

みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち  
農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）

森林・林業分野における気候変動適応技術の開発

流木災害防止・被害軽減技術の開発

令和5年度 最終年度報告書

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| 課題番号           | 19191196                           |
| 研究実施期間         | 令和元年度～令和5年度（5年間）                   |
| 代表機関           | 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所         |
| 研究開発責任者        | 浅野 志穂                              |
| 研究開発責任者<br>連絡先 | TEL : 029-829-8232                 |
|                | FAX : 029-874-3720                 |
|                | E-mail : shiho03@ffpri.affrc.go.jp |
| 共同研究機関         | 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部林業試験場    |
|                | 国立大学法人 東京大学大学院 農学生命科学研究科           |
|                | 京都府公立大学法人 京都府立大学 生命環境科学研究科         |
|                | 株式会社 建設技術研究所                       |
| 普及・実用化<br>支援組織 | 兵庫県 農政環境部農林水産局治山課                  |
|                | 株式会社 森林テクニクス                       |

<別紙様式3>最終年度報告書

I-1. 年次計画

| 研究課題                        | 研究年度 |   |   |   |   | 担当研究機関・研究室                      |  | 研究担当者<br>(注1)            |
|-----------------------------|------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--------------------------|
|                             | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 機関                              | 研究室                                      |                          |
| 研究開発責任者                     | /    | / | / | / | / | 森林研究・整備機構                       | 森林防災研究領域長                                | ◎ 浅野志穂                   |
| 1 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明     | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 森林研究・整備機構                       | 森林総合研究所治山研究室                             | ○ 岡本隆                    |
| 1-1 流木の発生量および捕捉量の高精度推定手法の開発 | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 森林研究・整備機構                       | 森林総合研究所治山研究室                             | △ 経隆悠                    |
| 1-2 流木の発生において支配的な条件の抽出技術の開発 | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 北海道立総合研究機構                      | 林業試験場森林環境部                               | △ 中田康隆<br>→R4 以降長坂晶子     |
| 1-3 流木捕捉量に影響を及ぼす条件の抽出技術の開発  | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 広島大学→R3 森林研究・整備機構→R4 以降, 京都府立大学 | 総合科学研究科→R3 森林総合研究所治山研究室→R4 以降, 生命環境科学研究科 | △ 長谷川祐治→R3 経隆悠→R4 以降中田康隆 |
| 2 流木の流下・捕捉の力学的要因の解明         | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 建設技術研究所                         | 砂防部                                      | ○ 村上正人                   |
| 2-1 流木の集積・捕捉に対する力学的な指標の開発   | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 建設技術研究所                         | 砂防部                                      | △ 村上正人                   |
| 2-2 流木の集積・捕捉過程の数値計算手法の開発    | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 森林研究・整備機構                       | 森林総合研究所治山研究室                             | △ 鈴木拓郎                   |
| 3 流木災害軽減手法の開発               | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 森林研究・整備機構                       | 森林総合研究所治山研究室                             | ○ 鈴木拓郎                   |
| 3-1 数値計算手法による流木捕捉量予測モデルの開発  | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 東京大学                            | 農学生命科学研究科                                | △ 堀田紀文                   |
| 3-2 効果的な流木捕捉のための予測ツールの開発    | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | 森林研究・整備機構                       | 森林総合研究所治山研究室                             | △ 鈴木拓郎                   |

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付してください。

## I-2. 研究目的

近年気候変動の影響により、極端豪雨が増加し、激甚な土砂災害が増加している。平成29年7月の九州北部豪雨では、福岡県朝倉市で545.5mmの24時間降水量を観測するなど、豪雨が発生しそれにより多くの斜面崩壊や土石流が発生した。その際に、土石流に伴って崩壊斜面上に生育していた立木が流木化して、土石流混じりの流木が下流側の被害を更に拡大した。このような流木が特徴的な山地災害が多発したことを受けて、林野庁では「流木災害等に対する治山対策検討チーム」を設置し、流木災害の実態把握やメカニズムの分析・検証等を行い、効果的な治山対策について検討し、中間取りまとめにした。その中では、発生域、流下域、堆積域ごとの対策の考え方が提示されており、その一つとして発生した流木を捕捉するための流木捕捉式治山ダムが対策として位置付けられており、流木捕捉治山ダムの整備を流木災害の防止・軽減のために効率的に進めていく必要がある。一方で、山地での流木の発生域～流下域は接近しており、崩壊に伴う流木は土石流と混合状態で流下する場面が多いことが想定される。この状態での流木の挙動は複雑で流下機構はまだ未解明であり、このため流木捕捉式治山ダムを効果的に設計・施工するための技術的課題が残されている。特に、土砂混じりの流木を効果的に捕捉し下流への流木量を軽減するために捕捉施設を計画するには、配置場所や数量を適切に評価することが必要である。これにはシミュレーション等による捕捉効果を予測することが必要である。

このため、本研究では、山地森林流域での土砂と共に流下する流木を効果的に捕捉する技術を開発するため、

1. 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明
2. 流木の流下・捕捉の力学的要因の解明
3. 流木災害軽減手法の開発

により、山腹崩壊等に伴い発生する流木による被害を防止・軽減するため、山腹崩壊等の規模と流木の発生、治山施設による流木捕捉等に関する実態の解明、シミュレーションや模型実験による効果的な流木捕捉手法の開発を目標とする。

その結果、

1. 効率的な施設配置によって発生した流木の下流域への流出量が減少し、被害が軽減されること
2. 予測ツールによって現場技術者が施設配置計画の立案に要する時間・労力を軽減させ、効率的に施設対策を推進可能となること

が期待される。

## I-3. 研究方法

### (1) 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明

小課題3において流木捕捉の予測ツールを開発する上で必要となる流木捕捉の実態に関するデータを取得するため、平成29年九州北部豪雨および平成30年7月豪雨によって流木災害が発生した溪流でドローンを用いた現地調査を行った。土砂・流木の発生量を推定するため、地形データの解析や既往データを収集により、崩壊面積や流域面積と土砂や流木の発生量の関係を調べた。また、実際の流木災害では複数の支線で崩壊が発生し流下した土石流が本流で合流することで、本流における流下距離が変化する可能性がある。よって、そのような合流が土砂と流木の到達距離に及ぼす影響を調べた。さらに、斜面崩壊の発生密度が高く、より流木災害の発生危険性の高い地域を判定するため、崩壊の発生密度と降雨条件の関係を調べた。加えて、小課題3で開発する流木捕捉の予測ツールでは考慮することが難しい、溪流周辺の立木による土砂と流木捕捉効果を、航空レーザー測量成果を用いて検討した。

### (2) 流木の流下・捕捉の力学的要因の解明

建設技術研究所が有する直線水路を用いて模型実験を実施した。流木の先端部集積過程に関する実験は、流下に伴う流木の先端部集積状況を計測した。まず、流木材料には円柱状木材と自然木の2種類を用い、土砂と流木を混合した状態で水路上流部に敷き詰め、上流端から水を供給することで流木混じり土石流を発生させた。水路に流下区間1, 3, 5m地点上部からビデオカメラで撮影し、動画により流木の通過タイミングを計測した。また、流木は流木塊として供給する場合、立木として供給する場合でも実験結果を行った。これらの結果から、流木の集積の支配指標を分析した。流木の捕捉過程に関する実験では、同様の方法で発生させた流木混じり土石流を施設模型によって捕捉し、流木の捕捉率を計測した。施設模型は不透過型および不透過型に流木捕捉工を追加した施設を用いた。これらの結果から、流木の捕捉の支配指標を分析した。

数値計算手法には、既存の土石流粒子法モデルをベースとする。粒子法における流木の形状的な再現方法や、必要な力学的条件を検討して物理的なモデル化を行った。また、水路実験の再現計算を行うことにより検証を行った。

### (3) 流木災害軽減手法の開発

流木対策として流木捕捉工の配置を山地荒廃溪流などで実施していく際には、多くの場合、既設谷止工など多くの施設が配置されていることが有り、その中で効果的に対策を計画することは複雑な状況を踏まえて考える必要があるため、容易ではない。最終的にはこれらの既設の施設も含めて複数の施設によって流木対策を実施することになるが、具体的にどのような種類の施設をどのような順番でどのような箇所に設置することが効率的であるかについては難しい問題である。

そこで本小課題では、小課題1や2の成果を踏まえつつ、高精度数値計算手法を用いて、流下する土石流・流木の条件に対して効率的に流木を捕捉するための、効果的な施設の特徴、施設の種類や連続的な配置手法などの施設配置手法を検討し、流木捕捉量予測モデルを開発した。更に、開発した流木捕捉量予測モデルを、小課題1の流木発生量および捕捉量に影響を及ぼす条件の抽出手法や、土石流流下予測の土砂流出解析モデルと結合させ、災害時に流木混じりの土石流が流下する山地溪流の治山対策として、効果的な流木捕捉対策のために治山技術者が施設配置計画を立案する際の補助となる流木捕捉量の予測ツールを開発した。更に予測ツールを用いて現場の実情に合った効果的な流木捕捉計画手法の考え方を手引きとしてとりまとめた。

## I-4. 研究結果

### (1) 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明

平成29年九州北部豪雨や平成30年7月豪雨によって流木災害が発生した溪流で現地調査を行い、ドローンによって溪流内に捕捉された流木の長さを高精度に測定できることを示した。取得したデータを小課題3における流木の停止角度の分析に活用した。地形データの解析や既往データの収集により、土砂と流木の発生量を推定する経験式を作成した。これらを基に、小課題3で開発する流木捕捉の予測ツールを使用する際に必要な土砂量と流木量を設定する手順を構築した。また、複数の支線における崩壊の発生によって流下した土石流が本流で合流する場合に、各崩壊の土砂量が大きいほど、本流における土砂と流木の流下距離が増加することを明らかにした。降雨データから推定した確率雨量を用いて、斜面崩壊が高密度に発生し流下する土石流が合流する危険性が高い地域を判定する手法を開発した。加えて、溪流が立木で密に覆われているほど、土砂と流木の流下距離が減少することを示した上で、この立木による土砂・流木の捕捉効果を評価するための指標を開発した。これらの成果を整理し、小課題3で開発する流木捕捉の予測ツールを優先して使用すべき危険溪流を判定する手順を構築した。

### (2) 流木の流下・捕捉の力学的要因の解明

水路実験結果の分析により勾配駆動力と流木の摩擦係数の比が流木の先端部集積の支配指標であることを明らかにした。勾配駆動力が大きい、あるいは流木の摩擦抵抗力が小さいほど集積が進行しやすく、集積した流木は緩勾配条件でも分散せずに集積状態が維持されることを示した。このことは、流木の集積状態の形成、解消ともに流木の摩擦抵抗力を上回る外力が必要であることを示している。また、治山施設による捕捉過程の実験から、流木が先端部に集積しているほど堰堤による流木捕捉率が大きいこと、流木捕捉工によって流木捕捉率が大きく高まることを示した。以上から、流木の集積、捕捉に対して勾配駆動力と流木の摩擦係数の比が支配指標であることを明らかにした。

粒子法による数値計算手法はこれらの実験結果を再現可能にするために開発した。粒子法においては、粒子を直接的に連結することで流木を再現し、流木同士あるいは流木と壁面・底面との摩擦力を評価するモデルを構築し、既存の土石流モデルに導入した。また、水路実験の再現計算を行い、再現性を検証した。このモデルは小課題3における数値実験でも活用した。

### (3) 流木災害軽減手法の開発

施設配置計画を検討するために流域全体を計算するためには、粒子法では計算負荷が大きいため、格子法による計算方法を開発した。小課題2で明らかにした流木の先端部集積過程を再現するために、流木が流れの表面に浮上した状態を物理的にモデル化して流木輸送濃度式を開発した。また、小課題1で調査した不透過堰堤の堆砂敷における流木の停止角度の分析結果と、小課題2で開発した粒子法を用いて本課題で行った数値実験の結果に基づいて、流木の停止条件式を構築した。さらに河道に存在する流木の取り込みモデルを構築し、これらを既存の土石流の数値計算モデルに導入して、二次元土砂・流木流出解析プログラムとなる流木捕捉量の予測ツールを開発した。開発したツールを、広島県東広島市八本松地区の事例に適用・検証したところ、不透過堰堤によって流木を捕捉した実際の状況を再現可能であること、仮に透過型堰堤であった場合はさらに多くの流木を捕捉できたことが推定できることを明らかにし、施設の種類の違いによる流木捕捉量の違いを定量的に評価可能であることを示した。また、予測ツールを用いた定量的な捕捉量予測による効果的な流木捕捉施設配置計画手法の考え方（試案）を作成し、開発した同ツールの考え方、使用方法、研究背景と共に取りまとめた手引き・留意点を本編、参考資料編に分けて作成した。

## I-5. 今後の課題

本研究成果の社会実装としては、開発した効果的な流木捕捉のための予測ツールが流木対策のための施設配置計画を検討する際に活用されること、本研究の研究成果によって明らかにした効果的な流木捕捉のために必要な留意点を土石流・流木関係の対策技術指針等に反映すること、が挙げられる。これらの実現のために、令和6～7年度には実証・改良を行う。実証については、本研究課題の期間内においても東広島市の1事例を行っていたが、幅広い事例の検証を進める必要がある。特に、本予測ツールは斜面崩壊の上に生育する立木が流木化した場合を主に想定していたが、溪畔林が土石流に取り込まれて流木化する事例の検証が必要となる。この実証作業は、本研究課題の普及・実用化支援組織である森林テクニクス株式会社と森林総合研究所が協力して行う。森林テクニクスが有する全国のデータを整理・分析し、森林総合研究所が予測ツールを用いた検証を行う。この実証作業を、実際に治山分野において流木対策を検討する立場となる民間会社となる森林テクニクスとともに行うことによって、利用時における課題抽出を行うことができる。予測ツールは土石流の数値シミュレーションをベースとしていることから、設定が必要なパラメータが多く高度な専門知識を必要とするために、技術者にも難しい可能性がある。そのため、実証作業を行う段階で、技術者が実際に利用する際の課題を抽出し、不要な設定作業を可能な限り排除するように、ツールや手引きの改良を行う。

また、技術指針等への反映については、行政担当者との連携が重要となる。令和5年度には林野庁中央展示、治山事業に関わる研究調整会議において、森林総合研究所が林野庁治山課に対して本研究成果の情報提供を行ってきている。令和6年度以降も密に連携して、技術指針等への反映に関して情報交換を行っていく。手引き・留意点に関しては、治山事業を実施する林野庁や地方自治体等と内容を調整・検討した上で公開する必要がある。したがって、公開には時間を要することが想定されるため、基礎的な研究成果のみを取りまとめた研究成果報告を先行して公開することも検討する。

予測ツールの幅広い活用のためには、実証作業終了後の実用化の際に、幅広く周知されている必要がある。本研究期間内においても、シンポジウムの主催や研修・講習会の招待講演等を通じて成果の普及に努めてきた。令和6年度以降も同様の成果の発信を継続していく。また、実用化の際に、技術者への利用促進や技術育成のために、森林総合研究所における受託研修制度を利用することを想定しており、そのための体制を整備しておく。

これらの取組を令和6、7年度に重点的に行い、その後できるだけ早い時期の社会実装の実現を目指す。

|                            |                                 |             |         |
|----------------------------|---------------------------------|-------------|---------|
| 小課題番号                      | 191911961                       | 小課題<br>研究期間 | 令和元～5年度 |
| 小課題名                       | 1 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明         |             |         |
| 小課題<br>代表研究機関・研究室・研究者<br>名 | 森林研究・整備機構・森林総合研究所治山研究室・岡本隆<br>名 |             |         |

## II. 小課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

日本では、気候や樹種の違い、森林管理の有無により、流域の地形や森林、土砂の生産や流下の形態が多様である。このような流域の特徴の違いは、災害時の流木と土砂の発生量・捕捉量に影響を及ぼすと考えられるが、そのメカニズムは明らかになっていない。一般化した流木運動のメカニズムの解明には、実験や数値シミュレーションが効果的だと考えられるが、山地斜面の地形や森林の状態、土砂の発生形態は複雑であるため、それらの条件の全てを再現・考慮することは難しい。そのため、災害現場での調査結果に基づく、流木発生量・捕捉量の変化における支配的な条件の解明が重要である。

本小課題では、地形地質・森林の特徴など状況が異なる北海道（2016年台風10号）、福岡県（2017年九州北部豪雨）、広島県（2018年7月豪雨）で発生した、大規模な流木災害地に試験地を設定する。それぞれの試験地近傍の共同研究者が中心となって、各試験地において、崩壊等による地形変化や立木の変化、流木の堆積の計測に用いるための、既存の航空レーザー測量のデータや、ドローンを用いた写真測量で取得する高密度三次元点群モデル等のリモートセンシングデータを整備して小課題内で共有化する。これらのデータや詳細な現地調査の結果を検討し、リモートセンシングデータを用いた崩壊や立木・流木の詳細な把握技術を開発し、流木災害現場における流木や崩壊土砂の発生の実態、および流木や土砂の堆積・捕捉等の実態による特徴を明らかにする。それぞれの特徴に基づいて、各災害において流木および土砂の発生・捕捉に及ぼす支配的な場の条件を解明する。更にこれらの支配的な場の条件を、地形データ等から抽出する手法を開発する。

### 2) 研究方法

小課題3で開発する流木捕捉の予測ツールにおいて、不透過型治山堰堤における流木捕捉効果を評価するためには、実際の災害時の流木の捕捉状況に関するデータが必要となる。そこで、平成29年九州北部豪雨および平成30年7月豪雨によって発生した流木の既設の不透過型堰堤での捕捉状況を、ドローンを用いた空撮によって調べた。また、予測ツールの使用時には、土砂・流木の発生量の推定値が入力条件として必要となるため、地形データの解析や既往データを収集により、崩壊面積や流域面積と土砂や流木の発生量の関係を調べた。これにより、土砂・流木の発生量を推定するための経験式を作成した。実際の流木災害では、複数の支流で崩壊が発生し流下した土石流が本流で合流によって、本流における土砂と流木の捕捉・堆積状況が影響を受ける可能性がある。そのため、支流からの土石流の合流が本流における土砂と流木の到達距離に及ぼす影響を、地形データを解析することで調べた。このような支流からの土石流の合流は、斜面崩壊の発生密度が高い場合により発生しやすいと推測される。よって、このような合流の発生する可能性が高い、高密度に

崩壊が発生する危険な地域を判定するため、レーダー雨量を用いることで、崩壊の発生密度と降雨条件の特徴の関係を調べた。これらの検討に加えて、予測ツールを優先的に使用するべき土砂と流木の流下の危険性の高い溪流を、溪流周辺の立木の特徴に基づいて判定するために、航空レーザー測量成果を用いて、溪流周辺の立木による土砂と流木捕捉効果を調べた。

### 3) 研究結果

ドローンによって溪流内や既設の堰堤によって捕捉された流木の長さが、広葉樹・針葉樹共に高精度に測定できることを示した (Tsunetaka et al., 2021)。地形データの解析や既往データの収集により、土砂と流木の発生量を推定する経験式を作成した。これにより、小課題3で開発する予測ツールを使用する際に、対象とする溪流毎に土砂量と流木量を設定することが可能となった。複数の支線で土砂量の大きな崩壊が発生し土石流が本流で合流する場合には、土砂と流木の流下距離が増加する傾向があることが明らかになった。また、過去の豪雨の経験が少ない地域ほど、斜面崩壊が高密度に発生する危険性が高いことがわかった。確率雨量に基づいて崩壊が高密度に発生する危険性が高い地域を判定する手法を開発した (Mtibaa and Tsunetaka, 2023)。加えて、同程度の土砂量であっても、溪流が立木で密に覆われているほど、土砂と流木の流下距離が減少することを解明した (Tsunetaka et al., 2022)。これらの成果を整理することで、小課題3で開発する予測ツールを優先して使用するべき危険溪流を判定する手順を構築した。

### 4) 成果活用における留意点

得られた成果により、小課題3で開発する予測ツールを使用する際に必要となる土砂量と流木量の推定が可能となったが、これらの推定値には不確実性が含まれる点に注意が必要である。予測ツールを使用する際には、現実的な範囲でさらに土砂・流木量の多い危険なケースを想定するように留意する。また、降雨や立木データによる危険な溪流の判定においても、対象地域の降雨特性や樹種によっては十分な精度が得られない危険性があるため、検討する地域の特性の把握が重要である。

### 5) 今後の課題

上記の不確実性や精度の低下は、現状蓄積されたデータの数や検討した事例数が限られていることが原因である。そのため、令和6年度から令和11年度にかけて、森林総合研究所を中心として、(株)森林テクニクスが事業で担当した日本のより多くの事例について、データの統合や検討を進めることで、不確実性の低減を図りつつ精度を向上させていく。

### <引用文献>

Mtibaa, S., & Tsunetaka, H. (2023). Revealing the relation between spatial patterns of rainfall return levels and landslide density. *Earth Surface Dynamics*, 11(3), 461-474.

Tsunetaka, H., Mtibaa, S., Asano, S., Okamoto, T., & Kurokawa, U. (2021). Comparison of length and dynamics of wood pieces in streams covered with coniferous and broadleaf forests mapped using orthophotos acquired by an unmanned aerial vehicle. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8, 1-16.

Tsunetaka, H., Asano, S., & Murakami, W. (2022). Do standing trees affect landslide mobility on forested hillslopes in Japan? *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(14), 3332-3347.

|                            |                     |             |         |
|----------------------------|---------------------|-------------|---------|
| 小課題番号                      | 191911962           | 小課題<br>研究期間 | 令和元～5年度 |
| 小課題名                       | 2 流木の流下・捕捉の力学的要因の解明 |             |         |
| 小課題<br>代表研究機関・研究室・研究者<br>名 | 建設技術研究所・砂防部・村上正人    |             |         |

## II. 小課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

流木災害の被害軽減のためには、治山施設等の整備が必要である。平成29年7月豪雨を受けて「流木災害等に対する治山対策検討チーム」による検討がなされ、発生域、流下域、堆積域ごとの対策の考え方が示されている。その中で流木捕捉工が位置付けられているものの、どのような場所に設置すれば効率良く流木を捕捉できるのかについての考え方が示されていなかった。治山施設による土石流混じりの流木の捕捉率は、土石流先端部への流木の集積率や流木捕捉施設の形状により変化すると考えられるが、その関係はまだ未解明なことが多い。

そこで、本小課題では、施設により土砂混じりの流木を効果的に捕捉する手法を検討するため、小課題1で把握する実現象を踏まえて流木が流下と共に先端部に集積するための力学的な指標および治山施設による流木捕捉率の力学的な指標を水路実験等によって明らかにする。また、これらの指標に基づいて、流木の集積・捕捉過程を再現可能な数値計算手法を開発した。計算手法は粒子法に基づいた計算手法に流木要素を力学的にモデリングして導入することにより開発する。

### 2) 研究方法

建設技術研究所が有する直線水路を用いて模型実験を実施した。流木の先端部集積過程に関する実験は、流下に伴う流木の先端部集積状況を計測した。まず、流木材料には円柱状木材と自然木の2種類を用い、土砂と流木を混合した状態で水路上流部に敷き詰め、上流端から水を供給することで流木混じり土石流を発生させた。水路に流下区間1, 3, 5m地点上部からビデオカメラで撮影し、動画により流木の通過タイミングを計測した(松本ら, 2023)。また、流木は流木塊として供給する場合、立木として供給する場合でも実験結果を行った。これらの結果から、流木の集積の支配指標を分析した。流木の捕捉過程に関する実験では、同様の方法で発生させた流木混じり土石流を施設模型によって捕捉し、流木の捕捉率を計測した。施設模型は不透過型および不透過型に流木捕捉工を追加した施設を用いた。これらの結果から、流木の捕捉の支配指標を分析した。

数値計算手法には、既存の土石流粒子法モデルをベースとする。粒子法における流木の形状的な再現方法や、必要な力学的条件を検討して物理的なモデル化を行った。また、水路実験の再現計算を行うことにより検証を行った。

### 3) 研究結果

水路実験結果の分析により勾配駆動力と流木の摩擦係数の比が流木の先端部集積の支配指標であることを明らかにした。勾配駆動力が大きい、あるいは流木の摩擦抵抗力が小さいほど集積が進行しやすく、集積した流木は緩勾配条件でも分散せずに集積状態が維持さ

れることを示した。このことは、流木の集積状態の形成、解消ともに流木の摩擦抵抗力を上回る外力が必要であることを示している。また、治山施設による捕捉過程の実験から、流木が先端部に集積しているほど堰堤による流木捕捉率が大きいこと、流木捕捉工によって流木捕捉率が大きく高まることを示した。以上から、流木の集積、捕捉に対して勾配駆動力と流木の摩擦係数の比が支配指標であることを明らかにした。

粒子法による数値計算手法はこれらの実験結果を再現可能にするために開発した。粒子法においては、粒子を直接的に連結することで流木を再現し、流木同士あるいは流木と壁面・底面との摩擦力を評価するモデルを構築し、既存の土石流モデルに導入した。また、水路実験の再現計算を行い、再現性を検証した。このモデルは小課題3における数値実験でも活用した。

#### 4) 成果活用における留意点

本研究では流木が土石流先端部に集積するための支配指標を明らかにし、一度集積した状態になると解消されにくいことが示されたため、そのようなプロセスを再現可能な物理モデルを小課題3において開発している。しかし、集積状態が徐々に解消されていく場合もあることに留意が必要である。

本課題で開発した粒子法のモデルは、小課題3で開発した予測ツールと比較すると計算負荷が非常に大きく、汎用的なPCでは利用が難しい。また、より高度な専門知識も必要となる。その反面、環境が揃えば、非常に高精度な計算が可能であることから、新たな流木対策施設の検討など、開発・研究分野における活用が期待される。

#### 5) 今後の課題

留意点で示したように、流木の集積過程に関しては十分な知見と成果が得られたといえるが、集積状態が解消される過程（分散過程）を評価するためには、さらなる検討の余地がある。この検討は、粒子法によって検討が可能であるから、森林総合研究所が令和6年以降も引き続き、実施していく。また、本研究は水路実験に基づいて行ってきたが、成果の実用化のためには、実事例による実証が不可欠である。特に、本研究では立木状態の取り込みとして実験を行ったものは、溪畔林の流木化とも関連するものであり、検証が必要である。溪畔林の流木化の事例に関しては、普及・実用化支援組織である森林テクニクスがデータを有しており、森林総合研究所を中心として令和6～7年度に事例検証を行い、必要に応じて改良も行う。

#### <引用文献>

松本徹平・田畑泰広・森本直子・藤本浩尚・長井 齋・村上正人・飯田弘和・高橋佑弥・奥山遼佑（2023）. YOLOv5を使った水理模型実験における流木自動計測システムの開発, 砂防学会誌, 75(6), 12-17.

|                            |                                 |             |         |
|----------------------------|---------------------------------|-------------|---------|
| 小課題番号                      | 191911963                       | 小課題<br>研究期間 | 令和元～5年度 |
| 小課題名                       | 3 流木災害軽減手法の開発                   |             |         |
| 小課題<br>代表研究機関・研究室・研究者<br>名 | 森林研究・整備機構・森林総合研究所治山研究室・鈴木拓<br>郎 |             |         |

## II. 小課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

流木対策として流木捕捉工の配置を山地荒廃溪流などで実施していく際には、多くの場合、既設谷止工など多くの施設が配置されていることが有り、その中で効果的に対策を計画することは複雑な状況を踏まえて考える必要があるため、容易ではない。最終的にはこれらの既設の施設も含めて複数の施設によって流木対策を実施することになるが、具体的にどのような種類の施設をどのような順番でどのような箇所に設置することが効率的であるかについては難しい問題である。

そこで本小課題では、小課題1や2の成果を踏まえつつ、高精度数値計算手法を用いて、流下する土石流・流木の条件に対して効率的に流木を捕捉するための、効果的な施設の特徴、施設の種類や連続的な配置手法などの施設配置手法を検討し、流木捕捉量予測モデルを開発する。更に、開発した流木捕捉量予測モデルを、小課題1の流木発生量および捕捉量に影響を及ぼす条件の抽出手法や、土石流流下予測の土砂流出解析モデルと結合させ、災害時に流木混じりの土石流が流下する山地溪流の治山対策として、効果的な流木捕捉対策のため治山技術者が施設配置計画を立案する際の補助となる流木捕捉の予測ツールを開発した。更に予測ツールを用いて現場の実情に合った効果的な流木捕捉計画手法の考え方を手引きとしてとりまとめる。

### 2) 研究方法

施設配置計画を検討するために必要な計算方法を、既往研究成果をレビューすることによってまず全体の方針を検討・決定した。そして、小課題2の研究成果に基づいて必要な物理モデルを構築しつつ、既往研究の土石流モデルに導入するために、支配方程式系を再構築した。また、流木捕捉量予測モデルのベースとなる、流木の停止条件に関しては、本研究課題において数値実験を行うためにまず格子法と粒子法の結合モデルの構築を行い、小課題1の現地調査結果とともに検討を行った。

上記のモデルに基づいて、2次元計算プログラムを開発した。開発したモデルは既往研究の実験結果を用いて、動作の検証や改良を行いながら進めた。最終的に開発した2次元計算プログラムとなる流木捕捉の予測ツールを実際の事例に適用・検証を行った。

以上により開発した予測ツールの利用方法を理解するための手引き・留意点を取りまとめるために、予測ツールの考え方や使用方法、ベースとなる物理モデルの支配方程式、その基礎となる研究成果を整理した。

### 3) 研究結果

施設配置計画を検討するために流域全体を計算するためには、粒子法では計算負荷が大

きいため、格子法による計算方法を開発した。小課題2で明らかにした流木の先端部集積過程を再現するために、流木が流れの表面に浮上した状態を物理的にモデル化して流木輸送濃度式を開発し（鈴木，2022），既往研究の実験の再現性を確認した（鈴木ら，2022）。また，小課題1で調査した不透過堰堤の堆砂敷における流木の停止角度の分析結果と，小課題2で開発した粒子法を用いて本課題で行った数値実験の結果に基づいて，流木の停止条件式を構築した（鈴木ら，2023）。さらに河道に存在する流木の取り込みモデルを構築し，これらを既存の土石流の数値計算モデルに導入して，二次元土砂・流木流出解析プログラムとなる流木捕捉予測ツールを開発した。開発したツールを，広島県東広島市八本松地区の事例に適用・検証したところ，不透過堰堤によって流木を捕捉した実際の状況を再現可能であることを明らかにし，仮に透過型堰堤であった場合はさらに多くの流木を捕捉できたことが推定できることを明らかにし，施設の種類の違いによる流木捕捉量の違いを定量的に評価可能であることを示した。また，開発した予測ツールの考え方，使用方法，研究背景と共に取りまとめた「流木捕捉量の予測ツールを用いた施設計画検討の手引き・留意点（案）」を本編，参考資料編に分けて作成した。

#### 4) 成果活用における留意点

小課題2の留意点でも示した通り，本研究のモデルには流木が徐々に分散する過程は評価されていない。影響があまりないとは想定しているが，予測ツールを用いた検討の際には，安全側の判断とならないようこの事に留意する必要がある。また，河川の湾曲部の外側に流木が堆積する現象が存在するが，一般的に格子法ではそのような動的な現象の再現は難しい現状がある。手引き・留意点においては，湾曲部における堆積現象は考え方としては示しているものの，数値計算においては十分に表現できない可能性もある。したがって，数値計算結果の解釈にあたっては，このような現象を念頭に置きつつ，複数の計算条件で計算を行って総合的な判断を行う必要がある。

また，作成した手引き・留意点（案）は，治山事業を実施する林野庁や地方自治体との調整・情報交換を経て公開する必要がある。

#### 5) 今後の課題

社会実装のためには，実証作業が不可欠である。これまでに東広島市の1事例を行ったが，さらなる実証作業が必要であり，今後行っていく。実証作業の中では，上記留意点で示したように，湾曲部の外側に流木が堆積する現象の再現性についても検証を行う。例えば，溪岸に存在する流木化が想定されない溪畔林領域において流木の摩擦抵抗係数を大きくすることが想定され，必要に応じて改良を進める。実証作業は，普及・実用化支援組織である森林テクニクス株式会社と森林総合研究所が協力して令和6，7年度に重点的に行う。また，予測ツールは土石流の数値シミュレーションをベースとしていることから高度な専門知識が必要という課題がある。実証作業では，将来的に民間会社が予測ツールを利用することを想定して課題抽出を行う。可能な限り，高度な専門知識による判断が必要にならないように，予測ツールや手引きの効率化，単純化などの改良を行う。

また，令和5年度には林野庁中央展示，治山事業に関わる研究調整会議において，森林総合研究所が林野庁治山課に対して本研究の成果の情報提供を行ってきている。令和6年度以降も密に連携して，技術指針等への反映必要性について情報交換を行っていく。手引き・留意点に関しては，治山事業を実施する林野庁や地方自治体等と内容を調整・検討した上で公開する必要がある。したがって，公開には時間を要することが想定されるため，基礎的な研究成果のみを取りまとめた研究成果報告を先行して公開することも検討する。

これまでに、シンポジウムの主催や研修・講習会の招待講演等を通じて成果の普及に努めてきたが、令和6年度以降も成果の発信を継続していく。実用化の際に、技術者への利用促進や技術育成のために、森林総合研究所における受託研修制度を利用することを想定しており、そのための体制を整備しておく。

#### <引用文献>

鈴木拓郎（2022）．流木の土石流先端部集積過程を再現するための数値シミュレーション手法，関東森林研究，73，109-112.

鈴木拓郎、劔持嵩之、経隆悠、浅野志穂（2022）．流木混じり土石流の氾濫・堆積過程に関する水路実験と数値計算，土砂災害に関するシンポジウム論文集，11，95-100.

鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂（2023）．不透過型堰堤の堆砂敷における流木の停止過程，関東森林研究，74，85-88.

Ⅲ 研究成果一覧【公表可】

個別課題番号 1.9E+07

課題名 流木災害防止・被害軽減技術の開発

成果等の集計数

| 課題番号     | 学術論文 |    | 学会等発表(口頭またはポスター) |    | 出版図書 | 国内特許権等 |    | 国際特許権等 |    | PCT | 報道件数 | 普及しうる成果 | 発表会の主催(シンポジウム・セミナー) | アウトリーチ活動 |
|----------|------|----|------------------|----|------|--------|----|--------|----|-----|------|---------|---------------------|----------|
|          | 和文   | 欧文 | 国内               | 国際 |      | 出願     | 取得 | 出願     | 取得 |     |      |         |                     |          |
| 19191196 | 4    | 5  | 35               | 1  | 3    | 0      | 0  | 0      | 0  | 0   | 2    | 0       | 1                   | 6        |

(1)学術論文

区分:①原著論文、②その他論文

| 整理番号 | 区分 | タイトル  | 著者                           | 機関名       | 掲載誌                                     | 掲載論文のDOI  | 発行年  | 発行月 | 巻(号) | 掲載ページ     |
|------|----|---|------------------------------|-----------|---|---|------|-----|------|-----------|
| 1    | ①  | 流木の土石流先端部集積過程を再現するための数値シミュレーション手法   | 鈴木拓郎                         | 森林研究・整備機構 | 関東森林研究                                  | なし  | 2022 | 3   | 73   | 109-112   |
| 2    | ①  | Comparison of length and dynamics of wood pieces in streams covered with coniferous and broadleaf forests mapped using orthophotos acquired by an unmanned aerial vehicle | 経隆悠、Slim Mtibaa、浅野志穂、岡本隆、黒川潮 | 森林研究・整備機構 | Progress in Earth and Planetary Science | <a href="https://doi.org/10.1186/s40645-021-00419-6">https://doi.org/10.1186/s40645-021-00419-6</a> | 2021 | 3   | 8    | 22        |
| 3    | ①  | Generation and subsequent transport of landslide-driven large woody debris induced by the 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake  | 厚井高志、堀田紀文、田中健貴、桂真也           | 東京大学      | Frontiers in Earth Science              | doi: 10.3389/feart.2021.769061  | 2022 | 3   | 9    | 769061    |
| 4    | ①  | Do standing trees affect landslide mobility on forested hillslopes in Japan?  | 経隆悠、浅野志穂、村上亘                 | 森林研究・整備機構 | Earth Surface Processes and Landforms   | doi/10.1002/esp.5461  | 2022 | 11  | 47   | 3332-3347 |
| 5    | ①  | 流木混じり土石流の氾濫・堆積過程に関する水路実験と数値計算   | 鈴木拓郎、劔持嵩之、経隆悠、浅野志穂           | 森林研究・整備機構 | 土砂災害に関するシンポジウム論文集                       | なし  | 2022 | 8   | 11   | 95-100    |

|   |   |  |   |           |                                       |   |      |   |       |         |
|---|---|--|---|-----------|---------------------------------------|---|------|---|-------|---------|
| 6 | ① | Hydrological evaluation of radar and satellite gauge-merged precipitation datasets using the SWAT model: Case of the Terauchi catchment in Japan | Slim Mtibaa、浅野志穂                            | 森林研究・整備機構 | Journal of Hydrology-Regional Studies | <a href="https://doi.org/10.1016/j.eirh.2022.101134">https://doi.org/10.1016/j.eirh.2022.101134</a> | 2022 | 8 | 42    | 101134  |
| 7 | ① | 不透過型堰堤の堆砂敷における流木の停止過程  | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂                               | 森林研究・整備機構 | 関東森林研究                                | なし  | 2023 | 3 | 74    | 85-88   |
| 8 | ① | YOLOv5を使った水理模型実験における流木自動計測システムの開発  | 松本徹平、田畑泰広、森本直子、藤本浩尚、長井斎、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、奥山遼佑 | 建設技術研究所   | 砂防学会誌                                 | なし  | 2023 | 3 | 75(6) | 12-17   |
| 9 | ① | Revealing the relation between spatial patterns of rainfall return levels and landslide density  | Slim Mtibaa、経隆悠                             | 森林研究・整備機構 | Earth Surface Dynamics                | <a href="https://doi.org/10.5194/esurf-11-461-2023">https://doi.org/10.5194/esurf-11-461-2023</a>   | 2023 | 5 | 11(3) | 461-474 |

(2) 学会等発表(口頭またはポスター)

| 整理番号 | タイトル  | 発表者名                              | 機関名               | 学会等名       | 発行年  | 発行月 |
|------|---|-----------------------------------|-------------------|------------|------|-----|
| 1    | 福岡県松末地区における平成29年九州北部豪雨で生じた流木の堆積状況   | 経隆悠、浅野志穂、鈴木拓郎、岡本隆、黒川潮             | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会   | 2019 | 8   |
| 2    | 格子法における流木輸送濃度の評価方法  | 鈴木拓郎                              | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会     | 2020 | 3   |
| 3    | 近年の広域で発生する表層崩壊の特徴   | 経隆悠、浅野志穂、岡本隆、黒川潮、鈴木拓郎、Slim Mtibaa | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会     | 2020 | 3   |
| 4    | 表面波探査による地中埋没流木の判読の可能性   | 浅野志穂、経隆悠、岡本隆、黒川潮                  | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会     | 2020 | 3   |
| 5    | Characterization of rainfall events that triggered landslides in different regions in Japan | Slim Mtibaa、経隆悠、浅野志穂              | 森林研究・整備機構         | 日本地球惑星科学連合 | 2020 | 5   |
| 6    | 格子法による流木混じり土石流の計算方法に関する検討   | 鈴木拓郎、堀田紀文                         | 森林研究・整備機構、東京大学    | 砂防学会       | 2020 | 7   |
| 7    | 無降雨継続時間の違いに着目した斜面崩壊誘発降雨の抽出  | 経隆悠、Slim Mtibaa                   | 森林研究・整備機構         | 砂防学会       | 2020 | 7   |
| 8    | 土石流先端部への流木集積過程に関する数値計算  | 鈴木拓郎、浅野志穂、経隆悠、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、奥山遼佑 | 森林研究・整備機構、建設技術研究所 | 日本地すべり学会   | 2020 | 8   |

|    |   |                                   |                   |               |      |    |
|----|---|-----------------------------------|-------------------|---------------|------|----|
| 9  | 土石流と共に流下する流木の流下過程に関する水理模型実験   | 奥山遼佑、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、浅野志穂、鈴木拓郎、経隆悠 | 建設技術研究所、森林研究・整備機構 | 日本地すべり学会      | 2020 | 8  |
| 10 | Do rainfall events that triggered shallow landslides present an exceptional pattern?            | Slim Mtibaa、経隆悠                   | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2020 | 8  |
| 11 | 平成29年九州北部豪雨および平成30年7月豪雨で発生した斜面崩壊の面積と土砂量の関係  | 経隆悠                               | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2020 | 8  |
| 12 | 土石流中の流木の挙動に及ぼす土砂濃度の影響に関する数値解析的検討  | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、奥山遼佑 | 森林研究・整備機構、建設技術研究所 | 日本森林学会        | 2021 | 3  |
| 13 | UAVを用いた針葉樹林および広葉樹林で発生した流木の長さ移動性の比較  | 経隆悠、Slim Mtibaa、浅野志穂、岡本隆、黒川潮      | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会        | 2021 | 3  |
| 14 | Characteristics of widespread landslides triggered by extreme rainfall in Japan                 | Slim Mtibaa、経隆悠、浅野志穂              | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会        | 2021 | 3  |
| 15 | 土石流先端部への流木集積過程に関する数値解析的検討   | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、奥山遼佑 | 森林研究・整備機構、建設技術研究所 | 砂防学会          | 2021 | 5  |
| 16 | Rainfall characteristics associated with the occurrence of widespread landslides                | Slim Mtibaa、経隆悠、浅野志穂              | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2021 | 8  |
| 17 | 平成29年九州北部豪雨および平成30年7月豪雨で発生した斜面崩壊と流下距離の関係  | 経隆悠                               | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2021 | 8  |
| 18 | 土石流中の流木の集積と分散に関する数値解析   | 鈴木拓郎、浅野志穂、経隆悠                     | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2021 | 8  |
| 19 | 九州北部豪雨時の既設治山えん堤周辺の流木堆積の調査   | 浅野志穂、経隆悠、岡本隆、黒川潮                  | 森林研究・整備機構         | 関東森林学会        | 2021 | 10 |
| 20 | 流木の土石流先端部集積過程を再現するための数値シミュレーション手法   | 鈴木拓郎                              | 森林研究・整備機構         | 関東森林学会        | 2021 | 10 |
| 21 | RTK-UAVを用いた河道内の流木動態モニタリング手法の検討  | 中田康隆、石山信雄、速水将人、長坂有、長坂晶子           | 北海道立総合研究機構 林業試験場  | 北方森林学会        | 2021 | 11 |
| 22 | 土石流先端部における流木塊の挙動  | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、奥山遼佑 | 森林研究・整備機構、建設技術研究所 | 日本森林学会        | 2022 | 3  |
| 23 | 立木が斜面崩壊の移動性に及ぼす影響   | 経隆悠、浅野志穂、村上亘                      | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会        | 2022 | 3  |
| 24 | 土石流先端部における流木の挙動に関する水路実験と数値計算  | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂、村上正人、飯田弘和、高橋佑弥、奥山遼佑 | 森林研究・整備機構、建設技術研究所 | 砂防学会          | 2022 | 5  |
| 25 | Spatial relationship between extreme rainfall anomalies and density of the triggered landslides | Slim Mtibaa、経隆悠                   | 森林研究・整備機構         | EGU(欧州地球科学連合) | 2022 | 5  |
| 26 | 平成29年九州北部豪雨で発生した崩壊の密度と誘発降雨のリターンピリオドの関係  | 経隆悠、Slim Mtibaa                   | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2022 | 9  |
| 27 | 土石流の河床侵食に関する数値解析的検討   | 鈴木拓郎、経隆悠                          | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会      | 2022 | 9  |
| 28 | 不透過型堰堤の堆砂敷における流木の停止過程   | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂                     | 森林研究・整備機構         | 関東森林学会        | 2022 | 10 |

|    |  |                                   |                   |          |      |    |
|----|--|-----------------------------------|-------------------|----------|------|----|
| 29 | 不透過型堰堤における流木の停止過程の数値シミュレーション           | 鈴木拓郎                              | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会   | 2023 | 3  |
| 30 | 降雨のリターンピリオドの空間分布が崩壊の密度と面積に及ぼす影響        | 経隆悠、Slim Mtibaa                   | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会   | 2023 | 3  |
| 31 | 土石流の数値シミュレーションにおける物理量の空間平均化が解析精度に及ぼす影響 | 鈴木拓郎、経隆悠                          | 森林研究・整備機構         | 砂防学会     | 2023 | 5  |
| 32 | 供給条件の違いを考慮した流木流下過程に関する水理模型実験           | 高橋佑弥、奥山遼佑、飯田弘和、村上正人、鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂 | 建設技術研究所、森林研究・整備機構 | 砂防学会     | 2023 | 5  |
| 33 | 土砂災害危険雨量の発生頻度の将来変化                     | 経隆悠、村上亘、中尾勝洋                      | 森林研究・整備機構         | 砂防学会     | 2023 | 5  |
| 34 | 粒子法シミュレーションによる土石流の堆積過程の再現性の検討          | 鈴木拓郎、経隆悠                          | 森林研究・整備機構         | 日本地すべり学会 | 2023 | 9  |
| 35 | 土石流先端部への流木集積過程に関する水路実験と数値計算            | 鈴木拓郎、経隆悠                          | 森林研究・整備機構         | 関東森林学会   | 2023 | 11 |
| 36 | メタ統計的極値分布を用いた日本全域の確率雨量の推定              | 経隆悠、Slim Mtibaa                   | 森林研究・整備機構         | 日本森林学会   | 2024 | 3  |

### (3) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌(学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。)、③年報、④広報誌、⑤その他

| 整理番号 | 区分 | 著書名(タイトル)                                     | 著者名           | 機関名       | 出版社          | 発行年  | 発行月 |
|------|----|---|---------------|-----------|--------------|------|-----|
| 1    | ②  | 山地災害に伴う流木被害の軽減に向けた取組                          | 浅野志穂          | 森林研究・整備機構 | 一般社団法人日本林業協会 | 2021 | 10  |
| 2    | ②  | フォレストコンサル(新たな数値シミュレーション手法を用いた流木被害軽減手法の検討)     | 鈴木拓郎          | 森林研究・整備機構 | 森林部門技術士会     | 2022 | 12  |
| 3    | ③  | 森林総合研究所研究成果選集2023(治山ダムによる流木捕捉量を予測する数値計算手法の開発) | 鈴木拓郎、経隆悠、浅野志穂 | 森林研究・整備機構 | 森林研究・整備機構    | 2023 | 6   |

### (4) 国内特許権等

区分: ①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

| 整理番号 | 区分 | 特許権等の名称 | 発明者 | 権利者(出願人等) | 機関名 | 出願番号 | 出願年月日 | 取得年月日 |
|------|----|---------|-----|-----------|-----|------|-------|-------|
| 1    |    | 該当無し    |     |           |     |      |       |       |

### (5) 国際特許権等

区分: ①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

| 整理番号 | 区分 | 特許権等の名称 | 発明者 | 権利者<br>(出願人等) | 機関名 | 出願番号 | 出願年月日 | 取得年月日 | 出願国 |
|------|----|---------|-----|---------------|-----|------|-------|-------|-----|
| 1    |    | 該当無し    |     |               |     |      |       |       |     |

## (6) 報道等

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

| 整理番号 | 区分 | 記事等の名称                                | 機関名       | 掲載紙・放送社名等                                      | 掲載年月日     | 備考  |
|------|----|---------------------------------------|-----------|--|-----------|---|
| 1    | ④  | 無人航空機を用いた針葉樹林および広葉樹林で発生した流木の長さや移動性の比較 | 森林研究・整備機構 | Progress in Earth and Planetary Science ホームページ | 2021/5/6  | <a href="http://progearthplanetsci.org/highlights_j/395.html">http://progearthplanetsci.org/highlights_j/395.html</a> |
| 2    | ④  | 針葉樹林から発生した流木の長さはドローンによる空撮で精度良く測定できる   | 森林研究・整備機構 | 森林研究・整備機構ホームページ                                | 2021/5/31 | <a href="https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen">https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen</a>       |

## (7) 普及に移しうる成果

区分:①普及に移されたもの・製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの(複数選択可)

| 整理番号 | 区分 | 成果の名称 | 機関名 | 普及(製品化)年月 | 主な利用場面 | 普及状況 |
|------|----|-------|-----|-----------|--------|------|
| 1    |    | 該当無し  |     |           |        |      |

## (8) 発表会の主催(シンポジウム・セミナー等)の状況

| 整理番号 | 発表会の名称                       | 機関名       | 開催場所  | 年月日        | 参加者数 | 備考  |
|------|------------------------------|-----------|-------|------------|------|---|
| 1    | シンポジウム「豪雨災害軽減に向けた流木動態研究の最前線」 | 森林研究・整備機構 | オンライン | 2022/11/15 | 122  | <a href="https://www.ffpri.affrc.go.jp/event/2022/20221115symposium/index.html">https://www.ffpri.affrc.go.jp/event/2022/20221115symposium/index.html</a> |

## (9) アウトリーチ活動の状況

区分: ①一般市民向けのシンポジウム・講演会及び公開講座・サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展・大学及び研究所等の一般公開への参画、③その他(子供向け)

| 整理番号 | 区分 | アウトリーチ活動                            | 機関名                       | 開催場所                | 年月日        | 参加者数 | 主な参加者            | 備考  |
|------|----|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------|------|------------------|---|
| 1    | ①  | シンポジウム「山地の自然災害と森林科学—最新研究の動向—」における講演 | 新潟大学災害・復興科学研究所, 森林研究・整備機構 | アートホテル新潟駅前          | 2020/12/7  | 80   | 市民, 研究者, 学生, 行政等 | <a href="https://www.niigata-u.ac.jp/news/event/2020/78896/">https://www.niigata-u.ac.jp/news/event/2020/78896/</a>                           |
| 2    | ①  | UAV(ドローン)を用いた測量技術と応用例               | 北海道立総合研究機構 林業試験場          | 北海道庁 上川総合振興局        | 2020/2/14  | 50   | 林業事業者            |   |
| 3    | ①  | UAV(ドローン)を用いた測量技術                   | 北海道立総合研究機構 林業試験場          | 北海道立総合研究機構 林業試験場    | 2020/10/21 | 50   | 旭川農業高等学校の学生      |   |
| 4    | ①  | UAV(ドローン)を用いた測量技術                   | 北海道立総合研究機構 林業試験場          | 北海道立総合研究機構 林業試験場    | 2021/10/28 | 50   | 旭川農業高等学校の学生      |   |
| 5    | ①  | シンポジウム「森林・林業におけるUAV利用の現状とその展望」      | 森林研究・整備機構                 | オンライン               | 2022/3/30  | 150  | 市民, 研究者, 学生, 行政等 | <a href="https://www.forestplanning.jp/newsfiles/news2021_symposium.html">https://www.forestplanning.jp/newsfiles/news2021_symposium.html</a> |
| 6    | ①  | 2022年度分野横断型研究集会「地球表層における重力流のダイナミクス」 | 森林研究・整備機構                 | フクラシア八重洲(東京), オンライン | 2022/12/26 | 170  | 市民, 研究者, 学生, 行政等 | <a href="https://sites.google.com/view/gravity-current2022/">https://sites.google.com/view/gravity-current2022/</a>                           |