



管路維持管理における 水道管内カメラ調査の活用

令和元年 6月21日(金)

首都大学東京 都市環境学部
特任准教授 國實 誉治

背景

人
(労働力)

金
(コスト)

時間

中長期的な視点
での計画策定

水道管路の更新

しかし、

料金収入の減少

住民の節水意識の向上, 節水型機器類の普及
少子高齢化による人口減少

資材や人件費の高騰

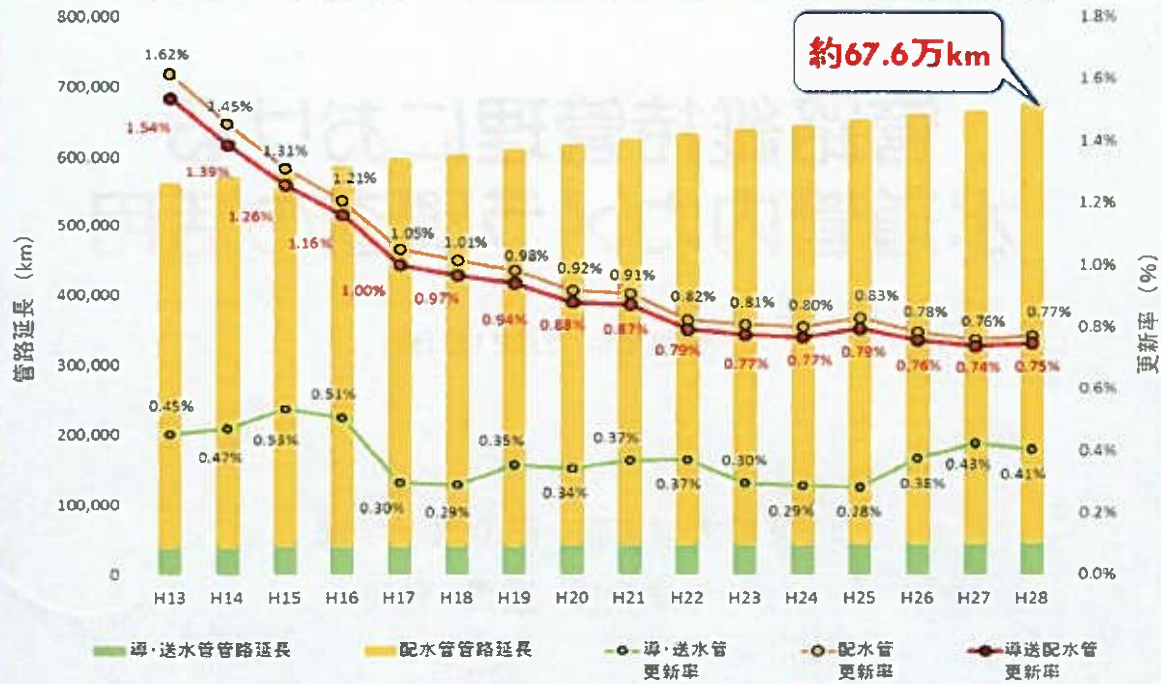
水道職員・配管業者の人員減少

経験豊かなベテラン職員の退職

更新が進まない

背景

全国の導・送・配水管路延長と管路更新率の推移



背景

今後このままの更新率で推移すると、

漏水事故
水質事故



大事故の恐れ

浸水被害や交通障害,
最悪の場合は人身事故

水道不信



破損事故

水質事故 (濁水, 浮遊物の流出)

増加傾向

背景

経年管の更新率を急に高めることはできない
でも、管路事故は出来るだけ減らしたい

ただ単に古い管路では無く、
劣化の進行が速い管路から対策を講じる

効率的な更新 高齢でも元気な管路は出来るだけ使用して、
寿命が近い管路を優先的に取替える

管路の健康診断手法の開発
機能診断・劣化診断

大きな
課題

管体の劣化状況の把握が困難

地中に埋設される水道管

背景

管体の劣化状況の把握が困難

事故
突発的に
発生

地中に埋設される水道管

問題解決の一計として

水道管内カメラ調査

非開削

且つ 水道管内を **直接診断** できる
不断水

しかし、全ての管路を調査することは不可能



背景

現状での管内カメラ調査の事例

⇒水質事故等が発生した際の**事後対策**として主に活用

将来

経年管が増加傾向 ⇒ 劣化による管路事故も増加

これまでの様に**迅速な事故対応**が困難に



解決策

管路事故等の予防保全対策
管路診断を目的とした水道管内カメラ調査の活用

目的

医者の問診

患者の基本情報(年齢や喫煙歴等)
患者の状態確認(顔色、血圧確認等)



診断

・医者の経験
・統計的な実績

判定

健康

精密検査

例えば

- 血液検査
- MRI
- エコー
- 胃カメラ
- レントゲン
- 心電図

管路の基本情報

管路履歴 (布設年数、管種、塗装仕様等)
管内面の環境 (水質、流況等)

本研究の課題

過去の調査実績データを集計

管内面の評価結果の実績

関係

管路の履歴に関する情報
管内の環境、流況など

統計的な分析手法

で明らかに

診断

判定

健全

管内カメラ調査

水道管内カメラについて

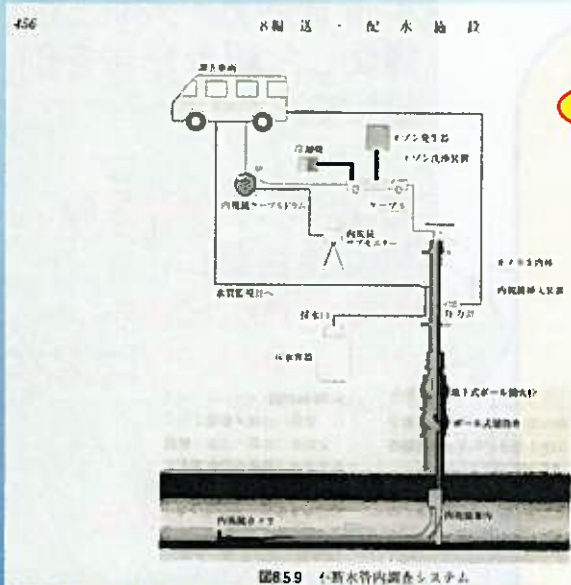


図859 下水道管内調査システム

抜粋: 日本水道協会, 水道維持管理指針2016



特徴

非開削且つ**不断水**で管路内面を**直接診断**できる

消火栓や空気弁を利用しカメラを挿入

- ・調査延長 約40m(現在は約100mまで可能)
- ・カメラの耐水圧は1.0MPa
- ・小型の広角レンズ
(気中画角:約160°, 水中画角:約96°)
- ・超高輝度白色LEDライト
暗い管内でも鮮明な画像の記録が可能

評価方法について



平成26年5月発行

「水道管内カメラ調査ハンドブック」制作委員会委員

委員長	小泉 明 (特別会員)	首都大学東京大学院特任教授
副委員長	長岡 崇 (特別会員)	札幌医科大学教授
外部委員	田中聡	名古屋市上下水道局建設部長
	熊木芳宏	神戸市水道局施設課長 (1博)
	野神純彦	東京水道サービス株式会社設備部長
制作委員	石川実彦 (専門委員)	大阪機工株式会社顧問
	樋井昭彦 (専門委員)	元神戸水道局参事
	海道剛毅 (副会長)	株式会社機工建設事業本部長
	木内伊野 (副会長)	ニッセイ機工株式会社取締役
	藤嶋芳直 (賛助会員)	株式会社機工建設事業本部長兼企画部長 (1博)
	山内政和 (専務理事)	日本機械調査代表取締役社長
	吉川弘樹 (理事)	株式会社機工建設事業本部長兼企画部長 (1博) 公共インフラ事業部 水道+ストックビジネスユニット ビジネスユニット長

制作委員会編者 小川肇彦 (顧問) 元厚生省水道環境部長

技術協力 下村啓之 (賛助会員) 東芝アリアーエスエス株式会社代表取締役
日高 正 (賛助会員) 札幌工業株式会社代表取締役
白土基広 (理事) エクセル環境 環境事業部長

制作事務局 高 昌史 (制作委員) 水道局業務研究会企画部長
若原 肇 (制作委員・幹事) 日本水道管調査協会委員

(1博) 1博

評価方法について

評価項目

- ① 錆の状態(発生・成長状況)
- ② 内面付着物
- ③ 内面防食塗膜状況
- ④ 堆積物
- ⑤ 浮遊物

水道管内カメラ調査で録画した調査映像を確認して、

左記に示す5項目の評価項目毎に、劣化度合いにより、S~Dの5ランクにランク付けを行う。






最も健全の場合はSランクとして、順次劣化度合いによりA、B、C、Dランクとする。

評価方法について

① 錆の状態(発生・成長状況)

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」と段階的に錆の状態を割りつけた。

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	錆の隆起(錆こぶ)が確認される
C	錆による閉鎖が起きている (目視 閉鎖率30%未満)
D	錆による閉鎖が起きている (目視 閉鎖率30%以上)






ランク	Type specimen
S	
A	
B	
C	
D	

評価方法について

②内面付着物

管内面に付着物がない状態を「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」と段階的に付着物の状態を割りつけた。

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が色が薄い
B	管路内面全体に付着物が確認されるが色が薄い
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真黒になっている






Rank	Type specimen
S	
A	
B	
C	
D	

評価方法について

③内面防食状況(モルタルライニング)

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」と段階的にモルタルライニングの状態を割りつけた。

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	シーラコートがライニングから浮いている
B	シーラ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

Rank	Type specimen
S	
A	
B	
C	
D	

評価方法について






③内面防食状況

(各塗膜, モルタルライニング以外)

剥離など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」、 「B」に塗膜の一部が剥離し錆が発生している状態を割りつけた。「A」「C」に関しては段階的な状態が分からない為に空欄とした。よって、このランク表による評価は「S」「B」「D」の三種類とした。

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	塗膜が剥離し錆が発生している

Rank Type specimen

S	
A	
B	
C	
D	






評価方法について

④堆積物

堆積物がない状態を「S」、堆積よりカメラ調査が出来ない状態を「D」として、「A」「B」「C」と段階的に浮遊物の状態を割りつけた

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

Rank Type specimen






S	
A	
B	
C	
D	

評価方法について

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」と段階的に浮遊物の状態を割りつけた。

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	浮遊物がときおり常に確認できる
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

Rank	Type specimen
S	
A	
B	
C	
D	

数量化Ⅱ類による判別分析

～分析に用いた調査データについて～

2001年から2011年に全国各地で実施された1024件の水道管内カメラ調査の結果を集計

	ダクタイル 鋳鉄管	鋳鉄管	塩化ビニル管	鋼管	石棉管	空白	合計
異形管部	168	9	15	4	5	0	201
管接合部	325	10	27	12	5	0	379
直管部	366	19	20	11	4	2	422
弁体部	12	2	2	0	2	0	18
空白	4	0	0	0	0	0	4
合計	875	40	64	27	16	2	1024

約8割を占める
本研究では「ダクタイル鋳鉄管」
と「鋳鉄管」を対象とした

欠損データを除いた計831件の
「ダクタイル鋳鉄管」と「鋳鉄管」
についての評価結果を分析

数量化Ⅱ類による判別分析

～水道管内カメラ調査の評価結果～

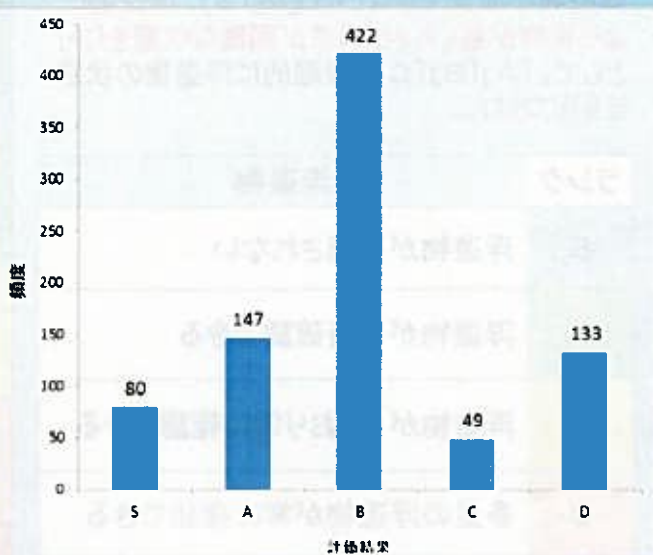
水道管内カメラ調査を実施した「ダクタイル鋳鉄管」と「鋳鉄管」の831件(路線)について、5項目の評価(S～Dランク)について評価ランクを付け、その5項目で最も低いランクを、その対象管路の評価結果とした

管路Xでの内面評価結果

- ① 錆の状態(発生・成長状況) ⇒ D
- ② 内面付着物 ⇒ C
- ③ 内面防食塗膜状況 ⇒ A
- ④ 堆積物 ⇒ C
- ⑤ 浮遊物 ⇒ S

管路Xの
評価結果

D



図「ダクタイル鋳鉄管」と「鋳鉄管」管路の路線評価結果の集計

数量化Ⅱ類による判別分析

～水道管内カメラ調査の評価結果～

水道管内カメラ調査を実施した「ダクタイル鋳鉄管」と「鋳鉄管」の831件(路線)について、5項目の評価(S～Dランク)について評価ランクを付け、その5項目で最も低いランクを、その対象管路の評価結果とした

管路Xでの内面評価結果

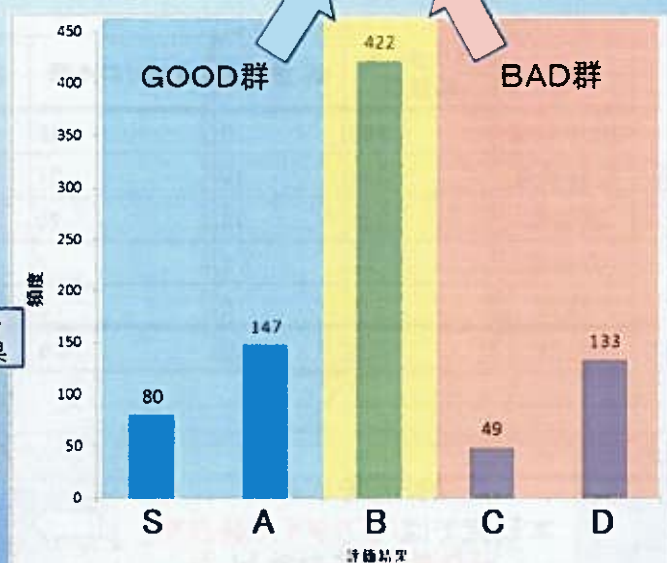
- ① 錆の状態(発生・成長状況) ⇒ D
- ② 内面付着物 ⇒ C
- ③ 内面防食塗膜状況 ⇒ A
- ④ 堆積物 ⇒ C
- ⑤ 浮遊物 ⇒ S

管路Xの
評価結果

D

Bを除くGOOD群とBAD群

数量化Ⅱ類による判別分析



図「ダクタイル鋳鉄管」と「鋳鉄管」管路の路線評価結果の集計

数量化Ⅱ類による判別分析

～判別分析～

管路に関する履歴情報を説明変数として、GOOD群とBAD群の判別分析を行った

表 GOOD群とBAD群の群別集計表

説明変数	アイテム名		データ数		
	部位	内面仕様	全体	GOOD群	BAD群
	異形管部		126	18	108
	直管部		166	128	38
	継手部		117	81	36
	エポキシ樹脂		11	11	0
	モルタルライニング		284	212	72
	コールタール		114	4	110
	t ≤ 20年		61	48	13
	20年 < t ≤ 30年		254	140	114
	30年 < t ≤ 40年		74	33	41
	t > 40年		20	6	14
	小口径(100以下)		209	112	97
	小口径(300以下)		164	96	68
	中大口径(350以上)		36	19	17
	全体		409	227	182

分析結果

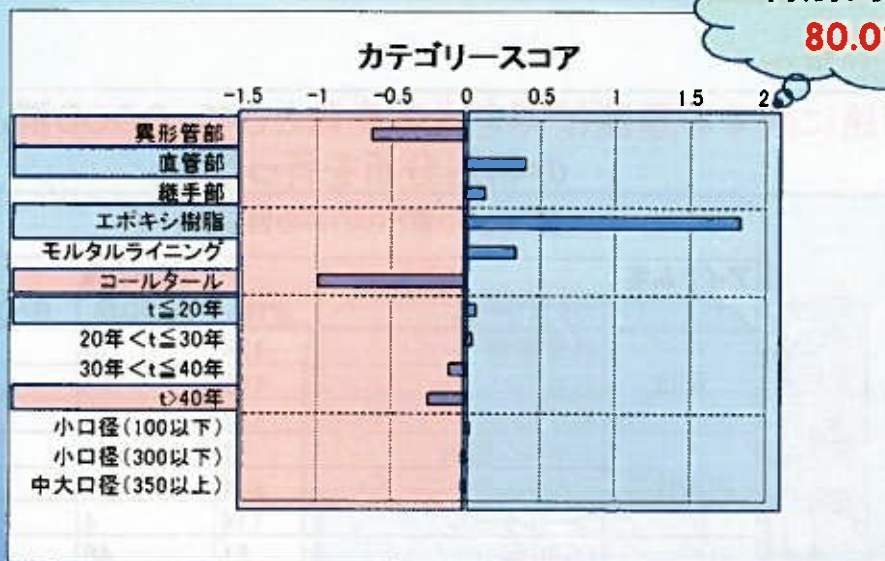
表 各アイテムのレンジとレンジ割合(DIP+CIP)

アイテム名	カテゴリ名	n	レンジ	レンジ割合	順位
部位	異形管部	126	1.024	24.2%	2位
	直管部	166			
	継手部	117			
内面仕様	エポキシ樹脂	11	2.833	67.1%	1位
	モルタルライニング	284			
	コールタール	114			
経年数	t ≤ 20年	61	0.318	7.5%	3位
	20年 < t ≤ 30年	254			
	30年 < t ≤ 40年	74			
	t > 40年	20			
口径	小口径(100以下)	209	0.049	1.2%	4位
	小口径(300以下)	164			
	中大口径(350以上)	36			

管内面仕様が最も管路内面劣化に影響を与える要因

分析結果

判別的中率
80.0%



BAD群に寄与

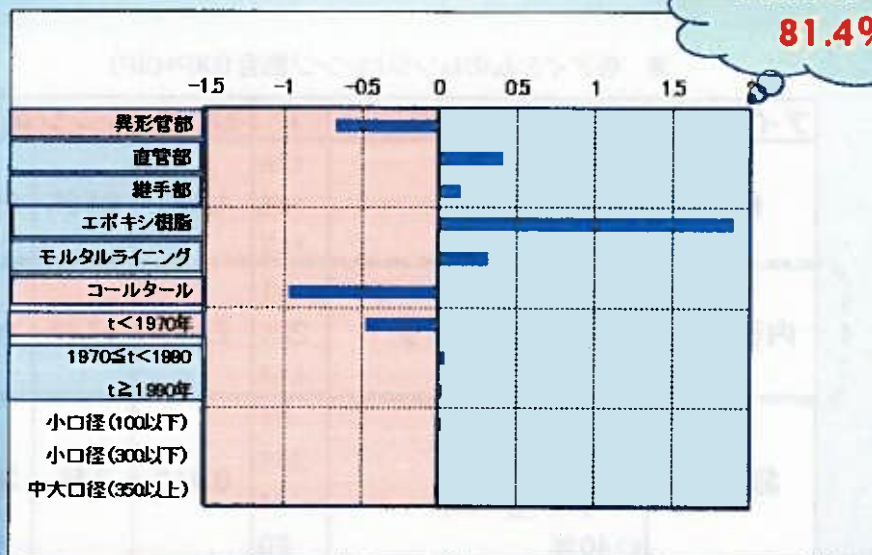
部位は「異形管部」
内面仕様「コールタール塗装」
経年数「40年以上」

GOOD群に寄与

部位は「直管部」
内面仕様「エポキシ樹脂粉体塗装」
経年数「20年以下」

分析結果

判別的中率
81.4%



BAD群に寄与

部位は「異形管部」
内面仕様「コールタール塗装」
布設年度「1970年より前」

GOOD群に寄与

部位は「直管部」
内面仕様「エポキシ樹脂粉体塗装」
布設年度「1970年以降」

7. まとめ

本研究では、管路の履歴情報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。

- ◆ 「直管」「エポキシ樹脂」はGOOD群(健全)に、「異形管部」「コールタール」はBAD群(内面劣化)に大きく寄与するアイテムであることが明らかになった。

本分析では、非常に高い判別的中(81.4%)のモデルを得ることができた。

これまで、「異形管部」「コールタール塗装」は内面劣化が進行しやすいと言われていたが、本研究ではその傾向を定量的に明らかにすることができた。

今後の課題

1. 水道管内カメラ調査のデータの蓄積

ダクタイル鋳鉄管以外の管種での調査データを増やしたい

2. 水質データに関する情報も収集

調査対象管路に給水する主要な浄水場の水質データを追加して、管路履歴にこれらのアイテムを追加し分析を行う

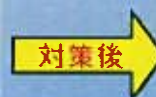
水質データ・・・原水種類、浄水処理方法、マンガン、鉄、アルカリ度、遊離炭酸、硬度など

3. 管内流況と管内劣化の関係を分析

管内流速や流達時間などと管内劣化の関係を分析

4. 管内面評価結果に基づくその後の対応策の検討

管内カメラ調査による診断結果から、症状を判断して適切な治療法や処方^①の提案



土木学会に査読付き論文として投稿中
また、11月に函館市で開催される
全国水道研究発表会でも発表予定

Φ150 ダクティル鑄鉄管 内面モルタルライニング



Φ300 塩化ビニル管



今後の展開について

管路内面診断評価委員会

委員長：小泉明（首都大学東京特任教授）
副委員長：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（御茶ノ水女子大学大学院教授）

管内カメラ調査マニュアル（仮題）の作成

「水道管内カメラ調査ハンドブック」を補足するマニュアルとして、管内カメラ調査の手順や評価方法、報告書の作成までの一連の流れをまとめたマニュアル作成を目指す



水道管内カメラ調査による管内面評価の統一化

- ・全国で実施されたカメラ調査を同一の基準で評価が行える
- ・管内面劣化の要因分析に全国の評価データが使用できる