３．１　液状化と地盤特性

⑴ 柏崎･刈羽の地形･地質

長岡工業高等専門学校
尾上篤生

東頸城丘陵の地形と地質構造

- ●後期鮮新世以降、褶曲・隆起→複背斜
- ●北北東ー南南西方向に数列の丘陵・山地群を背斜軸、
- ●渋海川、別山川、鯖石川、鵜川などを向斜軸
- ●前期更新世以前の地層の大半は海成
- ●魚沼層上部（100～80万年前）以浅の大半は陸成

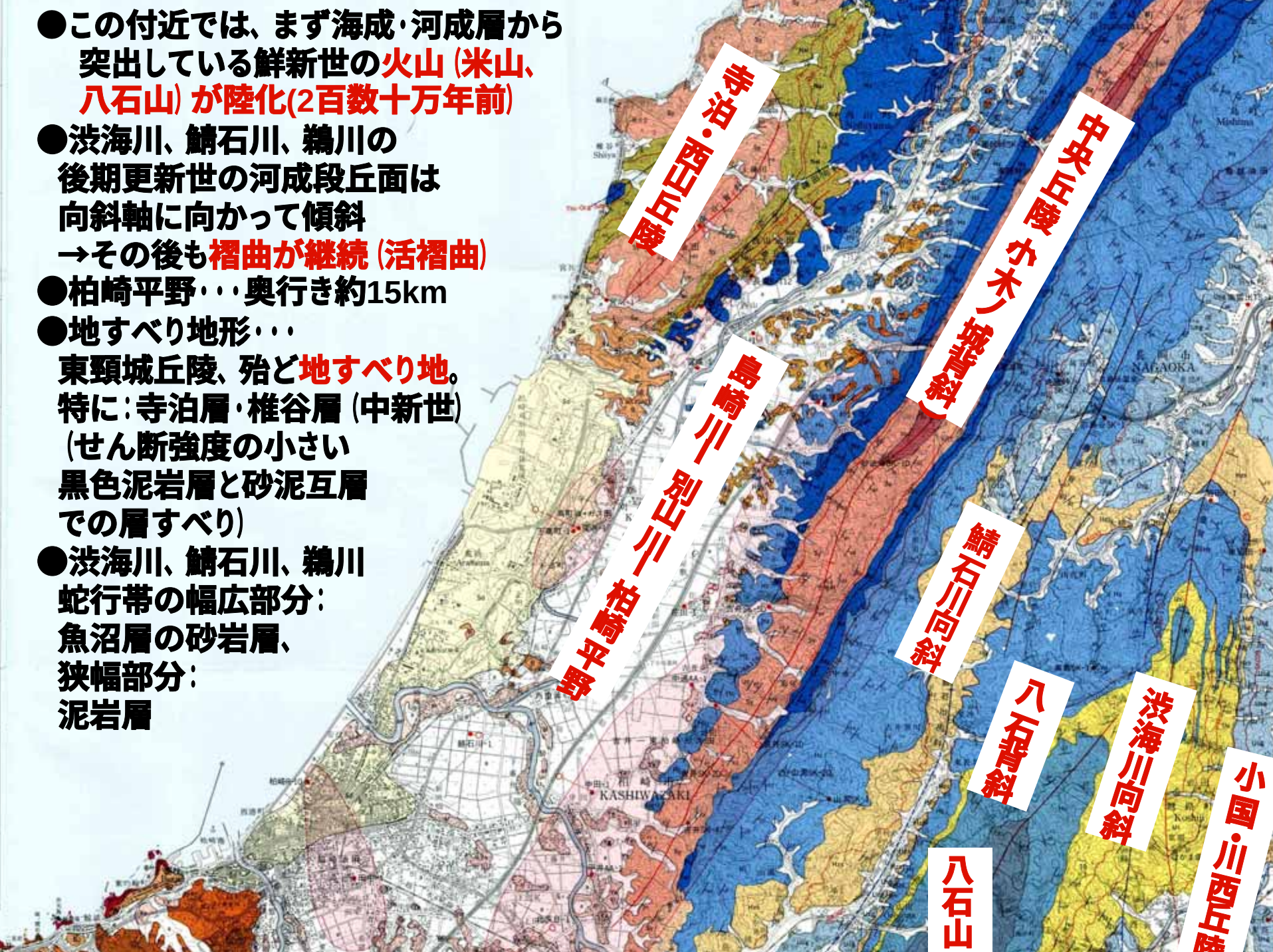
●この付近では、まず海成・河成層から突出している鮮新世の火山（米山、八石山）が陸化(2百数十万年前)

●渋海川、鯖石川、鵜川の後期更新世の河成段丘面は向斜軸に向かって傾斜
→その後も褶曲が継続（活褶曲）

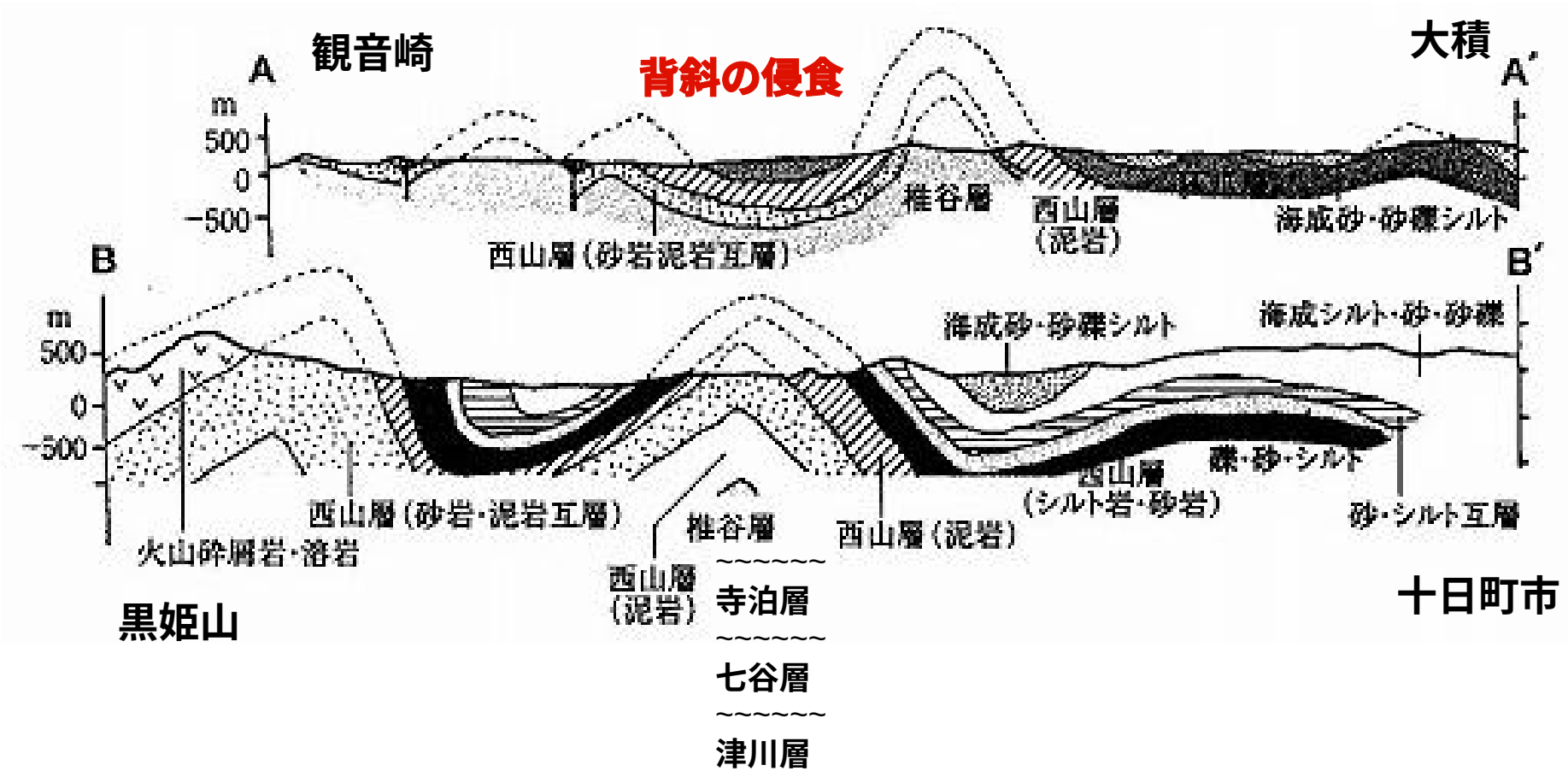
●柏崎平野・・・奥行き約15km

●地すべり地形・・・
東頸城丘陵、殆ど地すべり地。
特に：寺泊層・椎谷層（中新世）
（せん断強度の小さい黒色泥岩層と砂泥互層での層すべり）

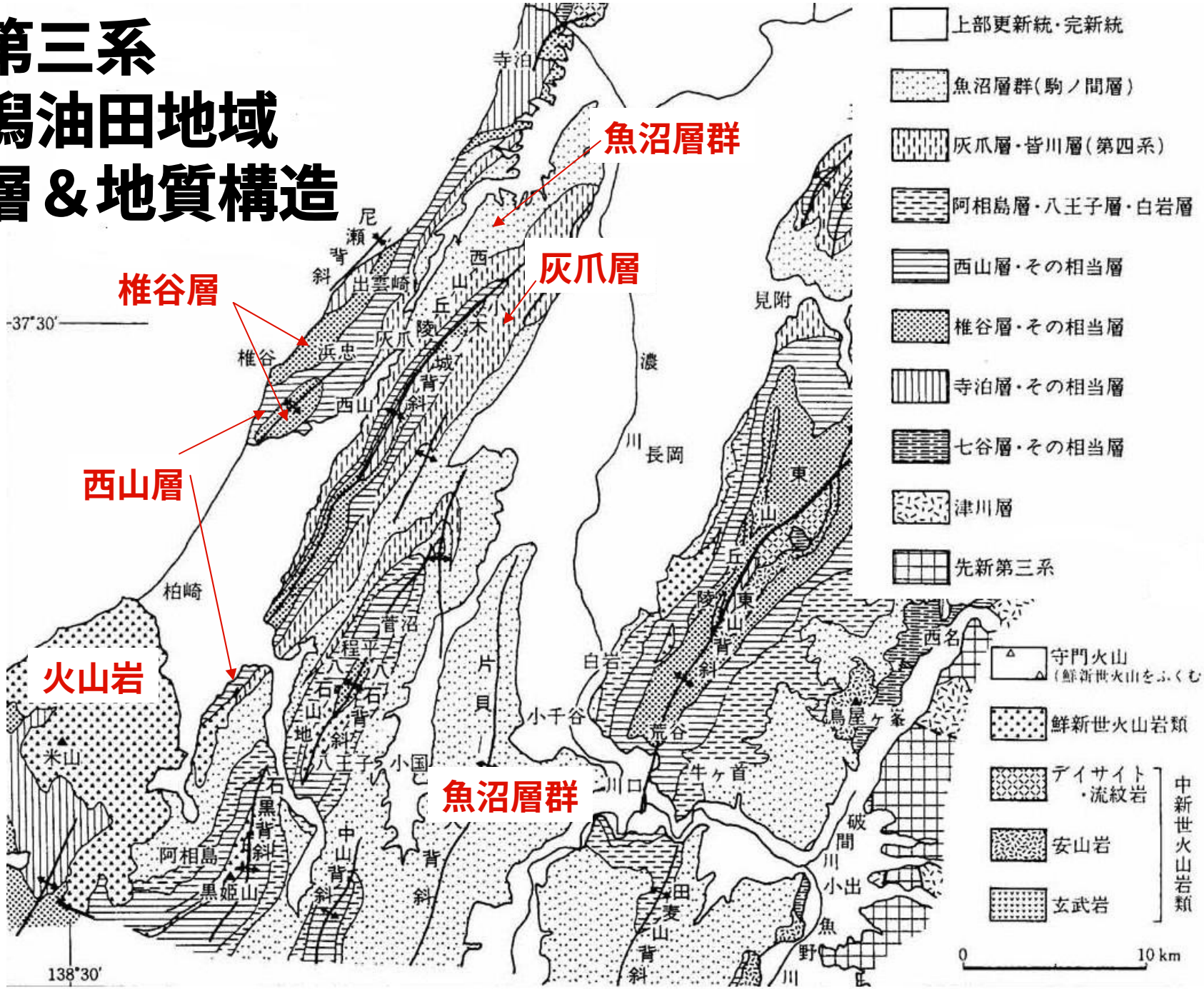
●渋海川、鯖石川、鵜川蛇行帯の幅広部分：魚沼層の砂岩層、
狭幅部分：泥岩層



東頸城丘陵の地形と地質構造　断面図



新第三系
新潟油田地域
地層＆地質構造



第四系

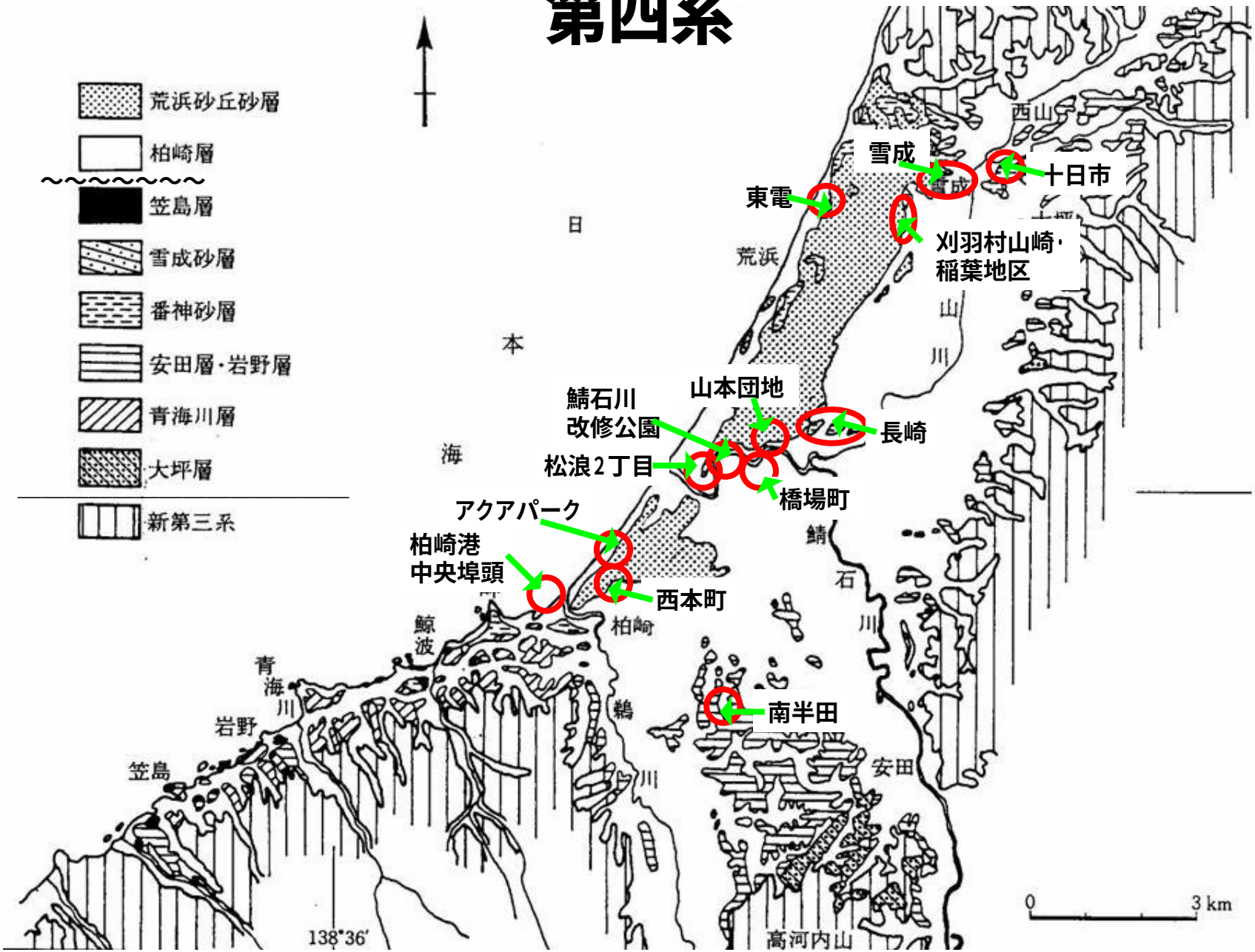
荒浜砂丘砂層
15km*2km、上部柏崎層堆積後、番神砂層を覆うように堆積
柏崎層
層厚100m、下部（N=10～20）・上部（N=5～10）・最上部（粘土・シルト・砂層の互層、N<5）
笠島層
雪成砂層
古砂丘、層厚5.5m、番神砂層より軟らかい
番神砂層
古砂丘、安田層形成後の最終氷期に海浜より風積
安田層
沖積面との比高10～30mの上部・下部安田段丘（開析発達、複雑な谷地形）、シルト・砂・砂礫の互層、中央丘陵山麓部の河谷出口に広く分布
青海川
大坪層
新第三系
日
本
海
荒浜
西山
雪成
大坪
別山川
鯖石川
番神岬
鯨波
柏崎
青海川
岩野
笠島
安田
高柳内山
138°36′
0
3 km

３．１　液状化と地盤特性

⑵ 液状化に関連する被害と地質

長岡工業高等専門学校
尾上篤生

第四系


荒浜砂丘砂層
柏崎層
笠島層
雪成砂層
番神砂層
安田層・岩野層
青海川層
大坪層
新第三系
雪成
十日市
東電
刈羽村山崎・
稲葉地区
山本団地
鯖石川
改修公園
長崎
松浪２丁目
橋場町
アクアパーク
柏崎港
中央埠頭
西本町
南半田
日
本
海
荒浜
西山
山
川
鯖
石
川
柏崎
鯨
波
青
海
川
岩野
笠島
鵜
川
安田
高河内山
138°36′
0
3 km

柏崎港中央埠頭

写真1　西側岸壁エプロン部の沈下

写真2　中央岸壁エプロン部の沈下

写真3　中央部舗装下埋土の液状化痕（舗装上の噴砂）

写真4　東側岸壁取付護岸の海側への傾き・・・
エプロン後背の沈下

写真5　左埠頭の噴砂

写真6　左埠頭先端地区観光交流センター
(敷石舗装の不陸)

写真7(上)　笠島漁港の護岸の変位 (軽微

写真8 (下)　同上、ヤードの沈下

(村上哲(茨城大学) 撮影)

マンホールの抜け上がり

写真　：
県道鯨波宮川線沿い
中通り地区与三集落入り口
（保坂吉則（新潟大学）撮影）

写真　：
柏崎市長崎（8号と116号の分岐点付近）
（規矩大義（関東学院大学）撮影）

中越地震時に浮き上がった多数のマンホールは、刈羽村では石灰混合砂で、
柏崎市では30kgf /m3のセメントを混合した砂で埋め戻して復旧した効果で、
マンホールの大きな浮き上がり被害は少ない。
（但し、浮き上がりが軽微でも要補修であることは同じ？）
前回被害が無く、無対策の箇所等では、顕著な浮き上がり被害も散見される。

液状化を伴う河川の被害

信濃川・・・新潟市中央区三咲町　：　堤防法尻部付近(堤内) の陥没
新潟市秋葉区覚路津　：　堤防法面にクラック
三条市上須頃　：　低水路護岸背後にクラック
燕市道金　：　護岸鋼矢板の傾き
燕市横田　：　護岸上面付近の亀裂
燕市野中才　：　堤防上面に亀裂発生
燕市渡部　：　渡部橋左岸取り付け部に段差2cm
燕市五千石　：　高水敷に亀裂
長岡市町軽井　：　堤防斜面下部で液状化
堤内側小段兼用道路に亀裂、L型側溝に亀裂
長岡市岩方　：　川側の堤防斜面にクラック
長岡市新長　：　堤防上面に亀裂

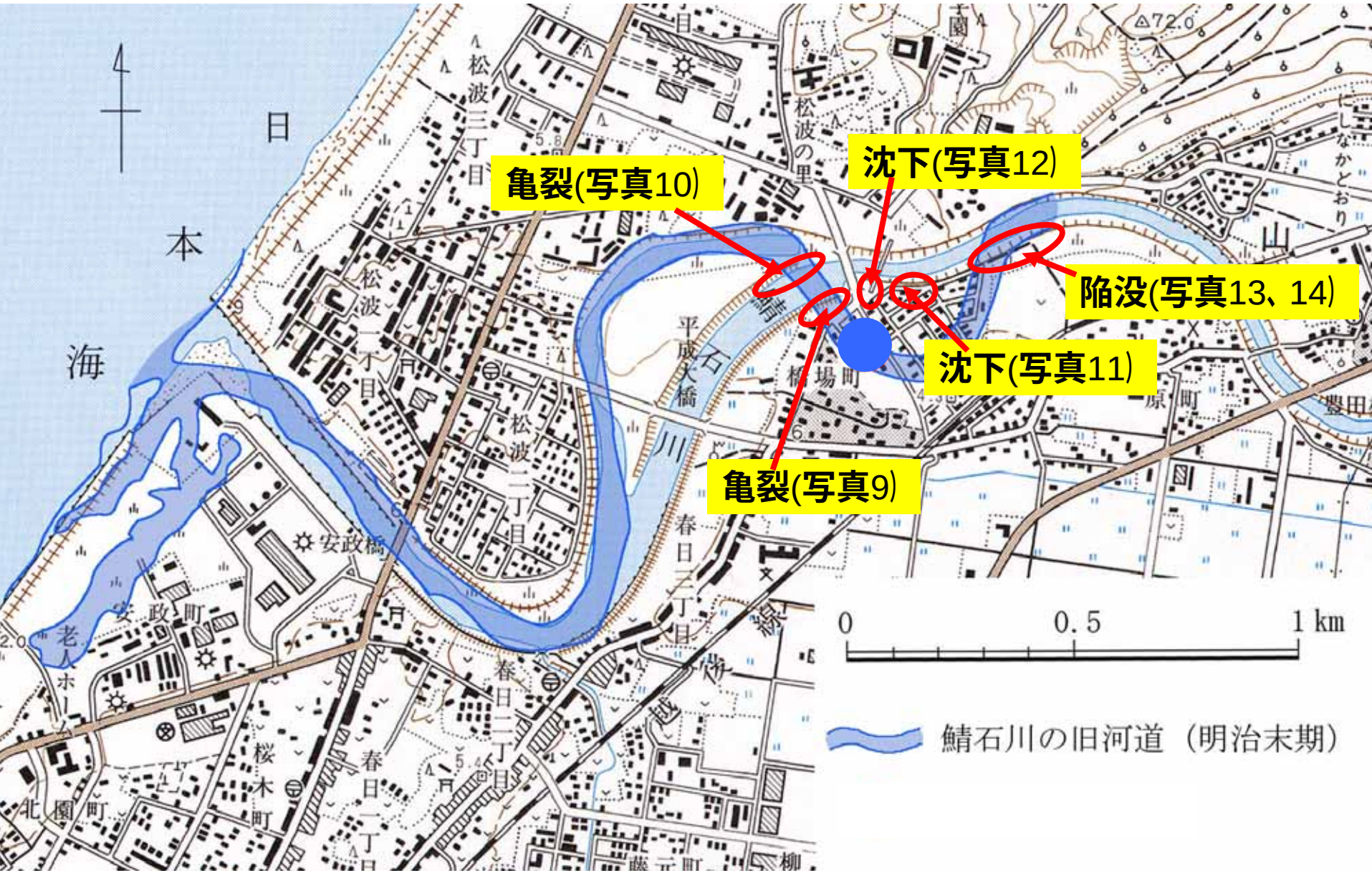
信濃川水系黒川・・・長岡市大積千本町：河道閉塞 (即刻開削実施済み)
その他信濃川水系支川など、支川での土砂崩壊等30箇所
(以上国土交通省記者発表による)

鯖石川・・・鯖石川回収記念公園内：　液状化によるクラック多数
柏崎市橋場町　：　堤防にクラック4箇所、沈下一箇所
護岸破損一箇所、護岸孕み出し一箇所

鵜川・・・柏崎市河口部　：護岸の孕み出し

柿崎川・・・上越市　：護岸沈下

鯖石川堤防（橋場町）の亀裂、沈下、陥没



鯖石川堤防（橋場町）の亀裂と沈下

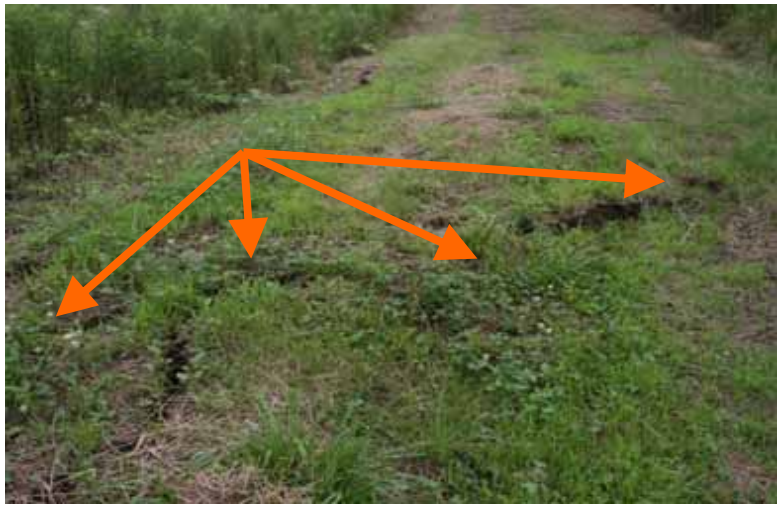


写真9　開運橋下流左岸の堤防天端の亀裂

写真10　開運橋下流、右岸、旧河道を締め切った堤防の亀裂、延長20m程度

写真11　左岸堤頂の沈下（左側が堤外）・・・
堤体下地盤の液状化に伴う支持力減・揺すり込みによって、手前側（開運橋側）が1m程度沈下

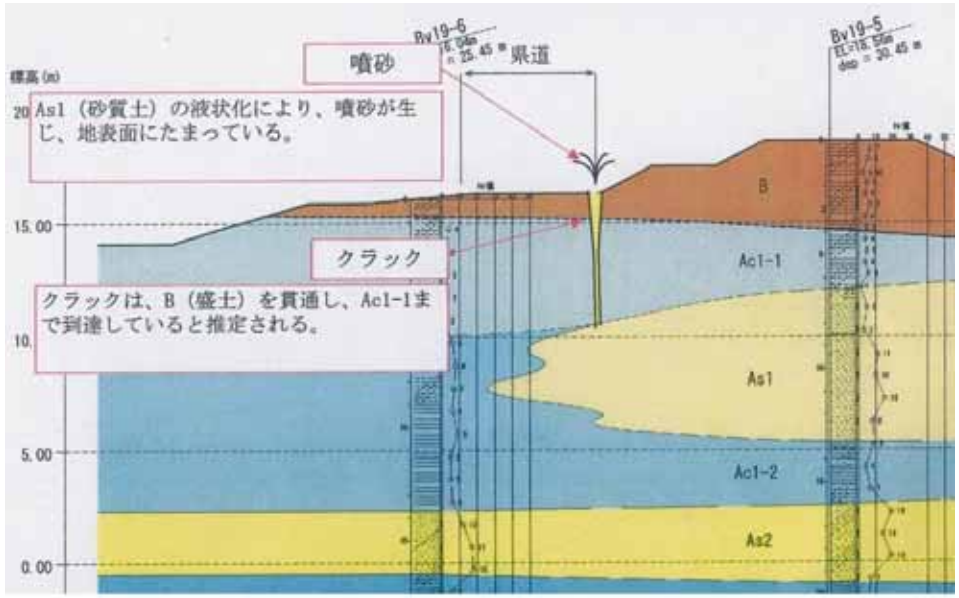
写真12　鯖石川開運橋上流、左岸。
水道橋の覆工板懸垂→
堤防天端が約20cm沈下

写真13　鯖石川開運橋上流100m地点、
長さ50mに亘り左岸陥没（段差120cm）
（県柏崎地域振興局地域整備部提供）

当該箇所は、蛇行する旧河道を締切り、
直進河道に改修した箇所。
締め切り堤防の締固め不足というよりも、
旧河道の液状化が原因と考えられる。

写真14(下)　陥没部分延長に
トンパックで緊急復旧

信濃川、長岡市町軽井、堤防縦断亀裂他被害



As1層の液状化によるクラック（Z=7m）、縦断亀裂

高水敷（田圃）の縦断方向亀裂

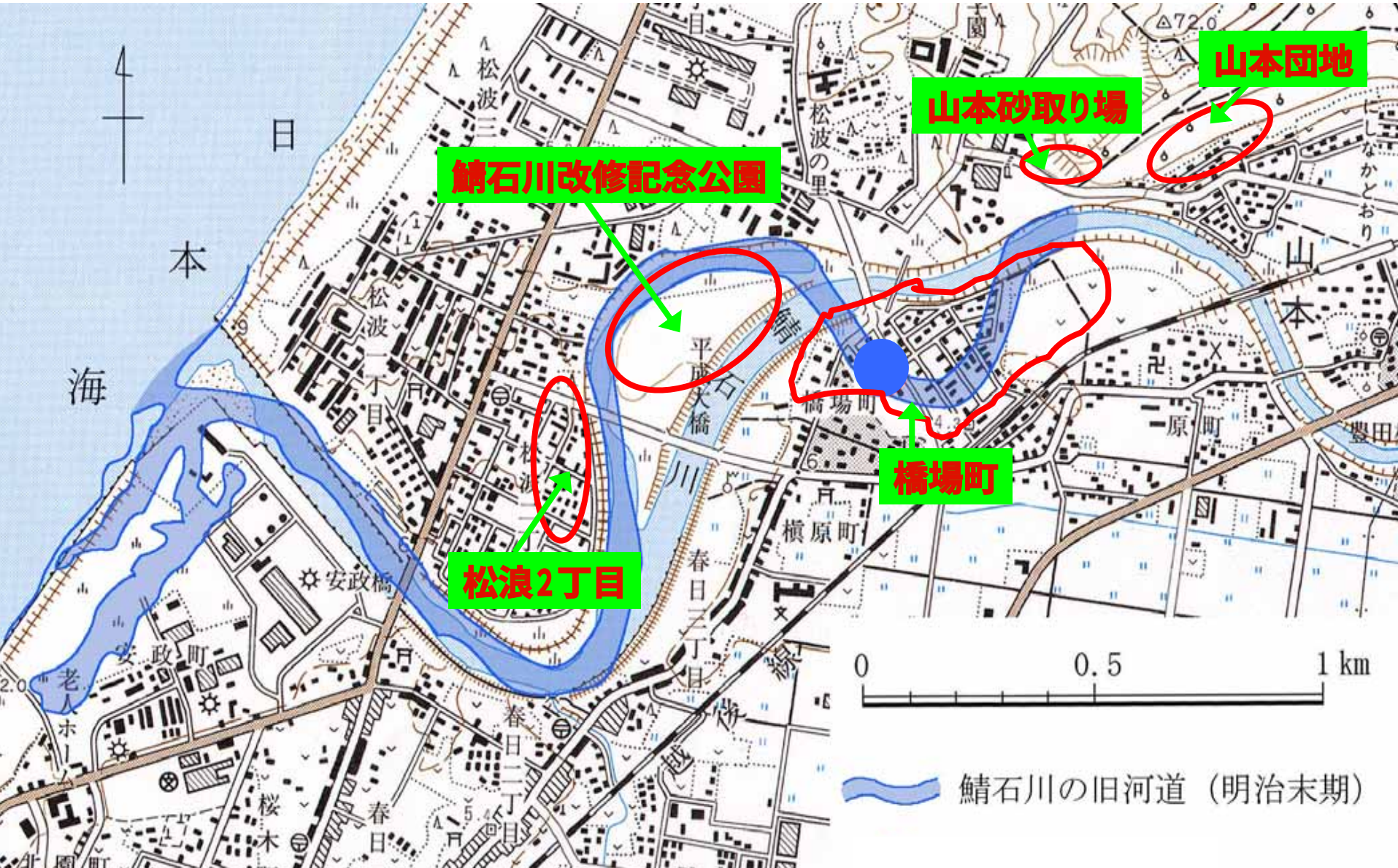
高水敷の噴砂痕

段丘(安田層) 開析谷、谷埋め盛土の液状化

写真15　柏崎市南半田、半田小学校グラウンドの液状化痕(亀裂

写真16　半田小学校
グラウンドの噴砂

宅地の液状化･･･鯖石川沿い砂丘後背地：



柏崎　松波2丁目

写真17　～　写真19
(豊田浩史(長岡技術科学大学)撮影)

柏崎　松波2丁目

写真20　～　写真21
(豊田浩史 (長岡技術科学大学)撮影)

鯖石川改修記念公園

写真22　～　写真24

緑地に、新河道と平行な亀裂多数
(旧河道と新河道に挟まれる地域)
(保坂吉則(新潟大学)撮影)

橋場町

写真25　～　写真27
旧河道と現鯖石川に挟まれる地域

写真28(左)、29 (右)　橋場町7丁目、鯖石川旧河道上の民家の庭先、液状化痕 (噴砂)

写真30　同上、民家の玄関先の噴砂 (旧河道)

写真31　液状化によるクレーター (旧河道？)

写真32　橋場町、鯖石川左岸堤内法下道路の
地中構造物と路面の段差(道路の沈下？)

写真33　橋場町12、開運橋上流側で
鯖石川左岸堤内法先民家の地盤の噴砂
(旧河道と新河道に挟まれる地域)

鯖石川改修記念公園、橋場町の旧河道と現河道に挟まれる地域のいずれも液状化
→
液状化は旧河道に限らない.

松浪2丁目、旧河道以外の橋場町、鯖石川改修記念公園等の埋土：砂質土と考えられる。

クリーンセンター裏、山本砂取場と鯖石川右岸との間の地すべり

写真34　地すべり法面中腹での液状化痕跡.
左方向法下に鯖石川

写真35　道路の崩落

写真36　砂取場に
出来た滑落崖

国道8号（柏崎市上原）

写真37　～　写真38
（豊田浩史（長岡技術科学大学）撮影）

荒浜駅と、県道369号黒部柏崎線　刈羽村下高町

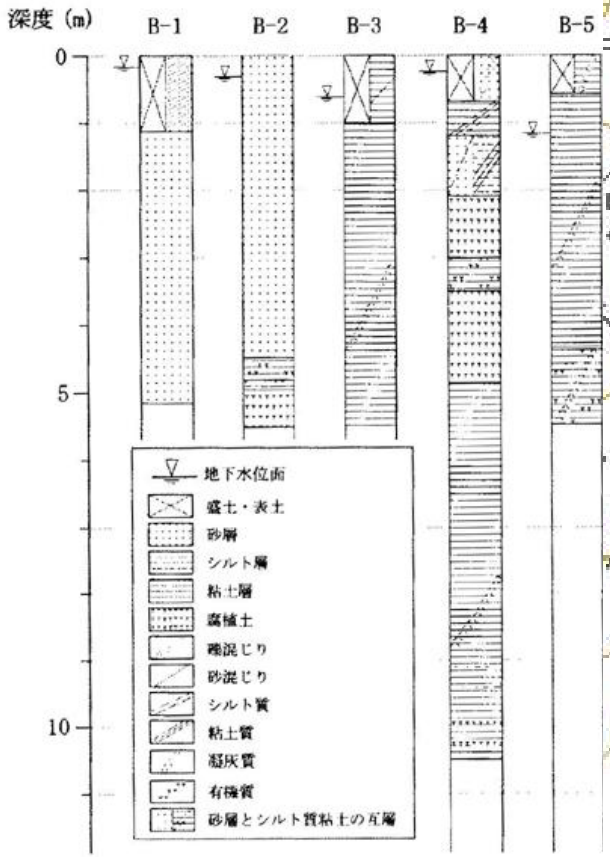
荒浜駅：液状化、プラットホームの沈下
（場所により、線路と同標高まで）
（保坂吉則(新潟大)撮影）

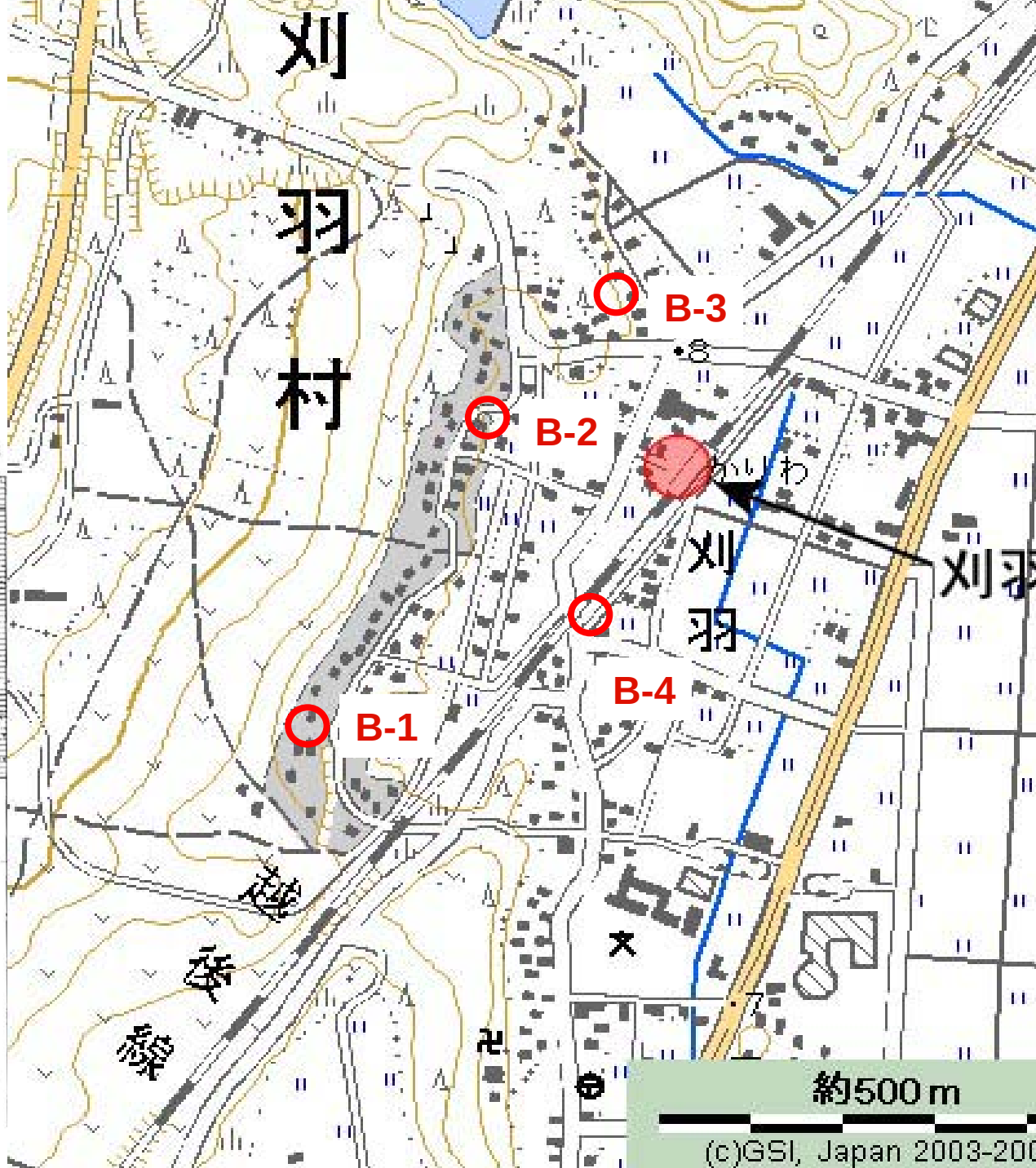
西山駅～橋場町間の越後線の線路蛇行、
褶曲の原因：盛土の液状化が影響

写真39～写真40　下高町、県道369号線
（豊田浩史（長岡技術科学大学)撮影）

刈羽村
稲葉地区

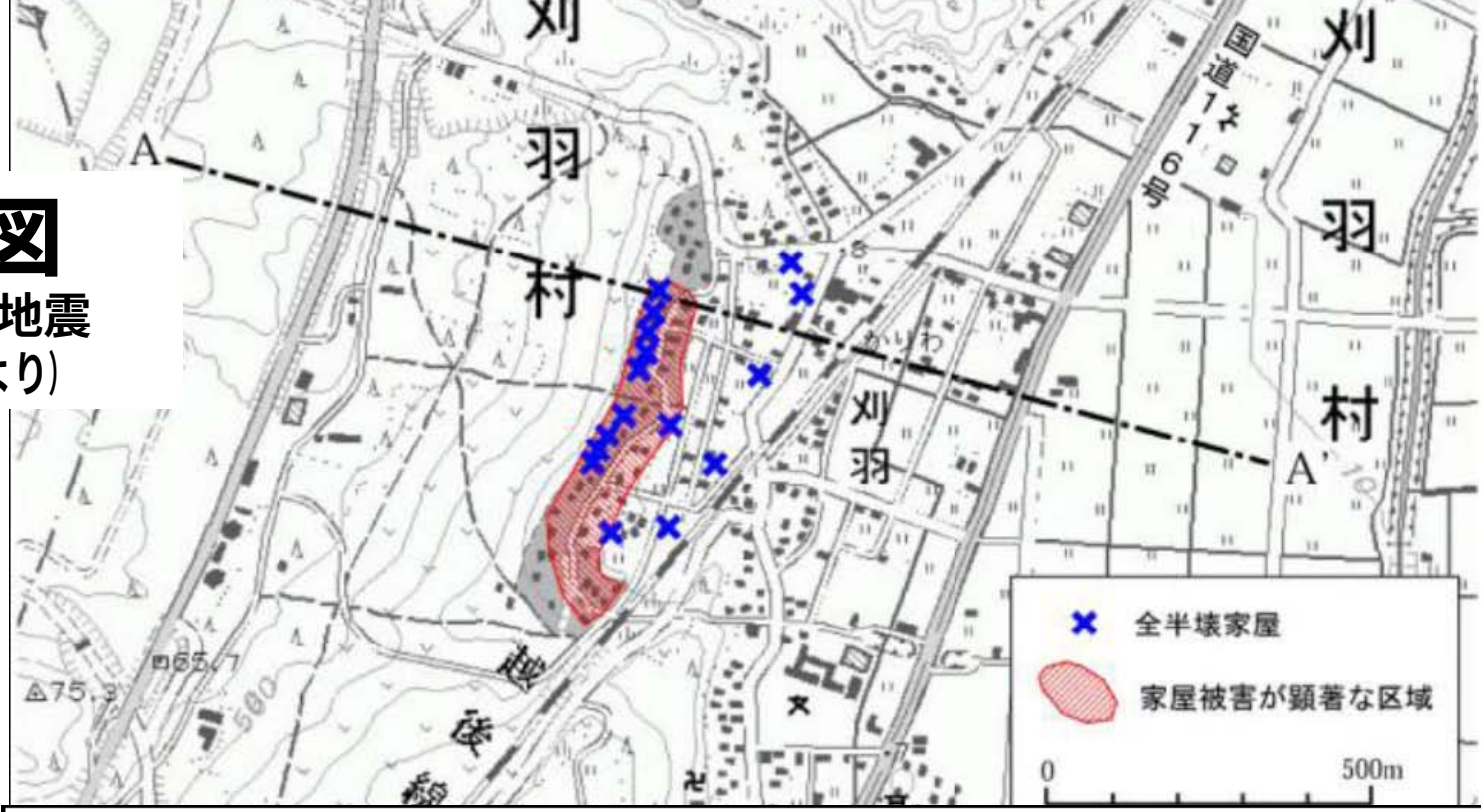
砂丘麓（図中、グレー部分）の液状化による地すべり

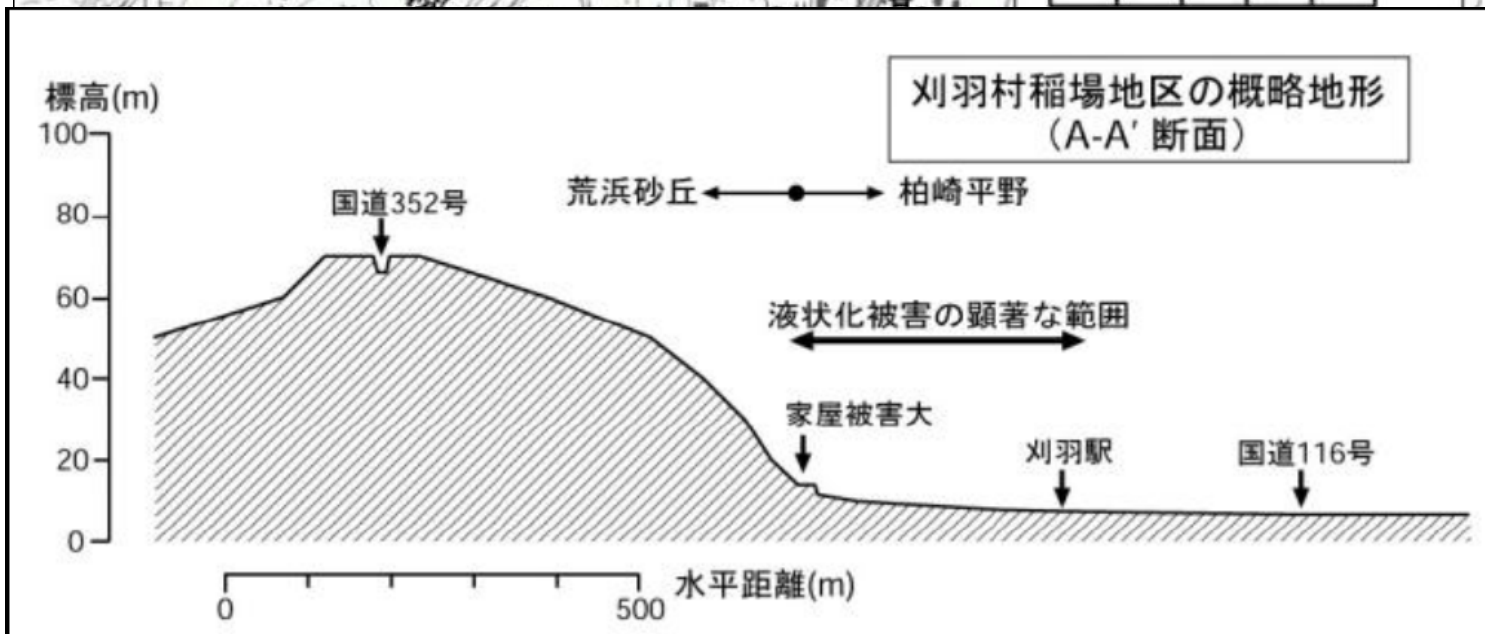




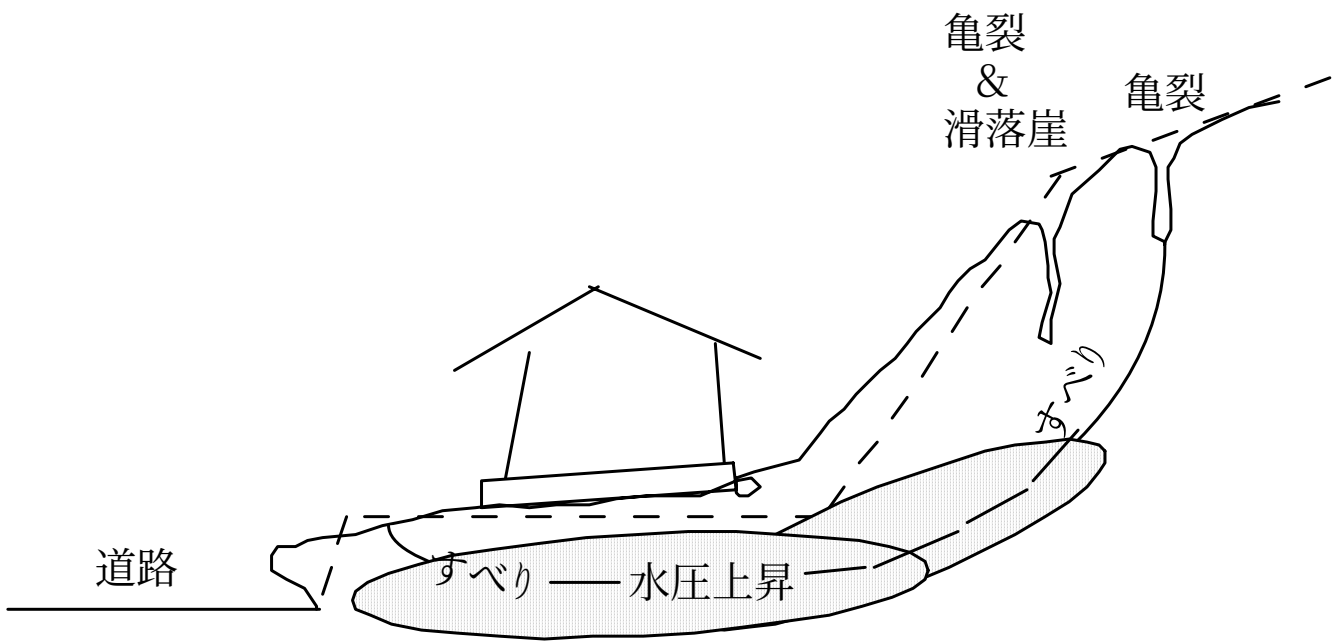
地形断面図

(地盤工学会中越地震災害調査報告書より)





刈羽稲葉地区の典型的液状化被害パターン



S宅の被害

砂丘斜面内の亀裂

裏の砂丘

法肩付近の
滑落崖

前庭の地下水位＝GL-5cm

家屋裏側にモタレる地すべり土

KO宅の被害

家屋裏側。
地すべり舌部に
あたる宅地の
隆起で、家屋
裏側は浮き上がり

中越地震時に被災した旧家を取り壊して新築した家屋。
左側（裏手）の砂丘側から右方向道路側に向かって
130cm程度家屋が水平移動、建屋勾配9度～13度。

玄関（後方）から前面道路への宅地内
コンクリート通路の捲れ上がり。手前の
白い筋は、中越地震時の充填コンクリート

KA宅の被害

裏庭が砂丘の地すべりで盛り上がり、家屋背面を高さ95cm覆う。もとの裏庭幅は5mあったが、砂丘法先の植生が、家屋背面1mまで接近。

道路側のコンクリート通路の圧縮破壊と家屋前面の庭土の隆起。家屋は道路側に傾斜し、水平移動。

AN宅の被害

裏の砂丘の地すべりで、
前面道路に至るまで
敷地全体が圧縮された。
斜面先地盤の隆起により、
家屋は前傾しつつ
隆起の可能性大.

家屋の圧縮による
床の湾曲･隆起.

EN宅の被害

杭頭が柱位置から15cmほど分離

杭頭

Φ約110mm、L=5〜6mの鋼管、杭56本。
敷地が25cmほど沈下し、家屋は15cmほど前方に移動．杭頭が8°程度傾斜．

KATO宅の被害

玄関先階段が、周囲地盤と相対的に二段沈下。中越地震時にも沈下し、土台を上げて長さ2mの鋼管杭支持としたが、今回も同じことが生じた。2mではN値8程度なので、液状化時に支持効果なし。敷地内に液状化痕が多いので、家屋が沈下して地盤が隆起したと思われる。

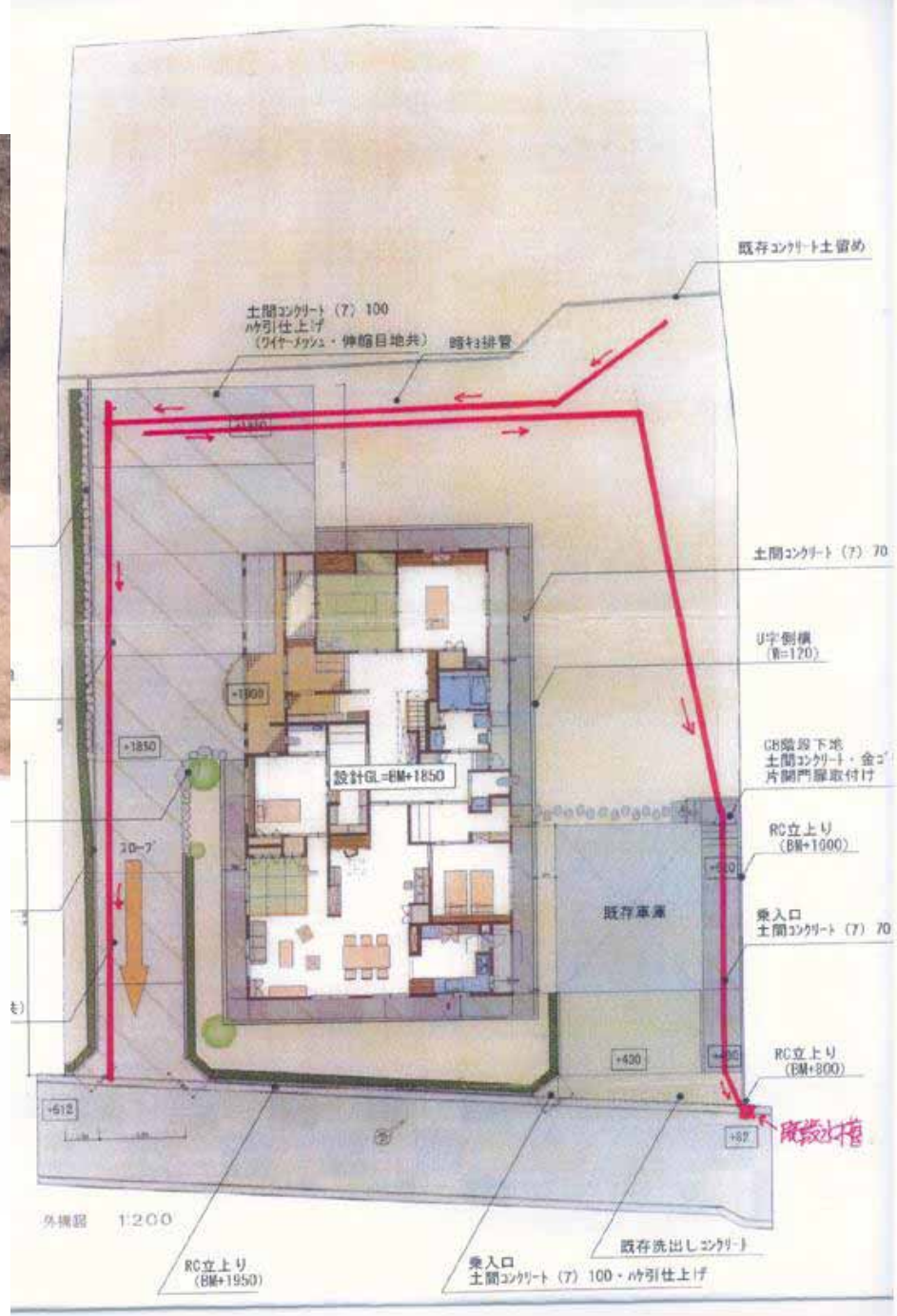
帯基礎の亀裂

裏庭の噴砂痕

KN宅、無被害

裏庭、砂丘との境付近。
暗渠が敷設されていない
砂丘近傍の液状化痕.
地盤改良＆暗渠敷設の
庭（左上家屋方向）は、
液状化せず。

中越地震で全壊後、新築。基礎は杭基礎（L=6m)88本、
敷地はセメント系表層改良（qu=500kN/m2)）h＝1m。
ポラコン暗渠2本と有孔塩ビ暗渠1本による
敷地内地下水位低下工施工（z＝130cm～200cm）
建物被害なし。


既存コンクリート土留め
土間コンクリート（7）100
ハケ引仕上げ
（ワイヤーメッシュ・伸縮目地共）
暗きょ排管
土間コンクリート（7）70
U字側溝
（W=120）
CB端部下地
土間コンクリート・金ご
片開門扉取付け
RC立上り
（BM+1000）
乗入口
土間コンクリート（7）70
RC立上り
（BM+800）
既存洗出しコンクリート
乗入口
土間コンクリート（7）100・ハケ引仕上げ
RC立上り
（BM+1950）
設計GL=BM+1850
+1900
+1850
スロープ
既存車庫
+430
+612
外構図 1:200

暗渠工

刈羽稲葉地区の液状化による被害のまとめ

1）液状化に伴う斜面内･斜面先地盤の強度低下による地すべり

2）砂丘法先前方まで押し流され、前傾して止まった例が多い。

3）法先の家屋は地盤とともに浮き上がった。

4）帯基礎の家屋は、庭の隆起によって、家屋が相対的に沈下。

5）杭基礎の家屋は、家屋周辺の地盤が沈下。給排水管の切断被害。

6）地盤改良＆排水暗渠＆杭基礎の家屋は、液状化がなく、無被害。

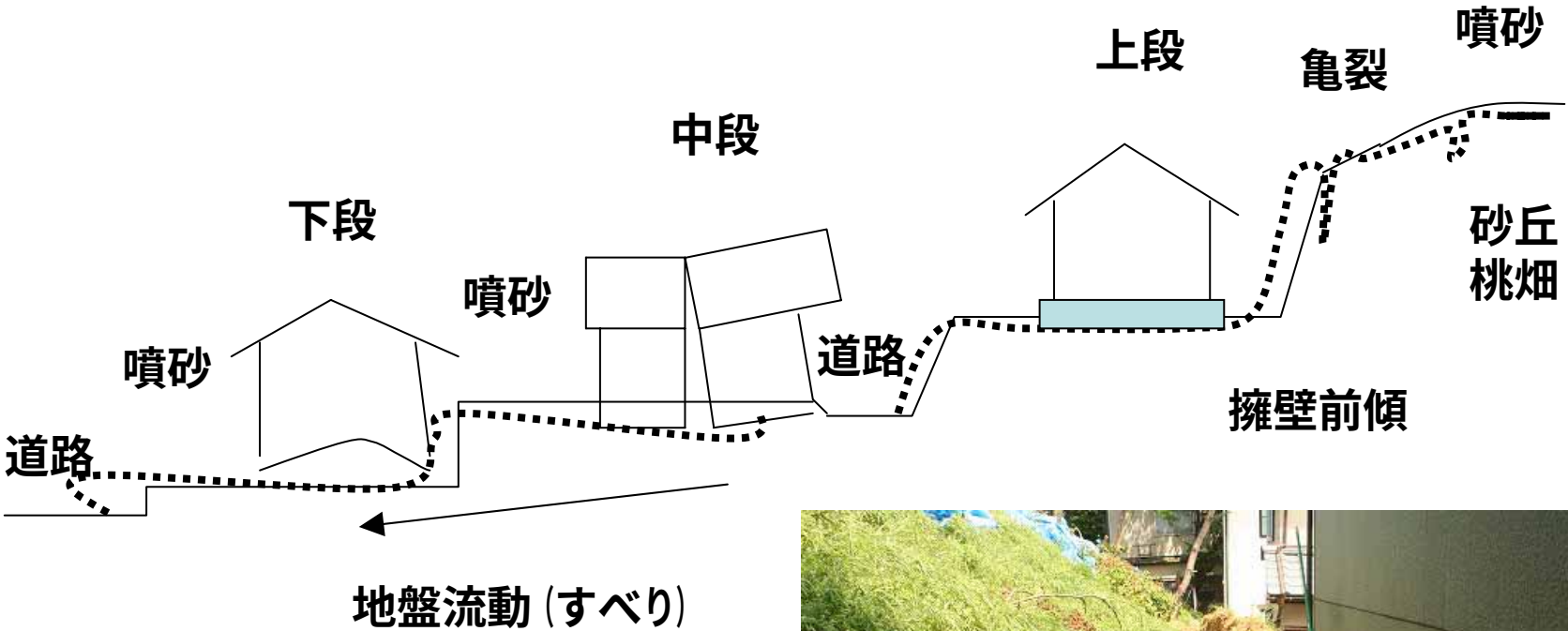
7）地下水位は砂丘法先でGL-70cm、道路面でGL―30cmより浅い。

8）家屋の傾斜や捩れ、沈下等の変状は、時間とともに漸増する。

山本団地

砂丘斜面の雛壇造成地

A-A’断面の被害



中段, U宅：玄関前滑落崖

下段方向に1.1m移動、60cm沈下

中段、K宅（U宅の隣）：滑落崖が
家屋直下にできて、家屋が曲げ破壊

K宅の下段側ブロック擁壁の破壊

下段N宅、中段の擁壁が70cm押し出して家屋裏側にモタレ。道路側に40cm程度移動、液状化による地盤・家屋も隆起、不同沈下。地下水位は、GLにほぼ一致。

中段の擁壁に押されて、8cmほど水平移動した下段のM宅

洋間の床が中央で隆起

部屋の中央ほど、束と束石が隆起

田圃を砂で盛土造成した十日市町のN宅（地下水位高い）

中越地震で、築35年ほどの帯基礎の家が田圃方向に流動。取り壊し。
新築家屋：杭L=8m,38本、家屋に被害なし。
地震直後、宅地のあちこちでジャージャー噴水.
★隣地の大坪層（洪積中期）、灰爪層(洪積前期）の砂質地山は液状化せず
（地下水位は浅い、宅地に亀裂、住宅被害は大）

雪成砂丘麓の液状化被害 (K宅)

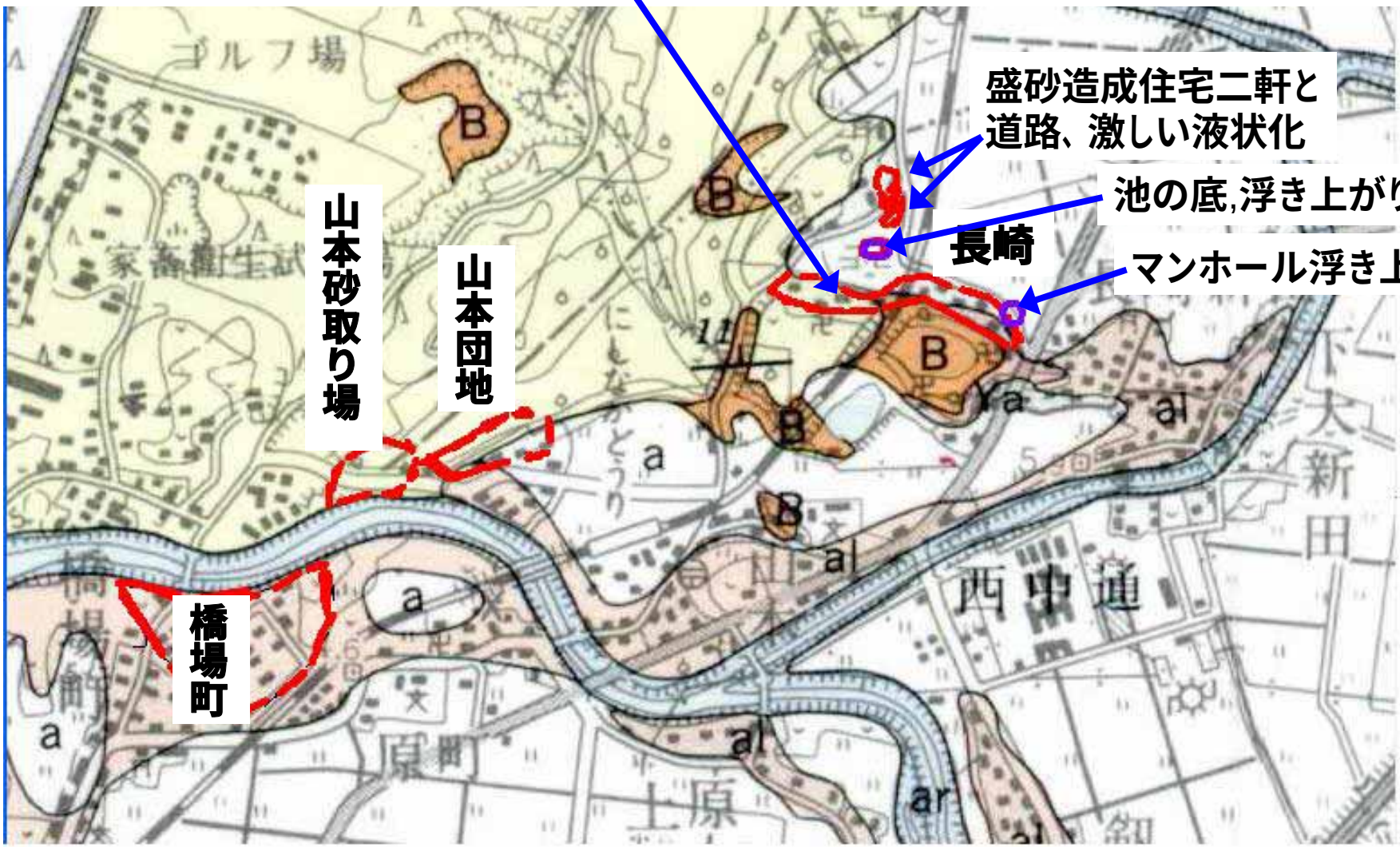
地下水位、ほぼGL

噴砂痕

中越地震では、宅地と道路の間の畑が液状化した。
今回は宅地が液状化し、裏山（雪成層の砂丘）が家に近寄った。
（住人談）
砂丘の後背湿地であっても、刈羽村の新砂丘より固く、家屋の変状なし.

番神砂丘麓の被害・・・柏崎市長崎

家屋背後の砂丘と前面の盛土に亀裂、家屋被害甚大、
但し液状化痕跡なし



Ku宅、宅地全体的に液状化

Ku宅、家屋沈下・傾斜

Ki宅,宅地全面液状化し隆起、
家屋沈下・傾斜、築山沈下、
隣接アパート敷地隆起

液状化被害と砂質地盤特性のポイント

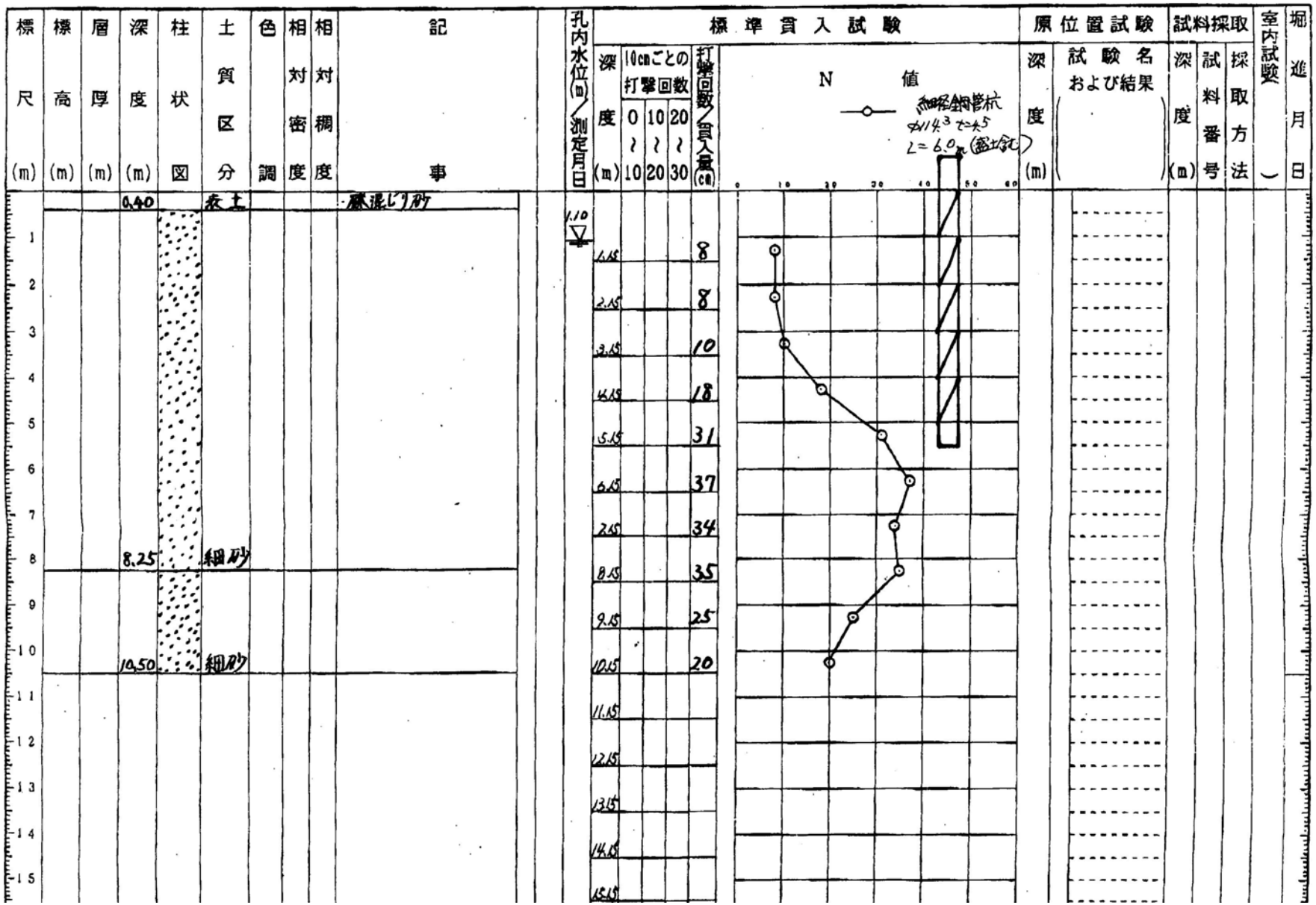
- 新砂丘では、沖積低地との比高が10mの高所でも噴砂、亀裂
- 新砂丘麓の砂地盤の液状化が顕著で、砂丘の地すべりを誘発
- （沖積低地上の砂質盛土地盤が液状化）
- 雪成砂丘麓は液状化し、斜面に動きもありそう
- 番神砂丘の斜面に亀裂は見られるが、液状化痕跡なし
- 安田層の切土で盛った盛土地盤に液状化
- 大坪層、灰爪層の砂質地山に液状化なし

- 旧河道の液状化とは：河床土・段丘堆積物・埋土の何が液状化？

- 液状化で住宅や築山、擁壁など重量物↓、宅地・池底・河床は↑

- 杭基礎の場合：宅地沈下↓、帯基礎の場合：家↓束・束石と床↑

柏崎刈羽原子力発電所

2号機補助取水路脇の液状化痕と地盤沈下
(岸壁至近)

刈羽村稲葉地区　KN宅ボーリング柱状図