

水道管内カメラ診断 評価マニュアル

～適正な診断・判定で管路を最適管理～



一般
社団法人

全国水道管内カメラ調査協会

発刊に当たって

このたび、一般社団法人全国水道管内カメラ調査協会では、管内カメラ調査による内面診断評価と、管路の更新・更生等の実践に向けた「水道管内カメラ診断評価マニュアル」を作成致しました。全国の水道事業体で経年管の改良事業を推進される上で、是非、参考にしていただけたらと存じます。

人類は誕生してから今日に至るまでの700万年、感染症の病原体微生物である細菌・ウイルス等との戦いを重ねてきました。

日本では、安政元年に鎖国が終わりを受け、外国との交易が活発化し、外国人の往来が盛んになりました。それに伴ってコレラ・チフス等の感染症が流行するようになりました。幕末から明治にかけて、20数万人がコレラで死亡しましたが、不衛生な飲料水に起因するところが大きく、明治政府は予防策として近代的な上水道・下水道の建設を進めました。

それから1世紀半近くが経過して、現在では国民皆水道をほぼ達成し、いつでも何処でも安心して美味しい水が飲める、世界最高水準の水道が整備されました。そして近代的な都市づくりと健康で快適な市民生活を守り、世界トップレベルの健康長寿国を築く原動力になったのです。

この水道の整備が急速に進んだのは、戦後の高度成長期でした。それから半世紀ほどが経過し、施設の老朽化が進みましたが、給水量の減少による水道事業財政の悪化で経年管の更新・更生が遅々としてはかどりません。このままでは、震災などの自然災害や管路の事故による断水のリスクが高くなってゆきます。

国では、これからの少子高齢化から長期人口減少社会に向けて、水道広域化や民間活用等の経営改革を推進し、良好な水道事業運営を図るべく施策を展開しています。

管内カメラ調査は、水道管内部をカメラで調査し、管路機能・老朽化状況等を診断して老朽管の布設替え、耐震管への更新など、更新計画を進める上で役立てようとするものです。

当協会では、平成26年に管内カメラ調査の意義・目的・工法など、調査全体を記載した手引書「水道管内カメラ調査ハンドブック」を発刊しました。その後管内カメラ調査は全国的に調査実績が増え、関心も高まってきました。そこで今回、水道事業に関係される皆様に、より幅広く調査結果を活用していただくため本誌「マニュアル」を発刊致しました。

本誌の作成に当たり、管路内面診断評価委員会小泉委員長はじめ、委員の皆様、ご関係の皆様にご大変なご苦勞をお掛けし、厚く御礼申し上げます。

本誌が、世界に誇る日本の水道が、これからも良好な姿で次の世代に継承されてゆくために、役立って欲しいと心から願っています。



令和2年10月

一般社団法人 全国水道管内カメラ調査協会
会長 杉戸 大作

はじめに

現在における日本の水道普及率は98%に達し、全国の何処に行っても安全でおいしい水が蛇口から直接的に飲める状況にあります。これは世界でも類を見ない高品質な水道の普及レベルであり、次の世代においても、しっかりと残し続けたい貴重な財産であると言えます。長い歴史の中で培われた日本の文化や風土と共に、世界最高水準の水道も大いに誇ることができる存在だと思います。



しかしながら、高度経済成長の時代に拡張・整備された水道施設が老朽化し始めており、今後の着実な更新は待たなしの状況にあります。一方で、水道の恩恵が忘れ去られて久しいことから、多くの人々はこのまま放置しても、現在の状態が継続するだろうという錯覚に陥っていると言っても過言ではありません。現時点で求められていることは適切な更新であり早急な耐震化ですが、全国的には遅々として進まない状況にあります。

そこで、高齢化する管路の実態を把握するため、一般社団法人全国水道管内カメラ調査協会では、2014年5月に「水道管内カメラ調査ハンドブック」を発刊し、広く全国の管路の実態を調査し、適切な更新や積極的な維持管理に活用していただくことにしました。今回、普及し始めたカメラ調査の結果を客観的に評価するため、「水道管内カメラ診断評価マニュアル」を作成し、人間に例えれば、内視鏡検査による健康診断により「病気の早期発見並びに適切な治療」に相当することを、水道管路システムにおいても推進したいと考えております。本マニュアルは、管路内面診断評価委員会において、2年に及ぶ検討結果を纏めたものであり、委員の皆様の熱心なご協力に深く感謝申し上げます。

本マニュアルが将来における安全で安心な水道水の供給に少しでも役立つことを心から願っております。

令和2年10月

管路内面診断評価委員会 委員長
東京都立大学大学院 特任教授
工学博士 小泉 明

目 次

発刊に当たって	会長 杉戸 大作
はじめに	管路内面診断評価委員会 委員長 東京都立大学大学院 特任教授 工学博士 小泉 明
第 1 章 水道管内カメラ調査の概要	1
第 2 章 管内カメラ調査の手順	5
第 3 章 管内評価方法	10
第 4 章 管内面劣化への対応策	29
第 5 章 まとめ	35
参考資料	36
補 足	67

第1章 水道管内カメラ調査の概要

1-1. 水道管路の現況と計画的な更新の必要性

水道統計によれば、法定耐用年数を超えた水道管の割合は平成19年度に6.3%だったものが、平成29年度には16.3%になっており、今後更に増加することが予想されます。

その一方で、更新率は平成19年度に0.94%だったものが、平成29年度には年率0.70%にまで低下しており、更新のための予算が、増加する更新需要に追いついていない状況がわかります（図1-1）。

このため、将来にわたって水道事業の経営を安定的に継続するためのアセットマネジメントの重要性が指摘されていますが、そのためには、管路データの整備や日々の維持管理を通じた管路の健全度の把握、これらに基づく計画的な更新が必要不可欠です。



図1-1 管路経年化率・管路更新率

※対象は末端給水事業および用水供給事業

※管路経年化率は法定耐用年数を超えた管路延長の割合を表す指標で、管路の老朽化度合いを示す。

管路更新率は当該年度に更新した管路延長の割合を表す指標で、管路の更新ペースや状況を示す。

$$\text{管路経年化率 (\%)} = \frac{\text{法定耐用年数を経過した管路延長}}{\text{管路延長}} \times 100$$

$$\text{管路更新率 (\%)} = \frac{\text{当該年度に更新した管路延長}}{\text{管路延長}} \times 100$$

出典：水道統計

厚生労働省 全国水道関係担当者会議資料【資料編】， p2 下段

1-2. 管内カメラ調査は水道管の健康診断

管内カメラは人間に例えると人間ドックで行う、胃カメラや内視鏡検査に該当します。管路履歴等を基に定期的に診断し、問題があると想定される箇所や路線を管内カメラ調査で確認し、洗浄や更新など適切な対応に繋げる水道管の健康診断と言えます（図1-2）。

水道管の健康診断を行って、適切な更新計画を立てることにより、予算を有効に活用して計画的な更新を実現することが可能となります。

1-3. 管内カメラ調査の動向と実績

管内カメラ調査は、供用中の水道管内の様子を、既設設備から断水せずに直接視認しながら調査ができる安心・安全な調査方法です。管路更新計画の立案はもとより、日常の維持管理や施工管理、地震による被害の有無の確認にも有効なツールとして全国各地の水道事業者で広く活用されています（写真1）。



写真1 調査作業風景

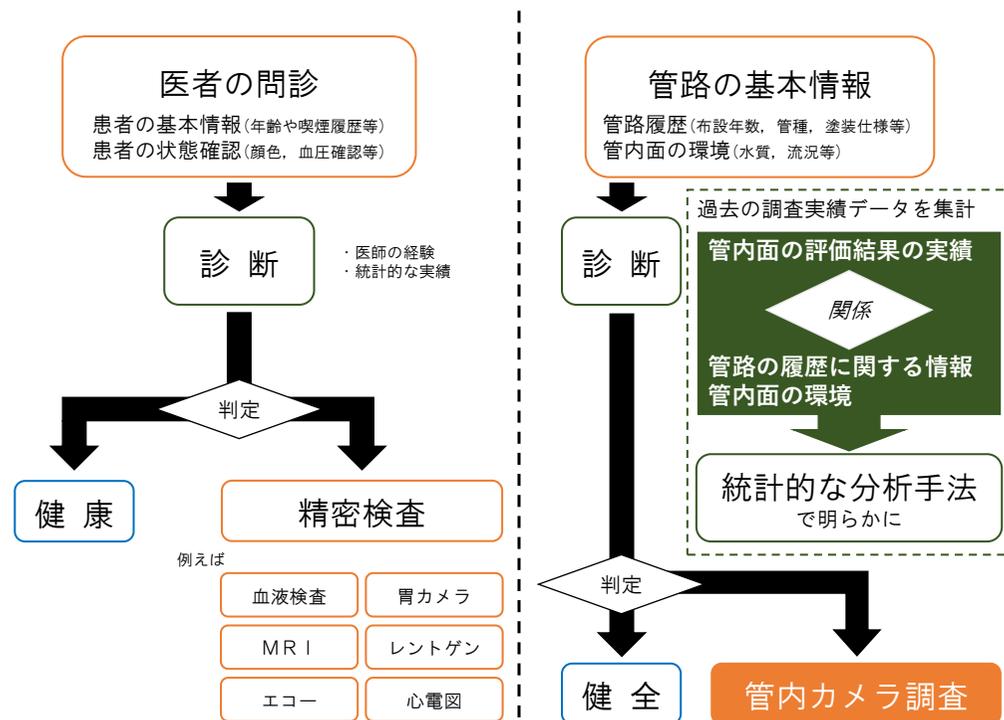


図1-2 水道管の健康診断イメージ

平成18年に協会を設立して以来、管内カメラによる調査箇所数は約5,400箇所に及び、調査実績は年々増加傾向にあります（図1-3）。

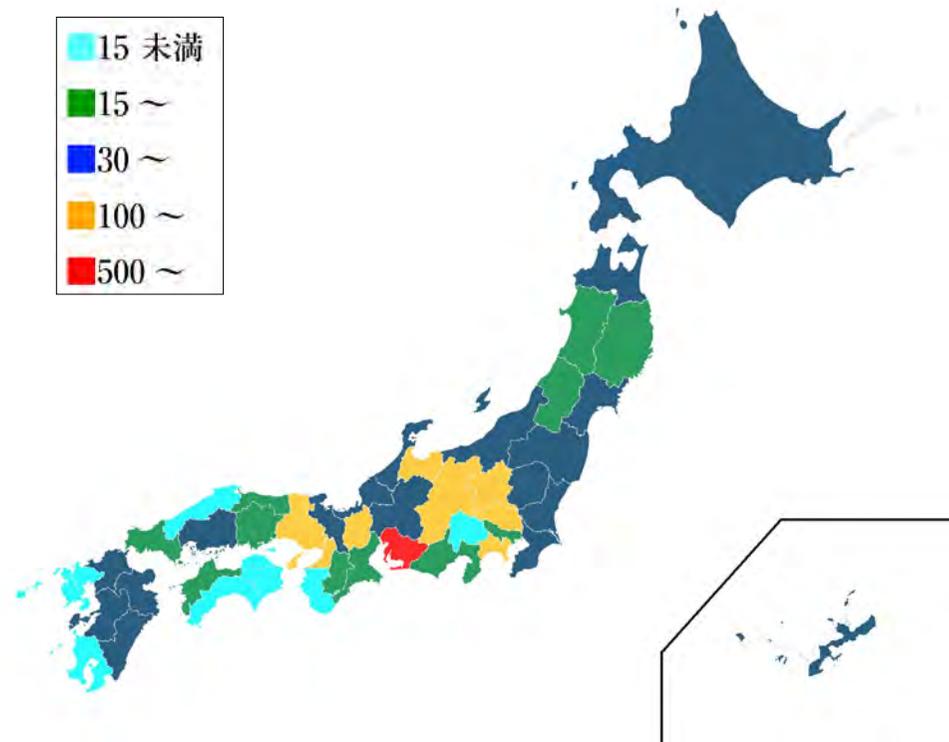


図1-3 全国の管内カメラ調査箇所数分布（平成18年～平成30年）

第2章 管内カメラ調査の手順

管内カメラ調査業務を実施する場合の手順と各工程の留意点を挙げます。

2-1. 調査計画

- 発注者より計画書の内容についての指示があるので十分確認をする。
- 協会認定品のカメラを使用する。認定プレートは、モニター盤裏面に表記されています。
- 水道管内カメラ技能講習修了者を配置する。

水道管内カメラ技能講習修了			
氏名 管内太郎		NO. KK-0000	
生年月日 1426.1.1		顔写真	
会社名 管内株式会社			
会社住所 東京都中央区			
一般社団法人全国水道管内カメラ調査協会			

型式	認定番号	商品名	修了・更新日
不断水水中	技認 第4号	不断水内視鏡カメラN1-40	1426.1.1

(表面)

(裏面)

図2-1-1 修了証写し 管内カメラ講習会修了証

- 調査に適した消火栓、空気弁であるかの確認をする。補修弁がボール式であるか、また正常に作動するか確認する。適したものが無い場合は、別途不断水で新たな調査孔を設置する。
- 調査孔の大きさはφ50mm以上となるよう注意する。



写真2-1-1 カメラ調査孔（ボール式補修弁）

2-2. 現場調査

➤安全対策道路使用許可証条件に基づき保安設備、交通誘導員を配置。



写真2-2-1 保安設備、誘導員配置状況

➤消火栓、空気弁の撤去

消火栓、空気弁を撤去する際は補修弁を全閉にしてから行う。

➤挿入装置の組立

カメラの取扱説明書に従い正しく組立する。



写真2-2-2 組立作業

➤モニターと録画装置のセット

モニター画像が録画装置に送信されていることを確認する。



写真2-2-3 モニター確認

➤カメラとケーブルの消毒

計画書に記載の通りに消毒用塩素を作成する。噴霧器とゴム手袋を使用して消毒する。



写真2-2-4 カメラ消毒

➤挿入装置のセット

挿入部を清掃した後に挿入装置を設置する。ドレン排水を行うので周辺に留意する。



写真2-2-5 カメラ装置取り付け

➤立管部錆こぶ除去

布設年度が古い管路は立管部が内面防食されていないため、カメラ挿入前に錆こぶ除去装置で処理する。



写真2-2-6 錆こぶ除去作業

➤調査開始

取扱説明書に従い正しくカメラを管内に挿入する。



写真2-2-7 管内カメラ調査実施

➤調査完了

挿入部を現状復旧すること。監督職員と協議し、ガスケット・ボルトナットの取替えが必要な場合は行う。

2-3. 報告書作成

- 報告書に用いる静止画像は、直管部、異形管部など部位を明記し、管内状況を把握できるものとする。
- 調査結果には、箇所ごとに評価5項目の判断元となった静止画像を添付する。
- 管内映像より、管内の劣化状況について評価基準に基づき、調査箇所ごとに評価を行う。



写真2-3-1 調査報告書イメージ

第3章 管内評価方法

3-1. 5項目・5段階評価

協会では、管路内面診断評価委員会において、管内劣化状況として以下の5項目を選定しました。

- ① 錆の状態
- ② 内面付着物
- ③ 内面防食状況
- ④ 堆積物
- ⑤ 浮遊物

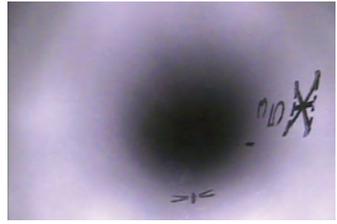
この5項目の項目毎に、劣化度合いに応じてS・A・B・C・Dの5段階にランク分けし評価する方法を標準化しました。

5段階ランクの説明と、各ランクに対応する管内の劣化状況の事例画像は次の通りです(事例1 次項参照)。

事例1 管内ランク表

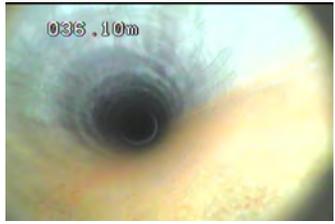
(1) 錆の状態

錆のない状態を〔S〕、錆による閉塞が起きている(目視閉塞30%以上)状態を〔D〕として、〔A〕〔B〕〔C〕に段階的に錆の状態を割り付けた。

ランク	錆の状態	管内写真	
S	発錆が確認されない。		
A	発錆が確認される。		
B	錆の隆起(錆こぶ)が確認される。		
C	錆による閉塞がおきている(目視閉塞率30%未満)。		
D	錆による閉塞がおきている(目視閉塞率30%以上)。		

(2) 内面付着物

管内面に付着物が無い状態を〔S〕、付着物により厚い層が形成されている状態を〔D〕として、〔A〕〔B〕〔C〕に対して段階的に付着物の状態を割り付けた。

ランク	内面付着物	管内写真	
S	付着物が確認されない。		
A	部分的に付着物が確認される。		
B	管路内面全体に付着物が確認される。		
C	付着物により薄い層が形成されている。		
D	付着物により厚い層が形成されている。		

※ランク分けに当たり、異形管等継ぎ目で錆こぶにより閉塞が確認される場所に関しては錆が付着しているとして〔A〕評価とした。

(3) 内面防食状況

1) モルタルライニング

シーラントの剥離などの問題が見られない状態を〔S〕、モルタルライニングが剥離している状態を〔D〕として、〔A〕〔B〕〔C〕に対して段階的にモルタルライニングの状態を割り付けた。

ランク	内面防食状況 モルタルライニング	管内写真	
S	剥離などの問題が見られない。		
A	シーラントがライニングから浮いている。		
B	シーラントの剥離が確認される。		
C	モルタルライニング表面の劣化が確認される。		
D	モルタルライニングの剥離が確認される。		

2) モルタルライニング以外(エポキシ樹脂塗装、コーラル系塗装、管端防食塗装)

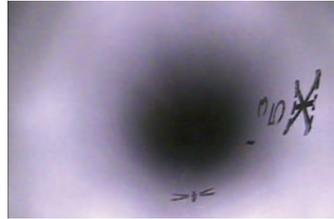
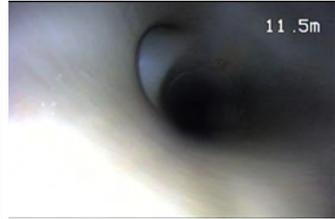
塗膜の剥離などの問題が見られない状態を〔S〕、塗膜が剥離し錆が発生している状態を〔D〕とし、〔B〕に塗膜の一部が剥離し錆が発生している状態を割り付けた。〔A〕〔C〕に関しては段階的な状態の判断が困難なために空欄とした。

ランク	内面防食状況 各塗膜	管内写真	
S	剥離などの問題が見られない。		
A	空欄		
B	塗膜の一部が剥離し発錆が見られる。		
C	空欄		
D	塗膜全体が剥離し発錆が見られる。		

※ランク分けに当たり、異形管等で錆こぶにより閉塞が確認される場所に関しては、塗膜が剥離しているとして〔D〕評価とした。

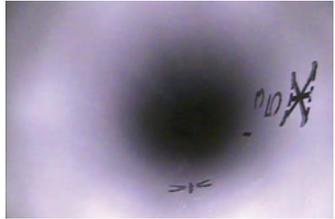
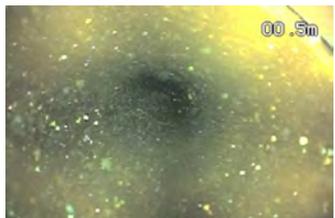
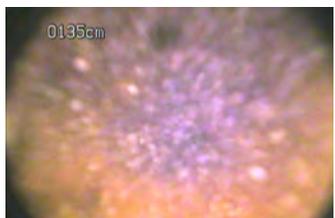
(4) 堆積物

堆積物が無い状態を〔S〕、堆積によりカメラ調査ができない状態を〔D〕として、〔A〕〔B〕〔C〕に対して段階的に堆積物の状態を割り付けた。

ランク	堆積物	管内写真	
S	堆積物がない。		
A	錆や砂・石等が確認される(異物含む)。		
B	部分的な錆や砂・石等の堆積が確認される。		
C	広範囲に錆や砂・石等の堆積が確認される。		
D	堆積によりカメラが埋没して調査が行えない。		

(5) 浮遊物

浮遊物が確認できない状態を〔S〕、浮遊物により視界が悪くカメラ調査が困難な状態を〔D〕として、〔A〕〔B〕〔C〕に対して段階的に浮遊物の状態を割り付けた。

ランク	浮遊物	管内写真	
S	浮遊物が確認されない。		
A	浮遊物が時折確認できる。		
B	浮遊物が常に確認できる。		
C	多量の浮遊物が常に確認できる。		
D	浮遊物により視界が悪くカメラ調査が困難。		

3-2. 評価基準

同じ調査箇所でも部位や状況によって評価は異なりますが、調査管路の路線としての評価が求められます。そこで、次のような基準で評価するものとします。

- (1) 調査箇所を上流側と下流側に分け、それぞれ 5 項目について、最も劣化度合いの高い部位とその劣化状況が分かる静止画を添付し、客観的に表現する（事例 2 次項参照）。客観的なコメントの例を（事例 3 p22～p26 参照）に示す。
- (2) 調査箇所の路線全体としての 5 項目・5 段階評価結果とその理由をコメントする（事例 4 p27 参照）。
- (3) 調査案件の評価は、水道管路に関する実務に携わったことのある者、又は協会が実施する技能講習会を受講した者が、同一の基準に基づいて行う。

事例 2 調査結果票

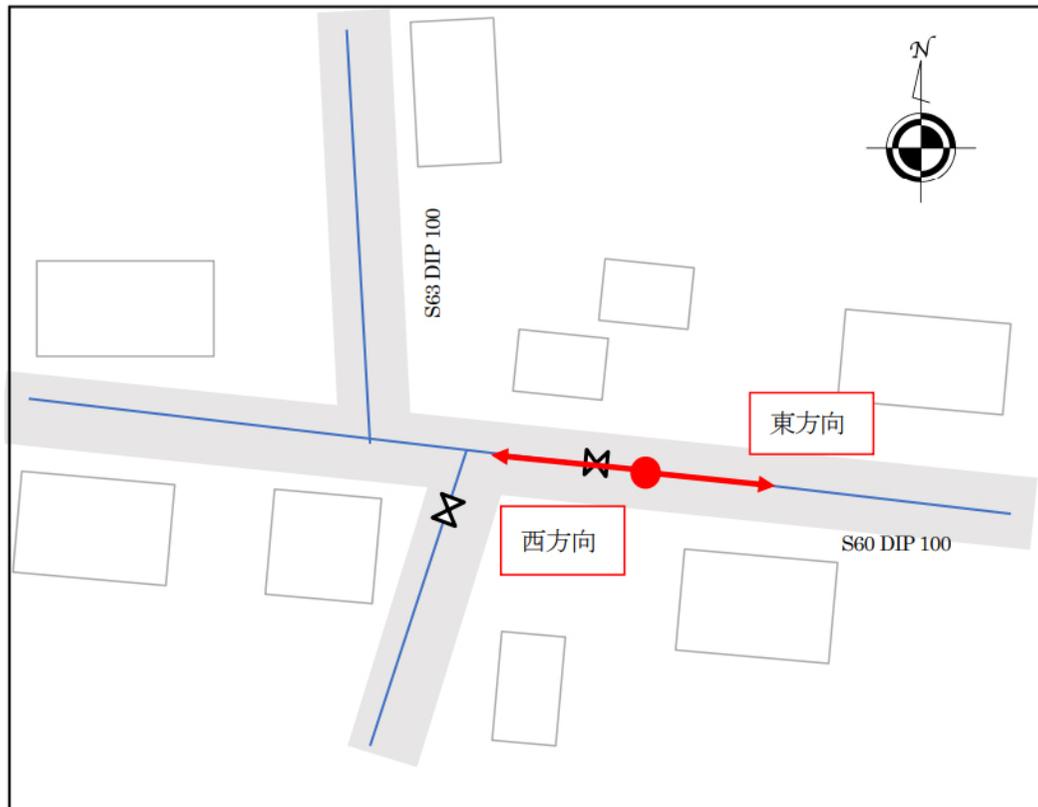
(1) 調査箇所 No.1

1) 調査対象配水管

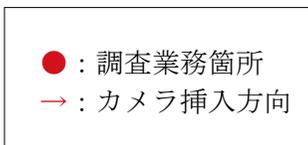
- ①管種 DIP (A形)
- ②内面仕様 モルタルライニング (直管部)
- ③口径 φ100mm
- ④布設年度 昭和60年

2) 使用した内視鏡装置 ルミナスカメラ (日本水機調査製)

3) 調査箇所図

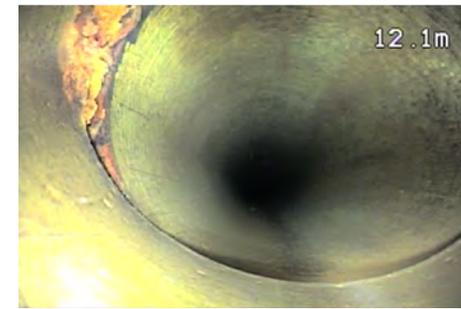
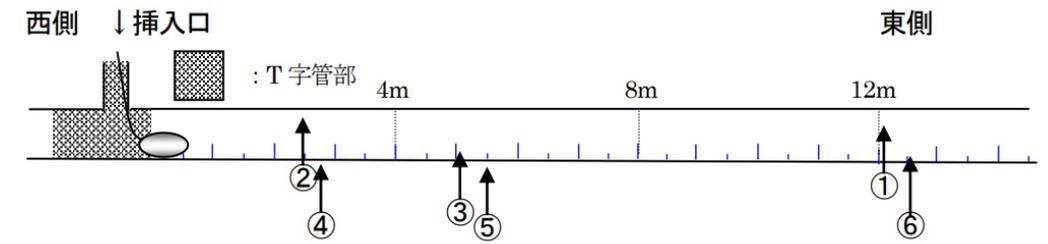


※サンプル図



4) 調査結果

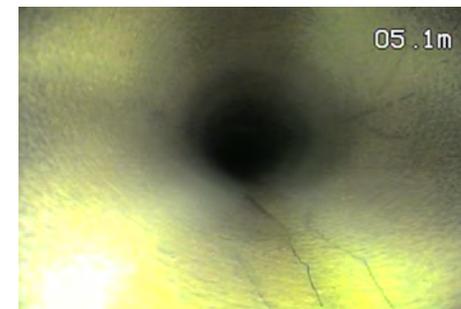
東方向 (下流側) へ挿入 (挿入距離 : 約 12.5m)



①錆の状態 接合部に発錆を確認。



②内面付着物 管内面全周に付着物を確認。



③内面防食状況
シールコートの亀裂を確認。



④堆積物 管底部に錆の堆積を確認。

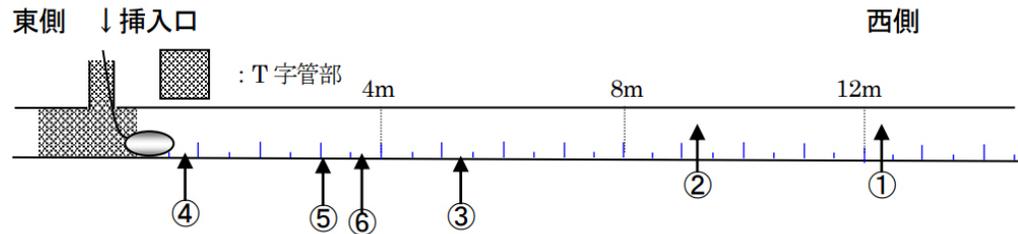


⑤浮遊物 常に浮遊物が確認される。

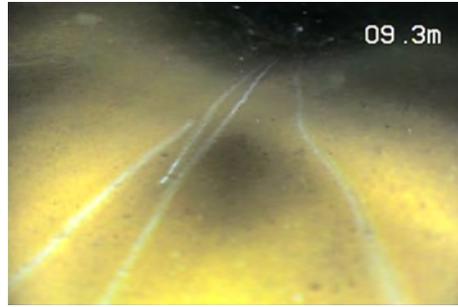


⑥穿孔部 穿孔部の管底部付近に錆の堆積を確認。

西方向（上流側）へ挿入（挿入距離：約 12.5 m）



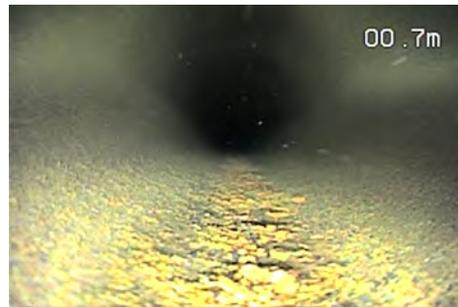
①錆の状態 接合部に錆こぶを確認。



②内面付着物 復路。カメラ痕により管内面の付着物を確認。



③内面防食状況 穿孔部に発錆を確認。シーラントの亀裂を確認。



④堆積物 管底部に多量の錆の堆積を確認。



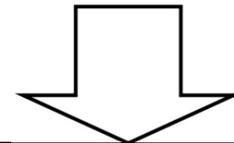
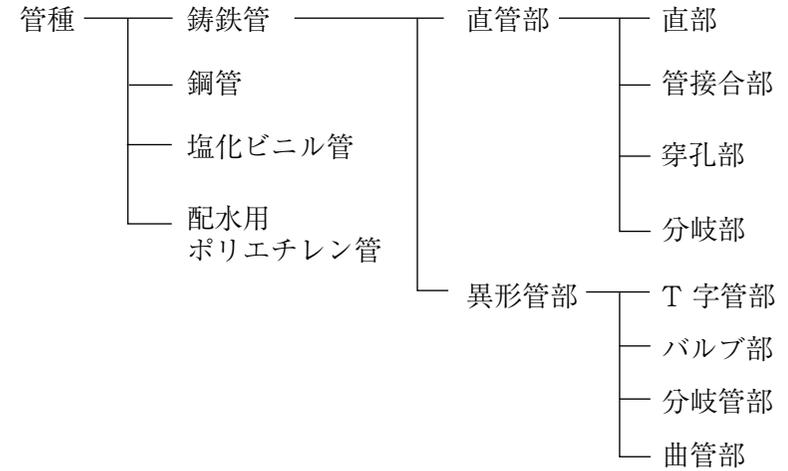
⑤浮遊物 接合部に錆の堆積を確認。常時、浮遊物を確認。



⑥異形管部 管内面が錆こぶで閉塞。

事例 3 客観的なコメントの例

(1) 調査コメントの着眼点



直管部	直部	錆、錆の固まり、砂、シーラント片、スケール、マンガン等（付着、堆積、固着、浮遊、移動）
	管接合部	管内面、管底部、管端面、接合段差、凹部、ライナー、管内状況
	穿孔部	管底部、穿孔穴、防食コア
	分岐部	管底部、分岐穴
異形管部	T字管部	管内面、縦管下部、管底部、接合段差、凹部、管内状況
	バルブ部	内面、底部、端面、段差、弁体
	分岐管部	管内面、管底部、管端面、接合段差
	曲管部	管内面、管内状況

(2) コメント例

1) ダクタイル鋳鉄管、直管部（直部）の場合

着眼点	状況	コメント例
錆	付着	管内全面に（微細な）赤錆（等）が付着。
	堆積	管底部に（わずかに）（微細な）錆（等）が堆積。
		管底部に多くの錆等が堆積。
		管底部に多量の錆が堆積。
		管底部で広範囲に錆等が堆積。
	傾斜部管底に錆等が堆積。	
堆積、固着	管底部に（多くの）錆が堆積・固着。	
浮遊	殆ど流れが無い場合、カメラ移動時に微細な錆等の夾雑物が浮遊。	
錆の固まり	堆積	管底部に（多くの）錆の固まり（等）が堆積。
	堆積、固着	管底部で広範囲に錆の固まりが堆積・固着。
泥	堆積	管底部に泥状のものが堆積。
スケール	付着	管内全面に Ca 等のスケールが付着。
シーラント片	堆積	管底部に微細なシーラント片が堆積。
		管底部に錆やシーラント片等が堆積。
	浮遊	微細なシーラント片が多量に浮遊。
		（カメラ移動時に）微細な錆やシーラント片等が浮遊。
多量のシーラント片が浮遊。		
浮遊、移動	大きな膜状のシーラント片が浮遊。	
浮遊、移動	微細なシーラント片が浮遊し上流側から移動。	
ライニング片	堆積	管底部に（錆や）ライニング片の様なものが堆積。
マンガン	付着	マンガン等の付着は見られず。
		管内全面に黒褐色のマンガンが付着。
		ライニング表層に黒褐色のマンガンが付着。
		ライニング表層に薄くマンガンの様なものが付着。
モルタルライニング	劣化状況	ライニングには特に異常は見られず。
		ライニング表層がわずかに白化傾向。
		ライニング表層の亀甲状の模様（微細クラック）が目立った。
		製造時に付いたと思われるライニング表層の擦り跡が目立った。
		ライニングの螺旋状の凹凸が目立った。

着眼点	状況	コメント例
エポキシ樹脂粉体塗装	劣化状況	粉体塗装には特に異常は見られず。
シーラント	劣化状況	シーラントの白化が目立った。
		シーラントが全体的に白化。劣化が進み浮いている様に見える。
		シーラントが全体的に白化傾向。シーラントの剥離した部分も認められた。
		シーラントが剥離している様に見える部分が認められた。
		シーラントの剥がれかけた部分が認められた。
		シーラントが剥離。
		シーラントが剥離している部分や、剥がれかけた部分が認められた。
		シーラントの剥離している部分が多く認められた。
		管内面の多くの部分でシーラントが剥離。
		管内面の殆どの部分でシーラントが剥離。
流れ		管末のため流れは殆ど無。
印字		印字から〇〇年製のライニング管。

2) ダクタイル鋳鉄管、直管部（管接合部、穿孔部、分岐部）の場合

調査対象	着眼点	状況	コメント例	
管接合部	管内面	モルタルライニング	劣化状況	特に異常は見られず。
				モルタル表層の荒れが目立った。
				カメラヘッドの擦り跡からはライニングの劣化兆候（軟化等）は認めれず。
		シーラコート	劣化状況	シーラコートが白化傾向。
				シーラコートが全体的に白化。劣化が進み浮いている様に見えた。
				シーラコートが浮いている様に見えた。
	管底部	錆	堆積	管底部に錆（等）が堆積。
				管底部にわずかに錆が堆積。
		錆の固まり	堆積	管底部に多量の錆の固まりが堆積。
				堆積、固着
	管端面	錆	発生	管端面で（わずかに）発錆。
				発錆もなく異常は見られず。
				黒塗装も残っており、特に異常は見られず。
				管端面には防食材が装着されていたが、わずかに発錆。
		錆こぶ	発生	管端面（の一部）に錆こぶが発生。
				管端面全周に錆こぶが発生。
				現地切管後に塗装が施されていなかったためか管端面全周に錆こぶが発生。
	現地切管			現地で切管が行われたためか管断面が鋸状。
	接合段差	錆	堆積	粉体管（分岐管）とライニング管（直管）の接合段差部に多くの錆が堆積。
				接合段差部に錆が堆積。
錆の固まり		堆積	粉体管（曲管）とライニング管（直管）の接合段差部に錆の固まりが堆積。	
	接合段差部に錆の固まりが堆積。			
砂	堆積	接合段差部に砂等が堆積。		

調査対象	着眼点	状況	コメント例	
管接合部	凹部	錆	発生	凹部で発錆。
			堆積	凹部に（多くの）錆（等）が堆積。
			堆積、浮遊	凹部に微細な錆等が堆積。カメラ通過時にこれらの錆等が浮遊。
		錆の固まり	堆積	凹部に多量の錆の固まりが堆積。
				凹部に多くの錆の固まりが堆積。
				凹部に大きな錆の固まりが堆積。
	錆こぶ	発生、固着	堆積	凹部に錆こぶが堆積。
			凹部に（わずかに）錆こぶが発生。	
			凹部に錆こぶが発生。周りに固着。	
			凹部全周に錆こぶが発生。	
	シーラコート片	舞い上がり浮遊、移動	堆積	凹部にシーラコート片が堆積。
			凹部に微細な錆やシーラコート片等が堆積。	
			凹部に錆が堆積。わずかにシーラコート片が浮遊し上流側	
	その他	堆積	舞い上がり浮遊、移動	カメラ通過時に凹部に堆積していた錆やシーラコート片等が舞い上がり浮遊。
堆積			T 頭ボルトの様なものが堆積。	

調査対象	着眼点	状況	コメント例	
管接合部	ライナー	有無	ライナーを確認。異常は見られず。 ライナーを確認。ライニング管(直管)とライナーの接合段差部にわずかに錆が堆積。	
		錆	発生	ライナー端面には特に異常は見られず。 ライナー端面でわずかに発錆。
	管内状況	錆	浮遊	カメラ移動時に(わずかに)微細な錆等(の夾雑物)が浮遊。
		シールコート片	浮遊	(カメラ移動時に)微細な錆やシールコート片等が浮遊。
		マンガン	浮遊	微細な錆やマンガンの様なものが浮遊。
	穿孔部	管底部	錆	堆積
切片			堆積、固着	穿孔時に生じたと考えられる切片が堆積・固着。
穿孔穴		錆こぶ	発生	穿孔穴の周りに錆こぶが発生。
防食コア		錆	発生	防食コアには特に異常は見られず。 防食コアが正確に施工されていなかったためか錆で閉塞。
	錆こぶ	発生	防食コアの周りに錆こぶが発生。	
分岐部	管底部	切片	堆積	分岐穿孔時に生じたと考えられる切片が(わずかに)堆積。
	分岐穴	錆こぶ	発生	分岐穴内で錆こぶが発生。

事例 4 5項目・5段階評価結果例

(調査箇所 No. 1)

評価項目	ランク評価	評価の状態
① 錆の状態	B	錆こぶが確認される
② 内面付着物	C	付着物により薄い層が形成されている
③ 内面防食状況	B	シールコートの剥離が確認される
④ 堆積物	D	堆積物によりカメラが埋没する
⑤ 浮遊物	B	浮遊物が常に確認できる

- ①管内面の錆については、直管部・接合部は堆積物で覆われており確認できなかつたが、異形管部(写真 1～4)で錆こぶが確認できたため、ランクを「B」とした。
- ②内面付着物については、写真 5、写真 7・8・10・11 から、管の壁面付近に付着物の層が確認できるため、ランクを「C」とした。
- ③内面防食状況について、直管部は堆積物で覆われているため状況は分からないが、一部管頂部でシールコートが剥離していると思われる(写真 7)ため、ランクを「B」とした。
- ④堆積物については、直管部の 4m から 17m の間でカメラが埋没するほど大量の堆積物を確認できた(写真 5・6、写真 7～12、写真 19・20)ため、ランクを「D」とした。また、この堆積物は管底部の中心に一番厚く堆積しており、2 cm 程度の厚みがあると思われる。恐らく、上流から流下してきた夾雑物が曲管部で変化した流速分布を原因としてできた澱みによって、下りてきた曲管の周辺に堆積したものと思われる。なお、今後、大きな流速変化等があった場合に、この大量の堆積物が流下すると大規模な濁水被害が発生する恐れがあると思われる。
- ⑤浮遊物については、常時上流から浮遊物の流下が確認できたため、ランクを「B」とした。

3-3. 管路カルテの作成

医療では患者のカルテを作成して経過を観察し必要な治療が行われます。水道管路も同じ様に、管路の属性情報と共にカメラ調査の映像データと評価結果を記録したものを管路カルテとして作成し、アセットマネジメントに生かしていく必要があります。管路カルテの一例を示します(事例 5 次項 参照)。

事例 5 管内カメラ評価結果票

管内カメラ評価結果票				No.		
調査 No.	1	調査年月日(西暦)	〇〇年〇月〇日			
事業体名	〇〇市水道部					
調査 管 路	現場住所	〇〇市△△町 1-1				
	挿入箇所	消火栓	消火栓 No. 又は空気弁 No.	F-1		
	管種	ダクタイル鋳鉄管	ダクタイルの場合 は継手形式	A		
	内面仕様	直管部	モルタルライニング	異形管部	不明	
	布設年	西暦	1970	年		
	口径	100	mm			
	計画調査延長(上下流合計)	50			m	
	実調査延長	(上流側) 12.5 (下流側) 12.5			m	
	上水・工業用水・農業 用水・その他	上水	上水道の場合 (導・送・配・給水・その他)		配水	
	調査対象管路に配水する主要浄水場名		□□浄水場			
管内面評価結果 (最も対処が必要な箇所の評価項目及びランクを記載)						
上流側管路(流向に対して逆方向)			下流側管路(流向方向)			
評価項目	錆の状態		評価項目	内面防食状況		
部位	異形管部		部位	直管部		
						
評価ランク	D		評価ランク	B		
備考	直管部は5項目共にBランクであり、管路全体の対処を要す		備考	内面付着物、浮遊物もBランクであり、管路全体の対処を要す		

第4章 管内面劣化への対応策

4-1. 対処法と事例

第3章で述べたような管内カメラによる直接診断^(※1)と評価結果に基づき、どのような対策をするか、基本的な対処法(表4-1)と対処前後の管内カメラ比較の例(表4-2)を紹介します。

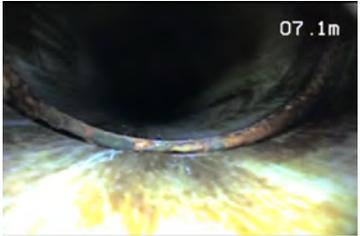
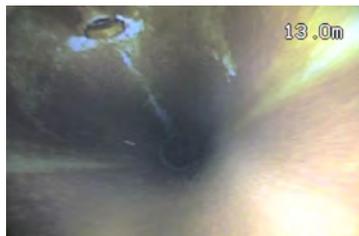
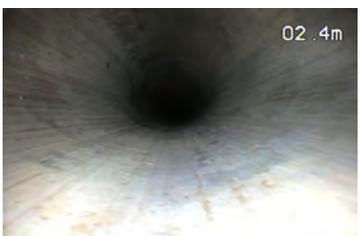
表4-1 対処法一覧

対処法	内容	特徴
無対策	➤劣化度はSランクと健全なため特に対策を要しない	✓管内は良好なため特別な対策は講じず、定期的にカメラ調査などで経過を観察する
水質改善対策	➤水源水質や浄水処理が原因で腐食性が高い場合は、ランゲリア指数を改善する	✓消石灰等注入により赤水や黒水発生の原因となるランゲリア指数の改善に有効
夾雑物除去装置の設置	➤夾雑物の堆積しやすい地点に装置を設置して効果的に除去する	✓管底部を流れる夾雑物の排出に排水T字管やドレン管が有効 ✓浮遊する夾雑物や微小な夾雑物には特殊ストレーナ装置が有効
洗浄放水(排水洗管)	➤排水管や消火栓からの放水により管内の堆積物や浮遊物を除去する	✓管内が比較的健全であるにもかかわらず周囲から異物が集まり堆積しやすい場所や、管末での放水が有効 ✓既存の水量のみで洗浄するため、ある程度の夾雑物の除去には活用できる

※1 水道維持管理指針 2016(日本水道協会監修)によれば「直接診断は管路を直接調査して機能を測定評価する方法で最も信頼性の高い手法である」としている。

対処法	内容	特徴
特殊洗管工法	<p>➢劣化度が比較的高いため、特殊な洗浄器具やソフトピグ、炭酸ガスなどを使用して物理的に異物を除去する</p>	<p>✓洗浄放水では効果が少ない場合に有効</p> <p>✓管口径、管延長、除去対象などで工法に特徴がある</p>
更生工法	<p>➢管内面の異物を除去した後、シールホースやプラスチック管を反転あるいは挿入して延命化を図る</p>	<p>✓漏水や破裂を防止できる</p> <p>✓ある程度の耐震性を期待できる</p> <p>✓給水分岐などがある場所では適さない</p>
更新	<p>➢布設替えやPIP工法により更新する</p>	<p>✓劣化度合いが著しい管路や、耐震性が求められる管路は更新を優先</p>

表4-2 対処前後の管内カメラ比較の例

項目	洗管前	洗管後
錆の状態		
内面付着物		
内面防食状況		
堆積物		
浮遊物		

4-2. 問診票による簡易判定

病院に行くと、初診の場合は問診票に基本情報や症状を記入します。管路を診断する場合も、管種や布設年度などの履歴情報と赤水やシールコートなどの発生事象を基に、管内カメラ調査を行う路線や箇所を決めるのが効果的です。

このような調査したい管路に関する情報（問診票）を基に、これまでに実施した 830 件近い管内カメラ調査で得られた評価結果と管路の履歴情報との関係を統計的手法で分析したモデル（資料 4 p57～参照）を用いて、管内面の劣化度合いが高いと推定される管路を簡易判定すれば、効果的な管内カメラ調査が期待できます。

問診票の事例を次に示します（事例 6 次項参照）。

事例 6 管内カメラ調査問診票

管内カメラ調査問診票

記入日〇〇年〇月〇日

事業体名 〇〇水道局

住所 △△県××市□□町1-1-1

担当者名 水道 太郎

連絡先 (Tel) 123-456-789

(Mail) t-suido@maru.com

- * この問診票は水道管内面の健全度を簡便にチェックするためのものです。
- * 問診票の情報をもとに数量化Ⅱ類により「Good」群か「Bad」群かに判別します。
- * 「Bad」群と診断された場合は、管内カメラ調査による詳細な診断評価が有効です。

1. 調査したい水道管について

（該当するものに、複数の場合は主要な管種に）

① 管種は何ですか？

- ダクタイル鋳鉄管 鋳鉄管 鋼管 塩化ビニル管
 配水用ポリエチレン管 石綿管 不明 その他

② 異形管部（曲管、T字管、分岐管、バルブ）がありますか？

- ある 直管部のみ 不明

③ 布設年度はいつですか？

- 1970年以前 1971～1989年 1990年以降 不明

④ 内面仕様は何ですか？

- エポキシ樹脂粉体塗装 モルタルライニング エポキシ系塗装
 コールタール系塗装 無ライニング 不明

⑤ 口径はいくつですか？

- 100mm以下 150mm 150mm超 不明

次項2.へ続きます

参考資料

資料1 水道管内カメラ調査の実績

初年度では100箇所未満であった調査箇所数が翌年からは300箇所以上で推移し、最近5年間では360～600箇所／年、また調査件数（≒依頼件数）についても70～90件数／年となっています。

(3)の箇所数分布図より、2013年から2018年でその区分が上昇した県は25都道府県に及ぶことから、カメラ調査がより広く普及してきていると言えます。

また調査距離についても、初期のケーブル長10m～30mから、40m以上かつ様々な調査環境に対応できる多種の機器が登場するに伴い、伸びつつあります。この結果、上下流ともに調査を行い、その延長を1箇所当たり2006～2010年は20m、2011年以降は80mとした場合、全調査延長は約300kmとなります。一方、水道事業者の経年管路延長は11万6,000km（全管路延長の16.3%～水道統計「平成29年度」より）に及び、まだまだカメラ調査の普及・改善の余地、活用機会は多いと言えます。

参考までに、2006年から2018年までのカメラ調査年度別推移、地方別集計、調査箇所分布の一覧を示します。これらのデータは、水道管内カメラ調査を実施した協会員に対するアンケート調査結果（2019年実施）を集計したものです。

(1) 調査箇所数、件数の年別推移および累計



図1 調査実績（調査件数）の年別推移

表1 調査件数、調査箇所数（給水人口10万人以上・未満）の年推移

年推移	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	合計
10万以上	16	34	56	50	42	35	35	37	41	52	45	53	62	558
未 満	9	10	20	22	31	21	13	16	27	40	34	35	27	305
件数計	25	44	76	72	73	56	48	53	68	92	79	88	89	863
箇所数	99	313	595	571	602	365	347	294	502	580	375	423	365	5431



図2 調査実績（調査件数）の累計

(2) 調査箇所数、件数の地方別集計

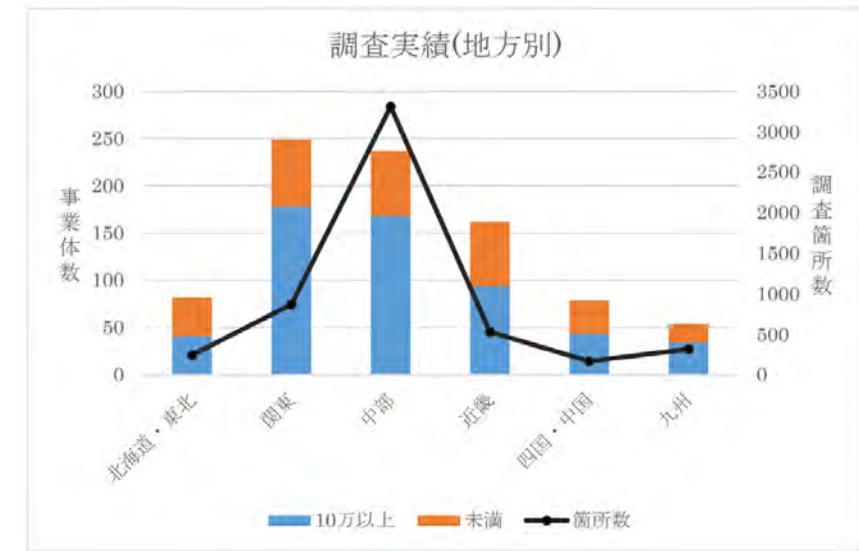


図3 地方別集計

表2 調査件数、調査箇所数（給水人口10万人以上・未満）の累計

年推移	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
10万以上	16	50	106	156	198	233	268	305	346	398	443	496	558
未満	9	19	39	61	92	113	126	142	169	209	243	278	305
件数計	25	69	145	217	290	346	394	447	515	607	686	774	863
箇所数	99	412	1007	1578	2180	2545	2892	3186	3688	4268	4643	5066	5431

表3 地方別実績数

年推移	北海道・東北	関東	中部	近畿	四国・中国	九州	総計
10万以上	41	178	168	94	43	34	558
未満	41	71	69	68	36	20	305
件数計	82	249	237	162	79	54	863
箇所数	241	869	3311	528	166	316	5431

(3) 調査箇所分布

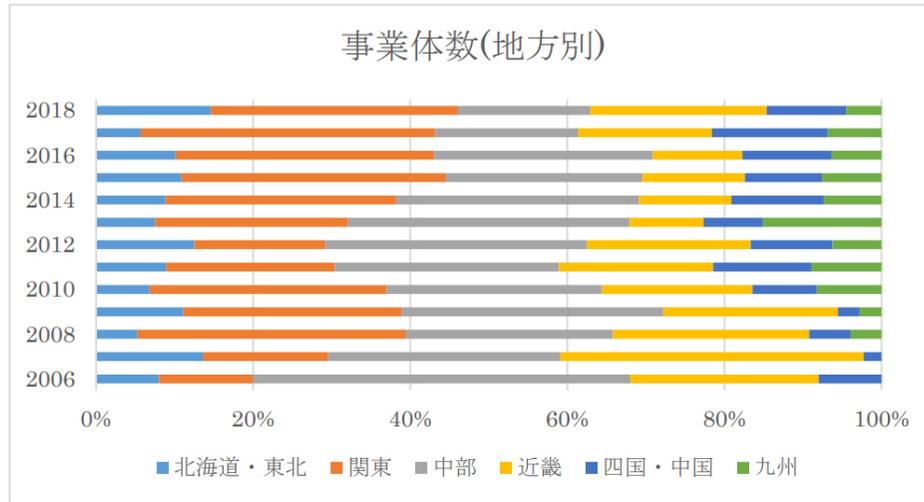


図4 件数全体に占める各地方の割合

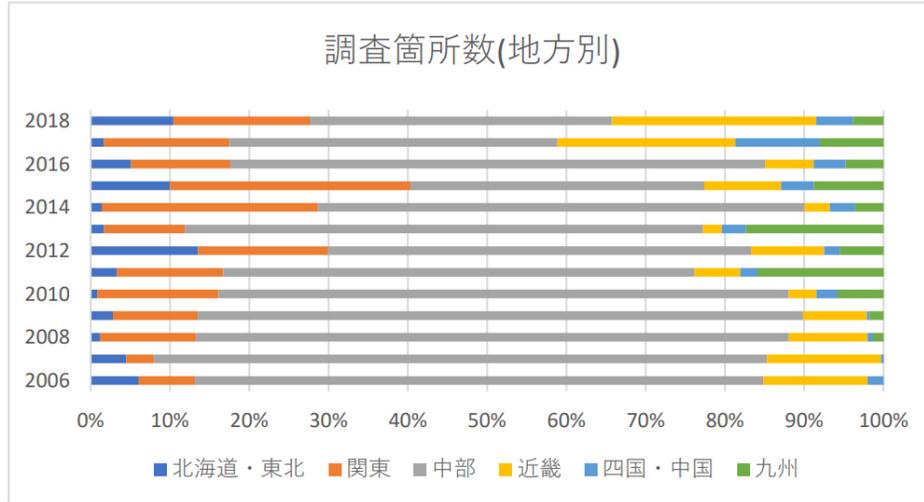


図5 箇所数全体に占める各地方の割合

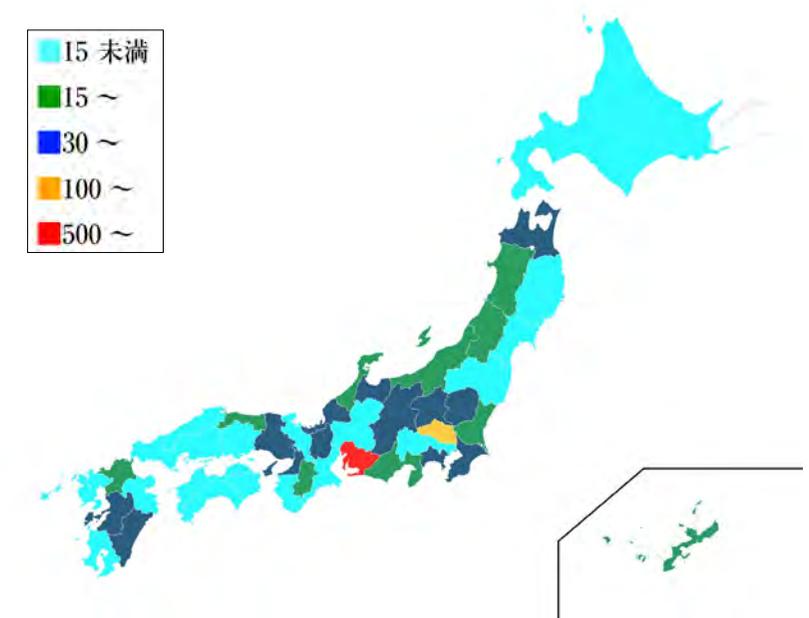


図6 2006年～2013年の箇所数分布

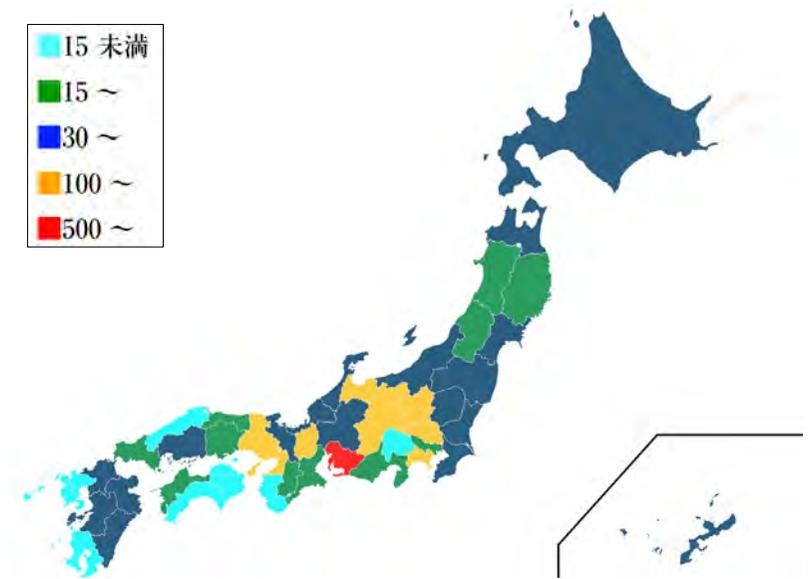


図7 2006年～2018年の箇所数分布

(4) 都道府県別・給水人口別・年度別調査数

表4 都道府県別・給水人口別・年度別調査数（北海道・東北）

年	項目	北海道・東北						
		北海道	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県
2006	10万以上	1	0	0	0	0	0	0
	未満	0	0	0	0	0	1	0
	件数計	1	0	0	0	0	1	0
	箇所数	1	0	0	0	0	5	0
2007	10万以上	0	0	0	0	2	0	1
	未満	2	1	0	0	0	0	0
	件数計	2	1	0	0	2	0	1
	箇所数	2	2	0	0	8	0	2
2008	10万以上	0	0	1	0	1	0	0
	未満	1	0	0	0	0	1	0
	件数計	1	0	1	0	1	1	0
	箇所数	1	0	2	0	3	1	0
2009	10万以上	0	2	1	0	0	1	0
	未満	0	1	1	0	2	0	0
	件数計	0	3	2	0	2	1	0
	箇所数	0	7	3	0	5	1	0
2010	10万以上	0	1	0	0	0	1	0
	未満	2	0	1	0	0	0	0
	件数計	2	1	1	0	0	1	0
	箇所数	2	1	1	0	0	1	0
2011	10万以上	1	1	0	0	0	1	0
	未満	0	0	1	0	0	0	1
	件数計	1	1	1	0	0	1	1
	箇所数	1	1	1	0	0	7	2
2012	10万以上	0	1	0	1	0	0	0
	未満	2	1	0	0	0	0	1
	件数計	2	2	0	1	0	0	1
	箇所数	2	43	0	1	0	0	1
2013	10万以上	0	0	2	0	0	0	0
	未満	0	1	0	0	0	0	1
	件数計	0	1	2	0	0	0	1
	箇所数	0	1	2	0	0	0	2
2014	10万以上	0	0	2	0	1	0	1
	未満	0	0	1	1	0	0	0
	件数計	0	0	3	1	1	0	1
	箇所数	0	0	4	1	1	0	1
2015	10万以上	0	1	1	2	0	1	1
	未満	1	0	0	0	0	0	3
	件数計	1	1	1	2	0	1	4
	箇所数	11	1	1	2	0	1	42
2016	10万以上	0	0	1	1	0	0	0
	未満	2	0	0	1	1	0	2
	件数計	2	0	1	2	1	0	2
	箇所数	9	0	1	4	1	0	4
2017	10万以上	0	0	0	2	0	0	0
	未満	0	1	0	0	0	0	2
	件数計	0	1	0	2	0	0	2
	箇所数	0	2	0	2	0	0	3
2018	10万以上	1	1	1	1	2	0	2
	未満	1	0	0	3	0	1	0
	件数計	2	1	1	4	2	1	2
	箇所数	2	2	1	23	3	4	3
合計	10万以上	3	7	9	7	6	4	5
	未満	11	5	4	5	3	3	10
	件数計	14	12	13	12	9	7	15
	箇所数	31	60	16	33	21	20	60

表5 都道府県別・給水人口別・年度別調査数（関東）

年	項目	関東							
		茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	山梨県
2006	10万以上	0	0	0	1	0	0	2	0
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	0	1	0	0	2	0
	箇所数	0	0	0	4	0	0	3	0
2007	10万以上	0	0	0	1	2	0	4	0
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	0	1	2	0	4	0
	箇所数	0	0	0	1	2	0	8	0
2008	10万以上	1	0	1	3	3	3	8	0
	未満	3	2	0	1	1	0	0	0
	件数計	4	2	1	4	4	3	8	0
	箇所数	8	9	1	21	4	5	24	0
2009	10万以上	0	1	0	7	2	0	4	0
	未満	2	2	1	1	0	0	0	0
	件数計	2	3	1	8	2	0	4	0
	箇所数	6	20	6	19	3	0	7	0
2010	10万以上	0	1	1	7	2	0	1	0
	未満	3	4	0	3	0	0	0	0
	件数計	3	5	1	10	2	0	1	0
	箇所数	5	34	6	43	2	0	2	0
2011	10万以上	0	0	2	4	0	1	1	1
	未満	0	1	0	0	1	0	1	0
	件数計	0	1	2	4	1	1	2	1
	箇所数	0	1	12	11	1	1	21	2
2012	10万以上	0	0	0	3	2	0	1	0
	未満	0	1	0	0	0	0	0	1
	件数計	0	1	0	3	2	0	1	1
	箇所数	0	1	0	9	21	0	16	10
2013	10万以上	2	0	3	4	2	2	0	0
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	2	0	3	4	2	2	0	0
	箇所数	2	0	14	10	2	2	0	0
2014	10万以上	2	1	1	6	4	1	2	0
	未満	1	0	0	2	0	0	0	0
	件数計	3	1	1	8	4	1	2	0
	箇所数	3	1	100	20	6	1	6	0
2015	10万以上	0	0	1	5	10	2	1	0
	未満	2	0	1	3	6	0	0	0
	件数計	2	0	2	8	16	2	1	0
	箇所数	2	0	121	27	21	3	2	0
2016	10万以上	0	3	2	3	8	0	2	0
	未満	1	1	0	2	4	0	0	0
	件数計	1	4	2	5	12	0	2	0
	箇所数	1	10	4	18	12	0	2	0
2017	10万以上	2	1	3	6	6	1	1	1
	未満	2	0	0	7	2	0	1	0
	件数計	4	1	3	13	8	1	2	1
	箇所数	5	2	5	34	8	1	11	1
2018	10万以上	0	2	1	9	4	1	3	0
	未満	1	2	0	2	3	0	0	0
	件数計	1	4	1	11	7	1	3	0
	箇所数	1	10	8	30	7	4	3	0
合計	10万以上	7	9	15	59	45	11	30	2
	未満	15	13	2	21	17	0	2	1
	件数計	22	22	17	80	62	11	32	3
	箇所数	33	88	277	247	89	17	105	13

表6 都道府県別・給水人口別・年度別調査数（中部）

年	項目	中 部								
		新潟県	富山県	石川県	福井県	三重県	長野県	岐阜県	静岡県	愛知県
2006	10万以上	2	0	0	0	0	0	0	2	3
	未満	0	2	0	0	1	0	0	1	1
	件数計	2	2	0	0	1	0	0	3	4
	箇所数	2	6	0	0	4	0	0	6	53
2007	10万以上	0	3	0	0	0	0	1	1	6
	未満	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	件数計	0	4	1	0	0	0	1	1	6
	箇所数	0	15	2	0	0	0	1	1	223
2008	10万以上	0	2	0	0	0	0	1	2	12
	未満	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	件数計	0	3	0	0	0	0	2	2	13
	箇所数	0	13	0	0	0	0	2	2	428
2009	10万以上	2	0	2	1	0	0	0	2	12
	未満	0	0	0	1	0	1	0	0	3
	件数計	2	0	2	2	0	1	0	2	15
	箇所数	2	0	8	4	0	1	0	2	419
2010	10万以上	3	1	0	1	0	0	0	0	8
	未満	0	0	2	0	1	1	0	1	2
	件数計	3	1	2	1	1	1	0	1	10
	箇所数	7	2	7	3	3	1	0	3	407
2011	10万以上	1	0	0	2	0	1	0	1	5
	未満	0	1	1	0	2	0	0	0	2
	件数計	1	1	1	2	2	1	0	1	7
	箇所数	2	1	2	23	3	1	0	2	183
2012	10万以上	4	1	0	0	2	0	0	1	7
	未満	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	件数計	4	1	1	0	2	0	0	1	7
	箇所数	9	2	6	0	2	0	0	1	165
2013	10万以上	0	2	0	0	2	0	1	1	4
	未満	2	1	0	1	0	3	1	0	1
	件数計	2	3	0	1	2	3	2	1	5
	箇所数	2	54	0	3	2	48	2	1	80
2014	10万以上	4	0	0	0	1	1	1	0	5
	未満	0	2	2	1	1	3	0	0	0
	件数計	4	2	2	1	2	4	1	0	5
	箇所数	6	29	16	3	3	125	1	0	125
2015	10万以上	3	0	0	0	1	4	0	2	6
	未満	0	2	2	0	0	1	1	0	1
	件数計	3	2	2	0	1	5	1	2	7
	箇所数	3	6	5	0	1	14	12	3	171
2016	10万以上	3	1	0	2	1	0	1	1	7
	未満	0	0	1	1	0	3	1	0	0
	件数計	3	1	1	3	1	3	2	1	7
	箇所数	11	1	5	33	1	3	13	1	185
2017	10万以上	1	0	0	0	0	2	1	1	5
	未満	0	0	0	0	1	4	1	0	0
	件数計	1	0	0	0	1	6	2	1	5
	箇所数	1	0	0	0	1	27	7	1	138
2018	10万以上	2	0	0	0	1	1	0	2	6
	未満	0	0	0	0	0	0	2	0	1
	件数計	2	0	0	0	1	1	2	2	7
	箇所数	2	0	0	0	5	1	11	2	118
合計	10万以上	25	10	2	6	8	9	6	16	86
	未満	2	10	10	4	6	16	7	2	12
	件数計	27	20	12	10	14	25	13	18	98
	箇所数	47	129	51	69	25	221	49	25	2695

表7 都道府県別・給水人口別・年度別調査数（近畿）

年	項目	近 畿					
		滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県
2006	10万以上	0	0	3	1	0	0
	未満	0	0	0	2	0	0
	件数計	0	0	3	3	0	0
	箇所数	0	0	5	8	0	0
2007	10万以上	1	0	6	5	1	0
	未満	0	0	0	3	1	0
	件数計	1	0	6	8	2	0
	箇所数	11	0	8	22	4	0
2008	10万以上	1	0	3	7	1	0
	未満	2	1	0	2	2	0
	件数計	3	1	3	9	3	0
	箇所数	9	3	4	38	5	0
2009	10万以上	0	0	8	3	0	0
	未満	1	1	0	0	2	1
	件数計	1	1	8	3	2	1
	箇所数	2	2	29	7	3	3
2010	10万以上	0	2	2	1	1	0
	未満	2	0	3	1	2	0
	件数計	2	2	5	2	3	0
	箇所数	4	2	7	2	6	0
2011	10万以上	0	1	3	1	0	0
	未満	1	0	0	3	1	1
	件数計	1	1	3	4	1	1
	箇所数	2	2	6	8	1	2
2012	10万以上	2	0	4	2	0	0
	未満	0	1	0	1	0	0
	件数計	2	1	4	3	0	0
	箇所数	11	3	10	8	0	0
2013	10万以上	1	0	0	2	0	0
	未満	0	0	1	0	0	1
	件数計	1	0	1	2	0	1
	箇所数	1	0	2	3	0	1
2014	10万以上	0	0	0	2	0	0
	未満	1	0	1	2	0	2
	件数計	1	0	1	4	0	2
	箇所数	5	0	1	8	0	2
2015	10万以上	1	1	2	2	0	0
	未満	3	0	0	2	1	0
	件数計	4	1	2	4	1	0
	箇所数	33	8	3	8	4	0
2016	10万以上	0	0	1	1	0	0
	未満	2	0	1	2	1	1
	件数計	2	0	2	3	1	1
	箇所数	11	0	3	6	1	2
2017	10万以上	0	3	4	3	0	0
	未満	3	0	0	1	0	1
	件数計	3	3	4	4	0	1
	箇所数	42	7	41	4	0	1
2018	10万以上	1	2	6	2	1	0
	未満	2	1	0	4	0	1
	件数計	3	3	6	6	1	1
	箇所数	57	6	15	9	5	2
合計	10万以上	7	9	42	32	4	0
	未満	17	4	6	23	10	8
	件数計	24	13	48	55	14	8
	箇所数	188	33	134	131	29	13

表8 都道府県別・給水人口別・年度別調査数（四国・中国）

年	項目	四国・中国								
		鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県
2006	10万以上	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	未満	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	件数計	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	箇所数	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2007	10万以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	未満	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	箇所数	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2008	10万以上	1	0	0	2	0	0	0	0	1
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	1	0	0	2	0	0	0	0	1
	箇所数	1	0	0	2	0	0	0	0	1
2009	10万以上	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	未満	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	箇所数	1	0	0	0	1	0	0	0	0
2010	10万以上	2	0	0	0	0	0	0	2	0
	未満	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	件数計	2	0	1	0	0	0	0	2	1
	箇所数	5	0	1	0	0	0	0	2	8
2011	10万以上	1	0	0	3	0	0	0	0	0
	未満	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	件数計	2	0	0	4	0	0	0	1	0
	箇所数	3	0	0	4	0	0	0	1	0
2012	10万以上	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	未満	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	件数計	1	0	1	0	2	1	0	0	0
	箇所数	1	0	2	0	2	2	0	0	0
2013	10万以上	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	未満	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	件数計	2	0	1	0	1	0	0	0	0
	箇所数	7	0	1	0	1	0	0	0	0
2014	10万以上	0	0	0	0	1	1	0	1	0
	未満	1	0	3	0	0	0	0	1	0
	件数計	1	0	3	0	1	1	0	2	0
	箇所数	3	0	3	0	1	2	0	7	0
2015	10万以上	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	未満	1	0	2	0	2	2	0	0	0
	件数計	1	0	2	1	3	2	0	0	0
	箇所数	1	0	3	8	7	5	0	0	0
2016	10万以上	0	2	0	1	1	1	0	1	0
	未満	0	0	2	0	0	0	0	1	0
	件数計	0	2	2	1	1	1	0	2	0
	箇所数	0	2	2	2	3	3	0	3	0
2017	10万以上	0	0	1	4	0	1	0	0	0
	未満	1	2	0	2	1	0	0	1	0
	件数計	1	2	1	6	1	1	0	1	0
	箇所数	4	6	1	18	11	1	0	4	0
2018	10万以上	0	0	1	3	0	1	1	2	0
	未満	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	2	3	0	1	1	2	0
	箇所数	0	0	3	3	0	1	3	7	0
合計	10万以上	6	2	3	14	5	4	2	6	1
	未満	6	2	10	4	5	3	1	4	1
	件数計	12	4	13	18	10	7	3	10	2
	箇所数	26	8	16	38	26	14	5	24	9

表9 都道府県別・給水人口別・年度別調査数（九州）

年	項目	九州							
		福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県
2006	10万以上	0	0	0	0	0	0	0	0
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	0	0	0	0	0	0
	箇所数	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	10万以上	0	0	0	0	0	0	0	0
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	0	0	0	0	0	0
	箇所数	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	10万以上	0	1	0	0	0	0	0	1
	未満	0	0	1	0	0	0	0	0
	件数計	0	1	1	0	0	0	0	1
	箇所数	0	1	1	0	0	0	0	6
2009	10万以上	0	0	0	0	0	0	0	1
	未満	0	0	1	0	0	0	0	0
	件数計	0	0	1	0	0	0	0	1
	箇所数	0	0	4	0	0	0	0	6
2010	10万以上	1	0	0	1	0	1	1	1
	未満	0	0	0	1	0	0	0	0
	件数計	1	0	0	2	0	1	1	1
	箇所数	3	0	0	12	0	10	4	6
2011	10万以上	1	0	0	1	0	1	0	1
	未満	1	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	2	0	0	1	0	1	0	1
	箇所数	4	0	0	12	0	36	0	6
2012	10万以上	0	0	0	1	0	0	0	0
	未満	1	0	0	0	1	0	0	0
	件数計	1	0	0	1	1	0	0	0
	箇所数	1	0	0	10	8	0	0	0
2013	10万以上	3	0	0	4	1	0	0	0
	未満	0	0	0	0	0	0	0	0
	件数計	3	0	0	4	1	0	0	0
	箇所数	16	0	0	33	2	0	0	0
2014	10万以上	2	0	0	1	0	0	0	0
	未満	1	0	0	1	0	0	0	0
	件数計	3	0	0	2	0	0	0	0
	箇所数	16	0	0	2	0	0	0	0
2015	10万以上	2	0	1	0	0	0	0	0
	未満	1	1	0	0	2	0	0	0
	件数計	3	1	1	0	2	0	0	0
	箇所数	14	1	1	0	35	0	0	0
2016	10万以上	1	0	0	0	0	0	0	0
	未満	0	0	0	0	3	0	0	1
	件数計	1	0	0	0	3	0	0	1
	箇所数	1	0	0	0	13	0	0	4
2017	10万以上	2	0	0	1	1	0	0	0
	未満	1	0	0	0	0	0	0	1
	件数計	3	0	0	1	1	0	0	1
	箇所数	12	0	0	13	3	0	0	6
2018	10万以上	0	0	0	0	1	0	0	1
	未満	0	0	0	0	2	0	0	0
	件数計	0	0	0	0	3	0	0	1
	箇所数	0	0	0	0	13	0	0	1
合計	10万以上	12	1	1	9	3	2	1	5
	未満	5	1	2	2	8	0	0	2
	件数計	17	2	3	11	11	2	1	7
	箇所数	67	2	6	82	74	46	4	35

資料2 水道管内カメラ調査用の各種書式例

(ハンドブックP16～18 表3-2、表3-4 の再掲)

不断水管内調査カメラ 現場チェックシート

調査内容		<input type="checkbox"/> 管内カメラ調査 <input type="checkbox"/> 流量計	受付日
番号	<input type="checkbox"/> カメラ流量併用 <input type="checkbox"/> その他()		受付者
依頼者情報	会社・事業体住所	調査場所	
	部署・担当者		
	TEL・FAX		
	担当者携帯		
見積提出情報	提出期日	現地までの距離	片道 km
	提出方法 <input type="checkbox"/> FAX <input type="checkbox"/> 郵送 <input type="checkbox"/> 持参	通行料金	片道 円
	提出先 <input type="checkbox"/> 依頼者 <input type="checkbox"/> 他	電車バス交通費	片道 円
管内カメラ調査	調査箇所	<input type="checkbox"/> 1ヶ所 <input type="checkbox"/> 2ヶ所 <input type="checkbox"/> 3ヶ所 <input type="checkbox"/> 4ヶ所 <input type="checkbox"/> 5ヶ所 <input type="checkbox"/> ()ヶ所	
		<input type="checkbox"/> ()日 布設年・管径・管種・内面()	
	使用カメラと調査延長	<input type="checkbox"/> NH40 <input type="checkbox"/> NBB15 <input type="checkbox"/> HS70 <input type="checkbox"/> 調査延長指定()m+()m	
	事前調査	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 弊社調査 <input type="checkbox"/> 客先調査 <input type="checkbox"/> 不明	
	報告書	<input type="checkbox"/> DVD+報告書 <input type="checkbox"/> 報告書のみ <input type="checkbox"/> DVDのみ <input type="checkbox"/> その他()	
	挿入口	<input type="checkbox"/> 消火栓 <input type="checkbox"/> 空気弁 <input type="checkbox"/> その他() 補修弁種類・口径()	
	消火栓・空気弁	<input type="checkbox"/> 弊社施工 <input type="checkbox"/> 客先施工 <input type="checkbox"/> 未定	
	取り外し、取付	<input type="checkbox"/> 元請けまたは事業体で事前にボルトナットを交換してもらう	
	接続形式	<input type="checkbox"/> 矩形(×) <input type="checkbox"/> 円形(内寸φ) <input type="checkbox"/> 掘削してサドル取付	
		<input type="checkbox"/> 水管橋 <input type="checkbox"/> 施設内 <input type="checkbox"/> その他()	
		<input type="checkbox"/> フランジ(mm× mm、 k× k) <input type="checkbox"/> マチノロ <input type="checkbox"/> サドル(×)mm	
		<input type="checkbox"/> 大気開放管路 <input type="checkbox"/> 空管 <input type="checkbox"/> その他()	
	ポンプの用意	<input type="checkbox"/> ポンプ持参 <input type="checkbox"/> 他社が用意 <input type="checkbox"/> その他()	
	土被り等	()mm 補修弁フランジ上面からGLまでの寸法()mm	
	弁室内酸素状況	<input type="checkbox"/> 酸素充分 <input type="checkbox"/> 要換気扇 <input type="checkbox"/> 要酸素濃度測定 <input type="checkbox"/> 送風機客先(元請)準備	
	請負付帯工事	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> サドル分岐工 <input type="checkbox"/> 不断水割T字	
		<input type="checkbox"/> 掘削 <input type="checkbox"/> 洗管 <input type="checkbox"/> 足場工	
		<input type="checkbox"/> ボルト切断 <input type="checkbox"/> その他()	
	駐車スペース等	<input type="checkbox"/> 調査箇所直近に駐車可能 <input type="checkbox"/> 機材搬入後移動 <input type="checkbox"/> その他()	
	交通安全用品	<input type="checkbox"/> 弊社持参 <input type="checkbox"/> 他社用意 <input type="checkbox"/> その他()	
	看板	<input type="checkbox"/> 弊社持参 <input type="checkbox"/> 他社用意 <input type="checkbox"/> その他()	
	その他		
	警備員	<input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要警備員 <input type="checkbox"/> 警備員客先(元請)準備	
	道路使用許可	<input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要申請 <input type="checkbox"/> 客先(元請)申請	
	流量計調査	調査箇所	<input type="checkbox"/> 1ヶ所 <input type="checkbox"/> 2ヶ所 <input type="checkbox"/> 3ヶ所 <input type="checkbox"/> 4ヶ所 <input type="checkbox"/> 5ヶ所 <input type="checkbox"/> ()ヶ所
		<input type="checkbox"/> 24h <input type="checkbox"/> 48h <input type="checkbox"/> 72h <input type="checkbox"/> 96h <input type="checkbox"/> 120h <input type="checkbox"/> 1W	
事前調査		<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 弊社調査 <input type="checkbox"/> 客先調査 <input type="checkbox"/> 不明	
		<input type="checkbox"/> 深度計・町のフランジ貸出	
報告書		<input type="checkbox"/> CSVデータ渡し <input type="checkbox"/> CSV+グラフ表印刷 <input type="checkbox"/> 他	
接続形式		<input type="checkbox"/> 消火栓BOX <input type="checkbox"/> 空気弁BOX <input type="checkbox"/> 掘削	
		<input type="checkbox"/> 水管橋 <input type="checkbox"/> 施設内 <input type="checkbox"/> その他	
		<input type="checkbox"/> フランジ接続 <input type="checkbox"/> マチノロ金ダイレクト接続 <input type="checkbox"/> サドル分水栓接続	
		<input type="checkbox"/> 大気圧下 <input type="checkbox"/> その他	
土被り等		()mm 補修弁フランジ上面からGLまでの寸法()mm	
弁室内状況		<input type="checkbox"/> 水没なし <input type="checkbox"/> 要ポンプ <input type="checkbox"/> ポンプ客先(元請)準備	
		<input type="checkbox"/> 水はけ悪い <input type="checkbox"/> 不明	
		<input type="checkbox"/> 酸素充分 <input type="checkbox"/> 要換気 <input type="checkbox"/> 送風機客先(元請)準備	
請負付帯工事		<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> サドル分岐工 <input type="checkbox"/> 不断水割T字	
		<input type="checkbox"/> 掘削 <input type="checkbox"/> 洗管 <input type="checkbox"/> 足場工	
	<input type="checkbox"/> ボルト切断 <input type="checkbox"/> その他		
駐車スペース等	<input type="checkbox"/> 調査箇所直近に駐車可能 <input type="checkbox"/> 機材搬入後移動 <input type="checkbox"/> その他()		
交通安全用品	<input type="checkbox"/> 弊社持参 <input type="checkbox"/> 他社用意 <input type="checkbox"/> その他()		
看板	<input type="checkbox"/> 弊社持参 <input type="checkbox"/> 他社用意 <input type="checkbox"/> その他()		
警備員	<input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要警備員 <input type="checkbox"/> 警備員客先(元請)準備		
道路使用許可	<input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要申請 <input type="checkbox"/> 客先(元請)申請		
処理欄	見積書作成者	memo	
	見積金額税抜き		

事業体名称			作成日
事業体担当者			年 月 日
現場施工	昼間施工		営業所名
予定日時	夜間施工		作成者
時間制限	無	有⇒ 時～ 時	必須回答項目 わかる範囲
雨天時	決行	延期⇒ 約 日後	

報告書確認項目			
現場施工名称			
現場調査目的	夾雑物の確認	配管状況の確認	錆瘤(管内面状態)
	その他⇒		
調査管種	鑄鉄管	鋼管	塩ビ管
	その他⇒		
調査対象管路	止水	工業用水	その他⇒
調査報告必要提出書類	DVD	CD-R	報告書
データ編集	必要	不必要	
データ編集時間	約 分以内		
調査報告提出期限	施工後 日以内		
塩素消毒報告書(※1)	必要	不必要	※1 現場で消毒を行うため、提出は後日となります。
現場詳細配管図	有り	無し	

現場施工確認項目			
施工状態	断水施工	不断水施工	
配管状況	増設(※2)	露出(※3)	水道橋(※3) その他⇒
本管呼び径	①φ	mm	(※4)②φ mm
本管の種類	フランジ付きT字管	割T字管	渦巻き式T字管(※5)
本管内水圧(※6)	約 MPa		
本管内流速	約 m/s		
本管土被り	約 mm		
分岐部呼び径	①φ	mm	②φ mm
機材取付箇所数	箇所		
調査方向	上流側	下流側	両方
調査希望距離(※7)	①約	m	(※4)②約 m
挿入口の種類	補修弁(※8)	割T字管	消火栓口金(※9) その他⇒
施工時の排水作業	必要	不必要	
排水作業箇所	下流側消火栓等	挿入用機材より排出	その他⇒

※2 埋設配管で施工する場合、弁居の大きさはφ600mm以上(消火栓BOX 530×430以上)必要です。

また弁居の上空(L=1800程度)に障害物があると施工できません。

※3 露出配管及び水管橋での施工の場合、別途足場が必要な場合があります。

※4 複数箇所調査する場合。

※5 渦巻き式T字管の場合、上流側、下流側への挿入方向の決定はできません。

また、カメラケーブルが送り込めない場合があります。

※6 使用水圧は0.75MPa以下です。それ以下の数値を記入してください。

※7 カメラケーブルは長さ60mです。希望距離は片側55m以下をお願いします。

※8 補修弁に設置されている消火栓または空気弁の撤去は各事業体で行ってください。

※9 消火栓口金からは断水下の場合のみ施工可能です。挿入用機材は使用できません。

資料3 各種書式例

各種書式は全国水道管内カメラ調査協会のホームページからダウンロードすることができます。

書式1. 調査結果票

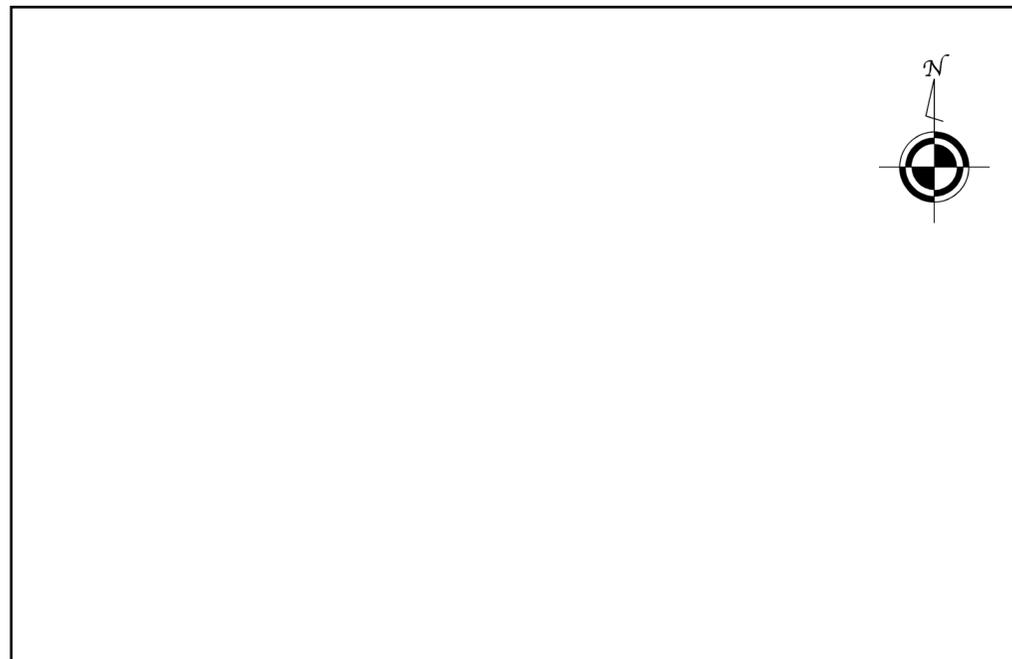
(1) 調査箇所 No.

1) 調査対象配水管

- ①管種 ~
- ②内面仕様 ~
- ③口径 ~ φ mm
- ④布設年度 ~ 年

2) 使用した内視鏡装置 ~

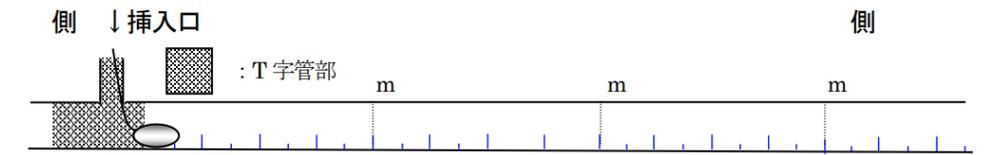
3) 調査箇所図



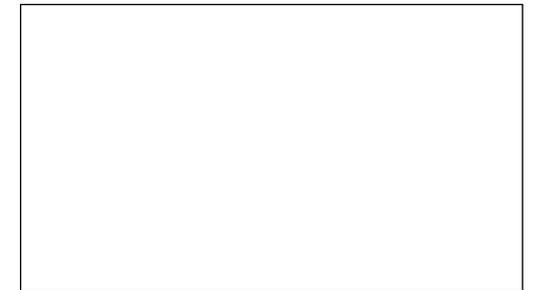
● : 調査業務箇所
→ : カメラ挿入方向

4) 調査結果

方向（下流側）へ挿入（挿入距離：約 m）



① 錆の状態



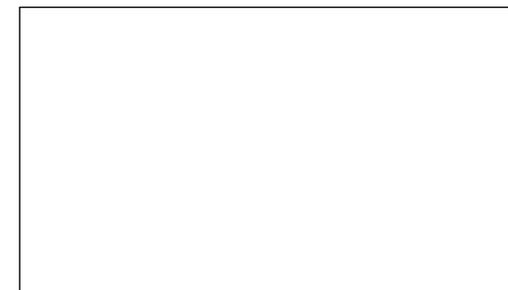
② 内面付着物



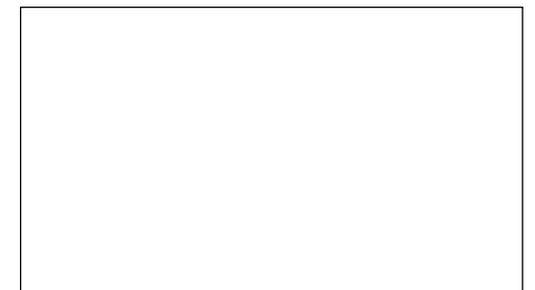
③ 内面防食状況



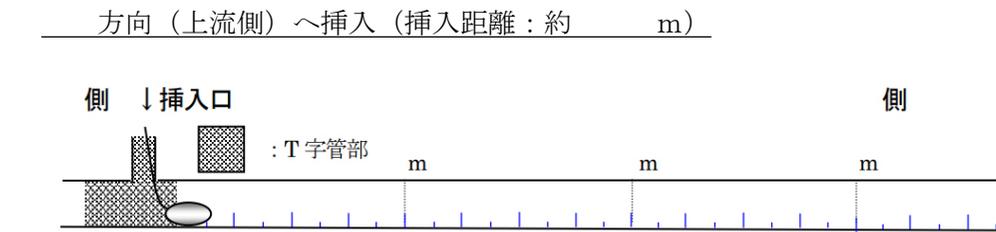
④ 堆積物



⑤ 浮遊物



⑥ 穿孔部／異形管部



① 錆の状態

② 内面付着物

③ 内面防食状況

④ 堆積物

⑤ 浮遊物

⑥ 穿孔部／異形管部

書式2. 5項目・5段階評価結果

(調査箇所 No.)

評価項目	ランク評価	評価の状態
① 錆の状態		
② 内面付着物		
③ 内面防食状況		
④ 堆積物		
⑤ 浮遊物		

- ① 錆の状態が、() のため、ランクを「 」とした。
- ② 内面付着物の状態が、() のため、ランクを「 」とした。
- ③ 内面防食の状態が、() のため、ランクを「 」とした。
- ④ 堆積物の状態が、() のため、ランクを「 」とした。
- ⑤ 浮遊物の状態が、() のため、ランクを「 」とした。

書式3. 管内カメラ評価結果票

管内カメラ評価結果票				No. _____	
調査 No.		調査年月日(西暦)			
事業体名					
調 査 管 路	現場住所				
	挿入箇所		消火栓 No. 又は空気弁 No.		
	管種		ダクタイトルの場 合は継手形式		
	内面仕様		直管部	異形管部	
	布設年		西暦	年	
	口径				mm
	計画調査延長(上下流合計)				m
	実調査延長				m
	上水・工業用水・農業 用水・その他		上水道の場合 (導・送・配・給水・その他)		
	調査対象管路に配水する主要浄水場名				
管内面評価結果 (最も対処が必要な箇所の評価項目及びランクを記載)					
上流側管路(流向に対して逆方向)			下流側管路(流向方向)		
評価項目		評価項目			
部位		部位			
評価ランク		評価ランク			
備考		備考			

書式4. 管内カメラ調査問診票

管内カメラ調査問診票

記入日 年 月 日

事業体名 _____

住所 _____

担当者名 _____

連絡先 (Tel) _____

(Mail) _____

- * この問診票は水道管内面の健全度を簡便にチェックするためのものです。
- * 問診票の情報をもとに数量化Ⅱ類により「Good」群か「Bad」群かに判別します。
- * 「Bad」群と診断された場合は、管内カメラ調査による詳細な診断評価が有効です。

1. 調査したい水道管について

(該当するものに☑、複数の場合は主要な管種に☑)

① 管種は何ですか？

- ダクタイトル铸铁管
- 铸铁管
- 鋼管
- 塩化ビニル管
- 配水用ポリエチレン管
- 石綿管
- 不明
- その他

② 異形管部(曲管、T字管、分岐管、バルブ)がありますか？

- ある
- 直管部のみ
- 不明

③ 布設年度はいつですか？

- 1970年以前
- 1971～1989年
- 1990年以降
- 不明

④ 内面仕様は何ですか？

- エポキシ樹脂粉体塗装
- モルタルライニング
- エポキシ系塗装
- コールタール系塗装
- 無ライニング
- 不明

⑤ 口径はいくつですか？

- 100mm以下
- 150mm
- 150mm超
- 不明

次項2. へ続きます

水道用管内カメラによる診断結果を用いた管内面劣化に関する要因分析

國實 誉治¹・小泉 明¹・荒井 康裕¹・新居 広大¹・
山本 政和²・石川 美直²・津崎 将人²

¹正会員 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail:kunizane@tmu.ac.jp

²非会員 一般社団法人 全国水道管内カメラ調査協会 (〒651-0084 兵庫県神戸市中央区磯辺通り 3-2-17)

E-mail: info@jweca.org

近年、水道施設の老朽化が重要な課題の一つになっている。特に、管路施設は地中に埋設され劣化状態を把握することが非常に困難である。そこで、管内面の状態を観測できる水道管内カメラ調査に着目した。本研究では、過去15年間に実施されたダクタイル鋳鉄管と鋳鉄管に関する943件の調査データを集計した。管路内の診断結果に基づき、「健全」と評価した管路を「Good」群、「危険」と評価した管路を「Bad」群とし、管路の基本情報と水質に関するアイテムを説明変数とした数量化Ⅱ類による判別分析を行った。分析の結果、76.8%と高い判別率の「基準モデル」が得られ、管内面劣化と管路特性の関係を定量化することができた。さらに、水質項目を組み入れた拡張モデルの精度が向上したこと(判別率 82.1%)から、水質が管内面劣化に及ぼす可能性を明らかにした。

Key Words: water distribution, endoscope camera, deterioration diagnosis, in-pipe surface, discriminant analysis

1. はじめに

近年、水道施設の維持管理が水道事業の運営において重要な課題の一つとなっている。日本の近代水道は1887年に横浜市から開始し、戦後の高度経済成長期に急速に整備され、現在では全国の水道普及率 97.9% (2016年3月現在) を達成¹⁾し、健康で快適な生活と高度な都市活動を支える重要な役割を果たしている。これら高普及率を支える水道管路の総延長は 67.6 万 km 以上に達している²⁾。長い年月にわたって整備されてきた管路施設の更新が今後の大きな課題である。また、地震多発国として管路更新と同時に耐震化も喫緊の課題であるが、少子高齢化による人口減少などに伴う水道料金収入と水道職員の減少により、管路更新事業に対して費用及び労力を十分に充てがうことのできない事業者も多い。そのため、全国の管路更新率は年 0.75%前後³⁾であり、更新サイクルは 130 年以上を要する現状となっている。老朽化した管路施設は、突発的な漏水事故や水質事故を引き起こす。良質で安定的な水道供給を維持するため、これまで以上に管路施設の維持管理の重要性が高まることが予測され

る。しかし管路の大半は地中に埋設されており、管路の状態を直接観察することは非常に困難である。そのため、赤水等の濁水発生や夾雑物の流出といった水質事故や漏水事故を契機にその管路の劣化状態が確認される事例も多い。一部では管路の状態を把握するため道路掘削により管体を露出させて直接診断する調査も行われるが、交通規制や工事も大掛かりで、中小事業者での実施は難しい。そこで、本研究では非開削かつ不断水で埋設管路の状態を映像により直接確認できる水道管内カメラ調査に着目した。テレビカメラ調査による劣化診断技術は、水道以外の分野では一般的な調査手法になりつつある。管路施設においては下水道での実績は多く、下水道管路の維持管理に関するマニュアル⁴⁾や指針⁵⁾などでは、調査員が中に入れない口径の管路や、ガスの発生など危険が伴うと判断された場合にはテレビカメラ調査が推奨されている。調査後の診断は、診断項目ごとに A~C の 3 つの評価ランク分けで健全度評価が行われる⁶⁾。また、カメラ調査用の機器も進歩しており、高解像度カメラや穿孔機を搭載した自走式カメラ⁷⁾など撮影以外の付加価値を持った機種も開発されている。近年では、ドローンに

4. 数量化Ⅱ類による判別分析

本研究で対象とするダクタイル鋳鉄管及び鋳鉄管の 943 件の調査データについて、ハンドブックを参考に S~D の 5 ランクで評価した。①~⑤の 5 つの評価項目で最も低いランクをその対象管路の評価ランクとする。評価ランクを集計した結果から B ランクはおよそ半数を占めるが、良い状態と悪い状態の境界をより明確にするため中間ランクの B ランクを除外して、S 及び A ランクを良い状態として「GOOD」群に、C 及び D ランクを悪い状態として「BAD」群として分類した。その結果「GOOD」群は 249 件、「BAD」群も 249 件となり合計 498 件のデータを用いて数量化Ⅱ類による判別分析を行う。

既往研究と同手法で基本情報を用いて作成したモデルを以下、基本モデルとする。本研究において、基本モデルでは管内面の劣化に大きく影響している要因は内面仕様であり、判別率 76.8%と高い値を得ることができた。

基本モデルに水質要因を+4 要因、+3 要因、+2 要因、+1 要因と追加して全てのアイテムの組み合わせで数量化Ⅱ類による判別分析を行い、判別率の最も高い組み合わせを求めた。表-2 より、最も判別率が高いモデルは、「マンガン濃度(原水)」「硬度(浄水)」「pH(浄水)」を基本モデルに追加したモデルであり、基本モデルを上回る 82.1%と高い判別率を得ることができた。さらに、表-3 より水質アイテムのレンジが比較的に高く、水質要因も管内面の劣化に大きく影響していることが明らかとなった。

5. おわりに

本稿では、水道管路の基本情報及び水質データから管内面の状態を推定する目的で数量化Ⅱ類による判別分析を試みた。管路の基本情報に水質要因をモデルに加えることで判別率を向上させることができ、水質も管内面の劣化に大きく影響していることが明らかとなった。今後の課題として、本研究で考慮しなかった他の水質項目についてもデータを収集し、管内水質と管内劣化の関係について、より詳細に分析を行う必要があると考える。

【参考文献】

- 1) 水道管内カメラ調査ハンドブック, 全国水道管内カメラ協会, 2014.
- 2) 國實 誉治, 小泉 明, 荒井 康裕, 山本 政和, 石川 美直, 津崎 将人 : 水道管内カメラ調査による既設管内面の評価分析, 平成 30 年度全国会議講演集, pp. 404-405, 2018.
- 3) 日本水道協会:平成 13 年度 水道統計 第 84-2 号, 平成 13 年度, 2003.

表-2 基準モデルと水質要因の組み合わせの判別率

判別モデル(基準モデル+水質要因)		判別率
鉄	マンガン	
4要因	● ● ● ●	81.7%
3要因	● ● ● -	81.5%
	● ● - ●	81.1%
	● - ● ●	81.7%
	- ● ● ●	82.1%
2要因	● ● - -	81.1%
	● - ● -	79.5%
	● - - ●	80.1%
	- ● ● -	81.3%
1要因	- ● - ●	78.1%
	- - ● ●	80.7%
	● - - -	80.3%
	- ● - -	76.3%
- - ● -	79.9%	
- - - ●	77.5%	

表-3 最適モデルにおけるカテゴリースコアとレンジ

アイテム名	カテゴリー名	n	レンジ	順位
部位	異形管部	153	1.191 (17.4%)	3位
	管接合部	145		
	直管部	200		
内面仕様	エポキシ樹脂粉末塗装	11	2.422 (35.3%)	1位
	コーラル系塗装	114		
	モルタルライニング	373		
布設年度	1970年以前	28	0.165 (2.4%)	6位
	1971年~1989年	414		
	1990年以降	56		
口径	100mm以下	215	0.084 (1.2%)	7位
	150mm	100		
	150mm超	183		
マンガン	0.025mg/L未満	440	1.091 (15.9%)	4位
	0.025~0.05mg/L	23		
	0.05mg/L以上	35		
硬度	20mg/L以下	326	1.243 (18.1%)	2位
	20mg/L~40mg/L	114		
	40mg/L超	58		
pH	7.0未満	336	0.658 (9.6%)	5位
	7.0	126		
	7.1以上	36		

よる調査の実用に向けた研究もなされている。劣化診断についても、画像処理技術により高解像度化や欠陥部分の鮮明化^{9,10)}、更にこれまで技術者が映像を確認し評価していたものを、ニューラルネットワークなど適用した欠陥部分の自動認識化システムの開発^{11,12)}も求められている。しかし水道管路においては、これら下水道で適用されている技術をそのまま活用できない。なぜならば、水道管路は高圧で飲料水を供給しているため、耐圧性と衛生性が必須である。特に水道管内を衛生的に保つために不漏水で調査を行うことが望まれる。また、対象として口径φ75～250の小口径管路でのニーズも高く、調査機器の投入口は限られたサイズのため、その形状等の制約により現在のカメラは管内の撮影に特化したカメラである。近年では、水道管内カメラ調査は周知の技術になりつつある¹³⁾が、水道管内カメラ調査に関する既往の研究は殆どない。さらに、現在実施されている管内カメラ調査の殆どは水質事故発生後の事後対策として実施される。今後は経年管路が増加傾向にあることを懸念すると、水質事故も年々増加すると考えられ、住民の水道に対する不信感を生じさせる恐れがある。

そこで本研究では、過去15年間で実施された水道管内カメラ調査で得られた調査結果を集計して、管内面劣化の状況と、調査対象管路に関する基本情報及び水質との関係について分析を試みた。カメラ調査によって得られた評価結果を目的変数とし、管路の基本情報に新たに水質に関するアイテムを加えて説明変数とし数値化Ⅱ類による判別分析を行う。既往の研究で下水道管渠の損傷について同様の研究¹⁴⁾もなされているが、管内環境、劣化状況及び材質の異なる水道管路に特化した検討を行う。そして、水道管内面劣化とそれに寄与する要因との関係を定量的に明らかにし、新たに水質に関する要因の影響について検証した。

以下、2では判別分析で用いるカメラ調査で得られたデータなどについての詳細を明らかにするため水道管内カメラ調査の概要と調査方法について詳述する。3では、水道管内カメラ調査による評価方法と調査データの集計について述べる。4では、3で集計したデータを用いて判別関数による要因分析を行い管内面劣化とそれに寄与する要因との関係を明らかにした。最後に5では本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. 水道管内カメラ調査による管内面評価

(1) 水道用管内カメラの特徴

今回の調査で使用した水道用管内カメラのカメラヘッド部の大きさは直径30mm、長さ35mmのステンレス製

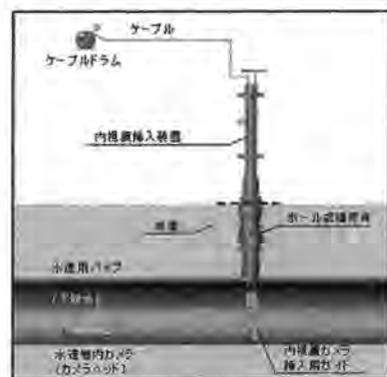


図-1 水道管内カメラ調査

である。耐圧は1.0Mpaで、カメラヘッドの先端に小型の広角レンズ（気中画角：約160°、水中画角：約96°）を有しており、前方向のみの撮影となるが、水流方向（上下流）に関係なく観測が可能である。また、超高輝度白色LEDを採用しており、暗い管内でも鮮明な画像の記録ができる。カメラヘッドには直径8.8mmのケーブルが接続されており、地上からケーブルを押し下り引いたりしながら管内のカメラを管軸方向に移動させる。調査延長は使用するケーブルの延長により異なるが、一般的には40m用のケーブルが使用され、1か所の挿入口から上流、下流方向を合わせて最大約70mまで調査可能である。カメラ画像の主な仕様については、2010年以前は25万画素で2011年以後は30万画素に変わり、光源の照度なども上がったが、それ以外の仕様については大きな変更はなく、映像は解像度720×480dpi、フレームレート30fpsのH.264形式でSDカードに記録される。

(2) 水道管内カメラ調査の手順

水道管内カメラ調査は、不漏水かつ非開削で管内にカメラを挿入する。カメラ調査の様子を図-1に示す。カメラの挿入は、図-1に示すように管路中に設置されている消火栓や空気弁などの付帯設備より行われる。調査対象箇所には消火栓等が無い場合は、給水分岐用のサドル分水栓を設置し、挿入口を新たに設けることも可能である。下記に調査の手順をまとめる。

- ①補修弁を閉め消火栓や空気弁本体を取り外し、内視鏡挿入装置（不漏水でカメラを挿入するための特殊治具）を補修弁に取り付ける。
- ②補修弁を開けながら、内視鏡カメラ挿入用ガイドを内視鏡挿入装置より挿入し、所定の位置で固定する。この挿入用ガイドはカメラをスムーズに水道管内に挿入するための治具であり、カメラの進行方向（管路の上流または下流方向）を定めることもできる。
- ③地上のモニターで確認しながらカメラに接続された

ケーブルを送り込み、カメラを管軸方向に移動させながら撮影する。ケーブルを介しカメラを前後に移動させる。撮影した映像はSDカードに記録される。

④調査終了後はケーブルを引き戻し、管内からカメラを撤去する。

(3) 管内面の評価方法

水道管内カメラ調査で録画した映像データを確認しながら各調査路線の評価を行う。評価方法については「水道管内カメラ調査ハンドブック¹⁵⁾」に準拠し、劣化状況に応じて評価ランクを決定する。評価ランク付けは管路を構成する「直管部」、「継手部」、「異形管部」の部位毎に行う。ここで、部位について、「直管部」とは管路の直管部の内面を、「継手部」とはパイプとパイプの接合部を、「異形管部」は曲管やT字管など直管部以外のパイプを示す。以上の部位ごとに、「①錆の状態」、「②内面付着物」、「③内面防食状況」、「④堆積物」、「⑤浮遊物」の5つのアイテムについて表-1～表-6に示すS～Dの5段階のランク付けを行う。健全な状態をSランクとして、最も悪い状態をDランクとしている。なお、「③内面防食状況」については、ダクタイル鋳鉄管の内面防食に用いられる内面モルタルライニング塗装と、その他の各塗装で劣化の状況が異なるため、ランク付け表が分けられており、各塗装の場合はS、B、Dの3つの評価ランクとなっている。

表-1 「①錆の状態」の評価ランク表

ランク	錆の状態
S	発錆が確認されない
A	発錆が確認される
B	錆の脱皮（錆コブ）が確認される
C	錆による閉塞が起きている（目視 閉塞率30%未満）
D	錆による閉塞がおきている（目視 閉塞率30%以上）

表-2 「②内面付着物」の評価ランク表

ランク	内面付着物
S	付着物が確認されない
A	部分的に付着物が確認される色が薄い
B	管路内面全体に付着物が確認される色が薄い
C	付着物により管路内面全体が茶色っぽい
D	付着物により管路内面全体が黒黒になっている

表-3 「③内面防食状況」の評価ランク表

〔内面モルタルライニングの場合〕

ランク	内面防食状況（モルタルライニング）
S	剥離などの問題が見られない
A	シールコートがライニングから浮いている
B	シールコートの剥離が確認される
C	モルタルライニング表面の劣化が確認される
D	モルタルライニングの剥離が確認される

表-4 「③内面防食状況」の評価ランク表

〔各塗装（モルタルライニング以外）の場合〕

ランク	内面防食状況（各塗装）
S	剥離などの問題が見られない
A	
B	塗膜の一部が剥離し錆が発生している
C	
D	塗膜が剥離し錆びが発生している

表-5 「④堆積物」の評価ランク表

ランク	堆積物
S	堆積物がない
A	錆や砂・石等が確認される（異物含む）
B	部分的な錆や砂・石等の堆積が確認される
C	広範囲に錆や砂・石等の堆積が確認される
D	堆積によりカメラが埋没し調査が行えない

表-6 「⑤浮遊物」の評価ランク表

ランク	浮遊物
S	浮遊物が確認されない
A	浮遊物が時折確認できる
B	浮遊物が常に確認できる
C	多量の浮遊物が常に確認できる
D	浮遊物により視界が悪くカメラ調査が困難

表-7 管種別の水道管内カメラ調査件数

	調査データ数			計
	2001年～2011年	2014年～2017年	欠損データ	
ダクタイル鋳鉄管(DIP)および鋳鉄管(CIP)	915	277	▲249	943
硬質強化ビニル管(VP)	64	74	▲16	122
鋼管(SP)	27	9	▲13	23
ポリエチレン管(PE)	0	2	0	2
石綿管(AP)	16	0	0	16
その他	2	0	0	2
合計	1,024	362	▲278	1,108

3. 調査データの集計分析

(1) 分析データ

本研究では、全国で実施された水道管内カメラ調査による評価結果を分析に用いた。これら評価結果は、全国水道管内カメラ調査協会に所属する2名以上の技術員が映像を確認して評価したデータのみを集計した。これらの条件を満たす過去15年間（2001年から2011年及び2014年から2017年）の合計1,386件のデータを分析に用いた。今回集計した水道管内カメラ調査データについて管種別に表-7に集計した。欠損データとは調査を行った管路に関する基本情報（管種、口径、部位、内面の塗

装仕様、布設年数)として分析に必要な情報が記録されていないデータであり、これらは分析対象外とする。表-7より、ダクタイル鋳鉄管(以下、DIP)および鋳鉄管(以下、CIP)におけるデータ数は943件で全体の85%以上を占める。それ以外の管種については分析に必要なデータ数が少ないと判断し、本研究ではDIPおよびCIPを分析対象とした。また、943件の調査事業体についての内訳を給水人口別に集計すると、50万人以上は657件、10万人以上50万人未満が61件、1万人以上10万人未満が220件、1万人未満が5件となり、給水人口が50万人以上の事業体で実施された調査データが約7割を占める。

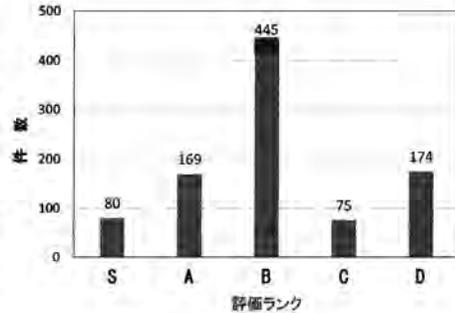


図-2 評価ランク付けのヒストグラム

(2) 調査管路の評価ランク

水道管内カメラ調査を実施した管路は、録画画像を確認して表-1~表-6に示す5つの評価項目についてそれぞれS~Dの5段階の評価ランク付けを行う。それぞれの評価項目でCおよびDランクと予測される管路では管内カメラ調査が必要であると考え、5段階の評価項目で最も悪いランクをその対象管路の評価ランクとする。例えば、錆の状態：Dランク、内面の付着物：Cランク、内面塗膜の状態：Sランク、堆積物：Bランク、浮遊物：Sランクと評価された管路の場合は、錆の状態：Dランクが最も悪い評価ランクであるため、その対象管路の評価ランクはDランクとした。調査管路の評価ランクの集計を図-2のヒストグラムに示す。同図より、Bランクの管路が全体の半数を占め、SランクとCランクがそれぞれ8%程度、AランクとDランクがそれぞれ18%程度となった。

水道管を満した清潔な水道水のため、浄水場別に比較しても差異が殆ど見られない項目が多く確認された。以上のことから、解析の為のデータ数が十分に確保でき、管内面劣化との関係があると思われる「鉄濃度(原水)」、「マンガン濃度(原水)」、「硬度(浄水)」、「pH(浄水)」の4つの水質項目を分析対象とした。

(5) 各アイテムとカテゴリ

各アイテムについてはそれぞれ3つのカテゴリに分類した。それぞれカテゴリ数が異なる場合、判別分析においてカテゴリ数が多いアイテムのレンジが大きくなる傾向にある。本研究では、各アイテムが管内面劣化に与える影響を基準化する目的で、カテゴリの数を統一した。

- a) 部位
「異形管部」、「管接合部」、「直管部」の3つのカテゴリとした。
- b) 内面の塗装仕様
DIPまたはCIPで使用されている「エポキシ樹脂粉体塗装」、「コーラル系塗装」、「モルタルライニング」の3つのカテゴリとした。モルタルライニングが全体の約85%を占め、最も耐食性に優れるとされるエポキシ樹脂粉体塗装は2%程度であった。
- c) 布設年数
「1970年以前」、「1971年~1989年」、「1990年以降」の3つのカテゴリとした。DIPとCIPのこれまでの規格の変遷¹⁷⁾を参考に決定した。「1970年以前」は直管ではモルタルライニングが使われ始め、異形管ではコーラル系塗装の時期で、「1971年~1989年」は異形管でエポキシ樹脂粉体塗装が普及し始める時期であり、「1990年以降」はモルタルライニングの表面処理の仕様が変化する時期と重なる。表-8に示す通り「1971年~1989年」に布設された管路の調査データが最も多かった。

(3) 管路の基本情報のアイテム

水道管内カメラ調査を実施した対象管路の基本情報として調査票に記録されている項目の中から管内面劣化と関連があると考えられる「部位」、「内面の塗装仕様」、「布設年数」、「口径」の4項目をアイテムとした。

(4) 管内水質のアイテム

管内の水質も管内面劣化に係る要因と考え、対象管路に水道水を供給する浄水場を調査し、水道統計¹⁸⁾を用いて各浄水場の水質データを調べた。水道統計に掲載される管内面劣化に起因すると考えられる水質項目には様々なものがある。しかし、本研究で使用したカメラ調査データは大規模から小規模事業体及び簡易水道も含まれており、水道統計には数値が記載されていない水質項目が多く確認される。また、水道統計には浄水と原水の水質データがそれぞれ掲載されているが、浄水は水道水

表-8 各アイテムと各カテゴリのクロス集計表 (Bランクの管路を除く)

アイテム名	単位	内面仕様			口径			鉄濃度(原水)			マンガン濃度(原水)			硬度(浄水)			pH(浄水)													
		①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③											
部位		153	10	99	44	5	134	14	76	28	49	23	108	17	139	5	9	107	34	12	104	42	7							
① 異形管部		145				1	8	138		6	123		18	58	28	59	36	81	130	6	9	98	37	16	108	28	8			
② 管接合部		200				0	0	191		17	157		26	81	44	75	37	131	32	171	12	12	127	43	30	124	58	20		
③ 直管部		10	1	0	11					0	1	10		3	0	8		0	6	5		6	0	5	6	1	4	8	2	1
内面仕様		99	6	9	114					15	99		0	63	23	28		0	87	17	104	6	4	93	5	15	59	40	15	
① エポキシ樹脂粉体塗装		44	138	191	373					13	314		48	149	77	147		101	227	45	330	17	26	227	107	39	289	84	20	
② コーラル系塗装		5	6	17	0	15	13	28		4	12	12		0	13	15		17	4	7		5	0	23	2	8	18			
③ モルタルライニング		124	123	157	1	99	314	414		185	83	146		93	302	18		399	14	1	307	102	6	304	105	5				
布設年数		14	16	26	16	0	48			5	25			8	15	33		24	5	27	14	12	30	30	13	13				
① 1970年以前		76	58	51	3	63	149	4	185	20	215			9	172	34		185	18	14	171	27	17	127	75	13				
② 1971年~1989年		28	28	44	0	23	77	12	83	5	100			20	66	14		92	4	4	63	20	18	87	19	14				
③ 1990年以降		49	55	75	8	28	147	12	146	25				183	72	82		163	3	17	83	67	23	142	32	0				
口径		28	26	37	0	0	101	0	82	8	9	20	72	101				68	3	0	5	96	0	98	3	0				
① 0.15mg/L未満		108	91	131	6	97	227	13	302	15	172	66	92	330			325	5	0	221	1	8	219	108	4					
② 0.15~0.3mg/L未満		17	18	32	5	17	45	15	19	33	34	14	19				87	17	15	35	0	17	50	20	15	32				
③ 0.3mg/L以上		139	120	171	6	104	330	17	389	24	185	92	103	98	325	17	440				228	93	21	215	104	21				
マンガン濃度(原水)		5	8	12	0	6	17	4	14	5	16	4	3	3	5	18		23			0	19	4	1	22	0				
① 0.025mg/L未満		9	9	17	5	4	26	7	1	27	14	4	17	0	0	36		38			0	2	30	20	0	15				
② 0.025~0.05mg/L未満		107	92	127	6	93	227	5	307	14	171	62	83	5	321	0	326	0	0	326	0	0	326	104	0					
③ 0.05mg/L以上		24	37	43	1	6	107	0	102	12	27	20	67	90	1	17	93	19		2	114			86	18	0				
硬度(浄水)		12	16	30	4	15	39	23	5	30	17	18	23	0	8	50	21	4	33			58	18	4	38					
① 7.0未満		104	108	124	8	58	269	2	304	30	127	67	142	88	218	20	315	1	20	222	96	18	338							
② 7.0		42	28	56	2	40	84	8	105	13	75	18	32	3	108	18	104	22	0	104	18	4								
③ 7.1以上		7	9	20	1	15	20	18	5	13	13	14	9	0	4	32	21	0	15	0	0	36								

d) 口径

調査対象の管路口径は大半をφ100とφ150が占める。これらの口径を別のカテゴリとするため、「φ100以下」、「φ150」、「φ150超」とした。

e) 鉄濃度(原水)

鉄の水道水質基準値(0.3mg/L未満)ならびに濃度分布のヒストグラムとを参考にして、「0.15mg/L未満」、「0.15~0.3mg/L未満」、「0.3mg/L以上」の3カテゴリとした。

f) マンガン濃度(原水)

マンガンの水道水質基準値(0.05mg/L未満)ならびに濃度分布のヒストグラムとを参考にして、「0.025mg/L未満」、「0.025~0.05mg/L未満」、「0.05mg/L以上」の3カテゴリとした。

g) 硬度(浄水)

硬度はヒストグラムより、「20mg/L以下」、「20~40mg/L以下」、「40mg/L超」の3カテゴリとした。

h) pH(浄水)

「7.0未満」、「7.0」、「7.1以上」の3カテゴリとした。

表-9 基準モデルにおけるカテゴリースコアとレンジ

アイテム名	カテゴリ名	n	カテゴリスコア	レンジ
部位	異形管部	153	-1.045	
	管接合部	145	0.553	1.828
	直管部	200	0.377	(28.8%)
内面仕様	エポキシ樹脂粉体塗装	11	2.449	3.122
	コーラル系塗装	114	-0.868	(54.9%)
	モルタルライニング	373	0.135	
布設年数	1970年以前	28	-0.368	
	1971年~1989年	414	-0.001	0.561
	1990年以降	55	-0.193	(9.9%)
口径	100mm以下	215	0.185	
	150mm	100	-0.081	0.370
	150mm超	183	-0.185	(6.7%)

相関係数 r = 0.608

悪い状態として「Bad」群とした。その結果「Good」群は249件、「Bad」群も249件となり合計は498件となった。以上の498件のデータを集計した各アイテムとカテゴリのクロス集計表を表-8に示す。これらの集計結果を用いて数量化Ⅱ類による判別分析を行う。

(2) 基準モデルによる判別分析

水道管内カメラ調査結果を分析した既往の研究¹⁹⁾で用いた「部位」、「内面の塗装仕様」、「布設年数」、「口径」の4アイテムを用いて「Good」群と「Bad」群の判別分析を試みた。これら管路の基本情報で作成したモデルを以下、基準モデルとする。管内水質や流況に関係なく一般的に管路内で劣化しやすい要因の傾向を確認する。基準モデルの分析結果を表-9に示す。同表は各アイテムのレンジとレンジ割合を示し、レンジ割合が大きいほど「Good」群と「Bad」群の判別に寄与するアイテムであり、レンジ割合が最も高い内面仕様が管内面劣化に最も影響する要因であることが確認された。

判別分析によって得られた判別モデルより、「Good」

4. 判別関数による要因分析

(1) 数量化Ⅱ類による判別分析

本研究では管内面の状態が良いものを「Good」群、状態が悪いものを「Bad」群として判別分析を行った。図-2に示す評価結果のヒストグラムより、Bランクはおよそ半数を占めるが、良い状態と悪い状態の境界をより明確にするため中間ランクのランクBを除外して、SとはAランクを良い状態とし「Good」群に、CDランクを

群と「Bad」群の全体の判別率を算出すると 76.8%と高い値を得ることができた。また、Good 群的中率 (Good 群と判別されて Good 群であった割合) は 80.3%であり、Bad 群的中率 (Bad 群と判別されて Bad 群であった割合) は 72.3%となった。表9の各カテゴリースコアを比較すると、絶対値で最も大きい「エポキシ樹脂粉体塗装」は「Good」群に最も寄与する要因であり、それに対して「異形管部」、「コールタール系塗装」、「1970年以前」が「Bad」群に大きく寄与することが確認された。これまで、経験的に「異形管部」や「コールタール系塗装」は管内面の劣化が起りやすいと言われているが、本研究の分析によりこれらの傾向を定量的に示すことができた。

3) 水質要因の検討

(2)で示した基準モデルに管内水質のアイテムを追加し、水質要因による影響を検討する。本研究では基準モデルに水質の要因を追加して、基準モデル+4 要因、基準モデル+3 要因、基準モデル+2 要因、基準モデル+1 要因の全てのアイテムの組み合わせで数値化II類による判別分析を行い、判別率の最も高い組み合わせを求めた。以上の分析結果を表-10に示す。同表では1要因から4要因までの組み合わせの分析結果として、各判別モデルの判別率と「Good」群及び「Bad」群の中率の算出結果をまとめた。ここで「Good」群あるいは「Bad」群のみに着目する方法もあるが、今回は全体の判別率で評価する。

表-10において4要因すべてを追加したモデルの判別率の中率は 81.7%であった。3要因追加モデルで最も高い判別率の中率は鉄濃度(原水)を除いた場合の 82.1%であり、2要因については鉄濃度(原水)と pH(浄水)を除いた 81.3%、1要因では鉄(原水)を加えた 80.3%となった。以上の分析結果より、最も判別率が高い、「マンガン濃度(原水)」、「硬度(浄水)」と「pH(浄水)」を加えた基準モデル+3 要因モデルを本研究での適用モデルとする。さらに、表-10の判別率の中率では、1要因追加の1事例(マンガン)を除いた全てのモデルで、基準モデルの判別率の中率 76.8%を上回った。

表-11に基準モデル+3 要因モデルについて各アイテムのレンジとカテゴリースコアを示す。表9の基準モデルと同様に、内面仕様は最も高いレンジ割合を示すが、硬度(浄水)が部位よりも高いレンジ割合となり、硬度が高くなるほど「Bad」群の傾向になることが確認された。また、マンガン(原水)も比較的高いレンジ割合であり、マンガン濃度が高いほど「Good」群の傾向となった。マンガンは管内に付着し濁水の原因となるが、原水のマンガン濃度が高い場合、除マンガン処理のため浄

水のマンガン濃度が比較的抑えられている可能性が考えられる。水道統計では浄水のマンガン濃度について具体的な値が得られなかったため、今後は浄水でのマンガン濃度を実測する必要があると考える。また、水質アイテムのレンジ割合は比較的高く、表-11に示した相関比は、表-9よりも大きくなっており管内面劣化に対して水質要因も影響を及ぼしていることが明らかとなった。

最後に、「Good」群と「Bad」群の実績に対するサンプルスコアの度数分布を図-3に示す。「Good」群と「Bad」群のサンプルスコアの境界が見出され、図-2の評価ランク B を分析対象外としたことで「Good」群と「Bad」群の判別がより明確になった。

表-10 基準モデルと水質要因の組み合わせ判別分析結果

判別モデル(基準モデル+)	判別モデル(基準モデル+)				判別率の中率	Good群の中率	Bad群の中率
	鉄	マンガン	硬度	pH			
4要因	●	●	●	●	81.7%	82.3%	81.1%
3要因	●	●	●	—	81.0%	82.3%	80.7%
	●	●	—	●	81.1%	81.1%	81.1%
	●	—	●	●	81.7%	81.9%	81.3%
2要因	—	●	●	●	82.1%	83.1%	81.1%
	●	●	—	—	81.1%	81.1%	81.1%
	●	—	●	—	79.5%	79.5%	79.9%
1要因	—	—	●	●	80.1%	80.3%	79.9%
	—	●	—	—	81.2%	82.3%	80.3%
	—	—	●	—	76.1%	77.9%	76.3%
基準	—	—	—	●	80.7%	80.7%	80.1%
	—	●	—	—	76.3%	77.9%	76.7%
	—	—	●	—	78.9%	81.1%	76.7%
	—	—	●	—	77.6%	77.6%	77.6%

表-11 基準モデル+3 要因モデルのカテゴリースコアとレンジ (マンガン濃度(原水)、硬度(浄水)、pH(浄水))

アイテム名	カテゴリー名	n	カテゴリースコア	レンジ
部位	異形管部	153	-0.744	3位
	管継ぎ部	145	0.840	
	直管部	200	0.246	
内面仕様	エポキシ樹脂粉体塗装	11	1.580	1位
	コールタール系塗装	114	-0.634	
	モルタルライニング	273	0.208	
布設年度	1970年以前	28	0.138	6位
	1971年~1989年	414	-0.027	
	1990年以降	58	0.131	
口径	100mm以下	215	0.047	7位
	150mm	100	-0.035	
	150mm超	183	-0.036	
マンガン濃度(原水)	0.025mg/L未満	440	-0.110	4位
	0.025~0.05mg/L未満	23	0.803	
	0.05mg/L以上	35	0.982	
硬度(浄水)	20mg/L以下	326	0.376	2位
	20mg/L~40mg/L未満	114	-0.868	
	40mg/L超	58	-0.405	
pH(浄水)	7.0未満	336	0.138	5位
	7	128	-0.220	
	7.1以上	36	-0.520	

相関比 $r = 0.700$

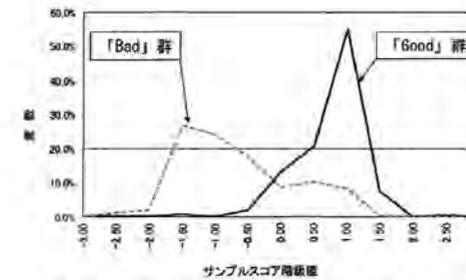


図-3 「Good」群と「Bad」群のサンプルスコアの度数分布図

5. おわりに

本研究では、地中に埋設される水道管路の劣化状況を直接的に確認して、評価が可能な水道管内カメラ調査に着目した。これまで、日本全国で実施された 1,386 件の調査データのうち、全体の 85%以上を占める DIP と CIP で実施されたカメラ調査により得られた評価結果と管路の基本情報及び水質との関係を数値化II類による判別分析により明らかにすることを目的とした。

本分析で提示したとおり、管路の基本情報に水質要因をモデルに加えることで、管路の基本情報のみのモデルよりも判別率が高くなる結果が得られた。今回は浄水場の水質データを限定的に用い、水質要因の管内面劣化に及ぼす影響を明らかにした。調査対象管路内の水質データを個別に収集して分析を行えば、管内面劣化の診断精度をより向上させることが期待できることから、今後の調査では、水質も併せて測定することも有効である。

今後の課題としては、本研究で用いた5つの評価項目について各々の影響要因の分析や、管材質の違いなどを明らかにするため、継続的に水道管内カメラ調査の調査データを蓄積する必要があると考える。また、水質のアイテムにおいても、浄水場および調査対象管路内の水質データが収集・蓄積されることによって、本研究で採用した水質項目以外の要因のモデル化も可能となる。また、管内流況と濁水や夾雑物の関係についての知見²⁰⁾から、管内流況と管内面劣化の関係进行分析することも必要であると考える。

参考文献

- 1) 厚生労働省：水道普及率の推移、<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000164506.pdf>, 2019, 3月
- 2) 水道技術研究センター：管路更新率の推移について(その1)平成28年度水道統計に基づく試算結果、JWRC水道ホットニュース 第639号, p.2, 2018.
- 3) 日本下水道協会：下水道管路施設 維持管理マニ

- アル, 2007.
- 4) 日本下水道協会：下水道維持管理指針(実務編), 2014.
- 5) 国土交通省：下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き(案) 参考資料II：管路施設編, pp.32-42, 2011.
- 6) 管内調査用 TV カメラと遠隔ロボットシステム, 月刊下水道増刊号 589号, Vol. 41, No.4, p.81, 2018.
- 7) 新田和宏, 酒井 和也：産学官共同連携によるドローンを用いた管路調査技術の実用化に向けた取り組み, 第54回下水道研究発表会講演集(平成29年度) pp.630-632, 2016.
- 8) 管内検 3D 技術 PANORAMO, 月刊下水道増刊号 589号, Vol. 41, No.4, p.71, 2018.
- 9) Ming-Der Yang, Tung-Ching Su.: Segmenting ideal morphologies of sewer pipe defects on CCTV images for automated diagnosis, Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 2, Part 2, pp. 3562-3573, 2009.
- 10) Robert A. McKim & Sunil K. Sinha: Condition assessment of underground sewer pipes using a modified digital image processing paradigm, Tunnelling and Underground Space Technology/Volume 14, Issue SUPPL. 2, pp.110-119, 1999.
- 11) Moselhi, O. Email Author, Shehab-Eldeen, T.: Automated detection of surface defects in water and sewer pipes Automation in Construction., Automation in Construction, Volume 8, Issue 5, Pages 581-588, 1999.
- 12) Moselhi, O. Shehab-Eldeen, T.: Classification of defects in sewer pipes using neural network, Journal of Infrastructure Systems/Volume 6, Issue 3, pp. 97-104, 2000.
- 13) 日本水道協会：水道維持管理指針 2016, pp. 454-456, 2016.
- 14) 小泉明, He Shan, 孫耀平：数値化理論による下水道管渠の損傷判別分析, 環境工学研究論文集 第38巻, pp. 257-264, 2001.
- 15) 全国水道管内カメラ調査協会：水道管内カメラ調査ハンドブック, 2014.
- 16) 日本水道協会：平成13年度 水道統計 第84-2号, 平成13年度, 2003.
- 17) ダクタイル鉄管協会：塗装とライニング, p.6, 2007.
- 18) 國實善治, 小泉明, 荒井康裕, 山本政和, 石川美直, 津崎将人：水道管内カメラ調査による既設管内面の評価分析, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp. 404-405, 2018.
- 19) T. Kunizane, A. Koizumi, Y. Arai, M. Yamamoto.: Evaluation Diagnosis of Water Distribution Pipeline Utilizing Inspection Results of In-pipe Endoscope Camera, 1st International WDSA / CCWI 2018 Joint Conference, <https://ojs.library.queensu.ca/index.php/wdsa-ccw/article/view/1217>, 2018.
- 20) Smith S. E., Chamberlain A. H. and etc.: A Pipe-line Testing Facility for the Examination of Pipe-Wall Deposits and Red-Water Events in Drinking Water, Water Environment Management, Vol.13, No.1, pp.7-15, 1999.
- 21) 水道技術研究センター：水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究(Epochプロジェクト)報告書, pp.35-71, 2005.

(Received March 22, 2019)
(Accepted August 23, 2019)

補足

FACTOR ANALYSIS OF THE DETERIORATION OF WATER PIPELINES' INNER SURFACES USING AN IN-PIPE ENDOSCOPE CAMERA

Takaharu KUNIZANE, Akira KOIZUMI, Yasuhiro ARAI, Kodai ARAI,
Masakazu YAMAMOTO, Yoshinao ISHIKAWA and Masato TSUZAKI

The ageing of the water distribution systems has recently become a significant issue in Japan. Majority of the water pipelines are buried underground and cannot be visually inspected, which increases the difficulty of pipeline maintenance. The poor pipeline conditions only become apparent after the occurrence of a water quality incident or leakage. Therefore, in-pipe endoscope cameras have attracted considerable attention because they are one of the few non-excavation methods that can be used to diagnose the condition of a buried pipeline directly without cutting off the water supply.

In this study, we analysed the data obtained from the in-pipe camera inspections conducted over the past 15 years, including samples of both the ductile iron pipes and the cast iron pipes. We verified the images of the pipe interiors from the in-pipe camera inspections and assigned scores of S through D to each pipeline with respect to the following five categories: rust status; adhesion of substances to the inner surface; status of the inner coating; sediment and suspended matter. We further classified the pipelines with scores of S and A as 'Good' group and those with scores of C and D as 'Bad' group.

We conducted factor analysis using Hayashi's second method of quantification to clarify the relations among the deterioration in the pipe, the evaluation scores, the basic information about the pipeline and the water quality data. Our analysis revealed a very high rate of accurate classification (82.1%). Based on the category score, the status of the inner coating was observed to have the most influence on the deterioration of the pipe; we also confirmed that the water quality factors, such as the manganese concentration in raw water and the pH as well as the hardness of the purified water, affected the pipe deterioration.

管カメ協会の活動と組織

会員名簿

・管カメ協会の歩み

20社で設立総会

全国水道不断水内視鏡調査協会は2006年（平成18年）4月、明石市内のホテルで設立総会を開きました。全国20社（施工会社16社、賛助会員4社）が出席し、設立趣意書・定款の了承、役員を選任、事業計画などを決めました。水圧のかかっている管内の生きた姿を、管を切断することなく居ながらに見ることができる新しい工法なので、「全国水道不断水内視鏡調査協会」という名称でスタートしています。医療を飛躍的に進歩させた内視鏡のイメージをこの調査工法に生かした名称です。



協会の設立総会 H18年4月（明石市内）

この新しい工法は「水道維持管理指針」（2006年日本水道協会）に、不断水管内調査システムとして図解入りで掲載されています。

会長に杉戸大作氏

2007年（平成19年）5月の第2回通常総会では、空席だった会長に元厚生省水道環境部長の杉戸大作氏（当時・財団法人廃棄物研究財団理事長）を迎え、同じく顧問に元厚生省水道環境部長の小林康彦氏、元名古屋市長収入役の堀内厚生氏らを迎え、協会名称を「全国水道管内カメラ調査協会」（通称 管カメ協）に改めました。

カメラ認定委員会スタート

水道管内カメラの性能、安全性、衛生性などを確保するため2007年（平成19年）10月19日、協会内部に「カメラ認定委員会」（委員長・長岡裕東京都市大学教授）を置き、水道の専門家らによる水道管内カメラの認定制度をスタートさせています。現在までに6機種を認定しました。

管路内面診断評価委員会を設置

2008年（平成20年）10月1日には管路内面診断評価委員会を立ち上げました。水道管内カメラで捉えた映像を専門家が診断する委員会です。たとえば経年化した管内の映像から、更新か、更生か、洗管か、など施工や維持管理上の判断、映像データの蓄積をベースに内面診断手法の開発を進めています。委員長は首都大学東京（現 東京都立大学）大学院の小泉明特任教授です。

一般社団法人に移行

法人改革の一環として制定された「一般社団法人および一般財団法人に関する法律」（平成20年12月1日施行）に基づき、本協会は2011年（平成23年）4月1日付けで、共益的活動を目的とする一般社団法人の登記を行いました。同年5月24日、ホテルニューオータニ東京での第6回総会では財産の処分、役員選任など一連の移行手続きを済ませ、協会名を「一般社団法人 全国水道管内カメラ調査協会」に改めました。第6回総会は、本協会が誕生してちょうど5周年にあたるため、厚生労働省、水道事業体、友好団体の来賓らを含めて約100名の方々出席のもとで、設立5周年と一般社団法人への移行を祝いました。同時に活動拠点としての協会事務所を、神戸市三宮のワールドビル2階に開設しました。

技能講習会を実施

管内カメラ調査の従事者育成や技能の向上を図るため、協会定款にもとづく事業として技能講習会を実施しています。2012年（平成24年）6月に実施した第1回講習会には30名が応募、水道の仕組みや制度に関する座学、管内カメラの構造、挿入装置の組み立て、カメラ操作などについて協会の実流装置で学びました。講習は申し込みに応じて随時実施する予定です。その他、日本水道協会の講習会や個別事業体からの要請で、講師派遣やデモ施工など協会事業の一環として行っています。



技能講習会 令和元年5月

ハンドブックを制作

水道管内カメラを使った管路の維持管理計画づくり、その導入やカメラ調査の実際などを一冊の本にまとめた「水道管内カメラ調査ハンドブック」(略称・管カメラハンドブック)を発刊しました。発注者の便宜や、カメラ調査従事者の研修テキスト、カメラ調査の啓発などを目的としています。2013年(平成25年)1月に制作委員会を立ち上げ、2014年(平成26年)5月に発行しました。

カメラ診断評価マニュアルを発刊

カメラ調査の手順から、診断評価のノウハウ、報告書作成の要領まで様々なポイントをわかり易く紹介した「水道管内カメラ診断評価マニュアル」(略称・管カメラマニュアル)を2020年(令和2年)10月に発刊しました。カメラ調査の実務に携わる従事者はもとより、多くの水道関係者に正しく理解をして頂けるよう、写真や事例、データ等を豊富に掲載する工夫をしています。水道管路に精通した様々な分野の専門家の意見を参考にして作成した管カメラマニュアルを実務必携書として是非ご活用ください。

協会の活動

水道管内を調べるには掘削工事、切り管工事、断水作業を伴いますが、当協会の工法は断水をすることなく水道管内カメラを挿入し、内部の様子を記録するとともに、TVモニターを通じて現場で管内を調べることができます。水道管には強い水圧がかかっているため、シール機構を装備した特別な挿入装置を使って消火栓などから管内カメラを挿入するもので、これまで不可能とされていた通水状態の生きた映像で捉えることができます。また、導水路のような水路トンネル、開水路向けのカメラ調査システムも開発されています。

水道管内カメラ調査は老朽管の更新・更生工事の優先路線の決定、配水洗管効果の確認、バルブ故障の調査など管路の日常的な管理に役立っています。調査には大規模な土木工事が不要なため、節水効果や、水道事業の省力・省エネにも貢献しています。

全国水道管内カメラ調査協会では、安全や衛生面から水道に使用する管内カメラの認定を行うとともに、専門家による調査データの診断も行っています。当協会では日本が生んだ画期的な水道技術としてこの管内カメラ調査工法の普及と、調査業務の業としての健全な発展に取り組んでいます。

・協会の総会などにおける研究発表・特別講演一覧

平成18年(2006)10月 臨時総会(秋田市)

研究発表「不断水内視鏡による配水管内調査事例」/ 日本水機調査(株) 井須 豊執行役員
研究発表「これからの水道の取組について」 / 武蔵工業大学 長岡 裕教授

平成19年(2007)5月 第2回通常総会(神戸市)

研究発表「老朽管路内における赤水発生に関する一考察」
/ 日本水機調査(株) 井須 豊執行役員
研究発表「配水管路における安全でおいしい水の取組～名水プロジェクト～」
/ 名古屋市上下水道局
特別講演「蛇口情報に基づく末端監視型配水管網ネットワーク老朽化診断システムの構築」
/ 武蔵工業大学 長岡 裕教授

平成19年(2007)11月 第2回臨時総会(横浜市)

研究発表「有効率98%、さいたま水道の取組」
/ さいたま市水道局 有吉 寛記維持管理課長
特別講演「水道管路技術の将来展望」 / 首都大学東京大学院 小泉 明教授

平成20年(2008)4月 第3回通常総会(京都市)

特別講演「水道管路の衛生管理技術の高度化への期待」
/ 京都大学大学院 伊藤 禎彦教授

平成20年(2008)10月 第3回臨時総会(名古屋市)

研究発表「給水水質が及ぼす配水管内環境への影響」
/ お茶の水女子大学大学院 大瀧 雅寛准教授

平成21年(2009)5月26日 第4回通常総会(東京都)

特別講演「水道水中の濁質の元素組成分析による配水管老朽度診断の試み」
/ 東京都市大学 長岡 裕教授

平成21年(2009)11月 第4回臨時総会(大阪市)

特別講演「オランダにおける配水システム全体像」 / 京都大学大学院 伊藤 禎彦教授

平成22年(2010)6月 第5回通常総会(東京都)

特別講演「水利用の現状と今後の水需要動向について」
/ お茶の水女子大学大学院 大瀧 雅寛教授

平成22年(2010)10月 第5回臨時総会(松山市)

特別講演「水道管内カメラ調査水質の改善について」
/ (株)クレハ環境水環境営業部 安藤 伸彦チームリーダー

平成 23 年 (2011)5 月 第 6 回通常総会 (東京都)

平成 23 年 (2011)5 月 一般社団法人全国水道管内カメラ調査協会設立総会=第 1 回通常総会(東京都)
特別講演「水道管路技術の最近の動向」 / 首都大学東京大学院 小泉 明教授

平成 23 年 (2011)10 月 一般社団法人移行・第 1 回臨時総会 (北九州市)

特別講演「東日本大震災の救援活動と水道100年」
/ 北九州市水道局東部工事・津田 数美工務担当課長

平成 24 年 (2012)6 月 第 2 回通常総会 (大阪市)

特別講演「日中水道交流の実績と水ビジネスの課題」
/ (株)日水コン 玉井 義弘名誉顧問

平成 24 年 (2012)11 月 第 2 回臨時総会 (名古屋市)

特別講演「名古屋市における管内カメラ調査」
/ 名古屋市上下水道局 吉川 開二技術本部長

平成 26 年 (2014)5 月 第 4 回通常総会 (大津市)

特別講演「管カメハンドブックに寄せて」 / 小林 康彦顧問

平成 27 年 (2015)5 月 第 5 回通常総会 (岡山市)

研究発表「人口減社会における配水管内環境のメンテナンス技術」
/ 京都大学大学院 伊藤 禎彦教授

平成 28 年 (2016)5 月 第 6 回通常総会 (東京都)

特別講演「災害環境研究の最前線」
/ 国立研究開発法人国立環境研究所 石飛 博之理事

平成 30 年 (2018)6 月 第 8 回通常総会 (さいたま市)

特別講演「水道事業体における管内カメラ調査事例」 / 管カメ協 石川 美直専門委員

令和元年 (2019)6 月 第 9 回通常総会 (広島市)

特別講演「管路維持管理における水道管内カメラの活用」
/ 首都大学東京大学院 國實 誉治特任准教授

※発表者職名は当時

・協会役員、協会会員、賛助会員、協会委員名簿

協会役員、顧問、特別会員、専門会員、専門委員一覧

会 長	杉戸 大作	元厚生省水道環境部長
副 会 長	海道 尚毅	大成機工 (株) 常務執行役員
副 会 長	二瓶 正智	コスモ工機 (株) 執行役員・名古屋支店長
専務理事	山本 政和	日本水機調査 (株) 代表取締役
理 事	川鍋 太志	カワナベ工業 (株) 代表取締役
理 事	白土 晶浩	(株)クレハ環境 環境営業部長
理 事	道浦 吉貞	(株)栗本鐵工所 管路ソリューション部長
理 事	國實 誠二	(株)国実水道代表取締役
理 事	秋山 博和	(株)サンスイ代表取締役
理 事	斉藤 隆教	(株)チヨダ取締役 工事部長
監 事	山下 広繁	富士鉄工 (株) 代表取締役
監 事	川崎 享彦	日昇工業 (株) 専務取締役
顧 問	堀内 厚生	元名古屋市収入役・元名古屋市水道事業管理者
特別会員	小泉 明	東京都立大学都市環境学部特任教授
特別会員	長岡 裕	東京都市大学工学部都市工学科教授
特別会員	伊藤 禎彦	京都大学大学院教授
特別会員	大瀧 雅寛	お茶の水女子大学大学院教授
専門会員	石川 美直	大成機工 (株) 名古屋支店顧問・元名古屋市上下水道局管路部長
専門会員	國實 誉治	東京都立大学大学院特任准教授
専門会員	根来 健	滋賀県立琵琶湖博物館 特別研究員・ 元京都市上下水道局水質管理センター所長
専門会員	半田 周	(一社)日本ダクタイトイル鉄管協会事務局主幹
専門会員	三浦 正孝	大成機工 (株) 顧問・元神戸市水道局中部センター所長
専門会員	山村 尊房	W&E 研究所代表・元厚生労働省水道課長
専門委員	芦田 裕志	(公社)日本水道協会工務部長
専門委員	大嶽 公康	(株)NJS 執行役員 水道事業戦略部長
専門委員	岡 正	元日本水道協会大阪支所次長
専門委員	中西 新二	(株)日水コン執行役員 水道事業部長

会員、賛助会員一覧

安曇野市水道事業協同組合	コスモ工機 (株)	日昇工業 (株)
足立建設 (株)	(株) サンスイ北関東支店	日本水機調査 (株)
(株) 新井組	(株) 島工業	日本水道管路 (株)
(有) 新垣設備	昭和土木 (株)	(株) 二友組
(株) 市原水道センター	(株) シンワシステムズ	(株) 服部組
(株) ウォーターサポート	大成機工 (株)	富士鉄工 (株)
(株) 大城工業所	(株) ダイトウア	藤野興業 (株)
(株) 折本設備	(株) タケコシ	(株) フソウメンテック
カワナベ工業 (株)	(株) チョダ	(株) MAN I X
(株) 九州事業センター	東北企業 (株)	村上建設工業 (株)
(株) 国実水道	(株) トクスイ	安井建設 (株)
(株) 栗本鐵工所	中里建設 (株)	(株) 山越
(株) クレハ環境	新潟企業 (株)	山城土木 (株)

正会員 (39 社)

東芝テリー (株)
(株) 日水コン
(株) 水みらい広島

賛助会員 (3 社)

・管路内面診断評価委員会名簿

管路内面診断評価委員会

委員長 (1名)	小泉 明	東京都立大学大学院特任教授
副委員長 (3名)	長岡 裕	東京都市大学教授
	伊藤 禎彦	京都大学大学院教授
	大瀧 雅寛	お茶の水女子大学大学院教授
委員 (13名)	山村 尊房	W&E 研究所代表
	芦田 裕志	公社・日本水道協会工務部長
	中西 新二	(株)日水コン執行役員水道事業部長
	大嶽 公康	(株)N J S 執行役員水道事業戦略部長
	國實 誉治	東京都立大学大学院特任准教授
	石川 美直	大成機工(株)顧問
	三浦 正孝	大成機工(株)顧問
	根来 健	滋賀県立琵琶湖博物館特別研究員
	半田 周	(一社) 日本ダクタイル鉄管協会事務局主幹
	山本 政和	日本水機調査(株)代表取締役
	道浦 吉貞	(株)栗本鐵工所管路ソリューション部長
	海道 尚毅	大成機工(株)常務執行役員
	二瓶 正智	コスモ工機(株)執行役員名古屋支店長
協力委員 (5名)	石黒 達哉	日本水機調査(株)技術部長
	小林 真	(株)栗本鐵工所管路ソリューション部
	津崎 将人	西部配管技術・工事G長
	宇佐美 和也	大成機工(株)技術部係長
	鈴木 秀也	コスモ工機(株)技術部設計課長代理 東芝テリー(株)営業部営業管理担当

発行元 一般社団法人 全国水道管内カメラ調査協会

URL:<http://www.jweca.org/> E-mail:info@jweca.org

〒651-0084 神戸市中央区磯辺通3丁目2番17号 ワールド三宮ビル2F

電話 078(291)4666 FAX 078(291)4661

令和2年10月