

2022年8月豪雨による小松市滓上川上流の被災状況

森林域の土砂移動実態に注目して

谷 美槻¹ 大丸 裕武²

要 旨

2022年8月3日～8月5日の豪雨による、石川県小松市中ノ峠町を含む滓上川上流部の被害実態の概要について、現地調査と航空レーザー測量データの解析によって明らかにした。河畔域では、氾濫原に植栽されたスギによる砂礫・流木のせき止めや、スギの根系が侵食を緩和する現象がみられる一方で、溪岸崩壊による倒木の発生も見られた。また、滓上川本流では河道沿いの立木の流出や堰堤における流木の堆積が認められた。これらのことから、河川流量や地形条件によって、森林が土砂移動の抑制にはたらくか、倒木や流木を発生させるかといった、災害時の森林の影響に差異が認められ、この二つの可能性を正しく評価することが森林流域の防災計画において重要であると考えられた。

キーワード：豪雨災害、スギ植林地、滓上川、小松市、耕作放棄地、流木、航空レーザー測量

1. はじめに

2022年8月3日から8月5日にかけて、北陸・東北地方を中心に大雨による災害が発生した。石川県では、2022年8月3日12時から5日24時にかけて、小松市で253mm、白山市河内では398mmに達した(気象庁, 2022)。この降雨で主要河川を中心に浸水被害が発生し、特に小松市では梯川とその支流で河川氾濫が発生した。人的被害は小松市のみで重軽傷者合わせて7人、床上・下浸水による家屋被害は1200件を超え、県全体の家屋被害のうち小松市が約8割を占めた。

小松市を中心に発生したこのような洪水被害については、すでにいくつかの分析が行われている(谷口・田中, 2022)。一方、山間部を中心とした上流部については、林道における路肩の崩壊と土砂堆積など40件以上の被害が発生した(石川県, 2022)とされているが、被害実態の詳細については十分に明らかとなっていない。

近年、わが国の山地では各地で豪雨による土砂災害が発生し、その中には森林が崩壊を抑制する一方で、多量の流木によって被害が拡大した事例が見られるなど、災害リスクを低減するための森林管理のあり方が議論されている(太田, 2019)。しかし、山地における土砂災害リスクや森林の防災機能の発現の仕方は地質や地形などの地域毎の山地の特性を受

けて多様に変化する。したがって、それぞれの地域で事例研究を蓄積して地域性を十分に考慮して山地の防災対策を進めることが重要である。

2. 研究目的と研究地域

(1) 研究目的

筆者らは2022年8月の豪雨災害の直後から、小松市中ノ峠町を含む滓上川上流部を中心に、山間部の豪雨被害の実態について調査を行ってきた。本研究では、この調査結果の中から、今後中山間地域における防災対策を進めてゆくうえで、特に重要と思われる、森林域の土砂移動実態に注目して報告する。

(2) 研究地域

1) 研究地域の概要

本研究では2022年8月の豪雨で多くの被害が見られた滓上川上流域の中ノ峠町の集落と小松市上麦口町、中ノ峠集落に流出する滓上川支流の定者谷川(ていじゃたにかわ)下流部および、中ノ峠集落の上流にある浄水場付近に流出する滓上川支流の小流域(以下、浄水場流域と呼ぶ)の4か所で見られた災害の状況について報告を行う(図1)。

研究地域は標高約250m～300mの定高性のある山頂を持つ山地からなり、谷沿いには傾斜30～40度の急斜面が発達し(国土地理院, 2023)、一部では地すべり地形がみられる(防災科学技術研究所, 2015)。地質は主として前期中新世に噴出した流紋岩溶岩・火砕岩からなる(地質調査総合センター、

¹ 石川県立大学大学院 博士前期課程 生物資源環境学研究所 1年

² 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科

責任著者：谷美槻 (sabatora.1984@gmail.com)

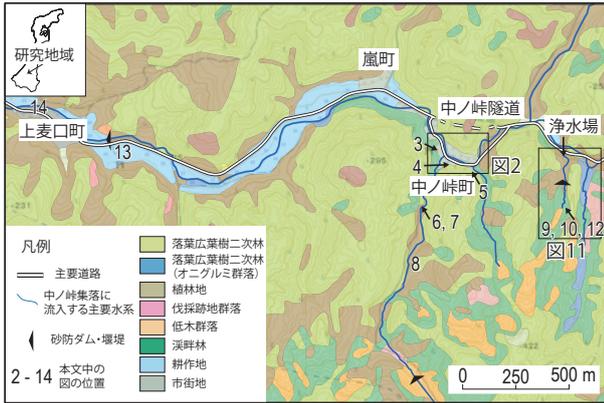


図1 調査対象地域

資料：植生図は生物多様性センター(2023), 等高線は地理院地図による

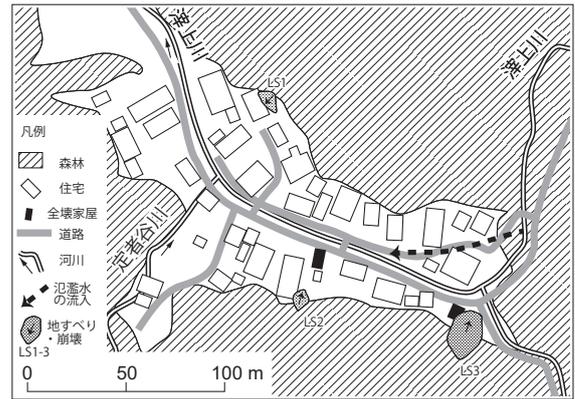


図2 中ノ峠集落の概要図

2023)。その中には、熱水変質を受けて著しく粘土化した場所が見られ、その一部は九谷焼の陶土として利用されている(下坂, 1978)。

研究地域の植生はスギを主とする人工林, 落葉広葉樹二次林, 低木群落からなり(図1), 広葉樹林の多くは, 加賀地域の多くの山林と同様に, 1960年代までは薪炭利用されていたと考えられる。

アメダス雨量の分布やレーダーアメダス解析雨量から, 本研究地域では, 8月3日12時から5日24時にかけての降雨量が300mmに達したと推定されている(金沢地方気象台, 2022)。

2) 中ノ峠町集落

研究地域の中でも, 今回の豪雨で最も大きな被害を受けた中ノ峠町は小松市最東部の白山市との市境に位置する世帯数17の小集落である(小松市, 2023: 図1, 図2)。今回の豪雨では, 集落内を流れる滓上川の越流や氾濫によって多くの被害が発生した。滓上川本流から溢れた洪水が右岸側の集落内の市道を通ったこと(図2)で, 被害は滓上川沿いだけでなく集落内の広い範囲に及んだ。

3) 定者谷川流域・浄水場流域

次に, 集中的な現地調査を行った, 滓上川支流の定者谷川流域と中ノ峠町北東部の浄水場付近で滓上川に合流する流域(以下, 浄水場流域とよぶ)の概要について説明する。

定者谷川(図2)は流域面積117.7ha, 川幅2~3m, 勾配0~15°の4次谷である。川沿いには林道があり, スギが植林されている。筆者らが石川県の航空レーザー測量による点群データ(以下, 石川県の点群データとよぶ)を独自に解析したところ, スギ林の密度は約475本/ha, 平均樹高は約17mであった。また, 定者谷川の氾濫原の代表的と思われるスギ林について現地調査を行ったところ, 平均胸高直径は約27cmであった。

浄水場流域は流域面積13ha, 川幅1.5~3m, 勾配0~35°(石川県の点群データより計測)の2次谷である。河口から約150m上流には治山ダム(図11)がある。川沿いには定者谷川と同様にスギが植林されている。石川県の点群データを解析した結果, このスギ林の密度は約670本/ha, 平均樹高は約21mであった。

1964年に撮影された国土地理院の空中写真によると, このようなスギ植林地の多くは1964年までは耕作地となっていることから, これらのスギ林は耕作地の放棄後に植林されたものと考えられる。

3. 研究方法

本研究では, 災害前の2021年6月~2022年3月に取得された石川県の点群データ(点群密度は30/m²)を併用して現地調査を行い, 災害による地形や植生の変化の状況を把握した。一般に, 航空レーザー測量で作成されたDEM(Digital Elevation Model)は, 林冠をすり抜けて地表へ到達したレーザーパルスのみを利用して作成されるため, 森林下の詳細な地形の状況を把握することができる。本研究では, このDEMからCS立体図(戸田, 2014)を作成して地形の状況を把握した。ただし, 石川県のDEMでは河川沿いのデータが欠落していたため, 欠落域については, ArcGISProを用いて点群の解析を行って独自にDEMを作成した。また, このDEMと点群の高度差から研究地域の植生高を推定した。

また, 中ノ峠集落南東部で発生した地すべり(図2のLS3)については, ドローン(DJI Mini3 Pro)を用いた上空からの写真撮影を行って概要を把握した。

上奥町の滓上川(図1の14)については, ドローンによる空撮と, Agisoft社製MetashapeによるSfM解析を行って3Dモデルとオルソ画像を作成し, 石川県によって撮影された災害前の空中写真や点群データと比較して, 洪水による植生や地形変化

の状況を把握した。

4. 結果

(1) 特徴的な地形変化が見られた地点について

1) 中ノ峠集落

今回の災害において中ノ峠地区では、多くの浸水被害が見られたが、この背景として、中ノ峠地区の集落が河床からの比高が最大で3m程度の氾濫原上に立地しており、下流域の集落と比較しても河床からの比高が非常に小さいことが挙げられる(図1の3, 図3)。この比高の小ささから、滓上川から溢れた流水は集落内へ流入し、道路の侵食、住宅地での流出土砂とガレキの堆積や建築物の損傷や倒壊などの被害を引き起こした(図1の4, 図4)。

今回の豪雨によって中ノ峠集落の周辺では、3箇所で地すべりや崩壊が発生した(図2のLS1～LS3)。このうち、LS1とLS2は小規模な表層崩壊であったが、集落の東部で発生したLS3の地すべりは崩落部の面積が約400m²、崩落した土層の厚さは最大で5mに達することから、推定土量は500～1,000m³の比較的大規模なもので、地すべりから流出した土砂は周囲の建造物の全壊および半壊被害を起こした(図2)。

2) 定者谷川

定者谷川下流(図1の6)では上流から流出した流木や土砂が一時的に河道を閉塞し、流木や土砂が約1mの高さまで堆積するという現象が見られた(図6)。堆積した流木や土砂の一部は河道周辺に生えていたスギの立木に捕捉され堆積した。このような土砂や流木が河道付近のスギ林で捕捉される現象は、定者谷川流域の少なくとも4箇所で認められたほか、スギの根による河川侵食が抑制された現象(図7)も流域内の4箇所を確認された。

また、沢の上流(図1の8)の厚い河床堆積物が見られる場所では、顕著な侵食・堆積を伴う河床変動が多く見られた(図8)。ただし、これらの地点から発生した移動土砂の大部分は、流域内にある複数の拡幅部で拡散し貯留されたために、最終的には集落に流出しなかったと推定された。

3) 浄水場流域にある耕作地跡

浄水場流域の河口から上流側約240mの場所(図1の9, 10, 12)には耕作地跡とみられる人工地形が見られる。この場所では、今回の豪雨によって、谷侵食が進行するとともに耕作地跡の崩壊が発生した(図9)。これによって流出した土砂の大部分は下流の治山ダム付近で堆積していた。災害前の地形のCS立体図によると、この場所では今回の災害以前から、耕作地跡を侵食する深さ約2mの谷地形が発達していたことがうかがわれる(図10)。この場所



図3 中ノ峠集落内を流れる滓上川



図4 洪水で破損した建築物



図5 中ノ峠集落内で発生した地すべり(図2のLS3)



図6 閉塞部先端に堆積した高さ約1mの流木群



図7 スギの根系による側方侵食の抑制



図8 河岸崩壊によって発生した倒木



図9 豪雨時の侵食と崩壊で発生した倒木

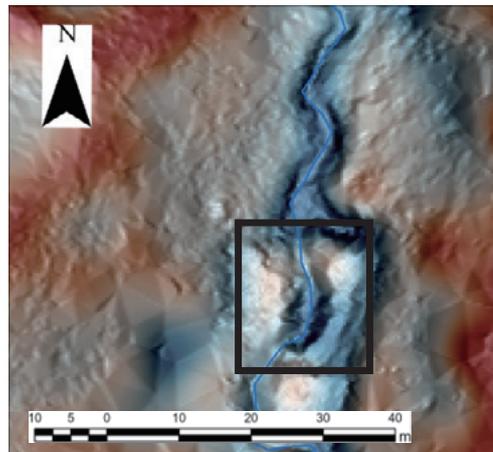


図10 浄水場流域内の耕作地跡のCS立体図
注：1) 災害前から谷による侵食を受けていたことがわかる

では、今回の豪雨によって、耕作地跡に植栽されていたスギの一部が土砂とともに崩落した。この耕作地跡は国土地理院の1964年の空中写真(図11)では森林化していないことから1964年までは耕作地として利用されていたと考えられる。現地調査では、河川に面した耕作地跡の急崖部は石垣で保護されていたが、石垣の多くが抜け落ちていた(図12)ことから、耕作地跡を保護する石垣の損耗が崩壊の発生につながったと考えられる。

4) 上麦口町の滓上川本流

この場所は滓上川の堰堤(図13)の下流に位置し(図14)、滓上川本流に河畔林が隣接している場所である。ここでは豪雨直後に堰堤(落差3~4m, 幅16m)で流木が捕捉されていた(図1の13, 図13)。

図14は滓上川を上空から撮影した航空写真と横断面図、ドローンの空撮写真である。豪雨前の写真と横断面図A・Bで確認できる広葉樹が下の豪雨後の空撮写真では確認できないことから、側方侵食で河道沿いの樹木の一部が流失したことが分かる。同様の流木は、滓上川沿いに広く見られたことから、このような溪畔林の破壊による流木の発生は、滓上川流域の他の場所でも発生していたと考えられる。

5. 考察

(1) 山地斜面における森林の崩壊防止機能について

図15は中ノ峠集落の背後流域で新たに発生した崩壊地と植生高図である。これによると、今回の豪

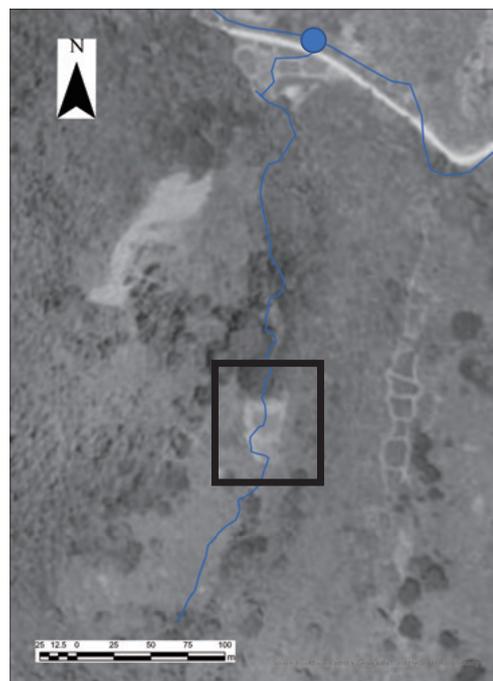


図11 浄水場流域下流部の1964年の空中写真
(地理院地図に加筆)

注：1) 黒枠で囲んだ箇所が耕作地
2) 青丸が滓上川との合流点



図12 耕作地跡がある斜面を保護する石垣の崩壊



図13 滓上川からの流木が堰堤に捕捉されている様子

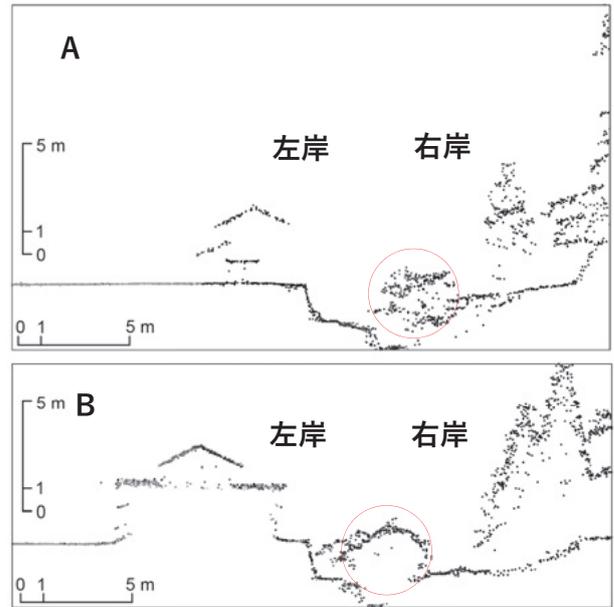


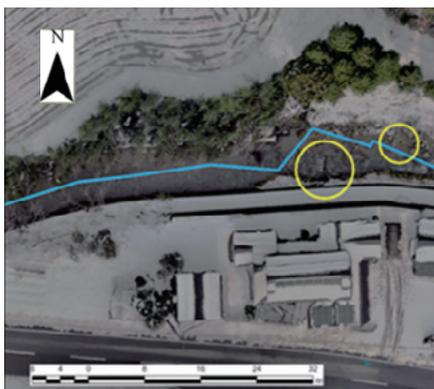
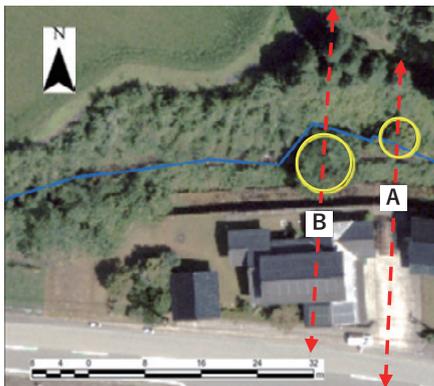
図14 豪雨前の滓上川（左上）、豪雨後の滓上川（左下）と横断面図（上）

- 注：1）豪雨前：県提供の航空写真に加筆2021年無雪期に撮影，豪雨後：12月21日にドローンで撮影，横断面図：石川県の点群データを使用
2）黄・赤丸で囲まれた箇所は樹木の流失が確認された，赤い矢印線は断面図の範囲を示す

雨で新たに発生した崩壊地が見られるものの，その多くは幅が10m未満の小規模なものであった。これらの崩壊地の多くは，小さな植生高を持つ低木群落で発生しており（図15），森林域の新規発生崩壊地は相対的に少なかった。このように，流域全体としては森林による崩壊防止機能が発揮されていたと考えられる。

(2) 溪畔域における森林の土砂移動防止機能について 1) 立木の効果

今回の調査では，立木による土砂や流木の捕捉・根系による側方侵食の防止効果が見られ，（図7）この現象は特に，谷と両岸の氾濫原との比高が小さかった場所（概ね1m以下）で多く発見された。一方で，比高が相対的に大きい場所（概ね2m以上）では側方侵食や溪岸崩壊や倒木が見られた（図8，9）。このように，溪畔域の立木が，土砂移動抑制効果を発揮するか，不安定土砂に取り込まれるかは河川による侵食の深さが影響すると考えられる（図16）。そのため，河床物質が侵食を受けにくい岩盤か，侵食を受けやすい砂礫などの堆積物でできているかなど，溪畔林の立地環境を踏まえたうえで評価することが重要となる。実際に，九州豪雨・令和元年台風時に大規模な斜面崩壊が発生した地域の地質は風化しやすい花崗岩・堆積岩類であった事例（太田，



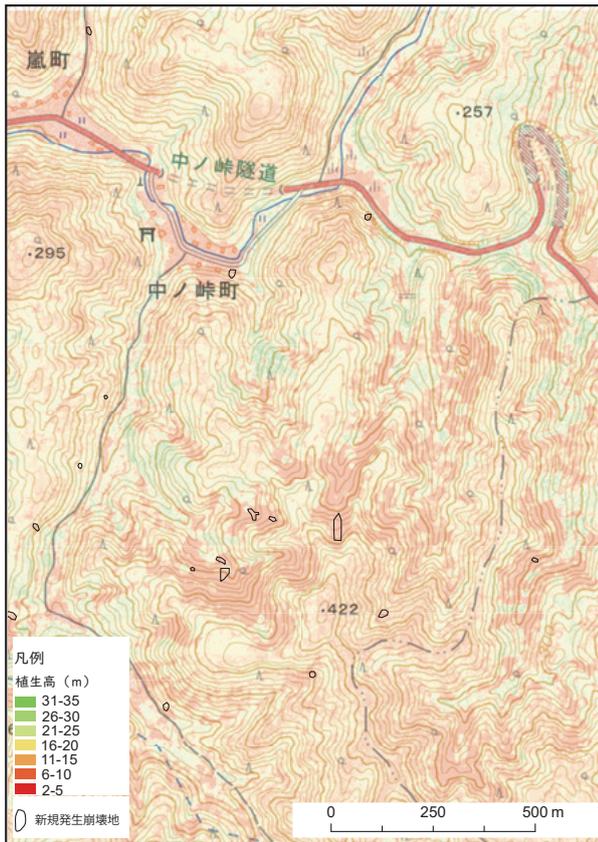


図15 調査地域の植生高と新規発生崩壊地の分布
資料：地理院地図

2019：矢野ら，2020)，渓流域に厚い溪岸・溪床堆積物があったことで溪岸崩壊による大規模土石流が発生した流域の事例（岡本，2019）が報告されている。

中ノ峠町周辺では熱水変質が一因とされる地すべり地形が多くみられる。こうした過去の土砂災害によって形成された場所は災害リスクもあるが，地下水が豊富で耕作が容易なため棚田のような耕作地として利用されてきたケースが多い（中島ら，2017）。

平地が乏しい中ノ峠町の周辺では，このような地すべり地だけでなく，定者谷のような小河川の谷底部の狭小な氾濫原の平地までもが古くから耕作地として利用されてきたと考えられる。その多くは，盛土や切土等で元の地形を改変していると考えられる（図10，11）。このような，狭小な耕作地は利用されている限りは，侵食を防止する階段工のような形で一定の水土保全機能を発揮してきたと考えられるが図12にみられるような谷からの比高が大きい耕作地跡では経年劣化とともに，豪雨時の崩壊発生源となるリスクが増大しつつあると考えられる。

こうした事例から，今後の地域防災においては，耕作地跡のような，過去に造成された人工的地形改変地が，災害の発生源となりうることを認識するこ

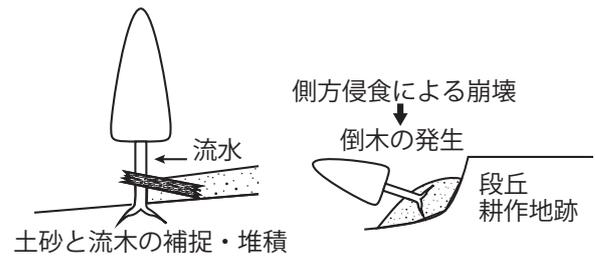


図16 立木による土砂流出の模式図

とも重要と考えられる。

また，今回の豪雨では既往研究（中島ら，2017：久保田，2019）のように，本研究地域においても，治山堰堤や砂防ダムなどの防災施設が縦侵食の抑止や土砂流出の軽減に一定の効果を発揮していたと考えられる。

2) 流木の発生

中ノ峠地区では上流域で発生した土砂や流木の大部分は流域内で堆積し，その一部は溪畔林に捕捉されたために，集落への顕著な流木の流出はなかった。また，集落の周辺においても溪畔林が大きく破壊された場所はみられなかった。一方で，上麦口町の滓上川の溪岸（図1の13）では，溪畔林の一部の樹木が流出したことや，堰堤で流木が捕捉される現象が見られた。このような，流木発生形態の違いがみられた理由として，定者谷川のような流域面積が小さい山地の支流域では，谷幅が小さく，流量が少ないため流木が流出しにくいですが，上麦口町の滓上川の溪岸は，相対的に流量が大きく，谷幅も広いので，流木の発生や流出が起こりやすかったと考えられる。

6. 結論

今回の研究では地形条件や河川流量によって，洪水時の溪畔林の効果が変化したことを確認できた。水辺林の保全は生態系の保全上・防災上のどちらの目的であっても尊重されるべきだが，水辺林の立地環境に着目した管理が重要と考える。今回の調査では耕作地跡に植栽されたスギ林が一定の防災効果を発揮した例が見られた。近年，国内の人工林蓄積の増大を受けて，一部の林業地では積極的な皆伐・再造林が進められているが，山地溪畔域において，大規模な伐採を行った場合には，豪雨時の災害リスクが増大する可能性もある。また，耕作地跡の盛土が長年放置されたことで劣化し，豪雨によって崩壊した例も散見された。かつては食糧生産とともに防災機能を発揮していた棚田のような山間部の耕作地が，長期的な劣化とともに豪雨時の崩壊発生源となるリスクとなりうることも認識する必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、石川県農林水産部森林管理課には災害資料とレーザーデータを提供していただきとともに、現地調査においてご助言をいただいた。能美市防災センターには地域の災害史に関する資料を提供していただいた。そして、今回主な現地調査の場となった中ノ峠集落の方々には、現地における当時の情報について様々な情報を頂いた。ここに、記して感謝申し上げる。

引用文献

防災科学技術研究所. J-SHISMap.

<<https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>>. 2023年12月3日閲覧.

石川県. 2022. 8月4日からの大雨に関する情報.

<<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/kenmin/ooame/jouhou.html>>. 2023年2月28日更新. 2023年1月20日閲覧.

金沢地方気象台. 2022. 令和4年8月3日から5日にかけての大雨に関する石川県気象速報.

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2022/20220822/pdf/2022_1_kanazawa_1.pdf>.

2023年12月1日閲覧.

気象庁. 2022. 8月1日から6日の前線による大雨 令和4年(2022年)8月1日~8月6日(速報).

<https://www.data.jma.go.jp/stats/data/bosai/report/2022/20220822/jyun_sokuji20220801-0806.pdf>.

2022年12月20日閲覧.

気象庁. 異常気象リスクマップ.

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/qt_table.html>. 2022年12月22日閲覧.

気象庁. 小松(石川県) 2022年8月(日ごとの値) 主要要素.

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=56&block_no=1324&year=2022&month=8&day=&view=>>. 2022年12月22日閲覧.

気象庁. 小松(石川県) 2022年8月4日(1時間ごとの値).

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/hourly_a1.php?prec_no=56&block_no=1324&year=2022&month=8&day=4&view=>>. 2022年12月22日閲覧.

久保田哲也. 2019. 平成29年7月九州北部豪雨災害と流木の特徴. 水利科学. 365. 10-22.

国土地理院. 地理院地図.

<<https://maps.gsi.go.jp/>>. 2023年12月2日閲覧.

小松市. 令和5年町別人口及び世帯数一覧.

<<https://www.city.komatsu.lg.jp/soshiki/kanzaisoumu/toukeijouhou/5/14699.html>>. 2023年8月10日更新. 2023年2月10日閲覧.

南哲行・土井康弘・小山内信智・竹崎伸司・中山康之・野中克也・増子四郎. 2000. 1998年8月栃木県余笹川災

害で発生した流木の実態. 砂防学会誌. 53(4). 44-51.

中島敦・中野慎二・Ganeindran Rainoo Raj・水町泰貴. 2017. 棚田地形が土砂崩落の軽減に与える影響. 日緑工誌. 43(1). 200-202.

岡本隆・阿部俊夫. 2019. 平成28年台風10号豪雨によって北上山地東部で発生した土砂災害. 水利科学. 367. 109-122.

太田猛彦. 2019. 「流木災害」と森林管理. 水利科学. 365. 70-83.

生物多様性センター. 植生調査(植生自然度調査).

<https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html#mainText>. 2023年12月14日閲覧.

下坂康哉. 1978. 東海北陸地方の窯業原料. 地質ニュース. 283. 53-62.

谷口健司・田中慎也. 2022. 梯川流域における大規模洪水発生時の浸水状況に対する支川氾濫の影響. 水工学論文集. 78(2). I_1-I_6.

地質調査総合センター. 地質図Navi.

<<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php>>. 2023年12月1日閲覧.

戸田堅一郎. 2014. 曲率と傾斜による立体図法(CS立体図)を用いた地形判読. 森林立地. 56(2). 75-79.

矢野真一郎・正垣貴大・矢藤壮真・津末明義・Yiwen WU・笠間清伸. 2020. 令和元年東日本台風による丸森町における斜面崩壊のロジスティックモデルの開発と流木発生量の推定. 土木学会論文集B1(水工学). 76(1). 253-263.

Disasters Caused by Heavy Rainfall in August 2022 in the Upper Reaches of the Kasukami River Basin in Komatsu City, Central Japan

: Focusing on the Sediment Movement in Forested Areas

Mitsuki TANI (Division of Environmental Science, Ishikawa Prefectural University),
Hiromu DAIMARU (Department of Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural University)

Abstract

We surveyed the damages in the upper reaches of the Kasukami River, including Nakanoge town in Komatsu City, caused by heavy rainfall in August 3-5, 2022. We analyzed airborne LiDAR data and conducted field surveys to detect the geomorphic changes due to the disaster and examined effects of the forest on the damages. In the riparian area, the cedar trees planted on the floodplain have trapped fluvial deposits and debris, including driftwood. Additionally, the root system of cedar trees seemed to mitigate lateral erosion. On the other hand, on steep slopes along stream channels, fallen trees were found due to the collapses of stream banks. Along the main channel of the Kasukamigawa River, the riparian forest was partially destroyed to generate driftwood. These results suggested that the effects of riparian forests, such as whether they control sediment transport or generate driftwood, vary with river discharge and topographical conditions. It will be important to evaluate these two possibilities in disaster management planning for forested watersheds.

Keywords: heavy rainfall induced disaster, Cedar plantation, Kasukami River, Komatsu City, abandoned farmland, drift wood, Airborne LiDAR