

第5章 硫酸腐食の調査手法

第1節 硫酸腐食の調査手順

5.1.1 硫酸腐食の調査手順

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、実管路で硫酸腐食の視覚調査を行い、管内面の腐食状況を直接確認し劣化度を診断・評価する。調査は以下の手順で実施する。

- (1) 現地踏査
- (2) 事前確認
- (3) 視覚調査
- (4) 診断・評価

【解説】

本調査技術は、机上スクリーニングで抽出された腐食危険推定箇所を対象に、空気弁(口径75mm)または吐出し先マンホールから本調査機器を挿入して視覚調査し、管内面の腐食状況をビデオカメラで直接確認することで、劣化度を診断・評価する。

本調査の手順を図5-1に示す。各項目の内容については、次節以降に詳述する。

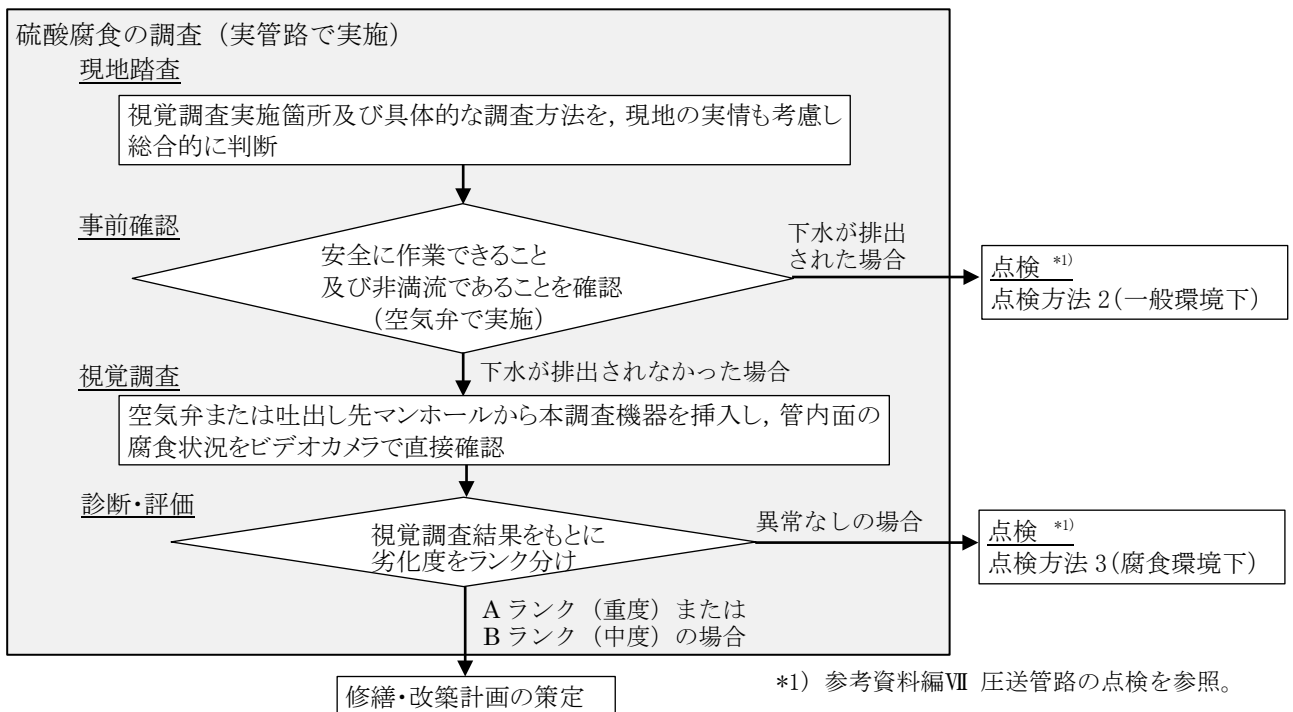


図5-1 硫酸腐食の調査手順

第2節 現地踏査

5.2.1 現地踏査

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については、基本的には全ての箇所を対象に管内面の腐食状況を視覚調査することが望ましい。しかしながら、道路交通状況や周辺環境等を考慮すると視覚調査が非常に困難な場合もあるため、視覚調査の前に現地踏査を行い、視覚調査実施箇所及び具体的な調査方法については、現地の実情も考慮し総合的に判断した上で決定する。

【解説】

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については、基本的には全てを対象に管内面の腐食状況の視覚調査を行うことが望ましい。しかしながら、道路交通状況や周辺環境等を考慮すると、空気弁室やマンホールの蓋を開放して作業を行うことが非常に困難な場合もある。また、空気弁が水管橋の上に設置されており、空気弁に容易に近づけないこともある。

このため、視覚調査実施箇所及び具体的な調査方法については、表 5-1 に示す事項に留意し、現地の実情も考慮し総合的に判断した上で決定する。

表 5-1 視覚調査箇所及び調査方法を検討する上での留意事項

留意点	内容
視覚調査業務を行うことによる周辺への影響の大きさ	<ul style="list-style-type: none">・渋滞発生等の道路交通への影響・周辺住民の生活への影響・周辺の学校、医療機関や企業活動に対する影響等
視覚調査実施のための仮設の要否とその費用	<ul style="list-style-type: none">・空気弁(水管橋)までの作業道が設置されていないとき等に検討が必要
他の調査結果からの類推の可否	周辺への影響や仮設を考慮して視覚調査実施が困難と判断した場合には、以下に示す他の調査結果から、腐食状況を類推することを検討する。 <ul style="list-style-type: none">・同じ圧送管路の他の箇所での調査結果・同じ下水道事業体内の他の圧送管路での調査結果

第3節 事前確認

5.3.1 事前確認

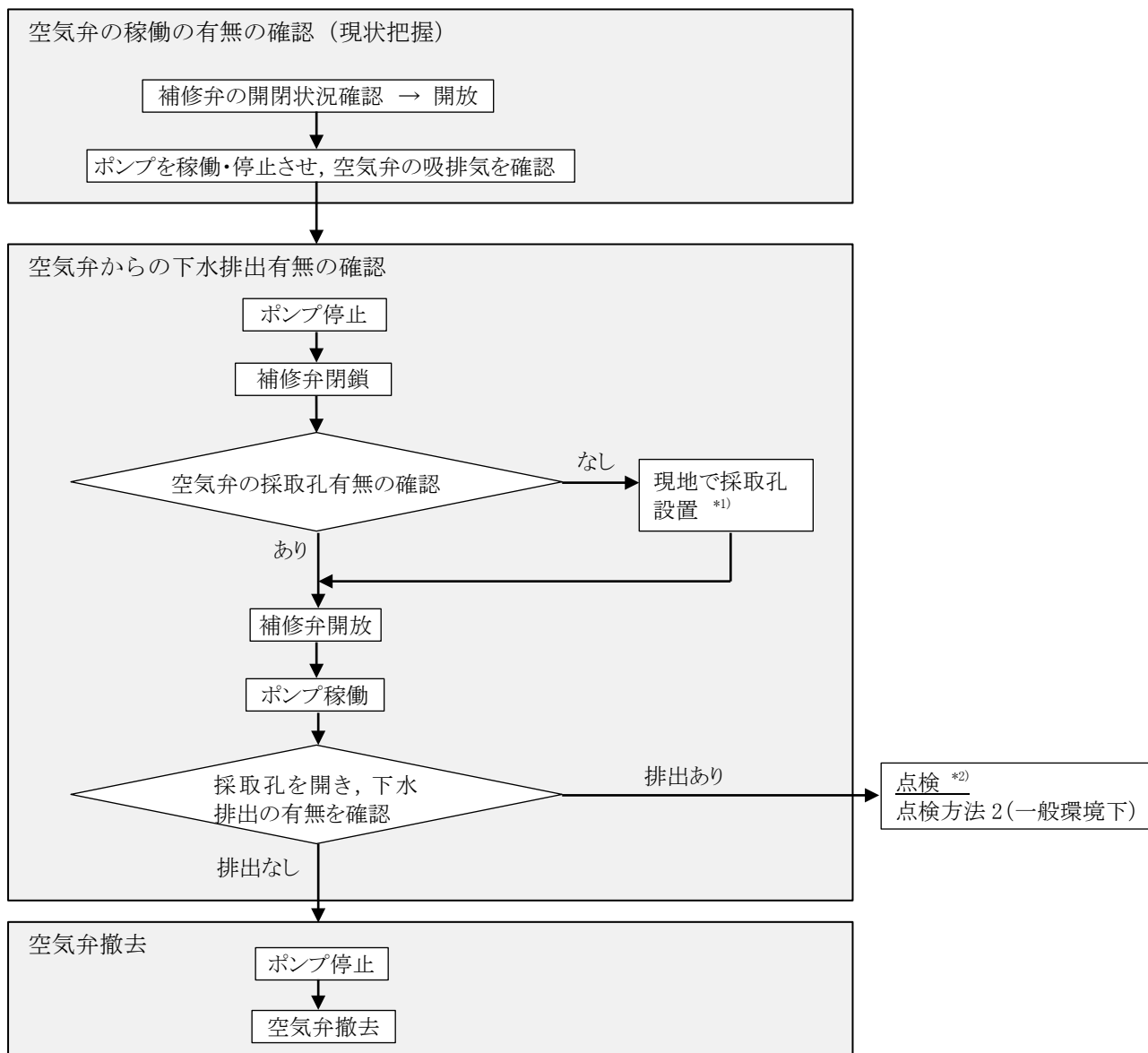
視覚調査実施の直前に、空気弁を安全に撤去できること、また、空気弁から下水が溢水しないことを必ず確認する。

【解説】

視覚調査は、ポンプ停止状態で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確認する。そのため、視覚調査前に空気弁を撤去する必要があるが、満流状態の管路から空気弁を撤去すると、下水が溢れ止まらなくなる可能性がある。また、空気弁撤去により管内から高濃度の硫化水素が排出され、人命に関わるような重大事故につながる危険性もある。

そこで、視覚調査実施の直前に、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の確認を事前確認として必ず行う。事前確認時には、空気弁室内の空気中の酸素濃度及び硫化水素濃度を常に測定し、酸素濃度を18%以上、かつ、硫化水素濃度を10ppm以下に保つように換気を行う。なお、事前確認で空気弁から下水が排出された場合は、管内は満流状態になっており、硫酸腐食が発生している可能性は低いと判断できる。

事前確認の手順（図5-2参照）及び留意事項を以下に示す。



*1) 下水の漏れや硫化水素濃度に細心の注意が必要。

*2) 参考資料編VII 圧送管路の点検を参照。

図 5-2 事前確認の手順

(1) 空気弁稼働の有無の確認（現状把握）

1) 補修弁の開閉状態の確認

空気弁の下に設置されている補修弁（図 5-3 参照）が開放状態になっていることを確認する。補修弁が閉鎖された状態になっている場合は、開放する。なお、補修弁が老朽化等により固着している場合は、注意しながら開閉作業を行う。また、補修弁の開閉の方向が分からない場合は、補修弁を半分程度開いた状態にする。

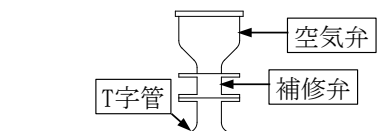


図 5-3 補修弁の設置例

2) 空気弁の吸排気の確認

空気弁が正常に稼働していると、負圧になれば空気弁から吸気することで管内に新鮮な空気を取り込み、その後正圧になれば空気弁から管内の空気を排出する。したがって、圧送管路が非満流になる箇所に空気弁が設置されていれば、空気弁が吸排気し硫酸腐食が発生する環境になると考えられる。

ただし、空気弁または補修弁が長期間にわたって閉鎖された状態になっていると、空気弁から新鮮な空気が供給されず、硫酸腐食が進行していない可能性がある。またこの場合、管内の空気の入れ替わりがないために、気相中に放散された硫化水素がほぼ飽和状態（気液平衡濃度）になり、非常に高濃度の硫化水素が管内に滞留している可能性が高い。このように空気弁の吸排気の確認は、硫酸腐食の進行の可能性や安全上の課題等を把握する上で重要である。

そこで、ポンプ稼働・停止時に少なくとも 1 回ずつ、空気弁の吸排気の状況を確認し、表 5-2 のように判断する。

表 5-2 空気弁の吸排気の確認と判断方法

空気弁の吸排気	硫酸腐食の可能性	管内の状況
あり	新鮮な空気が供給されており、硫酸腐食の可能性が高い。	ポンプ停止時には非満流になっている可能性が高い。そのため、ポンプ停止時に空気弁を撤去しても下水が溢れる可能性は低い。
なし	空気の入れ替わりがなく、硫酸腐食が進んでいない可能性がある。ただし、過去には吸排気が行われていた可能性もあり、硫酸腐食の有無を明確に判断できない。	吸排気が行われていない原因として、空気弁自体の故障、補修弁の閉鎖、管路が常に満流状態になっている、のいずれかが考えられる。下水の溢れや高濃度の硫化水素排出の可能性があり、慎重な対応が必要。

(2) 空気弁からの下水排出の有無の確認

1) 空気弁の採取孔有無の確認

空気弁の採取孔の有無を確認する。写真 5-1 に採取孔の設置事例を、写真 5-2 に採取孔の未設置の事例を示す。採取孔が設置されていないときは、ポンプが停止していることを確認した上で、蓋を取り外し、採取孔付きの蓋と取り替える（写真 5-2 参照）。



写真 5-1 空気弁の採取孔設置状況の一例



写真 5-2 空気弁に設置された蓋と採取孔設置の一例

<留意事項>

蓋を取り外すと、下水の溢れや高濃度の硫化水素の排出の可能性がある。蓋を取り付けているボルトを少し緩め、少し隙間を作り、下水及び空気の排出が止まったことを確認した上で蓋を取り外す。下水の排出が止まらない時は、満流状態であると判断し、それ以降の視覚調査は実施しない。

2) 下水排出有無の確認

空気弁の設置箇所がポンプ稼働時に満流か非満流かを確認する。採取孔を開き、ポンプ稼働開始からポンプが停止するまでの間に下水が排出されるかどうかを確認し、表 5-3 のように判断する。

表 5-3 空気弁からの下水排出の有無と判断方法

採取孔からの下水排出	評価
なし	空気弁設置位置の管内は常に非満流。 ⇒ 硫酸腐食の可能性が高いと判断し、視覚調査を実施する。
あり	空気弁設置位置の管内は、ポンプ稼働時には満流状態。 ⇒ 硫酸腐食の可能性は低いと判断し、視覚調査は実施しない。 点検(一般環境下)を実施する。

(3) 空気弁撤去

採取孔からの下水排出がなかった場合にのみ、視覚調査実施に向けて空気弁を撤去する。空気弁撤去はポンプ停止を確認した上で行う。

<留意事項>

管内に圧力が残った状態で空気弁と補修弁とを接合しているフランジボルトを取り外すと、圧力により空気弁が上方方向に飛び、人身事故につながる可能性がある。フランジボルトを少し緩め、隙間から空気が排出されていないことを確認した後、空気弁を撤去する。

第4節 視覚調査

5.4.1 視覚調査の概要

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本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するものである。

【解説】

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本調査機器を圧送管路内に 30m程度押し込み、リールによりガイドを引き戻す際に管頂側約 180° の範囲をビデオカメラで連続的に撮影するものである。撮影した画像は、パソコンモニターでリアルタイムに確認することが可能であり、また、パソコンに記録し、事務所等で劣化度の診断を行う。本調査機器のイメージを図 5-4 に示す。

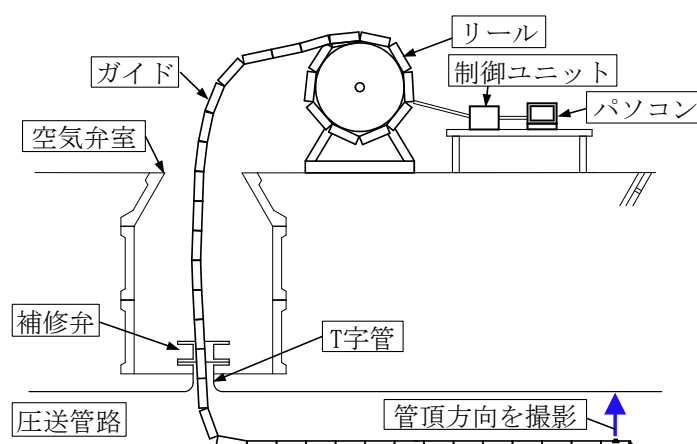


図 5-4 本調査機器のイメージ

5.4.2 視覚調査の適用条件

視覚調査の適用条件を以下に示す。

(1) 本調査機器の挿入可能箇所

空気弁（口径 75mm 以上）または吐出し先マンホール

(2) ポンプ停止時間

連続して 1.5 時間以上ポンプを停止できること

(3) 管内の状況

管内に滞留する下水水深が 30mm 以下の場合に視覚調査可能で、また、高さ 50mm 以下の堆積物があっても本調査機器を押し込み可能

(4) 曲線配管部への対応

22.5° 以内の曲管が配管されていても本調査機器を押し込み可能

(5) 対象管径

200mm～1000mm

(6) 視覚調査可能範囲

空気弁及び吐出し先マンホールから 30m の範囲

(7) 輸送する流体

汚水

【解 説】

視覚調査の適用条件を以下に示す。

(1) 本調査機器の挿入可能箇所

本調査機器は、空気弁または吐出し先マンホールから管内に挿入する。圧送管路では、通常口径 75mm の空気弁が用いられていることが多く、本調査機器は口径 75mm 以上の空気弁に対応することができる構造とした。空気弁の口径が 75mm より小さい場合は、本調査機器を挿入することはできない。

(2) ポンプ停止時間

視覚調査は、原則、ポンプが停止した状態で行う。ポンプ停止時間は 1.5 時間以上を確保できることが望ましい。

(3) 管内の状況

管内に滞留している下水の水深が大きくなると、本調査機器のビデオカメラが水没し撮影できなくなる。よって、視覚調査時の管内水位は、ビデオカメラが水没しない水深 30mm 以下とする。ただし、部分的に水深 30mm 以上の箇所があっても本調査機器の耐水性に問題はなく、それ以外の範囲は視覚調査可能である。

また、管内に若干の堆積物（高さ 50mm 以下）が存在しても、本調査機器は堆積物を乗り越えながら押し込むことができる。

(4) 曲線配管部への対応

本調査機器は金属製のガイドを用いて押し込むが、直進性を高めるため、左右に屈曲しにくい構造となっている。ただし、ガイド間の結合部に若干の余裕を持たせているため、曲線配管部（22.5° 以内の曲管）程度であれば押し込み可能である。

(5) 対象管径

圧送方式が広く用いられている幹線管きょへの対応、本調査機器の構造上の制約から、対象管径は 200mm～1000mm である。

(6) 視覚調査可能範囲

1) 空気弁からの視覚調査

空気弁から本調査機器を挿入する場合、空気弁から 30m の範囲を視覚調査することができる。ただし、調査区間が急激な下りこう配（角度 20° 以上）になっている場合は、本調査機器を回収できなくなる可能性があるため、実際の配管状況を確認した上で、視覚調査距離を短くする等の対応を図る。

2) 吐出し先マンホールからの視覚調査

吐出し先マンホールから本調査機器を挿入する場合は、マンホールから上流側 30m の範囲を視覚調査できる。ただし、マンホール上流側が急激な下りこう配（下流側に向かって角度 5° 以上）になっている場合は、本調査機器を長距離押し込むことが難しくなるため、実際の配管状況を確認した上で、視覚調査距離を短くする等の対応を図る。

(7) 輸送する流体

汚水を対象とする。

流体が汚泥の場合、黒色の汚泥が本調査機器のカメラレンズに付着し、視覚調査を行うことが困難となるため、対象外とした。

5.4.3 調査機器

視覚調査は、以下の機器より構成される本調査機器を用いて行う。

- (1) 先頭ユニット
- (2) ガイド
- (3) リール
- (4) 制御ユニット
- (5) パソコン

【解説】

本調査機器のシステムの概要を図 5-5 に、仕様を表 5-4 に示す。

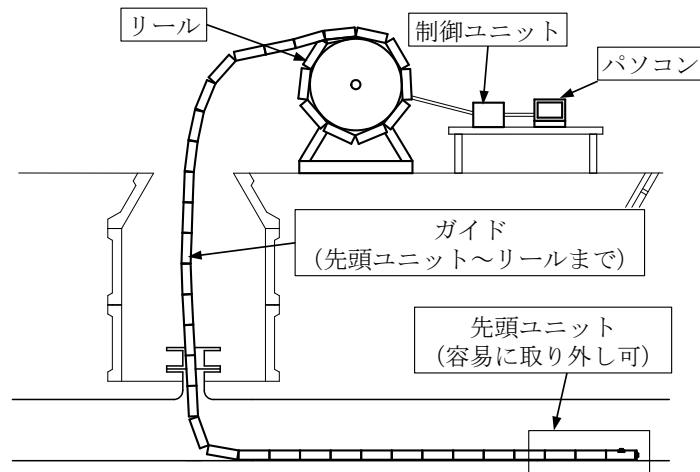


図 5-5 本調査機器のシステムの概要

表 5-4 本調査機器の仕様

部位	項目	仕様
ビデオカメラ	解像度	640×480ドット以上
	防水性能	水深1mクラス
	撮影範囲	管頂カメラ: 管頂側 約180° 前方カメラ(補助カメラ): 管底側 約180°
	フォーカス	自動
ガイド	寸法(ヘッド部)	58mm×48mm: 空気弁(口径75mm)から挿入可能
	延長	約30m
	屈曲	22.5° 曲管に対応
その他	適用管径	200mm～1000mm
	全重量	150kg(調査距離30m)
	照明	LED照明: 100 lm相当以上

本調査機器の特徴を表 5-5 に示す。既存の押し込み式カメラは、空気弁から挿入できるが、管径が大きい管路 (250mm 以上) ではケーブルが曲がり 5m 程度しか押し込むことができない。また、自走式カメラは、最も小さいものでも管径 100mm 以上しか通過できず、口径 75mm の空気弁から挿入できない。

本調査機器は、こうした課題を解決するため、金属製のガイドを空気弁から圧送管路内に押し込み、その先頭部に設置した小型のビデオカメラで視覚調査を行う構造とした。

表 5-5 本調査機器の特徴

必要性能	本調査機器	既存技術	
		押し込み式カメラ	自走式カメラ
① 空気弁 (口径75mm) から挿入可能	①, ②, ③, ④ ガイドを利用して対応	① 空気弁から挿入可能	②, ③, ④ 管内を自走するため対応可能
② 若干の堆積物 (高さ 50mm 以下) にも対応		②, ③, ④ 管径が大きくなるとケーブルが曲がって押し込み不可	① 口径75mmの空気弁から挿入不可
③ 対象管径 200mm~1000mm		① 小型カメラを採用	
④ 空気弁から30mの範囲を調査可能			

(1) 先頭ユニット

本調査機器の先頭部に設置した先頭ユニットで管内面の調査を行う (写真 5-3 参照)。先頭ユニットには小型ビデオカメラが 2 個設置されており、管頂方向と前方方向とを撮影する。各カメラの周辺にはライトが設置されており、照度を調整しながら管内面の状況を撮影できる。また、先頭ユニットは防水性のコネクタでガイド内部のケーブルと接続する。各カメラの目的と性能を表 5-6 に示す。



写真 5-3 先頭ユニット

表 5-6 カメラの目的と性能

		管頂カメラ	前方カメラ
目的		主カメラとして使用 ・管内面の腐食状況の視覚調査実施	補助カメラとして使用 ・管内の堆積物や下水の有無を確認 ・管頂カメラで十分に確認できない場合*1)は、前方カメラで視覚調査実施
性能	撮影範囲	管頂側 約180°	管底側 約180°
	解像度	640×480ドット以上	
	フォーカス	自動 (管径200mm~1000mmに対応可能)	
	防水性能	水深1mクラス	

*1) 管側部より下側で激しい腐食が起こっている場合、等を想定。

(2) ガイド

管内に先頭ユニットを押し込んでいくために、金属製のピース(縦58mm×横48mm×長さ100mm)を組み合わせたガイドを用いる。ピース間を蝶番で結合することで1方向にのみ屈曲でき、各ピースにウレタン製のタイヤを1箇所ずつ取り付けすることでガイド押し込み時の摩擦抵抗を低減している。また、ガイドの内側にはカメラ用及びライト用のケーブルを通し、先頭ユニット及び制御ユニットとコネクタで接続する。ガイドの構造を写真5-4に、ガイドの特徴を表5-7に示す。

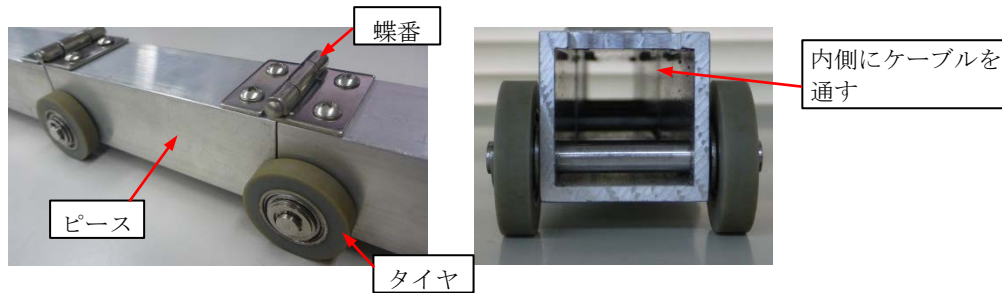


写真5-4 ガイドの構造

表5-7 ガイドの特徴

要求事項	必要性能	具体的対策
空気弁から挿入可能 (口径75mm)	空気弁から挿入した後、90°屈曲して管軸方向に推進できること。	ピースの大きさ:58mm×48mm×100mm ガイドは1方向のみ屈曲可能。
空気弁から30mの距離を押し込み可能	押し込み時にガイドが容易に座屈しないこと(左右,上下とも)。	ガイド間の結合部は、左右方向及び下方向には屈曲しにくい構造。
管路の曲線への追従 (22.5°以下の曲管)	管路の曲線に添って左右に若干屈曲すること。	ガイド間の結合部に若干の余裕を持たせることで、管路の曲線に追従。
カメラ, ライトの配線	ガイド内にカメラ, ライト用のケーブルを配線できること。	ガイドの内側に空洞を設けることで、ケーブルを配線可能。

(3) リール

ガイドを収納し、また管内への押し込みを容易にするため、写真5-5のようなリールにガイドを巻きつける。また、リールにはエンコーダが設置されており、視覚調査箇所と空気弁との距離を測定することができる。

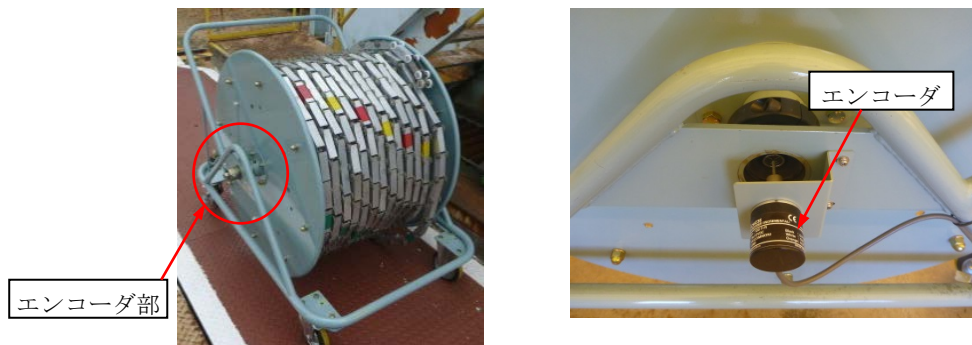


写真5-5 リール

(4) 制御ユニット

管頂カメラ及び前方カメラの出力をパソコンに取り込めるよう画像データを変換する。また、エンコーダで測定した空気弁からの距離データも、画像データと連動してパソコンに取り込めるようにする（写真 5-6 参照）。

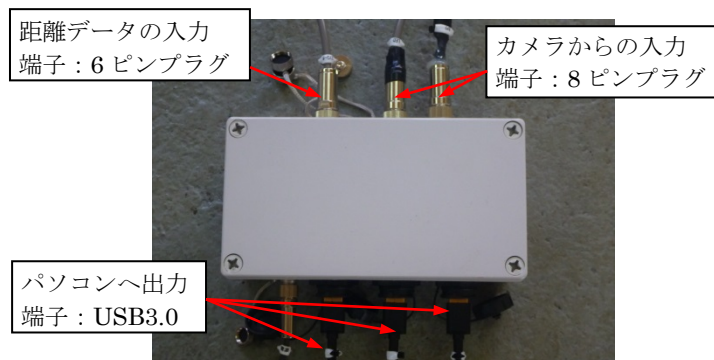


写真 5-6 制御ユニット

(5) パソコン

管頂カメラ及び前方カメラの画像データと距離データとをモニタリングしつつ、同時に連続的に記録する。また、画像データを見ながらライトの照度を調整する（写真 5-7 参照）。なお、上記の操作は本調査機器用の専用ソフトで行う。

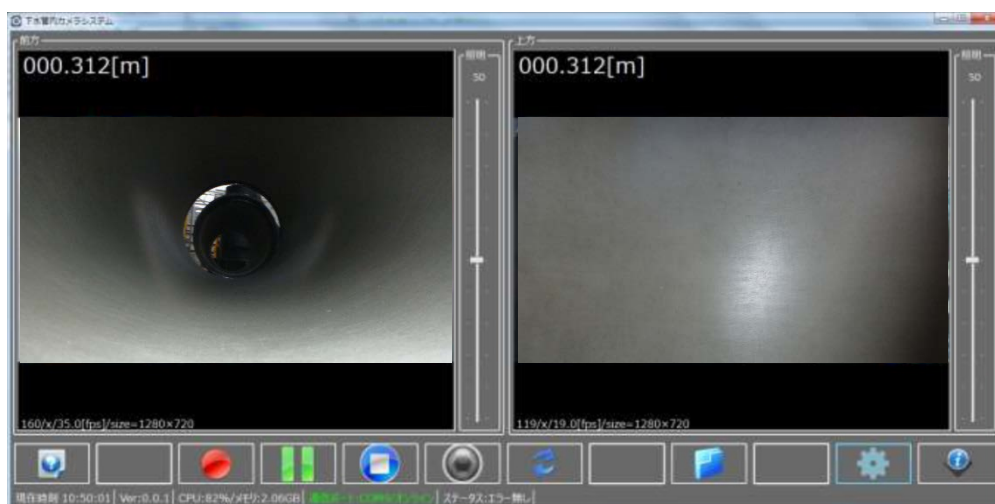


写真 5-7 パソコン（撮影画面）

5.4.4 視覚調査の手順と留意事項

視覚調査は、本調査機器の構造や特徴に留意しつつ、現地の管内状況に応じた適切かつ慎重な手順で実施するものとする。また、視覚調査終了後は、空気弁の再設置及びポンプ稼働後の漏水有無等の確認を行い、適切に現状復旧するものとする。

【解説】

視覚調査は、**図 5-6** の手順で実施する。

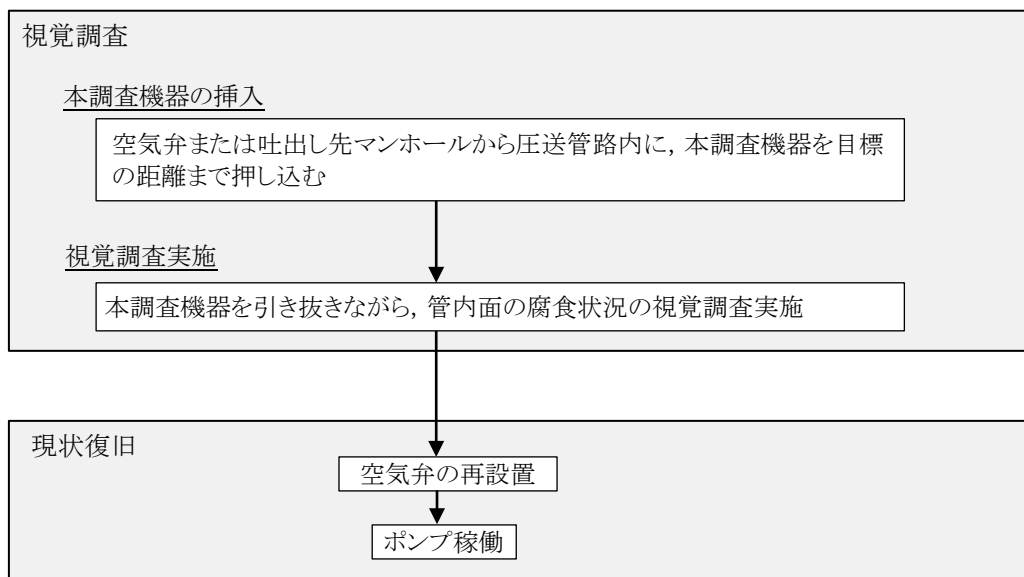


図 5-6 視覚調査の手順

視覚調査の各手順の内容と留意点を以下に示す。

(1) 視覚調査

- ①本調査機器を空気弁から管内に挿入し、目標の距離まで管内に押し込む。押し込みは、前方カメラで管内の状況を確認しながら行う（写真 5-8 参照）。



写真 5-8 本調査機器挿入の状況

②その後、3～6 m/min の速度を目安に本調査機器を引き抜きながら、管内面の腐食状況をビデオカメラで連続的に撮影し、画像データをパソコンに記録する。また、エンコーダによる距離データも同時に記録する。

腐食が激しい箇所等については、引き抜きを一旦止めて、静止した状態で撮影を行う。なお、カメラレンズ表面に水滴が付着する等の理由で画像が不鮮明な場合は、鮮明な画像を取得できるよう調整を行った後、本調査機器を必要な距離まで再度押し込んで調査し直す。

<留意事項>

- ・管径が大きくなると、空気弁の直下でガイドが推進方向と逆方向に屈曲し、本調査機器をそれ以上押し込めなくなる可能性がある(写真 5-9 参照)。そこで、管径 600mm 以上については、**図 5-7** に示す挿入補助治具を用い、ガイドの屈曲を抑制しながら本調査機器を押し込む。また、管径が 600mm 未満の場合も、本調査機器を管内に押し込みにくい場合は、挿入補助治具を用いることができる。
- ・管内堆積物等の影響で本調査機器を押し込みにくくなったときは、ガイドを 20cm 程度引き抜き、再度押し込むことで対応できる。

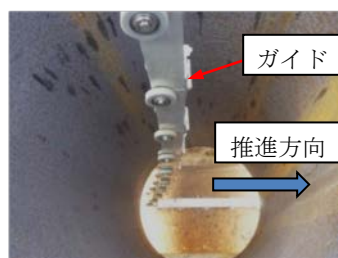


写真 5-9 逆方向屈曲状況

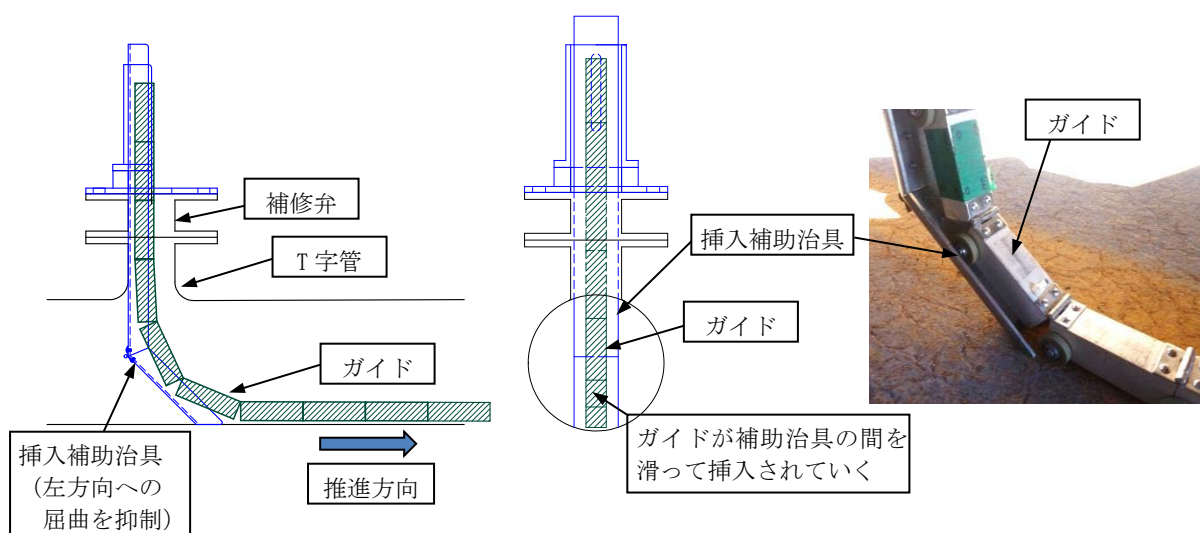


図 5-7 挿入補助治具

(2) 現状復旧

空気弁を再設置し、視覚調査前の状況に戻す。ただし、フランジガスケットやボルト・ナットについては、腐食や劣化が見られる場合は新しいものと取り換えることが望ましい。

その後、ポンプを稼働し空気弁から漏水がないことを確認し、空気弁室の蓋を閉じて視覚調査を終了する。

第5節 診断・評価

5.5.1 診断・評価方法

ビデオカメラで撮影した画像をもとに、圧送管路の管内面の劣化度を以下のようにランク分けし、必要な対策や今後の点検方法を検討する。

- ・Aランク（重度）：鉄部腐食あり
- ・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
- ・Cランク（軽度）：実証研究でCランクに相当する状況が確認されず，設定しない
- ・異常なし：モルタルライニング表面が全面均一

【解説】

ビデオカメラで撮影した画像をもとに、圧送管路の管内面の劣化度を以下のようにランク分けし、必要な対策や今後の点検方法を検討する。

(1) 劣化度ランク分け

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発生するのは管内に気相部が存在する限定された条件下であるが、こうした箇所では短期間で管材腐食が進行する可能性が高い。一方、満流状態になっている箇所では、腐食が進行する可能性は低い。このように、圧送管路では自然流下管きよと比較して、より明確に劣化度をランク分けできると考えられる。

B-DASH プロジェクトの実証研究で、6 管路の計 8 箇所の空気弁から視覚調査を行ったが、管内面の劣化度は、概ね表 5-8 に示すようにランク分けできることが確認されている。参考に劣化度毎の調査事例を表 5-9 に示す。

なお、実証研究でCランクに相当する状況が確認されなかったこと、また、モルタルライニングの軽微な変色と汚れとの見分けが困難なことから、Cランクは設定していない。

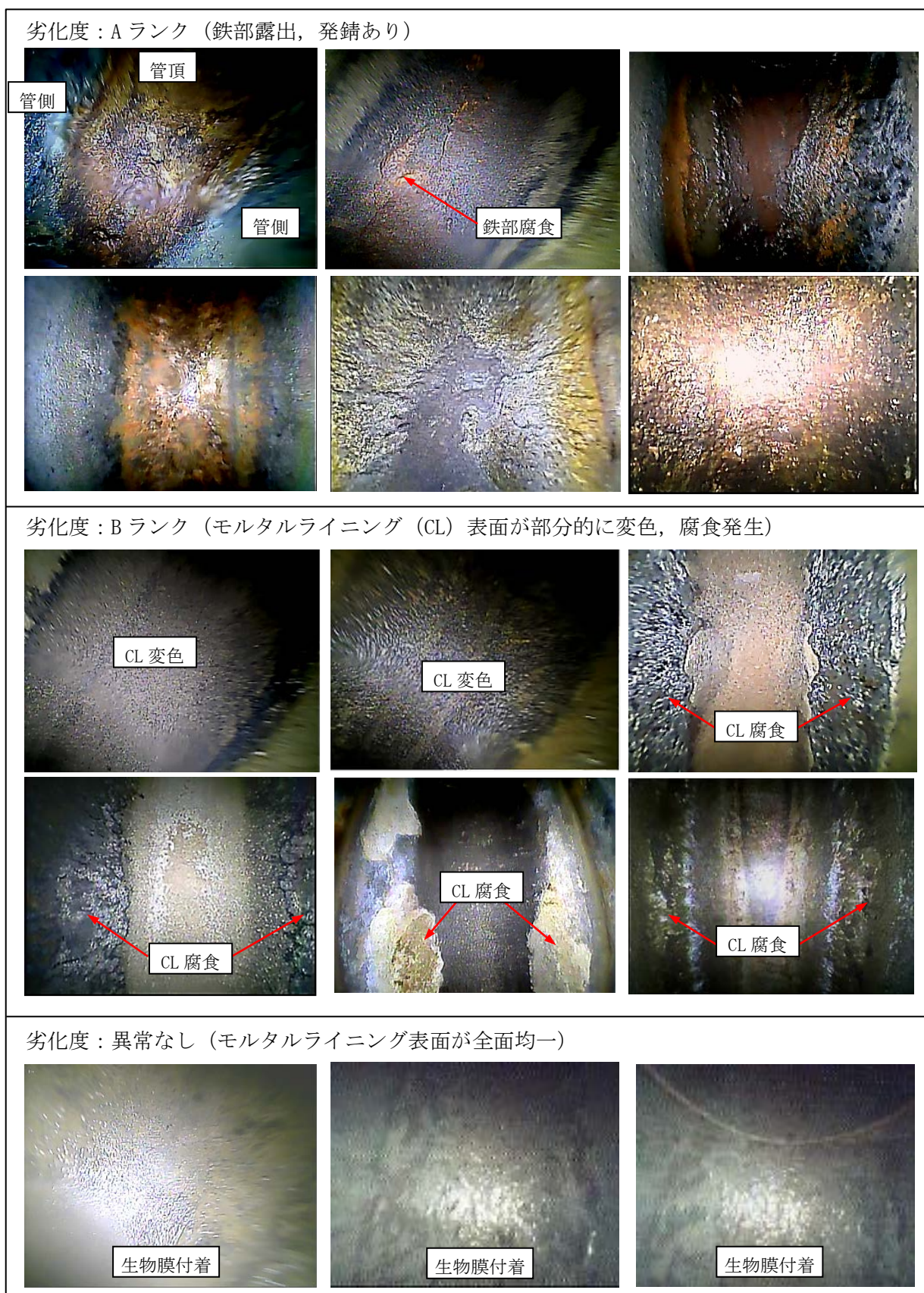
表 5-8 圧送管路の劣化度のランク分け

劣化度	管内面状況
Aランク（重度）	鉄部腐食あり
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
Cランク（軽度）	— *1)
異常なし	モルタルライニング表面が全面均一 *2)

*1) Cランクは、実証研究で確認されなかったこと、また、モルタルライニングの軽微な変色と汚れとの見分けが困難なため、設定せず。

*2) モルタルライニング表面に生物膜が付着していることが多い。

表 5-9 劣化度毎の調査事例 (管頂側約 180° を撮影)



(2) 劣化度毎の対応例

1) A ランク (重度)

硫酸腐食が発生する腐食環境下では、硫化水素から生成された硫酸によりモルタルライニングが腐食し、その後鉄部の腐食が進行する。また、硫酸腐食により激しく腐食したコンクリート表面の pH は、1~3 と強酸になることも報告されている⁹⁾。

参考資料編V 劣化度ランク分けの根拠に示すように、pH1 の硫酸溶液にダクタイル鋳鉄を浸漬すると、16mm/年以上のハイペースで腐食が進行する。このように、腐食環境下では鉄部腐食が始まると極短期間に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、鉄部が腐食している場合は、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変色し腐食は見られるが、鉄部腐食が始まっていないBランクは、将来的に対策が必要な箇所と位置付けられる。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。

劣化度毎の対応例を表 5-10 に示す。

表 5-10 劣化度毎の対応例

劣化度	対応例
Aランク (重度)	速やかに修繕・改築計画を策定, 実施
Bランク (中度)	速やかに修繕・改築計画を策定し, 5年以内に実施
異常なし	5年に1回以上の適切な頻度で点検(腐食環境下)を実施 ^{*1)}

*1) 参考資料編VII 圧送管路の点検を参照。

第6節 代替手法

5.6.1 デジタルカメラを用いた調査

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に、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。

【解説】

圧送管路の場合、河川等を横断する場合に水管橋が用いられることが多い。水管橋は、一般的に管路縦断がその周辺より高くなり、空気弁も設置されていることから、腐食危険推定箇所に相当することが多い。しかしながら、水管橋に設置されている空気弁から本調査機器を用いて視覚調査を行うと、非常に大掛かりな仮設設備が必要となることがある。

また、管路縦断条件によっては、ポンプ稼働時・停止時ともに非満流になっているが、管底側には常に下水が滞留している箇所がある。こうした箇所は腐食危険推定箇所となるが、滞留している下水のため本調査機器が水没し視覚調査が困難となる。

こうした場合には、視覚調査範囲は空気弁の近傍に限定されるが、以下に示すデジタルカメラを用いた管内調査で代替する。

(1) デジタルカメラを用いた視覚調査方法

図 5-8 に示すような方法で空気弁から市販のデジタルカメラを挿入し、タブレット端末等で Wi-Fi を利用してリモート操作し、管内面の状況を撮影する。デジタルカメラ調査機器の構成を表 5-11 に、デジタルカメラ調査状況を写真 5-10 及び写真 5-11 にそれぞれ示す。この方法で空気弁から 5m 程度の管内面の腐食状況を確認することができる。

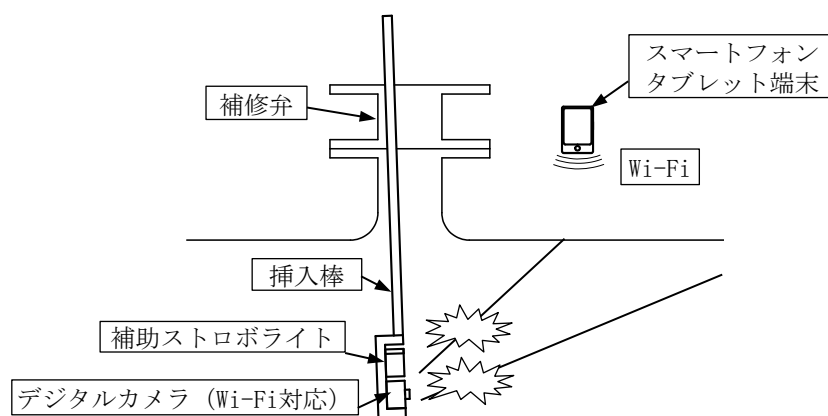


図 5-8 デジタルカメラを用いた視覚調査

表 5-11 デジタルカメラ調査機器の構成

調査機器	必要な性能	仕様
デジタルカメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・空気弁から挿入可能 ・管径200mm～1000mmに対応可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・大きさ:縦100mm, 横60mm, 高さ25mm以下 ・Wi-Fiでリモート操作可能 ・挿入棒に取り付け可能
ストロボライト*1)	<ul style="list-style-type: none"> ・空気弁から5mの範囲を視覚調査可能 ・地上から操作可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・大きさ:縦100mm, 横60mm, 高さ25mm以下 ・ガイドナンバー:18以上 ・バッテリーで稼働 ・スレーブ機能付き ・挿入棒に取り付け可能

*1) ストロボライトを用いなくても管内面の腐食調査は可能であるが、視覚調査範囲は空気弁から2m程度となる。



写真 5-10 デジタルカメラ調査状況（空気弁室での調査）



写真 5-11 デジタルカメラ調査状況（水管橋での調査）

(2) 劣化度ランク分け

5.5.1 診断・評価方法と同様に、管内面の劣化度を表 5-12 に示すようにランク分けする。参考に劣化度毎の調査事例を表 5-13 に示す。

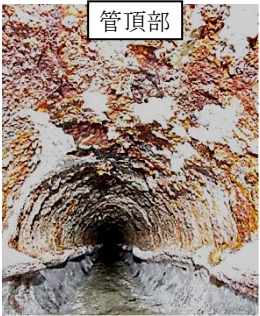
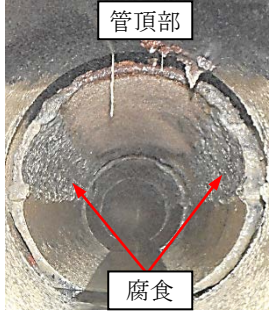

表 5-12 圧送管路の劣化度のランク分け（デジタルカメラ調査）

劣化度	管内面状況
Aランク（重度）	鉄部腐食あり
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
Cランク（軽度）	— *1)
異常なし	モルタルライニング表面が全面均一 *2)

*1) Cランクは、実証研究で確認されなかったこと、また、モルタルライニングの軽微な変色と汚れとの見分けが困難なため、設定せず。

*2) モルタルライニング表面に生物膜が付着していることが多い。

表 5-13 劣化度毎の調査事例（デジタルカメラ調査）

劣化度	Aランク(重度)	Bランク(中度)	異常なし
内面 状況			

備考) 画素数5,152×3,864のデジタルカメラを用い、ストロボライトで照射して撮影した事例を示す。

第7節 安全衛生管理

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。

【解説】

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、以下のように適切に行わなければならない。

(1) 道路使用許可

調査を行う場合は、事前に、所轄警察署長に道路使用許可を申請し許可を得なければならない。

(2) 保安施設の設置

調査時には、適切な保安施設の設置や交通誘導員の配置等を行うことで、交通の危険や渋滞等を防止し、歩行者や車両の安全な通行を図らなければならない。調査時の保安施設の一例を図5-9及び写真5-12に示す。

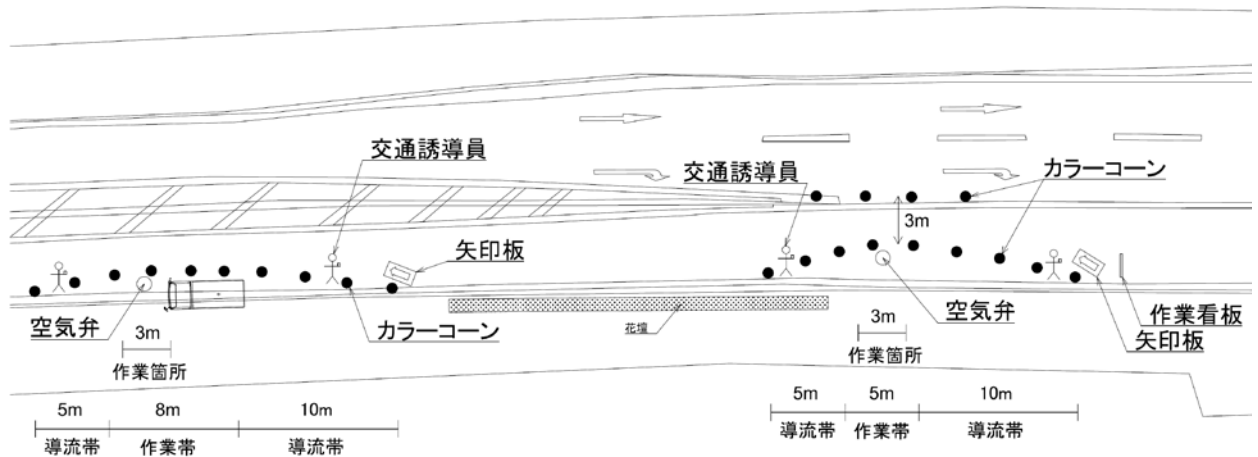


図5-9 保安施設の一例



写真5-12 保安施設の一例

(3) 硫化水素中毒及び酸素欠乏症対策

下水道管路施設では、過去においても幾たびか、硫化水素中毒や酸素欠乏症を原因とする人命に関わる重大な事故が発生している。圧送管路の維持管理を行っていく上でも、酸素欠乏症等防止規則を遵守し、下水道維持管理指針⁴⁾及び下水道管路施設ストックマネジメントの手引き²⁾(旧下水道管路施設腐食対策の手引き(案))(公益社団法人 日本下水道協会)や下水道管路施設維持管理マニュアル¹⁰⁾(公益社団法人 日本下水道管路管理業協会)等に基づいた対策を講じなければならない。作業手順を以下に示す。

1) 作業主任者の選定 (労働安全衛生法第14条, 労働安全衛生法施行令別表第6)

調査業務を行うための作業主任者を選定する。作業主任者は、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者技能講習を修了した者の中から選任されなければならない。

2) 安全教育

作業主任者は、調査業務の作業開始前に、全ての作業員に対して硫化水素中毒と酸素欠乏症についての安全教育を行わなくてはならない。

3) 蓋の開放, 換気, 安全確認

空気弁室またはマンホールの蓋を開放した後、空気弁室またはマンホール内の空気中の酸素濃度及び硫化水素濃度を測定する。空気弁室またはマンホール内に入る時は、酸素濃度を18%以上、かつ、硫化水素濃度を10ppm以下に保つように換気を行う。作業中に酸素濃度が18%未満になるか、または、硫化水素濃度が10ppmを超えた場合は直ちに作業を中止し、空気弁室またはマンホールから退避しなければならない。空気弁室内での調査では空気弁とほぼ同じ高さに、マンホール内での調査では接続する圧送管路の高さに酸素・硫化水素濃度計(センサー部)を吊り下げ、空気弁室・マンホールの外で濃度計の出力値を常にモニタリングする。空気弁室での酸素・硫化水素濃度の測定及び換気作業の一例を写真5-13に示す。

また、5.3.1 事前確認では、補修弁の開閉、採取孔設置、空気弁撤去等の作業を行うが、非常に高濃度の硫化水素を含む管内空気が一気に放出される可能性がある。そこで、事前確認を空気弁室で行う場合は、適切な防毒マスク(硫化水素用)を装着して作業を行わなければならない。

空気中の硫化水素の毒作用を表5-14に、酸素濃度と酸素欠乏症の症状等との関係を表5-15にそれぞれ示す。



写真5-13 空気弁室での酸素・硫化水素濃度測定及び換気作業の一例

表 5-14 硫化水素の毒作用

濃度 (ppm)	部位別作用・反応	
	嗅覚	
0.025	鋭敏な人は特有の臭気を感じできる(嗅覚の限界)	
0.3	誰でも臭気を感じできる	
3~5	不快に感じる中程度の強さの臭気	
10	許容濃度(眼の粘膜の刺激下限界)	
20~30	耐えられるが臭気の慣れ(嗅覚疲労)で、それ以上の濃度にその強さを感じなくなる	呼吸器 肺を刺激する最低限界
50		眼
100~300	2~15分で臭覚神経麻痺で、かえって不快臭は減少したと感じるようになる	8~48時間連続ばく露で気管支炎、肺炎、肺水腫による窒息死
170~300		気道粘膜の灼熱的な痛み、1時間以内のばく露ならば重篤症状に至らない限界
350~400		1時間のばく露で生命の危険
600		30分のばく露で生命の危険
700	脳神経 短時間過度の呼吸出現後直ちに呼吸麻痺	
800~900	意識喪失、呼吸停止、死亡	
1,000	昏倒、呼吸停止、死亡	
5,000	即死	

(中央労働災害防止協会:新酸素欠乏危険作業主任者テキストより)

表 5-15 酸素濃度と酸素欠乏症の症状等との関係

段階 (ベンターソンの分類による)	空気中酸素		動脈血中酸素		酸素欠乏症の症状等
	濃度 (%)	分圧 (mmHg)	飽和度 (%)	分圧 (mmHg)	
	18	137	96	78	安全下限界だが、作業環境内の連続換気、酸素濃度測定、安全带等、呼吸用保護具の用意が必要
1	16~12	122~91	93~77	67~42	脈拍・呼吸数増加、精神集中力低下、単純計算まちがいがい、精密筋作業拙劣化、筋力低下、頭痛、耳鳴、悪心、吐気、動脈血中酸素飽和度85~80%(酸素分圧50~45mmHg)でチアノーゼが現れる
2	14~9	106~68	87~57	54~30	判断力低下、発揚状態、不安定な精神状態(怒りっぽくなる)、ため息頻発、異常な疲労感、酩酊状態、頭痛、耳鳴、吐気、嘔吐、当時の記憶なし、傷の痛み感じない、全身脱力、体温上昇、チアノーゼ、意識もうろう、階段・梯子から墜落死・溺死の危険性
3	10~6	76~46	65~30	34~18	吐気、嘔吐、行動の自由を失う、危険を感じても動けず叫べず、虚脱、チアノーゼ、幻覚、意識喪失、昏倒、中枢神経障害、チェンストークス型の呼吸出現、全身けいれん、死の危機
4	6以下	46以下	30以下	18以下	数回のあえぎ呼吸で失神・昏倒、呼吸緩徐・停止、けいれん、心臓停止、死

(中央労働災害防止協会:新酸素欠乏危険作業主任者テキストより)

[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：下水道管路施設ストックマネジメントの手引き 2016年，（2017年1月）
- 3) 公益社団法人日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説，（2009年10月）
- 4) 公益社団法人日本下水道協会：下水道維持管理指針-2014年版-，（2014年9月）
- 5) 公益社団法人日本下水道協会：下水道用語集，（2000年1月）
- 6) 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))
- 7) 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）
- 8) ライフサポート研究会：腐食対策講座第18回：経済的な送泥管劣化診断手法，月刊下水道，Vol.24 No.2 p.76-80, (2001年2月)
- 9) 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)
- 10) 公益社団法人日本下水道管路管理業協会：下水道管路施設 維持管理マニュアル，（2007年）