

「釜無川流域下水道関連市町における硫化水素発生状況の調査」

公益財団法人山梨県下水道公社
釜無川浄化センター

1 目的

硫化水素は、圧送管や伏越しなどの嫌気条件下で生成され、悪臭の原因になるだけでなく、酸化されて生成される硫酸は、コンクリート製の管路施設を腐食させ劣化させる。このような管路施設の腐食は、管路施設のライフサイクルコストを増大させるだけでなく、道路陥没など予期せぬ事故を引き起こす要因ともなるため、硫化水素発生箇所を把握し、継続的な監視を行うとともに必要な措置を講ずることが重要となる。本調査研究は、管路管理技術者が不足する市町の支援の一環として、韮崎市における圧送管などの嫌気施設の設置状況や硫化水素の発生状況の調査を行い、腐食対策を実施するためのデータ収集を実施するものである。

2 硫化水素の生成と下水管路施設の腐食メカニズム

硫化水素は、下水中に存在する硫酸イオンが酸素分子の存在しない無酸素の条件下で硫酸還元細菌により還元され生成する。硫化水素分子は基本的には気体であり、下水が攪拌されると大気中に放散される。気相中に放散された硫化水素は、コンクリート表面の結露に溶け込み、好気性微生物により酸化され強酸性の硫酸が生成される。コンクリート施設は、この硫酸により腐食される。

コンクリートは、硬化に伴って水酸化カルシウムを遊離し、pH12～13 のアルカリ性となっている。コンクリート表面で硫酸が増加すると、コンクリートのアルカリ成分である水酸化カルシウムが硫酸と反応し二水石膏が生成される。また、二水石膏から遊離した硫酸は水和セメントの骨格である珪酸カルシウムとも反応し二水石膏とシリカゲルを生成する。生成した二水石膏は、コンクリート内の水酸化カルシウムと部分的に平衡状態となっており、硫酸が外部から供給されると二水石膏から硫酸イオンが遊離する。この硫酸イオンは、セメント水和物の一つであるモノサルフェートや未反応のアルミン酸カルシウムと反応してエトリンガイトを生成する。このエトリンガイトは針状結晶となっており、生成時には3～4 倍に膨張するため、徐々にコンクリートを崩壊させる。

3 マンホール内目視調査

1) 異常判定基準及び対応方針

本調査における異常判定基準及び対応方針は、下水道公社の管路管理マニュアルに従い実施した。

表1 腐食における異常判定基準及び対応方針

異常ランク	判定基準	対応方針
A	鉄筋が露出している状態	緊急に対応を要するもの
B	骨材が露出している状態	計画的な対応を要するもの
C	表面が荒れた状態	当面对応の必要はないが経過観察が必要なもの

2) マンホール内目視調査

韮崎市公共下水道の嫌気施設は、マンホールポンプが61 箇所、伏越施設が4 箇所あり、これらの施設の中から、圧送管延長、運転頻度などを参考に硫化水素が発生し易い箇所を11 箇所選定し、マンホール内目視調査を実施した。

3) マンホール内目視調査結果

調査の結果、調査箇所11 箇所の内6 箇所において腐食を発見した。このうち、栄一丁目マンホールポンプ及び坂井4 号マンホールポンプ各吐出先マンホールは骨材が露出しており、腐食B ランクに相当すると評価した。腐食B ランクの箇所は計画的な対策の実施が必要である。その他、富士見ヶ丘6 号マンホールポンプ吐出先マンホール他3 箇所において腐食C ランクを発見した。腐食C ランクの箇所は5 年に1 回の頻度で度調査を行い、経過観察を行う必要がある。なお、下流にヒューム管が布設されている富士見三丁目マンホールポンプ吐出先マンホール及び目視調査範囲での下流管渠には腐食は認められなかった。

表2 目視調査結果（腐食発見箇所）

調査箇所	調査結果	対応方針
栄一丁目マンホールポンプ吐出先マンホール	腐食B：直壁（下流管口周辺） 腐食C：直壁	計画的な対策を要する
富士見ヶ丘6 号マンホールポンプ吐出先マンホール	上流管口：腐食C	経過観察が必要
坂井4 号マンホールポンプ吐出先マンホール	腐食B：直壁 腐食C：インバート	計画的な対策を要する
坂井7 号マンホールポンプ吐出先マンホール	腐食C：直壁	経過観察が必要
若尾新田3 号及び4 号マンホールポンプ吐出先マンホール※吐出先マンホールは共通	腐食C：斜壁、直壁	経過観察が必要
町屋マンホールポンプ吐出先マンホール	腐食C：斜壁、インバート	経過観察が必要



図1 栄一丁目マンホールポンプ吐出先マンホール



図2 坂井4号マンホールポンプ吐出先マンホール

4 硫化水素発生状況の調査

1) 硫化水素発生状況

目視調査を実施した箇所のうち、腐食を発見した6箇所について硫化水素の発生状況を調査した。

平均硫化水素濃度は、最も高い町屋マンホールポンプ吐出先マンホールで0.7ppm、次いで若尾新田3号及び4号マンホールポンプ吐出先マンホールにおいて0.5ppmであり、いずれの調査箇所も平均硫化水素濃度は低い状況であった。最大硫化水素濃度は、富士見ヶ丘6号マンホールポンプ吐出先マンホールで71ppm、若尾新田3号及び4号マンホールポンプ吐出先マンホールで54ppmであった。

なお、腐食Bランクを発見した栄一丁目マンホールポンプ及び坂井4号マンホールポンプ各吐出先マンホールについては平均硫化水素濃度、最大硫化水素濃度ともに低かった。腐食Bランクまで進行した要因としては、既に供用後29年を経過し、長期間腐食環境にさらされていること、またマンホール製品の個体差等が原因として考えられる。

表3 硫化水素発生状況

調査箇所	硫化水素濃度 (ppm)		
	最大	最小	平均
栄一丁目マンホールポンプ吐出先マンホール	5	0	0.1
富士見ヶ丘6号マンホールポンプ吐出先マンホール	71	0	0.2
坂井4号マンホールポンプ吐出先マンホール	7	0	0
坂井7号マンホールポンプ吐出先マンホール	1	0	0
若尾新田3号及び4号マンホールポンプ吐出先マンホール	54	0	0.5
町屋マンホールポンプ吐出先マンホール	33	0	0.7

2) 若尾新田3号及び4号マンホールポンプ吐出先マンホール硫化水素発生状況

比較的、最大硫化水素濃度、平均硫化水素濃度ともに高い値を計測した若尾新田3号及び4号マンホールポンプ吐出先マンホールにおいて最大値を計測した11月6日の硫化水素発生状況を図3に示す。

硫化水素は1日に9回発生していた。これは、上流のマンホールポンプの運転に起因するものである。

本調査箇所において最も硫化水素濃度が高かったのは7:00頃であった。これは前日の23:40頃以来、約7時間上流のポンプ場が運転されず、圧送管内で長時間無酸素状態に置かれたためと考えられる。なお、最も硫化水素濃度が高い時間においても硫化水素の発生時間は約20分と短かった。

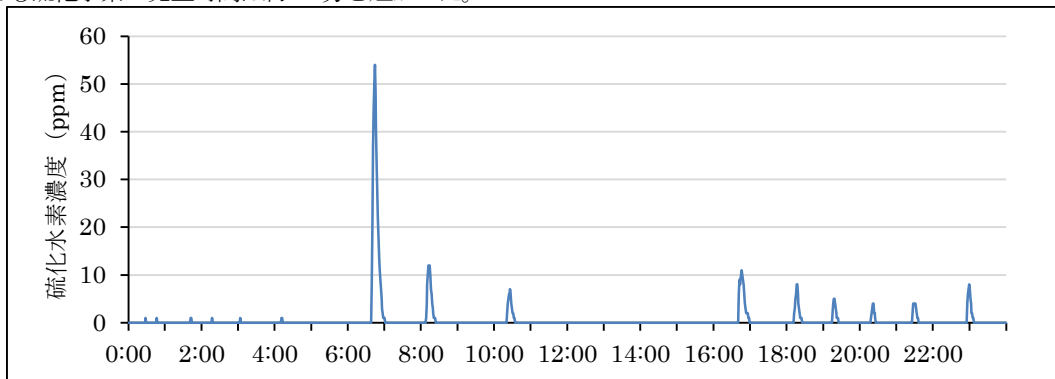


図3 若尾新田3号及び4号マンホールポンプ吐出先マンホール硫化水素発生状況 (11月6日)

5 腐食対策

1) 腐食環境条件の分類

今回調査した箇所はいずれも平均硫化水素濃度が10ppm未満で、かつ硫酸による腐食が認められることから、腐食環境のⅢ類に分類されると評価した。

表4 腐食環境分類

分類	腐食環境
I 類	年間平均硫化水素ガス濃度が 50ppm 以上で、硫酸によるコンクリート腐食が極度に見られる腐食環境
II 類	年間平均硫化水素ガス濃度が 10ppm 以上 50ppm 未満で、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
III 類	年間平均硫化水素ガス濃度が 10ppm 未満ではあるが、硫酸によるコンクリート腐食が明らかに見られる腐食環境
IV 類	硫酸による腐食はほとんど生じないが、コンクリートに接する液相が酸性状態になりえる腐食環境

※「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」地方共同法人日本下水道事業団編著抜粋

2) 腐食環境と工法規格

防食被覆工法は硫酸による腐食環境下に置かれたコンクリート面を被覆し、保護することにより、被覆するコンクリートを健全な状態に維持することを目的としている。硫化水素の発生状況を調査した 6 箇所については、腐食環境の III 類に分類されることから、塗布型ライニング工法の B 種を採用することにより腐食の進行を防止できるものと考えられる。

表5 設計腐食環境と工法規格の関係

腐食環境	塗布型ライニング工法	シートライニング工法	耐硫酸モルタル防食工法
I 類	D 種	D 種	—
II 類	C 種	—	C 種
III 類	B 種	—	B 種
IV 類	A 種	—	—

※「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」地方共同法人日本下水道事業団編著抜粋

6 今後の対応

1) 基本方針

- 腐食 B ランクを発見した栄一丁目マンホールポンプ、坂井 4 号マンホールポンプ各吐出先マンホールについては計画的な対策が必要である。
- 腐食 C ランクを発見した調査箇所については、当面对応の必要はないものの 5 年スパンでマンホール内の調査を行い経過を観察する必要がある。

2) 防食対策

- 今回調査した箇所は、いずれも腐食環境 III 類に該当する。従って、腐食 B ランクを発見した調査箇所については塗布型ライニング工法 B 種での対策が必要である。

表6 今後の対応（案）

調査箇所	今後の対応	理由
栄一丁目マンホールポンプ吐出先マンホール	塗布型ライニング工法 B 種での対応	腐食ランク B まで腐食が進行しており、当該箇所の腐食環境 III 類の防食対応が望ましいため
富士見ヶ丘 6 号マンホールポンプ吐出先マンホール	5 年スパンでのマンホール目視調査の実施	現状では腐食は軽微であり、経過観察で問題ないため
坂井 4 号マンホールポンプ吐出先マンホール	塗布型ライニング工法 B 種での対応	腐食ランク B まで腐食が進行しており、当該箇所の腐食環境 III 類の防食対応が望ましいため
坂井 6 号マンホールポンプ吐出先マンホール	5 年スパンでのマンホール目視調査の実施	現状では腐食は軽微であり、経過観察で問題ないため
若尾新田 3 号、4 号マンホールポンプ吐出先マンホール	5 年スパンでのマンホール目視調査の実施	現状では腐食は軽微であり、経過観察で問題ないため
町屋マンホールポンプ吐出先マンホール	5 年スパンでのマンホール目視調査の実施	現状では腐食は軽微であり、経過観察で問題ないため

7 まとめ及び考察

1) 硫化水素発生状況の調査

- 管路施設の腐食速度は平均硫化水素濃度により律速されるが、平均硫化水素濃度が最も高い調査箇所は町屋マンホールポンプ吐出先マンホールであり、測定期間の平均値は 0.7ppm であった。今回の調査箇所はいずれも軽微な腐食環境であった。
- 全体的に管路施設の状況は良好であり、腐食が急激に進行する環境は発見できなかったが、低濃度の硫化水素濃度でも腐食は不可逆的に進行するため、注意が必要である。

- ・栄一丁目マンホールポンプ、坂井4号マンホールポンプ各吐出先マンホールで腐食 B ランクを発見した、本マンホールについては塗布型ライニング工法 B 種による防食対策を計画的に実施する必要がある。
- ・今回、腐食 C ランクを発見した富士見ヶ丘 6 号マンホールポンプ吐出先マンホール他 3 箇所については、5 年に 1 回の頻度でマンホール内の目視調査を実施する必要がある。

2) 釜無川流域下水道関連市町への支援

- ・管路管理技術者の不足する市町への支援の一環として、韮崎市を対象に防食対策を行うために必要なデータ収集を実施した。本調査成果については、韮崎市へ情報提供を行う。また、釜無川流域下水道関連市町全体に対して、会議などの場を通して管路施設の腐食事例としての本調査成果の紹介、腐食対策の重要性などについての情報提供を行う。

○専門用語解説（五十音順）

用 語	解 説
あっそうかん 圧送管	ポンプ施設の圧送区間に用いられる管のこと、鋳鉄製の管が多い。
こうほうきかく 工法規格	防食被覆の設計仕様となるもので、A～D種までがある。D種の方が耐腐食性が高い。
シートライニング こうほう 工法	防食工法の一つで、耐食性の樹脂シートを管路施設の内面に貼り付ける工法。
たいりゅうさん 耐硫酸モルタル ぼうしよくこうほう 防食工法	防食工法の一つで、耐硫酸性のモルタルを管路施設の内面に塗る工法。
とふがた 塗布型ライニング こうほう 工法	防食工法の一つで管路施設の内面に耐食性の樹脂を塗る（もしくは吹き付ける）工法。
ふしよくかんきょう 腐食環境	硫化水素や硫酸などの影響により、設備や管が腐食しやすい環境。
ふせごし 伏越し	川や道路の下を下水が通過できるよう、いったん低い位置へ流し、水圧を利用して再び上昇させる設備。
ふめい すい 不明水	下水道料金を徴収している汚水以外の流入水のことで、分流式下水道における地下水、雨水、その他浸入水等をいう。
ふゆうぶっしつりょう 浮遊物質	汚水中に浮遊する物質の量を示す。SSとも呼ばれている。通常、汚水の場合は200mg/L程度のことが多い。
りゅうさんかんげんきん 硫酸還元菌	酸素分子が存在しない環境下で硫酸イオンの酸素を利用する細菌。硫酸イオンを硫化水素に還元する。（酸素をとる）