

汚水圧送管路の 硫化水素抑制対策に関する研究

研究第二部 総括主任研究員

依岡 克幸



1 研究目的

わが国における、近年の汚水管路整備においては、地形条件や、地理的な制約から、費用対効果・施工の難易度等を考慮し、圧送方式を採用する事例が多くみられるようになった。さらに整備地域が郊外地区に移行しつつあり、結果として汚水圧送管路が長距離化する傾向がある。

汚水圧送管路における問題には、管路腐食の原因となる硫化水素（臭気）の発生と、それに起因するコンクリート腐食がある。

現在、硫化水素の発生を抑制する種々の対策技術が実用化されているが、実施した対策の問題点、新たに得られた知見が整理・分析されるには至っていないことや、ポンプ運転状況（間欠運転・連続運転、滞留時間の長短）等により対策効果に違いが見られることなどが判明している。

本研究は以上のような問題意識を踏まえて、硫化水素抑制技術として既に実用化されている技術から、空

気、酸素、硝酸塩、ポリ鉄の各注入技術を取り上げ、第一に個々の技術的特徴から推奨適用条件を整理すること、第二に設計・維持管理に関する諸問題を整理・確認し、それらを解決する設計方法を提示することを研究の目的とし、技術マニュアルをとりまとめた。

2 研究体制

本研究は、本機構と、以下に示す計12者との共同で行った。

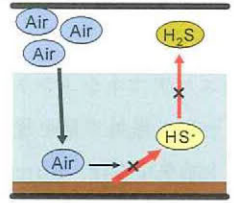
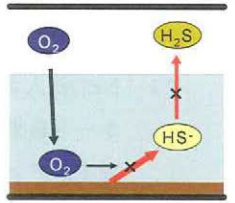
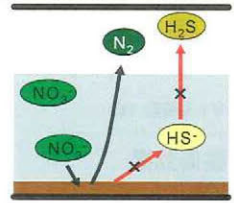
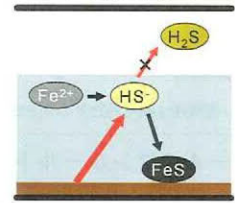
(株)荏原製作所、(株)クボタ、(株)栗本鐵工所、新明和工業(株)、大平洋機工(株)、中外炉工業(株)、(株)鶴見製作所、(株)電業社機械製作所、(株)西島製作所、日鉄鉦業(株)、日本鑄鉄管(株)、(株)日立プラントテクノロジー

3 研究内容

3.1 技術的特徴と適用推奨条件

本研究で対象とした4種類の硫化水素抑制技術の概

表-1 硫化水素抑制技術の概要

	ガス注入方式		薬品注入方式	
	空気注入	酸素注入	硝酸塩注入	ポリ鉄注入
原理				
	酸化剤の投入により管内を好気化 → 硫酸還元菌による硫黄の還元を防ぐ			鉄イオンと硫化水素の 化学反応により 硫化物を固定化
特徴	・装置が簡単 ・厳密な制御が不要 ・汚水性状変化少ない	・溶解量が多い ・特別な溶解装置不要 ・圧損上昇が少ない	・長滞留時間に対応可 ・腐食/副生成物が無い ・注入装置が簡単	・即効性/持続性有り ・リン除去が可能 ・注入装置が簡単

要を表-1に示した。硫化水素抑制技術を導入する場合は、それぞれの技術の特徴を把握し、長所を生かせる条件に適用することが重要である。

ガス注入方式は微生物の活動によって消費される酸素を、圧送管内に圧縮空気や酸素を注入し、汚水と混合させることにより補うことで、圧送管内を常に好気性に維持する方式である。注入する気体に、圧縮空気を利用する空気注入技術と、PSA装置等を用いて濃縮した酸素を利用する酸素注入技術の2種類がある。

一方、薬品注入方式は、硫化水素の発生を抑制する効果のある液体状の薬品を汚水に加える技術であり、硝酸塩注入技術とポリ鉄注入技術がある。ガス注入方式に比較すると、少量の薬品で効果を期待できることから、相対的に硫化水素発生量が多い場合や、ガス注入方式では、圧力損失の問題で対応が難しい場合、供用初期の経過措置として導入する場合等に適した技術である。一方で、継続的な薬品の補給が必要であることや、ガス注入方式に比較して維持管理費用が高くなる場合が多いことなどの点に留意して、適用先を検討する必要がある。

以上の技術的特徴を基に、適用を推奨する特に適した条件と避けるべき条件を表-2にまとめた。

表-2 推奨条件

空気注入技術	
特に適した条件	避けるべき条件
・小規模ポンプ施設 (マンホールポンプ施設等)	・下り勾配部が多い ・管径が600mmを超える
酸素注入技術	
特に適した条件	避けるべき条件
・下り勾配部が多い ・滞留時間が長い	・ポンプ稼働率が低い等の 為、滞留時間が長い
硝酸塩注入技術	
特に適した条件	避けるべき条件
・供用間もない等の為滞留 時間が長い	・滞留時間が短い (30分以下)
ポリ鉄注入技術	
特に適した条件	避けるべき条件
・既に発生している硫化物 が多い	・所要注入率が200 mg/Lを 超える

3.2 課題の解決

全国8カ所の自治体の協力を得て、実際に様々な条件で注入運転を行う「実地試験」を行い、4技術それぞれが持つ課題の確認と、その解決に取り組んだ。検討した課題の一覧を表-3に示した。なお、硫化水素濃度の抑制目標は測定期間における平均値で10ppm以下とし、抑制に必要な理論的数量に対する倍率を「経験的係数」(空気注入技術は安全率で設定)とし調査した。

表-3 実地試験による解決を検討した課題

抑制技術	課 題
空気注入技術	・間欠注入時における抑制効果
酸素注入技術	・注入率算出における経験的係数 ・理論値以上の注入をした場合の圧損上昇
硝酸塩注入技術	・長滞留時間条件での注入量
ポリ鉄注入技術	・注入率算出における経験的係数

(1) 空気注入

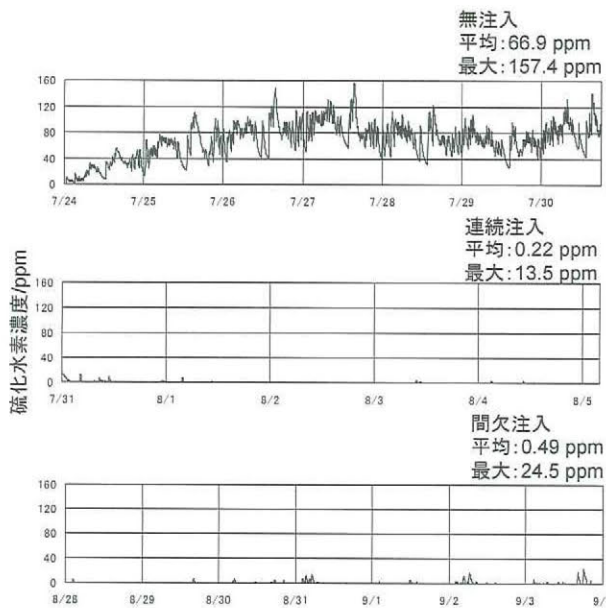
①課題：空気注入技術は原則的に污水ポンプの運転状況とは無関係に常時連続で注入運転をすることを基本としている。しかし、抑制能力に余裕がある場合は、空気注入運転を間欠的にすることで、抑制能力を損なわない範囲で消費電力の低減が期待できる。本研究では、間欠注入時の抑制効果について確認した。

②試験結果：無注入時に平均67ppmであった硫化水素が、空気注入によって平均1ppm以下まで低減した。図-1に示したように、間欠注入の場合は最大濃度が顕著に上昇するものの、平均濃度は0.49ppmと1ppm以下に抑えられ、十分に硫化水素抑制能力を保持できることを確認した。

③得られた知見：供用済の空気注入設備で硫化水素濃度を十分に低く抑えられている実績のあるポンプ場、あるいは、冬季などの硫化水素発生が少ないことが確認されている場合には、注入空気量の削減だけでなく、抑制能力を確認しながら間欠運転の実施を行うことで、消費電力の削減を図ることが有効である。

(2) 酸素注入

①課題：酸素注入技術の注入率算定には、管内の浮遊バイオマス等による酸素の消費量にもとづく理



図一 間欠注入による硫化水素抑制効果

論式がある。これを利用して、ポンプの発停間隔が長い場合などに、抑制効果を上げるために過剰に酸素を注入すると、空気注入の場合と同様に、圧力損失の増大（ポンプ吐出量の低下）を招く恐れがある。このため、経験的係数が1以上の状況における圧力損失上昇状況について調査した。

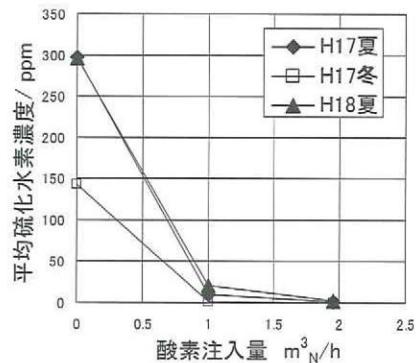
②試験結果：図一2に圧送管路長が1 km程度のポンプ場における試験結果，図一3に圧送管路長が4 km程度のポンプ場における試験結果を示した。特に圧送管路長が長い図一3では冬季には通常注入（理論値：経験的係数=1， $6.4\text{m}^3/\text{h}$ ）で十分に効果が得られている場合でも，夏季には理論式の2.3倍（ $15\text{m}^3/\text{h}$ ）を注入しても抑制目標（平均値で10ppm以下）を達成できない場合があった。一方で図一4に示したように，15%程度の圧力損失の増加が見られた。

③得られた知見：特に圧送管延長が長い場合には、圧力損失上昇に注意する。

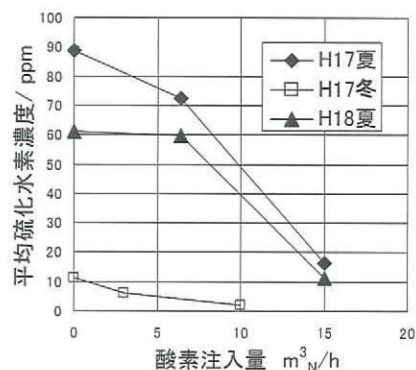
(3)硝酸塩注入

①課題：硝酸塩注入においては管内滞留時間が長い場合に、既存の経験式による注入率との乖離が大きくなることがわかっており、その点の定量的な調査を行った。

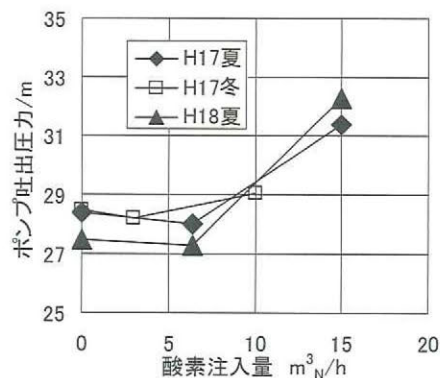
②試験結果：図一5は4 km以上の長い圧送管を持つポンプ場での調査結果である。経験式（予測値



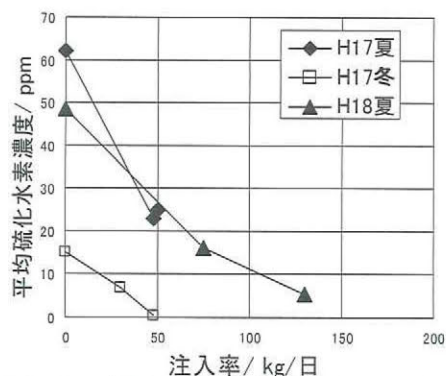
図一2 酸素注入の抑制効果（ $L=1\text{ km}$ ）
（経験的係数=1： $1.9\text{m}^3/\text{h}$ ）



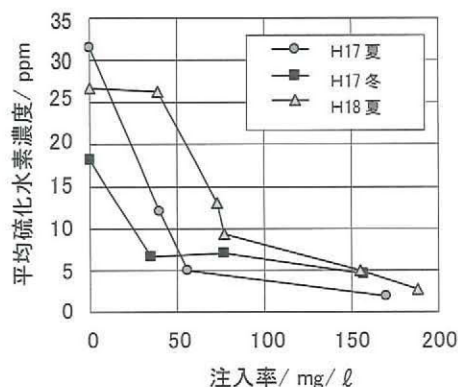
図一3 酸素注入の抑制効果（ $L=4\text{ km}$ ）
（経験的係数=1： $3.0, 6.4\text{m}^3/\text{h}$ ）



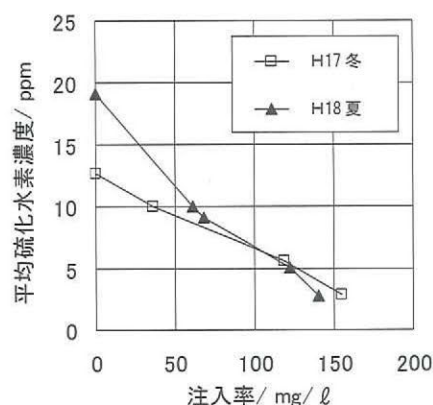
図一4 酸素注入の圧損上昇（ $L=4\text{ km}$ ）
（経験的係数=1： $3.0, 6.4\text{m}^3/\text{h}$ ）



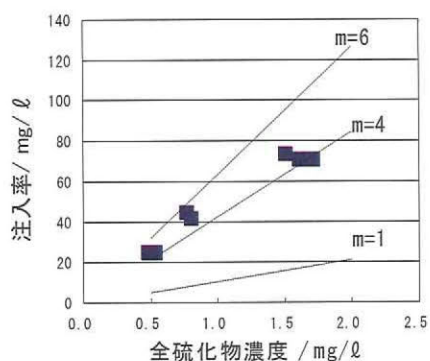
図一5 硝酸塩注入の抑制効果（ $L=4\text{ km}$ ）
（経験的係数=0.55， $120\sim 200\text{ kg/day}$ ）



図一六 ポリ鉄注入における抑制効果1
(平均BOD: 280mg/ℓ)



図一七 ポリ鉄注入の抑制効果2
(平均BOD: 180mg/ℓ)



図一八 ポリ鉄の経験的係数の検討

の0.55で硫化水素濃度をゼロにする) から得られる注入率は120~200kg/日程度であるが、夏冬ともに、必要な注入量は、その4~6割程度となった。

- ③得られた知見：24時間を越える滞留時間を持つ場合は、経験的係数(0.55)を修正し0.4を採用する必要がある。

(4)ポリ鉄注入

- ①課題：ポリ鉄注入技術は、鉄(III)イオン(Fe^{3+})

と硫化物イオン(S^{2-} , HS^-)の中和反応によって、汚水中の硫化物を固定化するもので、ポリ鉄注入率の決定は、汚水中硫化物イオン濃度に対して化学量論的に行う。

汚水中には硫化物イオン以外にも鉄イオンを消費する物質が多く存在しているため、理論量を注入しているだけでは、鉄イオンが不足し、硫化水素抑制効果が小さくなる。よって、ポリ鉄注入技術では理論注入量に対する倍数「経験的係数」をどの程度とすれば抑制効果が十分であるのかを定量的に検討した。

- ②試験結果：図一六に、調査期間中の平均BOD: 280mg/ℓ程度、図一七に調査期間中の平均BOD: 180mg/ℓ程度のポンプ場における結果を示す。

硫化水素の低減目標である平均硫化水素濃度10ppmに対応する注入率は図一六、図一七より、それぞれ25~75mg/ℓ、40~70mg/ℓとなった。

- ③得られた知見：これら10ppm以下に抑制するために必要な注入率と理論的に導かれる注入率の関係を図一八に示すと経験的係数は4~6の範囲に概ね収まっていた。

4 技術マニュアルの構成

本研究の成果を「污水圧送管路の硫化水素抑制対策技術マニュアル」にとりまとめている。本編と資料編からなり、本編には各抑制技術の概要や、設備・計画・設計・施工・維持管理について記載している。

5 まとめ

本研究により、従来からの問題点を解決し、污水圧送管路における効率的な硫化水素抑制対策が行える技術マニュアルを作成することができた。本技術マニュアルが、圧送管路における硫化水素発生問題を解決し、効率的な維持管理に役立つことを期待する。