

地震による大規模斜面災害について

新潟大学災害復興科学センター

丸井英明

報告内容

1. 中越地震による被災の概要
2. 中越地方の地盤特性の概要
3. 中越地震の概要
4. 中越地震による斜面災害の概要
5. 地すべりダム(河道閉塞)の概要と対策
6. 融雪の影響
7. 地震による斜面災害の軽減
8. パキスタン地震による斜面災害

中越地震による被災の特徴

1. 全国有数の地すべり多発地域で強い内陸型地震発生、多数の地すべりや斜面崩壊が発生。
2. 全国有数の豪雪地域で地震により被災、多量の積雪による住宅被害の拡大、融雪による斜面崩壊の拡大(農地被害の拡大)
3. 中山間地域: 棚田、溜池、養鯉池が広範囲に分布、農地や溜池、養鯉池の被害が甚大
4. 直接被害と二次的被害
 - ・直接被害-棚田法面の崩壊、棚田田面に段差・亀裂発生、溜池堤体崩壊
 - ・二次的被害-棚田の漏水、田面の不均衡、溜池水量の減少、地下水経路の変化

地盤特性の概要

1. 新潟県は全国有数の地すべり多発県
2. 地すべりの集中分布域
 - 中越地域
 - 上越地域
3. 地すべり多発地域の岩種
 - 新第三紀堆積岩
4. 地すべりの素因
 - 褶曲による地層の脆弱化
 - 風化による泥質岩の軟弱化
5. 地すべりの誘因
 - 梅雨期、台風期豪雨 / 融雪

地盤特性の概要

6. 新潟地域は第三紀以降の地殻変動が激しい
7. 4つの構造線
 - 糸魚川-静岡構造線
 - 柏崎-鏡子線
 - 新潟田-小出線
 - 三面-榑倉線
8. 中越地震による被災地域
 - 新潟田-小出構造線と柏崎-鏡子構造線の間の地域
9. 固結度が低く柔らかい地盤
10. 活褶曲地域



中越地震の概要

1. 本震の加速度波形と速度波形
2. 地震の最大速度と最大加速度との関係
3. 震源域の地殻構造推定断面図
4. 余震分布
5. 断層破壊モデル

斜面災害発生予測の限界

地震による斜面災害は、発生場所の限定が難しい。

1. 調査研究事例が極めて少ない。
近代的研究が開始されて以来、山地における地震はほとんど発生していない(1984年長野県西部地震M6.9、1999年台湾集集地震M7.7、など)。
2. 自然斜面の多様性(2つとして同じ地形形状はない)。
3. 自然条件(土質、地質、水文、土壌水分、植生など)の多様性。
4. 結果として、地震による災害形態は毎回異なる。

以上は、他分野に比べて、研究が遅れている要因でもある。

地震による斜面崩壊の留意点

危険箇所と発生予測

1. 地震による斜面崩壊では発生場所・時間の特定が極めて困難。
2. 大規模な斜面崩壊・地すべりも発生する可能性がある。
3. 先行降雨といった前駆条件が無い場合でも発生する。

避難と対策

1. 対応が極めて困難であり、事前避難の余地はほとんどない。
2. 個人の力では到底対応できない場合が多い。

危険性の継続と影響範囲の拡大

1. 地震時に崩壊が生じなくても、地震動によって山体が脆くなり、その後の豪雨や融雪で崩壊が生じることがある。
2. 上流の不安定土砂の移動によって、下流にも影響が及ぶ。

中越地震による地すべり発生状況の事例

山古志村における農地の被災状況(10月27日撮影)

山古志村芋川最上流域における農地の被災状況(12月10日撮影)

山古志村芋川最上流域尼谷地区地すべりによる被災状況(12月10日撮影)

油夫川を挟んだ地すべり状況

虫亀地すべり発生直後の状況

1980年4月発生 1985年対策工施工完了

虫亀地すべりの現況(2005年6月7日撮影)

中越地震による三石川地すべり



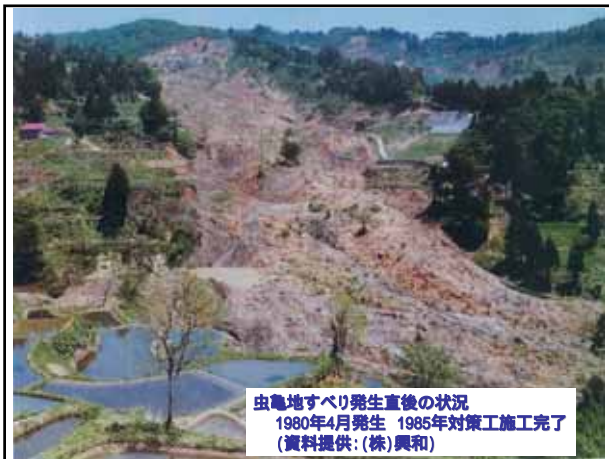
山古志村における農地の被災状況(10月27日撮影)



山古志村における農地の被災状況(10月27日撮影)



山古志村芋川最上流域における農地の被災状況(12月10日撮影)



新潟県中越地震による斜面災害の発生状況

- ・地すべり多発地帯(山古志村など)の直近で発生
- ・斜面崩壊・地すべり発生件数: 3,791カ所 (国土交通省)
- ・全体の土砂量: 1億 m^3
- ・土砂量100万 m^3 以上の地すべり: 10カ所 (主に芋川流域)
- ・地すべり(天然)ダム: 50カ所以上 (主に芋川流域)
- ・豪雪地帯であり、融雪期における被害拡大、二次災害が懸念された。
- ・結果的に融雪による斜面崩壊は予想より軽微
- ・しかし、梅雨期豪雨による被害の拡大に警戒必要

中越大震災における地すべり・斜面崩壊の形態

全国有数の地すべり地域(山古志村)直近で強い直下型地震。多数の斜面崩壊や地すべりが発生。

主要な現象形態:

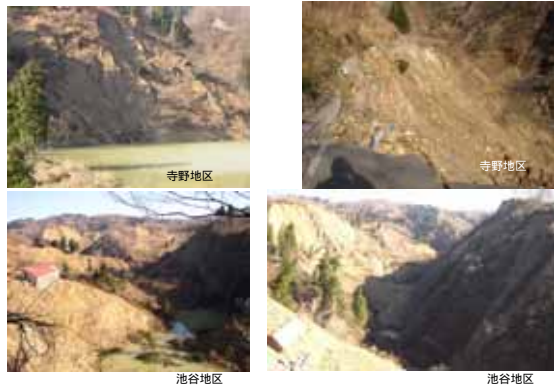
1. 標高の高い、尾根付近の急斜面における崩壊
2. 河川沿いの溪岸崩壊
3. 両者の中間の比較的緩い斜面における地すべり
 - 3-1 流れ盤地すべり(地層の傾斜方向に移動)
 - 3-2 旧地すべりの再移動地すべり
4. 崩落土砂による地すべりダム(河道閉塞)の形成

・地すべりダムの決壊防止のための緊急対応が急務。
・積雪期直前に対応を完了

1. 尾根付近の急斜面における斜面崩壊



2. 河川沿いの溪岸における斜面崩壊



3.1. 再滑動型地すべり / 流れ盤地すべり



- ・東竹沢地区に発生した地すべり(上)
- ・地すべりの頭部の状況(左上)
- ・頭部に現れたすべり面(左) シルト岩の層理面をすべり面として、上位の砂岩層が活動した。

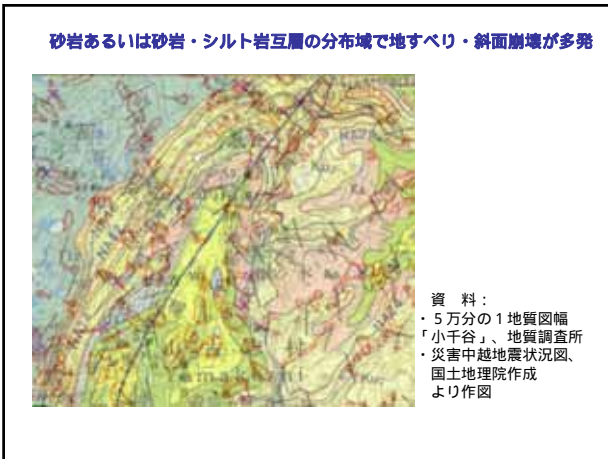
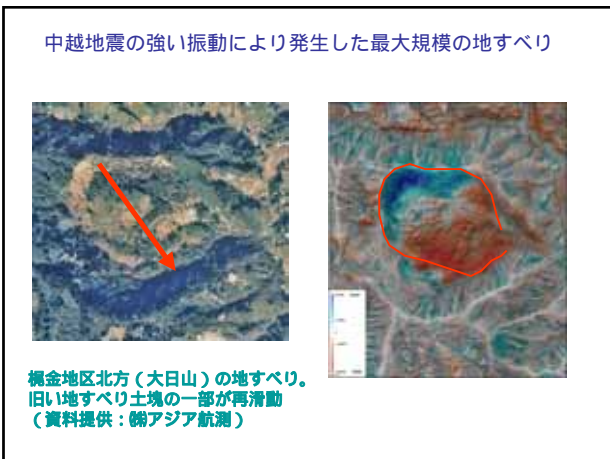
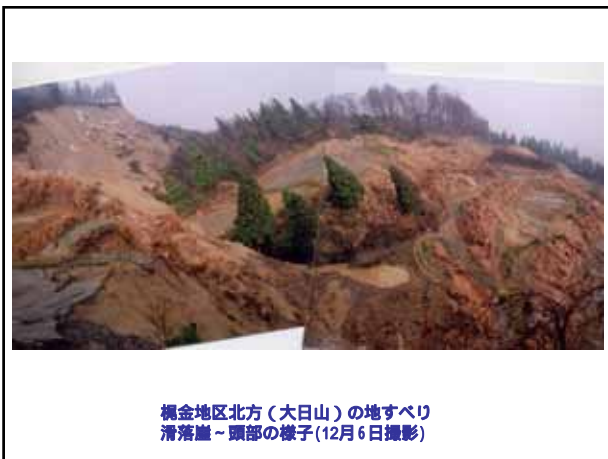
3.2. 崩土の再移動地すべり

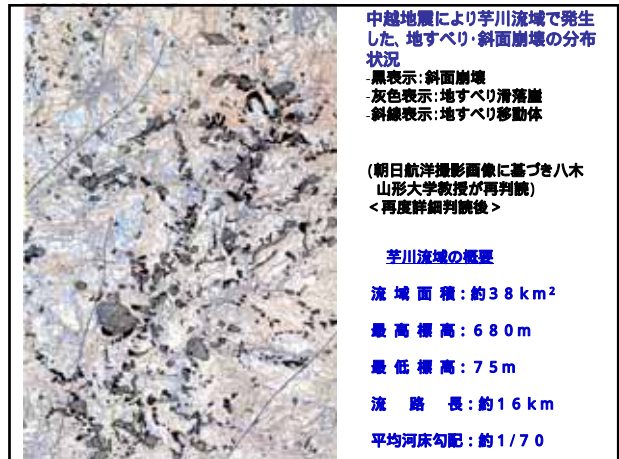
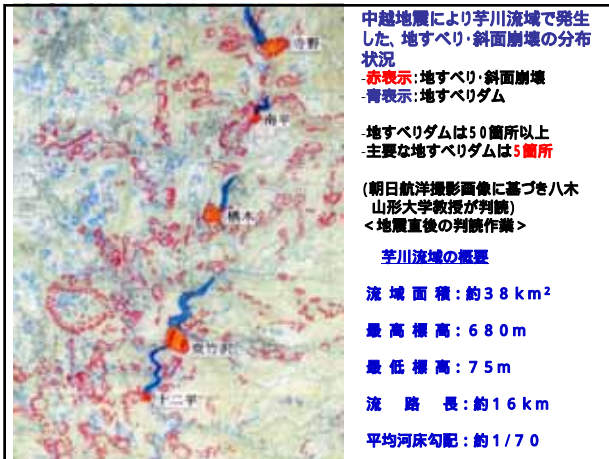


梶金地区北方(大日山)の地すべり 滑落崖～頭部の様子(左)



梶金地区北方(大日山)の地すべり。側方～末端部の様子(右)。地すべり土塊が対岸へ乗り上げて隆起している。





東竹沢地区地すべりダム

ダムを形成した地すべりの規模：

- ・延長：約350 m ・幅：約295 m
- ・すべり面深度：約30 m
- ・移動土量：約130万m³
- ・頭部で約70mの移動量

基岩地質：

- ・砂質シルト岩および砂質シルト岩と細粒砂岩の互層
- ・地層の走向、傾斜：N15°E、20°W
- ・傾斜方向に移動する「流れ盤地すべり」

・旧地すべりの一部が再活動





東竹沢地すべりダムによる河道閉塞状況 / 正面写真(11月2日撮影)



東竹沢地すべり末端部の状況(11月3日撮影)



東竹沢地すべり末端部の状況(11月3日撮影)



東竹沢地すべり側面写真(上流側)(11月3日撮影)



東竹沢地すべりダムによる河道閉塞状況(11月3日撮影)





「地震による斜面災害対策の流れ」(建設省,1986を改変)

地震発生

地震情報の収集

第一段階 大規模斜面移動現象の把握(緊急調査)
大規模二次災害危険度の判定 - 緊急対策

第二段階 全般的斜面移動現象の把握(応急調査)
二次災害危険度の判定 - 応急対策

第三段階 恒久対策計画のための詳細調査
恒久対策

「地震による地すべりダム対策」

地震発生

地すべりダムの形成

第一段階 地すべりダムの規模・形状・成因の把握(緊急調査)
流域条件の把握-保全対象の有無・位置
大規模地すべりダム決壊危険度の判定 - 緊急対応
地すべり土塊の安定性評価(概略評価)

第二段階 地すべりダムの詳細特性の把握(応急調査)
流域水理・水文条件の把握
二次災害危険度の判定 - 応急対応
地すべり土塊の安定性評価
(土質試験・ボーリング調査・安定解析)

第三段階 恒久対策計画のための詳細調査
工法検討・構造物設計・流域全体計画との整合性
恒久対策

地すべりダムの安定性の検討

- 1) 水圧による決壊
- 2) パイピングによる決壊
- 3) 越流による決壊

東竹沢地すべりダムの安定性

水圧による決壊の危険性:

- ・水深に対して地すべりダム堤体の規模がかなり大きい。
- ・水圧により一挙に決壊する危険性は小さい。

パイピングによる決壊の危険性:

- ・地すべり土塊による堰き止め幅は約295m。
- ・堤体幅は水圧(水圧高28m)の作用する堤体比高の10倍近い。
- ・パイピングの発生による破壊の可能性も小さい。

寺野地区地すべりダム

ダムを形成した地すべりの規模：

- ・延長：約360m ・幅：約230m。
- ・すべり面深度：20m
- ・移動土量：約100万 m^3
- 基岩地質：
- ・砂優勢の砂岩・シルト岩互層
- ・地層の走向・傾斜：N70~80°E、10~15°S
- ・旧地すべりの再活動。



寺野地すべりダムによる河道閉塞状況
(10月27日撮影)



寺野地すべりダムと河道閉塞状況 / 上流側より下流側を臨む
(10月27日撮影)



寺野地すべりダムによる河道閉塞状況
(11月3日撮影)



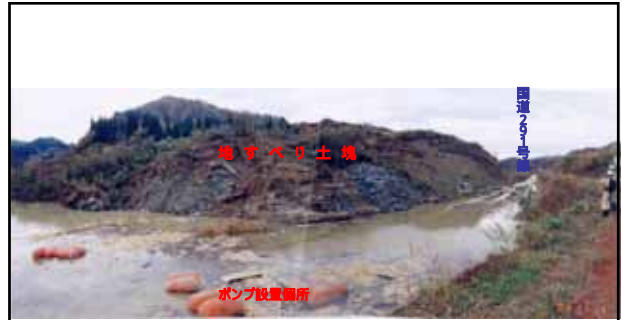
寺野地すべりダムによる河道閉塞状況
(11月3日撮影)

地すべりダムに関する緊急対応：

- 降雨が降り続いたため地すべりダム背後の貯水池水位が上昇 越流による決壊の危険性が増大
- 1) ポンプによる緊急排水
- 2) 予備として埋設管路による代替排水路を設置
- 3) 十分な断面を有する仮排水路の掘削
- 4) 地すべり土塊の二次移動防止のための切土施工



ポンプによる緊急排水状況
(寺野地すべりダム)



ポンプによる緊急排水状況
(東竹沢地すべりダム)



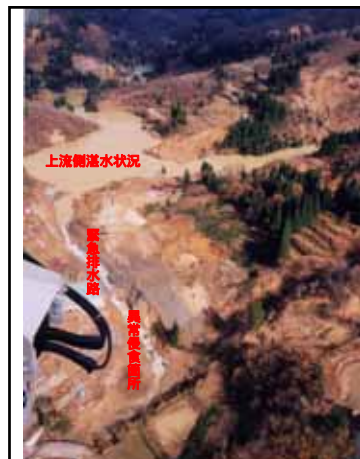
東竹沢地すべり末端部の最低標高地点における越流防止堤の築造
- 当初、ヘリコプター空輸により大型土嚢を空輸
- その後、台船により重機を搬入



芋川本流と前沢川の合流点、右手は東竹沢地すべり
- 台船による資材輸送には限界がある。
- 合流点付近で前沢川を陸路横断するために埋立工事中、



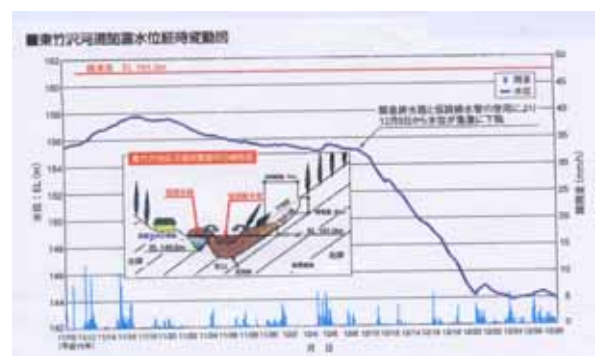
東竹沢地すべりにより形成された貯水池からの緊急排水の状況
(11月11日撮影)



ポンプによる緊急排水状況
(東竹沢地すべりダム)
(11月17日撮影)
* 排水箇所における異常侵食の進行



予備施設としての埋設管路による代管排水路



東竹沢地すべりダム水位経時変動図
(北陸地方整備局資料)



融雪出水にも対応可能な十分断面を有する仮排水路



地すべり土塊の二次移動防止のための切土施工
(東竹沢地すべり土塊頭部における切土状況)



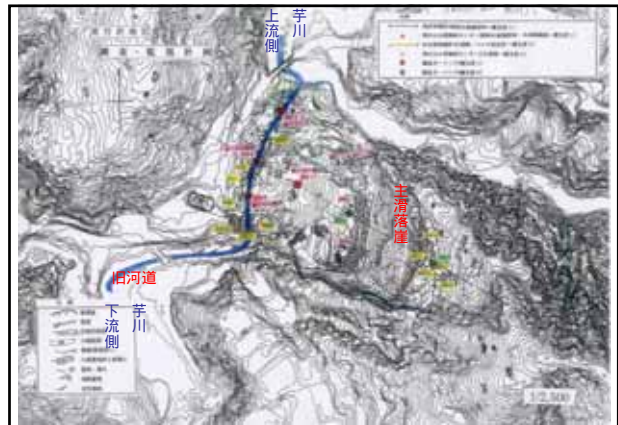
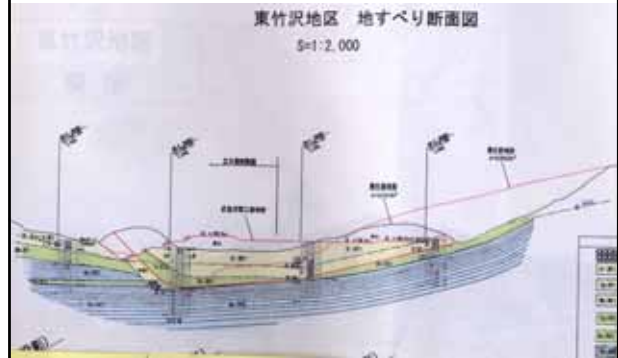
地すべり土塊の二次移動防止のための切土施工
(東竹沢地すべり土塊頭部における切土状況)



地すべり土塊の二次移動防止のための切土施工(東竹沢)



東竹沢地区仮排水路並びに排土工断面図
(北陸地方整備局資料)



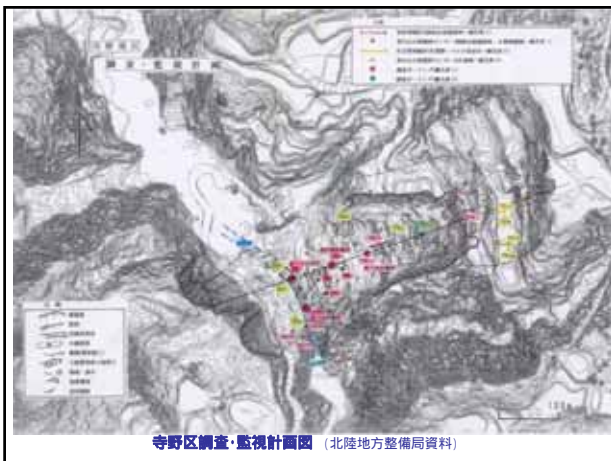
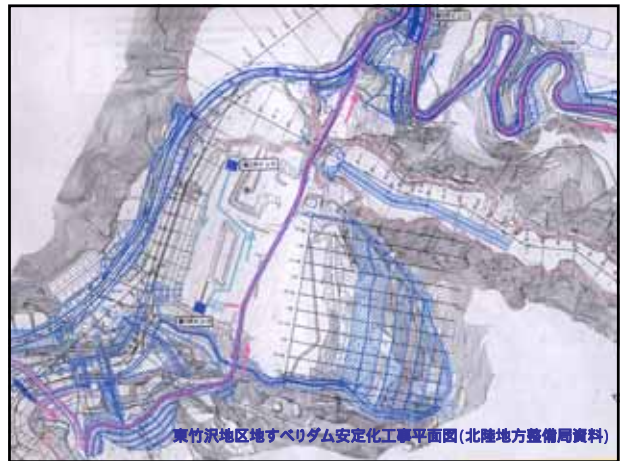
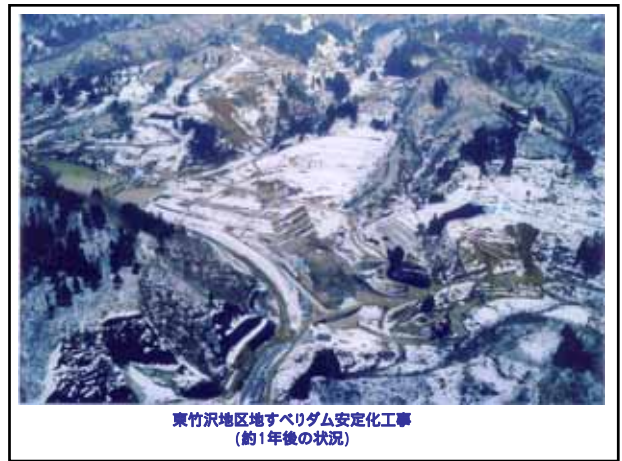
東竹沢地区調査・監視計画図 (北陸地方整備局資料)



融雪初期における東竹沢地区全景 (3月24日撮影)

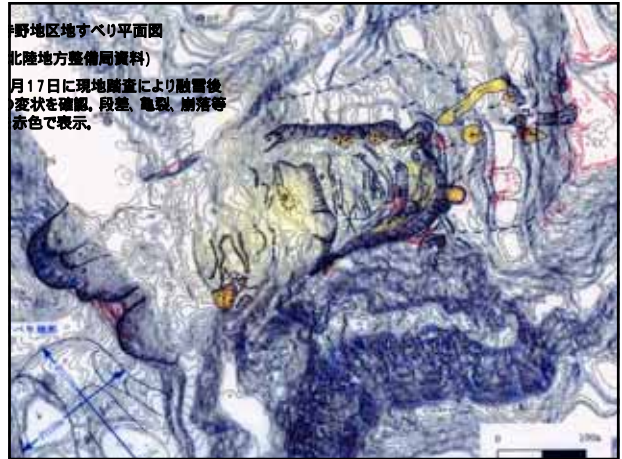


融雪末期における東竹沢地区地すべり主滑落崖 (5月2日撮影)
4月22日に発生した融雪崩壊の状況





寺野地区地すべり全景(5月17日撮影)
地すべり地内は整形され、工事用道路には舗装が施されている、変状は見られない。



寺野地区地すべり平面図
北陸地方整備局資料)
5月17日に現地調査により融雪後
変状を確認。段差、亀裂、崩落等
赤色で表示。



寺野地区地すべりダム安定化工事
(約1年後の状況)



寺野地区現



芋川流域木電地区における融雪による斜面崩壊の拡大状況(5月12日撮影)



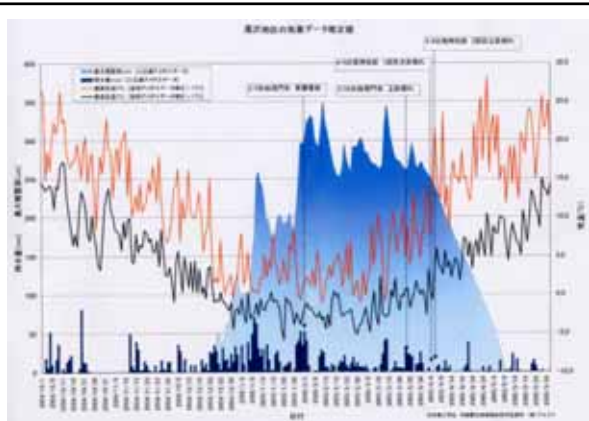
南平地区芋川右岸/崩壊斜面の融雪による拡大崩壊



南平地区芋川右岸 / 崩壊斜面の融雪による拡大崩壊
(斜面下部の平坦面に堆積した崩落土砂は薄く、下部は積雪層である)



芋川流域における大規模地すべりと河道閉塞箇所状況(5月12日撮影)



中越地区における融雪期の気象データ



芋川と魚野川との合流点の状況。芋川からの流入水の濁度が高い。(5月12日撮影)



芋川流域における
対策工事
(北陸地方整備局資料)

斜面災害への長期的対応

不安定斜面の一斉点検

- 1) 中越地震発生後の段階で一斉点検を実施
- 2) 融雪後の段階で再度一斉点検を実施

地すべりと道路復旧

- 1) 復旧計画に際しては路線の再検討が必要
- 2) 地すべり対策が必要

地すべりダム(河道閉塞)対策

- 1) 地すべり斜面に対し当面の監視を実施
- 2) 融雪に関する観測
- 3) 恒久対策の実施

その他

- 1) 被災後の土砂災害危険度の評価が必要。
- 2) 今後地震時を想定したハザード・マップが必要。



復興ビジョン策定の基本的な考え方(山古志復興新ビジョン研究会)
> NPO法人中越防災フロンティア

ー日本全体の課題として

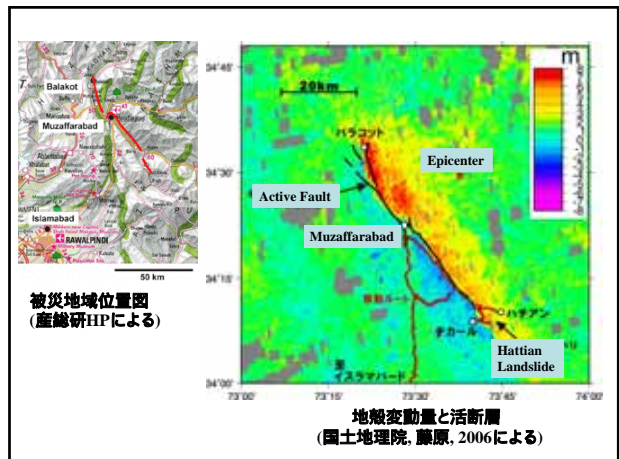
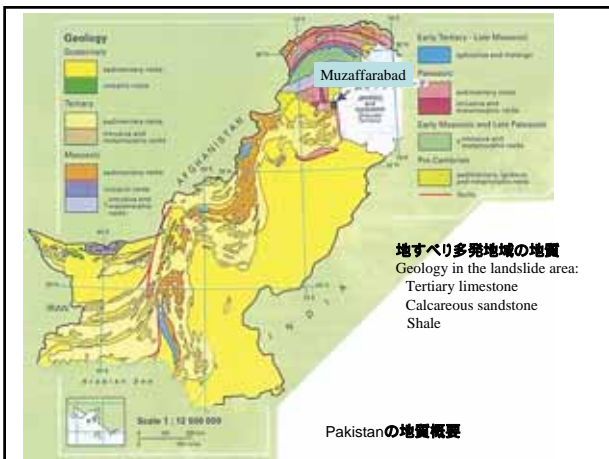
- 1) 国土保全の観点から、**中山間地における災害復旧**のあり方を提示する。
 - 2) 中山間地の活力ある**地域経営・地域づくり**のモデルとして復興計画を構築する。
 - 3) 「被災経験」を新たな地域資源に転換・活用する視点も検討する。
- ー住民の自主・自立の復興
- 4) 住民の意思や期待を最大限に尊重・反映する
 - 5) 住民が自ら地域の未来を選択・推進できる複数の方向性・プログラムを提示する。

中山間地域の地震被害からの復興に向けて

- ー 中山間地域は日本の国土面積の約7割を占める。
- ー 中山間地域の地震被害
 - ・斜面崩壊、地すべりの発生
 - > 棚田の崩壊、溜池決壊、養鯉池の決壊
 - 道路の寸断、住宅の倒壊
- ー 中山間地域の地震被害の二次的影響
 - ・多量の不安定土砂が下流域、平野部に流出
 - > 下流域で新たな災害・荒廃の危険性
- ー 中山間地域で棚田の保全や植林等の営為
 - ・斜面崩壊や土砂流出の軽減
- ー **中山間地域(農地)の保全は国土の保全につながる。**

パキスタン地震による地すべり災害

1. 震源地域とパキスタンの概略地質
2. 地殻変動量と活断層
3. 地震断層の分布
4. 大規模表層崩壊
5. 大規模地すべり





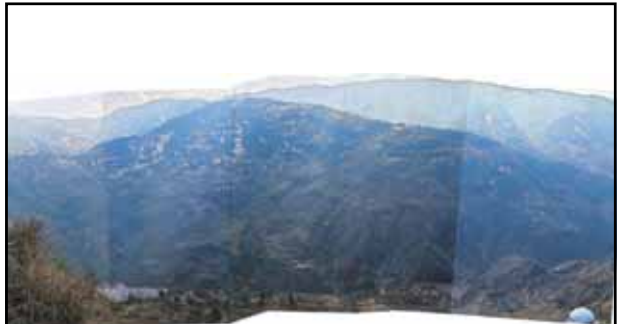
地すべりによる道路崩落箇所
(首都イスラマバードから被災中心地ムザファラバード間)



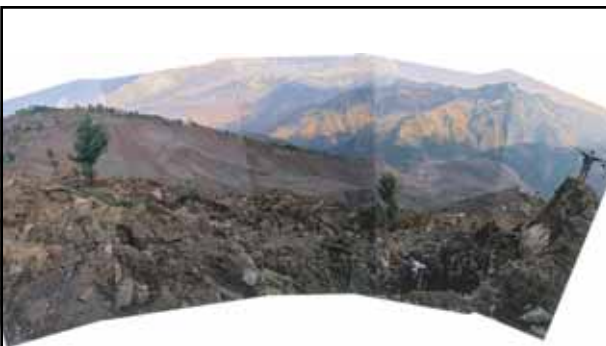
ムザファラバード市街地北西部の大規模表層崩壊



ムザファラバード市街地北東部の大規模表層崩壊



Hattian地すべり重上流の対岸斜面
段々畑としての土地利用、集落の点在
侵食地形、崩壊地形の点在



Hattian地すべり上流側側壁から地すべり地内を臨む。斜面下部には河道閉塞状況を遠望。



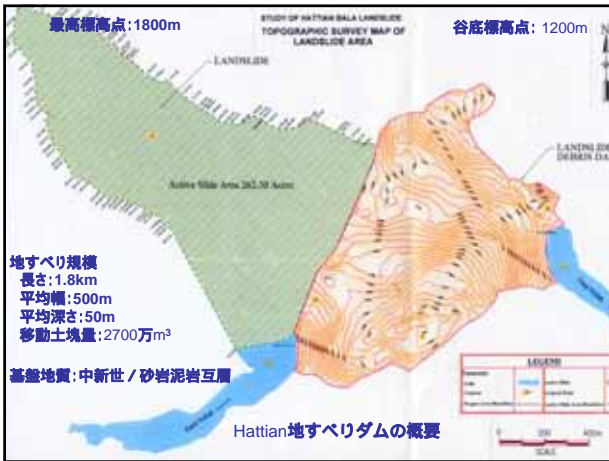
下流側から見た地すべりダムの堆積状況



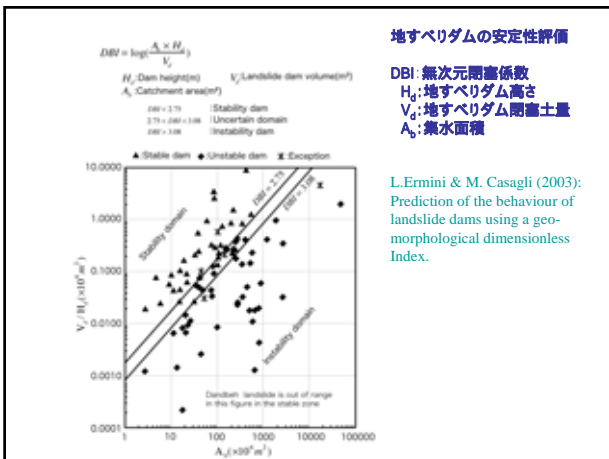
地すべりダム上流側に形成された貯水池



地すべりダム上の開削水路



Hattian地すべりと開削水路



内陸型地震による地すべり災害の多発
(新潟県中越地震、パキスタン北部地震、etc.)

* アジアの変動帯における共通の課題

* 中越地震による大規模地すべり災害の発生

- 緊急対応
- 後続災害に対する対応
- 将来起こりうる地震災害に対する減災

教訓、経験、技術伝承(国際協力)
(事例: 現在、パキスタンに対し地すべり学会が対応)

