



2024年7月24日
令和6年能登半島地震特別セッション
～地盤災害の全容と教訓～
会場：旭川市民文化会館 大ホール

2024年能登半島地震 液状化・側方流動

「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。

「液状化・側方流動」部門団員 (順不同)

主査	豊田 浩史	長岡技術科学大学大学院
	保坂 吉則	新潟大学
幹事	金澤 伸一	新潟大学
	福元 豊	長岡技術科学大学大学院
	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	株式会社 興和
	高橋 浩之	株式会社 興和
	岡田 広大	株式会社 興和
	鶴巻 駿介	株式会社 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	株式会社キタック
	吉田 潤	株式会社キタック
	田口 雄一	株式会社不動テトラ
	八木 真一	オムニ技研 株式会社

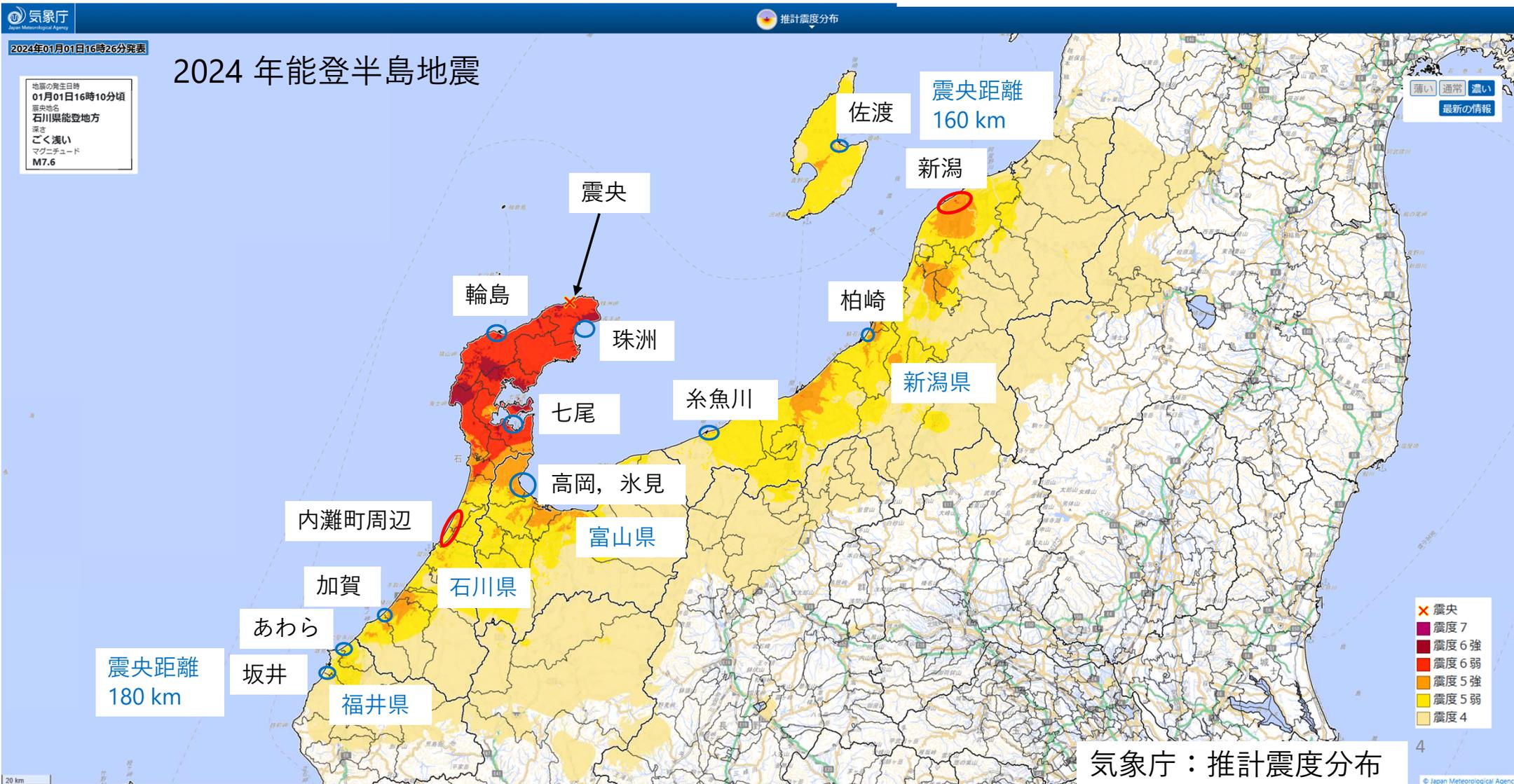
	長谷川 史貴	オムニ技研 株式会社
	規矩 大義	関東学院大学
	石川 敬祐	東京電機大学
アドバイザー	風間 基樹	東北大学
	加村 晃良	東北大学
	荒井 克彦	NPO福井地域地盤防災研究所
	小嶋 啓介	福井大学
	松山 雄紀	(株) 土木管理総合試験所
	中村 公一	鳥取大学
全体アドバイザー	安田 進	東京電機大学
	今西 将文	株式会社ウエスコ
	白根 明穂	株式会社ウエスコ

内容

- 主な液状化範囲（新潟県－福井県）
- 新潟市の液状化被害（西区：寺尾，善久）
- 内灘町周辺の液状化被害（側方流動）
- 今後の分析等
- まとめ

液状化被害エリア

比較的被害エリアの大きいもののみ掲載



新潟市の液状化被害

- 砂丘縁辺部（西区：寺尾周辺）
- 旧河道（西区：善久，鳥原）

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)

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(空間データ基礎)、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土地分類基本図(地部分類図)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更されており、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更されています。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。

新潟市

1964年新潟地震時の側方流動



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.



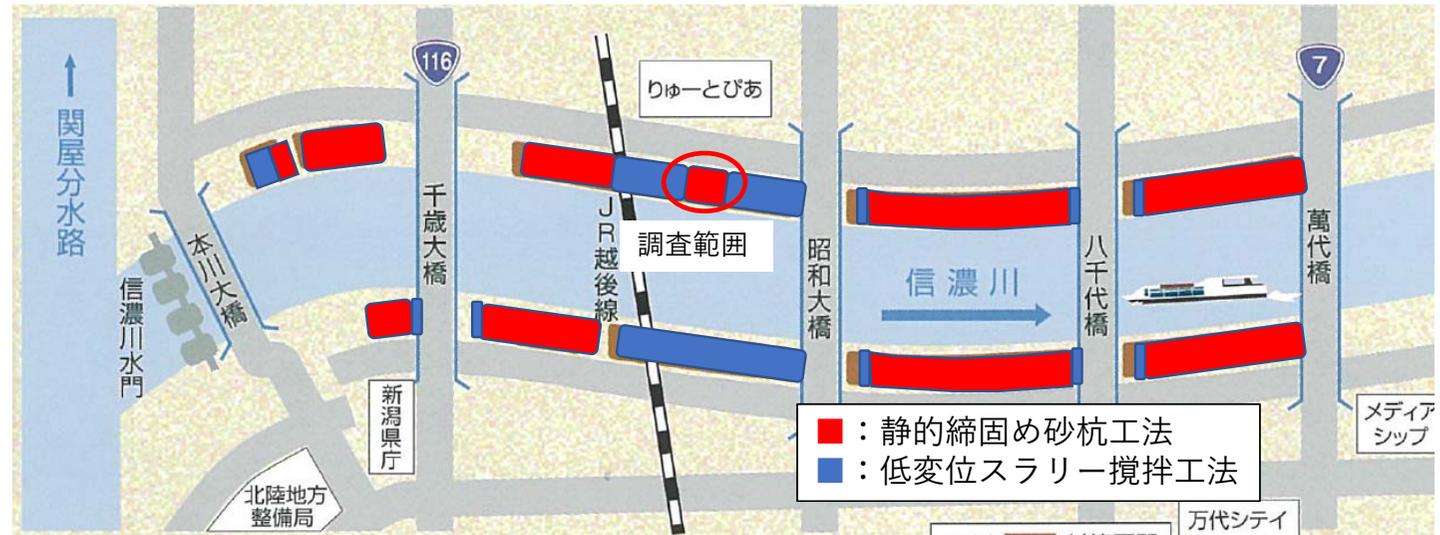
ここでは、液状化した地盤の流動を「側方流動」と称する。

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.

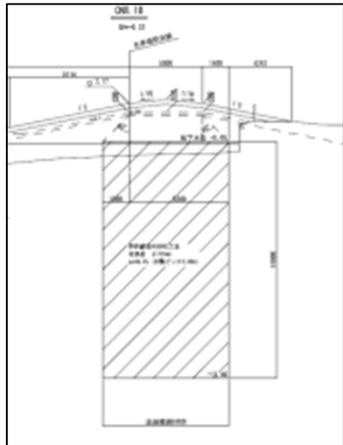
図-6 新潟市の地盤永久変位測定結果および新潟大学の調査⁷⁾による地盤変位の分布

やすらぎ堤耐震対策

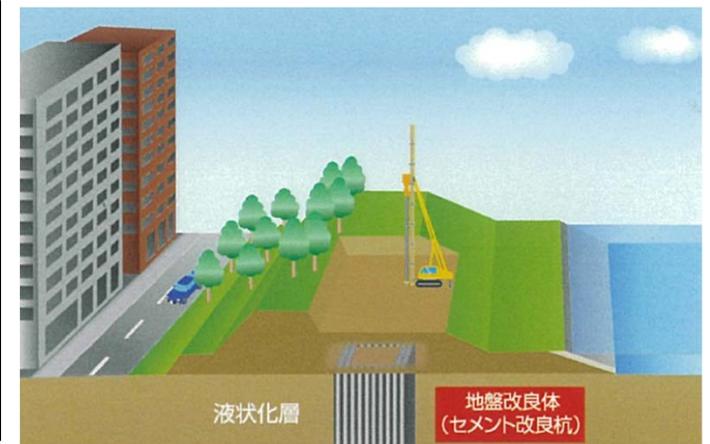
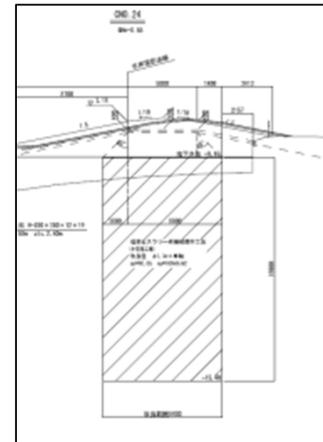
- 堤防の液状化対策として
 - ・幅8~9m程度
 - ・深さ9~20m程度の範囲を改良
- 基本的な対策工法
 - 静的締固め砂杭工法
 - 既設構造物等の近接部
 - 低変位スラリー攪拌工法



【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

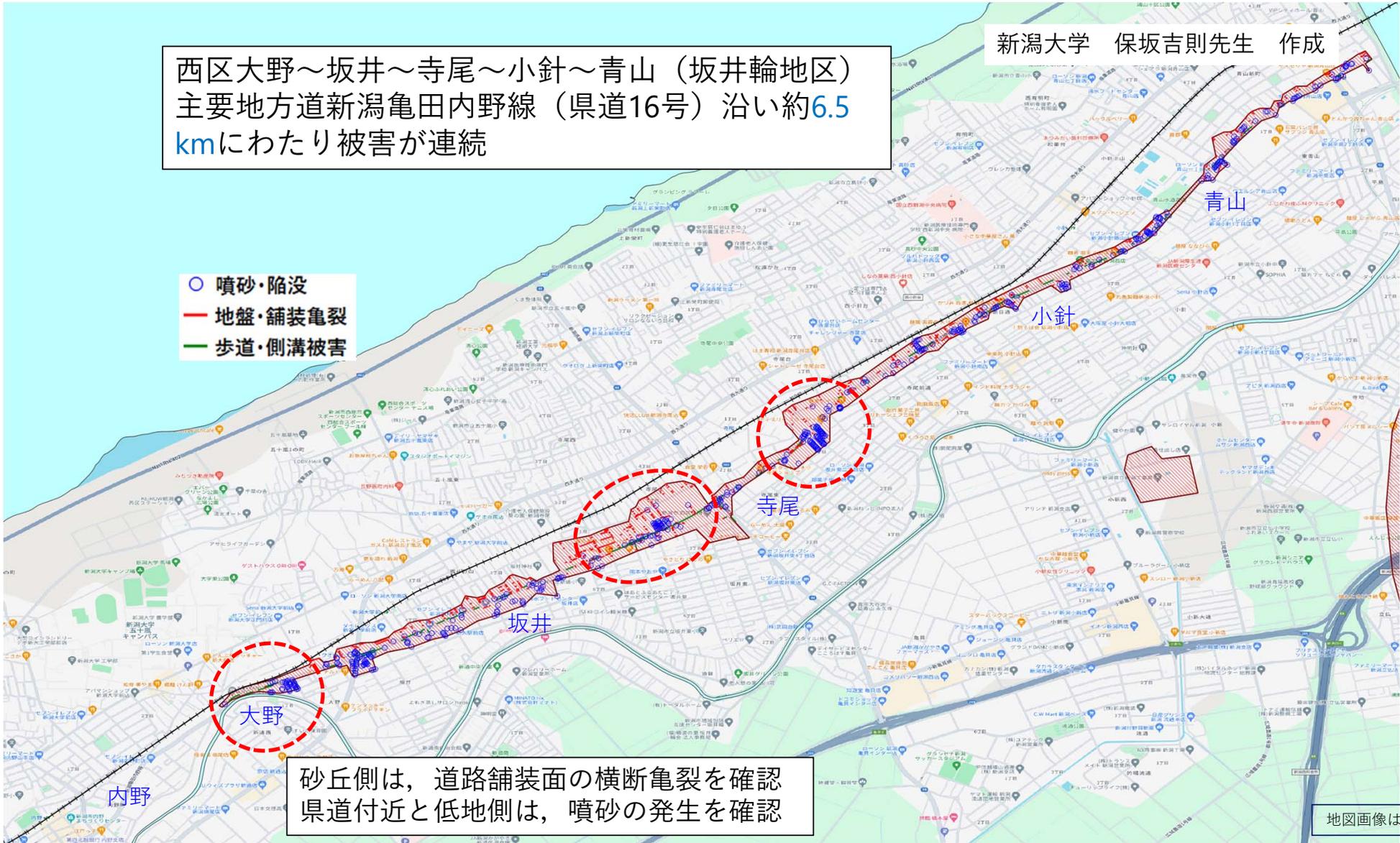
資料提供：信濃川下流河川事務所⁹

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

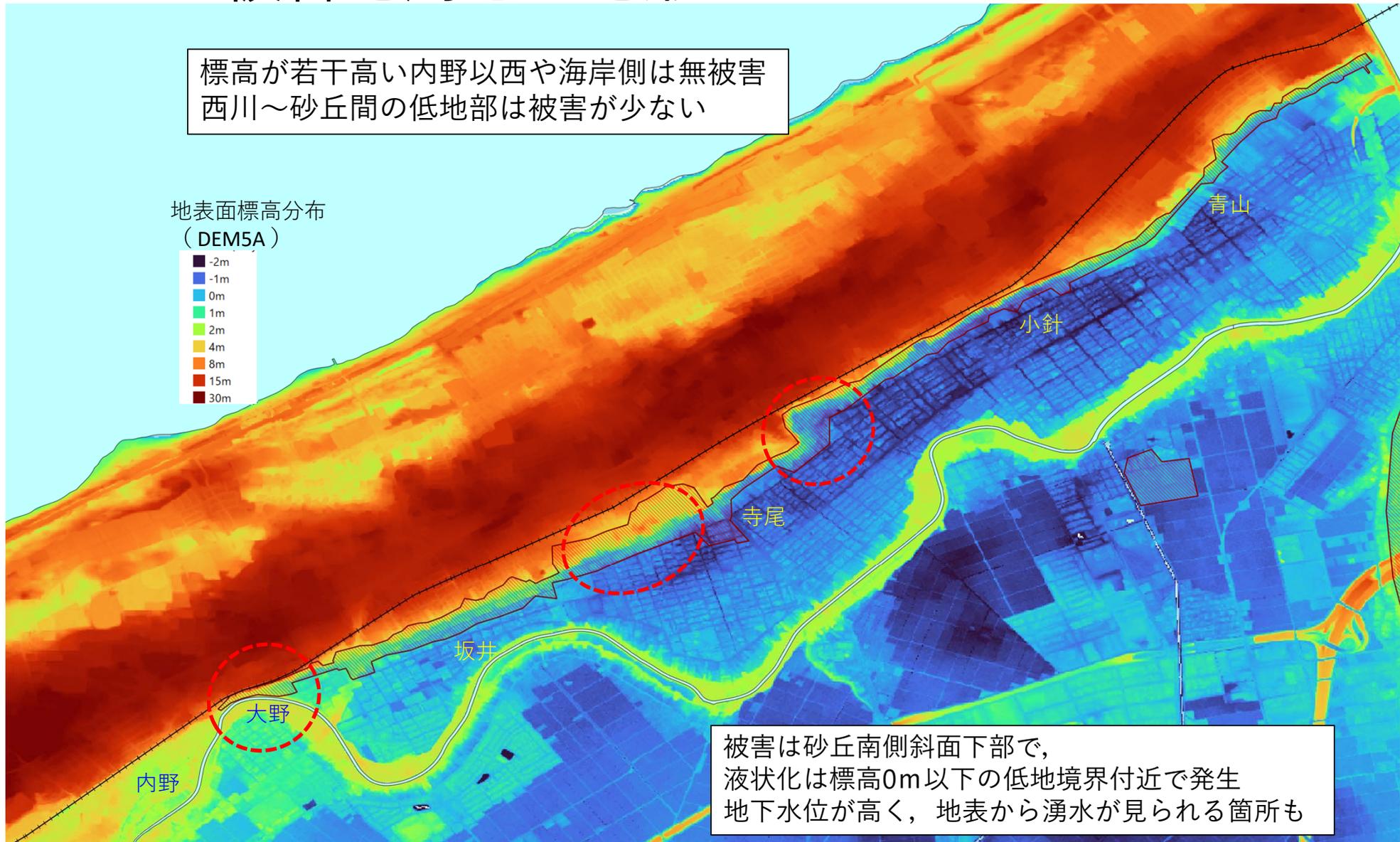
地図画像はGoogle Mapを利用

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)

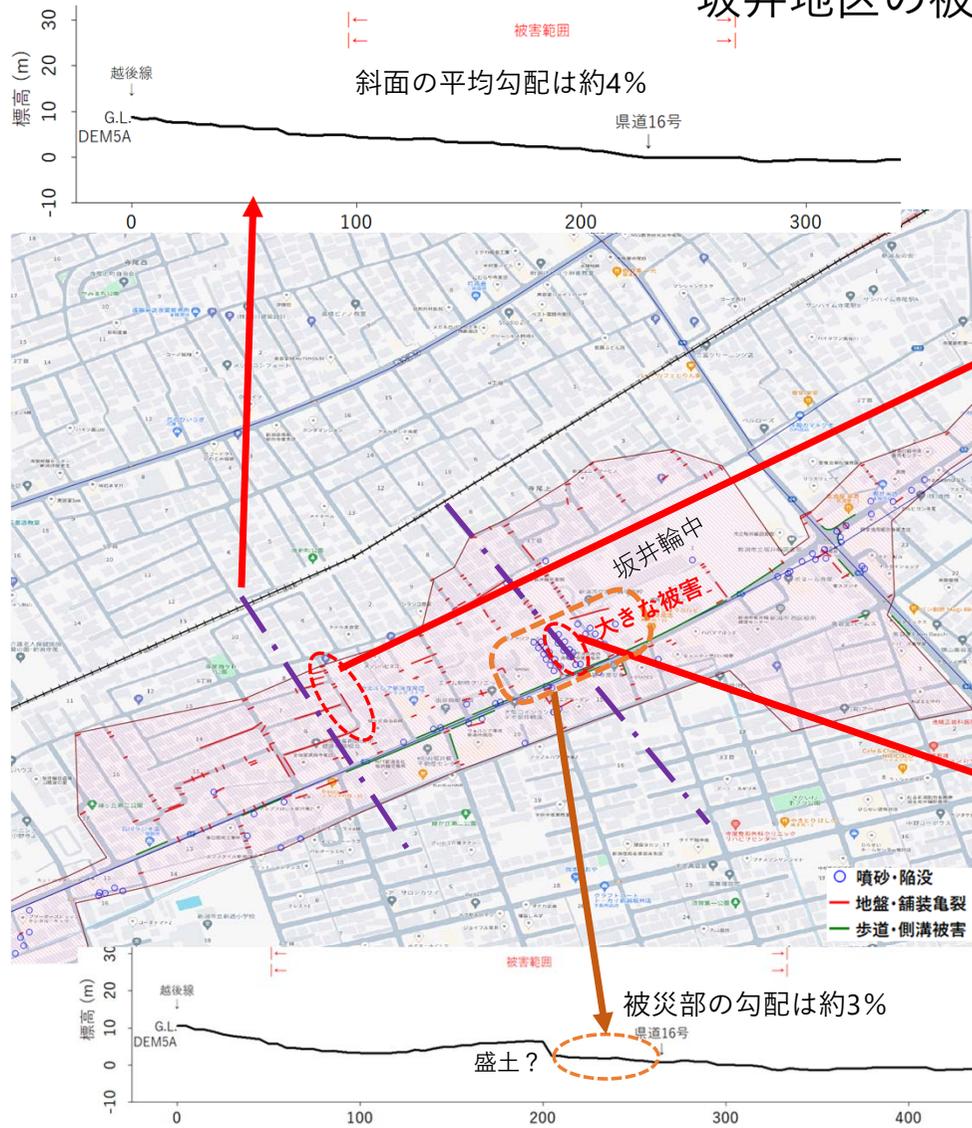


被害は砂丘南側斜面下部で、
液状化は標高0m以下の低地境界付近で発生
地下水位が高く、地表から湧水が見られる箇所も

砂丘縁辺部の地形条件と被害パターン①

新潟大学 保坂吉則先生 作成

坂井地区の被害



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



寺尾地区の被害

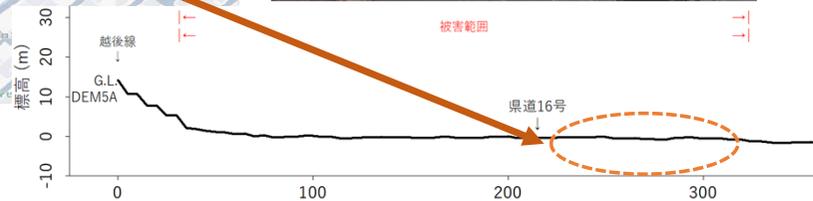


低地側が側方流動
沈下量も大きい

県道の変位は小さい

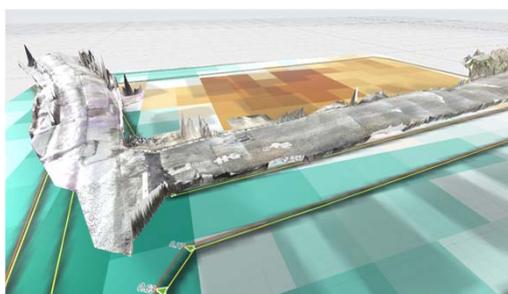
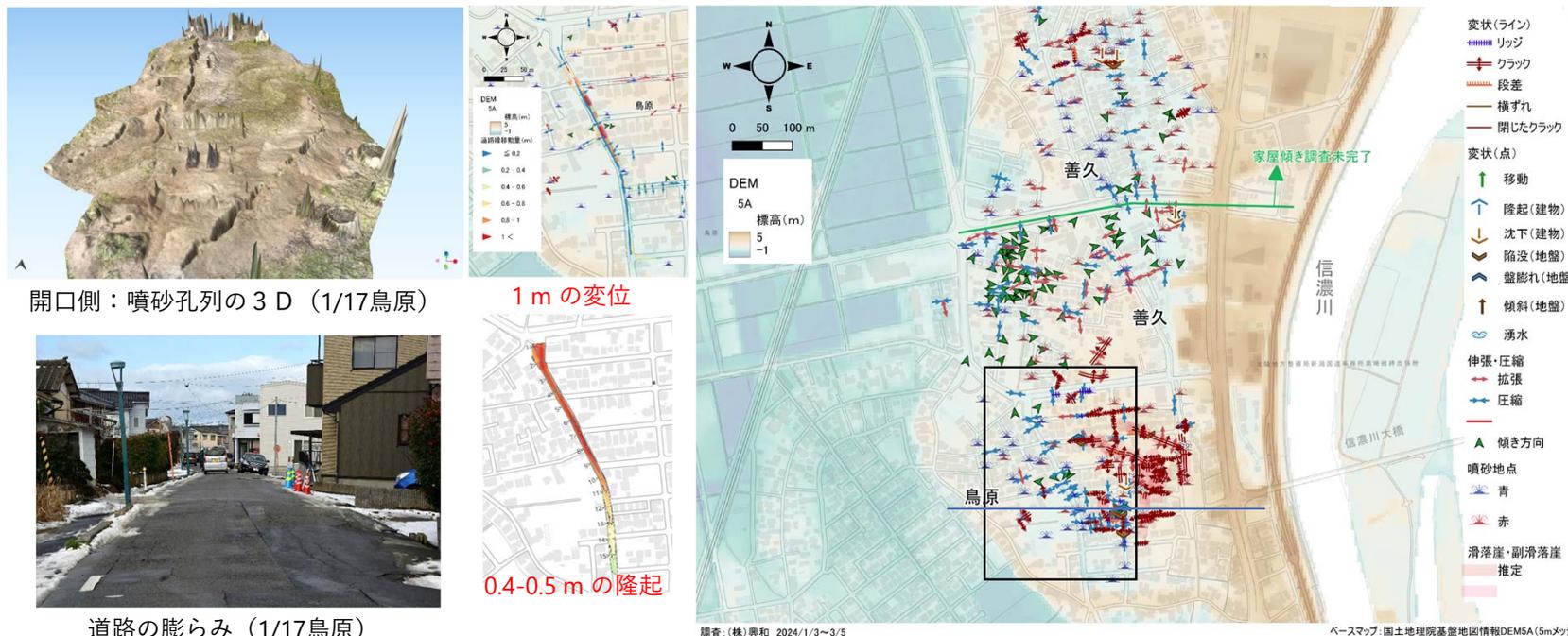
県道脇の宅地は
盛土の可能性

寺尾駅東南側の被害



新潟市西区鳥原・善久（旧河道）の液状化

(株) 興和 作成



圧縮側：道路変形の3D (1/17鳥原)



噴砂 (1/3善久)



家屋の傾動・沈下 (1/3善久)

新潟市西区鳥原（旧河道）の液状化

(株) 興和 作成

約1/200の緩斜面で流動発生



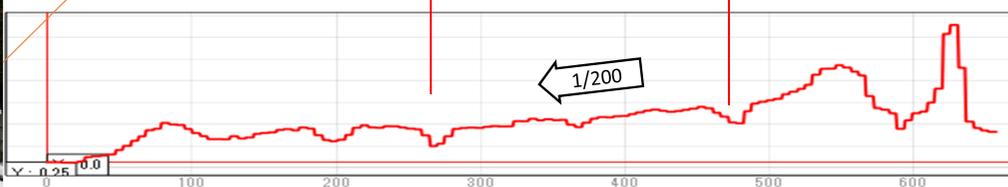
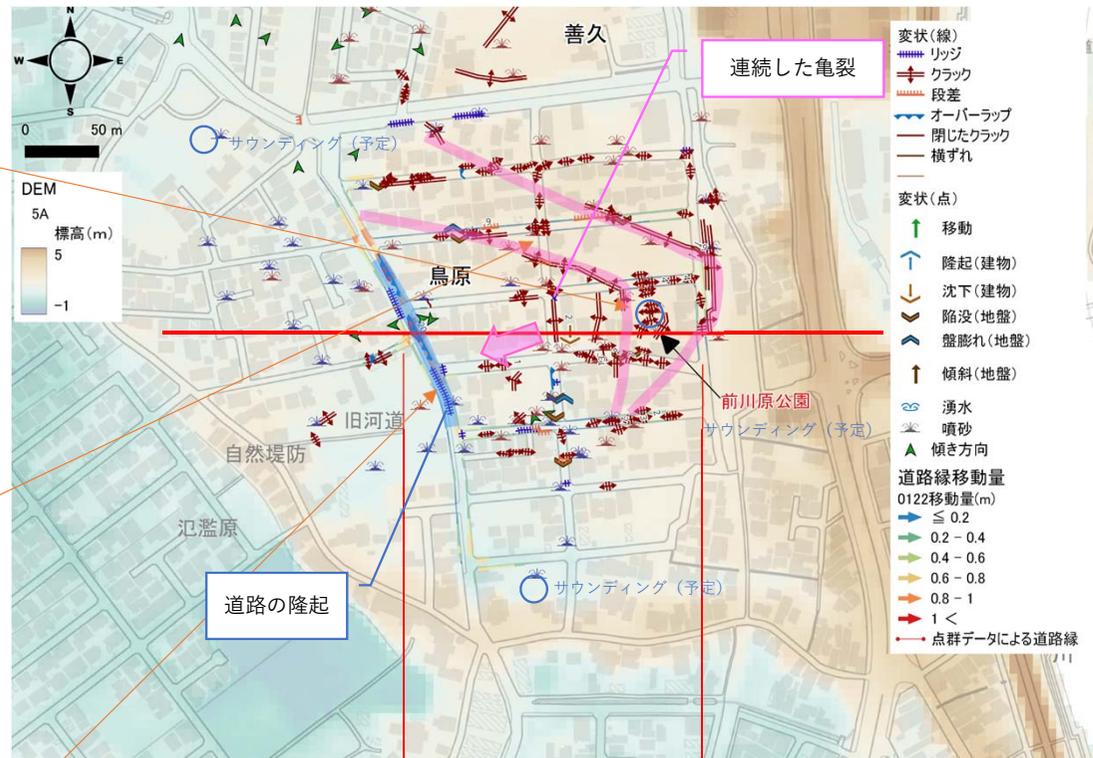
4th Jan.



3rd Jan.



3rd Jan.



断面図

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)

再液状化：

前田土佐守家史料：1799年の地震で液状化と思われる記述あり

1891年濃尾地震：大根布, 西荒屋, 高松村で地割れと噴砂の記録あり

資料：

岐阜大学教育学部：濃尾地震（明治24年）のアンケート調査報告（石川県），

岐阜大学教育学部 郷土資料（10），142pp, 1979.

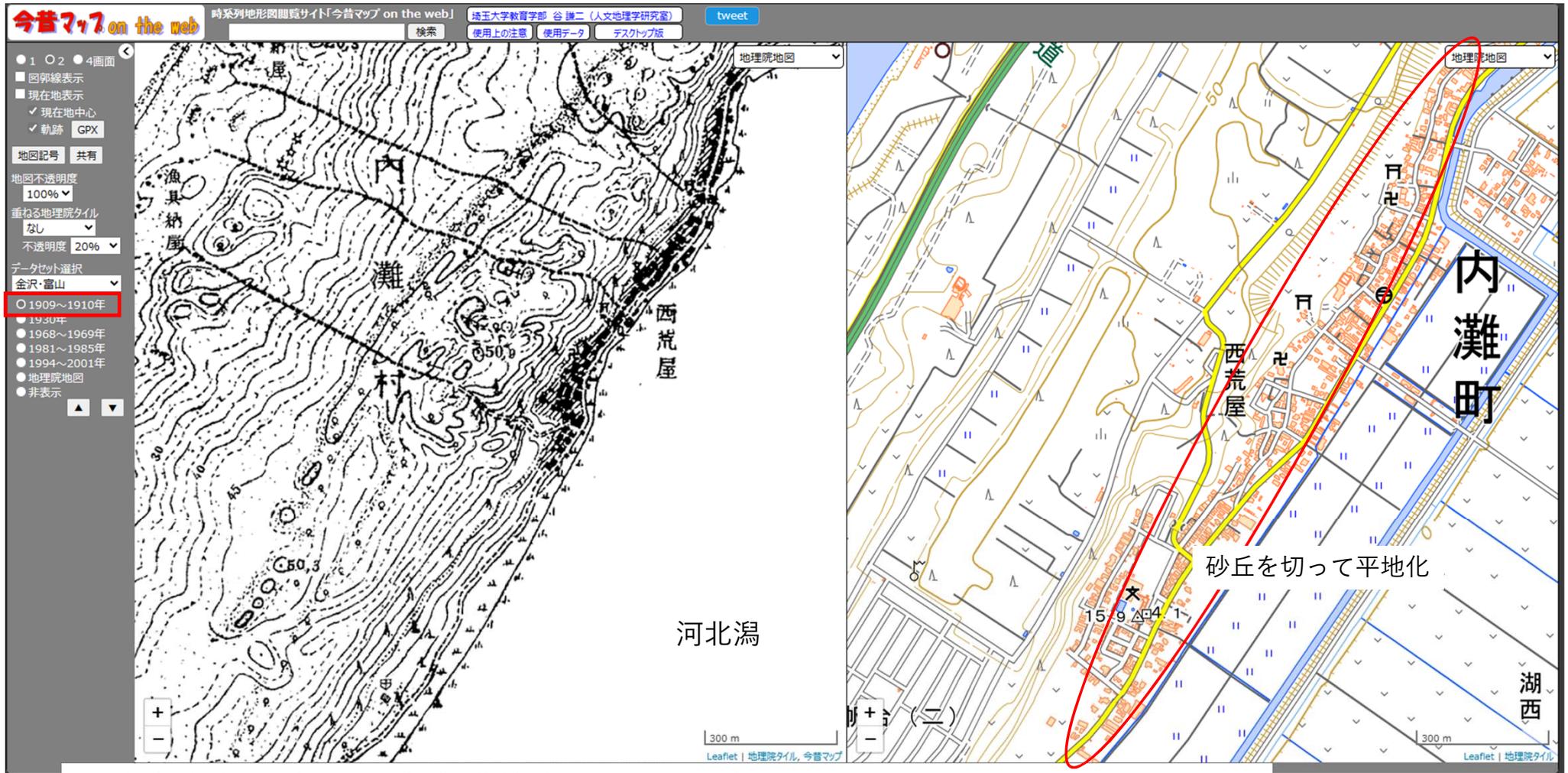
情報提供：関東学院大学 若松加寿江先生

砂丘縁辺に広がる被害

産総研：20万分の1シームレス地質図
国土地理院：標準図



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）

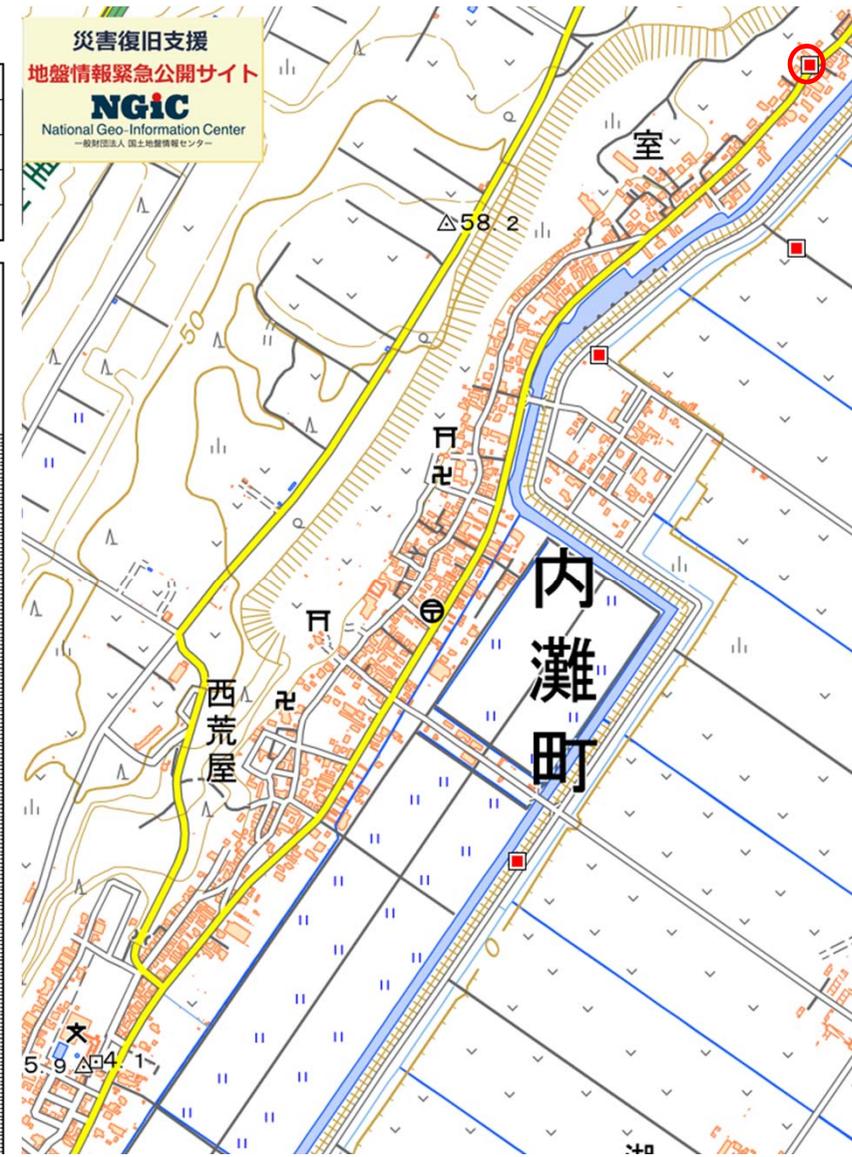
調査名 _____
 事業名または工事名 北陸農政局河北潟干拓建設事業8号橋梁その他土質調査業務
 調査目的及び調査対象 その他 その他

ボーリング名	22-I-1	調査位置	河北潟干拓地内	北緯	36°41'31.9"
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18日	東経	136°40'48.7"
調査業者名	不明	主任技師	不明	現場代理人	不明
電話(不明)		コ	不明	ボーリング責任者	不明
孔口標高	T.P. 1.49 m	角	度	試錐機	ロータリー式
総削孔長	37.50 m	方	度	エンジン	不明
		位	度	ポンプ	不明

標尺	標高 (m)	深 度 (m)	現場土質名 (模様)	地盤材料の工学的分類	色 相 対 密 度	相 対 密 度	記 事	孔内水位 / 測定年月日	標準貫入試験				採取	室内	削
									深 度 (m)	10cmの打撃回数	50回の貫入量	自沈時の貫入量			
			細砂	色 茶褐色 - 淡茶褐色 - 黒灰色			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まで草根を混入。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涌出。粒径やや大きく中砂も若干混入。有機物少数存在。3.20~5.65m茶褐色又は淡茶褐色を呈し、シルト分微量混み均質。5.65~6.15m黒灰色で粒径やや大。中砂も混入。	10/14 1.5m	5	0.20	0.20	5			
	-4.66	6.15					含水量多い、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の変化あり。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の有機物片を少数存在。11.00m附近、白色斑点φ1m/m前後のもの数個存在。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/層を数層挟み小ブロック状でも数個存在。		27	5.20	27	27			
			シルト質粘土	暗灰色					0	8.20	00	0	43		
									0	8.63	43	43			
									0	12.00	00	0	29		
									0	12.29	29	29			
	-14.56	16.05							1	16.20	01	1			
			粘土	暗青灰色 - 白灰色			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。混入物ほとんどなし。		1	16.79	59	59			
	-15.71	17.20					18.00m附近水平に若干色調の変化がみられる。18.00m以下深暗灰色となる。								

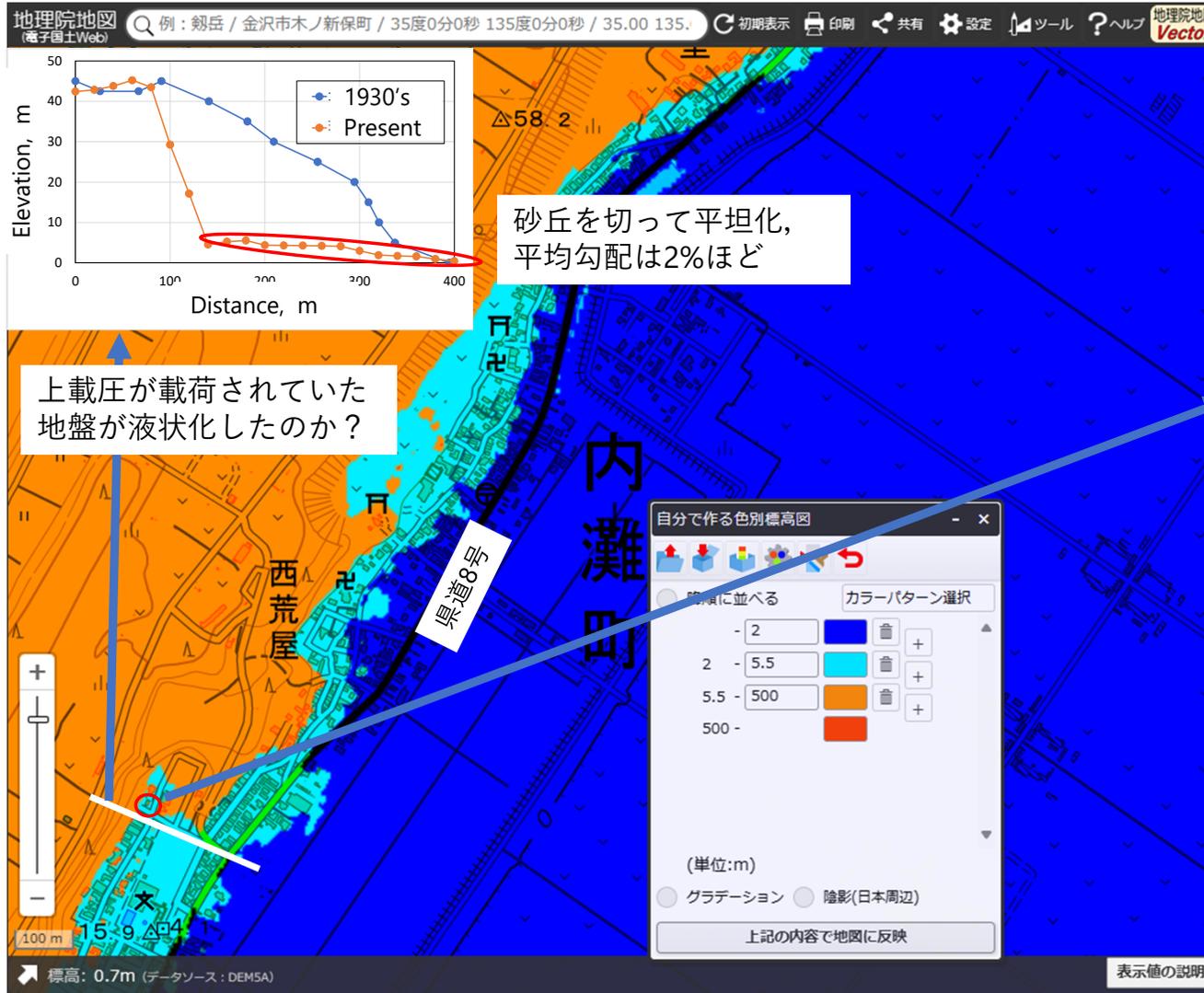
浅い地下水位
小さなN値

ボーリングデータ



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



- 東京電機大学 安田進先生
- 青 (標高2 m以下)：非液状化 (主に濁の粘土が堆積)
 - 水色 (2 - 5.5 m)：側方流動被害
 - オレンジ (5.5 m以上)：非液状化 (深い地下水位)

内灘町西荒屋

地理院地図 (電子国土Web) 例: 颯岳 / 金沢市木ノ新保町 / 35度0分0秒 135度0分0秒 / 35.00 135.00 / 54SUE83694

標準地図 淡色地図 白地図 English 写真

地図の種類
トップ > 年代別の写真

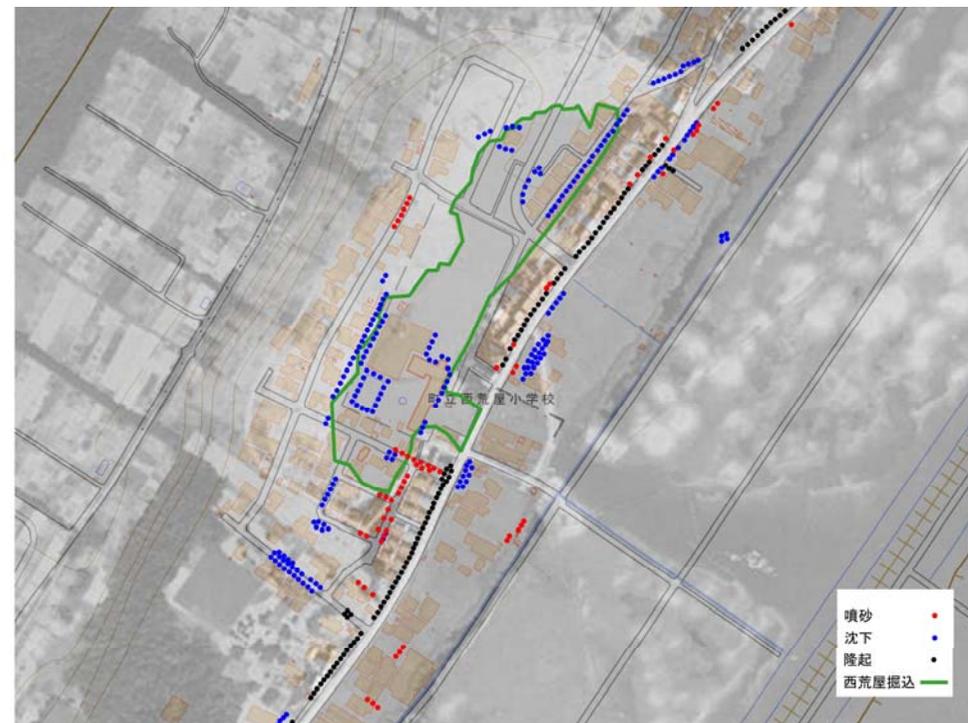
- 時系列表示 (ZL14以上で表示)
- 全国最新写真 (シームレス)
- 撮影期間
- 年度別写真 (2007年以降)
- 1987年~1990年
- 1984年~1986年
- 1979年~1983年
- 1974年~1978年
- 1961年~1969年**
- 1945年~1950年
- 1936年~1942年頃
- 1928年頃
- 電子国土基本図 (オルソ画像) (2007年~)
- 撮影期間
- 簡易空中写真 (2004年~)
- 森林 (国有林) の空中写真 (林野庁)
- 森林 (民有林) の空中写真
- 東日本大震災後正射画像
- 単写真

選択中の地図 リセット

1961年~1969年 合成 透過率

標準地図 javascript:void(0); グレースケール 透過率

100 m 標高: 1.6m (データソース: DEMSA) 表示値の説明



国土地理院地図標準図への重ね合わせ
掘込池を中心に被害が拡大

サンドポンプで砂を採取するため掘り込んだエリア

サンドポンプで砂丘砂を採取して干拓に
利用。その後、掘削池は砂で埋められた。

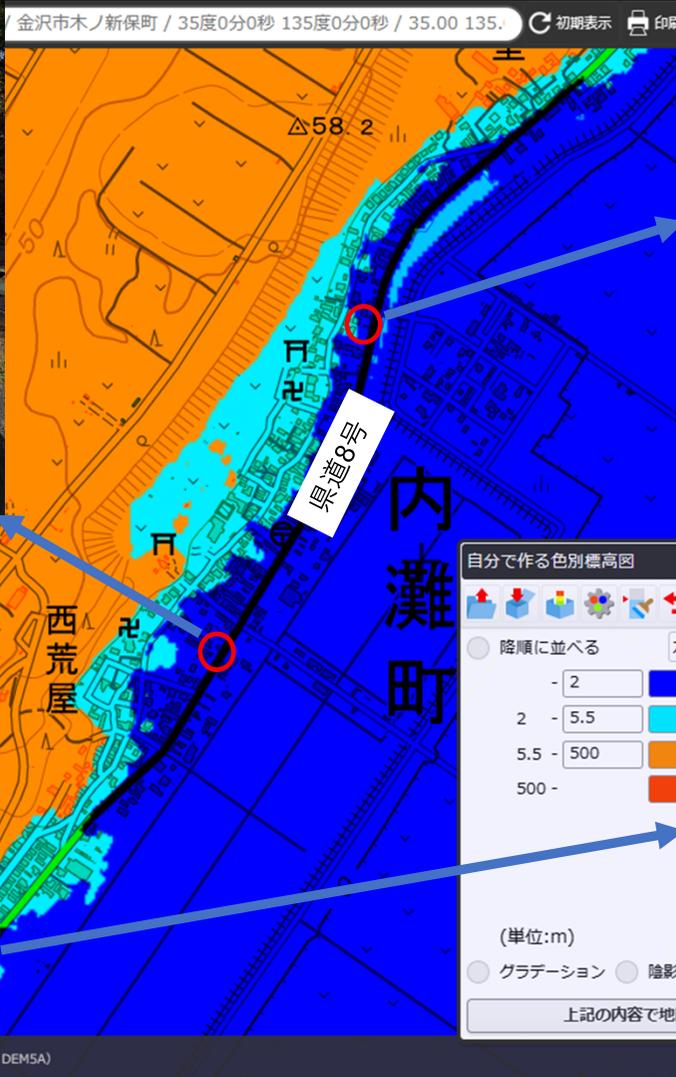
「内灘町史」、昭和57年発行を参考

内灘町西荒屋

県道より砂丘側の被害

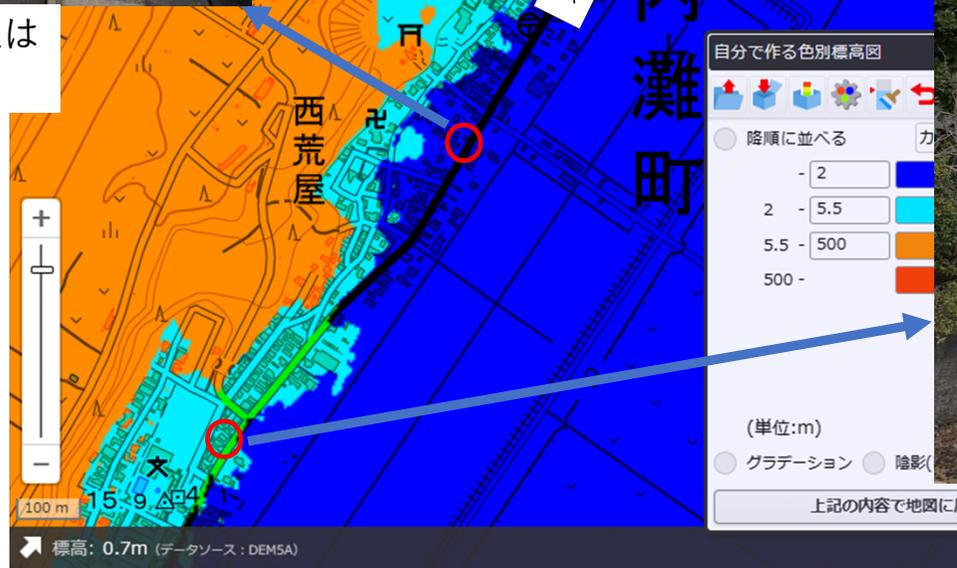


県道に向かって側方流動



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

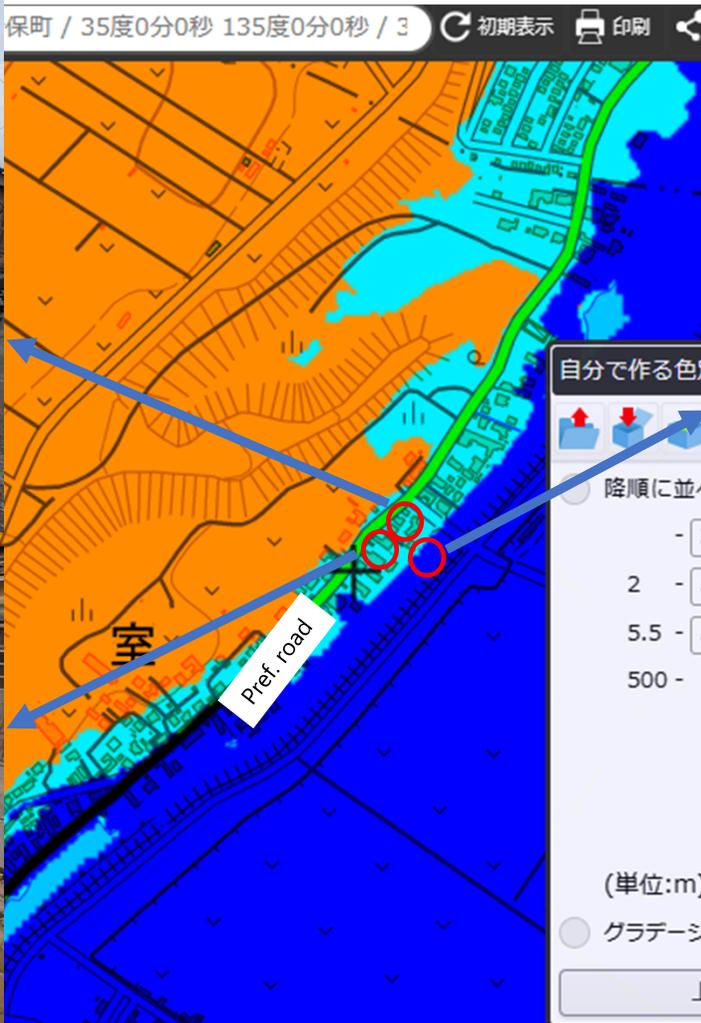
湧き出した水より，地下水位は高いことがわかる



内灘町室

県道より潟側の被害

潟（水路）方向に側方流動



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

陰影起伏図

県道より砂丘側（切土）の被害

県道より砂丘側にも側方流動被害が広がっている

県道より約160 m 砂丘側

大崎

室

西荒屋

県道6号



調査日：2月3日

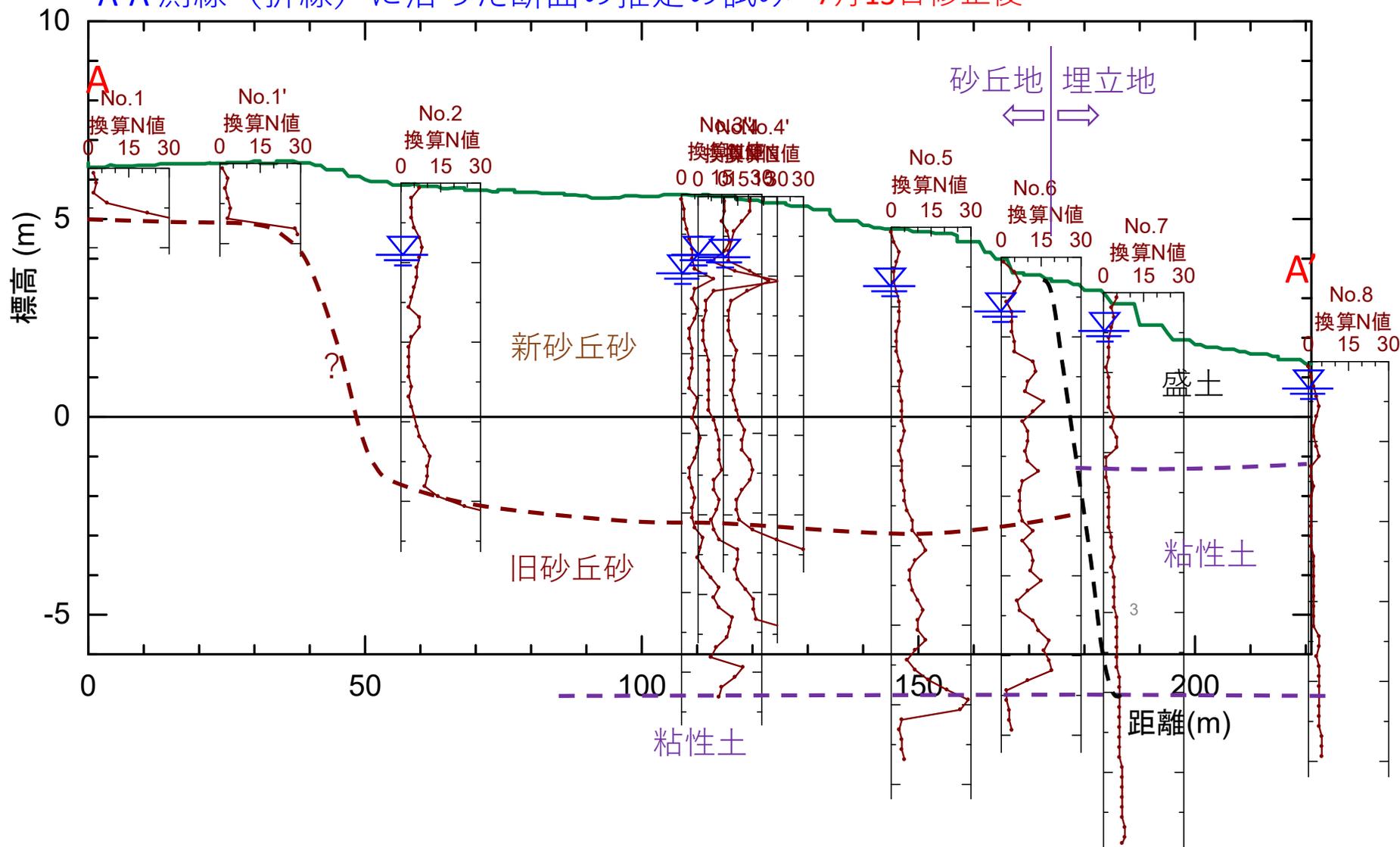
今後の分析等

- 貫入抵抗値による液状化層の判別
- 地盤側方流動量の把握
- 自治体との協働：地盤工学会（新潟市など），
団員・会員の参加，液状化しやすさマップ更新

かほく市大崎

東京電機大学 安田進先生, 石川敬祐先生の調査

A-A'測線 (折線) に沿った断面の推定の試み 7月13日修正後



内灘町宮坂

LidarSLAM 測量による
3D点群データの取得

LidarSLAM + RTK-GNSS
分解能：数 mm
位置精度：数 cm

作業手順

1. 被災前：オルソ画像を入手
2. 被災後：点群をオルソ画像と同定
(3D回転などを利用)
3. 変位量と変位方向を求め、オルソ画像に落とし込む。



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が広がった
- 液状化箇所：砂丘縁辺部，旧河道，**海岸（砂丘）堆積物，埋土，潟**
土地の改変が影響
- 再液状化：1799年の地震，1891年濃尾地震，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，2007年能登半島地震**など
- 側方流動：砂丘縁辺部，緩やかな傾斜（数%勾配）地盤。
傾斜方向に敏感に反応

※青字は今回取り扱っていない

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

ご清聴ありがとうございました。