

B-DASHプロジェクト No.20

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)の机上スクリーニングの実施に関する留意事項
(説明資料)

1. 「留意事項」作成の背景と目的
2. 技術の概要
3. 留意事項(案)の説明
 - 追加机上スクリーニング1の解説
 - 追加机上スクリーニング2の解説
4. 最後に



1. 「留意事項」作成の背景と目的

2. 技術の概要

3. 留意事項(案)の説明

- 追加机上スクリーニング1の解説
- 追加机上スクリーニング2の解説

4. 最後に

現行ガイドライン策定（2018年）の経緯

- 下水道管路施設の老朽化、多発する道路陥没（約3,000箇所/年）
⇒下水道法が改正（2015年）
- 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。
- 一方、圧送管路でもダクタイル鋳鉄管（内面モルタルライニング）の管路で硫化水素に起因する硫酸腐食（以下、硫酸腐食）による漏水や道路陥没の事故が多数報告。



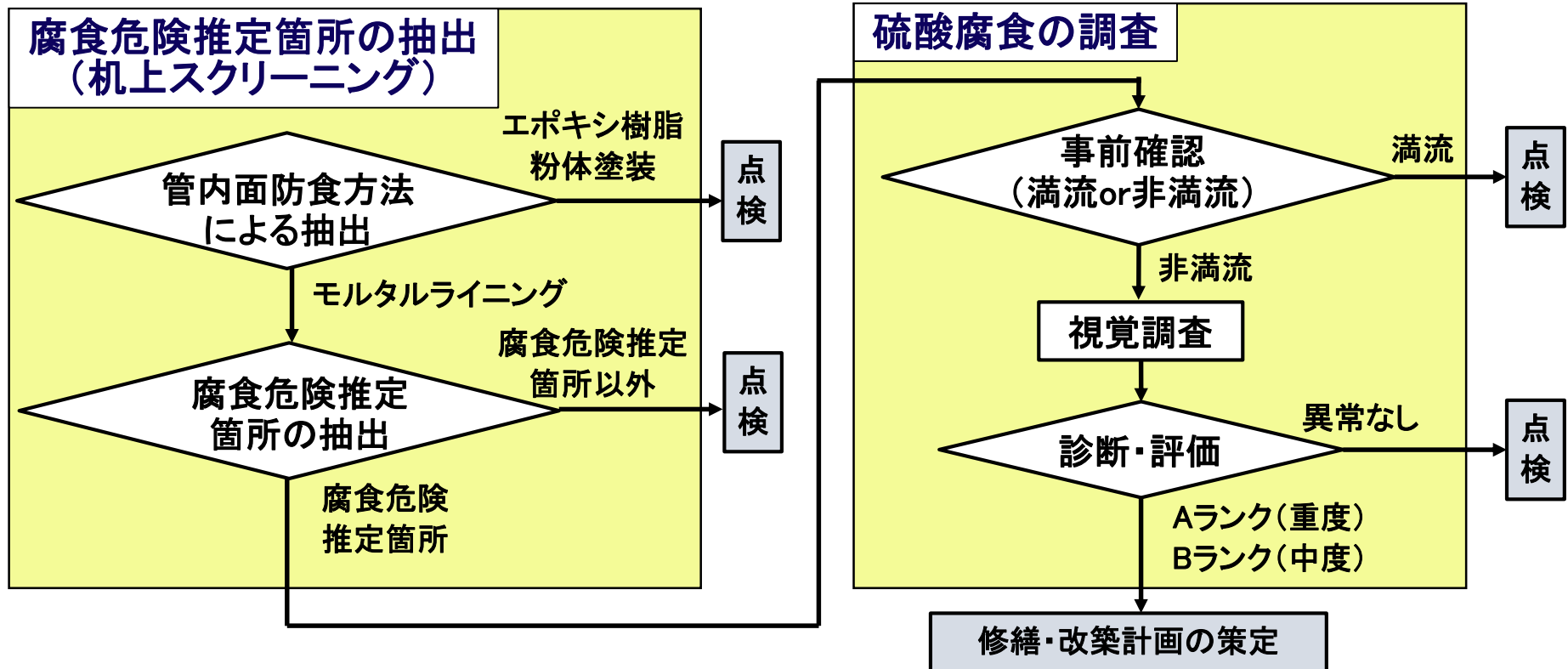
2016年度の下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)で、「下水道圧送管路における硫化水素腐食箇所の効率的な調査・診断技術に関する研究」について実証研究を行い、技術の有効性が確認された。



B-DASHの実証研究の成果を踏まえて、2018年2月に「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): 以下、ガイドライン」が策定された。

ガイドライン技術の概要

圧送管路の硫酸腐食の危険推定箇所を効率的に抽出し、抽出された箇所に対して、空気弁を利用して硫酸腐食の有無を調査し、劣化度を診断・評価することを目的とする。



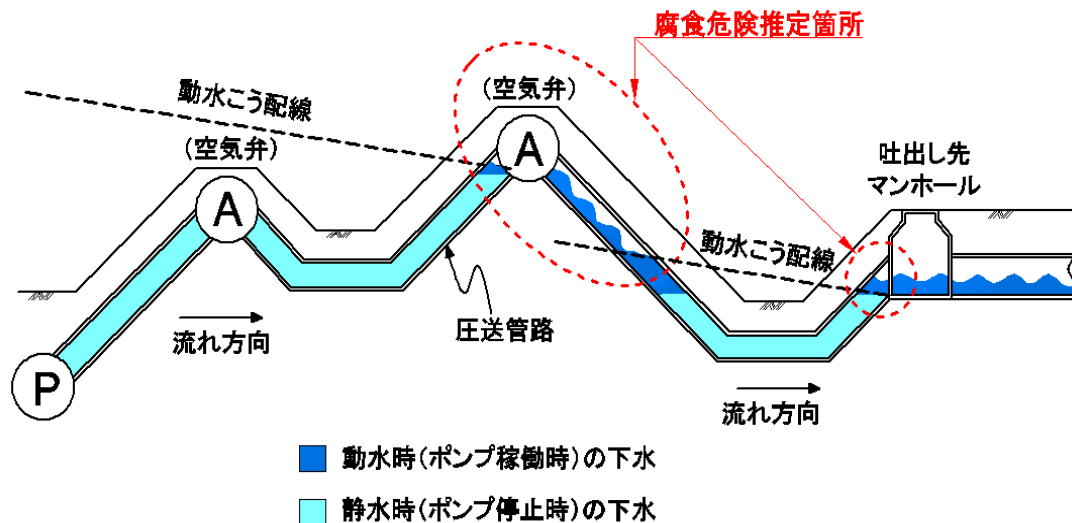
圧送管路の硫酸腐食発生条件

圧送管路で硫酸腐食が発生するのは、以下の3つの条件が重なった場合

- ① 管路内に気相部が存在
- ② 新鮮な空気の出入りがある
- ③ 耐食性に乏しい管材を使用

腐食危険推定箇所の抽出

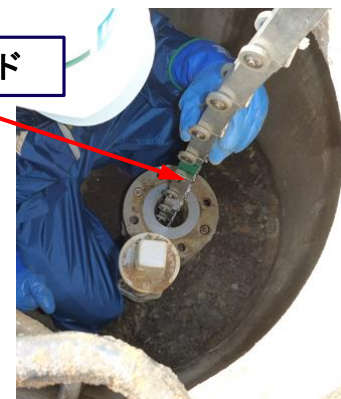
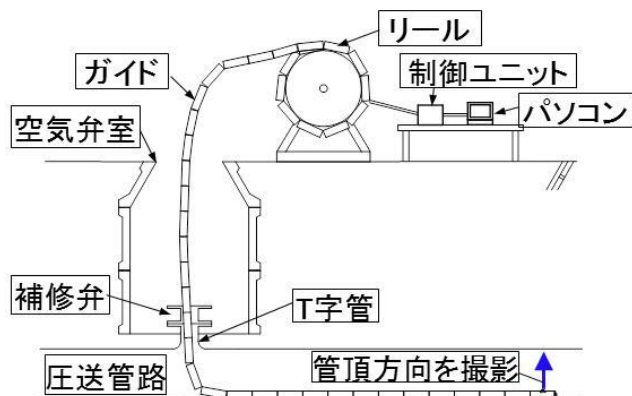
空気弁周辺の非満流区間と吐出し先マンホール接続部を腐食危険推定箇所と判断



硫酸腐食の調査

硫酸腐食の調査方法(視覚調査)

視覚調査は、空気弁(口径75mm)または吐出し先マンホールから挿入可能な調査機器を圧送管路内に押し込んで、管頂側約180°の範囲をビデオカメラで連続的に撮影した画像をパソコンに記録。



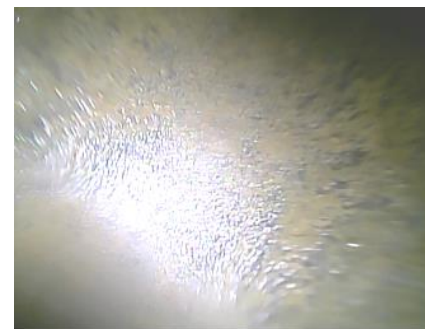
Aランク(鉄部腐食)



Bランク(モルタル腐食)



異常なし



調査実績と新たな課題

調査実績（2021年10月時点）

ガイドラインを活用し、様々な条件の圧送管路で対策実施

- ・ 机上スクリーニング：86管路
- ・ 硫酸腐食の調査：49管路（94箇所※）
- ・ 腐食発見箇所：45箇所

※机上スクリーニングで腐食危険推定箇所に相当しなかった箇所での調査数も含む

適切な修繕・改築計画の策定

新たな課題

机上スクリーニングで**特定できない箇所**での腐食事例が複数報告

事例を分析し、以下の2つの原因を推定（詳細は後述）

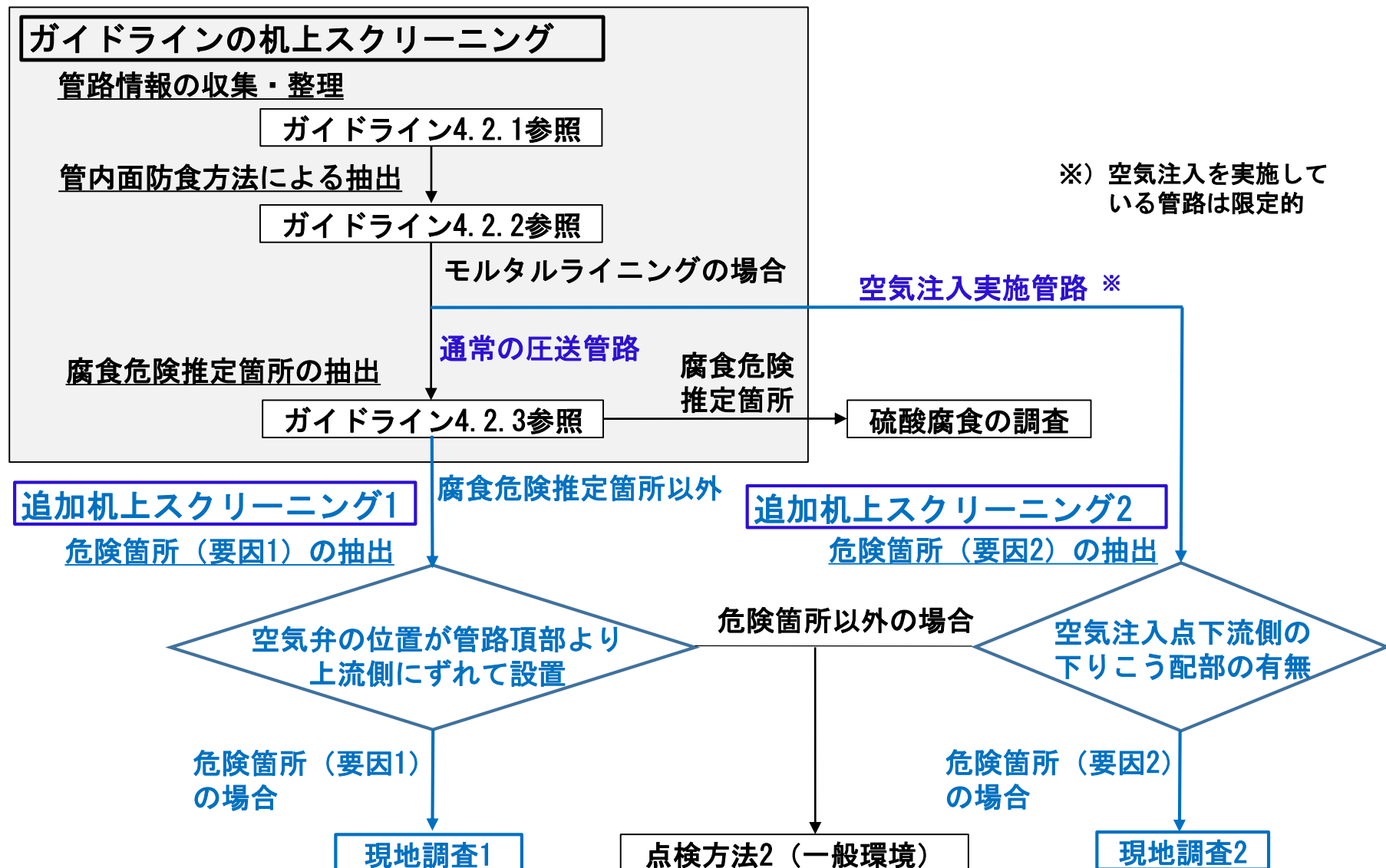
- (1) 空気弁の設置位置に起因
- (2) 空気注入に起因（硫化水素抑制技術の一つ）

本留意事項作成の目的

これら2つの原因による**腐食危険推定箇所を抽出**するための方法を「**追加机上スクリーニング**」として示す

- 
1. 「留意事項」作成の背景と目的
 2. 技術の概要
 3. 留意事項(案)の説明
 - 追加机上スクリーニング1の解説
 - 追加机上スクリーニング2の解説
 4. 最後に

技術の概要 全体の流れ



- 
1. 「留意事項」作成の背景と目的
 2. 技術の概要
 3. 留意事項(案)の説明
 - 追加机上スクリーニング1の解説
 - 追加机上スクリーニング2の解説
 4. 最後に

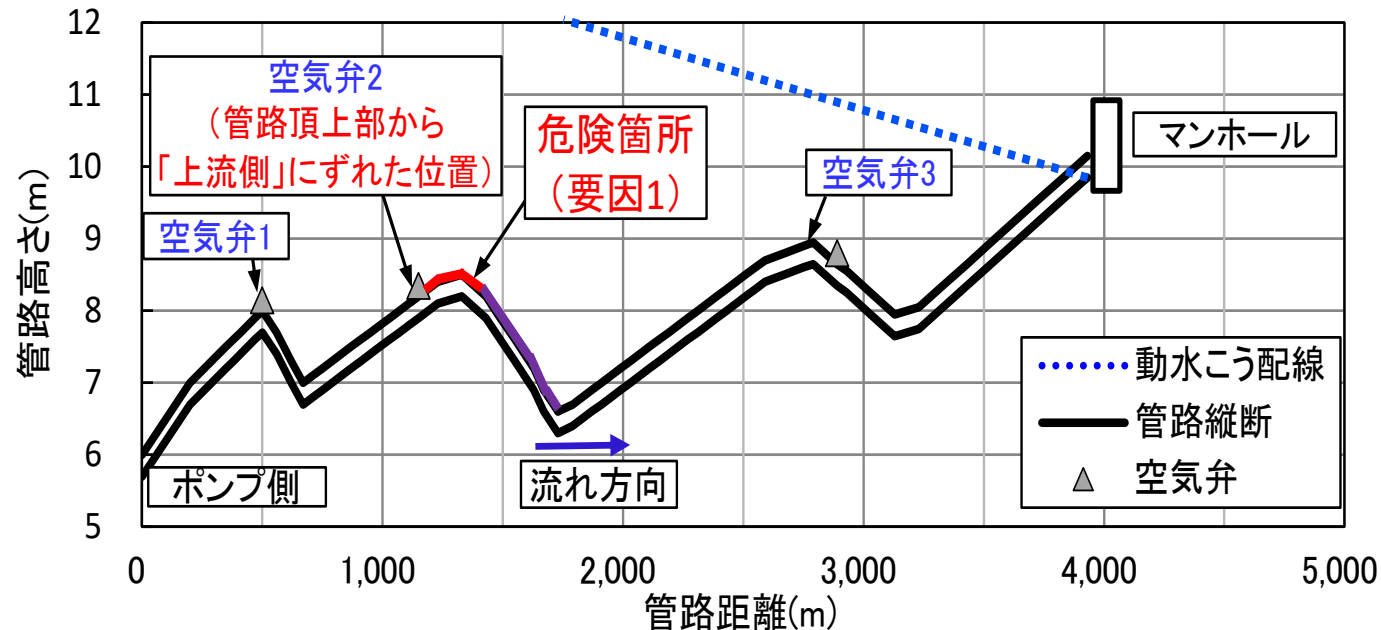
ガイドラインの机上スクリーニングで満流状態となる箇所で腐食発生（3事例）

- ・ 腐食危険推定箇所に相当しない
- ・ 管頂側のみ内面腐食しており、典型的な硫酸腐食



3事例の共通点を精査

腐食が発生した近傍の空気弁は、管路頂上部から上流側にずれた位置に設置

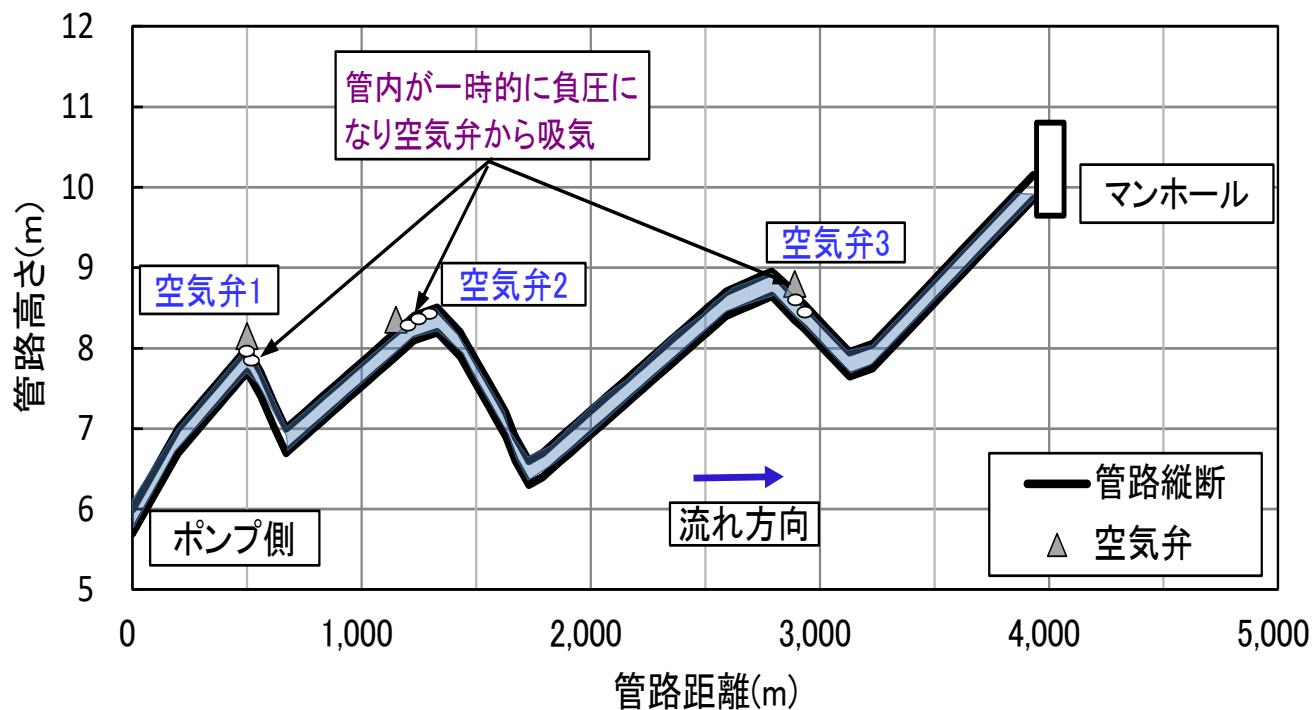


腐食原因の推定

ケースA（空気弁が上流側に少しずれている場合：腐食範囲は限定的）

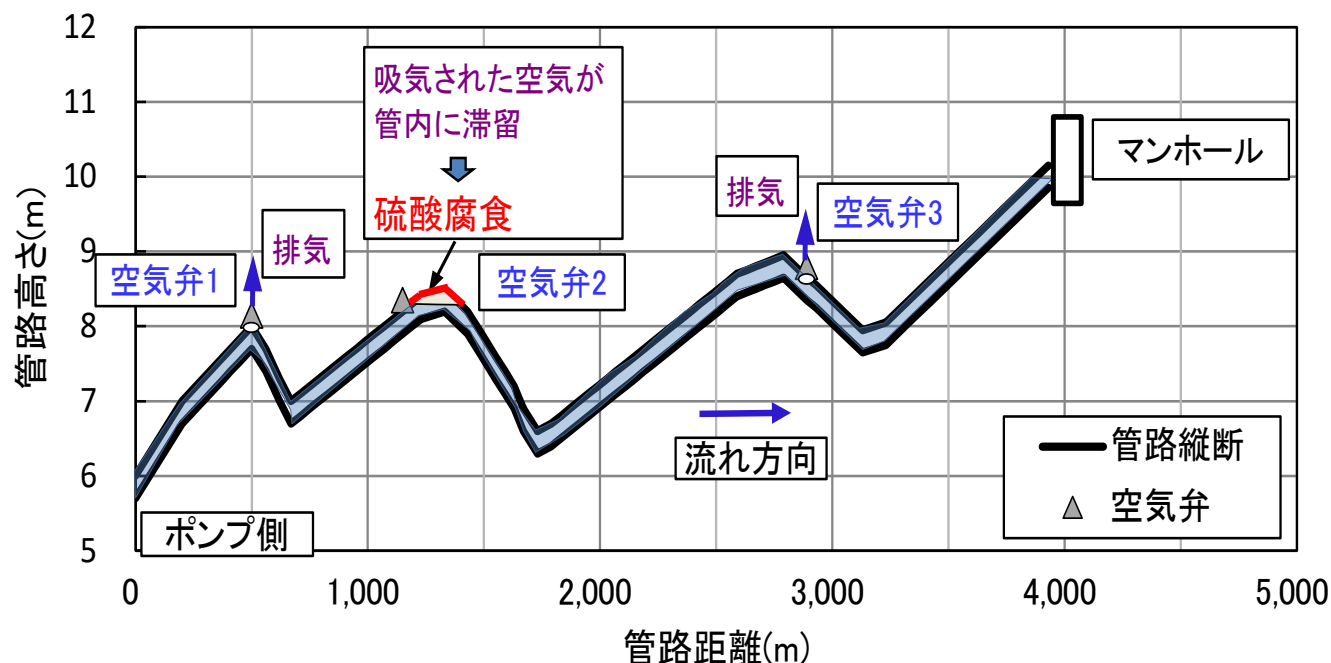
（1 事例）

- ① 通常は全線にわたりポンプ稼働時・停止時ともほぼ満流状態
- ② **ポンプ停止直後**に水流が急変、管路内が一時的に負圧になり**空気弁から吸気**



腐食原因の推定

- ③ 管路頂上部に設置された空気弁 1 では、吸気された空気は管路内の圧力変動が収まると同じ空気弁から速やかに排気 → 硫酸腐食は発生しない
- ④ 管路頂上部から下流側にずれた空気弁 3 でも、吸気された空気の大半は最終的に同じ空気弁から排気 → 硫酸腐食が発生する可能性は低い
- ⑤ 管路頂上部から上流側にずれた空気弁 2 では、吸気された空気は圧力変動が収まっても排気されず管路内に滞留、またポンプ停止の都度新鮮な空気が供給 → **硫酸腐食が発生**

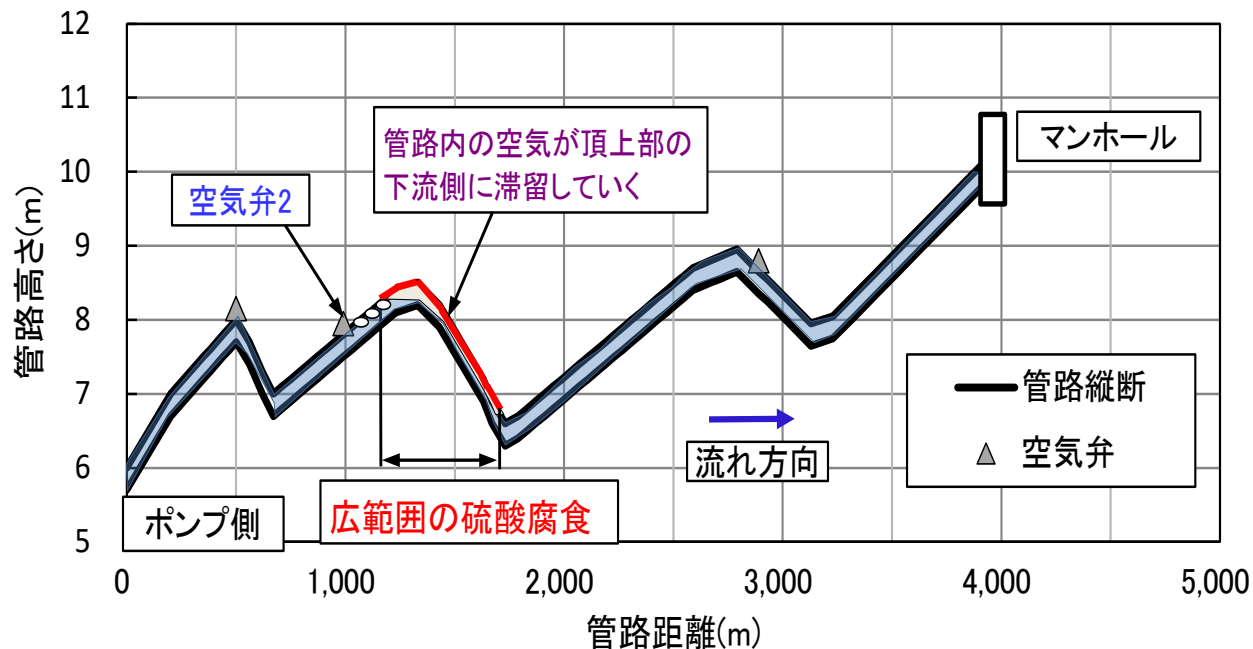


腐食原因の推定

ケースB（空気弁が上流側に大きくずれている場合：腐食範囲は広範囲）

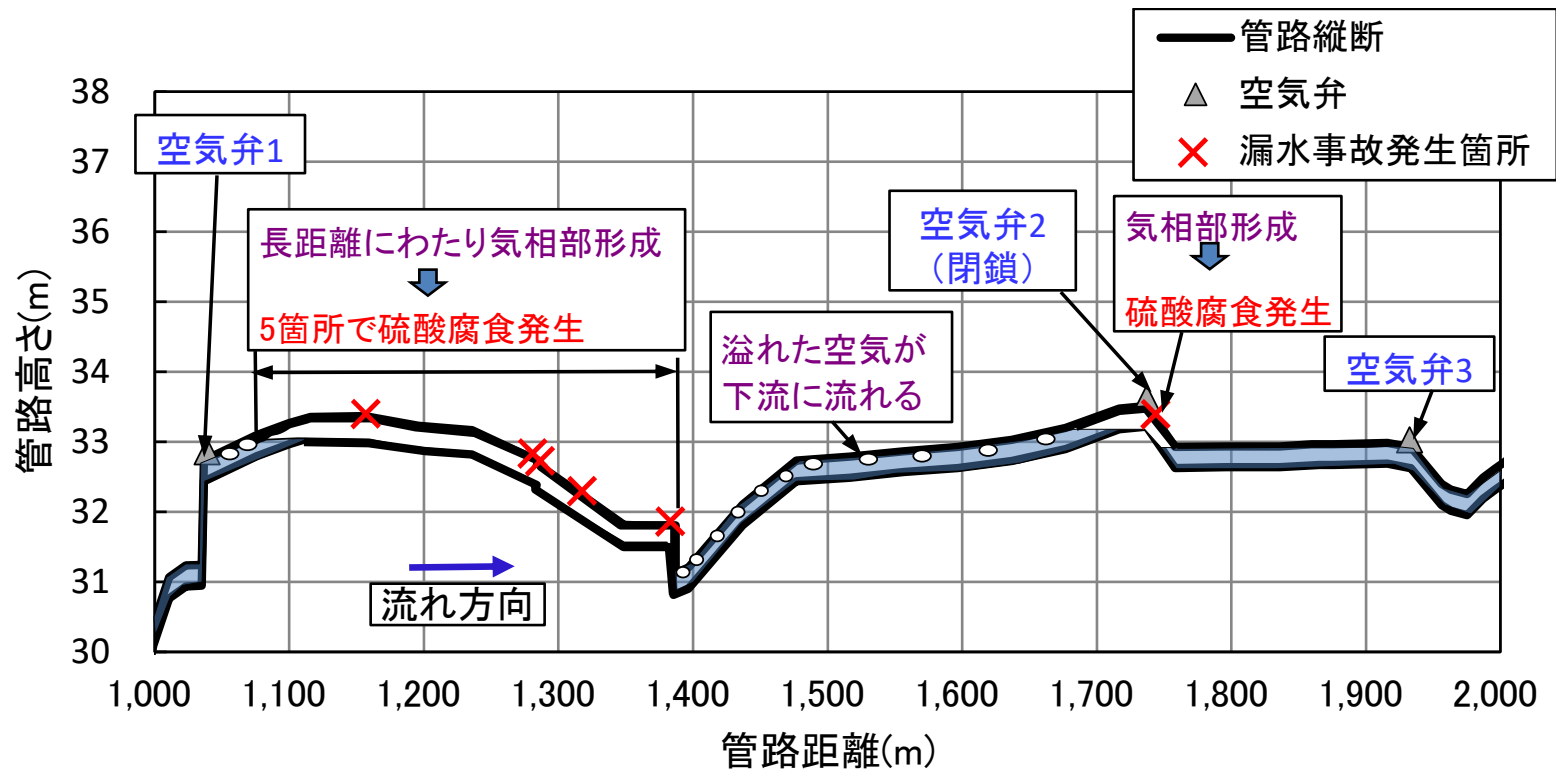
（2事例）

- ① 通常は全線にわたりポンプ稼働時・停止時ともほぼ満流状態
- ② ポンプ停止直後に水流が急変、管路内が一時的に負圧になり空気弁から吸気
- ③ 空気弁2の設置位置が低く、圧力変動が収まっても空気弁2から排気されない。ポンプ停止が繰り返されることで、更に下流側にも空気が滞留。最終的には、下流側の下りこう配部のほとんどが気相部になる → 広範囲で腐食発生



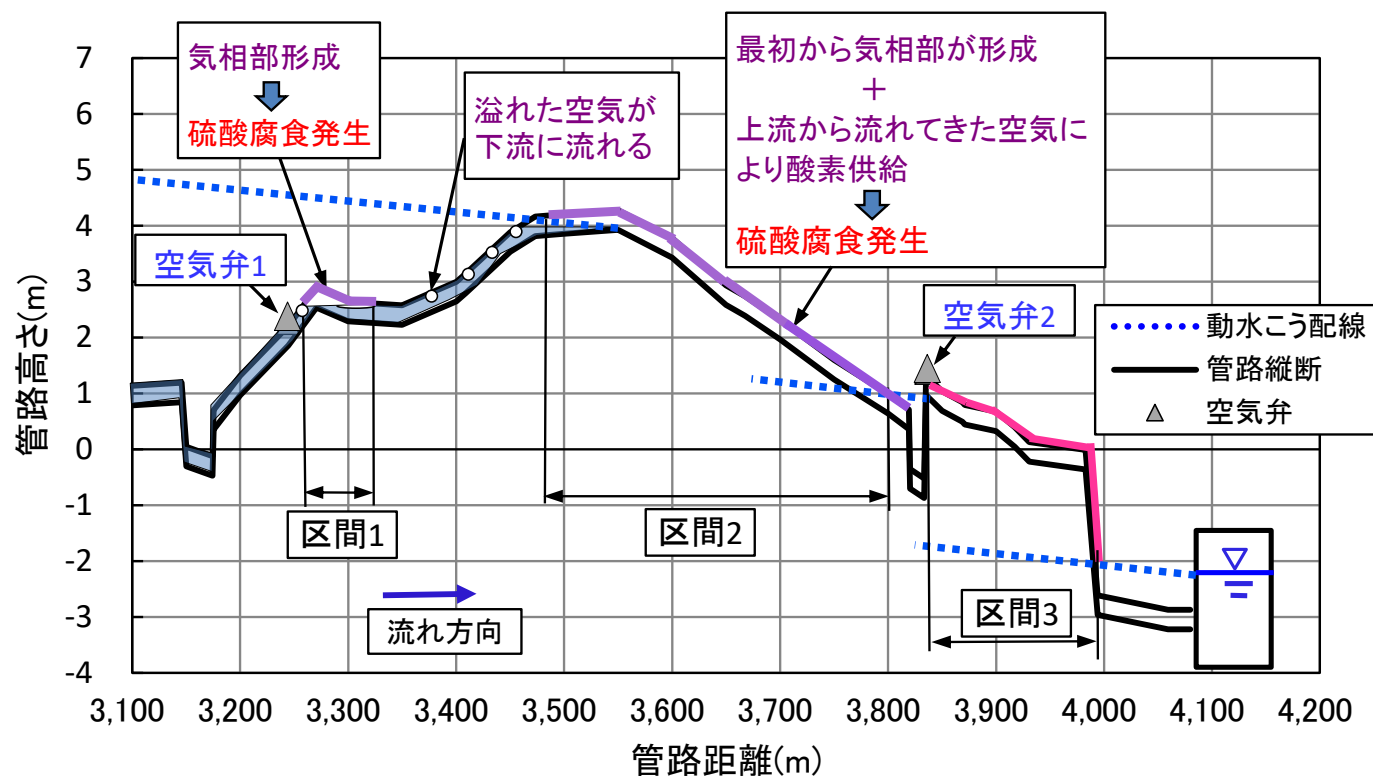
腐食原因の推定（ケースBの事例1）

- ①ポンプ停止直後に空気弁1から一時的に吸気、管路内に空気が滞留
- ②空気弁1と管路頂上部との高さ関係はケースBであり、下流側の下りこう配部にも空気が滞留 → **5箇所で漏水事故発生**
- ③下りこう配部から溢れた空気が更に下流側に流れる
- ④空気弁2は閉鎖状態であり、この周辺でも空気が滞留 → **漏水事故発生**



腐食原因の推定（ケースBの事例2）

- ① ポンプ停止直後に空気弁1から一時的に吸気、管路内に空気が滞留
- ② 空気弁1と管路頂上部との高さ関係はケースBであり、更に下流側に空気が流れていった
- ③ 区間2の範囲には空気弁が設置されていない
→ **区間1、区間2の広範囲にわたって腐食発生**



ケースAとケースBの境界

ケースAとケースBで腐食の範囲が大きく異なる。境界を以下のように判断。

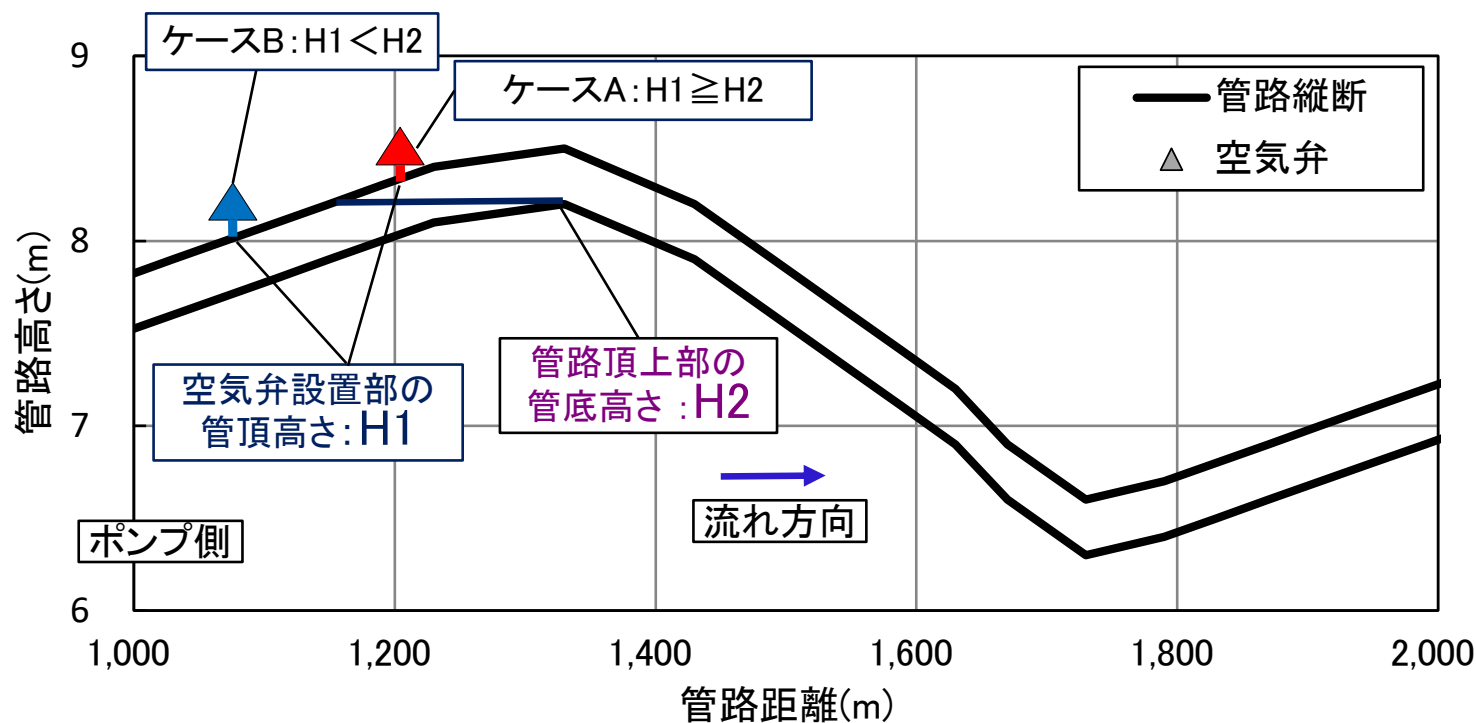
①空気弁が設置されている箇所の管頂高さH1

②管路頂上部の管底高さH2

③H1とH2を比較して、以下のように判断

赤色の空気弁 = ケースA(腐食は限定的)

青色の空気弁 = ケースB(広範囲に腐食)

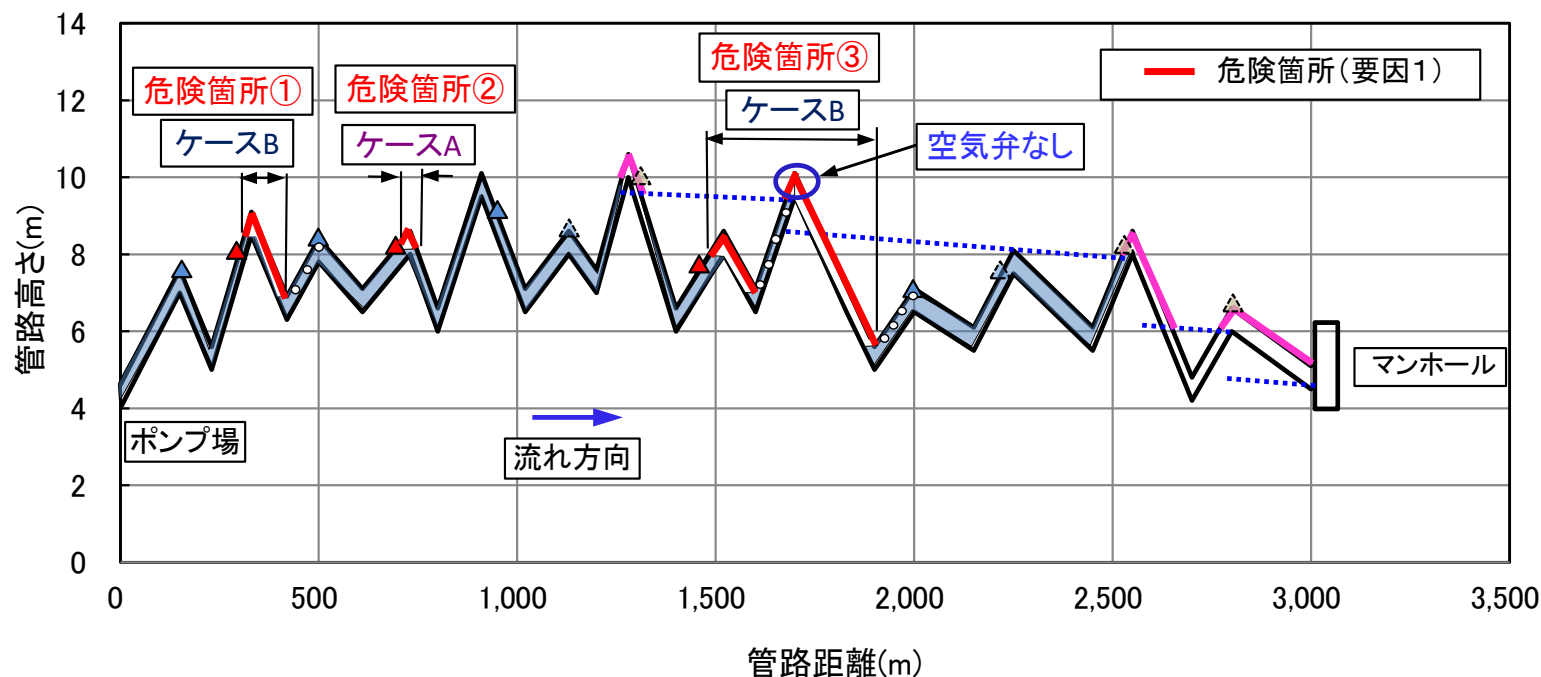


追加机上スクリーニング 1 の具体的手順

検討対象：通常の圧送管路、机上スクリーニングの腐食危険推定箇所以外

- ①補修弁が閉鎖（空気弁が吸排気しない）状態の空気弁を検討から除外
- ②管路頂上部から上流側にずれている空気弁を抽出（赤色の空気弁）
- ③ケースA、ケースBのどちらに相当するか判断する

ケースAの場合、管路頂上部近傍の限定された範囲が危険箇所となる
ケースBの場合、下流側の下りこう配部を全線にわたり危険箇所とする
（危険箇所③のように、下流側に空気弁が設置されていない場合は、更にその下流側の下りこう配部も危険箇所と判断する）



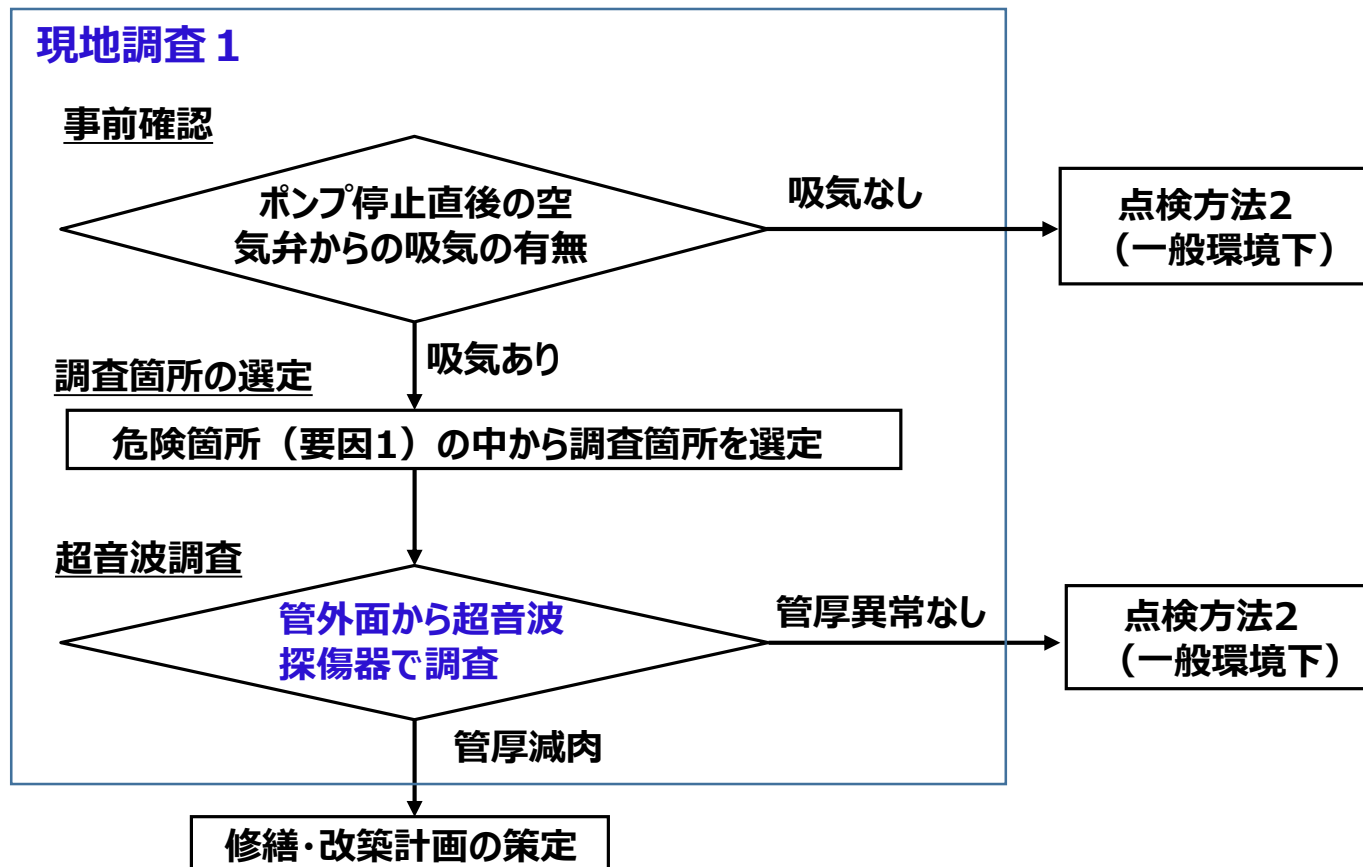
現地調査 1

調査対象：追加机上スクリーニング 1 で危険箇所（要因 1）として抽出された箇所

調査箇所の特徴

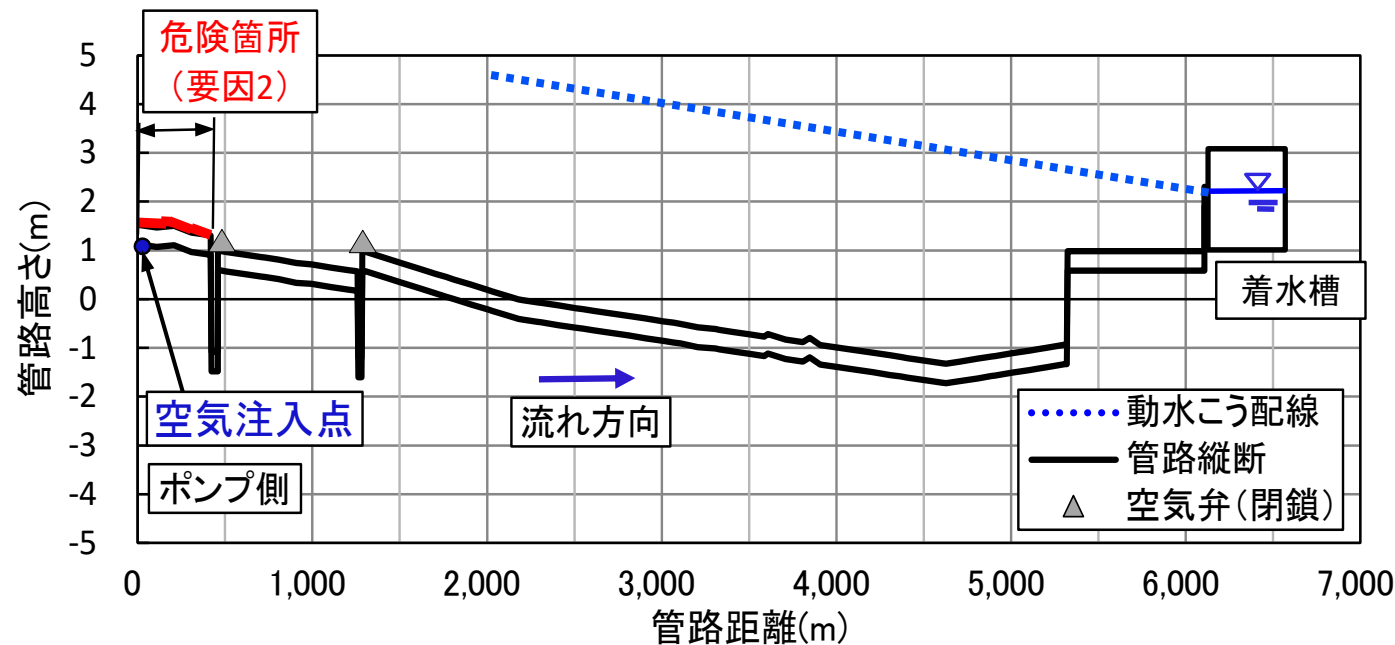
管路内には常に水圧がかかり、**空気弁を取り外すと下水が溢れる**

→ **調査機器を用いて管路内を視覚調査することは困難**



硫化水素抑制対策として**空気注入**を行っている圧送管路で腐食発生（1事例）

- 腐食発生は、**空気注入点の下流側の下りこう配部**
- 管頂側のみ内面腐食しており、典型的な**硫酸腐食**



空気注入実施管路の特徴

空気注入の目的

空気と下水を一緒に流し下水が嫌気化することを防止 → **圧送管路内での硫化物生成を抑制**

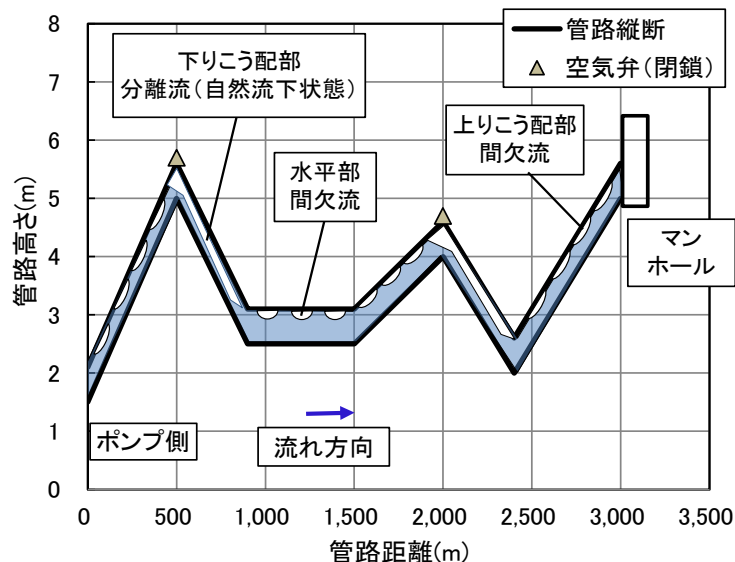
管路内の流れ状況

上りこう配部及び水平部

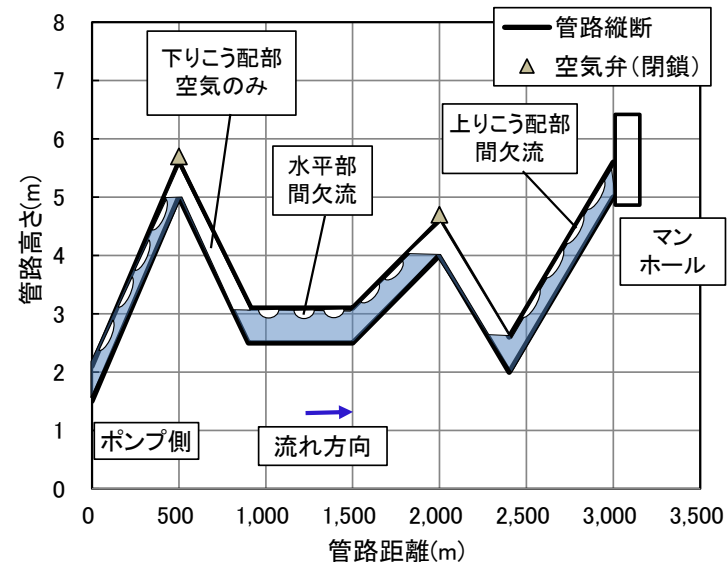
- ・ ポンプ稼働時・停止時とも、**空気は間欠流**となり管頂部を流れる → **空気だまりはできない**

下りこう配部

- ・ ポンプ稼働時には分離流となり、下水は自然流下状態で流れる
 - ・ ポンプ停止時には下りこう配部は全線空気で満たされる
- ポンプ稼働時・停止時とも**管頂側に常に気相部が存在**



(ポンプ稼働時)



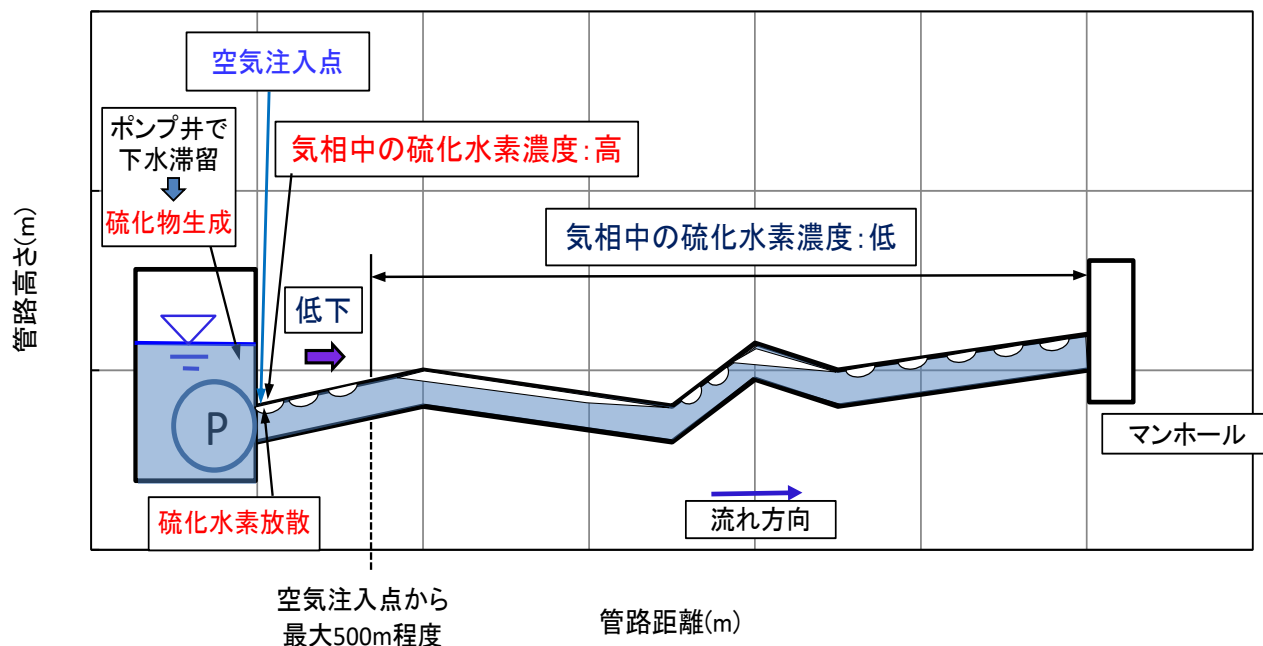
(ポンプ停止時)

空気注入実施管路の特徴

管路内の気相中の硫化水素濃度

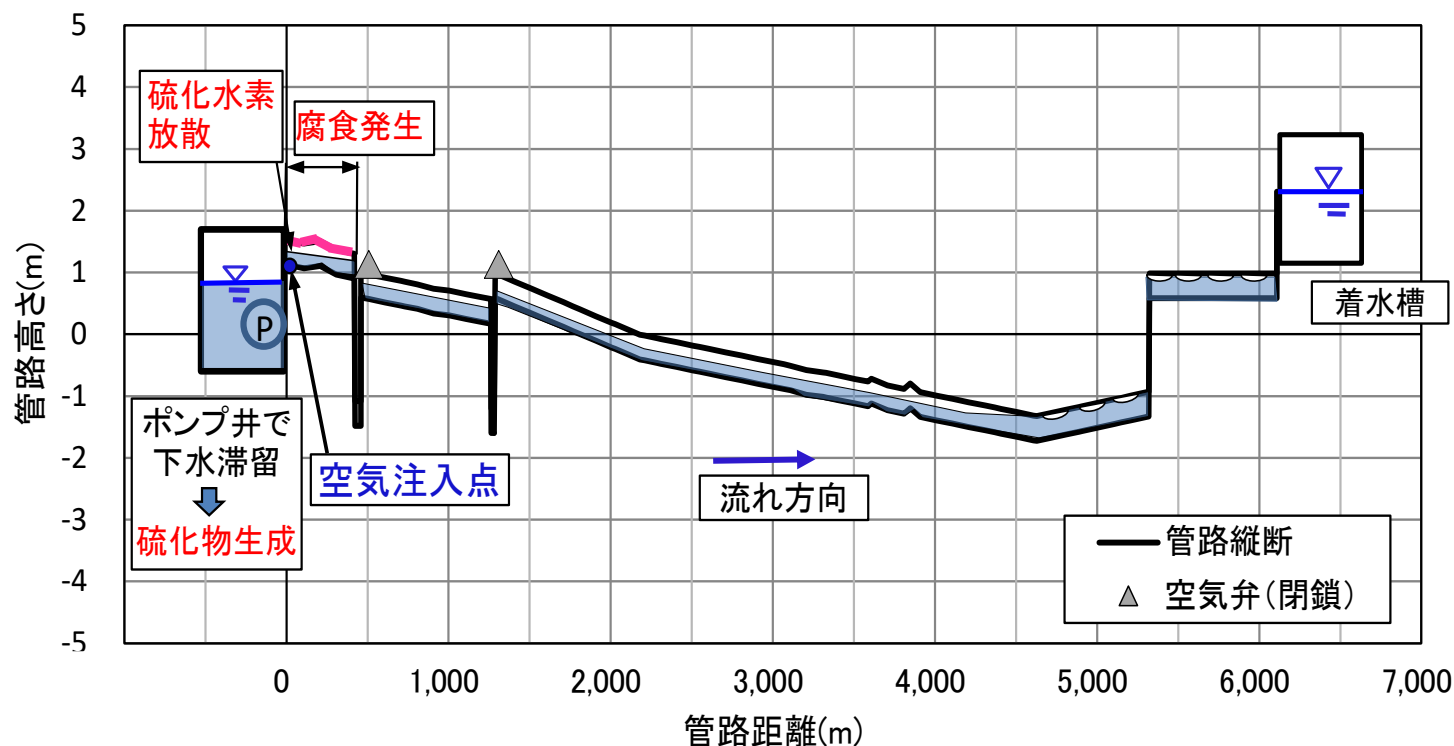
文献で以下のように報告されている

- ・ **空気注入点の近傍**では**比較的高い硫化水素**が検出されることがある。
- ・ その原因は、**圧送管路流入前の下水中**に既に硫化物が含まれ、それが空気注入により**気相中に硫化水素として放散**されたと推測されている。
- ・ **下流**に向かって**硫化水素濃度は低下**し、500m程度を過ぎると硫化水素はほとんど検出されなくなった。



腐食原因の推定（空気注入実施管路での事例）

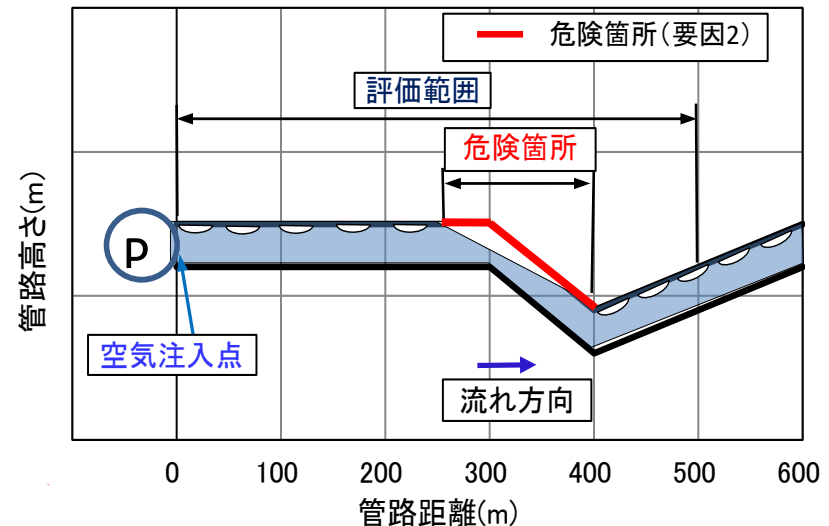
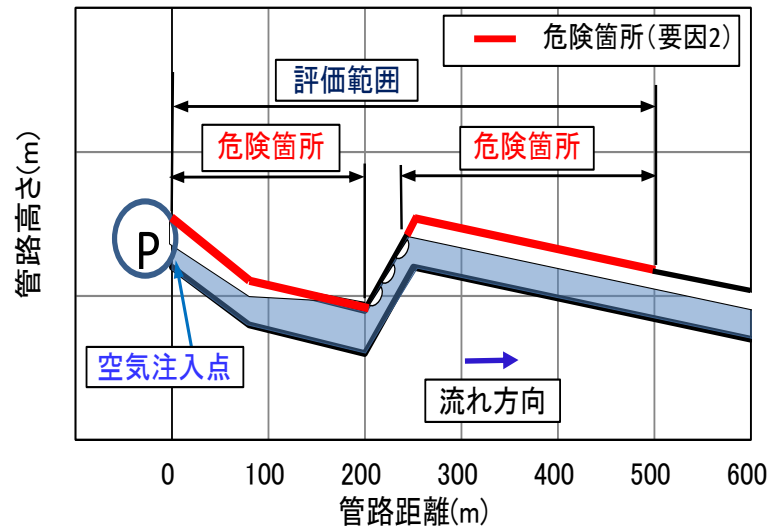
- ①ポンプ井内で下水が滞留している間に、下水中で硫化物が生成
- ②下水中の硫化物が、空気注入により気相中に硫化水素として放散
- ③空気注入点の下流側（約400m程度）が下りこう配であり、常に気相部が形成
→ この範囲で硫酸腐食が発生



追加机上スクリーニング 2 の具体的手順

検討対象：空気注入実施管路

- ① 空気注入点から500mの範囲の下りこう配部を危険箇所として抽出
- ② 上りこう配部、水平部は危険箇所としない



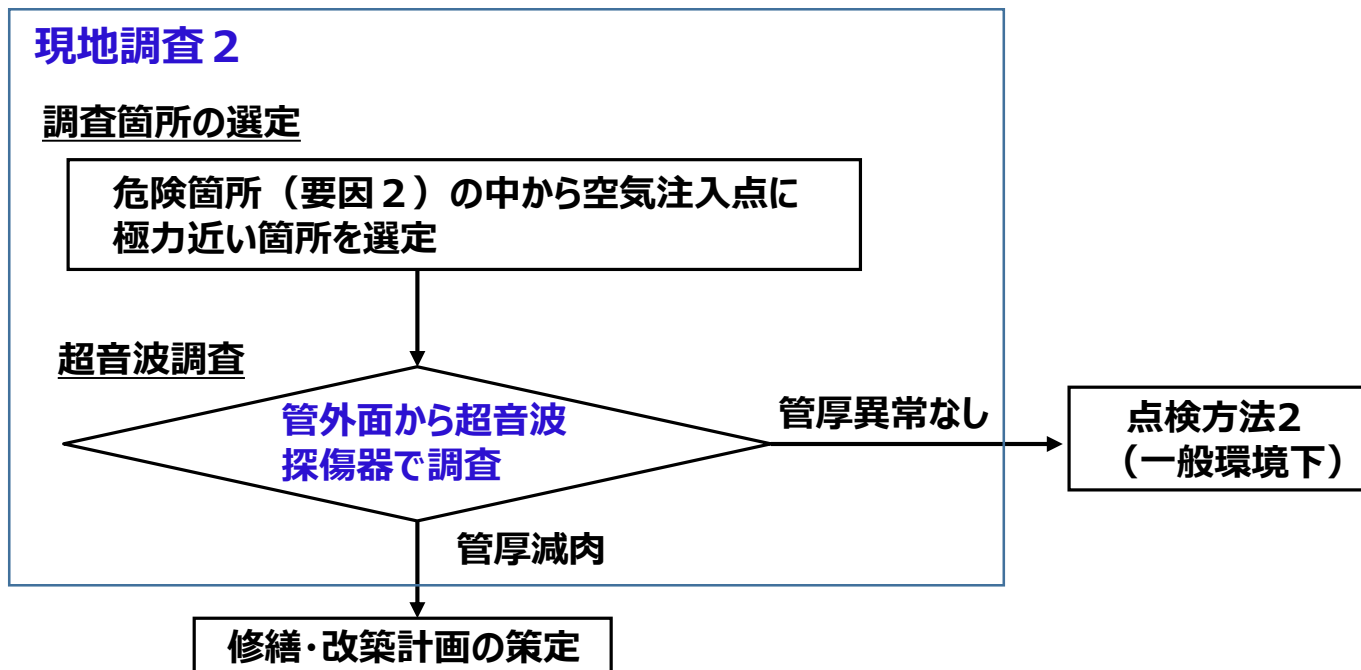
現地調査 2

調査対象：追加机上スクリーニング 2 で危険箇所（要因 2）として抽出された箇所

調査箇所の特徴

管路内には常に水圧がかかり、**空気弁を取り外すと下水が溢れる**

→ **調査機器を用いて管路内を視覚調査することは困難**



- 
1. 「留意事項」作成の背景と目的
 2. 技術の概要
 3. 留意事項(案)の説明
 - 追加机上スクリーニング1の解説
 - 追加机上スクリーニング2の解説
 4. 最後に

最後に

新たに確認された課題

ガイドラインの机上スクリーニングで特定できない箇所で腐食事例が複数報告、以下の2つを原因として推定

① 空気弁の位置に起因

管路頂上部から上流側にずれた空気弁近傍または下流側で腐食発生

② 空気注入に起因

空気注入点の下流側の下りこう配部で腐食発生



本資料で、

これらの腐食箇所を抽出するための方法を「追加机上スクリーニング」として示す
(ガイドラインの机上スクリーニングと併せて実施→抽出精度の向上が期待)

本資料の位置付け

① 不確実な点が残っている

- ・ ケースがどの程度存在するのかが不明
- ・ 事例数が少ないため追加机上スクリーニングの精度検証が困難

② 早期に周知することが圧送管路の適切な管理の促進に効果的と判断



留意事項としてとりまとめ公表