

令和6年7月3日  
コンクリート防食技術説明会

# コンクリート防食について

日本大学生産工学部  
土木工学科 教授 森田 弘昭



# 自己紹介

氏名 森田弘昭

本籍 東京都

経歴 昭和58年3月  
4月

東北大学大学院土木工学科修了  
国土交通省入省(本省、土木研究所)  
環境省 沖縄開発庁 岡山県 奈良県  
熊本市副市長 下水道事業団など  
平成27年4月 日本大学 生産工学部土木工学科

主な講義

水環境浄化システム・同(S) 3年生  
国際建設情報(S) 4年生  
環境マネジメント工学特講 大学院生

社会活動

国土交通省応用研究評価委員会 委員長  
GCUS東南アジア委員会 委員長  
千葉市下水道経営委員会 委員長など

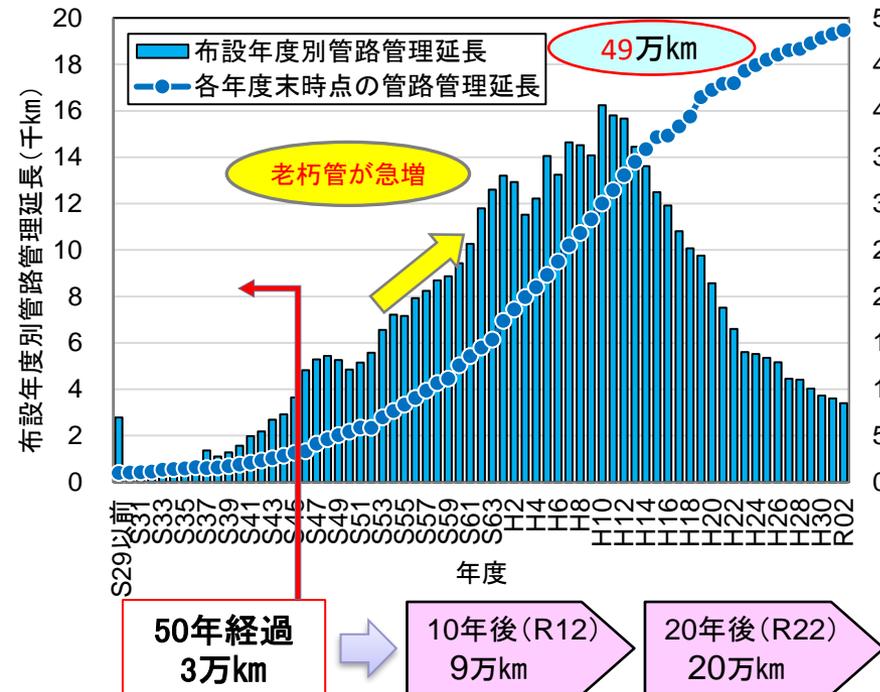
# 今日の話題

- 1.コンクリート防食対策の現状
- 2.防食対策の海外展開
- 3.研究室の防食対策実験
- 4.安全について

# 1. コンクリート防食対策の現状

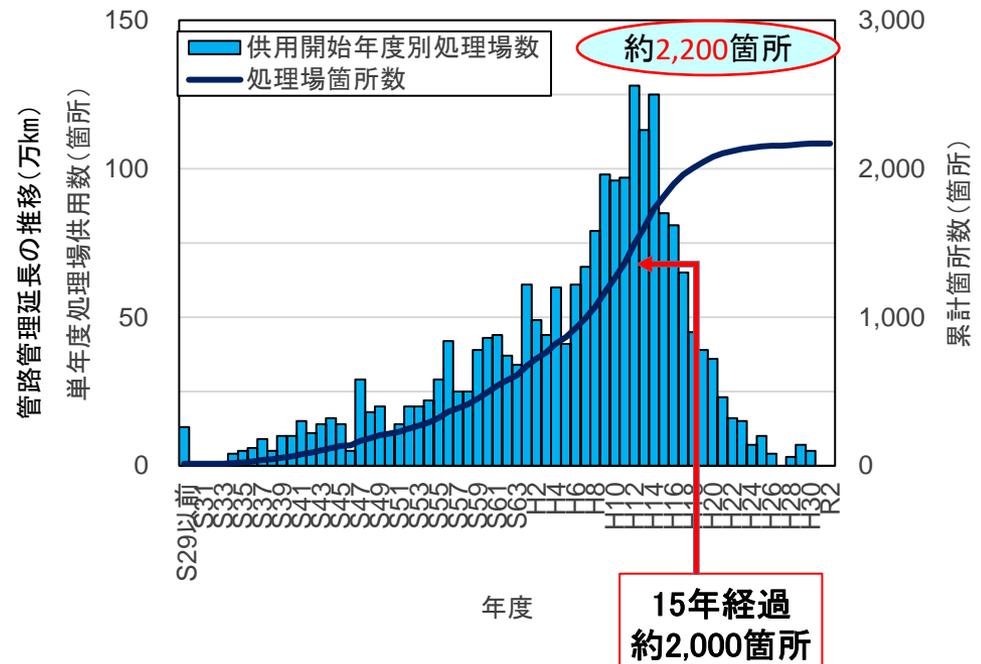
- 全国の管路延長は、令和2年度末現在、49万km。
- このうち、標準耐用年数50年を経過した管渠は、3万km(6%)。
- ただし、10年後には9万km(18%)、20年後には20万km(40%)と、今後急速に増加する見込み。
- 一方、下水処理場も、令和2年度末現在、約2,200箇所あり、このうち、機械・電気設備の標準的な耐用年数である15年を経過した施設は、約2,000箇所(約91%)にのぼる。

■ 管路施設の年度別管理延長 (R2末現在)



今後50年経過管が急増

■ 処理場の年度別供用箇所数 (R2末現在)



処理開始から15年を経過した処理場が9割を超える  
(機械・電気設備の標準的な耐用年数を超過した処理場)

# 硫化水素腐食対策

## (法制度と技術指針)

### ①労働安全衛生法

- ・H<sub>2</sub>S 10ppm以下

### ②下水道法

- ・腐食の恐れのある個所の5年に1回の点検(平成27年)
- ・下水道管路メンテナンス年報(平成28年度)

### ③腐食相談窓口(国土技術政策総合研究所)

### ④下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン -2015年版-(国土交通省)

### ⑤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(下水道事業団)令和5年3月

### ⑥下水道コンクリート防食工事施工・品質管理の手引き(案) (下水道事業支援センター)令和5年12月

## (1) 腐食対策の実施状況(下水道管路メンテナンス年報:国交省)

- \* 腐食のおそれのあるマンホール数:11.6万ヶ所
- \* そのうち**3,658**ヶ所で対策が必要
- \* 5年間で758ヶ所の対策が実施
- \* 平均的に毎年150ヶ所ずつ実施(**758**÷5年間)
- \* 5年間で残りの要対策マンホールは2,900ヶ所(**3,658-758**)
- \* 同じペース(150ヶ所/年)で対策すると仮定
- \* 完了するまでに19年を要することになる

### マンホール腐食対策実施状況

項目 \ 年度	H29	H30	R1	R2
詳細調査数	3,305	6,891	11,157	16,457
要対策数	750	1,730	2,380	<b>3,658</b>
対策済数	211	419	467	<b>758</b>

## (2) 腐食対策の実施状況

(マンホールの修繕及び改築に係る工法の施工実績: 日本下水道管路管理業協会)

- \* 平成25年から令和4年までのマンホールの修繕及び改築の施工実績
- \* ここ10年間では毎年1,200~2,400箇所対策
- \* 『下水道管路メンテナンス年報』の150ヶ所の10倍

### マンホールの修繕及び改築実績

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	累計 (S58~R4)
更生工法	433	327	353	377	328	292	326	356	348	365	10,458
部分補修	1,243	906	981	1,033	694	643	444	400	410	393	19,581
防食工法	663	835	945	1,022	981	811	580	507	398	432	30,277
合計	2,339	2,068	2,279	2,432	2,003	1,746	1,350	1,263	1,156	1,190	60,316

(令和5年9月1日現在)

### (3) 腐食対策の実施状況

(経年劣化による要対策マンホールの推定)

- \* 全国の下水道管路延長は49万km、マンホール数は1,600万基
- \* マンホール1基あたりの管渠延長を推定すると31.6m/基
- \* 2021年から2031年にかけて196万基のマンホールが耐用年数を超える
- \* 1年あたりにすると19.6万基
- \* 150カ所(対策実数) < 1,200~2,400基(対策実数) < 196,000基(必要数)

#### 耐用年数を超えるマンホール数の推定

	管路延長	マンホール数
2021年 (全体)	49万km	1,600万基
2021年 (老朽)	3万km	98万基 (6.1%)
2031年 (老朽) 10年後	9万km	294万基 (18.3%)
2041年 (老朽) 20年後	20万km	653万基 (40.8%)

## 2. 防食対策の海外展開



ハノイ

ベトナム

ホーチミン

# 硫化水素腐食の現状



- \* 東南アジアは腐食の関心が極めて高い！
- \* そして高温多湿のため腐食の進行が速い！！

# ベトナム建設省における硫化水素腐食対策セミナー



下水道における硫化水素腐食対策とは？

- コンクリート構造物の腐食被害
- 労働安全上の問題
- 建築の経年劣化
- 腐食防止剤の施工
- 腐食防止

原因は？

- 下水の臭い(臭気物質発生)による悪臭
- 腐食防止剤の劣化
- 多量な腐食防止剤の使用

→ 硫化水素腐食問題は下水道の腐食

HỘI THẢO CHUYÊN ĐỀ LẦN II  
CÔNG NGHỆ KIỂM SOÁT ẨM MÙN CHỖ CÁC CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC  
第2回 下水道施設の腐食対策技術に関するセミナー  
SECOND SEMINAR ON CORROSION CONTROL TECHNOLOGY FOR SEWER FACILITIES  
Hà Nội, 16/02/2017

硫化水素腐食対策の重要性

- 下水道の腐食被害は深刻化している
- 下水道の腐食被害は深刻化している
- 下水道の腐食被害は深刻化している
- 下水道の腐食被害は深刻化している

「腐食防止剤」

- 腐食防止剤の施工は重要である
- 腐食防止剤の施工は重要である
- 腐食防止剤の施工は重要である

# ベトナムにおける硫化水素腐食実態調査

## 調査概要

主体：GCUS東南アジア委員会

場所：ハノイ市3か所、ハイフォン市3か所

時期：2018年7月～

項目：マンホール及び鉄蓋の腐食状況把握

：硫化水素濃度測定、テストピース暴露

成果：ベトナム版の腐食対策調査書と基準書（赤本）の提供



調査風景



硫化水素の測定



鉄蓋裏面の腐食状況



硫化水素計とテストピース



ハノイ市の下水



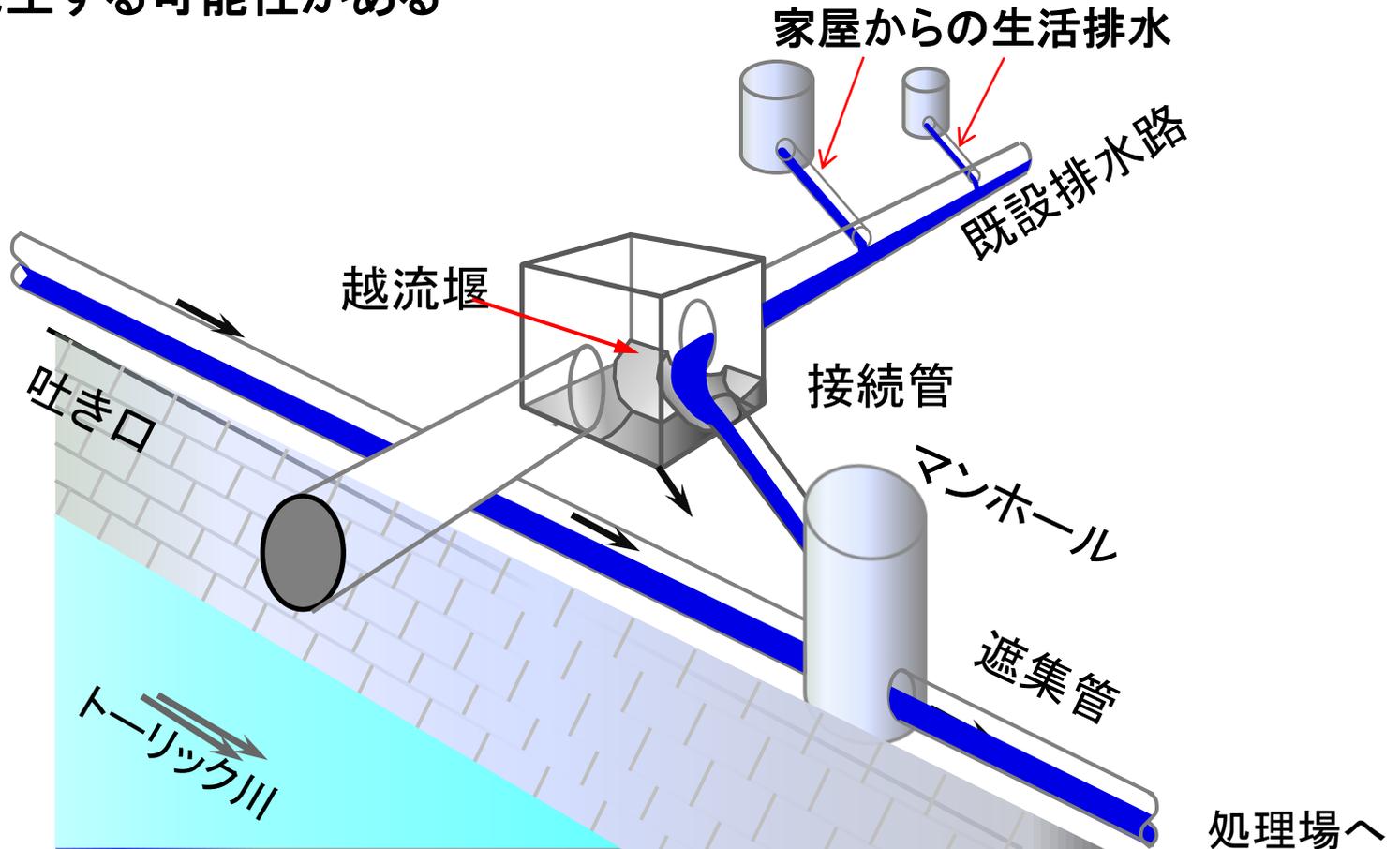
ハノイ市内の河川



**ハノイ市エンサ下水処理場全景**

## 下水道整備後

- \* トーリック川に直接排水されていた汚水が新設された下水道管を通じて下水処理場で処理され劇的な水質改善が期待される
- \* しかし、これまでトーリック川で発生していた硫化水素が新設下水道管の中で発生する可能性がある



現在のトゥーリック川のH<sub>2</sub>S発生状況



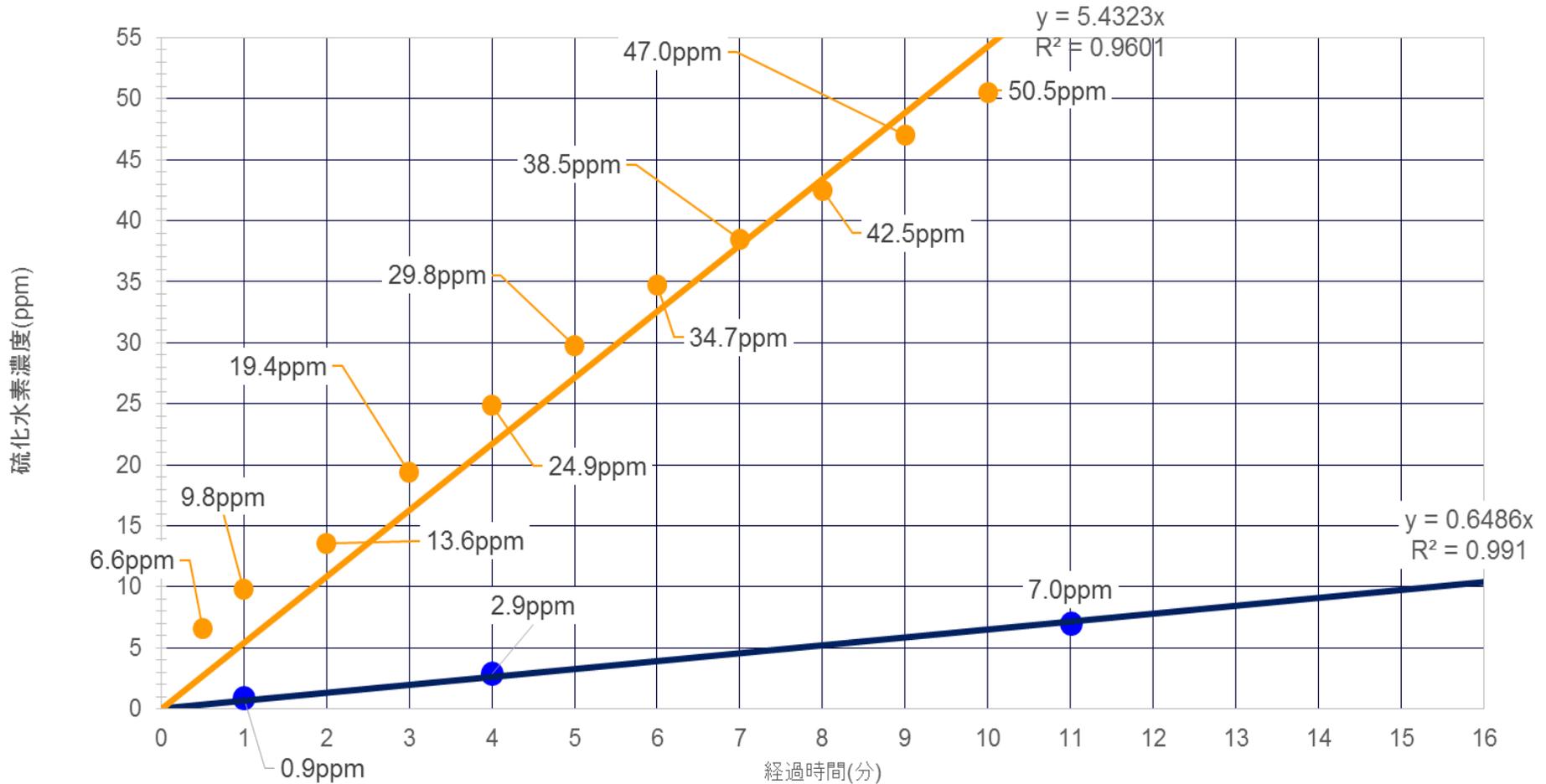
# トウリック川のH<sub>2</sub>S調査



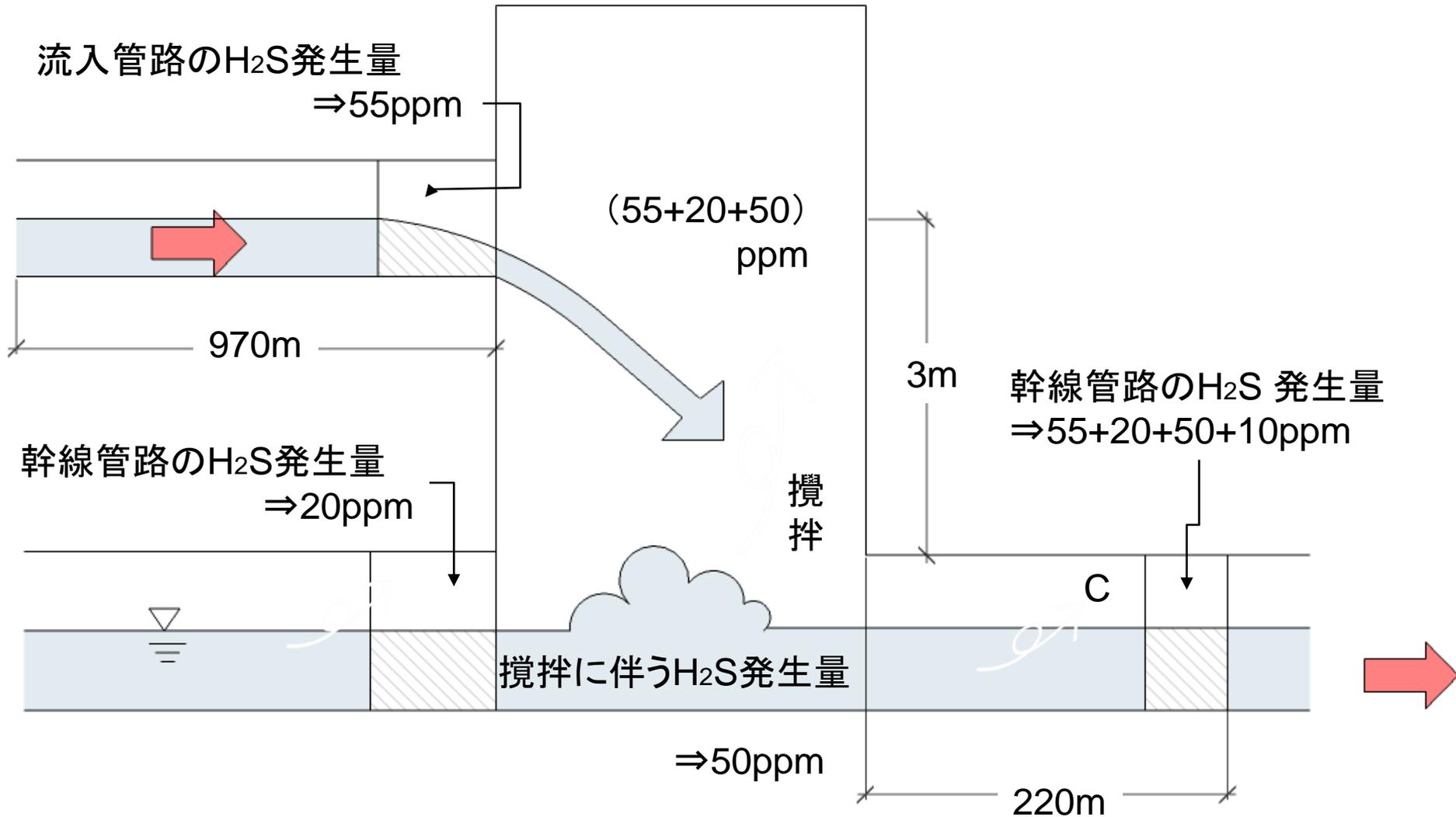
# 調査結果

## 硫化水素濃度

● 3月計測データ ● 6月計測データ — 線形(3月計測データ) — 線形(6月計測データ)



# シミュレーション結果

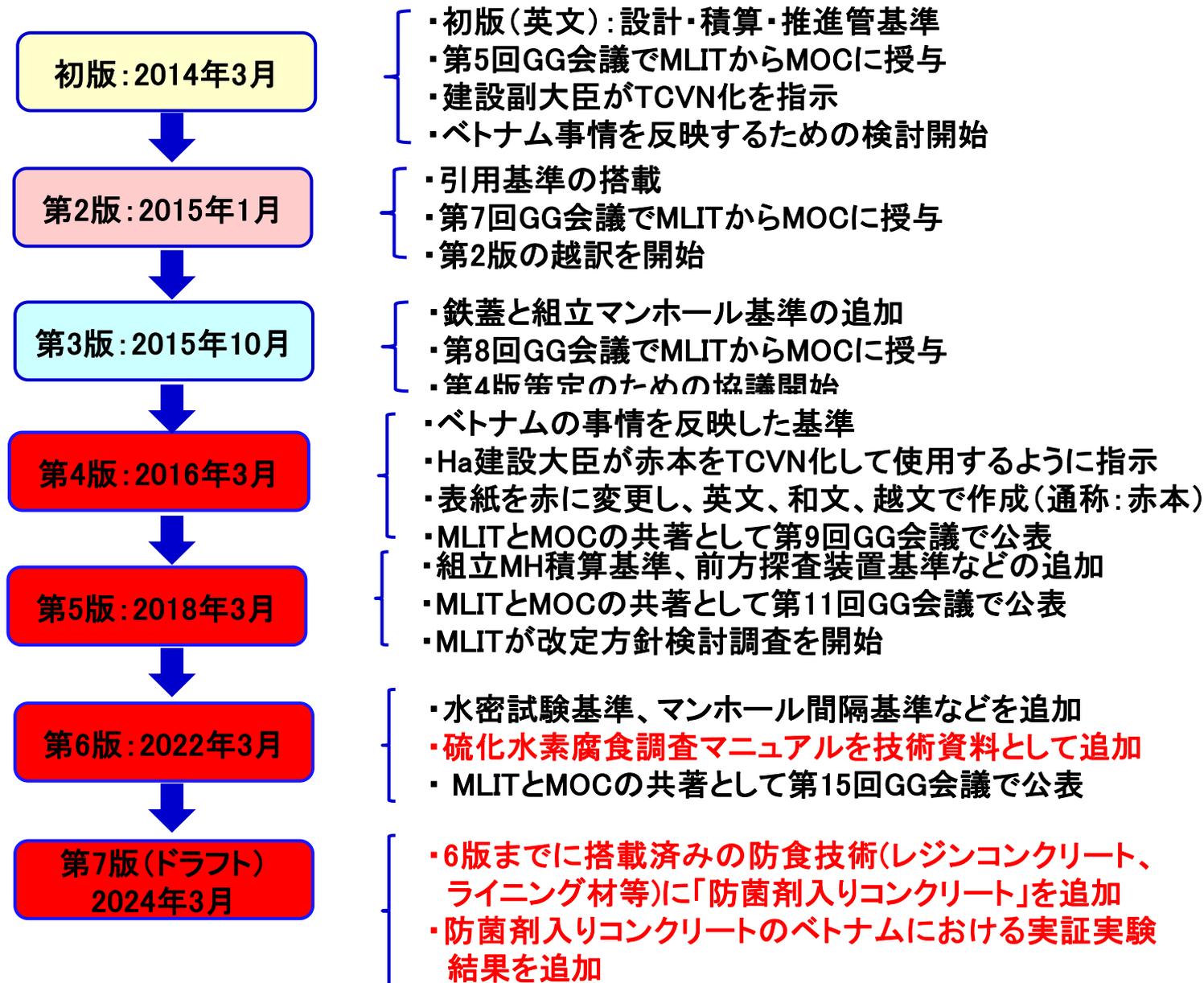


⇒エンサ処理区の幹線管路では  
100ppm以上のH<sub>2</sub>Sが発生する恐れがある

# ベトナム建設省との協議



# ベトナム版推進工法基準(赤本)への搭載



# 防食対策:ウレタンライニング



# 防菌剤による腐食抑制対策

## メリット

- 経済性  
樹脂ライニングより製品コストが20～50%削減
- 製造日数  
通常の製品の製造期間で成形  
(57%に短縮)
- 耐久性  
コンクリート製品内部に防菌剤が均一に分布  
クラックや傷などが生じてても防食性能が損な  
われないため、耐用年数50年を確保



国交省実証実験  
in Vietnam

### 3. 研究室の防食対策実験























モルタル供試体

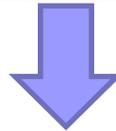


防菌剤入りモルタル供試体

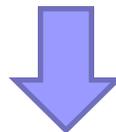


## 4. 安全確保について

- 硫化水素は、無色、刺激臭、可溶性、可燃性
- 0.3ppmでも人は臭いを感知(卵の腐った臭いといわれる刺激臭)
- 50ppmで目に異常、100ppmで嗅覚異常
- 800ppm以上で意識喪失



- \* 労働安全衛生法で10ppm以下を作業環境基準として定めている
- \* 繰り返し硫化水素中毒の注意喚起

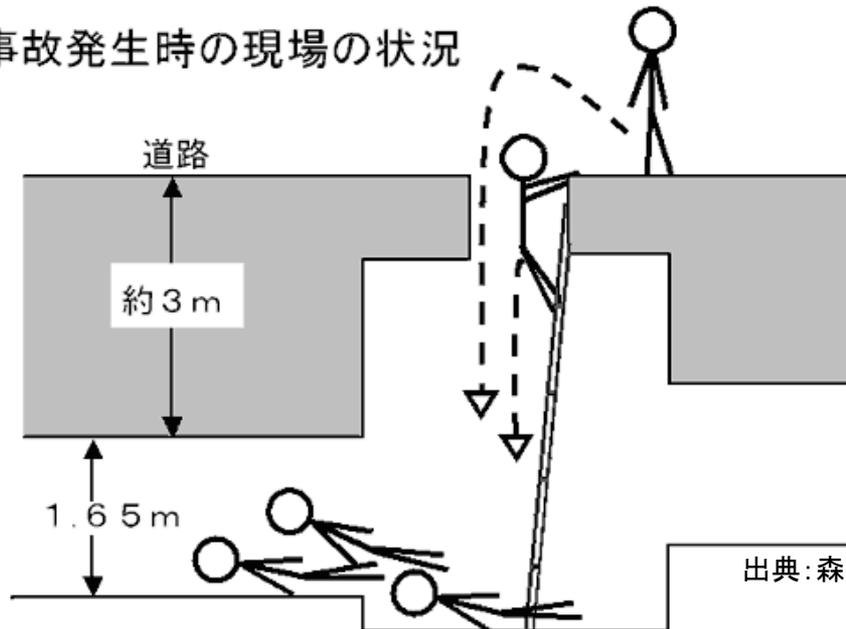


**死亡事故の発生**

# 愛知県半田市の下水道清掃作業における硫化水素中毒事故

- 2002年3月11日午後、下水道(雨水管φ1,650)のマンホール・管渠の堆積汚泥を除去するため、バキュームカーで泥を吸い取る作業を行っていた
- 内部で作業していた1名がマンホールからフラフラした状態で上半身を出したが、直後にマンホール内に墜落(筋力低下)
- 地上にいた作業員がこれを救助しようとマンホール内に入り、そのままマンホールから出てこなくなった(瞬時に昏倒)
- 異常に気付いたガードマンが消防署に救助を要請し、消防署員が到着して内部にいた5名をマンホールから救助したが5名とも死亡
- 汚泥の攪拌により、汚泥中の硫化水素が大気中に放散したと推定される

事故発生時の現場の状況



気づきにくい

逃げる時間なし

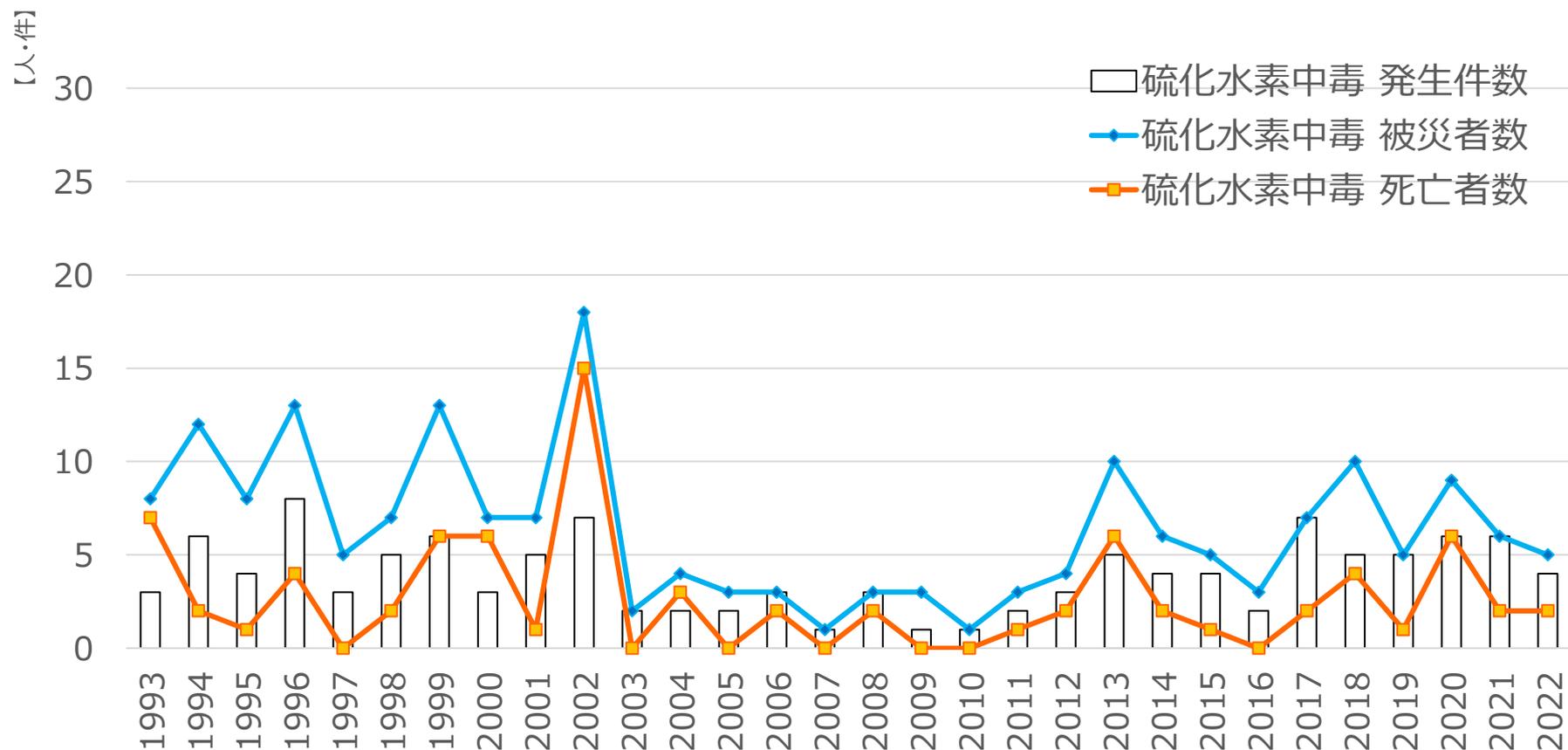
助けに行けない

# 硫化水素事故の発生状況 共通の原因

- ① 作業環境測定(酸素および硫化水素の濃度の測定)を行っていないかったこと
- ② 換気せず、または換気が不十分なまま立ち入ったこと
- ③ 救助者が空気呼吸器などの保護具を着用せずに救出しようとしたこと
- ④ 労働者に硫化水素中毒に関する知識が不足していたこと

# 硫化水素中毒による労働災害

- \* 2022年の硫化水素中毒による労働災害は4件、被災者は5人うち死亡者は2人
- \* 過去20年間(2003年～2022年)の労働災害は計68件であった。
- \* 過去20年間の業種別発生状況をみると、製造業、清掃業、建設業の順に多い





ご清聴ありがとうございました