

新潟県中越沖地震の地盤災害

長岡技術科学大学

豊田浩史

地震の概要

地震の比較

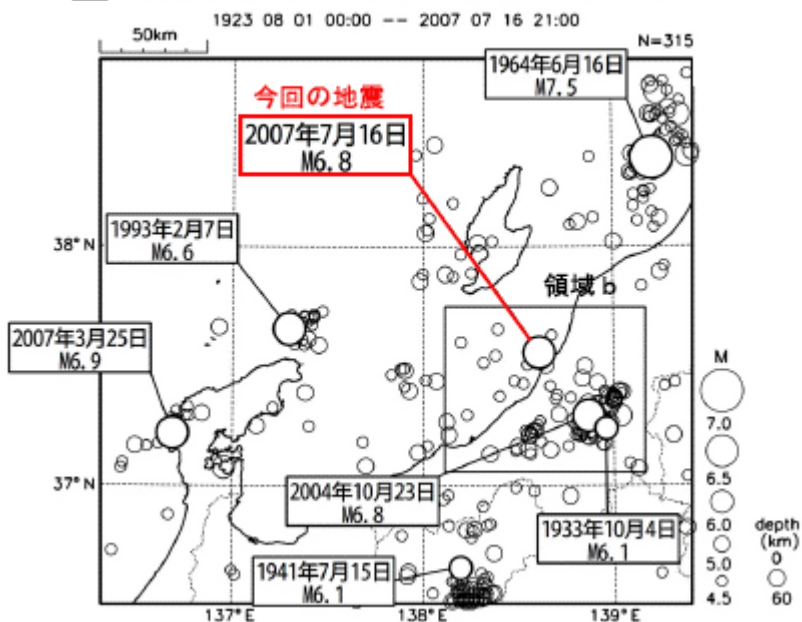
新潟県中越沖地震

- 日時: 2007年7月16日10:13
- 震源: 新潟県上中越沖, 深さ約10km(17km)
- 規模等: M6.8, 震度6強
- 被害: 死者11名, 1.5兆円

新潟県中越地震

- 日時: 2004年10月23日17:56
- 震源: 新潟県中越地方, 深さ約13km
- 規模等: M6.8, 震度7
- 被害: 死者67名, 3兆円

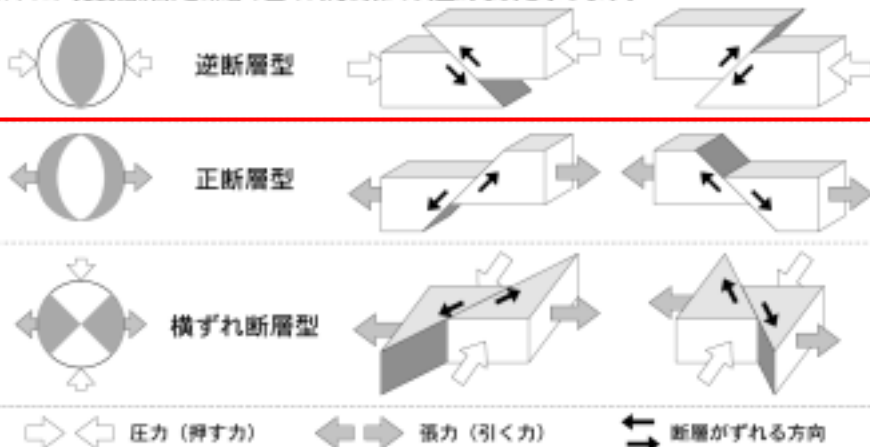
B 震央分布図 (1923年8月以降、M \geq 4.5)



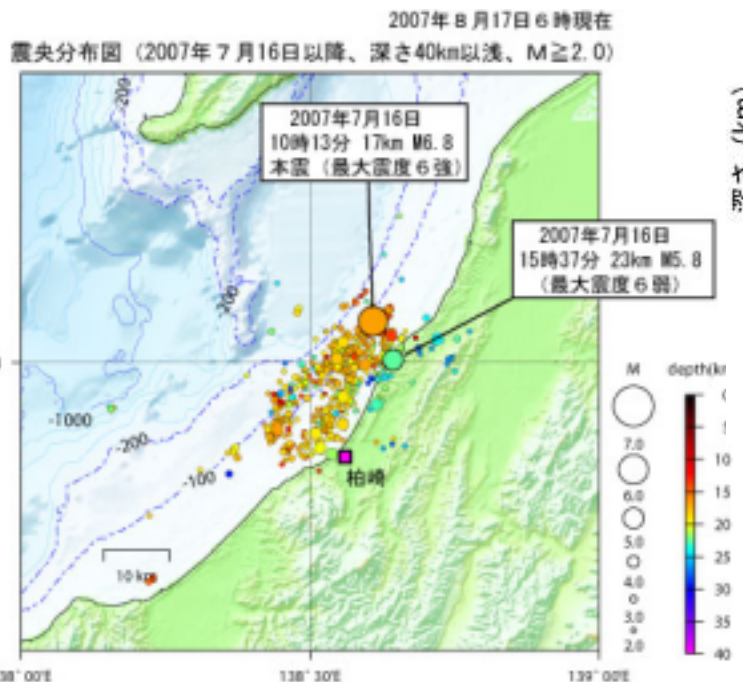
発震機構解 [初動解] について

地震波の初動方向は、地震時に働く力の向きにより異なります。また、地震時に働く力の向きは、断層の型により異なります。発震機構解は、これらの性質を用いて地震の初動方向から断層面を推定するものです。

以下に、発震機構解と断層の型の対応関係の典型的な例を示します。



断層

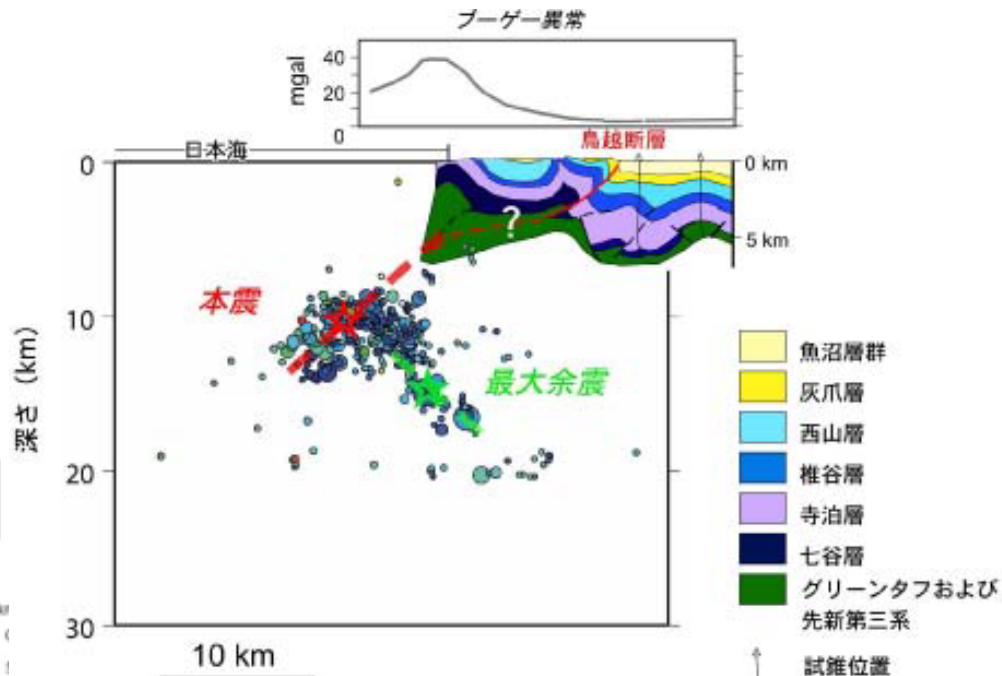


丸の大きさはマグニチュードの大きさを、色は震源の深さを表す。
地形データには国土院の数値地図50mメッシュ (標高) および日本海洋データセンターのJ-EGS500を使用。

気象庁

長岡平野西縁断層帯？

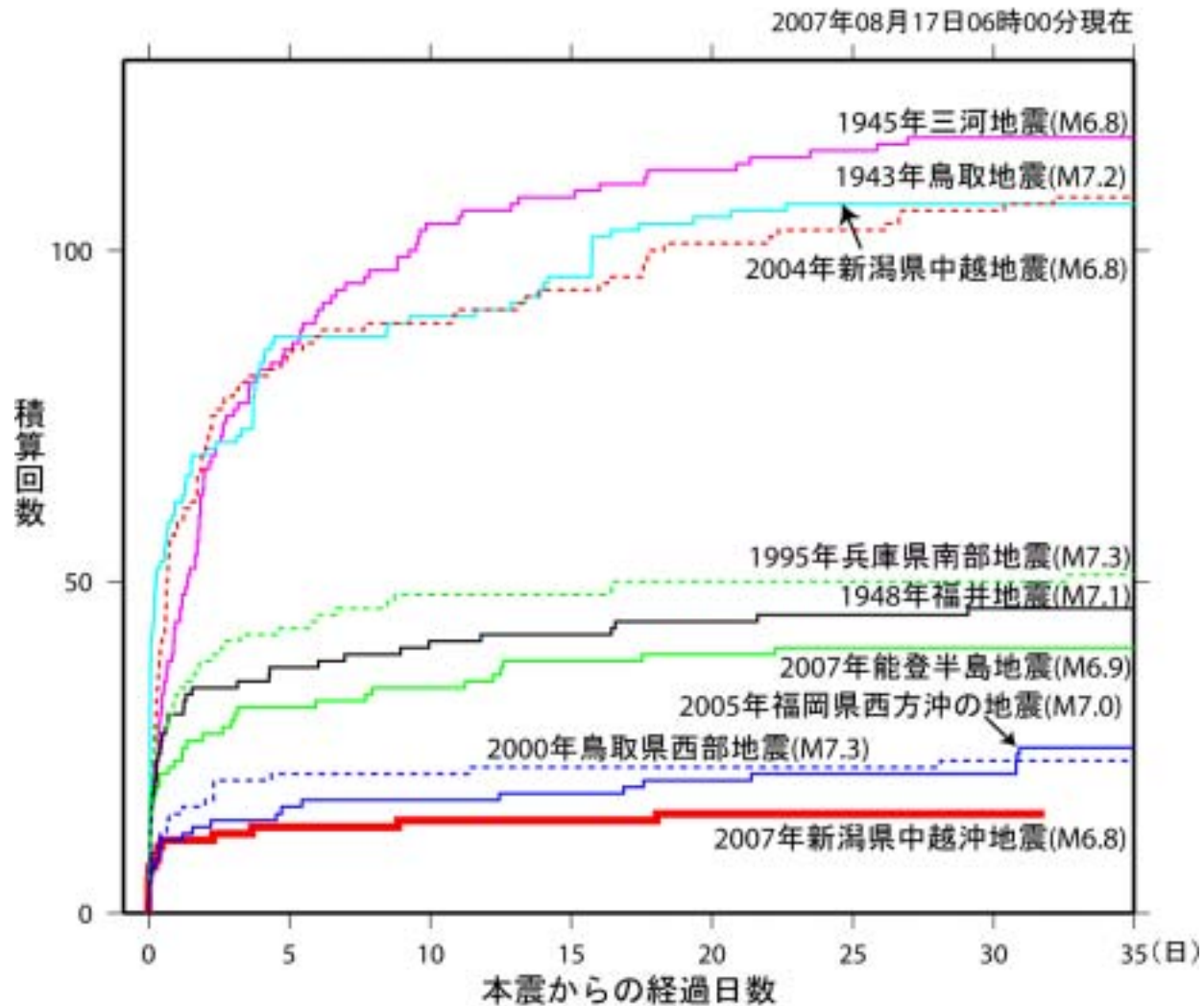
海底断層 (原発まで伸びる)？



地震調査研究推進本部

余震回数

余震活動の回数比較（マグニチュード4.0以上）



自然斜面の被害

主な自然斜面崩壊箇所

土砂災害108箇所確認
(8/6現在, 国土交通省)

震源の南西の海岸線斜面を中心に上越まで、内陸方向に数は少なく

本震7/16 10:13 X

余震7/16 15:37 X

柏崎市椎谷

柏崎市西山町長嶺

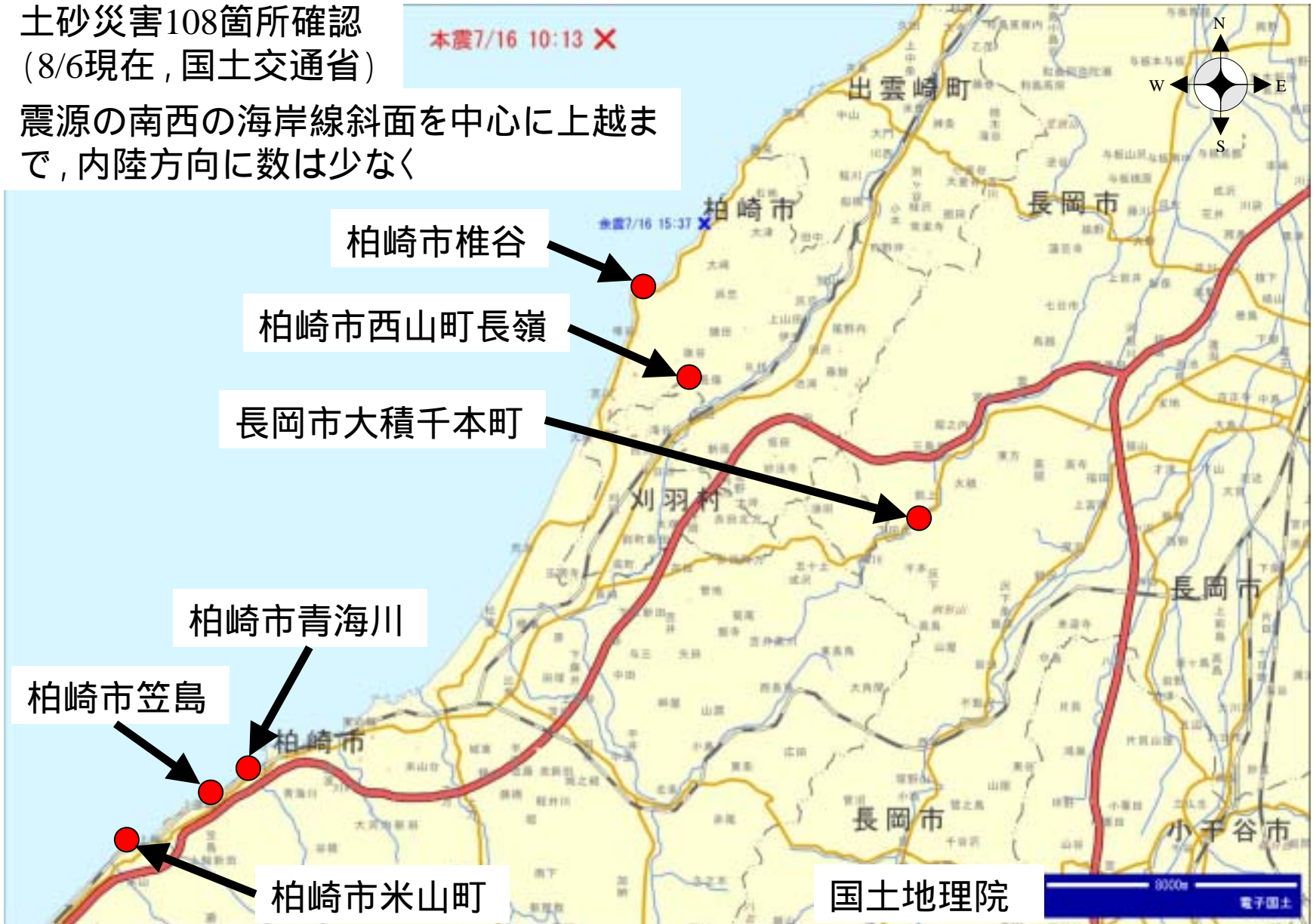
長岡市大積千本町

柏崎市青海川

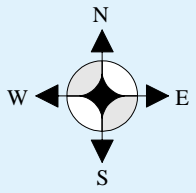
柏崎市笠島

柏崎市米山町

国土地理院

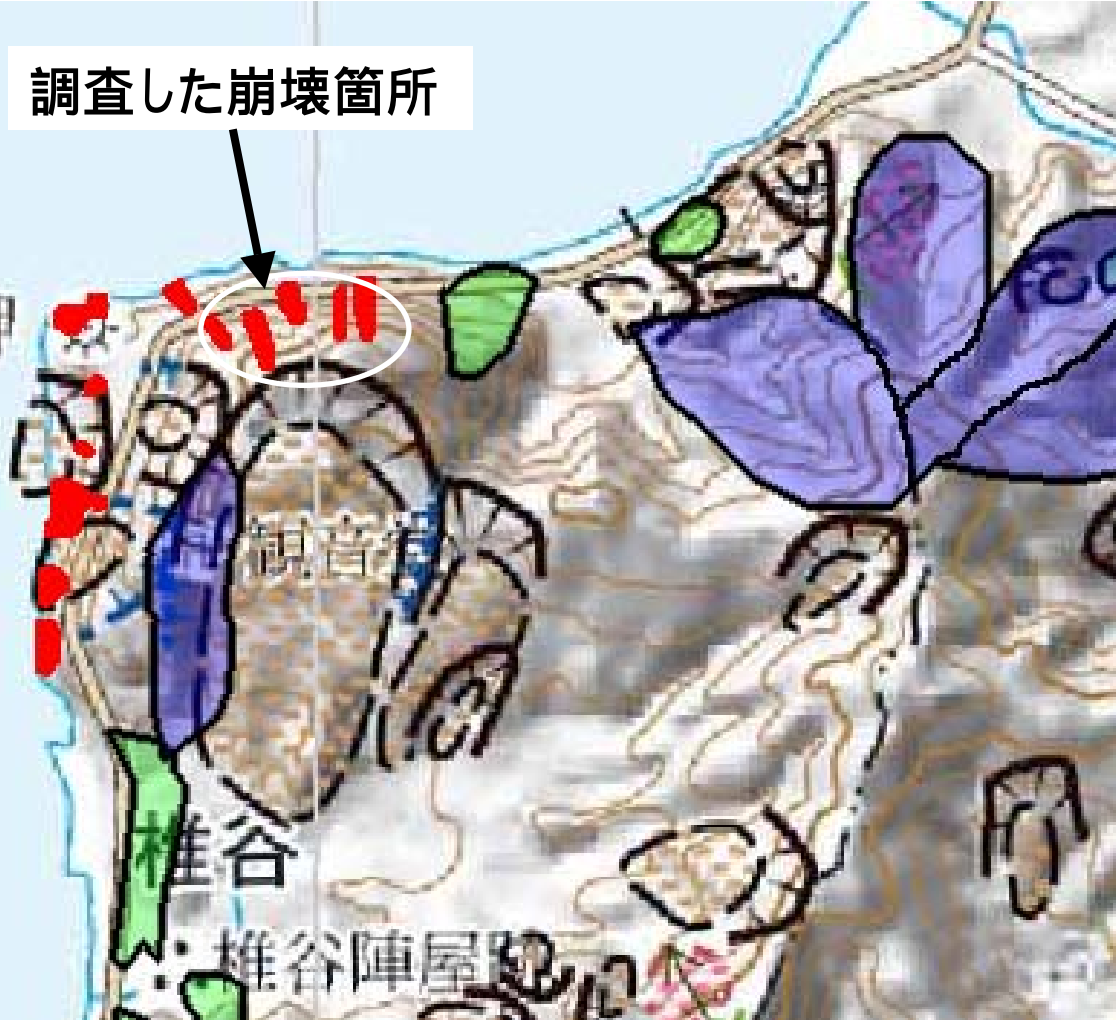


柏崎市椎谷(国道352号), 観音岬



調査した崩壊箇所

観音岬



- 崩壊箇所
- 地すべり
- 急傾斜地
- 土石流

500 m

岬で凸型地形の北側斜面

東側でも表層崩壊

椎谷層(砂岩泥岩互層)

傾き約45度の斜面
幅10m程度
長さ最大70m(すべり落ち土塊含む)
厚さ3m程度

地すべり地形分布図: 防災科学技術研究所HP
土砂災害危険箇所: 新潟県HP
土砂崩壊位置: 国土地理院HP, 国際航業HP

柏崎市椎谷(国道352号), 観音岬



朝日航洋提供

50m以上の急崖(海食崖), 受け盤構造

風化した岩が
崩れ落ちた



斜面上部が崩壊して道路を塞いだ



斜面下部はモルタル吹付(有効?)

同様な斜面崩壊の比較

朝日航洋提供



中越沖地震：柏崎市椎谷

北陸地方整備局提供



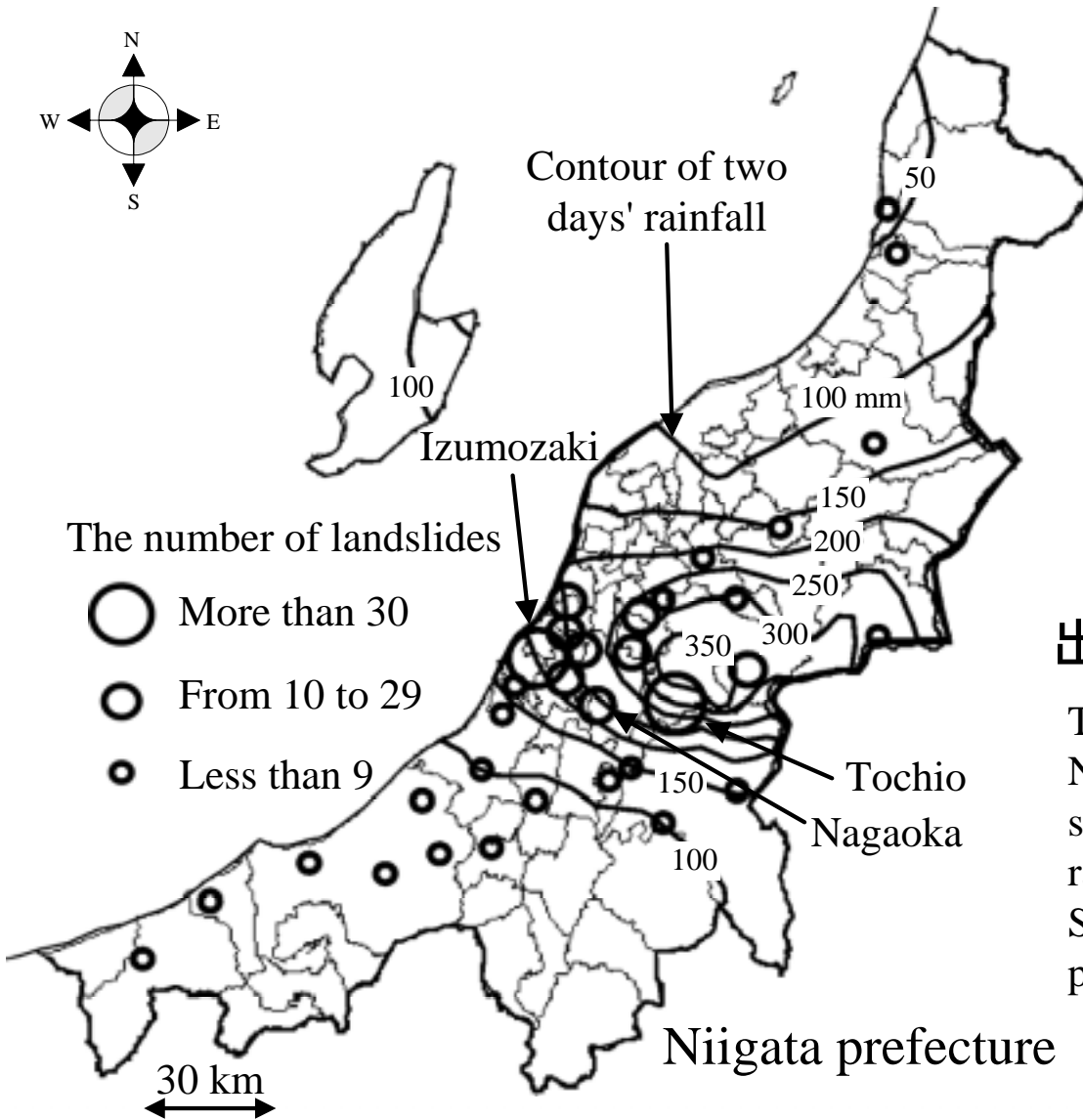
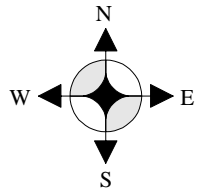
出雲崎

2004年7.13水害：出雲崎・寺泊



寺泊

海食崖(急崖)は豪雨でも崩れやすい

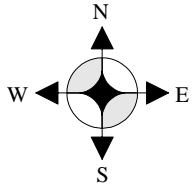


2004年7.13新潟・福島豪雨でも、豪雨の中心は内陸の栃尾にあったにもかかわらず、出雲崎の海岸線では非常に数多くの斜面崩壊が発生した。

出典

Toyota, H., Nakamura, K. and Sakai, N.: Evaluation of dike and natural slope failure induced by heavy rainfall in Niigata on 13 July 2004, Soils and Foundations, Vol. 46, No. 1, pp. 83-98, 2006.

柏崎市西山町長嶺



- 崩壊箇所
- 地すべり
- 急傾斜地
- 土石流

500 m

谷部で凹型地形

土石流危険箇所

西山層(砂岩泥岩互層)

傾き約20度の斜面
幅約100m
長さ約210m
厚さ10m程度

地すべり地形分布図: 防災科学技術研究所HP
土砂災害危険箇所: 新潟県HP
土砂崩壊位置: 国土地理院HP, 国際航業HP

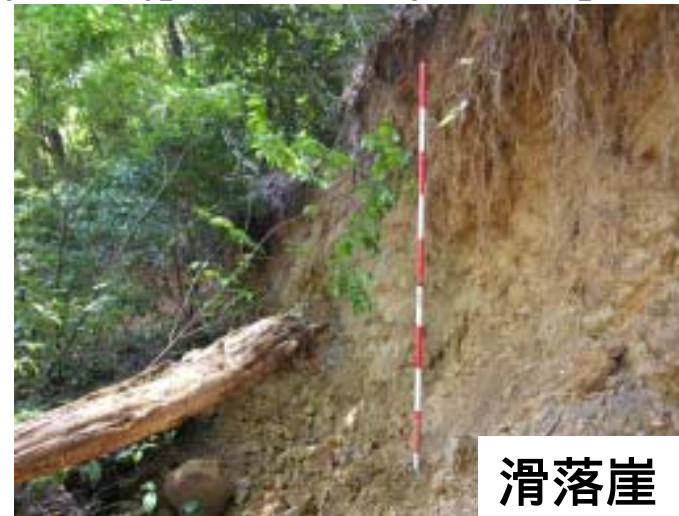
柏崎市西山町長嶺

土木学会斜面工学研究小委員会情報提供
<http://www.jsce.or.jp/committee/jiban/slope/>



谷部の地形

泥岩の上の風化堆積物の両側が大きく崩落
中央部は動いている兆候は見られない



滑落崖



泥岩の流れ盤(約32度)

同様な斜面崩壊の比較



中越沖地震：長嶺

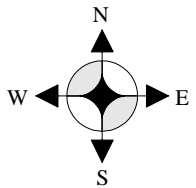
北陸地方整備局提供



2004年7.13水害：中山



長岡市大積千本町(国道8号)



- 崩壊箇所
- 地すべり
- 急傾斜地
- 土石流

500 m

凸型地形

背後の山は地すべり地形

魚沼層(砂シルト細互層)

傾き約25度の斜面
幅約100m
長さ約100m
厚さ10m程度

地すべり地形分布図: 防災科学技術研究所HP
土砂災害危険箇所: 新潟県HP
土砂崩壊位置: 国土地理院HP, 国際航業HP

長岡市大積千本町(国道8号)



地すべり崩壊
カーブで突き出た
凸型の地形

崩壊上部(背面)
は谷地形で落ち
ている



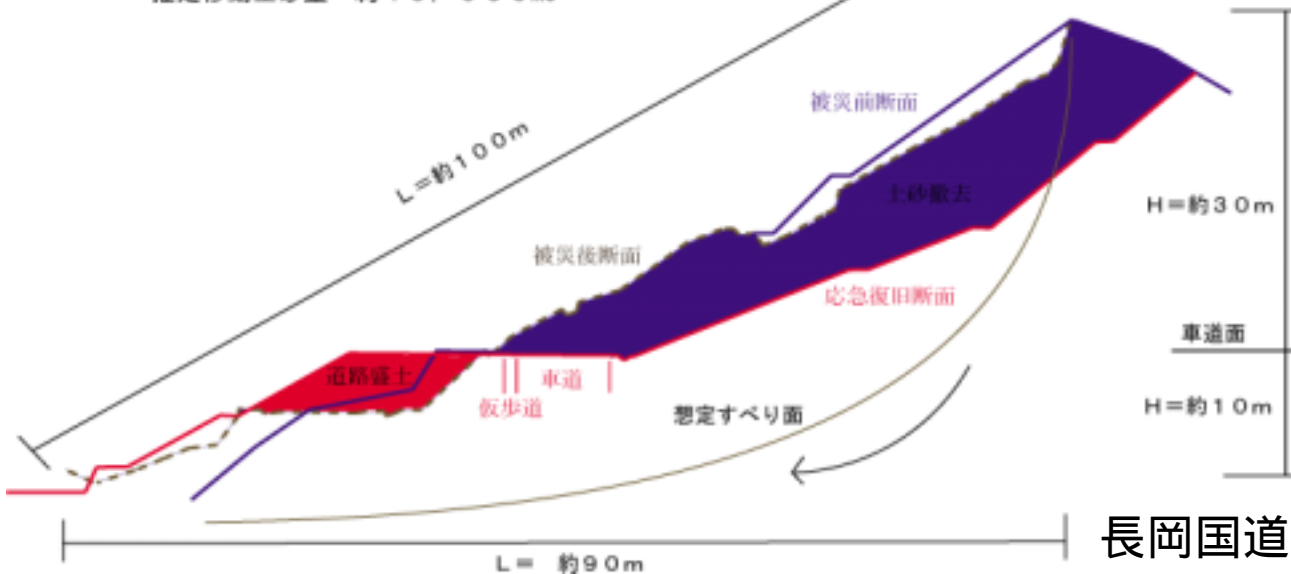
長岡市大積千本町(国道8号)

朝日航洋提供



断面図

推定移動土砂量 約40,000m³

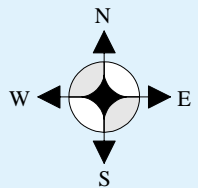


概ね流れ盤構造
切土により復旧

応急復旧は迅速
7/23より二車線供用

長岡国道事務所提供

柏崎市青海川(青海川駅)



ザ・Hシーポート

調査した崩壊箇所

おうみがわ

青海川

国民休養地

の丘
米山
同一庵
藍民芸館

- 崩壊箇所
- 地すべり
- 急傾斜地
- 土石流

500 m

海と川に挟まれた凸型地形

急傾斜地危険箇所
米山層(泥岩)

傾き約45度の斜面
幅約40m
長さ約50m(すべり
落ち土塊含めず)
厚さ5m程度

地すべり地形分布図:防災科学技術研究所HP
土砂災害危険箇所:新潟県HP
土砂崩壊位置:国土地理院HP, 国際航業HP

柏崎市青海川(青海川駅)



パスコ提供

撮影：株式会社パスコ・国際航業株式会社

約40mの急崖，風化した段丘堆積物がすべり落ちたようである

海と谷根(たんね)川との間で凸地形を呈しており，その海側(北西)斜面が崩れた

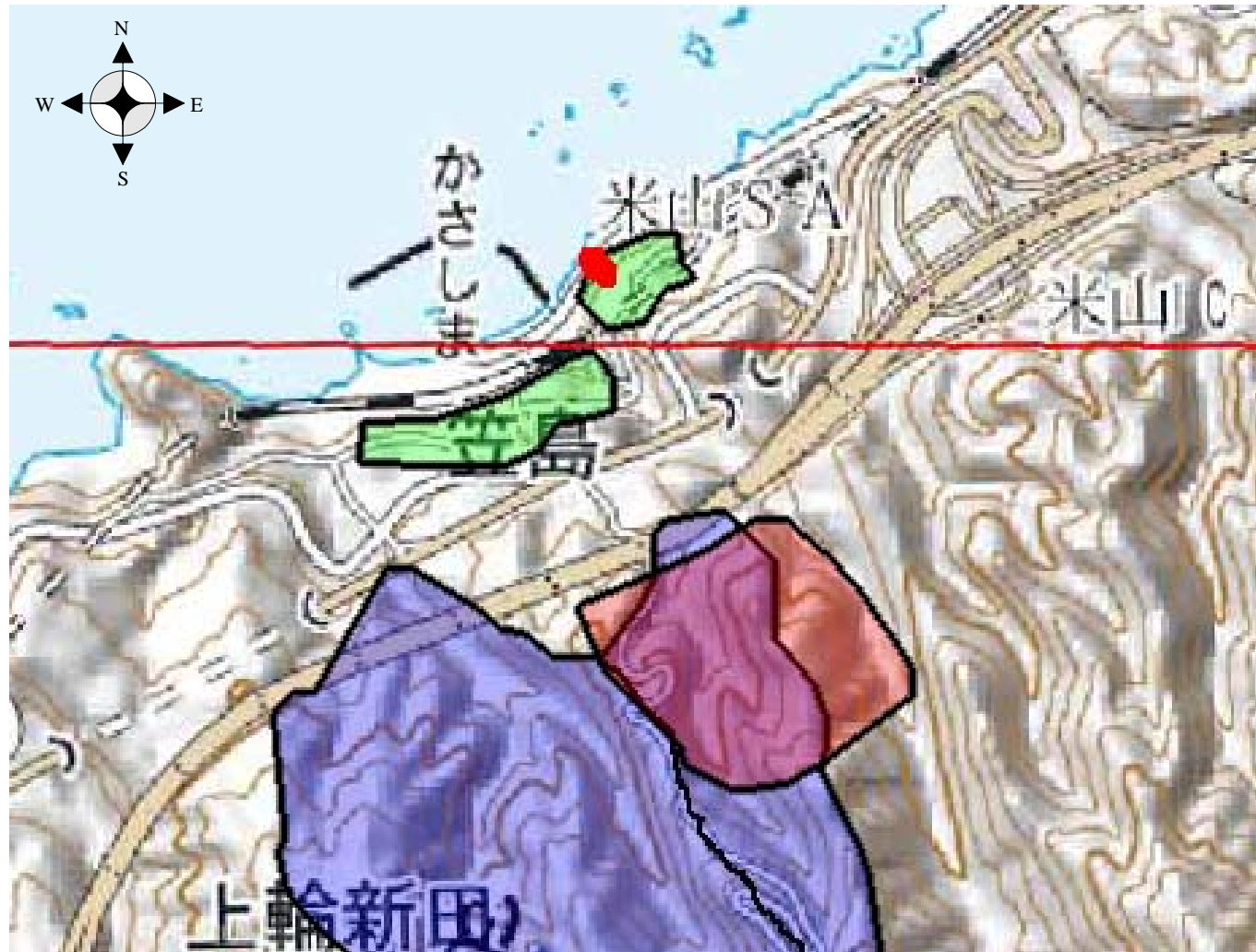
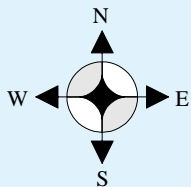
円れき混じりの段丘堆積物
基盤岩上面や段丘堆積物
のある層から湧水がある



JR信越本線 青海川駅



柏崎市笠島



- 崩壊箇所
- 地すべり
- 急傾斜地
- 土石流

500 m

凸型の地形
急傾斜地危険箇所
米山層(泥岩)

傾き約35度の斜面
幅約30m
長さ約30m
厚さ3m程度

地すべり地形分布図: 防災科学技術研究所HP
土砂災害危険箇所: 新潟県HP
土砂崩壊位置: 国土地理院HP, 国際航業HP

柏崎市笠島



遷急線付近(斜面
上部)の強風化部
の崩壊

パスコ提供

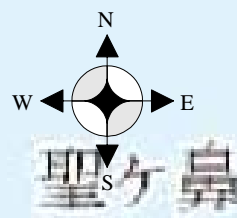
撮影：株式会社パスコ・国際航業株式会社

青海川と同じく、海食崖の崩壊，崩壊土が道路を塞いだ

少し海岸に突き出た凸型の地形をしている

柏崎市米山町(聖ヶ鼻)

- 崩壊箇所
- 地すべり
- 急傾斜地
- 土石流



調査した崩壊箇所

500 m

調査した崩壊箇所

岬で凸型地形の北側斜面

南西斜面でも崩壊(すぐ隣は急傾斜地危険箇所)

聖ヶ鼻層(砂岩泥岩互層)

斜面

傾き約25度の斜面
幅約90m
長さ約200m
厚さ10m程度(上部)
下部は浅い

地すべり地形分布図:防災科学技術研究所HP
土砂災害危険箇所:新潟県HP
土砂崩壊位置:国土地理院HP, 国際航業HP

柏崎市米山町(聖ヶ鼻)

2005年8月16日



パスコ提供

明治コンサルタント佐藤博文氏提供

新潟県中越沖地震で崩壊

2007年8月14日

以前からよく崩れていた場所である。安定度が悪くなっていたところに地震に見舞われた？



柏崎市米山町(聖ヶ鼻)



パスコ提供

撮影：株式会社パスコ・国際航業株式会社

岬で凸型の地形
の北側斜面

泥岩の滑らかな層理面
にそって上部に堆積し
ていた土砂がすべり落
ち、道路を寸断



受け盤、民家を危険にさらす



滑落崖、すべり層厚は薄い

柏崎市米山町(聖ヶ鼻)



パスコ提供

撮影：株式会社パスコ・国際航業株式会社

泥岩の滑らかな層理面にそって上部の岩盤
がすべり落ちた

中越地震時の横渡の岩盤すべりと同じタイプ



堆積構造のわかる層理面



滑らかな泥岩面(約28度)

同様な岩盤すべりの比較



中越沖地震:米山



中越地震:横渡



表層崩壊

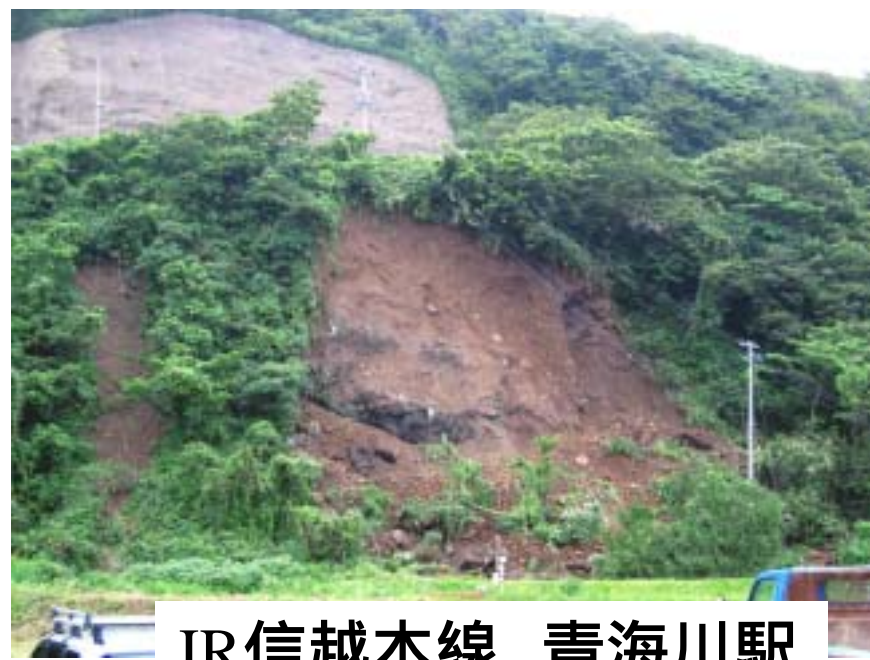
実質的被害は小さいが，山中では多くの表層崩壊が確認できた。

長岡市大積

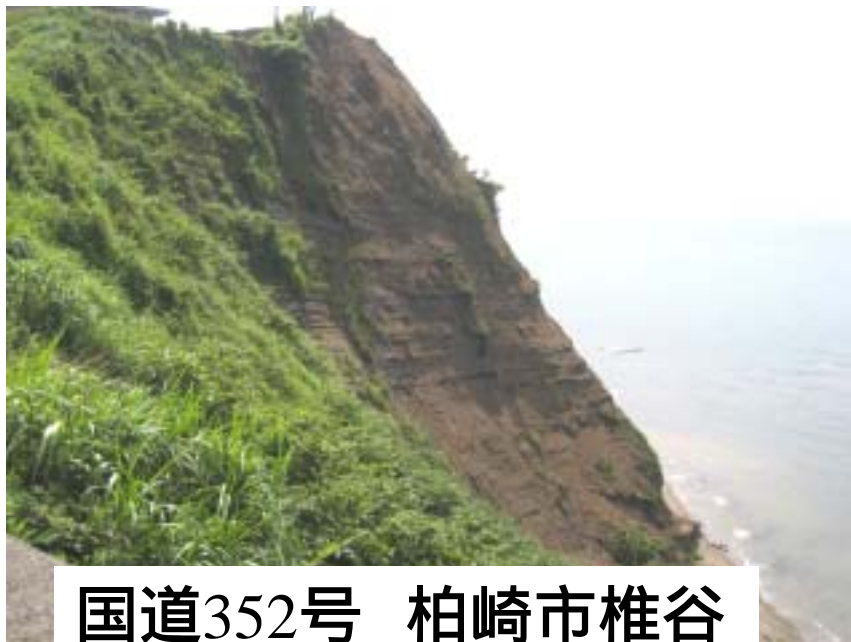


表層崩壊

実質的被害は小さいが、海岸沿いにも数多くの表層崩壊が確認できた。



JR信越本線 青海川駅



国道352号 柏崎市椎谷



柏崎市笠島

崩壊斜面の特徴

- 中越地震と比べると、崩壊箇所は少ない(震源が中山間地直下ではなかった?)
- 海食崖(北西方向の斜面, 急崖)の薄い層がすべり落ちる(地震同様, 雨にも弱い)
- 遷急線の上部が崩れる(震動, 風化, 植生)
- 凸地形を形成する斜面に被害が多い
- 海岸に突き出た岬の震源方向の斜面が崩れる

危険箇所抽出の課題

- 地震の地形的な震動(増幅)特性を考慮
- 層理や節理などの地質構造を考慮
- 地盤強度特性と解析

主な被害箇所 (液状化・道路・港湾鉄道・宅地)

● 液状化

● 道路・港湾・鉄道・宅地

本震7/16 10:13 X

余震7/16 15:37 X



出雲崎町

柏崎市

長岡市

西山町下山田

刈羽村刈羽

クリーンセンター

松波・橋場町

下高町・荒浜駅

柏崎港

山本・土合

青海川駅

柏崎市

西本町・東本町

笠島

鯨波

長岡市

小千谷市

国土地理院

5000m

電子国土



液状化の被害

刈羽村刈羽



地質図：産業技術総合研究所
地図：国土地理院HP

砂丘の末端部、中越地震でも被害あり。

刈羽村刈羽

刈羽駅の西側

道路を挟んで砂丘側で被害大

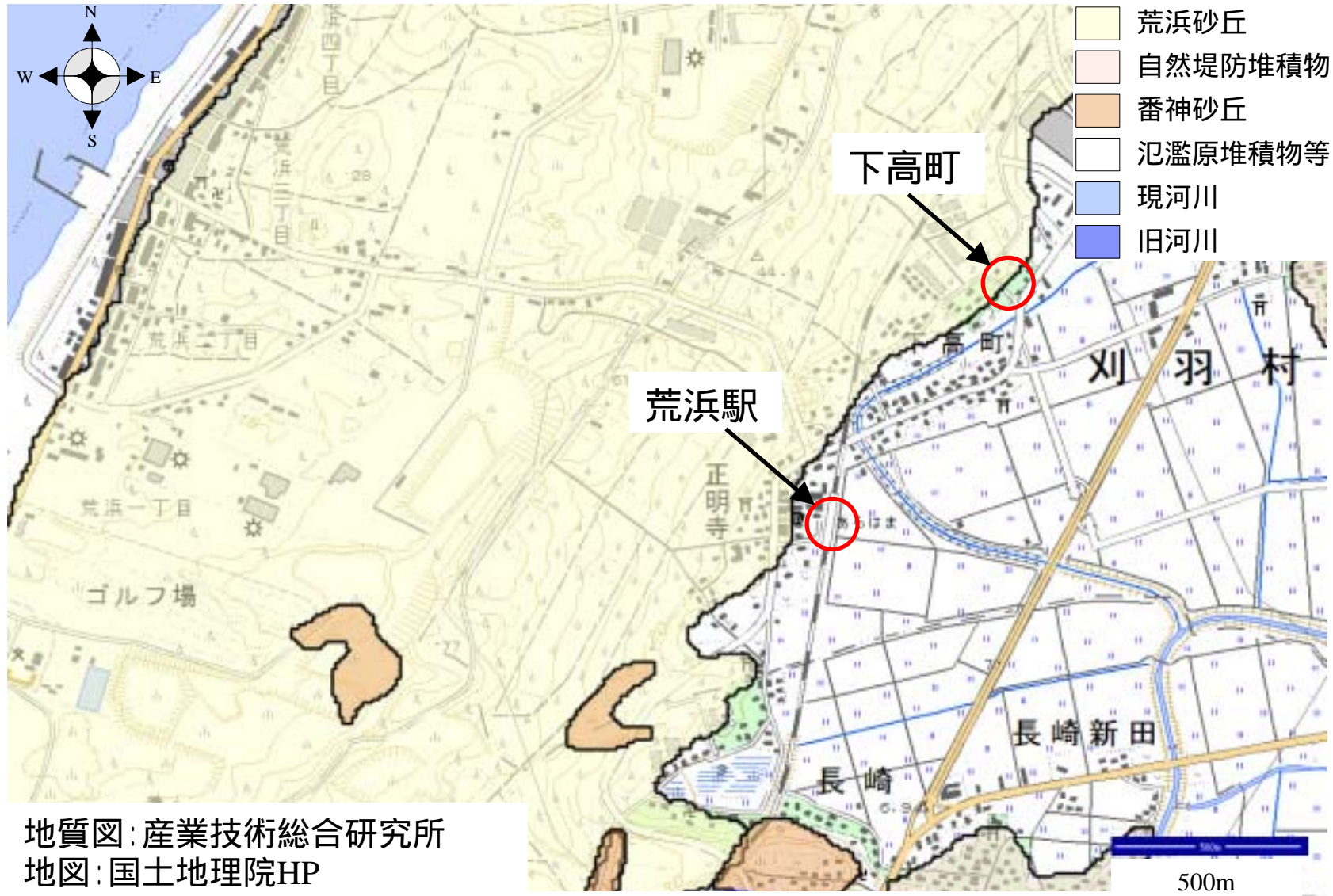


崩れた砂丘



大きく地盤が移動

下高町・荒浜駅



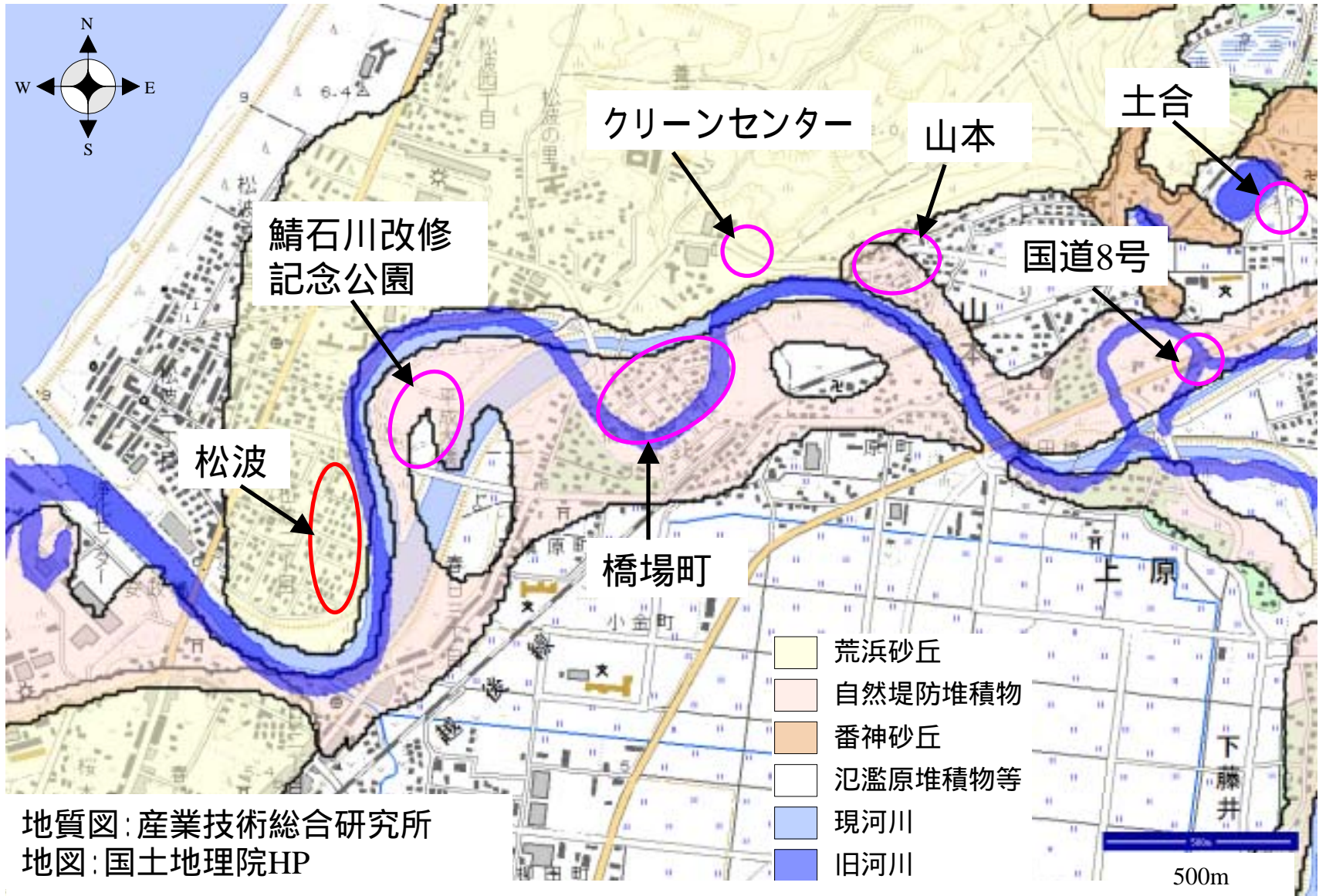
地質図: 産業技術総合研究所
地図: 国土地理院HP

下高町: 砂丘の末端部 . 荒浜駅: 砂丘近くの低地部

刈羽村下高町



鯖石川周辺

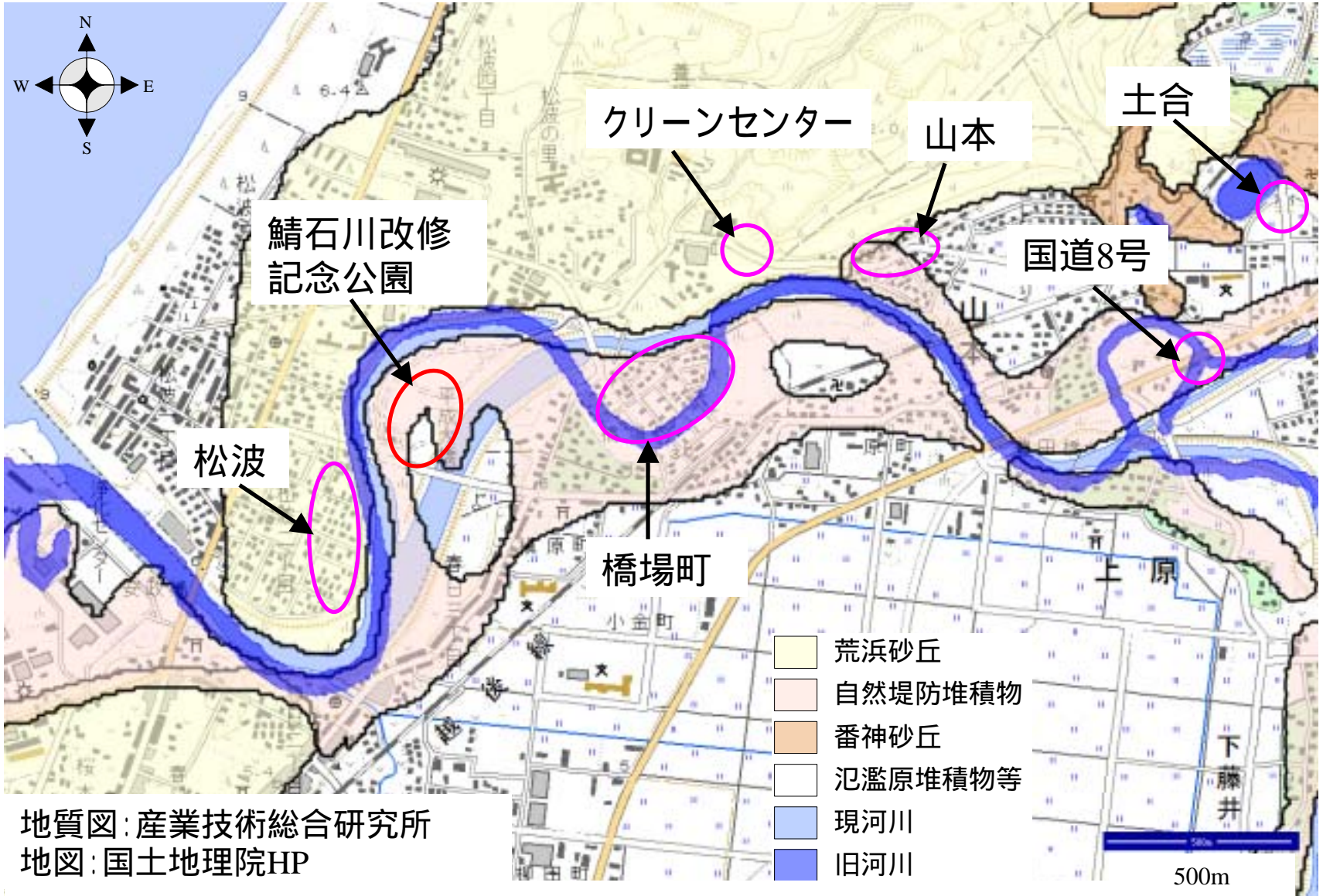


柏崎市松波2丁目

住民により、すでに、噴き出した砂は袋につめられていた(2007/7/18)



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

鯖石川改修記念公園: 旧河川と新河川にはさまれた中州.

鯖石川 改修記念公園

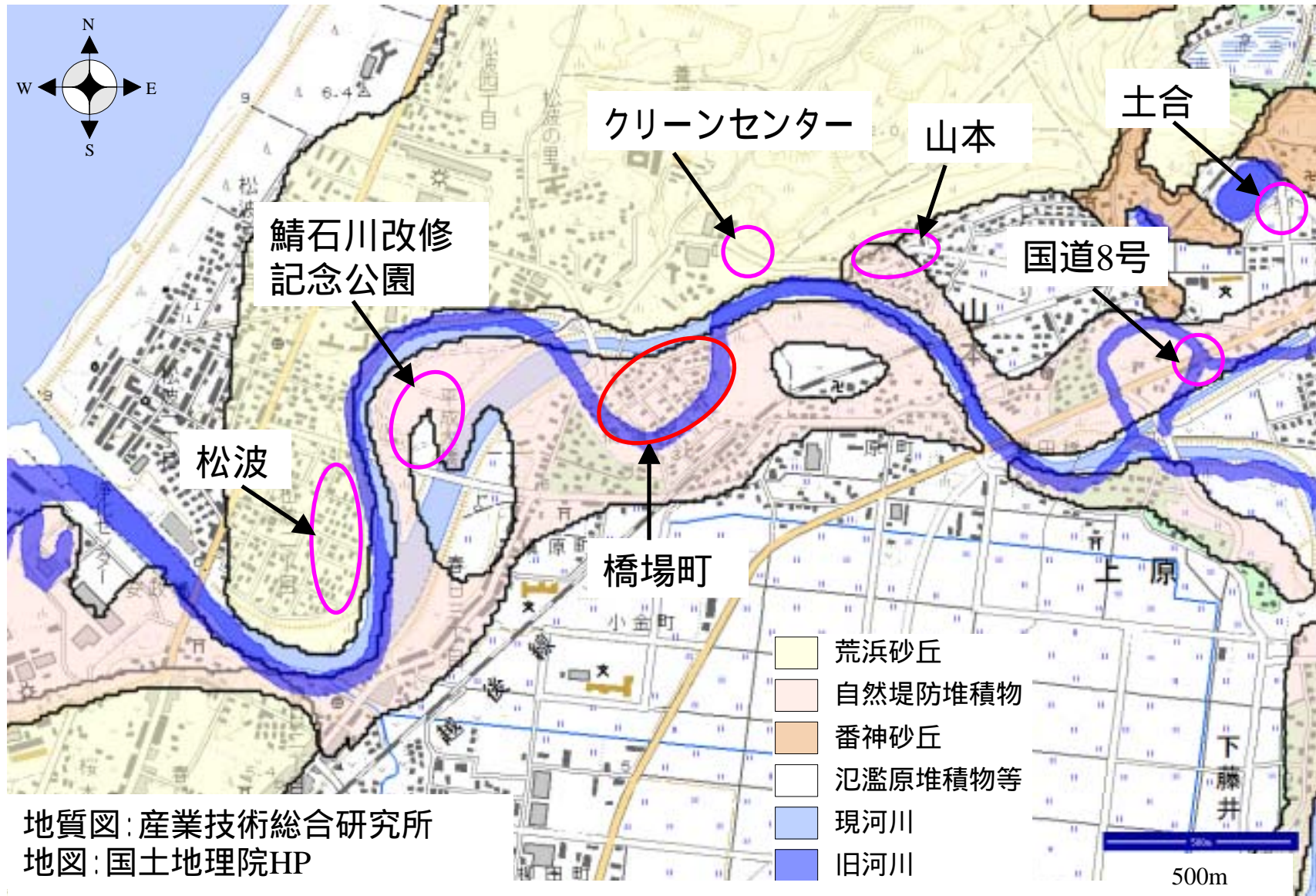
駐車場の噴砂



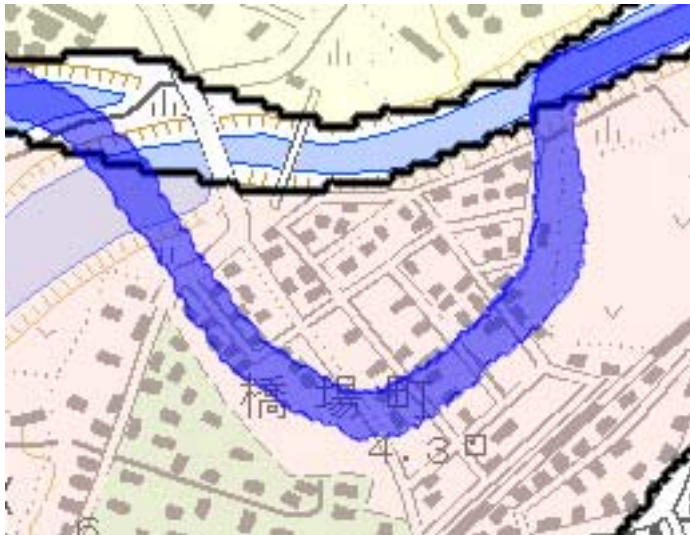
噴砂を伴いながら、河川方向に側方流動



鯖石川周辺



柏崎市橋場町



旧河道上もしくはその境で道路のずれや大規模な噴砂が発生



噴砂跡

旧河道沿い以外でも液状化跡は見られる(堤防周辺)



柏崎市橋場町

全体的に堤防が沈下？



堤防の段差



亀裂

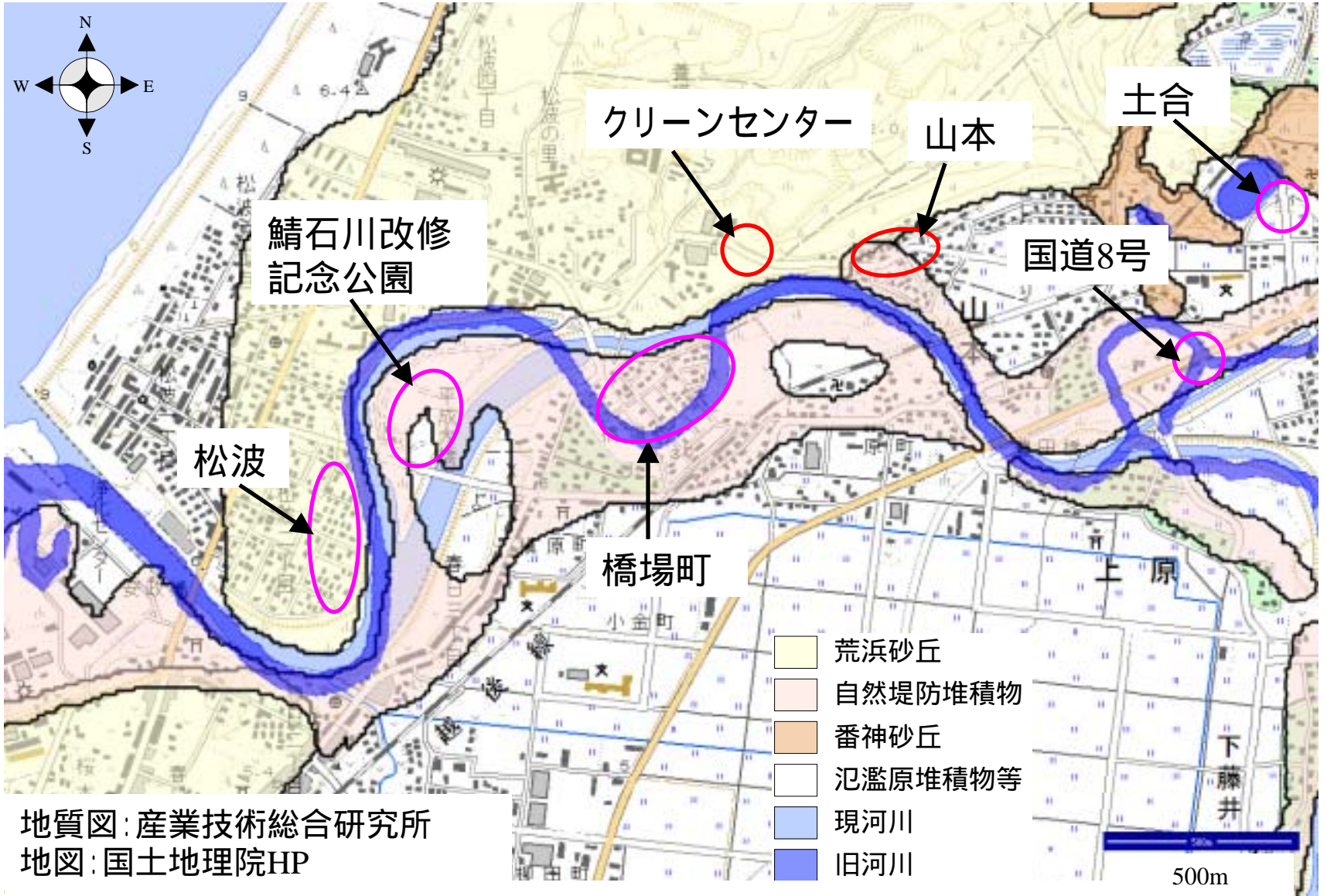
噴砂



亀裂

旧河道の境で堤防の段差や大きな被害が発生

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

クリーンセンター: 砂丘の端 . 山本: 砂丘の末端部

柏崎市山本

煙突の破壊



大きな段差



クリーンセンター周辺



道路方向へ地盤が移動

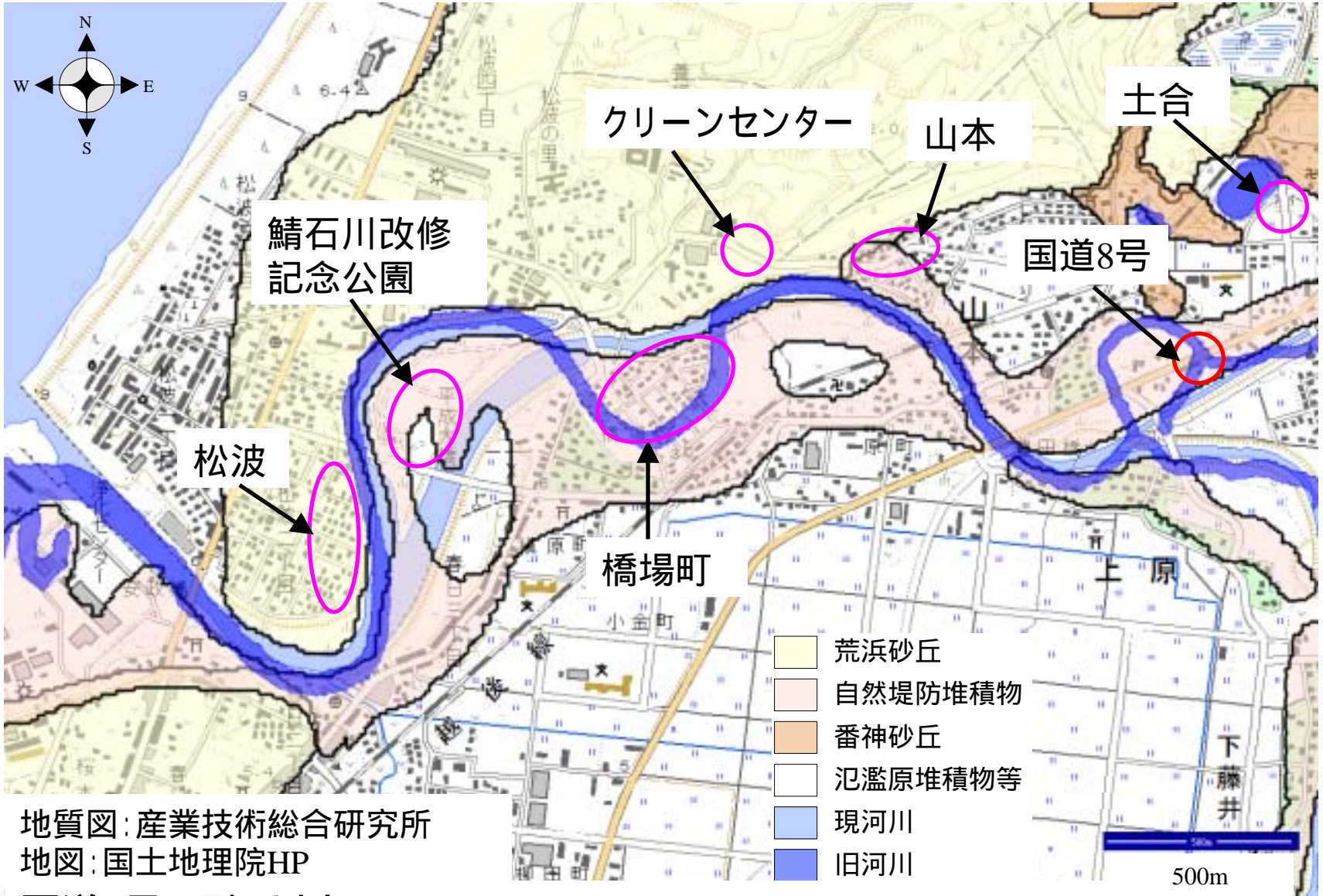


噴砂跡



大きく沈下

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
国道8号:旧河川上.

柏崎市上原 (国道8号)

道路周辺で噴砂跡が認められた。
ここは旧河道跡にあたる。



鵜川周辺



地質図:産業技術総合研究所
地図:国土地理院HP

水道橋公園:旧河川上.

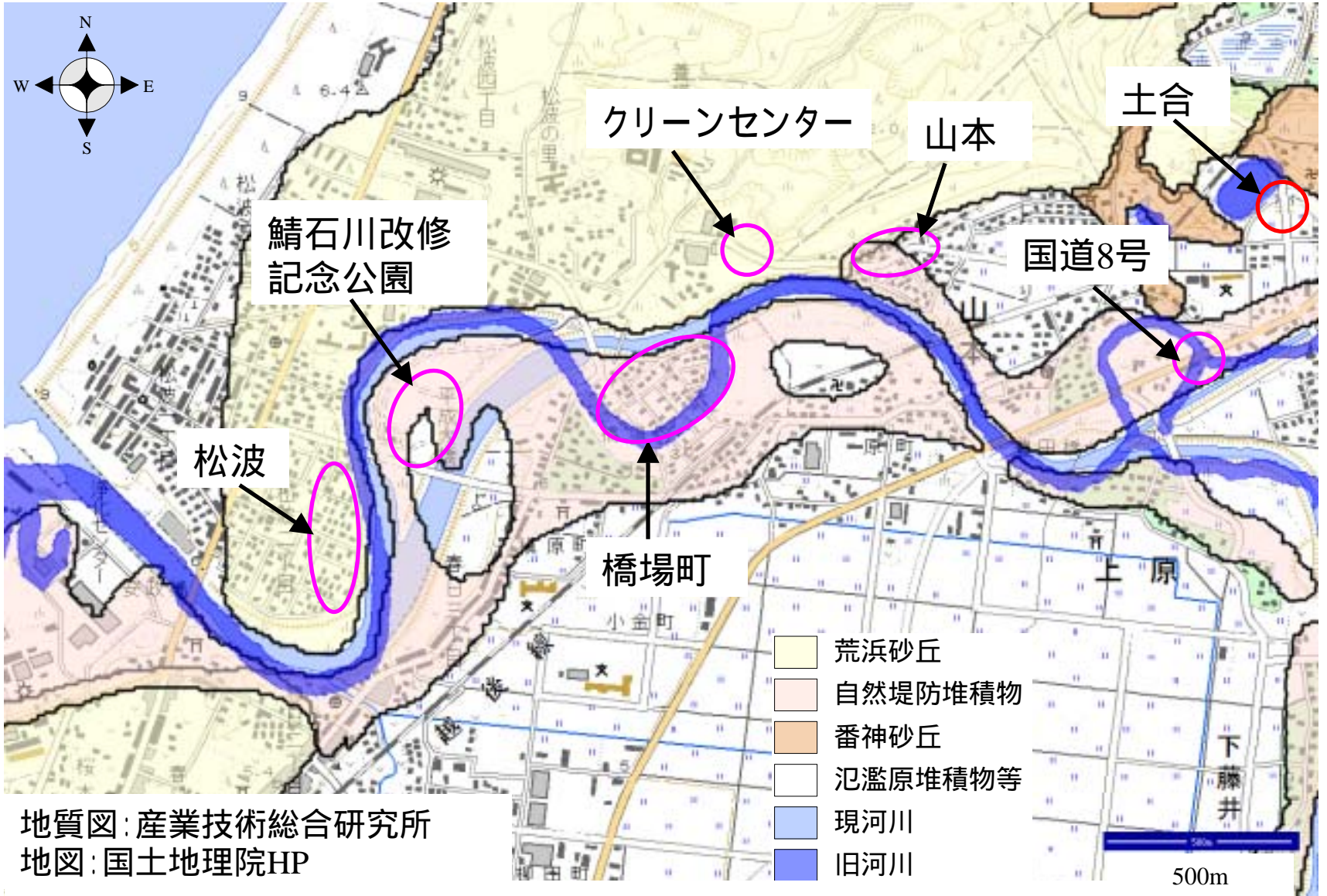
柏崎市大久保1丁目 (水道橋公園)

鵜川の旧河道の境で明瞭な段差が発生



道路の被害

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

土合:池の近く.

柏崎市土合 (県道215号)



ボックスカルバートの被害



沈下



開き

同様なカルバート被害の比較



中越沖地震：
柏崎市椎谷



中越地震：
関越自動車道



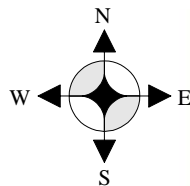
下山田



下山田:埋戻土が沈下.

鯨波

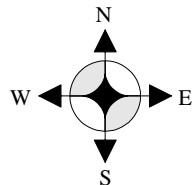
- 荒浜砂丘
- 自然堤防堆積物
- 番神砂丘
- 氾濫原堆積物等
- 現河川
- 旧河川



地質図:産業技術総合研究所
地図:国土地理院HP

鯨波(国道8号):盛土の端(歩道部)が崩壊.

笠島



- 荒浜砂丘
- 自然堤防堆積物
- 番神砂丘
- 氾濫原堆積物等
- 現河川
- 旧河川



地質図:産業技術総合研究所
地図:国土地理院HP

笠島:切盛の盛土部が崩壊.

その他



埋戻土の被害

柏崎市西山町下山田(県道574)



柏崎市鯨波(国道8号)



段差発生

北陸自動車道柏崎付近



柏崎市笠島

同様な道路被害の比較

北陸自動車道(柏崎市)



中越沖地震



鯨波(国道8号)

JH北陸支社提供 関越自動車道(小千谷市)



中越地震



天納(国道8号)

同様な埋戻土被害の比較

刈羽村下高町



中越沖地震

小千谷市



中越地震



柏崎市西山町下山田



小千谷市

港湾の被害

鵜川周辺



地質図:産業技術総合研究所

地図:国土地理院HP

柏崎港:埋立地.

柏崎港

中浜埠頭と東埠頭は軽微な被害
である

東埠頭



中浜埠頭



柏崎港



西埠頭



大きな段差

中央埠頭



噴砂跡



はらみだし

鉄道の被害

滝谷



地質図: 産業技術総合研究所

地図: 国土地理院HP

刈羽駅周辺・滝谷交差点: 氾濫原堆積物等(低地).

刈羽駅周辺



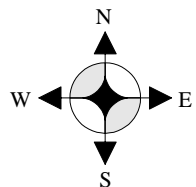
線路の曲がり

JR越後線(滝谷交差点付近)

JR越後線(刈羽駅周辺)
電柱の転倒



笠島



- 荒浜砂丘
- 自然堤防堆積物
- 番神砂丘
- 氾濫原堆積物等
- 現河川
- 旧河川



地質図:産業技術総合研究所
地図:国土地理院HP

青海川:斜面崩壊と線路のゆがみ.

青海川駅周辺



ボックスカルバートと盛土

沈下の違いにより発生した
線路の曲がり



その他、
柏崎駅で停車中の電車が脱線

市街地の被害

鵜川周辺



地質図:産業技術総合研究所
地図:国土地理院HP

水道橋公園:旧河川上.

柏崎市 西本町2丁目

宅地のある急傾斜地で段差(すべり)発生

延長幅は100m以上におよぶ



西永寺の西の斜面



西永寺の裏の段差



擁壁には顕著な被害は見られない

柏崎市西港町



白い家の向こう側の駐車場

斜面下の地盤が移動して、斜面上が引きずられた？



急傾斜地崩壊危険区域となっている

斜面下の地盤変形



路盤が大きく移動



道路をはさんだ向こう側にも変形がおよんでいる．液状化の可能性は？

柏崎市 東本町3丁目

古い木造建築の被害
構造的な問題(瓦屋根, 細い柱, 耐力
壁不足, 腐朽...)
地震動の影響は(キラールス)?



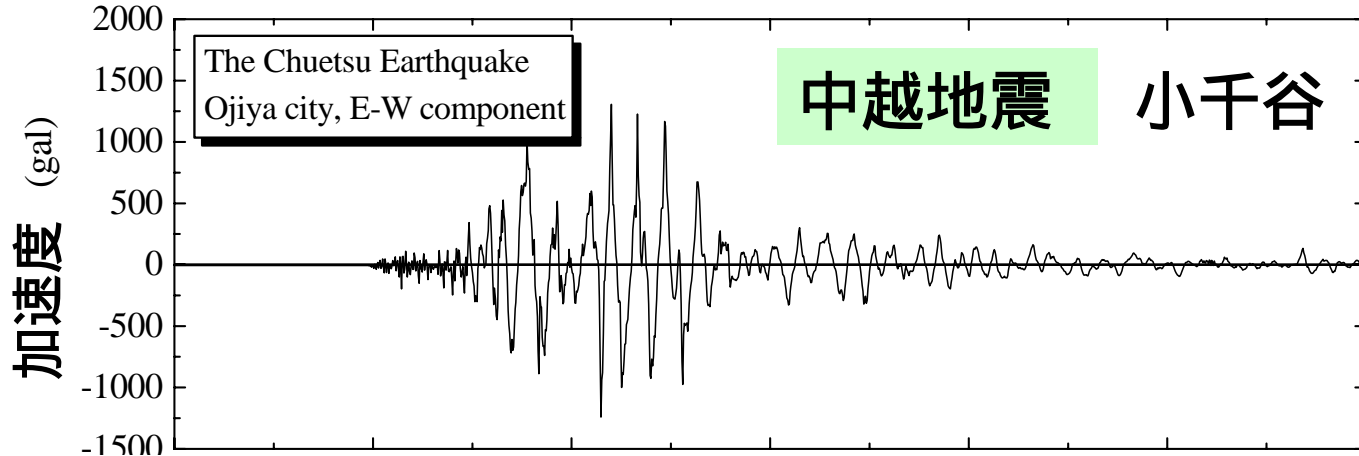
1階部分は完全に倒壊している



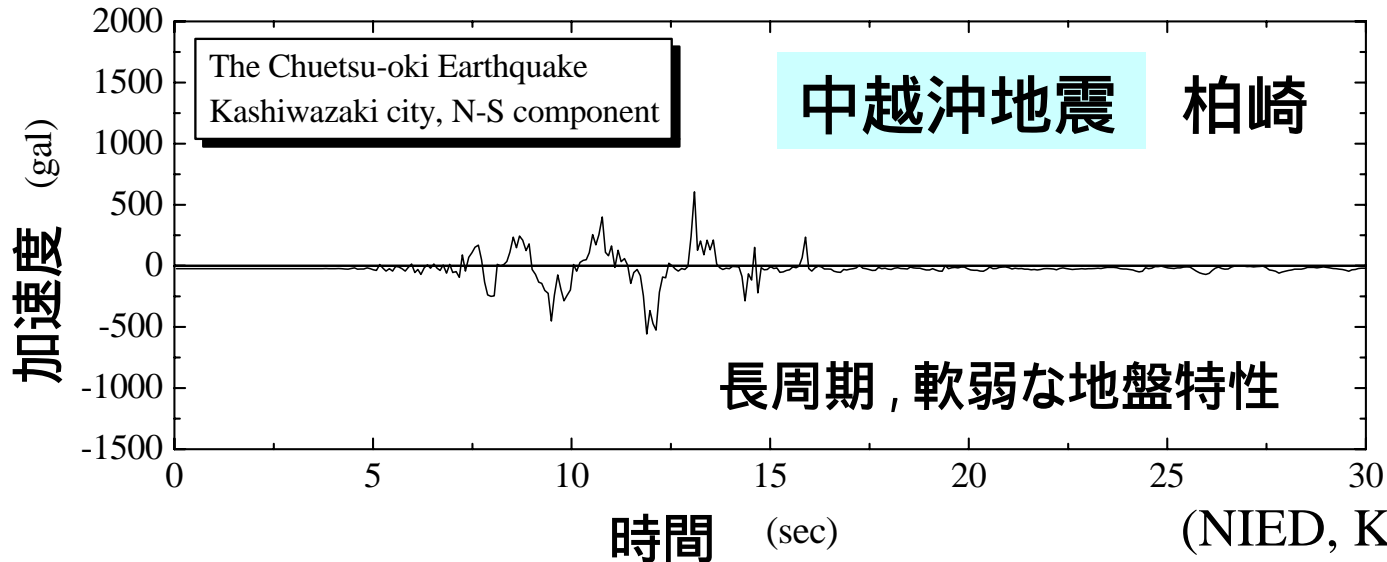
柏崎市西本町2丁目の被害



測定された加速度



●大きな加速度, 振動時間は短い



信濃川堤防の被害

● 液状化

● 亀裂

燕市野中才

長岡市寺泊町軽井

本震7/16 10:13 X

余震7/16 15:37 X



長岡市寺泊町軽井

野中才:堤防上面に亀裂発生
町軽井:小段道路に亀裂発生
堤外地に噴砂跡



噴砂跡



取水口の被害



護岸をじゃかごで復旧



被害(自然斜面以外)の特徴

- 中越地震と比べると道路交通障害(盛土崩壊・埋戻土の液状化等)の数は少ない
- 震源の南, 海岸付近に被害が集まる傾向にある
- 砂丘の末端部(低地部との境界)で液状化による被害が大きい
- 旧河道沿い(境界)で段差等が現れ, 被害が大きい
- 耐震性のない古い木造建築の倒壊が目立った
(震動の影響は?)
- 埋立地(柏崎港)や河川敷でも液状化による被害がみられた(一般的対策なしでは弱い)