

学位審査報告書

（ふりがな） 氏名	ふらかしゅ しん たば Prakash Singh Thapa
学位（専攻分野）	博士（生物資源環境学）
学位記番号	共生博第 号
学位授与の日付	令和 5年 9月 日
学位授与の要件	学位規程第3条第2項該当
研究科・専攻	生物資源環境学研究科 自然人間共生科学専攻
（学位論文題目） Ecosystem-based Approaches for Developing Resilience to Landslide Risk in Japan and Nepal （日本とネパールにおける地すべりリスクに対するレジリエンスを高める生態系ベースのアプローチ）	
論文審査委員	主査 大丸 裕武 教授 副査 一恩 英二 教授 百瀬 年彦 准教授 柳井 清治 名誉教授

生物資源環境学研究科

備考 1 学位記番号は、課程博士の場合「論」を削除する。

2 学位記番号の〇〇には、共生又は開発を記入する。

氏名

Prakash Singh Thapa

(論文内容の要旨)

地すべりは人命を奪い、財産を破壊するなど地域社会にとって大きな脅威である。大規模な地すべりは、地すべりの周辺地域だけでなく、河川環境、魚の生息地、農地など、遠く離れた下流地域にも影響を及ぼす。地すべりに対する対策として、多くの土木技術や非構造物技術が用いられてきた。擁壁、胸壁、ボルスターなどの構造物の築設が、また、非構造的な対策としては、ハザードマップ、早期警報システム、生態系に基づく解決策などが行われてきた。近年、地すべり災害を軽減するために、生態系に基づく解決策が世界的なシナリオで注目されている。本論文では、日本の2つの地すべりとネパールの1つの地すべりに焦点を当て、地すべりと生態系に基づく災害リスク軽減（以下、Eco-DRR）について研究をおこなった。研究方法としては、航空写真、衛星画像、航空レーザー測量（Airborne LiDAR）データ、無人航空機（UAV）写真、合成開口レーダー（SAR）データ、公開および未公開の二次データを使用した。分析には主に ArcGIS ソフトウェア、R、Excel を用いて地形と土砂移動現象、および植生に関する解析を行った。

第1章では、自然災害、特に地すべりに関する理論的背景を説明し、Eco-DRR に重点を置いた地すべり管理技術に焦点を当て、一般的小および具体的な研究目的を説明している。第2章では、本論文で使用する関連用語を簡単に定義している。第3章では、2015年に日本・石川県白山で発生した仙人谷地すべりと広瀬地すべりの2つの事例について詳しく説明している。仙人谷地すべりでは、年代別航空写真から、少なくとも65年前に地すべり活動が始まっていた。2015年の大規模な地すべり現象に先行して、移動体上部斜面におけるクラックの発達や、移動体末端部における小崩壊の発生・拡大等の明瞭な前兆現象が認められた。2015年以前の地盤変動は ALOS2画像の干渉 SAR 解析によっても確認できた。このように、仙人谷地すべりでは2015年以前から不安定化が進行していたが、多雪であった2014～2015年冬季の後の融雪水の供給が大規模な地すべり現象の引き金となったと考えられる。

2014年の小規模な地すべりと、翌2015年の大規模な地すべりイベントで運搬された土砂の量は、それぞれ約5万 m³、約130万 m³と計算された。2015年の大規模な地すべりイベントによる土砂は尾添川に沿って流れ、下流の手取川に合流して手取川の濁度の増加を引き起こした。濁水は灌漑用水路網を伝って扇状地エリアに供給され、水田への細粒土砂の堆積を引き起こすと同時に、細粒土砂が水田と河床への表流水の浸透率を低下させ地下水位の低下を引き起こした。さらに、手取川下流域のアユの産卵床を埋積して産卵数が激減し、湧水が枯渇した沖積扇状地の湧水河川ではトミヨが姿を消した。一方、シロザケは2015年から2016年にかけて沿岸域から手取川へ遡上する数が突出して多かった。この仙人谷地すべりの植生回復に向けて、ヘリコプターを用いた種子や挿し木の空中散布や肥料を含む緑化資材の被覆など、さまざまな緑化手法が用いられた。2022年までに、発芽した草本や発芽した樹木のグリーンパッチは地すべりの上部斜面の10%から43%まで増加

氏 名

Prakash Singh Thapa

(論文審査の結果の要旨)

した。また、2021年に発生した白山市広瀬地区の地すべりでは、地すべりの周囲に植栽されていた樹齢60年生のスギ人工林が土石流を抑止し、土砂の拡散を緩和する緩衝帯として大きな機能を果たした。

第4章では、ネパールの Methum 地すべりに設置された地すべり早期警報システムの有効性について論じている。ネパール中部カトマンズ近郊 Sankhu 地区の山地に発生した Methum 地すべりは長さ 400m、幅 200m の大規模地すべりであり、集落や農地に脅威をもたらしている。この地すべりの動きを監視するため、地すべり早期警報システム (LEWS) が設置された。この LEWS システムは降雨量、土地の変位、土壌水分を監視し、設定されたしきい値を超えると警報を発することで、住民の早期避難を可能にするもので、低コストで設置できることから開発途上国においては実用的な防災対策となる可能性がある。

第5章では、広瀬地すべりや仙人谷地すべりから学んだ教訓をもとに、地すべりの復旧と地すべりリスクの低減における森林生態系の役割に焦点を当てて議論し、最後の第6章では、研究全体の結論を示し、今後の Eco-DRR 研究と社会実装に対する提言を行っている。

このように、本論文では、石川県における二つの地すべりについて研究を行い、時系列データの解析による地すべり予測技術の重要性や、在来樹種を利用したグリーンインフラによる土砂災害の被害低減技術の有効性を示し、ハード対策だけに依存しない、生態系ベースの防災対策のあり方について、きわめて具体的な形で考察している。また、地すべりが濁水の流出を通じて、下流の生態系や、農業、水産業にまで広く影響を与えることを実証し、防災対策においては流域対策の視点を導入することの重要性も指摘している。さらに、ネパールの Methum 地すべりを対象に、地すべり早期警報システム (LEWS) を活用した、避難対策の高度化による被害低減技術の可能性を具体的な形で示している。

現在 Eco-DRR の有効性は、地球規模の環境変動により全世界で大きな洪水や土砂災害が多発する中において、国際的にも広く認識されている。しかし地域の災害リスクのあり方は、自然環境や社会環境、土地利用様式に応じて多様に変化するため、実際に社会実装を進めるには、具体的な事例研究にもとづいた考察が極めて重要な意味を持つ。この点において、本研究は日本とネパールの事例をもとに、Eco-DRR の有効性を具体的な形で提示し、今後の課題や展望について考察していることが高く評価される。

よって、本論文は博士 (生物資源環境学) の学位論文として価値あるものと認める。なお、令和 5年 8月 24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

学術領域の試問の結果

氏名 Prakash Singh Thapa

（試問の科目・方法・判定）

	（科 目）	（方 法）	（判 定）	（備 考）
専攻学術	環境科学	口 頭	合 格	

（試問の結果の要旨）

上記のとおり、専攻学術に関する試問の結果、学位授与に必要とされる学力を有することを確認した。

令和 5年 8月 24日

試問担当者氏名

大丸裕武、一恩英二、百瀬年彦、柳井清治