

令和3年度
森林技術国際展開支援事業
報 告 書

令和4年3月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

巻頭言

2022年2月28日、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、第6次評価報告書(AR6)のうち第2作業部会(WG2)報告書の政策決定者向け要約(SPM)を公表した。WG2は、気候変動に対する社会経済及び自然システムの脆弱性、気候変動がもたらす好影響・悪影響、並びに気候変動への適応のオプションについての評価を行う作業部会であり、今回の報告書は気候変動の影響・適応・脆弱性に関する最新の科学的知見を取りまとめたものである。この報告書では、短期的なリスクとして、地球温暖化は短期のうちに1.5℃に達しつつあり、複数の気候ハザードの不可避な増加を引き起こし、生態系及び人間に対して複数のリスクをもたらすこと、長期的なリスクとして、2040年より先、地球温暖化の水準に依存して気候変動は自然と人間のシステムに対して数多くのリスクをもたらすことが報告されている。国連事務総長のアントニオ・グテーレス氏は、現在の状況を地球の気候危機として警鐘を鳴らしている。

こうした気候危機の中、2020年に始まったCOVID-19のパンデミックは未だ収束を迎えるかどうか不透明であり、世界はその社会システムの変革を余儀なくされている。経済の停滞による温室効果ガスの排出量の一時的な減少が予想される一方で、開発途上国では大都市での生活手段を失った人々が故郷に戻り、生活の糧を得るために森林を伐り拓くことで温室効果ガスの排出量が増加する可能性も懸念されている。実際、いくつものメディアを通じて開発による森林火災が多発している状況が衛星で観測されている様子が報じられており、COVID-19のパンデミックによる土地利用改変も無視できない状況になってきている。

このような土地利用の改変は、大気中の温室効果ガスを増加させるだけでなく、台風の強大化に伴う豪雨による土砂災害や、低気圧の異常発達による高潮被害など気候変動に伴う気象災害を増大させ、甚大化させる要因となる。山岳地域における無秩序な森林伐採や排水を考慮しない道路の開設は、斜面を不安定化させ、大規模な土砂災害を引き起こすきっかけとなる。一旦土砂災害が発生すると、山麓に生活する人々の生計の手段である農地や家屋に被害が及び、時に人命を奪う災害となる。また、沿岸域でのマングローブは、海洋からの波の力を緩和するだけでなく、マングローブの根系が護岸の役割を果たしていることから、これを伐採し、養殖池や農地、水田を開発することにより、護岸の機能が失われ、高潮が発生した時に、より内陸部へと浸水被害が拡大する結果を招いている。

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年度に引き続き、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3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4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 平田泰雅

目次

第1章 令和3年度 森林技術国際展開支援事業実施方針	1
1.1 事業の趣旨	1
1.2 事業の実施体制	1
1.3 主たる事業内容	4
第2章 事業運営委員会の開催・運営	7
2.1 事業運営委員会の設置	7
2.2 事業運営委員会の開催	7
第3章 途上国の森林の減災・防災の機能強化に係る課題等の調査・分析	9
3.1 背景と目的	9
3.2 森林の減災・防災等の機能強化に関する国際的動向の把握	10
3.3 防災・減災対策などに活用可能な森林分野の知見や技術の整理	21
3.4 調査対象国における森林の減災・防災等の機能強化に係る状況と課題の把握	32
第4章 途上国の森林の減災・防災等の機能強化に資する技術等の開発	43
4.1 背景と目的	43
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	46
4.3 リモートセンシング技術を活用したリスクマップ作成	67
4.4 海面上昇による高潮被害に対するマングローブ林の沿岸域防災・減災機能の評価	76
第5章 事業成果・治山技術に関する情報発信	117
5.1 背景と目的	117

5.2	国際セミナー「森林で沿岸域を守る－防災・減災技術の開発に向けて－」の開催	117
5.3	海外ワークショップ（国際会合サイドイベント）	123
5.4	情報提供	131
巻末資料		135
1	運営委員会議事要旨	137
2	令和3年度の主な年間行事	179
3	令和3年度国内出張	180
4	令和3年度海外出張	181
別添資料		
1	途上国の森林の減災・防災の機能強化に係る課題等の調査・分析 -Country Report-	
2	令和3年度国際セミナー プログラム	
3	令和3年度海外ワークショップ プログラム	

第 1 章 令和 3 年度 森林技術国際展開支援事業実施方針

1.1 事業の趣旨

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、第 6 次評価報告書(AR6)のうち第 2 作業部会(WG2)報告書の政策決定者向け要約(SPM)を公表した。WG2 は、気候変動に対する社会経済及び自然システムの脆弱性、気候変動がもたらす好影響・悪影響、並びに気候変動への適応のオプションについての評価を行う作業部会であり、今回の報告書は気候変動の影響・適応・脆弱性に関する最新の科学的知見を取りまとめたものである。この報告書では、短期的なリスクとして、地球温暖化は短期のうちに 1.5℃に達しつつあり、複数の気候ハザードの不可避な増加を引き起こし、生態系及び人間に対して複数のリスクをもたらすこと、長期的なリスクとして、2040 年より先、地球温暖化の水準に依存して気候変動は自然と人間のシステムに対して数多くのリスクをもたらすことが報告されている。

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。

治山や防災林整備に関する技術を活用した国際協力は高い潜在性を有する一方、日本とは異なる条件下で技術を展開するために必要な、途上国への適用事例や課題の調査、海外展開に向けた技術開発・人材育成は不十分な状況である。本事業では、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ようにするため、①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、②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の手法の開発、③事業成果・治山技術に関する情報発信等を実施する。

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」(以下「センター」と略)を開設し、REDD プラス(途上国における森林減少・劣化からの排出の削減)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し、解決策への期待が高まっており、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における課題の調査、海外展開に向けた技術開発・人材育成が求められている。

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減災・防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」の機能を強化した「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 日に開設することとした。

センターの主な活動内容は以下のとおりである。

1. REDD プラスに関する動向分析、科学的評価手法の改良、実施体制整備の支援
2. 途上国の森林を活用した減災・防災機能の強化に関する課題分析、技術開発
3. REDD プラス・海外森林防災に関する情報発信

1.2.2 参画メンバーと事業の実施体制

治山や防災林整備に関する技術を活用した国際協力は高いニーズを有するが、日本とは異なる条件下で技術を展開するには、途上国の状況を把握し、課題の抽出することや、海外に適応する技術の開発、技術を普及できる民間人材の育成が必要となっている。潜在的に、日本国内の治山・防災林技術を有する技術者は多く存在するが、こうした技術者が海外でも活躍することができる体制を技術面で整備することが重要である。

REDD プラス・海外森林防災研究開発センターは、センター長のもと、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、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。

事業の推進にあたっては、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 のような実施体制をとっている。

表 1-2-2-1 参画メンバー(令和3年度末時点)

氏 名	所 属	氏 名	所 属
平田泰雅	研究ディレクター	岡本 隆	森林防災研究領域
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
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	志水克人	森林管理研究領域
岡本 透	関西支所	渡壁卓磨	関西支所
大丸裕武	多摩森林科学園	ESTOQUE RONALD CANERO	生物多様性・気候変動研究領域
藤間 剛	国際戦略科	江原 誠	生物多様性・気候変動研究領域
小野賢二	立地環境研究領域	道中哲也	生物多様性・気候変動研究領域
倉本恵生	森林植生研究領域	森 大喜	九州支所
高畑啓一	生物多様性・気候変動研究領域	杉元倫子	国際戦略科
小池信哉	国際戦略科	所 雅彦	生物多様性・気候変動研究領域

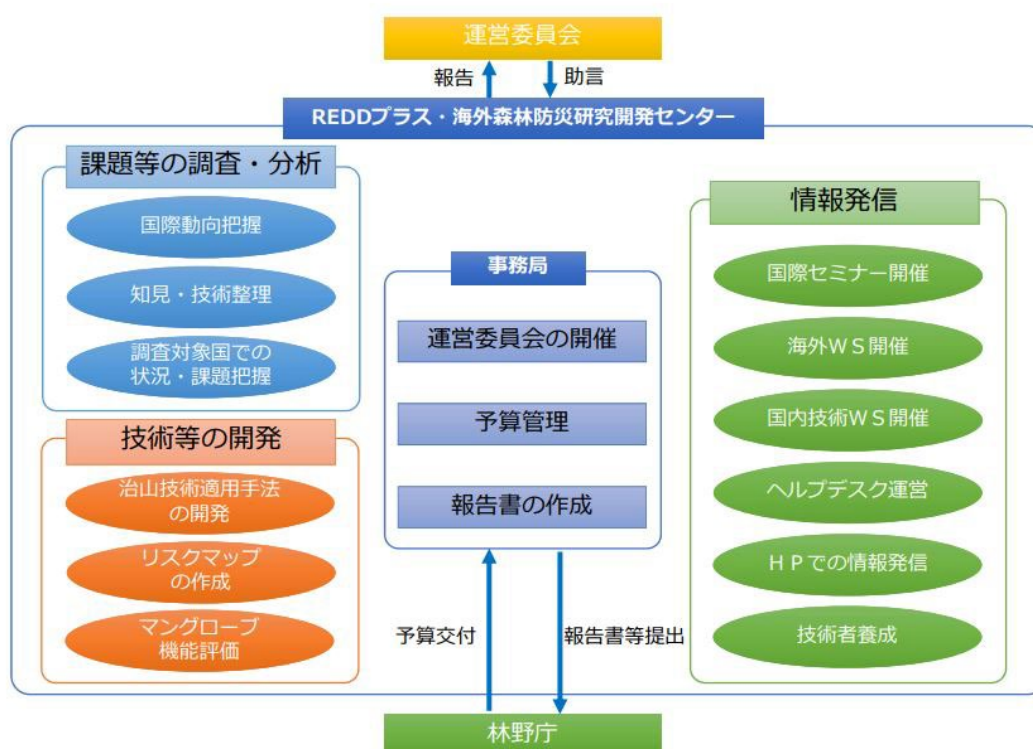


図 1-2-2-1 事業の実施体制

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「途上国の森林の減災・防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「途上国の森林の減災・防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林の沿岸域防災・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」は高畑啓一が主担当として対応した。

表 1-2-3-1 業務分担(令和3年度末時点)

研究題目番号	主担当◎、副担当○
	平田泰雅 (全体統括)
1	◎高畑啓一、○藤間剛、全員
2	◎古市剛久、大丸裕武、藤間剛、岡本隆、村上亘、経隆悠、鈴木秀典、山口智、宗岡寛子、岡本透、志水克人、江原誠、道中哲也、小野賢二、倉本恵生、森大喜、高畑啓一
3	◎岡本隆、○大丸裕武、全員
3-1	◎岡本隆、大丸裕武、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、(社系) ◎江原誠、道中哲也
3-2	◎村上亘、大丸裕武、志水克人、Ronald C. Estoque
3-3	◎小野賢二、平田泰雅、藤間剛、倉本恵生、森大喜、(社系) ◎江原誠、道中哲也
4	◎藤間剛、○高畑啓一、全員
5	◎高畑啓一、○藤間剛、全員

1.3 主たる事業内容

1.3.1 途上国の森林の減災・防災の機能強化に係る課題等の調査・分析

近年(主として 1990 年代以降)森林分野で発表された、森林による防災・減災技術に関連する学術論文や報告書等の文献情報を収集し、センターのデータベースに掲載した。また、

F-DRR に関する業務実績がある民間企業や国際機関にヒアリング調査(メール、Web 会議を含む)等による情報収集を行った。さらに、国際動向及びタイ、インド、フィリピンの 3 カ国について委託調査を行い、国および森林を取り巻く概況、対象国における自然災害の特徴、森林を活用した防災・減災に関する国の体制、事業展開におけるポイントについて概観し、レポートにとりまとめ、センターのホームページにて公表した。

1.3.2 途上国の森林の減災・防災等の機能強化に資する技術等の開発

本課題を遂行するため、現地カウンターパートであるベトナム森林科学アカデミー(以降 VAFS)と共同で、ベトナムの山地災害及び沿岸域の防災・減災機能に関する現地調査を実施すると共に収集した情報の解析を行った。

山地災害の実態を明らかにするため、北西部イエンバイ省及びソンラ省内に設置した共同調査地(Muong Gion Commune)において現地調査を実施し、斜面崩壊の特徴とその周辺環境を把握した。斜面崩壊は、森林の防災・減災機能(F-DRR)が十分に発揮されない灌木林や竹林、農地の周辺で表層崩壊の形態で発生していた。また道路沿いの切土法面は多くが無対策なことや、ふとんかご以外の治山施設は普及度が低いことなどの現地インフラ情報を得た。さらに住民への聞き取り調査により、森林伐採による山地災害リスクの増加を懸念しつつも、生活のために山地斜面を利用せざるを得ない実情を把握した。

また山地災害に関するリスクマップ作成に資するため、ベトナム北部の時系列衛星画像を用いて、機械学習モデルに基づく森林撓乱と土地利用の推定手法を開発した。同モデルを用いたところ、ベトナム北部では 1989-2019 年の間に面積の 11.3%が森林撓乱を受け、2019 年現在では土地利用として多い順に森林、農耕地、草地・低木となることを推定した。

沿岸域の防災・減災機能については、スワントゥイ国立公園のマングローブ林を対象に現地調査を行い、現地の地盤状況、潮汐環境を把握した。また、時系列衛星画像の解析を行って当該地域のマングローブ分布域変遷を明らかにした。さらに、文献調査および主要情報提供者への聞き取り調査を行い、マングローブ林の保全や修復活動に関係する、当該地域の社会的科学的な基礎情報を整理して把握した。

1.3.3 事業成果・治山技術に関する情報発信

国内の民間事業者等を対象に民間企業による治山事業の海外展開のニーズを踏まえ、途上国の沿岸域で暮らす人々を災害から守る森林技術の開発に貢献することを目的に、1 月 26 日に内外から 7 名の発表者を迎えて国際セミナー「森林で沿岸域を守る～防災・減災技術の

開発にむけて～」を開催した(リアルタイム視聴 196 名)。

また、気候変動適応策の情報発信のため、アジア太平洋気候ウィーク(APCW)2021 のサイドイベント「気候変動の緩和と適応のための森林機能の活用」を開催するとともに、COP26 (英国グラスゴー)の日本パビリオンサイドイベント「気候変動対策としての NbS (Nature-based Solutions: 自然に基づく解決策)とそのベネフィット」を活用して当該事業の状況などについて説明した。

さらに、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で展開する我が国の技術者を養成するため、技術研修用のプログラムや人材データベースの作成に着手し、研修資料作成に必要な項目を抽出した。

このほか、本事業の取組を紹介するための国内ワークショップ、インターネットを通じた情報発信、ヘルプデスクへの問い合わせへの対応などを行った。

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6名である。

氏 名	所 属
太田 徹志	九州大学農学研究院 准教授
長 宏行	公益財団法人 オイスカ 海外事業部 調査研究担当部長
西村 貴志	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
眞弓 孝之	国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 国際部長
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
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。

（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3年6月9日(水)

場所:日比谷コンファレンススクエア(オンライン含む)

議事:令和3年度事業計画等について

②第2回運営委員会

日時:令和3年10月21日(木)

場所: 日比谷コンファレンススクエア (オンライン含む)

議事: 令和 3 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 4 年 3 月 16 日 (水)

場所: 日比谷コンファレンススクエア (オンライン含む)

議事: 令和 3 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 3 回運営委員会の様子

第3章 途上国の森林の減災・防災の機能強化に係る課題等の調査・分析

3.1 背景と目的

気候変動に伴う土砂災害、高潮被害等の増加気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書では、温暖化の進行は人間活動の影響によることが「疑う余地がない」と結論付け、気候における最近の変化の規模は、何世紀、何千年の間前例のなかったものと分析されている(IPCC 2021)。この温暖化の進行による極端現象の顕在化により、地球規模で豪雨の強度増加や頻度上昇、非常に気圧の低い低気圧、台風の発生頻度の増加が報告されており、斜面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は世界共通の課題となっている。とくに、温暖湿潤な気候で、大河川や海岸沿いの平野に人口が集中し、災害に対する社会の脆弱性も高い東南アジア地域は、このような気候変動に伴う極端気象現象の増大が、洪水や土砂災害の被害の増大に直結しやすいと考えられる。また、東南アジア地域には近年の経済成長が著しい国も多く、経済成長に伴う都市人口の増大によって、災害リスクが高い場所での居住の増大に伴って、ハザードへの暴露が高まっている可能性が指摘できる。このような社会経済環境の変動によって引き起こされる災害リスクの増大は、個々の国や地域の、自然条件や社会環境によって多様な形で進行している。このような災害リスク増大の実態を正しく評価するには、具体的な対象国を想定した上で分析を行い、ケーススタディーを積み上げる形のアプローチが有効である。

本章では、政府関係者や企業への聞き取り、文献調査および国際会議(COP26)での情報収集などによる調査結果を報告する。まず森林の減災・防災等の機能強化に関する国際動向、次に防災・減災対策などに活用可能な森林分野の知見や技術、さらにタイ、フィリピン、インドの3ヶ国についての詳細な調査分析から東南アジア地域において森林を活用した減災・防災技術を適用する際に想定される課題について報告する。なお、本章の調査の一部は、「森林の減災・防災等の機能強化に関する国際動向調査業務」として外部委託を行った。本年度はアジア航測株式会社が担当した。本報告書では外部委託調査事業報告書の概要及び内容の一部を記載した。詳細については添付資料の国際動向レポートおよびカントリーレポートを参照願いたい。

3.2 森林の減災・防災等の機能強化に関する国際動向

3.2.1 国際的な議論の経緯

自然災害からの人命や財産を持続的に守るためには施設による対策と施設によらない対策とのバランスをもっと考えていかねばならないとする考え方は 1960 年代終わりから 1970 年代初めに起こり、それは施設による対策のみに頼った施策がもたらした負の影響(コスト、生態系擾乱、景観など)への内省に根差している(Moos et al. 2018)。施設に因らない対策は「自然を基礎とした解決策(Nature-based Solutions: NbS)」とも呼ばれ、その中には、災害対策に主眼置いた「生態系を活用した減災・防災(Ecosystem-based (solutions for) Disaster Risk Reduction: Eco-DRR)」、都市課題等の解決を主眼に置いた「グリーンインフラ(Green Infrastructure: GI)」、気候変動適応を主眼に置いた「生態系を基礎とした適応(Ecosystem-based Adaptation: EbA)」などのアプローチが含まれる。「自然を基礎とした解決策(NbS)」への共感は徐々に拡がりをみせ、2008 年の「環境と災害リスク削減に関するパートナーシップ(Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction: PEDRR)」の設立(国連環境計画(UNEP)、国際自然保護連合(IUCN)、NGO、研究機関が参画)、2014 年の生物多様性条約第 12 回締約国会議における「生物多様性・気候変動及び災害リスク軽減」に関する勧告、2015 年の「仙台防災枠組 2015-2030」における Eco-DRR の国際的な推進勧告など、国際会議や国際条約の場で NbS 主流化へ向けた動きが続いている。

上記の「環境と災害リスク削減に関するパートナーシップ(PEDRR)」によれば、Eco-DRR とは、「災害リスクを低減し、持続可能で強靱な開発を実現するための、生態系の持続可能な管理・保全・回復」であるが、特に災害リスク低減を目的として森林生態系を持続的に管理・保全し、劣化した場合は回復させるアプローチを「森林を活用した減災・防災(Forest-based Disaster Risk Reduction: F-DRR)」と呼ぶ。F-DRR はヨーロッパアルプスなどで山地森林と斜面崩壊・土石流・雪崩などとの関係の面から研究が進められてきたが、海岸林による津波被害の軽減効果が知られるようになり、その他の地域でも注目されるようになってきた。日本では森林を活用した山地防災が 17 世紀にはじまっていたことが世界的に知られるなど(Moos et al. 2018)、日本における F-DRR の歴史や技術は国際的にも注目されている。その日本が東南アジア地域の山地と海岸の双方で F-DRR に関する調査研究を行う本プロジェクトは、Eco-DRR、さらには NbS の主流化に対して国際的な(特に東南アジア地域での)インパクトを与える可能性があるだろう。

3.2.2 治山技術の海外展開

本事業の目的は、海外(特に東南アジア)における山地防災や海岸防災に関するプロジェクト等に本邦企業に関心を持ち、参画・参入しやすくなる情報を収集・分析・整理することにある。従って、まずは山地防災や海外防災に関心を持って取り組んできた先駆的な企業の経験や見方を知ることが重要である。また、進出先候補となる国々の防災担当部局の認識や見方を含め、政策や施策の動向を知ること重要である。昨年度に引き続き、本年度も先駆的な企業や先方政府関係者等からの聞き取り調査を行った。聞き取り先は表 3-2-2-1 の通りである。

表 3-2-2-1 聞き取り先リスト

テーマ	No.	組織名
全般	1	東北大学 災害科学国際研究所
	2	東京農工大学 農学研究科
	3	北海道大学 農学研究員
	4	JICA 地球環境部
	5	地球環境戦略研究機関 (IGES) 適応と水環境領域
	6	国土防災技術株式会社
	7	多機能フィルター株式会社
	8	奥山ボーリング株式会社
	9	日本気象協会
	10	株式会社ウェザーニューズ
	11	GFDRR 東京防災ハブ
タイ	12	JETRO
	13	川崎地質株式会社
	14	カセサート大学 森林学部
	15	王室林野局 (RFD)
	16	国立公園野生動植物局 (DNP)
	17	海洋沿岸資源局 (DMCR)
	18	防災・減災局 (DDPM)
	19	土地開発局 (LDD)
インド	20	林野庁 北海道森林管理局 上川南部森林管理署
	21	砂防・地すべり技術センター
	22	株式会社 Ides
	23	環境森林気候変動省 (MOEFCC)
フィリピン	24	株式会社大翔
	25	環境天然資源省 (DENR)
	26	Bagong pagasa foudation (NGO)

聞き取りで得られたコメントは国際動向レポート、あるいは国別レポートに反映されている。ここではそれらレポートに記載されていない日本側の主要なコメントを記録する。

- 海外で防災関係の資金、すなわち各国政府の公共予算額、世界銀行など国際制度金融の投資案件、国連機関の案件などがどのように出回っているかを知りたい。
- 防災担当機関の枠組み／所管する仕事の内容(どこが何を担当しているのか)、アクセスする際の窓口、などが事前に分かると検討しやすい
- 企業としては、出ていく先でのピンポイントのリスク回避が重要
- 相手国の防災に関する国情を知りたい。当国における防災意識、すなわち、防災に重要性を置いているかどうか、人命への意識はどうか。
- 外国で技術的な信用を得る(案件を採る)には時間がかかる。日本の公的機関を通じて日本での実績紹介(オーソライズ)をする、技術士制度の設置を促進する、などは役立つ
- 東南アジアのハゲ山で治山技術を用いた山づくり(斜面防災のための造林＋施設整備)をする際には、ハゲ山の環境緑化だけでは成り立たないことが多い。地元の人々の生活を含めた経済的な背景や実態を知る必要がある。アグロフォレストリーなども視野に入れて、トータルとしての山腹工の技術スキームが例示されると役立つ
- 企業としては、減災・防災を気候変動適応として位置付ける意識は必ずしも高くない
- 気象とリモセンの組み合わせで気候変動と森林との関係を見ていくビジネスチャンスが東南アジアにあるのではないかと考えてきた。しかし、気候変動と森林だけでなく、気象－森林－防災の三者(三角)関係の視点を持つこと(注:森林総研からの助言)で可能性が更に広がっていくと思われた。
- 斜面崩壊に関する研究プロジェクトへの参画から始まり、プロジェクト終了後も自社予算で調査を継続してきた(論文発表も数多い)。その間の交流で知り合った同国人を社員として採用するなど展開をはかっている。調査については、2020年からJICAの支援を得て活動中である。
- 日本と途上国では斜面災害についての認識に違いがあるのではないか。日本は事前対策(防災)をするが、同国では事後対応(災害対応)が基本である。災害は誰の責任でもない、心配なら保険に入る、という意識が強い。防災への意識変革を行っていくということが大事な側面としてあるのではないか
- 防災の意識・行政・予算などが限定的な現実を踏まえると、防災から入るのではなく森林から入るというのは一案である。F-DRRのアプローチは有望ではないか
- 森林減少が進み、そのことが斜面崩壊に関係していると考える人はいる。しかし真正面から

調べられてはいない

3.2.3 減災・防災の国際動向

「自然を基礎とした解決策(NbS)」の主流化へ向けた国際会議や国際条約の動向は 3.2.1 節で概観した通りであるが、更に具体的な減災・防災への取り組みは、横浜(1994 年)、神戸(2005 年)、仙台(2015 年)で開催された 3 つの「国連防災世界会議」での議論に基づいて進められてきた(図 3-2-3-1)。「横浜戦略と行動計画(1994～2005)」及び「兵庫行動枠組(2005～2015)」を引き継ぐものとして「仙台防災枠組(2015～2030)」が仙台会議で採択され、その中では、1) 災害リスクの理解、2) 災害リスク管理のための災害リスクガバナンス、3) 強靱化に向けた防災への投資、4) 効果的な応急対応に向けた準備の強化と「より良い復興(Build Back Better)」が優先行動指針とされた。横浜会議の後 1999 年に設置された「国連国際防災戦略事務局(UNISDR)」は 2019 年に「国連防災機関(UNDRR)」へと改称され、現在はその UNDRR が中心となり仙台防災枠組に沿った国際的な減災・防災の議論を進めている。また、近年の減災・防災の国際動向で注目すべき点は、気候変動－生物多様性－持続可能な開発－災害リスク軽減、等が相互に関連しているとの認識が拡がりつつあることである(図 3-2-3-2)。特に 2000 年代半ば以降、その傾向は強まっていると見受けられ、より統合的な概念やアプローチを採用されることが多くなっていると言えよう。

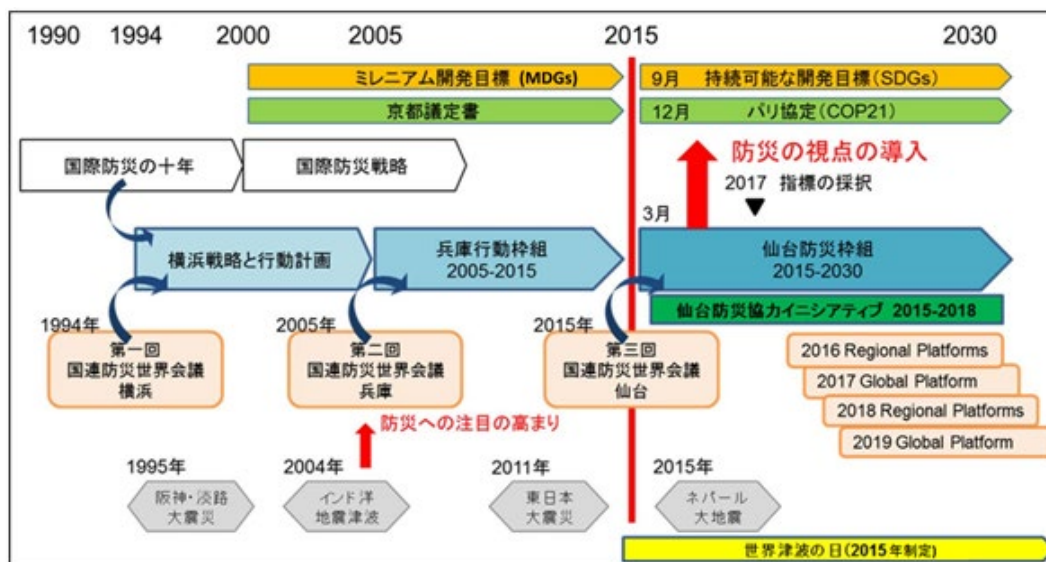


図 3-2-3-1 防災分野における主な国際的な動向(出典:首相官邸ウェブサイト「海外展開戦略(防災)」)

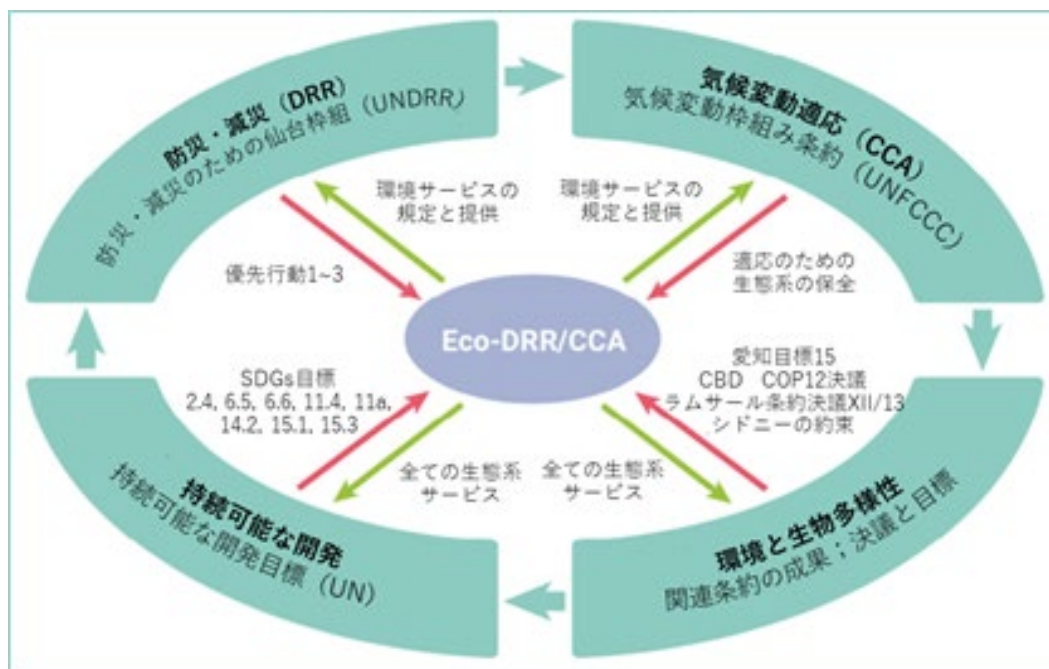


図 3-2-3-2 減災・防災と気候変動、生物多様性、持続可能な開発に関する議論の相互関係
(出典：UNDRR 2020)

3.2.4 気候変動適応の国際動向

気候変動への「適応」は気候変動そのものを理解が前提であり、特に東南アジアの国々など発展途上国が集中する低緯度地域の気候変動は、先進国が集中する高緯度・中緯度地域のそれとは有意に異なりことが指摘されているが、その点への注目が十分に注がれていない現状への懸念が指摘されている。本年の調査では特にこの点を重要として調査を行った。

「気候変動枠組条約 (UNFCCC)」は、主として大気中の温室効果ガス濃度を安定化させることを通じて人類による気候システムへの危険な干渉を防止することを目的に、1992 年に調印された国際条約である。2015 年にフランスのパリで開催された COP21 では、世界平均気温の上昇を産業革命前より 2℃を大きく下回る水準に抑え、1.5℃に抑える努力を追求することを目標とした新たな実施協定 (パリ協定) が採択された。また、締約国は、緩和と適応の両方のために、途上国に年間 1,000 億米ドルの公的資金を提供する目標を確認した。翌 2016 年 11 月 4 日に発効したパリ協定では、気候変動の緩和行動と適応行動の両方において生態系と生物多様性の保護の重要性が言及されるとともに、生態系に配慮した適応の原則が打ち出された。2021 年にイギリスのグラスゴーで開催された COP26 にて、日本は「防災を含む気候変動適応策への支援を約 2 倍の約 148 億ドルに拡大し、(中略)世界の森林保全のために、

先進技術を駆使し、国際機関と協力して約 2 億 4 千万ドルの資金支援を行う」と約束している。

こうした気候変動適応の一環としての防災の位置付けが明確化される一方、気候変動の実態把握(気象観測および気象メカニズム解明)に関する研究が年々確実に進捗していると、気象学者のほぼ一致した見方として、言われている。その結果、「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の第 6 次評価報告書(2021)では、「温暖化の進行が人間活動の影響によることに疑う余地はなく」、「気候における最近の変化の規模は、何世紀、何千年もの間、前例がない」と結論付けられた。また、気候変動の将来予測に関しても同様に研究の進捗が見られ、精度が向上してきていると言われている。IPCC 第 6 次評価報告書の第 1 作業部会は、5 段階の CO₂ 排出シナリオによる世界平均気温の変化を示し、温暖化の進行に伴って予想される事象を整理した。その中で東南アジア地域については次のように予測されている(表 3-2-4-1)。

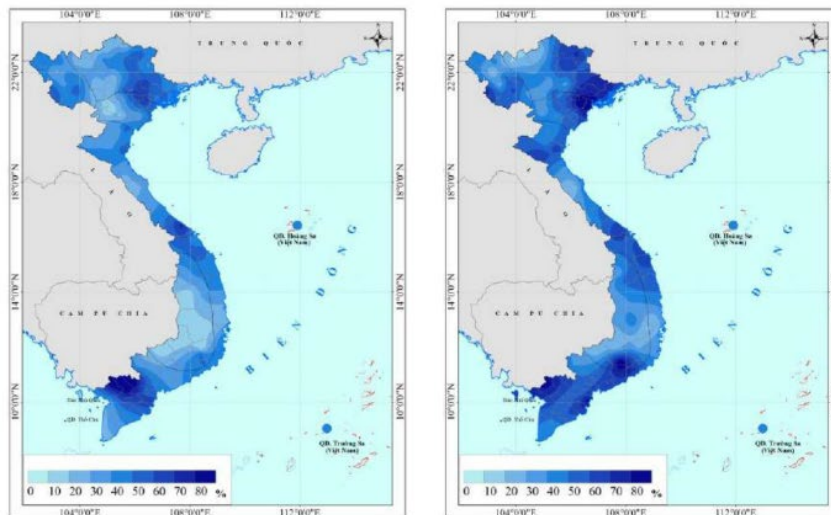
- 将来の温暖化は世界平均よりわずかに緩和される(高い確度)
- 降雨量は北部で増加し、沿岸海洋部で減少する(中程度の確度)
- 気候変動、地盤沈下及び人間活動の複合的な影響はメコンデルタの洪水位の上昇と浸水の長期化に繋がる(高い確度)
- 熱帯低気圧の全体的な発生数に長期的な傾向はみられない。数は少ないが、より極端な熱帯低気圧がこの地域に影響を及ぼしている

表 3-2-4-1 東南アジア及び南アジアの今後の変化予測

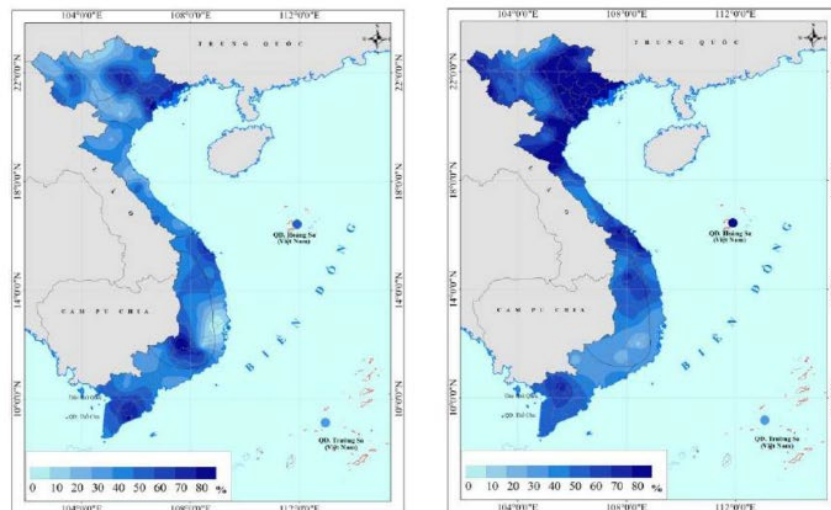
(出典:IPCC ウェブサイト「IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced)」)

事象	東南アジア	南アジア
寒暖		
平均気温	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
酷暑	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
寒波	▼ 減少 (高 い 確度)	▼ 減少 (高 い 確度)
霜	-	▼ 減少 (高 い 確度)
降水		
平均降水量	▲ 増加 (中程度の確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
川の洪水	▲ 増加 (中程度の確度)	▲ 増加 (中程度の確度)
強雨と洪水	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (中程度の確度)
山崩れ	▲ 増加 (中程度の確度)	▲ 増加 (中程度の確度)
火災天気 (高温、風等)	-	▲ 増加 (中程度の確度)
台風		
熱帯低気圧	▲ 増加 (中程度の確度)	-
氷雪		
雪、氷河、氷床	-	▼ 減少 (高 い 確度)
永久凍土	-	▼ 減少 (高 い 確度)
湖、川、海水	-	▼ 減少 (高 い 確度)
沿岸域のリスク		
相対海水位	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
沿岸洪水	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
沿岸侵食	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
海洋熱波	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
海洋と湖の酸性度	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
その他		
地表の大気 CO2	▲ 増加 (高 い 確度)	▲ 増加 (高 い 確度)
地表の放射線量	-	▲ 増加 (中程度の確度)

IPCC での議論では、例えばベトナム北部・中部・南部毎の台風来襲頻度の違いといった東南アジアの各地域でのより詳細な予測には至っていない。しかし、東南アジア各国では自国における気候変動の将来予測を独自に行っている場合が少なくない。例えば、ベトナムは2016年に「Climate change and sea level rise scenarios for Viet Nam」をとりまとめ、気候変動の現状と将来予測を地域別に示している(図 3-2-4-1)。



(a) mid-21st century (b) end of the 21st century
Figure 5.11. Changes in average maximum 1-day rainfall based on RCP4.5 scenario



(a) mid-21st century (b) end of the 21st century
Figure 5.12. Changes in average maximum 1-day rainfall based on RCP8.5 scenario

図 3-2-4-1 各温暖化シナリオに基づいたベトナムにおける将来の最大日降水量の変化予測 (MONRE 2016)

地球科学の知見によれば、地球温暖化とそれを原因とした気候変動の現れ方は、高緯度・中緯度・低緯度で異なり、最も顕著に現れるのは高緯度地帯であり、低緯度地帯での現れ方は非常に複雑であると言われている。東南アジアの広い範囲は低緯度地帯に位置している上、赤道域大気循環の複雑性、台風経路の変化、地形配置の効果などが複雑に影響して気候変動の現れ方は一様ではないと見られている。東南アジア地域における気候変動適応の一環としての減災・防災の議論では、抽象論としての豪雨頻度の増加や豪雨強度の強化ではなく、気象学・地球科学上の議論に基づいて、低緯度地帯における複雑な気候変化予測を丹念に

検討して行っていくことが重要である。

3.2.5 二国間支援枠組みの動向

発展途上国への日本の直接的な支援(二国間支援)の枠組みにおいて、民間企業が森林を活用した減災・防災(F-DRR)に関連する事業に活用可能な制度・資金として最もアクセスが良いものの一つとして、JICAの「中小企業・SDGsビジネス支援事業」が挙げられる(図 3-2-5-1)。この事業は途上国の開発ニーズと民間企業の製品・技術(すなわち、事業海外展開の意思)のマッチングを支援することを目的としており、特に中小企業にとって使い勝手が良いように制度設計がなされ、事業化へ向けた準備段階に応じて、「基礎調査(上限 850～980 万円)」、「案件化調査(上限 3,000～5,000 万円)」、「普及・実証・ビジネス化事業(上限 10,000～20,000 万円)」というスキームが用意されている。減災・防災分野での案件実績もある。また、JICAの「草の根技術協力事業(地域活性特別枠)」も活用の可能性のある資金制度である(図 3-2-5-2)。これは日本が有する技術・経験を活用して途上国に貢献することを支援すると共に、途上国の様々な需要・ニーズを日本各地のリソースと積極的に結びつけ、国際化を支援することで地域の活性化を促進することを目的としている。民間企業は地方公共団体が指定する事業実施団体となることで参画が可能となる。

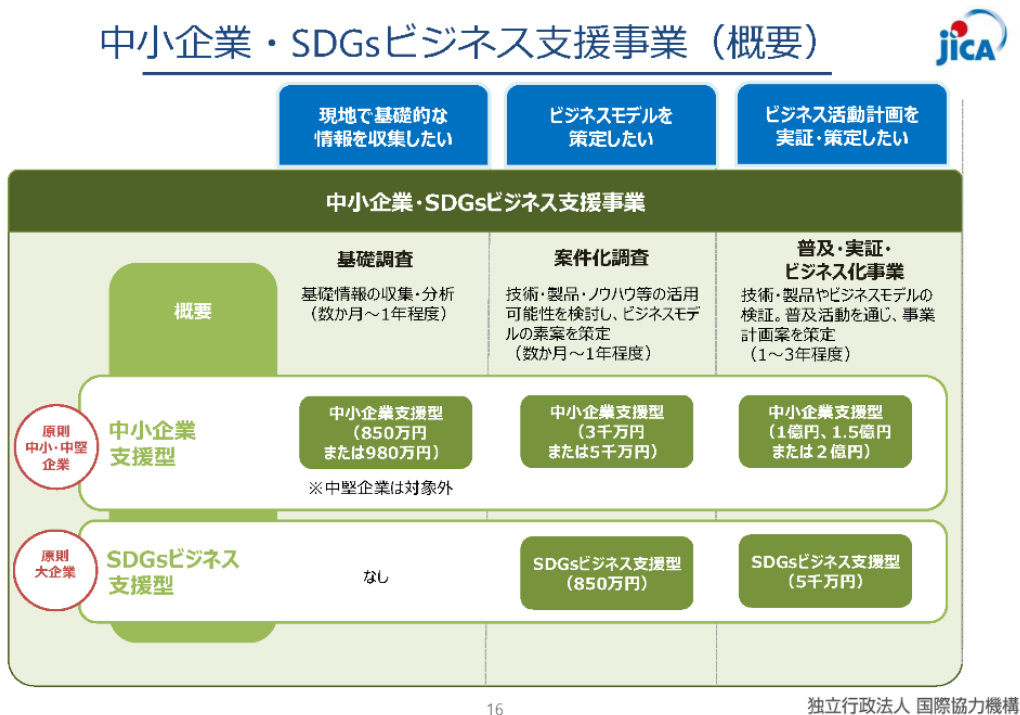


図 3-2-5-1 JICA「中小企業・SDGsビジネス支援事業」の概要（出典：JICA）

草の根技術協力事業（地域活性化特別枠）



NGO・大学・地方自治体等の経験や技術を生かしたい

地方公共団体、及び地方公共団体の指定する団体（地域経済団体、大学、地元の企業等）が有する技術・経験を活用して、途上国に貢献することを支援すると共に、途上国の様々な需要・ニーズを日本各地のリソースと積極的に結びつけ、国際化を支援することで、地域の活性化を促進します。



対象者	地方公共団体（事業実施に際し、地方公共団体の指定する団体が事業実施団体となることも可）
経費	1件あたり6,000万円を上限
期間	3年以内
負担経費	・人件費 ・海外活動費 ・国内活動費 ・設備、機材費 等
公示	2021年度は未定（2020年度は年2回）

28

独立行政法人 国際協力機構

図 3-2-5-2 JICA「草の根技術協力事業（地域活性化特別枠）」の概要（出典：JICA）

3.2.6 多国間支援枠組みの動向

発展途上国への日本の間接的な支援（多国間支援）の枠組は多重構造を呈している。民間企業が森林を活用した減災・防災（F-DRR）に関連する事業に活用可能な制度・資金を多国間支援の資金に求める場合、日本国が出資する基金には直接アクセスできず、各基金（多くの場合、世界銀行が管理する信託基金）がパートナー関係を結ぶ実施機関が行うプロジェクトや資金制度へアクセスすることになる。各国が拠出する基金には、防災プロパリーの「世界防災基金（Global Facility for Disaster Risk Recovery: GFDRR）」、環境プロパリーで規模が大きい「地球環境ファシリティ（Global Environment Facility: GEF）」、気候変動プロパリーの「緑の気候基金（Green Climate Fund: GCF）」、「適応基金（Adaptation Fund: AF）」などがある。実施機関には、アジア開発銀行（ADB）、国連食糧農業機関（FAO）、国連開発計画（UNDP）などの伝統的な途上国開発国際機関のほか、「気候技術センターネットワーク（Climate Technology Centre and Network: CTCN）」、「民間セクターファシリティー（Private Sector Facility: PSF）」といった比較的新しい資金スキーム機関も含まれる。「気候技術センターネットワーク（CTCN）」は気候変動へ対応するための環境配慮型の技術（「適応」を含む）を発展途上国へ技術移転することを支援する機関であり、開発途上国からのリクエスト

に基づき、GHG 排出削減や気候変動に対する脆弱性への対処を目的として、ローカルな技術革新能力の強化、気候変動対策事業への投資増加を可能とする環境整備等を目指し、技術支援、能力開発支援、政策・法制度に関するアドバイス等を実施している。CTCN プロジェクト(技術支援(Technical Assistance: TA)プロジェクト)は、TA リクエストとして開発途上国の国別指定機関(NDE)から CTCN 事務局に提出され、CTCN のリクエスト専門家チームにより技術支援計画が策定される(図 3-2-6-1)。支援スキームには、ファスト TA、通常 TA がある。

□ファスト TA 案件:1.5 万米ドル以下の技術支援。基本的にコンソーシアム機関により実施される。実施期間は 2 か月未満。

□通常 TA 案件:25 万米ドル以下の技術支援。国連の調達プロセスを通じて公募(国際入札)され、CTCN に登録されたネットワーク機関が入札に参加して、支援実施者を決定する。実施期間は 1 年程度。

「民間セクターファシリティー(PSF)」は民間セクターが認証実施機関(Accredited Entity: AE)を通じて GCF 資金にアクセス可能な枠組みである。

こうした多国間支援の資金を活用できる実施機関が増えていることは、民間企業が多国間資金へアクセスする機会と可能性を高めているが、国際的な会計制度(方法や時期など)へ精通することが求められるなど、民間企業が多国間支援資金を利用する際には一定の取引コスト(追加的な間接経費)がかかることを理解しておく必要があるとの指摘がある。

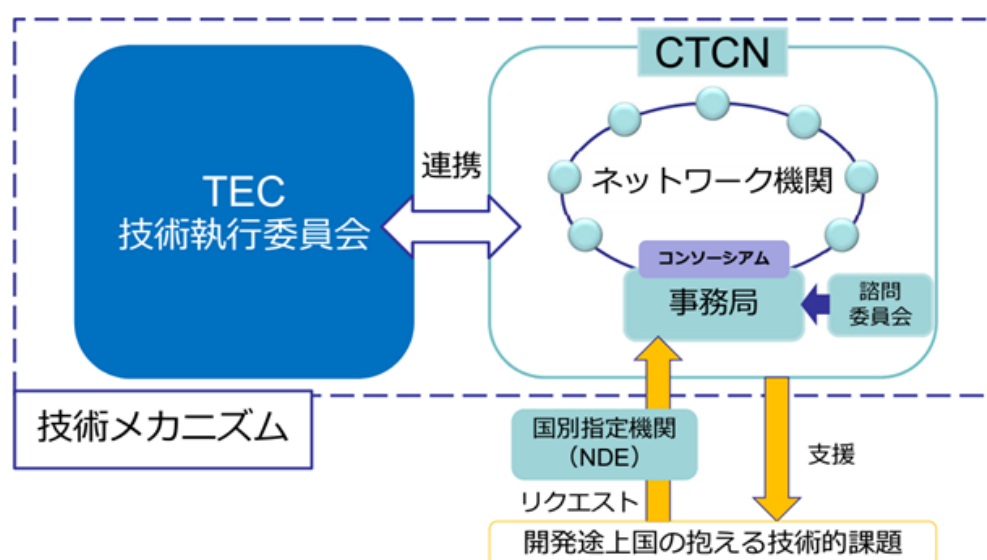


図 3-2-6-1 気候技術センターネットワーク(Climae Technology Centre and Network: CTCN)の枠組み(出典:環境省 HP)

3.3 防災・減災対策などに活用可能な森林分野の知見や技術

3.3.1 文献情報

昨年に引き続き、本年も森林を活用した減災・防災に関する学術論文や報告書等の文献情報を収集した。収集した文献は、斜面崩壊、地表侵食、気象、作業道・林道、マングローブ林、社会経済などの分野に亘り、国内出版物 32 件、国際出版物 52 件の合計 84 件である（表 3-3-3-1、3-3-3-2）。

表 3-3-3-1 収集文献リスト(国内誌)

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
1	松四雄騎・外山真	2016	土層の生成および輸送速度の決定と土層発達シミュレーションに基づく表層崩壊の発生場および崩土量の予測	地形	37(4)	427-453
2	平田康人	2021	白亜紀流紋岩地域において豪雨により発生した表層崩壊の地質的要因：2018 年 7 月広島県南部の災害事例	地形	42(1)	1-28
3	鈴木保志	2000	作業道における災害防止構造物の設置状況とその分析	森林利用学会誌	15(2)	113-124
4	近藤恵市・神谷信宏	1995	赤石山地南部における林道災害危険箇所の要因分析。	森林利用学会誌	10(3)	205-212
5	岩川治・近藤恵市・落合久徳	1982	林道の災害に関する研究（Ⅰ）一破砕帯における林道の事例からの考察一	日林論	93	537-538
6	Teramoto Y, Shimokawa E, Jitousono T, Thoya Y	2006	Damage caused by typhoon Nabi to slopes bordering forest roads in the Takakuma Experimental Forest, Kagoshima University, in September 2005.	鹿児島大学農学部演習林研究報告	34	19-28
7	宗岡寛子・白澤紘明・図子光太郎・鈴木秀典	2021	降雨強度に応じた単位延長あたり林道施設災害発生箇所数の期待値	森林利用学会誌	36(1)	43-50
8	小山敢	2011	急増する林業用作業道から災害を出さないために－ルート計画と盛土の簡易検査－	砂防学会誌	63(6)	66-70
9	程培峰・後藤純一・趙文美	2002	土層構造の類型化に基づく切取のり面の安定性	森林利用学会誌	17(1)	3-14
10	吉村哲彦・赤羽元・宮崎裕之・神崎康一	1996	ファジィ積分による林道のり面の崩壊危険度判定法－モデルの判別精度の検証－	森林利用学会誌	11(3)	165-172
11	吉村哲彦・赤羽元・神崎康一	1995	ファジィ理論を用いた林道のり面の崩壊危険度判定法	森林利用研究会誌	10(3)	195-204
12	近藤恵市・神谷信宏	1995	赤石山地南部における林道災害危険箇所の要因分析	森林利用研究会誌	10(3)	205-212

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
13	山口智・梅田修史・鈴木秀典	2004	木製構造物の現状と問題点－現場設計者に対するアンケート調査による－	森林利用学会誌	19(2)	127-134
14	山口智・鈴木秀典・梅田修史	2007	林道路面由来の堆積土砂を増加させる降雨要因の推定	関東森林研究	58	217-218
15	山口智・鈴木秀典・田中良明・池田伸	2010	竹製横断排水溝の製作と設置された作業道への影響	関東森林研究	61	249-252
16	鈴木保志・井本勝也・馬淵健	2001	樹脂製繊維素材を用いた横断排水溝の室内実験および現地試験	高知大学農学部演習林報告	27	215-225
17	鈴木保志・米澤毅・吉村哲彦	2002	樹脂製繊維素材を用いた横断排水溝の現地試験－改良型による継続試験と路面流の実測－	高知大学農学部演習林報告	28	23-34
18	濱本和敏・太田裕美	2004	我が国における木製土木構造物の既設調査について	日本林学会関東支部大会発表論文集	55	335-338
19	森満範	2007	北海道の野外環境下における木材・木製土木構造物の耐久性の解明および耐久性予測手法の確立と普及	森林技術	784	14-15
20	武井裕太郎・伊藤要・村上文美・斎藤仁志・有賀一広・田坂聡明	2010	木製土木構造物の経年変化による強度低下予測に関する研究－栃木県の木製土木構造物を事例として－	森林利用学会誌	25(4)	215-219
21	佐々木貴信	2014	組立・解体が容易な木橋の開発	林道研究発表論文集	49	37-41
22	佐藤一紘	1978	マングローブ林の防災機能に関する研究(I)：ヤエヤマヒルギの支柱根の形態上の特徴について	琉球大学農学部学術報告	25	615-630
23	佐藤一紘	1979	マングローブ林の防災機能に関する研究(II)：ソロモン諸島マライタ島のランガラングラグーンに見られるマングローブ林について	琉球大学農学部学術報告	26	547-560
24	佐藤一紘	1984	マングローブ林の防災機能に関する研究：第4報マングローブ林の防災機能の検討と根系に関する予備水利模型実験	琉球大学農学部学術報告	31	189-200
25	佐藤一紘	1985	マングローブ林の防災機能に関する研究(V)：マングローブ林造成法に関する予備試験	琉球大学農学部学術報告	32	161-172
26	松田義弘	2011	マングローブ環境物理学	東海大学出版		378
27	叶井和樹・山根達郎・石黒聡士・全邦釘	2020	Semantic Segmentationを用いた斜面崩壊領域の自動検出	AI・データサイエンス論文集	1巻 J1号	421-428
28	林詳悟・高畑東志明・橋本和明・内田純二	2021	AIを用いた小規模危険渓流抽出方法の開発	AI・データサイエンス論文集	2巻 J2号	408-417

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
29	池田穰・松下知照	2017	ミャンマーにおいてマングローブを植林した土壌の性質～植林計画における適地選定のための土壌指標の推定～	安藤ハザマ研究年報	5	1-6
30	末国次・野上誠・オンサムワンス	2005	空撮画像と GPS 比高データによるマングローブ（フタバナヒルギ: <i>Rhizophora apiculata</i> .) に適した生育条件の推定	写真測量とリモートセンシング	44(5)	42-49
31	村上智・谷野賢・南秀・三浦博・崎原健・水谷晃ほか	2016	西表島浦内川河岸域におけるオヒルギの植生分布とその物理環境	土木学会論文集 B3 (海洋開発)	72(2)	1_1029-1_34
32	吉川賢・山本福	1993	乾燥地の自然と緑化 (II) アラブ首長国連邦とカタールのマングローブ	日本緑化工学会誌	19(1)	21-26

表 3-3-3-2 収集文献リスト(国際誌)

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
1	Le Quoc Hung, Nguyen Thi Hai Van, Pham Van Son, Nguyen Hoang Ninh, Nguyen Tam, Nguyen Thi Huyen	2017	Landslide Inventory Mapping in the Fourteen Northern Provinces of Vietnam: Achievements and Difficulties	In: K. Sassa et al. (eds.), Advancing Culture of Living with Landslides, Volume 1: ISDR-ICL Sendai Partnerships 2015-2025	13(4)	501-510
2	Thuy Thi Thanh Le, Kawagoe S	2017	Landslide detection analysis in north vietnam base on satellite images and digital geographical information-landsat 8 satellite and historical data approaches	土木学会論文集 G (環境)	73(5)	2
3	Pham Van Tien, Phan Trong Trinh, Le Hong Luong, Le Minh Nhat, Dao Minh Duc, Tran Trung Hieu, Tran Quoc Cuong, Tran Thanh Nhan	2021	The October 13, 2020, deadly rapid landslide triggered by heavy rainfall in Phong Dien, Thua Thien, Hue, Vietnam	Landslides		3
4	Doan Huy Loi, Lam Huu Quang, Kyoji Sassa, Kaoru Takara, Khang Dang, Nguyen Kim Thanh, Pham Van Tien	2017	The 28 July 2015 rapid landslide at Ha Long City, Quang Ninh, Vietnam	Landslides	14	4

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
5	Doane TH, Edmonds D, Yanites BJ, Lewis Q	2021	Topographic Roughness on Forested Hillslopes: A Theoretical Approach for Quantifying Hillslope Sediment Flux From Tree Throw	Geophysical Research Letters	48	e2021GL094987
6	Froude MJ, Petley DN	2018	Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016	Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,	18	2161–2181
7	Huggel C, Clague JJ, Korup O	2012	Is climate change responsible for changing landslide activity in high mountains?	Earth Surf. Process. Landforms	37	77–91
8	Mizuno T, Kojima N, Asano S	2021	The risk reduction effect of sediment production rate by understory coverage rate in granite area mountain forest	Scientific Reports	11	14415
9	Xu Y, Schulz WH, Lu Z, Kim J, Baxtrom K	2021	Geologic controls of slow-moving landslides near the US West Coast	Landslides	18(10)	3353–3365
10	Fernández-Raga M, Palencia C, Keesstra S, Jordán A, Fraile R, Angulo-Martínez M, Cerdà A	2017	Splash erosion: A review with unanswered questions	Earth-Science Reviews	171	463–477
11	Foot K, Morgan RPC	2005	The role of leaf inclination, leaf orientation and plant canopy architecture in soil particle detachment by raindrops	Earth Surf. Process. Landforms	30	1509–1520
12	Mohd Farid Abdul Kadir, Khamarrul Azahari Razak, Ferdaus Ahmad	2021	Risk-Informed Land Use Planning for Landslide Disaster Risk Reduction: A Case Study of Cameron Highlands, Pahang, Malaysia	In: F. Guzzetti et al. (eds.), Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk, Volume 2: From Mapping to Hazard and Risk Zonation, ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction		393–403

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
13	Rosser B, Massey C, Lukovic B, Dellow S, Hill M	2021	Development of a Rainfall-Induced Landslide Forecast Tool for New Zealand	In: N. Casagli et al. (eds.), Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk, Volume 3: Monitoring and Early Warning, ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction		273-277
14	Watakabe T, Matsushi Y	2019	Lithological controls on hydrological processes that trigger shallow landslides: Observations from granite and hornfels hillslopes in Hiroshima, Japan	CATENA	180	55-68
15	Katzenberger A, Schewe J, Pongratz J, Levermann A	2021	Robust increase of Indian monsoon rainfall and its variability under future warming in CMIP6 models	Earth Syst. Dynam.	12	367-386
16	Gobin A, Nguyen HT, Phamc VQ, Pham HTT	2015	Heavy rainfall patterns in Vietnam and their relation with ENSO cycles	Int. J. Climatol		DOI: 10.1002/joc.4451
17	Anona L. Dutton, Keith Loague and Beverley C. Wemple	2005	Simulated effect of a forest road on near-surface hydrologic response and slope stability	Earth surface process and landforms	30(3)	325-338
18	Beverly C. Wemple, Frederick J. Swanson and Julia A. Jones	2001	Forest roads and geomorphic process interactions, Cascade range, Oregon	Earth surface process and landforms	26	191-204
19	Marco Borga, Fabrizio Tonelli, Giancarlo dalla Fontana and Federico Cazorzi	2005	Evaluating the influence of forest roads on shallow landsliding.	Ecological Modelling	187	85-98
20	Michael P. Amaranthus, Raymond M. Rice, Nicholas R. Barr and Robert R. Ziemer	1985	Logging and forest roads related to increased debris slides in southwestern Oregon	Journal of forestry	83	229-233
21	Jonathan Fannin, Joachim Lorbach	2007	Guide to Forest Road Engineering in Mountainous Terrain	FAO		88pp
22	Gordon Keller, James Sherar	2003	Low-Volume Roads Engineering Best Management Practices Field Guide	USAID		158pp

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
23	Kathiresan K, Rajendran N	2005	Coastal mangrove forests mitigated tsunami	Estuarine, Coastal and Shelf Sci.	65	601-606
24	Kerr AM, Baird AH, Campbell SJ	2006	Comments of "Coastal mangrove forests mitigated tsunami" by K. Kathiresan and N. Rajendran.	Estuarine, Coastal and Shelf Sci.	67	539-541
25	Kathiresan K, Rajendran N	2006	Reply to 'Comments of Kerr et al. on "Coastal mangrove forests mitigated tsunami"'	Estuarine, Coastal and Shelf Sci.	67	542
26	Forbes K, Broadhead J	2007	The role of coastal forests in the mitigation of tsunami impacts.	RAP publication, Regional Office for Asia and the Pacific Bangkok, FAO		30pp
27	Mazda Y, Magi M, Kogo M, Hong PN	1997	Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam.	Mangrove and Salt Marshes	1	127-135
28	Dieu Tien Bui , Biswajeet Pradhan , Owe Lofman, Inge Revhaug, Oystein B. Dick	2012	Landslide susceptibility assessment in the Hoa Binh province of Vietnam: A comparison of the Levenberg–Marquardt and Bayesian regularized neural networks	Geomorphology	171-172	12-29
29	Markus Meinhardt, Manfred Fink, Hannes Tünschel	2015	Landslide susceptibility analysis in central Vietnam based on an incomplete landslide inventory: Comparison of a new method to calculate weighting factors by means of bivariate statistics	Geomorphology	234	80-97
30	Kanu Mandal, Sunil Saha, Sujit Mandal	2021	Applying deep learning and benchmark machine learning algorithms for landslide susceptibility modelling in Rorachu river basin of Sikkim Himalaya, India	Geoscience Frontiers	12	101203(1-17)
31	Chinh Luu, Binh Thai Pham, Tran Van Phong, Romulus Costache, Huu Duy Nguyen, Mahdis Amiri, Quynh Duy Bui, Luan Thanh Nguyen, Hiep Van Le b, Indra Prakash, Phan Trong Trinh	2021	GIS-based ensemble computational models for flood susceptibility prediction in the Quang Binh Province, Vietnam	Journal of Hydrology	599	126500(1-16)

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
32	Hassan MK, Jintana V, Kuittinen S, Pappinen A.	2018	Management Practices and Aboveground Biomass Production Patterns of <i>Rhizophora apiculata</i> Plantation: Study from a Mangrove Area in Samut Songkram Province, Thailand	Bioresources	13(4)	7826-50
33	Yanagisawa H, Koshimura S, Miyagi T, Imamura F	2008	Fragility function of mangrove forest and its effect on tsunami hazard reduction based on damage data by the 2004 Indian Ocean tsunami	PROCEEDINGS OF COASTAL ENGINEERING, JSCE	55	286-90
34	Hashim AM, Catherine SMP, Takaijudin H	2013	Effectiveness of Mangrove Forests in Surface Wave Attenuation: A Review	Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology	5	4483-8
35	Kamil EA, Takaijudin H, Hashim AM	2021	Mangroves As Coastal Bio-Shield: A Review of Mangroves Performance in Wave Attenuation	Civil Engineering Journal	7	1964-81
36	Xiong YM, Cakir R, Phan SM, Ola A, Krauss KW, Lovelock CE	2019	Global patterns of tree stem growth and stand aboveground wood production in mangrove forests	Forest Ecology and Management	444	382-92
37	Peng YS, Diao JM, Zheng MX, Guan DS, Zhang RD, Chen GZ, et al.	2016	Early growth adaptability of four mangrove species under the canopy of an introduced mangrove plantation: Implications for restoration	Forest Ecology and Management	373	179-88
38	Matsui N, Suekuni J, Havanond S, Nishimiya A, Yanai J, Kosaki T	2008	Determination of soil-related factors controlling initial mangrove (<i>Rhizophora apiculata</i> BL.) growth in an abandoned shrimp pond	Soil Science and Plant Nutrition	54(2)	301-9
39	Oxmann JF, Pham QH, Schwendenmann L, Stellman JM, Lara RJ	2010	Mangrove reforestation in Vietnam: the effect of sediment physicochemical properties on nutrient cycling	Plant and Soil	326(1-2)	225-41
40	Mazda Y, Magi M, Kogo M, Hong PN	1997	Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam. Mangroves and Salt Marshes	Mangroves and Salt Marshes	1(2)	127-35

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
41	Hoang Nguyen N.	2015	Cost-Benefit Analysis Of Climate Adaptation: A Case Study Of Mangrove Conservation And Reforestation In Ca Mau Province, Vietnam	Journal of Mekong Societies	1111	19-43
42	Hauser LT, Nguyen Vu G, Nguyen BA, Dade E, Nguyen HM, Nguyen TTQ, et al.	2017	Uncovering the spatio-temporal dynamics of land cover change and fragmentation of mangroves in the Ca Mau peninsula, Vietnam using multi-temporal SPOT satellite imagery (2004–2013)	Applied Geography	86	197-207
43	Phan SM, Nguyen HTT, Nguyen TK, Lovelock C	2019	Modelling above ground biomass accumulation of mangrove plantations in Vietnam. Forest Ecology and Management	Forest Ecology and Management.	432	376-86
44	Quang Bao T	2011	Effect of mangrove forest structures on wave attenuation in coastal Vietnam	Oceanologia	53(3)	807-18
45	Kumara MP, Jayatissa LP, Krauss KW, Phillips DH, Huxham M	2010	High mangrove density enhances surface accretion, surface elevation change, and tree survival in coastal areas susceptible to sea-level rise	Oceanologia	164(2)	545-53
46	Jimenez JA, Sauter K.	1991	Structure and dynamics of mangrove forests along a flooding gradient	Estuaries	14(1)	49-56
47	Faridah-Hanum I, Latiff A, Hakeem KR, Ozturk M	2014	Mangrove Ecosystems of Asia: Status, Challenges and Management Strategies	Springer Science & Business Media		
48	Center for Excellence in Disaster Management and Humanitarian Assistance	2021	Vietnam Disaster Management Reference Handbook 2021	https://www.cfe-dmha.org		121pp
49	Su J, Friess DA, Gasparatos A	2021	A meta-analysis of the ecological and economic outcomes of mangrove restoration	Nature communications	12(1)	1-13
50	Ishiwatar M, Sasaki D	2021	Investing in flood protection in Asia: An empirical study focusing on the relationship between investment and damage	Progress in Disaster Science	12	100197

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
51	Faivrea N, Sgobbib A, Happaertsc S, Raynald J, Schmidte L,	2018	Translating the Sendai Framework into action: The EU approach to ecosystem-based disaster risk reduction	International Journal of Disaster Risk Reduction	32	4-10
52	Morita K, Matsumoto K	2021	Governance Challenges for Implementing Nature - Based Solutions in the Asian Region	Politics and Governance	9(4)	102-113

3.3.2 第5回斜面防災世界フォーラムでの研究動向と議論

2021年11月3日～6日に国立京都国際会館で開かれた「第5回斜面防災世界フォーラム2020(The 5th World Landslide Forum)」(新型コロナ感染予防のため1年延期)における研究発表から、国際的な斜面崩壊研究の進捗と動向の一端を調査した。フォーラムで取り上げられたテーマ及び設定されたセッションは表3-3-2-1の通りである。本学会での見聞に基づいた国際的な斜面崩壊研究の進捗と動向は以下の4つの視点で集約された。

(1) 東南アジア地域での斜面防災研究の進捗

アジア(日本)での開催に当たって東南アジアの研究者による発表が各セッションで見られたが、東南アジア地域に焦点を当てたセッションが組まれるといった組織的なイニシアティブは発揮されなかったようである(日本の研究を発信することに主たる力点がおかれた)。このことは東南アジアにおける斜面防災研究が国際的に強い注目を集めるには未だ至っていないことを示唆する。

(2) 土地利用変化や森林の侵食防止機能への視点

土地利用変化や森林の侵食防止機能をテーマにした発表が散発的には見られた。例えば、Mohd Farid Abdul Kadir et al. (2021) は、マレーシア・カメロン高原の山地斜面を対象に、2003、2015、2018の土地利用図から時空間的な土地利用変化、特に森林伐採の状況を調べ、2003から2018年にかけて森林の農地転換が進んだこと、その変化が斜面崩壊発生の増加に関与していることを示した。しかし、土地利用変化の影響をテーマにしたセッションが組まれないなど、土地利用変化や森林の侵食防止機能については、研究テーマとしての注目度は総じて高くない現状が理解された。

(3) 表層崩壊予測マッピングへ向けた研究の主流化

テーマ2 ‘From Mapping to Hazard and Risk Zonation’、及びテーマ3 ‘Monitoring and Early Warning’ において数多くの Landslide susceptibility mapping や Landslide forecasting に関する数多くの発表があり、この分野の研究が国際的な斜面防災研究において主流化していることが理解された。これらの研究は、本事業におけるリスクマップ作成にも大きく関連する。Landslide susceptibility mapping は主として地形、地質、土層、土地利用などの static な条件を基に、既に起こった斜面崩壊を教師データとして使い、susceptibility (High/Moderate/Low など)を地図化するというのが基本的な枠組みである。これに dynamic な条件(主として雨)も重ねると Forecasting になる。セッションでは、素因データベースの種類、雨量データの分析方法、条件変数の選択方法などについての研究成果が発表されていた。例えば、Rosser et al. (2021) が紹介したニュージーランド地質調査所 (GNS Science)が整備しつつある Rainfall-Induced Landslide Forecast Tool (RIL 崩壊予測ツール)が先進的かつ実用化されている例として挙げられる。RIL 崩壊予測ツールはウェリントン地区で表層崩壊を引き起こした 11 の大雨イベント(1939-2016 年)をモデルとして作成された全国版の表層崩壊予想ツールである。ツールでは、1) dominant rock type、2) slope、3) local slope relief、4) aspect、5) vegetation が landslide susceptibility variables/factors(素因データ)とされ、その素因データに表層崩壊を起こした大雨イベントの雨量と土壌水分量(triggering conditions)を誘因データ、表層崩壊発生場所を教師データとして重ね、予測分析を行っている。雨量データからは Duration と Intensity との相関関係に基づいた表層崩壊発生閾値が求められ、分析モデルに組み込まれている。これら素因・誘因データを AI も活用した Logistic regression analysis(すなわち、統計分析)に乗せて分析し、その結果として 24 時間雨量、斜面傾斜、斜面方位、斜面比高、土地被覆(植生)、土壌水分、地質が、landslide susceptibility を予測する変数とし採用された。全国版のツールは 30 m x 30 m グリッド・スケールで作成されている。

(4) 脆弱なフィールド調査

主流化している表層崩壊予測マッピング研究では、現地踏査データの重要性に焦点を当てた研究は殆ど見られなかった。地域ごとの斜面崩壊が、その地域の地形、地質、土層、植生、天候などどのような関係にあるかを、まずは現地で確認するという意識や方法論的アプローチは殆ど見られない。土層厚は表層崩壊発生に対する有為な素因であると考えられるが、地質や地形、過去の地形プロセスなどの影響を受けて発達しており、その複雑性は現地踏査によって確認する以外にはないため、表層崩壊予測マッピングに本来的には組み込まれるべき土層厚が無視されることが多い。

表 3-3-2-1 第 5 回斜面防災世界フォーラム 2020 のテーマ及びセッション

Theme 1: Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment
Session 1.1 Sendai Landslide Partnerships, Kyoto Landslide Commitment, and International Programme on Landslides
Session 1.2 Landslide-induced Tsunamis
Session 1.3 Landslides at UNESCO designates sites and contribution from WMO, FAO, IRDR
Session 1.4 Education and Capacity Development for Risk Management and Risk Governance
Session 1.5 SATREPS: Rain induced Rapid and Long Travelling Landslides
Theme 2: From Mapping to Hazard and Risk Zonation
Session 2.1 Landslide recognition and mapping
Session 2.2 Landslide hazard assessment and zonation susceptibility modelling
Session 2.3 Landslide hazard assessment and zonation temporal and size modelling
Session 2.4 Landslide data and information for disaster mitigation
Session 2.5 Landslide vulnerability of people, communities and the built environment
Theme 3: Monitoring and Early Warning
Session 3.1 Landslide monitoring and geophysical surveys
Session 3.2 Remote sensing for landslide risk management
Session 3.3 Landslide early warning systems
Session 3.4 Forecasting models and time predictions of landslides
Theme 4: Testing, Modeling and Risk Assessment
Session 4.1 Recent Development in Physical Modeling of Landslides
Session 4.2 Recent Development in Numerical Modeling of Landslides
Session 4.3 Recent Development in Soil and Rock Testing Techniques, Application and Analysis Methods
Session 4.4 Recent Advancements in the Methods of Slope Stability and Deformation Analyses
Session 4.5 Recent Development in Disaster Risk Assessment
Theme 5: Catastrophic Landslides and Frontiers of Landslide Science
Session 5.1 Landslides and earthquakes
Session 5.2 Landslide dams and outburst floods
Session 5.3 Catastrophic large-scale landslides in mountainous regions
Session 5.4. Landslides triggered by extreme rainfall and other effects of climate change
Session 5.5. Frontiers of landslide science

Theme 6: Specific Topics in Landslide Science and Applications
Session 6.1 Impact of large ground deformations near seismic faults on critically important civil infrastructures
Session 6.2 Recent Progress in the Landslide Initiating Science
Session 6.3 Earth Observation and Machine Learning
Session 6.4 General Landslide Studies
Session 6.5 The Japanese Geotechnical Society Session
Session 6.6 Landslide Remediation and Mitigation Studies
Korean Session in Theme 6
Session 6.E1 International Cooperation in Landslide Disaster/Risk Reduction (Japan)
Session 6.E2 Introduction of landslide mitigation measures of Japan
Session 6.E3 Activities of Landslide-prevention engineers to enhance local capacity for disaster reduction in Japan
Session 6.E4 Challenges in international unification of slope disaster prevention technologies
Session 6.E5 Countermeasures conducted by the Japanese government against landslide disasters
Thematic issue “Sendai Landslide Partnerships 2015-2025” “Kyoto Landslide Commitment 2020”
World Tsunami Awareness Day Special Event

3.4 調査対象国における森林の減災・防災等の機能強化に係る状況と課題の把握

以下では、本年調査対象とした、タイ、フィリピン、インドの3ヶ国について(図 3-4-1)、国および森林を取り巻く概況、対象国における自然災害の特徴、森林を活用した防災・減災に関する国の体制、事業展開におけるポイントについて概説する。詳細については、添付資料のアジア航測株式会社によるカントリーレポートを参照されたい。

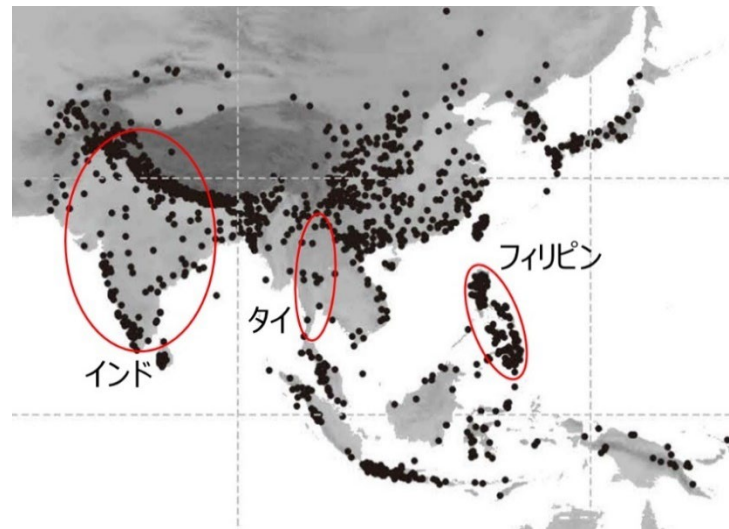


図 3-4-1 東南アジア及び南アジアにおける犠牲者を出した斜面崩壊イベントの分布（Petley 2012、Fig. 5 を編集）

3.4.1 タイ王国

(1) 国および森林を取り巻く概況

- タイは、北部は山岳地帯で、東北部のラオス国境をメコン川が流れ、中部はチャオプラヤ川の肥沃なデルタが広がり、南部マレー半島部は南シナ海とインド洋に挟まれている。
- 熱帯モンスーン気候に属し、雨季に当たる 5 月から 10 月は、月平均降雨量が 200mm 以上となることが多い。
- 土地利用は農地が 47%、森林が 32%、その他の土地利用が 21%である。タイ政府は国家目標として、森林面積を 40%まで回復することを掲げている。
- 流域分類(WSC)による土地利用規制がある。
- 1988 年に発生した洪水を契機に、森林保護政策が強化された。2000 年以降の森林被覆率は国土の 30%程度で安定している。
- 全国的にフタバガキ科の熱帯常緑雨林が分布する。北東部及び北部から中部には、チーク等の落葉混交樹林、東部・中部・南部の海岸地域にはヒルギ科等のマングローブ林が成立している。
- 木材生産は、私有地(農地)のプランテーションで、天然ゴムやユーカリが生産されている。また、北部地域を中心に、国家保全林(経済林)内等で、チーク植林が行われている。
- 気候変動対策に際し、緩和と適応の双方に森林セクターが関与すると示している。

(2) 自然災害の特徴及び減災・防災への対応

- タイで最も頻発している災害は洪水である。タイの中央部を流れるチャオプラヤ川の勾配が小さいため、一度洪水が発生すると、長期化する傾向がみられる。
- 北部・西部・南部では斜面災害も発生しており、斜面防災のニーズは存在する。斜面ハザードマップが国家全体及び斜面崩壊・地すべりの多い 17 県で地区別に作成されている。
- 10 万人当たり災害死者数は、日本や世界平均よりやや低い、10 万人当たり被災者数及び GDP に対する経済損失割合は、日本及び世界平均より大きい。
- 減災・防災対策や災害管理への取り組みは、国家の長期戦略や、開発計画でも言及されており、減災・防災の主流化が進められている。
- 洪水対策等を含む水資源管理プロジェクトに対して、2022 年度は国家予算の 2%にあたる約 630 億バーツが計上されている。
- 山地災害等へのソフト対策は、観測データに基づく災害の発生モデルの開発や早期警報システムの構築、ハザードマップの作成等が、政府機関、研究機関、民間企業等によって進められている。
- 山地災害等へのハード対策として、流域へのチェックダムの設置が全国的に行われている。また、斜面災害防止や緩和のための崩壊土砂の捕捉ネットの設置やジオテキスタイルを用いた斜面強化等を導入している事例もある。
- 国際機関等からの防災セクターへの支援は不定期である。近年、日本の大学研究機関等との共同研究プロジェクトが実施されている。

(3) 減災・防災に関する国の機能

- 減災・防災の政策決定は、省庁横断組織である「国家防災・減災委員会 (NDPMC)」が担う。
- 政策や計画の立案、実際の減災・防災対策の実行管理は、内務省 (MOI) の防災・減災局 (DDPM) が担っている。DDPM の下には、災害リスク管理の人材育成を担当する防災アカデミー (DPMA)、災害予警報を担当する国家災害警報センター (NDWC) 等が設置されている。
- タイ政府は、2011 年に発生した洪水時の混乱の反省に基づいて、政策体系とは別に、災害規模別の緊急対応・命令体系を整理している。
- 「国家防災・減災計画 (2015)」では、協働型の災害リスク管理として、各省庁及び民間企業や慈善団体等も含んだ各機関の災害リスク管理における役割と責任を割り当てている。
- 災害や減災・防災に関する研究等を行う機関が政府機関、学術機関、民間セクター等の中

に設立されている。また、研究機関による「災害レジリエンスのためのタイネットワーク (TNDR)」が構築されている。

■森林を活用した防災・減災 (F-DRR) は、天然資源環境省 (MONRE) の国立公園野生動植物局 (DNP)、王室林野局 (RFD)、海洋沿岸資源局 (DMCR) が取り組んでいる。一方で、流域管理を含む水資源管理は農業協同組合省 (MOAC) の王室灌漑局 (RID) が主管している。このため、溪流へのチェックダムの建設等は RID も関与している。

■F-DRR 活動はタイ政府による主導の他、タイ王室からの呼びかけ等によって、民間企業やコミュニティ等を巻き込んで実施されている。

(4) 事業展開におけるポイント

■減災・防災分野に係る支援のニーズは、地方政府やコミュニティレベルでの能力向上、教育・訓練プログラムの強化、民間セクターの参加促進、知見やベストプラクティスの共有等多岐にわたる。

■特に実践においては、統合水資源管理 (IWRM) や生態系を活用した適応対策 (EbA) の支援が求められている。

■斜面災害や地すべり対策について、早期警報システム等のソフト対策は、様々な機関が関与して進めている。一方、ハード対策は、経済性が課題となっており、地域資材で設置可能な簡易チェックダム等を除き、部分的な導入に限られている。ハード対策の普及には、費用対効果の提示等、インセンティブを示す工夫が必要となる。

■災害対策は、複数の機関が関与して進められているため、現地で事業展開を検討する際には、目的等に合わせて適切な機関を検討し、アプローチする必要がある。

■タイでは減災・防災に関連する様々なデータの集積が進んでいる。しかし、タイ語のみのデータも多い。

3.4.2 フィリピン共和国

(1) 国および森林を取り巻く概況

■フィリピンは、大小 7,641 の島々で構成され、総面積は約 3,000 万 ha、熱帯モンスーン型気候に属しており、平均気温は 26～27 度、6～10 月の雨期、11～2 月の涼しい乾期、3～5 月の熱い乾期の 3 つに分かれている。

■土地は「林地 (forestland)」15.8 百万 ha (52.7%)、「譲渡・処分可能地 (A&D)」14.2 百万 ha (47.3%) に分類される。このうち林地に分類される土地は国土の 52.7% である。一方で

実際の森林被覆は 2020 年時点で、718 万 ha(約 24%)と推定されている。また、その内訳は原生林 86 万 ha、その他の再生林 594 万 ha、人工林 38 万 ha である。

- フィリピンの森林は、マングローブ林、泥炭湿地林、低地常緑樹林、低山常緑樹林、高山常緑樹林、二次林・植林地に区分される。
- 2013 年に気候変動対策を含めた林業開発マスタープランを更新しており、森林は木材や非木材製品の供給源としてだけでなく、農業、エネルギー、家庭用の水源、洪水等の災害からの保護、観光や漁業支援のための生物多様性の保全等、重要な生態系サービスの提供者として認識されている。さらに、気候変動耐性を促進するための持続可能な森林管理と流域管理、コミュニティの気候変動災害に対する回復力強化、情報管理やモニタリング・評価システムの改善等が掲げられている。

(2) 自然災害の特徴及び減災・防災への対応

- 東南アジアにおいて最も自然災害の多い国の一つであり、洪水、台風・熱帯低気圧、斜面崩壊・地すべり、地震、火山災害等、災害の種類も多様である。
- 被災傾向は、台風を起因とした洪水、斜面崩壊・地すべり、高潮等の災害による死者・行方不明者が大半を占めており、災害被害の主要な原因が台風であることが分かる。
- ルソン島、ビサヤ(レイテ)島、ミンダナオ島などでは斜面災害が頻発している。斜面崩壊・地すべり対策のガイドラインが中央政府により策定され、また斜面災害リスクの高い州ではハザードマップが策定されている。
- 年間当たり災害報告数及び 10 万人当たりの災害死者数、10 万人当たり被災者数、GDP に対する経済損失割合の全てにおいて、フィリピンの値は日本や世界平均と比較して高い。
- 2010 年に災害リスク軽減・管理(DRRM)法を制定した。これにより、災害後の復旧等に加え、減災・防災を含んだ総合的な災害リスク管理、DRRM という新たなアプローチに基づく枠組みを策定し、セクター横断的な事項として位置づけている。
- 災害サイクルの全てのステージ(災害予防・軽減、災害準備、災害対応と災害復旧・復興)をカバーする広範な領域で日本による協力が実施され、強固な二国間パートナーシップを形成している。
- ASEAN や APEC 会合における防災分野での議論でリーダーシップを発揮し、災害管理と緊急対応に関するアセアン合意(AADMER)等の地域レベルの枠組みの合意に貢献した。

(3) 減災・防災に関する国の機能

- 2010 年 DRRM 法により、国レベルの災害管理に関する最高意思決定機関として「国家災

害リスク軽減・管理評議会(NDRRMC)」が再編された。議長を国防省(DND)長官、副議長を科学技術省(DOST)、内務自治省(DILG)、社会福祉開発省(DSWD)、国家経済開発庁(NEDA)の長官が務める。

- 地域レベルでは、市民防衛局(OCD)の地域部長を議長とする地域災害リスク軽減・管理評議会(RDRRMC)、地方自治体災害リスク軽減・管理評議会(LDRRMC)を立ち上げ、地方自治体(LGUs)内に地方自治体災害リスク軽減・管理担当局(LDRRMO)を設置している。
- 地方自治体災害リスク軽減・管理計画(LDRRMP)を全ての LGUs が作成することを義務付けており、OCD は LGUs 向けの作成ガイドライン、啓発活動、等の支援を担っている。
- DRRM 法第 14 条にて、「災害リスク軽減教育」を学校のカリキュラムとプログラムに組み込み、公共部門の職員に対してのトレーニングを義務付けている。
- 環境天然資源省(DENR)は、(1)土地所有権における社会的公正、(2)環境保護における良好かつ効果的なガバナンス、(3)森林と保護地域の回復、(4)気候変動への適応と自然資源の持続的利用、(5)沿岸及び海洋資源の保全、を優先課題として実施している。
- 国家緑化プログラムは 2011 年から継続しており、約 10 年間で荒廃した森林面積の 23%を植林した。

(4) 事業展開におけるポイント

- JICA による 2017 年の調査によると、減災・防災分野に係るニーズは、(1)高度な災害準備活動とリスク軽減策の実施、(2)資産・人口が集中するマニラ首都圏及び災害に対して脆弱な開発が遅れている地域での災害リスク軽減、(3)既存のリスクアセスメントのさらなる精度向上と標準化の実施、に大別される。
- より具体的な課題として、構造物対策の不足、関係機関や地方自治体の職員の能力不足、洪水対策と流域管理の連携不足、予警報システムの不足、耐震に係る建築行政制度の脆弱性、耐震化の遅れ、広域的な地方政府組織の連携、土地利用規制の促進、が指摘されている。
- 林地の非森林地帯では 1900 年代以降、約 100 万 ha の植林を行ったとされるが、活着率は低い。この要因として、植栽後の保育管理が不十分であることが指摘されている。なお、法律上林地と定義されている場所にも、数百万の人々が居住しており、植林や治山活動を行うにあたり、住民への配慮の視点が必要である。
- 国家地図資源情報庁(NAMRIA)では、地域レベルでの災害リスク管理の問題に取り組むため、災害リスクの高い 27 州にて、コミュニティベースの災害リスク管理のためハザードマッ

プ等を整備しており、ウェブサイト上で閲覧可能である。

3.4.3 インド共和国

(1) 国および森林を取り巻く概況

- インドは、北東部にヒマラヤ山脈やカラコルム山脈等の大山脈がそびえ、中部はガンジス川が流れる平野が広がる。西部には岩石や砂からなる沙漠地帯があり、南東はベンガル湾、南側をインド洋、南西側をアラビア海に囲まれ、南部の内陸部はデカン高原と呼ばれる高原地帯となっている。
- 2021 年時点で、国土の 21.7%が森林で被覆されている。このうち、約 2 割が植林である。森林面積は増加傾向にあるが、森林の 4 割が樹冠率 40%未満の疎林である。
- インドは、ヒマラヤ高山林や、沙漠の灌木、乾燥地域の落葉樹林や湿潤地域の常緑林、沿岸域のマングローブ林等の多様な生態系に、固有種を含む多種・多数な生物が生息している。このため、生態的な「メガダイバーシティ国家」と呼ばれる。インドの森林は 221 の森林タイプに分類され、これらは 16 の森林タイプグループに整理される。
- 流域保全や土壌保全のため、丘陵地や山岳地帯では土地の 2/3 を森林・樹木で被覆することを定め、森林の防災や減災機能を認識して、森林保全に取り組んでいる。

(2) 自然災害の特徴及び減災・防災への対応

- インドは、洪水や熱帯低気圧等による災害の発生数が多いが、地震、斜面崩壊・地すべり、寒波・熱波、干ばつ等、様々な災害が発生している。
- 夏季インド洋モンスーンの影響下にあり、北部パンジャブ地方のヒマラヤ山地部及び南西部の西ガーツ山脈を中心に南西斜面で大雨に伴う斜面災害が発生する。
- 年間当たり災害報告数は世界平均と比較して、約 8 倍(日本の 2 倍)である。
- 2000 年から 2021 年の 22 年間に、死者が 1,000 人を超える災害が 12 回報告されている。内訳は、6 回が洪水、熱波が 3 回、地震が 2 回、津波が 1 回である。
- インドの「国家災害管理計画(2019)」では、災害発生後の対応から、減災・防災や災害に対する事前準備に切り替えていくことを「パラダイムシフト」として捉えており、減災・防災対策を進めることに積極的である。
- インドの防災セクターでは、世銀が複数のプロジェクト支援を行っている。また、日本は森林分野で複数の州に対して支援を行っており、これらの活動の一部は森林を活用した防災・減災(F-DRR)に繋がる活動である。

- 国家災害管理委員会 (NDMA) は、中央省庁や州政府等が防災計画等を策定し、実行する際のガイドラインを、災害種、活動別等で発行している
- 災害管理のための資金メカニズムとして、災害に対応するための基金と、減災・防災対策を目的とした基金が創設されている。

(3) 減災・防災に関する国の機能

- 「災害管理法 (2005)」にて、中央政府は首相を議長とする「国家災害管委員会 (NDMA)」、各州政府は州の首相を議長とする「州災害管理委員会 (SDMA)」、県には県の長を議長とする「県災害管理委員会 (DDMA)」を設置することが定められた。
- 2022 年 1 月時点で、インドは 28 州と 8 つの連邦直轄領 (UT) で構成されている。SDMA は、州で発生した災害に対応する最高機関であり、州政府のみで対応が難しい大規模災害等について、中央政府に支援を依頼する。
- NDMA は災害管理に関する最高機関として、インドにおける災害管理の方針の策定や各種計画の承認、各種災害管理に関するガイドライン等の作成と、それらの実施のための調整を担う。
- 中央政府には、NDMA 等の各省庁の機能の遂行を支援し、政策実施の調整や監視を行う「国家執行委員会 (NEC)」、災害管理の人材育成を担う「国立災害管理研究所 (NIDM)」、非常時の迅速な救援活動等を行う「国家災害対応部隊 (NDRF)」が設置されている。
- 防災や災害管理に関する研究は、政府の研究機関及び大学機関等で進められている。特に地球科学省の管轄下には、自然災害に関連する様々な研究センターがあり、自然災害に関連する基盤データを整備・発信している。
- NIDM は、インド国内の 80 以上の大学機関が登録している「災害リスク軽減のためのインドの大学及び機関ネットワーク (IUINDRR - NIDM)」を構築している。

(4) 事業展開におけるポイント

- インドは、減災・防災対策を含む気候変動対策の推進において、先進国からの技術面や資金面での支援が重要であると強く主張している。
- 「インドのモノづくり (Make in India)」プログラムが実施されており、インドの製造業の強化に繋がる国外企業の受け入れに積極的である。
- 「国家斜面崩壊・地すべりリスク管理戦略 (2019)」によると、インド北部から西部にかけて、国土の 12.6% に当たる約 4,200 万 ha の地域は斜面崩壊・地すべりが起きやすい。当該地域には 65,000 以上の村が存在している。

- 「国家防災管理計画(2019)」及び「国家斜面崩壊・地すべりリスク管理戦略(2019)」では、斜面崩壊・地すべりに対する構造物対策の対応機関として、森林関連機関を含めていない。一方で、現在日本が実施している「ウッタラカンド州山地災害対策プロジェクト」では、ウッタラカンド森林局をカウンターパートとして、治山技術に関する能力向上等を実施している。
- 斜面崩壊や地すべりの発生地点となる森林は森林局が管轄するが、その土砂が堆積する道路は公共工事局、河川は河川局と、複数の機関が関与している。治山対策の実施体制は州によって異なることから、インドにて治山工事の展開等を検討する際は、州の災害管理部門に連絡し、適切なアプローチ機関等を確認する必要がある。

引用文献

- IPCC、2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Science Basis.
- Moos C、Bebi P、Schwarz M、Stoffel M、Sudmeier-Rieux、Dorren L、2018. Ecosystem-based disaster risk reduction in mountains. *Earth-Science Reviews* 177、497-513.
- UNDRR、2020. Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction: Implementing Nature-based Solutions for Resilience、United Nations Office for Disaster Risk Reduction - Regional Office for Asia and the Pacific、Bangkok、Thailand、60pp.
- Mohd Farid Abdul Kadir、Khamarrul Azahari Razak、Ferdaus Ahmad、2021. Risk-Informed Land Use Planning for Landslide Disaster Risk Reduction: A Case Study of Cameron Highlands、Pahang、Malaysia. In: F. Guzzetti et al. (eds.)、*Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk、Volume 2: From Mapping to Hazard and Risk Zonation、ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction.* 393-403.
- MONRE 2016. Climate change and sea level rise scenarios for Viet Nam. Vietnam Institute of Meteorology、Hydrology and Climate Change、Ministry of Natural Resources and Environment、Vietnam、170pp.
- Petley D、2012. Global patterns of loss of life from landslides. *Geology* 40(10)、927-930.

Rosser B, Massey C, Lukovic B, Dellow S, Hill M, 2021. Development of a Rainfall-Induced Landslide Forecast Tool for New Zealand. In: N. Casagli et al. (eds.), Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk, Volume 3: Monitoring and Early Warning, ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction. 273-277.

第4章 途上国の森林の減災・防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 気候変動や土地改変に伴う山地災害、高潮被害等の世界的な激甚化

1950年頃以降、台風、ハリケーン、サイクロンを含む低気圧の異常な発達等に伴って、山岳地域の山地災害及び沿岸域の高潮災害の災害外力（ハザード）となる豪雨の強度増加や頻度上昇、潮位の異常上昇などの多くの極端現象が地球規模で観測されている。IPCCのRCPシナリオによる将来予測では、これらの極端現象は今後も21世紀にわたってより強く、また頻繁となると指摘されており、今後世界的な災害の激甚化が危惧されている。こうした気候変動に伴う極端現象は先進国のみならず開発途上国においても影響を受け、特に雨季に大雨が降る低緯度のアジア地域の開発途上国では、豪雨の強度や頻度が高まることが懸念されている。

一方、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林地から農地等への人為的な改変がしばしば行われる。山岳地域における無秩序な森林伐採や排水機能を考慮しない道路開設は斜面の脆弱性を増大させ、豪雨時の斜面崩壊や表面侵食等の山地災害を引き起こすだけでなく、山麓に生活する人々の生計の手段である農地や家屋に被害が及び、時に人命をも奪う深刻な災害となる。また、沿岸域でのマングローブは、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ことから、これを伐採して養殖池や農地、水田を開発すること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。

4.1.2 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

国家の経済が急速に成長する際に、不適切な土地利用が原因となって山地災害が頻発化する事例は日本を含め世界各地で認められる。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、災害リスクの高い土地が利用されることで山地災害の発生につながりやすい。わが国も明治期の近代化や第二次

大戦後の復興に伴う木材や薪炭の需要増大が山地の過度な利用を生み、山地災害の多発化を招いたことがある。こうした歴史を教訓に、わが国では現在にわたるまで「砂防」と「治山」の両事業による防災施策が講じられるようになった。前者の砂防事業は主にコンクリート製の防災施設の整備(グレーインフラ)を整備して荒廃流域の保全及び土石流等の土砂災害から人命や財産を直接的に守ることを目的とする。一方で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(グリーンインフラ)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治山技術を開発させた。治山技術は山地災害に対するレジリエンスを高めるだけに留まらない。居住地周辺や沿岸域に整備された土砂流出防備林、水害防備林、防潮林、防風林、飛砂防備林などの防災林(保安林)は土砂流出や洪水、津波、高潮、強風など自然の猛威から生活空間を保護してくれるバッファゾーンとなる。このように、治山技術で整備された森林の防災・減災効果はきわめて幅広く多岐に渡るうえ、コンクリート構造物に過度に依存することがないため、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過剰な財政負担への懸念を抑えられるという観点から適用可能性が高いと期待される。

近年の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歴史的に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、ベトナム社会主義共和国では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続けざまに上陸、接近し、山岳地域及び沿岸地域に深刻な山地災害や洪水災害をもたらした。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域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。治山技術はさらに森林の炭素固定による温暖化対策への貢献も期待できるという点でも優れている。

治山技術はこのような多岐にわたる利点を持つ一方で、適切な土地利用計画や土地利用制限、住民の防災・環境意識を向上するための啓蒙を伴わないと効果を発揮しにくい技術体系でもあるという一面を併せ持つ。例えば、居住地の周辺に防災林が整備されても、適切な利用制限が無いと私的な乱獲が放置されて防災林の破壊につながることもある(いわゆるコモンの悲劇)。しかし、世界的にSDGs(持続可能な開発目標)が重視される今日にあっては、このような土地利用計画や啓蒙を必要とするという治山技術の特性は、むしろ、住民の防災意識の向上につながりやすいという利点にもなりうる。

とくに災害が起りやすいモンスーンアジア地域では、適切な土地利用の制限は局所的・

短期的には経済活動を制限する側面もあるが、長期的な国家的視点で見れば、住民の安全につながることは疑いようがない。わが国でも、災害リスクの高い場所での宅地開発が災害につながっていると指摘される事例はきわめて多いが、防災・減災対策の策定がこれから本格化する発展途上国にあって、山岳地域においては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を、沿岸地域においては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。

政府と住民の間の合意可能性が高く実効性の高いゾーニングを行うには、科学的知見にもとづいて、土地に潜む災害リスクを出来るだけ正確に評価するとともに、迅速・かつ効果的な形で住民に周知する必要がある。そのためには、地域の生態系や社会的文化的な背景の理解を踏まえ、近年発達が著しい情報技術の活用が不可欠であり、とくにリモートセンシングや、AI の技術を導入することで、ゾーニング技術を高度化することが期待できる。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に、リモートセンシングや AI などの最新の情報技術を組み合わせて、途上国に対して森林の防災・減災機能を活用した防災技術の実装に貢献するものである。

4.1.3 本課題の目的

開発途上国のベトナム社会主義共和国(以下、ベトナム)の山岳地域と沿岸地域を調査対象地域に設定し、同国の森林や山岳地域及び海岸地域に関する歴史、社会経済を踏まえた上で、日本の治山技術を同国に効果的に適用させるための技術開発を行う。山岳地域においては、森林の防災・減災機能を強化する日本の治山技術やリモートセンシング技術を現地に適用し、有効性の検証と課題の改善を通じて適用技術を開発する。沿岸域においては、高い消波効果を発揮するマングローブ林の高潮時における防災・減災機能进行评估するとともに、マングローブ林保全に関する技術的指針を提示する(図 4-1-3-1)。



図 4-1-3-1 途上国の森林の減災・防災等の機能強化に資する技術等の開発フロー

4.1.4 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) として首都ハノイに本部を置く機関であり、同国における森林研究、開発及び拡大に関する科学研究、技術移転、大学院教育、国際協力等を実施している。

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

調査対象国であるベトナムの山岳地域では、気候変動に伴う極端な豪雨の強度・頻度の増大や、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、斜面崩壊をはじめとする山地災害が多発し林地の荒廃が進んでいる。同国の山地災害を防止・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国に効果的に適用するために必要な手法を、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。本目的の達成のため、ベトナム北西部山岳地域の荒廃林地を対象に現地踏査を実施し、斜面崩壊等の発生場や発生形態、植生被覆との関係等を把握する。また林地の荒廃には不適切な森林路網の作設に起因すること多いことから、林道等の整備状況についても調査する。さらに対象地域における森林の伐採、農地転換、居住地域の変遷など土地利用の実態や地域住民の山地災害に対する意識等を現地調査や文献調査によって把握する。この他、治山事業計画の策定に必要となる、同国の地形・地質・降水量等の広域データセットの整備状況を調査し、GIS 基盤データへの供用可能性を明らかにするための品質確認を行う。本課題の調査フローを図 4-2-1-1 に示す。本課題 4.2 はリスクマップ作成に関する課題 4.3 と強く連携することから、同図は課題 4.3 を含めたかたちとなっている。このようにして得られた、林地の荒廃、林道の整備、土地利用の情報を課題 4.3 に受け渡すことにより、リモートセンシング技術による斜面崩壊リスクマップ及び森林管理マップの作成の一助とする。また課題 4.3 と連携して山地災害リスクと木材生産の収益性に基づいて、土地利用の判断基準となるような森林のゾーニング技術を開発する。

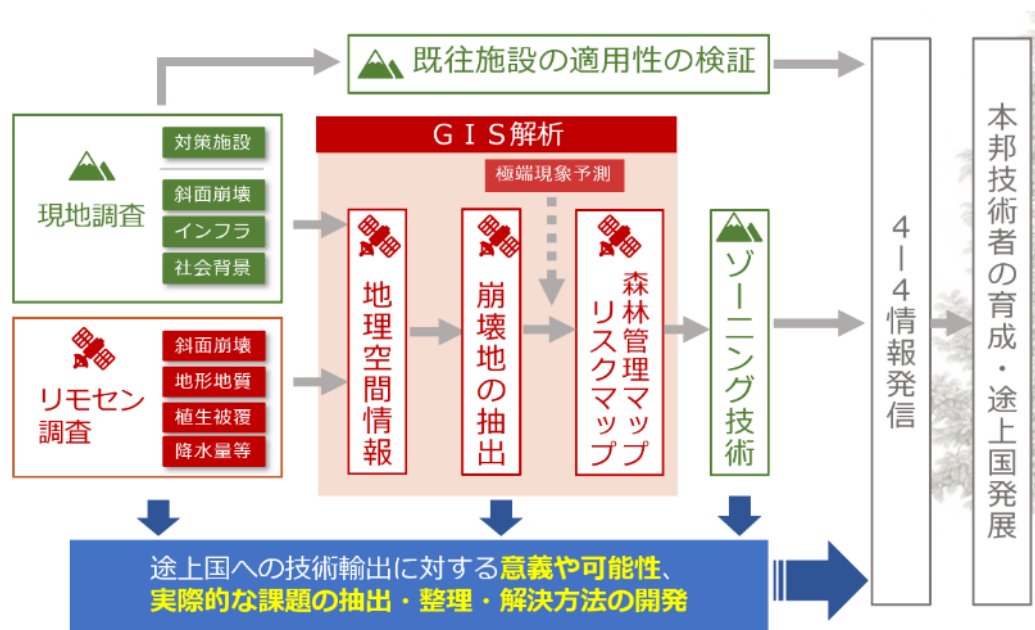


図 4-2-1-1 課題 4.2 及び 4.3 の調査開発フロー

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

大陸部東南アジア（インドシナ半島）の東縁に南北約 1,600 km にわたり立地するベトナム

の国土は、地理的な特徴から 8 つの地域(北東部、北西部、紅河(ホン河)デルタ、中北部海岸、中南部海岸、中部高原、南東部、メコン河デルタ)に分けられている(図 4-2-2-1)。その地域群の中で山地が最も卓越する地域は北西部であり、ベトナムの山地災害の多くが同地域で発生している。そこで、2022 年 2 月に現地カウンターパートの VAFS とともにベトナム北西部のイエンバイ省(Yen Bai Province)及びソンラ省(Son La Province)の現地調査を実施し、当該区域における山地災害と防災対策の実態を把握した。なお、前者のイエンバイ省は 2017 年豪雨によって斜面崩壊が多発した区域に該当し、後者のソンラ省は VAFS との共同調査地であるモンゾンコミュニン(Muong Gion Commune)が立地する区域に該当する。

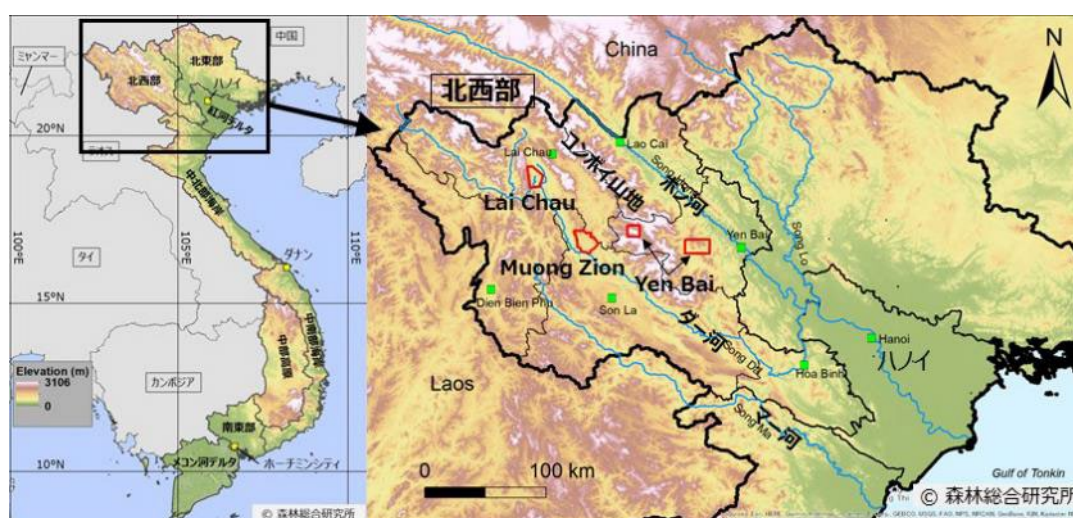


図 4-2-2-1 ベトナム北西部の地形と調査対象区域

4.2.2.1 ベトナム北西部における山地災害の実態

令和 2 年度調査に実施した衛星画像解析により、ベトナム北西部において 9 カ所の斜面崩壊集中発生地域が特定された。このうち、イエンバイ州西部のムーカンチャイ(Mu Cang Chai)県では、2016 年夏から 2018 年夏の間には多数の表層崩壊が標高 1,500~2,000 m 付近の区域で発生した(推定)。また VAFS との共同調査地であるソンラ省モンゾンコミュニンでも道路沿いに多数の斜面崩壊が発生している。そこで本調査では両区域で発生した 3 カ所の斜面崩壊及び 1 カ所の非崩壊斜面を対象として、その地形・地質的特徴や周辺の土地利用の実態を調査した。それぞれの位置図を図 4-2-2-2 に示す。

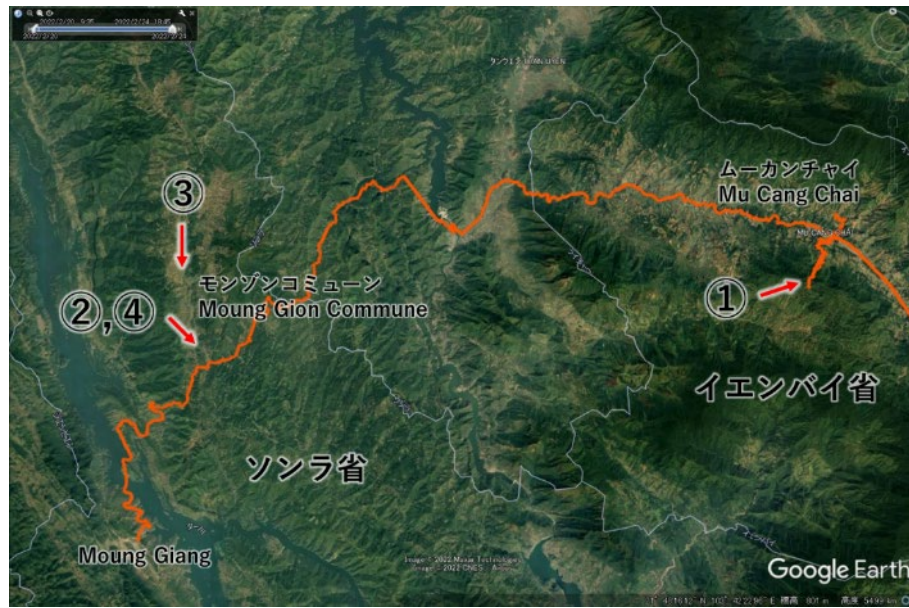


図 4-2-2-2 調査対象とした斜面崩壊地の位置

(1) 流紋岩分布域で発生した斜面崩壊①(イエンバイ省ムーカンチャイ県、N21° 49' 21.71", E104° 04' 08.10", 図 4-2-2-2 の①)

図 4-2-2-3 はムーカンチャイ県で発生した斜面崩壊である(N21° 49' 21.71", E104° 04' 08.10")。周辺は図 4-2-2-4(Google map による)で示すとおり多くの斜面崩壊や林地荒廃が密集している。発生形態は、浅い谷地形の凹地(Hollow)に集積した厚さ1~2m程度の土層が平板状に滑落した典型的な表層崩壊と言える。崩落時もしくは崩壊後の小規模ガリー侵食によって、基盤岩の一部が深く掘り込まれている。当該区域は流紋岩が分布するが、その風化程度に局所的なバラツキが認められ、指で容易に押し込めるような強風化部分とハンマーで叩くと澄んだ音を出すような未風化部分が斑状に混在している。特に強風化部では、節理面を粘土鉱物が充填している様子が認められ、透水性の低下や降水の地盤浸透過程へ影響を与えている可能性が考えられる。

(2) 堆積岩(泥岩・頁岩)分布域で発生した斜面崩壊②(ソンラ省モンゾンコミュニン、N21° 46' 43.94", E103° 39' 53.94", 図 4-2-2-2 の②)

図 4-2-2-5 はソンラ省モンゾンコミュニンで発生した道路沿いの斜面崩壊である(N21° 46' 43.94", E103° 39' 53.94", 標高 479m)。発生形態は、40 度程度の勾配を持つ斜面において厚さ 1m 未満の表土層が崩落した表層崩壊と言えるが、崩土に若干の岩を含んでおり基盤層の一部を巻き込んだ可能性がある。当該区域は頁岩もしくは泥岩の堆積岩を基盤とする。令和 2 年度の VAFS 調査によると、この斜面崩壊は 2016 年に発生したプロット 5 として記載

されており、その規模は長さ 80m、崩土の流下距離 140m、崩土体積 128,000m³であった。ただし目視観察によれば実際の規模はより小さかった(崩壊土量 1,000m³程度か)と考えられる。斜面はやや谷状の集水地形を呈していることから、降雨時に地下水が集中し崩壊リスクが上昇していた可能性を検討する必要がある。なお本調査の前日(2022/2/21)の降雨により拡大崩壊が発生し、崩土は道路を越えて斜面下方の河川まで到達していたがすぐに撤去された模様である。周辺の植生は Google map によれば図 4-2-2-6 のとおり二次林だが、特に崩壊斜面は隣接斜面と同じくタケ類に被覆されていたと思われ、森林による防災・減災機能は発揮されていない状態にあったと考えられた。なお写真奥側、低木の繁茂する急勾配斜面は石灰岩斜面である。急勾配を呈しているにも関わらず崩壊が発生していないことから、日本と同様に石灰岩の斜面では斜面崩壊リスクは相対的に低いと考えられた。

(3) 堆積岩(砂岩)分布域で発生した斜面崩壊③(ソラ省モンゾンコミュニティ、N21° 49' 42.76", E103° 39' 06.69"、図 4-2-2-2 の③)

図 4-2-2-7 はソラ省モンゾンコミュニティで発生した道路沿いの斜面崩壊である(N21° 49' 42.76", E103° 39' 06.69")。この斜面では崩壊にともなう上部がスランプし比高 2m 程度の滑落崖が形成されている。令和 2 年度の VAFS 調査によると、この斜面は 2020 年に発生したプロット 1 と記載されており、その規模は長さ 40m、崩土の流下距離 6~8m、崩土体積 4,000m³であった。目視確認によれば、(2)の斜面崩壊と同様に VAFS の崩壊規模は過大評価されている傾向にあることが伺える。斜面下部に比較的強度の大きな砂岩が堆積していることから、当該区域は堆積岩の分布地域であると考えられる。地形的に明瞭な谷地形は認められないが、斜面崩壊左岸側に水流が認められることから斜面崩壊発生域は一定の集水地形を呈していると類推される。斜面崩壊地の上部斜面は全面的にバナナ、トウモロコシ、キャッサバ栽培のための農地として利用されており、その様子は Google map から概観することができる(図 4-2-2-8)。このため森林土壌の保水効果などの森林の防災・減災機能(F-DRR)が期待できない上部斜面からの比較的早い降雨流出応答により、斜面末端域では急な出水に伴う表面侵食や小規模な斜面崩壊のリスクが高まる恐れがある。

(4) 石灰岩分布域の道路法面④(斜面崩壊非発生、N21° 46' 46.84", E103° 39' 47.37"、図 4-2-2-2 の④)

図 4-2-2-9 は石灰岩の斜面である。隣接する斜面崩壊②に比べても更に急勾配を呈し岩が露出しているが斜面崩壊は発生していない。一般に石灰岩は透水性が高く、同区域に分布する流紋岩や堆積岩に比べると堅牢な特徴をもつ。北に 100m ほど進んだ地点にある別の石

灰岩斜面では強風化層がパッチ状に観察された(図 4-2-2-10)。この強風化層は強い粘着力を有しており、表面侵食は生じても斜面崩壊のリスクは低いと考えられる。この証左として、ベトナム北西部では溶食作用の差から形成される、いわゆるタワーカルストと呼ばれる急峻な石灰岩地形を随所にみることができる(図 4-2-2-11)。



図 4-2-2-3 流紋岩分布域で発生した斜面崩壊①(イエンバイ省ムーカンチャイ県)

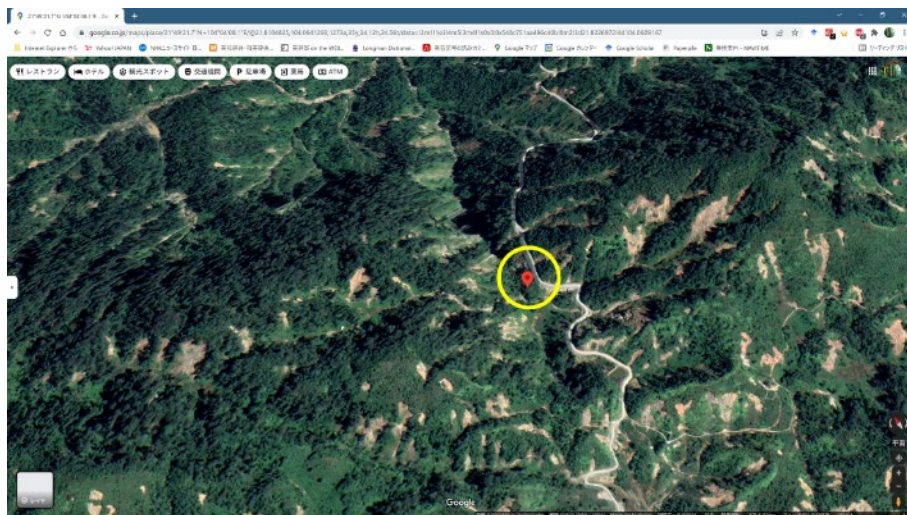


図 4-2-2-4 Google map による斜面崩壊①周辺の状況(イエンバイ省ムーカンチャイ県)



図 4-2-2-5 堆積岩(泥岩・頁岩)分布域で発生した斜面崩壊②(ソララ省モンゾンコミュニティ)

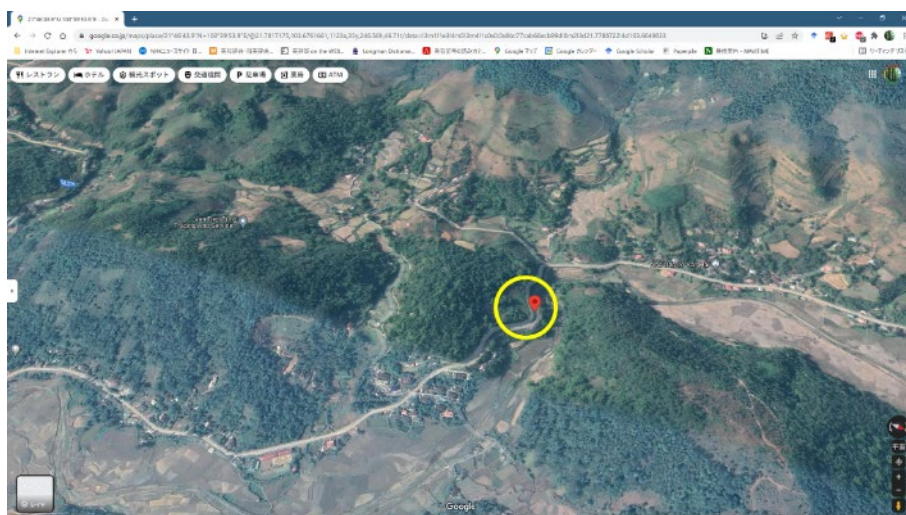


図 4-2-2-6 Google map による斜面崩壊②周辺の状況(ソララ省モンゾンコミュニティ)



図 4-2-2-7 堆積岩(砂岩)分布域で発生した斜面崩壊③(ソンラ省モンゾンコミュニティ)

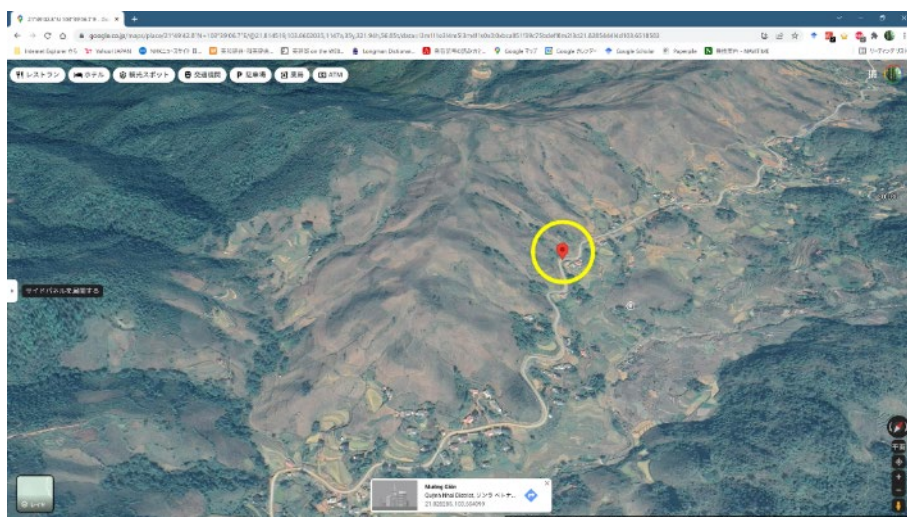


図 4-2-2-8 Google map による斜面崩壊③周辺の状況(ソンラ省モンゾンコミュニティ)



図 4-2-2-9 石灰岩分布域の急勾配斜面(手前側). 隣接する斜面崩壊②に比べてさらに急勾配を呈し岩が露出するが斜面崩壊は発生していない



図 4-2-2-10 石灰岩層中にパッチ状に分布する粘土化した強風化層



図 4-2-2-11 急峻な地形が特徴のタワーカルスト

4.2.2.2 ベトナム北西部の中山間地域における道路及び治山施設の状況

ベトナム北西部における主要な経済活動は農業、畜産業、林業等の第一次産業である。生産された農産物、木材の効率的な運搬や適切な森林管理、住民の生活ルートの観点から、森林路網を含む道路は地域にとって欠かせない社会基盤(インフラ)のひとつである。ところが経済の急成長を背景とした産業活動の高まりに伴って、現地では伝統的なルール軽視した無秩序な道路作設が行われることがあり、排水機能の低下等による災害リスクの増加が危惧されている。その一方で現地では山地災害リスクを低減させるための治山対策の必要性も認知され、次第に治山施設の導入も見られるようになってきたが、その状況は十分に把握されておらず、日本の治山技術の適用性を検証するための情報が不十分である。そこで本調査では、ベトナム北西部のイエンバイ省とソンラ省の中山間地域における道路沿いを中心とした治山施設の整備状況を調査した。

(1) 道路(森林路網)の状況

当域では道路開設に伴って山側の斜面が地質に関わらず 60 度以上の急勾配で切土される傾向が強い。切土によって造成された法面は保護対策のなされない“切りっぱなし”の状態では放置されるため、熱帯・亜熱帯地域特有の急速な土壌分解や乾湿差、また集中降雨によって土壌層の多くが流亡し、その奥の風化の進んだ岩盤が表面に露出する(図 4-2-2-12(a)(b))。なお地質的に安定した一部の法面では時間経過とともにシダなどの植生に覆われることもある(図 4-2-2-12(c))。風化の進んだ岩盤は降雨時に表面が剥離し、表面侵食の形態で細礫や細砂を生産しながら下方へ移動、堆積する。表面侵食が卓越する一方で、表層崩壊の発生数は相対的に少なく見える。この理由として風化岩盤の持つ一定の粘着力成分が表層崩壊を抑制している可能性があり、切土法面の土質力学的評価がその危険度評価に重要な役割を果たすと考えられる。こうした相対的な法面崩壊の少なさは、実務の点において道路法面の保全意識を低下させる要因になり得ることが危惧される。



図 4-2-2-12 道路法面の状況. (a)切土後に法面保護がなされないため風化岩版が露出して表面侵食が生じる. (b)大規模な切土法面においても特段の対策はなされないように見える. (c)条件の良い一部切土法面では時間経過とともにシダ類が繁茂する.

当区域ではほぼ全ての道路で法尻側に沿った排水溝が作設されている。排水溝の材料はコンクリート、石張、素掘りに大別され(図 4-2-2-13)、道路下部を抜けるヒューム管を使って流水を谷側に排水している場所もあった。なお、現地の観察結果として、素掘り排水溝は緩勾配の直線部に設置される傾向が、またコンクリート、石張り側溝は急勾配の曲線部に設置される傾向があったが、これは流量や流速の差異を排水溝の設計に反映させた結果かも知れない。

図 4-2-2-14 に道路の舗装状況を示す。改良工事が行われている途中であり、その内訳はコンクリート舗装の重ね張りとヒューム管暗渠の埋設とその取り付け部分である集水柵の増設、谷側への拡幅であった。日本では道路改良工事の際は舗装をはがしてから改めて舗装を行うが、当区域では古いコンクリート舗装上に新しいコンクリート舗装の重ね張りを行うようである。



図 4-2-2-13 道路沿いに作設された排水溝. 種類(材料)はコンクリート、石張り、素掘りに分類される



図 4-2-2-14 道路の舗装状況の一例. ここでは既存の古いコンクリート舗装面上に新しいコンクリート舗装が重ね張りされていた

(2) 治山施設の実態と我が国施設の適用の可能性

ベトナム北西部山地では治山施設として、ふとんかご(角型じゃかご)が最も普及している。ふとんかごは鉄線で立方体状に組んだ籠内に石を詰めた構造となっており、法面保護工のひとつとして湧水や表流水による法面の侵食防止を目的とするとともに、斜面崩壊や地すべり発生後の土留用構造物としてもしばしば利用される。図 4-2-2-15(a)はソララ省の道路法尻に設置された典型的なふとんかごである。このふとんかごは上部斜面の侵食防止機能と土留機能

の両方を目的に設置されている。一方、図 4-2-2-15(b)はイエンバイ省の道路法肩に設置されたふとんかごで、表面侵食もしくは小規模崩壊により削剥されて不安定化した道路の保全を目的としている。ベトナムでは、ふとんかごの国家設計基準(TCVN-10335-2014)が策定されており、金属メッシュの規格やサイズ、種類ごとの中詰石のサイズ等が詳細に規定されている(図 4-2-2-16、表 4-2-2-1)。そのほか、地方道路の国家設計基準(TCVN 10380-2014)において、対策施設に関する記述がある(以下、ベトナム語記載を日本語訳)。

「6.6.1.盛土が急な山腹や掘削された基礎にある場合、掘削と埋め戻しの量を減らすために、堤防と擁壁を使用して路盤の斜面の安定性を強化することができる。擁壁の設計基準は、TCVN 9152:2012 を参照すること。」

「6.6.2.堤防や擁壁を作るための材料は、地域の状況に応じて、無水の積み重ねられた石、蛇籠、または石積みとして使用可能である。ルートが 4m を超える滑り壁または擁壁のあるエリアを通過する場合は、セメントコンクリート壁またはその他の新しい材料を使用することを推奨する。」

なお日本では、昭和 26、27 年度に建設省(当時)が河川工事における蛇籠の重要性を考慮して委託した蛇籠の構造基準に関する研究に基づき、昭和 28 年に「蛇籠の亜鉛メッキ鉄線および構造上の基準」を制定し、ふとんかご等の鉄線蛇籠の標準となるべく規格が制定されている(石崎、1987)。



図 4-2-2-15 ふとんかごの施工例. (a)道路法尻部の設置. (b)道路法肩部の設置

単位：mm			
メッシュ規格名	D	公称サイズ	Dと比較誤差
6x8	63	63 x 85	± 10%
8x10	83	83 x 114	± 10%
10x12	102	102 x 135	± 10%

図 4-2-2-16 ふとんかご(蛇籠)金網メッシュの規格(ベトナム国家設計基準 TCVN-10335-2014)

表 4-2-2-1 ふとんかご(蛇籠)中詰石の規格(ベトナム国家設計基準 TCVN-10335-2014)

種類	高さ m	適当なサイズ mm
浸食防止かごマット, 小型	0.17	76~127
浸食防止かごマット, 中型	0.23	76~127
布団かご	0.3	102~203
ネールかご	0.5 や 1.0	102~203
円筒型じゃかご	0.6	102~203

ベトナム北西部で確認されたふとんかご以外の対策施設を以下に列挙する。図 4-2-2-17(a)はふとんかごと吹付工の組み合わせからなる道路法面である。吹付工もふとんかごと同じく法面保護工の一種であり、モルタルやコンクリート等で覆うことで斜面の風化、落石、小崩壊の防止を図るが、斜面崩壊そのものへの抑止力はほとんどない。同吹付面には等間隔で排水工が確認され、適切な背面水の処理がなされている。図 4-2-2-17 (b)は道路法面に施工された石張工の一種であり、中央付近に表面排水工が設置されている。なおベトナム北西部の山間地では、吹付工法、石張工ともに施工事例は少なく、普及度合いは低いと考えられた。図 4-2-2-17 (c)は狭小な谷部に設置された高さ 1.5m、幅 5m、堤体厚 0.5m 程度の空石積堰堤である。降雨時に大きな出水が予想されることや不安定な構造であることから、これは一時的な流水の減勢もしくは土砂流出防止を狙った簡易施設と考えられる。

以上を考察すると、ベトナム北西部ではふとんかごを中心とした道路沿いの対策施設は十分に普及している。これはベトナムに限らずアジアの開発途上国では共通の状況のようである。このことから、ふとんかごに関して日本の治山技術の輸出、適用の余地はあまり残されていないと考えられる。一方で、表面排水工の普及度合いは相対的に低いようである。切土後に放置された道路沿いの法面の斜面安定や表面侵食防止に対して地表水の除去は最も重要な

対策であることから、効果的な地表水排除に向けた日本の調査技術や施工技術に大きな需要が生まれる可能性が期待できる。さらに、皆伐等によって荒廃した斜面に対する植林活動が積極的に行われているが、荒廃地の森林回復には表土層固定など植生の生育環境を整える技術が必要であり、その観点から柵工、筋工、伏工等の緑化基礎工の技術、施設への需要が期待できる。



図 4-2-2-17 その他の法面对策事例. (a)ふとんかごと吹付工の組み合わせ. (b)石張り工の一種. (c)簡易な空石積堰堤

4.2.2.3 ベトナム北西部モンゾンコミュニティにおける住民への聞き取り調査

中山間地域に暮らす住民の社会経済状況や災害に関する意識を明らかにするために、VAFS との共同調査地であるソンラ省モンゾンコミュニティを対象として、同コミュニティの住民 3 名に対して聞き取り調査を行った。

モンゾンコミュニティはベトナムの首都ハノイから西北西へ約 230 km 離れたダー川の東側に位置する人口 11,881 人(2019 年)、面積 187.02 km² のコミュニティであり、人口密度は約 64 人/km² で日本の北海道とほぼ同じである。森林面積は 89.32 km²、森林面積率は 47.8% でベトナムの平均的な被覆率(41.9%、2019 年)に近い。同コミュニティの属するソンラ省はベトナム国内で最も貧困率の高い省のひとつである。現地住民の生計は主に農業生産と畜産であり、その年平均世帯収入は 2,800 万 VND(2019 年、約 14 万円)、貧困率は 14%である。2022 年 2 月 22 日にモンゾンコミュニティの住民 3 名(コミュニティ副主任 1 名、コミュニティ内の村長 2 名)を対象に聞き取り調査及び座談会を実施した。1 名ずつ順に聞き取りを行った(図 4-2-2-18)のち、3 名同席のもとで座談会を実施した。以下、事前情報を含めながら聞き取り結果を記述する。

モンゾンコミュニティの住民は、少数民族であるタイ属が約 81%を占めることに特徴がある。次いでモン族が 12%、ベトナムの主要民族であるキン族(京族)は約 6%と相対的に少ない。人口は年間 1%弱の成長率で増加しているが、これは全国平均値よりもやや低い水準である。他地域からモンゾンコミュニティへの移住者は一定数いるが、移住目的は小売業の展開が主で

あり、農業従事を目的とした移住者はほとんどいない。このことから、人口成長が過剰伐採に伴う森林減少に加担する可能性は低いと考えられる。コミューン内にはパインアップル加工工場の建設予定があるものの進展が見られず、現時点で農産物の加工業が存在しない。住民の収入源は農業が 3 割、畜産業が 2 割であり、林産業は 1 割程度とあまり盛んではないそうである。コミューンは山間地に位置するため土地面積 18,700 ヘクタールのうち農地は 7%程度と少ない。このように農業に適した平坦地が不足するため、住民は勾配 30 度を超える山地斜面を農地として利用せざるを得ない状況にあるが、表面侵食等の悪条件により生産性の低下は避けられない。なお焼き畑農業は政府により現在は禁止されている。

モンゾンコミューン内ではプロジェクト予算を用いた植林事業が実施されており、森林面積が増加しつつある。造林樹種は伐期約 30 年のマツがメインだが、そのほか製紙用パルプを目的としたアカシア、ユーカリといった早生樹種の植林も一部で行われている。こうした植林は村の予算では困難であり、プロジェクトに頼る状況が続いている。住宅を建設する際には、コミューンもしくは村に申請することで森林の伐採が許可される。伐採は主に人力(チェーンソー)で行われ、8~10 名の作業員によって集材を行う。伐出のための作業道は必要に応じて幅 3~3.5m の幅員で開設される。その他、集材機械としてバックホウ、トラクタ(スキッドとして)が用いられる。その他、コミューンの住民は調理や暖房を目的として山地から薪炭材を収集する。都市域ではガスへの転換が進むが、同コミューン内ではまだ薪炭材の利用が多い。モンゾンコミューンでは水源涵養を目的として約 30%の森林が保護林に指定されている。ベトナムでは 2008 年から、保護林の指定に際して環境サービス税を発電所や観光会社に課しており、その一部は関係するコミューンに配られ、道路補修や保護林を保全する住民へ充てられる。現在、住民からは環境サービス税の増額を希望する声が上がっている。

コミューンの住民は、近年の自然災害の激甚化を感じ取っており、とくに洪水、斜面崩壊、暴風、雹などを具体的に挙げている。さらには過度な森林伐採は山地災害を助長しうることや近年の気候変動による災害の激甚化を理解しているものの、生活維持のために山地斜面で農業利用を中止することは難しい。



図 4-2-2-18 モンゾンコミューン住民の聞き取り調査の様子. 左から副コミューン長、村長 1、村長 2

4.2.3 ベトナム北西部における山地災害把握のための現地計測

4.2.3.1 土砂流出量観測に関する現地事前調査

ベトナム北西部では山地斜面の侵食で流出した土砂が下流域へ負のインパクトを与えているとの指摘があることを念頭に、本課題では山地流域からの土砂流出を計測する。土砂流出計測の実施へ向けて今回の調査ではイエンバイ省ムーカンチャイ(Mu Cang Chai)に設置されている自然資源環境省(MONRE)のキムノイ(Kim Noi)気象水文観測所をその候補地として訪れた。キムノイ観測所の標高は約 970m、集水面積は約 199km²である(図 4-2-3-1)。調査の結果、キムノイ観測所では 1995 年以来現地に人員が張り付いて気象及びキム川(Num Kim)の水文(水位、流速、河川形)の観測が行われていること(図 4-2-3-2)、土砂流出の観測は行われていないことが分かった。今回の調査では現地を確認するに至らなかったが、VAFS が調べた他の 2 ヶ所の水文観測所(Ta Bu、Ta Gia)の流域面積はキムノイ観測所より大きいため流量も大きく、より厳しい条件である可能性が高い。ムーカンチャイは斜面崩壊の調査に適した地域であること、VAFS の意向も確認できたことから、キムノイ観測所は土砂流出観測を行う上での有力な候補地であることを確認した。

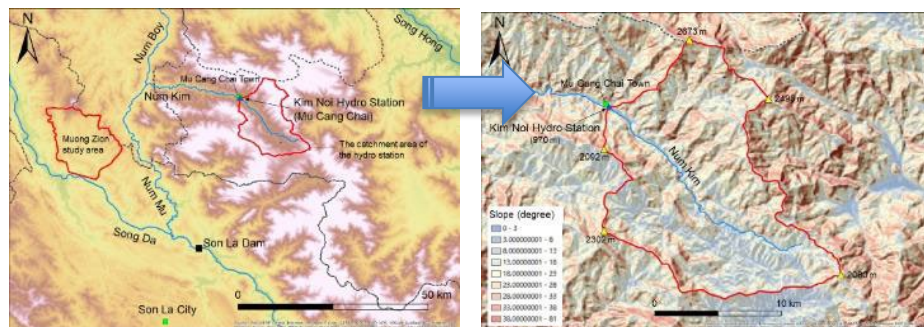


図 4-2-3-1 キムノイ気象水文観測所の位置(左)および観測流域(キム川)の地形(右)



図 4-2-3-2 キムノイ気象水文観測所の河川水文観測施設(左)および気象観測施設(右)

4.2.3.2 GNSS 測位方法に関する事前国内調査

(1) 目的

GNSS(Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)は、米国の GPS、日本の準天頂衛星(QZSS)、ロシアの GLONASS、欧州連合の Galileo 等の衛星測位システムの総称¹⁾であり、地上における位置を計測するものである。ベトナムでの現地調査では、調査地を測位するために GNSS 機器を使用することとしている。しかし、GNSS は衛星の数や衛星からの電波状況が測位精度を左右し、測位を行う場所の開空度がこの衛星数や電波状況を決する要因となる。そのため、目標とする測位精度を得るためには、測位箇所の開空度に応じた測位を行う必要がある。開空度とは、当該地点から見る天空において、地形や建物、樹木などに遮蔽されていない空の部分の割合のことで、この値が高いほど測位環境はよいといえる。GNSS 測位を行う場所の開空度が常に高いとは限らないため、開空度が低い場合には、測位時間を長くすることで測位精度を高くすることができる。

ベトナムにおける調査では多様な開空度の場所で測位することが想定されるため、現地での効率のよい測位を行うためには、開空度と求められる測位精度に応じて、どの程度の測位時間が必要になるのかを明らかにしておくことが必要である。そこで、本格的な現地調査に先立ち、開空度と測位時間に応じた測位精度を明らかにすることを目的として国内調査を行った。

(2) 調査方法

現地で採用することが想定される、PPK(Post-Processed Kinematic, 後処理キネマティック)方式を用いて測位を行った。本方式は測位の後にデータ補正を行うものであり、リアルタイムでは高精度な測位結果を得ることはできない。しかし、携帯電話などによるデータ通信が不要であるため、通信環境に依存せず高い精度での測位が可能である。日本国内では、後処理用のデータとして国土地理院が整備する電子基準点を利用することができるが、ベトナムではこのシステムを採用できないため、自前で基準点としてのアンテナ(Base)を設置し、測位したい点に別のアンテナ(Rover)を設置する。これらの測位を同時に行う必要があるため、2組の GNSS 機器を準備する必要がある。国内(森林総合研究所構内)にて開空度の異なる調査地(A~C)を設定し、各調査地にて1時間以上の測位を行った。通常は測位中に得たすべてのデータを使用して後処理補正を行うが、測位開始から任意の時間までのデータを使用することで、測位時間が短かったときの測位結果が得られる。よって、任意時間までのデータを用いた後処理をいくつか行うことで、測位時間と測位精度の関係を明らかにすることができる。また、各調査地におけるアンテナ位置の真値が得られないため、今回の測位で得たすべてのデータによる後処理補正の結果を真値として、測位精度を求めた。調査地 A はヒノキ林の林

縁部に設定した(図 4-2-3-3)。林縁は直線状の道路に面しており、道路の反対側はコナラ林となっているため、開空しているのはほぼ道路の直上のみである。ただし、調査は 12 月に行っており、コナラはすべて落葉している。調査地 B は機械走行用の築山の頂上に設定した(図 4-2-3-3)。地平線付近を立木などが遮蔽しているものの、その上の全球はすべて開けている。調査地 C はうっ閉度の高い樹林の林縁部に設定した。林縁からの枝が大きく張りだしているため、開空度は小さい。これらの基準点は調査地の近傍で開空度の高い場所に設置した。

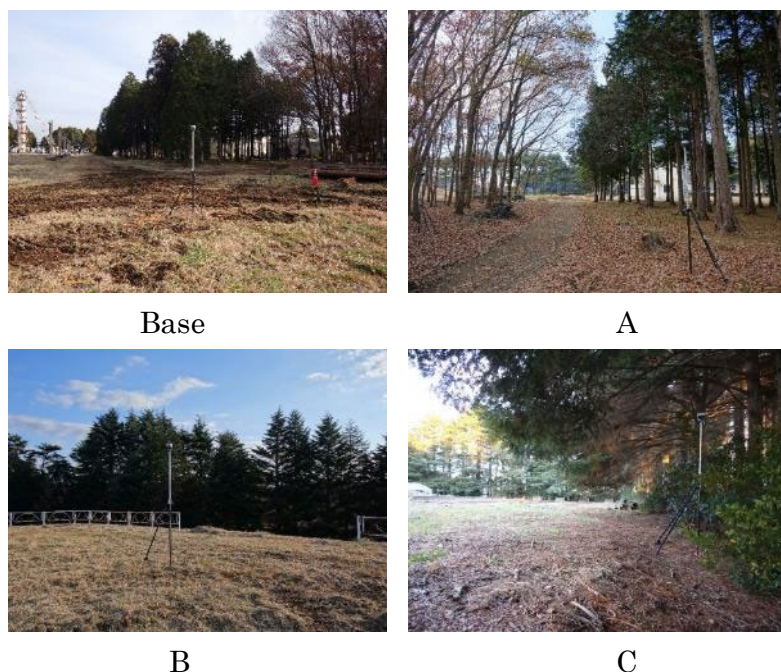


図 4-2-3-3 基準点(Base)と各調査地のアンテナ

(3) 結果

撮影した全天球写真を図 4-2-3-4 に示す。この画像から各調査地の開空度を求め、A: 27.5%、B: 64.2%、C: 8.5%の開空度となった。

図 4-2-3-5 に測位時間と水平距離誤差の関係を示す。開空度の高い B では 1 分間の測位であっても 60 分間の測位結果と変わらない値が得られており、ごく短時間で高精度の測位ができることが分かる。一方、開空度が低い A、C では 10~20 分以下の短い測位時間では水平距離誤差が 0.1m 以上と大きくなっている。縦軸を拡大した詳細をみると(図 4-2-3-5 右)、A、C とも最終的な水平距離誤差は 0.01~0.02m 程度まで小さくなっている。仮に、許容される水平距離誤差を 1cm とする測位を行うのであれば、開空度が大きい(60%程度の B に相当)現場であれば数分、開空度が中程度(30%程度の A に相当)の現場であれば最低 10 分以上必要であり、開空度が小さい(10%以下の C に相当)現場であれば、50~60 分以上の測

位が必要になるといえる(表 4-2-3-1)。

図 4-2-3-6 に測位時間と垂直距離誤差の関係を示す。一般に垂直距離は水平距離よりも誤差が大きくなるとされ、今回の測位でも水平距離よりも大きな誤差となった。得られた傾向としては水平距離誤差と同様で、B では 10 分以上の測位で 0.01m 程度の誤差になった。一方、A では 10 分以上の測位で垂直距離誤差が 0.05m 程度に、さらに 50 分以上の計測になると誤差が 0.01m 程度となった。また、C では 30 分以上の測位で誤差が 0.1m 以下、50 分程度の計測で 0.03m 程度となった。仮に許容される垂直距離誤差を 3cm とすると、開空度が大なら数分、中および小なら 50～60 分以上必要になるといえる(表 4-2-3-1)。

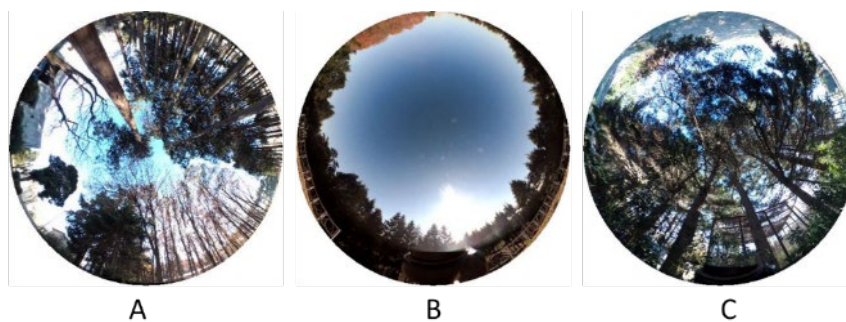


図 4-2-3-4 調査地における全天球写真

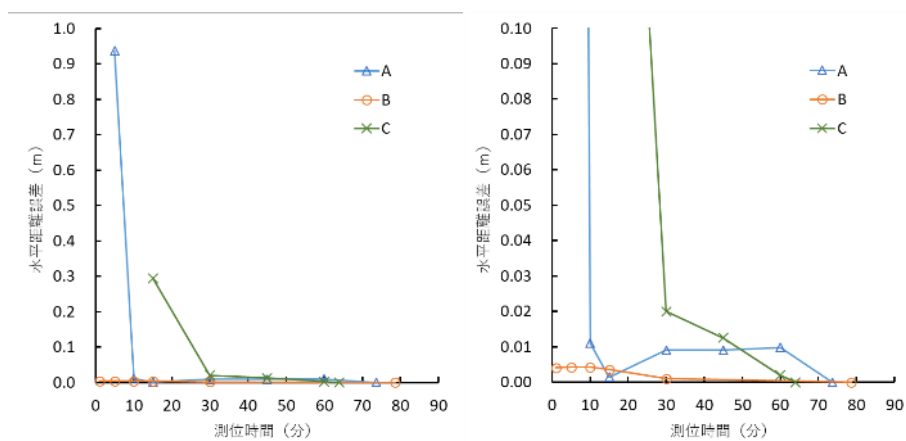


図 4-2-3-5 測位時間と水平距離誤差の関係(左)および、その縦軸拡大版(右)

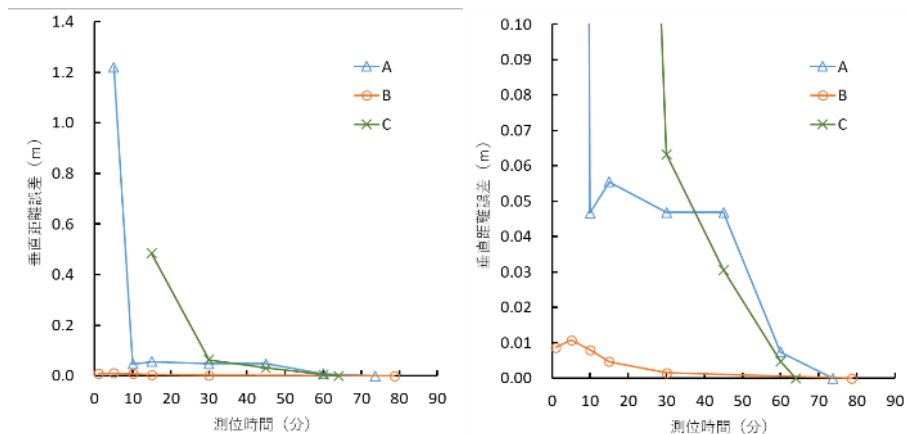


図 4-2-3-6 測位時間と垂直距離誤差の関係(左)および、その縦軸拡大版

表 4-2-3-1 各測位精度を得るために必要な最低測位時間

測位精度		開空度		
		大	中	小
		60%程度	30%程度	10%以下
水平距離	10cm	数分	10 分	30 分
	5cm	数分	10 分	30 分
	1cm	数分	10 分	50～60 分
垂直距離	10cm	数分	10 分	30 分
	5cm	数分	50～60 分	50～60 分

(4) まとめ

想定している PPK 方式によって、森林内などの開空度が低い場所でも、水平精度 1cm、垂直精度 3cm といった高い精度で測位できることが明らかとなった。このような精度を得るためには、開空度に応じた測位時間が必要となり、開空度が 10%未満となるような GNSS 測位に不向きな場所であっても、60 分程度の測位をすることで高い精度を得ることができる。一方、基準点(Base)の設置場所についての検討は行っていないが、高精度測位のためには、基準点の測位環境も重要となる。しかし、基準点は各測位箇所を設置する Rover から数百m程度以下の範囲であれば任意の場所に設置することができるため、この範囲で開空度の高い場所を選んで設置することが重要である。

4.2.4 まとめおよび今後の検討事項

日本の治山技術を開発途上国のベトナム社会主義共和国へ効果的に適用する手法を開発するため、カウンターパートであるベトナム森林科学アカデミー(VAFS)とともに、ベトナム北西部の中山間地域で現地調査を行った。

調査対象地域は、山地地形が卓越するベトナム北西部のイエンバイ省(Yen Bai Province)およびソンラ省(Son La Province)である。当域では、2010年以降の降雨によって斜面崩壊などの山地災害が多数発生した経緯を有している。調査対象項目は、斜面崩壊、土地利用、道路及び治山施設、および住民意識等の社会経済状況である。なおソンラ省内にはVAFSとの共同調査地であるモンゾンコミューン(Muong Gion Commune)が立地する。

道路沿いで実施された3カ所の斜面崩壊について以下の共通点が認められた。1)崩壊深は浅く(深度1~2m)表層崩壊の形態をとる。2)斜面の表土層が薄い。3)(不明瞭ながらも)集水地形を呈する。4)周辺の土地は主に灌木や竹林、農地であり、成熟した森林は認められなかった。3カ所の斜面崩壊地はいずれも森林による防災・減災機能(F・DRR)が発揮されない環境下にあったと言える。また調査区域では異なる基盤岩(流紋岩、堆積岩、石灰岩)が分布したが、このうち高透水性で堅牢性のある石灰岩地帯では斜面崩壊がほとんど認められなかった。このことから地質特性が斜面崩壊リスクに強い影響を与えることが示された。今後の検討事項として、今回は道路沿いの斜面崩壊のみに注目したため、尾根部や谷頭斜面を発生域とする斜面崩壊やいわゆる深層崩壊と呼ばれる大規模な斜面崩壊は対象外となった。今後はこうした発生場や形態の異なる斜面崩壊にも着目する必要がある。

山間地を通る道路では、山側に急勾配の切土法面が観察された。法面の多くは無対策(切りっぱなし)のため風化した岩盤が露出していた。法面では表面侵食が卓越するものの、表層崩壊の発生数は限定的であり、この結果が地域の防災意識の低下につながりうることが推察された。今後は斜面崩壊が限定される要因を明らかにすべく、法面の風化過程と土質力学特性との関係の検討が必要である。なおほぼ全ての道路沿いにコンクリート製、石張製、素掘りによる排水溝が作設されていた。

道路沿いで最も普及している治山施設は侵食防止と土留機能を目的としたふとんかご(角型蛇かご)であり、国家レベルでの設計基準が制定されていた。その他の道路沿いの治山施設として、吹付工、石張工、空石積堰堤が確認されたがいずれも普及度は低かった。斜面崩壊リスクの低下や森林回復の観点からは、日本の治山技術のうち地下水位を低下させる地表水排除工や荒廃地の植生生育環境を整える緑化基礎工(柵工、筋工、伏工)は現地で高いニーズが得られると推察された。

中山間地域で貧困率の高い地域にあたるソンラ省モンゾンコミューンにおいて住民3名へ

聞き取り調査を行い、現地の社会経済状況や防災意識について情報を得た。住民の収入源は、農業、畜産業、林産業などの第一次産業が主であるが、農業に適した平坦地が不足するため、勾配 30 度を超える山地斜面を農地として利用せざるを得ない状況にあった。住民は近年、洪水、斜面崩壊などの災害の激甚化を感じ取っており、過度な森林伐採や気候変動がこうした災害リスクを増加させることを理解していた。その一方で生活維持のために山地斜面での農業利用を抑制できないジレンマも抱えており、難しい局面に置かれていた。

以上の実態調査に加え、現地計測・観測の事前準備として、山地斜面からの侵食による土砂生産量把握のために河川流量観測が可能な地点の探索を行い、イエンバイ省ムーカンチャイ(Mu Cang Chai)のキムノイ(Kim Noi)気象水文観測所を候補地として選定した。また、多様な開空度環境下に存在する崩壊地、道路、住居等の位置情報を効率的に測位するため、所有する GNSS 機器の測位精度を事前に日本国内において調査した。開空度の異なる 3 地点における計測結果の比較によれば、森林のような開空度が低い場所でも、60 分程度の計測時間を要すれば、水平精度 1cm、垂直精度 3cm といった高精度の測位が可能となることが明らかとなり、ベトナム現地での測位に関する技術的な目処が立った。

4.3 リモートセンシング技術を活用したリスクマップ作成

4.3.1 リスクマップに対するニーズと課題

気候変動により台風の巨大化や豪雨頻度・強度の増加、それにともない山地地形の国々では土砂災害の多発が懸念される。開発途上国においては限られたリソースで災害対策を立てる必要があることから、災害の発生の可能性と人間の営みを勘案した危険度を評価しておくことが必要である。しかし、開発途上国では危険度評価を行うために必要となる空間情報が未整備のため危険度評価が困難である。また、地上での情報収集には限界がある。このため、人口分布や生態系の防災・減災機能を既存の衛星画像といったリモートセンシングデータからどのように抽出するかが課題であり、AI 等最新技術を活用し信頼性の高い危険度把握の技術の開発が必要である。

本課題では、対象地域においてリモートセンシング技術および現地調査によって収集された既往の崩壊履歴および地形、地質、森林被覆、降水量等の各種情報を GIS 上で重ね合わせ、解析処理することにより、対象地域における森林管理に資する斜面崩壊リスクマップを作成することを目的とする。

本年度は、昨年度に引き続き、ベトナム国におけるリモートセンシングデータ、地形(DEM)、

地質情報、および斜面崩壊、林地荒廃に関する現地情報を入手し、GIS 上で重ね合わせられるように取得データの整理を行うとともに、Google Earth Engine を用いて、広域でデータ取得される衛星画像を時系列解析し、機械学習モデルにより森林撈乱と土地利用変化を推定する手法を開発した。

4.3.2 調査対象地および調査（解析）方法

本年度は、北緯 20 度以北のベトナムの国土(図 4-3-2-1; Landsat の画像での面積は 1,221 万 1,371ha)を対象とし、Google Earth Engine を用いて、広域でデータ取得される衛星画像を時系列解析し、機械学習モデルにより森林撈乱と土地利用変化を推定する手法を開発した。調査(解析)方法の流れは、ワークフローの通り(図 4-3-2-2)である。衛星画像を時系列解析し、機械学習モデルを利用して土地利用と森林撈乱を推定することで、土地利用の変遷と関係する森林撈乱をマップした。解析には、過去 30 年以上のデータが利用できる Landsat 衛星画像(解像度 30m)を用いた。1987-2021 年の間に取得された Landsat 画像を各年で中央値コンポジットし、植生指数値(NBR, TCB, TCG, TCW, TCA)を計算した。このうち、植生の変化の抽出に適する指数である NBR の値に対して、時系列解析アルゴリズムである LandTrendr(Kennedy et al. 2010)を適用して各ピクセル位置での変化候補年を抽出し、その変化候補年で時系列的な区間に分割した。分割した区間それぞれについて、5 つの植生数値を用いて機械学習モデルの Random Forest (RF) で、土地利用クラスおよび撈乱あり/なしを分類した。ここで、モデル作成に教師データが必要なので、1,400 地点を層化無作為サンプリングにより抽出し、目視判読で土地利用クラスと撈乱あり/なしをラベルづけして教師データとした。作成した RF モデルで分類・マップ後、大きさ 5 ピクセル以下の森林撈乱を誤抽出として撈乱なしに修正し、不合理な土地利用変化のパターンを修正した。精度評価には、層化無作為抽出で取得し目視判読した 385 地点のサンプルを利用した。土地利用と森林撈乱の推定結果について、精度指標を比推定量で不偏推定した。

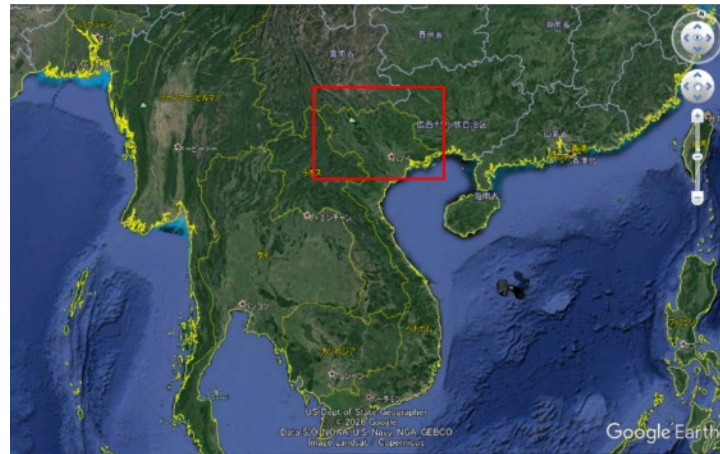


図 4-3-2-1 解析対象地域

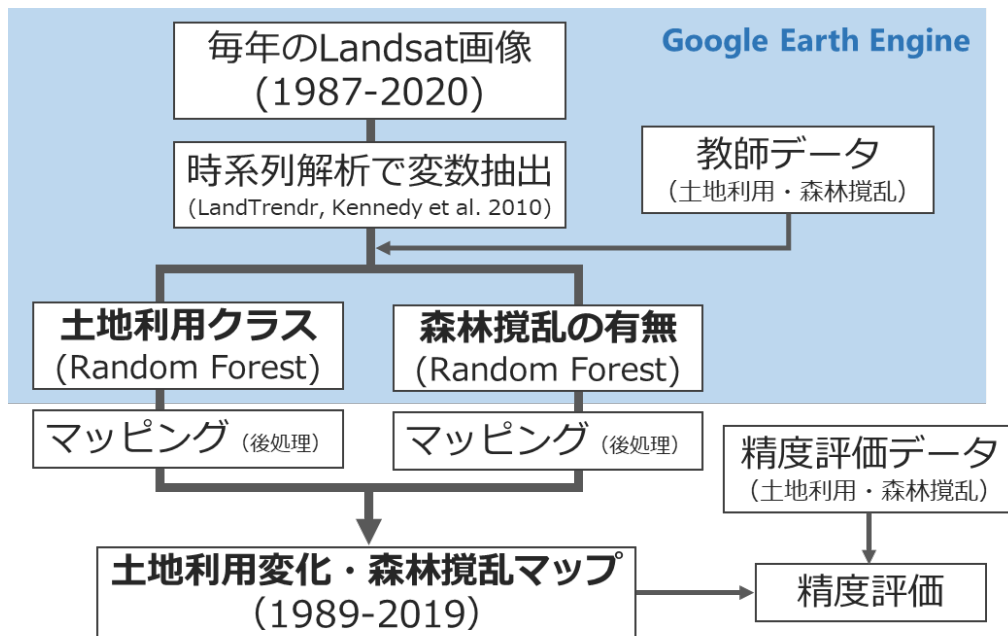


図 4-3-2-2 解析の流れ

4.3.3 調査（解析）結果：ベトナム北部での解析結果

ベトナム北部での解析の結果、対象地面積のうち 11.3%が 1989-2019 年までの間に森林撓乱を受けたと推定された。2019 年時点での土地利用は森林が最も多く、農耕地、草地・低木がついで多かった(図 4-3-3-1)。森林撓乱の推定精度は、撓乱ありクラスで Producer's accuracy (PA)が 62.1% (95%信頼区間: $\pm 13.5\%$)、User's accuracy (UA) が 80.7% ($\pm 15.7\%$) だった(表 4-3-3-1)。土地利用の分類精度では、PA は森林クラスで最も高く、非植

生地クラスで低かった。UA は概ねどのクラスでも高く、62.8%-95.9%だった(表 4-3-3-2)。期初から期末(1989 年から 2019 年)までの土地利用クラスの変遷と森林撈乱の面積推移を集計すると、森林撈乱後には、土地利用クラスが変化せずに森林に戻る割合が一番大きかった(図 4-3-3-2)。森林撈乱後に土地利用が変化する場合では、草地/低木への変化が最も大きな割合を占め、市街地・農耕地がついで多かった。森林以外の土地利用クラスから森林クラスへ変化した面積は、森林からその他の土地利用クラスへと変化した面積とほぼ同じであり、期初と期末で森林面積に大きな変化はないと推定された。

表 4-3-3-1 森林撈乱推定の精度評価. PA: producer's accuracy, UA: user's accuracy, OA: overall accuracy, (カッコ内は 95%信頼区間)

クラス	面積割合	PA	UA	OA
撈乱なし	88.7% (±3.0%)	98.4% (±1.3%)	94.1% (±3.0%)	93.2% (±3.0%)
撈乱あり	11.3% (±3.0%)	62.1% (±13.5%)	80.7% (±15.7%)	

表 4-3-3-2 森林撈乱推定の精度評価. PA: producer's accuracy, UA: user's accuracy, OA: overall accuracy, (カッコ内は 95%信頼区間)

クラス	面積割合	PA	UA	OA
農耕地	16.9% (±3.4%)	60.0% (±11.0%)	72.9% (±13.7%)	74.6% (±5.0%)
非植生	1.1% (±1.1%)	3.3% (±6.2%)	91.2% (±14.0%)	
森林	56.4% (±4.5%)	98.4% (±1.9%)	74.4% (±5.9%)	
草地/低木	15.9% (±4.2%)	20.2% (±10.0%)	62.8% (±22.6%)	
市街地	6.9% (±2.6%)	50.0% (±20.0%)	87.0% (±10.9%)	
水域	2.8% (±1.1%)	85.7% (±24.5%)	95.9% (±8.1%)	

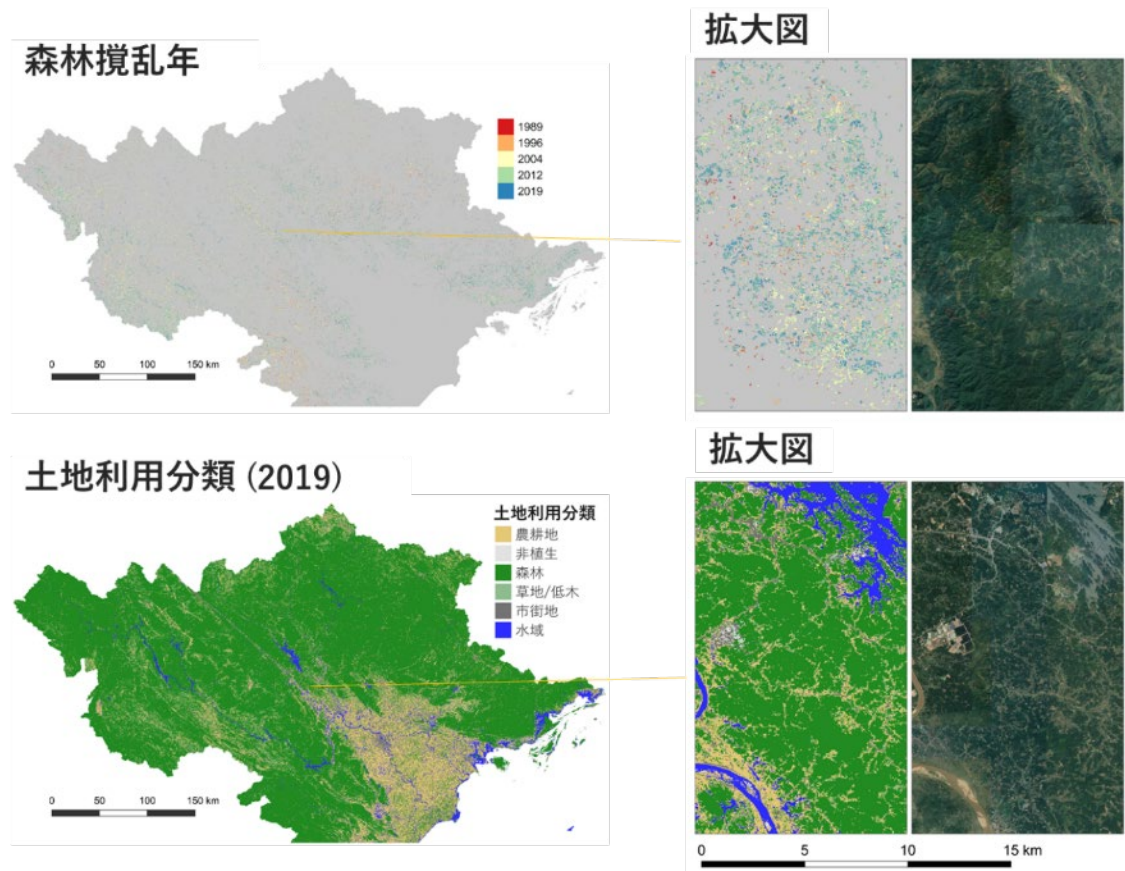


図 4-3-3-1 1989-2019 年の森林攪乱推定(上)と土地利用分類図(下)

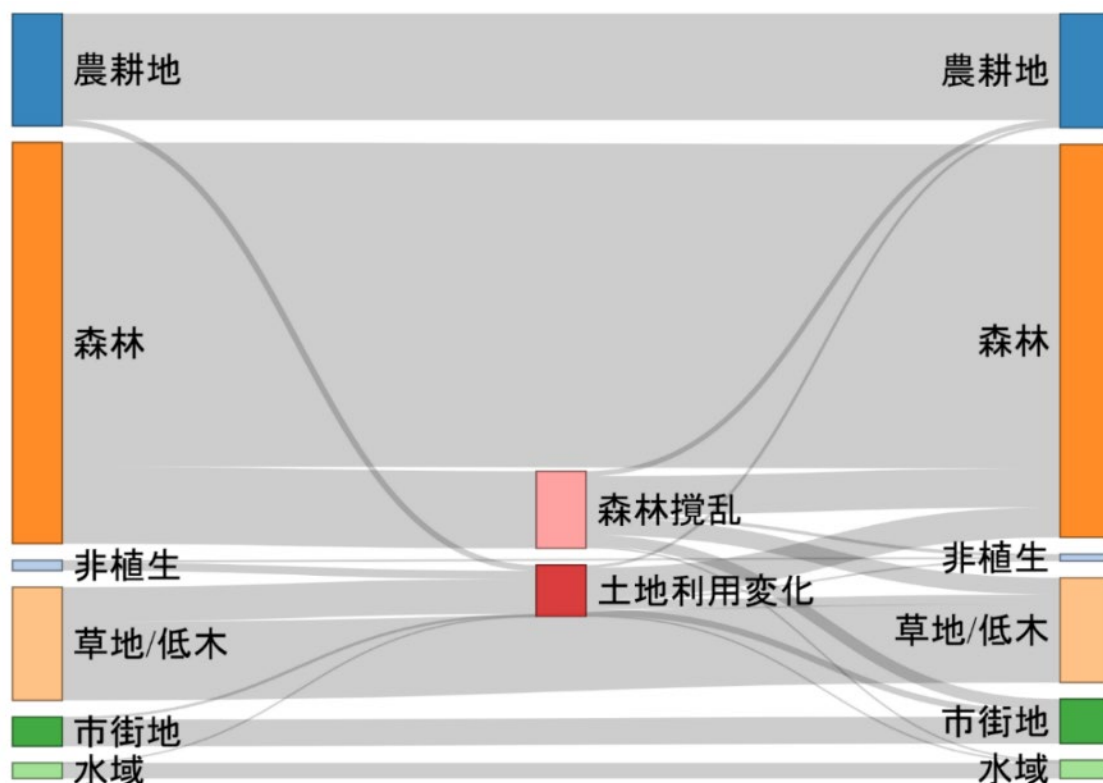


図 4-3-3-2 期初から期末への土地利用クラスと森林攪乱の面積推移

4.3.4 残された課題

土地利用分類の精度評価の結果、分類クラスの PA/UA とともに低いクラスが見られた。また、森林攪乱推定においても PA が既存の研究と比較すると低くなった。学習モデル作成時の有効な変数の導入や教師データの追加を検討することで、これらの分類精度を向上させることができる可能性がある。また、今回の精度評価において、評価指標の信頼区間幅が大きいことから、利用した精度評価サンプルのサンプルサイズは、両者のマップの精度を評価するには小さいと考えられる。精度評価時のサンプルサイズを増加させることで、より信頼性の高い精度評価を行うことができると考えられる。今回の解析では、森林のクラスを細区分していないため、常緑林・落葉林などの違いはマップできていない。そのため、得られたマップを利用し、樹種をさらに分類することも考えられる。

4.3.5 リスクマップの作成にむけた検討事項

本年度までに、崩壊地および土地利用の変遷を自動抽出する手法の開発をおこなった。また、崩壊の要因となる地形、地質、道路、崩壊発生時の降水量データといった GIS 情報の収

集、整備を行った。これらの情報を基に、災害を低減する森林管理(ゾーニング)技術の開発に資するリスクマップの作成(対象地域あるいは斜面のリスク評価)を行うこととなる。

リスク評価に際しては、影響すると判断された要因がどの程度、重要であるか検討しておく必要がある。本年度は、2017 年-2018 年に斜面崩壊が多発していた YenBai 省北西部を対象に(図 4-3-5-1)、衛星画像より目視判読した崩壊地(図 4-3-5-2; 目的変数)に対し、衛星画像より目視判読した土地利用区分、道路の影響、カウンターパートより提供いただいた DEM (12.5m 解像度)より得られた標高データ、および DEM から算出した傾斜、方位、さらに 1/20 万地質図より得られた地質情報を崩壊要因(説明変数)として、機械学習(決定木、ランダムフォレスト)により重要度を算出した(図 4-3-5-3)。決定木やランダムフォレストといった機械学習では使用するデータセットの項目や解析の際の設定項目により結果が変わってくる。このため、結果の取り扱いには注意が必要であり、これらを基にしてリスク評価を行う際には、このことに留意するとともに、評価結果(作成されたリスクマップ)を実際に利用する前に現地において、検証を行う必要がある。一方で、それぞれの結果において、ある程度の傾向が認められる場合には、概ね信頼性が認められるものとする。今回の結果においては標高や傾斜といった地形要因が崩壊要因として上位にくる一方で、若齢林といった土地利用によって生じた若齢林の斜面も崩壊において重要な要因であることが示唆され、土地利用(森林管理)を考慮したリスク評価の必要性が示唆された(図 4-3-5-4)。

なお、リスク評価を行っても現地のニーズに即さない可能性もある。これを回避するためには、現地の災害に対する意識の把握、現地の社会、経済条件とのバランスを考慮し、最良のものを提示する必要があると考える。これについては現地調査を行っている研究者、およびカウンターパートとの意見交換等を通して、実施していくことが必要である。

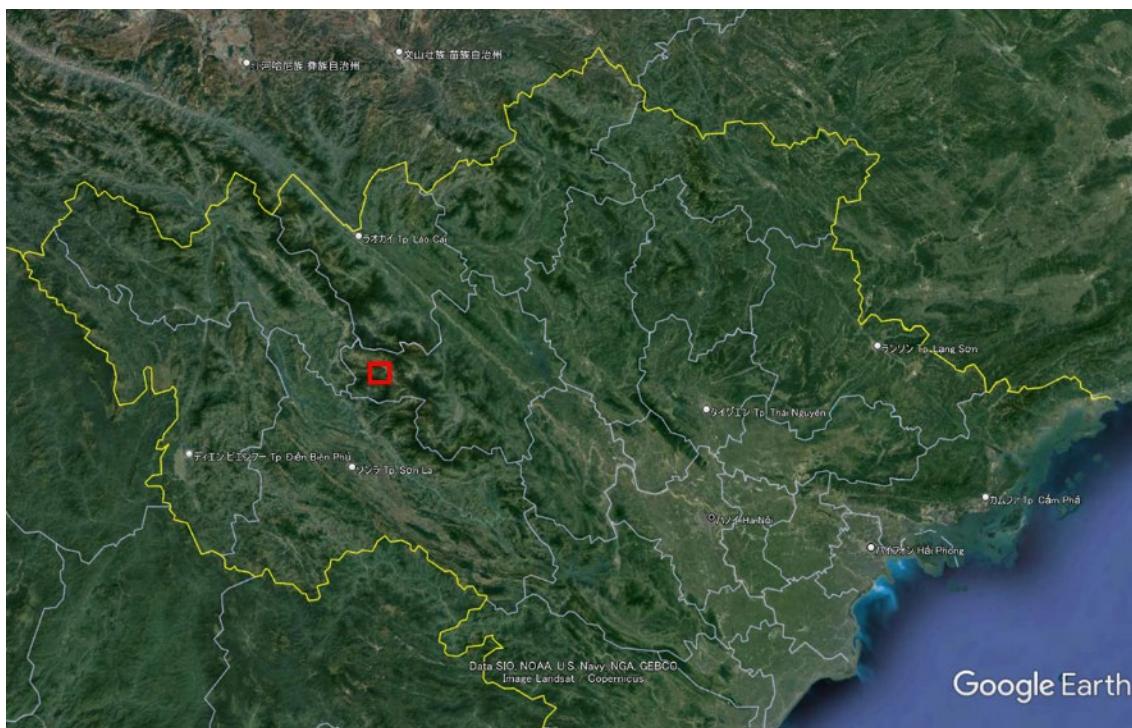


図 4-3-5-1 解析範囲の位置

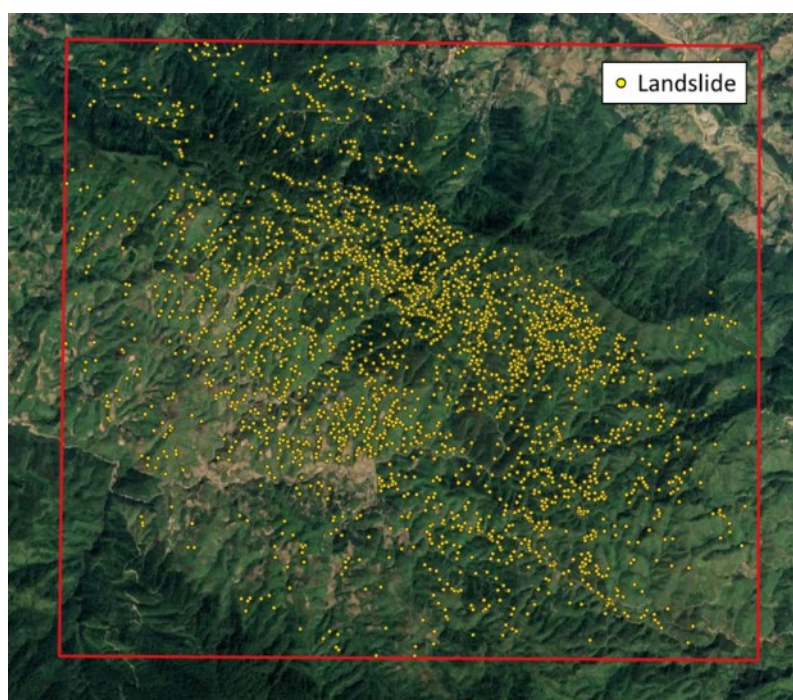


図 4-3-5-2 解析範囲および範囲内で発生した崩壊。崩壊地は GoogleMap より目視判読した。

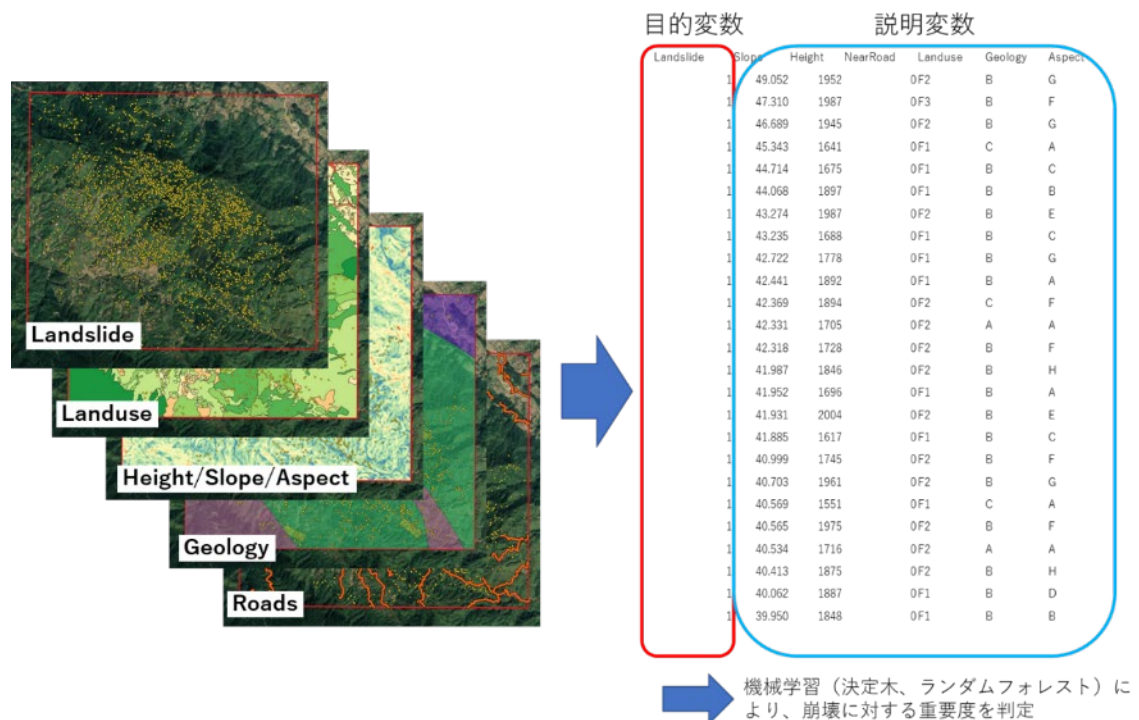


図 4-3-5-3 判読した崩壊箇所および利用した要因項目（左図）。解析範囲に 10m メッシュを作成し、メッシュごとに崩壊地の有無（目的変数）および各要因項目（説明変数：土地利用、標高、傾斜、方位、地質、道路）を集計し、データセットを作成し、解析に使用した（右表）。

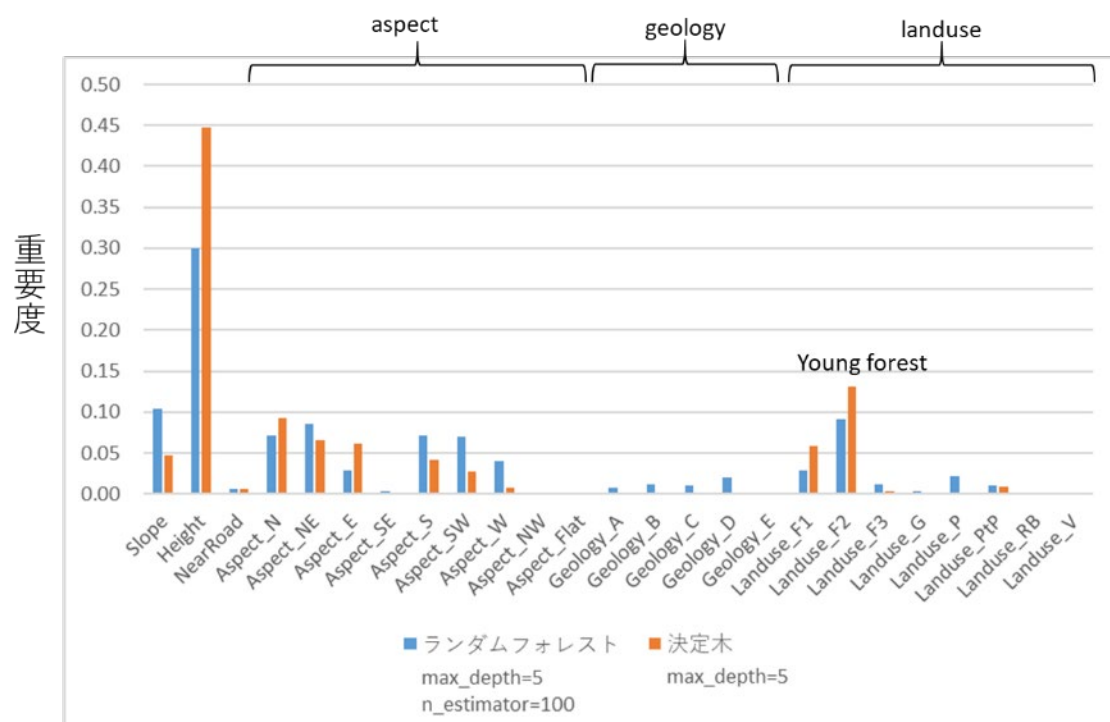


図 4-3-5-4 崩壊に対する各要因(変数)の重要度。Landuse(土地利用)は GoogleMap を目視判読し、F1: 森林(壮齢林)、F2: 森林(若齢林)、F3: 灌木、G: 草地、畑、P: 水田(棚田)、PtP: 棚田に植林、RB: 河床、V: 村落に区分したものを使用した。今回の解析では、F2: 森林(若齢林: 赤枿)の斜面が決定木では 2 番目、ランダムフォレストでは 3 番目に崩壊の発生要因として重要となった。

4. 4 海面上昇による高潮被害に対するマングローブ林の沿岸域防災・減災機能の評価

4. 4. 1 近年の気候変動下におけるマングローブ林を取り巻く状況と課題

マングローブは熱帯や亜熱帯地域の沿岸部汽水域に生育する森林生態系で、海域と陸域の間に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、防風や防潮、波浪に対する侵食防止などの沿岸部における防災・減災機能の発揮に関心が集まっている。

IPCC が先般公表した第 6 次評価報告書 AR6 では、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 3.6 mm/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。こうした世界の海面上昇の状況を背景として、熱帯・亜熱帯地域の沿岸部に分布するマングローブ林には、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林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 (図 4-4-1-1)。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、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)。

一方で、マングローブ生育適地の特殊性から、胎生種子の定着や植栽した実生の活着が阻害され、植林後の生育が良好でなかった事例も報告されている (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2011a, b)。これは、どのようなエリアにどのような樹種を植栽して回復させるのがよいのかというマングローブの「適地適木」に関する知見が不足していることに起因している。こうした背景から、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、沿岸生態系における気候変動の緩和・適応策の鍵となるマングローブ林の機能の評価とともに、これまでのマングローブ林の修復植林活動実績を整理し、マングローブ林の保全や修復に関する技術的指針の提示が急務となっている。



図 4-4-1-1 波浪による侵食が進む海岸林(上:モクマオウ林, 下:メヒルギ林)。スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)内紅河河口域(2022 年 2 月 21 日撮影)

4.4.2 ベトナム社会主義共和国におけるマングローブ林の分布と現況

マングローブ林は、塩性湿地や海草藻場とともに、熱帯～亜熱帯域の沿岸生態系を構成する主要な生態系である。東南アジアにおけるマングローブ林は、世界のマングローブ林面積の約 28%を占めている(Veettil et al. 2019)。

本課題において研究対象地域としているベトナム社会主義共和国(以下、「ベトナム」という。)には、2015 年現在、27 万 ha のマングローブ林が分布するとされる(FAO 2015)。面積ではインドネシアやマレーシア、インドなどには及ばないレベルであるが、ベトナムのマングローブ林は総延長 3,260km の海岸線の相当部分を占有し、生態学的にも、経済的にも、また環境保全・減災の観点からも重要な役割を持つ生態系として認識されている。また、ベトナムはインドシナ戦争、ベトナム戦争を経て 1940 年代には大きくマングローブの分布面積を減少させたが、その後の政府主導の積極的なマングローブ修復植林・保全活動により、現状のレベルまでマングローブ林の分布面積は回復している。

ベトナムにおけるマングローブ林の内訳は、保全林(Protection forests) 73%、生産林(Production forests) 19%、特別利用林(Special use forests) 7%となっている(Linh, 2020, 図 4-4-2-1)。なお、森林保護及び開発法によると、上記の森林は以下のとおり、定義されている(JICA 2003 ベトナム社会主義共和国森林整備計画プロジェクト形成調査報告書 11746849)：

- ・保全林：「保全林とは水源、土地、土壌侵食、自然災害を防ぎ、気候の安定や自然の生態を保全するのに役立たせるために利用される」(第 26 条)
- ・生産林：「生産林とは、木材や他の林産物を生産するもので、あわせて生態圏の保全を達成するために利用される」(第 36 条)
- ・特別利用林：「特別利用林とは、主に自然、国立公園の生態圏、動植物の遺伝子資源を保護し、化学の研究に共用され、歴史的・文化的遺産、景観、そして観光やレクリエーションとしても利用される」(第 31 条)。

また、ベトナムにおけるマングローブの分布割合については、北東部(Northeast)において 13%で主に沿岸保全林、紅河デルタ地域(Red River Delta:RRD)においては 6%で保全林と特別利用林(Xuan Thuy National Park を含む)、中央沿岸北部(North Central Coast:NCC)と中央沿岸南部(South Central Coast:SCC)においては 1.5%で沿岸保全林、メコン河デルタ地域(Mekong River Delta:MRD)においては 78%で保全林、生産林および特別利用林(Ca Mau National Park, Can Gio Biosphere Reserve を含む)の全てが分布している(Linh, 2020, 図 4-4-2-2)。以上のデータからも分かるように、ベトナムにおける大半のマングローブは、北部は紅河デルタ、南部はメコン川デルタに分布している(Veettil et al.

2019) 一方で、海に接する 28 省 (Province) 全てでマングローブの分布が認められている。

マングローブの種分布については、北部地域で 16 種、中部地域で 23 種、南部地域で 33 種となっており (Linh, 2020, 表 4-4-2-1)、より温暖な気候である南部地域において分布種数が増え、分布面積も増える傾向となっている。北部・中部地域では、メヒルギ (*Kandelia obovata*)、ヤエヤマヒルギ (*Rhizophora stylosa*)、ヒルギダマシ (*Avicennia marina*)、ナンヨウマヤブシキ (*Sonneratia caseolaris*)、ツノヤブコウジ (*Aegiceras corniculatum*)、オヒルギ (*Bruguiera gymnorhiza*) などが、南部ではフタバナヒルギ (*Rhizophora apiculata*)、オバナオヒルギ (*Bruguiera sexangula*)、コヒルギ属の仲間 (*Ceriops decandra*)、ヒルギモドキ (*Lumnitzera racemosa*)、マルバヒルギダマシ (*Avicennia officinalis*)、シマシラキ (*Excoecaria agallocha*) などが主要構成種である (Linh, 2020, 表 4-4-2-1)。

気候変動が深刻化する近年、ベトナム沿岸部において発生の増加が懸念される自然災害として、以下の 4 つが挙げられる：

1. 台風に伴う洪水 (Flooding caused by typhoons)
2. 波浪による海岸侵食や河川堤防の破壊 (Erosion of coastline/river bank by sea wave)
3. 乾燥害 (Drought)
4. 塩害 (Salinization)

1. の台風による洪水は、北部中央沿岸部、南部中央沿岸部、ホーチミン市を初めとする沿岸都市部で深刻な状況となっている。2. の海岸や防潮堤の侵食については沿岸部全 28 省 (Province) で顕在化しているが、メコン河デルタ地域が最も深刻である。3. の乾燥害は主に南部中央沿岸部、4. の塩害は主にメコン河デルタ地域で問題となっている。

ベトナム沿岸部や流域、河川河口部における侵食被害に関する近年の発生状況について、ベトナム防災総局 (Vietnam Disaster Management Authority 2022) のデータを参照してみたい (図 4-4-2-2)。2012 年～2019 年における年ごとの海岸堤防や河川堤防の侵食被害状況 (被害区間の総延長距離) は、1,200～292,000 m の範囲にあった。統計情報初年の 2012 年、および 2013 年の極端に少ない、または多い被災総延長距離の理由は現在調査中である。2013 年以前を除いた 2014 年～2017 年までは侵食被害の状況は上昇傾向にあったものの、マングローブ林の修復・保全活動の高まりによりそれ以降徐々に被害総延長は減少に転じ、侵食に起因する被害総額も徐々に減少傾向にあることがうかがえる。

- 保全林 (Protection forests)
 - • • 73%
- 生産林 (Production forests)
 - • • 19%
- 特別利用林 (Special use forests)
 - • • 7%

*NP: Natinal Park,
**BSR: Biosphere Reserve

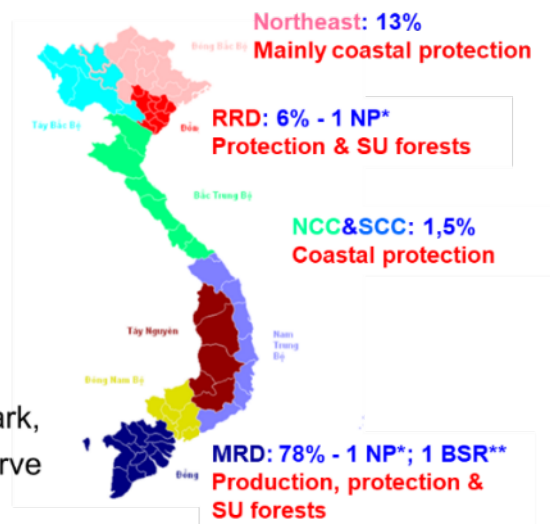


図 4-4-2-1 ベトナムにおけるマングローブの分布割合 (Linh, 2020)

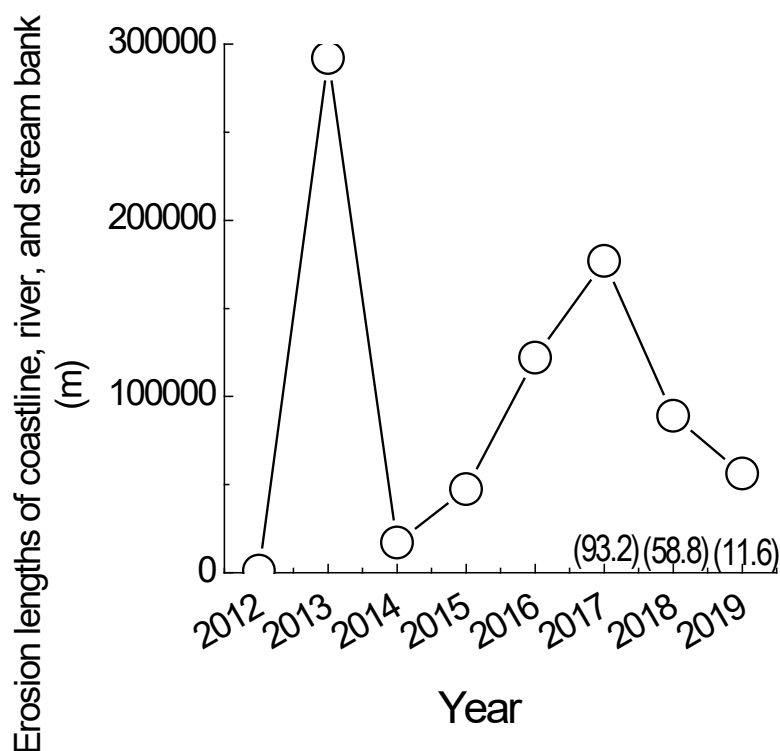


図 4-4-2-2 ベトナムにおける近年の海岸堤防、河川堤防の被災状況(—○—). 2017 年～2019 年の括弧内の数字は関連災害被災総額(10 億 VND)を示している (Vietnam Disaster Management Authority, 2022)

表 4-4-2-1 ベトナムにおけるマングローブ分布種 (Linh, 2020)

North 16 species	Central 23 species	South 33 species
<i>Kandelia obovata</i> (Trang)	<i>Kandelia obovata</i> (Trang)	<i>Rhizophora apiculata</i> (Duoc)
<i>Rhizophora stylosa</i> (Duoc voi)	<i>Avicennia marina</i> (Mam bien)	<i>Bruguiera sexangula</i> (Vet khang)
<i>Avicennia marina</i> (Mam bien)	<i>Sonneratia caseolaris</i> (Ban chua)	<i>Ceriops decandra</i> (Da quanh)
<i>Sonneratia caseolaris</i> (Ban chua)	<i>Rhizophora stylosa</i> (Duoc voi)	<i>Lumnitzera racemosa</i> (Coc vang)
<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (Vet du)	<i>Aegiceras corniculatum</i> (Su)	<i>Avicennia officinalis</i> (Mam den)
		<i>Excoecaria agallocha</i> (Gia)

4. 4. 3 ベトナムにおけるマングローブの保全指針と具体的な沿岸部の防災対策

ベトナムにおいては、2007 年に「国家森林戦略 2006-2020」において森林資源としての森林の開発方針を示すとともに、2014 年には「グリーン成長のための国家行動計画 2014-2020」においてグリーン成長に向けた各行政機関が実施する政策方針を定めた (REDD プラス・海外森林防災研究開発センター 2021)。沿岸部のマングローブ関係の内容としては、Decree 119/2016/ND-CP や Decree 156/2018/ND-CP、Decision 120/QD-TTg などの法令・法律によりマングローブ保全、植林の目標が定められている。すなわち、裸地等での造林や沿岸部へのマングローブ植林を行うことで、2020 年までに森林率を 45%まで上昇させる目標を掲げ、国家予算を確保して取り組まれている。上記目標の下、マングローブの分布地域において、森林環境サービスに (Payments for Forest environmental services: PFES) を推進する動きもある (現在、Ca Mau 省にて試験的に実施中)。気候変動緩和と適応のための海岸林再生事業への投資も進んでいる。また、ベトナム政府は、国家が決定する貢献 (Nationality Determined Contribution: NDC) において、マングローブ林の保全と修復が気候変動緩和や適応のための重要な施策であると認識し、そのための海岸林再生事業への投資も進めている状況にある。

4. 4. 4 マングローブ林保全・修復後の現地状況概要：ベトナム北部地域の沿岸マングローブ林（特別利用林）（スワントゥイ国立公園）

4. 4. 4. 1 スワントゥイ国立公園の概況

本事業では、ベトナム北部にあるスワントゥイ国立公園 (Xuan Thuy National Park: 以下、

「XTNP」と言う。)を、ベトナム沿岸域のマングローブ林の防災・減災に関する機能評価の調査対象としている。XTNP は、ベトナム北部の Nam Dinh Province の Tonkin 湾内紅河河口部(北緯 20° 13' 37.6"、東経 106° 31' 42.0")に位置する。ここは、ベトナム初のラムサール条約登録湿地でもある(Ramsar Sites Information Service 2021)。XTNP には 15,000 ha もの面積のマングローブ群落が分布しており、植栽されたマングローブと自然定着したマングローブが混在している(Tinh and Tuan 2015)。

構成樹種は、自生種としてメヒルギ(*Kandelia obovata*)、オヒルギ(*Bruguiera gymnorhiza*)、ヤエヤマヒルギ(*Rhizophora stylosa*)、ツノヤブコウジ(*Aegiceras corniculatum*)、ヒルギダマシ(*Avicennia marina*)、ナンヨウマヤブシキ(*Sonneratia caseolaris*)が植栽され、マレーシアからの輸入種として *Sonneratia apetala* がある(図 4-4-4-1)。当該地の年平均気温は 23.4~24.5℃の範囲で、最寒期(12~1 月)の月平均気温は 16.0~17.1℃、最暖期(7 月)には月平均気温が 29.4℃を超える。平均年降水量は 1,750~1,800 mm year⁻¹の範囲で、雨季(5~10 月)と乾季(11~4 月)が明瞭であるとされる(Nam Dinh Province Statistics Office 2016)。一日の干満潮における潮位差は、最大時には 3.54 m 程度、最小時には 0.37 m を示すとされる(Centre for Oceanography 2016)。

本事業では、植栽年、植栽方法、植栽樹種、潮汐環境などが異なる、XTNP 内 11 箇所に試験地を設定した(図 4-4-4-2)。



図 4-4-4-1 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)内に分布するマングローブ植栽
 および自生樹種 a) *Sonneratia caseolaris*, b) *Sonneratia apetala*, c) *Aegiceras
 corniculatum*, d) *Rhizophora stylosa*, e) *Bruguiera gymnorhiza*, f) *Kandelia obovata*, g)
Avicennia marina



図 4-4-4-2 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)周辺の空中写真 出典:Map data ©2020 Google Earth(2019 年 9 月 25 日撮影)

4. 4. 4. 2 XTNP におけるマングローブ林分布域の変遷

マングローブ林の沿岸域防災・減災機能を評価するためには、マングローブ林の分布域がどのように変遷してきたかをとらえる必要がある。そこで過去 30 年の衛星データを用いて、XTNP におけるマングローブ林の分布域の変遷を明らかにした。用いた衛星データは、NASA が打ち上げ・運用している Landsat 衛星のデータである。Landsat 衛星の 1 号機は 1972 年に打ち上げられ、1982 年に打ち上げられた Landsat 4 号以降は、ほぼ同じ波長帯、同じ地上分解能での観測が続けられており、土地利用変化など時系列でのモニタリングにおいて有力なツールとなっている。

まず、米国地質調査所(USGS)にある Landsat 衛星データのアーカイブから、XTNP の対象地において雲の影響を受けていない 1991 年 10 月 28 日、1995 年 11 月 24 日、2000 年 11 月 5 日、2005 年 5 月 11 日、2010 年 11 月 1 日、2014 年 9 月 25 日、2020 年 11 月 12 日のデータ(約 5 年間隔)をダウンロードした。

これらの衛星データに対して、図 4-4-4-3 の解析フローに従ってマングローブ林の抽出を行った。まず、水田などでの誤分類を最小化するため沿岸域のマスクを作成し、沿岸域の部分のデータを切り出した。切り出した各時期のデータに対して教師なし分類のひとつである K-means 法で 20 クラスに分類し、クラスの類似度と判読結果からマングローブ林のクラスを決定

した。この結果に対して、誤分類、0.1ha 程度の孤立林、十分に育っていないエリアをノイズ処理により除去した。最後に、ラスター／ベクター変換処理により、GIS 上で取扱が容易な形式に変換した(図 4-4-4-3)。

この結果から、2020 年にマングローブ林である地域のうち、1991 年以前からマングローブ林であったところ、1991-1995 年、1995-2000 年、2000-2005 年、2005-2010 年、2010-2014 年、2014-2020 年に植林されたところを区分した結果を図 4-4-4-4 に示す。図 4-4-4-4 から、マングローブ植林は南部の外洋に面したところから陸地に近いところに向けて植林が進められていることが分かる。また、対象地域北部の植林は南部の地域に比べて、植林時期が遅いことも見て取れる。

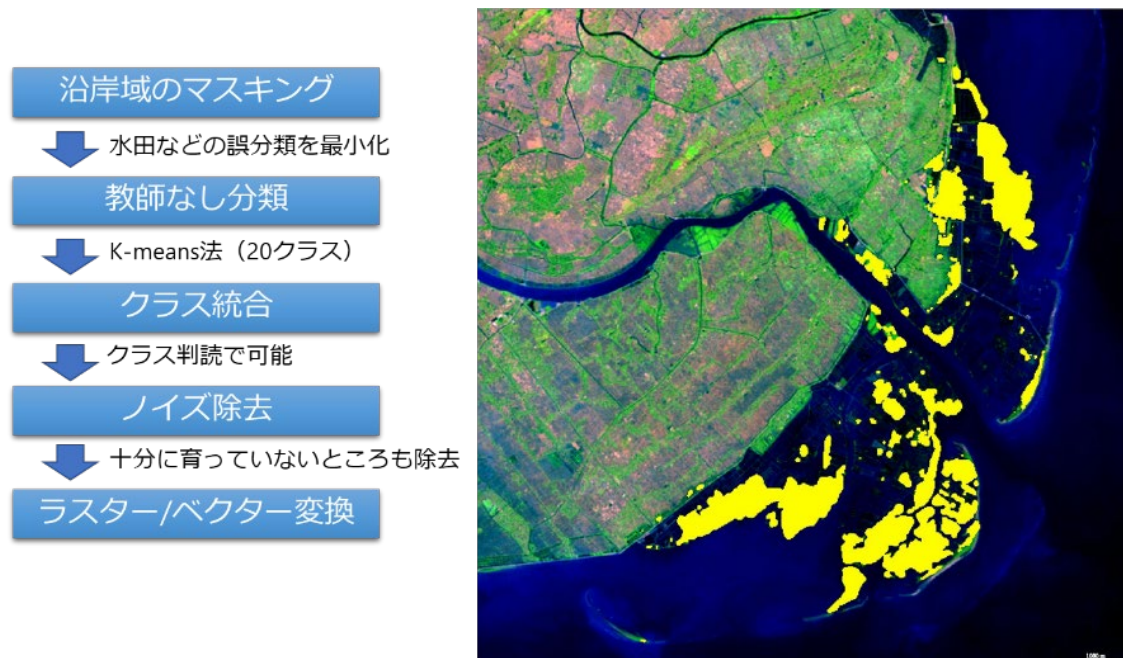


図 4-4-4-3 衛星データからのマングローブ林の抽出

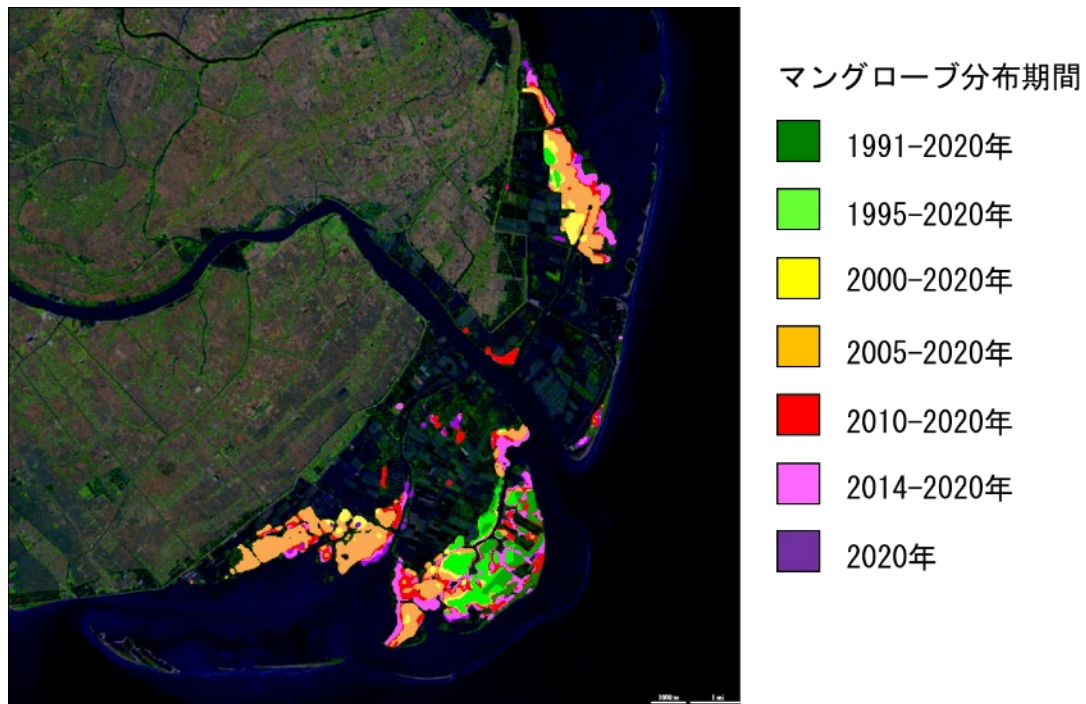


図 4-4-4-4 マングローブの分布域の変遷

4.4.4.3 XTNP 周辺の社会経済状況

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。この目的の達成のためには、対象地域における人口や地域住民の生計手段、土地利用の実態等を現地調査によって把握する必要がある。ここでは、本事業が研究対象とするベトナム北西部 XTNP 周辺のマングローブ林地を対象に行った、社会科学分野の事前予備調査の結果を報告する。

社会科学分野の調査を実施するにあたり、XTNP 周辺に位置する village の中から、表 4-4-4-1 で示した 3 つの基準を用いて、調査対象とする village を 6 つ選定した。図 4-4-4-5 はその対象 village の分布図である。Trung Uong 堤防は現地の海に面した堤防の名称である。一つ目の選定基準として Trung Uong 堤防及び紅河との位置関係を挙げた理由は、沿岸災害と塩水遡上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 village の主な収入源に着目した理由は、人為的なマングローブ被害の潜在的リスクとマングローブの植林や保全に参加する意欲に直接関係するためである。三つ目は Village により森林管理官 (Forester) が保護を実施している場合と、マングローブ林保護に参加し配分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 Village 選定の際に考慮した。

表 4-4-4-1 調査対象となった 6 つの Village と選定基準

調査対象 village	コミュニティ	選定基準		
		1. Trung Uong 堤防及び紅河との位置関係	2. 主な収入源	3. マングローブ林の保護実施者
Village Tan Hong	Giao Thien	・ Trung Uong 堤防の<u>外側</u>に位置 ・ マングローブ生態系と養殖場に隣接 ・ XTNP のコアゾーン ・ 紅河下流付近	・ XTNP のコアゾーンでの大規模養殖 ・ 干潟外でのアサリ養殖管理のための雇われ労働者	森林管理官 (Forester) が保護
Village30	Giao Thien	・ Trung Uong 堤防の<u>内側</u>に位置 ・ 紅河堤防に隣接 ・ XTNP のバッファゾーン。 ・ 紅河と砂採取ステーションに隣接	・ 農業 (稲作) (以前は養殖が主な収入源だったが、エビの工業的養殖と畑の農薬によって汚染された。また、マングローブ林の下にある天然の水生生物からの収入も、乱開発により減少した)	森林管理官 (Forester) が保護
Village22	Giao An	・ Trung Uong 堤防の<u>外側</u>に位置 ・ マングローブ生態系と養殖場に隣接 ・ XTNP のコアゾーン ・ 紅河下流から遠い	・ 農業 (稲作) (以前は、干潟外での大規模な養殖やアサリ養殖だったが、気候変動や塩害の影響を受けた)	マングローブ林保護に参加し配分契約を交わした世帯が保護
Village12	Giao An	・ Trung Uong 堤防の<u>内側</u>に位置 (1km※) ・ XTNP のバッファゾーン ・ 紅河からそれほど離れていない	・ 亀の飼育、盆栽の栽培 (天然水産物搾取やエビ養殖への依存度は低い)	マングローブ林保護に参加し配分契約を交わした世帯が保護
Village21	Giao Lac	・ Trung Uong 堤防の<u>内側</u>に位置 (0.3km※) ・ XTNP のバッファゾーン ・ 紅河から遠い	・ 大規模養殖 ・ 干潟外でのアサリ養殖 ・ マングローブ林周辺や直下での天然水産物開発	マングローブ林保護に参加し配分契約を交わした世帯が保護
Village07	Giao Lac	・ Trung Uong 堤防の<u>内側</u>に位置 ・ XTNP のバッファゾーン ・ 紅河から遠い	・ アサリ養殖管理のための雇われ労働者 ・ 建設作業等のための雇われ労働者 (以前は、干潟外での大規模な養殖やアサリ養殖だったが、気候変動や塩害の影響を受けた)	マングローブ林保護に参加し配分契約を交わした世帯が保護

※堤防からの距離

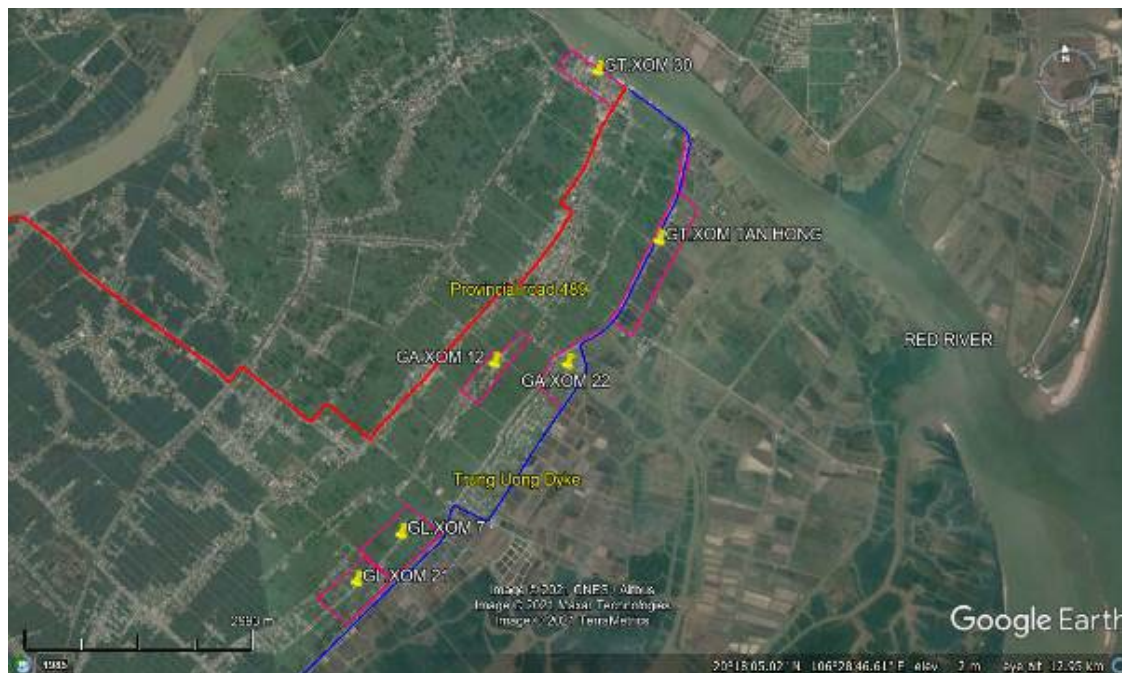


図 4-4-4-5 XTNP 周辺における事前予備調査対象の 6 village の地理的分布(赤線:省道 489 号線、青線: Trung Uong 堤防、桃色:Village の非公式境界)

これら 6 つの village において、(1)社会経済基礎情報、(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林の変化とその要因、(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、文献調査および主要情報提供者へのインタビュー、グループディスカッションといった手法を用いて、事前予備調査を実施した。以下、項目ごとに概要を報告する。

(1) 社会経済基礎情報

サンプル village の人口については中央値が 359 人、人口が最も多い village と最も少ない village はそれぞれ village30 の 853 人、Tan Hong の 153 人である($SD=262.4$)。サンプル village の住民の平均年収は 2,263 米ドルで、平均年収が最も高い village と最も低い village はそれぞれ Tan Hong 及び village30 の 2,802 米ドル、village07 の 1,509 米ドルである($SD=501.0$ 、図 4-4-4-6)。住民の主な収入源は農作物生産、養殖業、小ビジネスとなっている(図 4-4-4-7)。主な農産物は米(水稻)、主な水産物はエビとアサリ(養殖)、小ビジネスは盆栽と薬草の栽培及び亀の飼育が village12 において、建設作業やアサリ養殖管理のための雇われ労働が village07 において、それぞれ盛んである。

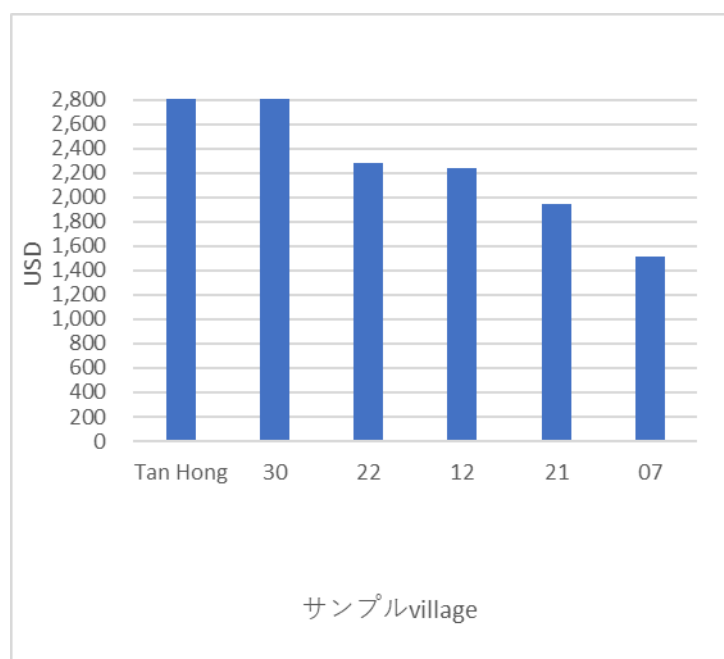


図 4-4-4-6 サンプル village の住民の平均年収(1USD=23,200VND)

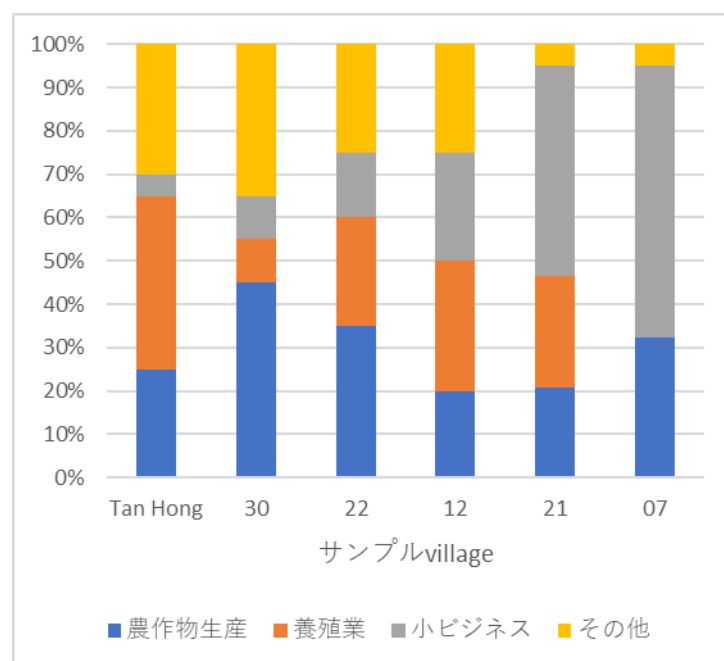


図 4-4-4-7 村民の平均年収の収入源内訳

(2) インフラ情報

調査地周辺には国道は敷設されておらず、Trung Uong 堤防(コンクリート製の海の堤防)が Gio Thien コミューンと Gio Lac コミューンを横断している。省道(Provincial road) 489 号線は Giao Thien コミューンと Giao An コミューンには良好な状態で横断している。サンプル village における主要道路と堤防の有

無については表 4-4-4-2 の通り。

水稻を支える灌漑施設は、3 レベルの水路システムを持つ Giao Thuy 郡の一般的な灌漑システムで管理されている。サンプル village における灌漑システムの概要と塩水侵入の程度は表 4-4-4-3 の通り。生活用水は、Village07 を除き、サンプル村の全ての世帯において水道水が利用可能となっている。Village07 では水道水と雨水の両方を利用しており、1%の世帯が水道水にアクセス出来ていない。

サンプル village 周辺には民間医療施設はないが、どのサンプル village から比較的近距離(5～11km)に郡病院(district hospital)がある。また、主に年長者が保険診療の薬を無料で受け取ったり、予防接種を受けに来るための施設である診療所(communal medical station、地域医療施設)は、どのサンプル village にもアクセスが容易な距離(1～4km)に位置している。さらに、Tan Hong と Village12 周辺には地域病院(communal hospital)がある。サンプル village の属する3つのコミュニティの中には、それぞれ幼稚園、小学校、中学校、高校があり、これらの多くの学校は国の基準を満たしている。

表 4-4-4-2 サンプル village における主要道路と堤防の有無

Village	コミュニティ	Inter-commune road	Inter-village road	village road	Trung Uong 堤防
Tan Hong	Giao Thien	✓		✓	✓
Village30	Giao Thien			✓	
Village22	Giao An		✓	✓	✓
Village12	Giao An			✓	✓複数の堤防*
Village21	Giao Lac			✓	✓
Village07	Giao Lac		✓	✓	✓

* Binh Long 堤防、Trung Uong 堤防、Dien Bien 堤防、Thong Nhat 堤防。これらの堤防の多くは1960年代に建設され、マングローブで保護されている。

表 4-4-4-3 サンプル village における灌漑システムの概要と塩水侵入の程度

Village	コミュニティ	灌漑システムの概要	塩水侵入*の程度
Tan Hong	Giao Thien	・潮位の変動に合わせ、暗渠（あんきょ）の開閉で制御 ・揚水設備は使用しない	・塩水侵入はほとんどない
Village30	Giao Thien	・潮位の変動に合わせ、暗渠の開閉で制御 ・揚水設備は使用しない	・灌漑設備の水はけが良いが、春季栽培で塩水侵入が発生することがある。有機リンや石灰を散布して処理することが多い。
Village22	Giao An	・潮位の変動に合わせ、暗渠の開閉で制御	・不明
Village12	Giao An	・下水道 10 本による灌漑システム	・不明
Village21	Giao Lac	・潮位の変動に合わせ、暗渠の開閉で制御	・近年、塩水侵入があり、米の収量が減少している
Village07	Giao Lac	・郡の灌漑システムで管理 ・農家が毎年修理費を負担	・塩水侵入なし

* VAFS からの報告原文では“saline intrusion”という用語が用いられているが、より一般的な用語である“saltwater intrusion”を用いた。

(3) サンプルコミュニティの土地利用区分

サンプル village の土地利用区分は、水田、その他の一年生・多年生作物用の農地、養殖地、マングローブ林(保全林、生産林、特別利用林)に分けられる(図 4.4.4.8)。どのサンプルコミュニティにおいても最も大きい割合を占める区分は水田である。

2010～2020 年の 3 コミュニティにおける土地利用変化については、養殖地がインフラ整備に伴う転用で減少している。水田・農地面積には大きな変化はないが、異常気象への対応や生産性向上のために米の品種変更や作期延長といった稲作方法の改善が進んでいる。

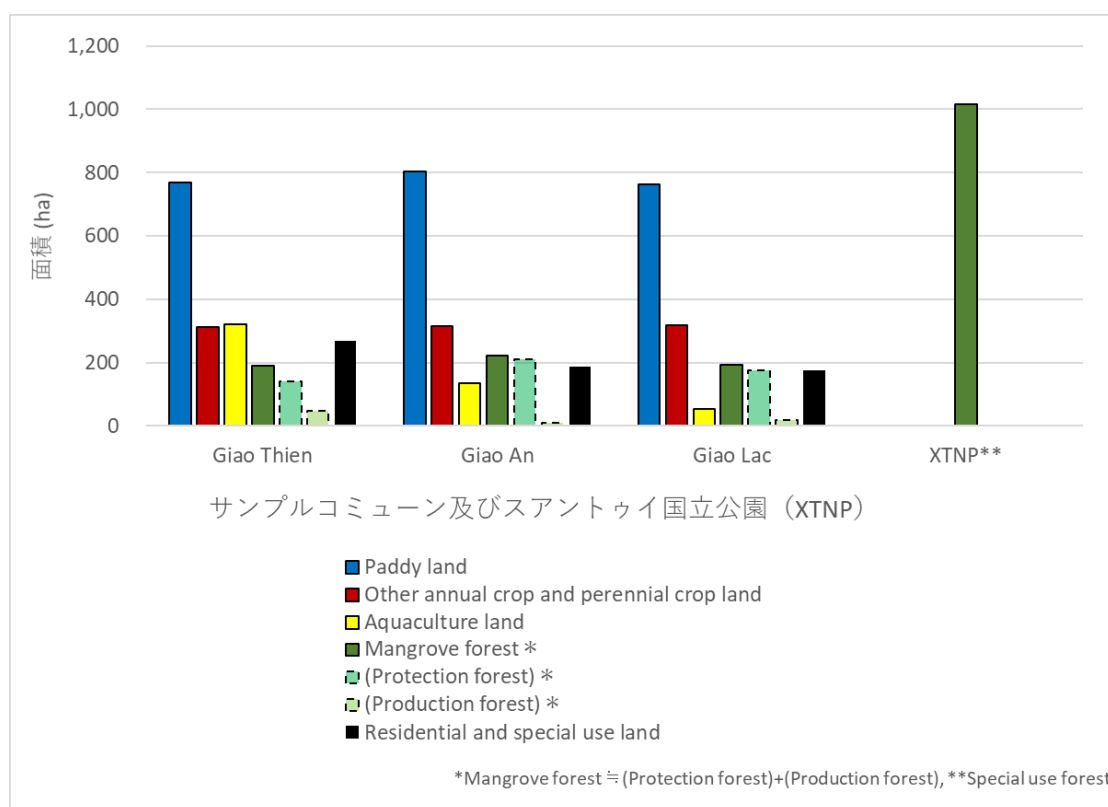


図 4-4-4-8 サンプルコミュニティ及びスアントゥイ国立公園(XTNP)の土地利用区分

(4) 住民が認識する 3 コミューンのマングローブ林の変化とその要因

ここでは、調査 village が属する 3 のコミュニティでのコア・グループ・ディスカッション及び、個別インタビューで得られた、住民が認識する3コミュニティのマングローブ林の変化とその要因についてまとめた。コア・グループ・ディスカッションでは、各コミュニティ(Giao Thien、Giao An、Giao Lac)のコミュニティ人民委員会を会場として、農民組合、女性組合、赤十字社、青年組合、退役軍人会の代表者、さらに、主な収入源の異なる世帯の代表者の参加を募り、ディスカッションを行った。個別インタビューは、6 つの Village 長および village あたり 3 世帯に対して行った。

住民が認識する 3 コミューンのマングローブ林の変化の歴史は表 4-4-4-4 の通りである。どのコミュニティにおいても 1980 年代までに開発によるマングローブ原生林の面積と減少と質の低下を経験している。その後、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林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ことがうかがえる。

Giao Thien コミューンでのコア・グループ・ディスカッションでは、マングローブの劣化に影響を与えた要因として、1986 年、2005 年、2012 年の嵐の影響(*Kandelia candel* の広範囲で枯死)、過去のエビの養

殖によるマングローブ林の侵食、2008 年の厳しい寒さ(*Sonneratia caseolaris* に影響)、塩分濃度範囲の変動と塩水侵入、気温上昇、放牧活動、マングローブ樹冠下の水生資源の利用が挙げられた。その他、マングローブ保護への制約としては、森林再生計画や保護チームの有無、マングローブの面積などの入手できる情報が限られていることも挙げられた。

Giao An コミューンでは、コミューンの赤十字社と直接契約を結び、管理・運営を行ってきた。植林の参加者は、労働力の有無や貧困世帯数といった基準に従って村に分配される。マングローブ林の劣化に影響を与える要因として、1980 年代にあったエビの養殖によるマングローブ林への侵食、2007 年、2012 年の暴風雨によるマングローブ林への影響、厳しい寒さによりマングローブの樹種の中でも特に耐寒性の低い *Sonneratia caseolaris* が影響を受けたこと、海面上昇と塩水浸入(過去 2 年間)による塩分濃度の上昇による樹木の生育への影響、マングローブの根にフジツボが付着したことによる光合成の阻害などが挙げられた。

Giao Lac コミューンでは、マングローブの劣化に影響を与える要因として、塩分濃度の上昇、沖積堤防でのアサリ養殖の展開、暴風雨、コミューンと干潟・マングローブの境界線が明確でなく、管理が難しいことが挙げられたほか、Giao Thien コミューンと同様、マングローブ保護への制約としては、森林再生計画や保護チームの有無、マングローブの面積などの入手できる情報が限られていることも挙げられた。

表 4-4-4-4 コアグループ・ディスカッションにより明らかになった3コミュニティのマングローブ林の変化の歴史

Giao Thien コミューン			Giao An コミューン			Giao Lac コミューン		
期間	出来事	マングローブ林の変化	期間	出来事	マングローブ林の変化	期間	出来事	マングローブ林の変化
1978 年以前	・ マングローブ林は原生林		1981 年以前	・ マングローブ林は原生林		1975 年以前	・ マングローブ林は原生林	
1978 - 1985	・ 石油、ガス開発		1981 - 1987	・ 多くの世帯がエビ養殖のために沖積土手に移住	・ マングローブ林が侵食され、森林面積と質が低下	1975 - 1985	・ 大規模な養殖池の開発	・ マングローブ林が侵食され、森林面積と質が低下
1985	・ エビ養殖の開発でマングローブが侵食	・ マングローブ林が侵食され、森林面積と質が低下						
1990	・ デンマーク赤十字によるマングローブ植林プログラムで <i>Kandelia candel</i> を植林 ・ 地元住民が研修や宣伝に参加し意識が変化	・ マングローブ林の面積と質が大幅に向上	1997	・ デンマーク赤十字のマングローブ植林プログラムで新規植林 1ha、補植 5ha、地元住民への植林技術研修	・ マングローブ林の面積と質が大幅に向上	1997 - 2003	・ デンマーク赤十字マングローブ植林プログラムにてコミュニティの赤十字が中心となって実施し地元住民が参加 ・ マングローブ 350ha のうち、180ha が保護のために 10 世帯に割り当てられ、残りの面積は森林管理官 (Forester) が管理。森林保護に関する規制不足	・ マングローブ林の面積と質が大幅に向上 (1997 年は 300ha、2003 年は 350ha)

Giao Thien コミューン			Giao An コミューン			Giao Lac コミューン		
期間	出来事	マングローブ林の変化	期間	出来事	マングローブ林の変化	期間	出来事	マングローブ林の変化
2008	・オランダのプログラム下でキノコ栽培に生計転換する住民への生計支援、水牛の提供、水牛からマングローブを守るためのケージ建設	・マングローブへの圧力の低減	2007 – 2009	・日本赤十字社のマングローブ植林プログラムによる <i>Kandelia candel</i> 新規植林 50ha	・植林計画は大きな成功を収め、マングローブの面積が大幅に増加	2005 - 2013	・2005 年以降、マングローブ植林の地元住民の参加は限定的 ・XTNP と協力し、マングローブの共同管理・利用プロジェクトを実施。	・マングローブ林面積は維持
2010-現在	・現在、マングローブの植林活動は活発だが地元住民の参加はほとんど無し。マングローブの清掃や保護など、自然資源や環境の保護に関する宣伝が主な活動	・マングローブ林の面積は年々増加しているが、 <i>Kandelia candel</i> の大面積が台風や強い波の影響で枯死。	2008 – 2010	・日本文部科学省のマングローブ植林プログラムによる <i>Kandelia candel</i> の新規植林 31ha				
			2010 – 2012	・ベトナム国防省の植林・再生プログラムによる <i>Kandelia candel</i> と <i>Casuarina equisetifolia</i> の植林 30ha				

Giao Thien コミューン			Giao An コミューン				Giao Lac コミューン		
期間	出来事	マングローブ林の変化	期間	出来事	マングローブ林の変化		期間	出来事	マングローブ林の変化
			2011	・ MARD のマングローブ再生プログラムによる <i>Kandelia candel</i> の植林 21ha					
			2013 – 2015	・ 日本赤十字社のプログラムによる植林 50ha			2013–現在	・ 沖積堤防におけるアサリ養殖の開発 ・ エビの大規模養殖から産業養殖への転換	・ マングローブ林の内部で多くの樹木が枯死。高潮による洪水やアサリ養殖の砂による侵食が要因か
			2015 – 2017	・ ベトナム政府のプログラムによる <i>Sonneratia caseolaris</i> の植林 70ha					
			2018–現在		・ マングローブ林は、高密度植林、病気、暴風雨などの影響により、林立地の中央部で約 100ha が枯死していると推定される				

(5) 住民のマングローブ植林・保全への参加意欲

3つのコミュニン(Giao Thien、Giao An、Giao Lac)の世帯は、マングローブの植林、再生、保全に関するプロジェクトに等しく参加するよう動員されている。上述の通り、コミュニンレベルのコア・グループ・ディスカッションでは、近年マングローブ林が枯死・侵食が始まっていることが報告されていたが、Village レベルでのグループインタビューからは、マングローブ林面積は拡大傾向または変化がないと認識している住民もいるようである(表 4-4-4-5)。同表で示した通り、住民が認識するマングローブの役割としては、主に災害リスク軽減や防潮堤の保護であるが、その他にも景観・環境(気候調整)の維持、天然魚介類の餌場としての役割、土砂の堆積なども言及された。マングローブ植林・保全への参加意欲については、現在のマングローブ林の生育状況や植林可能な土地の有無によって、village によって差異が生じていることがうかがえた。マングローブ植林・保全に対する世帯の支払い意思額は、おおよそ 5~20 万 VND/年の範囲であった。

表 4-4-4-5 マングローブの役割とマングローブ植林・保全への参加意欲に関するグループインタビューの結果

調査対象 village	マングローブの変化に関する自己評価	マングローブの役割についての認識	マングローブ植林・保全への参加意欲	マングローブ植林・保全に対する支払い意思の有無
Tan Hong	・ 変化なし	・ 第一の役割：景観・環境（気候調整） ・ 第二の役割：災害リスク軽減	・ 参加意欲あり	・ 国家公務員：1 日給与条件 ・ 世帯単位：5～10 万 VND/年
Village30	・ 30 年前（1980 年代）と比較すると減少したが、2015 年以降は増加傾向	・ 災害リスク軽減の役割を明確に認識	・ マングローブはよく育っているの で、参加意欲はそれほど高くない	・ 毎年ではなく、50 万 VND/回を超え ない範囲での寄付
Village22	・ 変化なし	・ 災害リスク軽減の役割を明確に認識 ・ 世帯が自ら保護のために植樹するこ ともある	・ 参加意欲あり	・ 10 万 VND/年を超えないこと
Village12	・ 徐々に拡大	・ 防潮堤の保護	・ マングローブはよく育っているの で、参加意欲はそれほど高くない	・ 作業日数または苗木による貢献
Village21	・ 多くのマングローブ林が途中で枯死 ・ 原因は過年齢によるものか、塩分濃 度の変化によるものかは不明 ・ だが、マングローブの植栽は増えて いる	・ 第一の役割：マングローブの樹冠の 下で天然魚介類に天然の餌を提供す る ・ 第二の役割：土砂の堆積 ・ 第三の役割：災害リスクの軽減	・ 参加意欲はそれほど高くない	・ 20 万 VND/年を超えないこと
Village07	・ よく育っている	・ 防潮堤の保護	・ マングローブを植える土地がない	・ 回答なし

(6) 主な被災内容と災害リスク軽減の可能性評価

3 つのコミューンの住民に認識されている主な災害タイプとその発生年、被災対象は表 4.4.4.6 の通り。後述の通り複数の災害リスク軽減のプロジェクトが実施され、コミューンレベルでの対策も進んではいるものの、コミューンのラウドスピーカーシステムは、まだタイムリーで明確な情報をすべての世帯に伝達できるほど整備されていない。地元住民は、しばしば災害リスクについてラジオやテレビで情報収集するなどして、暴風雨の際は家庭で自己防衛する必要がある。

これまで、災害リスク軽減プロジェクトとして、「ベトナムの脆弱な沿岸地域に対する気候変動の影響に対する回復力の向上」に関する GCF プロジェクト(2017 年～2020 年)、ベトナム森林・デルタプロジェクト(VFD)「気候変動への対応、災害リスク軽減、気候変動適応のための能力開発」(2013 - 2018 年)、「ベトナム沿岸地域社会の気候変動対応力強化のための協力」プロジェクト(2012 年～2014 年)が実施されてきた。コミューンレベルでは、毎年 4 月または 5 月にコミューン人民委員会が昨年度の防災の成果を検証し、当年度の計画を立てている。主な防災対策は、以下のとおりである。

- ・洪水・暴風雨対策運営委員会は、雨期と暴風期のそれぞれにおいて、注意を喚起するためのスタッフを配置
- ・各 Village に資材、手段、人員を割り当て・配置
- ・堤防、河川流域、主要な暗渠の整理
- ・必要に応じ住民を安全な場所に移動させる計画を策定
- ・被災世帯への支援(薬、種子、現金など)。
- ・住民参加による暴風雨や災害リスク軽減のための訓練の開催(頻繁ではなく参加者数も限定的)

表 4-4-4-6 災害タイプと発生年、被災対象

災害タイプ	Giao Thien コミューン			Giao An コミューン			Giao Lac コミューン			主な被災対象
	コミュニティ全体	Tan Hong	Village30	コミュニティ全体	Village12	Village22	コミュニティ全体	Village21	Village7	
嵐	1962; 2012; 2020	2012; 2020	2012; 2020	2012		2012	1961; 1962; 1983; 1979; 1986; 1996; 2005; 2012			米収量、作物収量、淡水魚養殖、牛、ハウス屋根吹き付け
極端な寒さ	2008; 2016	2016	2016	2016	2016	2016	1974; 2010; 2016	2016	2016	牛、作物収量、お年寄り
洪水	2003	2003		2017		2017	1985			作物収量、家畜、家屋、堤防等の公共インフラ
干ばつ							2008			作物収量
異常な暑さ	2011									水産養殖、作物収量（病害）
霜降現象	毎年	毎年	毎年	毎年	毎年	毎年	毎年	毎年	毎年	米収量、作物収量、養殖量
塩水侵入			年末		年末			年末		淡水魚養殖、作物収量

出所:

- GCF project on “Increasing resilience to the impacts of climate change for vulnerable coastal communities in Viet Nam” (2017 - 2020)
- Vietnam Forest and Delta Project (VFD) - Capacity building in responding to climate change, disaster risk mitigation and climate change adaptation (2013 - 2018)
- Project “Collaboration to strengthen the climate change resilience of Vietnamese coastal communities” (2012 - 2014)

4.4.4.4 XTNP に設定した 11 箇所の固定試験地の林分と地盤の状況

前項 4.4.4.2 において記したように、XTNP は、主に、40 年以上続けられてきたマングローブ植林活動によって、その分布域を紅河河口の内陸側からより沿岸部へと拡大してきた。さらには、沿岸部へのマングローブ群落の分布域拡大に伴って、内陸部のマングローブ林は養殖池や農地への土地改変がなされた様子も確認された。それは、現地調査に向かう車窓からもうかがえた(図 4-4-4-9)。

XTNP 内のマングローブ植栽地 11 箇所の固定調査地(Site A-Site K)におけるマングローブ林のバイオマスおよび平均地際直径を図 4-4-4-10 に示す。なお、この調査はベトナム森林科学アカデミー(Vietnam Academy of Forest Sciences: VAFS)の Dr. Vu Tan Phuong らによって実施された。当該調査地におけるマングローブ植栽年次は、1985 年～88 年(Site I)から 2016 年(Site A、B、C、D)までの期間(植栽後 4～35 年経過)に及んでおり、植栽後の経過年時の幅が広い試験地設定となっている。バイオマスに関しては、約 55 t/ha の現存量をもつ Site B が最も高く、Site A、C、E、F、G、H、I では 10～27 t/ha の範囲にあり、Site D、J は 10 t/ha 以下で低かった。バイオマスの大小に関して、植栽からの経過時間は関係なさそうで、植栽後の経過時間が 4 年と短い Site B で最も高いバイオマス量を示した。一方で、植栽後 20～30 余年経過している Site E、F、G、H、I、J は、経過時間が長いにも関わらず、バイオマス量はさほど増えていないことが分かった。なお、昨年の既往研究報告のレビューでは、マングローブ地上部バイオマスの Global 平均(n=50)は 201 t/ha、ベトナムの平均値(n=10)は 240 t/ha であり、XTNP は既往報告と比べると大きく低いことが明らかとなっている。その理由については、2022 年 2 月に実施した XTNP の現地調査結果から、以下に考察する。

まず、各サイトの林況について記述する。Site A(20° 13' 16" N, 106° 32' 32" E)については、植栽年 2016 年の *S. caseolaris* と *K. obovata* の混植地であった(図 4-4-4-11 a)。*S. caseolaris* は樹高が 4～5 m 程度に達し、林冠を構成していたが、訪問時は冬季(2 月)であったため、落葉しており、林冠は疎であった。*K. obovata* は林床植生として存在していた。Site B(20° 13' 45" N, 106° 32' 33" E)についても Site A と同様の様相で、植栽年 2016 年の *S. caseolaris* と *K. obovata* の混植地で、*S. apetala* も存在しているのも確認できた。(図 4-4-4-11 b)。Site A 同様に、*S. caseolaris* と *S. apetala* は樹高が 4～5 m 程度に達して高木となり、林冠を構成していた。*S. caseolaris* は落葉していたが、*S. apetala* は落葉していなかった。*Kandelia obovata* は林床植生として存在していた。Site C(20° 13' 42" N, 106° 31' 22" E)の植栽年は 1997 年及び 2016 年である(図 4-4-4-11 c)。植栽木は *S. caseolaris*、

K. obovata, *R. stylosa*, *A. corniculatum* であった。*S. caseolaris* は高木で林冠を形成していたが、その他の樹種は樹高 1m 程度と低かった。Site D (20° 13' 13" N, 106° 31' 46" E) の植栽年は 2015 年と 2016 年の混植地であった (図 4-4-4-11 d)。植栽木は *S. caseolaris*, *S. apetala*, *K. obovata* であり、*A. corniculatum* は自生の侵入種である。これまで同様に *Sonneratia* 2 種は高木層を形成していた。Site E (20° 12' 09" N, 106° 32' 21" E) は植栽年 1997 年の *K. obovata* の pure plantation であった (図 4-4-4-11 e)。Site E は南シナ海に面する前線に砂洲を有した汀線前線に位置していた。風の影響が強い風衝地で、*K. obovata* が海風により斜向し、林冠は衰退していた。*K. obovata* は樹高が 5 m 以上に達し、その後に衰退して、根元から萌芽再生している状態で、林冠が衰退するきっかけはなんであったのか、今後、過去の気象状況などを検討して把握する必要があると考えられた。Site F (20° 14' 31" N, 106° 34' 54" E) は紅河河口部に位置する、1985 年～1987 年に植栽された *K. obovata* の pure plantation である。その後に *A. corniculatum* が自然定着したようである。現在は、紅河河口部からの潮汐によって地盤が強度に侵食され、マングローブが大面積で衰退し、現在もそれは進行している様子が確認された (図 4-4-4-11 f)。また、汀線付近の森林衰退は Site F と並列して成立していたモクマオウの地盤も侵食し、根返り、倒木が発生していた (図 4-4-4-11 f)。Site F における森林衰退も、なんらかの気象イベントをきっかけとして、樹木が衰退して地盤侵食が始まったのか、恒常的な侵食で衰退が始まったのか、今後の検討が必要である。Site G (20° 14' 12" N, 106° 31' 54" E) は、植栽年が 1997 年、1998 年の *K. obovata* と *R. stylosa* の混植林であるとのことであったが、2022 年 2 月の現地調査では *R. stylosa* は見当たらなかった。また、*K. obovata* も矮性化しており、経過年数の割に、成長が不良であった (図 4-4-4-11 g)。当該地は内陸に近い運河奥部に位置するマングローブ林である。Site H (20° 13' 58" N, 106° 30' 26" E) は 1997 年植栽の *K. obovata* と *R. stylosa* の混植林であった (図 4-4-4-11 h)。内陸部の魚介養殖池の際に存在し、当サイトへのアプローチには舟ではなく、内陸側の道路から徒歩にて行った。Site I (20° 13' 49" N, 106° 33' 38" E) の植栽年は 1985 年～1988 年であり、*K. obovata* の純林で、内陸部道路脇のサイトである (図 4-4-4-11 i)。Site J (20° 13' 04" N, 106° 33' 17" E) の植栽年は 1997 年で、*S. caseolaris*, *K. obovata*, *R. stylosa*, *B. gymnorhiza* の混植林であった (図 4-4-4-11 j)。いずれの Site も、土壌は泥質堆積物であった。

今回の現地調査から、*Sonneratia* 属 2 種の成長は他属に比べて高そうであり、樹林の高木層として林冠を構成していることが示唆された。特に、マレーシアからの輸入種である *S. apetala* は、冬季に落葉もせず、より高木になる傾向がみられた。これらが主要種であった Site A、B、C は平均地際直径が大きい傾向を示しており、さらに Site B のバイオマスは大き

い傾向を示していた。これは、*Sonneratia* 属の良好な成長に起因しているだけでなく、高い立木密度もバイオマスの上昇に起因していると考えられた。また、Site E、F は植栽後の経過年数の割に低いバイオマスを示していたが、これは強度な風衝や侵食の影響を受けているため、と考えられた。その他の Site でも、バイオマス量は Global 平均、ベトナム平均に比べて小さい傾向を示したが、XTNP が、マングローブ生育地としてはベトナム北部の涼冷な高緯度地域であることのほか、過密植栽による成長不良、林冠枯損、萌芽再生も影響しているのではないかと考えられた。



図 4-4-4-9 マングローブの内陸側の堤防内陸側に広がる水田(上)と堤防の海側に造成されたエビ養殖池(下)

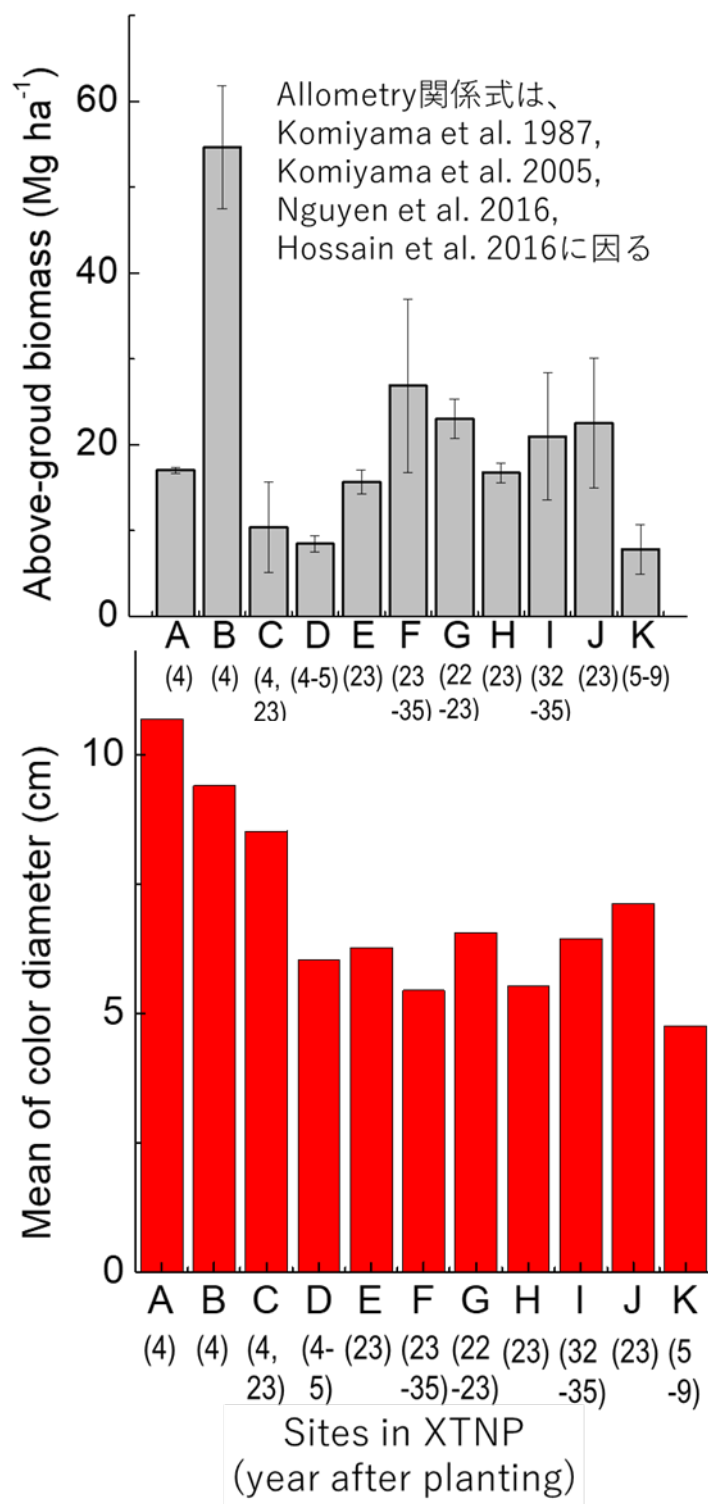


図 4-4-4-10 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)11 箇所の固定試験地における
マングローブバイオマスおよび平均地際直径

a) Site A



b) Site B



c) Site C



図 4-4-4-11 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)の 11 箇所(Site A~K)の概況
写真(続く)

d) Site D



e) Site E



図 4-4-4-11(続き)

f) Site F



g) Site G



図 4-4-4-11(続き)

h) Site H



i) Site I



図 4-4-4-11(続き)

j) Site J



k) Site K



図 4-4-4-11(続き)

4.4.5 まとめおよび今後の検討事項

当課題に関する今年度の調査を通じて、XTNP における植栽活動によるマングローブ林の拡大状況と、現況を把握した。2010 年以前に行われた、過去の植栽活動においては、かなりの過密植栽が行われ、その影響が現在の成長不良、林冠衰退、萌芽再生に繋がっている可能性を指摘した。2010 年以降の植栽活動では植栽間隔を確保した試験植栽が行われる例が増えてきている。2003 年以降にマレーシアから導入された *S. apetala* は成長が良好で、他樹種の林冠を抜けて、高木になっている状態が多く見られた。これらがどのような防災・減災機能を果たしうるのか、マングローブ分布の北部分布限界近くでも植栽適地になり得るのか、あるいは、どの程度の成長ポテンシャルを有するものなのかについて、今後、検討していくことは重要である。さらに、時間経過とともに変遷するマングローブ林の将来的な目標林型をどのように設定すべきか、明確にし、それに向けてどのようなマングローブ管理が必要か、検討して明示することが重要であると感じた。

一方で、ベトナムでは政府主導の積極的なマングローブ植林により、80 年代以降、急速に分布域を拡大してきた背景がある。近年では、植栽適地が少なく、マングローブの植栽箇所を見つけるのが困難な状況ともなっているとの話も耳にした。実際に、現地調査では、養殖あと地にマングローブが新たに植栽されている様子も確認された(図 4-4-5-1)。今年度の現地調査では、台風や波浪の影響で、地盤が侵食され、マングローブ林が衰退している箇所もあった(Site F)。そうしたところでは、マングローブの衰退はみられるものの、天然の貝の採取地として遠浅の砂浜が広がっており、地元の住民の海産資源の採集箇所と変わっていた(図 4-4-5-1)。マングローブ林の拡大と魚介資源提供の場としての生態系サービス提供に関しては、相反関係にあり、水産資源採取と海岸林保全のバランスをどのようにとっていくべきか、地元住民が持つ両者に対するニーズを洗い出し、マングローブの植林・保全方針を考えていくことが重要であることも感じられた。

本事業で提示する予定であるマングローブ林の保全や修復に関する技術的指針は、その指針の利用者が現地の社会・経済・ガバナンス状況にも配慮できるような指針、言い換えれば、社会科学の視座も含んだ指針である必要がある。そこで、本年度は、この指針にどのような社会科学の視座を含めれば良いかを検討するために、上述の現地調査に加え、文献調査および主要情報提供者へのインタビュー、グループディスカッションといった手法を用いて、XTNP 周辺の village やコミュニティにおける人口や地域住民の生計手段、土地利用の実態、インフラ情報、マングローブ林の管理状況、過去の被災状況等の基礎情報を整理し、把握した。地元住民の平均年収額や主な生計戦略は village 毎に異なる場合があることが確認された。主な生計手段の一つである農業に必要な灌漑システムも village 毎に異なるため水田・農地への

塩水侵入の程度も異なった。調査対象となった 3 つのコミュニティでは、各コミュニティの世帯がマングローブの植林、再生、保全に関するプロジェクトに等しく参加するよう行政主導で動員されている。しかし、世帯のマングローブ植林・保全への参加意欲は、現在のマングローブ林の生育状況の違いや植林可能な土地の有無、さらにはマングローブ林の役割についての認識の違いによって、village によって異なる可能性があることが明らかとなった。

今後は、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、沿岸域管理の在り方などの点については、社会科学的アプローチを含めた現地調査を進め、更なる検討を進める必要がある。



図 4-4-5-1 マングローブ植栽地に変わる養殖あと地(上)と、侵食によって衰退した海岸林あと地で採取された二枚貝たち(下)

参考文献

- Centre for Oceanography (2016) Tide tables. Vol. 1. Natural Science and Technology Publishing House, p. 176
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2015) Global Forest Resources Assessment 2015. Desk reference. FAO, Rome, 244pp.
- 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.
- JICA (2003) ベトナム社会主義共和国森林整備計画プロジェクト形成調査報告書 国際協力事業団農林水産開発調査部 101pp
- 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
- Linh NTM (2020) Coastal Disasters and Disaster Prevention Measures. In International Workshop. "Natural disasters and risk reduction measures in Vietnam and Japan." https://youtu.be/r0_s7LbB5IE
- 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
- Nam Dinh Province Statistics Office (2016) Nam Dinh Statistical Yearbook 2015, Thong Ke Publisher; 386; ISBN: 978-604-75-0374-2.
- Ramsar Sites Information Service (2021) Xuan Thuy Natural Wetland Reserve. <https://rsis Ramsar.org/ris/409> (2021 年 3 月 3 日閲覧)
- 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・減災の取り組み Country Report 2020 年度 ベトナム社会主義共和国 19pp.
- Tinh, P.H., Tuan, M.S., 2015. Vulnerability to climate change of mangroves in Xuan Thuy National Park, Vietnam. J. Agric. Biol. Sci. 10 (2), 55–60.
- Veettil B.K., Ward R.D., Quange N.X., Trang N.T.T, Giang T.H. (2019) Mangroves of Vietnam: Historical development, current state of research and future threats. Estuarine, Coastal and Shelf Science 218:212-236

Vietnam Disaster Management Authority (2022) Bảng thống kê thiệt hại do thiên
tai từ đầu năm (自然灾害による災害統計表 ベトナム語)

<https://phongchongthientai.mard.gov.vn/Pages/Thong-ke-thiet-hai.aspx>

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3年度は新型コロナウイルス感染症により、会場参加形式のセミナー、ワークショップが開催できない状況下での普及啓発活動として、オンライン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。また当事業成果や海外における治山技術の海外展開について、「森から世界を変えるプラットフォーム」での講演、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。さらに次年度以降に本格実施予定の技術者研修の準備に着手した。

5.2 国際セミナー「森林で沿岸域を守る－防災・減災技術の開発に向けて－」の開催

開催概要

テーマ: 森林による防災・減災の可能性をさぐる

開催日時: 2022年1月26日 14:00-16:30

会場: オンライン (Zoom webinar)

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、内閣府政策統括官(防災担当)、独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

概要: 途上国の沿岸域で暮らす人々を災害から守る森林技術の開発に向け、マングローブ林の造成と管理について、これまでの経験や最新の知見、現地ニーズ等について各国から報告を行うとともに、今後の課題と取組の方向性について議論することを目的に国際セミナーを開催した。なお会場とオンラインを併用するハイブリッドでの

開催を計画していたが、新型コロナウイルス感染感染者の急増を受け、オンライン方式のみでの開催とした。国際機関から民間企業まで国内外から 196 名が視聴参加した。

開会挨拶 浅野(中静)透 森林総合研究所 所長

2021 年 11 月に開催された気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)において気候変動の緩和と適応の両面に資する自然に基づく解決策として、森林の重要性があらためて共有された。日本は森林の防災・減災機能を活用した災害対策として治山技術を古くから培ってきた。沿岸域においても居住地などの周辺に海岸防災林を整備してきた。こうした技術は今後防災対策を進めるようとする途上国においてもその適応が期待されている。このセミナーが全ての参加者にとって有用で自然に基づく解決策としての森林の活用に関する活動の一助となることを期待している。

来賓挨拶 小坂善太郎 林野庁 森林整備部長

気候変動は国際社会が取り組む喫緊の課題で、森林は非重要な役割を担っている。COP26で開催された首脳級の森林土地利用イベントでは、気候変動への影響に対処するため世界的な森林保全とその回復を含む取り組みを強化することを盛り込んだ「森林土地利用に関するグラスゴー・リーダーズ宣言」が発表された。日本はパリ協定下の温室効果ガス排出削減目標および 2050 年のカーボンニュートラルの実現に貢献するため、適切な森林整備の推進と木材利用促進に取り組んでいる。また国土強靱化対策として森林分野での防災・減災にも取り組んでいて、沿岸域での災害等に対する防災・減災対策についても急務であると認識している。

わが国では、全国各地で古来より潮風や飛砂を抑える海岸防災林の造成が進められるなど森林による沿岸域の災害対策を実施してきた。2011 年の東日本大震災により被災した海岸防災林の復旧を進めてきた実績もある。林野庁は今後とも森林による防災・減災、そのための技術開発や人材育成を推進し、国際的な防災・減災に積極的に貢献したいと考えている。本セミナーにより、森林を活用した防災・減災対策がより一層発展することを期待している。

基調講演 宮城豊彦 森林で沿岸域を守る - 防災・減災技術の開発に向けて -

数十年におよぶ現地調査の経験から、マングローブ林の生態系としての特徴、世界各地のマングローブ林の地域特性と人間活動の影響、再生への取り組みを紹介し、マング

ローブ林を防災・減災のために利用していくには、これまでの経験や知見を総括して、将来の可能性を評価する仕組みが必要であることを述べた。

セッション 1 沿岸域を守る森林技術

柳澤英明 海岸林の防災効果とその限界

マングローブ林の有無により、津波被害が軽減されるどうかを数値シミュレーションモデルで検証し、マングローブ林によって津波の浸水域を減らすことはできないものの、津波の高さを大きく軽減できることを明らかにした。マングローブ林の防災効果を精度よく評価するためには、マングローブ林の複雑な支柱根形状や、より多くの樹木の形状を測定していく必要がある。低価格の 3D スキャナーを普及することで、マングローブ林の津波減災効果の評価の高精度化が可能となる。

小野賢二 沿岸の減災効果発揮のための海岸林の造成・管理

亜熱帯、熱帯地域の沿岸汽水域に成立するマングローブ林がもつ、防風・防潮や波浪減殺などの防災機能、マングローブ植物の高い細根生産能による地盤形成や維持などの護岸機能の発揮には、マングローブ植物の定着と成長が前提となる。マングローブの植林に際しては、その土地の微地形、地盤高、潮汐環境を把握し、植栽地に適した樹種を選択することが重要である。

ベトナムは度重なる戦火で膨大なマングローブ林を消失したが、そこから積極的な修復植林を行ってきた。ベトナムの経験をマングローブ修復植林達成のための立地環境および社会科学的条件の評価手法開発と、マングローブ林保全のガイドライン策定に活かすため、森林技術国際展開支援事業でベトナム森林科学アカデミーとの共同研究を実施している。

セッション 2 各地の取り組み

ルペス・ボーミア 生態系に基づく災害リスク軽減のためのマングローブ／ブルーカーボン生態系：フィールドからの報告

マングローブ林は「生態系に基づく災害リスク軽減 (Ecosystem-based disaster risk reduction)」の中でも、サイクロン、高潮、津波、沿岸部の浸食などに関し、最も効果的で抵抗力の強い解決策となる可能性を持っている。世界中で 14 億人以上が熱帯のサイクロンからのリスクとともに沿岸部で生活しているため、マングローブ林は、極端な気象現象に対する最初の防御線となっている。2004 年に起きたインド洋大津波では、マングロー

ブ林が沿岸部に居住する人々の犠牲を減らしたと評価されている。マインドでは過去のスーパーサイクロンにおいて、マングローブ林によって人命が保護されたこと、また人工の堤防に比べて洪水や家屋への被害に関してより優れた防御となったことが報告されている。バイオシールドとしてのマングローブ植林は、沿岸地域の住民組織によって行われている。女性が中心となっているところ、あるいは住民組織を先導するリーダーがいるところもある。一方、インド政府は、マングローブ林を保護するための法規制を実施している。

グエン・トゥイ・ミー・リン ベトナムにおける沿岸保護のためのマングローブに基づく介入： 教訓と経験の共有

ベトナムの沿岸部では、自然リスクや被害は主に海面上昇、嵐、波に起因する。気候変動の進行により、浸食された海岸と河岸は、2014年から2017年にかけて大きく増えた後、急速に減少に転じた。これはマングローブ林再生面積の増加に伴うもので、被害コストも大きく減少している。

沿岸保護のためのマングローブ林管理のため、さまざまなプロジェクトが実施されている。地域密着型のマングローブ管理として、持続可能な森林管理に関わる規制や森林保護のための財源創出に関わる規制の実施、地元住民、特に女性の積極的参加が、コンクリートのダムと竹の柵の組み合わせ、森林機能に対する支払いなどを、上げることができる。

沿岸保護のためのマングローブ林管理は、植栽技術、地域住民支援、意識向上を含め、統合的な方法でアプローチされなければならない。プロジェクトの成功と拡大には地域住民のコンセンサスと参加が必要不可欠である。

ロデル・ラスコ フィリピンにおけるマングローブ林による災害リスク軽減と管理(DRRM)： 超大型台風ハイエンからの教訓

2013年にフィリピンに上陸した超大型台風ハイエンは、これまでで最も強大な台風の一つで、フィリピン中部および東部の沿岸地域に未曾有の被害をもたらした。ハイエンの被害が甚大であった地域の人々は、マングローブ林の面積が大きいほど、また森林幅が広いほど、樹種構成が豊かであるほど、ハイエンによる被害が少なかったとの印象をもっていた。マングローブ林の防災効果について、科学的検証が必要ではあるが、人々の経験に基づく証拠である。コンクリート構造物とマングローブ林の高潮を抑制する可能性と総合的な利点について、シミュレーションモデルで比較した。コンクリートの護岸には高潮を軽減する効果があるが、400メートル幅のマングローブ林があれば、波を減らす機能と

ともに他の生物多様性や生態系への貢献も得ることができ、コンクリートの護岸だけを使うよりも多くの利益があると考えられた。気候変動緩和の観点からマングローブ林の炭素蓄積能力についても検証を進めている。

アポローサ・ラムロ 逃げ込む山がない:レワデルタの不利な状況にある人々の最後の砦 マングローブ林

マングローブ林生態系を保全し、沿岸地域の海面上昇や高潮に対する緩衝地帯としてマングローブ林を機能させることが、気候変動や海面上昇に対し脆弱なフィジーの課題である。レワデルタの海拔の低い平地は大雨が降ると必ず浸水する。低地に暮らす人々にとってはマングローブ林が問題への唯一の解決策である。

フィジー政府の ITTO プロジェクトでは、2015 年 10 月からレワデルタのマングローブ林の管理と機能回復に取り組んでいる。過剰収穫で劣化したマングローブ林を修復し、海岸浸食を最小限に抑え、より持続可能な木材燃料の供給を行うため、地域の女性たちはマングローブ植物の植樹を進めてきた。プロジェクトはまた、コミュニティーが追加収入を得るための代替的生計手段を提供している。例えば、家畜の飼育や汽水エビの養殖技術などが提供され、人々は持続的に食料を確保し、マングローブ植物を販売することによって得ていた収入を補うこともできる。

こうしたプロジェクトは、マングローブ林を違法な伐採から守るという点でコミュニティーの人々の意識を大きく変えた。違法な伐採は通報され、村長によって罰金が科される。政府もマングローブ林の伐採の禁止と違法伐採の取り締まりを明言した。マングローブ林の再生にともなう海洋生物の増加も観察されている。



図 5-2-1 国際セミナー パネルディスカッションの様子

パネルディスカッション 防災機能を有する森林の造成と管理

森林総合研究所の藤間剛をモデレーターとして、基調講演およびセッション 1、2 の発表者が、①防災機能を有する森林の造成と管理のための技術的課題と、②マングローブ林を有する地域の人々の暮らし、③長期継続のための工夫 ―生活向上と災害への備えの両立、について議論した。

①防災機能を有する森林の造成と管理のための技術的課題

マングローブ林の成立には、潮汐環境が維持できているかどうか、沿岸の浸食と堆積のバランスの傾向はどうであるかが重要である。防災を含めたマングローブ林の機能については、どれだけの規模があれば森林はわれわれの生活を日常的にサポートしつつ将来的な防災となるのかを明らかにする必要がある。マングローブ林は地盤との関係が非常にセンシティブであるため、樹種の特性と立地環境をよく理解することが重要である。これまでの経験に、最新技術により収集する大量のデータを組み合わせ、解析を加速することが求められている。またマングローブ林の破壊や劣化を引き起こす原因を明確化し、統合的アプローチの対策をとることが効果的である。このためには、地域住民の同意と参加により、生計支援のモデルを植林・再生のプロジェクトに統合して実施することが必須である。

②マングローブ林を有する地域の人々の暮らし

マングローブ林の再生を成功させるには、地域の人々の理解と協力が必要である。これまでの成功例の多くは小規模であるため、成功の鍵を他の地域と共有する必要がある。そのためには市民社会団体、政府、民間セクターなど、多様な関係者の参加が必要となる。特に地域の人々の参加が重要で、人々の暮らしへの配慮が大切である。そのための方法として、鍵となる利害関係者を決めるということがある。暮らしへの配慮という面では、意志決定への女性の参画が求められている。事業計画の立案は、地域の人々の参画と対話とから始める必要がある。

③長期継続のための工夫 ―生活向上と災害への備えの両立

マングローブ林の存在は、生活の向上と災害への備えの両立のための解決策となる。地域の人々は、自分たちが今住んでいる場所で生きていかなければならない。より多くの人々を支えるには、こうした生態系機能を活用した創造的な解決策が必要である。生活支援モデルによる生計向上に焦点を当てることで、地元住民のマングローブ植林活動への積極的な参加による成功が期待できる。

これらの議論の結果、マングローブ林は、気候変動の影響から人々を守る機能を有すること、その機能を十分に発揮させるには、人間活動による破壊を避けマングローブ林を持続的に利用することが大切との、共通認識を得た。

閉会挨拶 平田泰雅

本日のセミナーでは、気候変動に伴う沿岸域の自然災害に対する森林の重要性をあらためて認識した。当センターは、途上国において森林を活用した防災・減災機能の強化を通じた気候変動適応策のための研究開発を進めるとともに、防災・減災のための経験と知見を共有するプラットフォームとしての役割を当センター果たしていく。COVID-19 が終息し、皆さと直接お会いできる日を期待している。

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 アジア太平洋気候ウィーク 2021 サイドイベント「気候変動の緩和と適応のための森林機能の活用」の開催

開催概要

テーマ:気候変動の緩和と適応のための森林機能の活用

開催日時:2021年7月7日(水)8:00 - 8:55

会場:オンライン(Zoom webinar + Youtube live)

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

協力:国際熱帯木材機関、国際林業研究センター、ベトナム森林科学アカデミー、オスカー・M・ロペス・センター、地球環境戦略研究機関

概要:アジア太平洋気候ウィーク 2021(APCW2021)は、国連気候変動枠組条約事務局が主催する地域気候ウィークの一つとして、2021年7月に日本のホストによりオンラインで開催された。本サイドイベントの目的は、熱帯地方における気候変動の緩和および気候変動への適応における森林の可能性を探ること、それらを実現するための障害について共通認識を醸成することである。7月7日に開催した本サイドイベントには、録画を含め385回の視聴があった。

プログラム

開会挨拶 REDD-plus と F-DRR の相乗効果を求めて

藤間剛(森林総研)

講演

途上国の災害リスク軽減のための日本の森林技術

村上亘、岡本隆、古市剛久(森林総研)

森林破壊と劣化に対処するための合法的かつ持続可能なサプライチェーン

Dr. MA Hwan-Ok(国際熱帯木材機関, ITTO)

ジェンダー平等を志向した適応策・緩和策の実現に向けて インドネシアでのケーススタディからの洞察

Dr. Houria Djoudi, Ms. Nining Liswanti, Ms. Tamara Ade Ryane(国際林業研究センター, CIFOR)

フィリピンにおける森林を利用した緩和策と適応策

Dr. Rodel D. Lasco(世界アグロフォレストリーセンター、オスカーM ロペスセンター, ICRAF/ OML センター)

ベトナムにおける森林ベースの緩和と適応

Dr. Vu Tan Phuong(ベトナム森林科学アカデミー, VAFS)

地域社会の幸福(ウェルビーイング)のための森林-気候変動の緩和と適応を両立させ

るアプローチ

山ノ下麻木乃、久保英之(地球環境戦略研究機関, IGES)

討論

講演内容

開会挨拶 REDD-plus と F-DRR の相乗効果を求めて

藤間剛(森林総合研究所)

本サイドイベントでは、森林の生態系とその持続可能な管理は、気候変動の緩和と適応の両方に貢献できる、気候変動対策の不可欠な要素であることを紹介する。

森林減少・森林劣化による排出量の削減と、森林の炭素蓄積量の増加に対して報酬を与える仕組みとして REDD プラスには、森林を良好な状態に保ち災害リスクを軽減することも期待できる。日本には森林を利用した災害リスク軽減(F-DRR)について、豊富な経験がある。日本では昔から森林破壊の後、深刻な災害が繰り返し起きてきた。そして災害リスク軽減のため劣化した森林を回復させる技術を蓄積してきた。近年では、リモートセンシングや GIS などの最新技術を用いて、F-DRR のためのリスクマップを作成してる。これらの森林技術は、熱帯地域の災害リスク軽減にも貢献することが期待されている。REDD プラスの準備活動から得られた経験は、F-DRR 技術を現場で採用するためにも活用できるはずである。

途上国の災害リスク軽減のための日本の森林技術

村上亘・岡本隆・古市剛久(森林総合研究所)

日本では、約 100 年前から、森林荒廃による山地災害の多発をうけ、山の斜面の浸食を防ぎ、山の災害に強くするため、植林と補助施設の建設が行われるようになった。その結果、日本の山は森林に覆われ、山の災害に対する抵抗力が高まった。この経験は、F-DRR の概念を導入する際に非常に有用である。日本の経験と森林技術は、他の国や地域での山地災害の予防と軽減に貢献できる。

ベトナムとの共同研究プロジェクトでは衛星画像から地すべりを抽出するため、Google earth engine を使った解析をしている。地すべりの自動抽出手法を開発しベトナムの山岳地帯に適用するための手続きを行なっている。プロジェクトの目的の一つは、リスクマップを作成するための GIS ベースのシステム開発である。リスクマップは、抽出された地滑りエリア、土地利用、降雨イベント、地形、地質、社会的要求、経済的利益などのデータを用いて、

GIS 上に構成される。ベトナムのカウンターパートと協力してシステムを開発中である。

森林破壊の阻止と森林劣化からの回復：合法的で持続可能なサプライチェーン

MA Hwan-Ok (国際熱帯木材機関)

森林破壊と劣化を食い止めることは、気候目標における重要な課題であり、熱帯の森林破壊と森林劣化を減らすことが重要である。持続的に管理された森林は、気候変動の緩和と適応の双方に重要な役割を果たす。森林生態系の健全性、生産性、生物多様性、炭素の安全性を維持し気候変動を緩和するためには、森林の伐採や劣化を避けるためのとりくみを強化することが重要である。

合法的な木材利用は持続可能な森林管理への重要なステップである。北米、欧州、日本などの大規模な市場では、環境基準に沿った生産と木材製品の合法的な出所の証明を求める、自主規制を行っている。最近の G7 会議では、G7 首脳が 2030 年までに生物多様性の減少を止め回復させるという約束をした。ITTO は合法的で持続可能な木材製品のサプライチェーン管理を推進するため、消費国と生産国間の協力関係の構築に取り組んでいる。

適応策・緩和策をジェンダー対応にするには？インドネシアの事例からの洞察

Houria Djoudi、Nining Liswanti、Tamara Ade Ryane (国際林業研究センター)

気候変動対策と森林管理におけるジェンダー問題の重要性について注意を喚起する。女性は気候変動の影響をより大きく受ける可能性が高い。気候変動に対処するために国家レベルでどのように資金が使われているのか、また現場での行動にどのようにジェンダーが組み込まれているのかについて、インドネシアの事例を紹介する。中部ジャワのアグロフォレストリーと植林プログラムの活動例は、気候変動の緩和を目的としていたが、川岸の保護や地滑りの回避など適応につながる効果があった。

この事例は、炭素固定と災害リスクの軽減という点で緩和と適応の双方に、プラスの効果があった。ただしジェンダーへの配慮はほとんどなされていなかった。またジェンダーとは何か、ジェンダーアプローチをどのように現場で適用するかについても、認識の違いが認められた。ジェンダー問題を理解し、対処するためのツールを持っているかどうかを確認する必要がある。また、情報にアクセスする方法や、ワークショップに参加するかしないかなど構造的なジェンダー制限があった。女性を排除することは、単に女性自身に悪影響を与えるだけではない。今回の事例では、植林によって女性の仕事量が増えましたものの、行動の持続性に問題があった。いくつかの現場では、木の生存率が低く植栽木は枯死した。

ジェンダーの統合は、実施時だけでなく事業の設計・計画のすべての段階で重要である。

ジェンダーに対応した脆弱性分析により、社会グループ間や村落間の違いを理解に加え、意思決定からの排除や資産へのアクセスなど、ジェンダー特有の脆弱性を理解できる。

フィリピンにおける森林を利用した緩和策と適応策

ロデル・D・ラスコ（オスカーM ロペスセンター）

フィリピンでは熱帯林が適応策と緩和策の両方の役割を担っている。フィリピンの森林は、気候変動への耐性を高めるのに役立つ。例えば、流域に森林があると、水の流れが安定する。次に、地域コミュニティや森林外のコミュニティが森林から得る財やサービスの提供がある。森林には生物多様性保護の機能もある。フィリピンの生物多様性資源の多くは森林に存在する。何百万人ものが森林地域に住んでいて、多くの先住民を含め、彼らは森林から生計を立てている。

木をたくさん植えれば、炭素の吸収量が増え、全体として温室効果ガスの排出量削減につながるため森林面積を増やすことで気候変動の緩和が期待できる。その一方、その一方、10万ヘクタールのマングローブ林が失われると、年間60万人の人々が洪水に襲われ洪水損害額が年間10億ドル増加する、マングローブ林は1ヘクタールあたり3,000ドル以上の洪水軽減効果があるとする調査結果がある。森林は、気候変動の緩和と適応に大いに役立っている。

ベトナムにおける森林ベースの緩和と適応

Vu Tan Phuong（ベトナム森林科学アカデミー）

ベトナムでは気候変動のために災害が増加すると予測されている。低地では洪水、山間部では鉄砲水の脅威があり、地滑り、干ばつ、その他の種類の災害もある。国土の60%が気候変動の影響を受けやすく、人口の71%が気候変動のリスクにさらされている。

ベトナムは排出量削減と自然災害削減のための目標を設定している。ベトナムの緩和策と適応策には、森林機能を活用する施策が含まれている。2020年までに、REDDによって約30%の排出削減を達成した。災害軽減のために、森林再生、修復、森林管理の改善、持続可能な森林管理にも力を入れている。持続可能な森林管理については、すでに国の森林認証制度があり、国内で持続可能な森林管理の原則を実践することを目指している。

林業セクターによる排出削減には、炭素市場が効果的に運営されていないこと、他の土地利用とくらべ機会費用が高いという問題がある。防災・減災面では、植栽樹種の選択、森林の分布範囲の把握など、災害軽減のための森林整備、防災・減災に適切な方法での道路建設、災害脆弱地域での伐採面積の検討など、技術的な課題が多々ある。森林による防

災・減災に配慮した土地利用計画の策定が求められている。

気候変動の緩和と適応のためのアプローチとしての地域社会のウェルビーイング(幸福)のための森林

山ノ下麻木乃・久保英之氏(地球環境戦略研究機関)

気候変動の緩和と適応のため、森林と密接に暮らす地域コミュニティのウェルビーイング(幸福)考慮するアプローチを提案する。気候変動下での森林保全を考える上で、森林周辺に住む地域コミュニティを無視することはできない。何十億もの人々が森林に依存して生活していることに注意を払い、地域コミュニティを議論の中心に据えるべきある。

地元コミュニティへの支援では、金銭的な支援や新技術の経済的実現性に関する分析に加え、様々なタイプ有能力開発を提供する必要がある。能力開発により、新技術の社会的受容性を促進し、森林破壊の原因に対処することが可能となる。

地域住民による継続的な森林管理・保全には地域コミュニティの能力開発の継続が必要である。地域住民が森林の新たな価値を明確に捉え、森林に対する強いオーナーシップを持つことは、効果的な気候緩和・適応策の前提である。気候変動対策をより効果的かつ持続可能とするため、地域住民が潜在能力を発揮できるよう地域コミュニティのウェルビーイングを中心に検討していく必要がある。



図 5-3-1-1 APCW サイドイベント YouTubeLive 配信

5.3.2 第26回気候変動枠組条約締約国会議（COP26）サイドイベント

「気候変動対策としての NbS (Nature-based Solutions: 自然に基づく解決策) とそのベネフィット」での講演

開催日時: 2021 年 11 月 3 日 (水) 15:00-16:30 (英国時間)

開催方式: COP26 日本パビリオンおよびオンライン (Zoom webinar + Youtube live)

主催: 環境省

参加者: 会場とオンラインで約 100 名

概要: マルチベネフィットを産む気候変動対策として自然を活用した解決策 (NbS) が注目されている。気候変動対策として実施される NbS が生み出すマルチベネフィットについて、NbS を活用した日本国内および国際協力の取組みの中で気候変動適応とマルチベネフィットの優良事例について紹介した。また国際協力の受け手となったアジア太平洋諸国の行政官から NbS を活用した技術協力の有効性、課題等を共有した。7 名の登壇者らが提供した多様な事例をもとに、気候変動対策として実施される NbS が生み出すマルチベネフィットの展望や課題について議論が行われた。

同セミナーにおいて、「気候変動に適応するための森林の機能を活用した防災・減災技術」と題する講演をおこない、森林技術国際展開支援事業により、ベトナム森林科学アカデミーと共同で実施している気候変動に適応するための森林の機能を活用した防災・減災技術の開発について紹介した。また総合討論において、グリーンインフラとしての森林の重要性について意見を述べた。

会場登壇者

- ・ドロシー・ハー、国際自然保護連合
- ・平田 泰雅、森林総合研究所
- ・ピーター・ブラザートン、ナチュラル・イングランド
- ・松尾 茜 (司会)、地球環境戦略研究機関

オンライン登壇者

- ・正田 寛、環境省
- ・阪口 法明、国際協力機構
- ・ステフコ・ステファノスキ、北マケドニア共和国
- ・武内 和彦、地球環境戦略研究機関
- ・石井 晶子、EY 新日本有限責任監査法人

気候変動に適応するための森林の機能を活用した防災・減災技術

平田泰雅

講演要旨

IPCC の RCP シナリオによる将来予測では、台風、ハリケーン、サイクロンを含む低気圧の異常な発達等に伴う山岳地域の山地災害及び沿岸域の高潮災害など多くの極端現象は、今後 21 世紀にわたってより強く、また頻繁となると指摘されており、今後世界的な災害の激甚化が危惧されている。気候変動に伴う極端現象は、先進国のみならず開発途上国においても等しく影響を受ける。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林地から農地等への人為的な改変がしばしば行われる。例えば山岳地域における無秩序な森林伐採や排水機能を考慮しない道路開設は斜面の脆弱性を増大させ、豪雨時の斜面崩壊や表面侵食等の山地災害を引き起こすだけでなく、山麓に生活する人々の生計の手段である農地や家屋に被害が及び、時に人命をも奪う深刻な災害となる。また、沿岸域でのマングローブは、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ことから、これを伐採して養殖池や農地、水田を開発すること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。

これらの災害に対し、ハード対策のみに頼らない我が国の治山事業の設計思想は、財政状況が限定的な開発途上国における治山分野の国際協力においても、高い適用性を発揮すると考えられる。特わが国でも、災害リスクの高い場所での宅地開発が災害につながっていると指摘される事例はきわめて多いが、防災・減災対策の策定がこれから本格化する発展途上国にあって、森林機能を活用した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を、沿岸地域においては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。

本発表では、これらの背景をもとに、現在、ベトナム森林科学アカデミーと共同で実施している気候変動に適応するための森林の機能を活用した防災・減災技術の開発について紹介する。



図 5-3-2-1 環境省主催サイドイベントでの発表



図 5-3-2-2 環境省サイドイベントでのパネルディスカッション

5.4 情報発信

概要

民間企業等による途上国における治山・森林整備への参画を支援するため、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」に設置したヘルプデスクにより、これらに関する情報提供・問い合わせ対応を実施した。国内外から、気候変動や REDD プラスおよび森林機能を用いた防災・減災に関連する問い合わせや連絡が約 30 件あり、それぞれ関係する研究者が対応した。そのうち 3 分の1は防災・減災に関連するものであった。

5.4.1 インターネット等を活用した情報発信

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 5-4-1-1 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 5-4-1-2 同、刊行物(F-DRRに関する各国情報)のページ

5.4.2 技術者養成準備

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、7名の委員からなる技術者養成資料編集委員会を組織した(表 5-4-2-1)。また技術研修用のプログラム、人材データベースの作成に着手するとともに、研修資料となる手引き書の作成に必要な記載項目の素案を抽出した(表 5-4-2-2)。この手引き書は概ね3日間の研修期間を想定した構成である。11項目の素案のうち1)~4)は、基礎的内容との位置づけで、森林の防災・減災機能に関する科学的根拠や日本の治山事業の体系、森林を活用した防災・減災に関する世界の潮流を概説する。5)~8)は、より技術的な観点で、途上国に森林の防災・減災機能を適用させるための適切な手法や現実的な課題を、社会情勢を鑑みながら説明する。9)~11)は実務として本邦技術者が海外展開を想定した場合に直面する資金の流れについて説明する。以上、1)~11)を体系的に学ぶことにより、途上国に進出する本邦技術者を多様な面で後押しできる構成となっている。ただし本構成はあくまで素案の段階であり、今後現地調査等で得られた新しい知見を必要に応じて弾力的に取り入れ、逐次バージョンアップする予定である。

表 5-4-2-1 技術者養成資料編集委員会名簿

氏名	専門分野
岡本 隆	地すべり、斜面安定
古市 剛久	地形学、自然地理、東南アジア
村上 亘	GIS、地形解析、災害調査
小野 賢二	土壌化学、土壌生成
鈴木 秀典	林道、作業道
江原 誠	REDD+、人文地理学
杉元 倫子	(事務局)

表 5-4-2-2 技術者養成のための研修資料(プログラム、記載項目)の素案

研修資料の素案	本事業の主たる参照先 (事項)
1) F-DRR (Forest-based Disaster Risk Reduction) 概論	3) 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
2) 山地災害及び沿岸災害に係る国際的議論の趨勢	2) ①森林の防災・減災等の機能強化に関する国際動向の把握
3) 森林の有する防災機能の基礎	2) 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の整理
4) 日本における治山対策事業の歴史と特徴	3) 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
5) 途上国におけるハード対策及びソフト対策の現状	2) ③調査対象国における森林の防災・減災等の機能強化に係る状況と課題の把握
6) 途上国における Google Earth Engine を用いた斜面崩壊地の自動抽出	3) ②リモートセンシング技術を活用したリスクマップ作成
7) 途上国における自然災害の概要と森林を活用した防災取組事例	2) ③調査対象国における森林の防災・減災等の機能強化に係る状況と課題の把握
8) 途上国における住民の土地利用と防災に関する意識	3) 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 3) ③海面上昇による高潮被害に対するマングローブ林の海岸域防災・減災機能の評価
9) 治山事業の海外展開に関わる国際金融・国内金融 (資金ソース)	2) ①森林の防災・減災等の機能強化に関する国際動向の把握
10) 海外治山事業と政府開発援助 (ODA)	2) ①森林の防災・減災等の機能強化に関する国際動向の把握
11) 海外展開における事業者のベネフィットとリスク	2) ①森林の防災・減災等の機能強化に関する国際動向の把握

卷末資料

令和 3 年度森林技術国際展開支援事業

第 1 回運営委員会

議事要旨

日 時:令和 3 年 6 月 9 日(水曜日)14:00-16:30

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

出席者(◎印:会場出席者 無印:オンライン出席者):

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)

◎長 宏行 (公益財団法人 オイスカ 海外事業部 調査研究担当部長)

◎西村貴志 (独立行政法人 国際協力機構地球環境部 次長(森林・自然環境グループ長))

◎眞弓孝之 (国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 国際部長)

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)

◎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. 林野庁

◎山崎敬嗣 (計画課海外林業協力室 室長)

◎市川容子 (計画課海外林業協力室 課長補佐)

小西力哉 (林野庁より FAO へ派遣中)

3. 森林総合研究所

◎平田泰雅 (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)

村上 亘 (森林防災研究領域)

◎岡本 隆 (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)

古市剛久（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）
志水克人（森林管理研究領域）
倉本恵生（森林植生研究領域）
小野賢二（東北支所）
岡本 透（関西支所）
渡壁卓磨（関西支所）
森 大喜（九州支所）
◎藤間 剛（企画部国際戦略科）
◎杉元倫子（企画部国際戦略科）
道中哲也（生物多様性・気候変動研究拠点）
◎井上泰子（生物多様性・気候変動研究拠点）
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）
◎所 雅彦（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>

○森林総研(平田)

- ・ 本日は、この緊急事態宣言の中、お集まりいただき感謝する。今年度も、この森林技術国際展開支援事業を始められて安堵している。この運営委員会を開催するに当たり、このコロナ下で、どう事業を進めるかについてキックオフミーティングを行った。今年度、我々は、どういうことをやるのか、現場で試行錯誤が一緒にできない中で、それをどう相手に伝えていくのか、どういう技術を向こうに導入しようとしているのかを議論した。この一年間、このコロナの状況を見ながら、円滑に技術移転、あるいは技術開発が進んでいくように努力して参りたい。本日は、このプロジェクトをどう進めていくのかを報告させていただく。みなさまからの忌憚のないご意見をよろしくお願いします。

2. 林野庁挨拶

○林野庁(山崎室長)

- ・委員のみなさまには、今年度も委員を引き受けていただき感謝する。また、森林総研のみなさまには、今年度も精力的に事業を進めていただくことに感謝する。先日、林政審議会において、農林水産大臣に新たな森林林業基本計画案の答申があった。国際協力について、これまでは開発途上地域の森林整備保全というシンプルな書きぶりであったが、新しい基本計画では、より具体的に、開発途上地域における森林減少劣化の抑制、山地災害の防止となり、海外に適応できる森林技術の開発普及も加わった。本事業の内容が、基本計画にもしっかりと位置づけられることになる。本事業は、昨年度、ベトナム森林科学アカデミーと連携しながら防災減災機能強化に関する調査分析を進めていただいた。また、国際セミナーとワークショップをオンラインで開催していただいた。今年度は、適応手法の開発とリスクマップの作成など、多くの項目で本格的な事業展開を行うスケジュールになっている。本来ならば現地調査が不可欠であるが、少なくとも前半は海外出張できる状況ではない中、どのように事業を進めていくかが悩ましい大きな課題である。委員のみなさまには、少しでも有意義な事業執行になるよう、幅広いご意見をいただきたい。よろしくお願いします。

3. 委員の紹介

○森林総研(杉元)

- ・本日は、6名の委員が出席である。

4. 令和3年度森林技術国際展開支援事業計画

○宮城座長

- ・「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

- ・「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」の説明をお願いする。

○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

- ・資料 4-2 のスライド 7 で landslides という言葉が使われているが、landslide という言葉は国によって意味が違っていて、国際会議でも課題になっている。表層崩壊も landslide と言ってしまう。debris flow という言葉もあり、どう使い分けるのが妥当かを、現状を踏まえてはつきりしてもらいたい。

○森林総研(古市)

- ・宮城委員がおっしゃることは、まったくそのとおりである。我々も意見交換をし、昨年度の報告書には、そこをきちんと書いた。大まかに言えば、表層崩壊も landslide と呼ぶように整理した。深層崩壊もスランプも地すべり landslide と呼んでいる。

○宮城座長

- ・そのように整理してから話すと、議論が前に進む手がかりになると思う。

○水野委員

- ・森林の防災、減災の機能を最大限に活用してアジアに展開することを考えたときに、ハードなコンクリートとの比較優位、防災減災に対する考え方、全体の中での森林の位置づけを把握し、分析していくことが重要だ。森林だけを見ていては、森林がどこに使えるのかがわからないので、やはり比較優位で捉えることが必要だ。その意味でも、できたら各国の防災減災に対する考え方を捉えた上で、森林がどう考えられているかを話し合った方が、よりローカルなコンディションに応じた提言ができるのではないかな。

○森林総研(古市)

- ・水野委員がおっしゃるとおりで、そこは十分に考えたい。森林が持つ防災減災機能やそのための流域レベルでの土地利用などへの議論は、東南アジアではこれから本格的に進んでいくと見られるので、これまでの森林の位置づけの踏襲ではなく、議論を広めていく役割もあると思われる。F・DRR は基本的に山作りであって、山作りを通してベトナムでどのようなことができるのか、ベトナムの森作りがどうなっているのかをしっかりと見て、実際の防災にスコープしていく筋書きを考えている。

○宮城座長

- ・グリーンインフラとしてのマングローブの機能はいろいろあると思うが、同時に人間の生活域と直結した場所でもあり、防潮堤や水門といったグレイインフラの整備も進んでいる。マングローブにおいても、グレイインフラとのベストマッチングについて早めに論点整理をして、グレイインフラ、グリーンインフラ、ベストマッチングというキーワードに注目し、データ収集を進めていただきたい。

○森林総研(平田)

- ・私もベトナムに行くまでは、グレイインフラとグリーンインフラのベストマッチングという発想がなかった。しかし、ベトナムに行くと、マングローブのすぐ側に人が住んでいる。また、ベストマッチングを目指して、特に 1990 年代以降、植林をしたところがある。ベトナムに行ったときに非常に実感したので、それも考えながら進めていきたい。

○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」の説明をお願いする。

○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】

○森林総研(村上)

【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)リモートセンシング技術を活用したリスクマップ作成」に基づいて説明】

○森林総研(小野)

【資料9「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 3)海面上昇による高潮被害に対するマングローブ林の沿岸域防災・減災機能の評価」に基づいて説明】

○西村委員

・リスクマップは、途上国のニーズが非常に高いものだと思う。将来的な展開を期待し、JICAの事業でも活用したいので、成果を期待している。情報共有として、ソラ省で防災関連の事業を新しく計画している。まだ開始していないが、連携と情報共有をしていけると思う。さらに、社会経済状況の調査では、自然環境と人間活動が密接にからんでいるところで、それらをうまく調和させていくことが必要になってくると思う。JICAでも、自然環境保全と人間活動の調和をうまくやっていこうと言っているが、社会経済状況の調査を進めていく上で、地域住民の伝統的な生業や知見とどう調和させていくのかに関する知見を今回の調査で出していただけるといい。

○森林総研(岡本)

・ソラ省のJICAプロジェクトとは、我々としても、是非、情報共有させていただきたいので、よろしくお願いします。社会経済調査の位置づけとして、もちろん、現地の独特な文化の把握と共に、リスクマップ作成において我々がリスクとして考えるものと彼らがリスクとして考えるものとの乖離があつては、このリスクマップは役に立たないものになるだろうと危惧している。彼らが何に困っているのか、彼らの生活の中で防災に対するニーズはどこなのかを探ることが、一つの大きな柱として、この社会科学系の調査に位置づけられると考えている。また、現場の調査で、いろいろと出てくるものがあると思う。

○眞弓委員

・ベトナムではいろいろなプロジェクトが動いていて、さまざまなリスクマップとハザードマップがすでに存在している。そもそも目的が判然としないものを含め、それらは作成する目的が異なっている。特に、崩れた場所だけを抽出して終わっているハザードマップは、何を目的とし

ているのかわからない。居住エリアや各種インフラを守るためのハザードマップは、崩れた場所と、崩れた土砂が到達する範囲までを影響圏としてきちんと表現することが求められる。そうした理解の上で、このプロジェクトでは何を目的としたハザードマップを作成するのか。Eco-DRR、森林整備を目的としたリスクマップやリスク評価であれば、その影響圏、どこまで土砂が到達するかまでのハザード抽出はいらないかもしれない。さらに言えば、一箇所、一箇所の崩壊箇所を特定するよりも、流域単位でリスクがわかるようなマップに仕上げる方が、成果として森林整備に利用しやすいのではないか。最終成果としてどういうリスクマップを作るかをイメージしながら、作業プロセスを整理すると良いと感じた。また、崩壊と土地利用について述べる際に、漠然と土地利用ではなく、土地利用の何が崩壊と関連したかを分析することが必要である。空間情報のデータを整理する際のフィルター構築にも必要な知見になると思う。

○森林総研(岡本)

- ・森林があることによる影響を中心に据えるのか、あるいは現地の方々の役に立つリスクマップを作るのかについては考えなければいけないが、今の時点では、現地の方々に役に立つものを作りたいという気持ちが強い。崩壊が発生する場所だけで済ませるというのは問題外だと思う。崩壊が起きたときに、土砂がどこまで到達するかを見込んでリスクマップを作ことは当然である。ベトナムの場合、崩壊というより、斜面の表面侵食で発生した土砂の流出が河川等に堆積し、フラッドが起こり、現地の方々が困っているという情報もある。そうなると、単純な斜面崩壊だけでなく、土砂の生産と移動に関することもやった方がいいのかもしれない。そこまでできるかどうかという技術的な打ち合わせをしているところだ。眞弓委員がおっしゃられたように、Eco-DRR の森林の機能を考えるのであれば、流域単位でリスクを評価していくというやり方も十分にありうる。技術的なことも含めて、関係者と打ち合わせていきたい。

○森林総研(平田)

- ・これまで、いろいろなところからリスクマップを作る相談を受けてきたが、最初のリスクマップはほとんど当たらない。でも、実際に災害が起きたときに、このリスクマップに足りなかったことをだんだんと加えていった。大事なことはどんどんリバイスして、本当に求められているものにたどり着くことだ。だから、我々はいいいマップを作りたいと願っているが、もしかしたら踏み台になるのかもしれない。リスクマップとは、そういう運命にあると考えている。どういうリスクマップがあるのかを調べると同時に、どういうところが足りないのかにも注意していきたい。

○眞弓委員

- ・唯一無二、万能のハザードマップ、リスクマップを目指すことは間違っていると思っていて、それぞれの目的にあったマップがあるということをお話した。森林保全を目的とするハザードマップと、下流域に住む人々の暮らしを守るためのハザードマップは異なるし、地すべりや斜面崩壊を起こしやすい斜面を探すハザードマップも存在していると思う。プロジェクトの目的にも繋がるが、このプロジェクトは何を目的とするものなのか、日本の技術者たちに何を開眼させたいのかを常に意識したハザードマップ作りが必要だということでお話した。

○長委員

- ・宮城委員からグリーンインフラとグレイインフラのベストマッチングも考えてみたらという示唆があったので、オイスカの事例も紹介する。オイスカは、インドネシアのジャワ島北岸の 7 箇所で、15～20 年間、植林活動をしている。風雨や波が非常に強く、年々、それが激化している。そこで、2019 年と 2020 年に 3 箇所で堤防を作った。手作りだが、その堤防には 3 種類ある。一つ目はコンクリ製の土管で作ったしっかりしたもの。二つ目は塩ビ製で、下の土台はコンクリ製のもの。三つ目は竹だけのもの。これは目的に合わせて、全部、用途が違っている。波浪が一番強いところは、マングローブどころか住居も被害を受け、ときには成木でさえも引き倒されるようなところだったので、コンクリ製にした。そうしたら、堤防のすぐに内側で植林ができるようになった。堤防の外側でも土砂堆積が始まり、あと 2、3 年したら植林できそう。堤防の両側でマングローブが大きくなると、まさにベストマッチになる。それ以外のところは、漂着ゴミが多く、流木で木が倒れても、簡単なので、すぐに直る。竹のところは漂着ゴミが一番の目的だったが、波の影響も意外と緩和できて、苗木に非常に好影響であるという評価を得ている。また、オイスカが 5 ヶ国でマングローブをやっている中でわかった阻害要因についても申し上げる。一つは想定外の波浪、高潮であり、植えた直後の苗木はもちろん、2、3 年目でたこ足が出てきたものも相当やられるケースがあった。また、高潮で長い間水没して、枯死したケースもある。さらに、土砂の過剰な堆積、特に河口付近などで想定外に土砂が堆積すると、植えたものがほとんど埋まってしまうことがあり、なかなか難しい。さらに、ヤギや最近はいもムシによる食害で、すべての葉がやられたケースもある。おそらく死んではいけないので、ある程度、再生するとは思っているが、こういった阻害要因があった。

○宮城座長

- ・リスクマップについて確認したい。まず、ランドスライドディストリビューション(地すべり・崩壊の分布)という潜在的なリスクマップがある。また、いろいろなパラメータを繋いで、現場の状

態とどうフィットさせるかという再現性があるサスセプティビリティ(感受性)マップの二つがあるが、それぞれの使い方が異なる。ベトナムでもたくさんのマップを作っているが、私が一番知っている地すべりの分布図はまったく使えない。現場に担当者が行くと、なんだかわからないロケーションに点が打たれていて、どこかわからない。また、サスセプティビリティマップは、何を根拠に作っているのかがわからず、再現性がなくて非常に困った。これは本当に残念で、現場の人たちには情報がなく、ただ災害という事実だけがある。そこで、政策的なパースペクティブをしっかり持たないと、結果的に虻蜂取らずになりかねない。眞弓委員がおっしゃるように、どこを目指すのかをクリアにしておくことは大事だ。もう一つ、大事なことと思っているのは、空間の規模感である。どのくらいの範囲をどのように考えたらいいのかを最初に議論し、論点整理をしてはどうだろうかと思う。また、いろいろなパラメータを使う話はよくわかり、ランドカバーについてはできるだろうと思う。その一方、地形のデータがどのように使われ、どのように処理するのが見えてこず、丁寧に考える必要がある。マングローブに関しては、最近、グローバルスケールのデータで議論している論文が出ている。全世界の中でどう位置づけられているのかを知っていることが、ナショナルスケールでは必要だ。また、力学に基づいた評価があってもいいと思う。長委員が堆積物とマングローブの対応のことを話したが、地盤の視点から見ると、たとえば1トン弱ある30mの成木が、どうして地耐力のない地面に立っているのか。いまは、それを精密に評価できるようになっている。これは、どこに何を植えるかという本質的なところに繋がっていくし、減災力の評価にも繋がっていくので、そういう観点も持っていただきたい。

○森林総研(村上)

- ・眞弓委員と宮城委員のご指摘はもっとものことであり、私どもも、どこを目指すのかに、十分、注意しながらやっていきたい。空間の規模については、現地に行けない中で、どこまで細かいことができるのかを気にしているところだ。今のところ、現場であるモンゾンのエリア全体を考えている。ただ、どういったデータが入手できるのか、特に宮城委員が指摘していただいた地形データがどこまで詳細なものかによって、空間スケールを修正していく必要がある。

○森林総研(小野)

- ・グレイインフラとグリーンインフラのベストマッチングという視点を持てていなかったのも、それに立って課題を進めていきたい。マングローブグループの中では、長委員、あるいは宮城委員からいろいろな話をヒアリングさせていただき、課題の中で生かしたいと話している。ベトナムに限らず、海外でのマングローブの植林活動等についてご教授いただきたい。また、

気候帯によって成熟するマングローブ林のサイズが変わってくることにに関して、文献等のデータを集めて、グループ内でも共有しつつある。その中で、どのサイズならどの程度の防災機能を期待できるのかというゴールを見据えていこうと話している。また、地耐力のないところで、どうしてマングローブのような大きな木が生長するのかは非常に重要な視点だと思う。まだ勉強していかないといけないので、海外での植林活動と合わせて、いろいろとご指導いただきたい。

○森林総研(平田)

- ・ 今後も、よろしくご指導をお願いします。特に、物理学的なアプローチが抜けているという指摘があったが、残念ながら森林総合研究所には物理学の研究者がいないこともあり、勉強しながら進めていきたい。

○太田委員

- ・ 資料 4-3-1 と資料 4-3-2 で土地利用の変化を分析すると理解したが、ベトナムは、この 20-30 年で東南アジアの中で唯一、森が増えている国だ。その中で、モンゾンコミュニティの 200Km²で森林の変化を分析にかけるだけの十分なデータセットとしてあるのか。もしかしたら、もっと広い範囲で分析することが求められるのかもしれない。また、資料 4-3-2 の 9 ページ目に分類の結果があり、凡例と枠がきれいに載っていてわかりやすい。8 ページ目には、どうやって作ったかが載っている。しかし、雲をどうやって作ったのかわからない。前回は、ここところが新規裸地にクラス分けされていた。できれば、8 ページと 9 ページの整合性を取っていただきたい。

○森林総研(志水)

- ・ 解析に耐えるだけのバリエーションがあるかということだが、ランドサットの解析をするうえで、今回のモンゾンコミュニティは狭いのかもしれないという感じはあり、さらに広げることが可能なのではないかと考えている。ただ、教師データがどれだけ手にはいるかで範囲をどれだけ広げていくかが変わるのではないかと考えている。

○森林総研(村上)

- ・ 崩壊地の抽出については大丸に確認しないといけないが、8 ページと 9 ページの整合性はちゃんと取るようにする。

○森林総研(村上)

- ・モンゾンのエリア全域ではないが、2013年に崩壊が多発していることをグーグルアースの画像から確認した。ただ、どこまで高解像度の衛星データを入手できるのかということと、グーグルアースエンジンで作成したのが主にセンチネル2を使っているのも、そちらで対応できるのかということが、まだ確認できていない。場合によってはやり方を変える、現地調査の結果などを利用してうまく対応する、また衛星や場所を変えることも検討材料になるかもしれない。この点は、カウンターパートとの協議の中で進めていきたい。

○森林総研(平田)

- ・スケールの問題、方法論の問題、それから地域をどのスケールで捉えるのがいいのかは非常に重要な課題なので、このグループで検討を重ねて、第2回委員会で疑問が残らないようご報告する。

○宮城座長

- ・いまの個別、具体に関わる質疑は非常に大事なものだが、視点をきちんと設けて、それに対するシナリオを想定した方がより大きく、わかりやすい成果に繋がるという意見交換だったと思う。たとえば、リスクマップでスケール感をどう設定するかという視点をひとつ作ると、ここだけではなく、そこまで広げるという話になるし、雲の話でいえば、なかなかクリアな衛星画像が手に入らないことを含みつつ、どちらか側に広げた方がいいという話になるので、議論を地道に進めてシナリオ作りをしていただきたい。

○森林総研(平田)

- ・予備解析を行い、その範囲の中でどういったものがどれ位あり、シナリオに耐える結果が得られるのかをイメージしてやっていこうとしているが、太田委員からご指摘があったように、実際に解析してみたらそのスケールでは足りないということが起きるかもしれないので、その時には、また整理させていただきたい。

○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10「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」基づいて説明】

- ・特段の質疑なし。

5.全体討議

○水野委員

- ・リスクマップの意義に関して、モンゾンコミュニンに焦点を当てて、特に技術の把握をしつかりした上で調査を進めるという視点はいいと思うが、実際に災害を受ける、あるいはその可能性がある地域住民以外の、もう一つの重大な主体である地域行政担当者が見えない。実際にアクションまでを考えると、地域の担当者がオーナーシップと問題意識、そして日本が勧めた技術を適応すること、プロジェクトのオーナーシップを持つということは非常に重要だ。また、彼らは、コミュニティのリスクとニーズ、取り組みにどういうギャップがあるのかについての有益な情報源でもある。そこで、地域の行政官にも関わってもらい、日本からいいことを教えてもらって我々はすごく助かったということを彼らの口から言ってもらえ、さらに成果の説得力が増すと思う。いろいろな観点から、是非、地域の行政官にアクセスすることも検討していただきたい。

○森林総研(平田)

- ・我々もその点は非常によくわかるが、この予算では現地にお金を持っていき、何かをやってもらおうということができない。しかし、現地の人に役立つにはどうしたらいいのかについて委員の先生方からのコメントを受けながら、できる範囲の中で、開発した技術と方法論を JICA などに引き渡せるようやらせていただく。

○林野庁(山崎室長)

- ・水野委員が指摘された点は非常に重要。イメージされているのは、JICA の技術協力プロジェクトなどで行われているキャパシティビルディングだろう。私が JICA に出向していた時に、ある国の技術協力プロジェクトでコンサルタントが土質や災害に対する地元の認識、行政機関のとらえ方などの違いから苦労されているのを見てきた。本事業は、林野庁予算の ODA ではない方の予算であり、我が国の民間企業が途上国展開する際の基本的なノウハウや留意事項を蓄積し、技術者の方々に普及していきたい。先ほどの住民との関係において、実際に現地で住民のキャパシティビルディングをするのは JICA の ODA では王道だが、キャ

パシティビルディングを行う際のノウハウをこのプロジェクトでお手本として作ることが私どもの目指しているところである。

○宮城座長

- ・水野委員のご指摘は我々が議論してきたところの延長上にあり、とても大事なことだ。私もベトナムで現場に張り付くようなことをやっているが、たとえばベトナム語が通じない山地社会では、なかなか簡単にはいかない。その一方で、技術者のポテンシャルは非常に高いものがある。その技術者が主体的にものを考えることによって地元の人に繋がっていけるし、そこに意義はある。ここをどう詰めていくのかを議論していくことで、さらに細かい展開もあると思う。

○眞弓委員

- ・治山技術に関する話として、「移転すべき技術は何か」を考える上で、次のことに配慮すると、その先の道が楽になると思う。JICA のプロジェクトで、なかなか情報収集しづらいのが民間企業の能力評価である。治山技術の移転を、調査⇒設計⇒施工⇒維持管理という順番で能力向上しようと考えたと、非常に道程が長くなる。逆に、材料の運搬、林道整備、高所作業などに関する彼らの施工能力を適正に評価できる情報、今の彼らにできることを起点に据え、そこから遡って日本が技術移転できるものを具体的に絞り込むのが良いのではないか。
- ・また、情報公開に関して、このプロジェクトの裨益者は日本であることを考えると、国内でのワークショップは大きな意味があると認識している。スライドには“民間企業のニーズを踏まえてテーマを選定する”とあったが、それでは先に間口を絞ってしまうことになる。いろいろな産業分野の方が入ってきてくれることを期待するならば、ワークショップは事業で収集された課題、現場の状況、日本民間企業がそこに入っていこうとするときの条件等をこそ提示し、そうした課題に対し、ワークショップに集まってこられた多様な方々が、各社が強みとする技術、ソリューションを出し合い課題解決に向けたディスカッションを行うというのが良いのではないか。途上国に出て行こうというモチベーションアップにも繋がると期待する。

○宮城座長

- ・このプロジェクトでどこまでできるかわからないが、たとえば JICA はこういうスキームのお膳立てができるのではないかと思います。

○西村委員

- ・いま、このことをやっていくとは言えないが、一緒にできればよいと思うので、よろしくお願いします。

○森林総研(平田)

- ・眞弓委員のご指摘が、実はこのプロジェクトの中で重要な部分と認識している。技術や課題の整理をきちんとしていくことから、ワークショップの開催や、研修プログラムの作成を考えていきたい。

○宮城座長

- ・討議を終える。

6.その他

○森林総研(杉元)

- ・本日の討議に感謝する。

<閉会>

以上

令和 3 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 3 年 10 月 21 日(木曜日)14:00-16:45

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

出席者(◎印:会場出席者 無印:オンライン出席者):

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)

長 宏行 (公益財団法人 オイスカ 海外事業部 調査研究担当部長)

西村貴志 (独立行政法人 国際協力機構地球環境部 審議役兼次長(森林・自然環境グループ長))

眞弓孝之 (国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 国際部長)

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)

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. 林野庁

◎山崎敬嗣 (計画課海外林業協力室 室長)

市川容子 (計画課海外林業協力室 課長補佐)

大野由芙子(計画課海外林業協力室 係長)

小西力哉 (林野庁より FAO へ派遣中)

3. 森林総合研究所

◎平田泰雅 (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)

◎大丸裕武 (多摩森林科学園長)

◎村上 亘 (森林防災研究領域)

◎岡本 隆 (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)

◎古市剛久 (森林防災研究領域)

宗岡寛子（林業工学研究領域）
志水克人（森林管理研究領域）
倉本恵生（森林植生研究領域）
小野賢二（立地環境研究領域）
岡本 透（関西支所）
渡壁卓磨（関西支所）
森 大喜（九州支所）
◎藤間 剛（企画部国際戦略科）
◎杉元倫子（企画部国際戦略科）
道中哲也（生物多様性・気候変動研究拠点）
◎高畑啓一（生物多様性・気候変動研究拠点）
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）
◎所 雅彦（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>

○森林総研（平田）

・本日は、お集まりいただき感謝する。コロナが必ずしも収束している状況ではないが、10月末からイギリス、グラスゴーでCOP26が開催される。森林総合研究所から私が参加して、このプロジェクトの紹介をジャパンパビリオンでさせていただく。現在、1.5℃目標に向けていろいろな取り組みが進んでいるが、適応は地域の問題ということもあり、緩和と比べると適応の動きが遅い気がする。この適応は地域毎に、災害毎に、気候変動の影響毎に違った対応をとらなくてはならない。また、気候変動に伴う山地災害、あるいは沿岸域の災害が確実に増えてきているので、我々はこの事業を着実に進めていかなければならないと思っている。我々は、この事業で技術開発と共に情報収集からの経験値も高めていく。今回のCOPでは公式サイドイベントを取れなかったが、環境省のNature based Solutionsというサイドイベントの中で、私この事業を紹介させていただく。自然を基礎とした解決策を探っていく中で、この事業も重要な位置づけが与えられることを願っている。本日はこれまでの進捗状況を報告し、

年度の最後に向けてどのように事業を進めていけばいいのか、みなさまの忌憚なきご意見をお聞かせいただきたい。よろしくお願いします。

2. 林野庁挨拶

○林野庁（山崎室長）

- ・委員のみなさまには、ご出席いただき感謝する。また、森林総研のみなさまには、コロナの中、精力的に事業を進めていただいていることに感謝する。本事業は2年目の中盤に差し掛かり、山間地のリスクマップの作成やマングローブによる海岸保全林に関するデータ収集・分析など、また、途上国における森林による防災減災の手法を検討していただいている。7月に熱海で悲惨な土砂災害が発生したことは記憶に新しいが、途上国においても気候変動による影響や無秩序な開発が原因となる土砂災害の増加が懸念されている。森林による防災減災を推進するこの事業の意義は大きいと考えている。また、10月末から気候変動枠組条約締約国会議が開催される。林野庁としては、透明性の確保としてどういう形で報告するかという点と、市場メカニズムとしてJCMに悪い影響がないように対応していきたい。COPは社会的注目を浴び、気候変動への関心が大きく高まってくる。平田センター長には、サイドイベントでのこの事業の紹介をよろしくお願いします。本事業の実施にあたり、本年の後半もコロナの中で困難が続くと思うが、現地への渡航がなんとかできればよいと願っている。委員のみなさまには、事業成果が最大限得られるよう、幅広いご助言をお願いします。

3. 委員の紹介

○森林総研(杉元)

- ・本日は、6名の委員が出席である。

4. 令和3年度森林技術国際展開支援事業中間報告

○宮城座長

・「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】

○森林総研(藤間)

・資料4の8ページにある国際セミナーの日付は、正しくは1月26日(水曜日)である。訂正する。

○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

・「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」以降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】

○森林総研(村上・志水)

【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)リモートセ

ンシング技術を活用したリスクマップ作成」に基づいて説明】

○森林総研(小野)

【資料9「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 3)海面上昇による高潮被害に対するマングローブ林の沿岸域防災・減災機能の評価」に基づいて説明】

○宮城座長

・ベトナム森林科学アカデミーに業務委託をし、情報交換しながらやっている感じがよくわかった。ベトナムでは今年の7月～9月の間、ハノイから外に出られなかったが、いまは、多少、出られるようになってきた。これからの残された期間での情報収集は非常に重要であり、これから始まると思っているが、実際はどうか。また、地域住民に聞き取りをすることをベトナム森林科学アカデミーに依頼しているが、これまではベトナムであまりやっていないと思う。どのくらい、きめ細かくできそうなのかを知りたい。

○森林総研(平田)

・調査は、宮城委員がおっしゃったように、これからである。これから3月中旬までの間に資料を作成してもらい、こちらに納めていただくことになっている。その調査項目については、これまで、オンライン等で我々が欲しいデータを伝えている。ただし、相手方も研究機関であり、相手方からも研究者の立場でアドバイスをもらうという双方向で意見を交換する形で進めている。

○森林総研(岡本)

・現地調査は、現地の19村で聞き取り調査を行っている。聞き取り方法は、各村の長に取りまとめて聞いていただいているのが実態と思う。その点では、実際に我々の社会科学の専門家が行って現地で話を聞きたいのが本音であるが、それができないために、カウンターパートに骨を折ってもらってお願いしている。

○森林総研(江原)

・山地のモンゾン・コミュニオンは全部で19のビレッジがあり、去年の現地調査では、その中の10ビレッジのヒアリング調査をベトナム森林科学アカデミーにお願いした。具体的には、村に主要な情報提供者を集めてもらい、インタビューとグループディスカッションという手法を使って情報収集をした。住民が認識する土地利用変化と要因、土地利用変化によってどの

ような災害が起きたのか、また被災した内容は主に何かを調査していただいた。今年度は、同じような調査を残る 9 村で行う。これによってモンズン・コミュニン全体の村民の被災の認識と、実際に受けている被害の種類がわかってくると思っている。

○森林総研(平田)

- ・このプロジェクトを始めるときにベトナム森林科学アカデミーに繋ぎをつけてくれた名古屋大学の岩永先生が、こういった社会調査を基に、ベトナム森林科学アカデミーと一緒にアカシア植林に関連する研究をやった。こういった村落に入って行う住民調査は、すでにベトナム森林科学アカデミーでは経験を持っている。

○西村委員

- ・資料 6 の 3 ページで、日本の治山事業団体の海外参入の橋渡しについて説明いただいたが、この治山事業団体とはどういった団体を想定しているのか。また、資料 7 の 10 ページにある「簡易な治山施設等の設置状況をデータ化し」で、設置者や管理者を調べるということであるが、政府などが設置しているのであれば、治山等に対する基本計画があつて優先順位をつけて実施していると思われるため、そういう計画についても調査する必要があると思われる。この点についても、聞かせていただきたい。

○森林総研(岡本)

- ・日本の治山事業団体としてイメージしているのは、土木コンサルタントである。中には、すでに積極的に海外に進出している企業もたくさんあるが、一方では、よい技術を持ちながら、ノウハウがわからないために海外進出に二の足を踏んでいる企業も多いと考えている。そういう方々を対象として知見の橋渡しができないかと考えている。また、対策施設については、西村委員のおっしゃったとおりである。こういった施設を設置する際には、現地において何らかの法律的な基本があると思うので、そこもカウンターパートに調べてくれるようお願いしたい。

○太田委員

- ・資料 8 の 13 ページで海外には精密な DEM がないという話だったが、具体的には、どれくらいの DEM が最終的に欲しいのか。たとえば、斜面スケール、流域スケールの分析をしたいので、これくらいの DEM が必要ということがあるのか。それとも、細かければ細かいほどいいのか。

○森林総研(村上)

- ・日本の 2.5 万分の1の地形図レベルなので、できれば 10m の解像度より細かいものがあればいい。ただ、ベトナムで、そこまでのものが入手できるかどうかは、現在、問い合わせ中である。

○森林総研(平田)

- ・太田委員の今の指摘は非常に重要なポイントで、どこまでお金をかければいいのかということにもつながる。

○森林総研(大丸)

- ・災害があるたびに DSM から作っているのか、地面の標高への信頼性がどれだけ高いかといった質的なことも大事と思う。DEM はレーザー測量が望ましいが、それが難しいのであれば、ジェダイで粗い LiDAR が打てるので、入手できるデータで DSM と本当のグラウンドの検証をしていく必要がある。解像度は補完すればどんどん細くなるので、やはり地面をどう捉えられるかに注目しなければいけない。

○森林総研(村上)

- ・いまのご指摘のとおり、解像度による違いもきちんと検証しなければいけないので、入手できるもので可能な限り対応していきたい。

○森林総研(平田)

- ・アスター以外にシャトルで作った DEM も含めてやっておくと、民間の方々がどういったベースデータを使えばいいかについての非常に有効な情報になると思う。

○宮城座長

- ・私の経験でも、どのようにデータを使いませばいいのかが、ベトナムの方々にはわかっていないところがある。それは、日本はデータがオープンな状態でそこら中にあるのに対して、ベトナムは社会主義国なのでデータは軍がコントロールしているので、隔靴搔痒な状況である。それでも、日本からの情報として、グリッドサイズの DEM も DSM も含めた様々なデータからこれだけのものが見えるということを紹介すると、直接的なインパクトがある。DSM と DEM をどのように使い分けるかという問題があるが、空中写真そのものは基本的には DSM であ

り、写真を解釈して判断するという技術がそこに介在すれば、空中写真の1万や2万のスケールでも十分にいろいろなものが見えてくる。あと、知りたいことは、巨視データをとった場所の代表性である。北部山岳地帯におけるモンゾン・コミュニンの代表性を位置づけて話をしてもらいたい。もう一つは、大きな地すべりと表層崩壊を合わせた **Landslide** として今回は分析しているが、その二つを含んだ場合のメリットと問題点についても話をしてもらった方がいい。数キロ四方という地すべりでできた土地がいっぱい広がっているところもある一方で、今回は **5mDEM** とか **10m** くらいのデータを使い、斜面の表層崩壊のゾーニングを **Susceptibility Mapping** している。データのサイズや種類と、どういうディメンジョンでものを把握するのかという2点を話してもらいと、このようなパターンにはすごくインパクトがあると思う。

○林野庁(山崎室長)

- ・資料8の4ページにある「平成3年度の目的」にある「AI」という言葉は霞が関では受けがよく、この事業の予算要求をする際に、査定者の方からAIはいいので予算のPR版に書いたらどうかという提案もあった。このAIを使って行う作業は、ベトナム森林科学アカデミーも一緒になってやっていけるようなものなのか。また、今後、手引書を作って森林土木系のコンサルタントに教える中で、AIを使った作業も入れ込むのか。あるいは、ただ単にAIを使った結果であるリスクマップを教えるだけで、AIの使い方は含めないのかを教えていただきたい。さらに、AIを使って攪乱を判明していくというのが、どの部分に、一番、AIを活用しているのかを教えていただきたい。次に、資料5の9ページにある「低緯度地域の対流圏は安定する」という新しい知見は、どういう言い方をしていけばいいのだろうか。低緯度地域はあまり変わらないとはならないような感じもあり、新しい知見ではこの程度まではわかったということ、もう少し教えていただきたい。

○森林総研(村上)

- ・ベトナム森林科学アカデミーについては、これまでベトナムのリモセン担当者が表に出てきておらず、まだホン先生を通してのみ連絡を取っている状態なので、どこまでやれるのかは未知数である。ただ、担当者がどういった研究をしているのかは調べていて、私よりも衛星の解析、特に土地利用についての解析を進めている方のもあり、具体的に協議を進めることで作業が行えると考えている。

○森林総研(大丸)

- ・ベトナムの AI の研究水準は、災害と土砂災害に関する限り、国際誌にたくさんの論文が出ているが、地球科学系の研究者が書いているものが多い。農林系の状況は、まだ把握できていないが、けっこうたくさんの優秀な人材が出ていて、ポテンシャルは非常に高いと思う。

○宮城座長

- ・私はベトナムと 1993 年から付き合っているが、彼らのコンピュータに対する指向性は非常に高く、論文を紹介するとすぐに真似をして、それなりのデータを作ってしまう。私よりも向こうの方が水準は高い。報告にあった **Susceptibility Mapping** についても、ベトナムはたくさんの論文を書いている。**Susceptibility Mapping** がよいと思ったら、すぐにそれを取り入れる力は十分にあるし、それだけに、すでに申し上げたが、このようなデータがここにあると紹介するとベトナムのモチベーション、イニシエーションになると思う。AI についても、AI によるインプルーブメントについて考えようと言えばベトナムもやる気になるかもしれない。

○森林総研(平田)

- ・宮城委員がおっしゃったように、博士号を持っている方が多くいる研究所を選んでいるので、特にこの AI に関しては共同でやってくことを考えている。ずっと以前から我々は AI を使ってきているが、今回、特に新しいことといえば、降雨パターンを変えることによって、どこで崩壊が起きやすいかを判断させるところだ。また、研修の中では、出てきた結果よりもフローを、どのようにやっていくのかを養成プログラムの中に入れていくべきだと考えている。

○森林総研(古市)

- ・気象の専門家ではないことを断った上での話だが、今日、お伝えしたことは、気候変動の影響、温暖化の影響は高緯度でもっとも大きく、低緯度へ向けてだんだんと小さくなっていくというメッセージである。データとして台風の発生数が少なくなることは、温暖化すると低緯度地域の大気が全体として安定化すると別の研究で言われていることに沿っているという稲津先生の説明だった。但し、大気全体として安定しているということと、その影響が個々にどう出るのかということは別のはなしである。モンスーンの時期と強さが変わり、地形も影響して、雨の降り方等が変わる。全体として安定化したことと各地域でどう変わっていくかは、別の分析が必要になってくる。いまは、まだ研究途上で一概には言えず、気象学で一生懸命にやっているのではないか。

○森林総研(平田)

- ・大気が安定する、あるいは台風の数が減るということと、強い雨が降らないということは同意ではないということである。

○森林総研(古市)

- ・熱帯の気象がどこでも今よりも安定するという意味ではない。ただ、全体として大雨の起こる頻度は減るはずだというデータはある。しかし、その起こり方が各地でどうなるのかは、まだわからない。ただ、稲津先生が話していたように、このデータが独り歩きするのはよくない。単に、台風が減って、今のような大雨が少なくなる地域があるということは気象学の知識からすれば予想されることだと私は受け取っている。

○森林総研(藤間)

- ・資料で「出典:稲津 2021」とある部分は、稲津先生が最新の解析結果としてお示しくださったもので、「IPCC AR6」とはまったく違う位置づけのものである。こういう考え方が出ているが、現段階では独り歩きはよろしくないという点をご理解いただきたい。

○宮城座長

- ・今の議論は、当然、そのようにあるべきだと思う。想定しているタイムスパンをきちんとっておくことが共通理解の道だろう。ただ、ベトナム中部では、去年、大きな災害が起きた。ベトナムの人々にとっては、どういう理解の仕方が正しいのかを明確にしてもらいたいと思う。この話をするには注意が必要だが、どんな注意が必要なのかを突っ込んでいかないと、あまり役に立たない感じがする。

○森林総研(古市)

- ・あくまで私見だが、科学として出た結果を隠すことはまったく考えていない。気候変動が起これば世界中のどこでも気候が激しくなるという印象やイメージが先行するのは、科学が言うこととは違う。また、我々も、印象やイメージに基づいて事業を進めるのはよくない。宮城委員がおっしゃるように、もう少し明確にした方がいいのはそのとおりで、私は気象学者ではないが、できるだけ気象学で行われている議論をフォローしていきたい。

○宮城座長

- ・グローバルスケールでシミュレーションできるようになった話と、それからリージョナルスケールでどういうバリエーションが出てくるのか、偏差でどうなるのかという話は出て然るべきと思う。

○森林総研(古市)

- ・タイムスパンについて言うと、IPCC のシミュレーションは様々な温暖化シナリオに基づいている。どのシナリオになるのかは誰にもわからないが、このシナリオであれば何年後に温度が何度上がるということは計算されており、雨量変化は基本的に温度変化に伴って変化する現象として予想されているので、これは何年後ということは言える。

○眞弓委員

- ・日本の土木コンサルタントが海外に出ていく支援をするという話に戻れば、いろいろな間口があった方が、それぞれの得意分野で入っていくことが出来るので良いと思いながら聞いていた。ただ、どの報告も、作ったモデルを教師データにして新たなモデルを構築しているような印象だ。日本の場合、空間情報を扱ういろいろなモデルがあるが、それらは地に着いた現地のデータが教師になっている。しかし、どこが崩れたかを空間情報データをベースにするシミュレーションを回して見つけてきて、その上に土地利用を乗せても、それぞれのモデルが持っている誤差が作用すると、元々のモデルが持っていたものよりも精度が上がるとことはありえない。そういう意味で、現地にカウンターパートがいるので、実際にそこに何があったのか、その場に行ってみるという作業を含めていかないと、さすが日本の技術だと言ってももらえるものにはならないのではないかな。また、宮城委員が言われたように、コミュニティから情報を集めることは新しいアプローチで、とても有効だと思う。ただ、何をするにしても、入り口として行政から情報を集める必要がある。コンサルタントとしては、最初にその事業の予算はどのくらいあるのかを知りたいのは当たり前のことだが、予算以外に、たとえばその国の森林整備という事業が中長期的にどういう基本計画の中で動いているか、これから先の施策、整備されつつある法律なども一通り見たうえで、初めて課題は見えてくる。いまは新しい技術に重心がシフトしすぎていて、本来、情報収集プロジェクトでやらなければいけないことが、いくつか漏れているという気がした。

○森林総研(岡本)

- ・まず、現地を実際に見るという作業は、我々もそれを考えてこのプロジェクトを立ち上げた。しかし、なかなかそれを達成できていないというのが実情である。その代わりにカウンターパートをお願いしているわけだが、我々の土地を見る、地域を見る、山を見るという視点と、カウンターパートの山を見るという視点が、それぞれが育ってきた環境が違うためにストレートに伝わらないことがたくさんある。今後、我々が実際に行ってこの差を埋める作業をしなくては

いけないと思っており、行けるようになれば急ピッチで進めたい。また、現地コミュニティの意識調査についても同様に、ウェブ会議を通じてカウンターパートにお願いしても、どうしても距離感を詰められない。やはり、実際にお会いをして、そういう距離感を縮めれば、一層、詰めていけると考えている。できるだけ努力をしたい。

○森林総研(大丸)

- ・いま、ご指摘いただいたように、現地を見ることは一番の基本だということを肝に銘じなければいけないと思っている。

○森林総研(平田)

- ・森林総合研究所は現地にしっかり入ることが強みで、長期データを持ち、現地の人と上手くコミュニケーションしながら欠けている部分をお互いに補ってやってくることを信条に続けてきた。このコロナという状況において、我々も今回のやりかたは初めてであり、非常に心苦しく、忸怩たる思いでやっている。その一方で、この事業は年度内に達成しなければいけないので、もし可能であれば、2月に行けるように調整している。短期で行くことは、まだ難しく、また、省をまたいで移動するという問題もあるが、カウンターパートにも尽力していただいているところだ。

○宮城座長

- ・付加して申し上げると、聞き取り調査には非常にバイアスもかかりやすい。村ごとにいるコミュニティリーダーとコミュニティポリスなどが郡役所に頻繁に情報を上げている中でヒアリングをしている。しかし、それにもかかわらず、ベトナムで実行できたという事実は画期的な話である。ただ、代表者ではない人たち、女性と子供の防災知識は本当に乏しい。ここを改善できれば、それだけでも大きいと思う。また、地区の防災情報は、地区の主だった人たちはちゃんと持っている。ポテンシャルとしては、いろいろやれると思う。さらに、**Susceptibility Mapping** のリスクのフォーメーションをするときに向こうの人たちと行う意見交換は、一回だけではいけない。私たちはリモートで意見交換をやるが、最初は、うん、うん、わかったという対応しかしてくれない。しかし、ある時に、それだったらこれはどうかと相手側のバックデータに基づいた意見交換が始まる。そこまでいけば、かなり進んだということになるので、そのやり方をちゃんとレポートとして出してほしい。最初のステップがどういうものであるかは、これからの展開を考える上で大きな階段になる。

○水野委員

- ・気候変動の問題のポイントは将来予測であるということだ。逆に言えば、今までのヒストリカルデータだけに基づいていたのではいけないという認識である。不確実性がいっぱいある。その不確実性をどう処理するか、判断に盛り込むかが重要な点だ。だから、このプロジェクトも、まず将来の気候変動をどう理解し、それを技術利用の時にどう生かすべきかという立ち位置をはっきりさせ、それに基づいてストーリーが流れるように全体の構成を作るという努力が必要だ。防災に気候変動をどう入れるかは、グリーンインフラでもグレーインフラでも参考になる。たとえば、国交省などの検討も参考になる。災害の頻度や強度が高まってくると全部を防ぐのは無理になるので、洪水を防ぐ努力はするが、それでも防ぎきれなかったときの対応も考えて、災害の未然防止、災害が起きた時にどうするか、事後の復興をどうするか、3 ステージに分けている。治山による防災でもこの3 ステージに貢献できる余地があると思うので、可能性として考えたらいいい。それから、ベトナムなどの各国は国別の適応計画を作っているはずなので、そこでは将来をどう考えていて、どういう取り組みが必要だと思っているのかをリファアーすることは重要である。さらに、資料8の4 ページにあるリスクマップにイメージの年度を書いていないが、ヒストリカルデータに基づいてリスクを出したうえで、ある程度の時間を想定して対応を取るのが適切だと思う。その際、将来のリスクをどう入れるのか。また、リスクマップは、それに基づいて土地利用を変更し、住居を移動させる判断に使われることがありうるので、リスクマップの不確実性をどうコミュニケーションするかがすごく重要だ。完全なリスクマップはできるはずがなく、作った人はリスクマップの信頼性がどれくらいなのかがわかっていないはずなので、不確実性をしっかりコミュニケーションする努力と、次のステップに渡す努力とが必要である。それから、マングローブでも将来ということが書いていないが、たとえば災害がどうかだけではなく、たとえば海水温が上がると、それに強い植生と弱い植生があるかもしれないということも考慮するといった将来をいれ込んだ検討をすることが、全体のストーリーを考えるときには必要だ。

○森林総研(平田)

- ・資料8の4 ページにあるリスクマップにしっかり書き込めていなかったことを、まずお詫びする。また、地域に適応したリスクマップを考えるときに、将来予測の不確実性をいれ込めると、それでこそ AI の強みになるので、改良して提示したい。マングローブについても海面上昇があることを前提にして提案の中に出していたが、本日の説明資料で、その点を十分に書き込めてなかったことを反省する。メンバーと相談しながら、それも入れていきたい。ただ、海水温の上昇のことは念頭になかったもので、さらに調べていきたい。

○水野委員

- ・一つだけ補足すると、適応には順応的適応という考え方があり、いま、わかっている範囲でやって、新たな情報が入ってきたら、それに応じて変えていくという考えもある。

○森林総研(平田)

- ・安心した。

○宮城座長

- ・リスクマップには非常に幅広い意味があり、その中で、これをターゲットにしたというアダプタビリティのことを書き加えてもらえると、よりわかりやすくなる。
- ・「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」の説明をお願いする。

○森林総研(藤間)

【資料 10「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」基づいて説明】

- ・国際セミナーのタイトルは、内容を適切に示すよう、担当者で相談して修正する。
- ・特段の質疑なし。

5.全体討議

○長委員

- ・先日、小野さんを始めとする方々に、4 時間、話をしつくした。これからもメール等でコミュニケーションをとり、いろいろな情報を渡したい。

○眞弓委員

- ・すでに配慮されているだろうが、技術者養成をみなさんが苦勞して作り上げた最終形完成のお披露目会にしてほしくはないと強く思う。それよりは、コンテンツ作成のプロセスの中でこういうデータが欲しかったが取れなかったとか、本来ならばこういうデータが必要だったとか、現地で何を見ないといけないかということ網羅し、基礎的なことが多くの国ではそろっていないということも、きちっと伝えていただきたい。

○森林総研(藤間)

- ・それらも心に留めながら進めたい。

○森林総研(平田)

- ・眞弓委員からいただいた言葉は、自分たちからの押し付けにするな、当事者と双方向でものを作っていくようにと森林総合研究所の理事長が指導していることでもある。今年でプログラムが仕上げるわけではなく、今後、整理していく中で、双方向性を強く意識しながらやっていきたい。

○森林総研(古市)

- ・水野委員からのコメントを今後の指針にして進めていきたい。

○林野庁(山崎室長)

- ・本日も、長時間の議論に感謝する。これまで気づいていなかった視点、角度から切り込んでいただき勉強になった。委員からの刺激によって本事業がよいものになってほしい。また、私共も、中長期的に日本の森林関係の企業活動を、方向性をもって促していきたい。今後ともご協力をお願いする。

<閉会>

以上

令和 3 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 4 年 3 月 16 日(水曜日)14:00-16:30

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

出席者(◎印:会場出席者 無印:オンライン出席者):

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)
- ◎長 宏行 (公益財団法人 オイスカ 海外事業部 調査研究担当部長)
- ◎西村貴志 (独立行政法人 国際協力機構 地球環境部 審議役兼次長(森林・自然環境グループ長))
- ◎眞弓孝之 (国土防災技術株式会社 事業本部 国際部 国際部長)
- 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. 林野庁

- ◎山崎敬嗣 (計画課海外林業協力室 室長)
- ◎市川容子 (計画課海外林業協力室 課長補佐)
- 大野由美子(計画課海外林業協力室 係長)
- 小西力哉 (FAO)

3. 森林総合研究所

- ◎平田泰雅 (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)
- ◎大丸裕武 (多摩森林科学園長)
- ◎村上 亘 (森林防災研究領域)
- ◎岡本 隆 (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)
- ◎古市剛久 (森林防災研究領域)
- 鈴木秀典 (林業工学研究領域)

宗岡寛子（林業工学研究領域）
 志水克人（森林管理研究領域）
 山口 智（林業工学研究領域）
 ◎小野賢二（立地環境研究領域）
 岡本 透（関西支所）
 渡壁卓磨（関西支所）
 森 大喜（九州支所）
 ◎藤間 剛（企画部国際戦略科）
 杉元倫子（企画部国際戦略科）
 道中哲也（生物多様性・気候変動研究拠点）
 ◎高畑啓一（生物多様性・気候変動研究拠点）
 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）
 ◎田中良平（企画部研究企画科）
 ◎所 雅彦（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>

○森林総研（平田）

・本日は、事業運営委員会にご出席いただき感謝する。IPCC 総会で第2作業部会の第6次報告書が承認され、要約が公表された。我々も、このような報告書を基に、どういう対策を取ることが必要なのかを考えていかなければいけない。コロナが終息しない中、2月に技術開発の研究対象地であるベトナムに行くことができた。今回の出張でもコロナの影響があったが、現地を見ることで、問題の深刻さと必要な取り組みについて、我々がこちらで考えていたことに一致することと一致しないことがあったという報告を受けている。本日は、現地で感じてきたことも含めて、今年度、どういった技術開発を進めてきたのかを報告させていただく。また、1月にはマングローブに関する国際セミナーを開催した。これについては、情報発信で報告させていただく。みなさまから忌憚なきご意見をいただき、今年度の仕上げに向けてご意見を生かしたい。よろしくお願いします。

2.林野庁挨拶

○林野庁（市川課長補佐）

- ・本日は、委員のみなさまには、お忙しい中をご参集いただき感謝する。また、森林総研のみなさまにも、新型コロナの影響がある中、カウンターパートであるベトナム森林アカデミーと連携しながら、本事業を精力的に進めていただき感謝する。本事業では、治山技術の海外展開に向けた環境整備として、山間地における土砂災害低減のためのリスクマップの作成等、森林を活用した途上国での防災減災の手法を検討していただいている。本年は、ベトナムでの現地調査も実現した。また、昨年の **COP26** において、平田センター長から気候変動適応のための森林機能を活用した防災減災技術というテーマで広く情報発信をしていただいた。さらに、1月に国際セミナーを開催し、沿岸域での森林による防災減災に焦点を当てて、宮城委員に基調講演をしていただくと共に、フィリピン等の各国の取り組みについてもご報告いただいた。多くの方々が聴講し、沿岸域の防災減災に森林を活用するメリットと課題を共有することができた。本日は、一年を通じた事業成果について森林総研から説明いただき、委員のみなさまに闊達なご議論をいただきたい。最後に、**COP26** において、森林、土地利用に関するグラスゴー宣言が発表され、気候変動の緩和と適応の両面から森林減少と劣化に取り組むことが 140 ヶ国以上でコミットされた。世界的に災害リスクの低減と強靱な社会の構築が重要になっており、また我が国の治山技術の適応可能性が非常に高い中で、森林を活用した防災減災の礎を築く本事業の意義は非常に大きいと考えている。事業効果を十分に発揮できるように、委員のみなさまから幅広いお知恵を賜りたい。よろしくお願いします。

3.委員の紹介

○森林総研(高畑)

- ・本日は、5名の委員が出席である。宮城委員は、ベトナムからオンライン参加である。

4. 令和3年度森林技術国際展開支援事業成果報告

○眞弓座長

- ・「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「事業全体概要」に基づいて説明】

○眞弓座長

- ・「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】

○宮城委員

- ・東南アジア諸国における防災減災対策の大きな流れとして、フィリピン、インド、タイでは、絆創膏型の対策から防災減災型にチェンジしようとしている。ベトナムは、災害が起きたら、それをリペアするという発想であるという説明があった。しかし、ベトナムでも、2013年にベトナム防災対応法のようなものが制定され、各省が防災を担当すること、そして各コミューンに日本の自主防災組織のような組織を作ることが打ち出されている。これを上手く育てていくことが大きなポイントであり、ベトナムも他の国に追随していることをご理解いただきたい。

○森林総研(古市)

- ・ベトナムは去年の調査対象国なので詳しい説明を割愛したが、宮城委員の話のとおりである。フィリピン、タイ、インドも政策はそろえていても、現場ではベトナムと同じような絆創膏型の状況であると予想している。

○西村委員

- ・説明にあったように、JICAの「中小企業・SDGs ビジネス支援事業」が民間企業から使い勝手が良いという評価であったことは良かった。現在、JICAでは、民間企業が現地のニーズ

と、よりマッチングしやすくなるように同事業の更なる改善を進めているところである。

○眞弓座長

- ・「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」の説明をお願いする。

○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】

○森林総研(村上)

【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)リモートセンシング技術を活用したリスクマップ作成」に基づいて説明】

○森林総研(小野)

【資料9「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 3)海面上昇による高潮被害に対するマングローブ林の沿岸域防災・減災機能の評価」に基づいて説明】

○眞弓座長

- ・切りっぱなしでも崩れない斜面が多かったことが災害意識の低下を助長している可能性には同意するが、同時に、なぜ、彼らが彼らなりの経験則を実行しているかにも配慮すべきことがある。表面浸食は、傾斜を寝かせるほどリルやガリの発達ポテンシャルが高まる。そこであえて立たせて、表面浸食のポテンシャルを低下させているという可能性もないことはない。粘性の高い土質の場合、立たせた方が表面浸食に対する耐性が高まるのかもしれない。日本の基準が、そのままでは彼らにとって最良のソリューションにはならないということを理解した上で、彼らが基準としている技術体系を丁寧に知っておく必要がある。今回、彼らに使用してもらえる技術を開発することが目標なのであれば、日本の技術をそのまま入れるという発

想ではなく、日本の技術を彼らの風土にアレンジしていくことを考えるといい。

- ・ベトナムに限らず、多くの国々には布団簗の技術がある。ただ、彼らは、斜面を安定化させるための技術としては布団簗が十分でないことを理解しておらず、切ってしまった土の部分を手で補填しているだけだということを認識させなければならないと思う。彼らに必要なのは斜面を安定化させる技術である。しかし、日本の斜面安定化技術をいきなり持ち込もうとしても難しい。なぜならば、調査ボーリングや測量といった基礎的な調査技術が備わっていないからだ。そこを踏まえて技術移転しようとする、何十年もかかってしまう。だから、森林整備の技術と共に、たとえば浸透防止工のようなものを、斜面を不安定化させない技術として入れていくといった発想で治山技術を検討したらよい。

○森林総研(岡本)

- ・道路の法の切り方を緩くすることで逆にガリができてしまうという発想は、私どもになかった。確かに現地で見ると、粘着力が高い地質が多いようで、切った後に風化はするが崩れない。また、ガリやリルも高角度の斜面ではほとんど見られなかったのも、彼らなりの技術の行き着いた先なのかもしれないと我々も思っている。そういった彼らの文化がある中に日本の技術を強引に持ち込むことは決して得策ではなく、どういふことができるのかを精査していく必要がある。たとえば、彼らの中では森林を回復させていくという気運が高く、土壌層ができる場所を見つけて対策していくことを聞いた。もし、日本の土壌層を作る技術、あるいは土壌層を動かさないようにする技術を入れていけば、現地に適応する技術があると感じている。
- ・布団簗は、不安定になっているから対処療法として入れておく、あるいは、崩れた道路の補修のために入れておくというものであって、安定計算などはしていないと思う。ご指摘のあった斜面を安定させる技術、特に水を抜くということも、技術として踏み込めるところがあると思う。奥山ボーリングに現地ですべて対策としてやっていることを聞いたところ、水は一切抜かず、杭を打って終わらせてしまうという。なぜかという、調査をしなくて済む、時間をかけないで済む、お金はかかるが、それでいいという文化があるという。斜面の安定に関しては、そういう思想の部分もリサーチをしなければいけないと思った。また、道路の切り方の基準については、我々も現地で道路を開削する際の法の切り方の基準データを問い合わせ、先週にカウンターパートからデータが届いた。それは、報告書に生かしていきたい。

○宮城委員

- ・このプロジェクトのコンセプトは対処療法的なものではなく、地域の斜面リスクの管理にベース

があるので、幅広く考えてもいい。最近になって思いを強くしていることは、風化特性の違いである。風化の特徴をどのように把握するか、風化土層の土質定数をどう設定するのか。そういう基本的な情報をベトナム的に整理するということがある。また、表面排水処理が、ベトナムにおいて、決定的に大事なものだと思う。ソラなどでは山の斜面を棚田にして、うまく水管理をしている。そういうノウハウがもともとあるので、合理的な筋道を立てて、それを説明することがあってもいい。また、ベトナムでは丸太筋工で土壌浸食を止めることをみんなやっている。これを展開していくポテンシャルは高いと思う。

○森林総研(岡本)

- ・土壌生成の専門家とも、風化の違いはポイントだと話していた。宮城委員がおっしゃられたように、ここにフォーカスをあてる重要性はある。これを理解することによって、対策の方針がわかってくるのかもしれない。また、丸太筋工に関しても、技術的なところと社会的なところを含めて、今後、考えていきたい。

○太田委員

- ・衛星画像による推定から、ヤングフォレストがあると崩壊の確率が高いのであれば、草地低木の精度を上げることが重要になる。現状、この精度が低いのであれば、今後の課題だ。
- ・崩壊において、ヤングフォレストの影響が棚田と比べても大きいのであれば棚田の方がいいということになるし、逆に棚田と比べてヤングフォレストの方が崩壊しないということもあるかもしれない。これに関する数字が出てくるといい。
- ・日本の技術を導入する中で、衛星マップや重要度が、今あるものと比べてどれくらい優位性があるのか、金銭や手間、精度などで何がいいのかがわかるといい。こういったところを丁寧に見て優位性が出てくると、もっとよい情報になる。

○森林総研(村上)

- ・草地低木の精度の低さは、今後、取り組んでいかなければいけない。
- ・指摘のあった棚田のことは、私も気になっている。今回の現場では、棚田自体はあまり崩れていないかったが、棚田に植林するなどをして森林化したところが崩れている。ただ、ヤングフォレストと判定したうちのかなりの割合が、もともと棚田だったところに植林した場所だったということがありうる。棚田であれば排水機能がきちんと働いていたのに、植林したことがきっかけとなって崩れた可能性はある。現地の状況がわからないと判定のしようがないが、できるだけ意識していきたい。

- ・ご指摘は私も痛感している。このようなリスクマップはいろいろ作られており、実際に現地に行かなくても、情報さえ集めればできてしまう。だが、実際に現地に行ってみたら違ったケースが結構あることを、私自身も痛感している。今回、土地利用という部分についてやることによって、より優位性が出せればよいと思っている。

○眞弓座長

- ・いまの回答には、重要なポイントがある。棚田だったところが森林になり、労働集約性の高い土地利用が放棄されたことで斜面災害リスクが増加したという一つのシナリオが見えた。古市氏の発表の中に、**WLF5** の報告として同技術は既に主流化しているとあったが、この趨勢を受けて本事業(リスクマップ)の差別化をどのように考えているか。やはり古市氏が治山技術の海外展開を考えるにあたって、“防災から入るのではなく森林から入るというのは一案である”と、コメントされていたが、この要素を加えることはできないか。コミュニンの林業経営にプラスとなる要素を付加できれば重要な差別化要素となると考える。“森林から入る”という視点を持った、例えば今回指摘のあった“放棄田”のようなリスクにつながるシナリオをいくつ見つけられるかが、とても大事である。今回のデータを深く考察すれば、他のシナリオも見えてくるかもしれない。なんとか、“森林から入る”というキーワードをリスクマップにうまく取り込んでいただきたい。

○森林総研(村上)

- ・次年度、検討する。

○長委員

- ・NGO の実践者という立場から、地下部のバイオマスがわかると、防災減災についてより説得力がある。マングローブは炭素固定として優れていて、バイオマスが大きいほど防災減災の効果が高いということを示唆できる結果があると、我々もマングローブはすごいと説得力を持たせて言えるので、調べいただければ助かる。
- ・私どもはインドネシア・ジャワ島で植林活動をしているが、やはり、浸食がひどいところが複数ある。我々が原因として考えているのは、長期間の波浪である。何週間も継続する波浪にマングローブは耐えられない。また、もう一つの原因は人工造形物である。私どもの **Demak** というサイトは、海面上昇でひどい状態である。話を聞いてみると、コンクリート製の栈橋を作ったために流れが変わってしまったというのが、県の意見だった。また、**Pemalang** 県では、これまで、植えたマングローブがどんどん削られていたのが、最近になって、ぴたっと止んだ。

その原因は、政府が放水路を作り、流れが変わったことである。もしかすると、ベトナムでもそういった原因があるのかもしれない。

○森林総研(小野)

- ・特に地下部バイオマス量のデータが重要だということはよくわかるので、努力したい。
- ・ご指摘のように、浸食にはいろいろな原因があると思う。ベトナムのカウンターパートとも協力し、また社会科学系のメンバーと共に情報を収集しながら原因を推察していきたい。また、浸食と海面上昇には相関関係があると思うので、5mm 程度の地盤流出にマングローブが耐えられるのかも現地調査で確かめたい。

○森林総研(平田)

- ・衛星で見ても、潮の流れがずいぶん変わり、深くなっているところが動いていることがわかってきた。海面上昇に加えて、人が手を加えたことによる流れの変化も影響しているということを感じている。

○眞弓座長

- ・「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 10「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」基づいて説明】

- ・特段の質疑なし。

5.全体討議

○西村委員

- ・日本の民間の方が本支援事業の結果を踏まえて治山技術を現地に導入するにあたっては、その技術が効果を発揮するまでの期間や費用と、そこにあるリスクを勘案したうえで、どういう技術を選択していくかという判断が必要になってくる。例えば、差し迫った土砂災害リスクには、効果発現まで時間がかかる植林では間に合わない。この点は、どういう形でとりまとめていくのか。また、先ほどの議論にも出ていたが、地域住民の文化やジェンダーの観点など

に配慮すべき必要がある。民間の方が現地で事業を進めようとするときに、こういった配慮事項がわからないこともあると思うので、技術を世界に発信するときに配慮事項も整理し、一緒に提供できるといい。

○森林総研(岡本)

- ・どういう技術を現地に入れていくかという選択の問題は、この課題の骨子に関わる重要なことである。一般的に、日本の治山技術はお金がかかるものもたくさんあり、それが日本では主流になっている。しかし、それを途上国に入れるには経済的な壁となり、現地の方々も望んでおらず、上手くいかないだろうということが我々もわかっている。そこで、比較的成本がかからないということ、また森林をきちんと回復させて、森林が持つ防災機能を生かしていくことに焦点をあてて、そのための技術を提供していくことが重要である。また、森林の造成には時間がかかり、すぐに防災機能が発揮される訳ではないので、喫緊のリスクを回避するために、あぶないところを予め広域に知っておき、そこには近づかない、家を建てない、道路を建設しない、あるいは森林の伐採を積極的に行わないといった判断をすることが重要になってくる。技術というハードと、リスク管理というソフトのマッチングが重要になってくる。

○森林総研(藤間)

- ・本事業が始まる前の10年間、森林総研は、REDD+事業を導入する際のいわゆるセーフガード配慮事項について調べた経験を蓄積している。その経験を援用することで、森林による防災減災を考えるときの配慮について整理できる。

○長委員

- ・密植による負の影響の可能性は、確かにあるかもしれない。オイスカではコストも考えながらやっているの、植栽の間隔が一番広いサイトでは2m×4m、一番狭いサイトでは1m×1mで一穴2本植えである。本数にすると、1,250本から2万本であり、20倍近くの差がある。ベトナムで、たとえば波浪の影響がほとんどないコンディション下で1m×1mをやっている、確かに負の影響が出るだろうと感じた。2m×4mのサイトではRhizophoraを植えているが、そうすることで土壌が安定し、種から育つAvicenniaが入ってきて繁茂し、生物多様性の点でもよくなる。生物多様性が高いと防災減災の効果も高いと言われているので、密植は、ひいては防災減災にも影響すると思う。

○森林総研(小野)

- ・ベトナムでは、以前は植えやすいところにたくさん植えていたようで、かなり密植している。ただ、30 年を経てベトナムでも問題意識はあり、植栽間隔を開けるとどうなるかを見てみる試験を始めたと聞いている。森林面積を増やしていく国の目標があり、植える面積のノルマがある中で地盤高に合わせて植栽樹種を選ぶことは大事だと思うので、それをどうしていけばいいのかを検討していきたい。

○長委員

- ・オイスカのタイにおけるカウンターパートであるラノーンの天然環境資源省が、いま、間伐したがつている。その細かい理由は聞いていないが、日本の間伐の状況を見て、間伐した方がバイオマスは大きいといったことを考えているのかもしれない。そういうことを検討している人がいることをお伝えする。

○森林総研(小野)

- ・ラノーンの話は、非常に興味深い。ベトナムではマングローブを資源として切ることが法律で制限されているという話なので、間伐は難しいと思う。しかし、防災林としてマングローブ林の理想的な目標をどのように定めていくかを意識しながら課題を進めていきたい。

○森林総研(平田)

- ・いまの話のように、間引きも含めた管理上の方策が重要になってくると思う。ベトナムでは、農民の方々が農閑期に、家族総出で植えたということもあって密植になっているのかもしれない。それに対して、タイのラノーンでは、インド洋の津波の後に急いで植えたこともあって、密植状態のところを結構見受けた。おそらく、ある程度、管理していかないと、うまく成長しないのだろう。

○林野庁(山崎室長)

- ・先ほどの西村委員のコメントは、私も非常に思っていたことである。途上国に治山を始めとする防災技術を入れるには、現地で持続性を持って受け入れられるものを広めていくことが大事だ。今回の報告では、途上国にもできそうな費用のかからない技術を考えており、リスクマップも予防措置として費用対効果が一段と高いものとなっている。また、マングローブも地元の方々の労力によって植えられる。このように、報告書にまとめるときにも、現地に受け入れられるという視点で書いていただけると、一般の方々にもわかりやすいものになると思う。

○森林総研(岡本)

- ・報告書においても、個別の話を書く前に、こういう視点でやっているということを書き入れるようにしたい。

○太田委員

- ・来年度以降も、外国での調査を継続して行う予定があるのか。

○森林総研(平田)

- ・来年度事業を提案し、いま、審査していただいている。我々の提案では、外国での調査を続けることになっている。

○太田委員

- ・この 2 月に実際に行ってみての発表が、すごくインパクトが大きく、伸びを感じた。これからも、行くことで伸びがあると嬉しいので伺った。

○森林総研(平田)

- ・現地に行って初めて問題が明らかになることも多くある。今回、カウンターパートにはずいぶん苦勞していただき、渡航手続も大変だったが、今後も、うまいタイミングを見つけて、渡航しながら仕事を進めていきたい。

○眞弓座長

- ・今回、調査対象として、タイ、フィリピン、インドというバランスのいい国々を選ばれたなと感じている。日本の民間企業への橋渡しということであれば、是非とも、各国内の組織の連携に関する情報もあるといい。たとえば、インドで斜面災害に関与している組織には、日本の林野庁のような組織、道路交通省、そして都市問題を扱う住宅省があるが、お互いに連携せずに事業を進めている。森林分野だからといって森林を扱っている組織の情報だけを集めるのではなく、関係する組織の情報が日本の民間企業にも周知されれば裾野が更にひろがるので、ご配慮いただきたい。

○森林総研(平田)

- ・そのことは承知しているが、予算的に厳しい。情報をきちんと整理し、発信していきたい。

○眞弓座長

・討議を終える。

6.その他

○林野庁(山崎室長)

・本日の運営委員会について、委員のみなさまには本当に感謝する。闊達なご意見、ご議論、そして貴重なご指導をいただき、森林総研も報告書をまとめやすくなったと思う。IPCC の報告書では森林分野の適応が注目され、国連の文書でも森林分野の適応に世界的な注目が集まっている。そういう中で、この事業の意義はより高まっている。来年度も事業をやっている中で、引き続き、ご指導をお願いする。

<閉会>

以上

【巻末資料2】

令和3年度の主な年間行事

開催日	行事名	開催場所
4月21日	農林水産大臣より交付決定通知	
6月9日	第1回事業運営委員会	日比谷コンファレンススクエア
7月30日	森から世界を変えるプラットフォームにて講演「REDDプラスと森林による防災・減災（F-DRR）の両立にむけて」	（オンライン）
7月7日	アジア太平洋気候ウィーク（APCW）2021サイドイベント	（オンライン）
10月8日	北海道大学稲津教授からのヒアリング「森林の防災機能強化における気候変動適応へ向けて：気候変動情報に関する気象学からの視点」	（オンライン）
10月21日	第2回事業運営委員会	日比谷コンファレンススクエア
11月3日～ 11月5日	第5回斜面防災世界フォーラムでの情報収集	京都市
11月3日	COP26のJapan Pavillionにおけるセミナーにて平田センター長が講演「気候変動に適応するための森林の機能を活用した防災・減災技術」	英国グラスゴー
12月8日	途上国における治山技術の適用に関するヒアリング（奥山ボーリング株式会社）	秋田県横手市
1月26日	国際セミナー「森林で沿岸域を守る～防災・減災技術の開発に向けて～」の開催	（オンライン）
2月13日～ 2月27日	ベトナム現地調査	ベトナム
3月16日	第3回事業運営委員会	日比谷コンファレンススクエア
3月31日	事業完了日	

【巻末資料3】

令和3年度国内出張

出張期間		出張先	出張者	出張目的
6月9日		日比谷コンファレンススクエア (東京都千代田区)	平田泰雅、藤間剛、井上泰子、 岡本隆、古市剛久、杉元倫子、 所雅彦	第1回事業運営委員会
6月23日	- 6月25日	北海道大学 (北海道札幌市)	古市剛久	ベトナムにおける気候変動適応 に関する打合せ
10月6日		国立オリンピック記念青少年総 合センター (東京都渋谷区)	平田泰雅	国際シンポジウム「自然の力を 活用した世界課題の解決」
10月13日		ACTMANG事務所 (東京都中野 区)	江原誠、道中哲也、小野賢二、 倉本恵生	海外のマングローブ植栽事例ヒ アリング調査
10月14日		(公財) オイスカ (東京都杉並 区)	江原誠、道中哲也、小野賢二、 倉本恵生	海外のマングローブ植栽事例ヒ アリング調査
10月21日		日比谷コンファレンススクエア (東京都千代田区)	平田泰雅、大丸裕武、岡本隆、古市剛 久、村上亘、高畑啓一、藤間剛、杉元 倫子、所雅彦、小池信哉	第2回事業運営委員会
10月26日		有明セントラルタワーホール& カンファレンス (東京都江東 区)	藤間剛、高畑啓一、田中良平、 所雅彦、小池信哉	国際セミナー会場調査及び国際 セミナー打合せ
11月3日	- 11月5日	国立京都国際会館 (京都市左 京区)	古市剛久、岡本隆、村上亘	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
11月15日	- 11月19日	西表島国有林 (沖縄県八重山郡 竹富町)	小野賢二	西表船浦湾マングローブ林現地 調査
11月16日	- 11月17日	広島県東広島市黒瀬地区	古市剛久、大丸裕武	崩壊地自動抽出技術の精度検証
12月5日	- 12月11日	西表島国有林 (沖縄県八重山郡 竹富町)	倉本恵生、森大喜	西表船浦湾マングローブ林現地 調査
12月7日	- 12月8日	森林総合研究所東北支所 (岩手 県盛岡市)	江原誠	リスクマップ作成等に関する打 合せ
12月7日	- 12月8日	奥山ボーリング株式会社 (秋田 県横手市)	古市剛久、村上亘、岡本隆	東南アジア諸国への治山技術の 輸出適用事例ヒアリング調査
12月23日	- 12月27日	西表島国有林 (沖縄県八重山郡 竹富町)	森大喜、平田泰雅	西表船浦湾マングローブ林現地 調査
12月24日	- 12月25日	安倍川大谷崩れ周辺の山地防災 事業地 (静岡県静岡市葵区)	古市剛久	途上国における山地治山知識・ 技術の展開に関する打合せ
1月6日		林野庁 (東京都千代田区)	高畑啓一	森林技術国際展開支援事業打合 せ
1月26日		有明セントラルタワーホール& カンファレンス (東京都江東 区)	藤間剛、高畑啓一	国際セミナー「森林で沿岸域を 守る-防災・減災技術の開発に向 けて-」
2月11日		協和医院 (東京都台東区)	古市剛久	PCR検査
2月12日		総合守谷第一病院 (茨城県守谷 市)	岡本隆、山口智、小野賢二、道 中哲也	PCR検査
3月16日		日比谷コンファレンススクエア (東京都千代田区)	平田泰雅、岡本隆、古市剛久、村上 亘、高畑啓一、藤間剛、小野賢二、田 中良平、所雅彦、小池信哉	第3回事業運営委員会

令和 3 年度海外出張ベトナム現地調査

日 程:2022 年 2 月 13 日～27 日(15 日間)

調査対象地:北西部山間地 イエンバイ省ムーカンチャイ及びソンラ省モンゾン

北部海岸域ナムディン省スワントゥイ国立公園

出張者 6 名:岡本隆、小野賢二、古市剛久、道中哲也、山口智、渡壁卓磨

	岡本、古市、道中、山口、渡壁 (山地災害調査)	小野 (マングローブ調査)
2月13日	1000成田発、1430ハノイ着VN311	同左
14	ハノイ (隔離)	
15		
16		
17	VAFS	
18	統計局、MARD	
19		
20	ソンラ省モンゾンへ移動	調査準備、資材調達
21	現地調査	ナムディン省へ移動、現地調査
22	現地調査	現地調査
23	現地調査	現地調査、ハノイへ移動
24	ハノイへ移動	
25	VAFS	同左
26		
27	0020ハノイ発、0700成田着VN310	0020ハノイ発、0700成田着VN310 (3月6日)

別添資料リスト

- ・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「Country Report」
(タイ、フィリピン、インド)
- ・令和3年度国際セミナー プログラム及び概要
- ・令和3年度海外ワークショップ プログラム及び概要

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

