

被災地域における地震後の降雨による 斜面災害の課題とTDA



珠洲市大谷地区

朝日航洋株式会社

酒井 直樹 (sakai@bosai.go.jp)

(国立研究開発法人防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門 副部門長)

このたびの石川県能登地方を震源とする令和6年能登半島地震によりお亡くなりになられた方々に
謹んでお悔やみ申し上げますとともに、被災された皆さまに心からお見舞い申し上げます。



調査地点

輪島市門前町鹿磯漁港

輪島市門前町南黒島

輪島市門前町劔地漁港

能登里山海道横田IC

内灘町西荒屋・室

輪島市河井町

珠洲市大谷町

珠洲市大久保町

輪島市市ノ瀬町

輪島市三井町長沢

珠洲市正院町

珠洲市見附島・宝立町

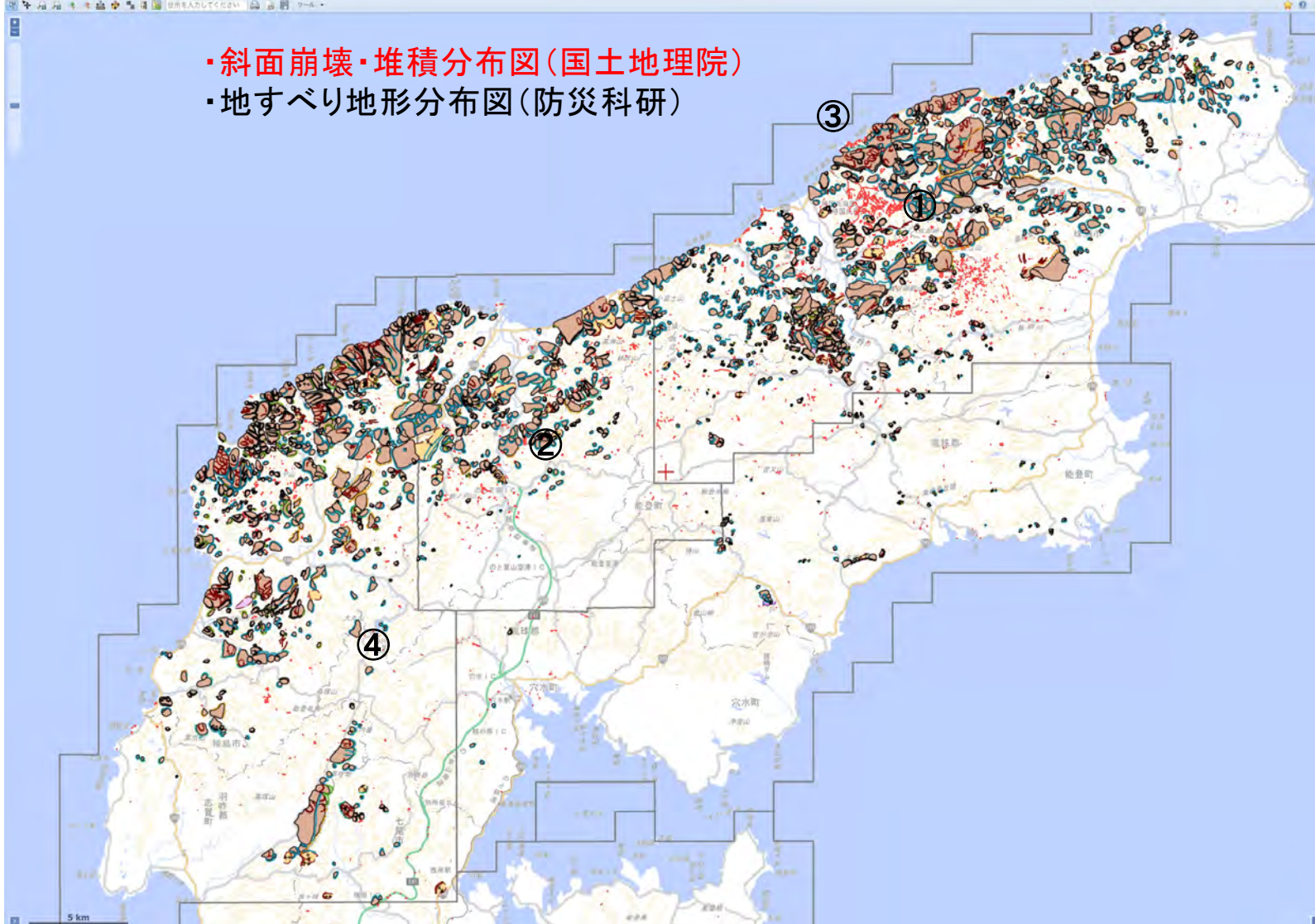
金沢市田上新町

- 地盤工学会 令和6年能登半島地震
災害調査団（金沢大学 小林俊一団長）
- 災害レジリエンス・斜面災害班
班長：酒井直樹（防災科学技術研究所）
調査担当

鈴木素之(山口大学大学院教授)
藤本哲生（大阪工業大学准教授）
河内義文(株式会社ケイズラブ)

地すべり地形（過去に崩壊した痕跡）分布と斜面崩壊分布

- ・斜面崩壊・堆積分布図(国土地理院)
- ・地すべり地形分布図(防災科研)

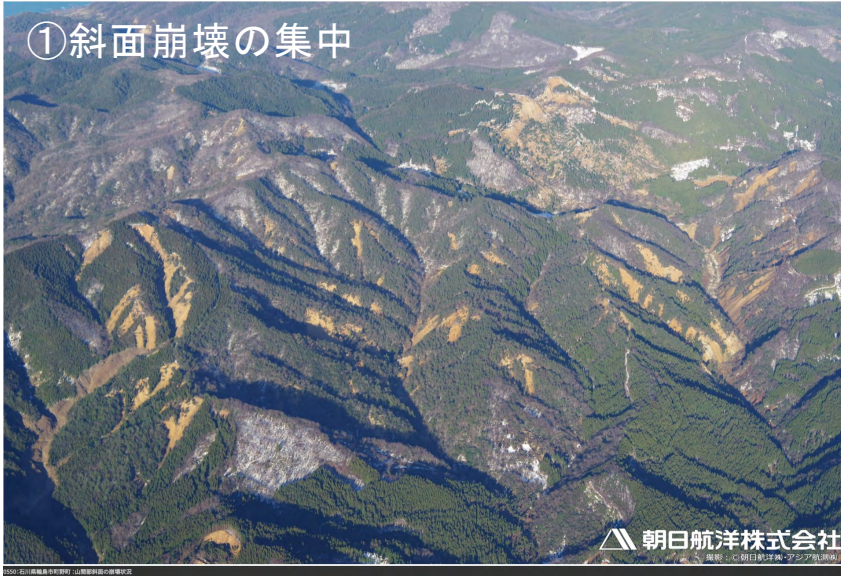


- ・ 斜面崩壊・堆積分布は国土地理院のgeojsonデータを利用した.
https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html#6-1
- ・ 地すべり地形分布図（防災科研）
https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html

・ 崩壊分布と地すべり地形の分布傾向が似ている

令和6年能登半島地震による斜面崩壊の特徴

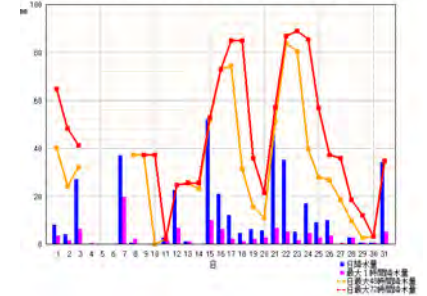
① 斜面崩壊の集中



② 大規模な崩壊による
土砂流下



三井(石川県) 2023年12月 (日ごとの値) 降水量



事前の降雨の影響？

③ 海岸線の斜面崩壊

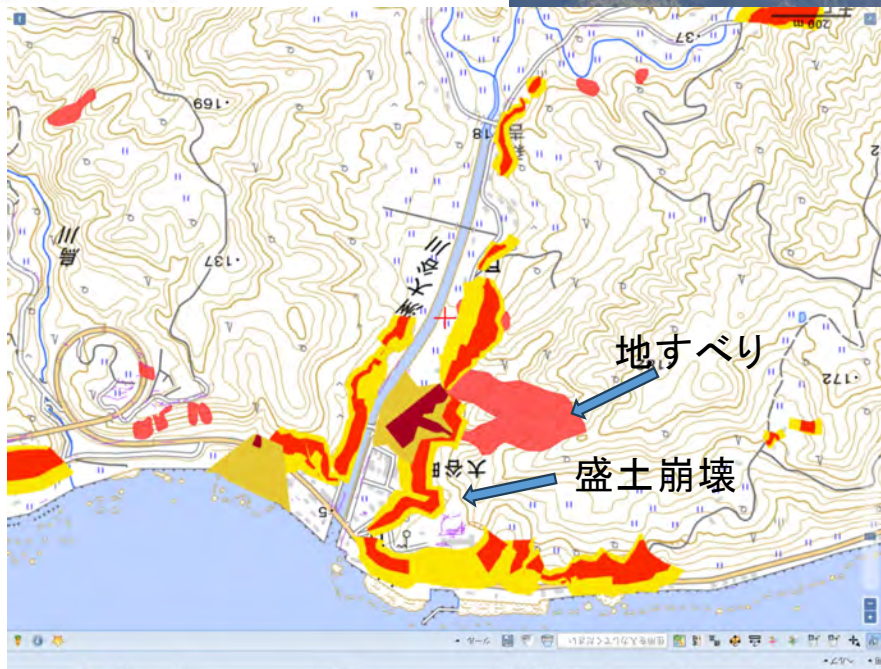


④ 落石、崩落など道路への影響

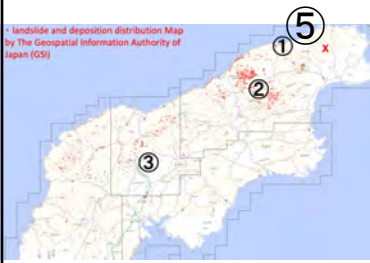


兵動先生(富山県立大)

⑤ 珠洲市大谷地区

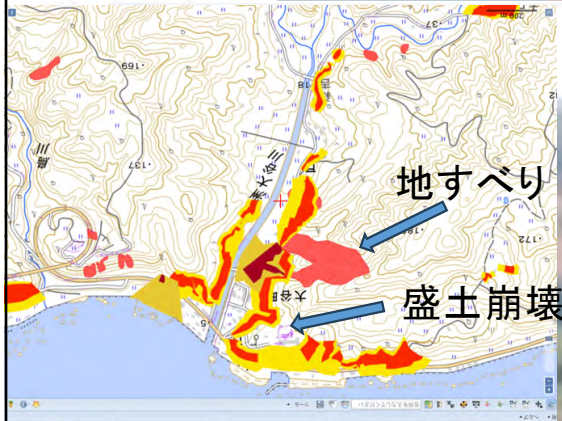


・ハザートエリア



・Ohtani, Suzu, Ishikawa

⑤ 珠洲市大谷地区



▪ Yellow and red of Hazard area



M. Suzuki, T. Fujimoto, Y. Kochi, N. Sakai, 2024

大谷ループ橋のグラウンドアンカー

- ・ グラウンドアンカー工と法枠工の斜面が強震動で崩壊、頭部が吹き飛ぶ
- ・ このあたりの地質は弱く、対策を行ってきた。特に珪質泥岩(白い岩)が問題(国交省報告)



珪質泥岩:水を含むと劣化しやすい(スレーキング性)



地震による斜面崩壊の発生プロセス

①地盤強度の低下

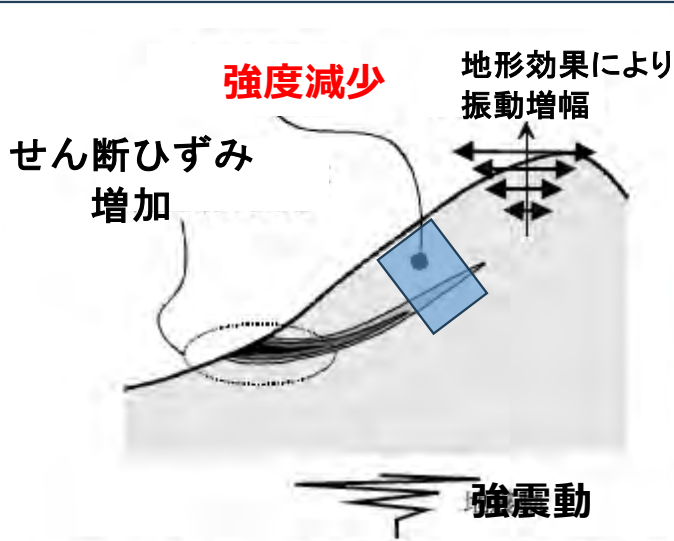


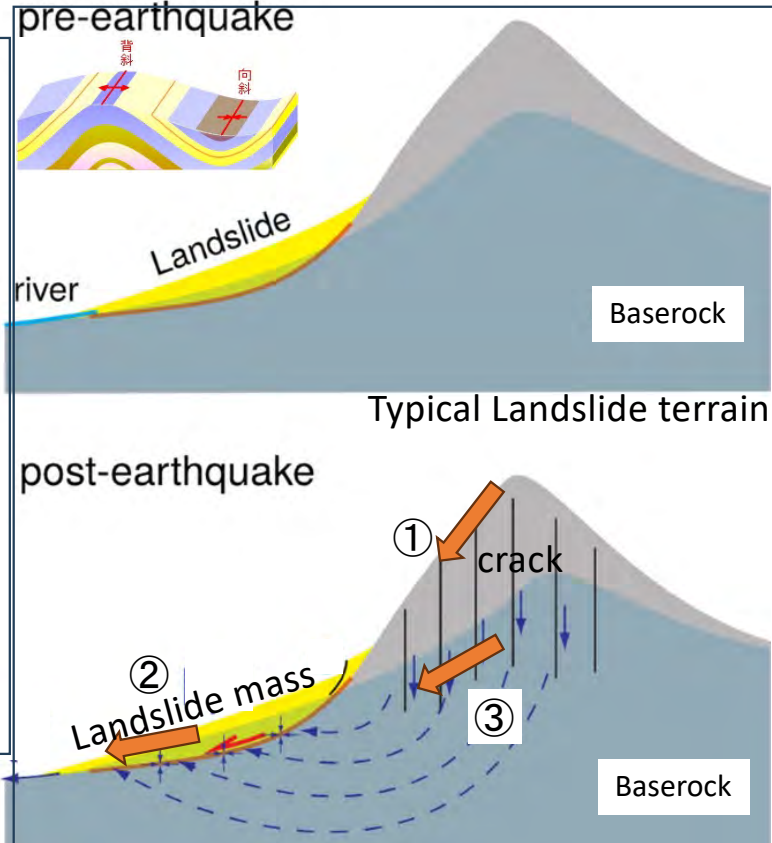
図-7 地震による斜面崩壊の機構に関する概念図
Fig. 7 Conceptual figure for seismic slope failure

From A. Wakai et., al, 2008

地震による斜面崩壊の発生要因:

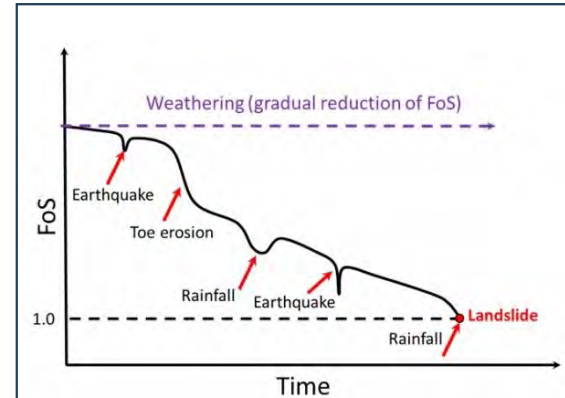
- ・強振動による強度低下
- ・地質構造の弱部の劣化

②強震動による地質構造への影響



- ① 表層崩壊
- ② 過去の地すべり地形の再滑動
- ③ 深層崩壊

斜面安定性の低下



安定性低下の複数の要因

- ・降雨 (飽和度増、地下水)
- ・強震動
- ・斜面下部の浸食

強い地震動が襲った地域：
不安定箇所が増えてないか

→どう評価すればいいのか？

斜面に落ち残った不安定な土砂

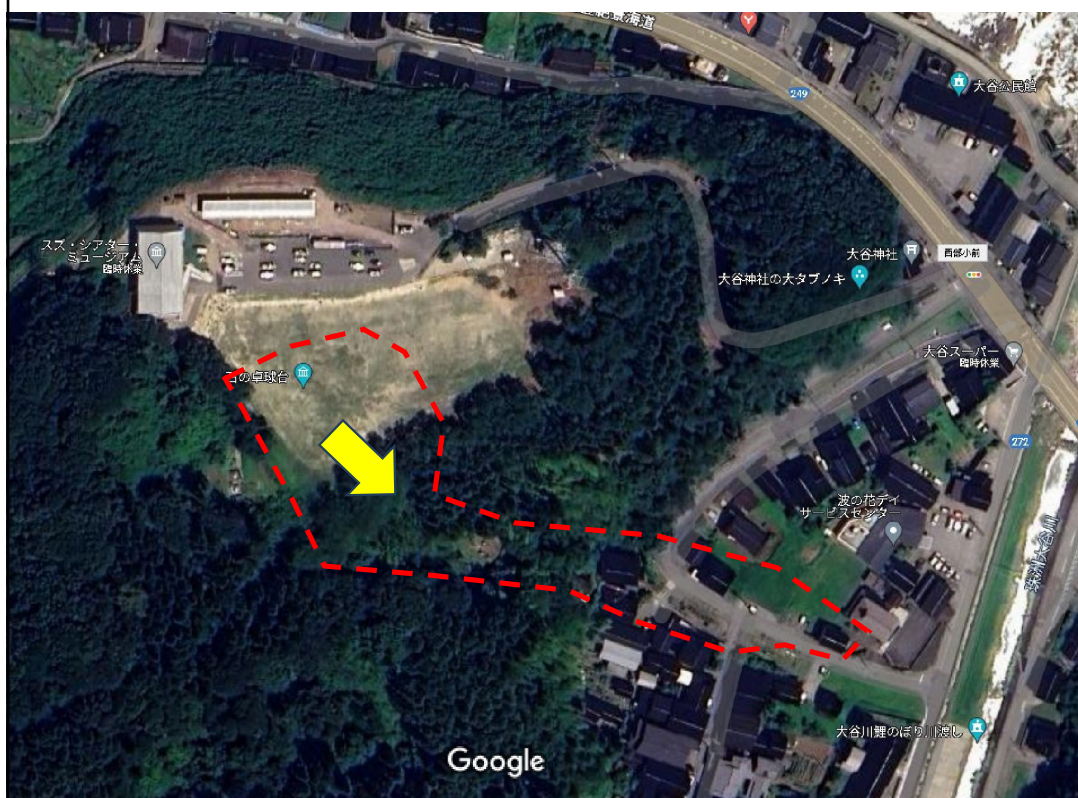
①斜面崩壊の集中

2024. 09. 03
合」 ©Naoki SAKAI



珠洲市大谷町（スズシアターミュージアム＝旧西小学校）

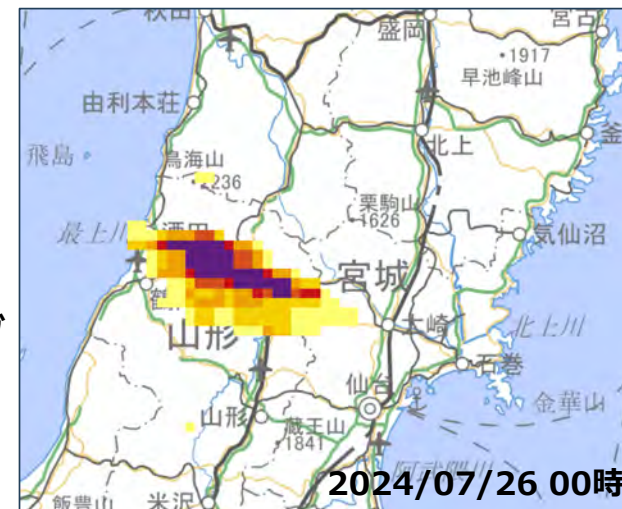
- ・ 斜面上部の古い盛土が流動化 昔は小学校、今は珠洲シアターミュージアム
- ・ 地形的には谷地形であり、斜面途中からは湧水が湧き続けている
- ・ 斜面上には土砂が貯まったままなので、今後のまとまった降雨で流下する可能性
- ・ 将来的に集落として住み続けていけるのかが課題



斜面災害の恐れを正しく理解して普段から備える

地震後の降雨による斜面災害に気をつける：

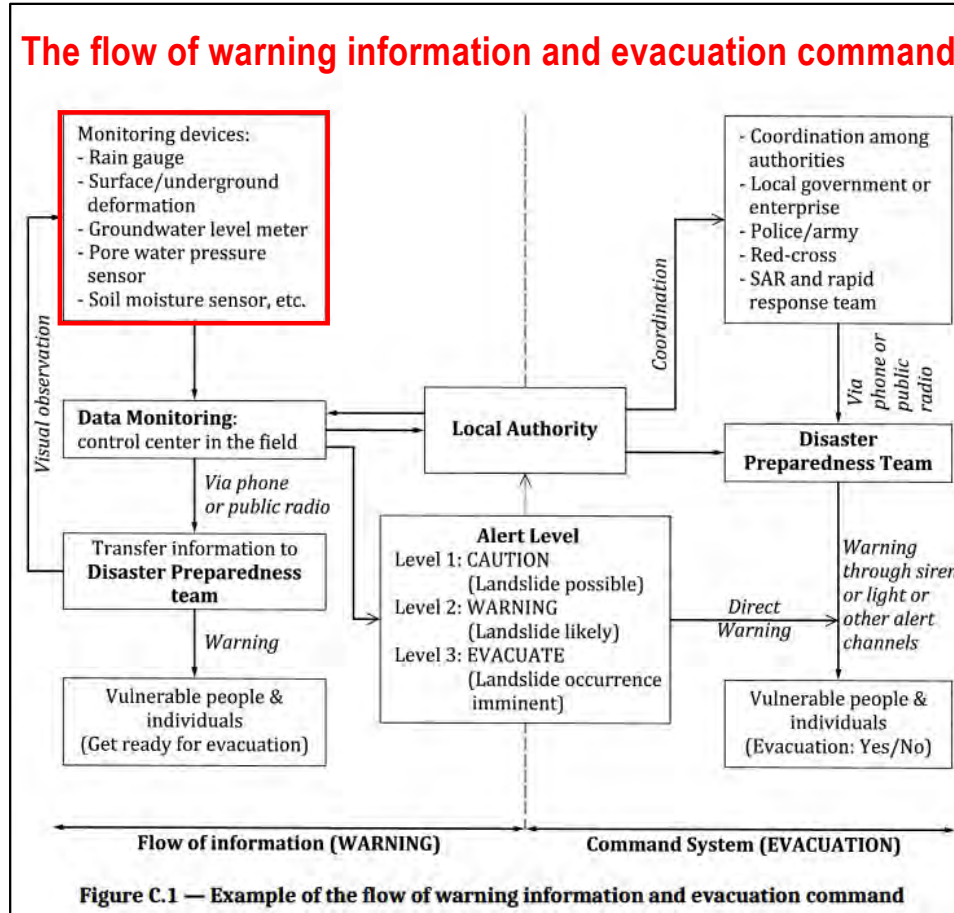
- **河道閉塞**： 小規模な土砂ダムによる二次災害リスク、監視
- **道路, インフラ**： 道路が通れなくなったら、電気、ガス、水道
- **不安定な土砂, 斜面**： 落石、斜面内段差、亀裂
 - LP, LiDAR (航空機、UAV、地表) データ有効 →マッピング
 - 把握が難しい、危険度を事前に知ることが難しい
 - 自宅近くに、斜面がある？水路がある？谷がある？
 - ハザードマップだけでなく、普段から自分の目で周囲確認
 - 警戒情報で避難のタイミングとルートを確認
 - 誰といつ、避難を始めるのか
 - 線状降水帯、台風、雨は局所的に急に強くなる
- **山間部の集落、高齢者**： 孤立化、避難が難しい、歩く？自動車？
- **復興中は、リスク大**： 地域コミュニティ、地元の**地盤専門家**の知見、自分の命は自分で守る



大雨の希さ (3時間積算降雨量)
(紫は、100年に一度)

Guidelines for the implementation of a community-based landslide early warning system (ISO22328 Security and resilience – Emergency management)

The flow of warning information and evacuation command



<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:22328:-2:dis:ed-1:v1:en>

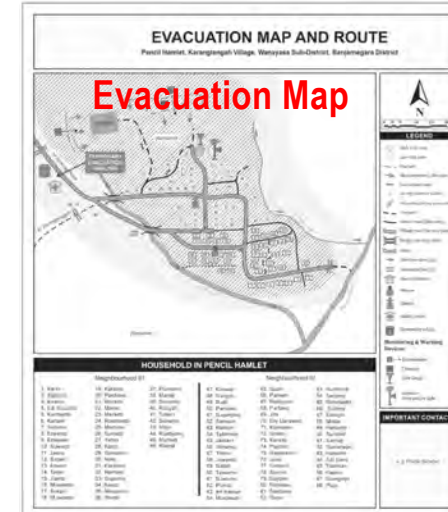


Table D.1 — Example of evacuation SOP

Alert level	Criteria and sign	Action by the preparedness team	Action by individuals	Action by the local authority
Level 1: CAUTION	Criteria: determined by rainfall measurement Sign: "warning" light and siren that sounds "warning, evacuate vulnerable groups" or other signs that allow the increase of alert level or depending on the local conditions	- The team leader assembles the disaster preparedness team and provides the instructions - The data and information division checks the condition of the monitoring devices and update data of the community conditions - The disaster preparedness team provides periodic reports to the team leader and local authority	- Be aware and prepared - Prepare personal belonging and evacuation kit - Follow the instruction of the preparedness team	- Receives report from the disaster preparedness team - Checks the condition in the field and maintains coordination with the disaster preparedness team
Level 2: WARNING	Criteria: determined by increased rainfall or slope hydrology and landslide movement indications Sign: "orange" light and siren that sounds "warning, evacuate vulnerable groups" or other signs that allow the increase of alert level or depending on the local conditions	- The team leader assembles the disaster preparedness team and provides the warning instructions - The data and information division observe and evaluate the physical condition of landslide, monitoring devices, and update data of the community conditions - The team leader activates the evacuation of the vulnerable groups, with the help from the mass evacuation division and the security division - The data and information division update data of the vulnerable groups in order to ensure that they have been evacuated - The security division is in charge for ensuring the security of the affected area - The disaster preparedness team provides more frequent reports to the team leader and local authority	- Be ready - Evacuate vulnerable groups - Keep following the instruction of the preparedness team	- Receives report from the disaster preparedness team - Checks the condition in the field and maintains coordination with the disaster preparedness team - Provides support to evacuate vulnerable groups - Cancel public meetings and gatherings

UAV-LiDARによる地すべりダムの時系列モニタリング (台湾での事例)



- 2021/09/14地すべり発生、河道閉塞
- UAVによるモニタリング SfM, LiDAR
- この斜面下部が河川浸食受けやすい
- 時系列UAVとCCTV、振動センサー等をセットにして、AIを使って解析することで、Integratedなモニタリングによる警戒システムが可能となる。地表面に置くIoTセンサーとも連携。

Using Unmanned Aerial Vehicle Monitoring for the Landslide and Dammed Lake: A Case Study of the Xiuluan Area in Taiwan

Che-Hsin Liu¹, Jui-Yi Ho^{1,*}, Horn-Ru Liao², Shih-Chiang Lee¹, Naoki Sakai³, Chih-Hsin Chang¹

¹ National Science and Technology Center for Disaster Reduction, New Taipei City 23143, Taiwan

² National Science and Technology Council, Taipei City 106214, Taiwan

³ National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Ibaraki 3050006, Japan

Resilient strategy by TDA

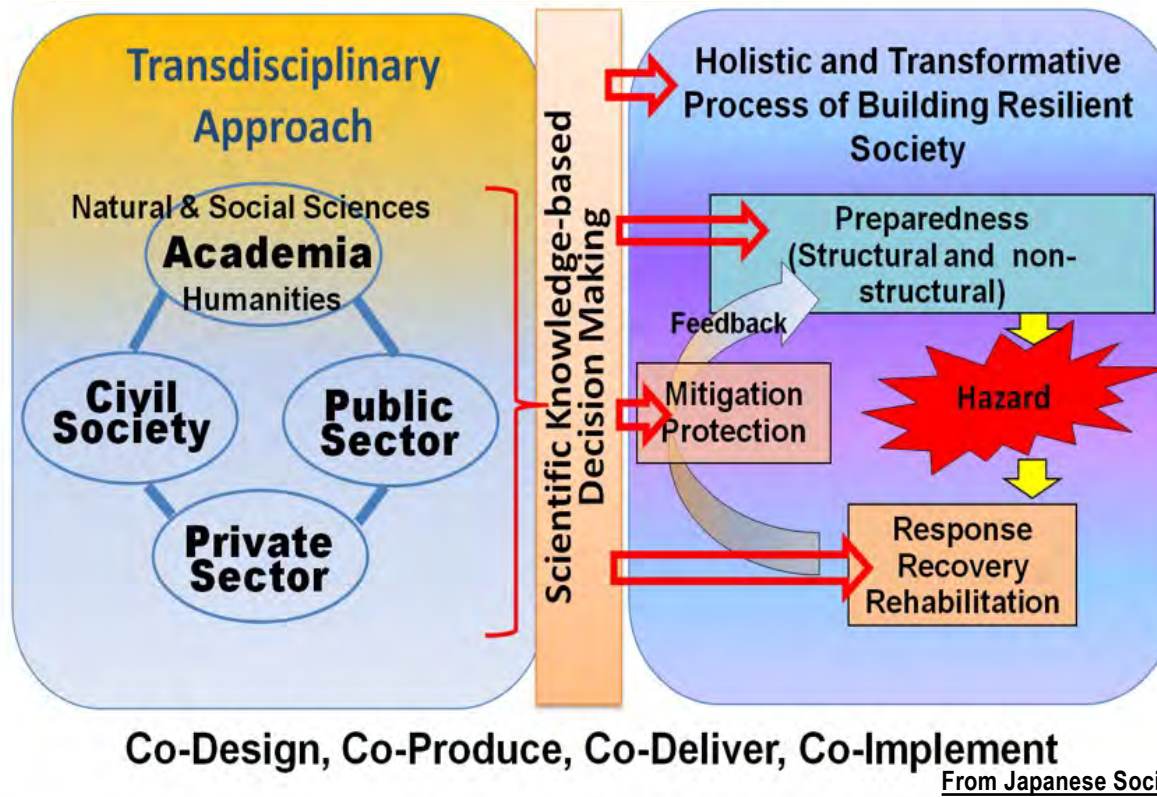
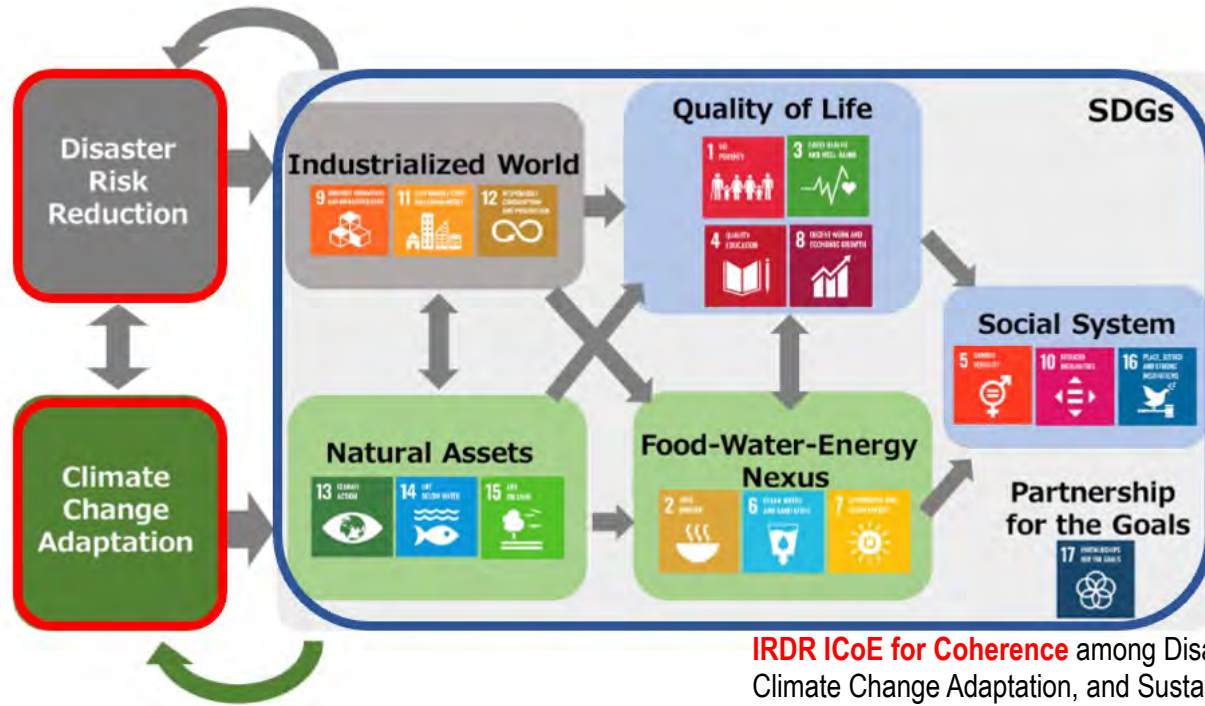


Fig.1. Transdisciplinary approach (TDA) to aid in active use of scientific knowledge for decision making

Industry-Academia-Government Collaboration



IRDR ICoE for Coherence among Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation, and Sustainable Development.

International activities require the "integration of knowledge" in related fields.

<https://www.bosai.go.jp/jhop/icoe.html>

<https://www.irdrinternational.org/>

- Quality of life
- Climate Change adaptation
- Disaster Risk Reduction

Phase-free and DX(Digital Transformation)

DXを活用したレジリエントなまちづくりを行うために（広島県坂町小屋浦地区）

ハード対策

砂防えん堤と
流路工



小屋浦4丁目 天地川上流

避難所等



コンクリート
住宅

ソフト対策




水位・斜面
監視



天地川

災害に備えましょう 自治体と一緒に 災害に備えましょう

梅雨に入る時季となりました。いざというときにあわてず、冷静に行動ができるよう日頃から備えましょう。

身の回りの災害危険箇所などを 知ろう	土砂災害特別警戒区域等 坂町土砂災害ハザードマップでご自宅やお住まいの 地区の災害危険箇所を確認することができます。 また、広島県防災Web内の「土砂災害ポータル」で は、土砂災害警戒区域に含まれているかどうかをピン ポイントで確認することもできます。	 土砂災害 ポータル
災害発生時の危険性をいち早く察知しよう	河川監視カメラ 町内の河川等の状況をスマートフォン、LINE等でも閲覧できます。 【坂 地区】総頭川（坂公民館、向井田橋）、神沖川 【水尻地区】水尻川、上水落川 【小屋浦地区】天地川、大判川 戸別受信機 防災行政無線の放送を家の中でも聞くことができる「戸別受信機」をご利用ください。 テレビのデータ放送 NHK総合テレビにチャンネルを合わせ、リモコンの「d」ボタンを押せば、防災情報をいつでも確認できます。また広島ホームテレビのdボタン 広報誌もご利用ください。 土砂災害警戒情報 広島県防災Web内の「土砂災害ポータル」で見ることができます。 広島県防災情報メール通知サービス 防災情報をリアルタイムでメール配信します。詳しくは「広島県防災情報メール通知サービス」で検索してください。メール配信登録を行うことができます。	 坂町ホームページ  坂町公式LINE
災害発生時の恐れがあるとき、どのような避難行動があるのかを知ろう	①指定緊急避難場所への移動 ②親せきや友人の家等、安全な場所への移動 ③近隣の高い建物、強度の強い建物等への移動 ④建物内の安全な場所での待機	
各家庭に合った非常持出し袋を準備しよう	避難する際にすぐに持ち出せるよう、平時から非常持出し袋を準備しておきましょう。 非常持出し品 飲料水・食料、日用品、貴重品、衣類等	
避難時の感染症対策について	避難される際に発熱・咳などの症状があり体調がすぐれない場合には、必ず避難所受付時にお知らせください。また、車中避難も感染を防ぐ方法の一つです。	

避難所の場所や混雑状況はこちらから、確認してください。

[広島県防災Web](#)

令和5年6月1日 広報さか 第802号



最新技術を紹介
ドローン活用の未来を考える

5D-MaaSによる空から創る未来のまち in 広島
広島コンベンションホール 広島市東区

DXを活用した住民主導のみらい 住民が自分でドローン飛ばして状況把握



小屋浦2丁目
撮影：2022-10-6

フェーズフリーなまちづくり (災害の日常化)

TDAによるレジリエントなまちづくりを行うために 幸せなミライを、みんなで考える

- 社会課題：労働人口減少、公共交通・店舗・医療のサービス低下等
- **コミュニティ・ヒトが中心**：地域の自然、文化、社会を知ろう
- いろいろなバックグラウンドを持った人の集まり → **多様性がイノベーションを生む**

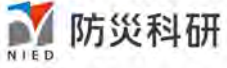
幸せなミライのために、みんなで行動する

- 防災士会、地域まちづくり、自主防災組織や企業、学識者らの協働
- 地区防災計画、地域防災計画への反映、地産地消
- 身近な課題を解決→デジタル化とAIが生み出す新たな付加価値(**点群データ等**)
- 平時から使える**DX技術**で災害に備える→**フェーズフリー**、IoT/AI,ドローン等
- **DXの活用**：Small start、Fail fast が重要
- OODAループ（Observe観察・Orient方向付け・Decide判断・Act行動）

まとめ

- **つながる**：幸せなミライを現実にするには、多様性と共創が必要
- **話し合う**：若者が住み続けたい町、学校や企業と地域との関わり、地産地消
- **行動する**：最後は、DXを活用して地域が求めるサービスにつなげることが重要

SCIENCE FOR RESILIENCE



SCIENCE FOR RESILIENCE

Earthquakes, tsunami, volcanoes, violent winds, heavy rains, snowstorms, floods, and landslides are natural threats that will always exist.

However, at NIED, we believe that disasters can be reduced. Therefore, we are constantly developing technologies and strategies to prepare for and respond to disasters.

With better prediction, smarter prevention, and faster restoration, we aim to protect lives and livelihoods for a sustainable future.

