

汚水圧送管路の硫化水素抑制対策 技術マニュアルの概要

(財) 下水道新技術推進機構
研究第二部長

松島 修



はじめに

下水道整備の中心は市街地から郊外へ移行してきている。中小市町村においては、大都市部と比較して下水の発生源が離散的に存在していることから、自然流下方式よりも、圧送方式を採用したほうが、地形や地質等の条件によっては建設費用の面で有利になる場合が少なくない。以上の背景を反映して圧送方式の下水管路の採用例が年々増加してきているが、管内で発生する硫化水素の問題が新たにクローズアップされている。

汚水圧送管路内は常に満管状態であり、空気と遮断された状況となっているため、管内での滞留時間が長くなると、微生物によって溶存酸素が消費され下水の嫌気化が進み、硫化水素の発生しやすい環境となりがちである。発生した硫化水素は、圧送開放点以降で放出され悪臭の原因となるばかりか、生物反応によって硫酸に酸化され管路施設劣化の原因となる。

本マニュアルは、耐酸性材料の採用等と並ぶ硫化水素対策の1つである、硫化水素抑制対策技術（発生源対策）に注目し、すでに実用化されている、ガス注入方式（空気注入技術・酸素注入技術）

と薬品注入方式（硝酸塩注入技術・ポリ鉄注入技術）に関わる技術的事項（設計、施工、維持管理）を一冊にまとめたものである。特に計画の段階から、これらの技術の得失を相互に比較しながら検討を行うことができるように配慮していることを特色としている。



マニュアルの概要

本マニュアルは、第一に各技術の技術的特徴から、技術選択をする際の参考となる推奨適用条件を整理すること、第二に各技術の設計・施工・維持管理に関してすでに明らかになっている諸問題を整理・確認し、それらを解決する手法を提示することを目的としてとりまとめている。

なお、資料編には、本マニュアルの示す設計手法に基づいた設計事例や、マニュアル作成の基礎データとした実地調査（実験）の結果を収録しているので、検討の際の参考にしていただきたい。



各技術の特徴

本マニュアルで検討の対象とした4種類の硫化水素抑制技術の概要を表-1に示した。硫化水素



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	<ul style="list-style-type: none"> ● 装置が簡単 ● 厳密な制御が不要 ● 汚水性状変化が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 溶解量大きい ● 特別な溶解装置不要 ● 圧損上昇が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 長滞留時間に対応可 ● 腐食 / 副生成物がない ● 注入装置が簡単 	<ul style="list-style-type: none"> ● 即効性 / 持続性あり ● リン除去が可能 ● 注入装置が簡単

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（圧力スイング吸着方式）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。

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、圧力損失増大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、適用先を検討する必要がある。

3.1 空気注入技術と酸素注入技術

空気注入技術は、比較的装置が簡単で、厳密な

写真 - 1 空気注入設備の外観例



制御が不要なことから、硫化水素抑制を試みる際には、最初に導入を検討すべき技術である。設備の外観例を写真 - 1 に示した。しかし、下り勾配部分の延長が長くなると、圧力損失の増大が懸念され、既存の汚水圧送ポンプのままでは空気注入時に所要の流量が得られない等の問題が発生する可能性がある。よって、適用にあたっては、圧力損失の十分な事前検討が必要である。

空気注入を実施すると圧力損失の増大が懸念され対応が困難な管路に対しては、酸素注入技術が有力な選択肢である。90%以上の高濃度酸素を汚水に注入するため、汚水への溶解効率に優れてお

り、注入気体体積を1/4以下に削減することが可能であり、管路のアップダウンが多い等の条件に対しても圧力損失の上昇を抑えることができる。なお、濃縮酸素の製造にPSA方式を用いた場合、必要なユーティリティは電気のみである。PSA方式の原理を図-1に示した。ただし、管路およびポンプの運転状況（例えばポンプの運転間隔が長い条件）によっては、理論注入量に対して2~3倍程度の酸素量を注入しなければ十分な抑制効果が得られない場合があり、その際は、空気注入技術と同様に、圧力損失の増大に留意しなければならない。

3.2 硝酸塩注入技術とポリ鉄注入技術

硝酸塩注入技術は、汚水中の微生物が利用する酸素の優先順位が、溶存酸素(O₂) > 硝酸イオン(NO₃⁻) > 硫酸イオン(SO₄²⁻)の順であることを利用している。硝酸塩を污水に追加することで、硫酸塩の還元が起こりにくい環境が保持される。代表的な硝酸塩溶液の物性を表-2に示した。圧送距離や管内滞留時間が長い条件において、抑制効果を長く維持することができ、特にその利点を

発揮する。また、硝酸塩水溶液を酸素源としているため、添加量をポンプの能力の範囲で自由に増減することができる。また、添加した硝酸イオンは脱窒菌の働きで窒素ガスになるため、適切な量を注入している限りは副生成物がなく水質の変化も小さい。

ポリ鉄注入技術は他の3技術と異なり、抑制原理を主に鉄イオンと硫化物の化学反応によっている。そのため、上流からの硫化物の流入が多い場合や、即効性を求める場合など、すでに発生している硫化水素の抑制が主目的となる場合に、選択されるべき技術である。ポリ鉄水溶液の物性を表-3に示した。また、ポリ鉄注入の副次効果と

図-1 PSA方式酸素発生機の原理

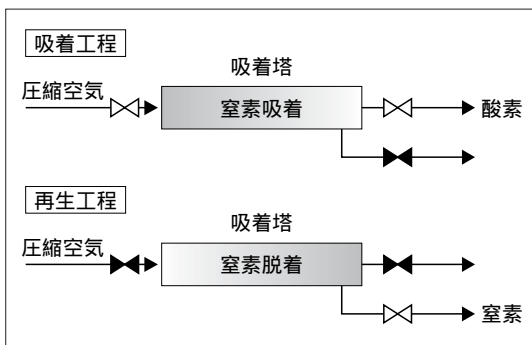


表-2 代表的な硝酸塩水溶液の物性

外 観	無色～微濁淡黄色
比 重	1.45～1.48
pH	4～6
硝酸イオン濃度	38%以上
凝 固 点	-20 以下

表-3 ポリ鉄水溶液の物性

外 観	赤褐色の液体
比 重	1.45以上
pH	2 以上
全鉄 (T Fe)	11.0%以上
第一鉄 (Fe ())	0.07%以下
硫酸イオン	24～29%
塩素イオン	0.05%以下
凝 固 点	-12 ± 1
一 般 式	[Fe ₂ (OH) _n (SO ₄) _{3-n/2}] _m (0 n 2)

表-4 推奨条件

空気注入技術	
特に適した条件	避けるべき条件
<ul style="list-style-type: none"> ●小規模ポンプ施設 (マンホールポンプ施設等) 	<ul style="list-style-type: none"> ●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
<ul style="list-style-type: none"> ●下り勾配部が多い ●滞留時間が長い 	<ul style="list-style-type: none"> ●ポンプ稼働率が低い等のため、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
<ul style="list-style-type: none"> ●供用間もない等のため滞留時間が長い 	<ul style="list-style-type: none"> ●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
<ul style="list-style-type: none"> ●すでに発生している硫化物が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ●所要注入率が 200mg/ℓを超える



して、下水中のリン除去がある。ポリ鉄中の鉄イオンは、汚水中の溶解性リンとも反応し、リン酸鉄としリンを不溶化する。圧送管路内で不溶化されたリンは水処理施設において主に初沈汚泥、一部は余剰汚泥に移行し、水処理へのリン負荷の低減を期待できる。

以上の技術的特徴と経験的な知見を基に、適用を推奨する、特に適した条件と避けるべき条件を表 - 4 にまとめた。以下に、適用を避けるべき条件とその理由について述べる。

空気注入技術は、圧損上昇が見込まれる管路および、管径が大きく600mmを超える場合は汚水と空気の混合が充分に行われない場合があるので、適用を避ける。酸素注入技術は、ポンプの稼働率が低く、滞留時間が長い場合などには、注入率を高くする必要が生じ、空気注入に対する利点（注入ガス体積が小さく、汚水に酸素が溶解することで、圧力損失上昇が少ない点）が失われるので、

適用を避けたほうが良い。

硝酸塩注入技術は、その抑制原理上、硫化水素抑制効果の発現には注入後30分程度の遅れを生じる。そのため、ポンプ井および管内の滞留時間が短い条件には適用を避ける。ポリ鉄注入技術は、所要の注入率が200mg / ℓを大きく超える場合には、沈殿物の生成等が懸念されるので、適用を避ける。



おわりに

硫化水素対策には、発生源対策の他にも腐食抑制や防食のアプローチもある。これらを最適に組み合わせることが、全体の維持管理費用を抑えることに繋がる。本マニュアルが、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。