

令和5・6年度 科学研究費助成事業(特別研究促進費):2023年5月5日の地震を含む能登半島北東部陸海域で継続する地震と災害の総合調査

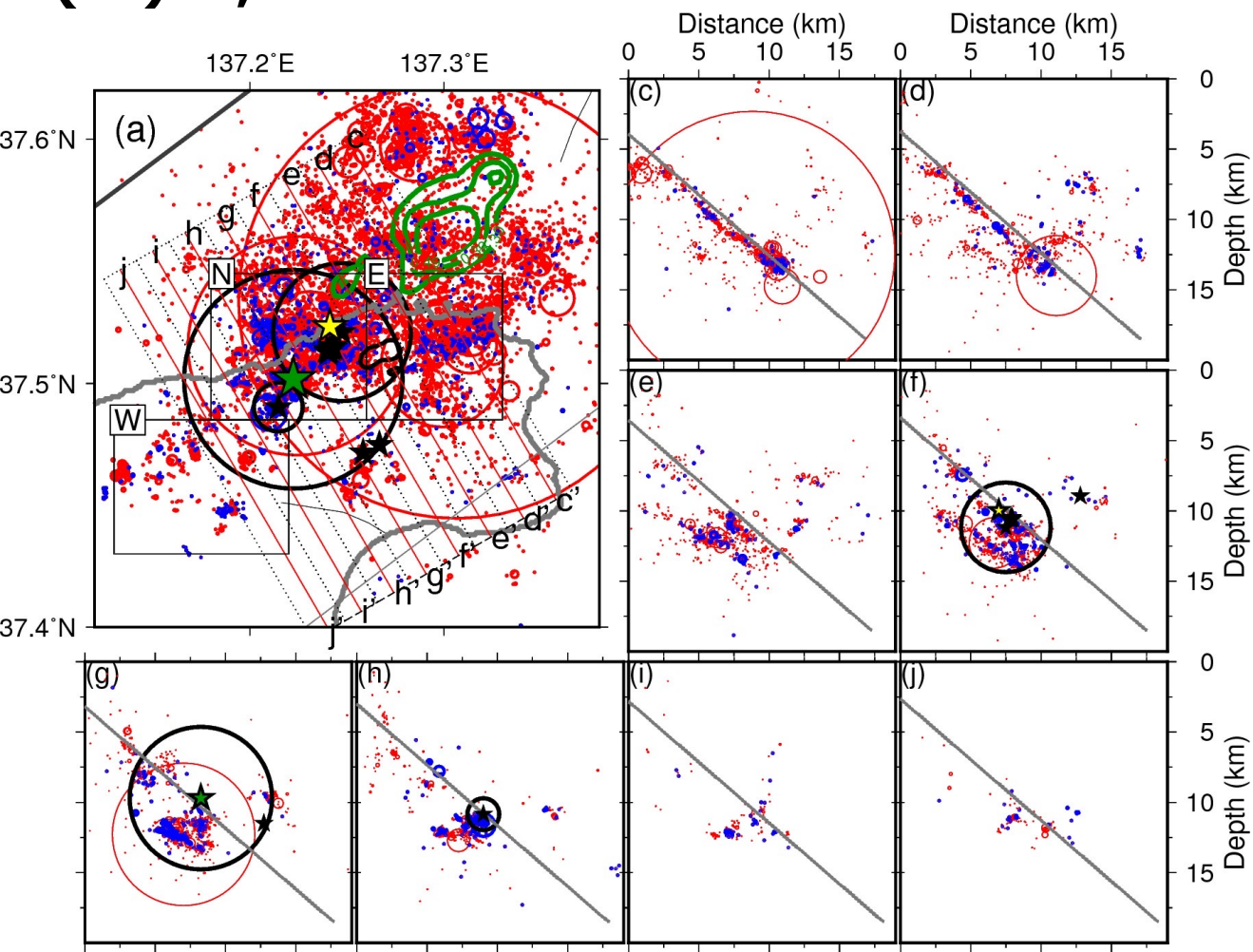
調403-(3)-7

研究概要 総合調査を実施する中、令和6年1月1日に、M7.6、最大震度7を観測する地震が発生。地震活動の範囲が能登半島北東沖等に拡大したことや、広い範囲で津波を観測し、被害が発生したことなどを踏まえ、海域での地震・電磁気観測等を追加実施するとともに、新たに津波調査や地域経済への影響調査等を実施。研究成果を国の機関や地元自治体・住民に提供することにより、今後の地震調査研究の推進や地震防災対策に貢献。

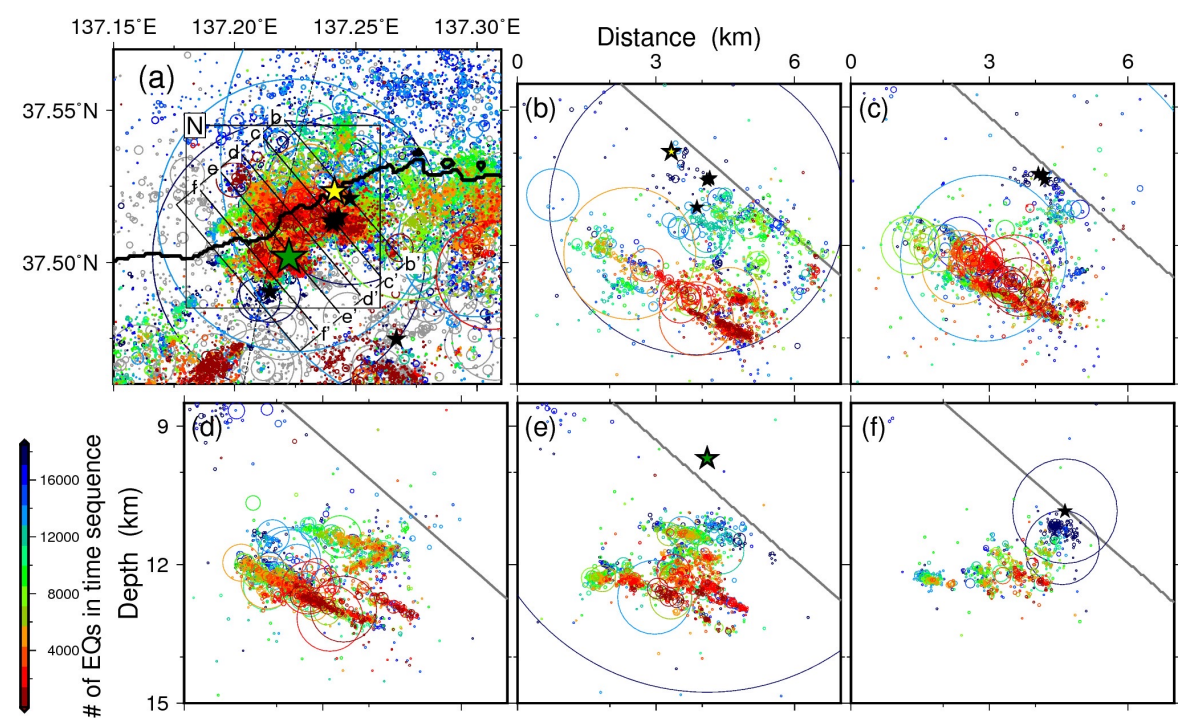
研究組織 研究代表者:平松良浩(金沢大学)(全33機関、計69名 ※赤下線はM7.6の地震発生による追加助成による新規参加)
金沢大学、東北大学、東北大学災害科学国際研究所、筑波大学、東京大学、東京大学地震研究所、富山大学、金沢工業大学、北陸学院大学、福井大学、信州大学、滋賀県立大学、京都大学、京都大学防災研究所、神戸大学、兵庫県立大学、岡山大学、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所、北海道大学、弘前大学、山形大学、新潟大学、新潟大学災害・復興科学研究所、長岡技術科学大学、富山県立大学、北陸先端科学技術大学院大学、名古屋大学、徳島大学、香川大学、九州大学、気象庁気象研究所、防災科学技術研究所

- 研究テーマ**
1. 陸域地震観測による震源域の断層帯および流体供給系の分布・挙動の解明
 2. 海陸統合臨時地震観測による群発地震活動の把握
 3. 測地観測による地殻変動メカニズムの解明
 4. 群発地震域～M7.6地震破壊域における流体分布把握のための海陸電磁気観測
 5. 超高感度地殻活動観測による地殻流体挙動の解明
 6. 温泉水の化学分析による能登半島の物質循環像の調査
 7. 活構造調査による震源域の古地震活動像の解明
 8. 震源過程と強震観測に基づく高震度生成過程調査
 9. 震災による被害状況の調査と再建に関する検討
 10. 社会的脆弱性による災害時の地域への影響調査
 11. 津波の生成・伝播・遡上特性の解明と断層破壊過程の推定
 12. 地域経済への影響と復興過程の調査

2024年 Mw7.5地震の地震の開始 (★), 直前の前震 (☆), 一日内の前震活動 (★)が, 2023年 5月 Mw6.2地震や 2022年 6月 Mw5.2地震と同じ断層で発生.

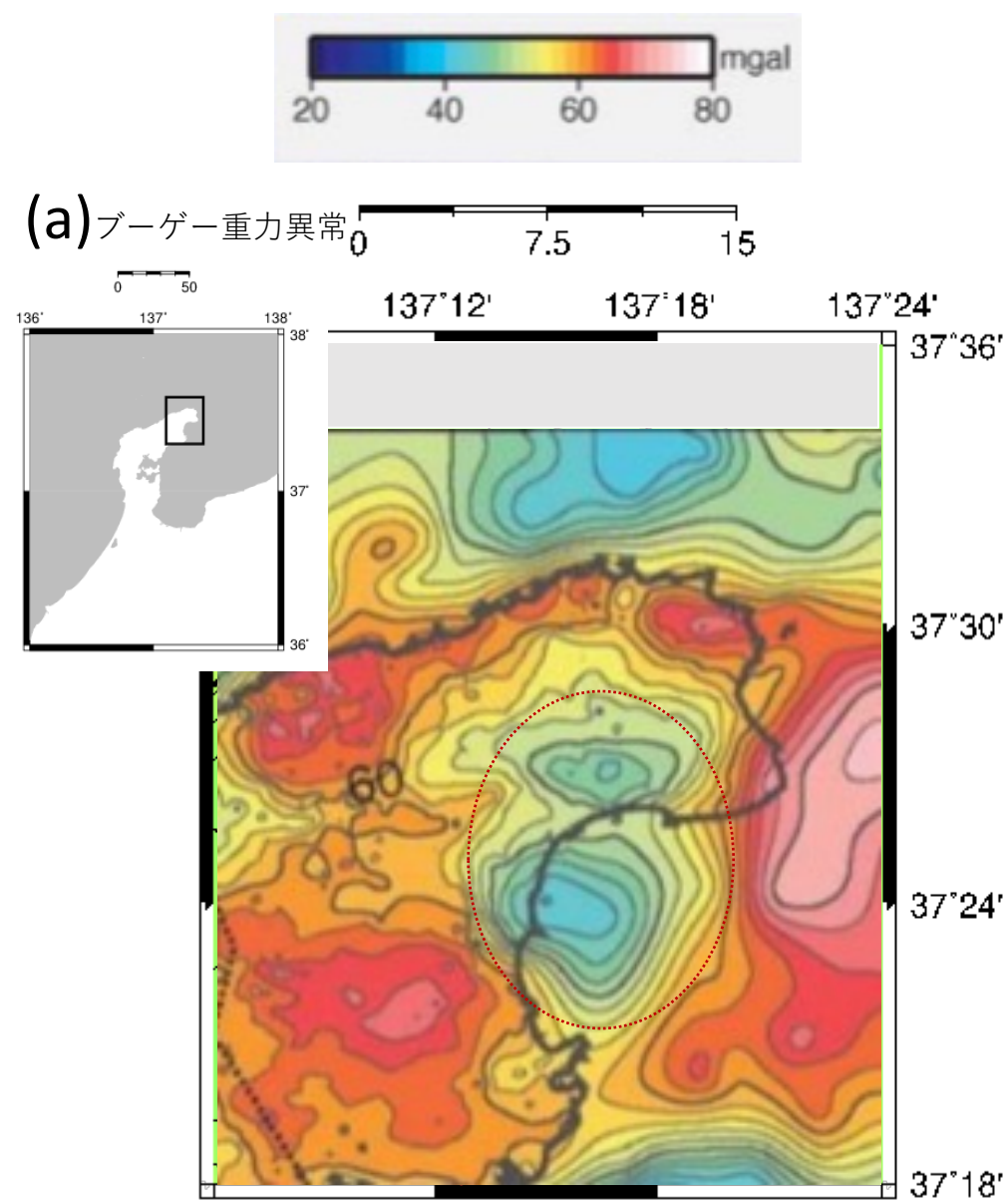


本震震源直下では約 2年前から複数枚の断層を通じた微小地震のマイグレーションが起こっており, 本震発生前に本震断層まで到達していた.

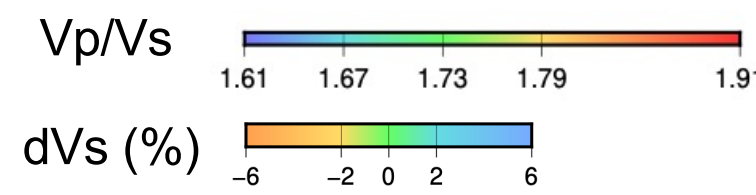
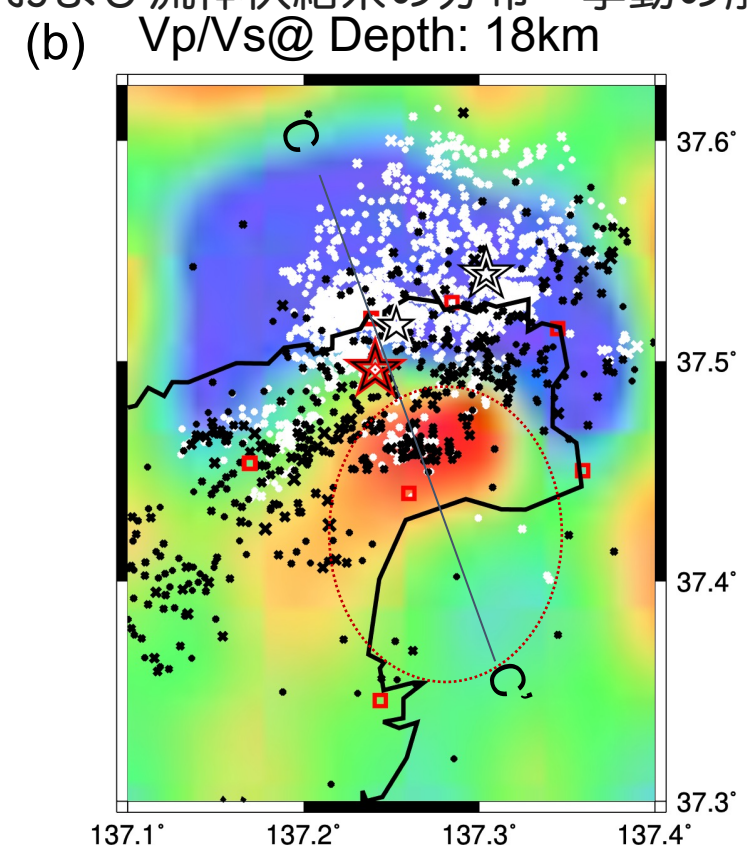


赤丸: 本震前 300日以内 緑コンター: 2023年 Mw6.2地震時滑り分布
 青丸: 本震前 100日以内 黒コンター: 2022年 Mw5.2地震時滑り分布

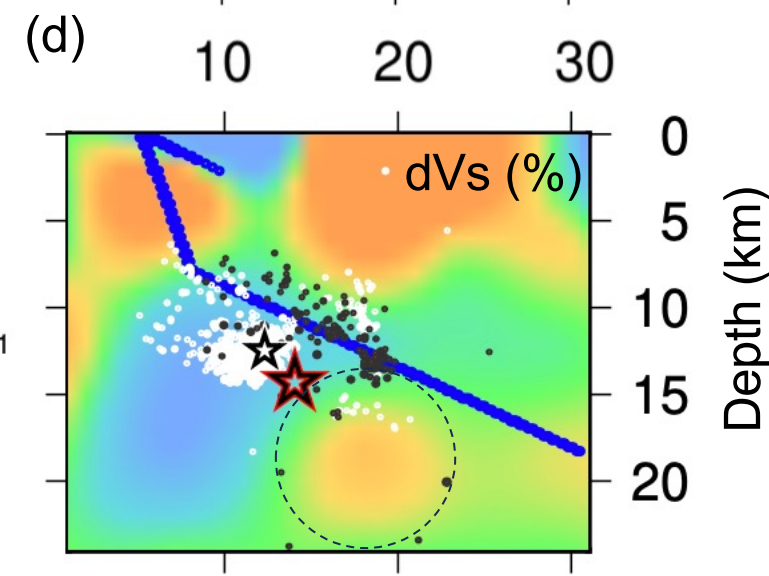
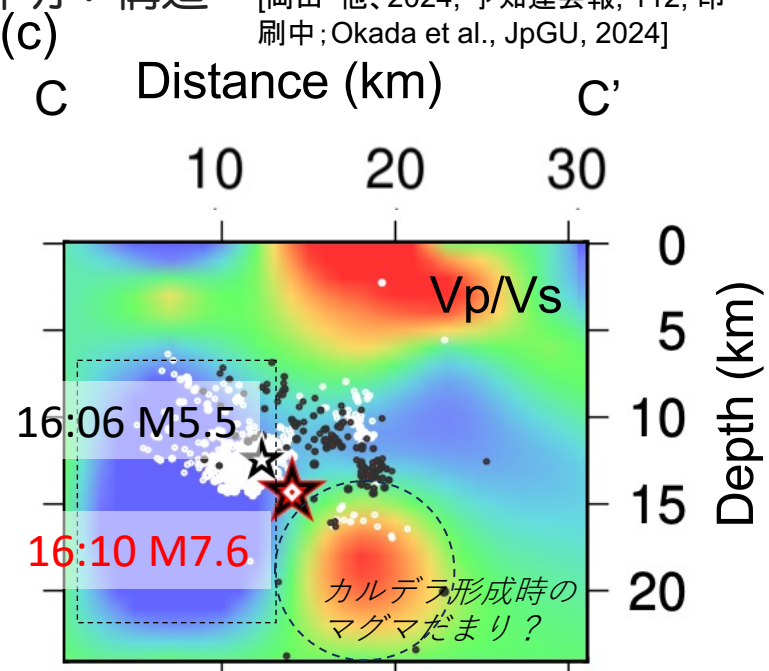
Yoshida et al. (2023, JGR)で報告されていた複数断層を通じたマイグレーションが継続しており, 本震震源に付近まで到達.



(澤田・他、地震2、2012)



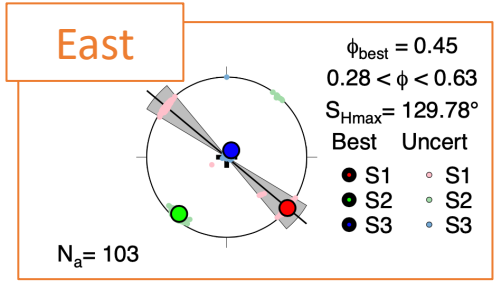
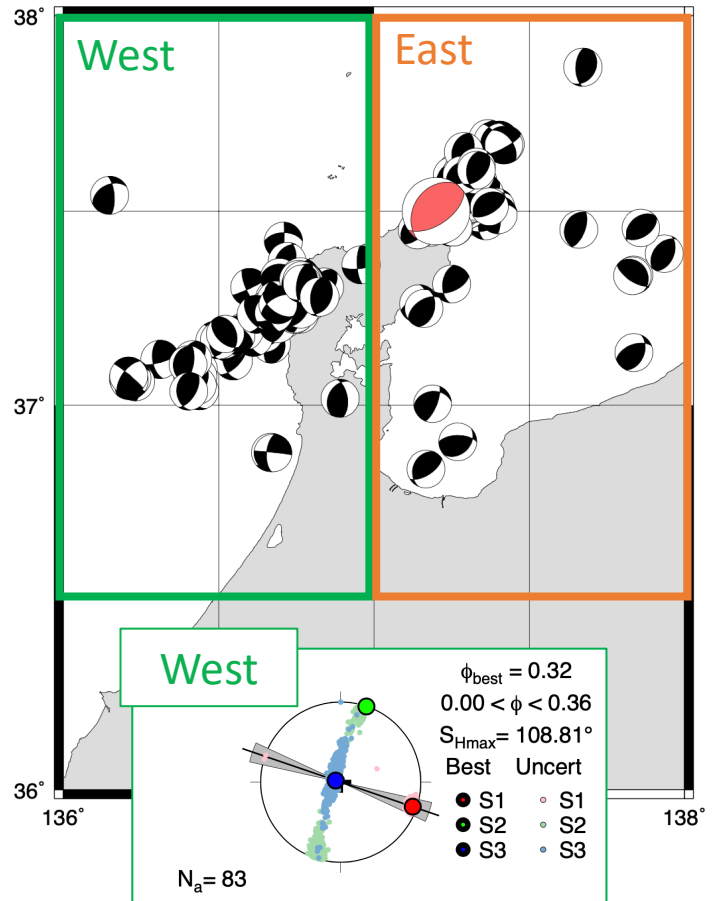
白星：2023/5/5 M6.5,
 黒星：2024/1/1 16:06 M5.5,
 赤星：2024/1/1 M7.6
 白(灰)：2018-2023、 $M \geq 2$
 黒：2024/01/01-01/13、 $M \geq 2$



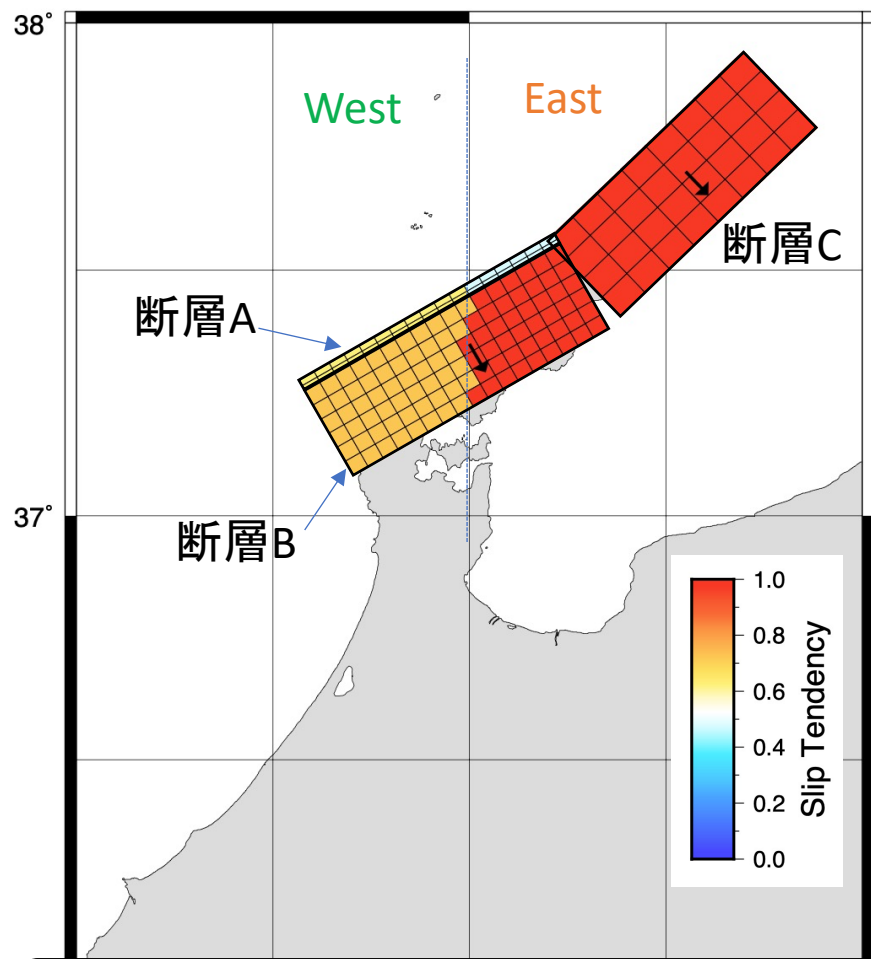
青: Yamada et al. (JpGU, 2024)

テーマ1. 陸域地震観測による震源域の断層帯および流体供給系の分布・挙動の解明：応力場と断層のすべりやすさ

応力場 1997.1から2023.12 (本震前)までの防災科研F-netMT解を使用



Yamada et al. (JpGU, 2024)



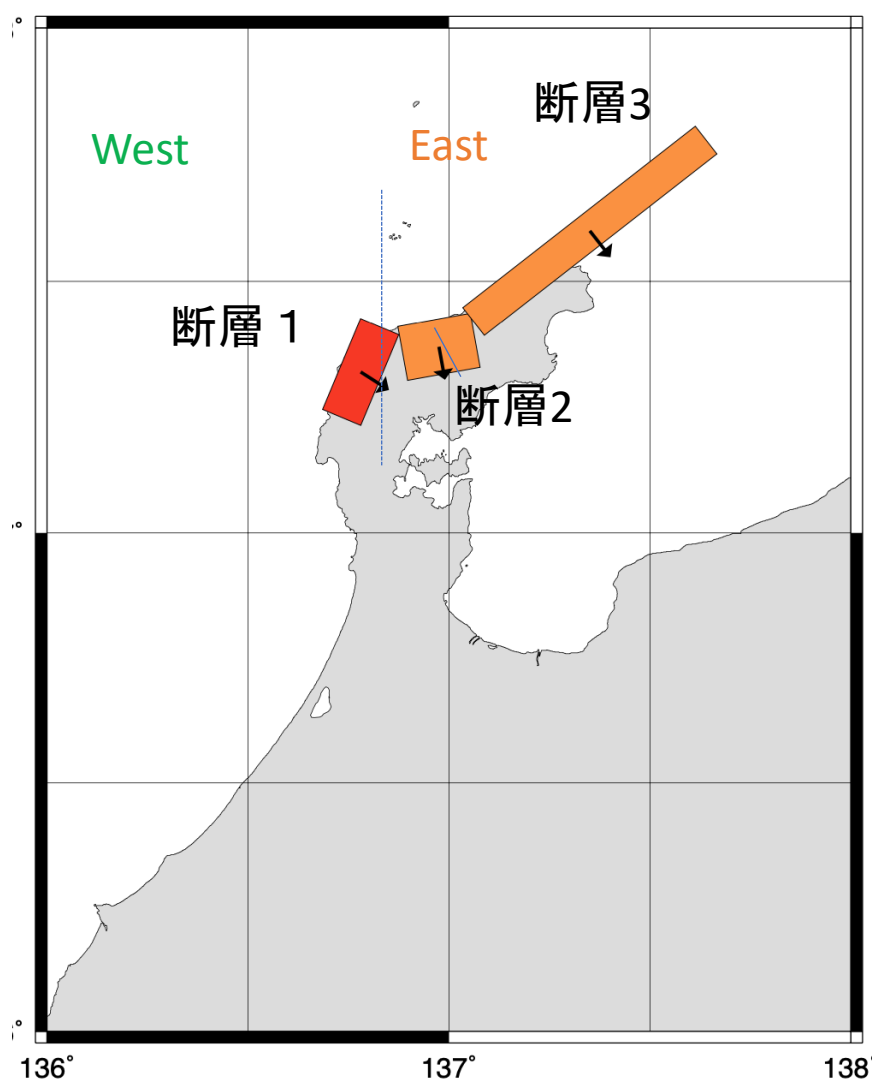
Slip tendency (Morris et al., 1996)

$T_s > 0.7$: すべりやすい
 $T_s < 0.6$: すべりにくい

$$T_s = \frac{|\sigma_s|}{\mu|\sigma_n|}$$

σ_n : 断層上の法線応力
 σ_s : 断層上の剪断応力
 μ : 断層の摩擦係数

国土地理院 (1/30付)



2：海陸統合臨時地震観測による群発地震活動の把握

2023年5月5日M6.5後の地震活動域における海陸統合臨時地震観測

・目的

マグニチュード6.5の地震後に海域に広がった地震活動の震源位置決定精度を向上させるために、群発地震活動域の直上にあたる海域と陸域で同時期に臨時地震観測を実施する。既存陸域地震観測網と連携し、新規に得る海陸統合地震観測データによってマグニチュード6.5の地震の震源断層の広がりや傾きを高精度で把握し、珠洲市の北岸沖に存在する活断層との関係性を明らかにする。

観測概要

〈海域〉

設置期間：2023年6月26日～7月5日

設置場所：珠洲市北方沖に約5km間隔で4か所，珠洲市東方沖に1か所

観測装置：浅海用係留ブイ方式海底地震観測システム

(Shinohara et al., 2022; 篠原・酒井, 2023)

レコーダー：Geospace社製OBX-750

センサー：固有周波数15Hzの3成分地震計とハイドロフォン

〈陸域〉

設置期間：2023年6月22日～7月25日

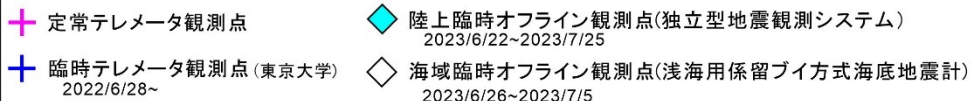
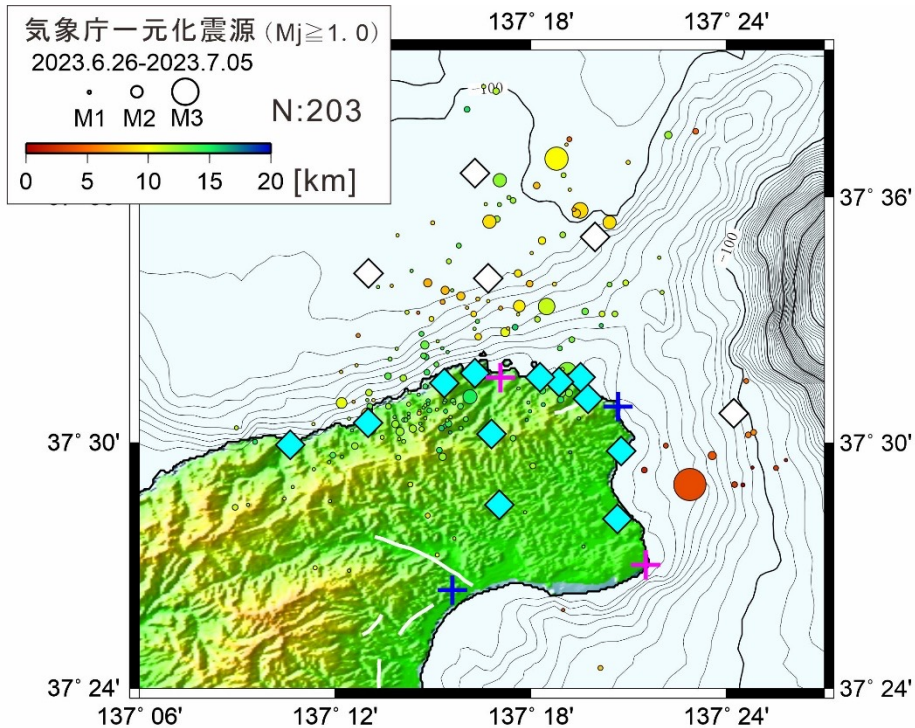
設置場所：珠洲市北岸から東岸の海岸線沿いと

県道52号線に1km～5km間隔で12カ所

観測装置：独立型地震観測システム

レコーダー：Geospace社製GSX-3

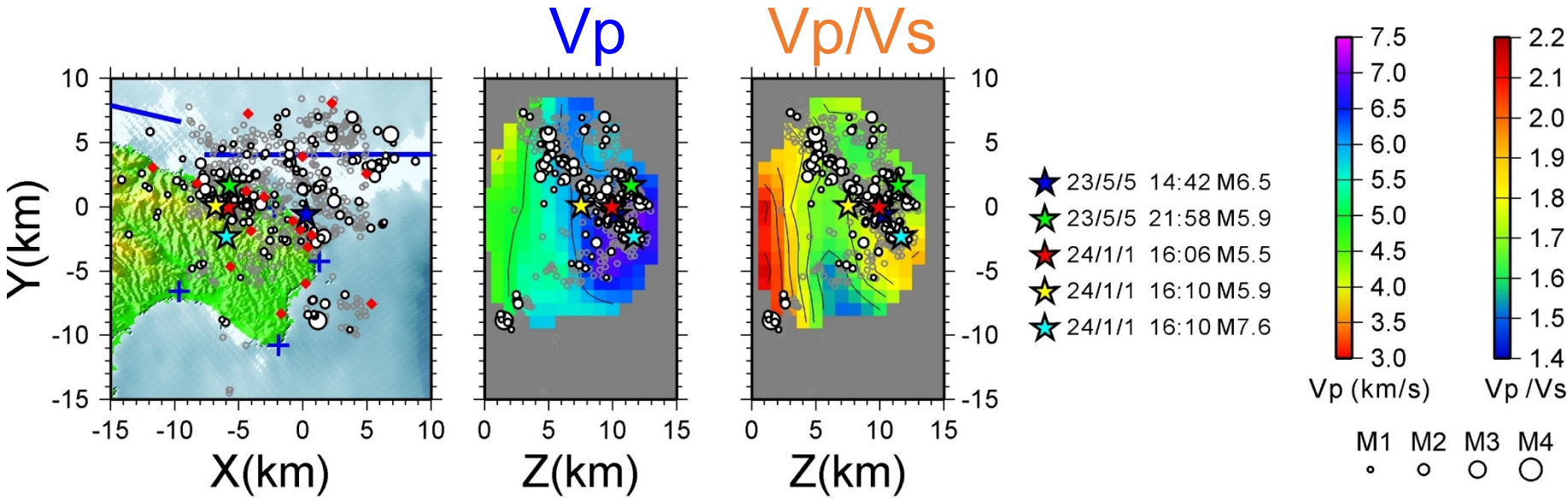
センサー：固有周波数1Hzの3成分地震計



2 : 海陸統合臨時地震観測による群発地震活動の把握

2023年5月5日M6.5後の地震活動域における海陸統合臨時地震観測

- ・地震波トモグラフィー解析 (tomoDD, Zhang and Thurber (2003)を使用)を実施
- ・トモグラフィー解析で得られた速度構造を使用して気象庁一元化震源 (2023/5/5-2024/1/1, $M_j \geq 2.0$) の震源再決定を実施



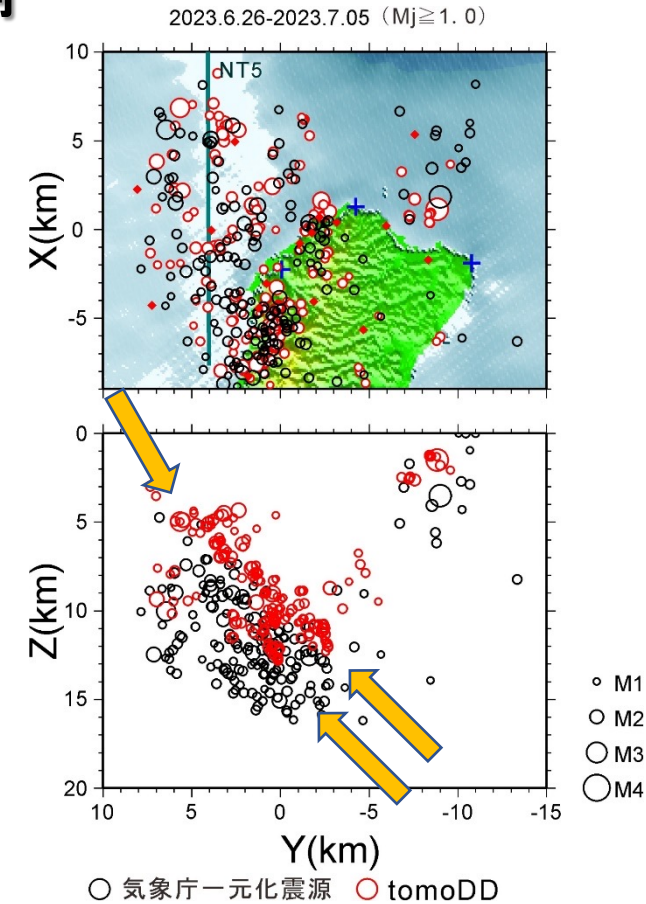
tomoDD

○ 2023.5.5~2022.6.25 ○ tomoDD 2023.6.26~2023.7.5
 2023.7.6~2024.1.1 $M_j \geq 1.0$

$M_j \geq 2.0$

能登半島北東部下における地震波速度構造と震源分布

NT5: 日本海地震・津波調査プロジェクトの断層モデル



海陸統合地震観測データによる震源(赤丸)と気象庁一元化震源(黒丸)との比較

- ・ 珠洲市北岸沖から、南東傾斜の震源分布が確認できる(Dip: 40°)。5/5 M6.5の地震は、NT5の断層面とは別の面で発生しているように見える。
- ・ 南東傾斜の震源分布の深部近傍には、High V_p/V_s 領域 (V_p は低下)が存在する。→ 流体の存在を示唆。

2 : 海陸統合臨時地震観測による群発地震活動の把握

令和6年能登半島地震の海域緊急余震観測

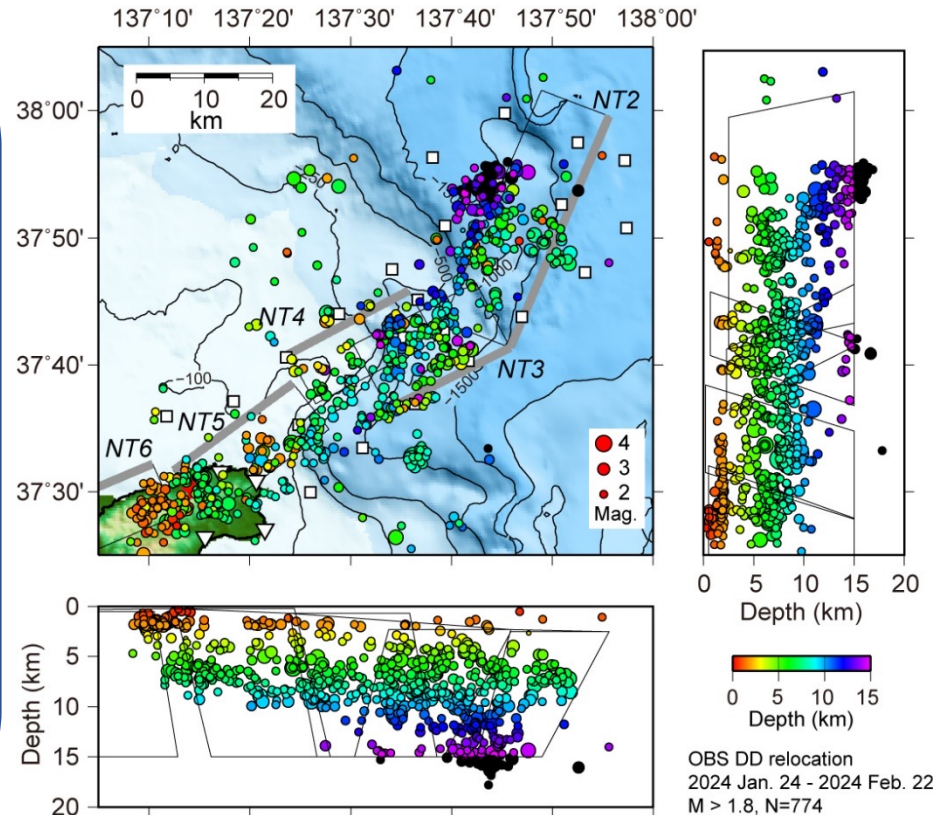
令和6年能登半島地震後に広がった海域における地震活動の震源位置決定精度を向上させるために、海底地震計(OBS)を用いた緊急余震観測を実施。

2月下旬に回収したSPOBS 25台と能登半島東部の陸上観測点4点のデータを用いたDD法による震源決定を実施。

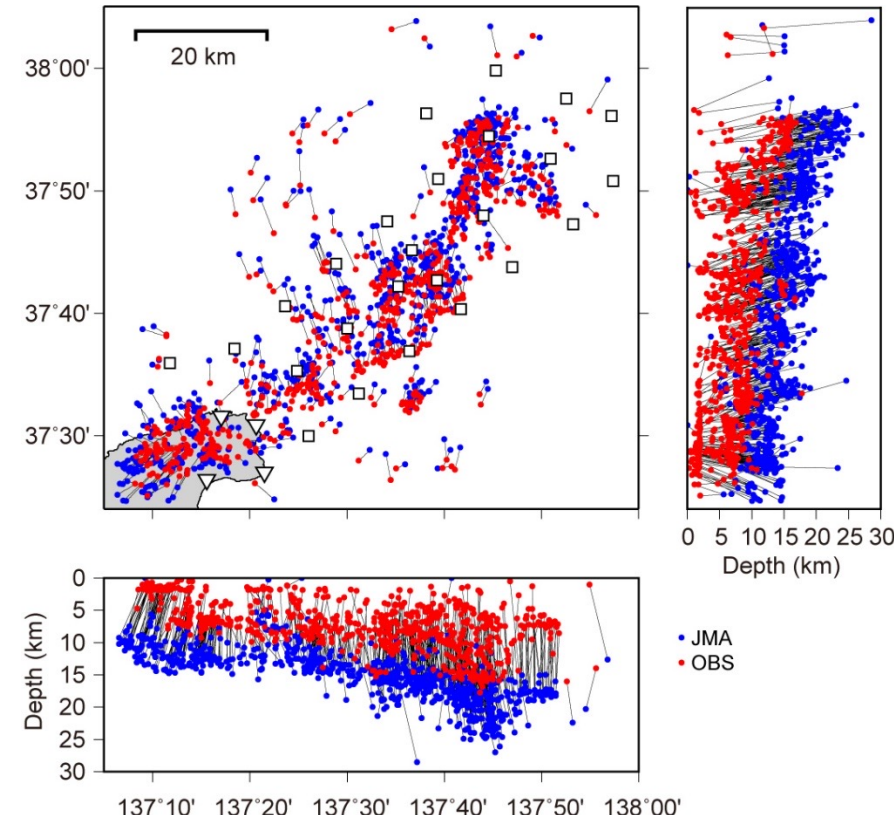
・余震は能登半島沿岸では深さ10 km程度まで、沖合では深さ16 km程度まで発生している。

・「日本海地震・津波調査プロジェクト」による断層モデルNT2の深部において、最も深い地震が発生している。

・OBSによる震源は気象庁一元化震源より10 kmほど浅く求まった。



DD法による余震分布。



気象庁一元化震源とOBSデータを用いた震源決定による震源位置の比較。

リストリックな断層面における地震時すべり分布

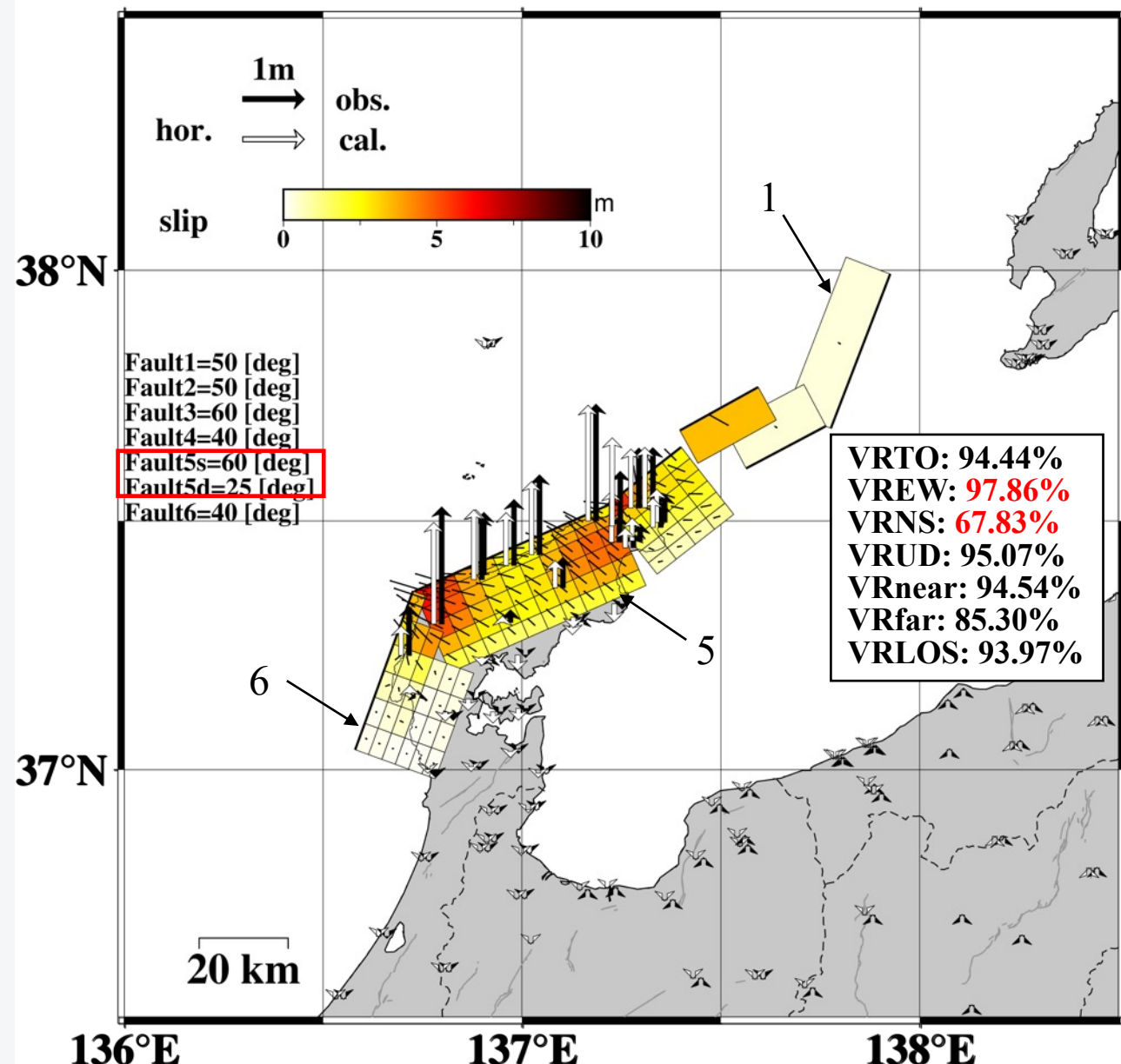
■ データ

- GNSSによる変位3成分
 - GEONET, 臨時観測 (京大, 金沢大), SoftBankによる観測データ
 - 2023/12/22-31間の平均と2024/1/4-8間の平均のオフセット
- Pixel Offset解析によるSAR-LOS変位
 - Path26-Frame2820-2840 (2023/06/06 - 2024/01/02)
 - フレーム連結の困難性に起因する不連続を切除

■ 断層の設定

- JSPJの断層モデル (NT2-10) を参照し, 一部パラメータを調整
- 断層1-3 (NT2-4):
 - 津波データより推定された一様すべりモデル (Fujii & Satake, 2024) で固定
- 断層4-6 (NT5-10):
 - サイズ~5kmで小断層分割
 - それぞれの断層内でのみ平滑を仮定
 - 断層5について, 浅部は高角, 深部は低角に仮定。余震分布とよく一致。

mean-model(VR=94.44%,Mw=7.50)

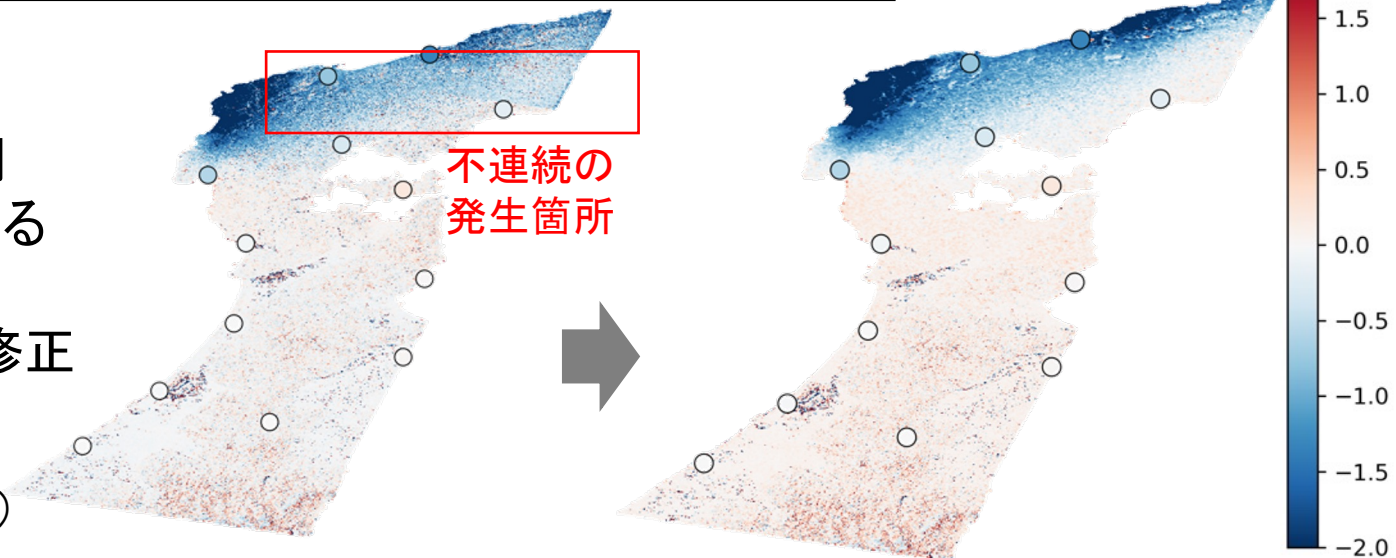


SAR Offset Tracking (OT) による地表面変位量計算

解析結果を東北大・太田雄策博士へ提供

- JAXA公開のFree ALOS-2データを使用
- RINC(防災科研・小澤拓博士開発)によるOffset Tracking解析
- 連続する観測フレーム間での不連続を修正

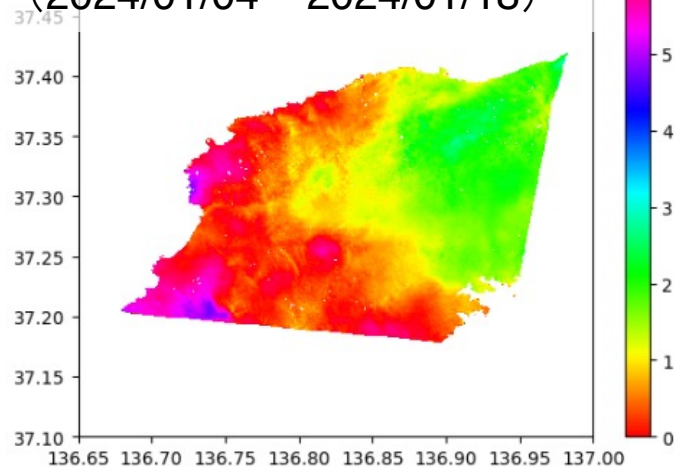
ALOS-2高分解能モード OT
Path 26 (2023/06/06 – 2024/01/02)



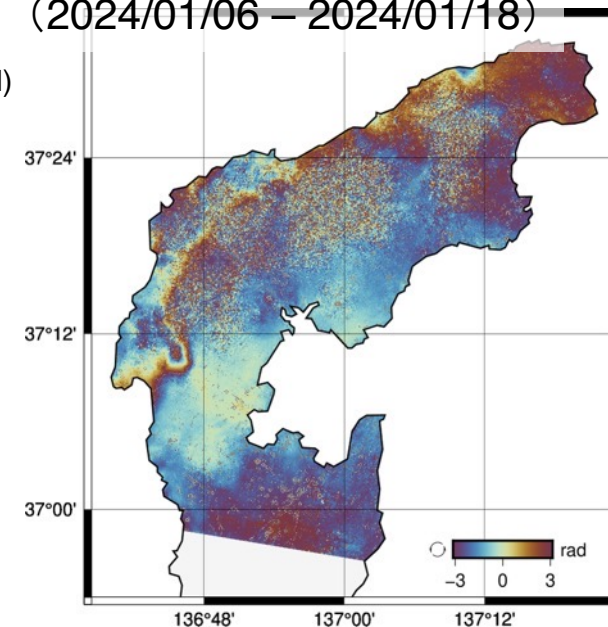
地震後変位検出へ向けたInSAR解析

- ALOS-2のInSAR解析: RINCデータを随時取得、解析中
- Sentinel-1のInSAR解析: ISCE ver.2
- ターゲット: 余効すべりと間隙弾性反発
- 広域の変位である粘弾性緩和は無視(シミュレーションで検証済、断層近傍では無視できる)

ALOS-2高分解能モード InSAR
(2024/01/04 – 2024/01/18)

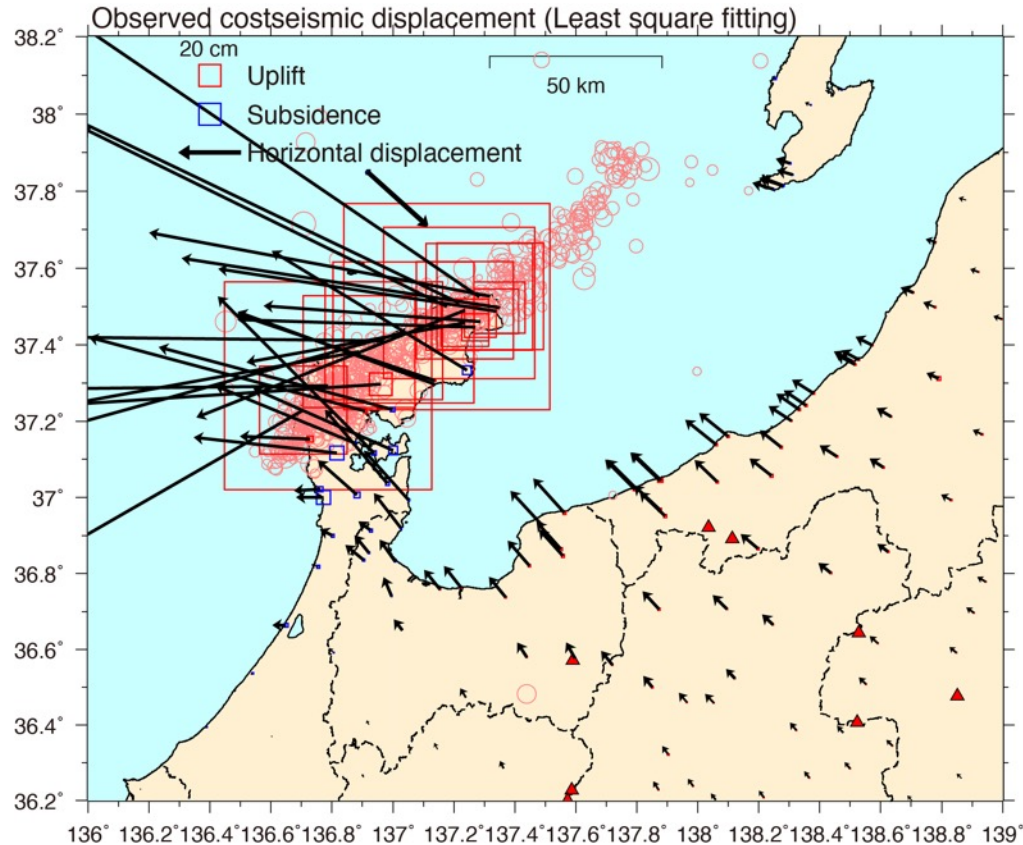


Sentinel-1 InSAR
(2024/01/06 – 2024/01/18)

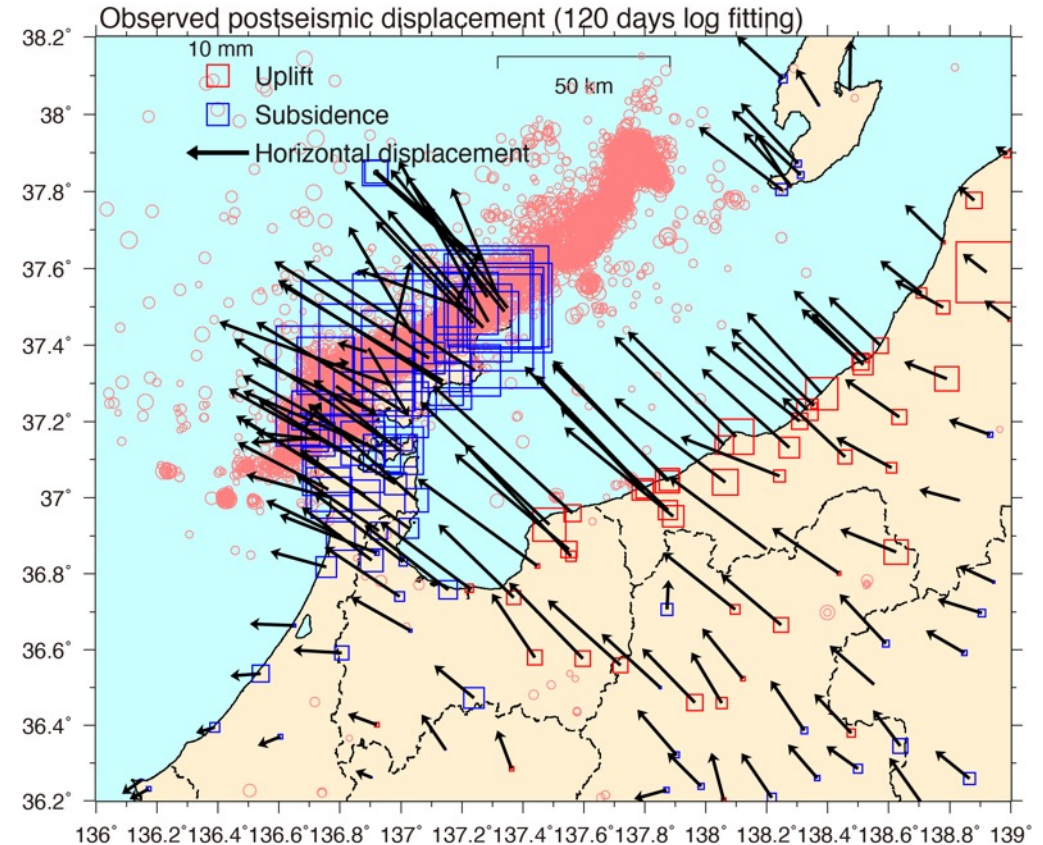


地震時変動と余効変動のパターンの違い

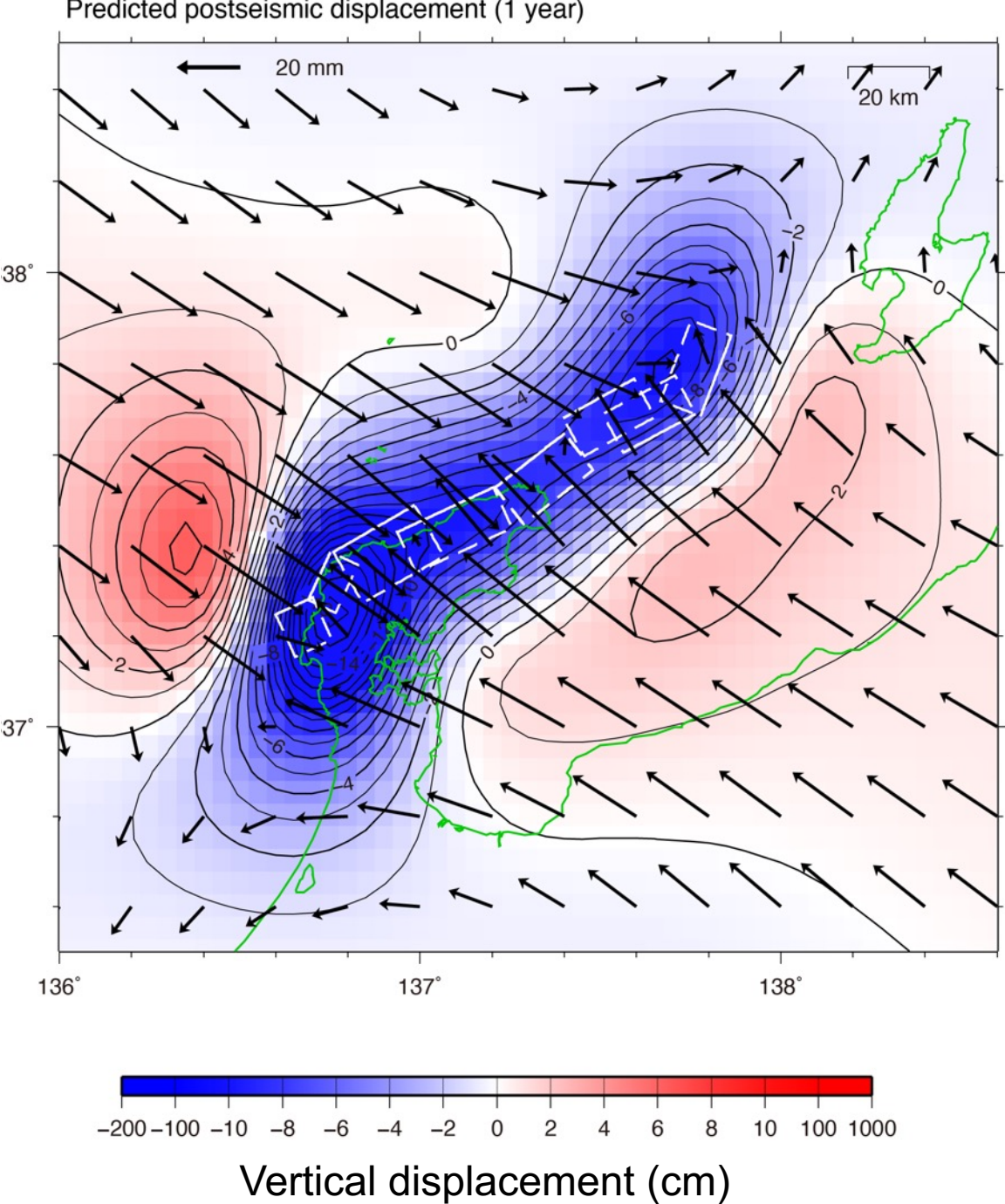
地震時地殻変動



地震後(余効)地殻変動(120日間)



- 震源付近と遠方の変位量の大きさの比が大きく異なる(矢印のスケールが異なることに注意)
 - 上下変動のパターン(能登半島では、地震時に隆起、地震後に沈降)
- このような変動のパターンの違いから、マントルにおける粘弾性緩和が余効変動の主要因と考えられる。



今後予想される余効変動

- 粘弾性緩和によって予想される能登半島の沈降量の最大は、1年間で17cm、10年間で29cm、30年間で44cm。
- 10年後の水平変動速度としては、最大で2mm/年程度であるが、広域にわたる変動が続き、関東地方でも1mm/年を超える変動が続く可能性がある。

図：粘弾性緩和による計算変位分布. 厚さ30kmの弾性層の下に、Maxwell粘性率 1.1×10^{19} Pa s, Kelvin粘性率 5.5×10^{17} Pa sの半無限Burgers弾性体を仮定
青は沈降域, 赤は隆起域を表す.

テーマ5 超高感度地殻活動観測による地殻流体挙動の解明

重力観測

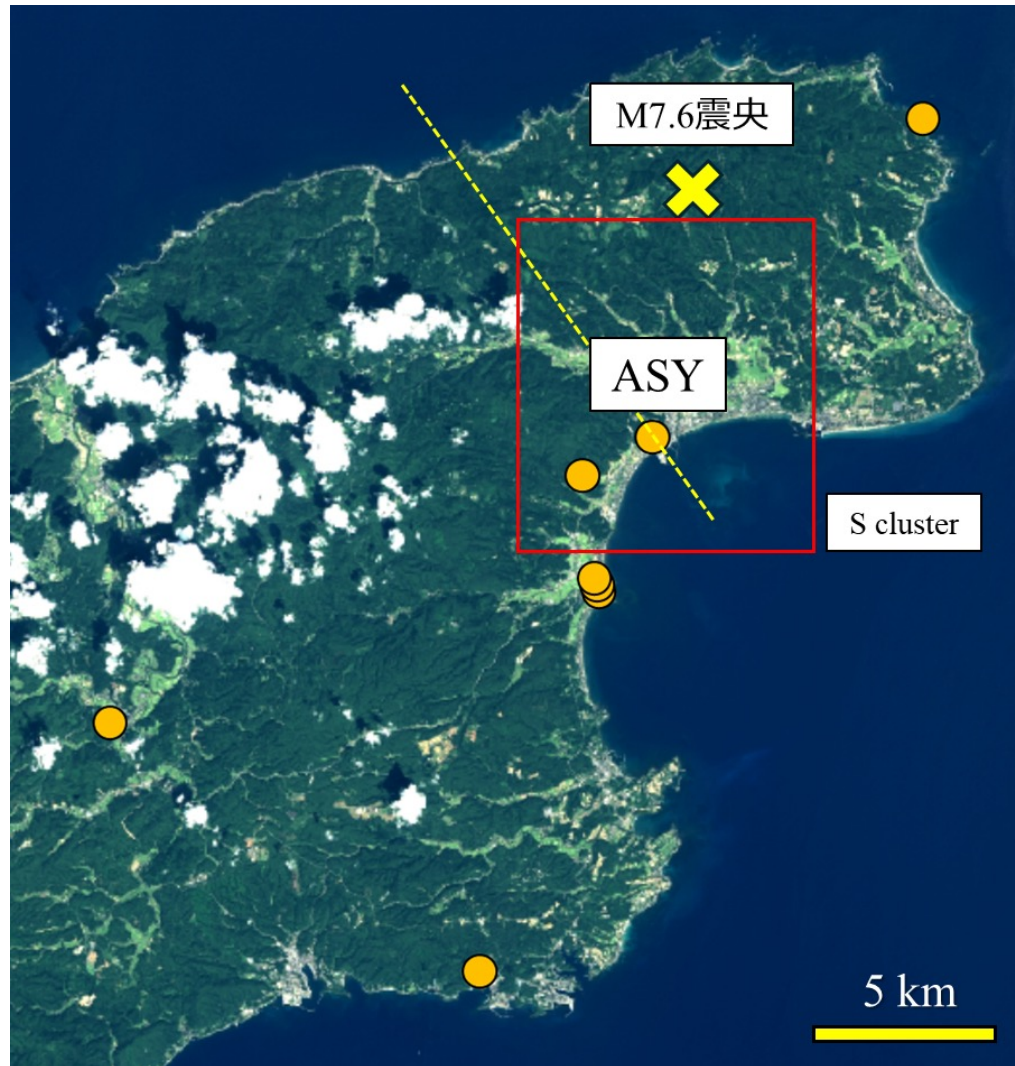
東大理・東大地震研・富山大・京大防災研・海洋研究開発機構・金沢大

- 計6回(2022年3月, 2023年3月, 5月, 9月, 2024年1月, 3月)それぞれ3日程度観測
- 絶対+相対重力(2024年は金沢大, それ以外は珠洲市北部に絶対重力計設置)

結果

- 2023年5月の地震前は地殻変動観測による断層モデル(Nishimura+2022)と調和、流体の寄与は観測誤差程度
- **M6.5地震とM7.6地震に伴う重力異常を観測**
 - 地震に伴う絶対重力の変化が捉えられたのは岩手県雫石地震, 2011年東北地震に続き3例目で**国際的にも貴重**.
 - **今回, 初めてだったのは**
 - 観測点のかなり近くで地震が起きたため, 誤差に比べて十分**大きな変化**が捉えられた(1月の地震では相対重力計でも有意なくらい大きい変化)
 - その結果, **既存のディスロケーション理論で説明できない**寄与があることが明らかになった
- M7.6地震前は有意な変動は見られなかった

サンプリング・分析



本研究における調査地域

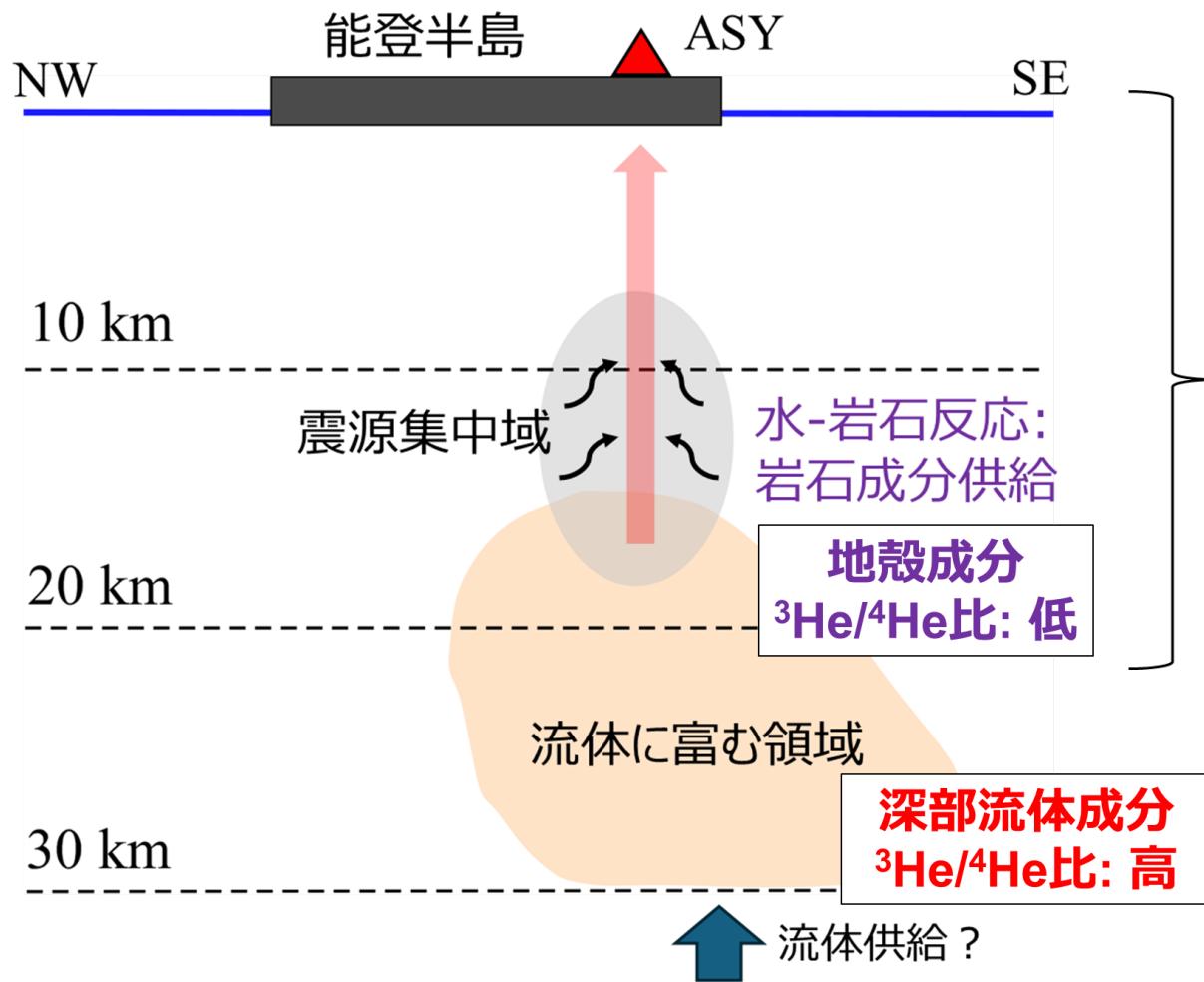
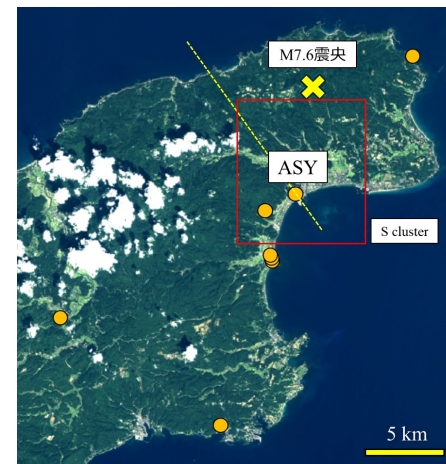


採水風景

ポリビンやガラス容器内に温泉水試料採取
→ イオン濃度や同位体比を測定
→ 元素・同位体の起源を推定し、群発地震・大地震に伴い地下で生じた現象の解明を目指す

○: サンプリングサイト (2022年6月に調査を開始し、継続中), ×: M7.6震央 (気象庁, 2024), 赤枠: Amezawa et al. (2023)が示す震源集中域の内、S cluster。本図は「地理院地図 (電子国土Web)」で出力した図を修正して作成した。

2022年6月以降の能登半島北東部地下における物質循環に関する制約



※ 深部流体をマントル起源物質のキャリアと考え、供給されるマントル起源物質の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比を8 Ra, 地殻起源成分の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比を0.1 Raと仮定した時、温泉水へのマントル起源物質の寄与率の変動を推定:

- ・2023年5月のM6.5地震前後で $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は低下傾向から上昇傾向に変化
- 2024年1月のM7.6地震後にかけて上昇
- 2022年12月から2024年にかけての変動はASYで顕著であり、期間を通じてマントル起源物質の寄与率が10%程度増減

同位体比を変化させるほどの地下の物理状態の変動や、深部流体の断層への侵入といった現象が、群発地震・大地震の駆動力となった可能性がある。

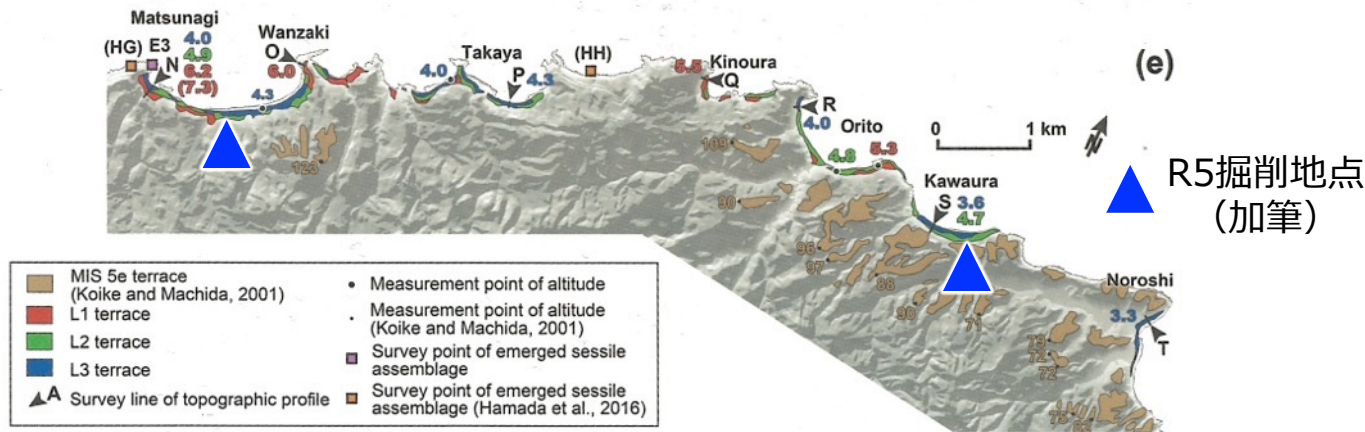
地点ASY地下における物質循環の模式図 (調査地域図中の破線部の断面模式図)
本図はNishimura et al. (2023) のFigure. 4 を基にして作成した。

完新世段丘の離水年代の調査

- 能登半島北東部沿岸には概ね 3 段の完新世段丘が断続的に分布する
- 完新世に繰り返し発生した海底活断層による地震性隆起を示すものと考えられる (穴倉ほか, 2020)
- これらの低位段丘面群の離水年代は明らかになっていない



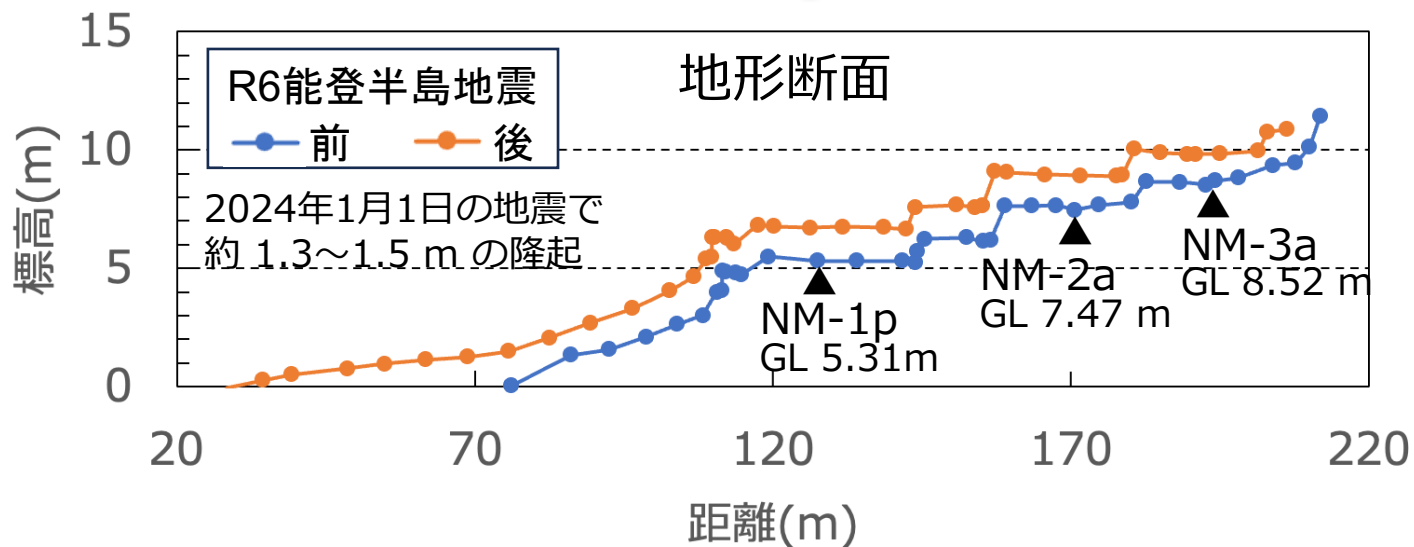
- 2023年度に能登半島北東部の低位海成段丘面において掘削調査, および生物遺骸群集の分布調査を実施する



能登半島北東部における完新世段丘の分布
穴倉ほか (2020) 活断層研究, 53, 33-49.

生物遺骸群集

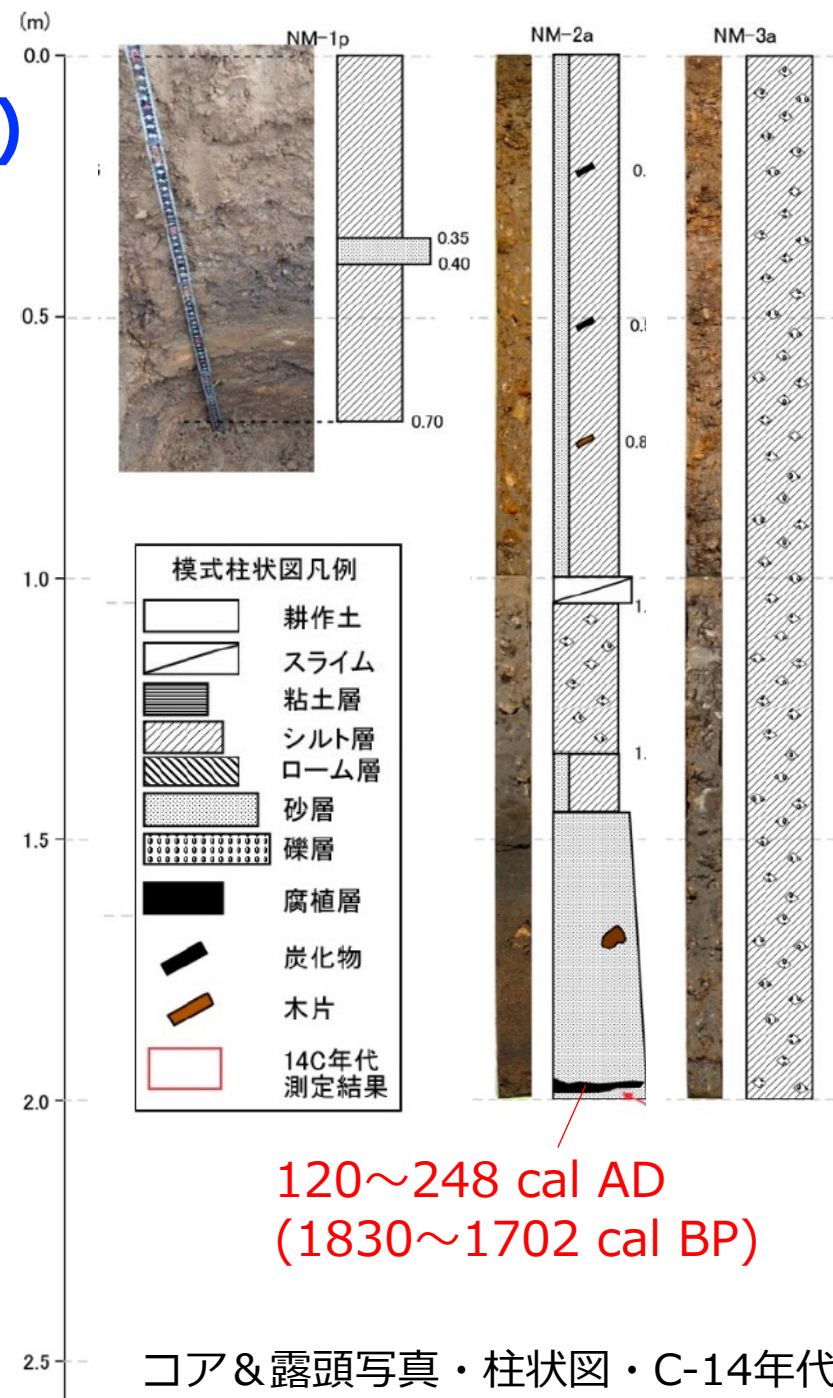
完新世段丘の離水年代の調査 (馬縹地区)



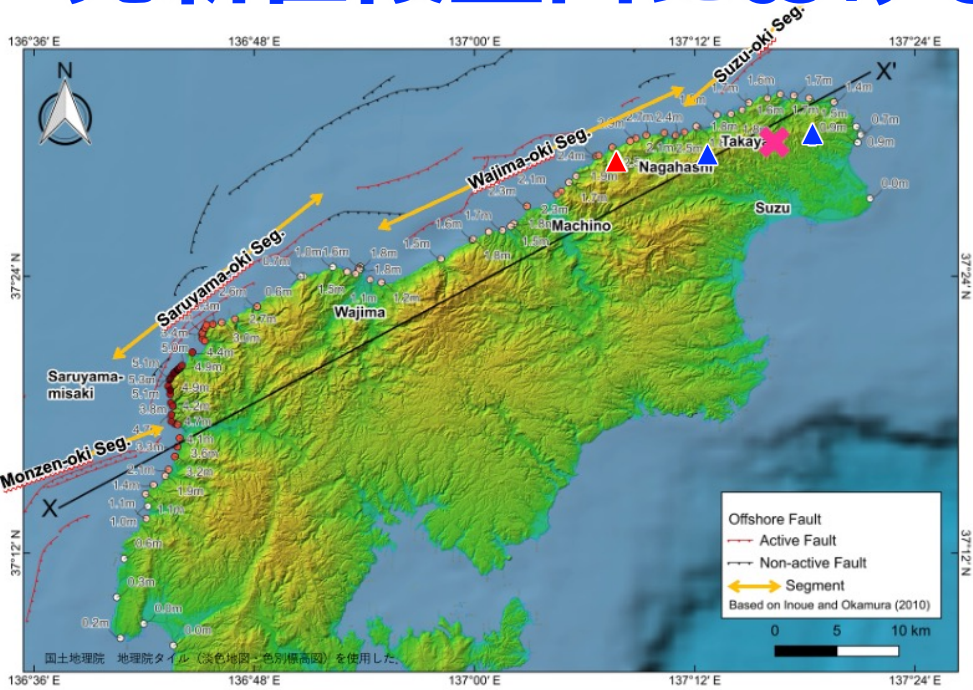
- NM-1p : 地表から深度 0.7 m 付近まで主にシルトが分布する
- NM-2aと3a : 礫まじりのシルトが厚く堆積する
- NM-2a : 深度 1.5 m 以深で腐植層を挟む砂層が分布する
- 深度 2 m 付近の腐植層の ^{14}C 年代 : 1830~1720 cal BP
- 調査対象の堆積物や年代測定試料が分布することを確認した



- 同地区でのさらなる掘削による年代測定データの蓄積を検討中
- 1月1日の地震による海岸の隆起量の分布を踏まえて, 別地区での掘削調査を検討中



完新世段丘面における掘削調査地の検討 (片岩地区)



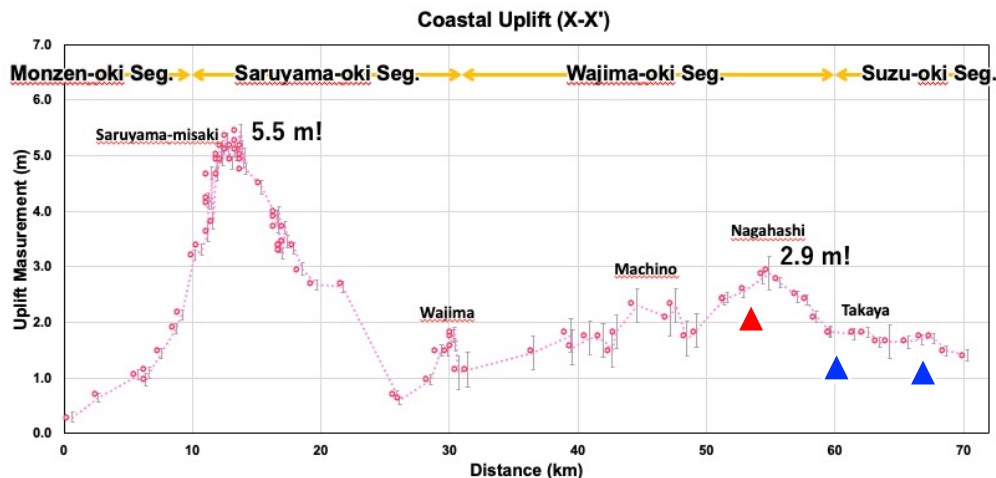
能登半島北岸、珠洲市片岩町（赤島付近）の完新世段丘（能登半島地震前の写真）



地震に伴う海岸の隆起（赤島）

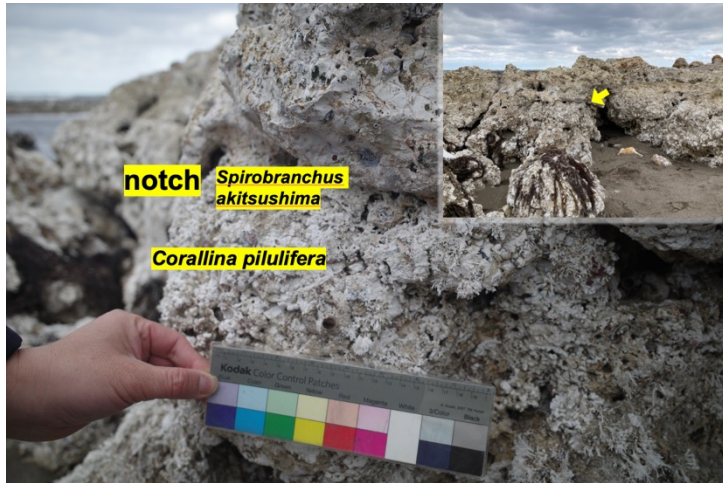
- 令和6年能登半島地震において能登半島北岸東部で最も隆起量が大きかった地点付近には3段の完新世段丘が分布する
- 現地を確認しながら、掘削により試料を採取する地点を検討中である。

- ▲ 掘削地点 (R5)
- ▲ 掘削地点 (予定)

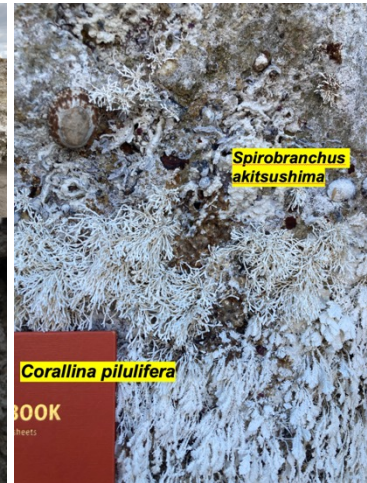


令和6年能登半島地震に伴う海岸隆起（立石ほか, 2024）

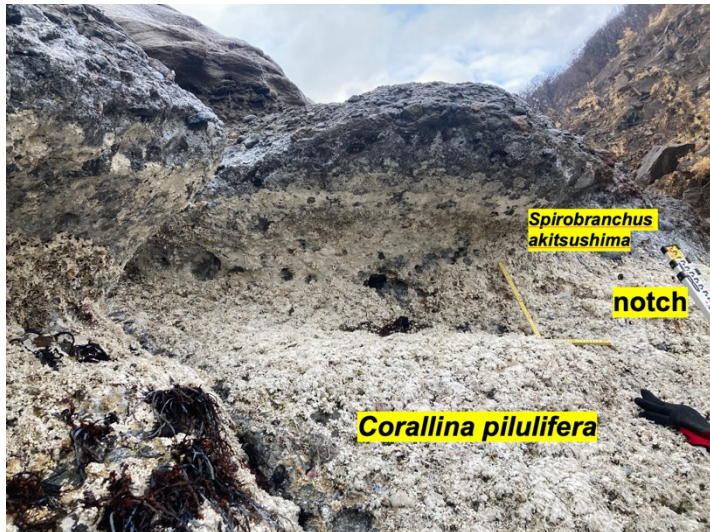
令和6年能登半島地震に伴う隆起と海食地形の特徴



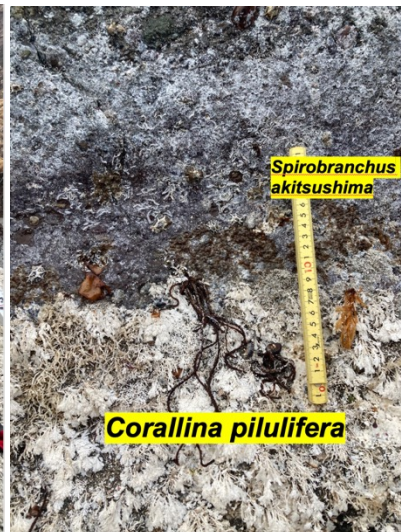
珠洲市川浦



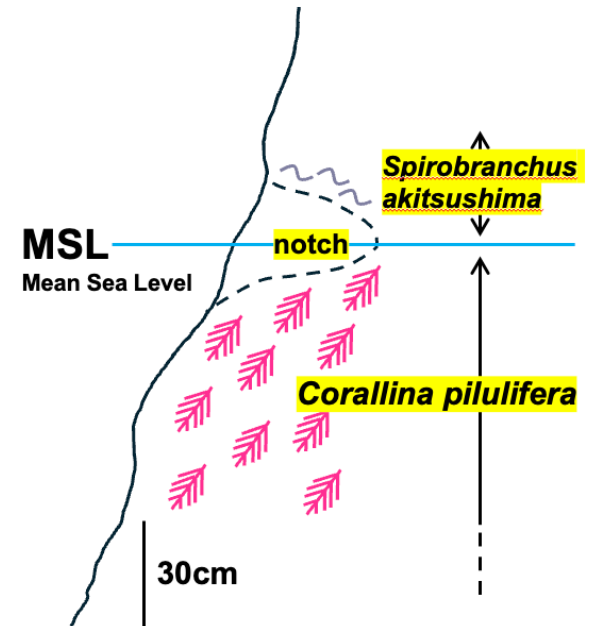
輪島市曾々木



輪島市上大沢



Habitation zones of *Spirobranchus akitsushima* and *Corallina pilulifera*



隆起量の計測の際に観察した藻類（ピリヒバ）・貝類（ヤッコカンザシ）・地形（ノッチ）の分布と関係

- 平均海水面を境にピリヒバとヤッコカンザシは棲み分けている
→ 化石生物遺骸群集の離水年代と標高の計測は、古地震の履歴と運動像解明のために重要である

かつて離水した地点においてヤッコカンザシを確認



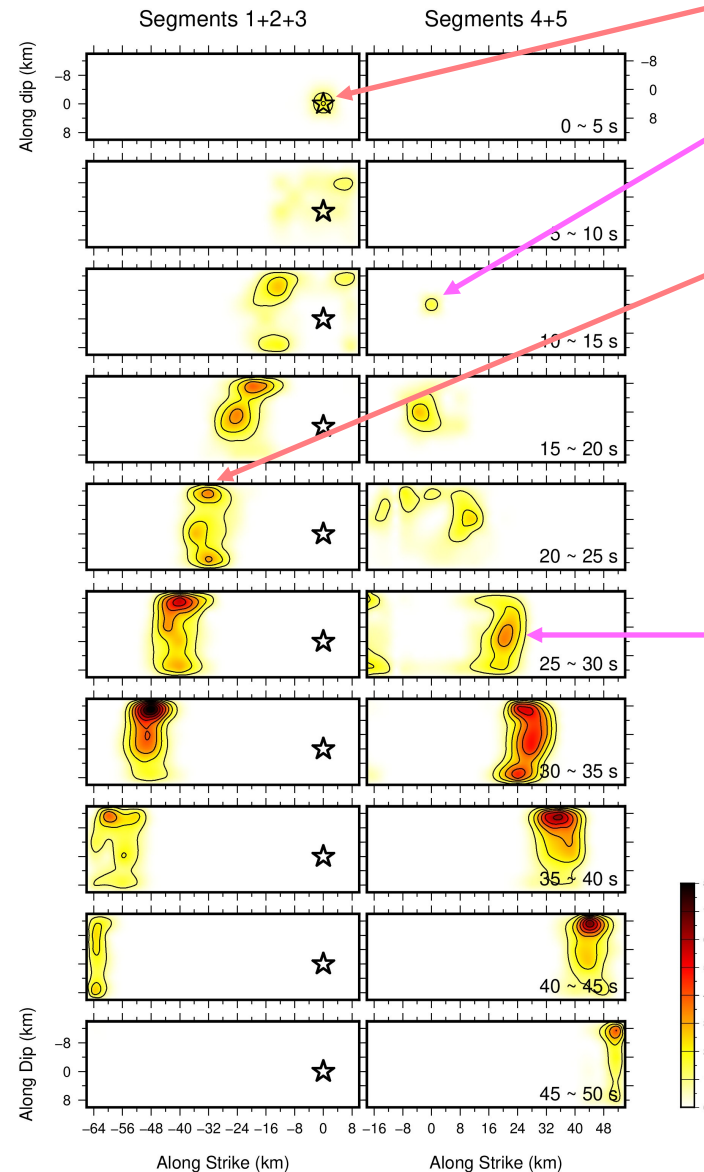
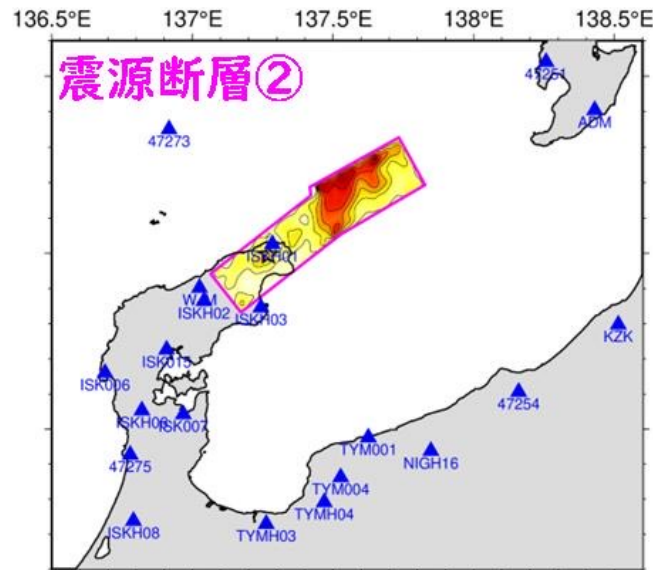
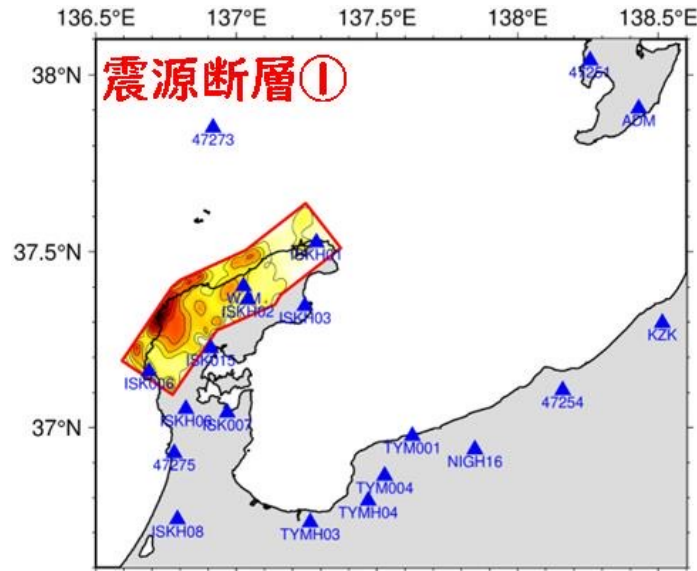
過去の活動（特に活動時期や隆起速度）の推定が可能となる。

→ 輪島市町野町曾々木におけるヤッコカンザシの標高計測と ^{14}C 年代測定を行った

→→ 標高：EL.0.934m, 年代：930±30 Cal BP

テーマ 8. 震源過程と強震観測に基づく高震度生成過程調査

2024年能登半島地震 (2024/1/1 M7.6)の震源過程



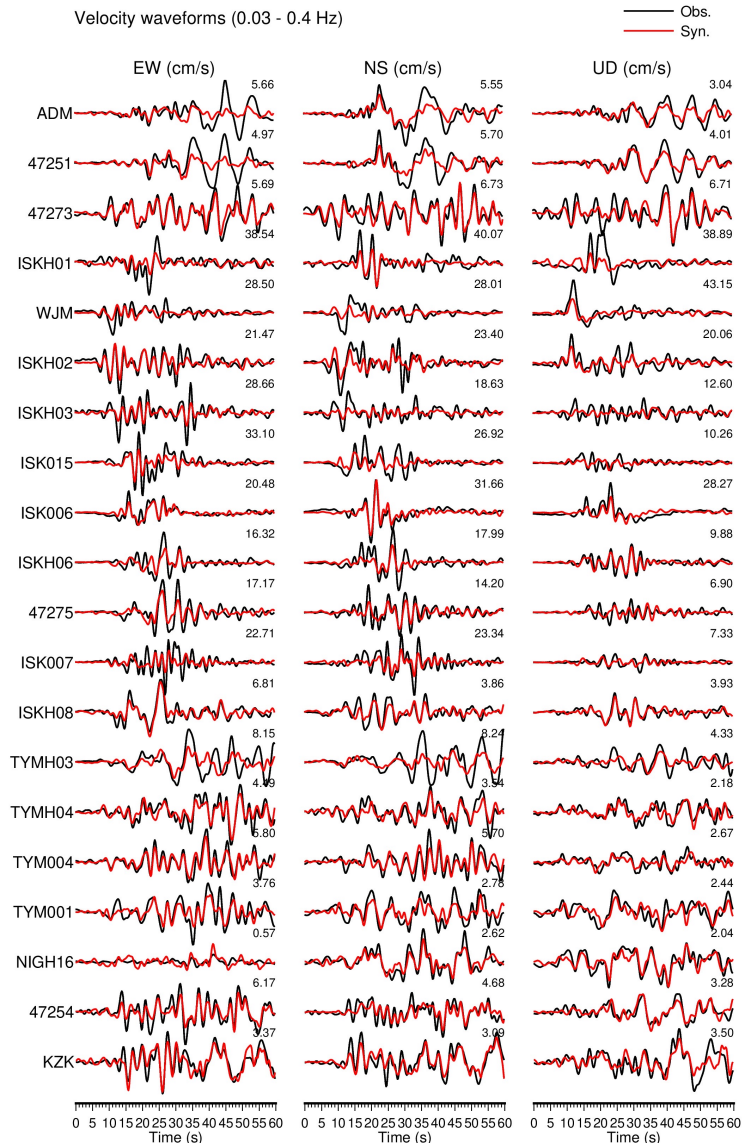
- 1) 震源断層①破壊開始
珠洲付近から南西へ向かう
- 2) 約13秒後、震源断層②破壊開始
珠洲付近から北東へ向かう
- 3) 震源断層①破壊開始の約20秒後から、能登半島北西端部のやや浅部で、約4~8 mの大きなすべりが生じた。隆起の大きな領域に概ね対応。
→ 能登半島西部での地震動にはこのすべりの寄与が支配的
- 4) 震源断層②破壊開始約15秒後から、珠洲の北東沖のやや広い範囲（NT4断層）で約4~6 mの大きなすべりが生じた。
→ 佐渡島の地震動にはこれが寄与

①に対応する断層セグメントと②に対応する断層セグメントが連動して地震を起こし、全体でM_w7.5の地震となった

テーマ 8. 震源過程と強震観測に基づく高震度生成過程調査

観測波形と理論波形の比較

波形の特徴は概ね再現されている。

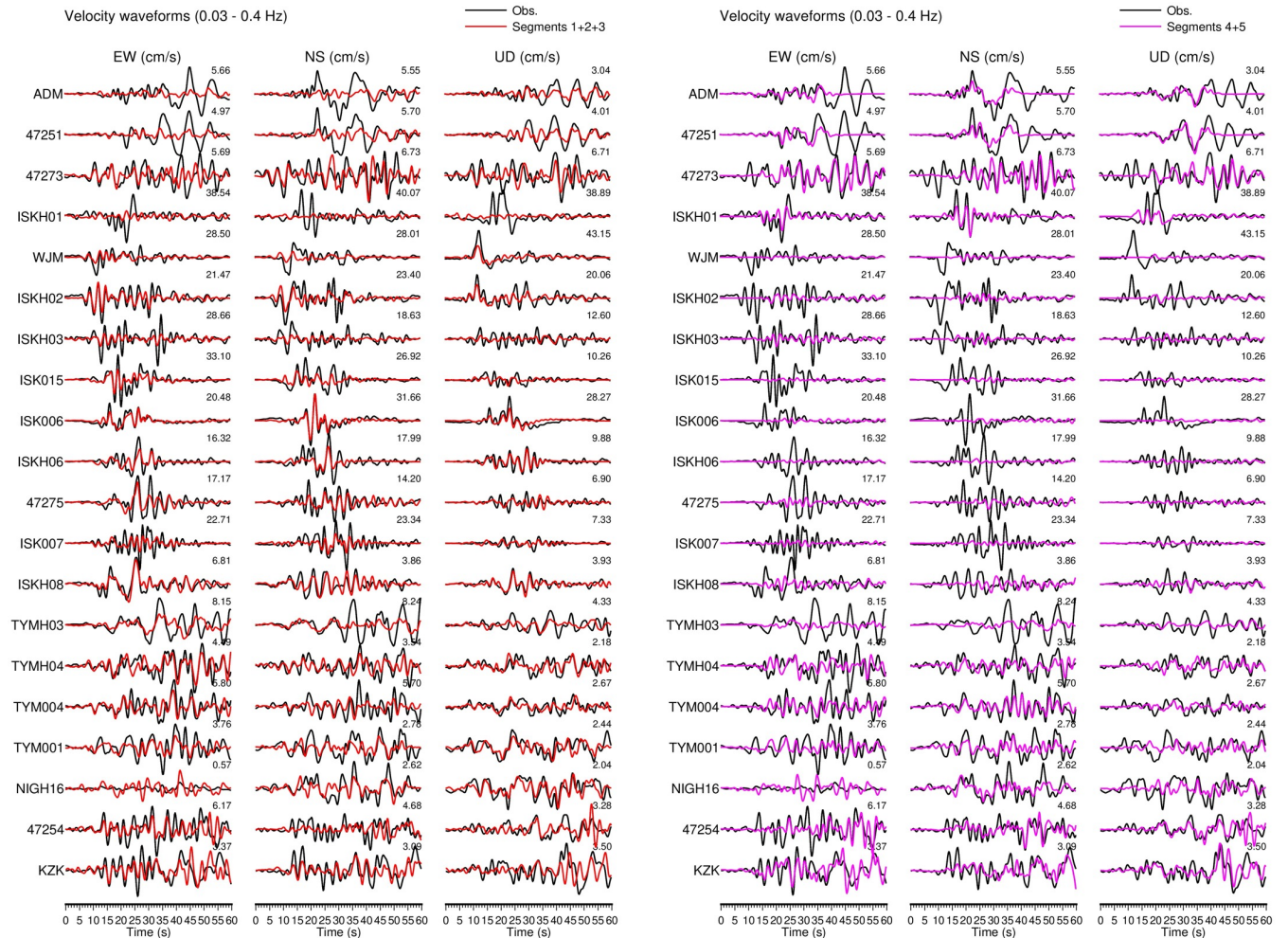


断層セグメント毎の強震波形への寄与の比較

能登半島西部： ①の寄与が支配的。

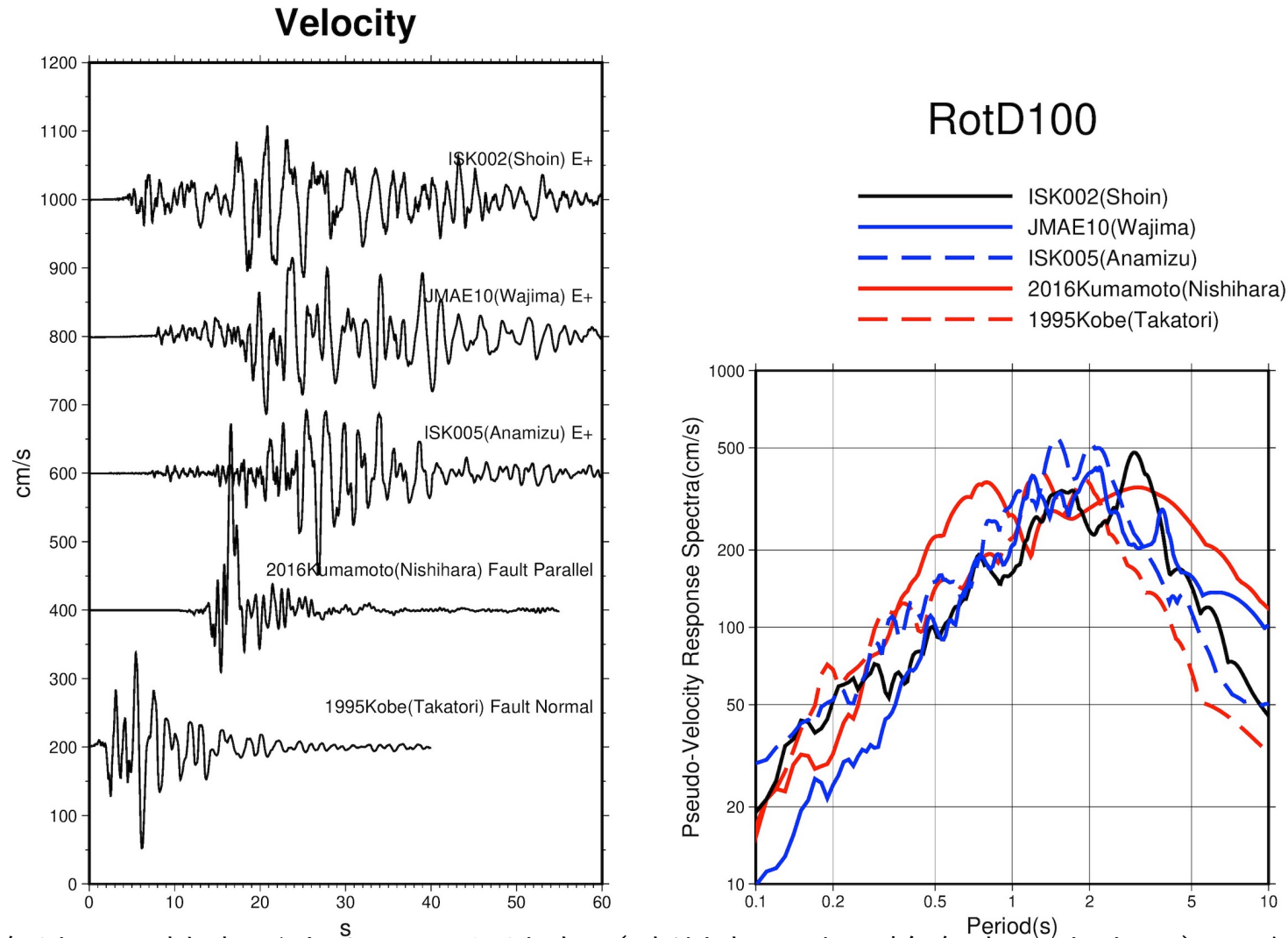
珠洲付近： ②が大振幅の波を生成。 佐渡島： ②の寄与が支配的。

舯倉島や富山～越後平野： ①と②の両方



テーマ 8. 震源過程と強震観測に基づく高震度生成過程調査

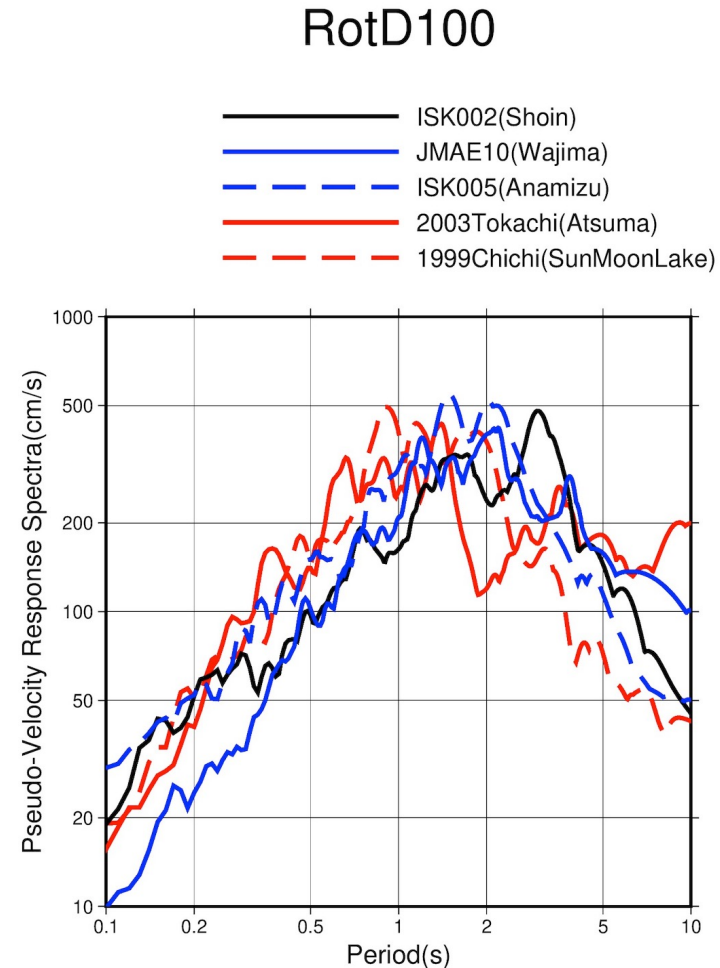
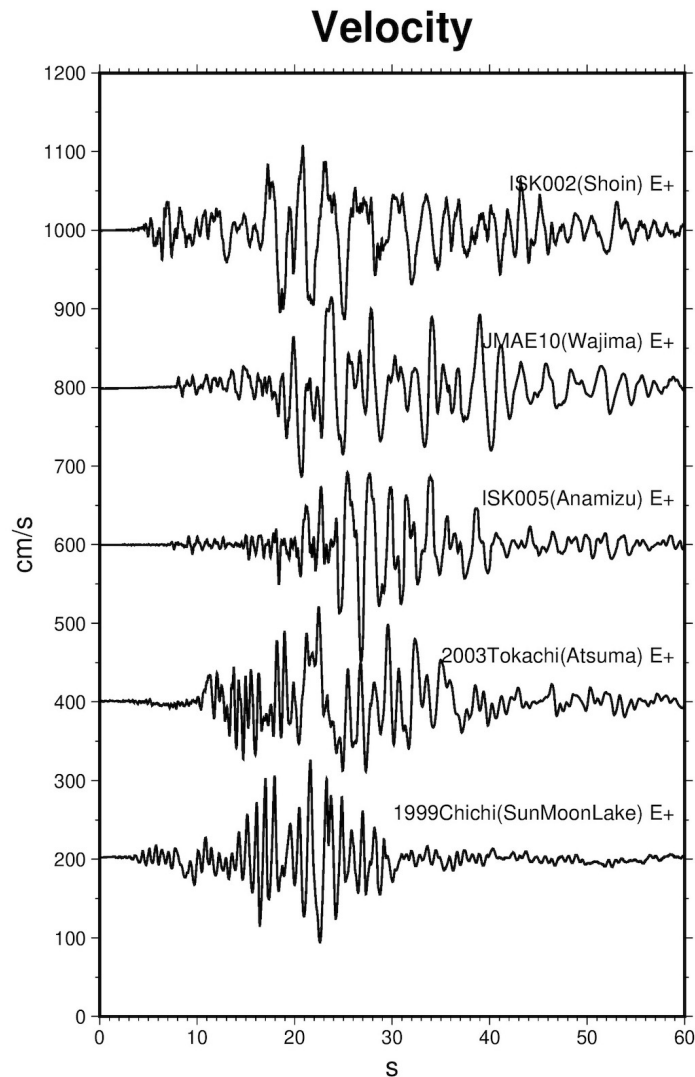
2024年能登半島地震 (2024/1/1 M7.6)と過去の被害地震で震度7 (相当) の観測強震動の比較



2024年1月1日能登半島地震で被害が大きかった地点 (珠洲市正院, 輪島市, 穴水町) の観測記録と震度7の揺れの比較. 最大速度は鷹取 (1995年兵庫県南部地震), 西原村 (2016年熊本地震) より小さいが, 大振幅振動が長く続く.

テーマ 8. 震源過程と強震観測に基づく高震度生成過程調査

2024年能登半島地震 (2024/1/1 M7.6)と過去の被害地震で振動継続時間の長い記録の比較



2024年1月1日能登半島地震で被害が大きかった地点（珠洲市正院，輪島市，穴水町）の観測記録と震動時間の長い地震記録例，厚真（2003年十勝沖地震），及び日月潭（1999年台湾・集集地震）

2024年1月1日16時10分の地震による臨時強震観測点近傍の状況

① KSG(春日神社) 観測継続



③ KMN(住宅) 観測継続



⑤ SNK(千光寺) 1/6撤収



② NNE(妙珠寺) 2/19撤収



④ KFK(高福寺) 1/6撤収

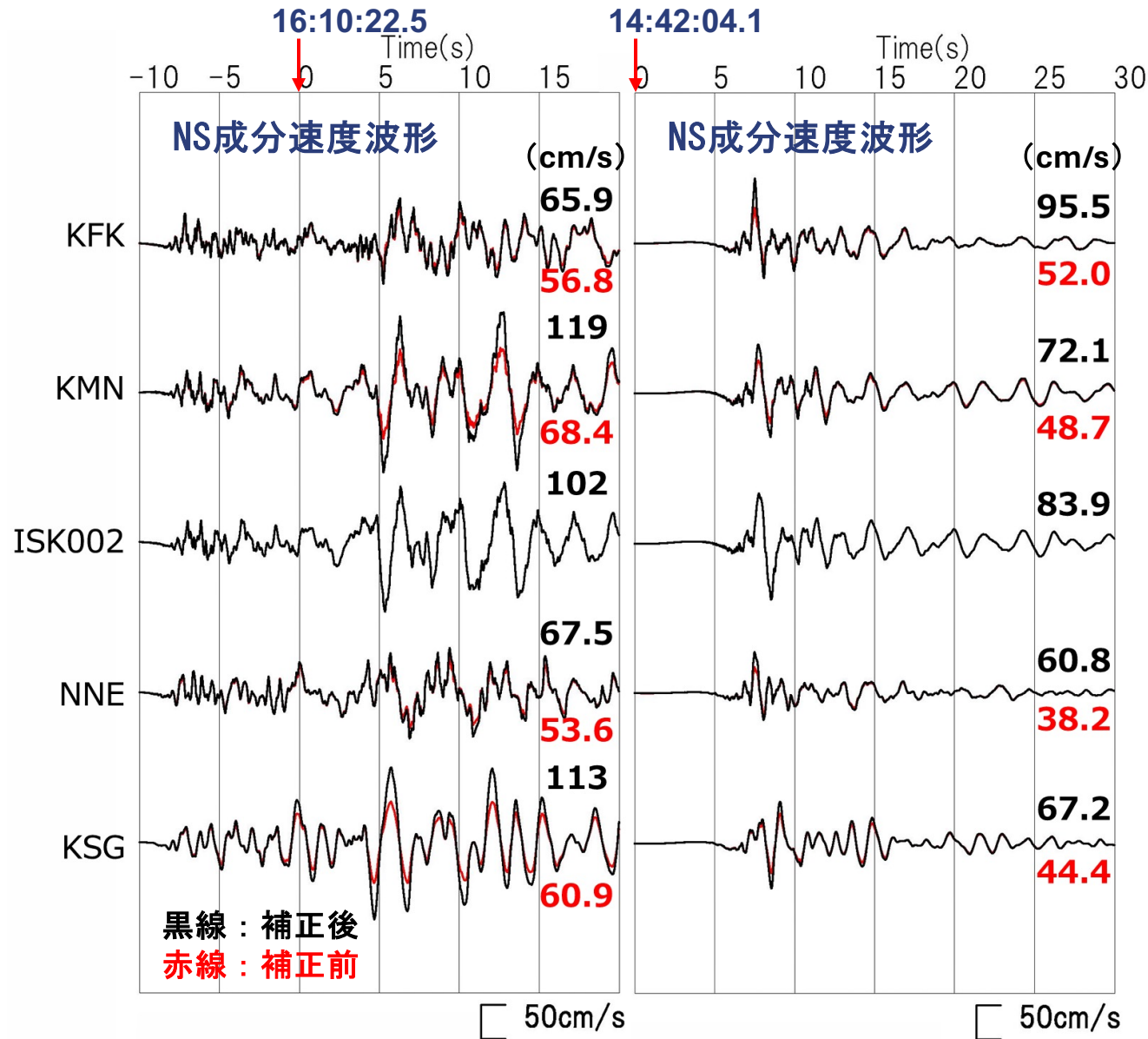


⑥ SIK(西光寺) 1/6撤収

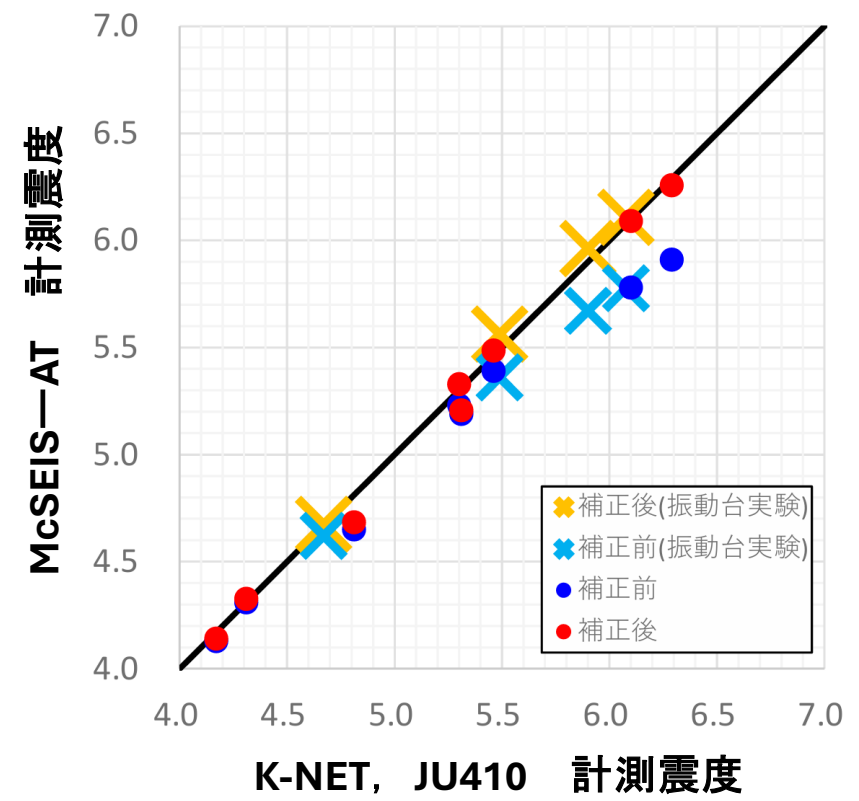


臨時強震観測システムの感度検定に基づく記録の補正

2024/1/1 の地震 (M7.6) 2023/5/5 の地震 (M6.5)



ISK002の近傍(約18m)においた臨時強震観測点(KMN)記録をISK002記録と比較することで、臨時強震観測システムが大振幅時に感度低下していることがわかった。振動台試験(京大防災研及び名大減災館)を通して、振幅補正に関する実験式を得て、それにより波形補正を行った(左図)。補正による計測震度値の再現性も改善した(右図)。



珠洲市市街地における計測震度相当値の分布

2024年1月1日16時10分の地震の計測震度相当値

- ISK002 ⇒ 6.29 震度6強
- ① KSG ⇒ 6.32 震度6強
- ② NNE ⇒ 6.16 震度6強
- ③ KMN ⇒ 6.26 震度6強
- ④ KFK ⇒ 6.09 震度6強
- ⑤ SNK ⇒ 欠測
- ⑥ SIK ⇒ 欠測

市街地では震度6強



2023年5月5日14時42分の地震の計測震度相当値

- ISK002 ⇒ 6.10 震度6強
- ① KSG ⇒ 5.99 震度6弱
- ② NNE ⇒ 5.94 震度6弱
- ③ KMN ⇒ 6.09 震度6強
- ④ KFK ⇒ 6.03 震度6強
- ⑤ SNK ⇒ 欠測
- ⑥ SIK ⇒ 欠測

市街地では震度6弱～6強



1. 調査概要

- ・ 2024年3月～
- ・ 調査地区：9地区
- ・ 概算棟数：7,000棟
(6/6現在調査済み5,684棟)



①建物概況， 建物仕様

建物用途， 建物階数， 構造形式， 基礎形式， 築年数， 増改築の有無， 外壁仕様， 屋根仕様， 耐力壁仕様， など

※築年数

- 新しい : 2000年以降 (新耐震， 2000年基準)
- 古い : 1981～2000年 (新耐震基準)
- 非常に古い : 1981年以前 (旧耐震基準)

2024年度平島地区各世帯調査用調査シート A13年度平島地区調査用調査シート

調査日 2024/ / 調査員 (所属) _____

調査区域番号 _____ 写真メモ _____

A: 建物番号 _____ B: 表札 _____ 部 _____ C: 聞き取り調査: 有
・ 無

D: 応急危険度判定表示: 1. 無 2. 有 (赤・黄・緑) E: 被災宅地危険度判定: 1. 無 2. 有 (赤・黄・緑)

F: 津波被害の有無 1. 有 2. 無

G: 構造種別 1. 木造 (伝統系構法・在来軸組・2×4・その他) 2. S造 3. RC造 4. 混構造 (下: RC+上: 木造・その他) 5. その他 ()

H: 築年数 1. 非常に古い (築43年以上 1981年以前) 2. 古い (築23～43年 1981～2000年)
3. 新しい (築23年以内 2000年以降) 4. 聞き取り (年築) 5. 不明 6. その他 ()

I: 建物用途 1. 戸建専用住宅 2. 共同住宅 3. 併用住宅 4. 店舗 5. 事務所 6. 公共建築 7. 土蔵・納屋・倉庫・作業所 8. 社寺 9. その他 () 10. 不明

J: 破壊パターン 木造・S造の場合 数の該当パターンに○をしてください。RC造の場合は次頁の図に○をつけてください。







階数	構造種別	木造					RC造		S造	
		Ud	Gd	E	Rd	Rd3	Sd3	Sd4	Sd5	
0F	00	[Diagram: Ud0]					[Diagram: Rd0]		[Diagram: Sd0]	
	01	[Diagram: Md1]					[Diagram: Rd1]		[Diagram: Sd1]	
1F	02	[Diagram: Md2]					[Diagram: Rd2]		[Diagram: Sd2]	
	03	[Diagram: Md2]					[Diagram: Rd2]		[Diagram: Sd2]	
2F	04	[Diagram: Ud3]	[Diagram: Gd3]	[Diagram: E3]	[Diagram: Rd3]	[Diagram: Rd3]	[Diagram: Sd3]	[Diagram: Sd3]	[Diagram: Sd3]	
	05	[Diagram: Ud3]	[Diagram: Gd3]	[Diagram: E3]	[Diagram: Rd3]	[Diagram: Rd3]	[Diagram: Sd3]	[Diagram: Sd3]	[Diagram: Sd3]	
3F	06	[Diagram: Ud4]	[Diagram: Gd4]	[Diagram: E4]	[Diagram: Rd4]	[Diagram: Rd4]	[Diagram: Sd4]	[Diagram: Sd4]	[Diagram: Sd4]	
	07	[Diagram: Ud4]	[Diagram: Gd4]	[Diagram: E4]	[Diagram: Rd4]	[Diagram: Rd4]	[Diagram: Sd4]	[Diagram: Sd4]	[Diagram: Sd4]	
4F	08	[Diagram: Ud5-]	[Diagram: Gd5-]	[Diagram: E5-]	[Diagram: Rd5-]	[Diagram: Rd5-]	[Diagram: Sd5-]	[Diagram: Sd5-]	[Diagram: Sd5-]	
	09	[Diagram: Ud5+]	[Diagram: Gd5+]	[Diagram: E5+]	[Diagram: Rd5+]	[Diagram: Rd5+]	[Diagram: Sd5+]	[Diagram: Sd5+]	[Diagram: Sd5+]	
5F	10	[Diagram: Cd5-]					[Diagram: Cd5-]		[Diagram: Cd5-]	
	11	[Diagram: Cd5+]					[Diagram: Cd5+]		[Diagram: Cd5+]	

②建物被害

地盤変状，基礎被害，屋根被害，
津波被害の有無，主被害階
など



破壊パターン・ダメージグレード※)の判定
D0～D6

- | | | |
|----|---|---------------------|
| D0 |  | 無被害 |
| D1 |  | 壁面離脱
外装材若干剥離 |
| D2 |  | 屋根瓦・壁面のモルタル剥落 |
| D3 |  | 柱，梁，壁の一部が破壊 |
| D4 |  | 柱，梁，壁の破壊，
内部空間欠損 |
| D5 |  | 構造空間が著しく
損なわれる |

※)岡田・高井:地震被害調査のための建物分類と破壊パターン

②被害程度

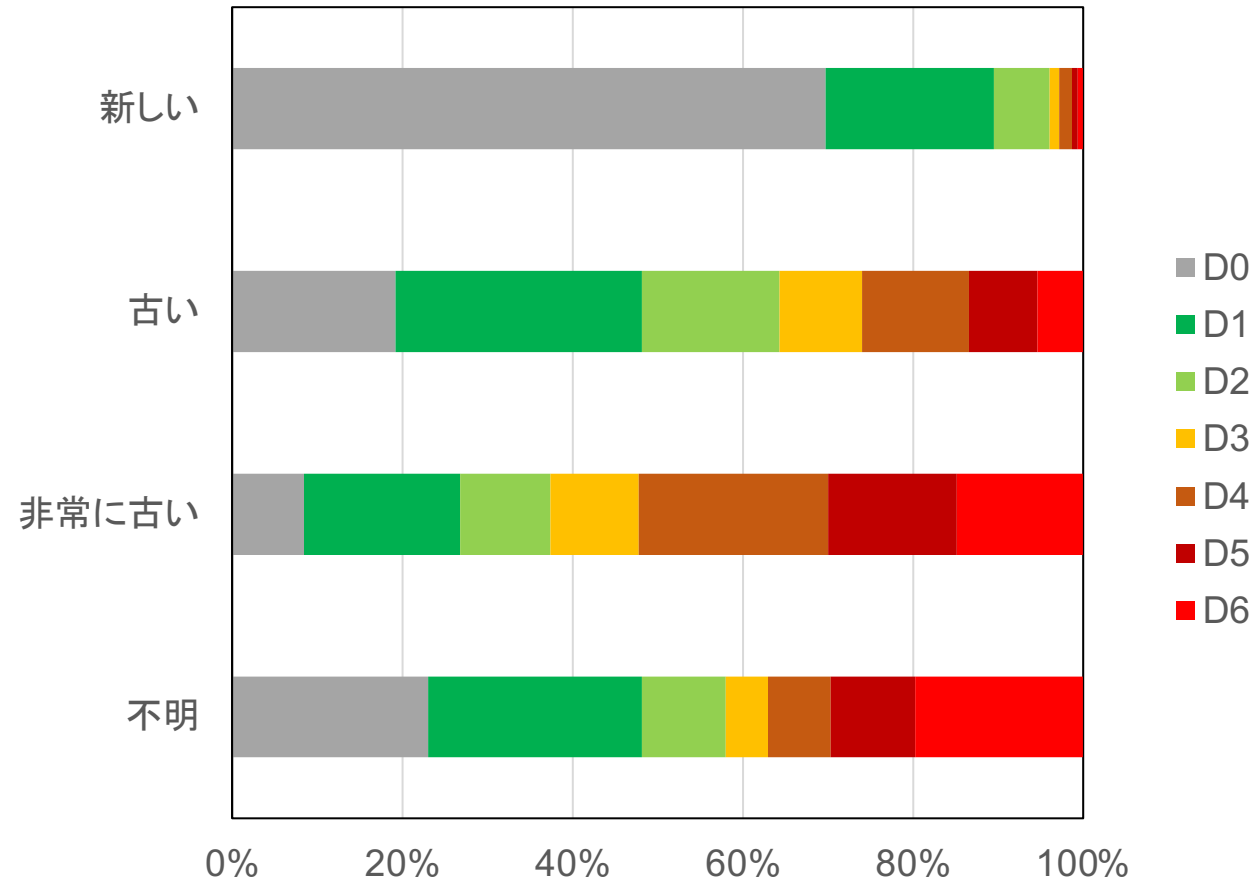


図12 築年数別被害程度

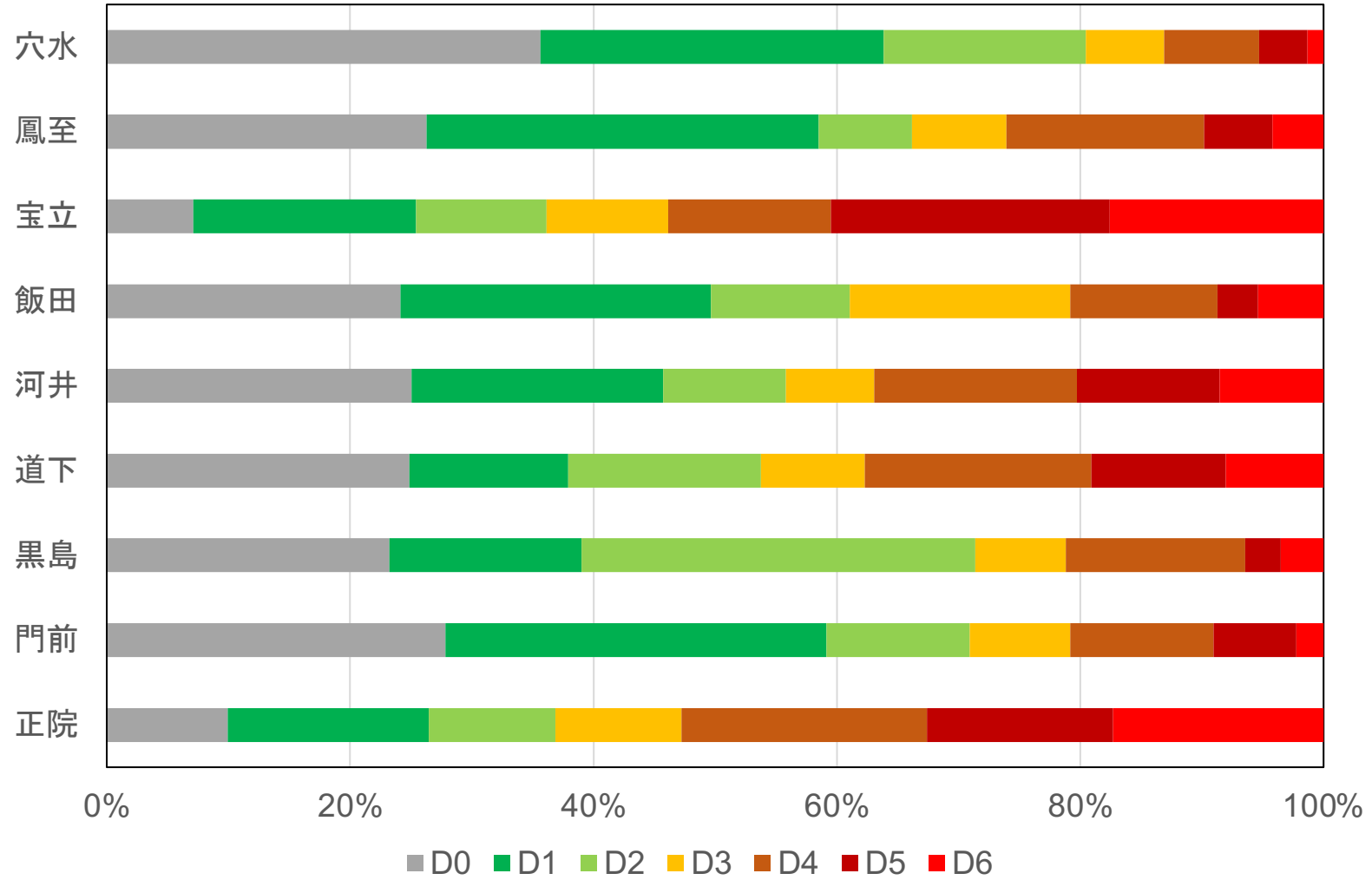
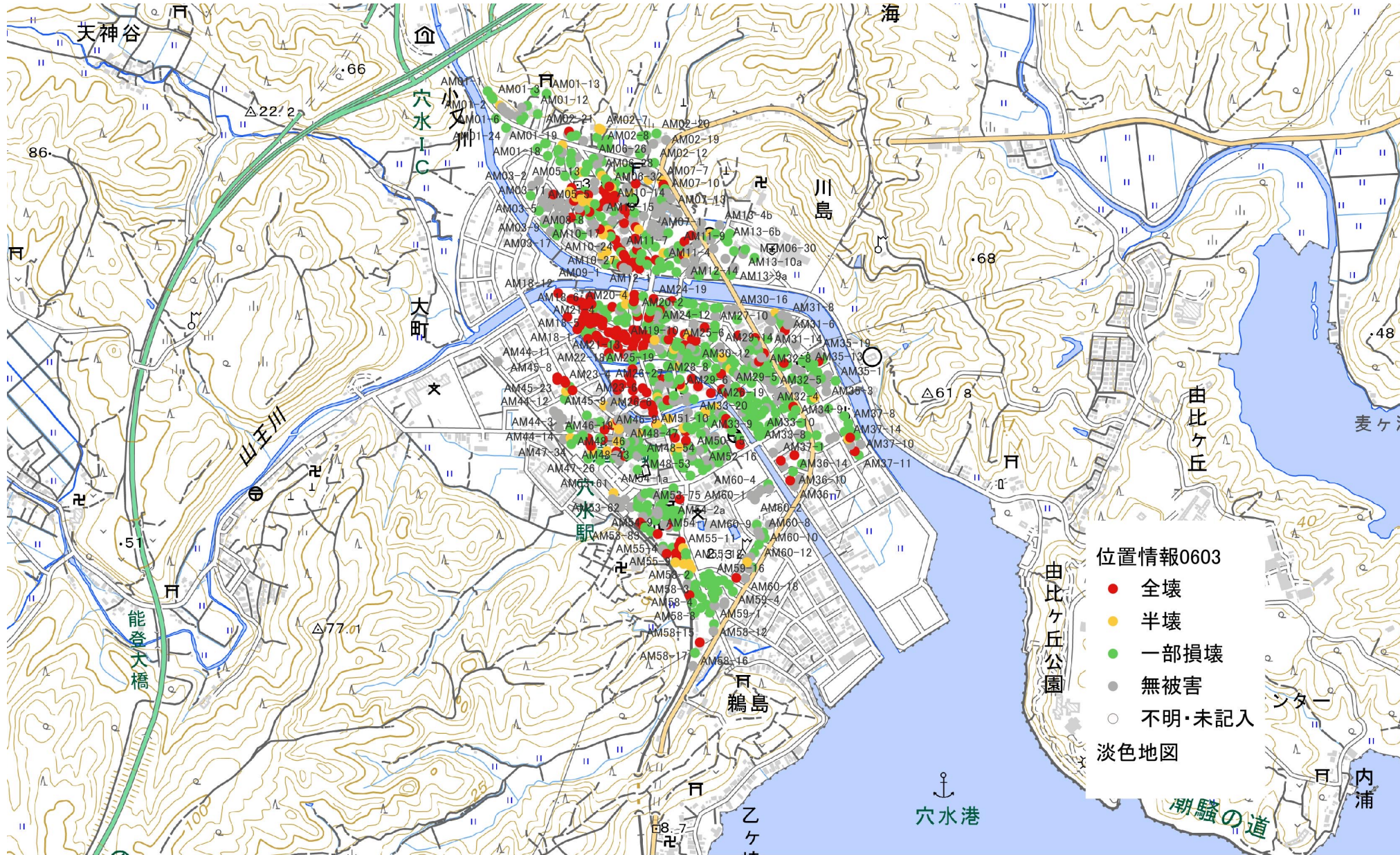
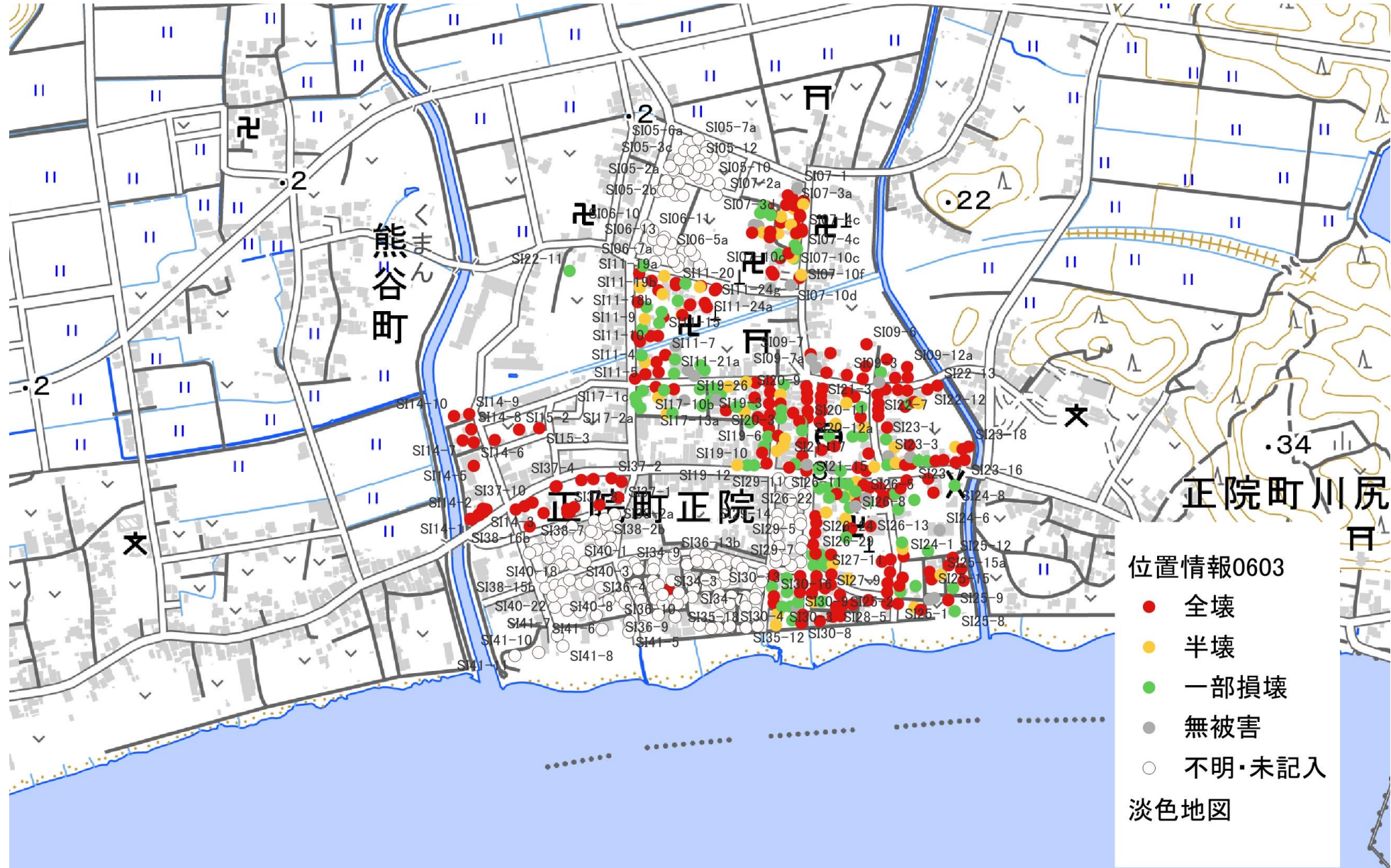


図16 地域別被害程度

穴水町





2023年5月5日地震と2024年1月1日地震の比較 地盤・建物被害の違い（珠洲市正院町）

正院 (K-NET ISK002 地点D)
の加速度記録。
2023年は最大加速度 676.3
gal、計測震度 6.1。
2024年は最大加速度 917.4
gal、計測震度 6.2。

2023年は数棟のみ、2024年
は相当数の建物が倒壊。被害
の差は、地震動そのものの大き
さ、継続時間、また建物損
傷の累積などが要因。建物損
壊の主因は地震動と思われる
が、2024年には正院地区の
広範囲で地盤の液状化が
発生。



地点A: 左2023年、右2024年。2024年は液状化による電柱の沈下が発生しており、周辺の建物も多数が倒壊。



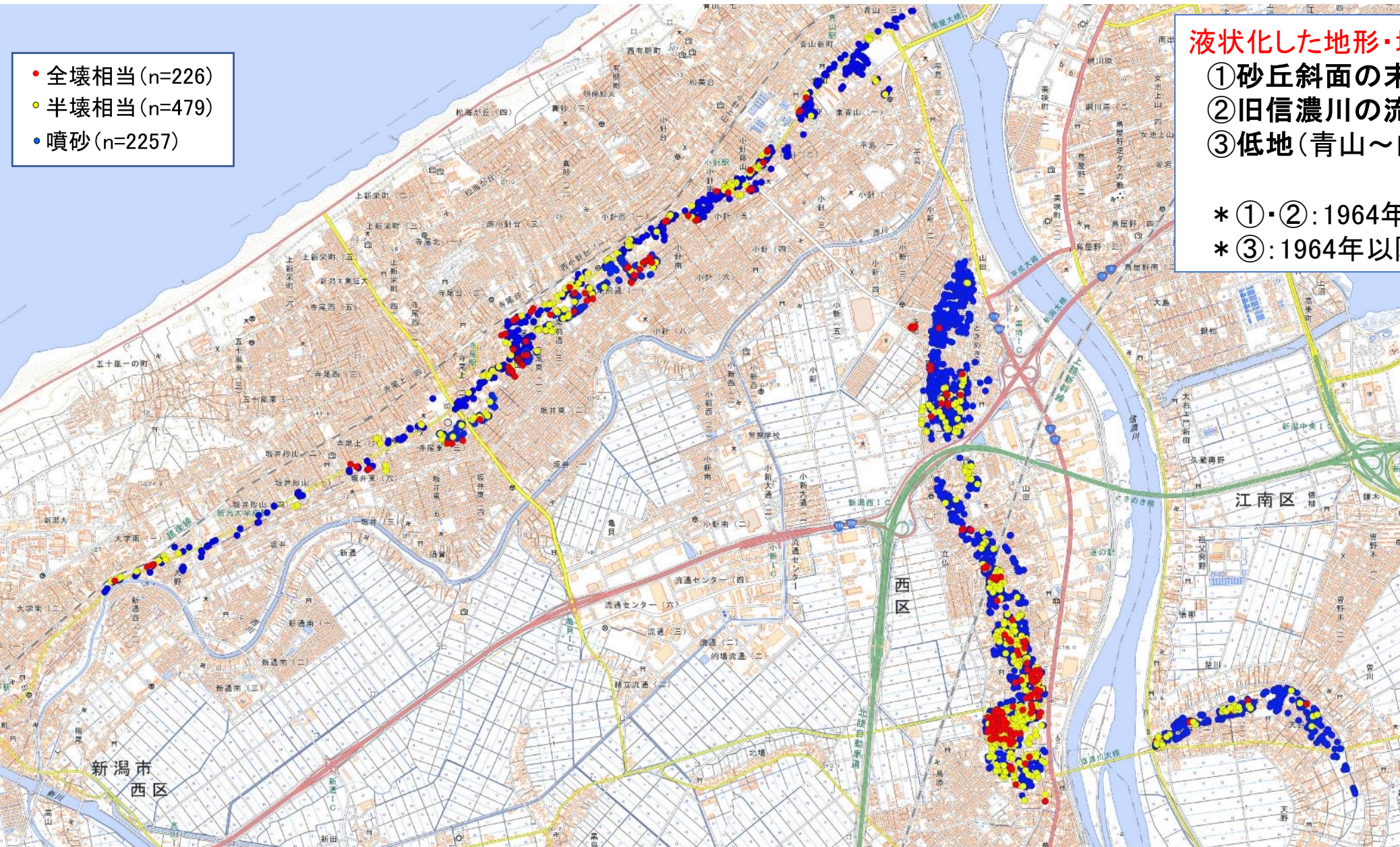
地点B: 左2023年にも一部被害が出ていたが、右2024年の地震で完全に倒壊。大規模な建物であるが、一階部分の壁が少ない。



地点C: 左2023年で建物倒壊が見られた地点。2024年は地盤の液状化も発生し、新たに建物倒壊が発生。

新潟市域での液状化被害

卜部厚志・片岡香子・河島克久・西井稜子・松元高峰・渡部直喜・新屋啓文・渡部 俊(新潟大学災害・復興科学研究所)
高清水康博・藤林紀枝(新潟大学教育学部), 宮縁育夫(熊本大学)

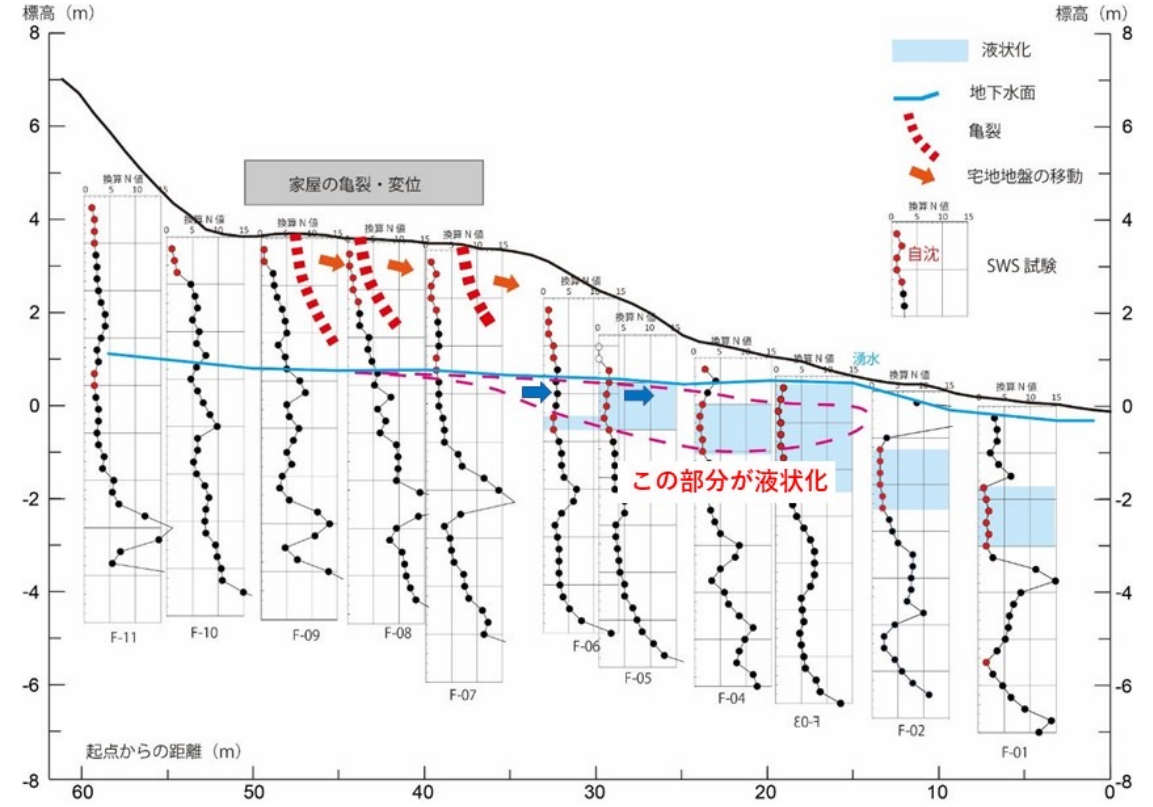
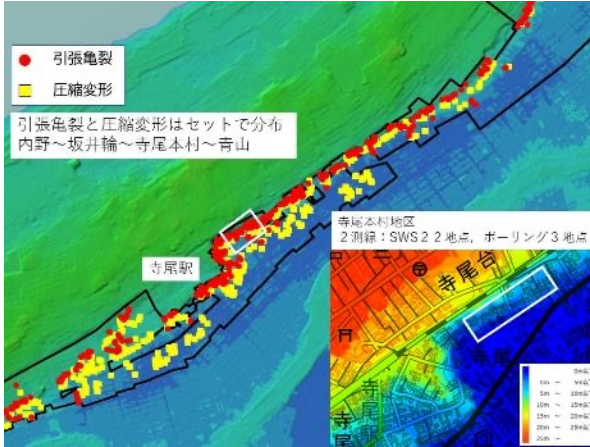
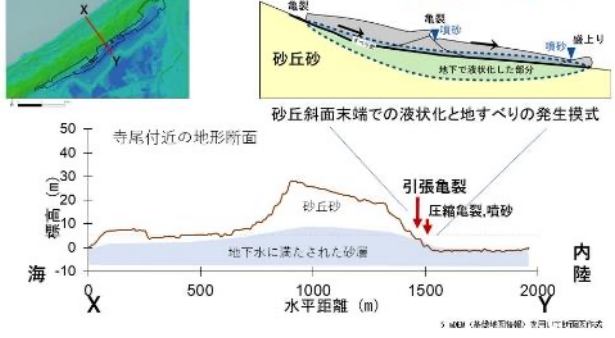


- 全壊相当 (n=226)
- 半壊相当 (n=479)
- 噴砂 (n=2257)

- 液状化した地形・地盤環境**
- ① 砂丘斜面の末端 (青山～内野)
 - ② 旧信濃川の流路 (善久～山田, 天野)
 - ③ 低地 (青山～内野) の盛土地
- * ①・②: 1964年新潟地震の再液状化
* ③: 1964年以降の旧水田の宅地盛土

タイプ①: 砂丘斜面末端部での液状化と地すべり性移動

砂丘部の地下水 日本海側: 湧き出さず海へ
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



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

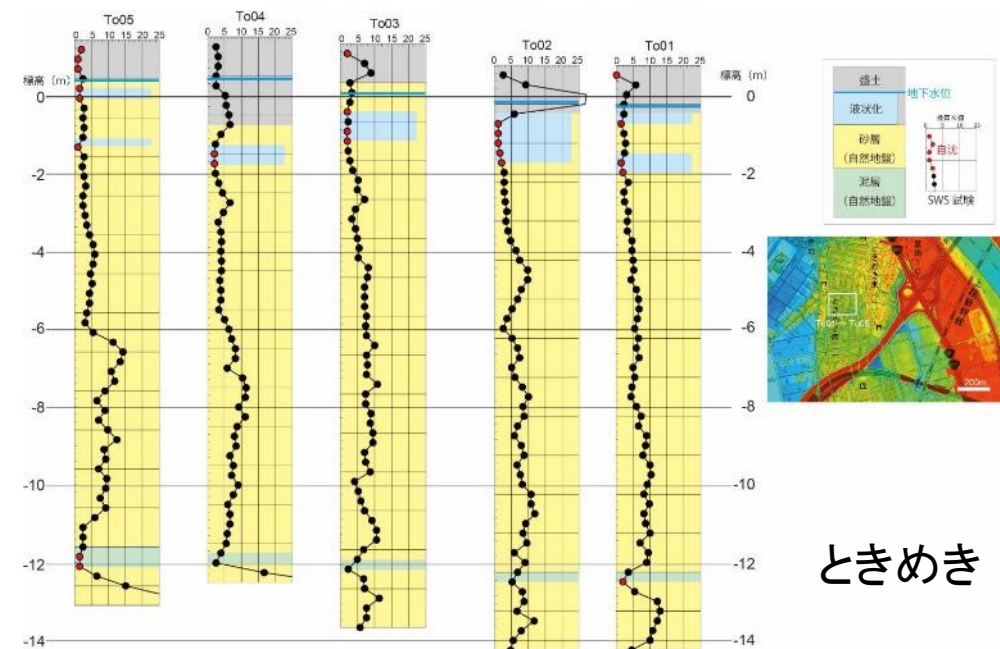
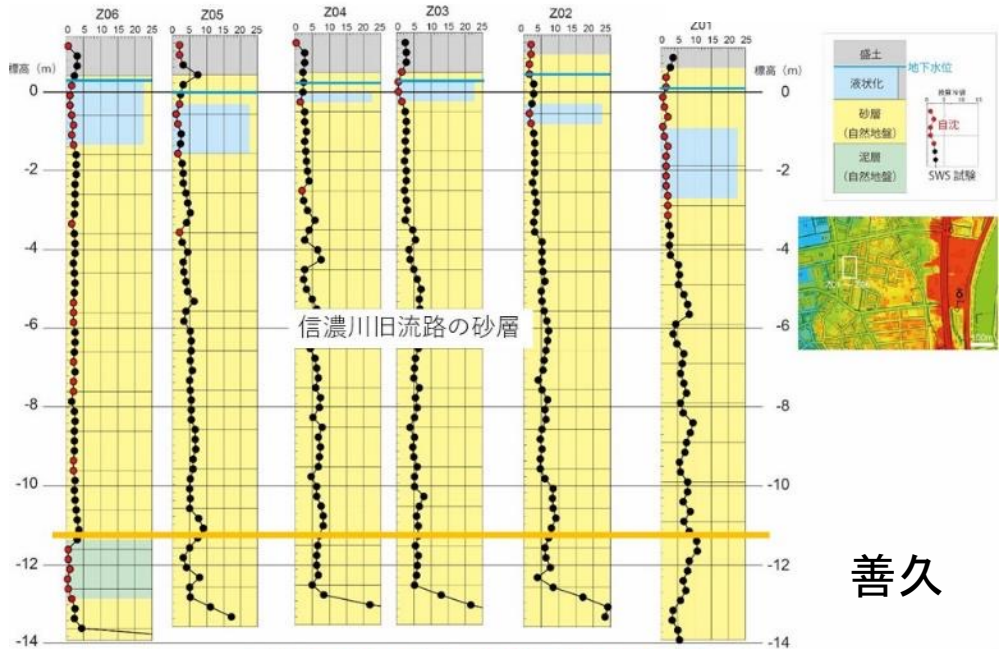
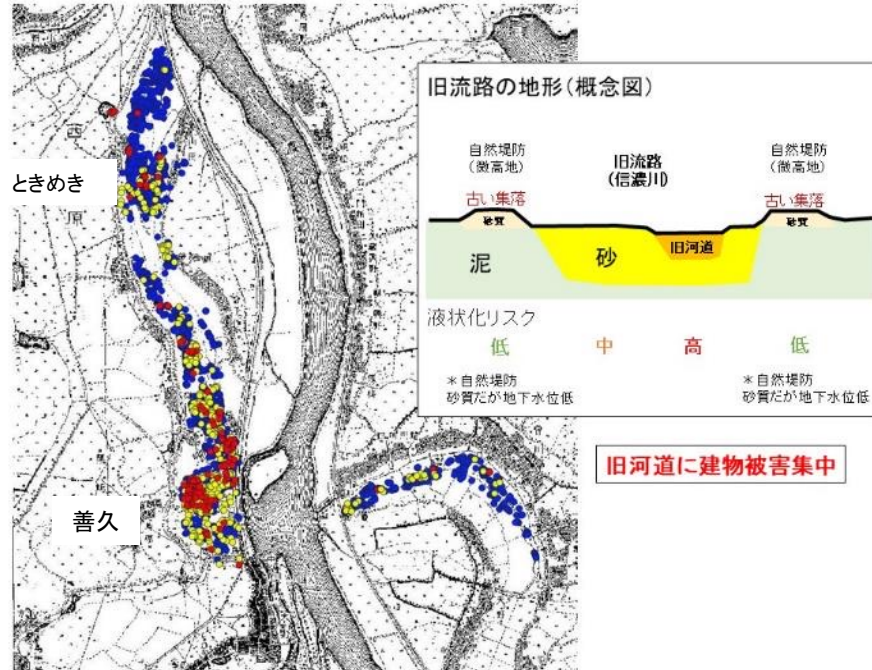
引張亀裂: 砂丘斜面末端部の緩斜面に分布し、同じ地形環境(標高や斜面傾斜)に連続的に分布
圧縮亀裂・変形: 引張亀裂より内陸側の県道16号線沿いに連続的に分布。

- 斜面末端部の深度1~2m部分が液状化し、宅地部の表層地盤が移動。
- 液状化層の層相: 砂丘砂, ◎透水性高い, ◎分布の連続性あり



ボーリング調査とSWS試験の組み合わせ
SWS試験の機動性を活かし、地層の分布(液状化層準)を把握する

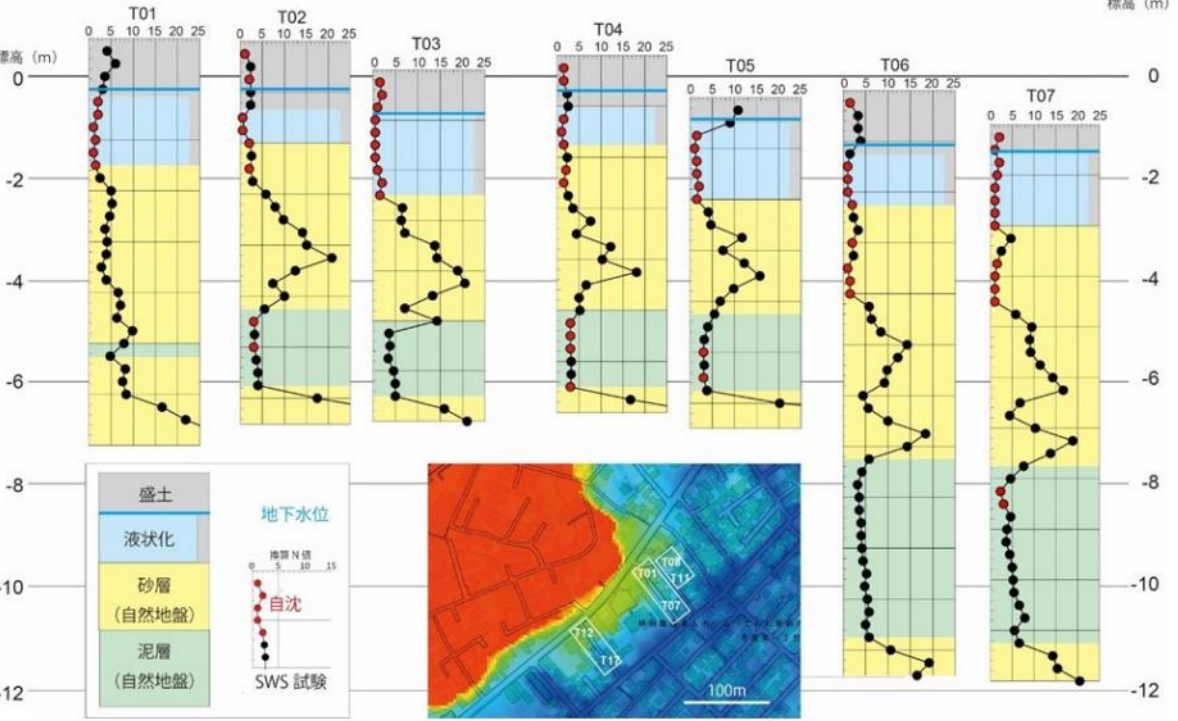
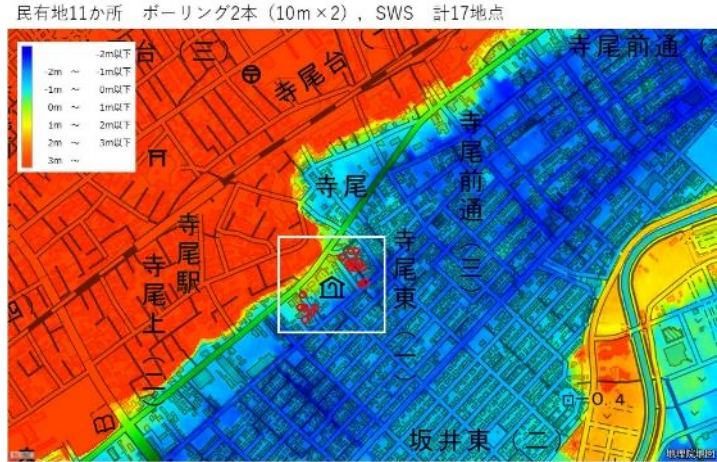
タイプ②: 旧流路での液状化



信濃川の流路跡と一致するように液状化による噴砂が連続的に分布
南方の西区善久や鳥原地区: 噴砂量も多く, 沈下や傾倒による甚大な建物被害

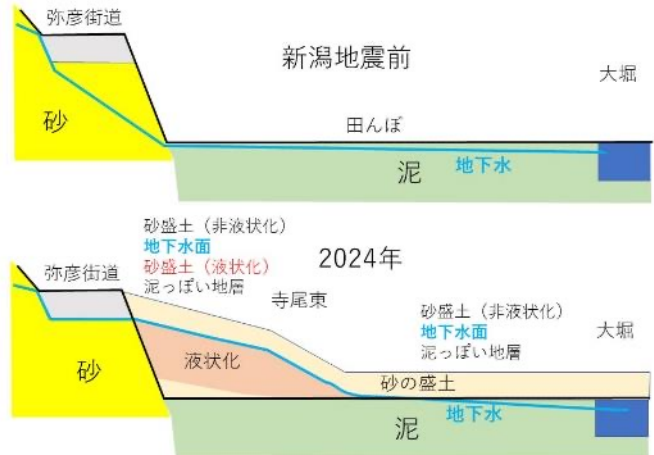
- 深度1~3m部分が液状化した.
- 旧流路の中~下部: 粗粒砂で液状化していない.
- 上部~最上部: 細粒砂
- 液状化層の層相: 河川起源の細粒砂層, ○透水性高い, ○分布の連続性あり

タイプ③: 低平地での宅地盛土の液状化



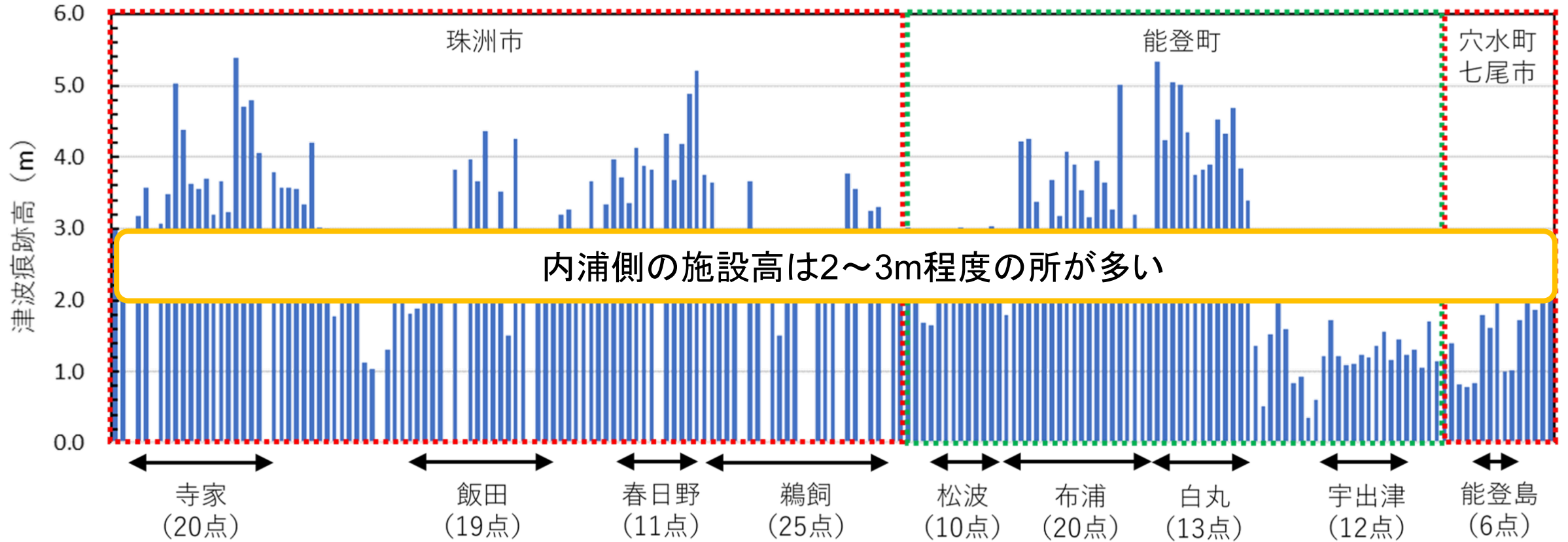
低地の盛土 (砂丘砂使用) が液状化 被害分布の差異 (盛土の厚さに起因)

- 深度1~3m部分が液状化.
- 液状化層の層相: 砂丘起源の砂の盛土, 透水性高い, 連続性あり.
- 盛土層厚が比較的薄い部分: 被害軽微, 砂質盛土以下に地下水位



- ・1964年以降に砂丘砂を素材とした盛土によって宅地造成
- ・非常にゆるく内陸側に傾斜する地形
- ・建物の沈下や傾倒に加えて, 道路の変形も顕著
- ・地形の傾斜方向に宅地や建物が移動

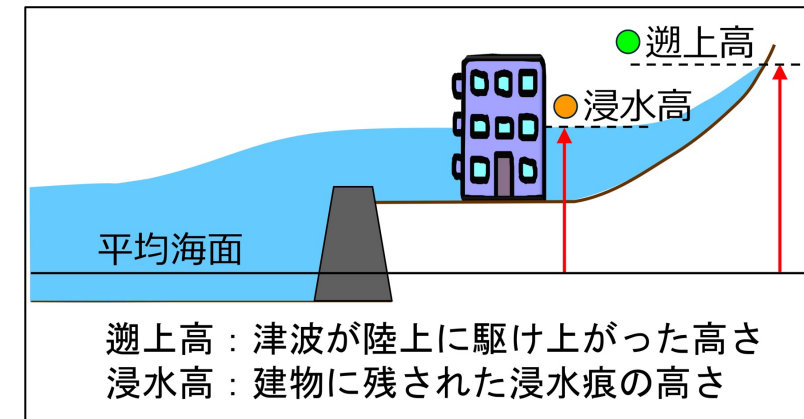
石川県能登半島内浦側における津波痕跡高調査結果(海岸工学委員会)



由比(2024)に追記 (地震工学会誌R6年6月号)

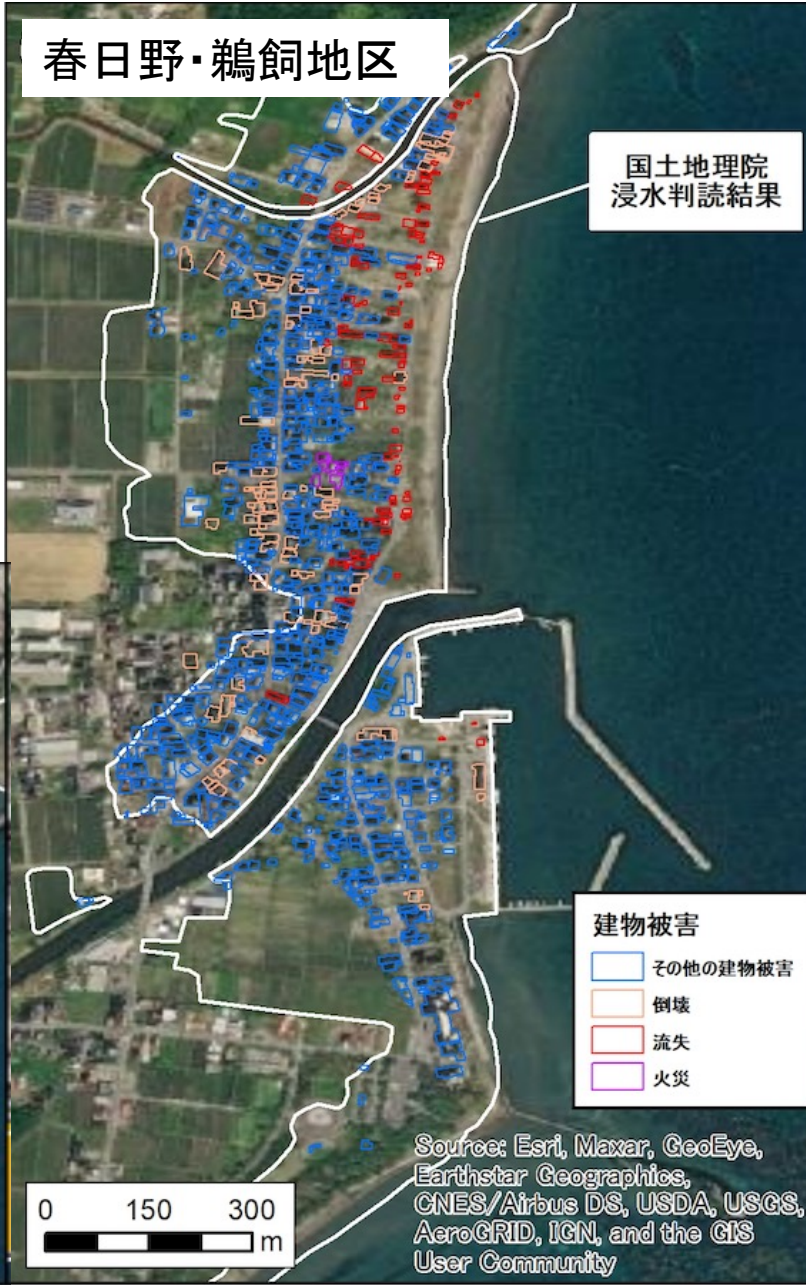
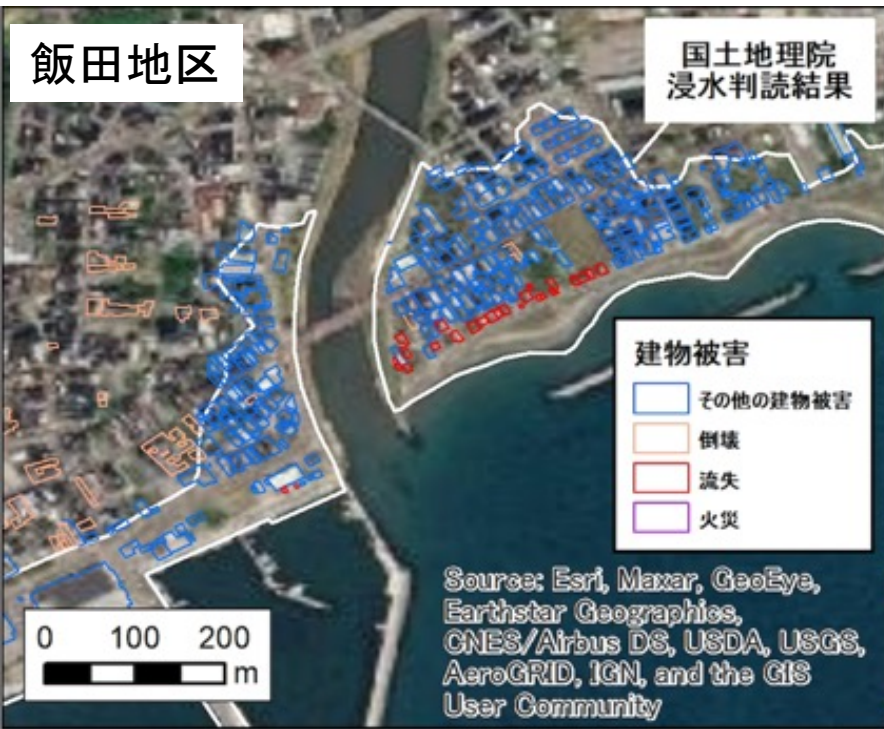
石川県(能登半島内浦側)

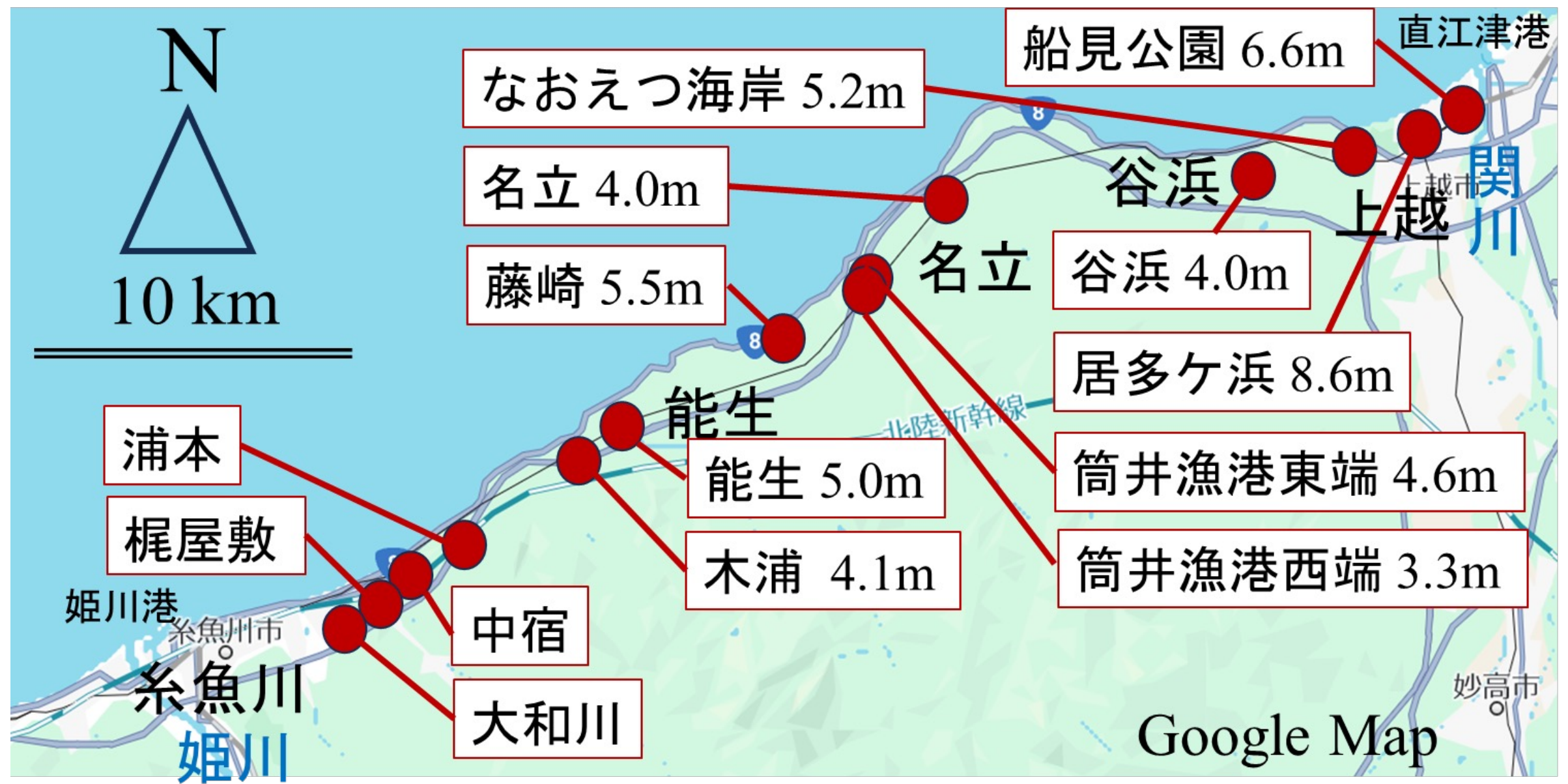
- ・ 珠洲市寺家, 飯田, 春日野・鵜飼地区, 能登町白丸地区に極大値が点在
最大5.6m程度の痕跡高.
- ・ 内湾の穴水町, 七尾市では, 津波痕跡高は2.5m~1.0m程度の低い値



珠洲市の建物被害調査

斜め視の空撮画像, ドローン空撮画像, 現地調査(2024年2月15日, 2月16日, 2月28日, 3月6日, 3月28日 の5回)を通じて, 珠洲市の春日野・鵜飼地区 837棟, 飯田地区425棟, 寺家地区295棟の被害分布を明らかにした. 建物の被害種別は, 火災, 流失・倒壊・その他の被害への4段階に分類をし, そのマッピングを行った.





地域経済への影響と復興過程の調査

(京大 多々納裕一、香川大 梶谷義雄、金沢大 中山晶一郎、金沢大 藤生慎)

道路網機能損傷

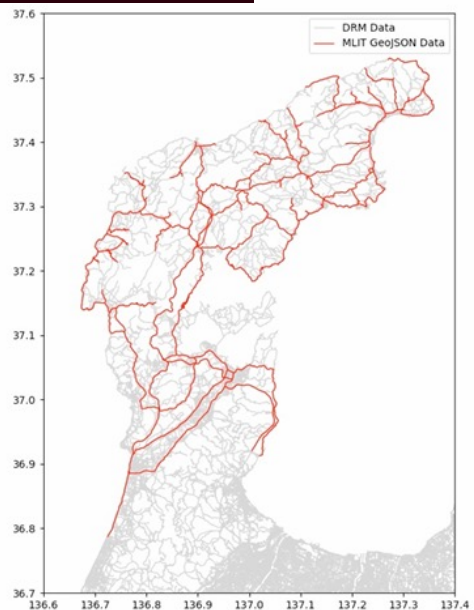
ライフライン機能損傷

地域経済への影響、復興過程

-----▶ 政策支援

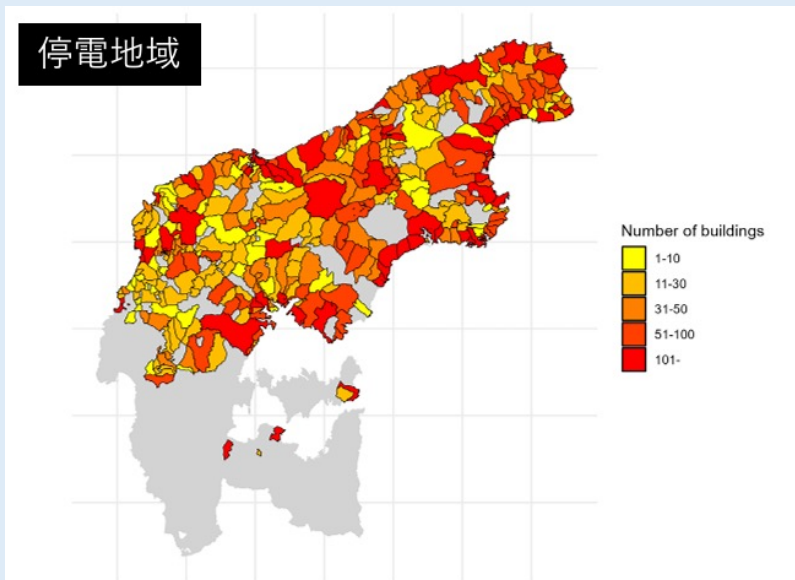
2024-01-12

道路の開通状況



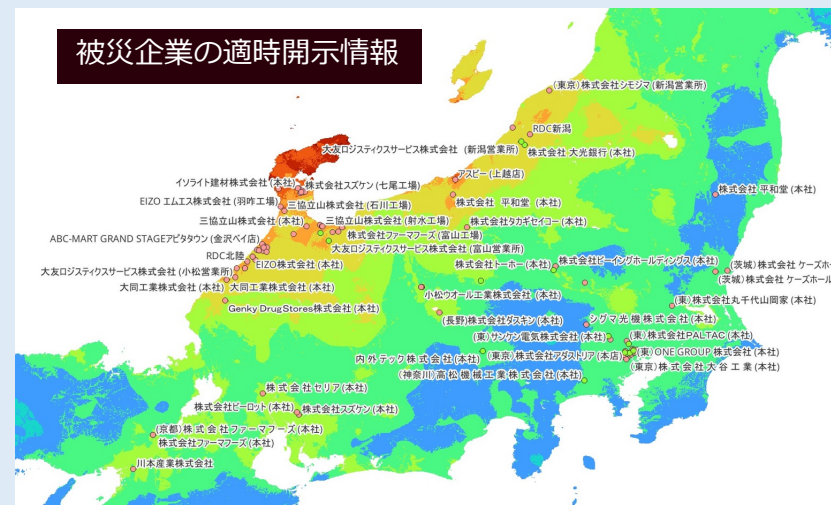
力石・福田ら、2024

停電地域



浦田ら、2024

被災企業の適時開示情報



土木計画学研究委員会・令和6年能登半島地震対応特別
プロジェクト・報告会 (2024年5月26日) より
https://jsce-ip.org/2024/06/03/noto_eq_report1/

調査の状況

- 3月19日 穴水市酒販店への聞き取り調査他
- 3月20日 輪島市輪島漆器工業協同組合関係者への聞き取り調査
- 5月22日 七尾商工会議所、興能信用金庫への聞き取り調査
- 7月1~3日 事業所訪問調査予定

和倉温泉

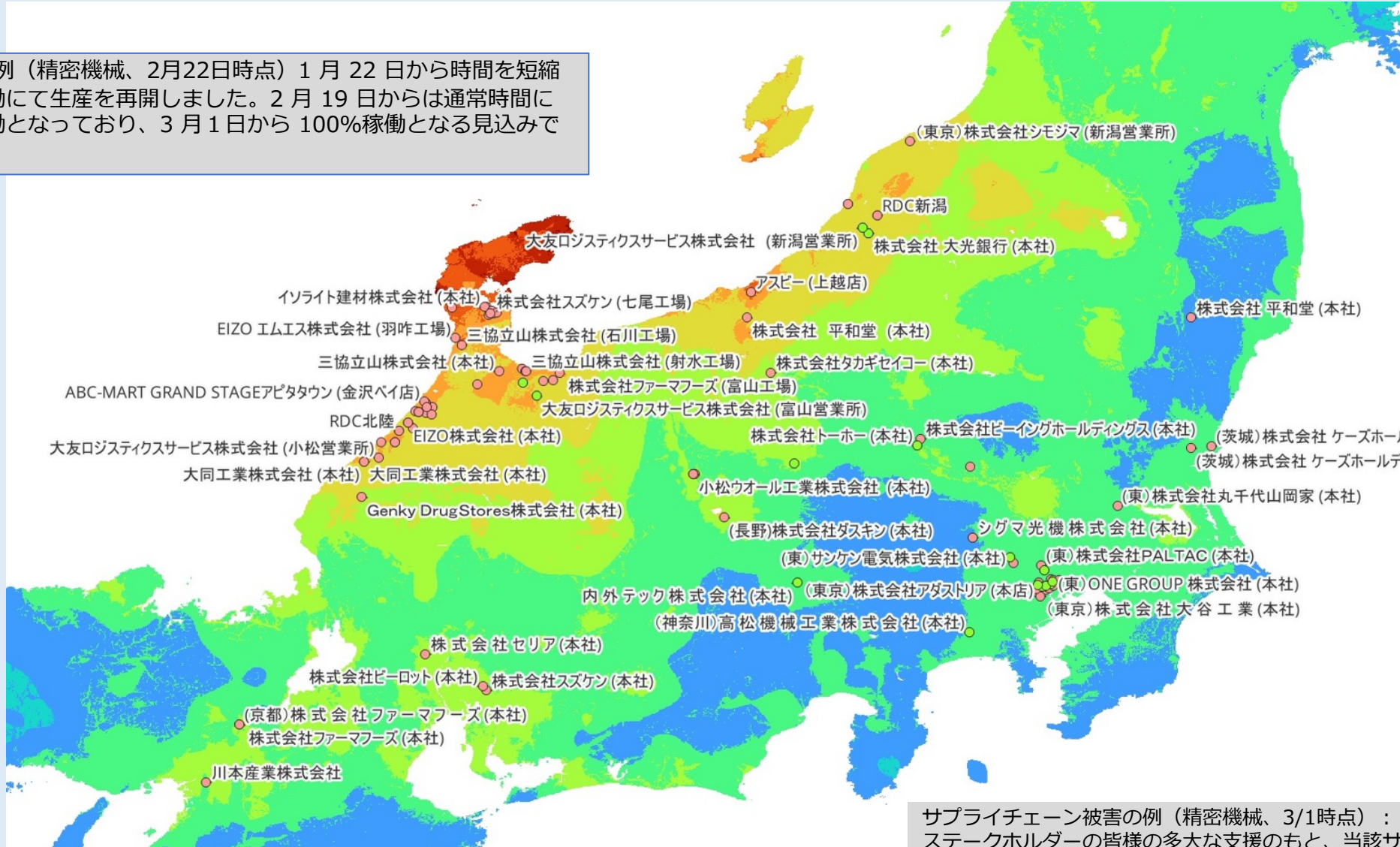


七尾市 42.4%の事業所に深刻な被害 (2/13 商工会議所調査、346社回答)

珠洲市 廃業済み：12.1%、休業31.9%、一部業務のみ・時短営業：29.7% (珠洲商工会議所調査、235社、4月5~22日)

企業の被害と復旧情報 (適時開示情報：一部企業のみ)

施設被害の例（精密機械、2月22日時点）1月22日から時間を短縮し50%稼働にて生産を再開しました。2月19日からは通常時間にて85%稼働となっており、3月1日から100%稼働となる見込みです。



サプライチェーン被害の例（精密機械、3/1時点）：
ステークホルダーの皆様の多大な支援のもと、当該サプライヤーの復旧作業は想定以上に順調に進んでおります。加えて、代替サプライヤーにおける生産も増強しています。

復旧・支援状況と課題

- インフラの復旧（5月中旬以降は、水道の引き込み管等）
- 宿泊施設の確保、従業員の確保困難（奥能登の宿泊キャパシティ不足、二次避難等の影響）
- 進まない公費・私費解体・復旧費用の見積もり（業者の不足、権利確認、マニュアル整備）
- なりわい再建支援補助金ほか支援制度、能登産業復興センター設立等（一部柔軟な運用、制度の理解や支援体制の充実、DXも進む）
- 事業承継の問題
- 仮設店舗（手続きに時間がかかっている例も）