事例No.	1208
公表年度	R2
団体の属性	中核市
団体名	愛知県豊田市

事例区分	公営企業

タグ	・（公営企業）水道事業 ・AI ・（行政改革）業務の効率化

事例種類	AI

事例内容・タイトル

AIを活用した水道管路劣化予測について

出典

雑誌「公営企業」先進事例紹介(令和２年9月号)

先進事例紹介



AIを活用した水道管路劣化予測について

豊田市上下水道局水道維持課
副主幹　岡田俊樹

1　豊田市の概要

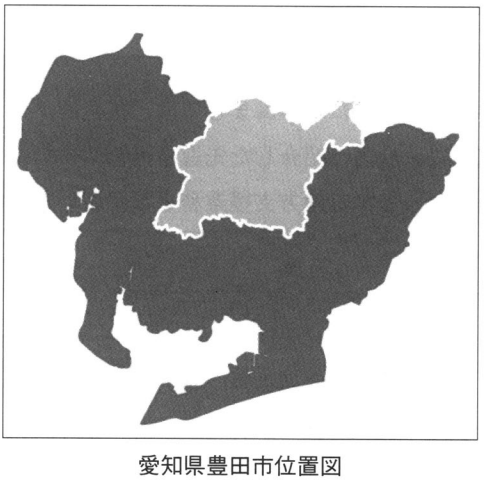
(1)　はじめに

豊田市は平成17年に周辺６町村と合併し、人口は42万人を超え、愛知県内では、名古屋市に次いで２位、面積は最大の都市となりました。

自動車産業を中心として、ものづくりに関わるさまざまな業種が集積する国内有数の産業都市です。平成30年の製造品出荷額等は14兆5,903億円で、平成14年から17年連続全国一位を続けています。中部圏における生産や物流の拠点として、市内には東名高速道路、伊勢湾岸自動車道、東海環状自動車道、新東名高速道路などの高速道路網が整備され、広域道路ネットワークの結節点として交通の要衝となっています。

一方で、市域のおよそ７割を森林が占め、四季折々に彩られる豊かな自然や農産物を実らせる田園が広がる恵み多き緑の街としての顔も併せ持っています。

国内有数の紅葉名所である「香嵐渓」や徳川家康ゆかりの「松平東照宮」などの観光名所や、



愛知県豊田市位置図



香嵐渓ライトアップ

平成24年にラムサール条約に登録された「東海丘陵湧水湿地群」など様々な地域資源に恵まれています。

(2) WE LOVE とよた

当市では、平成29年４月に「WE LOVE とよた」条例を制定し、市民がとよたの魅力に改めて気付き、共に絆と信頼を深めながら、愛情と誇りを持って行動し、魅力にあふれたこのまちを次の世代に引き継いでいきたいと願っています。そして、人や地域が優しさでつながり、多様な楽しみを尊重し分かち合うことにより、誰もが幸せを感じる「わくわくする世界一楽しいふるさと」を目指すための取組を行っています。

また、令和元年に日本で開催された「ラグビーワールドカップ2019™」の開催都市でもあり、こうした機会を契機に都市の国際化を推進し、国内外から来訪される方々を温かく迎えられる環境づくりに取り組んでいます。

WE LOVE とよた ロゴマーク

2 豊田市の水道事業

(1) 概要

当市の水道事業は昭和29年３月に認可を受け、トヨタ自動車（株）の急速な発展により、工場や住宅建設ラッシュに伴う給水需要の高まりに対応するため、水道事業の拡張を進め、昭和31年１月に給水を開始しました。昭和47年には、給水人口の急激な増加のため、自己水での供給が難しくなり県営水道供給事業からの受水を開始しました。途中、町村合併による簡易水道事業の統合を経て平成29年４月には１市１水道事業となりました。計画給水人口430,000人（令和12年度）、計画１日最大給水量を164,700m^3/日とし第８次拡張事業の認可を受け、現在は豊田市全域を上水道事業として運営しています。

(2) 豊田市水道ストックマネジメント計画

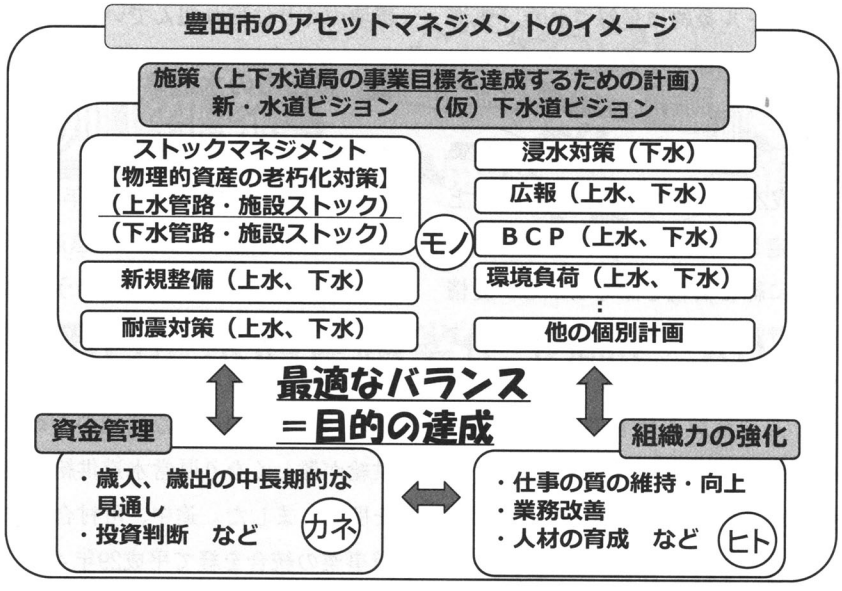
ア 趣旨

当市では、現在の水道事業の抱える課題として、上下水道局職員の減少、水需用の減少等に伴う収益の減少、施設の老朽化に伴う更新費用の増大があり、その課題の解決のためには、アセットマネジメントの導入が必要と考えました。





ラグビーワールドカップ2019™



平成29年度から策定に着手し、令和２年度から『アセットマネジメント』の運用を開始しています。アセットマネジメントには、「ヒト」・「モノ」・「カネ」の３つの要素が重要となります。「モノ」については、老朽化対策・耐震対策等様々な上下水道局の事業目標を達成するための計画（新・豊田市水道ビジョン）に基づき、各種施策を実施しています。また、アセットマネジメントをスムーズに進めるためには、「組織力の強化」が重要となります。そこで、「ヒト」については、業務改善や人材育成等に取組んでいます。事業を進めるために必要な「カネ」については、歳入・歳出の中長期的な見通しを踏まえた上で、施策実施とのバランスを図ることで、的確な投資判断に努めています。また、当市では上下水道施設（物理的資産）の維持（保守、点検、調査、診断）と改築（更新又は長寿命化）の最適化を実現するために、アセットマネジメントの構築ではストックマネジメントと組織力の強化の二つを大きな柱と位置付けています。

イ　水道管路の現状

既設の水道管路を法定耐用年数（注１）で更新した場合、平成30年末時点で350億円を超える管路が法定耐用年数を超過した状況にあり、今後40年間に発生する更新需要は約2,280億円となり、年平均投資額は約57億円になります（表１）。

ウ　水道管路の維持管理方針

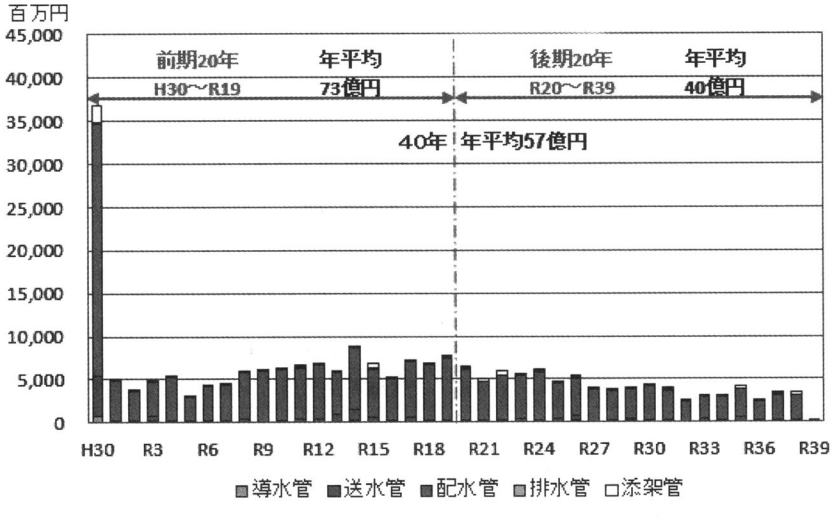
過去の工事実績、職員の組織体制、工事業者の体制、経営面を踏まえると、全ての管路を法定耐用年数に基づき更新することは、物理的、財政的に困難であるため、管路の重要度及び影響度を踏まえ維持管理区分を設定した上で管路の保全管理を行うこととしました。

重要度の高い導水管、送水管、配水本管（幹線管路φ350mm 以上）については、時間計画保全（注２）にて管理を行います。配水支管

（注１）地方公営企業法で定められた、新規に取得した固定資産を次に更新するまでの時間
（注２）各設備の特性に応じて予め定めた周期（目標耐用年数等）により対策を行う管理方法

表１　今後40年間の管路更新需要（法定耐用年数）

地区	項目	前期20年 H30～R19	後期20年 R20～R39	計40年 H30～R39
豊田・藤岡	更新需要（百万円）	113,713	63,694	177,407
	年平均投資額（百万円）	5,686	3,185	4,435
	年平均更新延長（km）	75.5	52.7	64.1
統合簡水	更新需要（百万円）	33,363	17,040	50,404
	年平均投資額（百万円）	1,668	852	1,260
	年平均更新延長（km）	36.9	16.5	26.7
合計	更新需要（百万円）	147,076	80,734	227,811
	年平均投資額（百万円）	7,354	4,037	5,695
	年平均更新延長（km）	112.4	69.2	90.8



については、管路破損事故等による漏水発生時の影響度（断水規模）を踏まえ、維持管理方針を整理し、断水時の影響度が小さいφ100mm 以下の配水支管（支線）については、事後保全(注３)にて管理を行い、影響度が中規模のφ150mm 以上からφ350mm 未満の配水支管（本線）は時間計画保全にて管理を行うこととしました（表２）。

エ　目標耐用年数の設定

これまでの維持管理の中で得られた知見、他事業体の事例及び各種技術資料等を勘案して、市独自の目標耐用年数を設定しました。主な管種における目標耐用年数は「表３」のとおりです。

オ　水道管路の更新計画

目標耐用年数に基づく更新需要で整理すると、年度ごとでばらつきが生じるため、更新ピークを緩和するために更新費用の平準化を行い、効率的に老朽化対策事業を進められるよう計画を策定しました（表４）。

（注３）異状、またはその兆候（機能低下等）や故障の発生後に対策を行う管理方法

表２　口径別維持管理区分

分　類		口径区分	影響範囲		影響度	維持管理区分
			断水時間	断水個数		
基幹管路	導水管	－	－	－	－	時間計画保全
	送水管	－	－	－	－	
	配水本管	φ350㎜以上	半日～1日程度	数千戸～数万戸	大	
配水支管	配水支管（本線）	φ150㎜以上～φ350㎜未満	半日程度	数十戸～数千戸	中	
	配水支管（支線）	φ100㎜以下	3～5時間程度	数戸～数十戸	小	事後保全

表３　管種別目標耐用年数

管種	目標耐用年数	管種	目標耐用年数
普通鋳鉄管	40	石綿セメント管	40
鋼管（溶接）	70	硬質塩化ビニル管（RR 継手）	50
ダクタイル鋳鉄管 GX 形	100	硬質塩化ビニル管（上記以外）	40
ダクタイル鋳鉄管 S 形、S Ⅱ形、NS 形	80	ポリエチレン管（熱融着、繊維補強）	80
ダクタイル鋳鉄管 K 形（良い地盤）	80	ポリエチレン管（上記以外）	50
ダクタイル鋳鉄管 K 形（悪い地盤）	60	ステンレス管（耐震継手）	60
ダクタイル鋳鉄管 A 形	60	管種不明	40

表４　今後40年間の管路更新需要（目標耐用年数）

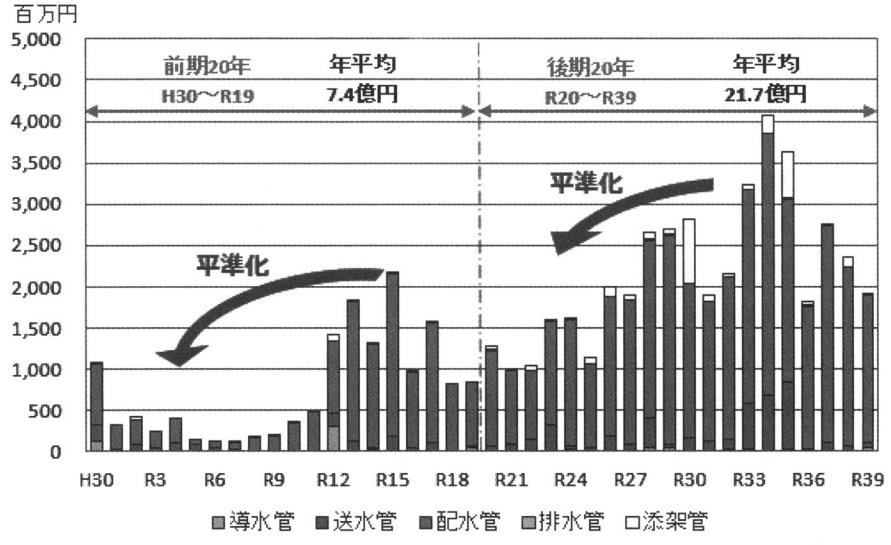
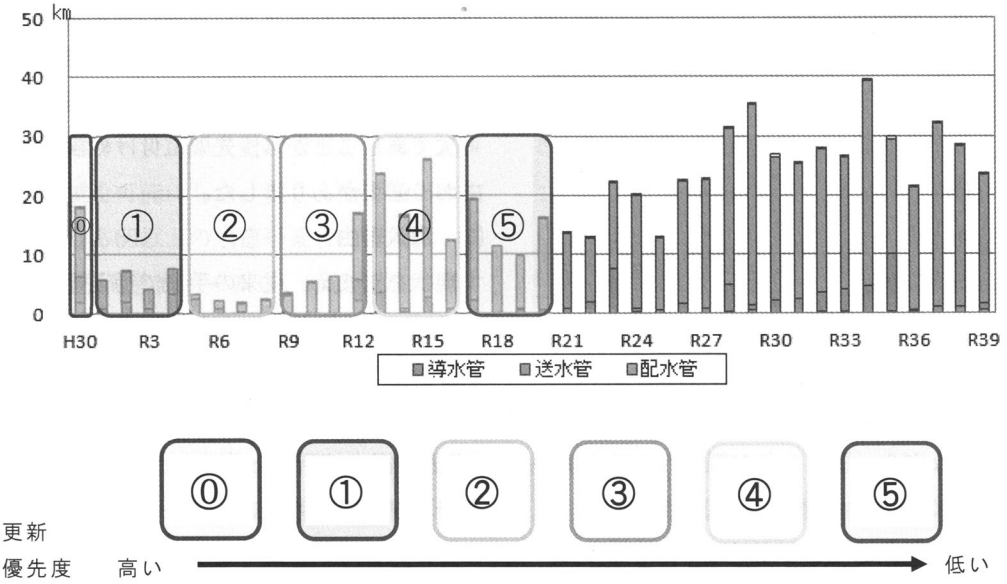


表５　管路更新グループ



具体的には、平成30年末時点で目標耐用年数を超過している管路をグループ⓪として、その後４年単位で目標耐用年数を超過するグループを①～⑤に分類します。更新工事は、路線単位で発注を行うことから、管路更新は⓪～⑤を組み合わせて更新対象路線を設定し、平準化した形で更新事業を実施します（表５）。

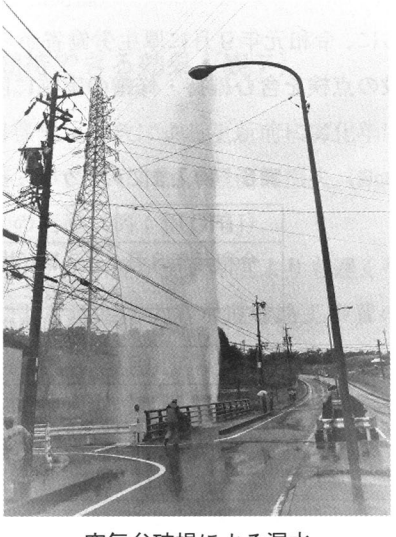
効率的な管路更新を行うには、管路更新の優先順位を詳細に決定する必要がありますが、職員の知見等だけでは選定に多大な時間を要するため、他の自治体で検証を進めていたAI劣化予測診断ツールをストックマネジメント計画での優先順位付けの補完として利用することを検討しました。

３　AI劣化予測診断ツール

(1)　背景

近年、水道管路の老朽化や自然災害による漏水・破損事故が各地で発生するなど、水道インフラの健全性に対する懸念や課題が顕在化する傾向にあり、各水道事業体では対応に追われています。多くの水道事業体では、主に布設年数に基づいて管路の更新を行っており、管路周囲の環境が与える劣化への影響を十分に考慮できていないのが現状です。

また、近年においては“技術の継承”も課題



空気弁破損による漏水

となっています。地下に張り巡らされた膨大な水道管路の健全度を維持するためには、熟練の技術者が培ってきた勘と経験といった技術・ノウハウの継承が不可欠ですが、そのような経験による漏水予測といった経験知や暗黙知は文書化や引継ぎが難しく、技量水準の維持が課題視されています。

(2) 豊田市の現状

当市では、平成27年度に管網機能評価委託(注4)（豊田藤岡地区のみ）を行い、平成28年度以降の整備管路の優先順位を決定しました。

しかしながら、既に５年が経過し、社会情勢の変化等で優先順位が変わってきていること、平成29年度に統合した旧簡水地区（旭、足助、稲武、小原、下山）の整備管路の優先順位が決定していないことなどにより、旧簡水地区を含めたオール豊田市としての今後の整備管路の優先順位を見直す必要性が出てきました。

また、旧簡水地区の過去からの経緯（整備状況、漏水箇所等）を熟知していた職員の退職等により、管網機能評価委託と同様な手法を再度行っても、十分な精査を行うことが難しい状況です。

さらに、令和元年９月に厚生労働省から、「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」が示され、管路の診断について指針が提示されたこと、また、令和２年度から始まる水道ストックマネジメント計画に伴い、整備路線の選定等には、市民への説明責任が不可欠であることから優先順位付けの根拠を定めておく必要がありました。

(3) 導入理由

現状を踏まえ、従来の手法で行う管網機能評価委託では、目標耐用年数と職員による経験則が基準となっており、実際の水道管路周辺の環境が考慮されていないことから、客観的な要因（過去の漏水箇所）と事実（土壌等）による劣化予測が必要と考えました。

さらに、他自治体での検証結果等も収集し、総合的に判断したところ、多くの老朽管を抱える豊田市では、AI劣化予測診断ツールが有効と判断し、導入を決定しました（表６）。



表６　導入までのスケジュール

年　月	内　容
令和元年８月	・テレビ放映にて、AI劣化予測診断ツールを知る ・業者ヒアリングによる業務内容の把握
９月	・局内研修による診断ツールのデモンストレーション
10月	・課内検討及び予算計上
11月	・先進地視察による情報収集
令和２年５月	・契約

（注４）管路の「影響度」（管路が受け持つ水量面の役割（流量）、重要拠点まで配水する役割（重要拠点ルート））と管路の「危険度」（漏水事故、地震時被害などの機能不全が発生する可能性）を組み合わせ、管路の持つリスクを算出する委託業務。

※導入業者（Fracta）

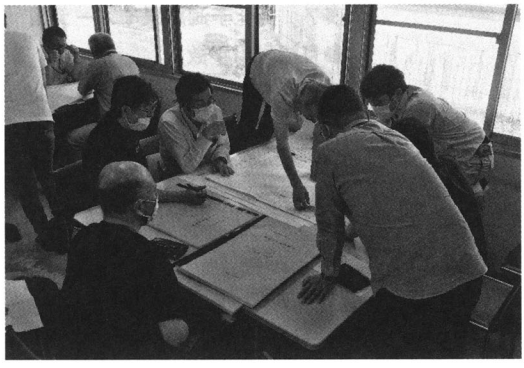
2015年に創業したシリコンバレーのベンチャー企業。米国では老朽化した水道管の破損・漏水事故が深刻な社会問題となっているが、劣化予測診断ツールにより更新費用を試算上30～40％の削減を可能にした。現在、全米50州の内27州における60以上の水道事業者に提供。

AI劣化予測診断ツールは、水道管路に関するデータ（配管素材・使用年数、過去の漏水履歴等、水道事業体が一般的に保有する５種類のデータ）と、独自に収集した1,000以上の膨大な環境変数を含むデータベース（土壌・気候・人口等）を組み合わせて、各水道管路の破損確率を高精度に解析する。破損確率の高い水道管路から更新を行うことで管路整備におけるメンテナンスコストの最適化を実現すると共に、配管の破損・漏水事故を最小限に抑えることが可能となる。2019年に日本の６つの水道事業体（注５）にて検証。2020年３月より、水道事業体に対して、オンライン管路診断ツールの提供を開始。

⑷　劣化予測精度向上への取組

劣化予測精度は、付与する情報量が増加すればするほど向上するため、Fractaが保有している環境変数とは別に、当市独自で各種情報（環境データ、暗黙知データ）を収集し、精度向上に取り組んでいます。





ア　水道管路に影響を与える可能性があると考えられる環境データ

工場位置、汚染報告書、航空写真（H19-30）、高圧線データ、雨水関係データ、都市計画データ、外来種等データ、ハザードマップ、地域防災計画、減圧弁データ（１次２次圧データ）、鉄道や電力会社の送配電線、変電所データ

イ　暗黙知データ

水道事業に長年携わってきた職員（行政職）及び配管手（技能労務職）からのヒアリングによる漏水箇所等の見える化の実施（３回開催）

４　期待できる効果（表７）

⑴　目標耐用年数による更新前に劣化年度での事前工事による市民の経済的損失（断水、濁り）の回避（例：管GHIJ）

⑵　劣化予測年度が更新年度よりも遅くなることによる延命による水道管路工事費の削減（例：管CDEF）

⑶　劣化度が高い路線の集中的な漏水調査による漏水調査委託費の減少及び漏水箇所の早期

（注５）神奈川県企業庁、川崎市上下水道局、神戸市水道局、大阪市水道局、越谷・松伏水道企業団（埼玉県越谷市及び北葛飾郡松伏町）、未公表の１事業体のことをさす。

表７　劣化予測結果イメージ図

●目標耐用年数

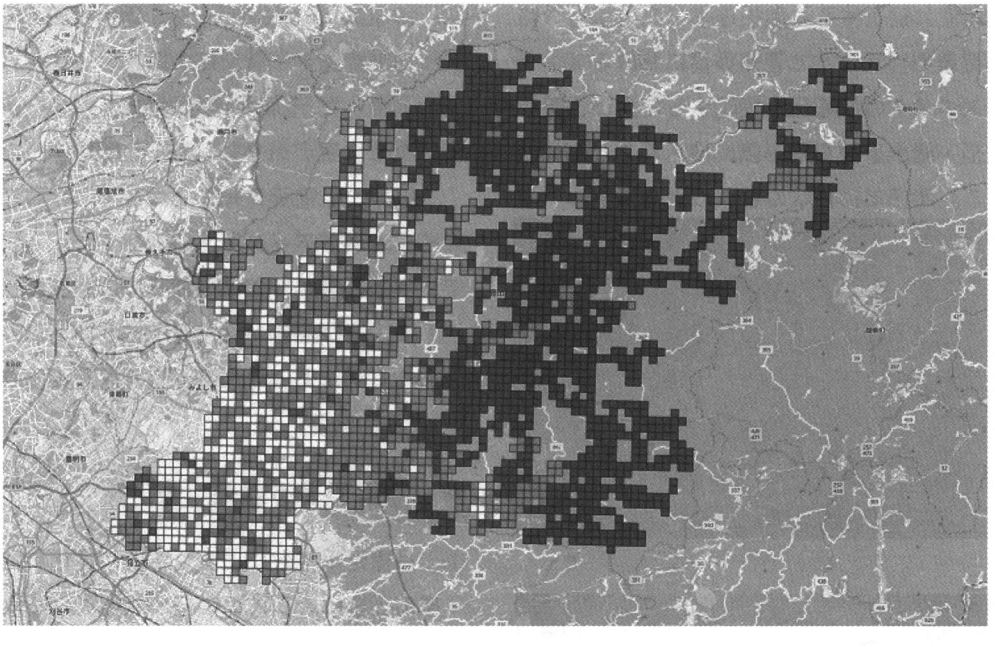
更新年度	管
2021	A
2022	B
2023	C
2024	D
2025	E
2026	F
2027	G
2028	H
2029	I
2030	J

→

●劣化予測結果

劣化年度	管
2021	A
2022	B
2023	G
2024	H
2025	I
2026	J
2027	C
2028	D
2029	E
2030	F

※劣化予測メッシュデータ（サンプル）



修繕による有収率向上に伴う水道経営の安定化

５　今後の活用

水道ストックマネジメント計画では、時間計画保全（φ150mm 以上）と事後保全（φ100mm 以下）の考え方に基づき、原則として布設年度が古い管路から更新します。

しかしながら、Fracta による劣化予測結果において、布設年度は新しいが、劣化が進行しているため前倒しで更新する箇所、布設年度は古いが、健全な状態を保っているため更新せずに延命化する箇所が明確になります。これらの管路の状況を見定め、具体的な管路更新の優先

順位を決定します。

また、当市の長年の懸案である有収率(注6)の向上のためにも活用します。具体的には、①配水系統ごとの有収率調査、②Fractaによる健全水道管路情報抽出、③有収率は低いが健全度が高い水道管路の選定、④③で選定した水道管路の漏水調査、⑤漏水箇所の工事を行い、配水系統後の有収率を向上させます。

6　最後に

将来にわたり安全・安心な水道水を24時間365日供給できるよう、今回の劣化予測診断結果を活用して、新・豊田市水道ビジョンの基本理念である「いつでも頼れるライフライン水道」に向けて効率的に水道管路の老朽更新対策を進めていきます。



（注6）給水する水量と料金として収入のあった水量との比率をいう。