

## 2-5-1 汚水流入渠における

### 高濃度の硫化水素発生への対応について

第二基幹施設再構築事務所 工事第一課 大坪 千穂

#### 1. はじめに

当局では大手町二丁目常盤橋地区第一種市街地再開発事業として銭瓶町ポンプ所の再構築を実施している。当初、八重洲幹線を流れる汚水は銭瓶町ポンプ所の沈砂池を経由した後、芝浦水再生センターにて処理されていたが、銭瓶町ポンプ所の再構築に伴い、八重洲幹線の汚水を第二低段幹線へ切り替えるよう計画された。ところが、八重洲幹線から芝浦水再生センターへ汚水が到達する間、どこの沈砂池も経由しないことから、し砂が未処理のまま芝浦水再生センターへ流入してしまうという課題があった。そこで、第二低段幹線への一時切替に合わせ、除じん設備を芝浦ポンプ所内汚水流入渠内に新設することとした。

除じん設備の設置に先立ち、常時汚水の流れる流入渠内をドライ化する必要があるため、芝浦ポンプ所建設工事（以下、本工事）は、流入渠スラブに開口を設け、角落し受枠及び角落しを新設したものである（図1、図2）。

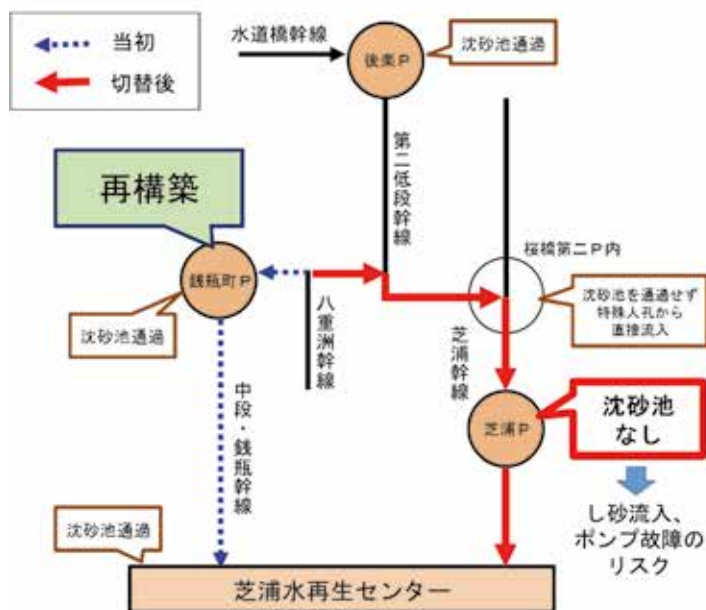


図1 幹線切替計画図



図2 案内図

本工事は汚水流入渠が常時稼働した状態で施工する条件となっていたため、流入渠直上階に開口を設置した後、水中部は潜水作業、気中部は作業員による手作業で、流入渠内に角落し受枠を取り付け、角落しを設置しドライ化する計画としていた（図3）。

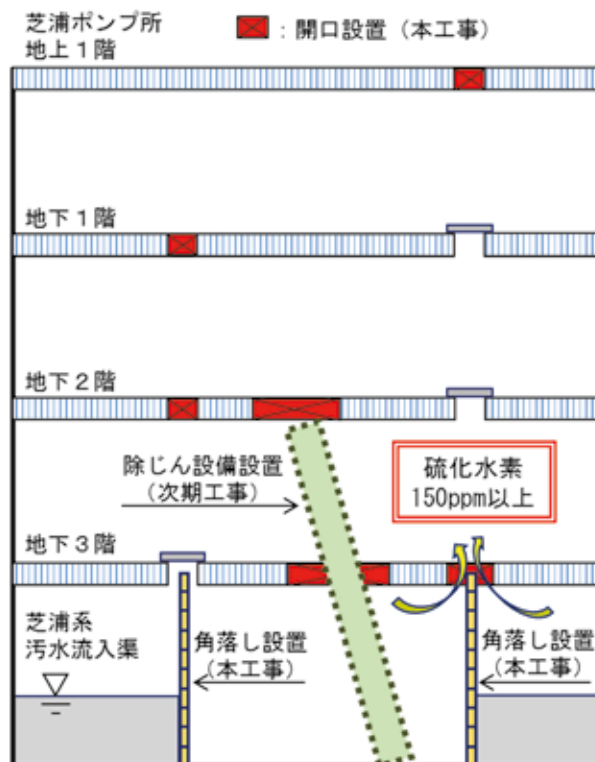


図3 工事概要（縦断面図）

本工事は令和元年10月に着手し、令和3年3月に無事完了した。本稿では、高濃度硫化水素に対して工事の安全を確保するため、当局で実施した調査及び対策について報告する。

## 2. 硫化水素の発生状況について

汚水流入渠直上の地下3階フロアにて角落し設置用開口を新設していた際、作業開始前にガス濃度測定を実施したところ、汚水流入渠内から高濃度硫化水素が断続的に発生していることが判明した。このとき、最大濃度は150ppmにまで及んだ。

労働安全衛生法の規定に基づく酸素欠乏症等防止規則<sup>1)</sup>では、硫化水素濃度は10ppmを規制基準値と定められているが、本工事現場にて測定された濃度はこの基準値を大きく超過しており、嗅覚麻痺、肺炎、結膜炎等、作業員の人体へ悪影響を及ぼす極めて危険性の高い状態であった<sup>2)</sup>（図4）。

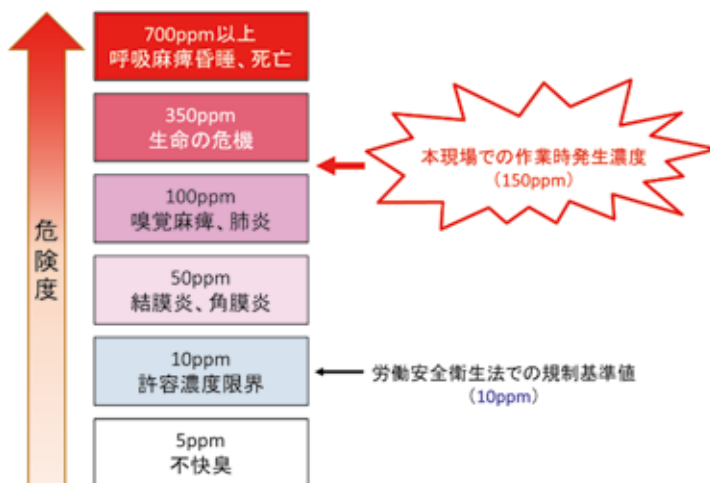


図4 硫化水素濃度危険度図

### 3. 調査

作業員の安全性を確保するため地下3階フロアでの作業はすべて中断し、安全施工方法を検討するため、長期的な濃度測定計画を立案・実施した。

#### 3.1 硫化水素発生傾向

第一段階として、硫化水素の発生傾向を把握するための調査を実施した。

調査方法概要は下記のとおりである。

- ①高濃度硫化水素が発生した開口にガス測定器を設置
- ②2週間測定を実施
- ③測定器を回収、濃度変化傾向を確認

この結果、雨天時は最大625ppmまで硫化水素濃度が上昇することが判明した(図5)。一方、晴天時でも、日中にかけて約50~100ppmで緩やかに濃度上昇がみられた(図6)。また、晴天時の夜間には月2,3回程度の頻度で突発的に濃度が上昇する現象も確認され、最大で345ppmまで上昇した(図7)。この現象は不定期的に発生し、事前に予測することは困難であった。

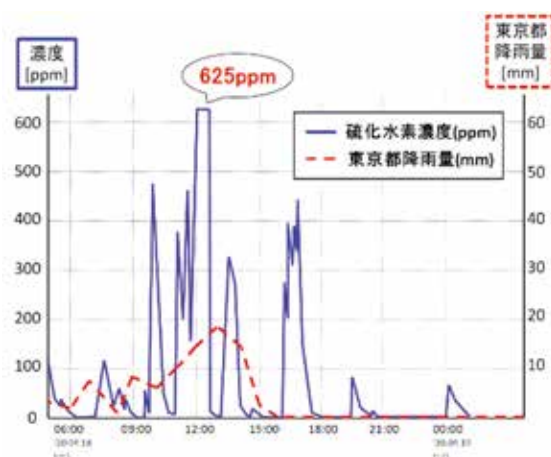


図5 雨天時ガス濃度測定結果

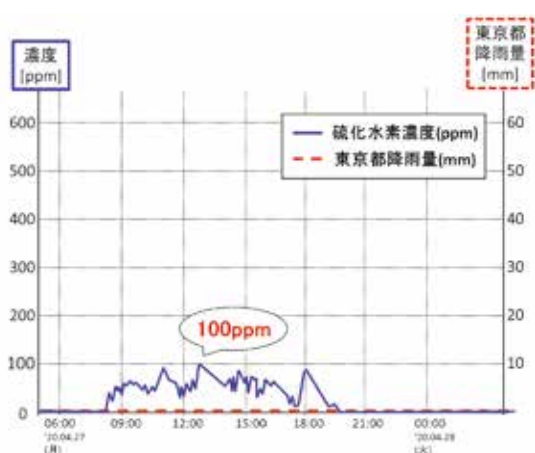


図6 晴天時ガス濃度測定結果①

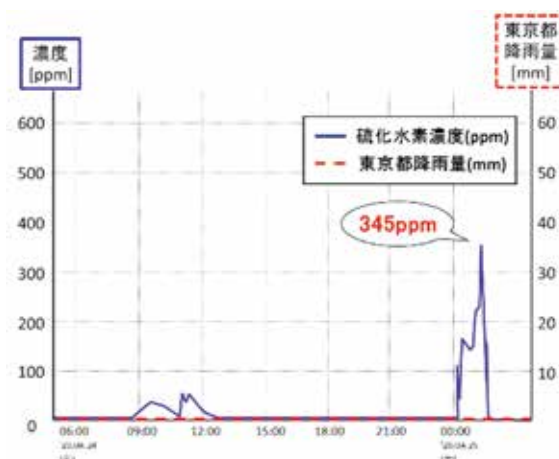


図7 晴天時ガス濃度測定結果②

### 3. 2 硫化水素濃度低減薬剤の利用

#### 3.2.1 施工箇所上流域の位置関係及び硫化水素濃度抑制方法の検討

高濃度硫化水素を検出した芝浦幹線は広域に渡り汚水を収容しており、ガス発生源の特定は極めて困難であった。そこで、本工事では硫化水素自体に直接アプローチし抑制する方法として、硫化水素濃度低減薬剤（以下、薬剤）を利用することを検討した。薬剤が効果を発現するには十分な攪拌時間を確保する必要があり、本工事現場である芝浦ポンプ所での添加では不十分であった。

ここで、芝浦ポンプ所の約 2km 上流部に位置する汐留第二ポンプ所に着目した。芝浦幹線を流れる汚水は汐留第二ポンプ所から二つの人孔を経由し、芝浦ポンプ所に流れ込む構造となっている（図 8）。この位置関係を利用し、汐留第二ポンプ所から薬剤を添加する方法を検討した。汐留第二ポンプ所から添加した薬剤は芝浦幹線を経由し、途中にある高低差の大きい伏せ越人孔を含む二つの人孔を流下しながら攪拌されることで、汚水中の硫化水素を中和し、芝浦ポンプ所の硫化水素濃度が抑制されると想定した。



図 8 施工箇所上流域図

#### 3.2.2 上流域から施工箇所までの流達時間

汐留第二ポンプ所から薬剤を添加した場合に、十分な到達時間が得られるか検討するため、上流域から芝浦ポンプ所までの流達時間を調査した。

調査方法概要は下記のとおりである。

- ① 芝浦ポンプ所から上流約 2km に位置する汐留第二ポンプ所にガス測定器を設置
- ② 芝浦ポンプ所から上流約 500m に位置する中間地点人孔にガス測定器を設置
- ③ 1 週間程度測定を実施
- ④ 測定器を回収、濃度変化傾向を確認

この結果、汐留第二ポンプ所から芝浦ポンプ所までのガス流達時間は約 1 時間 25 分、比較対象として調査した中間地点人孔からは約 25 分であることが確認された（図 9）。

併せて東京都公共下水道台帳を調べたところ、汐留第二ポンプ所から芝浦ポンプ所までの汚水流達時間は約 58 分であることが確認され、薬剤の攪拌時間は十分に確保できると考えた。



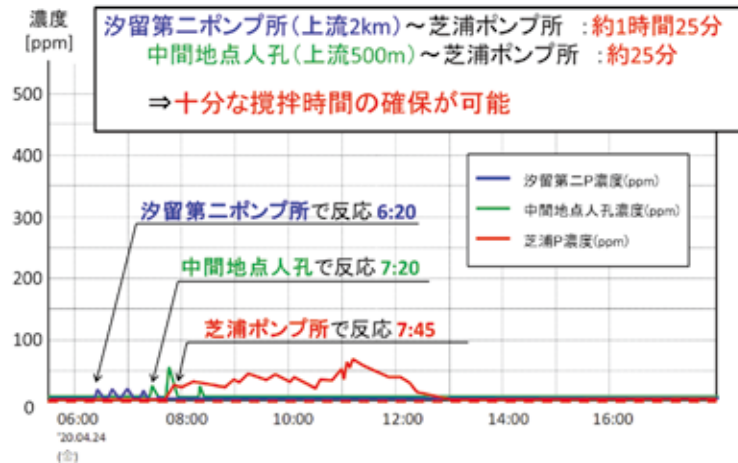


図 9 流達時間調査結果

### 3.2.3 薬剤添加量

薬剤の添加量については、まず机上試験により検討を行った。

検討方法概要は下記のとおりである。

- ① 芝浦ポンプ所内を流れる芝浦幹線の汚水を採取し、汚水中含有硫化水素濃度を測定
- ② 芝浦ポンプ所の平均揚水量（前日及び当日が晴天の日に限定）、添加時間帯を設定
- ③ ①、②より汚水 1L 中の硫化水素を分解するのに必要な薬剤添加量を算出

上記の机上試験の結果、50mg/L の薬剤を添加すれば硫化水素濃度を 0ppm まで抑制可能であると予測された。

この予測結果を受け、実際に 50mg/L にて添加試験を実施したところ、添加前と比べ濃度の減少傾向はみられたが、日中 30ppm まで濃度上昇が確認され、安全に施工可能なレベルまでは濃度を抑制することができなかった（図 10）。そこで、添加量を 58mg/L に増やし再試験したところ、終日を通して 0ppm まで濃度を抑制することができた（図 11）。

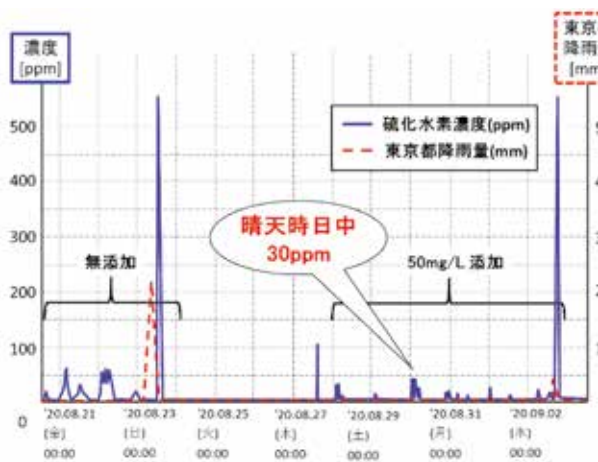


図 10 薬剤 50mg/L 添加結果

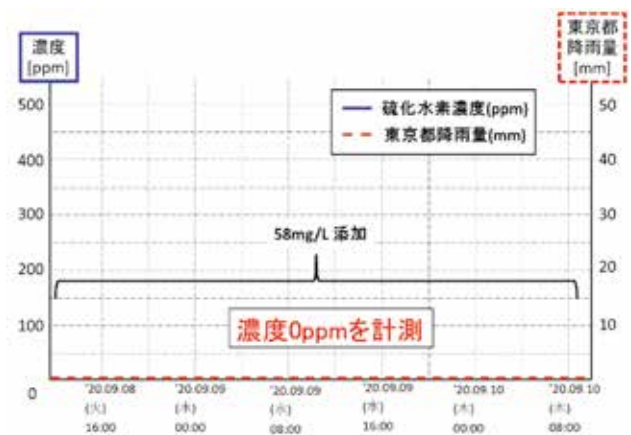


図 11 薬剤 58mg/L 添加結果

### 3. 3 調査結果まとめ

各調査結果及び結論は下記のとおりである。

#### (1) 硫化水素発生傾向

雨天時は 625ppm 超まで濃度が急上昇するため、雨天時での施工は不可とし一滴ルール適用のもと施工を行うこととした。また、晴天時は日中 50~100ppm で緩やかな濃度上昇、深夜間は不定期で突発的な濃度急上昇がみられたことから、濃度変化が予測しやすい日中での施工が望ましいとして結論付けた。

#### (2) 上流域から施工箇所までの流達時間

施工箇所である芝浦ポンプ所から 2km 上流に位置する汐留第二ポンプ所からは、硫化水素の流達時間は約 1 時間 25 分、汚水の流達時間は約 58 分であることが確認された。検討した結果、薬剤の到達時間を十分確保できるとして結論付けた。

#### (3) 薬剤添加量

汐留第二ポンプ所から 58mg/L の薬剤を添加すると、芝浦ポンプ所の硫化水素濃度を終日通して 0ppm まで抑制できることが確認された。本工事の施工時は 58mg/L で薬剤を添加することとして結論付けた。

## 4. 安全施工対策

上流域からの薬剤添加に加え、本工事にて立案した安全施工対策について下記に述べる。

### 4. 1 ガスモニタリングシステム及び退避計画

遠隔でのガス濃度モニタリングが可能な測定器を、施工箇所である芝浦ポンプ所汚水流入渠内やその直上階フロアに設置し、施工箇所の硫化水素濃度を事前に確認したうえで作業員が入場できる体制を構築した。施工箇所は地下 30m と閉塞された場所にあったが、測定器の有線コードを地上階まで引くことで、地上にある現場事務所からも常時施工箇所のガス濃度を監視することが可能となった。

また、芝浦ポンプ所から上流約 500m に位置する中間地点人孔にも測定器及び監視員を配置することで、万が一上流域で硫化水素濃度の上昇を検知した場合、監視員から現場作業員へ緊急退避連絡を行い、濃度上昇前に退避が可能となる退避計画を確立した。前述の調査結果より、中間地点人孔から芝浦ポンプ所までのガス流達時間は約 25 分であることが確認されたため、十分な退避時間を確保することができると考えた。

### 4. 2 仮設ゴンドラ

汚水流入渠内の気中部は作業員による手作業で角落し受枠を取り付けることとしており、当初設計では吊足場を使用していた（図 12）。しかし、吊足場での作業中に硫化水素が発生した場合、作業員の退避に 20 分以上かかってしまうこと、直接開口に吊足場を固定させるため隙間ができてしまい、作業終了時の開口閉塞養生が十分に行えないこと、作業深さごとに吊足場を設置し直す手間が発生してしまうこと等、高濃度硫化水素が発生する可能性のある現場には使用上のデメリットが多かった。

そこで、代替策として仮設ゴンドラを使用することとした。ゴンドラで作業した場合、退避時にはゴンドラを上昇させるだけで済み、最下深での作業時でも約 3 分で退避することが可能となる。また、ゴンドラは開口直上階フロアの壁面にブラケットを設置し固定す

るため（図 13）、作業終了時にはゴンドラを直上階フロアまで引き上げ接地仮置することで、開口閉塞養生を十分に行うことが可能となり安全性を高められた。さらに、作業深さごとの設置し直しも不要のため、作業期間の短縮にも繋げられた。

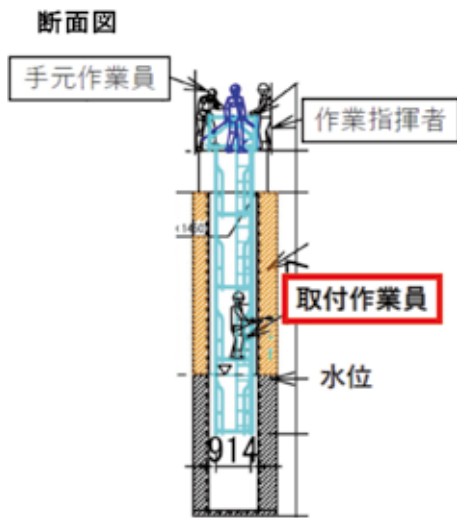


図 12 吊足場作業概要図



図 13 仮設ゴンドラ作業概要図

#### 4. 3 防毒マスク

本工事の作業員の基本装備として、地下 3 階フロアでは必ず防毒マスクを常備、退避時に着用することとした。また、汚水流入渠内で作業を行う作業員は常時着用とした。

なお、マスクは 200ppm まで対応可能な直結式面体型または直結式小型マスクを使用した（図 14）。



直結式面体型



直結式小型

図 14 防毒マスク

#### 5. おわりに

高濃度硫化水素が発生する環境下での土木工事において、長期に渡る調査により状況把握及び検討を実施し、施工箇所上流域からの薬剤添加により、高濃度の硫化水素を低減できることが確認された。また、併せて様々な安全施工対策を講じたことで、無事故で工事を完了することができた。本工事で実施した安全対策は次期工事にも引継ぎ、除じん設備の設置についても安全施工のもと無事完了することができた。

硫化水素は 10ppm 超で人体に影響を及ぼす非常に危険性の高い有毒ガスであり、下水道工事を施工する環境下では特に発生しやすいものである。今後も下水道施設特有の危険条件下での工事において、入念な事前調査及び安全施工方法の検討・実施を徹底し、下水道施設の再構築事業を推進していく。

**【参 考 文 献】**

- 1) 厚生労働省：労働安全衛生法 酸素欠乏症等防止規則（1972）
- 2) 中央労働災害防止協会：酸素欠乏危険作業主任者テキスト第 5 版（2021）