

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

令和4年3月

国土技術政策総合研究所  
下水道研究部下水道研究室

# 目次

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1. 留意事項作成の背景と目的 .....           | 1  |
| 2. 机上スクリーニングを実施する上での留意事項 .....  | 2  |
| 3. 追加机上スクリーニング 1 の解説 .....      | 6  |
| 3.1. 腐食発生状況 .....               | 6  |
| 3.2. 腐食原因の推定 .....              | 7  |
| 3.2.1. ケース A .....              | 7  |
| 3.2.2. ケース B .....              | 9  |
| 3.2.3. ケース A とケース B の境界 .....   | 10 |
| 3.3. 追加机上スクリーニング 1 の具体的手順 ..... | 11 |
| 3.4. 現地調査 .....                 | 12 |
| 3.4.1. 現地調査の手順 .....            | 12 |
| 3.4.2. 調査方法 .....               | 13 |
| 4. 追加机上スクリーニング 2 の解説 .....      | 14 |
| 4.1. 腐食発生状況 .....               | 14 |
| 4.2. 空気注入実施管路の特徴の整理 .....       | 15 |
| 4.2.1. 空気注入の目的 .....            | 15 |
| 4.2.2. 空気注入実施管路内の流れの状況 .....    | 15 |
| 4.3. 腐食原因の推定 .....              | 16 |
| 4.4. 追加机上スクリーニング 2 の具体的手順 ..... | 18 |
| 4.5. 現地調査 .....                 | 19 |
| 4.5.1. 現地調査の手順 .....            | 19 |
| 4.5.2. 調査方法 .....               | 19 |
| 参考文献 .....                      | 20 |

## 1. 留意事項作成の背景と目的

平成30年2月に「下水道圧送管路における硫酸腐食箇所の特効的な調査技術導入ガイドライン(案)」(以下、「ガイドライン」という。)が公表され、それまで有効な技術が確立しておらず調査がほとんど行われていなかった圧送管路を対象とした具体的な調査手法が示された。ガイドラインで示された技術は、①腐食危険推定箇所の抽出(机上スクリーニング)、②空気弁を利用した硫酸腐食の視覚調査の2つの要素技術で構成される。ガイドライン策定以降、ガイドラインを活用し様々な条件の圧送管路で調査が行われ、適切な修繕・改築計画の策定に結びつけられてきている(補足資料編I)。

一方、ガイドラインの机上スクリーニングでは特定できない箇所に腐食が発生する事例が複数報告されている。これらの事例を分析した結果、以下の2つが腐食の原因として推定された。

### (1) 空気弁の位置に起因

管路頂上部から上流側にずれて設置された空気弁近傍または下流側で腐食発生

### (2) 空気注入<sup>1</sup>に起因

空気注入点の下流側の下りこう配部で腐食発生

本資料は、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」として示すものである。追加机上スクリーニングをガイドラインの机上スクリーニングと併せて実施することで、腐食危険推定箇所の抽出精度が向上することが期待される。

なお、上記2つのようなケースがどの程度存在するのかが不明であることに加え、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であり、現時点では不確実な点もあるが、ガイドラインの机上スクリーニングでは抽出できない腐食危険推定箇所が存在すること及びそれを抽出するための追加机上スクリーニングの方法については、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考え、留意事項としてとりまとめ公表することとした。

---

<sup>1</sup> 圧送管路の硫化水素対策の一つで、管路中に空気を注入し下水を好気化させることによって硫化水素の生成を抑制する手法。

## 2. 机上スクリーニングを実施する上での留意事項

ガイドラインでは、腐食危険推定箇所の抽出（机上スクリーニング）において、管路縦断図にポンプ稼働時の動水こう配線を引くことで、満流か非満流かを判断することとしている。この机上スクリーニングに加え、（１）空気弁の位置、（２）空気注入の実施の有無、の２つの観点から追加机上スクリーニングを実施することが望ましい。

追加机上スクリーニングを実施する場合の全体の流れを図 2-1 に示す。青で記載された部分が、本資料で解説する追加机上スクリーニング及びその後の現地調査を示す。

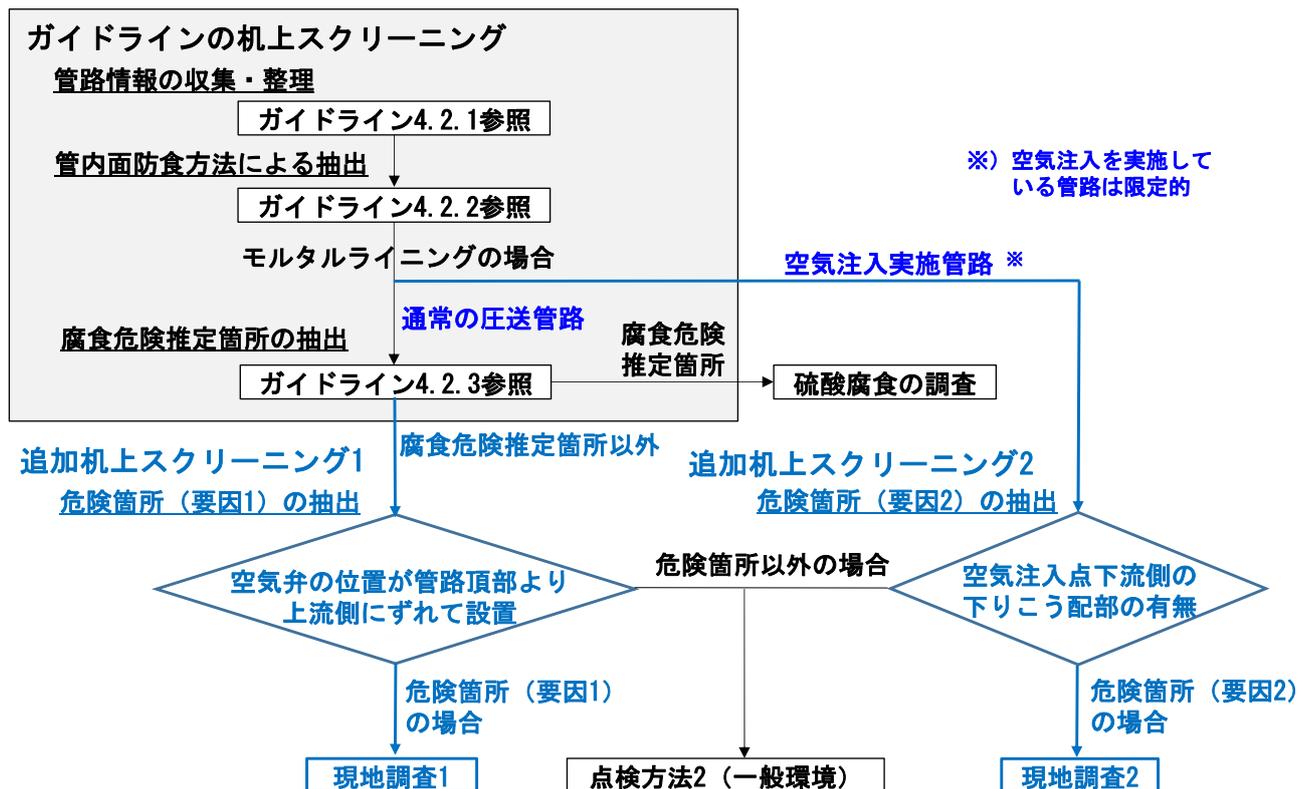


図 2-1 追加机上スクリーニングを実施する場合の全体の流れ

以下に、追加机上スクリーニングの概要を示す。

### (1) 追加机上スクリーニング1の概要

追加机上スクリーニング1では、空気弁の位置に起因した腐食危険推定箇所を抽出する。圧送管路では、ポンプ停止直後に水の流れが急激に変化することで、管路内に一時的に負圧が発生することがある（ウォーターハンマー現象）。負圧発生時に空気弁から吸気され、その空気が管路内に滞留し続ける場合に硫酸腐食が発生する。管路の位置（高さ）が動水こう配より低い場合でも、空気弁が管路頂上部から上流側にずれて設置されている箇所では管路内に空気が滞留する可能性があり、この空気弁の近傍または下流側を腐食危険推定箇所として抽出する。追加机上スクリーニング1の

イメージを図 2-2 に示す。追加机上スクリーニング 1 で抽出された腐食危険推定箇所は、以下「危険箇所（要因 1）」と呼ぶ。

なお、「下水道施設計画・設計指針と解説」（文献 1）では、管路頂上部に空気弁を設けることを原則としつつも、臭気や腐食が問題になることが多いため周辺環境や維持管理を考慮して適切な位置に設置することが望ましいとされており、空気弁が管路頂上部から上流側にずれて設置されている場合が一定程度存在すると推測される。

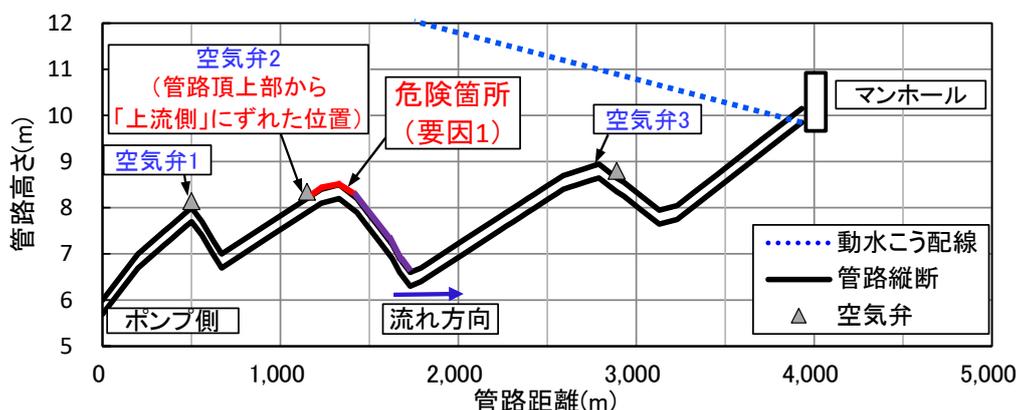


図 2-2 追加机上スクリーニング 1 のイメージ

## (2) 追加机上スクリーニング 2 の概要

追加机上スクリーニング 2 では、空気注入実施に起因した硫酸腐食の危険箇所を抽出する。

硫化水素対策として空気注入を行っている圧送管路が検討対象となる。圧送管路に流入する下水中に硫化物が既に含まれている場合、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ることで、空気注入点の近傍で硫酸腐食が発生する可能性がある。そのため、空気注入点下流側の下りこう配部（空気だまり発生箇所）を腐食危険推定箇所として抽出する。追加机上スクリーニング 2 のイメージを図 2-3 に示す。なお、追加机上スクリーニング 2 で抽出された腐食危険推定箇所は、以下「危険箇所（要因 2）」と呼ぶ。

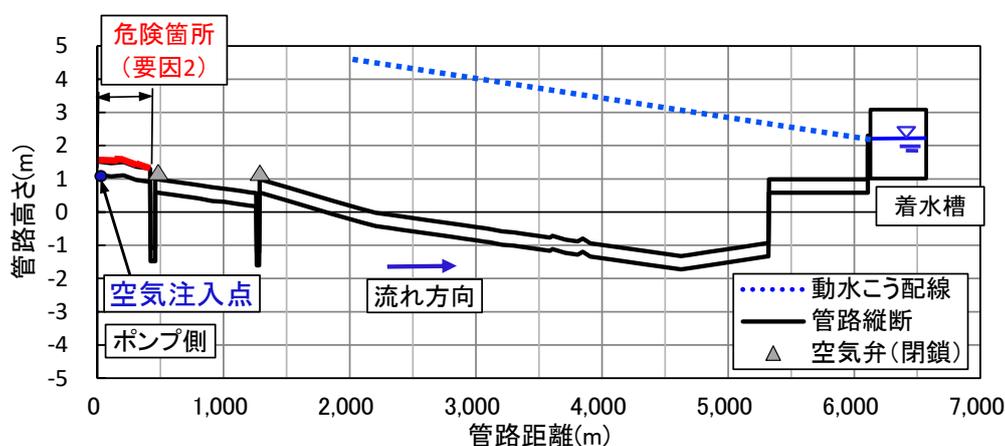


図 2-3 追加机上スクリーニング 2 のイメージ

### (3) 各机上スクリーニングの特徴の整理

ガイドラインの机上スクリーニングと追加机上スクリーニングの特徴をまとめたものを表 2-1 に示す。

表 2-1 机上スクリーニングの特徴

| 項目                      | ガイドラインの<br>机上スクリーニング  | 本資料で解説                                   |                  |
|-------------------------|---|--|------------------|
|                         |   | 追加机上スクリーニング1                             | 追加机上スクリーニング2     |
| 腐食形態                    | 硫酸腐食(管頂側のみが内面腐食)  |  |                  |
| 腐食発生条件                  | ①管路内に気相部が存在する、②新鮮な空気が供給される、③耐食性の乏しい内面防食方法を使用されている、の3つが重なったときに発生 |  |                  |
| 対象管路                    | 通常の圧送管路   |  | 空気注入を実施している圧送管路  |
| 腐食危険推定箇所<br>(机上スクリーニング) | 空気弁周辺の非満流区間と吐出し先マンホール上流部  | 管路頂上部から上流側にずれて設置された空気弁の近傍または下流側          | 空気注入点の下流側の下りこう配部 |
| 検討対象箇所<br>(机上スクリーニング)   | 圧送管路の全区間  | 従来の机上スクリーニングで腐食危険推定箇所ではないと評価された区間        | 空気注入点から500mの範囲   |
| 腐食発生箇所の<br>管路内の圧力       | 内水圧ゼロ   | 内水圧あり(空気弁を取り外すと下水が溢れる状態)                 |                  |
| 現地調査方法                  | 視覚調査(空気弁から調査機器を管路内に挿入して腐食状況を直接確認)                               | 超音波調査(管外面から超音波探傷機で管厚を測定)                 |                  |
| 留意事項                    | 腐食発生箇所は内水圧がかかっていないため、管内面が激しく腐食していても問題が顕在化されにくい。                 | 腐食発生箇所は内水圧が負荷されているため、漏水事故が発生したときに影響が大きい。 |                  |

(参考) ガイドラインの机上スクリーニングの概要

ガイドラインでは、圧送管路で硫酸腐食が発生する腐食危険推定箇所は、以下の3つの条件が重なった場合としている。

- ①管路内に気相部が存在
- ②新鮮な空気の入りがあること
- ③耐食性の乏しい内面防食方法を使用

このうち、①気相部の存在については、管路の位置（高さ）が動水こう配線より高いか低いかで判断することとしている（ガイドライン P15 及び P46）。

【ガイドライン P15】 2.2.2 腐食危険推定箇所の抽出（机上スクリーニング）

(2) 腐食危険推定箇所の抽出

2.1.2 圧送管路の硫酸腐食のメカニズムで示したように、圧送管路で硫酸腐食が起こるのは、管内に気相部が存在し、新鮮な空気の入りがある箇所限定される。圧送管路内が満流であれば、例え下水が嫌気状態であっても硫化水素が気相中に放散されることはなく、硫酸が生成されることもない。

本手法は、このような腐食のメカニズムに着目したもので、任意の圧送区間内に気相部が存在するかどうかの机上検討を行い、空気弁周辺の気相部が存在していると推定される範囲を腐食危険推定箇所と見なす。気相部があるかどうかは、管路の位置（高さ）が動水こう配線より高いか低いかで判断すればよく、ポンプ稼働時には、動水こう配線より低い箇所では管内は満流、動水こう配線より高い箇所では非満流（気相部あり）と判断する。また、吐出し先マンホールの接続部も、非満流となるため腐食危険推定箇所と判断される。

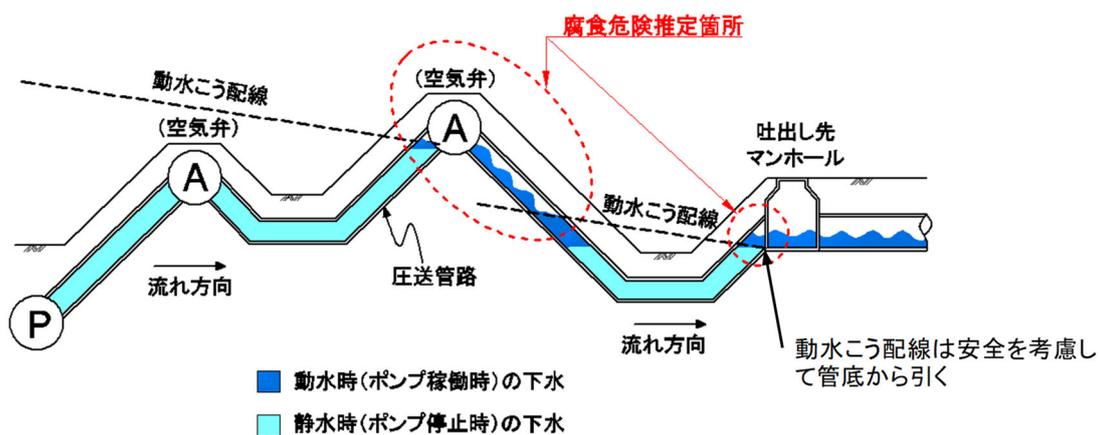


図 2-4 圧送管路の腐食危険推定箇所

### 3. 追加机上スクリーニング1の解説

#### 3.1. 腐食発生状況

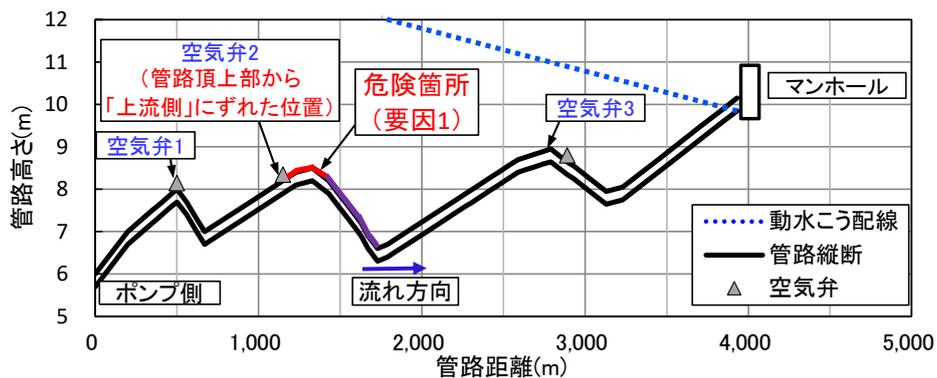
これまで実施されてきた調査や腐食事故データ収集の中で、ガイドラインの机上スクリーニングで検討すると明らかに満流状態となり腐食危険推定箇所には該当しない箇所で、内面腐食やそれに伴う漏水発生が3事例確認された（表 3-1）。全ての事例で管頂側のみが内面腐食しており、典型的な硫酸腐食であった。

腐食原因を検討するため、腐食が発生した3事例の管路縦断や腐食発生箇所を分析し、共通点を精査した。その結果、腐食箇所は全て以下の条件に該当することが確認された。各事例の具体的な内容は、補足資料編Ⅱに示す。

- ①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されていた。イメージを図 3-1 に示す。
- ②腐食発生箇所は、ポンプ停止時にも水圧が負荷された状態になっていた。
- ③圧送管路の管路延長は、2,700m～6,000m と比較的長い。
- ④管路の内面防食仕様はモルタルライニング。
- ⑤管頂側のみが内面腐食していた。

表 3-1 腐食が発生した管路

| 事業体  | 管径 (mm) | 管路長 (m) | 管内面防食方法(直管) | 状況      |
|------|---------|---------|-------------|---------|
| N事業体 | 300     | 6,000   | モルタルライニング   | 漏水      |
| O事業体 | 300     | 2,700   |             | 漏水      |
| P事業体 | 350     | 4,000   |             | 調査で腐食確認 |



備考) 図中の紫線の範囲の腐食発生の有無は空気弁の設置位置に依存（詳細は 3.2.2 で説明）

図 3-1 空気弁の位置に起因する腐食のイメージ

### 3.2. 腐食原因の推定

図 3-2 の管路（以下、「検討管路」という。）を例として、硫酸腐食発生に至ったメカニズムを推定した。なお、空気弁の位置（高さ）が腐食範囲に影響を及ぼすため、それを考慮してケース A とケース B に分けてそれぞれの現象を示す。

#### 3.2.1. ケース A（空気弁が管路頂上部から上流側に少しずれている場合：腐食範囲は限定的）

①検討管路は、吐出し先（マンホール）が管路縦断的に最も高く、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で下水が流れている（図 3-2）。

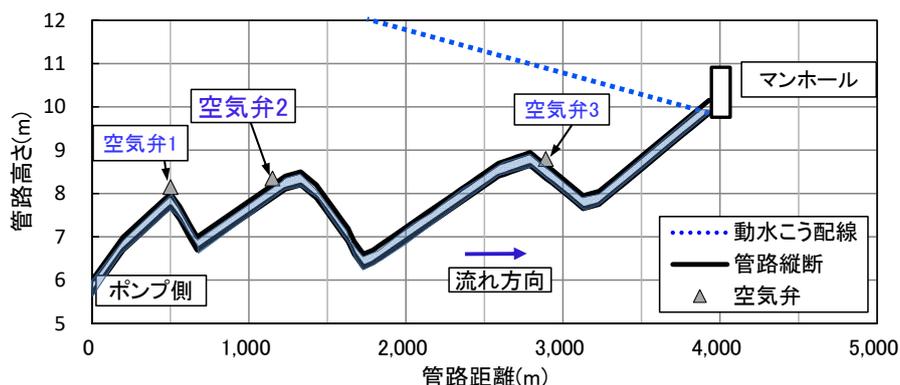


図 3-2 管路内の下水の流れのイメージ

②ただし、ポンプ停止直後に水の流れが急激に変化することで、管路内に一時的に負圧が発生し（ウォーターハンマー現象）、空気弁から吸気される場合がある（文献 2）。特に、長距離管路や流速が大きい場合等にこうした負圧が発生しやすく、検討管路でも図 3-3 に示すように空気弁から吸気される可能性がある。この場合、ポンプが停止するたびに新鮮な空気が供給されることになる。

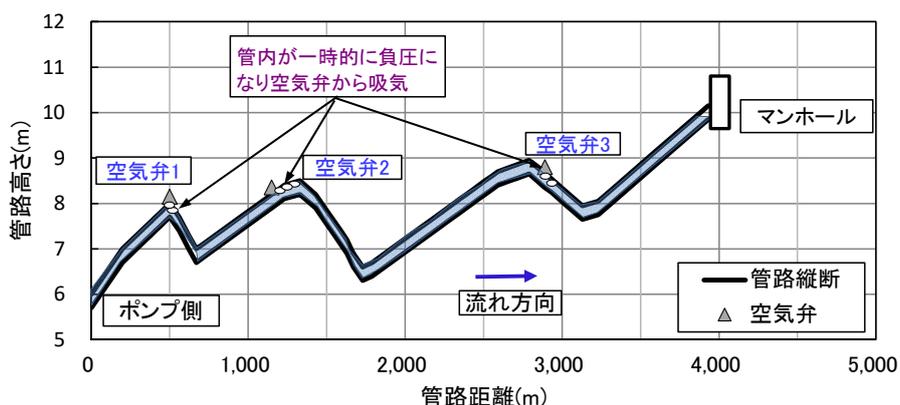


図 3-3 空気弁からの吸気（ポンプ停止直後）

③空気弁は管路頂上部に設置されることが多く、その場合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されるため、こうした空気弁の周辺では硫酸腐食は発生しない（図 3-4 の空気弁 1）。

- ④空気弁が管路頂上部から上流側にずれて設置されている場合は、吸気された空気は圧力変動が収まっても排気されず、管路内に滞留する（図 3-4 の空気弁 2）。その結果、空気弁 2 の下流側は常に気相部が存在することになる。また②で示したようにポンプ停止の都度新鮮な空気が供給されるため、硫酸腐食発生の条件を満たすことになる。硫酸腐食が発生した 3 事例では、全て空気弁 2 のように上流側に設置されていた。
- ⑤一方、空気弁が管路頂上部から下流側にずれて設置されている場合には、吸気された空気の大半は最終的に同じ空気弁から排気されるため、その周辺で硫酸腐食が発生する可能性は低いと推測される（図 3-4 の空気弁 3）。

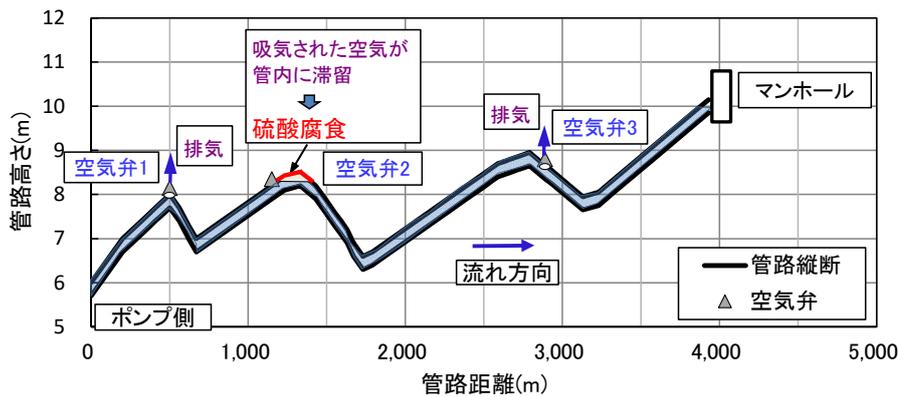


図 3-4 管路内の空気滞留

(補足)

図 3-5 の空気弁 3 のように管路頂上部の下流側に設置されている場合、吸気された大半の空気は管路内の圧力変動が収まった後、管路こう配により元の空気弁の位置まで戻ってきて排気されるが、一部排気できず上流側に移動して空気溜まりとなる可能性がある。ただし、空気弁 3 のような条件で硫酸腐食が発生した事例は、現時点で報告されていない。

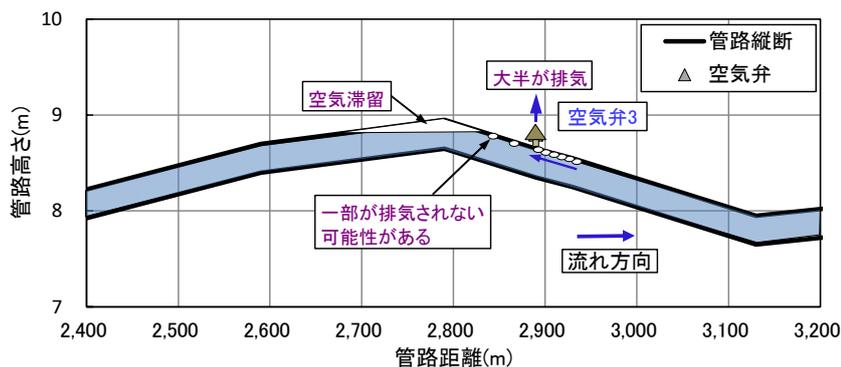


図 3-5 空気弁が管路頂上部の下流側に設置

### 3.2.2. ケース B (空気弁が管路頂上部から大きくずれている場合：腐食範囲は広範囲)

①図 3-6 に示すように、空気弁 2 が管路頂上部から大きく離れた上流側（管路縦断的に低い位置）に設定されている場合について検討する。管路縦断はケース A と同じとする。

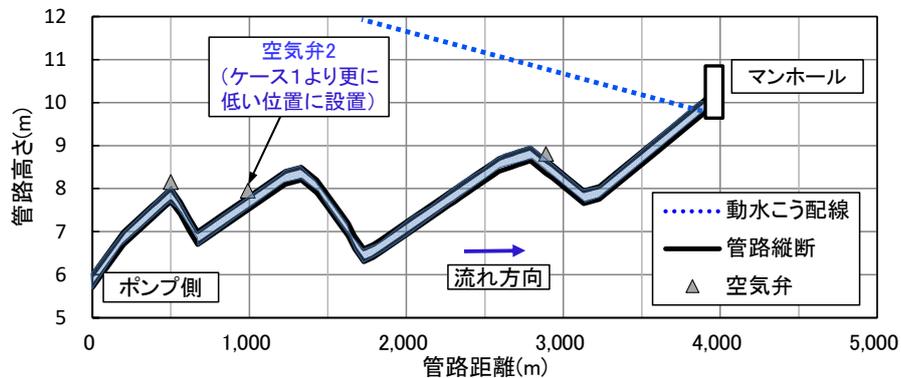


図 3-6 空気弁が管路頂上部から大きくずれている場合（ケース B）

②ケース A と同様にポンプ停止直後に空気弁から管路内に吸気され、これを繰り返すことで、管路頂上部付近に空気が滞留していく（図 3-7）。

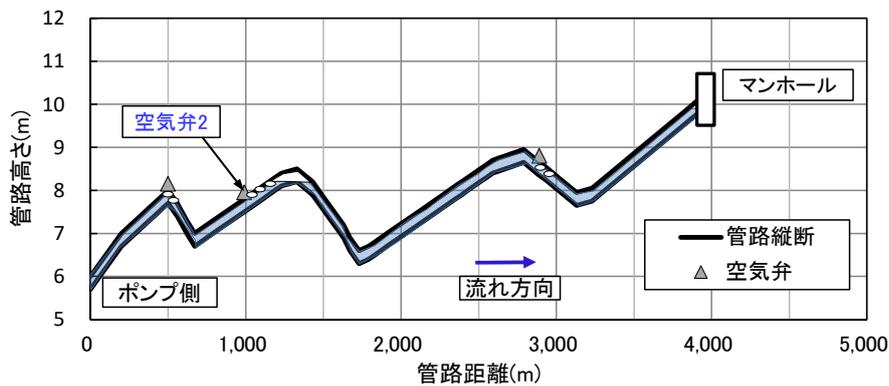


図 3-7 管路内の空気滞留

③空気弁 2 が低い位置に設置されているため、管路内の圧力変動が収まっても滞留した空気は空気弁 2 から排出されない。そのため、空気弁 2 からの吸気が進むに従い、管路頂上部の更に下流側にも空気が滞留していくようになる。最終的には、管路頂上部下流側の下りこう配部のほとんどの区間で気相部が存在するようになる（図 3-8）。

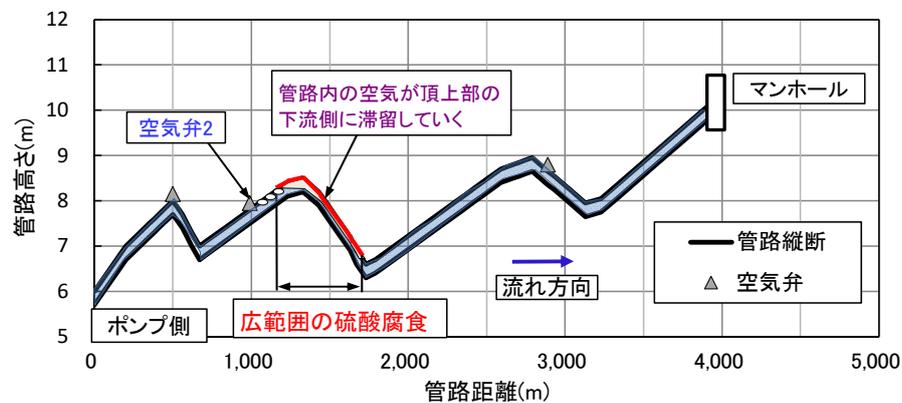


図 3-8 広範囲にわたる硫酸腐食

このようにケース B では、「管路頂上部の下流側の下りこう配部」が広範囲にわたって硫酸腐食する可能性がある。実際はポンプ稼働時には下水が流れるため、下りこう配部が全て気相部になることはないが、気相部となる範囲を正確に予測することは困難なため、下りこう配部は全線で硫酸腐食の可能性があるとし安全側で評価することとした。

### 3.2.3. ケース A とケース B の境界

前述のように、空気弁の設置位置によって硫酸腐食の範囲が大きく異なる。どちらのケースに相当するか以下の手順で判断する（図 3-9）。

- ①空気弁が設置されている箇所の管頂高さ  $H1$  を確認する。
- ②管路頂上部の管底高さ  $H2$  を確認する。
- ③ $H1$  と  $H2$  を比較して、以下のように判断する。
  - ・  $H1$  の方が  $H2$  より高いまたは双方が同じ高さ（赤の空気弁）  
→空気弁から排気され、腐食範囲は限定的（＝ケース A）
  - ・  $H1$  の方が  $H2$  より低い（青の空気弁）  
→空気弁から排気されず、下流側にも空気が滞留し腐食範囲は広範囲（＝ケース B）

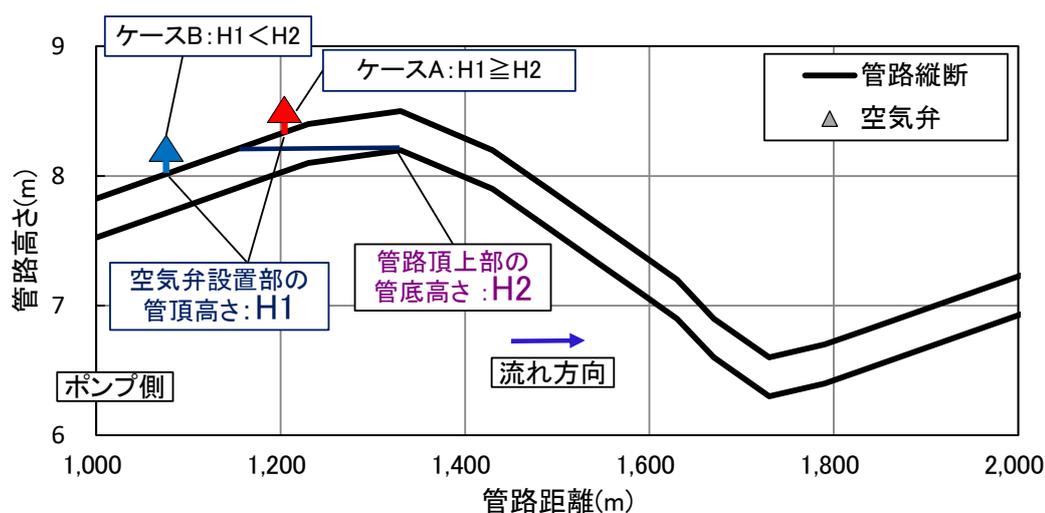


図 3-9 ケース A とケース B の境界

### 3.3. 追加机上スクリーニング1の具体的手順

3.1 腐食発生状況及び3.2 腐食原因の推定をもとに、追加机上スクリーニング1を以下のように行う。モデル管路を事例として、危険箇所（要因1）の抽出手順を示す。

#### ①閉鎖状態の空気弁を除外

ガイドラインの机上スクリーニングで腐食危険推定箇所以外に設置された全ての空気弁（図3-10の青色の空気弁）を対象に、空気弁（補修弁）の開閉状況を確認する。補修弁が閉鎖（空気弁が吸排気しない）状態で運用されている場合は、検討から除外する。

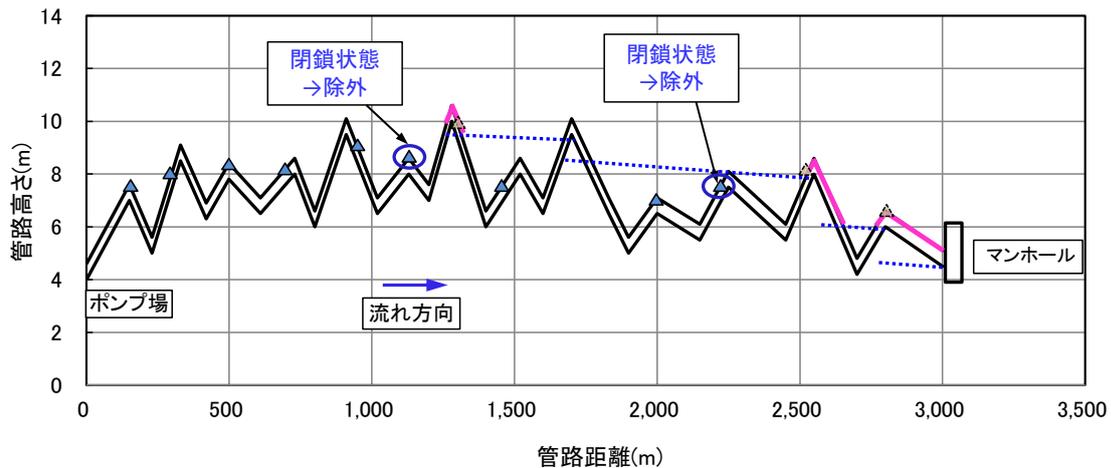


図 3-10 閉鎖状態の空気弁を除外

#### ②管路頂上部から上流側にずれた空気弁の抽出

①で選出された全ての空気弁の設置位置を図面上で確認し、空気弁が管路頂上部から上流側にずれて設置されているものを抽出する（図3-11の赤色の空気弁）。また、抽出した空気弁を対象に、空気弁と管路頂上部との高さ関係を確認し、腐食範囲がケースAとケースBのどちらに相当するか判断する。

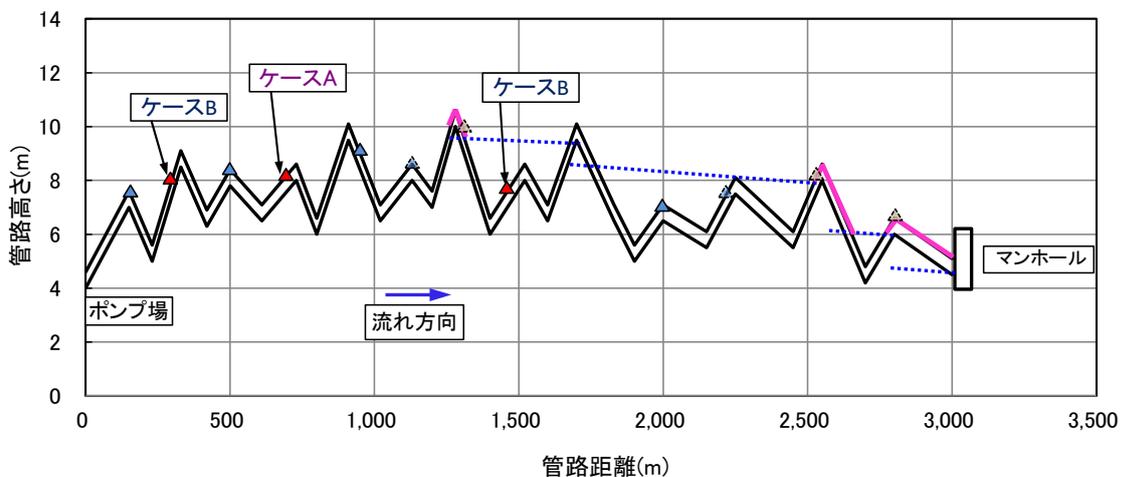


図 3-11 管路頂上部から上流側にずれた空気弁の抽出

### ③気相部ができる可能性がある範囲の抽出

②で抽出した空気弁を対象に、気相部ができる可能性がある範囲（危険箇所（要因1））を抽出する（図 3-12）。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。一方、ケース B の場合には、管路頂上部の下流側の下りこう配部を全線にわたり危険箇所とする。図中の危険箇所③のように下流側に空気弁が設置されていない（または閉鎖状態で運用されている）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（判断した根拠は補足資料編Ⅱの0事業体の事例を参照）。

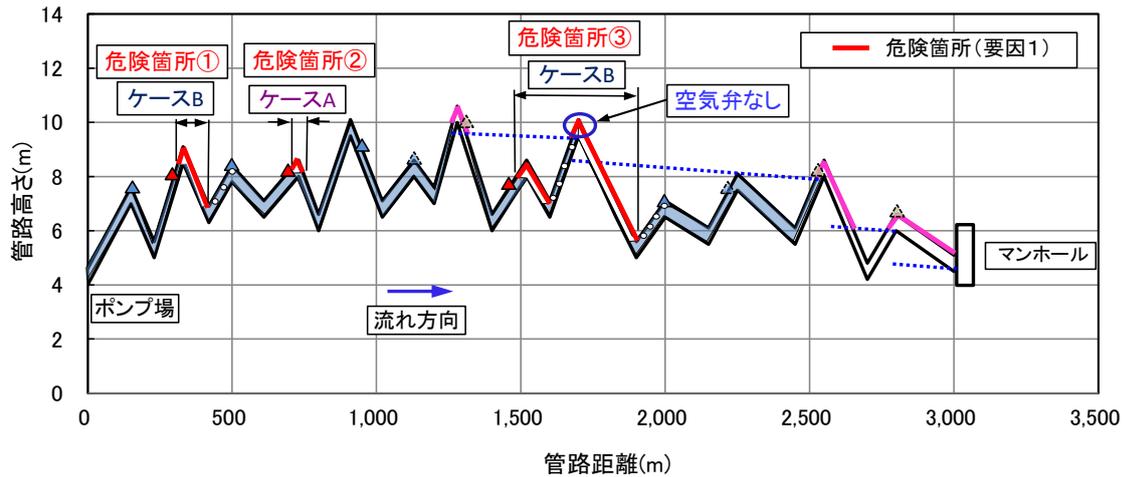


図 3-12 危険箇所（要因1）の抽出

## 3.4. 現地調査

### 3.4.1. 現地調査の手順

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を対象とした現地調査（現地調査1）の手順を図 3-13 に示す。

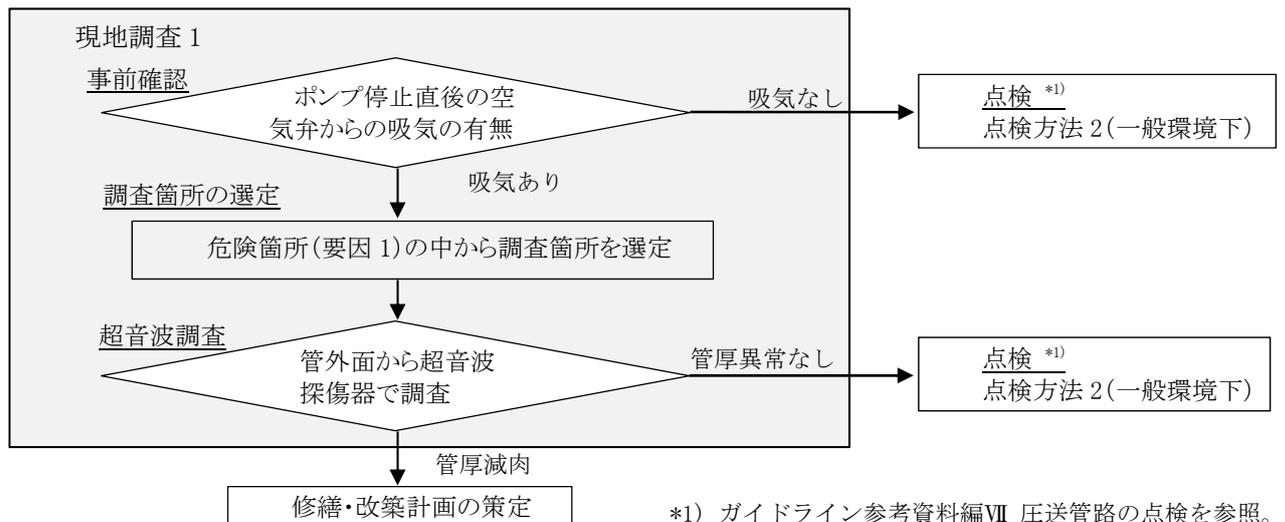


図 3-13 現地調査1の手順

### 3.4.2. 調査方法

#### (1) 事前確認（負圧発生の有無の確認）

ポンプ停止直後に管路内に負圧が発生するか否かは、管路長、流速、管径、管路縦断等に影響され、全ての空気弁で負圧が発生するわけではない。そこで、追加机上スクリーニング1で危険箇所（要因1）であると判断した空気弁を対象に、ポンプ停止直後に空気弁から吸気しているか現地で確認する。吸気を確認された場合、腐食発生の可能性があるかと判断し、(2)調査箇所の選定を行う。

#### (2) 調査箇所の選定

現地踏査を行い、道路交通事状況や周辺環境等も考慮しながら、危険箇所（要因1）の中から最適な調査箇所を選定する。

#### (3) 超音波による調査（管外面からの超音波探傷器での調査）

調査対象の管路内には常に水圧が負荷されており、空気弁を取り外すと下水が溢れるため、管路内に調査機器を入れて視覚調査を行うことは困難である。そこで、(2)で選定した調査箇所を対象に、管外面から超音波探傷器を用いて管厚調査を行う。超音波による調査の具体的内容については、ガイドライン本文の3.2.1を参照のこと。

なお、本調査実施には調査用立坑の築造等により事前に管外面を露出する必要がある。また、異形管の内面防食にはエポキシ樹脂粉体塗装が用いられていることが多いため、調査は直管（内面モルタルライニング）を対象に行うこと。

## 4. 追加机上スクリーニング2の解説

### 4.1. 腐食発生状況

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、内面腐食による漏水事故が発生した。腐食は管頂側のみで発生しており、典型的な硫酸腐食であった（図 4-1）。

空気注入実施管路では管路内を下水と空気が一緒に流れる気液2相流となるため、通常の圧送管路とは流れの状況が異なり、ガイドラインの机上スクリーニングで腐食危険箇所を推定することはできない。

腐食原因を検討するため、腐食が発生した管路の縦断や腐食発生箇所を分析した。その結果、以下のことが確認された。

- ①腐食が発生したのは、空気注入点の下流側の下りこう配部であった（図 4-2）。
- ②この箇所では管路内に常に空気だまりができていたと推測される。
- ③管路の内面防食仕様はモルタルライニング。



図 4-1 腐食状況

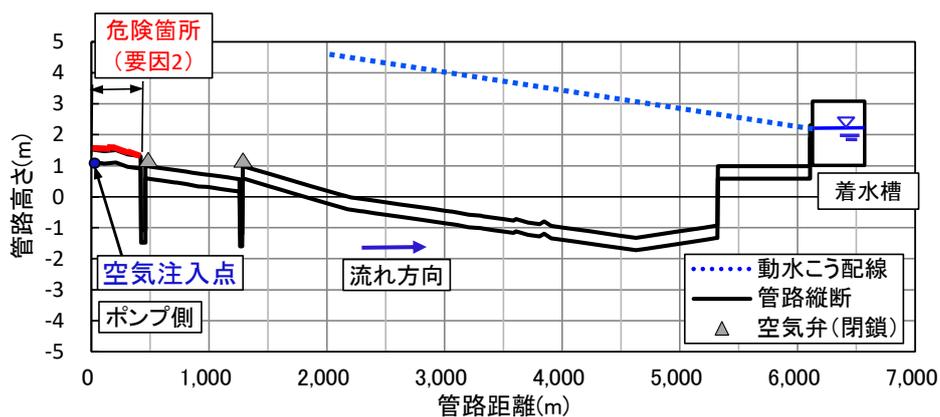


図 4-2 空気注入実施に起因する腐食

## 4.2. 空気注入実施管路の特徴の整理

空気注入実施管路の特徴について、既往文献を参考に整理した。

### 4.2.1. 空気注入の目的

空気注入は、空気と下水を一緒に流すことで下水が嫌気化することを防止し、圧送管路内での硫化物生成を抑制する技術である。空気注入を行うことで、圧送管路吐出し先（マンホールや着水槽）での硫化水素濃度を大幅に低減できることが、多くの施設で確認されている（文献3, 4, 5）。

### 4.2.2. 空気注入実施管路内の流れの状況

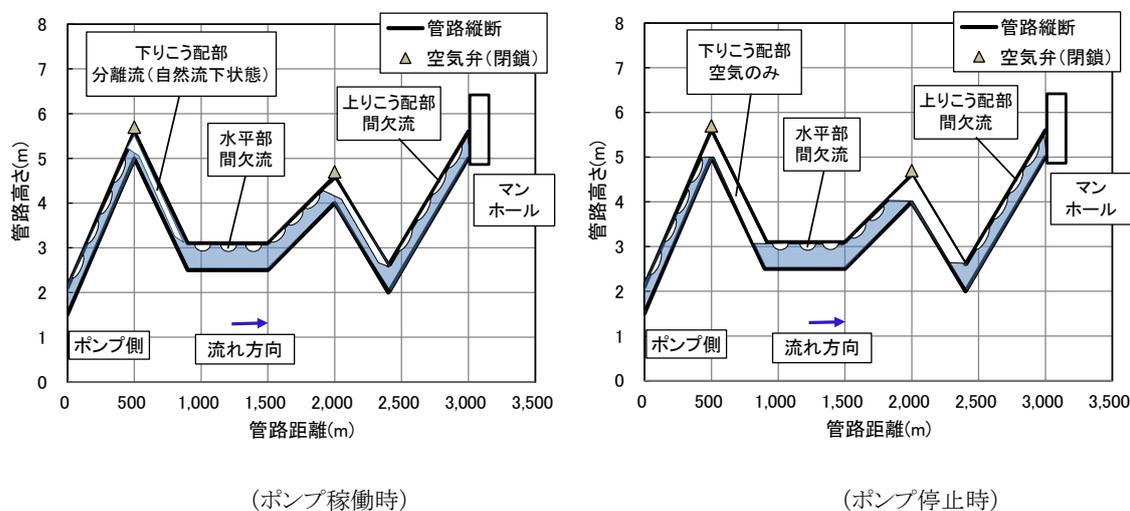
空気注入を行っている管路内の下水及び空気の流れ（気液2相流）のイメージを図4-3に示す（文献3, 6）。

#### (1) 上りこう配部及び水平部

ポンプ稼働時・停止時とも、上りこう配部及び水平部では空気は間欠流となり管頂部を流れる。

#### (2) 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。また、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。このように、下りこう配部では、ポンプ稼働時・停止時とも管頂側に常に気相部が存在することになる。



備考) 空気注入実施管路では、注入した空気が管路の途中から排出されないよう空気弁は閉じて運用されている。

図 4-3 空気注入実施管路の流れ

#### (3) 空気注入実施管路内の気相中の硫化水素濃度

空気注入を実施している圧送管路では、下水の嫌気化が抑制され、下水中の硫化物を低濃度に保つことができる。下水中の硫化物濃度と気相中の硫化水素濃度には正の相関がある（文献7）ため、気相中の硫化水素濃度もほとんどの場合は低濃度になっていると考えられる。

空気注入実施管路内の気相中の硫化水素濃度については、いくつかの文献で実測した事例が報告されている（文献3, 4）。文献3では、空気注入点の近傍の気相中で最大27ppmの硫化水素が測定されたが、そこから220m下流では5ppm以下まで低下し、その下流側（420m～830m（吐出し先））では全区間でほぼゼロであったと報告されている。また文献4では、空気注入点から530m～3,450m（吐出し先）で調査を行い、その全区間で気相中の硫化水素濃度はほぼゼロであったと報告されている。このようにどちらの報告でも、気相中の硫化水素濃度は、空気注入点の近傍を除いたほとんどの区間で低濃度に抑制されていた。

一方、空気注入点の近傍では他の区間より高い硫化水素が検出されており、文献3で報告された27ppmは腐食環境分類Ⅱ類（硫酸によるコンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境）（文献8）に相当していた。その原因として、圧送管路に流入する下水中に硫化物が既に含まれており、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文献3では推測している。特に圧送管路入口部のポンプ井内で下水が長時間滞留しているような場合には、その間に高濃度の硫化物が生成される可能性がある。空気注入実施管路内の気相中の硫化水素濃度のイメージを図4-4に示す。

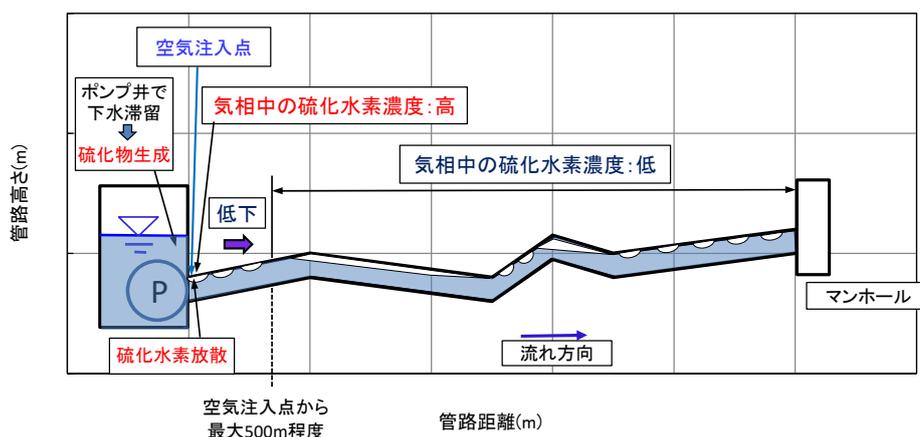


図 4-4 空気注入実施管路内の気相中の硫化水素濃度のイメージ

### 4.3. 腐食原因の推定

Q事業所の圧送管路（管径400mm×約6,100m、内面モルタルライニング）を例として、硫酸腐食発生に至ったメカニズムを推定した（図4-5）。

- ① 圧送管路入口部の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された。
- ② 硫化物を含む下水が圧送管路内に送られ、空気注入により気相中に硫化水素として放散された。
- ③ 本圧送管路は空気注入点の下流側が下りこう配であり、ポンプ稼働時・停止時とも管頂側には常に気相部が存在していた。この区間では、①管路内に気相部が存在する、②新鮮な空気の出入りがあ、③耐食性の乏しい内面防食方法を使用されているという条件を満たし、かつ気相中に比較的高濃度の硫化水素も含まれていたため、管頂側で硫酸腐食が発生した。

なお、上りこう配部や水平部では空気が間欠流で流れる（空気溜まりはできない）ため、仮に気相中に高濃度の硫化水素が含まれていても硫酸腐食は発生しないと考えられる。

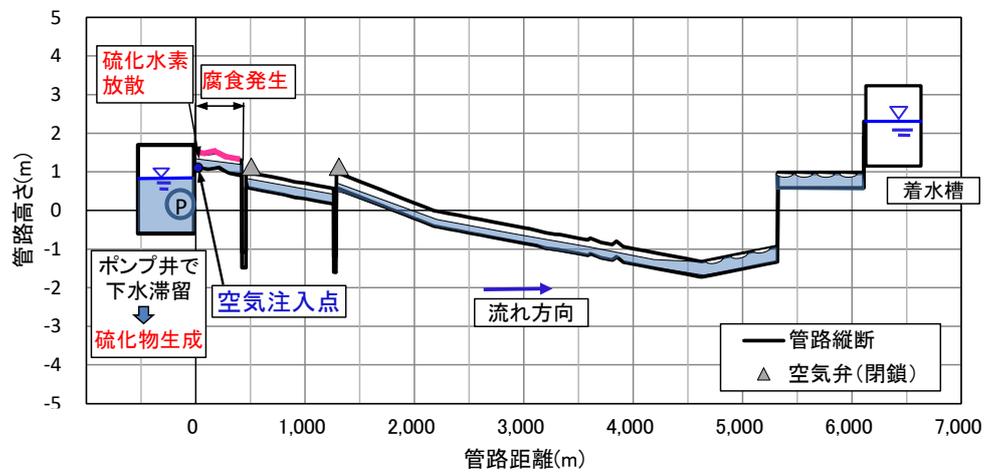


図 4-5 腐食発生メカニズムの推定

#### 4.4. 追加机上スクリーニング 2 の具体的手順

4.1 腐食発生状況及び 4.3 腐食原因の推定をもとに、追加机上スクリーニング 2 を以下のように行い、危険箇所（要因 2）を抽出する。

- ① 空気注入点から 500m の範囲の下りこう配部（空気だまりができる箇所）を危険箇所（要因 2）として抽出する（図 4-6）。（4.2.2.(3)に示したように、空気注入点から下流に 500m 以降は、硫化水素濃度はほぼゼロであったとの報告に基づき 500m と設定した。）
- ② 上りこう配部及び水平部では間欠流で流れ、空気だまりはできないとする（図 4-7）。

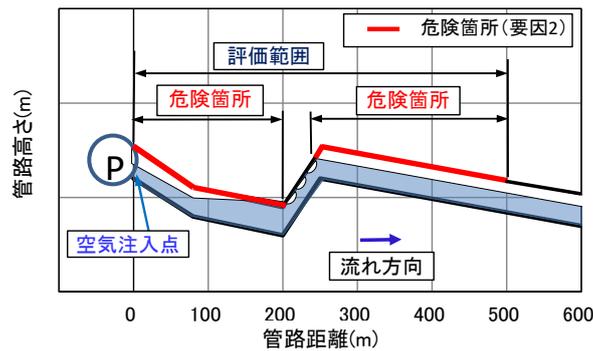


図 4-6 管路内の空気だまりのイメージ（下りこう配部）

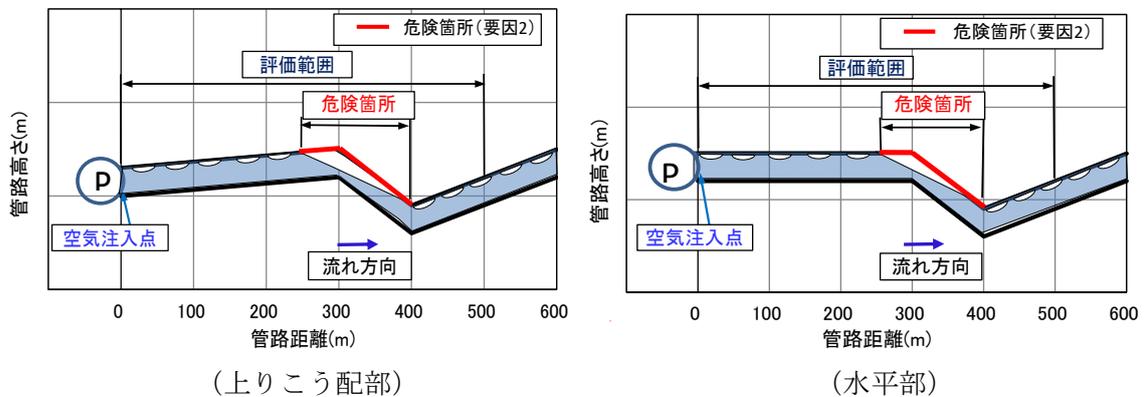


図 4-7 管路内の空気だまりのイメージ

## 4.5. 現地調査

### 4.5.1. 現地調査の手順

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を対象に現地調査（現地調査2）を行う。現地調査2の手順を図4-8に示す。

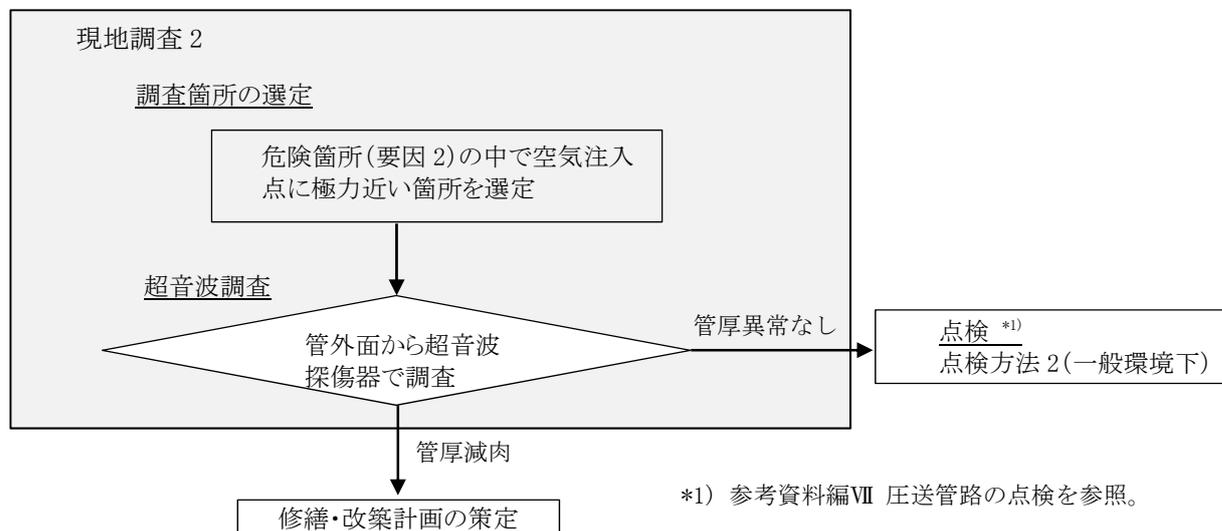


図 4-8 現地調査2の手順

### 4.5.2. 調査方法

#### (1) 調査箇所の選定

空気注入実施管路内の気相中の硫化水素濃度は、空気注入点の近傍が最も高く、流下するに従って徐々に低下していくと考えられる。そのため、危険箇所（要因2）の中から空気注入点に極力近い箇所で腐食調査を行うことが望ましい。現地踏査を事前に行い、道路交通事状況や周辺環境等も考慮しながら最適な調査箇所を選定する。

#### (2) 超音波による調査（管外面からの超音波探傷器での調査）

調査対象の管路内には常に水圧が負荷されており、調査のため空気弁を取り外すと下水が溢れるため、管路内に調査機器を入れて視覚調査を行うことは困難である。そこで、(1)で選定した調査箇所を対象に、管外面から超音波探傷器を用いて管厚調査を行う。超音波による調査の具体的内容については、ガイドライン本文の3.2.1を参照のこと。

なお、本調査実施には調査用立坑の築造等により事前に管外面を露出する必要がある。また、異形管の内面防食にはエポキシ樹脂粉体塗装が用いられていることが多いため、調査は直管（内面モルタルライニング）を対象に行うこと。

## 参照文献

- 1) 公益社団法人日本下水道協会. “圧送管路”. 下水道施設計画・設計指針と解説 前編 -2019年版-. p. 582.
- 2) 公益社団法人日本水道協会. 水道施設設計指針 -2012年版-. p. 547.
- 3) 建設省土木研究所下水道部下水道研究室ほか. “空気注入手法”. 下水道施設における経済的な硫化水素対策技術の開発に関する共同研究報告書. 建設省土木研究所, 1998, 共同研究報告書, 整理番号第 194 号, p.12-28
- 4) 佐藤典敬ほか. 空気注入による硫化水素抑制手法に関する調査事例. 下水道協会誌. 1999, vol. 36, no. 466, p. 148-160.
- 5) 泉宏導. 圧送方式の維持管理の事例. 月刊下水道. 1999, vol. 22, no. 2, p. 57-60.
- 6) 亀田泰武. 下水圧送管における空気注入の基礎研究. 東京大学, 1994, 博士論文.
- 7) US EPA. Design Manual: Odor and corrosion control in sanitary sewerage systems and treatment plants. 1985.  
(日本語版) 一般財団法人下水道業務管理センター. EPA 設計マニュアル: 下水道施設の臭気と腐食対策. 1988.
- 8) 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. 2017.