

コンステックグループ テクノフェア2024

20241107

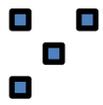
能登半島地震による液状化被害の特徴



長岡技術科学大学

大塚 悟





2024年能登半島地震

日時：2024年1月1日16時10分

規模：マグニチュード 7.6

震源地：珠洲市地下16km

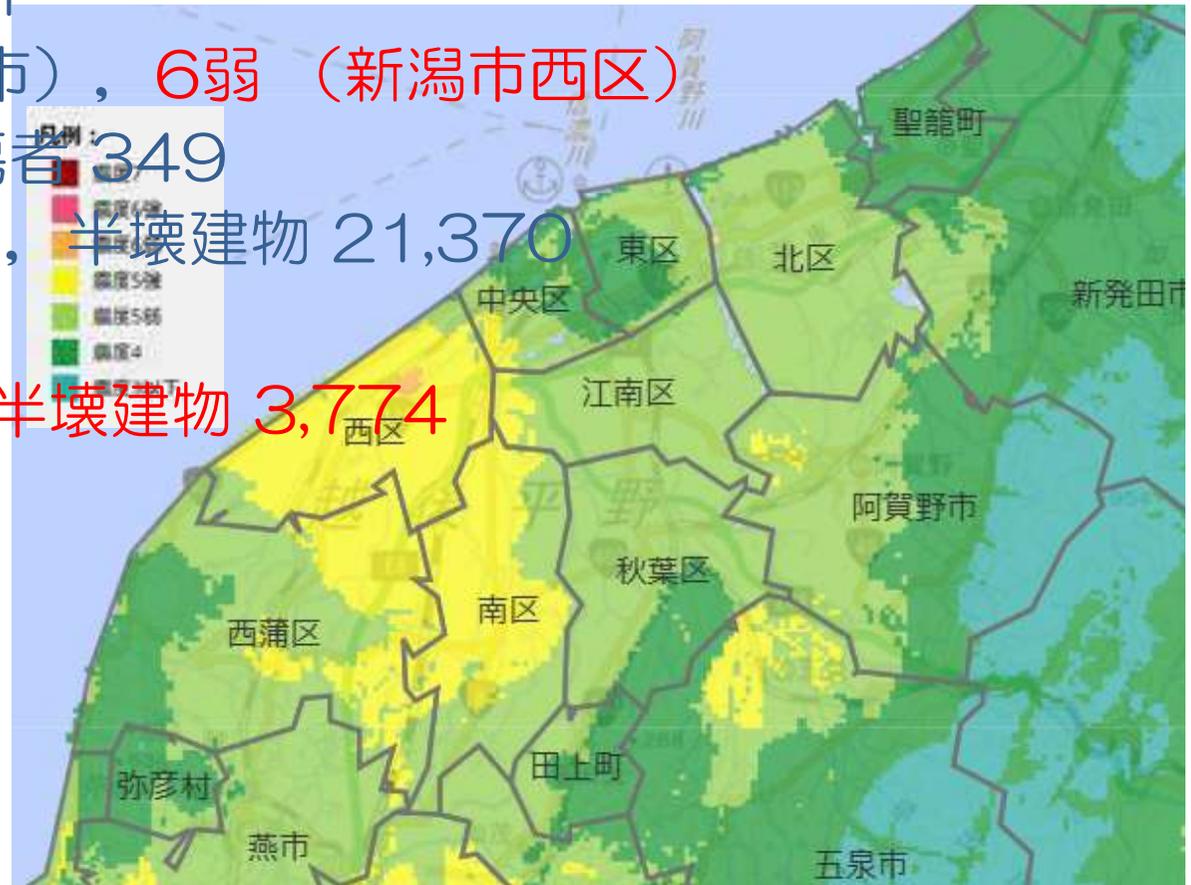
震度：7（志賀町,輪島市），6弱（新潟市西区）

被害：死者 281，重傷者 349

全壊建物 8,429，半壊建物 21,370

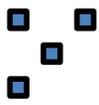
新潟市の被害：

全壊建物 106，半壊建物 3,774

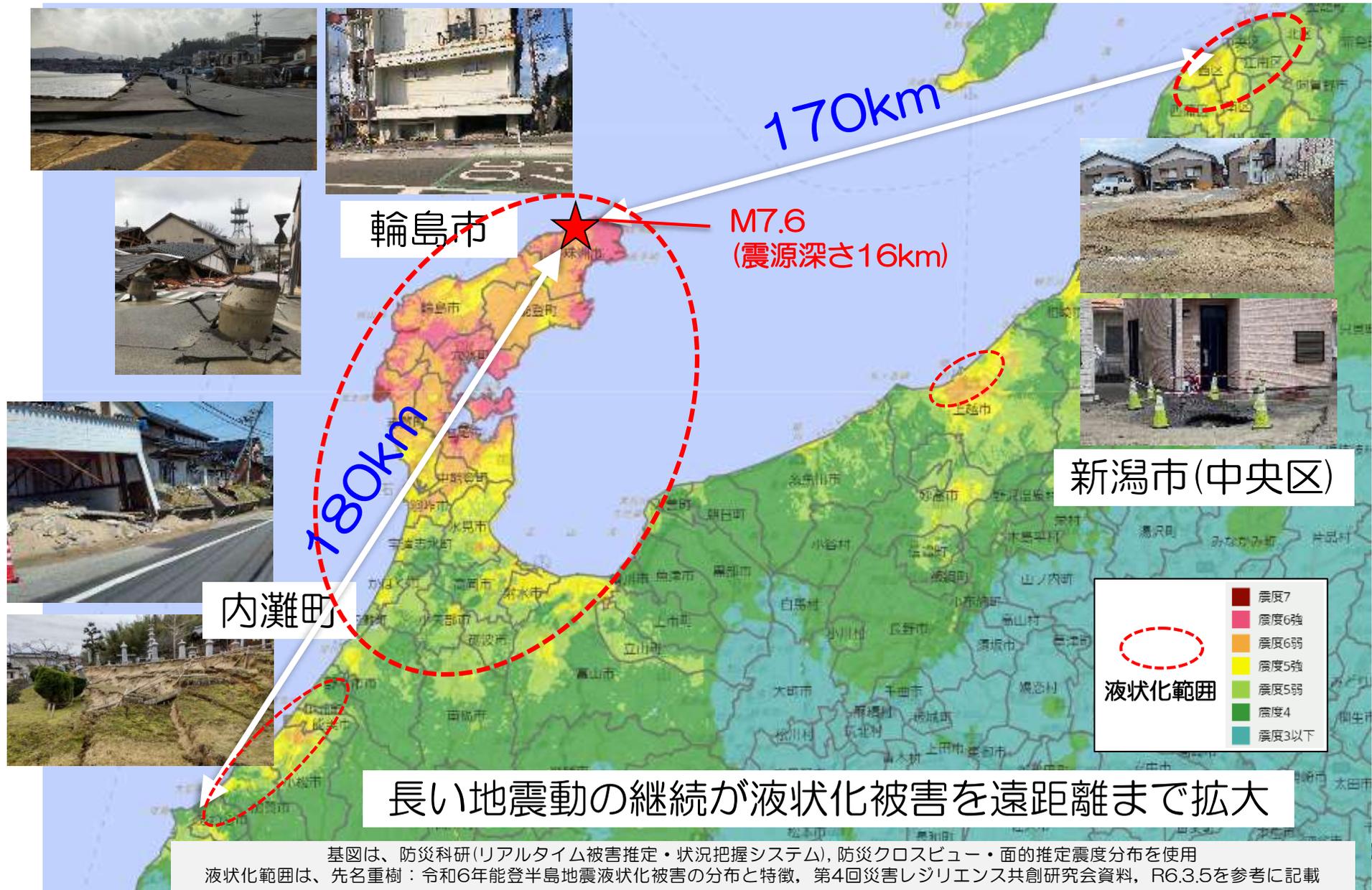


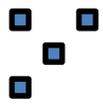
2024年能登半島地震の新潟市域の面的推定震度分布(防災科研)



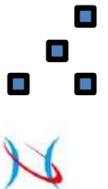
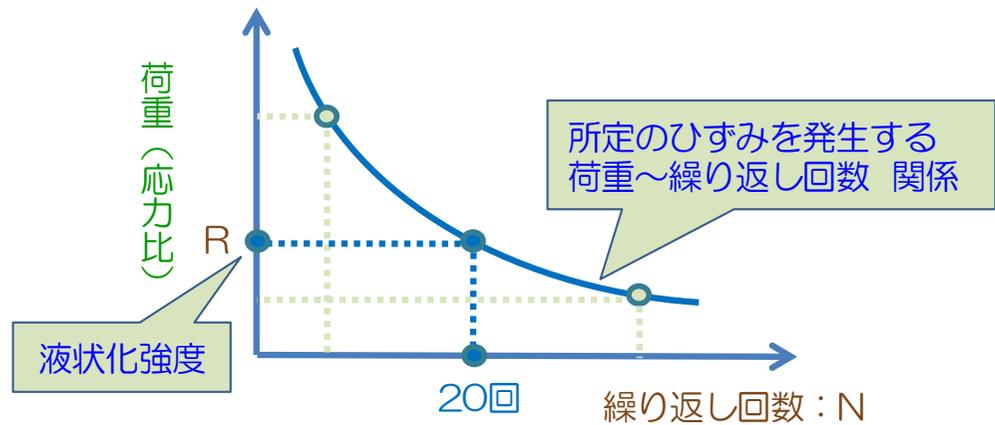
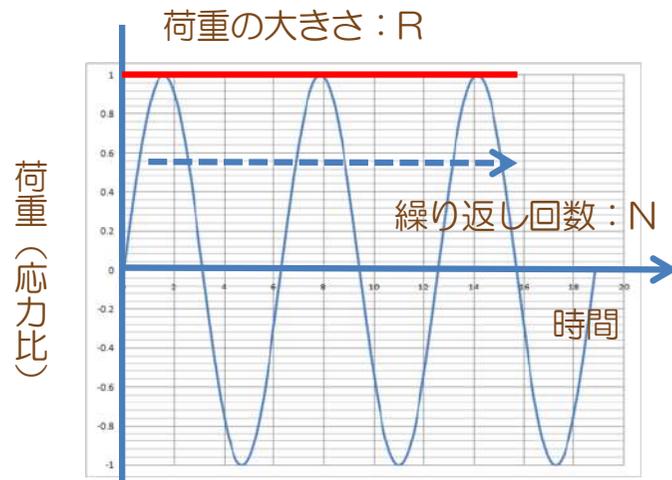
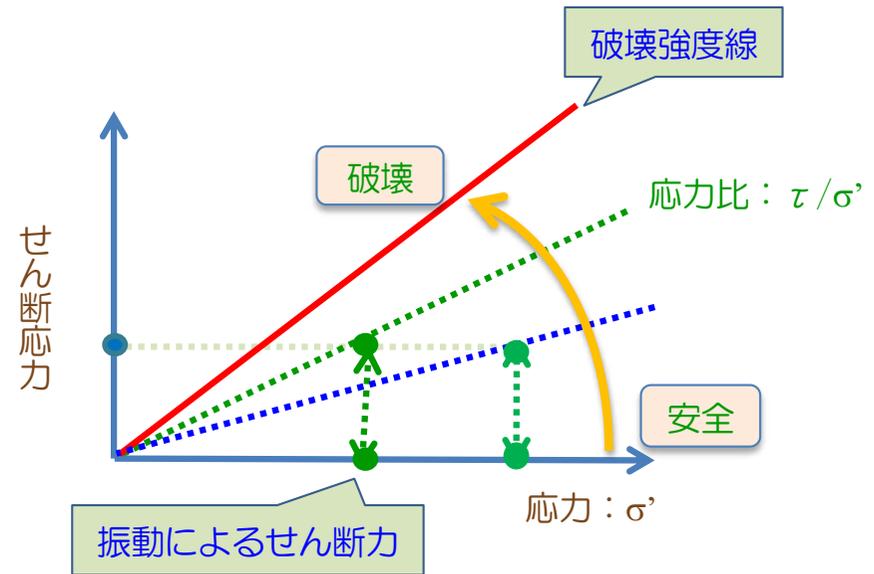
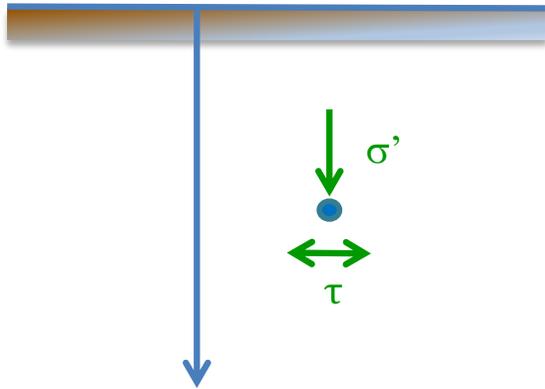


遠距離液状化被害

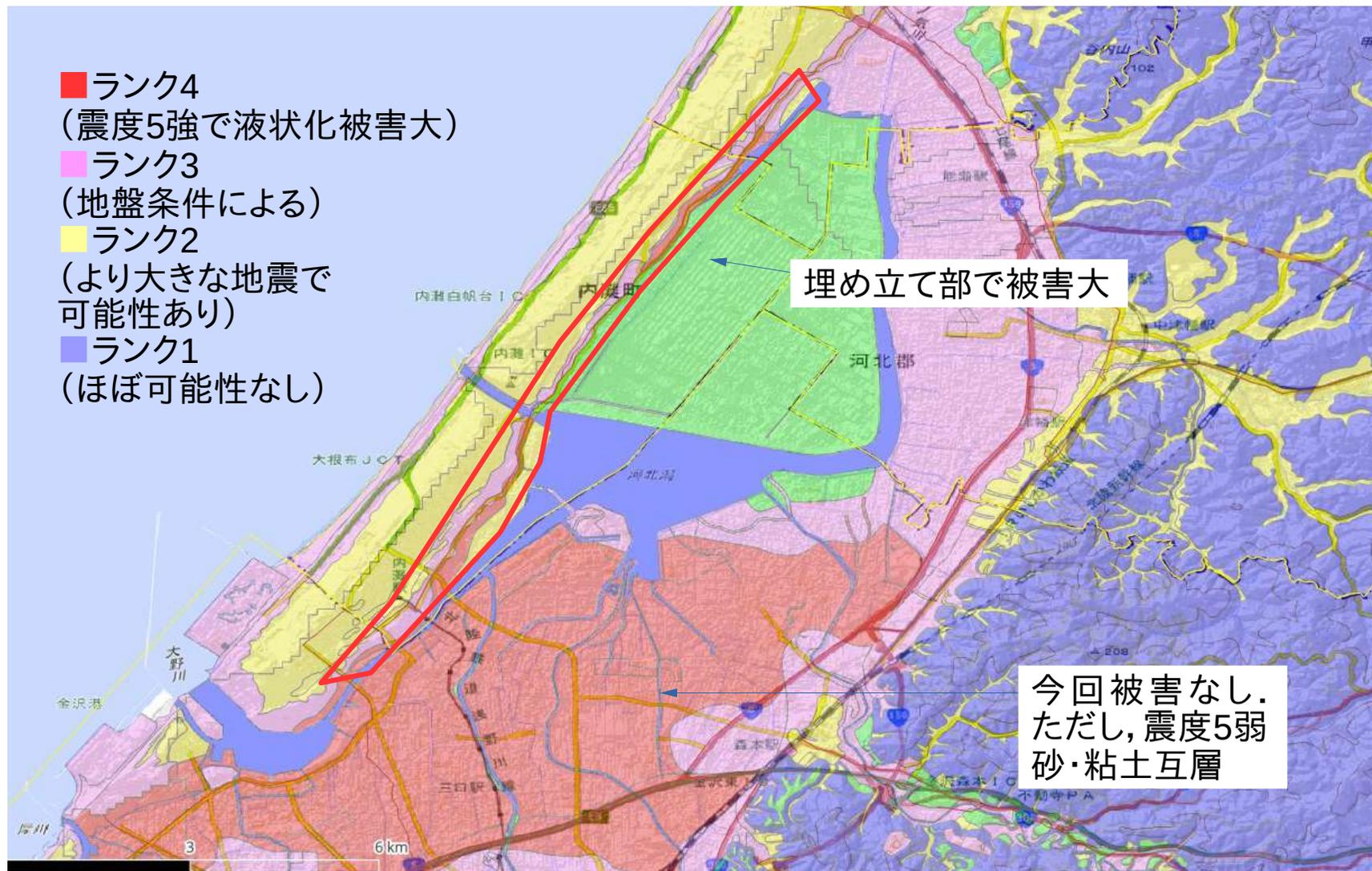




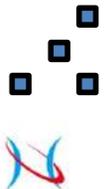
繰り返し回数、せん断応力比の液状化への影響

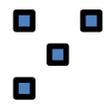


能登半島地震の液状化箇所（石川県内灘町）



(金沢工業大学・高原利幸先生)

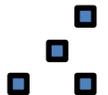




埋め立て地の液状化（内灘町）



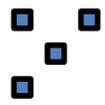
埋立盛土の上端・引張亀裂が広範囲に発生した



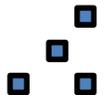


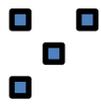




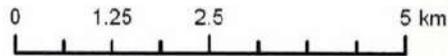
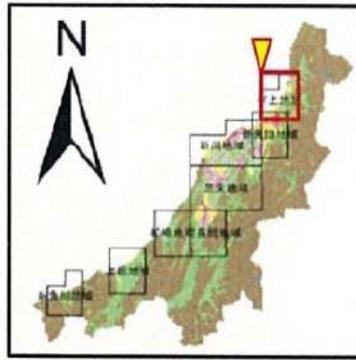
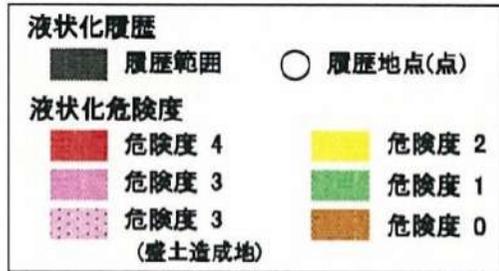


埋め戻し土の液状化（輪島市）

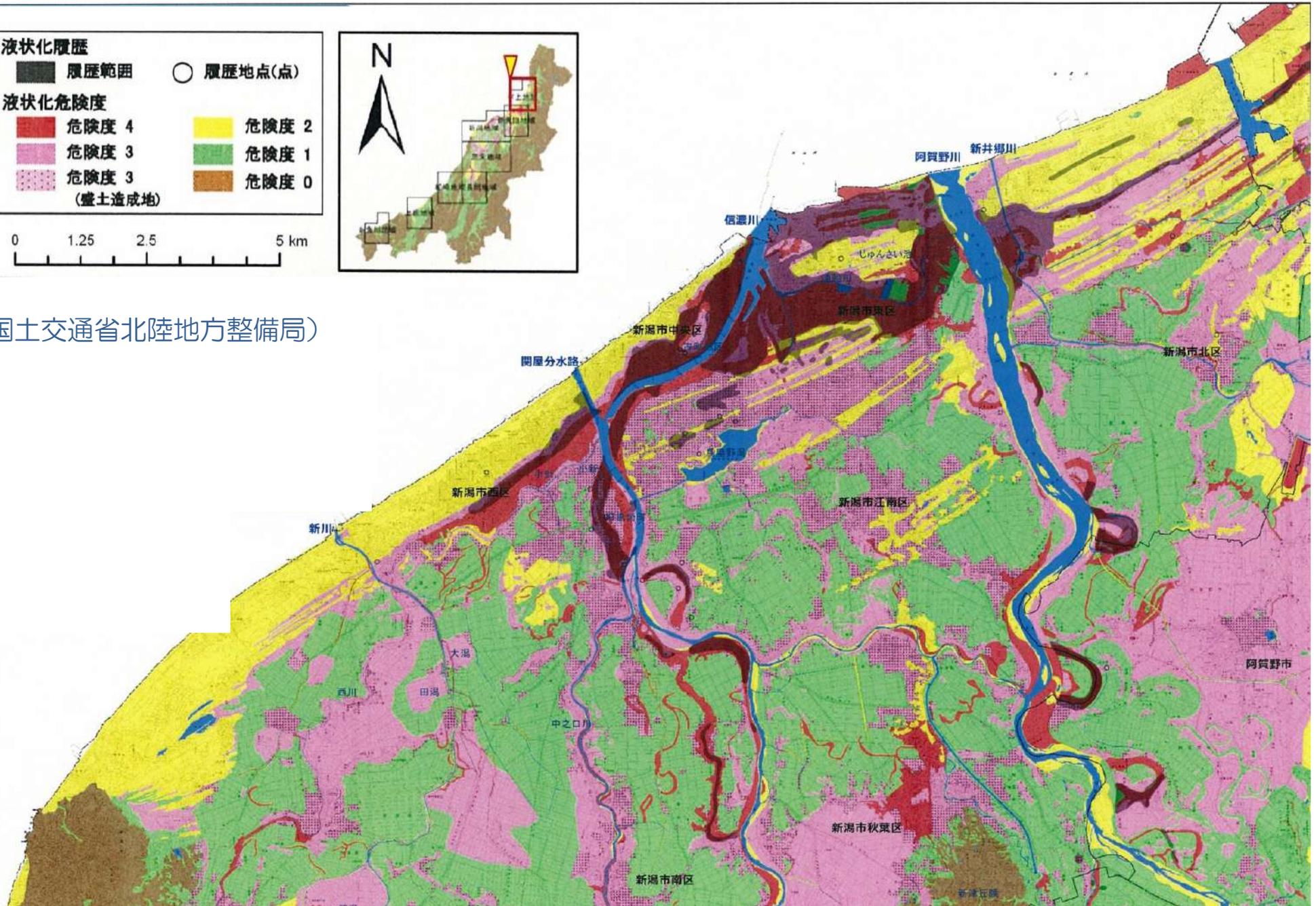


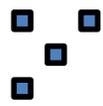


液状化しやすいマップ（新潟市）



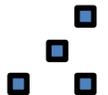
(国土交通省北陸地方整備局)



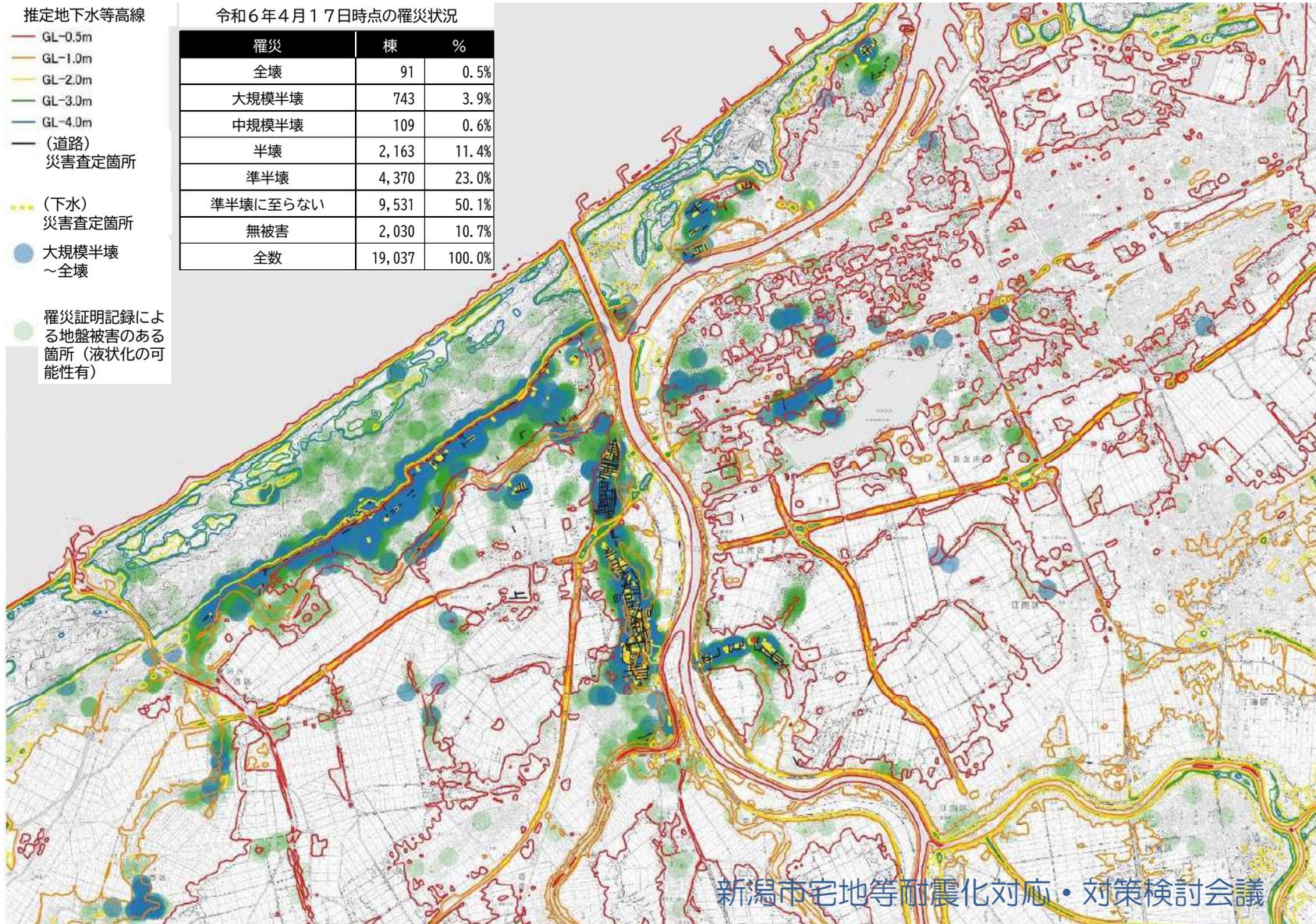


液状化しやすさマップの作成方針

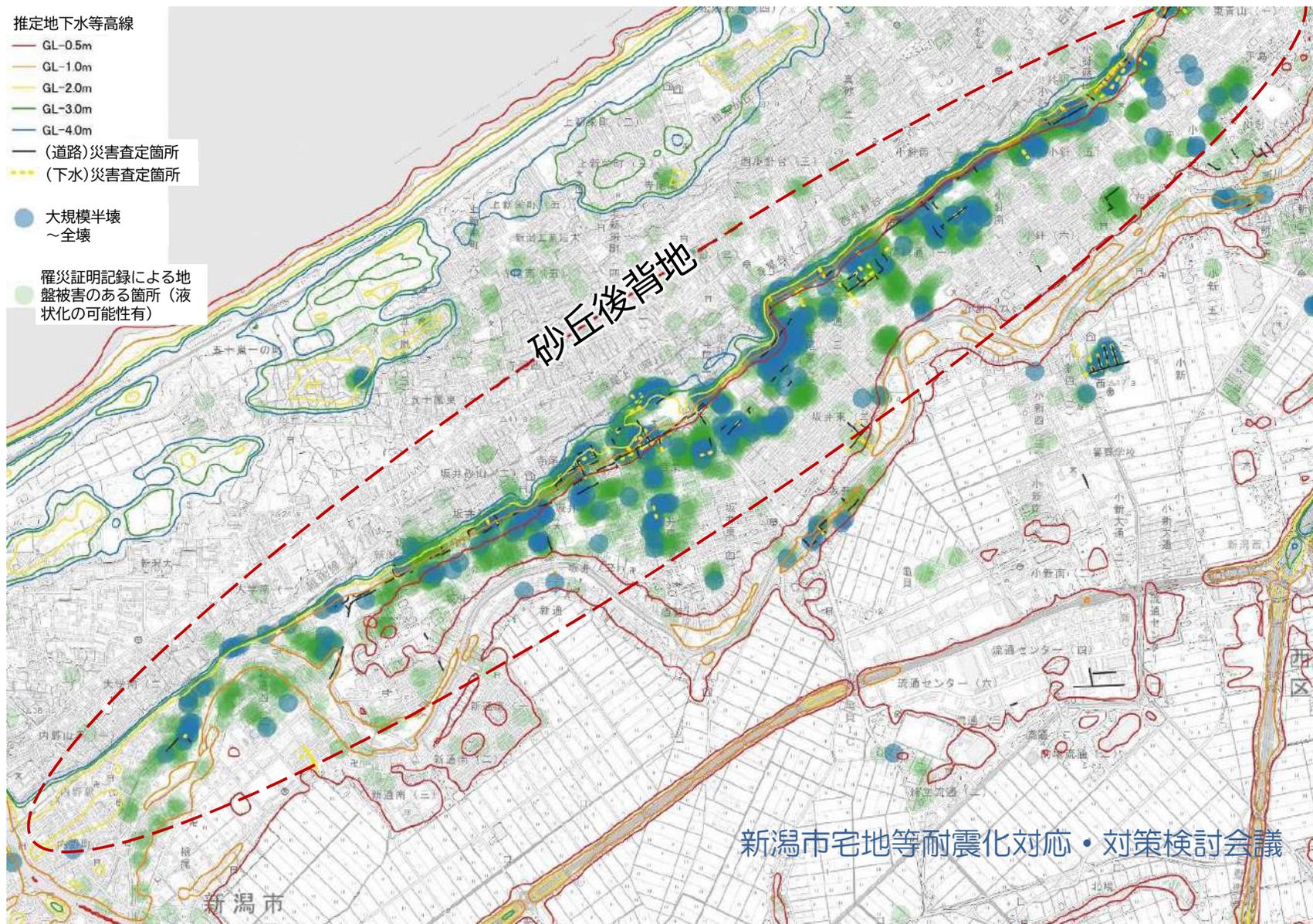
- 1964年新潟地震と同程度の揺れを新潟県全域に想定
- 微地形区分（地形要素）と地盤構成（ボーリングデータ）をリンク
- 古地図や治水地形分類図から旧河道や旧池沼を抽出して総合的視点で危険度を評価
- メッシュ表示ではなく領域表示を用いる
- 液状化3条件（砂地盤かどうか、N値の低いこと、地下水位が高いこと）を確認する
- 過去の液状化履歴に基づき重み付けを行い、砂丘縁辺部や新規の人工地盤（宅地造成盛土）を液状化の可能性が高いと評価



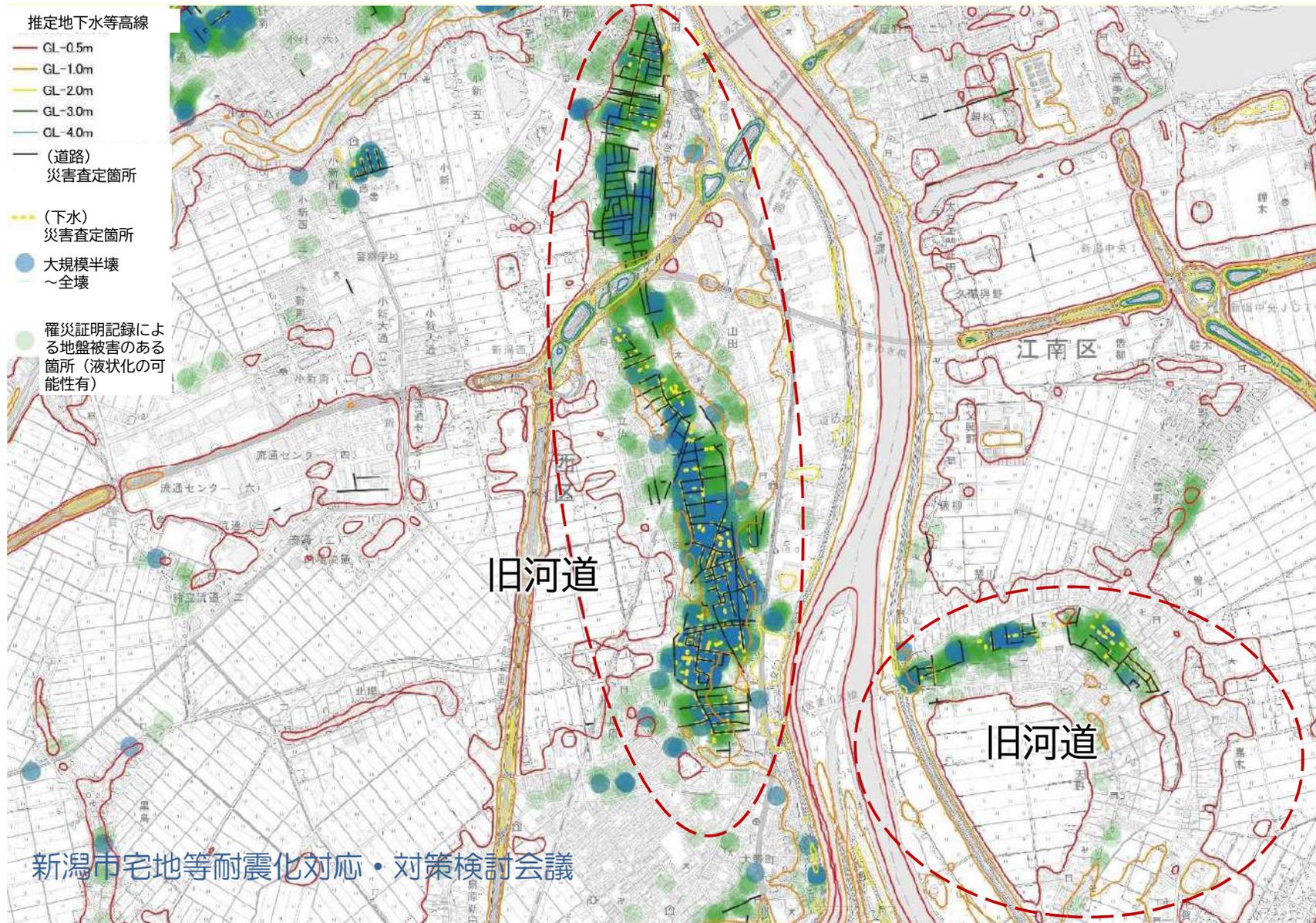
罹災証明による能登半島地震の建物被害



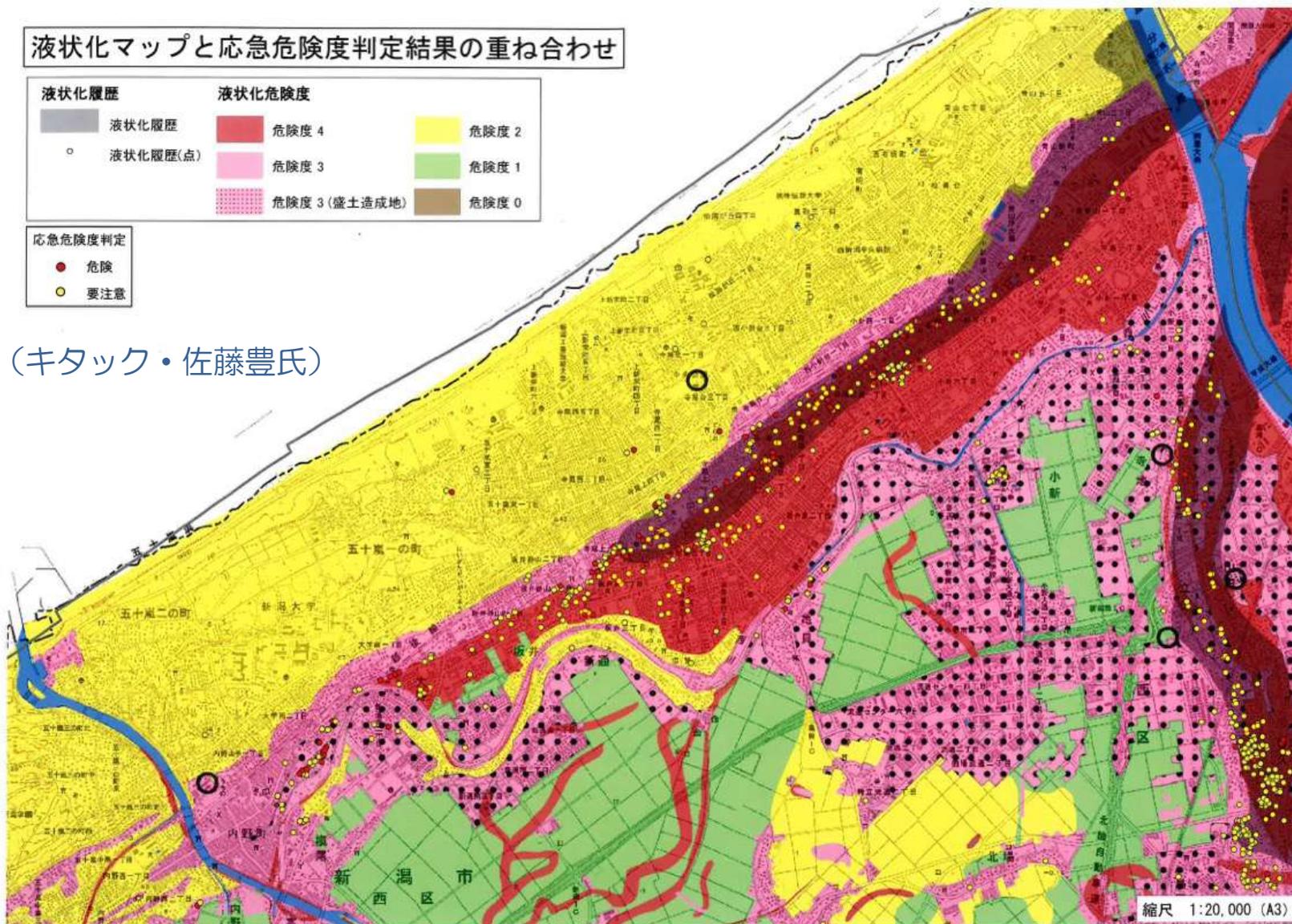
罹災証明による建物被害分布（砂丘後背地）



罹災証明による建物被害分布（旧河道）



建物被害と液状化しやすさマップの比較



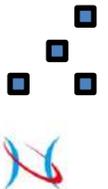
液状化被害の特徴（その1）

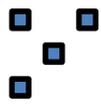
- 液状化の繰り返し
 - ✓ 新潟地震と同じ地域で液状化が発生
 - ✓ 液状化しやすさマップは概ね現象を評価（過去の被災事例は精度が高い）→マニュアルは検証が必要
 - ✓ 被害が軽微、再液状化しない地域（地震動の差異）
- 砂丘後背地，旧河道で激しい液状化
 - ✓ 傾斜地の側方変位、建物被害を拡大
 - ✓ 側方変位は微傾斜地形でも発生
 - ✓ 大量の噴砂が発生し、地中の空洞が懸念される。地盤の局所沈下は地震後にも進展した
- 人工改変地の液状化
 - ✓ 地下水位の高い，人工改変地（砂質土の切盛土・埋立地）の液状化
 - ✓ 粘性土地盤上の砂質盛土は排水不良の場合に液状化する事例がある



液状化被害の特徴（その2）

- 擁壁と排水性
 - ✓ 住宅地では擁壁盛土の排水性が悪いと地下水位が上昇し、液状化する事例が多い
 - ✓ 液状化による、擁壁の沈下や孕み出し、滑動が生じた
- 建物荷重と不同沈下
 - ✓ 液状化地盤では建物の沈下のほか、局所荷重に伴う周辺地盤（駐車場や道路）の隆起が生じた
 - ✓ 建物は不同沈下により傾斜した
- 基幹道路は路盤が締め固められており、表面的被害なし
 - ✓ 砂丘麓の縦断道路は路盤の変形拘束で被害は軽微、横断面では山側の斜面は圧縮変形が、谷側斜面は引張変形が生じた





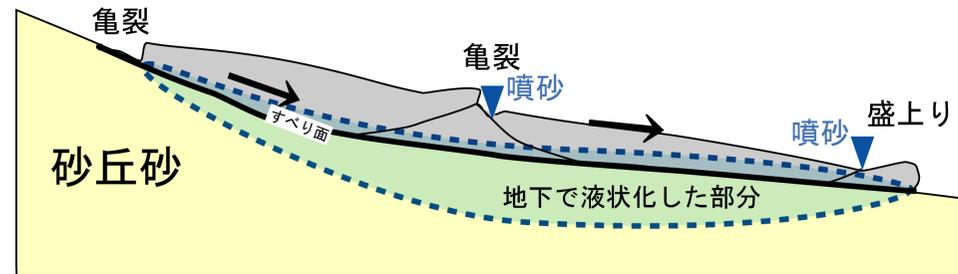
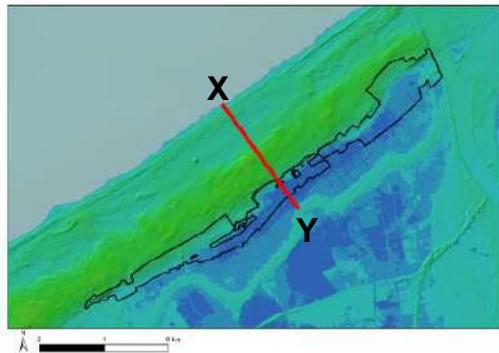
砂丘の液状化災害（新潟市）

砂丘部の地下水 日本海側:湧き出さずに海へ

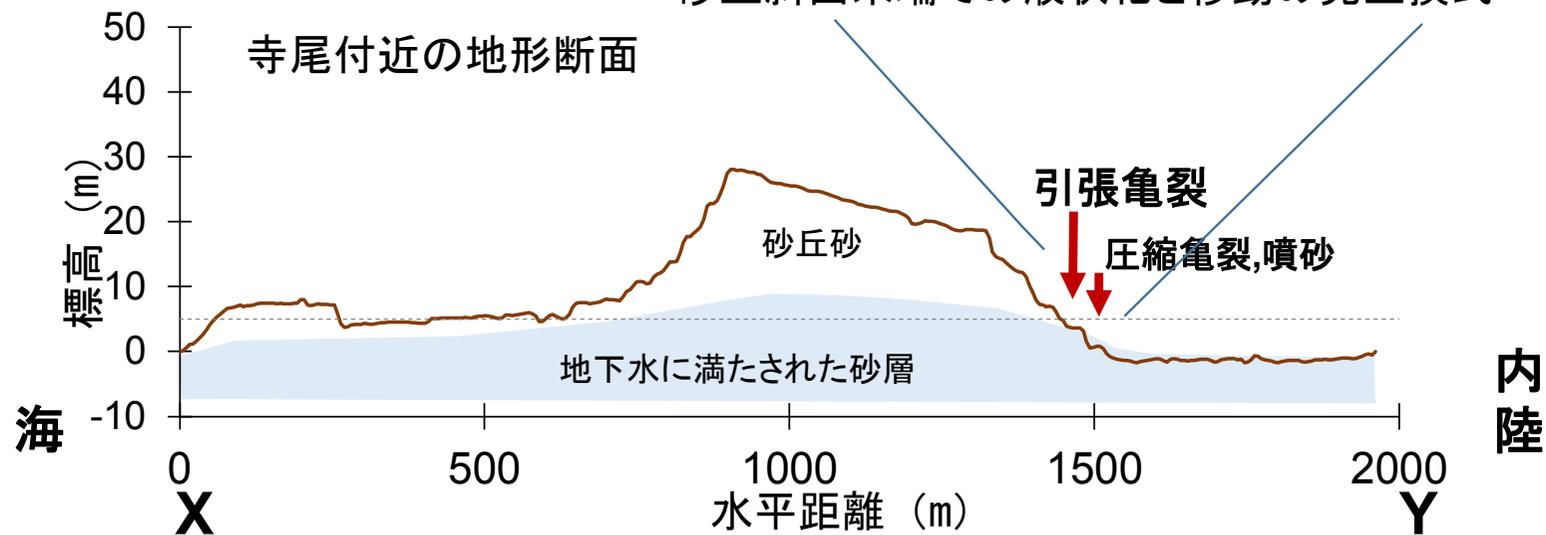
低地側:標高が低いので,県道16号付近で湧き出す

最も液状化しやすい粒度の砂+地下水豊富→ 液状化発生

斜面末端→ 地すべり性移動

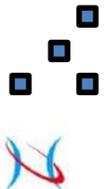


砂丘斜面末端での液状化と移動の発生模式

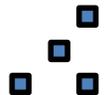


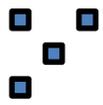
(新潟大学・卜部先生)

5 mDEM (基盤地図情報) を用いて断面図作成

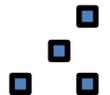


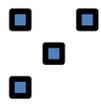
砂丘の液状化災害（新潟市）



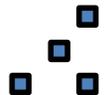
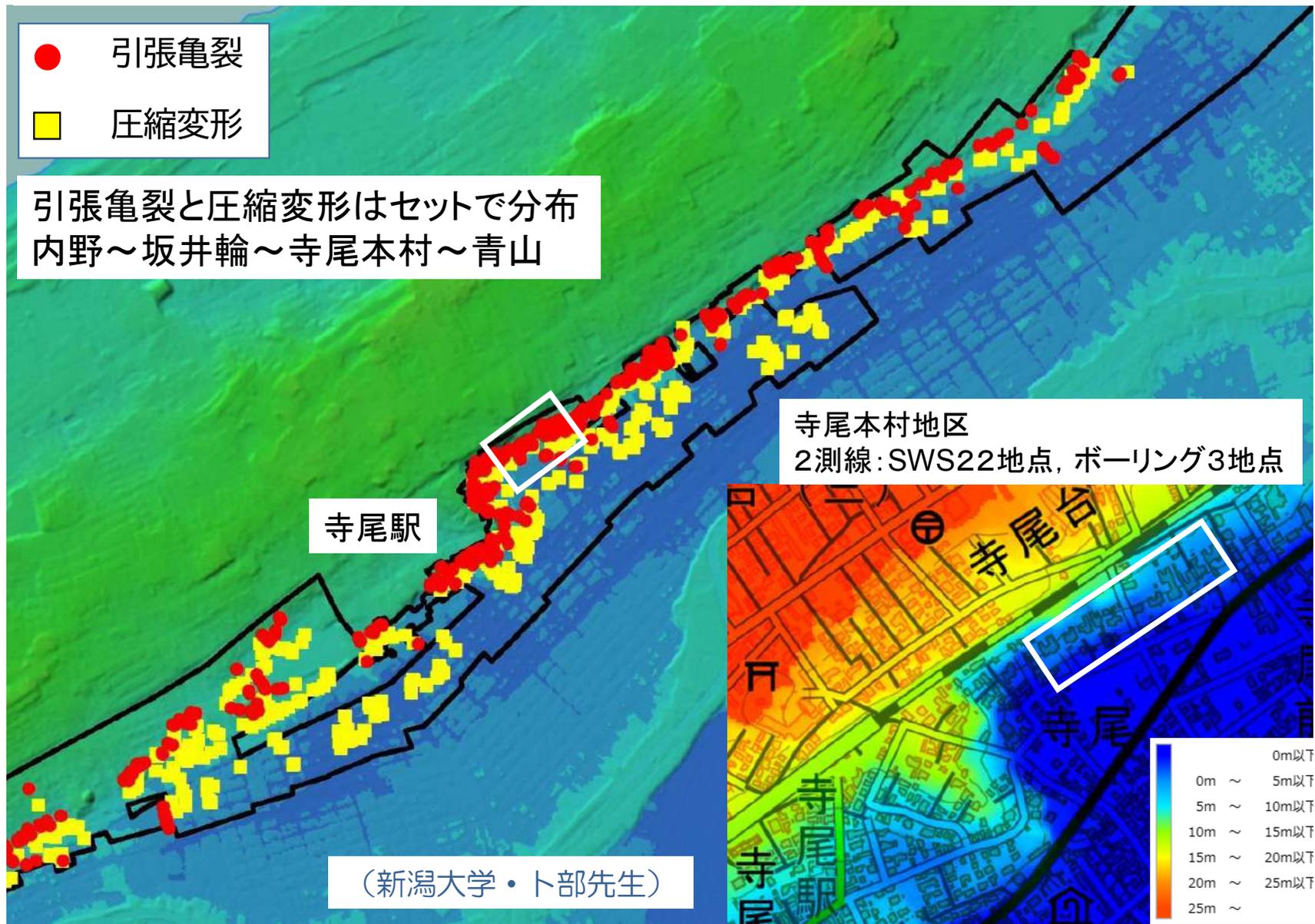


砂丘の液状化災害（新潟市）



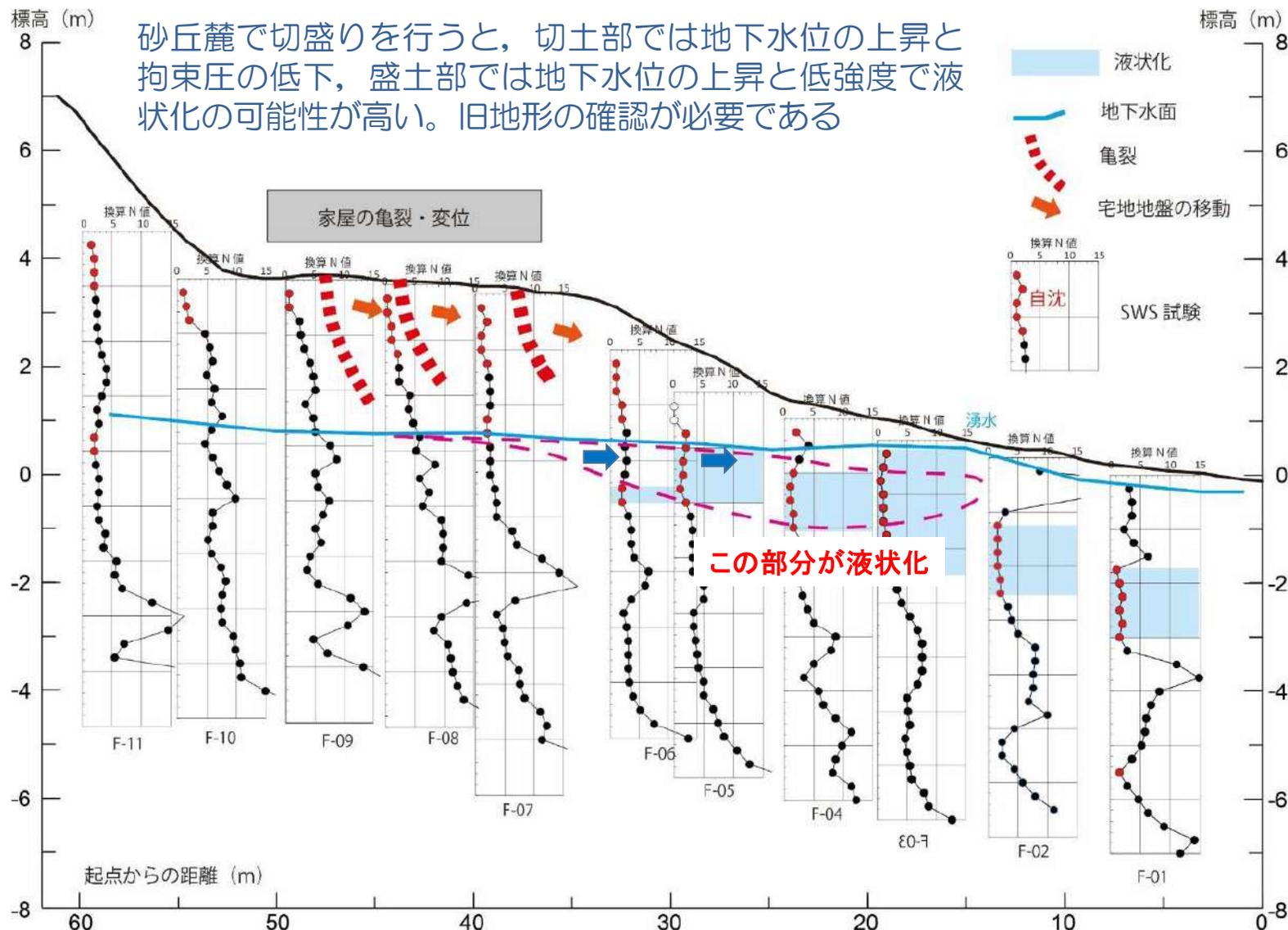


砂丘の液状化災害（新潟市）



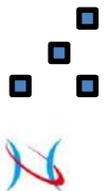
砂丘の液状化災害（新潟市）

（新潟大学・卜部先生）

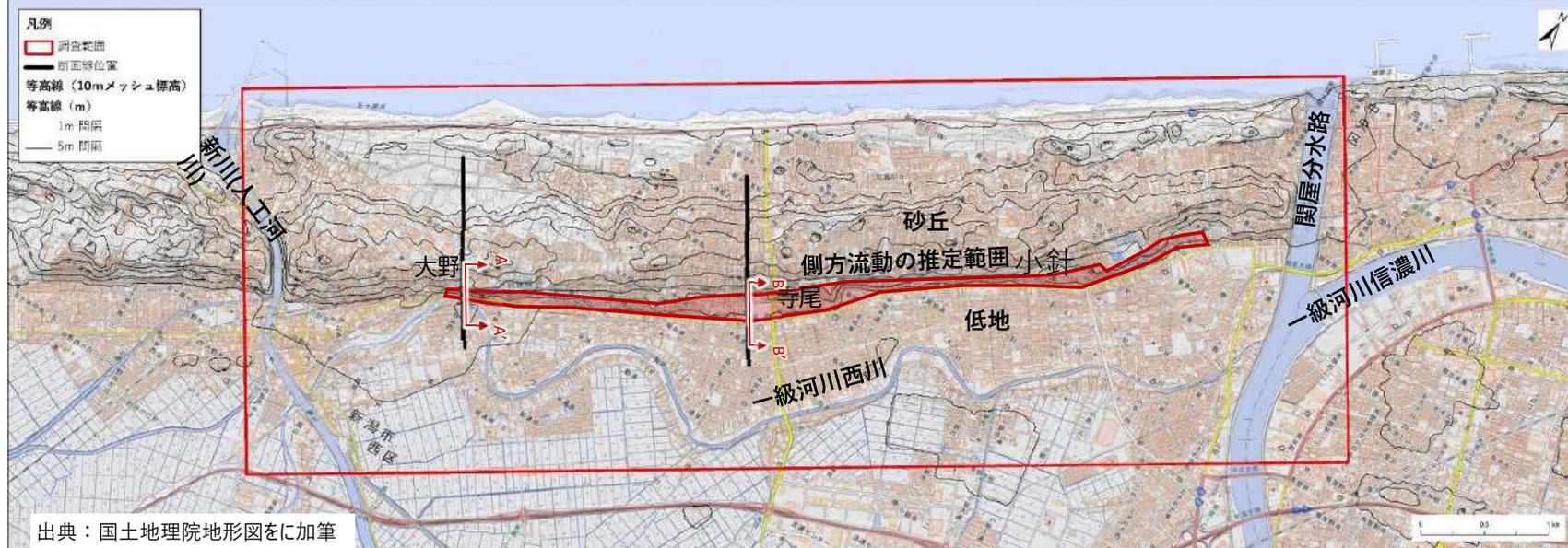


砂丘麓で切盛りを行うと、切土部では地下水位の上昇と拘束圧の低下、盛土部では地下水位の上昇と低強度で液状化の可能性が高い。旧地形の確認が必要である

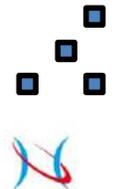
斜面末端部の液状化⇒液状化層の側方移動⇒斜面表層部(宅地)が移動

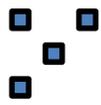


砂丘後背地の詳細地形（切盛土の形成）



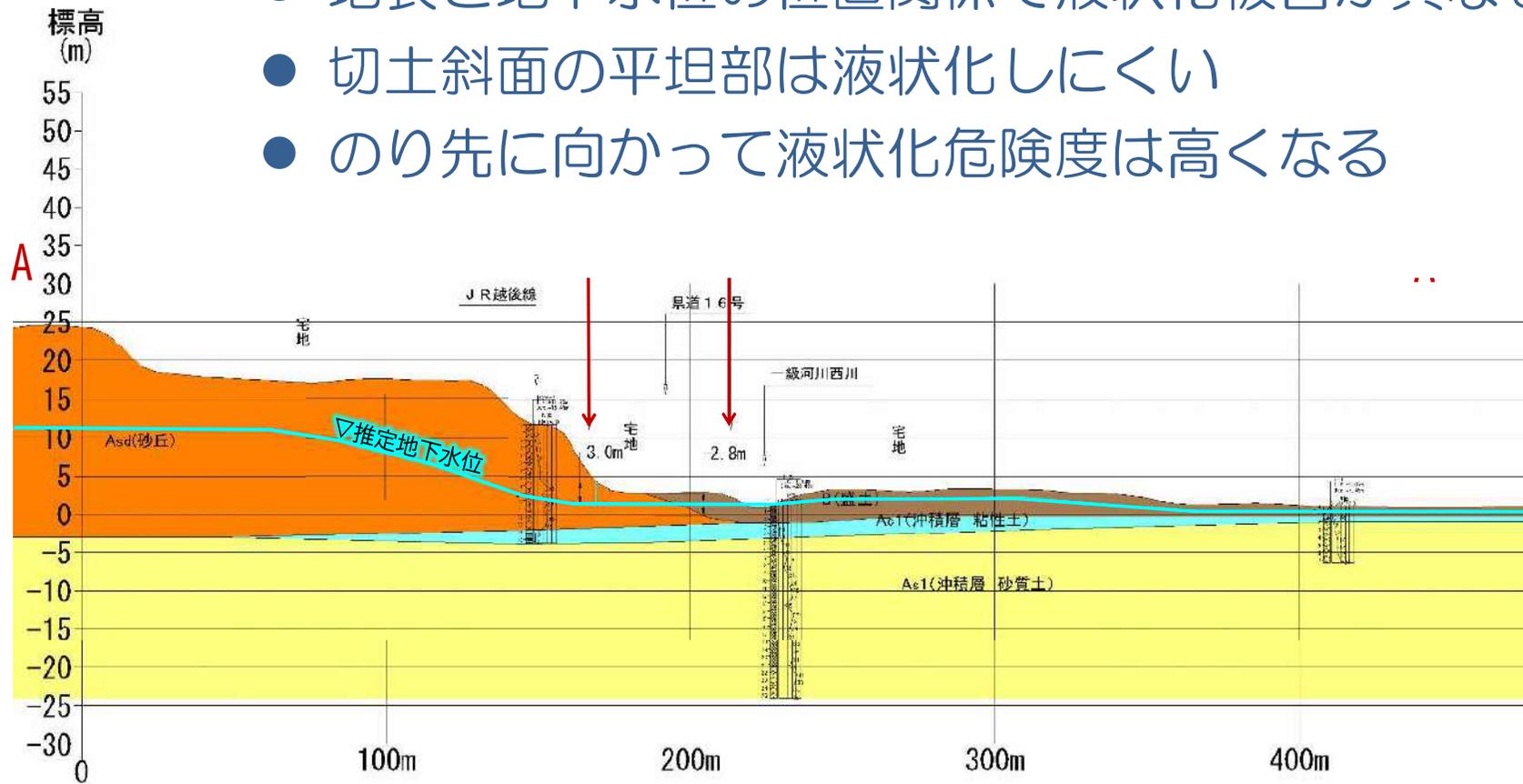
新潟市宅地等耐震化対応・対策検討会議



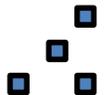


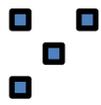
大野地区の地質断面

- 山側は切土でのり先は盛土の形式
- 傾斜地では地下水の浸出点前後から液状化
- 地表と地下水位の位置関係で液状化被害が異なる
- 切土斜面の平坦部は液状化しにくい
- のり先に向かって液状化危険度は高くなる



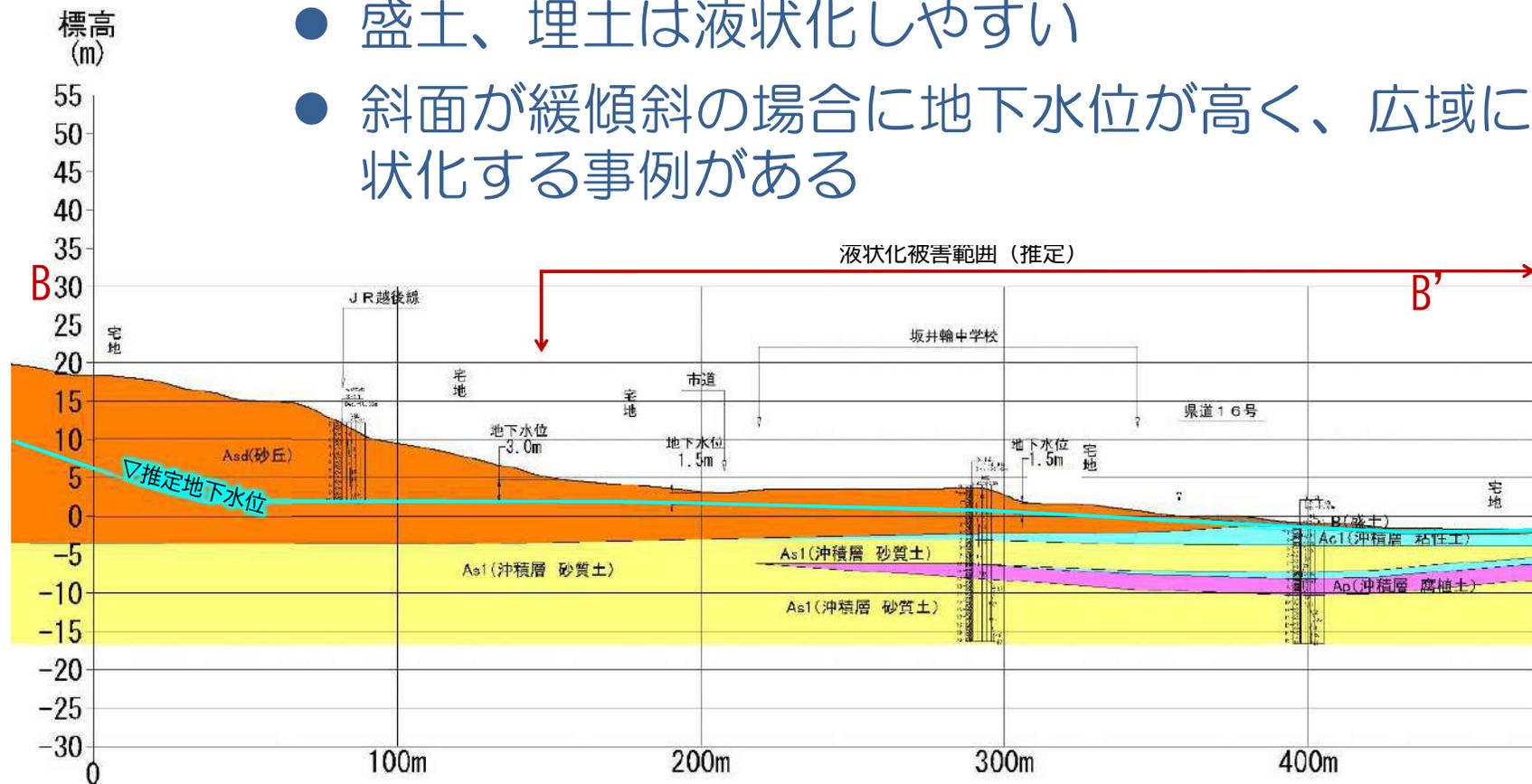
新潟市宅地等耐震化対応・対策検討会議



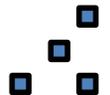


寺尾地区の地質断面

- 傾斜地では地下水の浸出点前後から液状化
- 地表と地下水位の位置関係で液状化被害が異なる
- 盛土、埋土は液状化しやすい
- 斜面が緩傾斜の場合に地下水位が高く、広域に液状化する事例がある

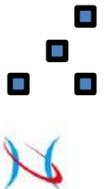


新潟市宅地等耐震化対応・対策検討会議



液状化被害の特徴（その3）

- 砂丘後背地の人工改変
 - ✓ 切盛り土による平坦地の造成，山側は切土でのり先は盛土
 - ✓ 砂丘の下方境界に後背湿地が分布し，地下水が湧出
 - ✓ 砂丘斜面では地下水の浸出点前後から液状化した
- 切盛り土による平坦部
 - ✓ 地表と地下水位の位置関係で液状化被害は異なる
 - ✓ 砂丘斜面側およびのり先で液状化の危険度が高い
- 切土の平坦部
 - ✓ 切土斜面の平坦部は比較的に液状化しにくい
 - ✓ のり先に向かって液状化危険度は高い
- 盛土の平坦部
 - ✓ 盛土，埋土は液状化しやすい
 - ✓ 砂丘斜面が緩傾斜の場合に地下水上昇が起きやすく、広域に液状化する事例がある





高い擁壁は健全な一方、低い擁壁は沈下・側方変位を生じた



道路の路床は剛性が高く、山側で圧縮・谷側で引張破壊が見られた



道路は損傷が見られないが、空洞の懸念がある

(株式会社興和 坂東和郎氏(B) 藤野丈志氏(F))





砂丘盛土部の末端，側方変位により建物被害が拡大した

(株式会社興和 坂東和郎氏(B) 藤野丈志氏(F))





周辺に変位は見られないが、駐車場は隆起して
不同沈下を生じた



(株式会社興和 坂東和郎氏(B) 藤野丈志氏(F))





激しい液状化で建物は沈下した。全体が地盤沈下したと推測されるが、道路側が隆起して建物は傾斜したか



連続した噴砂や亀裂が発生した。地質との関係調査が必要か





(株式会社興和 坂東和郎氏(B) 藤野丈志氏(F))



スクリー・プレス工法 (グランテック社)

安心の保証システム

1



専用スクリー
杭芯にスクリー芯を合わせる。

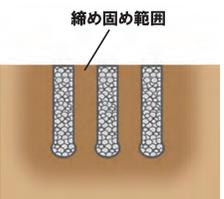
2



スクリーを回転しながら、地中に挿入する。この時、スクリー先端からエアを噴き出しながら削孔すると、地下水はエアに押されて周辺水位は低下する。

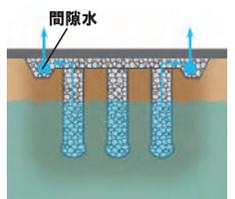
スクリー・プレス工法による液状化抑制は、砂地盤の圧密と間隙水圧消散を同時に行う「ハイフリット工法」です。

原理 ① 締め固め



締め固め範囲

原理 ② 間隙水圧消散



間隙水

現状地盤のN値を 1.7 ~ 2.2 倍程度に上昇させます。

透水性が良く、しかも地下水が流動しても砂が砕石内に入らないように7号砕石を使用します。

抑制効果実験を、富山県高岡市の県有地「万葉ふ頭」にて、長岡技術科学大学との共同研究を2年がかりで実施した結果、確かな効果が確認されました。



液状化保証
推奨工法認定書

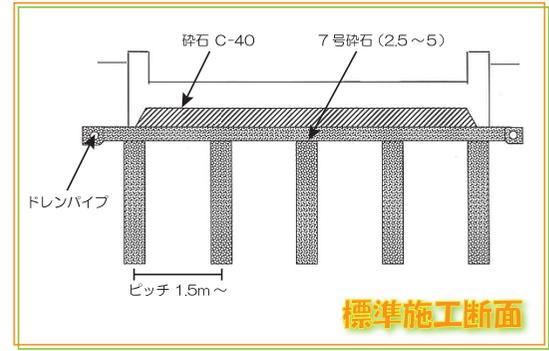
《 大手地盤保証会社による
液状化保証付保 》

地盤保証に特約条項を付加し、
500万円までの液状化被害担保
特約を付保することができます。

ハウスクラフ

工法の特徴

- セメントを使用しない、環境に配慮した工法です。
- 地盤改良（支持力向上）を兼ねています。
- 住宅地に適した、無振動、低騒音、短工期な工法です。
- 既存の工法と比較しても、超低コストです。
- 無排土削孔が可能な工法です。



3



圧密範囲
エア噴射

スクリーは、計画掘削深度まで挿入する。周辺地下水位は低下し、スクリー周辺は圧密され密度が上がり、強度も上昇する。計画深度まで達したら、エアを吐出しながらスクリーを引き抜く。

4 残土を投入し、再削孔する。

5



押圧ロッド

スクリーを引き抜いたら旋回し、押圧ロッドを挿入する。

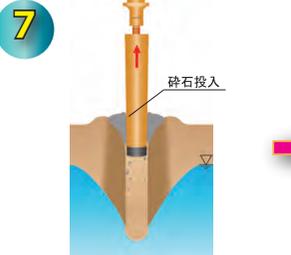
6



砕石投入
エア噴射

押圧ロッドの最大押圧力で出来るだけ削孔深度付近まで押圧し、下部地盤を圧密すると共に、孔の再整形を行う。
この時、地下水位が上昇しないようにエアを先端より吐出しておく。また、押圧ロッド上部周囲に砕石を投入する。

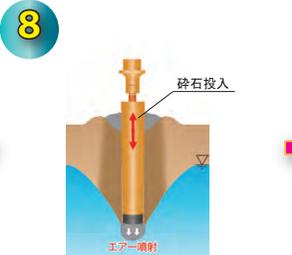
7



砕石投入

押圧ロッドを上昇させると上部周辺の砕石は、ロッド周囲より孔下部に落下する。
砕石が全部落下すれば、再び押圧ロッドを降下させる。

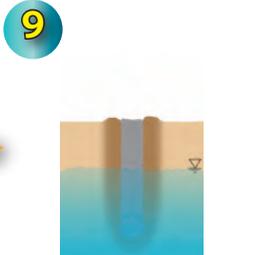
8



砕石投入
エア噴射

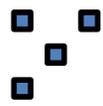
押圧ロッドの最大押圧力で砕石を転圧する。ロッド上部周辺に、再び砕石を投入する。

9



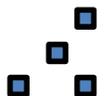
以後、これを繰り返し、GLまで砕石が充填されたら完成。



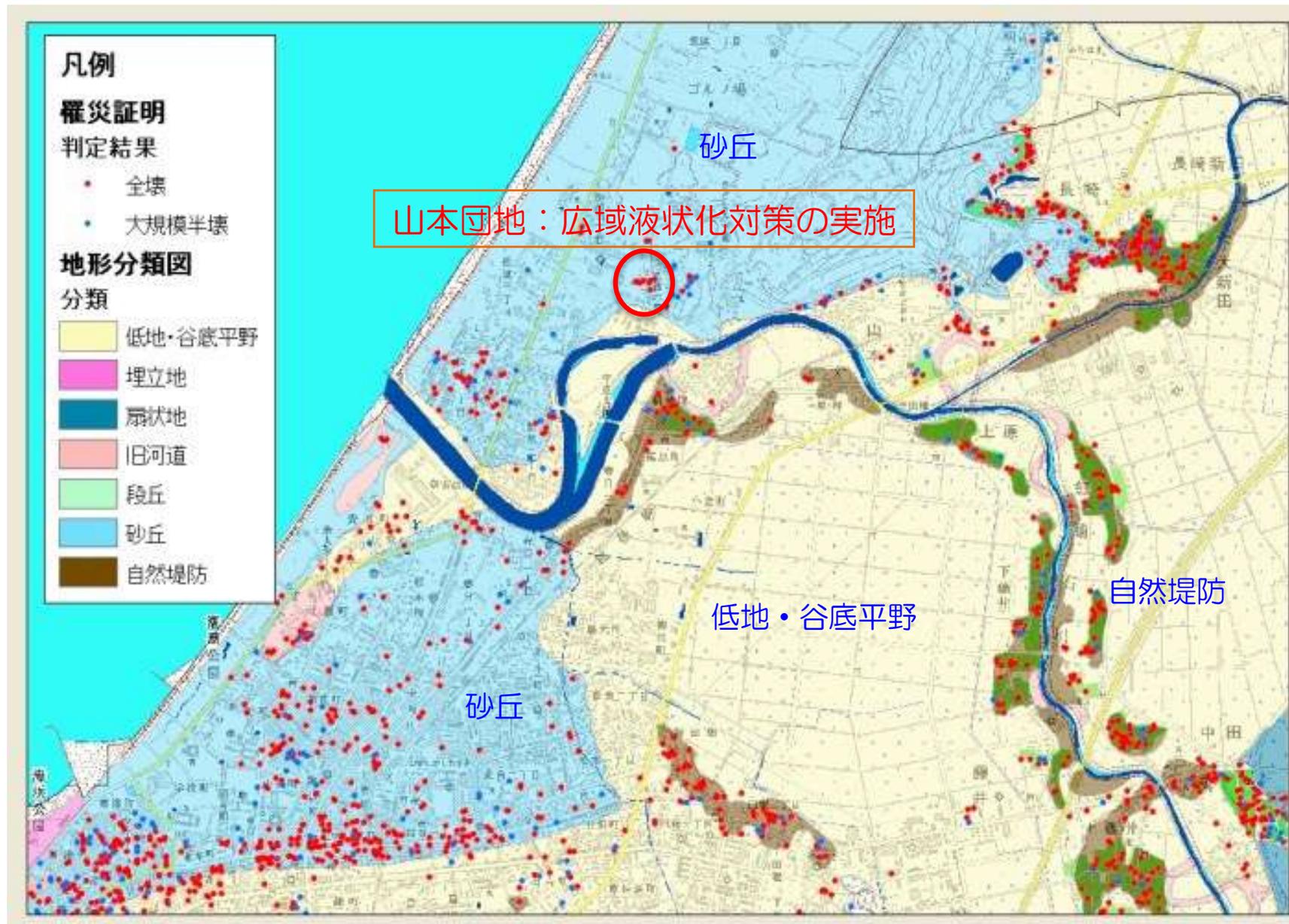


宅地の液状化対策をどうするか？

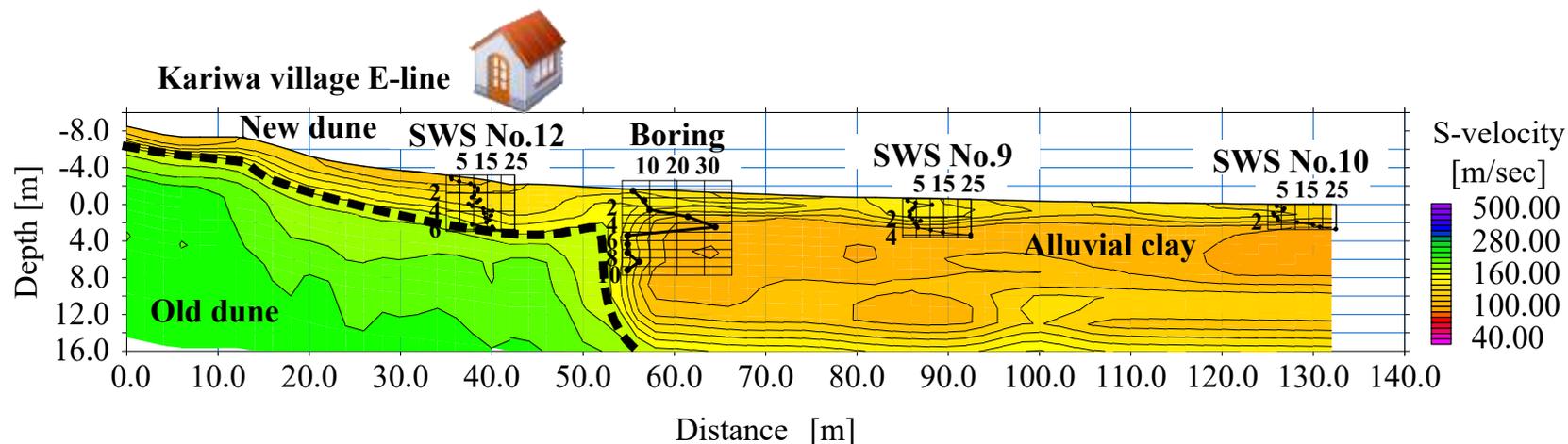
- 宅地の**広域**液状化対策
 - ✓ 2004年中越地震以降，新潟県では液状化対策が普及
 - ✓ 2007年中越地震では山本団地で**大規模盛土造成地滑動崩落防止事業**による地下水低下工法（低コスト）を適用
- 事前防災としての液状化対策
 - ✓ **液状化しやすさマップ**など液状化危険度の住民周知
 - ✓ 既存建物でも**改築時に予算に応じた液状化対策**の実施
 - ✓ **時間経過とともに防災力向上を図るソフト対策戦略**
- 遠距離地震で発生する液状化被害
 - ✓ 能登半島地震で新潟市にも大きな液状化被害の発生
 - ✓ **住民の都合で災害は待ってられない**
- 液状化対策の適正レベル
 - ✓ 想定する地震規模と**繰り返す液状化被害**
 - ✓ **住宅地域の広域液状化対策の効率化**



2007年中越沖地震の建物被害（柏崎市）



繰り返す液状化被害（中越・中越沖地震）



| | 不同沈下量(mm) | 傾斜角 | 中越地震 | 中越沖地震 | 中越地震後の対策工 |
|---|-----------|----------|------|-------|--------------|
| A | 1133 | 161/1000 | 全壊 | 全壊 | 新築(在来工法) |
| B | 278 | 30/1000 | 全壊 | 全壊 | - |
| C | 263 | 18/1000 | 全壊 | 全壊 | 新築(柱状工法) |
| D | - | - | 全壊 | 全壊 | 改築(在来工法) |
| E | 62 | 5/1000 | 全壊 | 全壊 | 新築(在来工法) |
| F | 88 | 6/1000 | 半壊 | 半壊 | 改築(アンダーピニング) |
| G | 251 | 12/1000 | - | - | 無対策 |
| H | - | - | 全壊 | 全壊 | 新築(鋼管杭) |
| I | 175 | 18/1000 | 全壊 | 全壊 | 改築(アンダーピニング) |
| J | 72 | 6/1000 | - | - | 無対策 |
| K | 129 | 7/1000 | 全壊 | 調査済 | 新築(鋼管杭+暗渠) |
| L | - | - | 全壊 | 要注意 | - |
| M | 187 | 10/1000 | 要注意 | 調査済 | 無対策 |
| N | - | - | 要注意 | 要注意 | - |

