

八潮市で起きた道路陥没のメカニズム

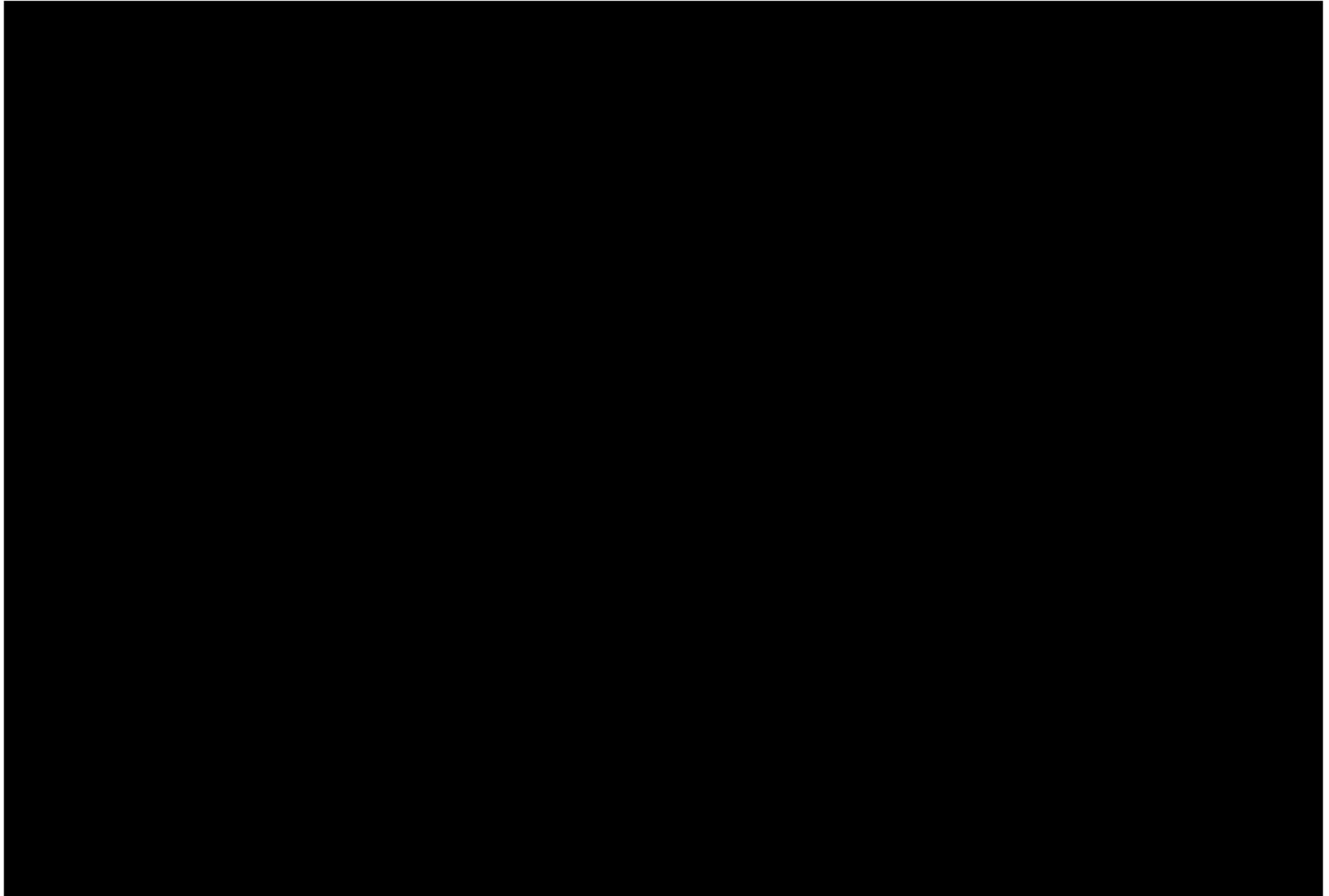
埼玉大学・ヒロセ補強土株式会社
桑野二郎

第15回IPA圧入工学セミナー in 東京 2026
～地下インフラ老朽化の対策技術と課題～
2026年2月20日(金)
国立オリンピック記念青少年総合センター

八潮中間報告書p17_2つの陥没穴の一体化
(1月30日02:35頃)



八潮陥没事故 (205年1月28日09:49頃)



想たにしない出来事に提供者は「怖いです」と繰り返す「...」

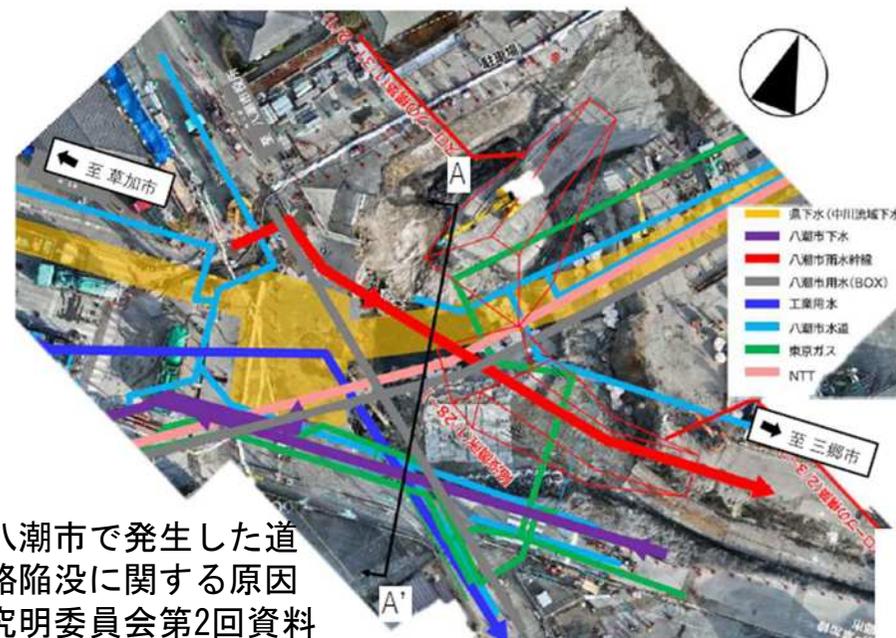
八潮陥没

輻輳する埋設インフラ

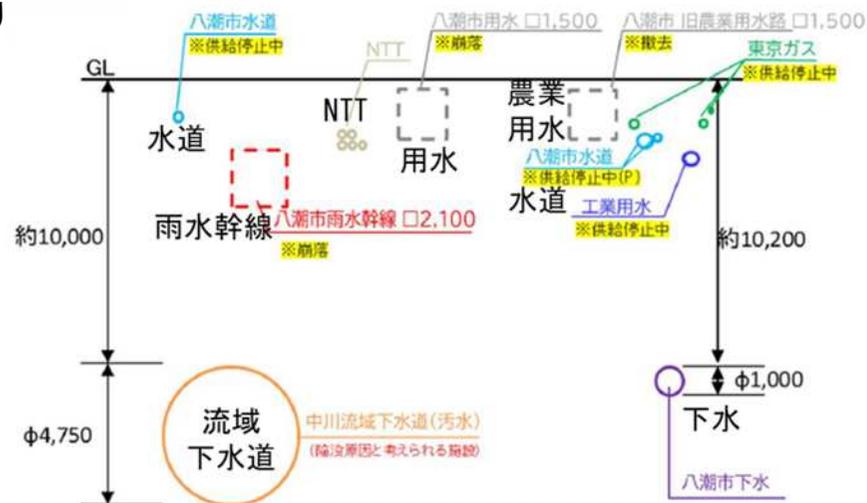
八潮陥没の不運：

- ・ 深層空洞起因
原因となる管渠はGL-10mで、既存の地上からの空洞探査の範囲を超えている
- ・ 下水道管渠
シールド工法による大規模管渠
腐食促進環境 点検しづらい状況
下水管内から背後の空洞を見つけるのはそもそも難しい
- ・ 周辺環境
軟弱なシルト・細砂層 高い地下水
- ・ 様々な埋設管が輻輳していた

下水道起因の陥没は従来ほとんど小規模で、
深層空洞起因の大規模陥没は想定外



八潮市で発生した道路陥没に関する原因
究明委員会第2回資料
より



地下10m地点から土砂流出が継続した場合には大陥没になりうる

1. 事故の概要

1)日 時：2025年1月28日(火)午前9時49分頃

2)場 所：主要地方道 松戸草加線（県道54号）
中央一丁目交差点内（図1.1）

3)陥没の規模：

最初に生じた陥没穴は開口部で長さ約8m、幅約4m、深さ約5m
2つ目の陥没穴は1月29日午前1時3分頃に発生し、長さ約11m、幅約7m、深さ約8m

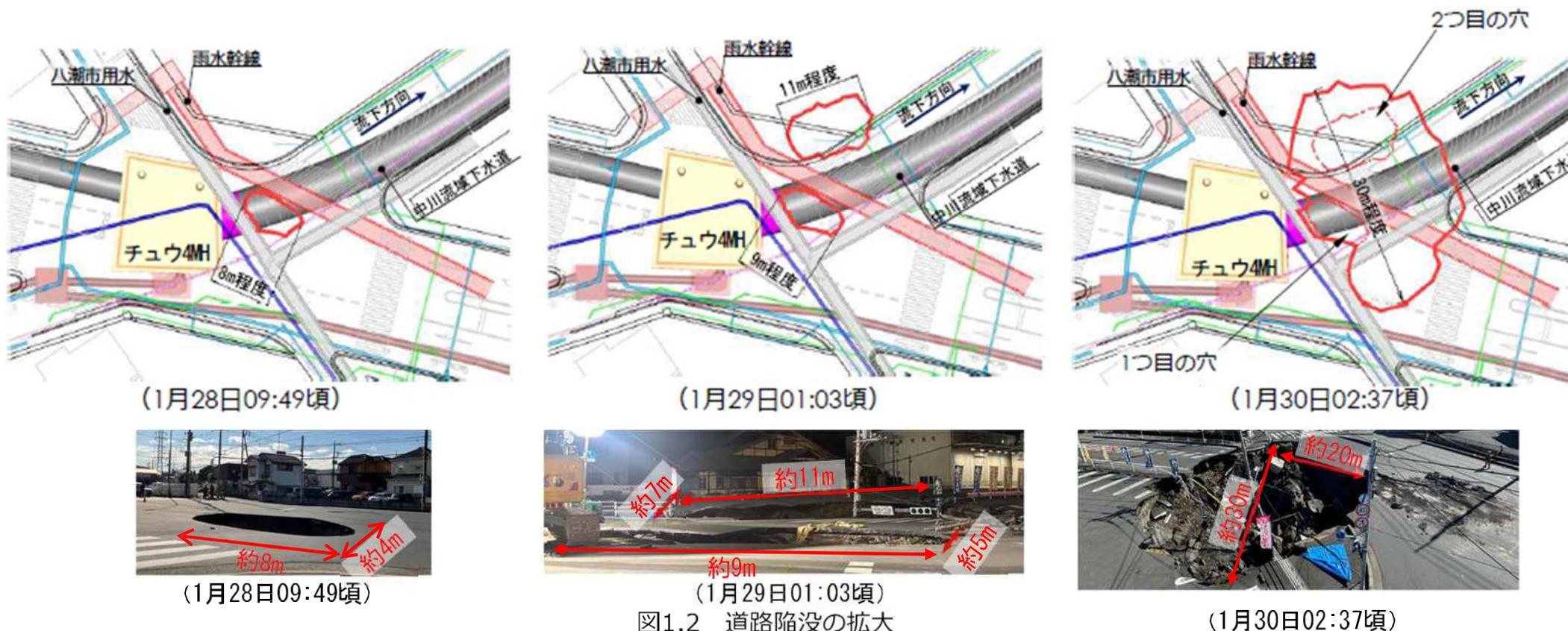


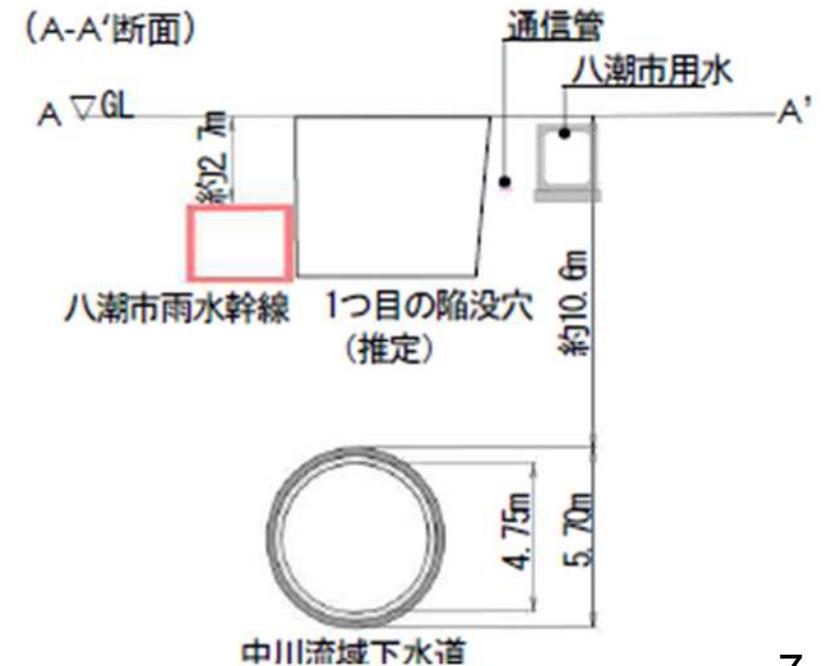
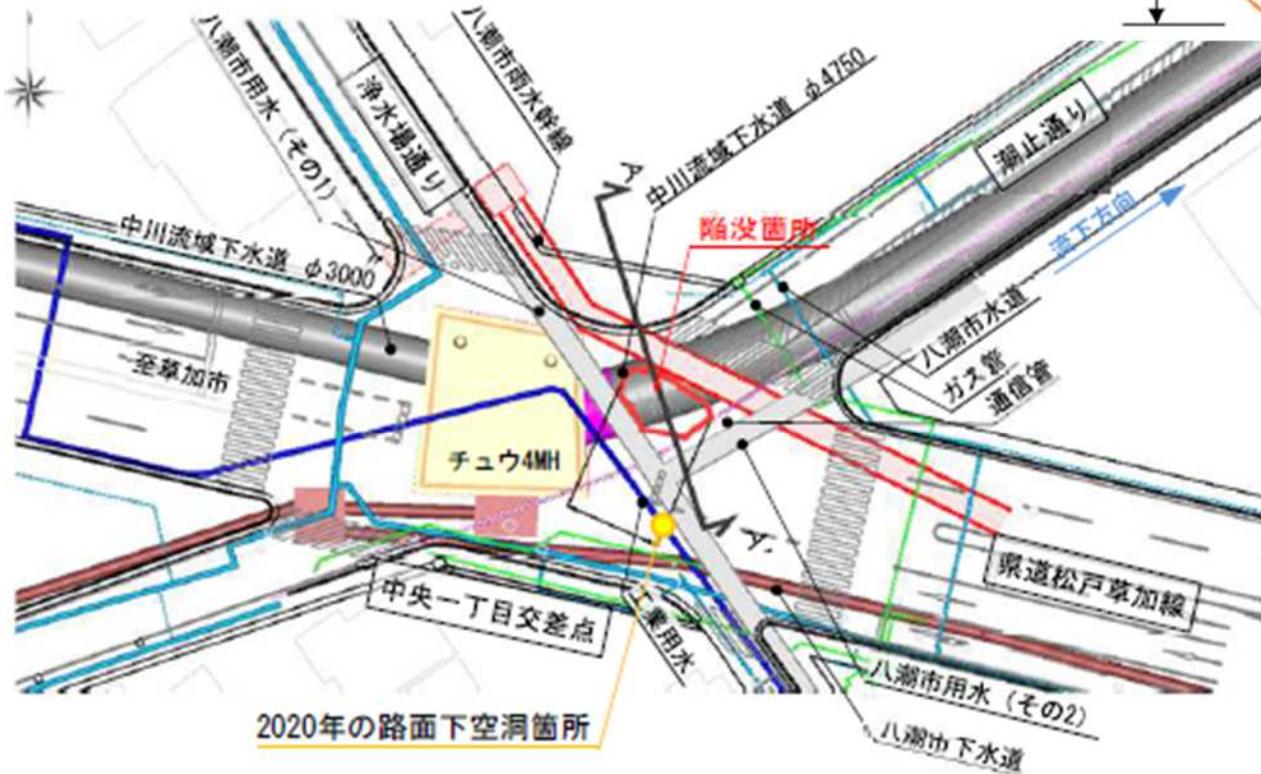
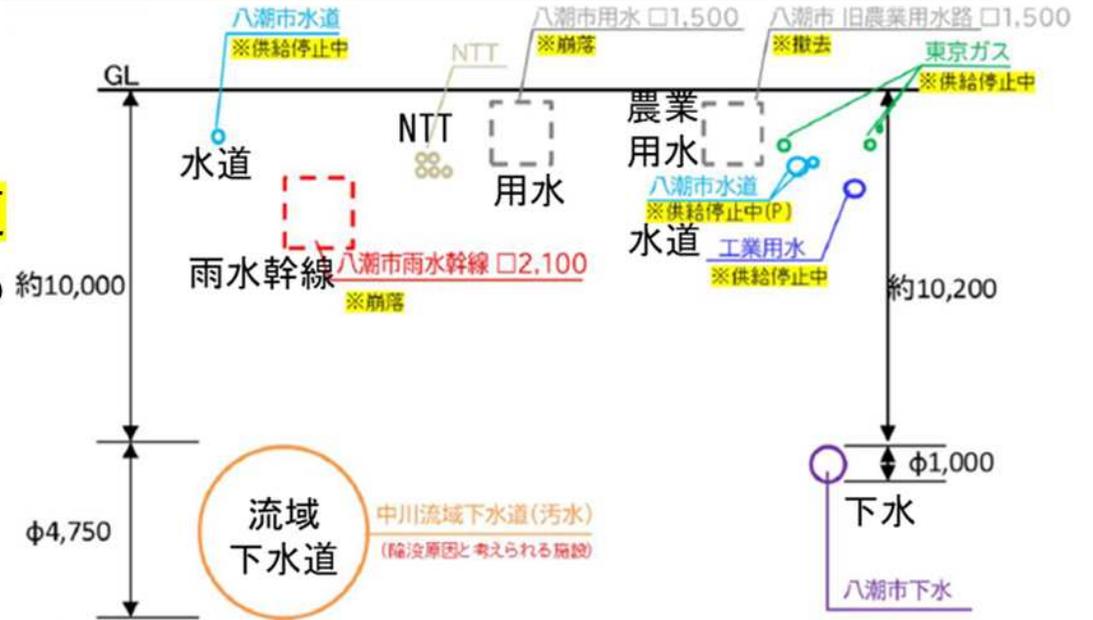
図1.2 道路陥没の拡大

八潮市で発生した道路陥没に関する原因究明委員会報告書(2026年2月19日)より

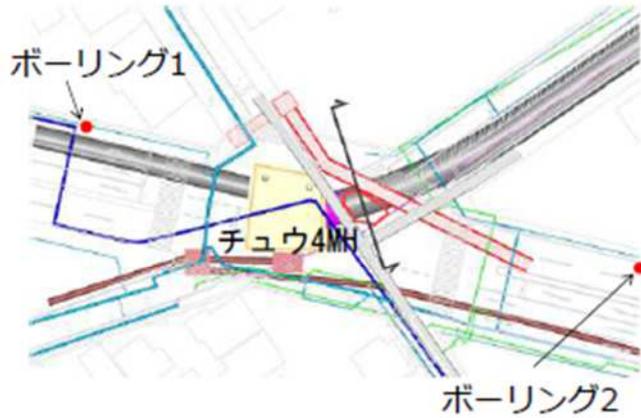
地下埋設物

中川流域下水道（中央幹線）
八潮市雨水幹線など全9種類
陥没深さより深い地下埋設物は下水道
管のみで、土砂を引き込む可能性のある
他の要因は確認できない。

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. 9/4）より



陥没地周辺の地盤



シルト質細砂 $F_c=40\%$

砂混じりシルト $F_c=95\%$

深度30mまでN値ほぼ0の
軟弱地盤



ボーリング1

深さ (m)	土質区分	N値
1	シルト質細砂	1
2		5
3		13
4		4
5		1
6	1	
7	2	
8	1.7	
9	砂混じりシルト	0
10		0
11		0
12		0.7
13	2.6	
14	0.9	
15	0	
16	0	

地下水位GL-1.35m

GL-7.75m

GL-11.75m

下水 $\phi 3000\text{mm}$

ボーリング2

深さ (m)	土質区分	N値
1	シルト質細砂	2
2		0
3		1
4		7
5	0	
6	0	
7	1	
8	砂混じりシルト	1
9		0
10		0
11	0	
12	1	
13	1	
14	1	
15	0	
16	0	

地下水位GL-2.25m

GL-7m

GL-11m

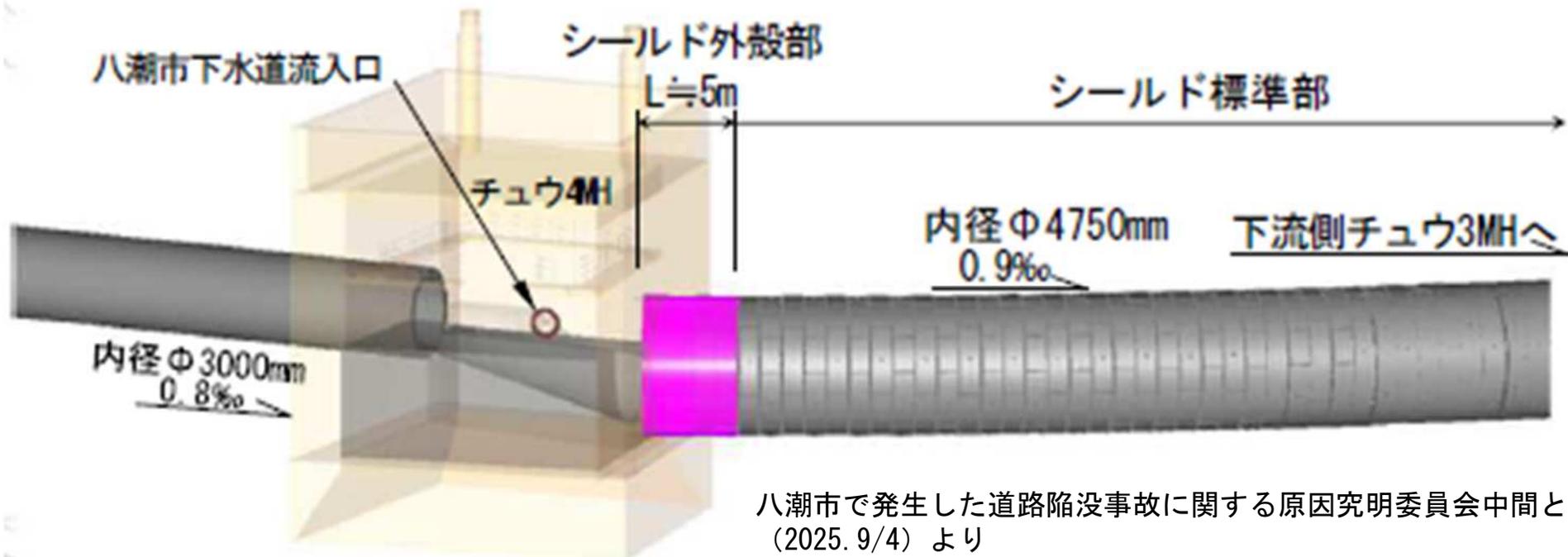
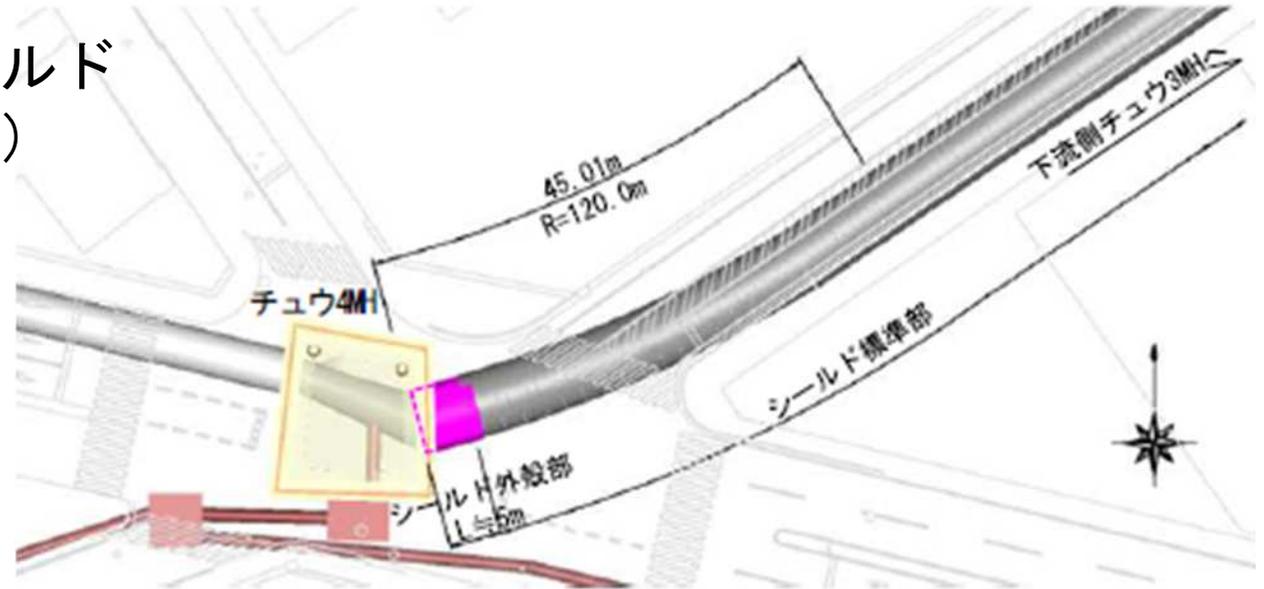
近傍箇所のボーリングコア

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 (2025.9/4) より

下水管の概要

中川流域下水道：1983年にシールド工法により整備（供用から42年）
内径4.75m、土被り10.6m
下流に向かってカーブ
（曲線半径R=120m）

チュウ4MH内で約1.9mの高低差
八潮市下水道流入口と約3.5mの
高低差



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
(2025.9/4) より

下水管の腐食



写真④ チュウ4MHから下流20～50m付近の状況
(事故後に撮影・撮影日 2025/2/5)

陥没地はマンホールとの接続部付近で段差があり硫化水素濃度が高く著しい腐食促進環境腐食により下水管の内外が連絡か？
(管自体の損傷、裏込め注入孔、シーリング材)
下水管の損傷は内外連絡のリスクを高める

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. 9/4) より

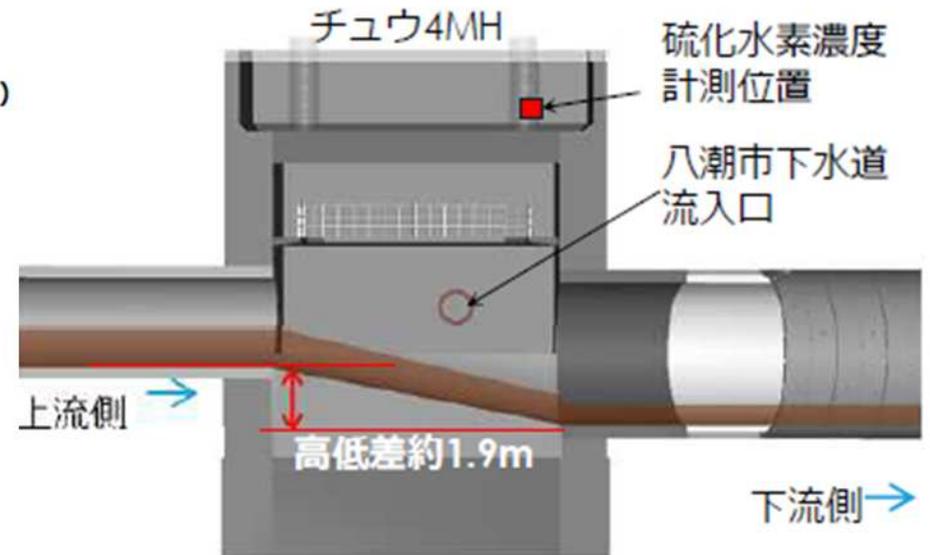
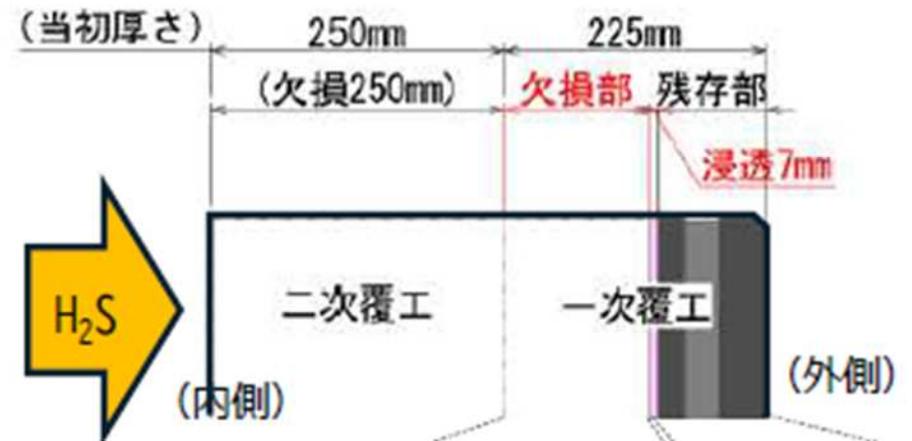


図4.8 チュウ4MHの構造的特徴



現地から回収されたセグメントの状況

3. 道路陥没のシナリオ

下水道管のコンクリートの著しい腐食、裏込め注入孔に生じた一部空隙（写真3.1）、シール材の損傷などに伴う空隙（写真3.2及び写真3.3）により地盤内空洞の発生・成長に繋がったと考えられた。

さらに、シールド工法の特長による継手の損傷、RCセグメントの腐食による耐荷力の低下が問題を拡大させた。（写真3.4、写真3.5、図3.3）



a) 裏込め注入孔の外観状態 b) 裏込め注入孔の拡大



写真3.1 裏込め注入孔の空隙



写真3.2 シール材の状態



写真3.3 RCセグメント組立て前のシール材



写真3.4 回収したRCセグメントの厚さ

写真3.5 回収したセグメント間継手

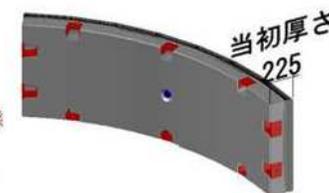
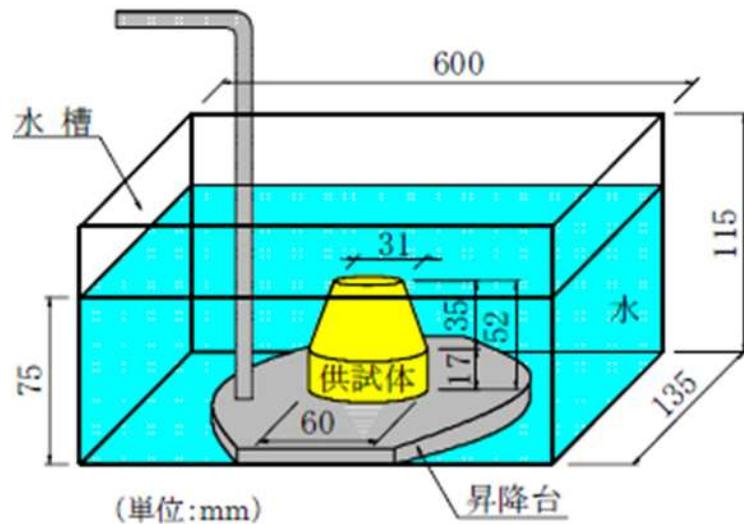


図3.3 RCセグメントの設計厚さ

軽微な損傷部からの土の流出可能性

簡易実験（浸水試験）

土を整形して浸水させた際の形状保持時間を測定



桑野玲子、堀井俊孝、小橋秀俊、片野定男（2005）、「埋設管の埋戻し材料の土砂流出性に関する簡易試験」、第40回地盤工学研究発表会、函館、論文No. 962, pp. 1921-1922.

流出試験

回収されたセグメントの裏込め注入孔にあった空隙をチューブとしてモデル化
実験容器に入れた現地土の上部から水を入れて、チューブ（ $\Phi 20\text{mm}$ 、長さ100mm）から土が流出するか確認
現地土は細粒分が多いため水がチューブに到達するまでに時間はかかるが、到達後は水と共に土が流れ出す結果となった。



実験容器を上から見た様子
実験後



細粒土の空洞形成

【実験条件】

- 土槽サイズ : 横幅60cm、高さ30cm、奥行10cm
- 模型地盤サイズ : 横幅60cm、高さ25cm、奥行10cm
- 実験材料 : 現地の土を模した細粒分含有率40%の土砂
(現地の土と粒度は同じで、細粒分を非塑性シルトに置き換えた土)
- 模型地盤内の初期水位 : 地表面から5cm下
- スリット(開口部) : 土槽底板中央にスリット(隙間5mm)を設置

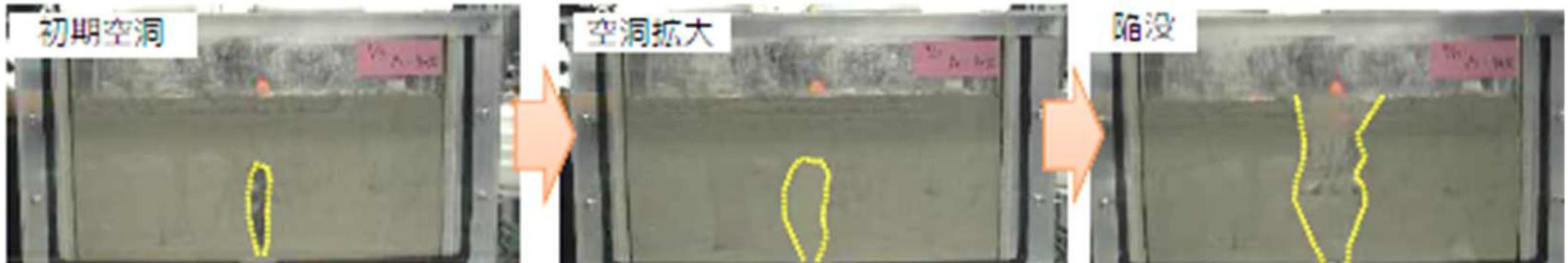
奥行方向に一様な2次元モデル

八潮の現地土の模擬土 (Fc40%、細粒分を非塑性シルトで置換え) 64倍速

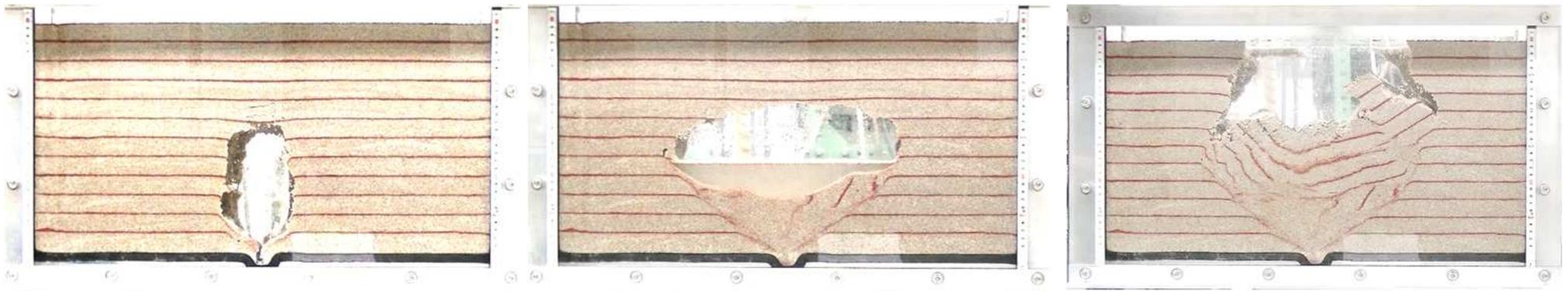
動画 : 東京大学生産技術研究所桑野研究室

細粒土の空洞形成

細粒土：底部開口部から土粒子と水が一体となって流出し、流出分の体積が上端に空洞として残る。空洞周辺部は水の流出により不飽和化してサクションにより自立性が発揮される。その後の空洞への水の供給によりサクションが解放されるが、細粒土では透水性が低いため、水に接する空洞内面から徐々にサクション解放が起きて、壁が溶けるように空洞が拡大する。

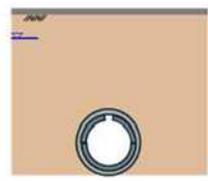
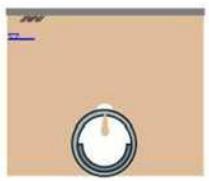
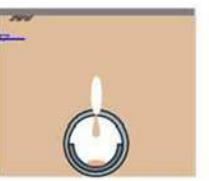
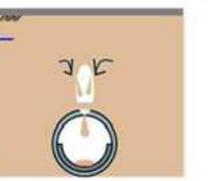
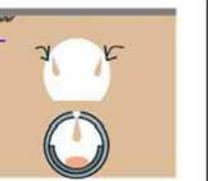
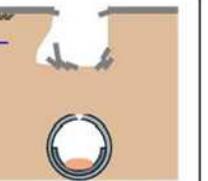


砂：砂も水と一緒に重力によって開口部から流出し、残置部はサクションが働き煙突状の初期空洞ができる。空洞内に給水されると、砂の透水性は高いため広範囲のサクションが解放され、水面下では安息角で空洞幅が広がる。

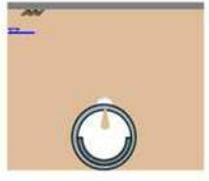
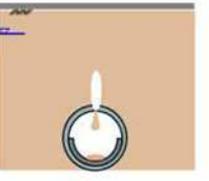
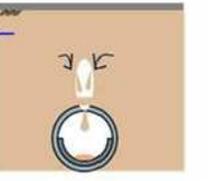
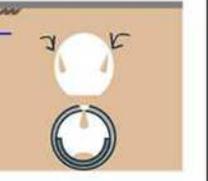


八潮道路陥没の想定シナリオ：分かっていることは最初の道路陥没と最後の下水管崩壊

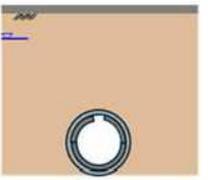
シナリオ1：小規模空隙から空洞が発生し、陥没に至り、その後下水道管が崩壊

	1	2	3	4	5	6
ステップ	<ul style="list-style-type: none"> 化学的腐食によって二次覆工が損傷 一次覆工が露出して化学的腐食が進行 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模な空隙から土砂が下水道管に流出 	<ul style="list-style-type: none"> 地中に小規模な空洞が発生 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞が成長※1 	<ul style="list-style-type: none"> 年単位の時間をかけて路面近くに到達 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞がある一定規模に達すると、路面を支える力が失われ、道路陥没※3
イメージ図						

シナリオ2：小規模空隙から空洞が発生し、その後下水道管が崩壊して陥没に至る

	1	2	3	4	5	6
ステップ	<ul style="list-style-type: none"> 化学的腐食によって二次覆工が損傷 一次覆工が露出して化学的腐食が進行 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模な空隙から土砂が下水道管に流出 	<ul style="list-style-type: none"> 地中に小規模な空洞が発生 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞が成長※1 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞の成長が継続※1 RCセグメントの耐力力が低下した状態 	<ul style="list-style-type: none"> 下水道管の崩壊※2 道路陥没※3
イメージ図						

シナリオ3：下水道管が崩壊して、急激に陥没に至る

	1	2	3
ステップ	<ul style="list-style-type: none"> 化学的腐食によって二次覆工が損傷 一次覆工が露出して化学的腐食が進行 	<ul style="list-style-type: none"> 化学的腐食によりRCセグメントの耐力力が低下していた下水道管が崩壊※2 	<ul style="list-style-type: none"> 下水道管の崩壊により、上部地盤が短時間で下水道管に流出し、道路陥没※3
イメージ図			

- ※1 陥没穴周辺から土砂が崩れ落ちて、一旦空洞下部に堆積する。その後、地下水の流動によって下水道管に流出する。これを繰り返して空洞が成長する。
- ※2 下水道管の崩壊は、RCセグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手の脱落が考えられる。
- ※3 2025年1月28日 9:49事故発生

○ 本委員会では、事故後の処理場における土砂の漂着量などから、シナリオ1もしくはシナリオ2が陥没のプロセスとして有力であると判断した。

下水道管内の流況調査

調査目的および調査項目

陥没箇所の下水道管における事故発生前後の下水の流況や土砂等の状況を把握するため、**陥没箇所より約2.6km下流の中川水循環センター**（以下「**処理場**」）での観測値を調査。

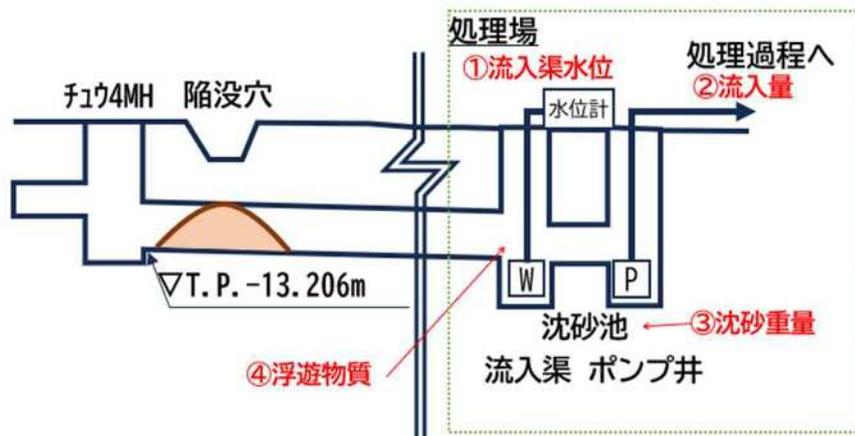
①**流入量の経時変化**：流量計により自動的に連続計測している流入量（処理場）から、陥没箇所の下水道管の流量の変化を推測した。

②**流入渠水位の経時変化**：水位計により自動的に連続計測している流入渠（処理場）の水位から、陥没箇所の下水道管における水位の経時変化を推測した。

③**沈砂重量の経時変化**：沈砂を貯留する保管施設（処理場の沈砂池にあるホッパ）に取り付けられた重量センサで連続計測している沈砂重量から、下水道管を流れて処理場に到達した日毎（00:00～23:59）の土砂重量の変化を確認した。

④**浮遊物質SSの濃度の経時変化**：浮遊物質（SS: Suspended Solids）の濃度は、2時間毎に自動採水した下水を混ぜ合わせたものを、ろ過した後に重量を測定して当日の平均値として観測している（平日のみ計測している）。SS濃度から、処理場に流下する下水中の、沈砂池で沈降しない程度の微細粒子による土砂重量の変化を推測した。

⑤**管内水位が管頂まで上昇した回数**：下水道管水位が管頂まで上昇すると、コンクリートの化学的腐食や下水道管の管頂部に発生した管の内外を繋ぐ小さな隙間を促進させる可能性があるため、下水道管の管頂までの水位が上昇した回数を調査した。



a) 処理場の構造と観測位置の概要

処理場における流入量と水位の変化

陥没箇所を通る中央幹線から処理場には、通常時において約 $230\text{m}^3/\text{分}$ が流入していた。また、その他の幹線から約 $70\text{m}^3/\text{分}$ が流入し、合計して約 $300\text{m}^3/\text{分}$ の下水が流入していた（図5.3a））。
 事故発生後には、通常時の約 $300\text{m}^3/\text{分}$ から約 $70\text{m}^3/\text{分}$ まで流入量が減少した（図5.3b））。
 なお、事故発生後に減少した約 $230\text{m}^3/\text{分}$ の流入量は、陥没箇所を通る中央幹線の通常時における流量と同じであった。⇒中央幹線は一時的に塞がった。水位も同様に急激に低下した。

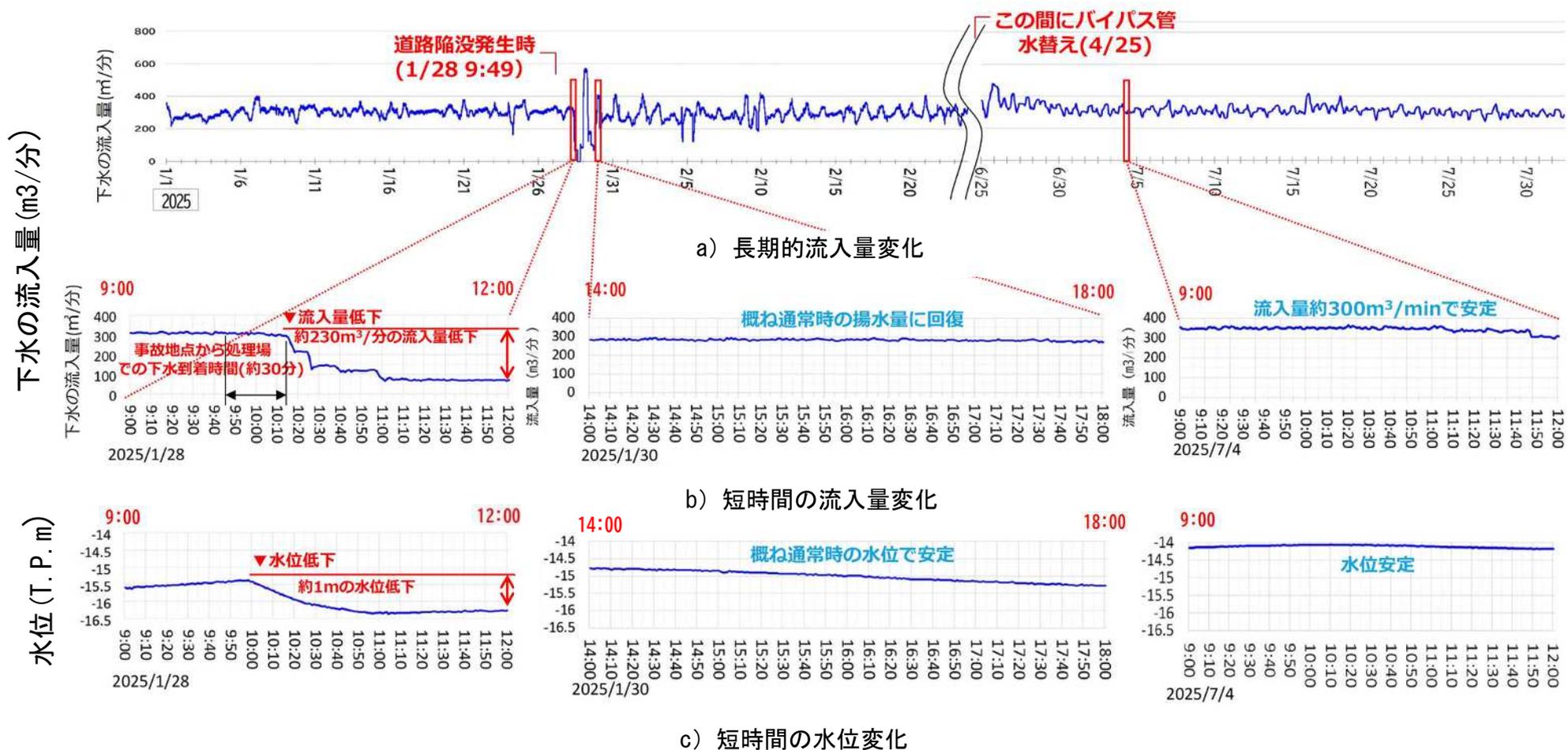


図 5.3 処理場における水位と流入量の変化

土砂の収支

約2.6km下流の流末処理場における沈砂重量の変化

2015年～2019年の5年間では平均0.29t/日であった沈砂重量が2020年～2024年の5年間では平均0.40t/日と増加していた。単位下水流量当り沈砂量も同様な比率で増加0.67g/m³ ⇒ 0.89g/m³



図5.4 沈砂重量の変化

[沈砂重量の変化(2015年1月～)]

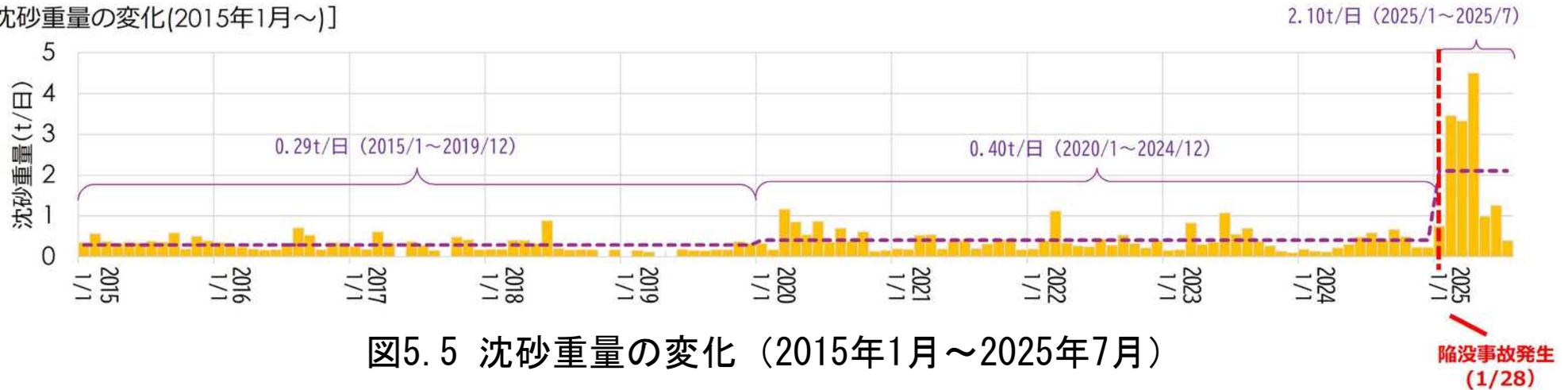


図5.5 沈砂重量の変化 (2015年1月～2025年7月)

チュウ4MH付近の下水道管の管頂高まで水位が上昇した回数

年度↵	2020年度↵	2021年度↵	2022年度↵	2023年度↵	2024年度↵
上昇した回数↵	6回↵	5回↵	4回↵	2回↵	2回↵

空洞の生成拡大のプロセスの検討

○事故後、処理場には累計で約420tの土砂が漂着している。一方で、陥没後の現地測量によると陥没内で土木作業が始まる前の陥没穴の規模は、約5,000t程度と推定される。また、下水道管崩落部や下流側の下水道管に崩落土が堆積しているとしてもその量は3,400t程度と推定される。この他、浮遊物質SS内に含まれる土砂量510tを含めたとしても土砂流出量合計3,910tとなるため**事故以前に何らかの空隙が生じ長い年月をかけて相当量の土砂が流出し空洞を形成した可能性が高い。**

○1つ目の道路陥没で生じた穴の地表面の面積と推定した深さから土砂流出量を $110\text{m}^3 \approx 176\text{t}$ と推定した（図 6.8）。また、その土砂量に到達するまでの期間を試算した結果、**少なくとも1年程度以上の時間を要して成長したと思われる**（図 6.9）。

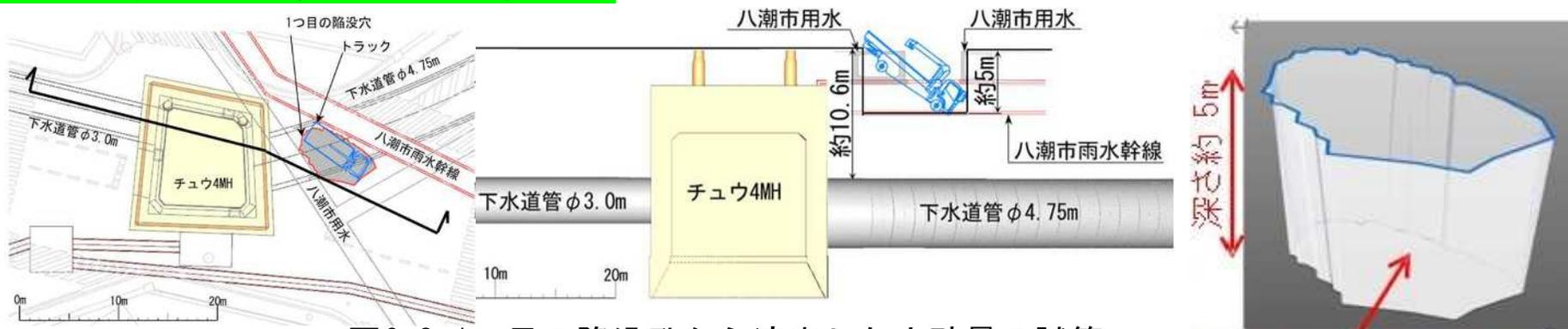


図6.8 1つ目の陥没孔から流出した土砂量の試算



注 1 : SS (浮遊物質) のうち 200mg/l を超過した分が、下水に含まれ流出した土砂量と仮定して試算した。
 注 2 : 「累積沈砂重量 (-0.4t/日)」とは、日毎漂着する沈砂重量から元々流入する平均沈砂重量 (0.4t/日) を差し引いて累積した沈砂重量。一日の沈砂重量が 0.4t/日未満の場合はゼロとして算出。なお、試算は、土砂の発生源を全て当現場と仮定して行った。管内への堆積の可能性もあるが、ここでは考慮していない。

図6.9 陥没前に処理場に漂着した累積土砂量と流出土砂重量との関係

下水道起因の陥没対策

口径2m以上の古い下水道管（敷設後30年超）は全国で5000km

8月時点で優先実施箇所のうち730km実施 緊急度1の要対策箇所は72km

現状の直接の目視点検あるいは画像による判定では、下水道管背面の地盤内空洞の検知は困難

- ・ 厳しい点検環境（下水流量、硫化水素）のためビデオ画像診断
- ・ 数mm～数cmの隙間からも土砂流出が起きるが、その発見は困難
- ・ 仮に隙間が見つかったとしても、管背面地盤の空洞を検知する技術が無い

○ 深層空洞探査

- ・ 最近の開発によりGL-3mまでは地中レーダ探査で対応可能
それ以深の空洞の探査技術の開発
- ・ 下水道管内からの空洞探査法の開発

○ 下水道管内への土砂流出の可能性をモニタリング

- ・ 下水中の土砂量の変化を見る（流末処理場の沈砂量に加え、複数箇所で）
- ・ 侵入水の特定と背面の空洞調査（管内からの探査）

○ 下水管渠の腐食対策、きめ細かな点検・維持管理

空洞の生成・拡大のリスクを高める下水管の腐食・損傷を抑止

○ 空洞ポテンシャルが高い箇所の多重対策

- ・ 下水管が損傷しても空洞が拡大しにくいような地盤対策
- ・ 陥没時に脆性破壊しにくい舗装構造