

水道スマートメーター等のデータ利活用による 共同研究成果発表会

令和7年2月25日

発表者

湖西市

豊橋技術科学大学

(株)東京設計事務所

中部電力(株)

倉田 智哉

井上 隆信

北島 涼介

水上 洋佑

本日の次第

研究テーマ

「水道スマートメーター等による水道配管内の管網解析と
管内環境における残留塩素濃度の変化」

- | | |
|---------------------------|-------------|
| 1. 研究概要(研究背景・目的等) | 湖西市 |
| 2. 情報通信ネットワークの構築 | 中部電力株式会社 |
| 3. 水道配管内の管網解析の精緻化 | 株式会社東京設計事務所 |
| 4. 管内環境における残留塩素濃度の変化 | 豊橋技術科学大学 |
| 5. 研究成果に基づく水道事業への効果と今後の展望 | 湖西市 |

水道スマートメーター等のデータ利活用による 共同研究成果発表会

1. 研究概要(研究背景・目的等)

発 表 者
湖 西 市 倉田 智哉

研究概要(研究背景・目的等)―目次―

1. 水道スマートメーターの導入検討
2. 湖西市水道事業が抱える課題
3. データ利活用の取組
 - 実験フィールドと整備機器
 - 現状と目指す姿
 - 研究による水道事業へのねらい
 - 各研究者の役割

水道スマートメーターの導入検討【検針業務の抜本的改善】

【検針業務見直しの経緯】

現地での検針業務は、検針員が検針先情報を入力した端末器を持参して、量水器指針を目視で読み取り、指針データを入力後、端末器から打ち出された検針票を各使用先へ投函している。

人的ミスや検針員の確保などのほか、効率性の観点から抜本的な業務改善が必要であったため、令和2年度より、水道スマートメーターによる自動検針を検討開始。

➤ 現地検針業務の課題

- 検針員の高齢化や人口減少により、検針員確保が困難
- 見間違いや入力ミス
- 検針票紛失による個人情報漏洩
- 宅内漏水や無届使用の確認が遅い
- 未検針、異常検針などの再検針作業※があり、業務の効率性が劣る

※未検針確認：年間 **895件** 異常確認：年間 **2,308件**

発生件数は令和元年度実績件数



※第一環境㈱ 提供資料

下水道の検針票
3世帯分を紛失
湖西市は十日、水道メーターの委託検針員(会)が、下水道使用者の個人情報を書かれた検針票二枚を紛失したと発表した。市水道課でいた四枚が飛ばされた。職員が同日、使用者を訪ね一枚は九日に回収した。謝罪した。
市水道課によると、検針の扱いを徹底し、再発防止票には使用者の氏名、住に努める」と話した。

所、使用水量、水道料金、下水道使用料が記載されていた。個人情報が悪用されたと報告はないという。

検針員が七日に検針中、強風にあおられ、手に持った検針票が飛ばされた。同課担当者は「個人情報

※R1 5/11 中日新聞記事
「この記事・写真等は、中日新聞社の許諾を得て転載しています」

水道スマートメーターの導入検討【2つの観点】

【現状の課題解決と新たな価値の創出】

水道スマートメーターにより、「自動検針」が可能になることで、「人材不足」の課題が解決されることから、**業務の持続可能性**の観点では、その価値は既に認識されている。

一方で、現状の課題解決に留まらず、データのデジタル化やリアルタイム化などの、水道スマートメーターの特性を活用した、**新たな価値の創出**が期待されている。

単なる現状課題の解決に
留まらず、更なる価値創出を
追求することが必要

● **現状の課題の解決**
(持続可能な事業運営)
既存業務の代替
検針業務の効率化

● 将来的な価値創出

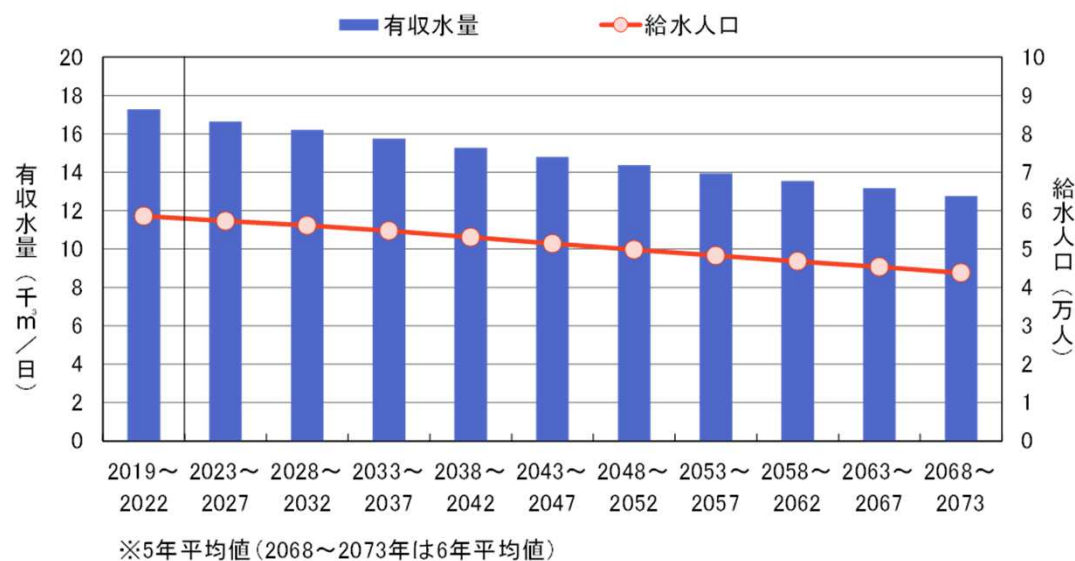
➤ **利用者サービスの向上**
(スマートメーターの特性を
活かしたサービス提供)
ex. 早期の漏水発見
検針票のペーパーレス化
使用量の見える化
⋮
etc...

➤ **水道事業の効率化**
(スマートメーターにより
可能となるデータ利活用)
ex. 管網解析の精緻化
水質管理への活用
新たな料金制度の制定
水需要予測の高度化
⋮
etc...

湖西市水道事業が抱える課題 ①給水量・給水収益の減少

【将来の水道事業を取り巻く環境】

- 給水人口は、20年間で10%減少、50年間で25%減少の見通し
- 有収水量は、20年間で11%減少、50年間で25%減少の見通し



➤ 給水人口・有収水量の減少に伴い
50年後の給水収益は、市全体で
現状よりも約3割減少する予測

※参考

2021年度(実績) 給水収益:約10.6億円

2071年度(予測) 給水収益:約7.5億円

人口変動による影響のほか、節水意識の向上、節水機器の普及等により
給水量は減少する見通しであり、これらに併せて収益が減少する見込み。

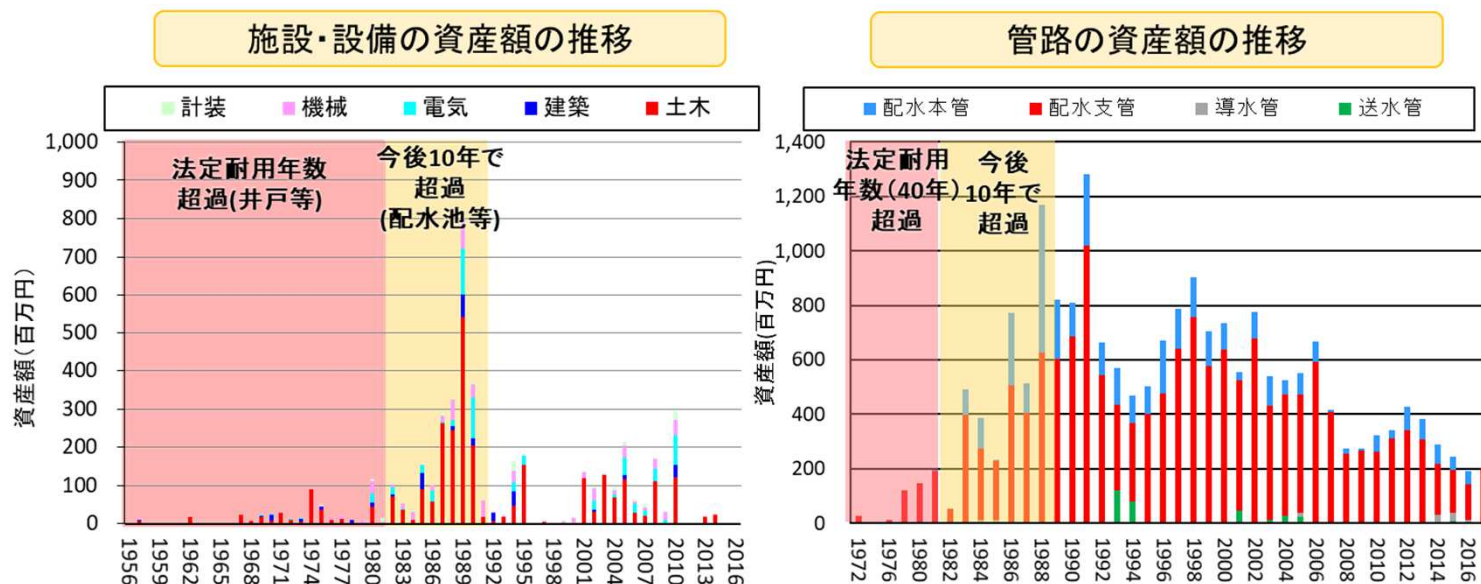
湖西市水道事業が抱える課題 ②増大する水道施設の更新費

【施設・管路の老朽化の見通し】

○1980年代から1990年代前半にかけて、水道施設や管路への投資額が集中

○既に法定耐用年数を迎えている資産は約12億円(施設・設備:約10億円、管路:約2億円)

今後、水道拡張期に整備した**多くの管路が**一斉に更新時期を迎え、さらに更新費が増大

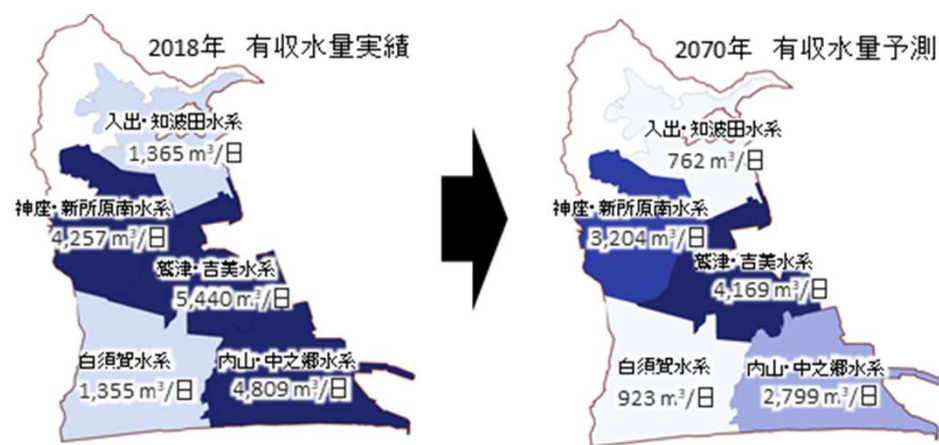


管路の老朽化による更新や、大規模地震等への断水リスクに備え、現状規模で管路の更新を進めていった場合、全ての管路を更新するためには、約340億円の費用が発生

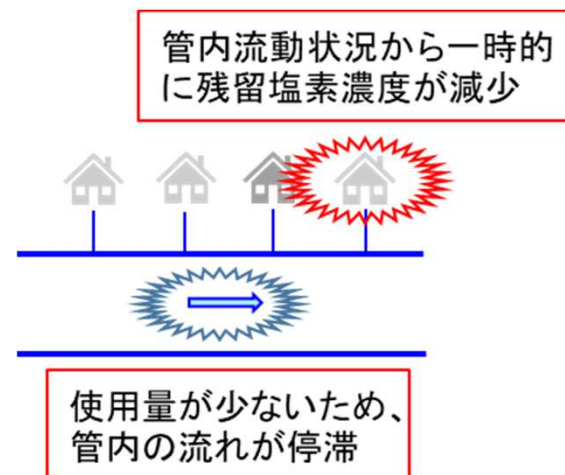
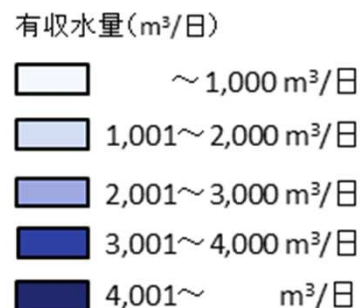
湖西市水道事業が抱える課題 ③都市構造の変化と水質への影響

【人口の減少・低密度化の見通し】

○人口減少時代においては、水需要の減少・人口の低密度化が引き起こされることから、収支への影響だけでなく、将来的に配水管内流量の減少をもたらし、安全な水の供給にも影響を与える恐れがある。



➤ 将来の低密度化・給水量減少



※イメージ(需要の減少と水道の滞留)

水需要の減少が進むことで、給水量に対し管網の規模(配水管口径)が過大になり、**管内水道水の滞留が発生※**し、これまで確保できていた水質管理が維持できなくなることが懸念される。

※水道水には消毒のため塩素が注入されるが、時間の経過とともに減少する性質がある

湖西市水道事業が抱える課題【まとめと対応策】

【湖西市水道事業の主な課題】

1. 給水人口の減少や節水型機器の普及に伴い今後も給水量及び給水収益が減少することが明らか。
2. 多くの管路が更新時期を迎える中、同規模で更新を進めた場合、水需要と敷設する管路の規模に乖離が生じ、過剰な管路更新費用が発生する恐れがある。
3. 人口の低密度化等の都市構造の変化によって、管網の過大化が進み、管路内に配水の滞留箇所が発生することが考えられる。



- 今後、給水収益が減少する見込みの中、増大する更新費に対応し、健全に事業経営を継続するため、使用状況に即した管路更新による管路更新費の適正化が必要。
- 給水量減少・過大な管網により滞留箇所が発生し残留塩素濃度の低下などが懸念される中、それらに対応可能な適正な衛生管理の手段が求められる。

データ利活用の取組【産学官による共同研究の開始】

【水道スマートメーターの「データ利活用」の可能性の追求】

- 湖西市の呼びかけにより、「産・学・官」が連携し、水道スマートメーターや各種センサー等のビッグデータを収集・解析して水道事業へ活用すべく、「共同研究に関する基本協定書」を締結。



- 市が課題とする「**管路更新口径・更新費の適正化**」、「**水道水の衛生管理の強化**」に対して、水道スマートメーター等のデータを利活用し対策することを検討。

- ①研究テーマ(その1)
【情報通信ネットワークの構築】
- ②研究テーマ(その2)
【実測使用水量による各管路の適正口径の把握】
- ③研究テーマ(その3)
【管内各所における残留塩素濃度の予測】

左から湖西市・豊橋技術科学大学・東京設計事務所・中部電力各代表

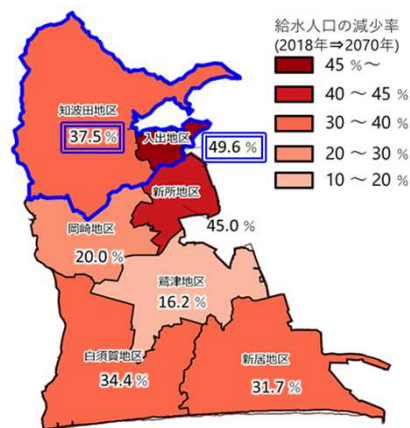
データ利活用の取組【共同研究の概要(実験フィールドの整備)】

- 市内全域の水道メーター検針の自動化に向けた先行取り組みとして、実証実験実施エリアにおいて水道スマートメーター(約1900個)と、配水管へ流量計(13箇所)を設置。
- 取得したデータを配水管内の流達状況や水道水滞留箇所の把握に利活用することで、過大管路の特定や残留塩素濃度の動向把握することを目指す。

実験フィールド

○人口及び給水量の減少率が高く、今後の湖西市の水道事業を取り巻く環境のモデルとなる地区として、**入出・知波田地区**を選定

【モデル事業対象地区】
湖西市入出・知波田配水区域



【入出・知波田地区】
給水人口：約5,200人
給水戸数：約1,800戸

機器の導入

●水道スマートメーター



各水道使用箇所の1時間ごとの使用水量を収集

●超音波流量計

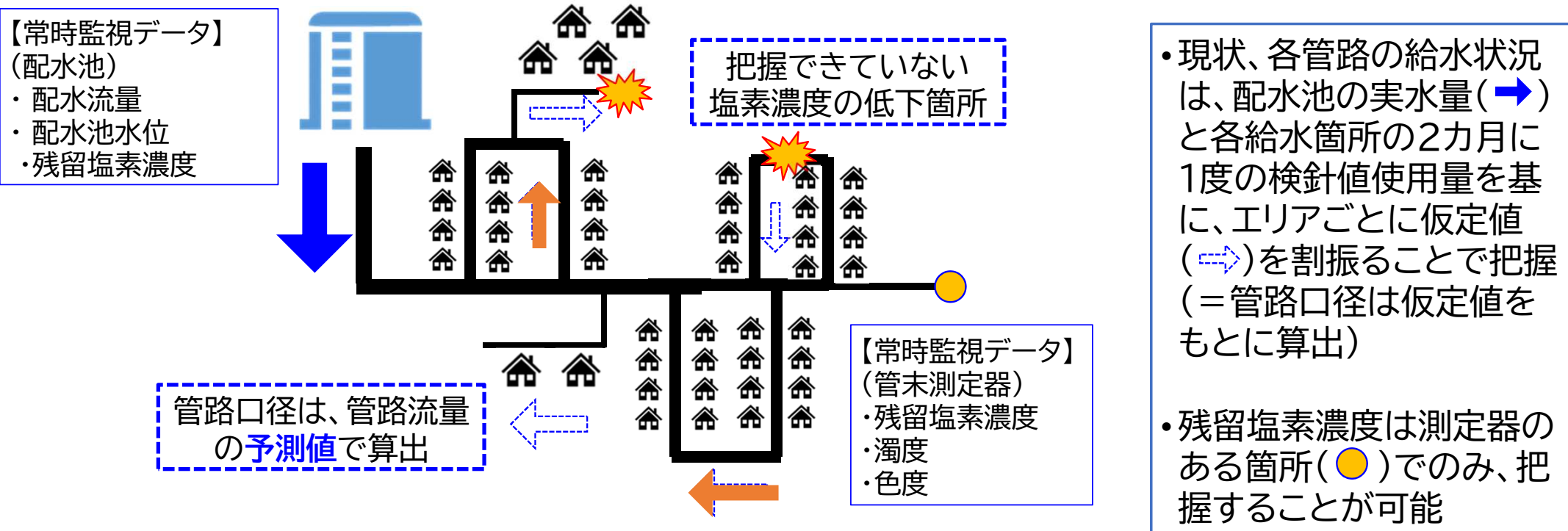


補完データとして、配水管の流量・流向・流速等データを収集

データ利活用の取組【共同研究の概要（現状の課題）】

現 状

配水管網の給水状況は配水池データを基に予測



データ利活用の取組【共同研究の概要(目指す姿)】

今回

水道スマートメーター等の技術を活用することで、
各管路の経時的な**実態把握**の可否を検証

【常時監視データ】
(配水池)

- ・配水流量
- ・配水池水位
- ・残留塩素濃度



【スマートメーターデータ】
(各給水箇所に設置し、管内
の流量・流向・水圧を把握)

- ・使用水量
- ・瞬時流量

【超音波流量计データ】
(管内流向等の補完として配水管の
要所に設置)

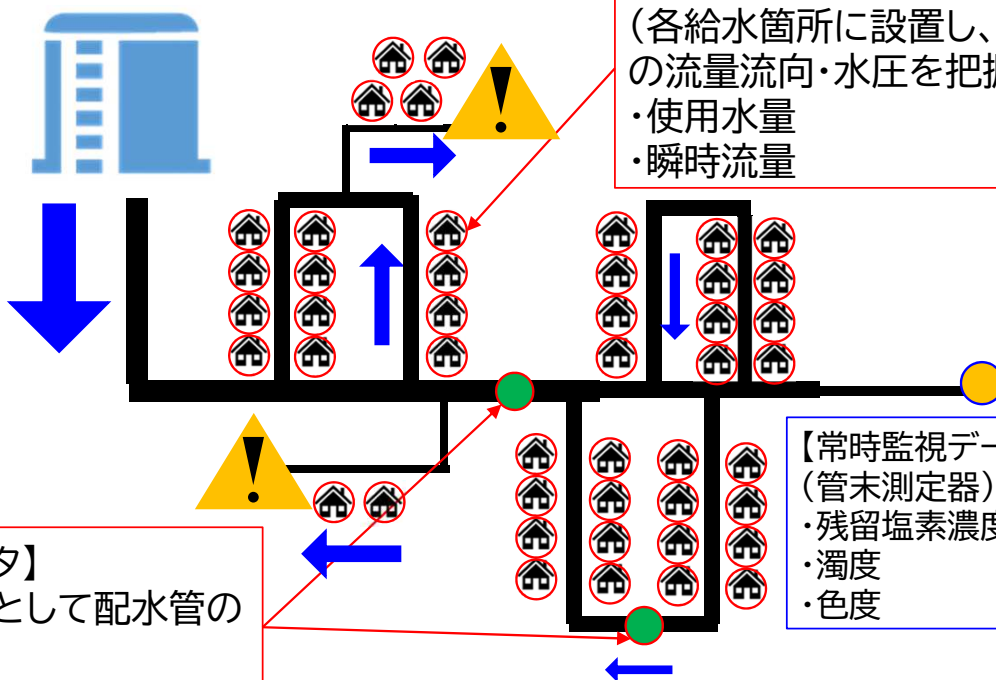
- ・流量
- ・流向
- ・水圧

【常時監視データ】
(管末測定器)

- ・残留塩素濃度
- ・濁度
- ・色度

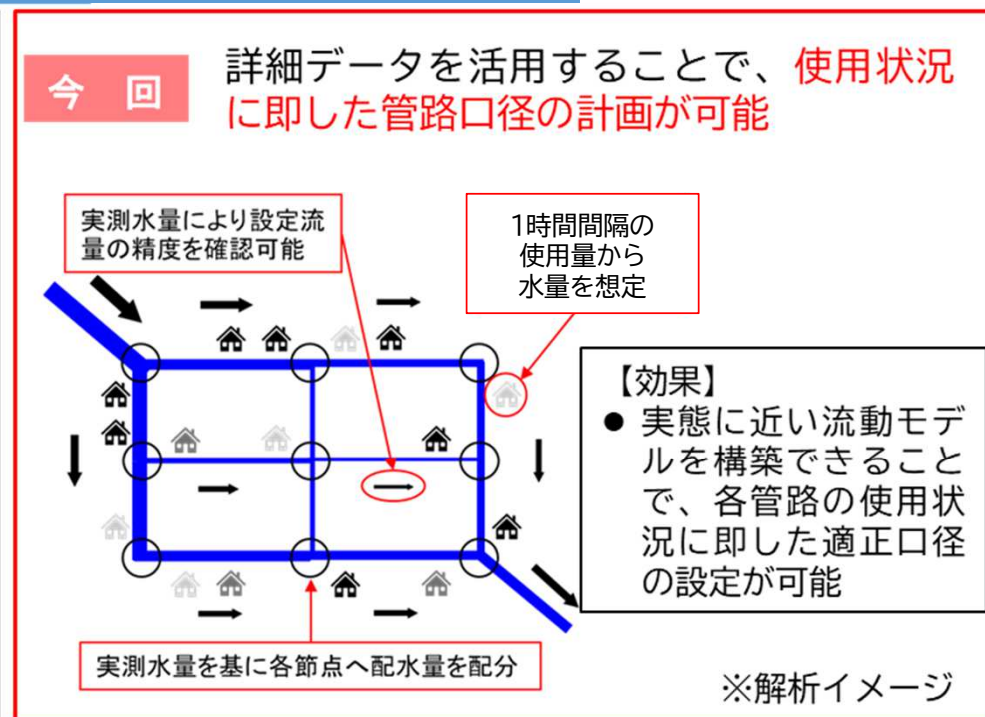
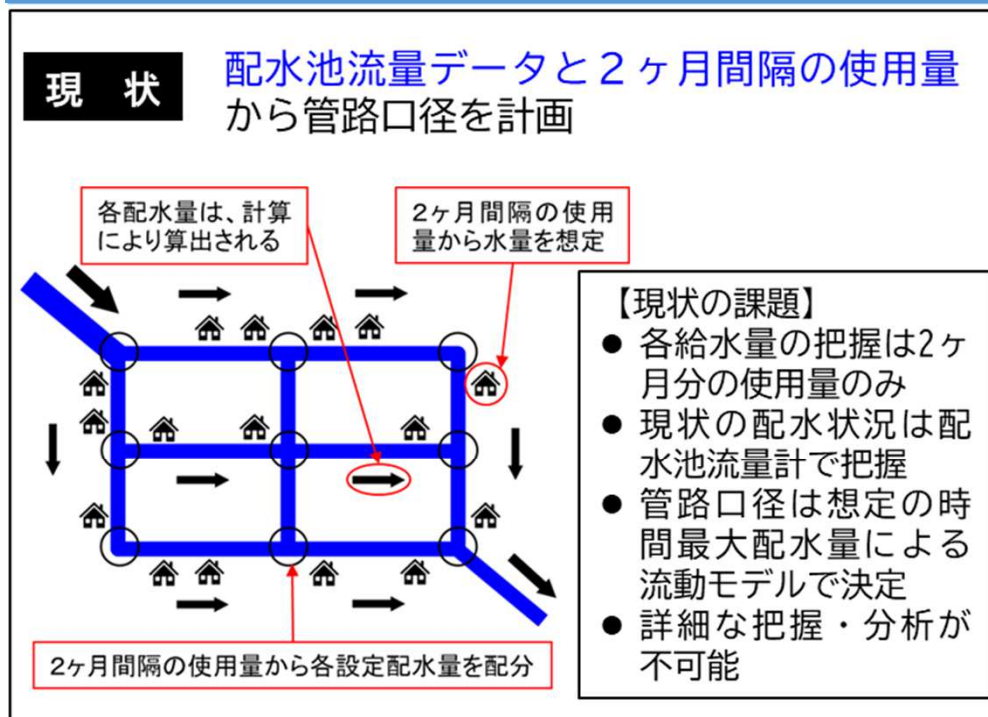
・配水池及び各給水箇所(○)の
経時的な水量及び配水管要所
(●)の給水状況を把握するこ
とで、配水管各所の給水実態
(→)を算出することが可能
(= 管路口径を実測値で算出)

・水の流達状況が把握可能とな
り、管末側定器の設置個所に
限らず、配水管各所(○&●)で
残留塩素濃度を算出すること
が可能



データ利活用の取組【共同研究の概要(研究のねらい①)】

● データ利活用(その1)【実測使用水量による各管路の適正口径の把握】



効 果

各管路の使用状況に応じた適正管路口径を把握することで、**最適な管路口径が設定**できるとともに、**管路更新費の最適化**が可能となる。

データ利活用の取組【共同研究の概要(研究のねらい②)】

● データ利活用(その2)【管内各所における残留塩素濃度の予測】

現 状

残留塩素濃度の減退状況の把握は配水池出口と管末水質データで対応

管末の残留塩素数値を基に濃度を調整

管末の残留塩素濃度を常時監視

今 回

管網計算結果から管網内の滞留時間を把握し、残留塩素濃度の減退状況の推定結果から水の停滞区間(管路)を把握・改善

配水管内の残留塩素濃度及び管網計算による滞留時間から、残留塩素濃度が低下する箇所を把握

効 果

センサー機器等の追加設置を要せずに、管路内の滞留箇所を特定できるようになり、衛生管理を強化すべき場所の把握・対応をすることで、**水質管理の強化**が可能となる。

データ利活用の取組【各者の役割】

【役割構成及び研究項目】

【中部電力 株式会社】

スマートメーターを中心とした各種計測データ
取得の通信ネットワークを構築

【株式会社 東京設計事務所】

収集した実測値を基に実際の使用状況に
応じた管網解析モデルを構築

【国立大学法人 豊橋技術科学大学】

残留塩素減退のメカニズムと管網解析モデル
を基に管内の衛生状況を予測

【静岡県湖西市】

研究成果や配水量のピークカット・ピークシフトも
視野に、事業費削減効果や水質への効果を検証

●情報通信ネットワークの構築



●計測データによる管網解析



●管内環境下での残留塩素濃度変化の把握



●研究成果の効果検証

水道スマートメーター等のデータ利活用による 共同研究成果発表会

2. 情報通信ネットワークの構築

発表者
中部電力(株) 水上 洋佑

情報通信ネットワークの構築一 目 次

1. 電力スマートメーターの導入と利活用

2. 電力スマートメーター通信網の概要

◇設備構成 ◇特長 ◇端末の種類

3. 実証概要

4. 通信網の構築結果

◇データ取得率の推移 ◇対策の実施

5. まとめおよび今後の展望

1. 電力スマートメータの導入と利活用

- ・中部電力では、2022年度末までに電力スマートメータを導入
- ・導入当初より社会インフラとして活用することを計画しており、自社での活用の他に、社会的コストの合理化を目指してガス、水道との共同利用(共同検針方式)を積極的に実施(ガスでは約30万件、水道検針では中部エリア内の約2割にあたる37事業者へ提供中)

AMI (Advanced Metering Infrastructure) システム全体をインフラとして様々な用途への応用

AMR (Automated Meter Reading)

自動検針等の業務効率化

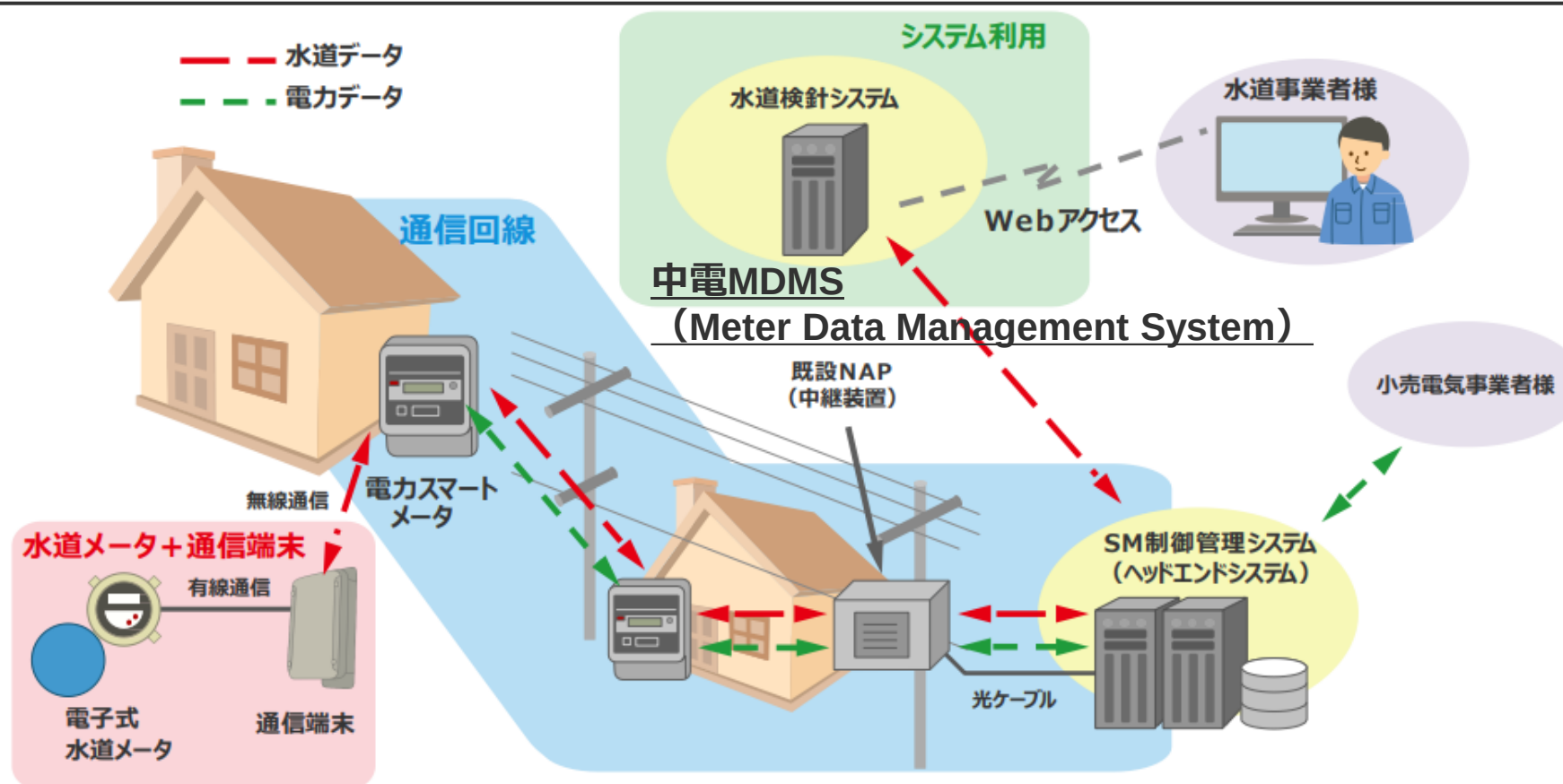
- 検針の自動化
- 電気の入切作業の遠隔化
- 電気使用状況の「見える化」

- 様々なサービスへの展開
 - ・ **共同検針 (ガス・水道)**
 - ・ 他業種への活用
- 配電系統運用の高度化
 - ・ 断線検出、停電管理
 - ・ 設備管理
 - ・ 系統管理



2. 電力スマートメーター通信網の概要 設備構成

- ・共同検針方式では、水道スマートメーターのデータは最寄りの電力スマートメータへ送信
- ・電力スマートメータへ送られた水道データは、既存の電力の通信網を經由して、中電MDMSへ蓄積
- ・水道事業者様が中電MDMSを通じて、データの取得やメータへの遠隔指示を実施



2. 電力スマートメーター通信網の概要 特長

- ・高いエリアカバー率: 中部電力エリアにおいて約1千万台の電力メータがアンテナとして網羅的に設置
- ・電波の届きやすさ: 起伏の多い山間部などにも設置されることで不感箇所ができてにくい

高いエリアカバー率

▽電力スマートメータについては2015年から本格的に導入開始し、中部電力エリアに約1千万台が**網羅的に**設置済
(全電力メータをスマートメータへ取替完了)

⇒ 中部電力エリア全域に通信ネットワークを形成



電波が届きやすい

<電波遮蔽が起こる場所>

高層建築物の
多い都市部

起伏の多い山間部



▽約1千万台のスマートメータがアンテナになって無線通信を中継

電波不感箇所ができてにくい

2. 電力スマートメーター通信網の概要 特長

- ・距離の近さ：電波環境が厳しいとされる水道柵内においても、電力スマートメーターとの距離が近いことで電波が届きやすい
- ・電池消耗リスクが低い：通信距離が近く、つながりやすいため設計外の電池消耗が発生しづらい

水道向けテレメータサービス活用時のメリット

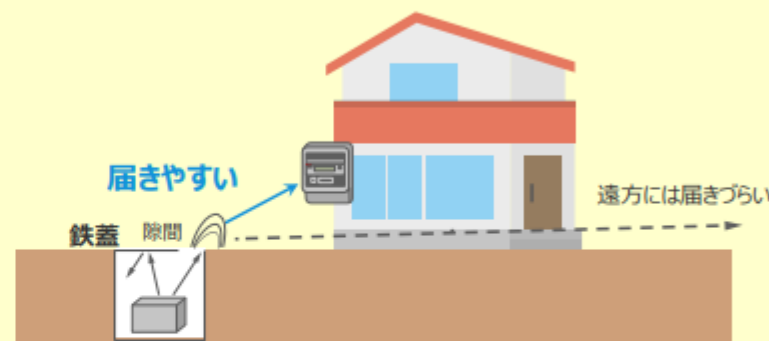
過酷な環境でも電波が届きやすい

水道特有の環境：「地中」「鉄製の水道柵」

鉄蓋の隙間から漏れた（減衰した）電波でも
電力スマートメーターが近いため届きやすい

湖西市では一部地域の全域で2,000台規模の実証を実施。

取得率：100 %※を実現 ※ごく一部で電波対策を実施



設計外の電池消耗リスクが低い

通信端末は計器検満期間の8年間安心して利用可能

電力スマートメータ通信は
つながりやすいため、通信リトライのリスクが少ない
通信距離が近いため、一度の通信の消費電力が少ない

電池消耗による
端末交換リスクが少ない

2. 電力スマートメーター通信網の概要 端末の種類

- 水道メーターと通信するための通信端末は地上式と地下式の2種類
- 地上式: マンションのシャフト内等水没しない環境に設置・・・IP54仕様
- 地下式: 水道枡内等の水没が想定される環境に設置・・・IP68仕様

水没しても使用可能な防水通信端末



設置イメージ



水没しない環境で使用する通信端末

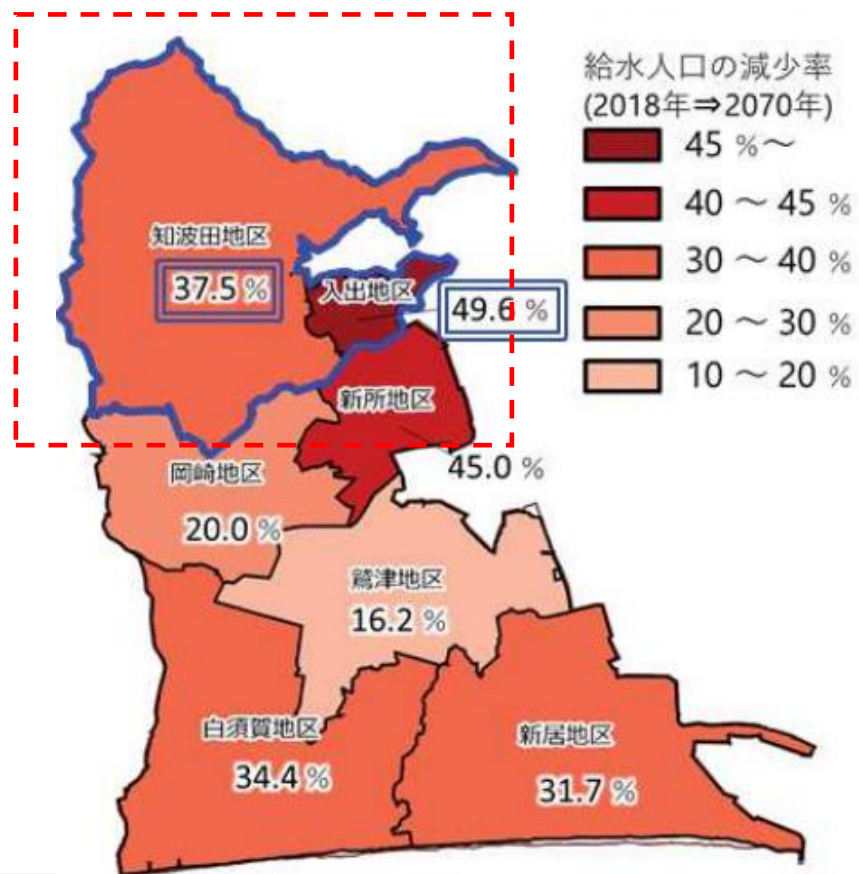


設置イメージ



3. 実証概要

- ・設置箇所、個数：湖西市北部(知波田・入出地区)、1,891件(地上式:16件、地下式1,875件)
- ・設置期間:2021年8月～2022年3月
- ・ネットワーク構築期間:2022年4月～2022年10月



■ 地上設置例



■ 地下設置例



4. 通信網の構築結果 データ取得率の推移

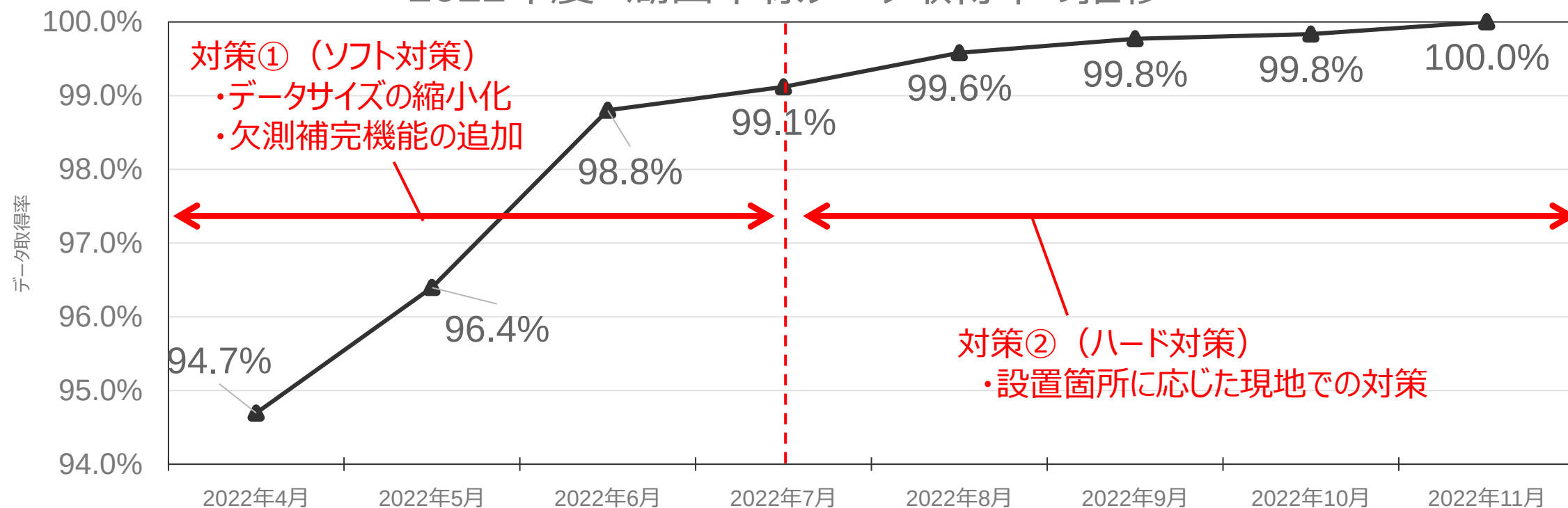
・主に以下の2つの対策を実施することで、2022年11月以降に取得率100%（1,891件）を達成した。

対策①（ソフト対策） データサイズの縮小化（1回の送信あたり64コマから4コマ）

欠測補完機能の追加 ➡（94.7%⇒99.1%）

対策②（ハード対策） 設置箇所に応じた現地対策の実施 ➡（99.1%⇒100%）

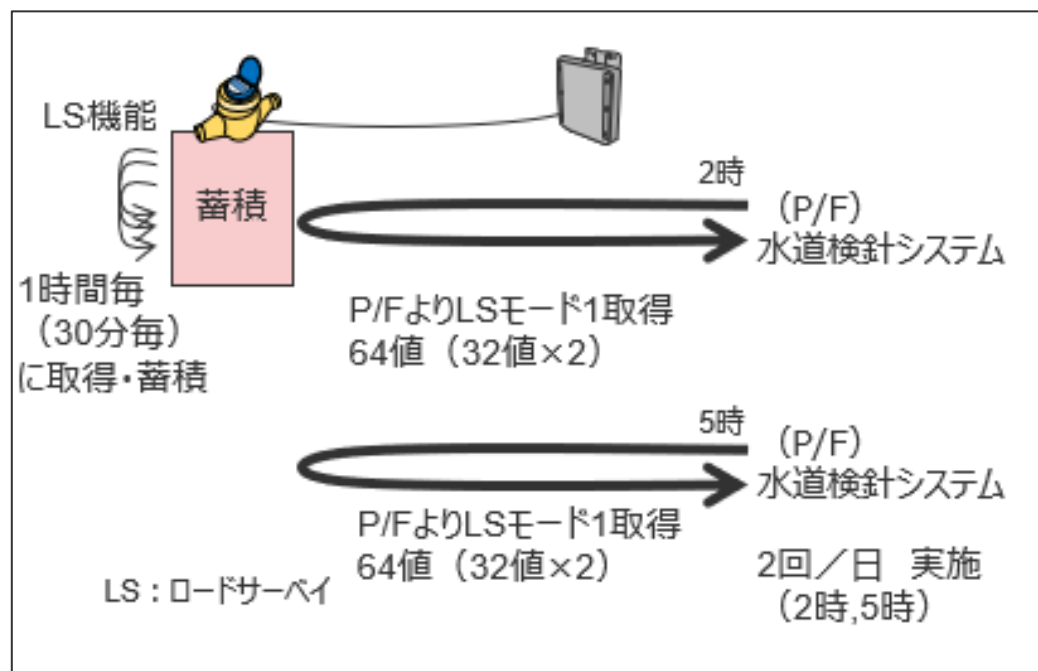
2022年度 湖西市様データ取得率の推移



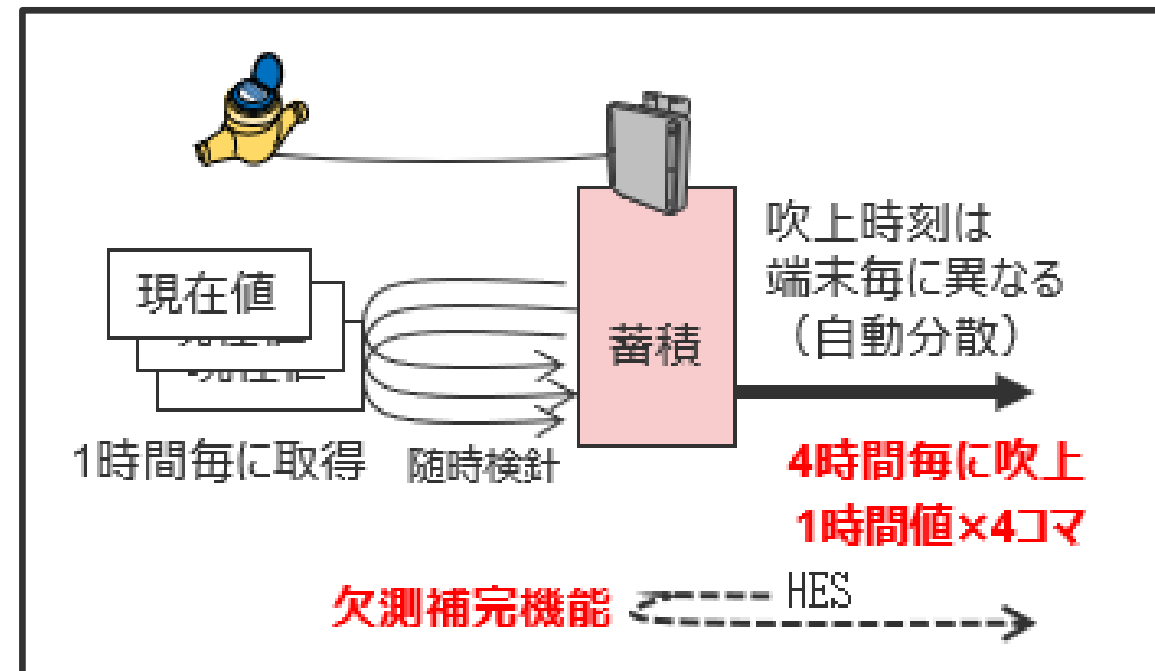
4. 通信網の構築結果 対策の実施①（ソフト対策）

- 通信方式には水道メーター内のロードサーバイデータを活用する「ロードサーバイ取得方式」と通信端末内に随時検針データを蓄積する「吹上方式」の2通りを検討
- 取得率の向上の観点よりデータサイズの縮小化（1回の送信あたり64コマから4コマ）が可能なことや欠測補完機能を有する「吹上方式」を採用

■ ロードサーバイ取得方式



■ 吹上方式



4. 通信網の構築結果 対策の実施②（ハード対策）

- ・通信状況や電波減衰の原因等を究明し、合計54箇所について設置箇所に応じた対策を実施
- ・水道柵内の金属蓋や水没による電波減衰が原因の大半を占めており、それぞれに対応する水道柵蓋の交換や、設置位置の改善等の対策を実施

原因 (箇所数)	現地での対策				
	水道柵・水道 柵蓋交換	通信端末 地上化	柵内設置位置改善 (台座設置等)	環境改善（掘削、 障害物除去等）	電力SM 増設
鉄蓋（22）	18	3	-	-	1
水没（17）	3	2	8	4	-
遮蔽物（3）	-	1	-	2	-
電力SMなし（3）	-	-	-	-	3
その他（9）	-	9	-	-	-
合計（54）	21	15	8	6	4

4. 通信網の構築結果 対策の実施（ハード対策：例）

■ 水道柵、水道蓋の交換



樹脂蓋

■ 通信端末の地上化



地上化

■ 柵内の設置位置改善



架台設置

■ 環境改善



■ 電力SMの増設



電力SM

5. まとめおよび今後の展望

【実証実験のまとめ】

・データ取得率100%を達成

- ◇水道枡内の環境下でも電力スマートメータ通信網の有効性を確認
- ◇一部の鉄蓋や水没が発生する環境においても現地対策により通信が可能であることを確認

【今後に向けて】

・更なる水道管理の高度化を見据えて、ロードサーベイ取得方式※にて30分値でのデータ取得を実施

- ◇平均取得率:約99%(1か月間)を確認

《100%とならなかった原因》

主に降雨による水道枡内の水没影響

《対策案》

- ①水道枡内の水没対策強化(防水・排水の工夫)
- ②データ送信回数の改善(通信の安定性向上)

※水道メーターの電池持ちを考慮し、
ロードサーベイ取得方式にて実施

➡ 「安定的なデータ提供」 ・ 「詳細なデータ提供」
を通して水道事業の効率化・高度化へ貢献



水道スマートメーター等のデータ利活用による
共同研究成果発表会

3. 水道配管内の管網解析の精緻化

発 表 者

株式会社東京設計事務所 北島 涼介

本発表の構成

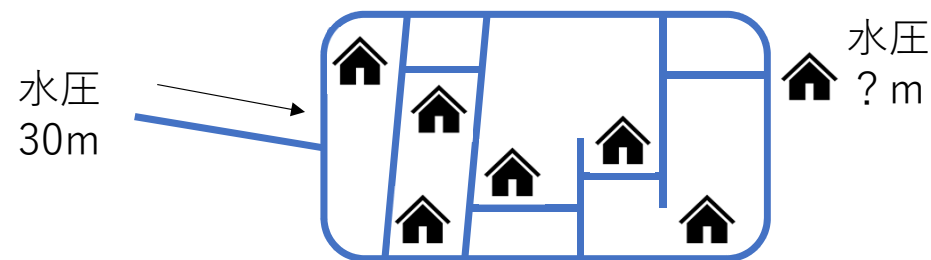
1. 管網解析について
2. 対象管網と取得データ
3. 管網解析の精緻化の実施内容
4. 超音波流量計流量による流速係数の調整
5. 適正口径検討結果の比較
6. 時間帯別水需要の可視化



1. 管網解析について

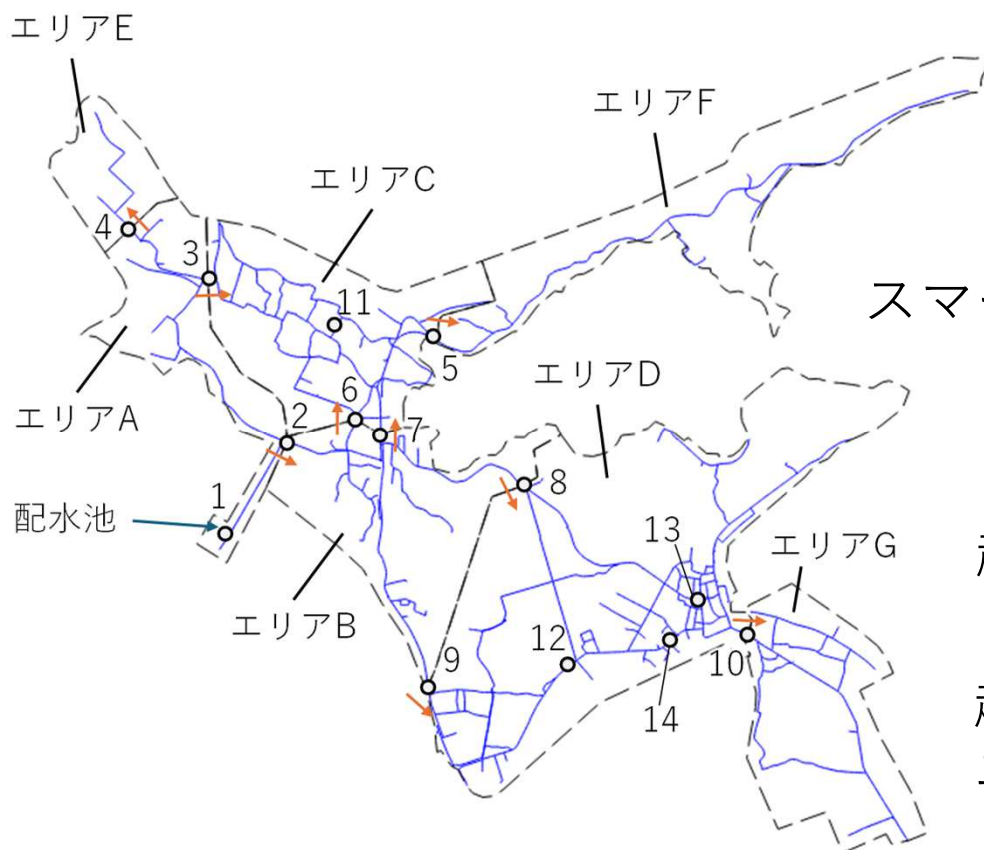
■ 管網解析とは

- 浄水場などの供給点から各需要点の水需要を満足するように水が流れた場合の流量と水圧を水理計算で予測する手法。
- 管網の関わる水道施設の整備の計画の際には、必ず管網解析による水圧、水量の予測を行う。
- 後述する適正口径の検討は、管路口径の条件を変更しながら管網解析を繰り返し行い、一定の水圧確保の条件で既設管路の口径をどこまで縮小できるかを検討した。



2. 対象管網と取得データ

管網と超音波流量計位置図



配水方法： 配水池からの自然流下

管路総延長： 約40km

スマートメーター個数： 約1,900個（全戸に設置）

取得データ： 使用水量の累積値

データ記録頻度： 1時間

超音波流量計個数： 13個

超音波流量計の設置箇所は管網を分割し、
エリアの設定が可能となる位置を基本とした。

3. 管網解析の精緻化の実施内容

精緻化として、①は実施できたが、②は後述の理由により未実施となった。

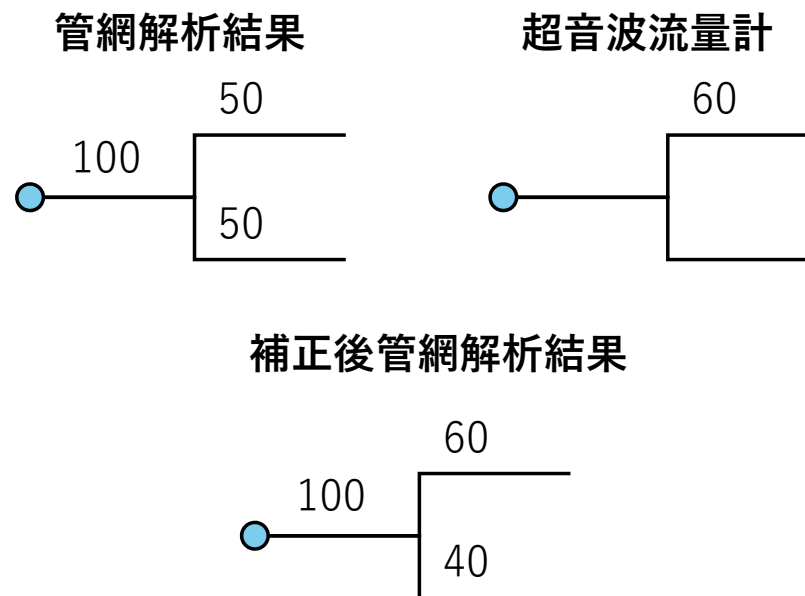
① 実需要の反映

管網モデルについて、スマートメーターから得られた実際の水需要を反映



② 流速係数の補正

管路の流速係数について、超音波流量計の流量が管網解析結果と合うように補正

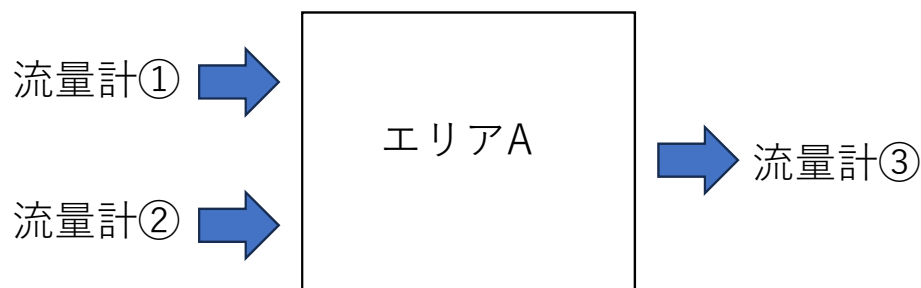


4. 超音波流量計流量による流速係数の調整

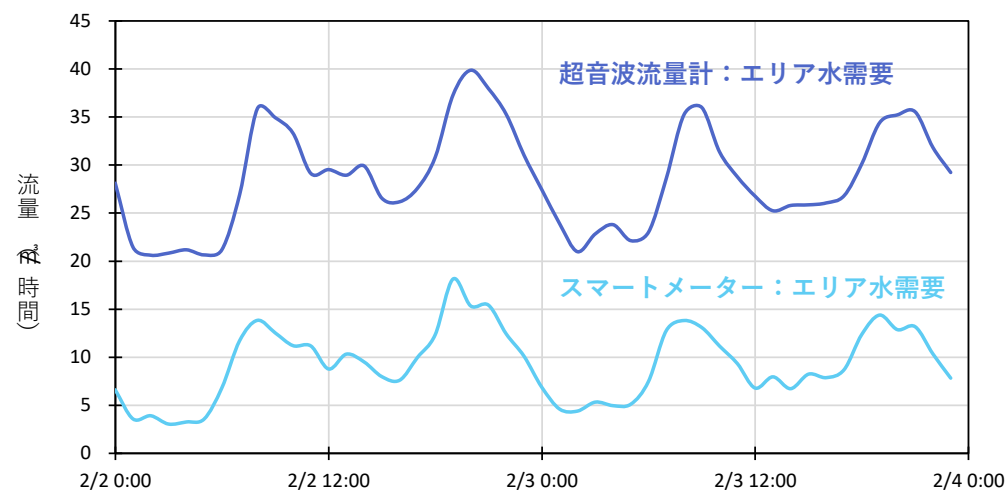
流速係数の調整

- 流速係数は通常一律110で設定されるが、管路に応じて変化する可能性がある。
- 超音波流量計とスマートメーターの整合性を収支で確認した際に、乖離があった。
- 流量収支は単純な合計での比較であり、ここが違う場合には流速係数を調整しても流量を一致させることはできない。またエリアによって乖離が異なり一律の補正も困難。
- そのため、流速係数の調整は行えなかった。

エリア収支のイメージ

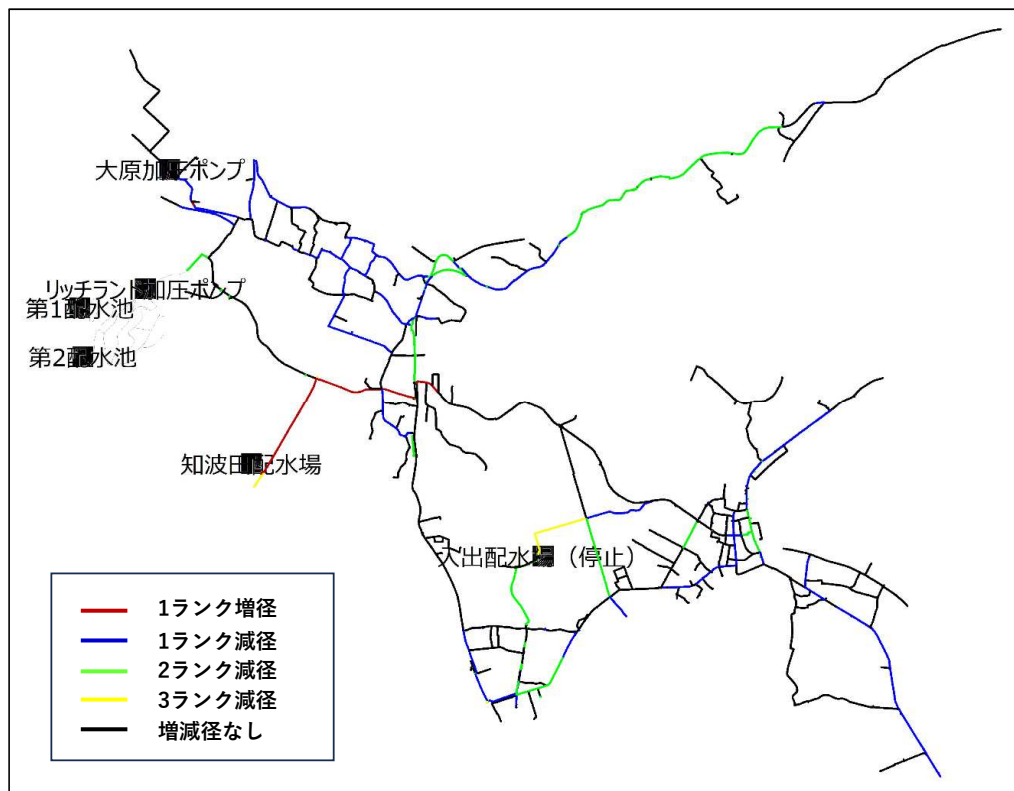


$$\text{エリアA内スマメ合計} = \text{①} + \text{②} - \text{③}$$

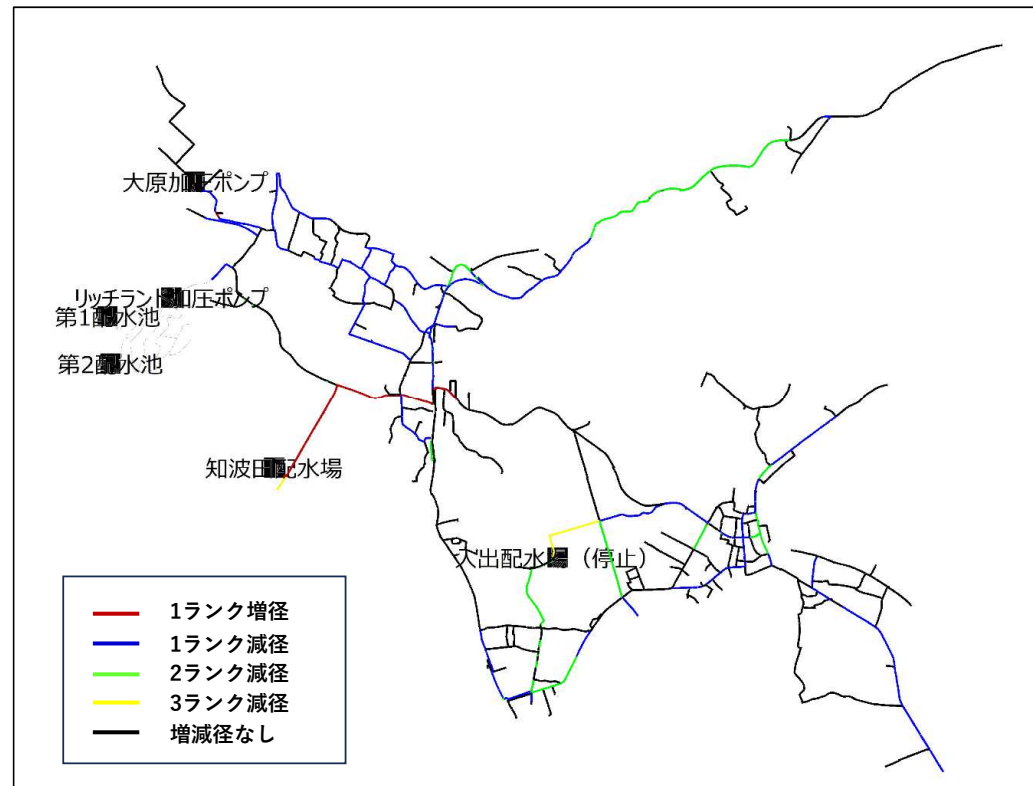


5. 適正口径検討結果の比較

従来モデル



スマメモデル

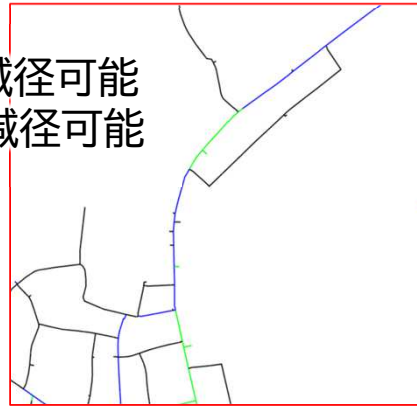


5. 適正口径検討結果の比較

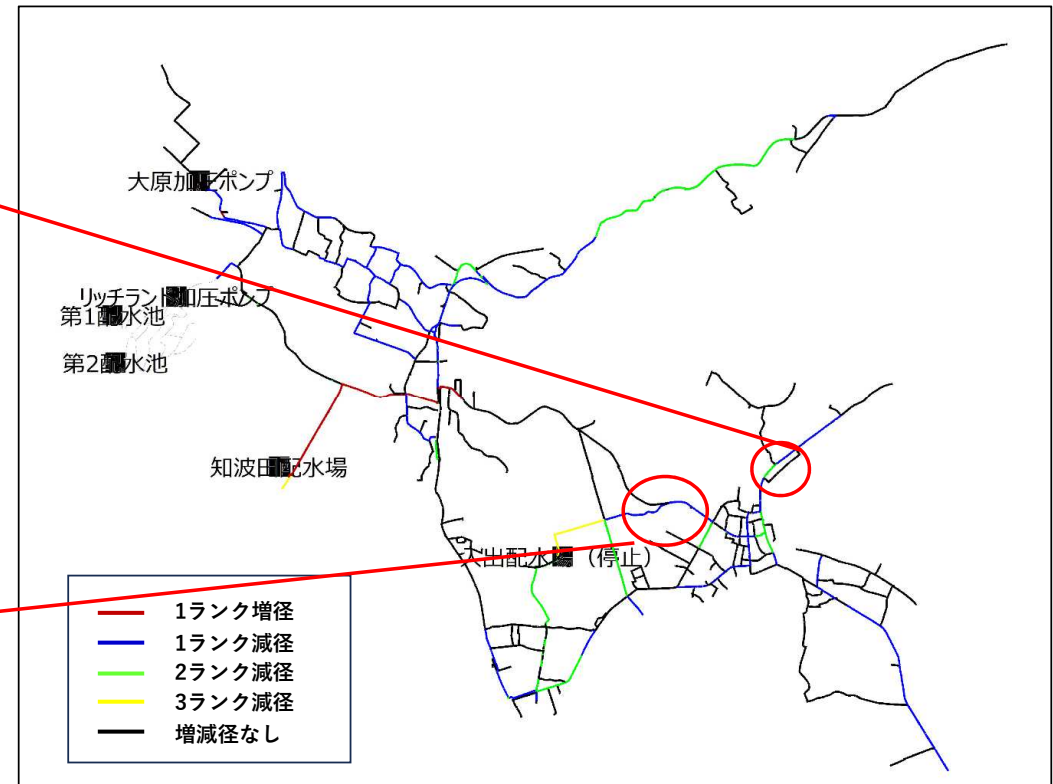
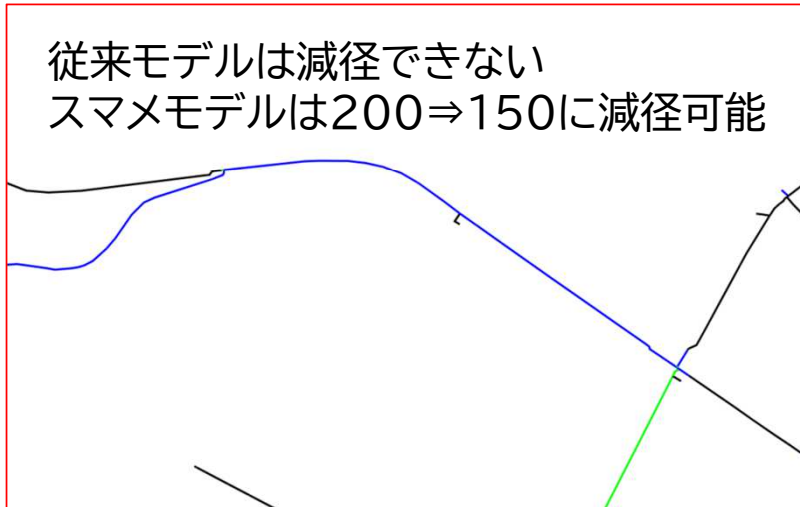
●従来モデルよりも需要が低く減径効果のある管路

スマメモデル

従来モデルは150⇒100に減径可能
スマメモデルは150⇒75に減径可能



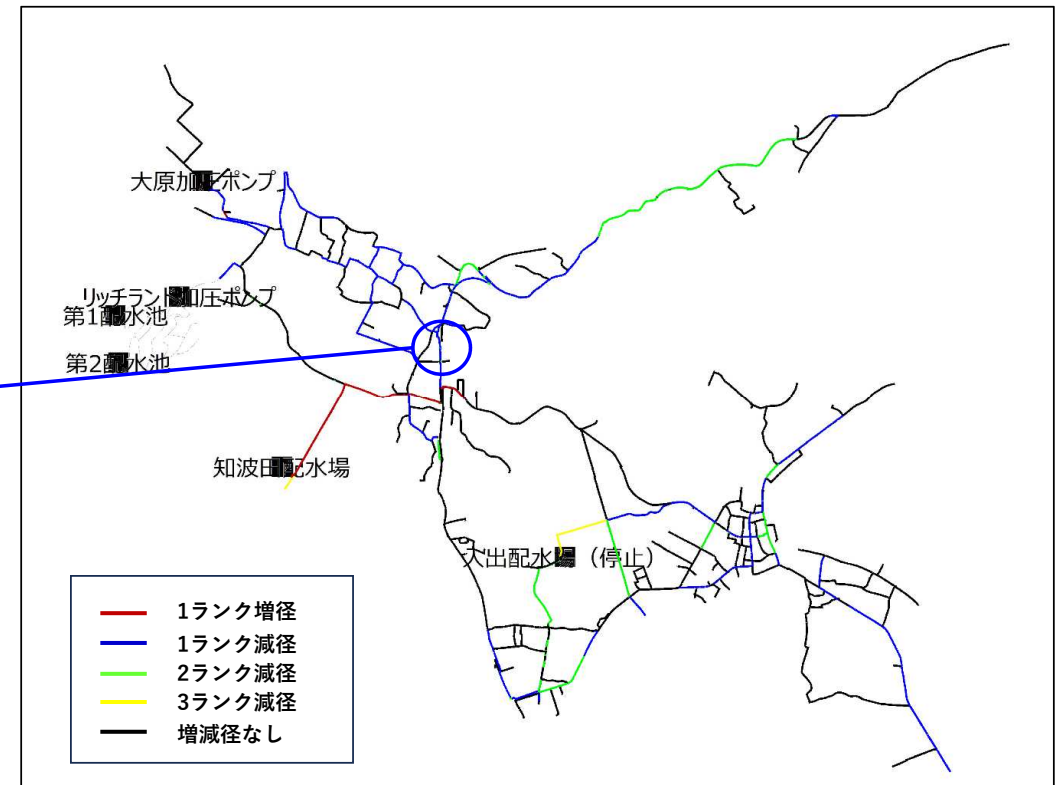
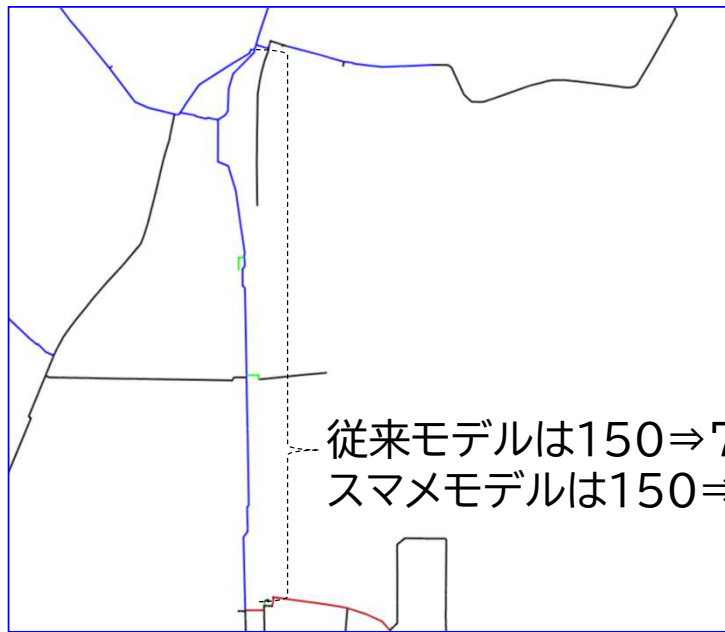
従来モデルは減径できない
スマメモデルは200⇒150に減径可能



5. 適正口径検討結果の比較

●従来モデルよりも需要が高く減径できない管路

スマメモデル



6. 時間帯別水需要の可視化

■ 使用したツール

PythonでPlotlyというライブラリを使用

Plotlyはデータの視覚化のためのオープンソースライブラリ

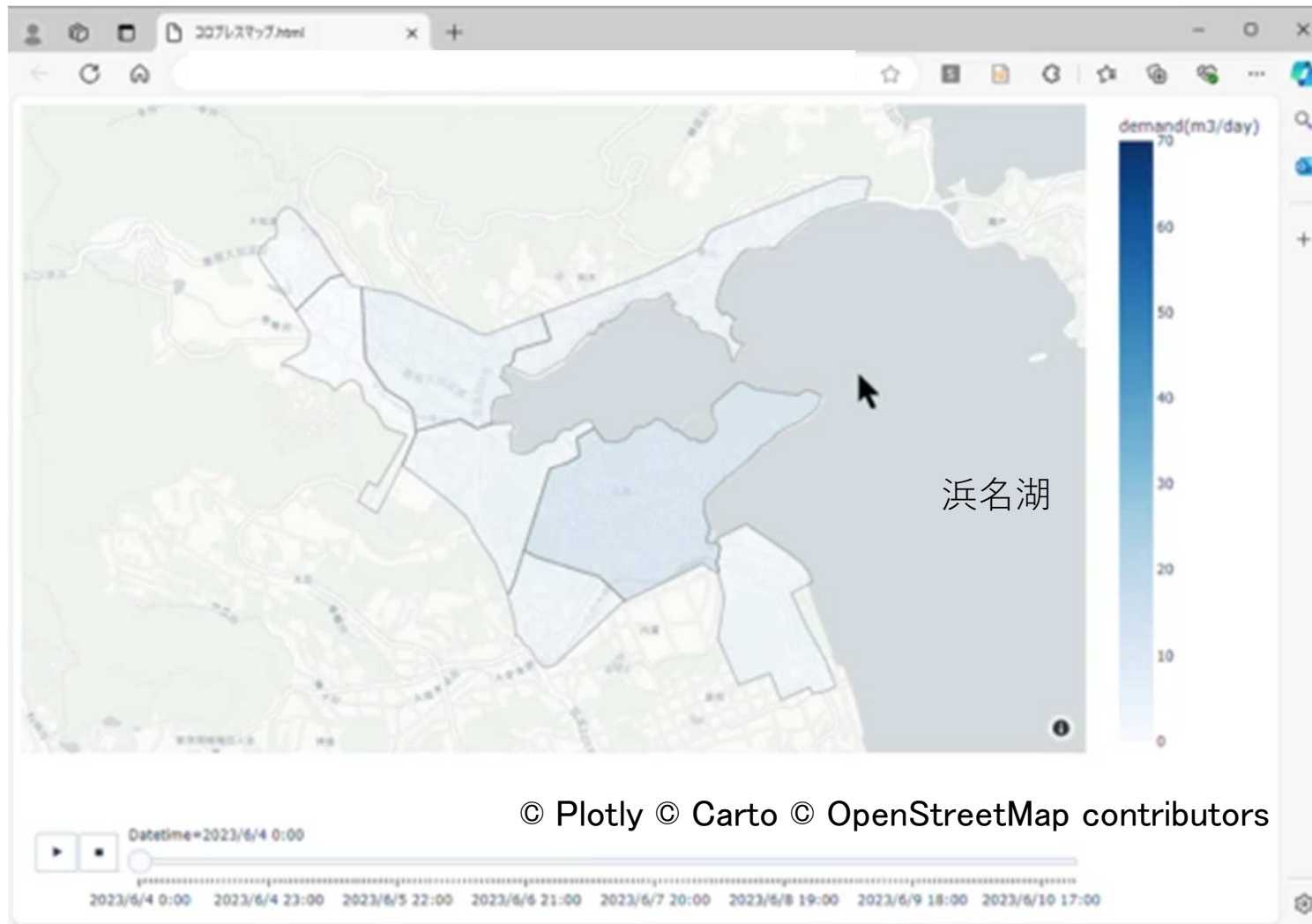
■ 可視化手法

1時間ごとのスマートメーターデータをもとに可視化

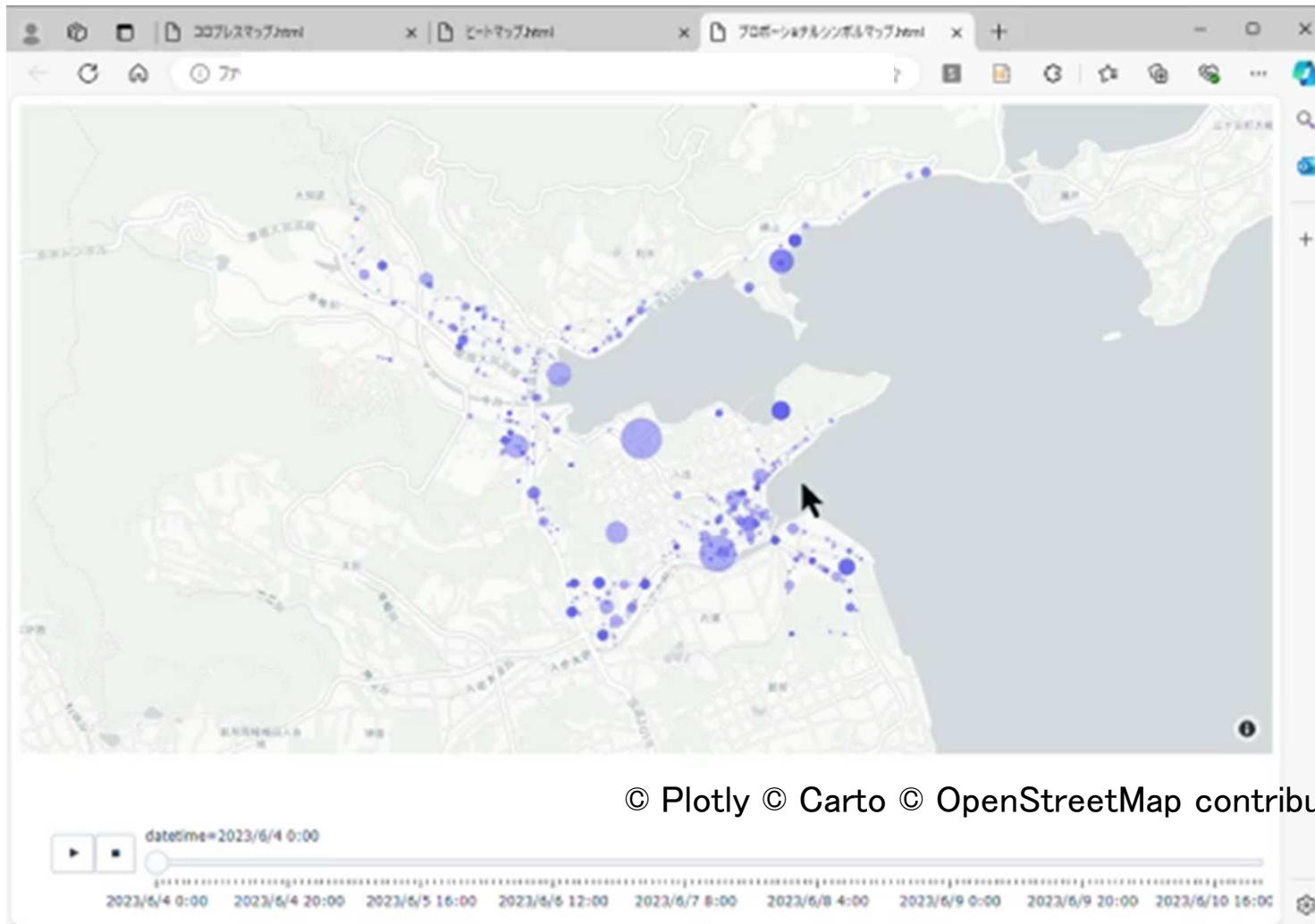
- コロプレスマップ：水需要の大小で管網状況から作成したエリアを塗り分け
- プロポーショナルシンボルマップ：需要量で需要位置のシンボルサイズを変更
- ヒートマップ：水需要の分布を色の濃淡で表現



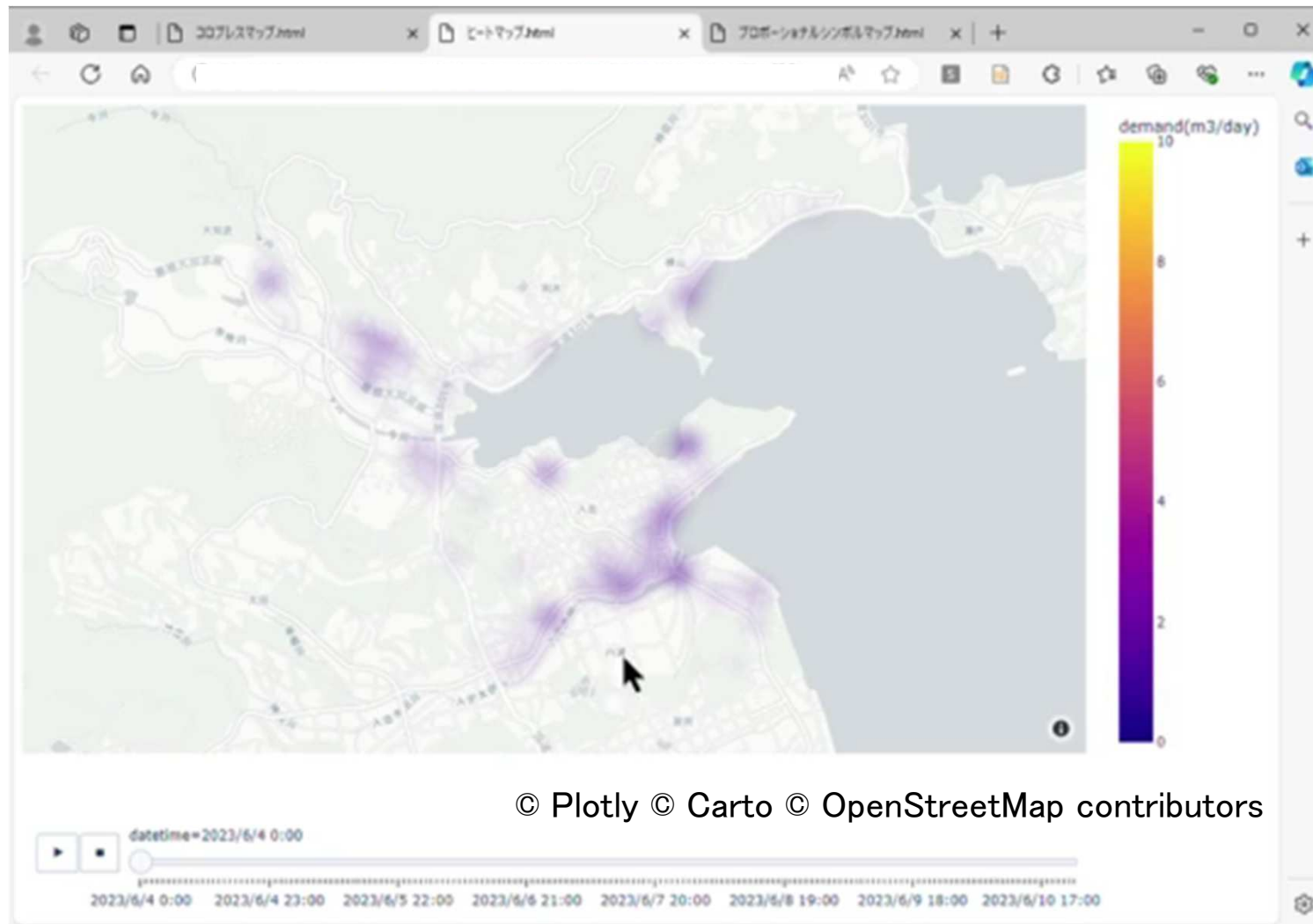
6. 水需要の可視化 (1/3) コロプレスマップ



6. 水需要の可視化（2/3） プロポーショナルシンボルマップ



6. 水需要の可視化 (3/3) ヒートマップ



水道スマートメーター等のデータ利活用による
共同研究成果発表会

4. 管内環境における残留塩素濃度の変化

発 表 者
豊橋技術科学大学 井上 隆信

研究概要(研究背景・目的等)―目次―

1. 対象地域及び濃度変化シミュレーションの概要
2. バルク崩壊係数 k_b と壁面減衰係数 k_w の推計
3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果

1. 対象地域及び濃度変化シミュレーションの概要

- 解析対象地域

詳細

静岡県湖西市北部の知波田地区
の1つのブロック

広域

入出・知波田地区全域

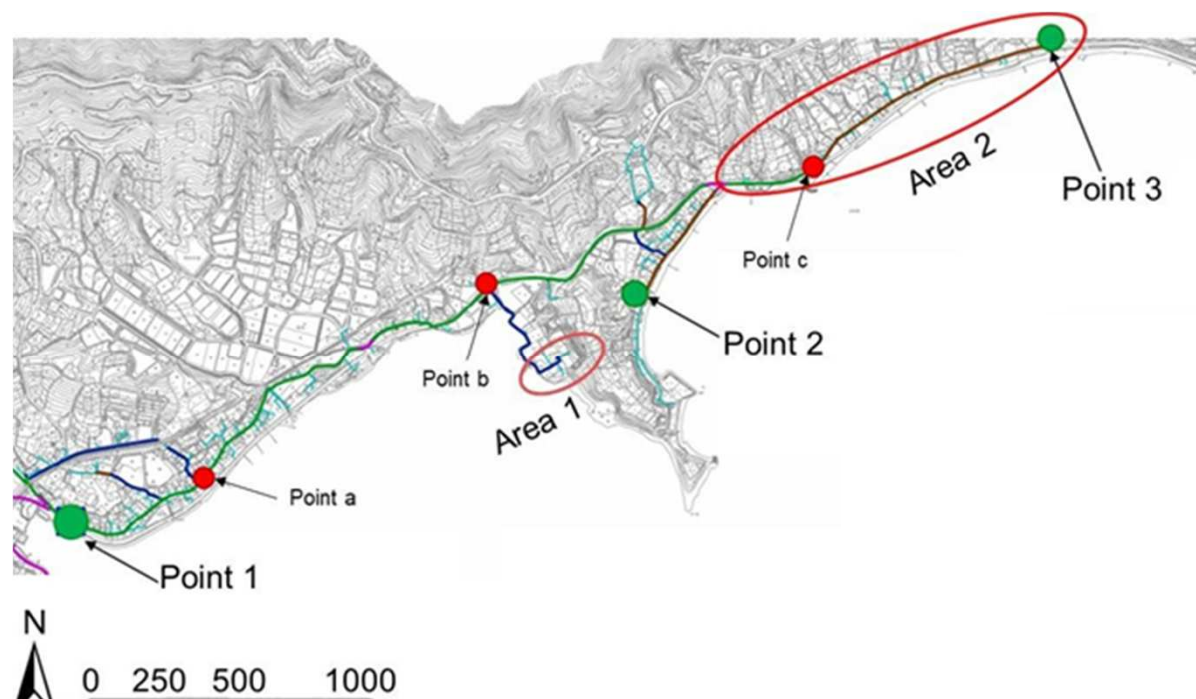
- 解析対象期間

詳細

配水池水温が高い2023年9月
3日～5日の計3日間

広域

2023年7月1日～9月30日



詳細解析対象地域

1. 対象地域及び濃度変化シミュレーションの概要

EPANETによる配水ネットワークの作成

水道管の長さ、粗度、口径、材質と接点の位置情報データの入力
配水池と世帯の位置情報データの入力

入力変数の決定

バルク崩壊係数 k_b :室内実験によって決定
壁面減衰係数 k_w :シミュレーション値と実測値より決定
各世帯の時間当たりの水使用量:水道スマートメーターデータを入力
配水池の流量,水温,塩素濃度:測定データを入力

シミュレーションの実行

9月1日から実行し、対象期間前に水道水が末端部まで行き渡らせたる
対象期間の9月3日～5日の残留塩素濃度の低下が予測される地点を評価

2. バルク崩壊係数 k_b と壁面減衰係数 k_w の推計

- 残留塩素濃度の自然減少の要因として、水道水の水温や水中の物質によって発生するバルク減衰反応と配管内の表面材料との反応による壁面減衰反応が存在

<EPANET2.2における配管網の残留塩素濃度式>

$$\frac{dC}{dt} = - \left(k_b + \frac{4k_w}{D} \right) C$$

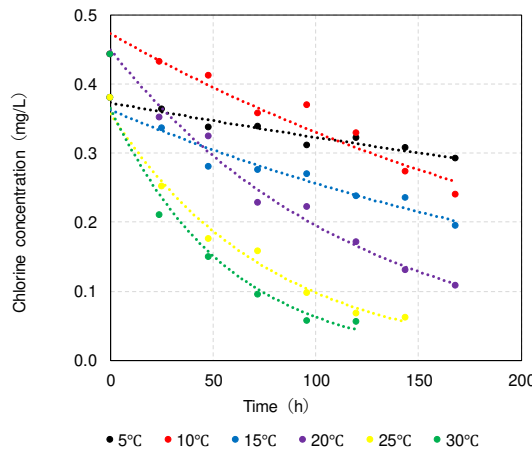
C:特定の地点における塩素濃度(mg/L), C_0 :初期塩素濃度(mg/L),

t:水の滞留時間(日), D:水道管の直径(m),

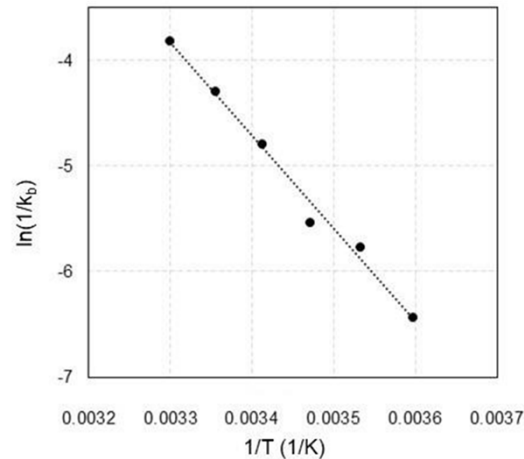
k_b :バルク減衰係数(/日), k_w :壁面減衰係数(m/日)

2. バルク崩壊係数 k_b と壁面減衰係数 k_w の推計

バルク崩壊係数



残留塩素濃度減少実験の結果



アレニウスプロットの結果



絶対温度 T と k_b の関係式

$$k_b = 8.41 \times 10^{10} \times e^{(-8.79 \times 10^4 / T)}$$

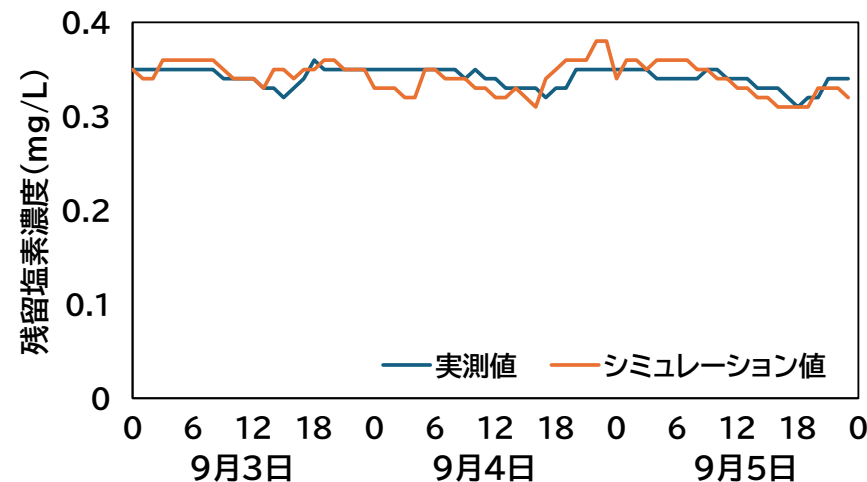
- 配水池出口で採水した水試料を、5℃から30℃まで5℃間隔に設定した恒温槽を用い、1次反応式を仮定して、各温度におけるバルク減衰係数 k_b (/日)を決定
- k_b と水温の関係をアレニウスの式を用いて関係式を決定

2. バルク崩壊係数 k_b と壁面減衰係数 k_w の推計

壁面減衰係数

K_w	RMSE
0.017	0.0172
0.018	0.0148
0.019	0.0158
0.020	0.0143
0.021	0.0153
0.022	0.0157
0.023	0.0176

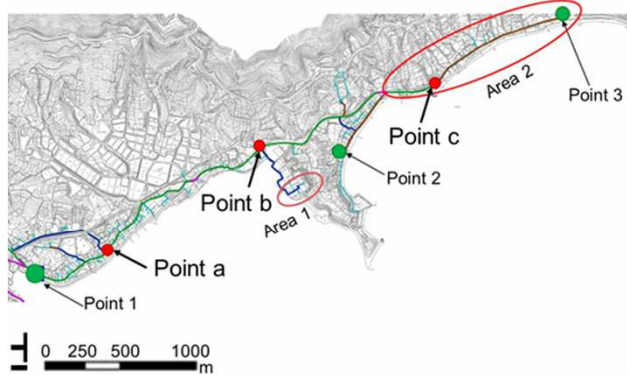
最小二乗誤差の適用結果



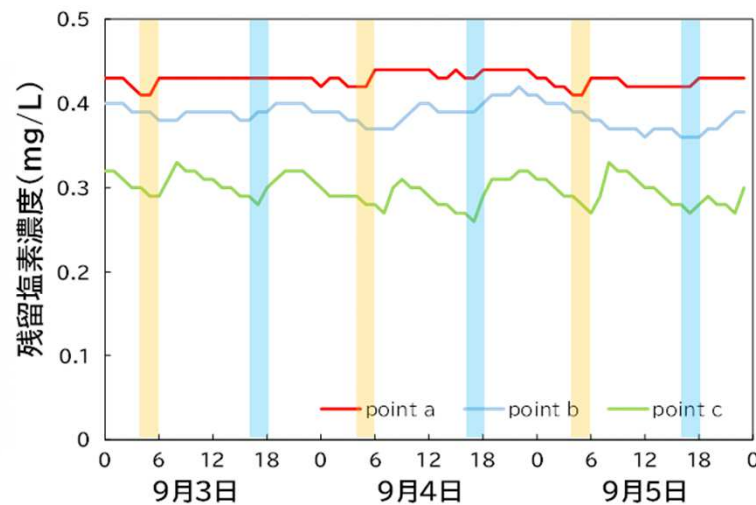
実測値とシミュレーションの比較

- k_w は配管の経年劣化や管内表面の粗度の変化の影響を受けるため、測定が困難
- 実測残留塩素濃度とEPANETでの推定濃度が一致するように最小二乗誤差 (RMSE)によって k_w を求め、0.020m/日と決定

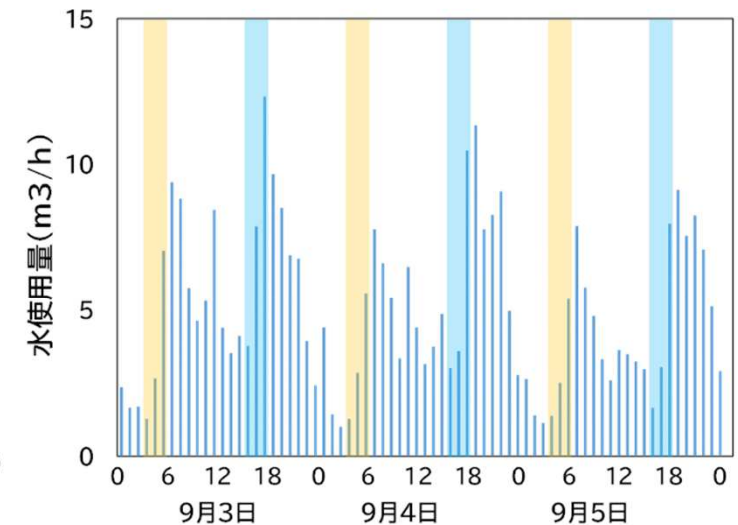
3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果



3地点の地図



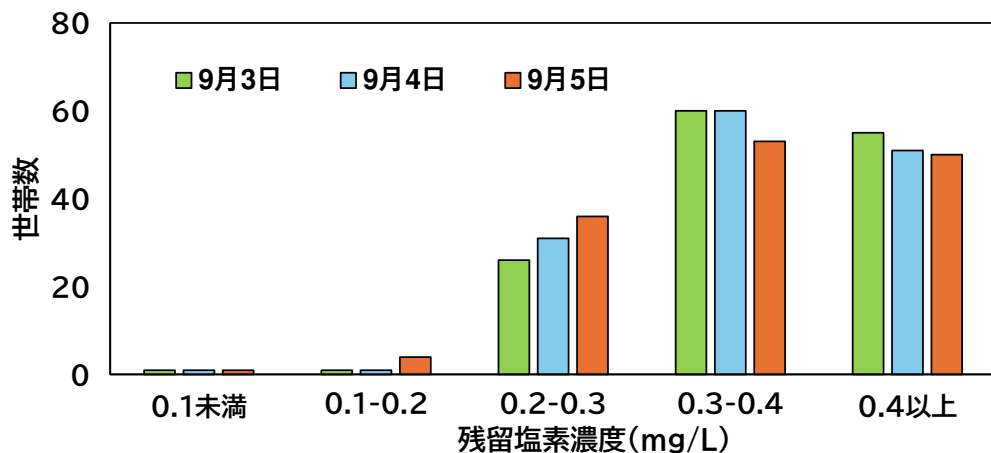
3地点の残留塩素濃度の時間変化



解析対象地点の水使用量

- 配水池付近の地点aと本管中間付近に位置する地点bの残留塩素濃度はほぼ一定
- 末端部付近は早朝4～6時と夕方16～18時に残留塩素濃度が低下

3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果



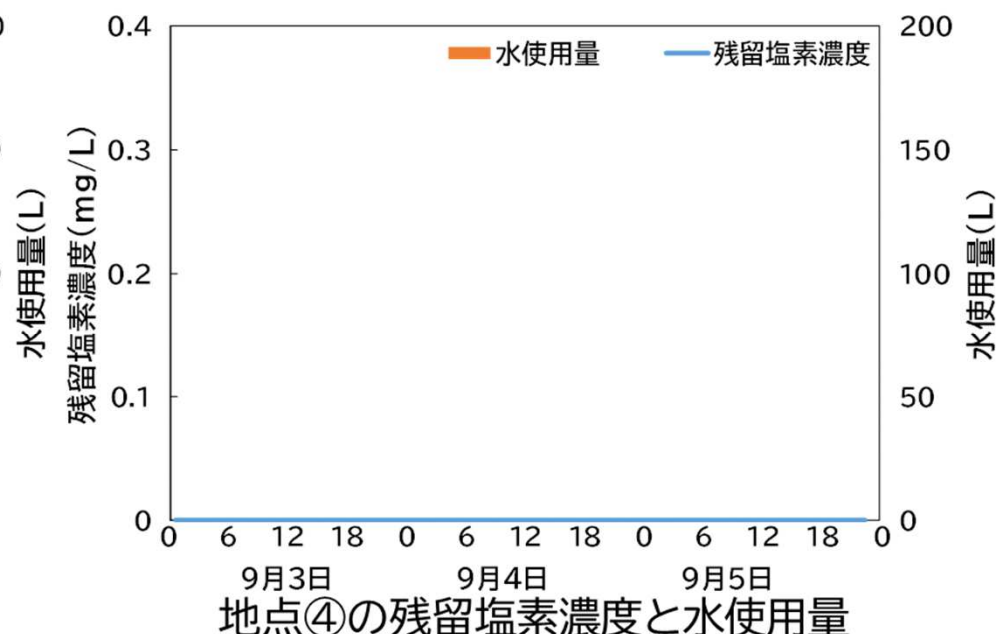
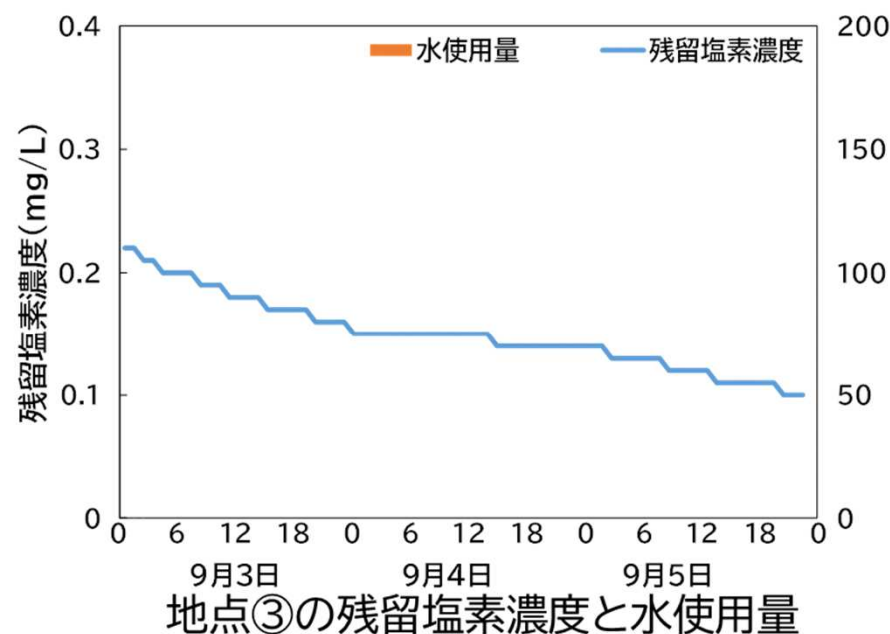
解析対象期間における最低残留塩素濃度



残留塩素濃度が0.2mg/L未満の5地点

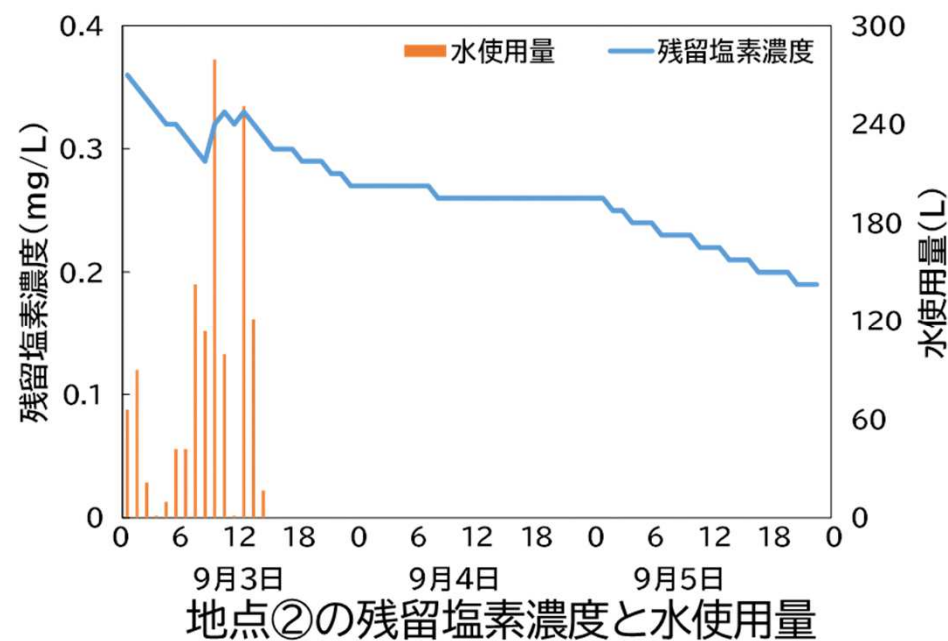
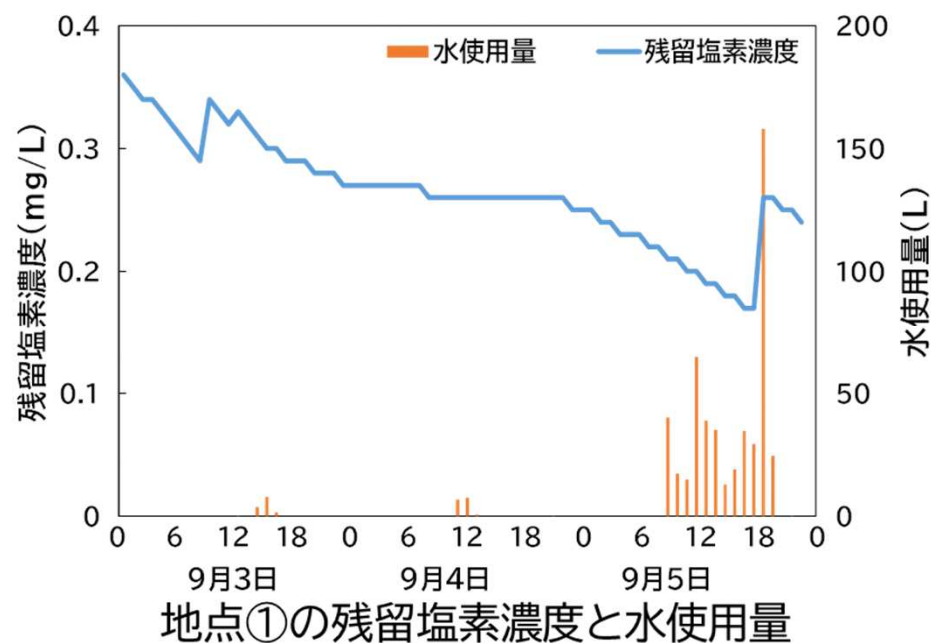
- 水道法では残留塩素濃度を0.1mg/L以上保持するように規定
⇒ 残留塩素濃度0.2mg/L未満を低下が懸念される地点として設定
- 5つの地点で残留塩素濃度が0.2mg/L未満
- それ以外の地点は残留塩素濃度が0.2mg/L以上

3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果



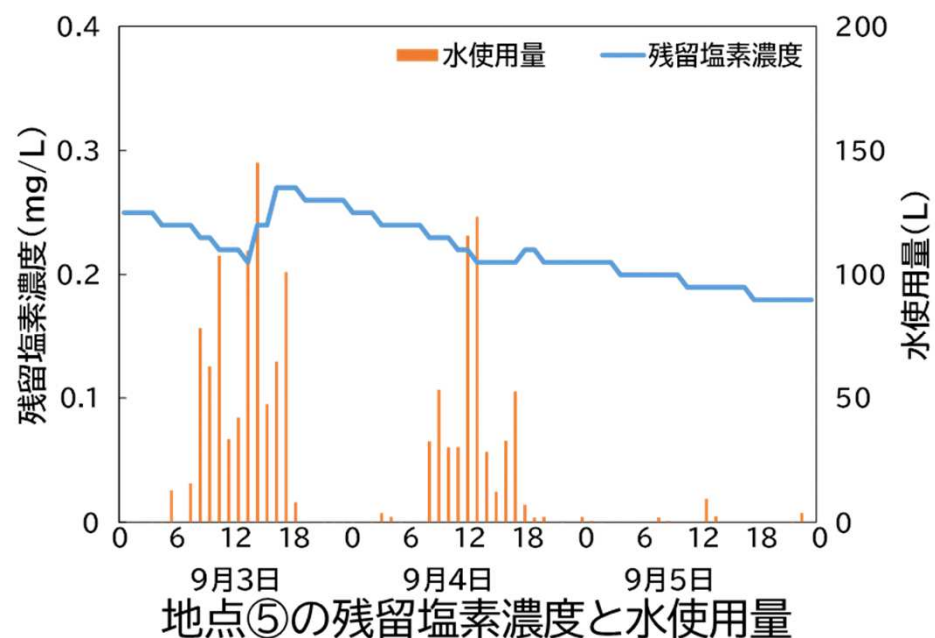
- 地点③は、徐々に残留塩素濃度が減少
⇒ 9月2日に水が使用されているため、3日0時に0.22mg/L
- 地点④は、残留塩素濃度が常時0mg/L
⇒ 9月1日のシミュレーション開始時からほとんど使用されていないため

3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果



- 3日に地点②で水が使用されたため、地点①と地点②の11時に上昇
- 5日に地点①で水が使用されたため、地点①の18時に上昇

3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果



- 5日の11時から残留塩素濃度が0.2mg/L未満
- 5日に水が使用されなかったことが影響
⇒地点⑤は店で、火曜日が定休日のため

3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果

地点①～⑤の解析対象期間における水使用量

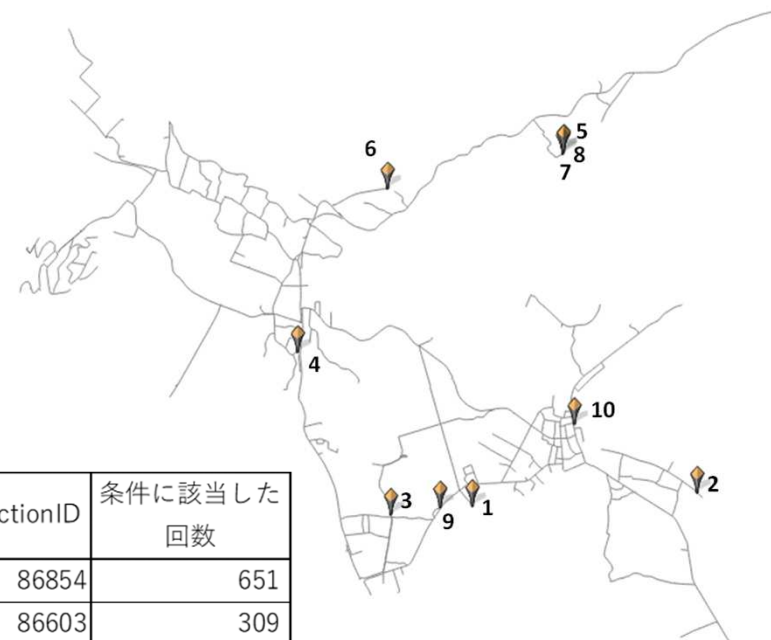
	水使用量					
	3日(L/日)	4日(L/日)	5日(L/日)	9月平均(L/日)	1L以下(日)	1000L以上(日)
①	12.9	14.7	489.2	67.1	16	0
②	1,230.7	0.1	0.2	959.4	13	11
③	0.9	0.1	0.1	136.3	13	3
④	0.2	0.1	0.0	319.1	14	5
⑤	829.9	529.3	21.4	711.3	0	4

- 地点①から⑤の9月平均水使用量は67.1～959.4L/日
- 地点①～④の解析対象とした月の半分は、1日の水使用量が1L以下
- 水道スマートメーターデータを使用することで従来の2ヶ月単位の検針データで検出できなかった残留塩素濃度基準値を下回る可能性がある地点を検出

3. 残留塩素濃度のシミュレーション結果

- 入出・知波田の全世帯に拡張
- 水温を26℃に固定して、7月1日から9月30日
- 残留塩素濃度が低下する地点を複数検出
- 最多は651回/2064回
(7月1日から9月30日の最初の1週間を
除いた86日間の1時間ごとの回数)
- スマートメータデータの有用性の一つ

番号	JunctionID	条件に該当した 回数
1	86854	651
2	86603	309
3	86952	121
4	84261	103
5	81058	78
6	81509	63
7	81036	56
8	81053	51
9	86885	31
10	84505	28



水道スマートメーター等のデータ利活用による 共同研究成果発表会

5. 研究成果に基づく水道事業への効果と今後の展望

発表者
湖西市 倉田 智哉

研究成果に基づく水道事業への効果と今後の展望―目次―

1. 研究成果の効果検証

- 業務の改善・効率化
- 従来の管網解析との比較
- 残留塩素濃度低下予想箇所における対応
- 研究成果に基づくダウンサイジング効果検証

2. 今後の展望

研究成果の効果検証【研究成果と水道事業への反映】

●情報通信ネットワークの構築



【業務の改善・効率化】

スマートメーターの運用による業務の効率化・時間短縮、お客様サービスの向上等

●計測データによる管網解析

【従来の管網解析との比較】

スマートメーターの実測値データを活用した管網解析結果と従来の解析との比較

●管内環境下での残留塩素濃度変化の把握

【残留塩素濃度低下予想箇所における対応】

残塩濃度低下箇所として予測した地点において実測値との比較とともに対応策を実施

●研究成果の効果検証

【研究成果に基づくダウンサイジング効果検証】

研究で得られた管内データを活用した管網計算結果に基づいたダウンサイジング効果を検証、さらにピークシフト施策を踏まえた将来の事業費削減効果を検証

研究成果の効果検証【業務の改善・効率化】

●情報通信ネットワークの構築



●計測データによる管網解析



●管内環境下での残留塩素濃度変化の把握



●研究成果の効果検証

【業務の改善・効率化】

スマートメーターの運用による業務の効率化・時間短縮、お客様サービスの向上等

【従来の管網解析との比較】

スマートメーターの実測値データを活用した管網解析結果と従来の解析との比較

【残留塩素濃度低下予想箇所における対応】

残塩濃度低下箇所として予測した地点において実測値との比較とともに対応策を実施

【研究成果に基づくダウンサイジング効果検証】

研究で得られた管内データを活用した管網計算結果に基づいたダウンサイジング効果を検証、さらにピークシフト施策を踏まえた将来の事業費削減効果を検証

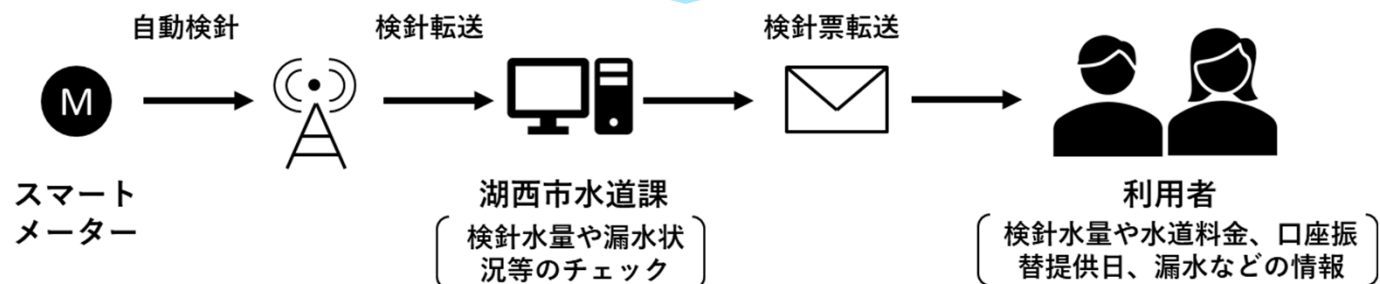
研究成果の効果検証【業務フローの抜本的見直し】

現地検針の作業フローから、水道スマートメーターの機能を踏まえ、新たな検針業務フローが可能となった。これにより、**検針による現地出向に併せ、検針業務の拠点機能**(検針データの作成、HT(ハンディターミナル)の受渡、検針員との打合等)が**不要**となった。

● 現地検針の作業フロー



● 水道スマートメーター導入後の検針作業フロー



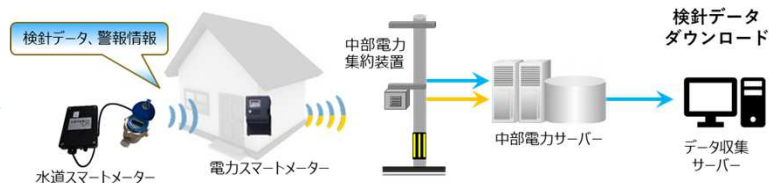
研究成果の効果検証【業務の改善・効率化】

【「業務の効率化」・「漏水判定能力」の検証】

○ 検針業務の効率が大幅に改善 ※入出・知波田地区実績



作業時間 **104時間**



作業時間 **5分**

○ 漏水判定が飛躍的に向上

検針員の漏水判定



漏水発見件数

2.6件/月

スマートメーターの漏水判定



漏水発見件数

8件/月

研究成果の効果検証【業務の改善・効率化】

【「ペーパーレス化」の取組】 ※入出・知波田地区実績

●スマートメーター導入後の検針作業フロー



検針票を「紙」から
「電子データ」へ変更

SMSの検針票サービスの導入

登録件数
503件

検針票の削減枚数
3,018枚/年

※R6. 9月末日時点



研究成果の効果検証【通信網構築に関する知見の取得】

【スマートメータ市内全戸導入に向けた技術ノウハウの取得】

- ・通信困難箇所が多数予想されるフィールドで研究を実施
- 様々な通信の障害への対応策を実施することで、スマートメーターの**市内全戸導入**に向けた貴重な知見を収集でき、**水道スマートメーターの通信ネットワーク構築モデルを確立**できた。

●現地対応策の知見

■水道柵、水道蓋の交換



■通信端末の地上化



■柵内の設置位置改善



架台

■環境改善

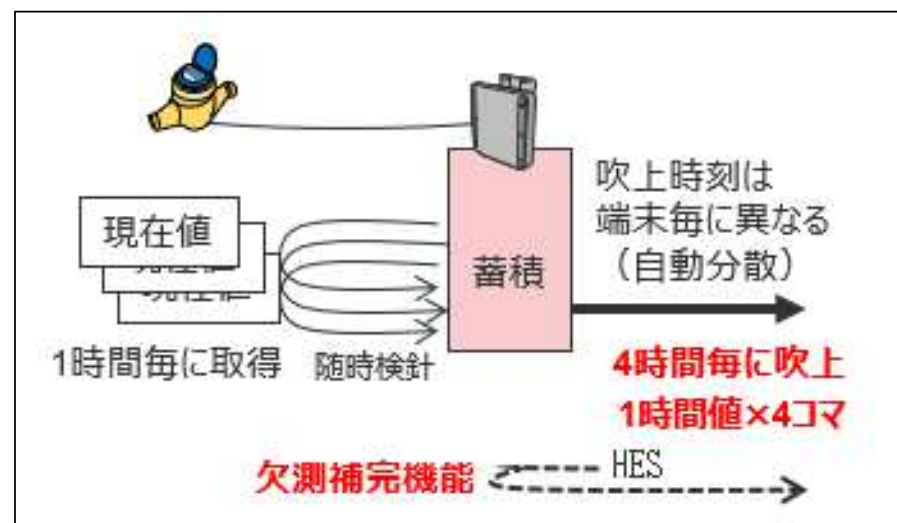


水道 SM

■電力SMの増設



●通信技術のノウハウ



研究成果の効果検証【従来の管網解析との比較】

●情報通信ネットワークの構築



【業務の改善・効率化】

スマートメーターの運用による業務の効率化・時間短縮、お客様サービスの向上等

●計測データによる管網解析

【従来の管網解析との比較】

スマートメーターの実測値データを活用した管網解析結果と従来の解析との比較



●管内環境下での残留塩素濃度変化の把握

【残留塩素濃度低下予想箇所における対応】

残塩濃度低下箇所として予測した地点において実測値との比較とともに対応策を実施



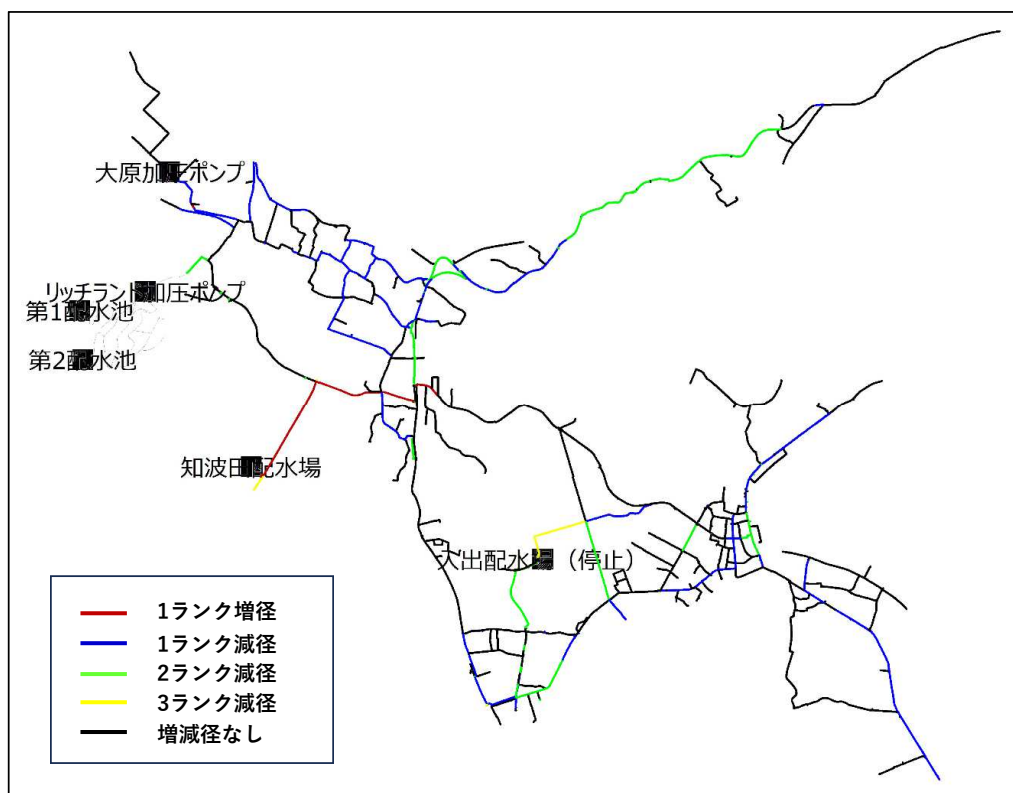
●研究成果の効果検証

【研究成果に基づくダウンサイジング効果検証】

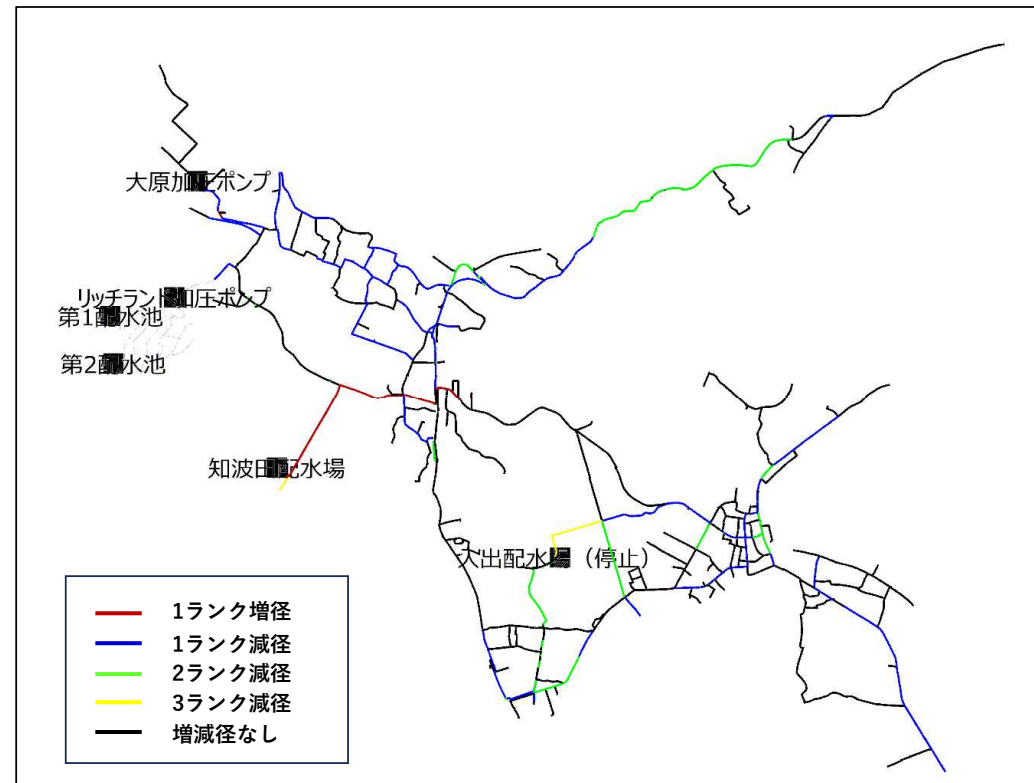
研究で得られた管内データを活用した管網計算結果に基づいたダウンサイジング効果を検証、さらにピークシフト施策を踏まえた将来の事業費削減効果を検証

研究成果の効果検証【従来の管網解析との比較】

従来モデル



スマメモデル

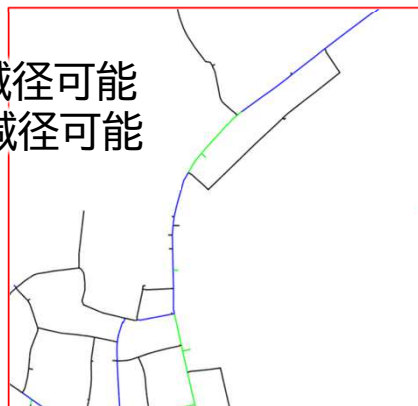


研究成果の効果検証【従来の管網解析との比較】

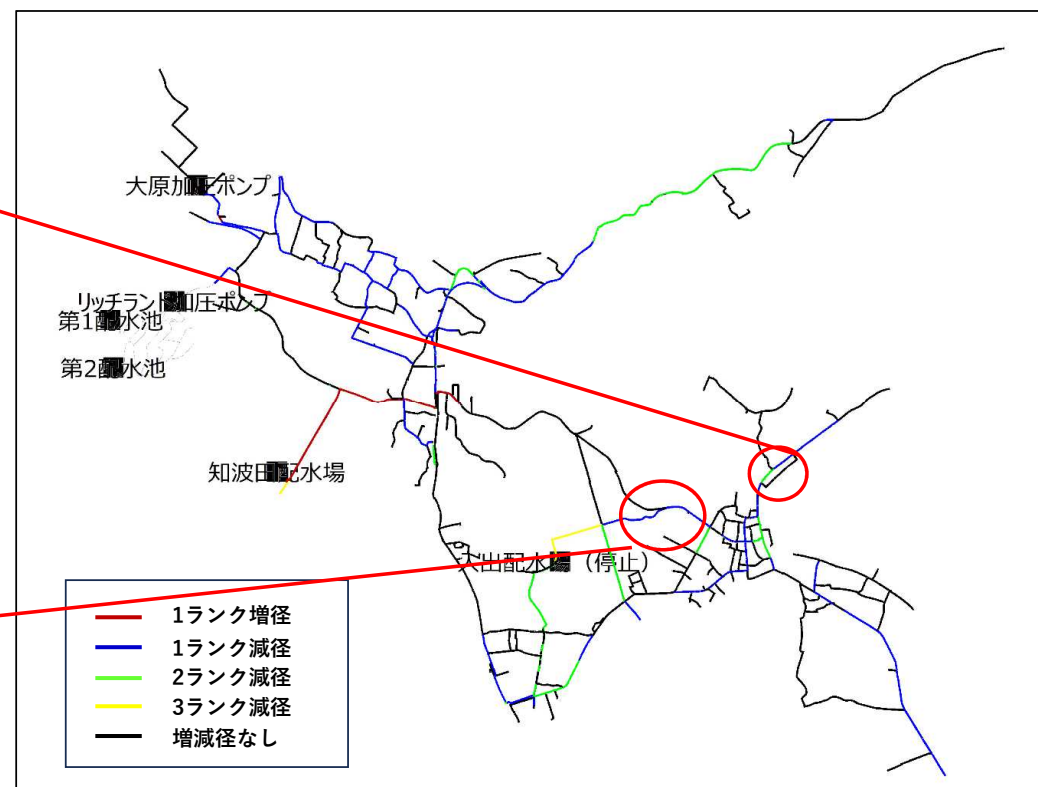
●従来モデルよりも需要が低く減径効果のある管路

スマメモデル

従来モデルは150⇒100に減径可能
スマメモデルは150⇒75に減径可能



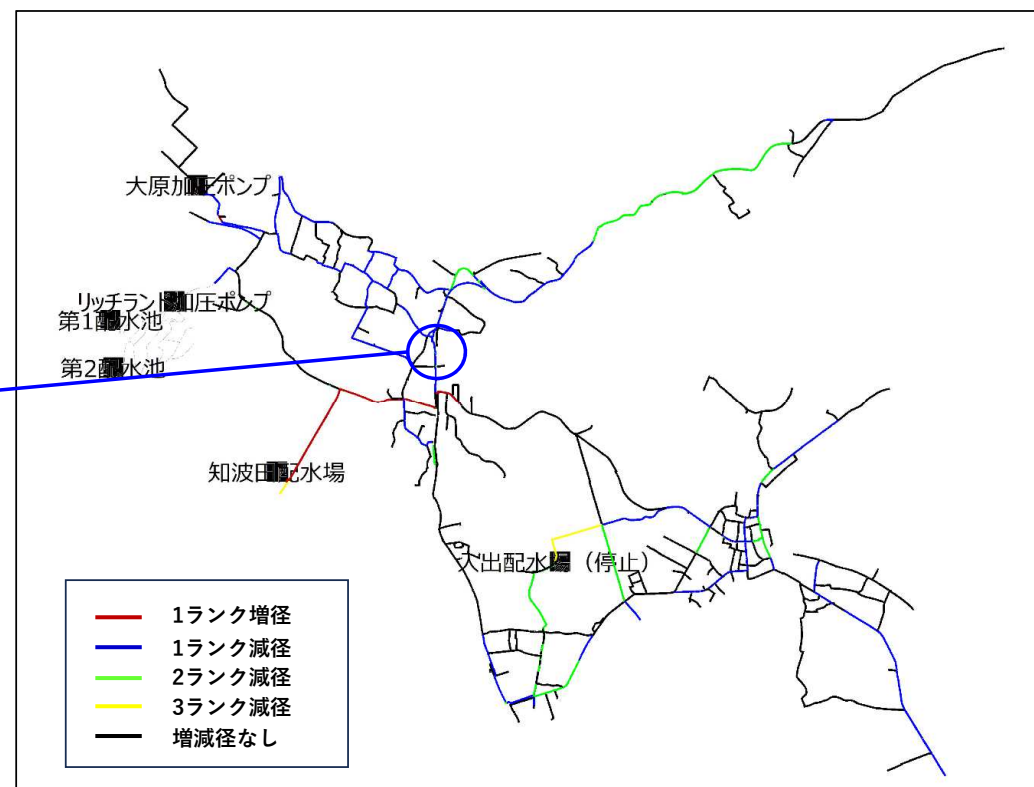
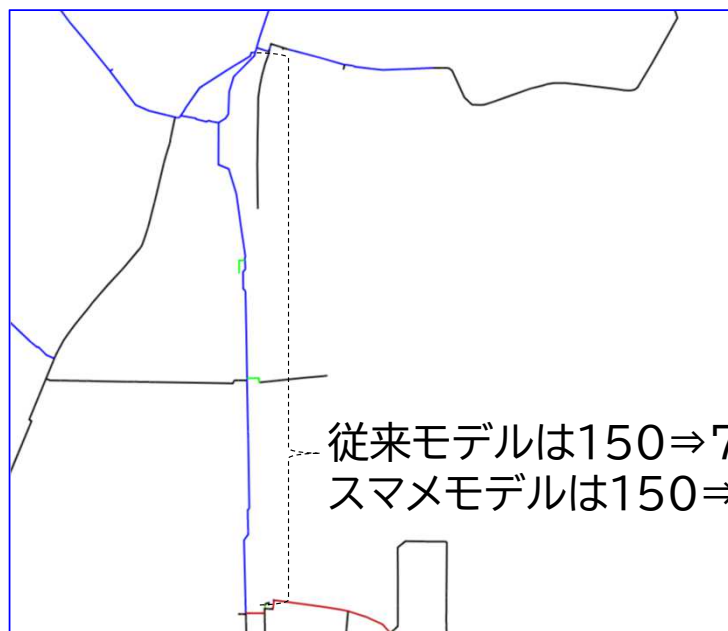
従来モデルは減径できない
スマメモデルは200⇒150に減径可能



研究成果の効果検証【従来の管網解析との比較】

●従来モデルよりも需要が高く減径できない管路

スマメモデル



研究成果の効果検証【従来の管網解析との比較】

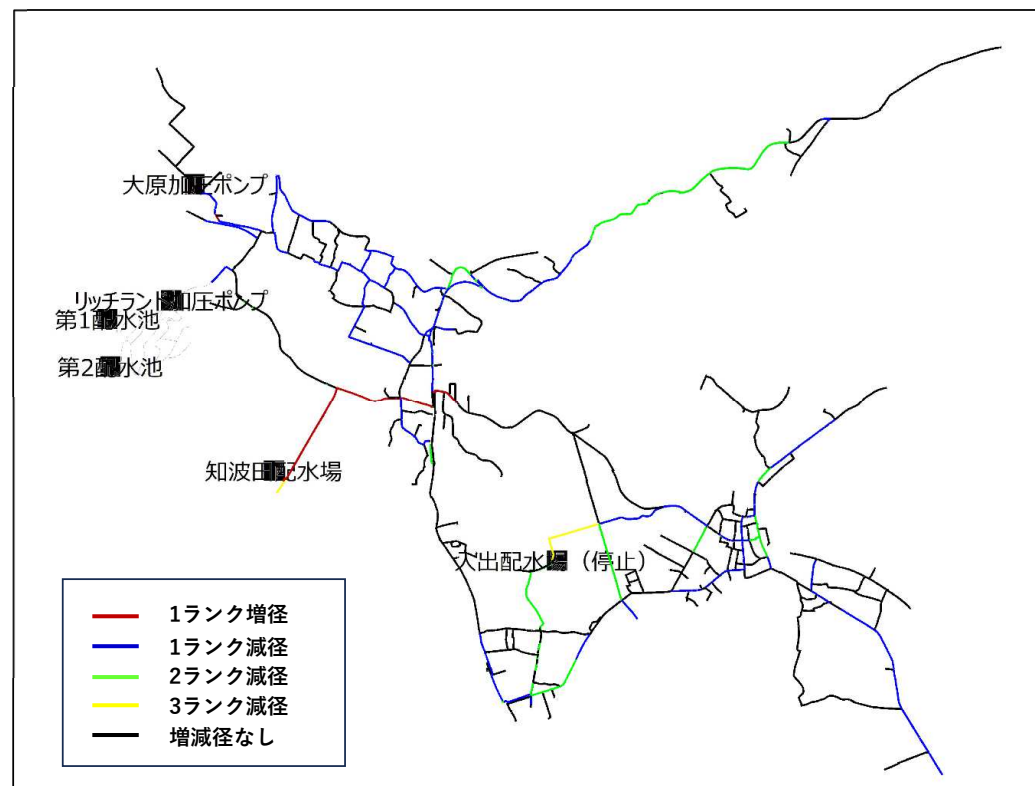
●従来モデルとスマートメーターモデルでの更新価格の差

	従来モデル 口径	スマメモデル 口径	差 額
工事 事業費	2,793,883 千円	2,790,356 千円	▲3,527 千円

従来モデルよりも需要が低く**費用削減効果のある管路**及び従来モデルよりも需要が高く**費用が増加する管路**がある結果となる。

→従来モデルの管網解析と比較するとスマートメーターモデルの管網解析では約350万円の削減効果を確認

スマメモデル



研究成果の効果検証【従来の管網解析との比較】

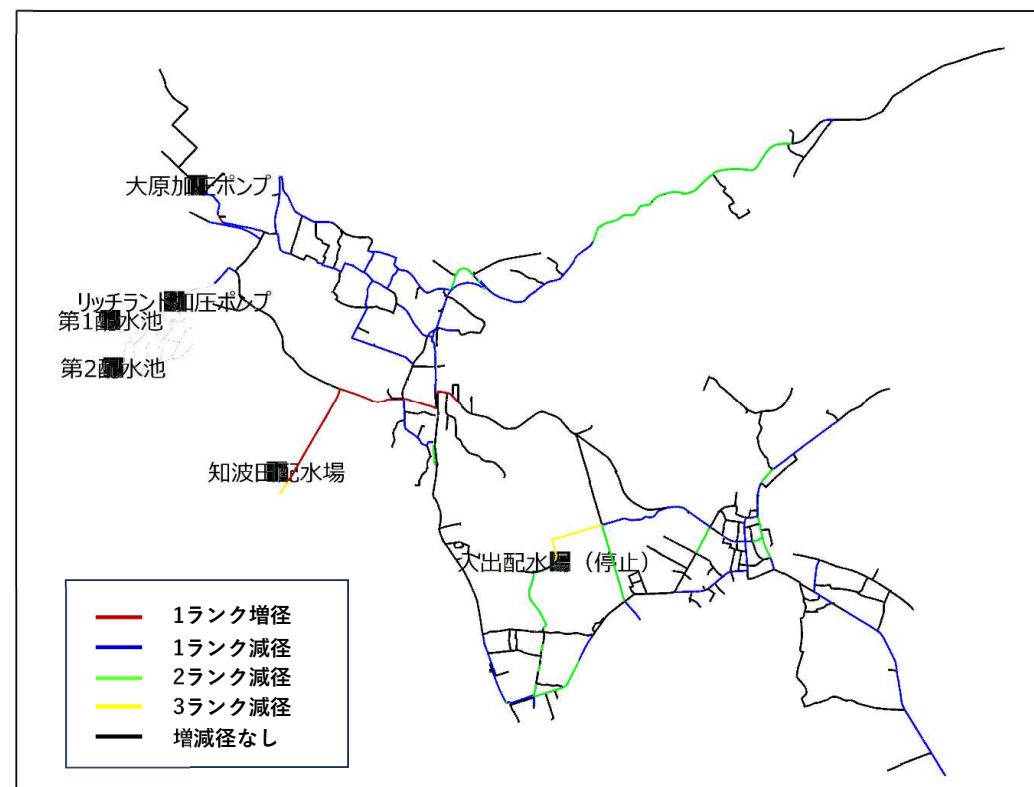
●従来モデルとスマートメーターモデルでの増減径延長の差

適正口径変化内容		対象延長(m)
変化なし	増減なし⇒増減なし	25,141
	1ランク増径⇒1ランク増径	1,171
	1ランク減径⇒1ランク減径	8,577
	2ランク減径⇒2ランク減径	3,463
	3ランク減径⇒3ランク減径	470
合計		38,822
変化あり	増減なし⇒1ランク減径	532
	1ランク減径⇒2ランク減径	86
	2ランク減径⇒1ランク減径	719
	合計	1,337

従来モデルの管網解析と
スマートメーターモデルの管網解析で
約1.3km分、算出口径に差

→より高精度で適正のある管路口径を算定可能に

スマメモデル



研究成果の効果検証【残留塩素濃度低下予想箇所における対応】

●情報通信ネットワークの構築



●計測データによる管網解析



●管内環境下での残留塩素濃度変化の把握



●研究成果の効果検証

【業務の改善・効率化】

スマートメーターの運用による業務の効率化・時間短縮、お客様サービスの向上等

【従来の管網解析との比較】

スマートメーターの実測値データを活用した管網解析結果と従来の解析との比較

【残留塩素濃度低下予想箇所における対応】

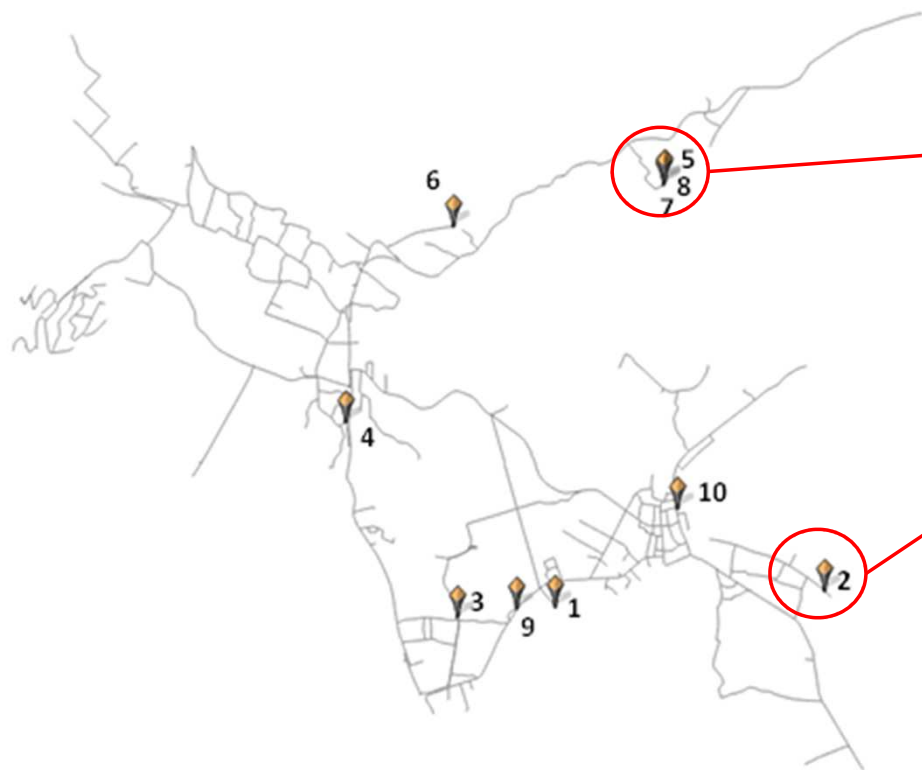
残塩濃度低下箇所として予測した地点において実測値との比較とともに対応策を実施

【研究成果に基づくダウンサイジング効果検証】

研究で得られた管内データを活用した管網計算結果に基づいたダウンサイジング効果を検証、さらにピークシフト施策を踏まえた将来の事業費削減効果を検証

研究成果の効果検証【残留塩素濃度低下箇所の把握】

●残留塩素濃度が低下する可能性のある地点



番号	JunctionID	条件に該当した回数
1	86854	651
2	86603	309
3	86952	121
4	84261	103
5	81058	78
6	81509	63
7	81036	56
8	81053	51
9	86885	31
10	84505	28

使用用途等を踏まえ、注意が必要と予想される地点の内2箇所にて追加調査を実施。

実測値との比較による予測精度の検証及び対応策について実地検証。

【詳細な条件】

水の需要があった上で、残留塩素濃度が0.1mg/L未満となる
回数判定は1時間ごとで、全2064時間

研究成果の効果検証【残留塩素濃度低下箇所における対策】

●残留塩素濃度が低下する可能性のある地点



設置状況



※写真は地点5,8,7設置のもの

水道スマートバルブ



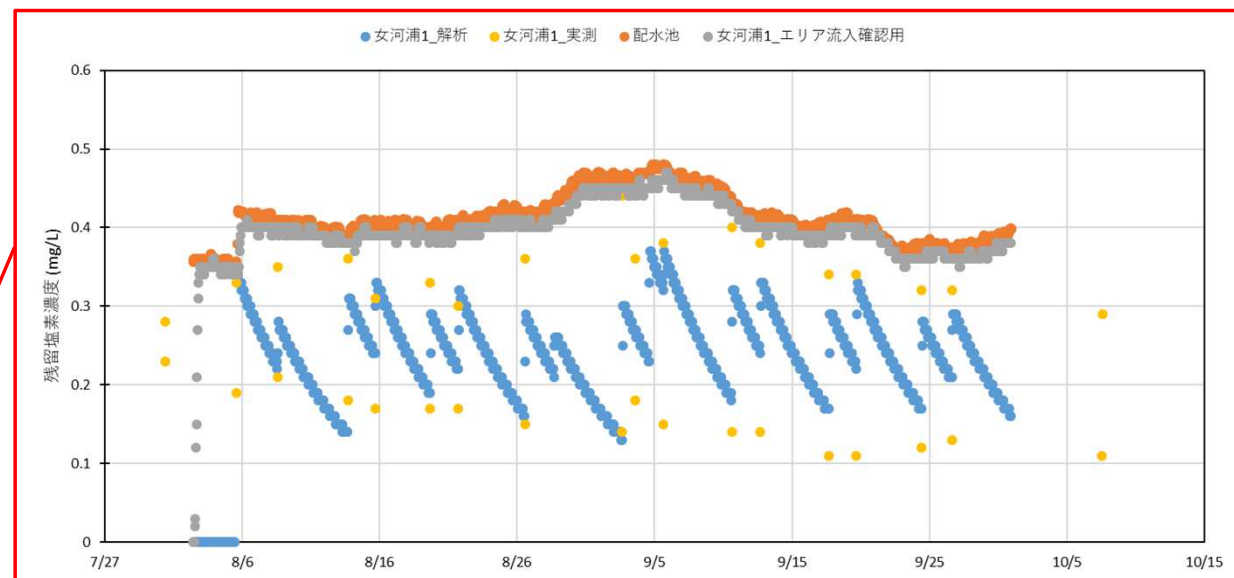
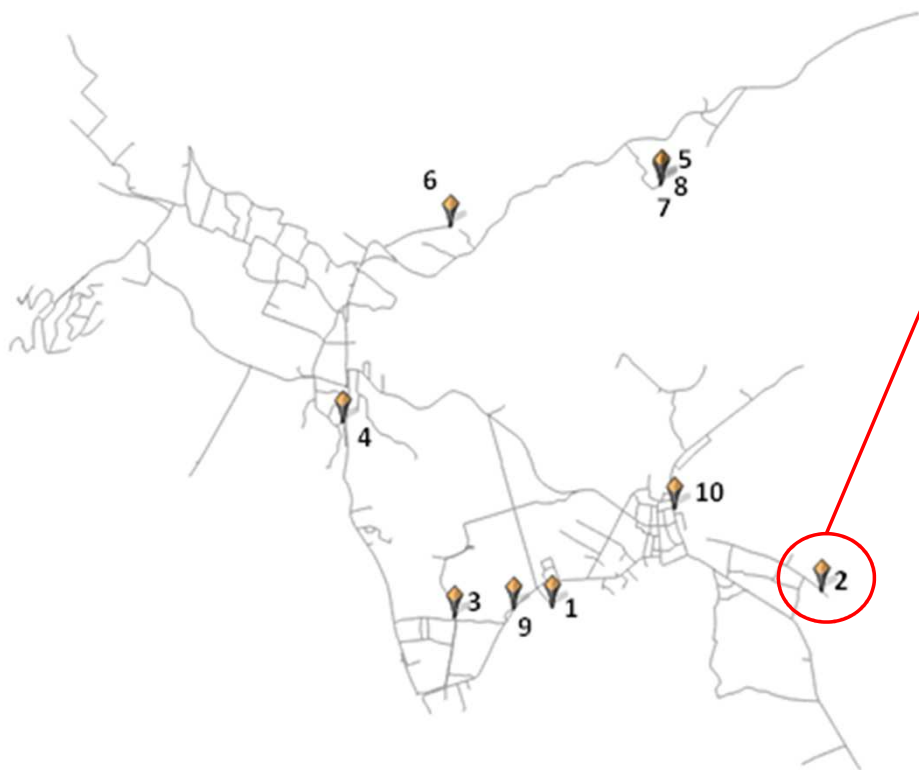
追加調査時実施箇所には、スマートメーター通信網を活用することで、遠隔で排水作業が可能な水道スマートバルブを設置。

定期的な排水を実施することで対応。

※資料提供: 中部電力(株)、(株)日邦バルブ、(株)日野エンジニアリング

研究成果の効果検証【対応箇所における実地検証】

【参考】地点2の管末付近における予測値と実測値



- ・2024年7月下旬～10月上旬にかけて実地検証を実施
- ・排水作業による水質回復の有効性を確認
- ・残留塩素濃度の推移に関してある程度の再現性を確認
→水質管理を強化すべき箇所の把握手段として有効

研究成果の効果検証【研究成果に基づくダウンサイジング効果検証】

●情報通信ネットワークの構築



【業務の改善・効率化】

スマートメーターの運用による業務の効率化・時間短縮、お客様サービスの向上等

●計測データによる管網解析



【従来の管網解析との比較】

スマートメーターの実測値データを活用した管網解析結果と従来の解析との比較

●管内環境下での残留塩素濃度変化の把握



【残留塩素濃度低下予想箇所における対応】

残塩濃度低下箇所として予測した地点において実測値との比較とともに対応策を実施

●研究成果の効果検証

【研究成果に基づくダウンサイジング効果検証】

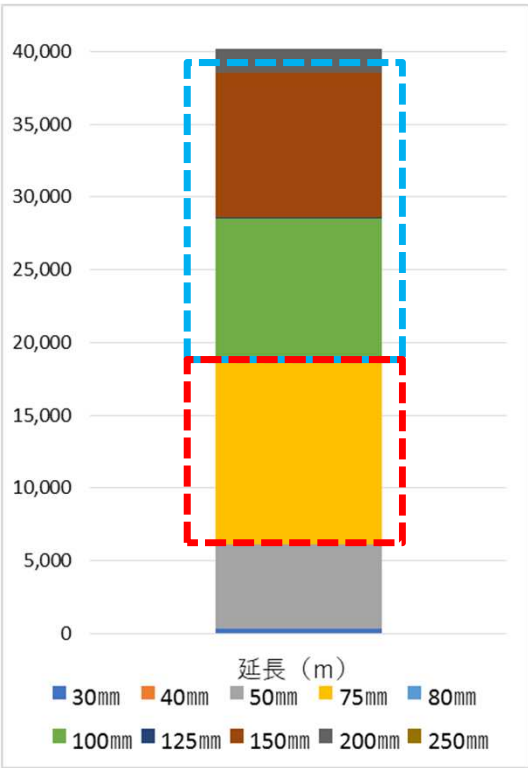
研究で得られた管内データを活用した管網計算結果に基づいたダウンサイジング効果を検証、さらにピークシフト施策を踏まえた将来の事業費削減効果を検証

研究成果の効果検証【実測水需要による適正管路口径】

【スマートメーターで把握した詳細な水需要を基に算出した適正管路口径(口径毎延長)】

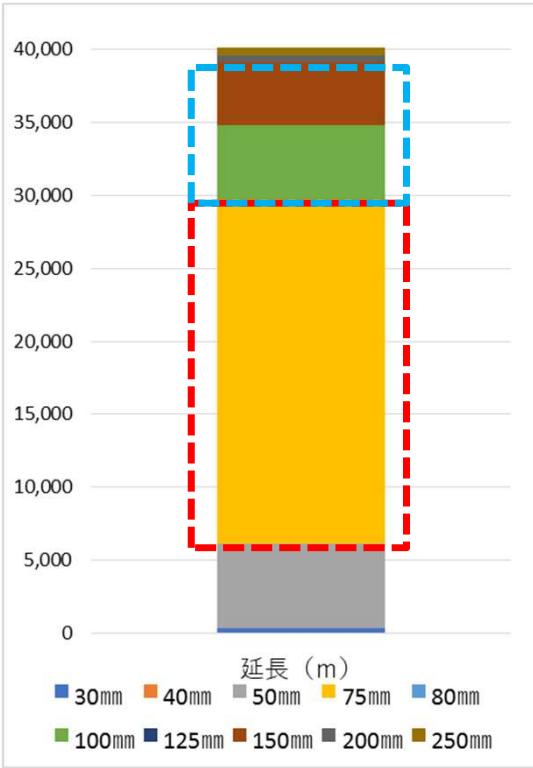
現 状

口径(mm)	延長(m)
30	309
40	35
50	5,814
75	12,760
80	13
100	9,588
125	54
150	9,993
200	1,593
250	0



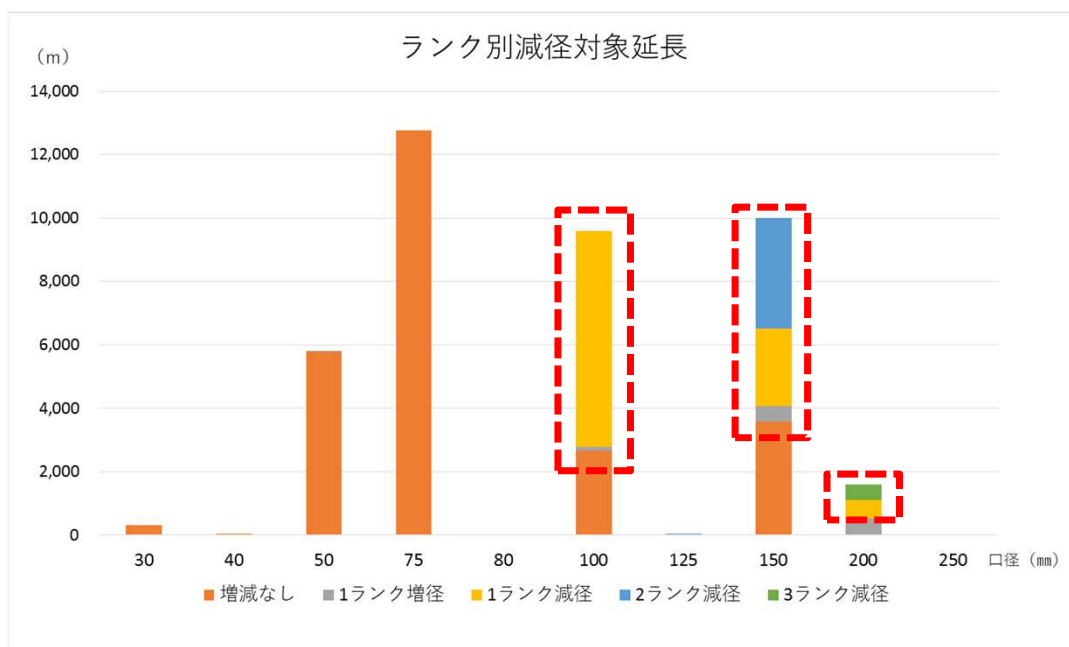
スマメモデル

口径(mm)	延長(m)
30	309
40	35
50	5,784
75	23,589
80	13
100	5,119
125	0
150	4,306
200	480
250	524



研究成果の効果検証【実測水需要による適正管路口径】

【スマートメーターで把握した詳細な水需要を基にした適正管路口径(減径対象管路延長)】



・減径対象となった管路は、検討対象とした管路
口径75mm超の管路、約21.2km内、約13.8km

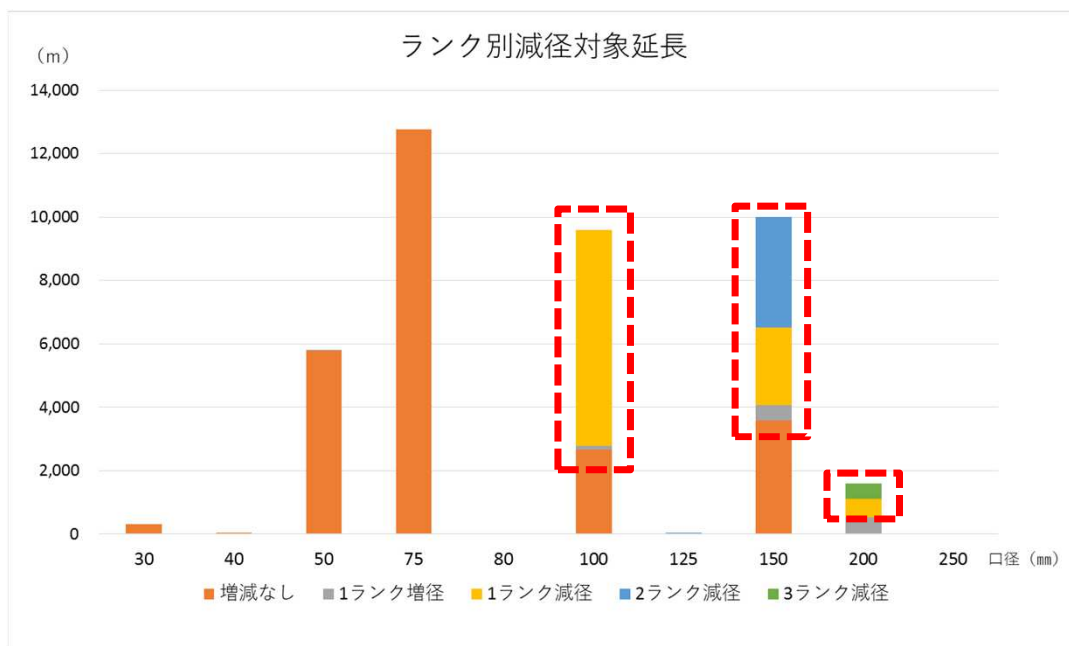
スマメモデル

口径(mm)	延長(m)
30	309
40	35
50	5,784
75	23,589
80	13
100	5,119
125	0
150	4,306
200	480
250	524



研究成果の効果検証【実測水需要による適正管路口径】

【スマートメーターで把握した詳細な水需要を基にした管路口径(ダウンサイジング効果)】



- ・減径対象となった管路は、検討対象とした管路口径75mm超の管路、約21.2km内、約13.8km

現行口径と実測値によるダウンサイジング口径で
管路更新を行った際の工事費の比較

	現行口径	スマメモデル 口径	差 額
工事 事業費	3,033,682 千円	2,790,356 千円	▲243,326 千円

・実測値(スマートメーターデータ)による時間最大配水量を採用した管網計算で算出した更新管のダウンサイジング効果は、現行口径に対して2.4億円程度のコスト縮減及び従来モデルによる適正管路口径の算出に対して約1.3km分の精度向上が認められる。

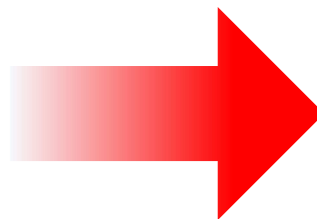
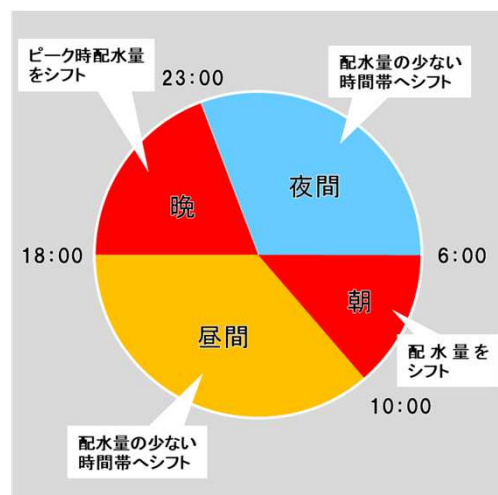
研究成果の効果検証【ピークシフトを考慮したダウンサイジング効果】

【需要特性に応じた料金負担への期待】

- 配水量のピークシフトを誘導し、水道施設の効率化・省力化に期待
- 需要特性に応じた細かな料金設定や様々な料金プランの創設など、利用者が選択できる料金負担の可能性に期待
- ひっ迫する電力需要のピークシフトへの寄与など、社会生活全体へ波及効果も期待

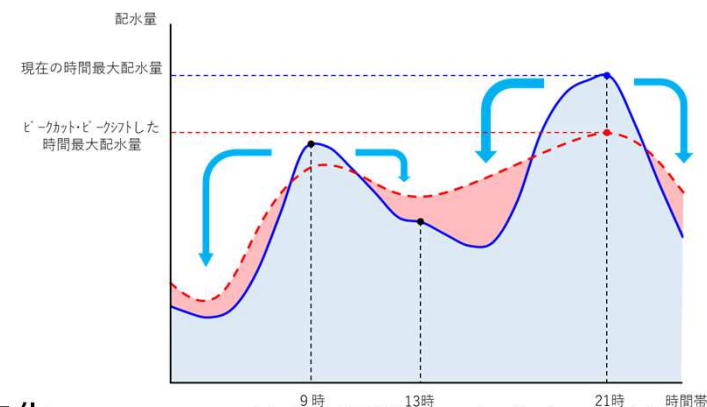
期待する効果イメージ

➤ 新たな料金負担



利用者の意識・生活行動に変化

➤ 配水量の変化

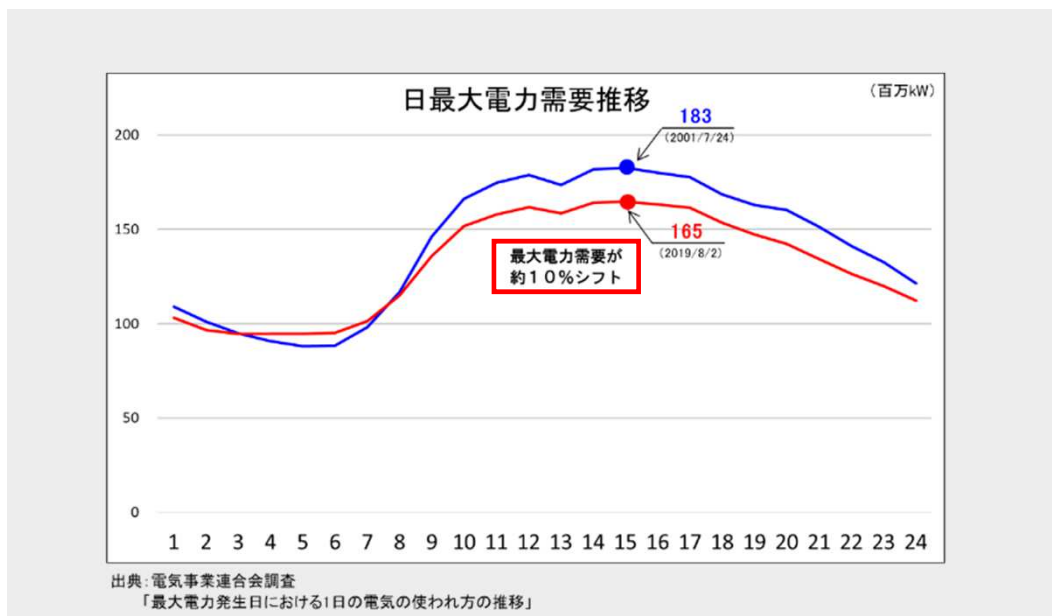


生活行動の変化により、
配水量の平準化に期待

研究成果の効果検証【ピークシフトを考慮したダウンサイジング効果】

【時間帯別料金体系の導入により生じたピークシフトを基にした管路ダウンサイジング効果】

【参考】電力事業における時間別料金体系の導入前後のピークシフト例



- 本研究を通じて、実測水需要量を基に適正な管路口径が算出可能となったが、これに止まらず、水道事業者として初となる、時間帯別料金体系の導入を図り、インセンティブにより生じたピークシフトを踏まえ、ダウンサイジング効果を高めていく予定。
- 水道事業者において、時間帯別料金の導入を行った事例がないため、ピークシフトが具体的にどの程度生じるかについては不透明なものの、仮に電力事業者による時間帯別料金によるピークシフト効果は、10%程度の効果を確認しているため、同程度の効果を期待。

実測水需要を基にした適正管路口径の算出

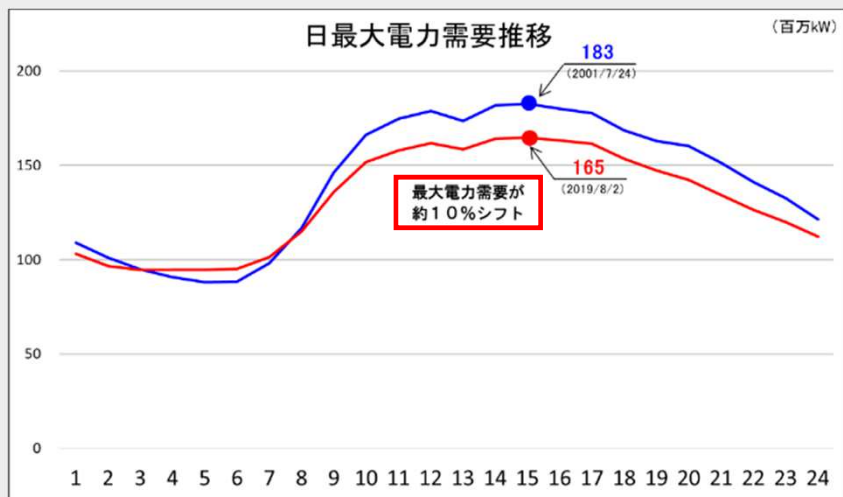
×

ピークシフトによるダウンサイジング効果

研究成果の効果検証【ピークシフトを考慮したダウンサイジング効果】

【時間帯別料金体系の導入により生じたピークシフトを基にした管路ダウンサイジング効果】

【参考】電力事業における時間別料金体系の導入前後のピークシフト例



現行口径と実測値のピーク量から10%の流量減をしたダウンサイジング口径で管路更新を行った際の工事費の比較

	現行口径	スマメモデル口径 (10%流量減)	差 額
工事 事業費	3,033,682 千円	2,749,897 千円	▲283,785 千円

- ・スマートメーターの時間帯別料金により約4千万円のダウンサイジング効果の増加が見込まれる。
- ・実測値の時間最大配水量(10%流量減)を採用した管網計算による更新管のダウンサイジング効果は、現行口径に対して、約2.8億円のコスト縮減が見込まれる。

実測水需要を基にした適正管路口径の算出 × ピークシフトによるダウンサイジング効果

研究成果の効果検証【今後の展望】

水道スマートメーターによる
ビックデータの取得

+

将来予測の反映

管網内の水の動きの詳細な把握

- 水需要に対し適切な管路口径を把握
- 管内水道水の滞留箇所・塩素濃度動向を把握



- 将来の水需要減少
- ピークシフトによる最大配水量減少

- 水需要に対し適切な管路口径を把握
→ **ダウンサイジング可能な管路を更に特定**
- 管内水道水の滞留箇所・塩素濃度動向を把握
→ **水質悪化の恐れがある管路を新たに特定**

水道スマートメーターデータを活用した、
詳細な管内流量状況の把握手法の知見

スマートメーターデータ及び将来予測を
反映したアセットマネジメントの作成・実施

ご清聴ありがとうございました。

本日の資料及び共同研究報告書は、
後日、湖西市ウェブサイトに掲載予定です。