

島根大学研究機構 戦略的研究推進センター 『萌芽研究部門』	平成27年度	年度報告書	提出日 平成28年2月16日
① プロジェクト名	山陰地方強靱化を目指した自然災害の統合的研究		
② プロジェクトリーダー	汪 発武	所属	総合理工学研究科
		電子メール	wangfw@riko.shimane-u.ac.jp
② プロジェクトの概要 (プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。)			
<p>山陰地域の強靱化を目指して、気象・洪水災害、津波災害及び土砂災害を統合的に研究するものである。具体的に(1)気象・洪水災害については、作成したデータベースを基に、山陰地域における気象災害、特に大雨災害の時間的、空間的、量的な変化について GIS による分析を行い、近年の特性を明らかにする。(2)津波災害については、山陰両県の海岸地域で津波堆積物を広域的に調査し、津波の到達範囲とその分布を高精度に把握し、津波による浸水域を見積もる。(3)土砂災害については、特に近年顕在化してきている集中豪雨・豪雪による突発土砂災害を対象に、その発生機構を解明する。また、将来光ファイバーセンシング技術を利用した道路・鉄道周辺斜面の変形モニタリングシステムを構築するため、直轄国道や鉄道沿線のファイバーの整備・利用状況を調査し、抽出された課題をもとに運用モデルを検討・提示する。(4)地形やインフラ整備の影響で災害時の避難経路が限られる中山間地域を対象として、安全な避難行動を実現するために必要な情報とその発信手法について検討する。</p>			
④ プロジェクトのメンバー及び役割			
氏名	所属(職)	本年度の役割分担	
(プロジェクトリーダー) Wang Fawu 汪 発武 Tasaka Ikuo 田坂郁夫 Sakai Tetsuya 酒井哲弥 Irizuki Toshiaki 入月俊明 Ishiga Hiroaki 石賀裕明 Ishii Masayuki 石井将幸 Hayashi Hiroki 林 広樹 Maruta Makoto 丸田 誠 Matsumoto Ichiro 松本一郎 Masumoto Kiyoshi 増本 清 Shibi Toshihide 志比 利秀 Kogure Tetsuya 小暮哲也 Sato Hirokazu 佐藤裕和 Wu Ying-Hsin 吳 映昕 Yokota Shuichiro 横田 修一郎 Sawada Yoshihiro 澤田順弘	総合理工学部 地球資源環境学科・教授 法文学部 社会文化学科・教授 総合理工学部 地球資源環境学科・准教授 総合理工学部 地球資源環境学科・教授 総合理工学部 地球資源環境学科・教授 生物資源科学部 地域環境科学科・准教授 総合理工学部 地球資源環境学科・准教授 総合理工学部 建築・生産設計工学科・教授 教育学部 初等教育開発講座・教授 総合理工学部 地球資源環境学科・准教授 総合理工学部 地球資源環境学科・助教 総合理工学部 地球資源環境学科・助教 生物資源科学部 地域環境科学科・助教 戦略的研究推進センター・助教 島根大学名誉教授 島根大学名誉教授	総括、土砂災害発生・運動機構、予測法の開発 気象災害の空間的・時間的分布の解明 津波堆積物分布調査、津波による浸水範囲の見積 津波堆積物調査・同定 土砂災害の地質的素因解析 中山間地域における災害の発生形態と減災手法の研究 地震と津波の関係解明、地震による斜面崩壊予測 地盤液状化、構造物強靱化対策 防災意識の啓発、住民自主避難教育 洪水災害の空間的分布特徴解析、斜面地下水浸透解析 斜面安定解析 光ファイバーを利用した道路・鉄道周辺斜面変形モニタリングシステムの調査 超過洪水を前提とした治水のあり方に関する研究 土砂災害の影響範囲予測 土砂災害の地形・地質学的解析 津波堆積物の起源判定	

⑤ (1) 本年度の研究計画目標の達成状況及び自己評価

本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。また、その達成目標の項目ごとにその達成状況を記入し、以下の基準に従って自己評価して下さい。

- A : 目標以上に成果をあげた。
 - B : ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている。
 - C : 計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である。
 - D : 年度末までに目標達成は不可能である。
- ※自己評価が B 以外の場合には、その原因についても記載して下さい。
 ※2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価を空欄にして下さい。

計画と達成目標	達成状況と自己評価
<p>① 気象・洪水災害に対する強靱化対策</p> <p>気象災害の時間・空間特性の分析を進めるとともに、島根県のデータベースに新しい災害データを追加する。</p>	<p>(自己評価)(B)</p> <p>気象災害：山陰地域の気象災害データベースを用い、島根県の気象災害に関する分析を行った。データベースの更新作業は継続的に進めている。 洪水災害：水深以外のマルチな指標（流速、流体力、危険水位到達時間）を用いた新しい洪水ハザードマップについて、三刀屋川あるいは斐伊川の氾濫を想定し、三刀屋市街地を対象とした検討を行った。これにより、水深以外の氾濫外力で危険となる箇所を示す氾濫シナリオも見られた。能動的な水害の回避に資する重要な知見を得た一方で、十分なシナリオを検証できていない点が不十分であった。</p>
<p>② 地震・津波災害に対する強靱化対策</p> <p>鳥取県北栄町、気高町日光地区、島根県海士町、大田市、江津市で津波堆積物調査を実施し、津波災害の履歴を解明する。島根県を中心とした各市町村の建物の耐震化率の詳細調査を実施する。出雲市大社町の「震災の帯」について追加調査を行い、災害リスクの評価を行う。</p>	<p>(自己評価)(A)</p> <p>隠岐島後重栖湾でのコア分析の結果、幾つかの津波によるイベントの可能性がある層準が確認された。隠岐島前の諏訪湾奥埋め立て地からの複数のボーリングコアの分析の結果、津波イベントの可能性のある層(550年前頃)が発見された。 大社町修理免で実施した微動チェーンアレイ探査の結果を解析し、表層地盤の強度分布を明らかにした。解析結果をもとに液状化危険度の評価を行った。</p>
<p>③ 土砂災害に対する強靱化対策</p> <p>島根県で発生した斜面災害のデータベースを充実させるとともに、降雨による斜面崩壊の発生機構を実験的に解明する。また、山陰道建設予定地における斜面変形モニタリングに向け、具体的な研究対象地を選定する。また、現場で使用する光ファイバーを選定し、その光ファイバーを用いた予備実験として室内におけるひずみ測定を行う。(現場試験については、科研費を用いて来年度から実施)</p>	<p>(自己評価)(A)</p> <p>島根県最近8年間の斜面災害データベースを完成し、斜面災害と降雨、地質条件などの関係を解明している。また、山陰道、県道などで発生した斜面災害を調査し、その対策案を提案している。光ファイバーセンシングの防災分野への適用研究で科研費(若手A)を獲得した。現場試験を行うため国交省松江国道事務所と連携し、来年度からの試験候補地を山陰道建設現場内の2カ所に絞り込んだ。現在、現場試験に適した光ファイバーを選定し、校正係数等を取得中である。</p>
<p>④ 中山間地の減災手法</p> <p>GIS等の手法を用いて、住宅や避難所と道路との標高差による影響を考慮した洪水ハザードマップの試作を行い、避難行動を開始すべきタイミングに関する知見を得る。</p>	<p>(自己評価)(B)</p> <p>豪雨時に安全な避難を実現するために不可欠な想定浸水深は、洪水予報河川が周囲にない中山間地域の多くで入手できないことが判明した。その代替として、土砂災害ハザードマップと標高を重ねた地図を作り、避難時に標高の低いところに入り込むことを防ぐことができるような地図を作成した。</p>
<p>(2) プロジェクト全体の自己評価 (プロジェクト全体としての達成目標から、今年度の研究成果がこれまでの経過・成果にもとづいてどの段階にあるのかを明示して下さい。また、各グループ間での連携状況についても記入してください。)</p> <p>●プロジェクト全体評価(自己評価) プロジェクト全体としての達成目標に対する今年度の研究成果の達成状況について (自己評価)(A) 山陰地方強靱化のための自然災害に関する研究を沿岸部の地震・津波、内陸部での斜面災害と洪水災害に注目し、気象学、地震学、斜面災害学、水文学の分野で統合的に研究し、予定の目標を達成できた。</p>	

●各グループ間またはメンバーとの連携状況

本研究プロジェクトのメンバーは自然災害軽減プロジェクトセンターのメンバーを兼ねていて、様々な場面で連携できている。特に、気象関係と斜面災害・洪水災害関係、地震関係と津波災害関係間の連携は本プロジェクトによってさらに強化できた。

⑥ 公表論文、学会発表など（当該研究に関連した本年度の公表論文、学会発表、特許申請の件数を一覧表に記入して下さい。発明等に関しては、差し支えない範囲で記載して下さい。）

論文掲載（総件数）	10
学会発表（総件数）	11
特許出願（総件数）	0

【内訳】

●論文（年度末までに発行される学術雑誌等（紀要も含む）に掲載が確定しているものも含め、代表的なものを10件程度選んで記入してください。）

Wang FW, Wu YH, Yang HF, Tanida Y, Kamei A (2015) Preliminary investigation of the 20 August 2014 debris flows triggered by a concentrated downpour of heavy rainfall in Hiroshima City, Japan. *Geoenvironmental Disasters* 2(17), 1-16.

Yang HF, Wang FW, Vilímek V, Araiba K, Asano S (2015) Investigation of rainfall-induced shallow landslides on the northeastern rim of Aso caldera, Japan, in July 2012. *Geoenvironmental Disasters* 2(20), 1-14.

Yang HF, Wang FW, Miyajima M (2015) Investigation of shallow landslides triggered by heavy rainfall during typhoon Wipha (2013), Izu Oshima Island, Japan. *Geoenvironmental Disasters* 2(15), 1-10.

Tang H, Crosta GB, Wang F (2015) Preface to Special Issue on “Advances in engineering geology for landslides and slope stability problems: Part II”. *Engineering Geology*, 186, 1-2

Irizuki T, Ito H, Sako M, Yoshioka K, Kawano S, Nomura R, Tanaka Y (2015) Anthropogenic impacts on meiobenthic Ostracoda (Crustacea) in the moderately polluted Kasado Bay, Seto Inland Sea, Japan, over the past 70 years. *Marine Pollution Bulletin*, 91(1), 149-159.

Tsubamoto T, Kunimatsu Y, Nakaya H, Sakai T, Saneyoshi M, Mbua E, Nakatsukasa M (2015) New specimens of a primitive hippopotamus, *Kenyapotamus coryndoni*, from the Upper Miocene Nakali Formation, Kenya. *Journal of Geological Society* 121(4), 153-159.

Sakai T, Gajurel AP, Tabata H (2015) Seismites in the Pleistocene succession and recurrence period of large earthquakes in the Kathmandu Valley, Nepal. *Geoenvironmental Disasters*, 2(25), 1-17.

小暮哲也・堀内侑樹・木山 保・西澤 修・薛 自求・松岡俊文(2015) 分布式光ファイバーセンサーによる静水圧環境下におけるひずみ測定. *物理探査* 68, 23-38.

塚本峻一・小暮哲也 (2016) アスファルト舗装道路の変形に与える岩石の種類、地質構造および斜面傾斜角の影響. *島根大学地球資源環境学研究報告* 34 (印刷中).

田坂郁夫 (2016) 山陰地域の気象災害データベースと島根県に関する2, 3の分析. *社会文化論集(島根大学法文学部紀要)*, 第12号(印刷中).

●学会発表（代表的なものを数件記入して下さい。）

主な学会発表

1. 汪 発武 (2015) 平成25年島根・山口激甚災害調査. 公益社団法人日本地すべり学会関西支部現地討論会「激甚災害対応の教訓と課題 —平成25年7月島根・山口の災害事例—」, 津和野町, 2015年10月
2. Wang FW (2015) The effect of landslide and geological structure on the building damages caused by the 2015.4.25 Mw7.8 Gorkha earthquake, Nepal, and the Kaligandaki landslide dam. GSA2015, 1-4 November 2015, Baltimore, USA
3. Wang FW (2015) Invited speak: The effect of local topographic and geological structure on the house and building damages caused by the 2015.4.25 Mw7.8, Gorkha earthquake, Nepal. The 13th Int'l Symposium on Geo-disaster Reduction, 9-12 August 2015, Prague, Czech Republic.
4. Yang HF, Wang FW (2015) Initiation mechanism of heavy rainfall-induced shallow landslides on steep

- slopes with impermeable bedrock. 日本地すべり学会第 54 回研究発表会, 山形, 2015 年 8 月
5. Okeke AC, Wang FW (2015) Experimental study on seepage-induced failure of landslide dams. 日本地すべり学会第 54 回研究発表会, 山形, 2015 年 8 月
 6. Pham TC, Wang FW, Shibi T, Kuwada Y (2015) Evaluating the effect of heavy rainfall on groundwater level change and stability of the Sorayama landslide, Shimane prefecture, Japan. 日本地すべり学会第 54 回研究発表会, 山形, 2015 年 8 月
 7. 谷田佑太・汪 発武 (2015) 集中豪雨による斜面表層崩壊・土石流発生メカニズムの解明. 日本地すべり学会第 54 回研究発表会, 山形, 2015 年 8 月
 8. Kogure T, Tanaka K, Naka Y, Tsukamoto R (2015) Mitigating effects of successive small-scale collapses of coastal cliffs due to crystallization of calcite on large-scale collapses in Isotake coast, Shimane, Japan. The 13th Int'l Symposium on Geo-disaster Reduction, 9-12 August 2015, Prague, Czech Republic
 9. 林 広樹・桑田庸平・汪 発武(2015) 島根県出雲市大社町修理免における微動チェーンアレイ探査. 地学団体研究会第 69 回総会(新潟県糸魚川市, 2015 年 8 月 22 日)
 10. 梅田隆之介・入月俊明・横地由美・河野重範・藤原勇樹・野村律夫・瀬戸浩二 (2016) 隠岐島後重栖湾の最近の環境変化. 汽水域研究会第 4 回例会(松江市, 2016 年 1 月 10 日)
 11. Irizuki T, Kawano S, Matsumoto S, Yokoji Y, Yasui E, Nomura R, Tsujimoto A (2015) Temporal changes in coastal environments and meiobenthos with respect to artificial and/or natural environmental modification in the Oki Islands Global Geopark in southwestern Japan during the past few hundred years. the XIX INQUA Congress(名古屋, 2015 年 8 月 1 日)

●特許出願
なし

⑦ 外部資金獲得状況 (当該プロジェクトに関連した外部資金について一覧の各項目に総件数, 金額を記入して下さい。)

■外部資金獲得状況一覧		件数	金額(千円)
(1) 科研費 (配分額は間接経費を含む)		2	配分額 25,870
(2) 科研費以外の外部資金	受託研究	0	0
	共同研究	1	1,500
	寄附金・助成金	1	190
	合計	4	27,560

【一覧内訳】

(1) 科研費(科目ごとに, テーマ, 研究者, 金額をそれぞれ列挙してください。)

基盤(A)「パイピング現象による土砂ダム決壊前兆現象の抽出及び決壊予測法の開発」(研究代表者: 汪 発武) 総額: 37440 千円。2015 年度: 4810 千円 (直接経費: 3700 千円, 間接経費: 1110 千円)

若手(A)「分布式光ファイバー一体型アンカーによる斜面崩壊予測手法の開発」(研究代表者: 小暮哲也) 総額: 23660 千円。2015 年度: 21060 千円 (直接経費: 16200 千円, 間接経費: 4860 千円)

(2) その他外部資金(一覧の項目別に, テーマ, 研究者, 金額を列挙してください。)

共同研究(H27 年度) 「海底地すべりがパイプラインの地盤拘束力に与える影響の実験的評価」(汪 発武) 1,500 千円

寄付金 (H27 年度) 「自然災害軽減するための研究」(汪 発武) 190 千円

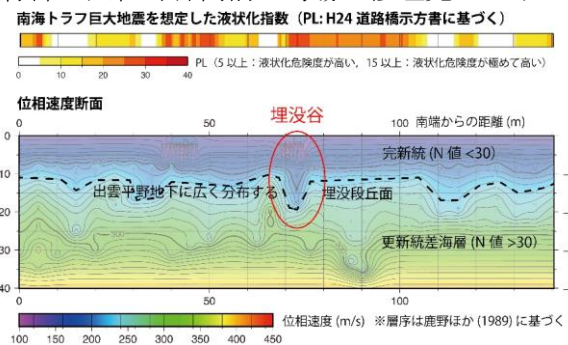
⑧ その他特筆すべき成果 (受賞, シンポジウムの開催, 産学連携・地域連携に関する各種見本市, 展示会への出展等も含む。)

- 1) 汪 発武が論文「Key factors influencing the mechanism of rapid and long runout landslides triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, China」で国際学術誌「Geoenvironmental Disaster」2014 年度最優秀論文賞を受賞した。
- 2) 一般社団法人日本地すべり学会関西支部と合同して、「激甚災害対応の教訓と課題 —平成 25 年 7 月 島根・山口の災害事例—」をテーマとする現地討論会を津和野町で開催した。島根県、津和野町の防災担当者、災害復旧に携わった技術者が集まり、山間部の土砂災害問題への取組みについて議論した(汪)。
- 3) 国土交通省中国整備局の防災ドクターとして(汪・小暮)、山陰道や松江道の建設中に発生した地すべりの原因究明や対策工法の検討にアドバイスしている(汪・酒井・小暮)。
- 4) 島根県庁森林整備課の依頼を受けて、平成 25 年 8 月豪雨による江津市高野山周辺の出水に関し、現地調査と資料の精査、また地元住民向けの説明会を行った。具体的な内容は:a) 高野山で行われた風力発電施設の設備と、当該豪雨による出水量や土砂災害との因果関係に関する調査と分析; b) 当該豪雨による土砂災害の復旧工事と再発防止策の評価; c) 保安林解除を行うために整備した施設の設計検証(石井)。
- 5) 汽水域研究会第 4 回例会で「隠岐島後重栖湾の最近の環境変化」の筆頭講演者の梅田龍之介が汽水域研究センター長を受賞した(入月)。
- 6) 道路防災ドクター(汪, 小暮), 山陰道地すべり対策検討委員会(汪, 酒井, 小暮)
- 7) 大田市地球温暖化対策地域協議会が主催した「地球温暖化と自然災害に強い地元づくりシンポジウム in おおだ」に話題提供者兼パネリストとして参加した(石井)。
- 8) 文科省プロジェクト「日本海地震・津波防災プロジェクト」の山陰地域の調査を担当した(酒井・入月)。
- 9) 中国地方建設技術開発交流会における基調講演で、山陰の津波堆積物調査の成果を紹介した(酒井)。
- 10) COC+「しまね大交流会」に出展した。

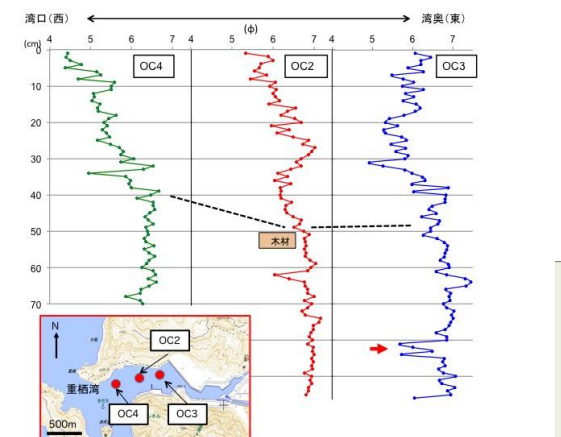
⑨ 本年度の主要な研究成果 (図, 表, ポンチ絵などを多用して, 2ページ以内にわかりやすくまとめてください。)

本研究プロジェクトにおいて、**地震災害・津波災害関係**、**気象・洪水災害関係**、**斜面災害関係**で取得した主な研究成果の概要を示す。

地震災害関係：1946 年昭和南海地震 (Mj8.0) では、島根県内の死者 9 名中 8 名、負傷者 16 名中 12 名が、出雲市大社町に集中する。特に出雲平野北縁部の大社町神門前～馬場～修理免にかけての地域では、「地震道」あるいは異常震動帯と呼ばれている。大社町における異常震動帯の地盤構造を解明するため、林他が 5 回の微動チェーンレー探査を実施した。解析の結果、測線の地下約 10m に埋没段丘面が認められた。得られた位相速度分布から経験式により N 値分布を求め、それにより道路橋示方書・同解説 (公益社団法人日本道路協会, 平成 24 年) の定める手順でレベル 2・タイプ I 地震動 (プレート境界型) における液状化指数 (PL) を計算すると、測線中央部で極めて高い液状化危険度が想定された。結果の一部を右図に示す。



津波調査関係：入月が昨年度に引き続き、隠岐島後の北西部に位置する重栖湾において、押し込み式コーラーを用いて採取された 3 本のコア試料の粒度分析, CHNS 分析, 年代測定, 及び微小甲殻類の貝形虫分析を行った。右図はこれらの分析結果のうち、粒度分析結果に基づく、中央粒径 (ϕ) の垂直変化を示す。コア OC3 の深度約 80-85 cm の層準 (右図の赤矢印) では、ここだけ貝形虫密度が異常に高く、外洋・沿岸・内湾泥底・藻場など様々な環境に生息する種が混在し、外洋からの強い流れにより形成された可能性が示唆された。今後も年代測定や詳しい分析を引き続き行い、イベントの形成要因を明確にする予定である。



古地震について：江戸時代の松江の豪商の使用人であった新屋太助によって記された『大保恵日記』は文政 9 年 (1826 年) か



ら嘉永7年（安政元年）（1854年）にかけて起こった出来事を自分の体験や伝聞として克明に記している。この日記の中には日々の天候、気象とともに自然現象や地震などについても書かれており、澤田がこの日記を解説した。

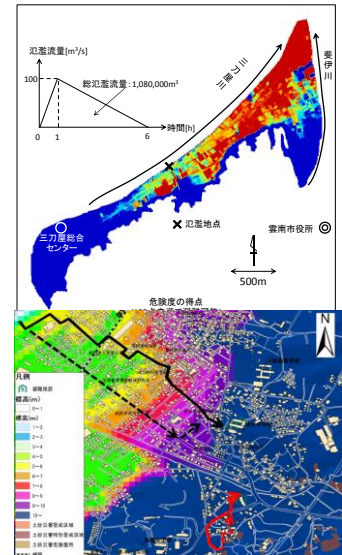
気象・洪水災害関係：

田坂が山陰地域の気象災害データベースをもとに島根県の災害の特徴を分析した。全災害件数で見ると、大雨害が全体の約40%を占め、風水害、強風害、風浪害が各々10数%の発生率となっている。これを人的被害をもたらした災害に限ると、風水害や風浪害の割合が増加し、大雨害と並んで注意を要する災害と言える。一方、建物被害をもたらした災害では、大雨害、風水害を合わせて70%を超える他、大火、高潮害によっても建物被害の発生しやすいことが明らかとなった。

現行の洪水ハザードマップの作成指針は、氾濫水深のみに基づいたものである。しかしながら、現実

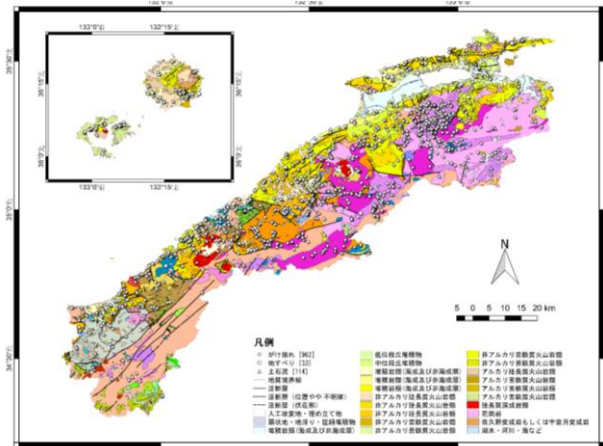
の洪水氾濫発生時には、「流れ」に伴う氾濫外力にも対応していなければならない点において、この指針は必ずしも十分とはいえない。そこで、佐藤が水深以外のマルチな指標（流速、流体力、危険水位到達時間）を用いた新しい洪水ハザードマップについて、山陰地方の中堅都市のひとつである島根県雲南市の三刀屋市街地を対象に、三刀屋川あるいは斐伊川の氾濫を想定し、ここで提案する洪水ハザードマップの検討を行った。氾濫シナリオによっては、水深を指標とした場合には安全であっても、それ以外で危険となる氾濫外力を示すシナリオが見られた。結果の一部のみを右図に示す。

そして、豪雨時には土砂災害に加えて洪水災害が起こるため、洪水を避けながらの避難が必要な状況が生じ得る。安全な避難を実現するためには、土砂災害が生じる場所と想定浸水深を併記したハザードマップが必要であるが、中山間地域の多くでは近隣に洪水予報河川が存在しないため、想定浸水深の算出と公表が行われていない。そこで浸水深の代替情報として地面の標高を用いることとし、石井が土砂災害ハザードマップに重ねた地図を作成した。これにより、標高の低いところを避けながらの避難経路を地図から読み取ることができ、避難中の危険を軽減することが可能となった（右図）。



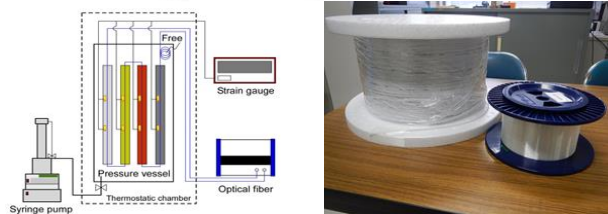
斜面災害関係：

汪・呉が島根県における8年間の斜面災害データベースを完成し、地形、地質、降雨量との関係を検討している（右図）。また、降雨による表層崩壊の発生予測に関する実験研究を行い、降雨による斜面への浸透過程を解明しつつある。どの試料・深さの場合でも飽和にはある一定のピークが存在し、そのピークを越えると一気に飽和が加速することが示唆された。このピークに注目し、ピークから崩壊までの時間関係を示す peak-failure グラフを作成し、飽和と崩壊の関係を関数化することが出来た。この結果を用いることで表層崩壊の発



生時間予測が可能になると期待される。

小暮が光ファイバーの現場試験に向けた準備を順調に進めている。下図は、現在光ファイバーの校正係数を取得するために構築中の計測システムである。主に負荷系（Syringe pump, Pressure vessel）と測定系（Optical fiber, Strain gauge）からなる。装置を構成する計測機器等は既に導入され、計測システムとして稼働させるために最終調整中である。写真は現場試験用（左）および室内試験用（右）に選定した光ファイバーである。現場試験用ケーブルの中には、室内試験用ファイバーと同種のファイバーがインストールされている。したがって、室内試験で得られた結果は、現場試験で得られたデータの解釈に利用できるため、室内試験を適切に行うことがきわめて重要である。



⑩研究終了後の展開（科研費などへの申請等）図などでわかりやすく示してください。

1) 本研究実施中、以下のポンチ絵で示すような特別経費（プロジェクト分）を申請している。



2) 研究終了後、自然災害科学分野で斜面災害関係、津波関係で科研費の申請を実施する予定である。