

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科学技術」領域)

クロアチア土砂・洪水災害軽減基本計画構築

(クロアチア)

平成 24 年度実施報告書

代表者：丸井 英明

新潟大学 災害・復興科学研究所・教授

<平成 20 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

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、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 日に至るまでの間、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 月および 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。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。猶、本件は 3 月末の時点では依然として解決を見ていない。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。

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 回のワークショップを実施した。

猶、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、合同評価会議並びに合同調整委員会は 2013 年 12 月半ばにスプリット市及びザグレブ市において開催される予定である。

2. 研究グループ別の実施内容

1) 土砂災害研究グループ

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の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 5kgf/cm^2 を予定していたが、深さ最大 90m のコスト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 10kgf/cm^2 までの垂直応力载荷と 10kgf/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載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おい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(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)

平成 22 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(コスタニク地すべり)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。

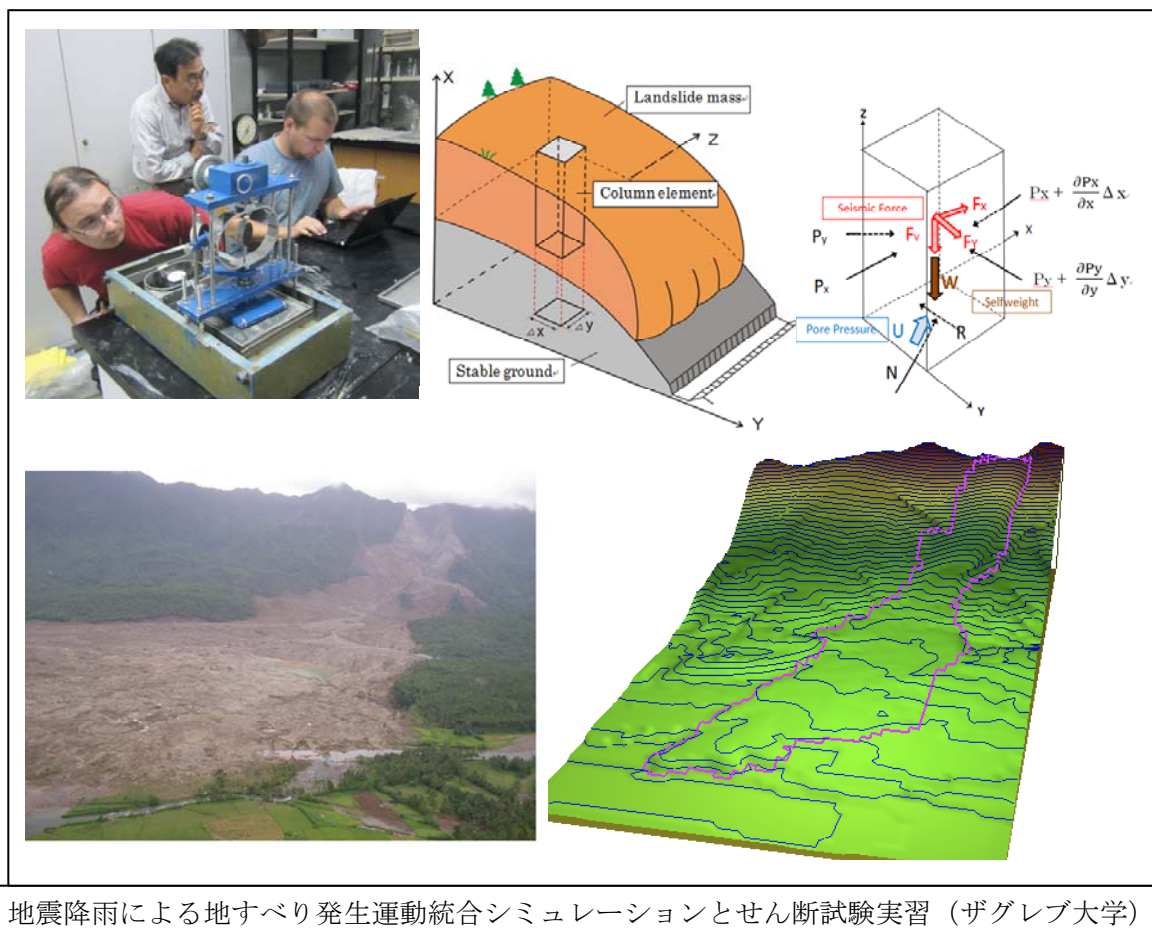
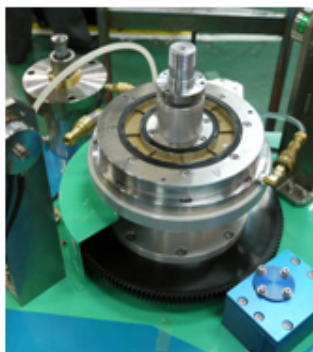


図 1 地震降雨による地すべり発生運動統合シミュレーションとせん断試験実習（ザグレブ大学）

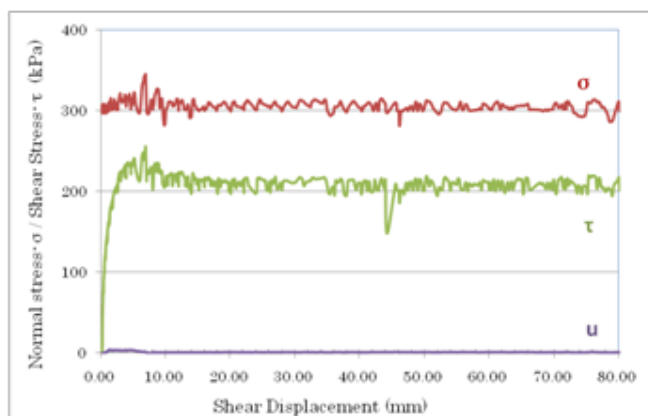
一方、本グループの研究の重要な部分を構成する、現地観測に関連して必要な機材の現地調達が大幅に遅延したことは極めて重大な問題である。上述の様に、リエカ市近郊 Grohovo 地すべり地において、連続計測 GPS と自動計測 Total Station の配置、設置方法について、既に 2010 年 7 月の時点で策定を終えているにも拘わらず、VAT 等の問題が新たに浮上し、現地調達から本邦調達に変更する事態に至ったために、機材調達手続きが極度に複雑となった。JICA において早急に VAT 問題に関わる打開策を検討していただく必要が生じた。

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 年度の上半期に設置完了予定である。



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

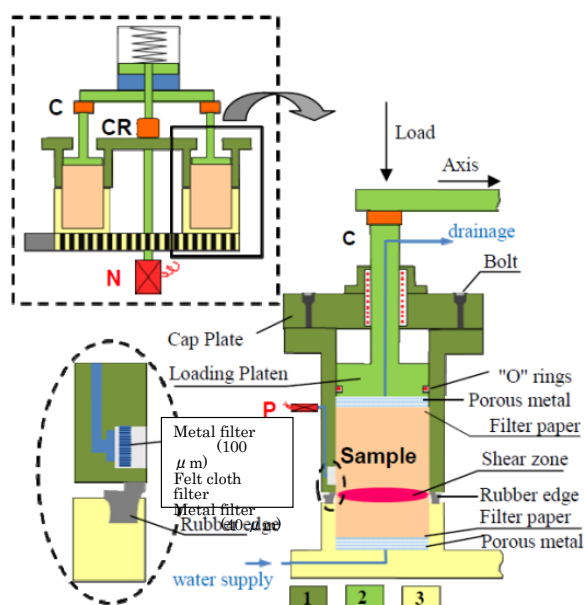
A doctoral student (Maja Ostric) invited from Croatia is handling it at the initial functioning test.



(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

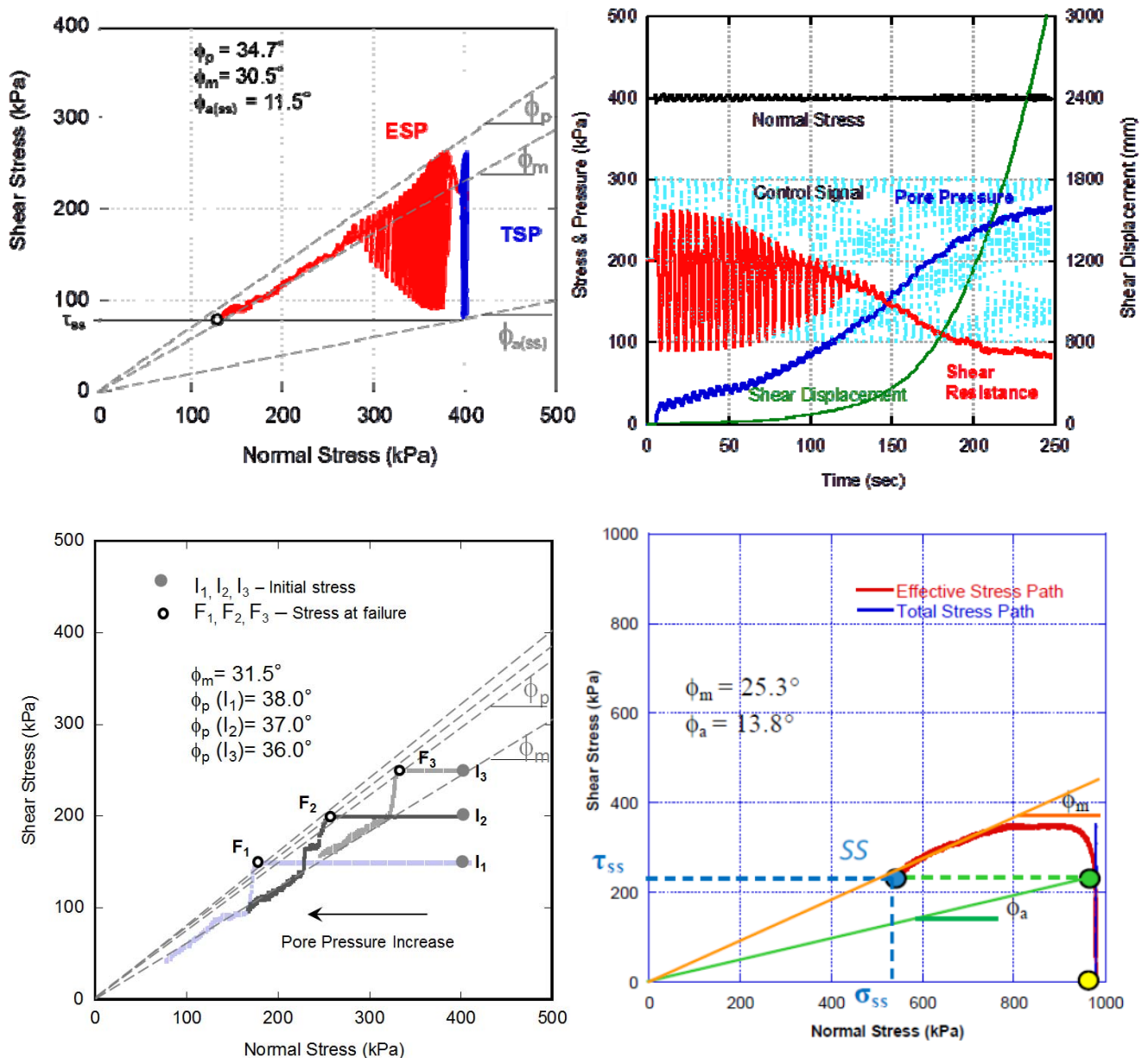


図4 ポータブル非排水リングせん断試験機を用いた試験結果 (Maja Ostric 他)

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）

下左：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、珪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)。その結果を国際誌に投稿予定である。また、コストニク地すべり及びグロボガ地すべりにおいて、地すべり発生予測シミュレーションのための実験を行い、運動時に発揮される定常状態強度(τ_{ss})は、220kPa、運動時の摩擦角は 25.3 度を得た(図4の右下)。定常状態の際に発揮される見かけの摩擦角は、垂直応力 1000kPa の場合で 13.8 度、これより深ければさらに小さな値、浅ければこれより大きな値になる。

2) 洪水災害研究グループ

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て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エ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 Moscenicka 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を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。2013 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 5 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6 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。設置作業は平成 24 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赶赴いただき、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 ケ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 (ハートビート) イコ (I/Qデータ) など TBD.〕
外部I/F	100Base-T $\times$ 1ch
PCソフト	古野電気製エコー表示ソフト 古野電気製データ収録ソフト (出力データファイル化)

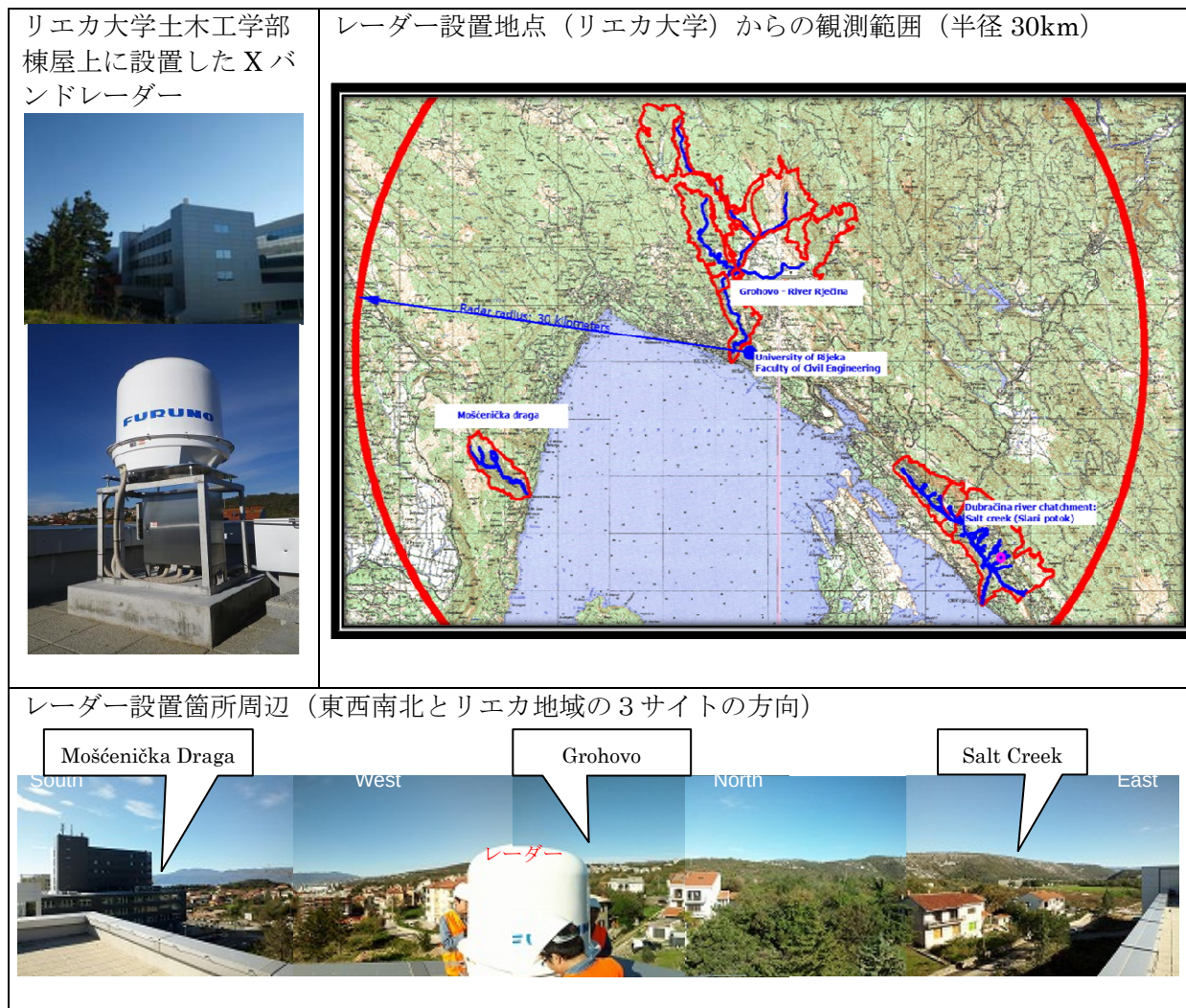


図7 レーダー設置地点と観測範囲

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、グロホボ（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サルト・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8 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。

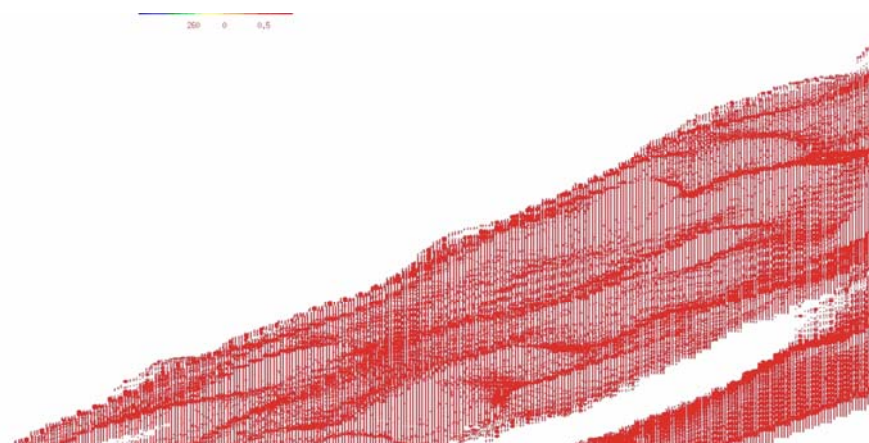


図9 Hydro-Debris3D の可視化（１）

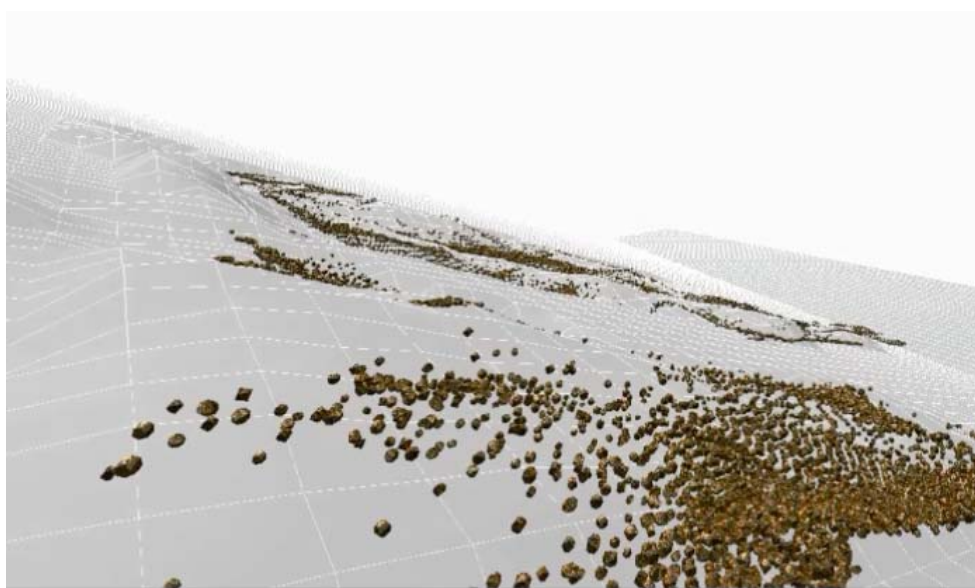


図10 Hydro-Debris3D の可視化（２）富士通（株）による可視化モジュール改良

3) 総括合同研究グループ

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。早急に調査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、対象地域全域に関しても、2012 年度前半に作業を完了した。

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)。本流域においては、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特異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手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。

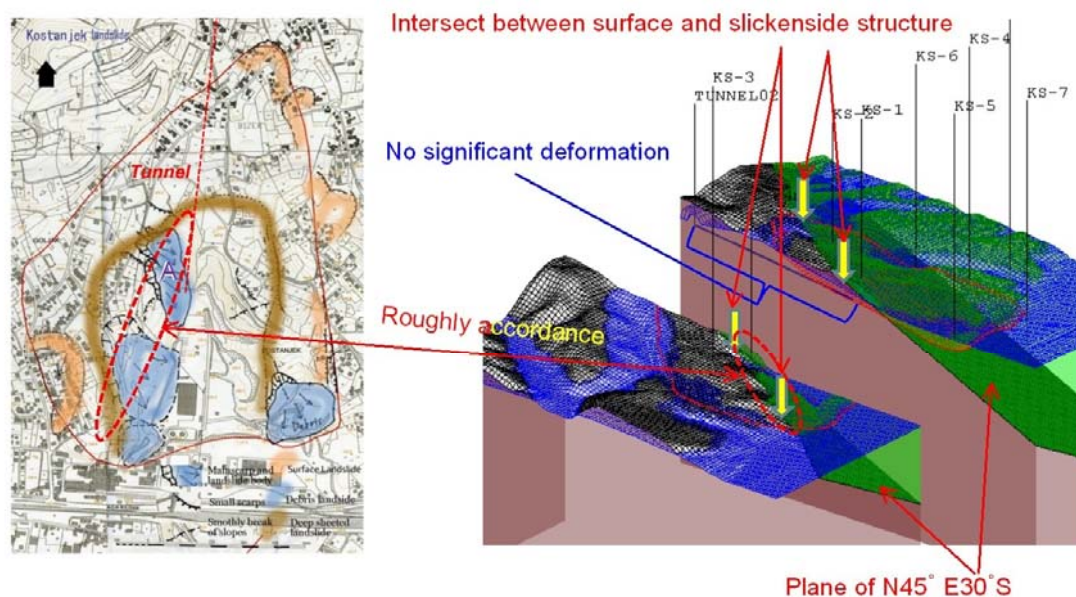
2012 年度においても、2 月中旬～3 月中旬に掛けて 1 ヶ月間、クロアチアの若手研究者 2 名が来日し、地すべり地形判読、AHP による危険度評価、ADCALC3D ソフトによる安定解析等に関する研修を実施した。

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。

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適用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 1 1 コスタニエク地すべり地における、地表踏査結果、トンネル内踏査結果、航空写真判読結果の照合。(3次元地形表示・安定解析ソフト ADCALC3D による表示)

Stereo pair and micro landform feature of landslide		Inspection record sheet for landslide risk evaluation (Level I)				AHP score sum
Level II	Level III	Unstable factor				
		Large (High)	Middle	Small (Low)		
Micro Landform features in the landslide body	Mechanism of landslide	10 	5 	2 		
	Changes of landslide micro-topography	30 	15 	5 	0	
Level of often notice deformation of marginal zone	clarity of main area	10 	5 	2 	0	
	clarity of toe area	20 	5 	2 	0	
Location features	Erodibility of toe part of landslide mass	20 	10 	5 	2 	0
	Location of instability at toe part of landslide mass	10 	5 	2 	0 	
Landslide Risk based on your own experience		Large	Middle	Small		
Remarks						Reference No. Name of Map

図 1 2 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

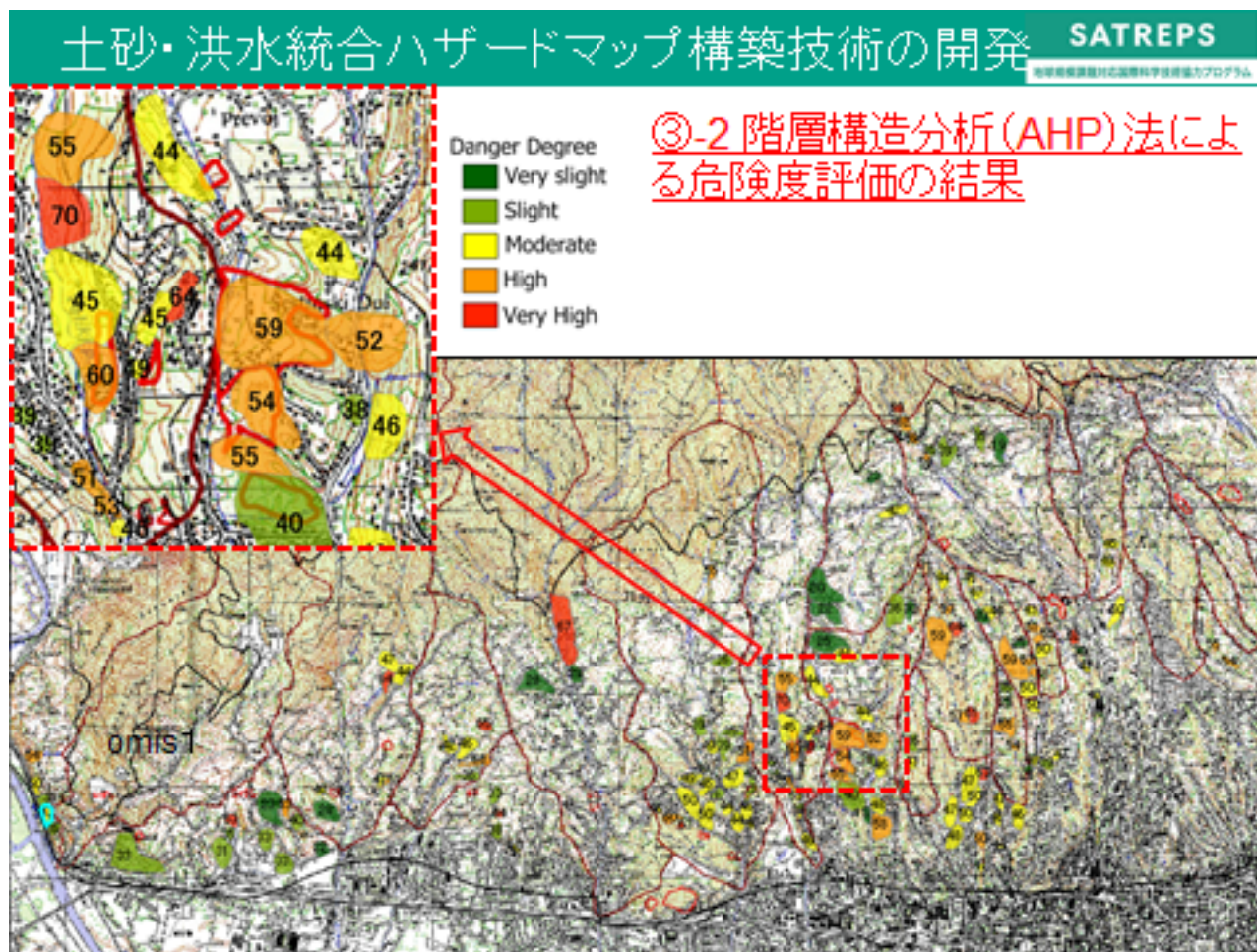


図 1 3 AHP によるザグレブ市後背山地の地すべり斜面危険度評価結果

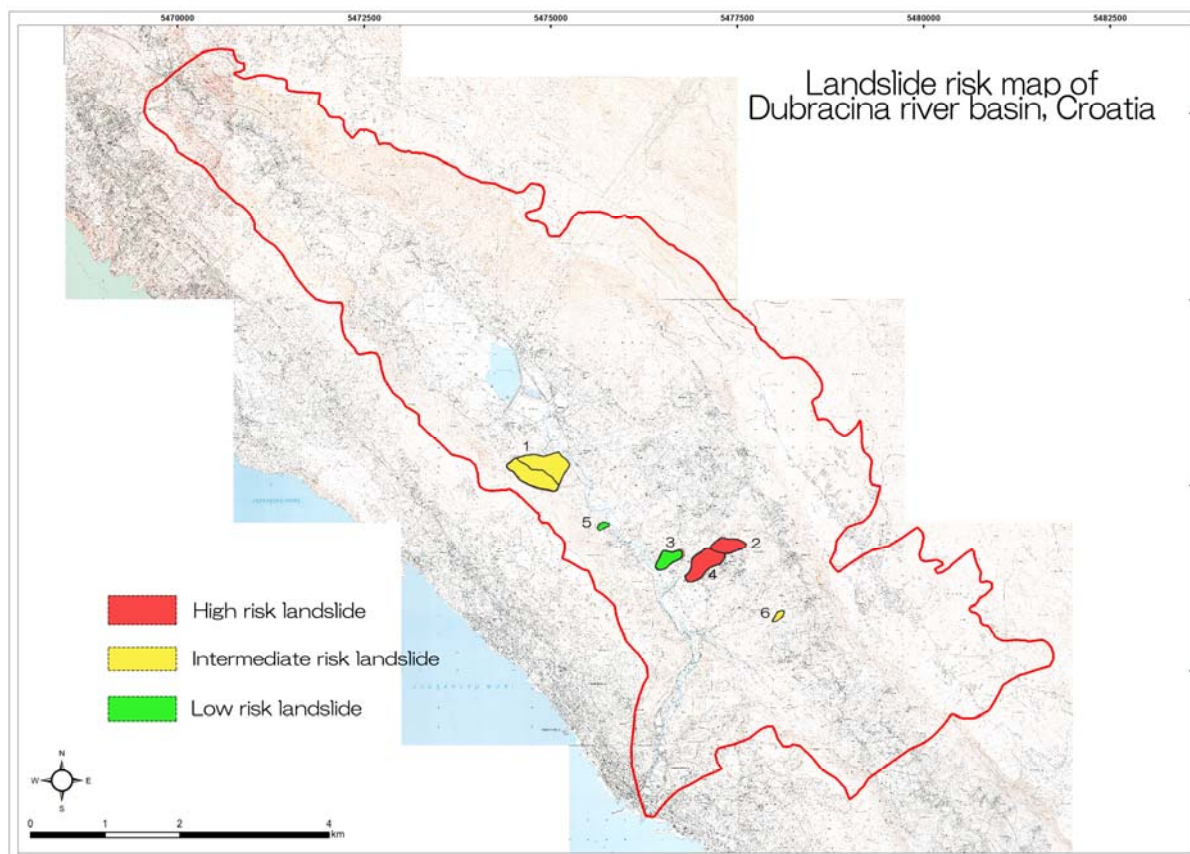


図 1 4 AHP によるリエカ市近郊ドブラチナ川流域地すべり斜面危険度評価結果

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 4 件、国際 20 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 4 件、海外 32 件)
- ③ 論文詳細情報

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.

(WG1)

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 (in Press).

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 (in Press).

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.

(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. In press. Vol.17, pp.9-18, 2012.

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.

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, APCBEES 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)

(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 (in Press).

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 (in Press).

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 (in Press).

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 (in Press).

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 (in Press).

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(in press).

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, Snjezana 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.

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳 (国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1)「総括合同研究」グループ

① 研究グループリーダー：丸井 英明（新潟大学・教授）

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

(2)「土砂災害研究」グループ

①研究グループリーダー：佐々 恭二（特定非営利活動法人ICL・学術代表）

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

(3)「洪水災害研究」グループ

①研究グループリーダー：山敷 庸亮（京都大学防災研究所・准教授）

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

以上