

第3章 途上国の森林の減災・防災の機能強化に係る課題等の調査・分析

3.1 背景と目的

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

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

3.2 森林の減災・防災等の機能強化に関する国際動向

3.2.1 国際的な議論の経緯

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

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

3.2.2 治山技術の海外展開

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

表 3-2-2-1 聞き取り先リスト

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

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

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

調べられてはいない

3.2.3 減災・防災の国際動向

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

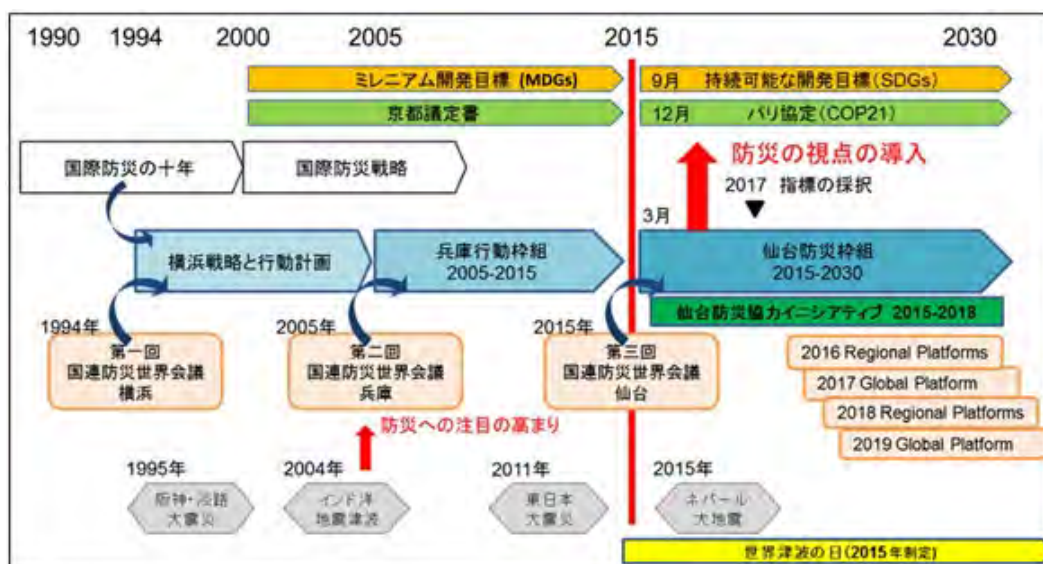


図 3-2-3-1 防災分野における主な国際的な動向(出典:首相官邸ウェブサイト「海外展開戦略(防災)」)



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

3.2.4 気候変動適応の国際動向

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

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

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

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

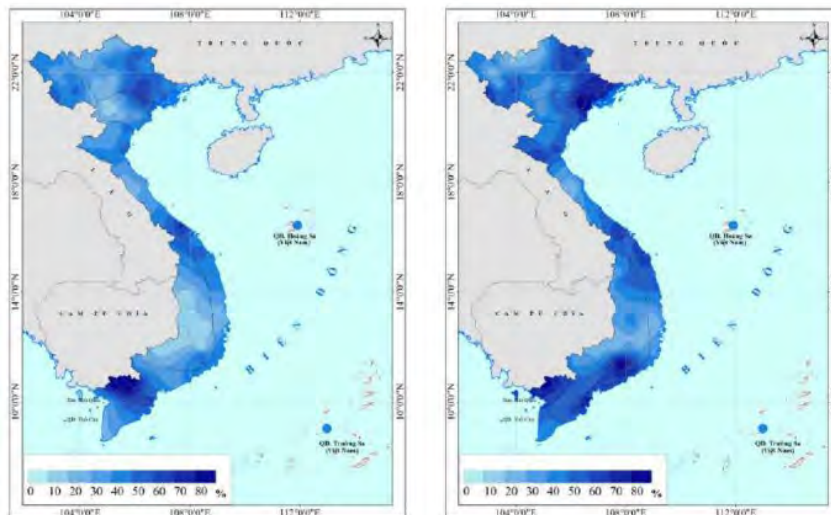
- 将来の温暖化は世界平均よりわずかに緩和される(高い確度)
- 降雨量は北部で増加し、沿岸海洋部で減少する(中程度の確度)
- 気候変動、地盤沈下及び人間活動の複合的な影響はメコンデルタの洪水位の上昇と浸水の長期化に繋がる(高い確度)
- 熱帯低気圧の全体的な発生数に長期的な傾向はみられない。数は少ないが、より極端な熱帯低気圧がこの地域に影響を及ぼしている

表 3-2-4-1 東南アジア及び南アジアの今後の変化予測

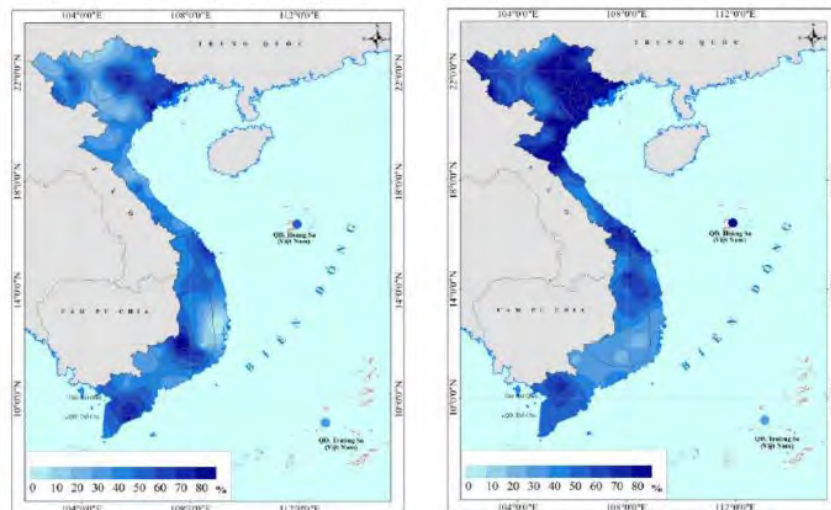
(出典:IPCC ウェブサイト「IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced)」)

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

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



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



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

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

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

検討して行っていくことが重要である。

3.2.5 二国間支援枠組みの動向

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

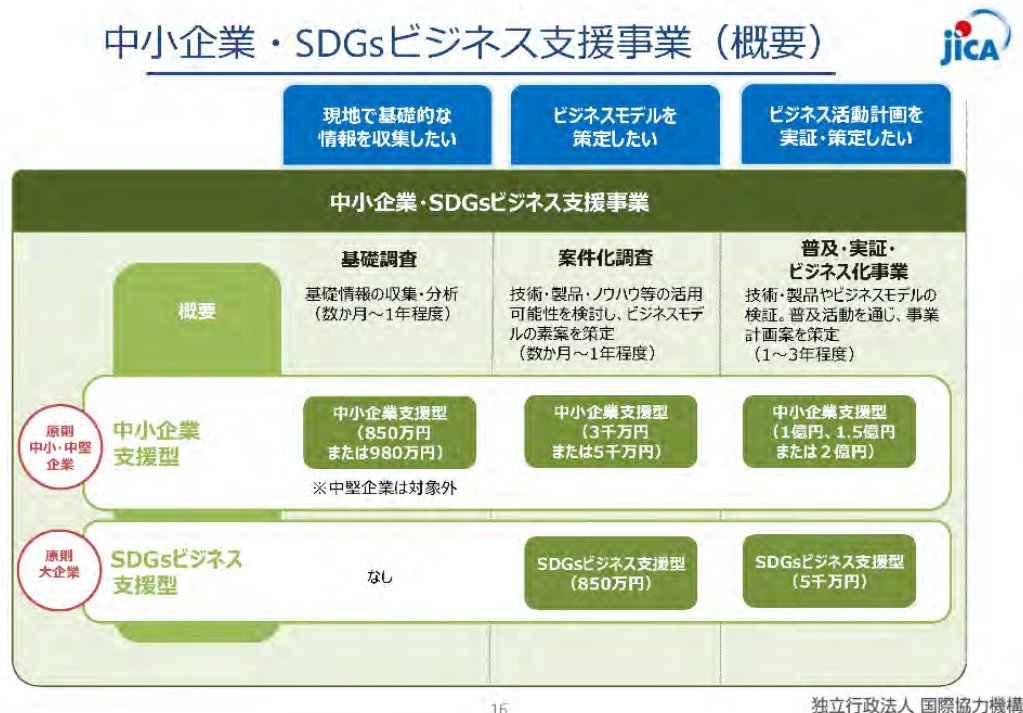


図 3-2-5-1 JICA「中小企業・SDGsビジネス支援事業」の概要 (出典:JICA)

草の根技術協力事業（地域活性化特別枠）



NGO・大学・地方自治体等の経験や技術を生かしたい

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



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

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

3.2.6 多国間支援枠組みの動向

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

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

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

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

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

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

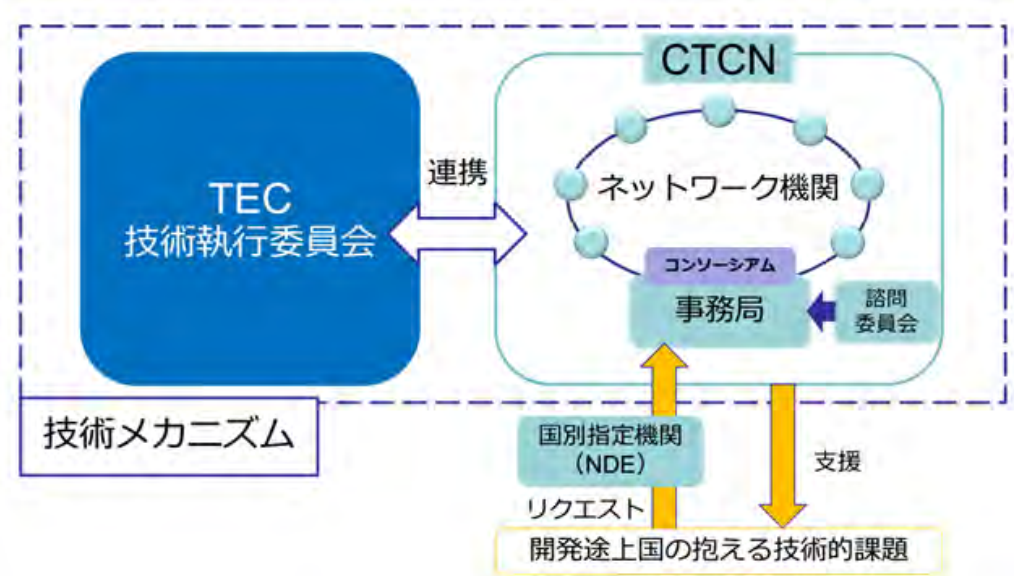


図 3-2-6-1 気候技術センターネットワーク(Climae Technology Centre and Network: CTCN)の枠組み(出典:環境省 HP)

3.3 防災・減災対策などに活用可能な森林分野の知見や技術

3.3.1 文献情報

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

表 3-3-3-1 収集文献リスト(国内誌)

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

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

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

表 3-3-3-2 収集文献リスト(国際誌)

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

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

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

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

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

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

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

3.3.2 第5回斜面防災世界フォーラムでの研究動向と議論

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

(1) 東南アジア地域での斜面防災研究の進捗

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

(2) 土地利用変化や森林の侵食防止機能への視点

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

(3) 表層崩壊予測マッピングへ向けた研究の主流化

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

(4) 脆弱なフィールド調査

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

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

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

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

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

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

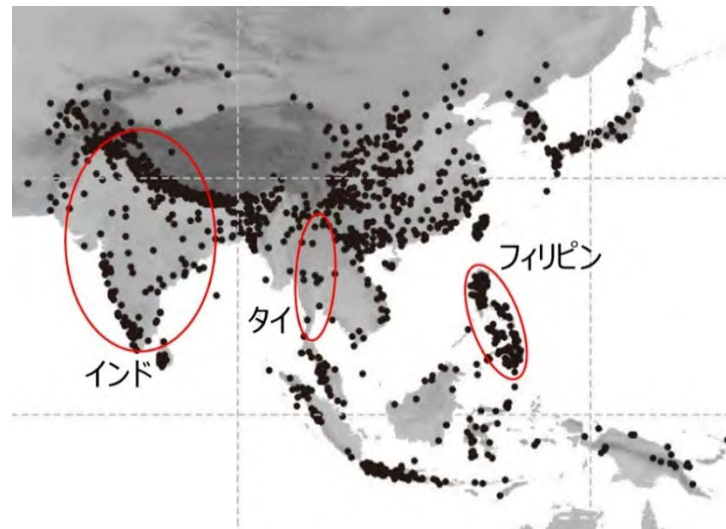


図 3-4-1 東南アジア及び南アジアにおける犠牲者を出した斜面崩壊イベントの分布 (Petley 2012、Fig. 5 を編集)

3.4.1 タイ王国

(1) 国および森林を取り巻く概況

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

(2) 自然災害の特徴及び減災・防災への対応

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

(3) 減災・防災に関する国の機能

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

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

- 森林を活用した防災・減災 (F-DRR) は、天然資源環境省 (MONRE) の国立公園野生動物植物局 (DNP)、王室林野局 (RFD)、海洋沿岸資源局 (DMCR) が取り組んでいる。一方で、流域管理を含む水資源管理は農業協同組合省 (MOAC) の王室灌漑局 (RID) が主管している。このため、溪流へのチェックダムの建設等は RID も関与している。
- F-DRR 活動はタイ政府による主導の他、タイ王室からの呼びかけ等によって、民間企業やコミュニティ等を巻き込んで実施されている。

(4) 事業展開におけるポイント

- 減災・防災分野に係る支援のニーズは、地方政府やコミュニティレベルでの能力向上、教育・訓練プログラムの強化、民間セクターの参加促進、知見やベストプラクティスの共有等多岐にわたる。
- 特に実践においては、統合水資源管理 (IWRM) や生態系を活用した適応対策 (EbA) の支援が求められている。
- 斜面災害や地すべり対策について、早期警報システム等のソフト対策は、様々な機関が関与して進めている。一方、ハード対策は、経済性が課題となっており、地域資材で設置可能な簡易チェックダム等を除き、部分的な導入に限られている。ハード対策の普及には、費用対効果の提示等、インセンティブを示す工夫が必要となる。
- 災害対策は、複数の機関が関与して進められているため、現地で事業展開を検討する際には、目的等に合わせて適切な機関を検討し、アプローチする必要がある。
- タイでは減災・防災に関連する様々なデータの集積が進んでいる。しかし、タイ語のみのデータも多い。

3.4.2 フィリピン共和国

(1) 国および森林を取り巻く概況

- フィリピンは、大小 7,641 の島々で構成され、総面積は約 3,000 万 ha、熱帯モンスーン型気候に属しており、平均気温は 26~27 度、6~10 月の雨期、11~2 月の涼しい乾期、3~5 月の熱い乾期の 3 つに分かれている。
- 土地は「林地 (forestland)」15.8 百万 ha (52.7%)、「譲渡・処分可能地 (A&D)」14.2 百万 ha (47.3%) に分類される。このうち林地に分類される土地は国土の 52.7% である。一方で

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

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

(2) 自然災害の特徴及び減災・防災への対応

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

(3) 減災・防災に関する国の機能

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

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

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

(4) 事業展開におけるポイント

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

プ等を整備しており、ウェブサイト上で閲覧可能である。

3.4.3 インド共和国

(1) 国および森林を取り巻く概況

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

(2) 自然災害の特徴及び減災・防災への対応

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

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

(3) 減災・防災に関する国の機能

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

(4) 事業展開におけるポイント

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

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

引用文献

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

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

