

特別セッション「令和6年能登半島地震」

津波・地盤の相互作用

令和6年7月24日 旭川市民文化会館

東京大学

九州工業大学

港湾空港技術研究所

長岡技術科学大学

富山県立大学

豊橋技術科学大学

○渡邊健治

川尻峻三

工代健太

志賀正崇

兵動太一

松田達也

● 被災調査箇所と行程

1/8の調査

- ・ 志賀町（赤崎漁港）

先行調査

中央大学西岡先生・
山栗先生との共同調査

2/14の調査

- ・ 珠州市宝立町（鵜飼漁港、鵜飼川）
- ・ 珠州市飯田町（飯田港）

5/14の調査

- ・ 珠州市宝立町（鵜飼漁港、鵜飼川）
- ・ 珠州市飯田町（飯田港）
- ・ 珠州市三崎町（粟津海岸）

5/15の調査

- ・ 輪島市鳳至町（輪島港、輪島漁港）

本調査

「津波・地震の相互作用」調査団としての活動

「津波の遡上高」、「地形と津波高さ」の調査は最優先ではない

● 基本方針

- ・ 「地盤の視点」を持って、津波の被害調査を行う
- ・ 調査対象：防潮堤、防波堤、海岸護岸、閘門、
海岸に隣接する道路盛土・のり面工等に絞る



鵜飼川周辺の水際地盤の被災状況（珠洲市宝立町）

・河口部特殊堤の被災



2024年 珠洲市宝立町



・岸壁の変状
・裏込め土の流出



・橋梁の落橋と上流へ溯上



地震動+液状化+津波による被害

・いたるところで液状化



鵜飼漁港の津波被害



写真①

写真②

建物の隅角部に
・ 遡上津波による洗掘
・ 建物直下地盤の吸い出しが見られる。

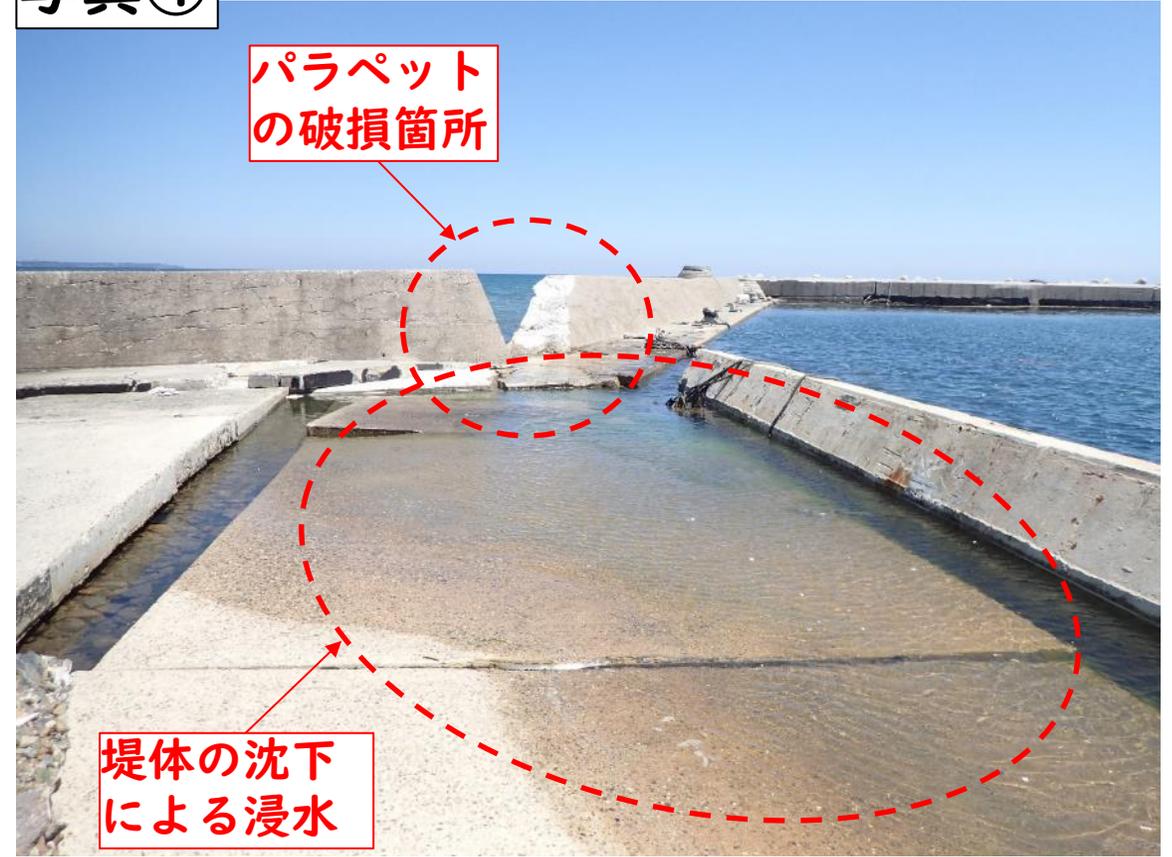


鵜飼漁港の津波被害

写真③



写真④



- ①港外側は河口のため消波ブロックなし（河川の流れを阻害しないように）
→津波が直接堤体に作用したと考えられる。
- ②防波堤のパラペットの一部分が破損。地震動により破壊された部分が津波により流されたか。
- ③周囲には堤体の沈下による浸水も見られ、基礎地盤が液状化した可能性も考えられる。
⇒津波と地震による複合的な被災。

鵜飼漁港周辺の液状化被害

写真⑤



液状化によるマンホールの浮上がり

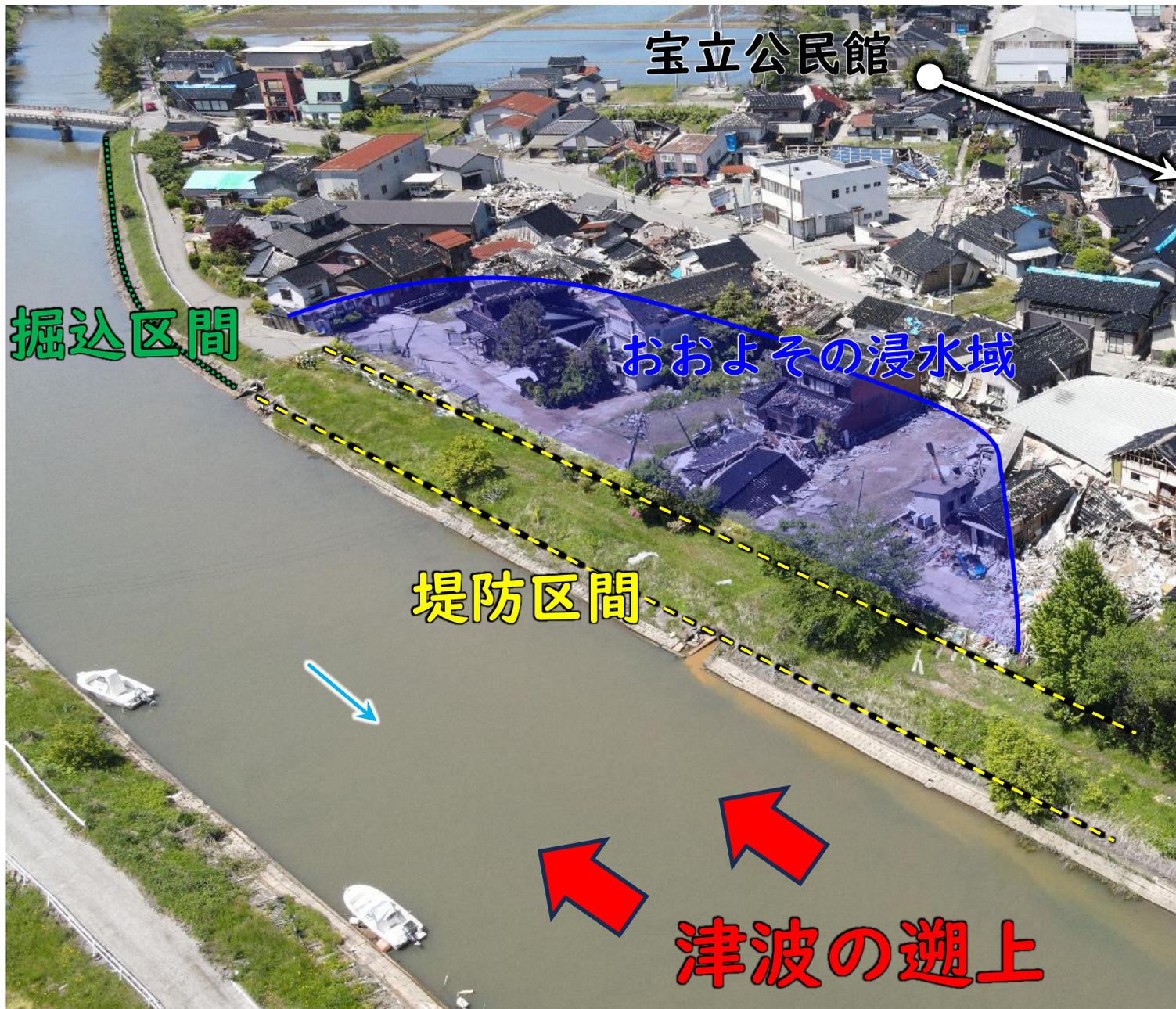


被災前 (Google street viewより)

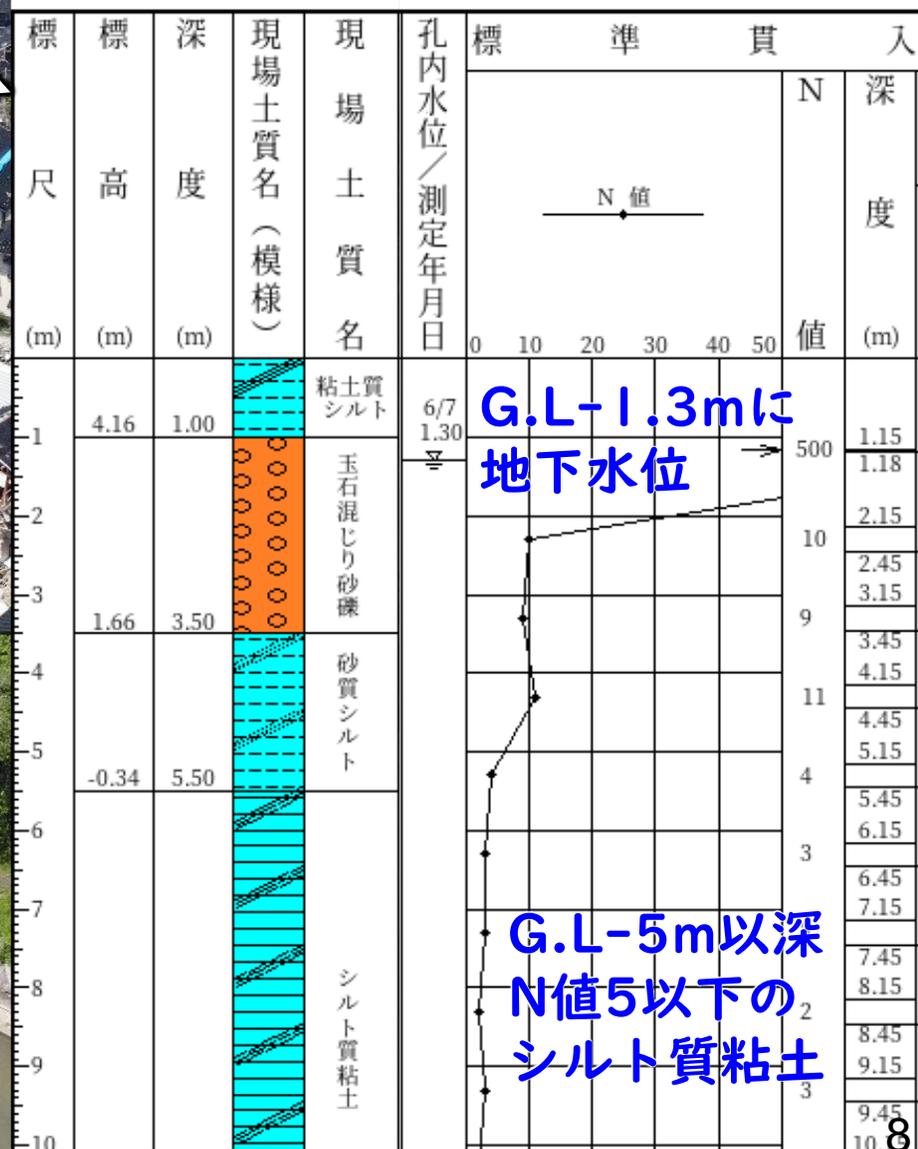
鵜飼川下流左岸の堤防被災



鵜飼川下流左岸の堤防被災箇所全景



被災箇所直近のボーリングデータ
災害復旧支援地盤情報緊急公開サイトより



鵜飼川下流左岸の堤防被災箇所との比較

2024年
珠洲市
宝立町



2024年



2013年



鵜飼川下流左岸の堤防被災状況：堤防区間上流の状況



- 掘込区間と堤防区間の境界部での段差は0.5m程度



鵜飼川下流左岸の堤防被災状況：堤防区間下流の状況



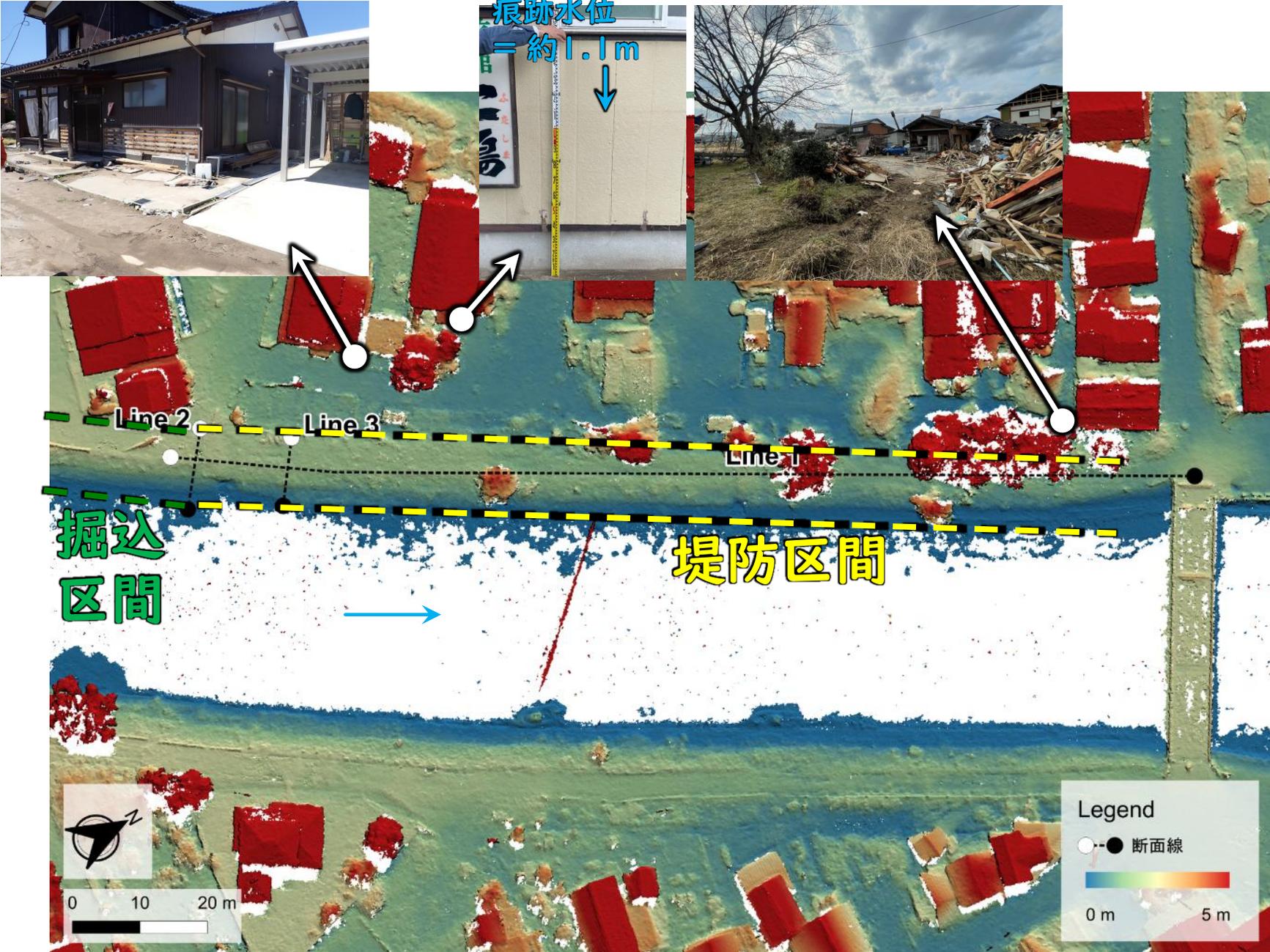
- 掘込区間と堤防区間の境界部での段差は0.6m程度



- 堤防区間と考えられる延長約150mにおいて天端が沈下している



鵜飼川下流左岸の堤防被災状況：UAV測量による標高（志賀先生作成）



- ・ 浸水被害が著しかった左岸の堤内地では標高が低い
- ▽
- ・ 液状化による地盤沈下の影響？



鵜飼川下流左岸の堤防被災状況：堤内地の住宅被災

2014年
被災前

2024年
被災後

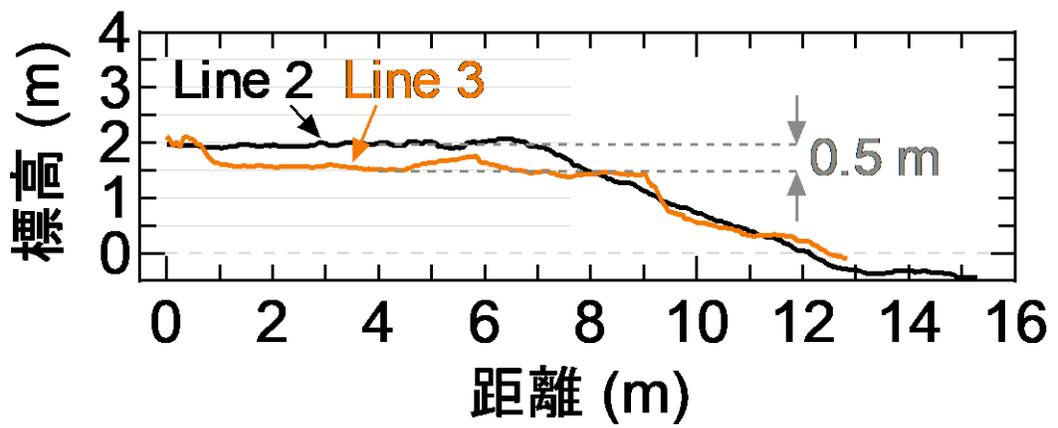
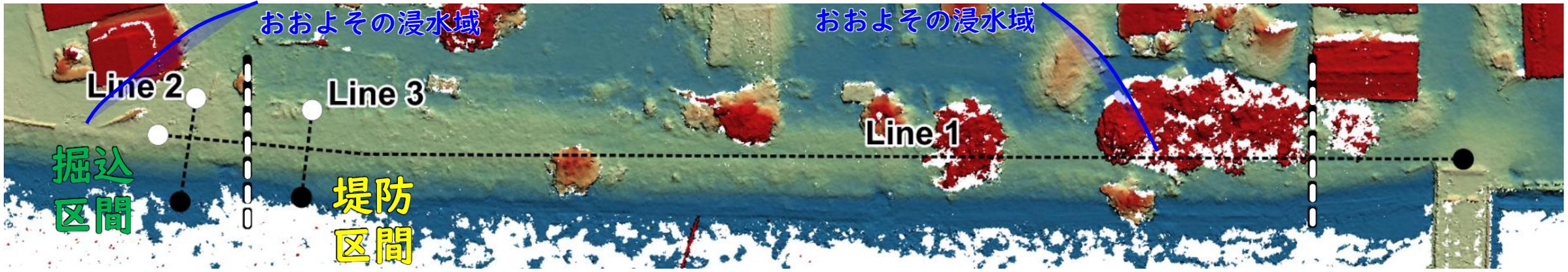
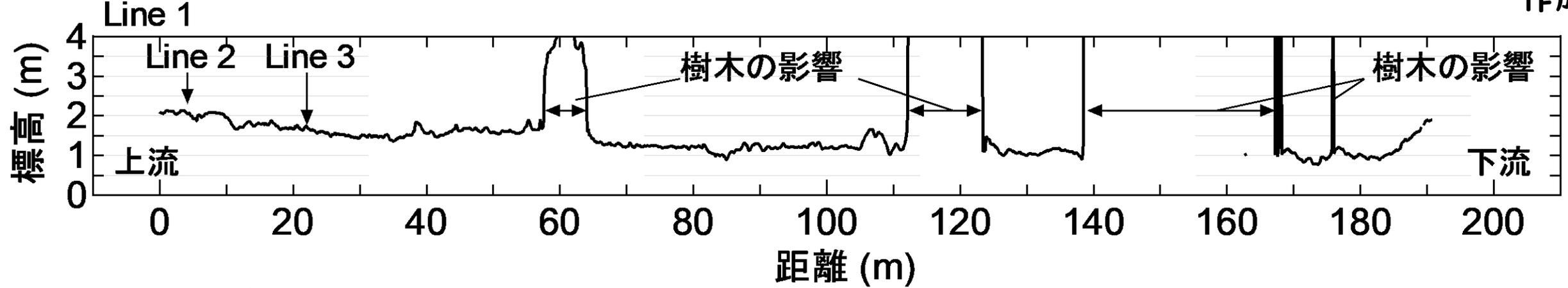
- ・堤防の法面がほぼ消失
- ・明瞭ではないが堤体には越流跡がある
- ・堤内地盤には流水の痕跡



- ・堤内地盤の液状化の痕跡
(マンホールの浮き上がり)

鵜飼川下流左岸の堤防被災状況：堤体の横断・縦断形状

志賀先生
作成

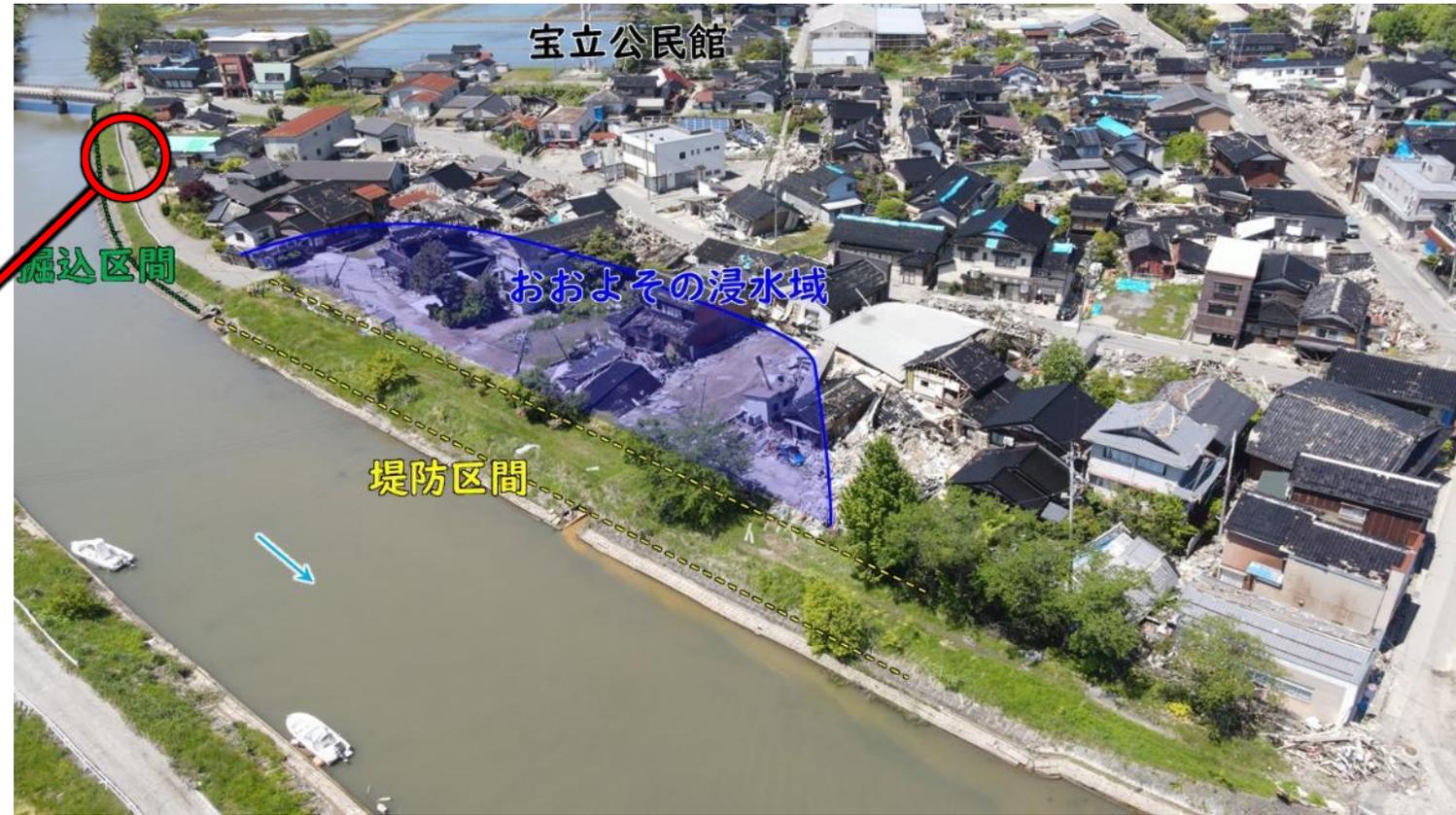


浸水域の堤内地盤の標高が低い：
 現小水路(旧河川) or 鵜飼川本川の開析による谷底平野
 → 堤内地盤の標高が低いので築堤 (掘込区間の縁は河岸段丘)

掘込区間と比べて、
 堤防区間の天端は
 0.5m程度沈下

河川を溯上した津波が
 局所的な天端沈下箇所
 から越流

時間経過に伴う変状の進行：堤防天端舗装の陥没

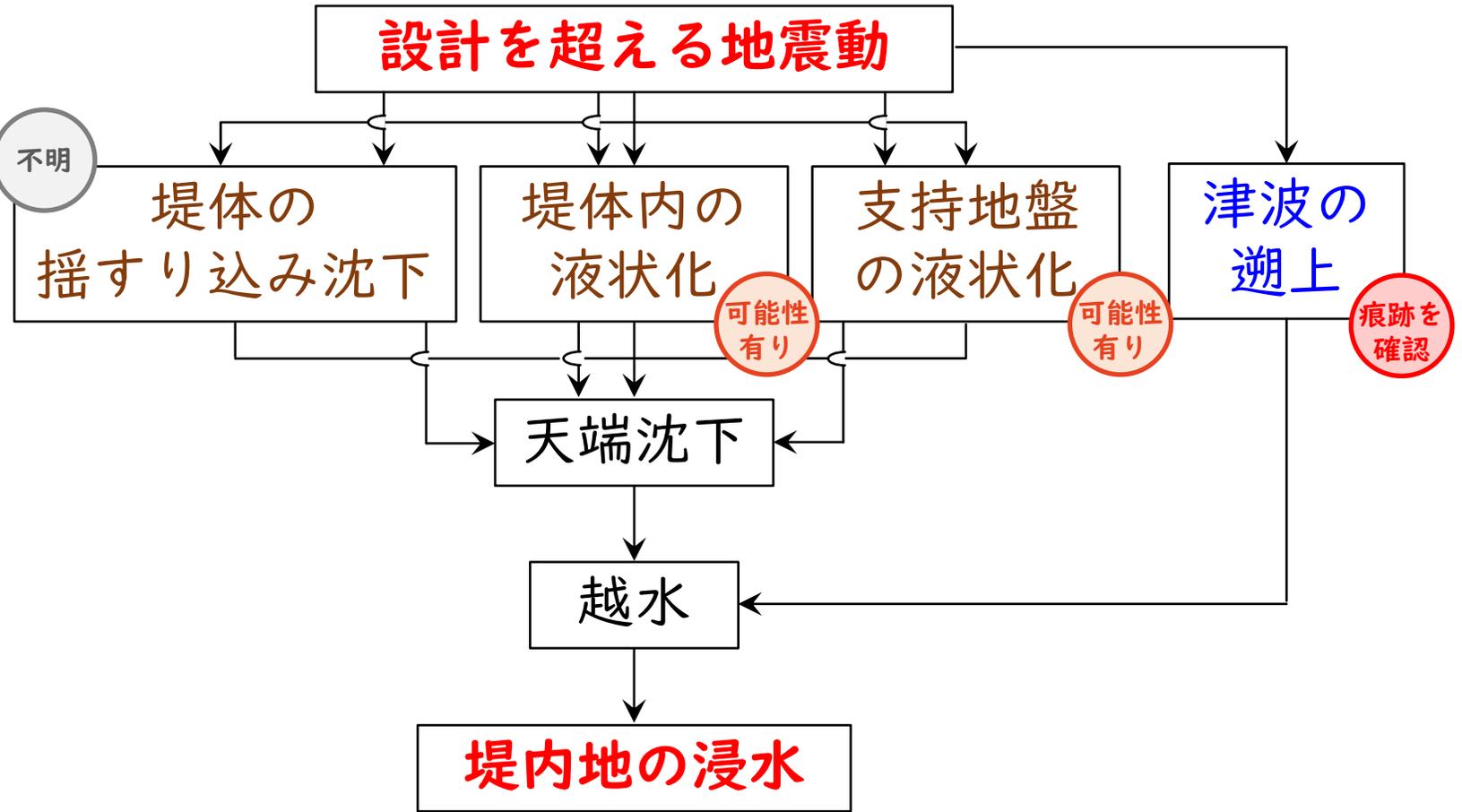


2024年2月の現地調査では確認できなかった
陥没孔を5月の調査で発見

地震後の降雨浸透の影響？
過剰間隙水圧のゆっくりとした
消散による遅れ沈下??

いずれにしても・・・
**出水に備えた点検と
地震後の残存耐力評価
が必要**

鵜飼川下流左岸堤防の予想被災シナリオ



河川構造物の耐震性能照査指針・解説
—II. 堤防編—

平成28年3月

国土交通省水管理・国土保全局治水課

直轄河川では進んでいるが・・・

- Point 1 自治体管理の河川堤防の耐震設計のあり方
液状化による危険個所の推定方法？（例えばFL値・PL値等）
- Point 2 河川堤防に津波遡上の越水に対応する機能を付与するのか？

被災調査箇所と行程

● 1/8の調査

- ・ 志賀町（赤崎漁港）

● 2/14の調査

- ・ 珠州市宝立町（鵜飼漁港、鵜飼川）
- ・ 珠州市飯田町（飯田港）

● 5/14の調査

- ・ 珠州市宝立町（鵜飼漁港、鵜飼川）
- ・ 珠州市飯田町（飯田港）
- ・ 珠州市三崎町（粟津海岸）

● 5/15の調査

- ・ 輪島市鳳至町（輪島港、輪島漁港）

先行調査

中央大学西岡先生・
山栗先生との共同調査

本調査

「津波・地盤の相互作用」調査団としての活動

基本方針

- ・ 「地盤の視点」を持って、津波の被害調査を行う
- ・ 調査対象：防潮堤、防波堤、海岸護岸、閘門、
海岸に隣接する道路盛土・のり面工等に絞る

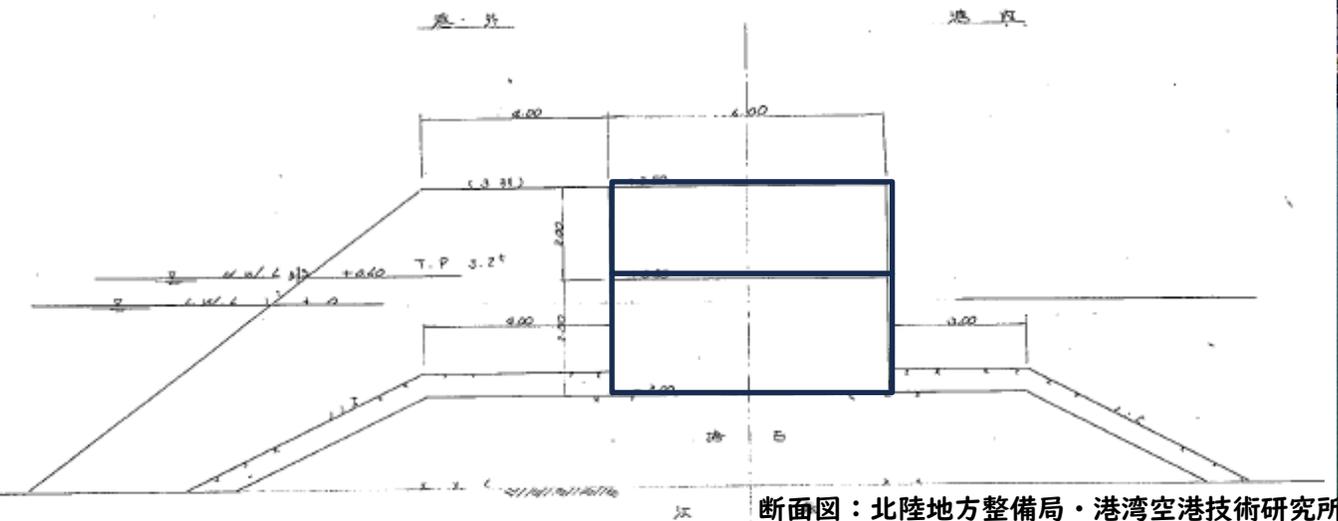


飯田港：防波堤の大きな傾斜・滑動



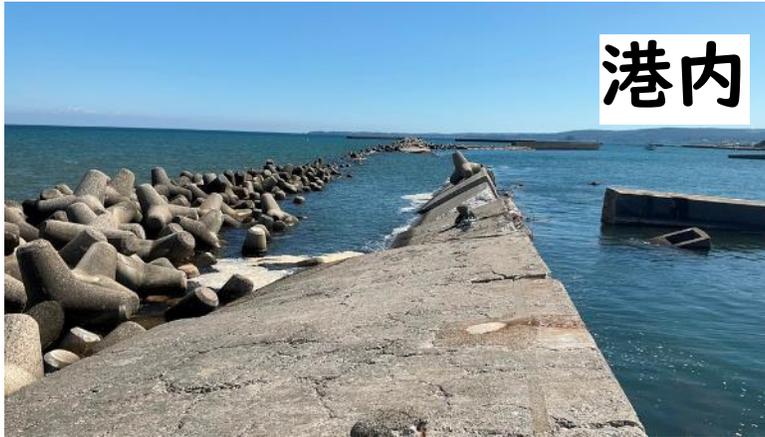
<https://kitalink.co.jp/post/2024-01-25-154220>

- 津波襲来時の映像 (ANNニュース:<https://www.youtube.com/watch?v=8g0X8nKc65M>)



飯田港：防波堤の大きな傾斜・滑動

- ・ 延長160mの防波堤が被災
- ・ 防波堤の水平移動距離は最大で7.3m程度



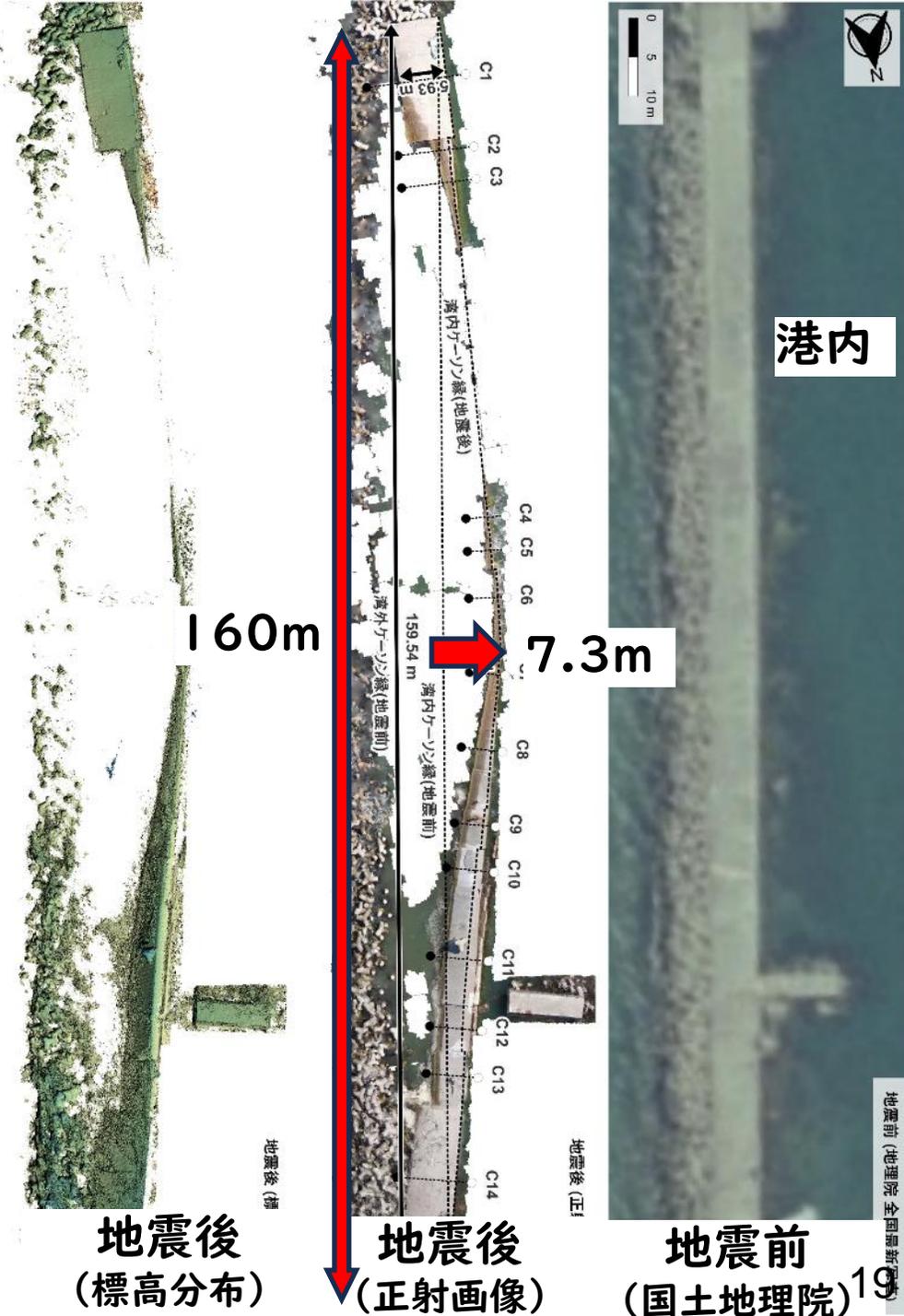
港内

2方向からの津波外力



港内

「港内側への滑動・沈み込み」
+ 「港外側への大きな傾斜」



地震後
(標高分布)

地震後
(正射画像)

地震前
(国土地理院)

飯田港：防波堤の大きな傾斜・滑動

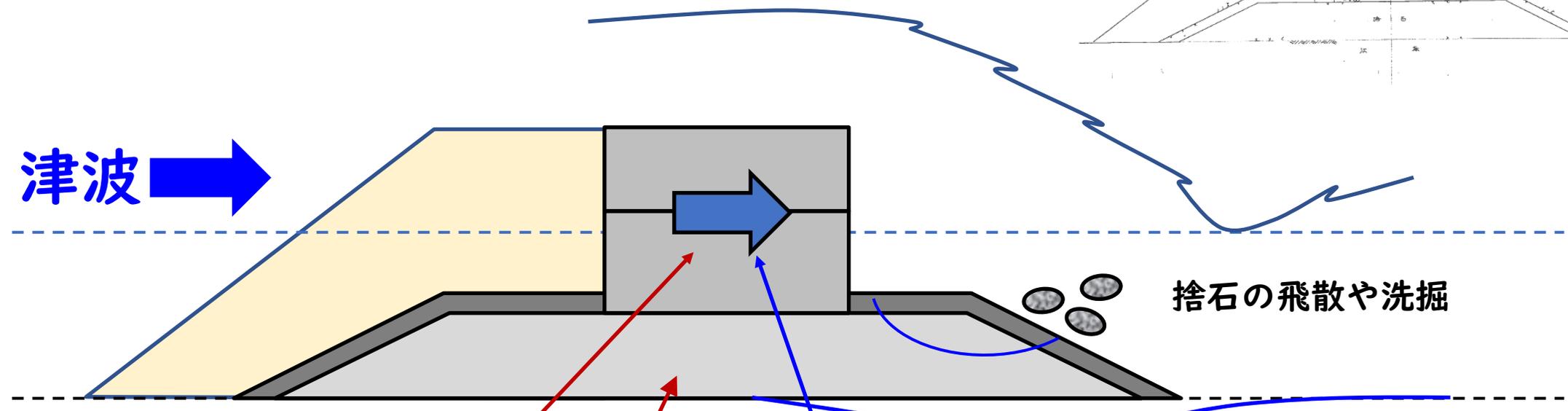
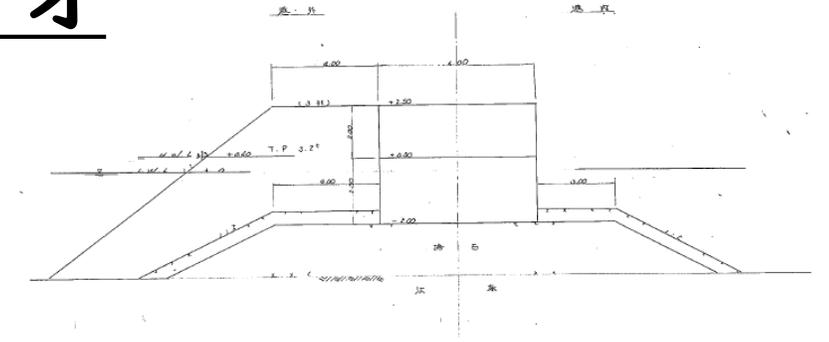
飯田港

断面図 (施設番号: B-1-3)

S-1:100



港内側への滑動・沈み込みの原因・シナリオ (推定)

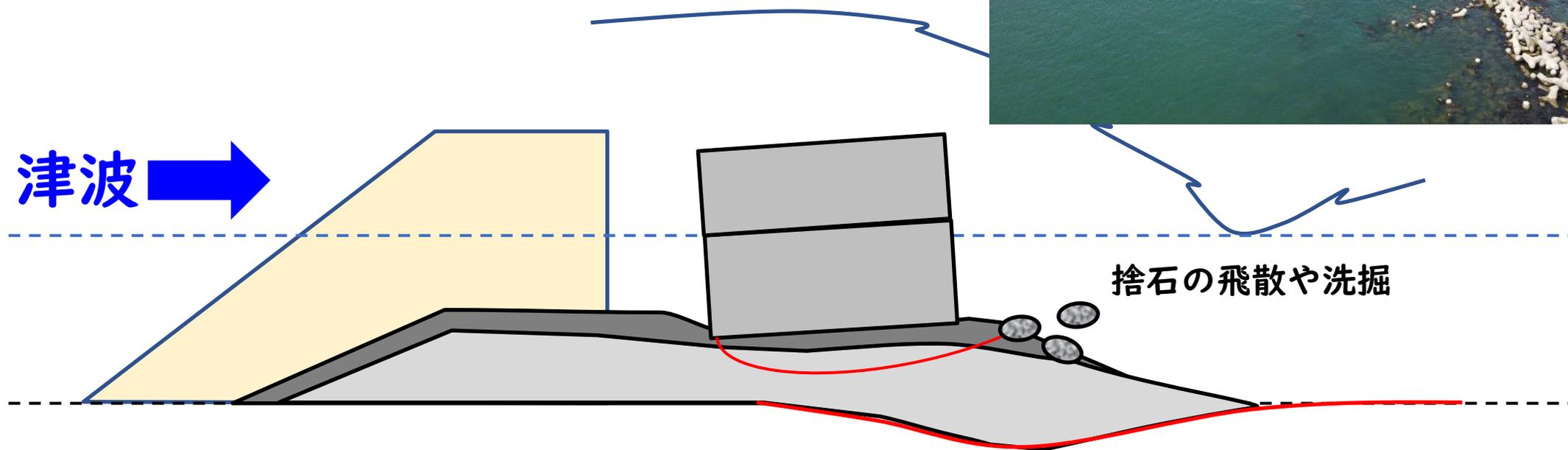


地震慣性力による
港内側への滑動

津波（押し波）による
・港内側への滑動
・防波堤の港内側地盤の洗掘

飯田港：防波堤の大きな傾斜・滑動

港外側への大きな傾斜の原因・シナリオ (推定)

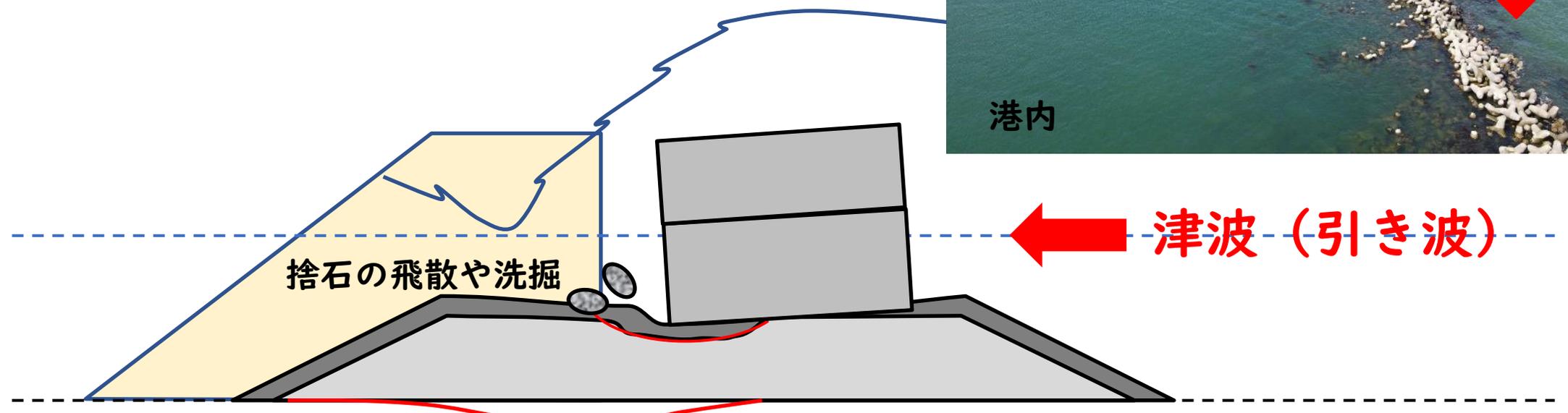


ケーソンが滑動した位置における

- ・ 洗掘により生じた支持地盤の勾配
- ・ 港内側の堆積砂や岩礁等の元々の海底地形の影響

飯田港：防波堤の大きな傾斜・滑動

港外側への大きな傾斜の原因・シナリオ (推定)



ケーソン前面（港外側）の洗掘

- 津波によるケーソン前面（港外側）の洗掘
- 引き波の作用

主にケーソンに沿う方向の津波

➡ 被災メカニズムの詳細を検討する必要あり

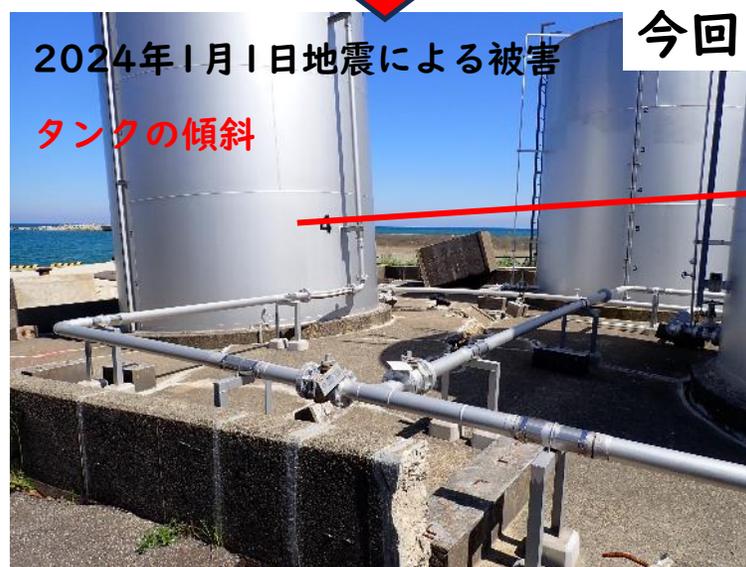
飯田港：重油タンク周辺の岸壁・護岸被害

2023年地震の写真；金沢大学・小林先生提供



〔護岸背後の構造物の傾斜の原因〕

- 地震動により岸壁・護岸の外側変位、それによる背面地盤の沈下が発生。
- その後の津波作用により舗装や土砂流出等が発生し、構造物の損傷拡大が生じたと推測される。



2023年地震：若干の沈下，液状化の発生→構造的弱部が生じていた可能性
2024年地震：昨年を上回る地震動と津波により被害が甚大化した。

津波・地盤の相互作用 調査のまとめ

● 鵜飼港、鵜飼川左岸

- 地震慣性力による土構造物の損傷、地盤の液状化
(堤防のゆすり込み沈下) (防波堤・堤防の沈下)

↓ **その後に**

- 津波による堤防越流、防波堤の損傷が生じる

最初の外力

2番目の外力



● 飯田港のケーソン防波堤

- 地震慣性力 + 2方向からの津波外力
→ ケーソンの滑動、基礎マウンド (背面) の洗掘

↓ **その後に**

- 引き波による基礎マウンド (前面) の洗掘

最初の外力

2番目の外力

港内側への滑動
+ 港外側へ傾斜

● 教訓、今後の要検討事項

最初の外力

2番目の外力

- 最初の地震動・津波による被害→その後の津波による被害が大きい
(液状化による沈下、マウンド洗掘)
- 河川堤防に津波溯上による越水に対する抵抗性能を求めるのか？

- 被災地に隣接して、無被災の堤防・防潮堤も存在する

(飯田港より東へ400m、若山川左岸側の防潮堤は無被災)

→半島特有の津波の伝播特性??
(予測が難しい)

- 本震前後の中規模地震の影響?
(2023年5月の地震、本震後の余震)

→土構造物の変形・沈下は徐々に進む、弱部の形成、再液状化

