

## 参考資料編 I 机上スクリーニングの妥当性の検討事例

### 目 次

1. 目的	I-2
2. 机上スクリーニングの評価結果のまとめ	I-2
3. 各管路での検討事例	I-3
3.1 A 流域下水道	I-3
3.2 B 流域下水道	I-4
3.3 C 市	I-5
3.4 D 市（管路 1）	I-6
3.5 D 市（管路 2）	I-8
3.6 D 市（管路 3）	I-9
3.7 E 市	I-10
3.8 F 流域下水道	I-11
3.9 G 市	I-13
3.10 H 流域下水道（管路 1）	I-14
3.11 H 流域下水道（管路 2）	I-15

## 1. 目的

本編第2章に示す通り、机上スクリーニングは、腐食の進んでいる箇所を抽出して優先的に調査を行うために極めて重要であるが、技術の精度が不十分な場合は腐食が進行している箇所が見落とされ、将来的に漏水や道路陥没等の事故につながる可能性がある。

このため、机上スクリーニングによって腐食が進んでいる箇所を確実に抽出できていることを確認することが重要となる。そこで、圧送管路を保有する下水道事業者から、過去に硫化水素に起因する硫酸腐食に伴う事故（漏水、道路陥没等）が発生した圧送管路の情報を収集し、事故事例と机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所が一致するか検討することで、技術の妥当性の評価を行った。

## 2. 机上スクリーニングの評価結果のまとめ

過去の事故事例と机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所との照合結果を表 2-1 に示す。机上スクリーニングに必要な情報が揃っている 8 事業者の 11 管路を対象に検討を行い、以下のことが確認された。

- ①全ての腐食事故（漏水、道路陥没）は、机上スクリーニングで抽出された腐食危険推定箇所  
で発生していた。
- ②D 市の圧送管路（管径 600mm×管路長 970m）では、道路陥没発生後に約 300m の範囲で管路  
を掘り上げて管内面の腐食状況を確認しているが、机上スクリーニングにより抽出された腐  
食危険推定範囲全線（管内面防食方法はモルタルライニング）で実際に腐食が発生していた。
- ③腐食事故が発生した圧送管路の直管の管内面防食方法は、全てモルタルライニングであった。

次節に、各管路での検討事例を詳細に示す。

表 2-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合結果

事業者	管径 (mm)	管路長 (m)	管内面防食 方法(直管)	供用 開始年	事故 発生年	事故形態	検討結果
A 流域下水道	250	4,410	モルタル ライニング	1996	2015	漏水	事故発生箇所と 腐食危険推定箇所 とが一致
B 流域下水道	250	3,670		1991	2010	漏水	
C 市	350	4,730 <sup>*1)</sup>		1994	2015	漏水	
D 市	600	970		1989	1999	道路陥没	
	600	2,490		1993	2014	道路陥没	
	450	1,480		1991	2015	道路陥没	
E 市	350	約4,080		1994	2013	漏水	
F 流域下水道	300	1,990		1993	2013	漏水	
G 市	300	約1,400		1990	2014	漏水	
H 流域下水道	300	2,690		1994	2017	漏水	
	450	330		2003	2015	漏水	

\*1) C市の管路長は、管路縦断頂上部から下流側吐出し先までの距離を示す。

### 3. 各管路での検討事例

#### 3.1 A 流域下水道

##### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：250mm ②管路長：4,410m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：2.0m <sup>3</sup> /min(流速0.68m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧供用開始：1996年 ⑨事故発生：2015年 ⑩事故形態：漏水	

##### (2) 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.1-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所の管路縦断頂上部には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③漏水は、腐食危険推定箇所が発生していた。

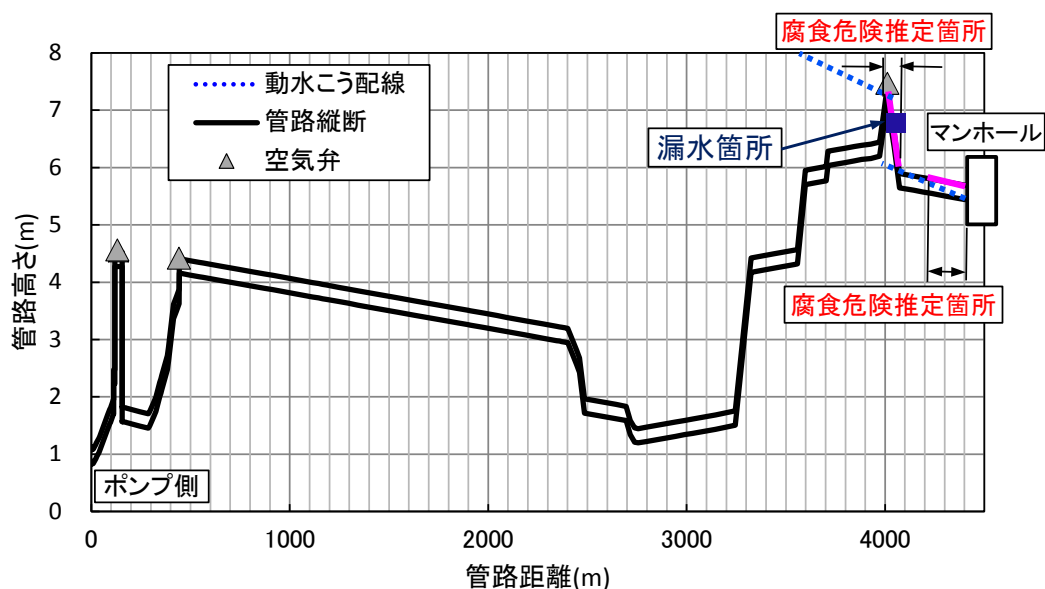



図 3.1-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.2 B 流域下水道

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：250mm ②管路長：3,670m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：1.45m <sup>3</sup> /min(流速0.49m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1991年 ⑨事故発生：2010年 ⑩事故形態：漏水	

#### (2) 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.2-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所では、管路縦断頂上部を含めて空気弁が 4 個設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③漏水は、腐食危険推定箇所で発生していた。

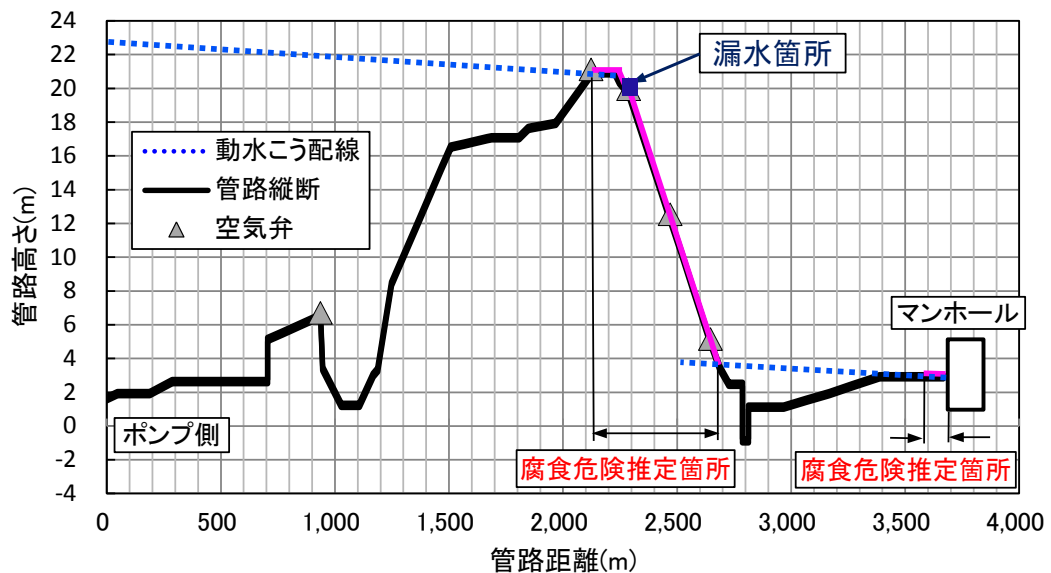


図 3.2-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.3 C市

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：350mm ②管路長：4,730m (管路縦断頂上部から下流側吐出し先までの距離) ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：4.1m <sup>3</sup> /min(流速0.71m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧供用開始：1994年 ⑨事故発生：2015年 ⑩事故形態：漏水	—

#### (2) 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.3-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所は吐出し先も含めて 5 箇所あるが、その全ての箇所に空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③2 箇所の漏水は、いずれも腐食危険推定箇所で発生していた。

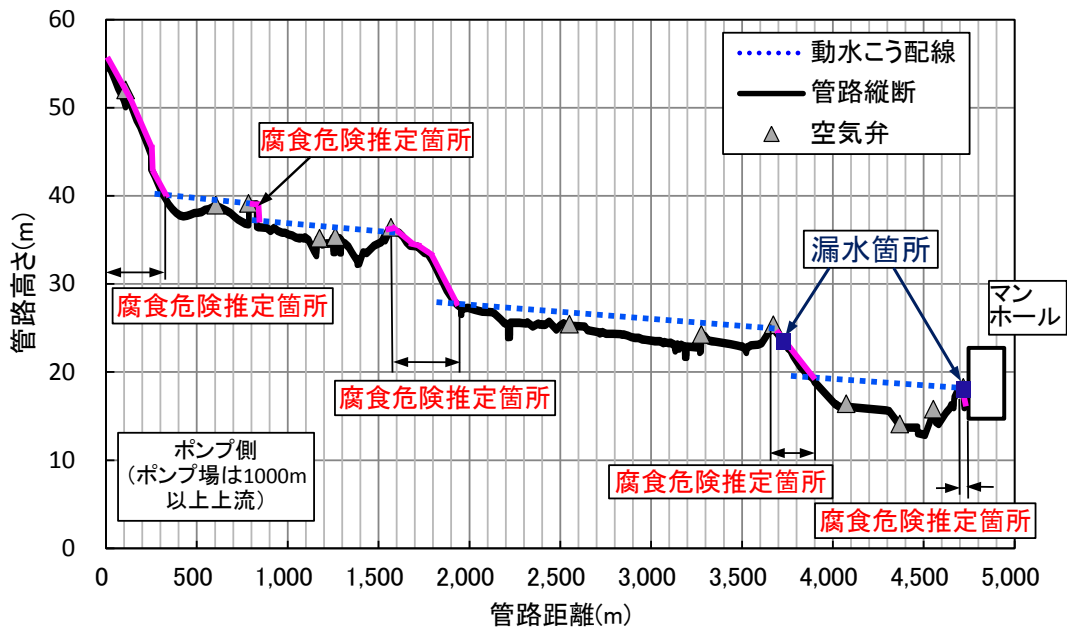


図 3.3-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.4 D市（管路1）

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：600mm ②管路長：970m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：15m <sup>3</sup> /min(流速0.88m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1989年 ⑨事故発生：1999年 ⑩事故形態：道路陥没	

#### (2) 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.4-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所の管路縦断頂上部には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③道路陥没は、腐食危険推定箇所で発生していた。

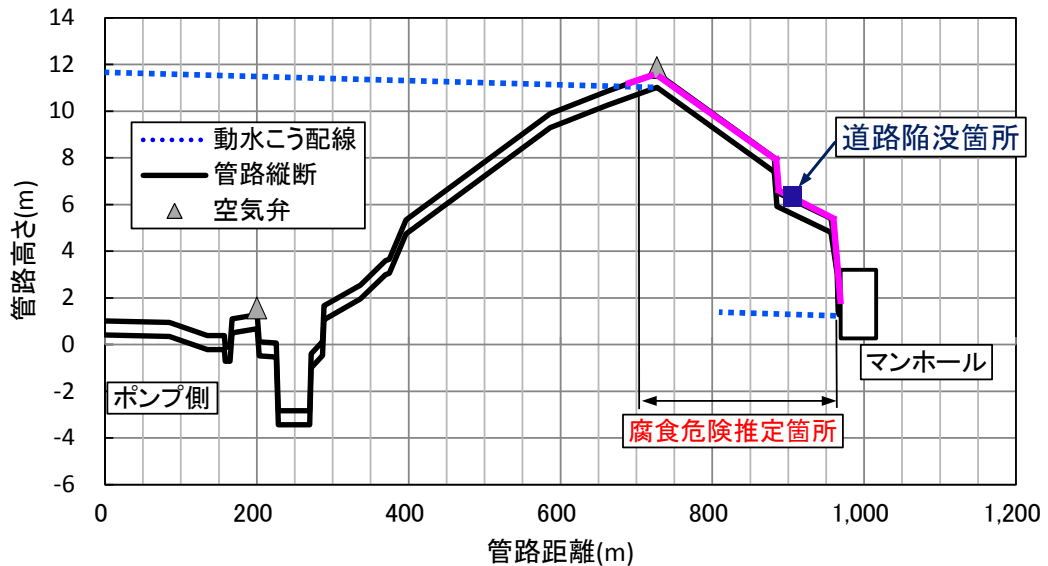


図 3.4-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

### (3) 掘り上げ調査結果

D市では、道路陥没事故発生後に約300mの区間の管路を掘り上げて、管内面の腐食状況を確  
認している。調査結果の概要を図3.4-2に示す。

- ①空気弁の上流30m～吐出し先マンホールの区間については、全線にわたって鉄部腐食が  
発生しており、管頂側に穴が開いているものも多々あった（写真3.4-1参照）。
- ②一方、空気弁から30m以上上流の区間についてはモルタルライニング、鉄部とも腐食は見  
られず健全であった。
- ③図3.4-2に示すように、机上スクリーニングでは空気弁上流30mから下流側の全線を腐食  
危険推定箇所と抽出しており、腐食危険推定箇所と実際の腐食発生箇所とはほぼ一致して  
いた。

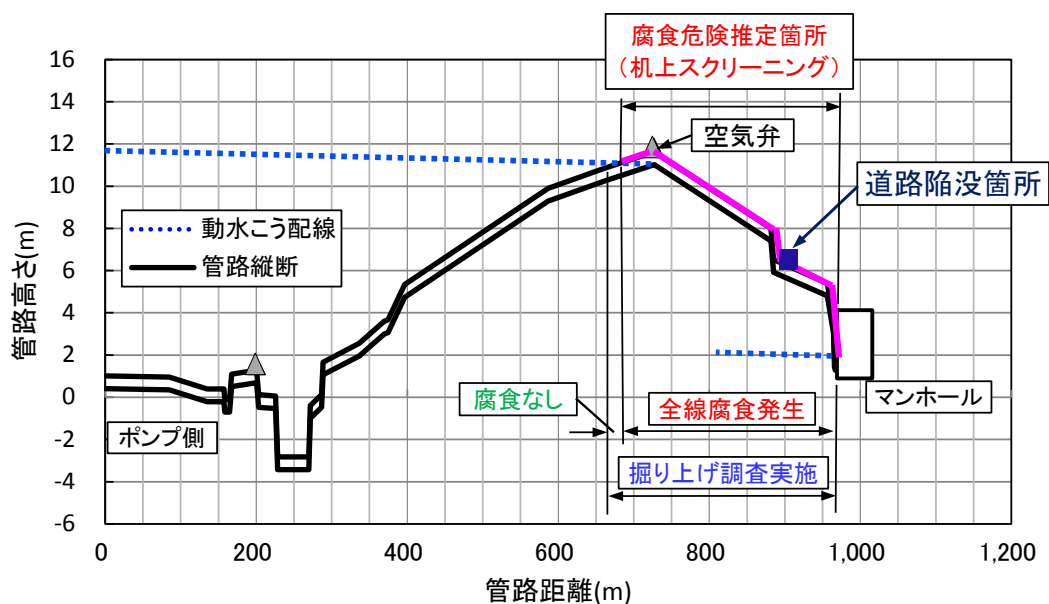


図 3.4-2 掘り上げ管の腐食状況と腐食危険推定箇所との照合



写真 3.4-1 掘り上げ管の腐食状況

### 3.5 D市（管路2）

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.5-1 に示す。

表 3.5-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：600mm ②管路長：2,490m ③管種：ダクタイル 鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：13.3m <sup>3</sup> /min(流速0.79m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1993年 ⑨事故発生：2014年 ⑩事故形態：道路陥没	—

#### (2) 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.5-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所が吐出し先も含めて 5 箇所あるが、吐出し先を除く 4 箇所に空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③本管路は管径が 600mm と比較的大きく、吐出し先マンホールの上流側は 200m 以上の区間で非満流になり、腐食危険推定箇所として抽出される。
- ④道路陥没が発生したのは吐出し先の周辺であり、腐食危険推定箇所と一致していた。

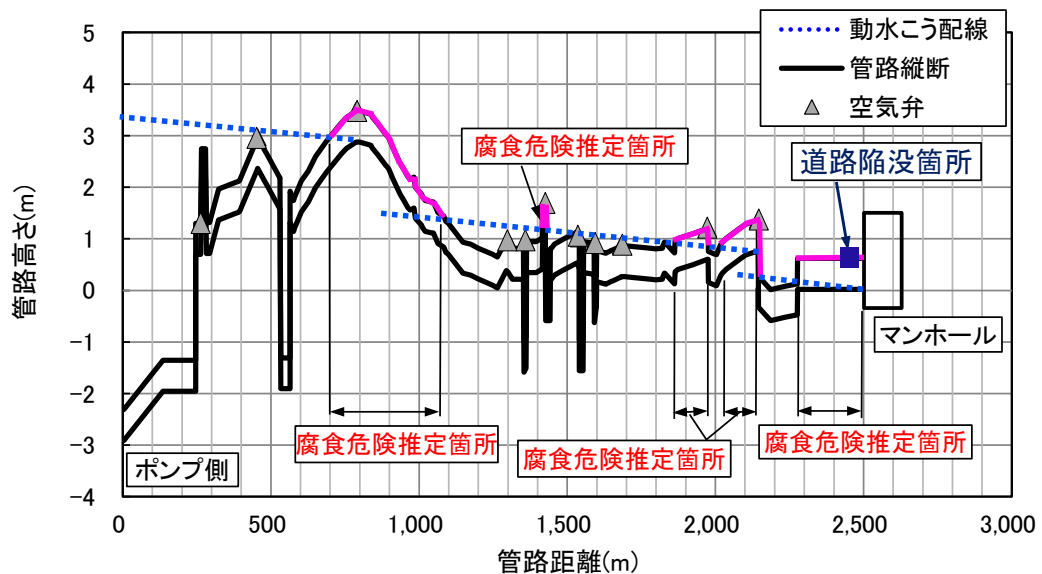


図 3.5-1 事件事例と腐食危険推定箇所との照合




### 3.6 D市（管路3）

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.6-1 に示す。

表 3.6-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：450mm ②管路長：1,480m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：12.3m <sup>3</sup> /min(流速1.29m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1991年 ⑨事故発生：2015年 ⑩事故形態：道路陥没	

#### (2) 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.6-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所は吐出し先も含めて 5 箇所あるが、その全ての箇所に空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③道路陥没は、腐食危険推定箇所で発生していた。

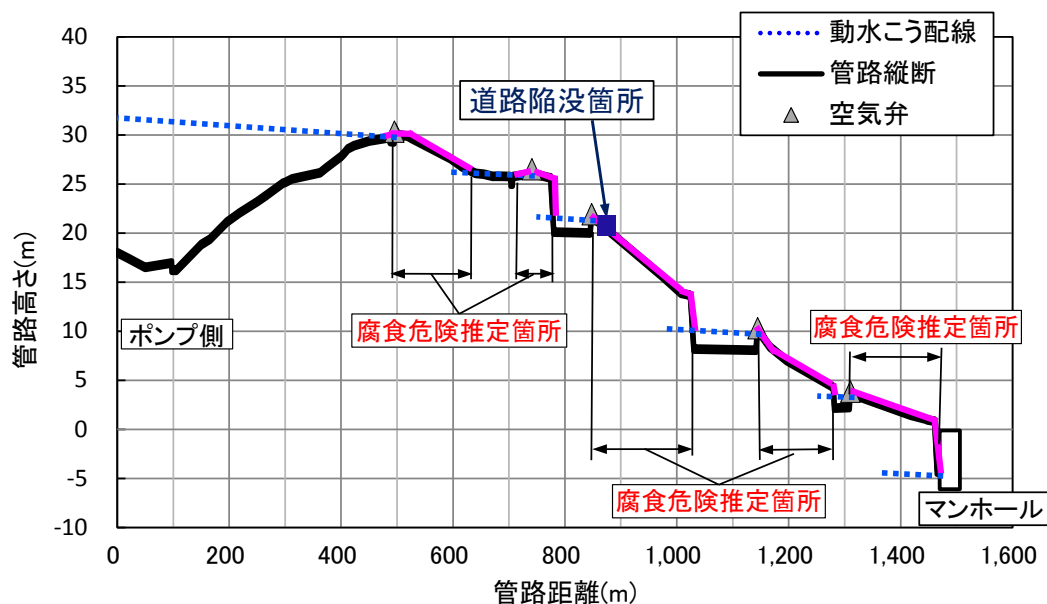



図 3.6-1 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.7 E市

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.7-1 に示す。

表 3.7-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：350mm ②管路長：約4,080m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：4.8m <sup>3</sup> /min(流速0.83m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：着水槽 ⑧管路布設：1994年 ⑨事故発生：2013年 ⑩事故形態：漏水	

#### (2) 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.7-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②管路の位置(高さ)が動水こう配線より高い箇所が2箇所ある。その内の1箇所には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境であった。
- ③他の1箇所(管路縦断頂上部周辺)には空気弁が設置されておらず、新鮮な空気が供給される環境にはない。そのため、硫酸腐食が進行している可能性は低いと判断した。
- ④漏水は、腐食危険推定箇所で発生していた。

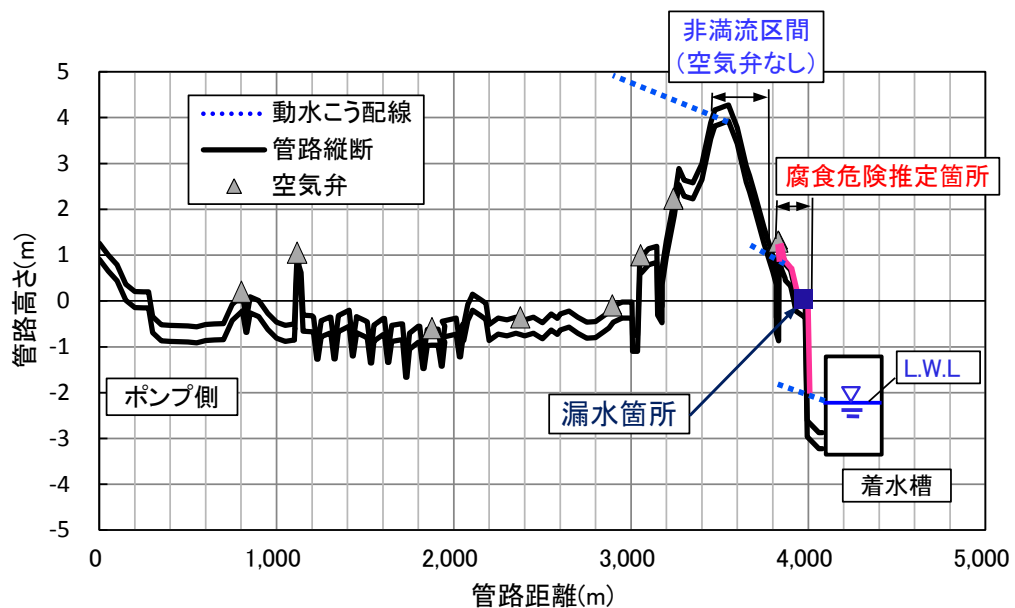



図 3.7-1 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.8 F 流域下水道

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.8-1 に示す。

表 3.8-1 管路条件

管路条件	事故発生状況
①管径：300mm ②管路長：1,990m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：2.3m <sup>3</sup> /min(0.54m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1993年 ⑨事故発生：2013年 ⑩事故形態：漏水	

#### (2) 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.8-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所の管路縦断頂上部には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③漏水は、腐食危険推定箇所が発生していた。

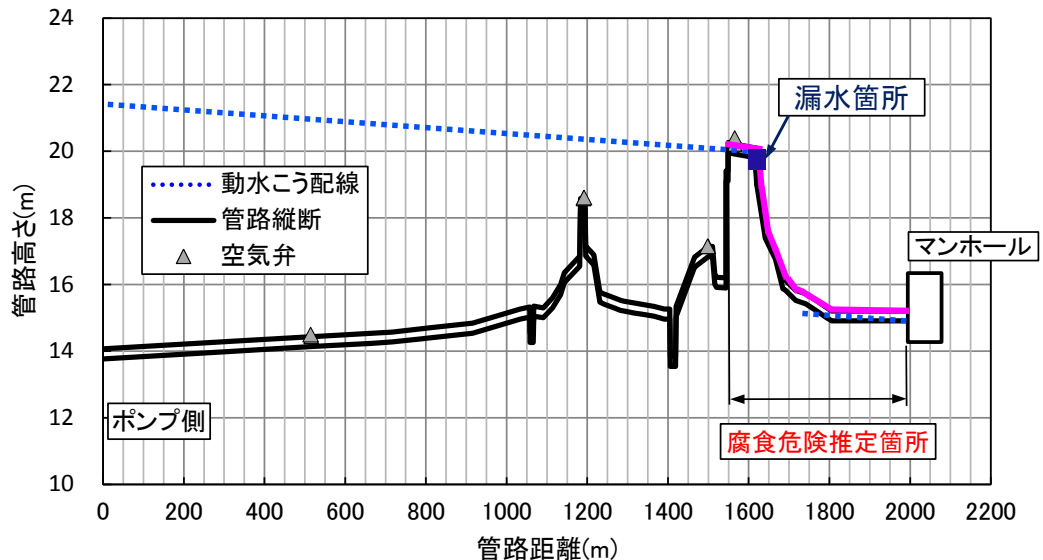


図 3.8-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

### (3) 管内カメラ調査結果

F 流域下水道では、漏水事故発生後とその近くに調査用立坑を設け、そこから自走式カメラを挿入して管内面腐食状況を確認している。調査は、漏水箇所～吐出し先マンホールの約 350m の区間について実施している。調査結果の概要を図 3.8-2 に示す。

- ①管内カメラ調査を行った 350m の区間で、ほぼ全線にわたって腐食が確認された。(写真 3.8-1 参照)。
- ②机上スクリーニングでは、管内カメラ調査を行った全ての区間を腐食危険推定箇所として抽出しており、腐食危険推定箇所と実際の腐食発生箇所とは一致していた。

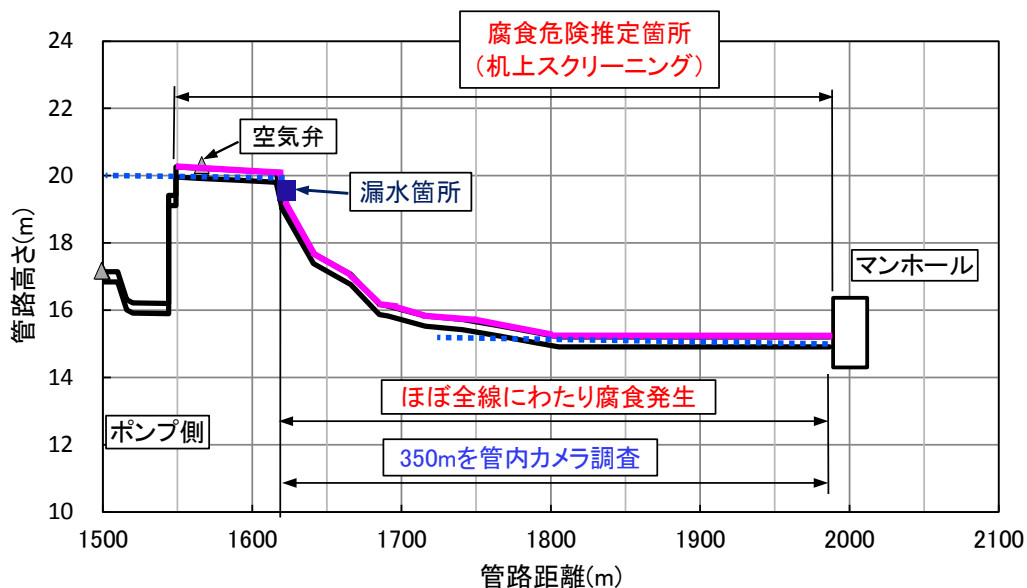


図 3.8-2 管内カメラ調査結果

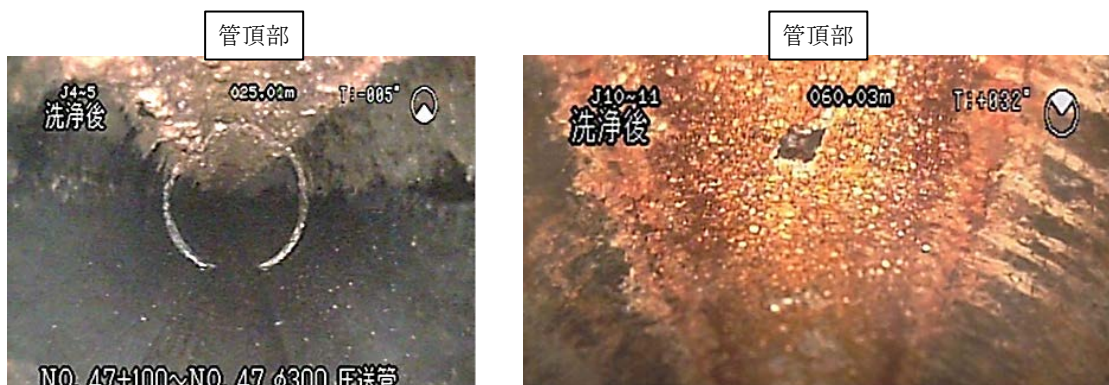



写真 3.8-1 管内カメラ調査の調査結果の一例

### 3.9 G市

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.9-1 に示す。

表 3.9-1 管路条件

管路条件	事故発生状況
①管径：300mm ②管路長：約1,400m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：1.9m <sup>3</sup> /min(流速0.45m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1990年 ⑨事故発生：2014年 ⑩事故形態：漏水	

#### (2) 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.9-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所の管路縦断頂上部には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③漏水は、腐食危険推定箇所で発生していた。
- ④吐出し先周辺でも腐食が確認されており、腐食危険推定箇所と一致していた。

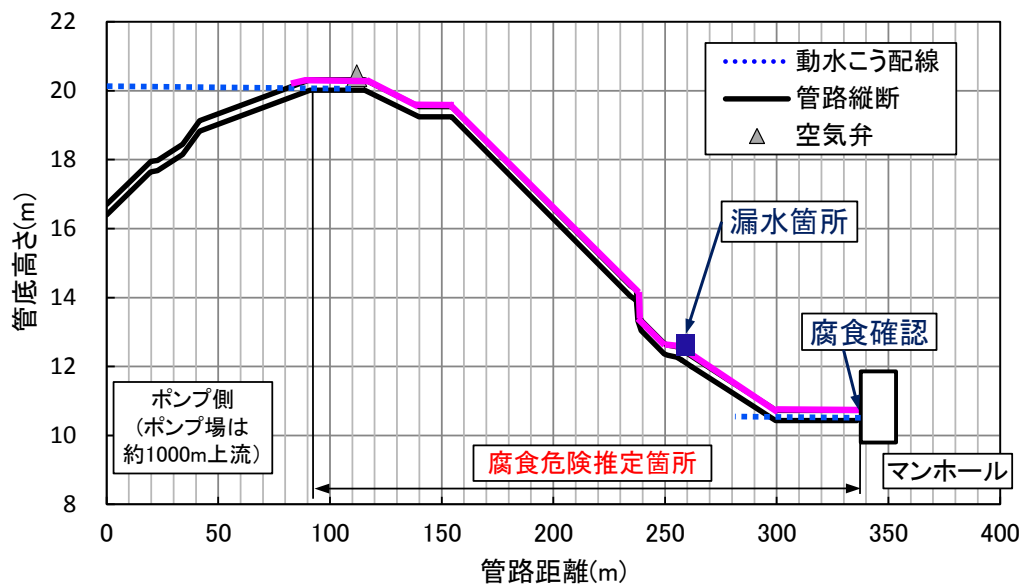


図 3.9-1 事故事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.10 H 流域下水道（管路1）

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.10-1 に示す。

表 3.10-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：300mm ②管路長：2,690m ③管種：ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：2.3m <sup>3</sup> /min(流速0.54m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：1994年 ⑨事故発生：2017年 ⑩事故形態：漏水	

#### (2) 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.10-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所の管路縦断頂上部には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③漏水は、腐食危険推定箇所で発生していた。

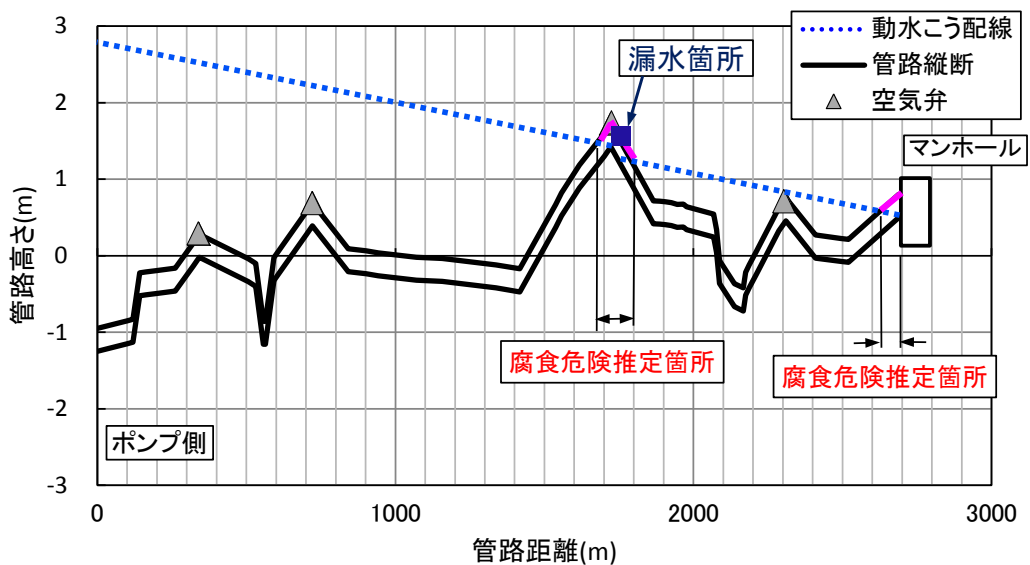


図 3.10-1 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

### 3.11 H 流域下水道（管路 2）

#### (1) 管路条件

検討を行った管路の条件を表 3.11-1 に示す。

表 3.11-1 管路条件

管路条件	事故発生の状況
①管径：450mm ②管路長：330m ③管種：ダクタイル 鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング ⑤送水量：5.8m <sup>3</sup> /min(流速0.61m/sec) ⑥ポンプ運転状況：間欠運転 ⑦吐出し先：マンホール ⑧管路布設：2003年 ⑨事故発生：2015年 ⑩事故形態：漏水	

#### (2) 事件事例と腐食危険推定箇所との照合

検討結果を図 3.11-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所は吐出し先も含めて 2 箇所あり、吐出し先を除く 1 箇所には空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③本管路は管径が 450mm と比較的大きく、吐出し先マンホールの上流側は 200m 以上の区間で非満流になり、腐食危険推定箇所として抽出される。
- ④漏水が発生したのは吐出し先の周辺であり、腐食危険推定箇所と一致していた。

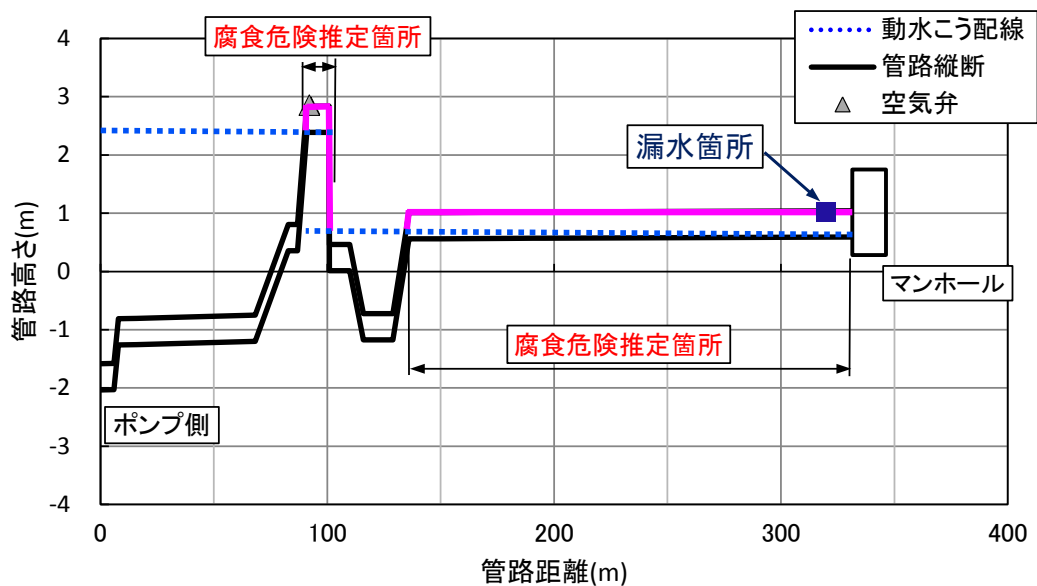


図 3.11-1 事件事例と腐食危険推定箇所との照合





## 参考資料編Ⅱ 硫酸腐食の調査の実施事例

### 目 次

1. 目的	Ⅱ-2
2. 調査技術の評価結果のまとめ	Ⅱ-2
3. 各管路での調査事例	Ⅱ-4
3.1 I 流域下水道	Ⅱ-4
3.2 J 市	Ⅱ-11
3.3 K 市	Ⅱ-18
3.4 L 市（管路1）	Ⅱ-24
3.5 L 市（管路2）	Ⅱ-34
3.6 M 流域下水道	Ⅱ-44

## 1. 目的

本編第2章に示す通り、机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断された、管内が非満流となる空気弁の周辺と吐出し先マンホールの上流側については、実際に管内面の腐食状況を視覚調査し、劣化度を診断・評価する必要がある。圧送管路の場合、開口部（マンホール）が存在しない区間が長く、かつ、多くの場合はポンプ送水を長時間にわたり止めることが困難であるが、こうした制約条件の中にあっても技術的に可能な範囲で視覚調査を行う必要がある。

上記の制約条件等を踏まえた上で、本調査技術が実際の現地に適用できる技術であることを確認するため、机上スクリーニングで硫酸腐食の危険性があると判断した実証フィールド管路（2流域下水道，3市の計6管路）を対象に、空気弁から本調査機器を挿入し、管内面の腐食状況をビデオカメラで直接調査して、以下の項目について評価した。

### (1) 圧送管路特有の制約条件下における限界性能

- ①空気弁（口径 75mm）から挿入可能
- ②ポンプ停止時間内（1.5時間 程度以内）に視覚調査可能
- ③下水滞留や堆積物に対応可能
- ④曲線配管部も視覚調査可能
- ⑤管径 200mm～1000mm に対応可能

### (2) 管内面の腐食状況の確認精度

- ①撮影された画像は鮮明で管頂側の約 180° の範囲を診断可能
- ②空気弁から 30m の範囲を視覚調査，診断可能

## 2. 調査技術の評価結果のまとめ

実証研究で行った硫酸腐食の調査技術の現地適用性の評価結果を表 2-1 に示す。2流域下水道，3市の計6管路の実証フィールド管路で調査を行い，以下のことを確認した。

- ①全ての実証フィールド管路で，空気弁（口径 75mm）から本調査機器を挿入し，1.5時間以内に視覚調査できた。
- ②空気弁から 30m の範囲にわたって視覚調査を行い，撮影された画像は鮮明で管頂側の約 180° の範囲を撮影可能であり，管内面の劣化度を診断できた。
- ③全ての実証フィールド管路において，机上スクリーニングの腐食危険推定箇所ですら実際に管内面に腐食が発生していた。

表 2-1 硫酸腐食の調査技術の現地適用性の評価結果

事業体	管径 (mm)	管路長 (m)	管内面防食 方法(直管)	供用 開始年	視覚調査時間 (時間)	撮影された画像	調査範囲 (m)	管内面 の状況
I流域 下水道	200 (2条)	886	モルタル ライニング	1996	1.5	管頂側約180°の 範囲を撮影でき、 画像は鮮明で腐食 のレベルを明確に 判別可能であり、管 内の劣化度を診断 できた。	32	腐食を 確認
J市	600	370		2003	1.0		10 <sup>*3)</sup>	
K市	350	4,730 <sup>*2)</sup>		1994	1.0		32	
L市 <sup>*1)</sup>	800	2,110		1973	1.0		30	
	450	1,480		1991	0.5		31	
M流域 下水道	300	2,690		1994	1.0		30	腐食なし <sup>*4)</sup>
目標	200～ 1000	-	-	-	1.5時間 以内	管内面の劣化度を 診断可能	30m	-

\*1) L市では、2管路を対象に、それぞれ2箇所から調査を行った。

\*2) K市の管路長は、管路縦断頂上部から吐出し先までの距離を示す。

\*3) 調査箇所には、本調査機器の適用条件の22.5°を越える45°曲管が布設されていたため、調査範囲は10mとした。

\*4) 非腐食危険推定箇所から調査を行った。

### 3. 各管路での調査事例

#### 3.1 I 流域下水道

##### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.1-1 に示す。管内面防食方法は、直管がモルタルライニング、異形管がエポキシ樹脂粉体塗装であった。

表 3.1-1 管路条件

管路条件
①管径：200mm(2条:通常はどちらか1条を使用)
②管路長：886m
③管種：ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管)：エポキシ樹脂粉体塗装
⑥送水量：2.5m <sup>3</sup> /min(流速1.33m/sec)
⑦ポンプ運転状況：間欠運転
⑧吐出し先：マンホール
⑨供用開始：1996年
⑩調査実施：2016年

##### (2) 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

机上スクリーニングを行い、腐食危険推定箇所の抽出を行った。結果を図 3.1-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された2区間となる。
- ②腐食危険推定箇所①では、管路縦断頂上部付近に空気弁1が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③腐食危険推定箇所②は吐出し先で、マンホールから上流側の数 m の範囲で腐食の可能性がある。

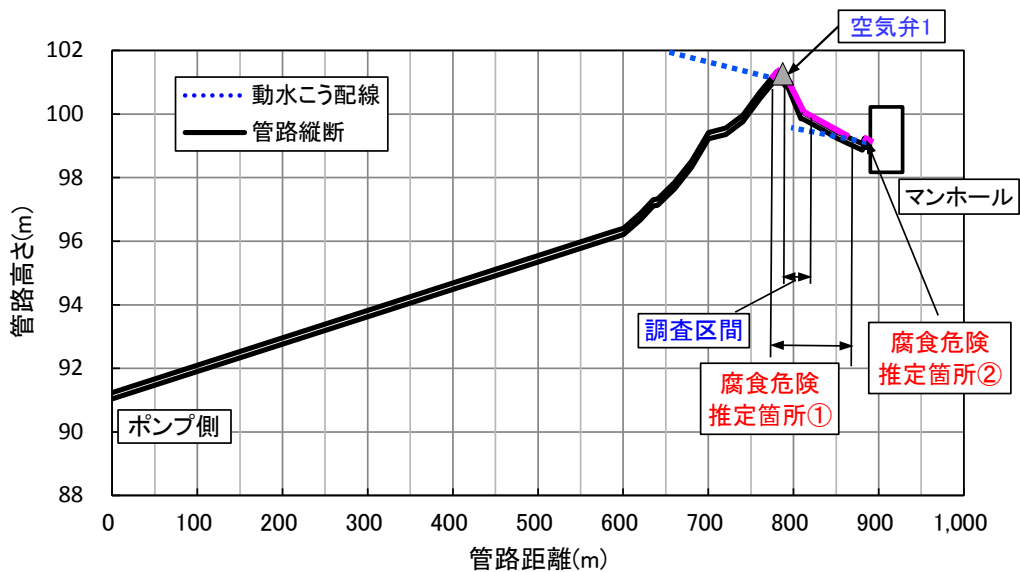


図 3.1-1 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

### (3) 硫酸腐食の調査

#### 1) 現地踏査

道路交通状況や周辺環境等も勘案した上で、視覚調査箇所及び具体的な調査方法を以下のように決定した。

- ①空気弁 1 から本調査機器を挿入し、腐食危険推定箇所①を対象に視覚調査を行う。空気弁 1 の周辺の状況を写真 3.1-1 に示す。



写真 3.1-1 空気弁 1 の周辺の状況

#### 2) 事前確認

- ①ポンプを稼働・停止させ、空気弁 1 が吸排気していることを確認した。
- ②ポンプ稼働開始からポンプが停止するまでの 1 時間に、空気弁 1 に設置されている採取孔から下水が排出されないことを確認した。

以上より、空気弁 1 の設置箇所の管内は常に非満流であり、空気弁 1 を取り外しても下水が溢れる可能性は低く、かつ、硫酸腐食の可能性が高いと判断し、視覚調査を行うことにした。

### 3) 視覚調査

空気弁1を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁1の下流側を対象に視覚調査を行った。

#### i) 調査箇所状況 (図 3.1-2 参照)

- ①調査範囲内に、竣工図には記載されていない4個の曲管（水平配管された22.5°曲管2個を含む）が布設されていた。
- ②調査箇所は全線下りこう配になっていた。ただし、空気弁1から約20mの地点でこう配が緩やかになっていた。

#### ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3.1-2 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。視覚調査の状況を写真 3.1-2 に示す。

表 3.1-2 本調査機器の現地適用性の評価結果

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	1.5時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径200mmで視覚調査実施。	—
撮影された画像	*1) 管内の劣化度を診断可能	管頂側約180°の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁1から下流側32mまで本調査機器を押し込み視覚調査できた。また、本調査機器が水没した1mの区間を除き劣化度を問題なく診断できた。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 空気弁1から約1mの区間で、深さ60mmの下水が滞留していた。その他の区間は下水滞留はほとんどなかった。</li> <li>• 調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。</li> <li>• 調査範囲内に、4個の曲管(水平配管された22.5°曲管2個を含む)が布設されていた。</li> </ul>

\*1) 撮影された画像は、表3.1-4(1)～表3.1-4(4)に示す。



写真 3.1-2 視覚調査の状況

#### 4) 診断・評価

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図 3.1-2、表 3.1-3 及び表 3.1-4(1)～表 3.1-4(4)に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表 3.1-3 に示すように 3 つにランク分けできた。
- ② 20m 付近を境に劣化度が変わった理由として、この地点で管路こう配が緩くなっており、ポンプ運転状況（例えば 2 台運転時）によっては 20m から下流側は一時的に満流状態になることがあり、鉄部腐食には至らなかったと推測される。
- ③ 直管（モルタルライニング）に鉄部腐食が発生していた A ランクの区間に、曲管（エポキシ樹脂粉体塗装）が 4 個布設されていたが、いずれも管内面は腐食しておらず健全であった。

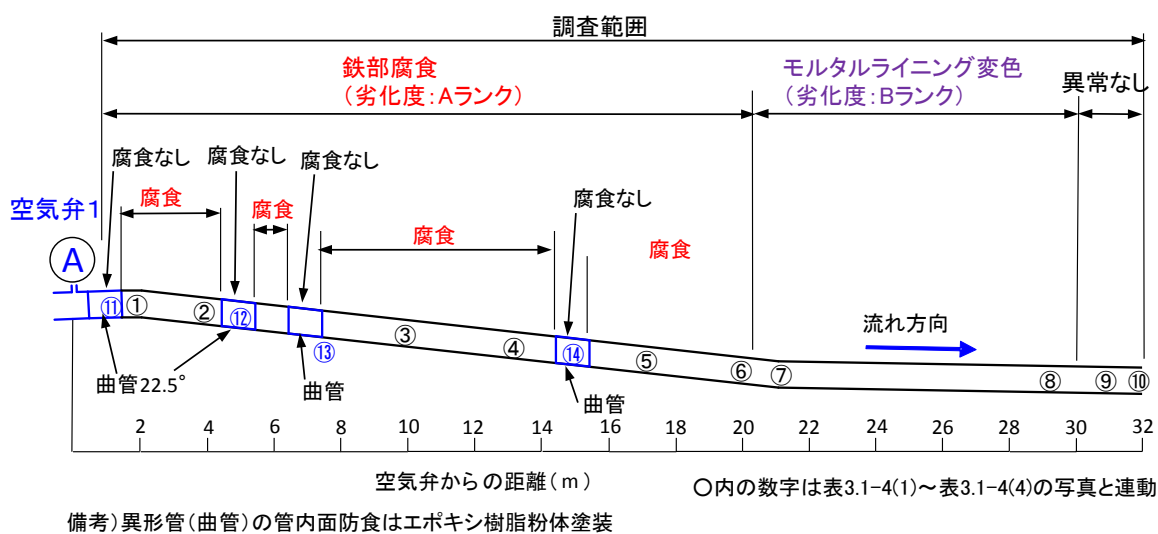


図 3.1-2 調査範囲と劣化度

表 3.1-3 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の状況
下流側 1m～20m	Aランク	・直管(モルタルライニング)は、鉄部腐食が発生していた。 ・曲管(エポキシ樹脂粉体塗装)が4個布設されていたが、腐食は見られず健全であった。
下流側 21m～30m	Bランク	・直管(モルタルライニング)に鉄部腐食は見られなかったが、管頂部でモルタルライニングが変色していた。
下流側 31m～32m	異常なし	・直管のモルタルライニング表面に変色は見られず、全面均一であった。

表 3.1-4(1) 管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)

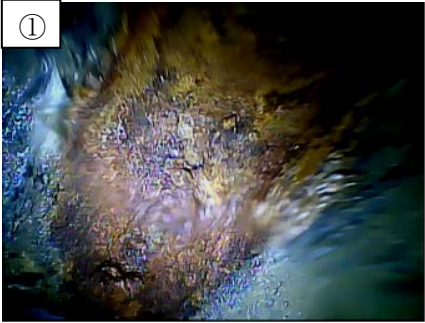
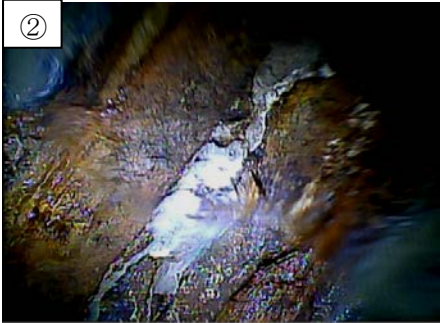
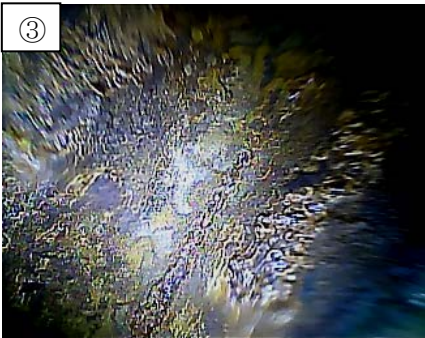
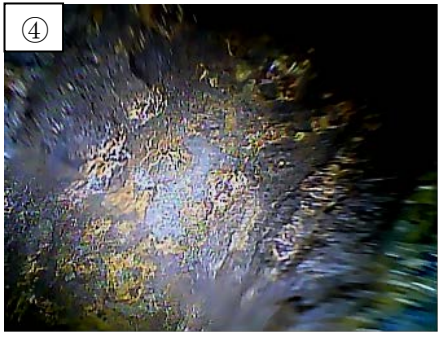
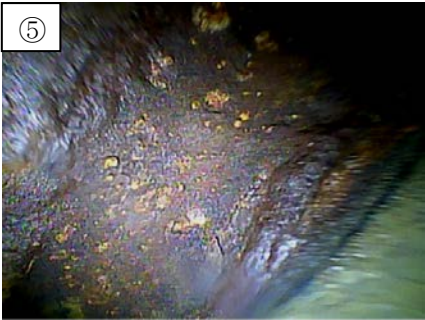
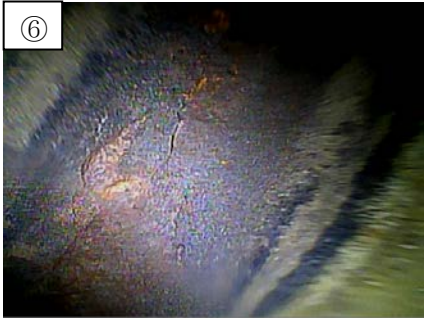
モルタルライニング (空気弁下流側 1m~20m) の事例	
<p>①</p>  <p>空気弁から下流側 2m</p>	<p>②</p>  <p>空気弁から下流側 4m</p>
<p>③</p>  <p>空気弁から下流側 10m</p>	<p>④</p>  <p>空気弁から下流側 13m</p>
<p>⑤</p>  <p>空気弁から下流側 17m</p>	<p>⑥</p>  <p>空気弁から下流側 20m</p>

表 3.1-4(2) 管内面状況 (劣化度 : B ランク) (管頂側の約 180° を撮影)


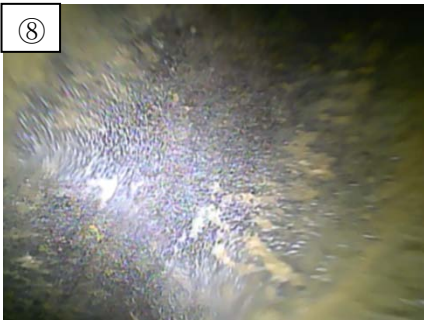
モルタルライニング (空気弁下流側 21m~30m) の事例	
<p>⑦</p>  <p>空気弁から下流側 21m</p>	<p>⑧</p>  <p>空気弁から下流側 29m</p>



表 3.1-4(3) 管内面状況 (劣化度: 異常なし) (管頂側の約 180° を撮影)





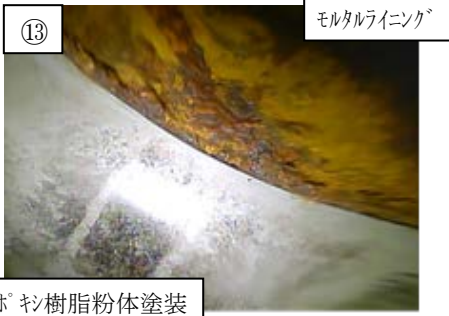

モルタルライニング (空気弁下流側 31m~32m) の事例	
 <p>⑨</p> <p>空気弁から下流側 31m</p>	 <p>⑩</p> <p>空気弁から下流側 32m</p>

表 3.1-4(4) エポキシ樹脂粉体塗装の管内面状況 (劣化度: 異常なし) (管頂側の約 180° を撮影)

エポキシ樹脂粉体塗装 (空気弁下流側 1m~15m) の事例	
 <p>⑪</p> <p>空気弁から下流側 1.5m (曲管)</p>	 <p>⑫</p> <p>空気弁から下流側 5m (曲管)</p>
 <p>⑬</p> <p>モルタルライニング</p> <p>エポキシ樹脂粉体塗装</p> <p>空気弁から下流側 7.5m (曲管)</p>	 <p>⑭</p> <p>空気弁から下流側 15m (曲管)</p>
<p>直管 (モルタルライニング) が鉄部腐食した A ランクの範囲でも腐食なし</p>	

#### (4) 机上スクリーニングと調査結果との比較

机上スクリーニングと調査結果との比較を行った。結果を図 3.1-3 に示す。

- ①机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 1 の下流側で、実際に激しい鉄部腐食が確認された。
- ②机上スクリーニングでは空気弁 1 の下流側 80m を腐食危険推定箇所と判断したが、調査の結果 30m の範囲で実際に腐食（A ランク及び B ランク）が発生していた。
- ③机上スクリーニングでは、安全を考慮して広い範囲が腐食危険推定箇所として判断されるよう条件を設定しており、想定通りの結果であった。

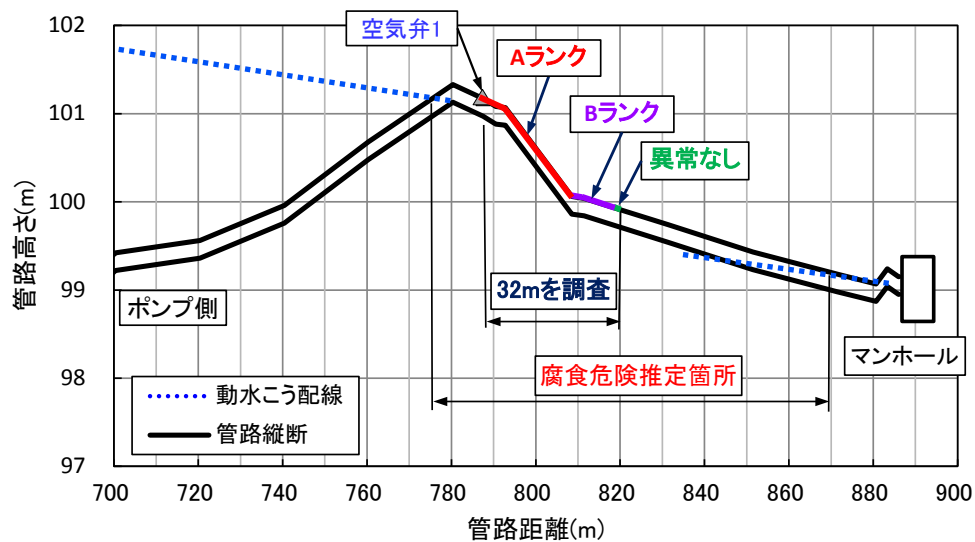


図 3.1-3 机上スクリーニングと調査結果との比較

### 3.2 J市

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.2-1 に示す。管内面防食方法は、直管がモルタルライニング、異形管がエポキシ樹脂粉体塗装であった。

表 3.2-1 管路条件

管路条件
①管径:600mm
②管路長:370m
③管種:ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管):モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管):エポキシ樹脂粉体塗装
⑥送水量:21.4m <sup>3</sup> /min(流速1.26m/sec)
⑦ポンプ運転状況:間欠運転
⑧吐出し先:マンホール
⑨供用開始:2003年
⑩調査実施:2017年

#### (2) 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

机上スクリーニングを行い、腐食危険推定箇所の抽出を行った。結果を図 3.2-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所には管路縦断頂上部付近に空気弁 1 が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③空気弁 1 の上流側 60m～吐出し先マンホールまでの約 100m の区間は、全線が腐食危険推定箇所になる。

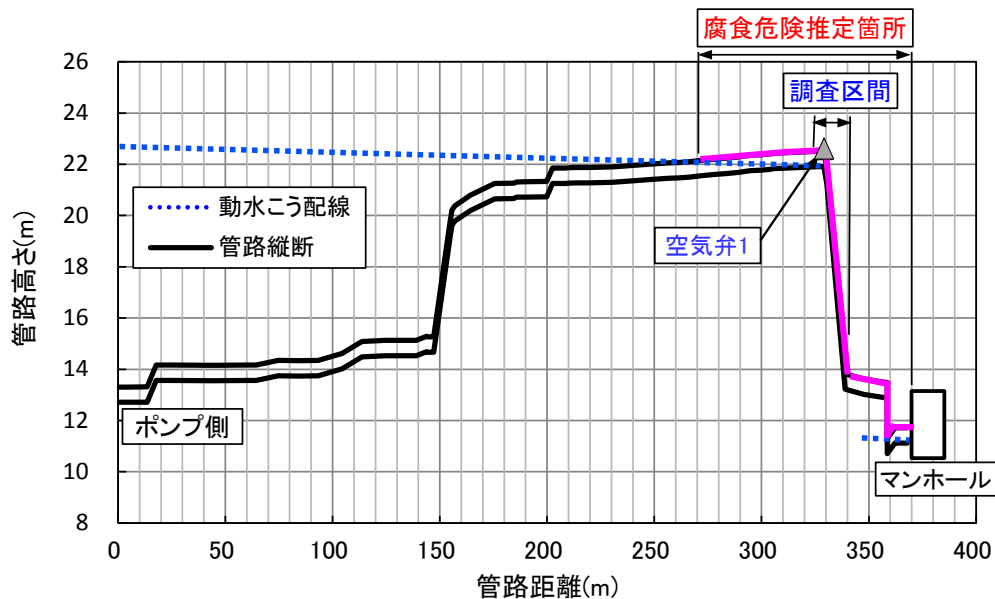


図 3.2-1 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

### (3) 硫酸腐食の調査

#### 1) 現地踏査

道路交通状況や周辺環境等も勘案した上で、視覚調査箇所及び具体的な調査方法を以下のように決定した。

- ①空気弁 1 から本調査機器を挿入し、腐食危険推定箇所を対象に視覚調査を行う。空気弁 1 の周辺の状況を写真 3.2-1 に示す。

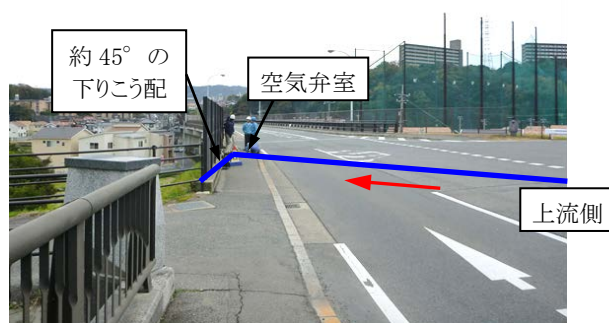


写真 3.2-1 空気弁 1 の周辺の状況

#### 2) 事前確認

- ①ポンプを稼働・停止させ、空気弁 1 が吸排気していることを確認した。
- ②ポンプ稼働開始からポンプが停止するまでの 1 時間に、空気弁 1 に設置されている採取孔から下水が排出されないことを確認した。

以上より、空気弁 1 の設置箇所の管内は常に非満流であり、空気弁 1 を取り外しても下水が溢れる可能性は低く、かつ、硫酸腐食の可能性が高いと判断し、視覚調査を行うことにした。

#### 3) 視覚調査

空気弁 1 を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁 1 の下流側の視覚調査を行った。空気弁 1 の上流側にも腐食が懸念されたため、上流側の視覚調査も併せて行った。

##### i) 調査箇所の状況と目標調査範囲 (図 3.2-2 参照)

- ①空気弁 1 の下流側には、本調査機器の適用条件の  $22.5^\circ$  を越える  $45^\circ$  曲管が布設されており、約  $45^\circ$  の急激な下りこう配になっていた。そのため、調査範囲は 10m に限定する。
- ②空気弁 1 の上流側は、下流に向かって緩やかな上りこう配になっており、上流に行く程滞留する下水水深が深くなっていくと推測されたため、本調査機器が水没する直前までの範囲を視覚調査する。

ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3. 2-2 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。視覚調査の状況を写真 3. 2-2 に示す。

表 3. 2-2 本調査機器の現地適用性の評価結果

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	下流側は1.0時間で、上流側は0.5時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径600mmで視覚調査実施。	
撮影された画像のレベル <sup>*1)</sup>	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180°の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁下流側を10m <sup>*2)</sup>	備考に示す状況下で、空気弁1から下流側10mまで本調査機器を押し込み視覚調査できた。上流側については、本調査機器が水没した4mまで視覚調査を行った。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 空気弁1の下流側は45°曲管(水平、縦断のひねり配管)を含む曲管が3個布設され、高さ約10mの約45°の急激な下りこう配となっていた。</li> <li>• 空気弁1の上流側は管底部に下水が滞留し、上流に行く程水深が深くなっていた。</li> <li>• 調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。</li> </ul>

\*1) 撮影された画像は、表3.2-4(1)～表3.2-4(3)に示す。

\*2) 本調査機器の適用条件の22.5°を越える45°曲管が布設されていたため、調査範囲は10mとした。



写真 3. 2-2 視覚調査の状況

4) 診断・評価

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図 3. 2-2、表 3. 2-3 及び表 3. 2-4 (1)～表 3. 2-4 (3) に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表 3. 2-3 に示すようにランク分けできた。
- ② 空気弁 1 の下流側は調査範囲の全線にわたって鉄部が腐食しており、劣化度 A ランクであった。一方上流側では、管側部でモルタルライニングが腐食していたが鉄部腐食は見られず、B ランクであった。

③直管（モルタルライニング）に鉄部腐食が発生していたAランクの区間に、異形管（エポキシ樹脂粉体塗装）が計4個（曲管3個，T字管1個）布設されていたが、いずれも管内面は腐食しておらず健全であった。

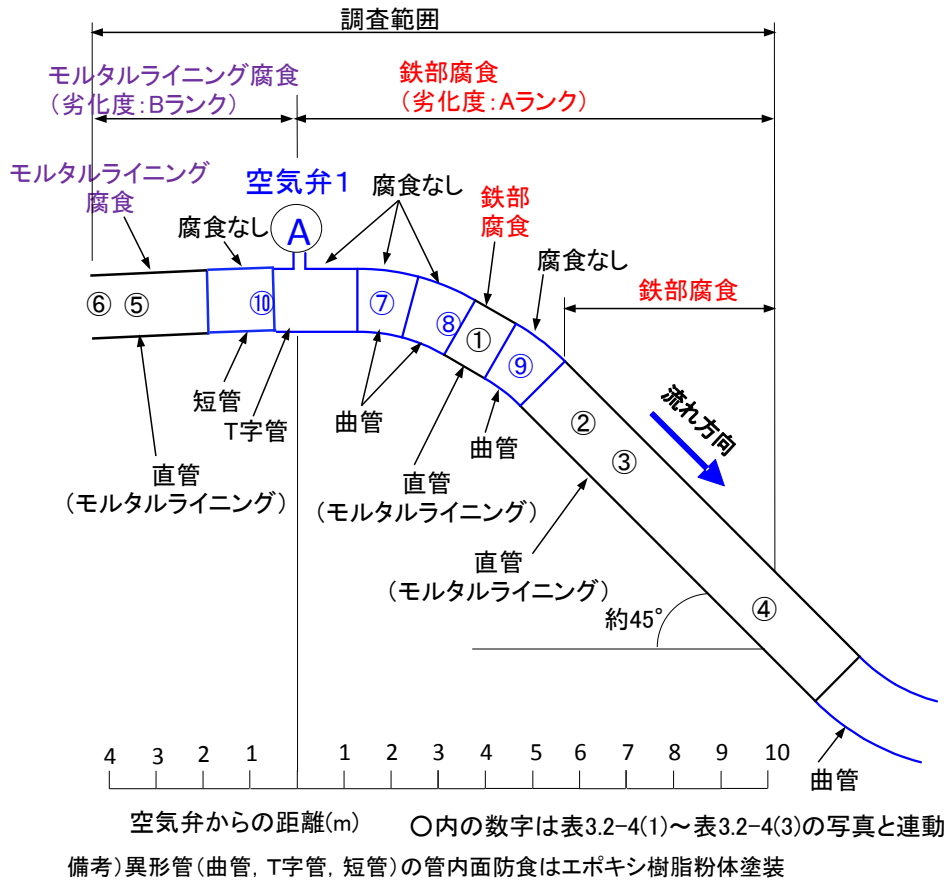


図 3.2-2 調査範囲と劣化度

表 3.2-3 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の腐食状況
下流側 0m～10m	Aランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>直管(モルタルライニング)は、鉄部腐食が発生していた。</li> <li>異形管(エポキシ樹脂粉体塗装)が計4個布設されていたが、腐食は見られず健全であった。</li> </ul>
上流側 1m～4m	Bランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>直管(モルタルライニング)は、管側部でモルタルライニングが腐食していた。</li> <li>短管(エポキシ樹脂粉体塗装)が1個布設されていたが、腐食は見られず健全であった。</li> </ul>

表 3.2-4(1) 管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)

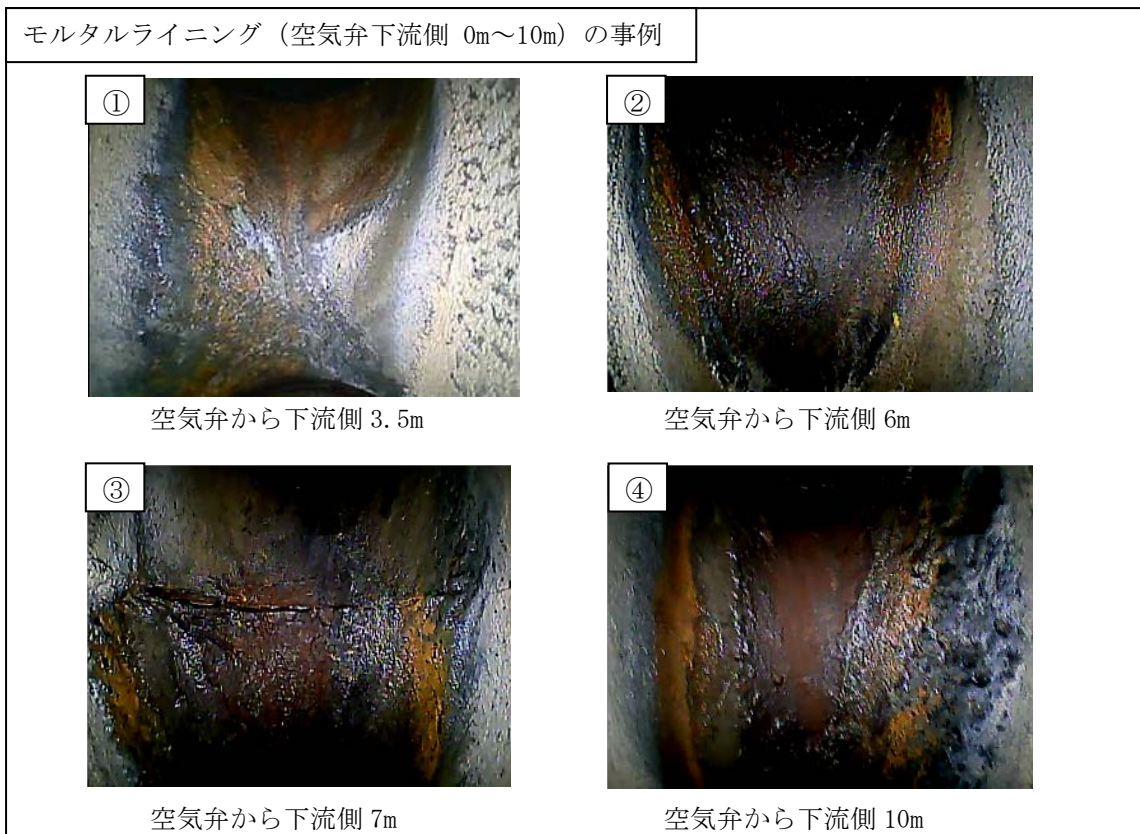


表 3.2-4(2) 管内面状況 (劣化度 : B ランク) (管頂側の約 180° を撮影)

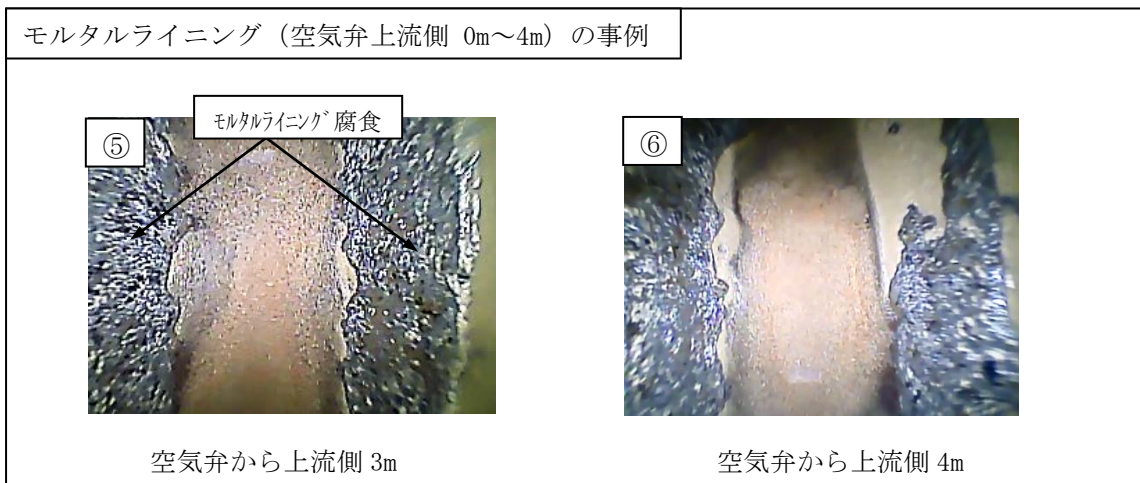

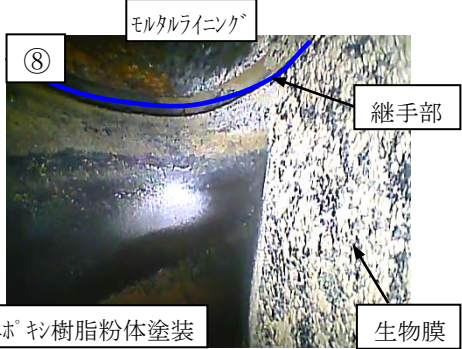




表 3.2-4(3) エポキシ樹脂粉体塗装の管内面状況（劣化度：異常なし）（管頂側の約180°を撮影）

エポキシ樹脂粉体塗装（空気弁上流側1m～下流側5m）の事例	
 <p>⑦</p>	 <p>⑧</p>
 <p>⑨</p>	 <p>⑩</p>
<p>空気弁から下流側 2m（曲管）</p> <p>空気弁から下流側 3m（曲管）</p> <p>空気弁から下流側 5m（曲管）</p> <p>空気弁から上流側 1m（短管，T字管）</p> <p>直管（モルタルライニング）が鉄部腐食したAランクの範囲でも腐食なし</p>	



#### (4) 机上スクリーニングと調査結果との比較

机上スクリーニングと調査結果との比較を行った。結果を図 3.2-3 に示す。

- ①机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 1 の周辺で、実際に管内面に腐食 (A ランク及び B ランク) が発生していた。
- ②空気弁の下流側では、調査範囲の全線にわたって鉄部が腐食しており、その下流側も同様に腐食している可能性が高いと推測される。

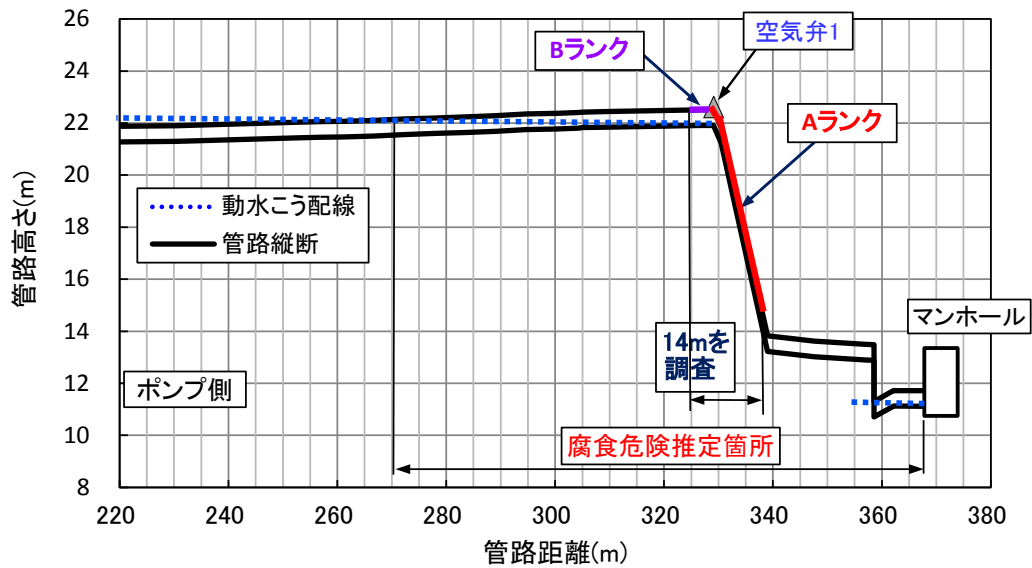


図 3.2-3 机上スクリーニングと調査結果との比較

### 3.3 K市

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.3-1 に示す。管内面防食方法は、直管がモルタルライニング、異形管がタールエポキシ樹脂塗装であった。

表 3.3-1 管路条件

管路条件
①管径：350mm
②管路長：4,730m (管路縦断頂上部から下流側吐出し先までの距離)
③管種：ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管)：タールエポキシ樹脂塗装
⑥送水量：4.1m <sup>3</sup> /min(流速0.71m/sec)
⑦ポンプ運転状況：間欠運転
⑧吐出し先：マンホール
⑨供用開始：1994年
⑩調査実施：2017年

#### (2) 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

机上スクリーニングを行い、腐食危険推定箇所の抽出を行った。結果を図 3.3-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所は吐出し先も含めて 5 箇所あるが、その全ての箇所に空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③過去に発生した 2 箇所の漏水は、いずれも腐食危険推定箇所と一致していた。

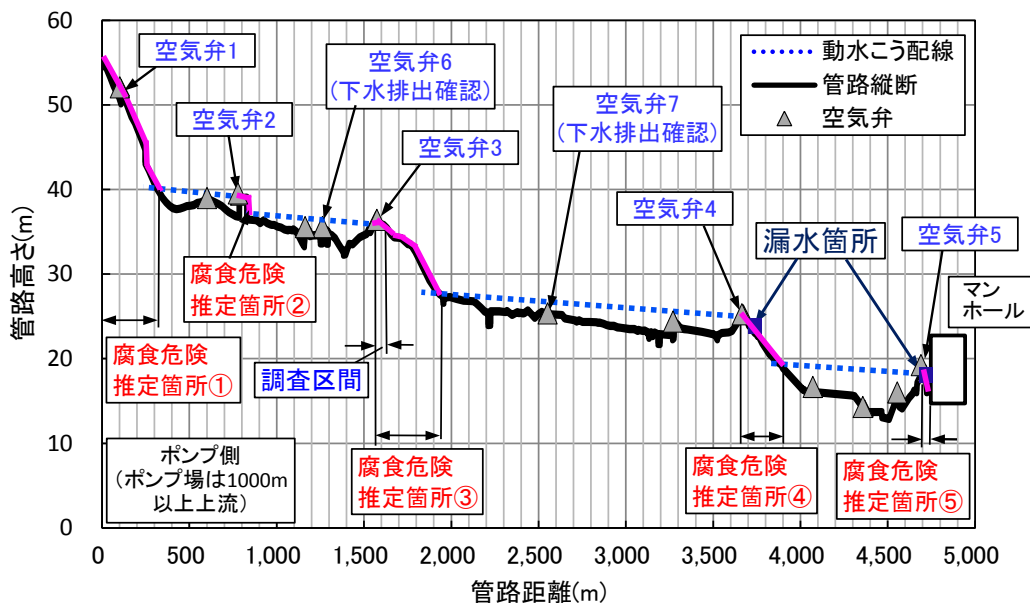


図 3.3-1 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

### (3) 硫酸腐食の調査

#### 1) 現地踏査

道路交通状況や周辺環境等も勘案した上で、視覚調査箇所及び具体的な調査方法を以下のように決定した。

- ①空気弁 3 から本調査機器を挿入し、腐食危険推定箇所③を対象に視覚調査を行う。空気弁 3 の周辺の状況を写真 3.3-1 に示す。なお、腐食危険推定箇所④及び腐食危険推定箇所⑤で過去に漏水事故が発生しており、今回は異なる箇所を調査対象とした。
- ②本管路では、机上スクリーニングで満流状態になっていると判断した空気弁 6 及び空気弁 7 も対象に事前確認を行い、推定通り下水が排出されることも確認する。

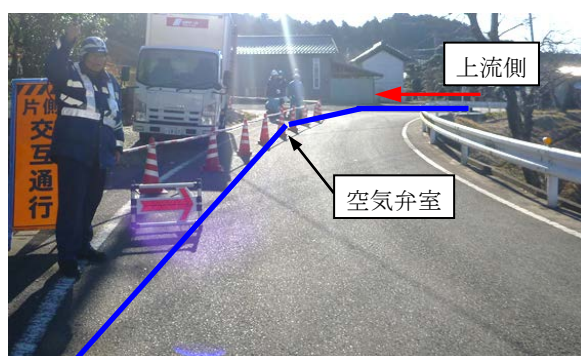


写真 3.3-1 空気弁 3 の周辺の状況

#### 2) 事前確認

##### <空気弁 3>

- ①ポンプを稼働・停止させ、空気弁 3 が吸排気していることを確認した。
- ②ポンプ稼働開始からポンプが停止するまでの 1 時間に、空気弁 3 に設置されている採取孔から下水が排出されないことを確認した。

以上より、空気弁 3 の設置箇所の管内は常に非満流であり、空気弁 3 を取り外しても下水が溢れる可能性は低く、かつ、硫酸腐食の可能性が高いと判断し、視覚調査を行うことにした。

### <空気弁 6 及び空気弁 7>

- ①ポンプを稼働・停止させたが、どちらの空気弁も吸排気していなかった。
- ②ポンプ停止時に採取孔を開くと、どちらの空気弁からも下水が排出され、机上スクリーニングの推定通り満流状態であることを確認した（写真 3.3-2 参照）。



写真 3.3-2 下水排出の確認

### 3) 視覚調査

空気弁 3 を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁 3 の下流側を対象に視覚調査を行った。

#### i) 調査箇所の状況（図 3.3-2 参照）

- ①調査範囲内には曲管は布設されておらず、直管の継手部を若干屈曲させて配管することで道路曲線に対応していた。
- ②調査箇所は、全線にわたって緩やかな下りこう配になっていた。

#### ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3.3-2 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。視覚調査の状況を写真 3.3-3 に示す。

表 3.3-2 本調査機器の現地適用性の評価結果

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	1.0時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径350mmで視覚調査実施。	
撮影された *1) 画像のレベル	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180° の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁3から下流側32mまで本調査機器を押し込み視覚調査できた。また、本調査機器が水没した一部区間を除き劣化度を問題なく診断できた。	<ul style="list-style-type: none"> <li>•管内の下水の流れを完全に止めることができず、管底部を下水が流れた状態で視覚調査を行った。下水の水深は約30mm～40mmであった。</li> <li>•調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。</li> <li>•調査範囲内に曲管は布設されていなかった。</li> </ul>

\*1) 撮影された画像は、表3.3-4(1)～表3.3-4(2)に示す。

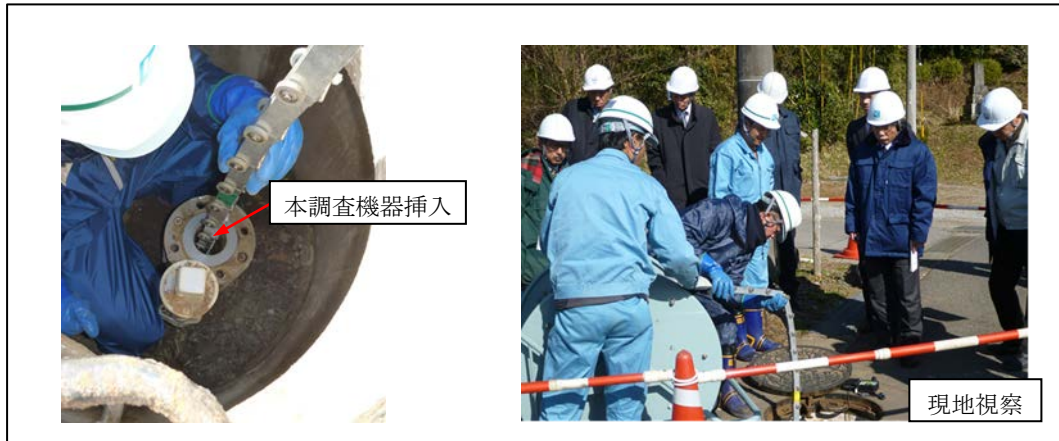
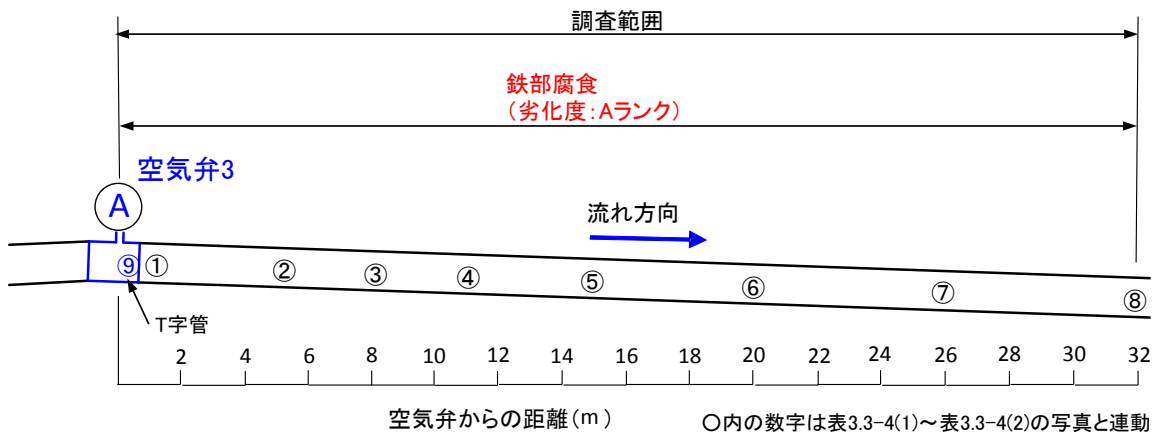


写真 3.3-3 視覚調査の状況

#### 4) 診断・評価

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図 3.3-2、表 3.3-3 及び表 3.3-4(1)～表 3.3-4(2)に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表 3.3-3 に示すようにランク分けできた。
- ② 空気弁 3 の下流側は、視覚調査を行った 32m の全線にわたって鉄部が腐食しており、劣化度 A ランクであった。空気弁 3 からの距離による劣化度の違いは見られなかった。
- ③ 調査範囲内に T 字管（タールエポキシ樹脂塗装）が 1 個布設されていたが、鉄部腐食が発生しており劣化度ランク A であった。



備考) 異形管(T字管)の管内面防食はタールエポキシ樹脂塗装

図 3.3-2 調査範囲と劣化度

表 3.3-3 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の腐食状況
下流側 0m～32m	Aランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直管(モルタルライニング)は、鉄部腐食が発生していた。</li> <li>・T字管(タールエポキシ樹脂塗装)が布設されていたが、鉄部腐食が発生していた。</li> <li>・空気弁からの距離による劣化度の違いは見られなかった。</li> </ul>

表 3.3-4(1) 管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)









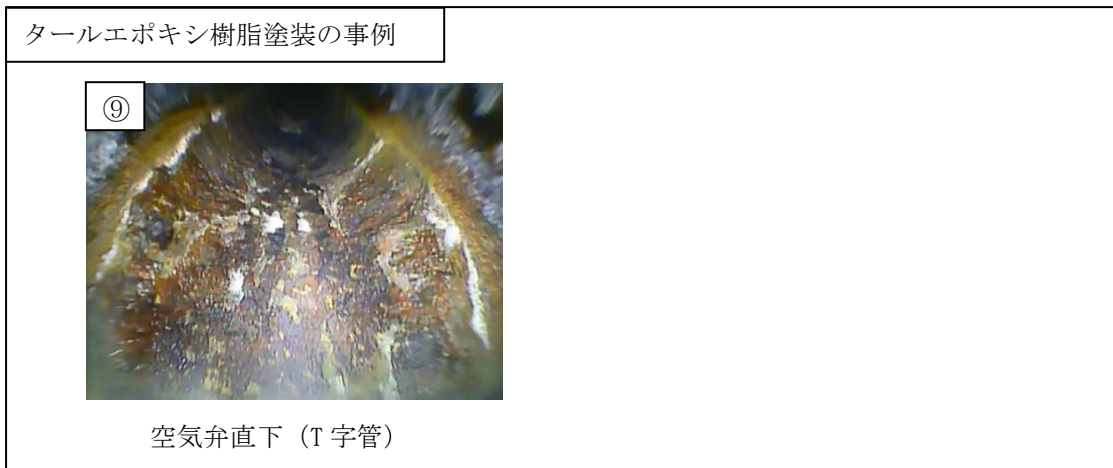
モルタルライニング (空気弁下流側 0m~32m) の事例	
 <p>① 空気弁から下流側 1m</p>	 <p>② 空気弁から下流側 5m</p>
 <p>③ 空気弁から下流側 8m</p>	 <p>④ 空気弁下流側から 11m</p>
 <p>⑤ 空気弁から下流側 15m</p>	 <p>⑥ 空気弁から下流側 20m</p>
 <p>⑦ 空気弁から下流側 26m</p>	 <p>⑧ 空気弁から下流側 32m</p>

表 3.3-4(2) タールエポキシ樹脂塗装の管内面状況 (劣化度: Aランク) (管頂側の約 180° を撮影)



#### (4) 机上スクリーニングと調査結果との比較

机上スクリーニングと調査結果との比較を行った。結果を図 3.3-3 に示す。

- ①机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 3 の下流側で、実際に激しい鉄部腐食 (Aランク) が発生していた。
- ②空気弁 3 の下流側では、調査を行った 32m の範囲でほぼ同様の腐食が発生していた。調査区間は腐食危険推定箇所③ (約 350m) の極一部であるが、下りこう配が続いていることから、調査区間の下流側も同様に腐食している可能性が高いと推測される。
- ③机上スクリーニングで満流状態になっていると判断した空気弁 6 及び空気弁 7 では下水が排出され、想定通りの結果であった。

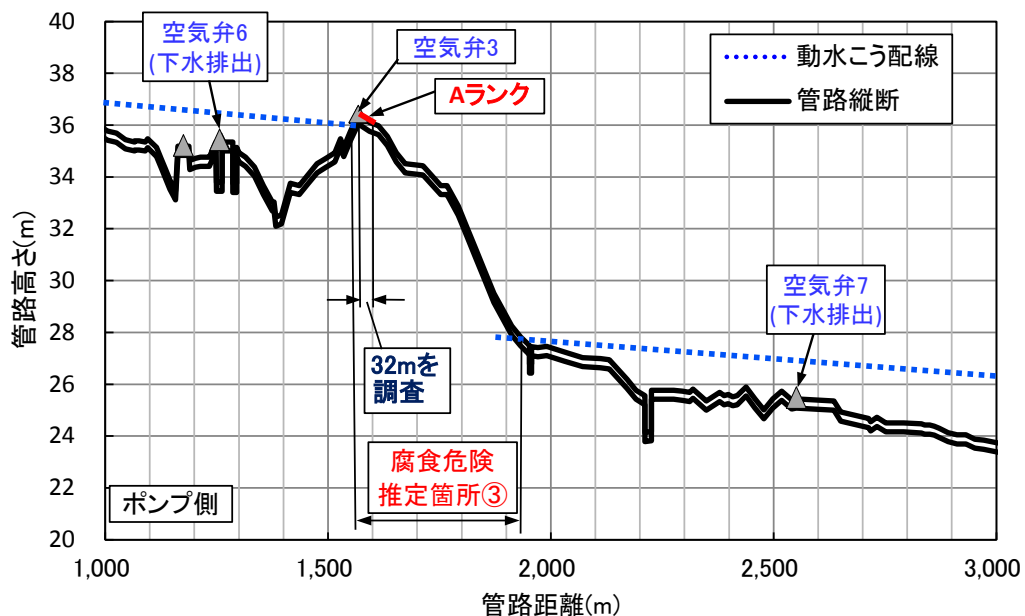


図 3.3-3 机上スクリーニングと調査結果との比較

### 3.4 L市（管路1）

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.4-1 に示す。管内面防食方法は、直管がモルタルライニング、異形管がタールエポキシ樹脂塗装であった。

表 3.4-1 管路条件

管路条件
①管径:800mm
②管路長:2,110m
③管種：ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管)：タールエポキシ樹脂塗装
⑥送水量:25m <sup>3</sup> /min(流速0.83m/sec)
⑦ポンプ運転状況:間欠運転
⑧吐出し先:マンホール
⑨供用開始:1973年
⑩調査実施:2017年

#### (2) 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

机上スクリーニングを行い、腐食危険推定箇所の抽出を行った。結果を図 3.4-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②管路縦断頂上部付近の空気弁 1 から吐出し先マンホールまでの区間では、伏越し部を除いてほぼ全線が非満流で腐食危険推定箇所となる。
- ③また、腐食危険推定箇所には伏越し毎に空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。

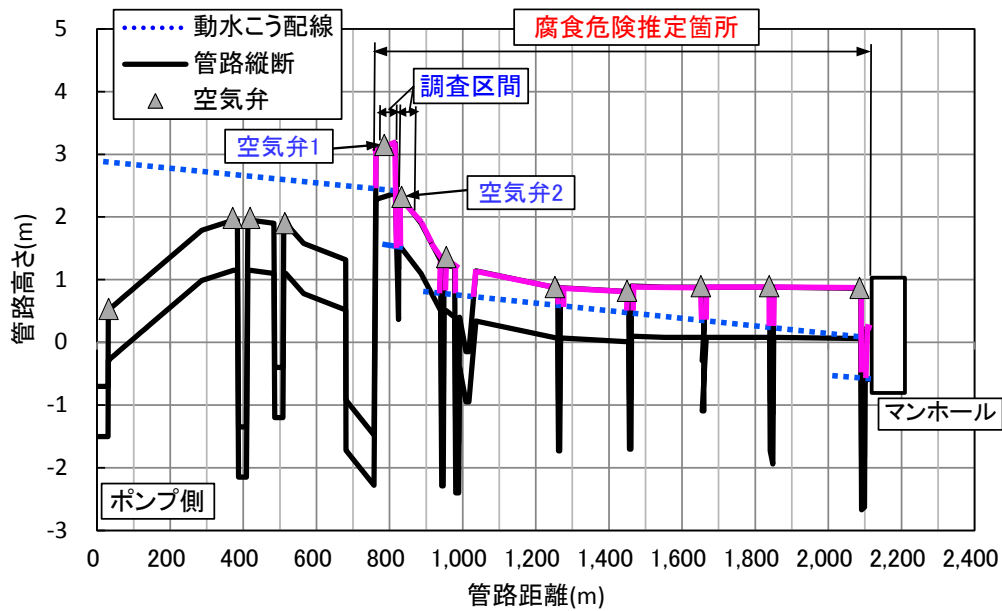


図 3.4-1 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出



### (3) 硫酸腐食の調査

#### 1) 現地踏査

道路交通状況や周辺環境等も勘案した上で、視覚調査箇所及び具体的な調査方法を以下のように決定した。

- ①管路縦断的に高い位置に設置されている空気弁1及び空気弁2を対象に、本調査機器を挿入して視覚調査を行う。空気弁1及び空気弁2の周辺の状況を写真3.4-1に示す。

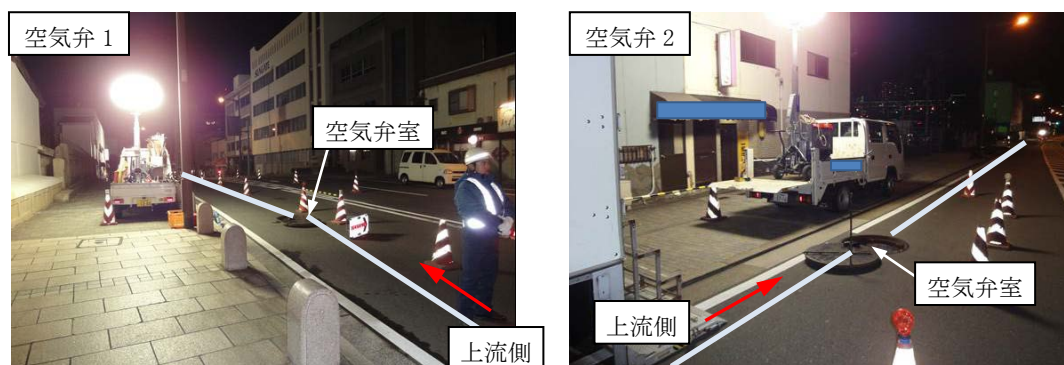


写真 3.4-1 空気弁1及び空気弁2の周辺の状況

#### 2) 事前確認

- ①ポンプを稼働・停止させ、空気弁1及び空気弁2が吸排気していることを確認した。
- ②ポンプ稼働開始からポンプが停止するまでの20分間に、空気弁1及び空気弁2に設置されている採取孔から下水が排出されないことを確認した。

以上より、空気弁1及び空気弁2の設置箇所の管内は常に非満流であり、空気弁を取り外しても下水が溢れる可能性は低く、かつ、硫酸腐食の可能性が高いと判断し、視覚調査を行うことにした。

### 3) 視覚調査

#### <空気弁1>

空気弁1を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁1の下流側の視覚調査を行った。空気弁1の上流側にも腐食が懸念されたため、上流側の視覚調査も併せて行った。

#### i) 調査箇所 の状況と目標調査範囲 (図 3.4-2 参照)

- ①空気弁1の下流側は緩やかな上りこう配になっており、約28mの地点に45°曲管(縦断配管)が布設されていた。曲管の下流側には下水が滞留している可能性が高く、本調査機器が水没する直前までの範囲を視覚調査する。
- ②空気弁1の上流側は、全体の調査時間を考慮して15m程度を目安に視覚調査を行う。

#### ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表3.4-2に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。視覚調査の状況を写真3.4-2に示す。

表 3.4-2 本調査機器の現地適用性の評価結果 (空気弁1)

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	下流側は1.0時間で、上流側は0.5時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径800mmで視覚調査実施。	
撮影された *1) 画像のレベル	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180°の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁1から下流側28mまで本調査機器を押し込み視覚調査できた。上流側については、16mの区間の視覚調査を行った。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。</li> <li>・空気弁1の下流側28mの地点に45°曲管(縦断配管)が布設され、その下流側は下水が滞留していた。</li> </ul>

\*1) 撮影された画像は、表3.4-5(1)～表3.4-5(4)に示す。



写真 3.4-2 視覚調査の状況

## <空気弁 2>

空気弁 2 を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁 2 の下流側の視覚調査を行った。空気弁 2 の上流側にも腐食が懸念されたため、上流側の視覚調査も併せて行った。

### i) 調査箇所状況と目標調査範囲 (図 3.4-3 参照)

- ① 空気弁 2 の下流側は、緩やかな下りこう配の直線配管が続いており、30m を目標に視覚調査を行う。
- ② 空気弁 2 の上流側は、約 2m の地点に 45° 曲管 (縦断配管) が布設されており、本調査機器が水没する直前までの範囲を視覚調査する。

### ii) 調査結果

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3.4-3 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。

表 3.4-3 本調査機器の現地適用性の評価結果 (空気弁 2)

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	下流側は1.0時間で、上流側は0.2時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径800mmで視覚調査実施。	
撮影された画像のレベル <sup>*1)</sup>	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180° の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁2から下流側30mまで本調査機器を押し込み視覚調査できた。上流側については、本調査機器が水没した2mまで視覚調査を行った。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。</li> <li>・空気弁2の上流側2mの地点に45° 曲管 (縦断配管) が布設され、その上流側は下水が滞留していた。</li> </ul>

\*1) 撮影された画像は、表3.4-7(1)～表3.4-7(2)に示す。

#### 4) 診断・評価

##### <空気弁1>

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図3.4-2、表3.4-4及び表3.4-5(1)～表3.4-5(4)に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表3.4-4に示すようにランク分けできた。
- ② 空気弁1の下流側1m～13m及び上流側1m～16mの区間では、管側部でモルタルライニングが変色しており、劣化度Bランクであった。
- ③ 一方、空気弁1の下流側14m～28mの区間では、管頂部に鉄部腐食（劣化度Aランク）が見られ、下流に行く程腐食範囲が広がっていた。
- ④ 調査範囲内に異形管（タールエポキシ樹脂塗装）が2個（T字管及び曲管）布設されていたが、どちらも鉄部腐食が発生しており劣化度Aランクであった。

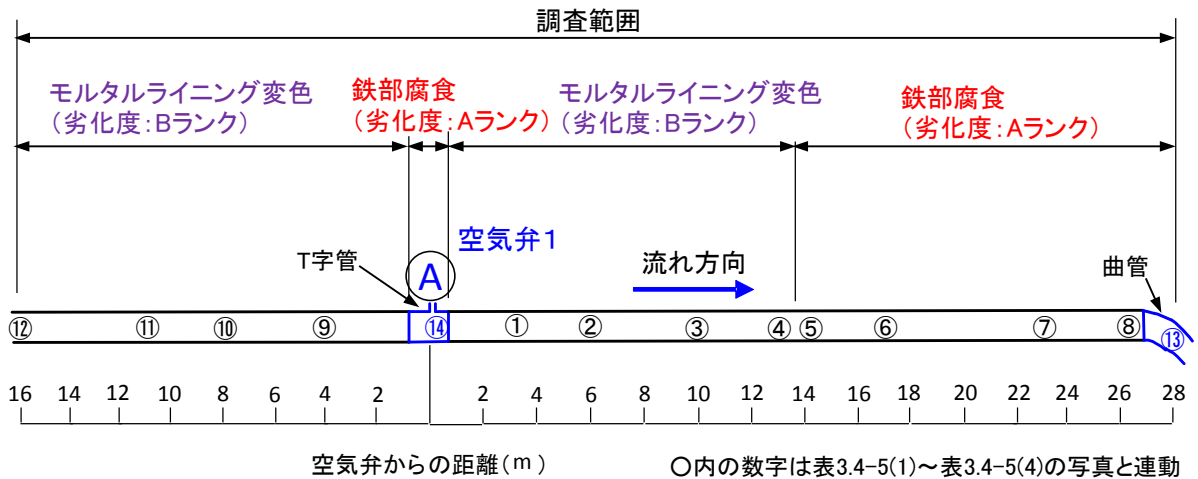


図3.4-2 調査範囲と劣化度

表3.4-4 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の状況
下流側 1～13m	Bランク	直管(モルタルライニング)に鉄部腐食は見られなかったが、管側部でモルタルライニングが変色していた。
下流側 14～28m	Aランク	直管(モルタルライニング)は、管頂部が鉄部腐食していた。下流に行く程腐食範囲は広がっていた。 28mの地点に布設されていた曲管(タールエポキシ樹脂塗装)にも鉄部腐食が発生していた。
上流側 1～16m	Bランク	直管(モルタルライニング)に鉄部腐食は見られなかったが、管側部でモルタルライニングが変色していた。
空気弁近傍 前後1m	Aランク	T字管(タールエポキシ樹脂塗装)が布設されていたが、鉄部腐食が発生していた。

表 3.4-5(1) 管内面状況 (劣化度 : B ランク) (管頂側の約 180° を撮影)





モルタルライニング (空気弁下流側 1m~13m) の事例	
<p>①</p> <p>モルタルライニング変色</p>  <p>空気弁から下流側 3m</p>	<p>②</p>  <p>空気弁から下流側 6m</p>
<p>③</p>  <p>空気弁から下流側 10m</p>	<p>④</p>  <p>空気弁から下流側 13m</p>

表 3.4-5(2) 管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)





モルタルライニング (空気弁下流側 14m~28m) の事例	
<p>⑤</p>  <p>空気弁から下流側 14m</p>	<p>⑥</p>  <p>空気弁から下流側 17m</p>
<p>⑦</p>  <p>空気弁から下流側 23m</p>	<p>⑧</p>  <p>空気弁から下流側 27m</p>

表 3.4-5(3) 管内面状況 (劣化度 : B ランク) (管頂側の約 180° を撮影)

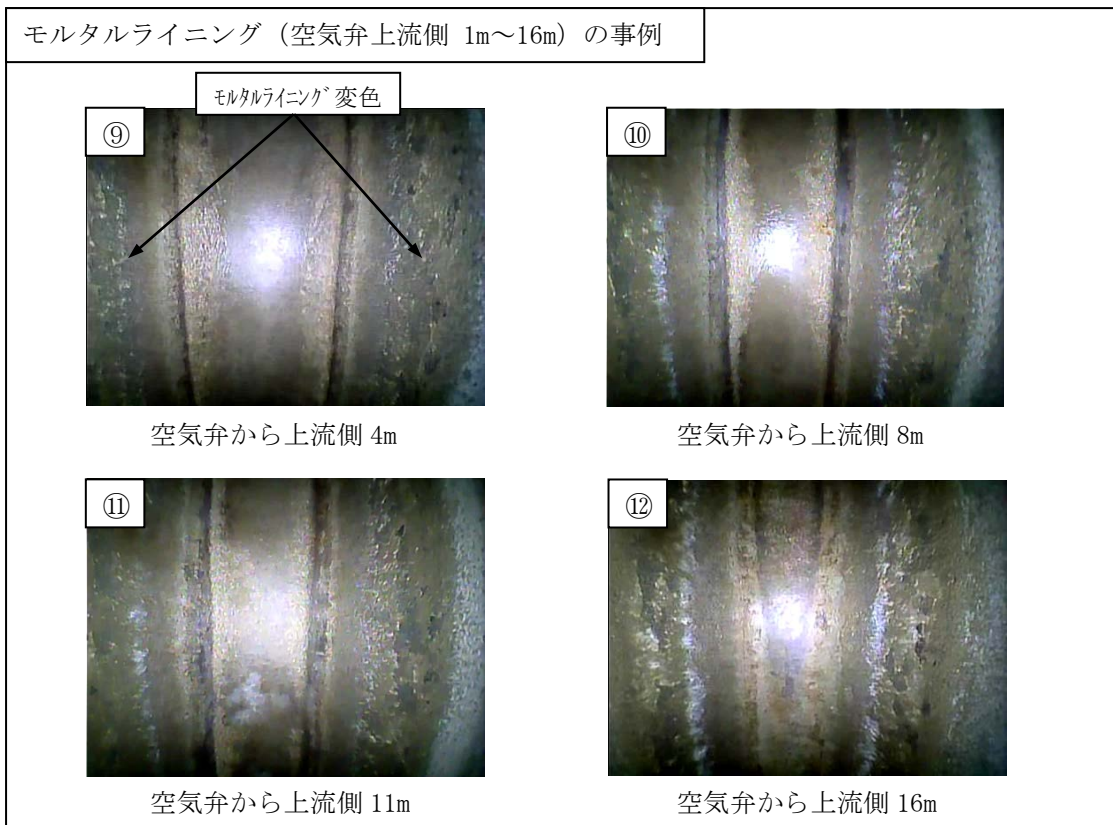
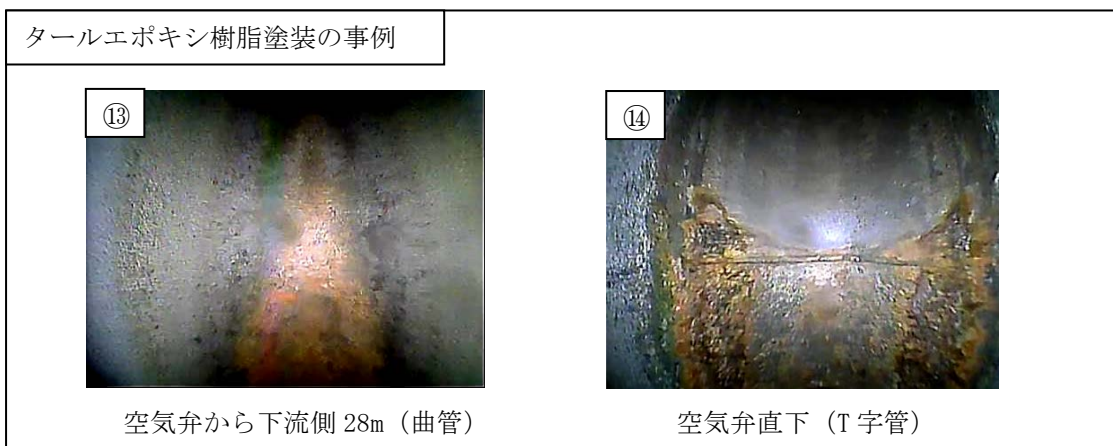


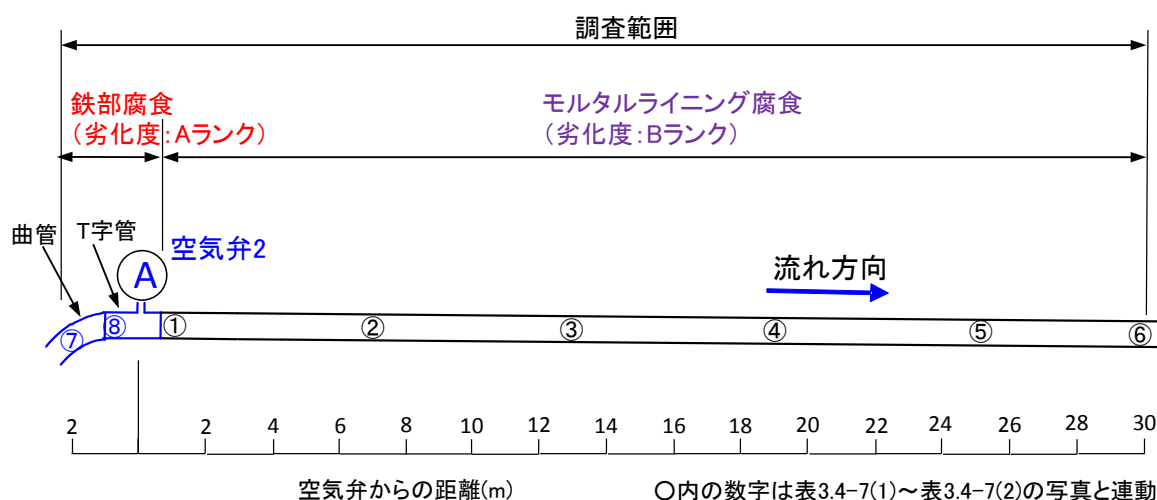
表 3.4-5(4) タールエポキシ樹脂塗装の管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)



### <空気弁 2>

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図 3. 4-3、表 3. 4-6 及び表 3. 4-7(1)～表 3. 4-7(2)に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表 3. 4-6 に示すようにランク分けできた。
- ② 空気弁 2 の下流側は、視覚調査を行った 30m の全線にわたってモルタルライニングの腐食が明らかに進行しており、劣化度 B ランクであった。空気弁 2 からの距離による劣化度の違いは見られなかった。
- ③ 調査範囲内に異形管（タールエポキシ樹脂塗装）が 2 個（T 字管及び曲管）布設されていたが、どちらも鉄部腐食が発生しており劣化度ランク A であった。



備考) 異形管(曲管, T字管)の管内面防食はタールエポキシ樹脂塗装

図 3. 4-3 調査範囲と劣化度

表 3. 4-6 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の状況
下流側 1～30m	Bランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直管(モルタルライニング)に鉄部腐食は見られなかったが、管側部でモルタルライニングの腐食が明らかに進行していた。</li> <li>・空気弁からの距離による劣化度の違いは見られなかった。</li> </ul>
上流側2m～ 下流側1m	Aランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曲管及びT字管(ともにタールエポキシ樹脂塗装)が布設されていたが、鉄部腐食が発生していた。</li> </ul>

表 3.4-7(1) 管内面状況 (劣化度 : B ランク) (管頂側の約 180° を撮影)


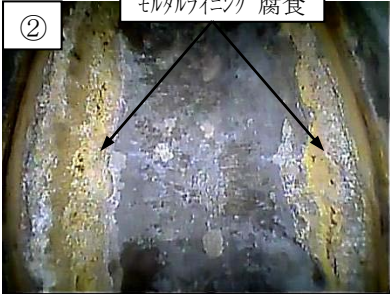






モルタルライニング (空気弁下流側 1m~13m) の事例	
<p>①</p>  <p>空気弁から下流側 1m</p>	<p>②</p>  <p>空気弁から下流側 7m</p>
<p>③</p>  <p>空気弁から下流側 13m</p>	<p>④</p>  <p>空気弁から下流側 19m</p>
<p>⑤</p>  <p>空気弁から下流側 25m</p>	<p>⑥</p>  <p>空気弁から下流側 30m</p>

表 3.4-7(2) タールエポキシ樹脂塗装の管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)

タールエポキシ樹脂塗装の事例	
<p>⑦</p>  <p>空気弁から上流側 2m (曲管)</p>	<p>⑧</p>  <p>空気弁直下 (T字管)</p>



#### (4) 机上スクリーニングと調査結果との比較

机上スクリーニングと調査結果との比較を行った。結果を図 3.4-4 に示す。

- ①机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 1 及び空気弁 2 の周辺で、実際に管内面に腐食 (A ランク及び B ランク) が発生していた。
- ②空気弁 2 の下流側では、調査を行った 30m の範囲でほぼ同様のモルタルライニングの腐食が発生していた。調査区間は腐食危険推定箇所② (約 120m) の極一部であるが、下りこう配が続いていることから、調査区間の下流側も同様に腐食している可能性が高いと推測される。

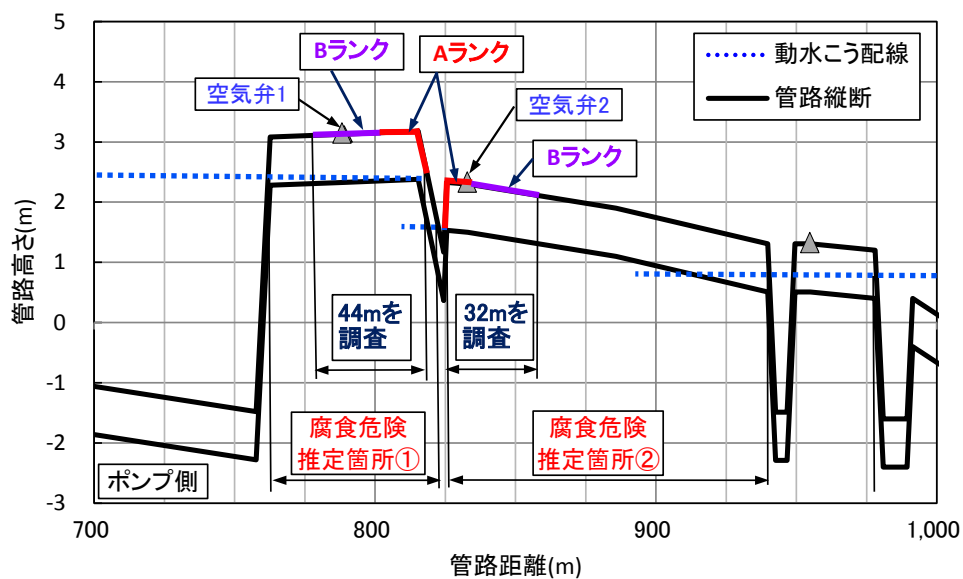


図 3.4-4 机上スクリーニングと調査結果との比較

### 3.5 L市（管路2）

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.5-1 に示す。管内面防食方法は、直管がモルタルライニング、異形管がエポキシ樹脂粉体塗装であった。

表 3.5-1 管路条件

管路条件
①管径:450mm
②管路長:1,480m
③管種:ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管):モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管):エポキシ樹脂粉体塗装
⑥送水量:12.3m <sup>3</sup> /min(流速1.29m/sec)
⑦ポンプ運転状況:間欠運転
⑧吐出し先:マンホール
⑨供用開始:1991年
⑩道路陥没発生:2015年
⑪調査実施:2017年

備考)本管路は、2015年の道路陥没事故発生まで24年間使用され、2015年に復旧工実施。その後供用を再開したが、2016年に供用を中止。

#### (2) 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

机上スクリーニングを行い、腐食危険推定箇所の抽出を行った。結果を図 3.5-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所は吐出し先も含めて 5 箇所あるが、その全ての箇所に空気弁が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③過去に道路陥没が発生した箇所は、腐食危険推定箇所と一致していた。

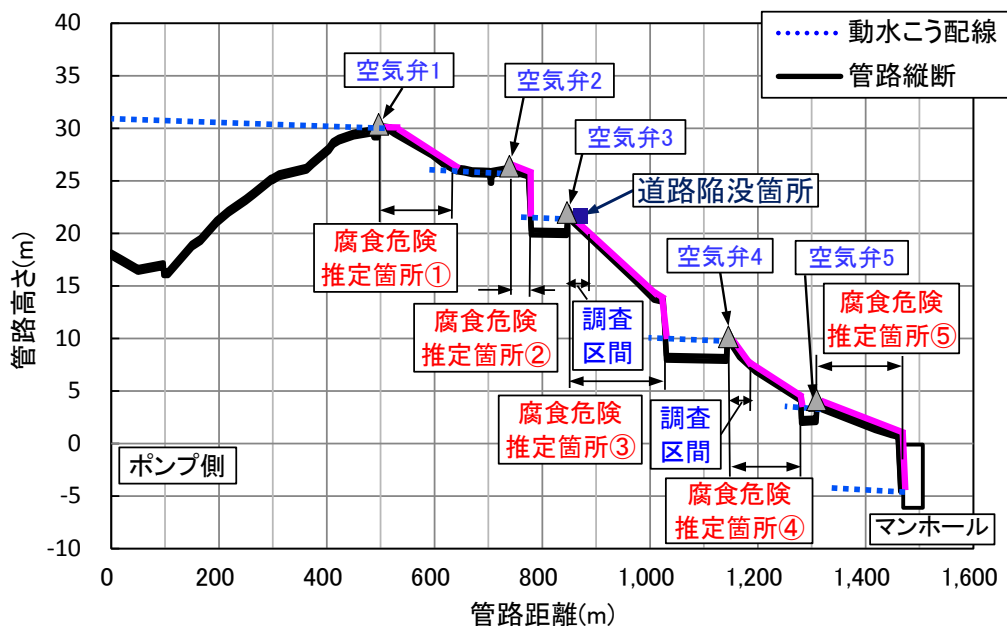


図 3.5-1 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

### (3) 硫酸腐食の調査

#### 1) 現地踏査

道路交通状況や周辺環境等も勘案した上で、視覚調査箇所及び具体的な調査方法を以下のように決定した。

- ①過去に道路陥没が発生した腐食危険推定箇所③及びほぼ同様の管路縦断条件の腐食危険推定箇所④を調査対象とする。空気弁 3 及び空気弁 4 から本調査機器を挿入して視覚調査を行う。
- ②本管路は、視覚調査時には供用が中止されていたため、事前確認は行わない。空気弁 3 及び空気弁 4 の周辺の状況を写真 3.5-1 に示す。



写真 3.5-1 空気弁 3 及び空気弁 4 の周辺の状況

#### 2) 視覚調査

##### <空気弁 3>

空気弁 3 を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁 3 の下流側の視覚調査を行った。空気弁 3 の上流側にも腐食が懸念されたため、上流側の視覚調査も併せて行った。

##### i) 調査箇所の状況と目標調査範囲 (図 3.5-2 参照)

- ①空気弁 3 の下流側は下りこう配の直線配管が続いており、30m を目標に視覚調査を行う。
- ②空気弁 3 の上流側は、約 2m の地点に 45° 曲管 (縦断配管) が布設されており、本調査機器が水没する直前までの範囲を視覚調査する。

##### ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3.5-2 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。視覚調査の状況を写真 3.5-2 に示す。

表 3.5-2 本調査機器の現地適用性の評価結果（空気弁 3）

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	下流側は0.5時間で、上流側は0.2時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径450mmで視覚調査実施。	—
撮影された *1) 画像のレベル	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180°の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁3から下流側31mまで本調査機器を押し込み視覚調査できた。上流側については、本調査機器が水没した2mまで視覚調査を行った。	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。ただし、下流側に錆こぶによる段差（高さ30mm程度：写真3.5-3参照）が1箇所確認された。</li> <li>空気弁3の上流側2mの地点に45°曲管（縦断配管）が布設され、その上流側は下水が滞留していた。</li> </ul>

\*1) 撮影された画像は、表3.5-5(1)～表3.5-5(3)に示す。

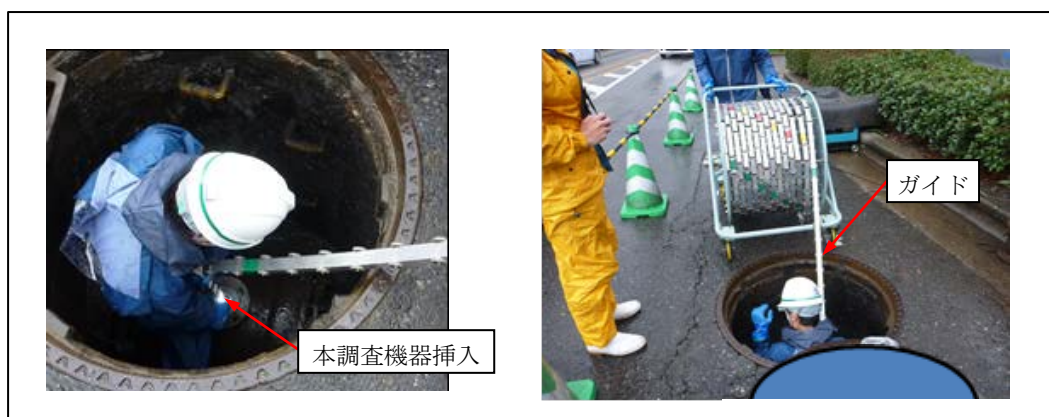


写真 3.5-2 視覚調査の状況

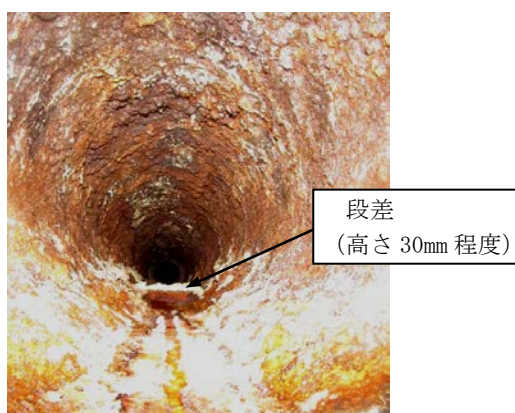


写真 3.5-3 錆こぶによる管内の段差（デジタルカメラで撮影）

## <空気弁 4>

空気弁 4 を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁 4 の下流側の視覚調査を行った。空気弁 4 の上流側にも腐食が懸念されたため、上流側の視覚調査も併せて行った。

### i) 調査箇所状況と目標調査範囲 (図 3.5-3 参照)

① 空気弁 4 の下流側は下りこう配の直線配管が続いており、30m を目標に視覚調査を行う。

② 空気弁 4 の上流側は、約 2m の地点に 45° 曲管 (縦断配管) が布設されており、本調査機器が水没する直前までの範囲を視覚調査する。

### ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3.5-3 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。

表 3.5-3 本調査機器の現地適用性の評価結果 (空気弁 4)

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	下流側は0.5時間で、上流側は0.2時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径450mmで視覚調査実施。	
撮影された画像のレベル <sup>*1)</sup>	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180°の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁4から下流側31mまで本調査機器を押し込んで視覚調査できた。 上流側については、本調査機器が水没した2mまで視覚調査を行った。	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。</li> <li>空気弁4の上流側2mの地点に45°曲管 (縦断配管) が布設され、その上流側は下水が滞留していた。</li> </ul>

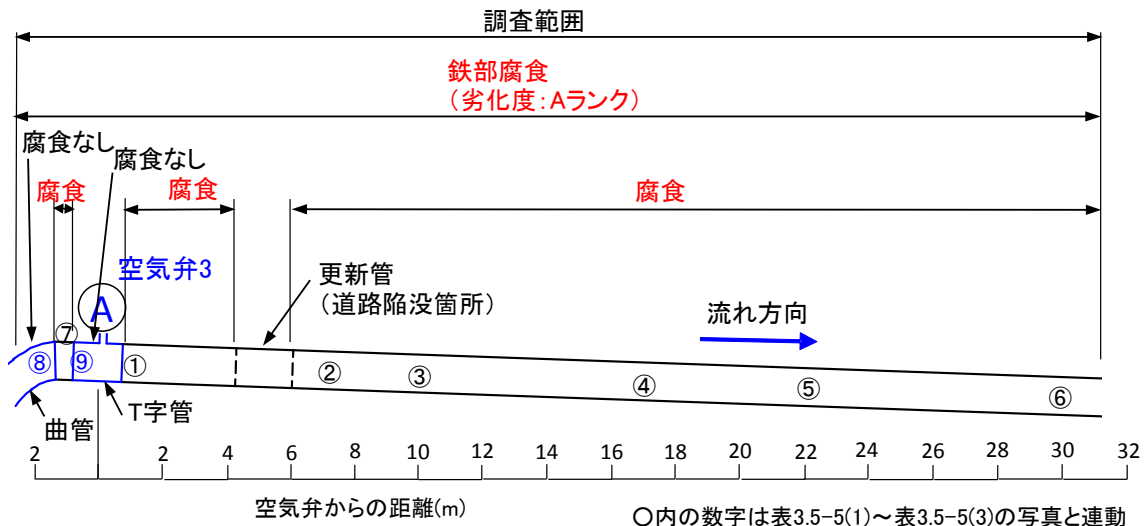
\*1) 撮影された画像は、表3.5-7(1)～表3.5-7(4)に示す。

### 3) 診断・評価

#### <空気弁3>

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図3.5-2、表3.5-4及び表3.5-5(1)～表3.5-5(3)に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表3.5-4に示すようにランク分けできた。
- ② 空気弁3の下流側は、視覚調査を行った31mの全線（道路陥没後に更新した約2mの区間を除く）にわたって鉄部が腐食しており、劣化度Aランクであった。また、空気弁3からの距離による劣化度の違いは見られなかった。
- ③ 空気弁3の上流側も鉄部腐食が見られた。
- ④ 調査範囲内に異形管（エポキシ樹脂粉体塗装）が2個（T字管及び曲管）布設されていたが、どちらも管内面は腐食しておらず健全であった。



備考) 異形管(曲管, T字管)の管内面防食はエポキシ樹脂粉体塗装

図3.5-2 調査範囲と劣化度

表3.5-4 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の状況
下流側 0m～31m	Aランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直管(モルタルライニング)は、鉄部腐食が発生していた。</li> <li>・T字管(エポキシ樹脂粉体塗装)が布設されていたが、腐食は見られず健全であった。</li> </ul>
上流側 1m～2m	Aランク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直管(モルタルライニング)は、鉄部腐食が発生していた。</li> <li>・曲管(エポキシ樹脂粉体塗装)が布設されていたが、腐食は見られず健全であった。</li> </ul>

表 3.5-5(1) 管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)







モルタルライニング (空気弁下流側 0m~31m) の事例	
① 	② 
空気弁から下流側 1m	空気弁から下流側 7m
③ 	④ 
空気弁から下流側 10m	空気弁から下流側 17m
⑤ 	⑥ 
空気弁から下流側 22m	空気弁から下流側 30m

表 3.5-5(2) 管内面状況 (劣化度 : A ランク) (管頂側の約 180° を撮影)


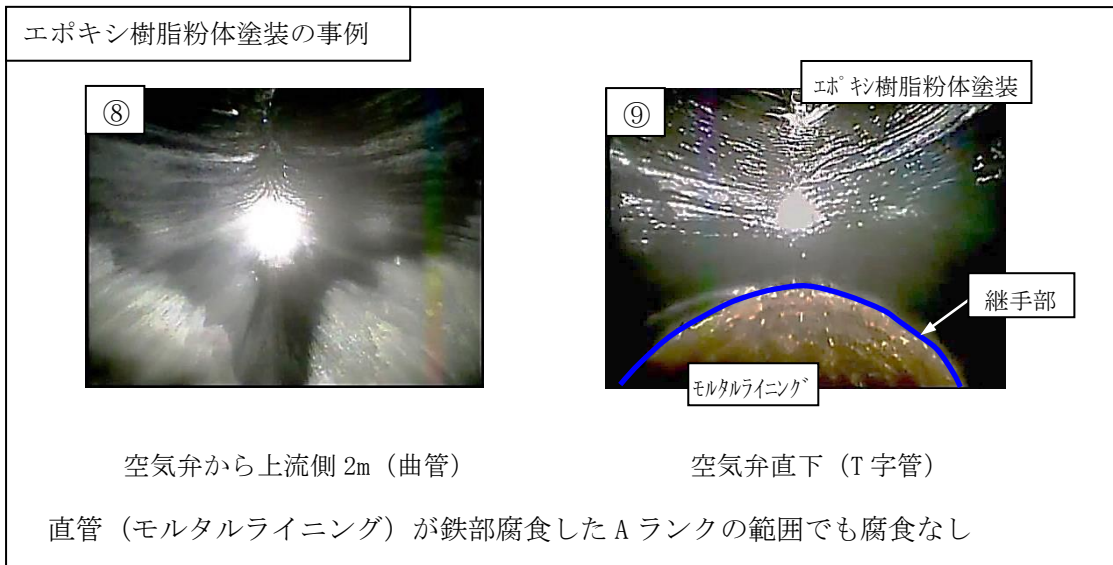
モルタルライニング (空気弁上流側 1m~2m) の事例
⑦ 
空気弁から上流側 1m

表 3.5-5(3) エポキシ樹脂粉体塗装の管内面状況（劣化度：異常なし）（管頂側の約180°を撮影）





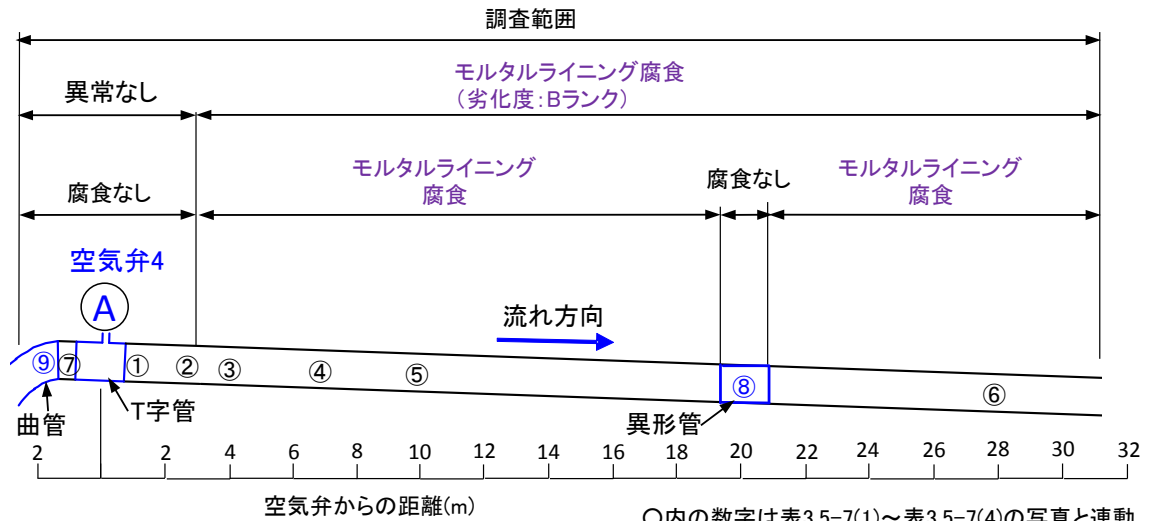
### <空気弁 4>

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図 3.5-3、表 3.5-6 及び表 3.5-7(1)～表 3.5-7(4)に示す。

- ①圧送管路の劣化度を表 3.5-6 に示すようにランク分けできた。
- ②空気弁 4 の下流側は、空気弁から 3m まではモルタルライニングに腐食は見られず、異常なしであった。4m～31m の範囲は全線にわたってモルタルライニングが管側部で変色しており、劣化度 B ランクであった。
- ③空気弁 4 の上流側は、モルタルライニングに腐食は見られず、異常なしであった。
- ④調査範囲内に異形管（エポキシ樹脂粉体塗装）が 3 個（T 字管及び曲管を含む）布設されていたが、いずれも管内面は腐食しておらず健全であった。

（考察）

ほぼ同様の管路縦断条件の空気弁 3 での調査結果と比較して、空気弁 4 では明らかに腐食の度合いが低かった。これは、空気弁 4 は補修弁が長期間閉鎖された状態で運用されており、空気弁 4 から新鮮な空気が供給されず、そのため硫化水素から硫酸の生成反応が進まなかったためと推測する。



備考) 異形管(曲管, T字管含む)の管内面防食はエポキシ樹脂粉体塗装

図 3.5-3 調査範囲と劣化度

表 3.5-6 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の状況
下流側 1m～3m	異常なし	・直管(モルタルライニング)の表面に変色は見られず、全面均一であった。
下流側 4m～31m	Bランク	・直管(モルタルライニング)は、管側部でモルタルライニングが変色していた。 ・異形管(エポキシ樹脂粉体塗装)が1個布設されていたが、腐食は見られず健全であった。
上流側 0m～2m	異常なし	・直管(モルタルライニング)の表面に変色は見られず、全面均一であった。 ・曲管及びT字管(ともにエポキシ樹脂粉体塗装)が布設されていたが、腐食は見られず健全であった。

表 3.5-7(1) 管内面状況 (劣化度: 異常なし) (管頂側の約 180° を撮影)



モルタルライニング (空気弁下流側 1m~3m) の事例	
① 	② 
空気弁から下流側 1m	空気弁から下流側 3m

表 3.5-7(2) 管内面状況 (劣化度: Bランク) (管頂側の約 180° を撮影)

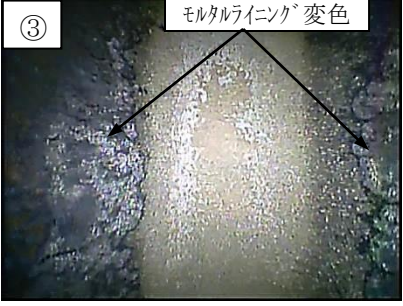



モルタルライニング (空気弁下流側 4m~31m) の事例	
③ 	④ 
空気弁から下流側 4m	空気弁から下流側 7m
⑤ 	⑥ 
空気弁から下流側 10m	空気弁から下流側 28m

表 3.5-7(3) 管内面状況 (劣化度: 異常なし) (管頂側の約 180° を撮影)


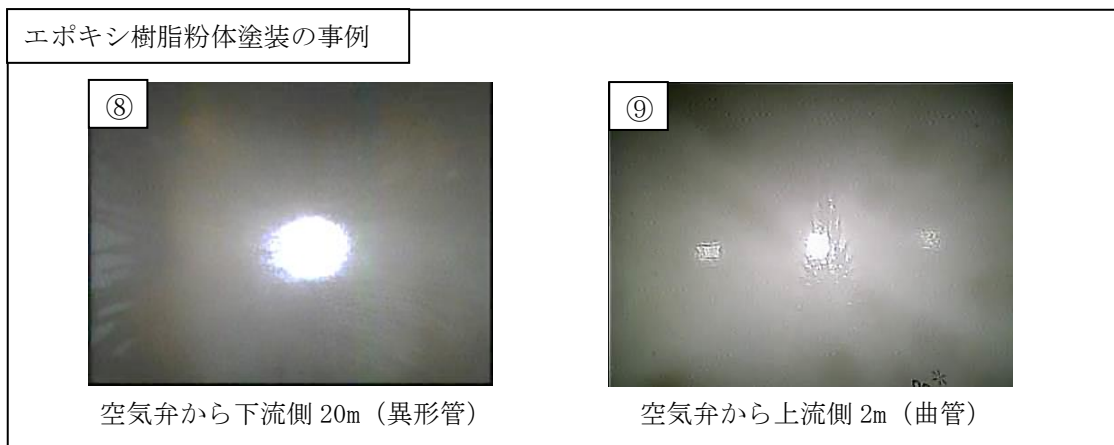
モルタルライニング (空気弁上流側 1m~2m) の事例
⑦ 
空気弁から上流側 1m

表 3.5-7(4) エポキシ樹脂粉体塗装の管内面状況（劣化度：異常なし）（管頂側の約180°を撮影）



#### (4) 机上スクリーニングと調査結果との比較

机上スクリーニングと調査結果との比較を行った。結果を図 3.5-4 に示す。

- ①机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 3 及び空気弁 4 の周辺で、実際に管内面腐食（A ランク及び B ランク）が発生していた。
- ②空気弁 3 の下流側では、調査を行った 31m の範囲でほぼ同様の鉄部腐食が発生していた。調査区間は腐食危険推定箇所③（約 180m）の極一部であるが、下りこう配が続いていることから、調査区間の下流側も同様に腐食している可能性が高いと推測される。
- ③空気弁 4 の下流側では、空気弁から 4m～31m の範囲でほぼ同様のモルタルライニングの変色が見られた。調査区間は腐食危険推定箇所④（約 130m）の極一部であるが、下りこう配が続いていることから、調査区間の下流側も同様に腐食している可能性が高いと推測される。

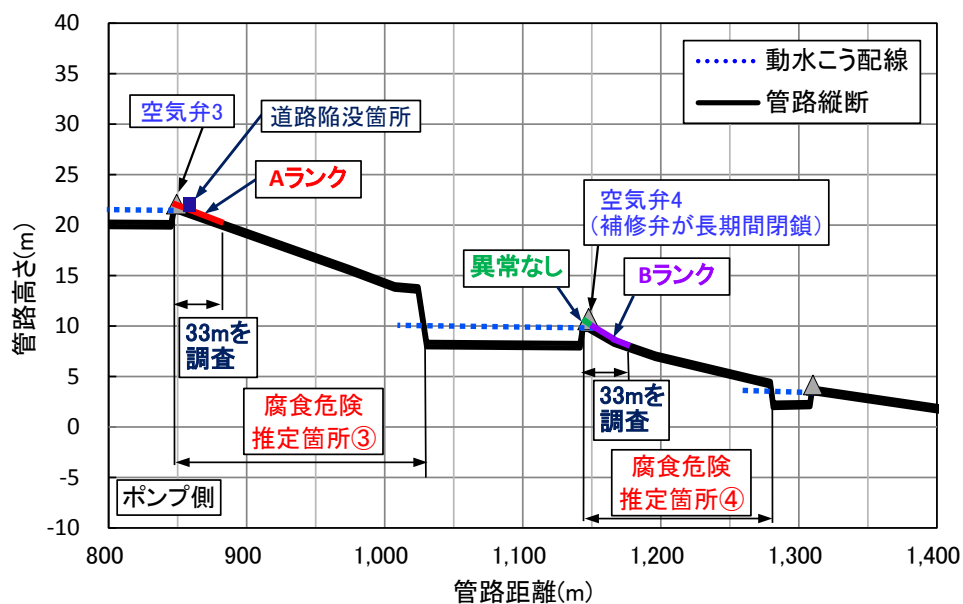


図 3.5-4 机上スクリーニングと調査結果との比較

### 3.6 M 流域下水道

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.6-1 に示す。管内面防食方法は、直管がモルタルライニング、異形管がタールエポキシ樹脂塗装であった。

表 3.6-1 管路条件

管路条件
①管径:300mm
②管路長:2,690m
③管種:ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管):モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管):タールエポキシ樹脂塗装
⑥送水量:2.3m <sup>3</sup> /min(流速0.54m/sec)
⑦ポンプ運転状況:間欠運転
⑧吐出し先:マンホール
⑨管路布設:1994年
⑩漏水発生:2017年
⑪調査実施:2017年

(備考) 本管路は2017年に漏水が発生しているが、今回は腐食危険推定箇所以外を対象に調査診断実施。

#### (2) 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

机上スクリーニングを行い、腐食危険推定箇所の抽出を行った。結果を図 3.6-1 に示す。

- ①本管路で腐食危険推定箇所として抽出されるのは、ピンク色で示された区間となる。
- ②腐食危険推定箇所①では、管路縦断頂上部付近に空気弁 2 が設置されており、新鮮な空気が供給される環境になっていた。
- ③過去に漏水が発生した箇所は、腐食危険推定箇所と一致していた。
- ④漏水後に行った掘り上げ調査の結果、机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 2 の周辺では、ほぼ推定通りの範囲で腐食が発生していた。

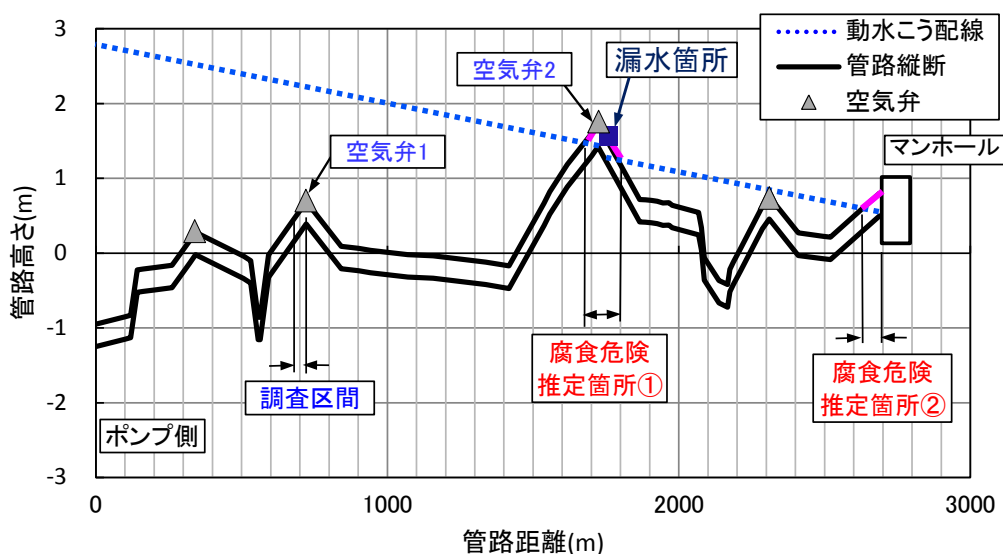


図 3.6-1 机上スクリーニングによる腐食危険推定箇所の抽出

### (3) 硫酸腐食の調査

#### 1) 現地踏査

本管路では、机上スクリーニングで腐食危険推定箇所（非腐食危険推定箇所）とされた箇所（空気弁設置箇所）で、実際に腐食が発生していないことを確認することを目的に調査を行った。

道路交通状況や周辺環境等も勘案した上で、視覚調査箇所及び具体的な調査方法を以下のように決定した。

- ①空気弁 1 から本調査機器を挿入し、上流側を対象に視覚調査を行う。空気弁 1 の周辺の状況を写真 3.6-1 に示す。
- ②調査箇所はポンプ停止時にも満流になっていると想定されるため、事前に上流のポンプ場から管内の下水を可能な限り引き抜き、空管状態にした上で、視覚調査を行う。

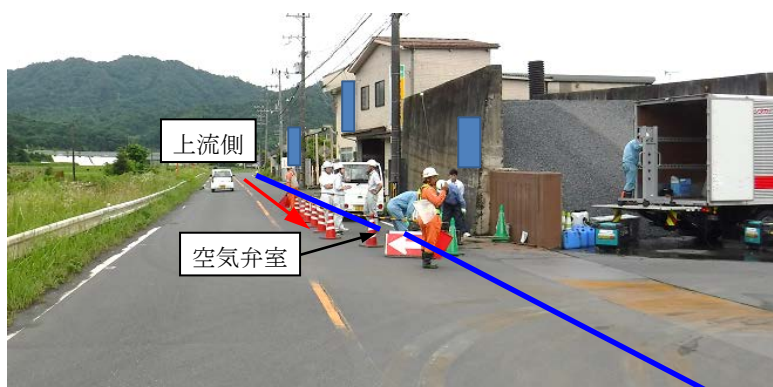


写真 3.6-1 空気弁 1 の周辺の状況

#### 2) 事前確認

- ①空気弁 1 に設置されている採取孔から下水が排出されないことを確認した。

以上より、空気弁 1 設置箇所の管内は非満流であり、空気弁を取り外しても下水が溢れる可能性は低いと判断し、視覚調査を行うことにした。

### 3) 視覚調査

空気弁1を取り外した後、本調査機器を管内に挿入し、空気弁1の上流側を対象に視覚調査を行った。

i) 調査箇所状況 (図 3.6-2 参照)

- ①調査範囲内に曲管は布設されておらず、ほぼ直線であった。
- ②調査箇所は、下流方向に向かって全線にわたって緩やかな上りこう配になっていた。

ii) 本調査機器の現地適用性の評価

本調査機器の現地適用性の評価結果を表 3.6-2 に示す。本調査機器は、全ての評価項目で目標を満足していることを確認した。視覚調査の状況を写真 3.6-2 に示す。

表 3.6-2 本調査機器の現地適用性の評価結果

評価項目	目標	調査結果	備考
空気弁からの挿入	口径75mmから挿入可能	口径75mmの空気弁から挿入できた。	—
視覚調査時間	1.5時間以内	1.0時間で視覚調査できた。	—
管径	200mm～1000mm	管径300mmで視覚調査実施。	—
撮影された画像のレベル <sup>*1)</sup>	管内の劣化度を診断可能	管頂側約180°の範囲を撮影でき、画像は鮮明で、管内面の劣化度を問題なく診断できた。	—
調査範囲	空気弁から30mの範囲を調査可能	備考に示す状況下で、空気弁1から上流側30mまで本調査機器を押し込んで視覚調査できた。	・調査を行った全区間で、管内に堆積物はほとんどなかった。

\*1) 撮影された画像は、表3.6-4(1)～表3.6-4(2)に示す。

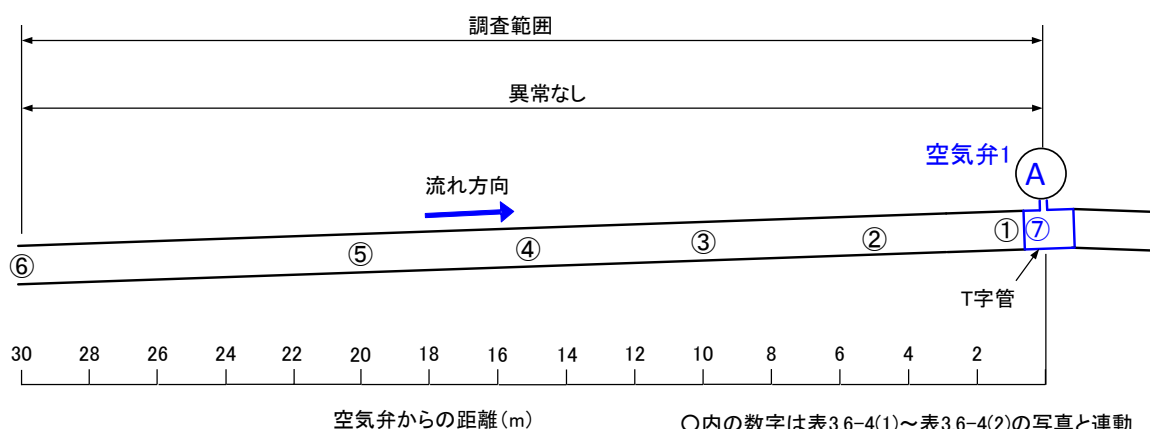


写真 3.6-2 視覚調査の状況

#### 4) 診断・評価

視覚調査で撮影された画像をもとに、圧送管路の劣化度の診断を行った。結果を図 3.6-2、表 3.6-3 及び表 3.6-4(1)～表 3.6-4(2)に示す。

- ① 圧送管路の劣化度を表 3.6-3 に示すようにランク分けできた。
- ② 空気弁 1 の上流側は、視覚調査を行った 30m の全線にわたってモルタルライニング表面に変色は見られず全面均一で、異常なしであった。
- ③ 調査範囲内に T 字管（タールエポキシ樹脂塗装）が 1 個布設されていたが、管内面は腐食しておらず健全であった。



備考) 異形管 (T 字管) の管内面防食はタールエポキシ樹脂塗装

図 3.6-2 調査範囲と劣化度

表 3.6-3 劣化度の診断結果

空気弁からの距離	劣化度	管内面の腐食状況
上流側 0m～30m	異常なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直管 (モルタルライニング) の表面に変色は見られず、全面均一であった。</li> <li>・T 字管 (タールエポキシ樹脂塗装) が布設されていたが、腐食は見られず健全であった。</li> </ul>

表 3.6-4(1) 管内面状況 (劣化度: 異常なし) (管頂側の約 180° を撮影)

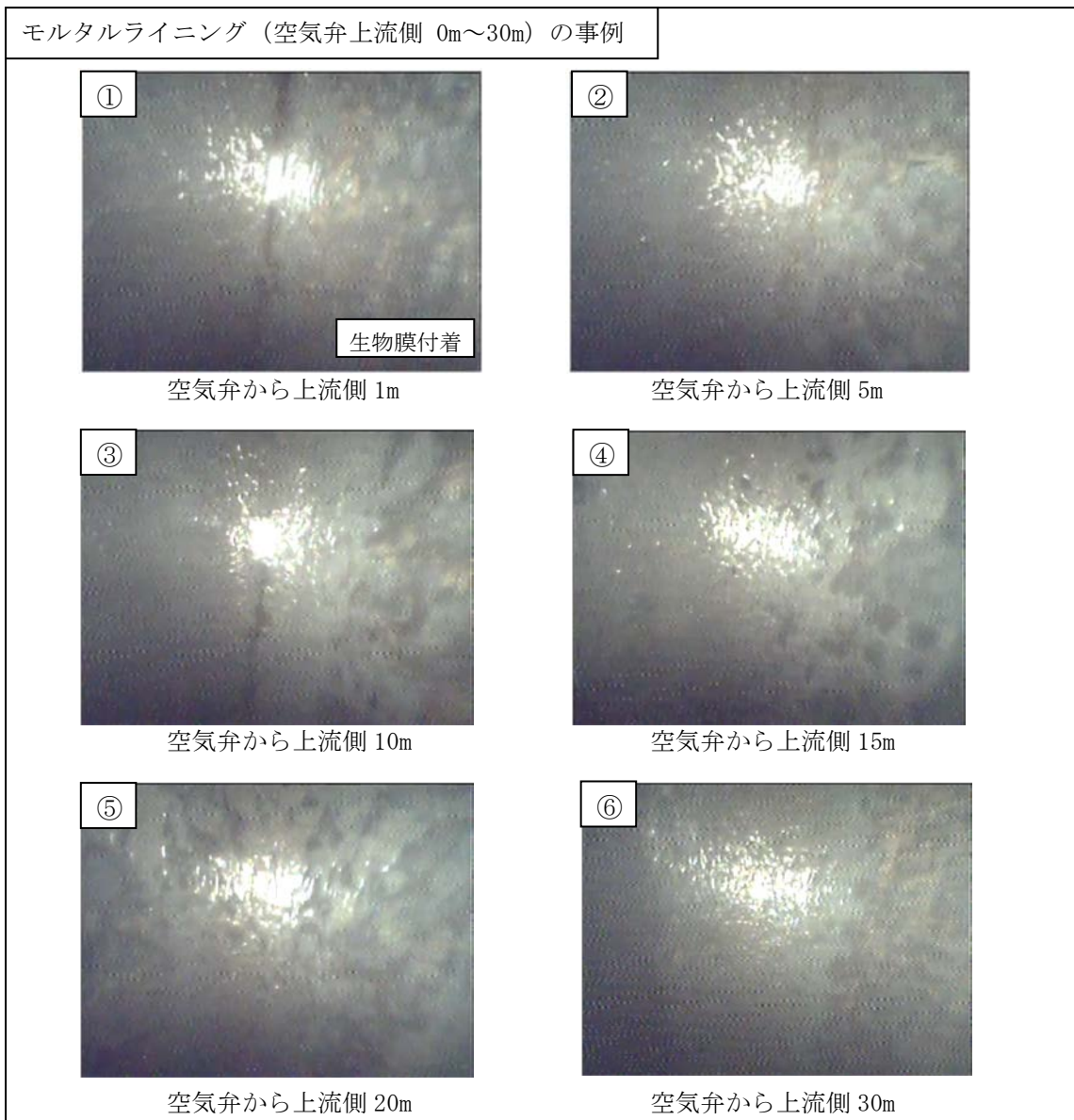
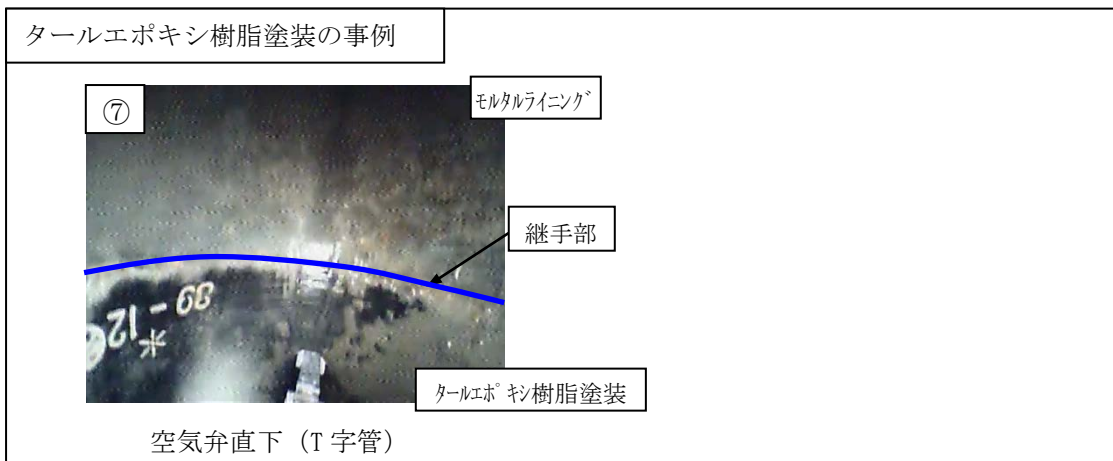


表 3.6-4(2) タールエポキシ樹脂塗装の管内面状況 (劣化度: 異常なし) (管頂側の約 180° を撮影)





#### (4) 机上スクリーニングと調査結果との比較

机上スクリーニングと調査結果との比較を行った。結果を図 3.6-3 に示す。

- ①机上スクリーニングで腐食危険推定箇所の範囲外（非腐食危険推定範囲）と判断した空気弁 1 の上流側で調査を行い、実際に腐食が発生していなかった。
- ②漏水発生後に行った掘り上げ調査の結果、机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断した空気弁 2 の周辺では、ほぼ推定通りの範囲で腐食が発生していた。

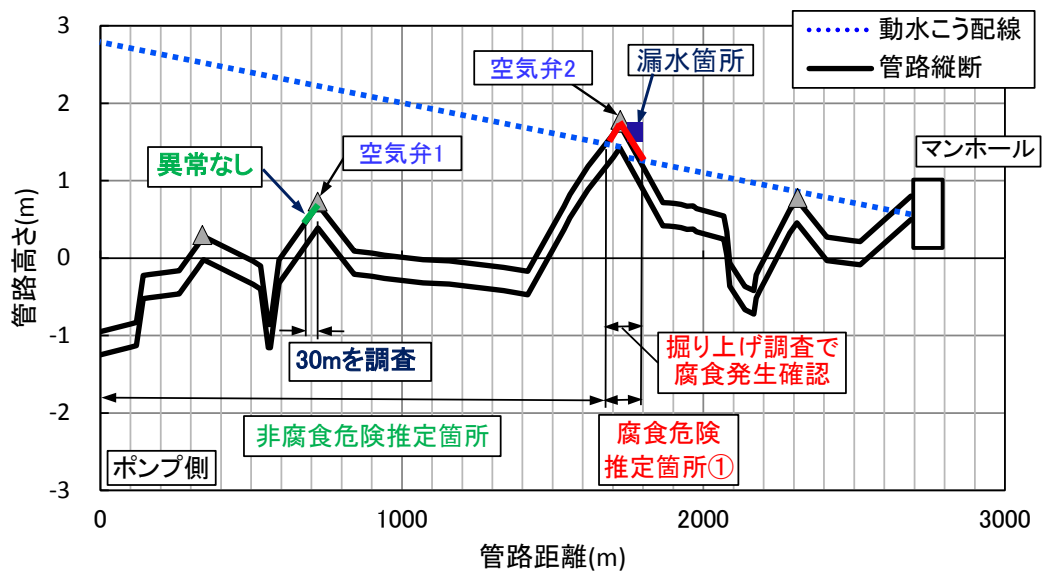


図 3.6-3 机上スクリーニングと調査結果との比較



## 参考資料編Ⅲ デジタルカメラを用いた調査の実施事例

### 目 次

1. 目的	Ⅲ-2
2. 調査結果のまとめ	Ⅲ-2
3. 各管路での調査事例	Ⅲ-4
3.1 I 流域下水道	Ⅲ-4
3.2 J 市	Ⅲ-5
3.3 K 市	Ⅲ-6
3.4 L 市（管路1）	Ⅲ-7
3.5 L 市（管路2）	Ⅲ-9
3.6 M 流域下水道	Ⅲ-11

## 1. 目的

本編第5章第6節に示す通り、水管橋に設置されている空気弁から視覚調査を行う場合等、本調査機器を用いると非常に大掛かりな仮設設備が必要となる箇所や、非満流ではあるが管底側に常に下水が滞留しており、本調査機器が水没して視覚調査が困難な箇所では、便宜的にデジタルカメラを用いた管内調査で代替する。

デジタルカメラを用いた調査の妥当性と適用可能条件を把握するため、実証フィールドで調査を行った。

## 2. 調査結果のまとめ

実証研究で行ったデジタルカメラを用いた調査結果を表 2-1 に示す。参考資料編Ⅱと同じ2流域下水道、3市の計6つの実証フィールド管路（計8箇所の空気弁）で調査を行い、デジタルカメラの調査結果と本調査機器の調査結果とを比較することで、以下のことを確認した。

- ①調査を行った8箇所の空気弁の内5箇所では、デジタルカメラの調査結果と本調査機器の調査結果とが同じ劣化度であった。
- ②2箇所の空気弁（I流域下水道及びJ市）では、空気弁に近接して曲管が布設されており、その下流側で本調査機器により鉄部腐食が確認された。それに対し、デジタルカメラでは腐食を確認することができなかった。このように、空気弁の周辺に曲管が布設されている場合は、デジタルカメラでの調査は適していない。
- ③L市の空気弁 No. 4 では、空気弁の4m以上下流側でモルタルライニングが変色していたが、デジタルカメラでは確認することができなかった。

以上のことから、デジタルカメラ調査を以下のように評価する。

- ①空気弁周辺で腐食が発生している場合は、デジタルカメラ調査で劣化度を正しく診断することができる。
- ②デジタルカメラ調査は、空気弁から離れた箇所の腐食は確認できない。特に、空気弁周辺に曲管が布設されている場合には、デジタルカメラ調査では劣化度を正しく診断できない可能性がある。
- ③そのためデジタルカメラ調査は、本調査機器での調査が困難な場合の代替手法として限定的に行うことが望ましい。

表 2-1 デジタルカメラを用いた調査結果

事業体	管径 (mm)	供用 開始年	空気弁No.		デジタルカメラ			<比較> 本調査機器					
					調査結果	劣化度	評価*1)	調査結果	劣化度				
I流域 下水道	200 (2条)	1996	No.1	下流側	腐食なし (異常なし)	異常なし	×	空気弁から2m以降で鉄部腐食 (Aランク)*2)	Aランク				
				上流側	腐食なし (異常なし)			-					
J市	600	2003	No.1	下流側	異形管(エポキシ樹脂粉体塗 装)のみ調査可能(異常なし)	Bランク	△	空気弁から3m以降で鉄部腐食 (Aランク)*2)	Aランク				
				上流側	モルタルライニングが腐食 (Bランク)			モルタルライニングが腐食 (Bランク)					
K市	350	1994	No.3	下流側	鉄部腐食 (Aランク)	Aランク	○	全調査区間で鉄部腐食 (Aランク)	Aランク				
				上流側	鉄部腐食 (Aランク)			-					
L市	800	1973	No.1	下流側	直管はモルタルライニングが 変色 異形管(タールエポキシ樹脂 塗装)は鉄部腐食 (Aランク)	Aランク	○	空気弁から14m以降で直管が鉄 部腐食 異形管(タールエポキシ樹脂塗 装)も鉄部腐食 (Aランク)	Aランク				
				上流側				全調査区間で直管のモルタルライ ニングが変色 異形管(タールエポキシ樹脂塗 装)は鉄部腐食 (Aランク)					
			No.2	下流側				直管はモルタルライニングが 腐食 異形管(タールエポキシ樹脂 塗装)は鉄部腐食 (Aランク)		Aランク	○	全調査区間で直管のモルタルライ ニングが腐食 異形管(タールエポキシ樹脂塗 装)は鉄部腐食 (Aランク)	Aランク
				上流側				鉄部腐食 (Aランク)		Aランク	○	全調査区間で鉄部腐食 (Aランク)	Aランク
	450	1991	No.4	下流側	腐食なし (異常なし)	異常なし	▲	空気弁から4m以降でモルタルライ ニングが変色(Bランク)	Bランク				
				上流側	腐食なし (異常なし)			全調査区間で腐食なし (異常なし)					
M流域 下水道	300	1994	No.1	下流側	腐食なし (異常なし)	異常なし	○	-	異常なし				
				上流側	腐食なし (異常なし)			全調査区間で腐食なし (異常なし)					

\*1) 空気弁毎に以下のように評価した。

○: デジタルカメラと本調査機器の調査結果が同じ。

△: デジタルカメラはBランク, 本調査機器はAランク。

▲: デジタルカメラは異常なし, 本調査機器はBランク。

×: デジタルカメラは異常なし, 本調査機器はAランク。

\*2) 空気弁の下流側に曲管が布設されており, 曲管の更に下流側で腐食が確認された。

### 3. 各管路での調査事例

#### 3.1 I 流域下水道

##### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 管路条件

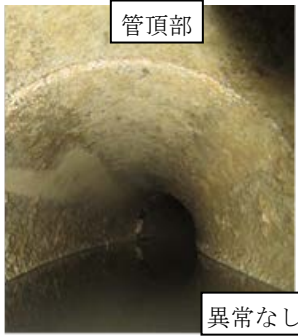
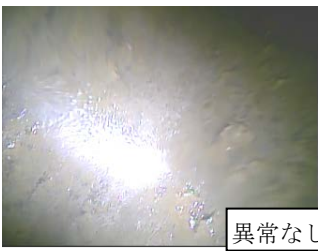
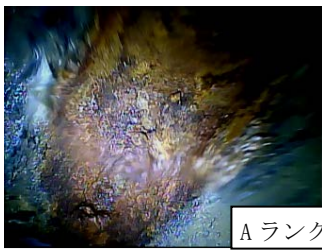

管路条件
①管径：200mm(2条:通常はどちらか1条を使用)
②管路長：886m
③管種：ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管)：エポキシ樹脂粉体塗装
⑥調査実施箇所:空気弁No.1
⑦供用開始：1996年
⑧調査実施：2016年

##### (2) 調査結果と考察

調査結果を表 3.1-2 に示す。

- ①デジタルカメラを用いた調査では、空気弁の下流側、上流側とも腐食しておらず健全であった(異常なし)。
- ②本調査機器を用いた調査では、空気弁の2m以上下流側で直管(モルタルライニング)に激しい鉄部腐食が確認された(Aランク)。
- ③2つの調査方法で結果が異なった理由は、本管路では空気弁の1m下流側に22.5°曲管が設置されており、デジタルカメラではそれ以降の直管を調査できなかったためである。

表 3.1-2 調査結果

	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 <p>管頂部</p> <p>異常なし</p>	 <p>異常なし</p> <p>曲管(エポキシ樹脂粉体塗装) 空気弁から下流側 1.5m</p>	 <p>Aランク</p> <p>直管(モルタルライニング) 空気弁から下流側 2m</p>
上流側	 <p>異常なし</p>	-	

### 3.2 J市

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 管路条件

管路条件
①管径:600mm
②管路長:370m
③管種:ダクトイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管):モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管):エポキシ樹脂粉体塗装
⑥調査実施箇所:空気弁No.1
⑦供用開始:2003年
⑧調査実施:2017年

#### (2) 調査結果と考察

調査結果を表 3.2-2 に示す。

- ①デジタルカメラを用いた調査では、空気弁の下流側は異形管（エポキシ樹脂粉体塗装）のみの調査となり、腐食しておらず健全であった。上流側は、空気弁から数 m 奥側で直管の管側部にモルタルライニングの腐食が確認できた（B ランク）。
- ②本調査機器を用いた調査では、空気弁の 3m 以上下流側で、直管に激しい鉄部腐食が確認された（A ランク）。上流側では、空気弁から 3m 奥側で直管の管側部にモルタルライニングの腐食が確認され、デジタルカメラ調査と同じ結果であった。
- ③空気弁の下流側で、2 つの調査方法で結果が異なった理由は、本管路では空気弁の下流側 1m～3m に曲管が 2 個設置されており、デジタルカメラではそれ以降の直管を調査できなかったためである。

表 3.2-2 調査結果

	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 異常なし	 異常なし 曲管(エポキシ樹脂粉体塗装) 空気弁から下流側 2m	 A ランク 直管(モルタルライニング) 空気弁から下流側 3.5m
上流側	 モルタルライニング腐食 B ランク	 異常なし 短管(エポキシ樹脂粉体塗装) 空気弁から上流側 1m	 モルタルライニング腐食 B ランク 直管(モルタルライニング) 空気弁から上流側 3m

### 3.3 K市

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 管路条件


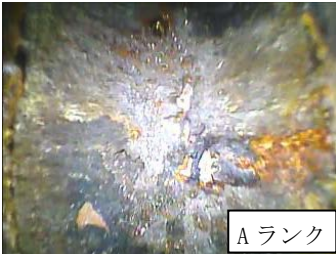


管路条件
①管径：350mm
②管路長：4,730m (管路縦断頂上部から下流側吐出し先までの距離)
③管種：ダクタイル鋳鉄管
④管内面防食方法(直管)：モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管)：タールエポキシ樹脂塗装
⑥調査実施箇所：空気弁No.3
⑦供用開始：1994年
⑧調査実施：2017年

#### (2) 調査結果

調査結果を表 3.3-2 に示す。

- ①デジタルカメラを用いた調査では、空気弁の下流側、上流側とも直管（モルタルライニング）に激しい鉄部腐食が確認できた（Aランク）。
- ②本調査機器を用いた調査でも、調査を行った下流側 32m の全区間で直管に激しい鉄部腐食が確認された（Aランク）。

表 3.3-2 調査結果

	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 Aランク	 Aランク 直管(モルタルライニング) 空気弁から下流側 1m	 Aランク 直管(モルタルライニング) 空気弁から下流側 5m
上流側	 Aランク	-	



### 3.4 L市（管路1）

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1 管路条件

管路条件
①管径:800mm ②管路長:2,110m ③管種:ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管):モルタルライニング ⑤管内面防食方法(異形管):タールエポキシ樹脂塗装 ⑥調査実施箇所:空気弁No.1, 空気弁No.2 ⑦供用開始:1973年 ⑧調査実施:2017年

#### (2) 調査結果

空気弁 No. 1 及び空気弁 No. 2 の調査結果を表 3.4-2, 表 3.4-3 に示す。

##### <空気弁 No. 1>

- ①デジタルカメラを用いた調査では、下流側、上流側とも直管のモルタルライニングが管側部で若干変色していた。また、異形管（タールエポキシ樹脂塗装）には鉄部腐食が確認できた（Aランク）。
- ②本調査機器を用いた調査では、空気弁から下流側 1m～13m の範囲で直管にモルタルライニングの変色が確認でき、その更に下流側の 14m～28m の範囲では鉄部腐食が確認された。異形管（タールエポキシ樹脂塗装）にも鉄部腐食が確認された（Aランク）。

##### <空気弁 No. 2>

- ①デジタルカメラを用いた調査では、下流側で直管の管側部のモルタルライニングが腐食していた。また、異形管（タールエポキシ樹脂塗装）には鉄部腐食が確認できた（Aランク）。
- ②本調査機器を用いた調査では、調査を行った下流側 30m の全区間でモルタルライニングが腐食していた。また、異形管（タールエポキシ樹脂塗装）には鉄部腐食が確認された（Aランク）。

表 3.4-2 調査結果 (空気弁 No. 1)

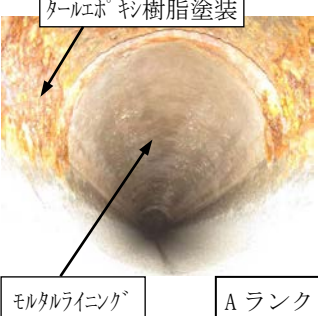
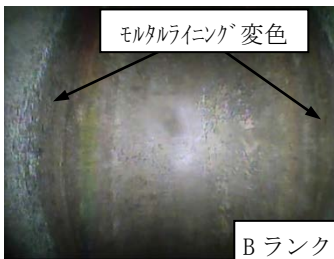

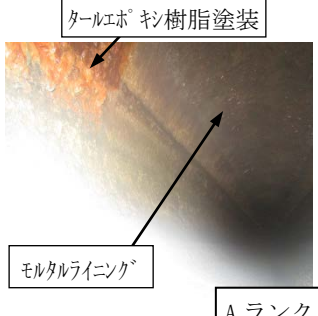


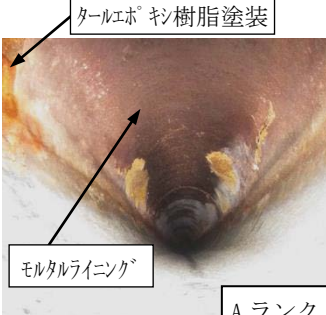

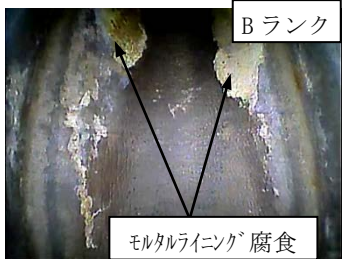

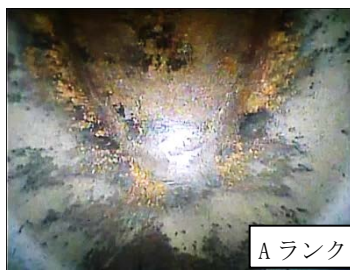
	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 <p>タールエポキシ樹脂塗装</p> <p>モルタルライニング</p> <p>A ランク</p>	 <p>モルタルライニング 変色</p> <p>B ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 3m</p>	 <p>A ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 23m</p>
上流側	 <p>タールエポキシ樹脂塗装</p> <p>モルタルライニング</p> <p>A ランク</p>	 <p>A ランク</p> <p>T字管 (タールエポキシ樹脂塗装) 空気弁直下</p>	 <p>B ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から上流側 4m</p>

表 3.4-3 調査結果 (空気弁 No. 2)

	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 <p>タールエポキシ樹脂塗装</p> <p>モルタルライニング</p> <p>A ランク</p>	 <p>A ランク</p> <p>T字管 (タールエポキシ樹脂塗装) 空気弁直下</p>	 <p>B ランク</p> <p>モルタルライニング 腐食</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 1m</p>
上流側	 <p>タールエポキシ樹脂塗装</p> <p>A ランク</p>	 <p>A ランク</p> <p>曲管 (タールエポキシ樹脂塗装) 空気弁から上流側 2m</p>	

### 3.5 L市（管路2）

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.5-1 に示す。

表 3.5-1 管路条件

管路条件
①管径:450mm ②管路長:1,480m ③管種:ダクタイル鋳鉄管 ④管内面防食方法(直管):モルタルライニング ⑤管内面防食方法(異形管):エポキシ樹脂粉体塗装 ⑥調査実施箇所:空気弁No.3, 空気弁No.4 ⑦供用開始:1991年 ⑧道路陥没発生:2015年 ⑨調査実施:2017年

備考)本管路は、2015年の道路陥没事故発生まで24年間使用され、2015年に復旧工事実施。その後供用を再開したが、2016年に供用を中止。

#### (2) 調査結果及び考察

空気弁 No. 3 及び空気弁 No. 4 の調査結果を表 3.5-2、表 3.5-3 に示す。

##### <空気弁 No. 3>

- ①デジタルカメラを用いた調査では、空気弁の下流側、上流側とも直管（モルタルライニング）に激しい鉄部腐食が確認できた（Aランク）。
- ②本調査機器を用いた調査でも、調査を行った上流側 1m～下流側 31m の全区間で激しい鉄部腐食が確認された（Aランク）。

##### <空気弁 No. 4>

- ①デジタルカメラを用いた調査では、下流側、上流側とも直管にモルタルライニングの腐食は見られず健全であった（異常なし）。
- ②本調査機器を用いた調査では、上流側 1m～下流側 3m の範囲で直管にモルタルライニングの腐食は見られなかった。その下流側の 4m～31m の範囲では、管側部でモルタルライニングの変色が確認された（Bランク）。
- ③本管路では、空気弁から 4m 離れた地点から下流側に向かってモルタルライニングの変色が始まっていたため、デジタルカメラを用いた調査では腐食を確認することができなかった。

表 3.5-2 調査結果 (空気弁 No. 3)


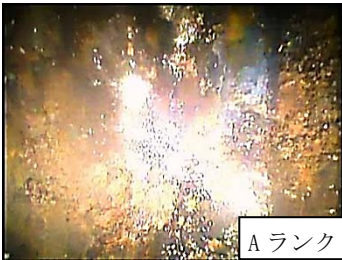

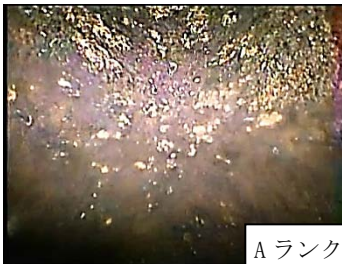
	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 <p>A ランク</p>	 <p>A ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 1m</p>	 <p>A ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 17m</p>
上流側	 <p>A ランク</p>	 <p>A ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から上流側 1m</p>	

表 3.5-3 調査結果 (空気弁 No. 4)

	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査	
下流側	 <p>異常なし</p>	 <p>異常なし</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 1m</p>	 <p>モルタルライニング 変色</p> <p>B ランク</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から下流側 4m</p>
上流側	 <p>異常なし</p>	 <p>異常なし</p> <p>直管 (モルタルライニング) 空気弁から上流側 1m</p>	

### 3.6 M 流域下水道

#### (1) 管路条件

調査を行った管路条件を表 3.6-1 に示す。

表 3.6-1 管路条件

管路条件
①管径:300mm
②管路長:2,690m
③管種:ダクタイル 鋳鉄管
④管内面防食方法(直管):モルタルライニング
⑤管内面防食方法(異形管):タールエポキシ樹脂塗装
⑥調査実施箇所:空気弁No.1
⑦管路布設:1994年
⑧漏水発生:2017年
⑨調査実施:2017年

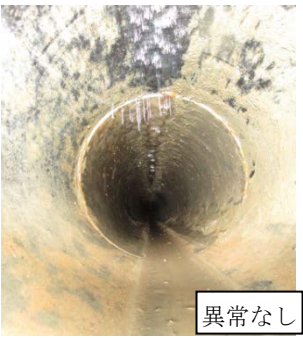
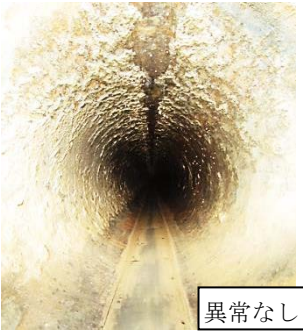
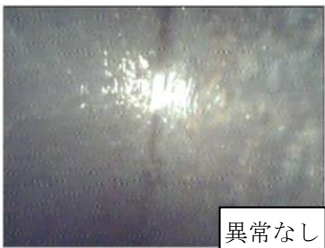
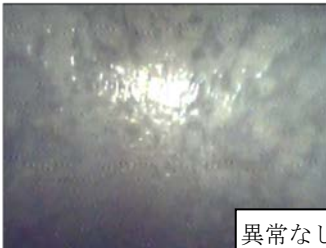
備考) 本管路は2017年に漏水が発生しているが, 調査は腐食危険推定箇所の対象外(非腐食危険推定箇所)で実施。

#### (2) 調査結果

調査結果を表 3.6-2 に示す。

- ①デジタルカメラを用いた調査では, 空気弁の下流側, 上流側とも直管にモルタルライニングの腐食は発生していなかった(異常なし)。
- ②本調査機器を用いた調査でも, 調査を行った上流側 30m の全区間でモルタルライニングの腐食は見られなかった。(異常なし)。

表 3.6-2 調査結果

	デジタルカメラを用いた調査	<比較> 本調査機器を用いた調査
下流側	 <p>異常なし</p>	-
上流側	 <p>異常なし</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>異常なし</p> <p>直管(モルタルライニング) 空気弁から上流側 1m</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>異常なし</p> <p>直管(モルタルライニング) 空気弁から上流側 20m</p> </div> </div>



## 参考資料編Ⅳ エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性評価

### 目 次

1. 目的	IV-2
2. 材料の特性	IV-2
3. 腐食環境下の圧送管路におけるエポキシ樹脂粉体塗装の耐食性確認	IV-3
4. エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性に関する室内試験	IV-5
5. エポキシ樹脂粉体塗装の硫化水素暴露試験	IV-6
6. エポキシ樹脂粉体塗装に関するアンケート調査	IV-7
参考文献	IV-7

## 1. 目的

エポキシ樹脂粉体塗装の硫化水素に起因する硫酸腐食に対する耐食性を確認することを目的に、実管路で調査を行った。また、エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性に関する過去の報告についても併せて示す。

## 2. 材料の特性

### (1) エポキシ樹脂塗装の種類

エポキシ樹脂塗装の種類は、溶剤形液状エポキシ樹脂塗装、無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装及びエポキシ樹脂粉体塗装に分けることができる。それぞれの特徴を表 2-1 に示す。また、塗膜の形成過程を図 2-1 に示す。

表 2-1 各種エポキシ樹脂塗装の比較

種類	溶剤形液状エポキシ樹脂塗装 (常温硬化型の2液性)	無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装 (常温硬化型の2液性)	エポキシ樹脂粉体塗装
硬化反応	2液(主剤と硬化剤)を混合した後塗布し、溶剤の揮発、樹脂成分の硬化反応を経て、塗膜を形成	2液(主剤と硬化剤)を混合した後塗布し、樹脂成分の硬化反応を経て、塗膜を形成	溶剤を含まない粉末状塗料が、熱エネルギーにより溶融・硬化反応を起こし、塗膜を形成
塗膜厚	1回の塗装で厚塗りできない	1回の塗装で十分な塗膜厚を得られる	1回の塗装で十分な塗膜厚を得られる
耐食性	若干劣る	優れている	優れている

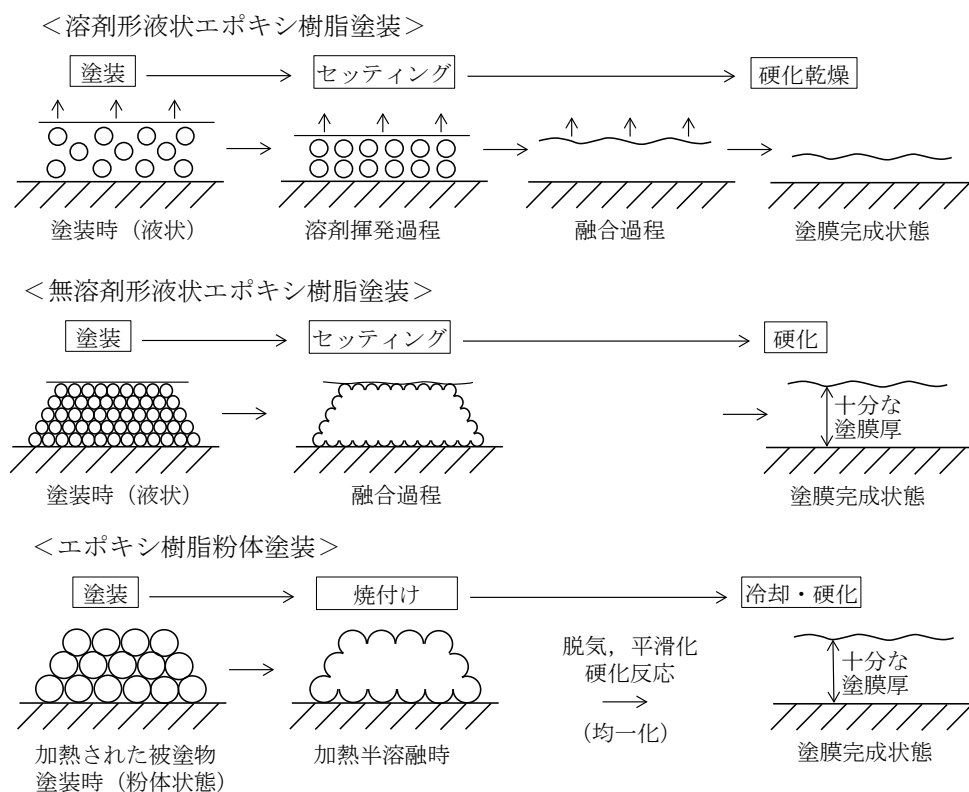


図 2-1 塗膜の形成過程



## (2) ダクタイル鋳鉄管に使用されているエポキシ樹脂塗装

ダクタイル鋳鉄管の管内面防食には、耐食性に優れたエポキシ樹脂粉体塗装を使用している。エポキシ樹脂粉体塗装の特徴を以下に示す。

### ①厚塗りが容易

塗料溶融時（焼付工程時）の溶融粘度が高いため、1回の塗装で十分な塗装厚が得られ有効な保護被膜を形成できる。

### ②熱エネルギーを利用した硬化反応

熱エネルギーを利用して硬化させるため、反応が一律に進み均一な塗膜を形成できる。

## 3. 腐食環境下の圧送管路におけるエポキシ樹脂粉体塗装の耐食性確認

内面モルタルライニングの直管に硫酸腐食が発生している実管路（非満流箇所）で、直管が腐食した範囲内に布設されていた内面エポキシ樹脂粉体塗装の異形管の腐食状況を調査した。6つの管路で調査を行った結果、表3-1に示すようにモルタルライニングは激しく腐食していたが、エポキシ樹脂粉体塗装の異形管には腐食の兆候がなく健全であることが確認された。

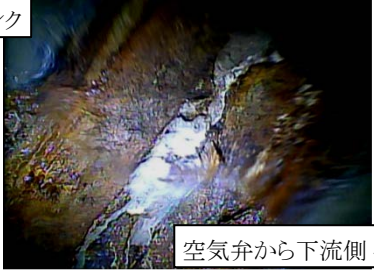
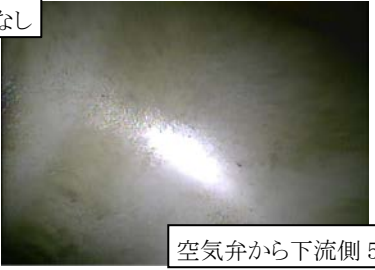
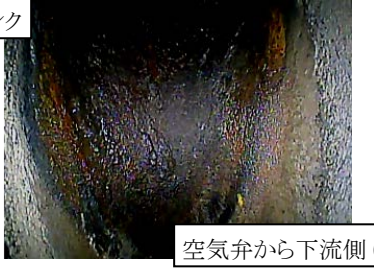

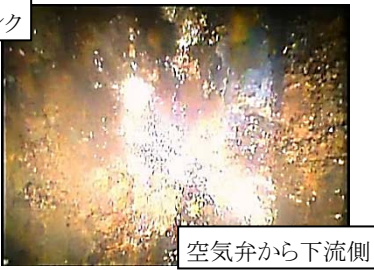
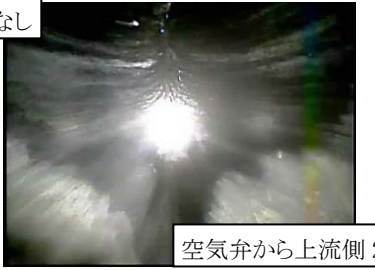


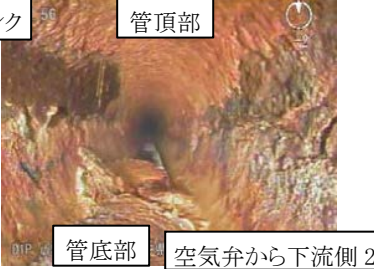


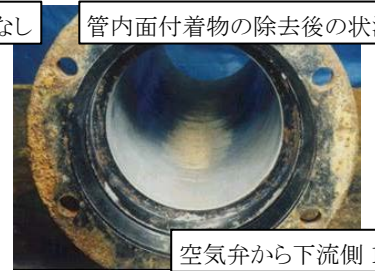
表3-1 実管路でのエポキシ樹脂粉体塗装の耐食性確認

事業体	管径 (mm)	直管		異形管		
		管内面 防食方法	調査結果	管内面 防食方法	調査した 個数	調査結果
I流域下水道	200	モルタル ライニング	管内面が激しく腐食、3事業体では事故発生	エポキシ樹脂 粉体塗装	4	管内面に腐食は 見られず健全
J市	600				5	
L市	450				2	
D市	600				8	
E市	350				1	
下水道事業団 <sup>*1)</sup>	200				1	

\*1) 送泥管での調査結果。

各管路での調査事例を表3-2に示す。

表 3-2 各管路での調査事例

事業体	モルタルライニング（直管）	エポキシ樹脂粉体塗装（異形管）
I流域下水道	Aランク  空気弁から下流側 4m	異常なし  空気弁から下流側 5m
J市	Aランク  空気弁から下流側 6m	異常なし  空気弁から下流側 2m
L市	Aランク  空気弁から下流側 1m	異常なし  空気弁から上流側 2m
D市	Aランク  空気弁から下流側 230m	異常なし  空気弁から下流側 260m
E市	Aランク 管頂部  管底部 空気弁から下流側 20m	異常なし 管頂部  管底部 空気弁から下流側 100m
下水道事業団 （送泥管）	Aランク  空気弁から下流側 20m	異常なし 管内面付着物の除去後の状況  空気弁から下流側 1m

#### 4. エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性に関する室内試験

過去の報告<sup>1)</sup>で、エポキシ樹脂粉体塗装の硫酸腐食に対する耐食性を確認するため、下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル<sup>2)</sup>の塗布型ライニング工法の品質規格 D 種規格と同等またはより厳しい条件で試験が行われている。耐食性試験結果のまとめを表 4-1 に、硫黄侵入深さ試験の EPMA 測定結果を写真 4-1 に、耐酸性試験後の供試体の状況を写真 4-2 にそれぞれ示す。

10%の硫酸水溶液に25箇月間（D種規格の6倍以上の期間）浸漬した後も、エポキシ樹脂粉体塗装の塗膜内に硫黄は全く侵入しておらず、塗膜にふくれ、われ、軟化、溶出等の異常はなく、極めて厳しい強酸下でもエポキシ樹脂粉体塗装は十分な耐酸性と長期耐久性を有していることが確認されている。また、耐アルカリ性、密着性及び透水性についても、D種規格以上の性能を有していることが報告されている。

表 4-1 エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性試験結果

D種規格で規定された内容			試験結果	評価 <sup>*1)</sup>
試験項目	試験方法	必要性能		
硫黄侵入深さ	10%の硫酸水溶液に4箇月(120日)間浸漬し、EPMA(電子線マイクロアナライザー)分析で硫黄の侵入深さを測定	浸漬後の硫黄侵入深さが、設計厚さに対して5%以下であること、かつ、100 $\mu$ m以下であること (本件では、塗装厚300 $\mu$ m $\times$ 5%=15 $\mu$ m以下)	試験方法に規定された4箇月間を越える25箇月間浸漬した後も、塗膜内への硫黄の侵入なし	◎
耐酸性	10%の硫酸水溶液に2箇月(60日)間浸漬し、状況を確認	浸漬後に塗膜にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	試験方法に規定された2箇月間を越える25箇月間浸漬した後も、塗膜にふくれ、われ、軟化、溶出なし	◎
耐アルカリ性	水酸化カルシウム飽和水溶液に2箇月(60日)間浸漬し、状況を確認	浸漬後に塗膜にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	2箇月間浸漬した後も、塗膜にふくれ、われ、軟化、溶出なし	◎
接着性	JIS K 5600-5-7 に準拠	接着力が 1.5MPa以上	接着力 10MPa以上	◎
透水性	JIS A 1404:2015 7.6に準拠	透水量が0.15g以下	透水量 0.05g	◎

\*1) ◎: D種規格と同等以上の性能を有する。

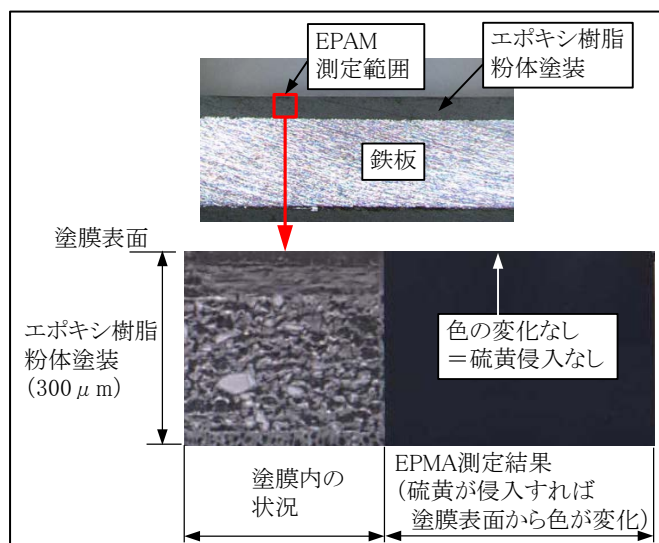


写真 4-1 EPMA 測定結果



写真 4-2 耐酸性試験後の供試体の状況

## 5. エポキシ樹脂粉体塗装の硫化水素暴露試験

過去の報告<sup>1)</sup>で、最大 1,000ppm 以上（平均で 50ppm 以上：腐食環境 I 類に相当）の硫化水素が発生している圧送管路の吐出し先マンホール内に、エポキシ樹脂粉体塗装を施した供試体（50mm×150mm×厚さ 1.7mm の鉄板にエポキシ樹脂粉体塗料を焼付けて塗装）を暴露し、腐食状況を確認している。また比較のために、モルタル供試体（40mm×40mm×160mm）も併せて設置している。試験方法を図 5-1 に、試験結果を表 5-1 に、試験後の供試体の状況を写真 5-1 にそれぞれ示す。

暴露試験を行ったマンホール内は、モルタル供試体が 11 箇月で原形がなくなるほど厳しい腐食環境であった（写真 5-2 参照）。こうした環境下でも、エポキシ樹脂粉体塗装には 28 箇月後でもふくれ、われ、軟化、溶出は全く見られず、塗膜内への硫黄の侵入も全く進行していないことが確認されている。

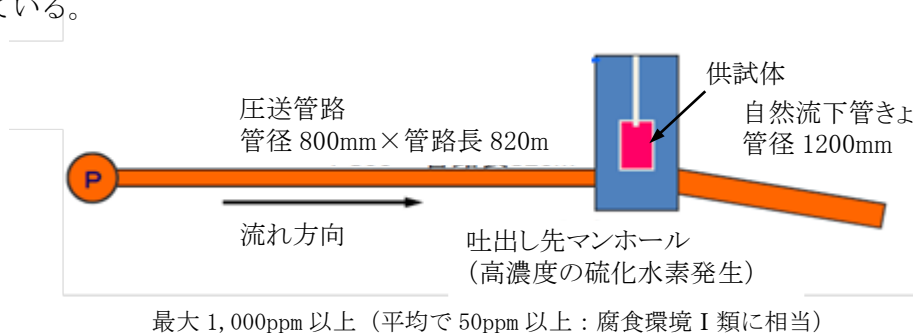


図 5-1 硫化水素暴露試験方法

表 5-1 硫化水素曝露試験結果

試験項目	エポキシ樹脂粉体塗装	(参考)ポルトランドセメント
暴露期間	28箇月間	11箇月間
暴露試験実施後の試験体の状況	塗膜にふくれ、われ、軟化、溶出は全く認められなかった(写真5-1参照)。	モルタルが軟化し、原形を留めていなかった(写真5-2参照)。
硫黄侵入深さ	暴露試験後、EPMA分析で硫黄の侵入深さを測定した。その結果、塗膜内への硫黄の侵入は認められなかった。	-

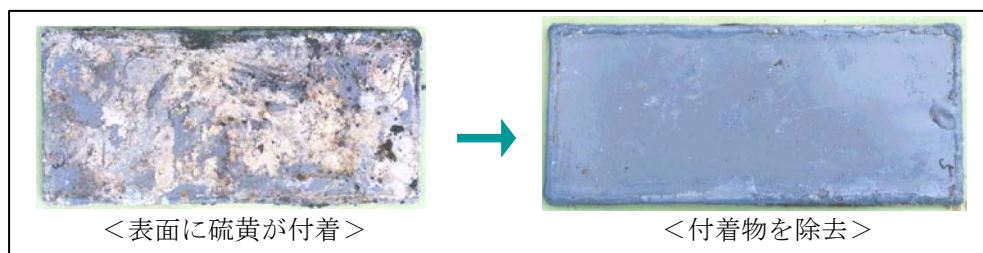


写真 5-1 硫化水素暴露試験後の状況（エポキシ樹脂粉体塗装：暴露 28 箇月後）

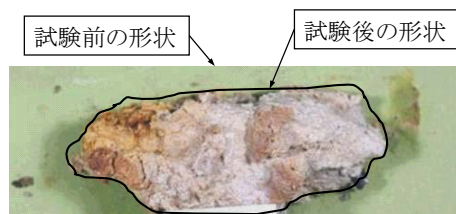


写真 5-2 硫化水素暴露試験後の状況（モルタルライニング：暴露 11 箇月後）

## 6. エポキシ樹脂粉体塗装に関するアンケート調査

1986年（採用から29年経過）～1992年（採用から23年経過）の期間に内面エポキシ樹脂粉体塗装のダクタイル鋳鉄管（直管，異形管とも）が採用されている事業体を対象に，一般社団法人日本ダクタイル鉄管協会が行ったアンケート調査結果を表6-1に示す。17事業体から回答があり合計で41km以上布設されていたが，採用から23年以上経過しても硫化水素に起因する硫酸腐食等の問題は全く発生していないことが報告されている。

表6-1 ダクタイル鋳鉄管（エポキシ樹脂粉体塗装）に関するアンケート調査結果

（2015年に調査実施）

事業体	都道府県	納入実績(単位:m) <sup>*1)</sup>								輸送方式 圧送/自然流下	管径 (単位:mm)	流体 汚水/汚泥/雨水/他	硫酸腐食 等の問題
		1986 年度	1987 年度	1988 年度	1989 年度	1990 年度	1991 年度	1992 年度	計				
1	北海道	-	-	6,402	2,686	924	3,065	1,250	14,327	圧送	無回答	無回答	なし
2	宮城県	-	-	-	-	288	1,491	3,288	5,067	圧送	600	汚水	なし
3	秋田県	-	-	-	-	416	1,698	288	2,401	圧送	200～600	汚水	なし
4	秋田県	-	-	-	-	-	-	1,230	1,230	圧送	不明	汚水	なし
5	秋田県	-	-	-	-	-	-	600	600	圧送	不明	汚水	なし
6	石川県	-	-	-	-	29	-	238	267	圧送	不明	汚水	なし
7	石川県	-	-	1,194	-	-	-	-	1,194	圧送	350	汚水	なし
8	山梨県	-	426	-	-	-	-	-	426	圧送	200～350	汚水、雨水	なし
9	長野県	-	-	-	-	-	-	1,510	1,510	圧送	75～150	汚水	なし
10	長野県	-	-	-	-	720	-	-	720	自然流下	800・1500	汚水	なし
11	大阪府	-	2,445	438	330	-	25	-	3,238	圧送	無回答	不明(施設内)	なし
12	愛媛県	-	-	-	-	-	-	1,954	1,954	圧送	無回答	汚水	なし
13	福岡県	452	-	-	-	-	-	3,095	3,547	圧送	不明	汚水	なし
14	福岡県	-	-	-	-	-	-	2,568	2,568	圧送	250・300	他(産廃水)	なし
15	佐賀県	-	-	-	-	187	30	-	217	圧送	無回答	汚水	なし
16	宮崎県	-	-	-	-	-	675	665	1,340	圧送	200程度	汚水	なし
17	鹿児島県	-	-	-	-	-	600	-	600	圧送	150	汚水	なし
合計		452	2,871	8,034	3,016	2,564	7,583	16,686	41,206	-	-	-	なし

\*1) 一般社団法人 日本ダクタイル鉄管協会の会員会社の納入実績を示す。

### [参考文献]

- 1) 越智孝敏，他1名：ダクタイル鋳鉄管のエポキシ樹脂粉体塗装の耐食性評価，第41回下水道研究発表会講演集 p.85-85，（2004年）
- 2) 地方共同法人日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル，（2012年4月）



## 参考資料編V 劣化度ランク分けの根拠

### 目 次

1. 硫酸腐食したコンクリート（モルタル）の硫酸濃度	V-2
2. ダクタイル鋳鉄の腐食速度	V-4
3. 劣化度のランク分けと対応例	V-7
参考文献	V-7

## 1. 硫酸腐食したコンクリート（モルタル）の硫酸濃度

### (1) 文献報告

本編 2.1.2 圧送管路の硫酸腐食のメカニズムに示すように、圧送管路では下水が嫌気的な状態になりやすく、特にポンプの間欠運転時には管内での滞留時間が長くなり、嫌気化が進行する。下水が嫌気状態になると、硫酸イオンが嫌気性細菌である硫酸塩還元細菌によって還元され硫化物が生成する。圧送管路内で生成した硫化物は、多くの場合は圧送管路吐出し先のマンホールや着水槽等で空気中に硫化水素として放散され、好気性細菌である硫黄酸化細菌によって硫化水素から硫酸が生成され、マンホールや圧送管路以降の自然流下管きよのコンクリート施設の腐食を引き起こす。しかしながら圧送管路内に気相部が存在し、新鮮な空気の入りがある、耐食性に乏しい管材が使用されているといった条件が重なると、気相部周辺で硫化水素が放散し、その酸化で生成された硫酸により圧送管本体が腐食・破損して最終的に漏水や道路陥没に至ることがある。

硫酸腐食が発生するような環境下では、生成された硫酸が徐々に濃縮されていき、コンクリート（モルタル）表面の pH が下がっていく。激しく腐食したコンクリート表面の pH は 1~3（正常なコンクリートの pH は 12 前後）と強酸を示し、コンクリート構造物をほぼ粉末状（おからや糠味噌のような状態）にしてしまうことが報告されている<sup>1)</sup>。また別の文献<sup>2)</sup>では、下水管きよ内の腐食は管頂部や気液境界線で激しく起こり、管内面の硫酸濃度は 5% に達することがあると報告している。

### (2) 現地調査の報告事例

過去の報告<sup>3)</sup>で、最大 1,000ppm 以上（平均で 50ppm 以上：腐食環境 I 類に相当）の硫化水素が発生している圧送管路の吐出し先マンホール内に、モルタル供試体（40mm×40mm×160mm）を暴露し、腐食状況を確認している（図 1-1 参照）。

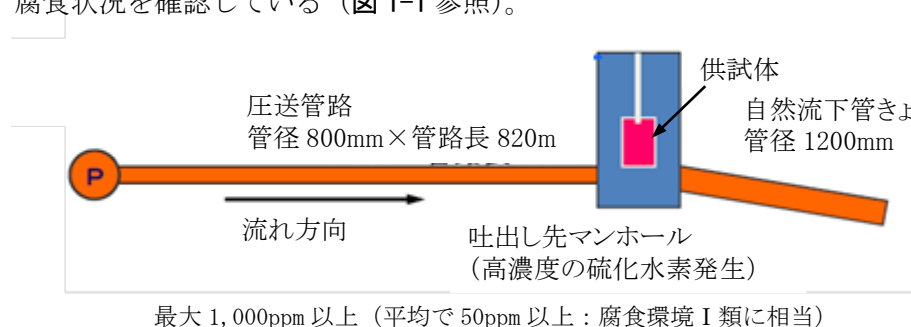


図 1-1 硫化水素暴露試験方法

試験開始から 11 箇月後の供試体の状況を写真 1-1 に示す。モルタル供試体は原形を留めない状態まで腐食し、表面は非常に柔らかくなっていた。



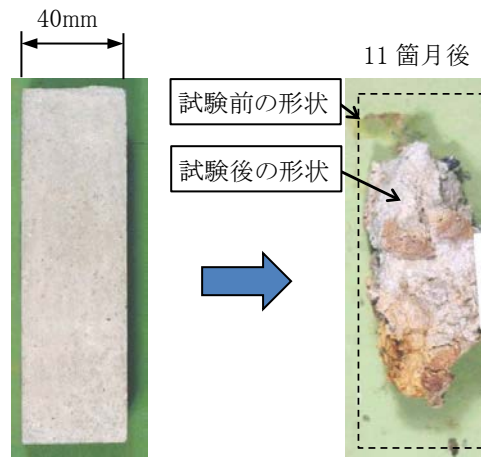


写真 1-1 モルタル供試体の腐食状況

モルタル供試体表面の pH 測定結果を図 1-2 に示す。試験開始から 4 箇月後には供試体は pH1.2 まで下がり、11 箇月後には pH0.45 (硫酸濃度で約 1%) と強酸状態になっていた。

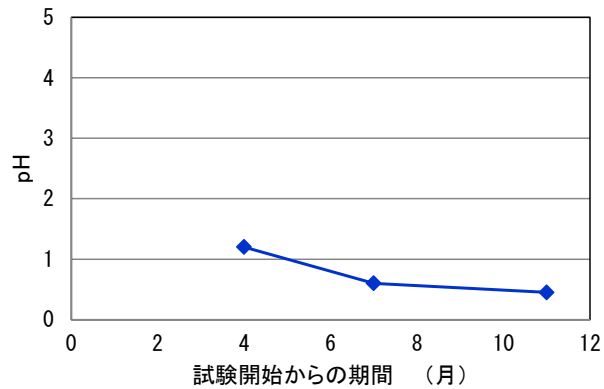


図 1-2 モルタル供試体の pH 測定結果

また、吐出し先マンホール内のコンクリート部で、腐食が進んでいる箇所を対象に pH を測定すると 0.42 であり、モルタル供試体と同様に強酸状態になっていた (写真 1-2 参照)。



写真 1-2 マンホール内での pH 測定事例

## 2. ダクタイル鋳鉄の腐食速度

1. 硫酸腐食したコンクリート（モルタル）の硫酸濃度で示したように、硫酸腐食が発生する環境下では最大で濃度 5%の硫酸が生成されることもあると報告されている。また、実際の圧送管路吐出し先マンホールで行った調査で、モルタル供試体及びコンクリート構造物ともに表面の pH は 0.5 未満（硫酸濃度で約 1%に相当）と強酸状態になっていることが確認されている。

圧送管路でも、ダクタイル鋳鉄管のモルタルライニングが腐食し、その後鉄部が露出するような状態になると、鉄部の表面も同様に強酸状態になると考えられる。そこで、強酸状態でのダクタイル鋳鉄の腐食速度を評価するため、以下の硫酸水溶液浸漬試験を行った。

### (1) 供試体

管径 400mm のダクタイル鋳鉄管（管内面防食なし）から、50mm×50mm の供試体を切り出した。その後、供試体の側面側及び外面側を液状エポキシ樹脂塗装で防食した（写真 2-1 参照）。これにより、内面側の鉄地部（40mm×40mm）からのみ腐食が進むようにした。

また、供試体の外面側（塗装した面）に 2 箇所印を付け、以下の管厚測定はこの点で行った。

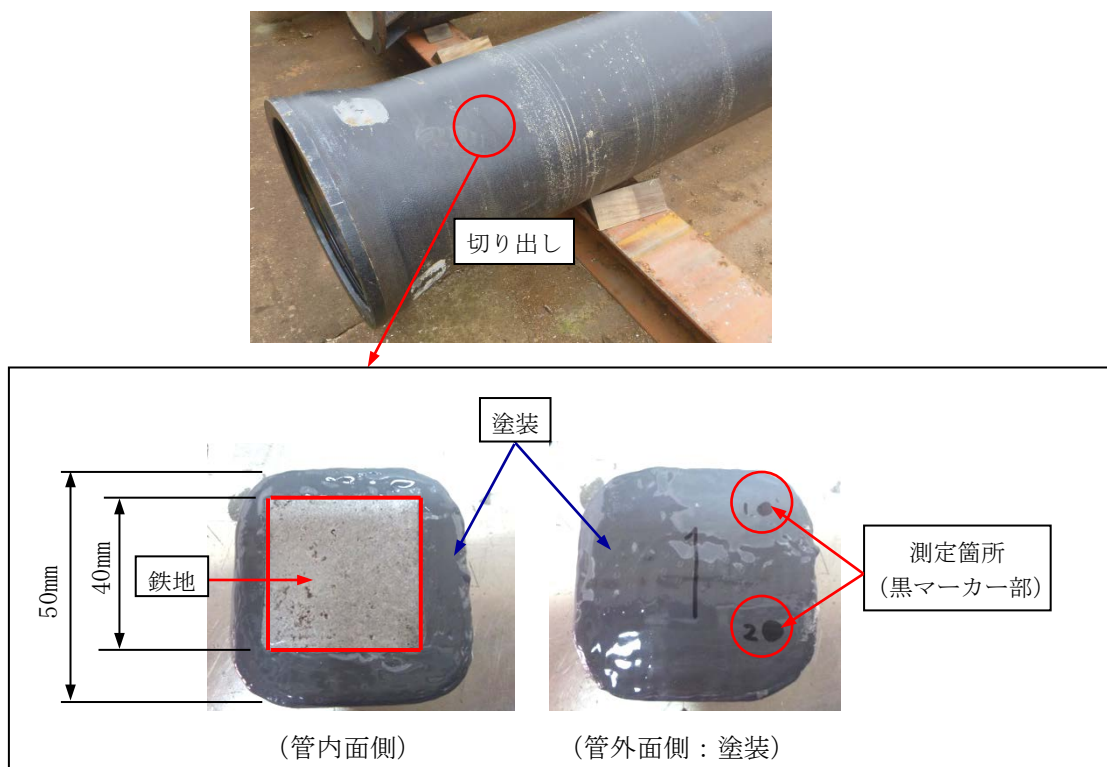


写真 2-1 供試体

## (2) 試験方法

### ①初期管厚の測定

作成した供試体の管厚を測定した。写真 2-1 の測定箇所 2 箇所についてそれぞれ 5 回ずつ測定し、その平均値を初期管厚とした。管厚測定には、マイクロメータを用いた（写真 2-2 参照）。



写真 2-2 管厚測定の様子

### ②硫酸水溶液に浸漬

硫酸水溶液に供試体を浸漬した。硫酸濃度は前述の文献報告<sup>1)</sup> <sup>2)</sup>及び現地調査<sup>3)</sup>を参考に 1%と 5%の 2 条件とした。浸漬試験の様子を写真 2-3 に示す。なお、硫酸水溶液は 2 回/週のペースで新しいものに取り換えた。



写真 2-3 硫酸水溶液浸漬の様子

### ③浸漬後の管厚測定

試験開始から 30 日後、60 日後、90 日後及び 120 日後に供試体を取り出して乾燥させた後、管厚を測定した。取り出す供試体の数は各条件 3 個とし、管厚は①と同じ方法で初期管厚と同じ箇所を測定した。

### ④管厚減少量の算定

初期管厚と浸漬後の管厚から、硫酸水溶液浸漬による管厚減少量を計算した。

## (3) 試験条件

試験条件を表 2-1 に示す。

表 2-1 試験条件

浸漬した硫酸水溶液濃度	浸漬期間	供試体数
1%及び5%	30日, 60日, 90日, 120日	各条件3個

#### (4) 試験結果

硫酸水溶液浸漬によるダクタイル鋳鉄の管厚減少量を図 2-1 に、浸漬試験後の供試体の状況を表 2-2 に示す。

- ①硫酸濃度 5%の水溶液に浸漬した場合、試験開始から 90 日以内にダクタイル鋳鉄は全て溶けて、管厚ゼロになった。
- ②硫酸濃度 1%の水溶液に浸漬した場合は徐々に管厚が薄くなり、120 日間で管厚は平均 5.4mm 減少していた。これを 1 年間に換算すると 16.4mm/年となり、非常に高速度で腐食が進行することが確認された。

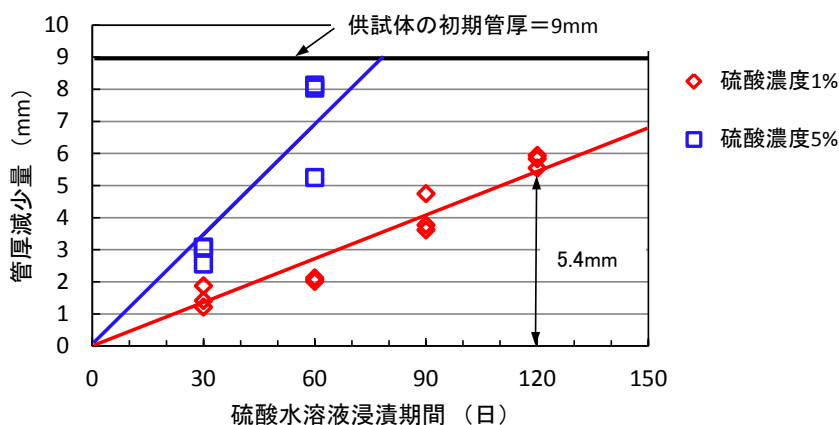


図 2-1 硫酸水溶液浸漬による管厚減少量

表 2-2 浸漬試験後の供試体の状況

	浸漬期間			
	30日	60日	90日	120日
硫酸水溶液濃度 1%				
硫酸水溶液濃度 5%				—

#### (5) 評価

硫酸腐食が発生する環境下では最大で濃度 5%の硫酸が生成されることもあると報告されている。それに対し、硫酸濃度 1%の条件でもダクタイル鋳鉄は 16.4mm/年のペースで腐食が進行することを、硫酸水溶液浸漬試験で確認した。これより、硫酸腐食によりモルタルライニングがなくなり鉄部が露出すると、その後急速に鉄部腐食が進行し、極短期間で部分的に管厚がゼロになる可能性があるかと推測できる。

### 3. 劣化度のランク分けと対応例

圧送管路の管内面の劣化度は、以下の3つにランク分けすればよいと考える。

#### (1)A ランク（重度）：鉄部腐食あり

2. ダクタイル鋳鉄の腐食速度で示したように、硫酸腐食が起こる環境下では鉄部腐食が急激に進行する。硫酸腐食でモルタルライニングがなくなり鉄部腐食が始まると、極短期間で鉄部管厚がほぼゼロになり、管に穴が開く可能性がある。

そこで、鉄部腐食が確認された場合は、速やかに修繕・改築計画を策定し、早急に修繕または改築を実施する。

#### (2)B ランク（中度）：モルタルライニングが部分的に変色、腐食発生

1. 硫酸腐食したコンクリート（モルタル）の硫酸濃度で示したように、硫酸腐食が起こる環境下ではコンクリート（モルタル）の腐食も急激に進行する。一方、ある程度の期間（概ね10年以上）使用した後に管内面を調査し、モルタルライニングの腐食は始まっているが鉄部腐食は発生していない場合は、仮に今すぐ鉄部腐食が始まっても、直ちに事故（漏水や道路陥没）が起こる状態ではないと考えられる。

そこで、モルタルライニングの変色、腐食が検出された場合は、速やかに修繕・改築計画を策定し、5年以内に修繕または改築を実施する。

#### (3)異常なし：モルタルライニング表面が全面均一

モルタルライニング表面に変色、腐食が見られず全面均一の場合は、異常なしと判断できる。ただし、調査箇所は空気弁から下水が排出されていない非満流箇所であり、「腐食の恐れの大い箇所」に相当する。例えば送水量が変わる等、運用条件が少し変更されると、管内面の腐食が始まる可能性もあるため、5年に1回以上の適切な頻度で点検（腐食環境下）を行う必要があると判断する。

### [参考文献]

- 1) ライフサポート研究会：腐食対策講座第2回：微生物腐食の4段階メカニズム，月刊下水道，Vol.22 No.13 p.61-64，（1999年10月）
- 2) EPA Design Manual：Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage System and Treatment Plants, EPA/625/1-85/018,（1985年10月）（日本語訳 下水道事業団業務普及協会：EPA 設計マニュアル 下水道施設の臭気と腐食対策，（1988年））
- 3) 越智孝敏，他1名：ダクタイル鋳鉄管のエポキシ樹脂粉体塗装の耐食性評価，第41回下水道研究発表会講演集 p.85-85，（2004年）



## 参考資料編VI 調査コスト試算事例

### 目 次

1. 対象管路概要	VI-2
2. 調査コスト試算の範囲	VI-2
3. 調査コスト試算結果	VI-3

本編第3章第2節 技術の導入効果で、本技術を導入した場合のコスト面での効果を検証するため、本技術と既存調査技術とのコスト比較を行った。ここでは、実証研究で硫酸腐食の調査を行った管路（6管路）を対象として、本技術を用いた場合のコストの試算事例を参考として示す。

## 1. 対象管路概要

コスト試算を行った管路条件を表 1-1 に示す。

表 1-1 管路条件

事業体	管径 (mm)	管路長 (m)	管内面防食 方法(直管)	供用 開始年	調査範囲(m)		作業 時間帯
					空気弁上流側	空気弁下流側	
I流域 下水道	200 (2条)	886	モルタル ライニング	1996	-	32	昼間
J市	600	370		2003	4	10	昼間
K市	350	4,730		1994	-	32	昼間
L市 <sup>*1)</sup>	800	2,110		1973	16 (空気弁1) 2 (空気弁2)	28 (空気弁1) 30 (空気弁2)	夜間
	450	1,480		1991	2 (空気弁3) 2 (空気弁4)	31 (空気弁3) 31 (空気弁4)	昼間
M流域 下水道	300	2,690		1994	1994	30	-

\*1) 1管路につき2箇所の空気弁から視覚調査を実施。

## 2. 調査コスト試算の範囲

調査コストの試算範囲は、図 2-1 で示す机上スクリーニング、事前準備及び硫酸腐食の調査の作業費とする。また、試算する各作業費については、共通仮設費や現場管理費等の間接作業費や一般管理費を含めた作業価格とした（図 2-2 参照）。

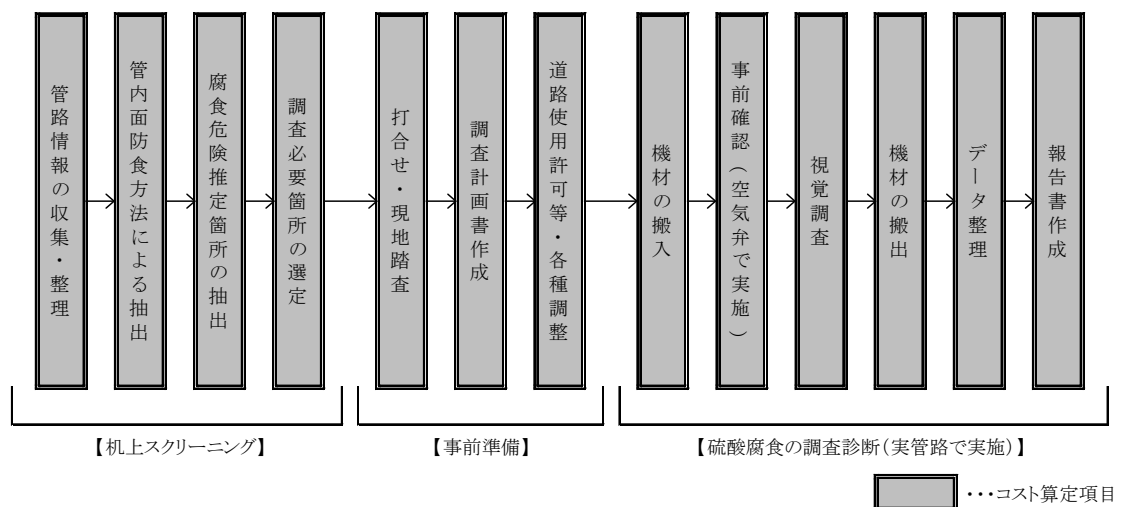


図 2-1 調査コストの試算範囲



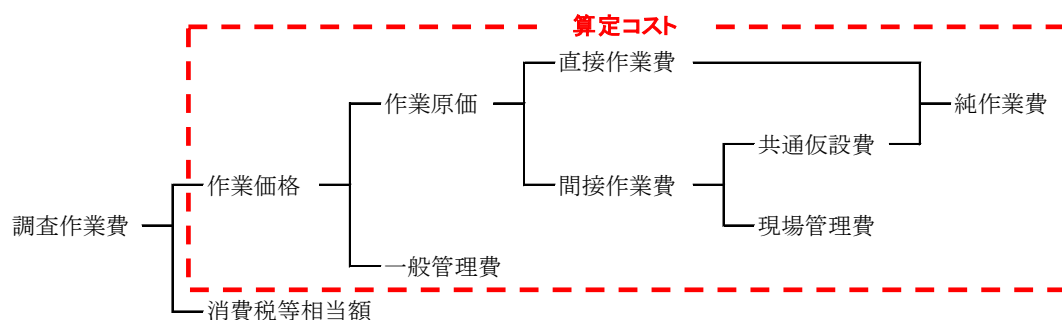


図 2-2 作業費の試算範囲

### 3. 調査コスト試算結果

対象とした 6 管路の試算条件及び試算結果の概要を以下に示す。

#### (1) 試算条件

- ①机上スクリーニングを 1～2 日間で実施し，調査箇所を決定。
- ②事前準備として打合せ及び現地踏査を 1 日間で実施。
- ③硫酸腐食の調査は，事前確認と視覚調査をそれぞれ 1 日間ずつ，計 2 日間で実施。
- ④調査に係る旅費交通費も計上。

#### (2) 試算結果

【机上スクリーニング】：10 万円～23 万円

【事前準備】 + 【硫酸腐食の調査】：173 万円～276 万円

なお，ここで示すコストはあくまで試算事例であり，実際にかかるコストについては，対象管路の図面整備状況や図面枚数，視覚調査を実施する場所の所在地や現地状況によって変化することに留意が必要である。



## 参考資料編Ⅶ 圧送管路の点検

### 目 次

1. 圧送管路の点検方法	Ⅶ-2
2. 点検方法 1	Ⅶ-2
3. 点検方法 2	Ⅶ-3
4. 点検方法 3	Ⅶ-3
参考文献	Ⅶ-4

## 1. 圧送管路の点検方法

机上スクリーニング及び硫酸腐食の調査の結果をもとに、今後の点検方法を検討する。点検方法は、管内面防食方法及び環境区分により表 1-1 の 3 つに分類できる。なお、ここでの環境区分の腐食環境下とは、本編 2.2.3 硫酸腐食の調査に示す事前確認で空気弁から下水が排出されない非満流箇所、及び吐出し先マンホール接続部であり、一般環境下とはそれ以外の箇所を意味している。

表 1-1 点検方法の分類と点検頻度の設定例

点検方法	管内面防食方法	環境区分	点検内容	点検頻度
点検方法1	エポキシ樹脂粉体塗装	一般環境下 腐食環境下	空気弁の腐食状況の確認 〔①空気弁本体の腐食状況確認〕 〔②補修弁の開閉の確認〕	7～8年に1回 <sup>*1)</sup>
点検方法2	モルタルライニング	一般環境下	空気弁の腐食状況の確認 〔①空気弁本体の腐食状況確認〕 〔②補修弁の開閉の確認〕 ↓ ①腐食ありの場合 空気弁室内の硫化水素濃度測定 [1週間連続して測定]	7～8年に1回 <sup>*1)</sup>
点検方法3	モルタルライニング	腐食環境下	空気弁の場合 空気弁室内の硫化水素濃度測定 [1週間連続して測定] 吐出し先マンホールの場合 腐食状況の目視点検 [マンホール接続部の管内確認]	5年に1回以上 <sup>*2)</sup>

\*1) 下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン<sup>1)</sup>で示されている、一般環境下での重要管路の点検頻度の設定例に準拠した。

\*2) 下水道法施行令第五条の十二の三に定められる腐食するおそれが大きい排水施設に該当するものとして、5年に1回以上の適切な頻度で点検を行うことにした。

## 2. 点検方法 1

管内面防食方法がエポキシ樹脂粉体塗装の場合、硫酸腐食が起こる環境下でも十分な耐食性を有しており、管内面の腐食が進行する可能性は低い。一方、空気弁が腐食環境下に設置されると、時間の経過とともに劣化が進行し、最終的に空気弁及び補修弁が正常に作動しなくなる可能性がある。

そこで、7～8年に1回の頻度で空気弁の腐食状況を目視で確認し、腐食が進行している場合には空気弁の保守点検（作動状況の確認、分解して清掃等）を行い、必要に応じて取り替えを行う。また、空気弁の取り替え時には補修弁を閉める必要があるため、補修弁の作動状況についても確認を行う。点検項目を以下に示す。

- ①空気弁本体の腐食状況（写真撮影）
- ②補修弁の開閉の確認

### 3. 点検方法 2

管内面防食方法がモルタルライニングで一般環境下に相当する場合は、空気弁を利用して硫酸腐食が起こる環境になっていないことを、7～8年に1回の頻度で点検する。

まず、空気弁の腐食状況を目視で確認する（点検方法1と同じ）。腐食が確認された場合は、空気弁の保守点検を行うとともに、空気弁室内の硫化水素濃度を拡散式硫化水素測定器等で1週間連続して測定する。測定された硫化水素濃度の平均値が10ppm以上の場合は、圧送管路の管内面が腐食している可能性があるとして判断し、本編5章で示した硫酸腐食の調査に進む。

点検方法2の手順を図3-1に示す。

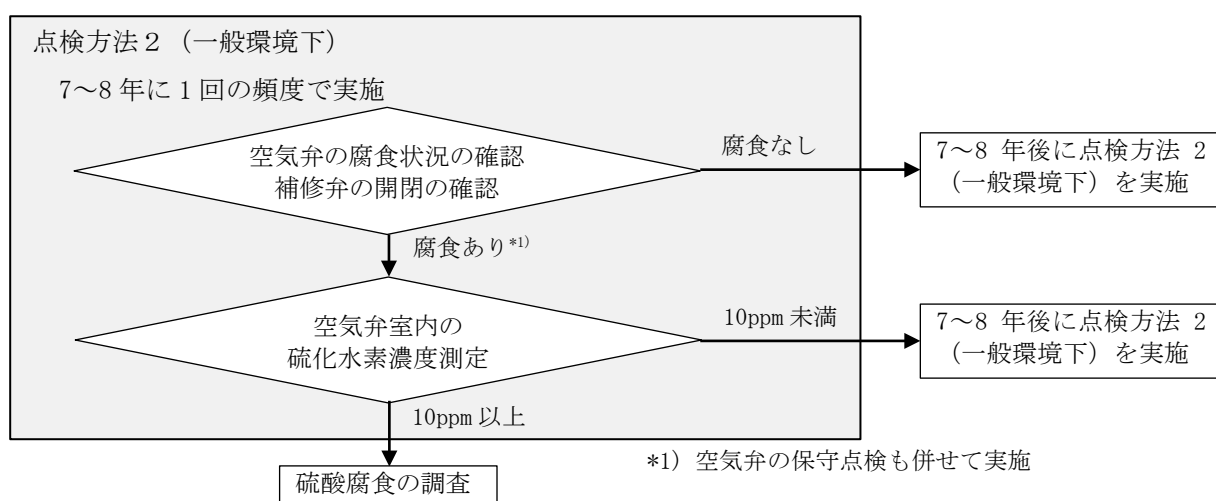


図3-1 点検方法2の手順

### 4. 点検方法 3

管内面防食方法がモルタルライニングで腐食環境下に相当する場合は、実際に硫酸腐食が進行している可能性があり、下水道法施行令第五条の十二の三に定められる腐食するおそれ大きい排水施設に該当するものとして、5年に1回以上の適切な頻度で点検を行う。

該当する全ての空気弁を対象に、空気弁室内の硫化水素濃度を1週間連続して測定し、平均硫化水素濃度が10ppm以上の場合は、本編5章で示した硫酸腐食の調査に進む（点検方法2と同じ）。

点検方法3（空気弁の場合）の手順を図4-1に示す。

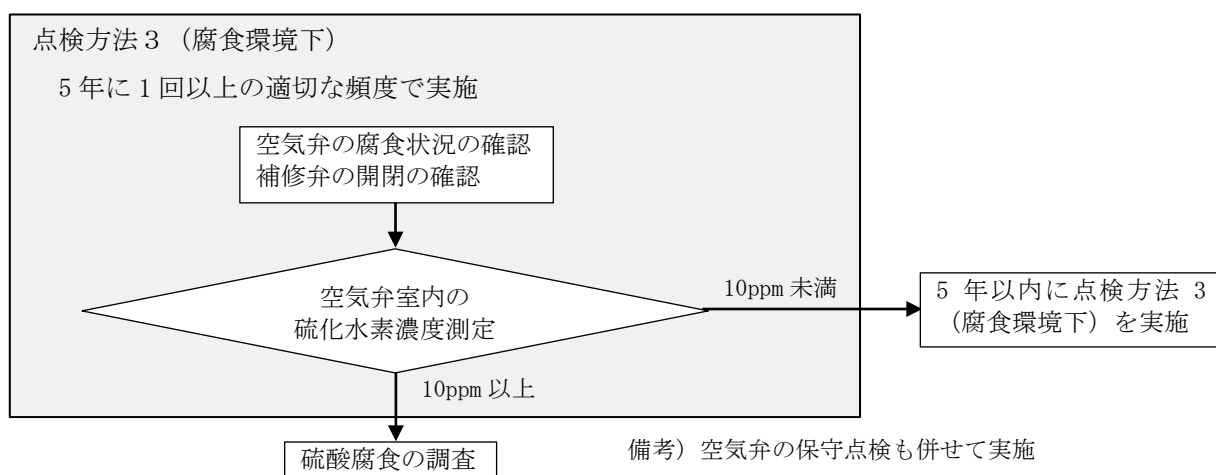


図 4-1 点検方法 3 の手順 (空気弁の場合)

また、吐出し先マンホールについては、マンホールに接続している圧送管路の管内面をマンホール内から目視で確認し、腐食発生の有無を点検する。腐食が発生している場合は、本編 5 章で示した硫酸腐食の調査に進む。

点検方法 3 (吐出し先マンホールの場合) の手順を図 4-2 に示す。

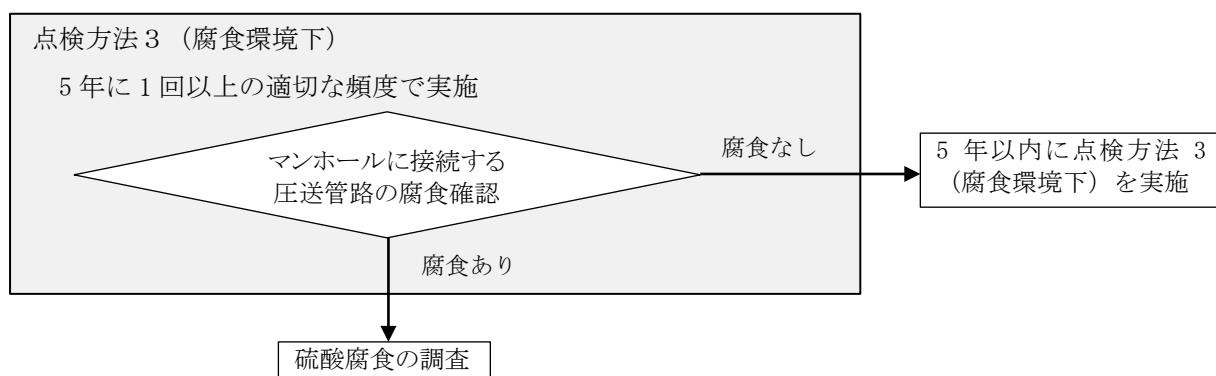


図 4-2 点検方法 3 の手順 (吐出し先マンホールの場合)

#### [参考文献]

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン -2015年版-，(2015年11月)

## 参考資料編Ⅷ 圧送管路におけるストックマネジメントの実施手法

### 目 次

1. 圧送管路のストックマネジメント	Ⅷ-2
2. 圧送管路維持管理におけるストックマネジメントの実施フロー	Ⅷ-2
参考文献	Ⅷ-4
別紙① 国土交通省事務連絡 平成 29 年 1 月 17 日付け	Ⅷ-6
別紙② 国土交通省事務連絡 平成 29 年 4 月 3 日付け	Ⅷ-7

## 1. 圧送管路のストックマネジメント

圧送管路の維持管理においては、ストックマネジメントの導入により、リスク評価等による優先順位付けを行った上で、管路の点検・調査、修繕・改築を実施し、将来にわたって適切に管理していくことが望ましい。

「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-」<sup>1)</sup>では、下水道事業におけるストックマネジメントを、下記の通り定義している。

「下水道事業におけるストックマネジメントは、目標とする明確なサービス基準を定め、下水道施設全体を対象に、その状態を点検・調査等によって客観的に把握、評価し、長期的な施設の状態を予測しながら、点検・調査、修繕・改築を一体的に捉えて下水道施設を計画的かつ効率的に管理するものである。」(下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版 第1編 第1章 第1節 1.1.1 ストックマネジメントの定義より抜粋)

圧送管路の維持管理においても、積極的にストックマネジメントの導入を図り、リスク評価等による優先順位付けを行った上で、管路の点検・調査、修繕・改築を実施するとともに、情報を蓄積し計画設計へフィードバックするなど、PDCAサイクルを確実に回し、将来にわたって適切に管理していくことが重要である。

## 2. 圧送管路維持管理におけるストックマネジメントの実施フロー

本技術を活用した圧送管路維持管理におけるストックマネジメントの実施フローを図 2-1 に示す。

### ①施設情報の収集・整理（現状の把握）

本編 4.2.1 管路情報の収集・整理に示す情報を収集・整理する。

### ②リスク評価

点検・調査及び修繕・改築の優先順位等を設定するために、本編第4章腐食危険推定箇所抽出に示す机上スクリーニングを行い、硫酸腐食の発生が危惧される箇所を抽出する。

### ③施設管理の目標設定

各施設の点検・調査及び修繕・改築に関する事業の目標（アウトカム）及び事業量の目標（アウトプット）を設定する。

### ④長期的な改築事業のシナリオ設定

リスク評価等に基づく管理方法や、施設全体の概ねの改築周期や健全度・緊急度を基にした改築条件等を踏まえ、今後の事業費を考慮したシナリオを設定する。圧送管路は一たび事故が発生すると多量の汚水の溢水や大規模な道路陥没等の重大な事故につながる可能性があるため、地震・津波対策や浸水対策等の機能向上も勘案して、長期的な改築事業のシナリオを設定し、最適なシナリオを選定する。



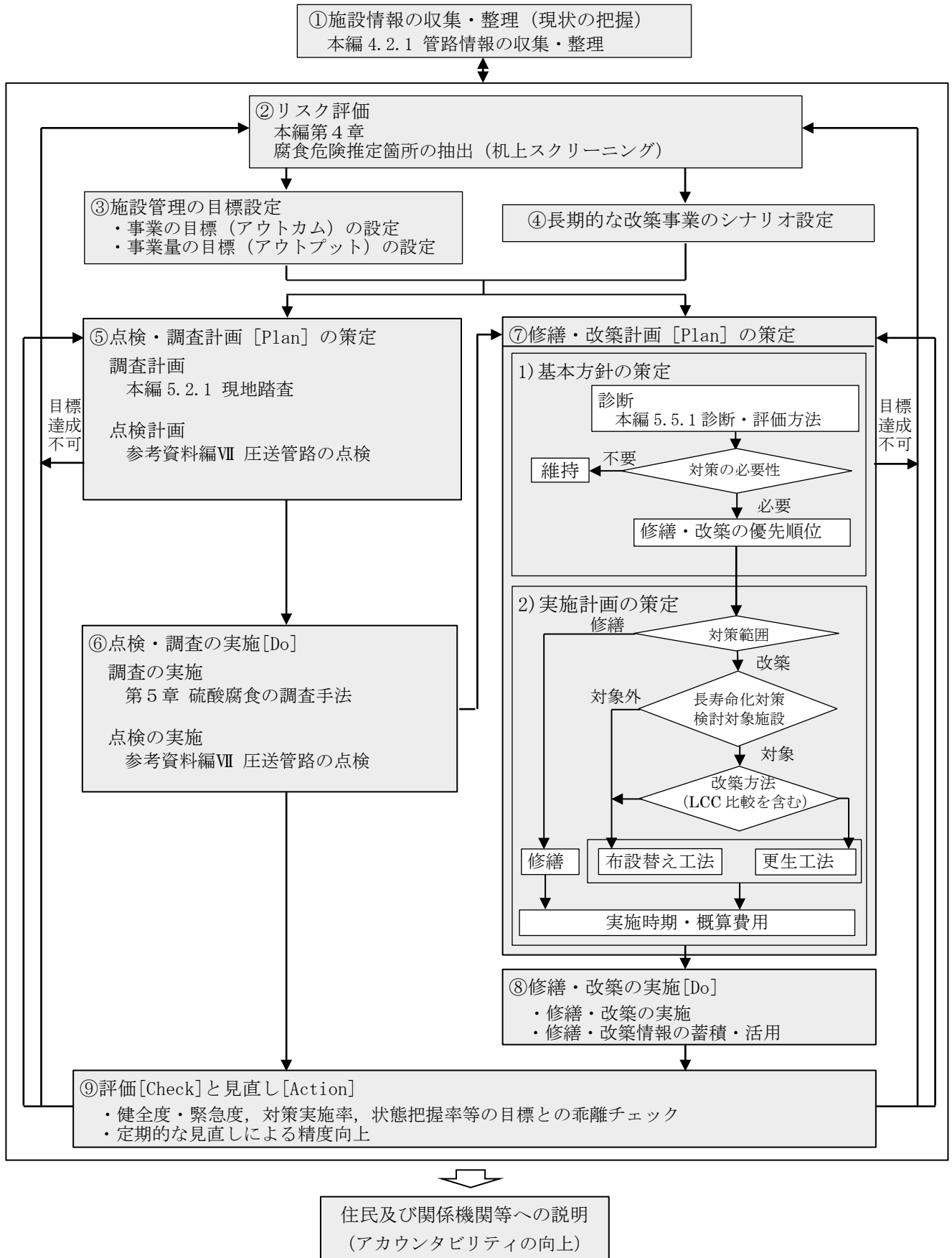


図 2-1 圧送管路維持管理におけるストックマネジメントの実施フロー

## ⑤点検・調査計画の策定

机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断された箇所を対象として、本編 5.2.1 現地踏査を参照に調査計画を策定する。また点検計画は、参考資料編Ⅶ圧送管路の点検を参照に策定する。

## ⑥点検・調査の実施

点検・調査実施計画に基づき、点検・調査を実施する。

(調査は本編第5章硫酸腐食の調査手法を、点検は参考資料編Ⅶ圧送管路の点検を参照。)

## ⑦修繕・改築計画の策定

### 1) 基本方針の策定

#### i) 診断

調査結果をもとに、本編 5.5.1 診断・評価方法に従って診断を行う。

#### ii) 対策の必要性

診断により判定された劣化度から、修繕・改築の必要性を検討する。

#### iii) 修繕・改築の優先順位

修繕・改築の優先順位は、リスク評価に基づいて定める方法が有効である。その際、従来の施設整備事業や地震・津波対策及び浸水対策といった機能向上に関する事業等の他計画についても考慮し、優先順位を検討することが望ましい。

### 2) 実施計画の策定

#### i) 対策範囲

1) 基本方針の策定で対策が必要と判定されたスパンについては、修繕か改築かの判定を行う。修繕は劣化した箇所のみを部分的に取替え、あるいは部分的に管内で補強を行うものであり、改築は布設替えによる更新または更生工法による長寿命化対策である。

なお、鉄部腐食が発生している場合は、管材としての健全性が損なわれ耐荷能力が不足し、管きよが変形または破損し、道路陥没等の事故を引き起す可能性がある。このような状況を考慮して検討する必要がある。

#### ii) 長寿命化対策検討対象施設

自然流下管きよと同様に、長寿命化対策工法の有無を確認し、長寿命化対策を検討する必要性を確認する。

#### iii) 改築方法（布設替え・更生工法の検討）

既設管きよの状況、現場条件、維持管理への影響等を十分勘案し、安全かつ経済性に優れた工法を決定する。また、必要に応じ、長期的な観点から管きよルートの変更や統廃合を検討する。布設替え工法及び更生工法の採用における主な留意事項は、次のとおりである。

a) 鉄部腐食が発生し、管材としての健全性が損なわれ耐荷能力が不足し、管きよが変形または破損している場合は、原則として布設替え工法を採用する。

b) 更生工法を選択するときは、自然流下管きよの場合と同様に、以下のことを事前に実施すること<sup>2)</sup>。

・対象箇所については、カメラ調査を行い、適用範囲内であることを確認する。

- ・管きょ更生工の直前に管きょ内の洗浄を十分行い、出来形に影響を及ぼす可能性のある鉄錆等を完全に除去する。

なお、圧送管路における更生工法の安全性の照査方法や構造設計手法については、現時点では確立されていないことに留意が必要である。

- c) 掘削に伴う他企業埋設物の移設や切り廻し、道路渋滞による社会的影響及び掘削規制の有無等の現場条件を勘案し、工法検討を行う。
- d) 布設替えを選択する場合、圧送管路の長期的な維持管理や地震等で破損した際の速やかな応急復旧を考慮して、二条化についても検討すること（別紙①，②参照）。

iv) 実施時期・概算費用

- i) 対策範囲～iii) 改築方法の検討結果を踏まえ、事業時期計画を勘案し、修繕・改築実施時期を定め、概算費用を算定する。

⑧修繕・改築の実施

修繕・改築計画に基づき、修繕・改築を実施する。修繕・改築によって得られる情報を整理し、継続的に施設情報システム（データベース）に蓄積して活用することが望ましい。

⑨評価と見直し

目標の達成度合いや点検・調査計画及び修繕・改築計画を定期的に評価し、必要に応じて目標や計画の見直しを行うことが望ましい。

[参考文献]

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン -2015年版-，（2015年11月）
- 2) 公益社団法人日本下水道協会：管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン -2017年版-，（2017年7月）

都道府県下水道担当課長  
政令指定都市下水道担当課長  
（上記、各地方整備局経由）  
市町村下水道担当課長  
（上記、各都道府県経由）  
日本下水道事業団事業課長  
都市再生機構下水道担当チームリーダー

殿

国土交通省水管理・国土保全局下水道部  
下水道企画課管理企画指導室 課長補佐  
下水道事業課事業マネジメント推進室 課長補佐

### 圧力管渠の破損による未処理下水の流出防止対策について

近年、圧力管渠の損傷や継ぎ目のズレ等により、未処理下水が公共用水域へ流出した事例が数多く報告されています。国土交通省において、圧力管渠が破損した場合における未処理下水の公共用水域への流出防止対策の実施状況を調査したところ、回答のあった約 2,300 箇所のポンプ場のうち、圧力管渠の二条化、仮設ポンプの備蓄等により、未処理下水の流出防止対策が講じられた施設は約 30%程度であることが明らかになりました。

圧力管渠は、自然流下式の下水管に比べて、平常時の点検・調査等の維持管理が困難であること、異常又はその兆候が確認された際、速やかに修繕・改築の対応を講じることが困難である等の特徴があります。今後、下水管の老朽化等により圧力管渠が破損する恐れがあることを踏まえると、圧力管渠が破損した場合における未処理下水の流出を未然に防止するための対策を講じる必要があります。

つきましては、圧力管渠の破損による未処理下水の流出防止対策について、下記の通り適切にご対応いただきますようお願い申し上げます。（対策の実施状況については、適宜フォローアップ調査を実施する予定です。）

なお、各都道府県におかれましては貴管内の市町村（政令指定都市を除く。）に対しても、周知徹底方お願い致します。

#### 記

- 1 現在、圧力管渠が破損した場合における未処理下水の流出防止対策を講じていない場合は速やかに対策を検討し、平成 29 年度末を目途に対策を講じるよう努めること。  
なお、圧力管渠の二条化等による対策が困難な場合には、圧力管渠が破損した際に速やかに対応できるよう、圧力管渠の修繕、改築を行うための資機材やその調達先の確保、仮設ポンプの備蓄等の措置を講じるよう努めること。
- 2 圧力管渠の計画的な維持管理・改築や、他事業が下水管の近接工事を実施する際の立会など、圧力管渠の破損を未然に防止するために適切な対策を講じるよう努めること。
- 3 現在既に対策を講じている場合においても、実際に圧力管渠が破損した際に確実に未処理下水の流出を防止することができるか再度検証すること。

別紙② 国土交通省事務連絡 平成 29 年 4 月 3 日付け

事 務 連 絡  
平成 29 年 4 月 3 日

都道府県下水道担当課長  
政令指定都市下水道担当部長  
（以上地方整備局等  
下水道事業担当課長等経由）  
独立行政法人都市再生機構下水道担当課長  
地方共同法人日本下水道事業団下水道担当課長

殿

国土交通省水管理・国土保全局下水道部  
下水道事業課 企画専門官

平成 29 年度事業執行にあたっての交付対象範囲の確認事項について

下水道事業の執行については、各事業主体において鋭意ご尽力いただいているところですが、社会資本整備総合交付金等の基幹事業の交付対象範囲について、改めて下記事項を確認いただき、適切な執行をお願いいたします。また、都道府県におかれては、貴管内市町村（政令指定都市を除く。）に対しても、その旨周知方をお願いいたします。

なお、確認事項の内容について、不明な点等がある場合には、個別に相談をお願いいたします。

記

28 圧力管の二条化について

圧力管のうち、地震等で破損した際に速やかに応急復旧を行うことが困難な管に予備を設けて二条化する場合については交付対象である。

（一部抜粋）



## 参考資料編区 問い合わせ先

### 1. 問い合わせ先

本ガイドラインに関する問い合わせは、以下にお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3343 FAX 029-864-2817 URL <a href="http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/index.htm">http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/index.htm</a>
----------------------	---

本書は、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が以下の企業に研究委託を行い、その成果を取りまとめたものです。

#### <実証研究者連絡先>

株式会社クボタ	株式会社クボタ パイプシステム事業ユニット 東京技術グループ 〒104-8307 東京都中央区京橋2丁目1番3号 TEL 03-3245-3107 FAX 03-3245-3498 URL <a href="http://www.kubota.co.jp/">http://www.kubota.co.jp/</a>
---------	--