

地球規模課題対応国際科学技術協力

防災研究分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」領域

クロアチア土砂・洪水災害軽減基本計画

(相手国:クロアチア)

終了報告書

期間 平成21年4月～平成26年3月

代表者: 丸井 英明

新潟大学 災害・復興科学研究所 所長

目 次

§ 1 プロジェクト実施の概要p.3
§ 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)p.4
§ 3 プロジェクト実施体制p.10
§ 4 プロジェクト実施内容及び成果p.14
§ 5 成果発表等p.54
§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動p.70
§ 7 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓などp.72
§ 8 結びp.73

§ 1 プロジェクト実施の概要

本国際共同研究は、クロアチアの開発地域・社会的価値の高い地域を対象として、土砂・洪水災害を軽減するための土地利用基本計画ガイドラインを策定し、同国の発展の鍵となる持続可能な国土開発に貢献することを目的としている。クロアチアは、アドリア海に面した断層・褶曲帯にあり、複雑な地形・地質構造を有し、地震も多い。特に石灰岩、砂岩・頁岩互層(フリッシュ)、泥灰岩(マール)地域で、土砂災害・局所的洪水災害(フラッシュ・フラッド)が多発している。防災分野で世界をリードする日本の科学技術を伝達し、日本とクロアチア両国の研究者が総合的・学際的研究を実施することにより、現地の地盤構造・水文特性の科学的解明に立脚した、信頼し得る危険度評価法を確立することができ、それに基づく土砂・洪水災害軽減のための土地利用基本計画ガイドラインを策定し得る。

2009年3月27日にR/Dが締結され、本共同研究を推進する体制が構築できた。一連の現地調査の結果に基づき、今後平成22年度以降具体的な研究を推進する準備は整った。しかしながら、R/Dが締結されたにもかかわらず、クロアチア政府と日本政府間の口上書の取り交わし手続きの解決に1年を要し、2009年度中にはJSTと研究機関との間で正式契約に至らなかった。最終的に外務省がクロアチア政府との特権免除等に関する口上書を交換したのは2010年3月9日であった。但し、2009年度中にも研究の推進のために必要な諸作業は実施し、正式契約後の速やかな研究の推進に備えた。

2010年5月20日から25日までの間、ザグレブに最初の専門家派遣を実施した。5月24日にはクロアチア科学教育省においてクロアチア側からフックス科学教育大臣、日本側から田村大使の列席のもとに、当プロジェクトのLaunching Ceremonyが開催され、公式に事業が進行する運びとなった。また、21日にはこれまでの進捗状況を確認し、今後の計画に関し両国研究者間で認識を共有するためのワークショップを実施した。22日にはザグレブ市後背山地の調査対象地すべり地域の調査を実施した。23日並びに24日午後には、地すべり観測システムの計画・設計に関する打合せを実施した。その結果、2010年度の研究計画並びに調査計画の概要について両国研究者間で合意を得た。

さらに、7月、9月、11月に専門家派遣を実施し、対象地域における調査・解析作業を推進した。また、11月22日から24日にかけてドブロブニクにおいて、本共同研究の内容を紹介する第1回の国際ワークショップを開催した。猶、9月の時点で現地観測に必要な観測機材の現地調達に関連し、VAT(物品税)の免除措置を巡ってクロアチア政府との間で解決困難な問題が生じ、機材の調達が大幅に遅延した。2011年1月にはVAT問題の早期解決のために、研究代表者がJICA本部担当者と共にクロアチア側担当官庁である科学教育省との協議に当たったが、猶、本件は2011年3月末の時点でも解決を見ることができなかった。一方、3月に専門家派遣を実施し、リエカ地域を中心地として、既に本邦調達で搬送した観測機材の設置作業を進めた。また、本研究成果の社会実装を推進するために、リエカ市並びに当該郡の防災担当者の参画を得て、プロジェクト内容に関する説明会を実施した。

2011年度は、8月を除いて毎月、総計述べ41人の専門家派遣を実施し、対象地域における調査・解析作業並びに観測機器の設置作業に従事した。その結果、土砂災害研究グループ(WG1)に関しては、リエカ地域のグロホボ地すべり地における地すべり移動総合モニタリング・システムの設置を完了した。また、洪水災害研究グループに関してもリエカ地域並びにスプリット地域における洪水観測システムの設置を完了した。また、12月15日から17日に掛けてリエカにおいて、本共同研究で得られた成果を報告する第2回の国際ワークショップを開催した。

2012年度においても、5月、6月、7月9月、11月さらに2013年3月に専門家派遣を実施し、対象地域における調査・解析作業を推進した。土砂災害研究グループ(WG1)に関しては、ザグレブ地域のコスタニェク地すべり地におけるGPSを主体とした地すべり移動モニタリング・システムの設置を完了した。さらに、同地すべり地のボーリング孔内及び地表付近数カ所に地震動を観測する加速度計を設置した。また、洪水災害研究グループに関しても、懸案であったレーダー雨量観測装置をリエカ大学土木工学部屋上に設置した。

2012年7月には本共同研究に対するJICAの中間評価が実施され、両国において今後の研究

を加速するために合同調整委員会がザグレブ市において開催された。一方で、10月にはJSTの中間評価ヒアリングが開催され、本共同研究の学術的な内容に関する中間評価が実施された。さらに、2013年3月7日、8日にはザグレブ市において周辺諸国の専門家の参加を得て、本共同研究のこれまでに得られた成果を確認する第3回の国際ワークショップを実施した。

2013年4月には、ザグレブ地域のコスタニェク地すべり地に設置した伸縮計並びにGPSにおいて急激な移動量の増加が観測されたため、緊急対応のための専門家派遣を実施し、ザグレブ市危機管理局と協議の場を設定し、所要の対応策に関し提言を行った。さらに、7月にも専門家派遣を実施し、各対象地域に設置した地すべり観測システム並びに洪水観測システムの作動状況を確認すると共に、計測値の解析を実施した。また、2013年度は本共同研究プロジェクトの最終年度に当たるため、9月両国のコア研究者がリエカに集合し、最終成果品並びに最終報告書の取り纏め方針および手順に関し協議を実施した。

5カ年に亘る本共同研究の最終的な成果を確認するワークショップ並びに合同評価会議並びに合同調整委員会を2013年12月半ばにそれぞれスプリット市及びザグレブ市において開催した。上記合同調整会議では、本プロジェクトの最終年度上半期までに達成された研究成果を確認し、JICAによる最終評価が行われた。

猶、JSTによる最終評価は3月10日の東京においてなされる予定である。JSTの最終評価に先立ち、両国研究者グループ間の協議に基づき、日本側研究者グループよりJSTに対して提出する報告書類とは別に、クロアチア側でも各WGによる総括報告書の作成を依頼した。2014年2月19日から23日に掛けて、ザグレブ大学鉱山学部及びリエカ大学土木工学部を訪問し、各WGによる総括報告書の内容に関し協議を行い、所要の加筆修正を行うこととした。

また、本プロジェクトのフォローの可能性に関し、特に代表的地すべり地であるコスタニェク地すべりの総合モニタリング・システムの将来における維持管理並びに減災(リスクマネジメント)への活用を担保するために、ザグレブ大学鉱山学部とザグレブ市機器管理局と日本側専門家との間で協議を行った。同学部と機器管理局の間で協定を締結し、将来的に本プロジェクトのフォローが為される予定である。

猶、リエカ市近郊の観測システム設置域であるグロホボ地すべりに直上流の貯水池右岸側で2月6日に新規に地すべりが発生し、13日には10m程度に滑落が生じている。そのため、地元自治体、道路管理局、電力会社など関係者は今後の推移に強い関心を寄せており、本プロジェクトのクロアチア側研究者が危機管理あるいは対策に関する助言を行っていることを付言する。

2014年3月12日にはクロアチア国科学技術省において最終成果報告会を開催する予定である。さらに、同14日にはコスタニェク地すべり地において本プロジェクトで設置した総合モニタリング・システムをザグレブ市関係者、地元住民、マスメディアに対して紹介する公式説明会を開催する予定である。

§ 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

(1) 当初のプロジェクト構想

本国際共同研究の上位目標は以下の通りである。

本国際共同研究は、クロアチアの開発地域・社会的価値の高い地域を対象として、土砂・洪水災害を軽減するための土地利用基本計画ガイドラインを策定し、同国の発展の鍵となる持続可能な国土開発に貢献することを目的としている。クロアチアは、アドリア海に面した断層・褶曲地帯にあり、複雑な地形・地質構造を有し、地震も多い。特に石灰岩、砂岩・頁岩互層(フリッシュ)、泥灰岩(マール)地域で、土砂災害・局所的洪水災害(フラッシュ・フラッド)が多発している。防災分野で世界をリードする日本の科学技術を伝達し、日本とクロアチア両国の研究者が総合的・学際的研究を実施することにより、現地の地盤構造・水文特性の科学的解明に立脚した、信頼し得る危険度評価法を確立することができ、それに基づく土砂・洪水災害軽減のための土地利用基本計画ガイドラインを策定し得る。

具体的には、以下の三項目の目的を有する。

- (1) 地球規模での土砂・洪水災害軽減を目指す土地利用計画策定のための研究開発を目標としているが、土砂・洪水災害共にその発生メカニズムは国や地域によって必ずしも同一ではない。クロアチアの自然条件に基づく地すべり・斜面崩壊・土石流、洪水の発生メカニズムを解明し、クロアチアの社会条件をも勘案してこれらの異常自然現象 (Hazard) が災害 (Disaster) を引き起こすメカニズムを解明する。さらに、それを基礎として開発地域や社会的価値の高い地域を対象として災害危険度を評価する技術を開発する。
- (2) この危険度評価結果に基づいて、災害を最小限に抑制するための土地利用基本計画案を策定する。さらに策定した基本計画案を試験地域において運用し、その適用性、問題点等を検討し改良を加えた上で、クロアチアの土砂災害・洪水災害の軽減のために実際に有効に適用し得る土地利用基本計画ガイドラインを策定する。
- (3) クロアチアにおいて実用性が確認された段階で、他のバルカン諸国やそれ以外の断層・褶曲帯の発達した類似の地域への適用性を有する、日本-クロアチア共同開発のマスタープラン (モデル基本計画として)、国際斜面災害研究機構 (ICL) 加盟機関、後援の国連 8 機関を通じて世界各国に供与する。

上記の上位目標の下に具体的な成果目標を以下の様に設定する。

本共同研究では、担当各機関の研究者が連携し、総括合同研究グループ、土砂災害研究グループ、洪水災害研究グループを構成し、共同研究体制を構築し、以下の成果を得ることを目標とする。

総括合同研究グループ

- (1) クロアチアにおける開発地域、人口密集地、重要な公共機関、文化遺産、歴史的建造物のある地域など、社会的価値の高い地域に絞って、地震・豪雨時の土砂災害および洪水災害に関する統合ハザードマップを作成する。
- (2) 上記の統合ハザードマップ作成作業の一部として、本研究の成果として作成した精度の高い土砂災害・洪水災害統合ハザードマップを世界標準の GIS ソフトを用いてデジタル化し、クロアチア側行政機関に提供し、使用説明と実習を行う。
- (3) モデル地域における試験的運用と問題点の改良を経て、土砂災害・洪水災害を最小限に抑えるための土地利用基本計画策定ガイドラインを編集する。したがって、本研究終了後直ちにクロアチアの他の地域に対する運用が可能となる。
- (4) 2011 年にローマの国連食糧農業機関 (FAO) で開始を予定している第 2 回斜面防災世界フォーラムにおいて、当研究プロジェクトの各研究グループの成果を発表する。さらに、共同研究の成果を広く世界に発信するために、2012 年に「地すべりダイナミクスと危険度判定」に関する書籍を発行する。
- (5) 総括合同報告書の作成: 最終年度に全体研究成果を取り纏めた総括合同報告書を作成する。また、本共同研究の成果を広く公表するために、クロアチアにおいて日本-クロアチア合同で総括シンポジウムを開催する。本共同研究は、2005 年に神戸で開催された国連防災世界会議で採択された兵庫行動枠組み 2005-2015「災害に強い国・コミュニティの構築」の一環をなすものであり、また、これを受けて国際斜面災害研究機構 (ICL) が、国連防災戦略事務局、ユネスコ他と共催した東京円卓会議で採択された 2006 東京行動計画「地すべりと関連地球システム災害の地球規模での危険度軽減のための研究と学習の強化」に沿った内容である。そこで、最終年度の総括シンポジウムは、日本-クロアチア両国の政府・研究機関の他に国連防災戦略事務局長、ユネスコ事務局長、さらに世界気象機関、国連食糧農業機関等にリーダーを招聘し、ハイレベルパネル討論を実施し、本研究計画終了後に本事業の成果が他のバルカン諸国並びにクロアチアと同様の山岳地域に位置する発展途上国にも適用可能な枠組みを構築する。

土砂災害研究グループ

- (1) 日本が開発した地すべり・土砂災害の危険度判定・災害予測のための手法である「地震・豪雨時に発生する地すべりのすべり面形成とその後の運動を室内で再現できる地震時地すべり再

- 現試験機」の発展途上国版として、実用的かつ比較的安価な試験機を開発する。
- (2) クロアチア国で土砂災害が多発する泥岩-頁岩互層(フリッシュ)地帯、泥灰岩(マール)地帯、石灰岩地帯の各々の地質帯に対する国土利用計画の基礎として用いることのできる数値に基づく土砂災害危険度判定技術を開発する。
 - (3) 日本で発展してきた地すべりダイナミクスの理論とそれに伴う実験技術の習得、および土砂災害危険地帯でのサンプル採取場所の判断技術を移転し、クロアチアの研究者が、土砂災害危険度判定を実施できるようになる。
 - (4) 人口密集地帯、城郭・修道院・歴史的建造物等の社会的価値の高い地域を脅かす大規模地すべりの危険性のある斜面を判定し、前兆現象の計測を開始する。研究期間内には地すべりは発生しない可能性が高いので、研究期間終了後は国際斜面災害研究機構(ICL)の共同プロジェクトとして監視が継続できる体制を構築する。
 - (5) 2011年-2012年度には、洪水災害研究グループおよび総括合同研究グループと共に、第2回斜面防災世界フォーラムにおいて研究発表を行う。次いで研究成果を取り纏め、「地すべりダイナミクスと危険度判定」に関する書籍を発行し、本共同研究の成果の地球規模での活用 に供する。

洪水災害研究グループ

- (1) 本研究における手法を適用可能な流域を選定し、洪水災害と土石流災害双方に有用な広域ハザードマップと、早期警戒システムの構築の具体化について手法を開発し提案を行う。
- (2) 一連の研究成果を、水文水資源学会国際ジャーナルである Hydrological Research Letters の Special Collection、あるいは John Wiley & Sons Ltd.の Hydrological Processes の Special Issue として発行する。(2011-2012)
- (3) 2012年度に開催予定の第6回世界水フォーラムにおいて研究発表を行う。次いで研究成果を取り纏め、水文学研究レターの「フラッシュフラッドのモデル化」特集号を編集出版する。

(2) 新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

本共同研究を推進する過程で、クロアチアにおける土砂災害・洪水災害の実態に即し、特に社会的な重要性が高いと考えられる項目に注力した。

総括合同研究グループ

- (1) クロアチアにおいて防災の必要性の高い地域は、やはり開発地域、人口密集地であることが判明した。一方、文化遺産、歴史的建造物のある地域等が直接的に土砂災害あるいは洪水災害の脅威を受けている場所は多くない。したがって、開発地域及び人口密集地域を対象とした、地震・豪雨時の土砂災害および洪水災害に関する統合ハザードマップを作成することに注力した。
- (2) 統合ハザードマップ作成作業の一環として、地すべり斜面の分布図並びに危険度評価結果をGISソフトによって整理し、災害軽減のための基礎的情報としてザグレブ市危機管理局等に提供した。
- (3) ザグレブ市危機管理局より提供された土地利用の現況に関する資料に基づき、統合ハザードマップ作成の最終段階にある。統合ハザードマップに基づき、土砂・洪水災害を最小限に押さえるための土地利用基本計画策定ガイドラインを本年度末までに編集する。
- (4) 2011年にローマの国連食糧農業機関(FAO)で開催された第2回斜面防災世界フォーラムにおいて、当研究プロジェクトの各研究グループの成果を発表した。
- (5) 人口密集地帯に隣接した社会的価値の高い地域を脅かす大規模地すべりである、ザグレブ市のコスタニェク地すべりにおいて、2013年3月中旬から4月中旬にかけて破壊的な大規模移動の前兆現象を計測した。ザグレブ市危機管理局と連携し直ちに緊急対応を実施した。その後地すべり移動は漸次鎮静化したが、早期警戒体制を構築することができた。
- (6) 本共同研究プロジェクトの終了に際し、本報告書とは別に詳細な全体研究成果を取り纏めた

総括合同報告書を作成する予定である。

- (7) 2013年12月12日から14日にかけてスプリットにおいて、総括ワークショップを開催した。将来における本共同研究の成果の周辺諸国への適用を視野に入れ、当該ワークショップにはアドリア海沿岸あるいはバルカン諸国からの専門家の参加が得られた。
- (8) 本共同研究の成果を、2013年11月中旬に京都で開催された際斜面災害研究機構(ICL)の会議においても、国連防災戦略事務局、ユネスコ等の機関の代表の出席の下に報告を行った。成果の周辺諸国あるいは同様の山岳地域に位置する発展途上国へも適用する足掛かりとした。

土砂災害研究グループ

- (1) 地すべり・土砂災害の危険度判定・災害予測のための手法である「地震・豪雨時に発生する地すべりのすべり面形成とその後の運動を室内で再現できる地震時地すべり再現試験機」の発展途上国版として、実用的かつ比較的安価な試験機を開発した。
- (2) クロアチア国で土砂災害が多発する泥岩-頁岩互層(フリッシュ)地帯、泥灰岩(マール)地帯、石灰岩地帯の各々の地質帯に対する国土利用計画の基礎として用いることのできる数値に基づく土砂災害危険度判定技術を開発した。
- (3) クロアチア若手研究者の日本での研修を通じて、地すべりダイナミクスの理論とそれに伴う実験技術の習得、および土砂災害危険地帯でのサンプル採取場所の判断技術を移転した。
- (4) 2011年度には、総括合同研究グループと共に、第2回斜面防災世界フォーラムにおいて研究成果を発表した。

洪水災害研究グループ

- (1) リエカ市近郊およびスプリット市近郊の数流域を選定し、洪水災害と土石流災害双方に有用な広域ハザードマップの作成と、早期警戒システムの構築の具体化について提案を行った。
- (2) 一連の研究成果を、水文水資源学会国際ジャーナルであるHydrological Research Lettersの特別号(Special Collection)として編集中である。クロアチア側研究メンバーである、Ozanic 教授、Bonacci 教授および Kistic 教授が Guest Editor とし加わっている。現在論文1本が受理され、近日中に発行予定。
- (3) 2012年度に開催された第6回世界水フォーラム UNEP セッションにおいて研究発表を行った。
- (4) グロホゴ地域の土石流解析に関して、京都大学で開発されたHydro-Debris2D/3Dおよび、英国の協力をえてリエカ大学で用いられたSPHにより土石流の発生と挙動の解析を実施した。
- (5) リエカ大学に X バンドレーダーシステムを設置し、地元設置された降雨観測システムとの比較検討を行うとともに、同レーダーシステムを用いてリエカ周辺地域の降雨情報の提供を開始した。
- (6) 山岳地域のフラッシュフラッド解析において、Hydro-debris2D を用いて地表水、地下水それぞれの動きの計算を行い、ザグレブ山岳地域およびリエカ市・レチナ川流域において極端豪雨シナリオにおける洪水の予想水深の計算を行った。但し、本計算結果を直接洪水ハザードマップの作成に適用することは適切でないため、ハザードマップの作成に際しては別途所要の洪水解析を実施した。

(3) 活動実施スケジュール(実績)

	項 目	H20 年度 (4ヶ月)	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年 度	H25 年度 (12ヶ月)
1. 土砂災害危険度評価技術の開発、危険地域予測、早期警戒システム構築 (土砂災害研究グループ)(佐々、福岡、土屋、永井)							
(1)	低コスト非排水リングせん断試験機の開発		←	→			
(2)	リングせん断試験機を用いた土質試験の実施		←	→	→	→	
(3)	モデル地域における現地調査並びにモニタリング		←	→	→	→	→
(4)	地すべりダイナミクスに基づく危険度評価法の開発及びそのモデル地域への適用		←	→	→	→	→
(5)	地すべり危険地域予測方法の開発及びそのモデル地域への適用			←	→	→	→
(6)	地すべり早期警戒システムの開発及びそのモデル地域への適用		←	→	→	→	→
2. 山地型洪水・土石流シミュレーション手法の開発、早期警戒システムの構築 (洪水災害研究グループ)(山敷、佐山)							
(1)	既存水文気象データの収集及びモデル地域における洪水流出解析		←	→	→	→	→
(2)	降雨計測装置の設置及び降雨データの収集			←	→	→	→
(3)	山地型洪水(フラッシュフラッド)・土石流シミュレーション手法の開発			←	→	→	→
(4)	山地型洪水(フラッシュフラッド)・土石流早期警戒システムの開発及びそのモデル地域への適用			←	→	→	→
3. 土砂・洪水災害統合ハザードマップの開発及び土地利用基本計画ガイドラインの策定 (総括合同研究グループ)(丸井、渡部、ヘラート、八木、宮城)							
(1)	画像判読に基づく対象地域及びモデル地域に関する数値地形図の整備		←	→	→	→	→
(2)	階層構造分析法(AHP)を用いた広域地すべり危険度評価法の開発及びその対象地域への適用 [WG1よりWG3に変更/WG1より削除]		←	→	→	→	→

§3 プロジェクト実施体制

(1)「土砂災害研究」グループ

①研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職	参加期間
○	佐々 恭二	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	学術代表	2008.10～2014.3
	福岡 浩	京都大学	准教授	2008.10～2014.3
	土屋 智	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究者	2009.2～2014.3
	永井 修	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究者	2009.4～2014.3
	賀 斌	京都大学	特定准教授	2010.10～2014.3
	Srikantha Herath	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究者	2008.10～2014.3
	宮城豊彦	東北学院大学大学院人間情報研究科	教授	2009.4～2014.3
	松波孝治	京都大学防災研究所	准教授(退職)	2011.4～2014.3
	中島 皇	京都大学フィールド科学教育研究センター	講師	2011.4～2014.3
	Ostic, Maja	京都大学大学院工学研究科	D2	2010.10～2013.9
	廖 紅建	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究者	2011.6～2014.3
	上田美恵	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究支援員	2009.4～2014.3
	藤田久美子	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究員	2011.6～2014.3
	ダン・クアン・カン	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究員	2012.11～2014.3
	ヘンディ・セチアワン	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	実験補助	2011.6～2014.3

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職	参加期間
○	Zeljko Arbana	University of Rijeka	Professor	2008.10～2014.3
	Cedomir Benac	University of Rijeka	Professor	2008.10～2014.3
	Ivan Vrkljan	University of Rijeka	Professor	2008.10～2014.3

	Zeljko Miklin	Geological Survey Institute	Researcher	2008.10～2014.3
	Snjezana Mihalic	University of Zagreb	Professor	2008.10～2014.3
	Martin Krkac	University of Zagreb	Assistant	2008.10～2014.3
	Predrag Miscevic	University of Split	Professor	2008.10～2014.3
	Sanja DUGONJIĆ	University of Rijeka	Assistant	2008.10～2014.3
	Vedran JAGODNIK	University of Rijeka	Assistant	2008.10～2014.3
	Laszlo PODOLSZKI	Geological Survey Institute	Researcher	2008.10～2014.3
	Josip RUBINIĆ	University of Rijeka	Lecturer	2011.4～2014.3
	Kristijan LJUTIĆ	University of Rijeka	Assistant	2009.4～2014.3
	Martina VIVODA	University of Rijeka	Assistant	2010.7～2014.3
	Karolina GRADIŠKI	University of Zagreb	Assistant	2011.7～2014.3

②研究項目

地すべり動力学、土砂災害危険度判定技術の開発、地すべり危険地域特定、斜面変動観測、土砂災害調査

(2)「洪水災害研究」グループ

①研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職	参加期間
○	山敷庸亮	京都大学	准教授	2008.12～2014.3
	福岡 浩	京都大学	准教授	2008.10～2014.3
	佐山敬洋	土木研究所 ICHARM	准教授	2008.12～2014.3
	高橋 保	京都大学	名誉教授	2009.4～2014.3
	藤木繁男	京都大学	技術員	2009.4～2014.3
	木村直子	京都大学	研究員	2010.11～2014.3

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職	参加期間
○	Nevenka Ozanic	University of Rijeka	Professor	2008.12～2014.3
	Ognjen Bonacci	University of Split	Professor	2008.12～2014.3
	Ivika Kisic	University of Zagreb	Professor	2008.12～2014.3
	Maja Ostric	Croatian Water	Researcher	2008.10～2014.3
	Barbara KARLEUŠA	University of Rijeka	Professor	2011.4～2014.3
	Josip RUBINIĆ	University of Rijeka	Lecturer	2011.4～2014.3
	Vanja TRAVAŠ	University of Rijeka	Assistant	2011.7～2014.3
	Ivana SUŠANJ	University of Rijeka	Assistant	2008.12～2014.3
	Elvis ŽIC	University of Rijeka	Assistant	2010.7～2014.3
	Nevena DRAGIČEVIĆ	University of Rijeka	Assistant	2011.7～2014.3
	Igor RUŽIĆ	University of Rijeka	Assistant	2010.7～2014.3
	Nino KRVAVICA	University of Rijeka	Assistant	2011.7～2014.3
	Goran VOLF	University of Rijeka	Assistant	2011.4～2014.3
	Darija BILANDŽIJA	University of Zagreb	Assistant	2011.4～2014.3
	Krunoslav SAJKO	University of Zagreb	Assistant	2011.4～2014.3
	Ivo ANDRIĆ	University of Split	Assistant	2010.7～2014.3
	Suzana ANTUNOVIĆ	University of Split	Assistant	2011.7～2014.3
	Ana KADIĆ	University of Split	Assistant	2011.7～2014.3

②研究項目

土石流調査、洪水シミュレーション、洪水災害防止軽減

(3)「総括合同研究」グループ

①研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職	参加期間
○	丸井英明	新潟大学	教授	2008.10～2014.3
	渡部直喜	新潟大学	准教授	2008.10～2014.3
	浦野 豊	新潟大学	特任助教	2009.7～2010.9
	古谷 元	富山県立大学	講師	2009.9～2014.3
	王 純祥	新潟大学	特任准教授	2010.11～2014.3
	宮城豊彦	東北学院大学	教授	2009.4～2014.3
	八木浩司	山形大学	教授	2009.4～2012.3
	濱崎英作	(株)アドバンテクノロジー	社長	2010.4～2012.3
	Srikantha Herath	特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構	研究者	2008.10～2012.3

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職	参加期間
○	Snjezana Mihalic	University of Zagreb	Professor	2008.10～2014.3
	Čedomir BENAC	University of Rijeka	Professor	2008.10～2014.3
	Snježana KNEZIĆ	University of Split	Professor	2008.10～2014.3
	Željko ARBANAS	University of Rijeka	Professor	2008.10～2014.3
	Ognjen Bonacci	University of Split	Professor	2008.10～2014.3
	Josip RUBINIĆ	University of Rijeka	Lecturer	2011.4～2014.3
	Sanja DUGONJIĆ	University of Rijeka	Assistant	2010.4～2014.3
	Željko MIKLIN	Geological Survey Institute	Researcher	2008.10～2014.3
	Laszlo PODOLSZKI	Geological Survey Institute	Researcher	2008.10～2014.3
	Martin KRKAČ	University of Zagreb	Assistant	2008.10～2014.3

	Predrag MIŠČEVIĆ	University of Split	Professor	2008.10～2014.3
	Aleksandar TOŠEVSKI	University of Zagreb	Assistant	2010.9～2014.3
	Goran VLASTELICA	University of Split	Assistant	2009.10～2014.3
	Pavle FERİĆ	Univerisity of Zagreb	Assistant	2010.7～2014.3
	Jasmina MARTINČEVIĆ	Geological Survey Institute	Researcher	2010.7～2014.3
	Petra ĐOMLIJA	Univerisity of Rijeka	Assistant	2011.7～2014.3
	Amer SMAILBEGOVIĆ	Univerisity of Split	Assistant	2011.7～2014.3
	Suzana ANTUNOVIĆ	Univerisity of Split	Assistant	2011.7～2014.3

②研究項目

統合ハザードマップ作成、災害軽減基本計画構築、地球化学的地下水挙動解析、土質・水質調査、GISを用いた画像解析、地すべり地形判読、地すべり危険度評価、持続可能な開発計画

§ 4 プロジェクト実施内容及び成果

4.0 プロジェクト全体

(1)グループを統合した全体の成果

本共同研究を通じて各研究グループにおいて開発された試験技術並びに解析技術をクロアチアの自然条件を考慮して、有効な改良を加えた上でクロアチア側に提供できたと受け止めている。

クロアチアにおける社会的影響の大きい代表的な地すべりに関して、その移動距離を推定し、危険性の及ぶ範囲を予測する上で、ポータブル型の実用的な動的リングせん断試験機を開発し、性能試験を実施した上で実用型機材をクロアチアに供与した。

この試験機で計測された土質パラメーターと衛星画像あるいは航空写真から作成された正確な数値地形データを用いて、地すべり発生・運動予測に基づき、地すべりの危険性の及ぶ範囲の予測を実施した。

また、リエカ地域のグロホボ地すべり地の滑落崖の上部から、斜面末端の川の対岸まで連続して設置した伸縮計の観測結果より、山の尾根の反対側からの地すべりが発生する危険性があることが推定された。そのため、尾根を越えた稜線の裏側にある陥没地形を越えた反対斜面まで伸縮計を延長し、尾根を含む大規模地すべりの発生危険度の把握と、そのような地すべりに対する早期警戒体制を構築した。

本共同研究において、リエカ地域のグロホボ地すべり地およびザグレブ地域のコスタニェク地すべり地において構築された総合モニタリング・システムは、大規模で複雑な地すべりの移動機構の解析を可能とする、所要のデータを多重的に高精度で計測しえる点で、日本はもとより世界的にも類例のない総合的観測システムを構成しており、その学術的価値は極めて高いと考えられる。同時に、実用的な減災の面からも早期警戒システムを併設している点で有用である。

クロアチアの国土には広範囲に亘って、地すべり発生の危険性の高い地域が分布しており、広

域に亘って比較的簡易な手法によって「地すべり危険度評価」を実施することが要請されている。そのために、衛星画像ないしは航空写真を用いた地すべり地形を判読し、重要度の高い要因を適正に考慮した上で、階層構造分析法を適用することにより、有効な「地すべり危険度評価」を行うことができる。このような方法の有効性は、国内では阿賀野川流域に関して、海外ではパキスタン北部地震によって甚大な地すべり被害を被ったカシミール地域に関して、検証されている。

クロアチアの国土全体では極めて多数の地すべり地が分布しているにも関わらず、幾つかの試みは行われているものの十分な有用性をもつハザードマップはこれまで作成されていなかった。本共同研究で導入した、空中写真による地すべり地形判読と階層構造分析法(AHP)を用いた、地すべり斜面危険度評価に基づくハザードマップの作成手法は実用的な価値が高いと考えられる。

一方、クロアチアに広範に見られるカルスト地形を呈する地域において発生する局所的な洪水を解析する上で、日本で開発された分布型流出モデルの適用が期待できる。モデル地域における洪水観測を実施しており、降雨量の計測と合わせて、有効な洪水危険度評価を行うことができるものと考えられる。

2010年度に実施した、Hydro-Debris 3D モデル開発と早期警戒システムの構築に向けた機材供与(水位計、流水計、流速計、気象観測器、データ回収機器など)に続き、2011年度は各対象流域においてそれら機器の設置並びに使用に関する指導を現地で行った。さらに、2012年度にリエカ大学に設置されたレーダー雨量計は、洪水観測モデル流域をカバーしており、洪水予測に際し重要な役割を果たすものと期待される。

(2)今後期待される効果

本共同研究を通じて、各研究グループにおいて開発された試験技術並びに解析技術は、クロアチアと類似の自然条件を有するアドリア海沿岸あるいはバルカン地域に対しても基本的に有効に適用できるものと考えられ、本プロジェクトの上位目標の達成に資するものと考えられる。

例えば、本共同研究において開発されたポータブル型の実用的な動的リングせん断試験機は、クロアチア国内に留まらず、周辺諸国に対しても適用可能なツールであり、地すべり発生・運動予測に基づく、地すべりの危険性の及ぶ範囲の予測を実施可能である。

上述の地すべり再現試験機は、二つ割れのドーナツ状のせん断箱の上部は固定、下部が回転できる構造になっているが、上下のせん断箱の間に水漏れを防ぐゴムエッジがあり、このゴムを圧縮し、その接触圧が常に内部で発生する水圧より高い状態に保つことで、回転する下箱と固定している上箱の間からの水漏れを防いでいる。この部分の特殊形状をゴムエッジ(内輪用と外輪用)の接着と接着後の完璧に水平な面への研磨精度が重要であるが、クロアチアでのゴムエッジの接着と加工の困難さが難点であったが、2011年度に実施した共同研究の結果、ゴムエッジを接着することなく、完璧に平面に仕上げたゴムエッジを両エッジの間に置くだけで非排水状態を保つことに成功した。この場合、ゴムエッジの接着(接着剤層の厚みを一定にすることが困難)とその後のゴムエッジ表面の研磨の両方が不要となり、発展途上国での利用可能性が広がった。

本共同研究において、リエカ地域のグロホボ地すべり地およびザグレブ地域のコスタニェク地すべり地において構築された総合モニタリング・システムは、本共同研究プロジェクトの終了後においても所要の計測データを持続的に観測できることから、大規模で複雑な地すべりの移動機構の解明に資する情報を将来においても提供できる。

また、上記総合モニタリング・システムに併設されている早期警戒システムは、将来においても減災上実用的な役割を果たし得るものである。

本共同研究の成果の適用に関しては、2010年度、2011年度、2012年度、最終年度である2014年度の計四度に亘りクロアチアで開催された国際ワークショップに際しては、周辺諸国からも多数の参加が得られており、本共同研究の成果が、将来それらの国々にも適用される素地は形成されていると受け止めている。

また、クロアチア国からはほぼ毎年数名の若手研究者を日本側機関に受け入れ、約1～3ヶ月の研修を実施してきた。これらの研修を通じて本共同研究において開発された機材や解析方法に関する知識や情報は相当程度に相手国側に伝達されたと考えられる。

成果発表に関しては、第2回斜面防災世界フォーラムにおいて Maja Ostrić が土砂グループとともに発表を行なっている。また第6回世界水フォーラムにおいては UNEP セッションにおいてクロアチア事業成果の報告を行なっている。

本共同研究の学術的な成果は、後述の文献一覧等に記載される論文やプロシーディングス等の成果として発表されている。一方、社会的な意義については、特にクロアチア国のメディア多数において取り上げられていることを記す。

4.1 土砂災害研究(国際斜面災害研究機構(ICL)グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい

クロアチアの自然条件を的確に把握し、地すべり・斜面崩壊などの発生機構を解明し、クロアチアの社会条件をも勘案して、これらの異常現象(Hazard)が災害(Disaster)を引き起こす過程を明確にする。さらに、それを基礎として、開発地域や社会的価値の高い地域を対象として土砂災害危険度を評価する技術を開発する。

② 研究実施方法

日本が開発した地すべり・土砂災害の危険度判定・災害予測のための手法である「地震・豪雨時に発生する地すべり」のすべり面形成とその後の運動を室内で再現できる「地震時地すべり再現試験機」の発展途上国版として、実用的かつ比較的安価な試験機を開発する。

また、地形データと本試験機で得られる地すべり運動時に発揮される摩擦係数を現在改良中の地すべりシミュレーションに入れることにより、地すべり危険範囲の予測を行う。また、地すべり危険度の計測による判定のために地すべり移動計測を総合防災研究グループと共同で実施する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

すべり面形成とその後の運動を室内で再現できる「地震時地すべり再現試験機」の発展途上国版として、実用的かつ比較的安価な試験機を開発する計画に対し、2010年度において、クロアチアにおけるリエカ大学、ザグレブ大学など、複数の研究機関が利用できるようにバン程度車で運搬可能な軽量・小型で、通常電源で実験でき、かつ維持経費が少ない「ポータブル非排水リングせん断試験機」の試作を行った。

本試験機は、非排水状態を保つための上下せん断箱間のギャップ制御は、電動モーターと油圧を組み合わせたサーボ自動制御システムを採用しているが、垂直応力载荷とせん断応力载荷は手動で行うものである。2010年12月に試作完了後、現在まで試用、基礎試験、改良を続けている。2010年度内に、Program officer 裁量経費が求められたことから、手動試験機とつないでサーボ制御による垂直応力、せん断応力を与え、試験中の各種計測データを取り込み表示する「サーボ制御応力载荷計測システム」の試作を発注し、試作した。

当初この試験機での最大载荷垂直応力は $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ を予定していたが、深さ最大90mのコスタニク地すべりの再現試験に対するクロアチア側の要望が強く、本試験機で $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ までの垂直応力载荷と $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ までの非排水性能保持のために、上下せん断箱の加工精度上昇、ゴムエッジの研磨精度上昇、減速ギアへの負荷が大きくなって摩耗したことから、より強度の高い減速ギアへの変更など実施している。

この両者を組み合わせることによりサーボ電動制御での試験が可能になっており、その制御精度を上げるための調整・改良を実施している。

2011年度は、昨年度JST経費で試作した動的载荷非排水リングせん断試験機(地すべり再現試験機)の性能試験結果に基づき、所要の改良を加えクロアチアへ供与するための試験機をJICA経費で製作した。クロアチアから2名の若手研究者を2ヶ月間招聘し、共同で実験を行い、試験方法、試験結果の解釈等に関わる技術移転を推進しつつ、試験機と制御・収録ソフトの改良を行った。さらに、クロアチア側の土砂災害研究グループのリーダーとともにその試験結果の検討を行った。JICA経費で製作しクロアチアに供与する実用機を本年度末に完成させ、性能試験に基づく検収を実施した。予定通りのスケジュールで進行している。

2012 年度には、上記の動的載荷非排水リングせん断試験機のクロアチア仕様機材を製作し、リエカ大学土木工学部に納入・設置した。同機材の機能確認試験を実施し、所定の性能が得られたことを確認した。また、佐々が2012年9月にリエカ大学の試験室を訪問し、同試験機の稼働状況を確認した。また、2013年3月にザグレブ市で開催された国際ワークショップに参加した際、プロジェクトの初年度にクロアチアから招聘し、現在、京都大学博士課程の3年に在籍する留学生をリエカ大学に派遣し、試験を共同で実施し、実験研究の推進を図った。クロアチアプロジェクトにおいて開発されたこの試験機の汎用性が確認されている。すなわち、深海掘削計画(IODP)の一環として南海トラフで掘削されたボーリングにより、過去の海底地すべりの底面(海底200mに位置するすべりゾーン)から採取された火山灰層の試料を使用し、本試験機を用いて実験を行い、東北地震の波形を載荷した地すべり再現実験を行い、勾配9度の緩勾配の海底斜面で海底地すべりが発生しうることを実験的に提示した。また、駿河湾にある石花海とよばれる海底陥没地形が、過去の大地震で発生した海底地すべりで生じた可能性があることを、本試験機により計測された強度定数を用いた地すべりシミュレーションから説明した。クロアチア研究グループとクロアチアからの留学生を含むメンバーによるこの研究成果を国際誌に投稿し、2012年12月に出版された(Landslides Vol.9, No.4)。

また、本試験機で得られる地すべり運動時の摩擦角を用いて、地すべり危険範囲の予測を行うために、佐々が1988年に最初に開発し、2004年に出力方法を改良したシミュレーションモデルをさらに改良し、地震・降雨による地すべりの発生過程と運動過程を統合して再現できるモデルを完成させた。その成果は、2010年9月、国際ジャーナルLandslidesのVol.7, No.3, pp:219-236 に出版された。このシミュレーションモデルの使い方についてクロアチア研修生4人に対して、京都で研修を実施した。

本シミュレーションモデルを適用するには、数値地形図が必要である。衛星写真・空中写真から数値地形図を作成するための技術を地すべりグループで習得し、ザグレブ市の地すべりについて入手した航空写真より数値地形図を作成した。また、その解析法の講習を実施した。

2012年にクロアチアのリエカ大学において、このシミュレーションの指導を行い、また2013年1-2月にクロアチアのザグレブ大学から研修生を招聘し、このシミュレーションのザグレブ市のコスタニク地すべりへの適用に関わる指導を行った。これらの指導により、クロアチアに対してこのシミュレーション技術が移転された。さらに、クロアチアにおいては独自の研究として、種々の地域を対象として、土塊深さ、動的載荷非排水リングせん断試験で計測される土塊強度定数を入力して、当該地域における地すべり発生・運動予測が実施された。2013年にザグレブ市で開催された国際ワークショップでは、イストリア半島の地すべりや、リエカ市近郊のグロホボ地すべりを含むレチナ川流域の地すべりに適用した事例、ザグレブ市のコスタニク地すべりの地震時及び降雨時の地すべり発生予測に関する論文計3編がクロアチア研究者によって発表された。

リエカ市にあるグロホボ地すべりに関して現地調査を実施し、伸縮計11台を斜面上部より地すべりを縦断し、対岸斜面まで到達する連続長スパン伸縮計を設置することとし、伸縮計を購入するとともにその設置位置を決定した。そして、日本側から提供した図面に基づいてクロアチア側において伸縮計の支柱の製作、斜面への運搬道路に敷設が行われ、平成23年3月後半に地すべりグループと総括グループの合同作業として設置が開始された。また、グロホボ地すべりで設置予定の連続計測GPSと自動計測Total Stationの配置、設置方法について、地すべり計測の経験の豊富なイタリア・ライカ事務所の技術者とともに現地調査を行い、GPSとTotal Stationのベースをグロホボ地すべりの対岸斜面の崖際にある第二次世界大戦時の銃丸の上に取り付け、そこからリエカ大学屋上が視認できることから直接無線でデータ転送する方向で計画を作成した。

2011年4月、新潟大学からジオモス社(旧ライカ社より独立)に対して計画に沿った発注を行い、9月に設置工事を完了し、伸縮計、GPS、Total Stationを組み合わせた総合モニタリングシステムが完成し、観測を開始した。

2013年冬にはザグレブ市に於いて、多量の降雪があり、その融雪による地下水増加が原因

と思われる地すべり移動が、2013年1月から発生し始め、GPSを用いたモニタリング・システムにより10cmを超える移動が観測された。また、伸縮計、孔内傾斜計においても移動が計測され、深さ63mで顕著な変位を生じ、3月20日の時点で孔内傾斜計が切断された。2013年3月9日の時点において、地すべり地中央のトンネル内に設置した伸縮計による計測データを解析したところ、4月にも滑落する可能性が予想されたことから、ザグレブ大学地質鉱山学部からザグレブ市の危機管理室に対し状況説明を実施した。しかしながら、その後地下水の供給が低下したと思われ、移動は収束してきている。再活動地すべりなので、地震時以外には高速で移動する可能性は少ないが、破壊に必要な変形量に近接していることから、今後の降雨や来年度の融雪などにより、ある程度の距離移動する可能性がある。クロアチア研究チームから災害軽減に向けて、ザグレブ市緊急事態管理局(OEM)へ、引き続き地すべり移動観測結果について説明がなされている。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

2010年9月15-27日にクロアチアに行き、地すべりグループのリーダーであるリエカ大学のアルバナス教授以下とグロホボ地すべり地における観測システムについての打合及び作業を実施した。地すべり計測に関わる測線の位置の選定、測定機の必要な精度、信頼できるデータの時間間隔(GPS連続観測、Robotic Total Station, 伸縮計)におけるデータ解析間隔とその精度についての検討と討論を通じて、技術移転ができた。プロジェクト申請前から、招聘を検討していたクロアチア水利局(Croatian Water)からの本共同研究のメンバーが、博士課程の院生として、10月1日に京都大学大学院に入学した。そしてポータブル非排水リングせん断試験機の開発、試用、基礎実験に参画し、試験に必要な地すべりダイナミクスの学習を行っている。平成22年9月には、クロアチアにおいて、若手研究者を対象に、せん断試験の地すべり現地及び室内での実習、航空写真より数値地形図作成の実習を実施し、11月には日本において、地すべりシミュレーションの講習を実施した。

2011年度は、数値に基づく定量的地すべり危険度評価のためのリングせん断試験機の理論、試験方法、解析方法について、リエカ大学とザグレブ大学より招聘した2名の若手研究者及びクロアチア水利局(Croatian Water)から博士課程の大学院生として京都大学へ招聘した若手研究者1名に対して十分な技術移転を行うことができた。その成果は、第二回斜面防災世界フォーラム(2011年10月 ローマ・国連食糧農業機関にて開催)において発表された、さらに、文部科学省の科学技術外交の展開に資する国際政策対話の促進「地震・豪雨地帯の斜面災害危険度軽減に資する科学技術推進のための長期戦略企画国際集会」経費を受けて開催したICL(国際斜面災害研究機構)の10周年記念の国際シンポジウムにおいても成果発表が行われた。

2012年度にアイシーエルにザグレブ大学の研究員を招聘し、ザグレブ市のコスタニク地すべりを対象として、降雨・融雪時の地すべり、地震時の地すべり、降雨と地震の両誘因が連動した場合の地すべりを想定し、これまでに実施した動的載荷非排水リングせん断試験の結果を用いて、地すべり発生運動シミュレーション(LS-RAPID)による発生運動予測を実施した。また、この例をアイシーエルで構築しているLandslide Teaching Tools(地すべり教育道具箱)の中のLS-RAPIDのマニュアルの中の実例として収納した。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

本研究プロジェクトの活動をベースにして、地すべり多発に悩む西バルカン諸国(クロアチア、スロベニア、セルビア、モンテネグロ、ボスニアヘルツェゴビナ、アルバニア)においてネットワークを構築するために「防災分野における南東欧地域の協力促進に向けたワークショップ(議長:佐々恭二)」が、外務省主催で東京の三田共用会議所において開催された。クロアチア、スロベニア、ボスニアヘルツェゴビナ、セルビア、モンテネグロ、アルバニアの各国から地すべり研究者を招聘し、各国の地すべり災害とその軽減の取り組みを紹介するとともに、地すべり分野における協力ネットワークの構築に向けた議論を行った。その結果、この地域の安定した協力ネットワークとして、アドリア・バルカン地域斜面災害研究機構(Adriatic-Balkan Consortium on Landslides)を構築することについて合意がなされた。平成23年3月に、スロベ

ニア国リュブリアナ大学及びスロベニア地質調査所、クロアチア国リエカ大学及びザグレブ大学、アルバニア地質調査所が、すでに参画を決め、セルビア国ベオグラード大学は、学部としては参加を決めた。2011 年度にアドリアーバルカン地域斜面災害研究ネットワークが構築された。

猶、動的非排水リングせん断試験機の仕様に関しては、当初の計画ではクロアチアに多発する中規模の深さの地すべりを対象に 500 kPa の垂直応力を与える試験機の開発を進めていたが、クロアチアの首都ザグレブを脅かしている深さ 60-90m と推定される大規模地すべり(コストニック地すべり)を研究対象とすることになり、1MPa までの試験が可能な試験機とすることに変更した。この設計変更により、相当程度の修正が必要となったが、1MPa までの試験が可能となった。これまで京都大学防災研究所において開発した試験機(DPRI-3,4,5,6,7 号機)が、せん断中に非排水状態が保てた限界は 400kPa から最高が 600kPa であったことから、この記録を塗り替えた。

2012 年 3 月にアドリア・バルカン地域地すべりシンポジウムが、本プロジェクトのワークショップと同時に開催され、アドリア・バルカン地域の諸国から多くの研究者・技術者の参加を得た。本共同研究プロジェクトの成果がプロジェクト終了後もこの地域全般に引き継がれ、さらなる発展を期待できる基盤が構築された。

⑥ 投入試験機並びにシミュレーション手法に関する補足説明

図1に関連の図と写真を紹介する。上左は、ザグレブ大学における現場せん断試験機の講習中の状況である。2010 年9月調査期間中に機材調達が間に合わなかったため京都大学の試験機を搬入して実習を行った(現在は機材調達が完了しリエカ大学に寄贈されている)。図上右は、開発された地震豪雨地すべり発生運動統合シミュレーションの概念図である。下左の写真は、降雨の後の小規模な地震で発生し 1000 人の村人が死亡した2006年のフィリピンレイテ島地すべりである。下右は、この地すべりを例として、リングせん断試験機の結果と観測された地震波、地形等を入力して統合シミュレーションを適用した結果である。実際とほぼ近い現象が再現されている。

また、図2は、2010 年12月12日に開催された JICA-JST 合同報告会資料の一部であり、試作された試験機の作動テストをクロアチアからの留学生と製作会社の技術者が行っているところである。

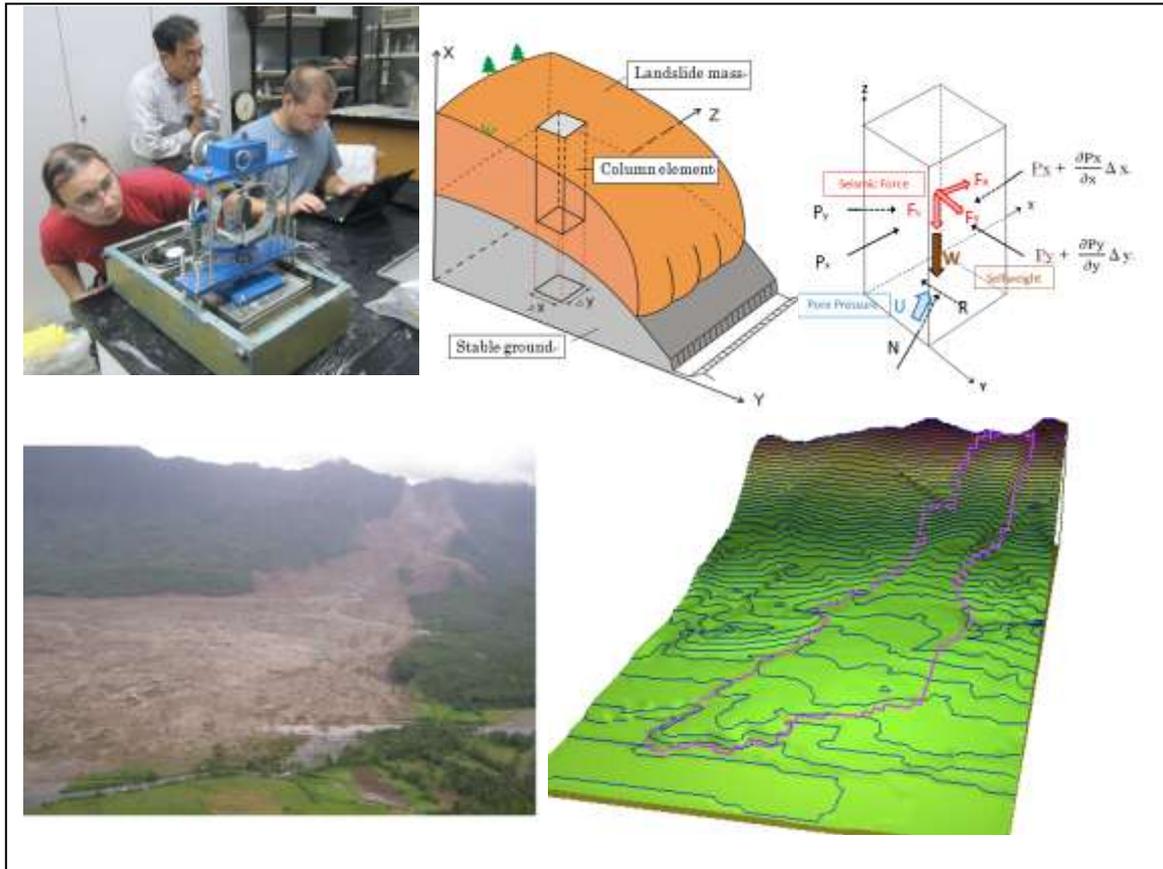


図1 地震降雨による地すべり発生運動統合シミュレーションとせん断試験実習（ザグレブ大学）

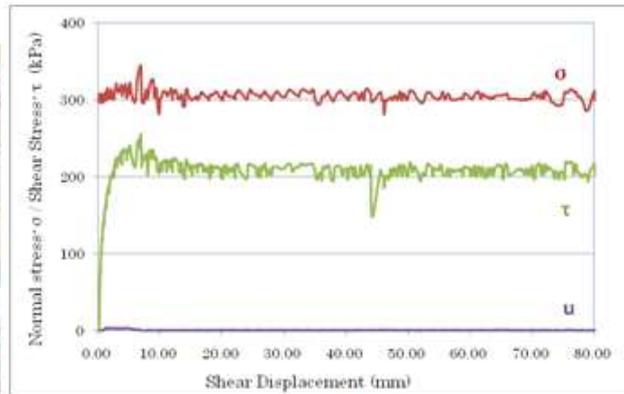
一方、本グループの研究の重要な部分を構成する、現地観測に関連して必要な機材の現地調達大幅に遅延したことは極めて重大な問題である。上述の様に、リエカ市近郊 Grohovo 地すべり地において、連続計測 GPS と自動計測 Total Station の配置、設置方法について、既に 2010 年 7 月の時点で策定を終えているにも拘わらず、VAT 等の問題が新たに浮上し、現地調達から本邦調達に変更する事態に至ったために、機材調達手続きが極度に複雑となった。JICA において早急に VAT 問題に関わる打開策を検討していただく必要が生じた。

結局 VAT 問題は、2011 年 3 月の時点で漸く解決を見た。その結果、日本からの供与機材に対してはクロアチア国内の物品税は課されないこととなった。今後、供与が予定されている主要な機材は、ザグレブ地域の Kostanjek 地すべり地に設置が予定されている、GPS を用いた地すべり移動量モニタリング・システム、並びに地震動の影響を把握するための地震加速度計測システムである。何れも 2012 年度に設置完了した。



A new portable hand-driven ring shear apparatus under development by the Croatia-Japan Joint project in 2010.

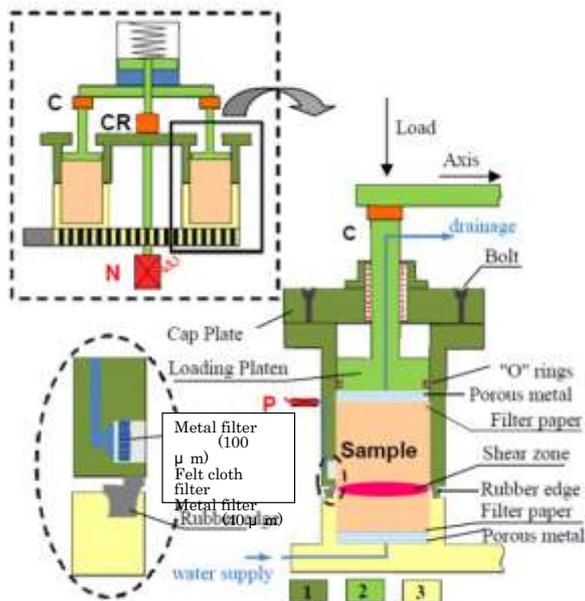
A doctoral student (Maja Ostric) invited from Croatia is handling it at the initial functioning test.



(M.Ostric, K. Sassa, T. Nakasono)

図2 試作試験中のポータブル非排水リングせん断試験 (JICA-JST 報告会資料より)

Structure of the undrained shear box



SHEAR BOX



図3 ポータブル非排水リングせん断試験機用非排水せん断試料容器の構造

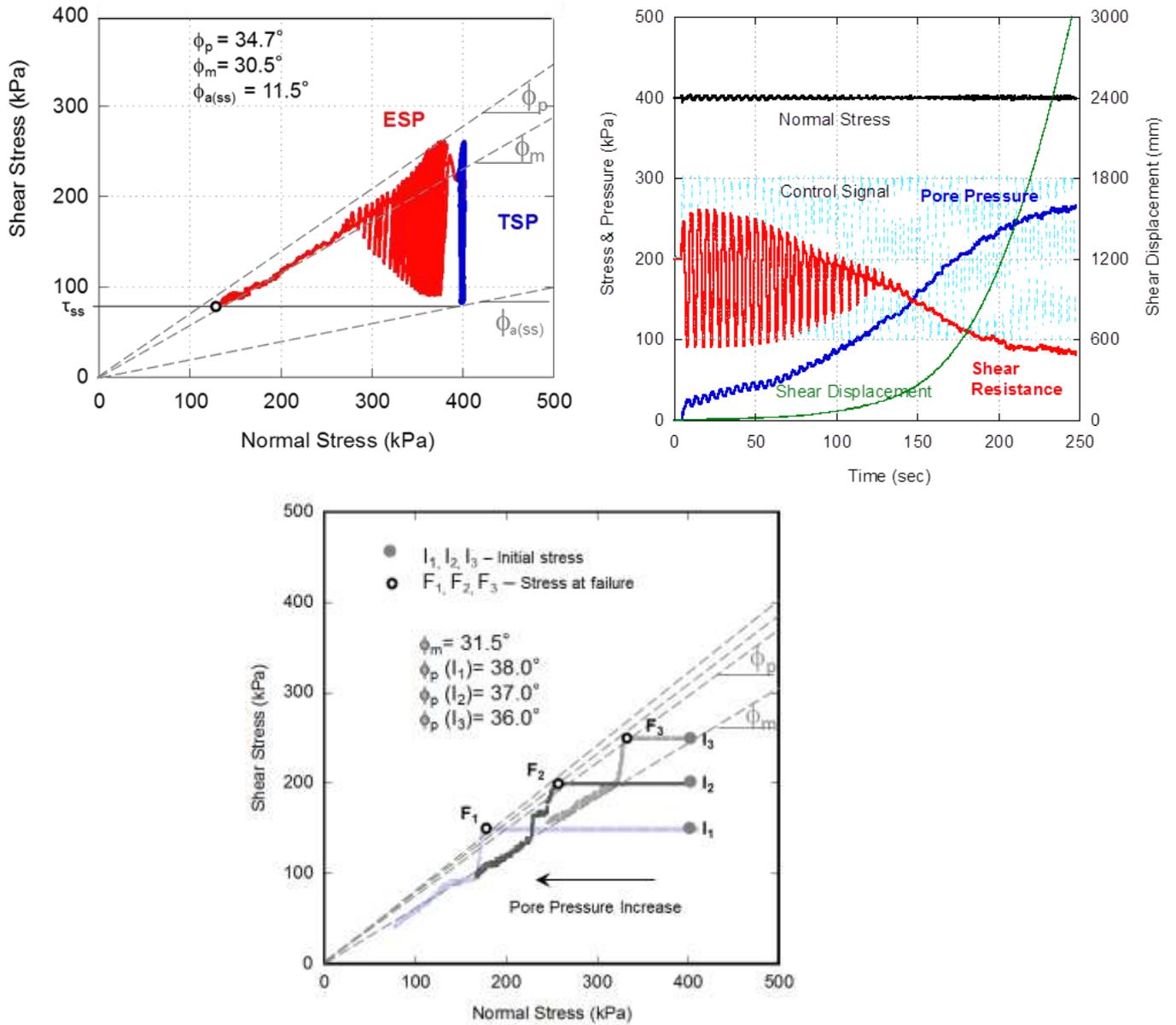


図4 ポータブル非排水リングせん断試験機を用いた試験結果 (Maja Ostric 他)
 上：地震時の地すべりのための基礎試験 (珪砂の非排水繰り返し載荷試験) の結果 (左：応力経路、
 右：応力、水圧、せん断変位の経時変化)
 下：降雨時の地すべりのための基礎試験 (間隙水圧制御試験) の結果 (斜面内の応力を再現後 (I1-I3),
 間隙水圧を上昇させることにより、地すべり発生させ、運動時の摩擦抵抗を測定)

2012 年には、硅砂を使用してポータブルリングせん断試験機を用いた地震時地すべり再現及び降雨時地すべり再現のための基礎試験を実施した(図4の3つの図)。その結果をアメリカ土木学会の国際誌(ASTM, Geotechnical Testing Journal)に投稿した。

2012-2013 年の研究結果の骨子を図5, 6, 7に示す。

図5は、本共同研究において開発したポータブルリングせん断試験機を用いて、コスタニック地すべりを構成する二つの異なる地質(Marl と Shale)から採取した土を用いて、クロアチアから招聘した留学生が実験の行った結果である。左下は Marl(泥灰岩)の試験結果、右の二つは Shale(頁岩)の試験結果である。

Marl の試料を用いた試験結果では、ピーク強度の摩擦角が25.3度、Shale の試料を用いた試験結果では、ピーク強度の摩擦角は29.5度である。従って、降雨を原因として地下の水圧が徐々に上昇する場合には、Marl の層で地すべりが発生する。

一方、地すべり発生後の過剰間隙水圧の発生は、Shale の方が高く、Shale の定常状態強度は、Marl の1/2以下である。従って、定常状態で発揮される摩擦角は、Shale では6度程度、Marl では13.8度である。

地震の際には、その急激な応力変化により、応力が Shale の破壊線に到達すれば、Shale で地すべりが発生し、より速度の速い地すべりが発生しうることがわかる。

次いで図6は、コスタニック地すべりの土(Marl)とグロホボの土(Clayey Flysh)の繰り返し載荷試験を行ったものである。コスタニック地すべりの土(Marl) (図の上)では、繰り返し載荷の応力が破壊線に到達し、破壊が生じれば、せん断強度が低下し、せん断変位が急上昇する。すなわち地すべりが発生する。土の透水係数が小さいために過剰間隙水圧は、一部分しか計測されていないと推定される。

一方、グロホボの土では、応力載荷の振幅を上昇させるとある時点で破壊し(τ_f)、移動が生じるが、応力が低下すると停止する。さらに応力が上昇すると移動が生じるが、応力が低下すると再び停止する。すなわち破壊後の強度低下と高速地すべりの発生がみられない。このことからグロホボの土は地震に強く、地震では地すべりが発生しにくいことが推定された。

図7は、クロアチアからコンピューターシミュレーション手法の習得のために招聘した短期研修生が実施したコスタニック地すべりのシミュレーションの結果である。本プロジェクトでは、1本のボーリングしか掘削していないので、広大な地すべり全域の地質構造の全容の把握はできていない。そのため、1996年に Ortlan が推定した地すべりブロックを用いた。この地すべりはクリープ的な移動(図5左上)であるので、Marl をすべり面として移動したと推定される。その強度定数と地すべり形状を用いてシミュレーションを行った結果、地すべり移動が生じるものの大部分は、地すべり範囲内での地形変状であり、高速長距離運動の地すべりは生じないとの結果になった。

図中の緑が旧地表、ピンクが移動後の地表を示し、茶色が不安定土塊と基岩との境界。左上が横断方向の断面、左下が縦断方向の断面、赤のボールが不安定土塊分布を示す。2013年9月に佐々恭二、永井修、賀斌がクロアチアを訪問した際に、シミュレーションを担当している Karolina Gradiski に Ortlan の地すべり地下構造モデルとは別に地震時に発生しうる新たな地すべりブロックを推定し、シミュレーションを実施するようにアドバイスをを行った。

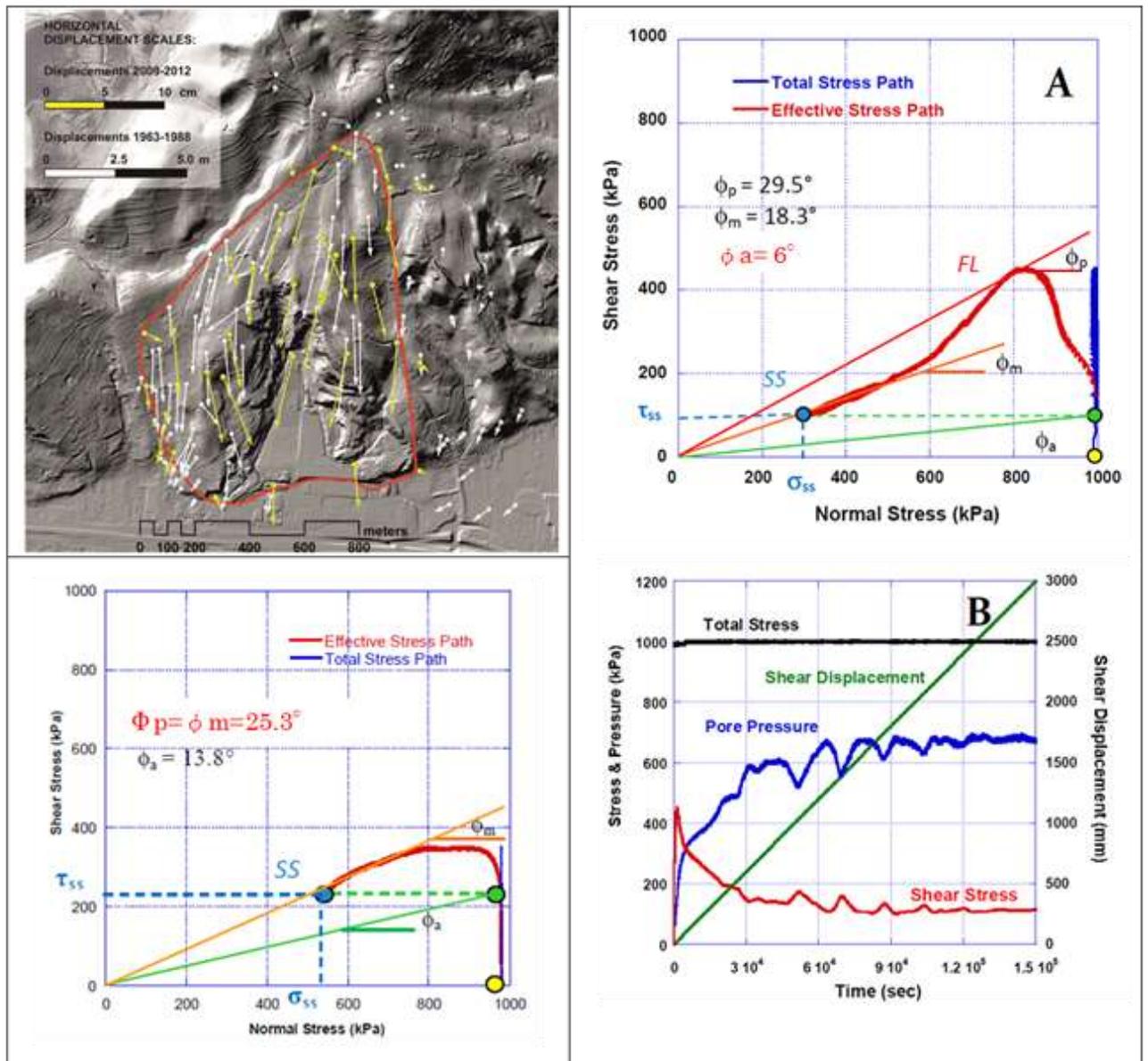


図5 左上：コスタニック地すべりの範囲（赤）と計測された地すべり移動量と方向過（黄色 2009-2012, 白色 1963-1988）
 左下：コスタニック地すべりの Marl の非排水リングせん断試の結果（応力経路）
 右上：コスタニック地すべりの Shale の非排水リングせん断の結果（応力経路）
 右下：同上 Shale の非排水リングせん断試験の結果（経時変化）

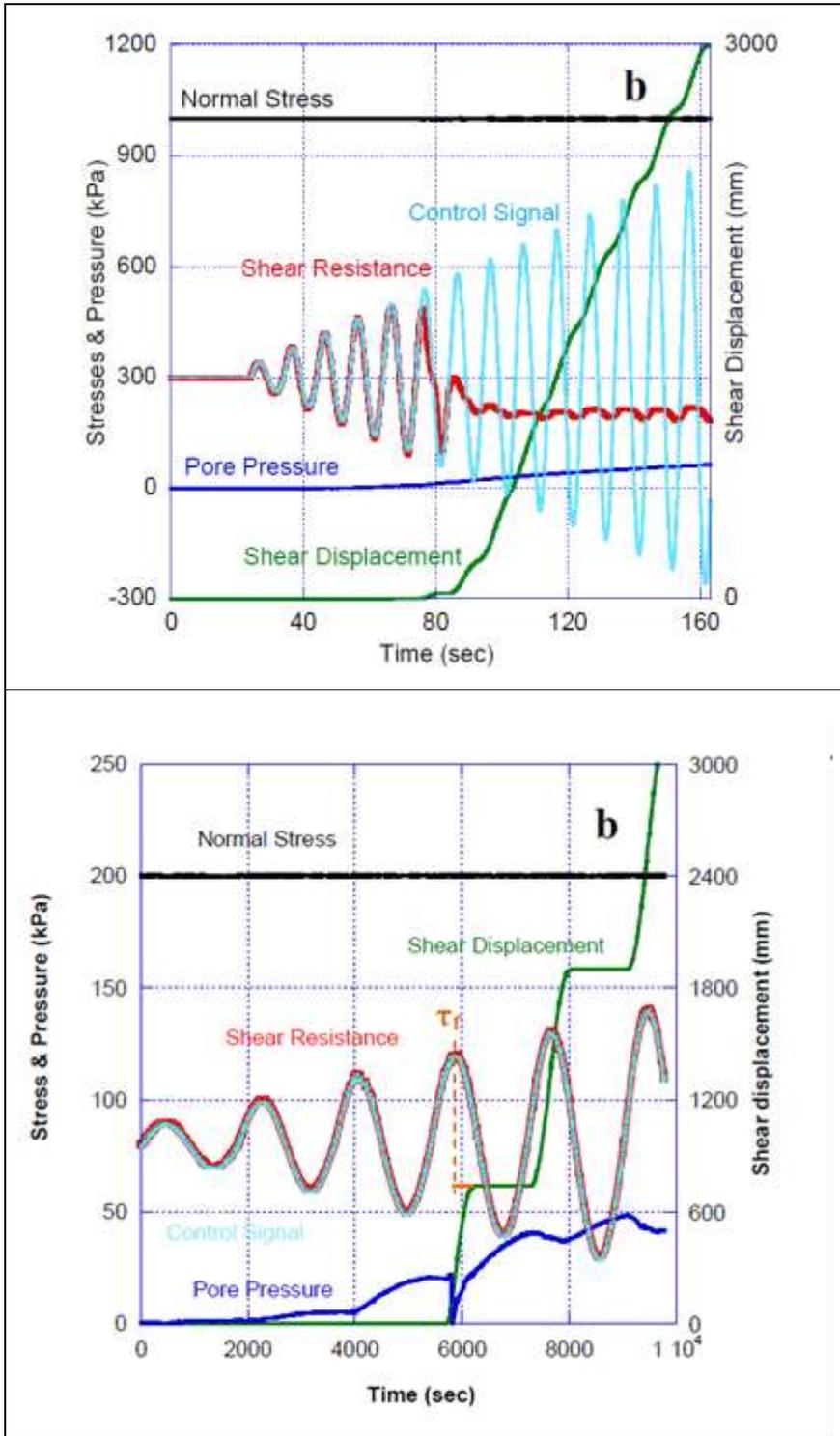
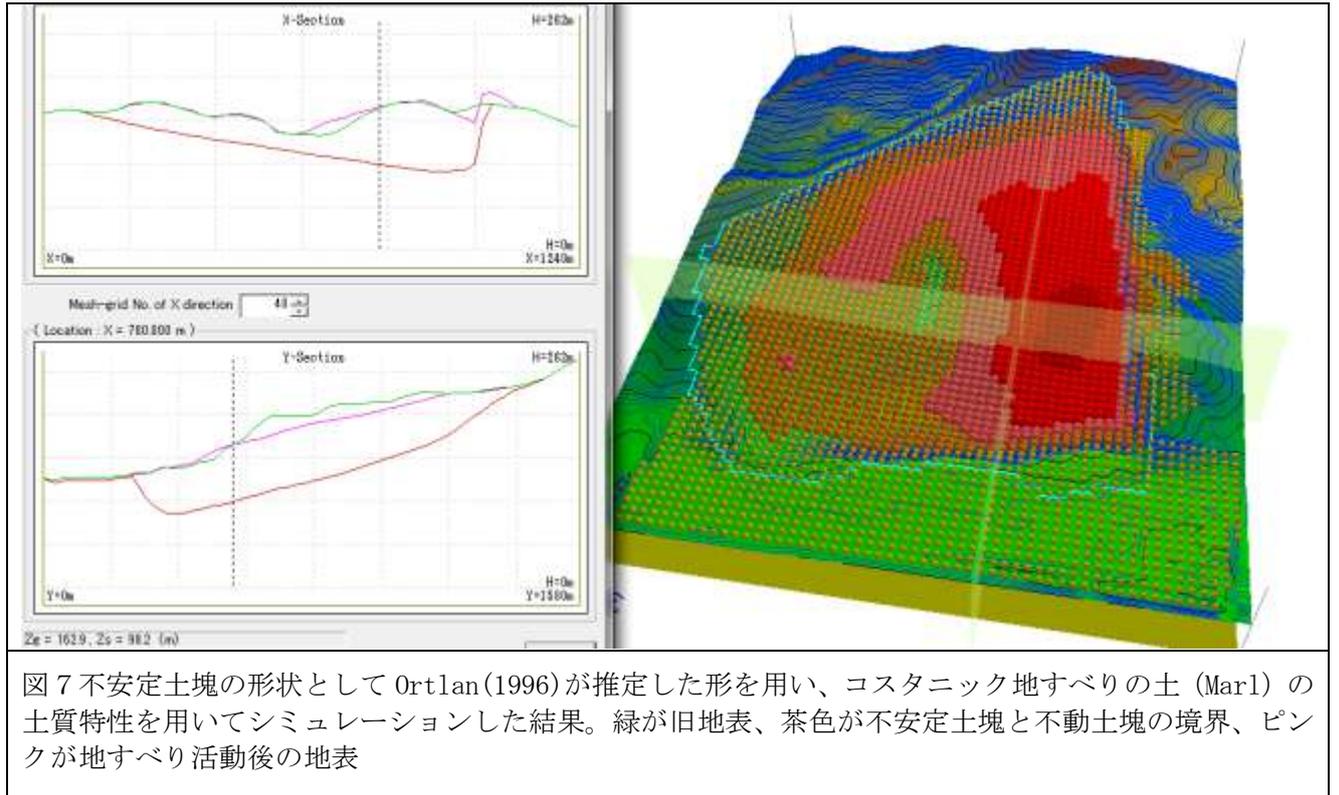


図6 コスタニック地すべりから採取した土 (Marl) の繰り返し载荷非排水リングせん断試験の結果 (上) とグロホボ地すべりから採取した土 (Clayey Flysch) の繰り返し载荷リングせん断試験の結果(下)



(2)研究成果の今後期待される効果(土砂災害研究グループ)

- ① ポータブルリングせん断試験機の有用性が判明しており、今後類似の自然条件を有する周辺諸国に対しても適用可能であると考えられる。
- ② 地すべりシミュレーション手法を、クロアチアでの解析に適用可能なものに改良した。地すべり土塊の到達範囲の予測に関しても、本シミュレーション手法は周辺諸国に対しても有用であると考えられる。
- ③ 2010 年度において、リエカ市周辺の Grohovo 地すべり地における総合的な地すべり変動計測システムの計画設計を終えた。現在、総合計測システムの迅速な供与を目指している。[PF 1-(3)]、伸縮計については設置作業を開始している。
- ④ 2011 年度において、リエカ市周辺の Grohovo 地すべり地における総合的な地すべり変動計測システムの設置を終えた。さらに、2011 年度においてザグレブ市の Kostanjek 地すべり地においても総合的な地すべり変動計測システムの設置を終えた。これらの計測システムは日本はもとより世界的にも高度なシステムであり、大規模かつ複雑な地すべりの機構解析に関して、極めて有用なデータを提供しうるものである。
- ⑤ クロアチアからの研修生 2 名と指導者を 2 回にわたって招聘し、学術的基礎理論の指導、技術指導を行うと共に、クロアチアで実際に維持・使用できる形で最先端の地すべり研究に即応した知見・技術の伝達を行っており、クロアチア国においてこれらの知見・技術が伝承されるものと受け止めている。
- ⑥ 地すべりの再現試験の性能を示す論文を、日本およびクロアチアでの実地指導を経て、クロアチアからの留学生により、国際的ジャーナルへの投稿がなされている。
- ⑦ 本試験機を用いたコスタニク、グロホボ地すべりから採取した土砂の試験結果のもとづき、両地すべりの地すべり発生運動予測シミュレーションが実施された。また、クロアチア独自の研究としてこのシミュレーションプログラムを用いて、イストリア半島及びリエカ市のレチナ川流域

のある地域の面的な地すべり発生運動予測に適用する研究を実施し、2013年3月に開催された第一回アドリア・バルカン地域地すべりシンポジウムで発表した。

- ⑧ 本プロジェクトでの人材育成として、クロアチアから1名を国費留学生として京都大学へ招聘し、本プロジェクトで開発した実用型ポータブルリングせん断試験機を用いて研究により博士の学位を取得し、帰国した。
- ⑨ クロアチアへ寄贈した実用型ポータブルリングせん断試験機とその使用技術の技術移転が当初計画通り完成した。
- ⑩ この試験結果をもとに実施する地すべり危険度評価法であるコンピューターシミュレーションプログラム(LS-RAPID)の寄贈とその習得のための技術移転を行い、地すべり危険地域の予測法の開発と実証およびその技術移転が当初計画通り完成した。

4.2 洪水災害研究(京都大学グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい

クロアチアの自然条件を的確に把握し、洪水・土石流などの発生機構を解明し、クロアチアの社会条件を勘案して、これらの異常現象(Hazard)が災害(Disaster)を引き起こす過程を明確にする。さらに、それを基礎として、開発地域や社会的価値の高い地域を対象として土砂災害危険度を評価する技術を開発する。

② 研究実施方法

フラッシュ・フラッドの発生地域の類型分類を行う。対象流域の条件を考慮した、岩盤浸透モデルと山地河川に合わせた分布型流出モデルと組み合わせることで洪水の予測流出量を見積もる。さらに、山岳地域における早期警戒システム構築とモデル地域への適用に向け、雨量計に加えて現地で運用可能なレーダーによる雨量予報を試みる。また、技術的に可能な範囲で降雨情報ネットワークとXバンドレーダーの適用による雨量計測を実施する。さらに、平野部と山岳部での降水量雨量強度、空間分布およびハイトグラフの詳細な比較を行う。土石流に関しては、発生機構の解明のため水路実験を実施する。また、統合的に評価できる数値モデルHydro-Debris3Dを構築し、ハザードマップ作成に取り組む。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現在までにザグレブ地域・リエカ地域・スプリット地域それぞれについて現地の洪水発生状況の把握、モニタリング対象サイトの決定等を終えている。ザグレブ地域については特定の観測サイトを設定せず、過去の洪水被害状況、ザグレブ市当局による洪水対策状況、特にサバ川およびその支流における洪水対策状況について現地調査並びに既往資料調査を実施した。収集した資料に基づき、洪水リスク疑似体験ツール(VRET)を作成した。リエカ地域については、DUBRACINA 川流域の Salt Creek、Rjecina 川流域の Grohovo 地区、さらにはイストリア半島の Mosenicka Draga 流域において、リエカ大学のオザニッチ教授および大学院生らと共同観測を実施するための対象サイトを設定し、観測機器設置の準備を終えた。ただし、Grohovo 地区の地すべり斜面に関する観測は地すべりグループに委ねることとした。スプリット地域については、Cetina 川上流の Sutina 川流域を観測対象地域とし、カルスト地形地域における水文観測を実施する計画であり、観測機器設置の準備を終えた。本地域においてはスプリット大学のボナッチ教授および大学院生らが対応している。

2011年度に続き、2012年度においても、主に次の3点を目的として活動を行った。

- (1) 本研究における手法を適用可能な流域を選定し、洪水災害と土石流災害双方に有用な広域ハザードマップと、早期警戒システムの構築の具体化するための手法について開発調査を行い、その結果に基づいた技術的提案を行う。
- (2) ハザードマップおよび早期警戒システム構築において重要となる学術的研究成果(土石流の水路追跡実験や、カルスト地形での洪水流出調査)について英文学術誌において情報発信を行う。
- (3) 現地におけるワークショップや国際会議において適切な成果発表を行うと同時に、関係諸

外国において本技術の応用可能性が存在する場合、その成果を紹介する。

- ④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2010年7月にクロアチア側の洪水グループのリーダーであるリエカ大学のオザニッチ教授以下とリエカ地域での観測システムについての打ち合わせと現地調査を通じて、洪水観測に関わる観測機器の選定、配置などについて検討と討論を通じて、多少の技術移転ができた。

2010年11月にクロアチアの若手研究者を対象に、土石流実験並びに洪水解析シミュレーションに関する実習を京都大学防災研究所において実施した。

2011年3月に気象データおよび河川流量等に関する観測機器の設置をリエカ地域並びにスプリット地域において実施した。2011年4月ないしは5月には全ての観測機器の設置を完了する予定である。

- ⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)



図8 土石流実験用急勾配水路

1. Rječina river catchment area - downstream profile near landslide



Equipment installed:

Meteorological station (WS1): 04/2011
Stream gauges (MD4, MD5 and MD6): 04/2011

図9 リエチナ川流域における観測機器の配置状況

リエカ地域において、二重偏波局地気象レーダー（実験局型）（この後「Xバンドレーダー」と記載）の設置を完了した。この偏波レーダーは、ゲリラ豪雨の予測および早期警戒システム開発に資するため、雨雲の発達を観測実験する目的で開発されたものである。設置場所はリエカ大学構内、土木工学部棟の屋上である。設置場所の選定については、いずれかの対象サイト付近も検討したが、電源および管理も考慮すると、リエカ大学での設置が最適であると判断した。またリエカ大学に設置すれば、リエカ地域の3つのプロジェクト対象サイト（Grohovo・Salt Creek・Mošćenička Draga）が観測範囲30km以内に収まる。設置作業は2012年10月26日～11月8日の期間に行った。設置にはXバンドレーダーの製作メーカーである「古野電気株式会社」から3名の技術者の方も現地へ赴いていただき、共同で設置作業を実施・完了した。

また、クロアチアから2名の若手研究者を京都大学防災研究所にて受け入れ、約2ヶ月の研修を実施した。この研修では特にXバンド気象レーダーに関する基礎的知識、操作および管理に関する技術の習得、土石流モデルの施設実験とその3Dモデル構築に関する技術の講習および指導を行った。

リエカ大学土木工学部棟屋上に設置したXバンドレーダーの様式詳細は以下に示すものである。

二重偏波局地気象レーダー（実験局型） DUAL POLARIZATION METEOROLOGICAL RADAR

Dual polarization radar (x band) is now being developed by Furuno Electric Co. Ltd in order to specify the heavy rainfall in mountain zone. The installation site should be identified urgently.

(現在、研究開発中)



項目	仕様(案)
偏波方式	Hor. (H)、垂直 (V) の偏波を同時に送受信
周波数	9410MHz (実験局周波数)
ビーム幅	水平巾3度、垂直巾3度
送信出力	100W (H, Vともに)
変調方式	無変調 (PON)、変調 (QON) の2通り
パルス幅	0.1 μ s ~ 10 μ s (@PON) 10 μ s ~ 50 μ s (@QON)
Dual PRF	あり
受信感度	-110dBm ~ -5dBm
仰角可変	0 ~ 90度可変
アンテナ回転数	1 ~ 12rpm
探知距離	約30km
ドップラー	最大31m/秒 (@PRF1000Hz:800Hz) 最大79m/秒 (@PRF2500Hz:2000Hz)
入力電源	AC100V \pm 10% (50Hzまたは60Hz)
消費電力	800W以下
寸法	Φ 1080mm \times 高さ1000mm
重量	約50kg
出力データ	[古野電気製フォーマット (h'イリテ-ク) i- (l/Qテ-ク) などTBD.]
外部I/F	100Base-T \times 1ch
PCソフト	古野電気製i-表示ソフト 古野電気製i-データ収録ソフト (出力データファイル化)

図10 二重偏波局地気象レーダーの仕様

リエカ大学土木工学部
棟屋上に設置した X バ
ンドレーダー



レーダー設置地点 (リエカ大学) からの観測範囲 (半径 30km)

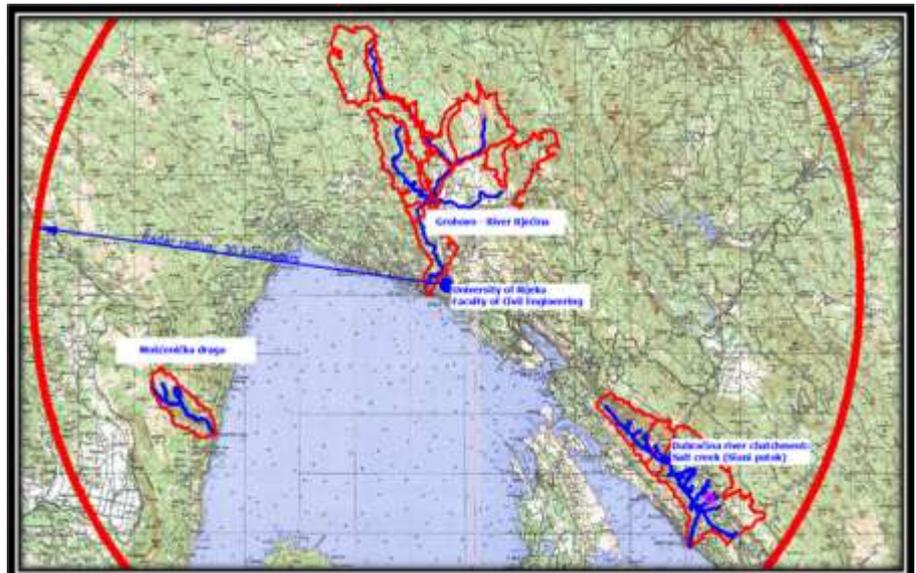


図11 雨量観測用 X バンドレーダー設置状況



図12 レーダー設置地点と観測範囲

[図13 は未公開資料のため欠番]

また、2012年度においても国際ワークショップに参加し、本調査研究成果について発表を行うとともに、クロアチア及び近隣諸国における土砂・洪水災害に関する研究取り組みの状況に関する情報交換ができた。また、ハザードマップ作成に向けて供与観測機器からのデータ回収と解析については、昨年度中の雨量の少なさ等により、予定よりやや遅れが生じてはいるものの順調に進めることができ、ハザードマップの作成準備を調えることができた。

Hydro-Debris2D, 3Dについては急勾配水路を用いた実験を行い、粒子の速度の計算値／実験値の比較をそれぞれ25, 20, 15度の勾配に対して実施した。さらに、3DモデルのGrohovoサイトへの適用と、その可視化モジュールの開発を行った。

昨年度に引き続き、クロアチアの土壌を想定した石灰石を材料に土石流の流動堆積実験を行った。石礫型土石流における分級機構について水路実験および数値モデルによる再現を行い、昨年度よりも実験ケースを増やし、急勾配、通常勾配、緩勾配それぞれについての実験結果をまとめた。これを応用し、Hydro-Debris3Dモデルにおいて、Grohovo（Grohovo）地すべり地帯における岩石や石灰岩の想定土石流の計算を行った。これにより、リエカ市に流れ込むリエチナ（Rječina）川のハザードマップ作成に向けた準備を行なった。また、カルスト地形の流域であるソルト・クリーク（Salt Creek）およびモシェニチカ・ドラガ（Mošćenička Draga）において分布型流出モデルの適用、現地における観測を実施した。また、スプリット地域においても、スプリット市近郊のスチナ（Sutina）・セチナ（Cetina）川流域において現地での流出調査を行った。土石流モデルにおいては、可視化モジュールの開発を進めた。

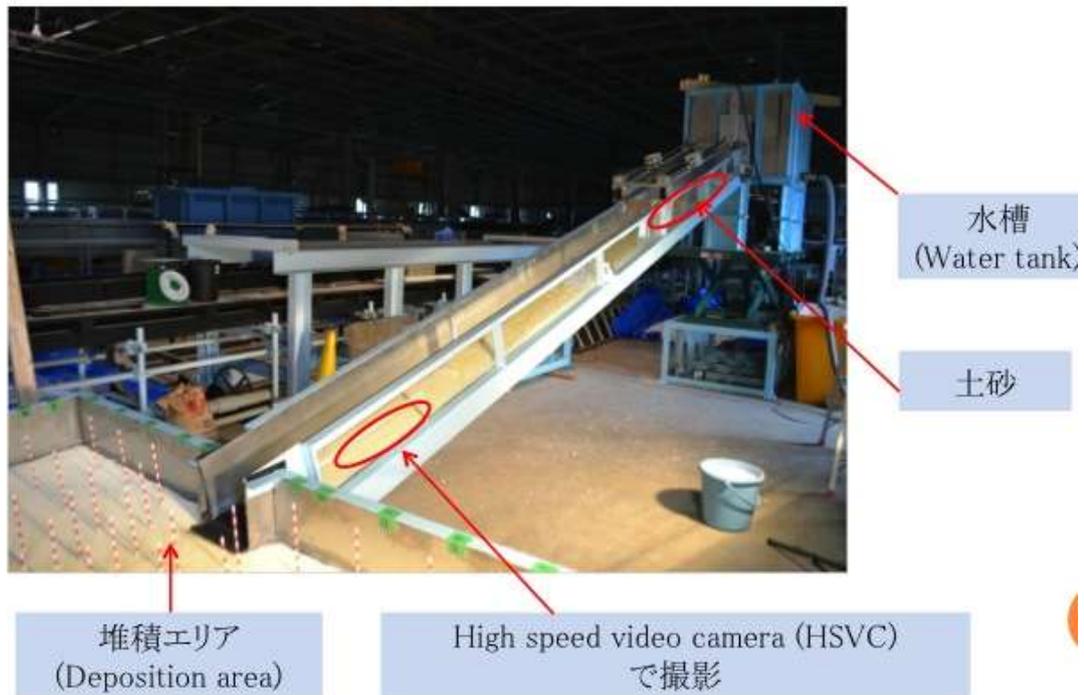


図14 急勾配実験水路

石礫型土石流解析ソフト Hydro-Debris3D の開発と流域への適用状況は、以下の通りである。

リエカ周辺の洪水・土石流災害危険地域の一つと考えられるグロホボ傾斜地域において、Hydro-Debris3D モデルの適用と可視化を行った。本モデル適用においては、崩落する石礫の直径を 20cm と仮定し、崩落地域に均等に設置させた（昨年度と同様）。また崩落においては丁度上から 10 層存在するように分布させ、降水量に応じて岩盤中の中間流がある一定量流れた時点で崩落が始まると仮定した。それぞれの岩石は個別追跡を行い、岩石に対する重力、底面摩擦、岩石同士の衝突などを仮定した。本計算によると、崩落した岩石がそれぞれ谷に流れた後、尾根線に沿って流動する様子が計算され、それぞれの粒子が個別に大きな破壊力を有したまま下流に流れてゆく様子が再現されている。

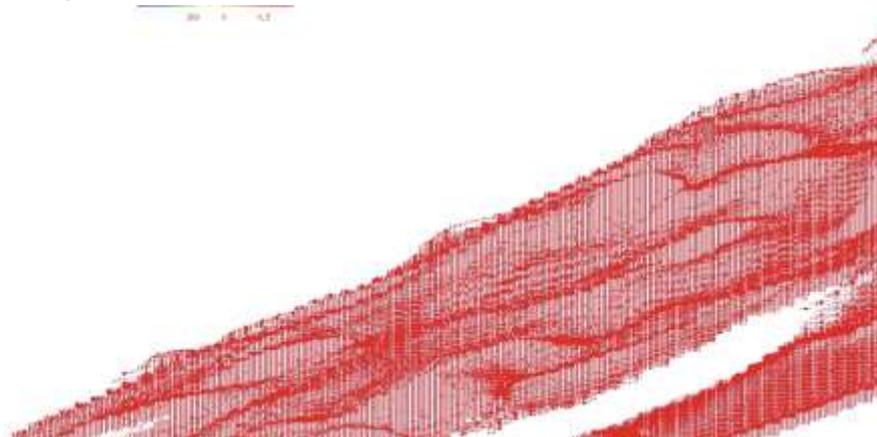


図15 Hydro-Debris3D の可視化（1）

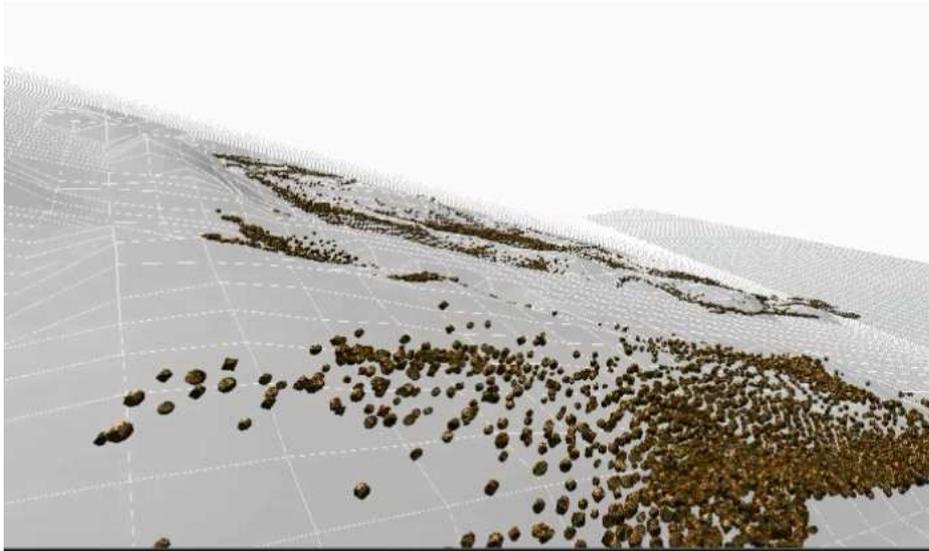


図16 Hydro-Debris3D の可視化（２）富士通（株）による可視化モジュール改良

2013 年度においては、(i)昨年度設置した X バンドレーダー雨量観測計の定期メンテナンスおよび仕様変更、(ii)ドブラチナ川上流域における土砂輸送シミュレーション、(iii)スプリット近郊オミシュ市のセチナ川河口における現地観測 を行った。

(1)については、昨年 11 月に設置完了した X バンドレーダーにおけるデータ変換に関して、以下の修正を行った。

ーデータ処理に関わる CPU ボードの変更(二重偏波情報を使った降水強度算出精度の向上のため、CPU を Intel クアッドコア Core i7-820QM (1.73 GHz)からクアッドコア Core i7-3610QE(2.30 GHz)に変更し、約 1.5 倍の処理速度に向上。)

ー降水強度算出精度の向上(二重偏波情報を使用することにより、降水強度算出における精度の向上。)

ー操作プログラムの変更(管理者が設定した内容を誤って変更しないために、ユーザ操作と管理者操作のメニューを見直し分類と観測データの保存容量の削減のため、圧縮保存機能(ZIP ファイル化)を追加。立体観測のため、仰角可変観測モード(RHI, SPIRAL, HSQ)の操作メニューの追加)

ー周辺装置のメンテナンス(外部カメラのケーブル接続部防水強化のため、電線管を交換。)

ー操作時不具合の修正(気象レーダーの設定変更時、レーダー本体とパソコンの操作プログラムの通信ができなくなる問題を修正。リモート操作後、パソコンの操作プログラムがハングアップする問題を修正。)

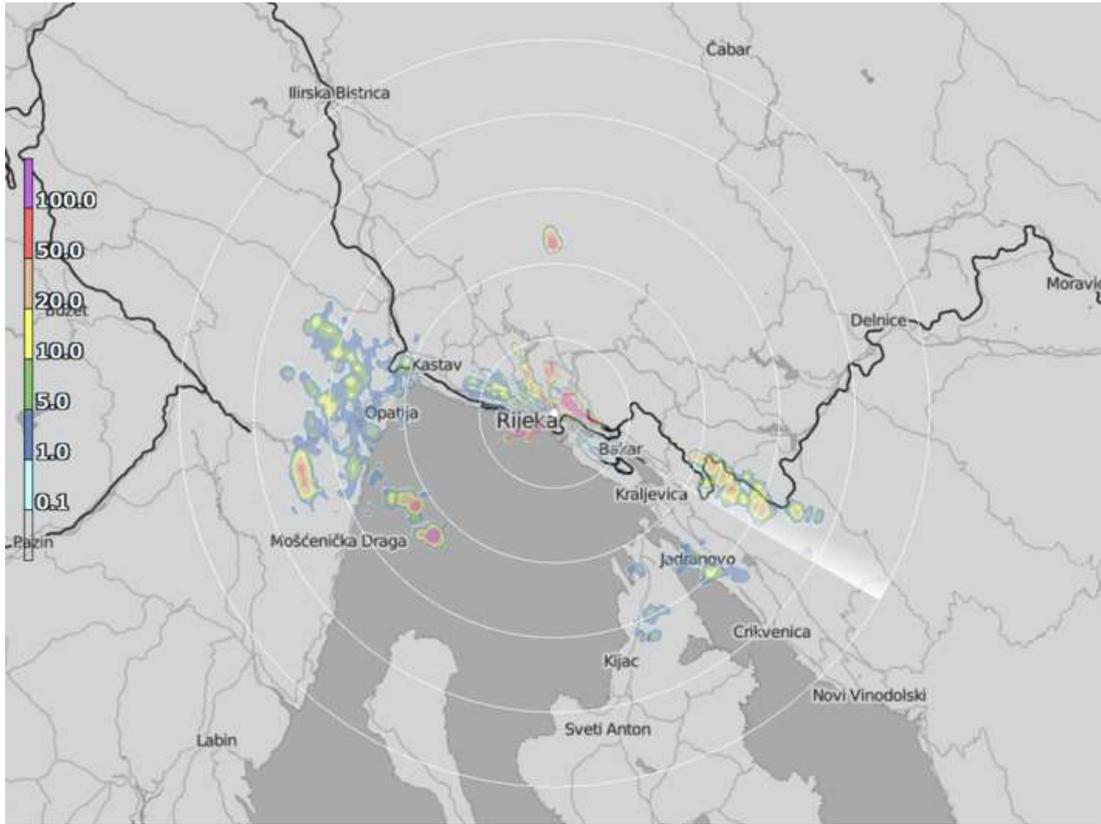


図17 新操作画面(平面)

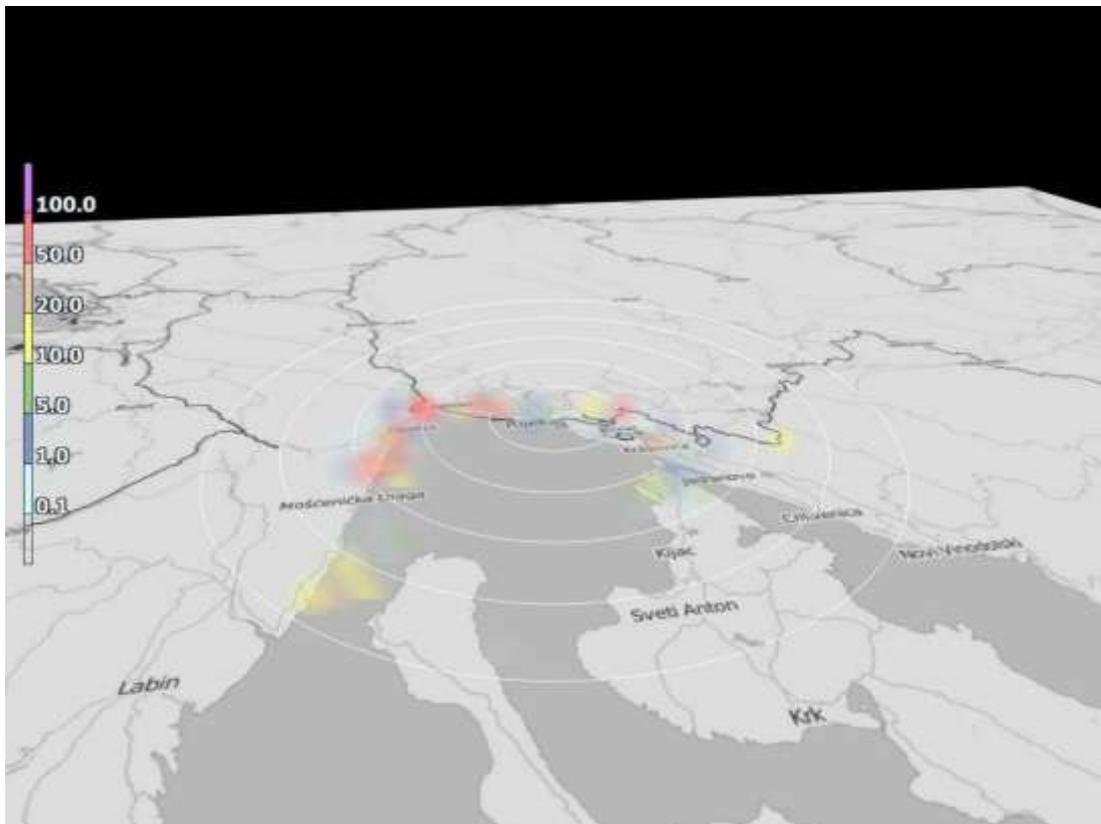


図18 新操作画面(立体)

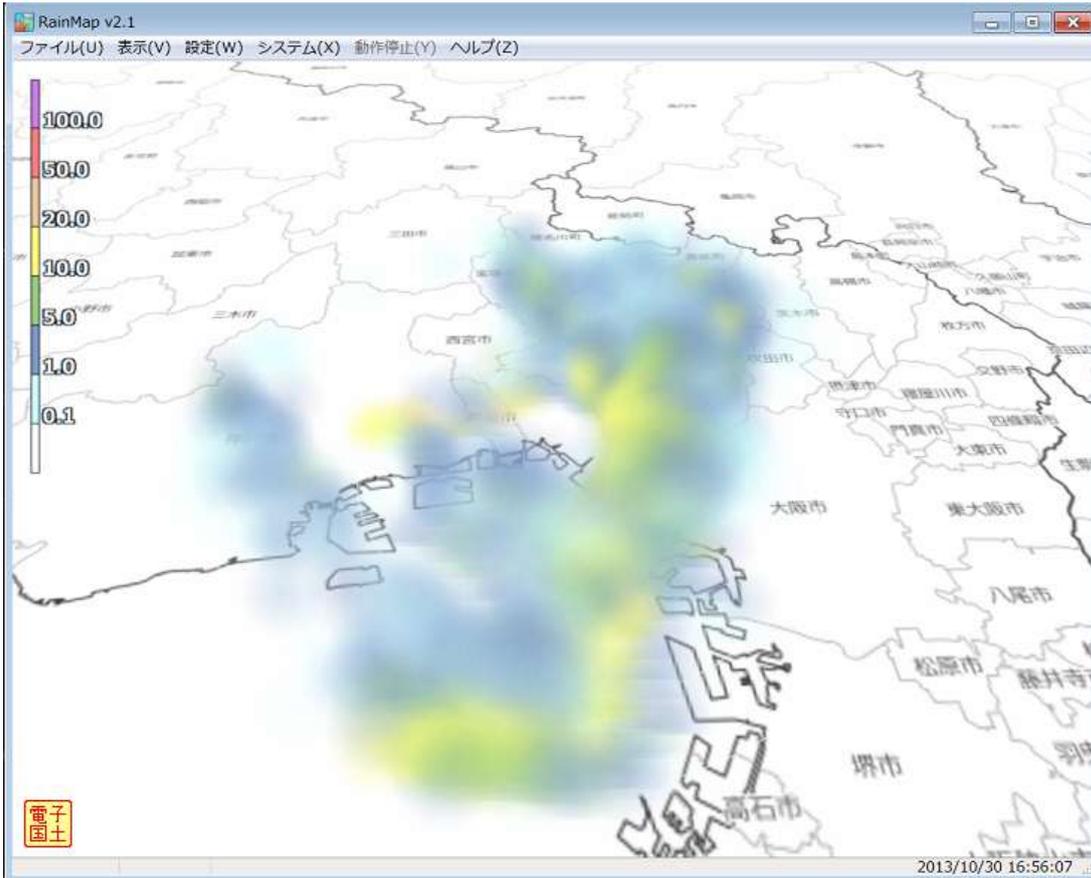


図19 立体表示の事例(大阪湾)

ドブラチナ川流域ソルトクリーク小流域においては、渓谷流域における表面流、地下流出、そして裸地における土砂粒子移動のシミュレーションをHydro-Debris3D を用いて行った。流量については下流地点における観測値と流域に設置した雨量計による降水量から計算を行った。また、降雨時における土砂粒子の移動過程について粒子追跡シミュレーションを行った。下に示した図 20 は、豪雨発生時に表面に存在する支配的な土砂(粒径 2.5 cm)の移動計算を行った例であり、それぞれ豪雨発生から150,650, 1150 秒後の粒子集積の様子である。現在流量値の再現性を向上させるために地下流出の解析を行っている。

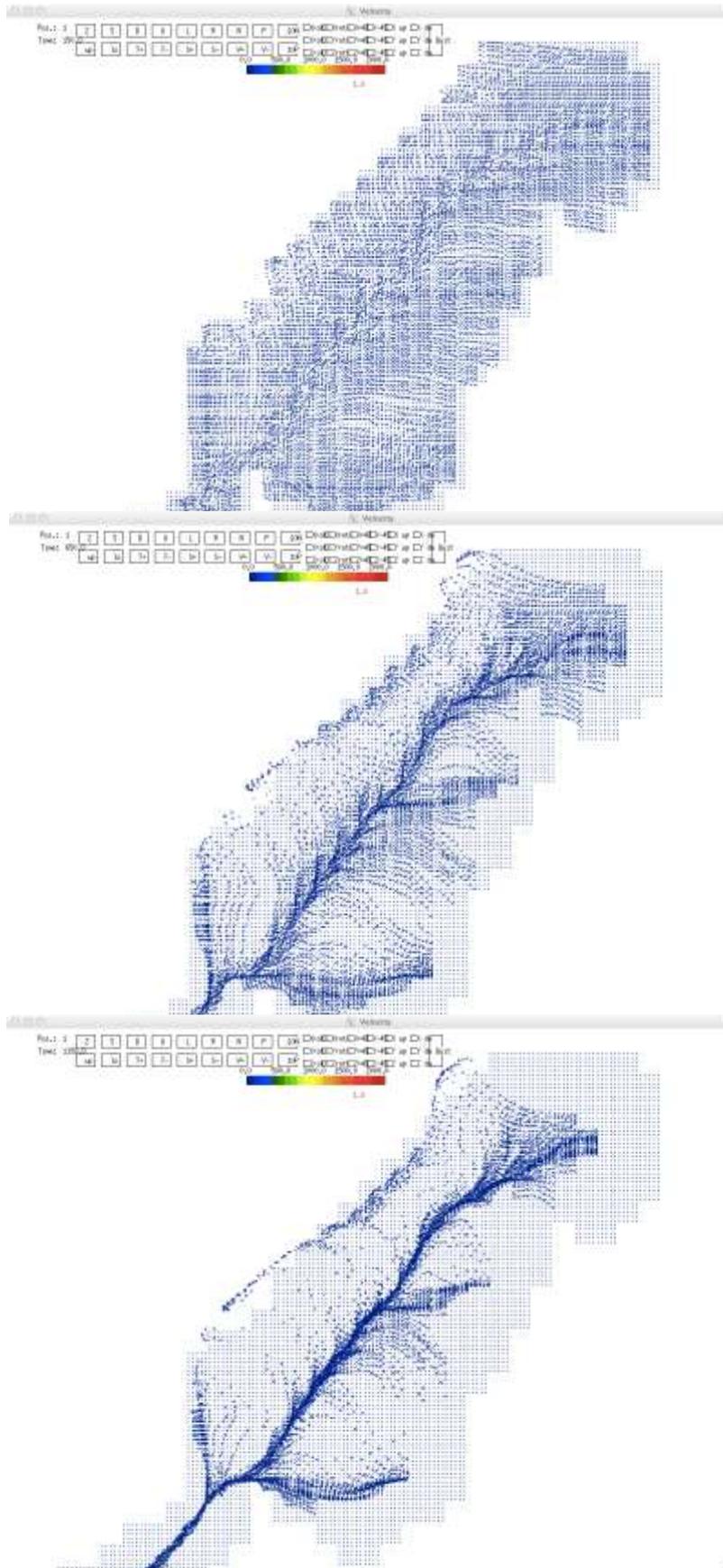


図20 ソルトクリーク小流域の裸地における降雨による砂礫移動シミュレーション

レーダー降雨による雨量観測と連動する予定の Hydro-3D によるレチナ川流域を行った。図 21 には豪雨時における河川の各地点における計算上の水位を示している。特にこれから、下流の Rijeka 市街地における洪水の危険性についても計算を行う。

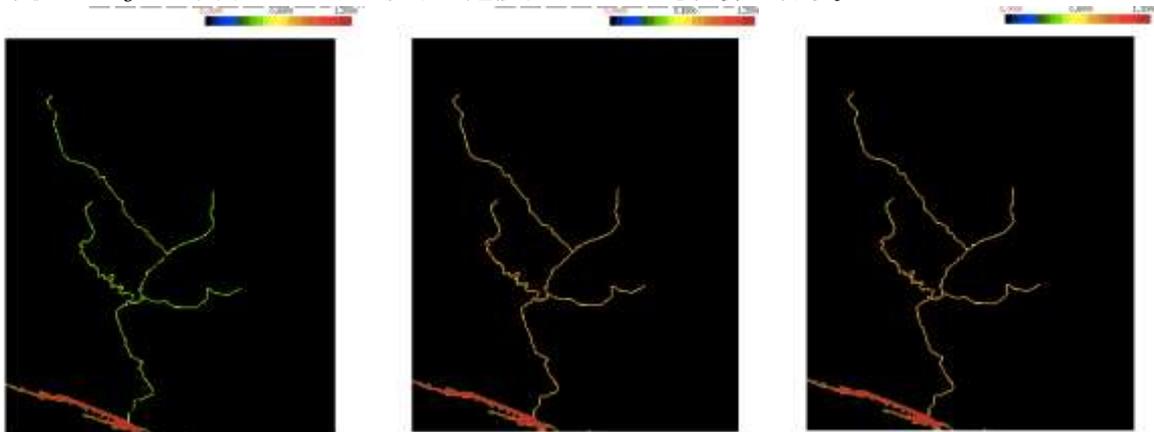


図21 豪雨時におけるレジナ川の流況(水位)シミュレーション

また、昨年度開発した土砂流動可視化ツールにも改良を加え、グロホボを例として土砂崩壊状況の3D 動画を作成した(図 22)。



図 2 2 土石流 3D 可視化ツール (動画から 4 コマ抜粋)

ザグレブ市においては、市の防災行政に関する情報収集も行った。国家総救済保護局 (National Protection and Rescue Directory : NPRD [現地語での略記 : DUZS]) およびザグレブ市危機管理局 (Office for Emergency Management : OEM) が市民を対象に配布されている防災に対する意識啓発に向けた資料内容を分析した。NPRD のパンフレットは、全般的に地震への備えと地震発生時の行動についての説明が挿絵付で説明されており (図 23),

洪水については1点，OEMより啓発パンフレットが出されている（図24）。いずれもわかりやすい内容になっているものの，現地の市民481名（市中心部，14歳～80歳）に尋ねたところ，これらについては知る者はいなかった。

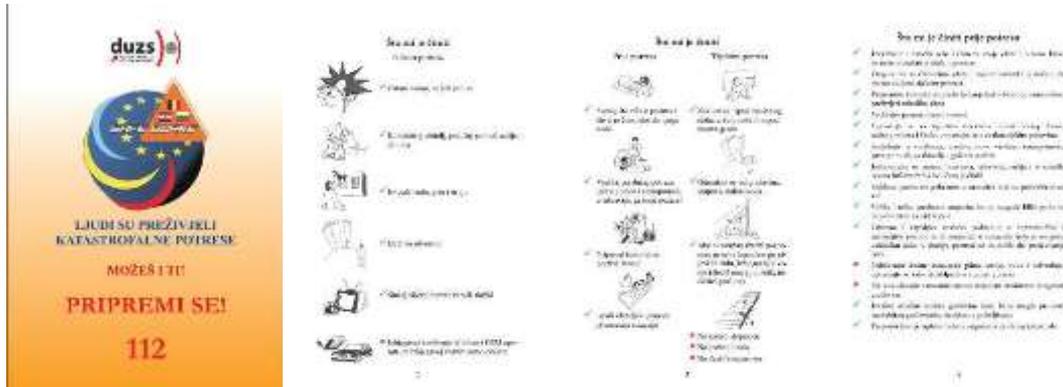


図2-3 NPRD発行の地震への備えと発生時の行動に関するパンフレット（抜粋）



図2-4 OEMが発行している「洪水時にとる4つの行動」パンフレット表（左）と裏（右）

ザグレブ市では紙媒体の地図のほか，市内に存するものをまとめた地図をウェブで公開しており，その中には災害対策に関する情報も含まれている（図25）。見たい情報項目をクリックするだけで，市のどこにどのような施設や設備があるかが示されるようになっており，防災対策や防災教育において一般市民にも活用可能性が幾分あると思われるが，前述の市民の間での知名度は低い。

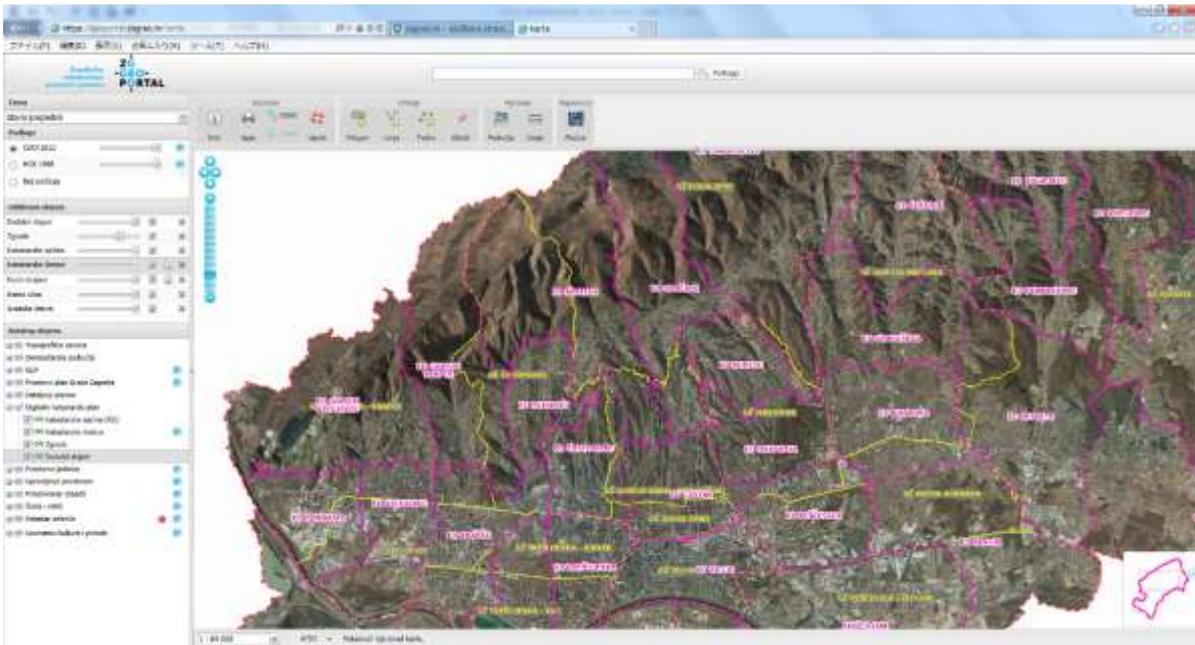


図 2 5 ザグレブ市 Geo Portal マップ

ザグレブ市の小流域について水文解析のためのデータ整備(図 26)を行った。これらを用いて Hydro3D による洪水解析を行った。

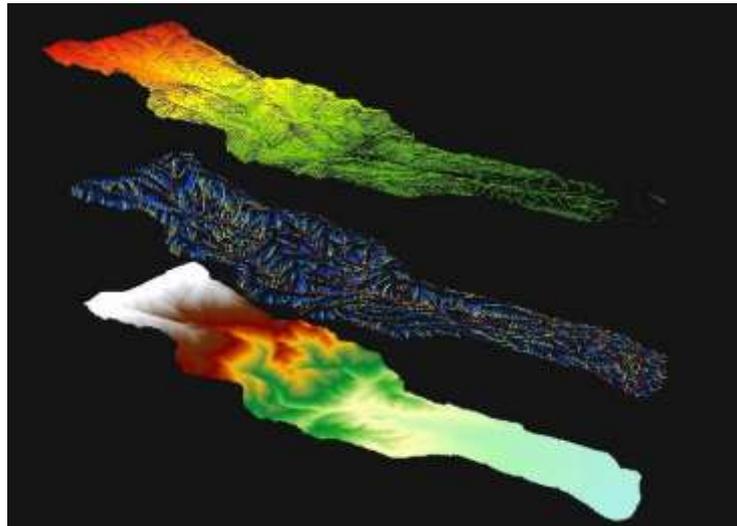


図26 ザグレブ市山地河川流域解析図(下から DEM, 河川グリッド・河川リンク, 等高線)

ザグレブ市後背山地における洪水水深の予測結果を図 27、図 28 に示している。また、リエカ市街地域のレジナ川による洪水水深の予測結果を図 29 に示している。

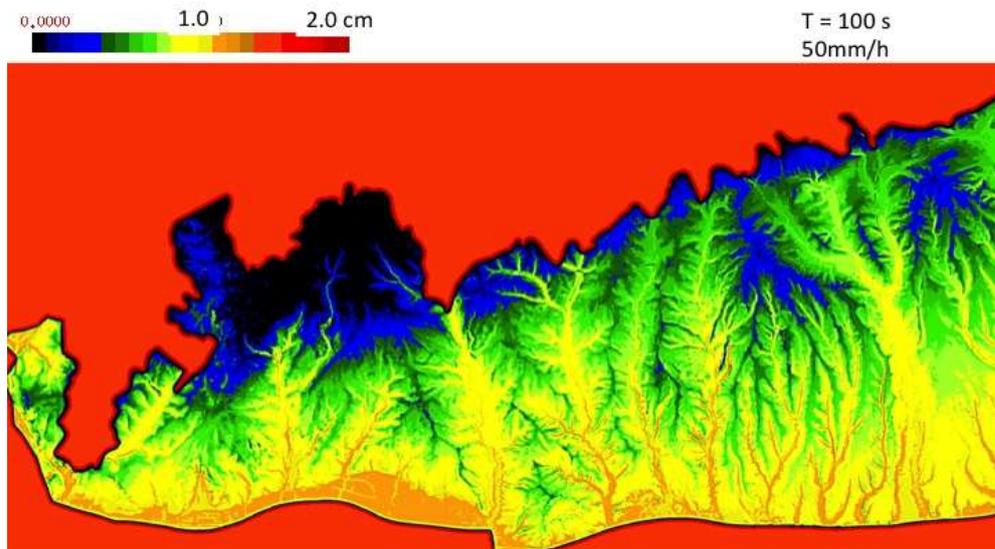


図 27 ザグレブ市山地河川の洪水水深予測
50mm/hの雨を降らせた際の水深(2cm, maximum)実験開始後より100秒での水深

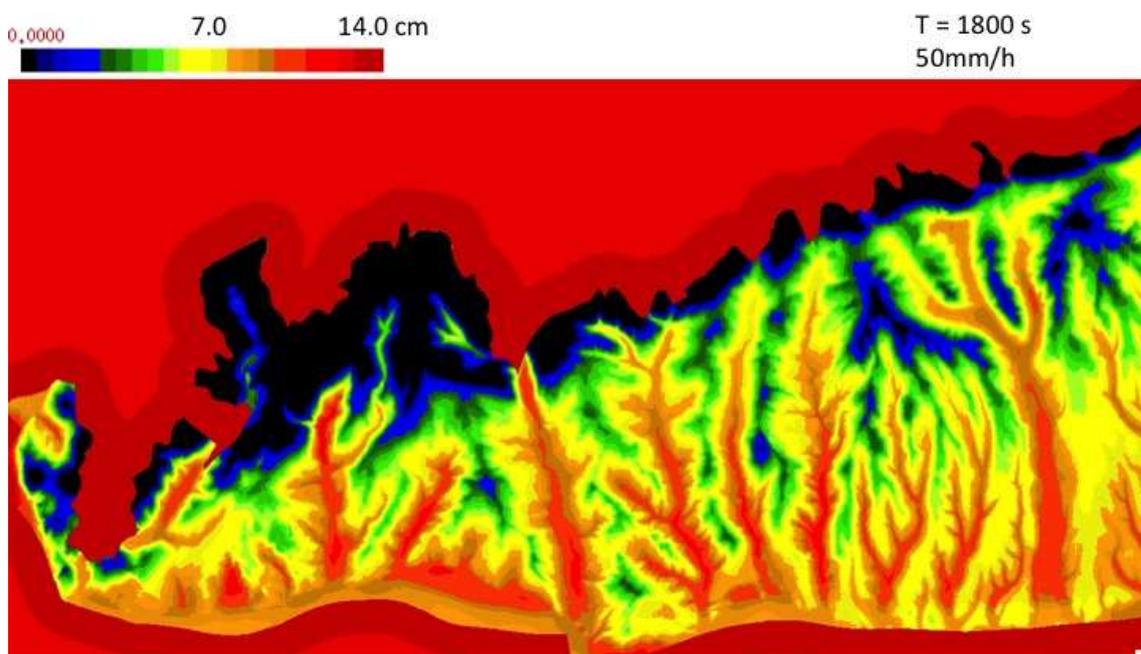


図 28 ザグレブ市山地河川の洪水水深予測
50mm/hの雨を降らせた際の水深、実験開始後より1800秒での水深

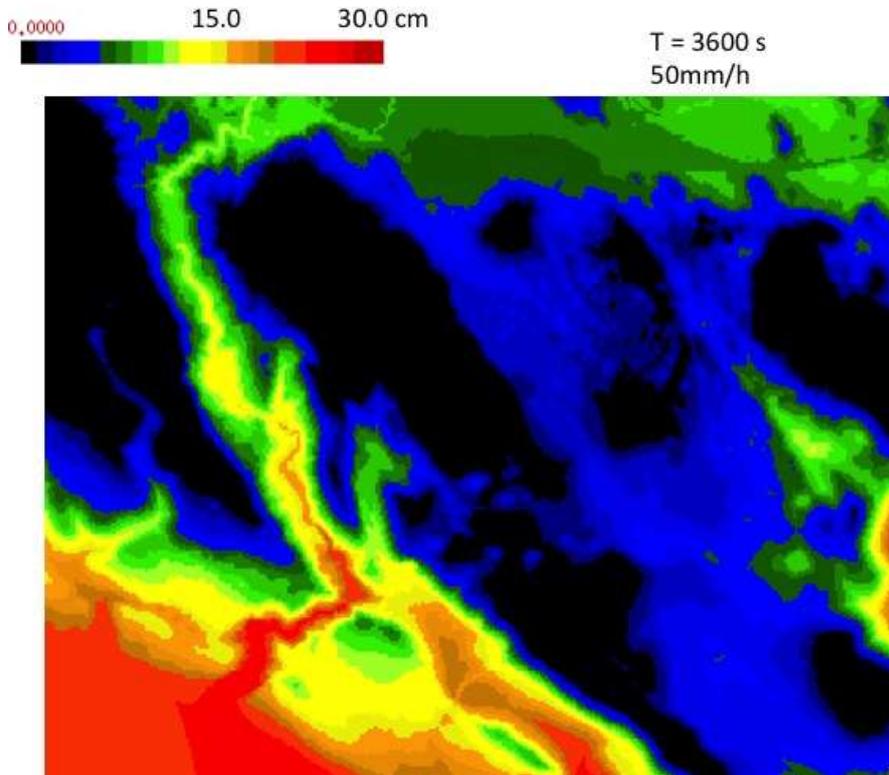


図 29 リエカ市市街地のレチナ川流域の洪水水深予測
50mm/hの雨を降らせた際に実験開始後より360秒での水深

(2)研究成果の今後期待される効果(洪水災害研究グループ)

- ① 石礫型土石流解析ソフトHydro-Debris3Dを開発し、モデル流域への適用を行った。このソフトはクロアチアの他の流域や、類似の自然条件を有する周辺諸国に対しても適用可能と考えられる。
- ② リエカ地域については、DUBRACINA川流域のSalt Creek流域における洪水観測システムを設置した。また、土石流発生危険渓流であるMoscenicka Draga流域においても洪水観測システムを設置した。さらに、スプリット地域については、Cetina川上流のSutina川流域における洪水観測システムを設置した。これらの観測システムは今後洪水予測、早期警戒に有用であると考えられる。
- ③ リエカ大学土木工学部棟屋上にXバンド気象レーダーを設置した。本気象レーダーは今後有効範囲内における洪水予測に有用であると考えられる。

4.3 総括合同研究(新潟大学グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい

クロアチアの自然条件を的確に把握し、地すべり・斜面崩壊などの発生機構を解明し、クロアチアの社会条件をも勘案して、これらの異常現象(Hazard)が災害(Disaster)を引き起こす過程を明確にする。さらに、それを基礎として、開発地域や社会的価値の高い地域を対象として土砂災害危険度を評価する技術を開発する。

② 研究実施方法

ザグレブ市後背産地ならびにリエカ市周辺地域、さらにスプリット市周辺地域において1000km²規模の広域調査対象地域を選定し、さらに対象地域内に詳細検討のため数10km²規模のモデル流域を抽出する。モデル流域について航空写真を用いた概略地形判読により第一段階の地すべり危険度評価を行う。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

2010年9月に、10日間の日程でザグレブ、リエカ、スプリットの3地域においてクロアチア側研究者(グループ代表者ミハリツ博士)との共同調査、意見交換などを行った。特にリエカ近郊のRjecina川流域に関しては、既に取得している空中写真を用いて地すべり地形の判読を行っており、地形判読図と照合しつつ現地調査を実施した。さらに、ザグレブ地域においては最大規模のKostanjek地すべりと、北部丘陵地の住宅地の地すべりを調査した。住宅地の地すべりは小規模であるために、地形判読に際してはより解像度の高い空中写真を必要とする。早急に調達を進める方針である。スプリット地域においては、落石危険度評価に関する調査を中心課題として来年度から取り組むこととした。

2011年度においては、各対象地域に関する地すべり地形判読作業に必要な航空写真を概ね調達することができた。ザグレブ市街地背後の丘陵地帯に関しては航空写真による地形判読作業を完了し、地すべり・崩壊分布図を作成した。当該地域における地すべり・崩壊は100数十箇所に及んでいる。一方、リエカ地域におけるグロホボ地区並びにソルトクリーク地区に関しては、判読作業は一部実施済みであるが、対象地域全域に関しては、2012年度前半に作業を完了する予定である。

ザグレブ地域のコスタニェク地すべり地に関しては、地表踏査結果、トンネル内踏査結果、航空写真に基づく地すべりブロックの分布状況を総合的に比較検討し、3次元地形表示・安定解析ソフトADCALC3Dを用いてクロスチェックを行った。その結果、トンネル内に現れている変位は小規模地すべりブロックの滑動を反映すると推定された。

リエカ地域のグロホボ地すべりに関しては、3次元安定解析により地内に分布する多数の小規模地すべりブロックの相対的な安定性の比較を行った。また、同地すべりが崩落した際に、一時天然ダムを形成し決壊する場合並びに直接土石流化する場合の二つのシナリオを想定し、土石流の流動シミュレーションを行った。

さらに、土砂洪水統合ハザードマップ構築の前段階として必要な、階層構造分析(AHP)法による地すべり危険度評価を行うための評価基準をグロホボ地すべりを対象として作成した。

2012年度においては、各対象地域に関する地すべり地形判読結果に基づき、階層構造分析法(AHP)を用いた危険度評価を順次実施、土砂・洪水災害統合ハザードマップを作成するための基礎資料を作成した。ザグレブ地区に関しては、その主要部分に対して地すべり地形分布図を作成し、適正な評価基準を適用し、危険度評価を実施し、評価結果を図示した(評価結果図を添付する)。リエカ地区に関しては、レジナ川中流域に関しては、昨年度危険度評価を実施しており、今年度はドブラチナ川流域に関しても、地すべり地形判読を作成し、適正な評価基準を適用して、危険度評価を実施し、評価結果を図示した(評価結果図を添付する)。ドブラチナ川流域においては、そもそも地すべり地形の分布が少ないことが注目される。猶、スプリット地区に関しては、いわゆる地すべりではなく岩盤崩落あるいは落石が主要な対象であることから、3D地上レーザー計測による不安定岩塊の分布並びに挙動の計測を実施している。

また、リエカ地域に関しては、主要観測地であるグロホボ地すべりを含むレジナ川流域の得意な地形状況が注目されることから、単に地すべり地形の分布状況の把握に留まらず、大規模な地形構造の発達過程の考察を加えた(別途参考資料を添付する)。

カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2010年9月の共同調査において日本側で作成した地すべり地形判読図と現地で観察される地すべり状況との照合作業を実施できたことは、極めて有効であった。

また、2010年10月下旬に、クロアチアの若手研究者4名が来日し、2ヶ月に及ぶ研修

の一環として、1 週間に亘り仙台において研修を行った。主な項目は空中写真判読による地すべり地形抽出手法、地すべり解析・表示ソフトウェアの使用方法などに関するレクチャー、仙台周辺地域の地すべり地視察、土質試験室の訪問、(社) 日本地すべり学会東北支部主催による十和田地域の地すべり地に関する現地検討会への参加研修などである。実践的な技術習得を目標とした研修は極めて有効であった。

2010 年 11 月 22 日から 24 日に掛けて Dubrovnik において、周辺諸国からの研究者、専門家の参加を得て国際ワークショップを実施した。本プロジェクトの意義、内容、進行状況に関してアピールすると同時に、周辺諸国における地すべりあるいは洪水災害の現況に関する報告を受けた。このワークショップには、日本及びクロアチアのプロジェクト関係者はもとより、ボスニアヘルツェゴビナ、ブルガリア、マケドニア、セルビア、スロベニア、コソボ等の国々から約 50 名の参加を得て、有効な技術伝達が行われた。

2011 年度においても、10 月初旬から 2 ヶ月間、クロアチアの若手研究者 2 名が来日し、地すべり地形判読、AHP による危険度評価、ADCALC3D ソフトによる安定解析等に関する研修を実施した。

2011 年 12 月 15 日から 17 日に掛けて Rijeka 大学土木工学部において、第 2 回国際ワークショップを実施した。此のワークショップには、日本及びクロアチアのプロジェクト関係者を始めとし、周辺諸国を含め計 11 カ国から多数の参加を得、有効な技術伝達が行うことができた。また、2011 年 10 月に 2 週間、リエカ大学教授 1 名及びザグレブ大学教授 1 名を招聘し、仙台、山形及び新潟において地すべり地形解析、地すべり危険度評価に関する意見交換を行った。

2012 年度においても、2 月中旬～3 月中旬に掛けて 1 ヶ月間、クロアチアの若手研究者 2 名が来日し、地すべり地形判読、AHP による危険度評価、ADCALC3D ソフトによる安定解析等に関する研修を実施した。

2012 年 3 月 7 日から 9 日に掛けてザグレブ市役所会議場並びにザグレブ大学本部会議場において、第 3 回国際ワークショップを実施した。今回のワークショップにおいても、日本及びクロアチアのプロジェクト関係者に加えて、周辺諸国から多数の参加を得て、有効な意見交換並びに技術伝達を行うことができた。

2012 年度から 2013 年度前半に掛けて、リエカ地区のレジナ川流域およびザグレブ地区の後背山地を対象として、階層構造分析法(AHP)を用いた地すべり斜面危険度評価を実施した。図 31 はレジナ川流域中流部を対象として作成された、AHP による危険度評価基準を示している。図 32 は同評価基準を適用して判定した、レジナ川中流域における地すべり斜面危険度評価結果を示している。評価結果より、レジナ川中流域において現在総合モニタリング・システムを設置し、観測を実施しているグロホボ地すべりおよびその周辺域の地すべり斜面の危険度が高いことが注目される。

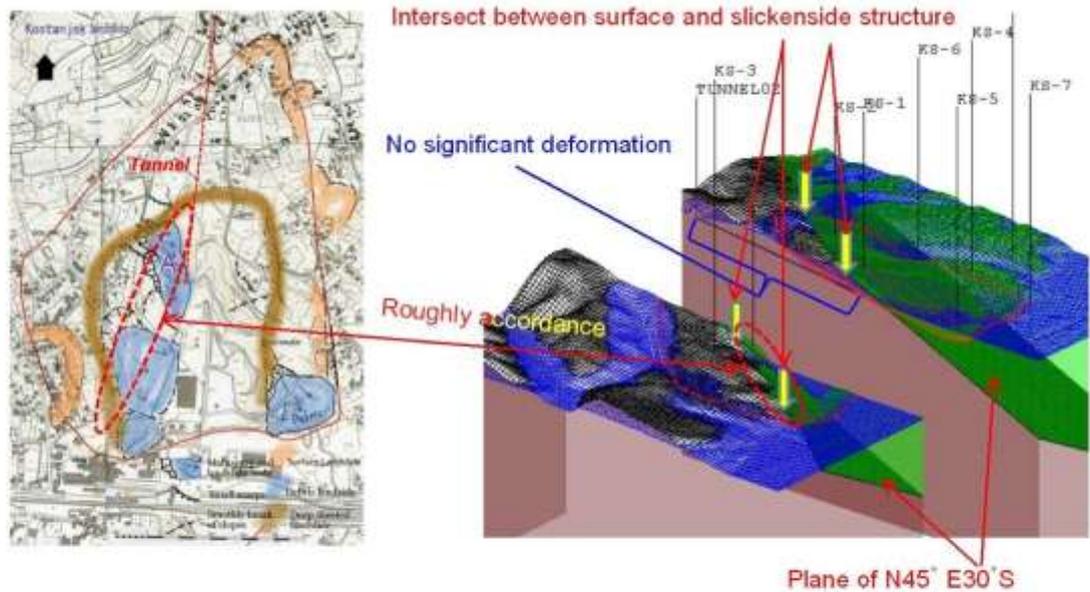
2013 年度においては、上記の地すべり斜面危険度評価結果に基づき、土地利用状況を考慮した上で、モデル地域において地すべりハザードマップを作製した。洪水ハザードマップとの統合結果に関しては JST 最終報告会において提示する。

また、2013 年度 4 月には前月中旬から急激な移動量の増加が観測されたザグレブ市のコストニェク地すべりに対して、急遽専門家を派遣し現地確認の基づき、ザグレブ市危機管理局と緊急対応に関する協議を設定し、所要の提言を行った。

④ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

2011 年 3 月の調査に際して、駐サラエボ日本大使館並びに JICA 事務所を介して、ボスニアヘルツェゴビナ治安省の要請を受け、研究代表者が同国の地すべり発生状況に関する情報収集並びに今後の地すべり対策に関する提言を行った。同国の専門家の中には上記の Dubrovnik のワークショップに参加した専門家も含まれており、本プロジェクトの成果の同国への摘要に関しても高い期待が表明された。

Comparison between photo interpretation, confirmation work, and 3D modeling



Landslides locate west of excavation are roughly seemed relation to geological structure. Former sliding surface doesn't exist or not active after tunnel construction. It seems that deformation of the tunnel is caused by activation of the slide "A".

図 30 3次元安定解析ソフト ADCALC3D を用いた解析

ザグレブ市後背山地に位置するコスタニエク地すべり地においては、詳細な地表踏査、トンネル内踏査、空中写真判読を実施しており、3次元安定解析ソフト ADCALC3D を用いた解析結果を照合している（図 30）。トンネル内で観察された変状と地表面に見られる地すべりブロックの形状とが対応関係にあることが判明した。

図 31 はレジナ川中流域を対象として作成された、AHP による評価基準を示している。同評価基準を適用して、レジナ川中流域に集中的に分布する地すべり斜面の危険度評価を実施した結果を図 32 に示している。

一方、ザグレブ市後背山地に関しても、航空写真判読により個々の地すべり地形を判読した上で、AHP により地すべり斜面の危険度評価を実施している。結果を図 33 及び図 34 に示している。図 34 では個々の地すべり地形の領域内で滑落崖の形状も記載している。

さらに、リエカ地域では、ドブラチナ川流域に対しても地すべり地形判読を行っているが、箇所数は少ない。同流域の AHP による地すべり斜面危険度評価結果を図 35 に示している。

Stress pair and micro landform features of landslides		Inspection record sheet for landslides risk evaluation (Level 1)			AHP score
Level II	Level III	Landslide Status			mm
		Large (High)	Medium	Small (Low)	
Micro Landform features with landslide body	Alignment of landslide				
	Changes of landslide microtopography				
Level of stream meandering information of watershed	Alignment of stream axis				
	Alignment of the axis				
Landslide features	Stability of the part of landslide mass				
	Stability of the part of landslide mass				
Landslide Risk based on your own experience		Large	Medium	Small	
Remarks					Reference: No. Status of Map

図 31 グロホボ地すべりを対象として作成された、AHP による危険度評価基準

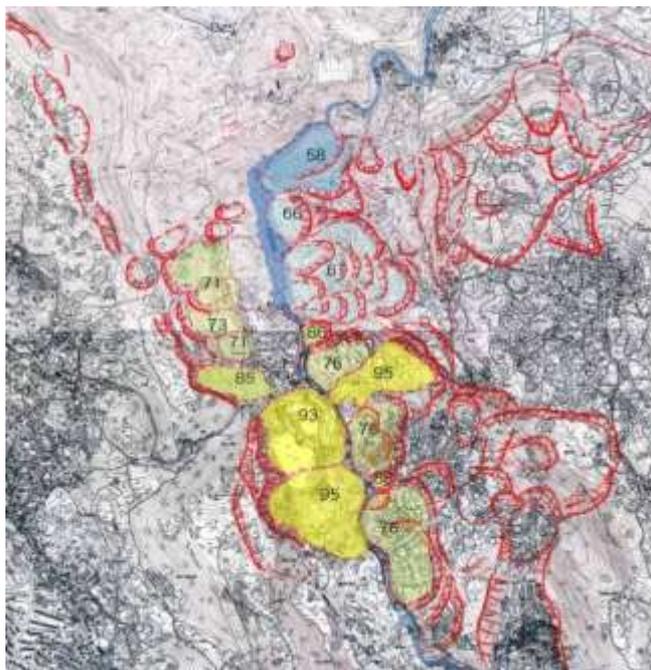


図 32 レジナ川流域中流域における地すべり斜面危険度評価結果
 個々の地すべり斜面内に記された数字が相対的な危険度の高さを表している。
 図の中央左岸側の 95 の数字が記載された細長い斜面がグロホボ地すべりを示す。
 注釈：レジナ川流域に関しては、別途空中写真による詳細な地形判読を実施している。
 その結果、現在の地すべり活動の評価に基づき、中流部を危険度評価の対象とした。

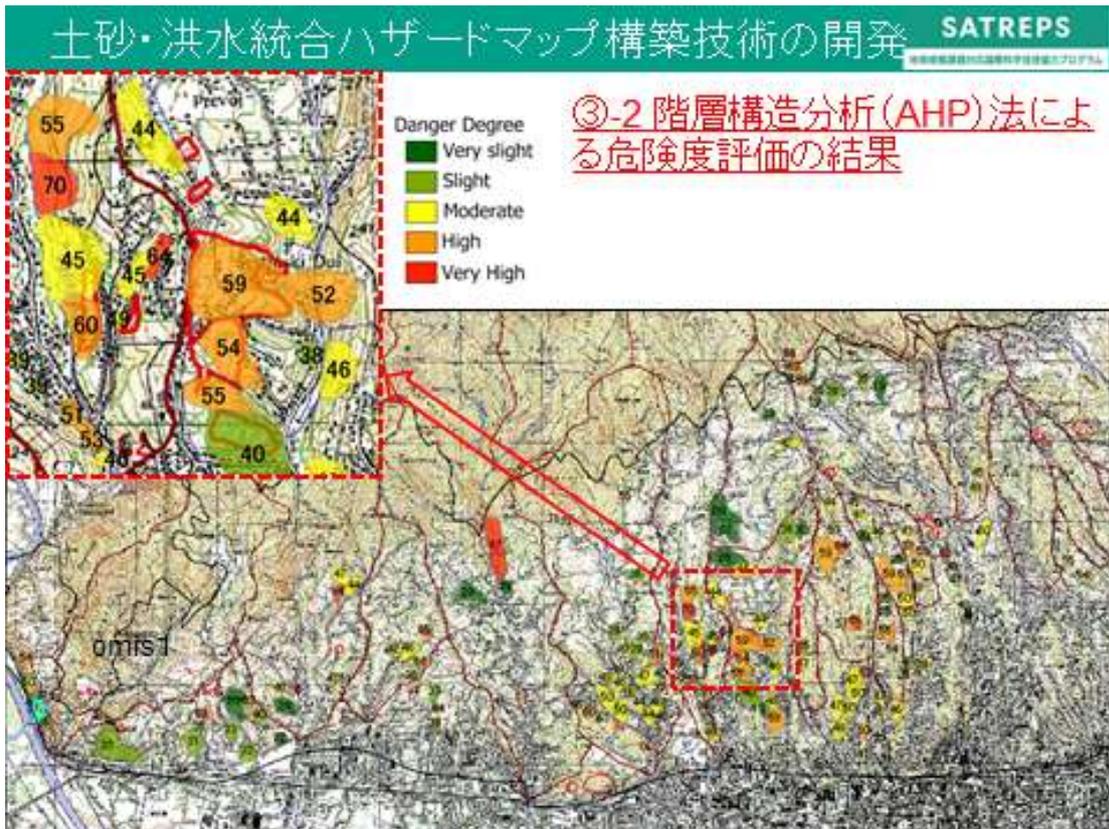


図 3 3 AHP 法によるザグレブ市後背山地の地すべり斜面危険度評価結果（第一段階）

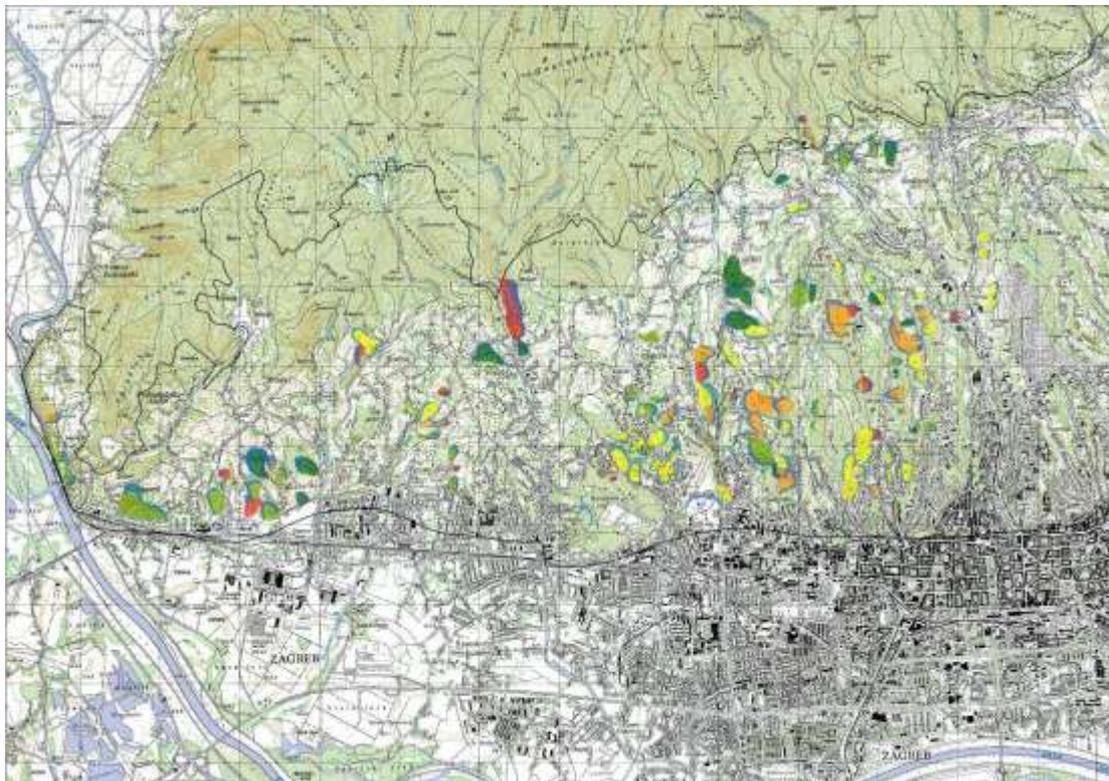


図 3 4 AHP によるザグレブ市後背山地の地すべり斜面危険度評価結果（第二段階）
注釈：輪郭は同一であるが、滑落崖を表示している。

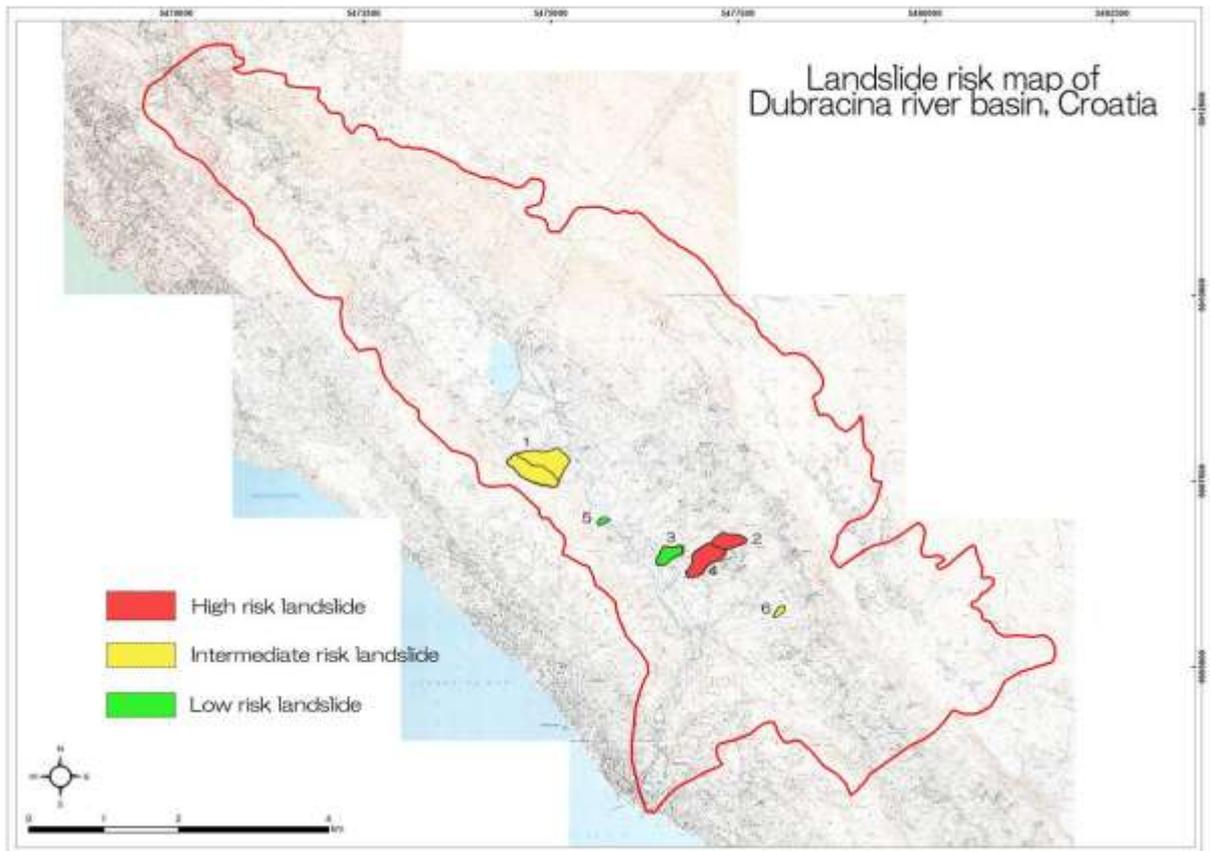


図 3 5 AHP によるリエカ市近郊ドブラチナ川流域地すべり斜面危険度評価結果

以下に斜面危険度評価に基づき、ハザードマップを作成し、さらに土地利用を考慮してリスクマップを作成する過程を示す。

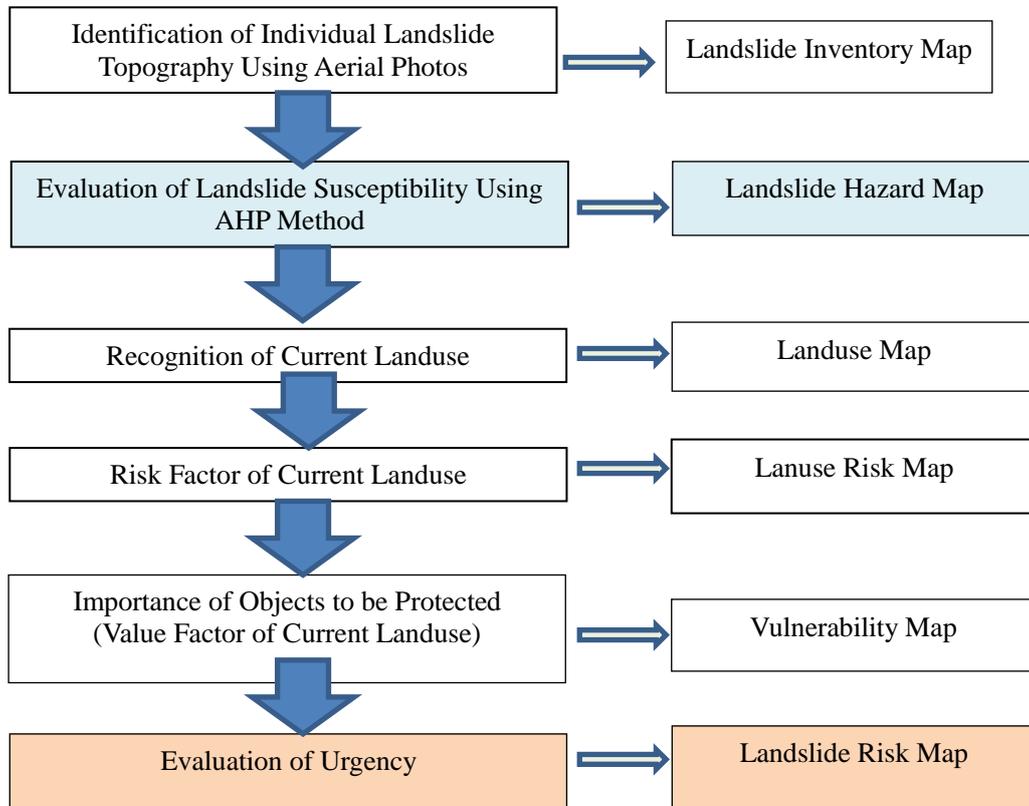


図36 地すべり危険度評価のプロセス

以下にザグレブ市後背山地に関し、地すべりリスクマップ作成に至る一連の過程を示す。

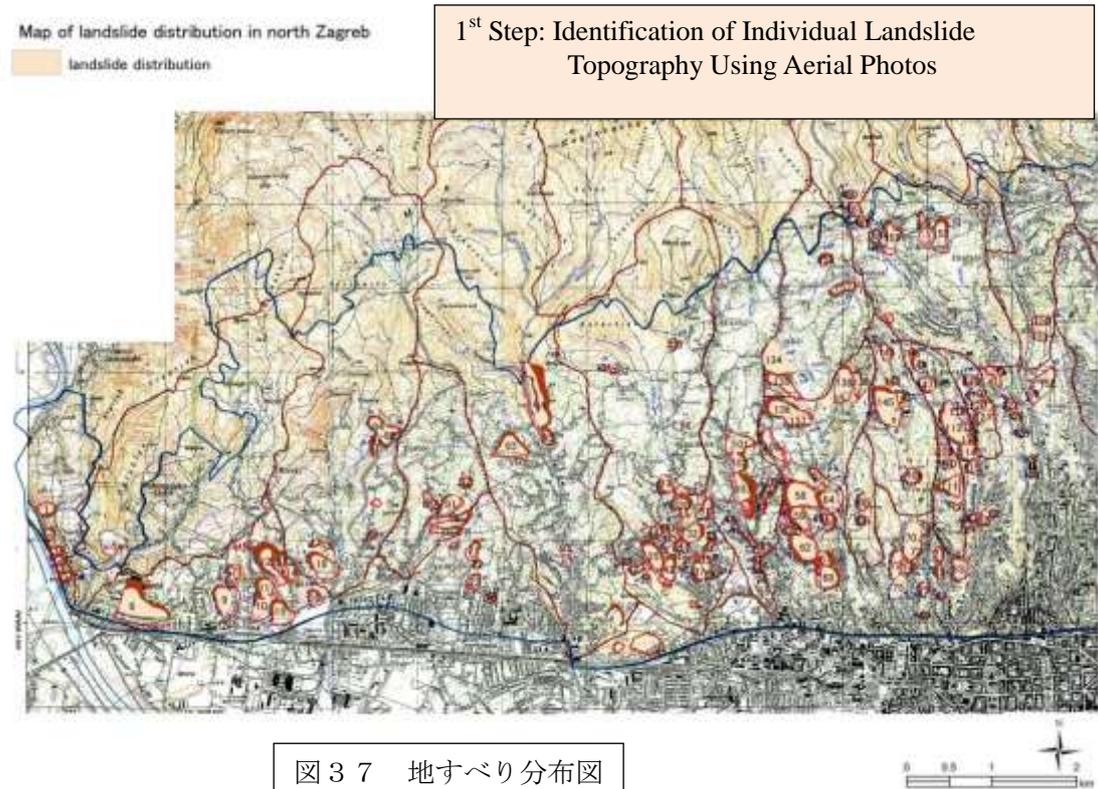


図 3 7 地すべり分布図

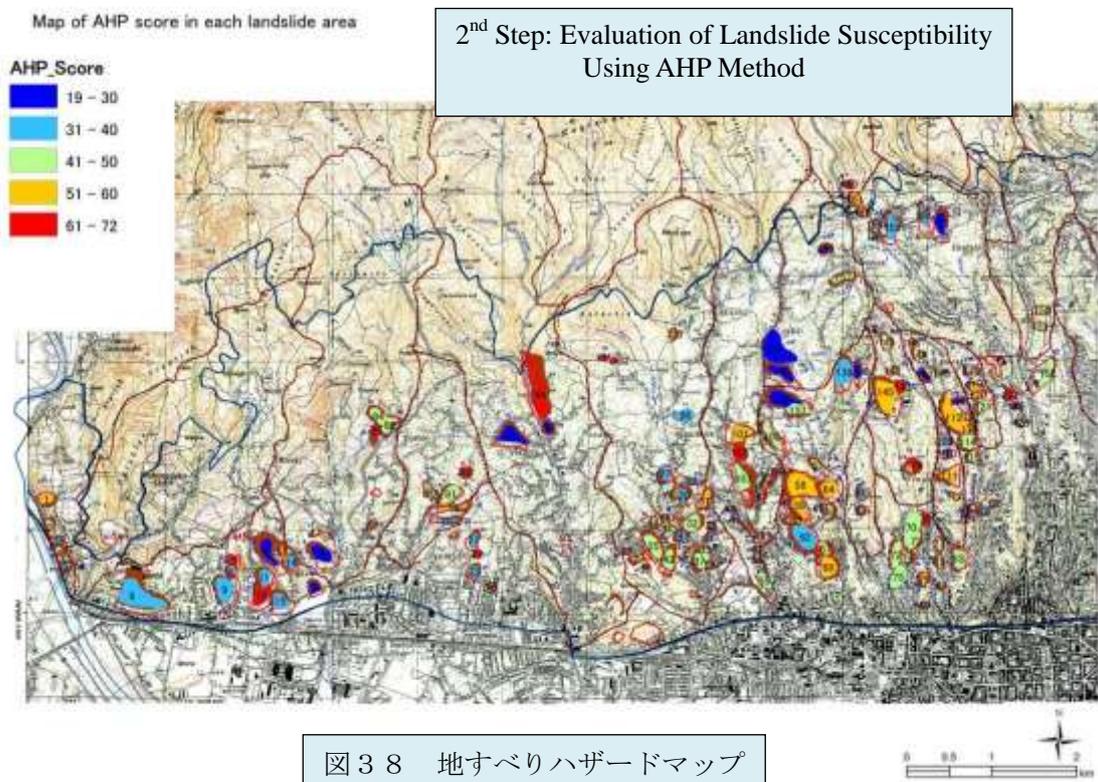


図 3 8 地すべりハザードマップ

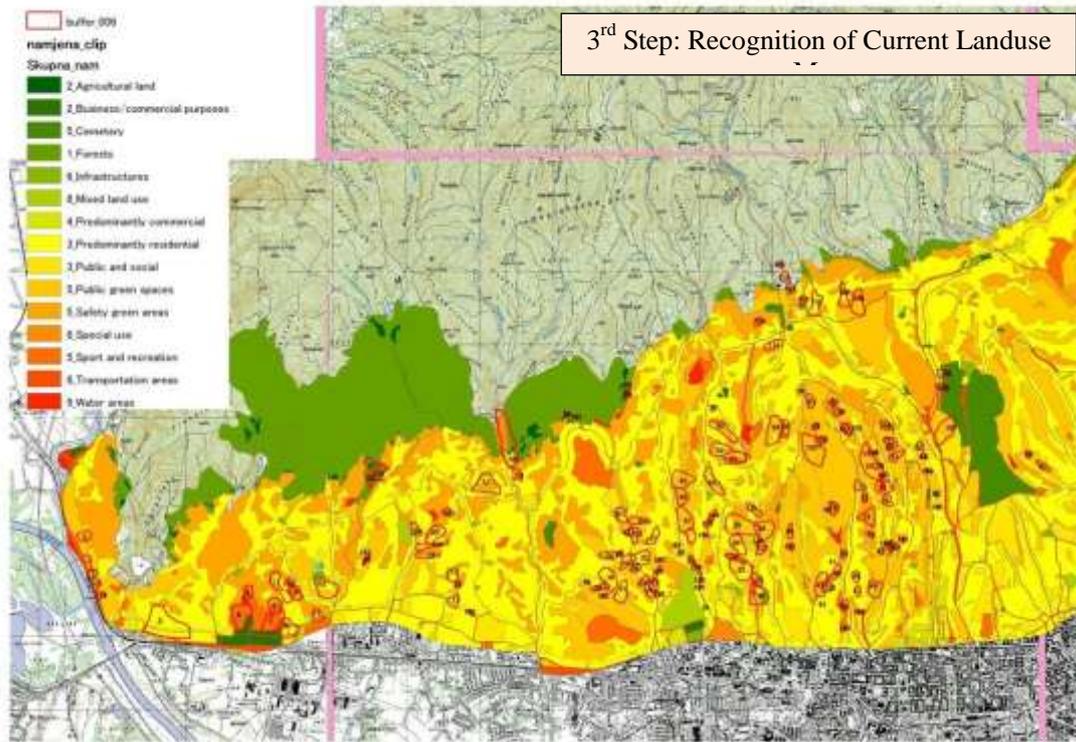


図 3 9 土地利用図

Map of the high score landuse in each landslide area

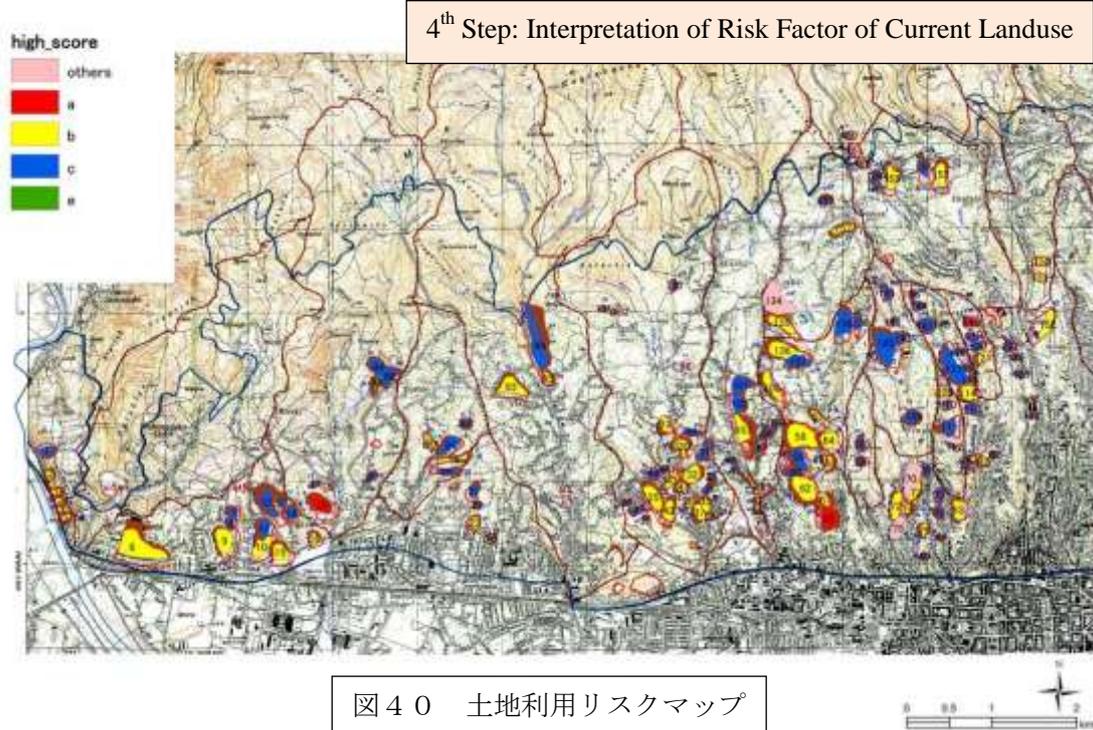
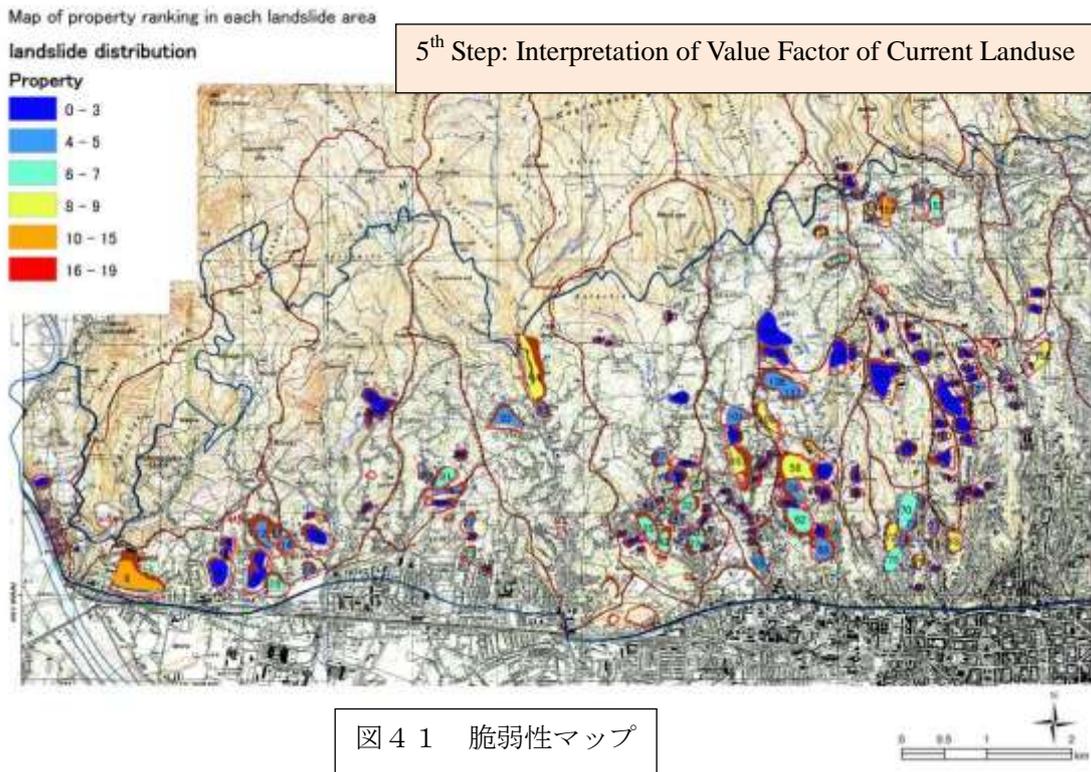


図 4 0 土地利用リスクマップ



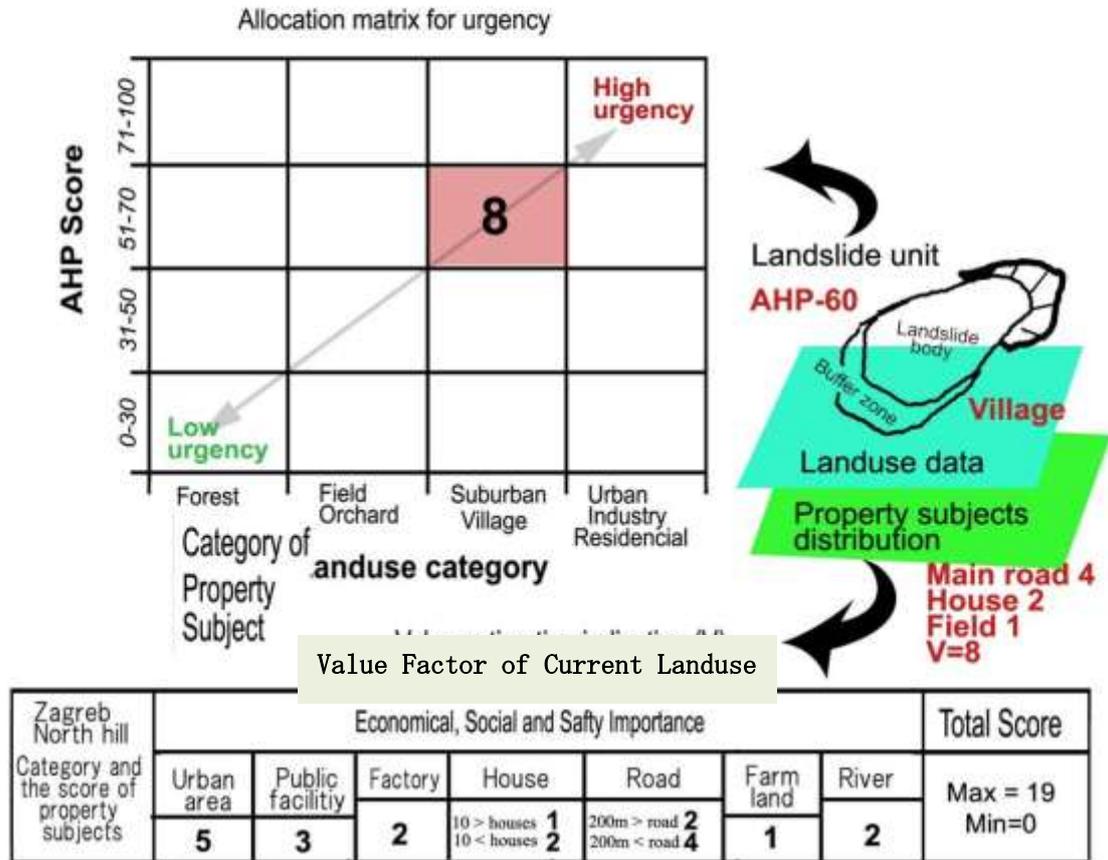
Urgency concerning each individual landslide area is evaluated by the total score of the following three factors:

- 1) AHP score: It is used for Evaluation of Landslide Susceptibility.
- 2) Landuse risk: It is used for Interpretation of Risk Factor of Current Landuse.
- 3) Lanuse property score: It is used for Interpretation of Value Factor of Current Landuse.

AHP score (0~100) (0, 2, 4, 6, 8)	+	Landuse risk (e, b, c, a) (0~4)	+	Landuse property (0~9)	=	Urgency (Total score) (0~31)
---	---	---------------------------------------	---	---------------------------	---	------------------------------------

Urgency evaluation sheet for landslide unit

AHP score is estimated by direct interpretation by inspection sheet.
 Landuse category is decided based on the landuse map.
 The distribution is put into the GIS database system.

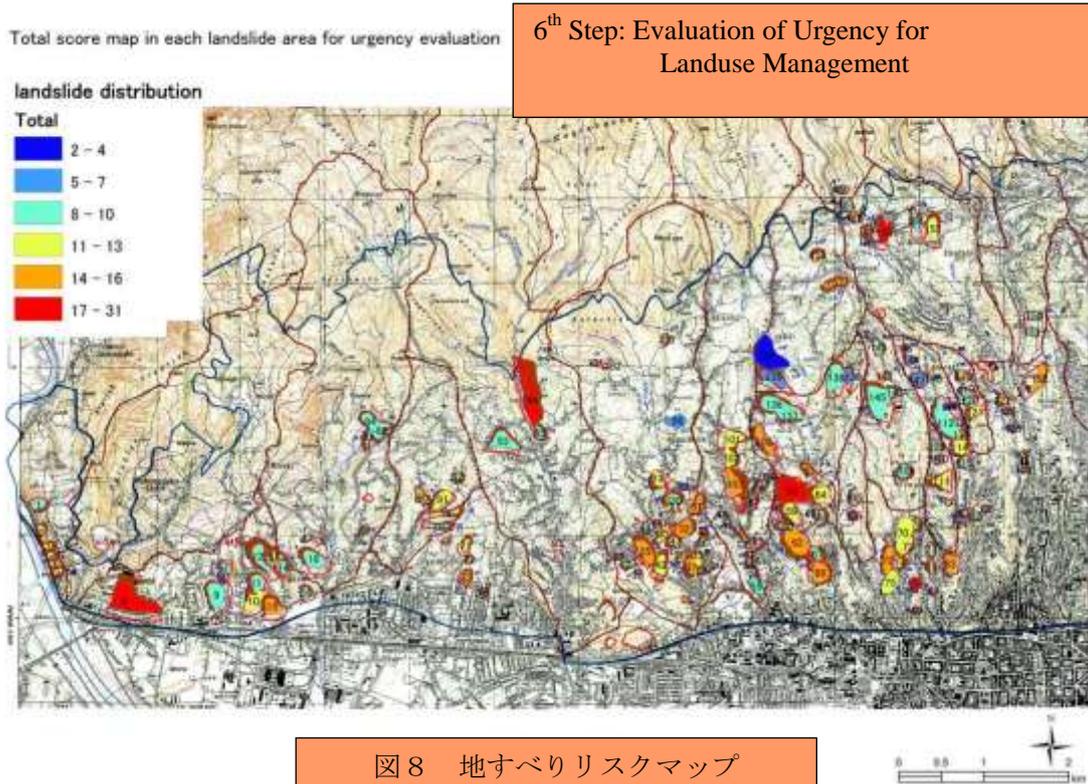


The subject identify by GIS data base.
 The evaluate area include of landslide area and the buffering zone.

Risk Factor of Current Landuse according to Lanuse Category

Lank category	\leftarrow a High	b	c	d Low	\rightarrow e
Landuse type	Infrastructure	Business Cemetery Predoinance commarcial Transport	Predominance residence Public and Social Water Mixed	Agriculture	Forest

図 4 2 AHP 評価点と土地利用要因を組み合わせた評価シート



Remark 1: The degree of urgency of individual landslide area is indicated by 6 categories. Landslide areas indicated by red color means the highest urgency for landuse management.

Remark 2: The value factor of current landuse and the risk factor of current landuse should be modified according to the appropriate interpretation of current landuse.

Remark 3: The travel distance and velocity of representative landslides which possess a certain volume and high danger degree to the areas with high societal value should be evaluated by the numerical simulation method based on landslide dynamics.

(2)研究成果の今後期待される効果(総括合同研究グループ)

- ① Zagreb 地域、Rijeka 地域、Split 地域において、対象流域の選定並びに流域現況に関する踏査を実施した。特に、Rijeka 市近郊の Salt Creek 周辺地域に関し、地形地質配列並びに地すべり分布に関する調査を実施した。Rijeka 市近郊の Grohovo 地すべり周辺域を対象として、航空写真を用いた地すべり地形判読を実施した。2011 年度、Zagreb 地域北部丘陵地を対象として、航空写真を用いた地すべり地形判読を実施し、地すべり・崩壊の分布状況を把握した。人口密集地帯の背後に展開する広大な丘陵地帯に関する地すべり斜面の分布状況の把握は地すべり対策上重要な基礎データである。
- ② 2011 年度、Rijeka 市近郊の Grohovo 地すべり地を含む Rjecina 川流域を対象として、適切な評価基準を策定し、AHP 手法を用いた地すべり危険度評価を試みた。また、2012 年度、Zagreb 地域北部丘陵地を対象として、前年度把握した地すべり斜面の分布状況に基づき、AHP 手法を適用して、地すべり危険斜面評価結果を図示した。さらに、2012 年度、リエカ地域 Dubracina 川流域を対象として、航空写真を用いた地すべり地形判読を実施し、地すべり斜面の分布状況に基づき、AHP 手法を適用して、地すべり斜面危険度評価結果を図示した。この手法に基づく、地すべり斜面危険度評価はクロアチア国内の他地域はもとより、周辺諸国に対しても適用可能な有効な成果である。
- ③ 上記作業に並行して、地すべり地形判読作業並びに AHP による危険度評価作業に関するを作成しており、当該技術を広範囲に伝達する準備が備わっている。

参考資料-1:平成 22 年度下期洪水・土石流解析成果概要

参考資料-2:平成 22 年度下期地形地質調査概要

参考資料-3:平成 23 年度下期洪水・土石流解析成果概要

参考資料-4:平成 23 年度下期地すべり・土石流危険地域予測手法の開発

参考資料-5:Kostanjek 地すべりの 3 次元安定解析

参考資料-6:Rjecina 川流域の地形発達過程の考察

参考資料-7:平成 24 年度下期地すべり危険度評価手法の開発

参考資料-8:コスタニエク地すべりに関する緊急対応調査報告書

参考資料-9: Manual for Hazard Mapping and Formulation of Landuse Guideline

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 7 件、国際(欧文)誌 46 件。In print を除く)

(WG1)

Kyoji Sassa, O. Nagai, R. Solidum, Y Yamazaki and H Ohta (2010): An integrated model simulating the initiation and motion of earthquake & rain induced rapid landslides and its application to the 2006 Leyte landslide. *Landslides*, Vol.7, No.3, pp:219-236.

Maja Ostric, Kyoji Sassa, Bin He, Kaoru Takara and Yosuke Yamashiki (2011). Portable Ring Shear Apparatus and its application. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Vol. II - Early warning, instrumentation and monitoring, Springer, Vol.2, pp365-369.

Bin He, Kyoji Sassa, Maja Ostiric, Kaoru Takara and Yosuke Yamashiki (2011). Effects of parameters in landslide simulation model LS-RAPID on the dynamic behaviour of earthquake-induced rapid landslides. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Vol. III – Spatial analysis and modelling, Springer, Vol.3, pp118-125.

- Maja Ostric, Kristijan Ljutic, Martin Krkac, Hendy Setiawan, Bin He, and Kyoji Sassa (2012). Undrained Ring Shear Tests Performed on Samples from Kostanjek and Grohovo Landslide. Proceedings of IPL Symposium (Eds: Sassa, Takara, He), Kyoto, 2012, pp:47-52.
- Ostric, M, Ljutic, K., Krkac, M. , Sassa, K ., Bin He, Takara, K. & Yamashiki, Y. , 2012: Portable Ring Shear Apparatus and its Application on Croatian Landslides, DPRI Annual Meeting, published in DPRI Annuals 2013 (CD)
- Ostric, M, Sassa, K ., Yamashiki, Y. & Takara, K., 2013: Rate Effect on Soil Shear Strength Using Ring Shear Apparatus on Sand -clay Mixtures, to be published in DPRI Annuals 2013 (in press)
- Zeljiko Arbanas, Kyoji Sassa, Hideaki Marui, Snjezana Mihalic (2012). Comprehensive monitoring system on the Grohovo Landslide, Croatia. Proceedings of the 11th International & 2nd North American Symposium on Landslides. pp. 1441-1447
- K. Sassa, B. He, T. Miyagi, M. Strasser, K. Konagai, M. Ostric, H. Setiawan, K. Takara, O. Nagai, Y. Yamashiki, S. Tutumi (2012) A hypothesis of the Senoumi submarine megaslide in Suruga Bay in Japan—based on the undrained dynamic-loading ring shear tests and computer simulation. Landslides, Vol.9, No.4, pp.439-455.
- Maja Ostric, Kyoji Sassa, Kristijan Ljutic & Martina Vivoda, Bin He, Kaoru Takara (2013). Transportable Ring Shear Apparatus, ICL-1. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Bin He, Kyoji Sassa, Osamu Nagai, Kaoru Takara (2013) Manual of LS-RAPID Numerical Simulation Model for Landslides Teaching and Research. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- K. Gradiški, K. Sassa, B. He, M. Krkač, S. Mihalić Arbanas, Ž. Arbanas, M. Oštrić, P. Kvasnička (2013) Application of integrated landslide simulation model using LS-Rapid software to the Kostanjek Landslide, Zagreb, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- M. Krkač, S. Mihalić Arbanas, O. Nagai, Ž. Arbanas (2013): The Kostanjek landslide - Monitoring system development and sensor network. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Ž. Arbanas, V. Jagodnik, K. Ljutić, M. Vivoda, S. Dugonjić (2013): Remote monitoring of a landslide using an integration of GPS, TPS and conventional geotechnical monitoring methods. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- K. Ljutić, V. Jagodnik, M. Vivoda, S. Dugonjić Jovančević, Ž. Arbanas (2013): The Grohovo Landslide Monitoring System - Experiences from 18 months period of monitoring system operating. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- S. Dugonjić Jovančević, O. Nagai, K. Sassa, Ž. Arbanas (2013): Deterministic landslide susceptibility analyses using LS-Rapid software. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- M. Vivoda, S. Dugonjić Jovančević, Ž. Arbanas (2013): Landslide occurrence prediction in the Rječina River Valley as a base for an early warning system. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.

Vivoda M., Sassa, K., Arbanas, Z., Dugonjić Jovancevic, S., Jagodnik, V., Peranic, J. (2013). Shear strength properties of soil materials from the Grohovo Landslide. Abstract Proceedings of 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project. Split. pp.22.

Gradiški, K., Krkač, M., Mihalić, Arbanas, S., Bernat, S. (2013). *Slope stability analyses of the Kostanjek Landslide for extreme rainfalls in the winter of 2013*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 17-18). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Krkač, M., Mihalić Arbanas, S., Bernat, S. (2013). *The Kostanjek landslide in the City of Zagreb: Forecasting and protective monitoring*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 15-16). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Peranić, J., Dugonjić Jovančević, S., Jagodnik, V., Vivoda, M., Osamu, N., Sassa, K., Arbanas, Ž. (2013). *Two years observation results of the Grohovo Landslide using integrated remote monitoring*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 21-21). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Yoshimatsu, H., Hamasaki, E., Marui, H., Kato, T., Wang, C., Krkač, M., Mihalić Arbanas S. (2013). *Characteristics of sliding displacement of Kostenjak landslide in Croatia*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 29-29). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Martinčević, Lazar, J., Vlastelica, G., Bernat, S., Miklin, Ž., Podolszki, L. (2013). *Verification of mineralogical composition of Kostanjek landslide sediments using a visible and near-infrared (VIS-NIR) spectrometer*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 19-20). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

C. Wang, H. Marui, G. Vlastelica, G. Furuya, N. Watanabe: Dynamic Analysis of Rock Slope in Duće Area. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 25-25). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

G. Vlastelica, P. Mišćević, H. Fukuoka, G. Furuya: Overview of Recent Activities at Duće and Omiš Pilot Sites. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 25-25). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Kyoji Sassa, Bin He, Khang Quang Dang, Osamu Nagai, Kaoru Takara (2014) Progress in Landslide Dynamics. Proceedings of World Landslide Forum 3, Beijing, (39 pages) in print.

(WG2)

Yosuke YAMASHIKI, Mohd Remy Rozainy MAZ, Taku MATSUMOTO, Tamotsu TAKAHASHI, Kaoru TAKARA. 2012. EXPERIMENTAL STUDY OF DEBRIS PARTICLES MOVEMENT CHARACTERISTICS AT LOW AND HIGH SLOPE. *Journal of Global Environmental Engineering, JSCE*. Vol.17, pp.9-18, 2012. (原著論文)

Maja Ostric, Yosuke Yamashiki, Kaoru Takara, Tamotsu Takahashi, 2011. POSSIBLE MASSIVE SCALE LANDSLIDE OCCURRENCE AND RESULTING MASSIVE SCALE DEBRIS FLOW

OCCURRENCE ON THE EXAMPLE OF GROHOVO LANDSLIDE (RJEČINA RIVER CATCHMENT< CROATIA), Proceedings for JSCE International Summer Symposium, JSCE. (査読付き国際会議論文)

Yosuke YAMASHIKI, Mohd Remy Rozainy MAZ, Taku MATSUMOTO, Tamotsu TAKAHASHI, Kaoru TAKARA. 2012. Simulation and calibration of hydro-debris 2d model (HD2DM) to predict the particle segregation processes in debris flow. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 6(6):690-698. ISSN 1934-7359. (原著論文)

Yosuke Yamashiki, Mohd Remy Rozainy M.A.Z., Taku Matsumoto, Tamotsu Takahashi, Kaoru Takara, Particle routing segregation of debris flow mechanisms near the erodible bed, *APCBEEES Procedia*, Elsevier Science Direct.(in press). (査読付き国際会議論文)

Mohd Remy Rozainy M.A.Z., Yosuke Yamashiki, Taku Matsumoto, Tamotsu Takahashi, Kaoru Takara. 2012. A study on particle segregation processes in debris flow. *Journal of Procedia Engineering* (Elsevier) (ICASCE 2012). 50:406-415. (査読付き国際会議論文)

Ognjen Bonacci, Ivo Andrić, Yosuke Yamashiki. 2013. Hydrology of the Blue Lake in Dinaric karst. *Hydrological Processes*. 27. DOI: 10.1002/hyp.9736. (原著論文)

Pedro Luiz Borges Chaffe, Kaoru Takara, Yosuke Yamashiki, APIP, Luo Pingping, Roberto Valmir da Silva, Eiichi Nakakita. 2013. Mapping of Japanese Areas Susceptible to Snow Cover Change. *Hydrological Sciences Journal*. <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2013.839874>. (原著論文)
我が国における類似流域である姉川の積雪モデル

Yosuke Yamashiki, Mohd Remy Rozainy M.A.Z., Taku Matsumoto, Tamotsu Takahashi, Kaoru Takara. 2013. Particle routing segregation of debris flow mechanisms near the erodible bed, *APCBEEES Procedia*, Elsevier Science Direct. 5:527-534. (査読付き国際会議論文)

Naoko Kimura, Yosuke Yamashiki, Ivica Kisic. 2014. Awareness-raising toward Flood Risk and Building Resilience among Children in Zagreb, Croatia. *Hydrological Research Letters*. Vol.8 (in press)

I. Andrić, O. Bonacci, G. Vlastelica, Y. Yamashiki: Morphometry of Red Lake using LiDAR and SoNAR technology. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 38-38). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

I. Kisić, D. Bilandžija, I. Bogunović: Influence of Extreme Climate Conditions on Runoff. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 39-39). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

N. Watanabe, S. Yamamoto, M. Krkač, G. Furuya, C. Wang, S. Mihalić Arbanas: Groundwater Behaviour in the Kostanjek Landslide, Western Part of Zagreb, Croatia: Geochemical Constraints from Water and Rock Samples. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 40-40). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

M. Oštrić, J. Rubinić, K. Sassa, K. Takara: Assessment of Rainfall as a Trigger on Grohovo Landslide. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 41-42). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

- N. Ožanić, I. Sušanj, E. Žic, N. Krvavica, I. Ružić, N. Dragičević, G. Volf, B. Karleuša: Disaster Mitigation of Floods and Debris Flow at Rijeka Region through Croatian-Japanese Collaboration. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 43-45). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- G. Volf, E. Žic, N. Ožanić: Relationship Between Atmospheric Conditions and Groundwater Level on Grohovo Landslide. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 46-46). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Dragičević, D. Whyatt, B. Karleuša, N. Ožanić, G. Davies: Applicability Analysis of Erosion Assessment Methods Based on Defined Criteria and Available Data. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 47-48). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- I. Ružić, I. Marović, M. Vivoda, S. Dugonjić Jovančević, D. Kalajžić, Č. Benac, N. Ožanić: Application of 'Structure-From-Motion' Photogrammetry for Erosion Processes Monitoring, Mošćenička Draga Example. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 49-50). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Krvavica, I. Ružić, Y. Yamashiki, N. Ožanić: Performance Analysis of X-band Radar Rainfall Measurements in the Kvarner Region. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 51-51). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- E. Žic, S. Cuomo, N. Ožanić, N. Bićanić: Application of SPH Method to Create Numerical Models of Debris Flow Propagation. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 52-52). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- E. Žic, Y. Yamashiki, S. Kurokawa, S. Fujiki, N. Ožanić: Physical Modelling of Debris Flow Movement - Laboratory Research. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 53-53). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- I. Sušanj, N. Ožanić: Analysis of the Rainfall Impact on Variation of the Underground Water Level on the Slani Potok Catchment Area. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 55-56). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Kimura, Y. Yamashiki, I. Kisić: Awareness of Flood Risk in Different Generations in Zagreb. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

(WG3)

- Snježana Mihalic, Hideaki Marui, Osamu Nagai, Hiroshi Yagi, Toyohiko Miyagi. Landslide Inventory in the area of Zagreb City: Effectiveness of Using LiDAR DEM. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Springer, Vol.1, pp155-161.
- Chunxiang Wang, Željko Arbanas, Snježana Mihalić, Hideaki Marui. Three dimensional stability analysis of the Grohovo landslide in Croatia. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Springer, Vol.3, pp47-52.
- Chunxiang Wang, Hideaki Marui, Gen Furuya and Naoki Watanabe. Two integrated models simulating dynamic process of landslide using GIS. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Springer, Vol.3, pp389-395.
- Martin Krkač, Snježana Mihalić, Pavle Ferić, Laszlo Podolszki, Aleksandar Toševski and Željko Arbanas. Japanese - Croatian Project: Preliminary Investigations of the Kostanjek Landslide. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Springer, Vol.6, pp385-390.
- Gen Furuya, Tatsuo Katayama, Akira Suemine, Takayuki Kozato, Takahiro Watanabe and Hideaki Marui. Application of the Frequency Domain Electromagnetic Method survey in a landslide area. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice (Eds: Margottini, Canuti and Sassa), Springer, Vol.2, pp169-175.
- Chunxiang Wang, Hideaki Marui, Gen Furuya, Naoki Watanabe. A two-step procedure for hazard prediction and assessment of landslide and debris flow. Proceeding of 12th Congress INTERPRAEVENT, Grenoble, France, pp397-408, April 2012.
- 丸井英明, 佐々恭二, 山敷庸亮, 王 純祥 クロアチアの土砂・洪水災害軽減のための共同研究。水利科学, 2013, No.330, pp1-18.
- Hideaki Marui. Intermediate outputs of the Croatia-Japan joint research project on “Risk Identification and Landuse Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia”. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Naoki Watanabe, Kazuyoshi Asai, Gen Furuya, Chunxiang Wang, Željko Arbanas. Residence-time of groundwaters from flysch formation at the Grohovo Landslide in the Rjecina valley, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Satoshi Yamamoto, Naoki Watanabe, Martin Krkač, Gen Furuya, Chunxiang Wang, Snježana Mihalić. Geochemical Constraints on the Origins of Groundwaters from the Kostanjek landslide in the western part of Zagreb, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Chunxiang Wang, Naoki Watanabe, Hideaki Marui, Gen Furuya. Use of a GIS-based 3D deterministic slope stability predicting tool for landslide hazard assessment in Zagreb mountainous region, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Chunxiang Wang, Gen Furuya, Hideaki Marui, Naoki Watanabe, Snježana Mihalic Arbanas. Shallow landslides susceptibility mapping using SINMAP in Zagreb mountainous region, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.

丸井英明, 古谷元, 濱崎英作. クロアチアの土砂・洪水災害軽減に関する国際共同研究. 新潟大学災害・復興科学研究所年報, 2012, pp89-90.

王純祥, 丸井英明, 渡部直喜. クロアチアの Rjecina 川流域の土砂災害予測モデルの開発に関する研究. 新潟大学災害・復興科学研究所年報, 2012, pp91-92.

渡部直喜. クロアチアザグレブ市 Kostanjek 地すべりの地下水の水質. 新潟大学災害・復興科学研究所年報, 2012, pp97-98.

丸井英明, 吉松弘行, 濱崎英作, 加藤猛士, 王純祥. クロアチアの土砂・洪水災害軽減のための共同研究(II) - 活性化した地すべりに対する緊急対応事例 -. 水利科学, 2013, No.332, pp146-167.

Naoki Watanabe, Satoshi Yamamoto, Chunxiang Wang, Gen Furuya, Martin Krkač, Snježana Mihalić. Geochemical Constraints on the Origins of Groundwaters from the Kostanjek landslide in the western part of Zagreb, Croatia. 第52回日本地すべり学会研究発表会論文集, p230, 2013.

王純祥, 丸井英明, 渡部直喜, 古谷元. クロアチアのリエチナ川流域で想定される土砂災害の数値シミュレーション. 第52回日本地すべり学会研究発表会論文集, pp231-231, 2013.

Bernat, S., Mihalić Arbanas, S., Krkač, M. (2013). *Landslides triggered in the City of Zagreb in the winter of 2013*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 65-66). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Domlija, P., Bernat, S., Benac, Č., Mihalić Arbanas, S., Zidarić, M. (2013). *Overview of input data for the landslide hazard analysis in the Dubračina River Basin*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 63-64). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Miklin, Ž., Novosel, T., Podolszki L., Martinčević Lazar, J. (2013). *A deep structural borehole on Medvednica hilly zone - Review of new data and possible reinterpretation of existing geological model*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 67-68). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Podolszki L., Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Miklin, Ž., Martinčević Lazar, J. (2013). *Stereoscopic analysis of landslides on the southern slopes of the Mt. Medvednica and landslide features assesment - Examples and field check*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 69-69). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

S. Knezić, P. Mišćević, M. Baučić, I. Andrić, G. Vlastelica: Hazard Mapping for WG4 Case Study. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 62-62). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

(2) 研修コースや開発されたマニュアル等

① 研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数

② 開発したテキスト・マニュアル類

(WG1)

Maja Ostric, Martina Vivoda, Kristijan Ljutić (2013) Manual of portable ring shear apparatus (ICL-1) (PDF-tool 3.081-1.1) 45 pages. DVD Part of ICL Landslide Teaching Tools (eds: Sassa, He, McSaveney, Nagai)

Kyoji Sassa, Osamu Nagai, Bin He, Karolina Gradiski (2013) Manual for LS-RAPID software (PDF-tool 3.081-1.2) 46 pages. DVD Part of ICL Landslide Teaching Tools (eds: Sassa, He, McSaveney, Nagai)

Zeljko Arbanas, Snjezana Mihalic-Arbanas (2013) Landslide comprehensive monitoring system: The Grohovo landslide case study, Croatia (TXT-tool 2.385-1.1). ICL Landslide Teaching Tools (eds: Sassa, He, McSaveney, Nagai), pp.146-157.

Snjezana Mihalic-Arbanas, Zeljko Arbanas, Martin Krkac (2013). Landslide monitoring system: The Kostanjek Landslide, Croatia (TXT-tool 2.385-1.2). ICL Landslide Teaching Tools (eds: Sassa, He, McSaveney, Nagai), pp.158-168..

Kyoji Sassa and Bin He (2013). Landslide Dynamics. (TXT-tool 3.081-1.1). ICL Landslide Teaching Tools (eds: Sassa, He, McSaveney, Nagai), pp.205-214.

Kyoji Sassa and Bin He (2013). Landslide initiation mechanism. (TXT-tool 3.081-1.2). ICL Landslide Teaching Tools (eds: Sassa, He, McSaveney, Nagai), pp.215-237.

(WG2)

2012年8月1日～10月16日、2013年1月15日～2月28日、本邦研修の目的で京都大学防災研究所においてクロアチアから2名(Ivana Sušanjan, Elvis Žić)を受け入れた。Sušanjan氏には、研修終了直後に予定していた X バンドレーダーおよびその設置に関する基礎的知識と技術の習得を中心に、ハザードマップ構築に向けたデータ解析作業を行った。Žić氏には3D土石流モデル構築に向け、当該研究所の施設での実験データをもとにした土石流モデル構築について解析作業および指導を行った。

2013年5月1日～6月15日あるいは5月1日～30日、本邦研修の目的で、京都大学大学院総合生存学館において、クロアチアから2名(Igor RUŽIĆ, Nino CRVAVICA)を受け入れた。両氏とリエカ大学に設置済みの気象レーダーのデータ収集と解析に関する処理、前述の設備を利用した土石流モデル構築に関する実験を行い、得られたデータ解析作業を行った。

(WG3)

Miyagi Toyohiko. Landslide topography mapping through aerial photo interpretation(Manual), 2012.

Eisaku Hamaski and Toyohiko Miyagai. I. Method for abstracting unstable slopes (landslide topography) using aerial photo + topographic maps II. Risk Evaluation with AHP. (manual), 2012.

(3) その他の著作物 (総説、書籍など)

(4) 国際学会発表および主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内 0件、国際 3件)

Kyoji SASSA (2010) Toward International Cooperation in Disaster Management, Workshop on disaster management for furthering regional cooperation in South Eastern Europe, Tokyo

Kyoji SASSA(2011) Dynamics of Subaerial and Submarine Megaslides. Opening Keynote Lecture, 5th International Symposium on Submarine Mass Movements and their Consequences, Kyoto

Kyoji SASSA (2013) A hypothesis of the Senoumi submarine megaslide in Suruga Bay in Japan. Japan Geoscience Union Meeting 2013, Makuhari, Chiba, Japan

② 口頭発表 (国内会議 4件、国際会議 69件)

Hideaki Marui (2010): Significance of international research cooperation through the project on “Risk identification and land-use planning for disaster mitigation of landslides and floods in Croatia”, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010

Kyoji Sassa and Osamu Nagai (2010) Risk assessment technology of rain and earthquake induced rapid landslides, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010

Gen Furuya, Hideaki Marui and Naoki Watanabe (2010): Reconnaissance and groundwater investigation of landslides in Croatia – Water quality of Grohovo and Kostanjek areas, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010

Vivoda M., Sassa, K., Arbanas, Z., Dugonjić Jovancevic, S., Jagodnik, V., Peranic, J. (2013). Shear strength properties of soil materials from the Grohovo Landslide. Abstract Proceedings of 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project. Split. pp.22.

Gradiški, K., Krkač, M., Mihalić, Arbanas, S., Bernat, S. (2013). *Slope stability analyses of the Kostanjek Landslide for extreme rainfalls in the winter of 2013*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 17-18). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Krkač, M., Mihalić Arbanas, S., Bernat, S. (2013). *The Kostanjek landslide in the City of Zagreb: Forecasting and protective monitoring*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 15-16). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Peranić, J., Dugonjić Jovančević, S., Jagodnik, V., Vivoda, M., Osamu, N., Sassa, K., Arbanas, Ž. (2013). *Two years observation results of the Grohovo Landslide using integrated remote monitoring*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 21-21). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Yoshimatsu, H., Hamasaki, E., Marui, H., Kato, T., Wang, C., Krkač, M., Mihalić Arbanas S. (2013). *Characteristics of sliding displacement of Kostenjak landslide in Croatia*. In Abstract Proceedings

- of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 29-29). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- Martinčević, Lazar, J., Vlastelica, G., Bernat, S., Miklin, Ž., Podolszki, L. (2013). *Verification of mineralogical composition of Kostanjek landslide sediments using a visible and near-infrared (VIS-NIR) spectrometer*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 19-20). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- C. Wang, H. Marui, G. Vlastelica, G. Furuya, N. Watanabe: Dynamic Analysis of Rock Slope in Duće Area. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 25-25). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- G. Vlastelica, P. Mišćević, H. Fukuoka, G. Furuya: Overview of Recent Activities at Duće and Omiš Pilot Sites. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 25-25). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- Yousuke Yamashiki, R. Ronainy, M. Ostric, T. Matsumoto, T. Takahashi and K. Tkara (2010): Development of debris-flow routine modeling with particle segregation, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010
- Yousuke Yamashiki, S. Fujiki and T. Takahashi (2010): Development of debris-flow physical experimental channel, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010
- Yousuke Yamashiki and Naoko Kimura (2010): Implementation of virtual flood risk experimental tools (VERT) to raise awareness for unexperienced flood risk, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010
- Hideaki Marui, T. Miyagi, H. Yagi and E. Hamazaki (2010): Interpretation of landslide topography using aerial photos as basic data for landslide hazard mapping, RISK IDENTIFICATION AND LAND-USE PLANNING FOR DISASTER MITIGATION OF LANDSLIDES AND FLOODS IN CROATIA, 1ST PROJECT WORKSHOP INTERNATIONAL EXPERIENCE“, Dubrovnik (Croatia), 22-24 November 2010
- Maja Ostric, Kyoji Sassa, Kristijan Ljutic & Martina Vivoda, Bin He, Kaoru Takara (2013). Transportable Ring Shear Apparatus, ICL-1. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Bin He, Kyoji Sassa, Osamu Nagai, Kaoru Takara (2013) Manual of LS-RAPID Numerical Simulation Model for Landslides Teaching and Research. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- K. Gradiški, K. Sassa, B. He, M. Krkač, S. Mihalić Arbanas, Ž. Arbanas, M. Oštrić, P. Kvasnička (2013) Application of integrated landslide simulation model using LS-Rapid software to the Kostanjek Landslide, Zagreb, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.

- M. Krkač, S. Mihalić Arbanas, O. Nagai, Ž. Arbanas (2013): The Kostanjek landslide - Monitoring system development and sensor network. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Ž. Arbanas, V. Jagodnik, K. Ljutić, M. Vivoda, S. Dugonjić (2013): Remote monitoring of a landslide using an integration of GPS, TPS and conventional geotechnical monitoring methods. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- K. Ljutić, V. Jagodnik, M. Vivoda, S. Dugonjić Jovančević, Ž. Arbanas (2013): The Grohovo Landslide Monitoring System - Experiences from 18 months period of monitoring system operating. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- S. Dugonjić Jovančević, O. Nagai, K. Sassa, Ž. Arbanas (2013): Deterministic landslide susceptibility analyses using LS-Rapid software. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- M. Vivoda, S. Dugonjić Jovančević, Ž. Arbanas (2013): Landslide occurrence prediction in the Rječina River Valley as a base for an early warning system. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
(WG2)
- Naoko KIMURA, Yosuke YAMASHIKI, and Ivica KISIĆ, Awareness Raising in People for Potential Flood Risk - Zagreb, Croatia. Japan GeoScience Union 2011. Makuhari, Chiba, Japan. 24 May 2011
- Yosuke Yamashiki, Desastres naturais e artificiais e os esforços para recuperação e prevenção (Introduction of Croatian SATREPS project). Climate Change and New Technologies for weather and Climate forecasts in urban areas, organized by INPE, USP. João Pessoa, Paraíba, Brazil. 18 October 2011.
- Naoko KIMURA, Yosuke YAMASHIKI, and Ivica KISIĆ. A Study on People's Awareness toward Unforeseen Flood Risk in Zagreb, Croatia – for use of GIS and virtual flood experimental tool -. Japan Society for International Development. Nagoya, Japan. 26 November 2011.
- Yosuke YAMASHIKI, Mohd Remy Rozainy MAZ, Taku MATSUMOTO, Kaoru TAKARA, Tamotsu TAKAHASHI, and Maja OSTRIC, presented by Naoko KIMURA. Application of Hydro-Debris3D into Mountain-Zone Flood Hazard. 2nd International Project Workshop - Monitoring and Analysis for Disaster Mitigation of Landslides, Debris Flow and Floods. Rijeka, Croatia. 15 December 2011.
- Yosuke YAMASHIKI, Introduction of Lagrangian Sediment transport model. World Water Forum 6. UNEP Booth. 15 March 2012.
- Naoko KIMURA, Yosuke YAMASHIKI, and Ivica KISIĆ, Awareness Raising in People for Potential Flood Risk - Zagreb, Croatia. Japan GeoScience Union 2012. Makuhari, Chiba, Japan. 23 May 2012
- Ivana SUŠANJ, Research on Early Warning System in Salt Creek – in Croatian-Japanese Project, 3rd Symposium of Disaster Risk Management (DRM) for Human Security Engineering in Asian Megacities, Uji Kyoto, Japan, 3 September 2012
- Naoko KIMURA, Yosuke YAMASHIKI, and Ivica KISIĆ, A Study on Tool Development towards Awareness-raising for Disaster Risk Preparedness and Building Resilience in Zagreb, Croatia. Annual Meeting 2012. Uji, Kyoto, Japan. 20 February 2013

- Yosuke YAMASHIKI, Shota KUROKAWA, Elvis ŽIĆ, Tamotsu TAKAHASHI, Mohd Ramy ROZAINY, Ivana SUŠANJ, Shigeo FUJIKI, Experimental and Numerical Study of Debris Particle Routing Segregation with Constant Discharge, 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region with 3rd Workshop of the Japanese-Croatian Project on 'Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia'. 7 March 2013
- Naoko KIMURA, Yosuke YAMASHIKI, and Ivica KISIĆ. Citizens' Awareness and Preparedness for Disasters in Zagreb, Croatia, 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region with 3rd Workshop of the Japanese-Croatian Project on 'Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia'. 7 March 2013
- Naoko Kimura, Yosuke Yamashiki, KISIC, Ivica.2 青少年の災害リスクに対する意識啓発と行政の取り組みに関する調査—クロアチア国ザグレブ市, Japan GeoScience Union 2013. Makuhari, Chiba, Japan. 20 May 2013
- I. Andrić, O. Bonacci, G. Vlastelica, Y. Yamashiki: Morphometry of Red Lake using LiDAR and SoNAR technology. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 38-38). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- I. Kisić, D. Bilandžija, I. Bogunović: Influence of Extreme Climate Conditions on Runoff. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 39-39). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Watanabe, S. Yamamoto, M. Krkač, G. Furuya, C. Wang, S. Mihalić Arbanas: Groundwater Behaviour in the Kostanjek Landslide, Western Part of Zagreb, Croatia: Geochemical Constraints from Water and Rock Samples. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 40-40). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- M. Oštrić, J. Rubinić, K. Sassa, K. Takara: Assessment of Rainfall as a Trigger on Grohovo Landslide. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 41-42). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Ožanić, I. Sušanj, E. Žic, N. Krvavica, I. Ružić, N. Dragičević, G. Volf, B. Karleuša: Disaster Mitigation of Floods and Debris Flow at Rijeka Region through Croatian-Japanese Collaboration. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 43-45). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- G. Volf, E. Žic, N. Ožanić: Relationship Between Atmospheric Conditions and Groundwater Level on Grohovo Landslide. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 46-46). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Dragičević, D. Whyatt, B. Karleuša, N. Ožanić, G. Davies: Applicability Analysis of Erosion Assessment Methods Based on Defined Criteria and Available Data. In Abstract Proceedings of

- the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 47-48). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- I. Ružić, I. Marović, M. Vivoda, S. Dugonjić Jovančević, D. Kalajžić, Č. Benac, N. Ožanić: Application of ‘Structure-From-Motion’ Photogrammetry for Erosion Processes Monitoring, Mošćenička Draga Example. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 49-50). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Krvavica, I. Ružić, Y. Yamashiki, N. Ožanić: Performance Analysis of X-band Radar Rainfall Measurements in the Kvarner Region. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 51-51). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- E. Žic, S. Cuomo, N. Ožanić, N. Bićanić: Application of SPH Method to Create Numerical Models of Debris Flow Propagation. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 52-52). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- E. Žic, Y. Yamashiki, S. Kurokawa, S. Fujiki, N. Ožanić: Physical Modelling of Debris Flow Movement - Laboratory Research. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 53-53). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- I. Sušanjan, N. Ožanić: Analysis of the Rainfall Impact on Variation of the Underground Water Level on the Slani Potok Catchment Area. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 55-56). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.
- N. Kimura, Y. Yamashiki, I. Kisić: Awareness of Flood Risk in Different Generations in Zagreb. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

(WG3)

- Watanabe N., Krkac M., Furuya G., Wang C., Mihalic S. Hydrochemical characteristics of groundwater from Kostanjek Landslide in Croatia. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Furuya G., Migagi T., Hamazaki E., Krkac M. Geomorphological mapping and 3D modelling of the Kostanjek landslide, Zagreb. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Wang C., Marui H., Furuya G., Watanabe N. Dynamic simulation of landslide and debris flow in Rjecina River valley, Croatia. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.

- Vlastelica G., Miscevic P., Fukuoka H., Smailbegovic A. First Experience with Ground Based LIDAR in Omis and Duce Areas. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Nagai O., Krkac M., Mihalic S. Introduction of one of Methods to Predict Failure Time of a slope widely used in Japan and Application to Kostanjek Landslides. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Tosevski, A., Wang, C., Krkac, M. Geological and geomorphological conditions of the Dubracina River Basin and 3D road slope stability analysis (Croatia). In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Miyagi T. Geomorphologic characteristics of landslide in the Dubracina river area, Croatia. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Mihalic S., Hamasaki E., Bernat S., Gerber N. S. Historical landslides in the City of Zagreb: landslide distribution analysis and 3D modeling of typical landslides in AdCALC3D. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Podolszki L., Feric P., Miyagi T., Yagi H., Hamasaki E., Mihalic S. Aerial photo interpretation of landslides for the purpose of landslide inventory mapping in the area of the City of Zagreb. In: OZANIC, N. et al. (eds) Proc. 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia. Rijeka, December 2011.
- Chunxiang Wang, Hideaki Marui, Gen Furuya, Naoki Watanabe. A two-step procedure for hazard prediction and assessment of landslide and debris flow. Proceeding of 12th Congress INTERPRAEVENT, Grenoble, France, pp397-408, April 2012.
- Hideaki Marui. Intermediate outputs of the Croatia-Japan joint research project on “Risk Identification and Landuse Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia”. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Naoki Watanabe, Kazuyoshi Asai, Gen Furuya, Chunxiang Wang, Željko Arbanas. Residence-time of groundwaters from flysch formation at the Grohovo Landslide in the Rjecina valley, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Satoshi Yamamoto, Naoki Watanabe, Martin Krkač, Gen Furuya, Chunxiang Wang, Snježana Mihalić. Geochemical Constraints on the Origins of Groundwaters from the Kostanjek landslide in the western part of Zagreb, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Chunxiang Wang, Naoki Watanabe, Hideaki Marui, Gen Furuya. Use of a GIS-based 3D deterministic slope stability predicting tool for landslide hazard assessment in Zagreb mountainous region, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.
- Chunxiang Wang, Gen Furuya, Hideaki Marui, Naoki Watanabe, Snježana Mihalic Arbanas. Shallow

landslides susceptibility mapping using SINMAP in Zagreb mountainous region, Croatia. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, in print.

丸井英明, 古谷元, 濱崎英作. クロアチアの土砂・洪水災害軽減に関する国際共同研究. 新潟大学災害・復興科学研究所年報, 2012, pp89-90.

王純祥, 丸井英明, 渡部直喜. クロアチアの Rječina 川流域の土砂災害予測モデルの開発に関する研究. 新潟大学災害・復興科学研究所年報, 2012, pp91-92.

渡部直喜. クロアチアザグレブ市 Kostanjev 地すべりの地下水の水質. 新潟大学災害・復興科学研究所年報, 2012, pp97-98.

Hideaki Marui, Chunxiang Wang, Hiroyuki Yoshimatsu, Takeshi Kato, Eisaku Hamasaki. Warning criteria on the basis of creep theory and its practical application. First International Workshop on Warning Criteria for Active Slide, June 10-12th, 2013, Courmayeur, Italy.

Chunxiang Wang, Naoki Watanabe, and Hideaki Marui. Hazard assessment of landslide and debris flow in the Rječina river valley, Croatia. Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-8799, 2013.

Chunxiang Wang, Naoki Watanabe, and Hideaki Marui. Landslide prediction using combined deterministic and probabilistic methods in hilly area of Mt. Medvednica in Zagreb City, Croatia. Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-8942, 2013.

Bernat, S., Mihalić Arbanas, S., Krkač, M. (2013). *Landslides triggered in the City of Zagreb in the winter of 2013*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 65-66). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Domlija, P., Bernat, S., Benac, Č., Mihalić Arbanas, S., Zidarić, M. (2013). *Overview of input data for the landslide hazard analysis in the Dubračina River Basin*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 63-64). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Miklin, Ž., Novosel, T., Podolszki L., Martinčević Lazar, J. (2013). *A deep structural borehole on Medvednica hilly zone - Review of new data and possible reinterpretation of existing geological model*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 67-68). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

Podolszki L., Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Miklin, Ž., Martinčević Lazar, J. (2013). *Stereoscopic analysis of landslides on the southern slopes of the Mt. Medvednica and landslide features assesment - Examples and field check*. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 69-69). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

S. Knezić, P. Mišćević, M. Baučić, I. Andrić, G. Vlastelica: Hazard Mapping for WG4 Case Study. In Abstract Proceedings of the 4th Croatian-Japanese Project Workshop, (pp. 62-62). Split, Croatia: University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy.

③ ポスター発表 (国内会議 3件、国際会議 2件)

木村直子, 山敷庸亮, イヴィカ・キシッチ, 「ザグレブにおける潜在的洪水危険度に対する住民の意識向上に関する考察」, 水文・水資源学会2011年度総会・研究発表会, 京都府宇治市, 平成23(2011)年8月30日

Chunxiang Wang, Naoki Watanabe, and Hideaki Marui. Hazard assessment of landslide and debris flow in the Rjėcina river valley, Croatia. Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-8799, 2013.

Chunxiang Wang, Naoki Watanabe, and Hideaki Marui. Landslide prediction using combined deterministic and probabilistic methods in hilly area of Mt. Medvednica in Zagreb City, Croatia. Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-8942, 2013.

Naoki Watanabe, Satoshi Yamamoto, Chunxiang Wang, Gen Furuya, Martin Krkač, Snježana Mihalić. Geochemical Constraints on the Origins of Groundwaters from the Kostanjek landslide in the western part of Zagreb, Croatia. 第52回日本地すべり学会研究発表会論文集, p230,2013.

王純祥,丸井英明,渡部直喜,古谷元. クロアチアのリエチナ川流域で想定される土砂災害の数値シミュレーション. 第52回日本地すべり学会研究発表会論文集, pp231-231,2013.

(5)知財出願

- ①国内出願 0件
- ②海外出願 0件
- ③その他の知的財産権 0件

(6)受賞・報道等

(7)成果展開事例

- ①実用化に向けての展開
- ②社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

① ワークショップ、シンポジウム等

年月日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの 招聘者数)	概要
2010年5月21日	Preparatory Workshop	クロアチア (ザグレブ大学 地質鉱山学 部)	日本側:8名 クロアチア側: 14名	-事業の現況確認 -モデル地域における観測計画検討 -今後の調査計画
2010年5月23日	合同研究打合せ	クロアチア (ザグレブ大学 地質鉱山学 部)	日本側:7名 クロアチア側: 12名	-モデル地域における観測計画検討(機器配置等)
2010年5月24日	合同研究打合せ	クロアチア (ザグレブ大学 地質鉱山学 部)	日本側:7名 クロアチア側: 12名	-モデル地域における観測計画検討(詳細計画) -必要機材(ハード及びソフト)の調達計画
2010年7月15日	合同研究打合せ	クロアチア (リエカ大学土 木工学部)	日本側:4名 クロアチア側:6 名	-モデル地域における観測計画検討(詳細計画) -必要機材(ハード及びソフト)の調達計画
2010年7月20日	合同研究打合せ	クロアチア (リエカ大学土 木工学部)	日本側:6名 クロアチア側: 15名	-地すべり並びに洪水モニタリング計画 -ハザード・マッピング手法検討 -国際ワークショップ準備 -若手研究者研修計画
2010年9月19日	合同研究打合せ	クロアチア (ザグレブ大学 地質鉱山学 部)	日本側:7名 クロアチア側:5 名	-ザグレブ地域における調査計画全般
2010年11月22日～24日	国際ワークショップ (1st Project Workshop)	クロアチア/ド ブロニク (ザグレブ大学 研修センター)	日本側:7名 クロアチア側: 14名 その他周辺諸 国:26名	-クロアチアで初めて開催した本プロジェクトに関わる国際ワークショップ
2011年12月15日～17日	国際ワークショップ (2nd Project Workshop)	クロアチア/リエ カ (リエカ大学土 木工学部)	日本側:5名 クロアチア側: 27名 その他周辺諸 国:31名	-クロアチアで昨年に続き開催した本プロジェクトに関わる国際ワークショップ
2012年1月17日～20日	地震・豪雨地帯の斜面災害危険度軽減に資する科学技術推進のための長期	京都キャンパス プラザ及び京 都大学防災研 究所	クロアチアより6 名、留学生1、 周辺のアドリ ア・バルカン諸 国より、4名、合	クロアチアからの留学生1人、研修生2人、指導教授と日本側の土砂災害研究グループのリングゼン断試験機を用いた共

	戦略企画国際集会		計11人	同研究の成果を発表。またクロアチアのザグレブ市緊急事態管理室長・副室長と研究成果の社会実装について打ち合わせた。
2012年7月11日	JICA 中間評価に関わる合同調整委員会	クロアチア/ザグレブ (ザグレブ大学農学部)	日本側:10名 クロアチア側:14名	JICA 中間評価に基づき、本プロジェクトの進捗状況並びに今後の研究計画の確認を行った。
2013年3月7日～3月9日	国際ワークショップ (3rd Project Workshop)	クロアチア/ザグレブ (ザグレブ市会議室及びザグレブ大学本部会議室)	日本側:7名 (+大使館1名) クロアチア側:22名 その他周辺のアドリア・バルカン諸国より多数	本プロジェクトに関わる3度目の国際ワークショップ
2013年4月11日	コスタニェク地すべり緊急対応に関する協議	クロアチア/ザグレブ (ザグレブ大学鉱山学部)	日本側:5名 クロアチア側:5名	ザグレブ市危機管理局代表と地すべり緊急対応に関し協議。対応策に関し提言。
2013年4月27日	合同研究打合せ	新潟大学東京事務所	日本側:5名 JST:1名、 JICA:1名 オブザーバー:2名	クロアチア研究者の訪問に伴い、現況確認の打合せ。緊急対応に関する情報共有。
2013年9月11日	合同研究打合せ	クロアチア/リエカ (リエカ大学土木工学部)	日本側:7名 クロアチア側:10名	本共同研究最終成果並びに最終報告書の取り纏め方針に関する協議
2013年12月12日～14日	国際ワークショップ	クロアチア/スプリット (スプリット大学土木建築学部)	日本側:6名 (+大使館1名、JICA3名、JST2名) クロアチア側:24名 その他、ボスニア・ヘルツェゴビナ、スロヴェニア等より参加	本プロジェクトに関わる4度目の国際ワークショップ。最終年度上半期までに達成された研究成果を報告。
2013年12月10日	JICA 最終評価に関わる合同評価会議	クロアチア/ザグレブ (科学技術省)	日本側:6名 クロアチア側:6名	本プロジェクトの進捗状況並びに達成された研究成果の評価内容に関する協議
2013年12月11日	JICA 最終評価に関わる合同調	クロアチア/ザグレブ	日本側:13名 クロアチア	本プロジェクトの進捗状況並びに達成された研

	整委員会	(ザグレブ大学 農学部)	側:15名	究成果を確認し、JICA の最終評価を受けた。
--	------	-----------------	-------	----------------------------

2012年9月3日、京都大学防災研究所(宇治市)において Kyoto University GCOE Program Human Security Engineering for Asian Megacities - HSE“3rd Symposium of Disaster Risk Management (DRM) for Human Security Engineering in Asian Megacities”を開催した。本邦研修で京都大学防災研究所に滞在中の Ivana Susanj 氏にも出席いただき、本プロジェクトおよびソルト・クレークにおける調査研究について報告を行った。

② 合同調整委員会開催記録

年月日	出席者	議題	概要
2012年7月 11日	【日本側】宮本秀夫 (JICA 総括)、村上 淳、奥田浩之、本蔵 義守(JST 主査)、佐 藤雅之、月岡康一、 酒井紀久子、丸井英 明、佐々恭二、山敷 庸亮、【OZANIC Nevenka、ARBANAS Zelyko、MIHALIC Snjezana, KISIC IVICA 他、計14名】	中間評価	1) 2010年度、2011年度活 動報告、 2) 研究メンバー確認、 3) 2012年度活動方針、 4) 総括協議
2013年12月 17日	【日本側】江尻幸彦 (JICA 総括)、北村浩 一、青木裕子、本蔵 義守(JST 主査)、増 田勝彦、丸井英明、 佐々恭二、山敷庸亮 他5名、【OZANIC Nevenka、ARBANAS Zelyko、MIHALIC Snjezana, KISIC IVICA 他、計15名】	最終評価	1) 活動報告 2) 達成成果確認 3) 社会実装フォロー 4) 総括協議

§7 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など

(1) 共同研究全体

- ・ プロジェクト全体の現状と課題
何よりも必要機材の現地調達を可能とする手立ての構築が焦眉の課題である。
- ・ 各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

2010年度の秋期にドブロブニクにおいて周辺諸国の研究者の参加を含めた、本共同研究に関わる国際ワークショップを開催した。本共同研究プロジェクトの意義は、周辺諸国から参加した研究者に十分に理解されたと思われる。また、周辺諸国における土砂・洪水災害の実

態と防災対策の現況に関する意見交換を通じて、本プロジェクトの対象とする課題が周辺諸国にも共通する普遍的な課題であることが、改めて確認できた。

- ・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国(研究機関・研究者)が取り組む必要のある事項

(2) 研究グループ/研究題目 1

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

カウンターパートの研修生は極めて優秀である。また、SATREPS の経費での招聘ができなかったが、大学推薦の国費で博士課程にカウンターパートの研究者を招聘することができた。その結果、クロアチア語での地すべり再現試験器の説明、試験方法の説明、実技指導が可能となり、効率的な技術移転ができています。

一般に発展途上国においては、高度な技術を要する試験機のメンテナンスは容易ではない。しかしながら、試験機の開発段階において、この問題点が解決でき、日本で開発した地すべり試験機・試験技術の国際的展開の可能性が大きく広がった。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

(3) 研究グループ/研究題目 2

2011 年度に続き、相互理解の確立および平素の密な連絡調整に努めた。2012 年度は特に長年の目標であったレーダーの設置の実施を行ったが、そのスケジュール調整や税関での手続き、そして人手の手配などに多大な労力を投入した。結果的に設置は成功し、現在データの取得を開始している。さらにクロアチアから何度も日本に研修生が訪れ、相互の連携は昨年度よりも深まったと考えている。

(4) 研究グループ/研究題目 3

本共同研究のカウンターパートは基本的に大学を中心とする研究機関の研究者から構成されている。一方で、本プロジェクトでは研究成果の社会実装の側面も重要な目標である。そのため、研究者だけでなく社会実装を担当するザグレブ市危機管理局の代表も 2013 年 7 月に日本に招聘し、代表的地すべり地の総合的観測システム並びに早期警戒システムを実地に見学して貰い、クロアチアにおいて本共同研究の成果を適用する上で、必要な知見・情報の共有を図った。

§8 結び

若手研究者の研修実施:

期間:2010 年 10 月 - 2013 年 9 月

場所:京都大学防災研究所および特定非営利活動法人アイシーエル

内容:本プロジェクト開始からクロアチアから若手研究者を招聘することとし、2009 年に国費留学生の申請を行い、2010 年 2 月に入学試験のために招聘し、2010 年 10 月から京都大学工学研究科に入学した。京都大学防災研究所の寶 馨教授を指導教官として、本プロジェクトによりアイシーエルが開発した可搬型のリングせん断試験機(ICL-1)を用いて研究を行い 2013 年 9 月に京都大学博士(工学)を授与され、クロアチアに帰国した。

学位論文タイトル:Development of Portable Undrained Ring Shear Apparatus and Its Application.

招聘者:Maja Ostric (クロアチア)

日時:2010 年 10 月 6 日 ~ 12 月 5 日

場所:当初 2 週間並びに最終 1 週間は代表機関である新潟大学で実施。

間の期間については、東北、関西、四国、関東等の研究所並びに地すべり現場にて実施。

内容:地すべりモニタリングに関する講習並びに現場実習

来訪者:Laszlo PODOLSKI (地質調査所)

Martin KRKAC (ザグレブ大学地質鉱山学部)
 Goran VLASTELICA (スプリット大学土木建築学部)
 Sanja DUGONJIC (リエカ大学土木工学部)

最後に、SATREPS に対する率直な意見を記載させて頂くことを御許し頂きたい。

本システムは科学技術外交の観点から新たに創設されたシステムであり、うまく機能すれば相手国側はもとより日本側にとっても極めて有用な成果が期待できるものと受け止めている。本共同研究においても大局的には相応の成果を上げることができたと考えているが、共同研究を実施する上では、問題点も多々あった。

- ① 報告書本文中にも記載しているが、観測機材の現地調達に関連し、VAT(物品税)の免除措置を巡って、クロアチア政府との間で解決困難な問題が生じたために、機材の調達が大幅に遅延したことが本共同研究実施上大きな障害となった。この問題の解決にほぼ 1 年間に要したことは極めて重大であり、速やかな解決策を講じる必要があったと考えられる。
- ② そもそも、現地での機材の調達に異常に長時間を要するため、必要な観測システムの設置に予想を遙かに超える長期間を要した。出来る限りスムーズな調達システムの構築が必要と考えられる。
- ③ JICA の現地調整員の役割と機能が明確でない。本プロジェクトと他のプロジェクトにおける現地調整員の実際の仕事を比較すると大きな開きがある。システムとして役割分担は明記されるべきである。本件に関しては、端的に言えば、ロジスティックに関するサポートという点では特に問題はなかったと考えられるが、日本側とクロアチア側との調整という点では機能したとは言いがたい。また、研究者グループと現地調整員との関係に関しても、当初時点で明確に位置づけられる必要があると考えられる。

現地調整員の問題に関しては、将来における他のプロジェクトの効果的な推進を考える場合、適切な総括と改善が必要と考える。本プロジェクトにおける現地調整員は、機材の調達に関しては概ね相応の役割を果たされたと考える。(猶、一部の機材に関しては実際の調達まで、発注要請後 1 年から時に 2 年間の長期間要した点は不可解である。)しかしながら、最大の問題点は、現地調整員の主要な役割である、日本側研究者とクロアチア側研究者との間で必要な調整を行うという点においては、殆どその機能が果たされなかった点にある。特に後半の 2、3 年においては、クロアチア側の多くの研究者と現地調整員との間でトラブルが多発し、苦情が耐えなかった。そのため、2013 年 4 月にシニア・リサーチャーの日本訪問に際し、クロアチア側研究者から JICA 本部に対し具体的に現地調整員に対する苦情が提示されたが、その後も状況は改善されなかった。3 月 12 日には日本大使館からの要請に応える形でザグレブにおいて終了セレモニーを実施するが、その準備過程においても日本側並びにクロアチア側研究者に対し、事前の連絡調整が無く現地調整員の独断専行の形で科学技術省との折衝がなされたために、大きな混乱が生じたことは遺憾である。以後のプロジェクトにおいては、現地調整員の役割と機能の確認が望まれる。

- ④ 本プロジェクト開始時点では、SATREPS においては JST と JICA とが連携して実施することが強く謳われていた。しかしながら、実際には柔軟な連携は困難でそれぞれ個別の対応となった面は否めないとと思われる。是非、柔軟な連携を望みたい(特に、VAT 問題の解決に際しては JST と JICA の緊密な連携が望まれた)。

§ 9 PDM の変遷 (該当する場合)

該当なし