

林野庁補助事業

令和6年度
森林技術国際展開支援事業
報告書

令和7年3月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

巻頭言

2024年11月にアゼルバイジャン共和国のバクーで開催された気候変動枠組条約第29回締約国会議(COP29)では、「適応のグローバル目標に関する枠組みについて、今後の対話のあり方において若干の進展があったものの大きな進展は認められなかった。COP27において創設を決定した「損失と被害」に対応するための基金についても同様に、今後の対話のあり方において若干の進展があったものの、資金措置については大きな進展は認められなかった。多くの人々にとって適応策として実施すべき具体的な技術が不明瞭であるために、資金支援についての客観的な議論の進展が困難なためとも考えられる。そのため科学的知見に基づいた適応のための技術開発と普及が求められている。

近年、気候変動に起因するとみられる気象災害はその規模をより一層増してきており、人間の社会生活にも大きな影響を及ぼしてきている。2022年2月に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書においては、人為起源の気候変動は自然起源の気候変動を超えて幅広い悪影響とそれに関連する損失と損害を自然及び人間に及ぼしていると明記されている。とりわけ、日本を含むアジアモンスーン地域では、人口が集中しており、海岸線も長いことから、巨大化した台風による山地災害や高潮被害などが甚大化しやすい状況にある。特にこの地域に位置する開発途上国においては、人口の急増や生産力増大のためにしばしば無秩序な林地から農地等への人為的な改変や沿岸域の養殖池や農地、水田の開発によるマングローブの消失により、本来、森林が有していた防災・減災機能が損なわれ、大きな自然災害が発生している。このような自然災害が発生する可能性のある地域は広範にわたるため、インフラ整備による対策には自ずと限界があり、森林の維持造成を通じて山地や沿岸域のレジリエンスを高めて自然災害の被害を軽減することが必要である。

令和2年9月に開設したREDDプラス・海外森林防災研究開発センターでは、こうした問題に対して我が国が蓄積してきた森林機能を活用した防災・減災技術を途上国で適用するため、令和2年度以降、林野庁の「森林技術国際展開支援事業」を活用して、森林機能を活用した防災・減災技術を途上国で適用するための課題の調査、海外展開に向けた技術開発、普及啓発を行ってきた。本報告はその令和5年度事業の成果を取りまとめたものである。この成果が、海外において森林の機能を活用した防災・減災に関心を持つ国内の団体や、省庁等公的機関、各国政府、国際機関・団体等の活動に貢献することを願う。

令和7年3月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構森林総合研究所
REDDプラス・海外森林防災研究開発センター長 玉井幸治

目次

第1章 令和6年度 森林技術国際展開支援事業実施方針	1
1.1 背景と目的	1
1.2 事業の実施体制	3
1.3 主たる事業内容	6
第2章 事業運営委員会の開催・運営	9
2.1 事業運営委員会の設置	9
2.2 事業運営委員会の開催	9
第3章 途上国の森林の防災・減災の機能強化に係る課題等の調査・分析	11
3.1 途上国における森林関連の防災技術を活用する案件等でのコミュニティ参画に関する事例調査	11
3.2 防災・減災対策などに活用可能な森林分野の知見や技術	46
第4章 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発	49
4.1 背景と目的	49
4.2 日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発	51
4.3 海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価	91
第5章 事業成果・治山技術に関する情報発信	121
5.1 背景	121
5.2 国際セミナー「森林による防災・減災技術の国際展開」の開催	121
5.3 海外ワークショップ（国際会合サイドイベント）	122
5.4 手引書の作成	124
5.5 技術者養成研修の実施と人材データベースの整備	125

5.6 インターネット等を活用した情報発信	126
-----------------------	-----

巻末資料 131

1 事業運営委員会議事要旨	132
2 令和6年度の主な年間行事	176
3 令和6年度国内出張	177
4 令和6年度海外出張	179

別添資料

- 1 令和6年度国際セミナー プログラム
- 2 令和6年度海外ワークショップ プログラム

第 1 章 令和 6 年度 森林技術国際展開支援事業実施方針

1.1 背景と目的

近年、極端な高温、豪雨、森林火災、台風の巨大化等の異常気象が頻発し、氷河の融解や海水温の上昇、生態系への不可逆的変化も現れている。IPCC 第 6 次評価報告書では、人間活動が大气・海洋及び陸域を温暖化させてきたことに「疑う余地がない」と結論付けており、これは第 5 次評価報告書で指摘された「極めて高い(95%以上)」より確信度を上げた表現となっている。さらに報告書では、陸域において 1950 年代以降に大雨の頻度と強度が増加したことや、強い台風(強い熱帯低気圧)の発生割合が過去 40 年間で増加したことを観測事実として示している。そして、気候システムの蓄熱が、陸域の氷の減少と海洋温暖化による熱膨張により、世界平均海面水位の上昇をもたらしたことを指摘している。このような強い台風や海面上昇は年々深刻化しており、人類にも大きな被害を及ぼしている。とりわけアジアモンスーン地域では人口が集中しており、海岸線も長いことから、巨大化した台風による山地災害や高潮被害などが甚大化しやすい状況にある。

気候変動の影響に加えて、経済発展の著しい開発途上国では、人口の急増や生産力増大のためにしばしば無秩序な林地から農地等への人為的な改変が行われ、豪雨時の斜面崩壊や表面侵食等の山地災害の原因となっている。また、沿岸域に生育するマングローブは、高い消波効果を発揮するだけでなく、マングローブの根系が護岸の役割を果たして海岸侵食を軽減するが、近年の沿岸域の養殖池や農地、水田の開発によるマングローブの消失により、護岸の機能が失われ、高潮発生時に浸水被害が内陸部へ拡大する結果を招いている。

こうした無秩序な土地改変は自然システムの脆弱性や暴露を高め、ハザードの増大と相まって極端現象に対する災害リスクを一層増大させている。

2015 年 3 月に仙台において開催された第 3 回国連防災世界会議では、災害の潜在的なリスク要因に事前に対処する「事前防災」の考え方が提唱された。事前防災のためには災害発生リスクを予測することも重要となり、気候変動に対して持続可能な社会を維持していくためのシステムの構築が急がれている。

気候変動への適応については、COP26 で「適応に関する世界全体の目標(GGA)に関するグラスゴー・シャルム・エル・シェイク作業計画」が取りまとめられるとともに、適応資金を現在よりも少なくとも倍増させることが合意された。更に COP28 においては、損失と損害(ロス&ダメージ)に対応するための新たな資金措置(基金を含む)の運用化に関する決定が採択された。

我が国においては、2019年6月に「インフラシステム輸出戦略」が改訂されており、これには、「防災先進国としての経験・技術を活用した防災主流化の指導・気候変動対策」が、我が国の技術・知見を生かしたインフラ投資の拡大策の一つとして掲げられている。この具体的施策として、アジア太平洋地域においては、近年顕在化しつつある気候変動の影響による自然災害等の被害を回避・軽減する、適応策の立案・実施への支援などの推進の必要性に対応すべきとされているところである。

一般的に産業活動が活発化し人口が急増する経済成長期には、伝統的な土地利用のルールが軽視される傾向が強く、このことが山地災害の発生へとつながりやすい。我が国の治山事業は、その豊かな経験を糧に森林整備と補助的な施設を組み合わせることで森林の防災・減災機能(Forest-based Disaster Risk Reduction; F-DRR)を最大化する独自の技術を開発させた。この技術は、コンクリート構造物に過度に依存することがないため比較的コストが低く、今後本格的な災害対策を進めようとする開発途上国にとって適用可能性が高いと期待される。

近年経済発展が著しい東南アジアの開発途上国は、多雨気候のため斜面崩壊のみならず洪水による被災者も極めて多く、将来の気候変動による土砂・洪水災害の大規模化が危惧されている。その例として、ベトナムでは2020年の10月から11月にかけて異例の数の台風や熱帯低気圧が襲来し、深刻な山地災害や沿岸域での洪水災害に見舞われた。国際連合人道問題調整事務所(OCHA)によれば、一連の災害は同国に243人の死者・行方不明者の他、約150万人に直接的被害をもたらしたと発表されている。治山技術による山地の森林整備は山地からの土砂流出量の低減を通じて河床上昇による洪水被害を緩和するため、山地災害のみならず水害までも含めた国土全体の総合的な防災対策に大きく貢献できると期待される。

防災・減災対策の策定を必要とする開発途上国にあって、計画的な土地利用と防災意識の普及啓発を必須とする治山技術と、マングローブ等による高潮被害に対する沿岸域の防災・減災機能の評価と保全策を早期に導入しておき、土地の持つ災害リスクについて意識を深めておくことは、将来的に防災予算の低減や民生の安定にもつながるもので、未来への投資という点でも費用対効果は極めて高いと考えられる。

以上の背景を踏まえ、我が国の民間企業等が森林関連の防災技術を海外展開できる体制を整備するため、本事業の目的は以下のとおりである。

- ① 途上国での治山技術の適用に際して有用な知見や技術を整理することを念頭に、途上国での山地治山に対する現地コミュニティの理解・参画・活用を促進する取り組み事例について

て、資料調査、ヒアリング調査及び現地調査を通じて整理・分析する。

- ②ベトナム社会主義共和国を調査対象国として、我が国に強みのあるリモートセンシング技術や治山技術を途上国の森林の防災・減災機能の強化に適用するため、これまでに開発した日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法、リモートセンシング技術を活用したリスクマップ作成手法、海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価手法をもとに、治山事業計画の策定に資する土地利用計画作成手法の開発、及びマングローブ保全のための指針提示を行う。
- ③国際セミナーと海外ワークショップを通じて、我が国の治山技術の途上国での防災・減災対策における優位性や当機構のこれまでの取組状況と知見について発信する。また、技術者研修を通じて、海外での森林の防災・減災等機能強化に貢献できる本邦技術者を 15 名程度育成する。

1.2 事業の実施体制

1.2.1 REDD プラス・海外森林防災研究開発センターについて

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所では、2010 年に「REDD 研究開発センター」を開設し、REDD プラス(途上国における森林減少・劣化等からの温室効果ガス排出削減)に関する最新動向の分析、科学的な評価手法の開発、開発途上国における実施体制整備の支援などに取り組んで来た。

近年、地球規模で集中豪雨や巨大台風の増加など極端気象が報告されており、山地災害の大規模化や頻度上昇、沿岸域での高潮被害の甚大化に対する効果的な対策が世界共通の課題となっている。このような問題に対する解決策への期待が高まる中、日本の森林機能を活用した治山技術などの国土強靱化に資する技術的知見の途上国への適用を推進することが求められている。

こうしたことから森林総合研究所では、途上国において森林を活用した防災・減災機能の強化による気候変動適応策についても取り組むため、「REDD 研究開発センター」の役割を拡大した「REDD プラス・海外森林防災研究開発センター」を令和 2 年 9 月 1 日に開設し、本事業実施の中心的な役割を持たせている。

1.2.2 参画メンバーと事業の実施体制

REDD プラス・海外森林防災研究開発センターは、課題等の調査分析、技術等の開発、情報発信を推進する各ユニットと、活動全体の推進を図る事務局から構成されている。本事業に

参画している研究者は表 1-2-2-1 のとおりであり、多岐にわたる研究室、支所に在籍しつつ本センターにも所属している。

事業の実施にあたっては、外部専門家から成る事業運営委員会から助言等を受けつつ、林野庁担当部署と密接に連携する。そのため、図 1-2-2-1 のような体制をとっている。

表 1-2-2-1 参画メンバー(令和 6 年度末時点)

氏名	所属	氏名	所属
玉井幸治	研究ディレクター	古市剛久	森林防災研究領域
村上 亘	森林防災研究領域	経隆 悠	森林防災研究領域
大澤 光	森林防災研究領域	野口宏典	森林防災研究領域
南光一樹	森林防災研究領域	藤田早紀	森林防災研究領域
鈴木秀典	林業工学研究領域	山口 智	林業工学研究領域
宗岡寛子	林業工学研究領域	倉本恵生	森林植生研究領域
江原 誠	生物多様性・気候変動研究拠点	ESTOQUE RONALD CANERO	生物多様性・気候変動研究拠点
道中哲也	生物多様性・気候変動研究拠点	戸谷 玄	生物多様性・気候変動研究拠点
岡本 隆	東北支所	小野賢二	東北支所
岡本 透	関西支所	渡壁卓磨	関西支所
志水克人	四国支所	黒川 潮	九州支所
森 大喜	九州支所	平田泰雅	森林管理研究領域
藤間 剛	国際戦略科	東條一史	生物多様性・気候変動研究拠点
小池信哉	国際戦略科		

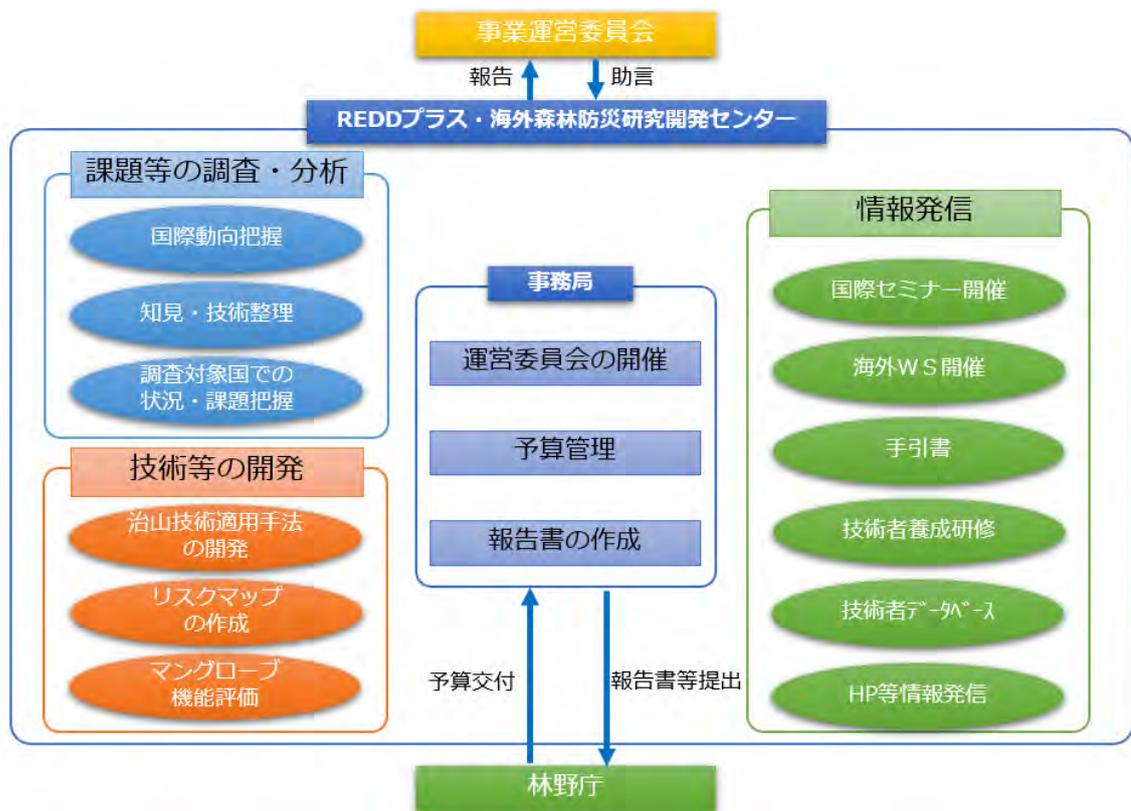


図 1-2-2-1 事業の実施体制

1.2.3 業務分担

研究題目 1 の「事業運営委員会の開催・運営」については戸谷玄(7月3日までは高畑啓一)が主担当として対応した。研究題目 2 の「途上国の森林の防災・減災の機能強化に係る課題等の調査・分析」については古市剛久が主担当として対応した。研究題目 3 の「途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」については岡本隆が主担当として対応し、本研究題目のサブ課題 1 の「日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発」については岡本隆がリーダーを務め、サブ課題 2 の「リモートセンシング技術を活用したリスクマップの作成」については村上亘がリーダーを務め、サブ課題 3 の「海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」については小野賢二がリーダーを務めた。また、サブ課題 1 とサブ課題 3 の社会系研究開発については江原誠がリーダーを務めた。研究題目 4 の「事業成果・治山技術に関する情報発信」については藤間剛が主担当を務め、研究題目 5 の「報告書等の作成」は戸谷玄が主担当として対応した。

表 1-2-3-1 業務分担(令和 6 年度末時点)

研究題目番号	主担当◎
	平田泰雅(全体統括)
1	◎戸谷玄、各研究題目主担当
2	◎古市剛久
3	◎岡本隆
3-1	◎岡本隆、村上亘、大澤光、経隆悠、鈴木秀典、山口智、宗岡寛子、岡本透、古市剛久、黒川潮、玉井幸治、(社系)◎江原誠、道中哲也
3-2	◎村上亘、志水克人、Ronald C. Estoque
3-3	◎小野賢二、野口宏典、平田泰雅、藤間剛、倉本恵生、森大喜、藤田早紀、南光一樹、(社系)◎江原誠、道中哲也
4	◎藤間剛、平田泰雅、戸谷玄、岡本隆、古市剛久
5	◎戸谷玄、全員

1.3 主たる事業内容

1.3.1 途上国の森林の防災・減災の機能強化に係る課題等の調査・分析

①途上国の森林の防災・減災対策などの知見や技術に関する調査

途上国における山地治山を通じたコミュニティの災害リスク削減や災害レジリエンス向上では、山地治山に対する現地コミュニティの理解や参画を如何に促し、現地コミュニティが山地治山を如何に活用するかが鍵となる。日本とは異なる条件下で治山技術を展開するために必要な情報として、途上国での山地治山に関する現地コミュニティの理解・参画・活用を促進する取り組み事例を、資料調査、聞き取り調査、現地調査を通じて調べ、取り組み事例から見えてくる課題や方策を整理・分析した。

②森林の持つ防災・減災機能とその強化に関する知見・技術の整理

途上国における森林の持つ防災・減災機能とその強化に関する知見・技術を国内外の学術文献、学術大会、シンポジウム等を通じて調査し、令和 2 年度から令和 5 年度にかけて構築したデータベースに組み込んだ。

1.3.2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発

ベトナム社会主義共和国を調査対象国とし、現地の自然条件や社会・経済条件を踏まえながら、日本の治山技術を効果的に適用させるための手法を現地のカウンターパート(ベトナム森林科学アカデミー(VAFS))の協力のもとで開発した。

ベトナムでは、気候変動による極端な豪雨の強度と頻度の増加や、市場経済の拡大等によ

る森林から農地等への無秩序な土地改変によって、特に北西部・中部の山間地域を中心に斜面崩壊をはじめとする山地災害や林地荒廃が多発しており、その防止・軽減策の確立が求められている。

調査対象域は、ベトナム北西部山間域及び北部沿岸域である。前者の山間域においては、これまでに現地調査による災害リスクや土地利用の実態が判明し、またリモートセンシング技術を活用したリスクマップが作成されたことから、これらの成果を活用して、治山事業計画の策定に資する土地利用計画の作成のための技術指針を提示する。後者の沿岸域においては、マングローブの修復に関する自然・社会環境、及び最適な立地条件等が判明したことから、これらの成果を踏まえてマングローブの保全・修復に関する技術指針を提示した。

①日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発

我が国の治山技術を活用し、途上国で森林の防災・減災機能を最大化させる手法を開発した。この目的の達成のため、ベトナム北西部の山間地域を対象に、途上国に特有の自然環境条件や、社会・経済情勢を把握する。自然環境条件の調査では、斜面崩壊及び土砂流出に焦点を当て、地形・地質や降水量を含む広域データセットの収集のほか、荒廃した山地斜面や溪流での現地調査を実施して、諸現象の実態と土地利用との関係を明らかにした。社会・経済情勢については、地域コミュニティの被災経験、森林伐採、山腹斜面の利用に関する意識や居住地域の変遷などの生活環境の変化を現地聞き取り調査や文献調査によって把握した。一方で、インフラ輸出の観点から、現地の治山工法や治山施設の普及状況を把握して、日本の治山施設の効果的な適用方法を検討した。

昨年度までに完成させたリスクマップは、土地利用、特に森林被覆と斜面崩壊リスクの関係を明確にし、単なる警戒避難ツール以上の価値を持ち、治山事業計画策定時の土地利用計画の科学的根拠となることも期待される。

令和6年度は、令和5年度に完成したリスクマップを基に、森林を利用した防災・減災と地域経済活動の促進とのバランスを考慮した土地利用計画を作成し、その際に発生した課題や解決策を抽出、整理し、これらを技術指針として提示した。一方、途上国でのリスクマップ作成に際しては、衛星画像等のデータセットの質に起因してリスクマップの精度が低下する問題が確認された。この問題に対処するため、データセットの質とリスクマップ精度との関係を明らかにする基礎資料を提示した。これらは、治山事業を海外に展開しようと考えている民間企業に向け、彼らの事業がより効果的で、地域にとっても有益になるような情報になる。

②高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価とマングローブの保全・修

復技術の提示

マングローブ生態系の炭素蓄積機能は、陸域の生態系や沿岸部の藻場や塩性湿地・干潟を構成する生態系の機能より高く、マングローブの保全・修復は気候変動緩和の有効な手段の一つである。また、気候変動に伴う海面上昇や台風の強大化による高潮害に対するリスク軽減・浸食防止等への気候変動適応策として、マングローブの修復植林・保全活動は大きな期待を集めている。一方で、近年の大規模な沿岸開発等によるマングローブの消失や劣化が進んでおり、高潮害が顕在化している地域もみられる。こうしたことを背景に、マングローブの再植林による沿岸域の保全活動が活発化しているが、マングローブを植林してみたものの、胎生種子の定着や植栽苗の活着が阻害され、植林が失敗に終わった事例も多く見られる。このことは、マングローブにおける「適地適木」、すなわち、どのような立地に対してどの樹種を選択すべきか、という知見が不十分であることに起因している。そこで、マングローブの植栽適地に係る立地条件を科学的見地から明らかにするとともに、これまでのマングローブの修復植林活動に関する情報を収集し、マングローブの保全・修復に関する技術的指針を提示した。

令和 6 年度は、令和 5 年度までに分析、収集し、整理してきた既往のマングローブの修復植林活動の成否に関する情報や高潮等の沿岸災害に対するマングローブの防災・減災機能に対する住民意識の調査結果、沿岸域防災・減災機能を有するマングローブの海面上昇に伴う高潮害による根返り等の破壊限界（倒伏耐性）の樹種特性に関する解析データ、マングローブの植栽適地にかかる立地条件等に関する情報を科学的見地から明示するとともに、それらの情報を取り纏めてマングローブの保全・修復に関する技術的指針を提示した。

1.3.3 事業成果・治山技術に関する情報発信

参画研究者 3 名を気候変動枠組条約第 29 回締約国会議 (COP29) に派遣し、11 月 15 日にはジャパンパビリオン・セミナー「自然に基づく解決策 (NbS) のための持続可能な森林経営」を開催した。また、2025 年 2 月 5 日に、海外から 3 名、国内から 2 名 (うち 1 名は森林総研職員) の発表者を迎え、国際セミナー「自然を活用した解決策としての森林管理: 森林の防災・減災機能の発揮に向けて」を開催した。

さらに、我が国の治山技術等の海外展開を促進することを目的とした研修会を 12 月 4 日～5 日の 2 日間開催し、受講が決定していたにも関わらず業務都合のため受講できなかった者の後日のセルフ受講を含め 11 名 (内訳: 当日受講者 7 名、後日のセルフ受講者 4 名) の技術者を養成した。

このほか、人材データベースの構築に係る人材情報の収集、手引書の作成、インターネットを通じた情報発信などを行った。

第2章 事業運営委員会の開催・運営

2.1 事業運営委員会の設置

着実に本事業の目標を達成するため、有識者からなる運営委員会を設置した。

運営委員会委員は、リモートセンシング、農村開発・マングローブ、国際林業協力、民間団体、気候変動適応策、治山技術等に関する知見を有する以下の5名である。国土防災技術(株)の田中賢治委員及び独立行政法人国際協力機構の野田英夫委員は9月に都合により委員を辞し、同じ所属先の岩田恭志氏及び三村一郎氏がそれぞれ新たに就任した。

表 2-1-1 委員名簿(令和6年度末現在)

氏名	所属
岩田恭志	国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 次長
太田徹志	九州大学農学研究院 准教授
水野 理	公益財団法人 地球環境戦略研究機関 (IGES) 統括研究ディレクター・プリンシパルフェロー
三村一郎	独立行政法人 国際協力機構 (JICA) 地球環境部 次長 兼 森林・自然環境グループ長
宮城豊彦	東北学院大学 名誉教授 / 株式会社アドバンテクノロジー 技師長

2.2 事業運営委員会の開催

本事業の実施方針、事業計画および実施方法等のほか、事業の推進過程における諸課題に対する適時適切な助言を受け、最終的な事業成果の取りまとめ方法および内容について検討し決定することを目的に、以下のとおり、運営委員会を3回開催した。なお委員会の座長は、宮城委員が務めた。(議事要旨は巻末資料を参照)

①第1回運営委員会

日時:令和6年7月11日(木)

場所:TKP 銀座ビジネスセンター(東京都中央区銀座 8-2-8)

議事:令和6年度事業計画等について

②第2回運営委員会

日時:令和6年10月16日(水)

場所:TKP 銀座ビジネスセンター(東京都中央区銀座 8-2-8)

議事:令和6年度森林技術国際展開支援事業実施状況等について

③第3回運営委員会

日時:令和7年2月26日(水)

場所:日比谷国際ビルコンファレンススクエア(東京都千代田区内幸町 2-2-3 日比谷国際ビル 8階)

議事:令和6年度森林技術国際展開支援事業の成果等について



図 2-2-1 第2回運営委員会の様子

第3章 途上国の森林の防災・減災の機能強化に係る課題等の調査・分析

本事業の「課題 2. 調査・分析」では、途上国における森林関連の防災技術を活用するプロジェクトが現地コミュニティと如何に関わってきたのかに関する事例調査を実施した(コミュニティ参画基礎調査)。また、防災・減災に活用可能な森林分野の技術を日本企業が海外展開する際の有力な資金源として日本と関係が深いアジア開発銀行に焦点を当て、アジア開発銀行の案件(資金)に対する日本企業の参画を促すための知見と情報を収集した。本章ではその内容を整理し報告する。

3.1 途上国における森林関連の防災技術を活用する案件等でのコミュニティ参画に関する事例調査

3.1.1 背景と目的

森林技術国際展開支援事業における主要分野の一つである「調査・分析」においては、令和4年度「企業参画基礎調査」、令和5年度に「案件形成基礎調査」を実施し、案件受注及び案件立案における現状と課題を検討した。これら調査では森林関連の防災技術を活用する事業の枠組みや活動内容をレビューして山地防災における主として技術面での現状整理や課題抽出を行ったが、「調査結果からは現地コミュニティの視点が見えてこない」という指摘も聞かれた。途上国における山地治山を通じたコミュニティの災害リスク削減や災害レジリエンス向上では、山地治山に対する現地コミュニティの理解や参画を如何に促し、現地コミュニティが山地治山を如何に活用することかが鍵となることは言うまでもない。

これまでのこうした調査経緯を背景に、本業務では、日本とは異なる条件下で山地治山技術を展開するために必要な情報として、途上国での山地治山に関する現地コミュニティの理解・参画・活用を促進する取り組み事例を、資料調査、ヒアリング調査、現地調査を通じて調べ、取り組み事例から見えてくる課題や方策を整理・分析することを目的とする。

本節(3.1 節)は、本研究所が「森林の防災・減災等の機能強化に関する国際動向調査業務(コミュニティ参画基礎調査)」を委託契約した相手先であるアジア航測株式会社と共同で実施した調査の結果をまとめたものである。

3.1.2 調査方法

3.1.2.1 既存事例調査

3.1.2.1 (1) 資料調査 (方法)

本事業の資料調査を行うにあたり、まずは日本の ODA 事業である JICA プロジェクトについて情報を整理した。ODA 見える化サイト(<https://www.jica.go.jp/oda/>)の「自然環境保全分野」のうち、報告書等の情報入手が可能な技術協力プロジェクト 152 件から山地防災に関連するプロジェクト 15 件を抽出した。

表 3-1-2-1 調査対象プロジェクト一覧

	プロジェクト名	期間
1	四川省森林造成モデル計画	2000年7月1日～2005年6月30日
2	四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクト	2010年2月1日～2015年1月31日
3	ニカラグア共和国住民による森林管理計画	2006年1月23日～2011年1月22日
4	ガーナ国移行参加型森林資源管理計画 (PAFORM)	2004年3月30日～2009年3月30日
5	ドミニカ共和国サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画	2006年4月28日～2009年3月31日
6	ネパール国地方行政強化を通じた流域管理向上プロジェクト	2009年8月～2014年7月
7	ベトナム国北部荒廃流域天然林回復計画 (RENFODA)	2003年10月1日～2008年9月30日
8	パナマ運河流域保全計画プロジェクト	2000年10月1日～2005年9月30日
9	パナマアラフエラ湖流域総合管理・参加型村落開発プロジェクト	2006年8月1日～2011年7月31日
10	アンデス-アマゾンにおける山地森林生態系保全のための統合型森林管理システムモデルの構築プロジェクト	2022年1月～2027年1月
11	コソボ・モンテネグロ国家森林火災情報システム (NFFIS) と Eco-DRR による災害リスク削減のための能力強化プロジェクト	2021年3月～2026年2月
12	エチオピア国農業及び森林・自然資源管理を通じた気候変動レジリエンス強化プロジェクト	2021年3月～2026年3月
13	インド国ウッタラカンド州山地災害対策プロジェクト	2017年3月～2024年3月
14	イランカールーン河 上流域における 参加型森林・草地管理 能力強化プロジェクト	2018年6月～2024年2月
15	北マケドニア共和国持続的な森林管理を通じた、生態系を活用した防災・減災 (Eco DRR) 能力向上プロジェクト	2017年12月～2023年12月

プロジェクトタイトルに Eco-DRR や防災・減災、治山といった直接的キーワードが使用されているプロジェクトは限られる。そのため、各プロジェクトの概要を確認し、プロジェクト対象地

の特徴や、主に解決すべき課題に土壌流出や斜面崩壊等の山地災害が含まれているものを指標として15件のプロジェクトを抽出した。既存資料の入手や専門家インタビューが比較的容易であり、日本の治山技術の考え方について一定の共通理解を持ち議論が可能ということを考慮し JICA プロジェクトに絞った。各プロジェクトを概観するために、対象地の特徴、森林消失の原因と影響、コミュニティの関わり、活動内容、参加手法、教訓に分けて整理した。

3.1.2.1. (2) ヒアリング調査（方法）

資料調査でリストアップした 15 プロジェクトからヒアリング候補を絞りこみ、資料調査の結果の確認と報告書記載だけでは確認できない点を直接聞き取ることを目的としてヒアリング調査を実施した。プロジェクト専門家のうち、主に「総括」、「治山担当」、「住民参加担当」の専門家で絞り込み、「治山」担当がいないプロジェクトの場合は、治山知見を持つ「総括」を選定し、住民参加の視点も含まれるよう、全体のバランスをできるだけ偏らないように選定した。また個別ヒアリングだけではなく、複数の専門家の方に同席いただく形式で複数の担当分野の専門家にヒアリングを行った。

表 3-1-2-2 ヒアリング調査の日付、面談者、方法

プロジェクト	実施日	方法	担当専門家
「ネパール国地方行政強化を通じた流域管理向上プロジェクト (2009-2014)」	2024年8月16日 (木) 15:30~17:00	オンライン	寺川幸士 (総括) (テラ・ワークス)
「ガーナ国移行帯参加型森林資源管理計画 (PAFORM)」			
「ベトナム国北部荒廃流域天然林回復計画 (RENFODA)」	2024年8月23日 (金) 10:00~11:20	オンライン	福山誠 (参加型森林管理/業務調整) (国際航業株式会社)
「北マケドニア国持続的な森林管理を通じた、生態系を活用した防災・減災 (Eco-DRR) 能力向上プロジェクト」	2024年8月23日 (金) 13:00~14:30	対面 (アジア航測会議室)	稲田徹 (総括)、松本あかり (住民参加)、藤村さほり、コシェールトマ (アジア航測株) 大西満信 (治山) (元アジア航測株)
「四川省森林造成モデル計画」	2024年8月23日 (金) 14:30~16:00	対面 (アジア航測会議室)	大西満信 (総括) (元アジア航測株)
「四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクト」			
「インド共和国ウッタラカンド州山地災害対策プロジェクト」	2024年9月2日 (月) 13:30~15:00	対面 (林野庁会議室)	飯島康夫 (総括) (林野庁 林業・木材産業情報分析官)
	2024年10月3日 (木) 14:00~15:00	対面 (JICA 本部会議室)	稲垣佑花里 (JICA インド事務所) 佐々木ひらり (JICA 南アジア部) 上西美樹 (JICA 地球環境部) 花井あかね (JICA 地球環境部)
「イラン国チャハールマハール・バフティヤール州参加型森林・草地管理プロジェクト」	2024年9月4日 (水) 13:30~14:40	対面 (アジア航測会議室)	武井沙織 (参加型森林管理) (合同会社バリューフォレスト) 山下昌一 (研修) (アジア航測株)
「イラン国カルーン河上流域における参加型森林・草地管理能力強化プロジェクト」	2024年10月3日 (木) 10:30~11:30	対面 (日本工営会議室)	櫻井彰人 (治山) (日本工営)
ニカラグア共和国住民による森林管理計画	2024年9月4日 (水) 15:30~17:00	対面 (日林協会会議室)	西尾秋祝 (村落林業/環境教育) (元日本森林技術協会)

3.1.2.2 フィリピン現地調査（方法）

3.1.2.2 (1) 日程及び面談者

表 3-1-2-3 フィリピン現地調査日程プログラム

日時	プログラム	場所
10月6日（日）	出発（羽田→マニラ）	マニラ
10月7日（月） 9:00～10:30 DENR Central Office	面談及びプレゼンテーション	マニラ
11:20～12:00 DENR Central Office	面談及びプレゼンテーション	
10月8日（火） 10:00～12:00	面談及びプレゼンテーション	マニラ
13:30～14:30	CCRE – AFNR Joint Seminar Nature-based Solutions in Forestry Sector and Natural Resources Management	
10月9日（水）	移動（マニラ→バギオ）	バギオ
14:00～15:00 Tublay Municipal Hall	Tublay Municipal 長面談他	Tublay Manicipality
10月10日（木）	Tuel Barangay 現地調査 Site/Field Visit at Tuel via La Trinidad and talk with Tuel Coffee Farmers' Association Interviews with Barangay officials at Tuel Barangay Hall	Tuel Barangay
14:30～15:00	Provincial Government of Benguet Disaster Risk Reduction and Management Office (La Trinidad)	
10月11日（金）	Site/Field Visit at Ambongdolan Communal Forest (forest restoration project site) via Acop- Kapangan Rd.	Ambongdolan Barangay
10月12日（土）	移動（バギオ→マニラ）	マニラ
10月13日（日）	帰国（マニラ→羽田）	

3.1.2.2 (2) 面談者リスト

○フィリピン環境天然資源省 (Department of Environment and Natural Resources, Central Office)

・ Elenida Basug

Director, DENR Climate Change Service

Concurrent Director, DENR Gender and Development Office

- **Jello Ortega** (Technical staff)
- Kathreen Dominique R. Cornejo (Technical Staff)
- **Jhun Bakit** (Section Chief, Environmental Forestry Section)
- **Hanna Quilloy** (Forester, Environmental Forestry Section)
- **Charene Galinaro** (Forester, Environmental Forestry Section)

○アジア開発銀行 (Asian Development Bank, ADB)

- **Isao Endo** (Environment Specialist Environment Thematic Group Sustainable Development and Climate Change Department)
- **Narayan S. Lyer** (Senior Natural Resources and Agriculture Specialist (Agribusiness) Agriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector Office Sector Group)
- **Tsutomu Koyama** (Natural Resources and Agriculture Specialist Agriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector Office Sectors Group)
- Sugar M. Gonzales
- Agnes Patricia
- A. Magat
- Enrique Jr. Tolentino
- Justin Van Klavaren
- **Karma Yangzom** (Principal Environment Specialist Climate Change, Resilience, and Environment Cluster Climate Change and Sustainable Development Department)
- その他オンラインセミナー40名以上参加

○FAO プロジェクト関係者、ベンゲット州行政関係者

Tublay Municipal

- **Armando I. Lauro** (Mayer, Municipality of TUBLAY, Province of BENGUET)
- **Sharmaine J. Vicente** (Disaster Risk Reduction and Management Office)
- **Cedric James W** (Environmental Specialist, Municipal Environment and Natural Resources Office)

Tuel Barangay

- **James L. Puyao** (Barangay Kagawad)

Benguet Province

- **Abner O. Lawangen, EnP.** (DRR and Management Officer IV)
- **Fernando D. Siaoto** (DRR and Management Officer IV)

NGO

- **Aliya Peleo** (CCI, Center for Conservation Innovations)

・ **Amador Peleo** (CCI, Center for Conservation Innovations)

3.1.3 調査結果

3.1.3.1 既存事例調査（結果）

資料調査及び聞き取り調査の結果をとりまとめ、表 3-1-3-1 のとおり整理した。

プロジェクト名	対象地の特徴と課題	森林消失原因とその影響	コミュニティの関わり	活動内容	参加手法	教訓
四川省森林造成モデル計画	造林が非常に困難な乾熱河谷地域(年間降水量が400mm以上であり、乾季では暑く蒸発量が高い地域)と高海拔地域(標高2,900m以上)	長年にわたる森林の伐採、急傾斜地での過放牧や耕作等により森林や草地の破壊による土壌流出の深刻化	中国政府の政策の一環で、住民は契約により造林を行う造林実施の重要な担い手とされている。造林のための労務費の受取	育苗、造林、簡易治山、普及 地元農民による造林	地域住民(少数民族の族員を含む)の意識やニーズ等を把握し、結果を活動に反映させる。参加農民に技術指導のみならず樹種の説明や労務費についても明確にし、プロジェクトに対する理解醸成に努める。	造林、環境改善には地域の貧困対策が不可欠。造林地保全事業に伴い放牧地が減少し、現金収入が減少する負のインパクトが懸念された。貧困対策について、プロジェクト外でも他プロジェクトやJOCVとの連携を通じて換金作物栽培試験等の活動で負のインパクトを最小限にするよう努めた。
四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクト	パンダ等の希少野生生物の主要な生息地であり、長江上流域の重要な水源地	マグニチュード8.0の大地震と森林植生の劣化により、地すべり、土石流、山腹崩壊、落石など災害が発生しやすい状況	治山施工地でのクルミ植栽を住民が利用し収入向上とコミュニティのレジリエンス強化に役立っている。	崩壊地の森林復旧技術	具体的な住民への働きかけの手法は報告書から確認できず。	中国側の経験も生かされ、地元の伝統的技術、地元の熟練者の採用、地元の資材を使用したコストの低減は、効率性を高めた。 林業治山技術は地元住民により農地の保全にも応用された。
ニカラガ共和国住民による森林管理計画	北部太平洋沿岸地域 傾斜地農地あり	薪炭材の生産のための森林伐採、焼畑耕作による無秩序な開拓、綿花・サトウキビ等の農地への転換等による土壌流出・侵食や生態系への悪影響。 ハリケーンによる大規模な土石流	85%以上が貧困層と言われる農村住民の自然災害の被害軽減と農業生産の持続性を考慮した森林管理や植林事業を住民によって行うというニカラガ政府の取組が背景	造林技術(植生筋工)、育苗	住民との対話を重視し、地域住民がプロジェクト実施の意味を理解することに力を注ぐ。 導入技術の選定は、ワークショップや現場での直接指導を通じて、参加者の理解を深めながら行われた。 物的なインセンティブ(資金や機材)は最低限、ブイージブルな適正技術を導入。	アクセスの悪い村落が対象とされたが、これまで協力が届かなかった地域であったことから、住民側の歓迎意識や積極的な取組姿勢につながった。 ・物的なインセンティブを最小限に抑えたことで、初期の期待値は高くなかったが、趣旨が理解されるにつれオーナーシップが醸成された。「自ら所有する土地は自らが適正に管理すること」との基本方針の下、活動計画を自ら作成した。このことから、森林保全、農地保全対策等に関する技術の習得はもとより、学んだ点がプロジェクト参加して良かった点として聞かれた。森林保全は長い年月を要する取組みであり、地域住民がモチベーションを保っていくためには、そのような自発的な姿勢が極めて重要である。
ガーナ国移行帯参加型森林資源管理計画(PAFORM)	ガーナ国移行帯における「森林保全区」は、チークを主体とする木材生産(Production)と森林資源保護(Protection)の双方を目的にその資源利用に対して規制がかけられた領域。 木材生産等の貴重な外貨収入源、水源涵養にとって貴重。	過剰な伐採や野火等による劣化	利用規制区域である一方で、地主(伝統的権威)や森林と生活が密接に関係している周辺コミュニティ等に対する森林資源からの持続的な裨益の役割を持つ「森林保全区」。 周辺地域コミュニティと切り離して管理するのではなく、地域コミュニティ開発の中に森林保全管理を位置づけて考えられる。	森林保全計画策定 森林保全外周部グリーンベルトの設置	住民に森林保全区管理に参加を要請する代わりに、森林保全区の一部を耕地利用に開放する等のインセンティブを供与する。またコミュニティの代替生計向上手段開発を支援することで住民の違法伐採関与や狩猟のための放火を軽減する。 ・計画段階からの住民参加の導入 ・生計向上活動の実施 ・環境教育の実施 周縁部の一定の土地を近隣コミュニティに配分し、住民の現金収入減となる果樹植栽の支援。	住民は森林保全区管理計画のもとで、生計向上活動やグリーンベルト活動を通じて行政(森林サービス局)が住民を支援することを認識し、住民と協働関係が構築された。女性も参加しやすくなるよう研修の曜日、時間、場所の選定を考慮する。
ネパール国地方行政強化を通じた流域管理向上プロジェクト	丘陵地帯で急峻な地形や土砂崩れの危険度が高い山間部	無計画な伐採、農地利用による土壌流出や斜面崩壊	森林の無計画な伐採は貧困を背景としたものであり、住民の生計向上と緑化、森林保全を含む土壌保全・流域管理の取組は、貧困対策、社会的弱者対策の面からも必要性が高い。	土壌保全活動、過剰伐採の防止	「土壌保全・流域管理」は直接収入向上の等のメリットにつながりにくいことから住民の関心を得られにくく、村落開発では後回しにされがちな分野であるからこそ、プロジェクトの形成段階から実施に至るまでいかに「住民の関心と主体性を引き出すか」が重視された。 彼らが望むことを、彼らが適切と思うタイミングで、彼らの意志に沿って行うこと、住民の真のニーズに応えられるよう、流域管理事業の計画策定から実施に至るまで「住民参加型/合意形成」を基本にし、プロセスを確立、定着させた。	住民にとってすべてのニーズはそれぞれに連結しており、プロジェクトの計画内容を対象セクターに限定してしまうことで、関心が薄れ主体性が消えてしまう。単に土壌保全・流域管理だけに限らず、さまざまな課題・問題まで包括して、村の優先順位をつけたものから、クリアで包括的な実行計画として実施する。

表 3-1-3-1 各プロジェクトの背景、課題、コミュニティとの関わり(1)

プロジェクト名	対象地の特徴と課題	森林消失原因とその影響	コミュニティの関わり	活動内容	参加手法	教訓
ベトナム国北部荒廃流域天然林回復計画 (RENFODA)	・少数山岳民族の移動式焼畑農業による森林消失が著しかった地域 ・東南アジア最大の水力発電所ホアビンダム集水域	農地開発や林産加工業の振興による伐採による天然林の消失	ベトナムにおける天然林回復に向けた技術開発のニーズ、特に農民が森林管理の担い手となりつつある現状を踏まえている。 土地利用に限界がある山岳地で農民を森林管理の担い手とするには、土地への依存度が低い生計手段が必要との発想に基づき、“利用可能な土地の少ない山間部で、収入の面で農民の林業活動を補完し、かつ森林回復を妨げない生計手段の創出を図る手法”である「農地保全技術」を開発する。	植林、天然更新等造林技術、苗木生産	現地入手可能な資源及び現地の条件を考慮して、林業活動に参加する農民の生計向上に資する非林業活動体系を特定 林業活動と非林業活動の最適な組み合わせとしての最適技術を特定	住民生計向上活動の波及としての近隣村落への活動の波及、試験林活動の波及としての住民による苗木生産活動、展示林活動の波及により参加者の環境保全意識の高揚が確認された。 農民の土地における試験的活動実施により、追加的収入機会の増大と農民の資金流通の改善が確認された。 「以前は違法行為と知りながら保護林でトウモロコシの栽培をしていたが、プロジェクト活動で竹を植栽したことによってタケノコからの収入が増えたため、保護林での農耕をしなくてすむようになりうれしい」
インド国ウッタラカンド州山地災害対策プロジェクト※2024年3月完了済み	ヒマラヤ山系の急峻な森林地域を擁する山間地で、森林地域を起源とする洪水・土砂災害が毎年のように発生しており、治山による水源の涵養や土壌侵食防止が課題	輪番での倒木・伐採、開発用途への土地転用	住民を対象とした活動の記載なし	治山事業（設計、調達、契約、施工、モニタリング）	植林樹種の選定などを住民参加で行う想定もあったが、コロナ感染症拡大の余波で現地業務に多大な遅れが出たことにより、住民向けの活動はほぼ行われなかった。	「ウッタラカンド州森林政策」には、土壌侵食防止に関する施策については「森林被覆を増やすことが、土壌侵食・流出を防備する」という表現のみで、治山に関する具体的な施策はない。
イランカールン河上流域における参加型森林・草地管理能力強化プロジェクト	国内最大の流域面積を有するカールン河。 近年この流域では、土壌侵食、土石流、地滑りなどの自然災害が発生。	上流域における違法伐採や家畜の過放牧による水源涵養能力の低下と土壌流亡や地滑り、洪水の被害	過剰な森林伐採や過放牧による土地の荒廃に対処すべく、植生の回復・改善、住民の生活水準の向上に係る住民参加型の森林装置管理及び代替生計手段の導入を実施	急傾斜裸地斜面に対する土壌保全と植生回復のための山腹工法である伏工、筋工	イラン政府の意向による外国人の規制の影響により対象地への渡航が困難になった。JICA専門家の渡航が出来ず各州の地域住民との合意形成が図れなかったことから、具体的な計画策定や活動の実践には至らなかった。	住民の代替生計向上の手段は多岐に渡るため、カウンターパート機関 (NRWGO) のみならず他関係機関との連携が重要である。
イラン国チャハールマハール・バフティヤール州参加型森林・草地管理プロジェクト	カールン河。 近年この流域では、土壌侵食、土石流、地滑りなどの自然災害が発生。	上流域における違法伐採や家畜の過放牧	参加型森林草地管理のための村落活動計画 (VAP) では、代替生計活動の内容を対象村落自身のニーズに基づいて決める	モデル地区の森林・草地更新、チェックダムの設置、アグロフォレストリー	住民参加による森林・草地管理および代替生計手段の導入を通じた自然資源の適切な利用	プロジェクトに参加した住民はプロジェクトから確実に便益を得たと感じているものの、独自で活動を継続することには心許なさを感じている。今後の活動継続に必要な資金へのアクセスが限られていることも住民から言及されている。
北マケドニア共和国持続的な森林管理を通じた、生態系を活用した防災・減災 (Eco DRR) 能力向上プロジェクト	国土全体の約80%が山岳地帯で、総流域面積が国土の70%にわたる。 年間土壌流失量は、8,500ヘクタールに渡る耕作可能な土壌層深さ20センチメートルの年間損失を示す。 森林のかかなりの割合が急傾斜地。	森林火災等	Eco-DRRの重要性や必要性を、住民が自分たちにつながる問題として認識、理解することを目指す	治山技術（植栽工を含む山腹工や治山ダム等の溪間工など）、斜面植林、テラス植林、生垣植林	地域住民へ好む樹木 (ニセアカシア) の聞き取り、貧困削減も考慮し住民が販売用の蜂蜜を採取することを期待するとともに、活動を通して住民が将来森を守ろうという将来の動機付けを期待して植栽。 治山施設の建設と植林地の造成には、建設地周辺の村民が作業に参加した。これらの活動への参加を通して、住民の収入向上に貢献。	流域の上流部と下流部の両方のコミュニティに対してEco-DRRに関する意識が高められた。両コミュニティが意思疎通を図り、話し合いや交渉を通じて効果的な対策を見つけることが奨励される。 森林保全活動によって影響を受けるコミュニティに対して、地元利益をもたらす追加的な方法を開発することが重要である。

表 3-1-3-1 各プロジェクトの背景、課題、コミュニティとの関わり(2)

3.1.3.2 フィリピン現地調査（結果）

3.1.3.2 (1) 環境天然資源省（Department of Environment and Natural Resources: DENR）

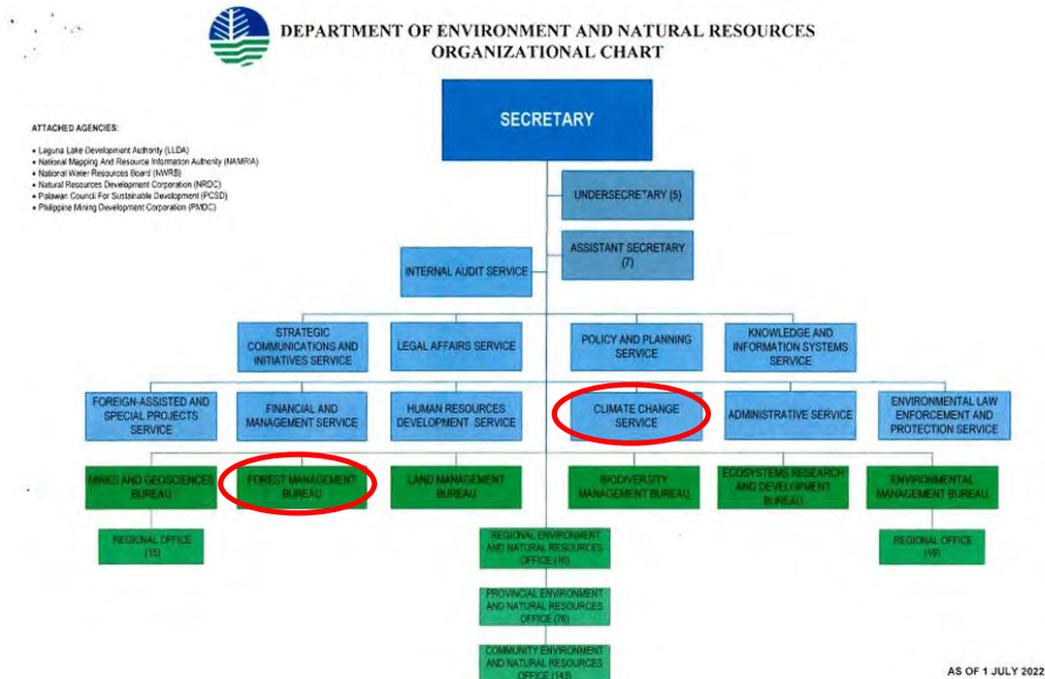


図 3-1-3-1 フィリピン天然資源環境省組織図(出典: DENR ウェブサイト)

環境天然資源省 (DENR) とは、フィリピン国の環境と天然資源、具体的には森林、放牧地、鉱物資源、公有地の保護、管理、開発、適切な使用、および法律で規定されるすべての天然資源のライセンス付与と規制を担当する主要な機関である。今回の訪問では、Climate Change Service (CCS) の担当者と面談の機会を得た。調査団から本調査の目的、事業内容の説明を行い、日本の治山技術の概要、工法の紹介などを行った。また、DENR の CCS の部署の概要説明とフィリピンの NbS 戦略に関する説明をいただいた。

【協議内容】

- DENR には Disaster Risk Reduction (DRR) の直接のセクションはない。また、フィリピンでは Infrastructure や Mitigation に関する事業は Department of Public works が管轄で、Forestry works と Public works でセクションが異なっている。日本では、砂防は国交省であるが、治山としての DRR は森林セクターで実施している点がユニークな点であると説明した。
- DENR の組織は 5 つの Management Board (Environmental Management, Mines

and Geosciences, Forest Management, Biodiversity Management, Land Management)がある。CCS は DENR の政策、計画に対する気候変動のメインストリーム化に貢献する組織である。

- 現在フィリピンには、NbS の国家的なガイドラインがないため、NbS 制度化のための文書化をしているところである。DRR も NbS の一部である。
- CCS の NbS 関連のイニシアティブとして「Urban Green Spaces National Action Plan (2022-2030)」を公表している。
- CCS の Eco-DRR 関連のイニシアティブとして「The Green Assessment Framework」を公表 (USAID の支援) している。台風関連の生物多様性やエコシステムサービスへのダメージを判断するフレームワークである。
- 日本での NbS ポリシーがあればシェアしてほしいという要望があり、日本で NbS を主に担当しているのは環境省であることを説明した。また、NbS を主に担当している環境省と治山事業を担当している林野庁とのコミュニケーションが重要であり、事業の中で直接対話する場を設けたことを紹介した。
- フィリピンの森林セクターが実施してきた afforestation や forest management の中で防災も位置付けることができると考える。しかしシンプルな afforestation と治山は異なるため、DENR に対して日本の企業等と良い連携が期待される。
- フィリピンの NbS ガイドラインは general なコンセプトを示しているだけなので、具体的な内容について日本と exchange program などができる方が良い。Forest Management Board、CCS、Public works などアイデアを共有したい。
- フィリピンでは Private company が Mining area での植生回復を求められるが、日本ではどうかという質問があり、日本でも Mining area での治山は重要なターゲットの一つであり、国有林エリアは林野庁が治山事業をしていることを説明した。



図 3-1-3-2 DENR との面談の様子(1)



図 3-1-3-3 DENR との面談の様子(2)

3.1.3.2 (2) 環境天然資源省 森林管理局 (Department of Environment and Natural Resources, Forest Management Board: DENR_FMB)

CCS との面談後、森林部局 (Forest Management Bureau, FMB) との面談の調整が行われ、FMB の4つの Division のうちのひとつ、Forest Resources Conservation Division の Environmental Forestry Section の Section chief と担当森林官と面談を行った。



図 3-1-3-4 天然資源環境省森林管理局の組織図(出典: DENR ウェブサイト)

【協議内容】

- Soil and Water conservation は FMB の重要なターゲットの一つである。Forest Resources Conservation Division の Watershed Ecosystem Management Section では、ヘッジロウ植栽やガビオンダム、チェックダムの施工を実施している。同セクションで、いくつかの Reference や Criteria、Strategy を示すことができるだろう。本日は担当者の都合がつかないため、後日オンラインミーティングを提案された。
- 2015 年に部署が開始されているが、その以前から同様の事業を行っている。Integrated Water Resource Management Plan (IWMP) の implementation を実施している。
- 参考資料が紹介された:「Standard Cost and Design for Forest Protection and Soil and Water Conservation (SWC) Measures」



図 3-1-3-5 DENR-FMB との面談の様子(1)

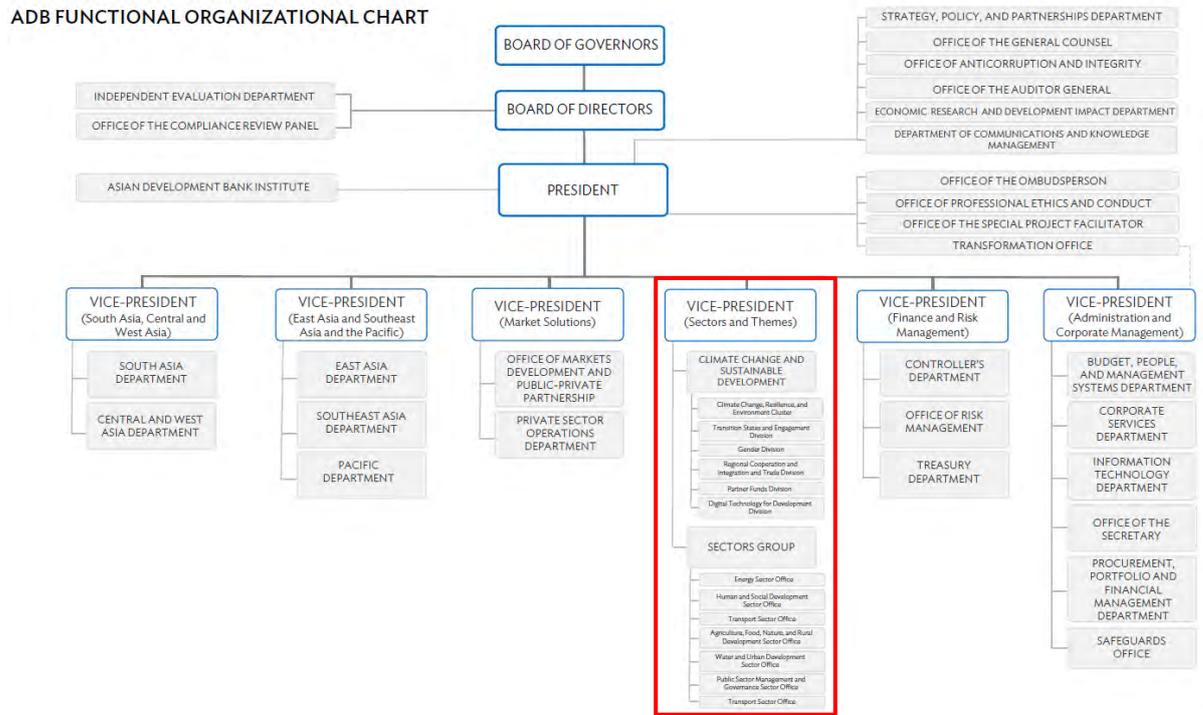


図 3-1-3-6 DENR-FMB との面談の様子(2)

3.1.3.2 (3) アジア開発銀行 (Asia Development Bank) 関係者協議

ADB のマニラ本部にて、NbS や気候変動に関わる専門家と情報交換、意見交換の機会を得た。ADB のセクター／テーマ別の組織は、大きく「気候変動と持続的開発」と7つのセクターで構成された「セクターグループ」とがある。主に、Climate Change, Resilience and

Environment Cluster (CCRE)とAgriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector (AFNR)に所属する関係者と協議を行った。



2024/00801



図 3-1-3-7 アジア開発銀行組織図(出典:ADB ウェブサイト)

3.1.3.2 (3-1) Climate Change, Resilience and Environment Cluster (CCRE)

【打合せプログラム】

Preliminary annotated agenda:

1) Opening with remarks and self-introduction (15 minutes)

- ADB environment director and research team leader will be kindly requested to deliver remarks.
- Participants will be invited to introduce themselves briefly.

2) Research overview (10 minutes)

- Research team will be invited to introduce the research outline as well as the discussion points to the meeting.
- Overview of the research to enhance mountain slope management (including Eco-DRR) in the forestry sector with perspectives from Japanese experiences and contributions (provisional)

3) Presentations (45 minutes; 10 minutes per presentation + 5-minute Q&A)

- Situation of mountain slope management in the forestry sector and perspectives to update the project formulation (Dr. Taka Furuichi)
- A review on community involvement in previous projects for mountain slope management (as Nature-based Solutions) (Ms. Sachiko Takinaga)
- A proposal of NbS project in the forestry sector in the Cordillera Range in the Philippines and potential interventions in other countries (Dr. Toru Inada)

4) Open discussions (40 minutes)

5) Any other business (10 minutes)

【参加者】

- Sugar M. Gonzales
- **Isao Endo** (Environment Specialist)
- Agnes Patricia A. Magat (Assistant)
Environment Thematic Group
Climate Change and Sustainable Development
- **Narayan S. Lyer** (Senior Natural Resources and Agriculture Specialist)
(Agribusiness)
- **Tsutomu Koyama** (Natural Resources and Agriculture Specialist) (Agriculture, Food,

Nature, and Rural Development Sector Office Sectors Group)

【協議内容】

・ADBには、DRRのみに焦点をあてたセクションはないが重要なマルチプル効果の一つである。ADBプロジェクトは7つのセクターグループの下に計画されるが、実施の段階ではそれぞれのプロジェクトが必要とする専門に合わせて各セクターから関係者を集めてプロジェクトを実施することができる。

- Agriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector
- Energy Sector
- Human and Social Development Sector
- Finance Sector
- Public Sector Management and Governance Sector
- Transport Sector
- Water and Urban Development Sector

・ADBには Environment セーフガード、Social セーフガードがあり、セーフガードに沿って例えばジェンダーや Climate Change、DRR などの視点が必要であれば、その専門を持つものが含まれる。関連性が高いのは Agriculture, Natural Resources and Rural Development や Water and other Urban Infrastructure and Services などだろう。Forestry 分野は Agriculture, Natural Resources and Rural Development に含まれる。

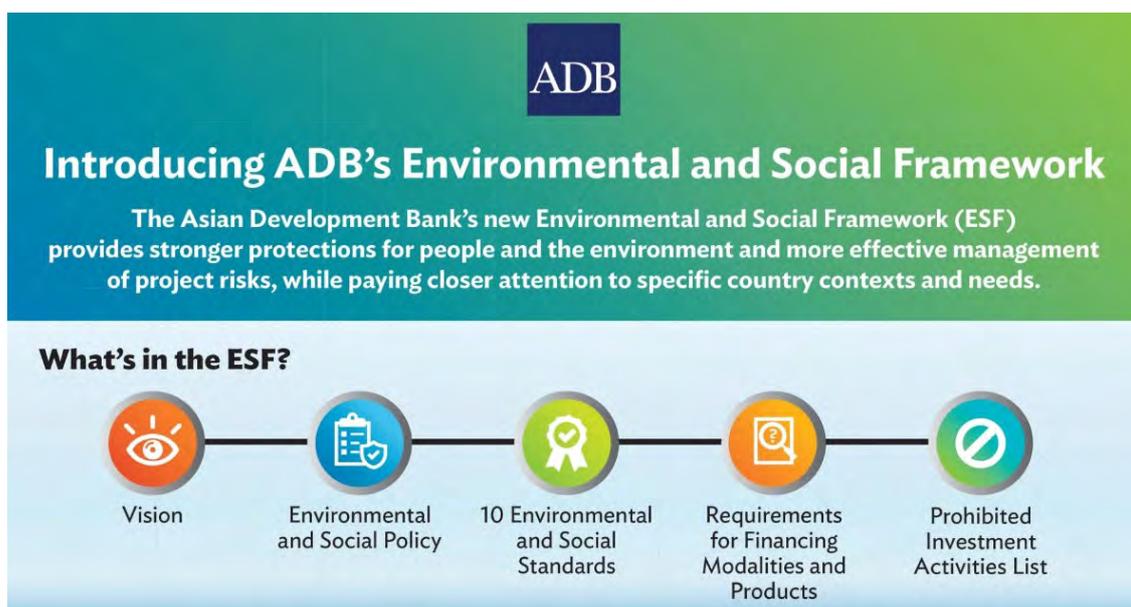


図 3-1-3-8 ADB プロジェクトにおける環境・社会フレームワーク

<https://www.adb.org/who-we-are/safeguards>

【解説】 環境・社会フレームワーク(ESF)は 2024.11.22 に ADB 理事会により承認され、セーフガード政策声明(2009年)に代わって全ての新規プロジェクトに適用される。

ADB が資金提供、管理するプロジェクトに関して義務的に負う環境・社会責任を規定

1. 環境と社会の持続可能性に関する ADB の長期目標ビジョン
2. ADB が資金提供および管理するプロジェクトにおける必須の環境および社会要件
3. 借入国、クライアントに対する必須要件の 10 の環境社会基準
4. ADB が提供する融資モダリティに環境社会要件がどのように適用されるかを説明
5. ADB の融資の対象とならない禁止されている投資活動の一覧

ADB の環境セーフガードは、プロジェクトにおける環境の健全性と持続可能性を確保し、プロジェクトの意思決定プロセスに環境配慮を組み込むことを目的としている。借入国がプロジェクトの環境影響を特定してその重要性を評価し、代替案を検討し、環境管理計画を準備、実施、監視することを義務付けている。開発プロジェクトによる強制移住や先住民の権利の脅かしなどを含む社会的な影響にも目を向けている。

・NbS は、NbS そのものからどのように経済的なベネフィットを得られるかが重要な Challenge である。NbS のようなプロジェクトで Financial Return を justify することは難しいが、ADB には Department of Economic Research があり、プロジェクトの実施チームには彼らも含まれている。彼らの業務はプロジェクトのベネフィットアナリシスを行うことである。また、彼らは Natural Capital のベネフィットアナリシスに関する方法論を development しているところである。

・Private sector の参画促進に関しては、Business Opportunities Fair を開催し、ADB プロジェクトへのソリューション、サービス等の提供を希望する民間企業と ADB とのビジネス交流のためのイベントを開催している。



図 3-1-3-9 アジア開発銀行面談の様子

3.1.3.2 (3-2) アジア開発銀行 CCRE¹-AFNR² Joint Seminar “森林・自然資源管理セクターにおける Nature-based Solutions”

我々の訪問を機会として治山技術紹介セミナーが ADB 小山職員（農林水産省から出向）を中心に ADB 内部で企画され、対面とオンラインのハイブリッドで開催された。ADB の各国の支部組織からも 40 名以上のオンライン参加者があった。

【セミナープログラム】

13:30 p.m. – 13:35 p.m.

Opening Remarks

Toru Kubo, Senior Director, Climate Change, Resilience, and Environment, ADB

13:35 a.m. – 14:05 a.m.

Mountain slope management as nature-based solutions for degraded lands and disaster risks

Taka Furuichi, Ph.D., Research Specialist, Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI

Example of mountain slope management plan using aerial survey data and current uses of satellite imageries for forest management

Toru Inaba, Ph.D., Deputy General Manager, Overseas Operation Section, Asia Air Survey Co., Ltd.

14:05 a.m. – 14:25 a.m.

Discussion

Led by Narayan Iyer, Senior Natural Resources and Agriculture Specialist (Agribusiness), AFNR, ADB

Q & A

14:25 a.m. – 14:40 a.m.

Closing Remarks

Qingfeng Zhang, Senior Director, Agriculture, Food, Nature and Rural Development Sector Office, ADB

Moderator:

Shingo Kimura, Principle Natural Resources and Agriculture Economist, AFNR, ADB

【参加者】

- ・ **Karma Yangzom** (Principal Environment Specialist)
Climate Change, Resilience, and Environment Cluster

¹ Climate Change, Resilience and Environment Cluster

² Agriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector

- **Isao Endo** (Environment Specialist)
Environment Thematic Group,
Climate Change and Sustainable Development
- **Narayan S. Lyer** (Senior Natural Resources and Agriculture Specialist
(Agribusiness))
- **Au Shion Yee** (Principal Water Resources Specialist)
- **Tsutomu Koyama** (Natural Resources and Agriculture Specialist)
- この他、Agriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector Office, Sectors Group などから 40 名以上がオンライン参加

【協議内容】

- GI (Green Infrastructure) と NbS のプロジェクトコストの比較については、ランドスケープに合わせた 4 タイプの治山技術、緑化と構造物の組み合わせ次第となる
- 急傾斜地などでは土地の安定化なくして植林を行うことは難しく、山地斜面の緑化のために適用する治山技術は NbS と言える
- 地すべりを完全に防ぐことは難しいとしても、緩和したり遅らせたりすることはできる。
- 治山に適した樹種、モノカルチャーでの植林の是非などの課題に対し、生物多様性の視点、より早く土地を安定させるための早生樹種の視点などがある一方、コミュニティニーズや local knowledge の視点も重要である。
- サテライトイメージでの、森林被覆や質的、量的な改善のモニタリングが可能かどうかについて、要求する解像度によりコストが異なるが、1 本 1 本の樹木を判定する技術も試行されており、将来的に詳細なモニタリングが可能
- Landslide を AI で分析する技術について、現状は landslide が起きた後にその詳細(いつ頃起きたか等)を分析するものになっている。
- インドでは深刻な斜面崩壊が頻繁に起きている。人口が多い地域での治山技術適用について、ベトナムではエンジニアリングな治山技術も NbS 的な治山技術も両方備えており、ランドスケープにあわせた適用をしている。
- NbS のコストベネフィットの明確な結論はまだないが、対応すべき課題であり、ADB によるスタディに期待したい。治山のタイムラインは他のエンジニアリングな技術に比べ木の成長に要する時間がかかる。



図 3-1-3-10 アジア開発銀行ジョイントセミナー

3.1.3.2 (4) Municipality of TUBLAY, Province of BENGUET

フィリピンの地方自治体は、州(Province)、町(Municipality)、バラングイ(Barangay)の3つの層で構成されている。本調査の対象地は、ルソン島にある Cordillera 行政地域に属するベンゲット(Benguet)州に属する13のMunicipalityの一つTUBLAYに位置する。

「Environmental Disaster Risk Assessment for the Municipalities of Benguet Province Cordillera Administrative Region (CAR), Aug/2021)」

Benguet 州は85%の土地が30度以上の傾斜を持つ。非常に急峻な地形で地すべりやその他の地殻変動、侵食の影響を受けやすい地域が多く含まれる。5月から10月が雨季、11月から4月が乾季である。最大降水量は約3,463mm、平均気温は15~23°Cで冷涼な高地生態系である。このため、作物栽培が盛んであり、夏は避暑地として多くの観光客が訪れる。また、多くの先住民族、文化コミュニティがある。

Benguet 州の州都はラ・トリニダード(La Trinidad)であるが、最大の都市はバギオ(Baguio)である。Baguioは州にならない特別経済区のような扱いである。1898年からこの地はアメリカが植民地としており、1946年の独立まで支配が続いた。アメリカによる避暑地開発が行われてきた背景から、比較的富裕層や中間層が多く、アメリカ統治時代に設立された政府機関やそれを引き継いだ研修所などが残る。

FAO プロジェクトは中央の政府組織ではなく、Municipal government をカウンターパート機関としてプロジェクトを実施した。小規模なプロジェクトであることも関係するかもしれないが、

地方行政組織をカウンターパートとしたことで事業予算の確保や活動の機動力の高さなどのアドバンテージが生まれた。市長は、DRR の重要性を認識し、この地域での活動の必要性を認識していた。

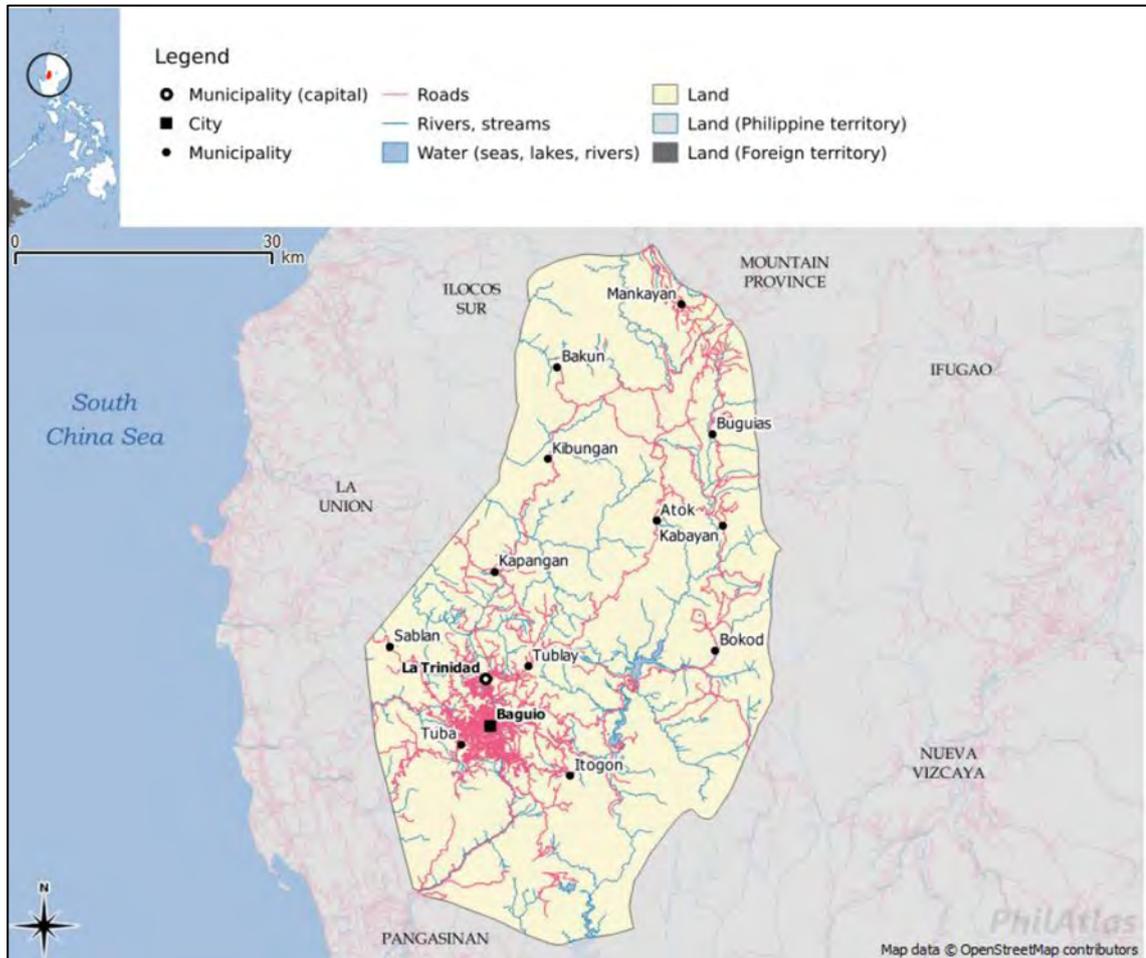


図 3-1-3-11 Benguet 州地図

(出典: Environmental Disaster Risk Assessment for the Municipalities of Benguet Province Cordillera Administrative Region (CAR), Aug/2021)

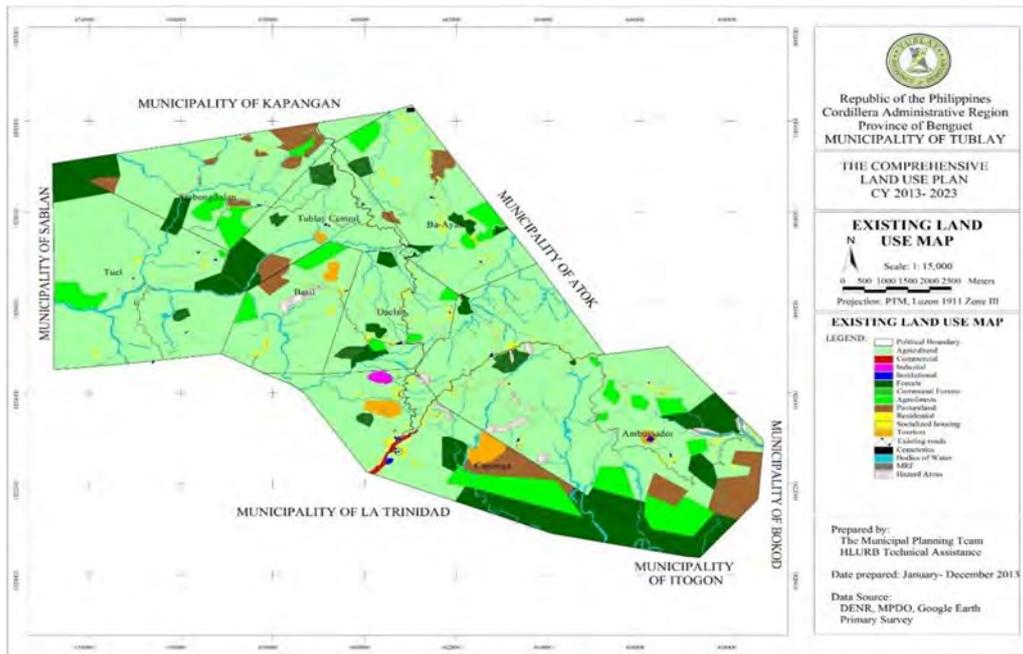


図 3-1-3-12 Tublay の土地利用図

(出典: Scoping of Environmental Disaster and Climate Vulnerability Assessment Needs of Tublay, Philippines Final Report)



図 3-1-3-13 Tublay 市長との面談

【面談者】

Tublay Municipality

- **Armando I. Lauro** (Mayor, Municipality of TUBLAY, Province of BENGUET)
- **Sharmaine J. Vicente** (Disaster Risk Reduction and Management Office)
- **Cedric James W** (Environmental Specialist, Municipal Environment and Natural

Resources Office)

NGO

- **Aliya Peleo** (CCI, Center for Conservation Innovations)
- **Amador Peleo** (CCI, Center for Conservation Innovations)

フィリピンでは全ての Municipality に DRR ユニットが存在する。主な業務は、救急や被災地域の復興などが主である。Tublay のユニークな活動の一つに、地域の 3D 模型を作成し地域住民の協力により土地利用区分や施設をマッピングした 3D 模型を作成している。



図 3-1-3-14 地すべり、洪水のリスクマップ

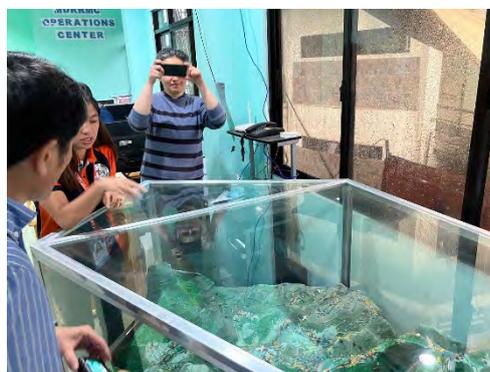


図 3-1-3-15 3D 模型

3.1.3.2 (5) Tuel Barangay

Tublay Municipal に属する 8 つの Barangay³の一つである Tuel Barangay の Communal Forest にて行われたプロジェクト活動実績を視察した。Communal Forest への利用圧の最も大きな産業は花卉栽培と農業である。特に花卉栽培は農業より経済的な利益が高く、違法な耕作、農薬利用などによる環境汚染が問題となっている。これらが、Communal

³ Ambassador, Ambongdolan, Ba-ayan, Basil, Caponga, Daclan, Tublay Central, Tuel

Forest にも侵入しつつある。

また、焼畑栽培や乾季の野火や人為的要因による森林火災も問題となっている。防火帯の役割としてショウガ植栽を行っている。また周辺の住民のガス利用率も高いが、薪炭とは半々ぐらいとの説明であった。しかし薪炭利用のために Communal Forest の木が伐採されることはほとんどないとの説明であった。

農業や花卉栽培による利用圧を抑えるため、代替的な収入源として行う主要な活動は傾斜地でのコーヒー栽培である。「Farm to Cup Philippines」がコーヒー植栽のパートナーNGOとなっている。NGO は主に USAID から支援を得ており、技術指導や苗木提供などでプロジェクトと関わっている。Communal Forest は地域の住民全ての財産である。コーヒー植栽活動に参加しているのは既存の女性グループ 20 名が元となった活動グループを中心として、グループ外の男性も作業内容により参加している。コーヒーは市場での需要が高く現金収入として期待が高い。収入を得た場合は、活動グループの中で分配される。また、グループ外でも作業への参加に応じた報酬が分配される。



図 3-1-3-16 斜面での樹下コーヒー植栽



図 3-1-3-17 コーヒー植栽



図 3-1-3-18 カウンターパートとの現場協議



図 3-1-3-19 プロジェクトのパナー

【面談者】

Tuel Barangay

・ **James L. Puyao** (Barangay Kagawad)

【協議内容】

Tuel Barangay の人口は 1,000～1,200 人程度であり農業が主産業である。Barangay に分配される DRR 予算はわずかであり、70%がファーストエイドキット、30%がレスポンス(避難、救急対応)に使われている。植林に対するモチベーションはあり、特に広葉樹を植えたいという意思がある。

FAO プロジェクトは Tuel Barangay にとって初めての国際プロジェクトであった。プロジェクトから得た便益については、コーヒー植栽、Communal Forest Management Plan の策定、植林、マッピング、研修が挙げられた。特に防災関連ではランドスライドが問題であるため、関連する facility への要望は高い。

住民がプロジェクトから得たものとしてあげたものは、コーヒー植栽であり、コーヒーの販売か

ら得る利益への期待が高い。伝統的な防災に関するナレッジは水路を作ることであった。Communal Forest Management Plan は全ての Communal Forest で策定できているものではないが、このプロジェクトの支援で計画を策定することができた。計画の中の特徴として、住民が要望しているものはツーリズムの実施である。アグロツーリズムもしくはコーヒーツーリズムと銘打ち、コーヒーの製造過程体験などを通じたツーリズムの実施を目指している。これから実施したい活動内容には防火帯としてのローカルバナナの植栽があげられた。Communal Forest の管理で苦勞することは、広大な土地のモニタリングを行うことであった。



図 3-1-3-20 Tuel Barangay オフィスでの面談

3.1.3.2 (6) Provincial Government of Benguet Disaster Risk Reduction and Management Office

Benguet 州政府の DRR ユニットの担当者と面会の機会を得た。調査団の提案する Eco-DRR の考えに共感し、当該地域での実施の意義が大きいとの考えが聞かれた。この地域の伝統的な知見を使い Benguet に合う治山に対する期待を感じた。

ADB へのアプローチをしていることについて、先方はローンで実施することは難しいとの意見であった。また、州政府が直接協力のカウンターパートとしての窓口になれると良いのだが、ADB の支援を受ける場合は中央政府が窓口にならなければならないとのことであった。また、研究機関、大学機関との提携による事業の実施の可能性も聞かれた。



図 3-1-3-21 Benguet 州オフィスでの面談

【面談者】

Benguet Province

- ・ **Abner O. Lawangen, EnP.** (DRR and Management Officer IV)
- ・ **Fernando D. Siaoto** (DRR and Management Officer IV)

3.1.3.2 (7) Ambongdolan Barangay

調査地への道中で日本の道路防災協力による落石防止用ネットが見られた(2015 頃)。道路沿いの斜面はほとんどが崩壊の危険のある状態であり、国道沿いで前日の降雨により朝方斜面崩壊が起きた道もあり、斜面が崩れることが日常茶飯事になっている状況であることが分かる。国道、州道、Barangay 道路とそれぞれ管理の管轄が異なるため、国道や州道の崩壊の場合は、Barangay の現場職員は報告のみを行い、管轄の担当者の対応を待つことになるという縦割りの構造となっている。

道沿いの斜面崩壊防止対策は道路防災の管轄であるが、ここでも日本の技術や治山業者の技術が適用できる余地は大いにある。



図 3-1-3-22 国道沿いの落石防護ネット



図 3-1-3-23 国道沿いの斜面崩壊の様子

Ambongdolan Barangay の Communal Forest での主な活動は在来樹種の植林と防火帯へのショウガ植栽である。苗木は森林内で種を収集し、自分たちで作っている。将来的に数が多くなれば販売することも視野に入れている。Ambongdolan Eco-DRR という NGO をパートナーとしている。Eco-DRR グループの主な活動は植林と苗木生産である。Tuel と同様にツーリズムとして Communal Forest を利用することを考えており、そのために森林を改善していきたいと考え在来樹種の植林を要望している。急傾斜での土砂流出防止が直接的に行われていたが、さらに具体的な治山技術支援があればより効果的であろう。

Ambongdolan の Communal Forest は 28ha と広大である。森林からは高価なキノコが収穫できる(400 ペソ/kg)。コーヒー植栽は FAO プロジェクトの前から Municipal のプロジェクトで行っており、既に利益を得ていた。コーヒーからの利益により、森林への利用圧が抑えられている。しかし、一部のコーヒー植栽エリアでは、適切な管理が行われておらず、コロナがきっかけでバイヤーが来なくなったことで、活動が停滞している。



図 3-1-3-24 Communal Forest 内の苗木生産



図 3-1-3-25 ショウガ植栽の防火帯

プロジェクトから得た知識や技術として住民からあげられたのが、苗木生産や植栽技術(植栽間隔)、Geo Tag アプリ、灌水方法(ペットボトルでのドリップ方式)、樹種成長モニタリング、マッピング、シードコレクション等である。

これまで外からの苗木を使って植栽していた際は、活着率が良くなかったが、Communal Forest 内で収集した種からの苗木では活着するようになった。



図 3-1-3-26 Ambongdolan のコミュニティメンバーとの面談

人口は 1,000～1,200 人程度と Tuel とほぼ同程度である。Communal Forest Management Plan(CFMP)は Draft 段階であるが、主要な活動計画は植林、コーヒー、エコツーリズムである。地域のツアーガイドは 12 人おり、夏の暑い時期に避暑地としてこの地域に訪れる人が多い 3～4 月の収入源となっている。

3.1.3.2 (8) Benguet 州現地調査結果のまとめ

本対象地は、急峻な地形で雨量の多い雨期に特に災害リスクが高まるエリアである。FAO プロジェクトは Eco-DRR を主目的とした事業であったが、コミュニティとの関係づくりから取り組んでいることが分かった。特に主要な活動であるコーヒー植栽は、森林内での植栽、森林利

用圧をさげるためのコミュニティの収入源として有望な活動でありコミュニティの関心が非常に高く、プロジェクトへの協力を引き出していることが良く分かった。一方で、土砂流出の防止などのための活動は未だ限定的な段階であり、住民との信頼関係の構築に伴って今後次第に進められていくことが期待されていた。すなわち、住民参画が重要であるという方針の下、住民が喜ぶ収入向上関連の活動を効果的に行うことで、コミュニティとの関係性を構築し、プロジェクトへの関与を促進し、そのことを契機として Eco-DRR や防災・減災への意識を研修等の活動を通じて普及することを実現するというアプローチである。住民からも防災に関する重要性や森林の重要性に関する考えは聞かれ、これらは研修による awareness 活動の成果によるものと考えられる。長期的な計画のもと、住民参加活動をどう位置付け防災・減災につなげていくかという方針、戦略が重要である。

対象地はこれまでヒアリング調査で聞かれた JICA プロジェクト対象地のように荒廃・劣化が顕著に顕在化した山地とは異なるが、斜面崩壊多発地であり、道路斜面が崩れていることも極めて頻繁で防災に関する関心とニーズは高い。計画的な土地利用と植林による地表の安定化を意図する Eco-DRR を通じてこの地域の状況を改善するプロジェクトを検討することは可能であろう。一方で、リスクの高いエリアを地図で示すリスクマップには改善の余地が見られた。それぞれの Barangay ではリスクマップを作成し掲示しているが、それは小縮尺マップに傾斜分布を示したものに過ぎず、事業において参照するには改善が必要である。必要な場所に必要の投入を検討するために、まずは適切な縮尺でリスクマップを整えることが肝要になるだろう。

3.1.4 考察

3.1.4.1 プロジェクト対象地とプロジェクトの狙い（目的）

対象地はいずれも周辺に住民が居住しており、農業、牧畜などの生計活動を行っている。プロジェクト対象地はそうした生計活動などに伴って、農地転換、放牧、焼畑農業による火入れなどの人間の経済活動に由来する森林減少が見られる地域である。森林が減少した地域は、山間部あるいは河川流域の上流部に位置しており重要な水源地であるなどの特徴を持ち、森林減少に伴う土壌劣化、土壌侵食が起これ下流域への土壌流出被害や水源供給機能の劣化が見られている。多くの場合、プロジェクトの狙いは森林減少によるそうした土地劣化や下流域への負の影響を軽減して状況を改善することにあることが分かった。このことはプロジェクトのタイトルからは必ずしも読み取れず、この点にこそ森林セクターの途上国支援において治山技術が適切に位置づけられてこなかった、あるいは適切に認識されてこなかったことの一部が現れていると考えられる。治山プロジェクトと位置付けられていないプロジェクトであっても、植林や保全を行うために簡易な治山工法を導入することで、まず土地を安定させるという考え

の下活動が行われており、実質的に治山プロジェクトと捉えることができる内容になっている。

3.1.4.2 森林とコミュニティとの関わり の 枠組み

プロジェクト対象地はいずれも周辺に居住する現地住民がおり、彼らの農地利用や現金収入を得るための経済活動が起因して森林減少につながっていることが背景にある。すなわち農民の貧困問題も同時に抱えているという点で、単純に規制のみでは森林保全につながらず、森林減少・劣化と住民の貧困問題、どちらの問題にも同時に対処することが有効であるという観点でのプロジェクトコンセプトとなっている。また、多くの対象地で住民は伝統的に森林の周辺に居住しており森林資源を利用している。生活をしていく上で森林に依存し、その恩恵を受けている立場の周辺住民が、森林保全、管理の担い手となるという考え方がなされている。また、荒廃の原因となる住民の活動(耕作、放牧)や意識に変化がなければ、森林保全や復旧の効果や持続性が発揮できないという、住民の関与が不可欠であるということが全てのプロジェクトに共通した考え方であった。住民の行動や理解の変容はプロジェクト期間中の5年程度ではなかなか難しいため、プロジェクト効果の持続的発展のためにコミュニティとの関わり、働きかけが重要であるということは、相手国カウンターパート機関にも理解してもらう必要がある。そのため、プロジェクトでのデモンストレーション等をカウンターパート機関と共同で実施し、そのプロセスや便益を相手国の行政機関に植え付け、政策支援や規制につなげていくこともプロジェクトの重要な目的となる。開発援助の基本的な枠組みであるが、治山プロジェクトにおいてもこのことを確保する必要がある。

3.1.4.3 住民の参加を実現するための手法

具体的に住民の関与を得る、あるいは住民を巻き込むための活動として共通した課題としてあげられたのが、植林活動や治山活動そのものは住民にとってインセンティブとはならないという視点である。これまで住民が放牧や資源採取のために利用していた土地で植林や治山簡易工事を行うことで、一時的に住民にとって資源へのアクセスが絶たれるなどの不利益となる事例があった。また、植林から利益を得るまでには木が成長するまでの期間を要するため、それまでの経済的な支援が必要となる。これらのことから、森林資源の利用圧を下げるためのインセンティブとなる活動として、ほぼ全てのプロジェクトで住民の生計向上につながる活動が行われていた。JICAプロジェクトは通常3~5年のプロジェクト期間となっているため、住民参加の手法として、そのほとんどが労賃の提供や生計向上に資する活動をセットで行う事業設計となっている。薪炭材や農地利用、放牧のために違法伐採を行う住民にとって、その代替手段がなければ、これまでの行動を変えることはできない。そのため、代替の生計確保手段をプロ

プロジェクト活動で行うことが多くのプロジェクトに共通するアプローチ(活動の枠組み)となっている。例えば、中国四川省では、森林造成事業に伴い放牧地が減少し家畜からの現金収入が減少して住民の生計手段が失われてしまうという負のインパクトに対して、植林への住民の労働提供に対して賃金を支払うことで対応する設計になっていた。また、住民の要望する生計活動内容もプロジェクトによって、森林セクターに関連するもの、森林セクターに関わらず住民の要望重視で選択するものと、それぞれ特徴があった。

多くのプロジェクトでは、初期は住民にとって魅力的なインセンティブを提供することで、森林管理活動に参加を促し、その効果や恩恵を理解してもらうプロセスを経て、活動が根付くことを成果としている。住民がプロジェクトの目的を理解し、自らの意思で活動内容を決定するというプロセスを重要視している。すなわち住民のオーナーシップを高め、持続的に活動を実施していくための意識形成を促すというアプローチである。また、その先には住民自身が短期的な経済インセンティブを超えて、森林や環境が自分たちの財産、資源であることを理解し、長期的な視点で何代にもわたり残すべき資源の適切な利用を考える発想、思考力を得ることにつながる。

住民の参加を効果的に行う上で、「グループ化」、「ワークショップ等による意見の聞き取り」、「計画やプロセスへの意思の反映」、などのキーワードが多くのプロジェクトに共通している。初期段階でニーズ調査を行い、取り入れる森林技術の種類を検討、それら技術の優先順位付けを住民が自ら行い、住民自らがルールづくり、問題解決に関わることでキャパシティディベロップメントを実現していた。

これらの住民参加型手法のメソッドについては、山地防災に関わるプロジェクトのみならず JICA の森林管理プロジェクト全てに共通した思想として、90 年代以降から続いている。

3.1.4.4 今後のプロジェクト実施上の方向性

資料調査、インタビュー調査結果を通じて得られた知見を基にして、今後の治山プロジェクトで住民の関与を得ながら活動を進めていく上での方向性を以下の 6 点にまとめ整理した。

- (1) 住民のオーナーシップの醸成
- (2) 属性の異なる住民へのアプローチ
- (3) 目に見えにくい土壌保全の重要性を生活に関連付ける意識づけ
- (4) 森林の多面的機能を活用したシナジー効果と長期的な取組み
- (5) 相手国の治山技術の受け皿の見極めと日本の治山技術の伝達
- (6) 他セクターとの連携、政策へのアプローチ

(1) 住民のオーナーシップの醸成

住民の主体性について多くのプロジェクトで言及されているのが住民のオーナーシップや自主性である。どんなプロジェクトにも必要なことではあるが、森林という長期間に渡る活動の維持を実現するためには、現場にいる住民自身による自主的な関与が非常に重要である。ニカラグアでは植林の対象地に住民の私有地も含まれているため、「自ら所有する土地は自らが適正に管理すること」という基本方針を掲げ、住民の意識やオーナーシップ醸成を通じて、自ら計画・立案し、それに基づいて取組みを実践することの重要性を強調しインパクトを与えた。また、提供する資材は必要最小限に抑えるなどにより、プロジェクトは全てを提供してくれる存在ではなく、住民の自立発展性や問題解決能力の向上に配慮すべきとの考えが根幹となっており、プロジェクトの現場でも時間をかけて浸透させている。これは既往プロジェクトでの取組みが育んだ大きなアドバンテージであろう。

さらに多くのプロジェクトでは、プロジェクトの実施体制の中に、地域の社会や森林などをよく理解し、住民と行政の橋渡しの役割を担える人材を地域雇用し、有効性を発揮したという。このような人材はプロジェクト中の活動にも有用だけでなく、プロジェクト終了後も地域のための活動をフォローする役割としても重要な役割を担う。

(2) 属性の異なる住民へのアプローチ

住民と一口に言っても、森林資源への依存度や生計基盤など様々である。特に上流部と下流部住民は、森林への依存度やその恩恵が異なるため、プロジェクトの意義や活動の説明も異なるものとなる。例えば、イランのプロジェクトは遊牧民と定住民がいる地域での活動であったため、遊牧民と定住民それぞれへのアプローチが異なることに苦悩したという。定住民と草地復旧の活動をしていたところ、遊牧民により崩されてしまった事例もあり、遊牧民も巻き込んだ住民組織体制を形成することの難しさが聞かれた。イランと同様の遊牧民の多い荒廃地での復旧には同様の課題がある。また、少数民族や社会的弱者が含まれている地域では、住民グループの形成にも工夫が見られた。インドのプロジェクトの場合は、既存の住民行政組織に女性が含まれていない場合があり、女性の参画のために女性グループ向けの活動を取り入れるなどしていた。また、中国やニカラグアのプロジェクトでは、住民グループ自身で貧困層を活動参加者として選ぶなども行われていた。

(3) 目に見えにくい土壌保全の重要性を生活に関連付ける意識づけ

土壌保全を目的として植林や治山活動を行う場合、その意義や重要性を住民に理解してもらうことが必ずしも簡単ではない。年間数 cm の土が動くことが、住民の生活にとって重要であ

るという実感を得ることは難しいからである。土壌保全や土壌流出防止などは住民にとって優先順位の高いものではない可能性が高いため、住民にとってより身近で優先度が高いものとの関連で説明をすることが効果的である。例えば牧畜民であれば草本植生が復旧することで家畜の餌が増えること、農民であれば土壌が安定化することや土壌改善により農作物の収量が増加すること、雨の日でも町までの道がなくなる、などの生活や生計に直結するものとして意識されるような住民との対話が必要である。また、施設型の治山事業であれば防災・減災のはっきりとした効果が目に見えやすいが、NbS 型の治山では植えた木が成長するまでには時間がかかるため、プロジェクトの効果が目に見える形ですぐに発現することが困難である。そのため、活動が何を目標しているのか、何のために行われているのかという点を、住民自身が活動の主体となって行うことで実感し、外部の第三者に自分たちの言葉で説明することを通じて、意識づけや理解促進につなげていくことが重要である。活動の意味を理解し、自分たちの生活にとって有益であることが実感できれば、住民自身の認識や行動の変化につなげることができる。

また、費用便益や定量化に関する考察への取組みがいくつかあり、ADB でも経済的便益に関する調査研究が行われている。このような指標を利用することでも具体的な有効性を実感してもらうことが期待される。

(4) 森林の多面的機能を結び付けたシナジー効果の追求とそのための長期的な取組み

森林とは様々な機能を有しているため、治山を目的とした植林や土壌の安定化などを行うことで、生態系保全や資源増加による経済的な利益、水源涵養など複数の効果を併せて発揮することが期待できる。森林が多面的な機能を持つというアドバンテージに注目することで、特定の目的だけでなく、プロジェクトに複数の多様な効果、意義を持たせることが可能となる。また、森林管理は地域(コミュニティ)開発の一部であり、コミュニティ開発という大きな枠組みの中に生活改善につながる森林保全活動を位置付けることも重要な視点である。その際に森林の持つ多様な機能間のシナジーを意識していくことは大変重要である。さらに、植生回復や簡易的な治山活動は木の成長期間を要し短期で効果が発現することは難しいため、プロジェクト期間が5年間と短い場合においても、プロジェクト終了後も20年、30年と活動が継続する前提での計画づくり、仕組みづくりを前提としてカウンターパート機関、住民組織とプロジェクトを実施していくことが重要である。

(5) 相手国の治山技術の受け皿の見極めと日本の治山技術の継承

海外での技術展開を行う上で重要なことの 하나가、相手国の受け皿(政府組織、住民組織)

の見極めである。多くの国では、森林セクターのカウンターパート機関に治山を行う部署や組織が存在していない。そのため、相手国の森林部局や森林官からすると、なぜ治山事業が自分たちの仕事になるのか分からないということになったという事例も聞かれた。このような状況で、例えばプロジェクト期間中だけ、外部の技術者を雇用して活動を行ってしまうと、プロジェクト終了後に技術が森林部局に残らないなどの問題が生じてしまう。ニカラグアでは、プロジェクト期間中に形成した組織が、後に行政機関に組み込まれる継続されるという成果があったが、このような事例はなかなか難しいため、どこが受け皿になるのか、現地の住民コミュニティも含めてプロジェクト開始時から見極めておくことは非常に重要である。

また、現在途上国等で問題になっている荒廃地復旧型の治山技術は現在の日本では適用される必要性が減り、その技術を担う技術者が日本国内で急激に減っていると言われている。現役の技術者でも既に知識として知っているのみになってきつつあるという指摘もあった。失われつつある技術をどのように残すかという国内の森林セクターとしての重要課題の一つが浮き彫りになった。100年以上の治山技術の実績を持ち技術蓄積をしていることは日本のユニークで貴重な経験である。この日本が持つ治山技術をどう残し、世界にアピールしていくかをもう一度日本の中で治山技術を再整理し確立させることが重要であろう。また失われつつある技術者の養成については、海外の現場での事業を通じて日本で培った技術が残っていく可能性があるという意見も聞かれた。これらのことも今後治山技術を海外で展開して普及発展させる上で重要な視点ではないだろうか。

(6) 他セクターとの連携、政策へのアプローチ

マケドニアでは森林セクターの管理する林地の森林荒廃原因が牧畜民の過放牧であるという事例があった。本来、牧畜の規制や家畜頭数管理については、牧畜セクターや農業セクターといった異なるセクターの担当であり、森林セクターができることがほとんどない。しかし、実際に問題が起きている場所が林地であるため、森林セクターとしてはこのことを無視することができず、関わらざるをえないのが実態である。複数のセクターと連携し、どこにアプローチすれば問題が解決するのか協力して考えていくことが重要である。

また、治山技術の受け皿となる組織体制づくりや、技術者の養成は現場の森林官だけでなく、組織のトップや政策決定者と考えていくべき課題である。その他、政策や規制に対してボトムアップで現場から見えてくる課題や問題を反映していくことが重要である。このことは、機会がなければなかなか手をつけにくい問題であるため、まさにプロジェクトという第三者の介入を利用して推し進める意義のあることである。セクター連携や政策反映などをあらかじめプロジェクトの枠組みの中に位置づけることで、プロジェクト効果の持続的発展に寄与することができる。

3.2 防災・減災対策などに活用可能な森林分野の知見や技術

3.2.1 ADB 案件形成と公示後の実務に関するウェビナー

本事業では森林分野、特に治山分野における日本企業の海外展開を国際開発金融機関等の国際資金を活用して実現するための情報収集と課題分析を進めてきたが、日本との関係が深いアジア開発銀行(ADB)においてさえも、如何に案件が作られていくのか、その過程で企業がどのように関わっていけるのか、案件公示後はどのように業務が進むのか、などについて、フィリピン現地調査の結果を踏まえても、明確な輪郭は未だ描き切れていなかった。この状況を踏まえ、ADB マニラ本部で案件形成に携わる ADB 職員、及び ADB 案件の実施に携わる日本企業関係者をお招きし、ADB における案件形成のフローと案件公示からの対応及び業務実施について経験を話して頂く機会として、2025 年 2 月 12 日(水)14:00-16:00 に「森林分野におけるアジア開発銀行(ADB)での案件形成のフロー及び案件公示後の対応」と題するウェビナーを開催した。このウェビナーは ADB 本部と特に森林分野の日本企業とのネットワーク作りの一環となることも意図して実施したものである。

森林分野におけるアジア開発銀行(ADB)での 案件形成のフロー及び案件公示後の対応

1. 趣旨

本事業では森林分野、特に治山分野における日本企業の海外展開を国際開発金融機関等の国際資金を活用して実現するための情報収集と課題分析を進めてきましたが、日本との関係が深いアジア開発銀行（ADB）においてさえも、如何に案件が作られていくのか、その過程で企業がどのように関わっていくのか、案件公示後はどのように業務が進むのか、などについて明確な輪郭は未だ描き切れていません。このような背景の下、ADB マニラ本部で案件形成に携わる ADB 職員、及び ADB 案件の実施に携わる日本企業関係者をお招きし、ADB における案件形成のフローと案件公示からの対応及び業務実施について、ご経験をお話頂きます。本ウェビナーは ADB 本部と特に森林分野の日本企業とのネットワーク作りの一環となることも意図しています。

2. 日時

2025年2月12日（水）14:00-16:00（JST）

3. 会場

Microsoft Teams 上でのウェビナー。

会場へのリンクは、参加申込者に対して当日までに登録されたメールアドレスへ送ります。

4. 講師（敬称略）

小山勉 Tsutomu Koyama
Natural Resources and Agriculture Specialist
Agriculture, Food, Nature, and Rural Development Sector Office
Sector Group
Asia Development Bank
（農林水産省からの出向）

安洋巳 Hiromi Yasu
シニアスペシャリスト
日本工営株式会社 地球環境事業部

5. 内容（(1)、(2)には質疑応答の時間を含む）

14:00-14:10 講師紹介（森林総研 古市）
14:10-14:50 **(1) ADB での案件形成フロー（ADB 小山）**
14:50-15:30 **(2) ADB 案件公示からの対応と業務の実施（日本工営 安）**
15:30-15:50 自由討議（治山技術の国際展開、特に国際開発金融機関資金の活用）
15:50-15:55 総括（林野庁海外林業協力室 岩間哲士 課長補佐）

6. 参加申込

以下のリンクから参加フォームを開き、必要事項を記入して下さい。
参加フォームへの記入を通じた参加申込を参加要件と致します。

参加申込フォーム：[\(Click here\)](#)

問合せ先：森林総研 森林防災研究領域 古市 (tfuruich@affrc.go.jp)



図 3-2-1-1 ウェビナーの開催パンフレット

②潮流・知見・技術の整理（1）

1

【ADB訪問のフォローアップ】

- ADBでの案件形成の方法・流れ、
 - 案件公示後の対応及び事業実施の流れ、
- に関するウェビナーの開催

【日時】2025年2月12日 14:00-16:00

【申込】42名

【参加】30名

【講師】小山 勉 (ADB)
安 洋巳 (日本工営)



【成果 (付随的)】

「ADB-Japan森林治山ネットワーク」
の立ち上げ (これまで16名参加)



②潮流・知見・技術の整理（1）

2

【事後アンケートへの回答】

- 安氏の経験の共有は大変興味深く拝聴しました。
- 日本工営・安様の情報共有の考え方に感銘を覚えました。
- これまでの当社の取り組み・アプローチおよび情報収集状況について、他社と比較し方向性に間違いがない事が確認出来ました。
- 日本工営の安さんの企業秘密とも言えるご自身の経験を本邦企業全体の盛り上げのためにとご披露いただいたことは非常に感銘を受けました。安さんも言及されておりましたとおり、小手先ではなく組織で取組む覚悟がなければ、なかなかやり通せない厳しい面もあることも痛感いたしました。
- 基礎知識が足りずにまだ追いつけずにはいますが、安さんの話で応募のイメージが分かりました。また、関係性が重要など、国連に似た点も理解でき、登壇者の皆様の話は大変役立つ内容でした。パート2など何かあれば、また参加したいです。企画大変ありがとうございました！
- ADB小山様からは、現場で直に感じられているADBの現状を伺うことができました。AFNR局長が日本との連携に対し前向きであるという情報は大きいように感じました。事前質問もカバーいただく内容で、大変有難い講義でした。NK安様からは、同業他社にも関わらずADB案件獲得のキーとなるかなり具体的なノウハウまで解説をいただきました。一民間企業としてではなく国として前に進みたいという強い熱意を感じましたし、その懐の深さに感謝しております。すぐに役立てることが出来るレベルのものばかりで、大変勉強になりました。弊社もADB案件に積極的にトライしているところですので、この機会にいただいた情報を早速役立てていきたいと思っております。
- 大変興味深い話題でした。昨年来、日本の出資による国際機関のスキームの活用に関心がありましたので、参考になりました。

図 3-2-1-2 ウェビナーの概要及び事後アンケート結果

第4章 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発

4.1 背景と目的

4.1.1 森林の防災・減災機能（F-DRR）を最大化する治山技術の可能性

経済の急速な成長に伴い、不適切な土地利用が進行することで山地災害が頻発する事例は、日本を含め世界各地で確認されている。特に、産業活動の活発化や人口の急増を伴う経済成長期には、伝統的な土地利用のルールが軽視され、災害リスクの高い地域が開発されやすくなる。わが国においても、明治期の近代化や戦後復興期には、木材や薪炭の需要増大により山地が過度に利用され、山地災害が多発した歴史がある。これを教訓に、日本では「砂防」と「治山」の両事業を通じた防災対策が進められてきた。

砂防事業は、主にコンクリート構造物（グレーインフラ）を整備し、土砂災害から人命・財産を直接保護することを目的としている。一方で、治山事業は森林の保水機能を活用したグリーンインフラとして発展し、流域全体の防災・減災機能（F-DRR: Forest-based Disaster Risk Reduction）を最大化する技術体系を構築してきた。治山技術は、山地災害のリスクを低減するだけでなく、居住地周辺や沿岸域に整備された防災林（保安林）を通じ、洪水・高潮・津波・強風といった自然災害に対するバッファゾーンとしての役割も果たしている。

近年、経済発展が著しい東南アジアの開発途上国では、多雨気候の影響を受ける地域で斜面崩壊や洪水が頻発し、気候変動による災害規模の拡大が懸念されている。ベトナムでは、2024年9月に超大型台風「ヤギ」が北部に上陸し、過去70年間で最も強力な台風として甚大な被害をもたらした。国際連合人道問題調整事務所（OCHA）の報告によれば、死者321名、行方不明者24名、負傷者1,978名が確認され、被害は26省、360万人に及んでいる。さらに、住宅28万3千棟が損壊、12万2千世帯が避難し、農地35万ヘクタールが浸水、家畜4万4,556頭、家禽575万羽が流失するなど、食糧生産にも深刻な影響が出た。

本災害では、強風・豪雨による直接的な被害に加え、流域全体の水位上昇や土砂流出の増大が、二次的な洪水・土砂災害を誘発した可能性が高い。特に、山岳地域の斜面崩壊や低地の冠水被害が顕著であり、現地の被害状況や過去の事例を踏まえると、流域管理の不備が被害拡大の一因となったと考えられる。

こうした状況に対し、治山技術による森林整備は、急傾斜地の土砂流出を抑制し、洪水リスクを軽減することで、防災・減災対策の一環として重要な役割を果たす。特に、森林の保水機能を強化することで、降雨時の急激な流出を抑え、洪水ピークを緩和する効果が期待される。

そのため、治山技術は山地災害対策にとどまらず、洪水を含めた国土全体の総合的な防災戦略の一部として導入されるべきである。

一方で、治山技術の効果を最大限に発揮するためには、適切な土地利用計画や土地利用制限、住民の防災・環境意識の向上が不可欠である。例えば、防災林が整備されても、適切な利用制限がなければ違法伐採や無秩序な開発が進み、防災機能の低下につながる可能性がある(いわゆる「コモンズの悲劇」)。そのため、治山技術の適用には、ゾーニングを含めた総合的な防災計画の策定が必要となる。

これらの防災施策を実効性のある形で進めるには、科学的知見に基づくゾーニングが重要な役割を果たす。ゾーニングの適用には、地域ごとの地形・地質や土地利用の変遷を詳細に把握することが不可欠である。しかし、広域かつ精密なデータを収集することは従来の調査手法では困難であるため、リモートセンシングによる衛星データ解析や、AIを活用したリスク評価の自動化が効果的な手段となる。

本課題では、日本の治山技術が蓄積してきた山地災害予測技術と、リモートセンシングやAIなどの最新の情報技術を融合させることで、開発途上国における森林の防災・減災機能を活用した防災技術の実装に貢献することを目指す。

4.1.2 本課題の目的

本課題は、開発途上国であるベトナム社会主義共和国(以下、ベトナム)において、日本の治山技術の適用可能性を評価し、同国の自然環境および社会経済的条件に適応した技術の開発を目的とする。特に、山岳地域と沿岸地域に焦点を当て、それぞれの災害リスクと地域ニーズに応じた治山技術の導入方法を検討し、その実用化を通じて持続可能な防災戦略の確立を目指す(図 4-1-2-1)。



図 4-1-2-1 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発フロー

4.1.3 現地カウンターパートとの協力体制の構築

本課題を効率的に遂行するため、現地カウンターパートとして、ベトナム北西部山岳域の山地災害及び沿岸域の高潮災害に関する調査研究を推進するベトナム森林科学アカデミー (Vietnamese Academy of Forest Sciences) と令和 2 年度に MOU を締結し、以降、調査・研究における協力体制を構築している。

ベトナム森林科学アカデミーは、同国の農業農村開発省 (the Ministry of Agriculture and Rural Development; MARD) 傘下の特別科学組織 (Special scientific organization) であり、首都ハノイに本部を置く。同機関は、ベトナムにおける森林に関する研究・開発・拡大を推進し、科学研究、技術移転、大学院教育、国際協力などの活動を担っている。

4.2 日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発

4.2.1 ベトナム北西部山間地における山地災害及び自然・社会環境に関する調査の流れ

ベトナムの山岳地域では、気候変動に伴う極端な豪雨の頻発や、市場経済の拡大による森林から農地への無秩序な土地改変が進行し、斜面崩壊をはじめとする山地災害が多発している。これに伴い森林の荒廃が深刻化し、山地の持続的な利用が困難な状況にある。本事業では、これらの災害を防止・軽減することを目的として、森林の防災・減災機能を最大限に発揮させる日本の治山技術を、ベトナムの自然環境や社会経済的条件を考慮しながら効果的に適

用するための手法を開発する(図 4-2-1-1)。

この目的を達成するために、ベトナム北西部の荒廃した山岳林地を対象として現地踏査を行い、斜面崩壊の発生場や発生形態、植生被覆との関係を把握する。また、林地の荒廃が不適切な森林路網の整備に起因する場合も多いため、林道などの整備状況についても調査を実施する。さらに、森林の伐採や農地転換、居住地域の変遷といった土地利用の実態を現地調査や文献調査により明らかにし、地域住民の山地災害に対する意識についても把握する。加えて、治山事業計画の策定に必要な地形・地質・降水量などの広域データセットの整備状況を調査し、GIS 基盤データとしての活用可能性を評価するための品質確認を行う。

昨年度までに、リモートセンシング技術を活用した地形・森林データの解析を完了し、斜面崩壊リスクマップを作成した。このリスクマップを基に、土地利用の現状と山地災害との関係を明確にし、防災計画への活用可能性を検討した。今年度は、これらの成果を踏まえ、日本の治山技術の適用と改良を進めるとともに、具体的な防災戦略の実装を進める。特に、リスクマップを基盤とした土地利用計画の技術指針を作成し、治山事業計画の科学的根拠を強化することを目指す。また、リスクマップ作成に必要なデータの適用性を評価し、解析手法の違いによる影響を検討するとともに、開発途上国での利用に適したデータの特性和その留意点を整理し、リスクマップの活用指針を示す。

さらに、沿岸地域においては、高潮や波浪による浸水・侵食リスクが高いことから、防災林としてのマングローブの保全と再生が重要な課題となる。これまでの調査成果を踏まえ、最適なマングローブの配置や修復手法を特定し、保全・再生技術を開発する。また、マングローブの消波・減災機能を定量的に評価し、持続可能な管理手法を構築することで、実用的な技術指針を策定する。

本事業を通じ、ベトナムの自然環境および社会経済条件に適応可能な治山技術と沿岸防災技術を開発し、持続可能な防災戦略の策定に貢献する。

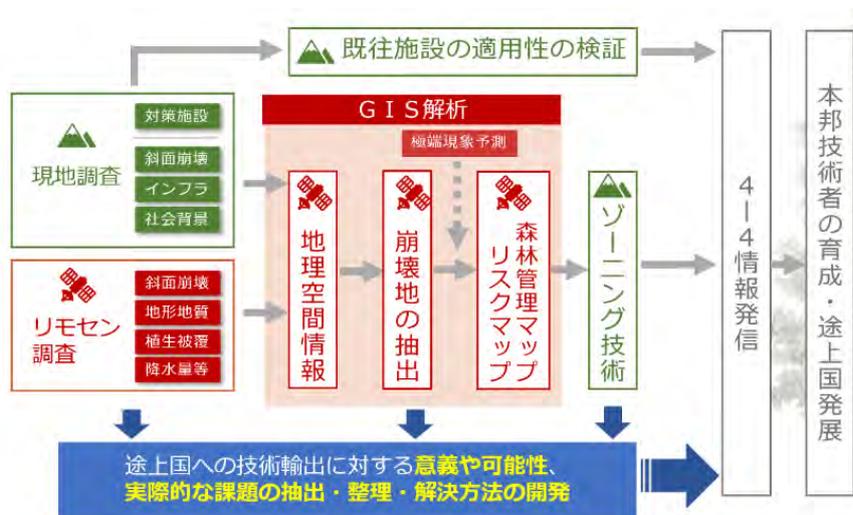


図 4-2-1-1 課題 4.2 及び 4.3 の調査開発フロー

4.2.2 ベトナム北西部における山地災害と防災対策に関する現地調査

4.2.2.1 ベトナム北西部の中山間地域における斜面崩壊の実態と土地利用の関係

2024年6月及び2025年2月～3月の現地調査では、Che Cu Nha コミュニティの崩壊地（地すべり型崩壊）、および2023年9月7日の豪雨で表層崩壊が群発した Ho Bon コミュニティの崩壊地を調査した。



図 4-2-2-1 Che Cu Nha 崩壊地と Ho Bon (Trong Gau Bau) 崩壊地の位置

4.2.2.1 (1) Che Cu Nha コミュニティにおける斜面崩壊

近年に拡大が続いていることを踏まえ、崩壊地の動き(移動量)を調べた。滑落崖近傍の不動点と考えられる地点を測定の原点として、崩壊地内に設置した杭までの斜距離、傾斜角お

よび方位角をレーザーテクノロジー社の TruPulse360 を用いて測量した。

2024 年 2 月に崩壊地内に設置した杭は、2024 年 6 月の調査では殆ど移動していなかった。但し、今回の測量では資機材面での制約があり、国内調査で一般的な精度を確保した調査には至らなかった。また、いくつかの杭は 2024 年 6 月の調査では見つからなかった。これは、測量開始から現在までに大規模な移動が生じた訳ではなく、現地住民が崩壊地内をトウモロコシ畑として土地利用した影響が大いにあると考えられる(図 4-2-2-2)。Che Cu Nha の地区の崩壊地は大規模であるものの、その周辺には保全対象となる家屋がないため、行政等による斜面对策は全くされていない。また、崩壊地内の地表は乱れており、稲作などに利用するためには整地する必要があることから、斜面に地植えでき、傾斜地でも生育可能なトウモロコシが選定されたと予想される。

大規模な崩壊地内という悪条件の土地であったとしても、農地として利用できるのであれば、現地住民は斜面の保全よりも農地利用を選択する可能性が高い。これは中山間地という平地の少ない土地条件が少なからず影響している可能性がある。ベトナム国内の平野部では米の二期作が主流であるものの、中山間地域に位置する Mu Cang Chai 地域では、Kim 川沿いに広がるわずかな平坦地のみ、二期作ができる。Mu Cang Chai 地域の農地の大部分を占める棚田では、雨期にしか稲の耕作ができないため、米の栽培時期と重ならないトウモロコシなどの穀物は貴重な収入源となる。土地利用に制約があるため、山地斜面の保全に対する現地住民の認識が希薄となっていることが、現地観察から示唆された。

その一方、2025 年 2 月～3 月の現地調査では、2024 年 9 月にベトナム北部に上陸して各地に甚大な被害をもたらした台風 11 号(Typhoon Yagi)により Che Cu Cha 地区では 9 月 7 日の 159mm、9 月 8 日に 158mm の日雨量を観測し(本プロジェクト観測データ)、現地調査による観察(2024 年 2 月に崩壊地内に設置した杭は一本も確認できなかった)、及び衛星画像による追跡から、その大雨によって崩壊地が拡大及び再活動していることが分かった(図 4-2-2-3)。その詳細は今後の分析によって明らかにしていきたい。



図 4-2-2-2 Che Cu Nha 崩壊地の移動量調査の様子。調査杭の背後にはトウモロコシ畑が広がっている。



図 4-2-2-3 Che Cu Nha 崩壊地の台風 11 号前後での変化。崩壊地上部での拡大及び内部での再活動が認められる。

4.2.2.1 (2) Ho Bon コミューンにおける斜面崩壊調査

Ho Bon コミューンでは、2023 年 8 月 5 日の豪雨によって各地で斜面崩壊や洪水が発生

した。同年8月8日のベトナム現地の新聞 *tuổi trẻ news* (The News Gateway to Vietnam) によれば、当時の被害は以下のように伝えられている。

ベトナム北部の Yên Bái 省 Mu Cang Chai 地区にある Ho Bon コミューンは、2023年8月5日夜に発生した鉄砲水により壊滅的な被害を受け、2日経過した現在も孤立している。多くの村やコミューンの中心部が岩や泥に覆われ、国道32号線の複数箇所です砂崩れが発生し交通が寸断されたほか、Ho Bon 水力発電所にも被害が及んだ。被害は甚大で、1名が行方不明となり、家屋20棟が全壊、約100棟が50～80%の損害を受け、94名の住民が避難を余儀なくされた。また、家畜20頭、バイク70台、車2台、大量の食料が流出し、電力・通信網も完全に停止している。特に被害の大きかった Trong La 村では、連続する鉄砲水と土砂崩れにより、医療施設の一部と十数軒の住宅が流失した。コミューン中心部では倒木が道路を塞ぎ、岩や泥が住居や Ho Bon 人民委員会の庁舎、学校に流入し、医療施設はすべての出入り口や機能室、医療設備が損傷し、医薬品の不足が深刻化している。地方政府は緊急会議を開き、3つの作業チームを編成して被害を受けたコミューンを支援し、一時的な住居や食糧、金銭的支援を提供するとともに、最低3日を要する交通回復作業を開始した。また、ベトナム電力公社(EVN)は8月9日までに送電線の復旧を目指しているが、天候次第では遅れる可能性がある。被災地では依然として道路が倒木や土砂で塞がれ、住民が移動できない状況が続いており、住民は流された家財道具を探し回り、学校や人民委員会の庁舎にも泥や岩が流入するなど、生活再建には時間を要するとみられる。特に Ho Bon コミューン人民委員会の庁舎は1階部分が完全に破壊され、木々や瓦礫が散乱している。政府や支援団体による救助・復旧活動が進められているが、天候次第ではさらなる被害拡大の可能性もあり、引き続き警戒が必要である。

<https://tuoitrenews.vn/news/society/20230808/commune-in-vietnams-yen-bai-isolated-after-flash-floods-wreak-havoc/74861.html>



図 4-2-2-4 Ho Bon コミューンにおける調査地の位置

2024年2月に詳細調査を実施した標高1000mを越えるTrong Gau Bua集落周辺を再訪し(令和5年度森林技術国際展開支援事業報告書4.2.2.1参照)、山地の源頭部近傍で発生した表層土層が崩落した崩壊地の植生や根系の状況を調査した(図4-2-2-4)。

Ho Bon コミューンを含む本地域の植生は概ね尾根付近に広葉樹類またはマツ類が分布しており、斜面下部には広葉樹類または草本類が分布していた。地盤は基本的に固い粘土層で、土壌層が薄く木本類の根の侵入が困難な状況とみられる。現地を確認を行ったところ、表層土壌(約50cm)より深いところに侵入している根はほとんど見られなかった。一方で、現地の温暖な気候は木本類、草本類の速やかな成長を促していると考えられる。結果として、崩壊跡地の早期緑化の効果を果たしており、表土層の移動を抑制していると考えられる。懸念事項として、植生がマツ類であることが挙げられる。マツ類は、土地条件の悪いところでも生育する一方で、引き抜き抵抗力としては弱いとされている。そのため、豪雨時の斜面崩壊リスクは高めと考えられる。また、地盤も固いことから、根系の侵入、特に深さ方向への侵入が通常よりも緩やかで、樹木根系による斜面崩壊防止機能を発揮するには通常よりも時間がかかると想定される(図4-2-2-5)。



図 4-2-2-5 表層崩壊の発生状況と土砂、立木の流出状況。崩壊の深さは 70～80cm 程度。

樹木根系による斜面崩壊防止機能は、森林の持つ公益的機能の一つである。内閣府が実施した「森林と生活に関する世論調査」において、森林の有する多面的機能のうち森林に期待する働きについて、山地災害防止を挙げる回答は常に上位に位置している。地球温暖化に伴う短時間の記録的な豪雨による自然災害は増加傾向にあり、災害リスク軽減という観点から森林の持つ公益的機能への期待は大きい。

一般的に、樹木根系による斜面崩壊防止機能は、土層内の想定すべり面に侵入する鉛直根、斜出根の抵抗力によって崩壊を防止する効果(杭効果)と、横方向に伸びる水平根が周囲の樹木から伸びる根と絡み合うことで崩壊を防止する効果(ネット効果)がある。

既往の研究成果として、北村・難波(1981)は、樹木の成長に伴う根の引き抜き抵抗力の増加量と伐採後に腐朽する根株の引き抜き抵抗力の低下量を調べ、伐採後 10～20 年後に最も崩壊リスクが高まるとした(図 4-2-2-6)。阿部(1997)は、スギの鉛直方向に伸びる根の直径と本数を深さ別に推定可能な根系分布モデルを開発し、樹木根系の斜面崩壊防止機能について定量的な評価を行った。北原(2010)は水平根の効果に着目し、水平根が崩壊縁に沿って圧倒的に露出していることから、水平根の機能を正しく評価することが重要としている。

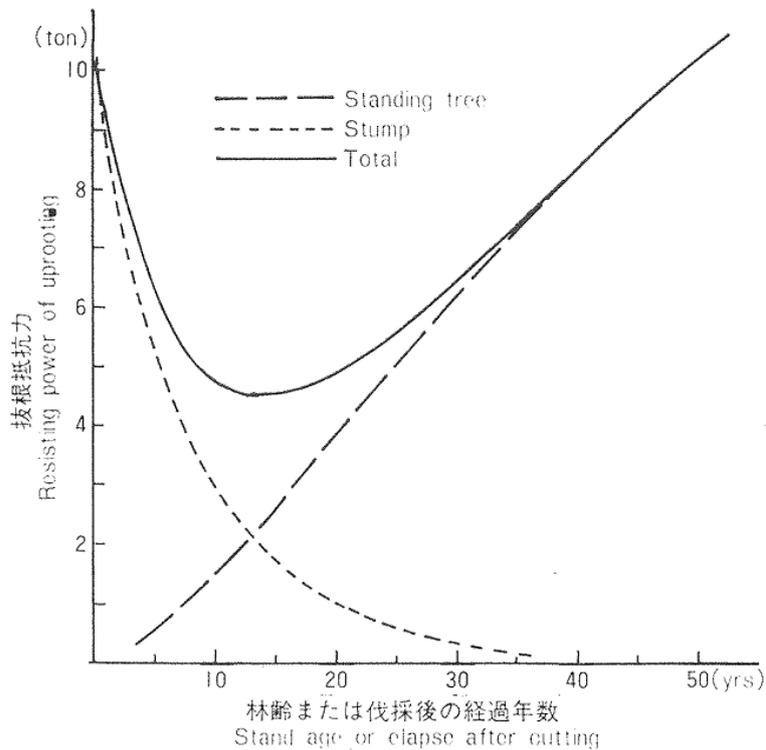


図 4-2-2-6 林齢または伐採後の経過年数と抜根抵抗力の関係(スギ)(北村・難波、1981)

樹木根系による斜面崩壊防止機能の調査方法においては、根を引き抜いたときの値と根の直径との相関関係を調べる引き抜き試験と、どのような場所に根が侵入し、どのくらい太い根が存在しているかを調べる分布調査がある。根の引き抜き試験については根の直径 D と引き抜き抵抗 P との関係が調べられてきており、 $P=aDb$ (a, b :係数)の相関関係が成り立つ。北原(2010)は既往の成果を取りまとめ(表 4-2-2-1)、樹種別に大まかに記すと、スギ、ヒノキと広葉樹のケヤキとナラ類は強く、アカマツとカラマツはやや弱いとした。根系分布調査に関しては苧住(2010)の成果が有名であるが、実際には樹木の生育している環境、特に土壌層の厚さと斜面傾斜による影響が大きい。また一部の樹種に関しては定量化が試みられているが、大半は根の図面と特徴を示しているのみで、樹木根系の崩壊防止機能の定量化に用いるには難がある。

表 4-2-2-1 引き抜き試験で得られた引き抜き抵抗力の回帰式中の a, b 値(北原 2010)

	a	b	直径10mm の引き 抜き抵抗力(N)	引用文献
スギ	31.6	1.34	688	森岡ほか 1989
スギ	42.2	1.48	1274	石垣ほか 1989
スギ	126.8	1.08	1524	同(資料数少ない?)
スギ	19.4	1.60	772	阿部ほか 1996
ヒノキ	12.3	1.80	776	野毛ほか 2002*
ヒノキ	23.0	1.68	1101	相馬ほか 2004*
ヒノキ	29.4	1.44	810	岩名ほか 2009*
トドマツ	8.58	1.71	440	神原ほか 2002(垂直根のみ)
アカマツ	10.7	1.70	536	北原ほか 2002*
アカマツ	11.7	1.59	455	久保田ほか 2006*
カラマツ	12.3	1.46	357	久保田ほか 2005*
スギ, 広葉樹	27.4	1.45	772	塚本 1987(樹種で差がない)
広葉樹	11.1	1.74	610	北原ほか 2002*
コナラ	39.3	1.41	1010	石垣ほか 1989
コナラ	28.4	1.56	1031	松下ほか 2009*
ミズナラ	20.7	1.56	752	久保田ほか 2006*
クスギ	14.5	1.72	761	松下ほか 2009*
クリ	21.1	1.49	652	松下ほか 2009*
ケヤキ	34.3	1.87	2543	松下ほか 2009*
ミズキ	25.3	1.54	877	松下ほか 2009*
リョウブ	18.5	1.51	599	松下ほか 2009*
ウワミズザクラ	20.4	1.51	660	松下ほか 2009*
カスミザクラ	14.9	1.47	440	松下ほか 2009*
ウリハダカエデ	17.5	1.49	541	松下ほか 2009*
ヒトツバカエデ	23.7	1.53	804	松下ほか 2009*
ケヤマハンノキ	9.73	1.74	535	加藤ほか 2008*
ヤシャブシ	17.0	1.54	589	加藤ほか 2008*
ニセアカシア	7.28	1.94	634	加藤ほか 2008*
ヤマハギ	9.67	1.68	463	加藤ほか 2008*
マダケ(ひげ根)	13.5	1.73	—	岩波ほか 2006*

(マダケのひげ根は 5 mm まで。地下茎は断面直径と関係なく 1 本あたり平均 6.25kN)

*信大での研究例

樹木根系による斜面崩壊防止機能の定量化にあたって最終的には、根系分布調査結果に基づき、ある深さに侵入する直径階級別の根の本数と引き抜き抵抗力試験結果を組み合わせ、その合力を算出し、推定を行う。文献によって表記が異なるが(Cr、 ΔS 、 ΔC 等)、無限長斜面安定計算式の土の粘着力の値に加算する形で評価を行うのが一般的である。これまでスギの定量的評価については行われてきているが、その他の樹種については研究事例が少なく、樹種比較については今後の課題となっている。

引用文献

- 阿部和時(1997)樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究、森林総研研報 373、p.105-181
- 苅住昇(2010)最新樹木根系図説、誠文堂新光社、p.2044
- 北原曜(2010)森林根系の崩壊防止機能、水利科学 311、p.11-37
- 北村嘉一、難波宣士(1981)抜根試験を通して推定した林木根系の崩壊防止機能、林試研報 313、p.175-208

4.2.2.1 (3) Ho Bon コミューンの住民の 2023 年 8 月土砂災害発生時の住民行動と意識

Ho Bon コミューン住民が 2023 年 8 月の豪雨災害発生時にどのような行動を取ったのか、また防災や森林に対してどのような意識を持っているのかを把握するため、2025 年 2 月に聞き取り調査を実施した(図 4-2-2-7)。調査対象は、標高の高い地域に居住する住民 1 名である。Ho Bon コミューン上流域村の人口は 715 人(146 世帯)で、年間人口増加率は 1.5～2%と全国平均(約 1%)を上回る。主な生計手段は農業であるが、若年層の一部は高収入を求めて村を離れる傾向にある。

調査の結果、住民は近年の気候変動を実感しており、特に気温の上昇、豪雨・寡雨の増加、雷の頻度の上昇を認識している。2023 年 8 月の豪雨災害は過去最大規模とされ、2024 年の台風 Yagi よりも深刻な被害をもたらした。豪雨により斜面崩壊や洪水が発生し、Ho Bon コミューンでは川沿いの道路(No.32)の橋が破壊され、土石流の被害が発生した。停電や携帯電話の不通も発生し、下流域では高齢者 1 名が洪水で死亡した。住民は高台に避難し、一晩待機した後、翌日には水が引いた。上流域では死者は発生しなかったが、住民は地すべりや斜面崩壊のリスクを認識し、安全な場所へと避難する行動を取った。

一方で、防災知識の習得は十分に進んでおらず、特に森林の防災機能についての理解が限定的であることが分かった。住民の多くは「大雨が続くと土壤に水が浸透し、重量が増加して崩れる可能性がある」と考えており、そこに森林の防止機能が働きうることは想像していないようだった。また、住民は伝統的な土地選定の考え方に信頼を置き、安全性と水の確保のバランスを考慮しながら居住地を決定している。しかし、水の確保が容易な谷部は地形的に危険性が高く、慎重な選定が求められる。

政府は水管理プログラムを展開し、畜産業の発展を促進する「新農村開発プログラム(New Rural Development Program)」を実施している。本プログラムでは、収入、インフラ、環境対策の基準を満たすと「新農村コミュニティ(New Rural Commune)」として認定され、追加支援を受けられる。しかし、支援を継続的に受けるためには基準の維持が求められる。現在、Ho

Bon コミューンの本プログラム内での位置付けは不明である。

本調査を通じて、Ho Bon コミューン上流域村の住民は気候変動の影響を強く感じており、降雨パターンの変化や災害の激甚化を経験していることが明らかになった。しかし、防災知識の普及が十分ではなく、特に森林の防災機能に関する理解が不足している点が課題として挙げられる。住民は伝統的な知識を活用しながら居住地を選定しているが、気候変動への適応には新たな防災教育が不可欠である。また、政府の援助プログラムは畜産業や水管理に重点を置いているものの、災害対策の側面が十分ではなく、防災教育の充実が求められる。特に、災害リスクの高い地域における森林の適切な管理と、住民の防災意識向上を目的とした教育プログラムの導入が今後の課題となる。本報告を通じて、地域の防災力向上に向けた取り組みの必要性が改めて浮き彫りとなった。



図 4-2-2-7 聞き取り調査の実施場所

4.2.2.2 ベトナム北西部の中山間地域における土砂流量観測

上流部から流出した土砂(図 4-2-2-8)が下流部の災害リスク(河床の上昇)や環境リスク(泥砂礫の堆積、そのことによる生態環境の変化)を高めるといった負のインパクトを与えていることはベトナム北部でも指摘されているが、その対策を進める際に鍵となる上流部流域における実態把握は、調査に時間・労力・経費がかかり技術的にも決して単純ではないことも影響し、

立ち遅れている現状にある。本調査では、Yên Bái 省 Mu Cang Chai 郡の Mu Cang Chai 水文気象観測所に 2022 年 9 月に設置した水位計及び濁度計を用いた観測を継続した(図 4-2-2-9)。また、観測所に依頼して収集した採水試料をハノイの VAFS 分析室にて分析した(図 4-2-2-10)。



図 4-2-2-8 雨季の Mu Cang Chai 県ナム川中流部での濁流(2024 年 6 月)



図 4-2-2-9 Mu Cang Chai 水文気象観測所に設置した水位計及び濁度計



図 4-2-2-10 VAFS 分析室での採水試料分析

調査対象としたのは Yèn Bái 省 Mu Cang Chai 郡 (Mu Cang Chai District, Yèn Bái Province) のキム川 (Nam Kim) 流域である (図 4-2-2-11)。同流域はダー河の支流であり、面積約 200km²、標高約 970～約 2000m の高地に立地し (図 4-2-2-11-B)、平均年降水量は 1730mm (1991-2020 年) である。地表地質は流紋岩及び流紋岩質凝灰岩が卓越し、頁岩がしばしば挟まれる (図 4-2-2-11-C)。キム川下流部から中流部まで谷に沿って急斜面が両岸に連続し (低位急傾斜部)、急斜面の上位には旧地形面と考えられる厚い風化層 (場所によって赤色を呈する土壌) が分布する尾根状の緩斜面が見られ (緩傾斜部)、その更に上位に傾斜 30～40 度の急斜面が続く (高位急傾斜部) (図 4-2-2-11-D)。上流部は比高が小さくなり、斜面傾斜も概して緩くなる。地形にはこうした斜面形配置や線構造などのパターンが認められ、かつての地殻変動に関わる地質構造にも影響された地形発達が示唆される。流域の山地斜面には古くからモン族が暮らし、低位急傾斜部及び緩傾斜部に棚田 (灌漑により灌水) 及び段々畑／棚畑を作り、水稻、キャッサバ、トウモロコシなどを栽培してきた。一方、流域の谷部にはタイ族が古くから暮らし、谷底の平坦面で水稻などを栽培してきた。主として緩傾斜部及び高位急傾斜部に分布する森林には薪炭材確保や農地転換のために住民が様々な強度で伐採した (時には劣化した) 森林が見られる。

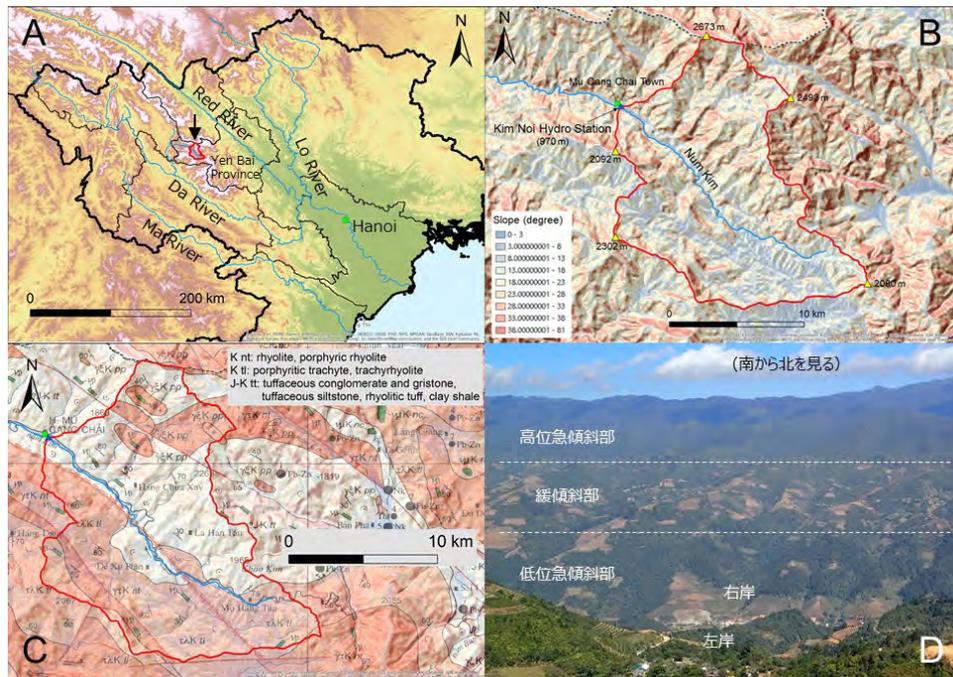


図 4-2-2-11 キム川流域の概要

2024年2月～2025年2月(2024水文年)に観測したデータ(図 4-2-2-12)では、雨季の降雨流出は3月末に始まり10月中旬まで続いたことが分かる。本水文年には観測点における水位が2.0mを超える出水イベントが3回あり、その一つが9月上旬にベトナム北部に上陸して各地に被害を及ぼした Typhoon Yagi(台風 11 号)の降雨に伴う出水イベントである(斜面崩壊に関する 4.2.2.1 節を参照)。濁度に関しては、4月下旬から6月上旬にかけての雨季初期の出水イベントにおいて 30000 度(カオリン;浮遊土砂濃度では少なく見積もって(暫定値)8.3~10.2kg/m³)を超える濁度が5回観測された一方、Typhoon Yagi(台風 11 号)の出水イベント含め7月以降のより流量が大きな出水イベントでは 20000 度を超えることはなかった。このように雨季初期の出水イベント時の濁度が雨季中盤から後半のイベントに比べて高かったことは 2023 水文年と同様である。これは乾季の間に斜面に貯留されていた土砂が雨季の雨で流出し雨季の途中で貯留分が枯渇したことが原因と考えられ、キム川流域は **supply-limited** の土砂移動環境にあると言える。

こうした土砂流出がどのような土地利用で起こっているのかを特定するため、昨年度に引き続き本年度も調査流域内での一斉サンプリング・計測(図 4-2-2-13)を実施した結果、人工地形改変地(図 4-2-2-14)からの流出が本年度も顕著に発生していることが明らかになった。

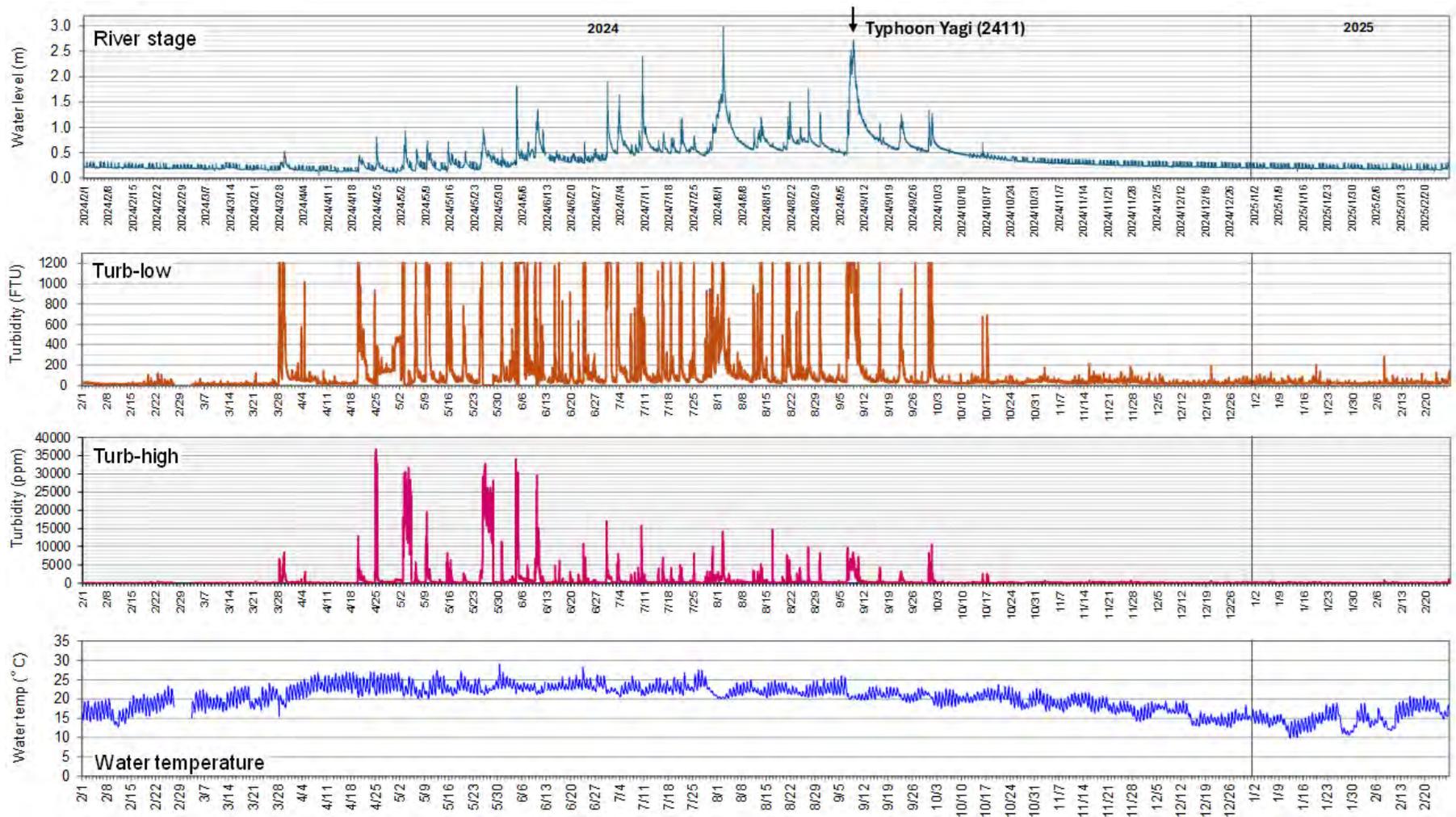


図 4-2-2-12 Mu Cang Chai 水文気象観測所での水位、濁度、水温の観測データ(2024年2月1日~2025年2月26日)



図 4-2-2-13 調査流域内での一斉サンプリング・計測の様相



図 4-2-2-14 土砂流出の起源地となっている人工地形改変地

4.2.2.3 ベトナム北西部山岳地における道路法面崩壊の発生に係る諸条件調査

ベトナム北西部山岳地において、道路は住民の生活を支える重要なインフラとなっている。一方で、道路沿いの斜面では侵食・崩壊等も多発しており、道路が山地斜面の安定に与える影響を科学的に評価する必要がある。道路は、その上側(切土側)斜面と下側(盛土側)斜面の両方の安定性に影響を与える。2023年度は、道路の上側斜面の崩壊メカニズムを解明するため、道路周辺の斜面の土層構造や透水性等の調査を実施した。その結果、本調査地の道路の上側斜面に多発する崩壊の多くは、厚さ1m程度の表土層が滑落したものであると考えられた。2024年度の調査ではさらにデータ収集を進めてこの仮説を補強するとともに、道路排水がその下側斜面に及ぼす影響にも着目して調査を行った。

4.2.2.3 (1) 調査対象道路の概要

2023年度に引き続き、調査対象はYên Bái省 Mu Cang Chai県 Lao Chai コミュニティ内の道路とした(図 4-2-2-15)。2023年度は、Mu Cang Chai 県の中心地である Mu Cang Chai コミ

ューンと、県南部のコミュニンとの往来に頻繁に利用されている舗装道路を対象とし、その上側斜面で発生する表層崩壊に着目した。2024年度は、道路排水が下側斜面に与える影響を検討するため、その舗装道路から分岐した未舗装道路も調査対象に加えた。この道路は、周辺住民の生活、農作業、家畜の放牧等に利用されている。舗装道路では側溝と暗渠の組み合わせによる路面排水が行われているのに対し、この未舗装道路では排水構造物は設置されておらず、路面の凹凸によって自然に排水が行われ、道路の下側斜面では排水の流下によるガリー侵食が散見された。



図 4-2-2-15 調査対象道路

4.2.2.3 (2) 道路の上側斜面における崩壊の発生メカニズム

2023年度に実施した土壌断面観察および簡易動的コーン貫入試験の結果から、本調査地の道路沿い上側斜面の典型的な地下構造は、厚さ 1m 程度の表土層の下に風化基岩層が存在するものと考えられた(図 4-2-2-16)。これを踏まえ、2023～2024年度の2か年に渡り、各深度から土サンプルを採取し、三軸圧縮試験や透水試験を実施した。三軸圧縮試験の結果、各深度における粘着力およびせん断抵抗は図 4-2-2-17 に示すとおりであり、表土層の中でも深い部分や、風化基岩層から採取したサンプルは非常に高い粘着力を示した。せん断抵抗角についても、表土層の浅部に比べ、表土層の深部や風化基岩層で高かった。飽和透水係数については、表土層では 10^{-4}m/s のオーダーであったが、風化基岩層では 10^{-5}m/s のオーダーであり、ワンオーダーの差があった(図 4-2-2-18)。これらの結果から、本調査地の道路上側斜面で多発する崩壊は、透水性が高く比較的せん断強度が低い表土層の滑落であるという仮説が補強された。表土層が滑落する一方で、切土法面自体は特段の法面保護工がなくても崩壊していない例が多く見られたが、これは風化基岩層の高い粘着力と低い透水性によると考えられた。

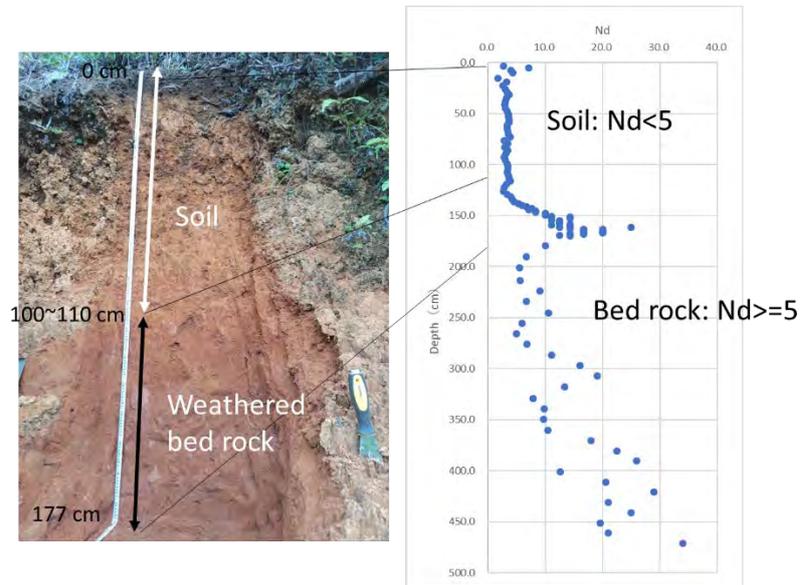


図 4-2-2-16 舗装道路上側斜面の土壤断面と、各深度の Nd 値

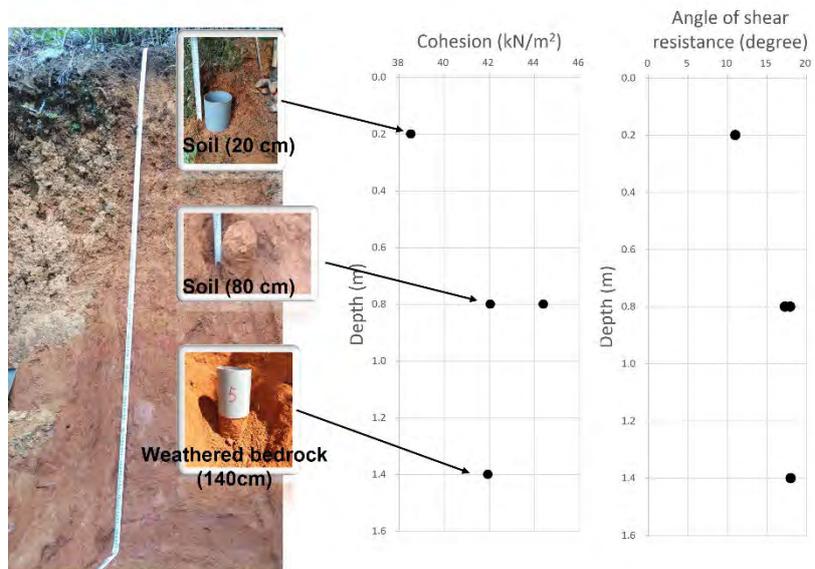


図 4-2-2-17 各深度から採取したサンプルの粘着力、せん断抵抗角

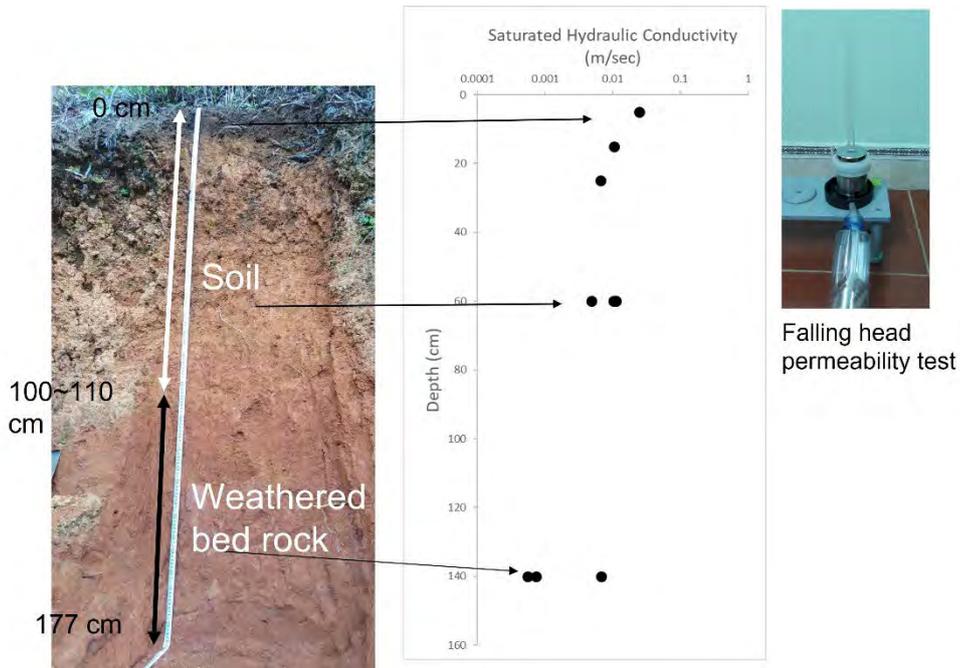


図 4-2-2-18 各深度から採取したサンプルの飽和透水係数

このような道路上側斜面の崩壊形態は、日本の林道や作業道で頻繁に見られる図 4-2-2-19 に示すような切土法面崩壊の形態とは異なっている。日本では、破碎された粘着力の低い風化基岩層や厚い土層が道路開設によって切土法面として露出し、それが崩壊する例が多く見られる。その一方で、樹木根系で束縛された表土層は原位置に留まっている場合も多い。このような切土法面崩壊のリスク低減策としては、切土法面勾配を緩くする、切土法面を植生で被覆する、構造物を設置するなど、切土法面自体にアプローチする方法が一般的である。しかし、そのような切土法面崩壊対策をそのまま適用しても、この地域で多発している道路上側斜面の崩壊には効果が低いと考えられる。このような道路上側斜面の表土層の滑落には、道路上側斜面の勾配、表土層の厚さ、根系による束縛効果の有無などに強く影響されると考えられ、これらの因子を考慮したリスク評価が重要になると考えられる。

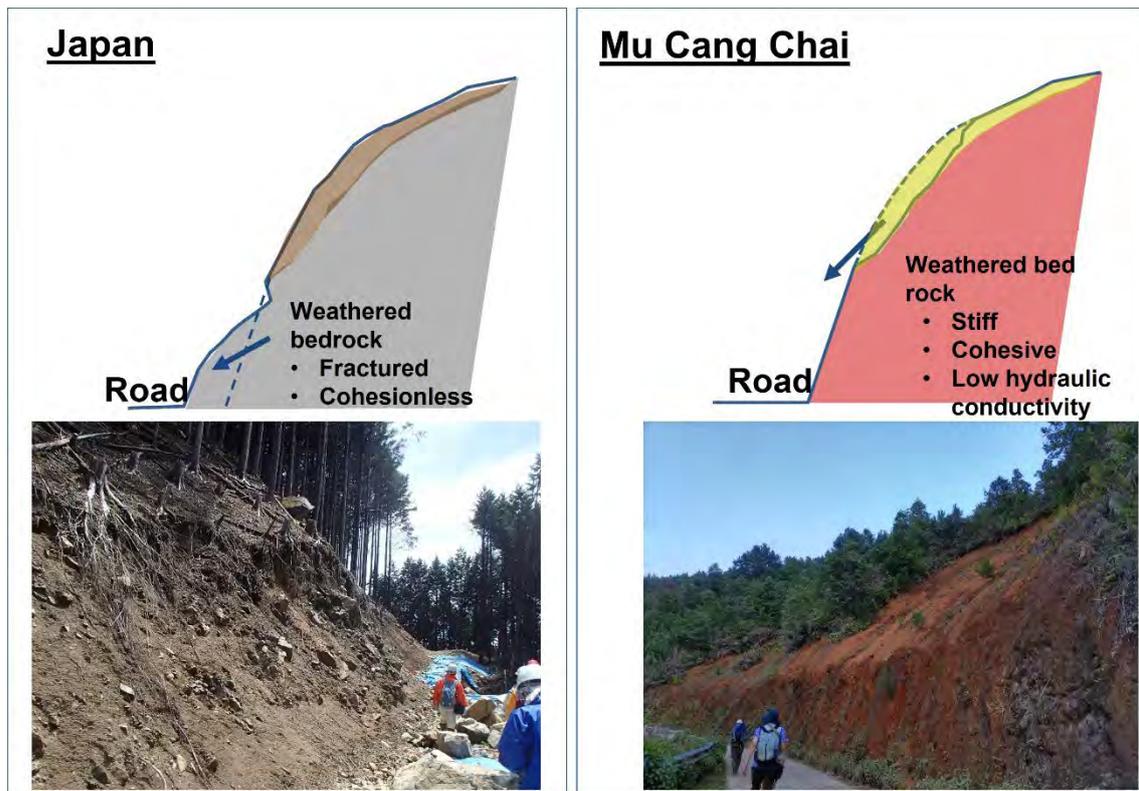


図 4-2-2-19 日本でよく見られる切土法面崩壊と、本調査地で見られる道路上側斜面の崩壊との違い

4. 2. 2. 3 (3) 道路排水が下側斜面に及ぼす影響

2024 年度から新たに調査対象とした未舗装道路において、道路排水が斜面に排水される位置（排水ポイント）を調査した（図 4-2-2-20）。この未舗装道路では、排水構造物が設置されておらず、路面の凹凸に従い多数のポイントで自然に排水が起こっていた。約 420m の区間に 45 か所の排水ポイントが確認されたが、一定間隔ではなく、谷型斜面を通過する区間で多くの排水ポイントが見られた。谷型斜面を通過する区間では、路面上に降る雨だけでなく切土法面や上側斜面からの流入水も加わり、路面上を流れる地表流の量が多くなるためと推察される。

図 4-2-2-20 に示すように、各排水ポイントにおけるガリー（侵食溝）の深さは、排水先斜面の状況によって大きく異なっていた。植生で被覆された斜面に排水が流入している場合には顕著な侵食が見られなかったが、裸地化した斜面上に排水が流入しているポイントでは、深さ 1m 以上のガリーが形成されていた。



図 4-2-2-20 道路から下側斜面への排水位置と、各排水ポイントで見られた侵食溝の深さ

図 4-2-2-21 は、道路路面、道路排水によって形成されたガリーの底部、裸地化した斜面、植生で被覆された斜面で現場浸透能試験を行った結果である。植生で被覆された斜面の浸透能は、10-4m/s のオーダーであったが、ガリー底部や裸地化した斜面の浸透能は、締め固められた道路路面と同程度の 10-5m/s のオーダーであった。

現地の方の話では、道路沿い斜面に見られる裸地は 2017 年の豪雨で引き起こされた崩壊によるものであるとのことであった。裸地化した斜面の土壤断面観察を行ったところ、緻密なシルト～粘土を多く含む層が地表に露出している状態であった(図 4-2-2-22)。もともと表層にあった有機物を多く含む透水性の高い層は、崩壊によって失われたり、上部から流れてきた粘土質の土に覆われたりしたと考えられる。裸地化し粘土質の層が露出した斜面は透水性が極めて低く、道路排水が地表流のまま流下し続け、激しい侵食を引き起こしたと考えられる。調査対象とした未舗装道路は 2017 年の豪雨の後に開設されたということであり、崩壊の発生に道路が寄与したわけではないが、崩壊地を横切るように開設された道路が、崩壊跡地からの土砂流出を助長していると考えられた。

一方、植生で被覆された透水性の高い斜面では、道路排水が土中に速やかに浸透すると考えられる。そのため激しい侵食は見られないが、道路排水の浸透により土の飽和度が上昇し、表層崩壊のリスクが高まることが懸念される。このように、道路排水は、排水先となる斜面の状況により、異なるメカニズムで斜面の安定性に影響を及ぼすと考えられ、両メカニズムを考慮に入れてリスク評価を行う必要がある。

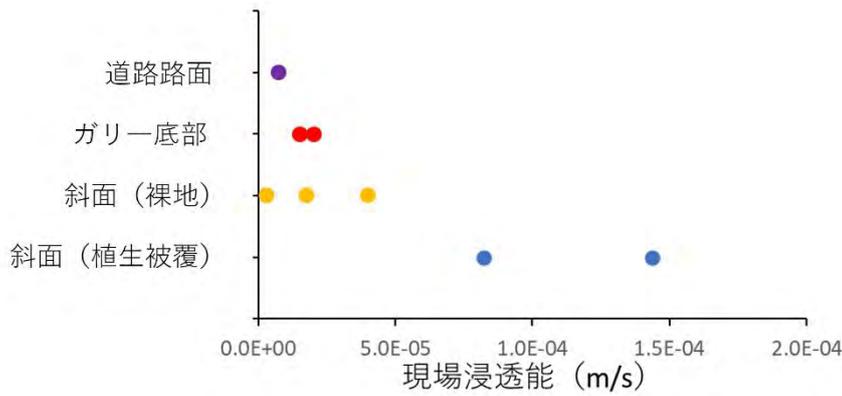


図 4-2-2-21 道路路面や斜面における現場浸透能試験結果



図 4-2-2-22 裸地化した道路下側斜面の土壤断面

4. 2. 2. 4 災害リスク低減と地域ニーズに基づく土地利用計画の提示

近年、気候変動の影響により、豪雨や異常気象による土砂災害の発生リスクが高まっている。特に開発途上国の山岳地域では、斜面崩壊や土石流などの災害が地域社会やインフラに深刻な影響を及ぼしており、防災・減災に資する土地利用のあり方が重要な課題となっている。こうした背景のもと、本研究ではリモートセンシング技術を活用した地形・森林データの解析を通じて、斜面崩

壊リスクマップを基盤とした土地利用の関係を明らかにしてきた。

本年度は、これまでの成果を基にリスクマップを活用した土地利用計画の技術指針を策定し、途上国における治山事業計画の科学的根拠を強化することを目的とする。特に、森林の防災・減災機能を最大限に活用しながら、地域の社会・経済的要因を考慮した持続可能な土地利用のあり方を提示することを目指す。そのため、以下の点について重点的に検討を行った。

まず、途上国でリスクマップを作成する際の留意点として、地形・森林データの精度や取得可能性、解析手法の適用性を評価した。特に、現地の測量データが不足している場合や、リモートセンシングデータの解像度が限られる状況において、どのようなデータを用いるべきかを整理し、実用的な手法を検討した。併せて、異なる解析手法がリスク評価に与える影響について比較し、技術の適用性を高める方策を示した。

次に、山岳地の土地利用に対する地域住民の認識に着目し、防災対策を効果的に進めるための社会的受容性を分析する。多くの途上国では、農地の拡大や資源採取が優先される一方で、森林の防災機能に対する理解が十分でないことが課題となっている。このため、住民の土地利用に関する意識調査を行い、森林の保全や造成が地域の安全に与える影響についての認識を高める方策を検討した。

以上を踏まえて、斜面崩壊の危険性を示すリスクマップと地域住民の土地利用意向を組み合わせ、森林を維持・造成する優先区域を科学的根拠に基づいて設定した。具体的には、リスクマップを用いて崩壊のリスクが高い地域を特定し、住民の希望を考慮しながら、森林の維持・造成が最も有効な場所を選定した。この方法により、技術的な判断だけでなく、地域の実情に即した持続可能な土地利用計画を策定することが可能となる。

最後に、現地行政機関との意見交換では、作成した森林の維持・造成を優先する区域を提示し、それに基づいた土地利用計画の適用可能性について協議を行った。リスクマップと地域住民のニーズに基づいて設定した優先区域を行政機関に示し、その妥当性や運用の可能性について意見を求めることで、政策への組み込みを図った。

本項では、これらの技術的・社会的・政策的検討を踏まえ、防災と地域ニーズを統合した土地利用計画の方向性を示し、治山事業や地域開発のための具体的な適用方法を提案した。

4.2.2.4 (1) 途上国でリスクマップを作成する際の留意点

本事業では、昨年までの報告において斜面崩壊のリスクを評価し、それに基づいたリスクマップを作成・提示してきた。リスクマップを作成するにあたっては、使用可能なデータや作成するデータセットが、対象とするリスク評価およびその結果のマップ化に適用可能であるかどうかを事前に判断する必要がある。また、リスク評価およびマップ作成の過程では、使用する機械学習の手法、適用するデータセットの項目、解析時の設定などによって結果が変動するため、結果の解釈および利用には慎重な対応が求められる。本稿では、開発途上国における斜面崩壊リスクの評価に利用可能なデータと、それらを活用する際の留意点について、本事業で得られた知見を基に考察する。特に、本事業で実施したリスク評価およびリスクマップ作成に用いたデータについて、リスク評価に必要なデータの種類とその作成方法、および作成したリスクマップの利用にあたっての留意点を整

理して述べることで、リスク評価およびリスクマップ作成の精度を向上させるためのデータの選定や解析手法の適用について、より適切な指針を示すことを目的とする。

1) 災害(斜面崩壊)分布および履歴の把握

斜面崩壊のリスクを評価するにあたり、対象地域における斜面崩壊の履歴およびその分布を把握することは重要である。これを実現するための手法として、有償・無償の光学衛星データを活用し、崩壊地を抽出することが可能である。崩壊地の抽出(判読)には、以下の3つの方法が考えられる。

1. 光学衛星画像の目視判読

Google Mapなどで公開されている光学衛星画像を目視で判読し、その結果をQGISなどのGISソフトを用いてポリゴン(ベクトル)データ化する方法である。この手法は、判読作業に習熟すれば明らかに崩壊地と判定できるデータを取得できるため、精度や信頼性が高い。ただし、判読作業には時間と労力を要するため、大規模な地域を短期間で解析するには不向きである。

2. 自動抽出技術を活用した光学衛星データの解析

Sentinel-2などの無償の光学衛星データを用い、Google Earth Engineによる自動抽出技術を活用する方法である。本事業においても、本技術を活用し、短時間で広域の崩壊地データを取得する手法を開発してきた(詳しくは「令和2年度 森林技術国際展開支援事業報告書 4.3章」および「森林を活用した防災・減災のための Cookbook 第5章」を参照)。この手法は目視判読と比較して効率的であるが、利用する衛星の解像度に依存するため、小規模な崩壊地の抽出が困難である。また、耕作地や道路法面などの人為的に改変された裸地を誤って崩壊地として抽出することが多いといった課題がある(図4-2-2-23、詳しくは「令和5年度 森林技術国際展開支援事業報告書 4.3章」を参照)。そのため、自動抽出されたデータをそのままリスク評価に使用することには課題があり、目視判読や現地調査による検証を経たうえで利用することが望ましい。

3. 開発途上国で整備された電子データの活用

対象国の行政機関や研究機関が作成した斜面崩壊の分布データが利用可能な場合、それを活用することも考えられる。ただし、これらのデータがどのように作成・判読されたものであるかを事前に確認し、データの精度や信頼性を評価した上で、リスク評価への適用可否を判断することが必要である。

以上のように、斜面崩壊の履歴および分布を把握するための手法には、それぞれメリットと課題がある。リスク評価に用いるデータを選定する際には、目的に応じて適切な手法を選び、必要に応じて複数のデータソースを組み合わせることで、より信頼性の高い評価を行うことが求められる。

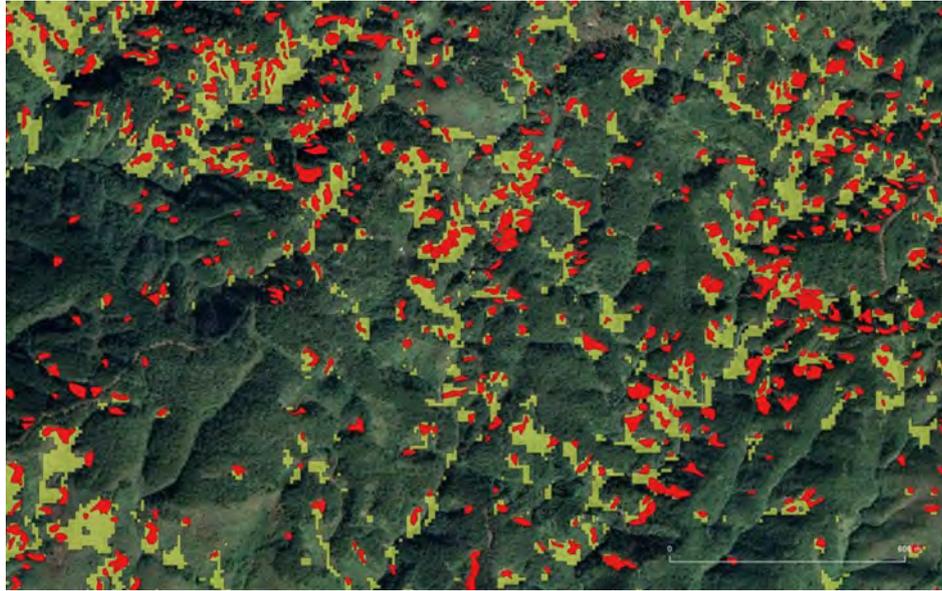


図 4-2-2-23 崩壊地の目視判読結果(赤)と自動抽出結果(黄色)の比較

2) 崩壊斜面の土地利用(森林伐採)履歴の把握

本事業で対象としている斜面崩壊は表層崩壊であり、既往の研究により、森林(樹木)の根系の発達が崩壊抑制に寄与することが報告されている。日本における研究では、森林伐採後に植林された森林が壮齢林となり、樹木根系の崩壊抑制効果を発揮するまでに 10~15 年以上を要するとされる。また、樹木根系の効果は、斜面の傾斜や地質条件といった他の崩壊要因と比較しても大きいことが示唆されている。このため、斜面崩壊リスクを評価する際には、対象斜面の森林の状況、特に壮齢林か若齢林かを把握することが重要となる。本事業では、以下の方法を用いて、森林伐採履歴を把握し、整理した上でリスク評価に活用した。

1. 光学衛星画像データの目視判読

Google Map などで公開されている光学衛星画像を目視で判読し、QGIS 等の GIS ソフトを用いてポリゴン(ベクトル)データ化する方法である。この手法では、目的に応じた区分を設定できるが、判読には一定の習熟が必要であり、恣意的になりやすいことや、作業に時間と労力を要することに留意する必要がある。

2. 時系列解析を用いた森林の攪乱履歴の把握

Landsat 等の無償の衛星画像データを活用し、本事業で得られた時系列解析技術(詳細は「森林を活用した防災・減災のための Cookbook 第 5 章」および Shimizu et al. (2023)を参照)を用いて森林の変遷を分析する方法である。この手法により、過去 30 年にわたる森林の攪乱履歴を把握し、現在の森林が伐採後何年経過したかを推定できる(図 4-2-2-24)。一方で、無償の衛星画像データは解像度が 10m~50m と比較的粗いため、解析結果が詳細な土地利用履歴を十分に反映していない可能性がある。近年では、有償の高解像度衛星画像(例:Pleiades、解像度 30~50cm)を利用することで、より詳細な情報を得ることが可能になっているが、古い時期のデータは存在しないため、長期間の土地利用履歴を把握することは難しい。このため、リスク評価に用いる際には、目視判読や現地調査による確認が不可欠である。

3. 公開されている土地利用データの活用

ベトナムでは、JAXA が衛星画像を解析して作成した土地利用区分図(解像度 10m)が公開されており、2007 年、2016 年、2020 年のデータが利用可能である(図 4-2-2-25)。しかし、この区分図では森林域が「森林」として一括分類されているため、森林の年齢区分(壮齢林・若齢林など)を考慮したリスク評価を行うには、本事業の成果として得られた森林攪乱発生分布データと組み合わせるなどの工夫が必要となる。また、このデータも実際の土地利用を正確に反映していない可能性があるため、現地調査や高解像度衛星画像の目視判読と併用し、現場の状況を確認する必要がある。

4. 開発途上国が整備した土地利用図の活用

開発途上国が自国で作成した土地利用現況図や計画図が存在する場合、それを活用することも考えられる。しかし、データの分類基準や用語が日本と異なる場合があるほか、区分が現状を正確に反映しているとは限らないため、リスク評価に使用する際には、目視判読や現地調査による検証を行うことが必須である。

開発途上国では、日本のように詳細な森林データを入手することが困難である。また、開発途上国では、斜面を農地として利用する、あるいは燃料や資材の採取のために森林を伐採し、その後植林せずに放棄するなど、日本とは異なる土地利用が一般的である。このため、斜面の土地利用状況を把握し、目的に応じた分類を整理した上で、斜面崩壊のリスク評価に活用することが求められる。

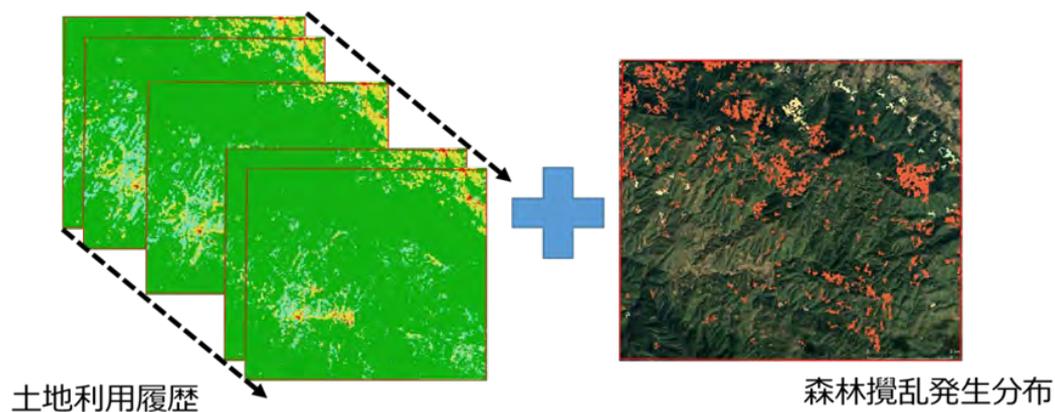


図 4-2-2-24 土地利用履歴と森林攪乱発生分布の組み合わせ

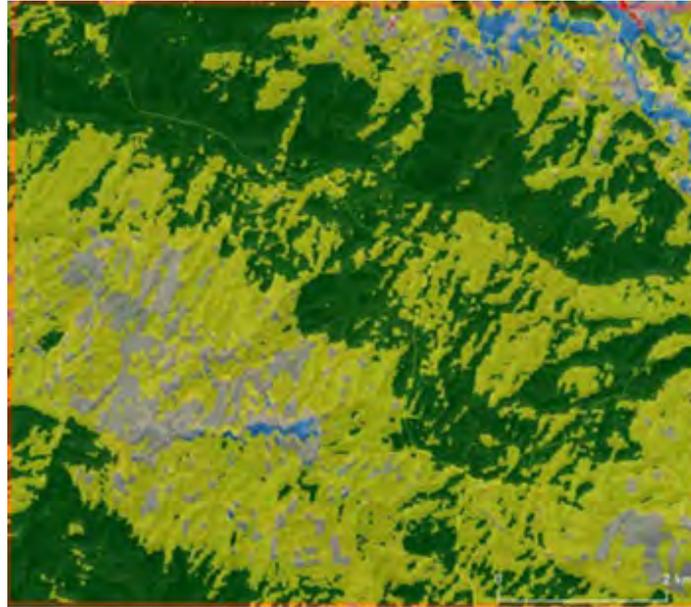


図 4-2-2-25 JAXA 公開のベトナム国の土地利用図(2016 年)

3) リスク評価に使用する GIS データ類

斜面崩壊のリスク評価には、地形(標高、傾斜、方位など)、地質、河川の近傍といった自然要因、または道路などの人為改変の影響を考慮する必要がある。開発途上国で入手可能なこれらの情報源として、以下のデータが挙げられる。

1. 地形情報

斜面の標高や傾斜を把握するためには、衛星データから作成された地形情報(DEM: Digital Elevation Model)が利用できる。本事業では、ALOS 衛星画像を用いて作成された 12.5m 解像度の DEM を使用し、傾斜や方位を算出し、標高データとともにリスク評価に活用した(図 4-2-2-26)。DEM は無償または有償で入手可能であり、広範囲の地形情報を取得できる利点がある。

一方で、ALOS 衛星データから作成される DEM は、UAV(ドローン)等による現地計測データと比較すると、地表の起伏量が小さくなる傾向があり、その結果、傾斜が相対的に緩く算出される場合がある。このため、リスク評価の際には、地形情報(特に傾斜)が過少評価される可能性があることを考慮し、現地調査などで事前に検証することが望ましい。

2. 地質情報

地質は斜面崩壊の重要な要因の一つであり、可能な限り地質情報を入手してリスク評価に反映することが望ましい。電子データとして整備されている場合は、それを利用できる。また、電子データが存在しない場合でも、紙地図があればデジタル化して活用することが可能である。ただし、国によっては地質データが整備されていない場合もあるため、その際は他の要因を用いたリスク評価を行う必要がある。

3. 河川・道路分布情報

斜面崩壊は、河川や道路の近接状況に影響を受けることがあり、これらの情報もリスク評価において重要である。開発途上国では、電子データ化された情報や紙地図が利用できる場合があるが、

一部の道路が記載されていない可能性があるため、データの利用には注意が必要である。

情報が入手できない場合には、光学衛星画像を用いて目視判読し、GIS でポリラインデータを作成することが可能である。ただし、この方法では、使用する衛星画像の解像度や撮影時期、判読者の習熟度によって評価結果が変動する可能性がある。そのため、可能な限り現地調査を実施し、データの信頼性を事前に検証することが望ましい。

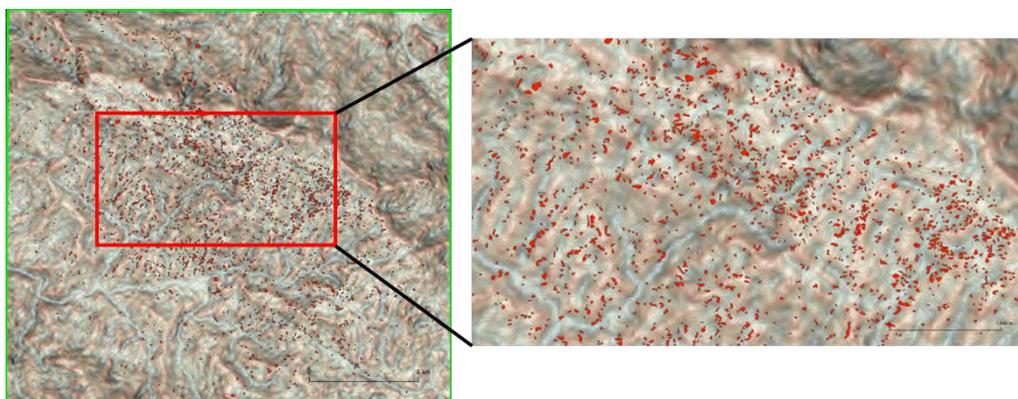


図 4-2-2-26 ALOS12.5mDEM より作成した CS 立体図。図には目視判読した崩壊地(赤)を重ねた。

4) リスク評価および作成したリスクマップを利用する際の留意点

本事業では、前述のデータを用い、ランダムフォレスト(教師あり分類)を用いた機械学習モデルを構築し、崩壊発生地点の推定とリスク評価を行い、その結果をマップ化した(図 4-2-2-27; 詳しくは「令和 5 年度森林技術国際展開支援事業報告書 4.3 章」を参照)。

本手法では、使用するデータセットの項目や解析時の設定により結果が変動するため、リスク評価に利用する際には慎重な取り扱いが求められる。一方で、複数の学習モデルや異なるデータセットにおいて一貫した傾向が確認される場合には、概ね信頼性のある評価結果とみなすことができる。

また、リモートセンシング技術のみでは把握できない情報が、斜面災害のリスク評価において重要となる場合がある。特に、小規模な地域(コミュンレベル: $10^2 \sim 10^3 \text{km}^2$)でのリスク評価を行う際には、現地調査(社会経済的な要因も含む)を実施し、土地利用状況を適切に把握することが不可欠である。このような現地の実態を考慮しながら、リスク評価およびリスクマップの活用を進める必要がある。

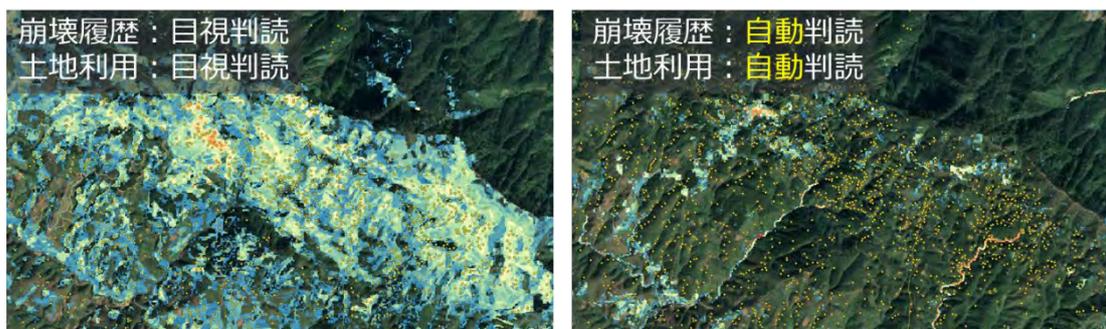


図 4-2-2-27 判読方法の違いによるリスクマップの違い。点は実際の崩壊地、暖色系のエリアほど高リスク。自動判読(右)は効率的だが、精度に課題が残る。

4.2.2.4 (2) 土地利用に関する地域住民の認識

Muong Gion における土地利用の変遷は、地域住民の生活や経済活動と密接に結びついており、農業と森林再生の間でダイナミックな変化を遂げている。住民は、耕作と土地の休閑を繰り返しながら生計を立てており、長年の経験に基づいて土地管理の判断を行っている。

地域の主要な農業形態としては、タイ族が主に米を、モン族がキャッサバを栽培している。耕作地は2～4年間利用された後、休閑地となり、自然回復によって二次林へと移行する。過去には土地の回復に10年を要したが、近年では5～7年で再利用されるケースも増えており、農業技術や土地利用の変化が影響していると考えられる。

また、焼畑農業は禁止されているものの、伝統的な土地利用の慣習は根強く残っている。住民は土地の利用可能性を評価しながら、二次林や保護林・生産林から薪や木材を採取し、森林資源の活用を続けている。一方で、荒地を森林へと回復させるには10～15年を要するため、持続可能な森林管理の必要性が認識されつつある。

こうした背景のもと、地域住民の土地利用に対する意識は、農業の継続と森林の再生のバランスをどのように取るかという課題に直面している。短期間での土地利用を優先する一方で、長期的な森林保全の必要性も理解されており、政策や技術の支援を受けながら持続可能な土地管理の方策を模索している。

4.2.2.4 (3) 土地利用計画において優先的に森林の維持・造成を図る区域の提示

森林は、土砂災害の抑制や水源の保全、生態系の維持など、多面的な機能を持つことから、適切な土地利用計画のもとでその維持・造成を進めることが重要である。特に、斜面崩壊のリスクが高い地域では、森林の防災・減災機能を活かすことで、災害リスクを低減し、地域の安全を確保することができる。

本課題では、これまでの研究成果を活用し、斜面崩壊リスクマップを基に災害危険度の高い区域を特定するとともに、地域住民の土地利用意向を考慮し、科学的根拠に基づいた森林の維持・造成の優先区域を設定する。これにより、技術的な視点に加え、地域の実情を踏まえた持続可能な土地利用計画を策定することを目指す。

1) 対象区域の設定

森林の維持・造成を優先する区域の提示の対象としたのは、図 4-2-2-28 内に黄色枠で示された Mu Cang Chai の Kim Noi、Lao Chai、De Su Phinh コミューンを含む面積約 60km²、標高約 1500～2000m の区域である(図 4-2-2-29)。この区域を対象とした理由は、2017 年の豪雨により多数の斜面崩壊が発生し、防災上の観点から森林の維持・造成が特に求められる地域であるためである。

図 4-2-2-30 は、昨年度までの調査で実施した衛星写真の目視判読による斜面崩壊の発生地点である。これに加えて、対象区域内の地形、地質、土地利用等の条件をもとに、図 4-2-2-31 斜面崩壊リスクマップが作成されている。一連の作成手順については、「令和 5 年度森林技術国際展開支援事業報告書 4.3 章」を参照されたい。



図 4-2-2-28 土地利用提示のための対象区域(黄色枠、Mu Cang Chai、Kim Noi コミューンほか、位置座標は N21°49'、E104°05')



図 4-2-2-29 優先的な森林維持・造成区域の提示に向けた対象区域の衛星画像(黄色枠部分を拡大、面積約 60km²)。区域内に斜面崩壊が広く分布していることが分かる。

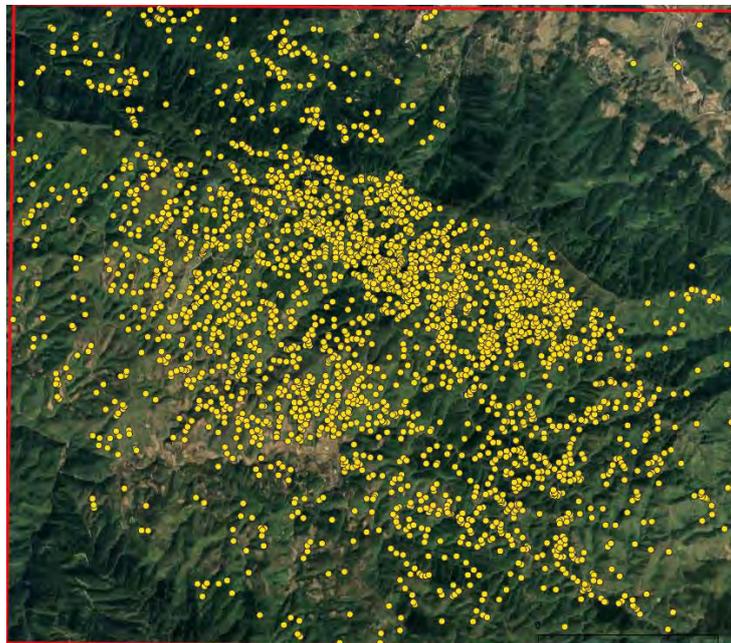


図 4-2-2-30 目視判読された斜面崩壊地の位置(黄色点)

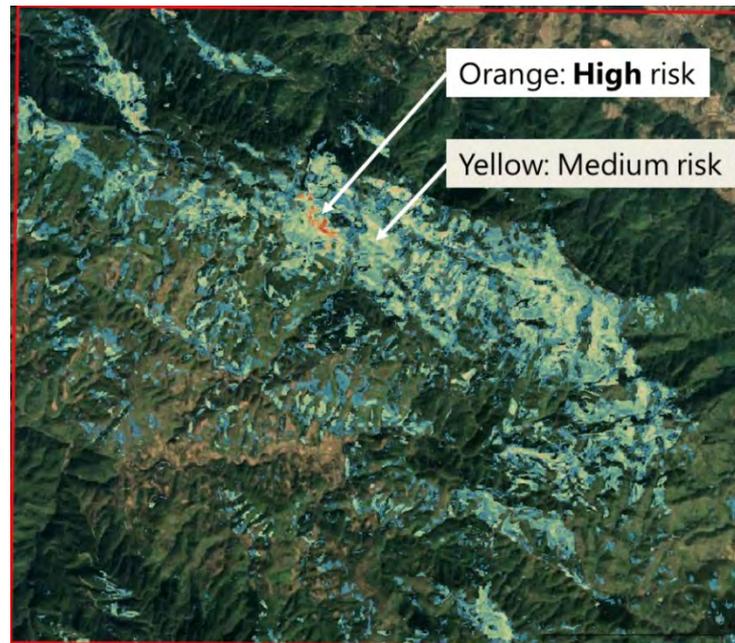


図 4-2-2-31 斜面崩壊リスクマップ。オレンジ色のエリアでは斜面崩壊リスクが最も高く、次いで黄色エリアが高い。

2) ベトナムにおける土地利用計画の現状と森林区分

本事業の対象国であるベトナムには、土地利用（現況）図および土地利用計画図が作成されている。管理の観点から森林については、Production Forest、Protection Forest、Special Forest の 3 区分に分類されている（図 4-2-2-32）。Mu Cang Chai 保護林管理委員会（Management Board of Protection Forests, Mu Cang Chai）によると、Protection Forest の伐採や開発には、省レベルでの許認可が必要であり、一方、Special Forest はより厳格な制限が設けられており、伐採や開発は極めて困難とされる。この点から、Special Forest は日本の森林法に基づく「保護林」や、自然公園法に基づく「特別保護地区」に類似する概念と考えられる。Protection Forest は、2014 年の天然林伐採禁止措置に伴い指定された区域である。指定以前は農地などとして利用されていたが、指定後に放棄された斜面が多く、2025 年時点では若齢林や灌木林が優占している。このため、Protection Forest は本来の森林としての成熟度が低く、森林生態系の回復過程にある区域と位置付けられる。

図 4-2-2-33 は、Yên Bái 省 Mu Cang Chai 地区において 2017 年に発生した崩壊地の分布と、土地利用図上の区分を重ねたものであるが、崩壊が Protection Forest に多く見られる傾向がある。その理由として、Protection Forest は 2014 年の天然林伐採禁止措置に伴い指定された区域であり、それ以前は棚田等として利用されていたことが挙げられる。すなわち、崩壊が発生した時点では、指定からわずか 3 年程度しか経過しておらず、多くの斜面では森林の回復が進行途中であったため、十分な保護機能を発揮できる状態にはなかったと考えられる（図 4-2-2-34）。現地調査でも、かつて農地として利用されていた斜面が放棄された後、まだ森林が十分に成立していない状況が確認されている。

さらに、ベトナム北西部の山地斜面における土地利用の形態は、民族ごとに異なることがこれま

での調査で明らかになっている(図 4-2-2-35、図 4-2-2-36)。同じ Protection Forest に分類される斜面であっても、過去には棚田として利用されていたもの、焼畑が行われていたものなど、その土地利用履歴には大きな違いがある。森林が成立している斜面であっても、その過去の利用形態は一様ではない。これらの違いは斜面のリスク評価に影響を及ぼす可能性が高く、単に現時点の土地利用状況のみを基に評価するのではなく、過去の土地利用履歴を考慮し、リスク評価の要因項目に適切に反映させることが重要である。

以上のように、土地利用図上の区分や用語のみを基にリスク評価を行うと、実態を正しく反映しない結果を導く恐れがある。したがって、リスク評価においては、土地利用図の記載内容をそのまま受け入れるのではなく、それが制定された背景(ここでは 2014 年以降の指定)を正確に把握する必要がある。加えて、目視判読や現地調査を通じて、地域ごと・民族ごとの斜面利用の実態を考慮した現況の区分整理を行った上で、適切にデータを活用することが不可欠である。

これらの点を踏まえると、Protection Forest は過去の土地利用の影響を受けており、森林の回復が不十分な斜面が多く含まれている。そのため、災害リスクを低減しながら森林を健全に再生させるためにも、優先的に森林の維持・造成に取り組むべき区域とする。

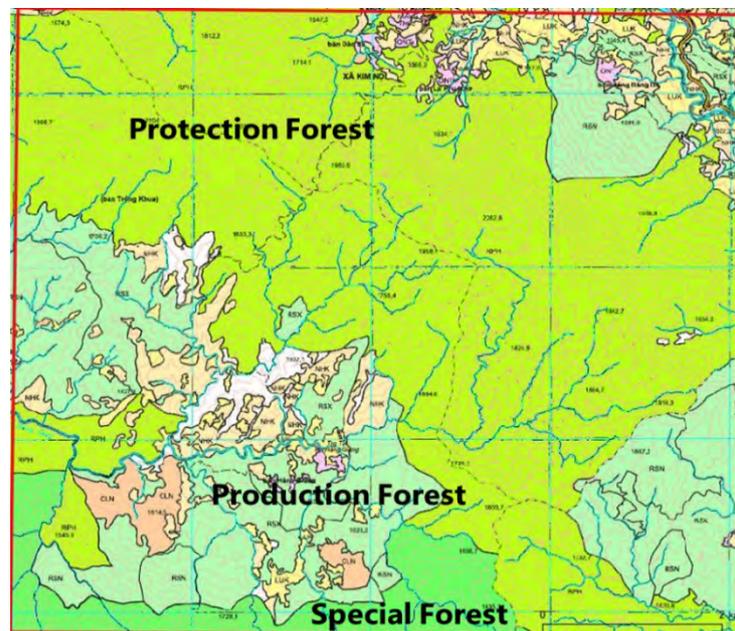


図 4-2-2-32 ベトナムにおける現行の土地利用図(Mu Cang Chai 県 Kim Noi Commune ほか)。森林はその管理のために 3 カテゴリーに区分される(Special Forest、Protection Forest、Production Forest)

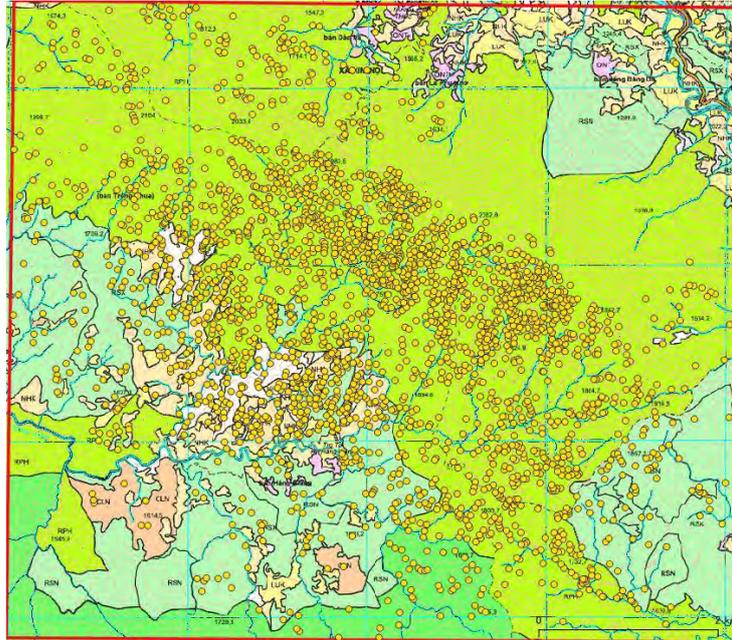


図 4-2-2-33 土地利用現況図に 2017 年に現地で発生した斜面崩壊地(黄色ポイント)の重ね合わせ。Protection Forest に分類される斜面での崩壊の発生多い印象となるが、Protection Forest の実際は図 4-2-2-34 の写真で示すように耕作放棄地や幼齢林が多い斜面である。



図 4-2-2-34 Yên Bái 省 Mu Cang Chai 県の Protection Forest と分類された斜面の実際と発生した斜面崩壊。崩壊箇所は階段状の地形をしており、棚田、畑地等の利用後、放棄、森林化した場所と判断される。斜面に成立する森林はまだ若齢であり、根系が崩壊の抑制を発揮できていない。



図 4-2-2-35 Yên Bái 省 Mu Cang Chai 県の棚田の風景。モン族の居住地域では急斜面でも棚田を造成して、利用している。



図 4-2-2-36 Son La 省 Muong Gion Commune の山地斜面。タイ族の居住地域では河川沿いか扇状地の水利条件の良いところを水田として利用し、山地斜面は焼き畑、草地といった利用がされている。現在、山地斜面の焼き畑は規制され、森林化が進んでいる。

3) 優先的に森林を維持・造成する区域の設定

Protection Forest を森林の維持・造成を優先的に進めるとする基本方針のもと、特に重要な

優先区域を選定する。優先区域の設定にあたっては、災害リスクの軽減と地域住民のニーズという二つの観点を考慮する。

まず、災害リスクの軽減の観点から、作成したリスクマップを用いて斜面崩壊リスクの高い **Protection Forest** を特定し、これを第一の優先区域とする(図 4-2-2-37)。この区域では、森林の維持・造成を通じて土砂災害の発生を抑制し、地域全体の安全性を向上させることが期待される。

次に、地域住民のニーズに基づく優先区域の選定を行う。過去の調査では、地域住民の 95% が森林の防災・減災機能に期待を寄せていることが明らかとなっている。特に集落周辺の森林は、防災機能の強化だけでなく、地域コミュニティの理解と協力を得やすいことから、これを優先区域として設定する。具体的には、集落の中心地点から半径 500m 以内の **Protection Forest** を対象とする(図 4-2-2-38)。さらに、住民のヒアリング調査によれば、未舗装道路が多いため、大雨時には通行が困難となり、避難行動が制約されることが指摘されている。これを踏まえ、防災機能の向上を目的として、道路沿いの区域(上下幅 50m)も優先区域に設定する(図 4-2-2-39)。この区域における森林の維持・造成は、斜面の安定性向上だけでなく、緊急時の避難経路の確保にも寄与すると考えられる。

以上のように、**Protection Forest** 内における優先区域は、①斜面崩壊リスクが高い区域、②集落周辺(半径 500m 以内)の区域、③道路沿い(上下幅 50m)の区域の三つの基準に基づき設定する(図 4-2-2-40)。これにより、森林の維持・造成を通じた防災機能の強化と、地域住民のニーズを両立させることを目指す。

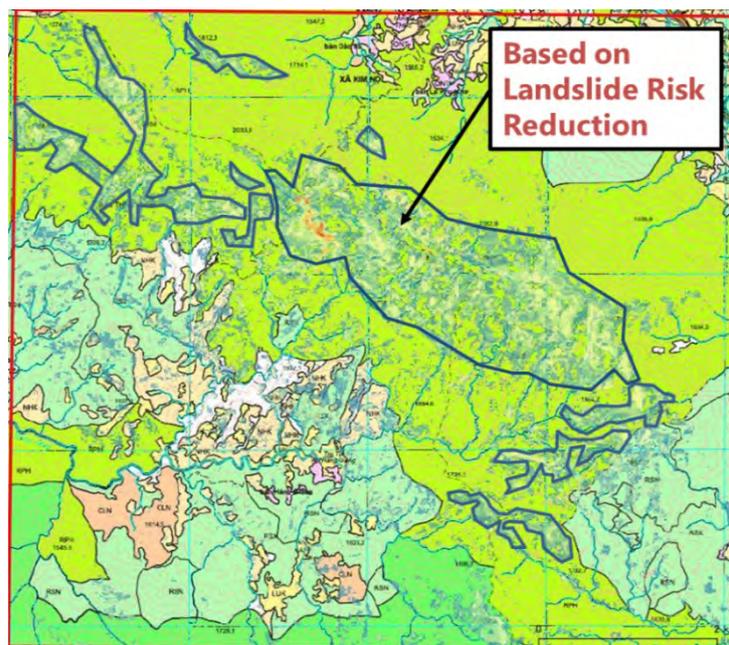


図 4-2-2-37 **Protection Forest** と斜面崩壊リスクの高いエリア重ね合わせ。両者の重なる区域は、防災の観点から優先的に森林を維持・造成すべき区域となる。

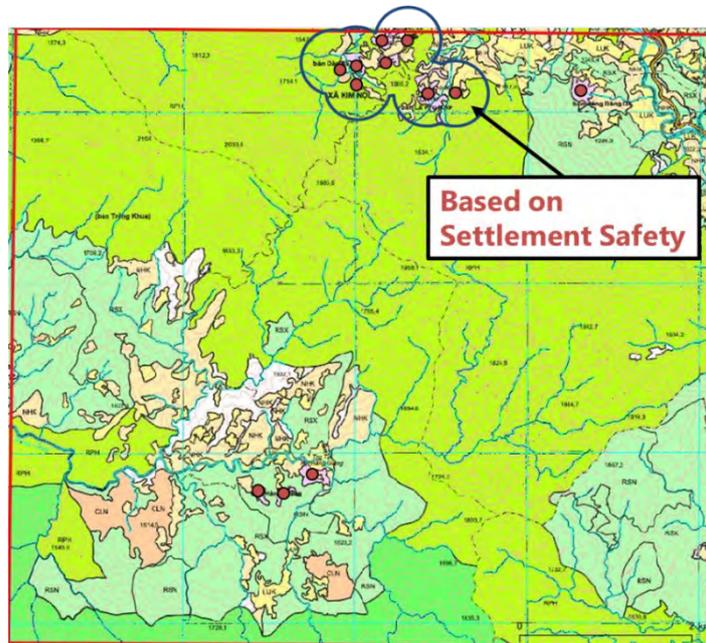


図 4-2-2-38 Protection Forest の集落から半径 500m 以内の区域。防災面での効果が
高く、コミュニティの理解も得られやすいことから、優先的に森林を維持・造成すべき区
域となる。

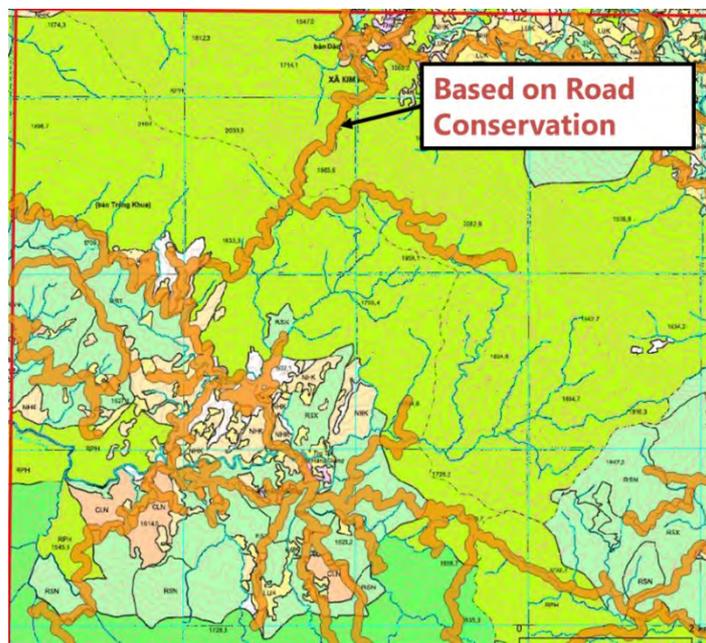


図 4-2-2-39 Protection Forest を通過する道路の両側 50m 幅帯。豪雨時の重要な避難
ルートとなることから、防災の観点から優先的に森林を維持・造成すべき区域となる。

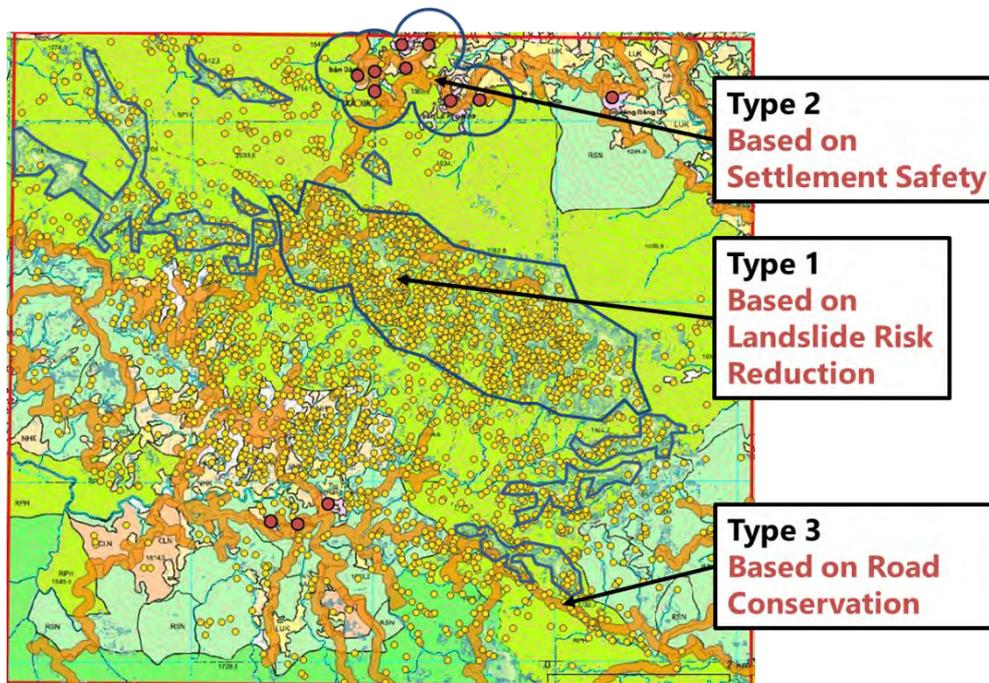


図 4-2-2-40 Protection Forest における優先的に森林を維持・造成すべき区域(高斜面崩壊リスク、集落周辺、道路沿いの統合版)。

4) 土地利用計画に関する行政機関との意見交換

本課題で作成した優先的に森林を維持・造成する区域の設定手法について、Mu Cang Chai 保護林管理委員会 (Management Board of Protection Forests, Mu Cang Chai) を訪問し、森林の維持・造成に関する考え方について意見交換を行った(図 4-2-2-41)。同委員会は、森林の保全と管理を担い、地域住民への伐採規制の指導を実施している。森林再生に関しては天然更新を基本とし、条件が厳しい土地では植林も行うが、植林規模は予算の増減によって大きく変動する。例えば、2023 年は 350 ヘクタールの植林を実施したが、2024 年は予算削減により 30 ヘクタールに縮小した。土地利用計画は省レベルで策定され、管理委員会は森林管理の観点から意見を提供する立場にあるが、独自の対策を実施する権限は持っていない。



図 4-2-2-41 優先的に森林を維持・造成する区域に関する意見交換を実施した Mu Cang Chai 保護林管理委員会

Mu Cang Chai 県保護林管理委員会は、地域の森林と災害リスクの現状について、森林の劣化とそれに伴う環境リスクの増大を認識している。特に Kim Noi コミューンでは、人為的な影響によって森林の質が低下し、斜面の安定性が損なわれることで、災害リスクが高まっていると考えている。

斜面崩壊の主な要因として、地形条件、森林の劣化による脆弱な土壌、短時間での多量降雨が挙げられており、これらが相互に作用して斜面の崩壊を引き起こしている。また、道路建設の影響が周辺地域にとどまらず、遠隔地の地盤にも影響を及ぼしていることが指摘されている。また、森林リハビリテーションに関しては、外部からの資金提供があっても専任の担当者が不在であり、十分な取り組みが行われていないことが課題となっている。これにより、森林の回復が進まず、災害リスクの軽減にも十分な効果が得られていない可能性がある。さらに、開発事業による環境影響については、Che Cu Nya で大規模な土砂捨てが確認されており、これは政府の高速道路建設計画の一環として、既存の北部高速道路へ接続するための工事に関連している。土砂処分は合法的に許可されているものの、その方法として川へ投入し、水流によって下流へ運搬する手法が採用されており、環境への影響が懸念されている。

全体として、管理委員会は森林の劣化や斜面崩壊リスクの増大を認識し、森林の維持・再生に取り組んでいるが、予算や人員の制約により十分な対策を講じることが難しい状況にある。また、開発事業による環境負荷が広範囲に及んでおり、今後の森林保全や災害リスク管理に影響を及ぼす可能性がある。

本事業で設定した優先的に森林の維持・造成を実施する区域を提示したところ、管理委員会はその適切性を認め、特に Kim Noi コミューンが Mu Cang Chai 県内で最も森林劣化が進み、斜面崩壊リスクが高い区域であるとの認識は一致していた。また、斜面崩壊リスクマップの評価とも整合し、既に一部の区域では植林事業が開始されていることが確認された。このことから、我々が設定した優先区域は、現地の認識や既存の対策とも整合性が取れており、適切であると判断された。

4.3 海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価

4.3.1 気候変動下においてマングローブへの期待が高まる沿岸域防災・減災

4.3.1.1 背景

マングローブは熱帯・亜熱帯沿岸域の潮間帯上部にのみ生育し、海域と陸域の間で緩衝帯としての役割を果たしている。すなわち、マングローブは、高い一次生産能を背景とした膨大な炭素貯留機能(地球温暖化緩和機能)や、木材や燃料の生産、海陸双方に由来する生物への住み処提供など多様な生態系サービスに加え、防風・防潮・波力減衰等沿岸域の防災・減災を担っている。一方で、近年の地球規模での気候変動の進行を背景にした海面上昇や大型台風の頻発により、これまでよりも大きな高波や強い暴風が発生し、沿岸域の災害リスクが増していることから、マングローブ生態系を含む沿岸部における防災・減災機能の発揮に大きな関心が集まっている。

IPCC の第 6 次評価報告書第 1 作業部会貢献文書(IPCC 2021, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*)では「人間の影響により大気、海洋、陸地が温暖化したことは明白である」とされた。すなわち、観測や複数の気候モデルシミュレーションの結果から、近年、世界平均海面水位の上昇が加速しており、1902～2010 年の間 0.16m 上昇し、2006～2015 年の海面上昇速度は 3.6mm/年と報告された(環境省 2021)。これは、直近 100 年間では例がないスピードで、20 世紀における海面水位の上昇率に比べ、約 2.5 倍に相当するとのことである。地球規模での気候変動によって、海面上昇は着実に進行し、中心気圧が低下し大規模化した台風の発生も多発すると予測されている。このような気象環境の変化により、高波・暴風等による沿岸域における災害リスクの高まりが懸念される中、沿岸域潮間帯に分布するマングローブも存立の危機に曝されている。

一方で、潮間帯にのみ生育可能なマングローブは、クロマツ等の陸性の樹木で構成される海岸林と同様に、古来、防風・防潮・波力減衰・浸食防備など沿岸域の防災・減災を担ってきた(海津 1998、佐藤 1992, 2010、松田 2011)ことは周知である。2004 年のインド洋大津波では、マングローブは津波被害の低減に貢献し、改めて注目を集めた(Forbes & Broadhad 2007、Yanagisawa et al. 2009 など)。気候変動による海面上昇や大型台風による沿岸災害リスクの高まりが懸念される現在、熱帯・亜熱帯地域の沿岸部に分布するマングローブには、気候変動による海面上昇に伴う沿岸域の浸食防止や、海水温の上昇に起因して強大化が想定される台風による高潮リスクの軽減など、国土保全・沿岸護岸のための防災・減災を含む気候変動の適応策の一翼としての期待が高まっている(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2011a, b, Huxham et al. 2017)。

しかし、現状は、港湾開発や魚介の養殖池造成、商業伐採などによりマングローブの消失や劣化は近年進行しており(宮城ほか 2003)、さらには海岸侵食や表層侵食が顕在化している地域もみられる。このため、海面上昇のリスクに曝されている沿岸域のハザードを低減する行動として、近

年、マングローブの再植林による沿岸域の保全活動が積極的に推進されている(環境省 2021)。

こうしたことを背景に、海面上昇による高潮被害に対する沿岸域の防災・減災に関しては、激甚化する高波や強風に耐えうるマングローブの閾値やマングローブによる防災・減災機能を定量的に理解したうえで、予測されるリスクに対するマングローブ保全策を構築することが急務となっている。

4.3.1.2 自然を活用した解決策 (Nature-based Solutions: NbS) とマングローブ保全・再生に関する国内外の動向

自然を活用した解決策 (Nature-based Solutions: NbS) とは、気候変動、防災、水・食料資源の持続的利用、生物多様性の維持、貧困対策などの様々な社会的課題の解決のために、地形、地質、水循環、動植物など、その場所の自然の特性を踏まえたアプローチで進める活動の総称 (環境省自然環境局 2022) で、国際自然保護連合 (IUCN: International Union for Conservation of Nature) や世界銀行などの実務者が提唱した概念である。NbS には、①複数の社会課題の同時解決に繋がる、②住民の暮らしの質 (Quality Of Life) や地域の魅力向上に寄与する、③国レベルの、あるいは世界的な社会課題解決にも貢献できる、④初期導入コストを抑えられる、⑤状況の変化に合わせて柔軟に対応できる、⑥自由度が高い選択肢と将来に豊かな資源とを残せる (後悔の少ないアプローチ) などの利点が挙げられている。上述のように、20 世紀後半からの急速な開発や土地利用の転換により膨大な面積のマングローブが劣化し、喪失した。その一方で、マングローブの保全・再生の活動が世界各地で積極的に取り組まれてきた (表 4-3-1-1 および表 4-3-1-2)。特に、近年の社会的課題解決に対して NbS を推進する世界的な潮流を背景に、マングローブの保全・再生についても「災害リスク軽減」や「気候変動への緩和・適応」を目的とした NbS として活動に取り組まれる事例が増えている。そこで、日本の民間団体等によって、これまでに組織的に熱帯・亜熱帯地域で展開されてきたマングローブの保全・再生に関する NbS の取り組みの一部をレビュー・整理し、表 4-3-1-1 と表 4-3-1-2 に提示する。

4.3.1.2 (1) 気候変動緩和、沿岸生態系保全を目的としたマングローブを活用した NbS 事例

2009 年の国連環境計画 (UNEP: United Nations Environment Programme) の報告書では、沿岸域のマングローブを含む海洋生態系において光合成によって取り込まれた炭素を「ブルーカーボン」と呼び、このブルーカーボンを新たな吸収源対策の選択肢として提示した (Nellemann et al. 2009)。マングローブは他の生態系に比べ高い炭素蓄積能を有する (Donato et al. 2012、Alongi et al. 2020 など) ことから、マングローブは気候変動対策の観点から世界的に大きな社会的関心を集めている。

2015 年の気候変動枠組条約 COP21 (The twenty-first session of the Conference of the Parties: 第 21 回締約国会議) では、2020 年以降の国際的な気候変動対策の枠組みとして、先進国・途上国問わず全ての国が参加する公平かつ実効的な法的枠組みであるパリ協定が採択された。パリ協定では全ての参加国と地域に、2020 年以降の温室効果ガス削減目標である「国が

決定する貢献(Nationally Determined Contributions:NDC)」を定めることが求められている。各国が表明した NDC に関して、浅海域あるいはブルーカーボンの活用を言及している国は多く、緩和効果については 28 ヶ国、適応効果については 59 ヶ国に上る(堀・桑江 2017)。さらに、米国やオーストラリアなどでは、IPCC の湿地ガイドラインに基づき温室効果ガス吸収量を算定し、国家温室効果ガス(Greenhouse Gas:GHG)排出・吸収インベントリに計上している。日本政府は、マングローブによる吸収を差し引いた GHG 排出量を報告していたが、21 年度分からはブルーカーボンとしての吸収量を差し引いて GHG インベントリに計上するようになった。

こうした背景の下、1980 年代以降、気候変動対策や沿岸生態系保全を目的としたマングローブ保全・再生に関する NbS の取り組みが、世界各国で多数取り組まれてきた(表 4-3-1-1)。「持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals:SDGs)」では、マングローブの保全・再生に向けた取り組みは「13. 気候変動に具体的な対策を」だけでなく、地域住民、地域社会との協働を通じて「14. 海の豊かさを守ろう」や「15. 陸の豊かさも守ろう」、さらには「1. 貧困をなくそう」や「2. 飢餓をゼロに」、「11. 住み続けられるまちづくりを」などにも貢献する。そうしたことから、これまでに、東京海上グループやリコージャパン、商船三井などの日本企業や ACTMANG (Action for Mangrove Reforestation:マングローブ植林行動計画)や ISME(International Society of Mangrove Ecosystems:国際マングローブ生態系協会)などの民間団体がマングローブ保全・再生活動に積極的に取り組んでいる。

表 4-3-1-1 気候変動対策、沿岸生態系保全を目的としたマングローブ保全・再生に関連する NbS 取り組み事例

国名	プロジェクト名	NbSの取組概要	実施母体	実施期間	出典
アラブ首長国連邦、オマーン国、クウェート国、サウジアラビア王国、パキスタン・イスラム共和国	アラビア湾岸のマングローブ植林	砂漠にマングローブを育てるための植林	砂漠に緑を	1983～1988	向後(1988), 向後(2014)
インドネシア共和国	インドネシアにおけるマングローブ植林のボランティア活動	マングローブ林の保護・再生のための植林	日本財団	1985～1991	日本財団HP
パキスタン・イスラム共和国	パキスタンでのマングローブ生態系保護のための植林、苗畑整備およびパキスタン・ミヤニワにおけるマングローブ植林協力	マングローブ生態系保護のための植林	ISME (International Society of Mangrove ecosystems : 国際マングローブ生態系協会)	1994～1997	馬場・北村(1999), 国際マングローブ生態系協会HP
エクアドル共和国	サンチアゴ マタヘ河口域におけるマングローブ植林	劣化マングローブ林の修復・再生	ACTMANG (Action for Mangrove Reforestation : マングローブ植林行動計画)	1994～2003	望月(2002)
ベトナム社会主義共和国	カンザー地区におけるマングローブ植林	劣化マングローブ林の修復・再生	ACTMANG	1995～	望月(2002)
セネガル共和国	西アフリカにおけるマングローブ生態系回復のための植林事業	マングローブ苗畑造成および植林	ISME	1997	馬場・北村(1999), 国際マングローブ生態系協会HP
フィリピン共和国	SDGsの活動を広げるマングローブ植林	沿岸域環境再生のためのマングローブ植林	イカオ・アコ	1997～現在	リコー・ジャパンHP, イカオ・アコHP
アラブ首長国連邦	アラブ首長国連邦アブダビ首長国におけるマングローブ植林	植林計画の事前調査、試験的マングローブ植林、新たな植栽方法検討に係る調査	ISME	1999～2001	国際マングローブ生態系協会HP, ジャパン石油開発HP
ミャンマー連邦共和国	イラワジデルタにおけるマングローブ植林	乱伐と違法な水田開発による荒廃マングローブ林の再生	ACTMANG	1999～現在	望月(2002)
タイ王国	マングローブ植林プロジェクト (ラノーン)	エビ養殖池等への転換地からのマングローブの再植林	OISCA (The Organization for Industrial, Spiritual and Cultural Advancement-International : オイスカ)	1999～現在	東京海上グループHP, オイスカHP
ベトナム社会主義共和国	カンザー地区におけるマングローブ植林	マングローブ再植林事業および保育・管理作業、成長経過モニタリング作業	南游の会	2001～現在	南游の会HP
ブラジル連邦共和国	草の根パートナー型事業”ブラジル北部の沿岸の荒廃マングローブ生態系復元事業”、住民主導によるマングローブ生態系修復への協力、ブラジル連邦共和国バラ州ブラカンサ郡内における住民主導によるマングローブ生態系修復	荒廃したマングローブ林の再生および環境教育事業	ISME、JICA (Japan International; Cooperation Agency : 国際協力機構)	2005～2007、2008、2009	国際マングローブ生態系協会HP
マレーシア	マレーシア・サバ州におけるマングローブ植林活動	違法伐採による劣化マングローブ林の再生および野生生物保護・生物多様性保全の観点からのマングローブ植林	ISME	2011～現在	国際マングローブ生態系協会HP, 東京海上グループHP
セネガル共和国	プティト・コートおよびサルーム・デルタのマングローブ保全および持続的利用のための調査・管理計画策定	マングローブの持続的管理に係る調査およびマングローブ林持続的管理計画策定	JICA	2012～2014	国際協力機構(2015)
インドネシア共和国	SDGsの活動を広げるマングローブ植林	劣化マングローブ林の再生	ワイエルフォレスト株式会社	2006～現在	リコー・ジャパンHP, ワイエルフォレストHP
モーリシャス共和国	生態系保全・再生と持続可能な利活用への技術支援と人材育成	マングローブ生態系の保全再生と持続可能な利活用および人材育成	ISME	2022～現在	国際マングローブ生態系協会HP, 商船三井HP

4.3.1.2 (2) 沿岸災害リスク軽減を目的としたマングローブを活用した NbS 事例

気候変動に伴う海面上昇や強大化した台風の頻発により沿岸域の災害リスクが増加しつつある状況の中、海岸林やマングローブ、サンゴ礁などで構成される沿岸生態系が持つ防災・減災機能への期待が高まっており、マングローブを含む沿岸生態系の保全・再生に対しても関心が集まっている。マングローブを含む沿岸生態系が持つ波の減衰機能に関しては波の観測やモデルを使った数値シミュレーションにより定量評価が行われており、マングローブ前縁に分布するサンゴ礁による海底の高まりやマングローブの複雑な樹形(特に支柱根、呼吸根)によって波のエネルギーが減衰されることが報告されてきた(Kamil et al. 2021, Guannel et al. 2016, Spalding et al. 2014 など)。また、2004 年インド洋大津波などの経験から、マングローブが津波被害の軽減に効果があったとの報告もある(Forbes and Broadhead 2007, Yanagisawa et al. 2009)。

こうした科学的知見を背景に、近年、沿岸災害のリスク軽減を目的としたマングローブの保全・再生に関する NbS の取り組みは、マングローブ生態系の分布コア地域である熱帯アジア地域を中心に活発となっている(表 4-3-1-2)。企業や民間団体の CSR(Corporate Social Responsibility:企業の社会的責任)活動の内容も、単なる劣化マングローブの保全・再生から気候変動対策、そして沿岸域の防災・減災へと、時代の変遷とともにその目的が多様化してきていることがみてとれる。ただし、マングローブなどの自然を活用した沿岸域の防災・減災には限界があることから、従来沿岸域の防災・減災に一役を担ってきた堤防や防波堤、消波ブロックなどのコンクリート構造物と組み合わせてマングローブや海岸林などの防災林を配置することが提案されている(鶴田他 2021)。また、それらを組み合わせて配置する事例も見られます(図 4-3-1-1)。これは、これまでコンクリート構造物(グレーインフラ)のみで対応してきた災害などの脅威に対し、その一部を防災林(グリーンインフラ)にも担ってもらい、なおかつ平時には自然の恵みを享受しようというものである。グレーインフラ、グリーンインフラ双方の特性(メリット、デメリット)を理解し、相互に補完しあう形で適切に組み合わせて導入することが肝要であり、グレー・グリーンインフラのベストミックスのための技術開発が各国で模索されている。



図 4-3-1-1 沿岸域におけるグレー・グリーンインフラ組み合わせ事例

左:消波ブロック+マングローブ、右:堤防+クロマツ林

表 4-3-1-2 沿岸災害軽減や沿岸保全を目的としたマングローブ保全・再生に関連する NbS 取り組み事例

国名	プロジェクト名	NbSの取組概要	実施母体	実施期間	出典
タイ王国	タイ電力公社森林再生プロジェクト	水源林、マングローブ、コミュニティフォレスト等の植林と保全・再生・維持管理を通じた企業イメージ向上のためのCSRプロジェクト	NDPMC (National Disaster Prevention and Mitigation Committee : タイ国家防災・減災委員会)、RFD (Royal Forest Department : タイ王室林野局)	1982～現在	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2022)
バングラデシュ共和国	マングローブ植林プロジェクト (チッタゴン)	サイクロン災害の軽減を目的とした、荒廃マングローブ林の再生	OISCA	1992～現在	東京海上グループHP, オイスカHP
インドネシア共和国	マングローブ植林プロジェクト (インドネシア)	高波等による海岸浸食防止を目的としたマングローブ植林	OISCA	1990～現在	東京海上グループHP, オイスカHP
フィジー諸島共和国	マングローブ植林プロジェクト (フィジー)	海岸浸食防止を目的としたマングローブ植林	OISCA	1993～現在	東京海上グループHP, オイスカHP
ベトナム社会主義共和国	ベトナム災害対策事業	海岸部へのマングローブ植林やその維持管理を通じて、住民によるマングローブ林の保護効果に関する理解共有の深化と、住民生計の向上、およびマングローブ林による保護効果の向上など	デンマーク赤十字社、日本赤十字社、ベトナム赤十字社	1997～2017	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2021)
モルディブ共和国	モルディブ共和国でのマングローブ植林活動、島嶼国での住民の命と生活を守るための海岸防災林の造成	海岸線保全を目的としたマングローブ植林	ISME	2002～2004、2006～2008	国際マングローブ生態系協会HP
ミャンマー連邦共和国	エーヤワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	エーヤワディ・デルタ内にマングローブ苗木の植栽、マングローブ林の持続的な管理と住民生活の貧困緩和のための体制構築	JICA	2004～2007	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2021)
フィリピン共和国	南ルソンマングローブ植林プロジェクト	台風、高潮災害軽減を目的としたマングローブ植林	OISCA	2004～現在	東京海上グループHP, オイスカHP
インド共和国	インド・グジャラート州のマングローブ植林活動	海岸浸食の緩和、雇用機会の提供、生物多様性の保全を目的としたマングローブ植林	ISME	2009～現在	国際マングローブ生態系協会HP, 東京海上グループHP
キリバス共和国	キリバス共和国・タラワ環礁でのマングローブ植林活動	海面上昇に伴う海岸浸食の緩和を目的としたマングローブ植林	ISME	2010～現在	国際マングローブ生態系協会HP, コスモ石油HP
インドネシア共和国	マングローブ生態系保全と持続的な利用のASEAN地域における展開	マングローブ管理センターの行政組織化、マングローブの持続的管理、環境教育、エコツーリズム、リモートセンシング等の技術普及のための管理体制等の構築	JICA	2011～2014	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2021)
タイ王国	Ecosystem Protection Infrastructure and Community Projects (EPIC : 生態系保護インフラと地域社会プロジェクト)	サイクロン、高潮、津波等の沿岸災害に対する強靱性の構築を目的とした、エビ養殖等で劣化したマングローブ林のコミュニティベースでの再生	IUCN (International Union of Conservation of Nature and Natural Resources : 国際自然保護連合)	2012～2017	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2022)
フィリピン共和国	災害に強い、森に守られた地域社会づくりプロジェクト	台風による大波軽減を目的としたマングローブ植林 (レイテ島) と、水源林再生のための植樹	OISCA	2015～2018	オイスカHP
フィリピン共和国	台風の影響を受けた沿岸生態系の生物多様性保全による持続可能な沿岸保護プロジェクト	マングローブと沿岸森林資源に焦点を当てた災害後の復旧技術支援、マングローブの苗木生産と植林技術ガイドの提供、海洋保護区とマングローブ林エコパーク化の推進等	DENR (Department of Environment and Natural Resources : フィリピン政府環境天然資源省)、GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit : ドイツ国際協力公社)	2018～2021	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2022)
インド共和国	インド沿岸域の自然生態系の保全回復と機構への強靱性強化	マングローブや海藻等の自然生態系の保全・回復と気候に適応可能なバリュチェーンの構築	GCF (Green Climate Fund : 緑の気候基金)	2019～2025	森林総合研究所REDDプラス・海外森林防災研究開発センター(2022)

4.3.2 波や風に対するマングローブの根返り耐性：砂丘海岸林を構成する樹種との比較

4.3.2.1 背景および令和5年度の調査結果、令和6年度の研究目的

マングローブは海水や汽水に浸る環境を生息場所としている。そのため、マングローブは根の酸素不足を回避するための「呼吸根」と呼ばれる特殊な根系構造をもっている。たとえば、オヒルギ (*Bruguiera gymnorrhiza*) は膝を折ったような形の膝根、メヒルギ (*Kandelia obovata*) は幹周囲の根元に板状の板根、ヤエヤマヒルギ (*Rhizophora stylosa*) は幹から放射状に伸ばしたタコ足状の支柱根、ヒルギダマシ (*Avicennia alba*) とマヤプシキ (*Sonneratia alba*) は地中のケーブル根から伸ばしたタケノコのような形状の筍根等、それぞれ複雑かつ特徴的な形状をしている。こうした複雑な呼吸根の形状は、水の摩擦を増し、水流に対する抵抗となるため、効果的に波の力を減衰させる。さらに、呼吸根だけでなく、マングローブの幹や枝、葉も海風に対する抵抗となって、防風効果を発揮する。高波(高潮)や津波、強風等の外力に対しても、マングローブも含めた、海岸林を構成する樹木は、抵抗体として働き、人間が生活する内陸部への浸水を低減する。2004年のインド洋大津波では、マングローブが津波被害の低減に貢献し、改めてその防災・減災機能は注目を集めた。こうしたことを背景に、クロマツ等の陸生の樹木で構成される海岸林と同様に、マングローブも防風・防潮・波力減衰等沿岸域の防災・減災機能を担っていることが広く認識されている。

一方で、マングローブを含む海岸林は、コンクリートの堤防等の強固な人工構造物ではないため、当然ながら上述の防災・減災機能にも限界がある。すなわち、波や風に樹木が耐え得る「限界値」を上回ると、樹木に「根返り」等の物理的な被害が発生する。波や風による根返りに対して樹木が耐え得る「限界値」、すなわち、根返り耐性は、樹種によって異なるとされる。気候変動に伴う台風の大型化等沿岸災害リスクの高まりが懸念されている現在、持続的に防災・減災機能を発揮できる海岸林を整備する必要があるが、そのためには、高波や強風等に対する樹種ごとの根返り耐性を理解した上で、海岸林の適切な整備指針を検討することが重要である。

樹木の根返り耐性は、調査対象の樹木の幹に取り付けたロープをハンドウィンチで牽引して樹木を引き倒す「引き倒し試験」によって調査する(Nicoll et al. 2005)。この引き倒し試験では、調査対象の樹木が根ごとひっくり返った、もしくは幹を支えている根が損傷した(折れた、もしくはちぎれた)際の牽引力を測定し、それを樹木の「根返り」に対する耐性を表す数値として評価する。引き倒し試験は、これまで陸域の森林を対象に数多く行われてきたが、マングローブを対象とした研究事例はほとんど報告がない。

そこで、令和5年度の当該プロジェクトでは、沖縄県西表島およびベトナム共和国スアントウイ国立公園において、波や風を直接うけやすい海岸線前縁部でマングローブを構成する数種(ヤエヤマヒルギ、ベニマヤプシキ (*S. caseolaris*)、ナンヨウマヤプシキ (*S. apetala*) 等)を対象に引き倒し試験を行い、その結果を報告した。すなわち、支柱根をタコ足状に伸ばすヤエヤマヒルギは、ケーブル状の根を地下の堆積物中に伸ばしてそこから筍根を発達させているベニマヤプシキやナン

ヨウマヤブシキよりも抵抗力が高く、波や風に対して「根返り」を起こしにくいことが明らかとなった(Ono et al. 2024)。

令和6年度においては、同じく海岸線前縁部でマングローブを構成するオヒルギ、およびマングローブ後背の地盤高が高い箇所に生育するモクマオウ(*Casuarina equisetifolia*)を対象に引き倒し試験を行った。以下では、令和6年度に得られた結果を令和5年度に実施済みの試験結果と比較し、樹種ごとの根返り耐性を評価する。あわせて、陸域の海岸林でこれまで行われてきた陸性の樹種の根返り耐性結果(野口ら 2014)とも比較し、マングローブの根返り耐性も評価した。

4.3.2.2 マングローブ種とモクマオウにおける根返り耐性

図4-3-2-1に、ヤエヤマヒルギ、オヒルギ、ベニマヤブシキ、ナンヨウマヤブシキ、メヒルギ、ヒルギモドキのマングローブ6種と、モクマオウにおける地上部バイオマス(Total Aboveground Biomass【生重:kg】)と根返り耐性特性の関係を示した。ヒルギダマシについては、調査個体数が1個体のみであったため、比較・検討の対象としなかった。

各樹種の回帰直線の傾きについて、ベニマヤブシキ、ナンヨウマヤブシキ、メヒルギはモクマオウと同じレベル(0.08程度)であった。一方、ヤエヤマヒルギとオヒルギはそれらに比べて3~4倍高い値を示した。このことから、ヤエヤマヒルギとオヒルギの根返り耐性は、モクマオウや残りのマングローブ種に比べて3~4倍程度大きいと解釈できる。ただし、オヒルギの調査個体数は3個体と限定的である点に留意する必要がある。

4.3.2.3 陸域海岸林の構成樹種を対象とした既往の引倒し試験結果との比較

潮間帯のマングローブと陸域の海岸林では、立地・環境条件(堆積物・土壌、気象条件、樹木の生理的・生態的・物理的性質など)が大きく異なっているが、両者には、防潮林や防風林としての機能など、一般的に沿岸域で期待される多面的機能は共通している。日本では、マングローブは鹿児島県から南西諸島にかけての亜熱帯沿岸域にしか自生していない。そのため、陸域の沿岸域の多くでは、アカマツ(*Pinus densiflora*)やクロマツ(*P. thunbergii*)、広葉樹(タブノキ:*Machilus thunbergii*、ケヤキ:*Zelkova serrata*、ミズナラ:*Quercus crispula*など)が植林され、沿岸災害を軽減するための森林が整備されている。ここでは、潮間帯に生育するマングローブの根返り耐性を、引き抜き実験が数多く行われている陸域の海岸林の樹木の根返り抵抗と比較した。

陸域の海岸林では、樹木のサイズが大きくなると根返り耐性を指標する最大回転モーメントが増加する傾向があることが多くの研究で報告されている(今井・鈴木 2005、近藤ら 2006、野口ら 2014、Todo et al. 2019、Nanko et al. 2019)。これらの研究で得られた知見は、マングローブを対象に本事業で得られた結果と一致していた。同じ大きさの樹木間で、根返り耐性を比較すると、西表島のヤエヤマヒルギやオヒルギは根返り耐性が高く、ベトナムのスアントウイ国立公園のベニマヤブシキ、ナンヨウマヤブシキ、メヒルギおよびモクマオウはそれらに比べて低かった(図4-3-2-1)。野口ら(2014)は、海岸砂丘の陸域海岸防災林における樹種間の根張り抵抗性を比較し、クロマ

ツの根返り耐性は広葉樹よりも低い傾向にあることを示した。野口ら(2014)は、この結果を樹種間の根の分布や根の剪断強度の違いからくる針葉樹と広葉樹の根系の抵抗力の違いに起因していると考えた。また、野口ら(2014)が実施した既往研究における陸域の海岸林を構成する樹種(クロマツ、ミズナラ、ケヤキ)を対象とした根返り耐性と地上部バイオマスとの関係を、図 4-3-2-1 の結果に重ね合わせて比較した結果が図 4-3-2-2 である。地上部バイオマスに基づく比較では、ヤエヤマヒルギの根返り耐性が最も大きく、次いで、オヒルギ、ケヤキ、ミズナラ、クロマツという順であった。その他、ベニマヤブシキ、ナンヨウマヤブシキ、メヒルギ、モクマオウなどの種の根返り耐性は同レベルであった。以上の結果は、同じ樹木サイズ(地上部バイオマス)で比較した場合、ヤエヤマヒルギとオヒルギは、陸域海岸林の構成種らと同等か、あるいはそれ以上に、外力(潮や風など)に対する根返り耐性が高いことを示唆している。本事業における調査結果は、日本南西部とベトナム北部の2箇所で、7樹種59個体のみを対象に行われたものであるため、将来的にはより広範な調査を行う必要がある。

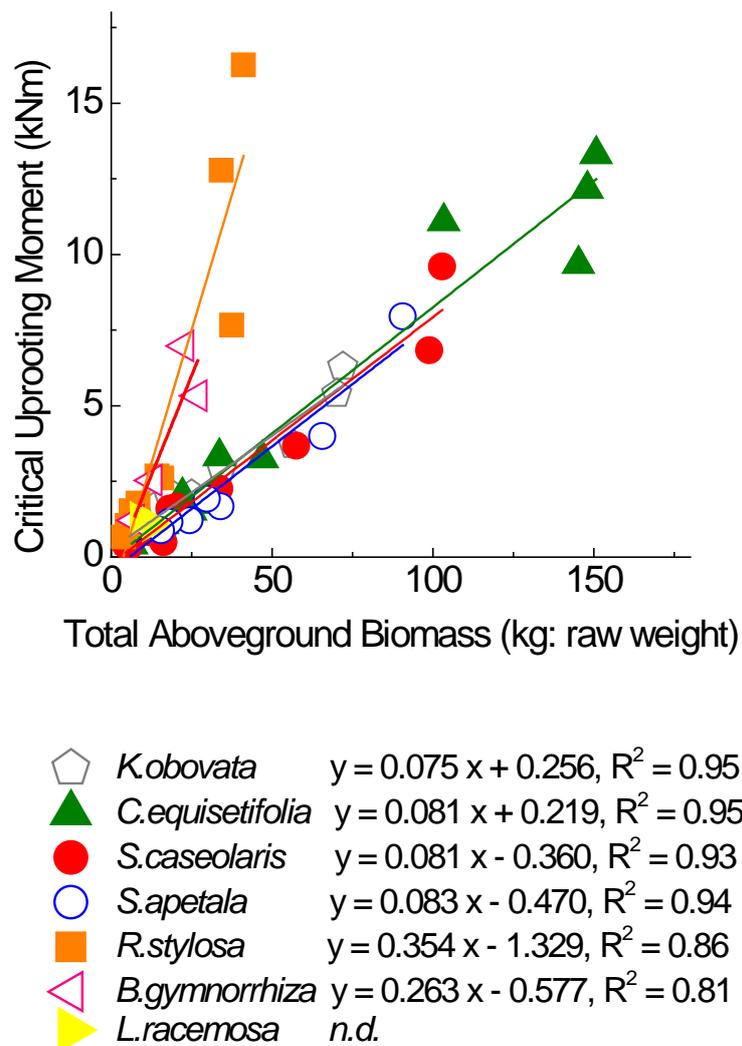


図 4-3-2-1 マングローブ種とモクマオウの根返り耐性特性の比較

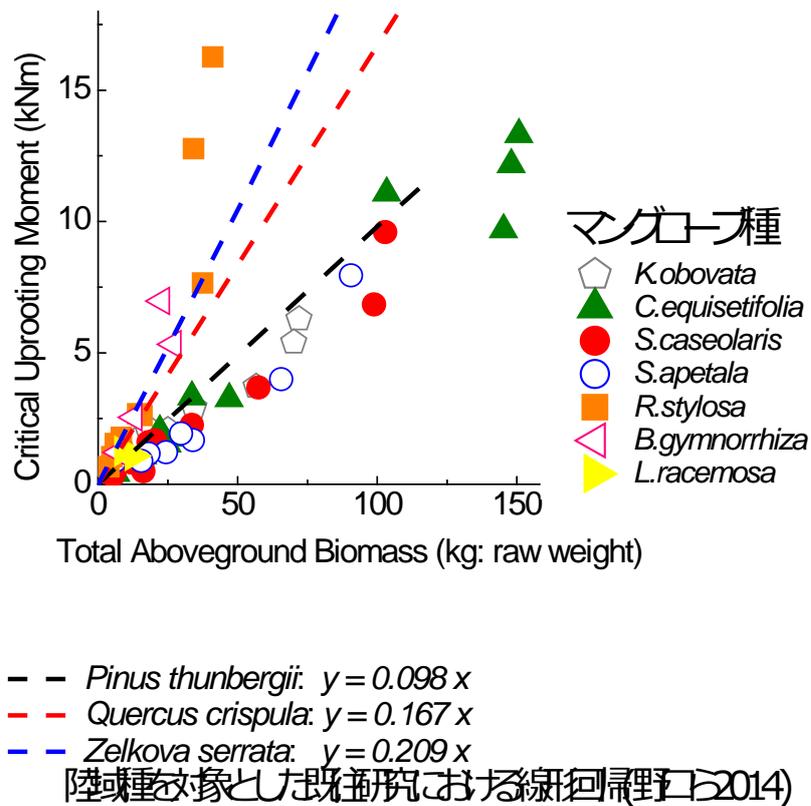


図 4-3-2-2 陸域海岸林の構成種の根返り耐性と図 4-3-2-1 の結果との比較

4.3.3 マングローブに対する住民の意識調査（ベトナム・スアントウイ国立公園の事例）

4.3.3.1 はじめに

気候変動や自然災害を含む社会的課題への対策を目的としたマングローブの保全・植林プロジェクトの成功には、そのマングローブの役割を地域住民がどう認識しているかを把握することが不可欠である。一般的に「自然を活用した解決策」(Nature-based Solutions、以下、NbS)⁴の長期的な成功は、それが一般大衆に受け入れられるかどうかにかかっており、そのためには、従来のグレイインフラに比べ、施策、個人、社会的背景に関連する要因を体系的に検討することがより重要になる(Anderson and Renaud 2021)。

NbS の一つであるマングローブの長期的な管理には、現地の利害関係者、とくに地域住民とのコミュニケーションと相互理解が不可欠である。マングローブの民族生物学・社会経済学・管理についての総説(Walters et al. 2008)によれば、マングローブ再生プロジェクトの成功は、地域社会や自治体の支援および関与の度合いに強く依存しており、地域住民を植林労働力の供給源としてのみ利用し、回復した生態系の様々な利用方法の長期的な管理に関与させない場合、成功

⁴ 環境省の令和 5 年版環境・社会・生物多様性白書によれば、自然を活用した解決策(NbS: Nature-based Solutions)は、「自然が有する機能を持続可能に利用し、多様な社会課題の解決につなげる考え方」であり、国連では「自然を活用して気候変動や自然災害を含む社会的課題に対応し、人間の幸福と生物多様性の両方に貢献するもの」と定義されている。

は厳しいとされている。さらに、コミュニティベースの mangrove 管理の現状と持続可能性に関するレビュー (Datta et al. 2012) では、沿岸の貧しい住民や声なき人々は、 mangrove に依存し、強い文化的絆と伝統的知識を持っている場合があり、彼らを排除した管理は成功しづらいとされている。このため、地域住民が特定の便益を得るために mangrove を利用している場合、その利用方法に配慮しながら気候変動への適応や自然災害の防災・減災機能を強化する方法を探ることが重要である。

本事業では今年度、「 mangrove 保全・再生の手引き—高潮災害軽減の観点から—」を発刊したが、その第 6 章(以降、「 mangrove 保全・再生の手引き第 6 章」)では、我が国の気候変動や自然災害を含む社会的課題への対策を目的とした mangrove の保全・植林プロジェクト関係者が、地域住民の意向や社会・経済状況にも考慮したプロジェクトを設計できるようにするために、地域住民への意識調査とプロジェクト実施に必要な人的資源などの評価方法について概説している。ここでは、その内容に関連し、ベトナム・スアントウイ国立公園 (Xuan Thuy National Park: 以下、XTNP) (図 4-3-3-1) 周辺にて実施された、地域住民が期待する mangrove の防災・減災における役割についての意識調査について、「 mangrove 保全・再生の手引き第 6 章」の「**ステップ 1 : 利害関係者のニーズの把握**」の構成に沿って報告する。本調査は、 mangrove 保全・植林プロジェクトそのものではないため「**ステップ 2 : mangrove の保全と植林と再生に必要な人的資源等の評価**」は実施していない。ただし、下記の世帯調査から得られた情報の中には、「**資源の種類の特定と評価**」や「**資源不足を補うための戦略の検討**」を行う上で重要な情報が含まれる。こうした情報は、今後、VAFS を通じて XTNP 管理事務所に提供され、現地の mangrove 保全・植林活動に活用される。



図 4-3-3-1 スアントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park:XTNP)の絵図

出所:スアントウイ国立公園事務所のパンフレットをスキャンし一部加工。

XTNPはベトナム北部のナムディン(Namdin)省ザオトウイ(Giaothuy)地区にある湿地で、紅河デルタ(Red River Delta)のバラット(Balat)河口に位置する。XTNPはラムサール条約に登録された国際的にも重要な湿地であり、総面積は15,100haで、コアゾーン(7,100ha)とバッファゾーン(8,000ha)に分かれ、コアゾーンは生態系保全や環境教育、エコツーリズム開発、科学研究に、バッファゾーンはコアゾーンを含めた同公園の環境保護と住民の生計向上に主眼が置かれている(Nguyen et al. 2019)。

4.3.3.2 調査目的の設定

本事業の主な目的の一つは、日本の治山技術をベトナム国に適用するうえで必要な手法を、同国の自然環境条件や社会情勢を考慮しながら開発することである。その中でマングローブについての手法開発を検討するためにふさわしい調査対象地として、VFASと協議の上XTNPが選定された。この意識調査の目的は、XTNP周辺の住民に自然災害がもたらす影響を予防・軽減するためにマングローブが果たせる役割やその効果について、地域住民の意識を把握することとした。

4.3.3.3 調査方法と調査対象の選定

本事業では、複数年にわたる調査期間を想定していたため、最終的に統計解析を目的としたサンプル世帯へのアンケート調査(以下、世帯調査)を実施することを念頭に、初年度(令和2年度)から準備を進めた。世帯調査を設計するために、VFASと協議の上、事前調査で対象地域を決め、同地域における人口や地域住民の生計手段、土地利用の実態などの概要を把握する必要があっ

た。

一回目の事前調査では、XTNP 周辺の三つのコミューン(Giao Thien、Giao An、Giao Lac コミューン、図 4-3-3-1)内にある全 23 の village(以降、村)の中から、防潮堤(図 4-3-3-1、図 4-3-3-2)及び紅河との位置関係、主な収入源、マングローブの保護活動の実施者が住民自身か行政当局かという三つの基準を用いて、VAFS により調査対象の村が 6 つ選定された。一つ目の選定基準として防潮堤及び紅河との位置関係を挙げた理由は、対象地域の中には防潮堤の外(海側)に位置する村もあり、沿岸災害の潜在的リスクに直接関係するためである。二つ目の選定基準として村の主な収入源に着目した理由は、収入源の違いがマングローブの植林や保全に参加する意欲を左右するのではないかと考えられたためである。三つ目は、村により森林管理官が保護活動を実施している場合と、マングローブ保護活動の契約を交わした世帯が保護を実施している場合があるため、これらの違いも村選定の際に考慮した。これら 6 つの村において、経済基礎情報、②インフラ情報、③土地利用区分、④住民が認識するマングローブの変化とその要因、⑤住民のマングローブ植林・保全への参加意欲、⑥主な被災内容と災害リスク軽減の可能性評価について、文献調査およびキー・インフォーマント・インタビュー(Key informant interview)、フォーカス・グループ・ディスカッション(focus group discussion)を用いて情報収集を実施した。詳しくは事業報告書(国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 2022)(国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 2023)を参照のこと。



図 4-3-3-2 防潮堤

一回目の事前調査で、Giao Thien、Giao An、Giao Lac コミューンの一人当たりの平均年収額はそれぞれ約 6,500 万、5,350 万、5,113 万ドンで(Commune People's Committee, 2021)、主な収入源は、稲作(図 4-3-3-3)、エビやアサリの養殖業(図 4-3-3-4、4.3-3-5)、小ビジネスであることがわかった。調査対象地を含む紅河河口域デルタのマングローブに関する調査研究をまとめた書籍(Phan 2004)や、キー・インフォーマント・インタビュー、フォーカス・グループ・ディスカッションで得られた情報をまとめると、マングローブの変化とその要因は次のようになる:どのコミューンにおいても 1980 年代までにエビの養殖池等の開発により、マングローブが減少した。1990 年代以降、デンマーク赤十字、日本赤十字社、ベトナム政府(MARD、国防省)、日本政府(文部科学省)等のマングローブ植林プログラムによりマングローブ面積は回復してきたが、近年は自然要因・人的要因により枯死・侵食が始まっている。

二回目の事前調査では、前回把握できなかったマングローブ保全活動と魚介資源生産・採取

活動のバランス、防災・減災のための沿岸域管理の在り方などの点について、キー・インフォーマント・インタビューを実施した。VAFS が選定した 5 村(前回調査時の 6 村が 5 村に再編)の村長に、質問 1. マングローブが存在しなかった場合に深刻な影響をもたらすと考えられる災害は何か、質問 2. 何割の世帯が養殖池や干潟を利用しているか、を尋ねた。質問 1. については、嵐(Storm)が挙げられた。マングローブが存在しない場合、嵐によって養殖池の土盛りが破壊され、池の中のエビが外に出やすくなるほか、強い波により水がかき回され、池の濁度が高まる(水質が悪化する)ことが懸念されていた⁵。質問 2. については、各村、数%~20%程度の世帯がエビ・魚の養殖池やアサリ養殖用に干潟(sand flats)を利用しているという情報が得られた。さらに、XTNP 管理事務所の職員にマングローブの植栽地と樹種の選定に関する社会的要件についてヒアリングを行った。XTNP でのマングローブ植林活動では、マングローブを植える前に既にエビの養殖池があったという前提条件がある(先述の説明参照)。そして、マングローブ植林後、天然魚介類が増え、これが主に貧困層の生計維持に寄与しているとの報告もある(Phan et al. 2004, Le et al. 2004)。この前提の下で、植栽地の選定を行うには、①地域住民の便益の考慮(植林活動に対する報酬額、防潮堤の保護効果、養殖池の保護効果、養殖池のエビへの餌や住民の生計の糧としての利用)、②有利な政策メカニズム(泥地での植林は、自治体によって管理されているため、当局による植林方針がない限り、実施できない)、③地元自治体の同意(地元住民に多くの利益をもたらすため、利害関係者間の対立が起きないようにする必要がある)、④十分な予算・資金的支援といった要件が確認された。また、補足的な要件としては、地元の人々は、マングローブの根茎の違いにより天然海産物の保護効果が異なると認識しているため、マングローブの樹種についても好みがあるのではないかという情報も頂いた。

このように、二回の事前調査を経て、住民が考える防災・減災の観点からのマングローブ植林の便益や植林の成否に影響しうる項目について、5 村での本格的な世帯調査を設計する上での事前情報が得られ、これらの情報をもとに世帯調査のデザインについて VAFS と検討を開始することができた。



図 4-3-3-3 水田

⁵ また、「はっきりとは分からないがマングローブと関係しそうな問題」として、5 人の村長のうち 3 人は、養殖地への海水(塩水)侵入が問題であると回答した。乾季は降水量が少なく、紅河上流からの淡水量も少ないため、高潮による海水(塩水)が養殖地に流入し、塩分濃度が上昇することが養殖業に影響を及ぼしているとのことだった。他の 2 人の村長からは、高潮と大雨の組み合わせが深刻な被害をもたらすと回答を頂いた。雨季は高潮と大雨により潮位が上昇するため、海水の侵入を防ぐために用水路のゲートを閉めなければならない村もあり、そのため、大雨が降ると水田に溜まった雨水が海に流れ出ず、水田に洪水が発生するという問題が生じているとのことだった。



図 4-3-3-4 エビの粗放的養殖池とマングローブ



図 4-3-3-5 養殖アサリ

世帯調査でのサンプル世帯の選定には、多段階サンプリング (multistage / staged sampling) と層化サンプリング (stratified sampling) を組み合わせて使用した。まず、全 23 村の中から事前調査で対象とした 5 村を世帯調査の対象村とし (第一段階)、比例割り当て法を用いた層化サンプリングを使用した (第二段階)。用いた層は、防潮堤の内側 (陸側) に住んでいる世帯 (A 層) と外側 (海側) に住んでいる世帯 (B 層) とし、3 つのコミュニティの人民委員会から 5 村の全世帯のリストを集め、A 層と B 層に分類した。この世帯調査開始前の時点での 5 村の総世帯数は 2,087 世帯で、そのうち A 層は 1,799 世帯 (全体の約 86%)、B 層は 288 世帯 (約 14%) だった。層化サンプリングを行うには、目標の総サンプル数を達成しながら各層の割合を維持する必要がある。予算額や調査期間も考慮し、目標の総サンプル数は 300 世帯程度 (約 13%) とし、各層それぞれ約 260 世帯、約 40 世帯を無作為に抽出することとなった。

4.3.3.4 質問項目の設計

世帯調査は、サンプル世帯を訪問しアンケート用紙 (以下、質問紙) を用いて実施された。質問紙の設計や質問の作成にあたり、これまでの 2 回の事前調査の結果や先行研究を参考にされた。質問項目には、回答者の性別と年齢、世帯の基本情報 (世帯構成、教育水準、生計活動)、自然災害 (洪水や嵐など) に被災した経験、自然災害の脅威についての認識 (重大性、脆弱性) と対策についての認識 (効果、コスト、自信)、自然災害におけるマングローブの役割 (防潮堤、農地、養殖池、養殖用の干潟の保護効果)、マングローブの保全や植林活動への参加の意向、マングローブ樹種の好みなどが含まれた。質問内容が理解しやすく、地元の人々がスムーズに答えられるように、事前にサンプル調査対象外の世帯を訪問しテストを複数回行い、質問内容を改善された。

4.3.3.5 調査の実施

2023 年 9 月～2024 年 2 月に世帯調査が実施された (図 4-3-3-6)。調査中、留守である、遠方で働いている、全世帯のリストには記載されていたが調査当日には既に転居している、また、イ

ンフォームド・コンセントを確保する過程で調査に参加したくないなどの理由で調査に参加しなかった世帯があった。そこで、ソフトウェアを用いた無作為抽出により他の世帯と入れ替え必要なサンプル数が確保された。最終的に、311世帯から回答が得られた(表 4-3-3-1)。全回答者の54%が女性だった。



図 4-3-3-6 世帯調査の様子

表 4-3-3-1 サンプル村の総世帯数とサンプル世帯数

サンプル村番号	総世帯数	防潮堤内の世帯		防潮堤外の世帯		サンプル世帯数		
		世帯数	%	世帯数	%	堤防内	堤防外	合計
1	434	416	96	18	4	62	3	65
2	527	527	100	0	0	79	0	79
3	492	492	100	0	0	73	0	73
4	285	15	5	270	95	2	40	42
5	349	349	100	0	0	52	0	52
合計	2087	1799	86.2	288	13.8	268	43	311

4.3.3.6 XTNP 国立公園近隣での世帯調査結果の概要

2012年から現在までの約11年の間に⁶、自身の家屋、農地、養殖池、養殖用の干潟、その他のいずれか1つでも洪水または嵐により被害を受けたと回答した世帯数は54世帯で、全サンプル世帯の17.3%だった。洪水と嵐の被災対象で最も多かったのが農地で、次に多かったのが洪水は養殖池、嵐は家屋だった(表 4-3-3-2)。

表 4-3-3-2 サンプル世帯の2012年から2023年現在までの洪水と嵐の被災対象と件数

	家屋	農地	養殖地	養殖干潟	その他
洪水	9	30	12	3	0
嵐	24	25	5	4	3

(n = 54、ただし複数回答可)

図 4-3-3-7 は、「仮に日常生活にあるマングローブが消失した場合、自らの生活、健康、家、農

⁶ 事前調査によると、2012年に3つのすべてのコミュニンは嵐による被災を経験しており、同年には最初の防災プロジェクトが開始された。インタビュー対象者の歴史的事実の記憶に頼ることに限界があるが、生活パターンの変化など顕著なライフイベントは、12年後まで一貫して報告される可能性が高い事例も報告されていることから(Beckett et al., 2001)、今回の想起データは調査目的に対してある程度信頼できると考え、世帯調査ではこの2012年から現在までを自然災害経験の分析対象期間とした。

地、養殖池、養殖干潟、防潮堤が洪水や嵐の被害を受けるだろう」という考え方に、どの程度賛同するかを、5:強くそう思う～1:強くそう思わないまでの5段階で回答頂いた結果である。仮に日常生活にあるマングローブが消失した場合、自らの生活や健康、家屋、自身の農地が洪水や嵐の被害を受けるだろうという考え方に「強くそう思う」と回答した世帯は、どれも過半数を超えていた。また、サンプル数は少なくなるが、マングローブが消失した場合、防潮堤の内側にある自身の養殖池と外側にある自身の養殖池は洪水や嵐の被害を受けるだろうという考え方に、それぞれ4割強(内側)、7割強(外側)が「強くそう思う」と回答した。養殖干潟については、7割弱が洪水や嵐の被害を受けるだろうという考え方に「強くそう思う」と回答した。また、回答者の8割強が、マングローブがないと防潮堤が洪水と嵐により損害を受けるだろうという考え方に「強くそう思う」と回答した。一方、残りの回答者からは、今住んでいる家や防潮堤は頑丈であるのでそうした被害は受けにくいだろうという意見もみられた。最近では家屋がより堅固に建てられ、最近では防潮堤や排水設備が比較的良好に整備されてきたため、回答者の大半が家族や地域コミュニティが以前よりは自然災害に対して脆弱でなくなったと認識していた。

図4-3-3-8は、現在のマングローブの保全と植林が洪水や嵐の影響を軽減する効果およびマングローブ保全・植林活動への参加意向について質問した結果である。調査対象の住民の7割以上が、現存するマングローブを保全することや、さらなる植林を進めることが洪水と嵐の影響を軽減する効果があると強く認識していた(「強くそう思う」のみ)。また、将来、機会があればマングローブの保全・植林活動に参加したいかの質問には約5割が「強くそう思う」と回答し、「ややそう思わない」または「強くそう思わない」と参加に否定的な回答をした世帯が約4分の1あったが、その理由には高齢や健康上の理由を挙げる回答者も少なくなかった。なお、防潮堤の外側に住んでいる世帯の方が内側に住んでいる世帯よりも保全・植林活動への参加に肯定的である傾向があった(表4-3-3-3)。

また、マングローブの保全と植林にそれぞれ好ましい樹種について尋ねたところ、*Kandelia obovata*、*Rhizophora stylosa*、*Aegiceras corniculatum*の3種を好む傾向がみられた(図4-3-3-9)。これら3種が住民から好まれやすい理由としては、住民が、防災・減災効果に加え水産物の供給源として期待しているためだった(図4-3-3-10、図4-3-3-11)。

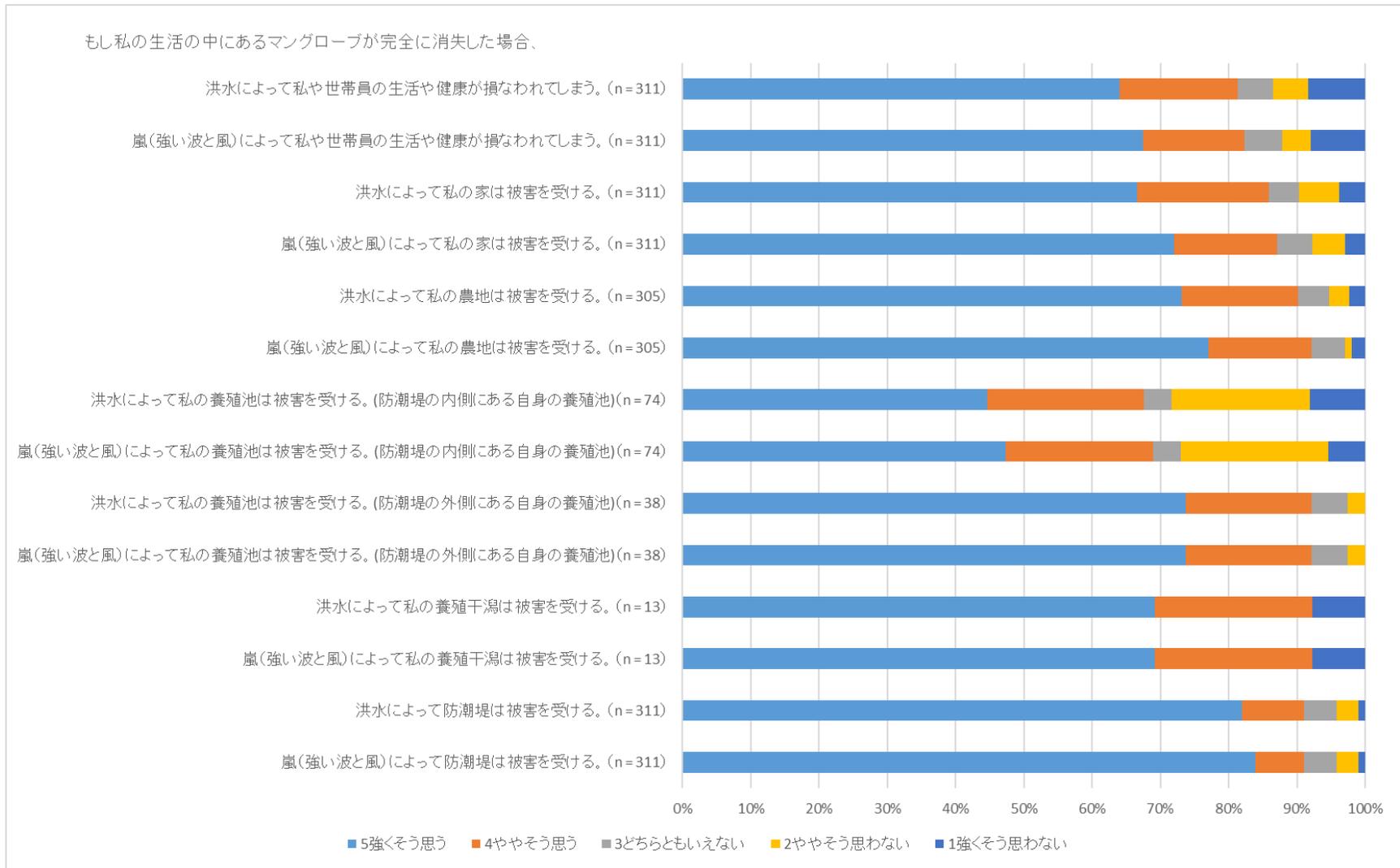


図 4-3-3-7 生活、健康、家、農地、養殖池、養殖干潟、防潮堤を洪水や嵐から守るマングローブの役割

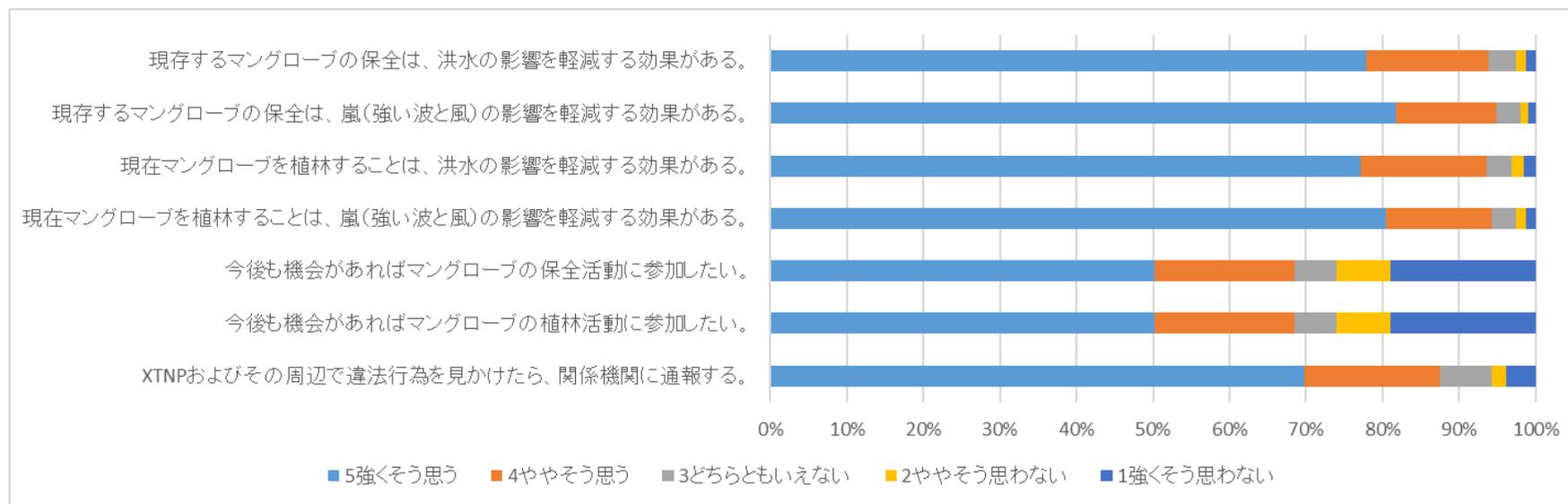


図 4-3-3-8 現在のマングローブの保全と植林が洪水や嵐の影響を軽減する効果およびマングローブ保全・植林活動への参加意向 (n = 311)

表 4-3-3-3 ベトナム・スアントウイ国立公園周辺における住民のマングローブの植林活動に対する意向 (n = 311)。防潮堤の外側に住んでいるグループの方が内側に住んでいるグループよりも植林活動への参加に肯定的である世帯の割合が高い傾向があった(防潮堤の外側に住んでいる世帯と内側に住んでいる世帯のうち、「強くそう思う」または「ややそう思う」と回答した世帯の間のカイ二乗検定、 $p < 0.05$)。

		今後のマングローブ植林活動に	
		肯定的である (5, 4)	肯定的とは言えない (3, 2, 1)
居住地は防潮堤の	外側	37	6
	内側	176	92

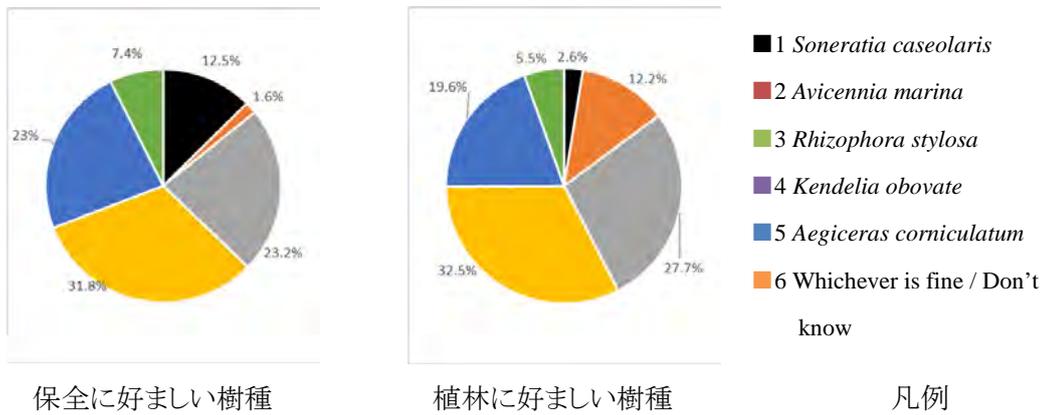


図 4-3-3-9 サンプル世帯へのマングローブの保全と植林にそれぞれ好ましい樹種のヒアリング結果 ($n = 311$ 、一種のみ回答)

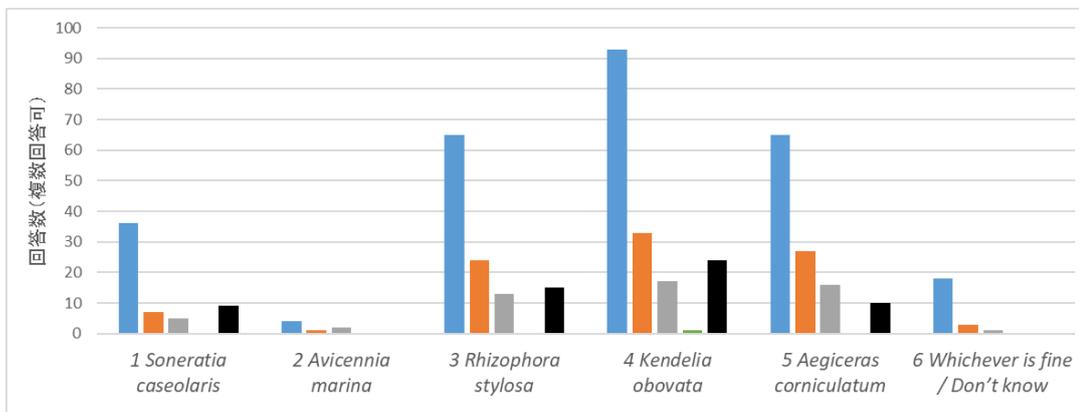


図 4-3-3-10 保全するのに好ましい樹種とその理由 ($n = 311$ 、理由は複数回答可)

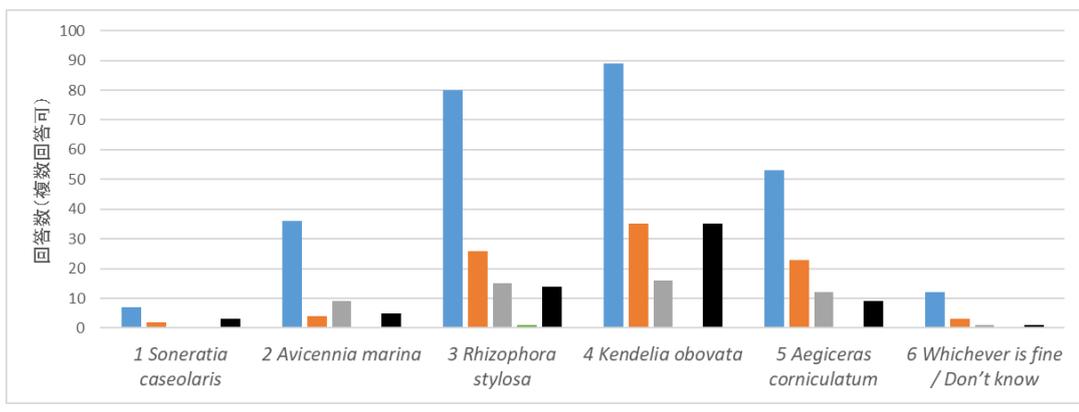


図 4-3-3-11 植林するのに好ましい樹種とその理由 ($n = 311$ 、理由は複数回答可)

4.3.3.7 おわりに

3回の調査から得られた、XTNP 周辺のマングローブ保全・植林活動を地域住民等の意向や社会・経済状況にも考慮したものとするために考慮すべき点は、以下の通りにまとめられる:

●地域住民が「どの程度マングローブに経済的・文化的に依存して生活しているか」について」の現地の背景・文脈の理解

- ▶XTNP でのマングローブ植林活動では、マングローブを植える前に既にエビの養殖池があったという前提条件があること。
- ▶どのコミュニティにおいても 1980 年代までにエビの養殖池等の開発により、マングローブが減少し、その後、様々なマングローブ植林プログラムによりマングローブ面積は回復してきたが、近年は自然要因・人的要因により枯死・侵食が始まっているという経緯

●行政当局の意向

- ▶この前提の下で、植栽地の選定を行うには、次の 4 要件が XTNP 管理事務所スタッフへのインタビューで確認された。
 - ①地域住民の便益の考慮（植林活動に対する報酬額、防潮堤の保護効果、養殖池の保護効果、養殖池のエビへの餌や住民の生計の糧としての利用）
 - ②有利な政策メカニズム（泥地での植林は、自治体によって管理されているため、自当局による植林方針がない限り、実施できない）
 - ③地元自治体の同意（地元住民に多くの利益をもたらす得るため、利害関係者間の対立が起きないようにする必要がある）
 - ④十分な予算・資金的支援

●住民の自らの生活や健康、家屋とマングローブとの関係性の理解

- ▶仮に日常生活にあるマングローブが消失した場合、自らの生活や健康、家屋に被害が出ると考えている世帯は 8 割以上。

●住民の収入源とのマングローブの関係性の理解

- ▶住民の主な収入源は、稲作、エビやアサリの養殖業、小ビジネスであるため、仮に日常生活にあるマングローブが消失した場合、水田を含む農地や養殖池が洪水や嵐の被害を受けるだろうという考え方に肯定的な住民が過半数を超えていた。
- ▶NTFP 採取も生計維持として重要な場合がある。これに関し、植林樹種には、現地住民の好みも考慮するとさらにモチベーションが上がるかもしれない。

●住民のマングローブ保全・植林活動参加意欲と住民属性の関係性の理解

- ▶住民のマングローブ植林への意欲については、当該住民が堤防の内に居住しているかどうかで、変わる可能性がある。

- ▶ マングローブ植林活動の参加に否定的な回答をした住民の中には、その理由に高齢や健康上の理由を挙げる回答者も少なくなかったことから、アウトリーチ活動には対象年齢も考慮する必要がある。

以上の調査結果から、概ねXTNP周辺の地域住民は、自身の生活スタイルを維持するためにはマングローブが必要であると認識していると推察される。さらに、属性の異なる地域住民がどの程度マングローブに経済的・文化的に依存して生活しているかを理解し、それに基づき、彼らが気候変動への適応や自然災害の防災・減災の観点からマングローブを保全・植林する重要性をどの程度認識しているかを詳しく理解することが、プロジェクト成功への第一歩となるといえる。

4.3.4 マングローブの波減衰機能向上を目的とした施肥の効果検討

4.3.4.1 背景および令和6年度の研究目的

マングローブは、防災・減災機能を有する沿岸生態系の一部として、波のエネルギーを減衰させる役割を果たしている。実際に、インドやフィリピンでは、サイクロンや台風の際にマングローブが被害の軽減に寄与したと報告されている。マングローブの防災・減災機能は主にその量によって決まるとされており、林帯幅の拡大やバイオマスの増加が波の減衰効果を高めることが知られている。そのため、これらの要素を向上させるための適切な管理手法の確立が求められている。

施肥は、マングローブの成長を促進し、バイオマスを増加させる有効な手段の一つと考えられる。実際に、世界の文献を収集して実施したメタ解析では、施肥によってマングローブのバイオマスが大幅に増加することが明らかになった(Moriら、未発表データ)。さらに、このメタ解析により、気候帯の違いにかかわらず施肥がマングローブの成長に与える影響は大きいことが示され、養分がマングローブ成長の重要な制限因子であることが示唆されている。

しかし、マングローブは汽水域で生育するため、根は水中にあり、通常の施肥方法では養分がすぐに流出してしまう。そのため、施肥は通常、緩効性肥料を水底に埋め込む方法で実施されている。この手法は研究実験では実施可能であるものの、実際のマングローブ植林の現場で広く適用するには現実的ではない。一方、農業分野では、葉面に施肥を散布する葉面施肥が有効な施肥手段として活用されている。マングローブは汽水環境下で生育するため、根は塩分濃度の高い環境にさらされており、その影響で根からの養分吸収が制限される可能性がある。そのため、葉面施肥による栄養補給は、マングローブの成長促進に大きな効果をもたらす可能性がある。そこで、本研究では、葉面施肥がマングローブの成長に及ぼす影響を

評価することを目的とする。

4.3.4.2 ポット実験の条件、葉面施肥の方法および予報的結果

以下の9つの条件でポット実験を実施した。

海水濃度が薄い条件（海水濃度の約20%）

- ①無施肥
- ②通常施肥 A：尿素 20ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 14ppm
- ③葉面施肥：尿素 375ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 549ppm

海水濃度が濃い条件（海水濃度の約40%）

- ④無施肥
- ⑤通常施肥 A 尿素 20ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 14ppm
- ⑥通常施肥 B：尿素 100ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 72ppm
- ⑦葉面施肥：尿素 375ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 549ppm
- ⑧通常施肥 A：尿素 20ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 14ppm + 葉面施肥：尿素 375ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 549ppm
- ⑨通常施肥 B：尿素 100ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 72pp + 葉面施肥：尿素 375ppm、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 549ppm

ポット実験には川砂を使用し、ヤエヤマヒルギ実生を生育させた(図 4-3-4-1)。令和6年7月葉面施肥には刷毛を用い(図 4-3-4-2)、できる限り施肥がポット内に入らないように配慮した。統計的な分析の結果、施肥の影響は有意ではなかった。実験期間が2か月間(令和6年10月～令和6年12月)と短かった可能性があるため、今後は長期間の実験を実施する必要があると考えられる(図 4-3-4-3 および図 4-3-4-4)。



図 4-3-4-1 ポット実験の様子



図 4-3-4-2 葉面施肥の方法

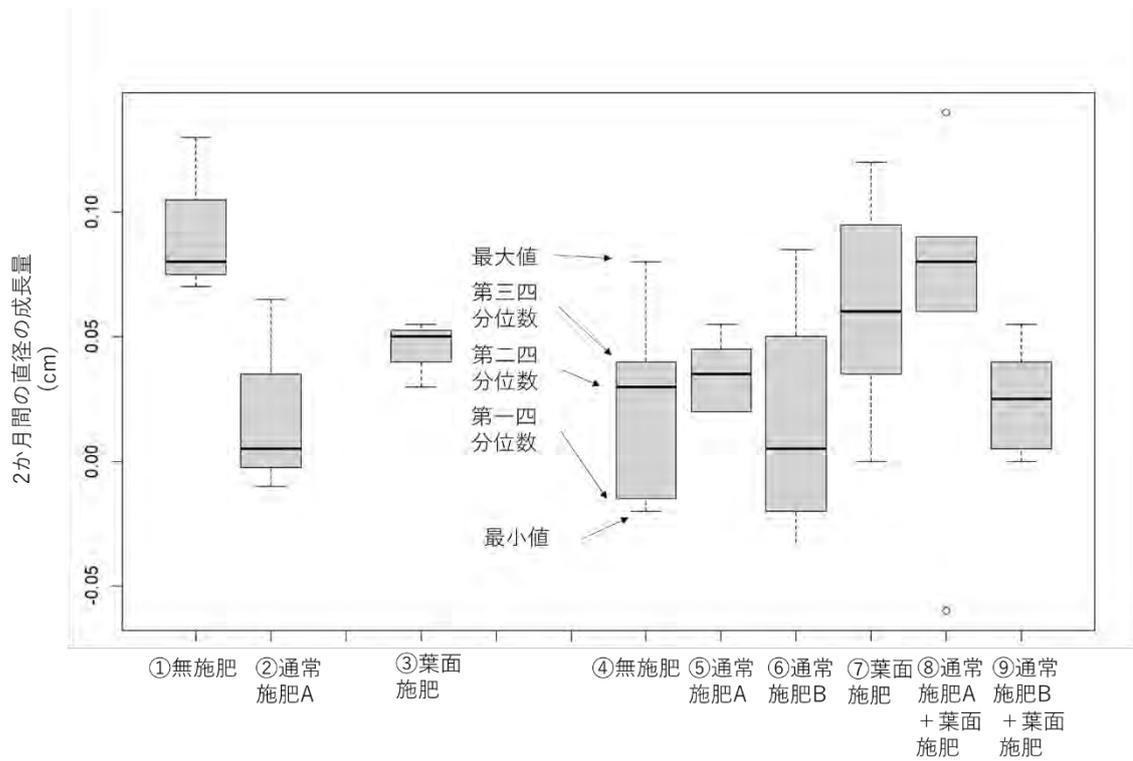


図 4-3-4-3 2か月間の直径の成長量に対する施肥の影響

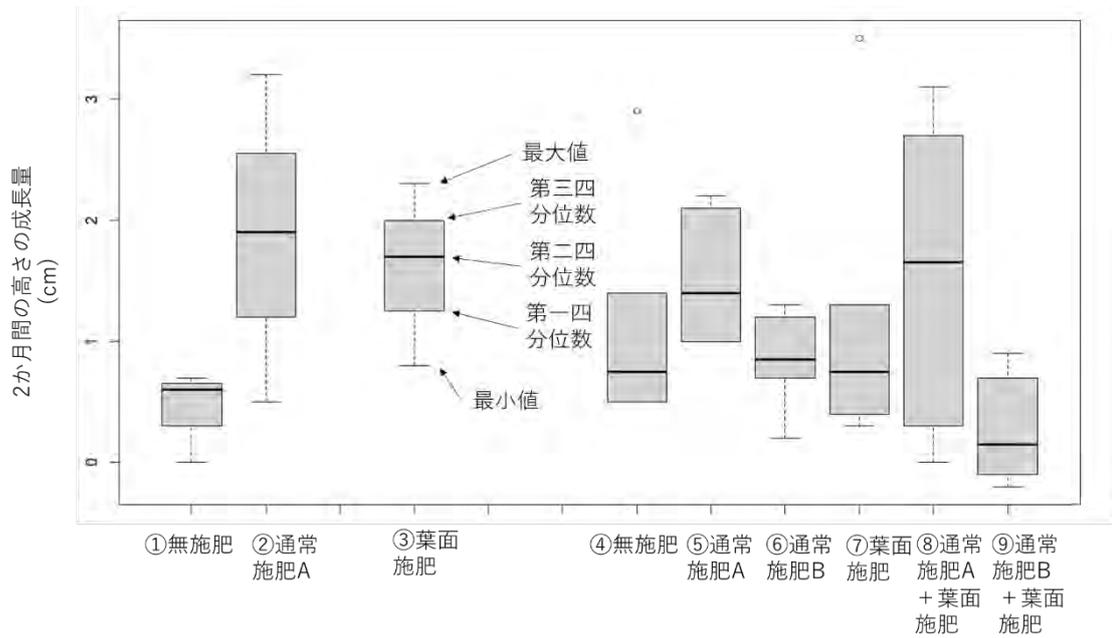


図 4-3-4-4 2か月間の高さの成長量に対する施肥の影響

4.3.5 まとめ

今年度の当該課題では、①気候変動緩和、沿岸生態系保全を目的とした、マングローブを活用した NbS の国内外の活動動向レビュー、②樹木引き倒し試験による波や風に対するマングローブ根返り耐性特性の樹種間比較、③沿岸域防災・減災インフラとしてのマングローブに対する住民意識調査(ベトナム XTNP 国立公園周辺の事例)に取り組んだ。

マングローブを活用した NbS 活動動向レビューでは、1980 年代に開始された中東アジアでの取り組み(株式会社「砂漠に緑を」が実施)以降、気候変動対策や沿岸生態系保全を目的としたマングローブ保全・再生活動が、世界各国で多数取り組まれてきた。同様に、海岸浸食、サイクロン・台風・高潮・津波災害軽減、海面上昇対策等、沿岸域での災害軽減を目的としたマングローブ保全・再生活動も多数の活動実績が認められた。今回網羅できた活動は、1980 年代から現在までで 34 プロジェクト、18 事業体、19 ヶ国に上った。

マングローブ(ヤエヤマヒルギ、オヒルギ、ベニマヤブシキ、ナンヨウマヤブシキ、メヒルギ)と陸域海岸林構成種(モクマオウ、クロマツ、ケヤキ、ミズナラ)に関する地上部バイオマスに基づく根返り耐性特性の樹種間比較では、樹種によらず樹木サイズが大きくなると風や波に対する根返り耐性が大きくなること、根返り耐性はヤエヤマヒルギが最も高く、次いで、オヒルギ、ケヤキ、ミズナラ、クロマツの順で、その次に、ベニマヤブシキ、ナンヨウマヤブシキ、メヒルギ、モクマオウが同等のレベルで並ぶことが分かった。すなわち、同じ樹木サイズで比較した場合には、ヤエヤマヒルギとオヒルギは、陸域海岸林構成種らと同等かそれ以上に高い根返り耐性を有することが示唆された。

マングローブに対する住民意識調査からは、XTNP 国立公園周辺の住民は、現在の自身の生活スタイルを維持するためにはマングローブが必要であるとの認識を有しており、当該地においてマングローブ保全・再生活動を進める上では地域住民や行政の意向や社会経済的状况を理解し、十分に留意してプロジェクトを立案、推進すべきであることが提言された。

マングローブの葉面施肥試験では、試験期間が短く、施肥効果を検出できなかったことから、より長期間の実験を実施する必要があると考えられた。

また、今年度は、当該課題 5 年間の成果の一部を活用して、マングローブ保全・再生活動に関心を持つ行政、NPO 等の機関関係者等を対象とした「マングローブ保全・再生の手引きー高潮災害軽減の観点から」を発売し次の URL に掲載した。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/5th-chuukiseika26.html>

引用文献

- Alongi DM (2020) Global significance of mangrove blue carbon in climate change mitigation. *Sci.* 2:67; doi:10.3390/sci2030067
- Anderson CC, Renaud FG (2021) A review of public acceptance of nature-based solutions: The ‘why’, ‘when’, and ‘how’ of success for disaster risk reduction measures. *Ambio* 50:1552–1573
- Angelsen A., Larsen HO, Lund JF, Smith-Hall C, Wunder S (2011) Measuring livelihoods and environmental dependence: Methods for research and fieldwork, Earthscan. Center for International Forestry Research (CIFOR), London.
- Beeston M, Camero C, Hagger V, Howard J, Lovelock C, Sippo J, Tonneijk F, Bijsterveldt VC, van Eijk P (2023) Best practice guidelines for mangrove restoration.
- Commune People’s Committee (2021) Reports on socio-economic situation in 2020 of the communes.
- Datta D, Chattopadhyay RN, Guha P (2012) Community based mangrove management: A review on status and sustainability. *J. Environ. Manage.* 107:84–95.
- Donato DC, Kauffman JB, Mackenzie RA, Ainsworth A, Pflieger AZ (2012) Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications of mangrove conservation and upland restoration. *J. Env. Manag.* 97:89-96
- Ellison AM (2000) Mangrove restoration: Do we know enough? *Restor. Ecol.* 8:219–229
- Elster C. (2007) Reasons for reforestation success and failure with three mangrove species in Colombia. *For Ecol Manage.*;131(1–3):201–14.
- Forbes K, Broadhad J (2007) The role of coastal forests in the mitigation of tsunami impacts. FAO 30 pp
- Guannel G, Arkema K, Ruggiero P, Verutes G (2016) The power of three: Coral reefs, seagrasses and mangroves protect coastal regions and increase their resilience. *PLOS ONE*
- Huxham M., Dencer-Brown A., Diele K., Kathiresan K., Nagelkerken I., Wanjiru C. (2017) Chapter 8: Mangroves and People: local ecosystem services in a changing Climate. In Rivera-Monroy, V. H., Lee, S. Y., Kristensen, E. Twilley, R. R. (Eds.). *Mangrove ecosystems: a global biogeographic perspective on structure, function and services*. Springer Nature, 245-274
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2011a) *Breaking the waves. Impact analysis of coastal afforestation for disaster risk reduction in Viet Nam*, Geneva 51pp.
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2011b) *Planting protection. Evaluation of community-based mangrove reforestation and disaster preparedness programme, 2006-2010*, Geneva 67pp.
- IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*
- Kairo JG, Dahdouh-Guebas F, Bosire J, Koedam N. (2001) *Restoration and*

- management of mangrove systems - A lesson for and from the East African region. *South African J Bot.*:67(3):383–9.
- Kamil EA, Takaijudin H, Hashim AM (2021) Mangroves as coastal bio-shield: A review of mangroves performance in wave attenuation. *Civil Eng. J* 7:1964-1981
- Le KT, Nguyen HT, Phan HA. (2004) Local awareness about mangroves and institutions surrounding coastal resource use in Thai Binh and Nam Dinh coastal areas. In: *Mangrove Ecosystem in the Red River Coastal Zone: Biodiversity, Ecology, Socio-economics, Management and Education*. Hanoi: Agricultural Publishing House; p. 383–92.
- Lewis RR (2000) Ecologically based goal setting in mangrove forest and tidal marsh restoration. *Ecol. Eng.* 15:191–198.
- Lewis RR. (2005) Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecol Eng.* 24(4 SPEC. ISS.):403–18.
- Nanko K, Suzuki S, Noguchi H, Ishida Y, Levia DF, Ogura A, Hagino H, Matsumoto H, Takimoto H, Sakamoto T (2019) Mechanical properties of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) planted on coastal sand dunes: resistance to uprooting and stem breakage by tsunamis. *Wood Science and Technology* 53:469-489.
- Nellmann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdés L, De Young C, Fonseca L, Grimsditch G (2009) Blue carbon. A rapid response assessment. United Nations Environment Programme 78pp
- Nguyen TTN, Tran HC, Ho TMH, Burny P, Lebailly P. (2019) Dynamics of farming systems under the context of coastal zone development: The case of xuan thuy national park, Vietnam. *Agric.*9:5–7.
- Nicoll BC, chim A, Mochan S, Gardiner BA (2005) Does steep terrain influence tree stability? A field investigation. *Can. J. For. Res.* 35: 2360-2367.
- Ono K, Noguchi H, Linh NTM, Tùng ĐT, Tri TQ, Takahata K, Mori N, Baba S, Miyagi T, Yanagisawa H, Phúông VT, Hirata Y (2024) Resistance to uprooting among mangrove trees at the Urauchi River Mouth, Japan, and the Red River Delta, Vietnam: A mechanical analytical comparison based on an *in-situ* tree-pulling experiment. *森林立地* 66:16-26.
- Pham TT, Vu TP, Hoang TL, Dao TLC, Nguyen DT, Pham DC, Dao LHT, Nguyen VT, Hoang NVH (2022) The Effectiveness of Financial Incentives for Addressing Mangrove Loss in Northern Vietnam. *Front. For. Glob. Chang.* 4:1–16.
- Phan NH. (2004) *Mangrove Ecosystem in the Red River Coastal Zone: Biodiversity, Ecology, Socio-economics, Management and Education*. Hanoi: Agricultural Publishing House. 509pp.
- Phan NH, Nguyen DM, Quan TQD, Tran VT. (2004) Planning the management or vegetation in the mangrove areas of Giao Thuy District ~' for sustainable development. In: *Mangrove Ecosystem in the Red River Coastal Zone: Biodiversity, Ecology, Socio-economics, Management and Education*. Hanoi. p. 433–40.
- Poverty Environment Network (2007) PEN Technical Guidelines - version 4 - May 2007. Centre for International Forestry Research

- Primavera JH, Esteban JMA, (2008) A review of mangrove rehabilitation in the Philippines: Successes, failures and future prospects. *Wetl. Ecol. Manag.* 16:345–358.
- Spalding MD, McIvor AL, Beck MW, Koch EW, Möller I, Reed DJ, Rubinoff P, Spencer T, Tulhurst TJ, Wamsley TV, van Wesenbeeck BK, Wolanski E, Woodroffe CD (2014) Coastal ecosystems: A critical element of risk reduction. *Conservation Letter* 7:293-301
- Todo C, Tokoro C, Yamase K, Tanikawa T, Ohashi M, Ikeno H, Dannoura M, Miyatani K, Doi R, Hirano Y (2019) Stability of *Pinus thunbergii* between two contrasting stands at differing distances from the coastline. *Forest Ecology and Management* 431:44-53.
- Walters BB, Rönnbäck P, Kovacs JM, Crona B, Hussain SA, Badola R, Primavera JH, Barbier E, Dahdouh-Guebas F (2008) Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquat. Bot.* 89:220–236. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.02.009>
- Woodhouse (2022) Lessons and guidance for policy from MAP's community-based ecological mangrove restoration best practice, in: XV World Forestry Congress: Building a Green, Healthy and Resilient Future with Forests. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Seoul
- Yanagisawa H, Koshimura S, Goto K, Miyagi T, Imamura F, Ruangrassamee A, Tanavud C (2009) The reduction effects of mangrove forest on a tsunami based on field surveys at Pakarang Cape, Thailand and numerical analysis. イカオ・アコ HP <http://ikawako.com/> (2024/5/10 閲覧)
- 今井健太郎、鈴木明菜 (2005) 沿岸樹木のパイプモデルを用いた表面積、体積評価法とその倒伏耐力. *水工学論文集* 49:859-864.
- 海津正倫 (1998) ガンジスデルタの地形と高潮災害. *地形雑誌* 107:137-141
オイスカ HP <https://oisca.org/projects/> (2024/5/10 閲覧)
- 環境省 (2021) IPCC AR6 特別報告書 環境省地球環境局総務課脱炭素化イノベーション研究調査室 企画・監修 22pp
- 環境省自然環境局 (2022) 生態系を活用した気候変動適応策 (EbA) 計画と実施の手引き 国立環境研究所編 37pp
- 環境省 (2023) 令和 5 年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書.
- 向後元彦 (1988) 緑の冒険—砂漠にマングローブを育てる— 岩波新書 223pp
- 向後元彦 (2014) マングローブ植林—沙漠と湿潤熱帯の経験から 日緑工誌 39:486-492
- 国際協力機構(JICA) (2015) インドネシア共和国 マングローブ生態系保全と持続的な利用の ASEAN 地域における展開 プロジェクト終了時評価調査報告書 89pp
- 国際マングローブ生態系協会 HP <http://mangrove.or.jp/index.html> (2024/5/10 閲覧)
- 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター (2021) 森林を活用した防災・減災の取組 Country Report 2020 年度 インドネシア共和国、タイ王国、ミャンマー連邦共和国 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター編

- 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター (2022) 森林を活用した防災・減災の取組 Country Report 2021 年度 タイ王国、インド共和国、フィリピン共和国 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター編
- 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 (2022) 林野庁補助事業令和3年度森林技術国際展開支援事業報告書.
- 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 (2023) 林野庁補助事業令和4年度森林技術国際展開支援事業報告書.
- コスモ石油 HP <https://ecolozoo.cosmo-energy.co.jp/ecotour> (2024/5/10 閲覧)
- 近藤観慈、小山美香、野々田稔郎、林拙郎 (2006) 海岸クロマツ林の津波を想定した外力に対する根系抵抗力. 日本森林学会大会学術講演集 117:G03
- 佐藤一紘 (1992) 6. 海岸浸食防備およびその他の機能. 日本の海岸林:多面的な環境機能とその活用(村井宏他編)ソフトサイエンス社 513pp
- 佐藤一紘 (2010) 海面利用科学と海水科学ーマングローブによる海上林から見えるものー日本海水学会誌 64:82-90
- ジャパン石油開発 HP <https://www.jodco.co.jp/csr.html> (2024/5/10 閲覧)
- 商船三井 HP <https://www.mol-mauritius-fund.jp/> (2024/5/10 閲覧)
- 鶴田修己、鈴木高二朗、柳澤英明、森信人 (2021) 海岸保全施設としてのグリーンインフラのライフサイクルコストの検討 土木学会論文集 B3(海洋開発)77:I_181-I_186
- 東京海上グループ HP <https://www.tokiomarine-nichido.co.jp/world/greengift/mangrove/> (2024/5/10 閲覧)
- 南遊の会 HP <http://www.namdu.jp/> (2024/5/10 閲覧)
- 日本財団 HP <https://nippon.zaidan.info/kinenkan/history30/4/4603.html> (2024/5/10 閲覧)
- 野口宏典、鈴木覚、南光一樹、竹内由香里、金子智紀、新田響平、渡部公一、坂本知己 (2014) 海岸砂丘地に植栽された広葉樹およびクロマツの倒伏抵抗特性の引倒し試験による評価. 海岸林学会誌 13:59-66.
- 馬場繁幸、北村昌三 (1999) マングローブ植林のための基礎知識ーマングローブ林の再生のためにー 国際緑化推進センター編 139pp
- 堀正和、桑江朝比呂 (2017) ブルーカーボン : 浅海における CO₂ 隔離・貯留とその活用 地人書館
- 松田義弘 (2011) マングローブ環境物理学 東海大学出版 378pp
- 宮城豊彦、安食和宏、藤本潔(2003) マングローブーなりたち・人びと・みらいー. 古今書院 193pp
- 望月章 (2002) マングローブ植林と NGO 活動ーベトナム、エクアドル、ミャンマー、プロジェクトを自邸としてー ランドスケープ研究 66:97-101
- リコージャパン株式会社 HP <https://www.ricoh.co.jp/sales/about/sustainability/special/2022> (2024/5/10 閲覧)
- ワイエルフォレスト HP <https://ylforest.co.jp/> (2024/5/10 閲覧)

第5章 事業成果・治山技術に関する情報発信

5.1 背景

我が国の森林整備・治山技術を途上国に提供するためには、本事業で収集した国際的議論や二国間及び多国間の支援枠組みの最新動向、また相手国のニーズに合わせて開発した技術など、事業成果に関する情報を、国内の民間事業者等に対して提供する必要がある。また気候変動枠組条約締約国や国連食糧農業機関の森林関係者等に対して、本事業の成果を、パリ協定の実施や国際的な山地災害防止のための支援メカニズムの議論へ効果的に反映することや、我が国の森林整備・治山技術が有する途上国での防災・減災対策における優位性等を情報提供することにより、途上国の治山技術導入への関心を高め、民間企業による治山事業の海外展開を促進することが期待される。

令和6年度は、会場参加とオンライン参加を併用したハイブリッド形式での国際セミナー開催、海外ワークショップとして国際会合でのサイドイベント開催とおよび講演を実施した。また治山技術の海外展開に関心のある技術者等を対象とする、治山技術の海外展開に関する国際動向や、途上国に適用可能な治山技術等を盛り込んだ手引書の作成を行った。さらに治山技術の海外展開に関心のある民間企業等の技術者等を対象として、ハイブリッド形式による技術者養成研修を実施した。また当該研修を受講者の情報を、昨年度構築したデータベースに追加し、国内外の関係機関等からの依頼に応じ人材情報を提供する体制の充実を図った。当事業の成果について、REDD プラス・海外森林防災研究開発センターWebsite やメーリングリストを活用した情報発信を行った。さらに「森から世界を変えるプラットフォーム」において、本事業の成果を活用した講義を実施した。

5.2 国際セミナー「森林による防災・減災技術の国際展開」の開催

開催概要

テーマ: 森林による防災・減災技術の国際展開

開催日時: 令和7(2025)年2月5日(水) 13:00-17:00

会場: TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町 プレミアムボールルーム

主催: 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

後援: 林野庁、環境省、独立行政法人 国際協力機構(JICA)

本セミナーは、我が国の民間企業の海外における森林を活用した防災・減災事業展開のため、NbS の主流化の傾向を踏まえ、地域開発における森林の多面的機能活用の重要性を発信することを目的とした。

開会セッションでは、森林総合研究所所長と林野庁森林整備部長が、気候変動の緩和と適応に森林が果たす役割について、それぞれの立場から言及しセミナーへの期待を述べた。

フィリピン大学ロスバニオス校のプルヒン教授の基調講演では、森林機能の活用は NbS として国際レベルで認められていること、森林を活用することの大切さが包括的な視点で説明されました。アジア工科大学のハザリカ教授は複数の災害予測に基づき事前に対策を講じることの大切さとそのための予測技術を紹介した。森林技術国際展開支援事業の成果から、F-DRR に配慮した森林(土地利用)計画の重要性、途上国の現地コミュニティ参画のための課題についての発表を行なった。

パネルディスカッションでは、途上国で森林による防災・減災をどのように進めれば良いのかを、フロアからの質問も織り交ぜて登壇者が議論を行なった。このセミナーにより、森林を用いた防災減災の重要性を改めて確認・発信することができた。また新しい技術を用いた森林管理計画の策定、防災減災活動への住民参加のそれぞれにおいて、地域の人たちとの信頼関係の構築が前提であることも、参加者の間で共有することができた。

本セミナーには、国際機関から民間企業まで国内外から合計 188 名(講演者を除く、会場 58 名、オンライン 130 名)が参加した。オンライン参加国は、日本を含め 7 ヶ国であった。



図 5-2-1 セミナーの様子

5.3 海外ワークショップ（国際会合サイドイベント）

5.3.1 第 29 回気候変動枠組条約締約国会議（COP29）サイドイベント

2024 年 11 月 11 日から 22 日にアゼルバイジャンにて開催された気候変動枠組条約

COP29 において、公式サイドイベントと日本の環境省が主導する「ジャパンパビリオン・セミナー」の枠に応募し、ともに採択された。

“Innovations to maximize tropical forests’ contribution to climate change mitigation and adaptation”と題する公式サイドイベントは ITTO との共催で、11 月 12 日 16:15-17:45(現地時間)に開催された。このイベントには森林総合研究所の玉井幸治が登壇し、本事業の成果のうち、リスクマップ作成を中心に森林による防災減災のための新しい技術を紹介した。



図 5-3-1-1 COP29 サイドイベントの様子

「自然に基づく解決策(NbS)のための持続可能な森林管理」と題するジャパンパビリオン・セミナーは、森林総研主催、林野庁及び ITTO 共催のセミナーとして 11 月 15 日(金)17:30～18:45(現地時間)に、オンライン視聴も可能とする方式で実施した。

このセミナーでは、森林総研の玉井が、本事業成果を踏まえて日本の治山技術を紹介した。

会場は一時立ち見が出るほど盛況であり、また、オンタイムのオンライン視聴者は 40 名程度であった。セミナーの様子は、youtube の「森林総研チャンネル」で視聴可能であり、2025 年 3 月時点で約 150 回にわたって視聴されている。



図 5-3-1-2 COP29 ジャパンパビリオンセミナーの様子

5.4 手引書の作成

本事業で開発する森林を活用した防災・減災等の機能を強化する技術を、途上国に展開する本邦技術者を養成するため、治山技術の海外展開に関心のある技術者等を対象とする、治山技術の海外展開に関する国際動向や、途上国に適用可能な治山技術等を盛り込んだ手引書を発行した。手引き書の構成は、REDD プラス・海外森林防災研究開発センターで出版した「REDD-plus Cookbook」を踏襲し、「導入編」、「計画編」、「技術編」、「情報編」の4部とし、各編の下に、章と Recipe が並ぶ構造とした。

導入編

第1章 森林の機能を活用した防災・減災

第2章 防災・減災に向けた国際動向

計画編

第3章 森林の防災・減災機能を活用するためのアプローチ

第4章 森林の防災・減災機能強化のための技術

技術編

第5章 リモートセンシング技術を用いたリスクマップの作成

第6章 日本の森林整備・治山技術の適用

第7章 高潮被害に対すマングローブの防災・減災機能

参照編

第8章 発展途上国における森林を活用した防災・減災の取組動向

「導入編」、「計画編」、「技術編」には事業報告書の内容を、項目ごとに Recipe として示すとともに、「情報編」にはカントリーレポートの要約を掲載し、内容の充実を図った。

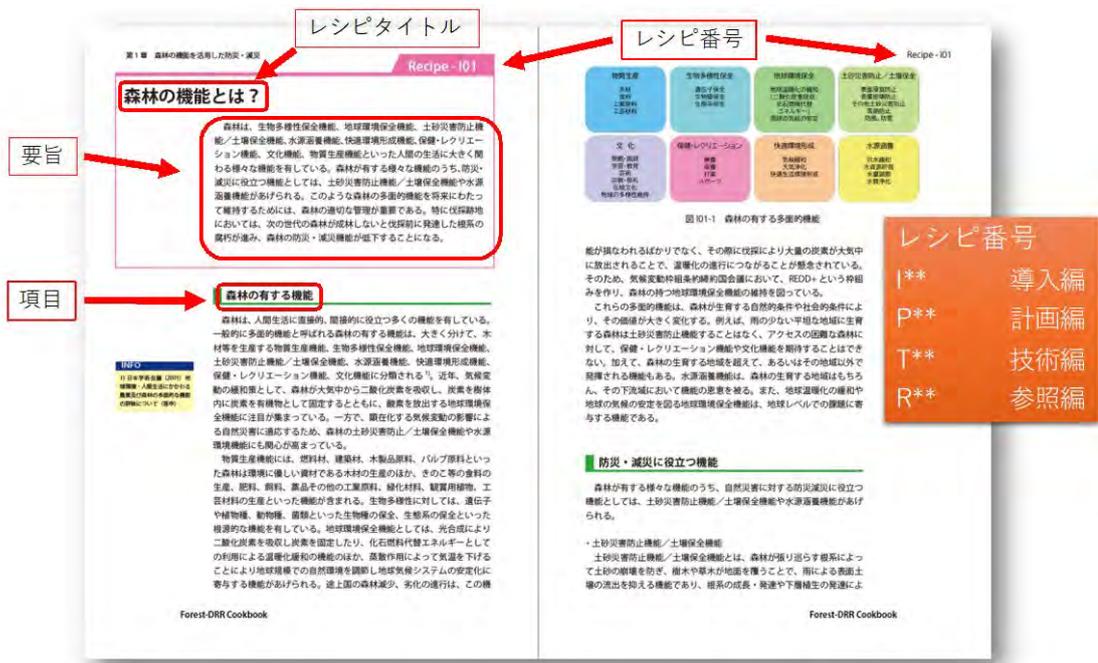


図 5-4-1 治山技術の海外展開に関する手引書(Forest-DRR Cookbook)のレイアウト

5.5 技術者養成研修の実施と人材データベースの整備

令和6年12月4日と5日に、我が国の治山技術等の海外展開を促進することを目的とした技術者研修を実施した。会場受講生は8名、オンライン受講生は1名だった。当日、止むを得ない事情で当日欠席した者4名が資料熟読とレポート提出によるセルフ受講を行なった。



図 5-5-1 技術者養成研修の様子

表 5-5-1 技術者養成研修プログラム

月日	時間	講義名
12月4日	09:00-09:30	開会式・事務連絡
	09:30-11:00	気候変動適応策としての Eco-DRR 概論：森林の機能に注目して
	11:10-12:10	JICA による治山関連分野の取組と今後の展望
	13:10-14:50	途上国における住民の土地利用と防災に関する意識
	15:00-17:15	我が国の治山技術のベトナムでの適用に向けた技術開発
12月5日	09:00-12:30	途上国における Google Earth Engine 等を用いた斜面崩壊地の自動抽出
	13:30-16:45	治山事業の海外展開に係る資金ソースと事業とのリンク
	16:45-17:15	事務連絡・閉会式

同研修は、森林による防災・減災を海外で実施することの意義、そのための技術、資金へのアクセス等について、学ぶことができたと好評であった。

海外において森林技術を用いた防災・減災事業を実施する能力を有する技術者と需要者をつなぐための、昨年度開発した人材データベースの整備を進めた。データベースには、今年度技術者養成研修の受講生のうちデータベースへの情報搭載に同意が得られた方の情報を搭載した。データベースへの収録情報は、氏名、所属、連絡先、専門分野、実績、活動地域、希望等とした。データベースは REDD プラス・海外森林防災研究開発センターで管理し、個人名、企業名等の個別データは公開せず、技術者および所属企業数、専門分野等のメタデータをウェブで公開する計画である。メタデータ公開後は、民間企業等から人材情報提供依頼を受けた場合、登録者に情報提供の承諾を得てから依頼者に伝えることとする。令和 7 年 2 月末現在 登録数 29 名、うち民間企業 11 社 20 名で、前年度末より 3 社 5 名増加した。

5.6 インターネット等を活用した情報発信

5.6.1 ウェブサイトとメーリングリスト

治山・森林整備技術の国際展開を目指すポータルサイトとして、REDD プラス・海外森林防災研究開発センターのウェブサイト(日本語版・英語版)の充実を図った。同ウェブサイトでは、センターが主催する、セミナー・ワークショップの開催、文献等について情報発信を行った。

REDD プラス・海外森林防災研究開発センターでは、国内外の関係者に向け、動画の公開、センターのウェブサイトの掲載情報の速やかな周知、関連イベント、文献・報告書などのタイムリーな情報発信等を図るためメールマガジン「森林総研 REDD プラス・海外森林防災研究開発センターだより」を発行し、より広く国内の関係者への情報発信を図った。



図 5-6-1-1 REDDプラス・海外森林防災研究開発センターウェブサイト、トップページ



図 5-6-1-2 同、イベント(国際セミナー)のページ

5.6.2 研究集会等での情報発信

5.6.2.1 学会・研究集会での発表

2024年5月 日本地球惑星科学連合 2024年大会

古市剛久、渡壁卓磨、大澤光、岡本隆、Phuong Vu Tan, Linh Nguyen Thuy My、

Hang Le Thi Thu 、Tung Doan Than

Uncovering sediment sources from spatial patterns of fluvial sediment transport in a mountain catchment in northern Vietnam (ベトナム北部山地流域における河川土砂運搬の空間パターンから推定した土砂供給源)

2024 年 8 月 Joint International Symposium on Sustainable Forest Ecosystem Management (SFEM Taiwan 2024)

MICHINAKA Tetsuya、Ronald Canero Estoque、Tan Phuong Vu、Thuy My Linh Nguyen、OKAMOTO Takashi、EHARA Makoto、TAKAHATA Keiichi
Analyzing Spatial and Temporal Patterns and Trends of Natural Disaster Damages in Vietnam (ベトナムにおける自然災害被害の空間的・時間的パターンと傾向の分析)

2024 年 9 月 日本地すべり学会研究発表会

岡本隆、古市剛久(森林総研 PD)、渡壁卓磨、大澤光、村上亘、黒川潮
ベトナムにおける治山施設の現状と日本の治山技術の適用可能性

2024 年 9 月 ForestSAT 2024

平田泰雅、小野賢二、野口宏典、倉本恵生、森大喜、Thanh Tung Doan、Ngoc Thanh Pham、Thuy My Linh Nguyen、Tan Phuong Vu
Evaluation of Disaster Prevention and Mitigation Functions of Mangrove Forests against Storm Surge by Remote Sensing (リモートセンシングによる高潮に対するマングローブ林の防災・減災機能の評価)

2024 年 10 月 関東森林学会大会

道中哲也、Ronald Canero Estoque、Tan Phuong Vu、Thuy My Linh Nguyen、岡本隆、江原誠

Hotspot analysis of natural disaster damages in Vietnam (ベトナムにおける自然災害被害のホットスポット分析)

2024 年 11 月 林業経済学会秋季大会

道中哲也、江原誠、Tan Phuong Vu、Thuy My Linh Nguyen、岡本隆、志水克人、藤間剛、Van Tiep Ha、Van Tuan Vu

Has economic growth been mitigating natural disaster damages in Vietnam? A hybrid approach of panel data analysis (ベトナムにおける自然災害被害は経済成長によって軽減されているか? パネルデータ分析のハイブリッドアプローチを用いて)

2024 年 12 月 American Geophysical Union Annual Meeting 2024

古市剛久、渡壁卓磨、大澤光、岡本隆、村上亘、Phuong Vu Tan、Linh Nguyen Thuy My、Hang Le Thi Thu、Tung Doan Thanh、Truong Nguyen Van
Spatial patterns of sediment discharge in a mountain catchment in northern Vietnam: What the data tell us about the impact of land-use along historical and contemporary contexts (ベトナム北部山地流域における土砂流出の空間分布:土地利用の歴史と現状による影響)

2025年3月 日本森林学会大会

岡本隆、村上亘、古市剛久、道中哲也、渡壁卓磨、大澤光、鈴木秀典、山口智、宗岡寛子、黒川潮
ベトナム北部山岳地の土地利用に基づく治山計画の検討

2024年12月16日

森から世界を変えるプラットフォーム主催オンラインセミナー「Nature based Solutionsの可能性～森林を活用した防災・減災～」において、「森林の持つ防災・減災」と「森林技術を活用した防災・減災技術の海外展開」の2件の講演を行なった。

2024年12月23日 国際緑化推進センター主催「フォレスト・カーボン・セミナー(COP29報告会)」において、本事業により開催したサイドイベントの内容を紹介した。

5.6.2.2 独立行政法人国際協力機構（JICA）研修対応

独立行政法人国際協力機構（JICA）の依頼により、本事業の成果を活用した講義を行った。

2024年4月16日 ケニア国別研修「持続的森林管理および林産業振興のための政策立案」

2024年10月9日 課題別研修「Eco-DRR/NbS for DRRを軸とした防災・減災」（コソボ共和国、モンテネグロ、ボスニア・ヘルツェゴビナ、アルバニア共和国）

2024年11月12日 課題別研修「持続可能な森林経営のための政策立案能力の強化」（バングラデシュ共和国、カンボジア王国、カメルーン共和国、コートジボワール共和国、コンゴ民主共和国、ジョージア、ケニア共和国、ラオス人民民主共和国、モンゴル国、ネパール、パプアニューギニア独立国及びベトナム社会主義共和国）



図 5-6-2-1 JICA 研修の様子

5.6.3 近隣国での情報発信

2025年2月から3月にかけて、ラオス、タイにおいて防災・減災にどのように森林を活用しているかを調べるため、関連機関を訪問し、本事業の取り組みを紹介するとともに防災・減災対策についてのヒアリングを行った。

ラオスでは森林に関連した災害としては山火事、洪水が主要なものであり、火災により森林が焼失した後は地すべりや斜面崩壊が起きやすくなるという認識が示された。一方で、林業局は災害対応を直接所管しておらず、森林の機能を活用した防災・減災が受け入れられるには体制が十分でないと考えられる。

タイでは1990年代からタイランド湾沿岸でマングローブ植林が日本企業等のCSRや環境教育の一環として進められてきている。良好な生育状況のものもある一方で、海寄りに植林されたマングローブ及び防護柵が消失している実態も確認された。マングローブ保全・再生のため本事業の成果を活用しつつさらなる研究開発の余地があると考えられた。

卷末資料

令和 6 年度森林技術国際展開支援事業

第 1 回事業運営委員会

議事要旨

日 時:令和 6 年 7 月 11 日(木曜日)14:00-16:30

場 所:TKP 銀座ビジネスセンター カンファレンスルーム 6A
(東京都中央区銀座 8-2-8)

出席者:

1. 事業運営委員会委員(五十音順・敬称略)

太田徹志 (九州大学農学研究院 准教授)

田中賢治 (国土防災技術株式会社 取締役 / 事業本部長)

野田英夫 (独立行政法人 国際協力機構(JICA)地球環境部 次長 兼 森林・自然環境
グループ長)

宮城豊彦 (東北学院大学 名誉教授 / 地域情報カスタマイズユニット 代表)

2. 林野庁

谷本哲朗 (計画課海外林業協力室 室長)

出野伸明 (計画課海外林業協力室 係長)

3. 森林総合研究所

玉井幸治 (REDD プラス・海外森林防災研究開発センター長、研究ディレクター)

平田泰雅 (森林管理研究領域)

岡本 隆 (森林防災研究領域)

村上 亘 (森林防災研究領域)

古市剛久 (森林防災研究領域)

小野賢二 (東北支所)

藤間 剛 (企画部国際戦略科)

戸谷 玄 (生物多様性・気候変動研究拠点)

東條一史 (生物多様性・気候変動研究拠点)

小池信哉 (企画部国際戦略科)

(以下、敬称、肩書略)

【開会】

1.森林総合研究所挨拶

○森林総研(玉井)

- ・本日は、令和6年度第1回事業運営委員会にご出席いただき感謝する。本事業は今年度が最終年度であるが、今日の発表をお聞きいただき、不足しているところ、また、もっと深く検討すべきところをご指摘いただくことで、よりよい成果を上げたいと考えている。忌憚のないご意見をよろしくお願いする。

2.林野庁挨拶

○林野庁(谷本室長)

- ・委員のみなさまには、引き続き、委員に留任してくださり感謝する。また、森林総研のみなさまにも、いろいろな準備をしてくださり感謝する。日本が有する森林の防災・減災技術が、気候変動適応の観点から途上国にも有用であるということで始めた5ヶ年の事業も今年度が最終年に当たる。新型コロナ流行のため、事業開始時には非常にむずかしい状況があったが、その後、海外での現地調査、リスクマップの作成、そして技術者育成などに取り組んでいただいた。なお、EUの気象関係機関の発表では、13ヶ月連続で世界の平均気温が最高を記録し、一年を通じた世界の平均気温も2023年が最高だったということから、気候変動の影響がわかりやすく見えてきている。最近では、ブラジルやケニアで洪水被害が発生している。このように、影響は先進国と途上国の隔てなく及んでいるため、森林の防災・減災機能の重要性がますます大きくなってきている。この事業で人材育成も含めた成果を発信し、それらが有効に活用されるよう、委員のみなさまの忌憚のないご助言をいただきたい。よろしくお願いする。

3.委員の紹介

○森林総研(藤間)

- ・現在、4名の委員が出席している。水野委員は欠席である。

4. 令和6年度森林技術国際展開支援事業計画

○宮城座長

・「4-1 事業全体概要」の説明をお願いします。

○森林総研(平田)

【資料4「4-1 事業全体概要」に基づいて説明】

○宮城座長

・「4-2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に係る課題等の調査・分析」の説明をお願いします。

○森林総研(古市)

【資料5「4-2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に係る課題等の調査・分析」に基づいて説明】

○野田委員

・コミュニティ参画は、JICA でも重視しており、JICA が取り組んでいることと親和性が高い。今年、森林を含む自然環境保全全般の事業戦略を作ったが、その中でも、住民と共に自然を守ることを前面に打ち出した。これまで JICA が取り組んできたコミュニティと共に自然を守ることを強調し、このことは他のドナーからも評価されている。なお、今回の調査において、民間企業の海外展開とコミュニティの視点をどう結びつけようとしているのか。また、日本企業が国際的プロジェクトに参入する機会は確かに限られているが、JICA のプロジェクト後に、そのアセットなどを使って日本企業が進出している例もある。国際的プロジェクトが行われた後にも、民間企業が参入する機会があるのではないか。さらに、資料5の4ページにある「3. 森林の多面的機能や他セクター課題とのシナジー(相乗効果)」で示されたように、JICA のような、いろいろなセクターを抱えて仕事をしている機関は、そのような役割をもっと果たしていかないといけない。JICA の中で国・地域を担当している部署や現地事務所は他のセクターとの関係をよく見ているので、今回の調査で有用な知見を得てきていただきたい。

○森林総研(古市)

・JICA のプロジェクトでコミュニティのエンパワーメントなどを目的とする事業を行うときにはコミュニティの特質やコミュニティとの関係性を整理しておくことが必要となるが、技術系の企業が山地防災や沿岸防災を行うときに、その企業がどの程度コミュニティと緊密な関係が必要になるのかは、私にもはっきりとは分からない。ただ、我々の森林技術国際展開事業において、企業の状況、プロジェクト資金の状況に加えて、山地防災や沿岸防災のプロジェクトに関わるコミュニティの立場や位置づけ、コミュニティとの関係についての基礎的な資料があれば、これから海外で事業を展開しようとする企業の方々にも参考になるだろう。むしろ、我々のプロジェクトの中にコミュニティの視点の情報が少なすぎると、途上国の事情をわかっている方に本事業の成果が正当に評価されないかもしれず、コミュニティに対する意識を

示しておくことには意味があると思う。また、JICA が離れた後に事業が継続しないといわれることもあるが、必ずしもそうではないと私も思う。我々の一昨年の調査で印象的だったのは、日本の ODA プロジェクトは日本の単価で支払いがくるので経営面で助かるが、国際資金プロジェクトでは単価がよくなく高い賃金を支払う日本企業はなかなか出て行けない、という状況認識だった。経理や言語の面でも国内向けの事業とは別の事業パッケージを作らないといけないという事情もあり、国内事業から国際資金を使った国際事業へ展開していくのは経営マネージメント的に負担であるという状況認識もあるようだった。しかし、日本の国内経済がこれまでのようには成長しない状況では、国際資金を活用するビジネスを展開していかないといけないという状況認識は少なくとも企業業界団体のブレンの方には持っていた。シナジーに関しては、このプロジェクトでも当初は防災と森林とで組んで進めた方がよいのではないかという認識があったが、昨年の調査を通じて、森林セクター中で完結させた方が互いに連携しやすくシナジーを生みやすいことを認識し、まずは森林セクター内で森林の持つ防災機能に関する認知度を広め、造林・生態・水資源といった分野との連携を探っていくという方向性を提示できたことは、この事業の成果の一つであると思う。

○太田委員

- ・現地コミュニティという言葉は、地域住民、現地住民という言葉と同じものとして取り扱ってよいか。あるいは、どういったものをコミュニティとして捉えているのか。

○森林総研(古市)

- ・現地コミュニティとは、治山プロジェクトのサイトにいる方々を指している。省レベルの政府などではなく、現地に住んでいる人々、対象地に住んでいる方々が念頭にある。リスクマップを利用する方々である。

○太田委員

- ・今回の調査は、全体的な傾向を調べるものなのか。

○森林総研(古市)

- ・今年の調査は、既存プロジェクト資料を調べ、既存プロジェクト関係者からヒアリングを行う。その資料調査とヒアリング調査から、これまでのプロジェクトが現地コミュニティとどのように関わってきたのかを洗い出すことを目的としている。これまでのプロジェクトでは、コミュニティはどのようにプロジェクトへ参画したのか、コミュニティがそれをどう捉えていたのか、などを明らかにしていく。

○田中委員

- ・日本の技術基準や技術レベルは高いものなのに認められていないという話したが、ICE (Information and Communication Engineering) や IOT (Internet of Things) を進んで受け入

れている海外の現状を見ていると、コミュニティはよくわかっていないものでも受け入れることが多いと思う。本当は、実際にデータを使って解析をするには高い技術レベルが必要なのだが。海外において日本と同じようなレベルで求められるなら、その技術はハードなものソフトなものに分かれるので、その切り分けも考慮しないとイケない。

○森林総研(古市)

- ・今年やろうとしている調査はもっとプリミティブなレベルで、森林を活用して防災に役立てるプロジェクトを行うときに、現地住民とプロジェクトはどういう関係性を持つのかを調べるものだ。どういうレベルの技術が使われるのかにまで深入りする考えはない。

○宮城座長

- ・コミュニティレベルの人たちも現場も多岐にわたっている一方で、コンセプトを展開していくときにいろいろな考え方が流れており、全体像がなかなか見えてこない。だが、たとえば、私に関わるのは斜面防災だと決めてしまうと全体像が描きやすいし、マングローブのポンチ絵を描いて、この部分をやるのだと言いやすくなる。森林の何かをやることでコミュニティの人たちにどういうベネフィットがあるのかがうまく見えてこないといけないので、そこは工夫していただきたい。つまり、事例を調べて、このような着眼点に注目した。その理由はこういうことだ、ということがわかるようにして欲しい。

○森林総研(古市)

- ・それは、大変に重要な観点だと思う。資料調査で難しい点は、どの森林プロジェクトが治山を扱っているのかがなかなか分からないということだ。しかし、資料調査したプロジェクトについては宮城座長がおっしゃったことに留意して情報をまとめていきたい。

○林野庁(谷本室長)

- ・アジア開発銀行を含めてフィリピンでのヒアリング調査を予定されているという。実は、この8月に、農林水産省の職員1名が専門家としてアジア開発銀行の本部に出向する予定である。担当業務は農業分野のGHG排出抑制なので防災・減災との接点がないが、もし必要であれば、私からその者に繋ぐことができるだろう。

○森林総研(古市)

- ・是非、お願いします。

○宮城座長

- ・「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」の説明をお願いします。

○森林総研(岡本)

【資料6「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」に基づいて説明】

○森林総研(岡本)

【資料7「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 1 日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発」に基づいて説明】

○宮城座長

・「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 2)海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」の説明をお願いします。

○森林総研(小野)

【資料8「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 2)海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」に基づいて説明】

○宮城座長

・リスクマップの作成は、リモートセンシングのデータを用いたリスクマップと理解してよろしいか。

○森林総研(村上)

・そのとおりである。発展途上国では、どうしてもリモートセンシングのデータを使わざるをえない。現地で入手できる情報があれば可能な限り使っていくが、基本はリモートセンシングのデータと考えていただきたい。

○宮城座長

・表層崩壊にターゲットをあてているのだろうが、大きい地すべりもたくさんあることも、一言、書いてもらおうとありがたい。

○森林総研(村上)

・了解した。

○宮城座長

・これらは、非常に具体的な研究の取り組みであり、やればやるだけ、きちんとした成果が出るだろう。ただ、資料8の1ページのタイトルが「4-3-2 海面上昇による高潮被害」となっているが、海面上昇と高潮被害がダイレクトにコネクトするかどうかには議論があるので、「海面上昇と高潮被害」にするとよい。また、海面上昇のインパクトをどのように緩和するかというシナ

リオにも触れているとよいだろう。Xuân Thủy には *Kandelia obovata* が多く、海面上昇が直に影響するからだ。

○森林総研(小野)

・了解した。

○太田委員

・土地利用計画を提案するという話だが、最終的な成果はできあがった地図になるのか、それとも、とりまとめ計画に森林管理手法の開発とあるので、こうするといい地図が作れるという過程をまとめたものになるのか。

○森林総研(岡本)

・後者の過程である。日本の治山業者がリスクマップおよび森林整備計画を作るときに、日本の技術を使って、こういう手法でやるとうまくできる、あるいは、うまくいかないという過程を示したい。

○太田委員

・土地利用計画の縮尺はどれくらいか。

○宮城座長

・印刷物の縮尺ではなく、データとして、どれくらいの縮尺になるのか。

○森林総研(岡本)

・資料7の7ページに示したモンズンコミュニティの面積が 200km^2 くらいである。ただ、まだ紙のデータしか入手できていない。まもなくデジタルデータも入手できる予定だが、それがどれくらいの解像度なのかは、まだわからない。

○森林総研(村上)

・この左側の土地利用図は、昨年度の現地調査で撮られた写真を GIS 上で rectify して重ね、さらにポリゴン化したものなので、さらにデジタルデータの入手もお願いしている。

○太田委員

・このマップに近いものは、日本では市町村森林整備計画だと思う。福岡県のは、このモンズンコミュニティの図と同じような感じなので、もしいい案ができれば教えていただきたい。

○森林総研(平田)

・福岡県はけっこう災害があるように思うが、災害に関する内容は載っていないのか。

○太田委員

- ・森林整備計画は水源や生産などの複数の基準で作られているが、それとは別に国土交通省のものがあるので、森林整備計画に災害はないと思う。

○森林総研(平田)

- ・日本の場合、保安林は水源涵養の面積が一番大きく、土砂に関するものの面積が小さくて、初めは疑問に感じた。しかし、実は土砂と水源涵養の両方に指定されているところもあり、それが出てこないことも不思議だ。

○太田委員

- ・保安林は、また別の法律、別のレイヤーになっていて、非常にややこしい。福岡県でも、民有地の保安林に関しては、実際の水源保全上で必要だということよりも、税制上、また伐採した後の植林に有利なために、熱心な民間の方が指定しているということのようだ。一方、市町村森林整備計画は行政的に決められている。

○森林総研(岡本)

- ・我々も、その点は意識している。保安林を指定するのは林野庁、あるいは知事であり、レイヤーとしては重ならない。我々も、市町村森林整備計画について所内の専門家からレクチャーを受けながら、事例を勉強しているところである。

○田中委員

- ・布団かごは海外で使われている例がかなりあるが、自破砕するぐりを入れている場合が多く、あとで中がスカスカになっていることがある。そこで、利用するぐりの材質なども入れていただきたい。

○森林総研(岡本)

- ・そのことは私も気にしていて、行くたびに、いくつかの布団かごの金網サイズやぐりのサイズを調べている。日本と比べると、かなり適当にぐりを詰めているところが多いようだ。ただ、ベトナムに関して言えば、破砕しているものはそれほど多くない。むしろ、日本がオーバースペックなのかもしれないと思うくらいのところもあり、上手くやっているという感覚がある。

○宮城座長

- ・ベトナムの中部山岳地帯から北部山岳地帯では、力学特性が本当に低いぐりがたくさん挟まれていて、手で握るときれいに粉になることもある。メッシュサイズや材料についても、留意すべきことが記載されているとよい。

○林野庁(谷本室長)

- ・昨年までの現地調査の成果として、ベトナムでの住民意識調査があった。今年はコミュニティ参画の基礎調査として、フィリピンでの現地調査を予定しているという。ベトナムとフィリピンとで調査国による違いがあるのだろうか。また、ベトナムでの住民調査も踏まえて、フィリピンでのコミュニティ参画の基礎調査を設計されているのかを伺いたい。さらに、今回の手引書の特徴と、令和 3 年度に林野庁が国際緑化推進センターに出した事業で作成した「マングローブ再生ガイドブック」との違いについて教えて欲しい。最後に、この 5 月に、林野庁はベトナムと、いろいろな項目で協力していこうという覚書を交わした。この事業は今年度で終わるが、協力はスタートの年になるので、ベトナムで行う活動を覚書の中に位置づけられるように相談させていただきたい。

○森林総研(古市)

- ・ベトナムで行った住民意識調査は、森林とその周囲で起こる災害について、山地や沿岸に住む住民がどのような意識を持っているのかを調べるベースライン調査であり、その結果はまもなく出てくるだろう。そして、その調査結果を踏まえたコメントを今回のフィリピンの調査現場へぶつけて、何らかの反応があることは十分にありえると思う。しかし、各国毎のコミュニティの違いやコミュニティに対するアプローチに関する細かい調査がこれまでできていないので、そこを調べるのが今年の調査の観点である。国毎の特徴について、特にベトナムとフィリピンの対比によってなんらかの知見が得られれば、それは興味深いことだと思う。

○森林総研(小野)

- ・令和 3 年度に国際緑化推進センターが出した「マングローブ再生ガイドブック」は非常によくできているという印象を持っている。今回の手引書と「マングローブ再生ガイドブック」との違いとして、まず文章の長さの違いがある。これから海外で事業を展開しようとする事業者が気軽に読めることを第一に考えて、短めに、読みやすく、わかりやすくということを心がけている。もちろん、マングローブの種や分布のように基本情報として外せない内容はあって、そこが共通になることは仕方がない。また、今回の手引書の特徴として、2 章「マングローブの現状と減少・劣化要因」に FAO の報告書をベースとする最新情報を記載していることがある。また、4 章「自然を活用した解決策 (Nature-based solutions:NbS) とマングローブ保全・再生の動向」では、沿岸域の防災・減災を意識しつつ、NbS とマングローブ保全の活動の動向について整理している。さらに、5 章「地域住民への意識調査の必要性 とプロジェクト実施に必要な資源の評価項目」では、住民により保全活動が行われるため、住民意識を捉える調査が大事であるということを書こうとしている。このことは、「マングローブ再生ガイドブック」にはあまり記載がない。最後の 6 章「マングローブ保全・再生のための留意点」では、国際緑化推進センターや国際マングローブ生態協会などのいろいろな手引書を要約し、私なりにかみ砕いてまとめている。この中で、「気候変動進行下におけるマングローブの保全・修復植林」という項目を設け、波や風に対するマングローブの防災機能の限界点をまとめている。

○林野庁(谷本室長)

- ・どちらも民間の方にマングローブについて知っていただくための非常に重要な資料になるので、それぞれを見て得られるものがあるといい。また、事業全体の手引書にもマングローブ調査の成果が載っているが、小野さんのマングローブ手引書には住民意識などの点でオリジナルなものが入っていると理解した。

○森林総研(平田)

- ・海面上昇と高潮災害について、まだ書き漏らしていることがある。このように災害を防ぐからマングローブをこうしたらいい、あるいは、災害防止のためのマングローブをどういう着眼点を持って再生したらいいのかということが、この手引書には書かれていない。それもしっかりと書き込むことで、「マングローブ再生ガイドブック」との差別化を図りたい。さらに、ベトナムとの協力覚書に関しては、我々もそれを注視している。覚書のポイントに挙げられているものの中には、気候変動の緩和と適応、防災のための森林管理、林業セクターの研究開発、持続可能な森林があって、覚書の半分くらいは本事業と関係していると感じている。しかし、森林総研の研究開発でベトナムを扱っているものは本事業だけなので、我々からも、このことについて相談させていただきたい。

○野田委員

- ・資料 6 の 6 ページにある「出口を見据えた課題遂行の流れ(治山技術・リスクマップ)」にある「予防治山」と「復旧治山」という言葉は、このように定義されているものなのか。

○森林総研(岡本)

- ・そうである。治山の世界では、この二つの言葉はよく理解されている言葉である。「予防治山」を言い換えるならば、たとえば「事前防災」というわかりやすい言葉になる。治山事業予算の中でも、「予防治山」と「復旧治山」とに分かれていると思う。たとえば、急峻で、森林がなく、今にも崩れそうなところがあったとしても、もしそこが崩れていなければ、そこで行うのは「復旧治山」ではなく、「予防治山」になる。

○野田委員

- ・理解した。さて、フィリピンは自然災害が多く、JICA もいろいろな活動をしている。事前防災投資の必要性を共有して理解してもらうには、事前防災投資が 1 ドルに対して、(事前防災投資なしで)実際に災害が起きたときの負担が 4 ドルから 7 ドルくらいなどと、多少荒くてもコストに換算して説明すると理解が得やすい。この森林分野でも、防災・減災に事前投資する「予防治山」を進めるにあたって、やはりコストというものは避けられないだろう。そこで、この事業でとりまとめる文書やハンドブックにも事前防災投資の必要性がきちんと書かれていれば、それを携えていく日本企業が海外に進出しやすくなるのではないかと。

○森林総研(岡本)

- ・野田委員のご指摘のとおりである。日本でも災害が起きたところの対策で手一杯になり、「予防治山」は後手に回りやすい。災害が起きていないところで事前の対策をすることは、実際にはなかなか難しいというのが実情だ。その理由の一つとして、**B by C (Benefit / Cost)**が計算しにくいことがある。「予防治山」によってどのエリアまで効果が波及するのかなどが曖昧で、日本でもお金に換算しにくい。海外でも、この **B by C** の考えがまだむずかしいところがあるだろう。ご指摘のように、この考えの重要性をどこかに入れておきたい。

○宮城座長

- ・ここは肝になる部分と考えている。
- ・「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」の説明をお願いします。

○森林総研(藤間)

【資料 11「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」基づいて説明】

○宮城座長

- ・情報発信でも、我々にできることあれば積極的に協力していく。

○森林総研(藤間)

- ・ご協力をお願いします。

5.全体討議

○宮城座長

- ・全体討議に入る。

○野田委員

- ・来年 2 月 5 日の国際セミナーにおいて、この時期に JICA が招聘する途上国の行政官がいれば、登壇機会の提供など積極的に協力するので相談させて欲しい。また、COP29 で、JICA もサイドイベントを検討している。まだ具体的な内容は決まっていないが、マングローブについて、沿岸域の生態保全と繋げて発信することを考えているので、この事業と連携ができないかと思っている。さらに、JICA には国際協力専門員という技術に詳しい者たちがいるが、彼らも技術者データベースに登録することができるのか。登録には、たとえば技術士などの資格条件があるのか。

○森林総研(藤間)

- ・技術者データベースに特別な条件を設けてはいない。そういう方々についても登録していただくと、非常に助かる。また、COP29 のサイドイベントについて、マングローブなどについて協力できることがあれば、この事業の成果と合わせて対応したい。

○森林総研(平田)

- ・来年のCOP30がブラジルで開催されるので、JICAともよい協力関係を作っていきたい。JICAも含めたサイドイベントを構築していく方法を考えなければいけないという話をITTOとしている。COP30には、少なくとも森林減少に関する専門家を一人派遣する方向で所内の調整を進めており、サイドイベントも含めた協力をしたいと考えている。

○宮城座長

- ・現場でデータを作って議論し、また、そのデータを大きなストラクチャーの中で展開して生じるインパクトを議論することで共通理解を得られれば、いろいろな形で言語化しやすい状況が生まれるのではないか。マングローブなら、その生態系がどうやってできあがっているのか、このパラメータがあるから、海面が上昇したらこういうインパクトが生じてこうなるという共通理解が得られるというやり方があるだろう。また、斜面災害でも、災害が起きた現場でデータを取り、それはなぜかということを考えてシミュレーションし、それを将来のリスク評価の素材にするシナリオを考えていける。だが、実は、それらがどれだけの広汎な代表性を持っているのかについては、極めて乏しいバックグラウンドしかない。今回の事業は5年間という制限があるのだし、あいまいなところには、これは次の課題だと、一言、触れておけば、全体像を壊さなくてもすむように展開していける。

○森林総研(平田)

- ・今回の技術解説書(クックブック)は、途上国で事業を展開する人たちのために役立つように、あるいは大学生にも役立つようにと考えながら作成している。しかし、どの災害にも共通する最大公約数だけにするとすごく薄いものになってしまうし、逆に、すべてを網羅する最小公倍数のようなものを作ろうとすると膨大で、何が何だかわからないものになってしまう。自然災害は、それぞれの地域、それぞれの気象条件、さらに人の土地利用によって千差万別になる。それでも役に立つ技術解説書を作るために、さまざまなコメントを大事にしなが、作業を進めていきたい。

○林野庁(谷本室長)

- ・5年にわたる事業の集大成としてクックブックの素案のように成果を形として示せるたたき台ができていますので、今年も委員のみなさまからご助言をいただきながら、よりよい成果を対外的に出せるようにして欲しい。また、情報発信でもJICAとの連携に前向きな話とコメントがあり、ありがたいことである。林野庁、森林総研だけでなく、いろいろな関係機関と共に発信できる

とよいだろう。

○宮城座長

・討議を終える。

6.その他

○森林総研(玉井)

・今日、いただいたコメントを踏まえて、クックブックや手引書を作成する。今年度は委員会がまだ2回あるので、あらためていろいろなコメントをいただきたい。本日の議論に感謝する。

<閉会>

以上

令和6年度森林技術国際展開支援事業

第2回事業運営委員会

議事要旨

日 時:令和6年10月16日(水曜日)14:00-16:35

場 所:TKP 銀座ビジネスセンター カンファレンスルーム 6A
(東京都中央区銀座 8-2-8)

出席者:

1. 事業運営委員会委員(五十音順・敬称略)

岩田恭志 (国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 次長)

太田徹志 (九州大学農学研究院 准教授)

水野 理 (公益財団法人 地球環境戦略研究機関(IGES) プログラムディレクター)

三村一郎 (独立行政法人 国際協力機構(JICA)地球環境部 次長 兼 森林・自然環境
グループ長)

宮城豊彦 (東北学院大学 名誉教授 / 地域情報カスタマイズユニット 代表)

2. 林野庁

谷本哲朗 (計画課海外林業協力室 室長)

出野伸明 (計画課海外林業協力室 係長)

3. 森林総合研究所

玉井幸治 (REDD プラス・海外森林防災研究開発センター長、研究ディレクター)

岡本 隆 (東北支所)

村上 亘 (森林防災研究領域)

古市剛久 (森林防災研究領域)

小野賢二 (東北支所)

藤間 剛 (企画部国際戦略科)

戸谷 玄 (生物多様性・気候変動研究拠点)

東條一史 (生物多様性・気候変動研究拠点)

(以下、敬称、肩書略)

【開会】

1.森林総合研究所挨拶

○森林総研(玉井)

・この森林技術国際展開支援事業も最終年度の2回目の運営委員会ということで、まさに最終コーナーも回ってしまって、あとバックストレートをゴールに向かって走るだけという、本当に最後の機会となってしまいました。とは言いつつ、まだ3回目の運営委員会もありますので、今日の報告をお聞きいただきまして、ご指摘等ありましたらよろしく願いいたします。委員の皆様にはお忙しいところをお集まりいただき有難うございます。特に、三村委員、岩田委員は今回が初めての委員会という事でございますので、いろいろ見慣れないことも多いかと思えますけれどもよろしく願いいたします。また、林野庁からは谷本室長、出野係長においでいただきましてありがとうございます。同様にご忌憚なくご意見いただければと思います。また、お手元の資料に資料10としてマングローブ保全・再生の手引き、あるいは資料11としてForest-DRR Cookbookというものがあります。まだ草稿段階ですので、もしもお読みいただいて何かコメント等ありましたら是非お寄せください。後日でも構いませんのでよろしくお願い致します。最後に、この課題のプロジェクトリーダーの平田があいにく本日欠席ということではありますが、皆さんよろしくとのことでした。どうぞ忌憚のないご意見をお寄せください。よろしく願いいたします。

2.林野庁挨拶

○林野庁(谷本室長)

・今玉井センター長からご説明あった通り、今年度が本事業の最終年度である。委員のみなさまには、本事業にご助言いただき、また、岩田委員、三村委員におかれましては今回からということで、ある意味まささらな目でこの事業についていろいろとご指摘アドバイスいただきたい。令和2年度からスタートしたこの森林技術国際展開支援事は、日本が戦後荒廃した国土を復旧・復興させた過程で培った治山技術業といったものが、今、気候変動で苦しむ途上国にも展開できるのではないかという発想ではじまった。森林総研の皆様は調査等々、手法開発とかこれまで継続していろいろ活動していただいている。気候変動の影響が厳しさを増しているというのは論をまたないところで、今年も、日本でも世界的にも自然災害が目立つ年である。特に台風11号は東南アジアでベトナムを中心に大きな自然災害となった。また途上国先進国問わず、森林火災を含めて、災害の報道が目立つ昨今である。来月の11日からは気候変動のCOP29がアゼルバイジャンで開かれる。今回は特に資金動員や2030年を超えた2035目標といったことが議論されるという風に聞いている。そういった中でもこの事業の日本の治山技術といったものの発信ができることを期待している。最終年度の2回目

ということで、いよいよこれまで積み上げてきたものが形になるところ。最終的に有意義な成果となるよう、委員の皆様のご助言をいただければ大変ありがたい。本日はどうぞよろしくお願いする。

3.委員の紹介

○森林総研(戸谷)

- ・田中委員に代わって岩田委員、野田委員に代わって三村委員が就任した。第1回に欠席だった水野委員も出席し、5名の委員が出席している。

4. 令和6年度森林技術国際展開支援事業中間報告

○宮城座長

- ・先程来、玉井さんや谷本さんから最後の年の2回目の報告会で、残りあと一回という話があった。一般的に4年、5年のプロジェクトで、最後から2つ目というのは一番重要なケースがある。短い時間ではあるが充実した会議になるようお願いする。私事から述べさせていただくが、今回のプロジェクトは木に竹を接ぐようなストラクチャーだと、つまり、違和感のあるマングローブと山の斜面を一緒に扱うという風にとらえている。自分自身は大学院に入って最初の研究を始めたところから両方やっていた。地形、土地と植物の関係を調べていくと、一番源流部でとてもそれがダイナミックに展開している。途中、雨どいのような河岸段丘が広がる普通のところであるが、土砂は海に流れ着いて、そこでダイナミックな変動、堆積の兆候が表れて、そこにうまくレスポンスするのがマングローブであるということで、昔西表島に調査に行き、一週間だけ大学におり、その後すぐに北海道の天塩川の流域を調べた。本事業ではベトナムというフィールドで、二つの事を展開して、とりあえず2種類のレポートができそうである。これはまあ当然の成り行きと考えるが、このプロジェクトに参画している森林総研のメンバーがこうやって形を作り上げていく総合力はすごいと感動している。従来のように各分野の報告をいただいて、それに対して時々質問をする時間を設けて、最後にまとまった質疑応答を展開する進め方をし、4時20分には終わる予定である。コンパクトな設定のため、早速話を進めさせてもらいたい。

- ・「4-1 事業全体概要」の説明をお願いする。

○森林総研(岡本)

【資料4「4-1 事業全体概要」に基づいて説明】

○宮城座長

- ・「4-2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に係る課題等の調査・分析」の説明をお願いします。

○森林総研(古市)

- 【資料5「4-2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に係る課題等の調査・分析」に基づいて説明】

○岩田委員

- ・初参加でちょっと勘違いの所があるかもしれないが、地域コミュニティの方というのは、住民の方という理解で良いか。またそういった方々というのは、治山は大切であるというのは分かっているのだけれどもどうしたらいいのかが分からないのか、それとも、そもそも治山というものの重要性が分かっていないのか、そのどちらかで我々のアプローチも変わってくるものかと思う。どちらという印象をお持ちか。

○森林総研(古市)

- ・基本的に後者である。山地での斜面崩壊のリスクを適切な土地利用によって軽減するという考えはげん地コミュニティは持っていないことが多いと思う。我々は治山は重要という考えで取り組んでいても、その土地のコミュニティの文脈に沿って考えていく必要がある。日本では当然のこととされている「山地防災は大事」という認識をそのまま現地に持って行っても現地コミュニティには響かない。地域コミュニティにとって山地防災とは何なのか、地域コミュニティの立場で考える努力・取り組みをして、住民と話をして治山の効果や重要性を共有するような取り組みをしていくことが大事だろう。

○岩田委員

- ・少しずつ、多分、地域コミュニティの教育のそこからやっていかなきゃいけないかと思う。ものすごく先の長いプロジェクトになるかと感じた。

○森林総研(古市)

- ・時間がかかって治山ができないのではないかと暗に言われたのかと思う。治山プロジェクトとは本来時間がかかるものであるというのが我々の理解だ。施設を入れて、植栽だけして終わり、という治山プロジェクトを実施しても上手くいかないという視点に立ってこれまでの海外プロジェクトではコミュニティ参画への取り組みを行ってきたという指摘があり、今年のコミュニティ参画基礎調査はその認識に立って既往案件での取り組み事例を調査している。

○宮城座長

・今の話、凄く大事なところだと思う。いくつか、まあ、ネパールの例なんかだと30年ぐらい地道にやると人材もどんどん輩出している。長い目で見る必要があるだろう。僕は一つ、地域に対してちゃんと見るっていうことが、古市さんの報告の最初の方に出てきていて、これは大きな展開だと僕自身は思っている。地域の目っていうのは、この間地すべり学会でも話をしたが、技術屋も、我々みたいな学者も、実は地域で仕事はするけど、地域の人々そのものの立場には立っていない。地域の人々の立場に立つっていうことのコンセプトセッティングが、まだ不十分なのかな、と思っている。そのコンセプトセッティングが不十分なままで、その教育というふうを考えが飛躍すると、多大な手間がかかるだろうと感じる。今別件の砂防プロジェクトでやっていることで、地域の人々が助かるのは間違いない活動がある。そして災害が発生すればその被害を受けるのも地域の人である。そのような概念を理解するために、流域管理の台帳を作るという活動を実施している。森林ではないが流域管理台帳を作っている。その台帳はマッピングベースでももちろん地域のみんなと作っている。地域コミュニティ、村、郡役所、省の役所まで、竹串を刺すように共有した地図のため、いろんな展開がしやすくなる。それで、一年に一度地域が見直すと、その見直したところをやっぱり上と下の行政組織につないで行くというようなことをやっていく。住民ベースでものを考えるところから始まるため、教育しなくても行きつ戻りつしながら、勝手に進んで行くと期待している。このほかにも沢山問題がある。例えばベトナムの山岳少数民族は住んでいるところによって民族が違う。そうすると、上流側でいいことは下流側にとって必ずしもそうじゃないという事もある。それも全体として流域ベースで考えていくっていうと、視点としてセッティングできる。自分自身でもまだ分かってないところもあるが、地域ベースで物を考えるっていうストラクチャーを、この際少し考え込んでいく、作り込んでいきたいなと考えている。そのために良いヒントになるものがたくさん聞けた。

○森林総研(古市)

・そこまでこのプロジェクトで示せるか疑わしいが、先生の趣旨には共感するので、このプロジェクトとしてもできるだけのことをしたい。もう一つ、これまでの委員会での議論の中で、ベトナムの事例としてリスクマップが全く使えないとの批判を宮城先生はしたが、たとえば今回調査したフィリピンでも同様な状況だった。私は日本の治山技術の展開という時にはそこから始めるのが良いと思っている。技術的なことから入れるというのは日本企業として入りやすいという事もあるし、レーザー測量を行って高性能DEMを作り、それに基づいた高分解能のリスクマップを作り、そのリスクマップをもとに住民と対話するということはとても有効だと思う。例えば、今回の現地調査で見えてきたフィリピン・ルソン島北部の急峻な山地では10~20メートルの幅で尾根斜面があり、そこは平らでアグロフォレストリーに使っているし、そこは実際に安全だけれども、10~20メートル幅の尾根斜面の両側の谷壁斜面はとても急傾斜で安全とはとても言えない。その尾根斜面とこの谷壁斜面は違うのだ、と地図上で示していくようなことをしないと、なかなか崩壊地というものに対する意識も芽生えてこない。そうした高度な技術を使いながら治山を展開していく余地というのは十分にあると思う。

○宮城座長

- ・全く同感である。先日ベトナムを襲ったヤギという台風。あれについても地域に行くと、被害はちゃんと把握されている。ただしなぜそこで被害が発生するのかという背景になると、全く情報を持っていない。しかしながら、地域の住民は、言われてみると、ここでは 10 年前に崩れたとか、我々が空間に展開してマネージメントするために作成しつつある地域レベル防災管理台帳っていうのを見せると、地域の人は「そうだよな」ってすぐ言ってくれる。多分何かコツがあるのだろう。

○三村委員

- ・本日は初めてという事で少し的外れなことを言うかもしれないがご容赦いただきたい。加えて個人的な見解が入ってしまう点についてもご容赦願う。最初に古市さんからの JICA のプロジェクトについてのご説明の際、「治山」との記載名がない点のご指摘を受けた点について触れたい。私の理解では「治山」という名称がプロジェクト上、入ってはいないものの、当然、ただ木を植えるわけではなく、そういった治山的な視点は入っているとの理解である。また、昨今の流れでグリーンインフラ、Nature-based Solution 含め、プロジェクトの形成段階では、多面的な観点から案件を形成することが大切であり、そのためにも治山の工学的な視点については重要だと考えている。それとコミュニティという観点ではプロジェクト実施上、細くても長く継続することが大事だと思っている。また、所謂先進的な技術については内容・用途によっては必要ではあるが、特に途上国と地域コミュニティの観点から考えた場合、なかなかそういった技術が継続、持続しないものもあり、現地に適した、それが中間技術と言っていいのどうかは分からないが、内容を落とし込んでやることも必要であり、そのうえで一緒にやっていくことが大事である。一方で、当然、中央政府中心に先端技術を使いながら進めることもあり、その国々の個別状況を踏まえた対応が重要であり、技術レベルのバランスを上手くとることが大切である。そのようなバランスをとる上では色々な分野の先生方、研究者、技術者などのご意見を聴きながら、どういったものが現地で即して使えるのかといったことを考えていくことが非常に重要であると考えている。

宮城座長

- ・有難うございます。最近の、特にリモートセンシング技術はすごく発達しているので、世界中どこであってもしっかり高精度なデータが利用できる。つまりものを考えるための基盤となるデータが拡充してきて共有することができる時代で、今がチャンスだと考える。

○宮城座長

- ・「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」の説明をお願いします。

○森林総研(岡本)

【資料6「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」に基づいて説明】

○森林総研(岡本)

【資料7「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 1)日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発」に基づいて説明】

○宮城座長

・「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 2)海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」の説明をお願いします。

○森林総研(小野)1時間 21分-32分

【資料8「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 2)海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」に基づいて説明】

○宮城座長

・ちょっとテクニカルな部分で。小野さんの発表でマングローブの炭素蓄積量は陸上森林の50倍じゃなくて5倍と言われた。しかしマングローブの炭素蓄積量の幅は非常に大きいため50倍の場合もありうる。「最大50倍」とか「一般に5倍程度」としたり、参考文献を示したりする方が良い。

○宮城座長

・岡本さんの報告では、森林のクオリティを3類型して、その一番特別なところは別として、それ以外の所を見ているとのことだった。岡本さんは2007年の禁伐について言及された。禁伐された時に森林は既に相当荒廃していたと思う。そのため **protection forest** は守るという目標を設定したエリアであって、そこについては極めてバラエティに富んだ土地利用が既にあったはずである。そのため **production forest** との境界を引くことは結構難しいので、**production forest** から **protection forest** までのエリアをカバーして全体のマネージメントを考えるとのが現実的だろう。

○岩田委員

・斜面崩壊のリスクの高いエリアというのがプロットされている。これはどうやってプロットしたのか。地形図判読もしくは空中写真判読を用いたのか。

○森林総研(村上)

- ・2017年の斜面崩壊については私が衛星画像を目視判読し、それをGISに重ねて手動で崩壊地を抽出した。自動抽出も試したが、流送域や道路を崩壊地と認識してしまう部分が出てくる。昨年度、画像の自動判読結果と目視判読結果でそれぞれリスクマップを作成し比較したが、自動抽出の結果のみを使用して作成すると、どうしてもうまく行かなかった。そのため現段階では崩壊地に関しては、ある程度手動というか目視で判読する方が良いということになっている。

○岩田委員

- ・理解した。Protection forestと定義されている範囲も結構ゾーニングが激しいようである。今、14ページで黄色い点線で括っている範囲は崩壊が多いが、その北はほぼ崩壊していないエリアがまた広がっている。例えば今保護して森林が壮齢林になっていけば崩壊が減っていくのか、それとも地質とか他の要因に崩壊が起因しているのかにより、将来の崩壊可能性が変わってくるのではないか。

森林総研(岡本)

- ・9ページに現在の土地利用計画図に崩壊地を合わせて示した。ご指摘のとおり protection forestの中でも、例えば図の右上のところにはほとんど崩壊が起きていないエリアがある。崩壊発生の偏りについてはいくつかの複数の要因がある。まず一つ目は、崩壊がたくさん起きているところとその右上側のあまり起きていない所が丁度尾根境界になっていることから、恐らく地形性の降雨による降水量の違いというのが考えられる。また地形とか地質とかいう要因もあり、崩壊が起きていないエリアはやや勾配が緩くなっていた。さらにこういった実態とは別の側面として、崩壊地を目視で判読したため、画像が暗く崩壊エリアの視認が困難なところがあった。そういった方法の限界ということにより崩壊地が見かけ上少なくなっている場所もある。

水野委員

- ・古市さんのプレゼン資料の7ページに大変重要なことが書かれている。森林減少の原因が、住民による農地転換だとか森林資源のエネルギー利用などであることが多くて、地域開発上の必要性に起因する問題であり、それに対応するためには住民への働きかけが必須であると書かれている。このことは、治山にしる森林保全とか森林管理にしる、森とか木だけを見て、斜面の勾配がきついかとか土壌がこうだからどういった植生が適切だとか植林が必要だとか治山技術を入れる必要があるということだけは不十分である。例えば地域住民がやむにやまれず燃料が他にないから木を伐採せざる得ないという要因で荒廃が進んでいるかもしれない。そうすると、対応策というのは、木だけを見て森林が劣化しているから木を植えるとか、治山技術を入れるという事だけじゃなくて、その原因を見て対策を講じるということとのパッケージである必要がある、ということを示唆されている。もちろん、森林総研の研究なので、生活基盤をどうしたらいいかということまで踏み込むことはできないとは考えるが、

その部分を全く抜きにした純粋な技術だけでは解決策にはならないだろう。技術だけではないということは再三出ているが、住民意識というのが純粋な防災意識がどれくらい高いのか低いのかということだけではなくて、背景となる社会生活基盤との組み合わせの中で、考える必要があるだろう。マングローブのガイドラインでは、マングローブの劣化の主な原因というのは養殖だとか農地転用で伐採が進んでいるとなっている。しかし対応には養殖や農地転用をどうするかは一切出ていなくて、どういった樹種だったら根付きやすいだとかの技術論のみになっている。マングローブ減少の原因が、生計向上であるなら、それとどうやって折り合いをつけつつ植林をするのかを検討する必要がある。生活基盤のところまで全部書く必要はないが、全くそれがなかったかのようになって、純粋な植物学的というか植生的な観点からの解決策だけでは不十分である。古市さんの発表を見て、住民の生計と森林技術適用を連携させる必要があると考えた。

○宮城座長

- 私はマングローブと斜面の事を両方やっていて、しかも地域ベースでやっている。その中で最近 Community-based Landslide Vulnerability Management Sheet というのを作っている。ネイチャーベースのリスク、コミュニティベースのリスクとインフラベースという3つの大きな着眼点を作り、それぞれとトータルのスコアをつけて、ネイチャーベースはリスクが高いとか、インフラは立派に進んでいるとか、三角形の形が地域のフルプルーフマネージメントで、リスクが減ると点になる。そういうような道具立てってというのがあってしかるべきだと思う。技術屋は技術専門で考えるのに対し、生活者の立場から生活水準を示すことも必要だろう。マングローブについても同じようなことが言えて、土地利用として土地利潤の距離感がどのように位置づけられるべきなのかあってしかるべきだと考える。マングローブで一つ抜けているのは、話の前段において海面上昇とか地球温暖化に言及するのであれば、植林技術においても地球温暖化による海面上昇フェイズにおける植林戦略というのがあってしかるべきと考える。海面上昇の時はこういうことが起きるので、どのように植林するのかというのを書く必要があるだろう。

○森林総研(岡本)

- 大変重要な指摘に感謝する。我々もまさにその視点を現地に行って痛感している。技術的なアプローチというのは基本的に日本の技術を適用すればよく、それほど難しくはないという大前提がある。現地で一番難しいのが、こういった技術を現地の方にどうやって受け入れていただけるかである、最終的な壁はそこにあると我々は考えている。実際に我々が現地の方々にインタビューをして、住民の方や現地の方の政府の方に聞いた感触では、森林があることで災害が減るという認識を彼らは十分に持っている。それから、そういった森林を伐ることによって危なくなる、あるいは、住む場所も考えなくてはいけなくなるということも分かっている。更に、我々も少し驚いたのが、近年の気候変動についても理解されている方が結構多くて、極端な雨が増えているということも彼らは理解しているようであった。しかし、そこまでの基本

的な理解があるにもかかわらず、現地では山地斜面を農地として利用せざるを得ないということがある。これはもう彼らの生計維持のためにやむにやまれずやっているということ。これを非常に実感している。これは住民の方も現地政府も、斜面に対して森林に代えていくということよりも、そこをどうまく農地利用できるかを第一に考えることもよく分かってきた。このようなことからある程度経済発展して防災・減災に現地の国や人々が目を向けるようになるまで待たなければならない、という考え方もあるかもしれない。そうではなく、そのような中で我々が何かそれらを考慮してできることとして提示したのが、森林計画の中で、どこに対して優先的に森林を入れるかという提案、これが彼らの実態を則して考えたところです。これを考えなければ単にリスクの高いところに森林を植えようということでは終わらなすけど、そうではなく、先ほど申し上げた **Special Forest**、**Protection Forest**、**Production Forest** という3つの区分の中で、現地の生活を考えて森林による防災・減災を実施できるところ出せないところを区別した。**Protection Forest** の方はもう政府が伐採を禁じていて森林になるべきところとされているため、それに対して我々は技術的な指針を提案できると判断した。一方で **Production Forest** に対して我々が森林に戻すべき、という提案はしない。そこは現状維持で彼らの生活を維持すれば良いと考えたのが今回の計画であると、ご理解いただきたい。

○森林総研(小野)

- ・非常に重要な指摘をいただいた。水野先生の言われた住民の生活基盤等々と植林のパッケージという部分については、意識はして考えながら進めている。今回の最終的な成果物である手引書の中でパッケージとして示すのが理想ではあるが、そこまでは叶わなさそうであるただし、この手引きの6章において住民への意識調査の必要性について解説をしている。スアントウイ国立公園のマングローブで昨年大規模なアンケート調査を実施している。アンケート調査が終わったのが今年の3月で現在解析を進めているところで、実際には、この手引きの中に結果を反映させることはできていなくて、その先のパッケージで考えるという部分には至っていない。ただしマングローブ植林のプロジェクトの成否、成功は住民の方の意識や活動、どういう意識があってそのプロジェクトの活動が動いているかというのは非常に重要であることから、事前にそういう調査を行う必要があることは解説として加えている。植林技術と住民意識のパッケージによりどういう保全策があるかというのは、この先の課題となると考える。そこはデータが出次第取り組んでいきたい。もう一点、宮城先生からご指摘のあった海面上昇における高潮災害に対して、マングローブはどう防災減災機能を発揮するのかということは重要な課題である。海面上昇に対してマングローブ植林がどうしたら成功するのか、私自身まだ答えがない。これは非常にチャレンジングな部分だと先生も十分ご理解いただいでのご指摘と考える。現在わかっていることとして、手引書7章の最後の一節で、気候変動下においてマングローブの保全修復植林に関して、私や南山大学藤本教授の研究成果に言及し、樹種によっては現在の海面上昇に耐えうるものもあるかもしれない、あるいは引き倒し試験の結果を引用してヤエヤマヒルギのようなものを選べばより強い根返り耐性を得られるマングローブを造成できるかもしれない、という可能性を示すにとどめている。

○宮城座長

- ・そういう着眼点が必要だということを書いておけばよい。

○森林総研(小野)

- ・もう少し分かり安くしたいと意識して作成している。

○森林総研(古市)

- ・岡本さんと小野さんの回答に補足する。水野先生の指摘は非常に重要である。村上さんが作ったリスクマップで示しているのは、客観的な状況なので、住民との間のディスカッションの道具として重要でそれがなければ始まらない。ただしそこに生活基盤を加味することが大事だというご指摘はその通りだと思う。それが今年のコミュニティ参画基礎調査で調べていることの根本にある。先ほど説明した通り、ネパールで30年に亘り取り組まれてきたプロジェクト事業の歴史と成果が生活基盤を直視するとの重要性を示していると思う。我々森林総研の事業ではパイロット事業の形で提案をしていくところまではしておらず、調査以上のことはできないと思う。実際にプロジェクトをやるという時には、リスクマップに基づいて住民、政府、全てのステークホルダーと話す中で解決策のマップというようなもの、すなわち生活基盤にも目を向けて将来像を盛り込んだプロジェクトマップを作る必要があるということをマニュアルや手引書の中で言及していくことはあるのかなと思う。もう一つ言うと、この部分、すなわち科学技術における理解と社会科学の理解とを結びつけることは研究面でとても立ち遅れている領域であると思っている。私は地理学出身だが、人文地理と自然地理の間で具体的にどのように対話をするのかを考えるセッションを学会で主催して議論している。自然科学は社会の深いところを理解できないし、社会科学は自然のメカニズムや対応技術の深いところは理解できない。やはり両者が対話しなければ現場での適切な対応を深めることは出来ないと思っている。水野先生が指摘したことは研究上の重要な課題であり、森林総研としてもこれまで以上に積極的に取り組んでいかなければならないと感じた。

○宮城座長

- ・水野委員がリスクマップについて指摘されたが、私自身は目視で作成した図がとてもクオリティの高いものになると考えている。ただし、それを持って行って地域の人にどう伝えるかという点では地形図が問題になる。本来は地形図も作る必要があるがベトナムは等高線図が軍事機密で我々には一切利用できない。そのような制限の中でよくやったと考える。

○水野委員

- ・一言だけ。先程岡本さんから回答のあった、行政的な森林利用図と崩壊地の地図を重ね合わせて、その中で Protection Forest だけに介入することが適切であるという判断に至ったことは、凄く重要な成果だと思う。もちろん、国によって森林区分も違うし、管理の強度とかあり

方も全然違うため、一朝一夕には言えないだろうが、少なくともそうやって行政的な管理の体系とレイヤーをとってリスクマップと重ね合わせて、行政区分に応じて介入対象を定めると言った判断をされたということは凄く重要な成果だと考える。説明資料の 16 ページ 17 ページでは「リスクマップの作成が特に重視されているように見えるため、リスクマップを作るのが最終的に一番重要だと捉えられる。もちろん重要ではあるが、それにとどまらない所がすごく重要な成果だと考える。まとめではその部分もきちんとアピールしていただくのが良い。

○森林総研(岡本)

- ・ご指摘の部分は「森林管理手法の開発」と簡単にまとめてしまっているが、その部分を強調できるように成果の取りまとめを進める。

○宮城座長

- ・いかがでしょう。では、三村さん。

○三村委員

- ・質問 2 点とコメント 2 件がある。一つ目の質問は、資料 7 の 13 ページ目の最後の「改善案のプロトタイプを提示」において、「解決策を模索する」と書かれている。この改善案というのはベトナム側に提示される予定なのか。この部分の説明で最終的にはクックブックなどで日本の民間業者等に対する資料作りだという説明があったので、対象を確認したい。もう一つの質問は、マングローブについてで、マングローブ植物で選抜育種をすることによって、例えばもっと成長の早い物をつくる、そうすれば海面上昇のスピードに追いつくことが出来るのではないかとのことである。

コメントも二つある。天然資源管理、特に途上国の場合、アプローチには、いわゆる行政からのトップダウンとコミュニティからのボトムアップの 2 つがある。ベトナムのような国ではトップダウン的な部分が強いが、行政が脆弱でトップダウンで行いたいが出来ない国では、コミュニティからのボトムアップとトップダウンとを合わせたコマネージメントというアプローチもある。天然資源管理や人工林管理においてコマネージメント的な視点というのも資源の管理上のアプローチとして考えることが重要ではないかとの点が一つ目のコメントである。もう一点は、今回の大陸であるベトナムとは少し異なるが、特に小島嶼国では **Ridge to Reef Approach** という山から沿岸域までをカバーした統合的な管理が有効で、今回は大陸が対象なので大き過ぎることから防災減災の観点についてどこまで触れられるか分からないが、山地と沿岸部の二つの結節点を合わせた調査をされていることから将来的にはこれらをうまく結ぶとより面白いものが出てくるのが期待出来るのではないか。これが 2 点目のコメントである。

○森林総研(岡本)

- ・まず一点目の質問で、13 ページ目の改善案のプロトタイプを現地の方に見せて意見を聴くようにしたいと現在考えている。我々が実際に行くか、あるいは現地のカウンターパートに依

頼るかしてリアクションを見てみたい。もしかして全く受け入れられないかもしれないという可能性もあると思うが、反応を確認したい。最後のコメントの部分については、山から海まで一つの流域として見るという考え方は日本でもあって、最初に宮城先生が言われた通り山で生産された土砂が海に入って行って海への影響が出てくる。一体管理というところは日本でもうたわれているところである。島嶼国ですとこれが非常にダイレクトに関係性が伝わり分かりやすいと考える。おそらくベトナムでそれをやろうとするとかなり大型のプロジェクトになってきて、現在の枠組みでは難しいが、そういった視点は是非私個人としても持ち続けていきたい。

○森林総研(小野)

- ・私は育種の専門ではないが、マングローブにおける選抜育種的な視点での調査、事業とかは既往研究においてあまり先行例がないような気がする。JICA は 2015 年にインドネシアでマングローブの事業を行い、その中で育種に関してもかなり詳細な多面的にいろんな樹種を比較した報告書をあげていたと認識している。とても大変な仕事と感じた。国を変えたらまた樹種も変わってくるし、苗の育成にはどういう状況でやっているのかということを押さえないと、その先の育種の検討も難しいと考えている。実際、育種になってくると、多分、遺伝子解析とかで、日本ではスギとかで進んでますけど、マングローブはかなり広範に熱帯に広がっているもので、我々森林総研も西表熱帯林育種技術園を持っているけれど、取り扱いは大変そうである。ただ、そういう視点でマングローブの保全・再生を進めていくことはかなりチャレンジングで面白いと思ってコメントを聞いた。

○宮城座長

- ・海面上昇過程の対応ということでは 3 つぐらい着眼点があつて、一つは潮汐差。大潮汐域は年間 max が 5 メートルを超え、微小潮汐域は年間の最大潮汐が 1 メートルに満たない。マングローブは潮間帯の上半分にはしかできないが、海面上昇量というのは絶対値である。このためは、微小潮汐域の方がインパクトは明らかに激しく起きる。もう一つは樹種で、例えば成長速度がある。例えばソネラティア・カセオラリスなんかは上方年間成長速度が数メートルある。最後に土地条件とのマッチングをとらないとベストソリューションは得られない。こういうことで、3 つぐらいの観点で整理し、みんなの共通認識とする必要がある。二酸化炭素蓄積量が膨大といっても、今の森林は 2000 年ぐらい前の低海面以後に成立してきたものなので、1000 年とか 1500 年かけて蓄積した地下貯留物なんです。それを評価するのと、陸地の今動いている土壌の中の二酸化炭素貯留を計るのは次元が異なるが、みんなうかつに比較している。そういういろんな常識的なところのアンビバレンスがあるので、整理しておくことが必要だと考える。

○太田委員

- ・先程から何度も出ている森林利用現況図。基本的なところを教えてください。この Protection

Forest、Production Forest、Special Forest という呼び方はベトナムの方がこういう名前と呼んでいるということなのか。それともベトナム語の用語を日本側が訳しているのか。

○森林総研(村上)

・こちらは、もともとはベトナム語で、現地の方が Production Forest、Special Forest、Protection Forest という風に訳したものを参考にしている。ただ、もともとの図はもっと細かい区分になっていて、一対一でやると現実には合わなくなるため、2、3 個の区分をまとめて、これは全部 Production Forest、これは Protection Forest という形で整理した部分もある。基本的には、現地の方が訳した物をそのまま使っている。

○太田委員

・分かった。Protection Forest を日本語で普通に考えると保安林という意味になる。ただ「保安林」の適切な英語も林野庁とかいろんなサイトによって異なっていて、Protection Forest と言ったり Conservation Forest とすることもある。言葉の定義に混乱がある。いずれにしても今回の図の Protection Forest は保安林、ではないという理解で良いか。

○森林総研(村上)

・一応、Protection Forest という部分については、別の社系のものが調査した際に、これはこういう定義がベトナムの方にもあって、その定義と対比して Protection Forest でいいだろうとなった。ただ、岡本とも話したが、日本の保全林に比べると、かなり規制は緩いと感じている。

○宮城座長

・これ(Protection Forest)は努力目標用語である。

○森林総研(村上)

・先程岡本の説明にもあったように、恐らくこれは2014年の天然林伐採禁止に伴って設定されたものなので、まだ10年経っていない。それまでに土地利用されていたことから考えると、恐らく日本で言えば1950～60年代のはげ山に植林していた拡大造林期の状態というイメージで捉えている。

○太田委員

・言葉の整理ができた。次に、リスクマップに基づく森林維持・造成の優先区域という話について、集落からの距離というのは非常に分かりやすかった。斜面崩壊リスクの高い Protection Forest に対して優先的に森林維持・造成を行うっていう点線で囲んでいる部分があるが、その部分は特別に森林が未成熟だと言うことか。

○森林総研(岡本)

- おそらく、このエリアの森林が特に未成熟ということではなく、たまたまではあるが2017年に豪雨があつて斜面崩壊が多数発生していたため、それを元に崩壊のこういう整理が特定できた。このため斜面崩壊が起きていない場所でリスクマップを作成するのは基本的になかなか難しい。もちろん、今回の結果を教師データとして他のエリアで転用させることはできる。質問の答えとしては、ここが特に森林が弱いエリアであるとは言えない。

○太田委員

- Protection Forest が沢山あるが、特別にここが脆弱な森林とはなかなか言いづらい状態ということか。

○森林総研(村上)

- わたしが目視判読した限りでは、このあたりは森林ではあるが、薪炭林として伐られていたり、もともと何らかの形で利用されていたりした場所が、その後 Protection Forest に指定されてまだ十年未満であり、森林としては未成熟な状態と判読していた場所である。土地利用図では Protection Forest になっているが、それ以前の土地利用を衛星画像で判読すると、過去に棚田であったり畑地利用であったり、恐らく森林のままに薪炭林的に使っていたのかもしれないなど、いろんなパターンがあつて、それをすべて反映させるのは難しいという部分はある。そういう意味では Protection Forest という整理は岡本が説明資料の11枚目に示したように森林が回復過程にある場所のタイプを示している、という場所の認識である。ただ、それ以前の利用形態は多分千差万別と考えている。

○太田委員

- この質問をしたのは、資料6の7ページ目の課題の相互関係というところにある。リスクマップと森林管理、土地利用は本来予防治山であるので、将来の災害を未然に防止することを想定した森林管理計画となるはずである。しかし、今のこのやり方では一度土砂災害が起きてリスクマップができないと計画が立てられないため予防にならない。そのことの是非をまず問いたかった。

○森林総研(村上)

- 今回こういう形でリスクマップを作ったが、リスクマップ作ること自体よりも、災害が起こったところで何が一番要因としてきているかを知ることが重要と考えている。今回であれば、地形・地質要因の中で土地利用という観点からすれば何が原因になるかという視点で、土地利用の現況図では Protection Forest となつていても、衛星画像とかで判読すると過去に何らかの利用形態があつてまだ十分に回復していない場所が崩れているという場所がある。そのため、ほかでももし崩れていない、これから雨が降ったときに崩れそうな場所という中で、視点として気を付けなければいけないところはまさにそういうところではないかと考えている。そういう視点で、今後もし、崩れていないところでリスクマップを作成をするのであれば、過去の

土地利用についての視点が必要と考えている。リスクマップを作っではいるが、まさに太田先生が指摘した通り、これは崩れた場所でなければ作れない手法であり、他の所に対する教師データとして使うとしても、地質条件も違えば地形条件も違う、それこそ民族による土地利用の形態も違うところに、すべてを教師データとして当てはめられるわけでもない。現在の方法のデメリットではあるが、少なくとも土地利用の所では示せると考えている。

○宮城座長・

- ・一般にいろんなサセプティビリティのアクティングのベースとして、なんかのイベントがあった際にそれをどのようなパラメータをどのように差をつけてならべると良く再現できるかっていう、そんな研究が多数進むことになる。そして、それをやるのがあたかも当然であるような風潮もあるが、代表性は議論していない。それから、もっとベーシックな地形地質条件も議論していない。そういう中で、この図は代表性があるのかを議論し始めると、なかなかつらいものがある。ここではこうでした、ということきちんと言って、次のよすがにするのがよい。あまり突き詰めた議論は今のところはしない方がよいだろう。

○太田委員

- ・ランダムフォレストは予測モデルであって、要因を検証するモデルではない。「機械学習という予測モデルと因果モデルは違う」と機械学習のチューリング賞をとったジュディア・パールも言っている。絶対に違うと数学のスペシャリストも言っている。以前も例として出したのが、ノーベル賞の受賞者を予測するモデルで、その予測モデルとして一番効くのがチョコレートの消費量である。我々がチョコレートをいくら食べてもノーベル賞は取れない。そういう感じで、いらぬ変数とか、全く関係ない相関だったり、場合によっては原因だったり、いろいろなものが込めでその場に当てはまる予測モデルをつくったときに、きいている変数が出てくる。このため表現としては、まず「Protection Forest が斜面崩壊要因として 2 番目に重要」を、「Protection Forest は斜面崩壊を予測する変数として 2 番目に重要」と、変える方がよい。この二つは違う。なぜかと言うと、この Protection Forest かどうかっていうのは、チョコレートなのかそれとも GDP なのかと同じく、機械学習はこの二つを区別できないので、それを言い切ることができなくなる。例えば、言い方は悪いが Protection Forest を変数にしたということは、別の場所を Protection Forest と指定してしまえば、予測モデルの結果が変わってしまう。例えば Special Forest のところを Protection Forest に転換するだけでその土地の崩壊確率が上がる。でも実際には変わらない可能性もある。そういうモデルを使って要因だというのは良くない。名前が変わるだけで確率が変わることになるから。

○森林総研(村上)

- ・少し勉強不足な部分があつて申し訳ない。だが、崩壊を予測する要因という部分だということ、十分理解した。本来であれば別のものも使えばよいが、どういう傾向を見たかったことから教師なし分類をおこなった。

○宮城座長

- ・この表現は、間違いなく間違い、ということなので指摘を踏まえて修正すること。またこの図を使うかどうかということも含めて検討が必要である。このような図は間違いなく独り歩きするから。見た者が「ああ、保護林の **Protection** ってリスクーなのだな」と、そこから論理を組み立てないよう注意が必要である。

○森林総研(村上)

- ・間違っただけの見解にならないように十分注意する。今後ご助言をよろしくお願いする。

○太田委員

- ・2021 年に *Science of the Total Environment* という雑誌に *Correlation does not imply geomorphic causation in data-driven landslide susceptibility modelling – Benefits of exploring landslide data collection effects* という論文が出ていて、こういう感じの機械学習でリスクマップを作った時の変数が実際のランドスライドの地形的な変数を全く反映していないことを述べている。だからそのような機械学習の結果はほかの地域では適用できない。ある地点の結果を予測するこのエリアのランドスライドを予測する目的としては良いが、他の地域では全く使えない、地形的にも意味のないモデルができてしまっているという論文である。この論文は世界で 100 件ぐらい引用されていて、国際的にもよく知られている。

○宮城座長

- ・同様の問題が、今年のフィレンツェのワールドランドスライドフォーラムの時に、徹底的に批判された。サセプティビリティマッピングという言葉が独り歩きして、何かやっちゃうと、こういう塗り絵の図ができる。ただしその評価は「実用に耐えない」。日本の京都でワールドランドスライドフォーラムが開催されたときには 100 ぐらいの事例のうち 6 割がサセプティビリティマッピングであった。私はそのコーナーをしていて、これでは困ると感じていてがやっぱりそうってしまった。

○太田委員

- ・マップを作ることも自体は、現地の人とかの共通認識のためとても重要である。それを元に計画を立てることも自体も良いことである。特に、道から近いとか集落とかは重要だと思。一方で、変数とかを別の地域に当てはめるとかすると、すごく分析の段階が変わるということが国際的に議論されている。そのような状況で「国際展開支援事業」において、国際事情に一周遅れという状況は避けるべきである。

○森林総研(村上)

- ・宮城先生が指摘されたとおり、これは何かのデータを入れれば何らかの結果が出てしまうも

のであるという認識はあり、その中で事業としてリスクマップを作る、サセプティビリティマップになる。むしろ、何がこの地域で重要で、要素として重要になってくるかという面から、土地利用、森林の効果をどの程度評価できるかといった視点で使っていた。

○宮城座長

- ・以前、岡本さんにどういうパラメータを使うか、なぜ森林にこだわるんだと質問した際、我々は森林総研なので、森林を念頭にした着眼点を持っていて評価している、との回答があった。それはそのとおりで良かったと思う。外野で見ているものの視点で言うと、表層崩壊のリスクレベルは、多分7割以上は斜面傾斜で決まる。これまでサセプティビリティマップをずっと作っていた人たちは、このパラメータをこう使ったら8割になったとか、85%になったから素晴らしいとかいう議論をしていた時代がある。それを途上国の人たちは、こうやればできると受け取ってしまった。しかしまだ研究レベルで、これがいいのかどうかという議論が続いている。そういう中でさっき紹介のあったような論文がでてきた。

○森林総研(村上)

- ・機械学習の使い方についてはわたしも勉強不足なところがあるのでそういった論文も読みたい。日本国内の事例でいろいろやる時に、どの要素が一番効くのかを調べている。経験的に一番効くのは雨で、次に地形要素がきて、その次に地質が来るケースと、深層崩壊ではなくあくまで表層の浅い崩壊に関しては地質か森林の根系の効果そのどちらかが来る。これらをどのように説得力のある説明をするかということが現在のテーマになっている。

○宮城座長

- ・「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」の説明をお願いします。

○森林総研(藤間)

【資料 11「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」基づいて説明】

○宮城座長

- ・ありがとうございました。

5.全体討議

○宮城座長

- ・全体討議に入る。これまでにすでに包括的な議論があった。敢えて何かこれだけは言っておきたいということがなければ、議事を終了する。

6.その他

○森林総研(戸谷)

- ・本日の議事録を一週間程度でお送りし確認をお願いする。最終回の第 3 回事業運営委員会は来年 2 月に予定したい。日程調整のメールを送らせていただく。最後に林野庁谷本室長から一言お願いする。

○林野庁(谷本室長)

- ・本日は長時間の議論に感謝する。冒頭宮城座長が言われたとおり、5 年事業の最終年度 2 回目、次回が最終回の運営委員会である。最終の一つ前ということで非常に大事な時間だったと思う。具体的な成果が見える形を出していただき、それに対して委員の皆様から非常に具体的なお指摘をいただいた。指摘を適宜反映し、残り 4 か月ほどで時間的な制約はあるが最終的に 5 年間の成果として、日本の民間事業者の参考となるような成果としてまとめていただくことを期待している。よろしくお願いする。

以上

令和6年度森林技術国際展開支援事業

第3回事業運営委員会

議事要旨

日 時:令和7年2月26日(水曜日)14:00-16:30

場 所:日比谷国際ビル コンファレンススクエア 8E
(東京都千代田区内幸町 2-2-3 日比谷国際ビルディング)

出席者:

1. 事業運営委員会委員(五十音順・敬称略)

岩田恭志 (国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 次長) (オンライン出席)

水野 理 (公益財団法人 地球環境戦略研究機関(IGES) プログラムディレクター)

三村一郎 (独立行政法人 国際協力機構(JICA) 地球環境部 次長 兼 森林・自然環境
グループ長)

宮城豊彦 (東北学院大学 名誉教授 / 地域情報カスタマイズユニット 代表)

2. 林野庁

谷本哲朗 (計画課海外林業協力室 室長)

3. 森林総合研究所

玉井幸治 (REDD プラス・海外森林防災研究開発センター長、研究ディレクター)

平田泰雅 (森林管理研究領域)

岡本 隆 (東北支所)

村上 亘 (森林防災研究領域)

古市剛久 (森林防災研究領域) (オンライン出席)

小野賢二 (東北支所)

藤間 剛 (企画部国際戦略科)

戸谷 玄 (生物多様性・気候変動研究拠点)

東條一史 (生物多様性・気候変動研究拠点)

小池信哉 (企画部国際戦略科)

江原 誠 (生物多様性・気候変動研究拠点) (オンライン出席)

(以下、敬称、肩書略)

【開会】

1. 森林総合研究所挨拶

○森林総研(玉井)

- ・本日は、令和6年度第3回事業運営委員会にご出席いただき感謝する。5年間に渡った本事業の最後の運営委員会であるが、忌憚のないご意見をいただき、今後に活かしてまいりたいと考えているので、よろしく願います。

2. 林野庁挨拶

○林野庁(谷本室長)

- ・委員のみなさまには、本事業のこれまでのご協力に感謝する。また、森林総合研究所のみなさまにも、事業の実行と成果のとりまとめにご尽力いただき感謝する。今回は令和6年度のとりまとめの事業運営委員会であると共に、本事業の最終年度の最後の事業運営委員会でもある。森林を活用した防災・減災、治山技術の海外展開に向けて、委員のみなさまからのご助言も踏まえながら、情報収集や現地調査、そして関係者のヒアリング等々を行ってきた。そして、その中でいろいろな課題が見つかってくると共に、国際機関や海外に出ている方々からの知見を伺うことでよい情報を得られ、それらを成果としてとりまとめたところと思う。この事業運営委員会で委員のみなさまからのご指摘、ご助言をいただき、最終報告がよりよい内容になることを期待する。よろしく願います。

3. 委員の紹介

○森林総研(戸谷)

- ・現在、オンラインを含めて4名の委員が出席している。太田委員は欠席である。

4. 令和6年度森林技術国際展開支援事業成果報告

○宮城座長

- ・「4-1 事業全体概要」の説明をお願いします。

○森林総研(平田)

【資料4「4-1 事業全体概要」に基づいて説明】

○宮城座長

- ・「4-2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に係る課題等の調査・分析」の説明をお願いします。

○森林総研(古市)

【資料5「4-2 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に係る課題等の調査・分析」に基づいて説明】

○宮城座長

- ・5年間の振り返りを力説していたが、聞き取った知見の背景と広がりがもの足りなかった。その一方で、たとえば、いろいろな組織のネットワーク化をすると声をかけたことにより2件の治山関連の案件が出てきた。これは **High Performance** の典型例である。せっかくここまで分析したのだから、今度は地域の人にも役立てるように、治山とは何かを三つくらいの言葉で表し、それを目標とするように地域の人々をし向けたい。

○森林総研(古市)

- ・最後のスライド2枚で自分なりの総括をしたつもりだが、それでは不十分であるとの指摘だと受け取った。検討してみたい。

○宮城座長

- ・「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」の説明をお願いします。

○森林総研(岡本)

【資料6「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発」に基づいて説明】

○森林総研(岡本)

【資料7「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 1)日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発」に基づいて説明】

○宮城座長

- ・「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 2)海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」の説明をお願いします。

○森林総研(小野)

【資料 8「4-3 途上国の森林の防災・減災等の機能強化に資する技術等の開発 2)海面上昇による高潮被害に対するマングローブの沿岸域防災・減災機能の評価」に基づいて説明】

○宮城座長

・「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」の説明をお願いします。

○森林総研(藤間)

【資料9「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」に基づいて説明】

特段の質疑なし。

5.全体討議

○宮城座長

・全体討議に入る。

・我々の大きなターゲットに対する **Background Potential** を調査分析し、現地調査や個別の課題を分析して、わかったことと課題に関する成果を披露した。分析は非常に丁寧で評価をするが、しかし、何を重点的に強調したいのかがわからない。たとえば、地域住民の理解と主体的な参加が必要だというのが、それについて、どのような方向性が言えるのか、方向性に繋がるキーワードが提示されているのかが気になる。また、治山と防災という言葉の使い分けがすっきりしていないと感じる。さらに、マングローブでも地域住民の参画のための具体的な取り組みはわかりやすく、アンケートも行っているが、では、マングローブにおける治山と防災はどのようになるのか、地域住民と関係者、行政が治山と防災においてどのような体系立てになるのかが整理されていないと感じる。

○森林総研(古市)

・この調査から何らかの方法論を出して欲しいというご視点は理解できるが、この調査では担当者の専門性(自然科学)から来る制約もあり、新しい知見を出すことにターゲットを設定していない。これまでの事例を集めて学ぶ中から何が言えるのかをとりまとめたものである。その結果、三つのことが見えてきたことは説明した通りである。すなわち、一つ目は、住民にインセンティブを与えることである。植林や治山工事に参加してもらって賃金を支払うこと、そして生計向上や地域開発に関連する活動をプロジェクトに組み込んでいくことである。二つ目は、プロジェクトの計画段階から住民が関与する機会を持つことである。それによって、その結果についても住民の関心が向いてくる。三つ目は、プロジェクトと住民との間を仲立ちする人材をプロジェクト側が雇い、プロジェクトに組み込むことである。完全な外部者である

プロジェクトが地域に受け入れられることは容易ではなく、両者を繋ぐ人に住民との間に入ってもらうことは効果的で大事な方法であると思われた。この三つが、今回の調査で出した具体的な方法論になる。

○宮城座長

・今のことは客観的な体験に基づき、また周辺の人意見も取り入れていて、そのとおりなのであるが、具体的な事例から生み出した言葉なり、えいやっととりまとめる新しい方向性が出てくると、次のプロジェクトのよすがになる。

○森林総研(古市)

・宮城座長のご指摘のとおりだが、元々、このプロジェクトの構造ではできないことだと思う。

○宮城座長

・どのようなプロジェクトであれ、成果を出すときには、次の成果に繋がるものが必要だ。

○森林総研(古市)

・それが、申し上げた三つの具体的な方法であり、我々が精一杯やった成果である。

○宮城座長

・よくやっていることはわかるのだが、えいやっとやれる言葉の表現が欲しい。私も山岳少数民族の人たちと防災のことをやっているが、そこで何が大事なのかを自分の言葉でも言えないため、古市さんに伺ってみた。

○森林総研(古市)

・あらためて議論させていただきたい。

○森林総研(岡本)

・治山という言葉と防災という言葉の違いがどこにあるのかについて、客観的な立場で語ることができていなかった。今後、国際展開していく時にアピールしたい言葉として治山という言葉を用いるが、その定義を常に言っていかなければいけないとあらためて思った。簡単に話せば、防災という大きな括りの中の一つの手段として治山という技術があるのだと思う。

○宮城座長

・英語で言うと、治山は **Forest Management** か。

○森林総研(岡本)

・百人に聞けば、百の違った英語が出てくるだろう。

○宮城座長

・では、防災は何か。

○森林総研(岡本)

・Disaster Prevention である。

○宮城座長

・それは、砂防と対になる言葉である。

○森林総研(岡本)

・私の意見を申し上げますと、治山は Erosion Control だと思う。要するに、斜面の土砂の移動を抑えるということだ。表面浸食であれ、崩壊であれ、地すべりであれ、それらは土砂が移動することによって地表面がえぐられるという現象である。それをどのようにしてコントロールしていくのかを表すので、これは治山に合う言葉だと思う。一方、砂防は、どちらかという River Management だと思う。それゆえ、この Erosion Control をする手段が森林管理であるとすれば、防災の中に治山を位置づけることができる。構造物で Erosion Control することは補助的なものであって、主役は森林である。治山の構造物は森林により Erosion Control するための助けであることが、防災の中にある治山の特徴になる。また、海岸林も治山に入る。治山に「山」がついているために山岳地域の対策と思われがちだが、海岸林も土砂の移動を防ぐという点で治山である。このことは、今後、ちゃんとアピールすべきだと理解している。

○宮城座長

・Erosion Control という言葉をベースにして治山を展開していく可能性がある。そうであれば、Erosion Control を頭にするような本が欲しい。

○三村委員

・今日の話と資料から、これですぐに海外に出ていこうと考える民間企業がどれだけいるのだろうかと感じた。興味を頂くことには繋がっているかと思われるが、実際に海外に出ていくためには、これをやればこうできるといふものがあると、更に海外に出て行かれる上での自信がつくのではないか。いま、森林分野を含める自然環境分野において、海外に出て行って頑張りたいという人材が増えておらず、我々としても危機感を感じている。そう意味で、今回の事業結果を見てこれは我々にも使える、国内でやっていることの工夫で海外展開ができる、これがビジネスになるといったことに繋がって欲しい。今回の事業成果はその足がかりになるだろうし、それゆえ、更にプッシュされることがあれば、今回の成果はきっと花開くと感じた。また、マングローブについては生態系サービスを可視化できると、どのように防災や減災に効果があるのかがわかりやすくなるのではなかろうか。

○水野委員

- ・5年間にわたって大変な努力をし、立派にまとめられたと思う。これまでは、技術とプロジェクトにフォーカスしてきた。そして、これから治山あるいは森林を活用した防災に日本が貢献していくときに、住民の意見を尊重することは非常に大事であるということをしごく意識されていると思う。しかし、それとプロジェクトとが、まだ繋がっていない。適応の世界では **Enabling Environment** と言うが、将来、本格的に海外展開しようとするならば、地域の社会システムや法制度などにどうやってそういう視点を組み込んでいくのか、どうやってアプローチしていくのかということが今後の課題となる。また、温暖化のことは、説明にあったように、是非、やっていただきたい。なお、資料 4-3 に出てくる斜面崩壊と土砂流出の関係をどう考えたらよいのかがわからない。斜面崩壊でも土砂は流出するが、土砂流出を分析したところでは斜面崩壊との関係が明記されていない。リスクマップでは斜面崩壊だけになっている。浸透能では土砂流出はあるが、斜面崩壊の話はない。斜面崩壊では主な要因は劣化森林と書いてあるが、**Degraded Forest** と **Forest** とは同じくらいの浸透能である。そこで、このあたりを整理して欲しい。

○森林総研(岡本)

- ・斜面崩壊と土砂流出の違いを十分に説明し切れていなかった。基本的に、この二つの現象は土砂を生産するという点で同じ現象と考えていただきたい。斜面崩壊も、そこで崩壊した土砂が土砂流出として河川に出てくるので、一般的な浸食で起きる土砂流出と同じ現象に最終的には帰結する。ただ、斜面崩壊が一般的な浸食で起きる土砂流出と違うところを挙げるならば、斜面崩壊はインパクトが大きく、人命と財産にダイレクトに危害を与える可能性があるということが土砂流出と大きく異なる。斜面崩壊のリスクマップでは、そういうインパクトのことも考えた。土砂流出のリスクマップも作れるとよいのだが、土壌が浸食される現象と、それが河川に入って流出していくという移動とがあるために、さらに計算等をしなければならない。しかし、今回はそこまで至らず、リスクマップは斜面崩壊だけになった。また、浸透能に関しては、浸透能が小さい、つまり少しの雨しか浸透できないところでは、斜面崩壊が起きる前に表面を水が流れるため、表面浸食によって土が削られる。そして、川に流れ込んで、川を濁らせる。一方、劣化森林では浸透能が大きいので、水は表面を流れないで土中に浸透していき、どこかで地下水となる。その地下水が貯まると、それは大きなスケールで斜面全体を崩す力になる。もし森林が十分に生育していなければ、その森林の根系は崩壊を止める力として十分に機能せず、大きなスケールで土砂が一度に動くという斜面崩壊が起こる。このように、表面の浸透能がよければよいなりに、別のリスクが出てくる。理想としては、森林の浸透能が高く、雨水が地表面を走らないこと、また地下水が貯まっても崩壊する力に対して森林の根系がしっかりと緊縛して斜面崩壊を起こさないことということになれば、それは我々が求めている森林であると考えている。

○宮城座長

- ・いまの浸透能の話は基本的な認識に繋がることであり、それをうまく説明している。この土壌の表層崩壊と森林の状態の話は、治山のあるべき姿を説明している。そして、そうであるからこそ、浸透能は我々の斜面とのつきあい方、森林とのつきあい方によって大きく変わるのだということを最初に言って欲しい。

○森林総研(平田)

- ・三村委員が指摘された後押しをもっとできるようにするということが、事業の始めから委員の方々とも話してきたが、JICA の中でも Eco-DRR の機が熟しておらず、Eco-DRR よりも治山だとして十分扱えなかったことがある。また、宮城座長が指摘された調査分析の体系の話だが、まず二国間、あるいは多国間でどういうものがあるのかを調べ始めて、いろいろな問題や調べるべき課題があることを見出すという形で調査してきたため、体系面が弱くなったと思う。だが、どういう資金があり、コミュニティに落としていくときにどういう問題があるのかまで掘り下げていけたので、調査に一定の成果はあったと思う。また、三村委員が指摘された見える化の話は、私も痛感しており、空間情報を扱う人数を増やしておけばよかったと感じている。それと同時に、途上国では、精度のある情報は簡単に集まらないとも感じている。空間的に見えるものを作ろうとすると、相手国側からもいろいろな情報を出してもらわなければいけないが、ベトナムは社会主義の国でもあり、出てくるものは出てくるが、出てこないものは最後まで出てこなかった。途上国で調査した情報だけでは見える化にはならないので、そのギャップをどう埋めていくのか。リモートセンシングでも十分な教師データがなければ精度が高くない。この見える化の問題では、公開情報、空間情報をどう使っていくのかを、今後考えていかなければいけない。また、今後、JICA のプロジェクトで空間情報を入れる上で我々の技術でサポートできるものがあればやっていきたい。しかし、Eco-DRR の響きはいいが、先進国であっても、Eco-DRR が **Disaster Risk Reduction** していることを証明することは非常に難しい。実際に起きている災害を抽出することは簡単だが、防ぐことを評価することは簡単ではない。途上国ではなおのことである。また、残念ながら、今回の事業でできなかったことに水の問題がある。東南アジアでは水害がインフラ等に大きなダメージを与えている。タイでは 1989 年のチャオプラヤー川の大氾濫によって森林法を作り、水源涵養機能を高めて災害を減災しようとしている。日本でも、明治期に森林法を作って、森林を植えてきた。しかし、その効果がどれだけあるのかを評価することは非常に難しい。そのような中で、この事業を展開してきた。今回、指摘された点は、それぞれの担当者が考えていく。

○森林総研(藤間)

- ・我々がやってきたことの繋がりが見えないという指摘があったが、Cookbook の計画編では、必要なアプローチとして、土地利用計画を地域住民とともに立案していく必要があること、リスクマップを作ること、地域住民の意識調査をすること、地域での共同利用計画の策定、住民意識調査の手法などに触れていて、かなり包括的なものになっている。この先、ここを見

ればわかるものになったと思う。また、言葉の定義の問題があったが、先日の国際セミナーで基調講演を行ったフィリピン大学ロスバニョス校の Juan Pulhin 教授とは、森林からの多様な便益を人々が享受できるようにするにはどうやればよいのかということをお我々はしているのであって、Community Forestry と呼ばれているときには Community Forestry と言い、Integrated National Resource Management や NbS が国際的に流行している用語であればそれを用いてきた。その時々に合わせてラベルとなる言葉を変えてもよいと話していた。

○宮城座長

- ・いまの話に全面的に賛成する。だからこそ、Temporal においしい名前をつけていく工夫も必要なのだ。また、いまの話から、治山や防災の体系立てについてきちんと考えていることはわかったが、そのことは Cookbook を読む前からわかるようにして欲しい。

○水野委員

- ・Cookbook のサブタイトルを「How to Adapt to Disasters Caused by Climate Change」と大胆に付けているが、これは、今後、しっかりやっていくということと理解したい。

○森林総研(平田)

- ・確かに、気候変動がそれほど入っていない Cookbook だということは理解している。気候モデルや海面上昇のことが入っていない。今後、現実と合わない部分を修正していくので、そういうアプローチで進めていきたい。

○岩田委員

- ・事業成果として Cookbook と「マングローブ保全再生の手引き」が出てきた。今後は、これを持って海外に行き、バイブルとして仕事を進めていく形になると思う。しかし、この出版物をどれくらいの人知っているのか。今後も、多くの人に知ってもらうプロセスが必要なのではないかな。

○森林総研(平田)

- ・まず、先日の国際セミナーの参加者に配布した。さらに、この事業のメーリングリストで配布希望者に配布することを伝えている。また、民間企業の方々や砂防系の研究室がある大学にも配布しようと考えている。

○森林総研(藤間)

- ・こういう人に送ればよいのではないかという考えがあれば、是非、我々にご教示いただきたい。

○岩田委員

- ・私は治山が専門なので、斜面崩壊リスクの高いところを抽出し、それに対して対策を立てて

いくということは話としてよくわかる。いま、地元の人にいろいろと覚えてもらうというプロセスが我々の課題となっている。日本の技術者が海外に行って伝えたことを地元の人が覚えて、それを自分たちでやってもらわなければならないのだが、今後、そのプロセスがどうなっていくのかというイメージがあれば伺いたい。

○森林総研(岡本)

- ・理想的には、まずは教育によってリスクの問題を我がこととし、技術を身につけてもらうことが重要だと思う。いまでも森林があると防災に効くということを彼らは理解できているのだが、では、具体的にどうすればいいのかという知識は持ち合わせていないというのが現状だろう。そこで、どのような森林を育てればより強くなるのかというように、より具体的なところに話を落とし込み、それを彼らに知ってもらうことが重要なのかなと思う。また、こういった防災の施策は住民主導でできることもあるが、地域の行政機関が旗振り役になることも大きいので、そこに対する教育や理解を高めてもらう取り組みも重要になってくると思う。しかし、実際に現地に行ってみると感じることは、現地の方々は防災を気にはしているが、生活のために、それよりも優先させなければいけないことがたくさんあるという現実である。これを解決することは非常に難しく、住民や地方の行政機関の意識を高めるだけでは解決できない。これは、国自体が経済的に発展していくことを待たないといけないのかなと思っている。

○岩田委員

- ・住民は生きていかななくてはならず、我々はそのトレードオフをなかなか解決できないが、そのようなことも上手く調整しながら、民間企業として頑張っていきたい。

○森林総研(平田)

- ・森林を活用した防災・減災は、なるべくお金をかけないという一面がある。気候変動適応の限られた資金では、すべてのグレイインフラを設置できない。そこで自然を活用していこうというのが NbS であり、Eco-DRR である。ところが、なるべくお金をかけないところに民間企業が入っていくのかという問題がある。たとえば、簡易施設をしっかりと設置していくことは大事なことであるが、それは民間企業が入っていけるだけのお金がつく事業にはなりがたい。やはり、民間にお金落ちる森林を活用した仕組みは難しいと感じる。また、国際セミナーでも話題になっていたが、森林を活用した防災・減災を何かと組み合わせると利益が出るようにしないといけない。住民には防災よりも優先することがあるので、森林を造成、維持し、さらに簡易施設を設置することで利益が出るようなストーリーがないと、住民はついてこない。

○三村委員

- ・説明にあったように適用技術が現地レベルの場合、無償資金協力事業で日本の民間企業が出ていくには難しいかもしれない。一方、コンサルタント等、ソフトの分野は戦える可能性はあるのではないかと。また、マングローブでの展開を考えると、たとえばブルーカーボンに着

目し、面的拡大ができれば、付加価値を付けることによって民間企業による可能性もあるかと思われる。

○森林総研(平田)

- ・ブルーカーボンに関しては、我々もそのように感じている。一方、山地では、カーボンクレジットと結びつけることも考えたが、崩れやすいところに植林をするリスクを考えると、リスクの高いところはむしろ避けられるだろう。結局、いくつかの利益を加算したものでないと成り立たない。三村委員の指摘のように、空間情報とその高度化、教師データの取り方などを含めていくことによって、コンサルタントが出ていくことがあるのかもしれない。

○三村委員

- ・マングローブと合わせて、たとえば藻場、海草、海藻、あと珊瑚などを含めれば面的拡大もでき、より日本色を出せるのかもしれない。

○森林総研(平田)

- ・林野庁の補助事業という枠組みでは限界があるので、それらはサトレプス等でやっていくのがいいのかもしれない。

○宮城座長

- ・昨年9月9日～10日に、ベトナム北部を台風 Yagi が襲い、大変な災害になってしまった。すると、すぐにベトナム政府は反省し、危険箇所や避難方法の知識と情報を持っていなかったことを認めた。いまは、村単位でそのようなことを調べて知っていこうという方向に舵を切っている。今後、斜面と森林の話が必ず大きな話題になるはずだ。この事業は、殊にベトナムにおいて、とても重要なよすがになっていくだろう。

○森林総研(平田)

- ・昨年、林野庁とベトナムの森林局は覚え書きを結び、その中に災害に強い森林と研究開発とを書き込んでいるので、我々も協力したいと考えている。

○宮城座長

- ・討議を終える。

6.その他

○林野庁(谷本室長)

- ・あらためて、委員のみなさまと森林総合研究所のみなさまに感謝する。本日も活発なご議論

をいただいた。この事業は、いろいろな調査を通じて民間企業が海外展開できる体制を整備することが目的であった。そのために、Cookbook の作成や研修を通じた人材育成に取り組んでいただき、一定の成果を得た。ただ、今日の議論の中でもあったように、民間企業が次々に海外で展開するにはまだ課題があることも改めて認識できた。令和7年度も、森林を活用した防災・減災の事業を行いたいと思っている。公募期間中でもあり、踏み込んだ話ができないが、実施に当たっては、この5年間の事業成果も踏まえ、なんらかの案件形成に繋がるような成果を求めていきたい。今後も、ご協力をお願いします。

○森林総研(戸谷)

・本日の討議に感謝する

<閉会>

以上

令和6年度の主な年間行事

開催日	行事名	開催場所
4月26日	農林水産大臣より交付決定通知	
6月10日 ～6月21日	ベトナム現地調査（山岳地域）	ベトナム
7月11日	第1回事業運営委員会	TKP 銀座ビジネスセンター
7月22日 ～7月30日	ベトナム森林科学アカデミー招へい	由比地すべり防止区域（静岡県静岡市）、関西支所、嵐山国有林（京都府京都市）
10月6日 ～10月13日	フィリピン調査（アジア開発銀行本部当）	フィリピン
10月16日	第2回事業運営委員会	TKP 銀座ビジネスセンター
10月30日 ～11月9日	ベトナム現地調査（マングローブ）	ベトナム
11月12日	COP29の公式サイドイベント「Innovations to maximize tropical forests' contribution to climate change mitigation and adaptation」で、事業成果のリスクマップを中心に新しい技術を紹介	アゼルバイジャン
11月15日	COP29のJapan Pavillion セミナー「自然に基づく解決策（NbS）のための持続可能な森林管理」で、事業成果を踏まえ日本の治山技術を紹介	アゼルバイジャン
12月4日 ～12月5日	技術者研修	TKP ガーデンシティ御茶ノ水
2月5日	国際セミナー「自然を活用した解決策としての森林管理：森林の防災・減災機能の発揮に向けて）」	TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町
2月5日	「森林を活用した防災・減災のための Cookbook」、 「マングローブ保全・再生の手引き -高潮災害軽減の観点から-」 刊行	
2月23日 ～3月8日	ベトナム現地調査	ベトナム
2月26日	第3回事業運営委員会	日比谷国際ビルコンファレンススクエア
2月27日 ～3月7日	ラオス・タイ現地調査	ラオス・タイ
3月31日	事業完了日	

令和6年度国内出張

出張期間	出張先	出張者	出張目的
5月18日	東北大学大学院	古市剛久	海外での治山技術に係る研究開発関連調査の成果発表
5月21日 ～5月28日、 5月31日	幕張メッセ	古市剛久	地球惑星科学連合2025年大会における情報収集
7月2日	アジア航測新百合本社	古市剛久	コミュニティ参画基礎調査に係る打ち合わせ
7月4日 ～7月6日	北海道勇払郡厚真町	古市剛久	災害跡地における土砂流出状況調査
7月11日	TKP 銀座ビジネスセンター	玉井幸治、平田泰雅、岡本隆、小池信哉、東條一史、戸谷玄、藤間剛、村上亘、小野賢二、古市剛久	第1回事業運営委員会
7月22日 ～7月27日	森林総研、由比地すべり防止区域、関西支所、嵐山国有林	小野賢二、岡本隆、古市剛久	招聘者（ベトナム森林科学アカデミー）対応
7月29日	林野庁	古市剛久	途上国における森林防災案件の形成に係るヒアリング
8月7日	TKP ガーデンシティ御茶ノ水	東條一史	技術者研修下見
8月20日 ～8月21日	北海道勇払郡厚真町	古市剛久	災害跡地における土砂流出状況調査
8月20日	国際熱帯木材機関（神奈川県横浜市）	エストケ ロナルド、戸谷玄、藤間剛	ITTO（COP29 打ち合わせ）
8月23日	アジア航測新百合本社	古市剛久	コミュニティ参画基礎調査に係る打ち合わせ
8月30日 ～8月31日	東北支所	岡本隆	マングローブ調査に関する打ち合わせ
9月2日	林野庁	古市剛久	コミュニティ参画基礎調査（聞き取り調査）
9月4日	アジア航測新宿本社、日本森林技術協会	古市剛久	コミュニティ参画基礎調査（聞き取り調査）
9月4日	林野庁	戸谷玄	事業実施要綱に基づく遂行状況の報告に係る打ち合わせ
9月17日 ～9月19日	仙台国際センター	岡本隆	日本地すべり学会における成果報告
9月19日	TKP ガーデンシティ神保町	藤間剛、戸谷玄	国際セミナー打ち合わせ

出張期間	出張先	出張者	出張目的
10月1日	林野庁、国際緑化推進センター	戸谷玄、藤間剛	事業実施要綱に基づく遂行状況の報告に係る打ち合わせ
10月3日	日本工営本社、JICA	古市剛久	コミュニティ参画基礎調査（聞き取り調査）
10月16日	TKP 銀座ビジネスセンター	玉井幸治、藤間剛、古市剛久、小野賢二、東條一史、村上亘、戸谷玄、岡本隆	第2回事業運営委員会
10月29日 ～10月31日	北海道勇払郡厚真町	古市剛久	災害跡地における土砂流出状況調査
11月14日	山形大学小白川キャンパス	古市剛久	東北地理学会での成果発表
11月28日	林野庁	戸谷玄	事業実施要綱に基づく遂行状況の報告に係る打ち合わせ
12月4日	TKP ガーデンシティ御茶ノ水	鈴木秀典、戸谷玄、東條一史、岡本隆、村上亘、道中哲也	技術者研修
12月5日	TKP ガーデンシティ御茶ノ水	戸谷玄、村上亘、古市剛久	技術者研修
12月26日	林野庁	古市剛久	コミュニティ参画基礎調査（聞き取り調査）
1月17日	オリエンタルコンサルタンツグローバル（東京都新宿区）	戸谷玄、古市剛久	途上国における森林防災案件の形成に係る意見交換
1月22日	群馬県桐生市菱町、栃木県日光市足尾町	古市剛久	治山技術視察・意見交換
2月4日	TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町	江原誠、戸谷玄、藤間剛、平田泰雅、エストケロナルド、道中哲也	国際セミナー登壇予定者の打ち合わせ
2月5日	TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町	戸谷玄、江原誠、鈴木秀典、宗岡寛子、岡本隆、小野賢二、森大樹、藤間剛、東條一史、村上亘、平田泰雅、藤田早紀、山口智、古市剛久、小池信哉、エストケロナルド、道中哲也、玉井幸治	国際セミナー
2月14日 ～2月16日	北海道勇払郡厚真町	古市剛久	災害跡地における土砂流出状況調査
2月26日	日比谷国際ビルコンファレンススクエア	戸谷玄、東條一史、村上亘、平田泰雅、小野賢二、岡本隆、小池信哉、玉井幸治、藤間剛、戸谷玄	第3回事業運営委員会

令和6年度海外出張

日程:2024年6月10日～6月21日(22日間)

調査対象地:ベトナム森林アカデミー(ハノイ市)及びYên Bái省 Mu Cang Chai 県外

出張者名	用務
岡本隆	Mu Cang Chai 県で治山施設の適用性を調査し、河川水の採水と流量測定を補助する。ニンビン省では斜面崩壊リスクを調査し、ハノイでは事業成果の発信や日本招聘に関する打ち合わせを行う。
宗岡寛子	Mu Cang Chai 県で山岳道路斜面の崩壊状況を調査し、土層断面の観測や土壌含水状況の測定を行う。併せて、崩壊の発生要因や土質の特徴を詳しく分析し、対策検討に必要なデータを収集する。
鈴木秀典	Mu Cang Chai 県で山岳道路斜面の崩壊状況を経過観測し、発生箇所や規模を詳しく調査する。また、ラオカイ州サバ県周辺の山岳道路における構造物の設置状況を概査し、現地の斜面对策の実態を把握する。
黒川潮	Mu Cang Chai 県とニンビン省で山地斜面の森林状況を調査し、表層崩壊や表面侵食の実態を把握する。併せて、森林の防止機能に関するデータを収集し、斜面安定への影響を分析する。
渡壁卓磨	Mu Cang Chai 県で土砂流出や斜面崩壊の実態を調査し、地形・地質や土地利用の状況を確認する。試験流域内の観測機材からデータを回収し、一斉採水・流量測定を補助する。併せて、ニンビン省では山地流域の地形を観察し、斜面災害リスクの違いを検討する。
古市剛久	Mu Cang Chai 県で土砂流出や斜面崩壊の実態を調査し、観測機材のデータ回収・保守点検、一斉採水・流量測定、浸透能試験を実施する。併せて、斜面崩壊地の調査を行い、サバ県周辺で地形と土地利用の概査を実施する。調査後はハノイで土砂試料の分析を行う。
山口智	ハノイでカウンターパートと協議した後、Mu Cang Chai 県で山岳地道路斜面の崩壊実態を調査し、土壌硬度や土層圧の計測を行い、斜面の土層構造を詳しく分析する。また、山岳地との比較のため、石灰岩地域のデルタ地帯における地形や土壌の状況を概査する。

日程:2024年10月6日～10月13日(8日間)

調査対象地:アジア開発銀行本部、フィリピン政府環境天然資源省(マニラ)、ペンゲット州
トゥブライ町

出張者名	用務
古市剛久	日本とは異なる条件下で山地治山技術を展開するために必要な情報の一つとして、途上国での山地治山に関する現地コミュニティの理解・参画・活用を促進する取り組みに関する知見をアジア開発銀行（ADB）への聞き取り及び林野庁拋出事業「国際的 山地流域強靱化事業」として国連食料農業機関（FAO）がフィリピンで実施した事業の現地サイト（ペンゲット州トゥブライ町）を訪れて関連情報を収集する。加えて、森林機能を活用した山地での減災防災及びコミュニティ・レジリエンスの向上を目的としたADBプロジェクトへ日本企業が参画する機会について、ADB本部及びフィリピン政府環境天然資源省（The Department of Environment and Natural Resources; DENR）にて調査する。

日程:2024年10月30日～11月9日(11日間)

調査対象地:ベトナム森林科学アカデミー(ハノイ市)、ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)外

出張者名	用務
平田泰雅	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行うとともに、スアントゥイ国立公園内(ナムディン省)およびカンザー国立公園(ホーチミン市)のマングローブ植林地において衛星画像分類のためのグランドトゥルース調査を実施する。
倉本恵生	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行うとともに、スアントゥイ国立公園内(ナムディン省)およびカンザー国立公園(ホーチミン市)のマングローブ植林地において調査プロットを設営し、主要植栽樹種の現立本数やサイズの計測調査を実施する。
野口宏典	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行うとともに、スアントゥイ国立公園内(ナムディン省)およびカンザー国立公園(ホーチミン市)のマングローブ植林地において調査プロットを設営し、高さの違いによる幹の太さの分布や樹高等の調査を実施する。
小野賢二	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行うとともに、スアントゥイ国立公園内(ナムディン省)およびカンザー国立公園(ホーチミン市)のマングローブ植林地において調査プロットを設営し、マングローブバイオマス把握のための毎木センサスを実施する。
森大喜	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行うとともに、スアントゥイ国立公園内(ナムディン省)およびカンザー国立公園(ホーチミン市)のマングローブ植林地においてマングローブの生育を決定する立地条件検討のための毎木調査を行うとともに、葉面施肥試験を行う。
南光一樹	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行う。さらに、カンザー国立公園(ホーチミン市)のマングローブ植林地の立木密度や樹冠の空隙率を測定する。
藤田早紀	ベトナム南部森林科学研究所(ホーチミン市)において、カンザー国立公園のマングローブに関する情報収集を行う。カンザー国立公園では、マングローブ植林地数カ所において調査プロットを設営し、樹木を選別し、様々な角度から樹木やその根系(地上に出ている樹種の場合)の写真を撮影する。

日程:2025年2月23日～3月8日(14日間)

調査対象地:ベトナム森林アカデミー(ハノイ市)及び Yên Bái 省 Mu Cang Chai 県外

出張者名	用務
古市剛久	ハノイ市のベトナム森林科学アカデミー (VAFS) においてカウンターパートとの協議を行った上で、VAFS 内のラボにて土砂試料の分析を行う。その後 Yên Bái 省 Mu Cang Chai 県へ移動し、カウンターパート関係者及び同行者と協力して土砂流出や斜面崩壊の実態把握と対策検討に必要なデータ収集を完結させる。具体的には、Mu Cang Chai 試験流域に設置した土砂流出観測機材及び雨量観測機材からデータを回収した上で、今後の機材の利用についてカウンターパートと協議する。また、斜面崩壊地での崩壊実態の調査、人工地形改変地での地形変化の調査なども行う。
山口智	Yên Bái 省 Mu Cang Chai 県へ移動し、林道周辺の土砂移動や水の動きに関する検討に必要なデータ収集を実施する。ハノイへ帰着後、事業期間最終となる VAFS との協議において現地調査の成果と進捗を報告し、意見交換を行う。
玉井幸治	本課題によって得られた成果を、REDD プラス・海外森林防災研究開発センター長として Yên Bái 省 Mu Cang Chai 県の研究現場でカウンターパートに報告する。また、ベトナム側での実施が期待される社会実装に関して、意見交換を行う。
岡本隆	Mu Cang Chai 県で既往調査の成果検証を行い、土地利用計画の提示や観測データの回収、機材の撤収を実施する。ハノイ帰着後は、ベトナム森林科学アカデミーと成果を報告・協議し、今後の展開を検討する。

日程:2025年2月27日～3月7日(9日間)

調査対象地:ラオス(林業局、メコン河委員会外)、タイ(カセサート大学、アジア工科大学外)

出張者名	用務
藤間剛	ラオス、タイにおいて防災・減災にどのように森林を活用しているかを調べるため、関連機関を訪問して防災・減災対策についてのヒアリングを行う。また、防災・減災対策の現場を視察する。出張者は当該事業の成果を近隣諸国に展開する可能性について、森林による防災減災事業に対する住民参加の課題に焦点を当てて情報収集を実施する。
平田泰雅	ラオス、タイにおいて防災・減災にどのように森林を活用しているかを調べるため、関連機関を訪問して防災・減災対策についてのヒアリングを行う。また、防災・減災対策の現場を視察する。出張者はリモートセンシング、GIS の専門家の立場から、広域での防災・減災対策の実態を調べる。
戸谷玄	ラオス、タイにおいて防災・減災にどのように森林を活用しているかを調べるため、関連機関を訪問して防災・減災対策についてのヒアリングを行う。また、防災・減災対策の現場を視察する。出張者は JICA 専門家及び行政官としての経験から、ベトナムで開発した手法をその他の国に展開するための留意点などについて現地の行政官などから情報収集を行う。

編集

〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所内
REDD プラス・海外森林防災研究開発センター

