

令和7年9月13日
令和7年度 防災講座

道路陥没事故から考えるまちづくり

日本大学生産工学部
土木工学科 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 東北大学大学院土木工学科修了
4月 建設省入省(本省、国総研)
以降 環境庁 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 教授～



活動 水環境学会、土木学会、環境技術学会
国土交通省新技術評価委員会 委員長
日本非開削技術協会 会長
下水道協会GCUS東南アジア委員会 委員長
熊本市企業誘致アドバイザー
浜松市コンセッション委員会 委員長
八潮復旧工法検討委員会 委員長など

趣味 海遊び、ゴルフ、ビール、唐辛子





講演内容

1. 下水道とは
2. 下水道施設の老朽化
3. 下水道における硫化水素腐食メカニズム
4. 硫化水素腐食対策
5. 国などの動向
6. まとめ

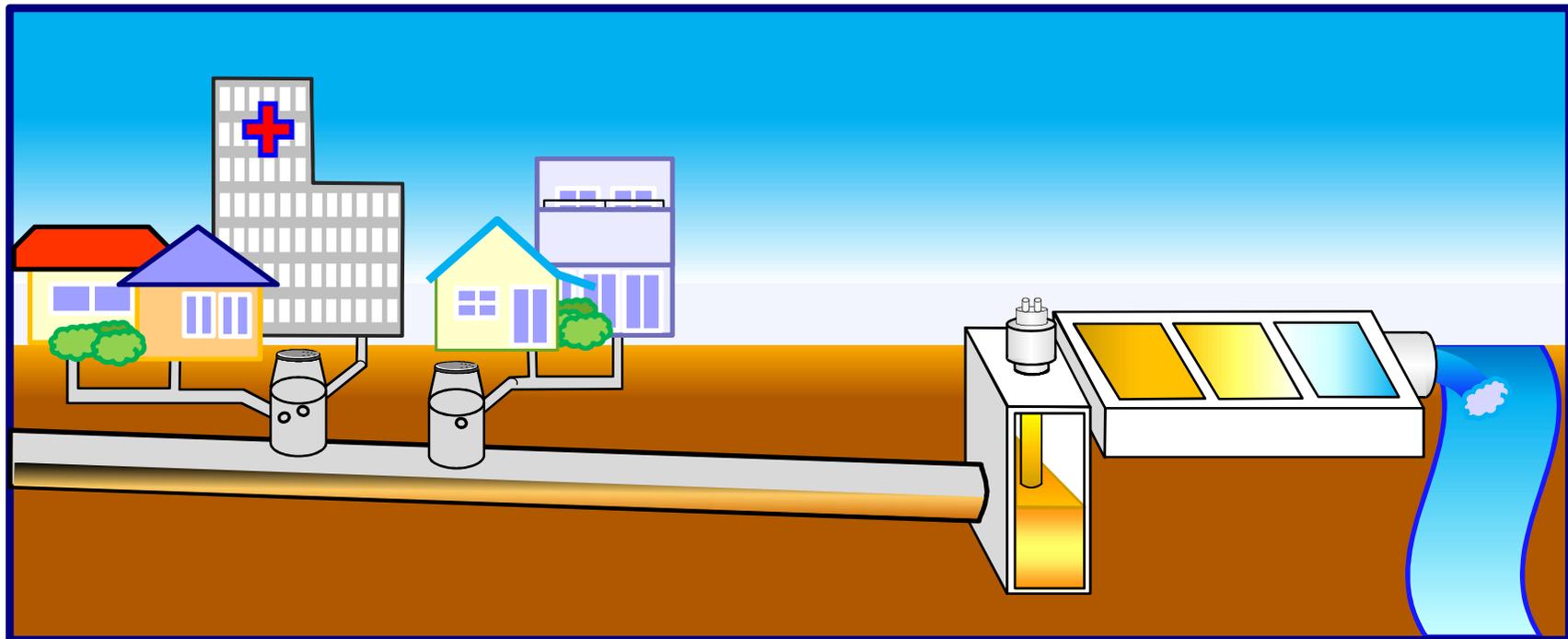


ポイント1

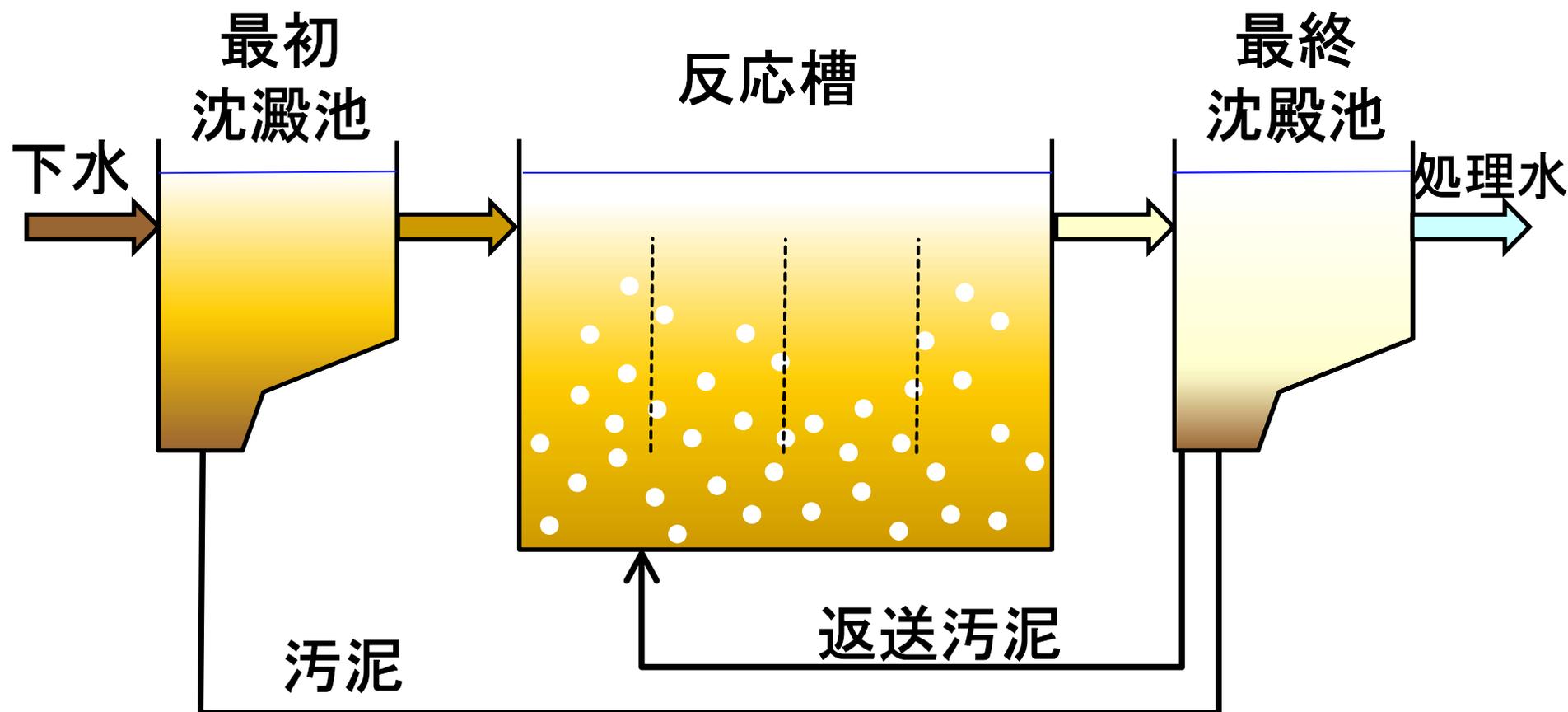
- ① 日本の下水道事業が直面している
3つの課題とは？

1. 下水道とは

- ・施設は、管路とポンプ場、下水処理場で構成されている
- ・資産としては、管路8割 処理場2割
- ・処理場の工種別資産は、土木・建築5割、機械・電気5割
- ・市町村が事業主体（計画、建設、維持管理、経営）
- ・国の補助金と利用者の使用料で運営される



下水がきれいになるメカニズム



→ * 燃料や肥料などに有効利用
(昔は、埋め立てや海洋投棄)

汚水浄化の主役は、微生物



ツリガネムシ(30~80um)

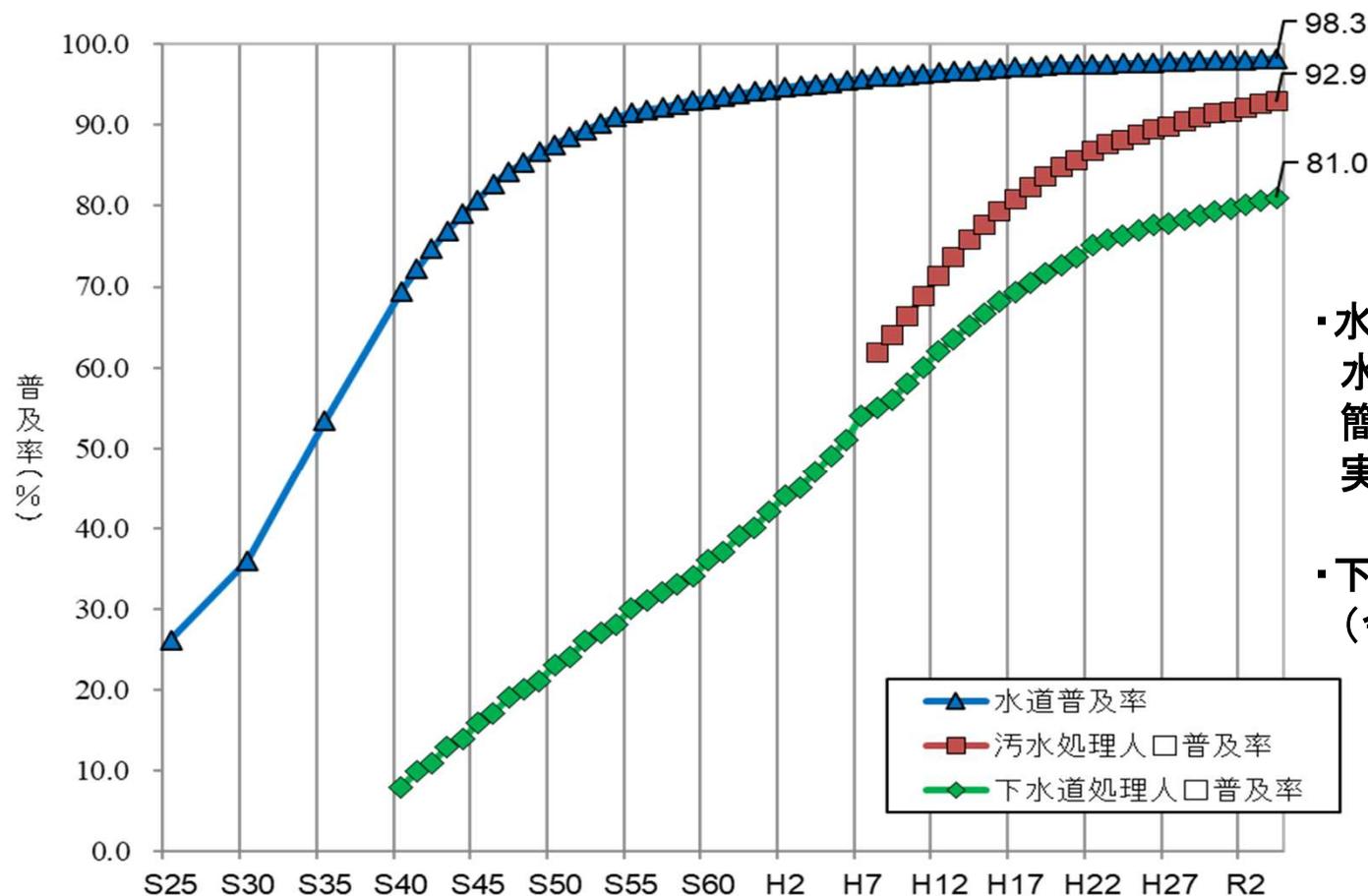
下水道の整備状況

R5年度

98.2%

93.3%

81.4%



・水道事業は1,299事業
水道用水供給事業は89事業
簡易水道事業は2,376事業
実施（令和5年3月時点）

・下水道は1,427自治体で実施
（令和5年3月時点）

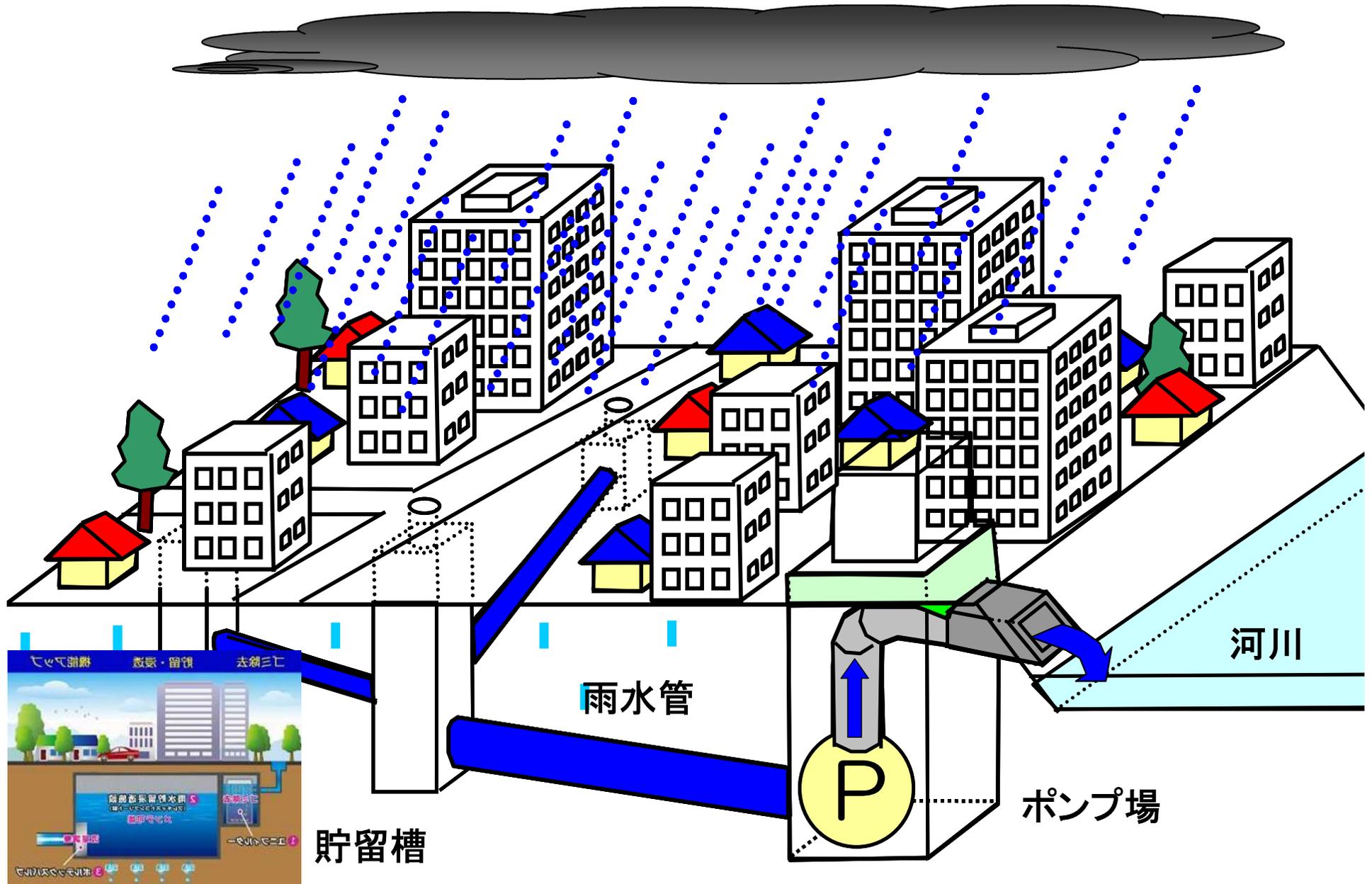
中継

アーケード約100m浸水
大雨影響続く 熊本市

熊本で一時 大雨特別警報



都市型水害の解消



我が国における近代下水道の歴史

背景

役割

コレラの流行



伝染病対策

150年前

川や海の汚染



水質改善

75年前

リサイクル社会の到来



エネルギー・
資源生産

25年前

人口減少
施設老朽化
使用料減少



下水道サービスの
安定供給

これから

150年前

伝染病対策の時代

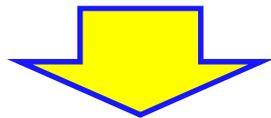
コレラ

- * 開国と並行してコレラが大流行
- * 年間十万人以上の死亡者
- * 死亡率70%

出典：<https://www.tmph.metro.tokyo.lg.jp/archive/gazoudoga/ga>

日本初の近代下水道

- ・横浜市下水道
- ・明治2年～4年に建設
- ・R.H.ブライトンが指導
- ・関内の外国人居留地用(1071人)
- ・瓦製陶管
- ・汚水と雨水の合流式排除方式



- ・人口が急増(3937人:明治13年)
- ・明治14年～20年に改修
- ・レンガ造りの卵形管
- ・三田善太郎が設計・施工
- ・横浜市港北水再生センターに保存

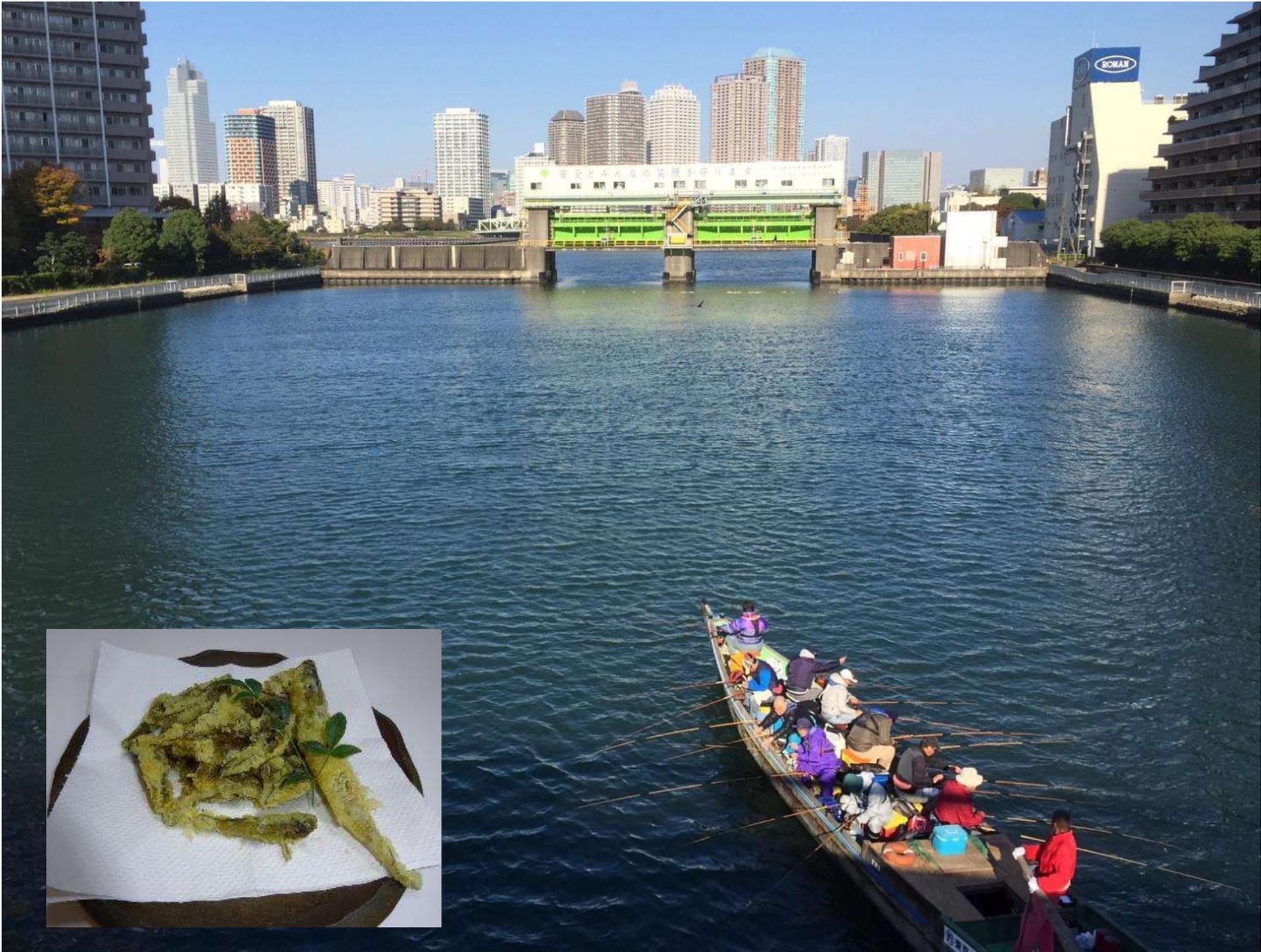


75年前

川や海の水質改善時代



昭和30年代前半(1950年代)の隅田川



25年前

エネルギー・資源生産の時代

■ バイオガスの活用

- 下水汚泥が消化槽の中で発酵(約35°Cで約2週間滞留し、微生物により分解すること)されることにより発生する、メタン(約60%)とCO₂(約40%)を含んだ消化ガス(バイオガス)を用いて発電
- 全国109箇所で実施(R1.5現在): 横浜市、佐野市、黒部市、佐賀市 等

消化槽



消化ガス発電設備



メタン
ガス

■ 固形燃料としての活用

- 脱水した下水汚泥を蒸し焼きにすることで固形燃料(炭化燃料)に加工し、火力発電所やセメント工場等において石炭代替燃料として利用(石炭の6~7割の発熱量を有する)
- 全国20箇所で実施(R1.5現在): 豊橋市、京都府、広島市 等



脱水汚泥

固形燃料化施設



固形燃料

下水道事業の課題

①職員減少



下水道職員の不足
技術力の不足

②施設老朽化



下水道施設の更新需要増加
ストック増による維持管理費増加

③使用料減少



使用料収入減少
⇒経費回収率低下

これから

今後ますます加速



ポイント2

- ① 八潮の道路陥没事故の原因は？
- ② 日本の下水道管路は老朽化しており八潮の道路陥没と同じような事故が頻発するのか？

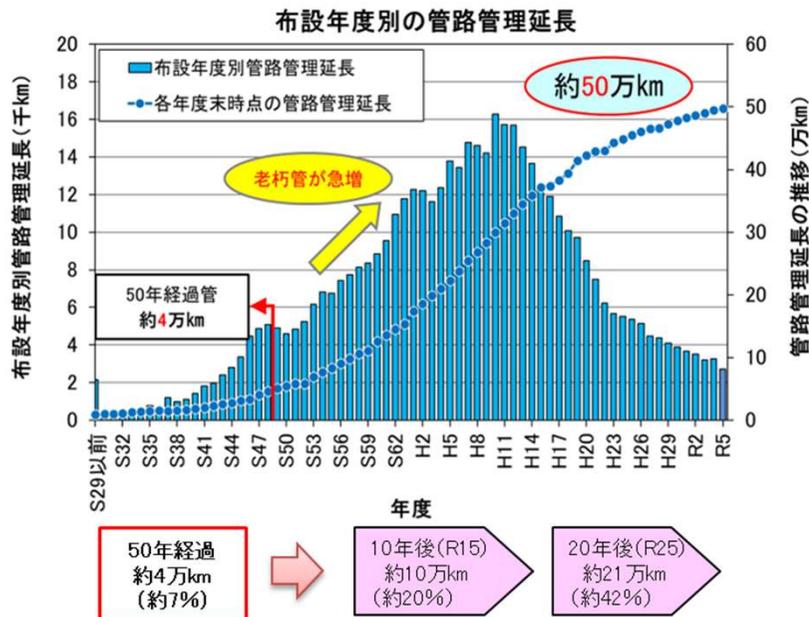
2. 下水道管路の老朽化の現状

- 上下水道整備の進展に伴い、下水道 約50万kmなど膨大なストック。
- 今後、施設の急激な老朽化が見込まれており、計画的な維持管理や改築を推進するため、技術的、財政的支援を実施。
- 下水道における令和5年度の管路の改築実績は延長672km、更新率0.13%であり、仮に75年で改築する場合※(更新延長約1.6千km、更新率0.32%)を下回っている。

※ 標準耐用年数を超えた管きょ約4万kmを今後25年間(令和6~30年度)で更新する場合

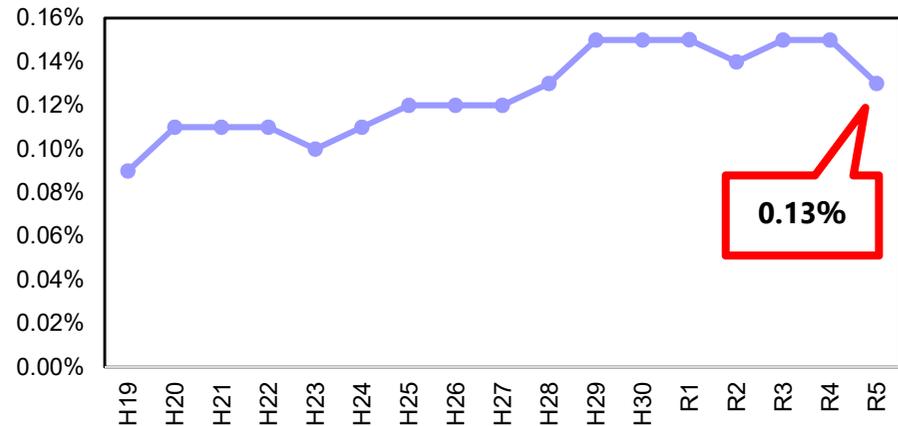
下水道管渠の老朽化の状況

- ・下水道管渠の総延長は約50万km(R5)
- ・標準耐用年数50年を経過した管渠の延長約4万km(総延長の約7%)が、10年後は約10万km(約20%)、20年後は約21万km(約42%)と今後急増



管路更新率 (%)

更新された管きょ延長 ÷ 管きょ総延長 × 100

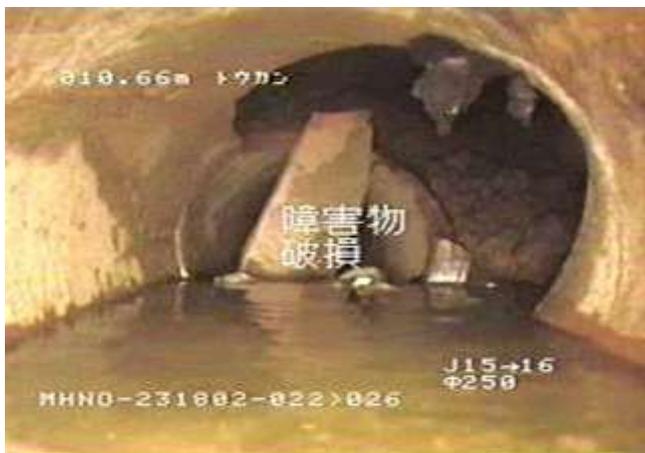


(km)

更新された管きょ延長(令和5年度)	672
管きょ延長合計	497,745

国交省資料: R7年7月8日

下水道管路の老朽化事例



破損



植物根の浸入



腐食し、鉄筋が露出

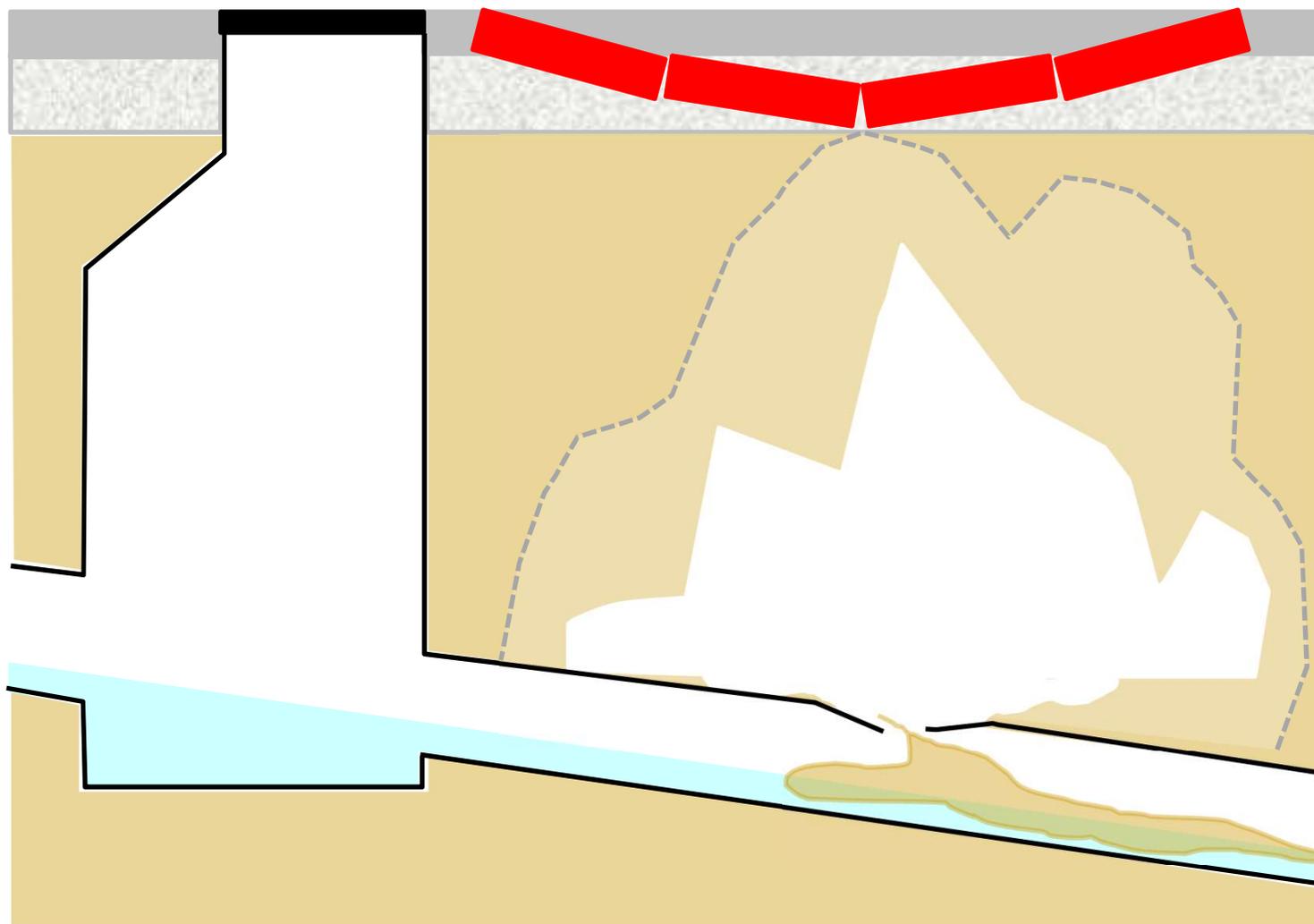


浸入水

下水道管の老朽化による社会的影響：道路陥没

舗装
路盤

路床



八潮市道路陥没事故の概要

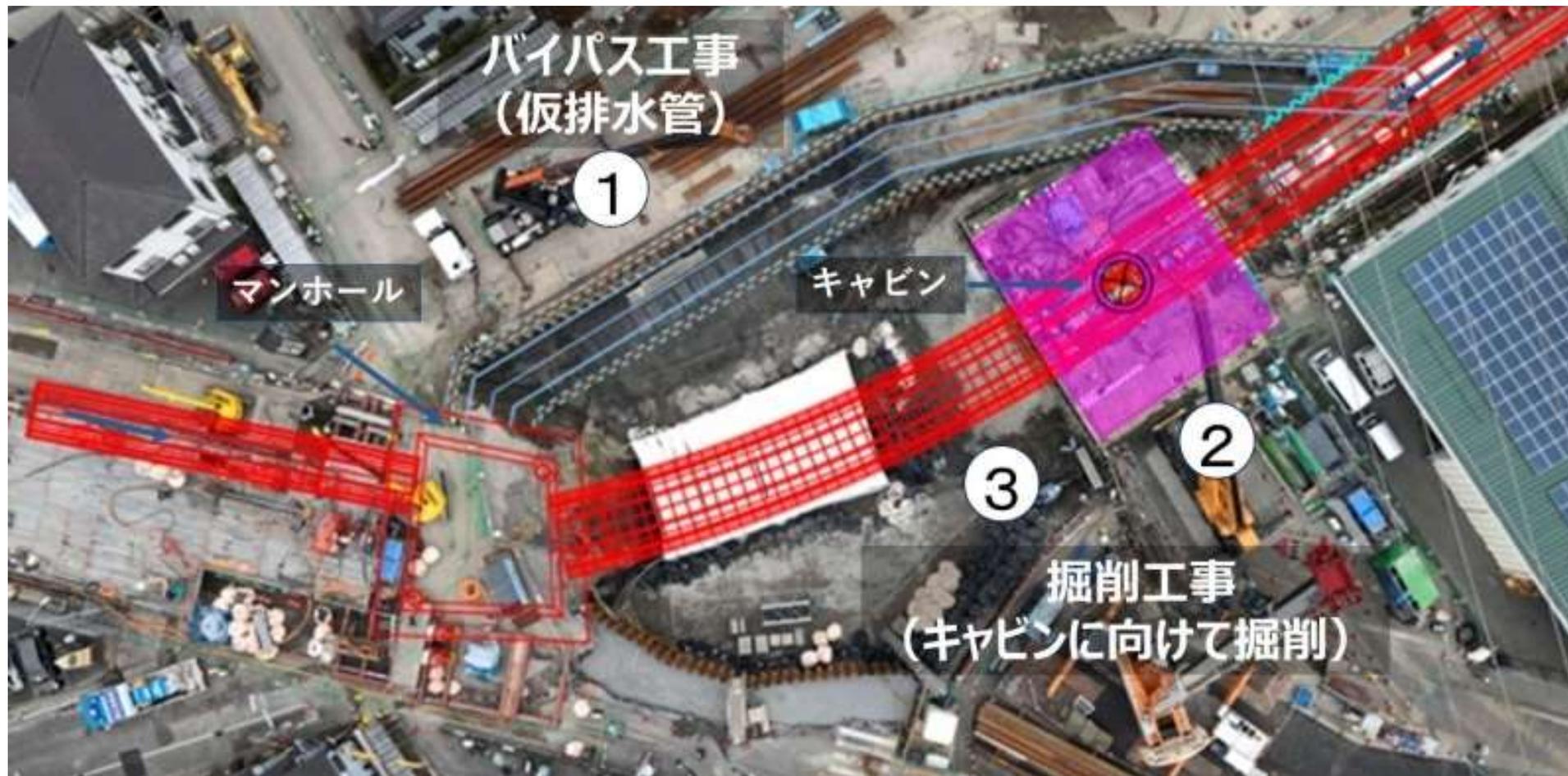
- 発生日時：令和7年1月28日（火）午前9時49分
- 発生場所：八潮市中央一丁目地内 県道松戸草加線（中央一丁目交差点内）
- 陥没規模：幅約40メートル、深さ最大約15メートル
- 事故原因：調査中（流域下水道管の破損に起因するもの）
- 下水道管：管径4.75m、昭和58年整備（経過年数42年）



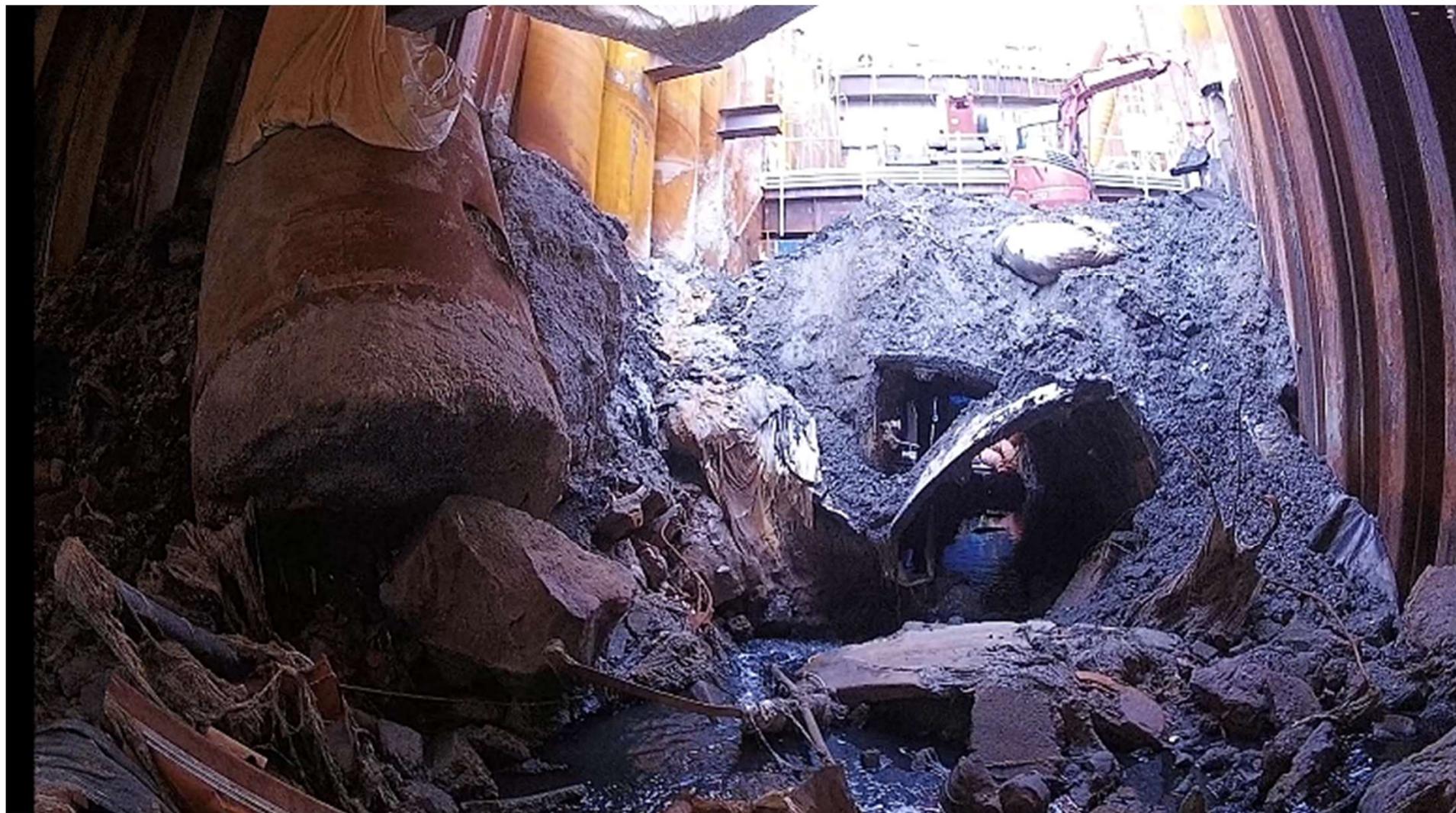
日付	対応
1/28 (火)	<ul style="list-style-type: none"> ・陥没発生（トラック運転手が車両ごと落下） ・現地通行止め、救助活動開始 ・下水道（入浴、洗濯など）の使用自粛を呼びかけ開始（影響範囲:12市町 約120万人）→【2/12 解除】
1/29 (水)	<ul style="list-style-type: none"> ・トラックの車両一部（荷台部分）を引き上げ ・陥没拡大等により半径200mに避難指示 →【2/19 解除】 ・上流の春日部中継ポンプ場から汚水の緊急放流開始 →【3/3 終了】
2/5 (水)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローンによる管内調査を実施し、管内にキャビンらしきものを確認
2/9 (日)	<ul style="list-style-type: none"> ・消防によるトラック落下地点の救助活動実施、運転手の手がかり発見されず当該地点の救助活動終了
2/10 (月)	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ調査孔よりキャビンらしきものの位置特定（陥没箇所から約30m下流地点）
2/11 (火)	<ul style="list-style-type: none"> ・キャビン救出のための土木工法として、仮排水管を設置し下水を迂回させつつ、キャビンに向けて掘削する方法を検討（完了まで3ヶ月見込み）
4/24 (木)	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水管の設置工事完了、下水の切替え開始
5/2 (金)	<ul style="list-style-type: none"> ・消防と警察がトラック運転手の救出作業を実施 ・埼玉県にてトラック運転手の救出と死亡の確認を公表
5/16 (金)	<ul style="list-style-type: none"> ・キャビンの引き上げを完了



現地の状況



陥没部

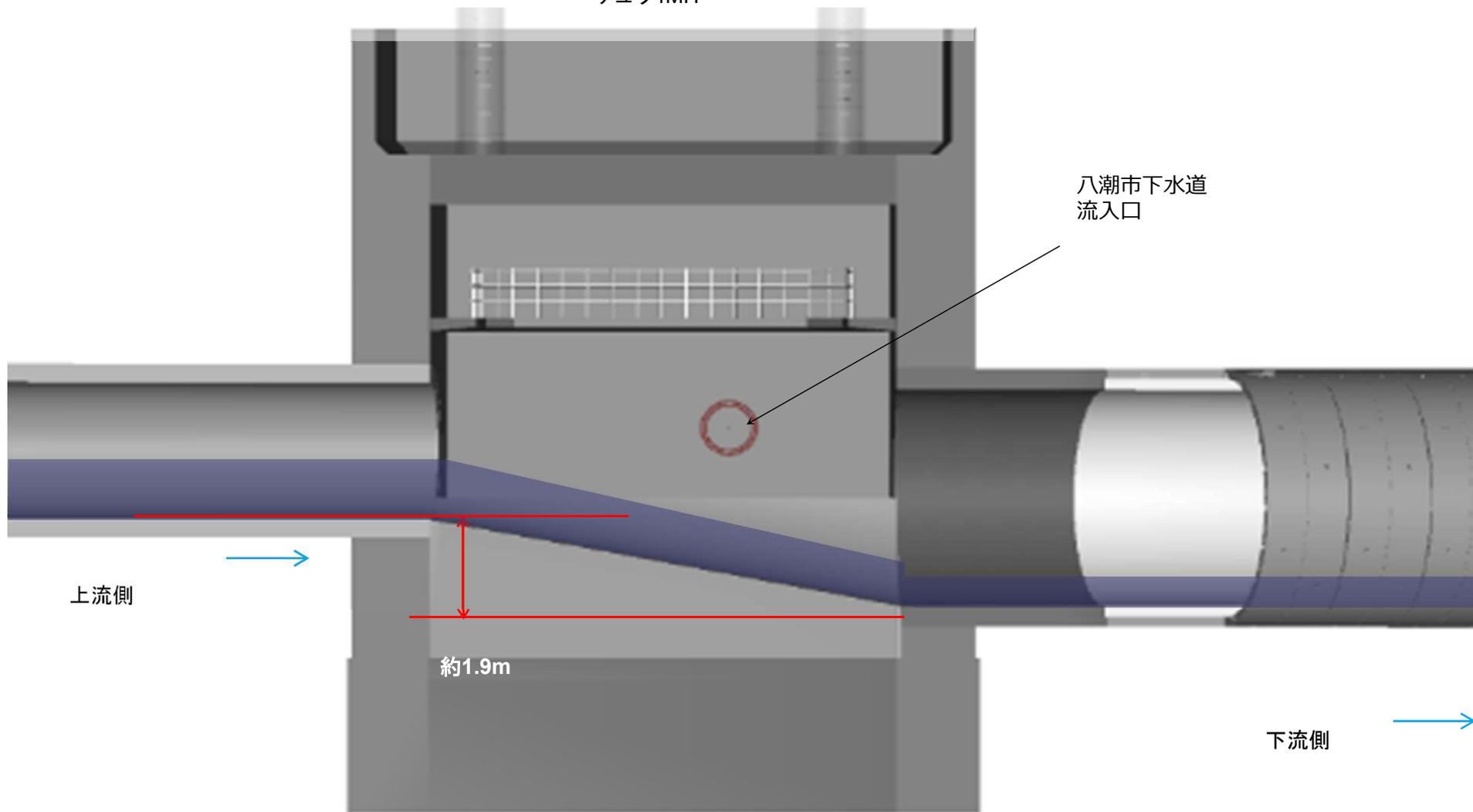


第3回八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会 中間とりまとめ 2025年9月4日

マンホールの構造

チュウ4MH

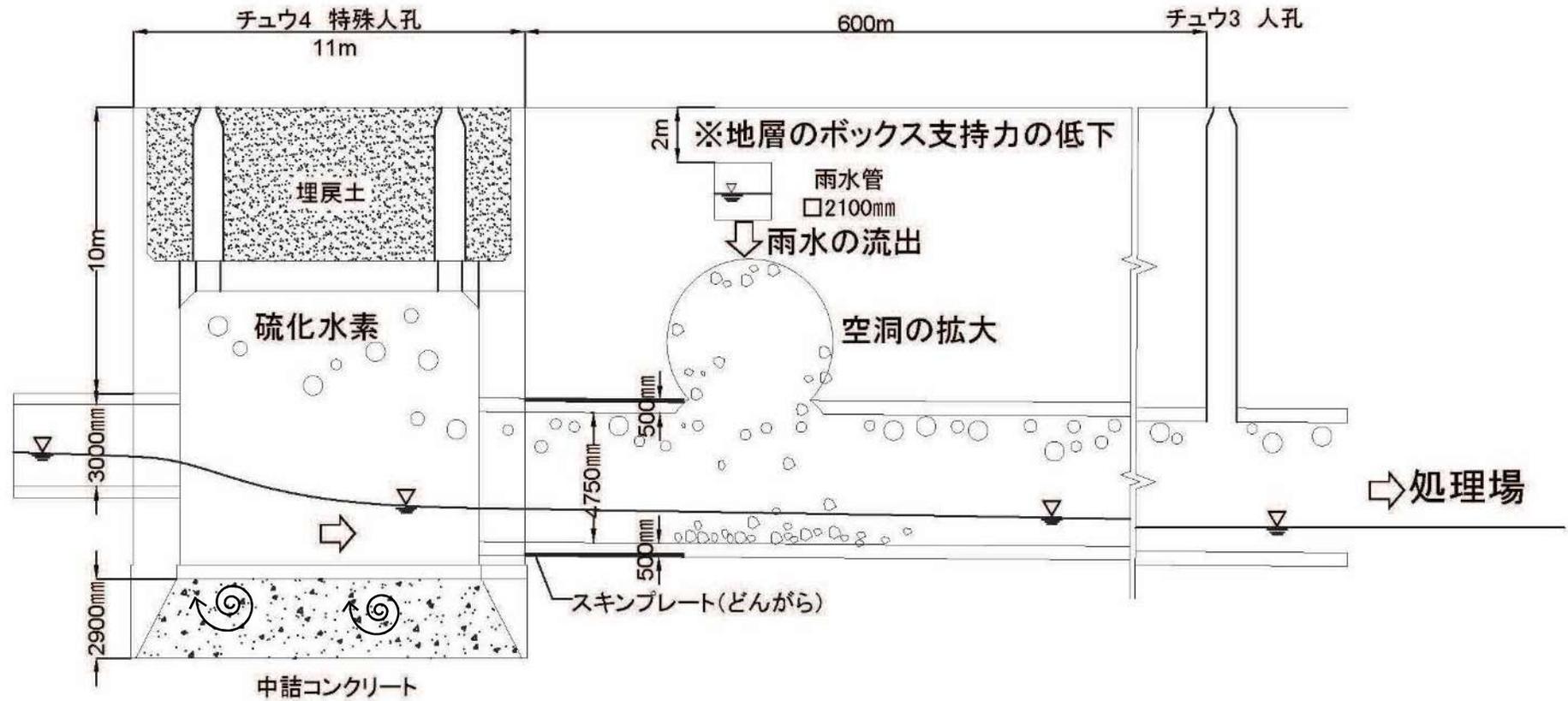
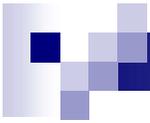
八潮市下水道
流入口



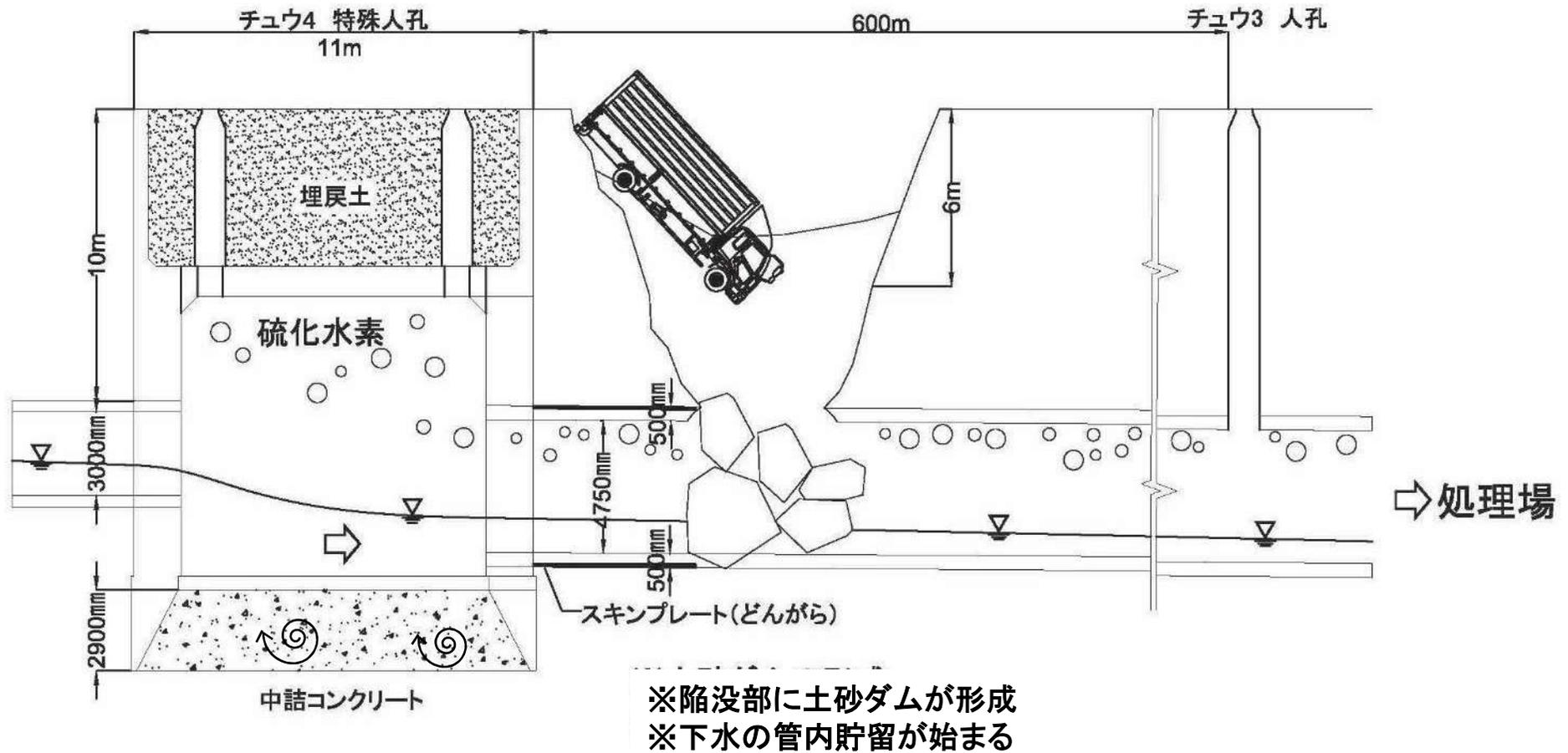
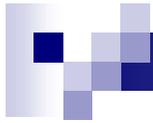
上流側

約1.9m

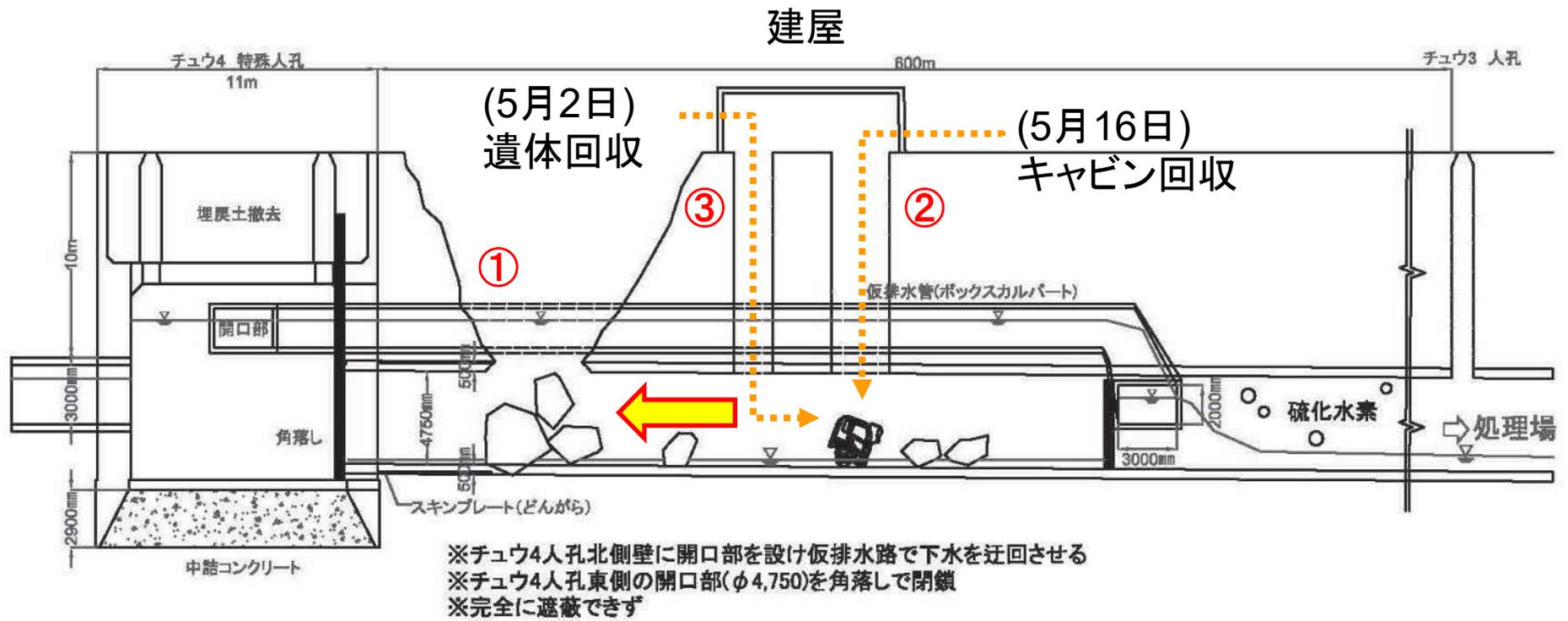
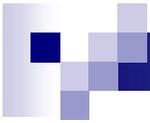
下流側



空洞の拡大



陥没事故発生(令和7年1月28日9時49分)



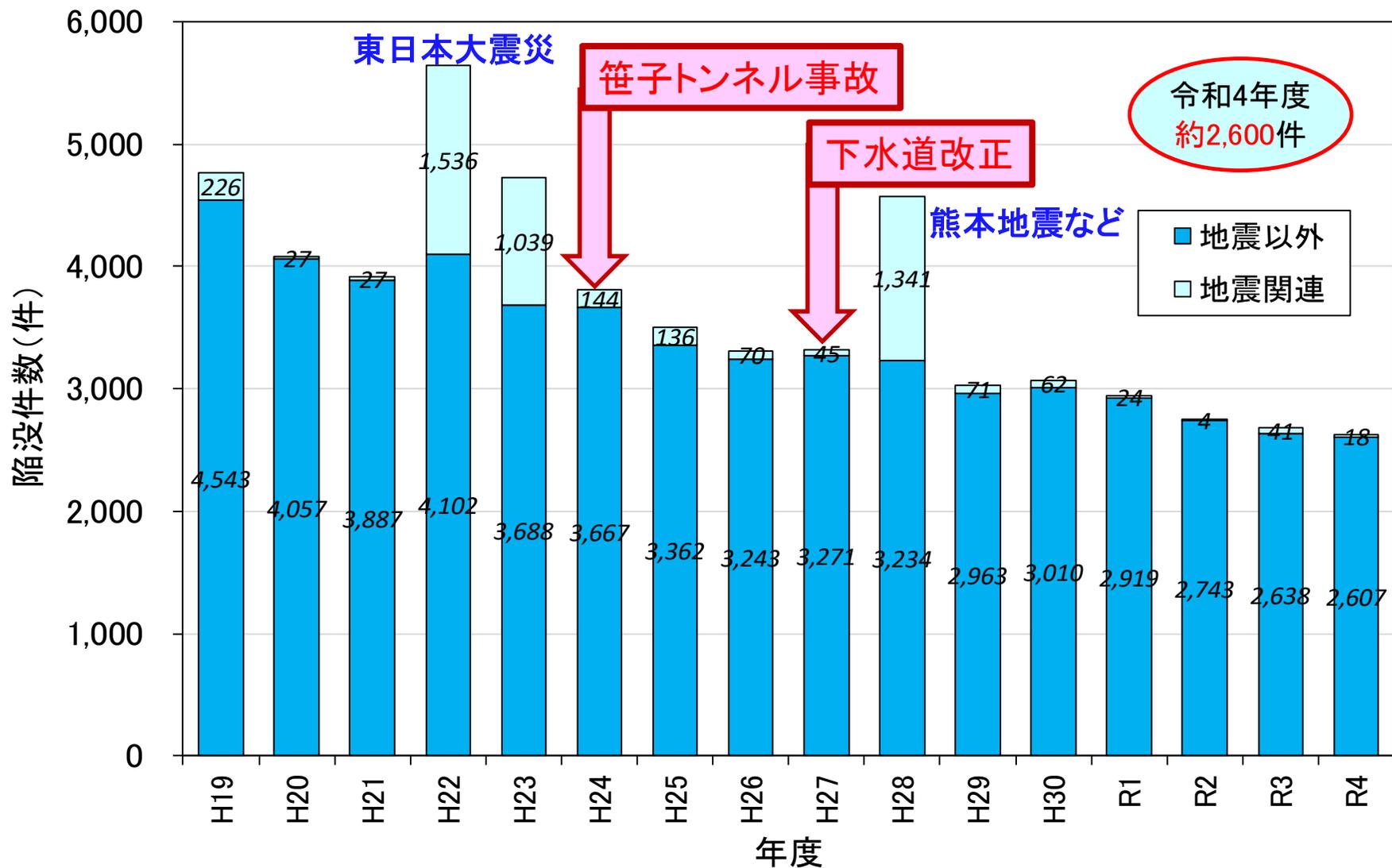
遺体回収(5月2日)・キャビンの回収(5月16日)

八潮陥没事故の特徴

1. 高濃度硫化水素
2. 大口径
3. 高い地下水位
4. 軟弱地盤

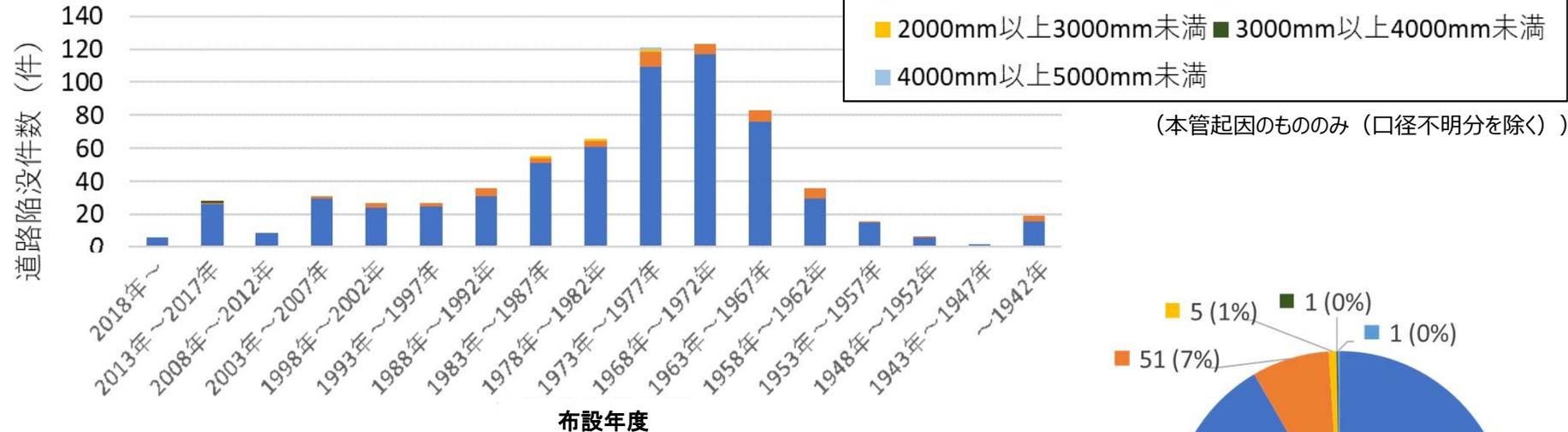
2025年5月2日 @ 熊本城

下水道管路に起因する道路陥没件数(R4年度)

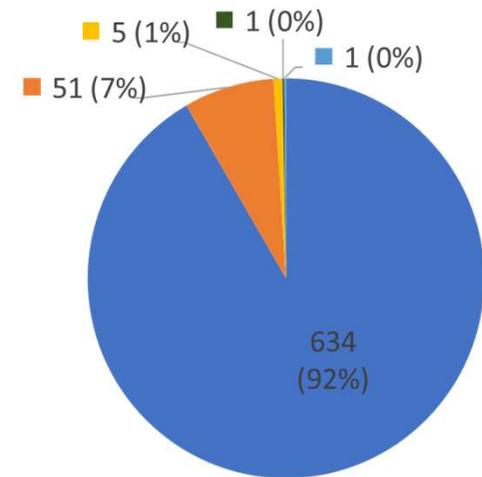
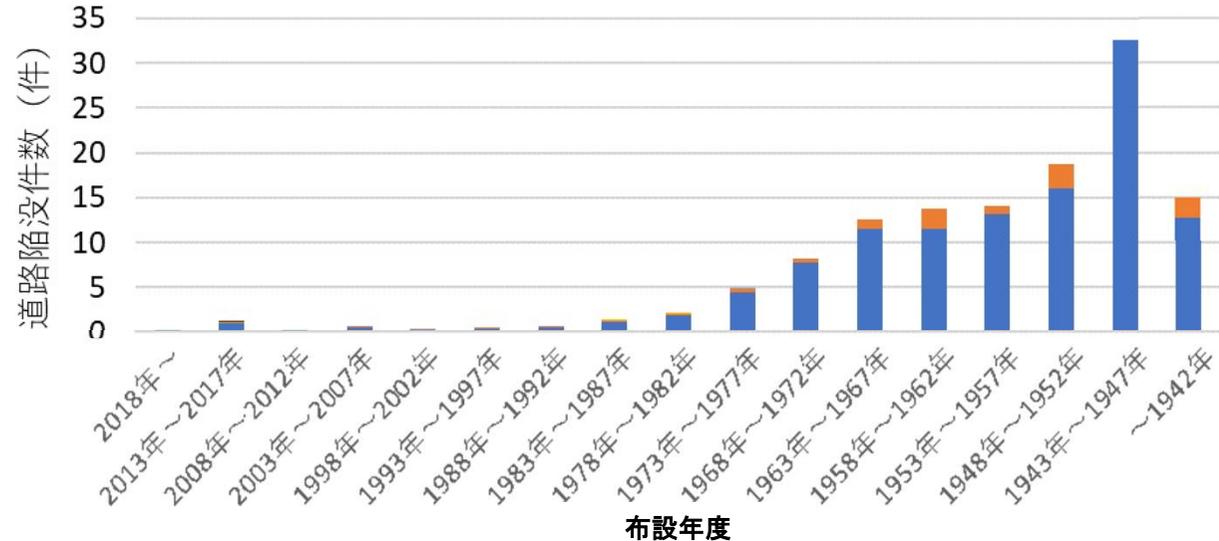


下水道に起因する道路陥没について(口径別)

口径別 (発生件数)



口径別 (1000kmあたりの発生件数)



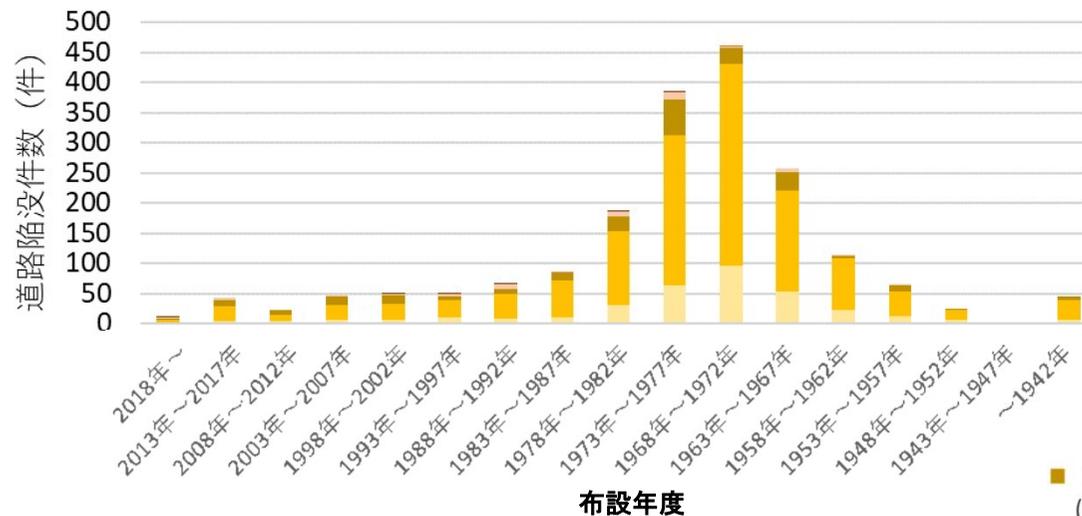
上：布設年度別の道路陥没件数 (令和4年度)

下：布設年度別の管路管理延長1,000km当たり道路陥没件数 (令和4年度)

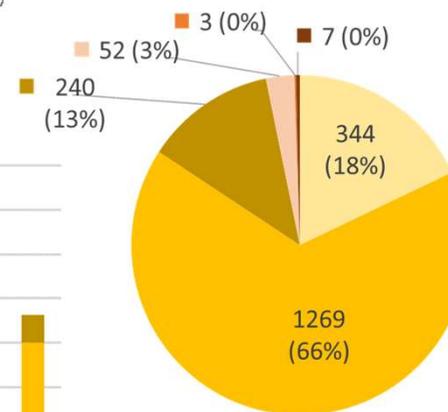
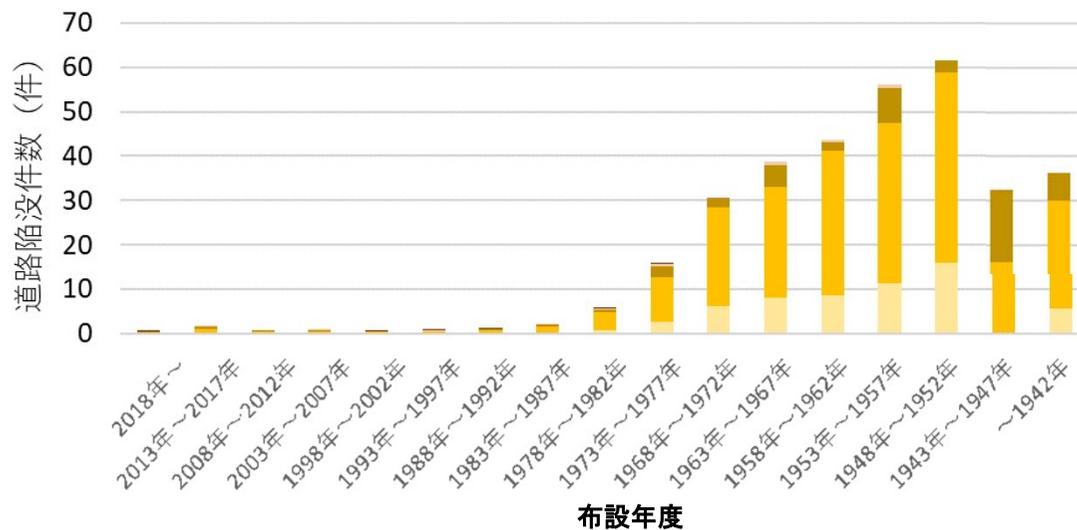
出典：第2回下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会

下水道に起因する道路陥没について(埋設深別)

**埋設深別
(発生件数)**



**埋設深別
(1000kmあたりの発生件数)**



■ 1m未満 ■ 1m以上2m未満 ■ 2m以上3m未満
■ 3m以上4m未満 ■ 4m以上5m未満 ■ 5m以上 (不明分を除く)

上：布設年度別の道路陥没件数 (令和4年度)

下：布設年度別の管路管理延長1,000km当たり道路陥没件数 (令和4年度)

出典：第2回下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会

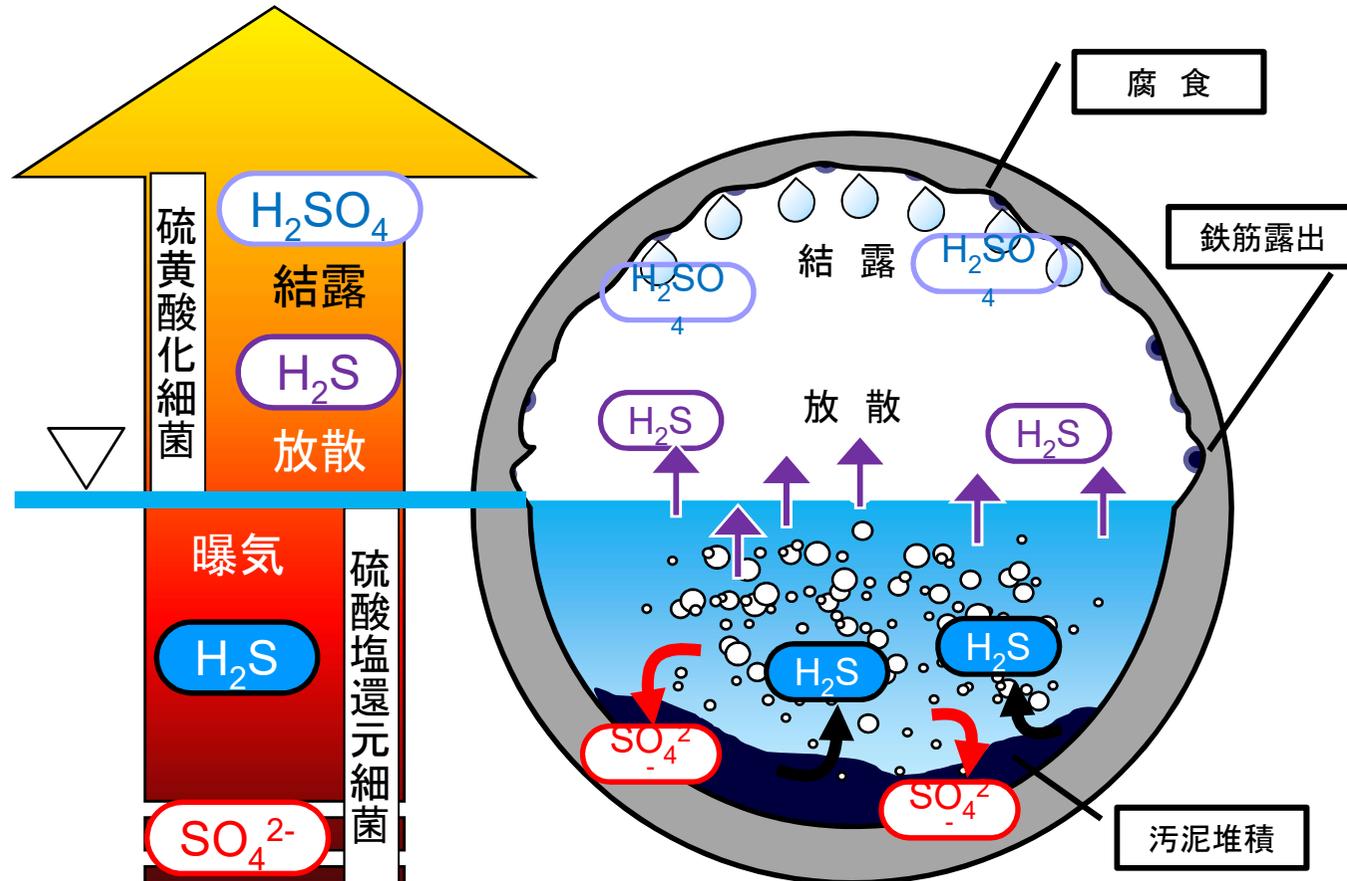


ポイント3

- ① 空気より重い H_2S は、なぜ管頂部を腐食させる
- ② 500mmのコンクリートは、 H_2S では損傷しない
- ③ コンクリートの腐食速度はどれくらいか？

3.硫化水素発生メカニズム

下水が長期間嫌気状態(圧送管、ポンプ場、ビルピット等の酸素のない状態)に置かれると、嫌気性細菌が繁殖し、硫化水素を生成する。段差等、下水が攪拌されるところで、水中の硫化水素が空气中に放散され硫酸となり、管を腐食させる。腐食の進行スピードは速く、供用後10年をたらずに管が損傷する。

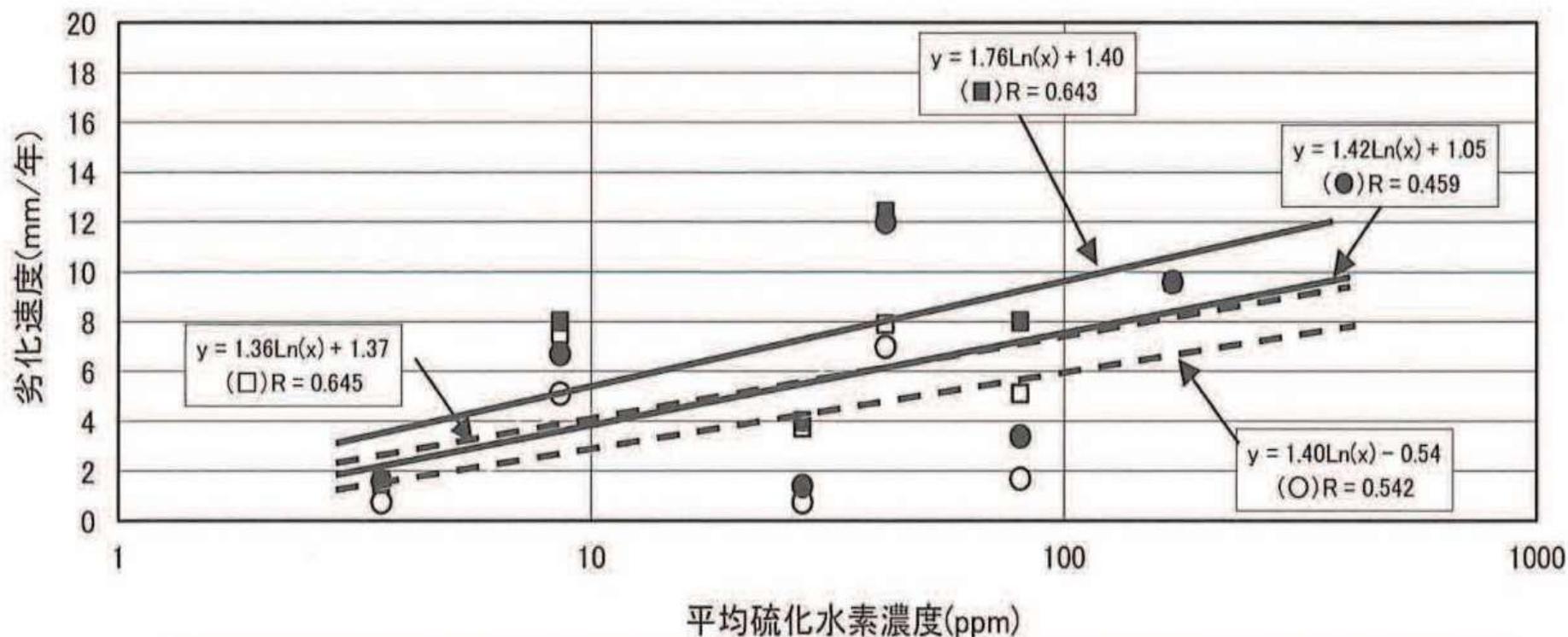




硫化水素で腐食した鉄筋コンクリート管

平均硫化水素濃度と劣化速度

最大値: 100ppm 7.6mm/年



○腐食速度 □硫黄侵入速度 ●腐食速度最大値(最大速度を基に換算) ■硫黄侵入速度最大値(最大速度を基に換算)

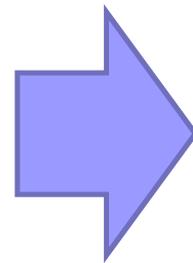
研究室の防食対策実験



防食対策実験の途中経過



- * ポンプ場からの圧送管出口
- * H₂S濃度 0~100ppm
- * 腐食速度 50mm/年=500mm/10年



半年後



抗菌剤入りモルタル



普通モルタル



ポイント4

- ① H₂S腐食を防ぐ対策は？
- ② 下水道管渠の調査・点検はどうしているか？
- ③ 劣化の判定基準は？
- ④ H₂S腐食の恐れのある個所はどれくらい？
- ⑤ H₂Sの発生予測モデルは実用的か？
- ⑥ 国交省はどんな対策を講じようとしているか？

4. 硫化水素腐食対策

【行政対応】

- ①労働安全衛生法
 - ・H₂S 10ppm以下
- ②下水道法の改正
 - ・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下水道管路施設のストックマネジメントの手引き-2016年版-(公益社団法人 日本下水道協会)
- 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全国特別重点調査(国交省)令和7年3月18日
 - ・R7年夏までに1,000km、R8年3月末までに5,000km

潜行目視調査

〔内径800mm以上（人が入れる大きさ）の管渠〕

【作業手順】

①準備工



②管内換気工

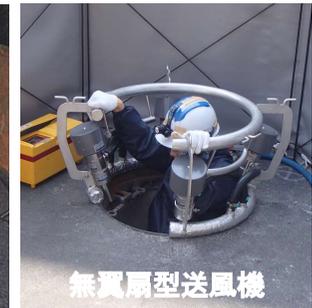


③作業員による
管内調査



④片付け

- マンホール内の酸素濃度と、硫化水素などの有毒ガス濃度を測定
- 酸素欠乏や硫化水素などの発生が予想される場合は作業前から送風機で換気を実施
- 作業中は換気と酸欠・有毒ガス計測を継続
- 調査員が管きょ内に入り、マンホール及び管きょ内の状況等を調査し、必要な事項を記録
- 管きょ内に資機材等を残さないよう確認し、撤収



小中口径管の調査(TVカメラ)

〔内径800mm以下(人が入れない大きさ)の管渠〕

【作業手順】

①準備工



②管内高圧洗浄



③資機材搬入



④管内の映像撮影



⑤資機材撤去



⑥片付け

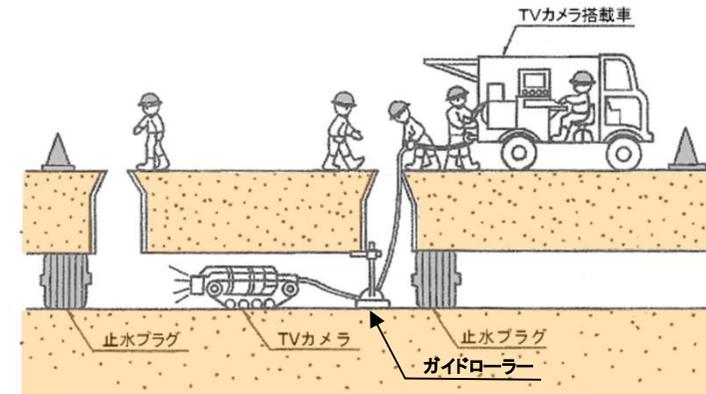
調査前に高圧洗浄車で管壁の汚れを洗浄

〔詳細は別スライド〕

- TVカメラには自走式と牽引式がある
- 近年は自走式TVカメラを搭載したTVカメラ搭載車が主流

管路内全景を映す**直視画像**と異常箇所等の局所を映す**側視画像**とがある

〔詳細は別スライド〕

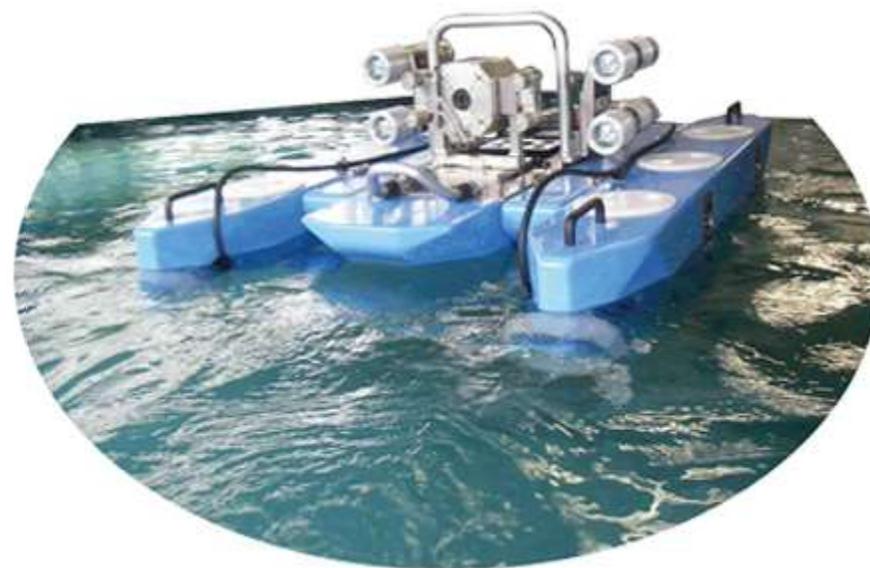


自走式テレビカメラ(小口径)

大口径用TVカメラ(飛行ドローンと船体式)



飛行ドローン



船体式テレビカメラ

評価の基準

スパン全体で評価	ランク		A	B	C
	項目				
	管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	上下方向のたるみ	管きょ内径 1650mm以上 3000mm以下	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満

管一本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	管の破損及び軸方向クラック	鉄筋	欠落	軸方向のクラックで幅2mm以上	軸方向のクラックで幅2mm未満
			軸方向のクラックで幅5mm以上		
	管の円周方向クラック	コンクリート管等	円周方向のクラックで幅5mm以上	円周方向のクラックで幅2mm以上	円周方向のクラックで幅2mm未満
	管の継手ズレ		脱却	70mm以上	70mm未満
	浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	取付管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
	油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

注1 段差は、mm単位で測定する。また、その他の異常(木片、他の埋設物等で上記にないもの)も調査する。

注2 取付管の突出し、油脂の付着、樹木根侵入、モルタル付着については、基本的に清掃等で除去できる項目とし、除去できない場合の調査判定基準とする。

注3 判定項目は、各自治体の地域特性を踏まえて追加してもよい。

注4 ランクCの未満に異常なし(ゼロ)は含まない。

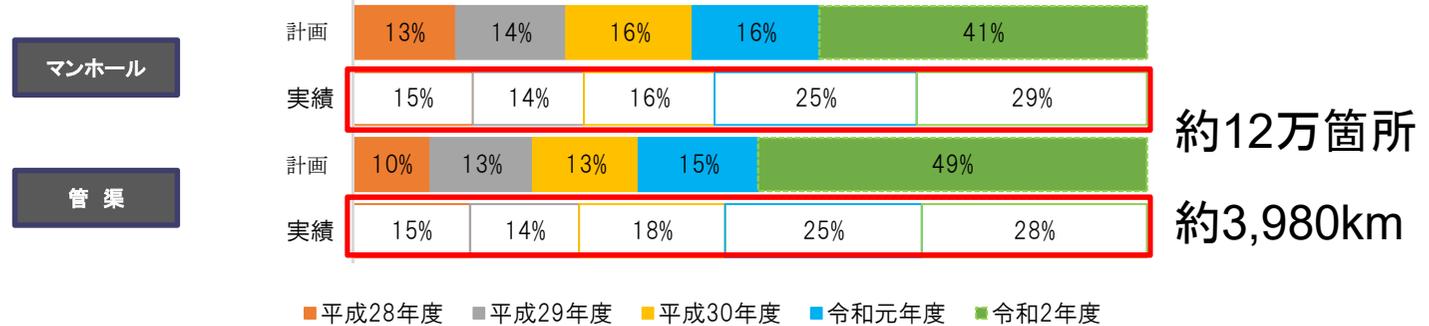
出典:ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き (平成 25 年 9 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部)を基に作成

腐食するおそれ大きい箇所 の 点検実施状況

- 国土交通省では、平成27年の下水道法改正で創設した維持修繕基準により、5年に1回以上の頻度での点検が規定された腐食するおそれ大きい箇所について、点検実施状況や点検結果に対する措置状況等を取りまとめ、『下水道管路メンテナンス年報』として公表している。
- 全国の自治体における点検状況については、平成28年度～令和2年度の1巡目(5年間)を終え、令和3年度から2巡目(令和7年度までの5年間)のフォローアップを行っている。

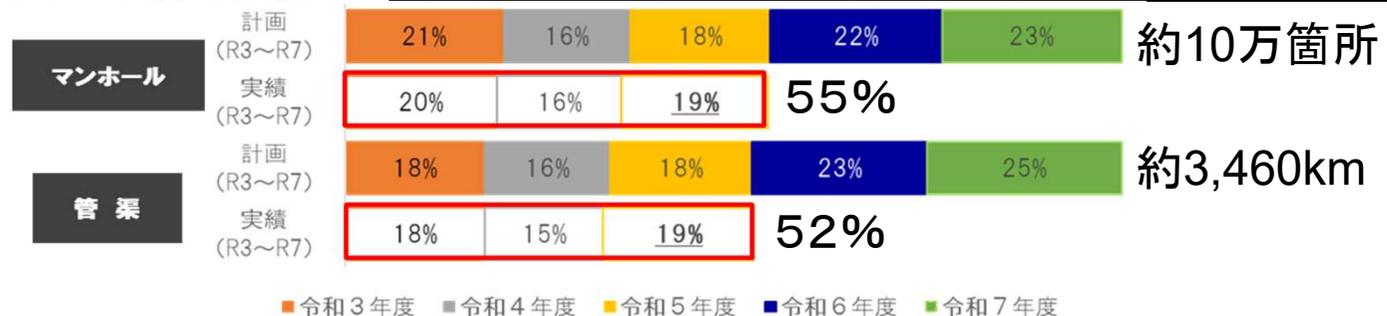
1巡目(5年間)の点検実績

○平成28年度から令和2年度まで(1巡目点検)におけるマンホール及び管渠の点検は完了。



2巡目(5年間)の点検実施予定及び実績

- 令和5年度(2巡目点検の3年目)におけるマンホール及び管渠の点検は概ね計画どおり実施。
- 令和5年度までの3年間の累計は、マンホールにおいて55%、管渠において52%の点検実施率。



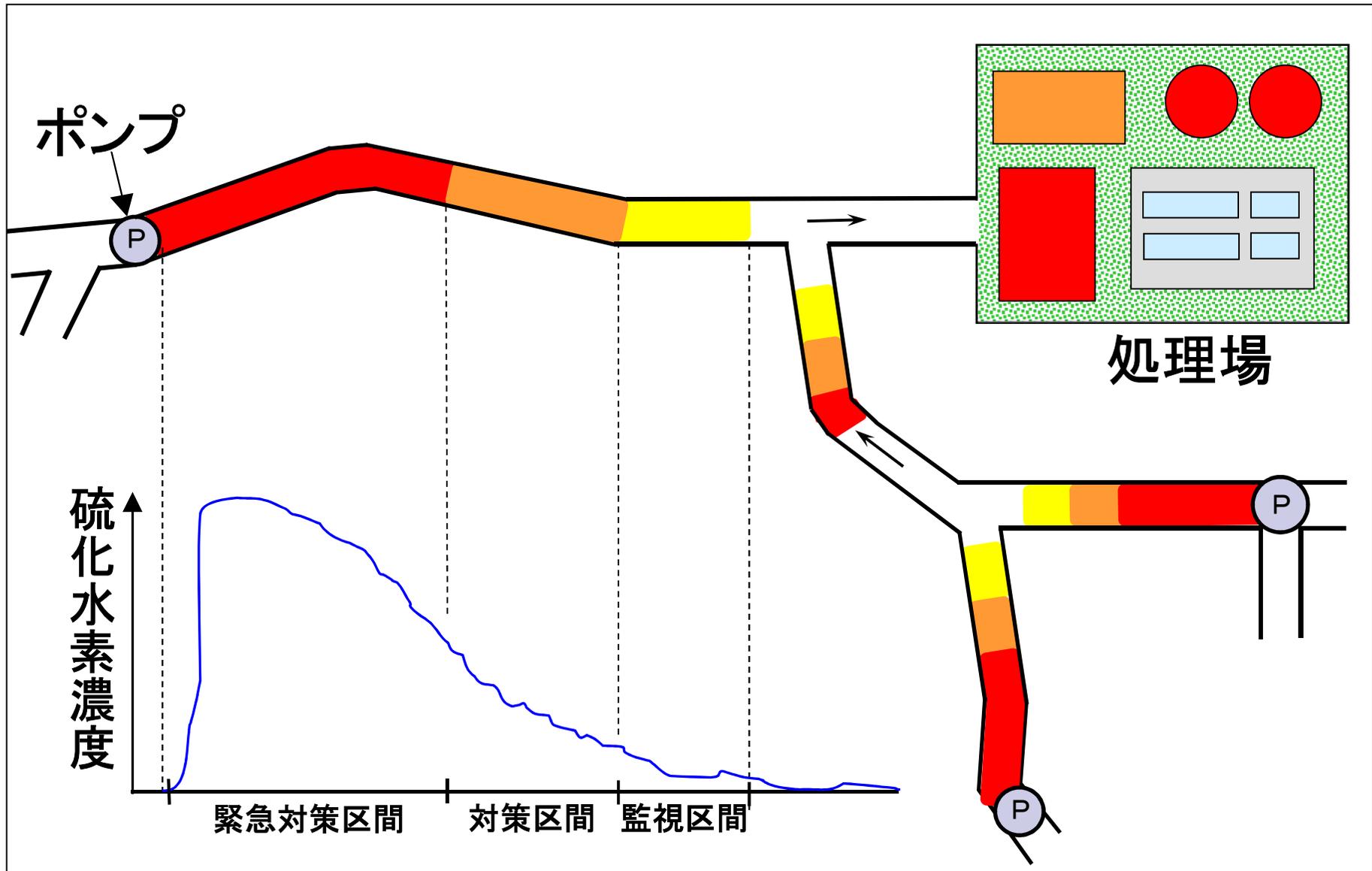


腐食対策の実施状況(下水道管路メンテナンス年報:国交省)

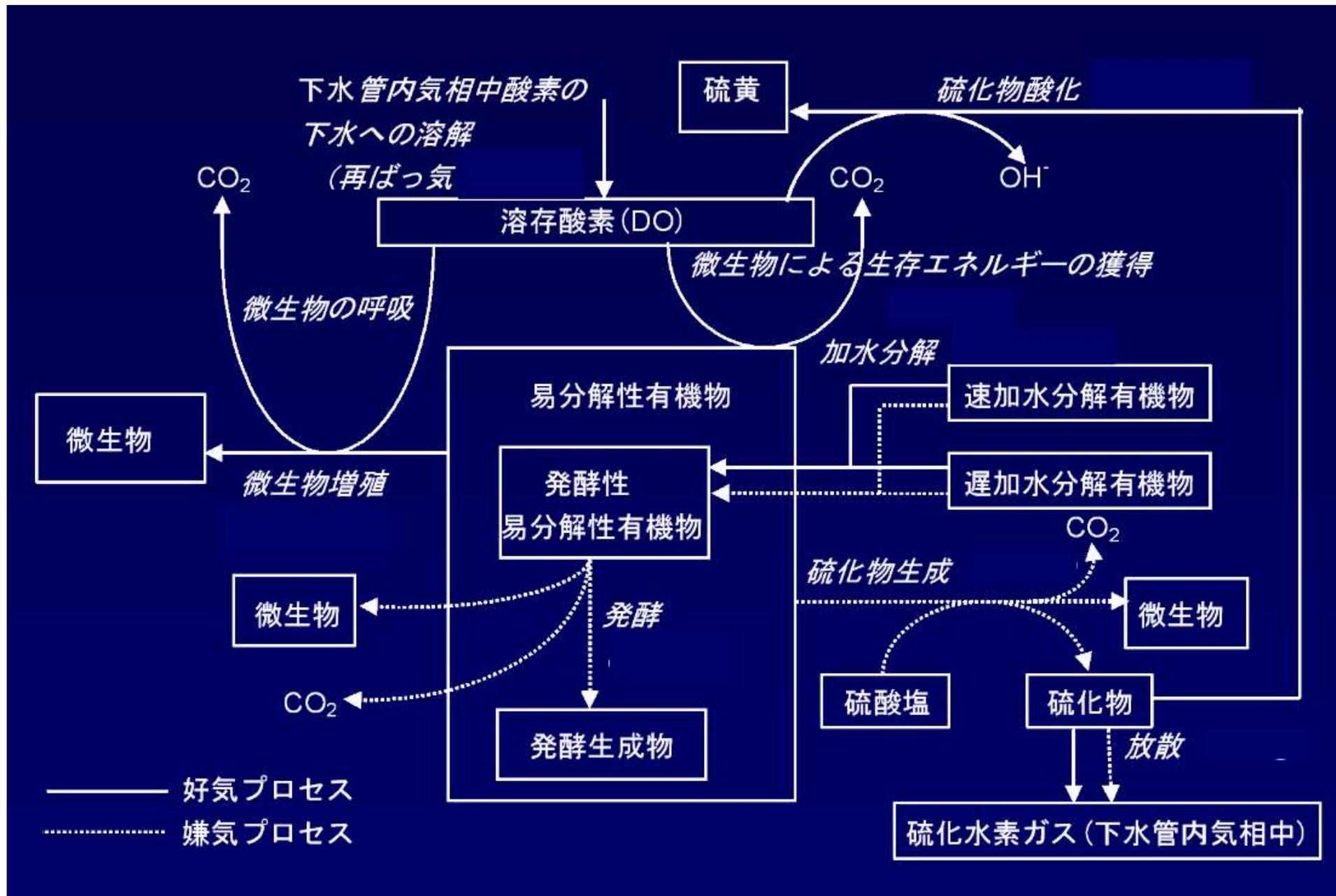
【分析】

- * H28年度の全国の腐食のおそれのある管渠延長: 3,980km
- * 5年間で、520km減少(3,980-3,460)
- * 年間、104kmずつ対策を実施(520km÷5年間)
- * 5年間で残りの要対策延長は、3,460km
- * 同じペース(104km/年)で対策すると仮定
- * **完了するまでに33年**を要することになる

対策の第一歩：現在および将来の硫化水素発生量の把握

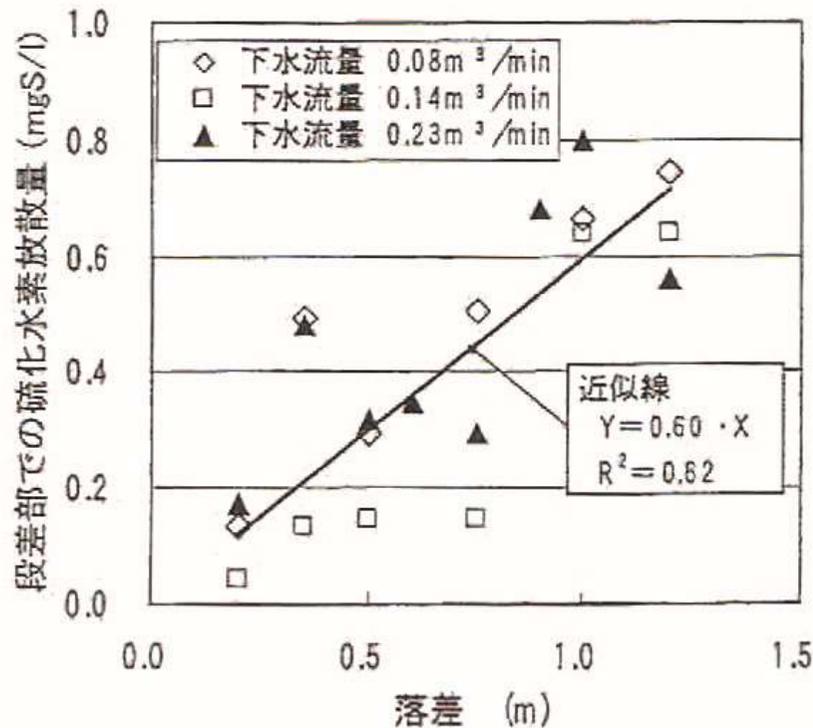


WATSモデルの構成

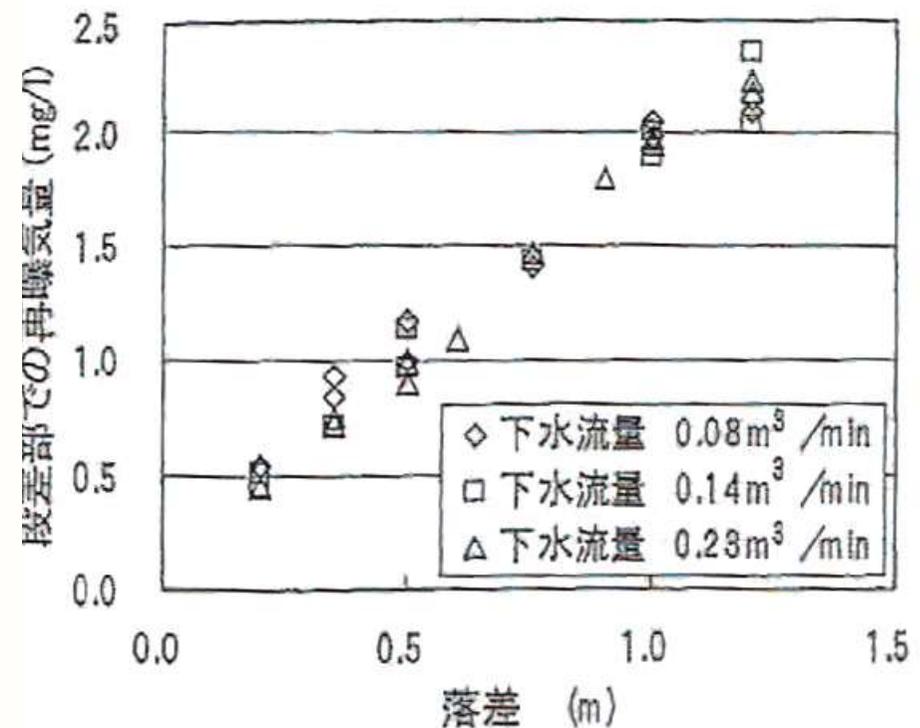


WATSモデルの反応式の定量化

H₂S放散量と落差

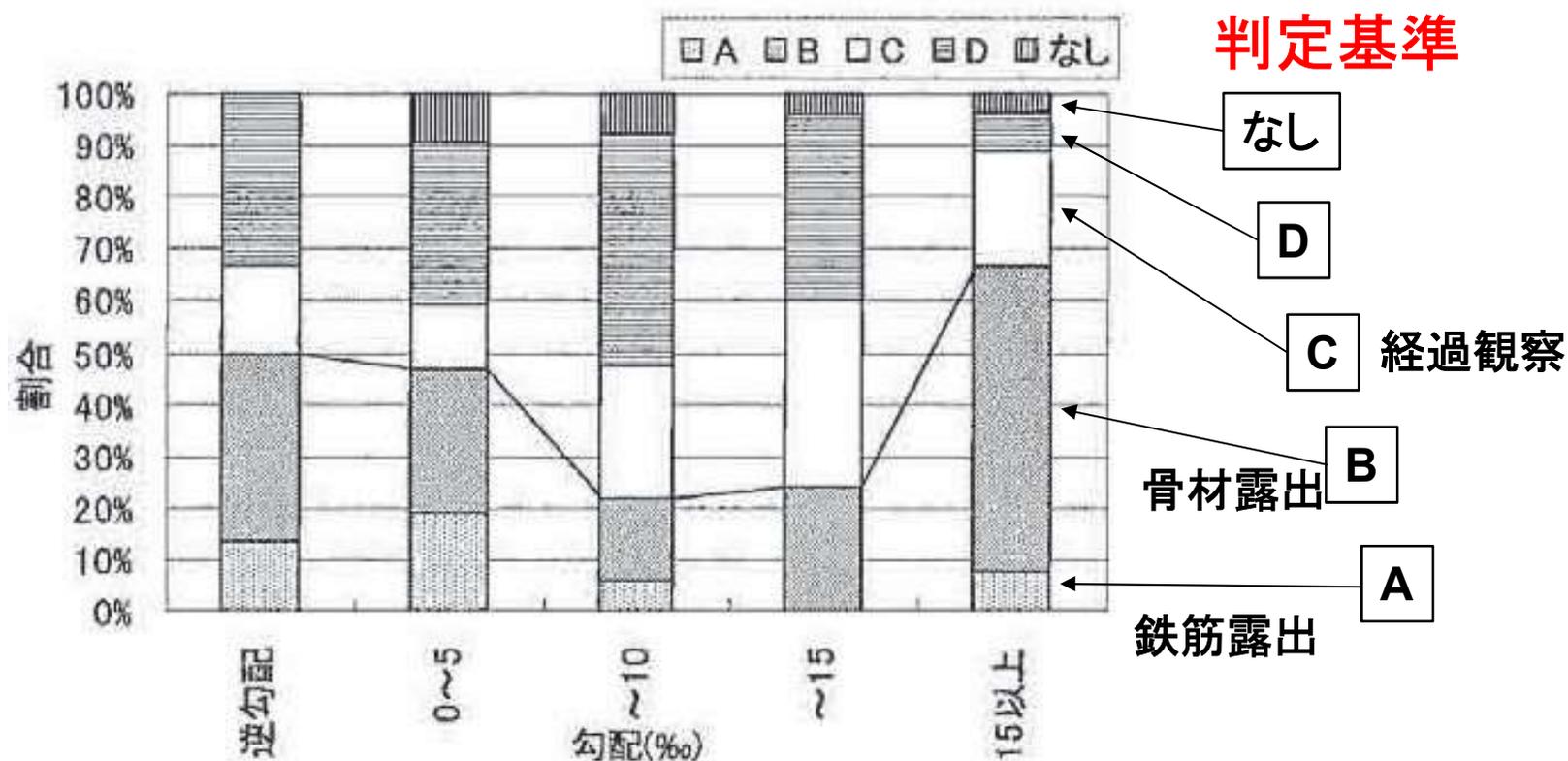


再曝気量と落差



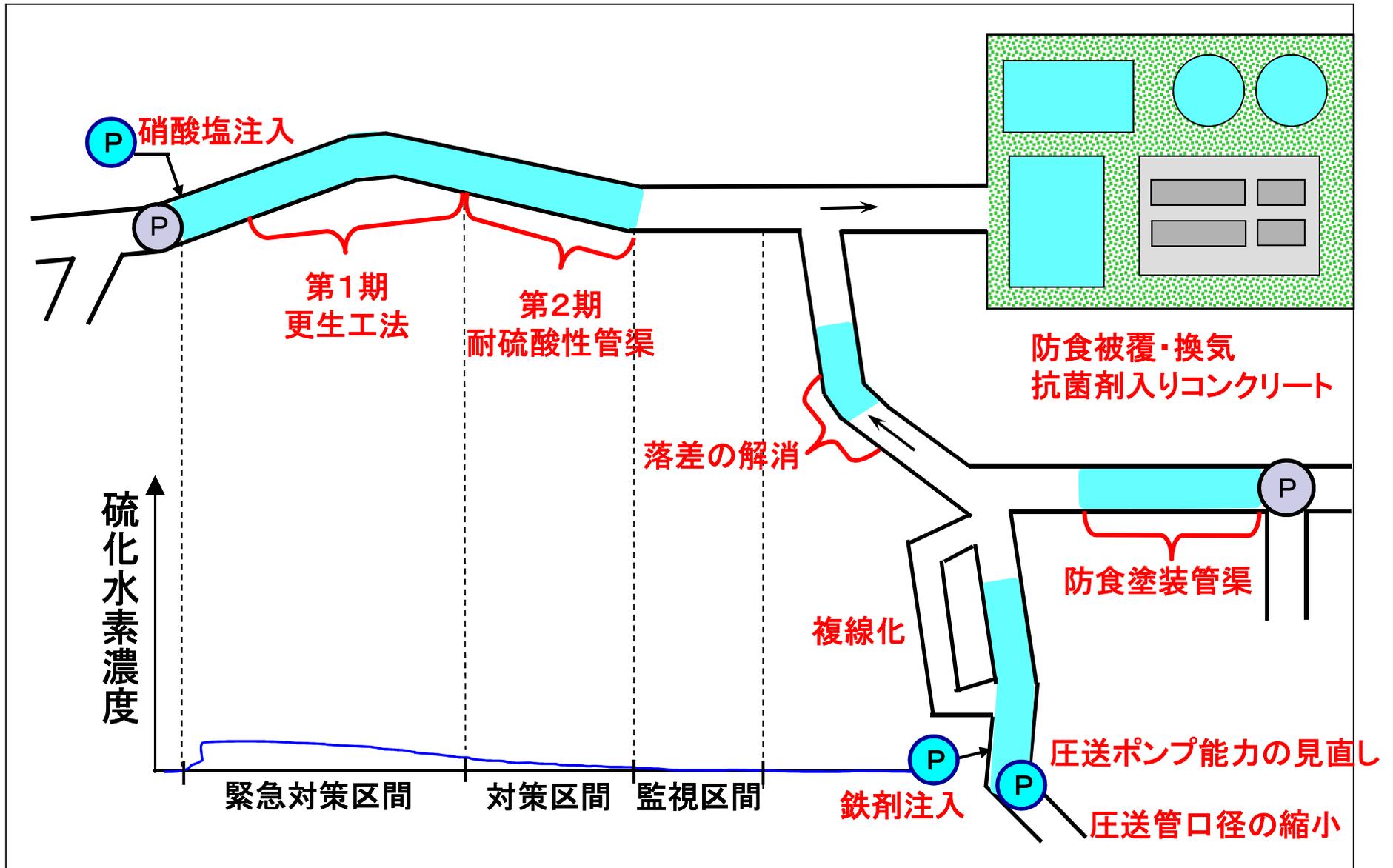
- * 段差部におけるH₂S放散量は落差に比例する
- * 段差部における再曝気量は落差に比例する

実管渠における硫化水素の放散現象

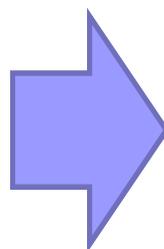
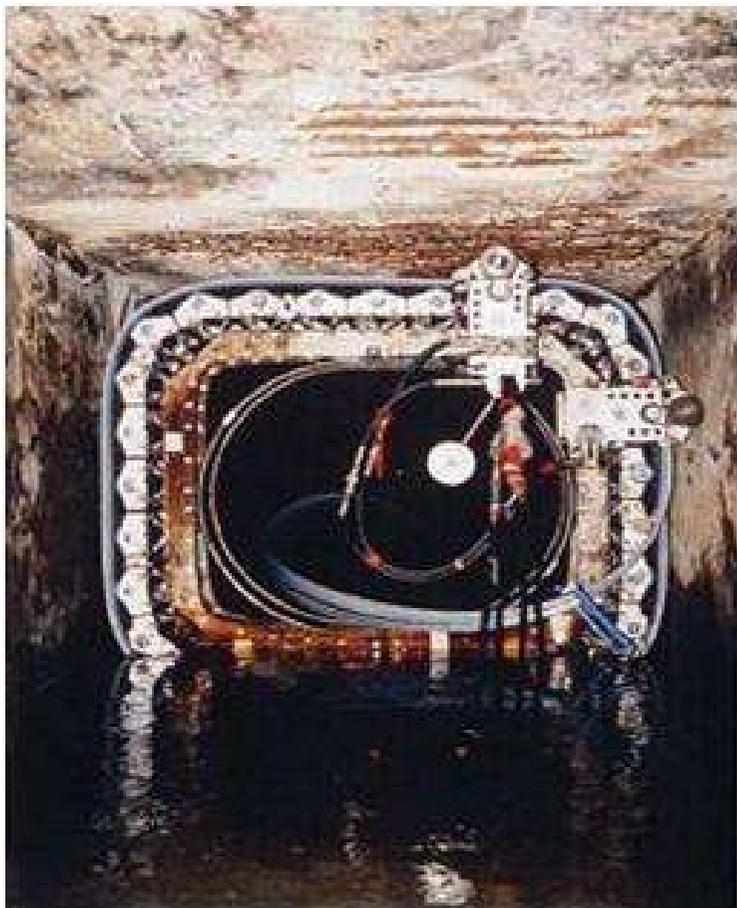


- * 勾配が5~15%の時、腐食の危険性が低い
- * 5%以下の緩い勾配では下水が滞留しやすく、嫌気性状態となるためH₂Sの発生を招く
- * 流下途中で勾配が大きくなると流速により下水は攪拌され嫌気性状態となった下水から気中へH₂Sが放散される

総合的な腐食対策の実施



【対策技術】



ロボットを用いた劣化下水道管の自動修復技術(更生工法)



令和6年度管路更生工法デモ施工@日本大学

ウレタン樹脂による防食塗装



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

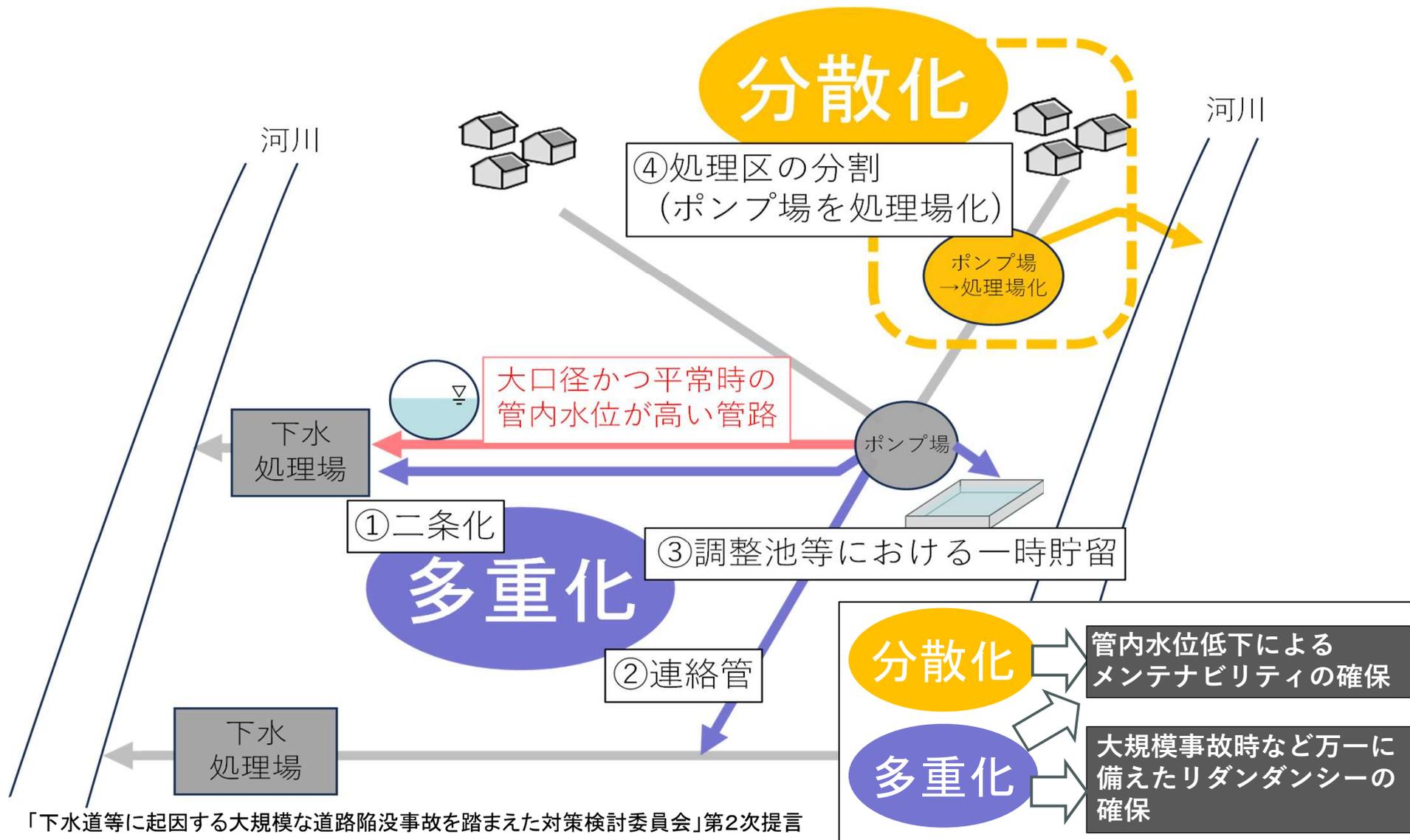
5. 国などの動向：八潮道路陥没事故関係委員会

委員会名	委員長	設置趣旨	設立日 (第1回開催日)	活動履歴
流域下水道管の破損に起因する道路陥没事故に関する復旧工法検討委員会	森田 弘昭 日本大学 教授 (下水道)	陥没事故に関する復旧工法の検討	R7年2月2日 (現地視察)	第2回 3月20日 第3回 4月23日
下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会	家田 仁 政策研究 大学院大学 特別教授 (鉄道)	国民とともに守る基礎インフラ上下水道のあり方 ～安全性確保を最優先する管路マネジメント実現に向けて～	R7年2月21日	第2回 3月3日 (現地視察) 第3回 3月11日 第4回 3月26日 (現地視察:実習センター) 第5回 4月24日 第6回 5月16日 (現地視察:横浜市) 第7回 7月24日 第8回 9月17日

5. 国などの動向：八潮道路陥没事故関係委員会

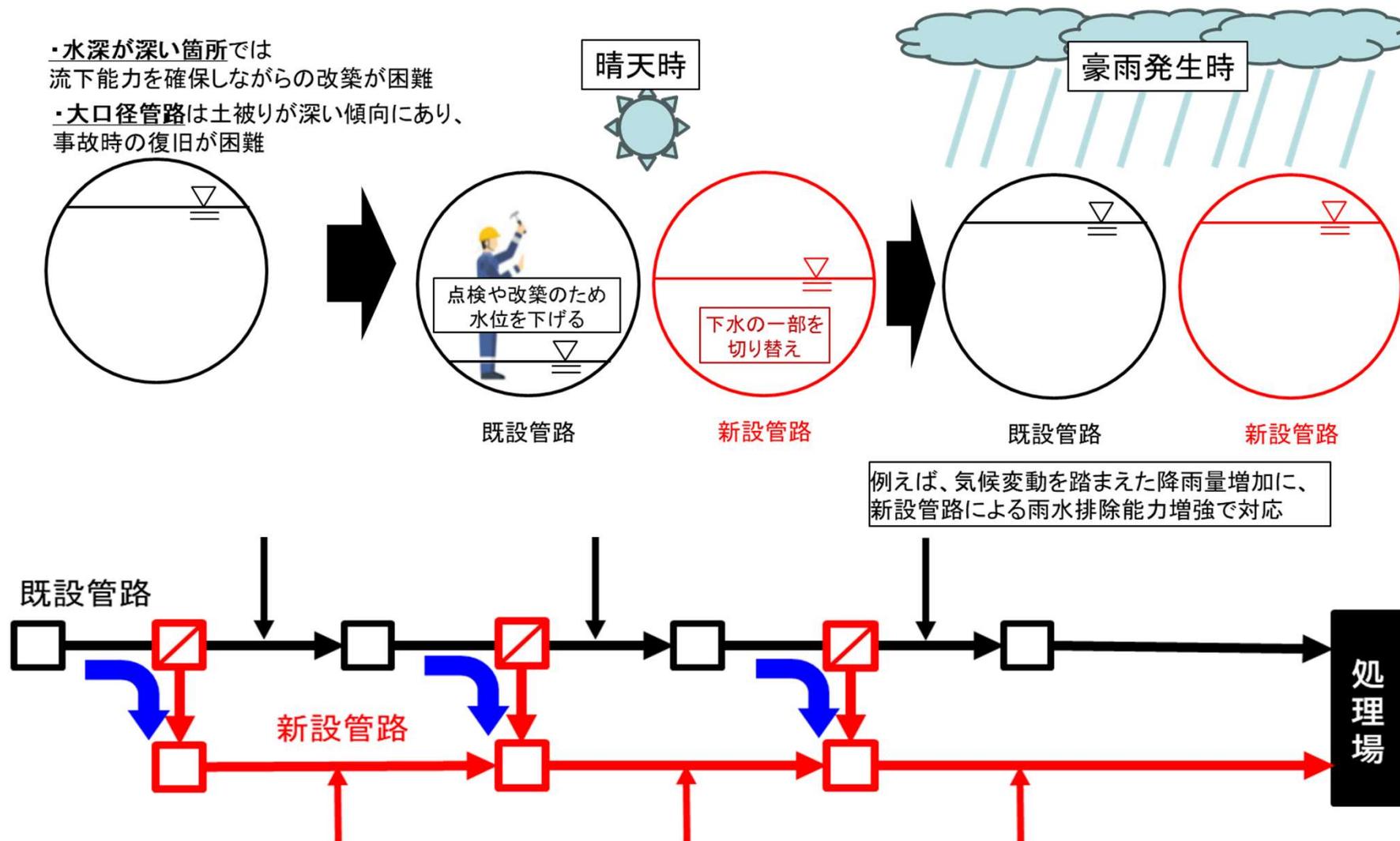
委員会名	委員長	設置趣旨	設立日 (第1回開催日)	活動履歴
八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会	藤野 陽三 城西大学 学長 (橋梁)	道路陥没事故の原因を工学的かつ客観的な見地から究明	R7年3月14日 (現地視察)	第2回 5月29日 第3回 9月4日
下水道管路マネジメントのための技術基準等検討会	森田 弘昭 日本大学 教授 (下水道)	下水道管路の点検や再構築に関する具体的な基準等を検討	R7年8月21日	

大規模下水道システムにおける リダンダンシー・メンテナビリティの確保

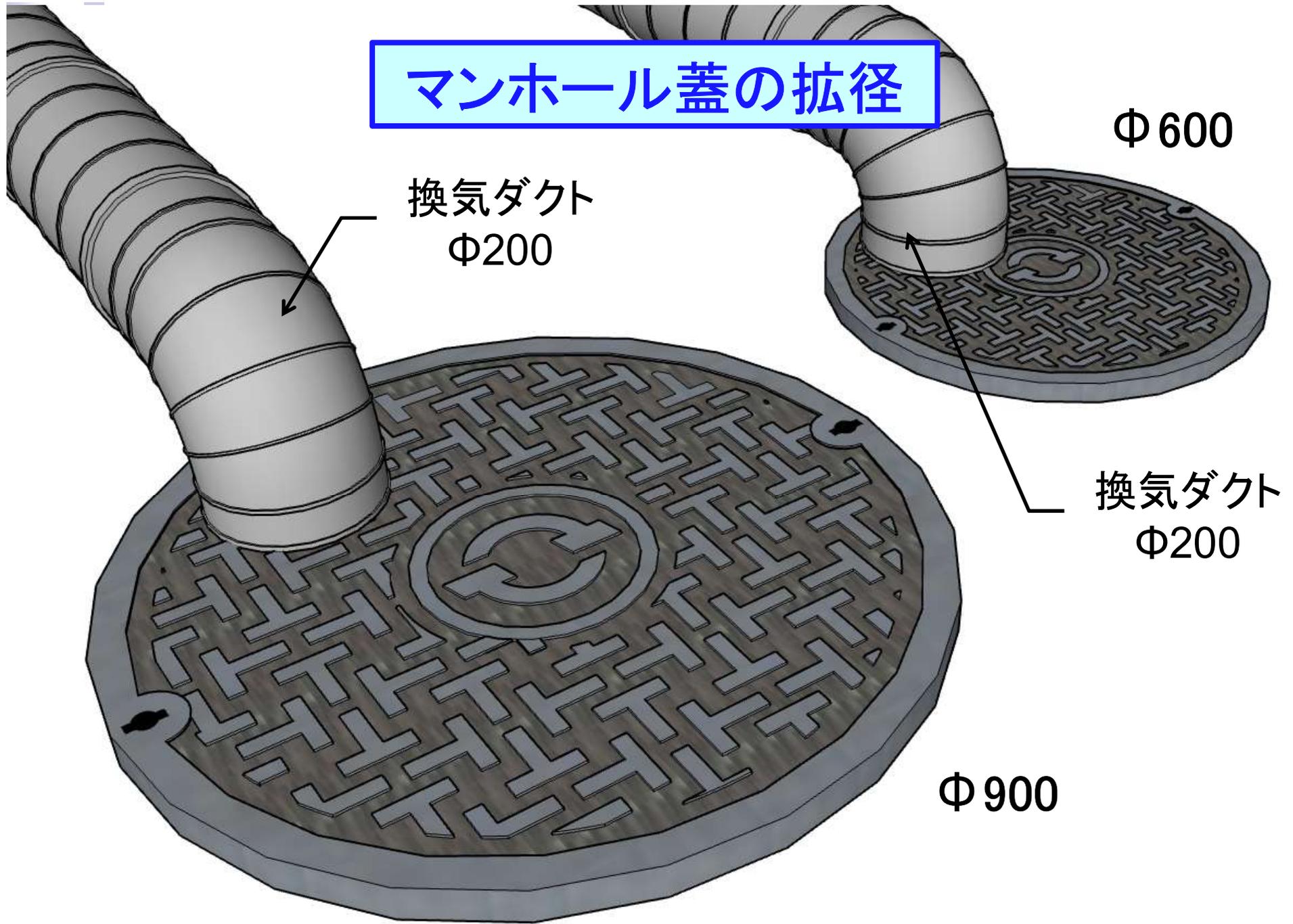


二条化による対策の考え方(例) 予備の手段であるとともに多面的に有効活用

- ・水深が深い箇所では
流下能力を確保しながらの改築が困難
- ・大口径管路は土被りが深い傾向にあり、
事故時の復旧が困難



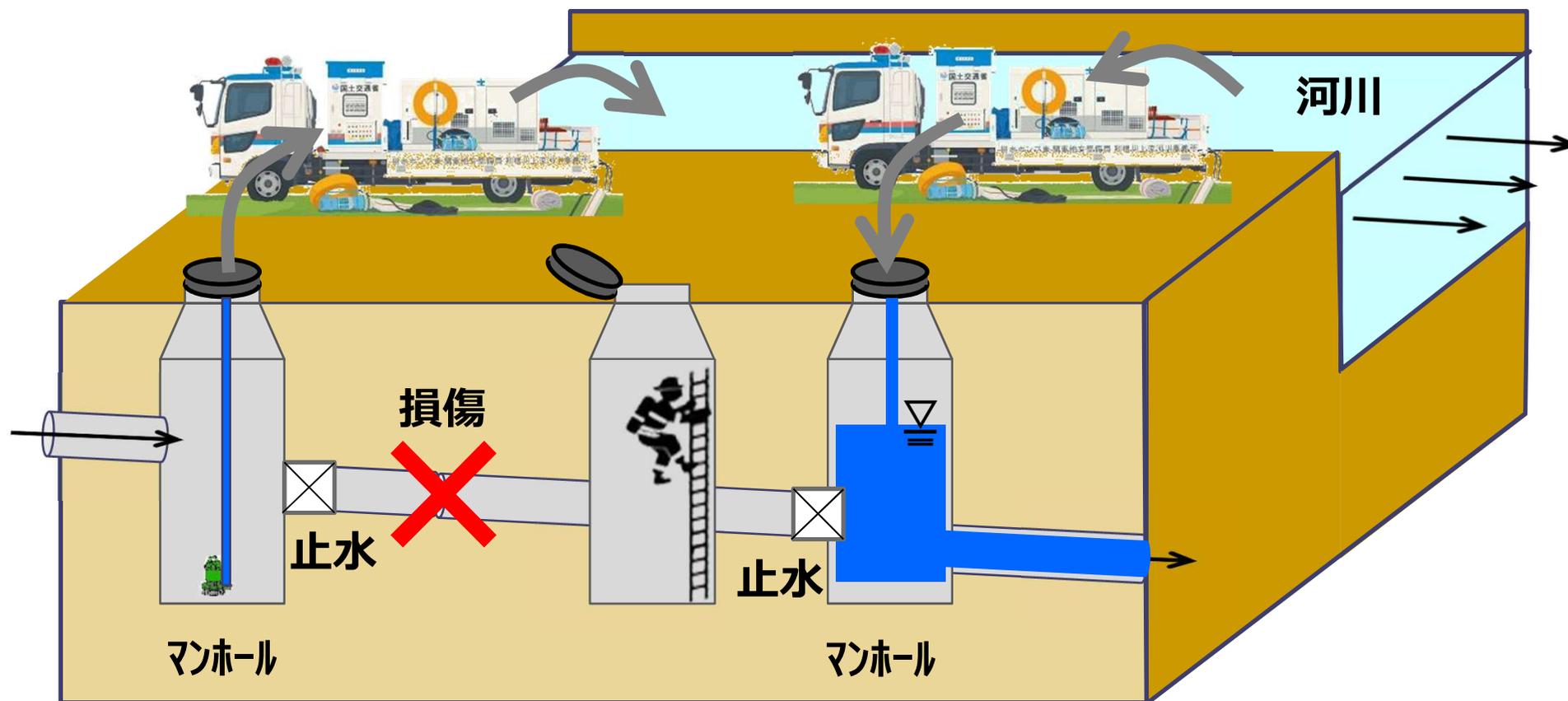
マンホール蓋の拡径



緊急時における河川・排水ポンプ車の活用イメージ

排水ポンプ車(2.5m³/s)

排水ポンプ車(2.5m³/s)



緊急時における給水停止

陥没事故を受けて、下水道の使用自粛要請や下水の河川への緊急放流などの緊急措置が講じられましたが、その効果は一定程度であったとされている

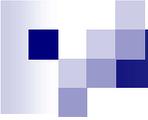


下水道法第14条では、「公共下水道管理者は、やむを得ない理由がある場合には、当該公共下水道の使用を一時制限することができる」



水道法第15条では、「正当な理由があるときは、給水を停止することができる」

今回の陥没事故のような緊急かつ重大な事故の場合においては、水道法15条の給水停止措置を上下水道管理者が機動的に運用出来るようなルールを設ける



6. まとめ

1. そもそも4,750mmの下水道管は人間の手に負えるのか？
 - ① 建設・・・可能
 - ② 適切な点検・・・不可？
 - ③ 適切な修繕・改築方法・・・不可？

2. では、どうすればよいのか？
 - ① 自分の街の姿とインフラの将来を予測する
 - ② スマートシュリンク
 - ③ 予防保全
 - ④ 街の運営体制の転換



ご清聴ありがとうございました