

日本応用地質学会新潟県中越沖地震 現地調査団報告

2007年8月10日



調査団現地集合写真：8月3日 聖ヶ鼻岩盤すべりにて

1. 現地調査団派遣の経緯とメンバー

平成 19 年 7 月 16 日午前 10 時 13 分、新潟県中越沖の深さ 17km を震源とする、M6.8 の地震が発生し、新潟県柏崎市、長岡市、刈羽村、長野県飯綱町で震度 6 強の大きなゆれが観測され、各地で大きな被害が発生しました。

日本応用地質学会では、いち早く先発隊として野崎北陸支部副支部長が 17 日～19 日に現地調査を開始し、22 日にはその結果を速報としてホームページ上に公開しました。

ついで北陸支部（山岸支部長）が主体となり、本部の中越地震研究小委員会（千木良委員長）が支援する形で、現地調査を行う事が決定し、調査団を募ったところ下記のようなメンバーが参集しました。8 月 3 日、猛暑（36°）の中、無事に調査を終えましたので、その成果を報告いたします。

団長：山岸宏光（新潟大学教授・北陸支部長）

野崎 保（(株)アーキジオ・北陸副支部長）安田 匡（(株)エーティック・北海道支部）

平野吉彦（(株)キタック・北陸支部） 中川 渉（応用地質（株）・北陸支部）

中筋章人（国際航業（株）研究小委員会幹事）三戸嘉之（国際航業（株）広報部長）

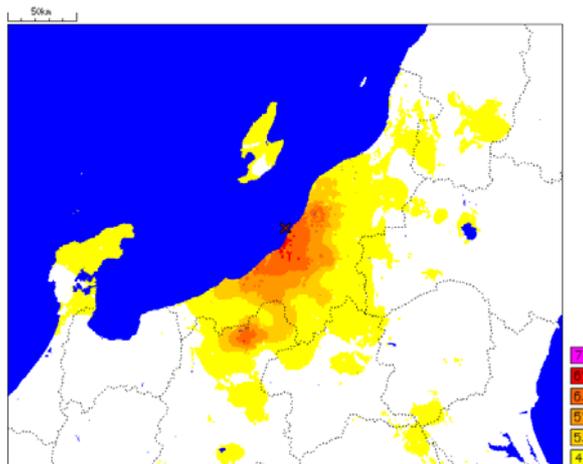
棚瀬充史（住鋳コンサル(株)小委員会委員）須藤 宏（応用地質(株)小委員会委員）

永野統宏（住鋳コンサル(株)）小野雅弘（住鋳コンサル(株)）

安田幸弘（中央開発(株)）濱 康之（中央開発(株)）

2. 地震の概要

本震：2007/7/16 10:13 M6.7
 現在までの最大余震：2007/7/16 15:37 M5.9



気象庁による推計震度分布図（左）

および防災科学技術研究所による震源分布図（右）

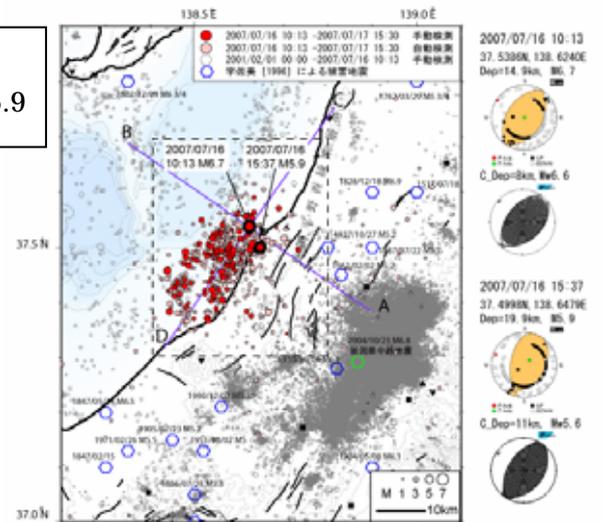


図 1. 震源分布図。中越沖地震の本震発生から翌 17 日 15 時 30 分までの防災科学技術研究所による震源分布図および自動検出震源分布図を示す。図 2. 本震および最大余震の震源分布図。図 3. 本震および最大余震の震源分布図を示す。また、宇佐美 (1996) による被害地域の震央を青色六角印で併せて示す。

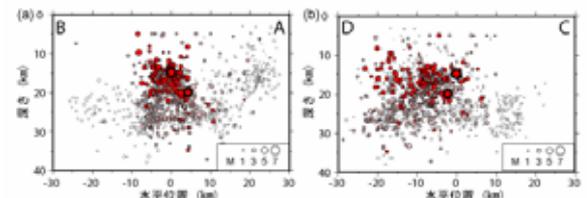


図 3 (a) A B 鉛直断面、(b) C D 鉛直断面における震源の深さ分布。シンボルは図 1 に同じ。鉛直断面の位置は図 1 号に示す。

2007/07/18 作成

3. 被害判読図と調査ポイント

現地調査を実施した順に、被害判読図の上に番号を振りました。以下この順に調査結果を報告いたします。

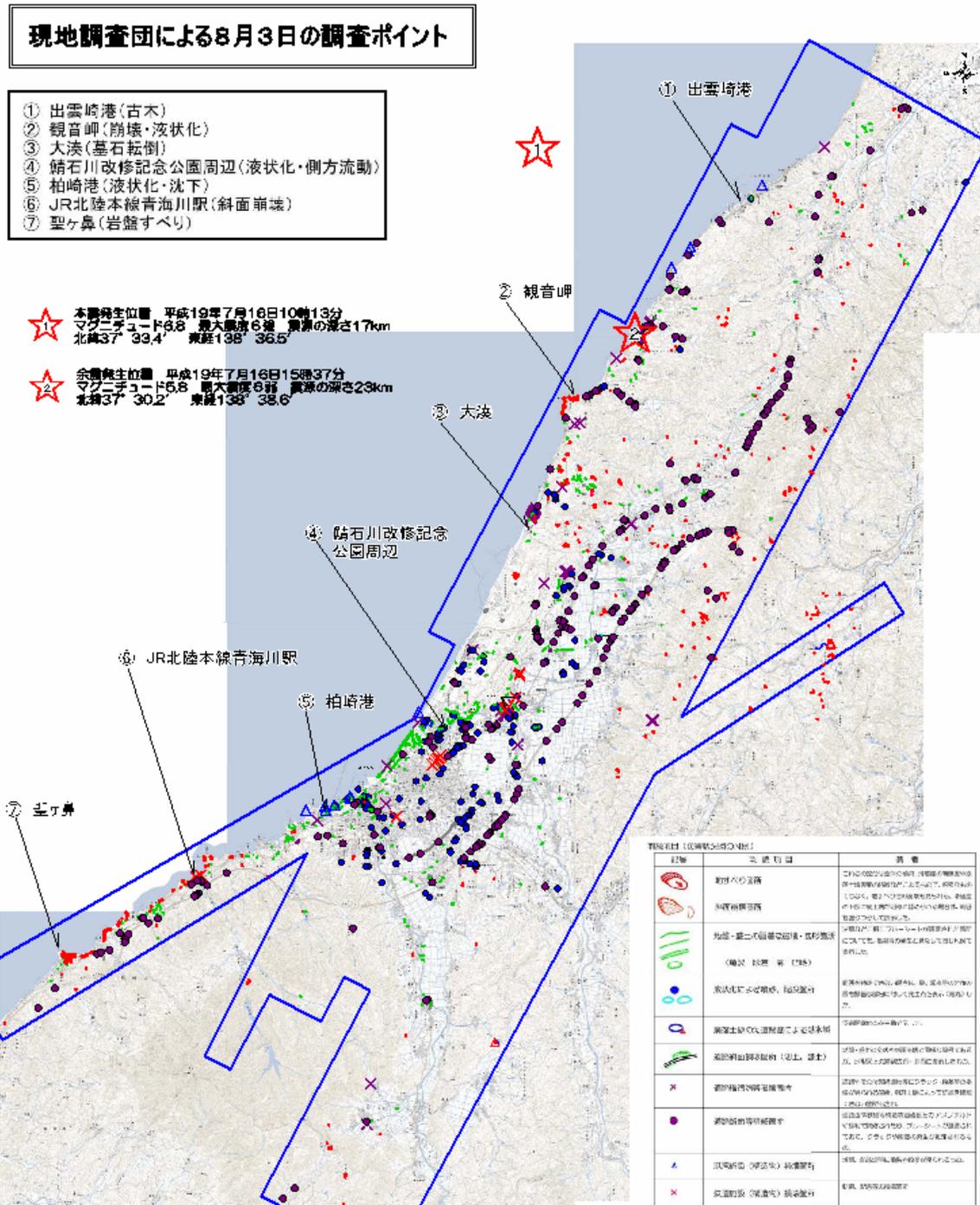


図-1 調査ポイント図(背景は国際航業判読図による)

4. 主要箇所の調査結果

調査ポイント：出雲崎港（古木の捕獲）

ニュースなどで話題となりましたが、地震直後から水深 75～100m の海底で写真-1.1 のような大量の古木がマダイ漁の網に引っかかり、漁業に深刻な影響が出ています。

地震前は 50 年以上も網に古木がかかったことがないとの談話から、海底の砂層に埋まっていた古木が、地震動による液状化作用で海底面に浮き上がってきたことは容易に推定されます。問題は、これらの古木がいつどこから供給されたかということです。

- ・まず、古木の角が摩耗されて丸くなっていることに注目してください。

これは、土石流によって土石と混同して流下したときに摩耗されたものと推定されます。土石流によって一旦河川に堆積し、その後の洪水時に海へと流入し、沿岸流によって北東方向へ運ばれ、重いものは海底に沈み、軽い流木は海岸へと打ち上げられたものでしょう。さらにその後の海底の漂砂によって、覆われ砂層に埋没したものでしょう。出雲崎の南西側から運ばれたとすると、柏崎に流入する 2 つの大河川（鯖石川と鵜川）あたりが供給源と考えられます。

- ・次に古木には炭化した物から若木まで様々な物が混同していることに注目してください。

つまり、供給された時代は 1 時期ではなく、数百年前～数千年前まで長期間に渡り、何度も、何十回も流れ着いたものと推定されます。絶対年代を測定中とのことですが、おそらくは様々な年代がでてくるでしょう。8 日の朝日新聞によると、山形大桜井教授らが 3 サンプルを分析した結果、C14 年代として 4500～5400 年前のものだったとのことでした。（文責：中筋章人）



写真-1.1 古木を調査中の調査団

調査ポイント：観音岬（斜面崩壊・地盤の液状化・海岸堤防の損壊）

柏崎市 椎谷町の観音岬付近は、本震（M6.8）および7月16日15時37分の最大余震（M5.8）の震央に最も近く、海岸線沿いの海蝕崖や海岸斜面で崩壊が多発している（写真-2.1, 2.2）。また、観音岬の東に隣接する低地部では、地盤の液状化や海岸施設（堤防）の損壊、家屋の倒壊などの被害が集中して認められる。



写真-2.1 観音岬北面遠景 (H19.8.3 撮影)



写真-2.2 観音岬周辺の判読図（左）及び空中写真（右）(国際航業 HP より引用抜粋、H19.7,18_19 撮影
http://www.kkc.co.jp/social/disaster/200707_nigata/index.html)

当該地域は、平成16年（2004年）新潟県中越地震において、震度5強を経験しているが斜面崩壊が発生したという記録はない。また、平成17年7月13日新潟豪雨を経験しているが、このときに斜面崩壊は発生しなかったとのことである。

（1）斜面崩壊（写真-2.3, 2.4 参照）

観音岬に見られる斜面崩壊は、崖の頭部で発生しており、崩壊土砂が国道352号線を塞いでいる。

当該地の地質は、新第三紀後期の椎谷層の砂岩泥岩が分布している。当該地は浜忠向斜の西翼に位置しており、ここでの椎谷層は全体に南に緩く傾斜していることから、崩壊発生箇所では崖面に対し緩い受け盤構造となっている。崩壊面に露出する岩相は、上部の砂岩優勢層と下部の砂岩泥岩互層に大別できる。境界付近の2箇所から少量の湧水が認められる。

今回の崩壊は、主に崖の上部の風化した砂岩優勢層で発生している。崩壊の深さは数m程度と推定される。このような崖上部の崩壊は地震時にしばしば認められる現象で、地震動が斜面上部端部で増幅されること、斜面上部が風化による脆弱箇所であることのほかに立木のゆれの影響も考えられる。

写真-2.4 では、崖の中段より上方の崩壊発生箇所には、部分的にモルタル吹付け工やのり砕工が施工されていることがわかる。このように、大きな地震動（震度6程度）に対する表層崩壊に対しても有効に機能していることがわかる。



写真-2.3 観音岬全景（H19.8.3撮影） 崖には椎谷層が分布する。



写真-2.4 崩壊地近景（H19.8.3撮影）

国道352号路面に堆積した崩壊土砂は、崩壊後の降雨により道路面を流下し（写真-2.5）、東側低地に位置する坂ノ下集落に氾濫・堆積している。道路面に氾濫・堆積した土砂の除去には重機が使用されている（写真-2.6）が、重機の入らない狭小な箇所では人力で排土作業を行う必要があり、大変な労力と費用、時間が必要となる。土砂災害発生直後の対策として、崩壊土砂の流出対策の重要性を再

認識させられる。

(2) 地盤の液状化

観音岬の東側，国道 352 号沿いの坂ノ下集落では全壊・半壊の家屋が存在し，液状化による噴砂や痕跡を至るところでみることができる（写真-2.7，2.8）。

地盤の液状化が確認された集落は，砂丘上に形成されており，一般的に地下水位は浅くないと考えられるが，「浄化槽建設時もポンプアップが大変だった。」との家主談もあり，実際には地下水位が浅く広範囲で液状化が発生したと考えられる。



写真 - 2.7 坂ノ下集落の液状化噴砂。水道管周辺に最大厚 10cm 程度で堆積している。(H19.8.3 撮影)



写真 - 2.8 坂ノ下集落の液状化噴出砂。淘汰の極めて良い細粒砂が堆積している。(H19.8.3 撮影)

(3) 海岸堤防の損壊

海岸線沿いには堤防が整備されており，低地部の堤防が継ぎ目で大きくズレ，約 30m 区間で海側（北側）へ相対的に 30～40cm 変位している（写真-2.9）。継ぎ目では，上方がやや凸型の曲線的なスリッケンサイド（擦痕）が確認できる。

坂ノ下集落の寺社には石材のベンチなど，地盤に埋設設置された構造物が存在しており，いずれも背部土圧の小さい海側に変位している（写真-2.10）。



写真-2.9 海側へ相対的に 30～40cm 変位した海岸堤防。上方がやや凸型の曲線的なスリッケンサイドが確認できる。(H19.8.3 撮影)



写真-2.10 海側へ傾倒した石構造物 (H19.8.3 撮影)

（文責：三戸嘉之・永野統宏）

調査のポイント : 大湊（墓石転倒）

（１）現地概要

柏崎市大湊の海岸沿いにある墓地では顕著な墓石の転倒現象が観察された。この墓地は、本震震央（M6.8）から南へ約 1.2km 離れた国道 352 号沿いに位置し、柏崎刈羽原子力発電所からは北へ約 1km に位置する（図-3.1）。

この墓地は、柏崎地区砂丘地帯の北端部の西側斜面に面し、国道 352 号に沿って、高さ 2m 程度のブロック積擁壁が施工されている（写真-3.1）。

（２）地形の変状状況

国道 352 号沿いの擁壁には変状は見られないものの、擁壁から 3～5m 程度山側部に擁壁とほぼ平行に連続するクラック（亀裂）が発生している。このクラックの方向は概ね N30E で、幅 5～10cm 程度で開口し、10～15cm 程度の段差を形成し、一部に左横ずれ方向に 20cm 程度の水平変位を示している（写真-3.2）。クラック位置は、擁壁施工時の盛土との境界に発生している可能性もある。



図-3.1 大湊墓石転倒位置
（図 - 1 より作成）



写真-3.1 大湊墓地の全景
（図-3.2の より望む）



写真-3.2 擁壁とほぼ平行に生じたクラック
（水平方向の変位も見られる、図-3.2の の位置）

（３）墓石の転倒状況

各墓石の状態は、地表面に直接設置されているものや、台座のあるもの、地表面にベースコンクリ

ートを施工しているものなど様々であるが、墓石転倒状況調査としては台座のある一般的な墓石を対象とした。墓地全体の概略分布と墓石の転倒、回転状況の調査結果を図-3.2に示した。

対象とした台座のある墓石の総数は43個で、その内、石塔が山側（東側）に転倒した墓石は2個、海側（西側）に転倒した墓石は26個、柏崎側（南側）に転倒した墓石は3個、椎谷側（北側）に転倒した墓石は2個、転倒せず回転した墓石は6個で、ほとんど変状していない墓石は4個であった（表-3.1）。墓石の転倒率（石塔が台座から地表に落下した墓石の割合）は、約77%（33個/43個）である。

表-3.1 墓石変状状況一覧

変状状況	移動方向	個数	割合 (%)	
石塔転倒	山側（東側）	2	5	77
	海側（西側）	26	60	
	柏崎側（南側）	3	7	
	椎谷側（北側）	2	5	
石塔回転	-	6	14	14
変状なし	-	4	9	9
合計		43	100	

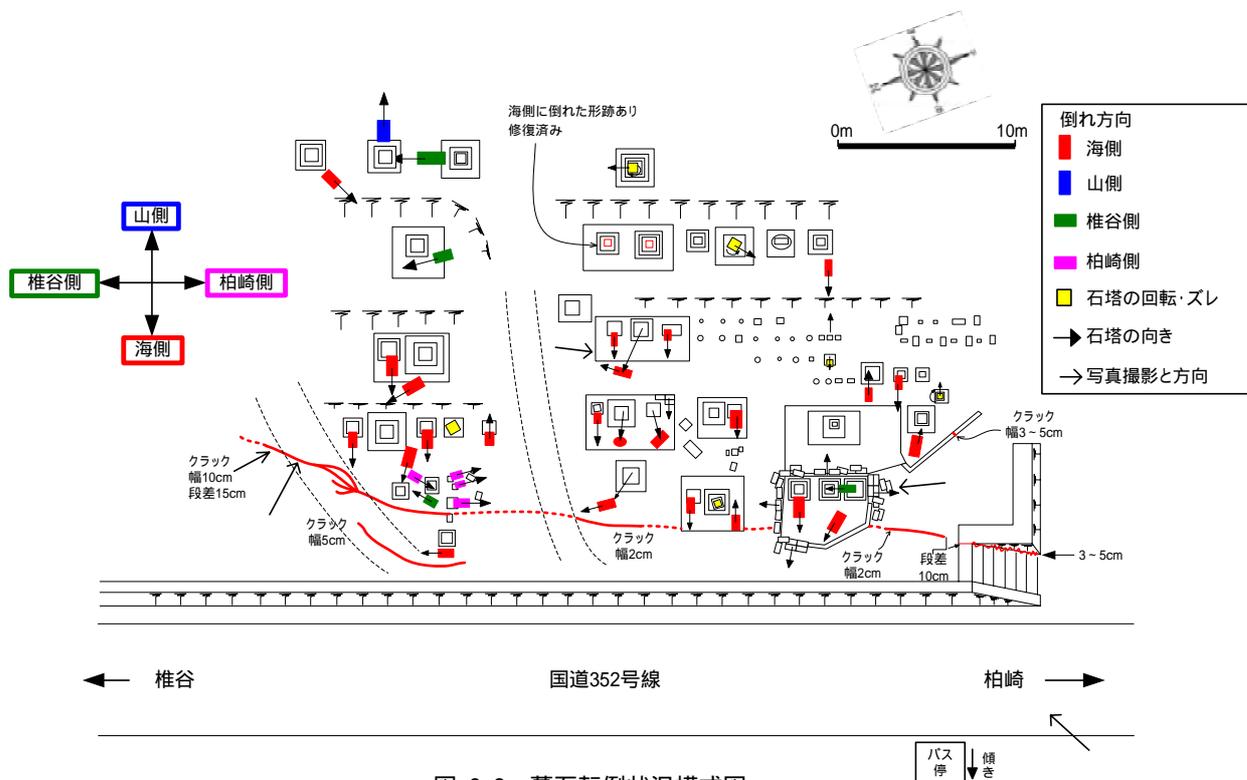


図-3.2 墓石転倒状況模式図

墓石の変状状況の特徴をまとめると以下のとおりである。

- ・ 転倒した石塔の内，海側に転倒したものが圧倒的に多い。
- ・ 転倒した墓石の内，石塔の天盤が墓石側に向いている墓石が数個あり，石塔が墓石から飛び跳ねるように転倒した可能性が高い．このことから当該地での地震の加速度が相当大きかったことが推察される。
- ・ クラック沿いの一部の転倒墓石で，クラック連続方向にまとまって転倒しているものが見られ，クラック方向の変位と関連した可能性がある。
- ・ ベースコンクリートを施工した墓石には変状は見られない。

墓石の転倒状況から見て，東西方向かつ上方に石塔を移動，回転させるほどの非常に大きな加速度が卓越したと考えられる．墓石の転倒現象としては本地震被害の中で最も著しいものであろう。



写真-3.3 墓石転倒状況 (図-3.2の の墓石)



写真-3.4 墓石転倒状況 (転倒した石塔が山側を向く、図-3.2の の墓石)

謝辞：現地調査において応用地質（株）石塚智久氏に協力を頂いた。

（文責：須藤 宏・棚瀬充史）

調査ポイント：鯖石川改修記念公園周辺（液状化・側方流動）

（１）現地概要

本ポイントは、柏崎市橋場町平成大橋付近の鯖石川改修公園周辺の変状箇所です。本震震央（M6.8）から南に約18km 離れ、最大余震震央（M5.8）から南南西に約14km 離れた位置にあたる（図-4.1）。ここでは、中州に生じた連続性のある亀裂（クラック）群と液状化による噴砂跡が観察される。

鯖石川は、海岸沿いに発達する砂丘（1/5万「柏崎・出雲崎」地形分類図によれば荒浜砂丘）に遮られるように河口付近で大きく蛇行している。そして、砂丘東側の鯖石川沿い低地はラグーン状の後背湿地（上記地形分類図では一部を三角州としている）が形成されている。

鯖石川改修記念公園は、平成14年

4月に河川改修事業として現在の新河道（東側）と旧河道（西側）との間に造成されたもので、三日月状の中州となっている。本公園内の表層地盤は造成による人工地盤により構成されていると見られ、亀裂断面からは締まった砂礫層が観察される。また、周辺地形から下部には砂丘や氾濫源の堆積物が分布していることが想定される。

（２）変状状況

本公園内の亀裂群は、北側の現河道寄り（現河道から約30～75m：堤防のり肩から約10～55mの範囲）に集中して認められ、現河道に概ね沿ってほぼ平行する西側と東側の亀裂群が帯状に生じている（図-4.1）。その両亀裂群間の幅は最大で40m程度あり、北東に向かって幅が狭くなる傾向にある。そして、西側亀裂群は東側亀裂群に比べ段差が顕著で、雁行状に連続する特徴がある。西側亀裂群の最大段差は約40cm（現河道側が沈下）、最大開口幅は約30cmである（写真-4.1、写真-4.2、図-4.2）

．両亀裂群は、N40～45°Eの方向で、延長は200m程度である。

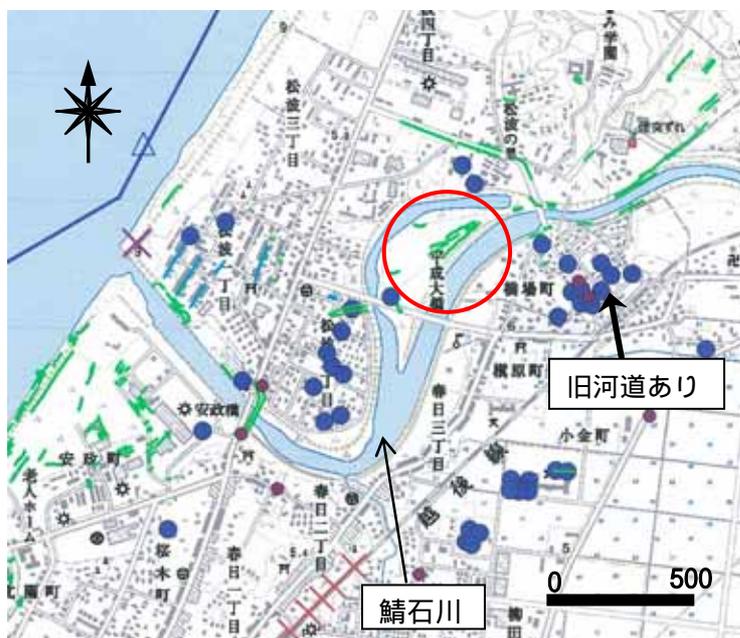


図-4.1 鯖石川改修記念公園位置図

（図-1より作成。主な凡例：緑線が亀裂位置，青丸は液状化による噴砂箇所）



写真-4.1 雁行状に連続する西側亀裂群（北東方を望む）

西側亀裂群の雁行状配列から、亀裂方向の北東 - 南西方向に地盤の動きが推定され、砂層を含む地盤の側方流動が生じたものと考えられる。また、微細な現象として、開口亀裂沿いの一部に平行して、モグラ穴状の盛り上がり部（比高差 10cm 程度）が観察される。この現象は、盛り上がり部の下方にも平行する亀裂が生じて、水平方向に押されたものではないかと考えられる（写真-4.3）。



写真-4.2 西側亀裂群近接写真
（写真-4.1のスケール箇所）

本公園周辺の液状化による噴砂跡は、砂丘と後背湿地との境界部や河川沿いに多く発生している傾向に見える（図-1 および図-4.1）。

また、本公園東側の噴砂跡集中部は、旧河道位置と一致する。本公園内での噴砂跡は、東側亀裂群沿いに多く発生している（写真-4.4）。亀裂間には一部に沈下が見られることから、下方部の空洞化が懸念される。

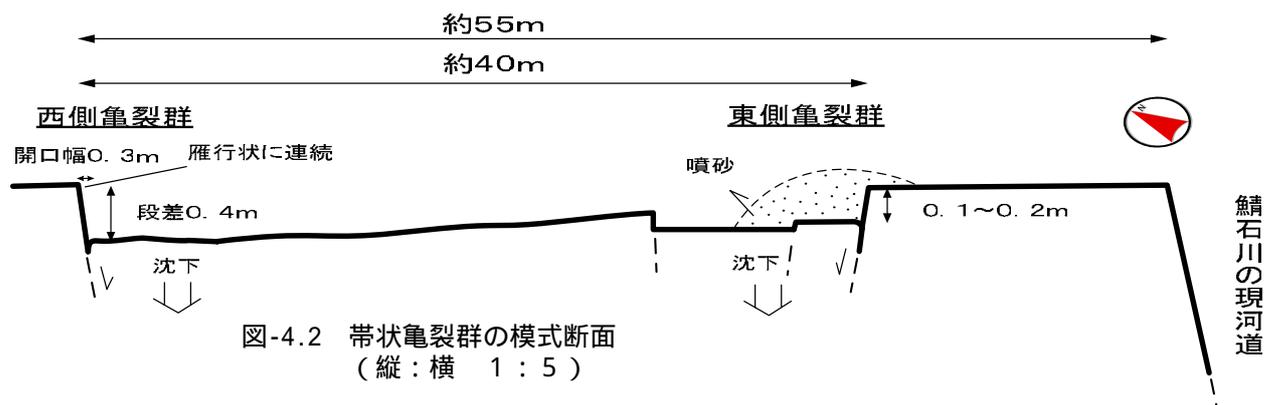


図-4.2 带状亀裂群の模式断面
（縦：横 1：5）



写真-4.3 東側亀裂群沿いのモグラ穴状盛り上がり部



写真-4.4 東側亀裂群沿いの液状化による噴砂跡

参考文献：新潟県(1989)：土地分類基本調査「柏崎・出雲崎」

（文責 須藤 宏）

調査ポイント：JR 北陸本線 青海川駅（斜面崩壊）

柏崎市 青海川町付近は本震(M6.8)および7月16日15時37分の最大余震(M5.8)の震央から20km以上の位置にあるが、強い地震動（震度5強～6弱）を受け、海岸沿いに連続する海蝕崖で斜面崩壊が多発している（写真-6.1）。

最大規模の崩壊（写真-6.2, 6.3）はJR北陸本線 青海川駅ホームの西端に位置しており、この崩壊の規模は、幅20m、高さ40m、崩壊深最大5m程度であると推定できる。崩壊は、崖頭部から発生しており、崩土は線路を埋積し、海にまで到達している。崩壊発生後2時期の写真と比較しても、崩壊範囲の顕著な拡大は認められない。

8月3日時点では、鉄道施設に堆積した崩土は排除がほぼ完了しているが、崩壊地頭部にはシートが存在しクラックの存在が推定される。運転再開には今後の崩壊土砂予防対策が不可欠であろう。

崩壊地の地質状況は、『日本応用地質学会 北陸支部「新潟県中越沖地震災害一次調査」 中間報告』によれば、「下部が風化した火山岩であり、上部は段丘礫層がかなり厚く分布しているようである。」とされている。これを裏付けるように、崩壊面中段部には水平に近い境界面が存在し、境界面付近からの湧水がみられる。西側の崖部には一条の滝が確存在するが、地層からの湧水ではなく、河川水が直接海岸に落下しているだけである。



写真-6.1



写真-6.2 崩壊地全景（H19.7.17 鈴木隆介氏撮影） 崩土が鉄道施設上に厚く堆積している。崩土の上面はスルスルである。崩壊面中段付近から湧水が見られる。崩壊規模は、幅20m 高さ40m 崩壊深最大5m程度と推定される。



写真-6.3 崩壊地全景（H19.8.3撮影） 鉄道施設及び周辺に堆積した崩土は除去されている。崖頭部にはブルーシートが認められクラックの存在を示唆している。斜面对策は現時点で未着手である。

写真-6.4 は排土後の崩壊側部の状況である。排土された崩壊面側部には、下方に線路脇擁壁背部の青灰色岩盤、上方に褐色岩盤が存在していることがわかる。色の境界形状は左上がり凹型であり、末端部の高さは線路脇の擁壁の高さと同程度である。

青灰色岩盤はベンチカット形状で切り残されていることから非崩壊領域の新鮮岩盤であると考えられる。一方、褐色岩盤は表層風化が及ぶいわゆる風化岩盤と考えられる。

したがって、今回の崩壊は表層風化部が円弧形ですべり破壊した“地すべり性崩壊”であると考えられる。崩土の上面が平坦であったことも“地すべり性崩壊”の特徴である。

これらを踏まえ、模式断面図を作成し、崩壊の発生機構を検討した(図-6.1 参照)。経年変化により崖面に平行に表層風化が進行し、今回の地震により強い地震動を受け、先ず上方のすべり破壊が発生し、次にその荷重が下方へ作用し、崖全体のすべり破壊が発生したものと推定する。

写真-6.5 から、崩壊発生範囲と既存擁壁の存在箇所の関係を見ることが出来る。既存の擁壁存在箇所では、上部崖部の大規模な崩壊は認められない。崖末端部の擁壁は、設置箇所背後ののり面崩壊を防止するだけでなく、表層風化がおよぶ範囲(崩壊し易い範囲)を規制し、崖全体の安定性向上に貢献していると考えられる。



写真-6.4 崩壊地側部望遠撮影 (H19.8.3 撮影)

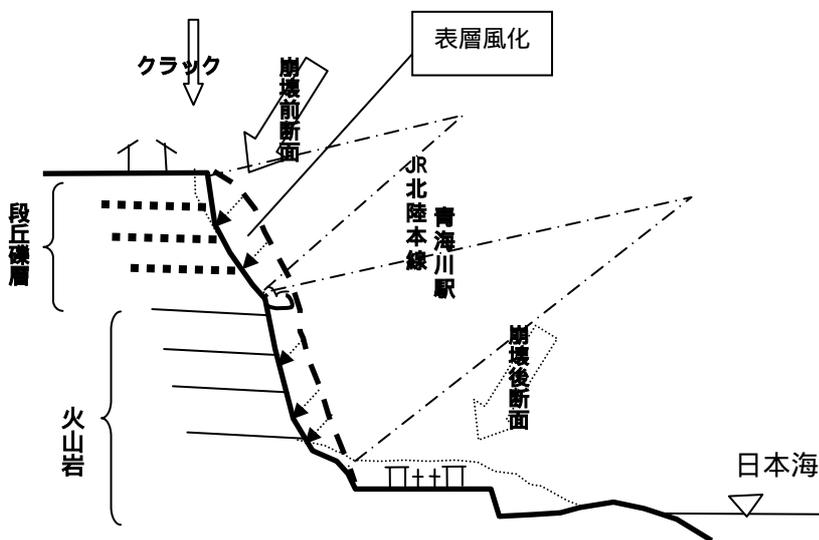


図-6.1 崩壊地の模式断面図(推定)



写真-6.5 崩壊地斜め写真 (国際航業 HP より引用抜粋、H19,7,18 撮影
http://www.kkc.co.jp/social/disaster/200707_nigata/index.html)

(文責：三戸嘉之)

調査ポイント 近傍；国道8号線沿いの切土のり面（段丘礫の射出）

J R 青海川駅から北東方向に数百m離れた国道8号線沿いの切土のり面(図-6.2)において，地震の加速度の影響により発生したと思われる礫の飛び出し現象が確認されたので報告します．

この切土のり面は国道から少し山側に入った側道にあり，J R 青海川駅斜面崩壊箇所の段丘礫層が露出しています．飛び出した礫は径30～40cmの円礫で，飛び出した方向はほぼ西～西南西方向です(図-6.2)．このような礫の飛び出し現象は日本地すべり学会(2004)によると，射出(eject)と呼ばれ，何らかの原因によって斜面構成物質に初速が加えられたために運動が発生した現象であるとされています(図-6.3)．1984年長野県西部地震の時の震央付近の尾根部において岩塊が地震により1G以上の上方への加速度を受けて飛び出した事例や1995年兵庫県南部地震の際に崖錐斜面の風化核岩の横飛びした事例などがあるとのことです．これらの事例では射出に引き続き斜面上を長距離崩落・転動した例は確認されていないとのことです．



図-6.2 位置図

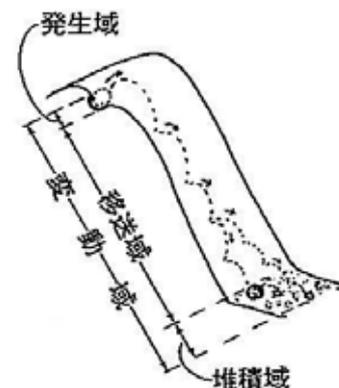


図-6.3 射出(eject)模式図

今回の礫の飛び出し現象では，射出に引き続いてほぼ平坦な路面を4～5m転動した痕跡が確認されました．路面が転動する方向に傾斜していれば，礫形状が球に近いことから長距離転動して希少な事例として記録されたかもしれません．同じような条件の道路のり面では地震発生時に礫が飛び出して通行車両に衝撃を与える可能性が心配されます．地震防災の観点からも道路のり面においてのり面工・のり面保護工を施すことの重要性を感じました．

正面(西 東)から軌跡を撮影した写真，射出発生域の写真，射出した礫の写真，および，側面(南北)から撮影した写真を，それぞれ，写真-6.6，写真-6.7，写真-6.8，および，写真-6.9に示します．

(文責 安田 匡)



写真-6.6 正面写真(軌跡)
(最下部のは人工的に動かした可能性あり)



写真-6.7 射出発生域



写真-6.8 射出した礫



写真-6.9 側面写真

(参考文献)

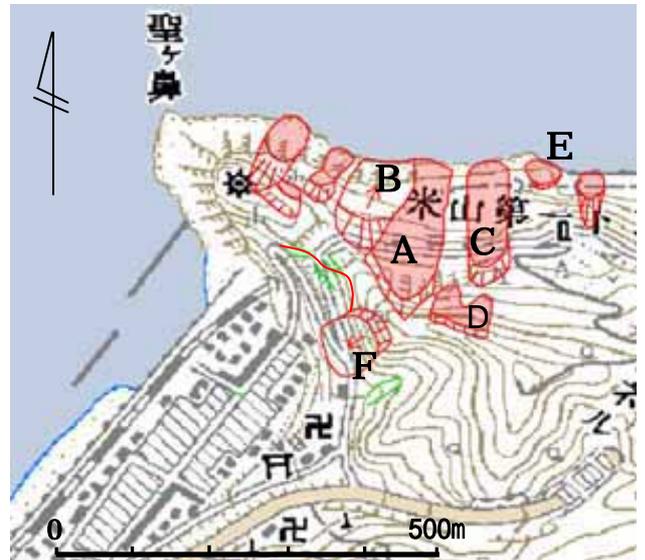
日本地すべり学会編(2004)；地すべり - 地形地質的認識と用語 - 、社団法人日本地すべり学会、p9・p31

調査ポイント：柏崎市米山海岸聖ヶ鼻（地すべり）

1. 地形地質概要

柏崎市南部の米山海岸は、米山山塊が直接日本海に面し、高い断崖の発達する場所である。しかし、青海川、笠島、上輪といった集落の地域には砂浜や漁港があり、夏には海水浴場としても人気の高い景勝地である。問題の地すべり発生箇所は、主に聖ヶ鼻の北向き斜面であるが、南西側斜面にも発生し、旧8号線を寸断している。ここでは記述の都合上、図-7.1 に主な地すべりや崩壊箇所にA～Fの記号を付した。

図-7.2 は、米山団体研究グループ(1973)によって調査された広域な地質図の一部である。この地質図によれば、A～Fの地すべりは、すべて砂岩泥岩の比較的規則的な互層からなる聖ヶ鼻層分布域に発生している(写真-7.6)。この付近はちょうど南北方向に延びる背斜軸部にあり、北にプランジする形となっているために、聖ヶ鼻層はほぼ東西走向で北に30°前後で傾斜している。このために、聖ヶ鼻南東方向に延びる稜線部の断面勾配は、非対称でありいわゆるケスタ地形になっている。今回の調査では、走向N20～50°Wで、西に65～90°で傾斜する小断層あるいは節理が卓越することを確認した。また、主に泥岩層の上面に沿って所々で層面断層が形成されているのを確認した。この層面断層には条線を伴った鏡肌が形成されているが、条線の方法は地層の最大傾斜の方向ではなく、むしろ走向あるいはそれに近い方向に形成されている(写真-7.8)。これは、背斜軸付近にあるためであり、褶曲運動によって生じた flexural slip と考えて矛盾はなさそうである。



赤の塗りつぶしは崩土が滑落、白抜きは崩土が残留

図-7.1 聖ヶ鼻周辺の地形図と地すべり状況

(国際航業株HPに追加記載)

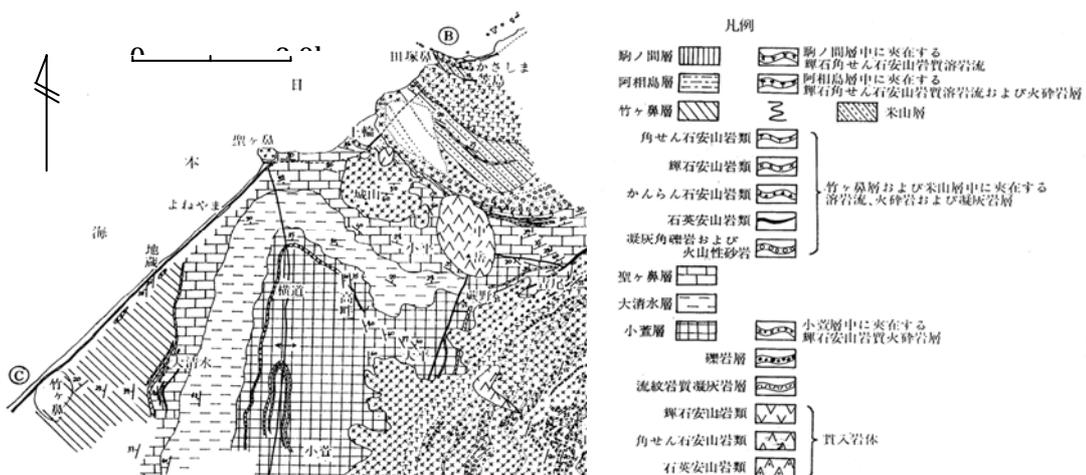


図-7.2 聖ヶ鼻周辺の地質図(米山団体研究グループ, 1973)

2. 地すべり災害状況

今回の地震による地すべりの多くは、聖ヶ鼻から南東方向に延びる稜線を境に、北東側の斜面で発生している。この斜面は概ね北方に傾斜しており、典型的な流れ盤構造 (dip slope) である。一方、南西側斜面は、急勾配で地層の層理面にはやや斜めに交わるが、受け盤構造になっている。このように地形地質との関係からここでは流れ盤側の地すべり(A~E)と受け盤側の地すべり(F)に区分して、記述する。

2.1 流れ盤側

A ブロックは、いわゆる層すべりであり、層理面に沿って上位の層状岩盤が大きく滑落・流出し、すべり面 (層理面) が広く露出している。平面的な規模は最大幅 100m 程度、延長 200m 余りで、標高差約 100m である。しかし、主に末端斜面の海岸付近に堆積している滑落崩土は、せいぜい 10000m³ 程度かそれ以下の量に過ぎないように見える。新潟県中越地震でも同様な型式のものが、横渡で発生しており、規模は異なるが 1999 年に台湾で発生した草嶺の地すべりによく似た発生形態である。ほぼその中央部を横断していた旧 8 号線は完全に寸断され、これより上方の斜面はところどころ移動岩塊や土砂が残っているものの、ほぼ全面にわたってすべり面 (というよりも層理面) が露出している。上部東側部には高さ 15m 前後の直立した崖が形成されており、乱れのない砂岩泥岩互層からなる岩盤が露出している。崖の方向は N40°E 程度であり、「分離崖」を形成している。旧国道付近より上方の西側部にも高さ 6m~8m 程度の崖が生じ、NW 方向の高角度な節理面に規制された側方崖が形成されているが、上部ではやや凹凸がある。頂点は稜線が抜け落ちて反対側斜面に達している。すべり面には、ところどころ粘土の薄層が挟在し (写真 7.11)、多くの箇所ではほぼ最大傾斜方向に向かう条線が刻まれている (写真 - 12)。しかし、このすべり面上にはほとんど走向方向に平行した古い条線の見られるところがあり、既往の層面断層を利用して発生したようである。しかし、必ずしも同一の面のみに生じているわけではなく、砂岩層内の層理面を利用しているところも見られる (写真-7.9)。層理面 (すべり面) はほぼ EW 走向で 27~30°N 程度である。

たまたま地すべり発生 of 2 年前に撮影された写真を柏崎市立教育センター植木厚夫氏のご厚意により提供いただいた (写真-7.1)。この写真を見ると、A ブロックの斜面は、もともといくらか凹地形を呈しており、その形状と範囲はほとんど拡大していないことがわかる (写真-7.2)。すなわち、過去の地すべりによってすでに上位の地層が滑落した跡であり、今回の地すべりはおそらく国道付近より上の部分にあった 2~3m 程度の層状岩盤が滑落したにすぎないものと考えられ、下部に堆積した崩土の土量が予想外に少ないのはこのためと思われる。

B ブロックは、A ブロックの西側部に生じた小ブロックであって、滑落土塊が重複している。しかし、このブロックは明らかに円弧型のすべりであり、移動土塊の主要部分は流出せず塊状のまま残った状態である。土塊を構成する材質は過去の地すべりによるものと考えられる礫混じり土砂である。おそらくすべり面深度は最大でも 5m を越えないであろうと推定される。C ブロックは、A ブロックとは独立して発生しているものの、ところどころすべり面となった層理面が露出しており、ほぼ同一の層理面に沿って発生していることがわかる。ただ、その滑落崖には岩塊を含む土砂が観察されることから、明らかに古い地すべり崩土が再滑落したものであり、崩土の厚さもせいぜい 2~3m 程度と推定

される。Dブロックは図-7.1に示されているほどに顕著なものではなく、他のブロックのように崩壊した形跡はないが、わずかに新しい崖の跡が見られる。この他に東部海岸付近で国鉄時代の古いトンネルの出口付近の急斜面に、小規模なEブロックがあり、その側部の崖では古い地すべり面を観察することができる(写真7.14)。

2.2 受け盤側

南西側斜面には、空中写真をみるとちょうどAブロックと背中合わせのようになったFブロックが発生している。頭部はいくらか稜線を切り込む形で発生しており、5m程度の高さの滑落崖が形成されている(写真-7.15)。末端は、旧国道と米山集落から昇ってくる道路との交点付近にあり、道路を完全に塞いでいるが(写真-7.18)、斜面脚部にまでは達していない。頭部の滑落崖直下には幾分緩傾斜な部分があるが、それ以外はほぼ40°以上の急斜面である。正確ではないが、平面的な規模は幅80m、延長100m程度である。

このFブロック北側の国道部分も明らかに変形しており、聖ヶ鼻の駐車場がある広場の手前には50~100cmの側方崖が生じている(写真7.19,20)。側方崖の背後となる駐車場の西端に見られる露頭には、NW走向でSW方向に高角度で傾斜する節理が数本観察される(写真-7.21)。いずれも明らかに開口しており、周辺岩盤には層理面に沿った変位も観察され(写真-7.22)、今回の地震によって緩みを生じたことが分かる。ただ、この開口亀裂は、亀裂部分に草が生えていることや地震以前に撮影された写真から開口亀裂の一部がさらに開いたものであることが分かる。

受け盤側の地すべりのうち大きく変位した南側Fブロックは風化帯内に発生し、円弧に近い断面形状と考えられるが、北側部分は南西側に高角度に傾斜する節理面とやや北下がりな差し目になった層理面を利用した椅子型のすべりであろうと推定される。

3. おわりに

この地すべり災害箇所は、地震発生3日後と約半月後の2回現地を訪れたが、その間に降雨によって、地すべり斜面の状況がかなり変化した。Aブロックは斜面上に残留していた土砂が洗い流され、すべり面が広く露出した。また、Fブロックの北半部は明らかに、段差亀裂が拡大していた。地すべり災害は時間を追ってその変化の状況を把握する必要があるが、現場を訪れるたびに新しい発見もある。当調査団としても、いずれ詳しい調査報告をする予定であるが、この箇所は基盤の地質状況がよく観察できるという条件に恵まれており、地質構造調査を十分に活かした発生機構の解析を行い、適切な対策に結びつけていただきたいものである。

(文責 野崎 保)

参考文献：米山団体研究グループ(1973)：新潟県米山地域における新第三系。地球科学,27-1,pp.1-18



写真-7.1 地震発生前の状況（柏崎市立教育センター 植木厚夫氏 2005年8月10日撮影）



写真-7.2 地震発生後の状況（2007年8月4日 野崎 保撮影）

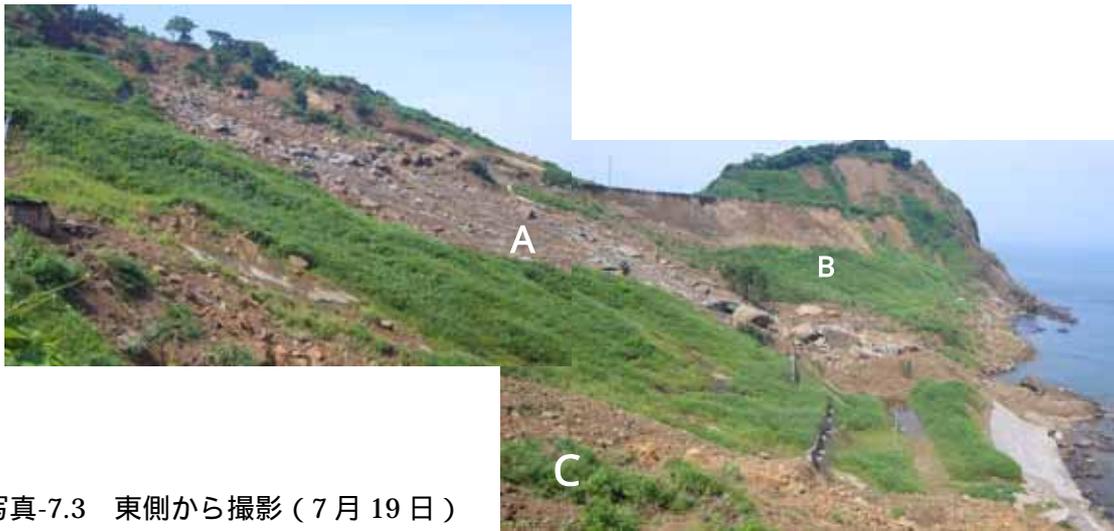


写真-7.3 東側から撮影（7月19日）



写真-7.4 Aブロック崩壊3日後の状況
（7月19日撮影）



写真-7.5 聖ヶ鼻駐車場から東方へAブロックを撮影（8月3日撮影）



写真-7.6 聖ヶ鼻層砂岩泥岩互層とAブロック上部の状況(8月3日撮影)



写真-7.7 層面断層面, 条線は最大傾斜方向と斜交. 断層面の走向傾斜は $N85^{\circ}W27^{\circ}N$,



写真-7.8 層面断層, Aブロックすべり面位置とほぼ一致する. 層面断層はいずれも泥岩層の上面にある. 条線の傾斜方向は $N50^{\circ}W20^{\circ}N$



写真-7.9 Aブロックすべり面(8月4日撮影)



写真-7.10 すべり面上端付近, 褐鉄鉱が沈着している. すべり面は砂岩層内の層理面にも発生している. (8月4日撮影)



写真-7.11 すべり面には粘土の挟在するところがある．
(8月4日撮影)



写真-7.12 泥岩層上面に残された地すべり発時の条線
(8月4日撮影)



写真-7.13 Aブロック西側壁の板状岩塊の転倒



写真-7.14 Eブロック東側部に見られた旧すべり面



写真-7.15 Fブロック滑落崖
(7月19日撮影)



写真-7.16 Fブロック冠頂(山頂)より南西方を撮影
(8月4日撮影)



写真-7.17 米山集落から見たFブロック
(8月4日撮影)



写真-7.18 Fブロック南側末端部
(7月19日撮影)



写真-7.19 Fブロック北側延長部側方崖
(7月19日撮影)



写真-7.20 同左, 移動が進行している.
(8月3日撮影)



写真-7.21 Fブロック北側延長部(8月4日撮影)



写真-7.22 同左, 層理面沿いの変位を伴う緩み岩盤 NW 走向でやや SE 方向に高角傾斜する開口節理
(8月3日撮影)