

2024年能登半島地震 主な液状化被害

「液状化・側方流動」部門

主査：豊田浩史（長岡技術科学大学）

今回の地震で被災された方々に
心よりお見舞い申し上げます。

団員 (順不同)

| | | |
|--------|-------|------------|
| 主査 | 豊田 浩史 | 長岡技術科学大学 |
| 幹事 | 金澤 伸一 | 新潟大学 |
| | 保坂 吉則 | 新潟大学 |
| | 福元 豊 | 長岡技術科学大学 |
| | 高田 晋 | 長岡技術科学大学 |
| | 兵藤 太一 | 富山県立大学 |
| | 重松 宏明 | 石川工業高等専門学校 |
| | 阪田 義隆 | 金沢大学 |
| | 熊 曦 | 金沢大学 |
| オブザーバー | 高原 利幸 | 金沢工業大学 |
| | 月岡 浩 | (株) ジオック技研 |
| | 藤野 丈志 | (株) 興和 |
| | 坂東 和郎 | (株) 興和 |
| | 高橋 浩之 | (株) 興和 |
| | 岡田 広大 | (株) 興和 |
| | 鶴巻 駿介 | (株) 興和 |

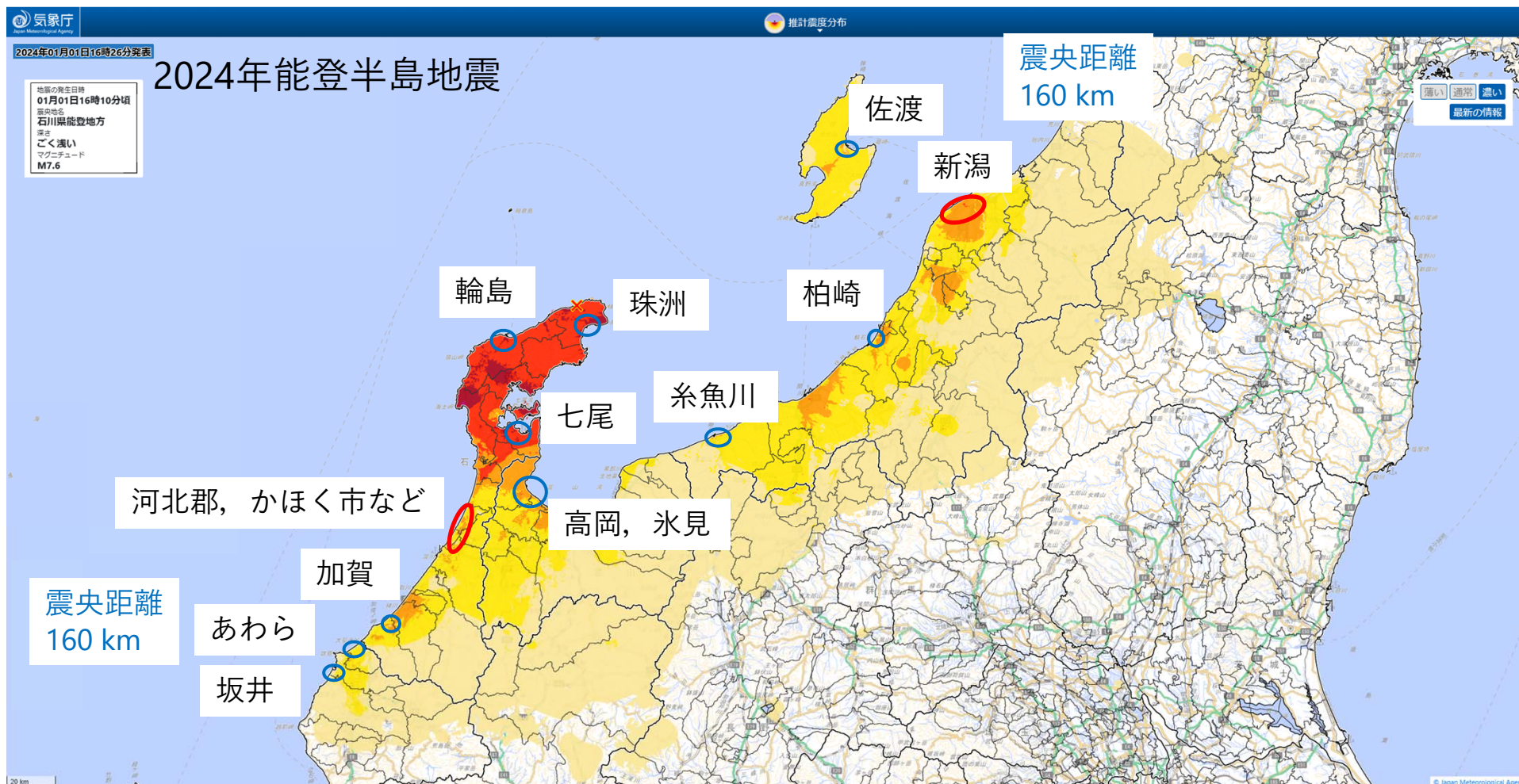
| | | |
|----------|--------|------------------|
| | 寺崎 勉 | ナチュラルコンサルタント (株) |
| | 上田 信二 | 真柄建設 (株) 土木技術部 |
| | 山田 惣一郎 | (株) キタック |
| | 吉田 潤 | (株) キタック |
| | 田口 雄一 | (株) 不動テトラ |
| | 八木 真一 | オムニ技研 (株) |
| | 長谷川 史貴 | オムニ技研 (株) |
| | 規矩 大義 | 関東学院大学 |
| | 石川 敬祐 | 東京電機大学 |
| アドバイザー | 風間 基樹 | 東北大学 |
| | 加村 晃良 | 東北大学 |
| | 荒井 克彦 | NPO福井地域地盤防災研究所 |
| | 小嶋 啓介 | 福井大学 |
| | 松山 雄紀 | (株) 土木管理総合試験所 |
| | 中村 公一 | 鳥取大学 |
| 全体アドバイザー | 安田 進 | 東京電機大学 |

内容

- 新潟市の液状化被害
- 内灘町周辺の液状化被害
- 再液状化について
- 砂丘堆積物での被害
- 平野堆積物，埋土での被害
- 潟での被害
- 対策工法の効果
- まとめ

液状化被害エリア

比較的エリアの大きいもののみ掲載



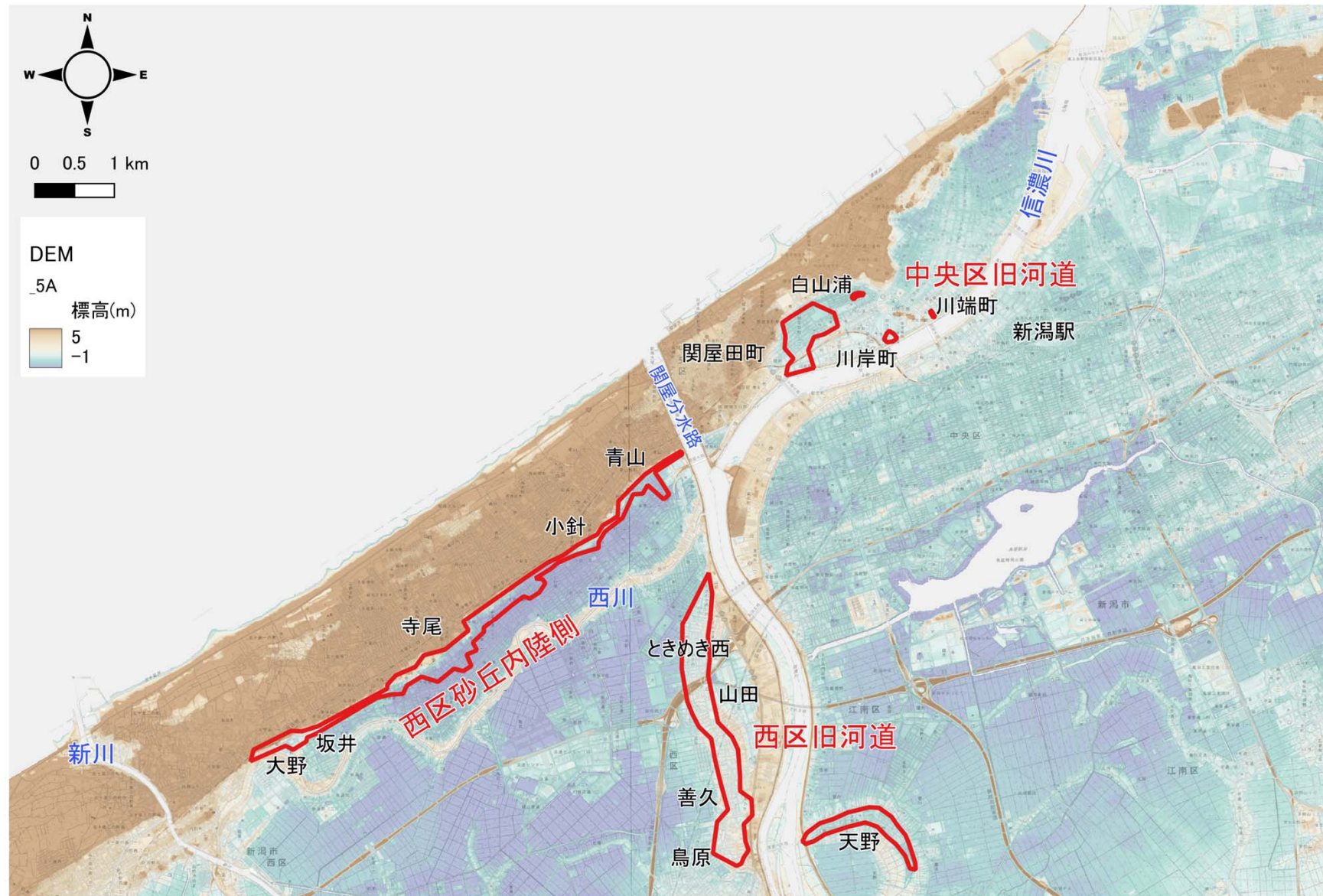
気象庁：推定震度分布

新潟市の液状化被害

- 砂丘縁辺部（西区：寺尾周辺）
- 旧河道（中央区，西区：善久）

新潟市内の主な液状化発生範囲

(株) 興和 作成



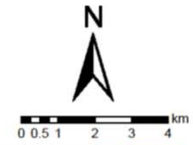
ベースマップ: 国土地理院基盤地図情報DEM5A(5mメッシュ)

注) この図は、新潟大学工学部及び興和の調査結果に、新潟大学災害・復興科学研究所の報告(同所HPを参照)を加えて作成していますが、
6
全ての液状化発生範囲を網羅していません。(例: 女池三丁目、市営鳥屋野球場周辺)

新潟市の過去の液状化履歴

液状化しやすさマップ

《新潟地域》



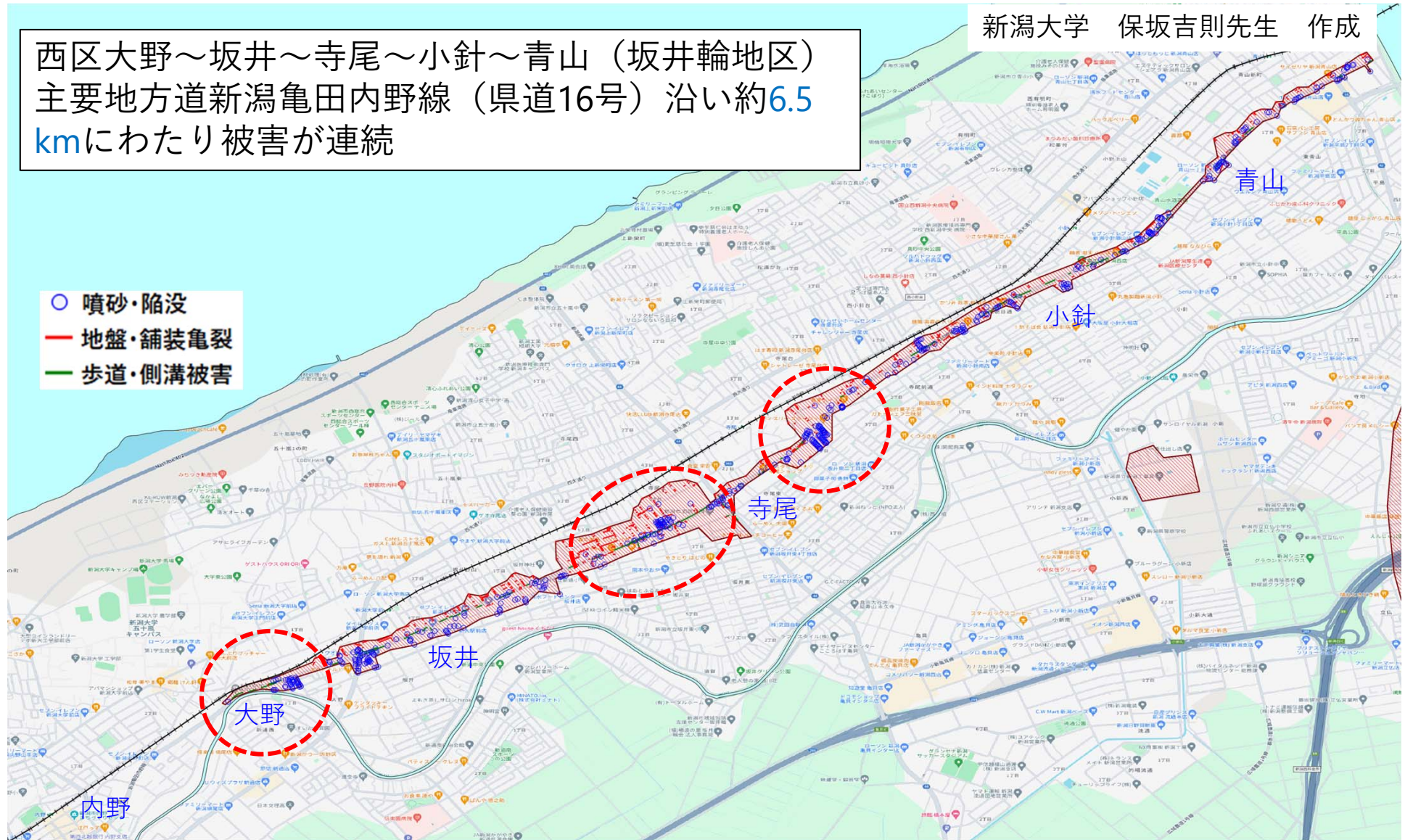
この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図200000(地図画像)、数値地図25000(地図画像)、数値地図25000(空間データ基盤)、数値地図25000(土地条件)を使用した。(承認番号 平23情使 第816号 第817号)
 この図面は、5万分の1土地分類基本調査(地形分類図)新潟県発行(1971~1999)の一部を使用して作成した。
 液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ745-2008(東京大学出版会)」による。
 本マップには、過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松,2011)では、地震毎にシンボルが変えられており、また液状化が発生した地点の確実度によってもシンボルの大きさが変えられています。本マップではこれらを区別せずに同じ記号でプロットしています。

砂丘周辺の液状化関連被害の概要

新潟大学 保坂吉則先生 作成

西区大野～坂井～寺尾～小針～青山（坂井輪地区）
主要地方道新潟亀田内野線（県道16号）沿い約6.5
kmにわたり被害が連続

- 噴砂・陥没
- 地盤・舗装亀裂
- 歩道・側溝被害



砂丘側は、道路舗装面の横断亀裂を確認
県道付近と低地側は、噴砂の発生を確認

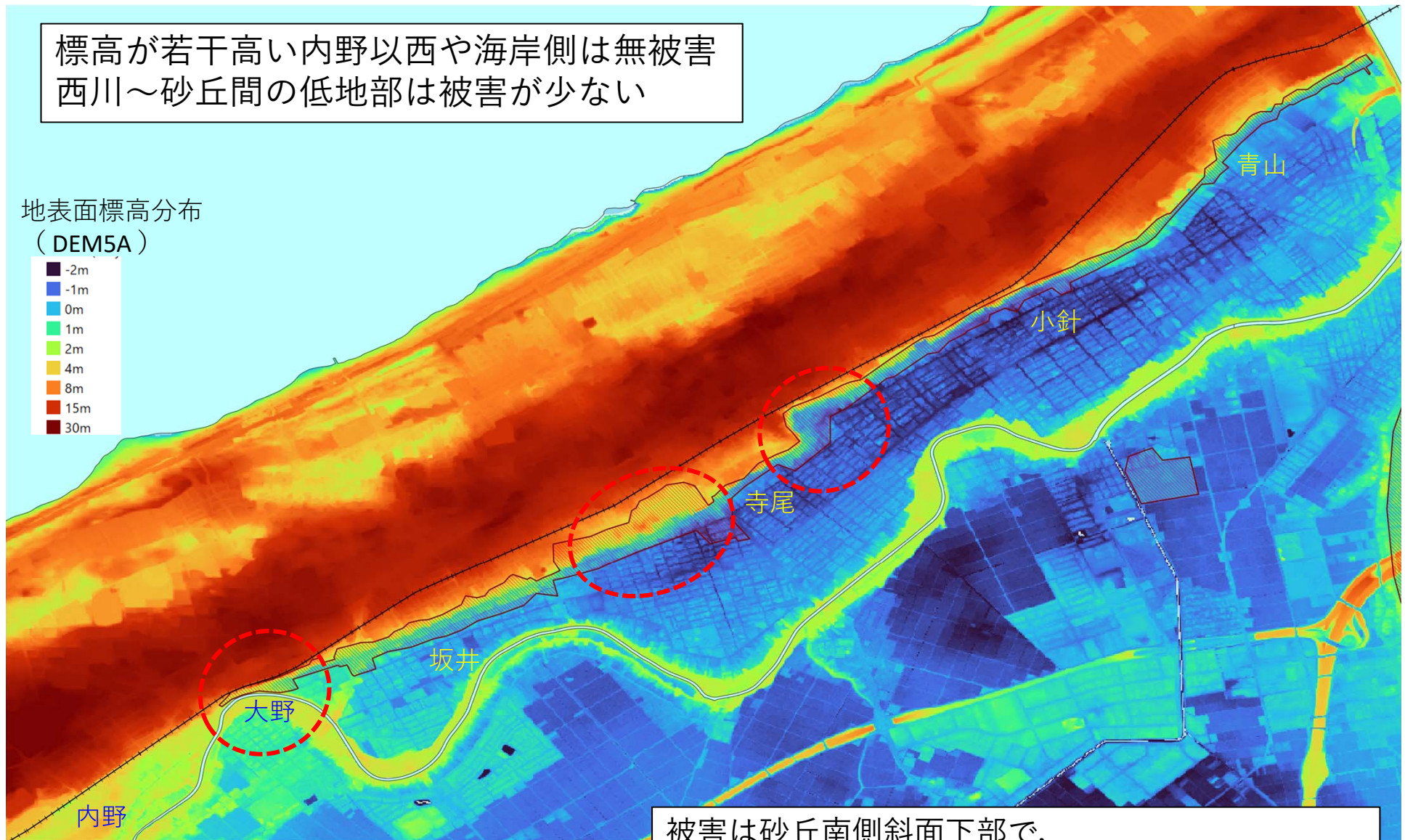
地図画像はGoogle Mapを利用

被害地周辺の地形

新潟大学 保坂吉則先生 作成

標高が若干高い内野以西や海岸側は無被害
西川～砂丘間の低地部は被害が少ない

地表面標高分布
(DEM5A)

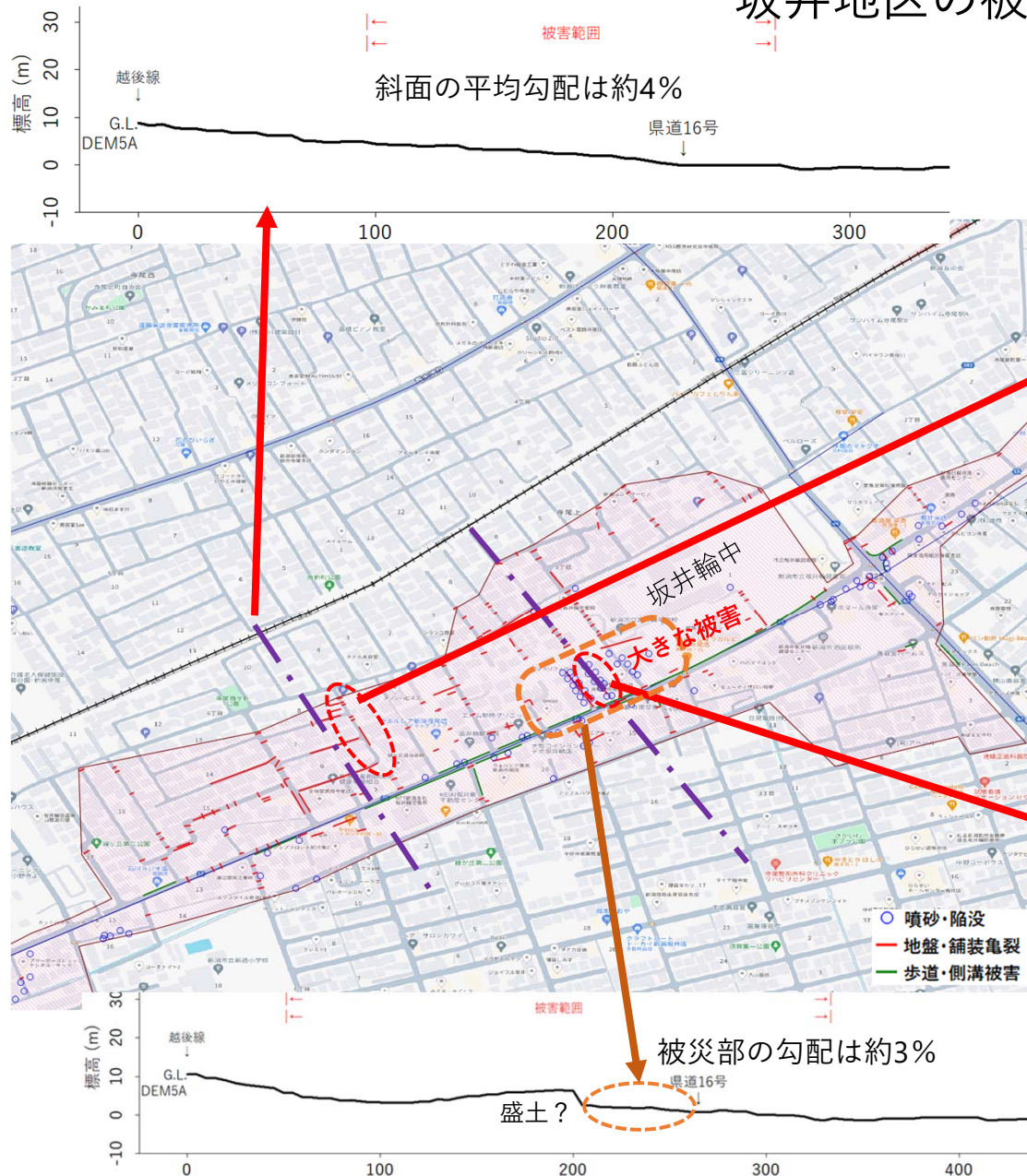


被害は砂丘南側斜面下部で、
液状化は標高0m以下の低地境界付近で発生
地下水位が高く、地表から湧水が見られる箇所も

砂丘縁辺部の地形条件と被害パターン①

坂井地区の被害

新潟大学 保坂吉則先生 作成



緩勾配砂丘斜面内の路面横断亀裂
水平変位や下部の隆起は小さい

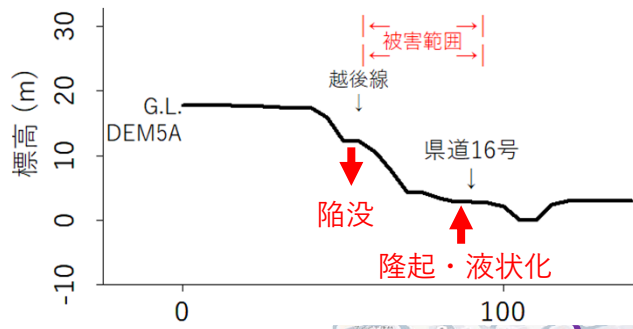


坂井輪中付近は甚大な液状化被害
県道沿いの歩道は隆起

砂丘縁辺部の地形条件と被害パターン②

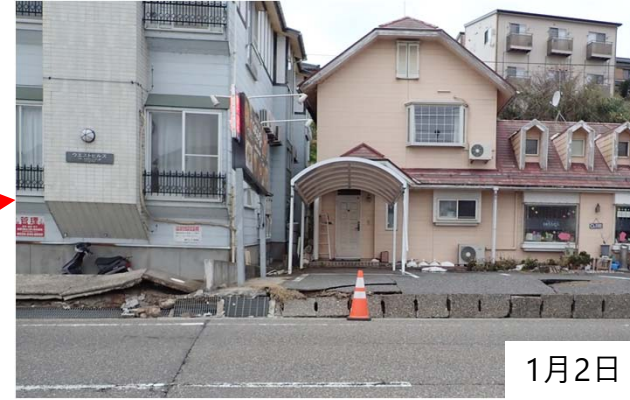
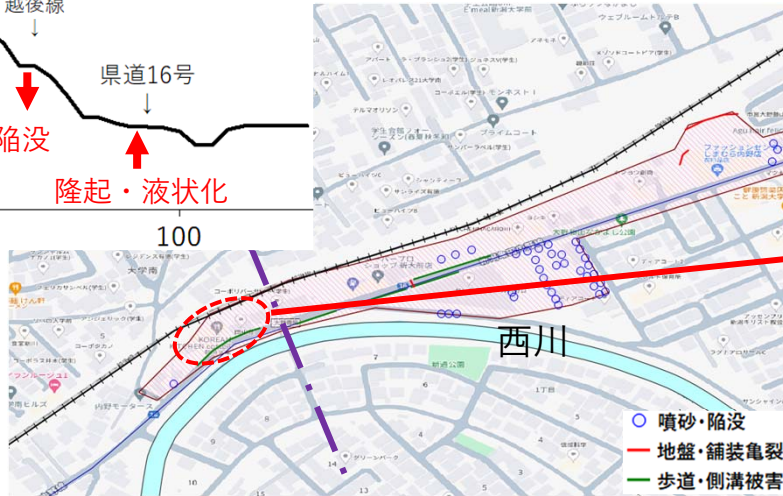
新潟大学 保坂吉則先生 作成

大野地区の被害



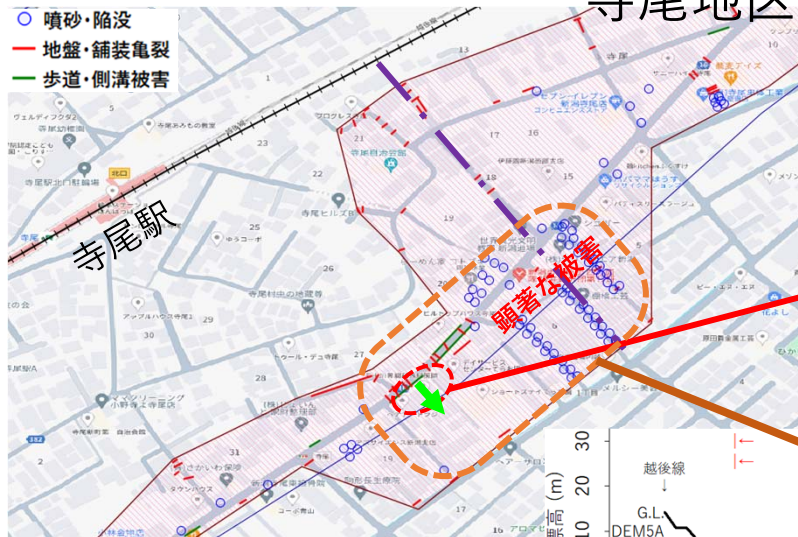
急勾配部の被害
宅地が隆起

宅地背後は
約50%の勾配



1月2日

寺尾地区の被害



寺尾駅東南側の被害

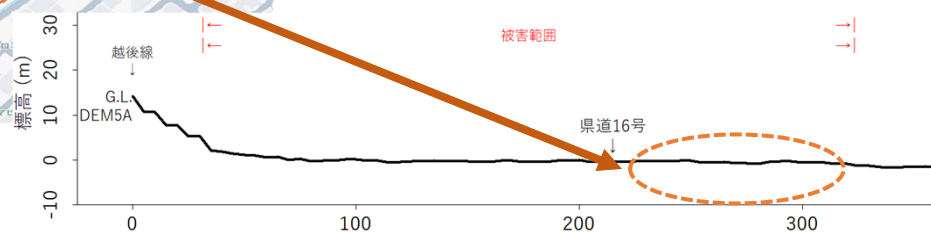


1月3日

低地側が側方流動
沈下量も大きい

県道の変位は小さい

県道脇の宅地は
盛土の可能性

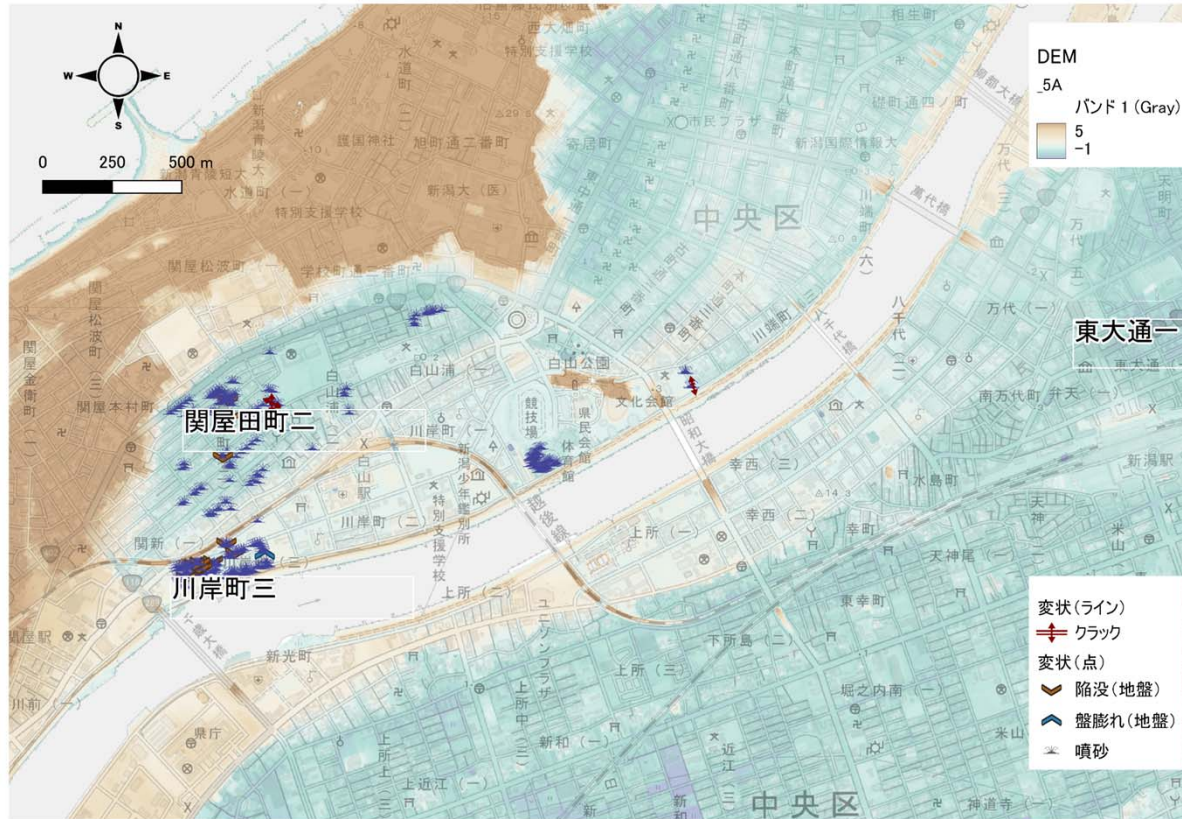


この付近は平坦部が広く
平均勾配は約0.5%

新潟市中央区（旧河道）の液状化

(株) 興和 作成

新潟地震（1964）に比べ，液状化範囲，被害規模は共に小さい。



調査: 2024.1.3-4 (株) 興和



新潟地震時 (1964.6)



能登半島地震時 (2024.1)

(1/2東大通一丁目)



(1/1関屋田町二丁目)



(1/3関屋田町二丁目)



(1/4川岸町三丁目)

新潟市西区鳥原・善久（旧河道）の液状化

(株) 興和 作成

善久地区：噴砂多く、家屋の沈み込み・傾斜・沈降が顕著。

鳥原地区：非常に緩い勾配（1/110）でも、側方流動が発生（最大1 m以上）。



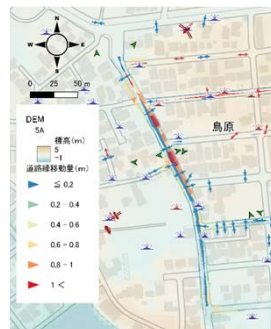
噴砂（1/3善久）



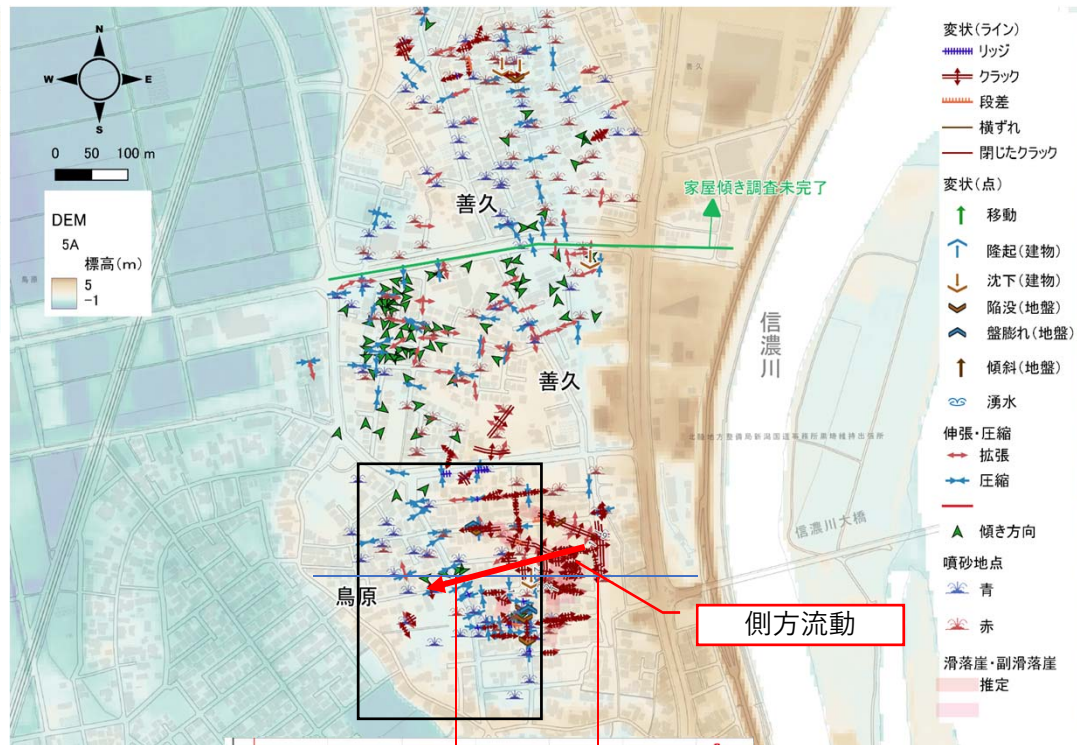
家屋の傾動・沈下（1/3善久）



道路の膨らみ（1/17鳥原）



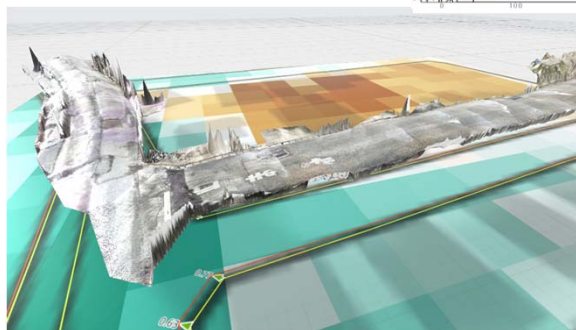
40-50cm隆起
道路の変形



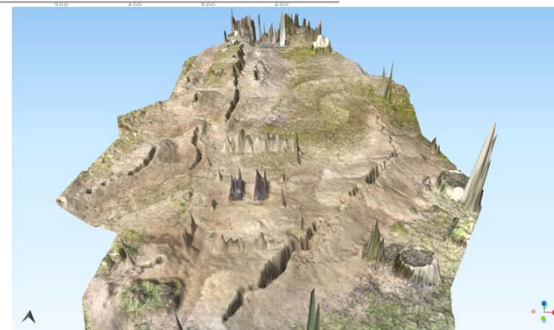
調査：(株)興和 2024/1/3～3/5

側方流動

- 変状(ライン)
 - リッジ
 - クラック
 - 段差
 - 横ずれ
 - 閉じたクラック
- 変状(点)
 - 移動
 - 隆起(建物)
 - 沈下(建物)
 - 陥没(地盤)
 - 盤膨れ(地盤)
 - 傾斜(地盤)
 - 湧水
 - 伸張・圧縮
 - 拡張
 - 圧縮
 - 傾き方向
 - 噴砂地点
 - 青
 - 赤
 - 滑落崖・副滑落崖
 - 推定



圧縮側：道路変形の3D（1/17鳥原）



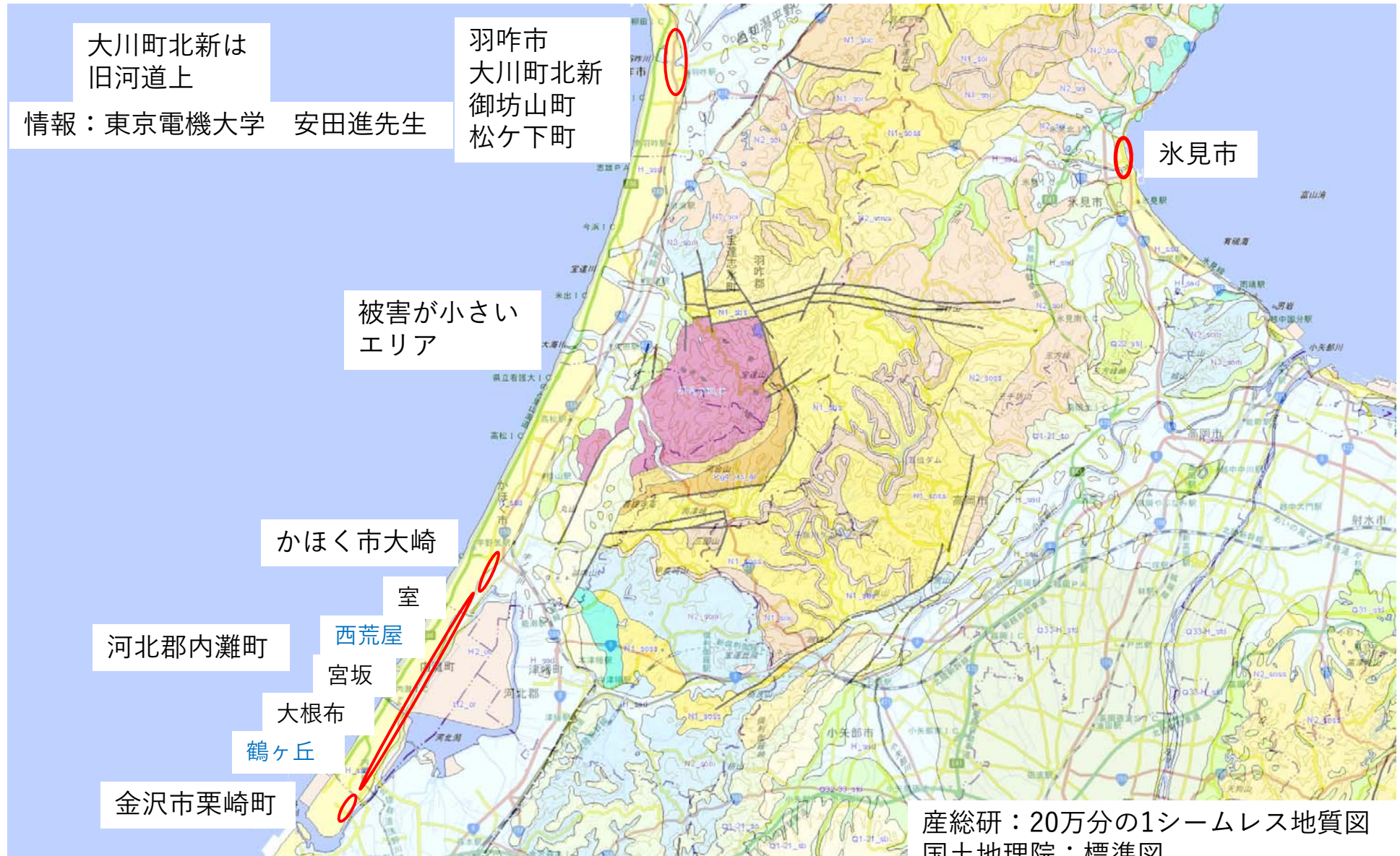
開口側：噴砂孔列の3D（1/17鳥原）

ベースマップ：国土地理院基盤地図情報DEM5A(5mメッシュ)

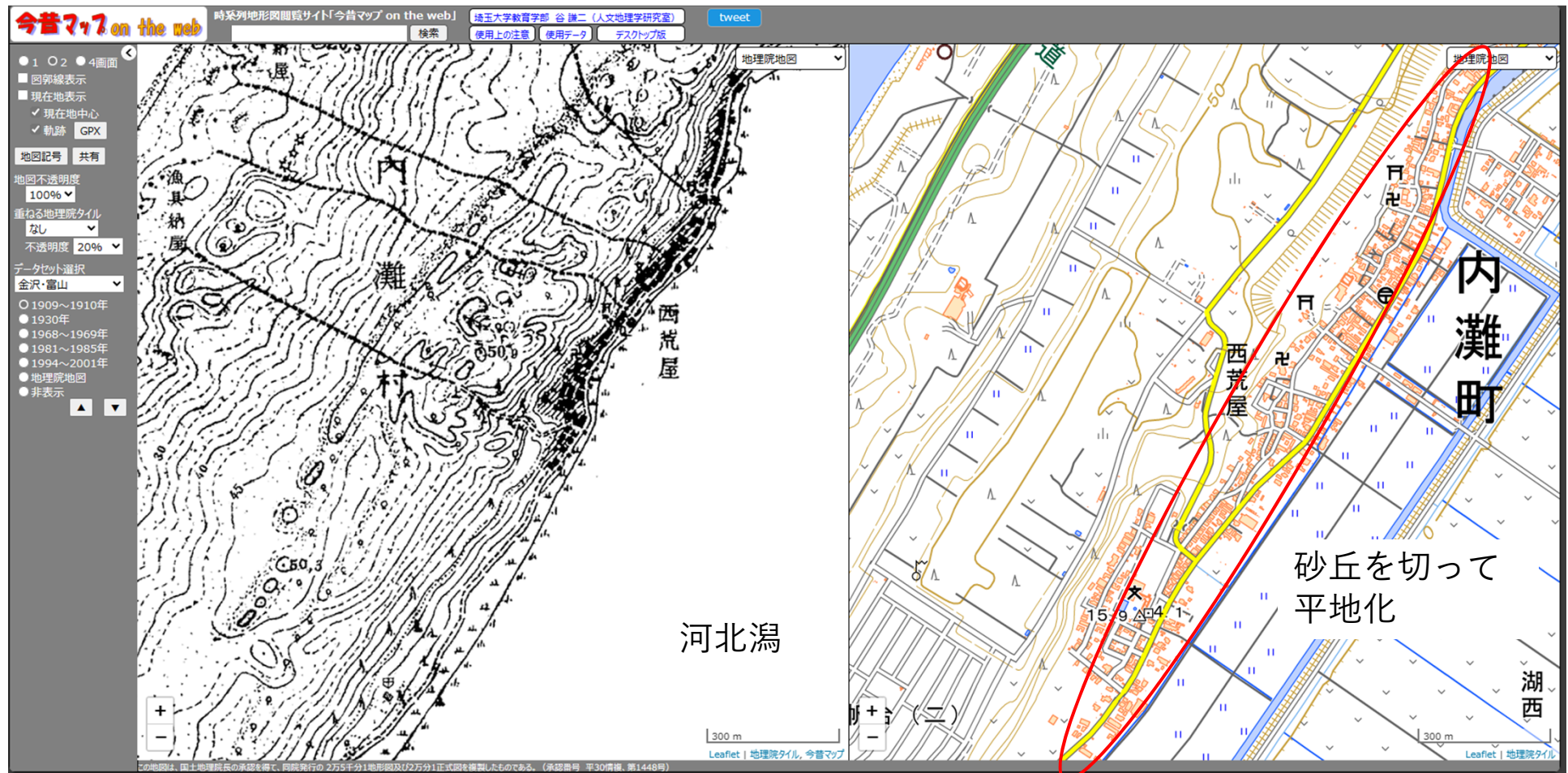
内灘町周辺の液状化被害

- 砂丘縁辺部
（金沢市，河北郡，かほく市，羽咋市）

砂丘縁辺に広がる被害



内灘町



- もともと砂丘斜面は旧河北潟まで迫っていた。
- 干拓事業時に砂丘を切って埋め立てに利用した（大根布以北で使用と記載）。
- 砂丘を切ったところの被害が大きい傾向（宮坂～大崎）。

「内灘町史」，昭和57年発行を参考

土質ボーリング柱状図 (標準貫入試験)

ボーリングデータ

調査名

事業名または工事名 北陸農政局河北潟干拓建設事業8号橋梁その他土質調査業務

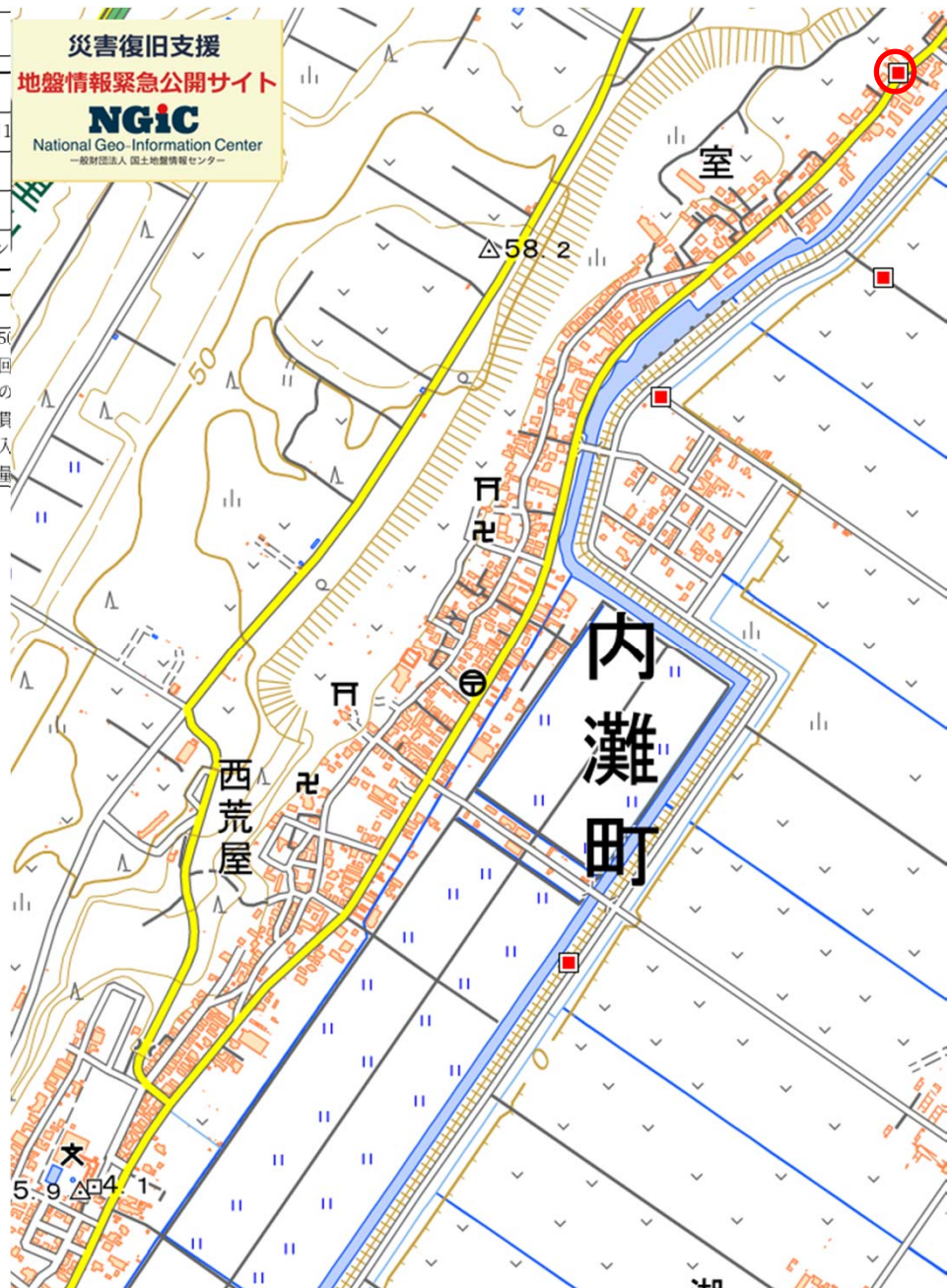
調査目的及び調査対象 その他 その他

| | | | |
|--------|------------------|-------|-----------------------------------|
| ボーリング名 | 22-I-1 | 調査位置 | 河北潟干拓地内 |
| 発注機関 | 農林水産省 河北潟干拓建設事務所 | 調査期間 | 昭和50年10月14日～昭和50年10月14日 |
| 調査業者名 | 不明 | 主任技師 | 不明 |
| 現場代理人 | 不明 | コア鑑定者 | 不明 |
| 電話(不明) | | 現場代理人 | 不明 |
| 角 | 180° | 方 | 北 0° 東 90° 南 180° 西 270° |
| 度 | 0° | 地盤勾配 | 不明 |
| 孔口標高 | T.P. 1.49 m | 試験機 | ロータリー式 |
| 総削孔長 | 37.50 m | エンジン | 不明 |
| | | ポン | |



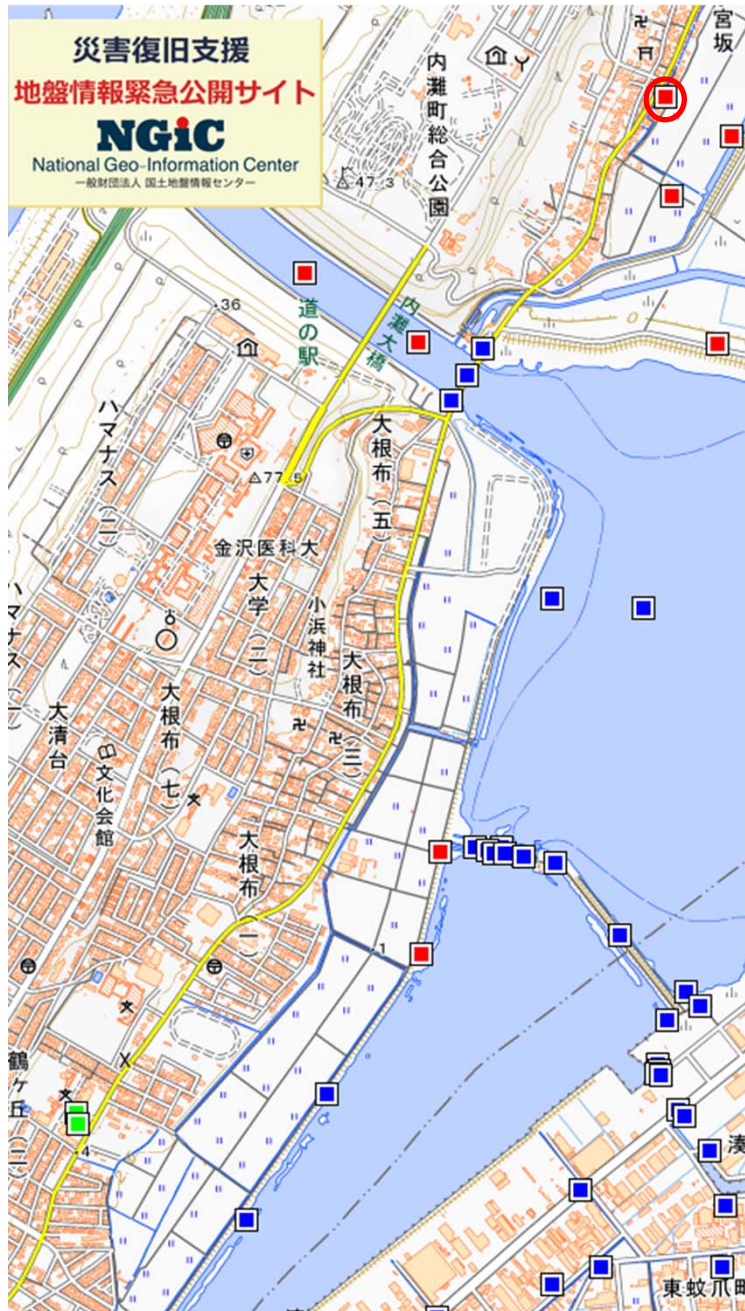
| 標尺 (m) | 標高 (m) | 深 (m) | 現場土質名 (模様) | 現場土質名 | 地盤材料の工学的分類 | 色相 | 対密 | 対稠 | 記 | 標準貫入試験 | | | | |
|--------|--------|-------|------------|-------|------------|----|----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|----------|---------|----|
| | | | | | | | | | | 深 (m) | 10cmの打撃回数 | 打撃ごとの貫入量 | 50回の貫入量 | |
| | | | | | | | | | 普通粒径ではほぼ均質な部分が多く微量シルト質分を含有する上部0.50mまで腐植を混入1.50~3.20mまで含水極めて多い2.30~3.20m間、黒灰色で若干のガス湧出、粒径やや大きく中砂も若干混入、有機物少数点在3.20~5.65m茶褐色又は淡茶褐色を呈し、シルト分微量含み均質5.65~6.15m黒灰色で粒径やや大中砂も混入 | 5 | 0.20 | 05 | 5 | 31 |
| | | | | | | | | | 含水多い、粘性大きくほぼ均質な部分が多いが若干シルト分の含有率が変化する最上部6.00m~7.00m間シルト、砂質シルトを微層で挟み色の变化あり8.00~9.00mシルト分少ない9.00~10.00m附近シルト分中位全般に絞り出しあり極めて微細1~2m/mの有機物片を少数点在11.00m附近、白色斑点φ1m/m前後のもの数個点在12.00m附近φ3m/ml=50m/m位のパイプ状管がみられる中下部もほぼ均質であるが、15.40m~15.50mで細砂の極めて薄層1~2m/m厚を数層挟み小ブロック状でも数個点在 | 27 | 5.20 | 27 | 27 | 30 |
| | | | | | | | | | 上下層境やや不明瞭、シルト質分少なく粘性極めて大きい、下部白灰色を呈す混入物はほとんどなし | 0 | 8.20 | 00 | 0 | 43 |
| | | | | | | | | | 18.00m附近水平に若干色調の変化がみられる18.00m以深暗灰色となる | 0 | 12.00 | 00 | 0 | 29 |
| | | | | | | | | | | 1 | 16.20 | 01 | 1 | 59 |
| | | | | | | | | | | | 16.79 | 59 | | 59 |

浅い地下水位
小さなN値の砂



ボーリングデータ

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

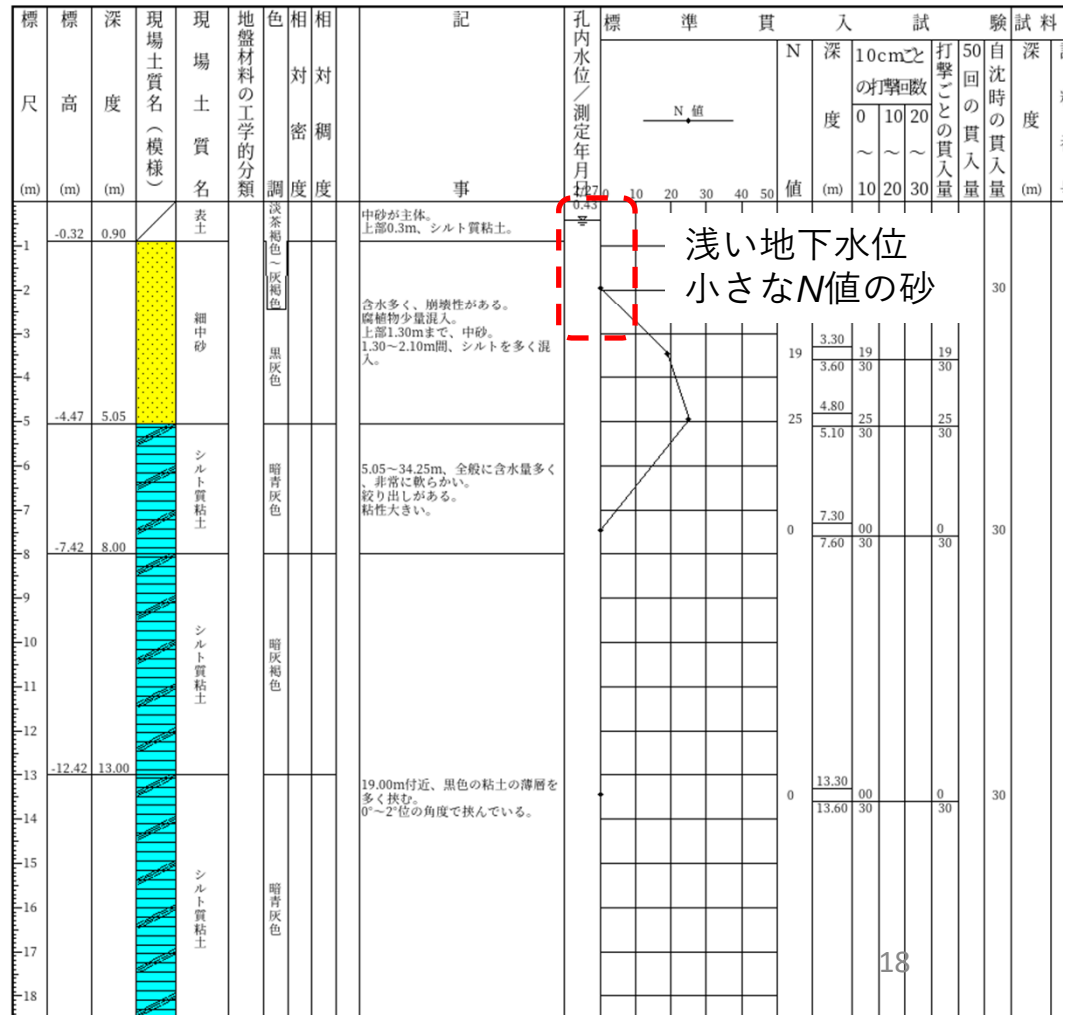


調査名 _____

事業名または工事名 西部承水路土質調査作業

調査目的及び調査対象 その他 その他

| | | | | | | | |
|--------|------------------|--------|------|------------|----------------------------|--------|-------|
| ボーリング名 | 23-I-8 | | 調査位置 | 河北郡内灘町宮坂地先 | | 北緯 | |
| 発注機関 | 農林水産省 河北潟干拓建設事務所 | | | 調査期間 | 昭和46年02月27日～昭和46年03月12日 東経 | | |
| 調査業者名 | 不明 | 電話(不明) | 主任技師 | 不明 | 現場代理人 | 不明 | コアダテ者 |
| 孔口標高 | T.P. 0.58 m | 角 | 方位 | 地盤勾配 | 使用機種 | ロータリー式 | |
| 総削孔長 | 58.45 m | 度 | 度 | 度 | エンジン | 不明 | ポンプ |

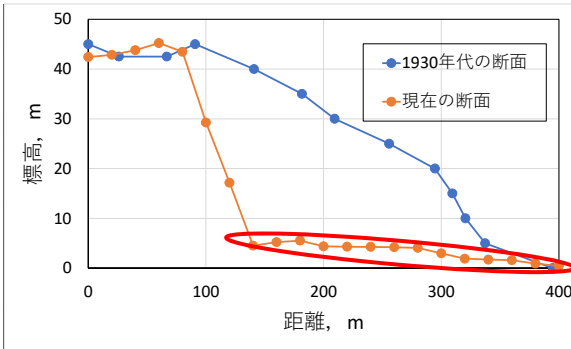


内灘町西荒屋

1月6日調査：東京電機大学 安田進先生，石川敬祐先生
 2月3日調査：安田進先生，長岡技術科学大学 豊田，高田

地理院地図 (電子国土Web) Q 例：劔岳 / 金沢市木ノ新保町 / 35度0分0秒 135度0分0秒 / 35.00 135.00 初期表示

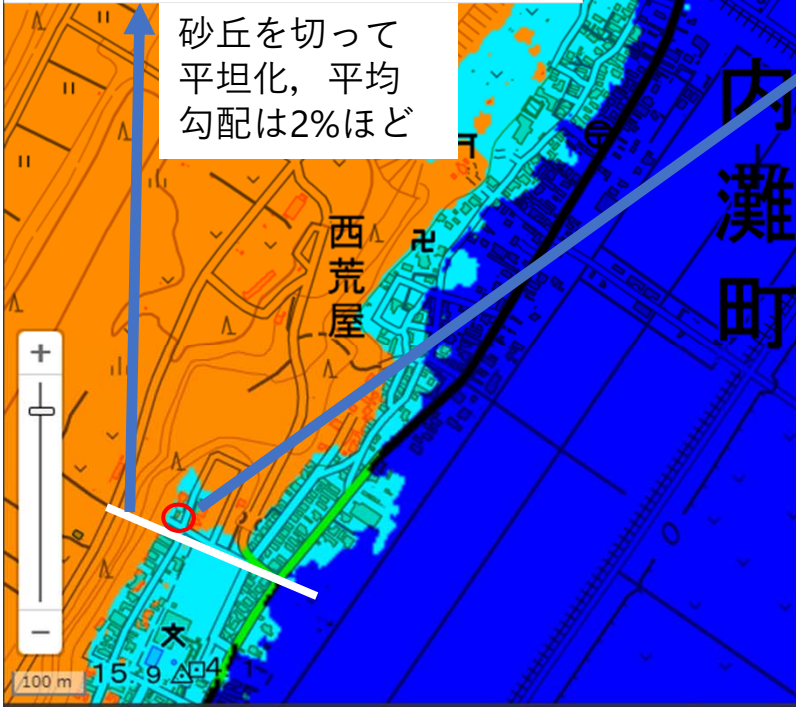
データ提供：東京電機大学 安田進先生



砂丘を切って平坦化，平均勾配は2%ほど



2月3日



自分で作る色別標高図

降順に並べる カラーパターン選択

| | | |
|-----------|---|---|
| - 2 | ■ | + |
| 2 - 5.5 | ■ | + |
| 5.5 - 500 | ■ | + |
| 500 - | ■ | |

(単位:m)

グラデーション 陰影(日本周辺)

上記の内容で地図に反映

- 東京電機大学 安田進先生
- 側方流動区域は，水色の標高2 m～5.5 m（正確には5.3 m付近）と考えられる
 - 標高2 m以下の地盤は（潟の粘土＋砂丘の砂）が堆積し液状化し難く，5.3 mあたりより高い地盤は地下水位が深く液状化しないか，液状化しても深いため流動や住宅被害を生じなかったのではなかろうか

内灘町西荒屋

2月3日調査：東京電機大学 安田進先生
長岡技術科学大学 豊田，高田

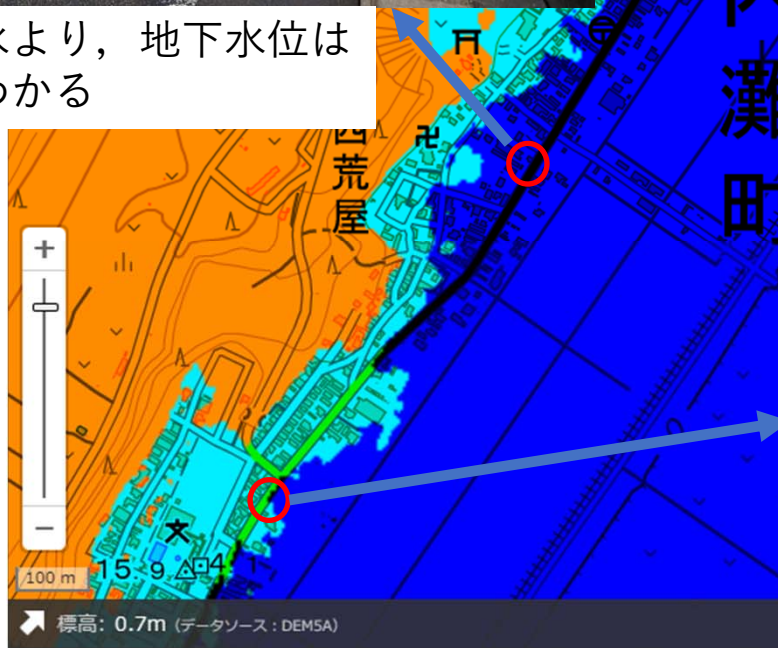


13 県道沿いの被害



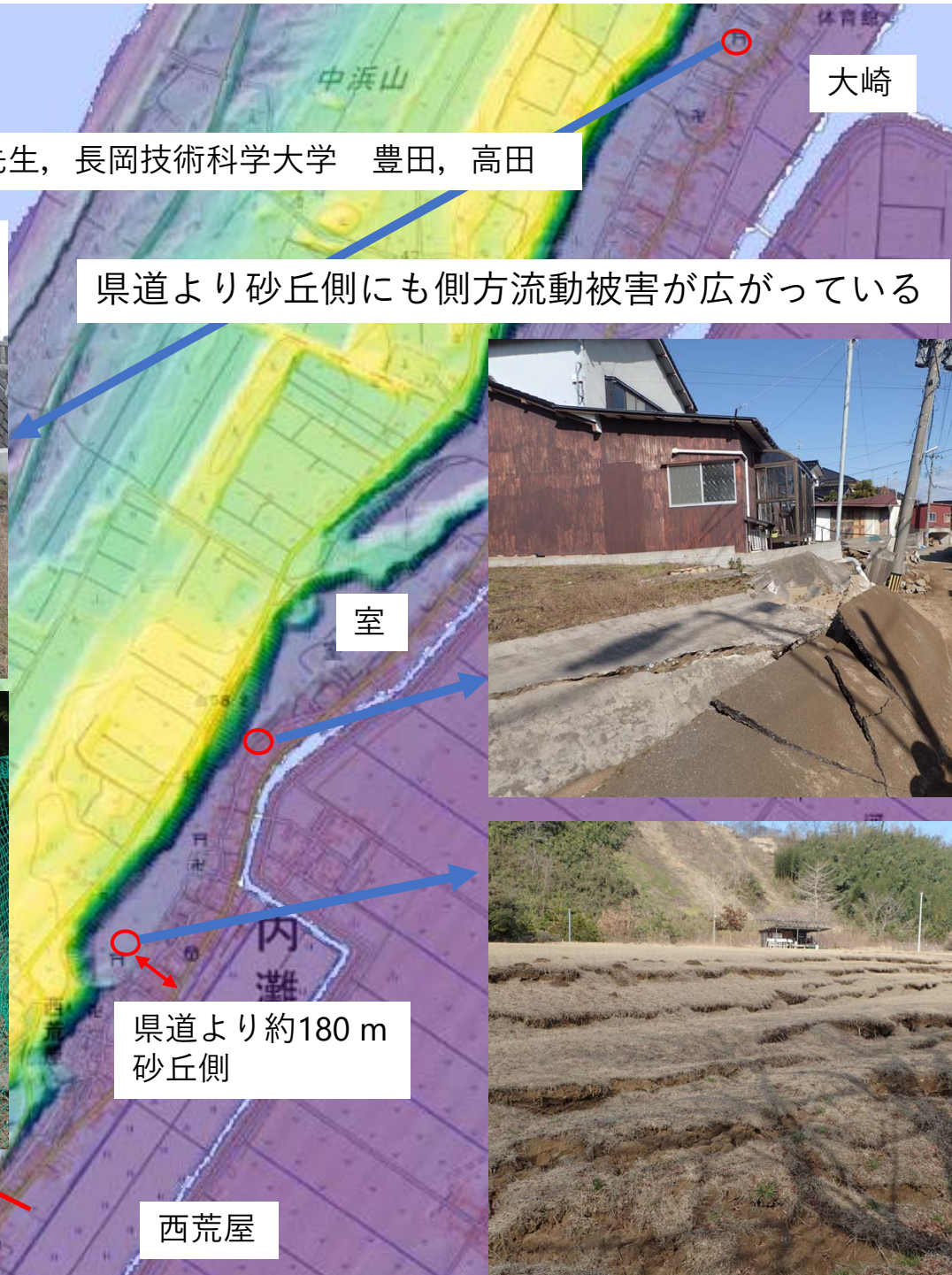
県道側に側方流動

湧き出した水より，地下水位は
高いことがわかる



陰影起伏図

2月3日調査：東京電機大学 安田進先生，長岡技術科学大学 豊田，高田



大崎

県道より砂丘側にも側方流動被害が広がっている

室

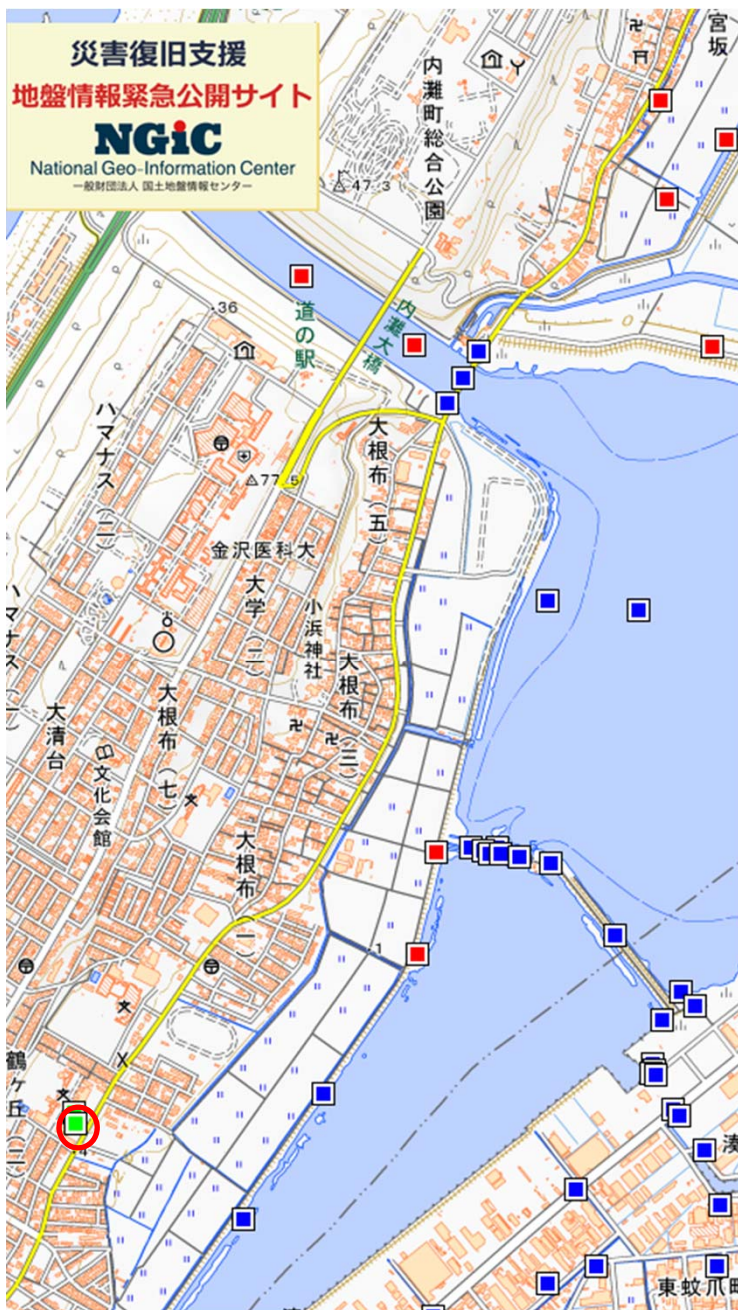
県道より約180 m
砂丘側

西荒屋



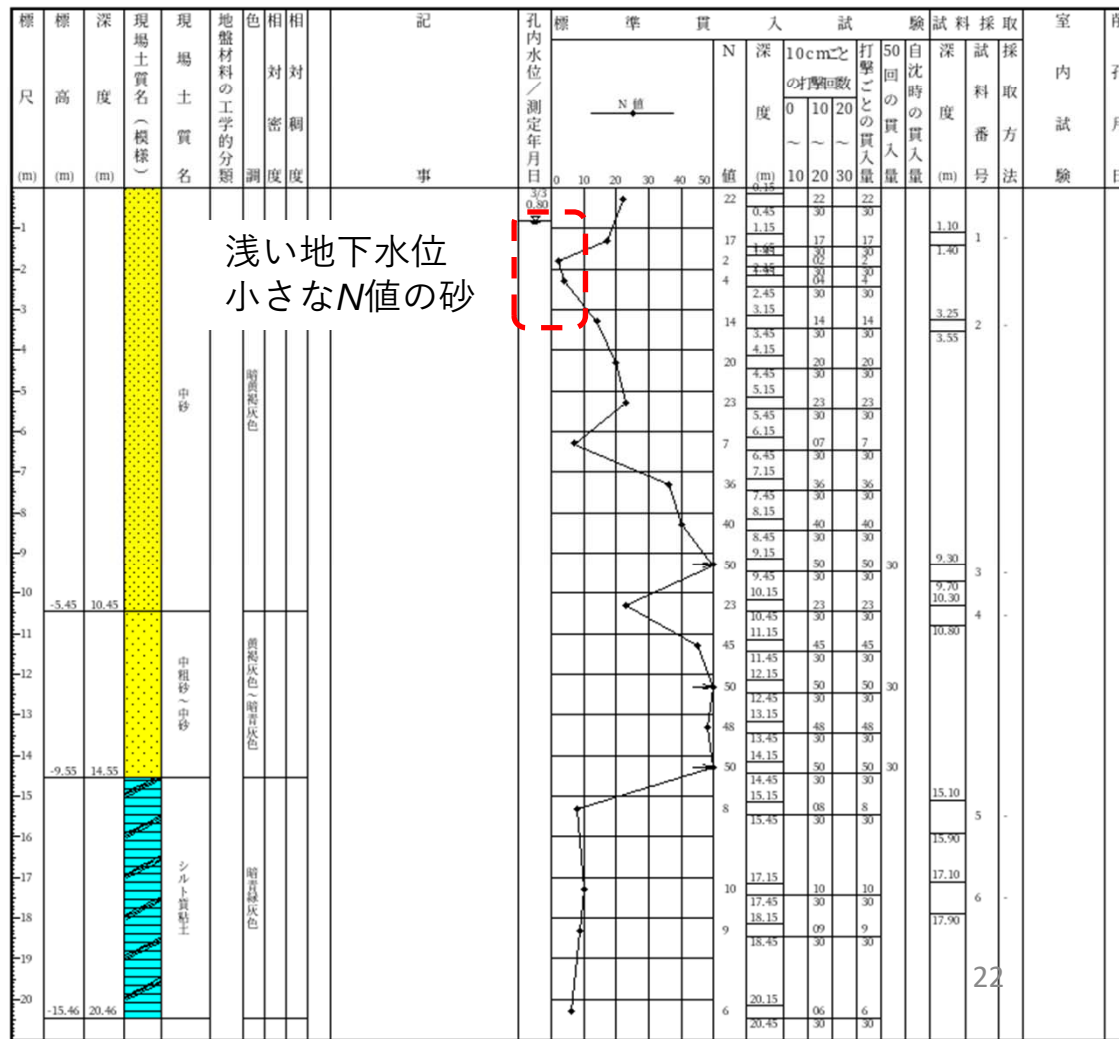
ボーリングデータ

土質ボーリング柱状図 (標準貫入試験)



調査名 _____
 事業名または工事名 内灘局新築敷地地盤調査工事
 調査目的及び調査対象 その他 その他

| | | | | | |
|--------|-----------------|--------|-------------------------|--------------------------|------------|
| ボーリング名 | 23-149 | 調査位置 | 河北郡内灘町字向栗崎30番84 | 北緯 | 36°38'34" |
| 発注機関 | 電々公社 北陸電気通信局建築部 | 調査期間 | 昭和44年03月03日～昭和44年03月10日 | 東経 | 136°38'34" |
| 調査業者名 | 不明 | 電話(不明) | 主任技師 | 不明 | 現場代理人 |
| コ | ア | 不明 | 不明 | 不明 | 不明 |
| ボーリング | 不明 | 不明 | 不明 | 不明 | 不明 |
| 孔口標高 | T.P. 5.00 m | 角 | 方位 | 北 0° 東 90° 西 270° 南 180° | 地盤勾配 |
| 総削孔長 | 20.46 m | 度 | 度 | 度 | 度 |
| 試験機 | ロータリー式 | エンジン | 不明 | ポンプ | 不明 |



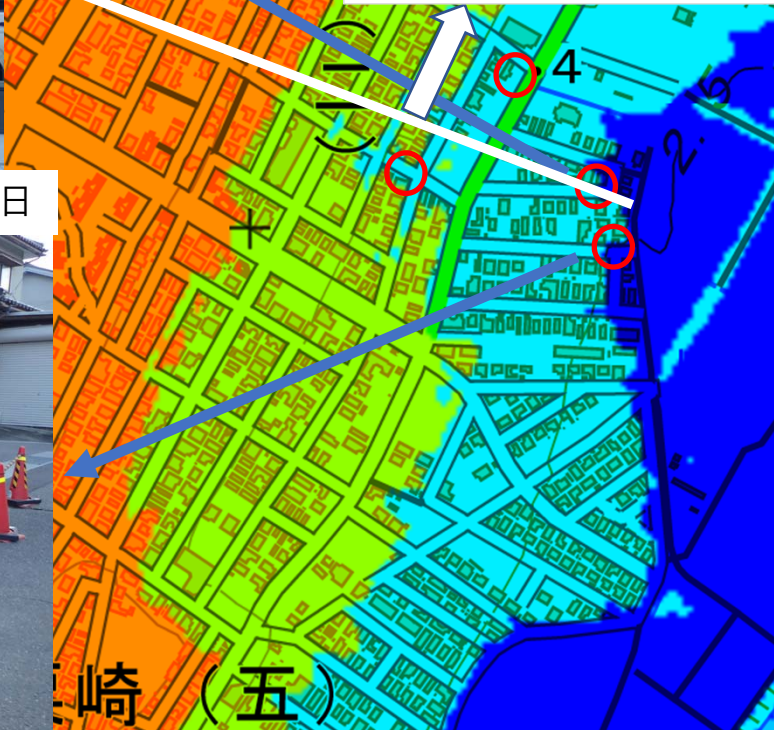
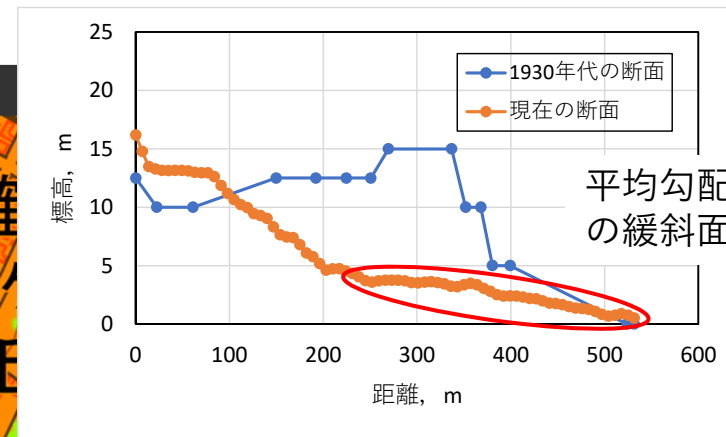
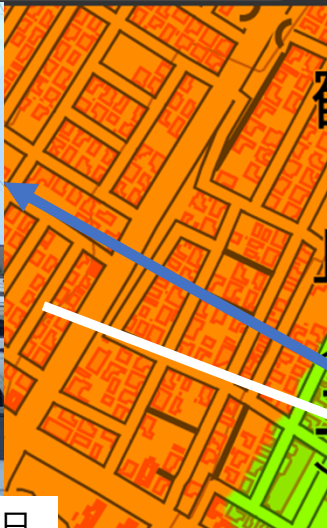
内灘町鶴ヶ丘

場所による被害の大小あり

1月6日調査：東京電機大学 安田進先生，石川敬祐先生

2月3日調査：安田進先生，長岡技術科学大学 豊田，高田

地理院地図 (電子国土Web) 例： 鶴ヶ丘 / 金沢市木ノ新保町 / 35度0分0秒 135度0分0秒 / 35.00 135.00 / 54SUE83694920



自分で作る色別標高図

降順に並べる カラーパターン選択

| | | | |
|-----|-------|---|---|
| - | 1 | 青 | + |
| 1 | - 3.5 | 黄 | + |
| 3.5 | - 5.5 | 緑 | + |
| 5.5 | - 500 | 赤 | + |
| 500 | - | 黒 | |

(単位:m)

グラデーション 陰影(日本周辺)

上記の内容で地図に反映

標高: 5.2m (データソース: DEM5A)

東京電機大学 安田進先生

➤ 標高1 m~3.5 mあたりが液状化，5.5 mあたりまで側方流動

内灘町鶴ヶ丘

場所による被害の大小あり

1月6日調査：東京電機大学 安田進先生，石川敬祐先生

2月3日調査：安田進先生，長岡技術科学大学 豊田，高田



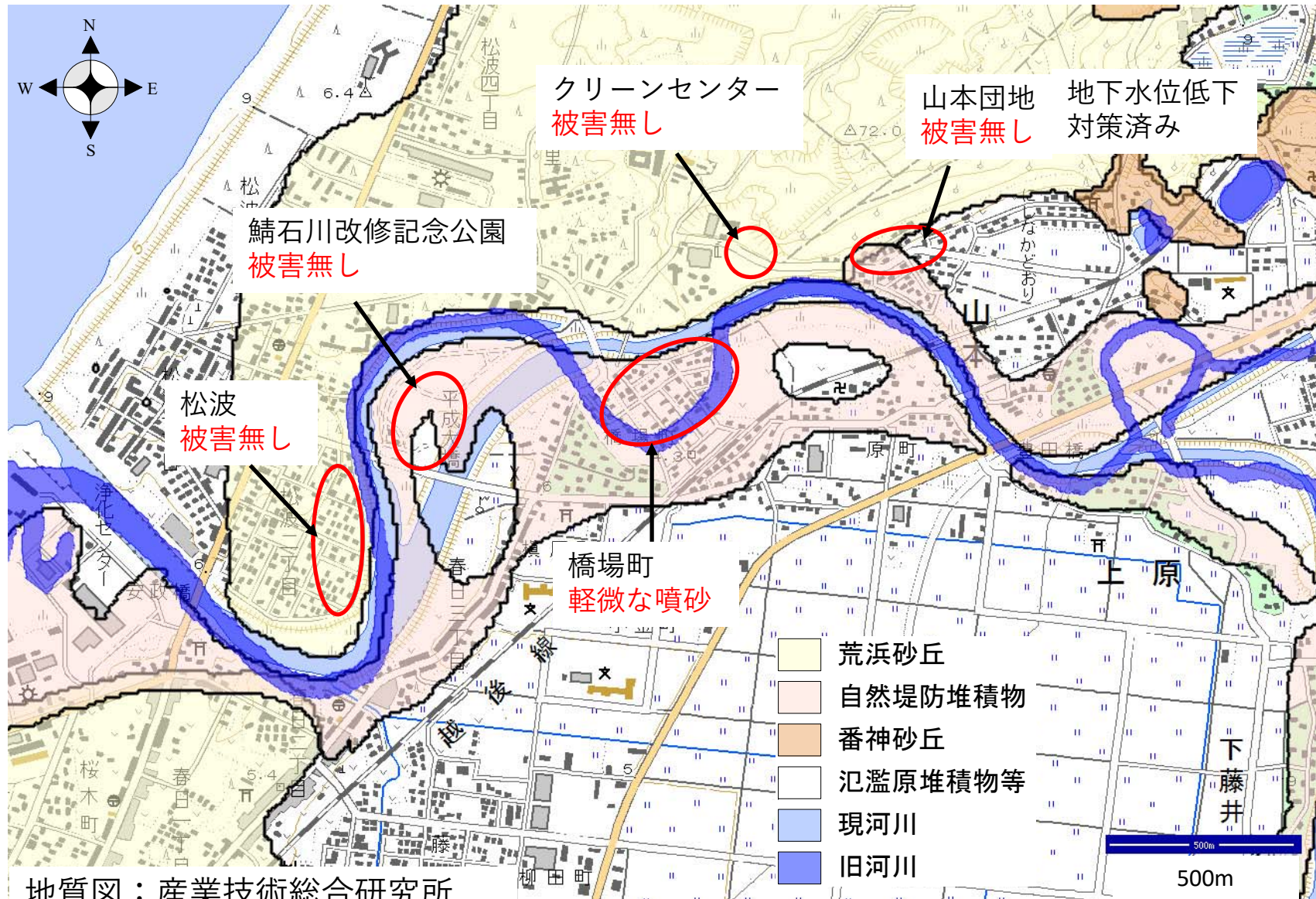
東京電機大学 安田進先生

➤ 標高1 m~3.5 mあたりが液状化， 5.5 mあたりまで側方流動

再液状化について

- 旧河道や砂丘堆積物で発生
- 新潟市西区，中央区は説明済み

柏崎市鯖石川周辺

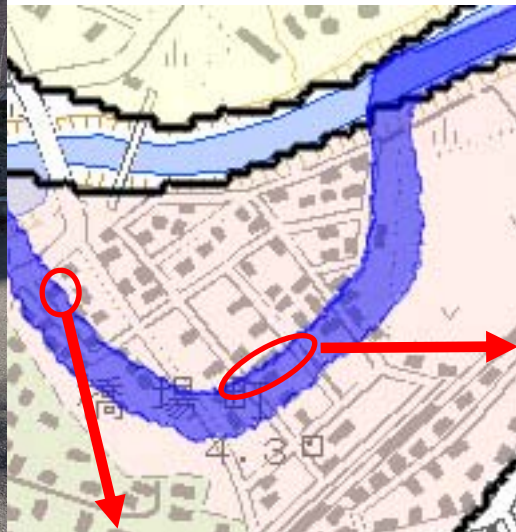


地質図：産業技術総合研究所

地図：国土地理院HP

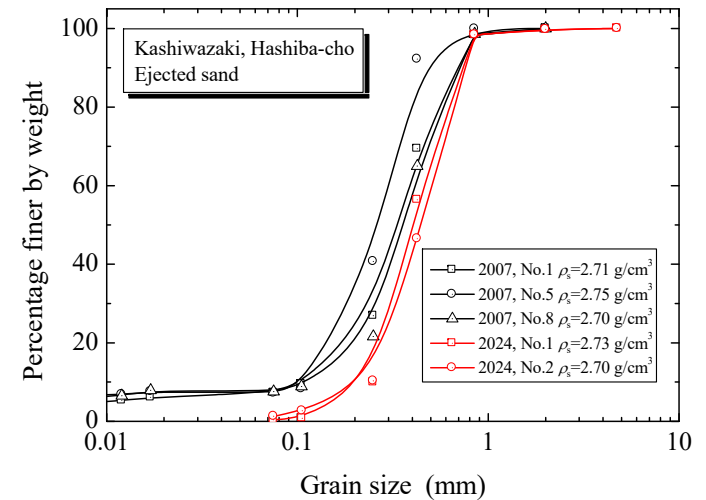
柏崎市橋場町

調査：1月5日



砂は取り除かれていたが、
大量の水が地盤から出てきたとの証言

この箇所は、2004年中越地震、
2007中越沖地震でも液状化



今回の噴砂に、細粒分はほとんど無し。
液状化規模が小さく地表面付近のみ液状化か？

珠洲市

1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書（土質工学会）によると、野々江町，鵜飼漁港，**正院町**に液状化の報告あり



調査：2月2日

再液状化



2007年能登半島地震でも、噴砂（1箇所）報告あり

珠洲市

1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書（土質工学会）
によると、野々江町、鵜飼漁港、正院町に液状化の報告あり

調査：2月2日

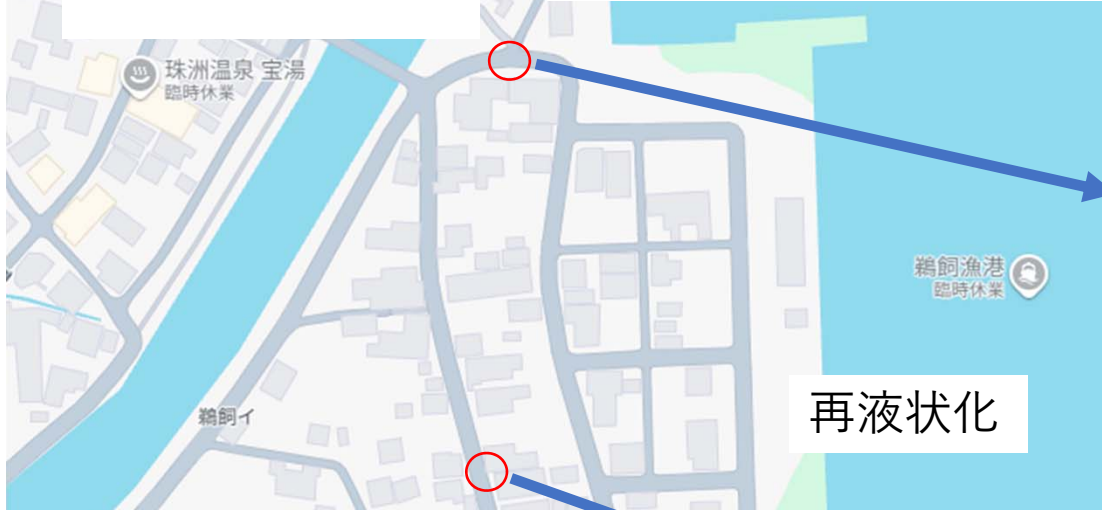


再液状化



珠洲市

1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書（土質工学会）によると，野々江町，**鶺鴒漁港**，正院町に液状化の報告あり



2月5日撮影
金沢大学 小林俊一先生 提供



2月13日撮影
石川高専 新保泰輝先生 提供



砂丘堆積物での被害

- ▶ ゆるく地下水位が高い場合に発生

佐渡市



道の駅あいぽーと
1月11日撮影
不動テトラ 田口雄一様 提供

糸魚川市



氷見市

調査：2月2日

北は間島の手前まで、西は氷見バイパスの手前までの広い範囲で液状化痕跡（車での踏査）



特にひどい液状化住宅被害



その他

- 平野堆積物，埋土など

高岡市

調査：2月3日
東京電機大学 安田進先生
長岡技術科学大学 豊田，高田

/ 35.00 135.00 / 54SUE83694920



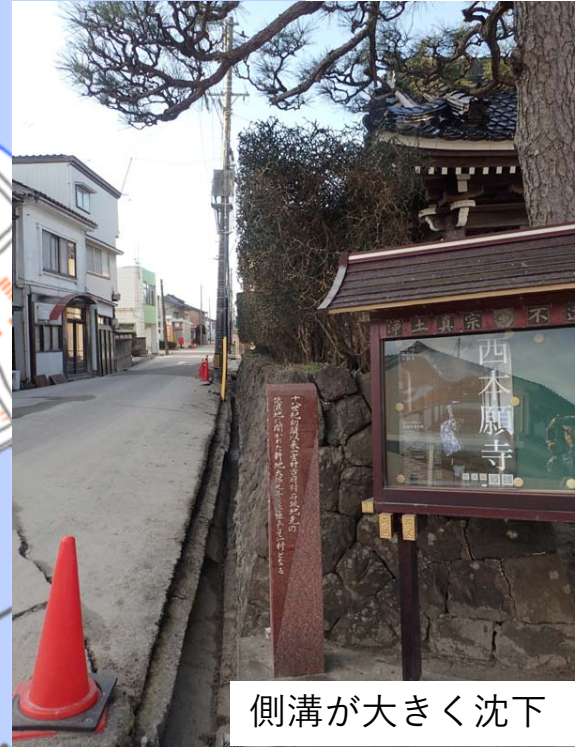
噴砂



道路沿いに液状化が発生したと思われる箇所
液状化していないと思われる箇所



家屋の傾き



側溝が大きく沈下

七尾市

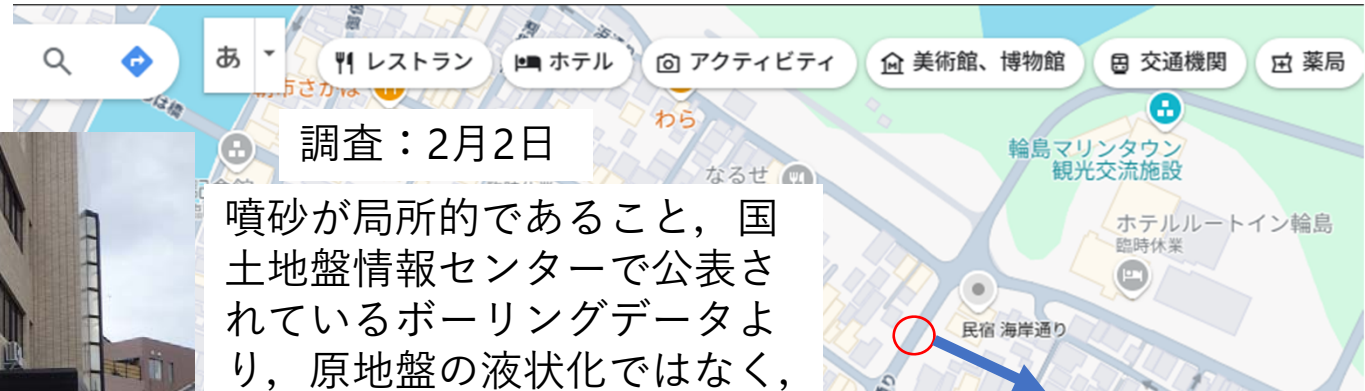


レストラン ホテル アクティビティ 美術館

調査：2月2日



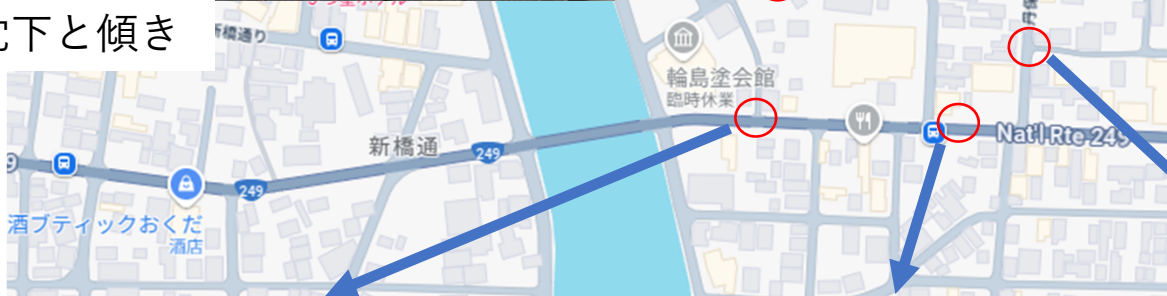
輪島市



噴砂が局所的であること，国土地盤情報センターで公表されているボーリングデータより，原地盤の液状化ではなく，埋土等の液状化か？



沈下と傾き



噴砂



噴砂

噴砂



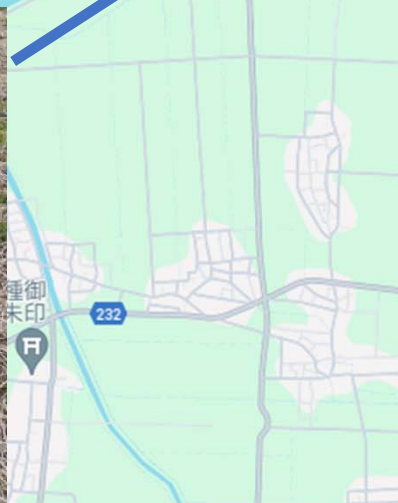
マンホール 浮き上がり

瀉での被害

- 軟弱地盤で地下水位が高いため砂があると液状化して被害を拡大させる可能性



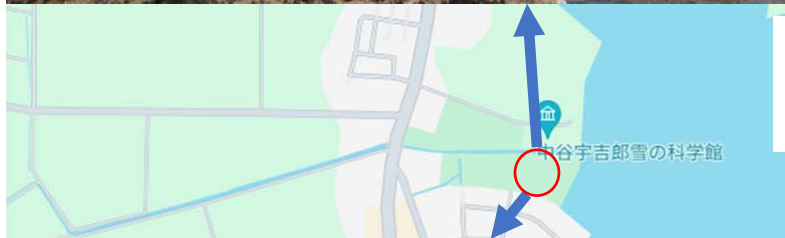
羽咋市（邑知瀧）はくいしおうちがた



河北郡 (河北潟)



加賀市（柴山瀉）



調査：2月15日
金沢工大 高原利幸先生
石川高専 新保泰輝先生（写真提供）



あわら市, 坂井市

NPO福井地域地盤防災研究所
荒井克彦先生 提供

全体の被災状況



写真提供：福井大学 小嶋啓介先生

福井市
非木造建築損傷

対策工法の効果

- 信濃川やすらぎ堤（新潟市）
- 山本団地は説明済み

新潟市 1964年新潟地震時の側方流動



2005年と2022年に液状化痕跡調査実施
(次スライド)



東畑郁生，他：液状化災害発生直後の新潟市街地航空写真集，地盤工学会，1999.



図-6 新潟市の地盤永久変位測定結果および新潟

濱田政則，他：液状化による地盤の永久変位の測定と考察，土木学会論文集，第376号，1986.

新潟地震の液状化痕

東北大学 風間基樹先生との共同研究

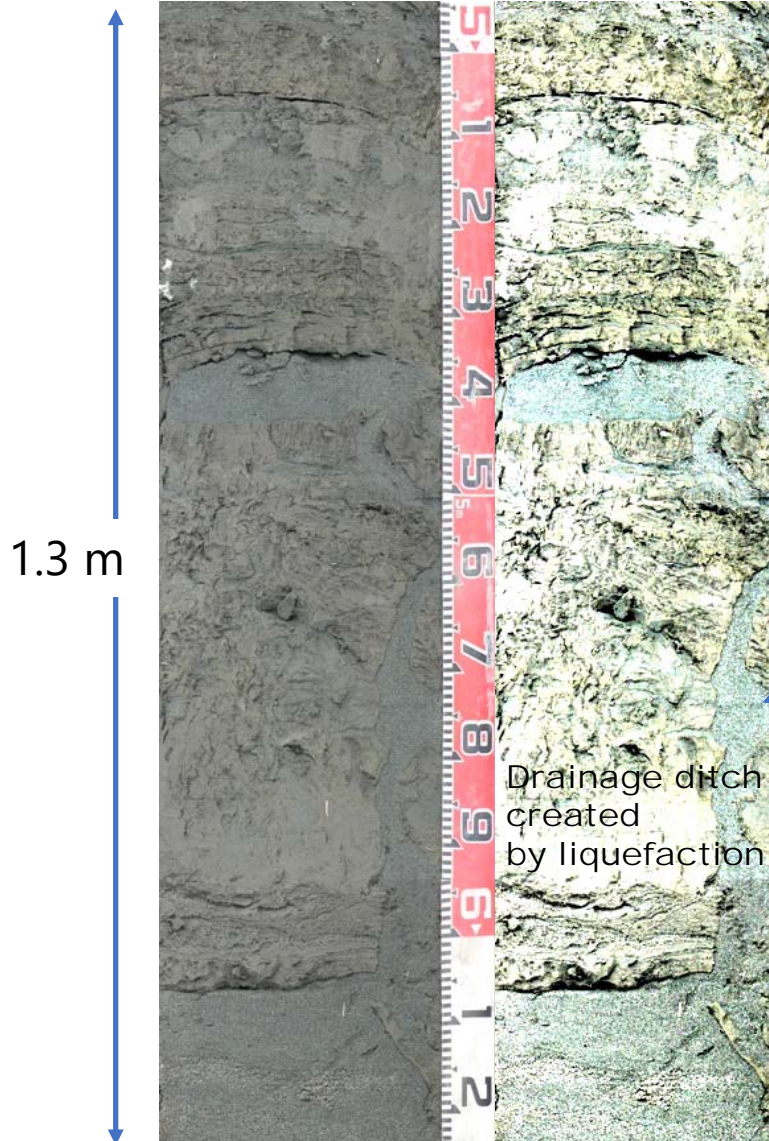
GS サンプルング G.L. -5.0 to -7.0 m

Geoslicer

GS-2 (GL -5.0 to -6.3 m)

Original image

Adjusted color tone



1.3 m

年代測定：
1717～1949年

- Clay, Silt
- Sand



150 mm

傾いた層

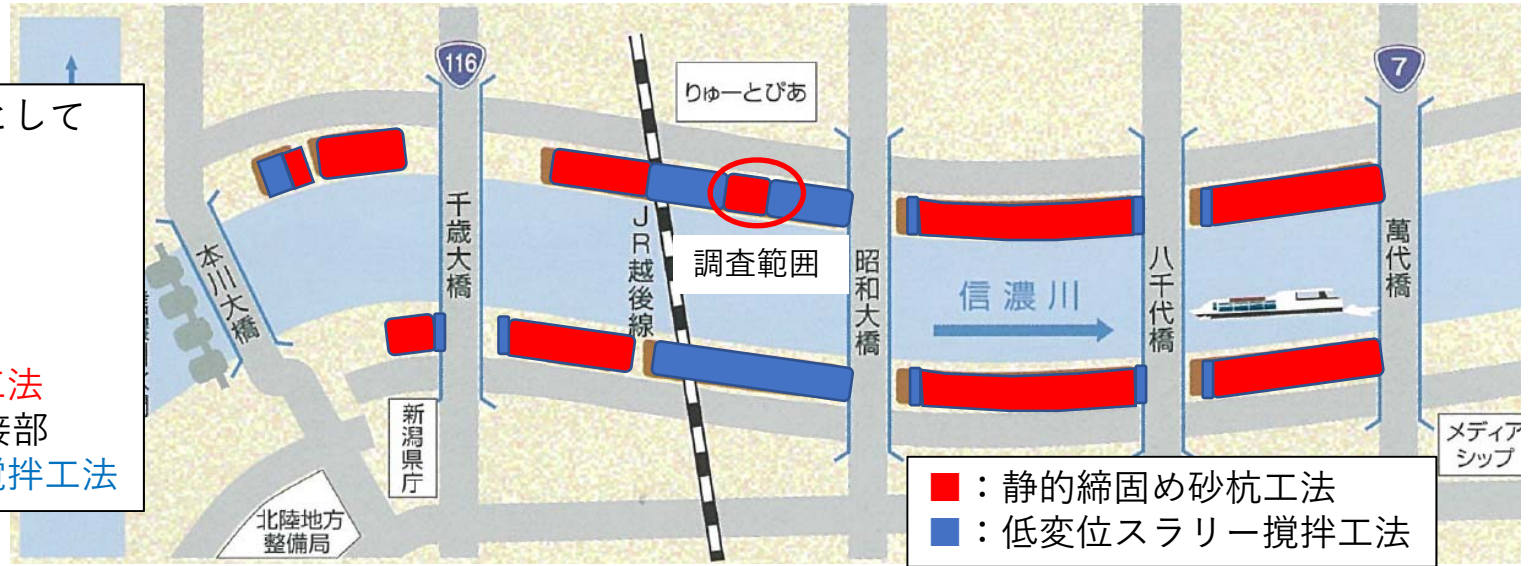
液状化による砂脈



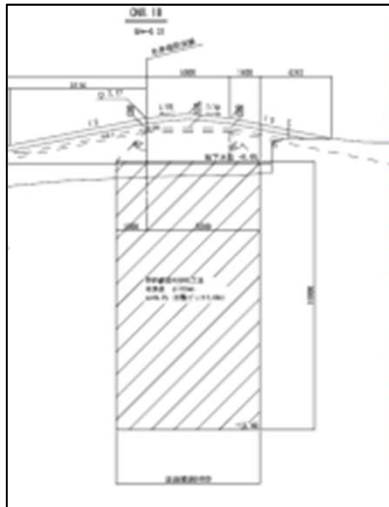
新潟地震では現在の5
m以深の層が液状化。
今回の地震では？

やすらぎ堤耐震対策

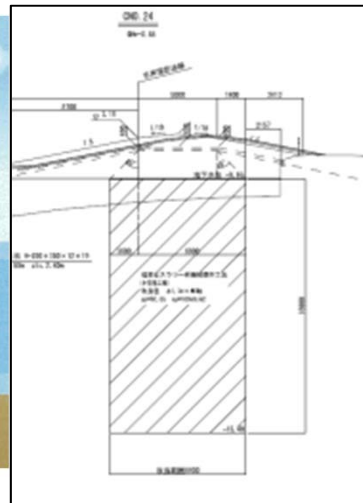
- 堤防の液状化対策として
 - ・幅8~9m程度
 - ・深さ9~20m程度の範囲を改良
- 基本的な対策工法
 - 静的締固め砂杭工法
 - 既設構造物等の近接部
 - 低変位スラリー攪拌工法



【静的締固め砂杭工法】



【低変位スラリー攪拌工法】



河川敷に関しては、矢板（10~13 m）をタイロッドで止める 資料提供：信濃川下流河州事務所

まとめ

- 広範囲で液状化（福井県から新潟県）：日本海側で強い震動＋長い震動時間
- 液状化箇所：砂丘陸側縁辺部，旧河道，平野堆積物，埋土，潟
- 再液状化：1964年新潟地震，1993年能登半島沖地震，2004年中越地震，2007年新潟県中越沖地震など
- 側方流動：砂丘陸側縁辺部，緩やかな傾斜地盤

今後

- 液状化地盤の変位（沈下と移動）計測
- 「地下水位，液状化層の位置，厚さ」と「被害程度」の関係
- 液状化対策の効果