

令和5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・主任研究員
: 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・准教授
: 宮田秀介 所属・職名 : 京都大学農学研究科・准教授
: 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

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ならびに草原植生の機能など、土砂移動緩和を含めた生態系のグリーンインフラに関する事象、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した。

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

■大起伏山地での EC 連続観測に基づく流出源の空間変動の検討（研究業績の中村ら（2023））
日本での土砂災害の発生件数は増加傾向にあり、豪雨などに伴って山地で発生する土砂災害の実態の把握や土砂災害を引き起こす出水現象の予測精度の向上がますます重要になってきている。山地洪水の予測精度向上のためには 1) 流出水の起源、2) 降雨が流域にもたらされてから流域外に流出するまでの経路、3) 降雨が流域にもたらされてから流出に至るまでの時間の 3 要素を主とする流出機構を検討することが必要不可欠である。特に流域面積が 1~10 km² の中規模流域かつ大起伏な山地流域は災害リスクが高く、流出機構の理解のための観測データの蓄積が必要な一方で、アクセスが悪く継続的に観測するのが大変であることと、土砂流出が活発で観測機器が流亡・損壊してしまうことから観測事例が少ない。中でも流出源の推定に資するトレーサに関する情報はさらに限られているのが現状である。溶存イオンの総量である電気伝導率（以下 EC と表記）は他の指標と比べて計測が簡易で、急峻な山地においても高い時間分解能での連続的な測定に比較的適していると考えられる。一般的に地下水が流動する過程で岩石から溶出するイオンを取り込むことから、流出源が深いほど河川水の EC の値が大きい傾向にある。そこで本研究では、中規模流域かつ大起伏地形を呈する山地流域において、河川水の流出源の時空間変動に関する情報を得るために雨量、水位、EC の多地点かつ高頻度な連続データを蓄積し、その上で、河川水の流出源について考察した。試験地として、大井川水系東河内川流域内の流域 B~G の 6 流域に設定した。地質は付加体堆積岩で、流域面積は 6 流域のうち流域 B が最大（5.5 km²）、流域 G が最小（0.16 km²）である。比高は流域 B が最大（1355 m）、流域 G が最小（679 m）である。なお、比高(m)を最高標高点と最低標高点の間の距離 (m)で除した値で表した起伏率は、流域 G が最大（0.74）、流域 C が最小（0.43）の大起伏な山地である。結果として、下記のような雨水流出挙動の実態が明らかとなった。まず、平水時の流出源の空間分布については、EC が大きいほど流出水の起源が深いという仮説のもとでは、平水時には流域 C、D、F の流出源は比較的浅く、流域 B、E、G は流出源が深い流域であると考えられた。特に流域 F と G は同じ左岸側で隣接しており、かつ一様な地質・同程度の流域面積を持つにも関わらず、平水時の流出機構が異なる可能性が考えられた。さらに、平水時の EC と洪水時の event water 寄与率の関係として、大局的には平水時の EC が高いほど、出水時の event water の寄与が小さかった。すなわち、平水時の流出源が深い流域ほど、出水時にも pre-event water が大きく寄与している可能性が示唆された。しかし流域 D は平水時の流出源が比較的浅いと推測される流域であるにも関わらず、出水時の event water の寄与が上昇しなかった。流域 C と D は面積も類似し、かつ隣接する流域で、平水時の EC も近い値を示したにも関わらず、洪水流出経路が異なる可能性が示唆された。

(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ならびに草原植生の機能など、土砂移動緩和を含めた生態系のグリーンインフラに関する事象

■歴史の古い草原は根茎根系量が多いか？—新しい草原、森林との比較（研究業績の寺嶋ら（2024））

自然攪乱の抑制や人為管理の減少などにより、世界でも日本でも草原が近年急速に減少している。絶滅危惧の動植物の3~4割は草原性である。草原がこれほど減少したことは歴史上初めてであり、草原とともに社会が何を失ってしまうのか未知である。これまでに、草原の継続期間とともに植物やチョウ類、微生物の多様性が高い分かっている。また歴史の古い草原は、生物多様性だけでなく、様々な生態系サービスが高い可能性がある。歴史の古い草原には根系が大きい植物種が多い。そこで私は、歴史の古い草原は斜面防災の機能が高い可能性があることに着目した。本研究は、斜面防災機能と関連が深い根系量が歴史の古い草原で多いのかを、同一地域の新しい草原や森林との比較によって検証した。具体的には、長野県・菅平高原に存在するスキー場周辺で、少なくとも300年以上継続している古い草原と、古い草原の管理放棄あるいは植林によって成立した林齢40~90年ほどの森林、そうした森林を伐採してから50~70年が経過した新しい草原、という3つの植生に対して、各8地点を調査地とした。7月~11月にかけて、各地点で20mのトランセクトを設け、直径5~8cm・深さ最大30cmの土壌コア試料を約5m間隔で5~6本採取した（合計24地点・140コア）。採取した土壌コアを深さ5cmごとに切り出して根系の乾重量を計測した。結果として、土壌深さごとの平均根重量を全深度で合計すると、古草原・新草原・森林の値がそれぞれ10.0・3.2・4.7 mg/cm³であり、古草原は新草原や森林と比べて根量が多い傾向があり、新草原と森林は近い水準だった。深度ごとに見ると、土壌深15cmまでの浅層の根量は古草原>新草原>森林という傾向があり、土壌深15~30cmの深層では古草原と森林の根量が同水準で、新草原の根量が少ない傾向があったこれらの結果から、継続期間の長い古い草原は豊かな根茎が発達しているのに対して、そこが森林化したり、再草原化してからの継続期間が短い場合には、根量が少なくなると考えられる。今回の調査では、樹木の太い根に土壌コアが採集器が当たると採集そのものができず、樹木幹の直下または周辺の根量を評価できていない可能性がある。しかし、幹と幹の間付近の根量が少ない場所が斜面崩壊の弱点になると考えられており、そうした場所の根量が斜面崩壊抑止機能の指標となる。そのため、今回評価した根量の違いは、古草原の斜面崩壊抑止機能が森林や新草原よりも高いことを示唆している。古草原の根量が新草原よりも多くなる機構として、草原を構成する植物種の組成が草原の継続期間とともに変化し、歴史の古い草原には根系が大きい植物種が多くなる3ことが考えられる。植物の群集生態学においては、遷移の進行とともに地下部への投資の大きいK淘汰種が増えると考えられている。こうした生態学的機構によって根量の時間的変化を説明できる。

6. 研究業績・事業実績

興水康二, 山川陽祐, 内田太郎: 大起伏の中古生代付加体堆積岩山地における地質構造に着目した降雨流出特性に関する考察, 砂防学会誌, 76(5), pp.25-32, 2024-01

Catur Putra Satgada, Tomohiro Egusa, Yosuke Yamakawa, Fumitoshi Imaizumi, Forest harvesting affects soil organic carbon and total nitrogen transports by facilitating landslides, CATENA, Volume 233, 2023, 107517, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107517>.

寺田竜馬, 内田太郎, 山川陽祐, 佐藤光平, 堆積過程における粒径や土砂濃度の影響に関する実験的研究, 令和5年度砂防学会研究発表会(2022-05-09--2022-05-12)

大澤光, 土井一生, 荒井紀之, 東良慶, 渡壁卓磨, 山川陽祐, 線状凹地を有する地すべり地における地盤構造の推定, 日本地球惑星科学連合2023年大会 2023年5月

中村美結, 内田太郎, 山川陽祐, 羽鹿孝文, 大起伏山地でのEC連続観測に基づく流出源の空間変動の検討, 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023年度研究発表会(2023/09/03 - 2023/09/06)

内田太郎, 羽鹿孝文, 山川陽祐, 中村美結, 大起伏山地における流出ピーク遅れ時間に及ぼす「斜面」の影響, 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023年度研究発表会(2023/09/03 - 2023/09/06)

山川陽祐, 興水康二, 内田太郎, 地すべり・深層崩壊の多発する付加体堆積岩山地における地質構造に着目した降雨流出応答特性の検討, 第62回地すべり学会研究発表会, 2023年9月19日~9月22日

Suneth NERANJAN, Yosuke YAMAKAWA, Taro UCHIDA, Clarifying the Roles of Bedrock Geology on andslide Geometrical Variation: Case Studies in Japan and Sri Lanka, 第62回地すべり学会研究発表会, 2023年9月19日~9月22日

工藤優葵, 内田太郎, 山川陽祐, 對馬美紗, 高解像度DEMを用いた災害前斜面の地形が斜面崩壊の規模に及ぼす影響の検討, 第62回地すべり学会研究発表会, 2023年9月19日~9月22日

寺嶋悠人, 田中健太, 歴史の古い草原は根茎根系量が多いか？—新しい草原、森林との比較, つくば生物ジャーナル Tsukuba Journal of Biology (2024) 23, 22

田中健太, 上田の身近な自然の魅力~高原・ため池・山城の草原再生~, SDGsフォーラム in 信州上田 「みんなで見えろ! 気候変動と生物多様性」令和6年2月23日, 上田市

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
500,000円	500,000円	0円	0円	0円	500,000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
ハンドサンプラー	藤原製作所 HS-30S	1	143,550	143,550	