

「下水道圧送管路における硫酸腐食箇所の効率的な調査技術導入ガイドライン（案）」概要

本編

第1章 総則

- 目的
- ガイドラインの位置付けと適用範囲
- ガイドラインの構成
- 用語の定義

◆ 本ガイドラインは、下水道管路施設のうち圧送管路を効率的に維持管理することを目的として、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で採択された「下水圧送管路における硫化水素腐食箇所の効率的な調査・診断技術に関する研究（実証研究期間 平成 28 年 10 月～平成 29 年 3 月）」（以下、「本技術」とする。）について、実証研究の成果を踏まえて、技術性能及び技術導入の手順を明示し、技術の普及促進を図るために策定したものである。

◆ 本ガイドラインは、圧送管路の維持管理の一助とすべく、ストックマネジメントの導入を踏まえた具体的な調査方法等についてとりまとめたものである。また、本ガイドラインは、ダクタイル鋳鉄管が用いられている圧送管路の管内面腐食による劣化を対象とした維持管理に適用するものとする。

◆ 本ガイドラインの構成は、本技術の導入を検討する際の参考となるように、技術の概要（第2章）、導入検討（第3章）、腐食危険推定箇所の抽出（第4章）、硫酸腐食の調査手法（第5章）及び参考資料編とし、技術的事項をとりまとめている。

第2章 技術の概要

- 技術導入の背景
- 技術の概要
- 技術の評価結果

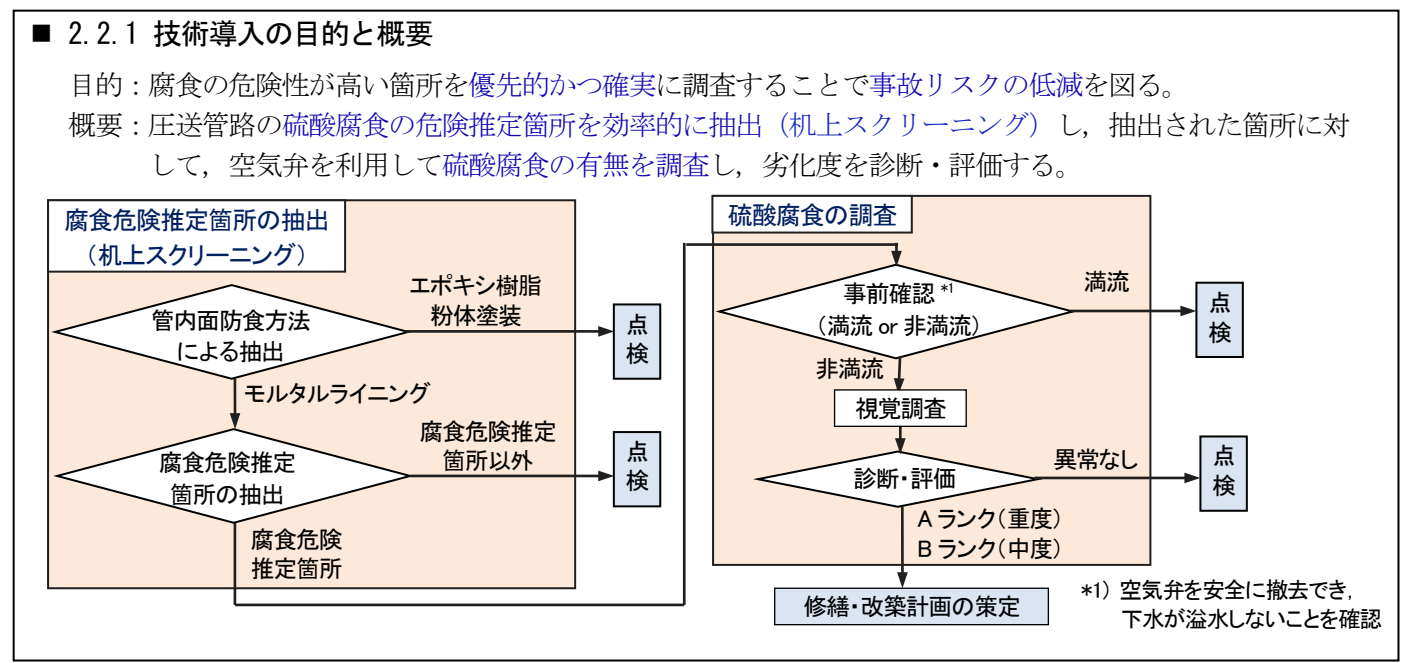
- ◆ 圧送管路の腐食の現状
- ◆ 技術導入の目的
- ◆ 要素技術の概要
- ◆ 実証研究での評価の概要

2.1.1 圧送管路の硫酸腐食及び調査の現状

- ・ 今後急激な老朽管の増加が見込まれ、また、道路陥没が年間約 3,300 件（平成 27 年度）発生している。
- ・ 下水道法が改正され、全ての管路施設について適切な時期に清掃や点検等を行い、異状を把握した際には必要な措置を講ずることとされた。
- ・ ダクタイル鋳鉄管（内面モルタルライニング）の圧送管路でも、腐食による事故が多数報告されている。
- ・ しかしながら、圧送管路は、その構造特性上、既存調査技術での対応が困難であり、今までは調査はほとんど行われていない。（調査機材挿入の開口部が存在しない、常時満流、1 スパンが数 km に及ぶことがある等）

2.1.2 圧送管路の硫酸腐食のメカニズム

① 圧送管路内に気相部が存在し、② 新鮮な空気の入りがある、③ 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、圧送管路内で硫酸腐食が発生し、事故に至ることがある。



2.2.2 腐食危険推定箇所の抽出（机上スクリーニング）【詳細は4章参照】

目的：腐食のメカニズムを踏まえ、圧送区間の中において腐食の発生が危惧される箇所を抽出する。

1. 管内面防食方法による抽出

ダクタイル鋳鉄管の防食性能 → 管内面防食方法に大きく依存

直管	異形管	防食性能 *2)
エポキシ樹脂粉体塗装	エポキシ樹脂粉体塗装	○
モルタルライニング	エポキシ樹脂粉体塗装	×
	タールエポキシ樹脂塗装 *1)	×

*1) 1997年にJSWAS G-1 下水道用ダクタイル鋳鉄管から削除
*2) ○：硫酸腐食に対する優れた耐食性、×：硫酸腐食に対する耐食性が不十分

2. 腐食危険推定箇所の抽出

空気弁周辺の非満流箇所
吐出先マンホール接続部

腐食危険推定箇所と判断

2.2.3 硫酸腐食の調査【詳細は5章参照】

調査対象：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。
目的：空気弁から調査機器を挿入して硫酸腐食の視覚調査を行い、管内の腐食状況を直接確認し劣化度を診断・評価する。

1. 視覚調査

- ・ 調査機器(ガイド挿入式カメラ)を空気弁(口径 75mm)設置箇所から圧送管路内に押し込む。
- ・ 管頂側約 180° の範囲をビデオカメラで連続的に撮影し、画像をパソコンに記録する。

2. 診断・評価

視覚調査結果 → 劣化度を3段階にランク分け【Aランク(重度), Bランク(中度), 異常なし】

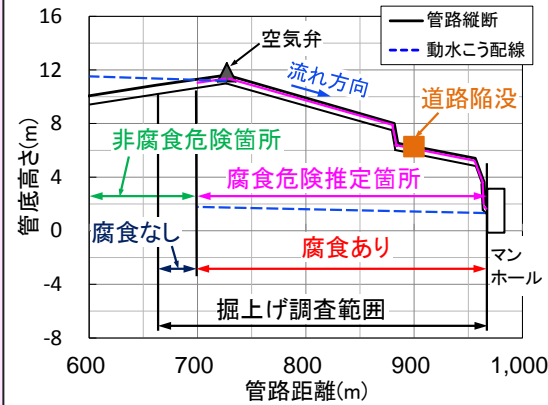
■ 腐食危険推定箇所の抽出方法の評価

■ 2.3.1 評価項目

- [評価項目 1] 腐食が進んでいる箇所を**確実に抽出**していること
- [評価項目 2] 抽出されなかった箇所では**腐食が発生していない**こと

■ 2.3.2 評価結果

- [評価項目 1]
- 11 管路での**過去の事故事例**（漏水，道路陥没）は，**全て腐食危険推定箇所**で発生
 - 道路陥没が発生した管路の**掘上げ調査結果との照合**⇒**腐食危険推定箇所全線と実際の腐食箇所が一致**（右図参照）
- [評価項目 2]
- 非腐食危険推定箇所**と判断された箇所（空気弁設置箇所）では**実際に腐食が発生していない**ことを確認
 - 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管路（非満流箇所）で，**内面エポキシ樹脂粉体塗装の異形管**には**腐食が全く発生していない**ことを確認



■ 硫酸腐食の調査技術の評価

■ 2.3.3 評価項目

- [評価項目 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

[評価項目 2] 管内面の劣化度の診断精度

- 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

■ 2.3.4 評価結果

- 2 流域下水道，3 市の計 **6 管路の実証フィールド**で調査実施
- ⇒ 全ての**実証フィールド**管路で，**評価項目を満足**
 撮影された画像は鮮明で，管内面の**劣化度を十分診断可能**

第3章 導入検討

- 導入時の確認事項
- 技術の導入効果

- ◆ 技術導入時の確認事項
- ◆ 既存調査技術とのコスト比較事例

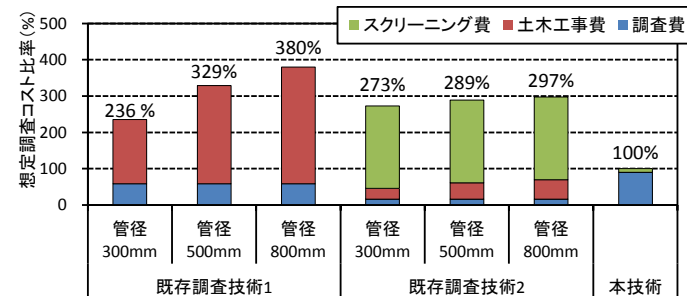
■ 3.1.1 導入時の確認事項

本技術の導入する際の確認項目を整理（下表参照）。

■ 3.2.1 技術の導入効果

本技術の導入した場合と既存調査技術等を用いた場合とのコスト比較例を示す（下図参照）。

確認項目	確認内容
机上スクリーニング	管路縦断 管種 管径 下水の種類 機材挿入可否 ポンプ停止可否 管路の屈曲
硫酸腐食の調査	管路縦断図(竣工図)があること ダクタイル鋳鉄管であること φ200～φ1000mmの範囲内であること 汚水(汚泥は対象外) 空気弁(口径75mm以上)または吐出し先マンホールがあること 調査中にポンプを停止(1.5時間以上)できること 屈曲角が22.5°以内であること



第4章

腐食危険推定箇所の抽出(机上スクリーニング)

- 机上スクリーニングの手順
- 机上スクリーニング

- ◆ 机上スクリーニングの手順
- ◆ 必要な管路情報の整理
- ◆ 机上スクリーニングの具体的手順

■ 4.1.1 机上スクリーニングの手順

机上スクリーニングの流れを整理。

■ 4.2.1 管路情報の収集・整理

机上スクリーニングを正確にかつ効率的に行うため，**収集すべき管路情報を明示**。

■ 4.2.2 管内面防食方法による抽出

直管・異形管ともに**エポキシ樹脂粉体塗装**の場合，**腐食発生**の危険性は**低いと判断**。

■ 4.2.3 腐食危険推定箇所の抽出

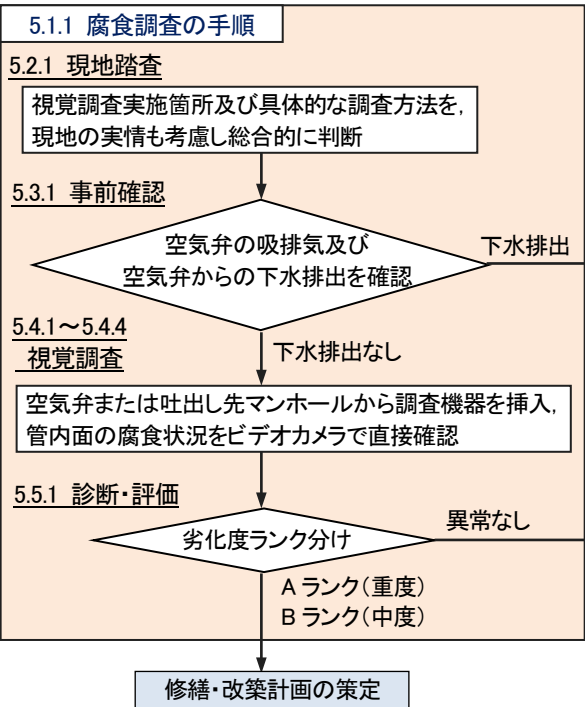
モデル管路を事例として，**腐食危険推定箇所の抽出手順**を具体的に説明。

第5章

硫酸腐食の調査手法

- 硫酸腐食の調査手順
- 現地踏査 ■ 事前確認
- 視覚調査 ■ 診断・評価
- 代替手法 ■ 安全衛生管理

- ◆ 硫酸腐食の調査手順
- ◆ 現地踏査の目的，内容
- ◆ 事前調査の目的，具体的作業手順
- ◆ 視覚調査の詳細説明
- ◆ 診断・評価方法
- ◆ デジタルカメラを用いた調査の位置付けと方法
- ◆ 安全衛生管理



各項目の概要

現地踏査
視覚調査箇所及び調査方法を検討するための現地踏査時の留意事項について説明。

事前確認
空気弁を安全に撤去できること，また，空気弁から下水が溢水しないことを確認する。作業手順を具体的に説明。

視覚調査
調査の概要，調査の適用条件，調査機器，調査の手順と留意事項について詳細に説明。

診断・評価
撮影画像から，圧送管路の管内面の劣化度を3つにランク分け。⇒ 必要な対策や今後の点検方法を検討。

劣化度	Aランク(重度)	Bランク(中度)	異常なし
管内面状況	鉄部腐食	モルタルライニング変色・腐食	モルタルライニング全面均一

■ 5.6.1 デジタルカメラを用いた調査(参考資料編参照)

水管橋等の本調査機器での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。

■ 5.7.1 安全衛生管理

調査に係る安全衛生管理は，関連法令や当該自治体が定める基準等を遵守し，適切に行わなければならない。特に空気弁室またはマンホール内での作業時には，酸素欠乏症等防止規則を遵守し，適切な対策を講じなければならない。

参考資料編

【参考資料編Ⅰ】机上スクリーニングの妥当性の検討事例

内容：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（8事業体11管路）
 結果：過去の事故事例（漏水，道路陥没）は，全て腐食危険推定箇所が発生

事業体	管径 (mm)	管路長 (m)	供用開始年	事故発生年	事故形態	管内面防食方法(直管)	検討結果
A 流域下水道	250	4,410	1996	2015	漏水	モルタルライニング	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	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		

【参考資料編Ⅱ】硫酸腐食の調査の実施事例

内容：実証フィールド管路を対象に，本技術を適用した調査・診断結果（2流域下水道，3市の計6管路）
 結果：全ての実証フィールド管路で目標通り調査でき，管内面の劣化度を十分診断可能

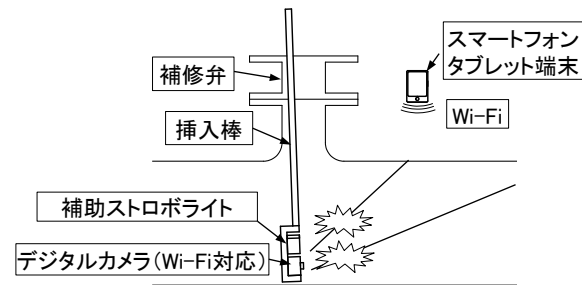
事業体	管径 (mm)	管路長 (m)	調査時間 (時間)	撮影された画像	調査範囲 (m)	管内面の状況
I流域下水道	200(2条)	886	1.5	管頂側約180°の範囲を撮影でき，画像は鮮明で腐食のレベルを明確に判別可能であり，管内の劣化度を診断できた。	32	腐食を確認
J市	600	370	1.0		10 ^{*1)}	
K市	350	4,730	1.0		32	
	800	2,110	1.0		30	
L市	450	1,480	0.5		31	
	300	2,690	1.0		30	
M流域下水道	300	2,690	1.0			
目標	200~1000	-	1.5時間以内	管内の劣化度を診断可能	30m	-



*1) 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。
 *2) 腐食危険推定箇所対象外の箇所調査実施。

【参考資料編Ⅲ】デジタルカメラを用いた調査の実施事例

内容：デジタルカメラを用いた管内調査結果（2流域下水道，3市の計6管路）
 結果：デジタルカメラ調査は，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実施



劣化度	Aランク(重度)	Bランク(中度)	異常なし
管内面状況			

【参考資料編Ⅳ】エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性評価

内容：エポキシ樹脂粉体塗装の硫酸腐食に対する耐食性を評価
 結果：硫酸腐食が起こる環境下でも，内面エポキシ樹脂粉体塗装には腐食が全く発生していないことを確認

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	管内面に腐食は見られず健全
J市	600				
L市	450				
D市	600				
E市	350				
下水道事業団 ^{*1)}	200				

*1) 送泥管での調査結果

【参考資料編Ⅴ】劣化度ランク分けの根拠

内容：硫酸腐食環境下でのダクタイル鋳鉄の腐食速度の試験結果等を基に，劣化度毎の対応例を提案
 結果：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ため，下表に示す対応が必要

劣化度	管内面状況	対応例
Aランク(重度)	鉄部腐食あり	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
Bランク(中度)	モルタルライニング表面が部分的に変色，腐食発生	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
異常なし	モルタルライニング表面が全面均一	5年に1回以上の適切な頻度で点検を実施

【参考資料編Ⅵ】調査コストの試算事例

内容：実証研究で本技術を適用した6管路を対象に，調査コストを試算
 結果：[机上スクリーニング] 10万円~23万円/調査
 [事前準備] + [硫酸腐食の調査] 173万円~276万円/調査

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

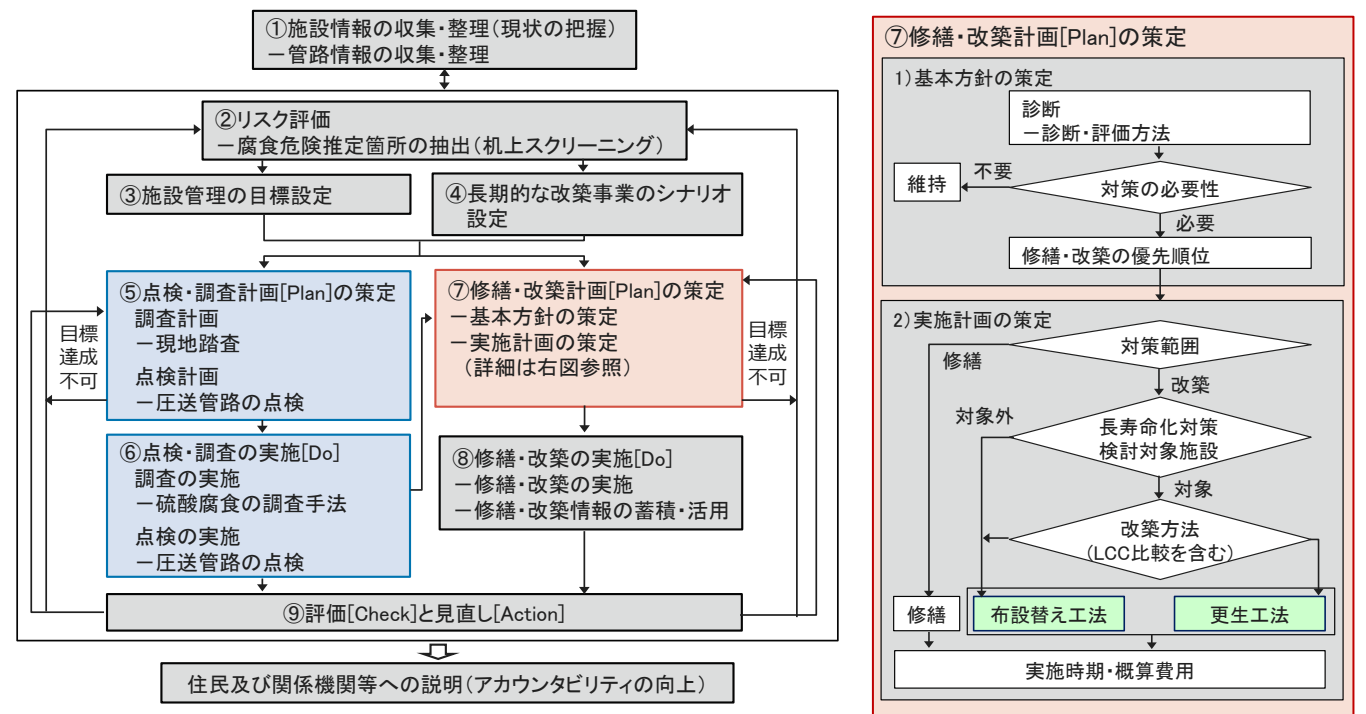
【参考資料編Ⅶ】圧送管路の点検

内容：圧送管路の点検方法は，管内面防食方法及び環境区分により下表のように3つに分類

点検方法	管内面防食方法	環境区分	点検内容	点検頻度
1	エポキシ樹脂粉体塗装	一般環境下 腐食環境下	空気弁の腐食状況確認	7~8年に1回
2	モルタルライニング	一般環境下	空気弁の腐食状況確認 ⇒ 空気弁室内の硫化水素濃度測定	7~8年に1回
3	モルタルライニング	腐食環境下	空気弁室内の硫化水素濃度測定	5年に1回以上

【参考資料Ⅷ】圧送管路におけるストックマネジメントの実施手法

内容：圧送管路維持管理におけるストックマネジメントは，下図のフローで実施



修繕・改築計画[Plan]の策定時の主なポイントとなる記載事項

- ・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。
- ・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。
- ・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。⇒ 国交省事務連絡を別紙として添付