

## 硫化水素事故に関する一考察と対策

NPO 法人日本環境監視協会 理事 山本千裕  
(技術士、水産水域環境)(環境計量士、濃度関係)

2025年8月2日、埼玉県行田市の下水道管の工事現場で硫化水素により4名の作業員が死亡するという重大事故が発生した。

筆者は硫化水素の研究者として新聞やTV報道等で得られた情報をもとに考察を加え、対策についても提言したい。

### 1. 伏せ越し水路とは

この事故は河川を横切るいわゆる伏せ越し水路で発生した事故である。伏せ越しとは河川などの水路を横断して下水管などを配管するときに水路の下を逆サイホンで配管を通す方法である(図1)。構造上へドロが溜まりやすいこと、貧酸素環境になりやすいことなどへドロを棲み処とする硫酸塩還元細菌(硫化水素発生原因菌)の増殖に好条件を形成するため硫化水素発生リスクが高い場所となる。

### 2. 事故の経緯

当日9時30分ごろ水路の点検にマンホール2(図1)から入った作業員1名が梯子を伝って下りてゆく途中で墜落し、墜落の音で異変を察知した他の作業員3名がマンホール1(図1)から内部に入り救助に向かうものの事故現場で全員

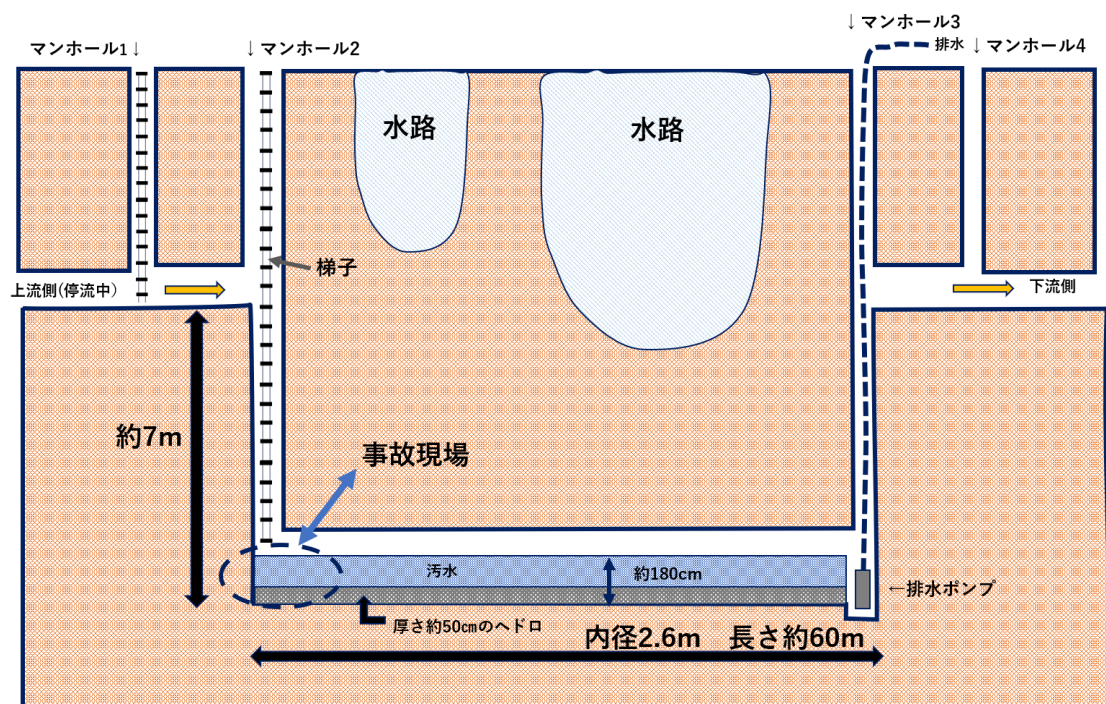


図1 事故現場の伏せ越し水路管(報道をもとに作図)

が倒れたため消防が救出にあたった。救出は難航を極め、全員が救出されたのは事故から6時間以上が経過した午後4時ころ、その後全員の死亡が確認された。司法解剖の結果、死因は硫化水素中毒及び酸欠による窒息死とされた。

### 3. 作業時の条件等(報道による)

- a. 作業前の空気中の硫化水素、酸素濃度は基準内であった。
- b. 管内の水は下流側のマンホール3(図1)から排出され管内の水深は180 cm、堆積したヘドロの厚みは50 cm程度であった(図3)。
- c. 当時は上流側のマンホール1と2、下流側のマンホール3が開放された状態であり送気等の人工的な換気は行われていなかった。

### 4. 硫化水素が高濃度に湧き上がってきた理由

#### a. 圧が抜けると溶存ガスは気化しやすい

硫化水素はヘドロ中の硫酸塩還元菌によって生成されるため、最も高濃度となるのはヘドロ中の水分(ヘドロ間隙水)である。伏せ越し管では深さに応じた水圧がヘドロにかかっている(今回の現場では約7mに相当する)。工事のため管内の水を排出するとヘドロは大気圧近くにまで圧力が下がる。圧力低下により間隙水に溶け込んでいた硫化水素ガスは一気に放出される。(ヘンリーの法則)。このため、伏せ越し水路等の水抜き直後は硫化水素の濃度は上昇しやすいと考えられる。

#### b. 硫化水素ガスは空気より重い

硫化水素ガスは空気より重いため下に行くほど濃密となる。底泥から湧き出てくるガスは、濃度が急激に増加する境界を形成しやすい。このため事前のガス調査では高濃度となる部分を計測できていない可能性がある。最初に落下した作業員はある程度までは無事で降りて行けたものの、ガス境界下の高濃度ガス(700ppmを超えると急速に意識を失う)を吸い込んだため意識を失い落下したとされている。また、落下によってヘドロがかく乱されたためさらに硫化水素濃度が高まり次々に事故が拡大したと考えられている。

## 5. 事故防止のための対策案

### ① ヘドロ中の硫化水素濃度を知ること

作業現場の空気に含まれる硫化水素については当然のことながら測定されなければならないがこのほかに硫化水素発生源であるヘドロ中の硫化水素の測定

が重要である。へドロ中の硫化水素が異常に高いことがわかれば、換気の強化、作業装備や手順を変える、または後述する pH 制御を実施するなど様々な安全作業が可能となる。しかしへドロ中の硫化水素測定はほとんど行われていない。理由としてこの測定にはかなりの専門的知識を要すること、高度の分析機器類が必要など現場での測定は負担が大きいことがあげられる。

この測定については当 NPO 法人日本環境監視協会ではへドロ中の硫化水素の簡易測定法に関する開発を行い特許を取得した。本法を用いれば容易にへドロ中の硫化水素測定することが可能である。(後述)

## ② 軽トラック一台分の苛性ソーダ溶液で硫化水素を無毒化

硫化水素は pH (水素イオン濃度) によって毒性が大きく変化する(図 2)。理論的には pH9 以上で毒性は消失する。pH を上昇させるためには苛性ソーダや消石灰などのアルカリ剤を添加すればよいが広域的な下水道の pH 制御はコストがかかる。しかし今回の事故現場のような限定された範囲(内径 2.6m 長さ 60m の管内)であれば比較的少量で済むと考えられる。

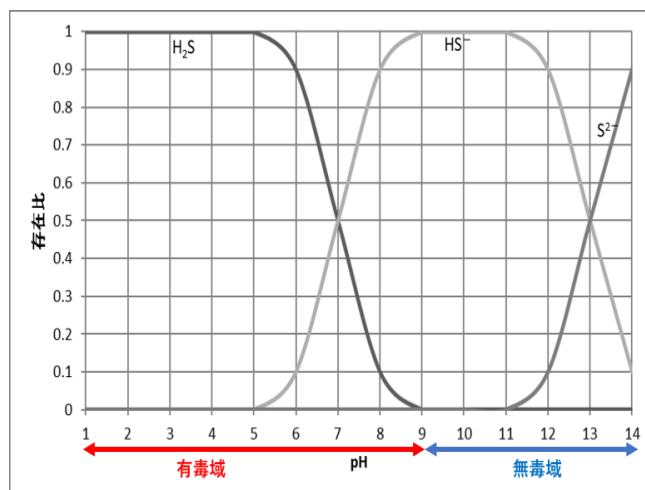


図2 pH と硫化水素毒性の関係

### 今回の事故現場における試算

伏せ越し管の内径 2.6m 長さ 60m、へドロの厚み 0.5m でポンプを使って水はへドロ面から 0.3m の厚さまで抜くとする (図 3)。

それぞれの水とへドロの断面積と管の長さ 60m を乗ずると処理すべき水及びへドロの量は下記となる。

水	$0.672 \text{ m}^2 \times 60\text{m} =$	$40.3 \text{ m}^3$
へドロ	$0.725 \text{ m}^2 \times 60\text{m} =$	$42.9 \text{ m}^3$
含水率補正	$42.9 \text{ m}^3 \times 0.8 =$	$34.3 \text{ m}^3$

ヘドロの含水率を 80%(環境省資料)とした場合ヘドロに含まれる水量は  $34.3 \text{ m}^3$ と推定され処理を要する水の量は全体で  $40.3+34.3=74.6 \text{ m}^3$ となる。一方ヘドロ間隙水に含まれる硫化水素濃度は測定例がないため文献と筆者の経験から 1000ppm と仮定し、また水層の濃度はこれより低いと考えられるが計算の便宜上同じく 1000ppm と仮定して計算を行った。

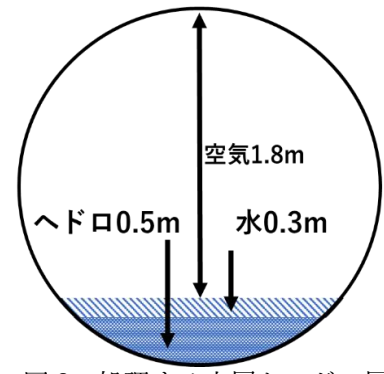


図3 処理する水層とヘドロ層

計算過程は略するが基礎的な計算法を用いて算出した結果、アルカリ材として水酸化ナトリウム(苛性ソーダ)を用いた場合、上記条件での計算では約 90 kgの苛性ソーダで硫化水素を無害化できる計算となる。この量は市販の苛性ソーダ溶液(25%水溶液)約 360 kgに相当、軽トラック(積載量 500 kg)約 1 台分である。実際には適宜ヘドロ中の硫化水素濃度や pH を測定し、量を調整する必要があるものと考えられる。

#### アルカリ添加の方法について

ヘドロの中にアルカリ材を直接混和する作業はヘドロをかく乱することになり今回のような閉鎖された環境では硫化水素発生危険が増す。この場合、排水作業しながら上流からアルカリ材を流し入れることが最も安全な方法と思われる。0.3m 水層の pH を 9 以上に保てばヘドロ内部から発生する硫化水素もイオンとなって水層に溶け込むので空気中に発散する硫化水素ガスは著しく減り作業環境の安全性は飛躍的に高まると考えられる。

## 6. 実証実験が必要

ただしこれらはあくまでも机上の検証であり現場で運用では様々な問題点が発生すると考えられる。安全、迅速、均一にアルカリ剤が混和できるか、反応速度はどのくらいか、アルカリ材として何が適当か(例えば水酸化カルシウムでは?)など。これらの問題点を洗い出して改良を加えてゆくためには現場での実証試験が必要である。ヘドロ中の硫化水素の測定例は極めて少なく、判断材料としての精度を高めてゆくためには多くの計測結果が必要である。

## 7. 今後の展望

下水道インフラの老朽化対策は喫緊の課題であり、今回のような硫化水素被曝の危険性がある仕事が急増する可能性は大きい。また、作業員の経験不足も指摘されているが経験豊かな作業員を確保すること自体困難となっていると聞く。経験の少ない作業員でも安全に仕事ができる環境を作り出すことも重要と考えられる。

## 8. NPO 法人日本環境監視協会ができること

1. 下水及びへドロ中の硫化水素の現場測定（簡易法による 0.1ppm～ ）
2. 下水及びへドロの pH および ORP(酸化還元電位)の現場測定
3. 硫化水素簡易測定法の講習\*

\*当 NPO 法人日本環境監視協会ではへドロ中の硫化水素を短時間で誰でも簡単に測定できる方法を考案し特許を取得した(特許第 6467577 号)。この方法を用いることによりへドロ中の硫化水素濃度の把握が現場で可能となる

当法人による硫化水素の簡易測定法については下記 URL を参照されたい

NPO 法人日本環境監視協会 HP

<https://www.npo-jews.org/log/news.html#link65>

土木学会論文 (J-STAGE)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/78/1/78\\_1/\\_article/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/78/1/78_1/_article/-char/ja)