

令和4年度筑波大学山岳科学センター機能強化推進費（重点研究）報告書

1. 課題名 : 流域内の多様な立地における土砂管理に向けた土砂動態のプロセス解明

2. 代表者名 : 山川陽祐 所属・職名 : M S C 井川演習林・助教

3. 参画者名 : 山川陽祐 所属・職名 : M S C 井川演習林・助教
: 大澤 光 所属・職名 : 森林総合研究所・研究員
: 田中健太 所属・職名 : M S C 菅平高原実験所・准教授
: 内田太郎 所属・職名 : 生命環境系・教授
: 土井一生 所属・職名 : 京都大学防災研究所・助教
: 宮田秀介 所属・職名 : 京都大学防災研究所・助教
: 荒井紀之 所属・職名 : 京都大学防災研究所・研究員
: 渡壁卓磨 所属・職名 : 森林総合研究所関西支所・研究員
: 福山泰治郎 所属・職名 : 信州大学農学部・助教
: 山中 勤 所属・職名 : 生命環境系・教授
: 東 良慶 所属・職名 : 大阪工業大学・准教授

4. 研究・事業の目的

本プロジェクトでは、上述の流域を通じた土砂動態・土砂管理の課題のうち、特に（1）中山間地の大規模崩壊および土砂・洪水氾濫発生場における水・土砂動態、および（2）下流に冠水被害等を生じさせている広大な農耕地からの土砂流出、についてその実態を解明し、流域における適切な土砂管理対策への知見とすることを目的とする。

5. 研究・事業の成果の概要

（1）中山間地の大規模崩壊および土砂・洪水氾濫発生場における水・土砂動態

■線状凹地を有する地すべり地における地盤構造の推定

2011年紀伊半島豪雨災害時には四万十付加体堆積岩地帯にて深層崩壊が多発し、多くの人々が犠牲となったことから、防・減災上その発生機構の解明が急務である。付加体堆積岩の分布する山地の尾根や斜面上には、しばしば水平方向に窪地が連続する線状凹地や谷向き小崖・山向き小崖と呼ばれる地形が見られる。これらの地形は斜面の重力変形が進行していたことを示しており、前述の紀伊半島災害時の崩壊発生以前に崩壊斜面の源頭部に特徴的に存在していたことから、崩壊発生場の素因として関与していることが指摘されている(Chigira et al. 2013; Arai and Chigira 2019)。Yokoyama (2020)は静岡県安倍川上流の粘板岩地帯の山向き小崖と深層崩壊が多数分布する地域において詳細な地質調査をおこない、山向き小崖は断層破砕帯が高角度で存在する場合に顕著に形成され、また断層が難透水層として働くことで凹地内には地下水が涵養されうることを示すと報告している。Kojima et al. (2022)は線状凹地の縦・横断測線にて電気抵抗探査をおこない、凹地内は比較的高含水率となることを示した。しかし、凹地内の地下構造と崩壊の関係を実証的に解明した研究は少なく体系的な理解に至っていない。よって本研究では、線状凹地が複数発達する地すべり地において地下構造を明らかにすることを目的として、表面波探査、常時微動探査および周辺の地質調査を行なった。地質・地形調査の結果、地すべり地内は主に緑色岩（玄武岩質ハイアロクラスタイト）で覆われ、部分的に赤色泥岩が取り込まれていた。また、地すべり末端の標高 1550 m 付近の露頭断面には、北北東から南南西方向に鉛直に近いガウジを伴う地質境界断層が認められ、上位が緑色岩、下位が頁岩であった。また、断層から数十メートルの範囲は強破砕され、断層から離れるほど亀裂の発達した岩相へと遷移し、等高線に沿って断層が連続したことに加え、5 万分の 1 地質図に記載された断層位置から本断層を笹山構造線と判断した。一方、断層沿いには多数の湧水点を確認されるほか、断層から 10m 程度上部に山向き小崖が見られた。灰白色の断層ガウジを XRD にかけての結果、石英・方解石・緑泥石・滑石が含まれていた。杉山・松田（2014）によると、笹山構造線は逆断層型で、断層の上位が新第三紀の瀬戸川層群、下位が白亜紀後期の犬井層群であった。5 地点の微動探査の結果、S 波速度の鉛直プロファイルから 360-430 m/s の A 層、560-640 m/s の B 層、830-1040 m/s の C 層、1500-1860 m/s の D 層の 4 層に区分された。A 層に相当する露頭の観察の結果、多数の亀裂が発達しており、低速度の結果と整合的であった。B 層は変形や風化を受けているが、A 層ほど顕著でなく、C 層および D 層は基盤岩に相当することが推定された。凹地を縦断する 2 地点の表面波探査の結果、S 波速度は地表から深さ 3 m 程度まで 160m/s 以下、深さ 3-9m で 140-250m/s であり、表層土は極めて低速度であった。また、部分的に比較的、低速度や高速

度な領域が存在し、不均一な構造であることがわかった。浅層の S 波速度の結果は、大澤ら (2021) による本対象地に隣接した五色ガレ崩壊地上の線状凹地の S 波速度の結果と整合した。

■付加体堆積岩の大規模崩壊多発地における降雨流出特性の空間分布

降雨を外力とする斜面崩壊が選択的な箇所では発生するメカニズムの解明を進める上で、地盤条件と降雨-流出応答との関係性の理解は重要な課題である。付加体堆積岩山地においては、概して地質構造に支配された空間的に不均一な地中水挙動が卓越するとされているが、その実態は未解明な部分が多い。本研究では、静岡県の大井川上流域（井川湖周辺）において大井川本川に流入する 17 支流を対象として河川流量と水質（溶存化学成分）の計測を行い、付加体堆積岩山地における降雨流出特性の空間分布を地形・地質および地質構造を踏まえて検討した。河川流量は無降雨時の複数時期に計測した。大井川上流域の地質は四万十帯に分類される付加体で、大規模崩壊の多発域である（ここでは崩壊に比べて移動速度が小さい現象である地すべりも含む）。井川湖周辺では、主に泥岩～泥岩優勢砂岩泥岩互層、一部に砂岩が分布する。層理面は概ね北西方向に傾斜し、大井川本川の流下方向は概ね南～南西方向である。従って、検討対象とする支流群は、大局的には、大井川右岸側に位置するものは受け盤構造、左岸側に位置するものは流れ盤構造をもつ。この左岸側の支流群を構成する多くの斜面には滑落崖と緩勾配によって特徴づけられる地すべり地形が高密度に分布し、対照的に右岸側では地すべり地形がほとんど見られず地形勾配は相対的に大きい。各渓流水の水質は、 CaSO_4 型と $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型とに二分され、泥岩の優勢度が大きい流域において CaSO_4 型となる傾向が認められた。一方で、河川流量については、流れ盤斜面の割合と比流量の変動係数（複数時期のデータについて、標準偏差を平均値で除したもの）との間に正の相関が認められた。すなわち、比流量が、流れ盤斜面が優占する流域ほど先行降雨量に敏感に応答し、反対に受け盤斜面が優占する流域ほど鈍感に応答して、増減する傾向が示された。以上の結果から、本対象流域において、層理面の傾斜構造（受け盤・流れ盤構造）が降雨-流出応答特性を強くコントロールしている可能性が示された。

(2) 下流に冠水被害等を生じさせている広大な農耕地からの土砂流出

農耕地から大量の土砂が流出しており緑地帯（幅 80cm 程度のグリーンベルト）によってそれが防げるという昨年度成果の普及を、長野県関係者、上田市関係者、菅平水土里会の関係者などに対して行い、シンポジウムでも講演を行った。研究成果および普及活動の成果として、農業関係の交付金の使途のひとつとしてグリーンベルト設置支援を行うことになり、その方法や支援単価などを検討した。菅平高原の高原野菜農地の 5%程度に対してグリーンベルトを設置することを目標として掲げるようになった。

こうしたグリーンインフラの成果を活かし、山岳科学センターから提案する令和 6 年度概算要求に、「生物多様性と都市機能の融合によるグリーンインフラ革命：「自然共生キャンパス」の構築」を提案した。その過程において、学内の砂防研究者との打合せ、副学長ヒアリング、生命環境系長との打合せ、学長ヒアリング、筑波研究学園都市のいくつかの研究所の研究者との打合せを行った。

6. 研究業績・事業実績

山川陽祐, 興水康二, 内田 太郎: 付加体堆積岩の大規模崩壊多発地における降雨流出特性の空間分布 (その 2), 日本地球惑星科学連合 2022 年大会 (2022-05-22--2022-06-03)

興水康二, 内田太郎, 山川 陽祐: 付加体堆積岩地域における受け盤・流れ盤構造の違いに着目した降雨流出特性の検討, 令和 4 年度砂防学会研究発表会 (2022-05-11--2022-05-13)

羽鹿孝文, 内田太郎, 山川 陽祐: 大起伏山地における流出の遅れ時間の空間分布, 令和 4 年度砂防学会研究発表会 (2022-05-11--2022-05-13)

正岡直也, 小杉賢一朗, 谷知幸, 松四雄騎, 山川 陽祐: 第 9 章 深層崩壊メカニズムの解明をめざす <滋賀県比良山地葛川サイトにおける地下水観測>, 砂防の観測の現場を訪ねて 3 ~水の動きの不思議~, 公益社団法人砂防学会編, pp.115-123, 2022-04

山川陽祐: 第 3 編・総説 (山地の地下水の動きを観測する), 砂防の観測の現場を訪ねて 3 ~水の動きの不思議~, 公益社団法人砂防学会編, pp.88-90, 2022-04

羽鹿孝文, 内田太郎, 山川陽祐: 第 1 章 大起伏山地における洪水流出の観測, 砂防の観測の現場を訪ねて 3 ~水の動きの不思議~, 公益社団法人砂防学会編, pp.15-26, 2022-04

日本学術振興会・科研費基盤 B (代表: 山川陽祐, R5~8 年度) 「付加体堆積岩山地における水文・地盤情報カップリングによる雨水貯留・排水特性の把握」採択

R5 年度砂防・地すべり技術センター研究開発助成 (代表: 山川陽祐, R5 年度) 「付加体堆積岩山地流域における大規模出水の流出解析手法の開発」採択

田中健太 2022 畑の黒土の浸食速度と対策費用. 第 7 回菅平湿原シンポジウム, 菅平

7. 収支

配分決定額	実支出額の使用内訳				
	物品費	旅費	人件費・謝金	その他	合計
700,000円	244,765円	444,664円	0円	10,571円	700,000円
備考					

主要な設備備品明細書（一品又は一組若しくは一式の価格が10万円以上のもの）					
設備備品名	仕様（型式等）	数量	単価（円）	金額（円）	備考
DNA検査キット	Agilent DNA7500	1	113,767	113,767	