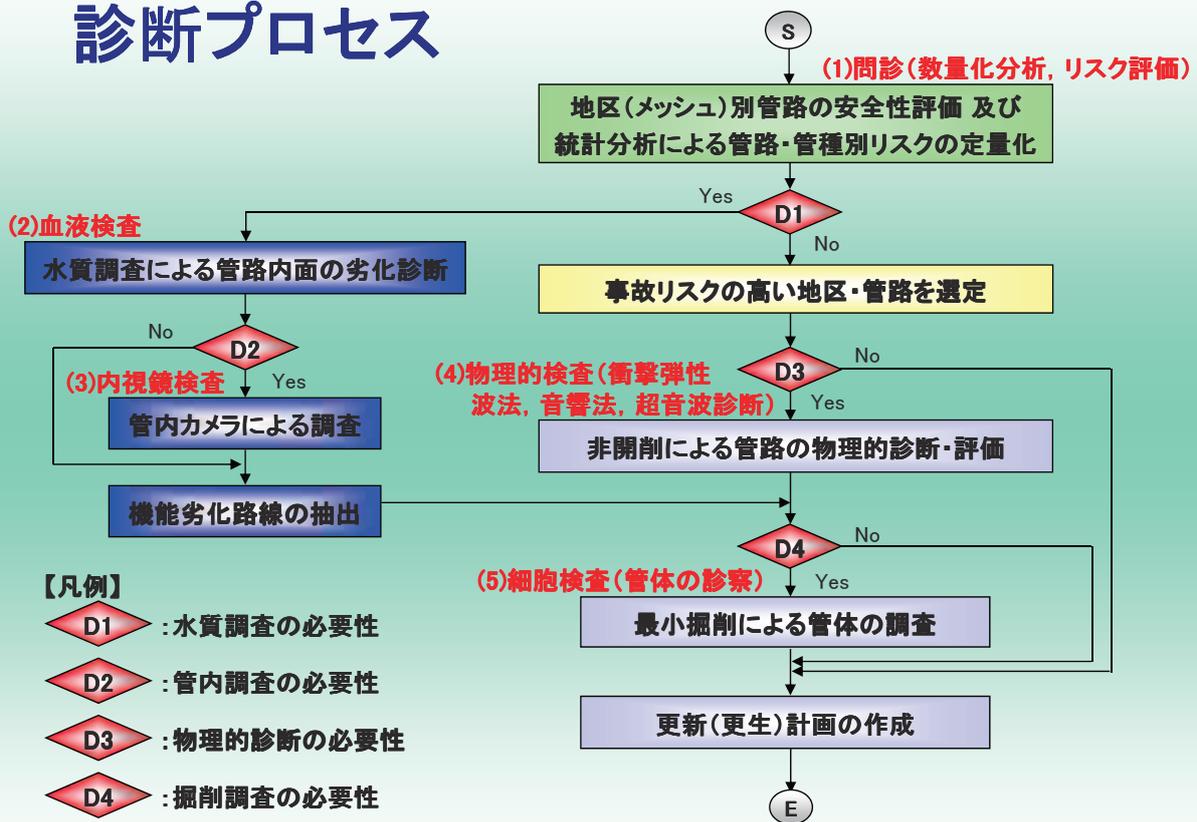
7

New Epoch プロジェクト

- 管路施設の機能診断・評価に関する研究
(**New Evaluation and diagnosis of Pipeline functions by Observing pipe Characteristics**)
と題して、平成17年度～平成19年度の3箇年計画で研究。(7大学・16事業体・14社20名)
- 研究課題
 - 1) 老朽管路における**水質劣化とその防止策**を研究
 - 2) 管路の**老朽度診断技術**に関する研究

8

診断プロセス



9

New Epoch プロジェクトの目指したもの

老朽管路における水質
劣化とその防止策
に関する研究

管路の
老朽度診断技術
に関する研究

New Epoch の成果

**水道事業者が抱える老朽管路の
効率的かつ計画的な更新・維持管理**

10

e-Pipe プロジェクト

- 持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究(通称“**e-Pipe プロジェクト**)と題して、2008年度～2010年度の3箇年計画で研究。(4大学・16事業体・16社20名)
- 研究課題
 - 1) **機能劣化予測、ハザードマップ**及び**直接診断**に関する研究
 - 2) **LCA手法**及び**水道事業のPR**に関する研究

11

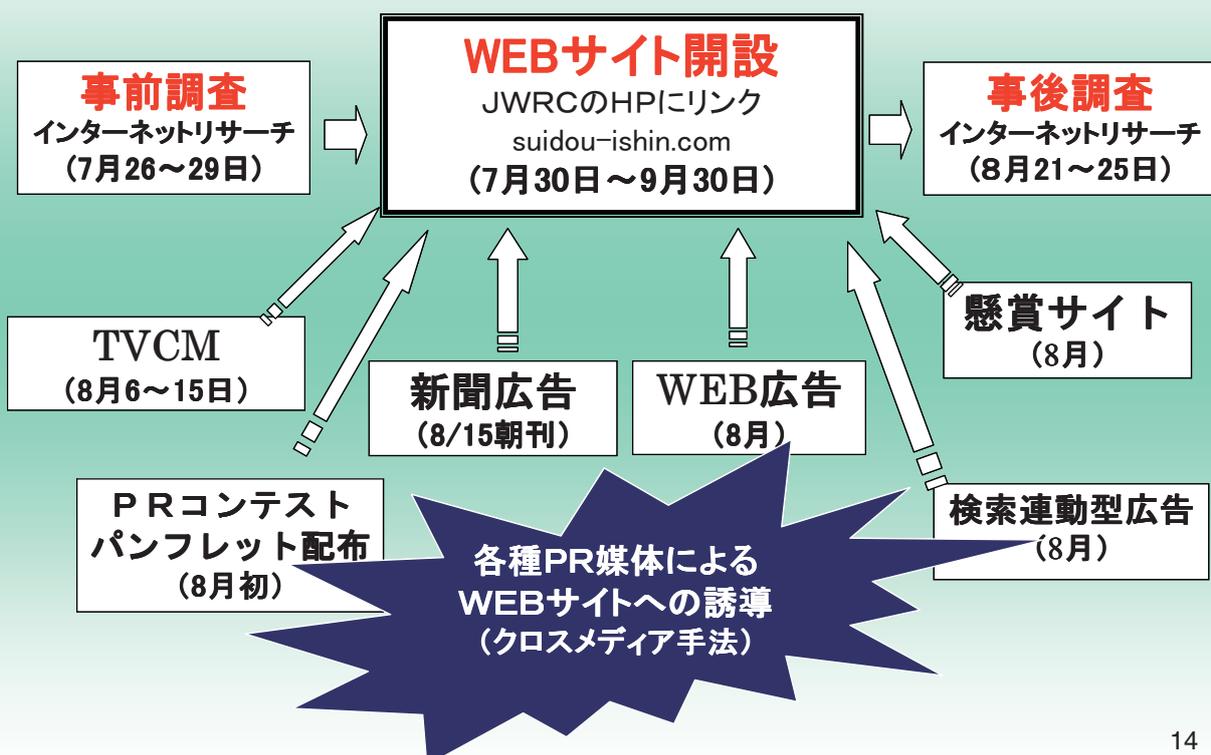
ハザードマップの一例(その1)



ハザードマップの一例(その2)



PRに関する検討(その1)





PIPE STARS プロジェクト

次世代の水道管路に関する研究

(通称“*Pipe Stars* プロジェクト)と題して、

平成23～平成25年度の3箇年計画で研究。

(4大学・17事業体・13社18名)

**Pipelines for Stable and Reliable
Water System**

1.研究目的

背景

- ・ 水道管路の更新率は1%程度と低く、布設から40年以上経過した管の割合が着実に増加。
- ・ 水道事業を継続するための重点事項は、**水道資産を適正なレベルで維持管理し、計画的な更新につなげていくこと。**

本研究では「次世代の水道管路に関する研究」を共通テーマとして

- ・ 水道管路の維持管理業務のあり方を研究
- ・ 管路更新のための製品・工法を研究



- ・ 維持管理の適正化と管路更新の促進を通じて、水道ビジョンの**安全・安心でおいしい水の安定的な供給**に資することを目的とする。

19

2.研究テーマと研究期間

研究テーマ

メインテーマ

次世代の水道管路に関する研究

サブテーマ

健全な水道管路の維持管理
に関する研究
(第1研究委員会)

水道管路の最新技術
に関する研究
(第2研究委員会)

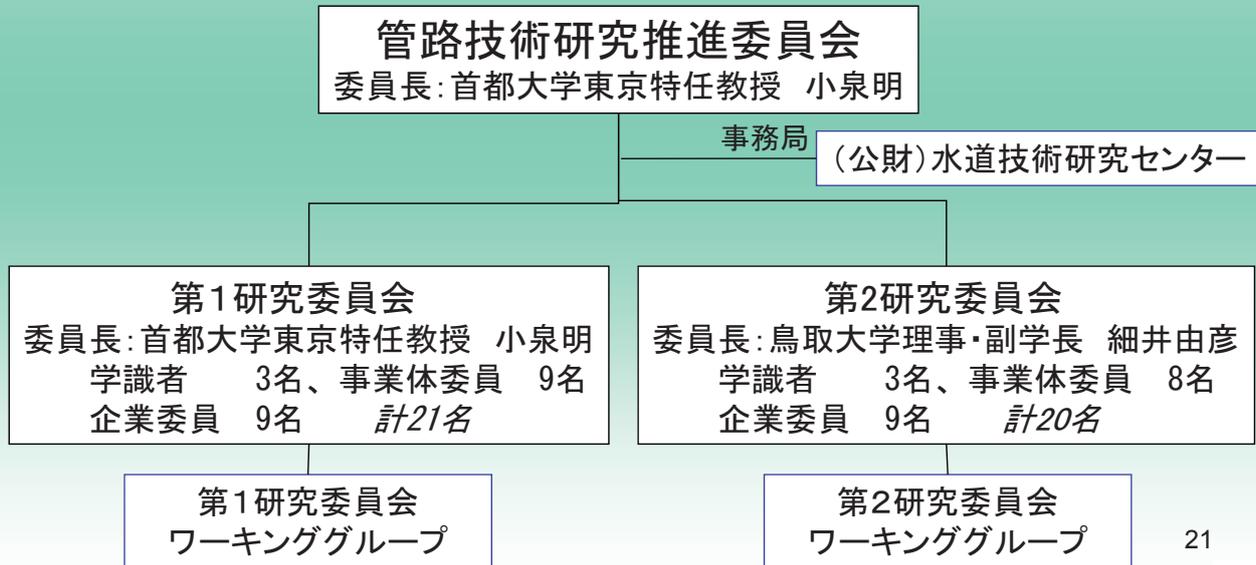
研究期間

平成23年度～平成25年度 (3年間)
(発足式:平成23年8月2日)

20

3.研究体制

- 水道技術研究センターと産官学の各委員による共同研究体制（6学識者、17事業者、13企業、計41委員）
- 年間3回のグループ研究委員会と年2回の全体会議（管路技術推進委員会）を実施



4.第1研究委員会 研究内容

研究テーマ:「健全な水道管路の維持管理に関する研究」

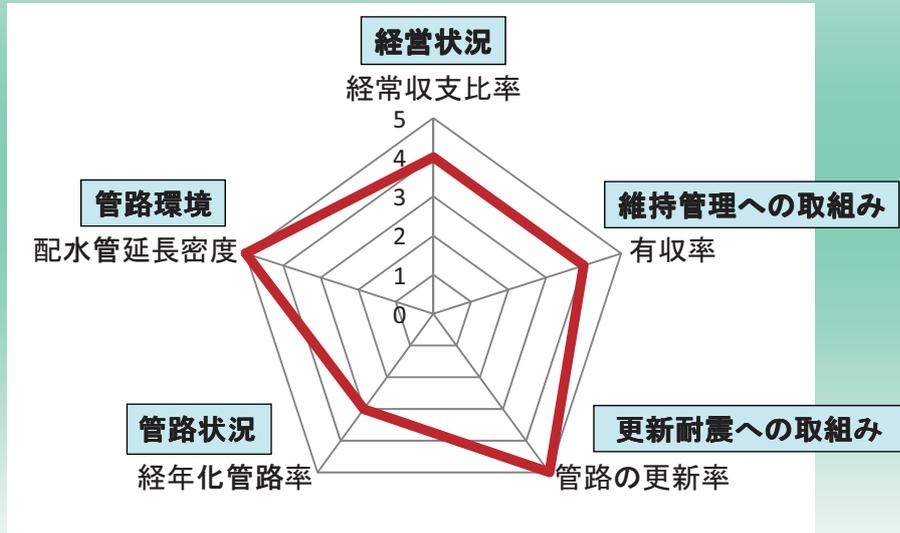
- 維持管理のあるべき姿を研究した。
- 予防保全的な維持管理の重要性と維持管理の重要性の効果の定量化手法を研究した。
- 適正な維持管理に必要なマニュアルを作成した。

↓ 選定した重点テーマ

- 1) 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究
 - ・ 維持管理レベルの評価手法
 - ・ モデル地区における維持管理業務の効果の定量化
- 2) 水道管路維持管理マニュアル作成の手引き

1) 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究 ～維持管理レベルの評価指標(その1)～

事業者特性の評価 維持管理に係る業務指標(PI)を点数化して評価



23

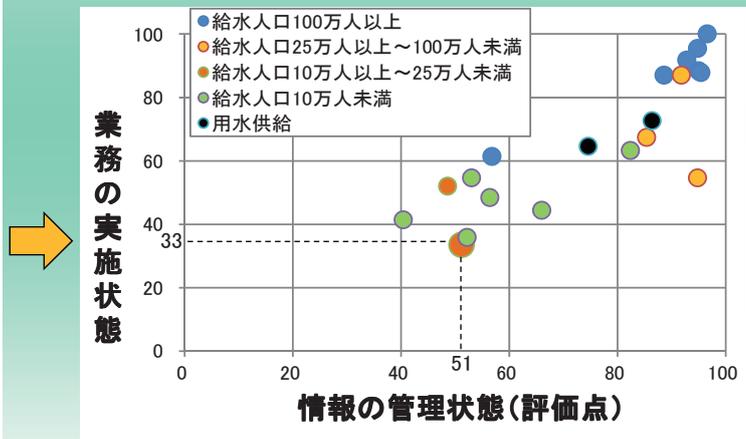
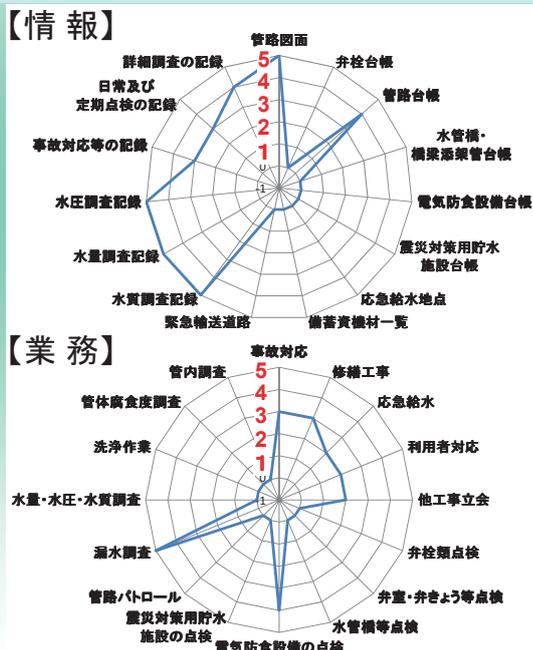
1) 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究 ～維持管理レベルの評価指標(その2)～

① 維持管理の項目別評価

維持管理に関する『情報の管理状態』と『業務の実施状況』を点数化し評価

② 維持管理の総合評価

『情報の管理状態』と『業務の実施状態』を総合的に評価

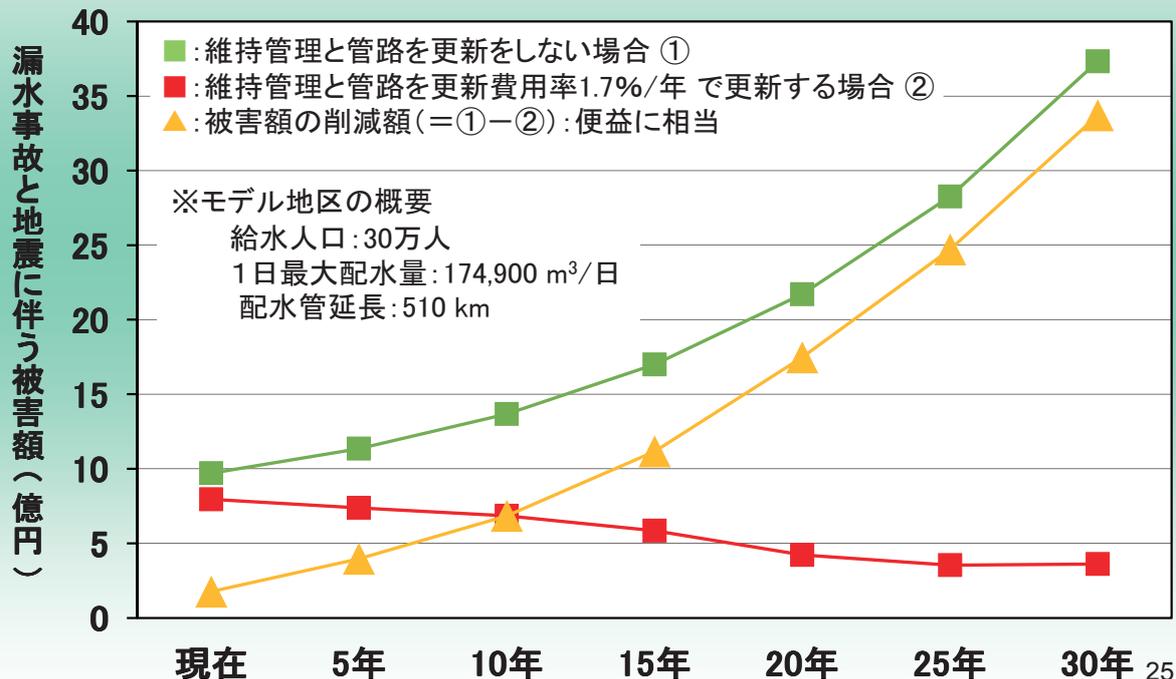


※ 事業者Bの例(給水人口10万人未満)

24

1) 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究 ～維持管理業務の効果の定量化について～

管路の維持管理と更新を実施した場合の便益試算結果例



2) 「管路維持管理マニュアル作成の手引き」の作成

イラストや手順で示すなど、分かり易く取りまとめた。

- ◇ イラストによる予防保全の解説
- ◇ 維持管理レベルの評価方法
- ◇ マニュアルの作成手順および記録帳票例

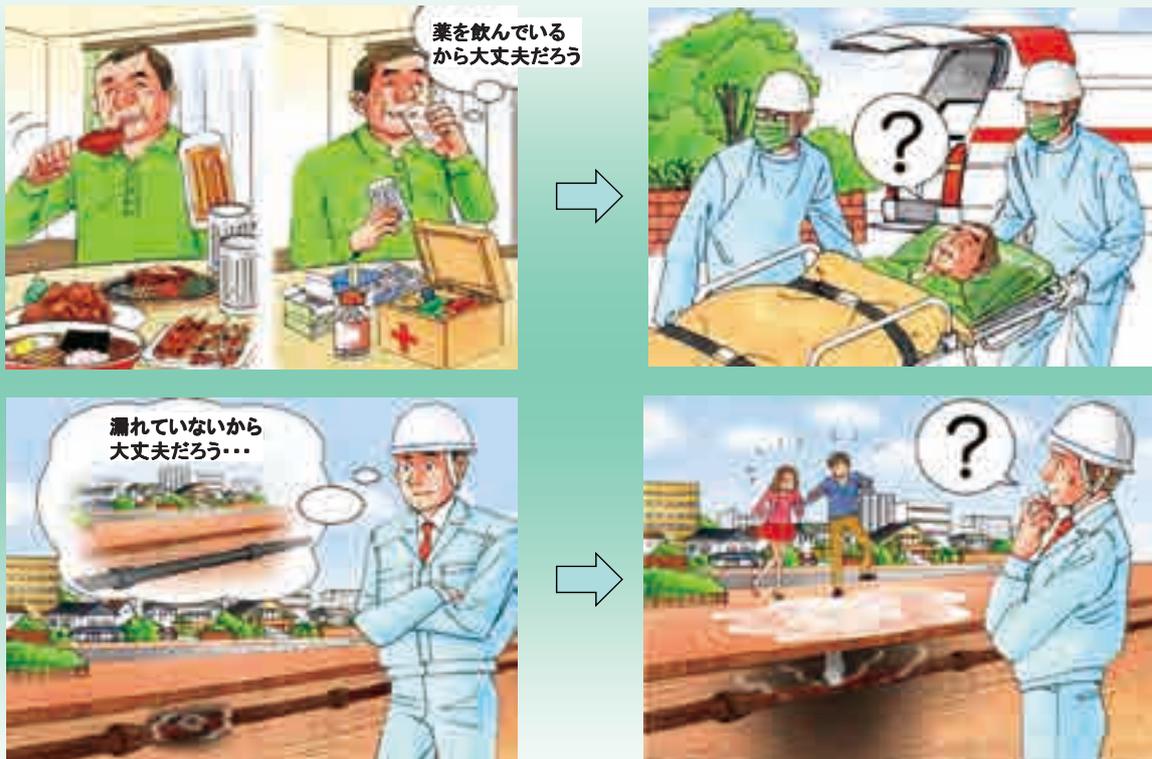
マニュアルの構成



イラストによる予防保全の解説例

項目	内容
(1) 作業手順	業務の計画、実施、情報活用などの作業手順
(2) 実施方法	業務の対象施設、点検等の項目・方法・頻度、結果の記録等の方法
(3) 情報の活用	業務実施から得られた情報の活用方法
資料1 記録類例	業務結果を記録する帳票の様式や台帳の様式の例
資料2 委託仕様書例	業務を民間委託する場合の委託仕様書の例

2)「管路維持管理マニュアル作成の手引き」の作成



イラストによる予防保全の解説例

27

6. 第2研究委員会 研究内容

研究テーマ:「水道管路の最新技術に関する研究」

- 水道管路における現状の課題を明らかにすることにより、将来求められる水道管路の具体像について検討した。
- 将来の水道管路の構築に必要な製品や工法を研究することで、今後の水道業界における研究開発の活性化に資することを目的とし、下記内容について調査研究を実施した。

(1) 水道管路の将来像構築

(2) ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究

(3) 水道管路の再構築読本の作成

28

(1) 水道管路の将来像構築

水道管路の将来像として、水道事業運営に関わる問題点がICTの活用でどのように解決されるかを検討し、その結果を「**水道の未来予想図**」として図化した。



29

(2) ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究

① システムの導入手順と導入効果

② **データの精度向上および効率的な取得に関するケーススタディ**

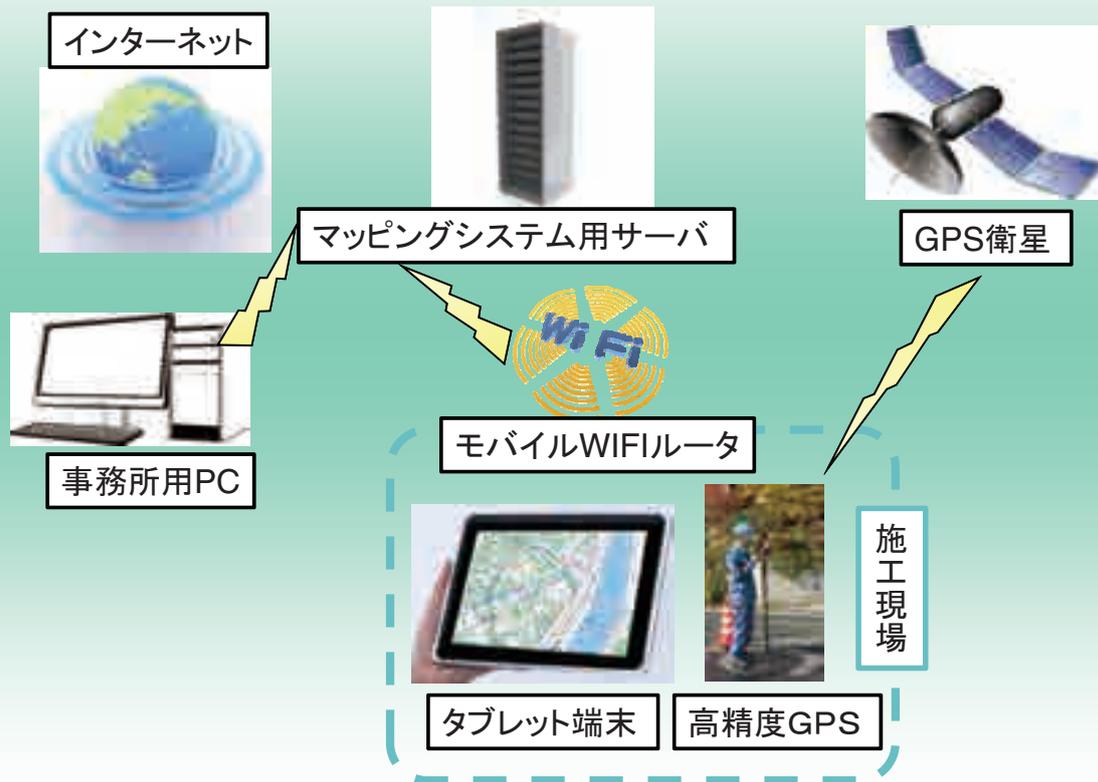
⇒ 宮崎市上下水道局殿の管路更新現場において、管路情報の取得・蓄積と、蓄積した情報の活用に関するフィールドテストを実施。

③ **計画等の業務へのシステム活用に関するケーススタディ**

⇒ 宮崎市上下水道局殿のマッピングデータにより、管路情報の有効な活用方法や業務の効率化の検証のためのケーススタディを実施。

30

②データの精度向上および効率的な取得に関する ケーススタディ システムの概要図



31

3) 水道管路の再構築読本の作成 ～次世代に向けた水道管路の更新～

- 既往の指針、マニュアルや研究報告書等を管路更新の計画から工事に掛けて一連の流れで整理して、**管路更新の促進等を図る**ことを目的に作成した。

基本的な管路更新の進め方を習得できるように作成した。

- 管路更新を進める上で、多岐にわたる既往文献と業務の流れの関係を把握できる。
- 管路更新工事に関する技術について体系的に理解することができる。

特に管路更新の手順や方策、既存技術を中心に紹介し、管路再構築の留意点について記載した。

32

7. *Pipe Stars*プロジェクト成果普及

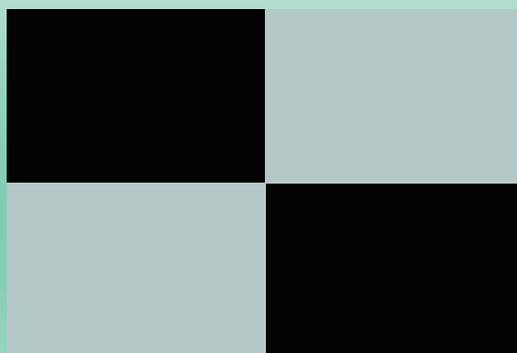
Pipe Stars ポータルサイトを製作中

平成26年10月頃 公開予定



33

ご清聴ありがとうございました



TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

首都大学東京

34

基礎研究 1

水道管路の修繕コストの可視化

修繕コスト可視化

首都大学東京

小泉明・荒井康裕

研究の背景

2

現状の管路更新率は全国平均で1%程度に過ぎず、この状況が続けば**老朽管路**の割合が一段と増加し、漏水や破損事故に対する**修繕費**が嵩むことが危惧される。

独立採算

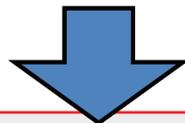
人口減少に伴う
給水収益の減少

水道施設に対する
更新・耐震化等

総務省が行った調査(対象:全都道府県(47)及び全市町村(1,750)、時期:H.22年12月1日~H.23年3月31日)によると、「**今後、社会資本の維持管理・更新需要の増大への懸念**」について、市町村では道路、公立学校施設、下水道、**上水道**、公営住宅の順に挙げている。

総務省:「社会資本の維持管理及び更新に関する行政評価・監視結果報告書」

水道管路に対する「**修繕とその財政的負担**」の実情を明らかにすることを目的に、アンケート調査結果に基づく**修繕コスト関数の作成**、並びに**事故率予測式**に基づく管路修繕費(全国ベース)の試算を行った。



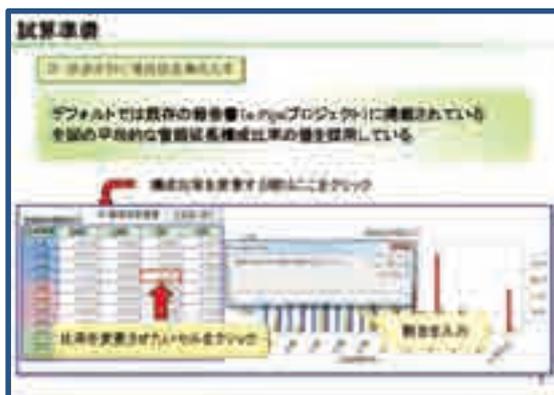
- ①水道事業体における管種構成割合の違いに着目
- ②**更新戦略**(更新の「**質**」と「**量**」)との関係、**どの管種から優先して更新に着手するのか**／**どれくらいの更新率を確保するのが妥当か**といった問題を検討。
- ③更新シナリオの下で、将来の管路修繕費を試算。

管路修繕費の試算方法

水道管路に関する修繕費が、水道事業においてどの程度の**財政負担**になっているのかを把握するため、管路の事故が地域で年間に**何件発生するのか**を推計し、この事故件数に**1件当たりの修繕金額**を乗じた**総費用**(年間総額)を試算する

試算に必要な**事故率**[件/km/年]、並びに**埋設経過年代別の埋設管路延長**に関する情報は、既存の報告書に示される事故率予測式や、水道統計を基礎にした算定結果等を参考に定める。

また、事故の口径別の内訳は、「口径に関する補正係数」の区分を参考に**代表口径**(ex. DIPの場合はφ100/φ400/φ700[mm])を定め、それらの修繕金額を加重平均化して用いた。



開発ツールの適用結果 (1)

分析の対象

K町 グループ①(DIP中心)

管種	DIP	CIP	SP	VP	合計
延長(m)	164,597	3,639	536	26,842	195,614
割合(%)	84.1	1.9	0.3	13.7	100

試算の範囲

今後50年間の事故件数・修繕費に着目

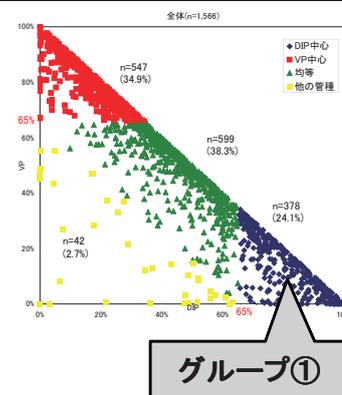
設定したシナリオ

「更新の“量”」(更新率)

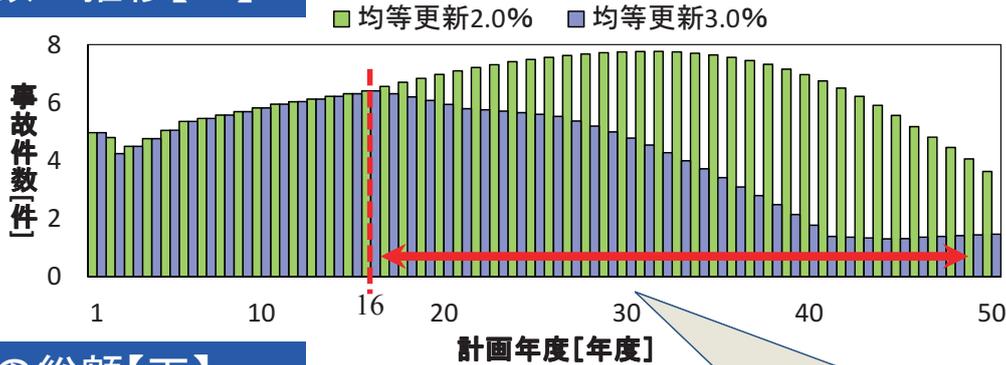
更新率を0%(更新なし)、1%、2%、3%と仮定した場合

「更新の“質”」(更新手順)

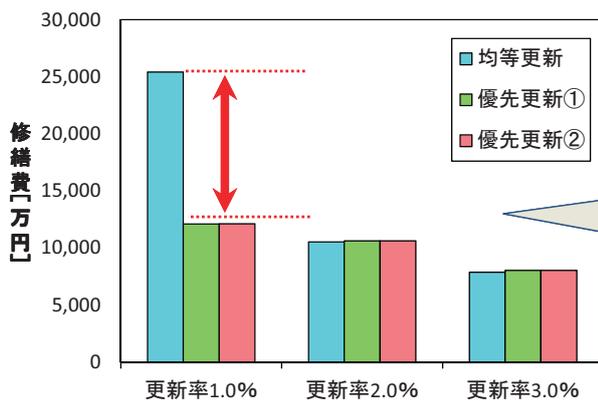
- 1) 全管種を対象に管路延長に比例した距離を更新する方法 : 「均等更新」
- 2) 特定の管種から優先して更新した場合
 更新をVP→CIP→DIP・SPの順で行う場合 : 「優先更新①:VP→CIP」
 更新をCIP→VP→DIP・SPの順で行う場合 : 「優先更新②:CIP→VP」



事故件数の推移【上】



50年間の総額【下】



更新率2.0%と3.0%の違いが16年以降の事故件数に顕著に見られた。

更新率2.0%と3.0%の場合には更新方法の違いによる差異がほとんど見られないが、更新率1.0%の場合には明確な差異が生じている。

埋設40年未満の扱いに着目した検討 (1)

検討の趣旨

「更新対象とする管路は埋設後 **40年** 経過しているものとする」制約
(本研究では「**年齢制限**」と呼ぶ)

もし、この「**年齢制限**」を設けずに
管路更新を行った場合、
どんな違いが見られるのか？

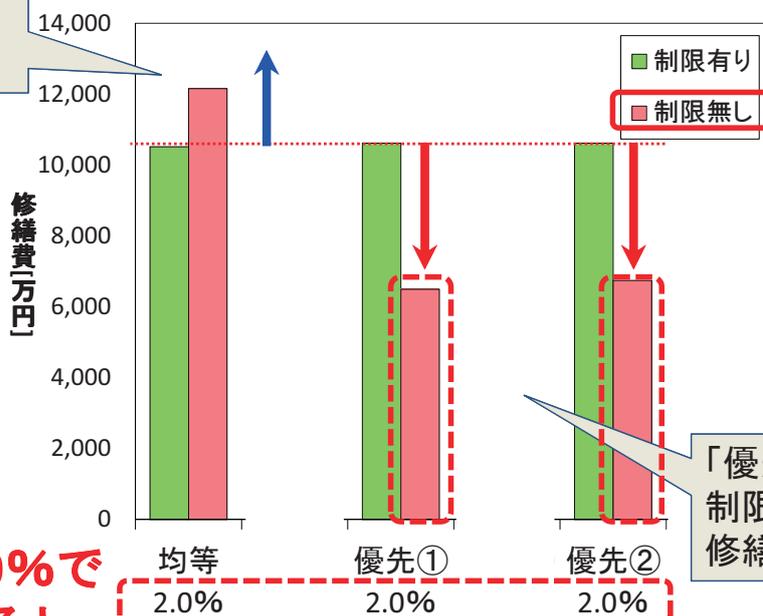
➡ 「**年齢制限**」を 設けた場合 と 設けなかった場合 を比較

埋設40年未満の扱いに着目した検討 (2)

9

「年齢制限」の有無による修繕費の比較

「均等2.0%」:
制限無しの方が
修繕費は**多い**。



「優先2.0%」:
制限無しの方が
修繕費は**少ない**。

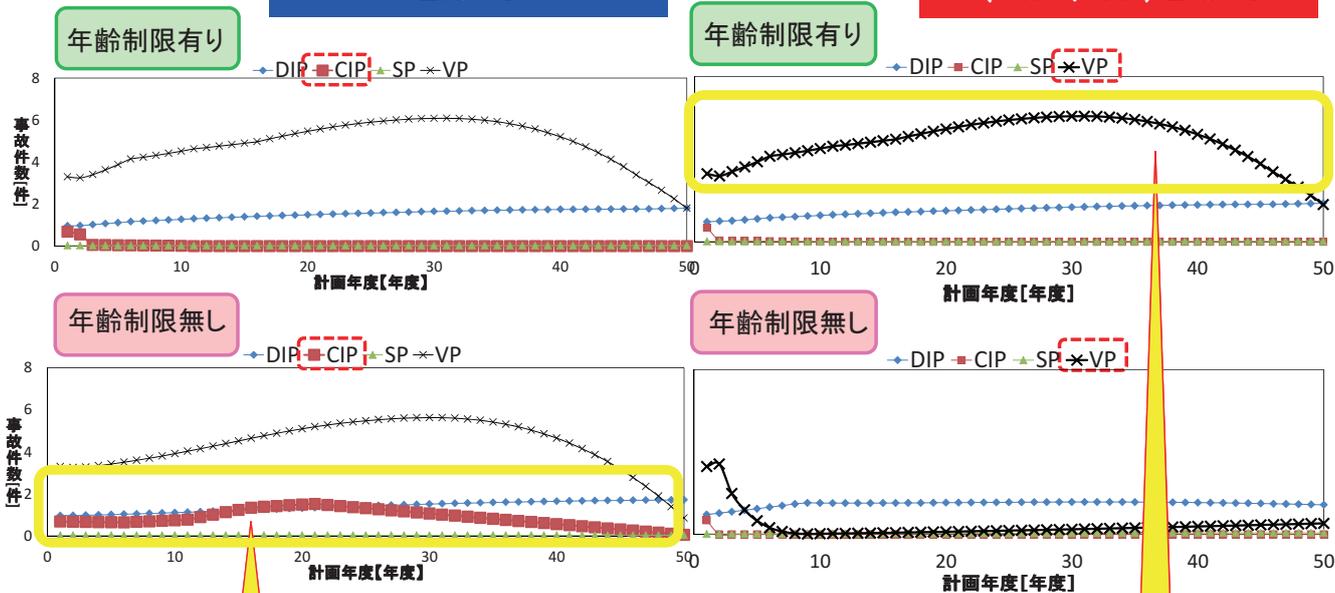
更新率2.0%で
比較すると...

埋設40年未満の扱いに着目した検討 (3)

10

均等更新
2.0%

優先更新②
(CIP→VP) 2.0%



更新余剰が配分されない為、
CIPの更新不足により事故件数
が増加している。

「年齢制限有り」によって
事故率の高いVPの更新保留が
事故増大につながる

研究の要点

水道管路の修繕コストを試算するツールを開発し、今後50年間の事故件数の推移等を可視化した。

財政面等で運営状況の厳しい水道事業体だが、**「より早く」「より大胆に」**取り組むことが肝要と考える。

今後の予定

本研究で開発したマクロツールを改良し、水道事業体や民間企業等と連携しながら、合理的な維持管理システム構築の実現に向けた、より実践的な活動に発展させていきたい。

基礎研究 2

管路システムの環境影響評価

管路システムの 環境影響評価

首都大学東京

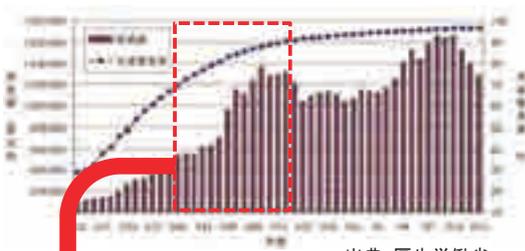
小泉明・荒井康裕

研究の背景

13

水道施設の建設

水道資産の約7割が管路施設



建設工事等における
大量の資源やエネルギーの投資

地球温暖化等の
環境問題に影響

重要な社会基盤の一つ

高度経済成長期を契機に大量に建設された水道管路の耐用年数の経過
→老朽化による事故リスクの増大 →管路更新の必要性

水道施設の運用

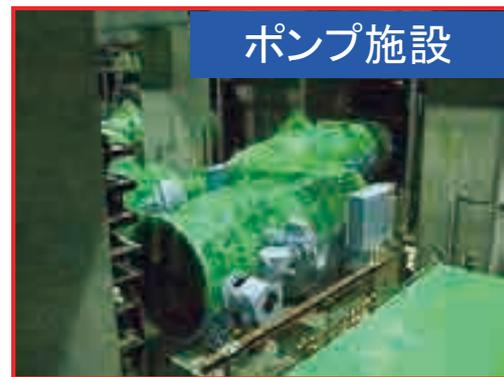
CO₂排出量の約6割が配水施設

➢ ポンプ運転による安定した水供給

ポンプ運転負荷の軽減が重要

- 地形の高低差を活用
- 管路の摩擦損失の軽減

本研究では、水道管路システムによる**水輸送過程**に着目し、**LCA(Life Cycle Assessment)**的な観点から、**管路及びポンプ施設の「建設」「運用」におけるCO₂排出量(LCCO₂)**を算定し、環境負荷がどれくらいあるのか**定量的に把握する**。



研究のポイント

視点1

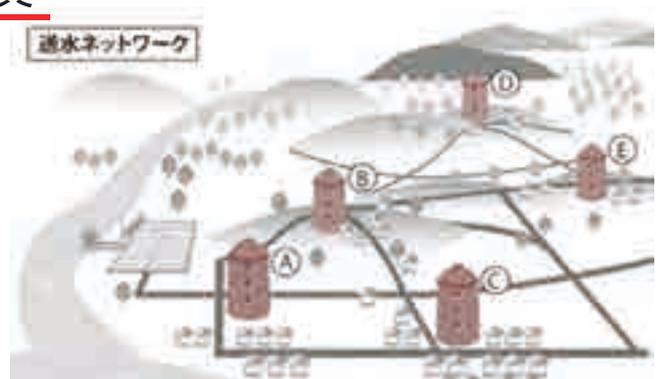
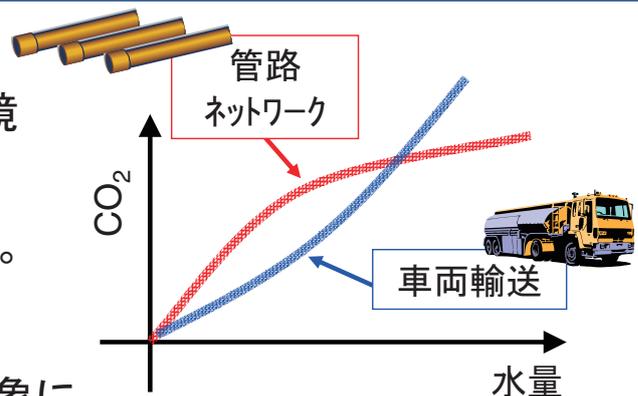
水道管路システムの優位性を環境負荷の観点から検証するために、車両による水輸送との比較を行う。

視点2

仮想地域の送水ネットワークを対象に、人口密度の多寡、配管形状の差異に対する水輸送の効率性。

視点3

将来の人口減少を想定した管路口径のダウンサイジング化に関する在り方を検討する。

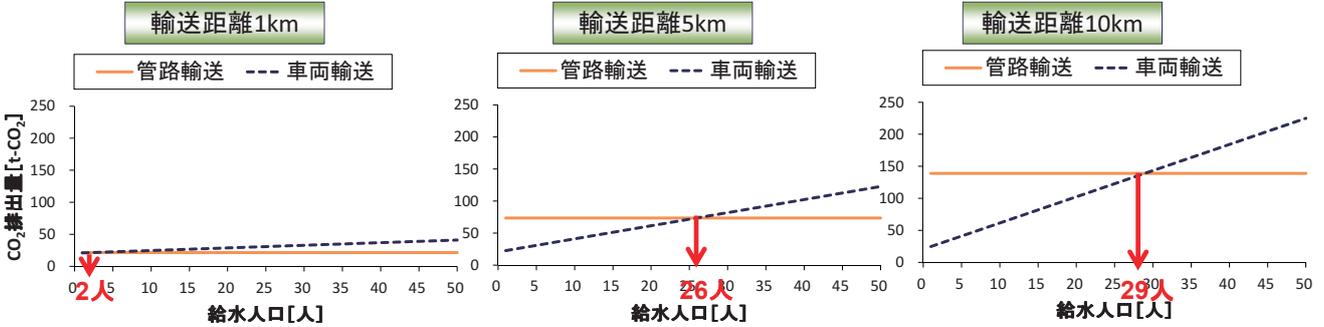
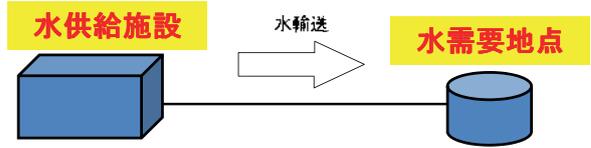


評価条件

対象地域：一地点への水輸送(右図)
 評価年数：10年
 輸送距離：1、5、10km
 地盤高：一定
 需要地点での有効水頭：15m
 給水人口：1~50人(1人刻み)
 需要水量：250L/人・日(日平均)、375L/人・日(日最大)

仮定1：
 「水供給施設」は既に建設済みとする。

仮定2：
 輸送された水道水を貯留する「タンク施設」は設置されている。

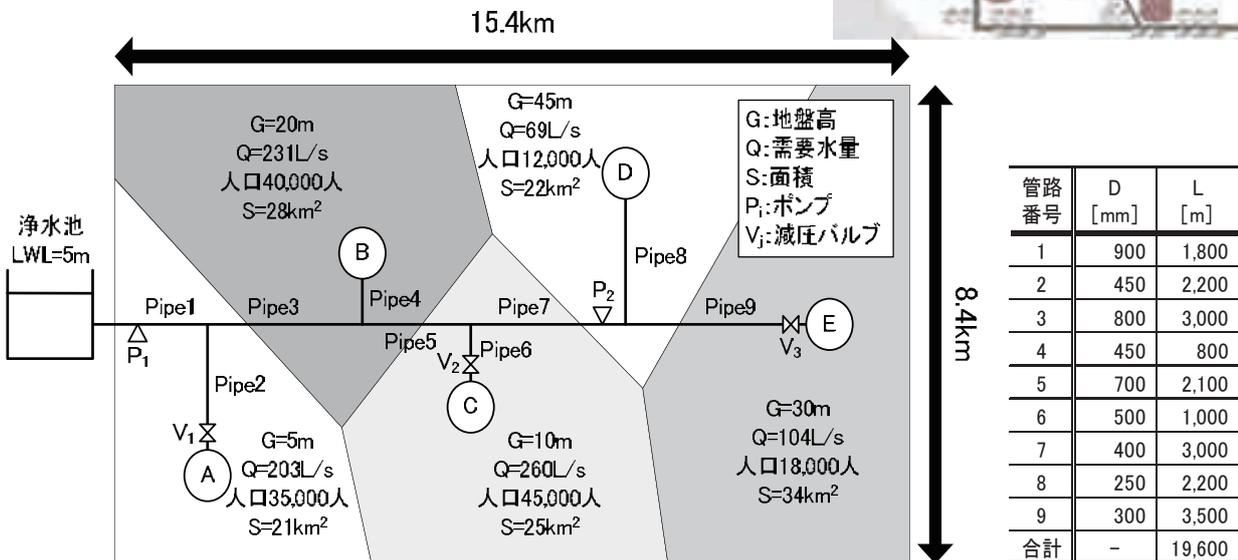


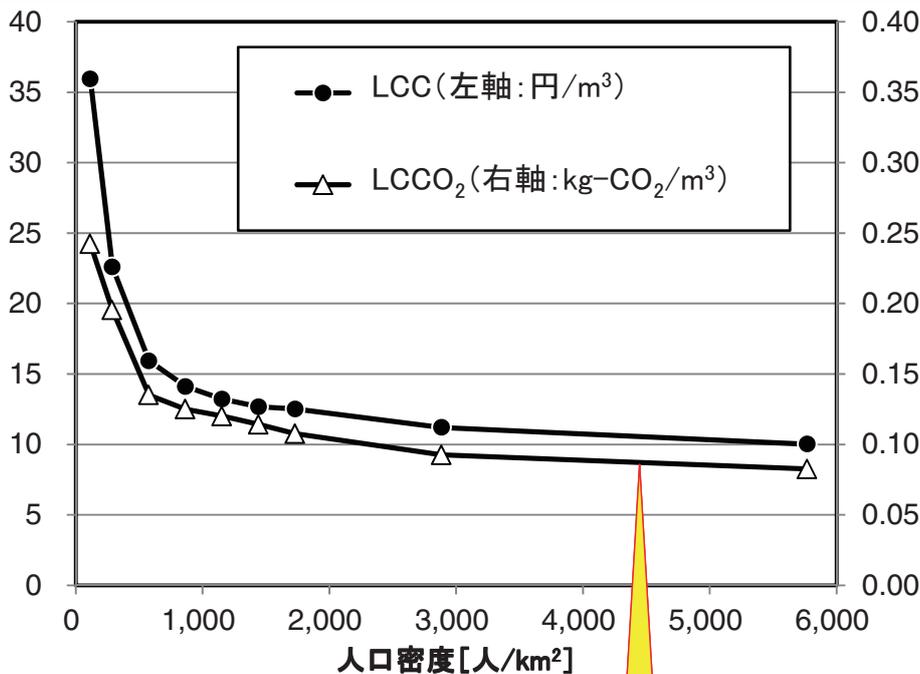
規模が大きくなるにつれて両輸送方法の差異が大きくなり、車両輸送が不利になる

環境負荷の観点から **管路輸送の優位性**を確認

送水ネットワークを対象とした評価

対象地域：下図の送水ネットワーク
 評価年数：100年
 需要地点での有効水頭：15m
 需要水量：400L/人・日(日平均)
 500L/人・日(日最大)





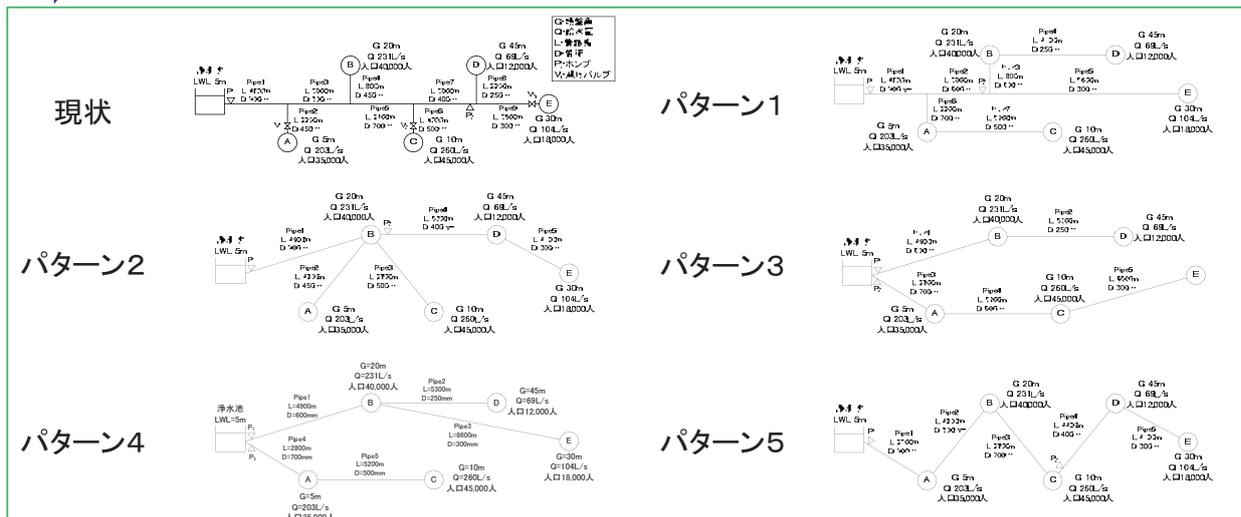
LCC・LCCO₂の試算を行った結果、いずれも人口密度の減少に応じて数値が上昇したことから、ある一定の人口規模で効率的な水輸送となることが示唆された。

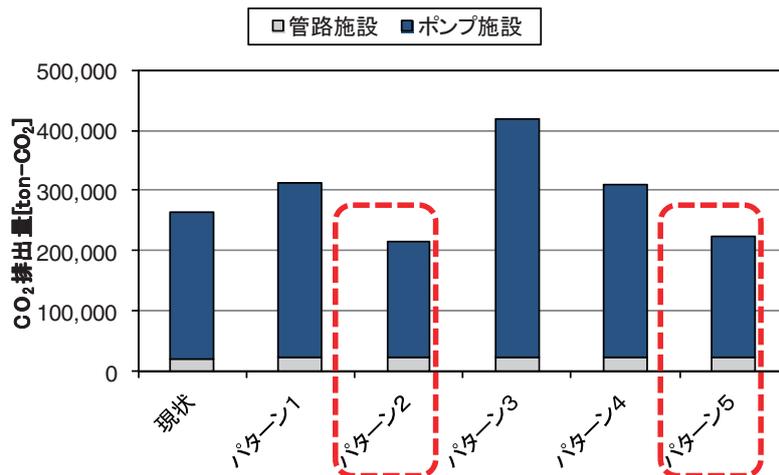
管路の配置形状に関する比較 (1)

水供給地点から需要地点への 管路配置の違い によって、環境負荷に差異が生じる

➡ 送水ネットワークについて、さらに 5パターンの管路配置 を提案し、ライフサイクルにおけるCO₂排出量を比較

➡ より 効率的な水輸送 について検討



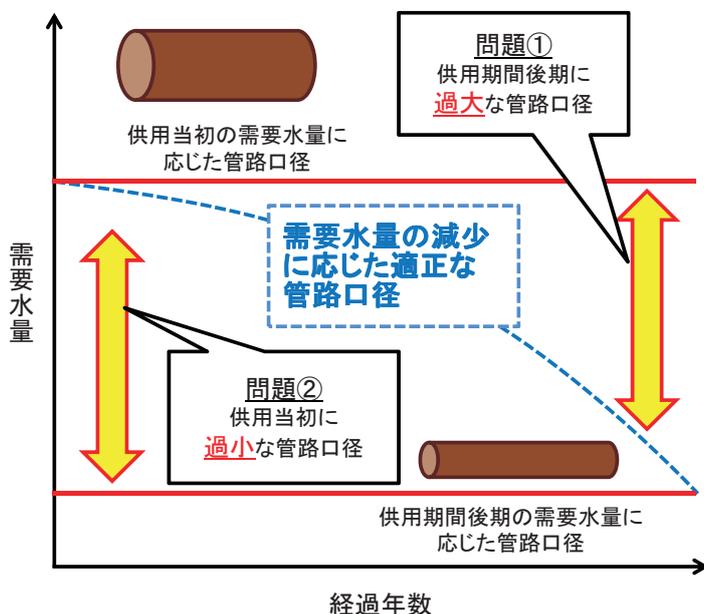


ポンプの運転負荷の小さい「パターン2」や「パターン5」においてライフサイクル全体のCO₂排出量が小さい

位置エネルギー差を活用した水輸送が環境負荷の観点で**効率的**

人口減少を想定したダウンサイジング化(1) 21

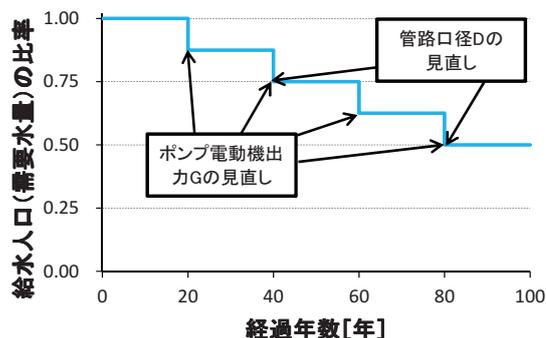
需要水量が減少する際に生じる
管路口径適正化の問題点



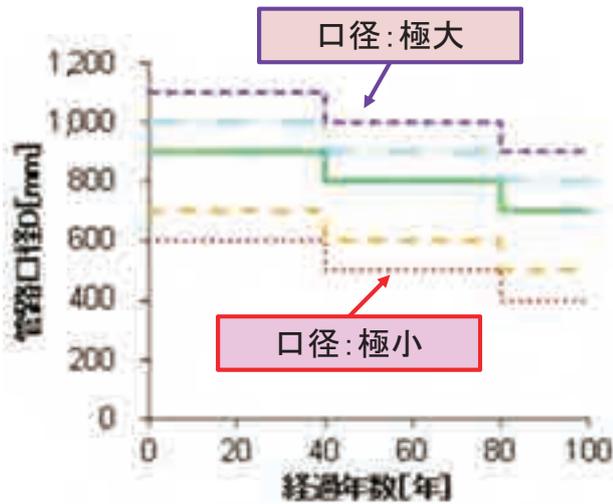
検討に用いた管路口径の候補

口径候補	設定条件
口径極小	管内流速 3.5[m/sec.]を上回らない
口径小	管内流速 2.5[m/sec.]を上回らない
口径中	管内流速 1.5[m/sec.]を上回らない
口径大	「口径中」より1ランクアップ
口径極大	「口径中」より2ランクアップ

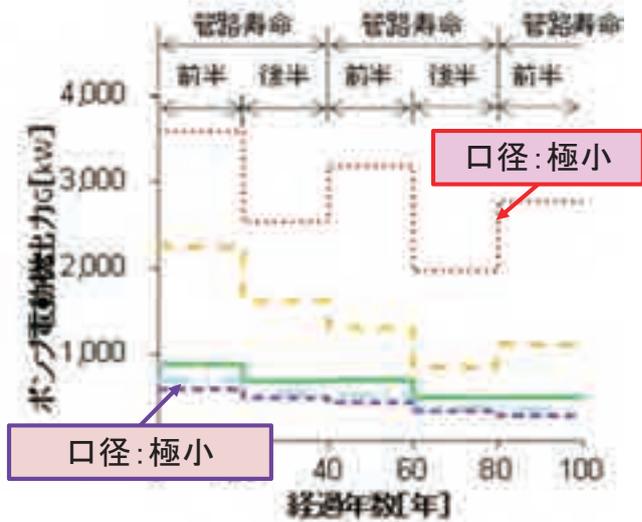
将来シナリオ



管路口径の推移



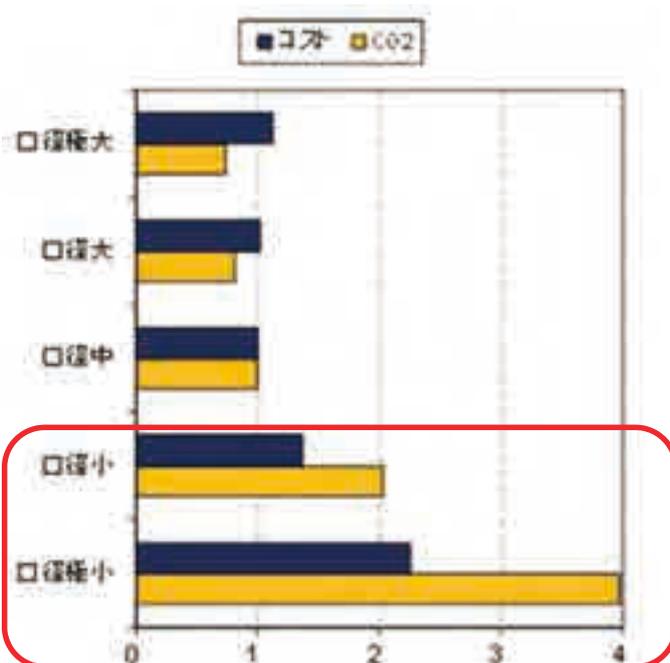
ポンプ電動機出力の推移



管路施設の「建設」
過程での**メリット**

ポンプ施設の「運用」
過程での**デメリット**

管路口径候補とLCC・LCCO2



※「口径: 中」を「1.0」とした場合

供用期間の後半における
需要水量の減少を見込んで
予め管路口径を小さく設定

管路の建設過程の環境負荷
やコストは削減されるが...

過小な管路口径であること
によって管路損失が大きくなり、
ポンプの運用過程で大きな負
担が生じる

研究の要点

水道の水輸送システムに着目し、**管路施設とポンプ施設**に関する「**建設**」や「**運用**」過程でのLCCO₂を算定した。

今後は、**ネットワーク構造の違い**が及ぼす影響等についても検討し、**将来の理想的な管路システム**の提案に関する研究へ発展させて行きたい。

【参考文献】

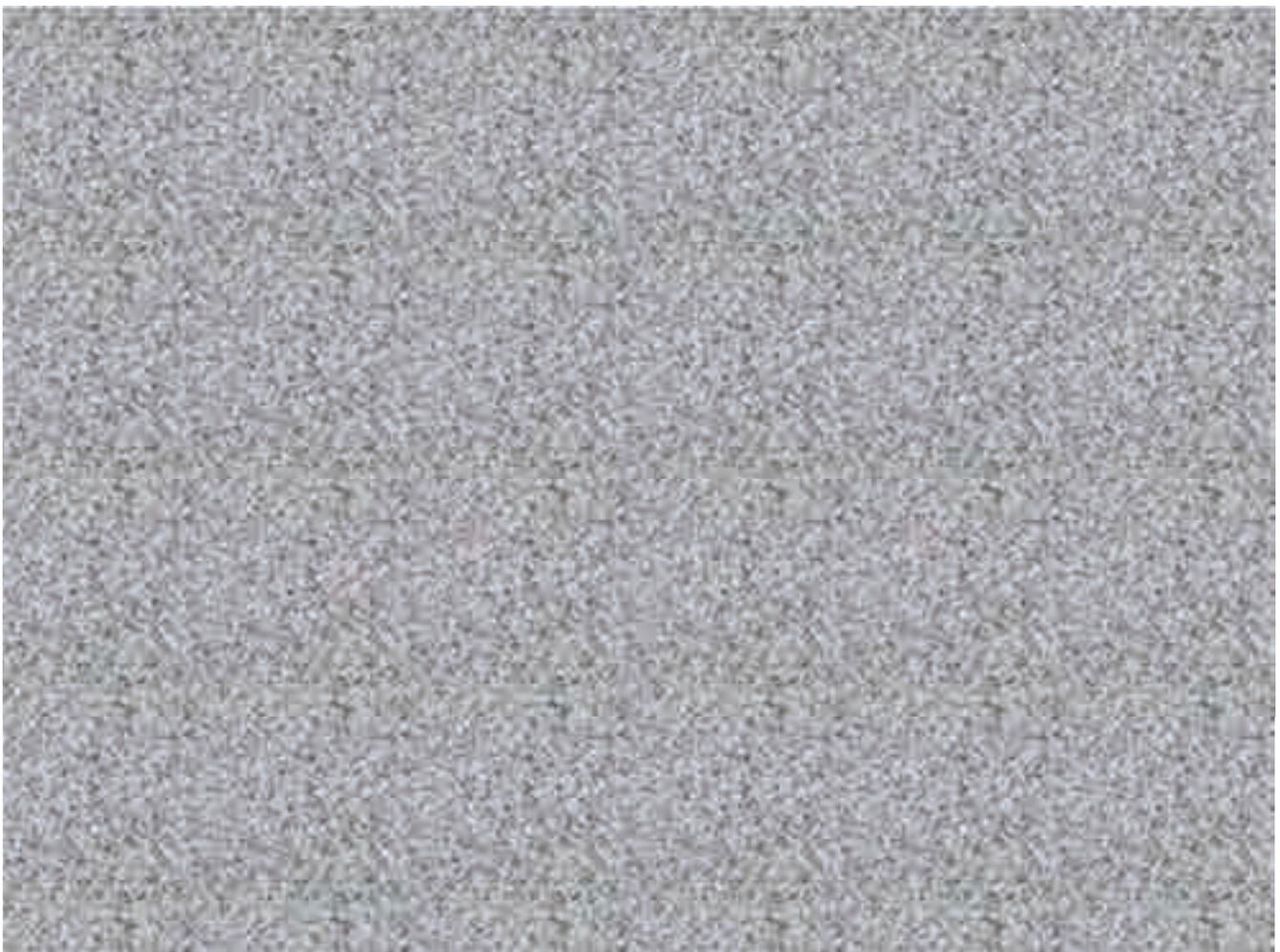
- 1) 水道管路インフラのLCA的評価に関する研究—送水ネットワークを対象としたライフサイクルコスト及びCO₂排出量の把握—
荒井康裕, 小泉明, 堀川博哉, 恩田雄太郎, Bambang Bakri
土木学会論文集G(環境), Vol.69, No. 6(環境システム 第41巻), pp. II_351-358, 2013
- 2) 水道管路システムのライフサイクルCO₂に関するモデル分析
荒井康裕, 小泉明, 堀川博哉, 稲員とよの, Bambang Bakri
土木学会論文集G(環境), Vol.69, No. 7(環境工学 第50巻), pp. III_337-344, 2013

おわりに

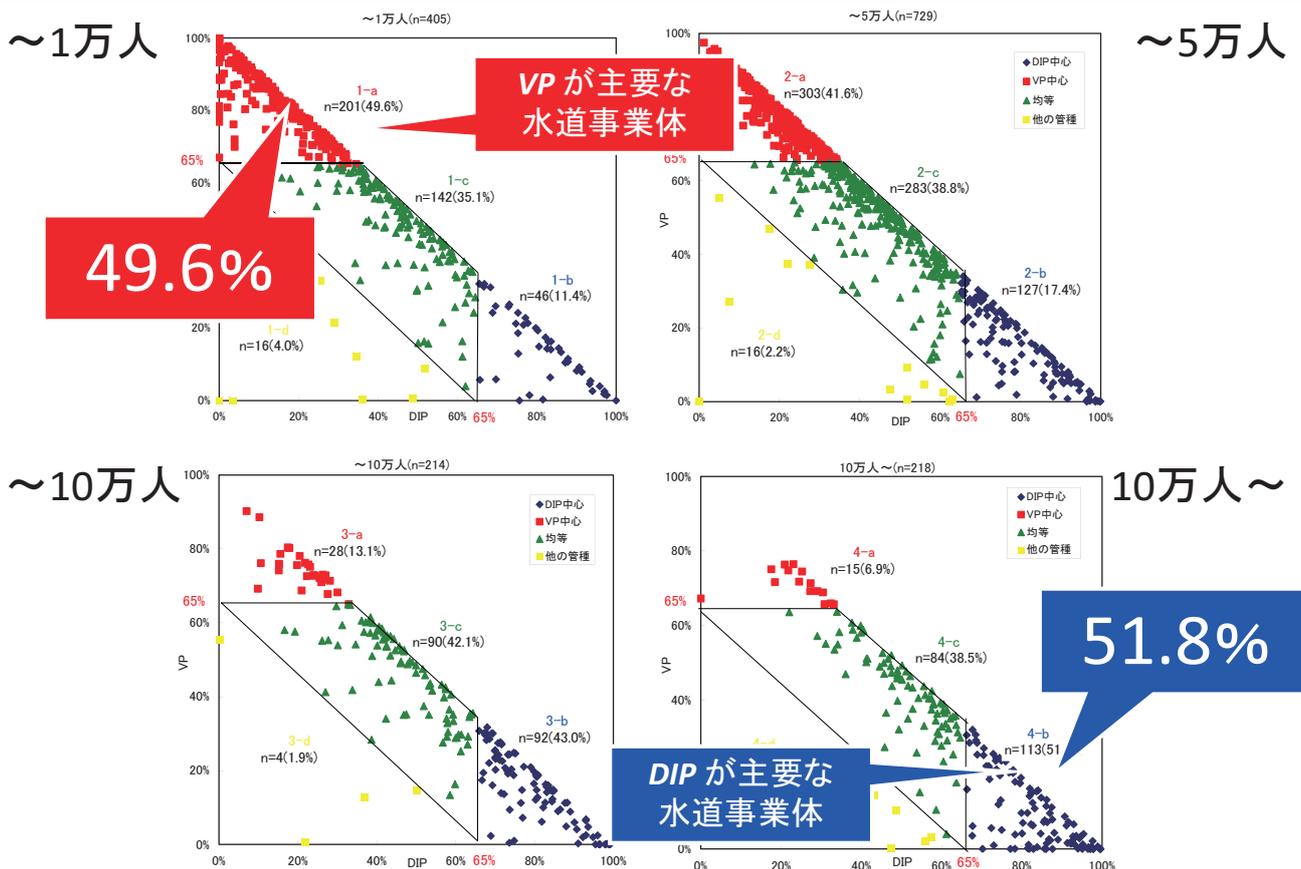


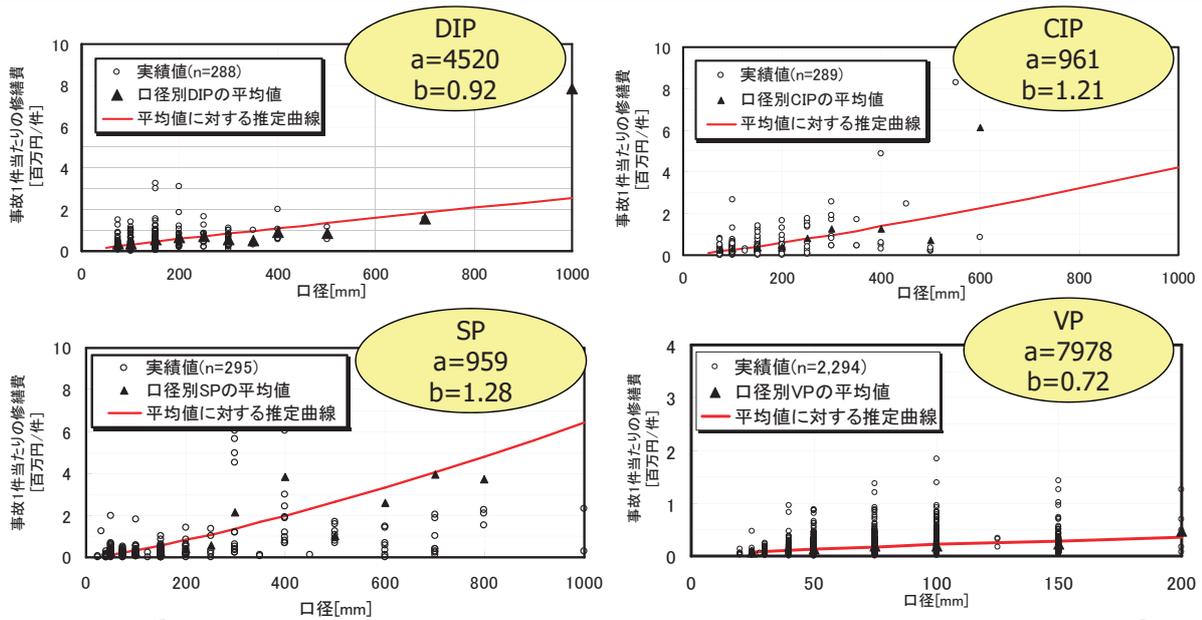
ご清聴いただきまして
誠にありがとうございました。

謝辞: 本研究は、PipeStarsプロジェクト(公益財団法人 水道技術研究センター)による寄附金の助成を受けて行った研究の成果であることを付記する。



管種構成に着目した水道事業体のグループ化 27





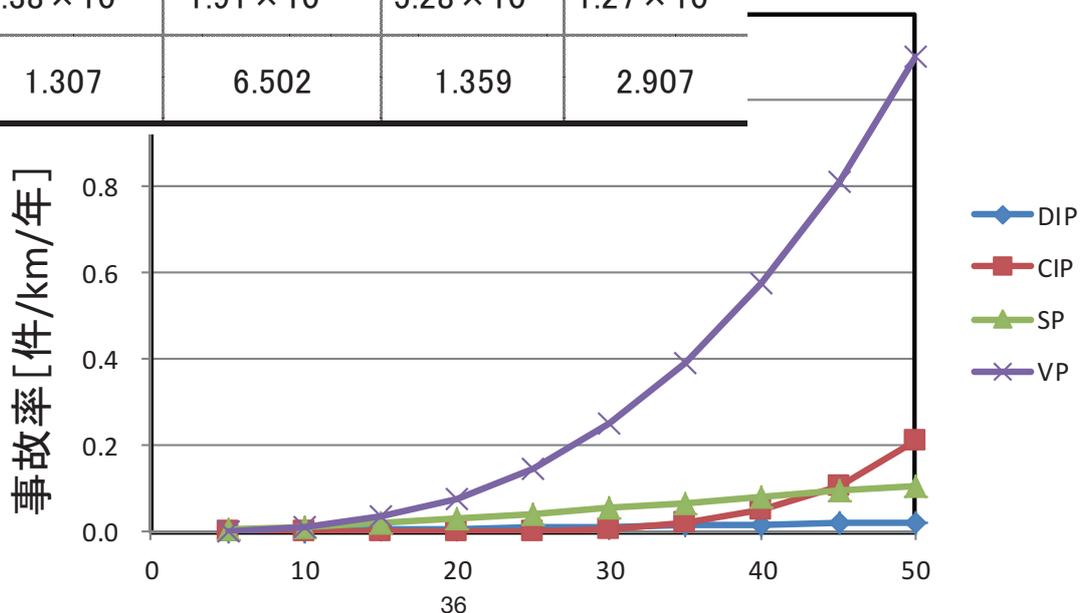
管種毎に集計した口径別の平均値に対して、
 回帰式 $y = a x^b$ によって推定した。
 y : 修繕費[円/件], x : 口径[mm]

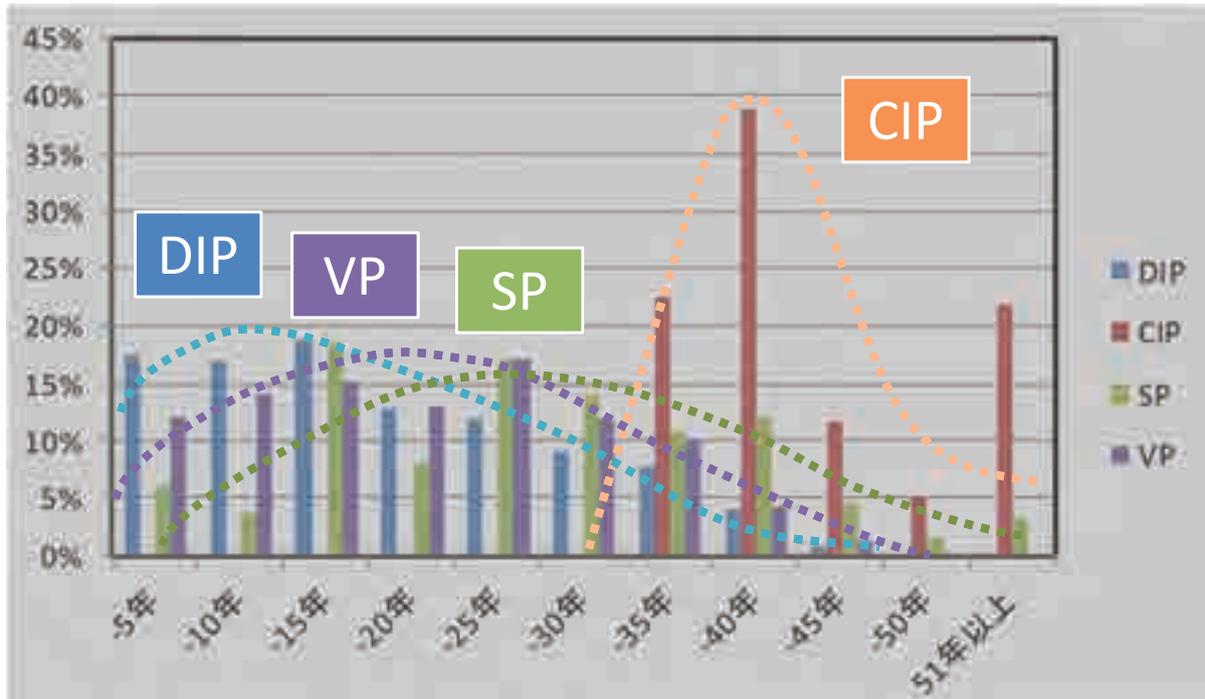
持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究(e-Pipeプロジェクト)報告書

管種別の標準事故率曲線[件/km/年] $f(t) = a \times t^b$

係数	DIP	CIP	SP	VP
a	1.38×10^{-4}	1.91×10^{-12}	5.28×10^{-4}	1.27×10^{-5}
b	1.307	6.502	1.359	2.907

t : 埋設経過年数





新しい管路 ←————→ 古い管路

基礎研究 3

人口減少が残留塩素濃度に及ぼす影響予測と対策

人口減少が残留塩素濃度に及ぼす 影響予測と対策

～人口減少高齢社会における水道事業に関する研究～

鳥取大学
細井由彦



1

人口減少が水道に及ぼす影響の一つとして…

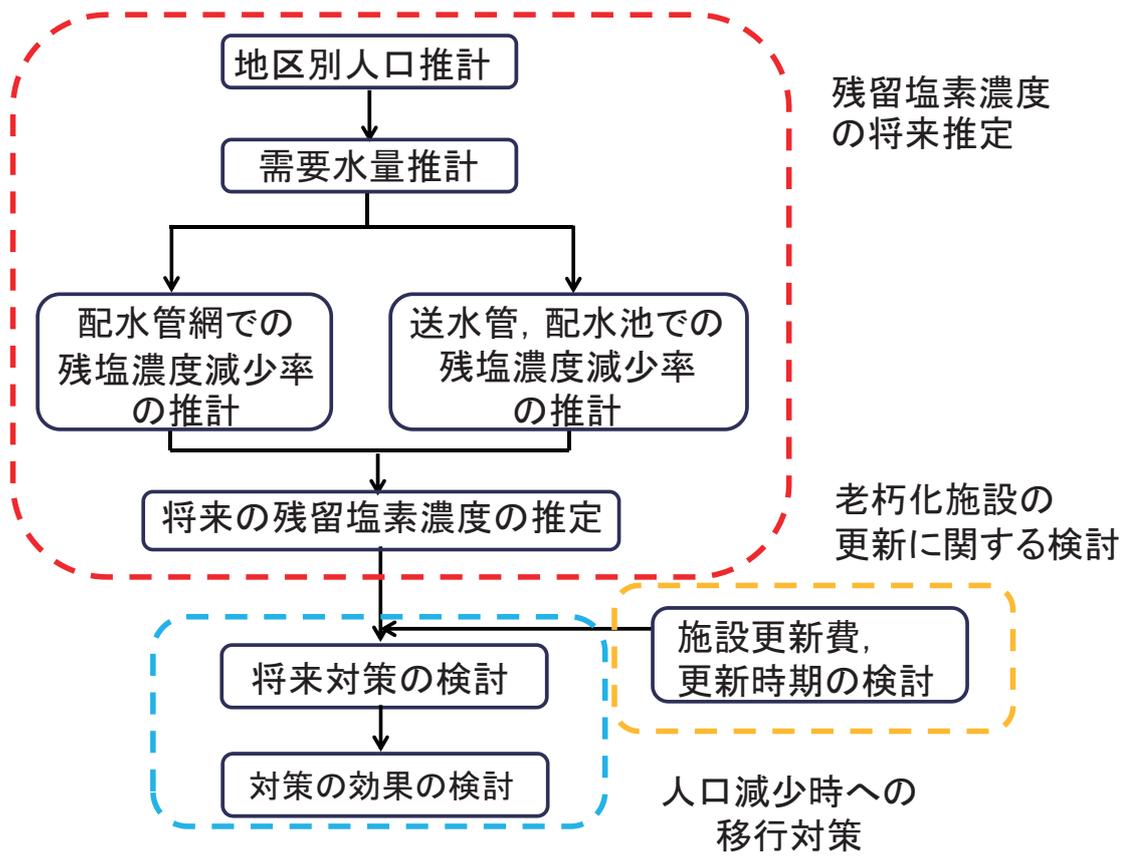


需要の減少による施設内の
滞留時間の増加



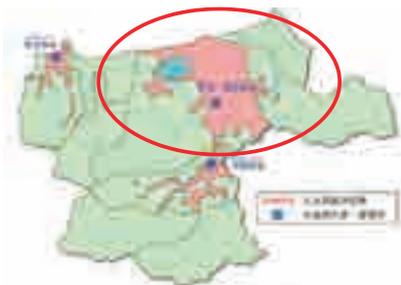
残留塩素濃度の減少

2



3

事例研究対象地域



鳥取市上水道給水区域図

江山浄水場で
塩素添加

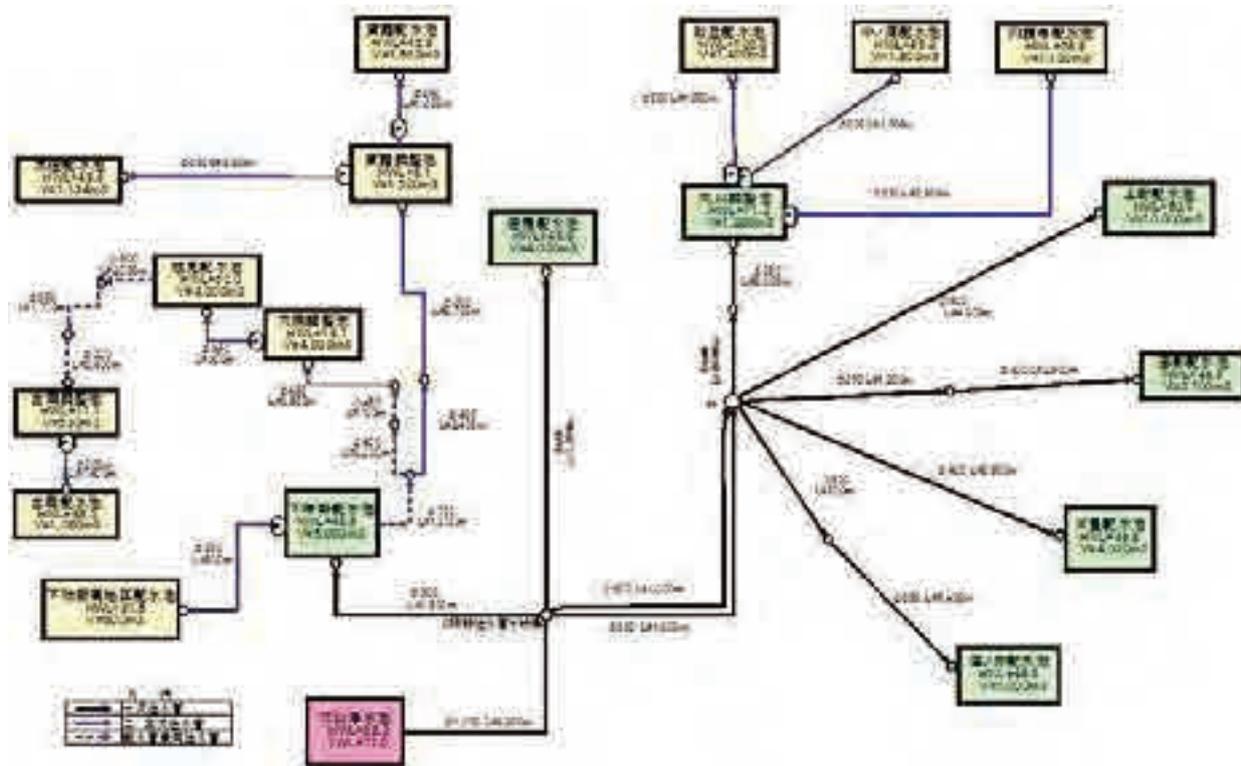
表 鳥取市上水道データ(平成23年)

給水区域人口	162,634人
給水人口	161,679人
普及率	99.4%
総管路延長	1,142,283m



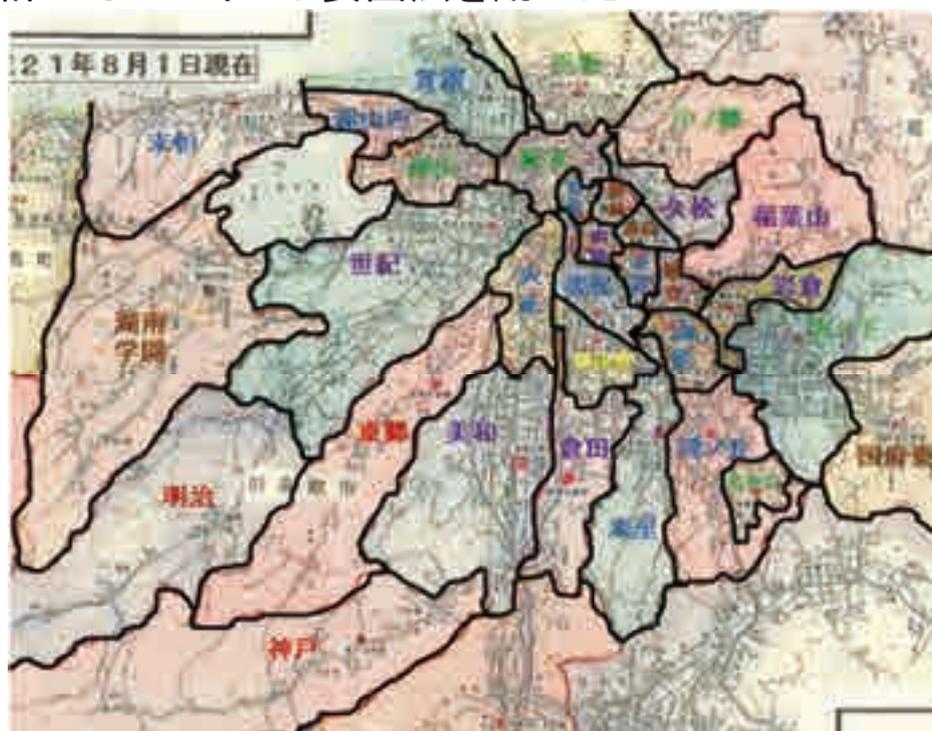
江山浄水場系給水地域図

4



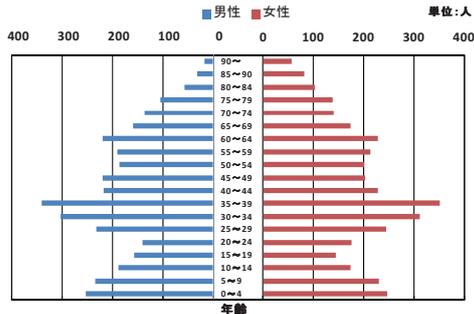
江山浄水場系送水施設概要図(鳥取市水道局) 5

- ・江山浄水場系の32小学校地区において、2060年まで人口推計を実施。
- ・人口推計にはコーホート要因法を用いた。

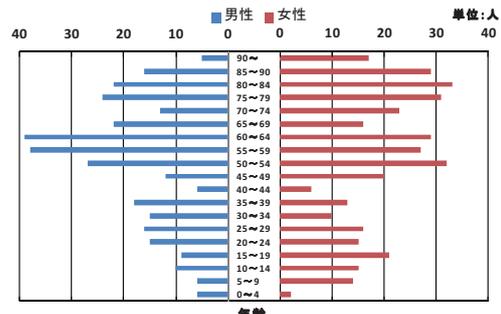


小学校地区の境界線図

人口減少が最も小さい美保南と、人口減少が最も大きい明治の比較

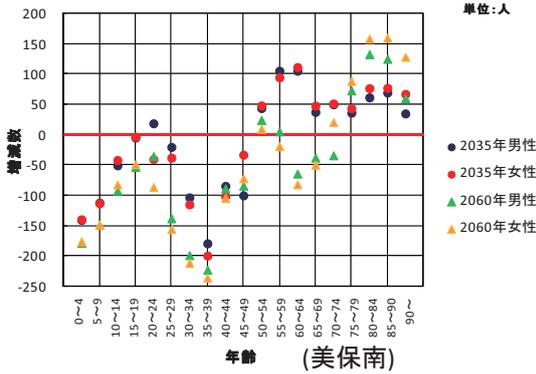


(美保南)

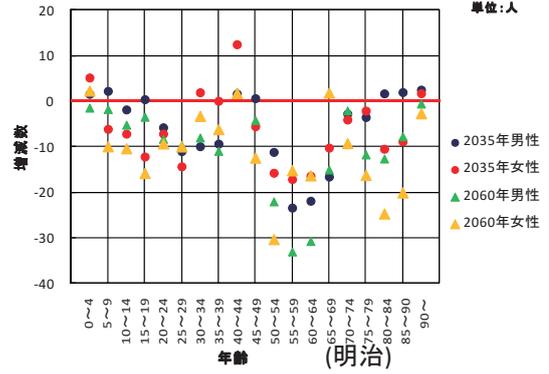


(明治)

図6 人口ピラミッド(2010年)



2005年人口に対する各年齢男女別の増減数



残留塩素濃度の推計

基本式 $\frac{dC}{dT} = -kC$ $C = C_0 \exp(-kt)$

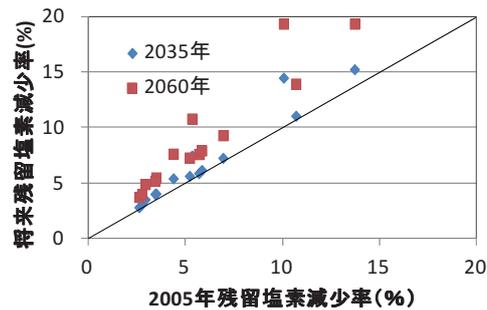
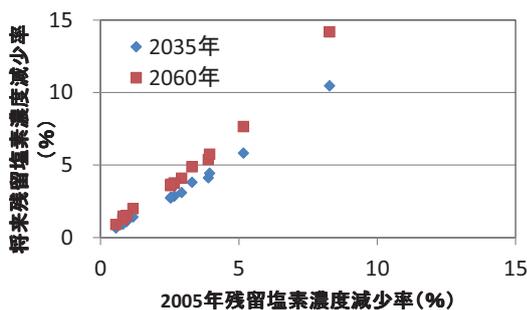


輸送時間

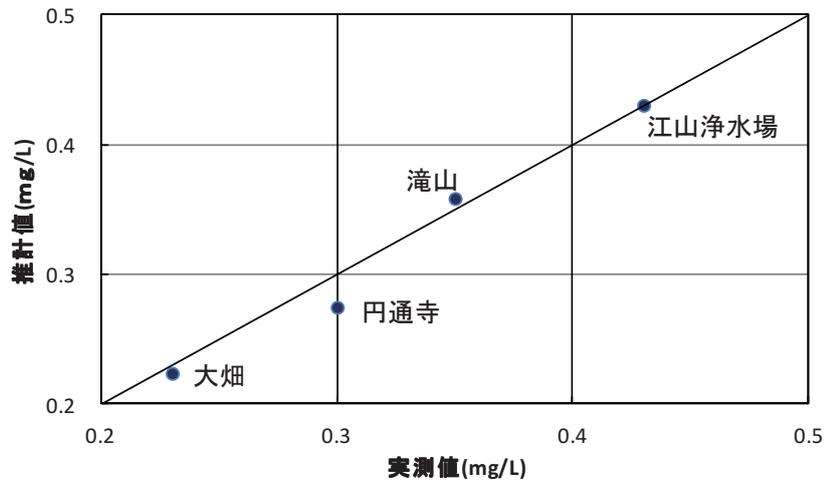
滞留時間

輸送時間

管網の水理水質計算



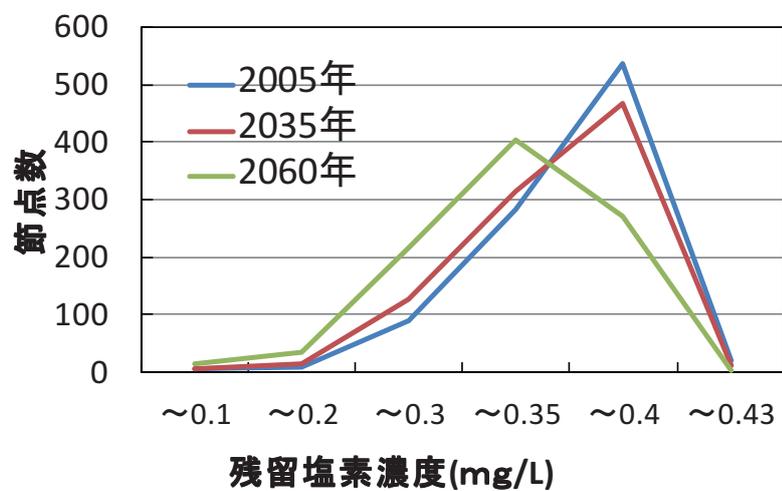
末端残留塩素濃度の実測値と推計値の比較



鳥取市上水道では毎日末端給水栓10箇所(公表は3箇所)で水質モニタリングを実施している。

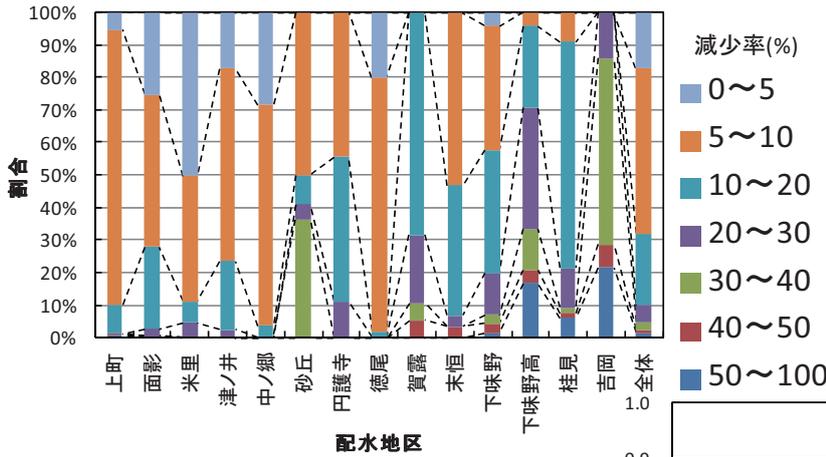
9

人口減少に伴う将来の残留塩素濃度の変化



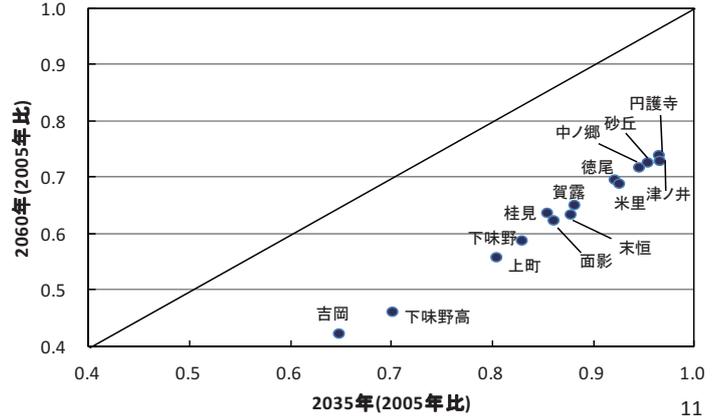
10

2005年から2060年にかけての残留塩素濃度減少率別の節点数の割合

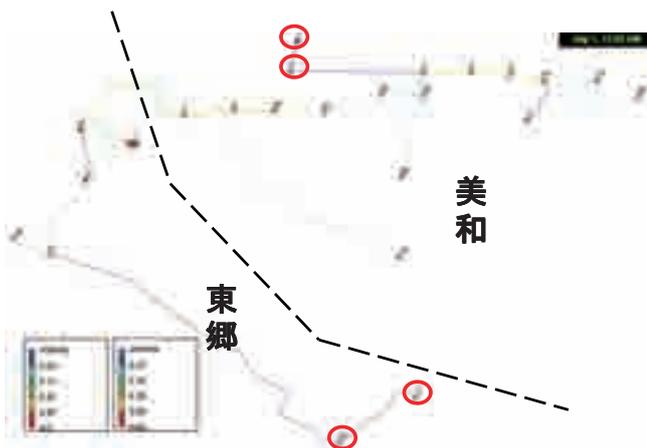


- ・江山浄水場系全体では人口減少が進行しても、全体での大きな残留塩素濃度の減少は起こらない。
- ・一部の地域(配水管網が単調で人口が少ない地域)では大きな残留塩素濃度の減少が起こる。

需要水量変化比率



11



(下味野高)配水管網が単調な例

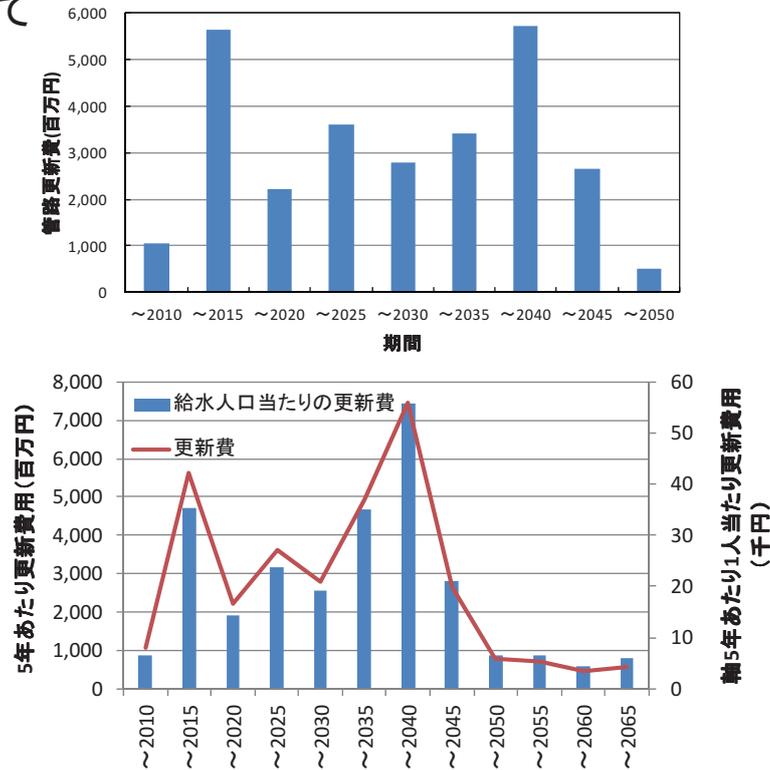


(上町)配水管網が
ループ形成の例

配水管網図

- ・単調な配水管網では管路内の流速が低下しやすい。
- ・複雑な配水管網(ループ状)では水量が減少しても管路内の流速は低下しにくい。

施設更新について



全管路と全配水池の更新に必要な費用は約328.5億円。(管網図で網羅している管路は全管路延長の28%)
 (1年当たりになると7.77億円)←鳥取の水道事業費の約26%に当たる

残留塩素濃度の減少を抑える対策

- ① 管路更新による口径の縮小
- ② 管路末端での放水(排水)
- ③ 配水池, 管路途中での追加塩素
- ④ 配水池での滞留時間の削減

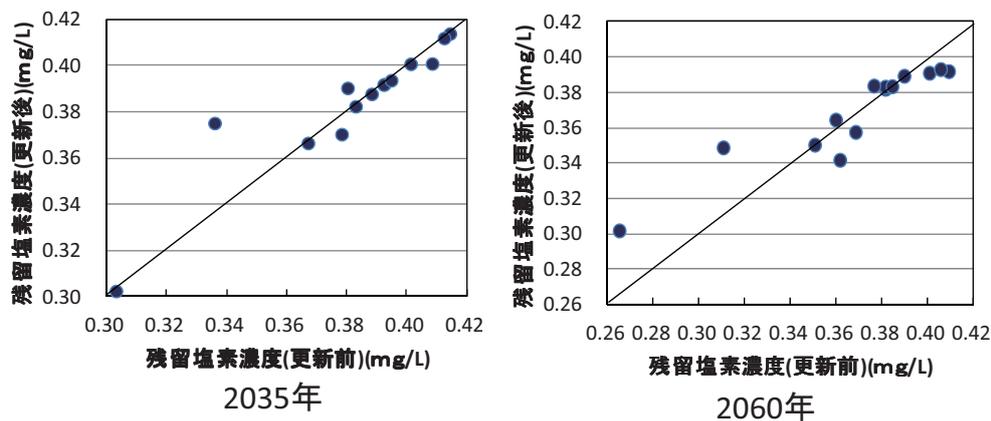
対策にかかる費用の比較



対策実施年	配水池	節点番号	対策費用(千円)		管路の残存年数
			放水	管路更新	
2012年	上町	57	337	85	2
	下味野	45	37,798	3,786	12
		7	8,437	8,702	25
	桂見	15	0	0	0
		60	17,718	6,394	21
2035年	吉岡	15	1,125	946	5

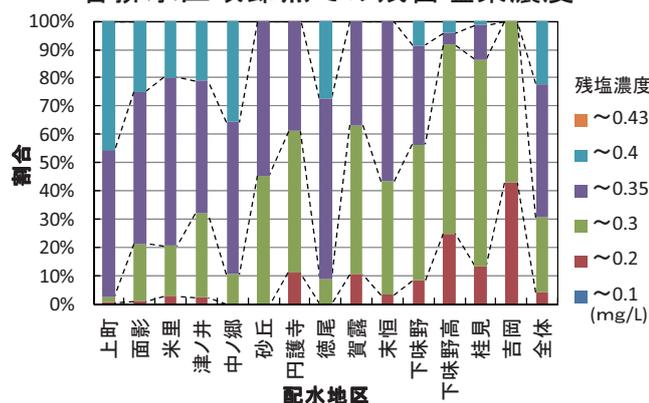
更新対策後の効果

配水池での残留塩素濃度



耐用年に達したときに配水池については2060年需要水量の12時間分の容量で更新。管路は必要に応じてダウンサイズして更新。

各排水区域節点での残留塩素濃度



15

まとめ

・残留塩素濃度の推計について

- ①江山浄水場系全体では大きな水質悪化は発生しない。
- ②一部の地域では残留塩素濃度の大きな減少が見られる。
(将来の人口が大きく減少し、配水管網が単調な地域で発生。)

・対策としては管路を取り替える方法が費用面からも適切であるという結果になった。



16

基礎研究 4

**水道水のフィルターろ過と元素分析を用いた
管路内面状況の診断手法に関する研究**

水道水のフィルターろ過と元素分析 を用いた管路内面状況の 診断手法に関する研究

Pipe Starsプロジェクト最終成果報告会

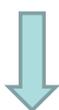
平成26年8月22日(金) 建設交流会館グリーンホール
平成26年9月 1日(月) 発明会館地下ホール

東京都市大学工学部 長岡 裕

1

研究背景

配水管内の水道水中には管路内面に発生する錆、堆積物、微生物スライムなどの影響によって、水道水中には微細な粒子が存在

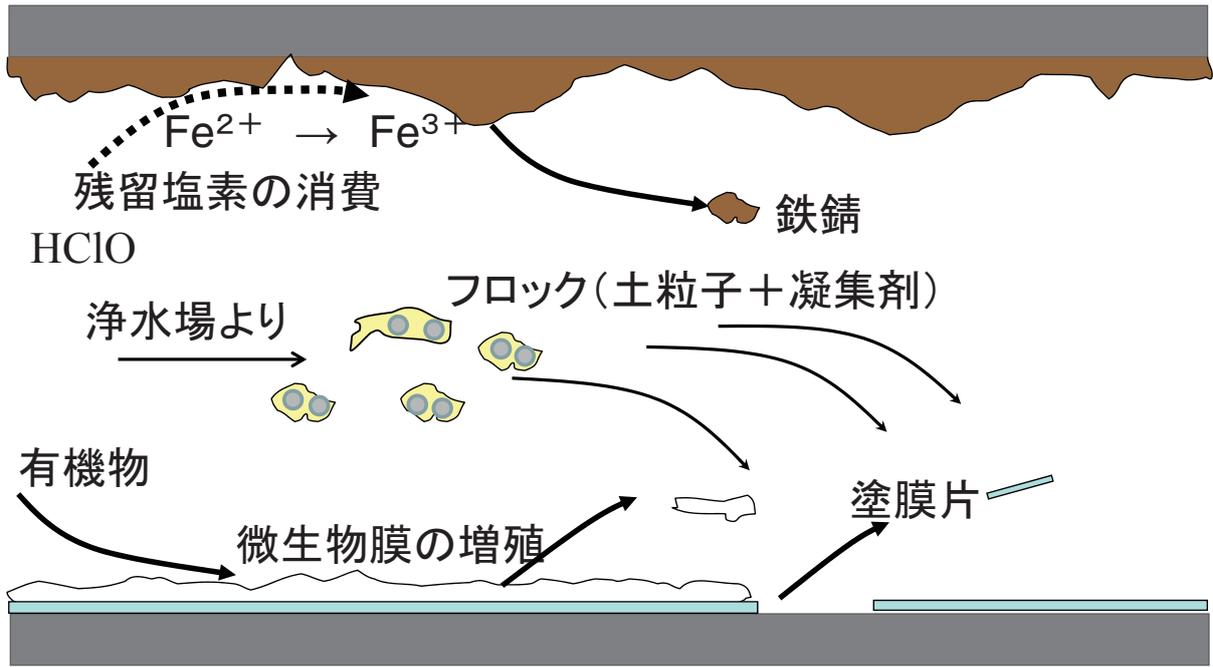


水中の濁質分析により管路内面の状況の把握が可能



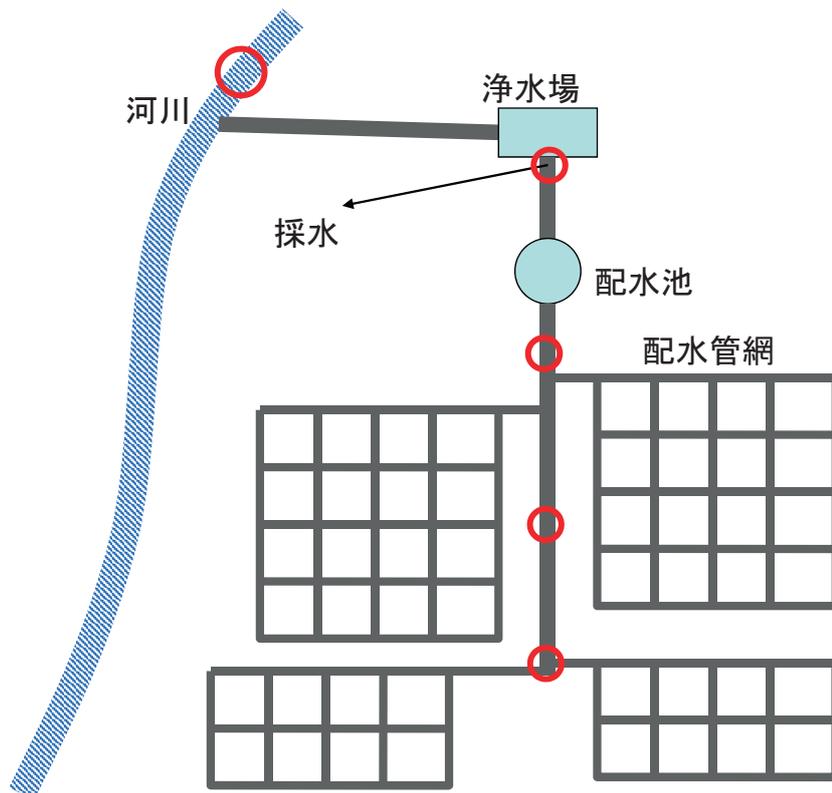
水道原水～浄水場～配水管系の水質変換機能の診断も可能

2



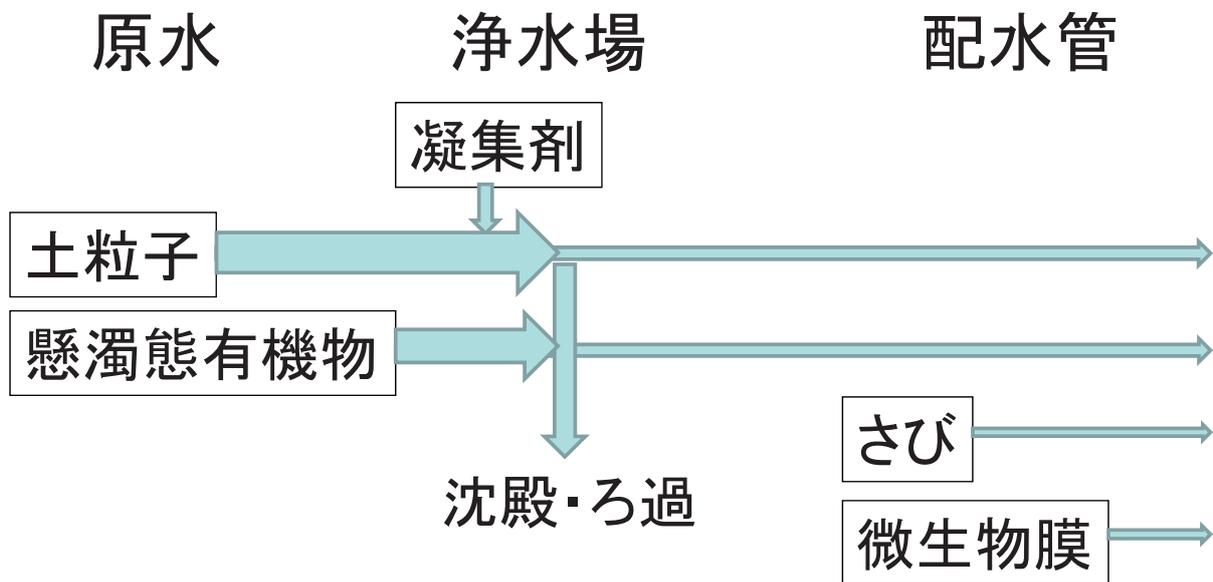
3

採水場所



4

濁質に関する水質変換機構



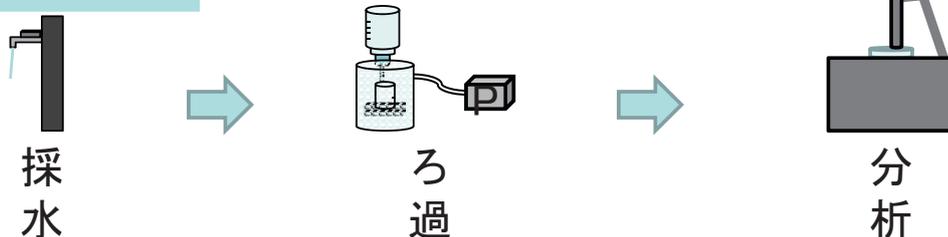
5

調査方法

調査方法概要

- 濁質の捕集
MF膜 (PTFE $0.5 \mu\text{m}$) によってろ過を行い、濁質を捕集することで、少量の水道水で分析
- 堆積物の分析
膜表面の堆積物を、XRF, FT-IR分析を行い分析

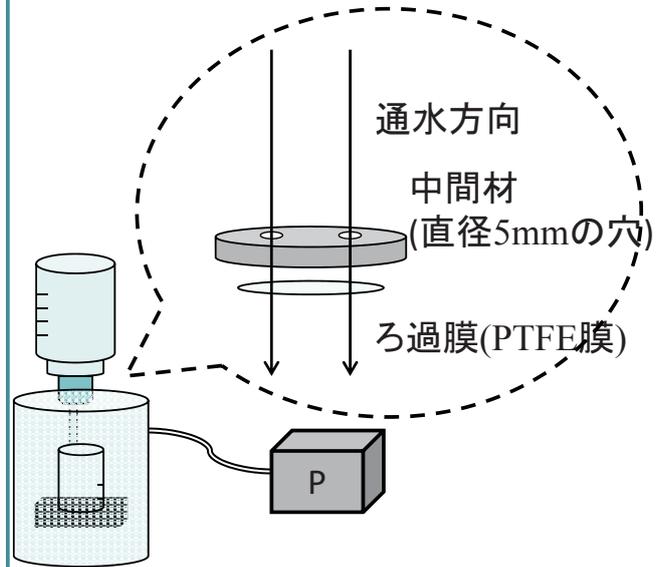
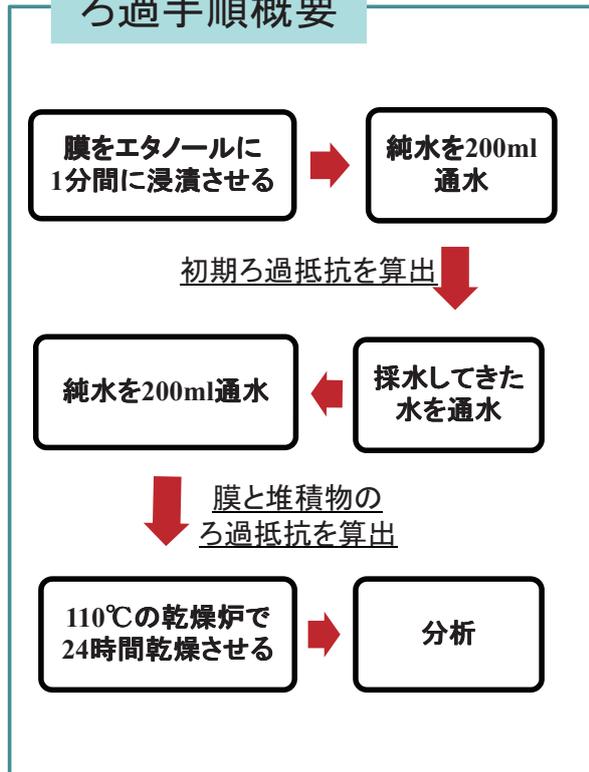
調査の流れ



6

分析方法

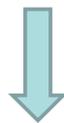
ろ過手順概要



7

XRF分析による水中の濁質濃度の計算

蛍光X線分析 (XRF) により膜表面に堆積した濁質の元素組成を抽出することなく分析

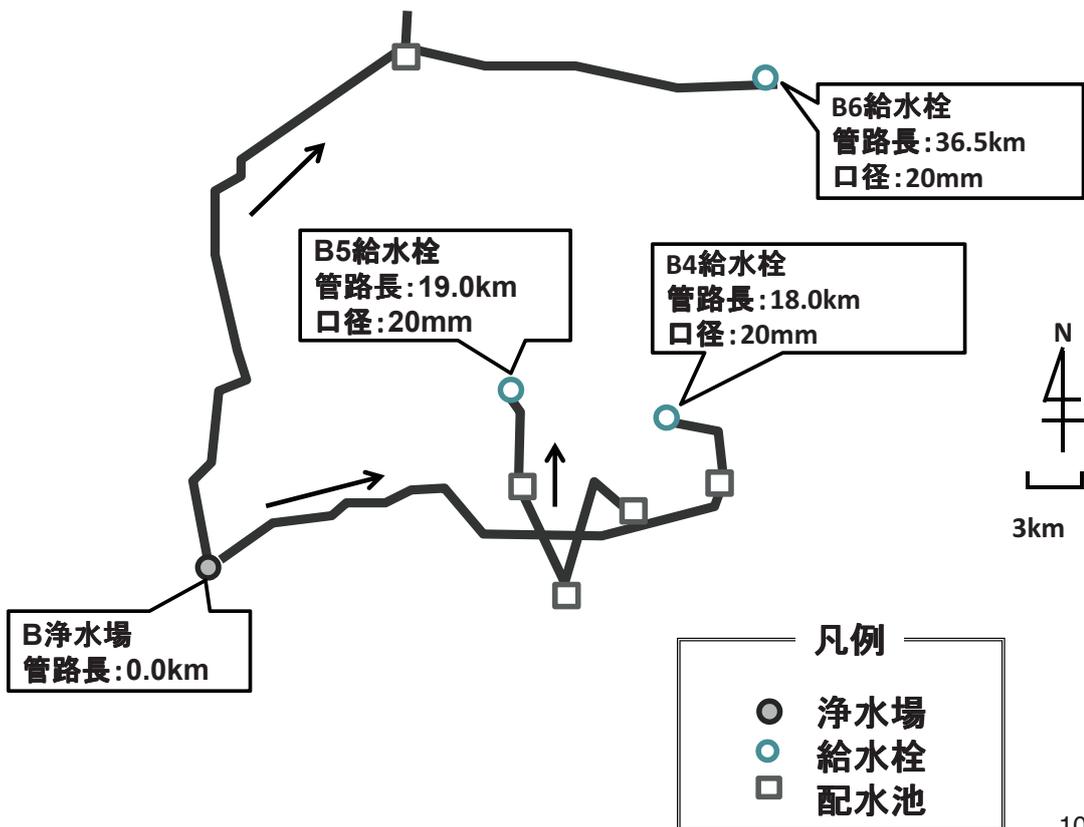
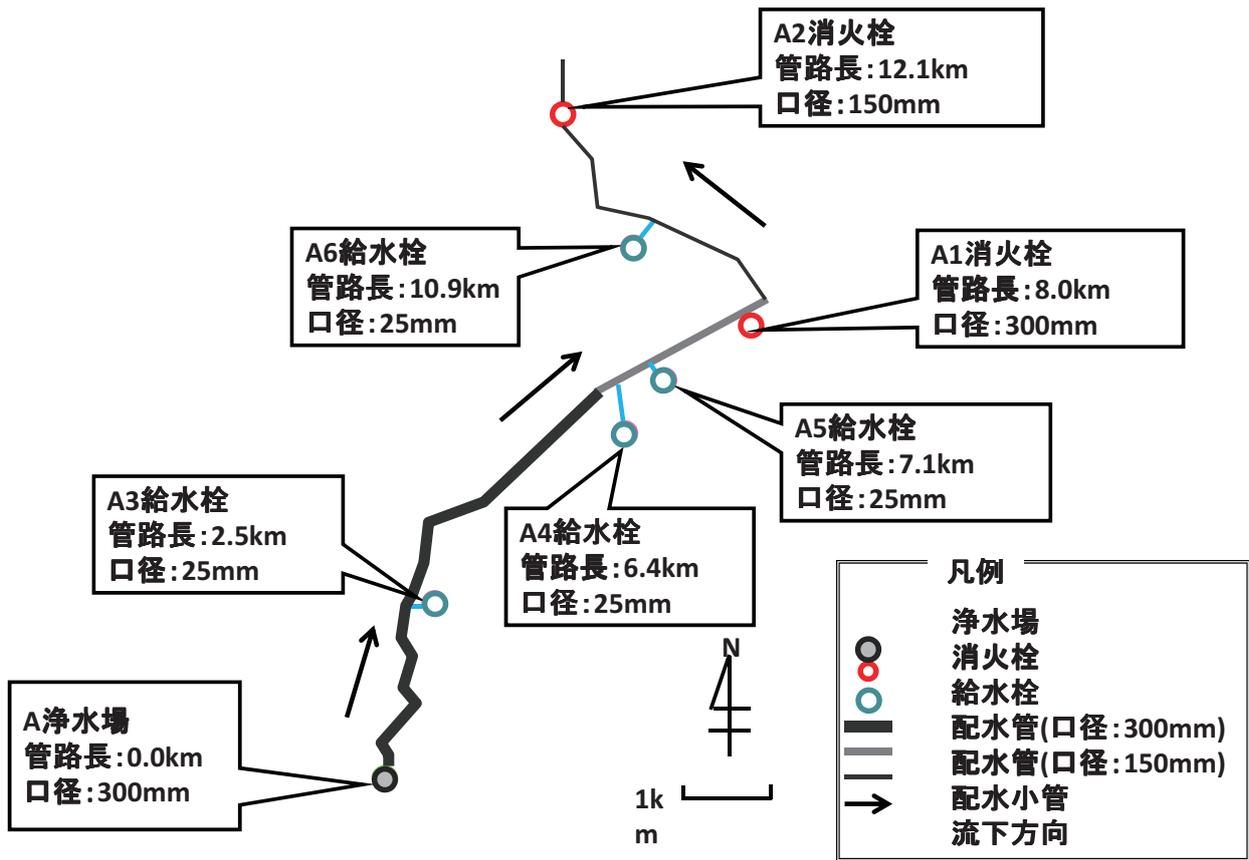


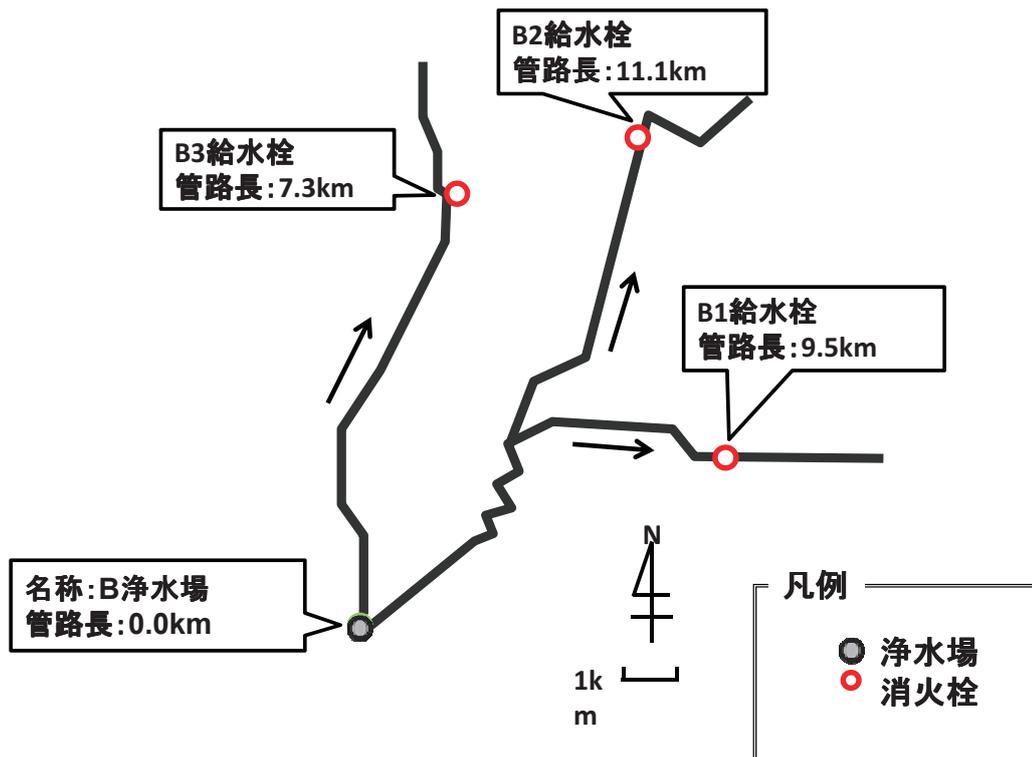
膜中のふっ素の含有率wt%
各元素のwt%
膜透過面積
ろ過水量

→水中濃度 (mg/L)へ変換

8

採水地点（関東地方大規模水道事業体）



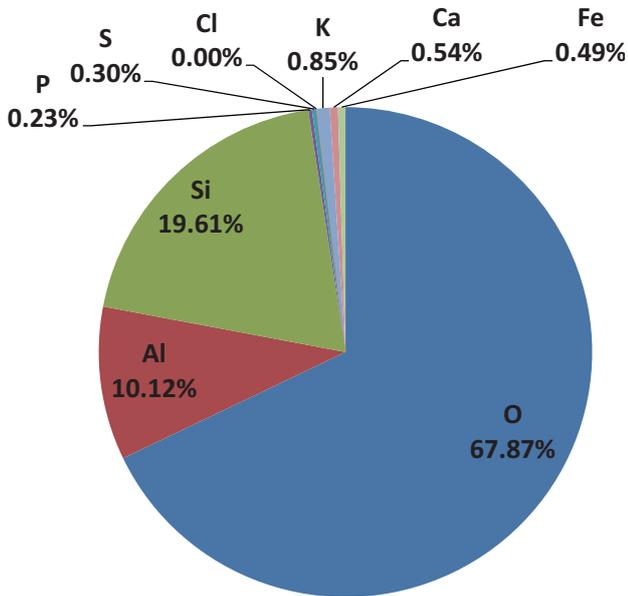


11

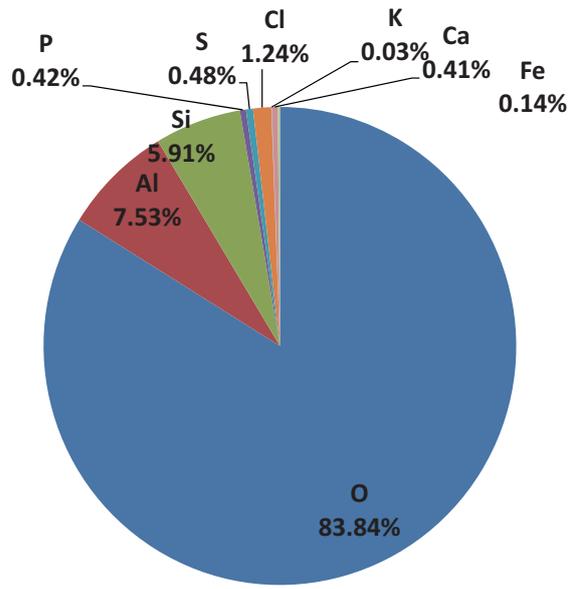
分析結果

12

XRFによる水中濁質元素組成 (Cは除く)

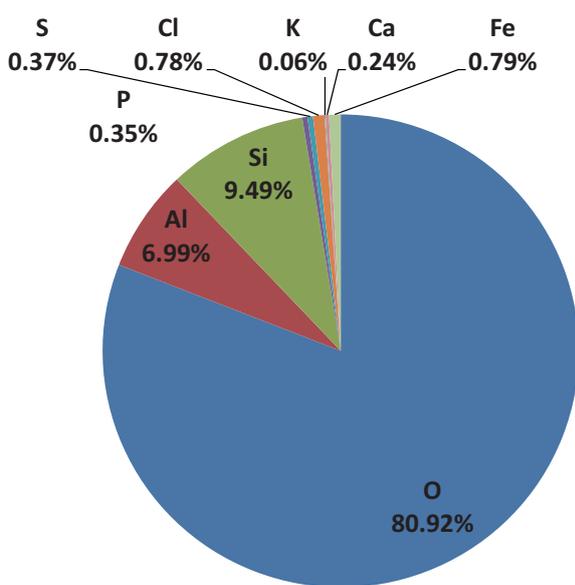


河川原水

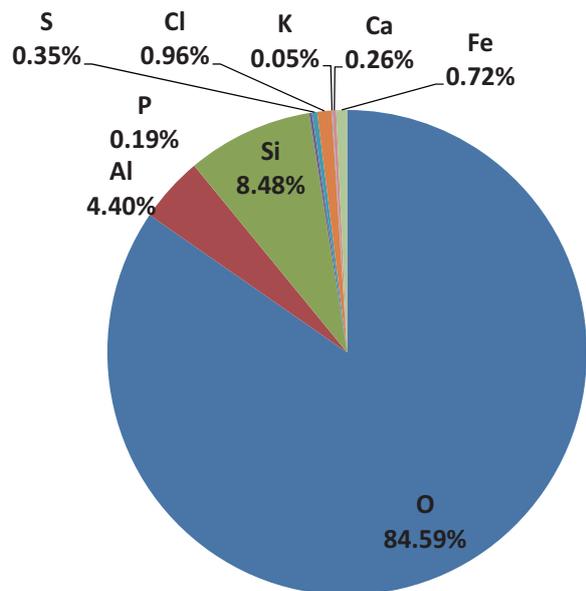


A浄水場出口

13



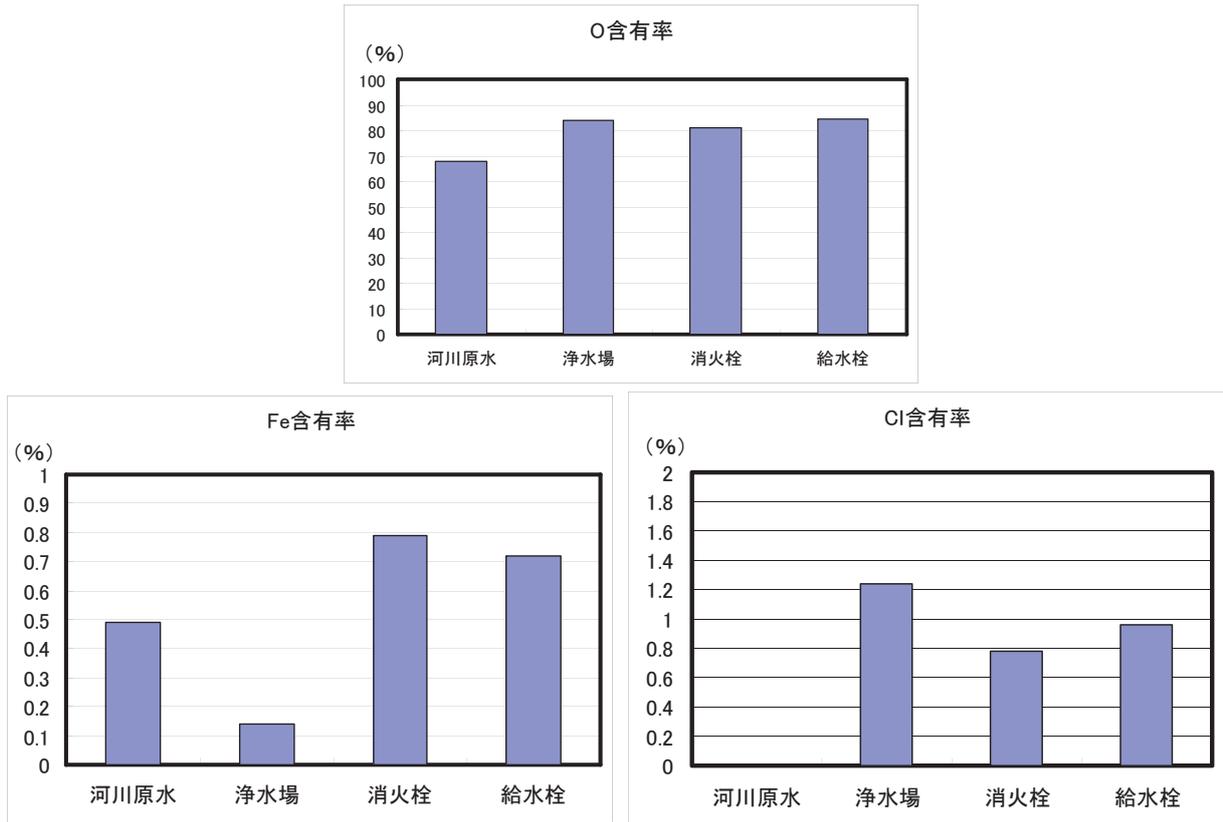
A浄水場系列消火栓



A浄水場系列給水栓

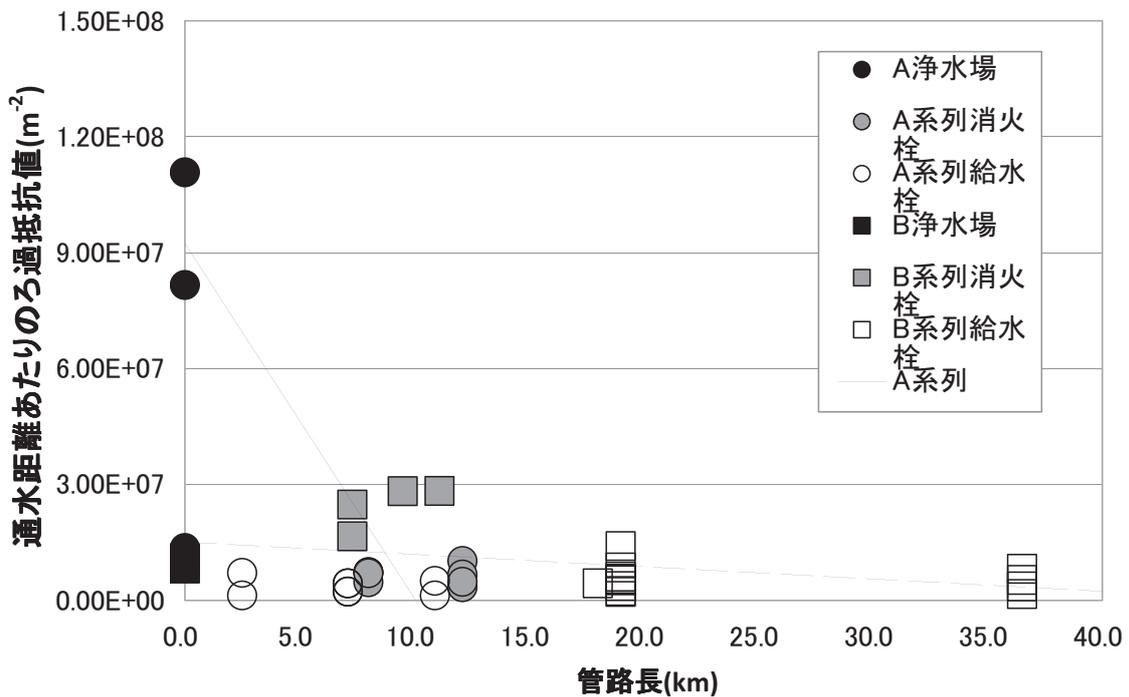
14

原水～浄水場～配水管の濁質中O,Fe,Cl含有率変化



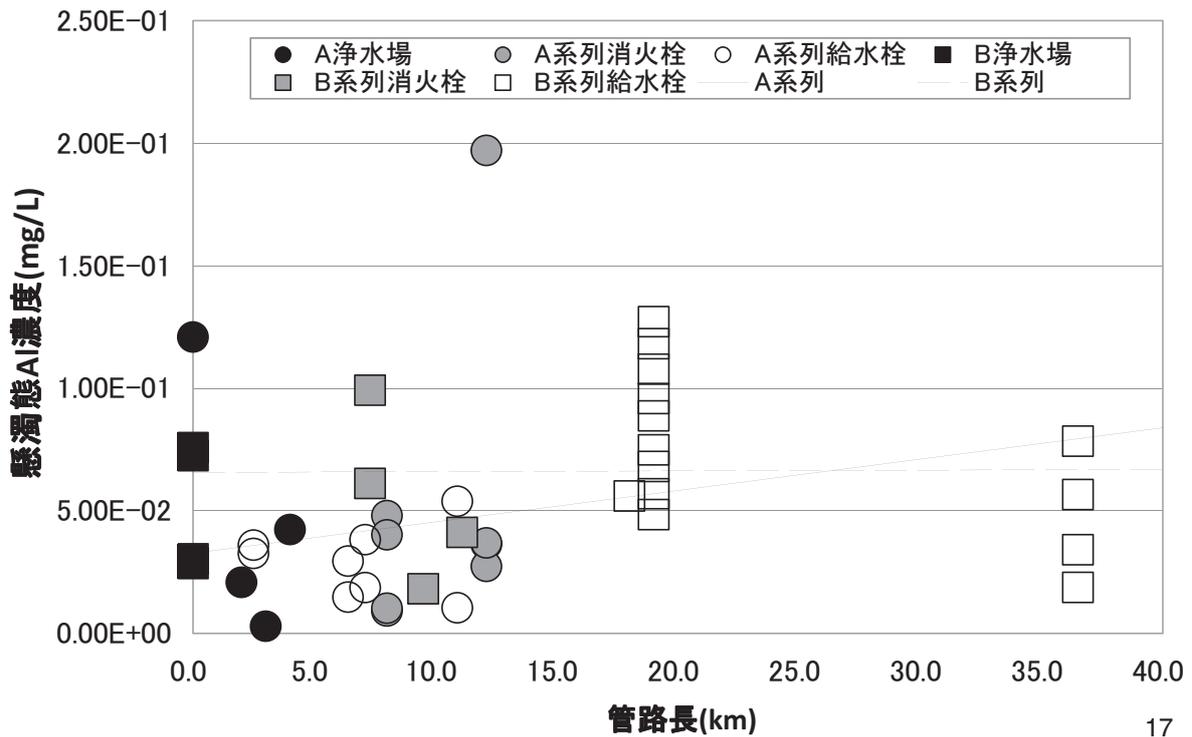
15

配水管内流下距離～通水距離当たり る過抵抗



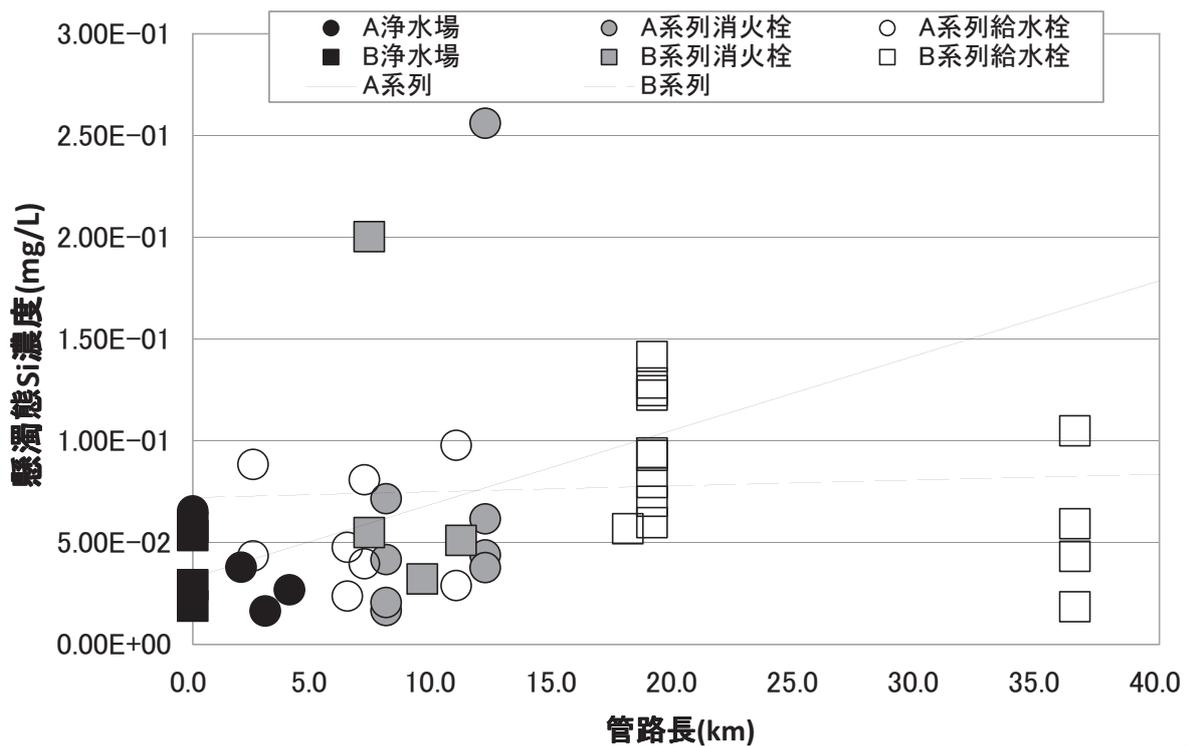
16

配水管内流下距離～けん濁態Al濃度



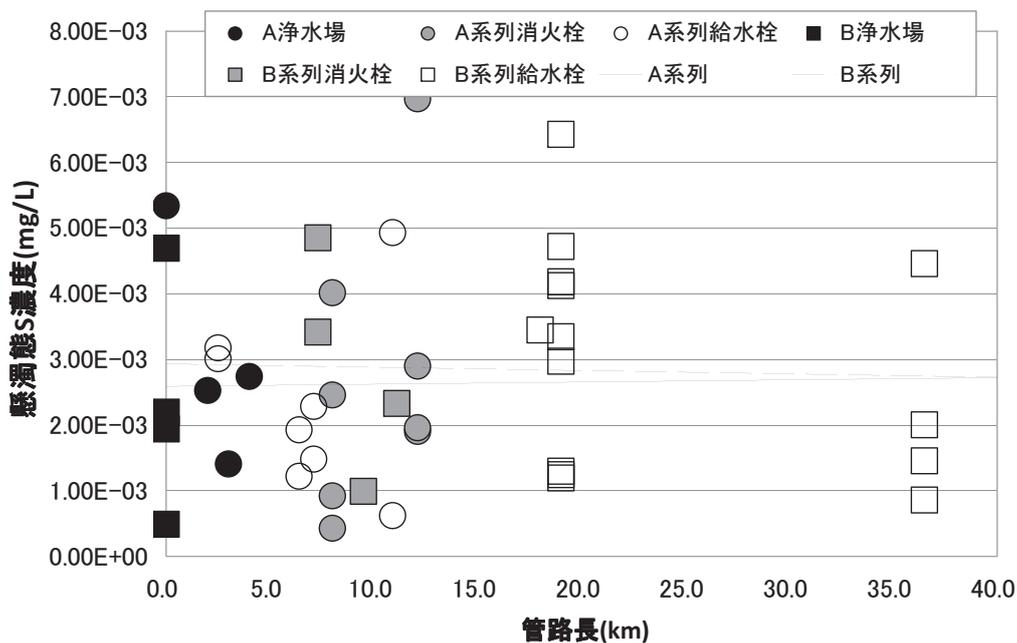
17

配水管内流下距離～けん濁態Si濃度



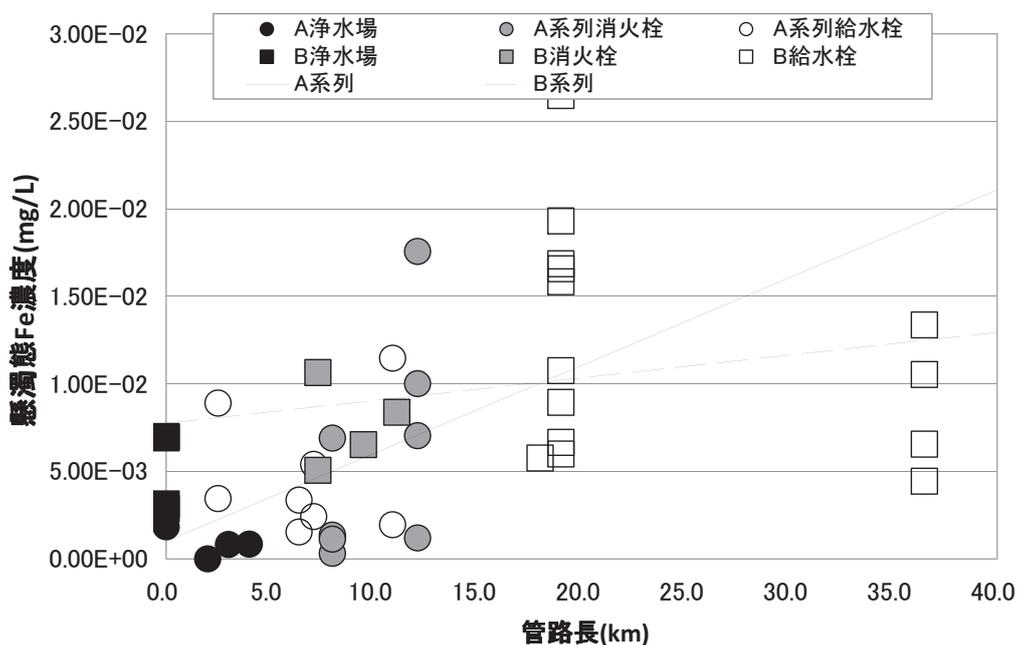
18

配水管内流下距離～けん濁態S濃度



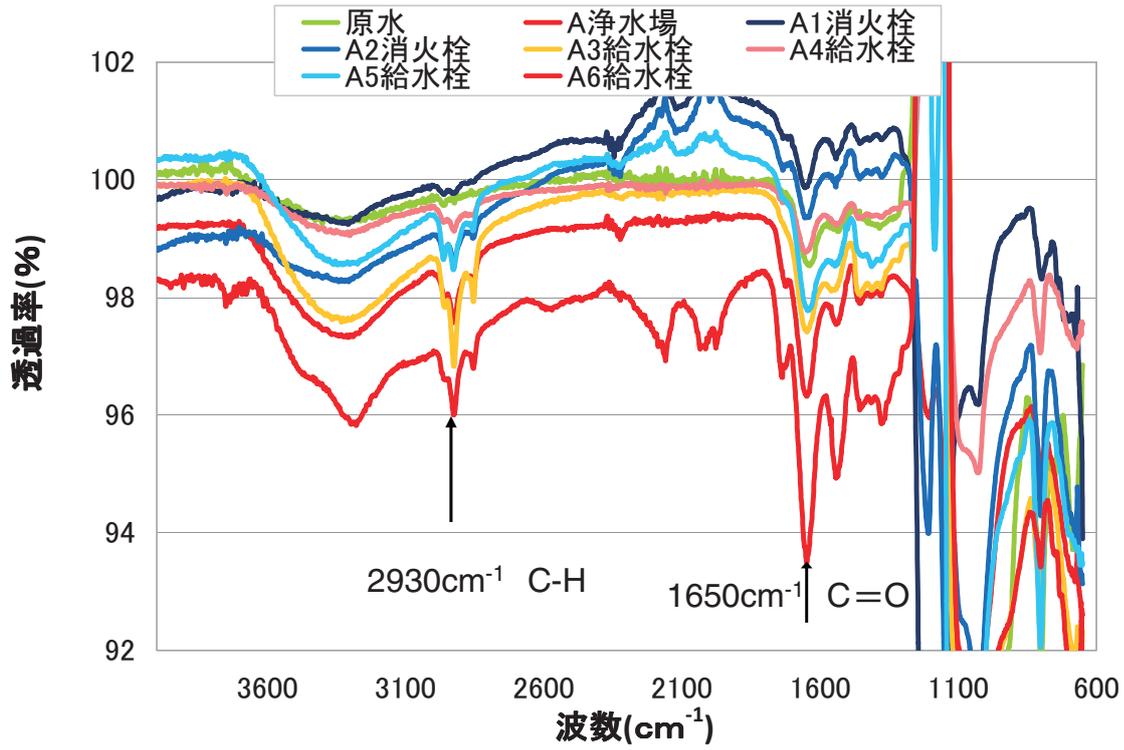
19

配水管内流下距離～けん濁態Fe濃度

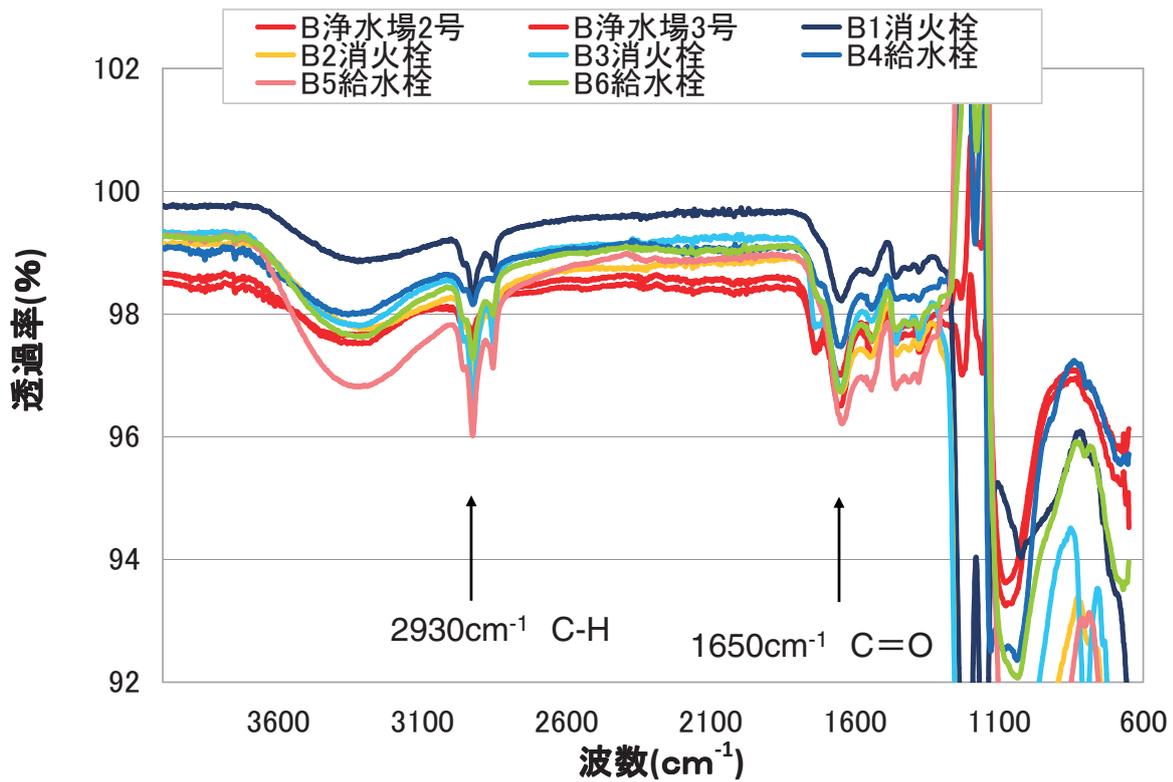


20

FT-IRスペクトル



21



22

まとめ

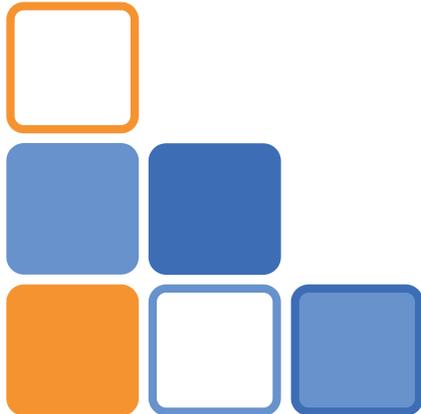
原水～浄水場～配水管系統からの採水をPTFE MF膜(0.5 μ m)でろ過後の残渣物を分析した結果以下の結論を得た。

- 水道水のろ過性は浄水場出口で低く、配水管を流下するに従い、ろ過性は向上する。
- 河川原水濁質中の元素組成はOが60%以上を占めるが、浄水場を通過すると80%程度となる。
- 浄水場を通過すると濁質中Clが急増する。
- 濁質中Fe含有率は、浄水場出口で小さいが、配水管の流下に伴い上昇する。
- 配水管内の水道水の採水方法として、消火栓からと給水栓からとで、分析結果に大きな差は無い。

基礎研究 5

**衝撃応答に基づく中口径ダクタイル鑄鉄管の
外面腐食の簡易非破壊評価方法に関する研究**

衝撃応答に基づく 中口径ダクタイル鋳鉄管の外面腐食の 簡易非破壊評価方法に関する研究



大阪大学大学院 工学研究科
鎌田敏郎

1

本研究の目的

本研究では、非開削・非破壊を前提とし、管内面に鋼球を衝突させ、鋼球の衝撃応答から外面腐食による減肉レベルを簡易に評価するための全く新しい手法を見出すことを目的とした。

【評価指標】

- ①管の最大反力
- ②鋼球の見かけの反発係数

【研究のアプローチ】

まず、衝撃応答解析で評価指標の感度を把握

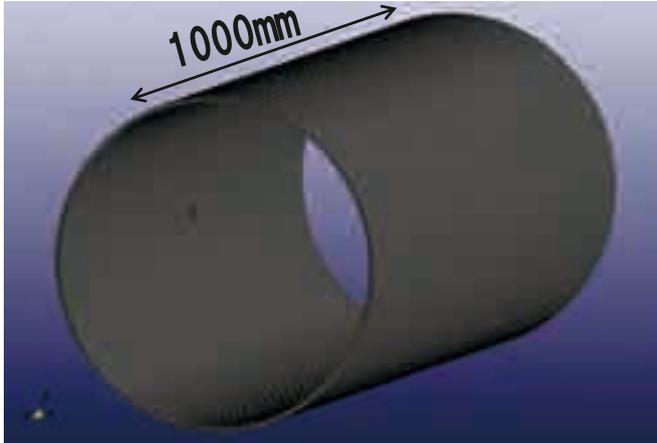
→ 次に、その計測手段を検討

2



3次元衝撃応答解析の概要

管内面に鋼球を衝突させた場合の衝撃応答の評価



【対象管】

ダクタイル鋳鉄管 (直径400mm)

【鋼球直径】

5mm, 10mm, 15mm

【鋼球の衝突速度】

5m/s, 25m/s, 40m/s

解析モデル

材料特性

	密度 (g/cm ³)	ヤング率 (GPa)	ポアソン比
鋼球	7.90	200	0.3
DCIP	7.15	150	0.28

3



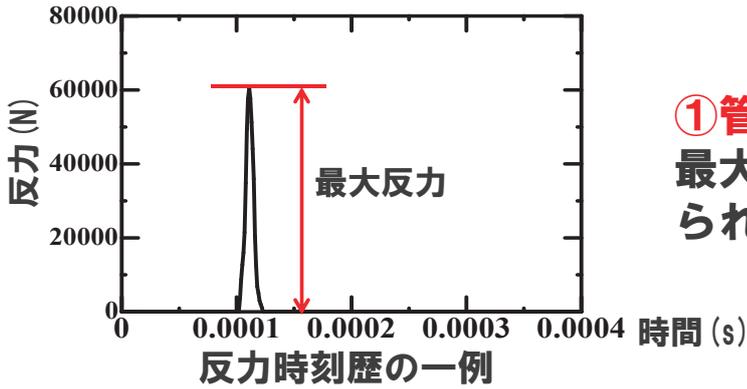
設定した解析モデルの詳細

管径 (mm)	ケース	管厚 (mm)
400	健全管	6.0
	25%減肉管	4.5
	50%減肉管	3.0

4

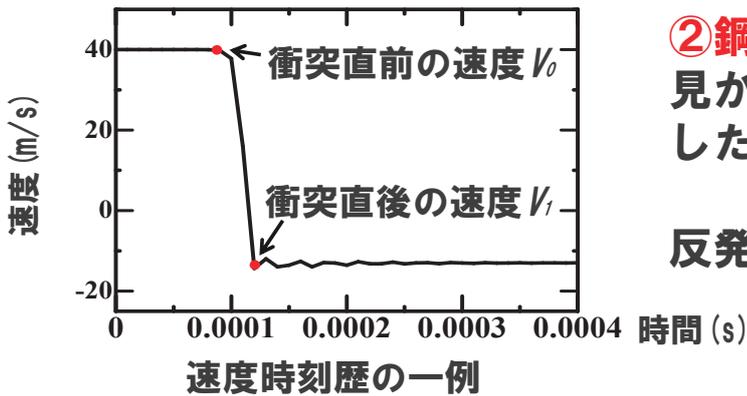


評価指標の算定方法



①管の最大反力

最大反力は反力時刻歴より得られる最大値と定義した。



②鋼球の見かけの反発係数

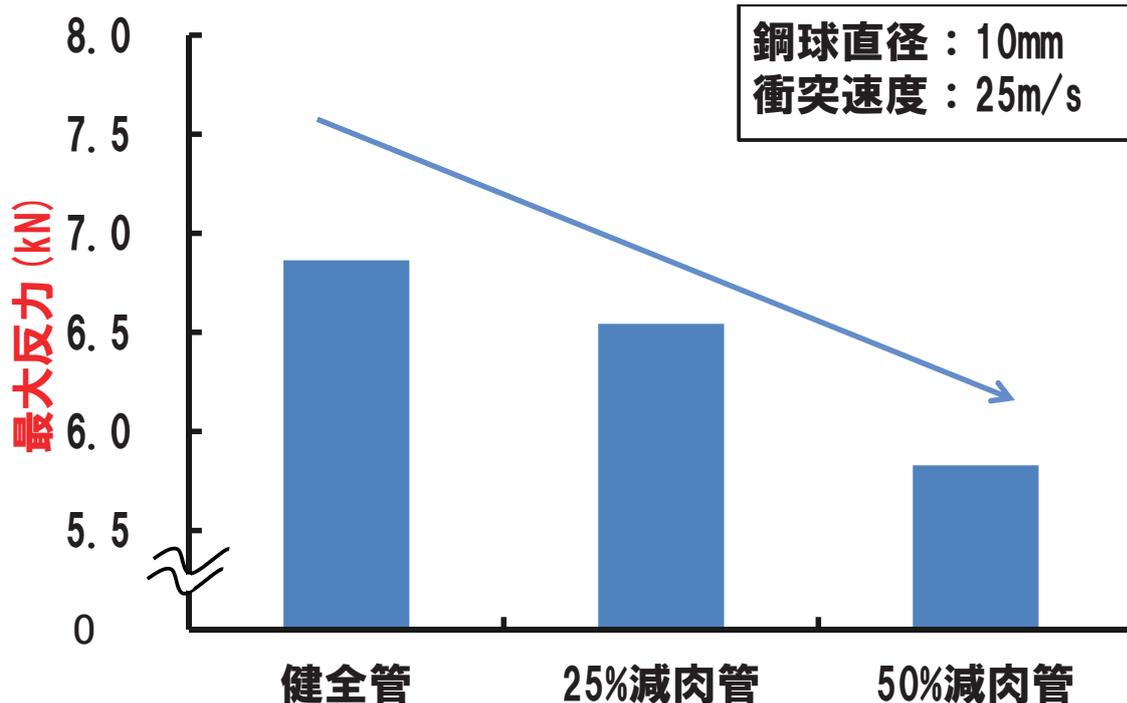
見かけの反発係数は次式で定義した。

$$\text{反発係数} = \frac{\text{衝突直後の速度 } V_1}{\text{衝突直前の速度 } V_0}$$

5



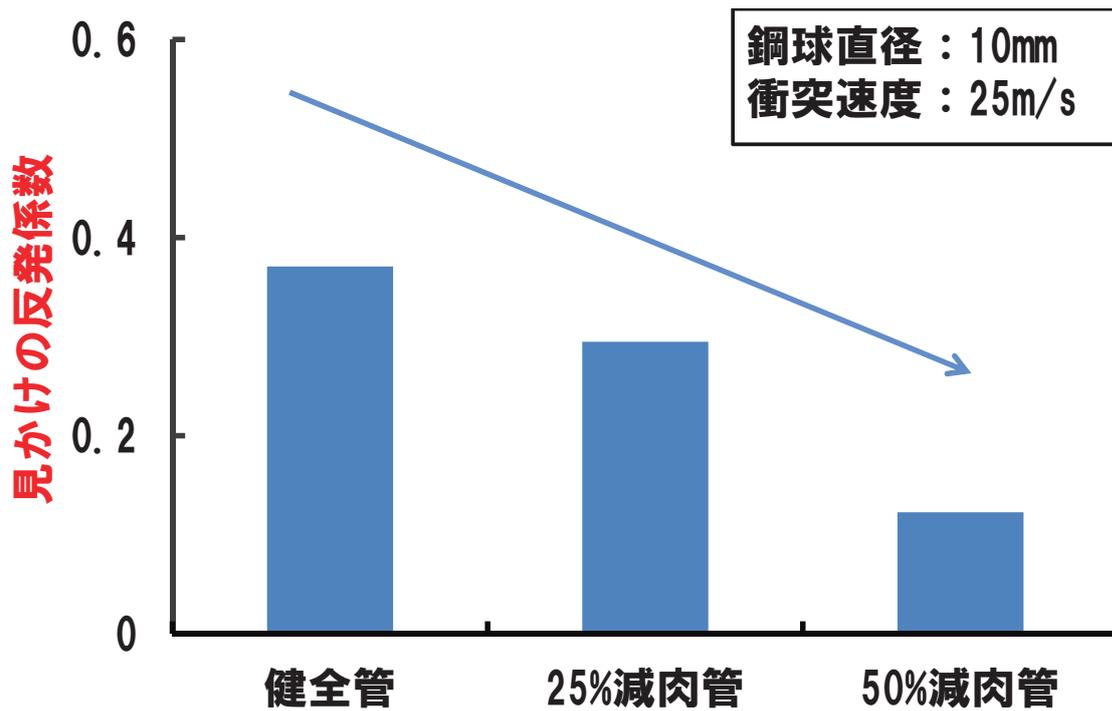
最大反力と減肉レベルの関係



6



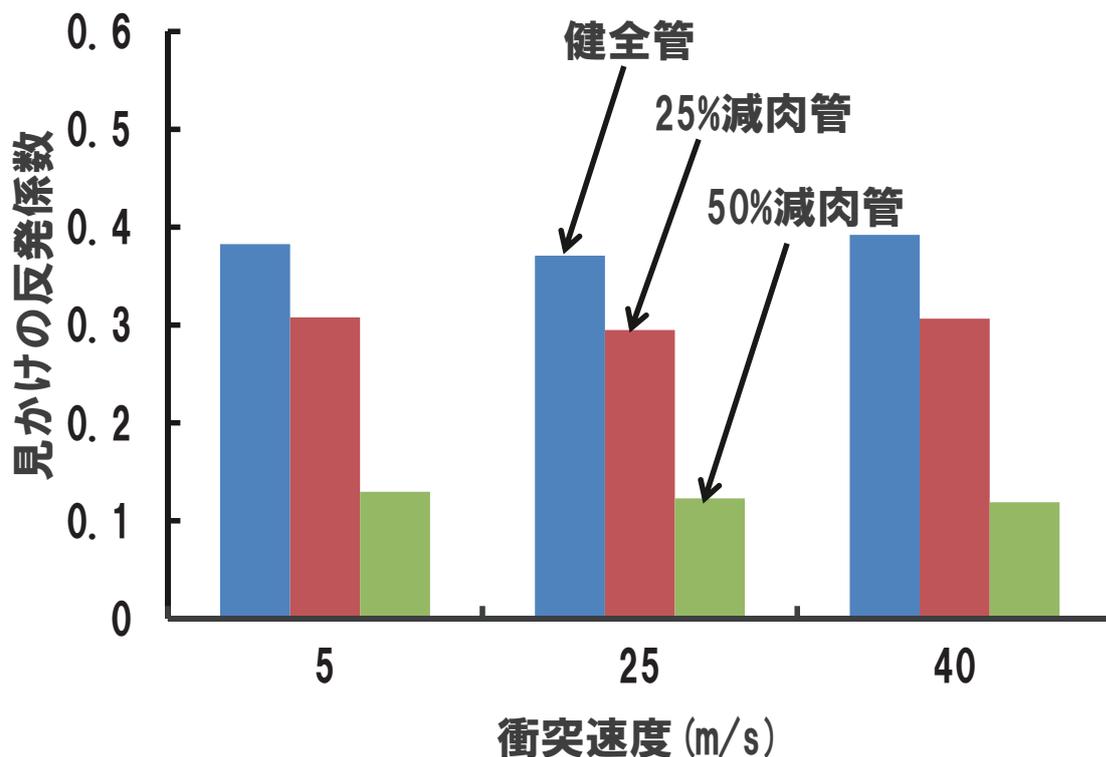
見かけの反発係数と減肉レベルの関係



7



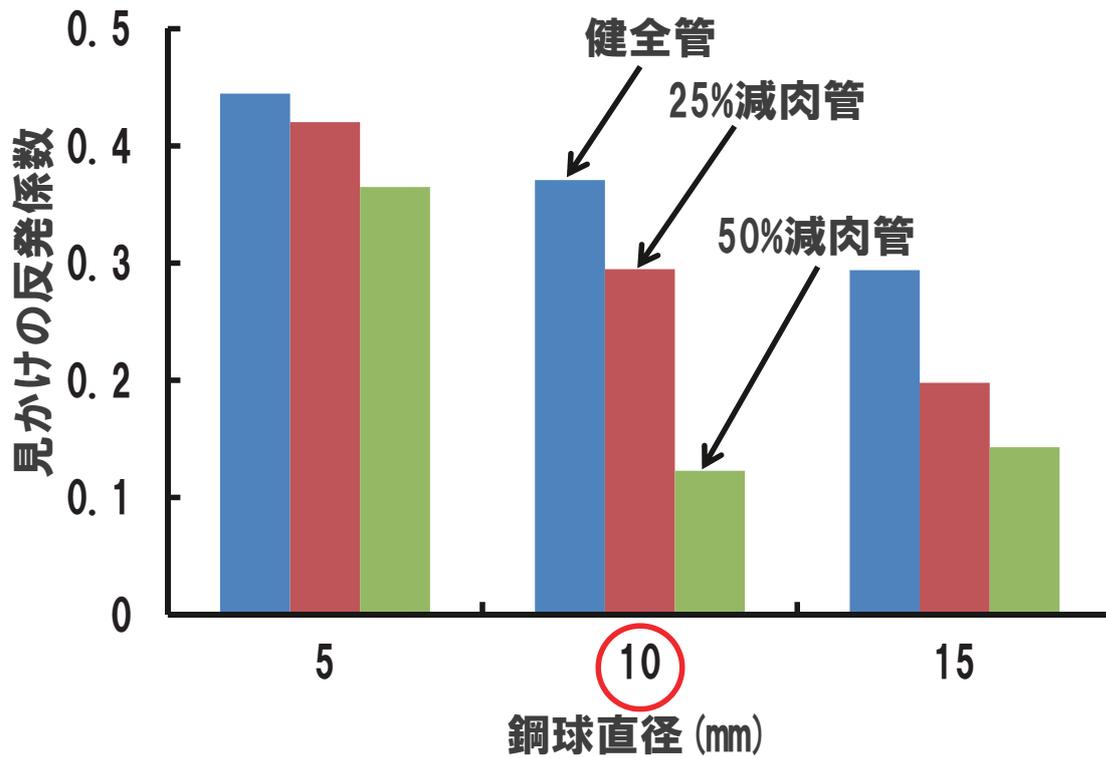
鋼球の衝突速度が見かけの反発係数に与える影響 鋼球直径(10mm)



8



鋼球直径が見かけの反発係数に与える影響 衝突速度 (25m/s)



9



鋼球の見かけの反発係数の計測方法の検討



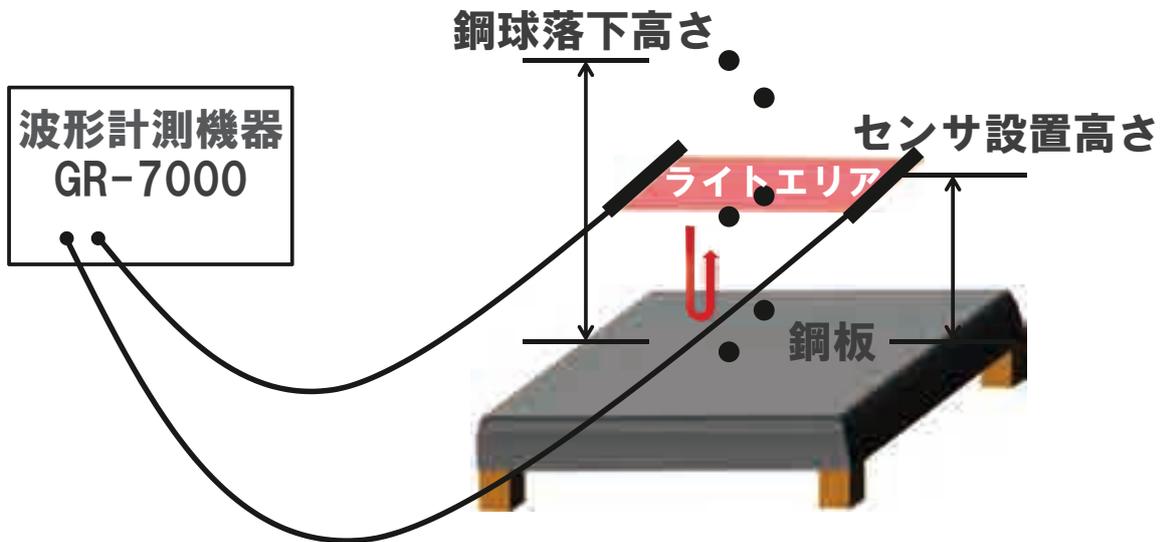
図の出典:キーエンスのホームページ

URL:<http://www.keyence.co.jp/switch/fiber/fu/menu/1337/>

10



見かけの反発係数の計測概要

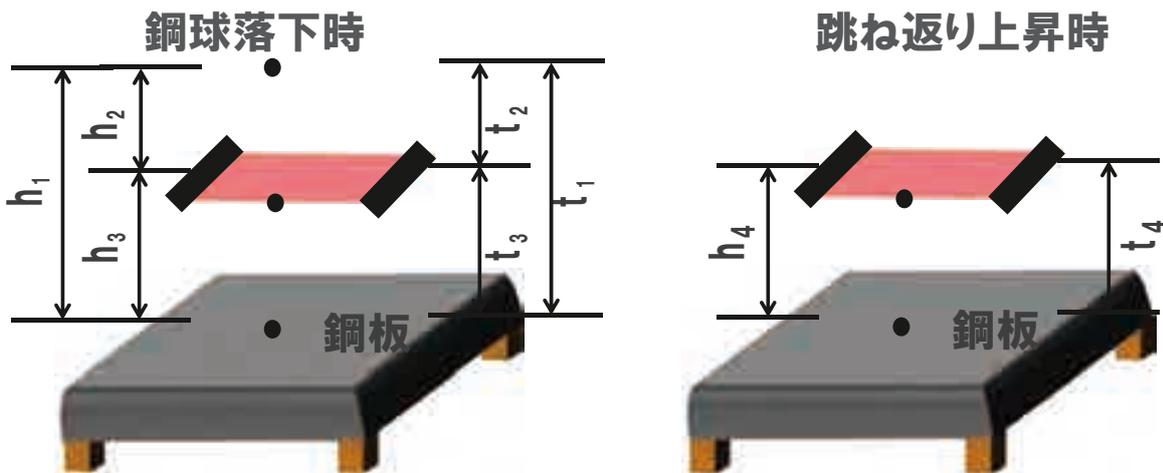


(衝撃応答解析の結果から、4点固定の板での反発係数が直径400mmの管における値と大きく変わらないことが確認できている。)

11



見かけの反発係数の算出手順



① 鋼球の自由落下高さ
とセンサ設置高さから、 t_1
と t_2 および衝突直前の速度 V_0
をそれぞれ算出

② $t_3 = t_1 - t_2$ より、 t_3 を算出

③ $t_4 = t - t_3$ より、 t_4 を算出

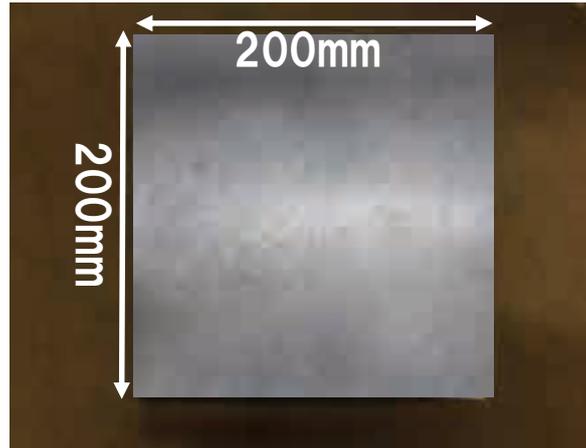
④ $V_1 t_4 - 1/2 g t_4^2 = h_4$ より、
衝突直後の速度 V_1 を算出

12



見かけの反発係数の計測実験の条件

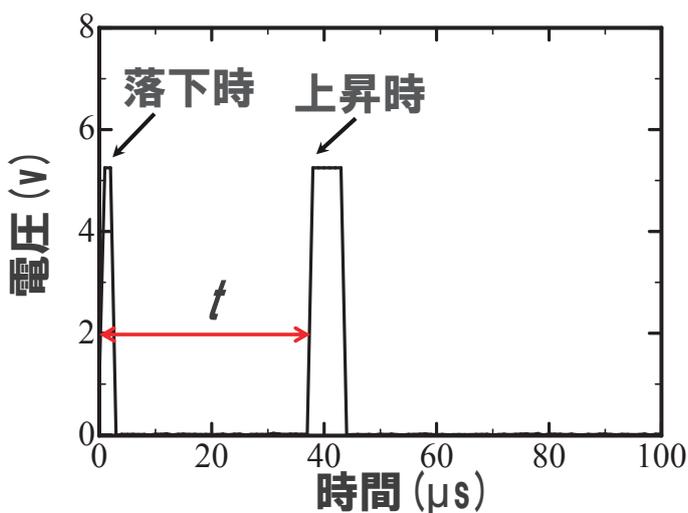
- ①: 鋼球の衝突速度：見かけの反発係数に与える影響は小さいことが確認できているため、**自然落下による速度とした。**
- ②: 鋼球直径：**10mm**
- ③: 鋼板の板厚：**10mm, 9mm, 8mm, 7mm, 6mm**



13



測定された電圧波形の一例



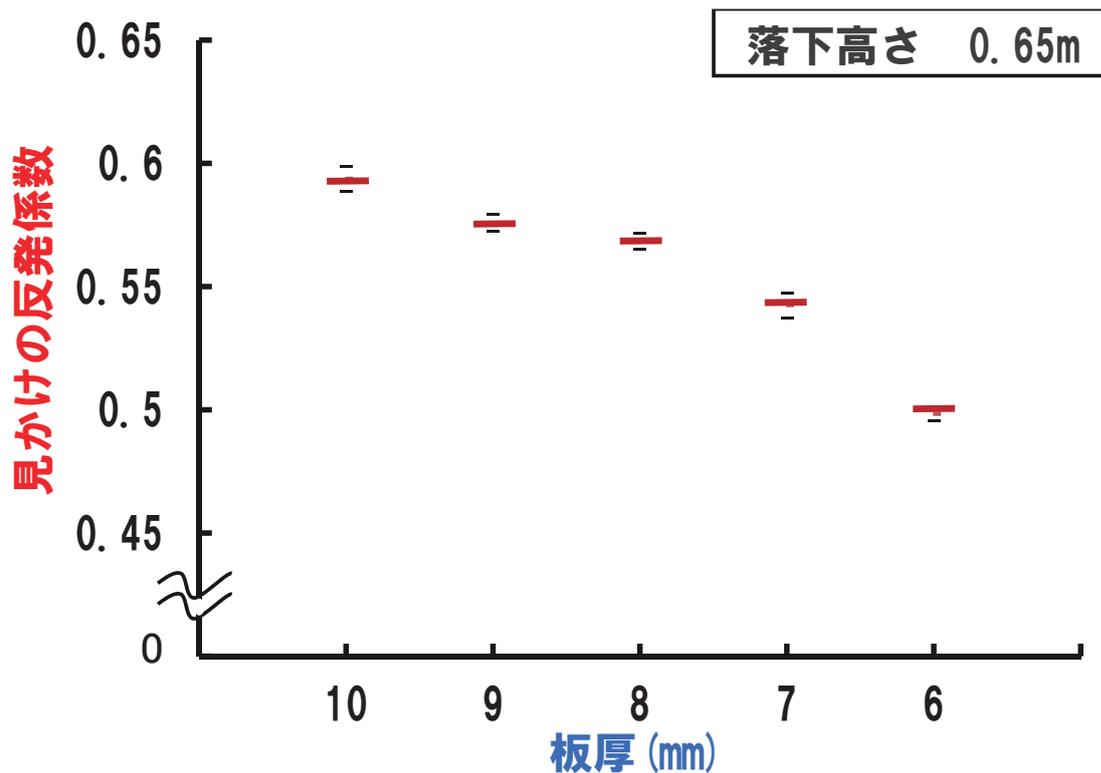
t : 鋼球落下時と跳ね返り上昇時にセンサを横切る時間差.

鋼球の衝突直前の速度 V_0 および衝突直後の速度 V_1 は、鋼球落下高さ、センサ設置高さおよび時間差 t から算出できる。

14



見かけの反発係数と板厚の関係



15



結論

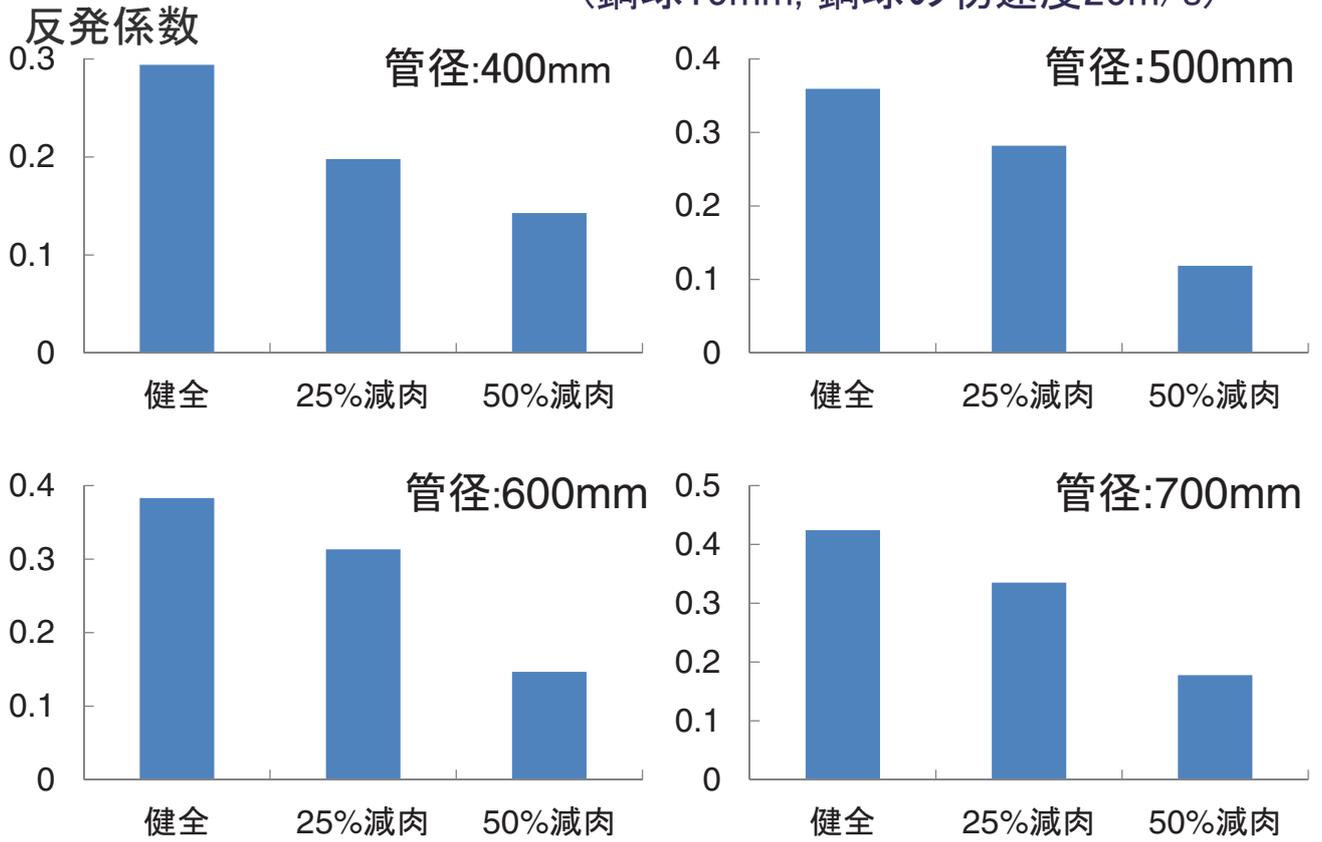
本研究では、非破壊での管の減肉レベルの評価指標を見出すため、鋼球を管の内面に衝突させた場合の衝撃応答に着目し、3次元衝撃応答解析を行った。その結果、**管の最大反力および鋼球による見かけの反発係数が減肉レベルと良い対応を示すことが確認できた。**

さらに、ファイバエアセンサによる計測方法を適用することにより、**見かけの反発係数が簡易に計測可能であることを明らかにした。**

16

管径を変化させた場合の反発係数の結果

(鋼球15mm, 鋼球の初速度25m/s)



第 1 研究委員会

健全な水道管路の維持管理に関する研究

Pipe Stars Project

Pipelines for **S**table and **R**eliable Water **S**ystem

次世代の水道管路に関する研究

第1研究委員会

健全な水道管路の 維持管理に関する研究

株式会社クボタ
安達 徹

2

報告内容

1. 第1研究委員会の概要
2. 管路維持管理の現状調査
3. 維持管理の課題抽出
4. 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究
5. 管路維持管理マニュアル作成の手引き
6. まとめ

1. 第1研究委員会の概要

- (1) 研究目的
- (2) 研究体制
- (3) 研究フロー

(1) 研究目的

4

- ・ 日本の良質な水道サービスは、先人が構築した**健全な水道施設に因るところが大きい**。この資産を**健全な状態で次世代に引き継ぐことが重要**である。
- ・ 多くの水道事業者では、管路の更新率が1%程度と低く、布設後**40年以上を経過した管路の比率が年々増加**している。
- ・ 水道管路の健全化は、**施設の更新・耐震化と維持管理業務の双方がバランス良く適正なレベルを維持**することで成立する。
- ・ 管路の維持管理の実態を明らかにし、次世代に向けた**管路維持管理のあり方を研究**する。

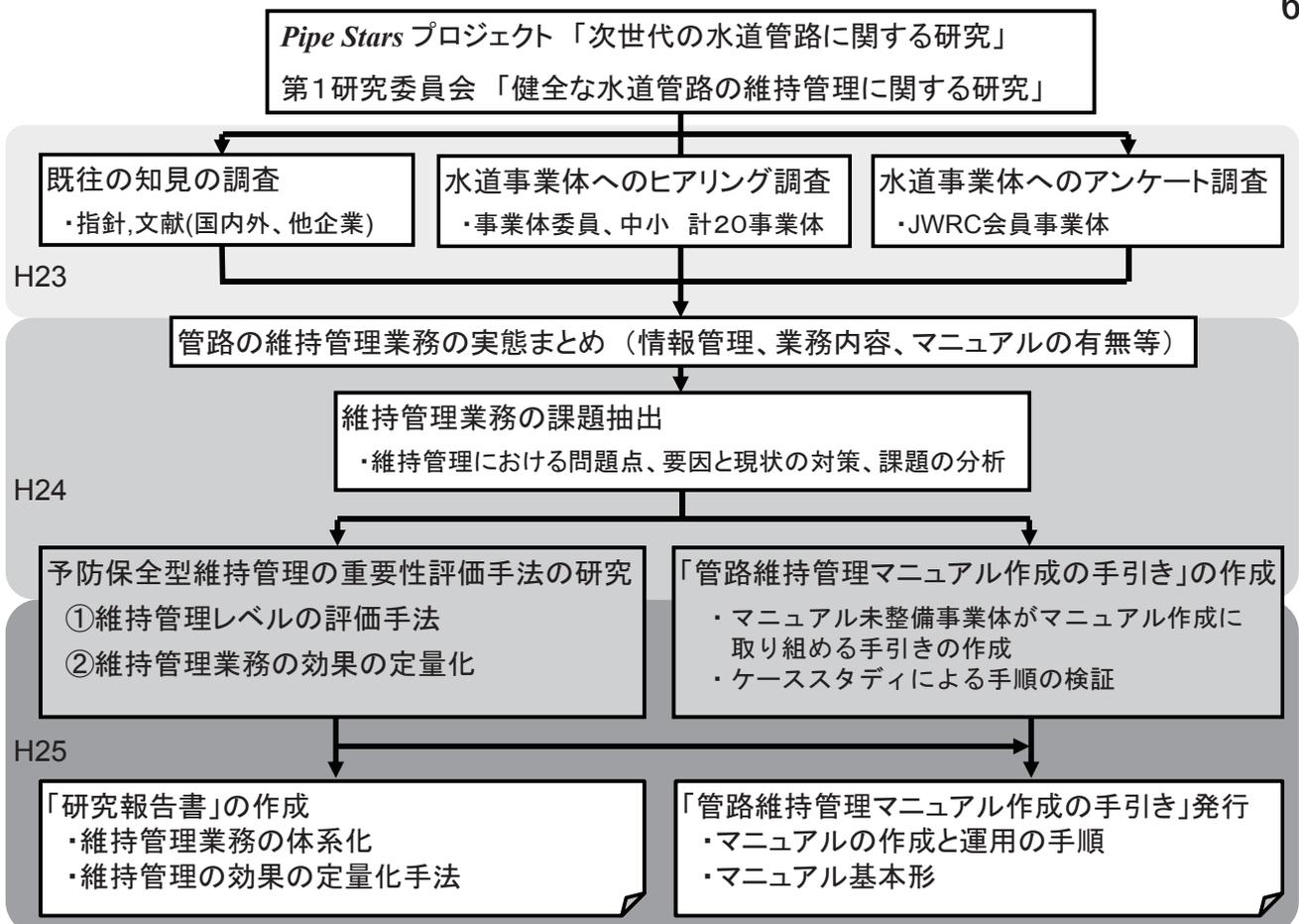
健全な水道管路の維持管理に関する研究

(2) 研究体制 <第1研究委員会>

委員区分	委員名	所属
委員長	小泉 明	首都大学東京
学識者委員	長岡 裕	東京都市大学
	荒井 康裕	首都大学東京
事業体委員 (9名)	尾原 正史 (川内 武彦)	大阪市水道局
	池上 尊人	香川県水道局
	網谷 泰輔 (渡井 大輔)	神奈川県企業庁企業局
	筒井 武志 (國岡 哲哉)	川崎市上下水道局
	山田 淳司 (富永 茂雄)	埼玉県企業局
	宇内 光太郎	千葉県水道局
	田中 実	東京都水道局
	稲田 寛史 (伊藤 毅)	名古屋市上下水道局
	水城 元克 (草場 光敏)	福岡市水道局
企業委員 (9名)	安達 徹	(株)クボタ
	山口 秀美 (小杉基生、赤石頼信)	クボタシーアイ(株)
	道浦 吉貞	(株)栗本鐵工所
	與三本 毅 (木村 直人)	水ing(株)
	小島 賢一郎	積水化学工業(株)
	津崎 将人	大成機工(株)
	福原 勝	(株)日水コン
	寺井 達也 (大岡 俊明)	日本水工設計(株)
	(福本 真実)	(フジ地中情報(株))

学識者 3名
事業体 9名
企業 9名
全21名

()前委員名



2. 管路維持管理の現状調査

- (1) 管路維持管理に関する知見の調査
- (2) アンケート調査
- (3) ヒアリング調査

(1) 管路維持管理に関する知見の調査

8

・目的

維持管理の基本的な考え方や技術動向などを調査

・調査対象

国内水道、海外水道、下水・ガス・電気・通信等インフラ事業等

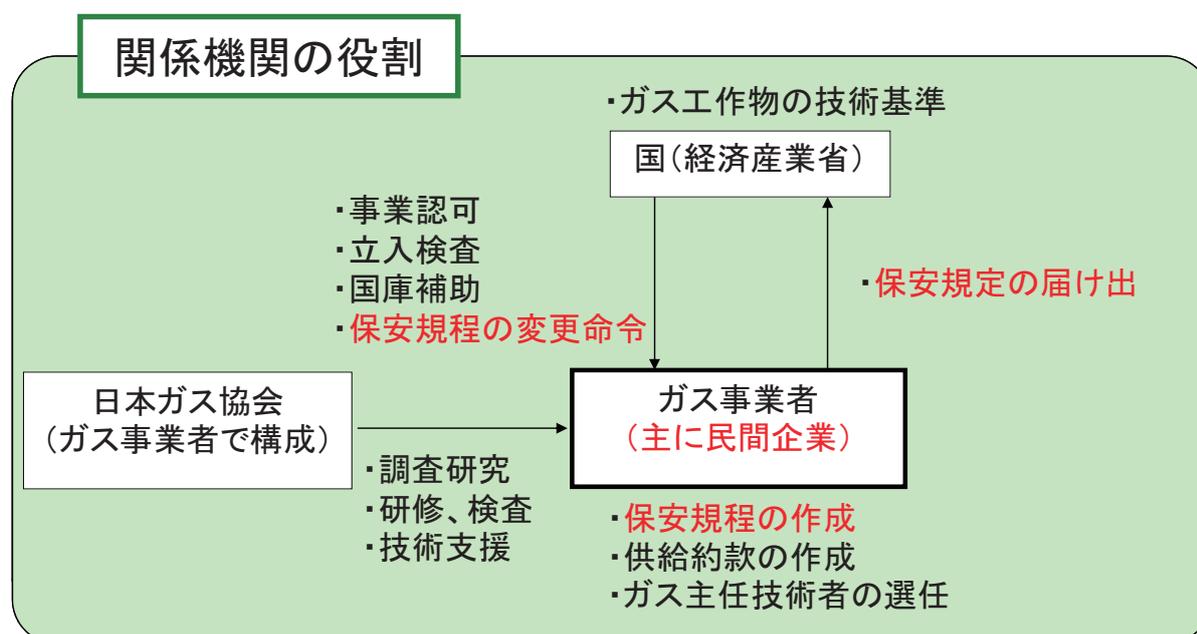
調査対象	主な調査内容
維持管理に関する指針やマニュアル	管路施設の維持管理の基本的な考え方や、標準的な維持管理作業内容の調査・整理
JWRCCの管路に関する研究の成果	これまでの研究成果を活用した、維持管理技術への応用可能性調査
他企業の維持管理に関する指針やマニュアル	下水道、ガス、電気、通信など他企業の管路施設の維持管理の基本的な考え方や、標準的な維持管理作業内容の調査・整理
維持管理に関する論文や報文等の文献	管路施設の維持管理技術の動向や、維持管理事例の調査

他企業の維持管理に関する指針類の調査

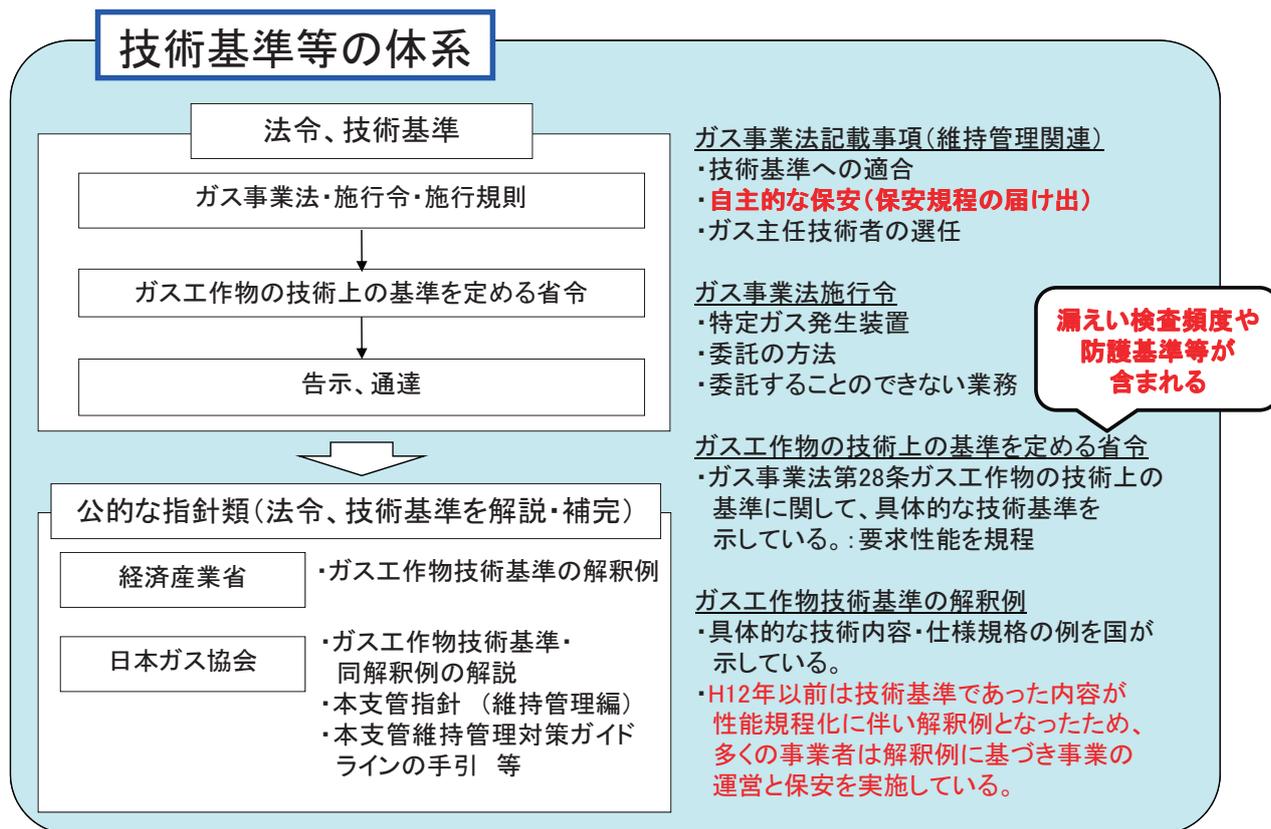
分類	発行元	図書名
下水道事業	日本下水道協会	①下水道維持管理指針2003年版－前編 ②下水道管路施設 維持管理マニュアル-2007-
ガス事業	日本ガス協会	①ガス工作物技術基準・同解釈例の解説 (4次改訂版) H24.02 ②本支管指針(維持管理編) H24.01 ③本支管維持管理対策ガイドラインの手引 H21.01 ④供内管腐食対策ガイドラインの手引 H21.03
電気事業	日本電気協会 電気事業連合会	—
通信事業	電気通信協会	—

※電気事業、電気通信事業は、対象施設が水道と大きく異なることから、仕組み面の調査のみ実施。

ガス事業における維持管理の体系



ガス事業における技術基準等の体系



水道事業とガス事業との相違点

項 目	水道事業	ガス事業
予防保全型維持管理への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> ○ 重要管路及び付属設備は劣化診断や点検を実施している。 ● 漏水調査は有収率向上の観点で多くの事業者が実施している。 ● 上記が十分に実施されていない、事後保全となっている場合がある。 ● 維持管理情報を劣化診断や更新計画立案に活用する仕組みは不十分である。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 導管の漏えい検査が必須である。(頻度は使用圧力や管種別に設定) ○ 高・中圧管や整圧器等の設備の点検を実施している。
維持管理マニュアルの整備状況	<ul style="list-style-type: none"> ○ 大規模事業者ではマニュアルが整備されている。 ● 中小規模事業者では未整備、あるいは整備していても対象業務が限定的な事業者が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ すべての事業者が保安規程で最低限の内容を定めている。 ○ ほとんどの業務でマニュアルが整備されている。

(注1) ガス事業のヒアリングは1事業者のみ。

(注2) ○は良い内容、●は良くない内容を示す。

文献調査

- ① 水道協会雑誌の論文や報文
- ② 全国水道研究発表会の論文
昭和57年度から平成23年度の全国水道研究発表会
- ③ JST文献検索サービス「JDream II」を用いたキーワード検索
国内および海外の文献を対象に、
「管路と維持管理」、「監視」、「事故」、「更新」、「保全」、「ガス」、「石油」等のキーワードを用いて検索
- ④ 土木学会、「Water loss 2012」論文集の論文
 - ・土木学会（2001年度から2007年度）
環境工学論文集、環境工学研究フォーラム講演集、
環境システム研究論文集、環境システム研究論文発表会講演集
 - ・Water loss 2012
 の論文から、維持管理や漏水に関連する文献を抽出した。

国内文献73、海外文献23の調査票(抄録)を作成



有用情報を整理した

(2) アンケート調査

・目的

全国規模で調査

- ① 管路の維持管理マニュアルの整備状況
- ② 管路の維持管理を行う上での課題や問題点

・調査対象

JWRC会員事業体 240事業体（回収率62%）

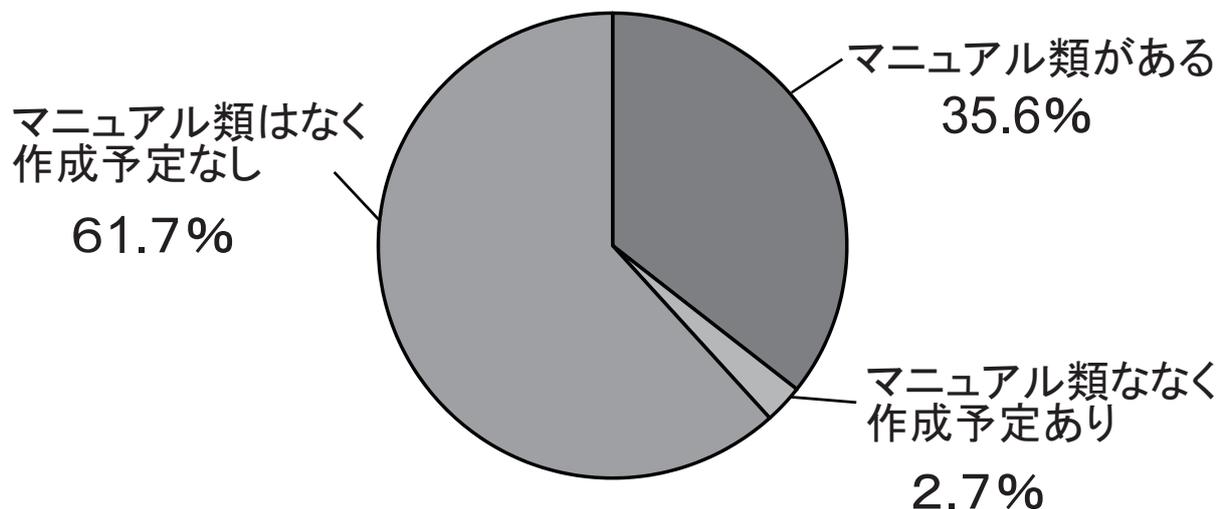
規模別	全事業体数	回答数	捕捉率 (%)	事業体規模割合 (%)
給水人口<5万人	1,038	22	2.1	14.8
5万人≦給水人口<25万人	346	49	14.2	32.9
25万人≦給水人口	81	52	64.2	34.9
用水供給	101	26	25.7	17.4
合計	1,566	149	9.5	100.0

調査結果 ①マニュアル整備状況

65%の事業者がマニュアルの類を所有していない
 マニュアルを所有しておらず、作成予定もない事業者が62%



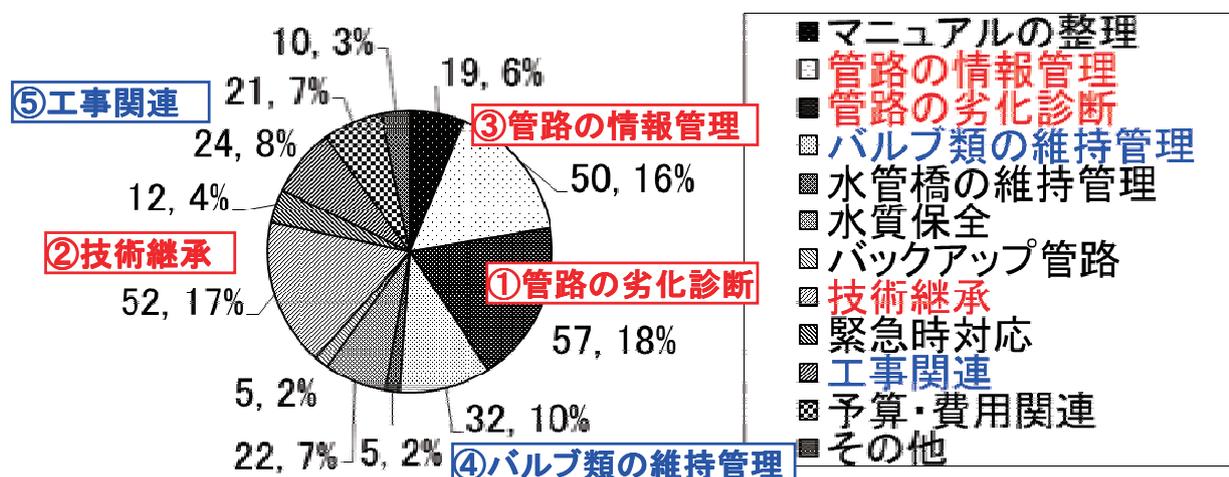
管路の維持管理が十分に行われていない可能性が高い



調査結果 ②問題点、課題

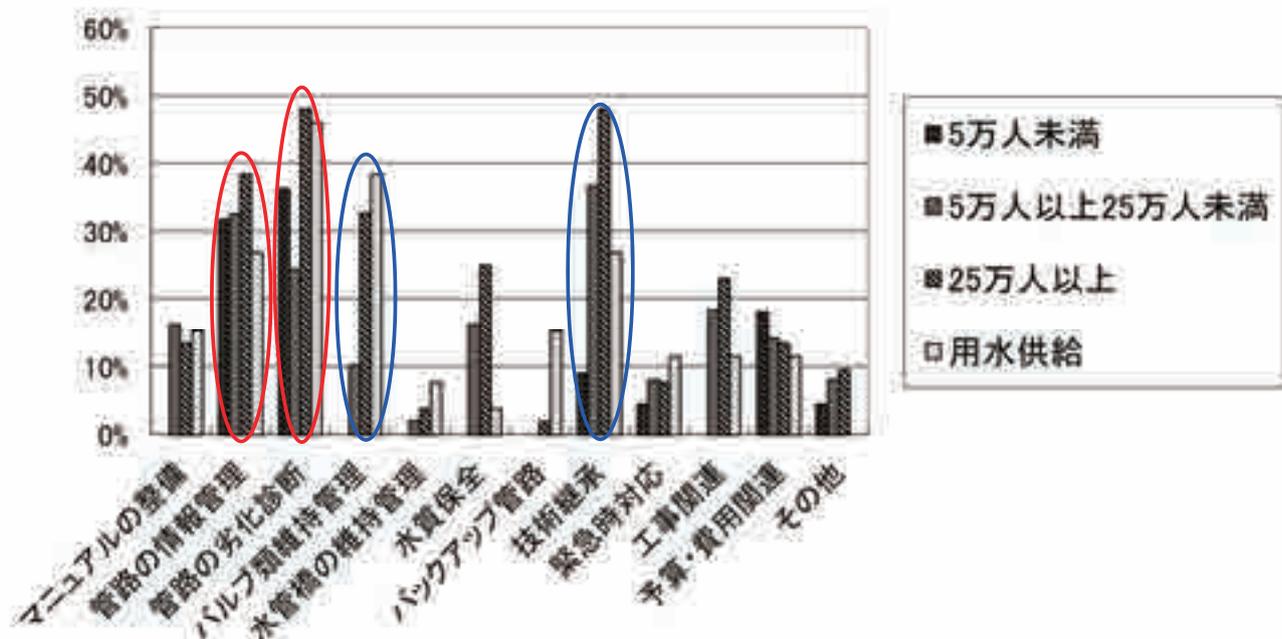
管路の劣化診断、技術継承、管路の情報管理が課題

分類別集計(回答数,比率)



・調査結果 ②問題点、課題

- ・管路の劣化診断、管路の情報管理は共通の課題
- ・技術継承、バルブ維持管理は小規模では顕在化せず



(3)ヒアリング調査

- ・目的 管路維持管理業務の実態把握
(内容、目的、体制、民間委託化等)

・調査対象

H23年	事業体委員の事業体	10事業体
H24年	中小事業体	10事業体
	25万人以上	3事業体
	10万人～25万人	2事業体
	10万人未満	5事業体

・調査内容

- ① 管路維持管理情報の管理状態:
データの有無、電子化状況、保管方法等
- ② 管路維持管理業務の実施状況:
マニュアルの有無、実施体制(直営/委託)、
記録の保管方法、業務内容の確認方法等

情報の管理状態

管路維持管理情報	管路台帳(管種、年度、継手、ライニング種別等)	これらの情報について ・データの有無 ・電子化の有無 ・保管方法を調査した。
	弁栓台帳(種類、開度、開閉方向等)	
	修繕記録(漏水事故履歴等)	
	漏水調査記録	
	排水記録(常時/非定期)	
	配水日報(配水量、配水圧/水質(残塩等))	
	埋設環境調査(土質、PL値、地下水位、管体調査結果、ポリスリーブの有無、地盤種別、耐震適合性)	
	水圧調査記録(自動計測設備/非定期測定)	
	水質調査記録(自動計測設備/非定期測定/末端給水栓/貯水槽水道)	
	管路に付属する増・減圧設備(減圧)弁、増圧ポンプ等の点検記録	
	管路の付属する応急給水設備(耐震型貯水槽等)の点検記録	
	応急給水拠点(避難所、拠点病院等)、緊急輸送道路等	
	備蓄資機材の保管、お客様からの苦情	

その他の記録 : 水管橋台帳、水管橋点検、大口径仕切弁点検、電食調査

業務の実施状況

管路維持管理業務	管路パトロール業務		これらの業務について ・マニュアルの有無 ・実施体制 委託の有無 職員の役割 ・記録の保管等 報告方法 保管方法 ・業務内容の確認 チェック項目 チェック方法を調査した。
	漏水調査業務		
	水管橋点検業務		
	弁類保守点検業務		
	弁室・弁きょう等点検・清掃業務	弁室等点検・清掃業務	
		仕切弁きょう等点検・清掃業務	
	仕切弁操作業務	系統変更作業	
		計画排水作業	
	管路に付属する減圧弁の点検		
	増圧ポンプ、流量計等の点検	管路に付属する増圧ポンプ	
		管路に付属する流量計	
	事故災害時の措置		
	他企業工事立会業務		
修繕工事	配水管・給水管修繕		
	市民対応		

事業体規模別維持管理レベルの整理

項目	データの有無																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	O	L	R	M	S	N	T	Q	I	P	J	K	
管路台帳(管種、年度、継手、ライニング種別等)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
弁栓台帳(種類、開度、開閉方向等)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
修繕記録(漏水事故履歴等)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
漏水調査記録	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
排水記録	常時	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	非定期	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
配水日報	配水量、配水圧	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	水質(残塩等)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
埋設環境調査	土質(腐食土壌等)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PL値	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	地下水位	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	管体調査結果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリスリーブの有無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
水圧調査記録	自動計測設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	非定期測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
流量調査記録	自動計測設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	非定期測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
水質調査記録	自動計測設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	非定期測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	末端給水栓	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	貯水槽水道	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
管路に付属する増・減圧設備(減圧弁、増圧ポンプ等)の点検記録	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
管路に付属する応急給水設備(耐震型貯水槽等)の点検記録	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
応急給水地点(避難所、拠点病院等)、緊急輸送道路等	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
備蓄資機材の保管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
お客様からの苦情(工事に伴う苦情を除く)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

例) 維持管理情報データの有無

100万人以上
25万人以上～100万人未満
10万人以上～25万人未満
10万人未満
用水供給

H23、H24年度 計20事業体のヒアリング結果まとめ

1. 管路の維持管理情報の管理状態

- ✓ 管路台帳、修繕記録、配水日報、水質記録、管路に付属する増・減圧設備の点検記録についてはすべての事業体でデータがある。
- ✓ 弁栓台帳については、整備されていない事業体が3事業体あるが、他のすべての事業体で整備されている。
- ✓ 電子化システム化は多くの事業体で導入されているが、25万人未満では、電子化されていない情報が多くなっている。

2. 管路の維持管理業務の実施状況

- ✓ 仕切弁操作業務、事故災害(漏水事故、応急給水)対応業務、他工事立会業務及び修繕工事(工事、市民対応)はすべての事業体において、行われている。
- ✓ 管路状況把握のための点検・調査の実施状況はばらついている。
- ✓ 維持管理業務のマニュアル化は、25万人未満の事業体において、整備率が低くなっている。

3. 維持管理の課題抽出

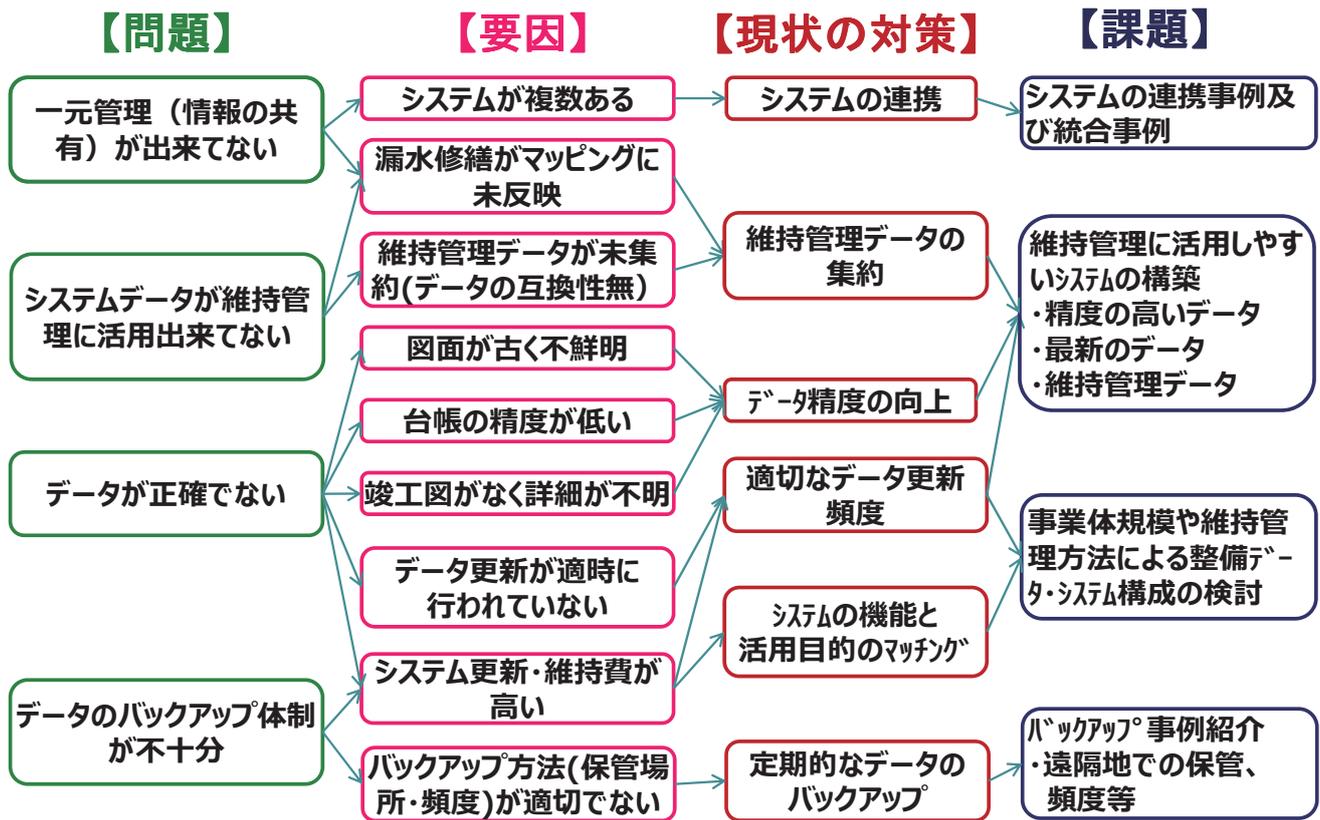
3. 維持管理の課題の抽出

ヒアリング調査、アンケート調査結果を踏まえ、
管路維持管理に関する問題点を抽出した。

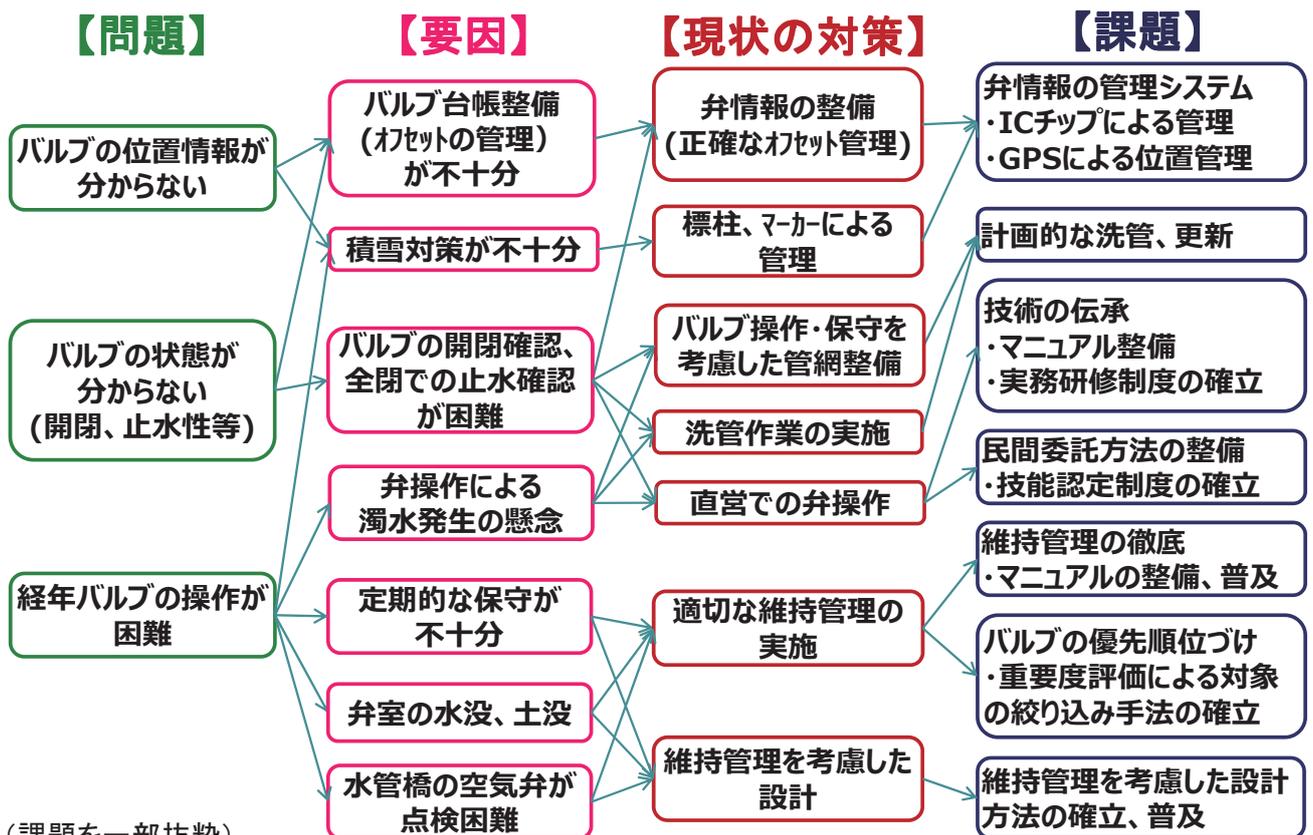


- ・現状の対策をレベルアップするもの
- ・現状では解決できていない問題を解決するもの

1. 情報管理の課題



3. バルブ維持管理の課題



(課題を一部抜粋)

研究テーマの選定

現状

- ・維持管理の実施状況は事業体によりばらつきがある。
- ・事後保全的取組みが中心
- ・維持管理の重要性、必要性が十分認識されておらず、優先順位が低くなっている(体制・予算)。

重点課題

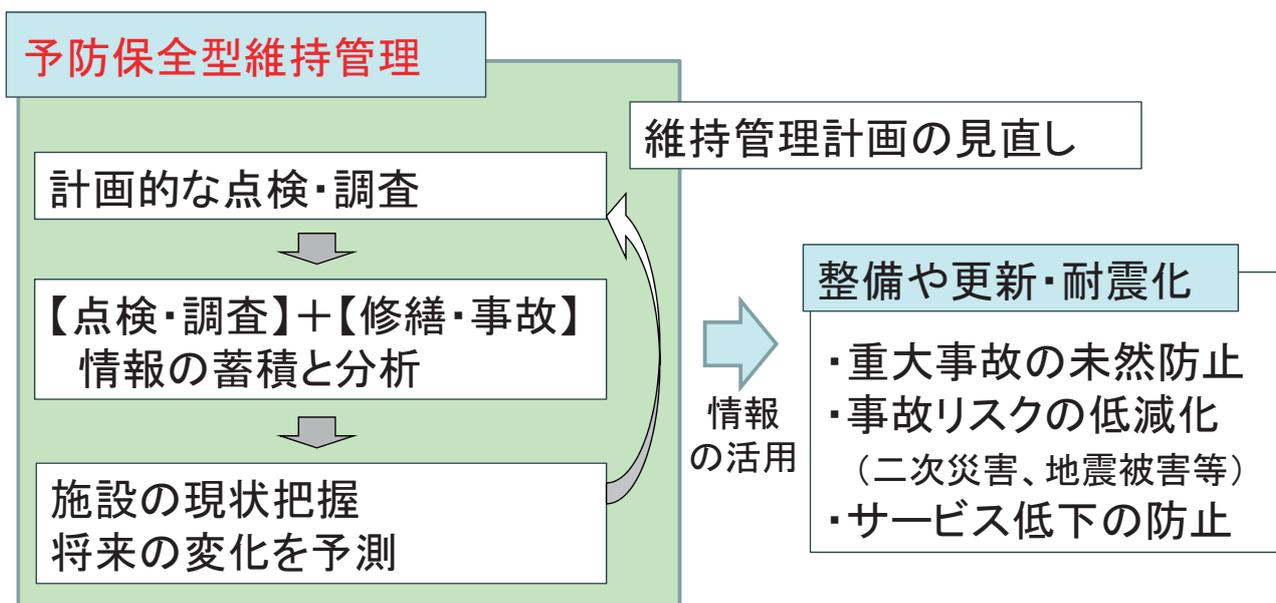
- ✓ 予防保全型維持管理の重要性を理解し、現状レベルを評価することが必要
- ✓ 維持管理の重要性をステークホルダーへPRすることが必要

- ✓ 適正な維持管理を行うためには、事業体の規模や地域特性を考慮した使いやすい維持管理マニュアルが必要
- ✓ 技術継承のためには、ベテラン職員のノウハウ(暗黙知)を形式知にすることが必要



- ① 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究
- ② 「水道管路維持管理マニュアル作成の手引き」の作成

予防保全型維持管理の定義



4. 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究

(1) 維持管理レベルの評価手法

(2) 維持管理業務の効果の定量化

4. 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究

(1) 維持管理レベルの評価手法

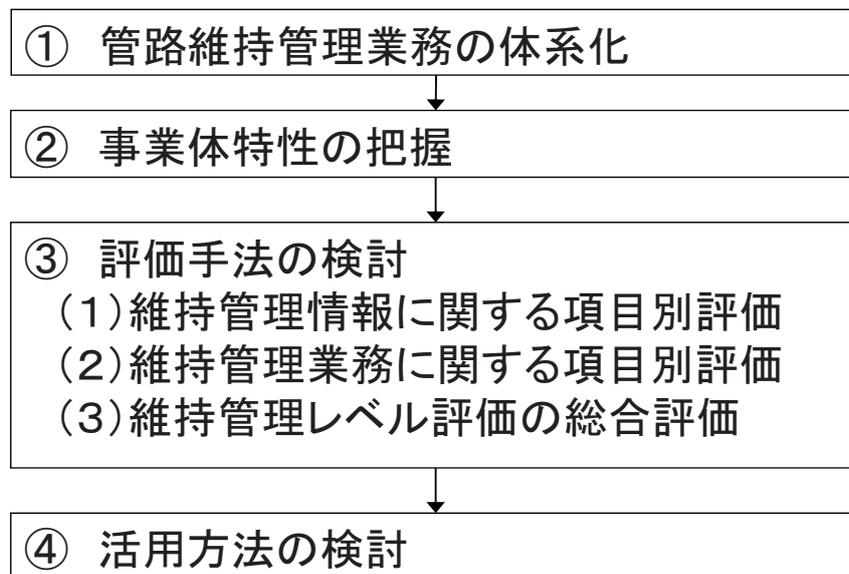
(2) 維持管理業務の効果の定量化

研究目的

- ✓ 現況の維持管理レベルを評価することにより、計画的な管路の維持管理や更新事業の動機づけを行う。
- ✓ 更にその評価結果を公表しPR等に活用できるような評価手法を提案する。

(1) 維持管理レベルの評価手法

● 研究フロー



4. (1) 維持管理レベルの評価手法の研究

管路維持管理業務の体系化

手引きに記載すべき維持管理業務を、水道事業におけるアセットマネジメントに関する手引き(厚生労働省)、水道施設維持管理等業務委託積算要領案(日本水道協会)、*Pipe Stars*事業体ヒアリング項目より選定した。

管路維持管理マニュアル作成対象業務の検討 (その1)

維持管理業務	AMの手引き	積算要領	ヒアリング	維持管理マニュアル
仕切弁操作		○	○	○
系統変更作業		○	○	○
計画排水作業		○	○	○
弁類保守点検	○	○	○	○
弁室、弁きょう点検・清掃	○	○	○	○
水管橋・橋梁添架管の点検	○	○	○	○
漏水調査	○	○	○	○
修理(修繕工事)	○		○	○
市民対応(周辺住民への周知)			○	○

管路維持管理マニュアル作成対象業務の検討 (その2)

維持管理業務	AMの手引き	積算要領	ヒアリング	維持管理マニュアル
管内状況調査・洗浄作業	○		○	○
管路の巡視(パトロール)	○	○	○	○
管体腐食度調査	○		○	○
電気防食設備の点検	○		○	○
水圧・水質測定	○		○	○
池状構造物の清掃・点検		○		
取水施設の清掃・点検		○		
震災対策用貯水施設の点検	○	○	○	○
増圧ポンプ、流量計等の点検			○	○
事故対応			○	○
応急給水活動			○	○

維持管理業務の分類 –維持管理情報–

維持管理情報

中分類	小分類
図面及び台帳(1)	管路図面
	弁栓台帳
	管路台帳
図面及び台帳(2)	水管橋・橋梁添架管台帳
	電気防食設備台帳
	震災対策用貯水施設台帳
運転記録	水量調査記録
	水圧調査記録
	水質調査記録
保全記録	日常及び定期点検の記録
	詳細調査の記録
	事故対応等の記録
事故対応情報	応急給水地点
	緊急輸送道路
	備蓄資機材一覧

維持管理業務の分類 —維持管理業務—

維持管理業務

中分類	小分類
日常及び 定期点検	管路パトロール
	水管橋等点検
	弁栓類点検
	弁室・弁きょう等点検
	電気防食設備の点検
	震災対策用貯水施設の点検
詳細調査	漏水調査
	管内調査
	洗浄作業
	管体腐食度調査
	水量・水圧・水質調査
事故対応 等	修繕工事
	事故対応
	応急給水
	他工事立会
	利用者対応

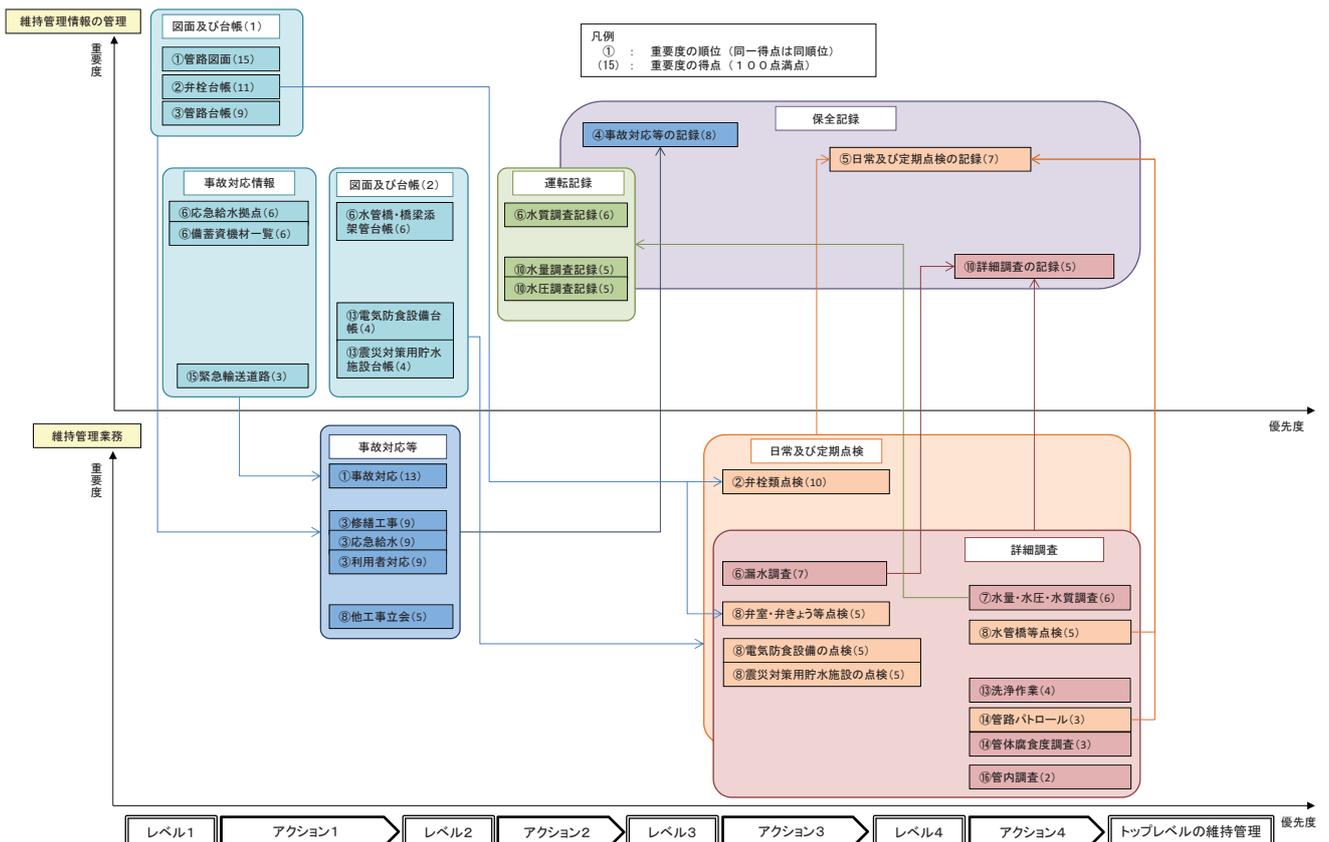
管路維持管理情報の重要度

順位	項目	重要度
1	管路図面	15
2	弁栓台帳	11
3	管路台帳	9
4	事故情報等の記録	8
5	日常及び定期点検の記録	7
6	水質調査記録	6
	水管橋・橋梁添架管台帳	6
	応急給水拠点	6
	備蓄資機材一覧	6
10	水量調査記録	5
	水圧調査記録	5
	詳細記録の調査	5
13	電気防食設備台帳	4
	震災対策用貯水設備台帳	4
15	緊急輸送道路	3
	合計	100

管路維持管理業務の重要度

順位	項目	重要度
1	事故対応	13
2	弁栓類点検	10
3	修繕工事	9
	応急給水	9
	利用者対応	9
6	漏水調査	7
7	水量・水圧・水質調査	6
8	他工事立会	5
	弁室・弁きょう等点検	5
	水管橋等点検	5
	電気防食設備の点検	5
	震災対策用貯水施設の点検	5
13	洗浄作業	4
14	管路パトロール	3
	管体腐食度調査	3
16	管内調査	2
合計		100

維持管理の重要度による体系化



維持管理の実施レベルによる体系化

: 重要度 高
 : 重要度 中
 : 重要度 低

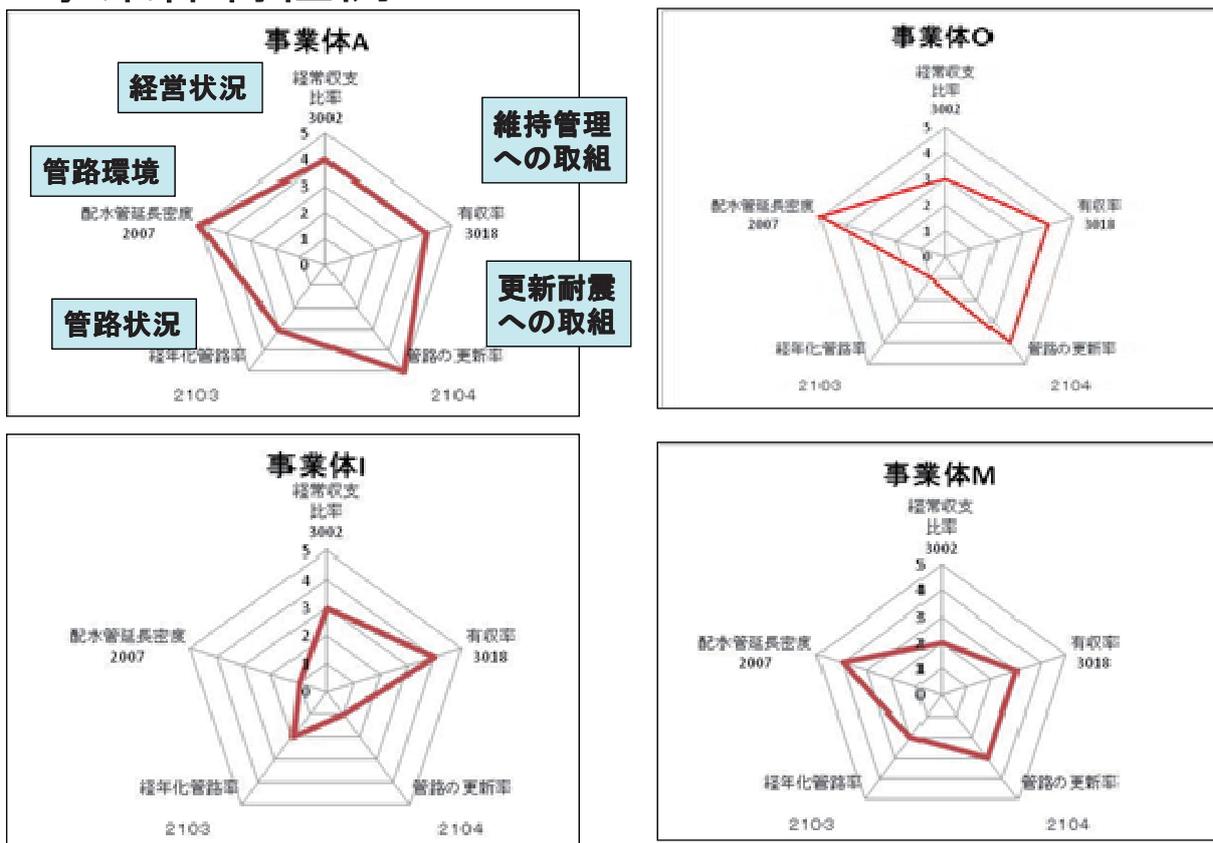
維持管理 レベル	情報管理				維持管理業務		
	図面及び台帳	事故対応情報	運転記録	保全記録	事故対応等	日常及び定期点検	詳細調査
レベル1/ アクション1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ①管路図面 ②弁栓台帳 ③管路台帳 ⑥水管橋・橋梁 涵架管台帳 ⑨電気防食 設備台帳 ⑩震災対策用 貯水施設台帳 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑥応急給水 拠点 ⑥備蓄資機材 一覧 ⑬緊急輸送 道路 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑥水質調査 記録 ⑩水量調査 記録 ⑩水圧調査 記録 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ①事故対応 ③修繕工事 ③応急給水 ③利用者対応 ⑧他工事立会 </div>		
レベル2/ アクション2				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ④事故対応等 の記録 </div>			
レベル3/ アクション3				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑤日常点検及 び定期点検 の記録 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ②弁栓類点検 ⑥弁室・弁きょう 等点検 ⑨電気防食 設備の点検 ⑩震災対策用 貯水施設点検 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑥漏水調査 </div>	
レベル4/ アクション4				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑩詳細調査の 記録 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑧水管橋等 点検 ⑭管路 バトロール </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ⑦水量・水圧・ 水質調査 ⑮洗浄作業 ⑭管体腐食度 調査 ⑯管内調査 </div>	

事業体特性の把握

- ・全国の水道事業体の情報が収集できるものとして、**水道統計より算出可能な業務指標(PI)**を用いる
- ・業務指標の点数化
 「水道事業ガイドライン業務指標算定結果(H22年度)」(JWRC)で公表されている、統計値(5%、25%、50%、75%、95%値等)により点数化。

点数	管路環境	管路状況	経営状況	更新耐震への取組み	維持管理への取組み
	配水管延長密度(2007)	経年化管路率(2103)	経常収支比率(3002)	管路の更新率(2104)	有収率(3018)
1	<3.7	14.6<	<103.2	0	<81.1
2	3.7 ≤ <5.9	7.9< ≤14.6	103.2 ≤ <109.0	0< ≤0.39	81.1 ≤ <87.1
3	5.9 ≤ <9.3	3.4< ≤7.9	109.0 ≤ <115.6	0.39< ≤0.72	87.1 ≤ <92.1
4	9.3 ≤ <17.1	0< ≤3.4	115.6 ≤ <132.6	0.72< ≤1.21	92.1 ≤ <97.0
5	17.1 ≤	0	132.6 ≤	1.21<	97.0 ≤

・事業体特性例

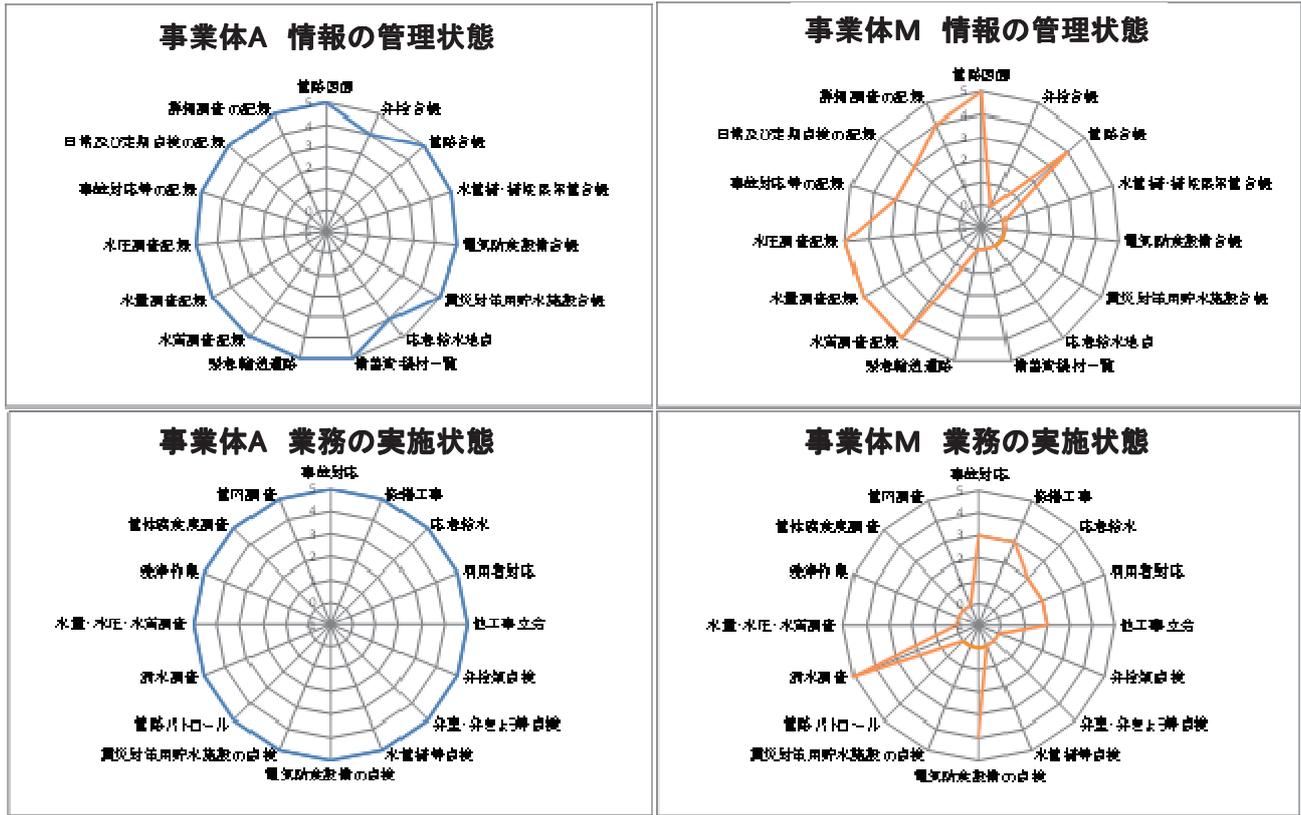


維持管理レベルの項目別評価

予防保全型維持管理レベルの評価基準

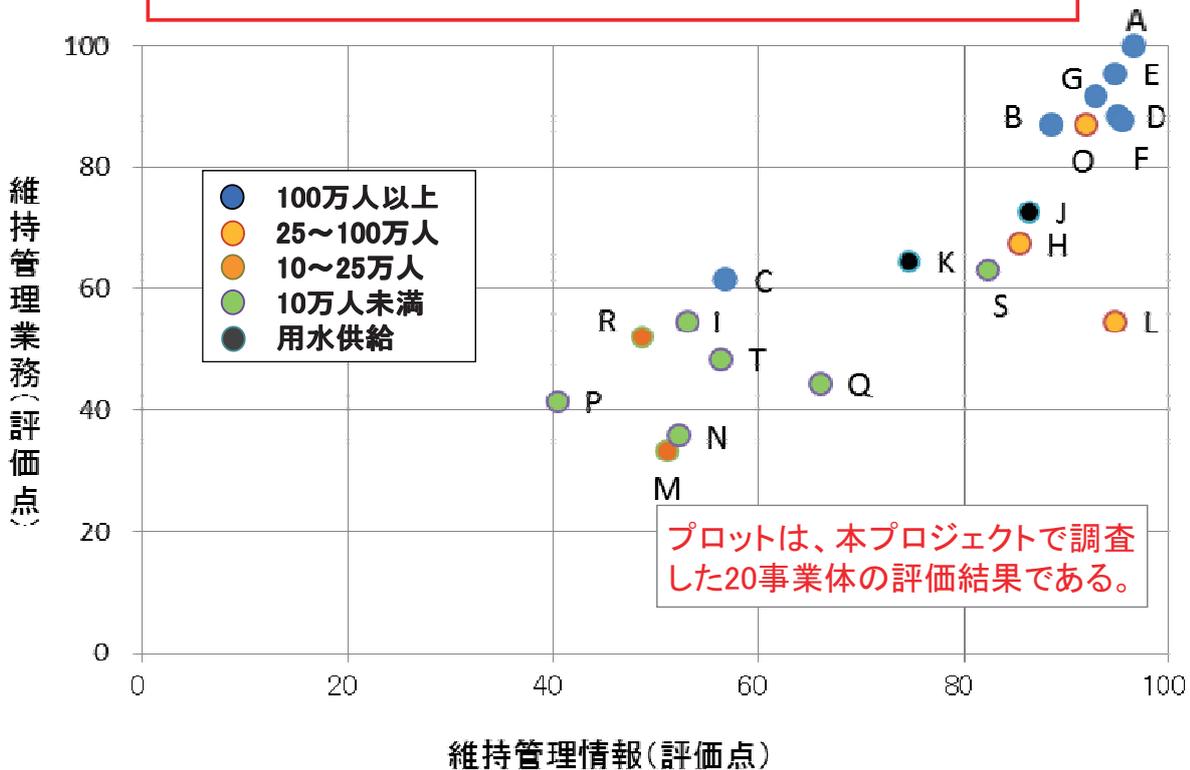
分類	評価点(合計5点)				
	0点	2点	1点	1点	1点
情報の管理状態	ない	あり	電子化されている	記録の保管やデータ更新を実施している	情報活用している
業務の実施状況	ない	あり	マニュアルあり	管理記録を保管している	情報活用している

維持管理レベルの項目別評価例

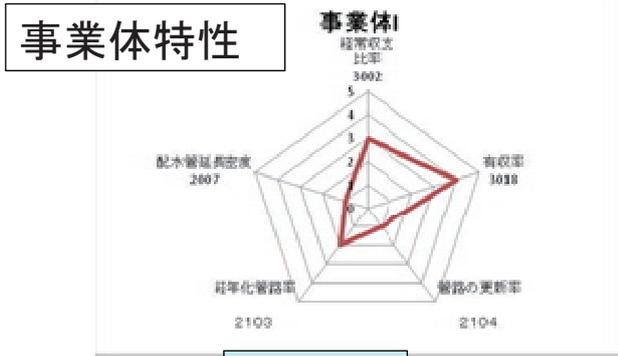


維持管理レベルの総合評価例

維持管理情報と維持管理業務のレベルを相対的に評価できる。



評価手法の活用方法(1)



給水人口:10万人未満。
經常収支比率は平均より低い。
有収率は平均より高い。
管路の更新率は低い。
経年化管路率は平均より高い。
配水管延長密度は低い。

現状

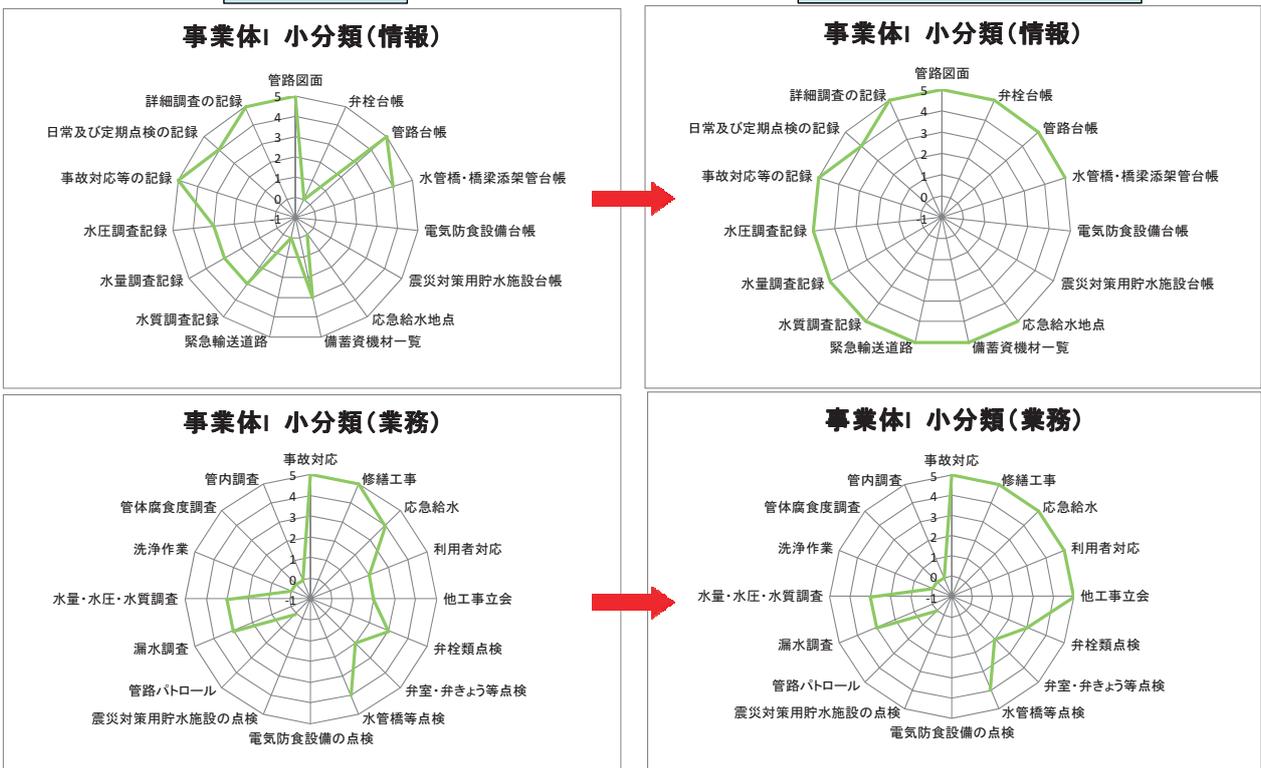
レベルアップ後



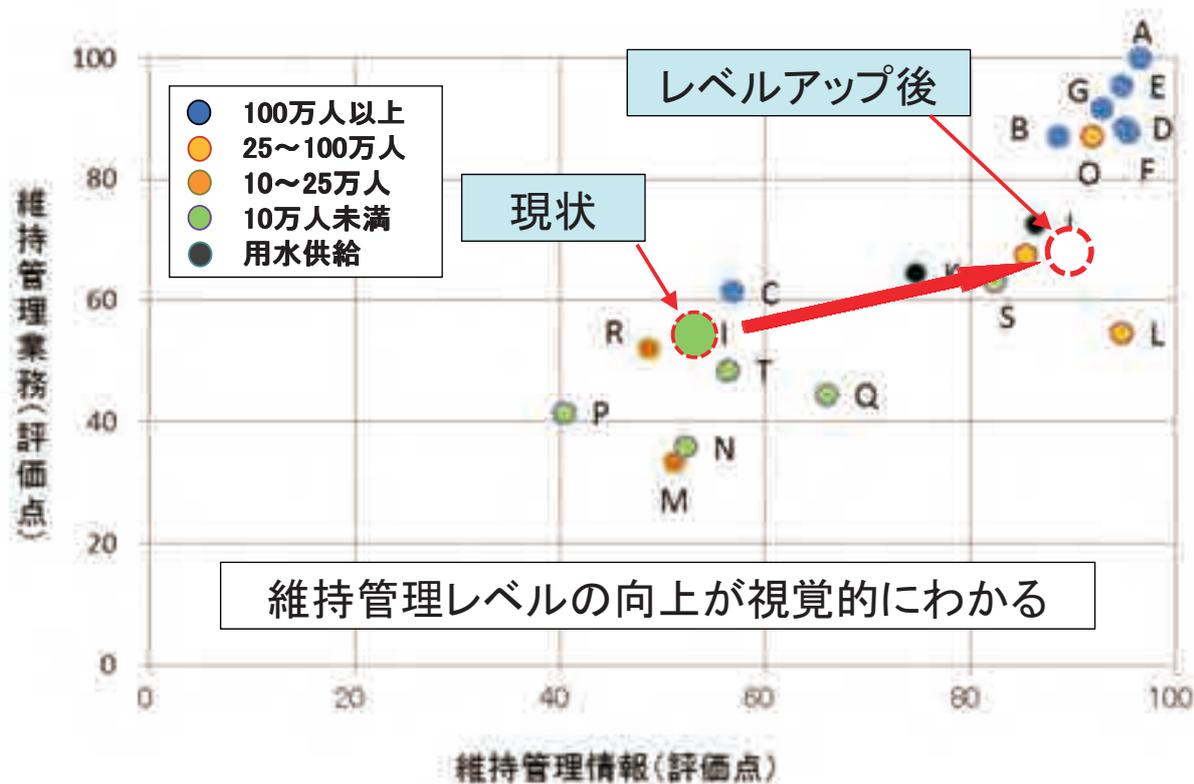
評価手法の活用方法(2)

現状

レベルアップ後



評価手法の活用方法(3)



4. 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究

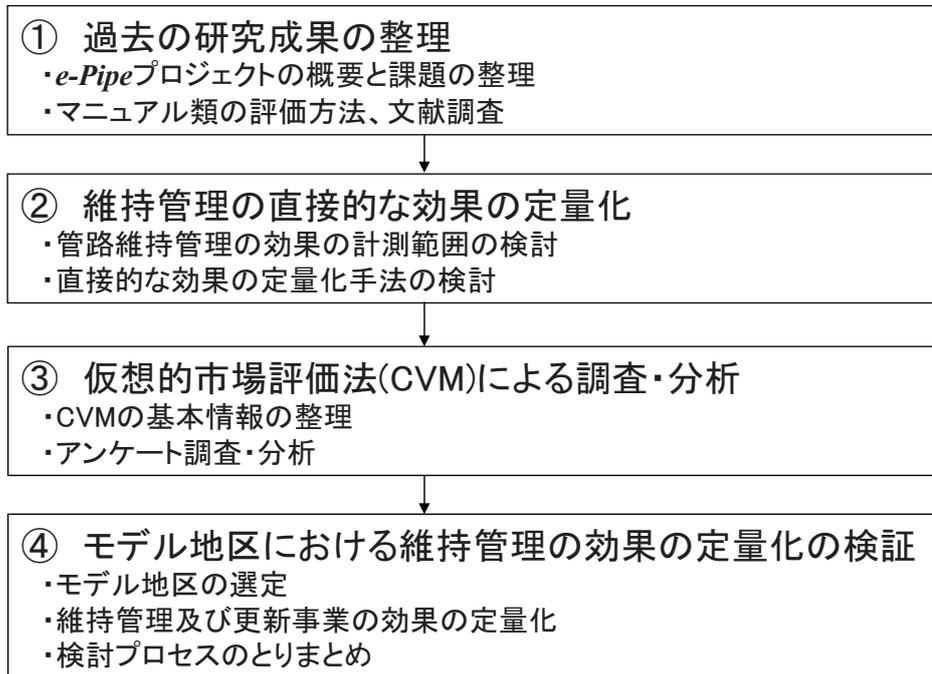
- (1) 維持管理レベルの評価手法
- (2) 維持管理業務の効果の定量化

研究目的

- ✓ 管路の維持管理や更新等を計画的に実施するには、経営層や議会、利用者の理解が不可欠である。
- ✓ 管路の維持管理や更新事業の効果を定量化することで、維持管理等の重要性を説明できるようにすることを目的とする。

4. (2)維持管理業務の効果の定量化

● 研究手順



①過去の研究成果の整理

✓ e-Pipeプロジェクト(ハザードマップのLCC)の課題として、3項目の見直しを行った

(1)断水戸数、(2)工場用の断水被害額、(3)補償費

✓ マニュアル、文献等の調査

(1)厚労省マニュアルの評価方法

(石綿セメント管の布設替の便益)

(2)工業用水道における更新事業(改築事業)の評価方法

(3)下水道における更新事業(改築事業)の評価方法

(4)便益計測関連:6編、CVM関連:6編

②直接的な効果の定量化

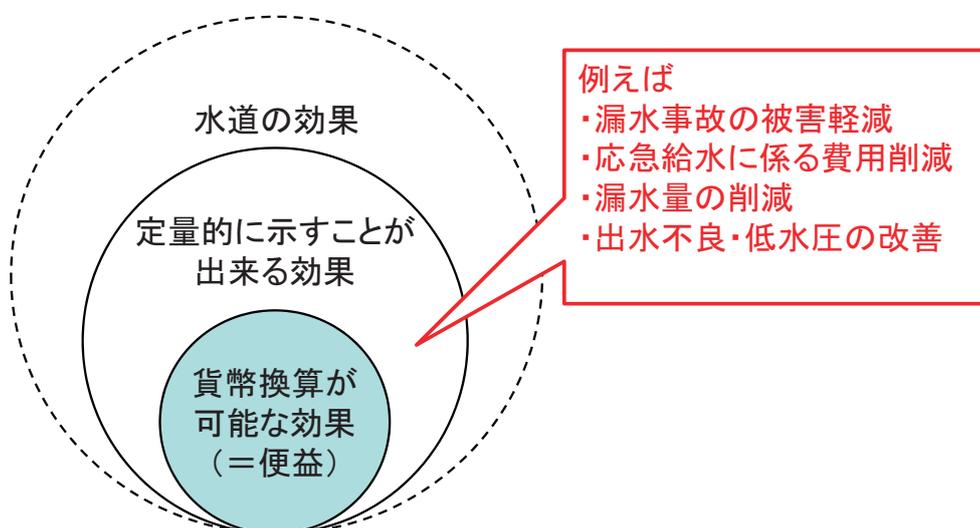
・適用可能な効果の分析方法

手法	水道事業への適用例	水道への適用理由
①量－反応法	ダム開発のWith、Withoutによる減・断水人口の減少に伴う被害を効果とする。	量－反応法は、他の評価手法と比較して、容易に効果計測が可能である。
③回避支出法	高度処理施設を導入した場合の水質レベル（Ⅰ）に対して、高度処理を導入しない場合の水質レベル（Ⅱ）において、需要者が水質レベル（Ⅰ）と同等の水を得るための消費者による手段を効果とする。 例1)浄水器の設置費用 例2)ミネラルウォーターの購入費用	需要者が代替する回避支出に換算することができる。
⑥仮想的市場評価法（CVM）	現在、供給している水道水に対して、さらにおいしい水（高度処理水）を供給する場合の住民の支払意思額を効果として計測する。 将来の水道料金＝現在の水道料金＋ α α ：おいしい水への支払意思額	調査に期間と費用がかかるが、利用者のニーズを事業評価に反映させるという利点がある

②直接的な効果の定量化

維持管理の効果の計測範囲の検討

- ・直接的な効果のみを計測する。
- ・CVMによる支払意思額を参考にする。



・個々の維持管理業務の効果

維持管理業務	直接的な効果
<ul style="list-style-type: none"> ・管路パトロール ・漏水調査 ・水管橋等の点検 ・電気防食設備の点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水事故の被害軽減 ・漏水量の削減 ・応急給水に係る費用削減 ・消防リスクの低減
<ul style="list-style-type: none"> ・管内調査 ・管内洗浄 	<ul style="list-style-type: none"> ・赤水、濁水の減少 ・利用者の水質対策の削減 ・薬品費等の削減
<ul style="list-style-type: none"> ・管体腐食調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水事故の被害軽減 ・更新費用の削減
<ul style="list-style-type: none"> ・弁栓類点検 (仕切弁、空気弁、減圧弁、消火栓) ・弁室、弁きょう等点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水事故の被害軽減 ・漏水量の削減 ・消防リスクの低減 ・地震時の断水被害額、復旧費の削減 ・地震時の応急給水に係る費用の削減 ・地震時の消防リスクの低減
<ul style="list-style-type: none"> ・増圧ポンプ点検 ・自動計測設備点検 ・震災対策用貯水施設点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・応急給水に係る費用削減 ・利用者の水質対策の削減 ・薬品費等の削減 ・出水不良、低水圧の改善

・漏水調査の効果

早期に漏水を発見することによる直接的効果

①漏水量の削減

漏水量の削減効果を便益として計測する。

②漏水事故の被害軽減

大規模漏水事故が発生した場合の被害を予防できるとして便益を計測する。

③応急給水に係る費用削減

断水事故が発生した場合の応急給水費用を削減できるとして便益を計測する。

・弁栓類の点検の効果

①漏水事故の被害軽減

維持管理により正常操作が行えることで、漏水事故が発生した場合の断水範囲が限定できる効果を便益として計測する。

②漏水量の削減

弁栓類における漏水を発見することにより、漏水量の削減効果を便益として計測する。

③応急給水に係る費用削減

③仮想的市場調査法(CVM)によるアンケート調査

1. アンケート調査の方針

- ✓ 便益は、直接的な効果のみを計測する。
- ✓ CVMでは水道利用者が、維持管理水準の向上と管路更新に対する水道料金への価格転嫁を許容するかを支払意志額として把握する。

2. CVMの指針等の調査

国土交通省 「仮想的市場評価法(CVM)適用の指針」
厚労省 費用対効果分析マニュアル

3. インターネットアンケート調査

- ・既婚男女、20～70代を均等に抽出(全国に配信)
- ・標本数 プリテスト200、本テスト700 計900

3. アンケート調査

■水道管路の更新と維持管理のことについてお問い合わせ。
以下の画像をご覧になってから、お答えください。

【水道料金と事業運営について】

水道事業は、皆さまからいただいた「水道料金」を主な財源として運営しています。

また、皆さまが1ヵ月あたり水道に支払われる料金は、家計支出に占める割合で見ると平均で約0.7%、1世帯あたり月2,049円(平成22年度)です。

※多くの市町村では、水道料金は2ヵ月に1度、下水道料金とあわせてお支払いいただくことになっています。

3. アンケート調査

また、皆さまが1ヵ月あたり水道に支払われる料金は、家計支出に占める割合で見ると平均で約0.7%、1世帯あたり月2,049円(平成22年度)です。

※多くの市町村では、水道料金は2ヵ月に1度、下水道料金とあわせてお支払いいただくことになっています。

年度	電気料金	ガス料金	水道料金	下水道料金	家計支出総額
2015	1,188	1,188	1,188	1,188	100,076
2016	1,789	1,789	1,789	1,789	234,946
2017	1,807	1,807	1,807	1,807	271,862
2018	1,807	1,807	1,807	1,807	294,648
2019	1,807	1,807	1,807	1,807	291,812
2020	1,807	1,807	1,807	1,807	269,270
2021	1,807	1,807	1,807	1,807	251,244
2022	1,807	1,807	1,807	1,807	244,536
2023	1,807	1,807	1,807	1,807	222,513

【水道管の取り替えや維持管理について】

高度成長期に整備された水道管は、整備から数十年経過しており老朽化しています。このため、断水事故の防止や水質の維持、水道管の耐震化を進めるために、水道管の取り替えや維持管理(水道管からの漏れの調査や点検、水道管の洗浄等)が必要となっています。今後、水道管の老朽化の割合が急増することから、これらに要する費用が増加する見込みです。

3. アンケート調査



4. 支払意思額の推定

質問7

A あなたは、今後老朽管の割合が増加することから、水道局が水道管の維持管理(水道管からの漏れの調査や点検等)に積極的に取り組むために、いくらまでなら新たに水道料金を支払っていただけますか。

Q 選択肢方式

払わない、100円、200円、300円、400円、500円、600円以上／月

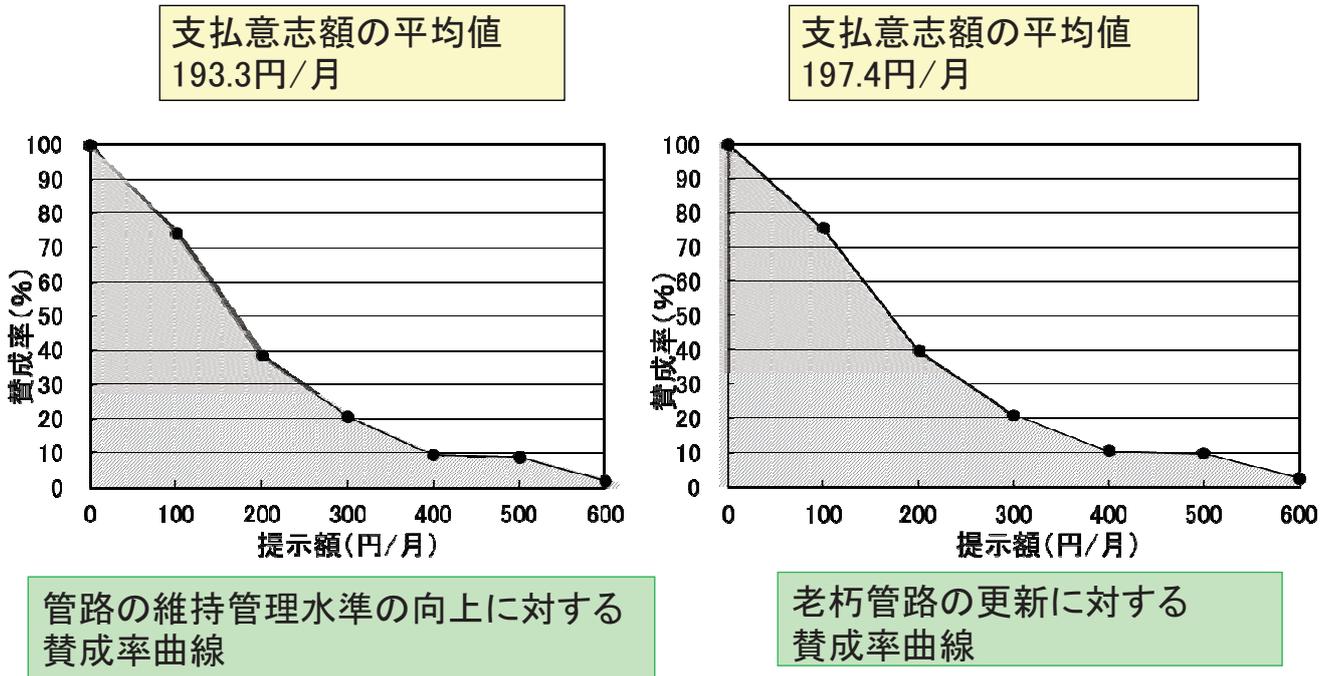
質問8

A あなたは、今後老朽管の割合が増加することから、水道局が水道管の取り替えに積極的に取り組むために、いくらまでなら新たに水道料金を支払っていただけますか。

Q 選択肢方式

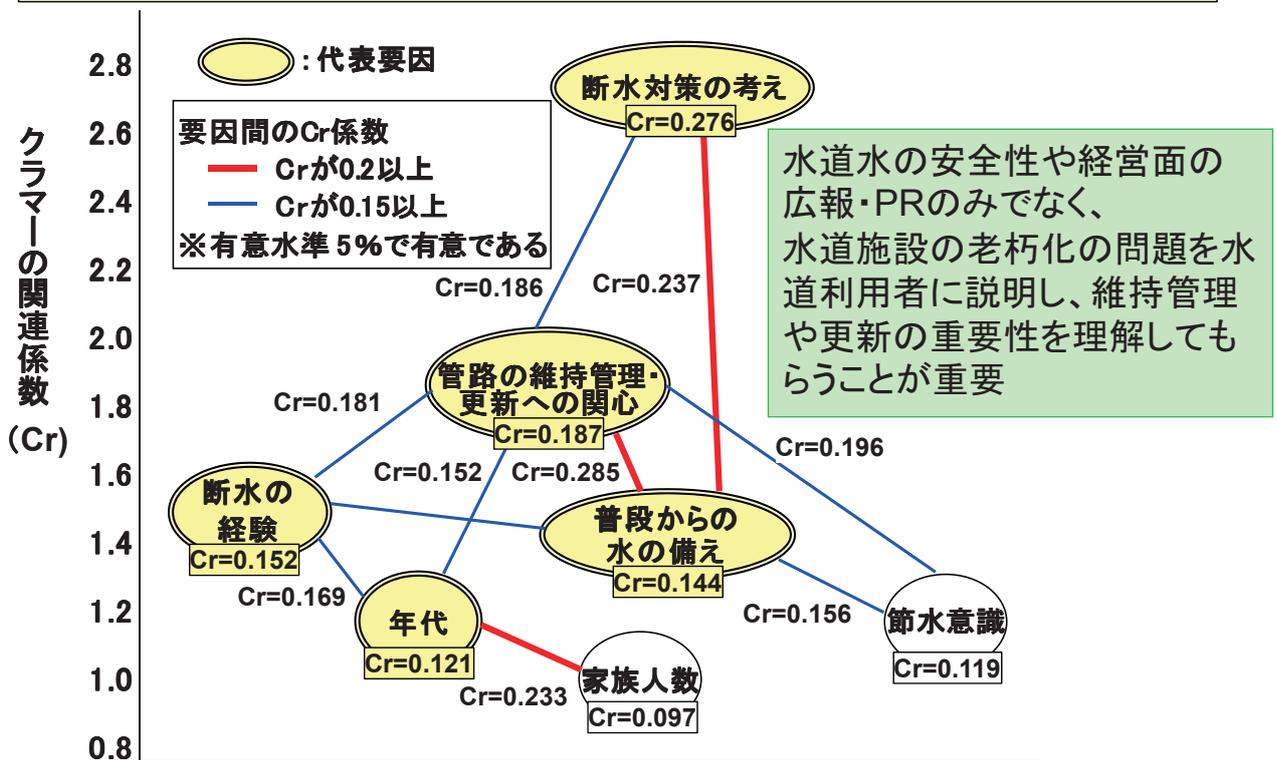
払わない、100円、200円、300円、400円、500円、600円以上／月

4. 支払意思額の推定



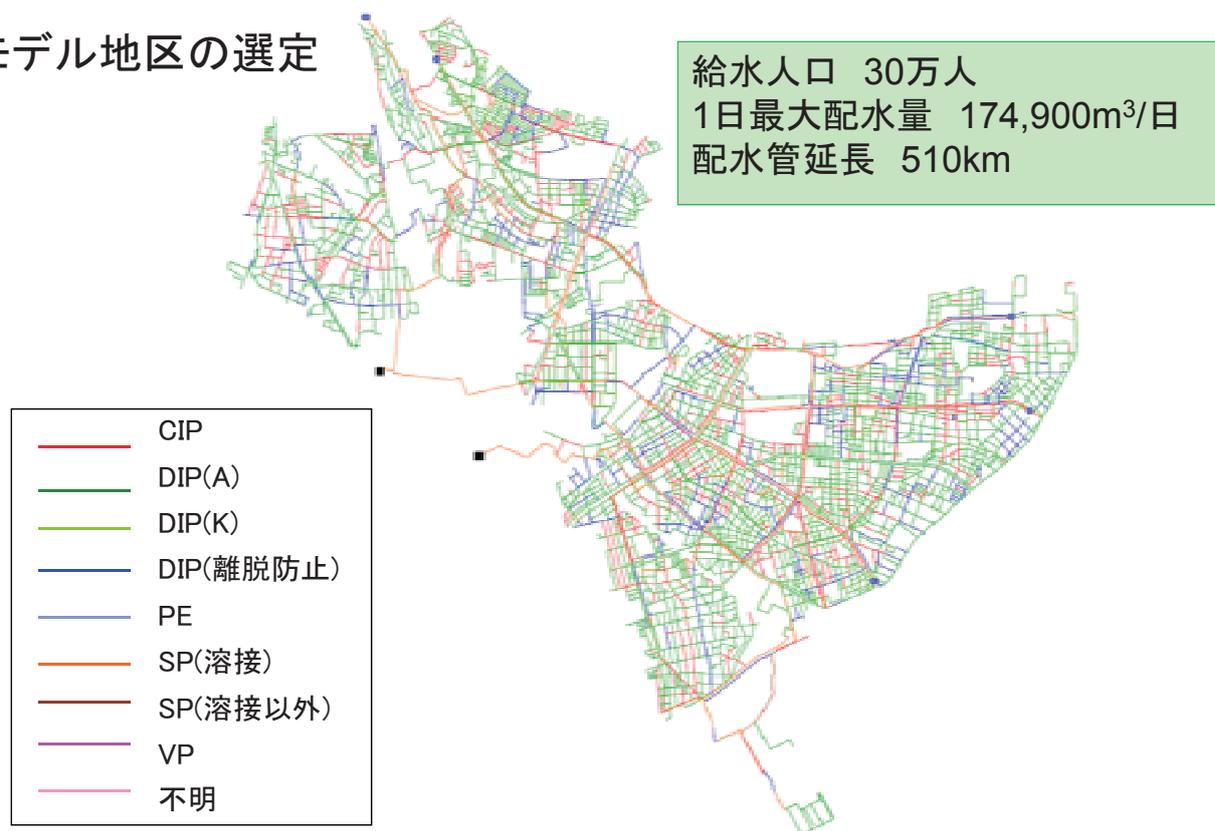
5. アンケート調査の分析

各要因(アンケート項目)と支払意思額との関連の度合いを、クラマーの関連係数(Cr)で、関連を整理した。その後数量化 I 類で分析した。



④モデル地区における維持管理の効果の定量化の検証

モデル地区の選定



④モデル地区における維持管理の効果の定量化の検証

(1)機能劣化予測式による漏水事故件数の算定

- ・現況 23件
- ・維持管理をする場合 13件

(2)地震被害件数の算定

J-SHIS 地震ハザードステーションのデータを用い、
管路被害予測式から算定

- ・地震被害件数 1,207件

(3)漏水事故による被害費用の計測

- ・水道事業者の事故被害額
 - ①漏水損失、②修繕費、③職員対応人件費
- ・水道利用者の断水被害額
 - ①生活用、②業務用、③工場用
- ・二次被害(補償費)

(4)地震による被害費用の計測

- ・1日あたりの断水被害率×復旧日数

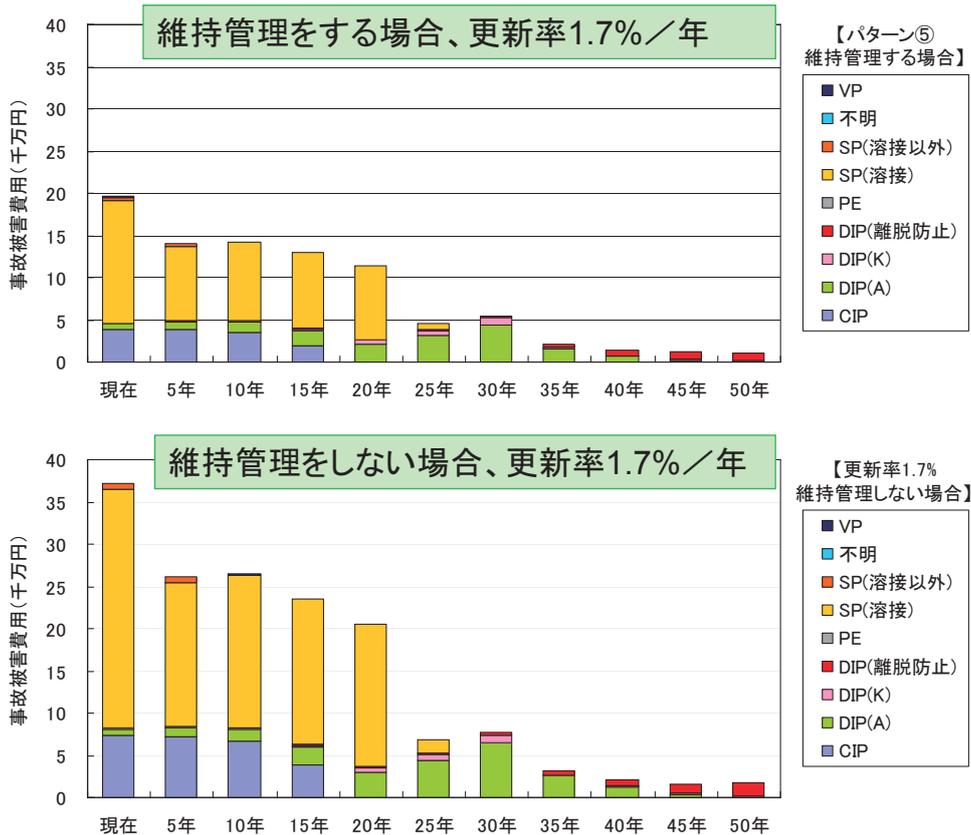
(5)将来の事故件数、事故被害額の推定

<想定パターン>

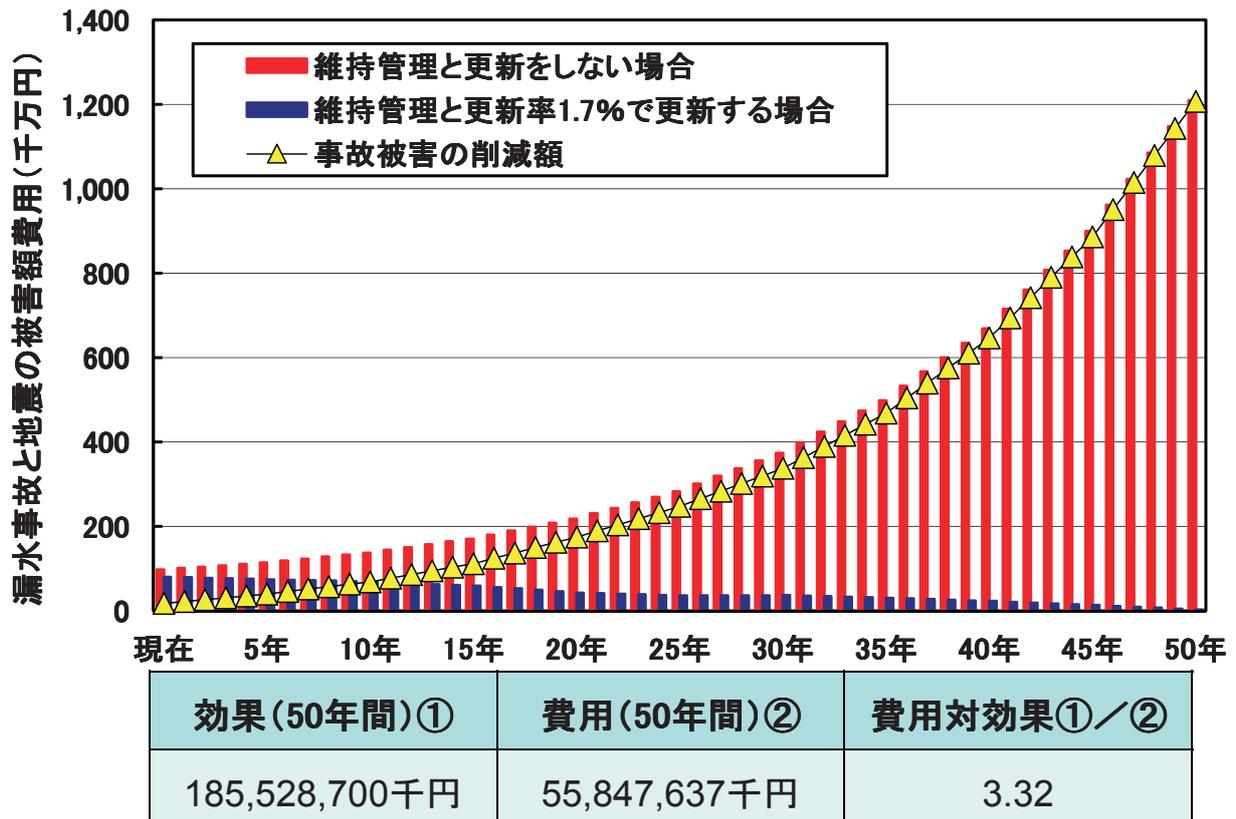
- ①維持管理をしない、更新をしない
- ②維持管理をする、更新をしない
- ③維持管理をする、更新率1.0%/年
- ④維持管理をする、更新率1.5%/年
- ⑤維持管理をする、更新率1.7%/年
- ⑥維持管理をする、更新率2.0%/年

これらの6パターンについて、断水を伴う漏水事故と地震被害の件数と被害額を50年先まで算定した

(6) 維持管理による漏水被害削減の効果



(7) 維持管理と更新による効果



5. 管路維持管理マニュアル作成の手引き

研究目的

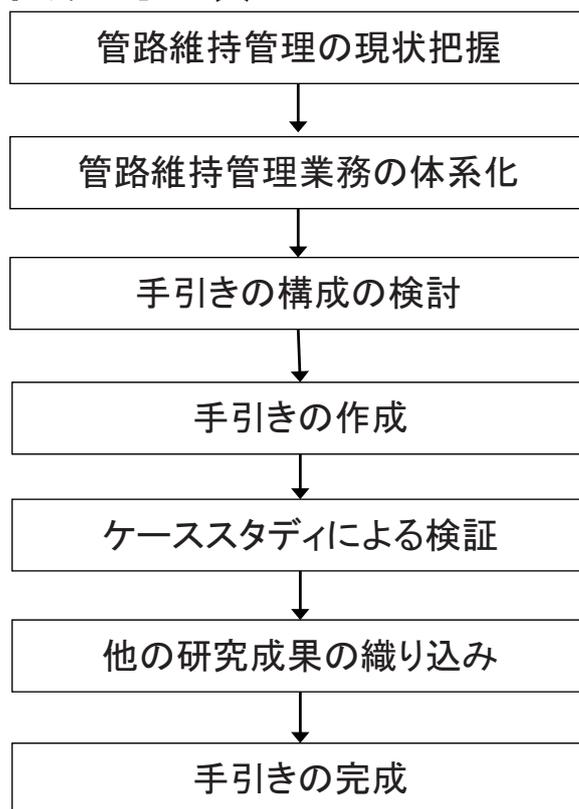
- ✓ 水道事業者が、予防保全的な管路維持管理の重要性を十分に理解した上で、事業者の規模や地域特性等を考慮した維持管理を実施することが重要である。
- ✓ 維持管理を着実に実施しつつ、技術継承をするためにもマニュアル化が必要となる。
- ✓ マニュアルを作成していない事業者や、マニュアルを作成しているが、予防保全的な取り組みが不十分な事業者が、実効性のあるマニュアルを効率的に作成するための「管路維持管理マニュアル作成の手引き」(以下「手引き」という。)を作成する。

5. 管路維持管理マニュアル作成の手引き

実施方針

- ✓ 事後保全ではなく予防保全型の維持管理の重要性を、人間の健康管理に例えて、分かりやすく訴える。
- ✓ 維持管理業務の体系化を行い相互の関連性を明確にするとともに、危機管理との関連性を明確にする。
- ✓ 予防保全型維持管理には、維持管理情報の活用が重要であり、点検・調査等を実施し、情報を蓄積・分析して、維持管理計画や更新計画に反映させる手法を示す。
- ✓ 維持管理情報が活用できるように、記録表のサンプルを示す。
- ✓ 外部委託も可能なように、委託仕様書のサンプルも作成する。

手引きの作成手順



管路維持管理マニュアルの体系化

予防保全的観点から、点検・調査の記録のアセットマネジメントへの活用の視点で整理し、体系化を行った。

分類	維持管理項目
1. 日常及び定期点検	①管路パトロール、②水管橋等点検、 ③弁栓類点検、④弁室・弁きょう点検、 ⑤電気防食設備の点検、⑥震災対策用貯水施設の点検
2. 詳細調査	①漏水調査、②管内調査、③洗浄作業、 ④管体腐食度調査、⑤水量・水圧・水質調査
3. 事故対応等	①修繕工事、②事故対応、③応急給水、 ④他工事立会、⑤利用者対応
4. 情報の管理	①図面及び台帳、②運転記録、③保全記録、 ④事故対応情報

「管路維持管理マニュアル作成の手引き」の全体構成

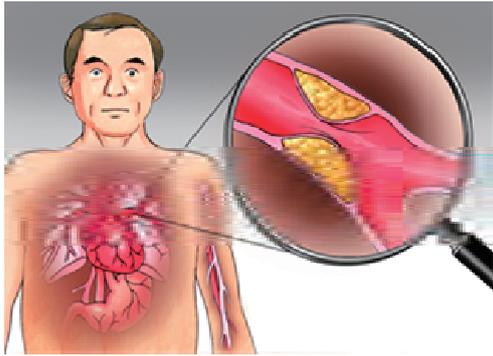
第Ⅰ部	<ol style="list-style-type: none"> 1. はじめに 2. 管路の予防保全型維持管理 3. 管路維持管理マニュアル作成の手引きの概要 4. 管路維持管理マニュアルの作成と運用の手順
第Ⅱ部	<ol style="list-style-type: none"> 1. 関連法令と安全管理 2. 日常及び定期点検 3. 詳細調査 4. 事故対応等 5. 情報の管理
第Ⅲ部	<ol style="list-style-type: none"> 1. 参考資料の構成 2. 日常及び定期点検 3. 詳細調査 4. 事故対応等 5. 情報の管理 6. 関連するPI及び法令

健康管理と管路維持管理

- ✓ 水道管路は人間の体に例えると循環器。
- ✓ 管路における維持管理を、人間の健康管理に例えて、分かりやすく訴える。
- ✓ 健康管理の考え方
 - 従来 「早期発見、早期治療」
 - 現在 「未然予防、早期発見、早期治療、再発防止」
- ✓ 老朽化が進んでいる水道管路の維持管理も、
「計画的な維持管理による未然予防」と「維持管理情報を活用した更新・耐震化による再発防止への取り組み」
に変わっていく必要がある。

① 老化に伴う動脈硬化と管路の老朽化

血管の動脈硬化とプラークによる閉塞



管路の老朽化による錆の発生



動脈硬化により心筋梗塞や脳梗塞を発症



老朽化が進行し漏水事故が発生



② 疾病と事故の多発

健康管理を怠り病気の発見が遅れる



多くの人々の健康状態が悪化し医師や病院が不足



維持管理と更新を怠り漏水事故が多発



③病状や老朽化の進行

健康管理を怠り病状が悪化



維持管理を怠り老朽化が進行



④予防保全型の健康管理と維持管理

予防保全型健康管理で元気で長生き



予防保全型維持管理で水道サービス向上



⑤情報の電子化

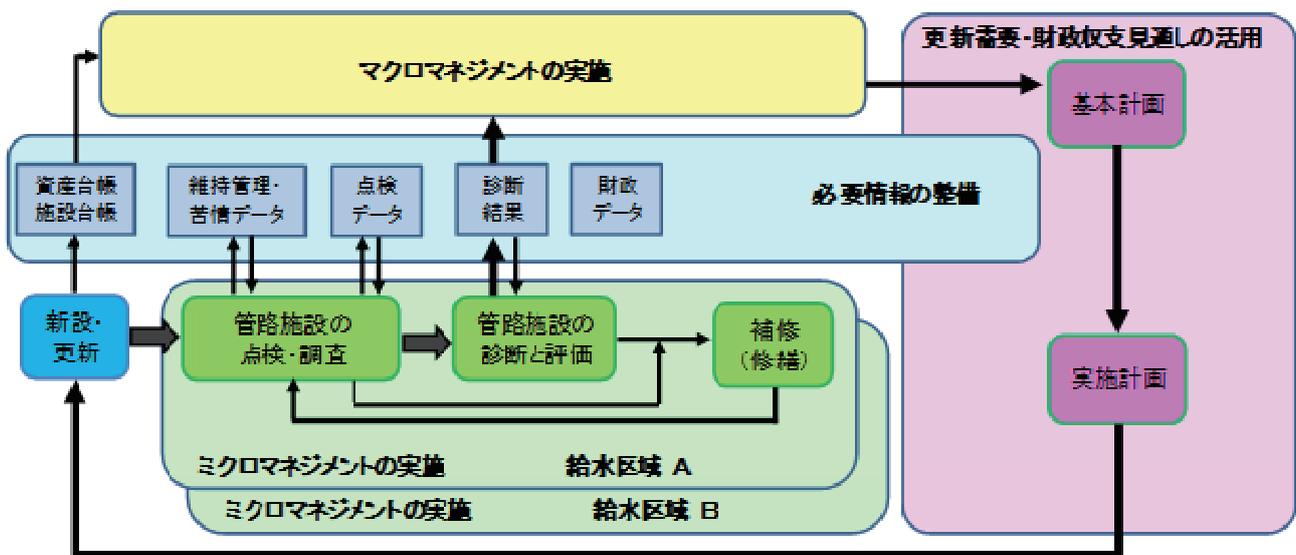
電子カルテによる適切な診断



電子化による情報の有効活用



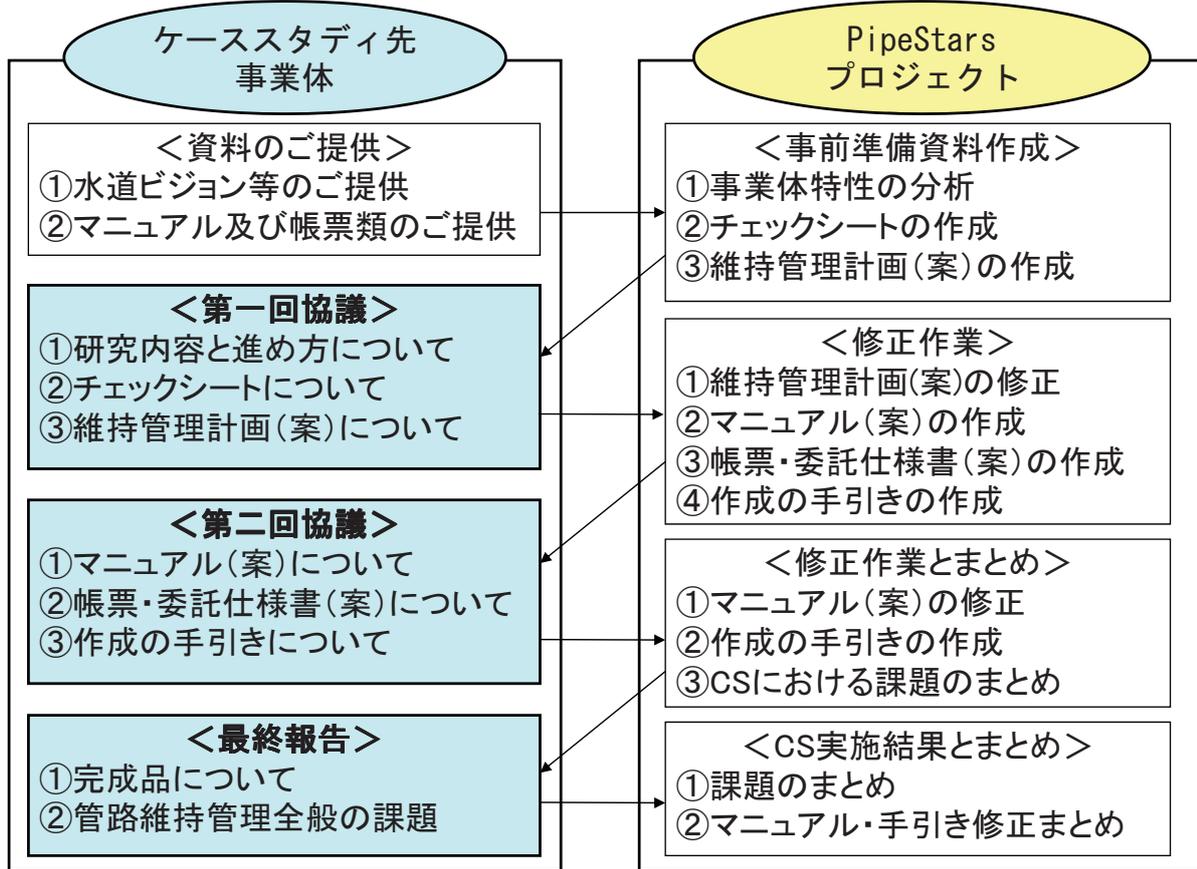
維持管理情報の活用



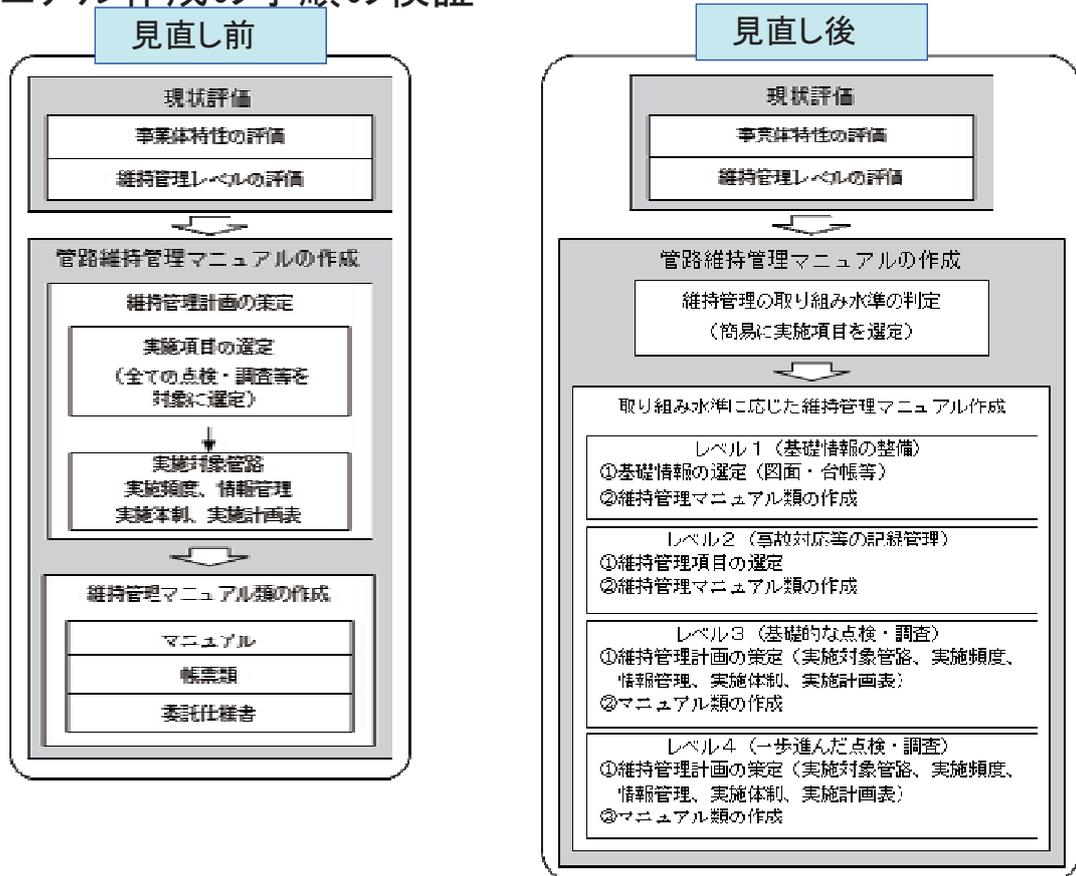
管路維持管理における情報活用フロー

水道事業におけるアセットマネジメント(資産管理)に関する手引き(厚生労働省健康局水道課)図 I-3-1を引用

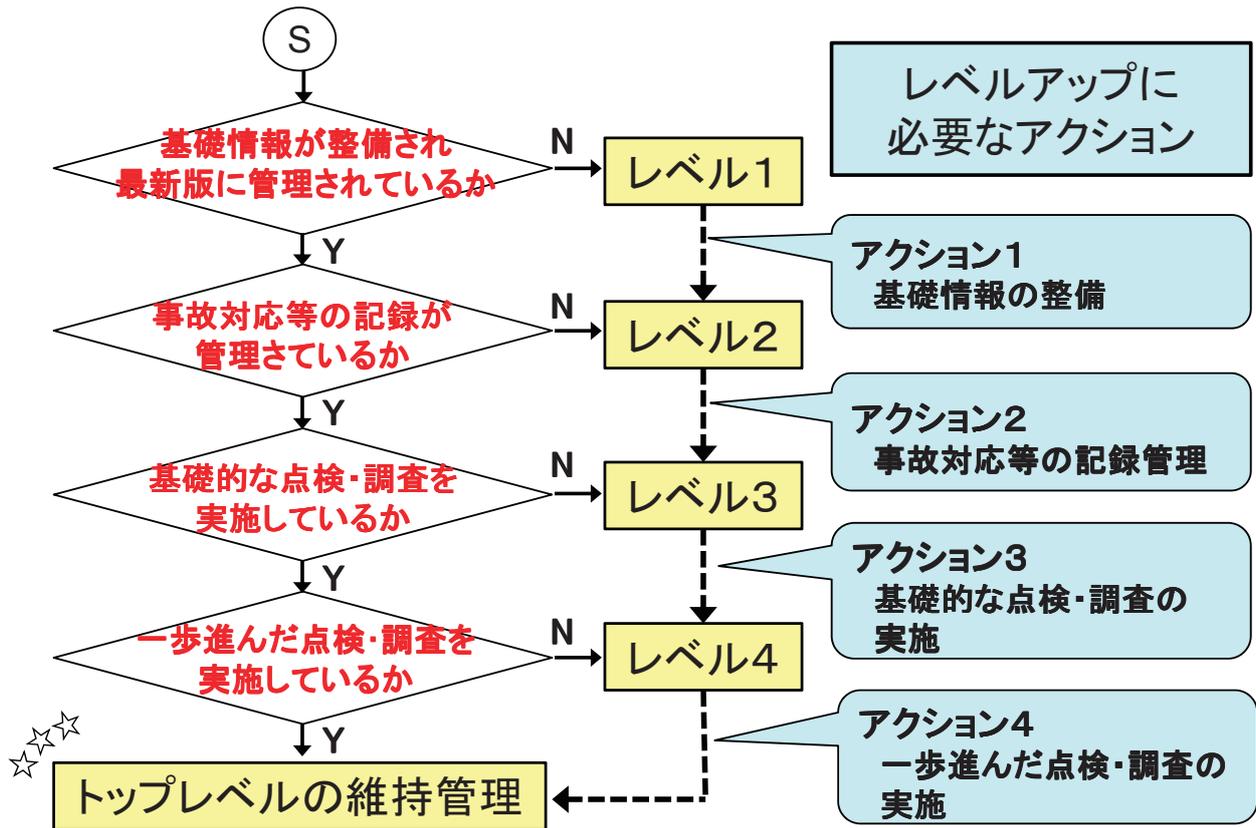
管路維持管理マニュアルのケーススタディ



マニュアル作成の手順の検証



維持管理の取り組み水準の判定



第Ⅱ部 マニュアル基本形の構成

目次	説明
タイトル	章番号と、当該業務の名称を表示
要旨(口囲い)	当該業務の要旨
(1)作業手順	当該業務の計画、実施、情報活用などの作業手順を示すフロー
(2)実施方法	(1) 点検(調査)対象施設 (2) 点検(調査)の種類 (3) 点検(調査)の頻度 (4) 点検(調査)方法 (5) 点検(調査)項目 (6) 点検(調査)結果の記録・保管
(3)情報の活用	当該業務の実施により得られた情報の活用方法の事例
資料1 記録類例	当該業務の結果を記録するための帳票の様式や、台帳の様式の事例
資料2 委託仕様書例	当該業務を民間等の外部に委託する場合の委託仕様書の事例



6. まとめ

(1) 予防保全型維持管理の重要性評価手法に関する研究

- ✓ 管路における予防保全型維持管理の定義
- ✓ 維持管理レベルの評価手法
 - ・維持管理の体系化、重要度
 - ・事業特性の評価手法
 - ・維持管理レベルの項目別評価、総合評価手法
- ✓ 維持管理業務の効果の定量化
 - ・直接的な効果の計測範囲の拡大
 - ・モデル地区における定量化の検証手法

6. まとめ

(2) 維持管理マニュアル作成の手引き

- ✓ 維持管理の体系化→マニュアルの構成
- ✓ 維持管理マニュアルの作成と運用の手順
 - ・維持管理の取り組み水準の判定
 - ・レベルアップに必要な取り組み
- ✓ マニュアル基本形
 - ・手順、方法
 - ・記録表、情報の活用、委託仕様書
- ✓ 参考資料

6. まとめ

- ✓ 管路更新と維持管理の両輪がバランスすることが必要。
- ✓ 維持管理によって管路の現状把握ができなければ、適正な更新・耐震化は望めない。
- ✓ 予防保全型維持管理は、断水事故の未然防止や、地震による被害の削減にも効果がある。
- ✓ メンテナンスを現場の技術ではなく、工学として確立する必要性がある。
- ✓ *Pipe Stars Project*の研究成果を受けて、維持管理分野の研究を継続することにより、メンテナンスワールドに「光」があたり、水道施設や経営の健全化が図られることを期待する。

第 2 研究委員会

水道管路の最新技術に関する研究

Pipe Stars プロジェクト 次世代の水道管路に関する研究

第2研究委員会 最終成果報告会

第2研究委員会
(株)栗本鐵工所 河野光宏

報告内容

1. はじめに
2. 第2研究委員会の概要
3. 水道管路の将来像構築
4. ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究
5. 水道管路の再構築読本 ～次世代に向けた水道管路の更新～
6. おわりに

はじめに

第2研究委員会の研究テーマ 【水道管路の最新技術に関する研究】

研究目的

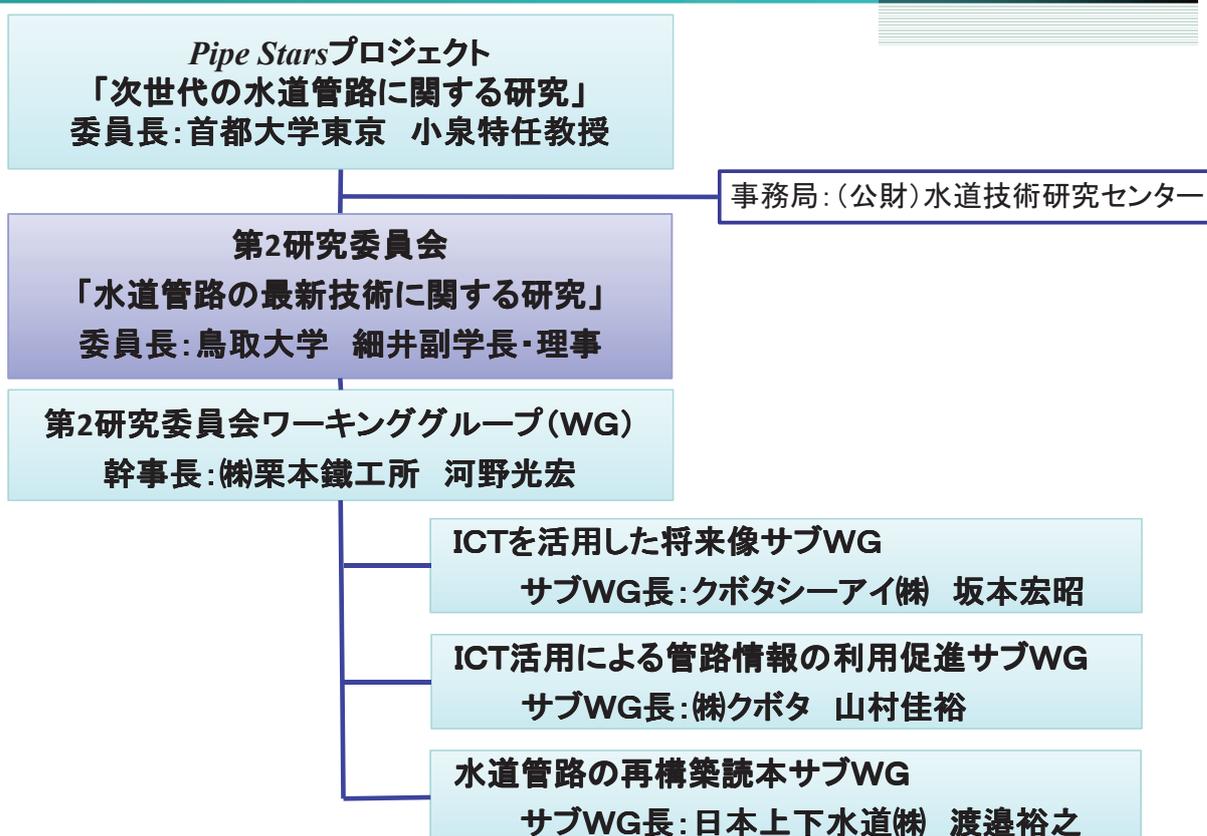
適切な管路更新を促進するため、**将来の環境変化や最新技術**等を調査した後に、**水道事業運営の問題**を整理し、その問題解決につながる**最新技術**を活用した、**水道管路の将来像**を提示することで、水道事業体の**最新技術の採用促進**、大学・民間企業の**研究開発意欲の醸成**に資するとともに、将来の最適な水道管路システムの構築に貢献すること

研究期間

平成23年度～平成25年度（3年間）

3

Pipe Stars第2研究委員会の概要

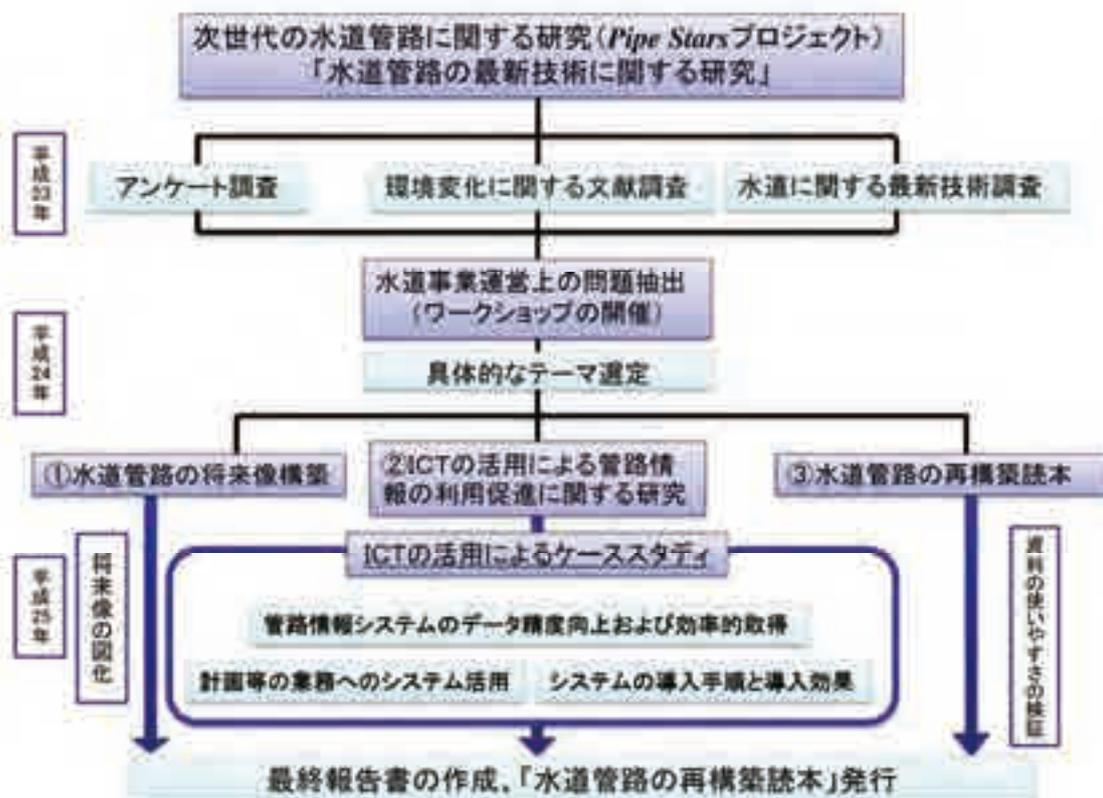


Pipe Stars第2研究委員会の構成

委員区分	委員名	所属
委員長	細井由彦	鳥取大学
学識者委員	鎌田敏郎	大阪大学
	平山修久	国立環境研究所
事業体委員 (8名)	武永真徳	神戸市水道局
	野口裕之	さいたま市水道局
	堀内靖康	札幌市水道局
	中川裕義	豊中市上下水道局
	有地英之	広島市水道局
	宮林勇一	横須賀市上下水道局
	尖戸由範	横浜市水道局
	松井陽一	和歌山市水道局
企業委員 (9名)	山村佳裕	㈱クボタ
	坂本宏昭	クボタシーアイ㈱
	河野光宏	㈱栗本鐵工所
	小高正光	㈱進日本工業
	大野宗久	積水化学工業㈱
	戸継昭人	大成機工㈱
	渡邊裕之	日本上下水道設計㈱
	川村浩司	日本鑄鉄管㈱
	鈴木賢一	フジテコム㈱

5

Pipe Stars第2研究委員会の研究手順

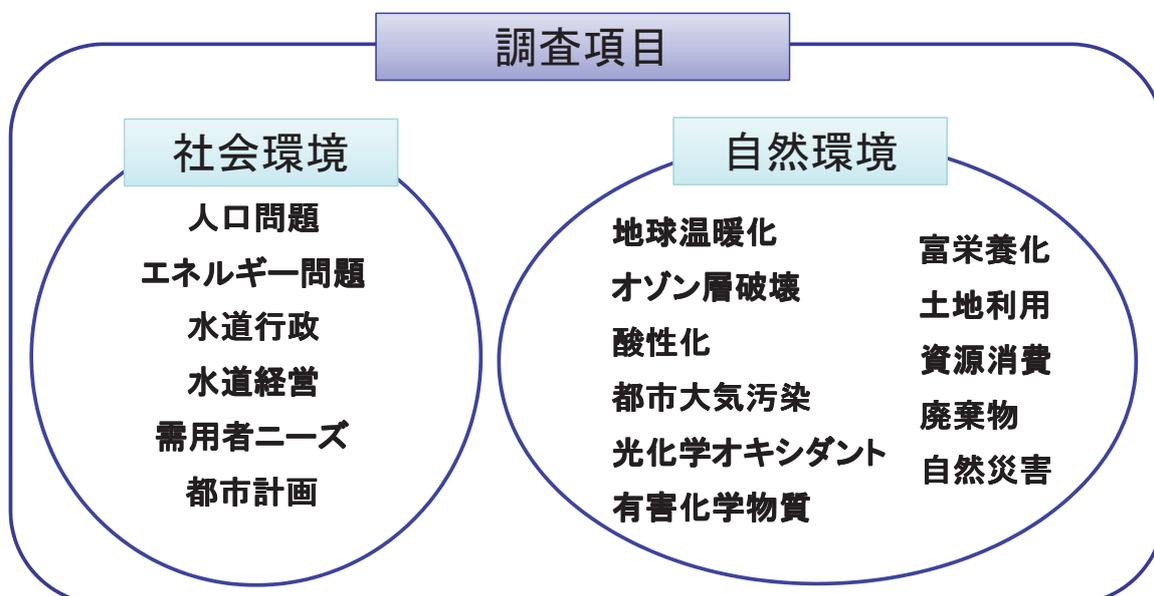


6

1. はじめに
2. 第2研究委員会の概要
3. 水道管路の将来像構築
4. ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究
5. 水道管路の再構築読本 ～次世代に向けた水道管路の更新～
6. おわりに

環境要因調査

【目的】将来の水道事業を取り巻く**環境変化を明確**にし、将来に必要と考えられる技術の抽出を目指す



環境要因調査の結果

社会環境について

- ・人口減少に伴う給水人口の減少により、料金収入が減少して、水道事業運営が困難になるケースがある
- ・水道事業体職員の大量退職により、技術継承に問題が生じる可能性がある
- ・大都市では、スマートシティに代表される低炭素型都市化が進められようとしている。スマートシティでは、水道を含めた全てのインフラがICTにより統合され効率化される

自然環境について

- ・地球温暖化に伴い、大雨や短時間強雨発生の可能性が高まっており、施設の冠水や濁水の発生、土砂崩壊に伴う管路破損への対策が重要となる
- ・微少粒子状物質(PM2.5)は、環境基準が達成されておらず、将来的には、原水や浄水場への影響が懸念される

9

管路更新に関するアンケート調査概要

【アンケート内容】

- ・管路更新の計画に関するアンケート
- ・管路更新工事に関するアンケート
- ・水道管路の将来像に関するアンケート

【アンケート対象】

公益財団法人 水道技術研究センターの会員 240事業体

【回答】

149事業体から回答（アンケート回収率62%）

10

アンケート調査のまとめ

アンケート結果

- ・更新率を上げたいと考えている事業者は8割以上であった
- ・管路更新の阻害要因として、費用的な課題とともに、バックアップできず水を止める事ができないことや、掘削することができないなどの技術的な課題も残っていることが明確になった
- ・更新工事に関する指針等を独自に作成していない事業者が7割である
- ・水道事業を取り巻く環境変化では、「地震被害への対策」や「人口減少による水需要減少」に関して懸念される回答が多かった
- ・今後強化したい水道システムとして、耐震性の強化や計画的更新、マッピング技術の向上、管路の維持管理を容易にするための対策などがあつた

まとめ

- ・管路更新に必要な技術を調査・公開
- ・更新の計画立案から工事までの資料作成
- ・マッピング等のソフト面も考慮した水道管路の将来像検討などが必要

11

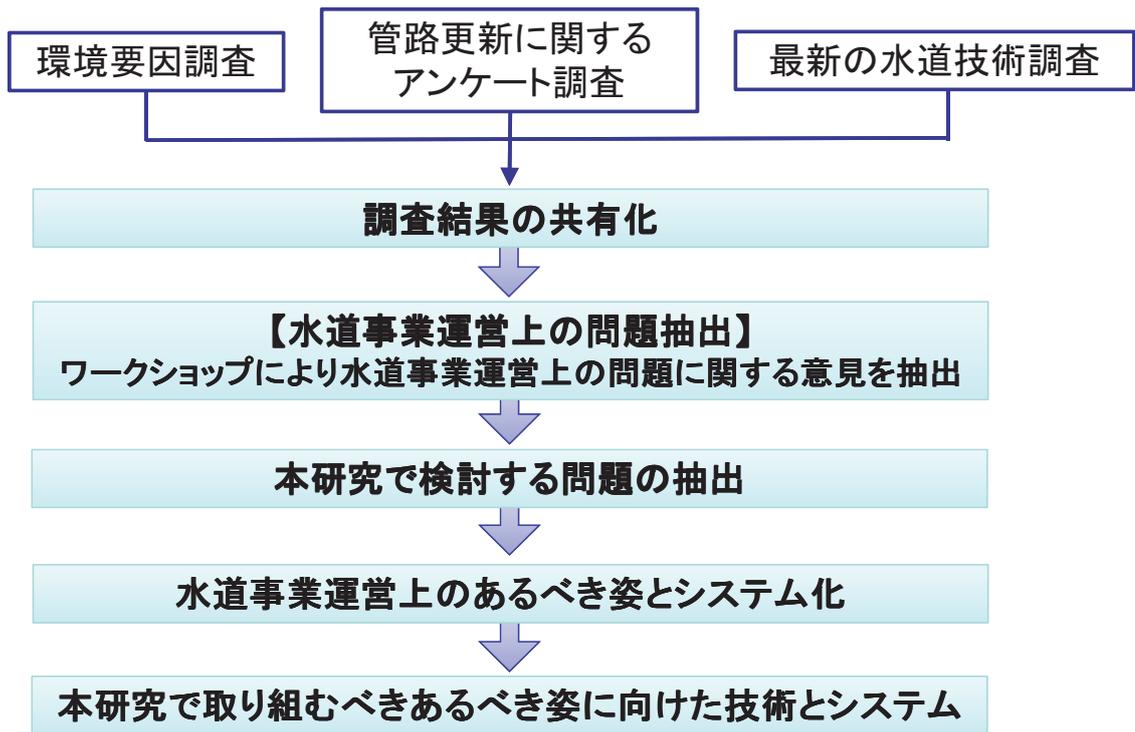
最新の水道技術調査

NO	技術分類	NO	技術分類
1	漏水位置診断	10	残留塩素濃度に関する技術
2	管路位置探査	11	管内洗浄・洗管技術
3	計量工法	12	管厚・塗装損傷の診断技術
4	開削工法	13	管内面状況の診断技術
5	非開削工法	14	腐食環境のモニタリング技術
6	管内充填	15	最新の管路資材
7	不断水工	16	遠隔監視用 水理・水質計測器
8	情報管理システム	17	遠隔計測装置(テレメータ)
9	情報管理に関する技術	18	配水遠隔制御システム

- ・調査結果を技術シートとしてまとめ、「水道管路の再構築読本」に電子資料として添付

12

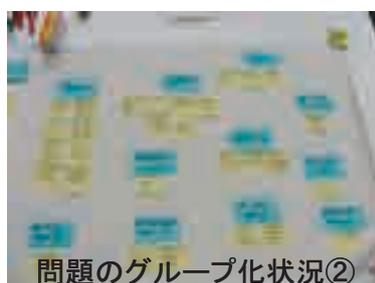
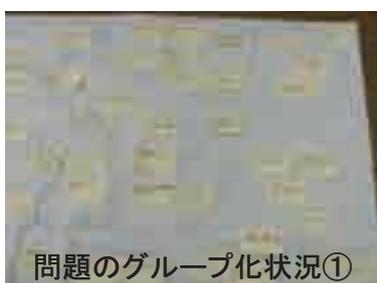
あるべき姿に向けた技術とシステム



13

ワークショップ実施概要

実施回数: 3回
テーマ: 水道事業運営上の問題
参加者: 学識者委員、企業委員、事務局



14

抽出された問題のグループ化

ワークショップにより抽出された「水道事業運営上の問題」に関してグループ化した結果、15項目に整理された

水道事業運営上の問題グループ化	
①更なる災害対策が望まれる	⑨エネルギー供給が不安定である
②管路の耐震化が進まない	⑩管路内で水質が悪化する
③老朽管の更新が進まない	⑪水源水質が悪化する
④更新工事ができない	⑫技術継承が困難である
⑤老朽化施設の運営が困難になる	⑬広域化の推進に障壁がある
⑥管路情報が整理されていない	⑭経営基盤が不安定となる
⑦漏水の調査診断が困難である	⑮効果的なPRが求められる
⑧施設能力が過剰となる	

15

水道事業運営のあるべき姿とシステム化

15項目の問題が解決された、将来のあるべき姿を考察して、あるべき姿を実現するために必要な技術を検討



・現場情報の取得や、収集した情報を一元管理し、分析や解析等を行い現場にフィードバックするシステムが必要
・システムを事業体間で結び、事業者と住民を結ぶソフト・ハード両方のネットワークや、それらを構築する様々なICT (Information and Technology) が必要不可欠



あるべき姿に向かうためのICTを活用したシステムを検討して具体化する

16

水道管路の将来像構築

水道事業運営に関わる問題点がICTを利用したシステムの活用でどのように解決されるかを検討し、その結果をわかりやすく提示するため、将来像のイラストを作成

問題	ICTを利用したシステム名
A. 施設老朽化に関わる問題 ①老朽管の更新が進まない ②更新工事ができない ③老朽化施設の運営が困難となる	【1.更新・耐震化】 1-1.次世代情報管理システム 1-2.更新・耐震化推進システム 1-3.施工管理システム
B. 施設管理に関わる問題 ④管路情報が整理されていない ⑤漏水調査・診断が困難である ⑥施設能力が過剰となる ⑦エネルギー供給が不安定である	【2.施設能力の適正化】 2-1.最適水運用システム 2-2.エネルギー最適運用システム
C. 災害対策に関わる問題 ⑧更なる災害対策が望まれる ⑨管路の耐震化が進まない	【3.災害対策】 3-1.被害情報収集システム 3-2.復旧監視システム 3-3.応急給水システム
D. 水質に関わる問題 ⑩管路内で水質が劣化する ⑪水源水質が悪化する	【4.水質】 4-1.水質監視システム
E. 事業運営に関わる問題 ⑫技術継承が困難である ⑬広域化の推進に障壁がある ⑭経営基盤が不安定となる ⑮効果的なPRが求められる	【5.広域化、経営】 5-1.広域的水運用サーバシステム 【6.技術継承】 6-1.技術継承・人材育成システム

水道の未来予想図 ～ICTを活用した将来像～



次世代情報管理システム

水道事業を最適に運用するため、マッピングシステムを中心とし、管網解析や設計積算、断水影響範囲など、水道事業に関わるあらゆるデータを分析・解析する、各種システムの基盤となるシステム



19

更新・耐震化推進システム

埋設年度、管種、口径などの情報、埋設環境による間接診断と管に設置した老朽度センサや管内カメラにより、常時観察する直接診断で、管路の老朽度や耐震性を予測し、管路更新や耐震化計画を立てるシステム



20

施工管理システム

工事の際は、事前にマッピングデータから正確な情報が現場に送られ確認でき、施工中は管理センターに工事の映像がモニタされ、工事終了後は工事記録を現場で作成し、管理センターに送信してマッピングデータの更新を行うシステム

位置データはGPSで測定し、マッピングソフトに反映される

現場の地下の状況がホログラムにより3Dで映写される

施工は自動機械で行う

現場で職員がタブレットに送られてきた配管図を確認している

情報は住民に公開されており、工事による通行止めや渋滞を回避できる

最適水運用システム、エネルギー最適運用システム

ビックデータ解析で最適な運用計画を立案

ポンプ等の自動制御による最適化

最適水運用システム

スマートメータやセンサにより測定されたリアルタイムデータが管理センターに送られ、各種ソフトで全体の状況が把握・予測でき、ポンプ・バルブなど各種装置を自動制御して、最適な水圧・流量・塩素濃度で水を送れるシステム

管理センターで効率的な水運用

エネルギー最適運用システム

水道事業で使われていないエネルギーを電力に変換するとともに、自然エネルギーの利用や省エネルギー機器の導入し、それら全体をモニタしながら水道管路全体でのエネルギー消費を最小化し、水道事業におけるエネルギー使用量を減らすシステム

風力発電

小水力発電

高効率ポンプ

水圧等を制御して消費エネルギーを最小化

電力貯蔵装置

発電量をモニタして最も効率的な電力リソースを選択

被害情報収集システム

災害情報を、空中からGPS衛星や無人機などで迅速に収集し、地上では職員や市民がタブレットやスマートフォンなどから写真等を災害対策本部に連絡してデータを蓄積し、センサからのデータで漏水位置を特定して対策を迅速に建てられるようにするシステム

タブレットやスマートフォンで被害状況を撮影し、本部に送信する

衛星や無人機が被害箇所を撮影、地盤歪みなども予測する

スマートメータやセンサで漏水状況が本部に伝わる

住民もスマートフォンやタブレットでHPを閲覧し被害情報を確認できる

23

復旧監視システム

応急復旧後、タブレットやスマートフォンなどから現場の復旧状況を送信し、本部に正確なデータが送信され、現場の状況がリアルタイムで把握できるシステム

住民もスマートフォンやタブレットでHPを閲覧し、復旧情報を確認できる

復旧現場から本部経由で資材倉庫に連絡がいき、自動で復旧資材が準備されている

タブレットやスマートフォンを持った人が復旧現場で状況を本部に送信している

現場の被災状況が把握できており工事部隊にはナビなどで迂回経路が指示できる

24

応急給水システム

応急給水現場と本部を繋ぎ、給水車の位置や水量、給水地点や受水地点の状況、道路状況などの情報を本部で一括管理するシステム

給水地点で応急給水車の水量が少なくなっているのを本部で把握し、給水を待つ人が行列を作っている状況の中、次の給水車がすぐに現場に向かう

地理の詳しくない他事業体の応援部隊に、本部から給水地点、受水地点、道路状況、地理等の情報提供により、効果的に給水が行われる



住民もスマートフォンやタブレットでHPを閲覧し、応急給水情報を確認できる

水質管理システム、広域的水運用サーバシステム

水質管理システム

応急給水現場と本部を繋ぎ、給水車の位置や水量、給水地点や受水地点の状況、道路状況などの情報を本部で一括管理するシステム

バルブの自動開閉により滞留を解消

センサにより自動で管内洗浄

スマートメータやセンサにより、水質や流量の検知

クラウドによる情報管理システムで相互連携

広域的水運用サーバシステム

近隣の事業体とは相互連絡管で繋がれており、クラウドコンピューティングを通じて他事業体の情報管理システムとの相互連携が取れており、災害や事故などの場合に、水道水が容易に相互融通できるシステム

渇水や地震時でも水供給

技術継承・人材育成システム

情報管理システムに蓄積されたデータを活用した職員教育用シミュレータにより、過去のデータを生かしながら技術職員の教育を行ったり、メディア、ネット、SNS等を活用し、広域的な業務支援や技術継承を行することができるシステム



27

水道管路の将来像構築まとめ

イラストの活用

- ・水道事業体内部で水道管路の将来像の**イメージを共有化し、自らの将来像を描く**上での参考資料として活用
- ・市民に対し**地域の水道がどのように変わっていくかを理解してもらうための説明用資料**として活用

今後の期待

- ・センサ等のハードと各種解析等のソフトの両面で技術向上が必要であり、今後、これら**ICTの機能向上に期待**したい
- ・使用方法の**簡略化**や**コスト削減**など、導入しやすくすることも必要である

- ・現状の水道事業が抱える問題の多くが、**ICT活用により解決**につながる
- ・水道事業で活用されるICTは、**情報管理システム**(マッピングソフト、各種解析ソフトなど)が中心であり、**通常時の事業運営の効率化、非常時の適切で迅速な対策、住民PR**に生かせるなどの効果がある

情報管理システム**導入**と、管路データの**取得・蓄積・活用**が必要であることから、「ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究」の実施

28

報告内容

1. はじめに
2. 第2研究委員会の概要
3. 水道管路の将来像構築
4. ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究
5. 水道管路の再構築読本 ～次世代に向けた水道管路の更新～
6. おわりに

29

ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究

「水道管路の将来像」実現のために、情報管理システム活用による管路データの取得・蓄積・活用が効果的なことが判ったため、「水道の未来予想図」実現の第一歩として、

①情報管理システムに関する調査

⇒情報管理システムを導入する際の参考資料として、システムの概要、必要な管路情報、導入の手順・効果・事例を提示

②管路情報の取得・蓄積に関するケーススタディ

⇒施工現場などの日常業務の中で、管理情報の効率的な取得とタイムリーな蓄積(更新)、情報の精度向上について2つのフィールドテストを実施

③管路情報活用に関するケーススタディ

⇒日常業務の中で、管路情報の有効活用するためのICT活用方法の事例を紹介

30

管路情報の取得・蓄積に関するケーススタディ

【実施内容】

A市上下水道局殿の管路更新工事と維持管理業務の現場で、2つのフィールドテストを実施

<フィールドテストⅠ：管路更新工事>

【目的】

実際の管路工事施工現場で、容易に管路情報へアクセス可能なタブレットと高精度GPS測定器を用い、管路情報の**高精度化**、マッピングシステムにおける**データ更新の即時性**を検証した

【概要】：ダクタイル鋳鉄管GX形150mm、布設延長680m



<フィールドテストⅡ：維持管理業務>

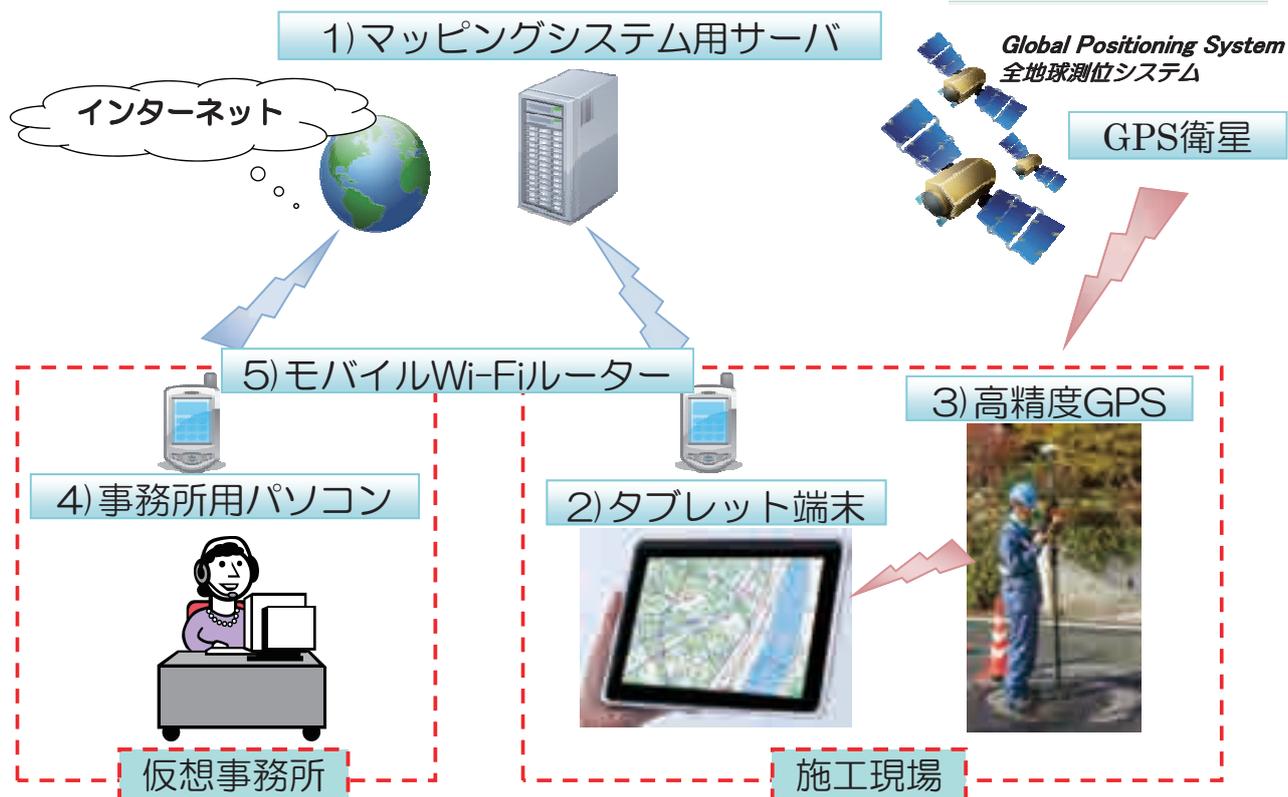
【目的】

実際の維持管理作業として、**弁類点検業務の現場**で、容易に管路情報にアクセス可能なタブレット等を用い、点検情報の入力、弁栓台帳など情報管理システムへの情報登録の即時性を検証した



31

フィールドテスト環境と使用機器の構成



32

使用機器等の紹介 ①

1) マッピングシステム用サーバ

- ・インターネットに接続可能なレンタルサーバ上に、マッピングシステムを構築
- ・給水管等の**個人情報**を除いた、A市上下水道局のマッピングデータを使用

2) タブレット端末

- ・モバイルWi-Fiルーターによりインターネット経由でサーバに接続し、現場でリアルタイムにマッピングシステムを使用

3) 高精度GPS

- ・**GPS衛星**からの信号とインターネットを介した補正情報から**誤差数cm**程度で測位可能
- ・現場計測データを即時にサーバへ送付できる環境構築

33

<使用機器等の紹介 ②>

4) 事務所用パソコン

- ・**仮想事務所**として、ノートパソコンによりインターネット上のマッピングサーバに接続できる環境構築

5) モバイルWi-Fiルーター

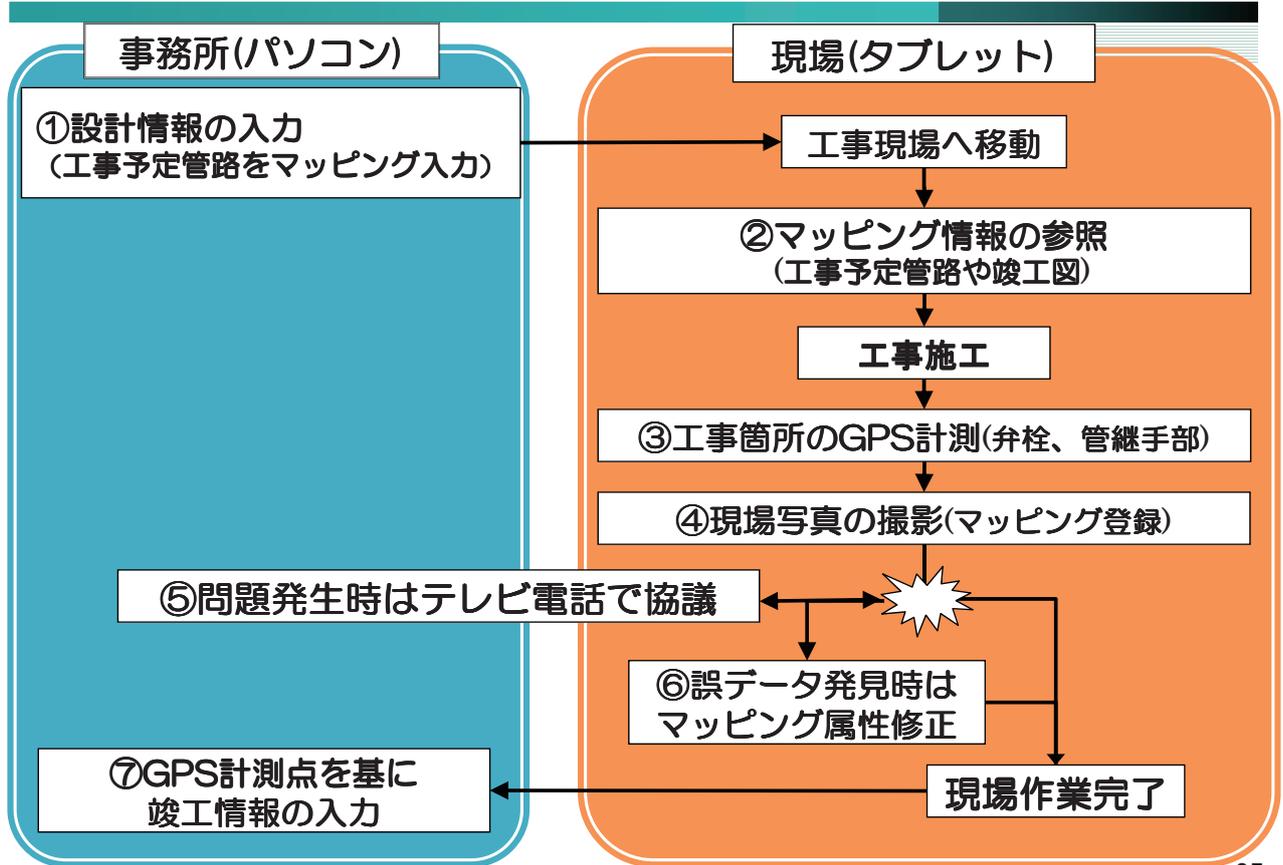
- ・タブレット端末、高精度GPS、事務所用パソコンをインターネットに接続するために使用

6) セキュリティ対策

- ① 個人情報を除外、
- ② ファイアウォール
- ③ アンチウイルスソフト、
- ④ アクセス制限
- ⑤ データ保管場所をサーバに限定、
- ⑥ パスワード設定
- ⑦ 参照端末と参照者の限定、
- ⑧ データ管理責任者の設置

34

管路施工管理業務の手順(フィールドテスト I)



35

①設計情報の入力(事務所での事前準備)

フィールドテスト I



36

② マッピング情報の参照 (施工現場)

<p>従来の作業</p>	<p>ICTを活用した作業とその結果</p>
<p>施工現場で、地図、設計図、既設竣工図などのコピーで現地状況を確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> 現場施工時にタブレット端末によりインターネット経由で、マッピング上の工事予定管路と属性情報、既設竣工図等を確認 地図表示は、タブレット端末のGPS機能を用いて、現在地を自動的に表示
	
	<p>【効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 施工現場でマッピングシステムにアクセスでき、管路の属性情報や近隣の既設管等、参照できる情報量が増大 タブレット内蔵GPSにより、現在地の把握が容易

37

③ 工事箇所のGPS計測

<p>従来の作業</p>	<p>ICTを活用した作業とその結果</p>
<p>施工現場で、地図、設計図、既設竣工図などのコピーで工事個所の位置を確認する</p>	<ul style="list-style-type: none"> 管布設後に、計測点(弁栓、管継手部等)を高精度GPSで測位し、マッピングシステムに登録 高精度GPSによる精度は誤差5cm以内で測位 (最も精度がよかった地点では誤差2cm) マッピングシステムに登録された計測点の測位データが、マッピングシステム上の測位座標地点にプロットされたことを、現地のタブレットで確認
	
	<p>【効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 現場での計測と同時に、マッピングシステム上に、正確な座標が記録されるため、マッピング情報の高精度化が図れる マッピングシステムに登録された、高精度の位置情報を現地で確認でき、施工精度の向上につながる

38

④現場写真の撮影(マッピング登録)

従来の作業	ICTを活用した作業とその結果
<p>カメラで工事現場写真を撮影し、事務所に持ち帰り、写真を印刷して台帳管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・タブレット端末の内蔵カメラで、工事現場写真を撮影し、マッピングシステムに登録 ・事務所用パソコン上のマッピングシステムで、現場で撮影した写真を確認
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
	<p style="text-align: center;"> <タブレット端末による撮影> <事務所での写真の確認> </p>
	<p>【効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現場撮影した写真を、マッピングシステムに登録でき、作業が効率化 ・事務所と現場で、リアルタイムに写真データを共有

39

⑤テレビ電話で対応協議(問題発生時)

従来の作業	ICTを活用した作業とその結果
<p>電話にて口頭で現場状況を説明し、協議</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事務所とテレビ電話で接続し、現場映像を事務所に送信 ・事務所パソコンで現場状況を見ながら、協議が可能
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p style="text-align: center;"><電話による協議></p>	<p style="text-align: center;"><現地と事務所、同時に、現地映像を見ながら協議></p>
	<p>【効果】</p> <p>現地の状況を確認した上で協議、判断が必要な場合に、施工現場と事務所で情報の共有ができ、迅速かつ的確な判断が可能になる</p>

40

⑥ マッピングの管路属性修正 (誤データ発見時)

従来の作業	ICTを活用した作業とその結果
<ul style="list-style-type: none"> 現場で誤情報を記録し、事務所に帰り原本図面へ記入 地図等の印刷は1年毎のケースが多く、情報の反映に1年程度かかる 	<ul style="list-style-type: none"> 現場にてタブレット端末を用いて、マッピングシステムの誤情報のデータを現地で修正 事務所用パソコンでマッピングシステムの情報を確認し、誤情報が即座に修正されていることを確認
	<div data-bbox="611 521 1401 779">  </div> <div data-bbox="611 790 1401 990"> <p>【効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 施工現場でマッピングシステムのデータ修正が出来ることから修正作業が効率化 リアルタイムで修正情報がマッピングシステムに反映され、直ちに情報の共有化が図れる </div>

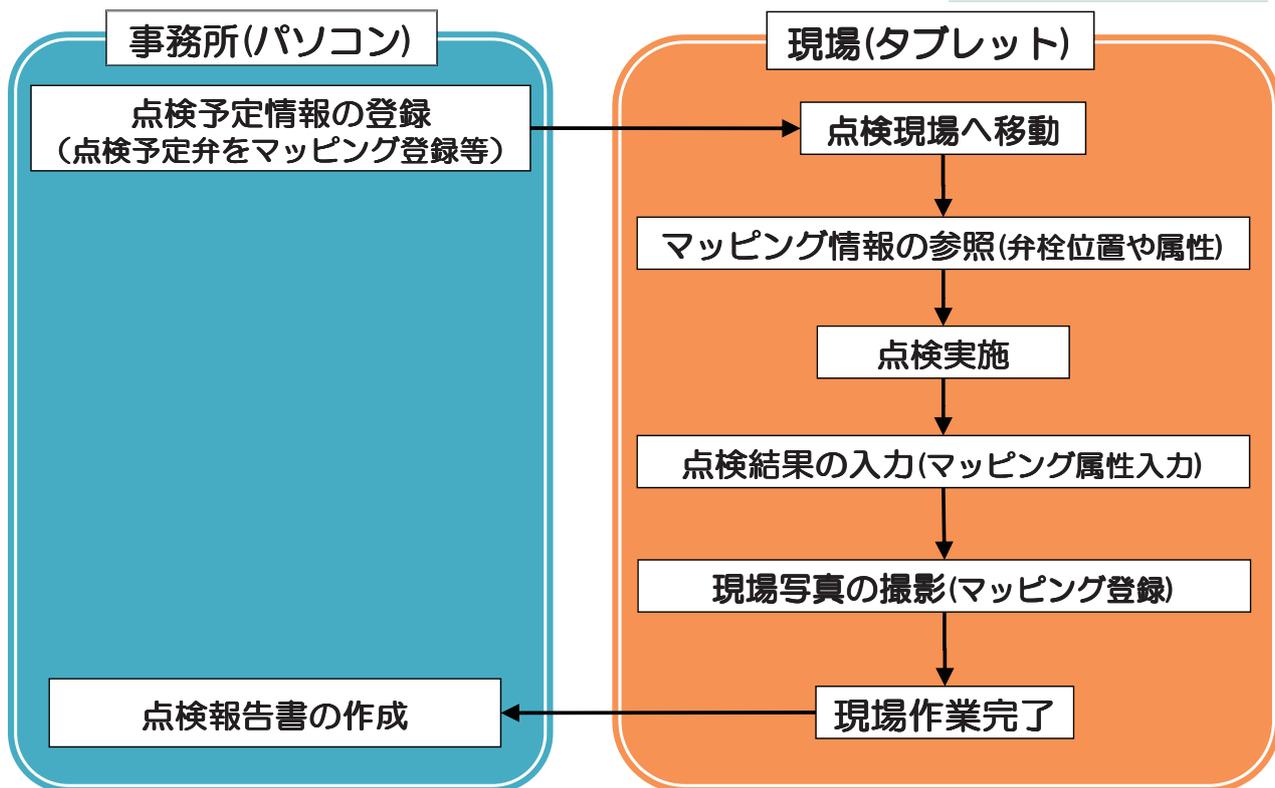
41

⑦ 竣工情報の入力

従来の作業	ICTを活用した作業とその結果
<ul style="list-style-type: none"> 竣工図を基に管路図へ竣工情報を記入し、その後、マッピングシステムのデータを更新する データ更新頻度によるが、情報の反映まで時間がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> 事務所のパソコンにGPS計測点を基にした竣工情報を入力 「①事務所での準備作業」において設計情報として入力した工事予定管路の図形を、「③工事箇所のGPS計測」において登録したGPS計測点のプロット位置に、管路位置を修正
	<div data-bbox="611 1579 1401 1892">  </div> <div data-bbox="611 1904 1401 2103"> <p>【効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> マッピングシステムの管路位置情報の高精度化が図れる 管路位置情報の高精度化により、マンホールの識別が困難な積雪、夜間、雑草、災害発生時などに、高精度GPSによる誘導が可能となる </div>

42

管路維持管理業務の手順(フィールドテストⅡ)



43

フィールドテストの検証結果

フィールドテスト結果から、以下の効果を検証することができた

- ・ 情報管理システム(マッピングシステム)に工事予定情報や設計図書類を登録することで、施工現場で膨大な情報を検索でき、**情報確認作業が効率化**できる
- ・ 高精度GPSやタブレット端末等を用いて、施工現場、維持管理現場で、**高精度**の位置情報を簡易に取得し、**即時**に情報管理システムに**蓄積、更新**できる
- ・ **遠隔地**を想定した現場と事務所において、タブレット端末等を用い、各種の**情報を共有化**し、**随時、双方向で協議**ができる
- ・ データ通信を活用することで、**日常業務**の中で管理情報を**即時に更新**でき、更新した**最新情報を共有化**できる

44



ここで、
「フィールドテストの概要」
をまとめたビデオを3分40秒間
ご覧いただきます。



「管路情報の取得・蓄積に関するケーススタディ」まとめ

水道事業における種々の問題解決に有効な「情報管理システム」を、今後の水道事業運営に活用するために

管路情報を更新工事や維持管理業務等の日常業務で効率的に、高い精度で取得し、即時にシステムに蓄積することが、必須である

今後は、個別の測定機器の開発状況、通信システムなどの技術や使用環境の変化に対応して、水道事業の「情報管理システム」に有効な「しくみ」を考案し、実用化することが重要である

【例えば】

情報を効果的、高精度で取得し、タイムリーに蓄積するための機器の導入と、蓄積・更新するためのルールを日常業務に組み込む

管路情報活用に関するケーススタディ

【目的】

「情報管理システム」を導入し、**管路情報を有効に活用**する事例とその**効果検証**を目的とした

【実施内容】

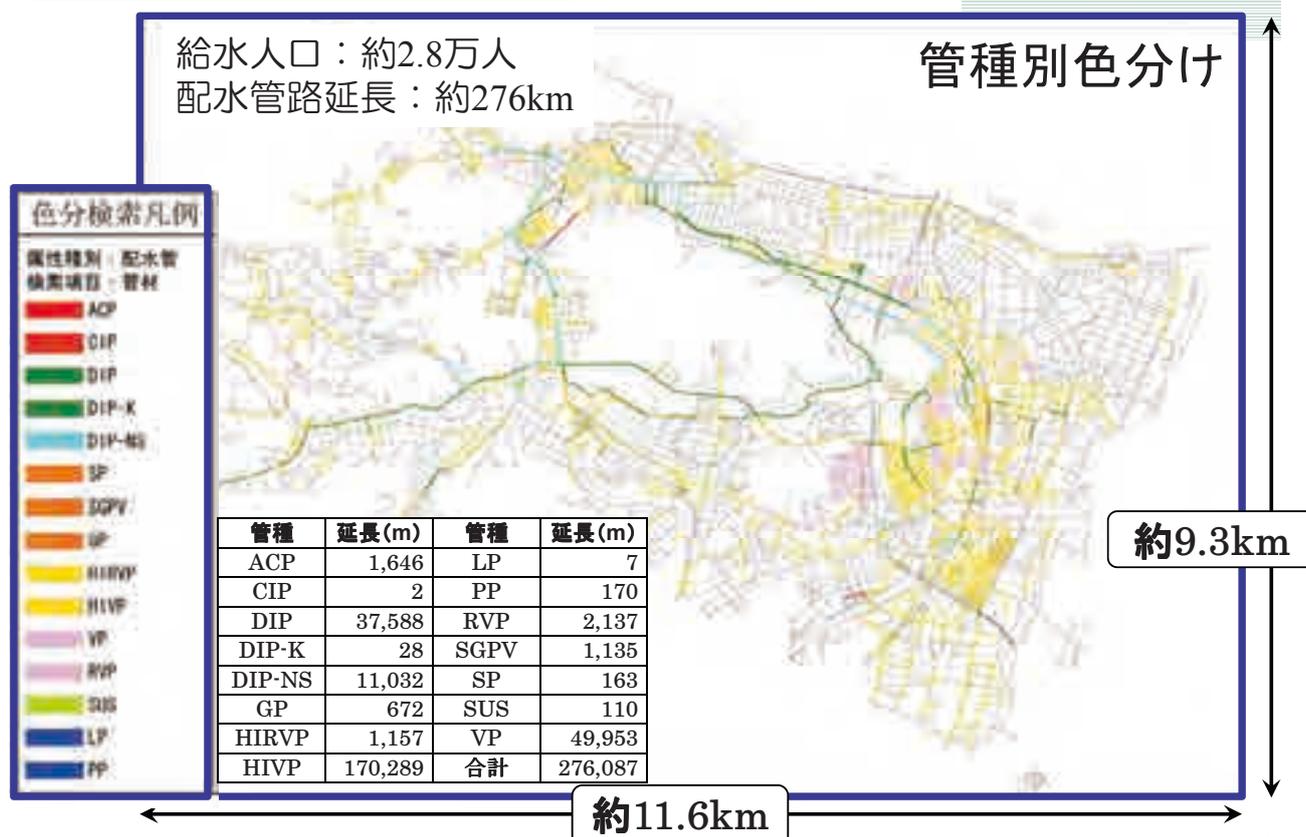
A市上下水道局殿のマッピングデータ※を使用し、水理計算機能などを用いて**計画等の業務**における**5つの活用事例**を実施し、作業時間を計測した

※ 使用したデータ(個人情報を除く)

- ・A市B地区の主要構造物、管路、付帯構造物、地図、
- ・主要施設データ

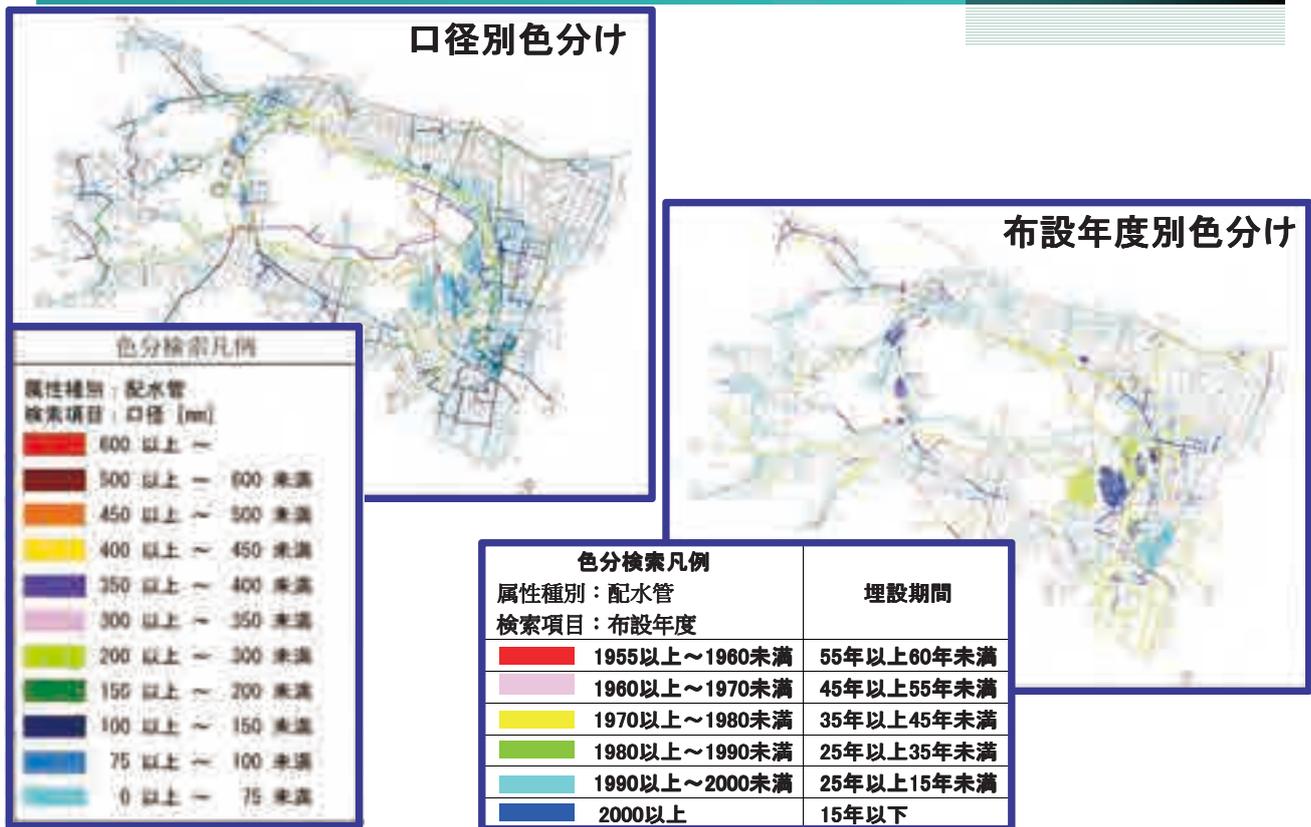
47

モデル地区の概要(A市 B地区) ①



48

モデル地区の概要(A市 B地区) ②



49

5つのケーススタディ実施

管路情報を計画等の業務で、有効活用することの効果を検証するため、水理計算機能を用い以下の5事例を実施した

<ケースⅠ>

老朽化による管路漏水事故増加の現状と更新計画効果検証

<ケースⅡ>

地震時被害と復旧日数の推定に基づいた耐震化効果検証

<ケースⅢ>

高水圧地域の解消を目的とした管網再整備の検討

<ケースⅣ>

管内滞留時間の短縮を目的とした管網再整備の検討

<ケースⅤ>

地震時断水削減を目的とした管路耐震化計画の比較検証

50

ケース I

老朽化による管路漏水事故増加の現状と更新計画効果検証

- ・水道管路の老朽化により、平常時の漏水事故は増加することが想定される
- ・水道技術研究センターでは、「持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究(*e-Pipe*プロジェクト)H20～22年」において、**事故率を指標とした推定式**を開発した
- ・ケース I では、マッピングシステムの管路情報と推定事故率の式を用いて以下の**3条件の比較検討**を実施した
 - ① 現状
 - ② 管路更新を実施せず現状のまま30年経過後
 - ③ 事故率が高い順に年間5kmで30年間管路更新した場合

51

ケース I で用いた手法

管路の推定事故率: $y = C_1 \times C_2 \times C_3 \times F_m(t)$

ただし、 y : 推定事故率 [件/km/年]

C_1 : 仕様に関する補正係数

C_2 : 口径に関する補正係数

C_3 : 地盤条件に関する補正係数

$F_m(t)$: 経過年数と事故率の関係を表す管種ごとの関数

$$F_{DIP}(t) = 0.0007e^{0.0758t}$$

$$F_{CIP}(t) = 1.91 \times 10^{-12} \cdot t^{6.502}$$

$$F_{SP}(t) = 0.0074e^{0.0618t}$$

$$F_{vp}(t) = 1.27 \times 10^{-5} \cdot t^{2.907}$$

t : 経過年数

推定事故件数 [件/年] = 推定事故率 [件/km/年] × 管路延長 [km]

※ この推定式は、全国の水道事業者からの漏水事故アンケート調査等を基に作成

52

管路の推定事故率補正係数

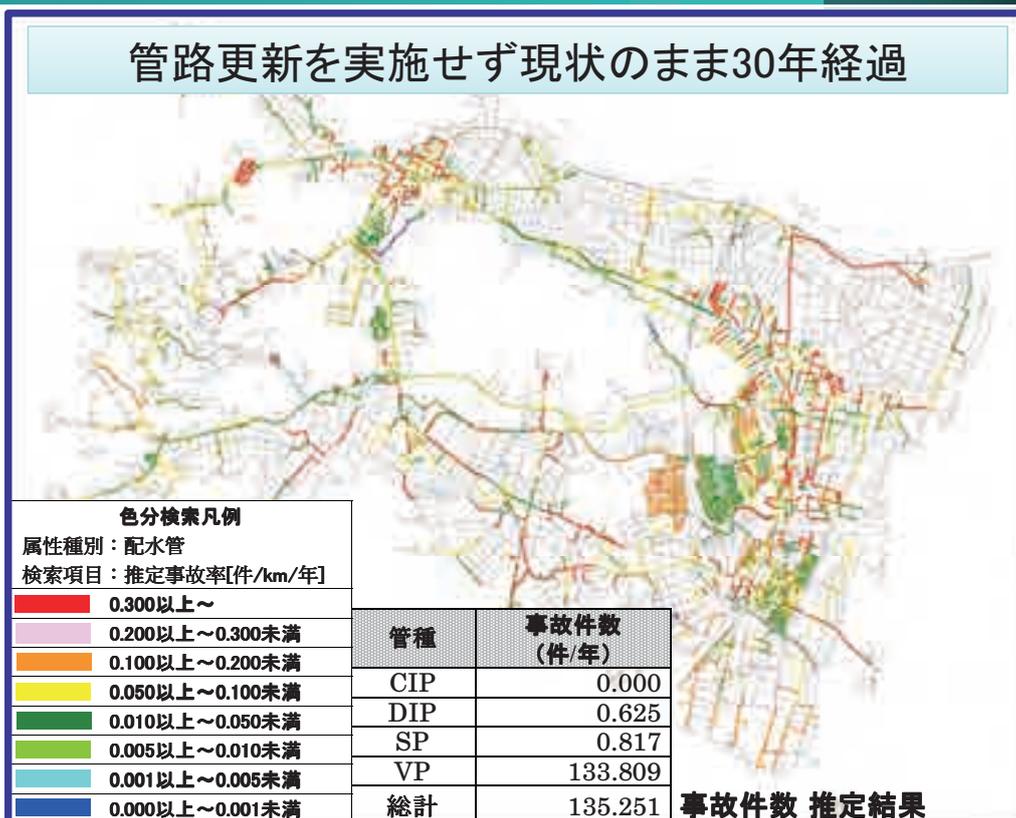
補正係数	区分項目	管種			
		CIP	DIP	SP	VP
仕様:C ₁	ポリエチレンスリーブなし	—	1.0	—	—
	ポリエチレンスリーブあり	—	0.4	—	—
	溶接継手	—	—	1.0	—
	ネジ継手	—	—	1.4	—
	TS継手(1979年以前)	—	—	—	1.0
	TS継手(1980年以降)	—	—	—	0.2
	RR継手	—	—	—	0.1
口径:C ₂	50	—	1.0	2.8	0.8
	75	1.0	1.0	2.8	1.0
	100、150	1.0	1.0	2.8	1.4
	200、250	1.0	1.0	1.0	—
	300～450	0.2	0.8	1.0	—
	500～700	0.1	0.2	0.3	—
	800～1000	0.1	0.2	0.1	—
地盤:C ₃	良い地盤	1.0	1.0	1.0	1.0
	悪い地盤	1.5	1.5	1.3	1.0

種別	地盤分類
良い地盤	山地、山麓地、丘陵、火山地、火山性山麓地、火山性丘陵、岩石台地、砂礫質台地、ローム台地、扇状地、礫・岩礁
悪い地盤	谷底低地、自然堤防、後背湿地、旧河道、三角州・海岸低地、砂州・砂礫洲、砂丘、砂州・砂丘間低地、干拓地、埋立地、河原、河道、湖沼

条件① 現状管路での事故率推定結果

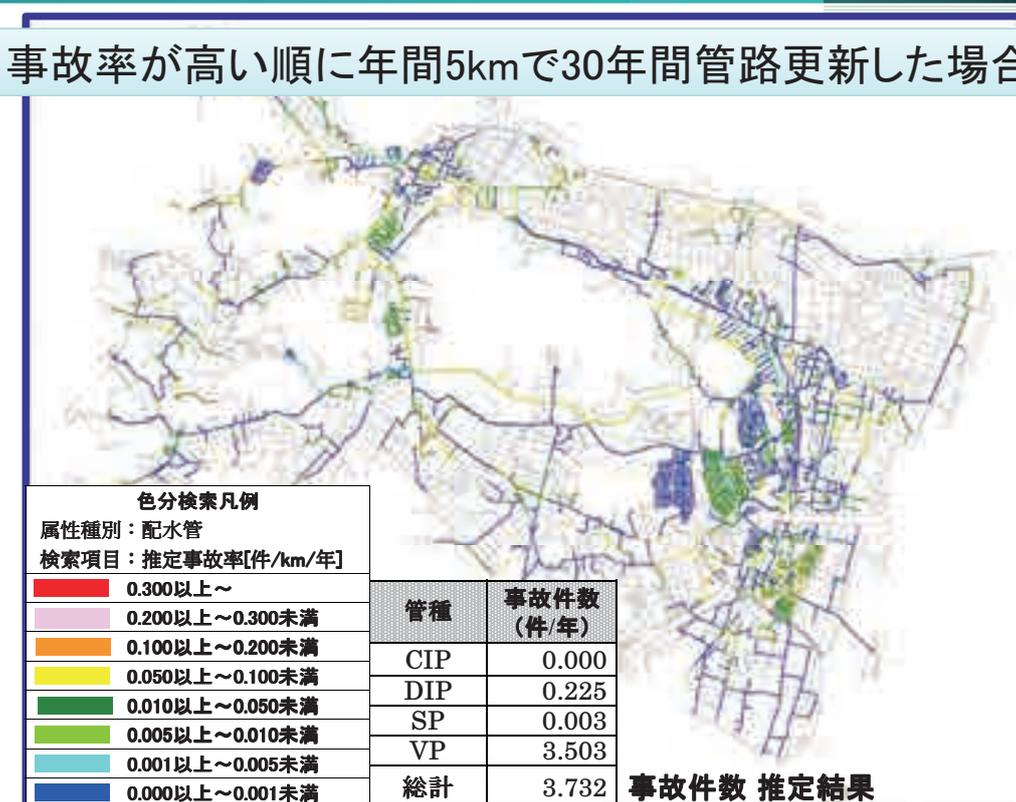


条件②での事故率(件/km/年)推定結果



55

条件③での事故率(件/km/年)推定結果



56

ケース I の結果とまとめ

管種	(件/年)		
	条件① 現状	条件② 管路更新を実施せず 現状のまま30年経過後	条件③ 事故率が高い順に30年間 年間5km管路更新を実施後
CIP	0.00	0.00	0.00
DIP	0.26	0.625	0.225
SP	0.364	0.817	0.003
VP	45.552	133.809	3.503
総計	46.175	135.251	3.732

- ・条件②では、特にVP(硬質塩化ビニル管)の推定事故件数が、年間46件から134件に**大幅に増加**
- ・条件③では、推定事故件数が、年間46件から4件に**大幅に減少**

ケース I の結果から、平常時の漏水事故件数を推定し、管路更新の効果をわかりやすく**見える化**し、**定量的に把握**できることがわかった

57

ケース II

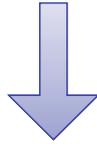
地震時被害と復旧日数の推定に基づいた耐震化効果検証

- 耐震化計画では、地震被害を最小限に抑制し、管路の耐震性向上を効率よく進めるためには、被害を定量的に予測し、複数の計画案を**比較検討**する必要がある
- 水道技術研究センターでは、「**地震による管路被害予測の確立に向けた研究**」(H25年)において、東北地方太平洋地震での管路被害の新たな知見を加え、「**地震による管路被害予測等に関する研究**」(H20～22年)で開発した「**地震時の管路被害予測式**」の検証・修正を行った
- ケース II では、マッピングシステムの管路情報、公表されている地盤・液状化データ、地震動の地表面最大速度及び地震時の管路被害予測式を用いて、以下の2条件で結果を比較した。
 - ① 現状
 - ② 平常時事故率が高い順に年間5kmで30年間管路更新した場合

58

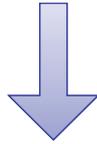
ケースⅡ で用いた手法

データの収集と整備



- ・管路データの整備(管種、口径、継手形式)
- ・想定地震動の設定(地表最大速度)
- ・地形地盤情報の設定(地形分類や表層地質分類)

地震時の管路被害予測



管路の被害率 : $R_m(\text{件}/\text{km}) = C_p \times C_d \times C_g \times R(v)$
 C_p : 管種・継手補正係数 C_d : 口径補正係数
 C_g : 微地形補正係数 $R(v)$: 標準被害率 (件/km)

管路被害による影響評価

地震直後の初期断水人口と断水率

- ・管路の被害率から、管路の被害確率算出
- ・モンテカルロシミュレーションにより、被災管路を設定して断水管網モデルを100通り作成
- ・断水人口、断水率の算出

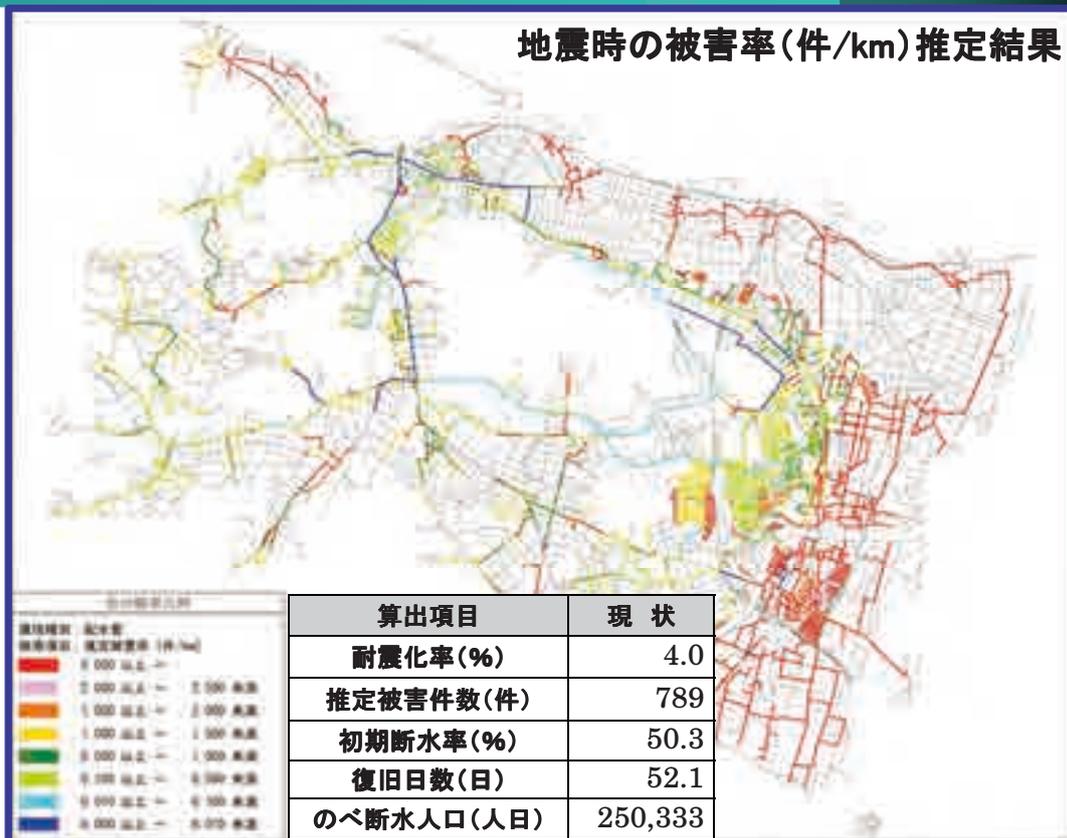
復旧日数の算出

- ・幹線復旧期、管網復旧期、最終復旧期のべ断水人口(被災度)の算出

59

条件① 現状管路での地震時の被害率推定結果

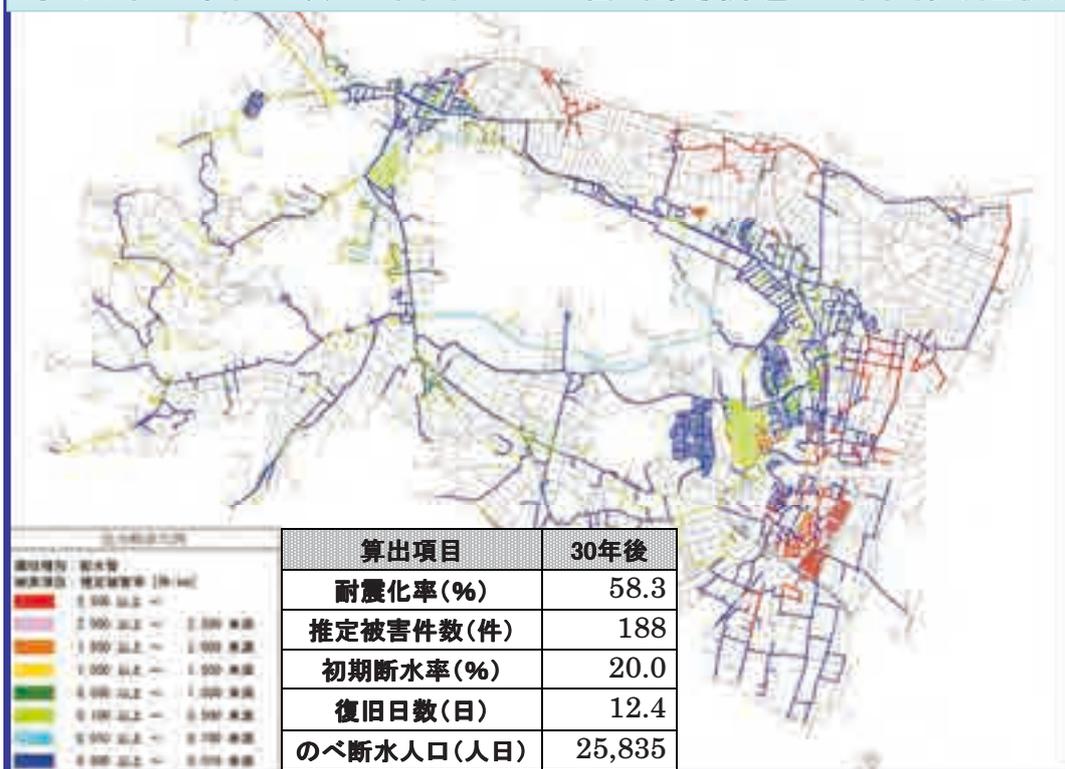
ケースⅡ



60

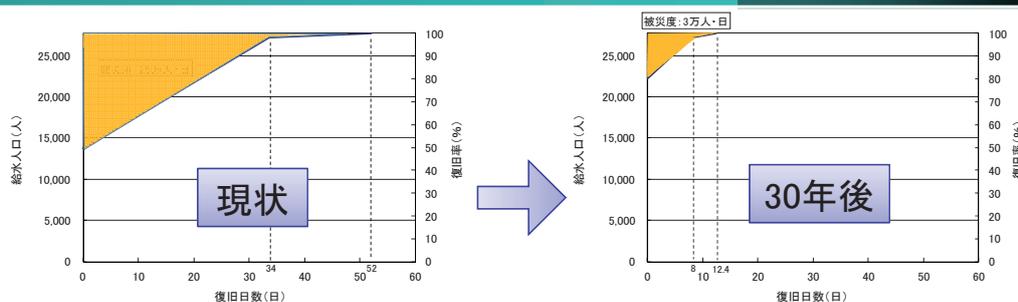
条件②での地震時の被害率推定結果

事故率が高い順に年間5kmで管路更新を30年間実施後



61

復旧曲線とのべ断水人口の比較



算出項目	現 状	平常時の事故率が高い順に年間5km管路更新		
		10年後	20年後	30年後
耐震化率(%)	4.0	22.7	40.9	58.3
推定被害件数(件)	789	530	244	188
初期断水率(%)	50.3	32.4	27.2	20.0
復旧日数(日)	52.1	35.0	16.1	12.4
のべ断水人口(人日)	250,333	111,907	44,220	25,835

ケースⅡの結果から、管路の更新・耐震化の効果をわかりやすく見える化し、**定量的に把握**できることがわかった

62

その他のケーススタディ

＜ケースⅢ＞高水圧地域の解消を目的とした管網再整備の検討

高水圧地域の上流にある配水幹線を縮径した場合において、**高水圧地域の解消範囲を見える化し、定量的に把握することができた**

＜ケースⅣ＞管内滞留時間の短縮を目的とした管網再整備の検討

低流速部(0.1m/s未満)の管路を縮径した場合において、**低流速部の解消範囲を見える化し、定量的に把握することができた**

＜ケースⅤ＞地震時断水削減を目的とした管路耐震化計画の比較検証

耐震化計画を進めることにより、初期断水率やのべ断水率が減少することや、災害時重点拠点において断水が大きく減少することが確認できた

管路耐震化計画 1案: **幹線のループ耐震化**
 管路耐震化計画 2案: **悪い地盤地域の主要管路の耐震化**

63

作業時間計測結果(解析システム用データ構築)

解析システム用データ構築の作業手順と作業時間

作業項目	作業内容	作業時間
①データ変換	<ul style="list-style-type: none"> データ仕様の確認 データ変換の設定 サンプルデータの変換、変換後データの確認 本データの変換、変換後データの確認 	4日
②管路データ確認・修正	<ul style="list-style-type: none"> 管種、口径、布設年度別延長集計表をもとに確認 不明箇所について前後のつながりより修正・補完 	6.5日
③水理解析モデル構築	<ul style="list-style-type: none"> 管路のつながり処理(交点発生) 交点の地盤高の設定(50mメッシュ) 使用水量(取り出し水量)の設定 	4日
④水理解析に必要な属性データチェック・入力	<ul style="list-style-type: none"> 配水池のHWL、LWL情報の設定 ポンプの揚程情報の設定 バルブ開閉、減圧弁情報の設定 配水管の水系情報の設定 	4日
⑤水理解析の精度確認	<ul style="list-style-type: none"> 水圧、流量等の実測値の整理 実測値と解析値との比較、検証作業 比較、検証結果の考察(かい離の原因等) 水理解析モデルの修正 	3日
合計		21.5日

64

作業時間計測結果(解析の実施)

解析の作業手順と作業時間

作業項目	作業内容	作業時間
①水理解析結果図の出力	・水理解析の実行(約6,000管路データ)	10秒
	・有効水頭分布図の作成(管路色分け描画、PDF図面ファイル出力)	3分
	・流速分布図の作成(管路色分け描画、PDF図面ファイル出力)	3分
	・流向表示による流向確認図の作成(流向描画、PDF図面ファイル出力)	3分
②評価用データ入力・確認 (地形分類等)	・250m地域標準メッシュの設定(基準点指示、緯度経度入力など)	20分
	・J-SHISデータの読み込み・確認(CSVファイルの読み込み)	10分
	・良い地盤、悪い地盤の分類作業(エクセル作業など)	30分
③老朽度評価の実施 (アプリケーションシステム活用)	・管路の推定事故推定式の確認	10分
	・管路の属性情報の整理(補正係数に対応)	60分
	・管路の推定事故率の算出(約6,000管路データ)	30秒
	・管路の推定事故率の分布図の作成(管路色分け描画、PDF図面ファイル出力)	3分
	・管路の推定事故件数のとりまとめ(エクセル、ワード作業など)	30分
④耐震性評価の実施 (アプリケーションシステム活用)	・地震による管路被害予測式の確認	10分
	・管路の属性情報の整理(補正係数に対応)	60分
	・地震による管路被害率の算出(約6,000管路データ)	30秒
	・地震による管路被害率分布図の作成(管路色分け描画、PDF図面ファイル出力)	3分
	・地震による断水確率、被災度、復旧日数等の算出	30分
	・地震による管路被害のとりまとめ(エクセル、ワード作業など)	30分
合計		5時間6分10秒

65

「管路情報の活用に関するケーススタディ」まとめ

「情報管理システム」を活用して、管路情報を有効に活用する事例として、5つのケーススタディを実施し、以下の知見を得た

- ・条件を変えた**解析を短時間**で実施可能
- ・検討の経過と結果を**わかり易く表示(見える化)**し、**定量的に把握**できる
- ・水道事業体職員が、日常業務の中で管路情報を有効に活用するためには、業務目的に応じた情報管理システムのアプリケーション機能と使用する**データをあらかじめ準備**しておくことが有効

水道事業運営にICTを有効活用するために重要なこと

- ・実用的な情報管理システム(マッピングシステム、水理計算システムなど)の導入
- ・管路情報などの**データの精度と鮮度**の向上のために、**日常業務**の中での**データ取得とタイムリーな更新**
- ・日常業務の中で、管路情報を**有効に活用するルール(しくみ)**

66

1. はじめに
2. 第2研究委員会の概要
3. 水道管路の将来像構築
4. ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究
5. 水道管路の再構築読本 ～次世代に向けた水道管路の更新～
6. おわりに

水道管路の再構築読本 ～次世代に向けた水道管路の更新～

*Pipe Stars*アンケート調査やワークショップにより、**技術継承問題**が浮き彫りになった



管路更新の手順と関連技術を整理することにより技術継承に寄与するとともに、それら多くの**技術情報を共有・周知**する技術継承システムの整備が重要



技術情報やノウハウを継承する方法のひとつとして、管路更新の一連の流れに沿った形で、既存の更新技術や事例を紹介する冊子を作成した
水道管路の再構築読本～次世代に向けた水道管路の更新～

管路更新の重要性と管路再構築

【水道管路に必要とされる機能】

- ① 必要な水量を遅滞なく輸送できること
- ② 輸送中に水量の損失(漏水)がないこと
- ③ 輸送中にエネルギー(圧力)の損失が小さいこと
- ④ 輸送中に水質劣化が生じにくいこと
- ⑤ 維持管理が確実・容易にでき、かつ安価なこと
- ⑥ 事故や災害に対して強靱で、断水のリスクが小さいこと



適切な管路機能が維持できるよう**継続して管路を更新**することが最低限必要である

【水道事業を取り巻く環境が大きく変化】

人口減少による水需要減少、滞留時間の増加、料金収入の減少



諸問題に対応しながら、将来にわたって必要とされる管路機能を維持・向上させるために「**管路再構築**」の考え方を**管路更新に取り入れる必要がある**

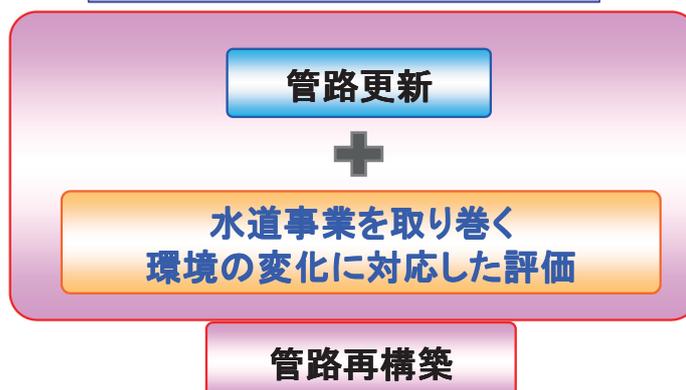
69

管路再構の考え方

管路再構築の定義

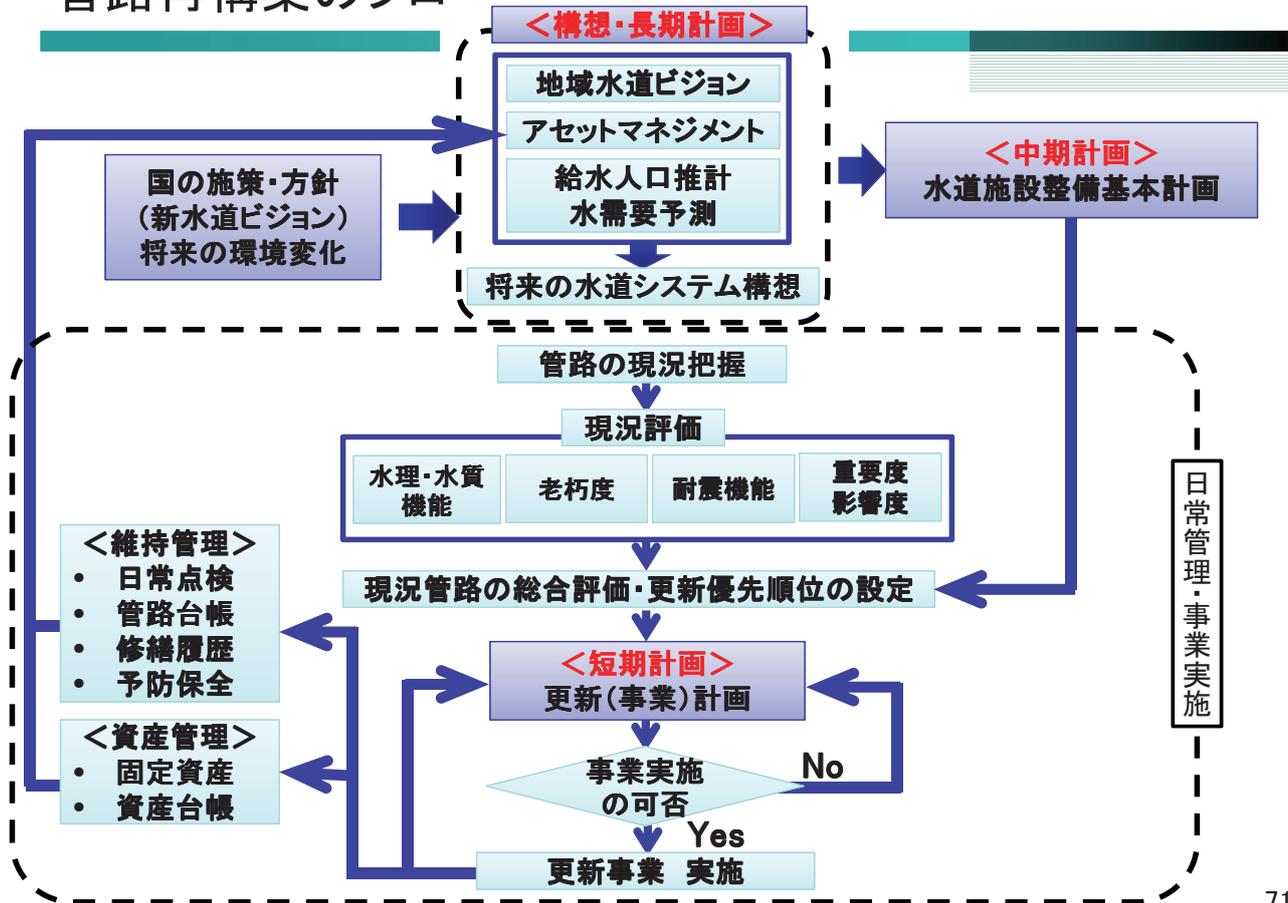
水道事業を取り巻く様々な**環境変化**に対応可能な水道システム再構築の一環として、**将来にわたる管路機能維持**のために**管路システムの再編と適切な更新**を継続的に実施することである

管路再構築の概念図



70

管路再構築のフロー



71

水道管路の再構築読本の目的と特徴

目的

基本的な**管路更新の進め方**を習得し、必要に応じて管路再構築の考え方を示すことで、より効果的な管路更新に資すること

特徴

- ・管路更新を進める上で、多岐にわたり作成されている**既往文献と業務の流れ**の関係を把握できる。
- ・管路更新工事に関する技術について**体系的**に理解することができる

72

水道管路の再構築読本の作成方針

- ・業務経験の浅い**事業者職員**が管路更新を進める上で活用できる資料
- ・管路更新を進める上で、配慮すべき管路再構築の留意点について記載
- ・管路更新を進める上で、不案内な項目を参照しやすいように、本書の構成と内容、参照ページを明記
- ・管路更新の流れに従い、既往の文献や研究成果への**アクセス**のため、**概要**や**図表の紹介**と**出典元**を記載
- ・管路更新工事に関する技術について、体系的な整理を行って**更新工事の条件による技術マップ**に示し、施工時の各条件選定により、採用できる工法を参照できる
- ・各技術の詳細は、**技術調査シート**として参照できるようにしURLから関連する企業のホームページを参照できる

73

水道管路の再構築読本の構成

- 1章 はじめに
 - ・本書の目的
- 2章 管路更新と管路再構築
 - ・管路更新の重要性、管路再構築の考え方、本書の構成
- 3章 次世代に向けた管路更新の計画
 - ・管路更新の留意点、管路の現状把握
 - ・管路の評価手法、更新計画策定
- 4章 管路更新の実施
 - ・更新設計の手順、管布設工法の選定
 - ・活用できる更新技術を参照
- 5章 おわりに

74

「水道管路の再構築読本」の内容紹介①

【広報活動等】

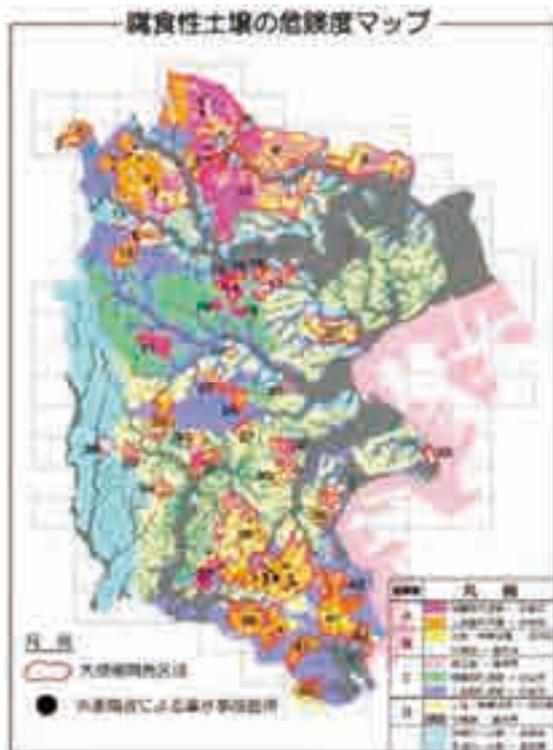
受益者負担を原則として運営される水道事業では経営状況等を正しく伝え、各種事業についての理解と協力を得ることは、安定した水道事業を継続していく上で不可欠である



75

「水道管路の再構築読本」の内容紹介②

老朽度の評価手法－直接診断(管外面からの評価)



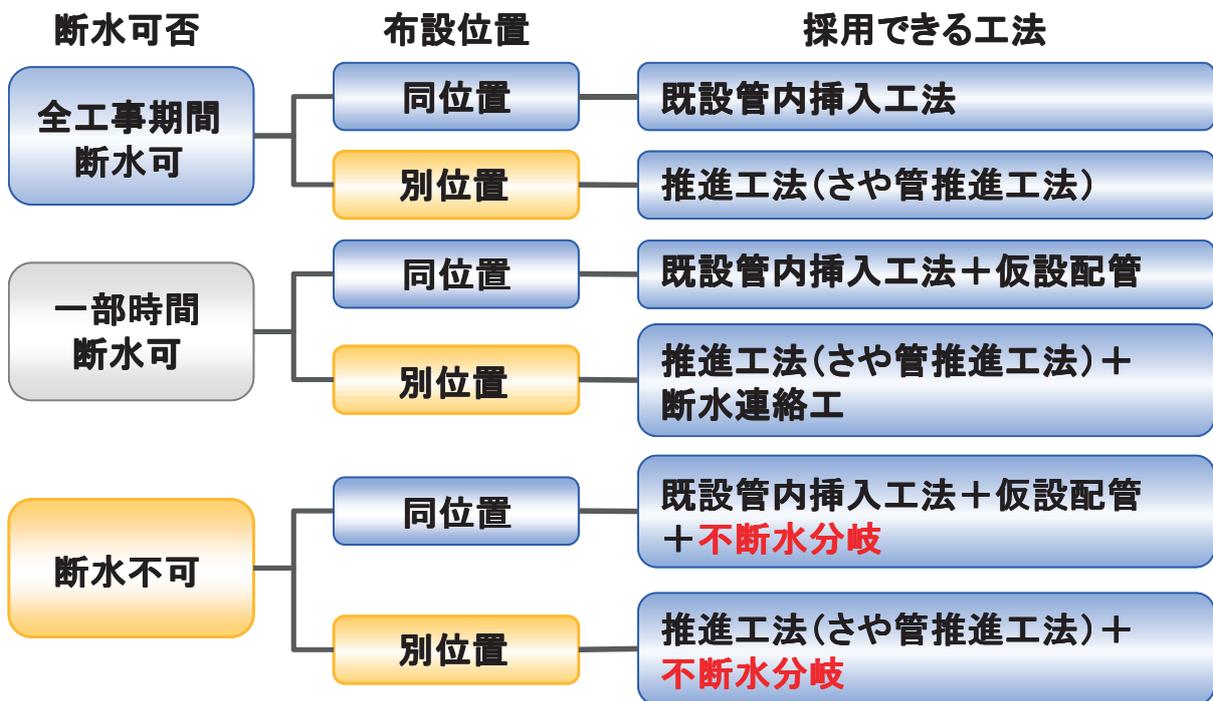
管外面の老朽度を直接確認するために既設管の周囲を掘削して、管の腐食深さを測定し同時に土壌の成分分析や周辺環境調査を行うことにより、腐食原因の特定が可能である

出典：横浜市水道局 老朽管改良(耐震化)計画 報告書
平成20年3月 p.11 HP上に公開
図3.5.3 腐食土壌の危険度マップ

76

「水道管路の再構築読本」の内容紹介③

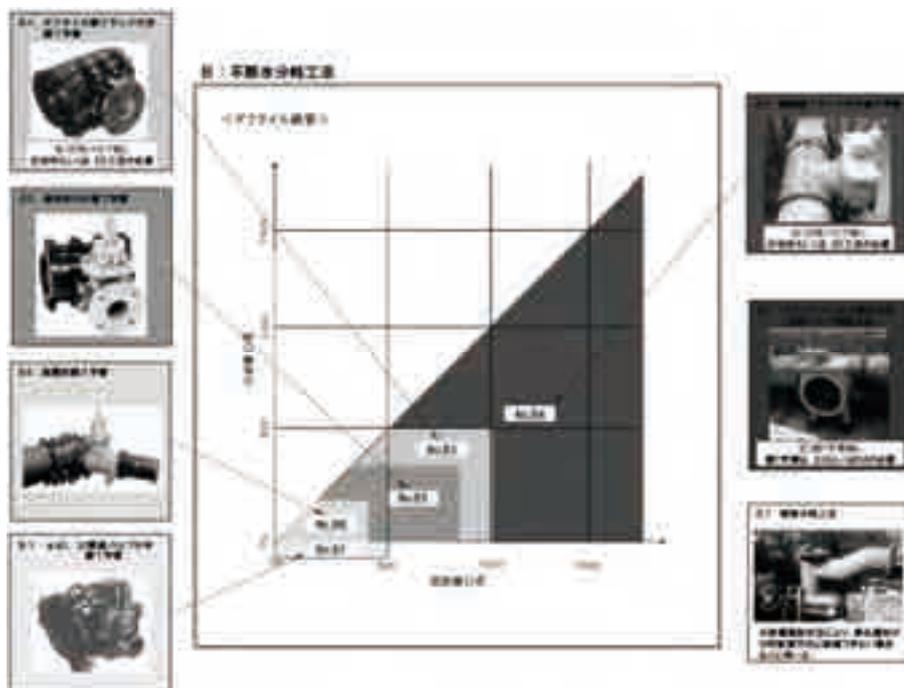
管布設工法の選定(非開削工事)



77

「水道管路の再構築読本」の内容紹介④

不断水工－不断水分岐工法



不断水分岐工法の技術分類マトリックス(ダクタイル鉄管専用)

78

「水道管路の再構築読本」の内容紹介⑤

【技術調査シート】

「水道管路の再構築読本」から最新技術に**アクセス**できるように、各技術の名称、特徴、図表・写真、お問い合わせ先等を記載した**技術調査シート**を**巻末に添付したCD**に納めて、「水道管路の再構築読本」に**技術シートNo**を記した

技術名称	概要	特徴	お問い合わせ先
技術1	概要	特徴	お問い合わせ先
技術2			
技術3	概要	特徴	お問い合わせ先
技術4	概要	特徴	お問い合わせ先

79

報告内容

1. はじめに
2. 第2研究委員会の概要
3. 水道管路の将来像構築
4. ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究
5. 水道管路の再構築読本 ～次世代に向けた水道管路の更新～
6. おわりに

おわりに

水道管路の最新技術に関する研究として、以下の具体的なテーマを実施した

【水道管路の将来像構築】

- ・水道管路の将来像の構築を通じて、現状の水道事業の抱える問題の多くがICTの活用により解決に繋がることがわかった
- ・ICTを活用した水道管路の将来像を構築し、その内容を分かりやすくイラスト表現することにより、水道管路の将来像のイメージを共有化するために活用できる資料とした

【ICTの活用による管路情報の利用促進に関する研究】

- ・既存技術の新たな組み合わせにより、施工現場など日常業務の中で、管路情報の効率的な取得、タイムリーな更新、情報精度の向上を検証できた
- ・実際の水道事業体の情報管理システムとデータを用いたケーススタディにより、多くの時間を要することなく、検討結果を分かりやすく「見える化」でき定量的に比較できることが分かった

【水道管路の再構築読本】

- ・次世代に向けた管路更新では、水道事業の将来像を見据えて計画的に更新することにより、水道事業を取り巻く様々な環境変化に対応可能な管路システムに構成し直すという、管路再構築の考え方を取り入れたものとすべきである

今後、水道事業体において、ICTをはじめ、様々な最新技術の導入が進むとともに、水道事業に貢献できる多くの最新技術が研究開発されることを期待したい