

令和2年度
森林技術国際展開支援事業
報告書

令和3年3月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

巻頭言

2015年12月、気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21、パリ)は、同年11月にパリ市内及び郊外で発生した同時多発テロ事件のため、厳戒態勢の中で開催された。この会議において、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとしてパリ協定が採択された。この合意により先進国、途上国を問わず全ての国が気候変動に取り組む枠組みが実現した。しかしパリ協定の開始の年として迎えた2020年、誰も予想できなかったCOVID-19のパンデミックにより、世界はその社会システムの変革を余儀なくされ、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いる。

このように大気中への二酸化炭素の放出が続く中、現在、気候変動の影響と考えられる海面上昇や気象の極端現象に伴う巨大災害が世界各地で頻発化しており、「気候危機」という表現も使われるほど世界での気候変動に対する警戒感が高まってきている。これに対し、昨年10月に菅総理大臣は、気候変動の緩和に寄与するため日本が2050年までにカーボンニュートラルを実現することを宣言した。また、米国のバイデン大統領はパリ協定への復帰と気候変動対策の強化を決定し、持続可能な社会の構築に向けて大きく舵を切った。現在、我々の将来を脅かす気候変動に対して、世界が協調して取り組んでいく気運が醸成されている。

気候変動対策としては、緩和策と適応策の両面で取り組んでいく必要がある。緩和策を中心として気候変動対策に取り組んできた気候変動枠組条約締約国会議においても、今後適応策についても議論していくこととなった。また、2015年に開催された第3回国連防災世界会議で採択された「仙台防災枠組」では、気候変動適応に取り組む必要性が強調され、気象災害に対する森林の果たす役割がますます重要になってきている。

近年、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適応策が世界共通の課題となっている。とりわけ、山岳地域や沿岸域における森林から農地への土地転換等の無秩序な土地利用改変は、これらの被害を深刻化させている。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。

このような問題に対して、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(国研)森林総合研究所では令和2年9月1日にREDDプラス・海外森林防災研究開発センターを新たに開設し、林野庁の「森林技術国際展開支援事業」において、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。本報告はその実績および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省庁や公的機関・団体、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3年3月19日

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 2 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 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター	1
1.3 主たる事業内容	6
第 2 章 事業運営委員会の開催・運営	9
2.1 事業運営委員会の設置	9
2.2 事業運営委員会の開催	9
第 3 章 途上国の森林の減災・防災の機能強化に係る課題等の調査・分析	11
3.1 背景と目的	11
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	11
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	19
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	33
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	49
4.1 背景と目的	49
4.2 日本の森林整備・治山技術を効果的に現地のニーズに合わせて適用するための手法の開発	52
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	82
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	95
第 5 章 事業成果・治山技術に関する情報発信	115
5.1 背景と目的	115

5.2	セミナー・ワークショップの開催	115
5.3	ヘルプデスクの設置・運営	124
5.4	インターネットを通じた情報提供	124

巻末資料 127

1	運営委員会議事要旨	129
2	令和2年度の主な年間行事	165
3	令和2年度国内出張	166
4	令和2年度海外出張	167

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

第 1 章 令和 2 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)の第 5 次評価報告書では、気温、海水温、海面水位、雪氷減少などの観測から気候システムの温暖化には疑う余地はないことを指摘している。この気候変動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。

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し、こうした課題に対応する。

1.2 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター

1.2.1 設立の目的

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。

森林総合研究所では、令和 2 年度林野庁補助事業「森林技術国際展開支援事業」を活用し、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。

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

センターの事業実施体制は以下のとおりである。

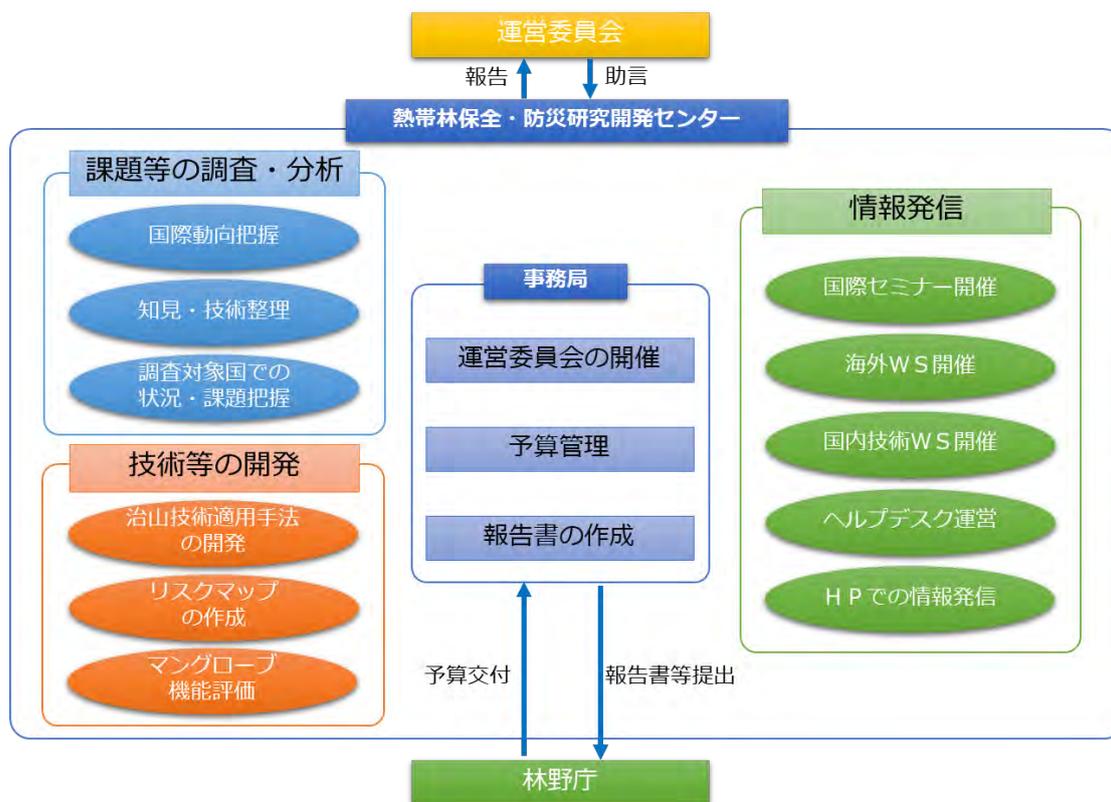


図 1-2-1-1 REDD プラス・海外森林防災研究開発センターの事業実施体制

1.2.2 果たすべき役割

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おり、活動の推進に当たっては、外部専門家による事業運営委員会から助言等を受けつつ、林野庁の担当者と相談着実に事業を実行する。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。

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ために本センターが本事業に取り組み、貢献する役割を果たしていく必要がある。

REDD プラス・海外森林防災研究開発センターでは産官学の連携・協力により、主として以

下の業務を推進する:

- ①開発途上国における森林を活用した森林防災・減災に関わる情報収集・現地調査を行うとともに、国際的な情報・データを踏まえて最新情報を調査し、取り組むべき課題等を集約し、関連情報をデータベース化して公開する。
- ②開発途上国における防災・減災に必要なリスクマップを作成するため、リモートセンシングを基礎とした解析技術および方法論を開発し、地理情報の把握の体制整備を図る。
- ③開発途上国における森林を活用した防災・減災の取組みに求められる手法の検討を進め、技術指南書等の開発等を行って着実に進めるための実施体制を構築する。
- ④開発途上国における森林を活用した防災・減災の対象として想定される国における政府機関や研究機関等との連携を図り、情報交換やスキルアップのための国際ワークショップを積極的に開催する。
- ⑤民間ベースによる開発途上国における森林を活用した防災・減災への参加を促進するため、民間団体や一般市民を対象とした公開セミナーを開催するほか、国連気候変動枠組条約締約国会議等において当センターの活動を積極的に情報発信する。また、関連するさまざまな疑問や質問に答え、民間団体等の活動を支援するため、ヘルプデスクを設置・運営する。

1.2.3 構成員

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おり、活動の推進に当たっては、外部専門家による事業運営委員会から助言等を受けつつ、林野庁の担当者と相談着実に事業を実行する。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。

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ために本センターが本事業に取り組み、貢献する役割を果たしていく必要がある。

REDD プラス・海外森林防災研究開発センターでは産官学の連携・協力により、主として以

下の業務を推進する:

- ①開発途上国における森林を活用した森林防災・減災に関わる情報収集・現地調査を行うとともに、国際的な情報・データを踏まえて最新情報を調査し、取り組むべき課題等を集約し、関連情報をデータベース化して公開する。
- ②開発途上国における防災・減災に必要なリスクマップを作成するため、リモートセンシングを基礎とした解析技術および方法論を開発し、地理情報の把握の体制整備を図る。
- ③開発途上国における森林を活用した防災・減災の取組みに求められる手法の検討を進め、技術指南書等の開発等を行って着実に進めるための実施体制を構築する。
- ④開発途上国における森林を活用した防災・減災の対象として想定される国における政府機関や研究機関等との連携を図り、情報交換やスキルアップのための国際ワークショップを積極的に開催する。
- ⑤民間ベースによる開発途上国における森林を活用した防災・減災への参加を促進するため、民間団体や一般市民を対象とした公開セミナーを開催するほか、国連気候変動枠組条約締約国会議等において当センターの活動を積極的に情報発信する。また、関連するさまざまな疑問や質問に答え、民間団体等の活動を支援するため、ヘルプデスクを設置・運営する。

表 1-2-3-1 参画メンバー

氏名	所属	氏名	所属
平田泰雅	研究ディレクター	大丸裕武	研究ディレクター
岡本 隆	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	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
岡本 透	関西支所	志水克人	森林管理研究領域
藤間 剛	国際連携・気候変動研究領域	江原 誠	国際連携・気候変動研究領域
小野賢二	東北支所	道中哲也	東北支所
倉本恵生	森林植生研究領域	森 大喜	九州支所
井上泰子	国際連携・気候変動研究領域	杉元倫子	国際連携・気候変動研究領域
田中良平	国際連携・気候変動研究領域	所 雅彦	国際連携・気候変動研究領域
小池信哉	国際連携・気候変動研究領域	古市剛久	森林防災研究領域

1.2.4 業務分担

研究題目 1 の「事業運営委員会の開催・運営」については井上泰子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」については大丸裕武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」は井上泰子が主担当として対応した。

表 1-2-4-1 業務分担

研究題目番号	主担当◎、副担当○
全体	◎平田泰雅
1	◎井上泰子、○藤間剛、全員
2	◎大丸裕武、○藤間剛、古市剛久、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、井上泰子
3	◎岡本隆、○大丸裕武、全員
3-1	◎岡本隆、大丸裕武、岡本隆、村上亘、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
3-3	◎小野賢二、平田泰雅、倉本恵生、森大喜、(社系) ◎江原誠、道中哲也、井上泰子
4	◎藤間剛、○井上泰子、全員
5	◎井上泰子、○藤間剛、全員

1.3 主たる事業内容

1.3.1 事業運営委員会の開催・運営

本事業に関連の深い分野で高い専門性と経験を有する有識者 6 名で構成される運営委員会を設置し、7 月の第1回運営委員会においては事業計画について議論し、11 月の第 2 回においては進捗状況について報告し、3 月に開催した第 3 回においては今年度の成果について報告し、今後の課題について議論した。

1.3.2 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、Eco-DRR または 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。ベトナム、ミャンマー、インドネシアの 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、カントリー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。

1.3.3 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(以降 VAFS))と MOU を締結し、調査・研究における協力体制を構築した。今年度は、4 回のオンライン会議を行い連携・情報交換によって知見を収集すると共に、ベトナムにおける VAFS による現地調査とドローンによる調査地における斜面崩壊地と林道の 21 か所のグランド・トゥルースのデータ、スワントゥイ国立公園(以降 XTNP)のマングローブ林における 11 か所のプロットにおけるドローンと林分調査、植林活動への参加意欲と災害リスクの意識に関する 10 village を対象とした住民の意識調査、ベトナムの全 63 州における土地利用変化、災害の歴史、社会経済トレンドに関する資料について VAFS から収集し分析を行った。

ベトナム北西部のイエンバイ省(Yen Bai)西部では、斜面崩壊の他に表面侵食対策も含めた山地の資源管理に資する技術も必要と考えられた。また、ソンラ省の Muong Gion Commune に設定した共同調査地においては、斜面崩壊の形態は概ね表層崩壊であり、一部は道路開設の影響を受けていることが推察された。同 Commune 内における住民に対する文献・インタビュー調査から、治山技術の関連の深い災害経験は Flood(洪水)、Flash flood

(フラッシュフラッド)、Landslide(斜面崩壊)であることがわかった。さらに、広域で入手可能な衛星画像の Sentinel-2 や高解像度の Pleiades などの衛星画像とともに画像解析に必要な GIS やリモートセンシングのソフトウェアを調達し、災害前後の崩壊地の判読結果と解析結果の比較検証などを試みた。また、防災・減災上の保全対象を有し、その機能の発揮が期待されている XTNP のマングローブ群落の形成状況について時系列の衛星画像で確認したほか、北ベトナムで実施されたマングローブ植林に関する文献調査を行った。

1.3.4 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、これを促進することを目的に、1月27日に内外から8名の登壇者を迎えて国際セミナー「森林による防災・減災の可能性をさぐる」を開催した(リアルタイム視聴297名)。その前日に登壇者と林野庁を招いて専門家会合を実施した。また、国際社会における科学的知見に基づく森林を活用した防災・減災対策の活用に関する情報交換・ネットワークの構築をめざして、12月23日に VAFS と森林総研の共催により、VAFS と森林総研から各2名が登壇し”Natural disasters and risk reduction measures in Vietnam and Japan (ベトナムと日本における自然災害と防災対策の取組み)”をテーマにオンラインでの国際ワークショップを開催した(リアルタイム視聴7)。さらに、事業成果普及のため、「日本における自然災害と防災対策研究の取組み」と題するウェブセミナーで「日本における土砂災害 実態、調査、及び対策」と題する講演を YouTube の森林総研チャンネルで公開した(3月23日現在再生回数160回)。これらの開催にあたっては、センターのウェブサイトで告知し、メーリングリスト(3月22日現在784名)で周知した。

このほか、センターの名称の変更、新たなロゴの作成とプレスリリース、センターのウェブサイトの整備、ヘルプデスクへの問い合わせへの対応などを行った。

1.3.5 報告書等の作成

本事業の実施計画及び予算計画の策定を行い、予算の管理を行いながら事業の進行を管理し、事業成果をとりまとめ、事業の遂行状況報告書や成果報告書を作成した。年度の途中、7月と10月にコロナ対応による海外出張が不可能となった状況に対応し、これを補完し成果を確保するための衛星画像・解析機材の購入といった予算変更などについて林野庁の担当と連絡調整を行い、了解を得ながら事業を遂行した。

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。

① 第1回運営委員会

日時: 令和2年7月9日(木) 13:00～15:30

場所: 森林総合研究所(オンライン)

議事: 森林技術国際展開支援事業計画及び令和2年度計画について

② 第2回運営委員会

日時: 令和2年11月30日(月) 14:00～16:30

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2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3年3月15日(月)14:00～16:30

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2年度森林技術国際展開支援事業の成果等について

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5次評価報告書では、気温、海水温、海水面水位、雪氷減少などの観測から気候システムの温暖化には疑う余地はないことを指摘している。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と想定するのが当然であろう。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と考える。

本報告書では、対象国としてベトナム、ミャンマー、インドネシアの3カ国を選定して、それぞれの国の状況の分析を通じて、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考察した。なお、本章のうち、3.4については、「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、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社が担当し、本報告書では外部委託調査事業報告書の概要を掲載した。詳細については添付資料の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的動向の把握

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年代終盤から1970年代

序盤に起こり、後に「生態系を活用した防災・減災 (Ecosystem-based (solutions for) Disaster Risk Reduction: Eco-DRR; あるいは nature-based solution)」と名付けられたこの考え方は、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)。その考え方への共感は徐々に拡がりをみせ、主流化への機運醸成に向けた動きが国際会議や国際条約の場で続いている(表 3-2-1)。例えば、2008 年には国連環境計画(UNEP)、国際自然保護連合(IUCN)等の国際機関、NGO、研究機関が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)を設立し、Eco-DRR の推進と実施拡大、国際・国家・地方レベルの開発計画への主流化に取り組んでいる。また、2014 年の生物多様性条約第 12 回締約国会議(The twelfth meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity)では、議題の 1 つとして「生物多様性・気候変動及び災害リスク軽減」が取り上げられ、各国が国内の災害リスク削減に関する施策の中で生態系を活用した手法を取り入れるよう勧告がなされた。更に、2015 年に仙台で開催された第 3 回国連防災世界会議(The Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction)にて採択された仙台防災枠組 2015-2030(The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030)では、生態系が防災・減災の手段として明確に位置づけられ、生態系に基づいた防災・減災へのアプローチの国際的な推進が謳われた(これらの動きの概要はカントリーレポート導入編にも記載されている)。

表 3-2-1 主な国際枠組みにおける適応、防災・減災、Eco-DRR 等に関する議論や決議・取組

国際枠組み	適応、防災・減災、Eco-DRR 等に関する議論や決議・取組
国連防災世界会議「仙台防災枠組 2015-2030」(2015 年)	2015 年 3 月に仙台で開催された第 3 回国連防災世界会議において、2015 年以降の防災・減災に関する国際指針である「仙台防災枠組 2015-2030」に合意。生態系が防災・減災の手段として位置づけられ、持続的な利用と管理の強化が重視された。優先事項として、①生態系に基づいたアプローチの国際的な推進、②山岳部や河川・氾濫原の災害リスクの高い地域における災害リスク評価、③生態系の持続的な利用・管理と災害リスク低減を統合した環境・天然資源管理アプローチの実施、が挙げられている。
国連気候変動枠組条約「パリ協定」(2015 年)	2015 年 11 月の第 21 回締約国会議(COP21)でパリ協定を採択。第 7 条に適応が位置づけられた。気候変動適応策における生態系への配慮の必要性に言及している。

生物多様性条約「生物多様性、気候変動及び災害リスク軽減」(2014年)	2014年の第12回締約国会議において、議題の1つとして「生物多様性、気候変動及び災害リスク軽減」が取り上げられ、各国が国内の災害リスク削減に関する施策の中で生態系を活用した手法を取り入れるよう勧告された。
ラムサール条約(2014年)	2014年の第12回締約国会議において、湿地生態系による防災上の役割を認め、湿地を基盤とした防災を国家戦略や関連政策等に組み込むことや、湿地の災害リスクを評価すること等を締約国に奨励。
環境と災害リスク削減に関するパートナーシップ(PEDRR)	国連環境計画(UNEP)、国際自然保護連合(IUCN)等の国際機関やNGO、研究機関から成り2008年に設立。Eco-DRRの推進と実施拡大、国際・国・地方レベルの開発計画への主流化に取り組んでいる。

森林は、山地・河川・海岸など都市以外の地形空間における Eco-DRR の最も重要な鍵となる生態系(生態資源)であり、ヨーロッパアルプスなどを中心に斜面崩壊・土石流・雪崩などと森林の関係に関する研究が進められてきたが、「森林を活用した防災・減災(Forest-based Disaster Risk Reduction: F-DRR)」が近年注目を集めるようになったのは津波による被害を海岸林が軽減する効果を持つことが知られるようになってからであろう。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)、F-DRRの歴史や技術に関する日本の水準は国際的にも注目されている。F-DRRこそEco-DRRの中核を担うべきテーマであるという認識が高まりつつある中、フィールドでの実証的な研究と実践を東南アジア地域の山地と海岸の双方で探求する日本の本プロジェクトは、災害対応の国際的な、特に東南アジア地域での動向に有意なインパクトを与えるだろう。

すでに、アジア地域においてはEco-DRR/F-DRR的取組がいくつかみられ、その中には、日本が技術支援や助言を行った事例も多い。これらの事業を通じて、今後の治山技術の海外展開の可能性を考えるうえで参考になる情報も多く得られている。以下では、このような先駆的な海外協力の取り組みを通じて得られた情報についてとりまとめたが、Eco-DRR/F-DRR実施の主なポイントとして、下記のことが指摘できる。

- 1) 災害の種類・発生リスクや地形・自然環境等の地域特性と保有技術を踏まえた検討取組の主目的は防災・減災効果の発揮であることから、その観点から効果のある手法を選択することが求められる。森林を含む生態系を活用した手法が対象地に適するのかが、対象地に適するEco-DRR/F-DRR技術をそれぞれの企業が提供できるのかが踏まえた事業可能性の検討が非常に重要である。とくに、熱帯地域では風化帯に由来する厚い細

粒物質が、加速的な侵食や崩壊の多発化につながりやすいことが指摘されているため、自然条件を分析する際にも、地質だけでなく土壌生成環境までを考慮した自然環境の分析が不可欠である。

2) 現地実施体制の構築

Eco-DRR/F-DRR は例えば植林木の維持・管理等、設備整備とは異なりその後のケアも機能発揮のために非常に重要になる。数年、数十年にわたって機能を維持し適切に更新するためには、現地住民等を含む現地関係者と強固な実施体制を構築し、技術・ノウハウを十分に移転することが必須である。植林等の森林における活動に加え、**Eco-DRR/F-DRR** に関する教育や啓蒙活動も併せて行うことが求められ、そうした活動の担い手も体制に組み入れるべきである。

3) 生態系機能の限界把握

「生態系を活用した防災・減災対策は、人工構造物に比べてその効果を発揮するまでに時間を要し、多元的な因子が関るため効果発現量には不確実性に伴う幅があるという特徴がある(図 3-2-1)。こうした **Eco-DRR/F-DRR** の制約を認識したうえで、一方で森林・生態系がもたらす副次的効果(現地の生計向上への寄与、生態系サービスの提供等)も適切に評価し、手法としての **Eco-DRR/F-DRR** の選択を総合的に判断すべきである。**Eco-DRR/F-DRR** は、ソフト的な対策(土地利用計画)、生態的な対策(造林、緑化工)、工学的な対策(溪間工、山腹工)をその土地の状況に合わせて様々な割合で組み合わせしていく総合技術であり、生態系の防災機能にのみ頼るのではなく、かつての日本のハゲ山復旧治山事業のように小規模な防災施設(グレーインフラ)を補助的に用いることも有効である。例えば、厚い風化物質の存在によって加速的な侵食が危惧される場合は、治山ダム状の小規模な堰堤(チェックダム)を早期に設置することで、侵食を防止し上流側の流域の安定化に効果を発揮することが期待される(図 3-2-2)。

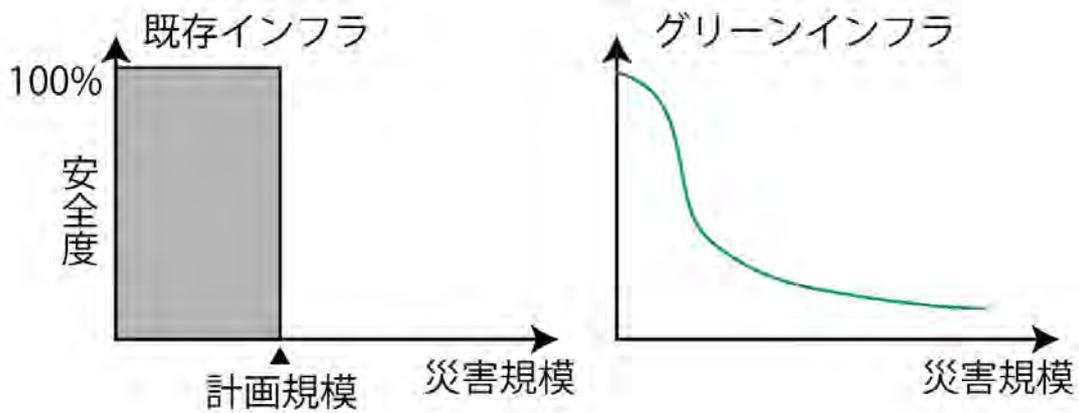


図 3-2-1 グリーンインフラと既存インフラ(グレーインフラ)の性格の違い(中村, 2020 に加筆)



図 3-2-2 ミャンマーにおけるガリー侵食とチェックダムによる侵食の防止(左: シャン州で見られるガリー. 右: 中央乾燥地での UNDP/FAO によるガリー侵食対策としてのチェックダムを赤色矢印で示した)

上記のような点を考慮しながら、本年度は国内で Eco-DRR/F-DRR に関連した、海外技術協力をすでに行っている民間企業の専門家にヒアリング調査(メールの交換、Web 会議を含む)を行った。ヒアリングした国内機関は、

- 日本気象協会
- 土木研究所
- 地質調査所
- 宇宙航空研究開発機構
- 日本赤十字社
- 国土防災(株)

- (株)いであ
- (株)Ides
- 王子グリーンリソース(株)
- エイピーピー・ジャパン(株)

等である。国際機関では、

- アジア工科大学 (Asian Institute of Technology: AIT)
- ホーチミン市工科大学 (Ho Chi Minh City University of Technology)
- 国際森林研究センター (Center for International Forestry Research: CIFOR)
- 国際アグロフォレストリー研究センター (International Centre for Research in Agroforestry: ICRAF)
- 国際熱帯木材機関 (International Tropical Timber Organization: ITTO)
- インドネシア環境林業省 (Ministry of Environment and Forestry, Directorate of Planning and Evaluation for Watershed Management)

等の協力を得た。ミャンマーについては環境森林省森林局に情報提供を依頼したが、軍のクーデターによる政変が起こり回答は得られなかった。

文献調査及びヒアリング結果はその内容に応じて取捨整理され、3.4 節で概要を報告する「カントリーレポート」に盛り込まれている。下記では、カントリーレポートに盛り込まれなかった情報を補足する。なお、企業の技術情報保護の観点から、以下ではヒアリングの対象については社名を記載しなかった。

【ヒアリング結果 A】

同社は主にベトナム中部の洪水対策を中心に JICA の情報収集において豊富な活動実績を有する。2018 年 3 月に出された JICA のファイナルレポートに情報がとりまとめられている (<https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12323861.pdf>)。ヒアリングでは水害対策の基礎となる気象観測データの整備状況を中心に情報収集した。

- 自然災害の被災者に対する義務や被災者の権利に関しては仙台防災枠組以降法的整備が進められているが、現地に根付くには時間がかかりそう。
- 防災対策においてはコミュニティ防災がかなり進んでいる。
- 日本よりも地方の省が力を持っている。省によっては潤沢な予算を持つ印象。相対的に強力なのはフエなど中部の省であり、北西部の省は相対的に弱体ではないかと予想される。

- 気象観測を担当するのは基本的に天然資源環境省 (MONRE) の水文気象総局であり、その他ダムサイト事業者、民間会社が独自に雨量観測を行っている。
- レーダー雨量に関しては日本の気象協会や気象業務支援センターが協力しているのでそこから情報が得られるかもしれない。
- 発信するリスク情報は雨量ではなく水位をもとに出している。ベトナムでも携帯電話が普及しており SNS を通じた災害情報の発信も活発に行っている。
- 各行政部局に横串を通す組織として中央災害対策委員会 (農業農村開発省 (MARD) 内の防災総局 VNDMA が事務局) があるが、まだそれほど有効に機能していない印象 (日本の中央防災会議に似ているのかも)。
- データはフリーにアクセスというわけでは無く現地のカウンターパート経由で入手するのが現実的ではないか。
- 行政部局同士でもデータを提供するには料金が発生することがしばしばある (特定観測点の 1 年間のデータが 30 万円ということも)。日本と違い公的データの入手においても代金を要求されるのが普通である。
- 中部地域では海岸侵食の問題も深刻で重要視されている。侵食が起きる背景についてはよくわかっていない。
- 当時は河川の測量が組織的に行われていない状況で、全体計画的なものも無かった。

【ヒアリング結果 B】

- JICA が実施中のベトナム持続的自然資源管理プロジェクト Sustainable Natural Resource Management (SNRM) (2016-2020) に 2016 年から 4 年間関わり、REDD+ のパイロット活動をホアビン省とソンラ省で担当してきた。
- コミューン (自治体、集落) 毎に森林減少の状況を分析し、その状況に関し住民へのコンサルテーションを行い、活動計画を策定した。加えてパイロット事業として、村単位で森林管理組合を作り、その組合を通じて植林、天然更新、生計向上 (農業、かまど導入、アグロフォレストリー) の活動を行う仕組みづくりと実施を支援した。
- ベトナムにはダムが多いが、ダムで発電している電力会社は政府に対して森林環境サービス Payment for Environmental Service (PES) という特別税を支払うシステムがある (USD20/ha/yr との話だが詳細不明)。土壌流出が激しいダム流域斜面に森林を増やし、土壌流出を防ぐというのが基本的な趣旨である。PES 資金は村まで下りてきて、村の基金として使われる。公にはその 40% は森林関係 (造林) に充てねばならないが、強制力の

あるルールではなく、村々の判断で道路建設や森林火災対策などにも使われている。

【ヒアリング結果 C】

- JICA が気象観測に関する技プロを実施中である(気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト)。JICA 本部担当部署は東南アジア 3 課と防災グループ防災第 2 チーム。気象業務支援センターがプライム・コンサルタントで、日本気象協会がレーダー雨量システムの構築のコンポーネントを担当している。
- JICA 長期専門家が国家水文気象局 (National Hydro-Meteorological Service: NHMS) に入っている(気象庁から出向)。ベトナムの気象部門には北部に日本が南部に世銀が入っており、両者の統一を図るよう調整が行われている。
- 気象レーダーによるレーダー雨量システムの試験運用が始まったばかりで、現在は検証段階にある。レーダー雨量情報は NHMS の HP で公開されている。
- 日本の電力会社がベトナム北部のダムに投資しているので、気象水文データが利用できる可能性がある。
- ミャンマーでも気象レーダーが整備され、JICA 技プロが始まっている(ミャンマー国気象観測・予報能力強化プロジェクト)。ベトナム同様に、気象業務支援センターがプライム・コンサルタントで、日本気象協会がレーダー雨量システムの構築のコンポーネントを担当している。
- インドネシア(援助卒業国)は自前で気象レーダーを整備しつつある。

【ヒアリング結果 D】

- ヒアリングで得た回答の範囲では、森林の減災・防災等の機能強化に関する国際機関の直接的な取り組み(プロジェクトや研究)として、ICRAF (International Centre for Research in Agroforestry: World Agroforestry Centre) がフィリピン(台風対策)で活動を実施し、AIT がタジキスタン(マルチハザード; オランダ Twente 大学 ITC と共同研究)とインドネシア(津波対策: 日本リモートセンシング技術センターと共同研究)で研究を実施していることが分かったが、森林の減災・防災等の機能強化に関する積極的な動きは見られない。
- 各国際機関はこれまでの活動で自然災害に関する活動に関わった歴史・経験は殆ど無いとみられるが、気候変動、マングローブ林、森林火災(特に泥炭地)などに関連があるのかどうかという点で一定の関心があるようである。しかし、それらの課題と森林の減災・防

災等の機能強化を主体的に結びつけることへのモメンタム(方向性や勢い)は十分とはいえないように感じられた。

- ベトナムでは ICRAF がアグロフォレストリーのプロジェクトを展開しており、お互いの関係を深めていく可能性を探りつつ、本プロジェクトがこの活動と情報交換をしていく価値はあるようにも思われた。

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

本事業では、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た。これまでに収集した文献は、日本語 61 件、英語 43 件の合計 104 の文献である(表 3-3-1 および表 3-3-2)。

これら収集した文献は大まかに以下のテーマに整理できる。

- 森林(土地利用・樹木密度)や土層と斜面水文(降雨遮断、蒸発散、浸透、流出、貯留等)
- 樹木根系と斜面崩壊
- 立木の土石流緩衝機能
- 降雨と斜面崩壊
- 地形と斜面崩壊
- 土層と斜面崩壊
- 地質と斜面崩壊
- 道路と斜面崩壊・表面侵食
- 海岸林(マングローブ林)の津波減衰機能

自然災害は自然現象が人命や資産、公共施設などに対して被害を及ぼす現象であり、そうした社会経済的価値(保全対象)が立地する地域でなければ、いわば狭義の、防災・減災に関する議論の対象にはならない。しかし、流域での土砂移動、水質保全、水源涵養、生態系保全、さらには地球大気中の温暖化ガス削減といった課題(環境保全)を、地域社会の存立や人類の生存に関係する、いわば広義の災害と見る場合には、その限りではない。この意味において、災害と環境は密接に関係し、本来不可分である。また、1970 年代以降、地球と地域の環境保全の観点から森林を保全することの重要性が明確に認識されてきた一方、木材など森林から得られる資源は我々が生活を営む上で不可欠であって森林資源を得ながら山地災害を防止し山地環境を保全する高度な技術を確立することも同時に重要である。治山技術

は防災・減災だけでなく、森林資源の利用や山地環境の保全にも関連し、より中長期的、より多角的な視点から防災・減災へアプローチすることを特徴とする技術である。

日本国内において森林の防災機能に関し既往研究で示されてきたことの一つは、斜面崩壊は林齢と関係があることである。数多くの災害事例から、林齢 20 年前後を境として幼齢林と壮齢林では同一地域でも崩壊率が大きく異なるということが分かっている(塚本 1986)。幼齢林では樹幹や根系の発達が乏しいことが崩壊発生に関係していると考えられ、その面での実証研究が様々な困難を克服しながら積み重ねられてきた。もう一つは、山地斜面に作られる作業道や登山道などの道路が斜面崩壊や表面侵食を増加させることである。踏み固められる道路表面は浸透能が小さくなることや斜面上部からの側方浸透流が切土面から流出することなどで、降雨時に急激かつ多量の流出が発生することが基本的な要因である(Sidle et al. 2006)。

道路での現象に見られる通り、森林には斜面崩壊だけでなく表面侵食を防止する機能がある。特に東南アジアでは山地斜面が広範囲に主として農業生産に利用されてきた歴史と現状があり、雨季に繰り返される豪雨時にはガリー、リル、シートウォッシュによる表面侵食が起り、多量の土砂が流出して下流域に経済損失を含む重大な環境インパクトを与えている例が多い(Furuichi and Wasson 2011)。

また上で述べた通り、森林を利用した防災・減災は山地だけでなく海岸でも注目されている。森林が防災・減災に効果を発揮することは、例えば 2004 年のスマトラ島沖地震によって引き起こされた津波が海岸林、特にこの地域ではマングローブ林によって減衰し、大きな減災効果をもたらしたことがインド洋沿岸の各地域から伝えられたことに端的に現れている(Danielsen et al. 2005)。マングローブ林の津波エネルギー減衰効果は数多くのモデル計算からも認められており、その効果のレベルは樹木密度、幹・枝・根の太さ、海岸の傾斜などによって決まってくる(Alongi 2008, Horstman et al. 2014)。津波のように、森林による流体の減勢効果を期待した防災林の事例は多く、日本においても、森林による洪水や雪崩、土石流の減勢を期待した防災林が古くから造成されてきた。

表 3-3-1 収集文献リスト(日本語)

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
1	五味高志、宮田秀介、恩田裕一	2010	ヒノキ人工林流域における表面流の発生と流域の降雨流出特性	水利科学	311	77-94
2	平岡真合乃、恩田裕一、加藤弘亮、水垣滋、五味高志、南光一樹	2010	ヒノキ人工林における浸透能に対する下層植生の影響	日林誌	92	145-150
3	伴 博史、北原 曜、小野 裕	2010	カラマツ根系に及ぼす間伐の影響	中森研	No.58	179-182
4	伴 博史、北原 曜、小野 裕	2010	カラマツ根系の崩壊防止力と立木密度の関係	中森研	No.59	195-198
5	若杉祐希、北原 曜、小野 裕	2012	常緑広葉樹を主とする生根の引張強度試験	中森研	No.60	129-132
6	神田誠也、北原 曜、小野 裕	2012	立木周囲の崩壊防止力の分布	中森研	No.60	117-120
7	西山嘉寛	2003	岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表面流出の研究 (I) 月侵食土砂量と降雨因子との関係	森林応用研究	12	47-52
8	西山嘉寛	2003	岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表面流出の研究 (III) 月地表流出量と降雨因子との関係	森林応用研究	12	59-63
9	佐々木重行、茅島信之、桑野泰光	2009	再造林放棄地内の作業路、法面および伐採跡地での土砂移動について	九州森林研究	No.62	206-207
10	佐々木重行、茅島信之、桑野泰光	2010	作業路での土砂移動と枝条散布による抑制効果	福岡県森林林業技術センター研究報告	11	33-38
11	岩 智洋、迫田正和、河野雄一	2011	鹿児島県奄美大島における森林伐採後の土砂移動量の観測	九州森林研究	No.64	92-94

12	宮崎潤二	2013	異なる伐採幅の列状間伐が 下層植生に及ぼす影響（Ⅱ） －下層植生の繁殖と移動土 砂量－	九州森林 研究	No.66	42-45
13	阿部和時、黒川 潮、 竹内美次	2004	間伐が森林の持つ表層崩壊 防止機能に及ぼす評価手法 の開発	地すべり 学会誌	41(3)	225-235
14	小松 光、井出淳一郎、 篠原慶規、芳賀弘和、 藤山洋介、宮野岳明、 丸野亮子、智和正明、 久米朋宣、東 直子、 大槻恭一	2007	非管理針葉樹人工林の蒸発 散量	水利科学	297	107-125
15	長坂 有、今 博計、長 坂晶子、棚橋生子 佐藤弘和	2011	森林施業後の林床被覆の違 いが表土流出に及ぼす影響	日林北支 論	59	137-139
16	佐藤弘和	2006	浮遊土砂の流出抑制に配慮 した森林管理方法	日林誌	88(1)	50-59
17	深田英久、渡辺直史、 梶原規弘、塚本次郎	2006	土壌保全からみたヒノキ人 工林の下層植生の動態と植 生管理への応用	日林誌	88(4)	231-239
18	小松 光、久米朋宣、 大槻恭一	2009	針葉樹人工林の間伐が年遮 断蒸発量に与える影響－予 測モデルの検証－	日林誌	91	94-103
19	中森由美子、瀧井忠 人、三浦 覚	2012	急傾斜ヒノキ人工林におけ る伐採方法の違いによる細 土、土砂、リター移動量の変 化	日林誌	94	120-126
20	山寺善成、楊 喜田、 宮崎敏孝	2002	植栽木と播種木との引き抜 き抵抗力の相違について	日緑工誌	28(1)	143-145
21	田中賢治、朝日伸彦、 杉本弘道、長山泰秀	2008	スギ・ヒノキ人工林における 土壌理化学性による森林健 全度評価の試み	日緑工誌	34(1)	227-230
22	境 優、平野智章、青 木文聡、寺嶋智巳、 夏原由博	2009	森林植生の樹種および管理 状態が小流域の短期流出特 性に及ぼす影響	日緑工誌	35(2)	306-317
23	藏本康平、篠原慶規、 小松 光、大槻恭一	2010	森林回復が流出に及ぼす影 響－地質の異なる2流域にお ける検討－	水文・水 資源学会 誌	23(No.1)	32-42

24	真坂英一、鈴木雅一	2009	山地森林小流域における直接流出量の定量的解析	水文・水資源学会誌	22(No.5)	342-355
25	池田英史、若松孝志、中屋 耕、阿部聖哉	2009	森林流域からの土壌流出の実態・支配因子と予測モデル開発の現状と課題	水文・水資源学会誌	25(6)	396-409
26	相浦英春、嘉戸昭夫、長谷川幹夫	1996	多雪山地におけるブナ林皆伐後の伐根の転倒にともなう表層崩壊の発生	日本林学会誌	78(2)	150-160
27	三浦 覚	2000	表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆率の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価	日本林学会誌	82(2)	132-140
28	宇都木玄、飯田滋生、阿部 真、田内裕之	2007	人工林施業に伴うトドマツ人工林内下層植生現存量の変化	日本森林学会誌	89(3)	174-182
29	恩田裕一	2007	森林の荒廃による表面流出の発生および細粒土砂の河川への流出	土と基礎	55(8)	16-19
30	平松晋也、黒岩知恵、荒砂隆文	2002	森林伐採や植栽面積の変化が流域の土砂生産状況に及ぼす影響	砂防学会誌	55(4)	3-11
31	黒岩知恵、平松晋也	2004	森林伐採や植栽を指標とした崩壊面積予測手法に関する研究	砂防学会誌	57(2)	16-26
32	木下篤彦、坂井佑介、大野亮一、田畑三郎、川島正照、山崎孝成	2013	スギ・ヒノキ林における水平根が発揮する抵抗力の検討	砂防学会誌	65(5)	11-20
33	服部重昭、阿部敏夫、小林忠一、玉井幸治	1992	林床被覆がヒノキ人工林の侵食防止に及ぼす影響	森林総研研報	362	1-34
34	奈良雅代、荒川純彦、荒井一司、中村健一	2014	東京都多摩地域スギ・ヒノキ人工林における間伐後3年間の土砂流出量の経年変化	東京農総研研報	9	7-14
35	平野智章、寺嶋智巳、中村智博、青木文聡、境 優	2008	管理放棄されたヒノキ人工林および天然生落葉広葉樹林における土壌表層部の水流発生機構	地形	29(3)	255-280
36	楊 喜田	1999	荒廃地における土壌と植物の初期発達特性に関する研究	信州大学農学部演習林報告	35	47-82

37	Machito MIHARA, Yan CHEN, Masaharu KOMAMURA	2003	Changes in Soil and Eutrophic Component Losses due to Deforestation in Sloping Area	農業土木 学会論文 集	224	27-33
38	塚本良則	2012	治山事業百年－治山技術に ついて思い出すままに	水利科学	323	11-19
39	塚本良則	2013	治山技術の回顧と将来展望	水利科学	330	41-56
40	時任美乃理、西前 出、 浅野悟史	2016	ベトナム中部農村における アカシア林地の環境条件 に関する空間分析	環境情報 科学 学 術研究論 文集	30	207-212
41	藤間 剛、山本幸一、 後藤忠男	2009	熱帯早生樹産業植林の持続 性	環境科学 会誌	22(4)	270-272
42	岩崎 誠、坂 志朗、藤 間 剛、林 隆久、松村 順司、村田功二	2012	早生樹：産業植林とその利用	海青社		259
43	藤間 剛	2018	東南アジアの早生樹種植林 の生産力	海外の森 林と林業	101	14-19
44	北原 曜	2010	森林の土石流緩衝機能をは かる；立木の引き倒し抵抗力 の測定	森林科学	58	45
45	北原 曜	2010	森林根系の崩壊防止機能	水利科学	311	11-37
46	蔵治光一郎、保屋野初 子編著	2004	「緑のダム」	築地書館		260pp
47	小杉賢一朗	2007	森林の水源涵養機能に土層 と透水性基岩が果たす役割 の評価	水文・水 資源学会 誌	20(3)	201 – 213
48	小松 光、井手淳一郎、 篠原慶規ほか	2007	非管理針葉樹人工林の蒸発 散量	水利科学	297	107-125
49	小山 敢	2001	鳥取県におけるいくつかの 表層崩壊の特性－林道開設 と表層崩壊発生の関係－	森林応用 研究	10 (1)	111-113
50	鈴木拓郎	2016	土石流に及ぼす樹木の影響 に関する数値実験	第 127 回 日本森林 学会大会 発表デー タベース		120

51	谷 誠	1987	森林土壌の水源涵養効果の 解明に向けて	水利科学	31(4)	35-61
52	谷 誠	2011	山地流域における自然貯留 の洪水緩和機能に関する方 法論的考察	水利科学	318	151-173
53	塚本良則	1986	樹木根系の崩壊防止効果に 関する研究	東京農工 大学農学 部演習林 報告	23	65-124
54	栃木省二、海堀正博	1991	豪雨による林道・作業道での 崩壊とその特徴 ー広島県 北西部豪雨災害現場におけ るケーススタディー	広島大学 総合科学 部紀要IV	16	1-18
55	服部重昭	1992 a	森林蒸発散の構成成分（塚本 良則編著「森林水文学」）	文永堂出 版		82-96
56	服部重昭	1992 b	林況と蒸発散の関係。（塚本 良則編著「森林水文学」）	文永堂出 版		96-102
57	深見悠矢	2008	立木引き倒し試験による森 林の土石流緩衝機能の力学 的評価	中部森林 研究	56	283-286
58	野々山一彦、池上 忠、 山根 誠	2020	平成 30 年 7 月豪雨災害によ り広島県で発生した土石流 における森林の土砂流出減 勢効果	水利科学	64(2)	21-42
59	水山高久、栗原淳一、 鈴木浩之	1990	立木の衝撃エネルギー吸収 効果	新砂防	42(6)	24-28
60	宮縁育夫、田中 均	2009	九州南部の大面積皆伐跡地 周辺域における斜面崩壊の 実態	砂防学会 誌	62 (2)	51-55
61	吉谷純一	2004	「緑のダム」議論は何が問題 かー土木工学の視点からー。 (蔵治光一郎・保屋野初子編、 「緑のダム」)	築地書館		118-130

表 3-3-2 収集文献リスト(英語)

	著者	年	タイトル	出典	巻号	ページ
1	Kurniatun Hairiah, Widianto Widianto, Didik Suprayogo, Meine Van Noordwijk	2020	Tree Roots Anchoring and Binding Soil:Reducing Landslide Risk in Indonesian Agroforestry	land 2020		1-19
2	Pham BT, Prakash I, Bui DT	2018	Spatial prediction of landslides using a hybrid machine learning approach based on Random Subspace and Clasification and Regression Trees	Geomorp hology	303	256-270
3	Anh HV, Williams M, Manning D	2006	Remote-sensing monitoring of desertification using ASTER and ENVISAT ASAR: case study at semi-arid area of Vietnam	Internatio nal Symposiu m on Geoinfor matics for Spatial Infrastruc ture Develop ment in Earth and Aliied Sciences		15pp
4	Anh HV, et al.		Hyperspectral sesing and its application for desrtification monitoring - Case study in Tabernass, Spain	Vietnam Journal of Soil Science	5	34-38
5	Hung LQ, Van NTH, Son PV, Ninh NH, Tam N, Huyen NT	2017	Landslide inventory mapping in the fourteen northern provinces of Vietnam: Achievements and Difficulties	4th World Landslid e Forum 2017		501-510

6	Doan Huy Loi, et al.	2017	The 28 July 2015 rapid landslide at Ha Long City, Quang Ninh, Vietnam	Landslides	14	1207-1215
7	Vladislav Carnero-Bravo, Joan-Albert Sanchez-Cabeza, Ana Carolina Ruiz-Fernandez, Martin Merino-Ibarra, Jose Antonio Corcho-Alvarado, Hans Sahli, Jean-Francois Helie, Michel Preda, Jorge Zavala-Hidalgo, Misael Diaz-Asencio, Claude Hillaire-Marcel	2018	Sea level rise sedimentary record and organic carbon fluxes in a low-lying tropical coastal ecosystem	Catena	162	421-430
8	Catherine E.Lovelock	2020	Blue carbon from the past forecasts the future	Science	368(6495)	1050-1052
9	N.saintilan, N.S.Khan, E.Ashe, J.J.Kelleway, K.Rogers, C.D.Woodroffe and B.P.Horton	2020	Thresholds of mangrove survival under rapid sea level rise	Science	368(6495)	1118-1121
10	Sigit D.Sasmito, Daniel Murdiyarso, Daniel A.Friess, Sofyan Kurnianto	2015	Can mangroves keep pace with contemporary sea level rise? A global data review	Wetlands Ecology and Management	23(5)	
11	Hiroshi Takagi, Miguel Esteban, Takahito Mikami, Daisuke fujii	2016	Projection of coastal floods in 2050 Jakarta	Urban Climate	17	135-145
12	C.D.Woodroffe, K. Rogers, K.L.McKee, C.E.Lovelock, I.A.Mendelssohn, N.Saintilan	2015	Mangrove Sedimentation and Response to Relative Sea-Level Rise			1-24

13	Carlo Carlos, Rafaela Jane Delfino, Drandreb Earl Juanico, Laura David, Rodel Lasco	2016	Vegetation resistance and regeneration potential of Rhizophora, Sonneratia, and Avicennia in the Typhoon Haiyan-affected mangroves in the Philippines: Implications on rehabilitation practices	Climate, Disaster and Development Journal	1(1)	1-8
14	Rafaela Jane P.Delfino, Carlo M.Carlos, Laura T.David, Rodel D.Lasco, Drandreb Earl O.Juanico	2016	Perceptions of Typhoon Haiyan-affected communities about the resilience and storm protection function of mangrove ecosystems in Leyte and Eastern Samar, Philippines	Climate, Disaster and Development Journal	1(1)	15-25
15	Rita Marteleira, Maria Jose Roxo, Rodel Lasco, Pedro Santos Coelho	2018	Hydrological modeling to assess water resources resilience towards climate change impacts in Tacloban, Philippines	Climate, Disaster and Development Journal	3(1)	13-22
16	Luigi Toda, Justine Ravi Orduna, Rodel Lasco, Carlos Tito Santos	2016	Assessing and mapping barangay level social vulnerability of Tacloban City and Ormoc City to climate-related hazards	Climate, Disaster and Development Journal	1(1)	26-41
17	Luigi Toda, Justine Ravi Orduna, Rodel Lasco, Carlos Tito Santos	2016	Assessing social vulnerability to climate-related hazards among Haiyan-affected areas in Leyte, Philippines	Climate, Disaster and Development Journal	1(1)	42-57

18	Sonya Dewi, Meine van Noordwijk, Adrian Dwiputra, Hesti L Tata, Andree Ekadinata, Gamma Galudra, Niken Sakuntaladewi, Atiek Widayati	2015	Peat and land clearing fires in indonesia in 2015: Lessons for polycentric governance	Policybrief	51	1-4
19	DEPARTMENT OF FOREST, MINISTRY OF FISHERIES AND FOREST, REPUBLIC OF FIJI		Community based restoration and sustainable management of vulnerable forests of the rewadelta, viti levu, fiji	Government of Fiji		1-53
20	Douglas I.	1996	The impact of land-use changes, especially logging, shifting cultivation, mining and urbanization on sediment yields in humid tropical Southeast Asia: a review with special referemce to Borneo	IAHS Red Book	236	463-471
21	Douglas I.	1999	Hydrological investigations of forest disturbance and land cover impacts in South-East Asia: a review	Philosophical Transactions of the Royal Society B	354	1725-1738
22	Ziegler AD, Giambelluca TW, Sutherland RA, et al.	2004	Toward understanding the cumulative impacts of roads in upland agricultural watersheds of northern Thailand	Agriculture, Ecosystems and Environment	104	145-158
23	Gomi T, et al.	2006	Sediment and wood accumulations in humid tropicalheadwater streams: Effects of loggingand riparian buffers	Forest Ecology and Management	224	166-175

24	Sidle RC, Ziegler AD, Negishi JN, Nik AR, Siewc R, Turkelboom F.	2006	Erosion processes in steep terrain—Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia	Forest Ecology and Management	224	199-225
25	Sidle RC, Furuichi T, Kono Y.	2011	Unprecedented rates of landslide and surface erosion along a newly constructed road in Yunnan, China	Natural Hazards	57(2)	313-326
26	Sidle RC, Ziegler AD	2012	The dilemma of mountain roads	Nature Geoscience	5	437-438
27	Furuichi T, Wasson RJ	2013	Caesium-137 in Southeast Asia: Is there enough left for soil erosion and sediment redistribution studies?	Journal of Asian Earth Sciences	77	108-116
28	Pham Thi Quynh Anh, Gomi, T., MacDonald, L.H., Mizugaki, S., Phung Van Khoa, Furuichi, T.	2014	Linkages among land use, macronutrient levels, and soil erosion in northern Vietnam: A plot-scale study	Geoderma	232-234	352-362
29	Emilia Pramova, Bruno Locatelli, Houria Djoudi, Olufunso A. Somorin	2012	Forests and trees for social adaptation to climate variability and change	WIREs Climate Change	3	581-596
30	M.J.Crozier	2010	Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review	Geomorphology	124	260-267
31	Haring V, Fishcher H, Stahr K	2014	Erosion off bulk soil and soil organic carbon after land use change in northwest Vietnam	Catena	122	111-119
32	Knapp KR, Kruk MC, Levinson DH, Diamond HJ, Neumann CJ	2010	The international best track archive for climate stewardship (IBTrACS): Unifying Tropical Cyclone Data	BAMS	March	363-376

33	Alongi DM	2008	Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change	Estuarine , Coastal and Shelf Science	76	1-13
34	Bosch JM, Hewlett JD	1982	A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration	Journal of Hydrology	55(1-4)	3-23
35	Danielsen F, Sørensen MK, Olwig MF, Selvam V, I Pari Fsh, Burgess ND, Hiraishi T, Karunagaran VM, Rasmussen MS, Hansen LB, Quarto A, Suryadiputra N	2005	The Asian Tsunami: A Protective Role for Coastal Vegetation	Science	310	643
36	Foot K, Morgan R	2005	The role of leaf inclination, leaf orientation and plant canopy architecture in soil particle detachment by raindrops	Earth Surface Processes Landforms	30	1509–1520
37	Furuichi T, Wasson RJ	2011	Placing sediment budgets in the socio-economic context for management of sedimentation in Lake Inle, Myanmar (Burma)	IAHS Red Book	349	103-113
38	Horstman EM, Dohmen-Janssen CM, Narra PMF, van den Bergb NJF, Siemerink M, Hulscher SJMH	2014	Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations	Coastal Engineering	94	47–62
39	Miyata S et al.	2009	Effects of forest floor coverage on overland flow and soil erosion on hillslopes in Japanese cypress plantation forests	Water Resources Research	45	W06402

40	Morikawa Y, Hattori S, Kiyono Y	1986	Transpiration of a 31-year-old <i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl. stand before and after thinning	Tree Physiology	2	105 -114
41	Sidle RC, Sasaki S, Otsuki M, Noguchi S, Nik AR	2004	Sediment pathways in a tropical forest: effects of loggingroads and skid trails	Hydrological Processes	18	703-720
42	Teramoto Y, Shimokawa E	2007	Erosion and slope failure on slopes bordering forest roads in Takakuma Experimental Forest, Kagoshima University, due to heavy rainfall on July 5th 2006	Research bulletin of the Kagoshima University forests	35	11-16
43	Ziegler AD, Giambelluca TW	1997	Importance of rural roads as source areas for runoff in mountainous areas of northern Thailand	Journal of Hydrology	196	204-229

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、今回調査対象とした、ベトナム、ミャンマー、インドネシアの3カ国について、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、別添資料の三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社によるカントリーレポートを参照されたい。

3.4.1 ベトナム社会主義共和国

1) 国土と森林の特徴

ベトナムは、地理的な特色から8地域(北から、北東部、北西部、紅河デルタ、中北部海岸、中南部海岸、中部高原、南東部、メコン河デルタ)に分けられる。国土の約47%が森林で(2020年)、そのうち天然林が約70%、植林地が約30%であり、森林面積及び植林地の割合が1990年代から増加傾向にある。北部から中部にかけての山地・山地帯にはブナ科をはじめとする亜熱帯の照葉樹林が、低地にはフタバガキ科などの落葉林が分布。メコンデルタではマングローブ林が生育する。天然林は2016年の首相指令により伐採禁止となっており、人工林は主にアカシア、メラルーカ、ゴムノキなどの樹種が植林されている。伐採量は年々増加しており、木材の輸出と輸入をいずれも積極的に行っている点が特徴である(図3-4-1-1)。

2) 自然災害の発生状況と特徴

ベトナムでは、とくに台風・熱帯低気圧や洪水・鉄砲水の発生数が多い。ここで鉄砲水としているのは、flash floodと記載されるもので小河川の急速な増水だけでなく、土石流も含んだ呼称であると考えられる。土石流の多くは崩壊に起因することから、小規模な土砂災害も含まれていると考えられる。洪水・暴風雨の被害はとくに中部地域(中北部・中南部)において大きい。これは、暴風の直撃が多いことや、経済成長に伴う都市化の進展に治水対策が追いついていないこと等の影響が考えられている。1990年以降に大きな死者数を出した災害としては、1997年の台風「リンダ」が突出しており、このほか1999年10月の豪雨による「中部水害」の死者数が多い(表3-4-1-1)。

3) 自然災害に対する防災・減災の取組状況

被害が大規模化しやすい洪水に対して重点的な防災対策が取られている。ハノイ市内の紅

河沿いには 100 年確率対応の堤防が建設されており、MARD 洪水対策・堤防管理局 (DDMFSC) が管理している。また、メコン川では、堤防の建設、河川排水路機能拡充により、洪水被害が減少しているとされる。近年では、洪水に対するソフト対策も進みつつあり、メコン川委員会が過去の洪水実績を基に洪水ハザードマップを作成する一方で、天然資源環境省 気象水文サービスが、気象観測、洪水予報、情報伝達、ハザードマップ作成を行っている。また、日本の技術協力により、レーダー雨量観測システムの整備も進みつつあり、先進国並の洪水リスクの直前予測を目指した防災対策が進みつつある。一方、洪水災害対策に比べて土砂災害対策は遅れていたが、近年の土砂災害の多発を受けて、衛星画像による土砂災害リスク評価を中心とした、現況分析によるリスク評価の研究が活発化している。しかし、洪水対策と比べて費用対効果が小さいためもあって、ハード対策は遅れている。

ベトナムにおける防災で中心的な役割を果たすのは、「中央災害対策委員会 (CSCNDPC)」と「国家捜索救助委員会 (NCSR)」である (図 3-4-1-3)。中央災害対策委員会 (CSCNDPC) は 2015 年設立された。中央各省庁の代表により構成され、農業農村開発省 (MARD) 防災総局 (VNDMA) が事務局として主要な役割を果たす。国家防災を指揮・管理する政府や首相を支援し、関係セクター間の調整を担う。国家捜索救助委員会 (NCSR) は副首相を議長とし、国防省救済局が事務局を担う。国家レベルの災害の捜索・救助活動を指揮することとなっている。地方政府については、全ての省・県・コミューンにおいて「災害対策・捜索救助委員会 (CCNDPC/SR)」を設立することとされている。事務局は各地区の農業農村開発局 (DARD) 灌漑支局が務める。

各省については、表 3-4-1-2 のとおり所管が決められている。このほか、風水害については天然資源環境省 (MONRE) が、地震・津波についてはベトナム科学技術研究所 (VAST) が担当。ただし、地方レベルでは農業農村開発省の地方部局 (DARD) が実質的な責任機関となっている。

4) 森林を活用した防災・減災への取組状況

ベトナムは、1990 年代まで急激に森林面積が減少したことで洪水被害が拡大した過去を持つ。その後政府が実施した 500 万 ha 植林計画 (661 プログラム) は、森林を活用した防災・減災対策の 1 つと言える。森林を活用した防災・減災を含め、自然災害対策に関する海外ドナーは、わが国の国際協力機構 (JICA) が主力である。主要な事業としては、「第 2 次中南部海岸保全林植林計画 (JICA: 2009～2015 年)」、「北部荒廃流域天然林回復計画プロジェクト (JICA: 2003～2008 年)」、「森林火災跡地復旧計画 (JICA: 2004～2007 年)」、「ベトナム災

害対策事業(日本赤十字社:1997~2017年)」等が挙げられる。

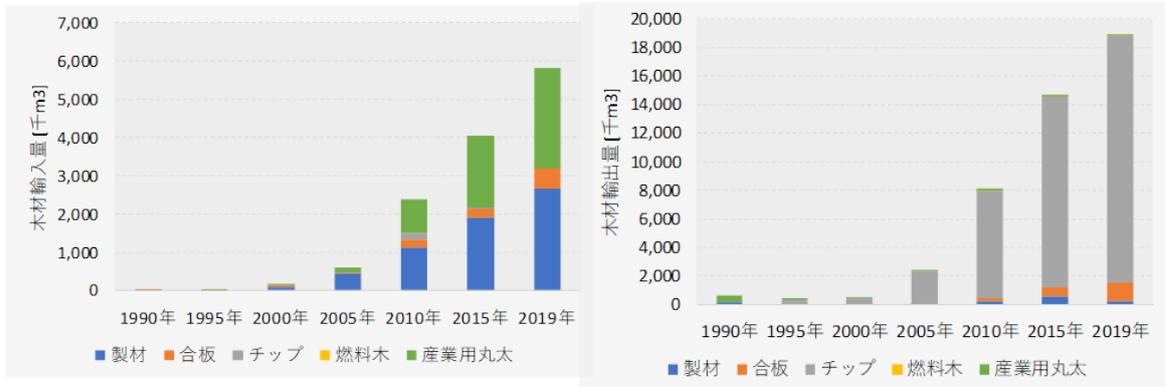


図 3-4-1-1 ベトナムにおける主な製品別木材輸出量(左)及び輸入量(右)の推移 (FAOSTAT による)

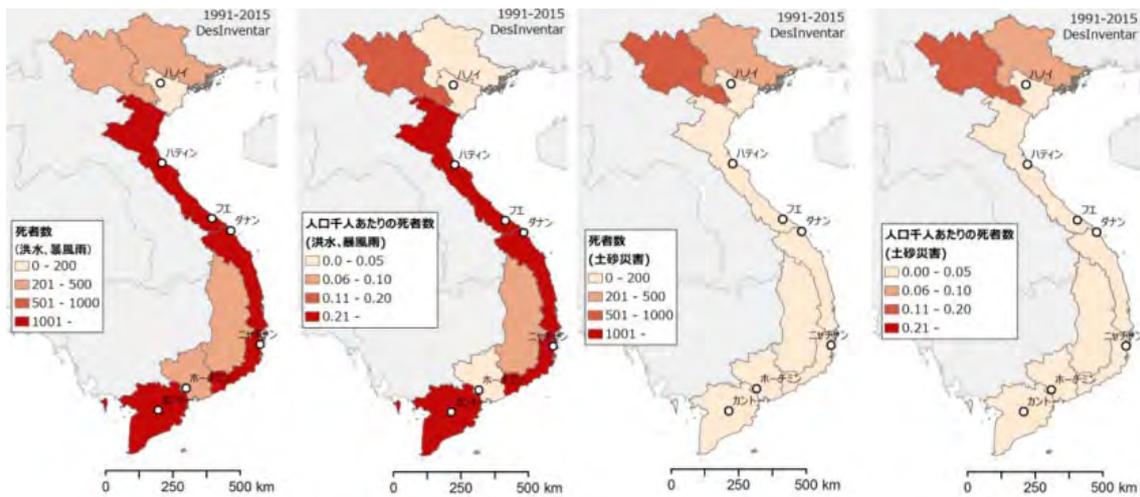


図 3-4-1-2 ベトナムにおける洪水・暴風雨と土砂災害の地域別死者数と人口千人当たりの死者数(JICA, 2018 による)

表 3-4-1-1 大きな被害を生んだ自然災害(1990~2020年)

GLIDENumberほか各種資料より作成

年月	場所	災害の種類	死者数	概要
1997年 11月	ビンディン 省ほか	台風 (リンダ)	3,682	台風リンダは 3,682 名の死者、857 名の負傷者を出し、383,045 名が家を失った。
1999年 10月	Thanh Hoa ほか中部海岸地帯	洪水	711	ベトナム中部の海岸地帯で約1週間で2,000mmを超える降雨があり、これに起因する洪水で死者711人、行方不明者233人、90,000人が家を失うなど被災者100万人以上の被害となった。
2006年 5月	ベトナム全土、フィリピン、中国	熱帯低気圧 (チャンチュ)	204	熱帯低気圧 Chanchu によりベトナムで 204 人が死亡、60 万人が被害に遭った。フィリピンでは 37 人が死亡し 53,000 人が影響を受け、中国では 32 万人が避難した。
2008年 8月	北部山岳地帯	鉄砲水、 斜面崩壊・ 地すべり	100	熱帯低気圧カムリによる大雨がベトナム北部の山岳地帯を襲い、鉄砲水や斜面崩壊で 100 人以上が死亡または行方不明に。
2009年 11月	中部・南部 高原地域、 ビンディン 省など	台風 (ミリナエ)	116	11月2日夜に中部高原と南部高原地方で発生した台風ミリナエの影響で大雨(数百~1,000mm)となった。これにより発生した洪水で116人が死亡、125人が負傷、96,000人が影響を受けた。
2017年 11月	10州および ダナン市	台風 (ダムレイ)	123	台風ダムレイは11月4日にベトナム10州及びダナン市を襲った。約40,000戸が被害を受け、死者は123名にのぼった。
2020年 11月	中部・北部	台風(ヴァムコほか)	239	台風ヴァムコをはじめ、1か月超の間に来襲した6つの嵐により、少なくとも239名が死亡または行方不明となり、46万人が避難した。

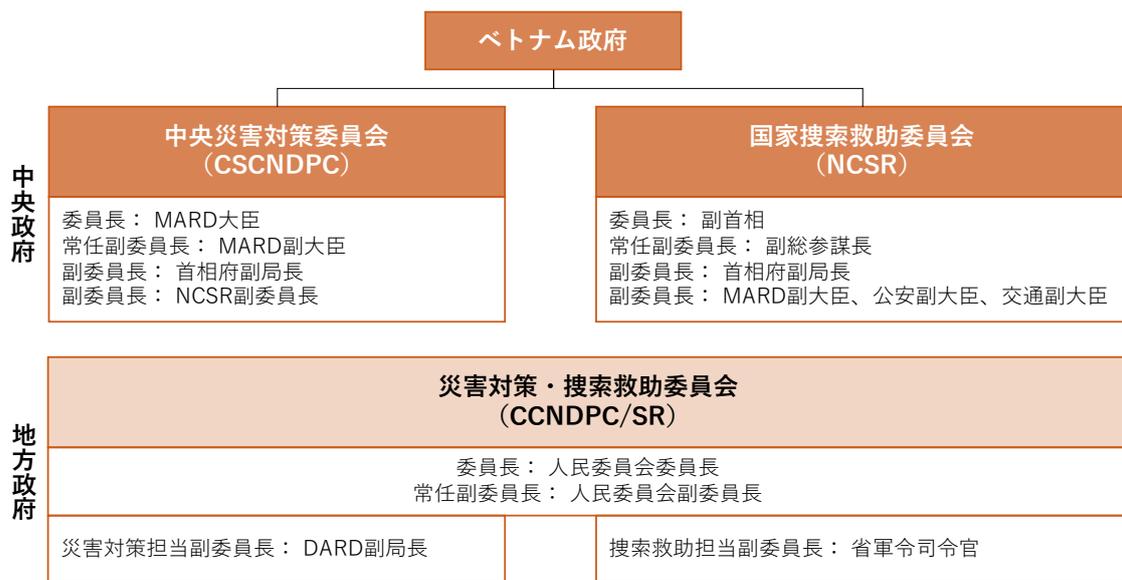


図 3-4-1-3 ベトナム政府における自然災害管理体制

表 3-4-1-2 ベトナムにおける関係省庁等の防災対策における役割

災害	非構造物に関する所管	構造物に関する所管
洪水、 土砂災害、 暴風	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国家水資源評議会 ・ 各省 (Province) の人民委員会森林管理局 ・ 農業農村開発省洪水対策・堤防管理局 ・ 天然資源環境省気象水文サービス ・ 各河川流域管理組織 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画投資省インフラストラクチャー局 ・ 下水排水公社 ・ 都市排水公社 ・ 農業農村開発省洪水対策・堤防管理局

3.4.2 ミャンマー連邦共和国

1) 国土と森林の特徴

ミャンマーは、国土の約 44%が森林(2020 年)である。そのほとんどが天然林だが、近年は植林地の割合が増加傾向にある。大半が天然林と天然生林であり、森林面積の約 40%を占める落葉林は、国内の主要樹種であるチーク等の経済的価値の高い樹種を含むため最も重視されている。森林は天然資源・環境保全省(MONREC)森林局(FD)が管轄し、木材の収穫、加工及び販売については同省のミャンマー木材公社(MTE)が担う。チーク林及びその他の広葉樹林で、年間許容伐採量が定められている。ミャンマーの主要木材製品となるチークは主に混交落葉林で生育するが、経済的に価値の高い種は湿性高地混交落葉林に生育する。チーク天然林は全世界で 19 百万 ha 存在するが、そのうち 16 百万 ha はミャンマーに分布する。木材輸出は、丸太での輸出が主だが、一部製材でも輸出している。木材輸入量は

非常に小さい(図 3-4-2-1)。

沿岸部は年間降水量が 5,000mm を超える多雨地域である。一方で内陸部には熱帯サバナ気候で年間降水量が 1,000mm を下回り干ばつが発生しやすい地域がある。森林率は、1990 年の約 60%から 2020 年の約 44%へと減少した。森林減少・劣化の要因は、焼畑、薪炭材の採取、違法伐採、農地転用、鉱山開発、都市のインフラ開発等とされている。マングローブ林は海岸地域に 50 万 ha 分布し、近隣国よりも速いスピードで消滅している。

森林管理に係る法律・規則等の文書には、ミャンマー選別システム(Myanmar Selection System:MSS)、1992 年策定の森林法(The Forest Law 1992)や 1995 年策定のミャンマー森林政策 1995(Myanmar Forest Policy 1995)並びに森林規則(Forest Rules 1995)、さらに 10 年ごとに更新される国家森林マスター計画(National Forest Master Plan)がある。1995 年には「コミュニティ・フォレストリー指針」(Community Forestry Instructions:CFIs)が制定された。森林局(FD)はコミュニティ・フォレストリーによる地域住民の森林管理への参加促進に努めている。ミャンマーは、2018 年に「ミャンマー持続可能開発計画 2018-2030」を公表している。自国が目指す姿として 5 つの到達目標を掲げ、それぞれについて複数の戦略を示している。到達目標の 1 つに「国の反映のための天然資源と環境」があり、その下の戦略のうち「土地のガバナンス向上と資源に依存する産業の持続可能なマネジメント」が森林に関連している。

2) 自然災害の発生状況と特徴

ミャンマーでは、とくに台風・熱帯低気圧や洪水・鉄砲水の発生数が多い。被害規模でみると、暴風雨が突出している。これは、2008 年に発生した熱帯低気圧ナルギス(死者約 14 万人、損害額約 4 百万米ドル)による被害が大きく影響している。加えて、地震・津波被害でも経済的損失が生じており、具体的には 2004 年のインドネシア・スマトラ沖地震の影響や、2011 年にシャン州で発生した内陸地震等が含まれる。

3) 自然災害に対する防災・減災の取組状況

洪水に対するハード対策としては、主担当である農業灌漑省灌漑局が、多目的ダムの運用、洪水から農地を守るための堤防の維持管理を実施している。高潮・津波災害に対しては、過去の大災害(2004 年熱帯低気圧ナルギス)で被害が大きかったデルタ地帯において、津波・避難シェルターを整備しているほか、津波被害軽減対策として、デルタ地帯先端部におけるマングローブ植林を政府が促進している。

ソフト対策としては、農業灌漑省灌漑局がハザードマップを作成し、全国 48 市を洪水被害想定域に指定している。また、気象水文局が気象水文観測、台風・洪水の予警報を担当し、全国に 142 の気象水文・農業気象観測局を設置している。地震・津波対策としては、気象水文局が地震観測・分析及び発信を担当(24 時間体制)している。日本や中国の支援により地震計が設置されている。土砂災害対策としては、気象水文局が大雨警報を発令する体制を取っている。また、ミャンマー地科学協会が土砂災害ハザードマップを作成している。また、地域(タウンシップ)単位で、各種災害リスクを数値化したリスク評価データを整備している(図 3-4-2-2)。リスク評価される災害の種類: 防風、津波、洪水、地震、斜面崩壊、熱帯低気圧、干ばつとなっている。

政府機関の防災対策は、大規模災害(2004 年インドネシア・スマトラ沖地震、2008 年ミャンマー国内で 14 万人の死者・行方不明者を出した熱帯低気圧ナルギス)を契機に、防災に関する機関が整備されてきた。ミャンマーにおける防災の主管は、2005 年に設立され、2013 年に再度整備された「国家防災中央委員会(NDPCC)」である(図 3-4-2-3)。議長は副大統領で、その下には、災害対応政策の実施を担う「国家防災作業委員会(NDPMWC)」が設置されている。省庁横断組織だが、中心的役割を担うのは社会福祉・救済・復興省。この他、情報省、教育省、内務省等も主要メンバーである。さらに、NDPCC の下には、分野ごとに関連する省が参加するサブ委員会も設置され、緊急通信委員会、捜査・救援委員会等、10 のサブ委員会が存在している。また、州・管区レベルとその下の県・郡・村レベルにおいても、防災委員会及び災害の種類・状況に応じて必要とされるサブ委員会が設置されている。

ミャンマーの関係省庁にはそれぞれ防災に関する役割が与えられている。森林を管轄する天然資源・環境保全省(MONREC)の防災上の役割は、下記のとおりである。

- ・計画・準備・減災対策: 持続可能な森林管理、森林に関する減災計画、国家環境委員会による環境保護関連業務実施
- ・災害救援活動・緊急対応: 森林に係る機材・人材の避難、安全確保
- ・復旧・復興: 被害を受けた森林資源・林業機材の調査と復旧・復興

4) 森林を活用した防災・減災への取組状況

2008 年の熱帯低気圧ナルギスをはじめ、死者を多数出す災害に複数見舞われる状況を受けて、ミャンマー政府の関係部局及びその他の関係機関(ミャンマーエンジニアリング協会、ミャンマー地科学協会等)は、英国政府支援の下、「Hazard Profile of Myanmar」を 2009 年にとりまとめた。この中で、いくつかの森林を活用した防災・減災アプローチが提案されている。

例えば、熱帯低気圧に対しては、「海岸・河川沿いにマングローブをパッチ状に植林することが有効」としている。また、洪水対策としては、「洪水リスク低減のため、リスクの高い流域への森林保全と再植林が重要」としている。高潮・津波対策としては、「エーヤワディ地区のデルタ地帯やミャンマー南部では、マングローブ林の生息により、潮流の抑制効果を一定程度発揮している」とし、森林による減災の可能性について言及している。JICA はミャンマーにおける、森林を活用した防災・減災を含め、自然災害対策に関する主要な海外ドナーの一つであり、「エーヤワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画(JICA: 2004～2007 年)」を実施しマングローブの植林や、ハザードマップの作成などを行っている。

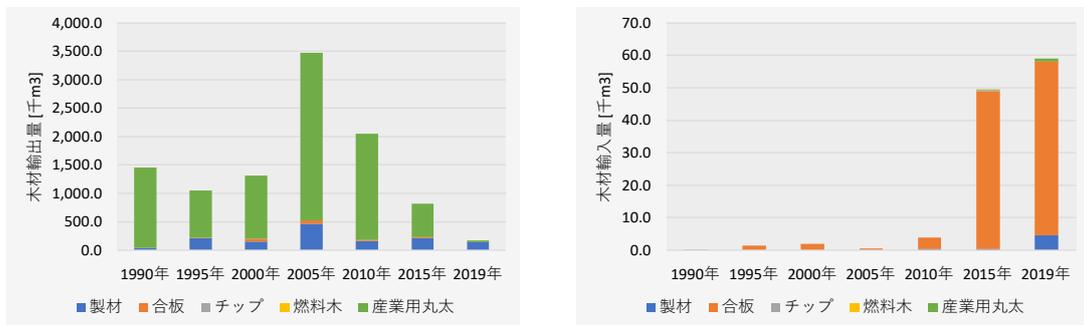


図 3-4-2-1 ミャンマーにおける主な製品別木材輸出量(左)及び輸入量(右)の推移

表 3-4-2-1 ミャンマーにおいて大きな被害を生んだ自然災害(1990～2019 年)

GLIDENumber ほか各種資料より作成

年月	場所	災害の種類	死者数	概要
2004 年 5 月	ラカイン州 内の複数地 域	熱 帯 低 気 圧、洪水、高 潮	140	5 月 19 日、ベンガル湾に発生した嵐がバングラデシュとの国境近くのミャンマーの南西海岸を通過。 時速 160km を超える風により、ラカイン州のポークタウ、ミエボン、シットウェイ、チャウピューの 4 つの町で高潮と洪水が発生。140 人が死亡、3,700 世帯（約 18,000 人）が影響を受け、一時的に家を失った。1,000 件以上の家屋が破壊された。
2004 年 12 月	スマトラ島 (インドネ シア)、ミヤ ンマーほか	地震・津波 (スマトラ 沖地震)	各 国 で 226,000 人 以上 (ミヤ ンマー以外 も含む)	12 月 26 日に発生したスマトラ沖地震で甚大な被害が発生。インドネシア、ミャンマーを含む多くの国で犠牲者を出した。

2008年 5月	ミャンマー 全土	熱帯低気圧 (ナルギス)	約 140,000	2~3mの高潮により約14万人が死亡。 【災害の人為的背景】地元住民にとって経験のない熱帯低気圧のコースであったこと、高潮の十分な予報都計法が出されず個人の判断による避難が遅れたこと、広大なデルタ地帯において高台や強固な建物がなく道路も冠水し逃げ場を失ったこと等が、犠牲者が増大した主な理由として挙げられている。
2011年 10月	不明	暴風雨鉄砲水	100	暴風雨による鉄砲水で100人以上が死亡。
2015年 7月	ラカイン州 西部、カチ ン州、サガ イン州	洪水	103	ラカイン州西部では7月2日に過去数日間の大雨の影響で洪水が発生、200近くの家屋が破壊され、1,500人が避難した。カチン州、サガイン州では7月19日に洪水が発生、約57,000人に影響が出た。

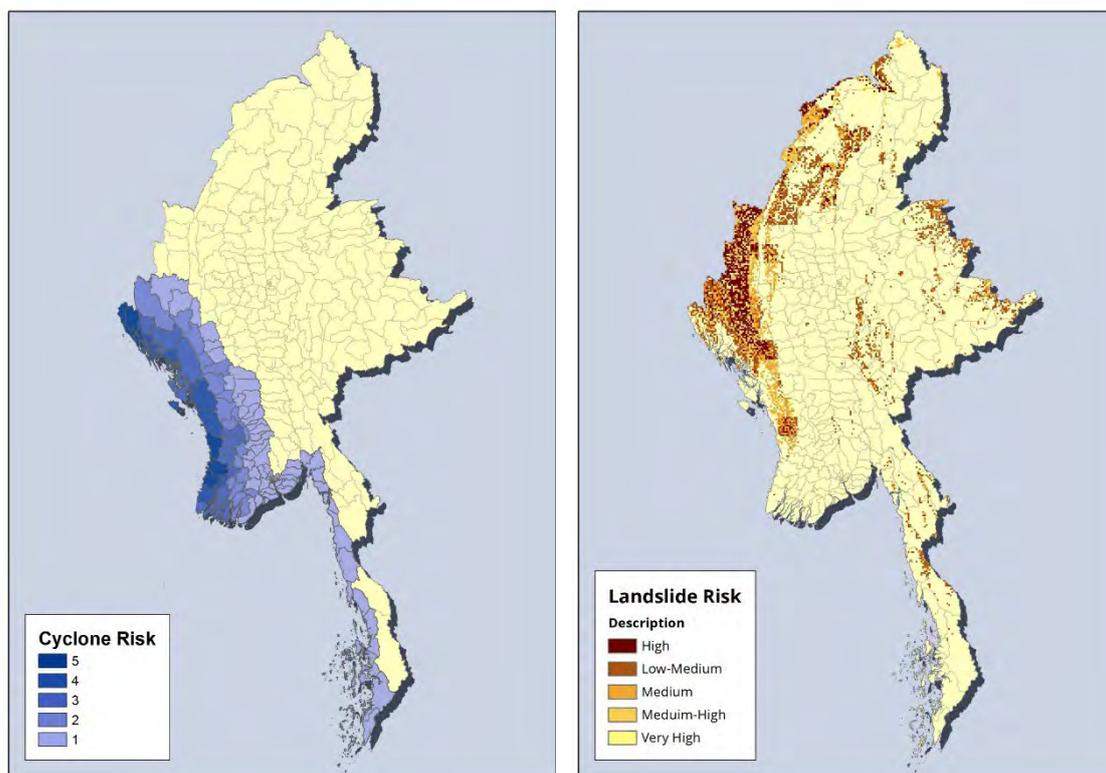


図 3-4-2-2 ミャンマーの 2019 年災害リスクマップ(左:熱帯低気圧、右:斜面崩壊)

OpenDevelopmentMekong による

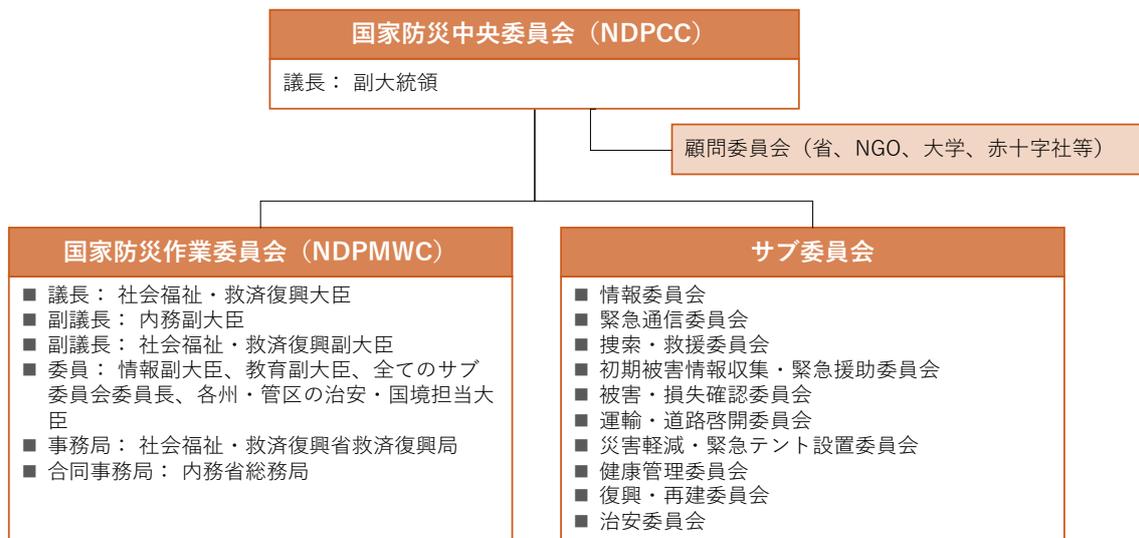


図 3-4-2-3 ミャンマーの国家防災中央委員会(NDPCC)の構造

田平ほか「民政移行後のミャンマー中央政府の防災体制と今後の課題」より作成

表 3-4-2-2 関係省等の防災対策における役割(災害前後のフェーズごと)

JICA(2012)「国別防災台帳(アセアン地域防災協力に関する基礎情報収集・確認調査)」より作成

省	計画・準備・軽減	災害救助活動・緊急対応	復旧・復興
社会福祉・救済復興省	<ul style="list-style-type: none"> ・災害軽減計画の他省への周知・指導 ・州レベルの災害管理訓練実施 ・国民の教育啓発活動、その他キャパビル 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時応急対応の責任・監督機関 ・救助活動、緊急物資配布、社会的弱者の避難支援 ・早期警報の末端までの伝達 	<ul style="list-style-type: none"> ・被災者の再定住・復興支援、社会的弱者支援
運輸省	<ul style="list-style-type: none"> ・海上・航空交通の災害軽減計画 ・気象・水位・水文・地震観測情報及び早期警報発出システム確立(気象水文局) 	<ul style="list-style-type: none"> ・海上・航空交通の安全確保 ・気象・水位・水文・地震観測情報の収集と早期警報の発出・拡散(気象水文局) 	<ul style="list-style-type: none"> ・海上・航空施設の復旧・復興 ・関連情報の提供による復旧・復興支援(気象水文局)
内務省	<ul style="list-style-type: none"> ・防災委員会への参加 ・災害管理訓練、防災消防訓練の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・防災委員会への参加 ・避難指示、避難所運営、消火、人道救助 	<ul style="list-style-type: none"> ・社会経済的損失の報告 ・社会復興活動への支援

保健省	<ul style="list-style-type: none"> ・災害に備えた保険医療システムの確立 ・救急法指導、住民への教育 ・洪水被害想定域の活動計画（気象水文局と連携） 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急診療所設置、患者の優先順位付け、予防注射 ・飲料水の消毒と衛生管理、衛星廃棄物管理 ・検死、被害調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・復旧・復興活動実施 ・社会的医療的問題の発生抑止 ・自然災害影響調査
鉄道運輸省	<ul style="list-style-type: none"> ・陸空海交通に関する災害対応・軽減計画、避難・輸送支援に関する計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・支援物資輸送及び道路啓開の責任 ・情報伝達支援、避難 	<ul style="list-style-type: none"> ・陸空海上交通の復興及び輸送支援
教育省	<ul style="list-style-type: none"> ・災害に強い学校施設整備、教育施設の災害軽減計画運駅規則策定 ・災害対応教育の開発導入 	<ul style="list-style-type: none"> ・避難指示、救援ボランティア動員 ・災害の映像記録 	<ul style="list-style-type: none"> ・教育施設の復興
国家計画・経済開発省 計画局	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急基金の使用 ・行政・統計・会計等に関する指導 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査評価チームを被災地に派遣 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査評価チームによる被災自治体の支援
通信・情報 技術省	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急通信システム確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急通信システム維持 	<ul style="list-style-type: none"> ・通信網の復旧
農業灌漑省	<ul style="list-style-type: none"> ・土塁・ダム・堤防・灌漑施設の強度監視及び維持管理 ・他省と連携し森林保護実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・土塁・ダム・堤防・灌漑施設等の監視 ・避難キャンプ仮設、貯水施設設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・農業従事者への種子配布、農機具支援 ・土塁・ダム等の調査と修理
建設省	<ul style="list-style-type: none"> ・災害に強い公共基盤整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路や橋等の被災地へのアクセスの確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共インフラ回復、被災者再定住のための都市計画
天然資源・ 環境省	<ul style="list-style-type: none"> ・持続可能な森林管理、森林に関する災害削減計画 ・環境保護関連業務（国家環境委員会） 	<ul style="list-style-type: none"> ・森林に係る機材・人の避難、安全確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・森林資源・林業機材の状況調査と復旧・復興
財務・歳入 省	<ul style="list-style-type: none"> ・基金の拠出 	<ul style="list-style-type: none"> ・州予算から特別基金を設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・支援物資の免税、支援金の拠出
国防省	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時の対応計画策定と準備 ・軍との調整 	<ul style="list-style-type: none"> ・軍と調整のうえ、救援・避難・輸送 	<ul style="list-style-type: none"> ・軍と調整のうえ、復興業務を支援
情報省	<ul style="list-style-type: none"> ・関係機関からの情報収集 ・災害情報や教育プログラムの放送・伝達 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係機関からの災害情報収集 ・早期警報・避難指示の放送・伝達 	<ul style="list-style-type: none"> ・復旧・復興に関する支援、 ・離散家族再会のための情報伝達

工業省	・災害に強い工場の整備 ・工場地帯避難基準の設定	・工場地帯の救援	・工場地帯の復興
商業省	・商業関連施設の災害削減計画 ・災害基金や支援物資の受け入れ手順	・商業関連施設の救援 ・支援物資の配布支援	・商業関連施設の復興
外務省	・国際会議参加、関係機関との調整 ・海外技術や研修の導入	・国際支援関連調整業務	・国際支援関連調整業務
外務省	・国際会議参加、関係機関との調整 ・海外技術や研修の導入	・国際支援関連調整業務	・国際支援関連調整業務
共同組合省	・一週間分の水食料の備蓄	・住民の避難支援	・復興ローン等草の根支援
文化省	・文化財に対する災害軽減計画	・文化財の避難	・文化財関連の被害の復旧・復興
エネルギー省	・燃料の安全確保、災害時の燃料供給計画	・燃料の安全確保、緊急燃料供給	・被災燃料施設を復興
電力省	・電力に関する災害軽減計画	・感電・火災等の防止	・被災電力関連施設を復興
畜水産省	・地区水産に関するデータ蓄積、災害軽減計画立案	・家畜の避難、避難した家畜への餌の供給	・被災農漁民に対する支援 ・家畜のワクチン接種

3.4.3 インドネシア共和国

1) 国土と森林の特徴

インドネシアは、国土の約 49%が森林(2020 年)である。そのほとんどが天然林だが、近年植林地の割合が増加傾向にある。天然林の約 65%を占める混交丘陵林が木材生産のために最も重要な森林である。マングローブ林が約 3 百万 ha と大きな分布が見られ、世界のマングローブ林面積の約 21%に達する。用材、薪炭材とも木材生産が盛んな一方、近年ではパーム農園開発及びパーム油生産が国の一大産業となり、森林からパーム農園への転換が急速に拡大している。木材輸出は合板が大きな割合を占める。一部、製材やチップの輸出もある。輸入量は木材生産量に対して非常に小さい。政府では、森林における適応策を提示。災害リスクを下げるといった環境サービスを維持するため、生態系の保全と回復、コミュニティ・フォレストの実施、沿岸地域の保護、統合的な流域管理、気候耐性のある街づくりを実施している。

2) 自然災害の発生状況と特徴

インドネシアでは、とくに地震、洪水・鉄砲水、斜面崩壊の発生数が多い。この他、火山噴火も頻繁に発生している点の特徴。地震・津波により度々、数千人規模の死者が出ている。とりわけ 2004 年のスマトラ沖地震は、近隣国も含め死者 20 万人以上という甚大な被害を生んだ。表 3-4-3-1 にはインドネシアで近年発生し、大きな被害を出した災害を示した。

3) 自然災害に対する防災・減災の取組状況

防災・減災対策は政府主導で行われている。ハード対策としては、洪水については、公共事業・国民住宅省の地方流域管理事務所(BBWS、BWS)が 2006 年に設立され、これらの機関が流域を対象として洪水管理、治水構造物の建設・管理を実施している。また、国家防災庁(BNPB)が、主要インフラ建設の際の総合的災害リスク分析のためのガイドラインを作成している。地震・津波については、海洋水産省(KKP)が沿岸部の植林や高床式住居建設のパイロットプロジェクトを実施している。とくに、アチェ地域では、4 か所の避難ビルを整備している。また、アチェ津波記念館は 6,000 人を収容可能な避難ビルとしても活用可能であり防災施設としての機能も有している。ソフト対策としては、洪水については、県・市レベルで一般的なハザードマップを作成している。とくに首都ジャカルタでは洪水基本地図が毎年作成されている。水文観測は公共事業省地方事務所が担当している。気象観測は気象気候地球物理庁が実施しており、全国 175 か所の自動気象観測所を運用している。また、国家防災庁が災害データベースを整備しており、1822 年以降の洪水データを有する。公共事業省地方事務所が雨季の度に洪水警戒ガイドラインや洪水早期警報・避難システムのためのマニュアルを作成している。

土砂災害に関するソフト対策としては、火山・土砂災害防災センターが、地すべりの危険性がある地域の地図と毎月の降雨予報を重ねて作成された危険地域マップを対象自治体に毎月送付しているほか、国家防災庁が土砂災害に関するハザードマップを作成している。インドネシアは火山活動に起因する土砂災害が多発しているため、国家防災庁が火山災害に注目したハザードマップを作成しているほか、火山・土砂災害防災センターが 80 か所の火山ハザードマップを作成している。大規模な噴火被害が想定される特定の火山(ジャワ島中部のメラピ山、スラウェシ島南部のバワカラエン火山等)については地域独自の警報避難情報システム構築が進められている。

災害に関する政府の主管は国家防災庁(BNPB)である(図 3-4-3-2)。BNBP は 2007 年

の災害管理法制定を根拠に 2008 年に設立した、大統領直轄の常設の中央災害対策組織であり、常勤職員は 250 名程度である。各省の調整のみならず対策実行の役割も担っており、災害予防、緊急対応、復旧・復興を行う。関連 10 省の幹部職員と数名の専門家・住民組織メンバーからなる運営委員会を有する。地方政府(州・県・市)には、国家防災庁(BNPF)の地方部局である地方防災局(BPBD)が設立されている。各省については、災害発生前後の段階ごと、また災害の種類ごとに所管が決められている。森林については、環境林業省(KLHK/MOEF)が所管する。

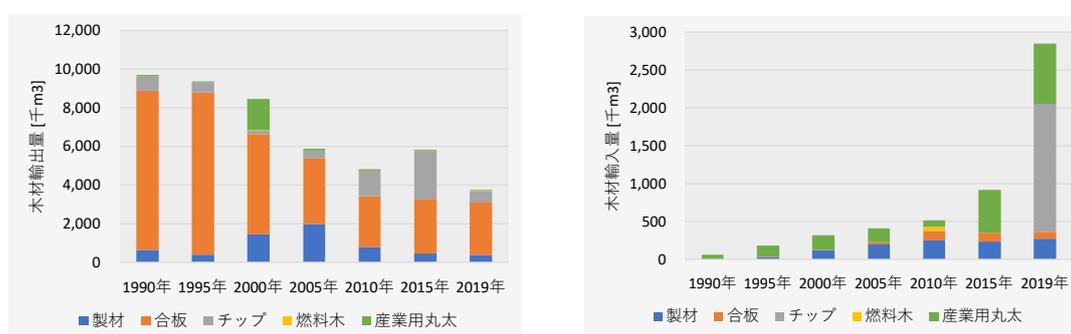


図 3-4-3-1 インドネシアにおける主な製品別木材輸出量(左)及び輸入量(右)の推移

表 3-4-3-1 インドネシアにおける大きな被害を生んだ自然災害(1990~2019 年)

年月	場所	災害の種類	死者数	概要
1992 年 12 月	フローレス島	地震、津波	2,100	-
2003 年 11 月	北スマトラ	大雨、鉄砲水	100	大雨による鉄砲水がスマトラ島の観光地で発生し、少なくとも 100 名が死亡。
2004 年 12 月	スマトラ島 (インドネシア) ほか	地震・津波 (スマトラ沖地震)	各 国 で 226,000 以 上	12 月 26 日に発生したスマトラ沖地震で甚大な被害が発生。インドネシア、ミャンマーを含む多くの国で犠牲者を出した。
2006 年 7 月	南ジャワ州	地震、津波	100	ジャワ島ジャカルタの南 355km で 7 月 17 日に地震が発生。パンガンダラン地域では 2m 以上の津波により少なくとも 100 人が死亡、150 人が負傷し多くの建物が破壊された。
2009 年 9 月	スマトラ島	地震(スマトラ沖地震)	1,200	9 月 30 日に大地震が発生。震源はスマトラ島バ段西北西 60km。約 1,200 人が死亡。
2014 年 12 月	中部	大雨、斜面崩壊	108	大雨により丘が崩壊、斜面崩壊が引き起こされ 18 人が死亡、90 人が泥にのまれ行方不明となった。

2018年 8月	ロンボク島	地震	564	7月29日、8月5日、19日にロンボク島北部で地震が発生、一連の死者は500人を超えた。
2018年 9月	スラウェシ島	地震、津波	3,400	9月28日、スラウェシ島中部スラウェシ州ドンガラ県パルの北78kmを震源とした地震が発生。液状化現象による大規模な被害が発生し、斜面崩壊や津波も発生した。
2019年 3月	パプア州セントラニ地区	洪水	206	3月16日の大雨の後、パプア州セントラニ地区で鉄砲水と地すべりが発生。死者112人、行方不明者94人、負傷者915人で、17,000人が避難した。

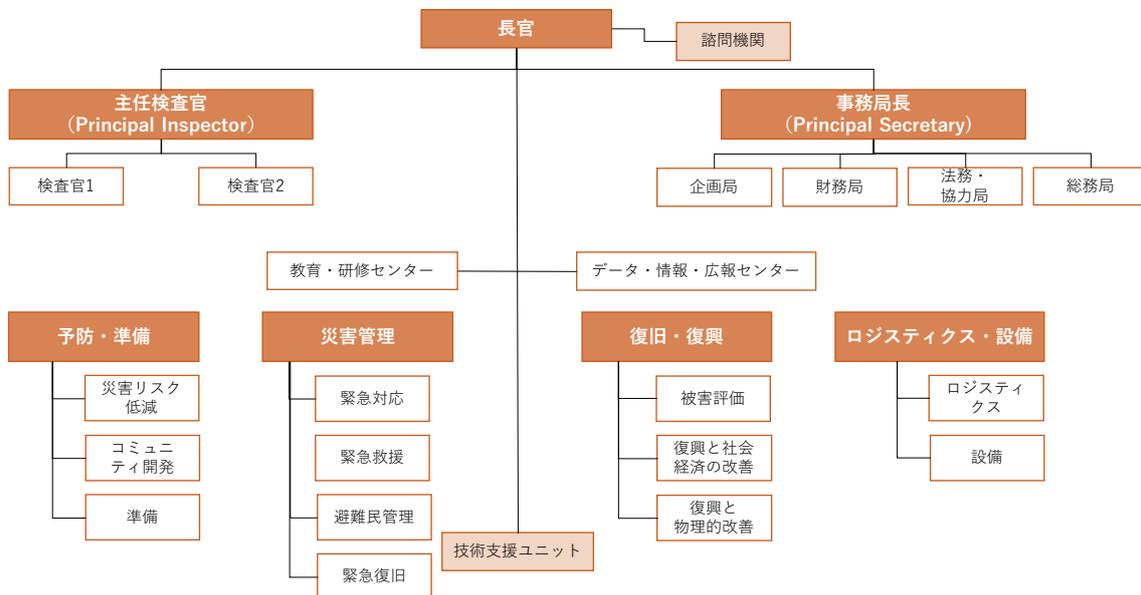


図 3-4-3-2 国家防災庁(BNPB)の構造

JICA(2019)「インドネシア国 防災分野における情報収集・確認調査報告書要約」より作成

引用文献

- Alongi DM, 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76, 1-13.
- Danielsen F, Sørensen MK, Olwig MF, Selvam V, Pari Fsh, Burgess ND, Hiraishi T, Karunagaran VM, Rasmussen MS, Hansen LB, Quarto A, Suryadiputra N 2005. The Asian Tsunami: A Protective Role for Coastal Vegetation. *Science* 310, 643.
- Furuichi T, Wasson RJ, 2011. Placing sediment budgets in the socio-economic context for management of sedimentation in Lake Inle, Myanmar (Burma). *IAHS Red Book* 349, 103-113.
- Horstman EM, Dohmen-Janssen CM, Narra PMF, van den Bergb NJF, Siemerink M, Hulscher SJMH, 2014. Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations. *Coastal Engineering* 94, 47-62.
- 中村太士 2020. 未来の国土保全に欠かせないグリーンインフラ. グリーンインフラ研究会他編, 「実務版! グリーンインフラ」. 日経 BP, 520pp. 25-38.
- Sidle RC, Ziegler AD, Negishi JN, Nik AR, Siewc R, TurkelboomF, 2006. Erosion processes in steep terrain—Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. *Forest Ecology and Management* 224, 199-225.
- 塚本良則 1986. 樹木根系の崩壊防止効果に関する研究. 東京農工大学農学部演習林報告 23, 65-124.

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

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書(2013)は、気温、海水温、海面水位、雪氷量減少などの観測から気候システムの温暖化には疑う余地はないことを指摘している。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のに対し、後者の治山事業は森林の維持造成を通じて山地のレジリエンスを高めて災害から国民の人命や財産を守り(グリーンインフラ)、また水源かん養、生活環境の保全・形成等を図ることを目的とする。我が国の治山事業は、その豊かな経験を糧に森林整備と補助的な施設を組み合わせることで森林の防災・減災機能(Forest-based Disaster Risk Reduction; F-DRR)を最大化する独自の治山技術を発達させた。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REDDを通じた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 commons 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。

とくに災害が起こ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、計画的な土地利用と防災意識の普及啓蒙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・減災機能を評価するとともに、マングローブ林保全に関する技術的指針を提示する。

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 MOU を締結し、調査・研究における協力体制を構築した。

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; MARĐ) 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 ベトナム北西部山岳地域における山地災害及び周辺域の自然・社会環境に関する現地調査

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も多いことから、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な、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。

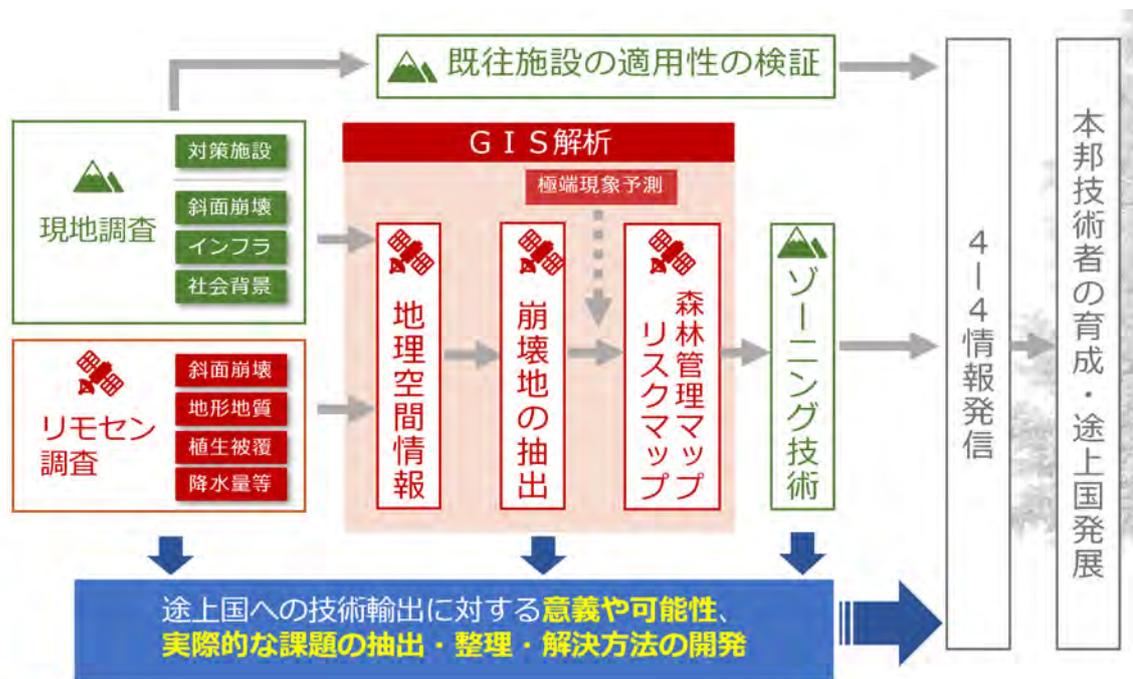


図 4-2-1-1 課題 4.2 及び 4.3 の調査開発フロー

現地調査を主体とする課題 4.2(緑色部)とリスクマップ作成を主体とする課題 4.3(赤色部)は高い連携の元で実施される

4.2.2 ベトナム北西部における国土と山地災害の概要

4.2.2.1 ベトナム国土の地理と北西部の地形

大陸部東南アジア(インドシナ半島)の東縁に南北約 1600 km に亘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のは北西部である。また、北東部の中国国境、中北部海岸のラオス国境、中部高原にも山地がみられる。北西部に立地する 6 省(ホアビン省、ソンラ省、イエンバイ省、ラオカイ省、ライチャウ省、ディエンビエン省)は、大陸部東南アジアの地質構造を境することで知られるホン河断層の南西側に広がる地域で、北西-南東方向の地質構造に支配されたホン河河谷、ダー河河谷、マー河河谷が平行に配列する。ホン河の南西側、ダー河までの地域には稜線部の標高が 2500 m を超える山地が発達する(最高峰ファンシーパン山 Mt. Fansipan は標高 3147 m)。衛星画像判読の予察、及びベトナム森林科学アカデミーの提案を基に、現地調査及びリスクマップ分析の対象地として北西部に 4 地区(イエンバイの 2 地区、ライチャウ地区、モンゾン地区)を設けた(図 4-2-2-1 の赤枠)。各地区の地形の概要は後出の「斜面崩壊」の項で述べる。

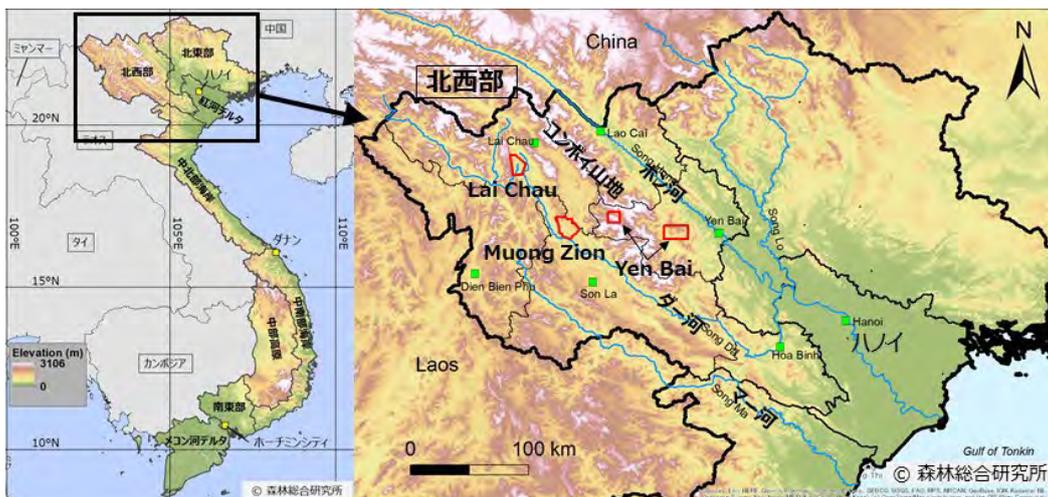


図 4-2-2-1 ベトナム及びその北西部の地形と調査対象地域

4.2.2.2 ベトナム北西部の地質

ベトナムにおいて最も詳細な地質空間情報と考えられる 20 万分の 1 の地質図を、北西部の範囲で入手し、デジタル化した(図 4-2-2-2)。ベトナム北西部の北限であるホン河断層(the Red River fault)は、中国南部とインドシナを画する主要な地質境界であり、チベットからベトナムにかけて 900~1000 km に亘って延びる右横ずれのトランスフォーム断層である。河川形のずれを基にした分析では、新第三紀鮮新世から現在までに 300 m 程度ずれたと見られるが、現在は大きな地震の頻発はみられない。この断層に沿っては約 10~20 km の幅で

変成岩(片麻岩)が分布している区間があり、その最も南の変成岩体が中国国境からラオカイ省にかけて連なり形成しているのがコンボイ山地である。コンボイ山地の南側には中生代の火成岩や火砕岩が分布し、高標高の山地を形成している。火成岩・火砕岩分布域の南(南西)は地形的にはダー河の河谷になり、更に南のマー河の河谷まで古生代終盤から中生代前期にかけて堆積した層相変化に富む堆積岩(モラッセ状堆積岩)が広く分布し、その中には石灰岩が頻繁に含まれ、また部分的に変成岩もみられる。この堆積岩分布域は複数の断層帯が走る褶曲構造を呈しており、その構造運動は中世代の三畳紀後期からジュラ紀初期にかけて2度ほど起こったと考えられている。

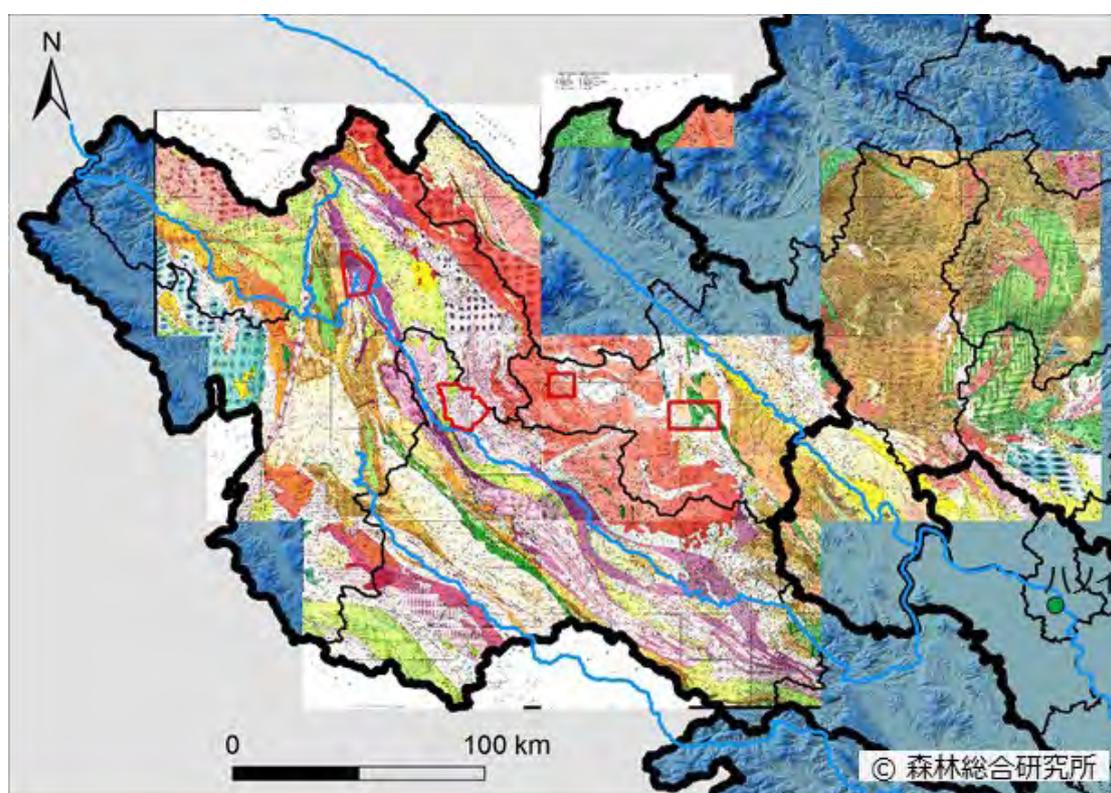


図 4-2-2-2 ベトナム北西部(及び北東部)において 1/200,000 地質図が得られた範囲

赤枠が現地調査対象地

4.2.2.3 ベトナム北西部での斜面崩壊

課題 4.3(リスクマップ班)と共同で、ベトナム北西部における斜面崩壊の分布を衛星画像を基に探索し、複数の地域において斜面崩壊発生地域を 9 ヶ所で特定した(図 4-2-2-3)。また、それぞれの場所で時系列衛星画像を用いて斜面崩壊発生時期も検討した(図 4-2-2-4～図

4-2-2-12)。その結果、これらの崩壊は概ね 2014 年から 2019 年の間に発生していることが分かった。例えば、イエンバイ省西部②(図 4-2-2-5)では、多数の表層崩壊が標高 1500 から 2000 m 付近の、森林が広範囲で伐採され草地となっている深成岩分布域で発生したとみられる。この崩壊は 2016 年夏から 2018 年夏の間が発生した。

また、ライチャウ省中央部⑨(図 4-2-2-12)では、幅 100 m 程度、長さ 650 m 程度の崩壊域を持つ深層崩壊が、広範囲に森林伐採が見られる標高 600 m 内外の玄武岩分布域で発生したとみられる。その崩壊は崩壊地源頭部に立地していた集落を消滅させ、流出した土砂は河谷に沿って崩壊域の下流約 4 km の区間に亘って堆積した。時系列衛星画像から、この崩壊は 2018 年の夏に発生したことが分かった。



図 4-2-2-3 ベトナム北西部における 2014 年以降の斜面崩壊発生地域の分布



図 4-2-2-4 イエンバイ省中央部①の崩壊発生前後の衛星画像及び崩壊発生後の景観



図 4-2-2-5 イエンバイ省西部②の崩壊発生前後の衛星画像



図 4-2-2-6 イエンバイ省南西部③の崩壊発生前後の衛星画像及び崩壊発生後の景観



図 4-2-2-7 ライチャウ省南東部④の崩壊発生前後の衛星画像



図 4-2-2-8 ライチャウ省東部⑤の崩壊発生前後の衛星画像



図 4-2-2-9 ソンラ省北東部⑥の崩壊発生前後の衛星画像



図 4-2-2-10 ソンラ省東部⑦の崩壊発生前後の衛星画像



図 4-2-2-11 ホアビン省北西部⑧の崩壊発生前後の衛星画像



図 4-2-2-12 ライチャウ省中央部⑨の崩壊発生前後の衛星画像

4.2.2.4 ベトナム北西部での表面侵食

山がちな景観が広がる北西部では山地斜面が利用されてきた歴史と現状があり、雨季に繰り返される豪雨時には斜面崩壊だけでなく表面侵食(ガリー、リル、ウォッシュによる表面侵食)が起こり(図 4-2-2-13)、多量の土砂が流出して下流の河谷(ダム湖を含む)を埋積している(図 4-2-2-14)。流域から流出する土砂によるダム湖の埋積は国レベルでの課題となっており、ダム湖の水で水力発電をしている電力会社は政府に対して特別税として森林環境サービス Payment for Environmental Service (PES) を支払い、その資金が森林環境・村落振興ファンドとして村レベルまで下りてくるシステムが構築されている。

このように治山技術の東南アジア地域への展開では、斜面崩壊への対応に留まらず、現地の社会経済状況に応じた現場ニーズを適切に汲み取り、表面侵食対策を含めた山地の資源管理に資する技術も見据えて検討することが肝要であると考えられる。今後現地調査が実現する際は、この点を踏まえて調査を実施していく予定である。



図 4-2-2-13 ソンラ省モンソン地区(調査対象地)の伐採跡地及び濁流河川.

(撮影:ベトナム森林科学アカデミー)

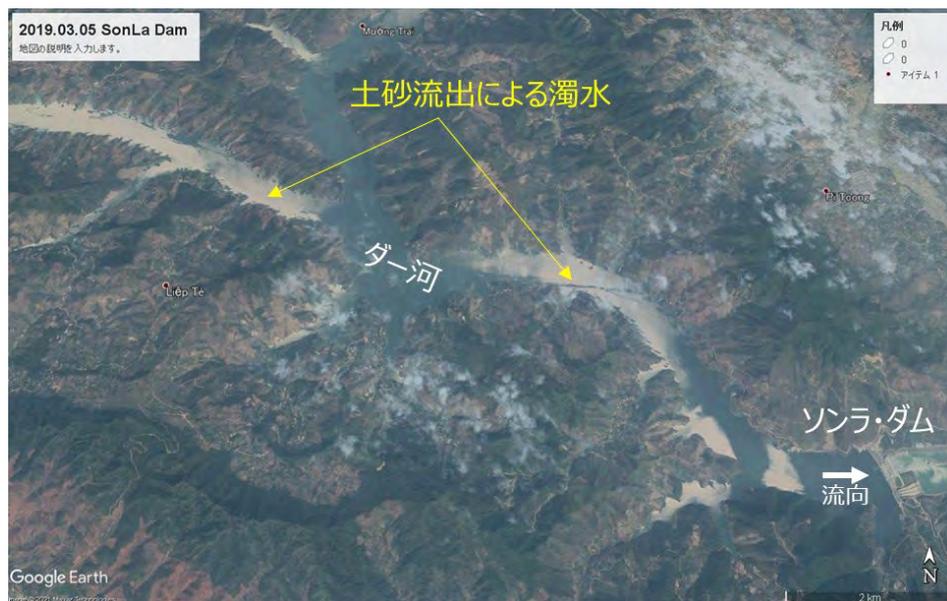


図 4-2-2-14 ダー河本流を堰き止めるソンラ・ダム(2012 年完成)の上流側に見られる濁水域(2019 年 3 月 5 日撮影画像)

ソンラ・ダムは調査対象地区のソンラ省モンソン地区の下流約 30 km に位置し、水力発電能力は東南アジア最大級である。

4.2.2.5 ベトナム北西部の気象気候

ベトナム北西部は温帯湿潤気候であり、ソンラ市での年雨量は 1400-1500 mm 程度(図 4-2-2-15)、最暖月である 5 月の最高気温 31.8℃、最低気温 25.9℃、最寒月である 12 月の最高気温 21.8℃、最低気温 15.5℃である(図 4-2-2-16)。台風及び収束帯(熱帯擾乱の南風と中緯度モンスーンの北風)による大雨が 4 月～9 月の雨季を中心として降ることがあり、その大雨の発生頻度にはエルニーニョ南方振動が影響しているとの指摘がある。また、全球大気モデルに基づくシミュレーションでは、地球温暖化に伴う気候変動によりベトナム北部では台風に伴う雨季の大雨が 21 世紀の前半及び終盤では、20 世紀終盤に比べて、増加するとの予測されている。斜面崩壊の誘因となる大雨に関する面的な詳細データについては、JAXA の GSMaP データ(図 4-2-2-17)、日本政府の協力により整備と運用が開始されているレーダ雨量データを念頭においたデータ収集と分析が今後の重要な課題である。

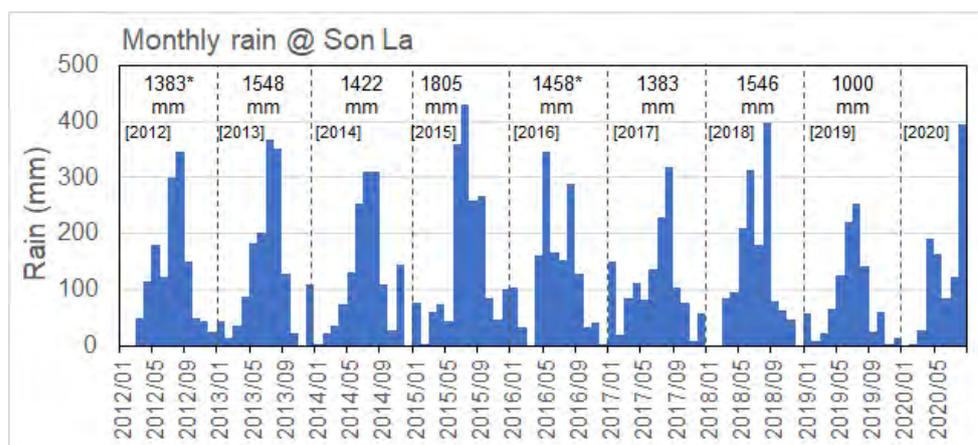


図 4-2-2-15 ソンラ省ソンラの月雨量データ

気象庁ホームページにて得たデータを集計

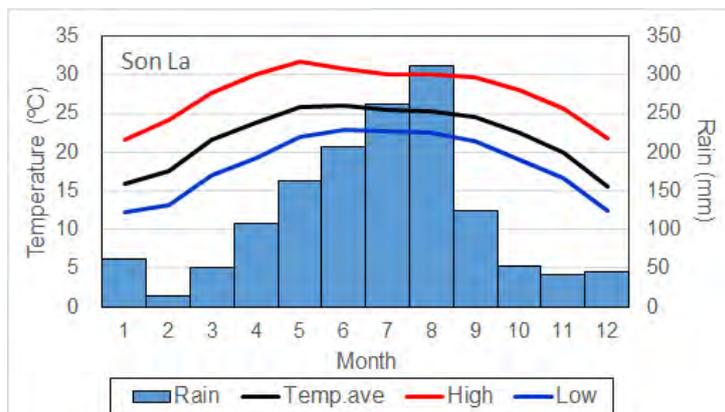


図 4-2-2-16 ソンラ省ソンの月別気温及び降水量(2012-2020年の平均値)

気象庁ホームページにて得たデータを集計

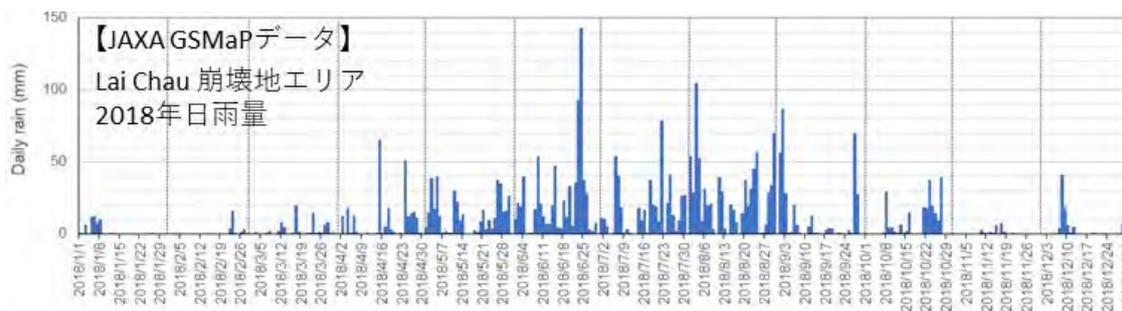


図 4-2-2-17 ライチャウ省中央部⑨の崩壊地エリアにおける2018年の日雨量データ

JAXA GSMaP から取得

4.2.3 Son La 省 Muong Gion Commune における山地災害と周辺環境

4.2.3.1 Muong Gion Commune の概要

ベトナム北西部山岳地における斜面崩壊及び周辺環境に関する共同調査地をカウンターパートであるベトナム森林科学アカデミーと協議し、ソンラ省(Son La Province)、Quynh Nhai District 内にある Muong Gion Commune(モンゾンコミュニティ、以下、MGC)に設定した。MGC 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(Sông Đà)の東側に位置する人口 11,881 人(2019 年)、面積 187.02 km²の Commune 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。MGC の森林面積は 89.32 km²、森林

面積率は 47.8%であり、ベトナムの平均的な被覆率(41.9%、2019 年)に近い。MGC 内には、長さ 18 km の National road(国道)279 号、10 km の Provincial road 107 号、25 km の Inter-district road、40 km の Inter-Commune road、そして 35 km の New rural road が走っており、MGC 内の 19 カ所の village を結んでいる。MGC の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)、貧困率は 14%である。



図 4-2-3-1 ベトナム北西部 Muong Gion Commune の位置

4.2.3.2 Muong Gion Commune 調査プロットにおける斜面崩壊の実態

Muong Gion Commune で発生した斜面崩壊の特徴を明らかにするため、現地カウンターパートのベトナム森林科学アカデミーが中心となり現地調査を実施した。調査対象は図 4-2-3-2 に黄色ピンで示された 1995 年から 2020 年までの期間に発生した 21 箇所の斜面崩壊である。調査期間の制約等から今回は道路沿いで発生した斜面崩壊のみを対象とした。現地写真を図 4-2-3-3～図 4-2-3-5 に示す。写真観察によると、斜面崩壊の形態は概ねすべり面深度の浅い「表層崩壊」に位置づけられる。ただし、なかには例えば Plot 21 のようにガリーやリルが卓越した「表面侵食」の形態も認められる。また法面の崩壊が見られる箇所では道路開設工事の影響を少なからず受けていると推察される。

Plot 2、19、20 の 3 箇所には治山施設が設置されている。1995 年に斜面崩壊が発生した Plot 2 では法面に複数段の石積みブロックが見える。これは斜面末端部に置くことで地すべり滑動力に対する抵抗力を増加させる押え盛土工(抑制工)の一種と考えられる。日本の多くの押さえ盛り土工では盛土裏面の水位低下を狙って排水ボーリングが付設されるが、Plot 2 の排水状況は不明である。2005 年に斜面崩壊が発生した Plot 19 及び Plot 20 では法尻部に木柵が道路と並行に設置されている。これは斜面の不安定な表土層を固定させて表面侵食を防止する柵工のひとつと考えられる。このように、ベトナムでは治山技術が一部の現場に適用されている状況は認められたものの、多くの斜面崩壊に対しては、道路という重要な保全対象が近傍に走っているにも関わらず、斜面崩壊の発生から相当の期間経過後も特段の対策はなされていない実態が明らかになった。今後、日本の簡易な治山施設を現地へ導入する際には、こうした現況、及び治山施設の資材調達やコストに関する情報収集が重要である。

斜面崩壊の規模や運動特性の一覧を表 4-2-3-1 に示し、合わせてこの表から得られる崩壊地の長さ、崩土の流下距離、崩土体積の度数分布を図 4-2-3-6～図 4-2-3-8 にまとめた。崩壊地の長さは最短 10～最長 150m とバラツキが大きい、ただし、崩壊地の長さは、日本においても発生域一流走域一堆积域の区分をせずにまとめて表記されることも多く、実態と齟齬が生じる場合も多い。よって今後は現地でのより詳細な調査が望まれる。崩土の流下距離は最短 1～最長 120m、崩土体積は最少 2,250m³～最大 1,000,000m³で、これらも同様に発生域一流走域一堆积域の区分判定に関する再検証が必要である。特に Plot 12 は崩壊地の長さが 10m に対して崩土体積は 1,000,000m³と過大な結果となっている(表 4-2-3-1 では当該体積は誤記の可能性が高いと思われることから括弧書きとした)。

法面及び上部斜面の植生は、草地、シダ、竹、灌木類が多いが一部は畑作地になっている。

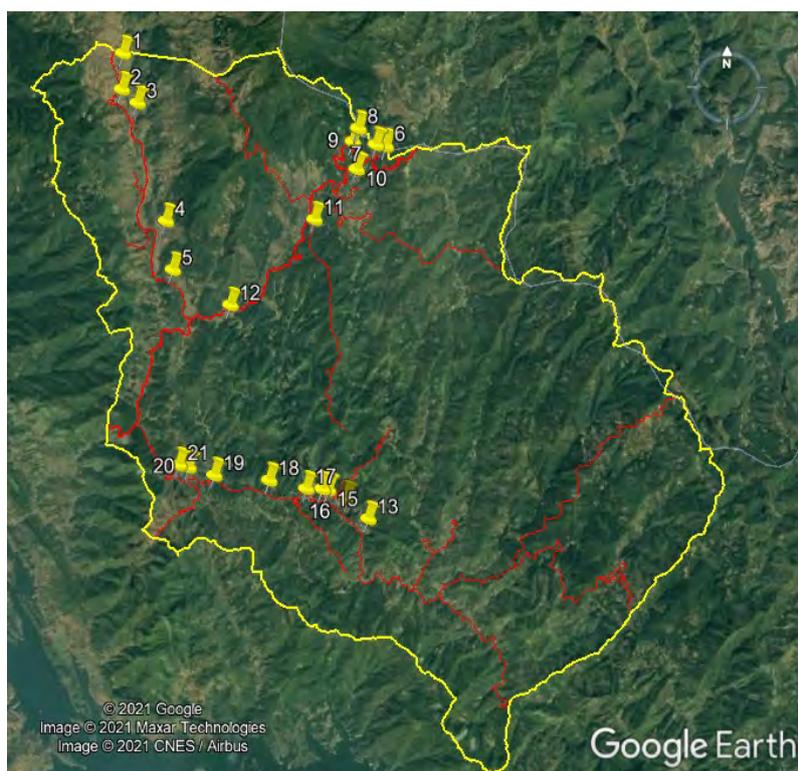


図 4-2-3-2 Muong Gion Commune における斜面崩壊調査プロットの位置(黄色ピン 1～21)



図 4-2-3-3 Moung Gion Commune における斜面崩壊(Plot 1～Plot 8)

撮影位置は図 4-2-3-2 の黄色ピン番号に対応

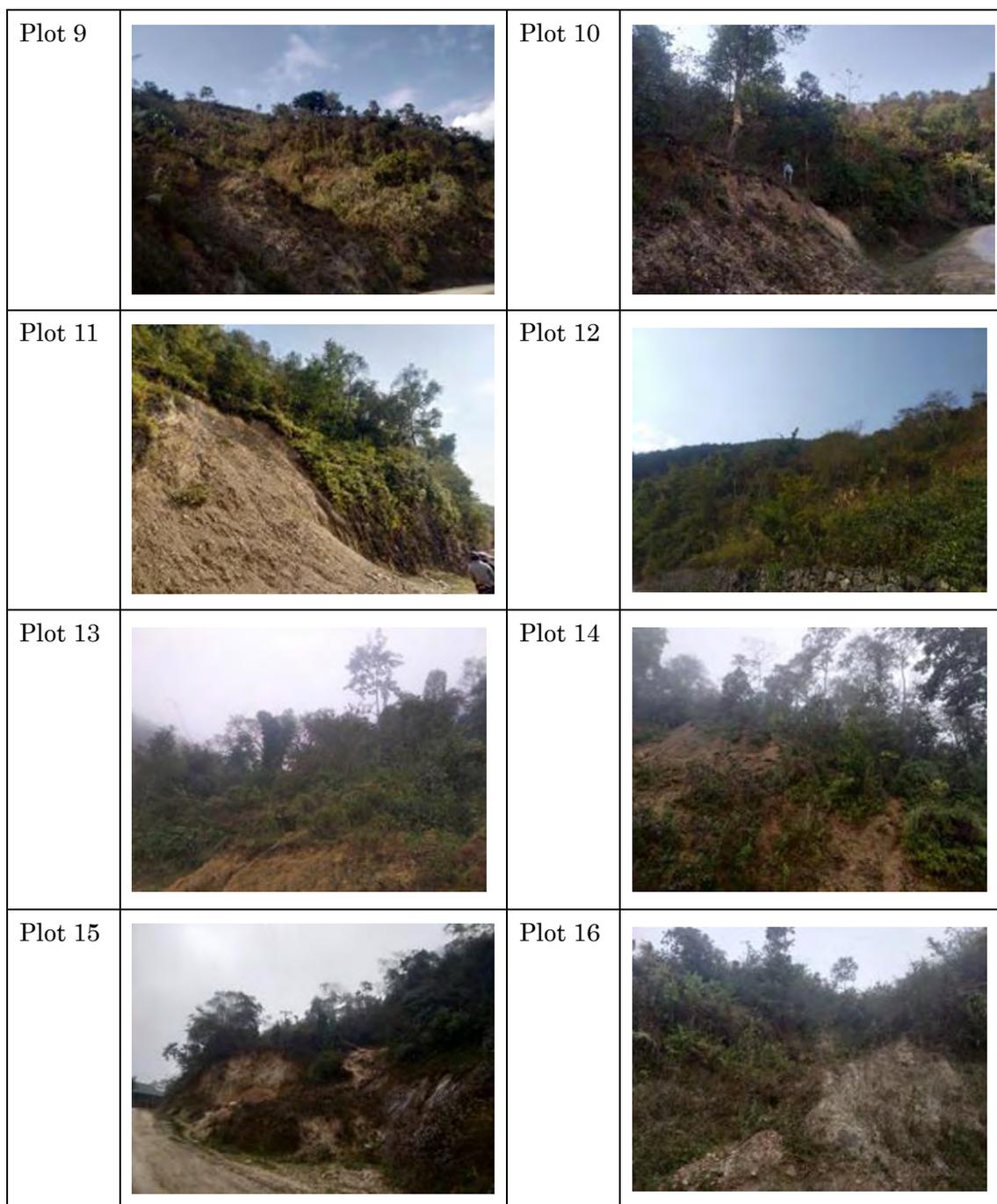


図 4-2-3-4 Moung Gion Commune における斜面崩壊(Plot 9~Plot 16)

撮影位置は図 4-2-3-2 の黄色ピン番号に対応



図 4-2-3-5 Moung Gion Commune における斜面崩壊(Plot 17～Plot 21)

撮影位置は図 4-2-3-2 の黄色ピン番号に対応

表 4-2-3-1 Moug Gion Commune における斜面崩壊の規模、運動形態、及び土地利用履歴

ID	調査項目	プロット1	プロット2	プロット3	プロット4	プロット5	プロット6	プロット7	プロット8	プロット9	プロット10	プロット11	プロット12
1	崩壊地の長さ (m)	40	30	30	60	80	60	40	100	80	50	80	10
2	崩土の流下距離 (m)	6-8	6-7	6-7	10	140	10	10	140	1	10	10	100
3	崩土の粒径 (cmxcm)	10x10	10x10	10x10	10x10	20x20	20x20	20x10	10x10	10x10	10x10	20x20	20x20
4	道路斜面の植生	トウモロコシ畑、草地、低木			竹、シダ、草地		マツ人工林、草地、灌木		シダ、草地、灌木	トウモロコシ畑	シダ、草地、灌木		
5	土地利用履歴	移動耕作地			裸地	TXP	RTG (マツ類)	RTG (マツ類)	TXP	耕作地	TXP	TXP	TXP
6	斜面崩壊の発生年	2020	1995	2016	2016	2016	2010	2010	2010	2020	2010	2010	2014
7	崩土の体積 (m ³)	4,000	2,250	2,700	9,600	128,000	48,000	64,000	60,000	96,000	60,000	80,000	(1000000)
8	斜面崩壊の主誘因	暴風雨											暴風雨、流水

ID	調査項目	プロット13	プロット14	プロット15	プロット16	プロット17	プロット18	プロット19	プロット20	プロット21
1	崩壊地の長さ (m)	50	70	150	30	100	150	80	70	90
2	崩土の流下距離 (m)	100	120	120	100	100	10	60	100	60
3	崩土の粒径 (cmxcm)	40x50	30x40	10x15	10x15	10x15	10x15	10x10	10x10	30x40
4	道路斜面の植生	灌木、シダ、竹	灌木、竹、シダ、草地	シダ、草地、灌木	灌木、シダ、草地	シダ、灌木	灌木、シダ、草地	シダ、草地、灌木	チガヤ	灌木、草地
5	土地利用履歴	TXP	TXP	TXP	耕作地	TXP	裸地	耕作地	耕作地	TXP
6	斜面崩壊の発生年	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005
7	崩土の体積 (m ³)	150,000	8,000	300,000	45,000	180,000	42,000	112,000	72,800	18,900
8	斜面崩壊の主誘因	暴風雨、流水			暴風雨、流水					

Remarks:

- TXP 再生二次常緑林
- RTG 人工林 (マツ)

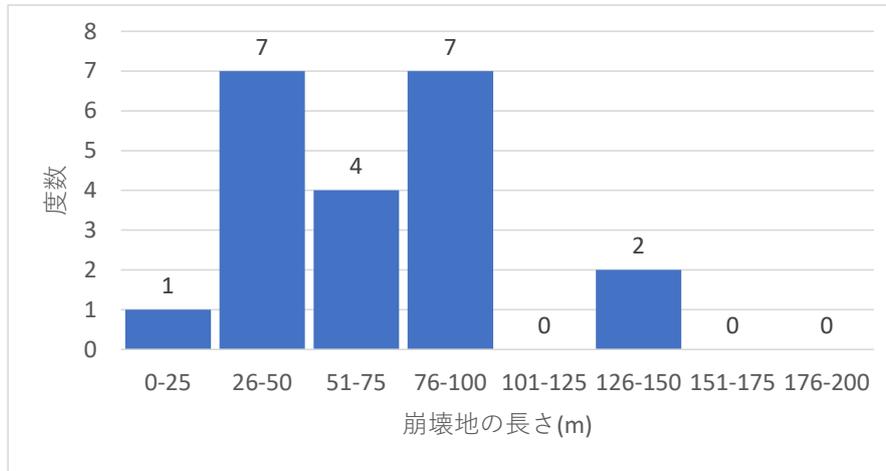


図 4-2-3-6 Muong Gion Commune における斜面崩壊の度数分布(崩壊地の長さ)

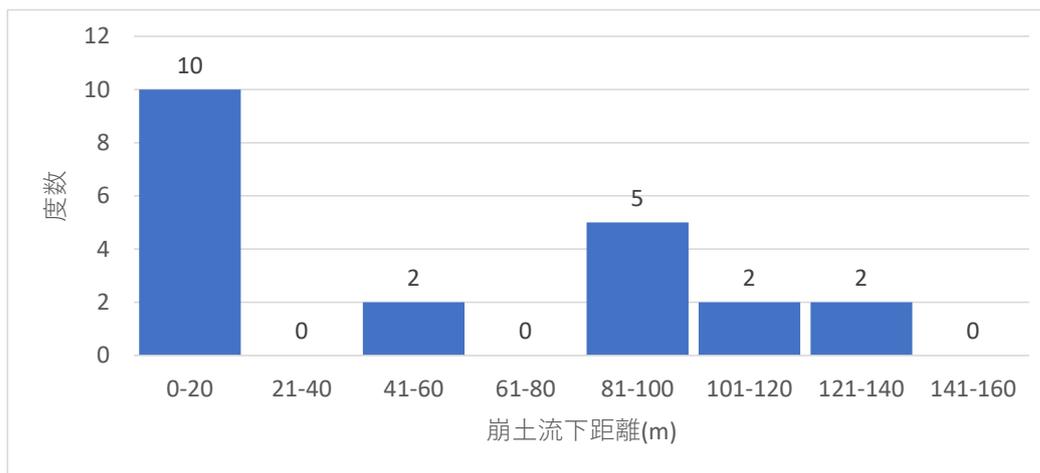


図 4-2-3-7 Muong Gion Commune における斜面崩壊の度数分布(崩土流下距離)

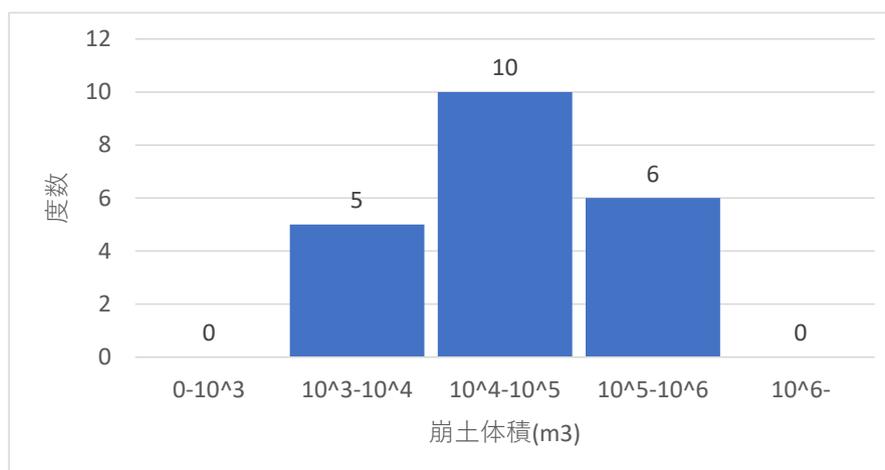


図 4-2-3-8 Muong Gion Commune における斜面崩壊の度数分布(崩土体積)

4.2.3.3 Muong Gion Commune 斜面崩壊調査プロットにおける道路開設状況

21 箇所の崩壊調査プロットでは近傍に道路が開設されており、少なからず道路開設の影響が考えられる。以下に、開設されている道路の概要を述べる。

1) 開設道路の概要および日本との比較

調査プロットに開設されていた道路区分は、7 箇所が Highway (National road)、5 箇所が Inter-provincial road、9 箇所が Inter-district road となっている(表 4-2-3-2)。各道路の幅員は、上の道路区分の順に 4m、3.5m、3.5m となっており、通行する車両は、いずれも一般車両となっている。これらの幅員を日本の林道と比較すると、いずれも 2 級林道から林業専用道クラスに相当する幅員¹⁾(全幅員)となっており、最大で 10 トン積み程度の大型車両が通行可能と考えられる。

排水溝については、同順に 0.8m×1.2m、0.8m×1.2m、0.4m×0.8m(いずれも深さ×幅、以下同)となっており、素掘りタイプの排水溝が見られる。日本の林道では、舗装区間ではコンクリート製の U 型側溝などが使用され、特に必要な場合を除いて流量計算を行わず、0.3m×0.3m 程度のサイズを施工することが多い。素掘り側溝については、未舗装区間で側溝の侵食のおそれがない場合に使用されることがあり、大きいものでは 0.3m×0.9m の規格とすることもあるものの、本調査プロット内の排水溝はそれよりも大きなサイズとなっている。これは、のり面からの崩土などにより有効断面が小さくなり、排水機能が低下することを見込んで、サイズを大きくしたものと考えられる。

舗装材料については、Highway (National road)および Inter-provincial road ではアスファルト、砕石、コンクリートが、Inter-district road ではアスファルトが使用されており、日本と同様である。山側(切土側)のり面の斜面傾斜は、50%~80%(約 25 度~40 度)で、普通土でも約 50 度とされる日本のり面の傾斜²⁾より緩くなっている。しかし、山側斜面を切土せずに自然斜面のままとしている可能性もある。

崩壊は、いずれも道路から 1~5m の至近斜面で発生しており、道路開設が少なからず崩壊に影響したことが考えられる。

¹⁾日本では通常、2 級林道は、車道幅員 3.0m、路肩幅員が片側 0.5m で全幅員 4.0m、林業専用道は、車道幅員 3.0m、路肩幅員が片側 0.25m で全幅員 3.5m となっている。これらの道は、10 トン積みトラックの通行が可能な規格を有する。

²⁾日本における切土のり面の傾斜は、普通土で 1:0.8(約 50 度)、緊結度の高い土砂で 1:0.6(約 60 度)、岩石で 1:0.3(約 70 度)がそれぞれ標準となっている。

表 4-2-3-2 Muong Gion Commune における道路特性一覧

ID	Items	プロット1	プロット2	プロット3	プロット4	プロット5	プロット6	プロット7	プロット8	プロット9	プロット10	プロット11	プロット12
1	道路の種類	**	**	**	**	**	***	***	***	***	***	***	***
2	道路の位置	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG
3	幅員 (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4	4	4	4
4	路線延長 (km)	24	24	24	24	24	54	54	54	54	54	54	54
5	斜面傾斜 (%)	60	60	60-70	50-60	80	80	80	70	70	60	80	60
6	道路端から崩壊発生箇所までの距離 (m)	2.5	2.5	2.5	2	2	5	1	2	1	1	2	1
7	主な通行車両	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通	一般交通
8	舗装材料	アスファルト、砕石、コンクリート											
9	排水溝 (深さx幅) (m)	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2	0.8 x 1.2

ID	Items	プロット13	プロット14	プロット15	プロット16	プロット17	プロット18	プロット19	プロット20	プロット21
1	道路の種類	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	道路の位置	MG								
3	幅員 (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
4	路線延長 (km)	34	34	34	34	34	34	34	34	34
5	斜面傾斜 (%)	60	70	50	50	85	80	80	85	70-80
6	道路端から崩壊発生箇所までの距離 (m)	1	2	1	1	1	1	1	2	1
7	主な通行車両	一般交通								
8	舗装材料	アスファルト								
9	排水溝 (深さx幅) (m)	0.4 x 0.8								

記号

- * Inter-district road
- ** Inter-provincial road 107
- *** Highway 279
- MG Muong Gion commune

4.2.3.4 Muong Gion Commune における社会経済状況

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。そこで本年度は、本事業が研究対象とするベトナム北西部 Muong Gion Commune (以下、MGC) の荒廃林地を対象に、社会科学分野の事前予備調査を行った。

同調査の対象とする村を抽出するために、MGC を構成する全 19 の village について、以下の 4 指標を用いて 10 点満点で評価を行った。この合計得点の高い上位 10 village (図 4-2-3-9) を調査対象村とした。

- 植林・森林再生の経験
- 自然のリスクや災害に対する意識
- Landslide (斜面崩壊) リスク
- 研究調査活動を行うためのアクセスの良さ



図 4-2-3-9 Muong Gion Commune における事前予備調査対象の 10 village の地理的分布

これら 10 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)住民が認識する土地利用変化とその要因、(5)災害の種類と被災内容について、文献調査および主要情報提供者へのインタビュー、フォーカス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 524.5 人だが、人口が最も多い Xa と少ない Huoi Teo はそれぞれ 1,283 人、152 人と、バラつきがある (SD=341.5)。サンプル village の住民の平均年収は 1,000 米ドル前後である (図 4-2-3-10)。住民の主な収入源は農作物生産および家畜生産となっている (図 4-2-3-11)。主な農産物は、米(水稻、陸稻)、トウモロコシ、キャッサバ、大豆、ピーナッツ、セサミ、サツマイモ、サトウキビである。

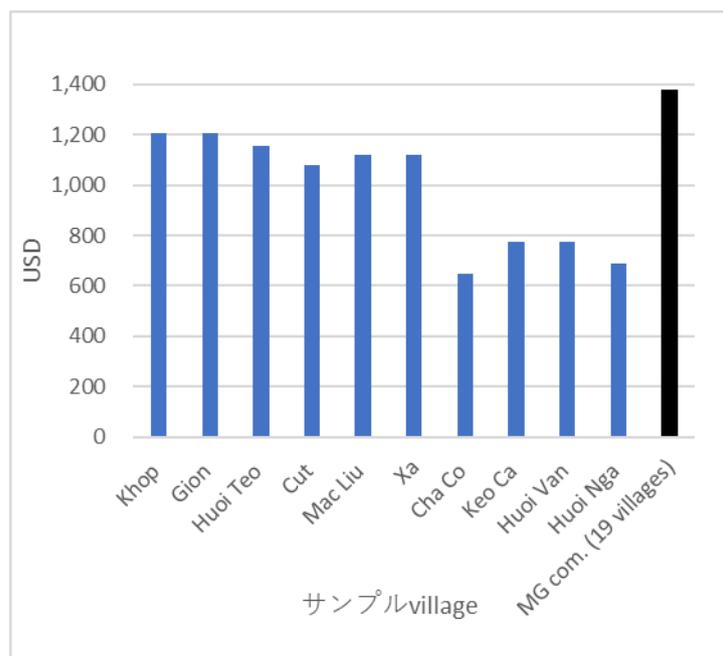


図 4-2-3-10 サンプル village の住民の平均年収 (1USD=23,200VND)

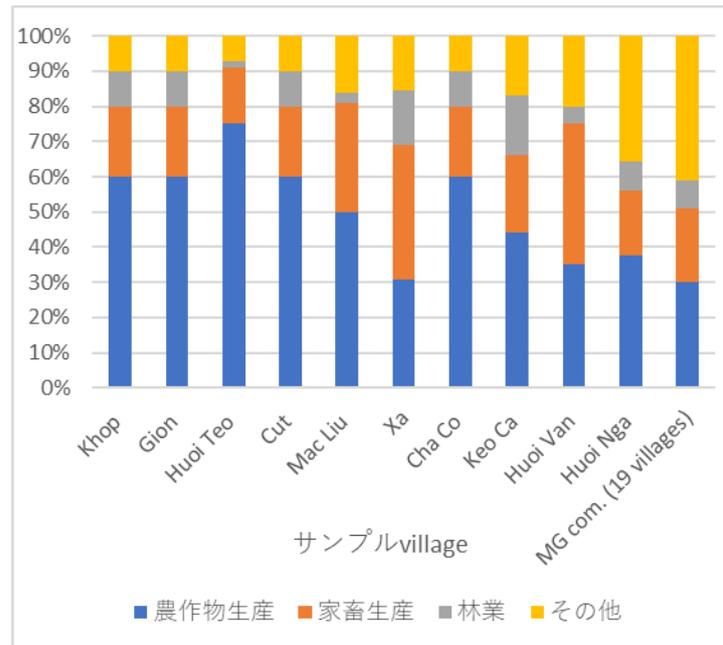


図 4-2-3-11 村民の平均年収の収入源内訳

(2) インフラ情報

MGC には国道 (National road No. 279) と Provincial road No. 107 が敷設されており、これらは Inter-district road、Inter-commune road と兼用されている(表 4-2-3-3)。現時点で、図 4-2-3-2 で示した斜面崩壊及び道路調査が行われた village は、Khop、Gion、Cut、Mac Liu の 4 つである。水稻農耕を支える灌漑施設については、Khop、Gio、Xa には公共の灌漑ダムが、Huoi Teo と Cut には水路が建設されているものの、その他の村については個人で購入・作成した給水管等を利用して水を引いている。Medical station (診療所) はサンプル village に存在せず、Primary school (小学校) は Gion と Huoi Teo を除き各 village に存在する。

表 4-2-3-3 サンプル village における主要道路の有無

Village	国道	Provincial road	Inter-district road	Inter-commune road	New rural road	図 4-2-3-2 調査地点
Khop		✓ (No.107)		✓ (No.107)	✓	✓
Gion		✓ (No.107)		✓ (No.107)	✓	✓
Huoi Teo				✓	✓	
Cut	✓ (No.279)	✓ (No.107)	✓ (No.279)	✓ (No.279)	✓	✓

Mac Liu	✓ (No.107)	✓ (No.107)	✓ (No.107)	✓	✓?
Xa	✓ (No.107)		✓ (No.107)	✓	
Cha Co				✓	
Keo Ca					
Huoi Van			✓ (No.107)	✓	
Huoi Nga		✓ (No.107)	✓ (No.107)	✓	

✓:あり、括弧は道路の番号

(3) サンプル village の土地利用区分

サンプル village の土地利用区分は、住宅・特別利用地、農地、森林(生産林、保安林)、その他に分けられる(図 4-2-3-12)。どのサンプル Village においても最も大きい割合を占める区分は森林であり、各サンプル village の森林被覆率は表 4-2-3-4 の通りである。

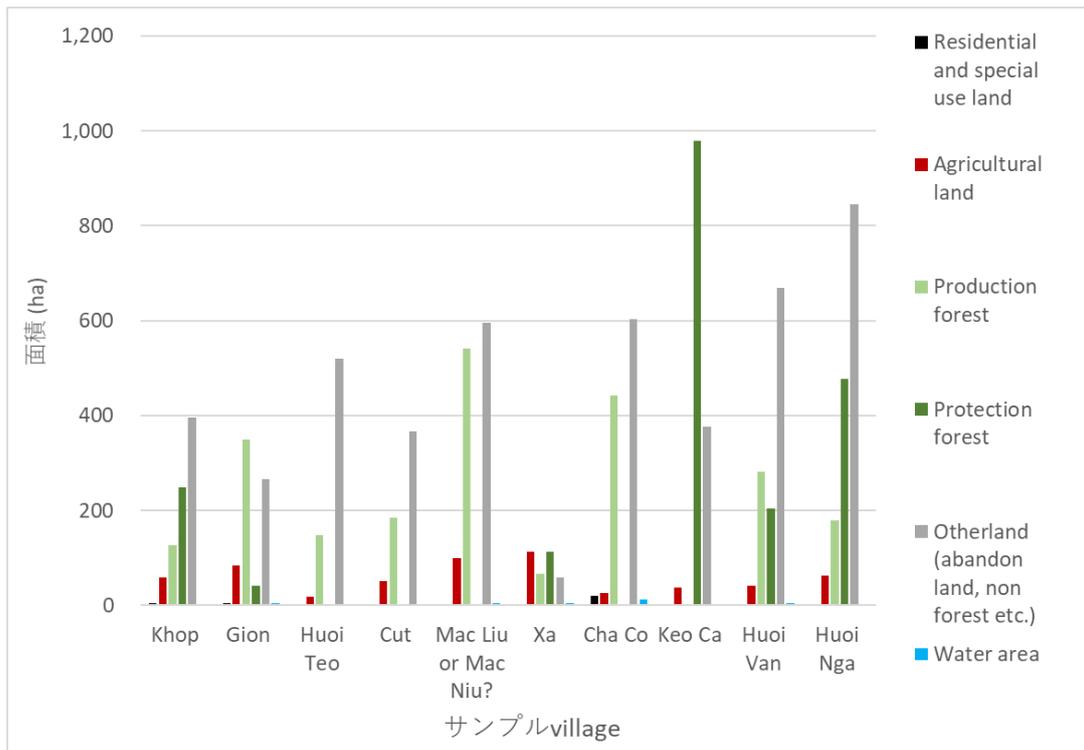


図 4-2-3-12 サンプル village の土地利用区分

表 4-2-3-4 サンプル village の森林被覆率

Khop	Gion	Huoi Teo	Cut	Mac Liu	Xa	Cha Co	Keo Ca	Huoi Van	Huoi Nga
45%	52%	22%	30%	43%	50%	40%	70%	40%	42%

(4) 住民が認識する土地利用変化とその要因

2010~2020 年の間にサンプル village における住民が認識した森林と農地の面積変化は表 4-2-3-5 の通りである。森林面積については、ほぼすべてのサンプル village において住民は拡大したと認識している。この拡大の主な理由は JICA の持続可能な自然資源管理プロジェクト (Sustainable Natural Resources Management, SNRM) またはベトナム政府の 661 プログラムによる、植林(マツ、Pinus massonianna)、天然植生更新補助、森林保護パトロール活動による。すべてのサンプル village にて SNRM が実施されている。農地面積変化についての住民の認識は、village ごとに異なる。農地面積拡大は、灌漑システムや最新機器の導入といった農業生産性向上のための方策の実施が功を奏した結果であり、農地面積縮小の理由には、土地劣化による生産性の低下や農業に投入する労働量が低下したことなどが挙げられた。

表 4-2-3-5 サンプル village の住民が認識した森林と農地の面積変化とその要因

Village	森林面積	森林面積変化の理由	農地面積	農地面積変化の理由
Khop	↑	SNRM/JICA (2016-2019)	→	
Gion	↑	661 (2010)、 SNRM/JICA (2016)	→	
Huoi Teo	↑	SNRM/JICA (2017-)	→	
Cut	↑	661 (2008-2010)、 SNRM/JICA (2016)	→	
Mac Liu	↑	SNRM/JICA (2017-2018)	↓	土地劣化 (生産性低下)
Xa	↓ (2010-2015) ↑ (2016-2020)	宅地化 SNRM/JICA (2017-2018)	↑	灌漑システム
Cha Co	↑	SNRM/JICA (2016-2019)	↑	水田拡大
Keo Ca	↑	SNRM/JICA (2016-2019)	↓ (高台) ↑ (平地)	土地劣化 (生産性低下) 最新機器導入 (生産性向上)
Huoi Van	↑	SNRM/JICA (2017)	↓	農業分野の労働力不足 (他分野への移行)
Huoi Nga	↑	SNRM/JICA (2016-2019)	↓	土地劣化 (休耕地化)

↑ : 面積の拡大、↓ : 面積の縮小、→ : 面積維持

(5) 災害の種類と被災内容

2010~2020 年の間にサンプル village における住民が経験した災害は表 4-2-3-6 の通りである。すべてのサンプル village が経験した Hailstone(ひょう)を除き、経験した災害の種類は village ごとに異なる。これら災害の中で本事業が取り扱う「ベトナム北西部 MGC での治

山技術」と関係の深い主な災害は、Flood (洪水)、Flash flood (フラッシュフラッド)、Landslide (斜面崩壊)、Forest fire (森林火災) であると考えられる。これら 4 災害による、サンプル村にての主な被災内容は、水田、居住地、道路の破壊とそれに伴う修復費用や交通渋滞の発生、森林の消失等であった(表 4-2-3-7)。

表 4-2-3-6 サンプル village が経験した災害

Village	Flood	Flash flood	Land slide	Forest fire	Hails tone	Cyclone	Hoar frost	Frost	Disease	Cold weather	Whirlwind
Khop		✓	✓		✓	✓					
Gion		✓		✓	✓	✓	✓		✓		
Huoi Teo		✓			✓	✓		✓			✓
Cut	✓		✓		✓	✓	✓				✓
Mac Liu		✓			✓	✓					
Xa	✓		✓	✓	✓	✓					
Cha Co					✓	✓					✓
Keo Ca					✓	✓					✓
Huoi Van					✓						✓
Huoi Nga					✓						✓

✓:あり

表 4-2-3-7 サンプル village における Flood (洪水)、Flash flood (フラッシュフラッド)、Landslide (斜面崩壊)、Forest fire (森林火災) の主な被災内容

Village	Flood	Flash flood	Land slide	Forest fire
Khop		<ul style="list-style-type: none"> ●2017 年 8 月、90 世帯の農地 (水田等 27,280m²) に深刻な影響 ●2020 年 6 月、27 世帯に影響 (600m² の苗代と 1,641m² の水田が破壊)。 		●詳細記録なし
Gion		●5ha の農地を破壊		●年間 2~3ha 発生し、大気汚染や森林消失を引き起こす
Huoi Teo		●2017 年、16 世帯 1,790m ² の水田に被害		

Cut	●土で埋まった水田を ショベルカーを借上 げ改修	●交通渋滞 ●道路の修復
Mac Liu	●水田と池に被害	
Xa	●2020年6月、27世 帯 3,000m ² の土地に 深刻な影響	●2016年に Pu Kho および Huoi Co Xo で発生 ●Pu Kho と Tenh Huon において毎 年散発的に発生

4.2.4 まとめおよび今後の検討事項

日本の治山技術をベトナムに効果的に適用する手法を開発するため、多様なデータソースの活用及びカウンターパート(VAFS)との連携、情報交換によってベトナム北西部の国土と山地災害に関する知見を収集し、これを分析した。

ベトナム北西部は、同国で最も山地が卓越する地域である。災害履歴等に基づき設定された4調査地区の時系列衛星画像から9箇所の斜面崩壊地を抽出した。斜面崩壊の多くは概ね2014年から2019年の間に発生した表層崩壊だが、一部には最大で長さ650m、幅100m程度の深層崩壊も含まれた。イエンバイ省(Yen Bai)西部で発生した表層崩壊群は草地で発生しているため、今後は森林伐採の影響の検討が必要である。また現地では、斜面崩壊のみならず表面侵食に伴う多量の土砂流出の問題、すなわちダム湖の埋設、河床上昇による土石流やフラッシュフラッド災害の深刻化などの問題が鮮明化した。従って、日本の治山技術の同国への展開においては、現地ニーズを適切に汲み取りつつ、斜面崩壊の他に表面侵食対策も含めた山地の資源管理に資する技術も必要と考えられた。

カウンターパート(VAFS)との協議により、ベトナム北西部の調査対象4地区の1つであるソンラ省 Muong Gion Comune を共同調査地に設定し、VAFS が主体となって道路沿いで発生した斜面崩壊、道路開設状況、および地域の社会経済状況に関する現地調査を実施した。

現地調査の対象となった21箇所の斜面崩壊は概ね「表層崩壊」であり、一部は道路開設の影響を受けていると推察された。数カ所では道路法面に押え盛土工や柵工に相当する治山施設が散見されたが、多くの斜面崩壊地では道路という重要な保全対象が存在するにもかかわらず、長期間にわたって特段の対策はなされていなかった。道路脇には素掘りタイプの大型の排水溝が認められた。これは崩土の堆積により排水機能が低下することを見込んで、サイズをあらかじめ大きくしたものと考えられる。日本の簡易な治山施設を現地へ導入するためには、こうした治山施設や道路施設のニーズ、資材調達、コストに関する情報収集が今後さらに

重要になると考えられる。

Muong Gion Comune 内にある 10 箇所の village をサンプルとして選定し、文献調査やインタビュー等によって各 village の社会経済状況や現地住民の意識等を調査した。サンプル village における住民の主要収入源は農作物生産および家畜生産で平均年収は 1000 米ドル前後である。また森林被覆率は 22%~70%とバラツキがあるが、森林面積についてはほぼすべてのサンプル village の住民は拡大したと認識している。拡大理由は JICA の持続可能な自然資源管理プロジェクト(SNRM)やベトナム政府の 661 プログラムなどの外部の働きかけによるものと考えられる。サンプル village において治山技術の関連の深い災害経験は Flood(洪水)、Flash flood(フラッシュフラッド)、Landslide(斜面崩壊)であった。

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、対象地域の斜面崩壊リスクマップおよび森林管理マップを作成することを目的とする。

本年度は、ベトナム国におけるリモートセンシングデータの情報や斜面崩壊、林地荒廃および森林管理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するとともに、Google Earth Engine を用いて、衛星画像から低コストで効率的に新規発生崩壊地を検出する手法を開発した。

4.3.2 調査対象地

本課題ではベトナム北西部山地を調査対象地とした。斜面災害の発生状況を確認するため、近年の崩壊の発生状況を Google Earth Pro の衛星画像から把握した(図 4-3-2-1;対象地域における斜面崩壊の現況については 4.2 において報告)。その結果、Yen Bai 省中西部から Son La 省東部、および Lai Chau 省東部の山岳地帯では概ね 2014 年から 2018 年の豪雨の際に斜面崩壊の発生が顕著に認められた。このため、本課題では Yen Bai 省中西部を中心に解析を行うこととした(図 4-3-2-2a、4-3-2-2b)。

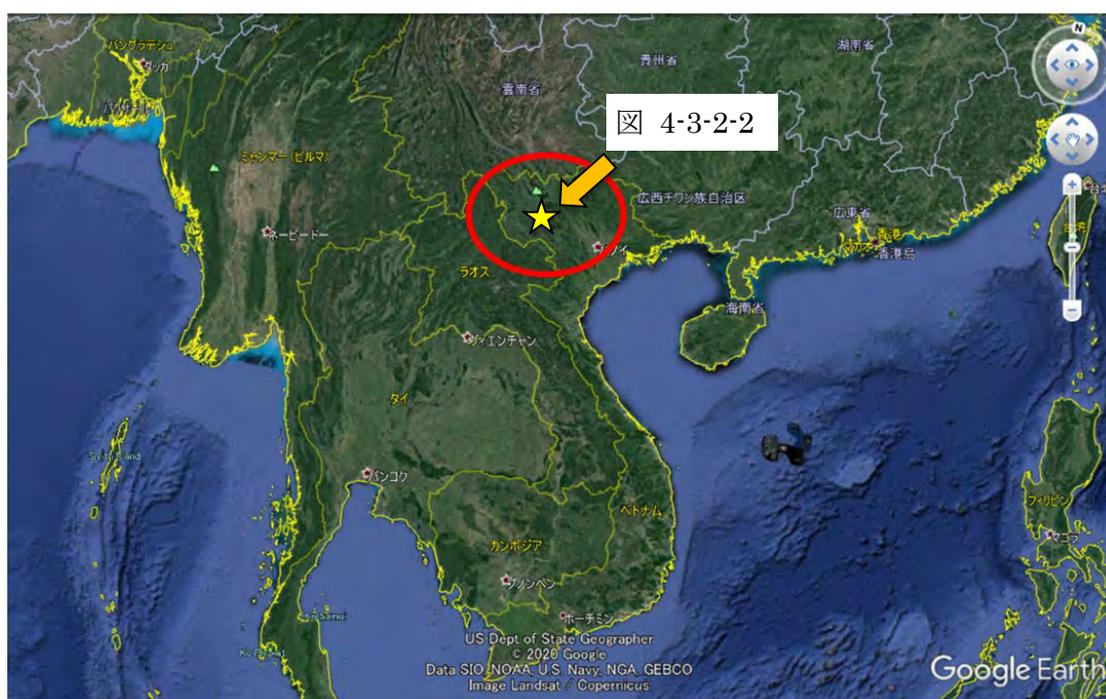


図 4-3-2-1 対象地域



図 4-3-2-2a Google Earth Pro から取得した Yen Bai 省中西部の衛星画像

(画像取得日 2016 年 3 月:災害発生前)

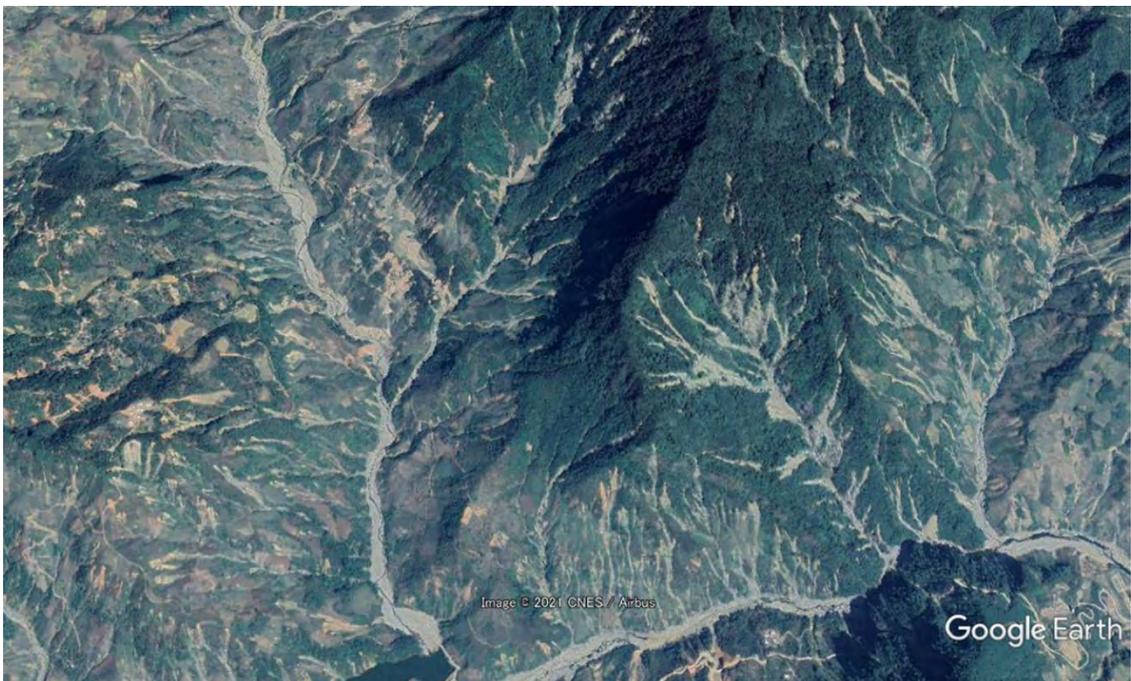


図 4-3-2-2b Google Earth Pro から取得した Yen Bai 省中西部の衛星画像

(画像取得日 2019 年 2 月:災害発生後)

4.3.3 調査（解析）方法

調査(解析)方法については図 4-3-3-1 のワークフローで示すとおりである。衛星画像は広域で撮影され、汎用的な使用が容易な Sentinel-2(分解能 10-60m)を使用した。今回の解析手法については、試行として崩壊の教師データが存在する国内の災害を対象にランダムフォレストによる土地被覆解析を行った。今回の解析手法による崩壊地については、林野庁が作成した該当地域の崩壊地のポリゴンシェープファイルと比較し、検出率を算出することで検証した。国内での検証は、平成 30 年 7 月豪雨によって甚大な被害を生じた東広島市の山地斜面で行った。国内の教師データを用いて検証した土地利用解析フローは、少なくとも同じ衛星(ここでは Sentinel-2)が撮影した画像を使う限り、ベトナムにおいても適用可能であると考えられるので、この解析フローをベトナムの対象地域に適用して土地利用を解析した。解析結果については、高解像度衛星から目視で判読した崩壊地データを用いて検証した。今回、判読に使用した衛星画像は Pleiades(分解能:2m)であり、画像をパンシャープ化した、分解能 0.5m の画像から崩壊地を判読した。判読した崩壊地からポリゴンシェープファイルを作成し、解析結果の検証に使用した。

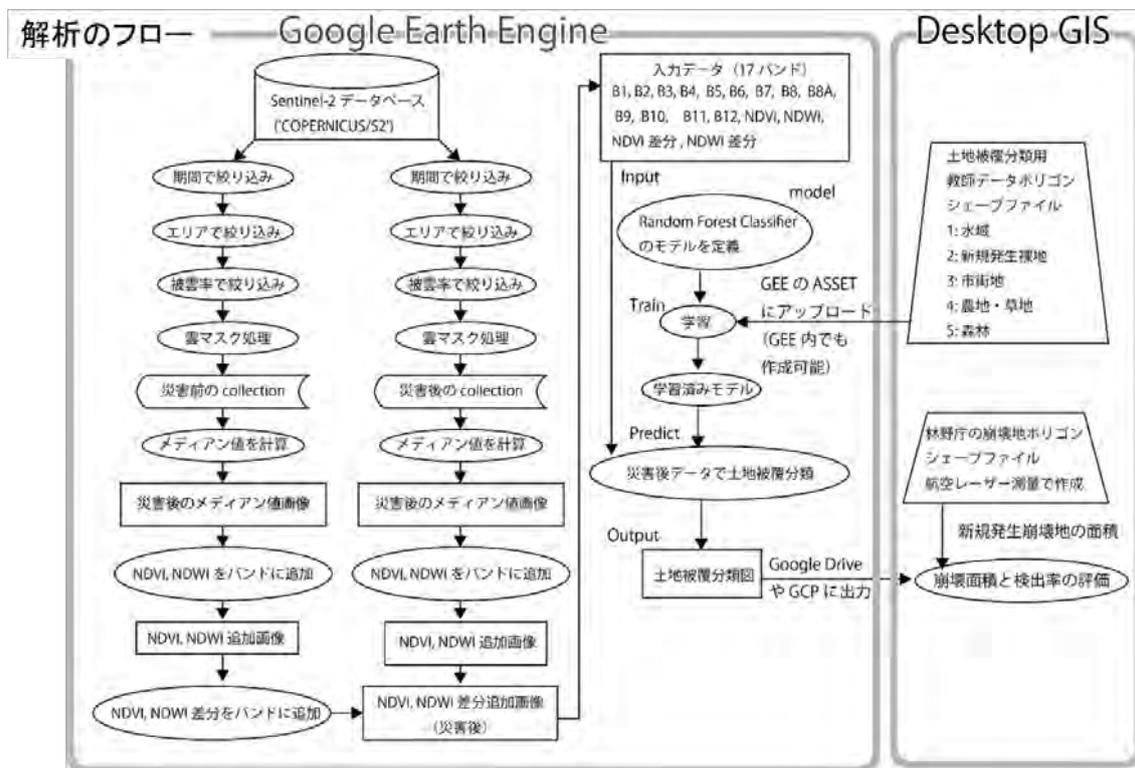


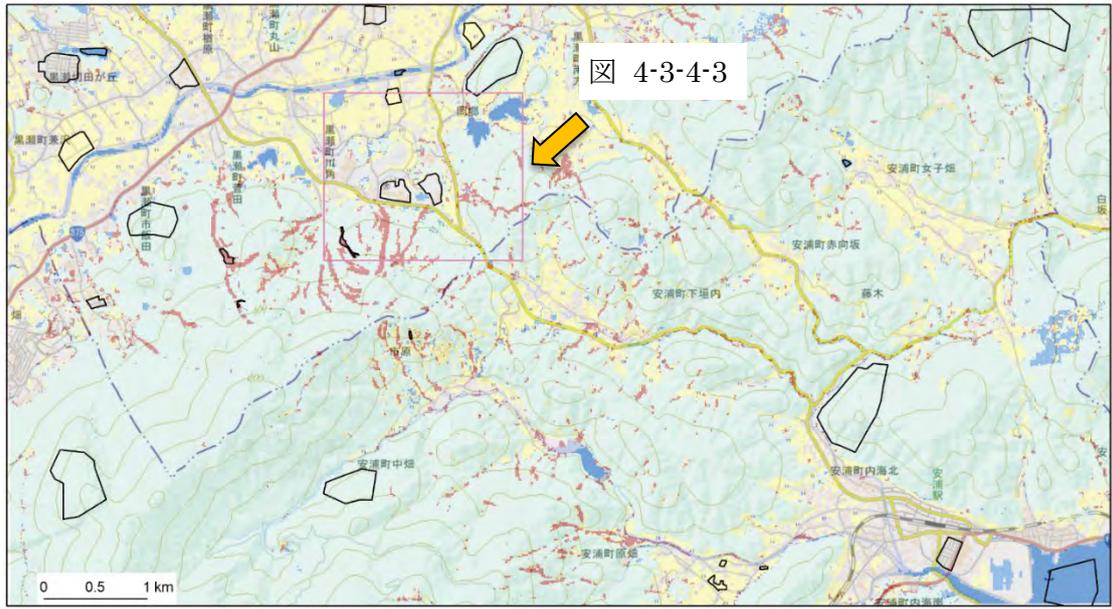
図 4-3-3-1 解析方法(ワークフロー)

4.3.4 調査（解析結果）：国内での検証結果

平成 30 年 7 月豪雨によって甚大な被害を生じた広島県東広島市の山地斜面において、図 4-3-3-1 に示すワークフローの手順により Sentinel-2 が撮影した災害前後の画像から、崩壊地の抽出を行った。抽出結果については、林野庁が判読した、実際に発生した崩壊地（ポリゴンデータ）と比較し、どの程度、検出できたのかを検証した。対象とした地域を図 4-3-4-1 に示す。解析では、教師データとして崩壊地（新規発生裸地）のほか、農地・草地、市街地、森林、水域を画像データの任意のエリア（図 4-3-4-1 参照）より与え、災害前後の画像データを解析することで、崩壊地を新規発生裸地として抽出した。解析結果については図 4-3-4-2 に示す。今回の解析により抽出された斜面崩壊を検証するために、実際に発生した崩壊面積と抽出された新規発生裸地を比較した（図 4-3-4-3）。図 4-3-4-4 には今回の解析で抽出した崩壊地と実際の崩壊地の個数（上段のグラフ）および抽出割合（下段のグラフ）を示す。国内での解析では、小規模な崩壊地の検出は難しいものの、崩壊面積が 500m² 以上の崩壊地については半分以上、検出できていることが確認された。この検証結果は、精密な崩壊分布図を作成することは難しいものの、災害の現況把握として使用することは十分に可能であることを示すものであると考える。



図 4-3-4-1 国内での解析範囲（広島県東広島市）



分類結果
 教師データエリア 新規発生裸地 農地・草地 市街地 森林 水域

図 4-3-4-2 国内での解析結果



図 4-3-4-3 解析結果と実際の崩壊地との比較

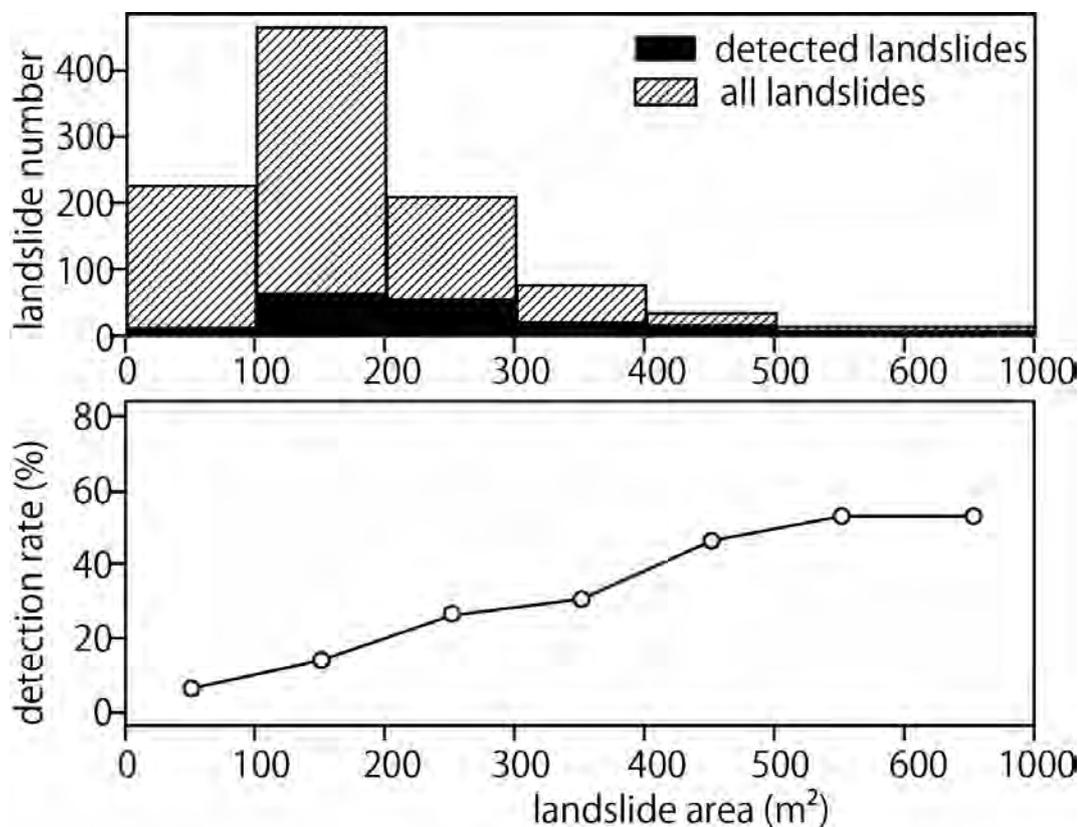


図 4-3-4-4 実際の崩壊地との比較

上段:崩壊の大きさ別に抽出した崩壊地と実際の崩壊地(個数)の比較
 下段:抽出割合(%)

4.3.5 調査(解析)結果:ベトナムでの適用結果

4.3.4 で報告した国内での検証結果を受け、図 4-3-2-1 および図 4-3-2-2 に示すベトナムの Yen Bai 省中西部を対象として崩壊地を検出した。結果の一部については図 4-3-5-1 および図 4-3-5-2 に示す。解析により抽出された崩壊地の検証は、災害前後の高解像度衛星 Pleiades のパンシャープン画像(解像度 0.5m)より災害で新たに発生した裸地(崩壊地)を目視で判読し、判読結果と解析結果を比較することで検証した。具体的には、解析した範囲の一部、東西 3km、南北 2km の範囲を調査区として設定し(図 4-3-5-3)、設定範囲の災害前後の高解像度衛星 Pleiades のパンシャープン画像を比較して、目視判読で抽出した新規発生裸地(崩壊地)をデジタル化してポリゴン化し、さらに 10m 解像度のラスター化したもの(図 4-3-5-4)を解析結果と比較することで検証した。検証結果を図 4-3-5-5 に示す。検証結果か

ら、国内での検証結果と同様に、幅 30m 以下の小規模な崩壊についての検出は難しいものの、地域の災害の発生状況の概要を把握することは、解析例を増やして分類精度の向上を図ることにより、Sentinel-2 の衛星画像でも十分に対応できることが考えられた。

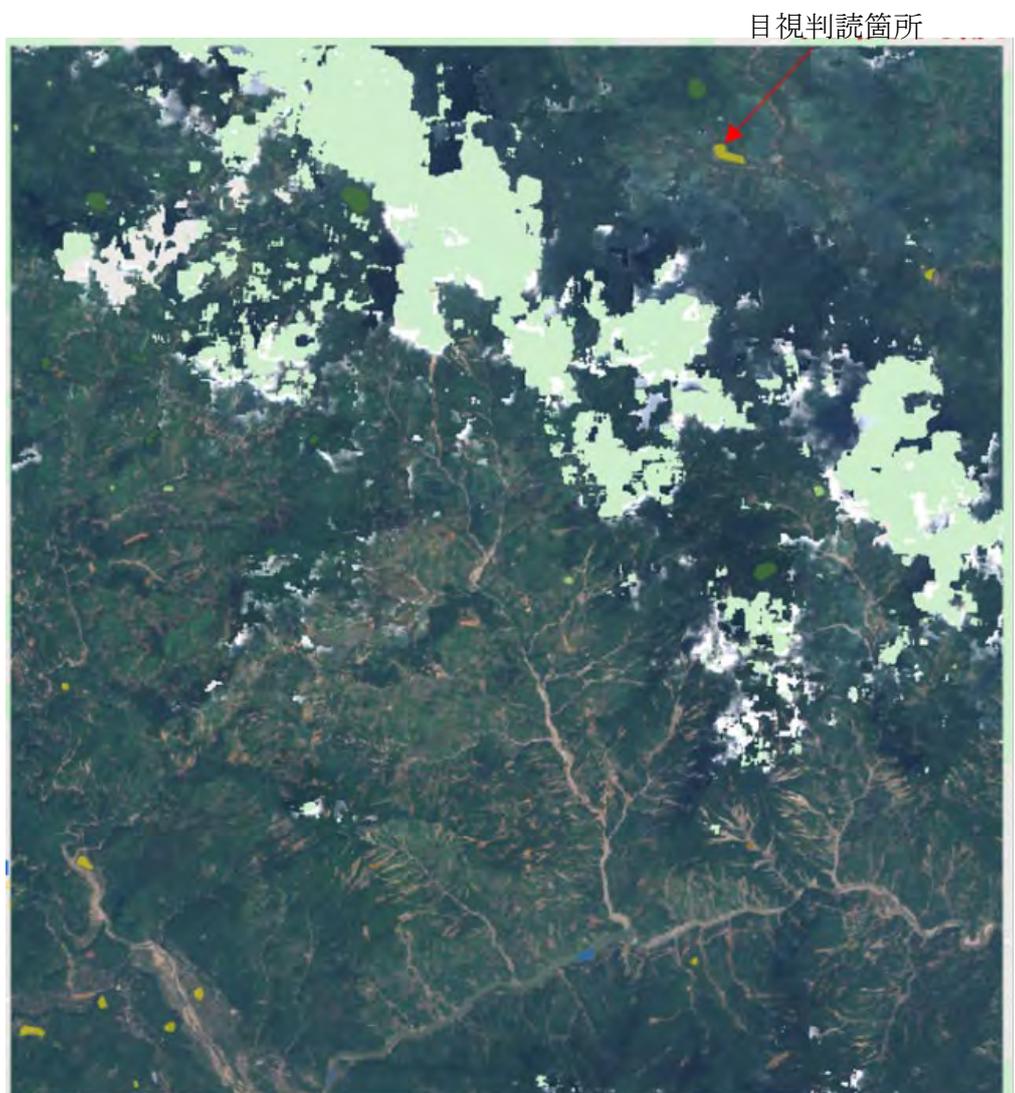
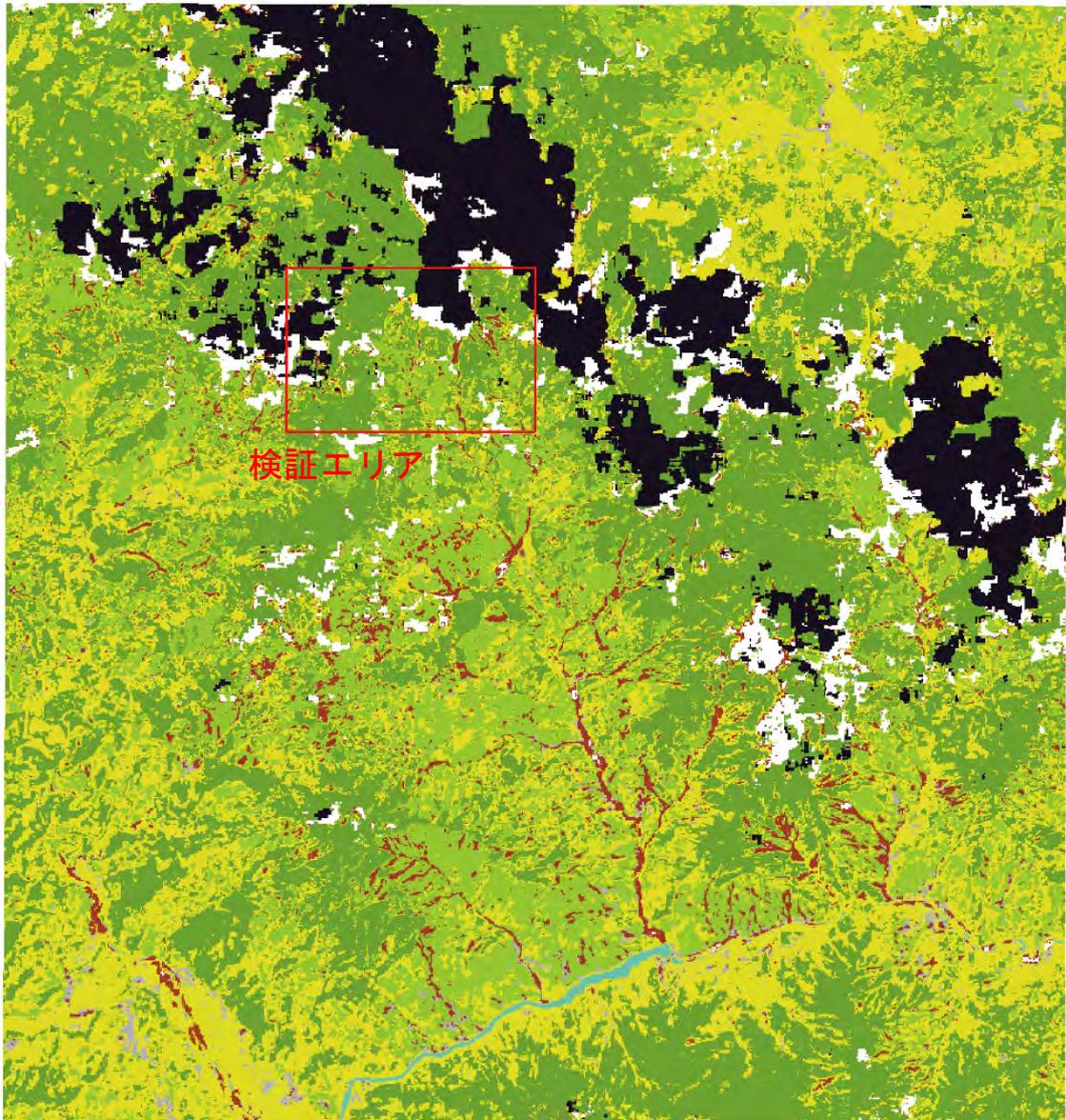


図 4-3-5-1 解析に使用した災害後の Yen Bai 省中西部の Sentinel-2 画像



凡例

雲マスク
 雲
 新規発生裸地
 農地
 草原
 森林
 水域
 市街地

図 4-3-5-2 解析結果

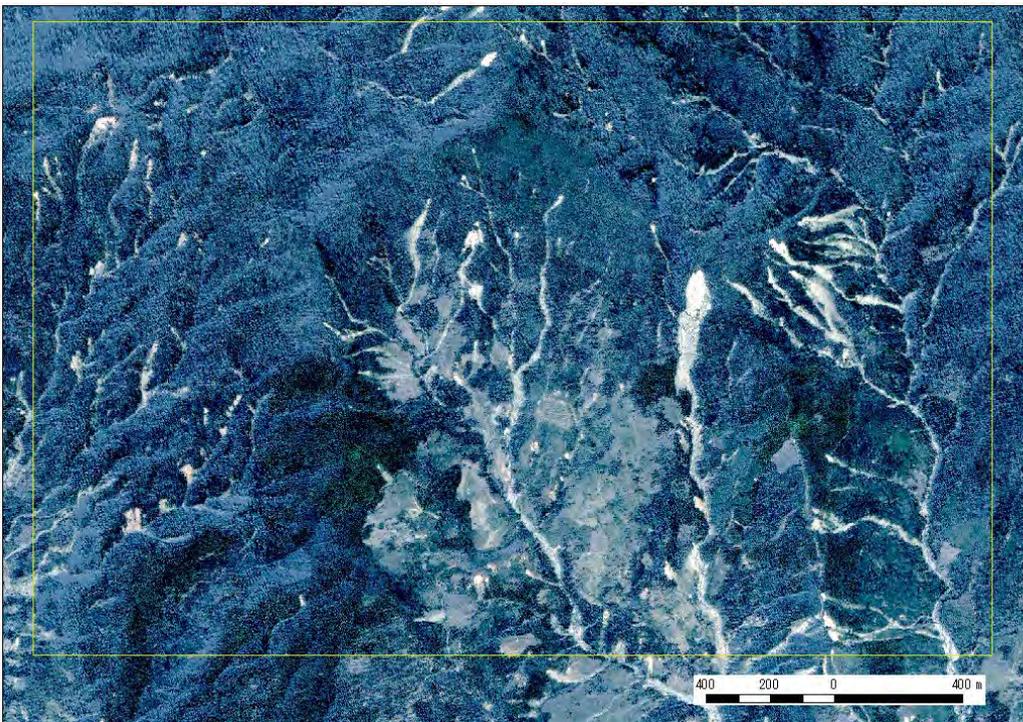
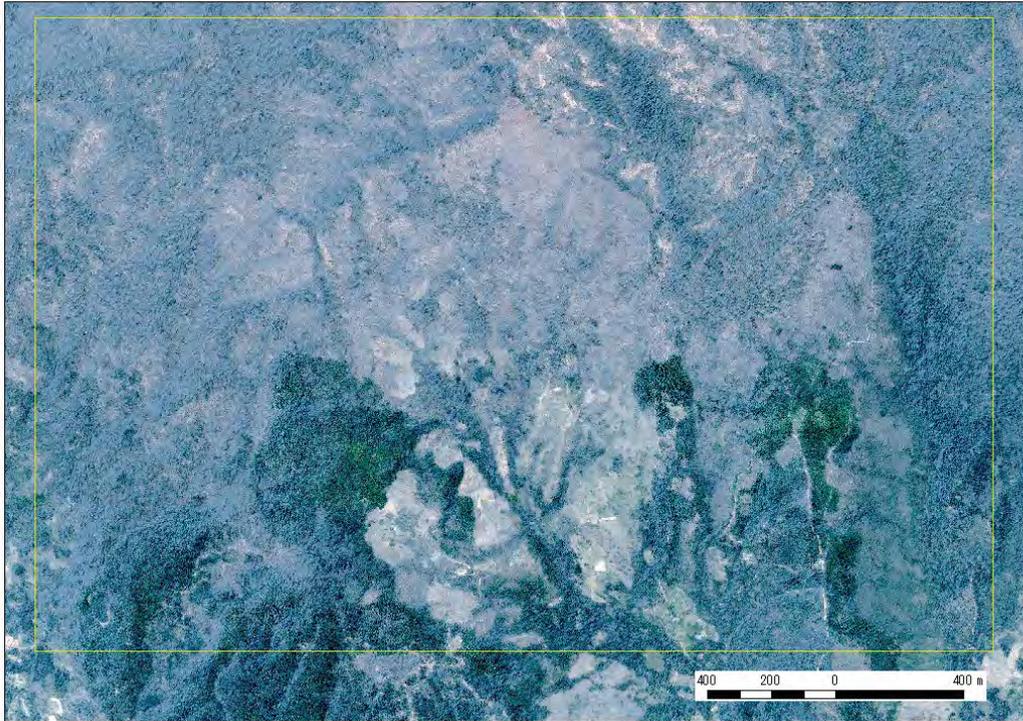
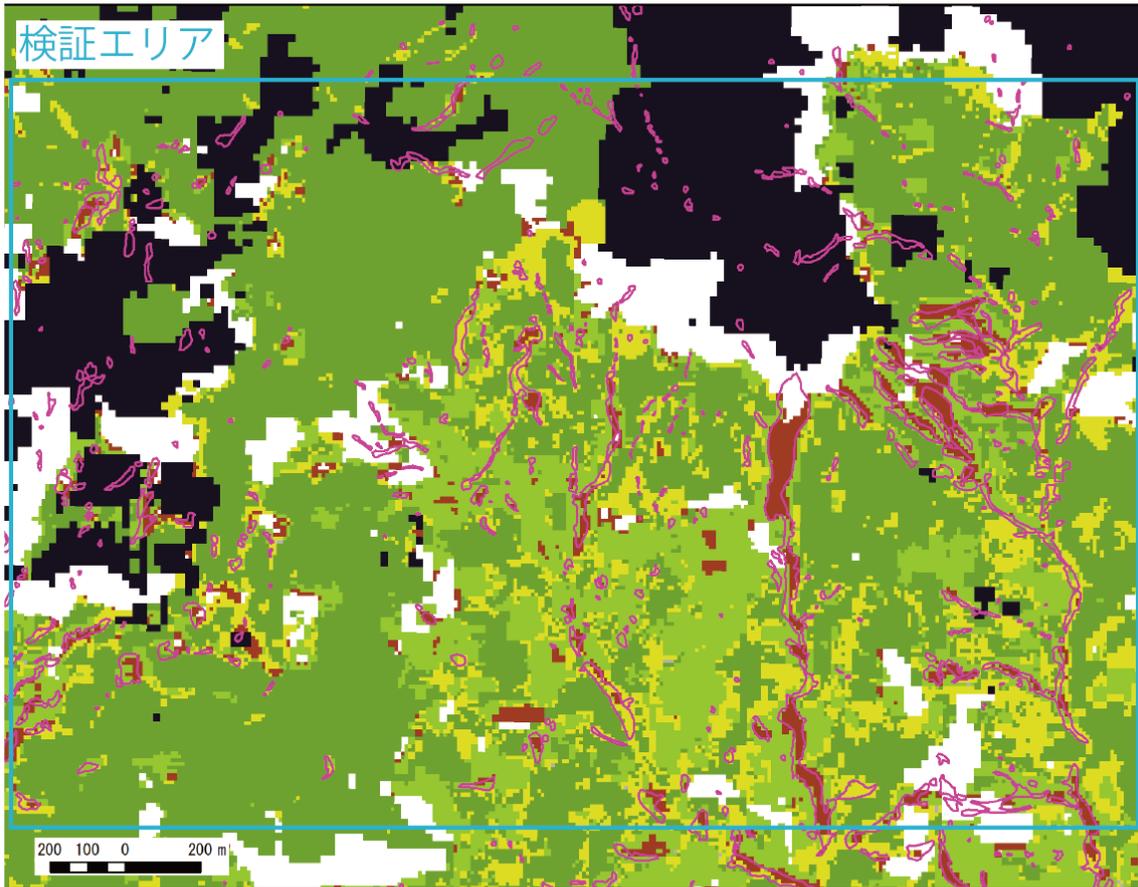


図 4-3-5-3 検証エリアにおける災害前(上)と災害後(下)の Pleiades パンシャープン画像

検証エリアの位置は図 4-3-5-1、および図 4-3-5-2 に示した。



凡例

雲マスク
 雲
 新規発生裸地
 農地
 草原
 森林
 水域
 市街地

図 4-3-5-4 検証エリアにおける土地分類結果と Pleiades 画像から判読した崩壊地(赤紫枠)

検証エリアの位置は図 4-3-5-1、および図 4-3-5-2 に示した。

		予測		予測値・推定値	
		裸地以外	裸地	陰性	陽性
Pleiades 判読	裸地以外	55878	1928	TN 真陰性	FP 偽陽性
	裸地	1261	933	FN 偽陰性	TP 真陽性

正解率 (accuracy) = 0.949

$$\text{accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

適合率 (precision) = 0.425

$$\text{precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

再現率 (recall) = 0.326

$$\text{recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

図 4-3-5-5 検証結果

4.3.6 残された課題

図 4-3-5-1 および図 4-3-5-2 でも示されるが、ベトナムでは衛星の撮影画像に雲が多いことが多い。今回の解析手法では、災害前後のそれぞれ決められた期間内に撮影された複数の Sentinel-2 画像から雲のない範囲を合成 (composite) し、差分をとって解析しているが、どちらかの画像に雲があると差分計算ができないため、その場合には解析不能エリアが出る。解析不能エリアをなるべく生じさせないためには、解析期間を長く取るなどして雲のない画像を災害前後で合成し、解析する必要がある。一方で、図 4-3-6-1 は図 4-3-2-2a、2b と同じ場所の図 4-3-2-2b の画像が撮影されてから 1 年半ほど経過したところの画像であるが、図 4-3-2-2b で見られた崩壊地の多くが緑でおおわれていることから、ベトナムでは崩壊地での植生回復が早いことが示唆された。このことから、とくに災害後に撮影された衛星画像の解析期間を長く取りすぎると、植生の状態が変化して、崩壊地の検出精度が大きく低下する可能性がある。この問題を解決するためにはより高頻度に撮影が行われる Planet 衛星の導入や、雲の影響を受けない SAR 系の衛星データから崩壊地の抽出する方法を検討する必要があると考える。

ベトナム北部の災害については JAXA をはじめとする国内外の様々な機関が衛星データを利用した解析、研究に取り組んでいることから、これらの機関との災害データベース等との連携および差別化が重要となると考える。このためには現地のカウンターパートと連携し、例えば現地の情報で検証された崩壊発生情報をデータベース化して、半自動的に崩壊地の衛星データの解析を行いながら、崩壊地データベースの品質をお互いに協力しながら向上させてい

くことが有効であるとする(図 4-3-6-2 参照)。

また、斜面災害のリスクを評価するにあたっては、諸元となる地形、地質、気象情報のほかに、現地の土地利用(植生被覆)状況を把握することも必要である。これらの情報の収集整備が、上述する課題と併せて、今後と課題となると考える。これらの情報を利用することは、今後の現地検証による崩壊多発化の原因解明および対策を有効に進めることになると思うが、そのためにはやはり現地のカウンターパートと連携し、協力して進めていくことが不可欠であるとする。

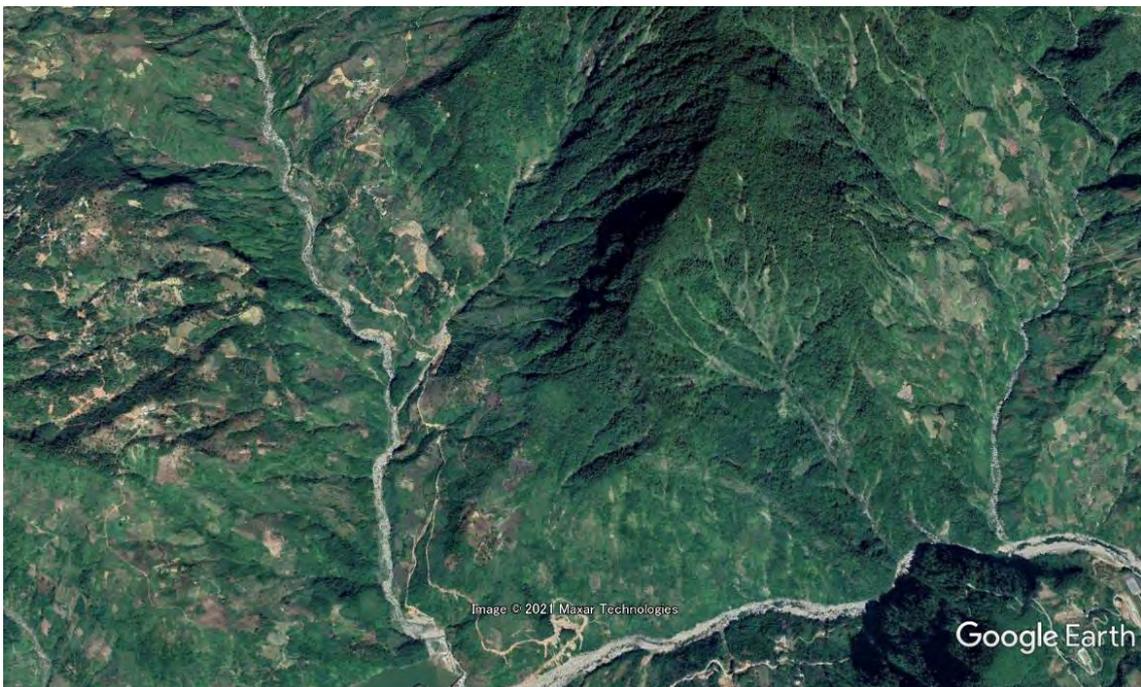


図 4-3-6-1 Google Earth Pro から取得した YenBai 省中西部の衛星画像

(画像取得日 2020 年 11 月、図 4-3-2-2a、2b と同じ場所)

データベースと衛星データ解析の連携技術(開発中)

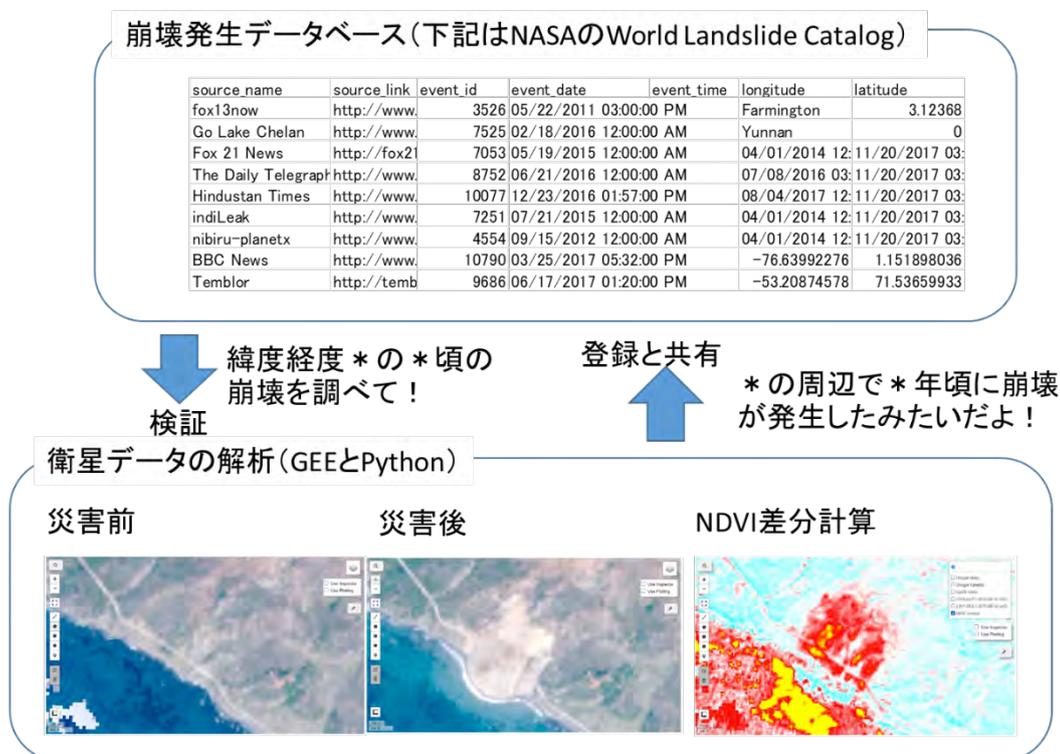


図 4-3-6-2 データベースと衛星データ解析の連携技術

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 地球規模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

マングローブ林は地域住民に利用されつつ様々な生態系サービスを提供している(Ewel et al. 1998)。一方で、マングローブ生態系の炭素蓄積機能は、その格段に高い生産性の下、同一気候帯に成立する陸域生態系より高いとされ(United Nations Environment Programme 2009, Alongi, 2020)、マングローブ林の保全と再生は気候変動緩和策の有効な手段の一つであると考えられている(Alongi, 2018)。加えて、マングローブ林は、気候変動による海面上昇や、海水温度の上昇に起因して巨大化が想定される台風による高潮リスクの軽減、沿岸域の浸食防止など、国土保全のための防災・減災を含む気候変動の適応策の一翼としても期待されている部分がある(International Federation of Red Cross and Red

Crescent Societies 2011, Huxham et al. 2017)。しかし、現状は、大規模な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が進行しており(Alongi 1998)、さらには高潮被害が顕在化している地域もみられる。このため、マングローブの再植林による沿岸域の保全活動が活発化してきているが、マングローブの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 2011)。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。

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や現況とそれらの変遷

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 3260 km 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、ベトナムにおける大半のマングローブ林は、地球規模でみても非常に重要な河川デルタ、すなわち、北部地域は紅河デルタと、南部地域はメコン川デルタに主に成立している(Veettil et al. 2019)。

既往研究におけるベトナムのマングローブ林の炭素蓄積量はいくつかの報告(Alongi 2012, Dung et al. 2016, Tue et al. 2014, Nam et al. 2016, Hieu et al. 2017, Hien et al. 2018)があるが、それらの結果を図 4-4-2-1 に示した。また、Alongi(2020)を参考に全球平均値との比較も図 4-4-2-1 に示した。ベトナムにおけるマングローブ林地上部バイオマス炭素(Above-ground biomass organic carbon: AGBC_{org})、地下部バイオマス炭素(但し、1m 深

まで) (Above-ground biomass organic carbon: BGBC_{org}, 1 m in depth)、土壌炭素 (Soil organic carbon: SC_{org}) および全炭素蓄積量 (Total organic carbon stock: TC_{org} stock) の平均値は、それぞれ 120 (42.2–298.1)、21.8 (8.7–52.7)、583.0 (146.8–811.7) および 803.5 (310.3–1014.9) Mg C_{org} ha⁻¹ であった。マングローブ林の AGBG_{org}、BGBC_{org} (1 m in depth)、SC_{org} および TC_{org} stock の全球平均値は、それぞれ 109.3±5.0 (1.9–537.7)、80.9±9.5 (0.3–866.0)、565.4±25.7 (37.0–2102.7) および 738.9±27.9 (46.3–2205.0) であることから、ベトナムにおけるマングローブ林の炭素蓄積量は、BGBC_{org} (1 m in depth) を除いて、全球平均値とほぼ同様の値を示した。BGBC_{org} (1 m in depth) が低いのは、調査点数が少ないことに加え、地下部バイオマス量の調査には手間と労力を要し、困難を極めるため、定量精度にいくぶんの難があるためと推察された。このことは、ベトナムのデータに留まらず、全球データについても同様である。

また、ベトナムにおけるマングローブ林の消失・劣化とその後の修復について、その変遷を追跡するのは、入手できる資料が限定されることから容易なことではない。以下では、Hong and San (1993)、Nam et al. (1993)、向後・向後 (1997)、安食 (2002)、宮城ら (2003)、FAO (2007, 2015)、井上・藤本 (2014)、田村 (2016)、Veettil et al. (2019) などを参考に、マングローブ面積の変遷を追ってみたい。

かつて、ベトナムは東南アジアの中でも有数の豊富なマングローブ林に恵まれた国であった。ベトナム戦争以前の 1940 年代初頭には約 40 万 ha のマングローブ林が分布していたが (Maurand 1943)、インドシナ戦争などに伴う乱伐により 1962 年には 29 万 ha までに減少した (安食 2002)。さらに、その後のベトナム戦争での枯葉剤やナパーム弾の使用によって、10 万 ha 以上のマングローブ林が破壊された (Hong and San 1993, Veettil et al. 2019) とされ、1975 年には 20.5 万 ha とさらに減少したと報告されている (安食 2002, 宮城ら 2003)。ベトナムは政府主導の下、マングローブの修復植林が精力的に展開されてきたが (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2011a, 2011b)、それはこうした事情によるものである (安食 2002, 宮城ら 2003)。南北統一以降、政府主導の植林事業が立ち上げられ、この活動を支援する形で、デンマークや日本の赤十字社、および国際赤十字赤新月社連盟を初めとするさまざまな NGO 団体などの植林活動 (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2011a, 2011b) が功を奏し、1980 年には 26.9 万 ha (FAO 2007, 田村 2016)、1983 年には 25.3 万 ha まで回復、増加した (安食 2002, Veettil et al. 2019)。

一方で、1980 年代後半には、政府によるエビ輸出の奨励もあり、従来の伝統的養殖法と異なる半集約的エビ養殖 (鈴木 2003, 井上・藤本 2014) が導入された。特に 1986 年に導入されたドイモイ政策以降、この半集約的養殖法が急増し (安食 2002, International

Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2011, 井上・藤本 2014)、それに伴うマングローブ林の伐採、転用により、マングローブ林は再びその面積を減少させることとなり、1987年には16.1万ha(安食 2002)、2005年には15.7万ha(FAO 2007, 田村 2016)まで減少した。以降については、2010年に26.2万ha、2015年に27万haへと増加に転じている(FAO 2015)。

以上、ベトナムにおけるマングローブ林面積の時系列変化については、図 4-4-2-2 に示した。

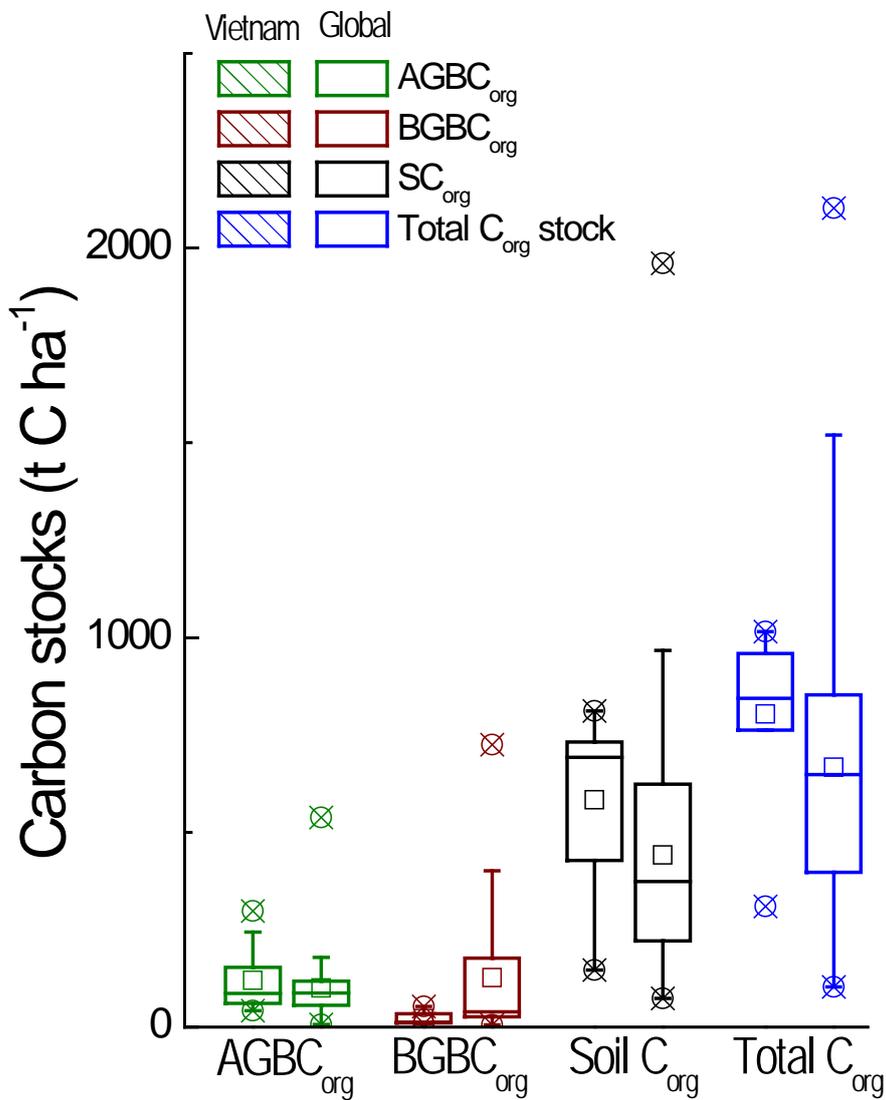


図 4-4-2-1 既往研究報告をベースとしたベトナムおよび全球データにおけるマングローブ林の地上部バイオマス炭素 (Above-ground biomass organic carbon: AGBC_{org})、地下部バイオマス炭素 (但し、1m 深まで) (Above-ground biomass organic carbon: BGBC_{org}, 1 m in depth)、土壌炭素 (Soil organic carbon: SC_{org}) および全炭素蓄積量 (Total organic carbon stock: TC_{org} stock) データの比較

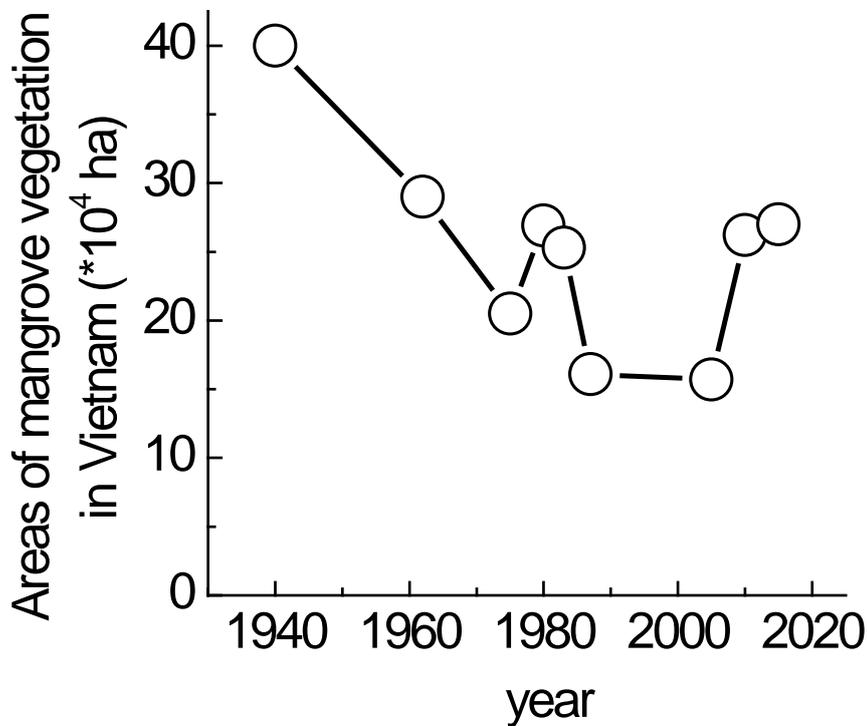


図 4-4-2-2 各種既往報告を基にしたベトナムにおけるマングローブ林面積の時系列変遷

4.4.3 保全活動によるマングローブ植林の実績

今年度は、ベトナム赤十字社がデンマーク赤十字社(DRC)、日本赤十字社(JRC)などの支援を受けて実施してきた「commune ベースのマングローブ林再生と災害対策プログラム」について、赤十字社(本部・ジュネーブ)が 2011 年に評価を実施して評価報告書を出版しており、これを参照して事例研究を実施した。

本報告書によると、ベトナム北部沿岸部の 8 つの Provinces の中の 166 の commune を対象に、9,462ha が植林され(うちマングローブ林 8,961ha)、約 100km の堤防が保護された(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2011)。

1994 年から 2010 年に 880 万ドルを投じて実施された本プログラムの効果について、評価チームは定性的な手法(主要情報提供者へのインタビュー、フォーカスグループディスカッション、現地訪問)と定量的な手法(家計調査、定量的なデータレビュー)の混合手法により、適切な社会経済調査サンプリング手法を用いて、調査を実施した。家計調査は 26 commune の 372 人の回答者を対象とし(プログラム対象 commune 312 人(その内訳:マングローブ植林

参加者 223 人、非植林参加者 89 人)、コントロール(非対象 commune 60 人)を対象として行われた。

防災・減災に関するインパクトとしては、同じような条件の台風による被害を比較したところ、例えば Toch Tri Commune では、1989 年に発生したレベル 9 台風よりも、2010 年のレベル 10 の台風の被害は半分にとどまったと報告されており、同様の台風が起きることを想定して、その堤防決壊の物理的な被害を回避することができたことから計算された便益は 8 万～29 万 5,000 米ドルであったと計上されている。また、経済的損失の回避を計算すると、エビ養殖場と水田への損失回避は Thai Do Commune では 4,990,700 米ドル、Giao An Commune では 14,875,000 米ドルと計算されており、これらにより投じたコストに比して、地域経済社会に著しく高い便益をもたらしたと評価されている。

4.4.4 ベトナムにおけるマングローブ植林の状況—スワントゥイ国立公園の事例

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、沿岸域の防災・減災に関するマングローブ林の機能評価の調査対象とした。XTNP は、ベトナム北部の Nam Dinh Province の Tonkin 湾内紅河河口部(北緯 20 度 13 分 37.6 秒、東経 106 度 31 分 42.0 秒)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にもなっている(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する(Tinh and Tuan 2015)。

主な構成樹種は以下の 3 種:メヒルギ(*Kandelia obovata*)、ナンヨウマヤプシキ(*Sonneratia caseolaris*)、フタバナヒルギ(*Rhizophora apiculata*)である。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)。

4.4.4.2 XTNP におけるマングローブ林分布の変遷

グーグルアースによる現在(2019年9月25日撮影)のXTNPの空中写真を図4-4-4-1に示す。Tonkin湾の紅河河口南方沿岸部に水路の入り組んだマングローブ群落広がっている様子を確認できる。空中写真を見る限り、ここでのマングローブ林の保全対象は、マングローブ林の北方にある、魚介の養殖池や農地、さらに内陸部にある住宅地などに加え、ラムサール登録湿地であるXTNPを構成するマングローブ林そのものであると言える。

本項では、こうした防災・減災上の保全対象を有し、その機能の発揮が期待されているXTNPのマングローブ群落はどのように形成されてきたのか、U.S. Geological Surveyが提供する過去の衛星データを基に、1975年から辿って見ることにした(図4-4-4-2a-e)。1975年の当該地域の空中写真を示す図4-4-4-2aには、紅河河口部から南西に伸びて形成されている砂州が確認できるが、図4-4-4-1で確認された現在分布しているマングローブ群落らしき植生分布は確認できない。1987年(図4-4-4-2b)になると、紅河河口部の両岸にマングローブの植生が分布するようになり、その周囲にも土砂の堆積が認められ、徐々に地盤が形成されている様子を確認できた。1999年(図4-4-4-2c)になると、マングローブ群落の分布は、紅河河口部のより沿岸側に移行し、陸域側の箇所はマングローブ群落から改変され養殖池や農地などに土地利用が変更されてきた様子が見られた。2013年(図4-4-4-2d)には、沿岸域および西側部分の地域にもマングローブ群落が拡大していく様子が見られ、概ね2019年(図4-4-4-1および図4-4-4-2e)の分布状況に近づいている様子を確認できた。

空中写真によるマングローブ林分布の時系列変化は、4.4.2で記述したベトナム全土におけるマングローブ変遷の状況と類似していた。すなわち、1980年代までの植林そのものによるその分布面積の拡大と、その後の土地改変によるマングローブ林の消失、さらにより積極的な植林活動に伴う分布の拡大の視覚的変遷が示された。当該地域のグーグルアースによる空中写真を拡大してみると、植栽事業によって植栽されたマングローブの実生木が整然と整列して植えられている様子が各所に確認できる。以上の結果は、国土保全や沿岸域の護岸に対し、こうしたマングローブの植栽活動の果たす役割は大きく、また、比較的短期間で大きな国土保全効果をもたらしていることを示唆していると言えよう。



図 4-4-4-1. 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)

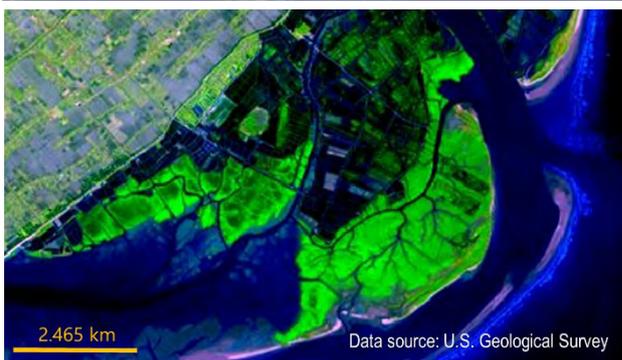
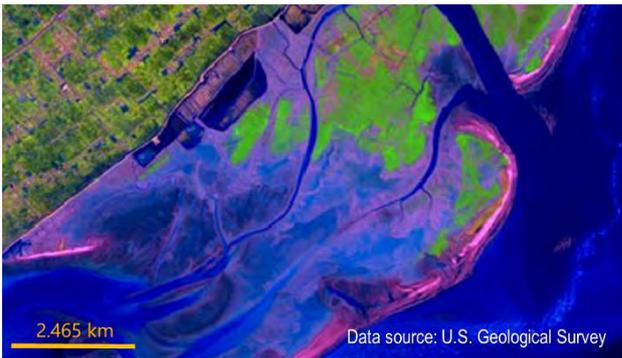
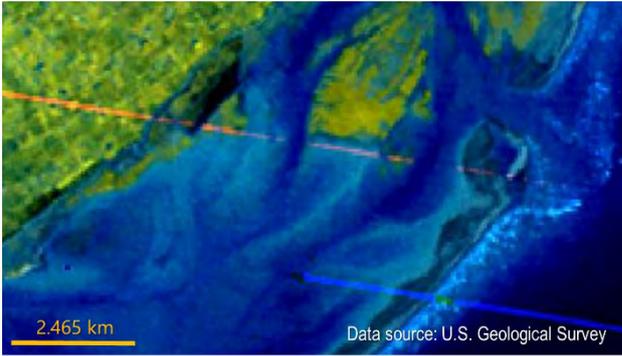


図 4-4-4-2 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)周辺の時系列衛星画像

出典: U.S. Geological Survey

a: 1975年5月19日、

b: 1987年3月7日、

c: 1999年12月21日、

d: 2013年12月27日、

e: 2020年6月21日

4.4.4.3 XTNP におけるマングローブ植林活動の履歴

前項において記したように、XTNP は、過去 40 余年間続けられてきたマングローブ植林によって、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(図 4-4-4-1 および図 4-4-4-2)。そこで本項では、XTNP 周辺におけるこれまでの植林活動内容やその履歴に関する具体的な内容を把握することを目的として、XTNP 内およびその周辺部のマングローブ植栽地 11 箇所を調査地(Site A-Site K)として選定し、そこに 10 m×10 m のサブプロットを 3 つずつ設定して(図 4-4-4-3)、それらの箇所におけるこれまでの植林活動の状況、履歴など、植林活動に関する各種情報を調査し、整理した。その結果を表 4-4-4-1 に示した。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)までの期間に及んでおり、年時幅の取れた試験地が設定できた。植栽事業の実施母体は多岐に亘っており、またそれは植栽年次や場所によって異なり、デンマーク赤十字社、農業農村開発局(Department of Agriculture and Rural Development:DARD)、および Nam Dinh Province の沿岸マングローブ林保全・開発プロジェクト(2015 年度～2020 年度)が実施しているようである。植栽前の土地の状態は、全ての箇所が裸地であり、Site A と E および F は泥質干潟であった。構成樹種は、ナンヨウマヤブシキ(*S. casolaris*)、メヒルギ(*K. obovata*)、ヤエヤマヒルギ(*R. stylosa*)、オヒルギ(*B. gymnorrhiza*)、ヒルギダマシ(*Avicennia marina*)であった。植栽密度も場所によって様々であり、3,300～10,000 本 ha⁻¹ の範囲であった。樹種選定や植栽密度の決定の根拠は現段階では不明である。これらの調査地における近年の受災履歴については、2008 年に低温害(Terrible cold)、2012 年に暴風害(Severe storm)、2016 年に洪水害(Flooding)があったとの報告がある。それぞれの災害をもたらした気象状況については未解明であり、今後も情報収集を継続する。また、植栽からの経過年数が長い Site E、F については、潮汐波力による浸食と、海砂の堆積が見られるとされている。どの程度の地盤高変化が見られているのか、また、これらは現在も継続しているのかについては不明であり、これについても継続調査を行う。



図 4-4-4-3 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)周辺に設定した調査地の位置
 図

表 4-4-4-1 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)周辺に設定した調査地における植林活動の履歴

Research pilot site	Planting year	Land use history	Species composition	Planting density (trees.ha ⁻¹)	Foot sink depth (cm)	Tidal flooding depth (m)	Disaster history	Mangrove plantation project
Site A	2016	Bare land, tidal mud flat	<i>Sonneratia casolaris</i> (Bản chua) + <i>Kandelia obovata</i> (Trang)	3,300	15	1.3	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012;	Protection and development of coastal protection mangrove forest in Nam Dinh for the period 2015 - 2020
Site B	2016	Bare land	<i>Sonneratia casolaris</i> (Bản chua) + <i>Kandelia obovata</i> (Trang)	3,300	8	1	Flooding in 2016	
Site C	1997; 2016	Bare land	<i>Sonneratia casolaris</i> (Bản chua) 2016 + <i>Kandelia obovata</i> (regenerated)	10,000	10	0.9	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012	Red Cross (sponsored by Denmark); Protection and development of coastal protection mangrove forest in Nam Dinh for the period 2015 - 2020
Site D	2015; 2016	Bare land	<i>Sonneratia casolaris</i> (Bản chua) + <i>Kandelia obovata</i> (Trang)	3,300	8	1.2	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012; Flooding in 2016	Protection and development of coastal protection mangrove forest in Nam Dinh for the period 2015 - 2020
Site E	1997	Bare land, tidal mud flat	<i>Kandelia obovata</i> (Trang)	10,000	10	1.3	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012; Coastal erosion due to impact of tidal amplitude and sea wave; Sand invasion	Red Cross (sponsored by Denmark)
Site F	1985-1987	Bare land, tidal mud flat	<i>Kandelia obovata</i> (Trang)	NA	10	1.3		
Site G	1997; 1998	Bare land	<i>Kandelia obovata</i> (Trang) (1997) + <i>Rhizophora stylosa</i> (Được vôi) (1998)	10,000	7	0.5	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012; Flooding in 2016	
Site H	1997	Bare land	<i>Kandelia obovata</i> (Trang) + <i>Rhizophora stylosa</i> (Được vôi)	10,000	8	0.7	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012	Red Cross (sponsored by Denmark)
Site I	1985-1988	Bare land	<i>Kandelia obovata</i> (Trang)	NA	8	1		
Site J	1997	Bare land	<i>Rhizophora stylosa</i> (Được vôi) + <i>Kandelia obovata</i> (Trang) + <i>Sonneratia casolaris</i> (Bản chua) + <i>Bruguiera gymnorhiza</i> (Sù)	10,000	10	1.3		
Site K	2011; 2015	Bare land	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (Vết dù) (2011); <i>Rhizophora stylosa</i> (Được vôi) + <i>Avicennia marina</i> (Mắm biển) (2015); <i>Sonneratia apetala</i> (Bản khồng cánh) (2019)	3,300	5	0.7	Terrible cold in 2008; Severe storm in 2012	Department of Agriculture and Rural Development (state budget)

4.4.4.4 XTNP の各調査地におけるマングローブ林の林分状況

当該課題で設定した 11 箇所の調査地におけるマングローブ林の林況については、本項で予報的に報告する。当該調査地に関しては、Site F の汀線前線部を除く全ての箇所では概ね良好な生育 (Good growth) を示したという。各調査地の平均樹高、平均根元直径、平均胸高直径は、それぞれ 1.0～6.2 m、3.8～10.7 cm、2.7～9.4 cm の範囲を示した。これら樹木サイズデータのばらつきは、樹種特性や植栽後の経過年数、植栽箇所の立地環境を反映したものと推測されるので、今後、詳細に解析を進める。現存した生立木の密度は、1,600～15,700 本 ha⁻¹ と幅がみられた。表 4-4-4-1 に示した植栽密度と比べると、Site A、B、C、D、E については植栽時から生立木の密度が低下したが、Site G、H、J、K では密度の増加がみられた。後者については、自然実生の定着などが考えられる。

なお、各調査地におけるドローンによる空中写真 (高度 60 m より撮影) を図 4-4-4-4 に示す。既述のように Site F の汀線前線部を除く全ての箇所では概ね良好な生育 (Good growth) を示すとの報告であったが、ドローンの写真画像をみるかぎりでは、一部の調査地 (Site A) では生葉が脱落し、林冠が疎になっている様子や、枯死木や倒木が散見される箇所もみられた。これらの発生要因について、潮風害、高潮害などの気象害によるものなのか、地盤の浸食や土砂の堆積等、立地、地形要因によるものなのか、今後、追加調査を行い、明らかにする必要がある。



図 4-4-4-4 スワントウイ国立公園(Xuan Thuy National Park)周辺に設定した調査地のドローンによる空中写真画像(続く)



図 4-4-4-4 (続き)

4.4.5 まとめおよび今後の検討事項

本項では、既往の文献レビューやVAFSとの連携、情報交換等により、ベトナムを例に東南アジアにおけるマングローブ林の現状や現況を把握し、地球規模でのマングローブの分布状況と比較して考察した。

ベトナムにおけるマングローブ林に関しては、インドシナ戦争やベトナム戦争に伴う乱伐、破壊や、南北ベトナム統一後の魚介(特にエビ)の養殖推奨、港湾開発、土地利用の改変などにより、その分布面積の減少傾向が続いた。その一方で、政府主導の精力的なマングローブ修復植林活動が功を奏し、ベトナム戦争前(1940年以前)のレベルには達し得ないものの、2000年代以降、その分布面積は増加傾向に転じていることを示した。すなわち、温暖化や気候変動に起因した海面上昇、台風等の巨大化に伴う沿岸域の防災・減災や国土保全の一翼を担う、マングローブ生態系の保全や修復に関する技術指針を検討する上では、ベトナムのマングローブ林の状況は有用であり、有益であることを指摘した。

また、国際赤十字社による報告書を元に、ベトナムにおける保全活動によるマングローブ植林の実績を検討した。その結果、植林されたマングローブ林が堤防決壊等の物理的被害を回避することで得られる便益は **Toch Tri Commune** で 8~30 万米ドル、さらにエビ養殖池や水田などの破壊、損傷を免れることにより回避される経済損失は **Thai Do Commune** で 500 万米ドル、**Giao An Commune** で 150 万米ドルと計算されており、修復植林に投じたコストと比べると、マングローブ林は地域経済社会に著しい便益をもたらしていることを述べた。

以上のように、ベトナムにおいては、沿岸保全および防災・減災のためのマングローブ修復植林が精力的に取り組まれており、かつ沿岸部における災害に対する被害軽減にマングローブ林が果たす役割は大きいことが示唆されている一方で、それを裏付ける科学的データは現在もなお不足している。マングローブ林の分布面積は、行政データや空中写真における視覚的な比較によって、増加していることは間違いないと判断できるが、詳細に解析してみると、樹冠を構成する生葉が疎らであったり、植栽木がなんらかの原因で枯死し、倒木が発生していたりする箇所も散見された。これらを引き起こす原因が何なのか、低温害や暴風害、潮風害などの気象害によるものか、潮汐波力による浸食や堆砂や土砂の堆積などの立地的要因なのか、あるいは、マングローブの伐採・利用、漁獲活動等の人為活動や社会経済活動の影響に起因するのか、などは、現状、不明である。

このことから、今後は、ベトナム北部のスワンツイ国立公園などのこれまでの実績・実例に関して、各種現地調査からデータを集積し、マングローブの保全のために必要となる、生態、立地、社会経済的要因を解明するとともに、沿岸域の防災・減災にかかるマングローブ林の機

能について評価・解明するための、継続調査が求められている。

参考文献

- 安食和宏 (2002) ベトナム南部カンザー地区におけるマングローブ植林事業の展開と住民生活. 人文論叢: 三重大学人文学部文化学科研究紀要 19:1-12
- Alongi D.M. (2012) Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Manag.* 3:313-322
- Alongi D.M. (2018) Blue carbon: Coastal sequestration for climate change mitigation. *Springer briefs in climate studies.* Springer Japan. 88pp.
- Alongi D.M. (2020) Global significance of mangrove blue carbon in climate change mitigation. *Sci* 2:67. <https://doi.org/10.3390/sci2030067>
- Centre for Oceanography (2016) Tide tables. Vol. 1. Natural Science and Technology Publishing House, p. 176
- Dung L.V., Tue N.T., Nhuan M.T., Omori K. (2016) Carbon storage in a restored mangrove forest in Can Gio Mangrove Forest Park, Mekong Delta, Vietnam. *Forest Ecol. Manage.* 380:31-40
- Ewel K.C., Twilley R.R., Ong J.E. (1998) Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7:83-94
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2007) The world's mangroves 1980-2005. *FAO forestry paper 153:* FAO, Rome, 77pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2015) *Global Forest Resources Assessment 2015. Desk reference.* FAO, Rome, 244pp.
- Hien T.H., Marchand C., Aimé J., Nhon D.H., Hong P.N., Tung N.X., Cuc N.T.K. (2018) Belowground carbon sequestration in a mature planted mangroves (Northern Viet Nam). *Forest Ecology and Management* 407:191-199
- Hieu P.V., Dung L.V., Tue N.T., Omori K. (2017) Will restored mangrove forests enhance sediment organic carbon and ecosystem carbon storage? *Reg. Stud. Mar. Sci.* 2017, 14, 43-52.
- Hong, P.N., San, H.T., 1993. *Mangroves of Vietnam.* The IUCN Wetlands Programme, Bangkok 173pp.
- 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

- 井上理咲子、藤本潔(2014)ベトナム南部カンザー地区のマングローブ域に暮らす人々の生業活動の現状と持続可能性. 南山大学紀要「アカデミア」人文・自然科学編 7:151-169.
- 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 programe, 2006-2010, Geneva 67pp.
- 向後紀代美、向後元彦(1997)ベトナムにおけるマングローブ植林支援－地球規模の修復モデルの構築をめざして－TROPICS 6:247-282
- 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
- Maurand P.(1943)L'Indochine Forestière. Inst. Rech. Agron. Indochine, Paris, pp. 2-3.
- Nam V.N., My T.V., Jensen M.(1993)Mangrove for production and protection. A Changing Resource System:Case Study in Can Gio District, Southern Vietnam. FAO, Bangkok. 57pp.
- 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)
- 鈴木伸二(2003)ベトナム国のエビ養殖と流通. 多屋勝雄編:アジアのエビ養殖と貿易. 119-137. 成山堂書店
- 田村正行(2016)マングローブ林の面積変化を衛星画像で観る 日本リモートセンシング学会誌 36:407-409
- Tue N.T, Dung L.V., Nhuan M.T., Omori K.(2014)Carbon storage of a tropical mangrove forest in Mui Ca Mau National Park, Vietnam. Catena 121:119-126
- 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.
- United Nations Environment Programme(2009)Blue carbon: The role of healthy oceans in binding carbon. 78pp.
- 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
- Nam V.N., Sasmito S.D., Murdiyarso D., Purbopuspito J., MacKenzie R.,(2016)

Carbon stocks in artificially and naturally regenerated mangrove ecosystems in the Mekong Delta. *Wetl. Ecol. Manage.* 24: 231-244.

第5章 事業成果・治山技術に関する情報発信

5.1 背景と目的

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2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くなった状況下での普及啓発活動として、オンライン形式で国際セミナーおよびベトナムとのワークショップ、国内事業者向けにセミナーを実施した。さらに、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、当事業成果や海外における治山技術の海外展開に関する情報発信を行った。

5.2 セミナー・ワークショップの開催

5.2.1 国際セミナー「森林による防災・減災の可能性をさぐる」の開催

(1) 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: 2021年1月27日(水) 15:00～17:30

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: 森林による防災・減災(F-DRR)の戦略・実践の国際的動向について話題提供を行い、次に具体的な政策的・技術的取り組みと課題について各国から報告した。

また「森林による防災・減災の可能性」を主題とするパネルディスカッションを行い、F・DRR に対するニーズと課題を共有し、参加者からの質問も交えた活発な議論が交わされた。本セミナーには、国際機関から民間企業まで国内外から合計 293 名が参加した。

開催趣旨

昨今、気候変動の進行、森林や農地への森林火災を伴う土地利用変化、世界各地での激甚気象現象による土砂災害等の被害の増加などが懸念される中、森林による防災・減災(F・DRR)は、ローカルの自然・生態系の特徴を生かしつつ、持続的なレジリエンスの強化を導くことから、気候変動適応・緩和の双方に資する自然に基づく解決策として期待されている。これに資する日本の治山技術、国土強靱化に関する知見の途上国への適用や課題の調査、海外展開に向けた技術開発・人材育成が求められている。

本セミナーは、「森林による防災・減災の可能性をさぐる」ことを目的とし、F・DRR の戦略・実践の国際的動向について情報提供すると共に、具体的な政策的・技術的取り組みと課題について各国から報告する。さらに、「森林による防災・減災の可能性」を主題としたパネルディスカッションを行い、F・DRR に対するニーズと課題を共有し、今後どのように取り組んでいくべきか、方向性と可能性について議論する。

開会セッション

主催者挨拶として森林総合研究所の平田泰雅 REDD プラス・海外森林防災研究開発センター所長は、森林機能を活用した防災・減災の戦略・実践の国際的動向、具体的な政策的・技術的取組と課題について国際機関や各国の専門家から報告いただくという本セミナーの趣旨を説明し、これからの気候変動を生き抜くための方向性と可能性を探るセミナーとしたいと期待を示した。

来賓挨拶として本郷浩二林野庁長官は、森林が、それ自体が生態系の一部であるとともに、山地災害防止機能や水源涵養機能を有していることから、防災・減災の分野においてその重要性を増しており、適応策における自然に基づく解決策の中心的な役割を担うものだと述べた。また、本セミナーを通じて、我が国を含め自然災害を経験してきた各国の知見が共有され、森林を活用した防災・減災の今後の可能性について意見交換されることは大変意義深いものであるとの認識を示した。

基調講演 「F-DRR の可能性」

浅野(中静)透 (森林研究・整備機構)

東日本大震災後、日本では自然資本を活かした社会整備・国土計画の中で F-DRR が実施されている。F-DRR とは森林による防災・減災である。岩手県陸前高田では、津波後に海岸林造成、防潮堤や湿地の生態系保全による人工構造物とのハイブリッドで F-DRR が実施された。また、東南アジアでは津波時のマングローブの役割が議論され、ハイブリッド型はグレイインフラのみに比べその建設コストが低いことが示された。

F-DRR の特徴には、防災・減災の他、食料、地域の生計、気候変化の緩和、水供給や生物多様性への副次的な効果もあり、SDGs への貢献も期待できる。宮城県南三陸町では生態系や森林を守り、陸から海までの自然資本を生かし、水産業も含めた持続可能な形での地域の復興が行われている。また長野県では、地形、樹種や工学的技術を考慮した F-DRR が推進されている。

F-DRR は多機能性、環境負荷の回避、及び長期の雇用創出の点で優れる。今後は、防災・減災効果の科学的評価、コスト計算、地域における制度化の必要性等が課題となる。

基調講演を受けて、総合司会の井上泰子主任研究員から参加者に対し、東日本大震災から10年、改めて世界のあらゆる国と人々から受けた支援への感謝と、森林を通じた防災・減災への技術面からの貢献する意欲を伝えた。

セッション 1 F-DRR の戦略・実践の国際的動向

「パリ協定における防災を含む適応の位置づけ等国際的枠組み」

水野 理 (地球環境戦略研究機関)

気候変動対策には、温室効果ガスの排出を抑制する「緩和」と気候変動の影響に対して自然や人間社会のあり方を調整する「適応」がある。「森林による防災・減災」とは、「適応」の取り組みに森林をどう活用していくかである。気候変動の影響が及ぶ分野は様々であり、自然災害への適応策もソフト面からハード面と多岐にわたる。したがって、「森林による防災・減災」を考える際には、これら様々な要素を組み合わせることが重要である。

パリ協定では、「緩和」と並ぶ柱として「適応」が位置づけられている。森林減少による排出の削減(REDD プラス)は、緩和策として始められたが、国家森林モニタリングやセーフガード情報システムは適応策の基盤としても機能する。パリ協定は、SDGs や仙台防災枠組とも関連している。特に「適応」は、生物多様性及び生態系サービスとも関係しているので、既存の様々

なプラットフォーム等を活用した連携が必要である。

「災害リスク軽減のための流域管理」

トーマス・ホファー（国連食糧農業機関(FAO)）

FAO は流域管理の問題について長年取り組んでおり、災害リスク管理の重要性は増してきている。2017 年には、2002 年以降実施された 12 の流域管理プロジェクトに関する報告書も発行した(FAO. 2017. Watershed management in action – lessons learned from FAO field projects. Rome.)。現在、フィリピンとペルーの山間部の流域において、気候変動に対するコミュニティのレジリエンスを高めるプロジェクトが進行中である(資金提供:農林水産省)。

また、最近終了したパキスタンのプロジェクト(資金提供:スウェーデン国際開発協力庁[SIDA])では、2005 年に発生した巨大地震後の資源管理や社会経済的発展、持続可能な生計手段の確立を目的とし、多様なステークホルダーが参画する流域管理が行われた。具体的には、被災地のマップ化や流域管理計画の策定、そして地面を安定化させる早生樹の植樹活動等である。流域管理は常にランドスケープレベルで捉え、環境および生計のレジリエンスを高めること、そして活動が持続するような制度設計が重要である。

「リスクの変化:マルチハザードリスク評価と意思決定のためのオープンソースツール」

マンズル・クマル・ハザリカ（アジア工科大学(AIT)）

気災害リスクの分布については、リスクの種類ごとのハザード(危険な自然現象)のマップ、脆弱性(ハザードによりどの程度の被害を受けるか)及び暴露(建築物やインフラなどの分布マップ)のマップにより、空間的に評価が可能である。これまでも災害リスク分析のツールはあったが、マルチハザードに対応していない、将来シナリオを含んでいないなどの欠点があった。

そこで、タジキスタン共和国において、災害防止対策や開発に際し、リスク情報に基づく計画策定のためのハザードリスク分析システムを開発し、インターネット上で公開している。

このシステムでは、国内の行政区画ごとの分析が可能である。基本データとして①干ばつ、雪崩、地震、洪水、斜面崩壊、土石流、強風の7種類の自然現象の強度、②被害を受ける要素である農地、建築物、道路の分布、を地図上に表示する。

さらに、自然現象の強度により各要素がどの程度の被害を受けるかの「脆弱性カーブ」のデータを加えて、暴露分析を行い、自然現象や要素ごとの暴露マップ、さらには被害マップを示すことができる。

発表では、土石流のリスクについて、対策ごと(無対策、土木的対策、生態的対策、移転)の将来の災害リスクを地図上に表示し、政策決定に役立てる事例を示した。

セッション 2 各国の政策的・技術的取り組みと課題

「ベトナムにおける森林ベースの自然災害の軽減:取組と課題」

フー・タン・フォン（ベトナム森林科学アカデミー(VAFS)）

ベトナムでは、南北に渡って 8 つの生態地域があり、それぞれで低地洪水、山地における鉄砲水、沿岸侵食、地すべり、旱魃、霜害等の自然災害が発生している。近年の自然災害による損害額は、2006—2020 年を平均すると 10 億ドルに達し、これはベトナムの GDP の 1% に相当する。世界銀行の推計では、毎年国土の 60%、人口の 70%が自然災害リスクにあっている。

森林による自然災害の緩和対策として、林地でない土地に植林、特に沿岸や流域の森林再生を重視している。また、在来樹種の植林、長伐期施業、アグロフォレストリー等の導入等も行っている。さらに気候変動や自然災害対策に適した樹種の選定等の研究開発も行っている。直面する課題としては、局地的に急に発生するような鉄砲水等の自然災害の予測が難しい、山地林道の建設が難しい、森林による緩和政策の効果を発揮できるような樹種や規模等の情報が不足、森林伐採に必要な林道や機材が揃っていない、自然災害防止の観点から土地利用計画が立てられていない、等が挙げられる。

「ミャンマー森林局と国際協力機構が共同で実施したインレー湖統合流域管理」

シー・トゥー・アウン（ミャンマー森林局）

インレー湖はミャンマーで 2 番目に大きな湖で、生物多様性、水力発電、文化、観光等の様々な側面で重要な役割を果たしている。しかし、近年では気候変動の影響により湖の表面積が減少や水質低下等様々な課題を抱えている。その課題に対応するため森林局は JICA と共同でインレー湖の流域管理プロジェクト(FDSNR)を行っている。

FDSNR はインレー湖流域管理のために、共同森林管理の導入・促進、ガリー侵食制御、流域モニタリングと堆積物分析を行った。インレー湖流域管理だけでなく、持続的森林管理に資する能力開発のための研修(ドローン、長根苗、育苗)や生物多様性に関する研究センター建設やデータベース構築等も行っている。

また、森林局は独自に、IWRP(Inle Watershed Restoration Programme)というプロジェクトを立ち上げ、2050 年までにインレー湖の生態系を植林等により回復する試みを行っている。森林局としては、将来的には同じ流域管理を目的とする FDSNR と IWRP の成果を統合させ、日本の諏訪湖のような素晴らしい流域管理の実現を目指している。

「森林総合研究所における F-DRR に関する研究: 山地災害の防止・軽減を目指して」

岡本 隆 (森林総合研究所)

近年、気候変動に伴い山地災害が世界的に激甚化する傾向が見られる。これは、豪雨の強度・頻度の増大といった極端現象の顕在化によるものであるが、途上国では森林から農地への無秩序な土地転換等も災害を深刻化させる要因である。これに対応するためには、気候変動への適応策が重要であり、国際協力の面からもパリ協定、仙台防災枠組、インフラシステム輸出戦略等に山地災害の防止・軽減の重要性が明記されている。

日本の治山事業は森林整備と補助的な施設の組み合わせにより、山地災害に対するレジリエンスを高めることを目的としている。これはまさに F-DRR の思想と合致するものである。研究面では、樹木根系の崩壊防止機能の評価に係る研究が長年実施され、例えば、「樹木根系のすべり面のせん断抵抗力補強効果」や「間伐(森林管理)による根系体積の変化と崩壊防止機能の評価」といった研究に取り組んできた。

森林総合研究所はベトナム森林科学アカデミーと MOU を締結して、日本の治山技術を ASEAN の途上国の森林の防災・減災機能の強化するための手法の開発をめざしている。山地災害リスクマップや森林管理技術、簡易な治山施設を現地に適用するため、日本で開発した衛星画像を利用した崩壊地の自動抽出技術をベトナムの山間域で試行し、課題点を検討している。

パネルディスカッション 「F-DRR のポテンシャル: ニーズと課題」

水野 理 (地球環境戦略研究機関)

トーマス・ホファー (国連食糧農業機関(FAO))

マンズル・クマル・ハザリカ (アジア工科大学(AIT))

フー・タン・フォン (ベトナム森林科学アカデミー(VAFS))

シー・トゥー・アウン (ミャンマー森林局)

岡本 隆 (森林総合研究所)

モデレーター: 藤間 剛 (森林総合研究所)

まず、オンライン参加者から寄せられた質問を、モデレーターの藤間が抜粋してパネリストへ伝えた。パキスタンの事例において採用されている早生樹種による地盤の安定化手法について、ホファー氏は、在来種しかも成長が早い樹種を植えることで、低コストで、根系が土壌層をつなぎ止める効果が早期に期待できると述べた。ミャンマーにおける共同森林管理(JFM)とコミュニティ林業(CF)の違いについて、アウン氏は、JFM は多くの関係者が共同で森林を持

統的に管理する仕組みであり、CF は小規模コミュニティグループが森林を利用する仕組みであると述べた。

次に、「森林による防災・減災のポテンシャルを最大化させるための方法とその課題」についてパネリストから見解が述べられた。技術的側面として、ハザリカ氏は、土砂災害等のリスク分析手法の正確性に関しては、近年、モバイル機器の普及に伴い、地上データの収集が容易になり、衛星データと結びつけて評価することが容易になったと述べた。それに関して岡本氏は、衛星画像を GIS 解析して、現場で発生した災害の状況を関連付けるとともに、地形・地質・勾配や植生被覆をパラメータとして災害発生リスクを予測し、実際に発生した災害を確認する、この積み重ねによって正答率を高めていくことが重要だと述べた。

各国の現状と課題について、アウン氏は、ミャンマーでは森林の減少及び森林資源の減少が大きな問題となっており、政策やガバナンスの強化も重要だが、政府と住民の信頼関係の構築、並びに、民間セクター及び地域住民の参画が重要であると述べた。また、防災・減災のためにマングローブ林を保全することの重要性を理解している意識の高い住民もいると述べた。フォン氏は、ベトナムでは、「森林による防災・減災」へのチャレンジとして、自然災害についての①理解促進、②リスク分析、③防災・減災可能性を評価して、統合的なランドスケープ・アプローチによる計画策定に取り組んでいる。技術的な側面としては、防災・減災機能を最大化するために、森林の規模や構造(適正樹種構成)を検討するとともに、森林に依存して生活する住民の役割を考慮することが重要であると述べた。また、頑健で効果的な自然災害モニタリング・システムの構築が重要課題であると述べた。

ホファー氏は、国連機関である FAO の観点から、日本は「森林による防災・減災」を主導している国であり、これまでの豊富な経験を他国へ伝えて欲しいと述べた。また、森林や土壌保全に加えて、農業や牧畜も含めたランドスケープ・アプローチを用いて、気候変動に対して、長期的視野にあって流域単位でレジリエンスを包括的に強化することの重要性を強調した。

水野氏は、気候変動により自然災害の将来予測は困難であるが、データが限られている中で、いかにして気候リスクを予測し、森林による防災・減災に反映するのか、そのアプローチを考えることが大事であると述べた。また、気候変動の緩和策と適応策は国際的に取り組むべきものであり、世界各国が連携して、ニーズやチャレンジ、優良事例を共有することを提唱した。さらに、実際に災害を被る危険性のある途上国や地域の人々が意思決定や政策立案に関与することで、地域のオーナーシップを高めて持続可能な緩和・適応対策を進めていくことが重要であると強調した。

これらの議論を踏まえモデレータの藤間は、F-DRR には森林林業だけでなく農業をはじめとする他の産業セクターや行政機関との連携、現地の人々の生計への配慮の重要性を強調し

た。またこのような課題は REDD プラスにも共通することから、REDD プラス・海外森林防災研究開発センターとして、セミナー参加者と連携した取組みを行いたいとの期待を述べて、討論を取りまとめた。

閉会セッション

平田泰雅センター長が、地球温暖化対策としての緩和と適応に触れ、今後は適応策の重要性が増していこうという展望を示し、本セミナーが、グローバルと国・地域レベル、研究レベルと実践レベルという幅広い立場からの情報交換が実った非常に有意義なものとなったと総括した。コロナウイルス感染症の影響で本セミナーがオンライン開催になったことに触れ、場所に縛られずに幅広い方に情報を届けることができたとした上で、今回の経験を踏まえて今後のより良い情報発信の在り方を模索していきたいと抱負を述べた。最後に、講演者・発表者及び参加者への謝辞を述べた。

補足 オンライン開催に至った経緯

令和 2 年度第一、第二四半期には、海外在住の登壇者を日本に招聘し、東京都内での会場開催を前提に準備を進めた。しかしながら第三四半期において、新型コロナウイルス感染症の先行きが見えないことから、海外在住の登壇者による話題提供と討論はオンラインで行い、一般参加者も会場参加とオンライン参加を選択できるハイブリッド方式に変更した。さらに第四四半期初めには、東京都および近隣 3 県に緊急事態宣言が発出されたことから、司会者と同時通訳および事務局のみが会場から参加するオンライン方式にて実施した。

5.2.2 海外ワークショップ

テーマ: ベトナムと日本における自然災害と防災対策の取組み

開催日時: 2020 年 12 月 23 日 (水) 15:00~17:30

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

共催: ベトナム森林科学アカデミー

開催趣旨

ベトナムと日本は、ともに急峻な山地と長い海岸線を有するとともに、台風による集中豪雨や高潮、海溝型地震に伴う津波の被害を受ける、といった地理的・気候的な共通点があり、防

災・減災技術が研鑽されてきた歴史がある。

同国際ワークショップでは、両国からそれぞれ森林地域における自然災害の実態とその対応策について紹介するとともに、森林による防災・減災技術の開発のニーズと可能性について議論を行った。

プログラム

- 15:00 開会挨拶・趣旨説明:国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター 平田泰雅
- 15:05 来賓挨拶:林野庁 計画課 海外林業協力室長 山崎敬嗣
- 15:10 基調講演:ベトナム森林科学アカデミー 校長 フォー・ダイ・ファイ教授
- 15:15 発表 1「山地災害と防災対策」 ベトナム森林科学アカデミー フー・タン・フォン部長
- 15:35 発表 2「日本で起きている山地災害のタイプとそれに対する調査・研究」 森林総合研究所 森林防災研究領域 山地災害研究室長 岡本隆、村上亘、古市剛久
- 15:55 質疑応答
- 16:00 発表 3「沿岸地域の災害と防災対策(マングローブ)」 ベトナム森林科学アカデミー ングエン・トゥイ・ミー・リン
- 16:20 発表 4「高潮災害とマングローブの役割:マングローブ林の保全と修復の必要性について」 森林総合研究所 東北支所 森林環境研究グループ 小野賢二
- 16:40 質疑応答
- 16:45 全体討論「防災・減災技術開発と対策のニーズ」
- 16:55 まとめ・閉会挨拶:国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター 平田泰雅

5.2.3 事業成果普及のためのワークショップ

概要

当年度は、本事業による取組成果や収集情報について共有するため、潜在的な実施者である民間企業等を対象とした勉強会形式のワークショップの開催を計画していた。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の影響で、従来の方法でのワークショップができなくなったこと

から、「日本における自然災害と防災対策研究の取組み」と題するウェブセミナーを開催した。森林防災研究領域の岡本隆、村上亘、古市剛久が「日本における土砂災害 実態、調査、及び対策」と題する講演を作成し、YouTube の森林総研チャンネルで公開すると共に、REDD プラス・海外森林防災研究開発センターのメーリングリスト等で広く周知を行った。この講演には令和 3 年 3 月 22 日までに、157 回の視聴があった。

講演内容

日本は、急峻な山地と長い海岸線を有し、台風による集中豪雨や高潮、海溝型地震に伴う津波の被害を受ける、といった厳しい地理的・気候的条件があり、治山技術の開発が必要とされ、開発されてきた。森林総研では、日本における自然災害の実態と対応策の現況について紹介し、森林による防災・減災技術の開発をどのように行っているか、またその今後の展望について解説した。

5.3 ヘルプデスクの設置・運営

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・問い合わせ対応を開始した。国内外から、気候変動や REDD プラスに関連する問い合わせがあり(問い合わせ元の属性と件数: 商社 2 件、他独法 2 件、マスコミ 1 件、政府機関 5 件、一般 1 件)、それぞれ関係する研究者が対応した。(海外森林防災に関する問い合わせは無かった)

5.4 インターネットを通じた情報提供

5.4.1 ホームページの運営・管理

REDD プラス・海外森林防災研究開発センターの発足を受け、REDD 研究開発センターのウェブサイト(日本語版・英語版)に、森林による防災・減災に関する情報を合わせて、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。

5.4.2 森林総研チャンネルによる動画の公開

5.2 で報告した、国際セミナー、海外ワークショップ、事業成果普及のためのワークショップの動画のそれぞれを、森林総合研究所の YouTube サイト森林総研チャンネルにおいて公開した。

国際セミナー「森林による防災・減災の可能性を探る」

<https://www.youtube.com/watch?v=YC8myDTTF6s>

International Seminar「Exploring the potential of forest-based disaster risk reductions (F-DRR)」(Eng)

<https://www.youtube.com/watch?v=yTlk0nBqTEY&t=17s>

国際ワークショップ「Natural disasters and risk reduction measures in Vietnam and Japan」(全編英語)

https://www.youtube.com/watch?v=r0_s7LbB5IE

「日本における自然災害と防災対策研究の取組み」

<https://www.youtube.com/watch?v=CF8q2M-nAfE&t=10s>

5.4.3 メールマガジンによる情報提供

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。

卷末資料

令和 2 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 2 年 7 月 9 日(木曜日)13:00-15:30

場 所:ウェビナー

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)

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・ブ
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)

森田隆博 (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))

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)

3. 森林総合研究所

平田泰雅 (REDD 研究開発センター長、研究ディレクター)

大丸裕武 (研究ディレクター)

岡本 隆 (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)

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）
岡本 透（関西支所）
志水克人（森林管理研究領域）
藤間 剛（国際連携・気候変動研究領域）
江原 誠（国際連携・気候変動研究領域）
小野賢二（東北支所）
道中哲也（東北支所）
倉本恵生（森林植生研究領域）
森 大喜（九州支所）
井上泰子（国際連携・気候変動研究領域）
杉元倫子（国際連携・気候変動研究領域）
田中良平（国際連携・気候変動研究領域）
所 雅彦（国際連携・気候変動研究領域）
小池信哉（国際連携・気候変動研究領域）

（以下、敬称、肩書略）

<開会>

○事務局(平田)

・本日は、令和 2 年度森林技術国際展開支援事業第 1 回運営委員会にお集まりいただき感謝する。運営委員会の開催に先立ち、今回の豪雨で亡くなられた方々のご冥福をお祈りすると共に、被災された方々の一日も早い復興をお祈り申し上げます。さて、新型コロナウイルスの蔓延と共に新しい生活様式が求められ、このようなウェブでの運営委員会開催となった。対面でやる会議とは異なり、うまくいかないことがあるかもしれないが、積極的にご発言いただきたい。現在、気候変動の影響が顕在化しており、今後、これまでにない事態を想定した対策が必要になっていく。政府でも気候変動と防災をセットで考える必要があるとして、その戦略を打ち出している。今回、実施する事業は、アジア地域において、気候変動下における防災を森林の持続的な管理を通じて実現することを目的にしており、防災に関する我が国の森林技術やノウハウを用いて途上国の防災力を向上させ、アジアにおける我が国の貢献に繋がるものと考えている。また、国連が打ち出している SDGs の目標達成に向けても重要な科学的知見を提供できると考えている。本日は、今年度の事業実施に関して、私たちが林野庁に提案した内容について説明させていただく。それぞれの専門のお立場から、忌

憚のないご意見をいただきたい。

2. 林野庁挨拶

○林野庁(山崎室長)

- ・委員のみなさまにおかれましては、ご多忙の中、委員を引き受けていただき、また、本会議に出席いただき感謝する。そして、森林総研のみなさまにおかれましては、本事業を精力的に進めていただき感謝する。この森林技術国際展開支援事業は、本年度から開始する新しい事業である。気候変動の影響により世界的に気象災害の激甚化が見込まれている中、我が国の治山技術やリモートセンシング技術を途上国の防災、減災に適応し、技術の普及、そして我が国の森林技術者の育成を行っていく事業である。これにより、日本の民間企業などが森林技術を海外展開できる体制整備にも繋がっていくと考えている。本年度は、新型コロナウイルス感染症により、あらゆることが影響を受けている。本事業においても、これまでに経験のない状況で事業を進めていかなければならず、いろいろと工夫をしながら対応していく必要がある。委員のみなさまからは、通常の技術的なアドバイスに加えて、こうした観点からも幅広いご助言をいただきたい。

3. 委員の紹介

○事務局(杉元)

- ・本日は、6名の委員が出席である。

4. 令和2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。

○事務局(平田)

【資料3「事業全体概要」に基づいて説明】

○森田委員

- ・まず、今回の事業は、コロナについての貢献があるのか。開発した技術を実装するにあたって、コロナの社会の中でどう対応していったらいいのかを合わせて考えられるといい。また、事業の最終目的のイメージを持てたらいいと考える。SDGs と仙台防災枠組への言及があったが、これらの 2030 年のゴールを念頭において、この事業が 2025 年に出すべきものの具体的なイメージを持ちながら進めていけるとよい。最後に、この Eco-DRR の中で開発された技術が世界を見ても日本独特のもので、日本の経験と英知が結集されていると整理すると、国際社会に発信する際に非常にインパクトがあると思う。NHK-BS の番組「英雄たちの選択」で治水事業が取り上げられ、天竜川の治水のために植林を推進したという経験が紹介されていた。こういう日本の江戸から令和にかけてのグッドプラクティスを念頭に置いて事業成果を世界に発信すると、日本には経験があるということを知っていただけたらと思う。

○宮城座長

- ・「4-2 プロジェクト実施のための技術的課題の解決」の説明をお願いします。

○事務局(大丸)

【資料4「途上国の森林の減災・防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】

○水野委員

- ・まず、5 年間もあるので、全体の目的について、最初によく考えることが必要だ。資料 3 の 6 ページ「取り組むべき課題(目的)」には実際にやること書いてあるが、目的ではない。また、これまでは過去の災害のデータに基づいて必要な対策を考えてきたが、これからは気候変動の影響を考えた将来シナリオを踏まえて対策を打っていかなくてはならない。国土交通省でも、防災戦略を作るときに将来シナリオを重視していくという大きな判断があった。だから、途上国の調査をするときには、過去のスタティスティックスのみに基づいて影響を見積もるとことはしてはいけない。いかに将来の気候変動に関する影響調査、分析を行うかを精査をした上で事業を進めることを考えなくてはならない。

○真弓委員

- ・私は別件でベトナムに関わっているが、情報収集が、当初考えていたよりも非常に難しかった。

た。過去の災害履歴が整理されたデータとして残っていない。欲しい情報を探しても、私たちが欲しい形で受け取れない。だから、情報収集される際には、あるものを集めてこようというだけでなく、初期の段階から、災害が起きたらこういう情報を取りなさい、必要な情報はこれで、調査票を災害毎にきちんと整理してもらいたいとカウンターパートに伝えるとよい。5年間、同じ、正しいフォーマットでデータが揃うだけでも非常に貴重なデータになるので、すでにある情報を集めるだけでなく、みなさんが必要とされているデータを彼らに集めてもらうという積極的な情報収集をされるといいと思う。

○森田委員

- 今の真弓委員のコメントに関連するが、JICA もベトナムで防災戦略策定調査を 2018 年に実施したので、そのレポートや調査従事者の話を聞くとやりやすいかもしれない。あと、ベトナムでは、省を対象にして総合洪水対策計画を作ったが、残念ながら、その中に Eco-DRR はほとんど明示されていない。カウンターパートの農林水産省でも河川系と森林系に分かれていて、基本的に河川系が防災計画を作ったため、森林系の発想がなかなか入らなかった。省の局間の壁も高いので、防災計画の全体と、個別の流域計画に、どうやって Eco-DRR を反映させるのかを含めて調査すると有益だと思う。

○宮城座長

- 各委員のご意見はもつともである。情報収集は、次の技術開発のリモセンなどにも繋がってくるので、とても大事である。もう一つ、大事なことは、ターゲットとするものをコミュニティと考えるのか、それとも Province や City などの少し大きな政府の枠組みと考えるのかである。話を聞いていると、政府対応と考えていると思えるが、コミュニティや地域レベルの情報は、また別な話と考えてよろしいのか。

○事務局(大丸)

- まず、最終的なターゲットは地域の人が安全に暮らせるということであり、それが非常に重要である。本事業は林野庁の事業であり、基本的には公的なところを狙うが、それは意識していきたい。そして、ビジネスの転換に繋いでいくということも想定してやっていきたい。また、気候シナリオについては、その段階で想定されているものを踏まえた上で、どの国で、どのような気候変化が起きるかを踏まえておきたい。あと、真弓委員のご指摘はもつともであり、今回のカウンターパートとして向こうの大学、研究所には、そういう災害提起の重要性をきちんと伝えていきたい。さらに、JICA の方にもお話を伺いに行きたいと思っており、いろいろ

な情報とご助言をいただきながら情報収集をしていく。

○宮城座長

・「4-3 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」の説明をお願いする。

○事務局(岡本)

【資料5「4-3 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」に基づいて説明】

○事務局(岡本)

【資料6「4-3 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 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】

○事務局(村上)

【資料7「4-3 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 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】

○事務局(小野)

【資料8「4-3 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 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】

○長委員

・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ついて伺う。全体の目的から、この事業はパイロットプロジェクトと理解しているが、最終的には、どの程度、リスクマップを他の国や地域で汎用できるのか。このリスクマップは比較的容易に作れて、他のセクターが利用できるようになるのか。植林事業、森林再生の事業をいろいろなセクターがやっているが、NGOなどには知見も情報も少なく、身近な現地のカウンターパートがここはいいというところから始めたりする。また、生物多様性の分野では、ホットスポットであることを理由にファンドレイジングをして活動することがある。森林再生でも、リスクマップを作成することで、いろいろなセクターが、特にNGOがファンドレイジングをしながら活動できるようになれば、この事業自

体に大きな意味が出てくると思う。

○事務局(村上)

- ・今年度は主に崩壊地を中心にするが、今後は森林の土地利用の変遷と崩壊との関係についても調べ、そしてリスクマップを作成する予定である。作成したリスクマップが他の地域で汎用できるかどうかはまだ明確に答えられないが、ベトナムでどういったものができるかがわかれば、他の地域でも使えるプロトタイプができると思う。また、リスクマップの作成は最終目的ではなく、たとえばホットスポットも含めて、コストとリスクを組み合わせる地域をゾーニングし、そのゾーニングの中で森林再生事業をするのであれば、こういった部分に注意しながら進めたほうが良いといった指標になればよいと考えている。

○太田委員

- ・4-3-2)ではセンチネル2を使って分析するが、マングローブではランドサットを利用している。森林管理マップを作るのであれば、早期の変化がわかった方がよいので、ランドサットを使う方がよいのではないか。今回、センチネル2を使う理由は何か。

○事務局(平田)

- ・この防災関係においては、崩れ方に関しては、より高分解能なデータの方が良いという当然の要求がある。一方で、途上国で利用するときには、費用がかかると実際に途上国に導入できないということがある。そこで、間をとって、2)ではベースにセンチネルを使うことになった。それに対して、マングローブでは、1980年、あるいは1990年くらいからマングローブを植林した結果を見るので、植林当時の衛星画像としてはランドサットしかない。ベースはランドサットで考えて、それにセンチネルやドローンを組み合わせていく。また、グーグルアースエンジンを使うと時系列でより長いものが見られるので、モデルを作成する中でうまく活用できれば、それも使っていきたい。

○事務局(大丸)

- ・土地利用の変化は、次年度以降に、かなり分析していく。その際には、太田委員のご指摘のように、土地利用との解析を考えるとところではランドサットを活用していくことになると思う。

○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。

○事務局(藤間)

【資料9「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」に基づいて説明】

○森田委員

- ・この事業でいろいろ開発した技術やデータを国際的なデータやプラットフォームにのせていくと、より長期間、使えると思う。たとえば、文部科学省が進めている DIAS などに、リスクマップやデータをおいて活用していくことを考えていただけるといいと思う。

5.全体討議

○真弓委員

- ・情報発信のプログラムを見ている限り、情報を受け取る相手を考えると、国内に目が向いているようだ。今回、パイロットサイトとしてベトナムを選んで、いろいろな活動をするが、ベトナムの位置付けはあくまでモニターであって、ベトナムに治山技術を移転することを考えてはいないのか。

○事務局(平田)

- ・この林野庁の事業は、国内の技術者に資する情報や技術を提供する、あるいはそういった技術を開発することが、一つの大きな目標である。森田委員からご指摘があったように、もちろん、海外に向けて情報をきちんと発信する、国際的なものにのせていくことは、今後、成果が上がっていけばやっていきたい。実際、以前の事業でも、気候変動枠組条約のウェブサイト到我々の研究成果の情報を公表していく取り組みを行ってきた。また、技術移転については、本事業の規模からいっても、ODA 目的ではないという予算使途からいっても、技術移転は次の段階だと思う。ただ、より新しい技術、また、今まである治山技術などをうまく集約し、JICA や民間 NPO が入っていくときに使える技術として整理することが本事業でやっていくことである。

○長委員

- ・最終的には、いろいろな方々への汎用性が大事だと思うので、コロナウイルスの状況でベトナムに行けない場合には、国内の NGO や企業、団体等にヒヤリングをして情報を集めるこ

とも検討していただきたい。

○事務局(平田)

- ・現在、調査、分析で、ミャンマー、インドネシア、ベトナムで事業を展開してきた方々へのヒヤリングを想定している。それと合わせて、AIT や CIFOR などの国際機関などとウェブを介しながら情報収集をしていきたい。

○太田委員

- ・リモートセンシングの技術を提供することが重要だと思うので、AI などの技術ができれば、それをオープンにするなどできると非常にいいと思う。特に、今回、グーグルアースエンジンは誰でも無料で使えるので、いろいろな人が使える仕組みを提供していただきたい。

○水野委員

- ・何点か、指摘をさせていただく。まず、将来の気象リスクを考える必要があるが、リスクマップでも、一番に将来の気象災害の影響を心配する記述があり、気象リスクの将来変化を十分に念頭においていると思う。ただ一方で、たとえば、資料 7 の 4 ページでは、過去のデータだけに基づいてリスクマップを作るようにも読める。やはり、将来、大きくなるリスクをどう入れ込むのかも考えていただきたい。それから、リスクマップや DIAS にのせることそのものを技術の開発の目的にするのではなく、最終的に防災の観点から森林技術をどのように生かしていくのか、普及するための条件や課題を含めながら考えて欲しい。さらに、海外に普及する場合に気をつけるべきだが、簡単に言うと、教えてあげるよというようなニュアンスが出やすい。しかし、いまの気候変動枠組や防災枠組では、ローカルナレッジを如何に生かすか、コミュニティのエンゲージメントを如何に確保するかが盛んに議論されている。海外に出すときには、地域をリスペクトし、寄り添っていることを強調することが大事である。最後に、防災機能と同時に水源涵養や生態系保全などの森林の機能も重視することが重要であり、森林の付加価値をも十分に考慮に入れた、取組を進める必要があると思う。

○事務局(平田)

- ・まず、気候変動モデルを入れてリスクを考えていくことは、大丸の説明のように、我々もそのように進めていきたい。また、当然、地域でのリスクに対する調査は、この技術開発の中でも進めていく。最初の調査、分析は、さらに大きな枠組みの中で、国レベルで、もっと広いアジアのレベルで、あるいは島やインドシナ半島といった違いの中でどういうリスクがあるのかを調

査、分析して、地域でのモデル開発を進めていきたい。それから、ベトナムと話を進めて MOU を結び、アグリーメントを結ぶ段階においては、具体的にこういうものを開発しようということになる。このときに、日本の技術を強調しすぎないように注意しながら進めていきたい。最後に、コベネフィットは、現在、どの政策でもそのとおりであり、SDGs のいろいろな目的をうまく組み合わせて資金を統合し、対処しなければならないので、ご指摘のコベネフィットを最大化することを強く意識しながら進めていきたい。

○宮城座長

- なぜベトナムなのかという意見があったが、ベトナムはいろいろな意味で代表性があると思う。また、今回、シナリオを作り、その成果の一つとしてリスクマップも出てくるが、なるほど思ってみなが使いたくなるようなシナリオを構築できるのかどうか、どうしたらよりわかりやすい明快なシナリオができそうかという予感を感じることができなかった。これから会議を重ねていくが、是非、誰もが納得するような明快なシナリオを作ることに繋がればよいと思う。

○事務局(平田)

- いろいろとご指導いただきながら、よりよいシナリオ作りを目指していきたい。

○林野庁(山崎室長)

- 林野庁として補足させていただくと、日本政府の ODA による途上国への技術移転は JICA 技術協力プロジェクトが主である。たとえば、インドでは日本の治山技術を生かしながらプロジェクトを実施しているところである。また、公的な支援をしていない国においても、先方の公的機関から日本の企業に対して治山技術を活用した要請があることも可能性として十分に考えられる。現状では、個々の企業が、我が国と異なる対象国の自然条件、経済条件、施工条件であることから、悪戦苦闘しているのが実情である。この国際展開支援事業において、途上国で日本の治山を生かす際に留意する点、こういう形でやるといいという点などについて座長がおっしゃるようなシナリオという形にまとめることができれば、日本の技術が、より世界的に活用されるようになるのではないかと期待している。本日は、みなさまからいろいろなご意見をいただき感謝する。

○宮城座長

- 討議を終える。

6.その他

○事務局(杉元)

- ・本日、みなさまには貴重な議論をいただき感謝する。本事業への支援を、引き続き、よろしく
 お願いする。

<閉会>

以上

令和2年度森林技術国際展開支援事業

第2回運営委員会

議事要旨

日 時:令和2年11月30日(月曜日)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:

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)

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）
岡本 透（関西支所）
小野賢二（東北支所）
道中哲也（東北支所）
藤間 剛（国際連携・気候変動研究拠点）
杉元倫子（国際連携・気候変動研究拠点）
井上泰子（国際連携・気候変動研究拠点）
江原 誠（国際連携・気候変動研究拠点）
田中良平（国際連携・気候変動研究拠点）
所 雅彦（国際連携・気候変動研究拠点）
小池信哉（国際連携・気候変動研究拠点）

4. オブザーバー

高原 繁（公益財団法人 国際緑化推進センター）
倉本潤季（公益財団法人 国際緑化推進センター）
浅田陽子（三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社）

（以下、敬称、肩書略）

<開会>

○森林総研(平田)

・本日は、コロナ渦の中、お集まりいただき感謝する。また、ネットでご参加のみなさまには、再びネットであるがよろしく願います。現在、森林総合研究所では、この事業を含むすべての事業においてリモートで事業を推進している。この技術開発の対象国であるベトナムとウェブミーティングを重ね、調査地の設定等を行い、ベトナムの方々をお願いしながら調査を進めていくところである。ご承知のとおり、気候変動、特にその適応は大きな社会問題であり、国の内外を問わず、我々が取り組んでいかなければならないものである。そのような中、林野庁の補助事業として受けている森林技術国際展開支援事業は、日本が持つ森林防災技術を海外に展開する一つのよい契機になると考えている。また、この事業を一つの事例では終わらせず、事業成果を気候変動枠組条約や IPCC へのインプットも含めて幅広く活用したいと考えている。本日は、みなさまの忌憚なきご意見をいただきたい。よろしく願います

る。

2.林野庁挨拶

○林野庁(山崎室長)

- ・委員のみなさまには、お忙しい中、対応いただき感謝する。また、森林総研のみなさまには、制約が厳しい中、いろいろと精力的にやっただき感謝する。さて、本事業は、我が国の治山技術とリモートセンシング技術を生かし、森林によって災害を防ぎ、被害を減災する働きを強化、開発するものである。これは、地球環境に一層の配慮をしていこうという国際的な潮流にしっかり合致しており、本事業の成果が日本の森林技術者に広まり、さらに海外支援のいろいろな動きに有効活用されることは非常に意義がある。本日の委員会では、森林の防災減災の機能強化に係わる課題の調査、分析、技術開発、情報発信などについて議論される。with コロナという言葉が定着している状況下で、最大限、事業効果が発揮されるよう、委員のみなさまのご助言、お知恵を賜りますよう、よろしく願います。

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2年度森林技術国際展開支援事業報告

○宮城座長

- ・「4-1 事業全体概要」の説明をお願いします。

○森林総研(平田)

【資料4「事業全体概要」に基づいて説明】

○宮城座長

・「4-2 途上国の森林の減災・防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(藤間)

【資料5「途上国の森林の減災・防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

・ベトナムでは、10年ぐらい前から *Acacia mangium* の植林が圧倒的な規模で進んでいる感じがする。この *Acacia mangium* の植林が斜面の安定にどれくらい寄与するのかに関する見通しや報告はあるのか。

○森林総研(藤間)

・*Acacia mangium* の植林は基本的にパルプ生産のためのもので、短伐期で伐採、収穫、再造林を繰り返す施行がされている。そのため、裸地になり、上木がなくなったときに大雨が降ると、非常に災害に弱い状況になると認識している。

○宮城座長

・ベトナムにおいて、植林と防災のアンビバレンツをどうしたら克服できるかという研究はあるのか。

○森林総研(藤間)

・問題点の指摘から入った研究例は、いくつか見たことがある。

○林野庁(山崎室長)

・資料4ページにあるFAOの事業は、FAOが山地のレジリエンス強化に関心を持って取り組んでいるということではなく、林野庁海外林業協力室が予算を取り、FAOへの拠出事業として始めるものである。FAOがFAOの名前でパイロットプログラムを行って成果が上がれば、途上国の幹部レベルが関心を持つだろうということで進めている。

・CIFORでは、DRR以外に、適応についてどのようなことをやっているのか。

○森林総研(藤間)

- ・CIFOR は、これまで森林に依存して暮らしていた人々の生活が気候変動により変わるという観点から、森林の大切さを伝えつつ、気候変動で周囲の条件が変わっても森林がセーフティネットとして機能するようにという考え方で研究を進めている。また、私どもが想定している植林による DRR に期待してはいるが、具体的な効果と一般化の点で詰めていくべきところがあると考えている。CIFOR は政策系の研究が中心で、バイオフィジカルなサイエンスをベースにして積み上げていくことを重視してこなかったことが響いていると思う。

○林野庁 (FAO 派遣中、小西氏)

- ・FAO は農業に関心があっても山地災害にはないので、山地にもっと関心を持ってもらうためのプロジェクトを開始したところだ。現在、対象地のフィリピンとペルーの事務所と打合せながら関係性を構築し、作業を進めている。活動は森林総研と類似したものがあるので、森林総研の意見をいただきながら進めていきたい。国際発信など、FAO だと比較的やりやすいこともあるので、FAO を活用していただきたい。

○宮城座長

- ・「4-3 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」の説明をお願いします。

○森林総研(岡本)

- 【資料6「4-3 途上国の森林の減災・防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 途上国の森林の減災・防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 途上国の森林の減災・防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 途上国の森林の減災・防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は、マングローブと陸域のよいカウンターパートとして選定したと思う。ただ、場所がベトナム北部であり、軍事的な網がかかっている可能性がある。その場合、ベトナム人は調査できても、外国人の立ち入りが厳しく制限されている可能性があるため、そのことだけを確認していただければ、あとはうまくいこう。

○森林総研(小野)

・今後のミーティングで確認する。

○眞弓委員

・調査地の Muong Gion で、UAV を使って地形情報を集めようとしている。日本では現地での実測の大事さが前提条件としてあり、その上で UAV から空間情報を取得するが、現地の方々は UAV で地形データを取ってしまえば実測は要らなくなると思っている節がある。カウンターパートと UAV の技術について議論されるときにも、UAV でできることはここまでで、そこから先の対策を考えるならば、UAV の取得データと現地とをすりあわせていくことの重要性も、あわせて議論するといい。また、雲がかかり、データをうまく取れなかったときがあるというが、一つのやり方として、5年なら5年分のデータを全部重ね合わせて一つの点群にしてフィルタリングすれば、一時的に雲がかかっている場合でも、他の年のデータでは雲がかかっていないこともあるので、案外、雲が取れるかもしれない。

○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」に基づいて説明】

5.全体討議

○宮城座長

- ・全体討議に入る。

○太田委員

- ・土砂災害からマングローブに至る幅広い内容から情報発信まで、様々な検討が行われていることがよくわかった。なお、この崩壊斜面リスクマップの抽出率はどれくらいだろうか。また、資料 11 ページでは、雲がかなり崩壊として検出されているようなので、これからの技術開発でどうなるのかという印象を受けた。

○森林総研(村上)

- ・眞弓委員と太田委員から指摘いただいたように、一年間のスパンでは雲を取りきれないことがあったので、より長期間の対応をしたい。また、崩壊地の抽出率は、現在、検証しているところで、後日、回答させていただきたい。

○森林総研(平田)

- ・眞弓委員のコメントにも関係するが、この課題では時間スケールをどう置くのかが非常に重要になってくる。実際に発生したタイミングでは細かい時間スケールが必要になり、モデルを作るなら長期の時間スケールでも大丈夫である。現在はセンチネルだけでやっているが、空間スケールを粗くしてランドサットを間に被せるなどの技術的なことを加えることによって、雲の問題を解決できるかもしれない。特に雲と雲の影とが誤分類を発生させやすいので、それに関する技術開発ができればよい。我々のグループは、途上国と情報を共有する上で親和性が高いグーグルアースエンジンをなるべく活用しようと考えている。その一方で、割と小規模の崩れまで見つけ出すには、ある程度の分解能のものが必要になってくる。しかし、人命や社会インフラに影響を及ぼさない崩れは、必ずしもすべてを精度よく検出する必要はない。防災減災という観点から必要なスケールを、これまでの事例を含めて検討できればよいと思う。

○長委員

- ・DRR に適したマングローブとして、どのような樹種を推薦するかを研究の中で考えているか。

○森林総研(小野)

- ・DRR に適した樹種というのは、なかなか答えにくい。マングローブは、地盤高と冠水頻度によ

って、そこに適した樹種がある。パイオニア樹種のメヒルギ (*Kandelia*) やヤエヤマヒルギ (*Rhizophora stylosa*) を最初に植えて地盤を形成しないと、ザイロカルプス (*Xylocarpus*) やオヒルギ (*Brugiera*) は定着しにくい。また、沿岸では植生がないと平時の潮汐でも国土が浸食されるので、まず養殖池等で破壊されたマングローブ林にパイオニアの樹種を地盤高に合わせて入れていくことが非常に重要である。さらに、60年代以降、養殖池への転換によって地形ごと変えてしまったところをどう修復するかも重要な視点である。今回、提案した Xuan Thuy 国立公園は 1 万 5 千 ha という広大な面積といろいろなステージのマングローブ林があるため、自然地形と転換したところとの比較ができる。今年度は基礎情報を押さえ、来年度以降に地盤を形成する能力が高い樹種を科学的に明らかにできれば、この課題の中でも有益な情報になる。

○長委員

- ・オイスカは、1992 年から防災減災を考えてマングローブ植林を始めている。パイオニア樹種の中で *Rhizophora* は土壌をキャッチし、災害時にブロックする力が高いという事例があったため、我々はなるべく *Rhizophora* を植えている。逆に、ニッパなどは台風時に根こそぎ飛んで家を襲ったことがあり、DRR として問題がある。まず地盤をしっかりとさせるということには全く異論がなく重要だと思うが、その上で樹種を考えていただきたい。陸上でも、フィリピンで *Acacia mangium* を植えたが、2013 年の台風で長い枝が擦れ合って、8 割くらいを失った。その後、在来種の風に強いという樹種を植えたところ、台風に強い木々になった事例もある。樹種は重要な要素だ。

○西村委員

- ・調査分析において、JICA においてもこれまでの経験があるので、是非、情報提供させていただきたい。Eco-DRR の他、各国の防災や災害に関する調査報告書等があり、ベトナムでも 2018 年に基礎情報収集の報告書があるのでご参考いただきたい。
- ・民間企業でも、近年、災害や気候変動による事業への将来的リスクが注目されている。いろいろな中長期的リスクを見る関係で、民間企業から JICA に海外の途上国の情報が欲しいというアクセスがある。こういった観点から、紹介のあった「森から世界を変える REDD+プラットフォーム」では、情報提供の場を提供してきたが、マングローブに関しても、新たなプラットフォームづくり、様々なステークホルダーをつなぐ場を提供したいと考えている。現在、JICA では同プラットフォーム構築に向けて、マングローブの保全と持続的な利用のための連携事業に関わる調査実施を準備中であり、委託契約に向けて作業を進めているところで

ある。こういった情報収集をしつつ、新たなプラットフォームにおいては、是非、こちらの研究とも連携し、情報交換をしていきたい。

○眞弓委員

- ・ベトナムでは、斜面崩壊と共に土石流とフラッシュフラッドが非常に大きな土砂災害として位置づけられているので、土石流とフラッシュフラッドについても情報を収集していただきたい。私が見た事例では、まず土石流が起きて従来の河道を埋め、その直後に起きたフラッシュフラッドが広域に周辺の集落を襲うという形で複合災害が起きていた。時系列を追って聞き取りをすると、ベトナムの実際のニーズが見えてくるかもしれない。
- ・ベトナムでは、山を林業として見るだけでなく、耕地として積極的に利用するケースが多くある。そこで、日本の治山技術、森林整備技術の活用を考える際に、アグロフォレストリーに関する研究にもポイントを置いて調べるといいと思う。このプロジェクトの中で、治山技術とは何かをよく考える必要がある。私は、現場を丁寧にみる技術が治山技術だと考えている。小規模な斜面の一つ一つに現地対策をしていく、山の一つ一つの斜面に向き合うことが治山技術の根幹にある。また、課題解決能力の高さが日本の治山技術者の優れている点だと思うので、ベトナム側に課題を出させて、それに対して日本の治山技術者たちが、それについてリアルタイムで、ダイナミックにディスカッションできる場があると、本当の意味での良さが伝わると思う。

○森林総研(岡本)

- ・眞弓委員のコメントのとおり、治山技術に関して一方的に施設を入れる、あるいは最先端のものを持っていくことは本プロジェクトの本筋ではなく、また相手側にも受け入れられないものだとして理解している。現場を丁寧にみることと、古くから伝わる日本の治山技術として、それほどお金をかけなくても十分に役立つ技術を相手側にうまく輸出したい。
- ・フラッシュフラッドは、多くの文献情報で目にしていて。斜面崩壊とは別の被害であるので、これは注視していかなければいけない。ただ、難しいのは、ベトナムでは洪水と土石流の区別があまりされておらず、すべてフラッシュフラッドで片付けている。眞弓委員がご指摘のように、複合的に起きているところもあるので、その見極めもこの課題の中で見ていきたい。

○水野委員

- ・まず、大変な中で苦労されながらも着実に成果を出されていることはすばらしいと思う。しかし、この成果を他の地域でも生かしていく視点を持つことが重要だ。たとえば、4-3-3ではマンガ

ローブ保全のための技術的指針の策定で汎用性を念頭に置いているが、リモートセンシングでは、ある地域の傾斜崩壊のリスクマップ作成になっている。それは大事だが、たとえばリスクマップ作成のための技術的指針の策定など、今回の経験を他の地域に展開するための有効な知見にまで繋げれば、より意義が深まるだろう。

- 気候変動に伴う災害の増加を背景にして過去のヒストリカルデータだけに基づいてリスクを推定し、何らかの対応を推奨することも重要ではあるが、気候変動に伴って過去のトレンドの外挿だけではうまくいかないことが一般的な共通認識になりつつあるので、いかに将来リスクを反映するのかについての意識を持つことは重要である。
- 国際動向分析等をするにあたって、すでに行われているものの中で将来の気候リスクを含めた森林の活用に取り組んでいる事例も合わせて分析することは重要だ。ただ、国際機関等のヒアリングをする際に、基本的に森林というレンズからだけで機関が選ばれている感じがする。このプロジェクトの目的から森林というレンズが中心になるのはいいが、その他の重要なレンズとして気候変動や防災がある。その意味では、アイチャムノなどとも議論していくといい。気候変動でもいろいろな議論があり、森林機能を強化することで防災や他の機能を高めるプロジェクトがいろいろ行われているが、その中には気候変動の将来予測についての情報が入っていると思う。最初の内から、将来のデータを含めて考えていく必要がある。
- 情報発信は非常に重要だが、技術を持っている側へ出す情報と技術を受け取る側への情報は、本来、違うはずなので、このことを念頭に置くべきである。また、特に国際展開を考えると、自分たちだけで発信するのではなく、国際的なネットワークをいかにうまく利用するかも考えるとよい。

○森林総研(平田)

- 気候変動は、将来予測も含めて非常に重要だと考えている。今年度から始まった環境省のS-18で、気候シナリオを組み込んで災害を予測することを始めている。また、ベトナムでは、たとえば降雨があったときにどういう災害が起こるのかが、まだ整理されていない。モデルを走らせるには状況を正確に把握しないと将来予測が非常にあやふやなものになってしまうので、まず、どういった状況でどういう災害が発生するのかということから始めたい。また、情報発信として、たとえば海外向けには環境省のAP-PLATなどに情報を提供することも考えていきたい。また、我々のホームページのターゲットを整理しながらやっていくと同時に、技術解説書でもそれを読む人を整理しながら開発していきたい。

○森林総研(岡本)

- ・土砂災害の中に気候変動を組み込む上でもっとも重要なことは、極端な現象が、どのくらいの強さで、どのくらいの頻度で起きるかということである。これがわからないと、出てきた結果に対する信頼性が担保されない。もしそういうものが得られれば、積極的にモデルの中に情報を組み込んでいきたい。また、ご指摘のとおり、リスクマップをベトナムだけで終わらせるのではなく、他の途上国にも生かしていくことは重要だ。リスクマップの要素には、世界のどこでも普遍的なものと世界各国でローカルなものに分けられると思う。これらをきちんと分けてまとめていければ、将来、他の国にもうまく生かしていけると考えている。

○宮城座長

- ・討議を終える。

6.その他

○森林総研(杉元)

- ・本日、委員のみなさまには貴重なお時間をいただき感謝する。引き続き、ご支援をよろしくお願いする。

<閉会>

以上

令和2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3年3月15日(月曜日)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(*印はオンライン出席者):

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)

大丸裕武 (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)*

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)*
岡本 透 (関西支所)*
小野賢二 (東北支所)*
道中哲也 (東北支所)*
森 大喜 (九州支所)*
藤間 剛 (国際連携・気候変動研究拠点)
杉元倫子 (国際連携・気候変動研究拠点)
井上泰子 (国際連携・気候変動研究拠点)
江原 誠 (国際連携・気候変動研究拠点)*
田中良平 (国際連携・気候変動研究拠点)
所 雅彦 (国際連携・気候変動研究拠点)*

(以下、敬称、肩書略)

<開会>

○事務局(平田)

・本日は、新型コロナウイルスによる緊急事態宣言が延長されている中にも関わらず、運営委員会にご出席いただき感謝する。本事業において、我々は海外での調査とイベントを予定していたが、新型コロナウイルスによる渡航自粛のため、現地、あるいは国際会議において事業を進めることが非常に難しい状況になった。しかし、それでも、ウェビナーで国際セミナーを開催し、また、ベトナムのカウンターパートとの密なウェブ会議を通して調査内容を決め、予備調査を行うことができた。特に、カウンターパートのベトナム森林科学アカデミーにドローンを使った現場の三次元写真を撮っていただき、詳細な現地情報を手に入れることができた。また、地域住民との会合も開いていただくなど、できる範囲で最大限のことができたと考えている。本日は、情報収集と分析、技術開発、普及啓発の三つについて、各担当からご説明させていただく。この一年間の総括に対してアドバイスをいただき、本事業を進めていく足がかりにしたいので、忌憚なきご意見をよろしく願います。

2.林野庁挨拶

○林野庁(山崎室長)

- ・委員のみなさまには、年度末のお忙しい中、ご参集いただき感謝する。また、森林総研のみなさまには、コロナ禍の中、いろいろと工夫して事業を進めていただき感謝する。12月のベトナムとのワークショップと1月の国際セミナーにおいて、海外の参加者を交えて有意義な意見交換ができた。新型コロナウイルスの流行が始まってから一年を経て、復興として単に経済回復を行うだけでなく、地球環境問題の解決も同時に行おうという国際的な動きが強まっている。その中での優先課題は気候変動対策であって、我が国を始めとする多くの国々がカーボンニュートラルに向けた宣言をしている。また、12月に開催された国連の気候野心サミットでは、**Race to Resilience** という2030年までに気候変動リスクに対して脆弱な40億人の生活と暮らしを守るためのイニシアティブが立ち上がった。本事業のように、森林を活用した防災、減災によって自然災害のリスク低減を図る試みは重要なものである。本日は、本年度の事業成果について、委員のみなさまの幅広い視点から、評価できる点や改善する点などについてご意見を積極的にいただきたい。よろしく願います。

3.委員の紹介

○事務局(杉元)

- ・本日は、6名の委員が出席である。

4. 令和2年度森林技術国際展開支援事業成果報告

○宮城座長

- ・「事業全体概要」の説明をお願いします。

○事務局(平田)

【資料4「事業全体概要」に基づいて説明】

○宮城座長

- ・「途上国の森林の減災・防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。

○事務局(大丸)

【資料5「途上国の森林の減災・防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 途上国の森林の減災・防災等の機能強化に資する技術等の開発」の説明をお願いします。

○事務局(岡本)

【資料6「4-3 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」に基づいて説明】

○事務局(岡本)

【資料7「4-3 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 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】

○事務局(岡本・村上)

【資料8「4-3 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 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】

○事務局(岡本・小野)

【資料9「4-3 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 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

・「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。

○事務局(藤間)

【資料 10「4-4 事業成果・治山技術に関する情報発信」に基づいて説明】

5.全体討議

○宮城座長

- ・セミナーとワークショップに対するコミットが非常に活発であるにも関わらず、ヘルプデスクやネットを通じた情報提供の使われ方、注目度に大きな差があると思う。もしかすると、今の時代の大事なところを示しているような気がするので、これからの見通しを教えてください。

○事務局(藤間)

- ・まだ、具体的な見通しはないというのが正直なところである。セミナー等の出席者数やウェブサイトへの訪問者数、ダウンロード数は出てくる。しかし、どういう反応があったのかをきちんと把握してフォローしていくことは不十分だったと思う。今後、フィードバックをどうするかについて考えていかなければならない。

○事務局(平田)

- ・宮城委員から重要な宿題をいただいた。ホームページにヘルプデスクのバナーはあるが、セミナーの案内とヘルプデスクがリンクしているわけではない。また、ホームページのヘルプデスクから質問することはハードルが高いという気もする。今までのやり方でヘルプデスクを続けているが、どうすれば我々と双方向に繋がりがやすいのか、どういう工夫ができるのかを探してみたい。

○宮城座長

- ・原則論的にものを考えると、森林技術の国際展開というタイトルにあるとおり、木を植える、森を管理する、そして斜面をトリートメントするということは、これからの **Eco-DRR** にどんぴしゃりの課題であることは論をまたない。その論をまたないことにクリーンヒットするようなフレーズで世界に訴えていくことは、なかなか難しい。キラーフレーズをどのように情報発信に繋ぎ、エビデンスをどう位置づけていくかをマネージするレベルでもう少しクリアできれば、当たり前のことを今更やることはやはり必要だということを内外に示せるし、すごく期待している。

○長委員

- ・マングローブの発表は、非常にわくわくする経年変遷の話だった。その発信の仕方とも絡むが、2013年の台風ハイエンの復興支援で、レイテ島東海岸でマングローブと海岸林の植栽

を行った。しかし、現地からどこに植えていいかわからないというのでグーグルアースを見て、それをもとに調査に行き、だいたい当たっていた。今回のような知見を生かして、こんなところが適地であり、こういうところは海岸の状況がよくないというようなセミナーを開いていたとき、それを YouTube にして、英語字幕や吹き替えをすれば、全世界で必要なときにその知見にアクセスできる。ヘルプデスクでは問い合わせしにくいかもしれないが、何かを調べてみようという時に YouTube で参考になることもある。研究が最終段階に入ったら、是非、ご検討いただきたい。

○事務局(平田)

- ・我々も、何かを調べたいときに YouTube を使っている。衛星データを集めたときに、1975年にはマングローブがなかったところが、今はマングローブに変わっている。また、いったんマングローブになったところが開発されたりして、思っていたよりも非常に短いタイムスケールで土地利用変化が起きていた。こういった知見を集積しながら、横展開できればいいと思う。長委員から、まず日本語で作って英語に変えるという非常にいいアイデアをいただいたので、それも参考にしながら進めていきたい。

○眞弓委員

- ・私に対応しているアフガニスタンのプロジェクトでは、アフガニスタンの国民に DRR を意識付けしていくプロセスの中で、現地の彼らが私たちから得た知識を自分たちでかなり短いコマースシャルフィルムに仕上げ、それをどんどん放送した。それはとても効果があったと、非常事態省からのコメントもあった。今はどこに欲しい情報があるかわからない段階だと思うので、まずは、こういうものがある、これは非常に大切だということを短いフレーズで網羅的に印象づけ、国民に伝えれば多種多様な分野の方々がやれるかもしれないと手を上げるかもしれない。

○宮城座長

- ・ベトナムのラオカイで、斜面災害について小学校の子供達にまず教えようとなった。なぜなら、山地には言語がベトナム語ではない人がかなりいて、ベトナム語で話しても通じないからだ。そこで、紙芝居を作ることにした。紙芝居を小学生に見せて、それをプリントしてノートに貼り、みんなに配るということをやった。しかし、眞弓委員のアフガニスタンの人たちはまったく逆で、上から網を被せるということなのだろう。すごくビックリした。私は、すぐに真似をしたい。
- ・斜面災害の話とマングローブの話には、共通したことがある。それは、タイムスケールが非常

に小さいということだ。短いスパンで、いろいろな現象が早く進む。我々は、このことにすごく気をつけなければいけない。マングローブでは、特にインドから西側の半乾燥地域で大きく増えている。その一方で、ミャンマーとインドネシアのカリマンタンではマングローブの破壊が進んでいる。植えたり、自然に任せたところではどんどん広がり、伐採したり、土地利用転換したところでは減っている。ベトナムの森林は一度裸地になっても一年半で緑になるという話があったが、このことから履歴のデータをそのまま適応できないという大きな課題を我々は背負った。どこで崩壊が発生するのかを別の地形データや地質データ、土壌などと共に少し長い時間で把握しておかないと、予測に繋がっていかない可能性がある。私は、そこでは日本のいろいろな知識がとても役に立つと思っている。この一年間の成果がちょっと見えてきて嬉しくなった。

○事務局(岡本)

- ・私も、真弓委員と宮城委員のコメントにハッとしました。どのように治山技術を広めていくかは今回のようなワークショップやセミナーしか頭になかったが、先ほどのアフガニスタンのように、現地の方が主体的にどんどん広めていくということが正解なのかもしれない。また、森林が早期に回復するという問題には、私も困った。すぐに回復するということは、現地の方は崩壊地のリスクを背負わなくてもすぐに回復するという意見を持っているのかもしれない。やはり、現地の方がどういう意識を持っているのかをしっかりと認識する必要がある。

○事務局(平田)

- ・そういったところが、今後の調査対象になっていくと思う。緑で被われていても、同じような森林が戻っているわけではない。技術開発も含めて、現地の人たちへのインタビューも必要だ。

○事務局(小野)

- ・オイスカにいろいろなことを教えていただきながら、次年度以降もデータを集めて研究成果を出していくが、それらをどう情報発信していくかも意識していきたい。また、衛星画像の解析から、非常に短いタイムスパンでマングローブ林が動き、土地利用も変わっていくことが検出できた。今まで気がつかなかったことでもあり、これも意識しながらやっていきたい。

○西村委員

- ・JICAでも、最近ではEco-DRRを使ったプロジェクトが増えてきている。ベトナム北西部の斜面崩壊について表層崩壊が割と多いという指摘があったが、途上国の案件をやっていく中で、

我々も表層崩壊が非常に多いと感じていた。また、Eco-DRR の森林を使った防災、減災という話で気になるのが、いわゆるブラウンインフラとの関係である。もちろん、これはどちらかという話ではなく、場所と状況、自然環境、問題に応じて組み合わせていくことになる。しかし、どうした場合にどちらを使うのか、どういうところで Eco-DRR が有効になってくるのかがもう少し見えてくると、途上国でも選択しやすくなるのではないか。

- ・情報共有までだが、先般、ベトナムの首相が国会において、治山事業を含めて森林の持つ防災機能の発揮に関する言及があったとのことで、重視していることがわかる。日越農業協力対話ハイレベル会合には森林セクターも入っているので、成果をここで発信していくことも考えられる。

○事務局(大丸)

- ・若干補足すると、全体的に表層崩壊が多いことは確かに感じているが、よくよく見ていくとかなり深い崩壊も起きていて、かなりの土砂量が出て河床も上がっている。私のイメージでは、現地の人たちは表層崩壊にそれほど危機感を持っていなかったが、河床が上がって慢性的に洪水になりそうな状況が出てきたので、ランドスライドに注目しているようだ。どういうところで深い崩壊と浅い崩壊が起き、どれ位のスピードで回復していくのかも、今後の重要なターゲットとして考えていかなければいけない。

○宮城座長

- ・途上国の多くの地域では、表層崩壊と深層崩壊、そして地すべりとがランドスライドという言葉で十把一絡げになっている。また、ベトナムでは、デブリフローという表現でフラッシュフラッドから本当のデブリフローまで一括されている。だから、地域の人がどういうデータを取ってくるのかには注意が必要である。さらに、ワンタイムのインプットディストリビューションが地形パラメータや地質パラメータとどのように対応するかを評価しておいた方がいいと思う。急斜面だから崩れるとは言えない。私はラオカイで千平方キロくらいの深い地すべりの分布図を作っているが、場所によってかなり粗密がある。そして、密なところでは、一つ一つの動きは小さくても、表層崩壊や強い侵食、実際の地すべり被害が結構起きている。こういったことも考察に加えると、これからの展開力があると思う。

○事務局(村上)

- ・宮城委員がおっしゃるとおり、今回、調べた結果、特に深い地すべりがライチャウの特殊な、ごく一部のところで集中して起きているというイメージがある。それ以外のところはまだ調べ

切れていないが、やはり地質等の要因も含めて検討していかなくてはいけないと考えている。

○眞弓委員

- ・プロジェクト一年目で、しかも現地に行けないという難しい状況の中で素晴らしい成果を上げたが、これには、すでに崩れた場所を正しく見つけ出すという目的があったと思う。2年目、3年目に向けて、次のステップをどのように考えるか、また、当初考えていたことからの変更点があれば聞かせたい。また、崩れた場所を見つける上での的中率を上げようという意識を感じたが、カバー率を上げていくことにも意識を向けられるといいと思う。あと、ベトナムについての私の印象だが、法(のり)を90度で切っても平気である。植生に対する無関心さと共に、斜面の勾配に対する無関心さも、私自身はものすごく気になっている。国の基準に標準法勾配はあるが、本当に法勾配という概念が仕上がっているのかがとても心配だ。この点も一つの切り口になるかもしれない。

○事務局(村上)

- ・眞弓委員がおっしゃるとおり、的中率を上げることも重要だが、どういった場所を捉えていないかも含めてカバー率を上げることは重要だと考えている。ただ、画像からの解析には限界があるので、どういった場所で崩れているかを現地で点検し、調査結果をフィードバックすることが重要だと考えている。また、斜面に対する無関心さも指摘いただいてわかったので、まず、現地の方がどういった土地利用をし、植林や災害も含めて、どういうことに興味を持っているのかを知った上で、最善なものを示していきたい。

○事務局(岡本)

- ・いま、眞弓委員から90度に切っているという話を伺い、インパクトが強すぎて頭がいっぱいになった。そういった技術的な違い、国土の地質の違いがあるということは当然であり、もし違いがなければ、このプロジェクトの意義はない。日本の治山技術を諸外国に輸出していく場合に出てくる問題点をまずしっかりと洗い出すことが重要になってくる。このプロジェクトの5年間ですべてを解決することは不可能だと思うが、難しい点をしっかりと把握して、その解決策を提示しながら国内の事業者にもフィードバックすることも大きな意義である。日本と諸外国の違いには、社会的なことも含めて敏感になっておきたい。

○事務局(鈴木)

- ・現地に行けば、実際に目で見たり、現地の人と話をして、法面の傾斜角などの情報を共有で

きたと思う。今年それはかなわなかったが、ウェブでのやりとり等を通じて、制度だけではなく、国による状況の違いや現地の人の理解と気持ちなどについても広く情報を集めていきたい。

○宮城座長

- ・ベトナムには、もう少し切迫した局面もある。ベトナムは社会主義国で、土地所有権はない。そこで、土石流や斜面災害が起きると、そこから引っ越すことが普通に行われる。ところが、引っ越して新しいコロニーを作る場所が、実は斜面災害のポテンシャルが極めて高いということが結構ある。だから、できるだけ早くこのプロジェクトで答えを出して欲しい。

○水野委員

- ・宮城委員から指摘があったように、本来の目的から考えると、最終的なアウトプットは情報発信ではなく、更にもその先のアクションだ。現場で、よりよい治山技術が実際に使われることが最後でなくてはいけない。情報発信は一つのアプローチではあるが、たとえば JICA のプロジェクトを形成したり、国際的な組織にアクセスをしていく、あるいは、たとえばベトナムならベトナムの土地利用政策に生かしてもらうために現地の行政官とワークショップをやり、話合って土地利用計画や該当する法律を変えてもらうといったことに繋げることに本当の意味がある。情報発信は重要なことであるが、一番意義ある成果に結びつけるにはどんなステップが必要かを考えることが望ましい。日本の優れた技術を海外で使っていただきたいという視点はいいが、途上国から見たときには日本だけではなく、たとえば昔の宗主国との関係ももちろんある。そうすると、技術の良さよりも、むしろ歴史的な結びつきで選ばれることもあり得る。日本の技術をアピールしたいのであれば、国際的な流れに日本のパーツをうまくはめ込むと、日本の視点からだけでアプローチするよりも大きな展開があるかもしれない。こういった他のイニシアティブとの連携も可能性として考えたらいい。また、政策として考えたときに、日本として優れた技術をどう売り込むべきなのか、その判断材料なり、方法論なりも考えていただく必要があると思う。

○事務局(平田)

- ・この事業自体は非 ODA 予算であり、海外の途上国にプロジェクトを作るという枠組みではなく、国内事業者向けとなっている。しかしながら、今後、グリーンインフラをベースにしたものが求められていくと思うので、たとえば JICA と協力して、どうやって現地と繋げていけるかに注意しながらやっていきたい。また、この事業に関しても、いろいろなイニシアティブに加

わりながらやっていきたい。このグリーンインフラは新しい分野であり、たとえば FAO でもプロジェクトがなく、今から頑張りがいのある分野だと思う。イニシアティブにただ参画するだけでなく、ある程度、リーダーシップを取るグループに食い込めるように頑張りたい。

○林野庁(山崎室長)

- ・情報発信の先があるということは、各委員がおっしゃられたとおりである。私たちが最終形として求めているのは、長年、日本で育まれた技術が途上国でも生かされて、より良い世界になって欲しいということである。ただ、形の上で情報発信で終わっているのは、予算事業として基本的に調査、実証、そして情報発信という立て付けになっているからである。もちろん、その先のことを目指しながらやっていくが重要である。また、いろいろなアプローチとの関係で、水野委員がおっしゃるように、国際機関の打ち出すものの中に日本の治山技術と関連が強いものが増えていると思っている。Eco-DRRという言葉がCBDのドキュメントの中に出たり、気候変動関係として国連事務総長がネイチャーベースドソリューションと発言しることが起きている。さらに、気候変動への対策として緩和策と適応策の両方で行こうとなっている。こういう中、日本で独自に発達してきた治山技術が世界的に求められている状況がかなりある。今回のベトナムは、地形状況も日本に近く、治山技術を踏まえて災害を防止していこうという社会的機運もある。ベトナム北西部では JICA 技術協力プロジェクトを長い間やっていて、地元の方も日本的な考えに親しんでいる。そういう意味で、非常にいい対象地を選んでいただいたと思う。このように状況も整っているので、5 年間の予定で、この事業をうまく持っていきたい。ただ、欧米系ではこういう考えが薄く、かなり網羅的にやっている FAO ですら、この分野はやられていない。日本だけが言っても、相手国において聞いたことがないものはどうかなと思っている面もある。そこで、今回、FAO のプロジェクトとして林野庁が拠出する事業を今年度から始め、林野庁職員を派遣した。FAO が事業を始めることで、少しでも国際的な認知度を高めたい。

○宮城座長

- ・山崎室長の指摘のように、私も非常に歯がゆい思いをすることがある。先日、国際緊急救助隊でモーリシャスに行ったが、日本のメンバーは、すごく頑張り、他の諸外国、国連機関と比較して現場をちゃんと見て、現場からものを言うことが非常に高く評価された。欧米系の人たちも結果を格好良くまとめてくるが、現場のデータをきちんと作るというところがあまり得意でなさそうだった。地すべりでは、どこで発生しそうかを考えるときに、リスクマップとサステクティビティマッピングの二つの柱がある。いろいろなパラメータを使ってスマートに統計解析し

てやるのが、国際的には主流になっていた。現場をしっかり見てマップを作るというまどろっこしいことはやらない。ところが、その評価が当たらない。それは、現場をちゃんと見ていないから。そこで、今度の世界地すべりフォーラムでは流れが大きく変わり、現場をちゃんと見てマッピングすることが大きな柱になりそうである。日本のやり方は、細かいデータをちゃんと取ることである。私は、今回のプロジェクトでは、みんなにわかってもらうキラーフレーズを植えつけることが大きいと思い、期待している。

○太田委員

- ・資料 8 の 17 ページにある、このイェンバイ地域の分類結果と、19 ページにある精度評価の結果があっていないが、これは解析を変えたと考えてよろしいか。

○事務局(大丸)

- ・これは、凡例の色当てのミスである。申し訳ない。

○太田委員

- ・たとえば、この 17 ページの新規発生崩壊地である茶色が雲の縁にかなりついている一方で、19 ページでは、それが全部消えてしまっているが、解析手法を変えて精度が上がったのか。

○事務局(大丸)

- ・19 ページでは、検証なので、雲がないところを意図的に選んでいる。

○太田委員

- ・確かに雲があったところが全然変わっていない。

○事務局(大丸)

- ・検証するので、雲のないところを狙ってやった。

○太田委員

- ・では、新規発生崩壊地になっている部分は、雲の分だけ、今回の精度検証からは外れているのか。

○事務局(大丸)

・全域をするのは大変だったので、ごく一部だけを抜き出して検証してみた。

○太田委員

・雲が抜けてなくて、崩壊になっているところは分析の対象外なのか。

○事務局(大丸)

・はい。プレアデスで映っていても、今回は、そこは見えていない。センチネル2で雲になったところも対象外になっている。

○太田委員

・17 ページで崩壊に分析されている中でも、センチネル2では変化なしにされているところがあるのか。

○事務局(大丸)

・変化なしになっているところはある。プレアデスで見ると、捕まえていないところは相当ある。それが、再現率や適合率に出ている。

○太田委員

・19 ページの赤いところは崩壊地で、この真ん中のちょっと上にヒョウタン型に青色で抜いてあるところは雲で解析外のところだと思うが、雲の外側の濃い緑色になっている部分を見ると、17 ページだと崩壊だが、19 ページでは緑色になっているところが結構ある。本当は、たぶん、ものすごく赤が多いのだろう。しかし、17 ページだけを見ると、新たな崩壊がかなり少ないような印象を受けるが、私の勘違いかもしれない。

○事務局(大丸)

・まず、私が色を統一せず、わかりにくいものになってしまって申し訳ない。プレアデスがやっと着いたので、即席でやってしまった。

○太田委員

・私の勘違いかもしれないが、もし、この精度で問題になるのであればと気になったので伺った。

○事務局(大丸)

・その点は押さえておきたい。

○宮城座長

・さまざまなデータを使って比較する場合には、ロケーションのデータをつけてもらおうと比較するときのよすがになるので、是非、それをお願いします。

○事務局(大丸)

・きちんと入れるようにする。

○林野庁(小西)

・FAO の状況を簡単に話す。FAO のアダプテーションには土木の専門家が基本的におらず、森林を土木の関係から使っていくことは無理な状況であるので、森林総研のインプットに期待している。私のプロジェクト対象地は、ペルーとフィリピンである。フィリピンの方はすでにコルデーラ地区の特定の村に決まりつつあり、地元にも日本人もいる NGO があるので、それなりに活動できるようになっている。既存の災害リスクアセスメントの評価を使って、実際に村人がどう感じるか、その中で災害に対応した農業やアグロフォレストリーがどうできるかを実際に進めている。もし、森林総研の技術がこちらの条件と合うようであれば、是非、試しに使っていただきたい。FAO は国際機関と繋がっているので、英語情報は FAO のフォーラムを使っていただければ、こちらとしても非常に助かる。ご検討をよろしくお願いします。

○宮城座長

・討議を終える。

6.その他

○事務局(杉元)

・本日の討議に感謝する。また、今後もお願いすることになった場合には、よろしくお願いします。

<閉会>

以上

令和2年度の主な年間行事

開催日	主な行事	開催場所
7月4日	令和2年度森林技術国際展開支援事業 第1回運営委員会	森林総研（オンライン）
7月14日	ベトナム森林科学アカデミーとのオンラインミーティング	森林総研、VAFS（オンライン）
8月31日	ベトナム森林科学アカデミーとのオンラインミーティング	森林総研、VAFS（オンライン）
11月30日	令和2年度森林技術国際展開支援事業 第2回運営委員会	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）
12月16日	ベトナム森林科学アカデミーとのオンラインミーティング	森林総研、VAFS（オンライン）
12月23日	ウェブセミナー “Natural disasters and risk reduction measures in Vietnam and Japan”（ベトナムと日本における自然災害と防災対策の取組み）（ライブ配信・英語）の開催	森林総研、VAFS（オンライン）
1月26日	令和2年度国際セミナー 「森林による防災・減災の可能性をさぐる（Exploring the potential of forest-based disaster risk reductions (F-DRR))」 専門家会合	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）
1月27日	令和2年度国際セミナー 「森林による防災・減災の可能性をさぐる（Exploring the potential of forest-based disaster risk reductions (F-DRR))」の開催	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）
3月12日	Youtube ウェブセミナー「日本における自然災害と防災対策研究の取組み」配信開始	森林総研（オンライン）
3月15日	令和2年度森林技術国際展開支援事業 第2回運営委員会	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）
3月24日	ベトナム森林科学アカデミーとのオンラインミーティング	森林総研、VAFS（オンライン）

令和2年度国内出張

出張期間	出張先	出張者	出張目的
6/25 - 6/26	宮城県多賀城市	平田泰雅、大丸裕武、井上泰子	東北学院大学の宮城先生を訪問し運営委員会の説明と座長の就任を依頼
10/6	いであ（株）（横浜市）	大丸裕武、岡本隆、古市剛久	第1回運営委員会に係る座長との事前打ち合わせ
10/8	アキバプラザ、日比谷コンファレンススクエア（千代田区）	藤間剛、田中良平、井上泰子	運営委員会、国際セミナーに適した会場の調査及び国際セミナー打ち合わせ
10/30	林野庁（千代田区）	井上泰子	森林技術国際展開支援事業打ち合わせ
11/30	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）	平田泰雅、大丸裕武、藤間剛、岡本隆、杉元倫子、田中良平、井上泰子、村上亘、経隆悠、鈴木秀典、山口智、志水克人、倉本恵生、所雅彦、小池信哉、古市剛久	第2回運営委員会
12/2 - 12/8	西表島（沖縄県）	小野賢二、森大喜	マングローブ調査
12/25	林野庁（千代田区）	井上泰子	森林技術国際展開支援事業打ち合わせ
1/26	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）	藤間剛、井上泰子	国際セミナー「森林による防災・減災の可能性をさぐる」専門家会合
1/27	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）	藤間剛、井上泰子	国際セミナー「森林による防災・減災の可能性をさぐる」
1/29	林野庁（千代田区）	井上泰子	森林技術国際展開支援事業打ち合わせ
3/8	林野庁（千代田区）	井上泰子	森林技術国際展開支援事業打ち合わせ
3/15	日比谷コンファレンススクエア（千代田区）	平田泰雅、大丸裕武、藤間剛、岡本隆、杉元倫子、田中良平、井上泰子	第3回運営委員会

令和2年度海外出張

今年度は新型コロナ蔓延による各国の渡航制限措置のため海外出張ができなかった。

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

