

全世界

森林等生態系を活用した  
防災・減災（Eco-DRR）  
情報収集・確認調査  
ファイナル・レポート  
本編

平成 29 年 3 月  
(2017 年)

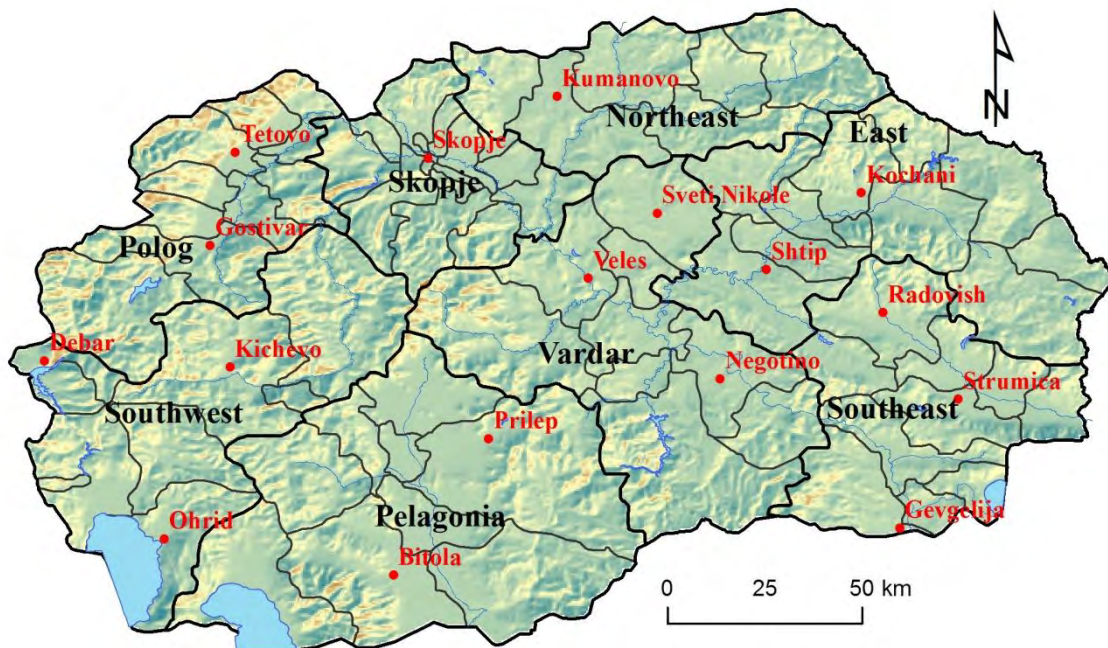
独立行政法人 国際協力機構（JICA）

アジア航測株式会社

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社

環 境
JR
17-043





マケドニア国行政図



ニカラグア国行政図

## 略 語 表

### マケドニア旧ユーゴスラビア共和国（以下、「マケドニア国」と表記）

AREC	Agency For Real Estate Cadastre	測地局
CMC	Crisis Management Center	危機管理センター
CMS	Crisis Management System	危機管理システム
EU	European Union	欧州連合
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
MAFWE	Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy	農業・森林・水経済省
MKFFIS	Macedonian Forest Fire Information System	マケドニア森林火災情報システム
MEPP	Ministry of Environment and Physical Planning	環境施設計画省環境・開発計画省
PEMF	Public Enterprise Macedonian Forests	マケドニア森林公社

### ニカラグア共和国（以下、「ニカラグア国」と表記）

ASODEL (NGO)	Asociación Para La Supervivencia Y El Desarrollo Local	生計と地域開発のための協会
BICU	Bluefields Indian and Caribbean University	ブルーフィールズ・インディアン・カリビアン大学
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación	スイス援助機関
CRACCS	Coast Caribbean South Autonomous Regional Council	カリブ沿岸南部自治地域協議会
FUNCOS (NGO)	Fundación Nicaragüense Cosecha Sostenible	ニカラグア持続可能な収穫財団
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GRACCS	Coast Caribbean South Autonomous Regional Government	カリブ沿岸南部自治政府
IADB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
INAFOR	Instituto Nacional Forestal	国家森林研究所
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales	ニカラグア国国土調査研究所
INPESCA	Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura	ニカラグア国漁業庁
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuario	ニカラグア国農業技術庁
INTUR	Instituto Nicaragüense de Turismo	ニカラグア国観光局
MAG	Ministerio Agropecuario	農牧省
MARENA	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	環境天然資源省
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura	運輸インフラ省
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
SERENA	La Secretaria de Recursos Naturales y el Ambiente	天然資源環境局

SE-SINAPRED	Secretaría Ejectiva-SINAPRED	ニカラグア国家災害管理・防災システム常設事務局
SINAPRED	Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua	国家災害管理・防災システム
UNAN-CIGEO	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,- Instituto de Geología y Geofísica / Centro de Investigaciones	ニカラグア国立自治大学地球科学研究センター
UNAN-CIRA	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,-Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua	ニカラグア国立自治大学水産資源研究センター

### 共 通

JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
C/P	Counterpart	カウンターパート
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画

### 為 替 レ ー ト

(2016年11月7日現在)

1.0	マケドニアディナール(MKD)	=	1.86 JPY
1.0	ニカラグアコルドバ(NIO)	=	3.54 JPY
1.0	アメリカドル(USD)	=	103.09 JPY

## 目 次

<b>第1章 業務の概要</b> .....	1-1
1.1 業務の背景 .....	1-1
1.2 業務の目的 .....	1-1
1.3 業務方針 .....	1-2
1.4 調査の方法 .....	1-8
<b>第2章 既往事例の評価</b> .....	2-1
2.1 JICAによる自然環境分野の過年度事業評価 .....	2-1
2.1.1 Eco-DRRの定義 .....	2-1
2.1.2 評価方法 .....	2-2
2.1.3 過年度事業の特徴把握および整理 .....	2-3
2.1.4 JICAモデル事例の社会・経済便益評価 .....	2-8
2.2 日本の事例 .....	2-14
2.2.1 参考事例の抽出 .....	2-14
2.2.2 参考事例の整理 .....	2-17
2.2.3 国内事例の詳細な社会・経済便益評価 .....	2-27
2.3 海外の事例 .....	2-45
2.4 既往事例から確認された特徴と課題 .....	2-57
<b>第3章 海外の適用可能性確認調査</b> .....	3-1
3.1 対象地選定の考え方 .....	3-1
3.2 マケドニア国における適用可能性確認調査 .....	3-2
3.2.1 活動概要 .....	3-2
3.2.2 現地調査内容 .....	3-3
3.2.3 マケドニア国の基礎情報 .....	3-3
3.2.4 災害の現状 .....	3-5
3.2.5 森林等生態系保全政策 .....	3-11
3.2.6 Eco-DRRセミナーの開催 .....	3-21
3.2.7 現地調査 .....	3-22
3.2.8 Eco-DRR技術導入に関する考察と提言 .....	3-26
3.2.9 案件候補地と対策シナリオ .....	3-26
3.2.10 社会・経済便益評価 .....	3-29
3.3 ニカラグア国における適用可能性確認調査 .....	3-43
3.3.1 活動概要 .....	3-43
3.3.2 現地調査内容 .....	3-43
3.3.3 ニカラグア国の基礎情報 .....	3-45
3.3.4 災害の現状 .....	3-46

3.3.5 森林等生態系保全政策.....	3-50
3.3.6 現地調査 .....	3-56
3.3.7 Eco-DRR 技術導入に関する考察と提言 .....	3-61
3.3.8 案件候補地と対策シナリオ.....	3-62
3.3.9 社会・経済便益評価.....	3-76
<b>第4章 考察および提言 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 調査結果についての考察.....	4-1
4.1.1 基本的な考え方.....	4-1
4.1.2 既往事例の取組の特徴.....	4-4
4.1.3 社会・経済便益評価の方法と結果.....	4-15
4.2 Eco-DRR 事業の検討.....	4-17
4.2.1 Eco-DRR の実施にむけた検討の進め方および評価方法 .....	4-17
4.2.2 Eco-DRR の評価方法.....	4-26
4.3 結論および今後に向けた課題.....	4-30
4.3.1 結論 .....	4-30
4.3.2 今後に向けた課題.....	4-31

## 表 リ ス ト

表 1-1 協力案件の取りまとめ方法 .....	1-4
表 1-2 減災・防災に生態系を活用する上でのポイント.....	1-5
表 1-3 調査の実施体制.....	1-9
表 2-1 人工構造物によるインフラ整備と生態系インフラストラクチャーの特徴 ....	2-2
表 2-2 過年度に実施されたプロジェクトで導入された防災・減災方法.....	2-3
表 2-3 スクリーニング結果（防災・減災便益） .....	2-6
表 2-4 スクリーニング結果（平時の便益） .....	2-7
表 2-5 中国 四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクトの社会・経済便益評価結果 .....	2-9
表 2-6 ニカラグア国 住民による森林管理計画の社会・経済便益評価結果.....	2-11
表 2-7 ベトナム国 第2次中南部海岸林保全植林計画の社会・経済便益評価結果 .....	2-13
表 2-8 評価地の選定理由 .....	2-27
表 2-9 保安林整備の事前評価個表及び便益等の集計表（平成23年度） .....	2-36
表 2-10 森林への来訪者に関する参考情報.....	2-38
表 2-11 鶏籠山の位置づけ（たつの市） .....	2-40
表 2-12 評価対象とする便益項目 .....	2-42

表 2-13	便益額の試算結果 .....	2-44
表 2-14	マングローブの減災効果に関する研究事例 .....	2-47
表 2-15	領域の効果 .....	2-50
表 2-16	マングローブ林の社会・経済便益 .....	2-54
表 2-17 (1)	TEEB-ESDV に記載のあるマングローブ林の多面的価値の評価に関する研究事例と原単位のリスト .....	2-55
表 2-18	JICA 事例における特徴 .....	2-57
表 2-19	国内事例の特徴 .....	2-59
表 3-1	Eco-DRR 調査対象国選定比較表 .....	3-1
表 3-2	主な河川と表流量 .....	3-4
表 3-3	産業別 GDP 比率 .....	3-5
表 3-4	マケドニア国で起こった自然災害履歴 .....	3-6
表 3-5	1998 年から 2015 年にマケドニア国で起こった森林火災の情報 .....	3-7
表 3-6	森林面積 .....	3-13
表 3-7	森林組成分類 .....	3-13
表 3-8	森林の所有形態 .....	3-14
表 3-9	マケドニア国国立公園 .....	3-17
表 3-10	自然保護区・国立公園の概要 .....	3-18
表 3-11	マケドニア国の主な湖 .....	3-19
表 3-12	主要都市における月別平均降雨量 (mm) .....	3-21
表 3-13	主要都市における月別平均気温 (°C) .....	3-21
表 3-14	新規案件可能性調査地 .....	3-25
表 3-15	Eco-DRR 対策対象地の緒元と対応策 .....	3-27
表 3-16	Eco-DRR 対策対象地の面積と事業費 .....	3-29
表 3-17	サイトごとの社会・経済便益定量評価の項目 .....	3-31
表 3-18	定量評価に必要な数値とデータソース .....	3-32
表 3-19	マケドニア国の各サイトにおける対策シナリオの社会・経済便益定量評価結果 (単位：百万円) .....	3-34
表 3-20	文化的価値の定性評価結果 .....	3-35
表 3-21	生物多様性の定性評価結果 .....	3-38
表 3-22	社会・経済便益、費用と費用便益比率 .....	3-41
表 3-23	産業別 GDP 比率 .....	3-45
表 3-24	農林水産業の生産物別価値 .....	3-46
表 3-25	輸出農作物の内訳 .....	3-46
表 3-26	ニカラグア国で起こった主な自然災害履歴 .....	3-47
表 3-27	2007 年から 2015 年までの森林火災被害統計表 .....	3-47



表 3-28	ニカラグア国の森林面積の変遷	3-50
表 3-29	森林の所有形態	3-51
表 3-30	ニカラグア国・ラムサールサイトの登録情報	3-54
表 3-31	ニカラグア国防災地図・情報基盤整備計画調査において整備された地図	3-55
表 3-32	都市別月平均気温 (°C)	3-55
表 3-33	都市別月間降水量 (mm)	3-55
表 3-34	ニカラグア国における流域管理の事例	3-59
表 3-35	ニカラグア国新規案件可能性調査地	3-61
表 3-36	ブルーフィールドの対策シナリオ	3-77
表 3-37	定量評価に必要な数値とデータソース	3-78
表 3-38	ブルーフィールドの評価結果	3-79
表 3-39	コリントの対策シナリオ	3-82
表 3-40	定量評価に必要な数値とデータソース	3-83
表 3-41	コリントの評価結果	3-86
表 4-1	調査・分析の手順	4-1
表 4-2	防災・減災を目的とした生態系の活用方法	4-2
表 4-3	災害の種類と生態系毎の Eco-DRR 活用類型	4-4
表 4-4	本案件で調査分析した事例の名称と番号対応表	4-5
表 4-5	各事例・シナリオが対象とする災害の種類と生態系との組み合わせと実施又は提案された対策の概要	4-7
表 4-6	JICA 事例における取組の把握	4-9
表 4-7	Eco-DRR 関連事業における JICA の支援内容	4-13
表 4-8	Eco-DRR 導入時の留意事項	4-14
表 4-9	生態系の種類ごとの防災・減災便益及びその他の多面的便益の把握状況と評価方法	4-16
表 4-10	社会・経済便益評価のために対策シナリオに求められるデータ項目	4-20
表 4-11	対策の時期と分類	4-24
表 4-12	生態系・生物多様性に関する国内の費用対効果分析マニュアル	4-28
表 4-13	社会・経済便益調査に必要なデータ	4-29

## 図 リ ス ト

図 2-1	高梁川下流森林計画区の概況	2-21
図 2-2	高梁川下流地域における事業効果の説明	2-23
図 2-3	現地調査における撮影ポイント	2-28
図 2-4	平成 17～24 年に実施された森林整備事業の実施エリア及び事業面積	2-35

図 2-5	鶏籠山の位置づけ（近畿中国森林管理局）	2-39
図 2-6	檜皮の森林	2-39
図 2-7	評価方法	2-41
図 2-8	評価対象のイメージ	2-41
図 2-9	保全対象効果区域の前提	2-43
図 2-10	マングローブの分布図	2-45
図 2-11	マングローブの呼吸根(タコ足状のタイプ：支柱根)	2-46
図 2-12	マングローブに生息するカニ類	2-46
図 2-13	マングローブ林内における津波高の変化(入射波浸水深 3m：マングローブなしのとき)	2-48
図 2-14	入射浸水深に対するマングローブ林の減衰率	2-49
図 2-15	マングローブ林による津波減衰効果：(a)津波高、(b)水流圧力	2-50
図 2-16	津波に対する植生の効果の分類	2-51
図 2-17	マングローブの消波効果算定図	2-52
図 2-18	マングローブの消波効果算定図作成で使ったマングローブの模型	2-52
図 2-19	離岸堤	2-53
図 2-20	ニカラグア国におけるマングローブの観光資源としての経済便益評価の事例	2-57
図 3-1	19世紀のスコピエ市の様子	3-6
図 3-2	1998年から2015年にマケドニア国で起こった森林火災の情報	3-7
図 3-3	2007年の森林火災発生位置図	3-8
図 3-4	防災のための国家プラットフォーム体制図	3-9
図 3-5	森林火災予防・対応に係わる組織関係	3-11
図 3-6	森林の樹種別分類	3-13
図 3-7	森林の管理形態	3-15
図 3-8	マケドニア国自然保護区・国立公園図	3-17
図 3-9	エメラルドネットワーク位置図	3-18
図 3-10	国土基本図の整備状況	3-20
図 3-11	ニカラグア国のコミュニティー防災活動に関する防災組織体制	3-49
図 3-12	1983年から2000年までの森林減少の変遷と2050年までの予測	3-50
図 3-13	ニカラグア国家森林インベントリーデータ	3-51
図 3-14	ラムサールサイトの位置図	3-54
図 3-15	JICAプロジェクト（JICA, 2011）対象地北部太平洋地域 Las Lajas 村で整備された石積み工（左）およびシルボパストラル（右）	3-56
図 3-16	ブラフでの住民ヒアリング（左）とハリケーンで消失しその後回復した砂浜（右）	3-57

図 3-17	大西洋岸道路接続プロジェクト図.....	3-58
図 3-18	大西洋岸道路接続プロジェクト工事の様子.....	3-58
図 3-19	海岸侵食の現状.....	3-60
図 3-20	保全対策イメージ.....	3-64
図 3-21	ブルーフィールズ湾全域での保全について.....	3-64
図 3-22	侵食対策イメージ.....	3-66
図 3-23	侵食防止便益算定の手順.....	3-67
図 3-24	想定侵食地域の設定イメージ.....	3-67
図 3-25	コリントにおける便益(侵食防止便益)の算定方法.....	3-68
図 3-26 (1)	海岸線(汀線)の変遷.....	3-69
図 3-27 (2)	海岸線(汀線)の変遷.....	3-70
図 3-28 (3)	海岸線(汀線)の変遷.....	3-71
図 3-29 (4)	海岸線(汀線)の変遷.....	3-72
図 3-30 (5)	海岸線(汀線)の変遷.....	3-73
図 3-31	2006年3月31日と2016年2月15日(約10年間)の海岸線(汀線)比較.....	3-74
図 3-32	2006年3月31日時点を基準とした海岸線(汀線)後退距離.....	3-74
図 3-33	50年後(2066年2月)の海岸線(汀線)後退範囲予測.....	3-75
図 4-1	自然災害危機管理サイクル.....	4-2
図 4-2	PEDRRによるEco-DRRの概念(PEDRR, 2010).....	4-4
図 4-3	Eco-DRRの実施に向けた検討の進め方.....	4-25
図 4-4	山腹崩壊危険地区の調査範囲の取り方.....	4-33
図 4-5	斜面勾配と斜面安定工法との関係.....	4-34
図 4-6	斜面勾配と山腹工の考え方.....	4-34

### 付 属 資 料 一 覧

- 付属資料 1 マケドニア国調査・面談者リスト
- 付属資料 2 ニカラグア国調査・面談者リスト
- 付属資料 3 マケドニア国調査・収集資料リスト
- 付属資料 4 ニカラグア国調査・収集資料リスト

### 別冊

1. JICAによる自然環境分野の過年度事業のEco-DRRの観点からの分析
2. Eco-DRRハンドブック

## 要 約

世界的な自然災害のリスクや地球環境問題の高まりを受けて、近年、国際的に生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）を推進する動きが加速している。独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency: 以降 JICA）においても、自然環境保全分野の事業戦略 2015-2020 の戦略課題のひとつとして「森林等生態系を活用した防災・減災」を掲げ、今後の取組を強化する方針が示された。

このような動きを受け、本調査では Eco-DRR に関する JICA の協力事例およびその他の国内外の事例の文献調査を行い、便益分析を行うとともにその効果を検討・評価した。その結果を基に今後 Eco-DRR 実施のポテンシャルが高いと思われるマケドニアおよびニカラグアを現地調査対象国として選定し、協力案件の形成に向けた現地調査を実施した。さらに、Eco-DRR の今後の案件形成のための参考資料として、Eco-DRR の効果と国際動向や JICA の取組をまとめたハンドブックを作成した。

国内外の事例調査からは、森林は土砂崩壊・流出、洪水、暴風・飛砂に対する、陸水（マングローブ林、沿岸湿地）は津波・高潮・高波に対する、養浜は海岸浸食に対する防災・減災効果が確認されていることがわかった。また、事例ごとに、災害種、生態系に分類し、その対策内容を整理するとともに、Eco-DRR が災害時のみならず平時にもたらす生態系サービスや地球温暖化への貢献、生物多様性保全などの便益を特定した。さらに、一部の事例についてはコスト・ベネフィット分析を行い、定量評価を実施した。

調査した事例における Eco-DRR の対策の内容としては、森林生態系による土砂崩壊・流出又は洪水対策では、空間計画に加え、現場レベルでは生態系の保全・管理や再生、人工構造物と生態系との融合が現地の状況に合わせて適用されていた。沿岸生態系については、マングローブ林の保全・管理又は再生のほか、海岸林による強風・飛砂の緩和、養浜と海岸植生の整備（人工構造物と生態系の融合）が実施されていた。

現地調査が実施されたマケドニアでは、森林火災が多く発生しているため、JICA の技術協力（「森林火災危機管理能力向上プロジェクト」2011 年～2014 年）が実施され、開発された森林火災予防のためのシステムが活用されていた。一方、近年、西部および北東部の山岳地帯では、森林の減少による土砂流出に伴う洪水被害が頻繁に起こっているため、現地政府の予算が限られる中、維持管理費用が比較的安く抑えられ、多様な便益をもたらす、植林と人工構造物を融合した対策が有用と考えられた。

ニカラグアでは、1998 年 10 月に起こったハリケーン・ミッチにより、北部太平洋地域で過去最大の被害を受けている。この被害を受けて、JICA は「北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査」および「住民による森林管理計画プロジェクト」を実施している。これらのプロジェクトでは、生態系を生かした防災・減災の対策を実施しており、現地政府からも一定の評価を得ていた。また、現在、世界銀行と米州開発銀行の融資による東西横断道路の建設が行われているが、将来的に周囲の開発等に伴い環境が影響を受けて、災害リス

クが高まる可能性があると思われた。また、この道路建設事業の下流域には生物多様性の高いラムサール湿地も存在するため、森林造成とアグロフォレストリーを組み合わせた対策が有用と思われた。

JICA では、従来より災害多発地域や水源等の流域で森林造成・管理に取り組むなど、世界各地の開発途上国で、生態系を活用した防災・減災を支援してきた。これらの JICA の取組の特徴としては、森林保全や簡易治山技術等の技術的な支援とあわせて、政策や法制度の強化、関係者の能力向上などの支援も同時に実施することで、より効果的な Eco-DRR の実施や取組の持続性確保が図られてきたことが確認された。

また、本調査における考察の結果、Eco-DRR 事業の計画から実施のプロセスにおいて検討すべき内容は、その段階毎に、以下のとおり整理された。

- ① 災害リスクの把握：過去の災害履歴や地域の地形・地質を踏まえて、想定される危険な自然現象のタイプ（洪水、豪雨、地震など）とリスクを把握する
- ② 生態系地域社会の特徴把握：防災・減災における地域の森林等生態系の役割や、住民に利用されている自然資源（薪炭、蜂蜜、キノコ等）など地域の特徴を把握し、Eco-DRR 実施の適正を判断する。
- ③ 対策シナリオの作成：対策シナリオには空間計画と現場レベルの対策があり、現場レベルの対策には(1)既存の生態系の保全、(2)劣化した生態系の再生、(3)新たな生態系の造成、(4)生態系と人工構造物との融合、の4つの類型がある。
- ④ 生態系の防災・減災機能評価、平時の生態系の多面的機能評価：生態系を活用することで地域に還元される様々な効果を定量的、定性的に評価する。
- ⑤ 対策シナリオの総合的な評価：具体的な対策シナリオが形成された段階で、対策シナリオの費用便益（B/C）を算定する。複数の想定されるシナリオの防災・減災の効果を貨幣換算することで、事業実施者にとって有効な比較検討材料となる。
- ⑥ 施工・維持管理：Eco-DRR では、生態系から提供される便益を最大限生かすため、生態系への影響に配慮した施工が必要である。また、長期的な維持管理が必要なため、政府職員の能力に合わせながら、その能力を向上させる教育を取り入れ、さらに、地域住民の協力が得られるような管理体制を構築する必要がある。
- ⑦ モニタリング評価：Eco-DRR は環境の変化に左右されるため、事業の効果が当初の目標と異なる結果になる可能性がある。そのため、事業開始後に随時モニタリングすることが重要である。
- ⑧ フィードバック：モニタリングで得られた情報を生かして、必要に応じて対策シナリオの見直しを行う。

さらに、上述の段階に応じ、特に、開発途上国で Eco-DRR 事業を進める上で留意すべきポイントは以下の通り整理された。

#### ① 総合的な視点

生態系による物理的な防災・減災機能の強化とともに、暴露を回避すること、つまり災害リスクの高い場所に居住することや社会資本整備を回避する取組をおこなう。また、とくに、途上国の文脈では災害後の避難や復旧にかかる予算配分、体制整備、人材確保が十分でないことから、災害への対応能力や体制を強化することも重要である。さらには、平時の多様な便益の効果的な活用等も含めた、総合的な視点で **Eco-DRR** 事業を検討することが重要となる。

#### ② 土地利用計画からのアプローチ

危険な自然現象の発生地点、人と資産、生態系の位置により、災害リスクや生態系の防護機能は変化するため、地域の地形地質の特徴や災害履歴を踏まえて、災害リスクの高い土地利用の回避と、生態系を活用できる土地利用計画を取り入れることが重要である。土地利用計画づくりの際には、防災・減災機能を含む生態系サービスを評価して地図化する（または計画に落とし込む）とともに、緩衝材として役割が期待できる生態系や災害に脆弱な土地を特定し、関係者間で認識することが必要である。

#### ③ セクターを超えた連携

一般に災害対策と環境保全を担う省庁、部局は異なるが、**Eco-DRR** の実施には行政組織をまたぐ事業連携、私有地を含む対策が求められ、セクターの連携により、健全な生態系の維持に向けた土地や資源利用を誘導し、防災効果を高める視点が欠かせない。

#### ④ 地域の社会経済活動への展開

**Eco-DRR** を効果を発揮するためには、広大な空間が必要な場合あり、その際住民による土地や資源の利用の制限を伴うことも考えられる。途上国では、地域住民の多くが生態系を活用し生活していることから、**Eco-DRR** を展開するにあたり、住民の慣習的な伝統や資源利用の権利、社会経済活動への影響も考慮する必要がある。

#### ⑤ 生態系機能の限界

森林などの生態系は防災・減災の効果を発揮するまでに時間がかかるため、緊急的な対応が必要な状況には向かない。また、降雨、地震、津波などの外力に対し、明確な安全を確保することが困難である。特に、近年の気候変動による降雨量の急激な増加により、対策を実施していても土砂災害、洪水等の被害が起こることがあることを想定する必要がある。このため、緊急に災害対応が必要な場合、学校等の公共施設や災害時要援護者施設など重要な保全対象施設がある場合には、人工構造物による防災施設と組み合わせて整備するなど十分な対策を講じる必要がある。

#### ⑥ 評価や科学的知見の活用

自然災害対策においては、複数の選択肢からより合理的なものを選択するために、定量的な評価や科学的知見に基づく根拠が重要となる。評価の結果や科学的知見は地域住民の理解向上に欠かせないだけでなく、関心が異なるステークホルダーが参加する中で、対策方針を選択する際等に意思決定をする場合の共通理解の形成に有効である。したがって、

事業の実施にあたっては、生態系の防災・減災機能およびその他便益を含めた機能を評価するために、定量的な情報を定期的に収集・蓄積し、Eco-DRR の効果や手法のモニタリングを行い、計画や取組にフィードバックすることが重要である。

#### ⑦ 順応的管理の実施

Eco-DRR は、自然の環境変動、社会的背景の変化に左右されるため、土地利用計画や施設の施工の効果は、当初の目標とは異なる結果になる可能性がある。事前事後のモニタリング調査は重要であり、その結果を常に監視、評価しつつ、必要に応じて目標や手法を含めた計画や施工方法の見直しを行う。Eco-DRR の実施状況とともに、その地域の自然環境および社会環境も勘案しながら、順応的に管理を行うことを計画当初から念頭に置き、多様な主体との合意形成を図りつつ、維持・管理を進めることが求められる。

最後に、本調査の結論として、以下の点を確認した。

- ① IUCN、UNEP 等の国際機関が、Eco-DRR の推進ならびに主流化に積極的に取り組んでいる。
- ② 防災・減災において生態系を活用することは、生物多様性・生態系保全と防災・減災の両立等の多くの面で有効である。
- ③ JICA が、従来より、開発途上国の災害多発地域や水源等の流域で森林造成・管理等に取り組んできた事例は、Eco-DRR の推進につながる。
- ④ Eco-DRR の対策シナリオに対する社会・経済便益評価に当たって、データを現地で得ることができれば、比較的高い精度で評価することが可能になる。

また、JICA の Eco-DRR 事業において、今後検討していくべき内容として、以下の提言を行った。

#### ① Eco-DRR の防災減災効果および社会・経済便益分析のためのデータ蓄積

生態系の防災・減災機能およびその他便益を含めた機能の評価に必要な情報を、定期的に定量的に収集・蓄積することが重要である。例えば、植林をする場合、土砂崩壊防止機能の評価のために、地形・地質など環境が酷似している植栽地と裸地における土壌流出量 (m<sup>3</sup>/ha/年) の計測を設計段階に計画し、モニタリングをすることが必要である。

#### ② 代替費用法以外の評価手法の検討

本調査の社会経済評価としては代替費用法を用いたものの、代替費用法以外の方法も存在するため、Eco-DRR に関する JICA プロジェクトの計画段階から、これらの方法に掛かる費用と時間も考慮に入れ、プロジェクトに適した評価方法を選択する。

## 第1章 業務の概要

### 1.1 業務の背景

森林や湿地、サンゴ礁等の生態系には、土砂災害、雪崩、洪水、津波・高潮や風害等、様々な災害を防止または緩和する機能がある。また、こうした生態系に生計を依存している人々にとっては、万一の災害時に木材や薪、食物や薬品の原料などの生活の維持や復興に必要な資材を生態系から得ることができることが、復旧・復興のために大きな意味をもっている。わが国では、近年の自然災害の増加、巨大地震の切迫、気候変動による災害リスクの増加、インフラ老朽化を受けて生態系の防災・減災機能への注目が高まりつつあり、既に生物多様性国家戦略 2012-2020、国土強靱化基本計画、国土形成計画等においても言及されている。こうした森林等の生態系を活用した防災・減災（ecosystem-based disaster risk reduction: Eco-DRR）には世界的にも注目が集まっている。

国際的には、2005年に開催された「第2回国連防災世界会議」で採択された「兵庫行動枠組」で環境・天然資源管理を通じた災害リスク低減の重要性が指摘されたのに続き、2015年の「第3回国連防災世界会議」で合意された「仙台防災枠組」では次の事項を優先活動として挙げている。

- ① 生態系に基づいたアプローチの実施に向けた国際協力推進
- ② 山岳部や河川、氾濫原、乾燥地、湿原等災害リスクの高い地域における農村開発計画や管理等への災害リスク評価、マッピングおよび管理の主流化促進
- ③ 生態系の持続可能な利用・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。

また、同会議で日本国政府が発表した「仙台防災協力イニシアティブ」には、国際防災協力の重点分野として洪水対策、土砂災害対策、高潮対策、植林を含む森林整備等が挙げられている。

Eco-DRR に向けた取組が、わが国政府より具体的に示されるなか、JICA においても、自然環境保全分野の事業戦略 2015-2020 の戦略課題のひとつとして「森林等生態系を活用した防災・減災」を掲げ、今後の取組を強化する方針を打ち出した。このため、Eco-DRR の具体的な協力計画策定のため、今後積極的に取組むべき地域を抽出し、基礎情報を集積することが急務となっていた。

### 1.2 業務の目的

本業務の目的は、「先進国及び途上国における Eco-DRR の有効性を分析し、モデル的な事例を取りまとめるとともに、Eco-DRR に関する協力ポテンシャルの高い途上国・地域を特定し、今後の当該分野における協力案件の形成に向けて基礎的な情報を収集・分析すること」である。

本調査では上記業務の目的を達成するために、Eco-DRR に関する JICA の協力事例およびその他の国内外の事例の文献調査を行い、便益分析を行うとともにその効果を検討・評価し、その結果を基に JICA と協議のうえ、今後の協力の必要性が高いと思われる地域を現地



調査対象国として選定し、協力案件の形成に向けて現地調査を実施した。さらに、Eco-DRRに係るモデル的な事例集と今後の案件形成に向けての基礎的な情報の分析結果をとりまとめ、報告書を作成した。

上記目的の達成のために、文献調査および現地調査を通じて Eco-DRR に関する以下の成果を取りまとめた。

- 成果：①JICA の協力実績および国内外の事例の効果の評価  
②ハンドブックの作成  
③今後の案件形成に向けての基礎的な情報の整理

### 1.3 業務方針

本調査は、JICA が開発途上国において今後取組むべき Eco-DRR に関する具体的な協力計画策定に直結する基礎資料を提供することを目的として、既存事業について Eco-DRR の観点での事業の有効性分析、モデル的事例のとりまとめ（具体的な効果とその効果を発揮するための対策や投入）、および Eco-DRR に関する協力ポテンシャルの高い国・地域の特定を行うものである。このため以下の技術面の基本方針を掲げ、調査を実施した。

#### 基本方針

- (1) 地域へ適用可能な防災・減災手法を把握する。
- (2) 地域特性を考慮した評価・分析方法を適用する。
- (3) Eco-DRR 事業実施における課題、教訓および協力ポテンシャルを抽出する。
- (4) 協力ニーズを考慮して調査対象国を選定する。

#### 1.3.1 地域へ適用可能な防災・減災手法の把握

JICA 協力事例およびその他の国内外の事例の文献調査により、防災・減災手法に関する課題への対応・対処方法を以下の観点から収集し分析した。なお、事業候補地での情報収集および今後の協力案件形成に向けた検討・分析については、当該地域への適用の可能性を考慮した上で実施した。

- ① 生態系防災・減災機能の類型化
- ② 優先的に対処した災害種
- ③ 実施した生態系整備・保全手法
- ④ 実施した技術の定着普及対策
- ⑤ 災害の防止のためのソフト対策

#### 1.3.2 地域特性を考慮した評価・分析方法の適用

本調査の実施に際しては、国や地域により災害リスクや生態系の特性、社会経済状況が大きく異なることに留意しつつ、以下に述べる一貫した手順・枠組に基づき JICA のこれまで

の関連する協力実績および国内外の事例の情報収集・整理・分析を行った。

#### 分析の手順

- (1) 事業対象地域における災害リスクの把握
- (2) 生態系の防災・減災機能の評価
- (3) 生態系の多面的価値評価
- (4) Eco-DRR の観点からの事業の総合評価

#### 1.3.3 Eco-DRR 事業実施における課題、教訓および協力ポテンシャルの抽出

事業完了報告書や事後評価報告書等から政策等を分析し、Eco-DRR 事業実施に向けた課題、教訓および今後の協力のポテンシャルを抽出した。特に上記 (2) の分析において費用対便益が高いものや、将来事業として参考となる有意性の高いと思われた事例を取りまとめた。

#### 1.3.4 協力ニーズを考慮した調査対象国の選定

調査対象国の選定にあつたては、基本的に以下の項目を考慮して JICA と協議し決定した。

- 森林等生態系を活用した防災・減災機能の効果が持続可能で効果的・効率的に発現するような適地
- 防災以外の生態系サービスの提供などの便益
- 各国における国際環境協力へのニーズ

協力案件については、表 1-1 の内容で取りまとめた。

表 1-1 協力案件の取りまとめ方法

項目	内容
事業候補地	対象国、地元住民のニーズ、災害リスク、土地の利用状況等により事業候補地を決定する。
優先的に対処すべき災害	津波・高潮被害の緩和、洪水・濁水の緩和、山地災害の防止、森林火災対策に類型化した上で、事業候補地の過去の災害例等により、優先的に対処すべき災害を決定する。
保全する対象	優先的に対処すべき災害から保全する対象が、流域全体の保全か、人家、公共建設物、等局所的な保全かを明確にする。
防災・減災に活用可能な生態系整備・保全の手法	対象国において将来的に実行可能な生態系整備・保全の手法を採用する。 例えば、治山工事の場合 A 山腹斜面を安定させるための土木的手法については、 a. 現地技術の活用 b. 現地発生材、あるいは現地調達が容易な資材の使用 c. 大型機械を使用する工法ではなく、地元農民を雇用する労働集約的な工法の採用 B 造林方法については、 a. 造林樹種として郷土樹種、従来から使用されている樹種、収入対策として果樹の使用 b. 造林方法として複数の樹種を植栽する混交林の造成、植栽本数等
技術定着・普及方法	C/P への研修、技術マニュアルの作成
プロジェクト実施に当たっての留意事項	周辺自然環境への影響対策、地域住民への啓発、協力対策や災害の防止のためのソフト対策
関係する政策、機関の情報	a. 対象国の関係政策、戦略、制度 b. 関係する中央、地方政府機関の役割・責任、実施能力 c. 他ドナーの実施状況

### 1.3.5 環境省および IUCN による類似調査との連携

#### (1) 環境省による類似調査との連携

##### 1) 「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」のとりまとめ

環境省は、平成 26 年度および平成 27 年度に「生態系を活用した防災・減災に関する検討調査業務」を実施し、その中で「生態系を活用した防災・減災に関する検討会」が設置された。同調査業務および検討会では、国内外における生態系を活用した適応および防災・減災に関する研究・評価事例や実施事例が収集・整理され、日本における「生態系を活用した防災・減災」の活用について、以下の項目に留意しつつ議論が進められた。

#### ■ 同調査業務で検討された内容

- ・ 生態系の有する機能の整理
- ・ 生態系を活用した適応および防災・減災の概念整理
- ・ 生態系を活用した適応および防災・減災の評価手法の整理
- ・ 生態系を活用した適応および防災・減災の地域における活用手法と配慮事項の整理
- ・ 地域における生態系を活用した適応および防災・減災で活用ができる、地域の伝統的知識や地域で取組やすい工法等の事例
- ・ 実施体制、実施手法、合意形成等の活用にあたっての具体的なプロセスや案件形成

の参考になる情報・事例

- ・ 生態系を防災・減災に活用するにあたっての課題

これらの議論に基づき、「生態系を活用した減災・防災に関する考え方」（環境省、2016、以下「考え方」）がとりまとめられた。さらに、同内容を盛り込んだガイドブックである「自然と人がよりそって災害に対応するという考え方」（環境省、2016、以下「環境省ガイドブック」）、また、生態系を活用した減災・防災の具体事例が集められた「生態系を活用した防災・減災に関する考え方 参考事例」（環境省、2016、以下「環境省事例集」）が作成された。「考え方」および「環境省ガイドブック」では、今後の日本が直面すると想定される、気象災害の激甚化、社会資本の老朽化と維持管理コストの増大、人口減少・高齢化と低・未利用地の増加といった課題に対して触れられ、こうした背景を有する日本で生態系を活用した減災・防災を活用することの有効性について、とりまとめられている。

2) 「考え方」における減災・防災に生態系を活用する上でのポイント

「考え方」および「環境省ガイドブック」では、生態系を活用した減災・防災を用いる際のポイントとして、以下の7項目をとりまとめている。

表 1-2 減災・防災に生態系を活用する上でのポイント

ポイント	概要
総合的な視点で検討する	防災・減災対策の実施にあたっては、個別の場合ごとではなく、地域全体の災害に対する強靱性をどのように確保するのかを検討する必要がある。生態系は、社会経済活動とそれぞれの土地利用の間でつながり、相互に作用していることから、生態学や自然科学のみでなく、社会的・経済的な視点で社会全体のレジリエンス（回復力）を検討する。また、地域でどのように人々が暮らしていくのか、環境、景観、産業、まちづくりなど多面的な観点から地域の将来像を描くなかで防災・減災も位置づけ、総合的な視点で検討する。
地域で合意形成を図る	生態系を活用した防災・減災の取組は、土地利用の見直しが伴うこと、また生態系の保全に住民の関与が不可欠な場合があること、さらに、活用する土地や手法の選択により住民へのリスクに違いもあるため、リスクコミュニケーションを伴った地域の選択と合意形成を図ることが重要である。 合意形成の過程においては、公開の場で議論・検討を行うほか、科学的な知見に基づく情報提供が必須である。また、土地利用の見直しによる様々な効果（減災対策効果、生態系の管理による災害リスクの軽減、平時の生態系サービス、生態系の損失による災害リスクの増大等）の定量的・経済的な評価や、わかりやすい模型や図面、説明には容易な語句を用いるなど、理解を得るための工夫が不可欠である、さらに、無記名のアンケートなど様々な意見を汲み取る工夫が必要である
災害履歴や伝統的知識を活用する	生態系を防災・減災に活用するためには、地域ごとに大きく異なる災害の特性及び生態系の特性を十分に踏まえて検討する必要がある。各地域には、災害の種類、発生場所、時期、規模、条件などの情報が、災害履歴やハザードマップとして残されている。地域ごとに、過去の災害や生態系の特性を踏まえて歴史的に形作られてきた災害対策が、伝統的知識として存

ポイント	概要
	<p>在する場合がある。また、過去の土地利用や地名も災害リスクを評価する上で参考となる。</p>
<p>維持管理の仕組みを構築する</p>	<p>生態系の防災・減災機能を継続的に活用するためには、健全な生態系を維持すること、また場合によっては、より効果を発揮する生態系に転換していくことも必要である。地域における自然との伝統的な関わりも踏まえつつ、土地の所有と管理の関係の見直しを含め、地域住民が継続的に管理する体制を構築することが必要である。</p> <p>防災・減災をはじめとした生態系サービスは、豊かな自然を有する地方が主な供給源であるが、その恩恵は都市を含めた広域で享受している。自然の恵みを将来にわたって享受し、安全で豊かな国づくりを行うためには、国民全体が自然からの恩恵を意識して支える維持管理の仕組みが必要である。</p>
<p>空間計画として検討する</p>	<p>空間計画に生態系を活用した防災・減災を位置づけるためには、防災機能を含む生態系サービスを評価して地図化するとともに、緩衝材として役割が期待できる生態系や災害に脆弱な土地を特定することが必要である。また、過去に損なわれた生態系を再生し、多義的な空間として活用することが望まれる。</p> <p>生態系の保全・再生を図る際には、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、海から陸までこれらを有機的につなぐことが必要である。自然公園や天然記念物や名勝などは、地域の象徴として地域の人々の誇りとなり適切に管理されており、結果として災害リスクを低減している事例もあり、自然環境面からだけでなく、歴史的・伝統的な事物や史跡などもネットワークの核となり得る。</p>
<p>個々の現場で適切に生態系を活用する</p>	<p>生態系の有する防災・減災機能を活用する際には、個々の現場において、対象とする災害やその規模に応じて効果が期待できる生態系の種類や規模、位置等を見極める必要がある。生態系の活用手法は大きく分けて次の4分類がある：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現存の生態系の保全・管理</li> <li>• 劣化した生態系の再生</li> <li>• 新たな生態系の造成</li> <li>• 人工構造物と生態系の融合</li> </ul>
<p>定量的・経済的評価を活用する</p>	<p>生態系を活用した防災・減災に関する定量的評価・経済的評価は、合意形成時の合理的な判断の一助となる。生態系による防災・減災の効果とそのコスト効率性のほか、平時に得られる生態系サービスの経済への直接的な効果や非市場財としての価値等を包括的に評価することで、複数の施策や事業案について、地域の考え方や価値観に基づく優先順位づけが可能となる。評価の視点は防災・減災機能と平時に得られる生態系サービスの価値に分類できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 防災・減災機能 <ul style="list-style-type: none"> <li>(ア) 定量評価：斜面崩壊防止機能として、森林による土砂流出の軽減量など</li> <li>(イ) 費用便益評価：生態系を活用した防災・減災の効果が発揮された場合としない場合の想定被害額の比較など</li> </ul> </li> <li>• 平時に得られる生態系サービスの価値 <ul style="list-style-type: none"> <li>(ウ) 市場材：観光資源としての利用や、特産品の販売で得られる利益など</li> <li>(エ) 非市場材：生態系による炭素固定機能や水質浄化機能など</li> </ul> </li> </ul>

出典) 環境省「自然と人がよりそって災害に対応するという考え方」(2016)を基に調査団とりまとめ

当事業の実施にあたっては、上記のポイントをはじめ、環境省の「考え方」および「環境省ガイドブック」と内容面での整合を図りつつ、調査を実施した。また、「環境省事例集」の整理事項等を参考にして事例集「生態系を活用した防災・減災の実践」を整理した。

## (2) IUCN による生態系を活用した防災・減災の取組

IUCN（国際自然保護連合）は生態系を活用した防災・減災の取組を国際的に展開している。Eco-DRR に関連する取組である、環境と防災・減災に関するパートナーシップ（PEDRR）および RELIFE Kit プロジェクトについて以下にとりまとめた。

### 1) 環境と防災・減災に関するパートナーシップ：PEDRR

IUCN や UNEP（国連環境計画）などの国際機関、NGO 等の 10 組織以上および専門家が参加し、「環境と防災・減災に関するパートナーシップ」（PEDRR:Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction）を 2008 年に立ち上げ、Eco-DRR の実施推進と、「仙台防災枠組み」に基づいた国家、地域レベルでの Eco-DRR の主流化を図っている<sup>1</sup>。PEDRR では地域毎に関係団体が連携を行い、世界の各地域で研修ワークショップの開催や、大学院でのコースの提供を行っている。

### 2) RELIEF Kit プロジェクト

IUCN では生物多様性条約事務局および生物多様性日本基金の支援を受け、RELIEF Kit（Resilience through Investing in Ecosystems - knowledge, innovation and transformation of risk management）プロジェクトを展開している。IUCN は、過去の数十年間の自然災害において、脆弱性回避における自然環境の役割は十分に証明されているものの、Eco-DRR 実施上の観点からは（それらの自然環境が果たす役割についての）情報におけるギャップが存在していることを指摘している<sup>2</sup>。RELIEF Kit プロジェクトでは、こうした認識のギャップを埋める活動を通じて、Eco-DRR における生物多様性や生態系の重要性に対する理解醸成を目指している。

RELIEF Kit プロジェクトは 2015 年から 2018 年の 3 年間の取組であり、IUCN の地域事務所 6 箇所（西部・中央アフリカ、東部・南部アフリカ、アジア、オセアニア、メキシコ・中米・カリブ地域、南米）を拠点に、以下の 3 つの目標を掲げている<sup>3</sup>。

- ① 6 地域で分析を実施し、防災・減災における生物多様性および生態系の役割を明文化する。

---

<sup>1</sup> Core Elements of Ecosystem-based Disaster Risk Reduction”(PEDRR2010,Section 4)では、Eco-DRR の主要素として、防災減災および多様な便益とともに生計向上への貢献、人工構造物との融合、気候変動への対応、セクター間の連携、現地住民の参加、既存技術の活用を挙げている

<sup>2</sup> ”Hazard mitigation functions of ecosystem”(PEDRR2010,table 2.2)では、生態系ごとに自然災害を緩和する機能について過去の研究に基づき紹介している。

<sup>3</sup> RELIFE Kit brochure ([https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/final\\_brochure.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/final_brochure.pdf))

- ② 6 地域において、分析に基づいた能力向上を実施する。
- ③ 国際的な議論の場、国家計画づくりのプロセス、地域レベルで知識を普及する。

RELIEF Kit のプロジェクトでは、上記①にかかる地域毎の分析が進められており、2016 年 11 月現在で、東部・南部アフリカ<sup>4</sup>の事例(“Regional Assessment on Ecosystem-based Disaster Risk Reduction and Biodiversity in Eastern and Southern Africa”<sup>5</sup>) をとりまとめている。当報告書では、地域事例分析として Eco-DRR にかかる国家政策やその枠組み、Eco-DRR の各国事例を紹介し、順次、他 5 地域版も取りまとめが進むと考えられ、JICA で Eco-DRR に取組む際には、地域にかかる情報源として参考にすることが推奨される。

## 1.4 調査の方法

### 1.4.1 調査の手順

調査の実施プロセスは以下のとおりである。

- (1) 第 1 次国内調査 (2016 年 3 月中旬～5 月初旬)
  - 文献調査
  - Eco-DRR の効果の評価
  - 防災・減災手法の把握
  - 生態系の防災・減災機能の評価 (社会経済便益分析)
  - Eco-DRR の観点からの事業の総合評価
  - 現地調査対象国の選定及び現地調査計画の提案
- (2) 第 1 次現地調査 (マケドニア国 : 2016 年 5 月初旬～5 月下旬)
  - 情報収集調査 (関係機関での情報収集、文献調査の補足調査)
  - 現地踏査
  - 事例紹介セミナーの開催
- (3) 第 2 次国内作業 (2016 年 6 月初旬～6 月下旬)
  - 第 1 次現地調査結果に基づく暫定報告
  - 第 2 次現地調査渡航準備
- (4) 第 2 次現地調査 (ニカラグア国 : 2016 年 7 月初旬～8 月初旬)
  - 情報収集調査 (関係機関での情報収集、文献調査の補足調査)
  - 現地踏査
- (5) 第 3 次国内作業 (2016 年 8 月中旬～2017 年 2 月下旬)
  - Eco-DRR に係るモデル的な事例集の作成
  - 今後の技術協力に関する提言の取りまとめ

---

<sup>4</sup> 東部・南部アフリカは、エチオピア、ケニア、ナミビア、マダガスカル、マラウイ、モザンビーク、南アフリカ、ウガンダ、ザンビア、ジンバブエの事例についてとりまとめている。

<sup>5</sup> ([https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/eastern\\_and\\_southern\\_africa\\_regional\\_assessment.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/eastern_and_southern_africa_regional_assessment.pdf))

- ドラフト・ファイナル・レポートの取りまとめ
- ファイナル・レポートの取りまとめ

#### 1.4.2 調査の方法

主な調査方法は以下のとおりである。

- 過去事例の文献調査
- 対象国でのインタビュー調査
- 現地踏査（山地・居住地等）
- 生態系の防災・減災機能の評価（社会経済便益分析）
- 生態系を活用した整備・保全手法の検討

#### 1.4.3 調査の実施体制

本調査は、下表に示すコンサルタントから成る調査団により実施された。

表 1-3 調査の実施体制

担当	氏名	所属
総括/Eco-DRR 1 (山地・流域生態系)	おおにし みつのぶ 大西 満信	アジア航測（株）
Eco-DRR 2 (沿岸・海洋生態系)	せとぐち よしなが 瀬戸口 喜祥	八千代エンジニアリング（株）
業務調整/Eco-DRR 支援	いなだ とおる 稲田 徹	アジア航測（株）
防災・減災機能の評価分析	にしだ たかあき 西田 貴明	三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング（株）
生態系の多面的価値評価分析	たかはし やすお 高橋 康夫	（公財）地球環境戦略 研究機関（IGES）



## 第2章 既往事例の評価

### 2.1 JICAによる自然環境分野の過年度事業評価

#### 2.1.1 Eco-DRRの定義

環境省が本年まとめた「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」（環境省, 2016）によると、生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）の概念は以下のようにまとめられている。

防災・減災対策を実施・検討する際に、地域の特性を踏まえつつ、地域住民をはじめとした多様なステークホルダーの参画により、生態系の保全や再生、持続的な管理を行い、自然災害に対して脆弱な土地の開発や利用を避け、災害への暴露を回避するとともに、防災・減災など生態系が有する多様な機能を活かして社会の脆弱性を低減する。これによって、地域の防災・減災機能の強化と、生物多様性及び生態系サービスの確保の両立を図り、持続的で安全で豊かな自然共生社会の構築に寄与すること。

これによると、Eco-DRRの基本的な考え方は、自然の機能を活用した暴露の回避（開発・利用しない選択）と自然の機能による被害の軽減（自然による防護）と考えられる。

また、「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」（環境省, 2016）では、Eco-DRRの優位性を「生態系を防災・減災に用いる利点」として、以下の通り整理している。

#### (1) インフラの施工・維持管理における低コスト

生態系を活用した防災・減災のための施工は、ダムなどコンクリート構造物などと比較して費用が安く済む場合が多い。また、その後の維持管理費用も、防災を主目的としたコンクリート構造物は劣化診断、その後の修復にある程度の費用をかけて行う必要があるが、生態系を活用した防災・減災の対策の場合には、一度安定した状態になると維持管理費用を少なく済むことが多い。

#### (2) 多面的機能（コベネフィット）の発揮

防災・減災の機能が期待される場面ではない平時には、薪炭材、水質浄化、空気の浄化、自然資源の観光、レクリエーション、祭事など様々な便益を提供することができる。

#### (3) 地域の経済的な効果の発揮

生態系を活用した防災・減災の対策は、コンクリート構造物を比較して簡易な工法を用いる場合が多いため、現地住民の技術でも対応でき、地元の雇用創出に繋がる。また、生態系を活用して整備した場合などは、キノコや蜂蜜、果樹などの非木材林産物はその土地から産出されるため、コンクリート構造物にはない経済効果を生み出すことができる。

#### (4) 生物多様性保全、環境保全の貢献

生態系は様々な動植物の生息場所や餌場を提供し、生物多様性保全に貢献する。また、景観の保全を通して人々に安らぎを提供する。

(5) 気候変動対策への貢献

森林等の生態系は炭素の吸収減として REDD+など温室効果ガスの削減等気候変動への緩和策となり、温室効果ガス削減に貢献することができる。また、気候変動による砂漠化・旱魃に対して、森林等は土地を日照りから守り、蒸発散を抑える軽減機能を発揮することができる。

日本学術会議では「復興・国土強靱化における生態系インフラストラクチャー活用のすすめ」(2014年)の中で、「人工構造物によるインフラは、特定の明確な目的に資する単一の機能を高い精度で実現させることができる。社会が求める性能を的確に提供することができることが最大の利点である」ことに対して、生態系インフラは「生物多様性の保全にも資する多様な生態系サービスを発揮しうる多義的空間の維持・創出するところに最大の利点がある。順応的な管理により、不確実性に対処しやすいことも利点である」と位置づけ、人工構造物と生態系によるインフラの利点および欠点について下表のように整理している。

表 2-1 人工構造物によるインフラ整備と生態系インフラストラクチャーの特徴  
(代表的な例として防潮堤築造と沿岸生態系の緩衝空間としての保全・再生を想定して対比)  
◎大きな利点 ○利点 △どちらかといえば欠点 ×欠点

	人工物インフラ	生態系インフラ
単一機能の確実な発揮 (目的とする機能とその水準の確実性)	◎	△
多機能性 (多くの生態系サービスの同時発揮)	△	◎
不確実性への順応的な対処 (計画時に予測できない事態への対処の容易さ)	×	○
環境負荷の回避 (材料供給地や周囲の生態系への負荷の少なさ)	×	◎
短期的雇用創出・地域への経済効果	◎	△
長期的な雇用創出・地域への経済効果	△	○

出典：日本学術会議「復興・国土強靱化における生態系インフラストラクチャー活用のすすめ」(2014)

Eco-DRR の導入においては、上記の表でまとめた、人工物インフラと生態系インフラストラクチャーの利点・欠点をについて勘案した上で活用することが重要となる。

2.1.2 評価方法

過年度の JICA 案件を Eco-DRR 事業としての評価を試みるため以下の 1~4 の手順に沿って整理を行った。過年度の事業には直接的な植林や治山事業施行が実施されたものから、制度・体制構築または能力向上に主眼を置いたもの、またそれらの組み合わせ等、幅広い要素が含まれる。このことから、過年度報告書の内容をもとに、データ項目の整理とともに、評価可能な機能の整理も実施した。

- (1) 社会・経済便益評価手法と評価に必要なデータ項目の整理 (既存の公共事業評価マニュアル)

ルに基づく)

- (2) JICAによる過年度事業（20件）の報告書に基づく事業の特徴把握、整理とデータ抽出
  - ◇ 災害リスクデータ（危険な自然現象、暴露、脆弱性）の整理
  - ◇ 事業内容に基づく評価シナリオ・評価対象項目の整理
  - ◇ 評価項目（防災・減災便益とその他生態系の多面的機能含む）ごとの定量データの有無、定量評価の可能性と追加のデータ要求について整理
- (3) 社会・経済便益の定量評価の可能性に基づくスクリーニング
 

【定量評価の可能性による案件の類型】

  - A) 森林等生態系の整備・管理を目的として、これを主な事業活動とするもの
  - B) 能力強化、技術移転等を目的として、これを推進するためのパイロット事業やラーニングサイトの位置づけで森林等生態系の整備・管理を実施しているもの
  - C) 能力強化、技術移転等を目的として、現地における森林等生態系の整備・管理を実施していないもの
- (4) 社会・経済便益の定量評価の実施

### 2.1.3 過年度事業の特徴把握および整理

事業ごとに、事業内容を整理するとともに、災害タイプや用いられた防災・減災手法についてとりまとめた。災害タイプは大きく区分して、山地災害（斜面崩壊および土砂流出）、洪水・渇水、津波・高潮、森林火災対策に類型化した。

過年度の事業で、災害タイプ別に実施された生態系を活用した防災・減災手法は表 2-2 のとおり整理される。過年度で取り入れられた手法には、防災・減災にかかわる、植林や簡易治山等の実施および技術導入の他に、住民または相手国政府職員の能力向上のための研修、地域の環境管理計画や土地利用計画等の計画作り支援等、ソフトコンポーネントの手法も合わせて実施されていた。

表 2-2 過年度に実施されたプロジェクトで導入された防災・減災方法

類型区分		国名	プロジェクト名	対策の内容
災害種	生態系			
山地災害	山地生態系 (森林・水源系生態系)	中華人民共和国	四川省震災後森林植生復旧計画	崩壊地の森林復旧技術
		ニカラグア共和国	住民による森林管理計画	造林技術(植生筋工)、育苗
		パナマ共和国	パナマ運河流域保全計画	薪炭林の造成、畑周辺の植林、苗畑等高線栽培、テラス栽培、水田
		中華人民共和国	四川省モデル森林造成計画	育苗、造林、簡易治山、普及地元農民による造林
山地災害	山地生態系	チリ共和国	半乾燥地治山緑化計画	治山技術、緑化造林技術、育苗技術
		ガーナ共和国	移行帯参加型森林資源管理計画	森林保全計画策定 森林保全外周部グリーンベルト設

類型区分		国名	プロジェクト名	対策の内容
災害種	生態系			
				置
		ネパール連邦民主共和国	地方行政強化を通じた流域管理向上	土壌保全活動 過剰伐採の防止
		ベトナム社会主義共和国	北部荒廃流域天然林回復計画	植林、天然更新造林技術 苗木生産
		ドミニカ共和国	サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画	植林、育苗技術 焼畑からの転換 アグロフォレストリー、簡易灌漑
洪水・渇水等、流域災害	流域生態系（水源林・内陸湿地等）	パナマ共和国	アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発	国立公園内の過剰伐採防止、土地利用の見直し、植林、農林業生産技術の導入等
		ベトナム社会主義共和国	森林火災跡地復旧計画	デモンストレーションファーム（植林）、材木加工研修、森林火災予防、アグロフォレストリー研修
		イラン国	イラン国 アンザリ湿原環境管理	湿原の総合的管理組織、モニタリング エコツーリズムの導入
津波・高潮等、沿岸域災害	沿岸・海洋の生態系（マングローブ・砂浜等）	ベトナム社会主義共和国	第2次中南部海岸保全林植林計画	海岸保全林 414ha 造成
		フィリピン共和国	統合的沿岸生態系保全適応管理	沿岸生態系保全・適応管理 マングローブ林の緩衝機能の評価
		ミャンマー連邦共和国	エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	マングローブ林の補強・造成、コミュニティ・フォレストリー（CF）の管理計画の作成及び研修プログラムの開発、
		インドネシア共和国	マングローブ生態系保全と持続的な利用のASEAN 地域における展開	マングローブ管理センターの設置、マングローブ生態系管理に関する国家戦略の策定、マングローブ生態系保全が必要な地域での行政的支援、ASEAN との協力体制の整備
森林火災対策		マケドニア国	森林火災危機管理能力向上	森林火災リスクアセスメントに必要な情報を統合的に管理するシステムの構築
		インドネシア国	森林火災予防計画Ⅱ	早期警戒・発見、初期消火、意識向上、参加型森林火災予防防
		インドネシア国	森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画	全国、地域森林火災予防計画、住民による森林火災予防活動
		インドネシア国	泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化	村落火災予防計画、ファシリテーター研修、森林火災予防パトロールマニュアル

別冊1に案件ごとの防災・減災対策について詳細をまとめた。

各案件のとりまとめ（別冊1）の「5. 評価」で設定した仮定条件と評価手順にもとづき、まずは社会経済の各機能について、定量評価の実施可能性について検討した。機能ごとにA：評価可能、B：一部代替値等を用いることで評価が可能、C：評価困難、n/a：データがないまたは対応していないため評価対象外、これら3指標を用いてスクリーニングを行った。スクリーニング結果を表2-3に示す。

表 2-3 スクリーニング結果（防災・減災便益）

類型区分				国名	プロジェクト名	土砂崩壊防止	土砂流出防止	洪水防止	海岸侵食防止	津波・高潮防止	風害軽減・防止
災害種		生態系									
山地災害	洪水・濁水等、流域災害	山地生態系	流域生態系（水源林・内陸湿地等）	四川省震災後森林植生復旧計画	中華人民共和国	B~C	A~B	A	N/a	N/a	B~C
				ニカラグア共和国	住民による森林管理計画	B~C	A	A	N/a	N/a	C
				パナマ共和国	パナマ運河流域保全計画	C	B	A~B	N/a	N/a	N/a
				中華人民共和国	四川省モデル森林造成計画	B~C	A	A~B	N/a	N/a	B~C
山地災害		山地生態系		チリ共和国	半乾燥地治山緑化計画	B	B	B	N/a	N/a	B
				ガーナ共和国	移行帯参加型森林資源管理計画	C	B	B	N/a	N/a	C
				ネパール連邦民主共和国	地方行政強化を通じた流域管理向上						
				ベトナム社会主義共和国	北部荒廃流域天然林回復計画	B	B	C	N/a	N/a	C
				ドミニカ共和国	サバナ・イェグア・ダム上流域の持続的流域管理計画	B~C	A	A	N/a	N/a	C
洪水・濁水等、流域災害		流域生態系（水源林・内陸湿地等）		パナマ共和国	アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発	B~C	B	B	N/a	N/a	C
				ベトナム社会主義共和国	森林火災跡地復旧計画	C	C	C	N/a	N/a	C
				イラン国	アンザリ湿原環境管理						
津波・高潮等、沿岸域災害		沿岸・海洋の生態系（マングローブ・砂浜等）		ベトナム社会主義共和国	第2次中南部海岸保全林植林計画	N/a	N/a	B~C	C	C	B
				フィリピン共和国	統合的沿岸生態系保全適応管理	N/a	N/a	C	C	C	C
				ミャンマー連邦共和国	エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	N/a	N/a	N/a	C	B	C
				インドネシア共和国	マングローブ生態系保全と持続的な利用のASEAN地域における展開	N/a	N/a	C	C	C	C
森林火災対策				マケドニア国	森林火災危機管理能力向上	B~C	A	A	N/a	N/a	C
				インドネシア国	森林火災予防計画Ⅱ	C	C	C	N/a	N/a	C
				インドネシア国	森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画	C	C	C	N/a	N/a	C
				インドネシア国	泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化	C	C	C	N/a	N/a	C

表 2-4 スクリーニング結果（平時の便益）

類型区分		国名	プロジェクト名	木材供給	副産物 (NTPP・狩猟)	漁業資源供給	流域貯水	水質浄化	炭素固定	気候緩和	文化的価値	生物多様性保全	火災防備		
災害種	生態系														
山地災害	洪水・濁水等、流域災害	山地生態系 (水源林・内陸湿地等)	四川省震災後森林植生復旧計画	中華人民共和国	A~B	A~B	N/a	A	B	A	C	C	C	N/a	
			ニカラグア共和国	住民による森林管理計画	A~B	C	N/a	A	C	A	B~C	C	C	C	B
			パナマ共和国	パナマ運河流域保全計画	A~B	B	N/a	A~B	B	A	C	C	C	C	N/a
			中華人民共和国	四川省モデル森林造成計画	A~B	C	N/a	A~B	B~C	A	C	B~C	C	C	B
山地災害	山地生態系	山地生態系	チリ共和国	半乾燥地治山緑化計画	B	B	N/a	B	B	B	C	N/a	C	N/a	
			ガーナ共和国	移行帯参加型森林資源管理計画	B	B	N/a	B	B	B	C	N/a	C	N/a	
			ネパール連邦民主共和国	地方行政強化を通じた流域管理向上											
			ベトナム社会主義共和国	北部荒廃流域天然林回復計画	B	B	N/a	C	B	B	C	N/a	C	N/a	
			ドミニカ共和国	サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画	A~B	B~C	N/a	A	B	A	C	C	C	C	N/a
洪水・濁水等、流域災害	流域生態系(水源林・内陸湿地等)	流域生態系(水源林・内陸湿地等)	パナマ共和国	アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発	A~B	B~C	N/a	B	B	A	B~C	B~C	B	C	
			ベトナム社会主義共和国	森林火災跡地復旧計画	B	B	N/a	C	C	B	C	N/a	C	N/a	
			イラン国	アンザリ湿原環境管理											
津波・高潮等、沿岸域災害	沿岸・海洋の生態系(マングローブ・砂浜等)	沿岸・海洋の生態系(マングローブ・砂浜等)	ベトナム社会主義共和国	第2次中南部海岸保全林植林計画	C	N/a	N/a	N/a	N/a	B	C	N/a	N/a	N/a	
			フィリピン共和国	統合的沿岸生態系保全適応管理	C	C	C	C	C	C	B~C	C	C	C	N/a
			ミャンマー連邦共和国	エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	B	B~C	B~C	N/a	C	B	B~C	C	C	C	N/a
			インドネシア共和国	マングローブ生態系保全と持続的な利用のASEAN地域における展開	C	C	C	C	C	B	C	C	C	C	N/a
森林火災対策	森林火災対策	森林火災対策	マケドニア国	森林火災危機管理能力向上	A~B	B~C	N/a	A	B	A	B~C	B~C	C	N/a	
			インドネシア国	森林火災予防計画 II	C	C	N/a	C	C	C	C	C	C	C	N/a
			インドネシア国	森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画	C	C	N/a	C	C	C	C	C	C	C	N/a
			インドネシア国	泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化	B~C	B~C	N/a	C	C	C	B~C	C	B~C	C	N/a

A：評価可能、B：一部代替値等を用いることで評価が可能、C：評価困難、n/a：データがないまたは対応していないため評価対象外

上記のスクリーニング結果より、評価可能と分析された下記の3案件について、防災減災機能、および社会経済便益について、定量的な評価を踏まえた事業評価を試行した。

生態系タイプ	プロジェクト名
山地の生態系（土砂流出・崩壊防止林等）による山地災害の防止等	中華人民共和国 四川省震災後植生復旧計画
流域の生態系（水源林・内陸湿地等）による洪水・渇水の緩和等	ニカラグア国 住民による森林管理計画
沿岸・海洋の生態系（海岸林・サンゴ礁・沿岸湿地等）による津波・高潮被害の緩和等	ベトナム国 第2次中南部海岸保全林植林計画

#### 2.1.4 JICA モデル事例の社会・経済便益評価

##### (1) 中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクト

###### 1) 評価シナリオ

プロジェクトは四川省汶川県、北川県、綿竹市を対象に実施された。対象地周辺では2008年5月、四川大地震（M8.0）が発生し、地震による森林の被害面積は約33万haにのぼった。被災森林は、地すべり、土石流、山腹崩壊、落石などが起こりやすい危険な状態となっていた。プロジェクトでは、被災森林植生の3カ所のモデルエリアにおいて、被災森林植生の復旧計画を作成したほか、被災森林植生の主要な復旧工法を導入し、実施した。また、こうした直接的な復旧事業と並行して技術者研修を実施した。研修は、主に3市県のC/Pを対象とした「林業治山技術者養成研修」と、四川省内の林業担当者等を対象とした「林業治山普及研修」を実施し、研修受講者累計は、1,007名であった。

プロジェクトがデモンストレーションとして実施した植林は17haにとどまったが、事業期間を通して、カウンターパートが独自に植林を行った面積が99.67haに及んだため、本事業の成果を117.67haとして評価した。

###### 2) 評価項目

本プロジェクトの「中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクト 終了時評価調査報告書」（JICA、2015年）によると、プロジェクトの主な目的は斜面崩壊防止及び土砂の流出防止の治山であるため、土砂崩壊防止、土砂流出防止、洪水防止、流域貯水、水質浄化および炭素固定について社会・経済便益評価を行った。

###### 3) 便益計算

林野庁が策定した「林野公共事業における事業評価マニュアル」（林野庁、2014）の計算方法に従い、プロジェクト報告書および関連資料から情報を取得し、またプロジェクトや現地情報の入手困難な数値については日本での評価に用いられている数値を補足的に援用し、便益評価を行った。



評価年数は 50 年間とし、効果発現年数は 17 年、社会的割引率 4%<sup>6</sup>を適用し、試算を行った。

表 2-5 中国 四川省震災後森林植生復旧計画プロジェクトの社会・経済便益評価結果

項目		評価方法	評価結果 (百万円)	
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	C	179.22	
	2 土砂流出防止	C	179.22	
	3 洪水防止	C	497.28	
	4 海岸浸食防止	-	-	
	5 津波・高潮被害防止	-	-	
	6 風害防止	-	-	
小計			855.72	
平時の便益	市場財	6 木材供給	-	
		7 燃料供給	-	
		8 NTFP 供給 (狩猟含む)	-	
		9 漁業資源供給	-	
	非市場財	10 流域貯水	C	33.82
		11 水質浄化	A'	70.58
		12 炭素固定	A'	40.12
		13 気候緩和	-	-
		14 文化的価値	-	-
		15 生物多様性	-	-
	小計			144.52
総計			1,000.24	

A: 日本の便益計算式 (林野庁「林野公共事業における事業評価マニュアル」等) に現地データを内挿して計算

A': 現地データ中心、一部日本の原単位を援用

B: TEEB 原単位便益移転

C: 日本原単位便益移転

#### 4) 費用計算

プロジェクト概要 (別冊 1) に示すとおり、JICA による投入の総額は 5.8 億円であり、現地業務費 (対在外強化費) の投入額は約 2 億 5074 万円であった。

#### 5) 費用対便益計算

便益計算額は下記の通りである。

$$B/C = 1,000.2 \text{ 百万円} / 250.7 \text{ 百万円} = 3.99$$

<sup>6</sup> 社会的割引率とは現在の費用 (効果又は便益) に比べ将来の費用 (効果又は便益) は価値が低下するものと考え、その価値の低減度合いを示すものが社会的割引率である。国土交通省管轄の公共事業評価で使用される社会的割引率は平成 2000 年度から 4% に設定され、現在は林野庁の「事業評価マニュアル」でも 4% が設定されているため、当事業でも社会的割引率 4% を適用し、試算を行った。

## 6) 考察

山地における震災後の崩壊地に、植生を回復したことにより、土砂崩壊防止、土砂流出防止、洪水防止、流域貯水、水質浄化および炭素固定の便益が見込まれ、事業の費用対効果はプラスになったと見られる。JICA プロジェクトの対象範囲以外の場所でカウンターパートが独自に植林を行っているため、普及した技術が現地の能力に適合していたと見られる。将来、他のプロジェクトでも、このように現地の能力を見極めて事業計画を策定することで普及展開に繋げていくことが重要である。

### (2) ニカラグア国 住民による森林管理計画

#### 1) 評価シナリオ

本プロジェクトは、ニカラグア国北部太平洋地域の約 100 万 ha を対象とした防災森林管理計画に含まれるレオン県北部に位置する Achuapa、El Sauce、Santa Rosa の 3 つの市から 9 村落を抽出し、実施された。プロジェクトの実施期間は、2006 年 1 月から 2011 年 1 月の 5 年間であった。対象村落では、参加住民が森林管理技術を学び植林やアグロフォレストリー、シルボパストラルを進めるとともに、石積み工や植生筋工、谷止工などが作られ、水源周辺の森林を保全するなどの活動が自主的に行われた。

評価では、生態系による防災・減災効果を評価することから、プロジェクトで実施した取組のうち、植林された事業地を対象に防災・減災機能について評価を実施した。本事業のもととなっている「マスタープラン」を踏まえ、効果発現の期間を 20 年、評価期間を 60 年、社会的割引率 4%<sup>7</sup>を適用し、試算を行った。

#### 2) 評価項目

本プロジェクトの事業完了報告書（JICA、2011）によると、プロジェクトの主な目的には、植林、天然林管理の実施による水源の保全、土砂流出防止、自然環境保全、木材生産等が挙げられている。このうち、プロジェクト報告書や関連資料から得られる情報で評価が可能な、土砂崩壊防止、土砂流出防止、洪水防止、木材供給、流域貯水、炭素固定について社会・経済便益評価を行った。

#### 3) 便益計算

ニカラグア国は、本事業実施のもととなる「北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査」を 2000 年から 2004 年で実施していること、また、2016 年 8 月に現地調査を実施していることから、過年度の報告書（「北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査ファイナルレポート」、JICA、2004 年）および現地調査で収集されたデータを活用し、便益の算定を行った。

---

<sup>7</sup> 社会的割引率とは現在の費用（効果又は便益）に比べ将来の費用（効果又は便益）は価値が低下するものと考え、その価値の低減度合いを示すものが社会的割引率である。国土交通省管轄の公共事業評価で使用される社会的割引率は平成 2000 年度から 4%に設定され、現在は林野庁の「事業評価マニュアル」でも 4%が設定されているため、当事業でも社会的割引率 4%を適用し、試算を行った。

表 2-6 ニカラグア国 住民による森林管理計画の社会・経済便益評価結果

項目		評価方法	評価結果（百万円）	
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	A'	216.55	
	2 土砂流出防止	A'	216.90	
	3 洪水防止	A'	197.94	
	4 海岸浸食防止	-	-	
	5 津波・高潮被害防止	-	-	
	6 風害防止	-	-	
小計			631.39	
平時の便益	市場財	6 木材供給	A'	14.73
		7 燃料供給	A'	21.65
		8 NTFP 供給（狩猟含む）	-	-
		9 漁業資源供給	-	-
	非市場財	10 流域貯水	A'	144.66
		11 水質浄化	-	-
		12 炭素固定	A'	42.00
		13 気候緩和	-	-
		14 文化的価値	-	-
15 生物多様性	-	-		
小計			223.04	
総計			854.43	

A: 日本の便益計算式（林野庁「林野公共事業における事業評価マニュアル」等）に現地データを内挿して計算

A': 現地データ中心、一部日本の原単位を援用

B: TEEB 原単位便益移転

C: 日本原単位便益移転

#### 4) 費用計算

プロジェクト概要（別冊1）に示すとおり、JICAによる投入の総額は1.9億円であり、現地業務費の投入額は約1.2億円であった。

#### 5) 費用対便益計算

便益計算額は下記の通りである。

$$B/C = 854.43 \text{ 百万円} / 120 \text{ 百万円} = 7.12$$

#### 6) 考察

プロジェクトに参加し技術を学んだ住民が植林、天然林管理や簡易な治山工事を実施し、自身の村落のみならず、周辺地域へも水源の保全、土砂流出防止、自然環境保全、木材生産の便益をもたらした。B/Cが7.12となっており、一定の事業効果を上げていると見られる。

- 本事業では植林のほかに、植え込みを行うことで森林を強化する天然林管理を3市合計で約2,000ha実施しているが、植栽面積や樹種等、具体的な数値の把握が困難であるため、植え込みによる森林整備エリアについては評価を実施していない。

### (3) ベトナム国 第2次中南部海岸保全林植林計画

#### 1) 評価シナリオ

このプロジェクトは、ベトナム国中南部クアンガイ省沿岸の植生の乏しい、又はほとんど生育していない砂浜や砂丘に、強風や飛砂による人家、農作物又は交通への被害を軽減することを目的にモクマオウ (*Casuarina equisetifolia*) の植林を行ったものである。その規模は、植林面積は合計414.49ヘクタール、海岸沿いの総延長はおよそ18.2kmにおよんでいる。今回の調査では、本プロジェクトの事業化調査報告書や完了届等のプロジェクト関連資料に含まれている情報やデータに基づいて、この新規植林による防災・減災機能及び平時の便益を評価した。なお、モクマオウはおよそ20年で成長が緩やかになり、30年を過ぎる頃から倒木、劣化が始まることが報告されている(平田功, 生沢均, 寺園隆一, 幸喜善福, 1993)ことから、効果を十分に発揮するまでの年数を20年、評価期間を30年に設定して評価を行った。

#### 2) 評価項目

本プロジェクトの事業化調査報告書(JICA, 2008)によると、海岸林の造成により、プロジェクトの主な目的とされている強風、飛砂による被害低減の他、地球温暖化防止、生物多様性保全、貧困対策、津波被害軽減が挙げられている。このうち、プロジェクト報告書や関連資料から得られる情報で評価が可能なのは強風、飛砂による被害低減、ならびに地球温暖化防止のみであり、この2項目について社会・経済便益評価を行った。

#### 3) 便益計算

林野庁が策定した「林野公共事業における事業評価マニュアル」(林野庁, 2014)の計算方法に従い、得られる範囲でプロジェクト報告書や関連資料から情報を取得し、またプロジェクトや現地情報の入手困難な数値については日本での評価に用いられている数値を補足的に援用して、炭素固定と微気象(風害防止)の便益評価を行った。

炭素固定便益については二酸化炭素の原単位価格について日本で発表されている値を用いたほか、風害防止機能については代替材として想定する防風ネットの価格について日本の資材価格を参照した。

表 2-7 ベトナム国 第2次中南部海岸林保全植林計画の社会・経済便益評価結果

項目		評価方法	評価結果 (百万円)	
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	-	-	
	2 土砂流出防止	-	-	
	3 洪水防止	-	-	
	4 海岸浸食防止	-	-	
	5 津波・高潮被害防止	-	-	
	6 風害防止	A'	5,855.24	
小計			5,855.24	
平時の便益	市場財	7 木材供給	-	
		8 燃料供給	-	
		9 NTFP 供給 (狩猟含む)	-	
	非市場財	10 漁業資源供給	-	
		11 流域貯水	-	
		12 水質浄化	-	
		13 炭素固定	A'	733.13
		14 気候緩和	-	
		15 文化的価値	-	
		16 生物多様性	-	
小計			733.13	
総計			6,588.37	

A: 日本の便益計算式 (林野庁「林野公共事業における事業評価マニュアル」等) に現地データを内挿して計算

A': 現地データ中心、一部日本の原単位を援用

B: TEEB 原単位便益移転

C: 日本原単位便益移転

#### 4) 費用計算

プロジェクト概要 (別冊1) に示すとおり、JICA による投入の総額は 346,564,000 円であり、うちコンサルタント費用 157,172,000 円、植林費用 189,392,000 円であった。

#### 5) 費用対便益計算

$$B/C = 6,588.37 \text{ 百万円} / 346.56 \text{ 百万円} = 19.01$$

#### 6) 考察

プロジェクトの実施により、海岸線の砂浜や砂丘にモクマオウ林が定着したことで、風害防止と炭素固定の機能は着実に発揮されているものと想定される。一方、これらの他にプロジェクトの成果として期待されていた生物多様性保全、貧困対策、津波被害軽減については報告書等から情報を得ることができず、評価できていない。総合的には費用便益分析の結果はプラスになったと見られ、事業の有効性は高い。

- 風害防止効果の便益算定は、森林の代わりに風防ネットを同じ高さで延長で張った場合と比較する代替費用方により計算。日本における資材価格に基づいて便益移転しているため便益が高く評価されている可能性がある。
- 海岸林であるため、津波・高潮被害防止効果も期待されるが、これを評価するためのデータ・情報がプロジェクト報告書や関連資料に示されておらず、評価できない。
- 海岸への外来種の単一植林であるため、価値の多面性は限定的。
- 評価の精度を向上させるためには、多くの追加データが求められるが、飛砂強風による被害想定額を算出し、これに基づいて風害防止に係る防災・減災機能の便益を算出することが望ましい。

## 2.2 日本の事例

林野公共事業（森林整備、治山事業）のうち、Eco-DRR の考え方により適合した 5 事例に関して情報を収集・整理し、その中からケーススタディとして 1 事例について経済価値評価の試算を行った。

### 2.2.1 参考事例の抽出

#### (1) 参考事例の抽出の考え方

森林等生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）に関する情報収集・確認調査として、Eco-DRR に関連する林野公共事業について国内の代表的な事例紹介を林野庁へ依頼した。

選定の視点として提示した基準は、林野公共事業のうち「Eco-DRR の考え方に適合しやすい」「評価結果が捉えやすい」「試行調査がしやすい」といった特徴のある事業とした。

＜参考事例抽出の考え方＞

選定基準(Eco-DRRに関連する林野公共事業の事例抽出)	
Eco-DRR の考え方に 適合しやすい事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 森林等の非人工物が主となる事業(主な施工内容が人工構造物ではないもの)</li> <li>■ 災害発生リスクが高かった地域で行われた事業</li> <li>■ 防災以外の多面的機能(レクリエーション等)も発揮されている</li> <li>■ 生物多様性保全に貢献している</li> <li>■ 地域の開発等への規制(保安林指定等)となっている地域で実施されている事業 等</li> </ul>
評価結果が 捉えやすい事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 現在も継続して事業が実施されている</li> <li>■ 事業規模が比較的大きい</li> <li>■ 事業開始から一定期間が経過している</li> <li>■ 便益算定式に必要な活動情報(植生等)やデータが揃っている(入手が容易である)</li> <li>■ 定性情報を含めた豊富な情報が入手可能である 等</li> </ul>
試行調査が しやすい事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 現場の森林管理署、森林事務所の協力が得やすい事業 等</li> </ul>

上記のような趣旨に合致した  
国内におけるEco-DRRに関連する林野  
公共事業を5事例程度抽出(参考事例)

データ取得容易性等を勘案し  
1事例をモデルケースとして経済評価を試行

(2) 参考事例の分類

参考事例は、治山事業、森林整備（都市近郊）、森林整備（水源林）、海岸防災林造成、といった事業特性を踏まえ、大きく4区分に分類される。

1) 治山事業

過去の日本においては、資材や燃料確保を目的とした伐採等により禿山となってしまった山地が全国各地に散見された。こうした山地からは、大雨が降った際にしばしば土砂が下流域に流出し被害を及ぼしてきた。こうした禿山を緑化することで土砂の流出を防ぐとともに、現在では散策道などが整備され、多くの入込み客も見られる。具体的な事例としては、田上山周辺（滋賀県大津市、栗東市）等がある。

2) 森林整備・治山事業（都市近郊）

都市部において宅地やインフラの側にそびえる山地、丘陵地にある国有林は、土砂崩壊等を防ぎ人命、財産等を保全する重要な役割を担っている。また、都市部に位置することから、地域住民の憩いの場として活用される他、多くの人々の目に触れる機会が多く、景観の保全・向上にも寄与している。具体的な事例としては、六甲山（兵庫県神戸市）や鶏籠山一帯（兵庫県たつの市）等がある。

### 3) 森林整備・治山事業（水源地）

ダムの上流域など、水源涵養（森林の土壌が降水を貯留し河川へ流れ込む水の量を平準化し洪水を緩和、河川の水量を安定させる機能）上重要な山奥に整備される森林。広大な面積で事業が実施されることから、木材生産等の便益も享受できる。また、鉱山開発により裸地となった山の斜面の森林を回復した事例もある。具体的な事例としては、高梁川下流森林計画区（岡山県新見市、高梁市ほか）等がある。

### 4) 海岸防災林造成事業

日本の海岸部は、古来より強風による飛砂被害等に悩まされ続けてきたが、海岸防災林として主にマツを植栽し大きな防災効果を発揮している。2011年3月の東日本大震災では、津波到達を遅らせる効果等にも言及されている。また、海岸防災林は、白砂青松といった景観にもすぐれており、景勝地も多く、周辺地域のみならず遠方からも多くの人々が来訪している。具体的な事例としては、庄内海岸（山形県酒田市、鶴岡市、遊佐町）等がある。



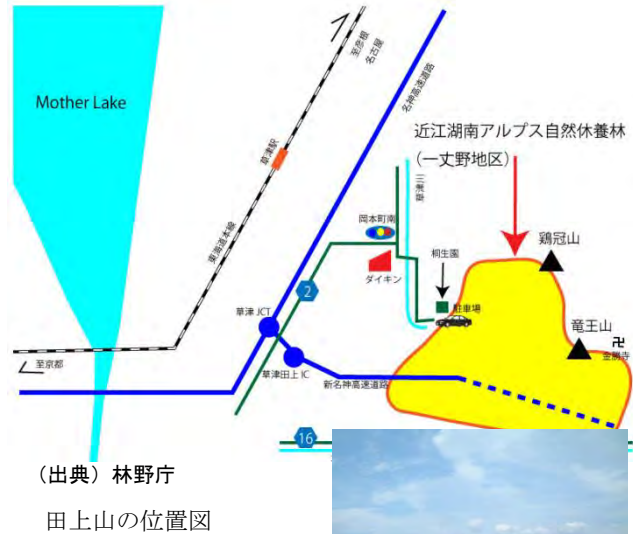
## 2.2.2 参考事例の整理

### (1) 田上山の治山事業（滋賀県大津市、栗東市）

#### 基礎データ

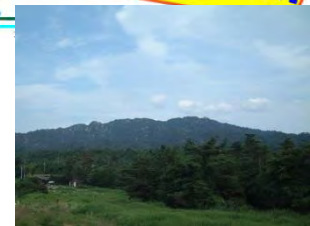
#### ① 対象地域及び面積

- ・ 滋賀県の琵琶湖南端部に位置する大津市上田上桐生町にある一丈野（いちじょうや）国有林および金勝山（こんぜやま）国有林一帯。当該国有林は琵琶湖の水源地。禿山復旧を目的とした第一期（明治30年～昭和37年）と、生活環境保全林整備事業の第二期（平成3～15年）工事を実施。事業面積は、約1,200ha、管理道は約1.4km。（植栽・床固工・遊歩道設置等）



#### ② 裨益対象者及び規模等

- ・ 水系は淀川流域の上流部で主要河川は大戸川、草津川。大戸川流域関係市町村の総人口は約35万人。



(出典) 林野庁  
田上山の遠景写真

#### ③ 当該地域における保安林等の指定状況

- ・ 土砂流出防備保安林、保健保安林、砂防指定地、鳥獣保護区、自然休養林、三上・田上・信楽県立自然公園。

#### 災害リスクデータ

#### ① 危険な自然現象（これまでの災害履歴と将来予測）

- ・ 日本治山治水協会「後世に伝えるべき治山」によると、万葉の時代から度重なる遷都や社寺の建立のため森林が伐採され、江戸時代には燃料として伐採。加えて地質が風化した花こう岩であったことから荒廃が増大し、降雨のたびに土砂が流出して下流の人々を苦しめてきた。



写真 2.2-4 大津市石居の橋梁流出  
(出典) 近畿地方整備局



写真 2.2-5 大津市上田上の道路被害

- ・ 1963年に瀬田川を含む淀川流域一帯に大水害が発生。1968年にも淀川流域で大水害が発生し、水源山地から土砂が大量に流出するなど、災害を繰り返している

#### ② 暴露（人口・財産の分布と密度の現状と将来推計）

- ・ 大戸川流域関係市町村の総人口は約35万人。製造品出荷額は滋賀県内で3,161億円。※平成22年

#### ③ 脆弱性（土地の性質（地質、地形、植生など）、既存防災施設）

- ・ 標高は400～600m。
- ・ 年平均降水量は1,485mm。
- ・ 大戸川の瀬田川から信楽町区間の植生はほとんどが代償植生で、アカマツ・ヒメコマツ群落、

アカマツ・モチツツジ群集、スギ・ヒノキ植林、コナラ群落が大部分を占めている。特徴的な植生としては、低地の湿生林であるハンノキ群落、花崗岩地の山地斜面中部～尾根部に見られたアカマツ・ヒメコマツ群落、貧栄養湿地の植生であるシロイヌノヒゲ群落があげられる。

### 事業効果

- ・ 緑化による下流域へ土砂流出防止
- ・ 自然休養林として、多くのハイキング客や登山者が訪れる
- ・ 森林保全を目的としたボランティア活動やイベント等の実施

### 関連資料

- ・ 後世に伝えるべき治山 60 選ガイドブック（一般社団法人 日本治山治水協会）
- ・ 近畿中国森林管理局ウェブサイト
- ・ 近畿地方整備局ウェブサイト



復旧前の状況



山腹工施工状況



復旧状況

(出典) 林野庁

(2) 六甲山の治山事業（兵庫県神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市）

**基礎データ**

① 対象地域及び面積

- ・ 政令指定都市である兵庫県神戸市の市街地の西から芦屋市、西宮市、宝塚市の背後約 30km に連なる山地で、六甲山から鉢伏山まで約 9,000ha（うち森林は約 8,195ha）。近年における神戸市の背山緑化事業は約 2,400ha に実施。平成 8～16 年度に実施した民有林治山事業（保安林整備）は 268ha である。

② 裨益対象者及び規模等

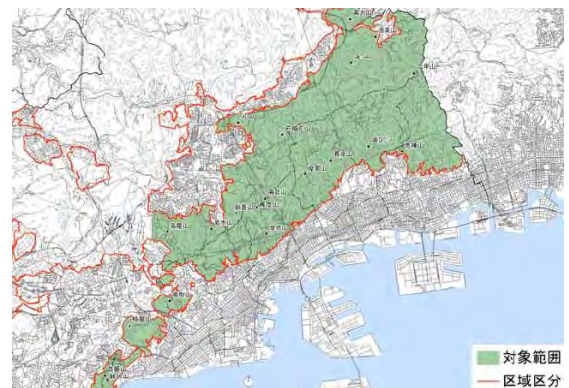
- ・ 六甲山系に関係する神戸市、芦屋市、西宮市及び宝塚市の合計人口は約 230 万人に達する（平成 27 年国勢調査）。このうち、土砂災害想定区域の人口は約 26 万人である。

③ 当該地域における保安林等の指定状況

- ・ 国立公園（特別保護地区・特別地域）、保安林、砂防指定地、急傾斜地崩壊危険区域、近郊緑地特別保全地区、近郊緑地保全区域、特別緑地保全地区、記念物、緑地の保存・保全・育成区域



（出典）林野庁  
六甲山の位置図



（出典）神戸市 六甲山の治山事業対象位置図

**災害リスクデータ**

① 危険な自然現象（これまでの災害履歴と将来予測）

- ・ 江戸時代からの乱伐や山火事などにより荒廃し、

明治中期にはほとんど木のない禿山であった。このため、大雨のたびに土石流や山裾で河川氾濫などが発生し、多大な被害が繰り返されていた。災害防止及び飲料水の確保を目的として 1902 年より森林整備が開始された。

- ・ 1896 年の大水害（死者 38 名）、1938 年の阪神大水害（死者 695 名）、1960 年代の豪雨（死者合計 118 名）、1995 年の阪神・淡路大震災では、活動断層周辺で、亀裂や崩壊、落石等の被害が約 600 カ所発生した。

② 暴露（人口・財産の分布と密度の現状と将来推計）

- ・ 土砂災害想定区域に約 26 万人が居住。

③ 脆弱性（土地の性質（地質、地形、植生など）、既存防災施設）

- ・ 標高は 246～932m（西部に向かって標高が低くなる）
- ・ 年間降雨量は、六甲山南麓では 900mm～



（出典）神戸市 写真 1～6 森林整備開始直後～現在の状況



（出典）林野庁 六甲山上空からの写真

1,400mm、山頂付近では1,500mm～2,000mm、北麓では1,300mm～1,700mmで、温かく湿った南風が山地南斜面を上昇して雲をつくり、雨を降らせるため、山頂付近の降雨量が多い。

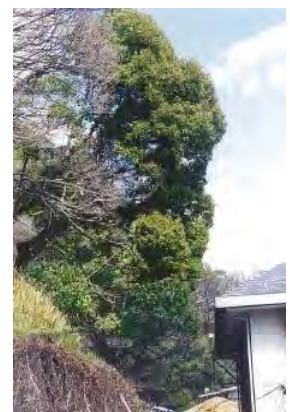
- ・ 六甲山は、100 万年前から東西方向の強い圧力が加わった結果、1,000 年間で平均 75cm の割合で上昇し続けた（六甲変動と呼ぶ）。六甲山の数多い断層はこの変動によって成立。六甲断層、五助橋断層、布引断層、諏訪山断層等数多くの断層が東西に走っている。
- ・ 六甲山の大部分は花崗岩層で、その表層には六甲変動により破壊された花崗岩が風化して出来たマサ土が薄く堆積している。
- ・ 現在の六甲山の植生の大半は人の手が加わった二次植生である。二次林として最も広い面積を占めるアカマツ林（アカマツモチツツジ群集）はマツ枯れの影響で分布地が減少している。次に落葉広葉樹林であるコナラ林（コナラアベマキ群集）は谷部から山腹部に分布しており、かつては薪炭林として利用されていたが、現在では大半は手入れがなされていない。常緑広葉樹林であるアラカシ林（アラカシ群集）などが小規模に分布する。スギ群落、ヒノキ群落は六甲山北部を中心に分布し、用材としても利用できる人工林である。その他砂防等のために植林された群落としては、ニセアカシア林、オオバヤシャブシ林、クスノキ林、モミ林、マテバシイ林などの群落があげられる。

### 事業効果

- ・ 農水省の公共事業評価によると、土砂災害防止効果（下流域の集落・国道等の保全）が挙げられている。
- ・ 六甲山森林整備戦略（神戸市）によると、ドライブウェイ等の道路整備、ケーブル等の交通手段の整備といった事業効果があげられている。
- ・ 生態系を活用した防災・減災に関する考え方 参考事例（環境省）によると、山地災害防止・土壌保全機能（表面侵食防止、表層崩壊防止等）・洪水緩和、供給サービス（木材、食糧（きのこ等））、生物多様性及び生物の生育・生息地（哺乳類（ニホンリス等）、鳥類（アカゲラ、カッコウ、フクロウ等）、昆虫類（エゾゼミ、ムカシトンボ等））、二酸化炭素の吸収、水質浄化、文化サービス（景観、環境教育）、レクリエーション（行楽、スポーツ）といった事業効果があげられている。



レクリエーション風景  
（出典）神戸市



（出典）林野庁  
人家裏の森林整備状況

### 関連資料

- ・ 後世に伝えるべき治山 60 選ガイドブック（一般社団法人 日本治山治水協会）
- ・ 六甲山森林整備戦略（神戸市）
- ・ 生態系を活用した防災・減災に関する考え方 参考事例（環境省）
- ・ 公共事業 評価結果概要一覧（農林水産省）
- ・ 完了後の評価個表（林野庁）
- ・ 六甲山系砂防事業（国土交通省近畿地方整備局）
- ・ 近畿中国森林管理局提供資料

### (3) 高梁川下流森林計画区（岡山県新見市、高梁市ほか）

#### 基礎データ

##### ① 対象地域及び面積

- ・ 高梁川下流森林計画区は、全国森林計画において高梁・吉井川広域流域に属し、広島県と接する岡山県西部に位置し、一級河川高梁川流域 7 市 3 町で構成された総面積 246,467ha の区域である。計画区の森林面積は 164,000ha、このうち国有林は 11,000ha、民有林は 153,000ha である。民有林の資源内容は、人工林が 51,000ha、天然林が 98,000ha である。平成 15～17 年度の森林環境保全整備事業では、植栽 79ha、下刈 690ha、除・間伐 3,380ha、その他 629ha、作業路 4,943m が整備された。平成 23～27 年度の森林環境保全整備事業では、森林整備 7,215ha、更新 144ha、保育 3,344ha、路網開設 7.6km 等を行った。

##### ② 裨益対象者及び規模等

- ・ 計画区の人口は約 78 万人、高梁川水系流域内人口は約 27 万人、想定氾濫区域人口は約 44 万人。

##### ③ 当該地域における保安林等の指定状況

- ・ 水源涵養保安林、土砂流出防備保安林、土砂崩壊防備保安林、水害防備保安林、干害防備保安林、なだれ防止保安林、防風保安林、落石防止保安林、防火保安林、魚付き保安林、保健保安林、風致保安林、砂防指定地、県立自然公園特別・普通地域、県自然保護条例普通地域、鳥獣特別保護地区、文化財保護法（条例）による史跡・名勝・天然記念物、国立公園第 1・2・3 種特別地域、国立公園普通地域、都市計画法による風致地区、県郷土自然特別保護地区、保安施設地区、檜皮採取対象林、材木遺産資源保存林、特定動物生息地保護林、風致探勝林、風景林。



図 2-1 高梁川下流森林計画区の概況

#### 災害リスクデータ

##### ① 危険な自然現象（これまでの災害履歴と将来予測）

- ・ 高梁川では、明治 26 年 10 月の台風（死者不明者 423 人）をはじめ、昭和 9 年 9 月の室戸台風、昭和 47 年 7 月の前線、昭和 51 年 9 月の台風 17 号により、堤防の決壊（破堤）や内水被害が発生している。他にも台風等により家屋・資産の被害、人的被害が発生している。

##### ② 暴露（人口・財産の分布と密度の現状と将来推計）

- ・ 計画区の人口は約 78 万人、高梁川水系流域内人口は約 27 万人、想定氾濫区域人口は約 44 万人。農業産出額は 489 億円、工業製品出荷額は 53,657 億円、商品販売額は 16,842 億円。

##### ③ 脆弱性（土地の性質（地質、地形、植生など）、既存防災施設）

- ・ 計画区の北部地域には中国山地を形成する 1,000m 級前後の山が並び晩壮年期地形を形成し、

中南部地域は 500～600m 級の山々が連なった吉備高原山地から、南に下って瀬戸内沿岸の平野部に至るまでのなだらかな傾斜の地形が続いている。

- ・ 年間降水量は、北部地域が 2,000mm 程度で積雪量も多く、中南部地域が 1,000～1,300mm 程度である。
- ・ 火山岩類の安山岩、流紋岩、花崗岩の概ね 3 種類の岩石によって占められている。石灰岩は新見市南部、高梁市東部にみられ、かんらん岩、蛇紋岩、黒色準辺岩も広く分布している。また、笠岡市北部、井原市には泥岩、砂岩等非石灰岩類がみられる。
- ・ 計画区の北部地域は、褐色森林土が大部分を占めるほか、黒色土がモザイク状に分布している。山頂から尾根、山腹上部にかけて乾性褐色森林土が分布し、適潤性褐色森林土は斜面中部から下部及び谷筋にかけて出現する。中部地域は乾性褐色森林土の出現率が高くなり、適潤性褐色森林土は谷筋や斜面下部の一部に限られ、乾性赤色系褐色森林土、乾性褐色森林土が分布している。南部地域は、深層風化を受けた花崗岩、流紋岩を中心に未熟土群、赤色系褐色森林土、乾性褐色森林土が分布している。
- ・ 計画区の北部地域における、スギ、ヒノキ等の人工林率は 55%、齢級構成は 3～9 齢級の林分が約 46%を占め、間伐等の手入れが必要な林分が約半数を占めている。中部地域は、天然アカマツ林及び天然広葉樹林が大部分を占め、人工林率は 26%である。南部地域は、気象、土壌条件から天然アカマツ林が大部分を占め、人工林率は 15%と低い。

## 事業効果

- ・ 高梁川下流域地域森林計画書（岡山県）によると、木材の生産、特用林産物の生産、水資源の確保、洪水や土砂崩れの防止、森林レクリエーションの場の提供といった事業効果があげられている。
- ・ 公共事業 評価結果概要一覧（農林水産省）によると、土砂流出防止機能（127.4 億円）、洪水防止機能（89.2 億円）、森林の有する洪水防止、流域貯水、水質浄化機能の発揮（64 億円）、土砂の流出等の防止（34 億円）といった事業効果が見込まれている。
- ・ 公共事業 評価結果概要一覧（農林水産省）によると、森林の公益的機能の維持増進、施業地までの時間短縮及び施業コスト低減、林業従事者の労働条件の改善、森林環境や景観の維持向上といった事業効果があげられている。
- ・ 地域管理経営計画の概要（近畿中国森林管理局）によると、林産物の供給（木材供給、歴史的木造建造物等の檜皮茸屋根を供給）、保護林における自然維持で森林生態系の保全（生物多様性保全）、レクリエーション効果、国民参加の森づくりの実施等の事業効果があげられている。

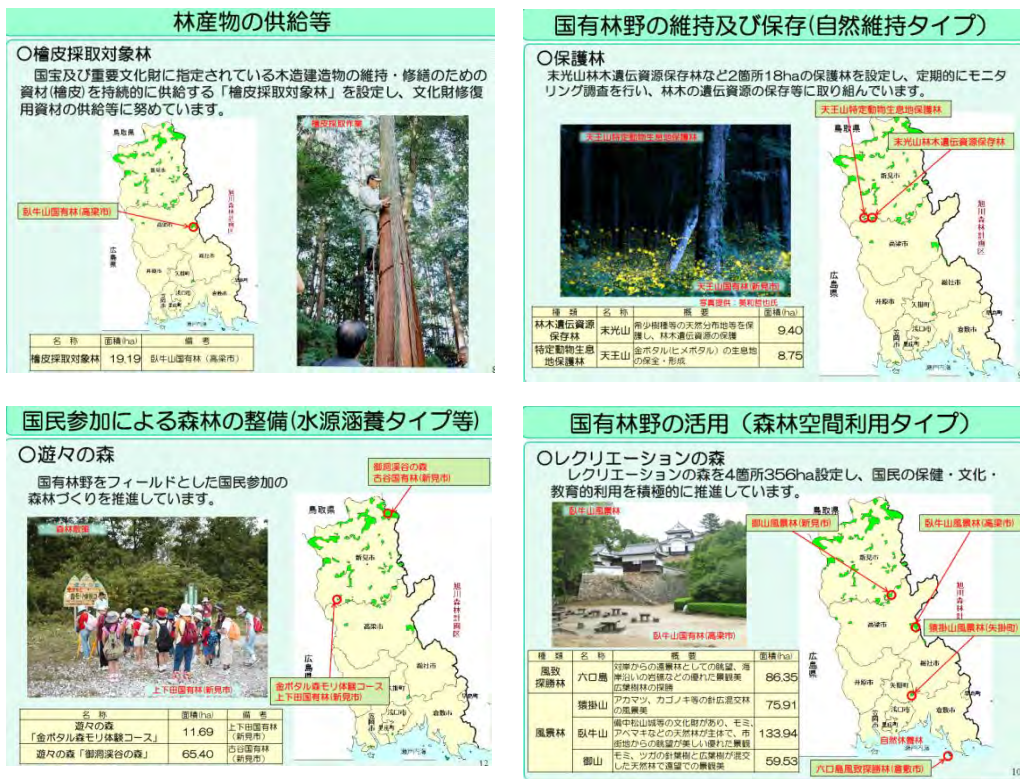


図 2-2 高梁川下流地域における事業効果の説明

**関連資料**

- ・ 高梁川下流地域森林計画書(岡山県)
- ・ 完了後の評価個表 新見市(林野庁)
- ・ 国有林野の管理経営(林野庁近畿中国森林管理局)
- ・ 公共事業 評価結果概要一覧(農林水産省)
- ・ 高梁川の概要と課題(国土交通省中国地方整備局)

#### (4) 鶏籠山国有林（兵庫県たつの市）

##### 基礎データ

###### ① 対象地域及び面積

- ・ 鶏籠山国有林は、兵庫県たつの市竜野町に位置し、山城である竜野城の跡地で急峻な土地となっている。国有林全体の面積は 123ha である。平成 23 年度において保安林整備として治山事業（本数調整伐 3ha、獣害防護柵 500m）が実施された。今後は、木材生産を目的とした間伐の実施（0.65ha）、多様な森林への誘導を目的とした複層林施業群の実施（2.63ha）が見込まれている。

###### ② 裨益対象者及び規模等

- ・ 当該国有林東側斜面は急な斜面となっており、適切な管理・措置を行わなければ、保安林機能が低下し、下流域にある人家、神社、児童公園、用水路、事業所、県・市道等の保全に被害をもたらす恐れがある。

###### ③ 当該地域における保安林等の指定状況

- ・ 土砂流出防備保安林、保健保安林として指定されているほか、自然観察教育林にも指定されている。



(出典) 林野庁 鶏籠山国有林の位置図



(出典) MURC撮影

##### 災害リスクデータ

###### ① 危険な自然現象（これまでの災害履歴と将来予測）

- ・ 過去には、保全対象に隣接する急峻な国有林東側斜面で土砂崩れが一部発生し、復旧事業が行われた。また、当該斜面の状態は、樹幹の鬱閉により日照条件が劣ることに加え、鹿の食害により下層植生が減退／消滅し、集中豪雨等により表土が流出し樹木の根茎が露出しており、早急な対策が求められていた。このため、平成 23 年度に保安林整備として治山事業（本数調整伐 3ha、獣害防護柵 500m）が実施された。

###### ② 暴露（人口・財産の分布と密度の現状と将来推計）

- ・ 保全対象は、急峻な国有林東側斜面の下流域にある人家、神社、児童公園、用水路、事業所、県・市道等となる（当該斜面の山腹崩壊危険区域内には、地域防災計画において二次避難所として指定されている公民館が含まれる）。

###### ③ 脆弱性（土地の性質（地質、地形、植生など）、既存防災施設）

- ・ 急峻な国有林東側斜面については、アラカシ・コジイ・カゴノキ等の常緑広葉樹が主体の天然広葉樹林となっている。
- ・ 保全対象となる人家に隣接する斜面については、コンクリートやワイヤーのネットで斜面を固め、土砂流出防止のための柵等が設置されている。



- ・ そのほか、国有林内は兵庫県内の砂防指定地となっているエリアもあり、大規模な堰堤が築かれている。

### 事業効果

- ・ 平成 23 年度に実施された保安林改良事業において費用対効果分析がなされた結果、水源涵養便益として、洪水防止便益、流域貯水便益、水質浄化便益が計上されている。また、山地保全便益として、土砂流出防止便益及び土砂崩壊防止便益が計上され、事業費 10,096 千円に対して便益額が 86,257 千円とされており、 $B/C=8.54$  と評価されている。
- ・ このほか、レクリエーション効果を有すると考えられる。基本的には、地元住民が散策・散歩やボランティア、イベントで集う森林として活用されている。また、季節ごとに木々の見どころとなる期間があり、相応の入山者数があるものと思われる。
- ・ 間伐等により森林の適切な管理を行っていることから、生物多様性保全便益の発現も見込まれる。
- ・ このほか、たつの市街地の背景となる象徴的な森林（山）として、文化的な存在価値の効果等が考えられる。



(出典) MURC 撮影

鶏籠山国有林の森林整備状況

### 関連資料

- ・ 近畿中国森林管理局ウェブサイト
- ・ 近畿中国森林管理局提供資料
- ・ 現地取材

## (5) 庄内海岸防災林造成事業（山形県酒田市、鶴岡市、遊佐町）

### 基礎的データ

#### ① 対象地域及び面積

- 山形県酒田市宮海字新林国有林ほか。遊佐町吹浦、酒田市、鶴岡市湯野浜までの延長 34km、幅 200m～800m、面積 838ha、後背地の民有林と合わせると約 2,500ha。昭和 26 年より本格的に海岸防災林の造成を開始。(砂丘造成、静砂工(砂草植生含む)、植栽工、下刈、つる切、除伐、本数調整伐、防風垣、砂草追肥等) 現在も機能を維持するため、松葉掻きや下層植生の除去等の保全・管理作業を継続している。山形県では緑環境税を利用して森林を管理している。

#### ② 裨益対象者及び規模等

- 酒田市、鶴岡市、遊佐町の合計人口は約 25 万人。庄内地域の人口は約 28 万人（平成 27 年国勢調査）。

#### ③ 当該地域における保安林等の指定状況

- 高度公益機能森林、飛砂防備保安林、保健保安林。



(出典) 林野庁  
庄内海岸防災林造成事業の対象地

### 災害リスクデータ：

#### ① 危険な自然現象（これまでの災害履歴と将来予測）

- 庄内地方では 1,000 年以上前から飛砂防止の施策を実施し、中世には砂丘は森林に覆われていたが、戦国から江戸初期にかけて乱世の兵火で森林が焼かれたり、製塩の薪材として無計画な乱伐が繰り返された結果、飛砂が田畑や溝堰を埋め、毎年洪水を起こし、家屋の移転を余儀なくされ廃村もあったと言われている。

#### ② 暴露（人口・財産の分布と密度の現状と将来推計）

- 庄内地域（鶴岡市・酒田市・三川町・庄内町・遊佐町）の人口は約 28 万人。（平成 27 年国勢調査）

#### ③ 脆弱性（土地の性質（地質、地形、植生など）、既存防災施設）

- 酒田の年間降雨量は 1,892mm、最深積雪は 33cm。
- 地質は第四紀砂丘砂。
- 南北に縦走する砂丘に造成されたクロマツ林。

### 事業効果

- 生態系を活用した防災・減災に関する考え方 参考事例（環境省）によると、飛砂防備、防風、供給サービス（木材）、生物多様性及び生物の生育・生息地、二酸化炭素の吸収、文化サービス（景観、環境教育）、レクリエーションといった事業効果があげられている。



着手前の荒廃状況（昭和26年）



植え付け作業の様子（昭和38年）



(出典) 林野庁

## 関連資料

- ・ 後世に伝えるべき治山 60 選ガイドブック（一般社団法人 日本治山治水協会）
- ・ 庄内海岸防災林の造成（林野庁）
- ・ 庄内国有林の地域別の森林計画書（林野庁東北森林管理局）
- ・ 人々の暮らしを飛砂から守る庄内海岸防災林造成事業（林野庁東北森林管理局）
- ・ 生態系を活用した防災・減災に関する考え方 参考事例（環境省）
- ・ 過去の気象データ（気象庁 HP）

### 2.2.3 国内事例の詳細な社会・経済便益評価

#### (1) 評価地の選定

事例整理を行った 5 事例のうち、以下の理由から、兵庫県たつの市における鶏籠山国有林における治山事業・森林整備事業をモデルケースとすることとした。評価地の選定に当たっては、以下に示す点を踏まえ、当該地域の国有林を所管する近畿中国森林管理局の担当官と協議の上、選定した。

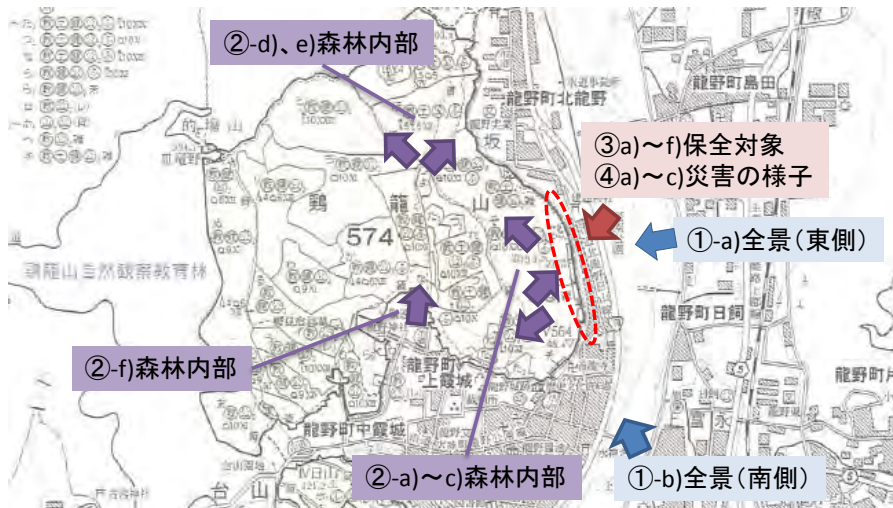
表 2-8 評価地の選定理由

- ・ 当該森林は、都市近郊林として、家屋や道路等を保全する保安林に指定されており、防災・減災効果が高い。
- ・ 森林と保全対象が近接しており、視覚的にも森林による防災・減災効果が分かりやすい。
- ・ 森林と保全対象の近接部分には人工物が施工されているが、それより上部の斜面には、ほとんど人工物がなく、Eco-DRR の概念に即したものとなっている。
- ・ 各種資料によれば、当森林は遊歩道等が整備され近隣住民の憩いの場となっており、レクリエーション効果も相応に認められる。
- ・ 森林を所管する地方出先機関によれば、近年、保安林整備に関する事業評価を実施しており、本調査における評価試行に必要なデータが取得可能である。

#### (2) 評価地の概要

評価地である鶏籠山国有林及び保全対象の様子について、現地調査による取材及び提供資料を基に整理する。

(3) 現地の様子



(出典)近畿中国森林管理局提供資料を基に作成

図 2-3 現地調査における撮影ポイント

## 森林の全景

- ・ a)東側からの全景



(出典)MURC撮影

- ・ b)南側からの全景



(出典)兵庫森林管理署

## 森林内部の様子

- ・ a)急傾斜地の様子①／間伐及び丸太筋工



(出典)MURC撮影

- ・ b)急傾斜地の様子②／間伐及び丸太筋工



(出典)MURC撮影

- ・ c)急傾斜地の様子③／斜面上部は間伐実施により明るく、新たに樹木が生えてきているが、斜面下部では間伐を実施しておらず鬱蒼としている



(出典)MURC撮影

- ・ d)3 時間程度の現地視察中、森林内では地域住民等計 10 名程度と遭遇



(出典)MURC撮影

- ・ e) 国宝・重要文化財等の歴史的建造物等の屋根葺替材料として使用される檜皮（ひわだ）を採取するため、皮が剥がされた樹木



出典) 兵庫森林管理署

- ・ f) 森林内に整備された遊歩道の様子



(出典) MURC撮影

## 森林と保全対象

- ・ a)森林東側の斜面の様子（急傾斜地、北東部から撮影）



(出典)MURC撮影

- ・ b)森林と民家等①／民家、用水路、市道



用水路

(出典)MURC撮影

- ・ c)森林と民家等②／民家、用水路



用水路

(出典)MURC撮影



- ・ d)森林と民家等③／児童公園



(出典)MURC撮影

- ・ e)民家等上部の斜面の様子①



(出典)MURC撮影

- ・ f)民家等上部の斜面の様子②（丸太筋工は過年度の治山事業の際に設置）



(出典)MURC撮影

## 災害発生時の様子

災害発生時における、森林東部側の斜面の様子を整理する。なお、写真は兵庫森林管理署より提供を受けた。

- ・ 斜面崩壊の様子①／斜面全体



(出典)兵庫森林管理署提供

- ・ 斜面崩壊の様子②／斜面における倒木



(出典)兵庫森林管理署提供

- ・ 斜面崩壊の様子③／民家のそばまで土砂が流出



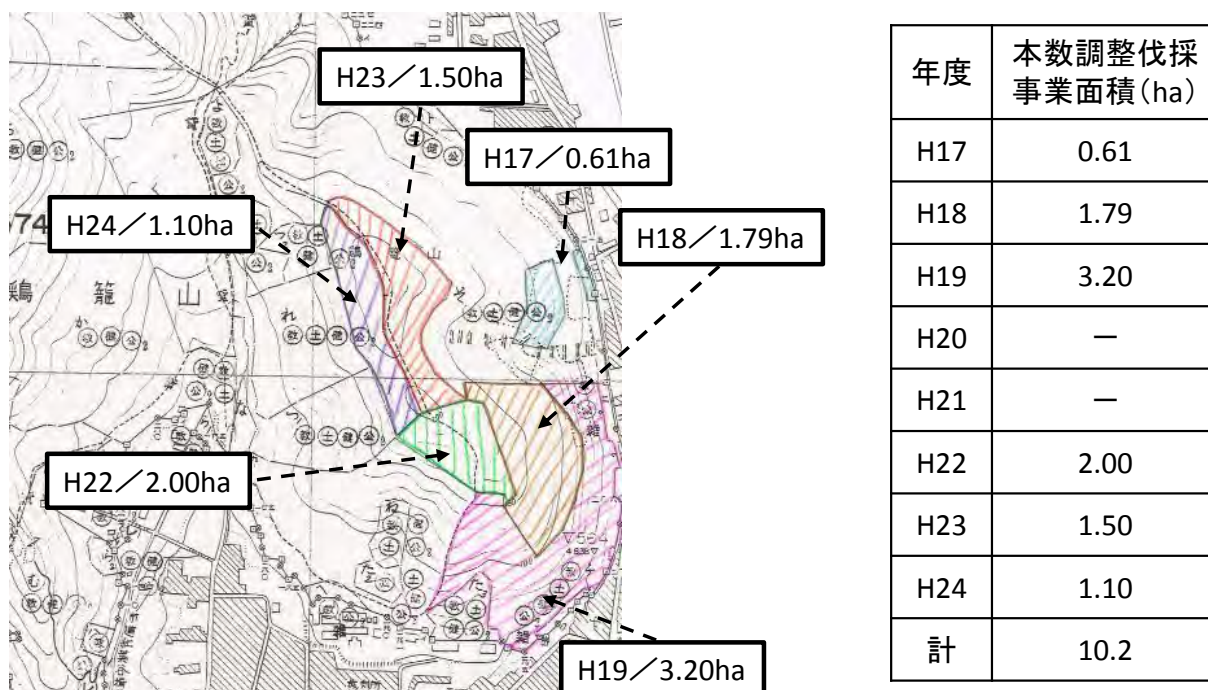
(出典)兵庫森林管理署提供

#### (4) 評価に係るデータ等の整理（過年度の保安林整備）

##### 保安林整備の実施面積

兵庫森林管理署の協力により、当国有林における保安林整備事業に関するデータを2点入手した。

1点目は、平成17～24年の8年間に実施された保安林整備の実施面積である。当国有林では、過去、急傾斜地において土砂災害が発生しているため、継続的な保安林整備が実施されてきた。平成17～24年については、総事業面積10.2haにわたって、本数調整伐（保育間伐：在置型）が行われた。下図に示す通り、保全対象に隣接する傾斜地の下部（水色及び桃色部分）から順に、徐々に上部にかけて整備が行われていることが分かる。



(出典) 兵庫森林管理署提供資料を基に作成

図 2-4 平成17～24年に実施された森林整備事業の実施エリア及び事業面積

## 事前評価にかかる各種データ（平成 23～24 年度実施分）

2 点目は、10.2ha の事業のうち、平成 23 年度の事業実施分 1.5ha に関する公共事業評価（事前評価）に用いられたデータである。当該事業は、規模が所定の要件に達していないため、本来は事前評価の対象とはならない。しかしながら、近畿中国森林管理局が行った管内の自主事業評価が実施され、その対象となったものである。事前評価は、平成 23 年度に実施されており、計画値 3 ha（実績値は 1.5ha）に関して、事業効果と便益額が算定され費用対効果が明示されている。主な便益は、山地保全便益の土砂流出防止便益となっており、総便益額の 8 割以上を占めている。兵庫森林管理署からは、事前評価の際に使用した各種データ（事業や保全対象に関するデータ：区域面積、降雨量、家庭戸数等、便益算定に必要な原単位・パラメータ：住宅の評価額、代替財の価格、流出係数の安定に必要な年数、降水量、貯水率等）についてご教示いただき試算に活用した。

表 2-9 保安林整備の事前評価個表及び便益等の集計表（平成 23 年度）

### 事前評価個表

事業名	保安林整備	事業計画期間	平成23度（1年間）
事業実施地区名 (都道府県名)	北龍野(きたたつの) (兵庫県)	事業実施主体	近畿中国森林管理局 兵庫森林管理署
事業の概要・目的	<p>当地区は、兵庫県たつの市龍野町、鶏籠山国有林に位置し、下流域には人家、神社を始め、西播丘陵県立自然公園等の保全対象が所在する。 事業対象地はこれらの保全対象に隣接しており、アラカシ・コジイ・カゴノキ等の常緑広葉樹が主体の天然広葉樹林であるが樹幹の鬱閉による日照条件が劣ると鹿の食害により下層植生が減退または消滅し、集中豪雨等により表土が流出し樹木の根茎が露出している状態にあり、早急な対策が必要である。 このため、本数調整伐の実施により、林内下層植生の回復と獣害防護柵の設置により食害を防止し、保安林機能の早期回復を図ることとしたい。</p> <p>・主な事業内容：本数調整伐 3.00ha 獣害防護柵 500 m</p> <p>・主な保全対象：人家、神社、用水路、県・市道</p> <p>・総事業費：10,500（千円）</p>		
費用対効果分析	総便益(B)	86,257（千円）	
	総費用(C)	10,096（千円）	
	分析結果(B/C)	8.54	
評価結果	<p>・必要性：当地区の状況から、放置すれば今後の集中豪雨等により林地荒廃が発生する恐れが非常に高く、保安林機能の低下が懸念される。 水土保全機能の発揮による下流域の保全等、当事業実施の必要性が認められる。</p> <p>・効率性：費用対効果分析の結果から、事業の効率性が認められる。</p> <p>・有効性：当事業の実施により、保安林機能の強化が図られ、水土保全機能の発揮が見込まれることから、事業の有効性が認められる。</p> <p>新規地区採択に当たっての審査項目（チェックリスト）、費用対効果分析及び各観点からの評価を踏まえて、総合的かつ客観的に検討したところ、事業実行により水土保全機能の充実が図られ、下流域等への被害防止効果について効率的に計画されているものと認められる。</p>		

### 便 益 集 計 表

(治山事業)

事業名：保安林改良

都道府県名：兵庫県

施工箇所：北龍野

(単位：千円)

大 区 分	中 区 分	評価額 B (千円)	備 考
水源かん養便益	洪水防止便益	15,429	
	流域貯水便益	1,820	
	水質浄化便益	3,106	
山地保全便益	土砂流出防止便益	65,899	
	土砂崩壊防止便益	3	
便 益 合 計 (B)		86,257	
事業費合計 (C) (様式2にて算出)		10,096	千円
費用便益比	$B \div C = \frac{86,257}{10,096} = 8.54$		

### 事 業 費 集 計 表

(治山事業)

整理番号：7

耐用年数等：100年

都道府県名：兵庫県

評価種類：事前評価

評価年度：2010年

事業名：保安林改良

評価終了年度：2111年

施工箇所：北龍野

(単位：千円)

年度	事 業 費			年度	事 業 費			年度	事 業 費		
	事業費	割引率	現在価値		事業費	割引率	現在価値		事業費	割引率	現在価値
2011	10,500	× 0.96	10,096	2037	0	× 0.35	0	2063	0	× 0.13	0
2012	0	× 0.92	0	2038	0	× 0.33	0	2064	0	× 0.12	0
2013	0	× 0.89	0	2039	0	× 0.32	0	2065	0	× 0.12	0
2014	0	× 0.85	0	2040	0	× 0.31	0	2066	0	× 0.11	0
2015	0	× 0.82	0	2041	0	× 0.30	0	2067	0	× 0.11	0
2016	0	× 0.79	0	2042	0	× 0.29	0	2068	0	× 0.10	0
2017	0	× 0.76	0	2043	0	× 0.27	0	2069	0	× 0.10	0
2018	0	× 0.73	0	2044	0	× 0.26	0	2070	0	× 0.10	0
2019	0	× 0.70	0	2045	0	× 0.25	0	2071	0	× 0.09	0
2020	0	× 0.68	0	2046	0	× 0.24	0	2072	0	× 0.09	0
2021	0	× 0.65	0	2047	0	× 0.23	0	2073	0	× 0.08	0
2022	0	× 0.62	0	2048	0	× 0.23	0	2074	0	× 0.08	0
2023	0	× 0.60	0	2049	0	× 0.22	0	2075	0	× 0.08	0
2024	0	× 0.58	0	2050	0	× 0.21	0	2076	0	× 0.08	0
2025	0	× 0.56	0	2051	0	× 0.20	0	2077	0	× 0.07	0
2026	0	× 0.53	0	2052	0	× 0.19	0	2078	0	× 0.07	0
2027	0	× 0.51	0	2053	0	× 0.19	0	2079	0	× 0.07	0
2028	0	× 0.49	0	2054	0	× 0.18	0	2080	0	× 0.06	0
2029	0	× 0.47	0	2055	0	× 0.17	0	2081 ~2090	費用合計	0.0	
2030	0	× 0.46	0	2056	0	× 0.16	0	2091 ~2100	費用合計	0.0	
2031	0	× 0.44	0	2057	0	× 0.16	0	2101 ~2110	費用合計	0.0	
2032	0	× 0.42	0	2058	0	× 0.15	0	2111 ~2120	費用合計	0.0	
2033	0	× 0.41	0	2059	0	× 0.15	0				
2034	0	× 0.39	0	2060	0	× 0.14	0				
2035	0	× 0.38	0	2061	0	× 0.14	0				
2036	0	× 0.36	0	2062	0	× 0.13	0				
								<b>合 計</b>	10,096		
								C =		10,096 千円	

注 1 事業実施期間中および耐用年数（50年間）の維持管理費用を見込んだ場合の表である。

2 森林整備主体の事業の場合、100年間分で評価する。

(出典) 近畿中国森林管理局 HP

## 森林への年間入込者数

鶏籠山国有林への入込客数は、正確なカウントがなされていなかった。便益の算定に入込客数が必要な項目があることから、各種情報（観光統計、地元自治体・観光協会からの情報、気象条件、視察等）を勘案し概算値を見積った。

日常的な利用者数は、現地視察から約数十名（30名）／日と仮定し、年間で雨が降らない日数が250日以上あることから、延べ7,500人は見込むことができる。

季節要因として、春季における隣接地のイベント来訪者15万人のうち1%が、また、紅葉時期には同様の人数が当森林に訪れる想定すると、3,000人程度を見込むことができる。

以上に加え、スポットの小規模イベントも実施されていることを踏まえると、粗い試算ではあるが、少なくとも、年間延べ10,000人以上の入込者数を見込むことが可能である。

表 2-10 森林への来訪者に関する参考情報

- ・鶏籠山国有林に隣接する龍野公園の入込み客数は、春の花見の時期に開催されるイベント（竜野さくら祭り等の開催もあり、年間15万人を越える。（兵庫県観光客動態調査）
- ・春のさくら祭りに訪れた観光客がそのまま鶏籠山の森林内に入って遊歩道を散策する等の様子はあまり見られないものの、秋の紅葉シーズンになると、紅葉を楽しむことを目的に森林に訪れる来訪者をよく見かけるようになり、週末には多くの散策客でにぎわっている印象がある。（たつの市観光協会）
- ・国有林内の遊歩道、展望台は、市が国から土地を借用して整備・管理している。普段は、地域住民の日常的な散歩や散策に利用される。大規模なイベントは、隣接する龍野公園のさくら祭りくらいだが、小規模でスポット的なイベントが森林内で行われていることは耳にする。（たつの市都市計画課）
- ・週に2～3回は健康維持のため鶏籠山国有林内でハイキングするが、毎回、地域住民の散歩・散策等に加え、登山風の格好をした山歩き・ハイキング客にもよく遭遇する。（地域住民）
- ・現地視察時には、平日の午前中にも関わらず、3時間程度の移動中に10数名の来訪者と遭遇した。（現地視察）
- ・たつの市は、兵庫県南部瀬戸内側に位置し温暖な気候である。たつの市と同じ兵庫県南部に位置する神戸市の降水日数は年間90日程度で、全国でも低い水準となっている。（統計でみる都道府県のすがた）

（出典）各種統計、各団体へのヒアリングより

## 定性的な価値・効果等

近畿中国森林管理局が策定した揖保川森林計画区における第4次国有林野施業実施計画書によれば、鶏籠山は市街地の背景として、市のシンボリックな山で散策等の憩いの場、森林景観の眺望、観察に利用されていることから、レクリエーションの森として自然観察教育林に指定されている。

また、フィールドの提供及び文化財保全への貢献を行っている森林となっており、霞城文化自然保勝会に対して51.91haのエリアをふれあいの森としてフィールドを提供しているほか、29.23haが檜皮採取対象林として指定されており、(公社)全国社寺等屋根工事技術保存会に対して檜皮を供給している。



(出典) 近畿中国森林管理局 HP

図 2-5 鶏籠山の位置づけ (近畿中国森林管理局)



(出典) MURC 撮影

図 2-6 檜皮の森林

たつの市によれば、市街地の傍に残る原生林として、市の豊かな自然環境や景観の形成に寄与していると認識されている。

表 2-11 鶏籠山の位置づけ（たつの市）

龍野町龍野地区(平成2年3月30日指定)	
<b>地区の特徴</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 揖保川と鶏籠山(けいろうざん)など三方を山々で囲まれた扇状地</li> <li>● 近世の町割が良く残り、武家地や町家など歴史的な町並みが見られる城下町</li> <li>● 武家地には、住宅がゆとりを持って建ちならび、連続する白壁の土塀</li> <li>● 町家には、しっくいの外壁や板貼りの腰壁、もしこ窓や出格子など伝統的な様式が見られる</li> <li>● 醤油蔵や煙突、寺院などが変化に富んだ景観をつくりだしています</li> </ul>	
<b>景観形成基準(平成27年3月31日変更、7月1日施行)</b>	
<p>景観地区を4つのゾーンに分け、それぞれの景観の特性に合わせた基準を定めています。さらに特にすぐれた景観を有し、人々に親しまれ、景観形成上重要な通りや区域については、伝統的な様式に配慮した基準を定めています。</p> <p>※区域や基準については、<a href="#">龍野地区景観ガイドライン</a>へ(外部サイトへリンク) (ガイドラインには変更点がありますので、詳しくはお問い合わせください)</p>	
<b>4つのゾーンの特徴</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>山麓ゾーン</b>(緑豊かな山際の景観を整えるため、山麓部の建築物の高さをおさえ、緑で包みこみます。)</li> <li>● <b>武家地ゾーン</b>(武家地のもつゆとりと落ち着いた雰囲気を保つため、土塀や板塀などを連続させます。)</li> <li>● <b>町家ゾーン</b>(町家のたたずまいを保つため、伝統的な外壁の仕上げや建具の意匠に配慮します。)</li> <li>● <b>川辺ゾーン</b>(背後の山並みと調和し、ゆったりとした河川沿いの景観を育てます。)</li> </ul> <p>■ 広告物についても誘導基準が定められましたので、広告物設置の際は、事前に評価表にて協議してください。</p>	

(出典) たつの市 HP



(5) 評価方法

本試算では、当国有林で実施された平成 17～24 年度の保安林整備 10.2ha 分の効果を評価するものとした。

まず、林野庁の「林野公共事業における事業評価マニュアル」(林野庁、2016) (以下、林野庁事業評価マニュアル) に記載のある便益のうち、平成 23 年度に実施された事前評価の項目に加え、Eco-DRR の趣旨に合致した便益項目を選定する。

水源涵養や山地保全便益等、平成 23 年度の前評価でとりあげられている防災面を中心とした便益項目については、提供された各種原単位やパラメータを活用し、8 年分の便益を試算した。(下図で示す通り、1.5ha 分のデータを 10.2ha 分に拡大して再計算)

これらの便益以外に Eco-DRR の趣旨に合致するその他の便益 (保健休養、生物多様性等) については、林野庁事業評価マニュアルに基づいて試算を行った。

本試算の総便益は、平成 23 年の事前評価で計上されている便益項目と、その他 Eco-DRR の趣旨に合致する便益を足し合わせたものとなる。

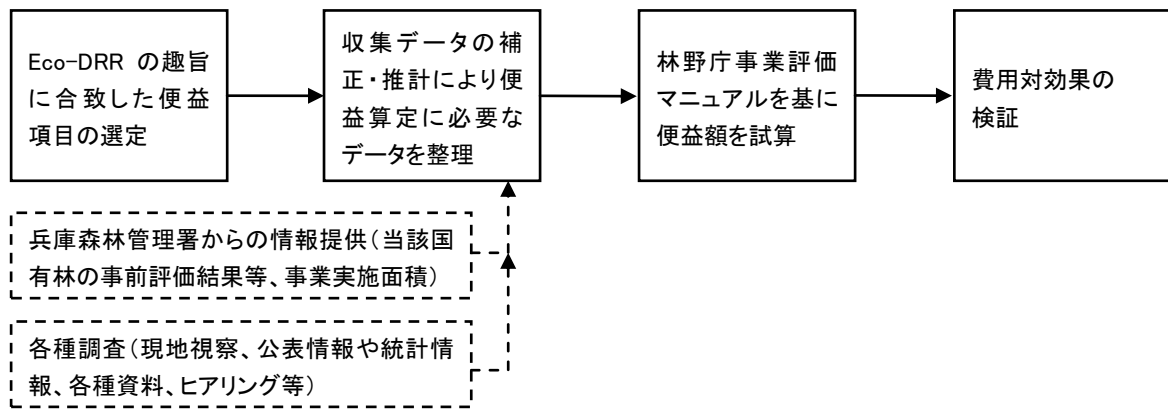
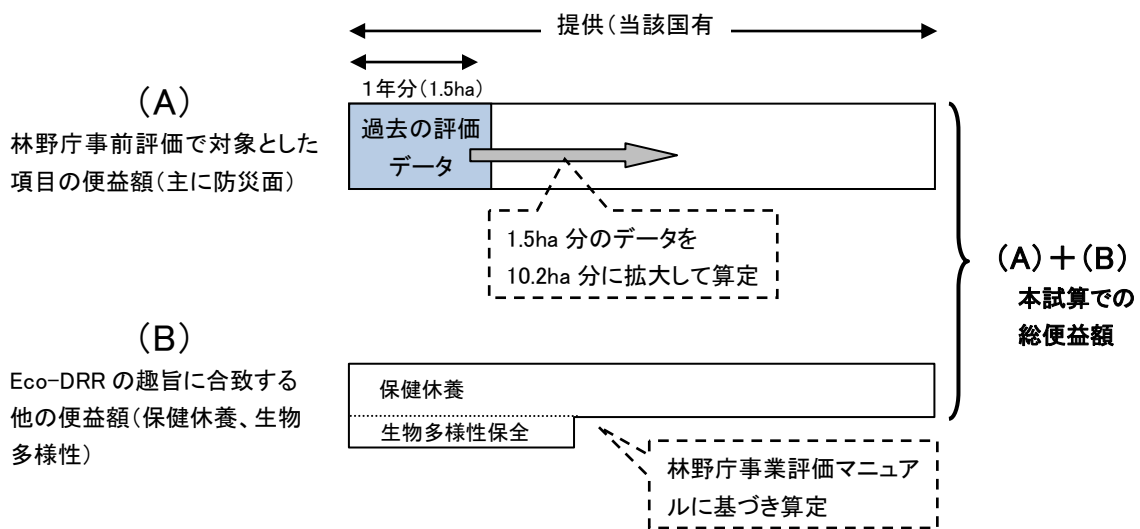


図 2-7 評価方法



(注) 生物多様性保全便益 (うち、適正な森林管理に関する事業: 間伐等) の便益発現期間は、事業実施から 3 年間

図 2-8 評価対象のイメージ

## (6) 評価項目

平成 23 年度に実施された事前評価で算定対象となった便益は、洪水防止、流域貯水、水質浄化、土砂流出・崩壊防止といった防災面に寄与する効果のみであった。

本試行では、保安林整備（本数調整伐）によって、森林内に太陽光が差し込むことで明るくなり、豊かな植生が確保され生物多様性保全の効果の発揮が見込まれること、また、来訪者にとっても森林が安らぎを与えられる保健休養面の効果の発揮も想定されることから、両便益についても算定を行った。

表 2-12 評価対象とする便益項目

便益項目 (事業評価マニュアルのうちEco-DRRの趣旨に合致する項目)		平成 23 年度の 事前評価における対象	本試行における 評価対象
水源涵養便益	洪水防止便益	●	●
	流域貯水便益	●	●
	水質浄化便益	●	●
山地保全便益	土砂流出防止便益	●	●
	土砂崩壊防止便益	●	●
環境保全便益	炭素固定便益	—	—
		～ 一部、省略 ～	
	生物多様性保全便益	—	●
	保健休養便益	—	●
災害防止便益	山地災害防止便益	—	—
	なだれ防止便益	—	—
		～ 一部、省略 ～	
木材生産等便益	木材生産経費縮減便益	—	—
	木材利用増進便益	—	—
	木材生産確保・増進便益	—	—
森林の総合利用便益	フォレストアメンティ施設利用便益	—	—
	副産物増大便益	—	—

## (7) 評価結果

### 評価の前提

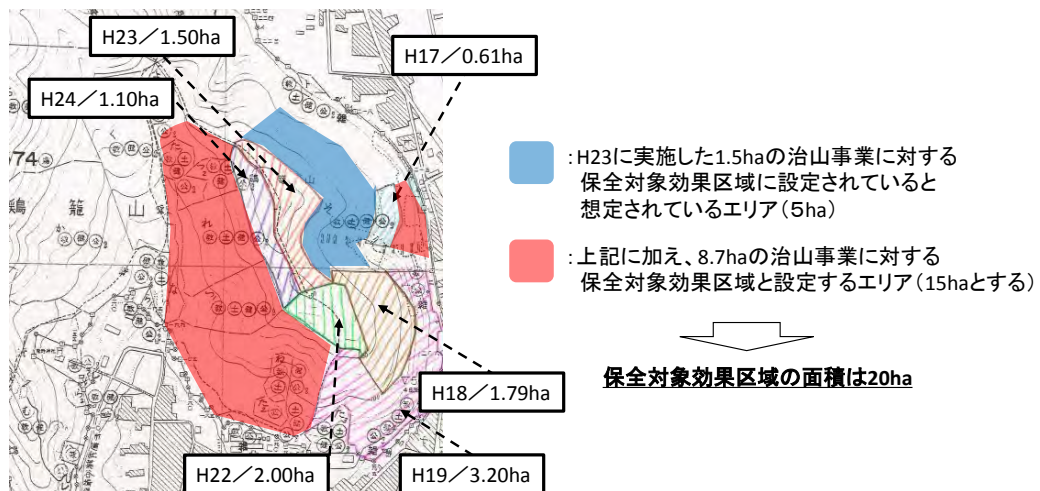
便益額試算に当たって、以下のような前提条件を設定した。

(対象事業について)

- 平成 17～24 年度に実施された保安林整備(森林整備が主体の治山事業)を評価対象とし、これらの事業が平成 28 年度に実施されたものとする。

(事業面積について)

- 総事業対象面積が 10.2ha に対して、保全対象効果区域を 20ha とする。



(出典) 兵庫森林管理署提供資料を基に作成

図 2-9 保全対象効果区域の前提

(事業費について)

- 事業費は 68,653 千円とする。(平成 23 年度の整備では、1.5ha で 10,096 千円の事業費を要したことから、面積の比率で拡大し設定した)

(算定にかかるデータ等について)

- 水源涵養便益について、浸透能は「中」、傾斜は「急」とし、森林の状態は事業により改善し「要整備森林(疎林)」から「整備済森林」になるものとする。
- 山地保全便益について、事業により山腹崩壊地「少」から整備済森林になるものとする。
- 保健休養便益について、年間来訪者数に乗じる単価については、大都市の近郊林で想定される水準ではなく、一般の森林整備事業で整備された森林公園を想定した単価を用いるものとする。
- 各種原単位・パラメータ値は、林野庁、兵庫森林管理署からの助言を踏まえ設定する。(当該森林における保全対象となる家屋戸数、事業実施後に流出計数が安定するのに必要な年数、100年確率時雨量、年間平均降水量、雨量比等)
- 当森林への年間来訪者数は 1 万人/年とする。
- 便益の評価期間は 100 年(ただし、生物多様性保全便益については、便益の特性上事業実施から 3 年間)、割引率は 4%とする。

## 便益額

以上示した前提条件を基に、10.2haの保安林整備を実施した場合の便益額を算定したところ、約7千万円の事業費に対して、約4億9千万円の便益額が試算され、費用便益比では7.12となった。各便益項目別の評価額は、以下に示す通りである。

表 2-13 便益額の試算結果

(単位：千円)

大区分	中区分	便益算定方法の概要	便益額
水源涵養便益	洪水防止便益	降雨によって地表に達した雨水が当該地区の土壤に浸透或いは蒸散せずに河川等へ流れてしまう最大流出量について、治山事業により森林が整備された状態と整備されない状態を比較し、森林が整備されることによる森林内からの最大流出量減少分を推定し、この減少する最大流出量を治水ダムで機能代替させる場合のコストを洪水防止便益の評価額とする。	75,029
	流域貯水便益	治山事業の実施により、整備される森林の貯水便益について評価を行う。評価に当たっては、治山事業を実施しようとする地域の年間降雨量から、実施対象区域の地被状況（整備済森林等）に応じた貯留量率により土壤内に浸透する降雨の量を推定する。	7,347
	水質浄化便益	流域貯水便益の手法により、全貯留量のうち生活用水使用相当分については水道代金で代替した費用で、その他の水量については雨水利用施設を用いて雨水を浄化する費用により、それぞれ比例按分して算出する。	16,164
山地保全便益	土砂流出防止便益	治山事業を実施する場合と実施しない場合の土砂流出量について、評価対象区域の年間流出土砂量の差により推計し、この土砂量を保全するために必要となる砂防ダム建設コストをもって土砂流出防止便益の評価を行う。	357,659
	土砂崩壊防止便益	土砂流出防止便益の評価と異なり、土壤表面の侵食量を評価するのではなく、土塊として山腹崩壊が生じる場合の流出量について評価する。	44
環境保全便益	生物多様性保全便益	生物多様性保全便益のうち、「適正な森林管理に関する事業」について評価する。これは、本事業による生物多様性保全便益は、本数調整伐等に関する事業が対象となり、一時的に森林内部の下層植生を増加させ、これらを利用する動植物を増加させる便益を評価するものである。	7,149
	保健休養便益	下記算定式により算定。(単価は、都市近郊林と一般の森林の場合で異なる。) $B_p (\text{円}) = \sum_{t=1}^Y \frac{1}{(1+i)^t} \times S \times U$ S: 当該対象区域への見込入込者数 (人/年) U: 当該対象区域で仮に入場料を設定した場合の支払い意志額 (円/人) Y: 評価期間	25,490
<b>合計 (総便益)</b>			<b>488,882</b>
費用便益費 = 総便益 / 総費用 = 488,882 千円 / 68,653 千円 =			7.12

## 2.3 海外の事例

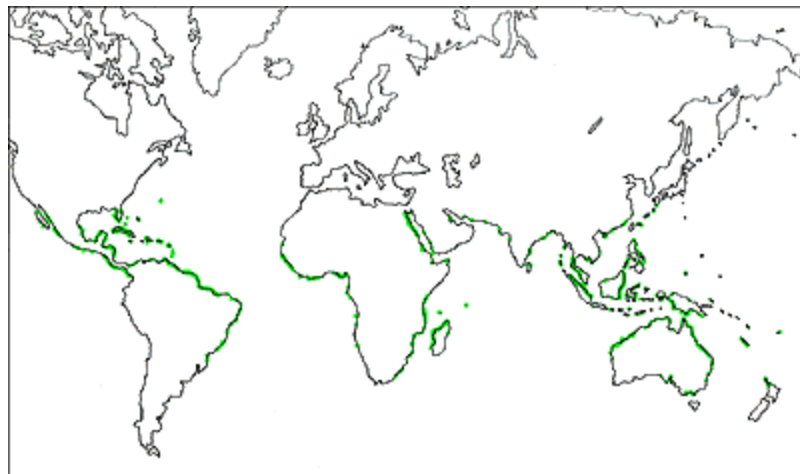
(マングローブ林の社会・経済便益評価の動向と可能性)

### (1) マングローブとは

マングローブは一般的に潮間帯に生育する樹木の総称を表し、植物の名前を指すものではない。マングローブ林を構成する植物は世界に 70~100 種程度あるといわれている。

マングローブは図 2-10 に示す熱帯から亜熱帯にかけての比較的波の穏やかな沿岸の静穏域(河口域、内湾の海岸等)に生育する。マングローブは遠浅の静穏域に生育することから、粒径の細かい土砂(泥分)が堆積しやすく、干潟になる場合が多い。そのため、通常の干潟のように有機物が分解される場でもあり、生物生産力の高い場である。更に、通常の干潟と異なりマングローブの樹木が密生し、ヒルギ科のマングローブ特有の呼吸根(図 2-11)が更に地表面を複雑化することで多様な生物の隠れ家等に使われる等の多様な生物生息環境を創出している。

マングローブ林は多様な生物生息空間となっていることから、カニやエビ等の甲殻類、二枚貝や巻貝等の貝類等の底生生物が多く生息している(図 2-12)。これらの底生生物の中にはマングローブの落葉を摂餌する種類も多く、炭素循環においても重要といえる。マングローブの呼吸根によって創出される複雑構造が魚礁の効果も発揮しており、多くの魚が蛸集する。この他にも、樹上には昆虫類、鳥類、哺乳類が生息の場として利用している。更に、地球温暖化の緩和策として、二酸化炭素の固定にも貢献されることに期待がもたれる。



※図中の緑部がマングローブの分布域

図 2-10 マングローブの分布図



図 2-11 マングローブの呼吸根(タコ足状のタイプ：支柱根)



図 2-12 マングローブに生息するカニ類

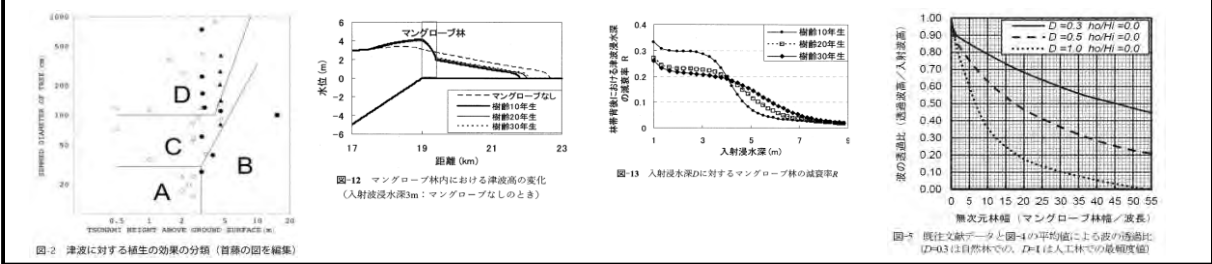
(2) マングローブの減災効果

1) 津波に対しての効果事例

近年、日本の海岸工学に携わる研究者らが、マングローブの津波に対する減災効果を研究している(表 2-14)。

表 2-14 マングローブの減災効果に関する研究事例

論文名	所属	氏名	雑誌名	年度	区分	災害	樹種	減災効果	定量評価	貨幣価値化	効果の具体的内容	場所	備考
マングローブによる津波対策	土木研究所	田中茂信	RIVER FRONT vol.58	2007	被害調査結果	津波	クロマツ アカマツ ニセアカシア	エネルギー減衰	△	×	流勢緩和が期待できる下限の林幅 = 約 20m	日本	5津波(明治三陸大津波以降)
					被害調査結果	津波	不明	エネルギー減衰	○	×	防波林の厚み、効果、被害の関係 ⇒ 図-2 参照	日本	
					被害調査結果	津波	ココヤシのみの樹林	エネルギー減衰	△	×	抑止効果ほとんどなし	スリランカ	インド洋大津波
					被害調査結果	津波	マングローブ	エネルギー減衰	△	×	高木類は倒伏しても流木の原因とはならない	スリランカ	
					被害調査結果	津波	不明	エネルギー減衰	△	×	直径0.3mクラスの高木は船・ホテルの浸食を受け止めていた	スリランカ	
					被害調査結果	津波	不明	エネルギー減衰	△	×	直径0.1~0.3mの密集樹林が平面的に混在することが重要	スリランカ	
被害調査結果	津波	マングローブ	エネルギー減衰	△	×	200~1100m幅のマングローブの後背地は人的・家屋被害が少なかった	インド						
2004年インド洋大津波におけるマングローブ林のフラジリティー関数と津波減衰効果	東北大学大学院	柳澤英明	海岸工学論文集, 第55巻(2008) 土木学会, 286-290	2008	被害調査結果	津波	マングローブ	エネルギー減衰	○	×	マングローブ林(幅400m)前面部の白根で津波浸水深3m、周期30minとなる津波を吸収させたときの水位変化 ⇒ 図-12, 13参照	インドネシア	2004年インド洋大津波
2009年サモア地震津波におけるマングローブ林の津波減災効果	東電設計(株)	柳澤英明	土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 66, No.1, 2010, 251-255	2010	被害調査結果	津波	マングローブ	エネルギー減衰	○	×	津波浸水深: 3.5m 樹径: 0.39m, 植生密度: 0.07/m <sup>2</sup> , 樹林幅: 100m ⇒ 約40%の流圧力の減衰効果(合成粗度: 最大で0.1程度)	サモア	2009年サモア沖地震
タイ湾南部マングローブ沼地における海岸侵食の実態と有効な対策	東京大学大学院	瀬戸正太	土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 70, No. 2, 11461-11465	2014	現地観測結果	-	竹を活用した消波堤	エネルギー減衰	○	×	エネルギーフラックスの減少率: 右横消波堤 97% 竹を活用した消波堤 29%	タイ	
マングローブ林による消波と侵食防止の効果評価法	東海大学	山本吉道	土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2, 1789-1804	2015	水理模型実験に基づく消波効果算定図の作成	高波	マングローブ(支柱根タイプ)	エネルギー減衰	○	×	波の透過速度算定図を作成(林幅と波の透過比) ⇒ 図-5 参照		(室内実験)
					高波	マングローブ(支柱根タイプ)	侵食防止	○	×	侵食防止効果: マングローブ林(幅170m×沿岸長50m, 密度1株/m <sup>2</sup> )⇒ジオテキスタイル護岸(幅5m×沿岸長50m)		(平面2次元モデルによる予測計算)	



出典：調査団作成

これらの研究事例は、2004年に発生したインド洋大津波(スマトラ島沖地震)でマングローブによる津波被害の軽減の効果が指摘されたことが発端となっている。具体的には以下のような報告が挙げられている。

- ・ 津波に流された人が樹上等に漂着して助かっている。
- ・ 高木類が流亡せずに残存し、流亡物をトラップし、背後の構造物等の破壊を低減した。
- ・ 突然来襲した津波に対して樹上へ避難した。
- ・ 200~1100m幅のマングローブ林の背後で人的・家屋被害が少なかった。

柳澤ら(2008)はインド洋大津波で被害を受けたタイのパカラン岬とインドネシアのバンダアチエにおいて以下のような研究を行っている。

マングローブ林の被害調査と数値解析を実施し、マングローブに作用する津波による最大曲げ応力に応じたフラジリティー関数(個々の樹木特性や漂流物といった不確実性を含んだ時の破壊率を予測するための関数)を構築した。

- ・ 現地のマングローブに関する胸高直径、樹齢、植生密度のデータを整理し、それらの関連性を示した(樹齢が若いほど、胸高直径は小さいが、植生密度は高いことを考慮している)。
- ・ 上記を用いて、数値解析でマングローブの津波減衰効果を確認した。

ただし、津波減衰効果を検討する数値計算では、マングローブの呼吸根は支柱根による粗度を考慮しているが、樹齢で粗度を変化させないこととしている。

計算結果の一例として、マングローブ林の幅を 400m、マングローブ林前面での津波浸水深 3m、津波の周期 30 分の場合、図 2-13 のようにマングローブ背後でマングローブが無い場合と比較して水位が減少し、樹齢での比較では密度の最も高い 10 年生のマングローブ林の減衰効果が高い結果となっている。一方、図 2-14 のように、入射する津波の浸水深(マングローブ前面の汀線付近の津波浸水深)を変化させたときは、入射浸水深が 4m 付近までは 10 年生のマングローブ林による津波減衰率が高いが、それより入射浸水深が大きくなると、20・30 年生のマングローブ林の津波減衰率が高くなる傾向が示されている。このことから、大きな津波に対しては樹齢の若いマングローブ林では効果が小さく、樹齢が古いマングローブの密度が高い状態を保全・維持していくことが重要であることが示唆されている。

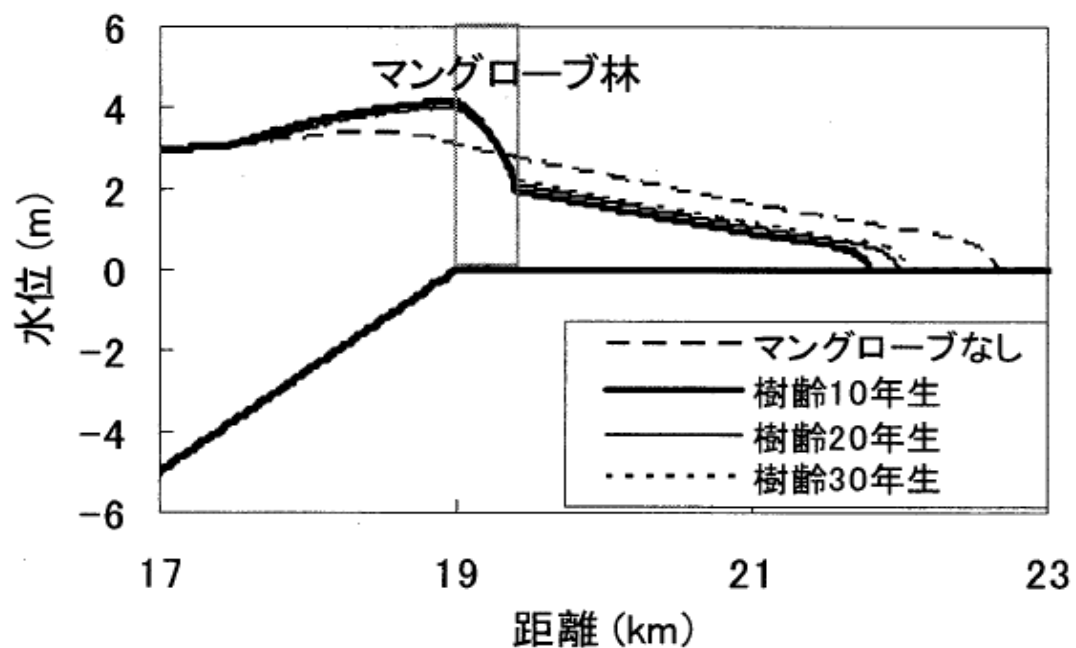
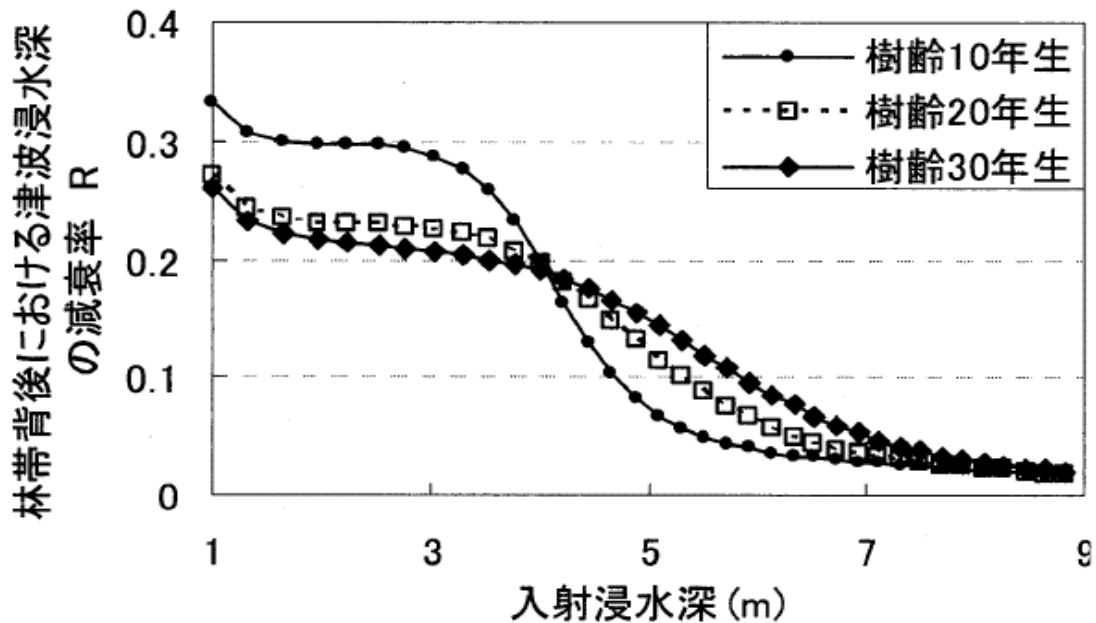


図 2-13 マングローブ林内における津波高の変化(入射波浸水深 3m : マングローブなしのとき)  
出典：柳澤ら (2008)





※マングローブ林幅：400m、津波周期 30 分

図 2-14 入射浸水深に対するマングローブ林の減衰率

出典：柳澤ら (2008)

また、2009 年のサモア沖地震においても次のようなマングローブ林による津波被害の低減効果が報告されている。

- ・ マングローブ林の前面部では浸水深 2.7~3.5m の津波が、マングローブ林の背後地では津波浸水深 0.7~0.9m 程度で、家屋の被害は少なかった。
- ・ マングローブ林や周辺の森の中には、津波によって破壊された家屋の残骸や車などの大きな漂流物が止められていた。
- ・ 子どもがココヤシなどの樹木にしがみつき津波から難を逃れた。

柳澤ら(2010) はサモア沖地震で被害を受けたサモア国 Upolu 島の Malaela における現地調査より得られたマングローブ林の状態を考慮し、1次元での津波解析を実施することで、サモア国におけるマングローブ林の津波減衰効果を検討している。

サモア国におけるマングローブの多くは、タコ足状の支柱根は持っていないタイプであることからここでの計算ではマングローブ林を簡易に円柱として仮定し、解析を行っている。また、マングローブ林の樹径  $\phi$ 、植生密度  $N$ 、樹林帯幅  $W$  は、現地調査より  $\phi=39\text{cm}$ 、 $N=0.07\text{m}^{-2}$ 、 $W=100\text{m}$  と仮定し、それらと Manning の粗度係数を考慮した粗度でマングローブ林を表現している。外力となる入射波は周期 10 分の津波 (sin 波) を想定し、現地の津波浸水深 ( $D=3.5\text{m}$ ) を再現するように入射波高を調節している。海底地形は、サモア島東部の平均的な勾配を設定している。図 2-15 の解析結果によれば、マングローブ林によって、約 40% の流圧力が減衰させられており、Malaela におけるマングローブ林が津波の減衰に対して、有効であることを明らかにしている。

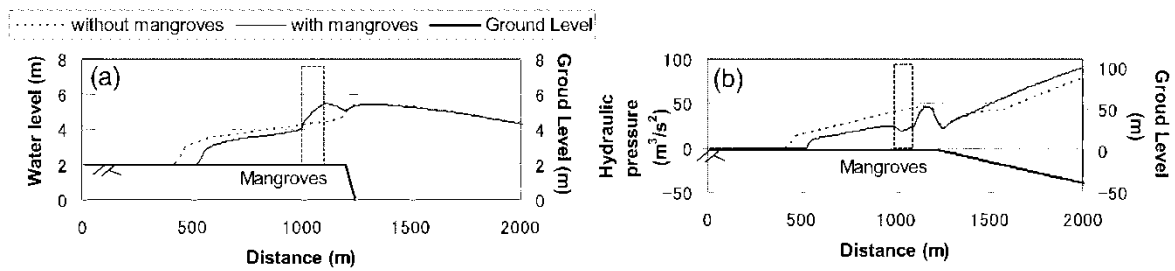


図 2-15 マングローブ林による津波減衰効果：(a)津波高、(b)水流圧力  
出典：柳澤ら (2010)

## 2) 津波に対する減衰効果

直接マングローブを対象としてはいないが、海岸植生の津波に対する効果について、首藤 (1985) により整理されている。

首藤が扱った津波は明治三陸大津波以降の 5 津波(明治 29 年三陸大津波、昭和 8 年三陸大津波、昭和 21 年南海地震津波、昭和 35 年チリ津波、昭和 58 年日本海中部地震津波)である。また、対象とした樹種はクロマツ、アカマツ、ニセアカシアである。

これらのデータを整理し、縦軸に防潮林の厚み(主樹木の胸高直径(cm)×防潮林内の主樹木の本数)、横軸に津波浸水深としたグラフに、海岸植生の津波に対する効果(○：主樹木に被害なく漂流物阻止、●：倒木はあるものの漂流物阻止、■：切損のため無効果、△：流勢緩和・浸水深軽減、▲：背後地に効果はあったが流勢緩和無し)をプロットして、防潮林の効果を判定できる図(図 2-16)を作成している。

その結果、A、B、C、D の四領域に大別できるとしている。表 2-15 に各領域の効果を示す。

マングローブは呼吸根の形状によって効果が異なることが考えられるため、図 2-16 がそのままマングローブの津波減衰効果の分類に適用できるかは、今後更なる検討が必要であるが、概ね必要なマングローブの規模は算定できると考えられる。

表 2-15 領域の効果

領域 区分	効果	条件
		H : 津波浸水深 (m) d <sub>n</sub> : 防潮林の厚み (cm · n) <sup>※</sup>
A	主樹木に被害が無く、漂流物阻止の効果はあるが、流勢緩和や浸水深軽減の効果が無い領域	H ≤ 3、d <sub>n</sub> ≤ 30
B	防潮林の効果が期待できない領域	d <sub>n</sub> ≤ 30 で H ≥ 3 d <sub>n</sub> ≥ 30 で d <sub>n</sub> ≤ 30 (H/3) <sup>2</sup>
C	下生えが密生ならば流勢緩和が期待できる領域	H ≤ 4 で d <sub>n</sub> = 100 H ≥ 4 で d <sub>n</sub> = 100 (H/4) <sup>3</sup>
D	下生えが疎生でも流勢緩和が期待できる領域	d <sub>n</sub> ≤ 300 で H = 3 d <sub>n</sub> ≥ 300 で d <sub>n</sub> = 300 (H/3) <sup>2.5</sup>

※主樹木の胸高直径(cm)×防潮林内の主樹木の本数(n)

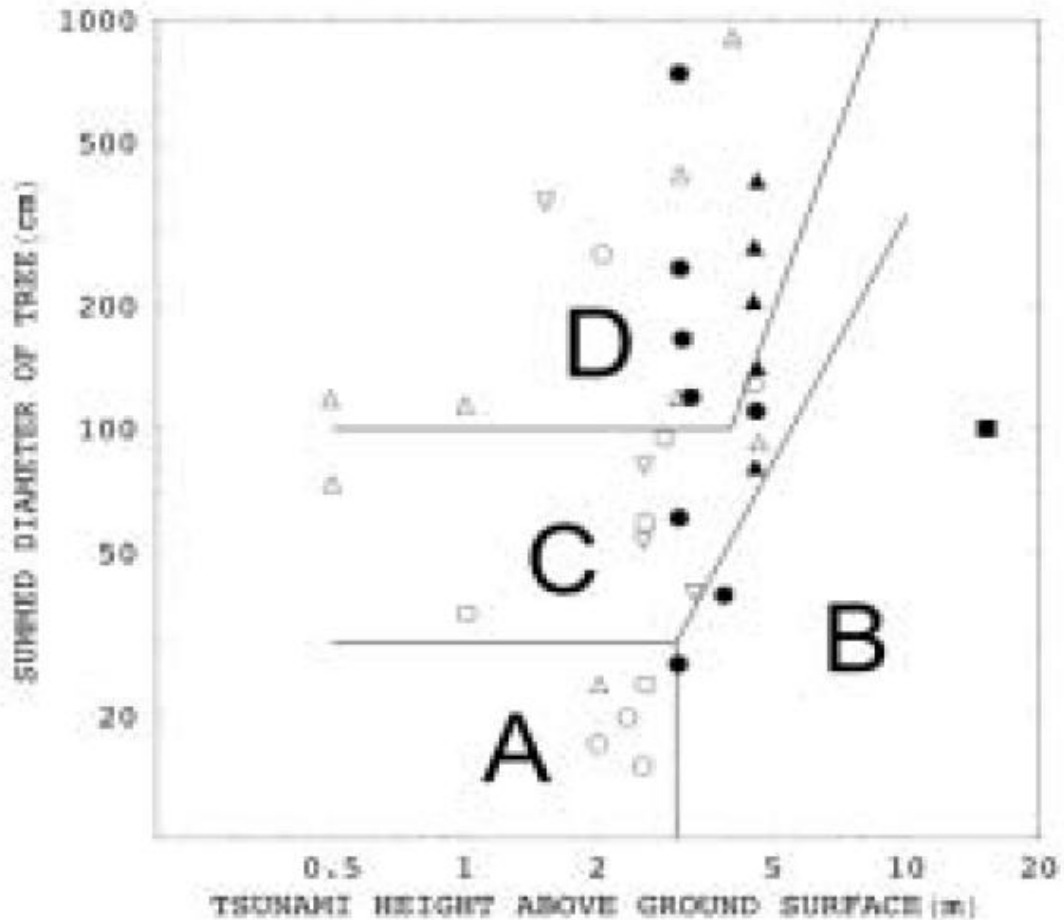


図 2-16 津波に対する植生の効果の分類

出典：首藤（1985）

### 3) 消波と海岸侵食に対する効果

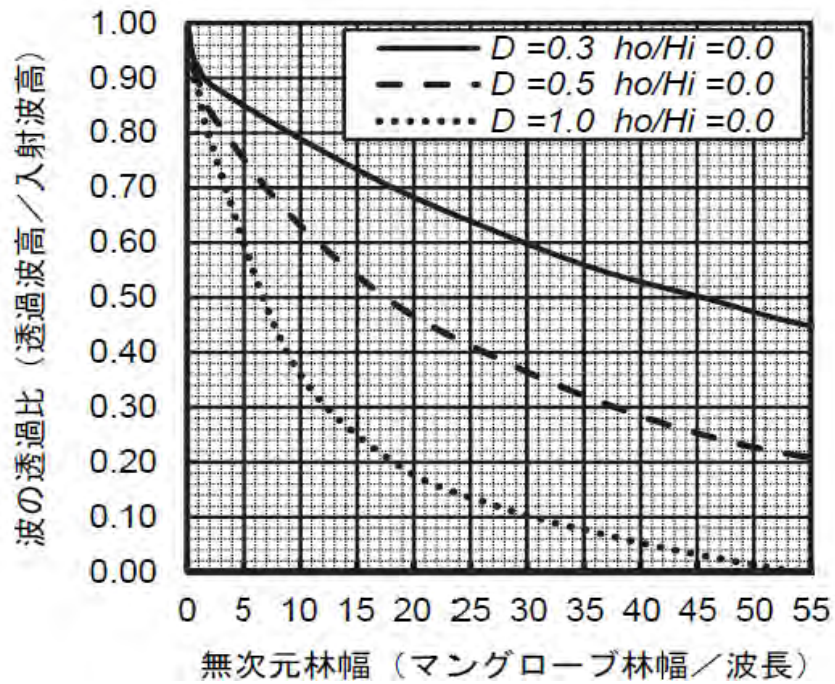
山本ら(2015) はタイ国において、植林し易く、7~8年で高い消波効果を期待出来る支柱根タイプのマングローブを選び、これによる高波の消波と侵食防止効果を評価できる方法を水理模型実験の結果や既往文献の整理等から提案している。

作成されたマングローブの消波効果算定図からは、マングローブの密度が高いほど波の透過比が小さくなり、波高の減衰効果が高いことを示している。

この消波効果算定図を基に、マングローブ林を通過した波が海岸に到達する際の打上げ高の評価等が可能となり、必要なマングローブの規模を検討することができる。

しかし、実際のマングローブは波当たりの強い箇所では生育が困難(マングローブは静穏な河口域や内湾で生育する)であり、海岸侵食が一般的に生じる波当たりの強い外海沿岸で適応できるかどうか、更なる研究(現地での実証実験等)が必要となる。

一般的に代表的な海岸保全施設である離岸堤(図 2-19)の波の透過率は 0.4 で設計されることが多い。同等の波の透過率をマングローブ林で設計する場合、山本ら(2015) が検討したタイの典型的な高波である有義波高 1.8m、有義波周期 4 秒で、仮に水深を 2m とした場合、波長は 16.2m となる。図 2-17 を用いると  $D=1.0$ 、 $h_0/H_i$  における波の透過比 0.4 の無次元林幅(マングローブ林幅/波長)は 9 となるため、必要なマングローブ林幅は 145.8m となる。



※D : 1m<sup>2</sup>あたりの木の本数、h<sub>0</sub> : 支柱根上端から水面までの距離、H<sub>i</sub> : 入射波高

図 2-17 マングローブの消波効果算定図

出典 : 山本ら (2015)

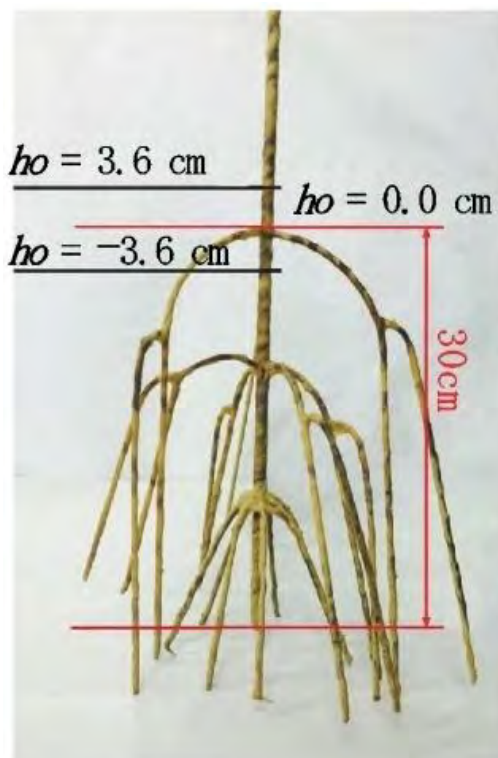


図 2-18 マングローブの消波効果算定図作成で使したマングローブの模型

出典 : 山本ら (2015)



図 2-19 離岸堤

### (3) マングローブ林の存在による効果が期待される便益項目

上記で整理した防災・減災便益以外に、マングローブ林には多用な便益があることが過去の研究事例等により把握されている。これらの便益の項目と、TEEB-ESVDにより経済価値が把握されているものについてはその面積・年あたりの便益原単位を表 2-16 に整理し、この根拠となった TEEB-ESVD の研究事例のリストを上記で整理した防災・減災便益以外に、マングローブ林には多用な便益があることが過去の研究事例等により把握されている。これらの便益の項目と、TEEB-ESVDにより経済価値が把握されているものについてはその面積・年あたりの便益原単位を表 2-16 に整理し、この根拠となった TEEB-ESVD の研究事例のリスト表 2-17 に示した。

第 3 章に示すニカラグア国の現地調査では、マングローブ林の観光資源としての経済価値評価を試行しており、この概要を図 2-20 に示した。

表 2-16 マングローブ林の社会・経済便益

効果が期待される便益項目		原単位 (US\$/年/ha)		
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	—		
	2 土砂流出防止	—		
	3 洪水防止	—		
	4 海岸侵食防止	○	97~672	
	5 津波・高潮被害防止	○	32~8,017	
平時の便益	市場財	6 木材供給	○	14~615
		7 燃料供給	○	3~215
		8 NTFP 供給 (狩猟含む)	○	(定量データなし)
		9 漁業資源供給	○	5~1,975
		10 流域貯水	—	—
	非市場財	11 水質浄化	○	(定量データなし)
		12 炭素固定	○	82
		13 気候緩和	?	—
		14 文化的価値	?	—
		15 生物多様性	○	(定量データなし)

表 2-17 (1) TEEB-ESDV に記載のあるマングローブ林の多面的価値の評価に関する研究事例と原単位のリスト

ソートワード	キーワード	ESSubservice	国	気候区分	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位
ESカテゴリ	評価手法								
Storm protection	Avoided Cost	Belize		Latin America and the Caribbean	Lower Middle	Low	993	USD/ha/yr	US Dollar
Storm protection	Avoided Cost	India		Asia	Lower Middle	High	9,469	INR/ha/yr	Indian Rupee
Storm protection	Avoided Cost	Cambodia		Asia	Low	Low	32	USD/ha/yr	US Dollar
Storm protection	Replacement Cost	Sri Lanka		Asia	Lower Middle	High	300	USD/ha/yr	US Dollar
Storm protection	Replacement Cost	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	8,017	USD/ha/yr	US Dollar
Storm protection	Contingent Valuation	Micronesia		Asia	No data	High	1,965	USD/ha/yr	US Dollar
Flood prevention	Replacement Cost	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	2,387	USD/ha/yr	US Dollar
Prevention of extreme events [unspecified]	Contingent Valuation	Malaysia		Asia	Upper Middle	Low	845	USD/ha/yr	US Dollar
Prevention of extreme events [unspecified]	Replacement Cost	Thailand		Oceania	Lower Middle	Low	77,775	THB/ha/yr	Thai Baht
ソートワード	キーワード	Erosion							
ESカテゴリ	評価手法	国	気候区分	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位	
Erosion prevention	Avoided Cost	Cambodia		Asia	Low	Low	122	USD/ha/yr	US Dollar
Erosion prevention	Replacement Cost	Philippines		Asia	Lower Middle	High	672	USD/ha/yr	US Dollar
Erosion prevention	Direct market pricing	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	97	USD/ha/yr	US Dollar
ソートワード	キーワード	Food							
ESカテゴリ	評価手法	国	気候区分	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位	
Fish	Direct market pricing	Belize		Latin America and the Caribbean	Lower Middle	Low	25	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	El Salvador		Latin America and the Caribbean	Lower Middle	High	800	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	16	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	33	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Cambodia		Asia	Low	Low	84	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Sri Lanka		Asia	Lower Middle	High	268	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Sri Lanka		Asia	Lower Middle	High	493	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	1,490	PHP/ha/yr	Philippine Peso
Fish	Benefit Transfer	World		World	No data	Low	1,259	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Benefit Transfer	Fiji Islands		Oceania	Upper Middle	Low	150	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Benefit Transfer	Trinidad and Tobago		Latin America and the Caribbean	High	High	125	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Benefit Transfer	Fiji Islands		Oceania	Upper Middle	Low	640	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Benefit Transfer	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	50	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Benefit Transfer	Australia		Oceania	High	Low	1,975	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Benefit Transfer	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	280	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	124	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Mozambique		Africa	Low	Low	5	US\$/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	540	US\$/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	55	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Factor Income / Production Function	Vietnam		Asia	Low	High	1,253,575	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Fish	Benefit Transfer	Micronesia		Oceania	No data	High	109	USD/ha/yr	US Dollar
Fish	Direct market pricing	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	204	USD/ha/yr	US Dollar
Meat	Direct market pricing	Tanzania, United Republic of		Africa	Low	Low	0.27817	USD/ha/yr	US Dollar
Meat	Direct market pricing	Mozambique		Africa	Low	Low	0	US\$/ha/yr	US Dollar
Plants / vegetable food	Direct market pricing	Mozambique		Africa	Low	Low	0	US\$/ha/yr	US Dollar
Food [unspecified]	Benefit Transfer	World		World	No data	Low	1,389	USD/ha/yr	US Dollar
Food [unspecified]	Benefit Transfer	China		Asia	Lower Middle	Low	290	CNY/ha/yr	Chinese Yuan/Renminbi
NTFPs [food only!]	Direct market pricing	Vietnam		Asia	Low	High	35,000	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Other	Direct market pricing	Micronesia		Oceania	No data	High	352	USD/ha/yr	US Dollar

(2) TEEB-ESDV に記載のあるマングローブ林の多面的価値の評価に関する研究事例と  
原単位のリスト

ソーティング キーワード	Mangroves	Raw materials							
ESカテゴリ	評価手法	国	気候区分	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位	
Timber	Benefit Transfer	Trinidad and Tobago		Latin America and the Caribbean	High	High	70	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Benefit Transfer	World		World	No data	Low	18	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Direct market pricing	Tanzania, United Republic of		Africa	Low	Low	14	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Direct market pricing	Sri Lanka		Asia	Lower Middle	High	24	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Benefit Transfer	Malaysia		Asia	Upper Middle	Low	225	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Benefit Transfer	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	615	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Benefit Transfer	Malaysia		Asia	Upper Middle	Low	35	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Benefit Transfer	Malaysia		Asia	Upper Middle	Low	25	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Benefit Transfer	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	215	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Direct market pricing	Malaysia		Asia	Upper Middle	Low	14	US\$/ha/yr	US Dollar
Timber	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	3,455	PHP/ha/yr	Philippine Peso
Timber	Benefit Transfer	Vietnam		Asia	Low	High	142,235	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Timber	Benefit Transfer	Vietnam		Asia	Low	High	1,977,090	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Timber	Direct market pricing	Vietnam		Asia	Low	High	670,000	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Timber	Direct market pricing	Vietnam		Asia	Low	High	44,020,000	VND/yr	Vietnamese Dong
Timber	Benefit Transfer	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	13	USD/ha/yr	US Dollar
Timber	Avoided Cost	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	389	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Direct market pricing	El Salvador		Latin America and the Caribbean	Lower Middle	High	17,552,000	SVC	El Salvador Colon
Fuel wood and charcoal	Direct market pricing	Tanzania, United Republic of		Africa	Low	Low	3	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Direct market pricing	Cambodia		Asia	Low	Low	4	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Benefit Transfer	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	7	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Benefit Transfer	Indonesia		Asia	Lower Middle	Low	15	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Benefit Transfer	Fiji Islands		Oceania	Upper Middle	Low	20	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	42	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Benefit Transfer	Micronesia		Oceania	No data	High	178	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Benefit Transfer	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	215	USD/ha/yr	US Dollar
Fuel wood and charcoal	Direct market pricing	Vietnam		Asia	Low	High	72,457	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Fuel wood and charcoal	Direct market pricing	Pakistan		Asia	Lower Middle	High	62,693	PKR/ha/yr	Pakistan Rupee
Raw materials [unspecified]	Benefit Transfer	World		World	No data	Low	132	USD/ha/yr	US Dollar
Raw materials [unspecified]	Direct market pricing	Mozambique		Africa	Low	Low	0.10000	USD/ha/yr	US Dollar
Raw materials [unspecified]	Factor Income / Production Function	Bangladesh		Asia	Low	High	35	USD/ha/yr	US Dollar
Raw materials [unspecified]	Direct market pricing	Philippines		Asia	Lower Middle	High	819	USD/ha/yr	US Dollar
Raw materials [unspecified]	Benefit Transfer	China		Asia	Lower Middle	Low	68	CNY/ha/yr	Chinese Yuan/Renminbi
Fibers	Direct market pricing	Mozambique		Africa	Low	Low	1	USD/ha/yr	US Dollar
Fodder	Direct market pricing	Pakistan		Asia	Lower Middle	High	11	PKR/ha/yr	Pakistan Rupee
Other Raw	Direct market pricing	El Salvador		Latin America and the Caribbean	Lower Middle	High	25	USD/ha/yr	US Dollar
Other Raw	Direct market pricing	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	1,142	USD/ha/yr	US Dollar
Other Raw	Benefit Transfer	Vietnam		Asia	Low	High	3,650	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
Other Raw	Direct market pricing	Vietnam		Asia	Low	High	3,467	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
ソーティング キーワード	Mangroves	Recreation							
ESカテゴリ	評価手法	国	気候区分	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位	
Recreation	Benefit Transfer	Trinidad and Tobago		Latin America and the Caribbean	High	High	200	USD/ha/yr	US Dollar
Recreation	Contingent Valuation	Nicaragua		Latin America and the Caribbean	Lower Middle	Low	15	USD/ha/yr	US Dollar
Recreation	Benefit Transfer	China		Asia	Lower Middle	Low	5,373	CNY/ha/yr	Chinese Yuan/Renminbi
Tourism	Factor Income / Production Function	Malaysia		Asia	Upper Middle	Low	424	USD/ha/yr	US Dollar
Tourism	Travel Cost	Vietnam		Asia	Low	High	165,371	VND/ha/yr	Vietnamese Dong
ソーティング キーワード	Mangroves	Climate							
ESカテゴリ	評価手法	国	気候区分	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位	
C-sequestration	Benefit Transfer	Jamaica		Latin America and the Caribbean	Upper Middle	High	82	USD/ha/yr	US Dollar
C-sequestration	Mitigation and Restoration Cost	Mozambique		Africa	Low	Low	64,000,000	US\$	US Dollar
C-sequestration	Benefit Transfer	China		Asia	Lower Middle	Low	16,554	CNY/ha/yr	Chinese Yuan/Renminbi
C-sequestration	Replacement Cost	Thailand		Asia	Lower Middle	Low	2,137	THB/ha/yr	Thai Baht



ニカラグア国レオン県の太平洋岸沿いの Isla Juan Venado 自然保護区には、豊かなマングローブが広がり、マングローブ内の自然の水路を利用したボートツアーなどの観光利用が盛んに行われている。第3章に詳述した現地訪問時に実施した Isla Juan Venado ビジターセンター代表及びボートツアーのツアーガイドへのヒアリング結果に基づき、保護区内のマングローブ林の経済価値を試算し、次の結果が得られた。

観光客1人あたり支払額：5USD + 60 USD / ((2+5)/2) 人 = 22.1428571USD

- ・入域料：US\$5/人

- ・ツアー代金：US\$60/ボート1隻（利用人数の目安2～5人程度）

利用者数：年間入場者数およそ1,000人

マングローブ林面積：およそ25.5Km<sup>2</sup> (2,550ha)

観光資源としての経済価値原単位：22.1428571USD × 1,000人 / 2,550ha = 8.68 (US\$/ha/yr)



図 2-20 ニカラグア国におけるマングローブの観光資源としての経済便益評価の事例

## 2.4 既往事例から確認された特徴と課題

### (1) 既往事例から確認された特徴と課題

既往事例から確認された特徴と課題は以下の通りである。

表 2-18 JICA 事例における特徴

生態系 <sup>o</sup>	プロジェクト名	特徴と課題
山地の生態系	ベトナム国北部荒廃流域天然林回復計画	村落の技術適用試験（On-Farm Trial）や展示林を通じて住民への技術普及を図った。
	ドミニカ共和国 サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画	焼畑の解消のため、生計向上のため簡易灌漑農業及びアグロフォレストリーを導入した。

生態系 <sup>o</sup>	プロジェクト名	特徴と課題
	パナマ国パナマ運河流域保全計画	プロジェクトの初期段階におけるニーズ調査 (PRA) を通じて、農民たちは、自分達を取り入れたいと考える技術に関して、自分達自身による検討・優先順位づけをする機会を得た。その結果、農民による技術の吸収度は非常に高いものとなった。
	パナマ国アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発	グループを設立し、様々な研修を行うことにより、積極的な参加が促進され、自主的な運営を行うことができるレベルに達した。 農地利用計画を策定し、個人農園を所有しているメンバーが計画に沿った活動を開始した。
	ガーナ国 移行帯参加型森林資源管理計画	森林保全区周辺コミュニティーの住民にグリーンベルトでの活動を認め、コミュニティーがグリーンベルト内の樹木作物を守ることを通じて野火の早期発見や森林保全に役立てた。
	中華人民共和国 四川省モデル森林造成計画	育苗、造林、普及を一貫した技術を開発
	ネパール国 地方行政強化を通じた流域管理向上	サビハモデル (村落振興・森林保全の複合モデル) を構築し、行政、住民を巻き込んだ森林・土壌保全の取組が進められた。
	チリ共和国 半乾燥地治山緑化計画	安価で調達・利用可能な現地材料を使用した治山技術開発。普及材料の作成。
	中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画	地元農民の参加で、伝統工法を生かしながら地元資材で実施された。収入対策としてクルミ等の果樹を植栽。 <b>課題</b> ：山腹斜面が崩壊しているため、人工構造物を設置し土砂移動を止めた上で、植林を実施している。人工構造物の設置が必要ため、技術事業費が大きくなる。
	ニカラグア国 住民による森林管理計画	事業実施主体は地元農民であり、植生筋工や植林用の育苗技術が移転され、参加住民により実施された。 <b>課題</b> ：こうした技術を普及展開する職務を担う機関がなく、他地域への展開がなされていない。
沿岸・海洋の生態系	フィリピン国 統合的沿岸生態系保全適応管理	沿岸域のマングローブ林の分布変化や緩衝機能(防災機能)について、評価し、将来案件のために知見を蓄積した。
	ベトナム国 第2次中南部海岸保全林植林計画	生物多様性を確保するため、混交林を造成した。 <b>課題</b> ：プロジェクトにはソフトコンポーネントがない(ベトナム側により実施)。
	ミャンマー国 エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	マングローブ林においてコミュニティ・フォレストユーザーグループが所得創出活動(例：カキ養殖)によって生計向上を図っている。
	インドネシア国 マングローブ生態系保全と持続的な利用のASEAN地域における展開	マングローブ生態系保全と持続的利用の優良事例・教訓をASEAN地域内関係組織・コミュニティ間で共有するための枠組みであるASEANマングローブネットワーク(AMNET)を構築。

生態系 <sup>o</sup>	プロジェクト名	特徴と課題
	イラン国 アンザリ湿原環境管理	流域の斜面崩壊、下水・排水、廃棄物による複数の要因による環境汚染が深刻な湿原に対して、省庁横断的な管理体制を整備した。
森林火災対策	マケドニア国 森林火災危機管理能力向上	森林担当部署だけでなく、防災担当部署等多数の機関が参加。 <b>課題</b> ：地元住民に対する山火事防止の啓発活動、山火事消化体制の整備が必要
	インドネシア国 森林火災予防計画Ⅱ	森林火災初期消火ガイドラインを作成するなど、住民の意識向上に努めている。
	インドネシア国 森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画	国内での研修、また第3国（タイ）での研修、本邦研修等、多くの研修を組み合わせることによる能力向上へ取り組んだ。
	インドネシア国 泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化	火災予防ハンドブック等普及啓発への資料が作成、配布された。
	ベトナム国 森林火災跡地復旧計画	メラルーカ材利用可能性や生計向上のための取組を併せて行った。

表 2-19 国内事例の特徴

活用した生態系	事例名	特徴
山地の生態系	田上山の治山事業	明治時代から現在に至るまで、長く樹木の植栽を主とした治山工事が行われた。 遊歩道、あずまや等が設置されハイキング客に親しまれている。
山地の生態系	六甲山の治山事業	激しく風化した山肌に芝張りや石積みの伝統工法で植生を回復させた。 <b>課題</b> ：マツ枯れの影響で森林が劣化した区域があり再生が必要である。
山地の生態系、流域の生態系	高梁川下流森林計画区	水源涵養や土砂流失防止、防風など様々な機能が認められている。 <b>課題</b> ：老齢化した人工林が多く間伐等の手入れが必要。
山地の生態系	庄内海岸防災林造成事業	飛砂防備としてクロマツが植栽されている。18世紀頃から取り組む
山地の生態系	鶏籠山国有林	森林と保全対象（人家）との間に人工物が施工されているが、上部斜面には人工物がなく Eco-DRR の概念に即している。 <b>課題</b> ：間伐が遅れて下層植生が少ない斜面がある。
沿岸・海洋の生態系	マングローブ林の社会・経済便益評価の動向と可能性	林の規模と津波減衰効果の例が示されている。消波、海岸浸食に対する効果の研究がある。 <b>課題</b> ：生態系の工学的な機能の評価は難しく、今後さらなる研究が必要である。

## (2) JICA 既往事例の定性的分析

海外の多くの事例では、住民参加型で事業成果や移転した技術の継続性を図っている。例えば、「ニカラグア国 住民による森林管理計画」では住民に技術移転を実施し、住民自身で畑の周囲

等に石積みや植生筋工を実施している。また、「中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画」では、地元住民を活用し地元の伝統工法の採用をして、現地への技術の定着が図られている。

また、生計向上を図るためとして、「中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画」ではクルミを植えたり、「ガーナ国 移行帯参加型森林資源管理計画」では、森林の周囲にグリーンベルトを設けて一定の収入活動を認めるなどして、住民が植林したり森林を保全するインセンティブを与えている。こうした地元への配慮により、移転した技術の持続性が高まっていると見られる。

一方、「ニカラグア国 住民による森林管理計画」の事例では、現地 C/P 機関に移転した技術を他地域へ普及展開できるキャパシティーがないため、技術がさらに他地域へ展開されることはなく、対象地だけに留まっている。途上国の森林を管轄する部門では、土木施設の設置の経験がない国が多いことから、森林部門の職員に対する計画、設計、施工管理の訓練が必要となる。現地政府のキャパシティーを見極めながらプロジェクト終了後の普及展開方法も見据えて検討することが、国際協力での課題だと言える。

### (3) 国内既往事例の定性的分析

国内の既往事例の分析からは、防災・減災に生態系を活用する場合には、防災・減災機能を発揮するまでに時間が掛かることがわかる。例えば、田上山や六甲山の治山事業では 19 世紀前半から今日まで延々と植栽が行われてきた。庄内海岸では、18 世紀から防災林造成のために植栽が行われている。また、斜面に芝を張ったり、石積みをしたりしながら植栽をしていく伝統工法で行われてきており、技術的にはそれほど難しくないが、防災・減災機能発揮のためには大面積を対象とするため、これも時間が掛かる要因と思われる。

また、多くの既往事例では、付近住民の手を借りて、治山工事等が行われている。そのため、現在でも住民に親しまれてレクリエーションに使われているものと思われる。

一方、いくつかの課題も見られる。高梁川下流森林計画区や鶏籠山国有林の事業では、手入れが遅れて森林が鬱蒼となり下層植生が育っていない状況がある。多くの森林は山腹斜面上に存在するが、そこでは樹木の根系が表層土を斜面につなぎ止めることによって「表層崩壊」を防いでいる（基盤岩や厚い堆積層が崩れる深層崩壊は防げない）。この機能のため、豪雨、地震等に伴う崩壊等により森林が荒廃したところについて、森林を復旧することが多い。また、森林は、おもに森林土壌のはたらきにより、雨水を地中に浸透させ、ゆっくりと流出させ、洪水を緩和するとともに川の流量を安定させている。手入れが遅れた森では、下層植生が育たず表層土が流失していることもあり防災減災機能が低下するため、間伐等適正な森林施業を行うことにより、健全な森林を育成することが必要である。

六甲山ではマツ枯れが出て、樹木が枯れているとの報告がある。これがもしマツの一斉林で起これば森林全体の機能が失われることになる。Eco-DRR では、このような人工物にはない生態系のリスクも勘案し、単一樹種ではなく多様な樹種を植栽するなどの対策を検討することが必要である。

鶏籠山国有林の事例では、森林と保全対象（人家）との間に人工物が施工されている。人家、学校等の公共施設や災害時要援護者施設など、重要な保全対象施設が周辺にある地域では、人工構造物の防災施設を整備するなど総合的な対策を講じる必要があり、Eco-DRR の好事例である。

マングローブ林や海岸林に関する既往の研究では、津波のエネルギー減衰効果、海岸侵食に対する効果が報告されている。ただ、これらの研究（特に津波に対する減災効果）では、効果について数値で示しているものの、実際に津波が来襲したマングローブ林や海岸林で得られた被害状況や津波浸水深等の調査結果を数値シミュレーションによって再現し、津波に対して減災効果があったことを証明したまでのものである。マングローブや海岸林を構成する種類、植生密度、幹の太さ、植生幅（岸沖方向）、来襲する津波の規模、地形（海底勾配）等の条件が異なれば、生じる効果もそれぞれ異なる。そのような条件の組み合わせを踏まえ、汎用的にマングローブ林や海岸林の津波に対する減災効果を定量的に評価する研究はまだ少なく、実用的なものは見られない。マングローブ林や海岸林が津波に対する減災効果は定性的には明らかにされているが、今後更なる研究が必要である。

### 第3章 海外の適用可能性確認調査

#### 3.1 対象地選定の考え方

現地調査対象国の選定にあつたては、基本的に以下の項目を考慮して JICA との協議も踏まえて決定した。

#### 現地調査対象地を選定する上での視点

1. 災害リスクが高い
2. 生態系の防災・減災機能のポテンシャルおよびニーズが高い
3. 生態系の多面的価値が総じて高い
4. 現地の政府機関に Eco-DRR への関心がある。
5. 治安上の問題がない、現地へのアクセスが良好である等、調査実施上の問題がない

上記の視点に基づき、チリ、マケドニア、スリランカ、ネパール、ベトナム、ミャンマー、ニカラグアの7カ国を JICA に提案した。

表 3-1 Eco-DRR 調査対象国選定比較表

国名	チリ	マケドニア	ミャンマー	ベトナム	ベトナム	ネパール	スリランカ	スリランカ	ニカラグア
想定する対象地	VII、VIII、IX 州から選択	テトボ市周辺	サガイン管区	カマウ省	クアンナム省	シンドゥーパールチヨーク郡	ハンバントータ県	アヌラーダプラ県	ブルーフィールド周辺
生態系	流域、山地	流域、山地	流域、山地	沿岸・海洋	沿岸・海洋	流域、山地	沿岸・海洋	流域	流域
災害リスク	洪水、土砂流出	洪水、土砂流出	洪水、土砂流出	洪水、津波・高潮	河岸侵食	洪水、土砂流出	津波、豪雨、強風	洪水・干ばつ	洪水
対策手法候補	治山(土砂流出・崩壊防止)新規植林・森林保全	新規植林・森林保全	新規植林・森林保全	海岸林・マングローブの新規植林・保全	海岸林・マングローブ林の新規植林養浜	治山(土砂流出・崩壊防止)新規植林・森林保全	海岸林	新規植林・森林保全	治山(土砂流出・崩壊防止)新規植林・森林保全
防災以外に期待される主な便益	炭素固定、海岸沿いの都市、漁業保全	炭素固定、後背地の自然保護区保全	炭素固定、下流の大都市(マンガレー)保全	食糧(カ・ヒ)生産	観光地の保全	炭素固定、主要輸送道路の保全	観光地、自然保護区の保全	世界遺産の保全	自然保護区の保全
備考	類似案件の現地要望あり(JICA)。	斜面崩壊対策に現地の要望あり(JICA)。	洪水対策。	JICA 過去事例の展開。	農業農村開発副大臣と国交省との WS で話題に(調査団)。	震災復旧要望(Post-Earthquake Priorities in the Forestry Sector, Nepal)。	現地政府のニーズあり(林野調査団、2009年)。	JICA「北部上水道整備事業」との連携。	現地 JICA 事務所の要望。

最終的に、マケドニア国とニカラグア国を現地調査対象国とした。選定理由は以下のとおりである。

#### (1) マケドニア国の選定理由：

- 「災害リスクが高い」：マケドニア国では、2011年から2014年まで「森林火災危機管理能力向上プロジェクト」が JICA により実施された。同プロジェクトの報告にあるように、マケドニア国では乾季に森林火災が多く起こっている。森林火災対策は、「生態系による防災・減

災」ではなく、人為的な対策による生態系への被害防止である点で、Eco-DRR の観点からは他の災害タイプと特性が異なる<sup>8</sup>。森林火災による生態系の劣化により、特に山地とその周辺での災害リスクが高まっていると考えられた。また、インターネットの情報により、近年各地で大雨による洪水被害が発生していることが確認された。

- 「生態系の防災・減災機能のポテンシャルおよびニーズが高い」、「現地政府機関が Eco-DRR へ関心がある」：上記プロジェクトの背景にあるように、マケドニア国では 1998~2012 年の間に 3800 件の森林火災が起こっており、国家緊急事態宣言も発せられている。そのため政府は「危機管理法」を制定し、「危機管理システム (CMS)」を定めるなどの対策を講じている。このような中で、劣化した森林を再生し、防災・減災機能を発揮させる Eco-DRR に対する現地政府のニーズは高いと考えられた。
- 「治安上の問題がない、現地へのアクセスが良好である等、調査実施上の問題がない」：外務省の安全渡航情報では、治安上の問題はなく、地方へのアクセスも良好と考えられた。
- 「生態系の多面的価値が総じて高い」：インターネット等による調査で既存情報を入手することができなかったため、現地を確認することとした。

## (2) ニカラグア国の選定理由：

- 「災害リスクが高い」：1998 年 10 月にハリケーン・ミッチにより、北部太平洋地域で過去最大の約 3300 人の死者・行方不明者、4 万戸の住宅被害、農地、道路等に甚大な被害を受けた。このほかにもハリケーン、地震、津波などの自然災害が多く起こっている。
- 「生態系の防災・減災機能のポテンシャルおよびニーズが高い」「現地政府機関が Eco-DRR へ関心がある」：上記のハリケーン・ミッチの被害を受けて、現地政府の要望により、JICA は「北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査」「住民による森林管理計画プロジェクト」を実施している。これらのプロジェクトの中で、すでに生態系を生かした防災・減災の対策を実施しており、現地政府からも一定の評価を得ている。  
また、現在、世界銀行と米州開発銀行の融資による東西横断道路の建設が行われているが、将来的に周囲の開発等に伴い環境が影響を受けて、災害リスクが高まる可能性がある。この対策として、Eco-DRR へのニーズは高いと考えられた。
- 「治安上の問題がない、現地へのアクセスが良好である等、調査実施上の問題がない」：外務省の安全渡航情報では、治安上の問題は無い。
- 「生態系の多面的価値が総じて高い」：インターネット等による調査で既存情報を入手することができなかったため、現地を確認することとした。

## 3.2 マケドニア国における適用可能性確認調査

### 3.2.1 活動概要

マケドニア国における、Eco-DRR に関する協力ポテンシャルの高い地域を特定し、今後の当該分野における協力案件の形成に向けて基礎的な情報を収集・分析した。また、2011 年から 2014

---

<sup>8</sup>森林火事対策は、保全・管理、再生、造成、融合という Eco-DRR の手法のうち、山火事対策という保全・管理の手法を用いた森林生態系の保全に該当すると考えられる。この場合、山火事対策は、治山や植林と同様、防災・減災機能を発揮する森林生態系を保全するための手段との位置づけとなる。

年まで JICA により実施された「森林火災危機管理能力向上プロジェクト」の事後状況確認のための情報を収集した。

### 3.2.2 現地調査内容

#### (1) 現地踏査日程

2016年5月8日~5月28日

#### (2) 調査内容

現地調査前にネット等で近年の災害履歴について収集した。また、マケドニア国で実施された JICA プロジェクト（「森林火災危機管理能力向上プロジェクト」等）の報告書から森林、水関連、災害関連の情報を抽出し整理した。そうした情報について、現地にて関係省庁、現地市役所、大学教授等へ確認した。また、世界遺産、生物多様性等の社会経済便益については関係省庁へのヒアリングを通じて情報を収集した。マケドニア国における洪水、土壌侵食について数多くの論文を出しているシ ril & メトディウス大学森林学部の Ivan Blinkov 教授から、土壌侵食が問題となっている全国の箇所を具体的に示して頂き、現場調査の対象候補とした。さらに、関係機関から流域地図、降雨量、土壌・地質、動植物などの情報を収集し現地調査対象候補の概要を把握した。

#### (3) 訪問機関

- 環境・開発計画省
- 農業・森林・水経済省 森林・狩猟局
- CMC (Crisis Management Center) 危機管理センター：
- PEMF (Public Enterprise Macedonian Forests) マケドニア森林公社
- ヨーロッパ事務局（援助窓口）
- 森林公社オフリド事務所
- 森林公社シュティップ事務所
- 森林公社スベティニコクル育苗施設
- 国立水文気象観測所
- Dr. Ivan Blinkov（シ ril & メトディウス大学森林学部。Faculty of Forestry, Univ. SS.Cyril and Methodius）スコピエ市
- オフリド市
- プロビスティブ市
- テトボ市
- 国連開発計画（United Nations Development Programme : UNDP）

### 3.2.3 マケドニア国の基礎情報

#### (1) 人口動態

2002年統計調査時点での全国の総人口は202万人、人口密度は78.7人/km<sup>2</sup>、1994年から2002年の年人口増加率は0.49%である（State Statistical Office 2016）。人口構成では、マケドニア人が1,297,981人（64%）、アルバニア人が509,083人（25%）で、その他トルコ系、ローマ人、ボスニア人、セルビア人等が居住している。アルバニア人の年人口増加率は1960年代から80年代にかけて3~5%と高い伸びを示しており、その間マケドニア人は1%台の年人口増加率である。全人口



に占めるアルバニア人の割合が増える傾向にある。

## (2) 地形

マケドニア国は、バルカン半島の中央部に位置しており、北はセルビアおよびコソボ、西はアルバニア、東はブルガリア、南はギリシアとそれぞれ接している内陸国である。首都はスコピエ市であり、面積約 2.6 万 km<sup>2</sup>、マケドニア国中央を、ゴスティバを源流とするバルダル川が、北から南に流れており、テトボ市、スコピエ市を通過しながら、ギリシアを通過して、エーゲ海に注いでいる。また、西部には、ツルンドリム川がアルバニアを通過して、アドリア海に、東部では、ストレミツア川がブルガリアを通過してエーゲ海に注いでいる。

山地は、スイスから南西に延びるデアルアルプス山脈に属し、10 億年前に起きたアルプス地殻運動に起因する褶曲山脈が構成されている。最高峰は、アルバニアとの国境にある標高 2,764m のコプラ山である。西部地域は急峻な地形、中央部、東部は盆地、丘陵地地形をなしている。地質は、ディナルアルプス山脈の第 2 紀、第 3 紀の白雲岩、石灰岩、砂岩の堆積岩が占めている。土壌は、石灰岩の風化によってできたテラロッサが分布している。

バルダル川の流域は国土の 80% を占め、国の南西部から発してスコピエ市を通過し、南東部からギリシア国側に流れている。ツルンドリム川は、同国南西部に位置するデバルス湖からアルバニア国に流れている。ストレミツア川は同国南西部からブルガリア国に流れている。

表 3-2 主な河川と表流量

河川名	流域面積 km <sup>2</sup>	降雨量 mm	降雨水量 百万 m <sup>3</sup>	流出水量 百万 m <sup>3</sup>	流域に含まれる 主な都市
バルダル	20,655	707	14,603	5,439	スコピエ、テトボ <sup>o</sup> 、シュティップ <sup>o</sup>
ツルンドリム	3,350	933	3,126	2,175	オフリト <sup>o</sup> 、デバー
ストレミツア	1,535	791	1,214	217	ラトビシュ
レプニツァ	129	890	115	34	
モラバ	44	700	31	9	

出典：JICA (1997)

現地でのヒアリング調査によると、水に関する問題として以下の問題が指摘されている。

- 季節的または年間を通じて水不足が起こっている。
- 水源の汚染が進んでいる。
- 安全な飲み水が供給されない地域がある。
- バルダル川流域の河岸侵食
- 洪水・氾濫

## (3) 地方行政区分

1996 年までは 34 の市に分割されていたが、現在は 80 の市に分割されている。各市の財源は、土地税、上下水道料金、公共交通サービス、ゴミ処理、学校教育等となっている。さらに、中小の河川管理、地方の道路管理、環境衛生管理権が与えられている。市のまとまりが 8 か所の地域

ごとに統合されて定期的な会合を持っているが、行政的な活動はなく、形式的なものに留まっている。

#### (4) 産業

同国ではサービス業が最大の産業部門である。サービス業の中には、小売業、自動車修理、交通機関、宿泊業、科学的活動等が含まれる。農業部門では、たばこ、ワイン、とうもろこし、米の生産がある。工業部門では、繊維、鋳業（鉄等）、鋳山での採掘が主要な生産活動である（State Statistical Office, 2015）。

表 3-3 産業別 GDP 比率

	1990	2000	2015
GDP (current US\$) (10 億)	4.47	3.77	10.09
GDP 成長率 (年 %)	-6.2	4.5	3.7
農業(% of GDP)	8.5	12.0	11.2
工業 (% of GDP)	44.5	25.4	26.1
サービス業 (% of GDP)	47.0	62.6	62.7

出典：World Bank (2016)

### 3.2.4 災害の現状

#### (1) 近年の災害履歴

マケドニア国の首都スコピエ市では 1963 年にマグニチュード 6.1 の大地震が起こり、1000 人以上が死亡し、3000~4000 人の負傷者を出している。市の 80%が破壊され、当時空から災害跡を見た New York Times の記者は、「まるで爆弾が落とされたようだ」と報告している。

表 3-4 マケドニア国で起こった自然災害履歴

災害タイプ	日付	死亡数(人)	被災者(人)	被害規模 ('000 US\$)
地震	1963年7月26日	1,000	3,000~4,000	80%of City
森林火災	2007年7月	1	1,000,000	---
洪水	2003年1月8日	2	4,000	---
	2005年8月4日	---	2,000	---
	2004年6月4日	---	100,000	3,600
	2013年2月24日	1	4,911	---
	2015年1月31日	---	100,000	---
	2015年8月3日	7	5,030	87,000
	2016年8月6日	23	---	---
寒波・熱波	2001年12月	15	---	---
	2004年7月1日	15	202	---
	2012年1月	1	5,100	---
	2014年12月28日	---	8,800	---
旱魃	1993年12月	---	10,000	---

出典：EM-DAT (2016)

19世紀頃、バルダル川右岸は度々洪水被害にあっている。そのため、オスマントルコなど占領者は、川の左岸に居住していた。当時の面影が歴史的建造物として左岸周辺に現在も残っている。第2次大戦以降、都市の人口増加により右岸にも人が住むようになり、現在はバルダル川右岸からボドノ山の山腹まで居住区が広がっている。



図 3-1 19世紀のスコピエ市の様子

出典：Blinkov and Trendafilov (Unknown date).

2015年8月、テトボにあるペナ川周辺で鉄砲水が発生し、死者6名、負傷者11名の惨事となった。復旧調査のためにUNDP等が支援を実施している。2016年5月に調査団が訪問した際には、まだ被災した状況が残っており、復旧作業が遅れているようであった。

さらに2016年8月、スコピエ市が豪雨による洪水に見舞われ、23名が死亡した。浸水した地域の水深は1.5メートルにもなっている。また、町の北東部にある3つの村では、斜面崩壊により遮断された状況が続いた (BBC, 07-08-2016)。

マケドニア国では森林火災による被害は大きく、1998年からの観測で毎年90件以上起こり、2007年には620件の森林火災が起こり、国家緊急事態宣言が発令された。この事態に政府はクロアチアへ要請し、ヘリコプターによる消火活動の支援も受けている。1998年から2015年の被害総額では約46億円にもなっている（2016/11/8 Oanda 交換レート 1MKD=1.86Yen で計算）。

表 3-5 1998年から2015年にマケドニア国で起こった森林火災の情報

Year	Number of Incidents	Burnt area/Ha	Burnt volume/m3	Direct damage and operational cost/ in MKD
1998	151	2,858.70	26104	43,580,628
1999	90	1,465.00	5687	9,494,447
2000	398	32,938.90	562303	938,764,859
2001	255	7,311.80	84451	140,990,945
2002	121	1,726.20	9145	15,267,578
2003	193	2,281.75	15327.5	25,589,261
2004	161	2,034.20	15130	25,259,535
2005	260	3,360.50	7313	12,208,900
2006	185	3,065.00	23517	39,261,139
2007	620	39,162.05	392914	655,961,705
2008	339	10,587.30	69418.3	115,892,400
2009	104	2,581.50	3123	5,182,100
2010	105	2,281.50	4013.3	6,746,900
2011	390	20,856.75	65042.8	105,725,546
2012	430	22,650.42	158433.4	263,045,099
2013	170	6,379.12	16235.65	26,711,484
2014	117	701.02	3524	5,878,120
2015	146	4,822.04	19817	34,522,440
Total	4235	167,063.75	1481498.95	2,470,083,084

出典： Stefanoski, S. (2016) Presentation at Workshop of JICA study, CMC

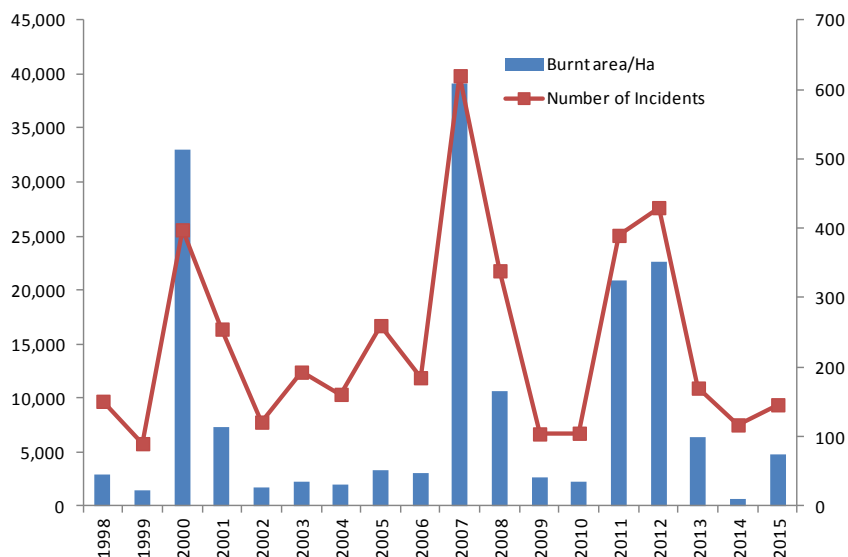


図 3-2 1998年から2015年にマケドニア国で起こった森林火災の情報

出典： Stefanoski, S. (2016) Presentation at Workshop of JICA study, CMC

Map 3. Overview of forest fires for July 2007 (MODIS Terra&Aqua Imagery)

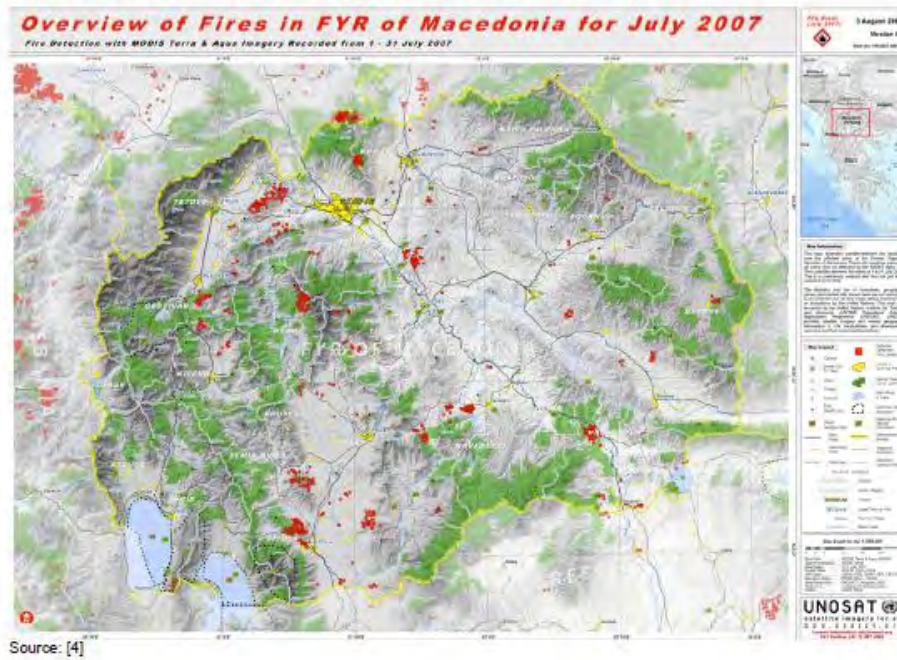


図 3-3 2007 年の森林火災発生位置図

出典 : Johann G. Goldammer, Nikola Nikolov, Jelena Beronja and Jan Kellett. (2015). *Ecological Damage Assessment of the Wildfires in the Former Yugoslav Republic of Macedonia in 2007*, Skopje, In FOREST FIRES COUNTRY STUDY, FORMER YUGOSLAV REPUBLIC OF MACEDONIA 2015 Produced by the Regional Fire Monitoring Center

## (2) 防災政策、戦略

2005 年、マケドニア国政府により Crisis Management Center (CMC)が防災のための国家プラットフォームの中心機関として設立されている。

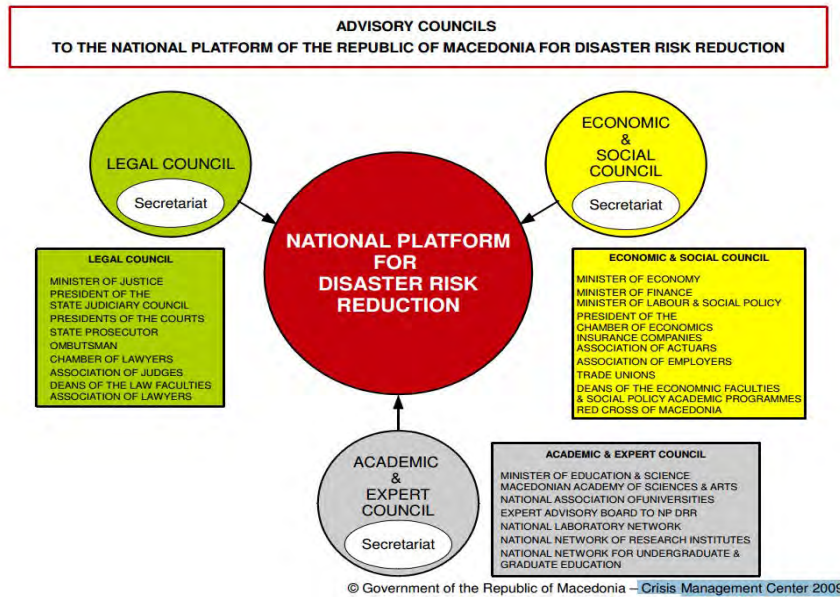


図 3-4 防災のための国家プラットフォーム体制図

出典： Stefanoski, S. (2016). Presentation at Workshop of JICA study, CMC

(ADOPTED BY THE GOVERNMENTAL STEERING COMMITTEE OF THE NP DRR ON 19 NOVEMBER 2009)

### (3) 防災に関する中央・地方政府機関

#### 1) 関係機関

##### 危機管理センター (Crisis Management Center : CMC)

マケドニア国政府は、あらゆる国家的脅威（森林火災を含む自然災害、伝染病、テロリズム等）の予防、早期警戒、対処を目指す仕組みとして危機管理システム (Crisis Management System, CMS) を定めた。この CMS の実務を担う機関として 2005 年に設立されたのが CMC である。CMC は、JICA が実施した技術協力プロジェクト「森林火災危機管理能力向上プロジェクト」（2011 年 5 月～2014 年 5 月）のカウンターパート機関であり、現在、このプロジェクトで開発・適用された森林火災警報システム"MKFFIS"の運営を行っている。このように、CMC は、自然災害に関する情報の収集・分析、関係省庁の調整を行っており、Eco-DRR に関するプロジェクトを実施する場合のカウンターパート機関の一つとして考えられる。

##### 農業・森林・水経済省 (Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy : MAFWE)

農業、林業、水産業を担当する省である。狩猟や水産業、家畜や植物の害虫からの保護、水管理体制の改善、農業気象測定、気象水文の研究を推進している。この中に森林・狩猟局があり、森林計画、苗畑、木材産業、狩猟等 8 部局に分かれ、マケドニア国森林法に基づく森林資源管理、モニタリングを実施している。しかし、MAFWE は政策等の立案機関であり、造林等の現場での作業は、その下部機関であるマケドニア森林公社が行っている。このため、造林技術等を移転する直接のカウンターパート機関とはならないが、プロジェクト運営委員会のメンバー等、何らかの関係を持つことが必要と考える。

## マケドニア森林公社 (Public Enterprise Macedonian Forests : PEMF)

マケドニア森林公社は1940年代に設立され、1998年に農業・森林・水経済省の下部機関となった。政府所有の全森林の計画を立てている。国立公園は環境・開発計画省 (Ministry of Environment and Physical Planning : MEPP) が担当している。国有林は187の管理区分に分けられており、そのうち175の管理区分を森林公社が管理している。残りの12区分は国立公園すなわち環境・開発計画省の管理下にある。全国に30の支所を持ち、各支所に30名程度の職員をかかえ、森林、林業に関する技術を有している。GISの技術者は本部に15名ほどいる。基本的に国有林の伐採による収入により、職員の雇用、植栽等の事業を実施している。そのほか、森林管理のため職員が巡視を行っており、山火事プロジェクトの末端の機器が各地方事務所に配備されている。今後、プロジェクトを実施する場合、造林技術等の技術移転のカウンターパート機関になるものと思われる。

マケドニア森林公社は、現在政府所有の森林と接している民間の森林の区分け (官民境界) を特定する作業を実施している。この作業を全国にある200の管理区域 (森林計画区) で行う予定であるが、そのうち19森林計画区が今年対象で、6森林計画区が終了した。

## 環境・開発計画省 (Ministry of Environment and Physical Planning : MEPP)

環境・開発計画省は、水、汚染土壌、植物、動物、空気の保護・観察、騒音、放射線、生物多様性、地理的多様性、国立公園や保護地域の保護、環境の汚染地域の復旧、固形廃棄物管理対策、関連施設の計画・情報発信などの役割を担っている。本調査では、国立公園や保護地域での災害履歴や生物多様性、関連する施設の計画を中心に情報を収集した。

## 国際自然保護連合 (International Union for Conservation of Nature : IUCN)

国際機関であり、国境を越えた自然保全への支援を世界各地で実施している。マケドニア国での調査団セミナーに参加する予定であったが、都合により欠席となったため、調査団がセルビアのベオグラードにあるJICA事務所訪問の機会に、IUCN東中央ヨーロッパ事務所に立ち寄りヒアリングを行った。

IUCNは2020年までの戦略のなかで、Forest Landscape Restoration (FLR) に取り組むことにしている。アルバニアでFLRの活動を行ってきたが、今後はマケドニア国にも広げていく予定である。一方、アルバニアでは、GEF資金を得て斜面崩壊 (land slide) 対策プロジェクトも立ち上げる予定である。

また、IUCNは2015年9月に防災と減災に関する地域セミナー (Nature-based solutions for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in South Eastern Europe) をセルビアで主催した。ここには6カ国から安全管理系と環境系の省庁が参加し、マケドニア国政府も参加している。マケドニア国のEco-DRRで検討しているのは、分析 (ポテンシャルサイトの分析、自然保全の分析など) などである。オフリドの世界遺産に、アルバニア側を統合する活動を支援している。マプロボ国立公園内で計画されている水力発電所の開発に関して国際的な議論に参加するとともに、科学的分析を融資機関の世界銀行から委託されている。

## 2) 森林火災予防・対応に係わる組織

危機管理システム (CMS) は森林火災を含む自然災害、伝染病、テロリズム等の脅威に対する

効果的で調整の取れた対処を図ることを目的としている。CMS には全ての省庁、地方 政府、一般市民等の参加が規定されている。また、CMC は、CMS に係わる情報収集と分析および関係機関の調整をすることになっている。森林火災に対しては、下図のように地方に 30 支所を持つマケドニア森林公社が重要な役割を持っている。

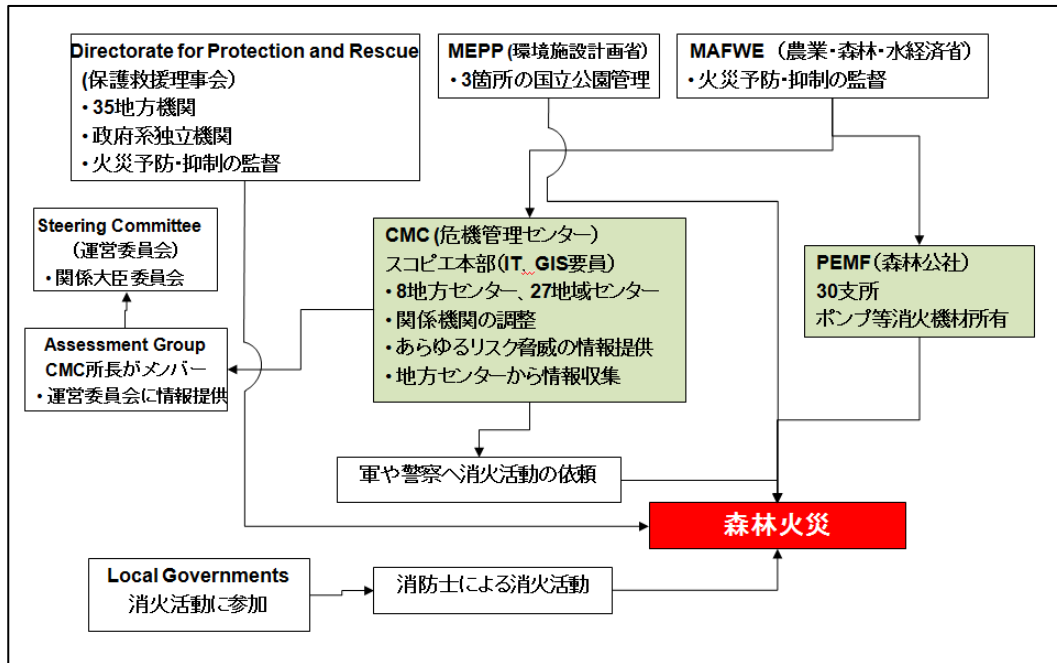


図 3-5 森林火災予防・対応に係わる組織関係

出典：Nikolov (2013)、JICA (2011)、2016年5月調査団確認

### 3.2.5 森林等生態系保全政策

#### (1) 森林・林業政策、戦略

##### 1) 林業の持続的開発のための戦略 (Strategy for sustainable development of forestry) (MAFWE, 2006)

農業・森林・水経済省が 2006 年に作成した林業の持続的開発のための戦略 (Strategy for sustainable development of forestry) (MAFWE, 2006)では、2つの大目標を掲げている。

- 持続的森林管理のための規定、組織および経済的枠組みを形成する。
- 森林の現状や開発の改善のための恒久的財源を確保する。

さらに、同戦略では目指す方向として以下の7点を上げている。

1. マケドニア国の土地計画に沿って、森林被覆率を高めるとともに森林の質を高める。
2. 複合的な森林機能と経済的に自立した森林管理の持続的な発展。
3. 地方の生活の質に対して、森林とその関連製品、サービスを向上する。
4. 総合的な便益の安定化による開発のための戦略を通して森林の社会公益機能および森林そのものを強化する。
5. 環境や森林の社会的便益に関する啓発をする。
6. 開発支援のための国内外の資金支援を特定する状況を改善する。



7. 国の利益と国際的なコミットメントの森林に関する法律関係の調整をする。

このうち、複合的な森林機能の持続的な発展、公益機能の強化、社会的便益の向上は、Eco-DRR が寄与できるもので、今後 Eco-DRR を普及展開するに当たって基本となる考え方に合致している。

## 2) 森林法

1997年に森林法（Law on Forest）が定められている。法制定の目的として以下2点を上げている。

- 森林面積を恒久的に維持し、自然の状態のまま価値を高め成長を最大化すること。
- 現在のエコシステムを妨げずに、現在および将来における森林の開発、経済、環境社会利益および再生と活力のための生産能力、生物多様性を維持・強化できるように、森林と林地の持続的管理計画、森林管理および保全を確実にすること。

森林法は、森林の定義、機能や持続的森林管理を達成するためのルールを定めている。

## 3) 森林管理計画規則

1998年8月、森林法に準拠した森林管理計画のための規則（正式名称：Rules for the content of special plans for forests utilization, special plans for breeding and protection of forests and annual performance plans）が農業・森林・水経済省より発行された。

本規則は、「商業目的の森林管理のための具体的な計画」や「特定の目的のための森林の成長と保護のための具体的な計画」、「具体的な計画の実施のための年次計画」の内容を規定するもので、森林に関する具体的な定義（森林境界、所有権、木材等）や管理計画作成の規則を定めている。また、森林伐採、新規植林、林道整備などに関する規則も網羅的に記載されている。さらに、これらの項目を記載するための各種様式（フォーマット）も含まれている。

## 4) 国家開発戦略（SIDA/MEPP, 2008）

2008年に作成された国家開発戦略（SIDA/MEPP, 2008）によると、森林政策に関わる公式文書は以下の4点である。

- Strategy for sustainable development of forestry in the Republic of Macedonia Adopted by the Government of the Republic of Macedonia in June 2006（林業の持続的開発戦略、マケドニア政府、2016年7月）
- National strategy for biodiversity and action plan, Skopje 2004（国家生物多様性および活動計画戦略、スコピエ、2004）
- First National Ecological Action Plan of Republic of Macedonia, Skopje 2003 第1次国家生態系活動計画、スコピエ、2003）
- Spatial Plan of the Republic of Macedonia, Skopje 2004（土地利用計画、スコピエ、2004）

## (2) 森林・林業の現況

マケドニア国の森林は国土の約4割にあたり、99.8万ヘクタールを占める。そのうち天然林が89%で、人工林が11%である。

表 3-6 森林面積

2015 年	1000 ha	%
全森林	998	39%
うち天然林	893	89%
うち人工林	105	11%
森林以外	1,573	61%
合計(国土)	2,571	100%

出典：FAO-FRA (2015)

森林を構成する樹種は、ブナやナラなどの広葉樹が森林全体の 82%を占めている。ブナ、カシ等広葉樹林については薪炭林として利用されており、主に萌芽更新が行われている。植林は、マツやヨーロッパスプルース等針葉樹を主体に行われている。

表 3-7 森林組成分類

森林組成	Area (ha)	%
広葉樹(Broadleaved)	777,075	82%
針葉樹(Needleleaved)	113,718	12%
針広混交林 (Broadleaved and Needleleaved)	56,860	6%
合計	947,653	100%

出典：MAFWE (2006). In: Chakovski (2009)

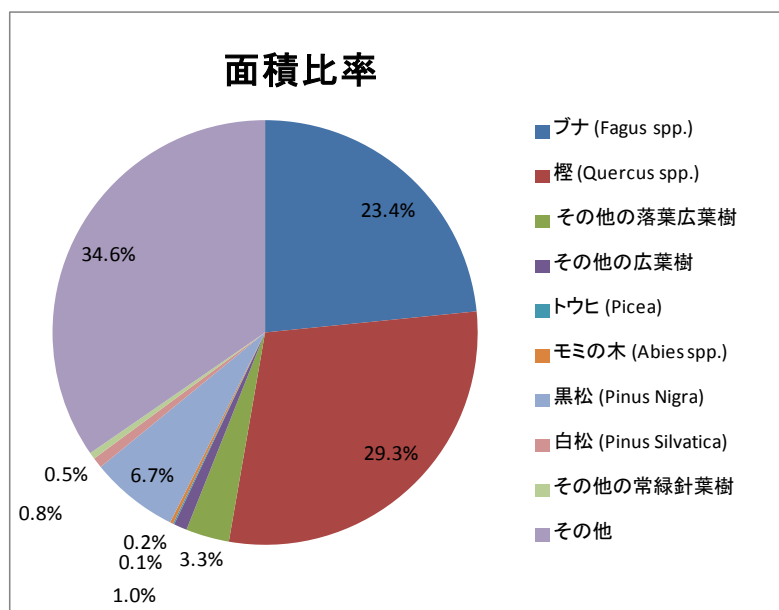


図 3-6 森林の樹種別分類

出典：Chakovski (2009)

2006 年時点の情報では、政府関係機関が全森林の 90%を所有管理している。残りの 10% が個人等私的に所有されている。

表 3-8 森林の所有形態

2006年森林所有者	1000 ha	%
公的所有	854	90%
私的所有	93	10%
合計	947	100%

出典：JICA (2014b) マケドニア森林公社「Forests Protection in Republic of Macedonia」(森林火災危機管理能力向上プロジェクト完了報告書添付資料 5)

### (3) 造林、治山技術

#### 1) 土木技術

##### 砂防ダム等

テトボ市ペナ川には、スリット式の砂防ダムが数基設置されていた。2015年の災害発生時には、最上流部にある1基が破壊されたが、その下流部分の砂防ダムが機能したため、土石流災害を防止し、下流の被害を低減させる働きをしたものと思われる。オフリド湖に流入する溪流において、コンクリート製の砂防ダムが設置されていた。満砂しており、溪流の勾配を緩和することで、土砂流出防止の働きをしている。

カメニツァのカメニツァ川上流域には、高さの低いダムが階段状に4基設置されており、河床の侵食防止機能をはたしている。しかし、これら防災施設は、旧ユーゴスラビア時代に建設されたものであり、マケドニア国になってからは、防災施設は建設されていないため、その建設技術は途絶えている。

##### フトン籠等

道路の法面の崩壊防止のため、フトン籠が設置されているところが多く見られた。サイズは1m×1m×1mの立方体であり、日本の1m×2m×0.5mの直方体とは異なるが、プロジェクトが開始された場合、山腹基礎工として、十分利用可能である。

#### 2) 造林技術

##### 育苗

森林公社の地方組織に19の苗畑があり、最大2,000万本の苗木供給能力がある。マケドニア国における造林用苗木は、これらの苗畑から供給されている。一般的には、ポット苗を生産しているが、そのうちの、スベティニコルにある苗畑では、トレー苗木を生産している。しかし、使用しているトレーについては、苗畑職員が設計しており、一番重要な内部の根を誘導するリブがなく根が絡まるために、効果が発揮できていない。また、トレーに使用する土壌の具体的な配合については不明であるが、内容の検討が必要と感じられた。最近の造林地を見ると、造林木の活着率が悪い。造林の活着率を上げるためには、健全な苗木を生産することが重要であるため、育苗技術の改善を行う必要があるものと思われる。

##### 造林

造林樹種としては、マツ、スプルーが主体である。現地には、マツの造林地が多くみられ、

優良な成長をしている。しかし、これ等優良な造林地は 20 年生以上であり、旧ユーゴスラビア時代に植栽されたものである。マケドニア国となってからも、毎年平均約 1,200ha の造林が行われてきた。しかし、植栽された造林地を見ると、活着率が 50%未満のところが多くみられた。造林方法は、機械により溝を作り、その溝に苗木を配置し埋めていくというもので、効率的ではあるが、かなり荒っぽい方法をとっている。これは、造林のための予算が限られており、その中で事業を実施しているため、止むを得ない面もあるが、結果として、低い活着率となっている。今後、荒廃地等造林困難地で植栽する場合は、1 本、1 本を確実に植栽し、活着率を向上させるような技術の確立が必要である。カシ、ブナについては、薪炭材生産を目的としており、天然更新が行われている。特にカシについては、20 年程度で伐採し、萌芽更新を行っている。

#### (4) 森林の管理形態

マケドニア国で公的に所有されている森林の管理は、MAFWE の傘下にあるマケドニア森林公社が主として担っている。そのほか、環境・開発計画 MEPP が国内 3 か所の国立公園内の森林管理を担当している。

マケドニア森林公社は、同じく農業・森林・水経済省の森林狩猟局、林業・狩猟監査部、森林警察と共同して管理に当たっている。また、植林計画の技術的検証などでは、スコピエにあるシリル&メトディウス大学森林学部に指導を仰いでいる。

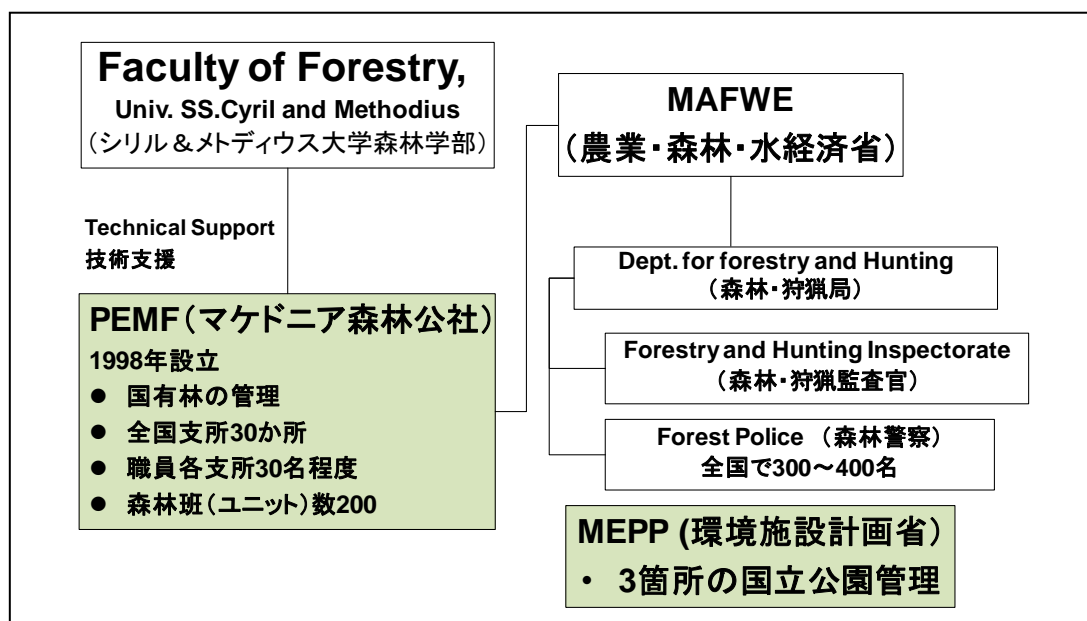


図 3-7 森林の管理形態

#### (5) 環境政策、戦略

##### 1) 全体計画

マケドニア国憲法第 43 条では全ての国民が健全な環境を享受し、健康的で生活できる権利を定めている。政府は国民に対して環境の保護およびその推進に関わる義務を負うと規定している。

環境に関する関連法・制度には以下のものがある。

- Constitution of the Republic of Macedonia (1991)

- Law on Nature Protection (2004, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014,2015,2016)
- Environmental Law
- Law on Protection of Ohrid, Pespaa and Dojran Lake (1977)
- Laws declaring protected areas (PA's)
- Bylaws of the area of nature conservation / biodiversity

また、第2次国家環境行動計画（MEPP, 2007. 2<sup>nd</sup> National Environment Action Plan: 2<sup>nd</sup> NEAP）では、以下の目標を掲げている。

- EUの環境政策、法律、要求事項に近づける政策を継続する。
- 環境政策を他のセクターの政策と協調させる。
- 効率的な環境管理のための組織体制を構築する。
- 環境行政の効率的な実施と強化のプラットフォームを確立する。
- 工業セクターの環境への関心を向上させる。
- 経済的発展にも配慮しながら環境の持続的な発展の道を開く。
- 国家的な環境問題を解決する。
- 国際的な環境規制に対する、法律上の義務の遵守レベルを向上させる。

## 2) 環境政策の中の森林セクター戦略

第2次国家環境行動計画（2007）において、森林セクターでは「持続的発展のための総合的森林政策を実施する」という目標を掲げ、その目標達成のために、以下の成果を上げることとしている。

- 持続的森林管理のグッドプラクティスおよび方法論を導入する。
- 土壌侵食防止策を改良する。
- 森林火災防止を改善する。
- 森林管理のための組織能力を強化する。

## 3) 自然生態系保全政策

第2次国家環境行動計画（2007）では、自然生態系保全に関して「EU基準と国際協定に応じて、自然保護や生物多様性保全のための統合システムを構築する」という目標を掲げ、以下の成果を上げることとしている。

- 生物多様性国家戦略、国家能力自己評価（National Capacity Self Assessment: NCSA）、自然保護に関する法律の更なる実施のための効率的なメカニズムの適用。
- ナチュラ 2000 ネットワークの構築のための適切な状況の構築。

## (6) 自然保護区

マケドニア国には、3つの国立公園がユーゴスラビア時代に指定され、現在も継続している。

表 3-9 マケドニア国国立公園

国立公園の名称	面積 (ha)	指定年
Galichica	22,750	1958
Mavrovo	73,088	1949
Pelister	12,500	1948

出典：State Statistical Office (2015)

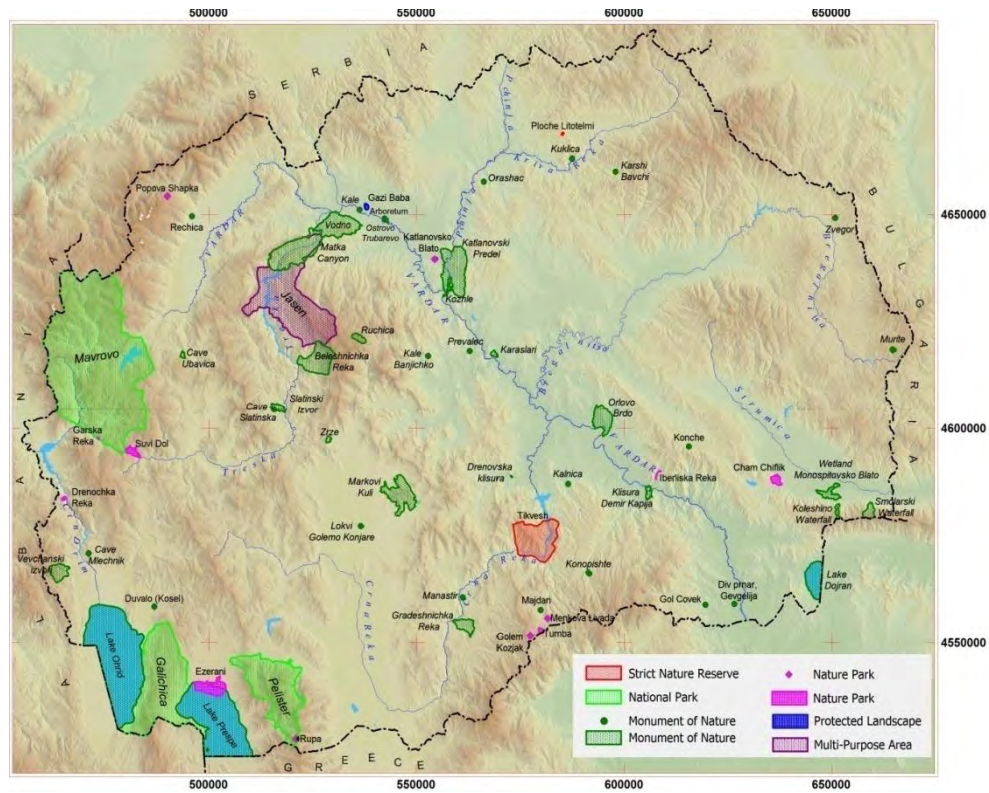


図 3-8 マケドニア国自然保護区・国立公園図

出典：MEPP (2016) Nature management - Country profile, Presentation made for JICA study

表 3-10 自然保護区・国立公園の概要

自然保護区・国立公園の種類	保護区の数	面積 (km <sup>2</sup> )	国土に対する割合 (%)
Strict Nature Reserve	2	77.87	0.30
National Park	3	1,148.70	4.50
Monument of Nature	67	789.67	3.07
Nature Park	12	30.45	0.11
Protected Landscape	1	1.08	0.01
Multi-Purpose Area	1	253.05	0.98
Total	86	2,300.83	8.97

出典：MEPP (2016) Nature management - Country profile, Presentation made for JICA study

政府は国家エメラルドネットワークという生態系保護のための枠組みで 35 か所を指定し、その総面積は国土の 29%を占める。国家エメラルドネットワークは、EU が進めているナチュラ 2000 という、希少動植物の繁殖や生息地を増やす活動と連携したものである。

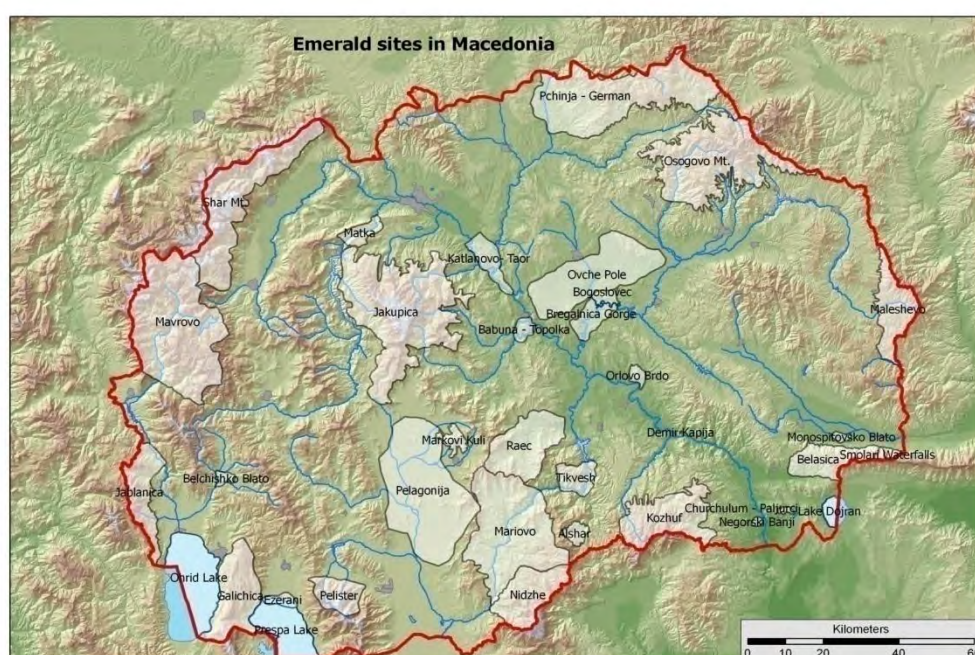


図 3-9 エメラルドネットワーク位置図

出典：MEPP (2016)

国内には3つの大きな湖があり、それぞれ希少な生態系を持ち、重要な自然資源として国際的にも認識されている。また、Ohrid湖とPrespa湖は合わせて2014年UNESCOに生物保護区にも

指定されている。

表 3-11 マケドニア国の主な湖

湖の名称	面積 (km <sup>2</sup> )	標高 (m)	最深部深さ(m)	国際機関登録
Ohrid	349 <sup>1)</sup>	693	286	世界遺産 (1979)
Prespa	274 <sup>2)</sup>	853	54	ラムサール (1995)
Dojran	43 <sup>3)</sup>	148	10	ラムサール (2007)

1) うち 118.9km<sup>2</sup> がアルバニア領に含まれる。

2) うち 49.4km<sup>2</sup> アルバニア領に、47.8km<sup>2</sup> がギリシア領にそれぞれ含まれる。

3) うち 15.6km<sup>2</sup> がギリシア領に含まれる。

出典：State Statistical Office (2015)

#### (7) 衛星画像・地図

JICA プロジェクト「全国地理情報データベース整備計画調査」(2004~2006) では、全国 205 面中の 105 面について基本図を作成している。成果品として以下のものが、測地局(Agency For Real Estate Cadastre : AREC)に納められている。

- Aerial Photo Images (1:40000)
- Ortophoto Maps (1:25000)
- Printed Maps (1:25000)
- Raster Maps (1:25000)
- Vector Maps (1:25000)
- Digital Terrain Model (20m grid)



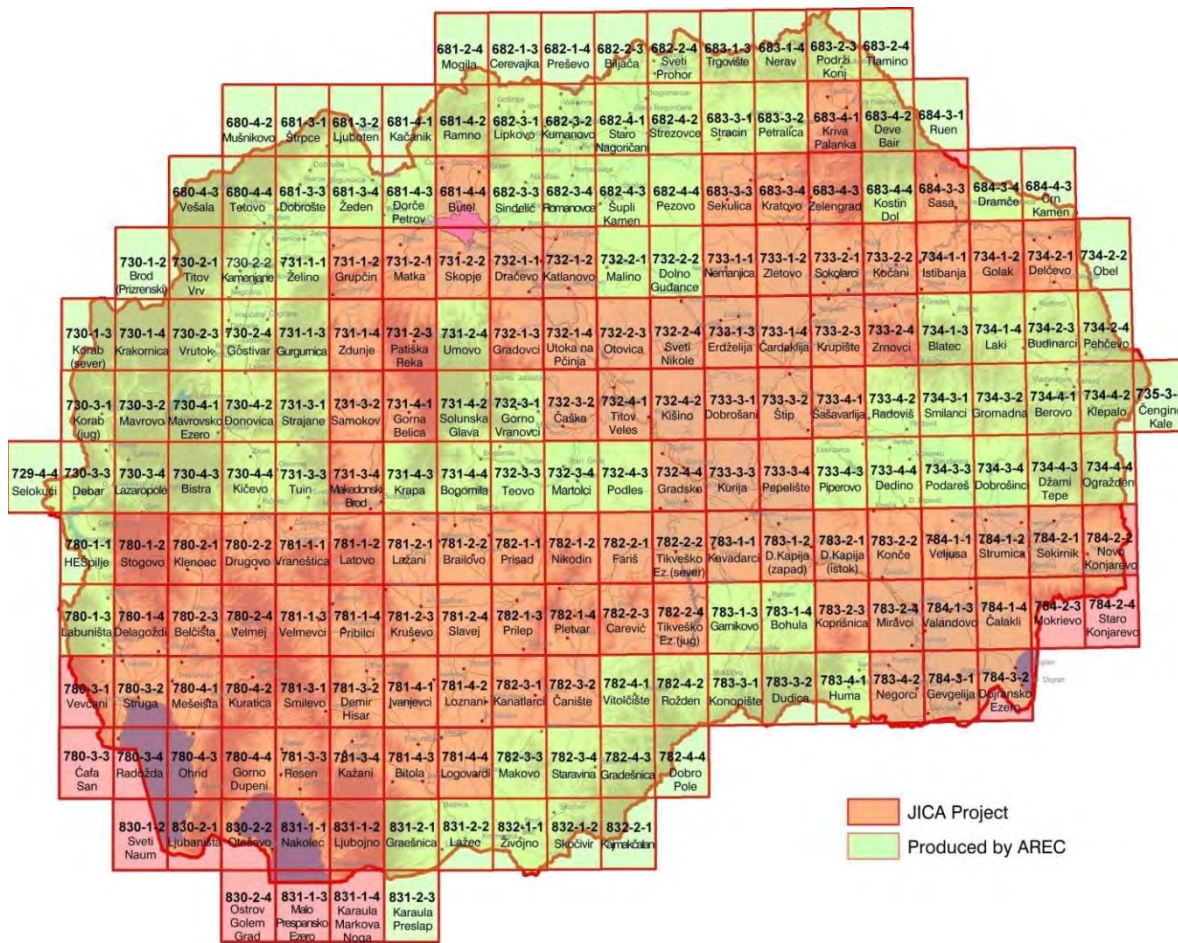


図 3-10 国土基本図の整備状況

出典：AREC (2016)

JICA プロジェクト「マケドニア旧ユーゴスラビア共和国森林火災危機管理能力向上プロジェクト」では、マケドニア森林公社 (PEMF)、水文気象庁 (HM)、CMC 並びに欧州気象衛星開発機構 (EUMETSAT) と米国航空宇宙局 (NASA) のウェブ公開情報を活用して、マケドニア森林火災情報システム (MKFFIS) を整備した。森林火災の予防・早期警戒に必要な情報は、MKFFIS の利用を通じてマケドニア森林公社に提供されている。MKFFIS のリスク評価のツールは、4 つの危機要素 (hazard、exposure、vulnerability、capacity & measures) を含み、効果的なリスク分析が可能である (JICA, 2014b)。

### (8) 気象データ

マケドニア国は、地理的に北部地域が大陸性気候であり、乾燥し、気温の年較差が大きい。南部地域は夏に高温乾燥、冬は温暖な地中海性気候である。年間平均気温については、西部地域 (オフリド) で 12℃程度、中央部 (シュティップ) で 14℃程度、北部山地 (クリバパランカ) では 11℃程度である。年間降水量は、西部地域で 780~800mm 程度、中央部で 530~620mm 程度、北部山地で 730~790mm 程度と比較的少ない。

表 3-12 主要都市における月別平均降雨量 (mm)

都市名	計測期間	年降水量mm	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Berovo														
東部	2010-2014	764.4	43.6	55.9	52.6	73.4	74.7	97.0	65.0	58.7	72.8	71.1	39.0	60.5
	2015	804.5	61.1	99.1	85.6	24.5	46.6	41.6	50.6	140.6	83.5	117.5	53.8	0.0
Bitola														
南部	2010-2014	677.0	51.4	69.2	44.8	65.3	72.7	36.8	24.9	19.4	79.2	76.3	61.7	75.3
	2015	671.7	57.2	120.6	105.1	38.0	47.4	36.8	5.2	43.7	90.8	97.0	29.9	0.0
Demir Kapija														
南東部	2010-2014	626.4	45.0	80.7	46.1	70.1	56.7	37.4	28.7	22.3	58.0	70.6	35.7	75.3
	2015	684.2	100.4	104.2	128.0	23.9	12.2	52.2	21.2	6.7	95.9	71.6	67.9	0.0
Kriva Palanka														
北部	2010-2014	732.1	50.5	51.8	47.3	74.7	75.1	88.7	55.2	43.3	61.4	69.3	51.2	63.7
	2015	790.8	98.0	65.7	76.4	38.3	61.1	47.5	24.7	37.7	85.6	178.8	77.0	0.0
Ohrid														
南西部	2010-2014	799.6	71.5	86.0	59.8	68.3	76.6	39.6	19.9	23.1	77.0	81.4	94.9	101.6
	2015	782.9	49.4	134.1	84.5	54.5	18.3	34.2	34.3	26.8	94.4	165.7	86.7	0.0
Prilep														
中部	2010-2014	616.0	35.7	49.3	40.2	60.5	65.6	45.3	29.3	48.1	51.2	73.9	56.8	59.9
	2015	683.8	38.3	105.6	67.3	42.9	34.6	38.5	7.6	69.7	101.6	146.5	31.2	0.0
Skopje														
中部	2010-2014	528.7	26.2	40.0	31.3	56.0	67.7	46.8	32.2	15.4	72.1	56.6	48.7	35.5
	2015	526.3	42.6	59.5	64.7	33.2	20.4	43.8	5.0	10.6	57.9	138.1	50.5	0.0
Shtip														
東部	2010-2014	528.8	20.7	47.3	37.5	69.7	59.1	52.5	25.5	18.8	50.8	57.8	45.6	43.5
	2015	621.6	69.7	70.7	79.8	17.1	24.6	33.8	9.5	80.5	75.0	105.1	55.8	0.0

出典：Hydro-meteorological Service (2015)

表 3-13 主要都市における月別平均気温 (°C)

都市名	計測期間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
Berovo														
東部	2010-2014	-0.2	1.3	4.5	9.1	13.3	17.4	19.5	19.4	14.7	9.0	5.8	0.8	9.5
Bitola														
南部	2010-2014	0.5	3.2	7.5	11.9	16.2	20.7	23.5	23.5	18.5	11.9	8.1	1.7	12.3
Demir Kapija														
南東部	2010-2014	3.4	5.4	9.5	14.2	18.8	23.3	26.3	26.6	21.0	14.2	10.3	3.6	14.7
Kriva Palanka														
北部	2010-2014	0.8	2.1	5.6	10.4	14.3	18.3	20.7	21.0	16.2	10.6	7.3	1.6	10.8
Ohrid														
南西部	2010-2014	2.4	3.7	6.7	10.8	14.7	19.3	21.9	22.4	17.6	11.9	8.4	3.1	11.9
Prilep														
中部	2010-2014	0.8	3.1	7.1	11.7	15.9	20.2	23.1	23.3	18.4	11.9	8.2	2.0	12.1
Skopje														
中部	2010-2014	2.0	3.6	8.8	13.3	17.4	22.0	24.9	25.6	20.0	13.1	8.9	2.2	13.5
Shtip														
東部	2010-2014	2.6	4.7	8.8	13.4	17.6	22.1	25.0	25.5	20.2	13.5	9.7	3.0	13.8

出典：Hydro-meteorological Service (2015)

## 3.2.6 Eco-DRR セミナーの開催

本調査団は、マケドニア国の首都スコピエ市でセミナーを開催した。セミナーの内容は以下のとおりである。

- 概要

- 日時：2016年5月26日（木）9:30～16:10

- 参加人数：25名（CMC, MAFWE, PEMF, MEPP, AREC, Sec. European Affairs, City of Skopje, Dr. Ivan Blinkov）
- 目的
  - Eco-DRR アプローチに関する意見交換
  - マケドニア国における Eco-DRR プロジェクトの必要性・可能性に関する意見交換
- 議事次第
  1. Introduction to JICA's work
  2. Concept of Eco-DRR
  3. Presentation on the progress of “Development of Integrated System for Prevention and Early Warning of Forest Fires”
  4. Japan’s forest, forest management and soil erosion control
  5. JICA’s Eco-DRR related project（Forest plantation and erosion control project in China.）
  6. Evaluation methodology for Eco-DRR
  7. Forest information analysis with air-borne laser
  8. Report of the Study results
  9. Discussion on field survey findings, and necessity and potential for Eco-DRR project in Macedonia
- 主な意見
  - 日本の私有地における保安林設定は、規制と補償両面を受けて望ましい森林に利用する政策となっている。
  - 保安林制度のゾーニングに興味があるが、マケドニア国では知見が不足している。
  - 私有林の経営計画の作成の方法を知りたい。
  - 現在マケドニア国には日本の森林に様なゾーニングがないので将来危険地などを含むゾーニングをプロジェクトとして実施したい。
  - Eco-DRR のサイトを選定するためには明確な判断基準（クライテリア）を示すべきである。
  - 気候変動による **Vulnerable categories** を考慮する必要がある。ステップやラドビスでは災害が起こっている。テトボの状況は少し異なり住居が危険地に建っている。本事業はステップやラドビスで適応可能である。
  - 人が住んでいる場所にしか災害は起こらない（マケドニア国西部の人口密度が低い乾燥地でも対策が必要という意見に対して）
  - 森林の取扱いについての地域性を考慮して選ぶ必要がある。
  - サイト選定の際には費用便益計算が重要で CMC の情報が役立つ。
  - 6か所の他にも Eco-DRR として相応しいサイトがあるので、調査する必要がある。
  - 森林技官はハードインフラ建設に関与することはできず、ハードインフラ建設を所轄する工学技術者にも限界がある。

### 3.2.7 現地調査

森林公社現地事務所、市役所、各地の専門家とともに現場箇所を調査し、Eco-DRR 対策の適応可能性箇所を探索した。九州の 2/3 程度の面積の小国でありながら、標高 44m～2764mまで変化する地形変化の激しいマケドニア国の環境から、植林のみでの対応が難しい個所もあることがわかった。

- **ボドノ山**

スコピエ市の南部に位置し、かつては伐採により禿山の状態であった。このため、大雨が降ると、スコピエ市内はたびたび洪水の被害にあっていた。19世紀になって、植林、水路等洪水対策が行われ、現在は緑に覆われている。一方で植林が失敗し、裸地となっている場所も多く残っている。近年は大きな洪水被害は起こっていないが、一旦洪水が起こると50万のスコピエ市民が影響を受ける可能性がある。また、市民がランニングや散策に使うレクリエーションの価値が高い場所でもあり、Eco-DRRによる対策に適した場所である。なお、2016年8月の大雨により、スコピエ市北部で死者23名の洪水災害が発生している。

現地調査の結果、植林が失敗した箇所への再植林によって、森林の防災・減災機能を高めることが可能と考えられたため、Eco-DRRの対象地候補として、さらに詳細調査を実施することが望ましいと思われる。

- **ズレトビツァダム**

JICA バルカン事務所からの情報により現地確認を行った箇所である。ズレトビツァダムは、2003年、プロビスティップ市やシュティップ市等へ飲料水を供給する目的で、JICAの協力により建設された利水ダムである。このダムと下流部にある取水口の間は自然の河川で結ばれている。このため、大雨が降ると、支流の小河川から流れ出る土砂が取水口に流入し、数日間、水の供給が止まるという問題が発生しているとの情報があり現場を確認した。ダムと取水口までの間の本流沿いには、目立った崩壊地は見られなかったが、支流の小河川から土砂が流出している痕跡が見られた。プロビスティップ市の取水口の管理者によれば、支流の上流部には裸地があるとのことであり、この裸地から大雨の時に土砂が流出していると考えられる。しかし、EUの協力により、ズレトビツァダムから取水口までのパイプライン化の計画が進んでおり、この問題は近く解決されることから、Eco-DRRの必要性はないものと考えられる。

- **テトボ近郊大規模火災跡地**

インターネットの情報によれば、2007年に大規模な森林火災が発生した箇所である。火災発生から1数年経過しており、その後の森林の更新状況、林地の荒廃状況を確認した。

火災前の林況は、カシの薪炭林であり、火災により、地上部は燃えたが、根系は残った。このため、萌芽更新が行われ、現在は、数年生のカシの天然林に戻っていた。林地の崩壊等も発生していないため、特に問題は見られなかった。

- **テトボ市**

インターネット等の情報によれば、2015年に洪水被害が発生した箇所である（被災者約5,000人）。テトボ市内の幹線道路は、土石流により橋梁が破壊された。また、東部の山岳地は、急斜面が多く、山腹崩壊、土石流等により家屋、道路等に大きな被害がでていた。テトボ市長からは、災害復旧のためのプロジェクトの実施について強く要望された。

災害復旧対策としては、直接、人家等を保全する必要がある箇所については、防災施設を設置する必要がある。また、衛星画像によると、周辺では農地拡大により、森林減少が起きていると見られることから、防災施設の設置と合わせて、Eco-DRRで対応することが考えられる。周辺の森林では、蜂蜜、くり、くるみなど多様な非木材林産物（NTFP）が生産されている。

- **マプロボ国立公園**

シリル&メトディオス大学のBlinkov教授によれば、マプロボ国立公園の上部に、多くの崩壊地が発生しているとのことであった。

現地は、天然林を主体として多様な自然環境を維持しており、観光資源としても活用されてい

る。上部に崩壊地を遠望することができたが、人家等の保全対象から遠いこと、森林限界に近いことから、Eco-DRRの対象地にはならないと考えられる。

- **デバルス湖**

マブロボ国立公園から、オフリド湖に行く途中にある、水力発電用のダムによってできた人工湖である。湖の畔には、デバーという町がある。湖に面した斜面等で赤土の地面が表層崩壊している箇所が多く見られ、ダム湖への土砂流入が激しい状況である。ダム湖へ土砂が溜まり、将来的にはダム寿命を縮める可能性がある。ダム湖への土砂の流入を防ぐため、Eco-DRRで対応することが考えられる。

- **オフリド湖周辺**

2013年2月に洪水が発生し、近隣の村を含め1600家族が影響を受けた。また、2015年10月に洪水が発生し、オフリド市から湖南部の町セベチナウムへの道路沿いの斜面3か所で崩壊が起こり、道路が遮断された。また、オフリド市長の話では、オフリド湖に土砂が流入しており、その対策が必要とのことであった。しかし、現地を確認したところ、オフリド湖への土砂流入の原因は、建設中の高速道路による斜面掘削の土砂が流れ出したものであり、人為的原因であった。オフリド湖に流入する河川の上流部については、森林が維持されており、Eco-DRRの対象地にはならないと考えられる。

- **ビトーラ**

Relief Webなど災害に関するインターネットの情報によれば、2007年に大規模な森林火災が発生した箇所である。現地で会った地元の元区長の話によれば、軍のヘリコプタも出動して消火活動にあたったとのことである。火災前の状況は、ほとんどがマツの造林地であった。その後植林がされておらず、現在、一部放牧地として利用されているだけである。しかし、禿山となった場所の崩壊も見られ、家屋を放棄して引っ越しをした住民もいるとのことである。

広範囲に裸地が広がっており、また、ガリ侵食が発生しているところも見られ、土砂の流出が激しいものと推測され、この対策としてEco-DRRで対応することが考えられる。一方で、地すべりが発生しているところが見られるが、地形・地質構造が要因と見られるため、Eco-DRRで対応することは困難である。

- **ラドビシュ**

シ ril & メトディウス大学のBlinkov教授の情報により、現地確認をおこなった。2008年に大洪水が起こり、市内にある数か所の橋が破壊されるという災害が起こっている。現地で修士論文の調査をした現農業省技術アドバイザーの話では、洪水被害の原因は、上流部の荒廃地及び山間部で拡大するタバコ栽培であるとみている。

現地では、ユーゴスラビア時代に植栽されたマツの優良な造林地も見られるが、放牧地として利用されている土地にガリー侵食が発生している。また、タバコを栽培するために放牧地を開墾しているが、傾斜地をそのまま開墾しているため、降雨時には土砂の流出が激しいものと思われる。

土砂流出の防止及びタバコ栽培のための農地の不法開発の拡大防止を目的として、Eco-DRRを実施することは効果的だと考えられる。タバコ農家はこの国のトルコ系少数民族であるが、政府に協力的であるという情報もある。住民に対する合意形成のための施策も含めた対策が必要である。なお、ラドビシュは同国東南部を流れるストレミツァ川流域に含まれる。

- シュティップ

森林公社のシュティップ支所の職員に現場を案内してもらった。ラドビシュと同じように、近年（2008年、2014年）洪水が多く起こっている。市街地の中央を流れる河川では、護岸工が実施されていた。また支流の合流地点には多くの土砂の堆積が見られ、河道が狭められていた。上流部では、植林が実施されているが、シュティップ市の周囲地域では、火災により焼失した森林や、予算が十分でなく植林ができていない場所も残っている。これら地域では表層崩壊が発生しており、土砂が流出している。

川沿いに、温泉が湧き出しているところがあり、住民の宗教的儀式的場所として使われており、文化的価値が高い。ラドビシュと近接していることから、両地区を合わせて、土砂の流出を目的としたEco-DRRを実施することが可能と考えられる。

- カメニツァ鉱山周辺

シ ril&メトディウス大学のBlinkov教授によれば、上流部で荒廃地が発生しているとのことであった。現地は、カメニツァ鉱山の直ぐ下流に、土砂流出を防止するための、貯砂ダムが設けられており、下流への影響は見受けられなかった。

- ラスチャ泉

スコピエ市環境局の話では、スコピエ市の水供給の源泉として、重要な地区とのことである。源泉の周辺部は、岩石地等裸地となっているが、豊富な地下水が湧き出しており、量、質ともに問題は見受けられなかった。源泉の供給元となっている、地下水は、上流部から浸透してきているためと思われる。

現地調査箇所は以下のとおりである。現地調査の結果、Eco-DRR実施の可能性がある場所が6か所選定された（表 3-14）。将来、この6か所に関して詳細調査が実施されることが望まれる。

表 3-14 新規案件可能性調査地

調査地	Eco-DRR 適用可能性	適用可能性な理由
ボドノ山	○	2, 3
ズレトビツァダム		
テトボ近郊大規模火災跡地		
テトボ市	○	1, 3
マブロボ国立公園		
デバルス湖	○	2, 3
オフリド湖周辺		
ビトーラ	○	1, 2, 3
ラドビシュ	○	1, 2, 3
シュティップ	○	1, 2, 3
カメニツァ鉱山周辺		
ラスチャ泉		

1. 災害履歴があり、引き続き災害リスクが高い。
2. 生態系を活用した防災・減災機能のポテンシャルが高い。
3. 対策をとることにより得られる多面的価値が高い。

### 3.2.8 Eco-DRR 技術導入に関する考察と提言

今回の現地調査を通じて、CMCが中心となって防災・減災に関する活動を調整する体制に加え、森林行政側（農業・林業・水経済省及びマケドニア森林公社）においては、造林技術や森林計画手法の強化を中心とした森林管理手法改善へのニーズが確認できた。

1991年のマケドニア国独立以前の旧ユーゴスラビア時代には、植林が各地で広く行われていたが、独立後は、植林は年に2回行われる植林日のイベントを除きほとんど行われていない。洪水防止ダムの建設もほとんど旧ユーゴスラビア時代のものである。現在は政府に専門に対応する部署がなく、今後の技術発展のためにも本事業に対して期待する声が聞かれた。また、市長や市民からも、度々起こる洪水被害等に悩まされており、効果的な対策が取られていない状況から本事業に期待する声が多くあった。

具体的には、CMCから、洪水対策のためのハザードマップを作成し、現在のMKFFISで運用するシステム作りへの支援、森林公社からは、森林の機能別区分図の作成、荒廃地への森林造成のための技術の移転についての要望があった。

このため、マケドニア国におけるEco-DRR案件としては、「森林火災危機管理能力向上プロジェクト」の成果及び実施体制をベースに、以下のような協力内容が想定される。

#### <上位目標>

森林生態系を活用した防災・減災のモデル事例が国内に展開されるとともに他国に共有される。

#### <プロジェクト目標>

森林生態系を活用した防災・減災の体制が確立される。

#### <アウトプット（想定される活動）>

- 1 洪水・土砂災害に対する国家的なリスクアセスメント、予防・早期警戒、対応・復旧に関する体制が強化される（MKFFISの対応範囲を洪水・土砂災害まで拡大）
- 2 森林生態系を計画的に管理するための体制が強化される（森林の機能類型区分、ゾーニング制度の導入とMKFFISとの連携、森林計画制度の強化など）
- 3 森林管理・整備や治山に関する技術や実施体制が整備される（育苗技術の強化、植林や治山ダムの設置を通じた治山に関するパイロット活動の実施、便益分析）
- 4 Eco-DRRに関する政府担当者の業務実施能力強化及び地域住民の認識が向上される（取組のマニュアル化、地域住民に対する普及啓発、第三国研修の実施など）

#### <実施体制>

- 相手国側；CMCがアウトプット1（及び4）、森林行政側（農業・林業・水経済省及びマケドニア森林公社）がアウトプット2、3、4を主に担当。
- 日本側；政策アドバイスと技術分野に対する両面の支援

### 3.2.9 案件候補地と対策シナリオ

現地踏査で得た情報を基に以下の視点からEco-DRR対策の対象地として妥当とみられる箇所は以下の6か所である。

1. 災害履歴があり、引き続き災害リスクが高い。
2. 生態系を活用した防災・減災機能のポテンシャルが高い。
3. 対策をることにより得られる多面的価値が高い。

表 3-15 Eco-DRR 対策対象地の緒元と対応策

候補地	災害履歴	保全対象	その他社会経済便益	対応策
ボドノ山	洪水	市民、家屋、インフラ	文化・レクリエーション、非木材林産物	植林
テトボ	洪水	市民、家屋、インフラ	非木材林産物	植林、チェックダム等
デバルス湖	土壌流失	ダム	水産業	植林
ビトーラ	森林火災	市民、家屋	文化	植林、チェックダム等
シュティップ	洪水	市民、家屋、インフラ	非木材林産物、文化	植林、フトンカゴ、柵工等
ラドビシュ	洪水	市民、家屋、インフラ	非木材林産物	植林、フトンカゴ、柵工等

事業費の算出方法：基礎データ

現地でのデータが十分揃わなかったため、中国で実施した類似のプロジェクト「四川省震災後森林植生復旧計画」のデータを当地労賃を比較して修正し、採用した。

	労賃	ha 当たり土木工事費	ha 当たり植栽費	計
四川 PJ	1200 円/日	192 万円	60 万円	252 万円/ha
マケドニア国	2400 円	380 万円	120 万円	500 万円/ha

(1) 対策工法

1) ボドノ山

ボドノ山南面で行われた植林活動では、マツ、クルミ、郷土樹種が植栽され、優良な成長をしている。しかし、地元の人ボランティアにより植栽されたこと、土壌の乏しい痩せた箇所があること等のため植林が失敗し、現在も裸地が残っている箇所もある。これら裸地については、石灰岩が剥き出しで植林が困難な場所もあるが、他では傾斜も急ではなく、岩が剥き出し手はない場所もあり、植林の対策が可能と判断する。植栽樹種については、現地で優良な成長をしているマツ及び郷土樹種とするが、造林困難地に植栽することから、優良な苗木を育苗し、適正な造林方法により実施するよう指導することが必要である。

また、山の一部では、レクリエーション利用や住宅地の開発が行われていることから、ゾーニングを実施することにより土地利用を整理し、防災・減災に繋げる取組も有効と考えられる。



## 2) テトボ

大雨によって山腹崩壊等が発生した場所である。発生源対策としては、危険区域に人家が建築されていることからチェックダム等のグレイインフラが必要であるが、将来的にはゾーニングや規制により危険区域での開発を制御する仕組みが必要である。なお、既にテトボの山岳部地域では村民の移転が行われている場所もあり危険（暴露）回避の Eco-DRR 的政策が実施されている。

土石流で人家、道路が被災した溪流については、UNDP の調査では 20 基のチェックダムを計画している。チェックダムの具体的な規模は記載されていないが、小規模のものと想定される。しかし、より安全性を高めるため、人家等保全対象に接する 1 基については、規模の大きいダムを、その上流部の 19 基については、UNDP の計画どおりとする。当該溪流の流域内において、崩壊地、牧草地等を対象として、植林を実施するが、傾斜が急であることから、表層土砂の移動を止めるため、フトン籠による土留工、木柵工、土のう筋工を施工する。また、集落周辺の牧草地等を対象として、植林を行う。植栽樹種は、マツの他、薪炭林として標高が高いことからブナ、地元民の収入確保のためクルミとする。ただし、PEMF から違法伐採が行われているとの情報があり、植林を成功させるためには住民への啓発活動が必要である。また、テトボの山岳地では、土砂崩壊対策として、村民の移転が行われている。危険地区からの移転は暴露の回避として Eco-DRR 手法の一つと考えられている。

## 3) デバルス湖

ダム湖に面した裸地化した斜面からの土砂の流出を防ぐために、植林を行う。植栽樹種は、マツのほか、薪炭林としてカシ、地元民の収入確保のためニセアカシア、クルミとする。

## 4) ビトーラ

大規模な火災により、裸地化した所である。一部、地すべり現象が見られるが、これは深層崩壊によるものと見られ、EcoDRR による対策では防げないのみられることから、対象地から除外する。山火事から 9 年経過し、斜面の侵食が始まっているところが見られることから、表層土砂の移動を止めるため、フトン籠による土留工、木柵工、土のう筋工を施工する。植栽樹種は、マツのほか、薪炭林としてカシ、地元民の収入確保のため、条件のいい所は果樹、そのほかはクルミとする。

## 5) ラドビシュ

牧草地内でガリ侵食が発達しており、土砂の流出が激しいところである。このガリ侵食を防止するため、フトン籠による土留工、木柵工、土のう筋工を施工する。また、不法に開墾されたたばこ畑から土砂が流出しており、これ以上の開墾を防止するために、植林を実施する。植栽樹種は、マツのほか、薪炭林としてカシ、地元民の収入確保のためニセアカシア、クルミとする。現地の住民は、最近家屋周辺の土地利用が合法的に認められたことを拡大解釈して畑の拡大をしているものとみられるため、不法な土地利用を効果的に止めるためには、住民に対して法律を丁寧に説明するとともに、環境啓発活動などを実施する必要がある。

## 6) シュティップ

牧草地の中に、多くの表層崩壊地が分布しており、降雨のたびに拡大していると思われる。表層

崩壊を防止するために、フトン籠による土留工、木柵工、土のう筋工を施工する。

植栽樹種は、マツのほか、薪炭林としてカシ、地元民の収入確保のためニセアカシア、クルミとする。

## (2) 面積と事業費

Eco-DRR 対策対象地の面積と事業費は下表のとおりである。

表 3-16 Eco-DRR 対策対象地の面積と事業費

	流域面積	対象面積	PJ 実施面積	施工方法	単価	事業費
対象地	ha	ha	ha		万円/ha	百万円
ボドノ山	940	470	250	植栽	120	300
テトボ	629	400	10	治山ダム等	---	110
			150	植栽	120	180
計			160			290
デバルス湖	630	600	250	植栽	120	300
ビトーラ	2,480	1,600	10	鉄線かご等+植栽	500	50
			200	植栽	120	240
計			210			290
ラドビッシュ	2,900	1,390	10	鉄線かご等+植栽	500	50
			200	植栽	120	240
計			210			290
スティップ	5,730	4,370	10	鉄線かご等+植栽	500	50
			200	植栽	120	240
計			210			290
合計	13,309	8,830	1,290		2,220	2,920

### 3.2.10 社会・経済便益評価

文献調査及び現地調査により特定された6つのサイトについて、現状を維持した場合に対して3.2.9に挙げられた対策シナリオを実施した場合の付加的な社会・経済便益を評価した。評価に際して、まず(1)対策シナリオに基づく評価のための条件を設定し、次に(2)それぞれの対策シナリオについて定量評価を行う評価項目、定性評価を行う評価項目を特定した上で、(3)社会・経済便益の定量評価と(4)定性評価を行った。最後にこれらを取りまとめ、(5)費用対便益を含む総合評価を行った。

### (1) 対策シナリオに基づく条件設定

社会・経済便益評価ではすべての評価項目について対策による効果発現のタイミングと評価対象期間を定めた上で、評価対象期間内の便益の集計値を計算する。対策シナリオ（3.2.9）では、主に山地における土砂崩壊や土砂流出の防止、洪水防止等を目的とした荒廃地の植林と、場所によって治山ダム等の人口構造物とを組み合わせた対策が提案されており、植林に用いる樹種の特徴や地域特性から、効果発現年と評価期間を次のように設定した。また、社会的割引率も設定した。

- ・効果発現年：20年
- ・評価期間：60年
- ・社会的割引率：4%

### (2) 評価項目の特定

現地調査と文献調査の結果、ならびに対策シナリオの内容に鑑みて、本調査で評価対象としている17の便益項目のうち定量評価を行った評価項目を表3-17に示した。項目①～③は対策の目的とする防災・減災効果である。項目⑥の木材供給については、マケドニア国では木材利用が限定的で流通があまりなく、定まった価格もつけられていないので、評価対象としなかった。⑦の燃料（薪）の利用は主にカシ、ブナ等の薪として流通している樹種を評価対象として、⑧の非木材林産物（NTFP）については対策による収穫量の予想が可能なクルミのみを評価対象とした。対策シナリオには果樹（リンゴ）の植栽が含まれているが、現地調査の際にリンゴが市場で販売されておらず、価格が調査できなかったために対象に含めていない。また、マケドニア国では狩猟区（Hunting Ground）のコンセッション管理等の充実した施策があり、狩猟区ごとの狩猟対象動物の再生産量や狩猟許可数等のデータが得られたため、NTFPの評価項目に⑧・狩猟の細項目を追加し、Vodno山を除く、狩場（Hunting ground）の指定範囲に重なる5サイトについて評価した。⑪観光資源、⑮気候緩和は、関連する項目であるが、評価に必要なデータが得られていないために評価対象から外した。また、⑯文化的価値、⑰生物多様性については定量評価が困難であるため、定性評価の対象とした。

表 3-17 サイトごとの社会・経済便益定量評価の項目

対策シナリオ・候補サイト		ボドノ山	テトボ	デバーダム	ビトーラ	ラドビシュ	シュティップ	
対策の内容 (案)		植栽	治山ダム +植栽	植栽	鉄線かご等 +植栽	鉄線かご等 +植栽	鉄線かご等 +植栽	
整備面積 (ha)		250	160	250	210	210	210	
評価対象とする便益項目								
防災・減災便益	①土砂崩壊防止	○	○	○	○	○	○	
	②土砂流出防止	○	○	○	○	○	○	
	③洪水防止	○	○	○	○	○	○	
	④海岸侵食防止	-	-	-	-	-	-	
	⑤津波・高潮被害防止	-	-	-	-	-	-	
平時の便益	市場財	⑥木材供給	-	-	-	-	-	
		⑦燃料供給	-	○	○	○	○	○
		⑧NTFP 供給	-	○ (クルミ)	○ (クルミ)	○ (クルミ)	○ (クルミ)	○ (クルミ)
		⑧'狩猟	-	○	○	○	○	○
		⑨漁業資源供給	-	-	-	-	-	-
	非市場財	⑩流域貯水	○	○	○	○	○	○
		⑪水質浄化	○	○	○	○	○	○
		⑫炭素固定	○	○	○	○	○	○
		⑬気候緩和	-	-	-	-	-	-
		⑭文化的価値	定性評価	定性評価	定性評価	定性評価	定性評価	定性評価
⑮生物多様性	定性評価	定性評価	定性評価	定性評価	定性評価	定性評価		

### (3) 社会・経済便益の定量評価

表 3-17 に定量評価の対象とした各評価項目について、「林野公共事業における事業評価マニュアル」(林野庁, 2014)に準拠した定量評価のために必要なデータと、本調査で活用したデータソースを表 3-18 に示した。表の右端の「現」はプロジェクトサイト又は相手国における情報を取得したことを意味し、「日」は日本の数値を適用したものを示している。評価に際して、可能な限り現地で取得した情報を活用したが、現地で入手できなかったものについては日本の数値を援用した。これに基づく定量評価の結果を表 3-19 に示す。

表 3-18 定量評価に必要な数値とデータソース

評価項目	必要なデータ	データソース	
①土砂崩壊防止	Y：評価対象期間（年）	対策シナリオ	現
	T：事業実施後効果が発現するのに必要な年数（年）	対策シナリオ	現
	V：崩壊見込み量（ $m^3/ha/年$ ）	林野マニュアル	日
	U：1 $m^3$ の土砂を保全するために要する単位当たりの砂防ダム建設コスト（ $円/m^3$ ）	砂防便覧	日
②土砂流出防止	U：1 $m^3$ の土砂を保全するために要する単位当たりの砂防ダム建設コスト（ $円/m^3$ ）	砂防便覧	日
	V1：事業実施前における1 ha 当りの年間浸食土砂量（ $m^3$ ）	林野マニュアル	日
	V2：事業実施後における1 ha 当りの年間浸食土砂量（ $m^3$ ）	林野マニュアル	日
	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数	対策シナリオ	現
	Y：評価期間	対策シナリオ	現
③洪水防止	U：治水ダム単位雨量流出量当り年間減価償却費（ $円/m^3/sec$ ）	ダム年鑑 2016	日
	f1：事業実施前の流出係数	対策シナリオ	現
	f2：事業実施後、t 年経過後の流出係数	対策シナリオ	現
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数	対策シナリオ	現
	$\alpha$ ：100 年確率時雨量（ $mm/h$ ）	スコピエ洪水の時雨量データを代用	現
	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現
	Y：評価期間	対策シナリオ	現
⑦燃料供給	Y：評価期間	対策シナリオ	現
	Vt：t 年後における伐採材積（ $m^3$ ）	対策シナリオ	現
	@：薪市場価格（ $円/m^3$ ）	現地調査	現
⑧NTFP 供給	Y：評価期間	対策シナリオ	現
	Vt：t 年後における収穫量（Kg）	対策シナリオ	現
	@：市場価格（ $円/Kg$ ）	現地調査	現
⑧'狩猟	Y：評価期間	対策シナリオ	現
	A：整備面積（ $m^2$ ）	対策シナリオ	現
	@：狩猟動物販売価格面積原単位	猟区管理計画	現
⑩流域貯水	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現
	P：年間平均降雨量（ $mm/年$ ）	文献調査	現
	D1：事業実施前の貯留率	林野マニュアル	日
	D2：事業実施後、t 年経過後の貯留率	林野マニュアル	日
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数	対策シナリオ	日
	U：開発流量当りの利水ダム年間減価償却費（ $円/m^3/sec$ ）	ダム年鑑	日
	Y：評価期間	対策シナリオ	現
⑪水質浄化	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現

評価項目	必要なデータ	データソース	
	P：年間平均降雨量 (mm/年) T：事業実施後、貯留率が安定するのに必要な年数 D1：事業実施前の貯留率 D2：事業実施後、t年経過後の貯留率 U：単位当たりの水質浄化費 Y：評価期間	文献調査 対策シナリオ 林野マニュアル 林野マニュアル スコピエ市水道局 対策シナリオ	現 現 日 日 現 現
⑫炭素固定	U：二酸化炭素に関する原単位 (円/CO <sup>2</sup> -ton) V1：事業を実施しない場合の評価最終年の当該森林の見込蓄積量 (m <sup>3</sup> ) V2：事業を実施する場合の評価最終年の当該森林の見込蓄積量(m <sup>3</sup> ) Y：評価期間 D：容積密度 (t/m <sup>3</sup> ) BEF：バイオマス拡大係数 (地上部/幹バイオマス量) R：地上部に対する地下部の比率 ( 地下部/地上部バイオマス量)	林野マニュアル 林野マニュアル 林野マニュアル 対策シナリオ 林野マニュアル 林野マニュアル 林野マニュアル	現 日 日 現 日 日 日

表 3-19 マケドニア国の各サイトにおける対策シナリオの社会・経済便益定量評価結果（単位：百万円）

評価項目		評価方法	ボドノ山	テトボ	デバーダム	ビトーラ	ラドビシュ	シュティップ	
防災・減災便益	①土砂崩壊防止	A'	383.99	230.40	383.99	307.20	307.20	307.20	
	②土砂流出防止	A'	383.99	230.40	383.99	307.20	307.20	307.20	
	③洪水防止	A'	452.32	271.39	452.32	361.86	361.86	361.86	
	④海岸浸食防止	-	-	-	-	-	-	-	
	⑤津波・高潮被害防止	-	-	-	-	-	-	-	
小計			1220.30	732.19	1220.30	976.26	976.26	976.26	
平時の便益	市場財	⑥木材供給	-	-	-	-	-	-	
		⑦燃料供給	A	0.00	2.22	8.65	6.92	6.92	6.92
		⑧NTFP 供給	A	0.00	605.30	1,008.83	807.06	807.06	807.06
		⑧' 狩猟	A	0.00	0.12	0.23	0.25	0.03	0.13
		⑨漁業資源供給	-	-	-	-	-	-	-
	非市場財	⑩流域貯水	A'	185.65	111.39	185.65	148.52	148.52	148.52
		⑪水質浄化	A'	245.96	147.58	245.96	196.77	196.77	196.77
		⑫炭素固定	A'	40.12	24.74	47.27	37.82	45.75	45.75
		⑬気候緩和	-	-	-	-	-	-	-
		⑭文化的価値	-	-	-	-	-	-	-
⑮生物多様性	-	-	-	-	-	-	-		
小計			471.73	891.35	1496.59	1197.34	1205.05	1205.15	
総計			1692.03	1623.54	2716.89	2173.60	2181.31	2181.41	

（凡例） A: 日本の便益計算式（林野等）に現地データを内挿して計算； A': 現地データ中心、一部日本の原単位を援用

(4) 定性評価

表 3-19 で定性評価対象とした⑩文化的価値と⑪生物多様性については、文献調査及び現地調査により得た情報をもとに、これらの価値や状況について記述した。この結果を表 3-20 と表 3-21 に示す。

表 3-20 文化的価値の定性評価結果

サイト	特筆すべき文化的価値の概要	出典
ボドノ山	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ マケドニア国の首都スコピエのすぐ南側にそびえる山で山頂は海抜 1,066m、麓のスコピエ中心部（244m）とはおよそ 800 メートルの標高差がある。山頂までロープウェイが設置されており、山頂にはミレニアムクロスと呼ばれる、鉄骨製の巨大な十字架のモニュメントが立っている。</li> <li>・ 山頂からはスコピエ市を広く見下ろすことができるほか、周辺の山々の眺望もよく、海外からの旅行者も含め多くの人々が訪れる。また、市外中心部寄りの麓から山頂まではハイキングコースが整備されており、数は把握できていないが日常からの利用者も絶えない。</li> <li>・ ボドノ山の山体や緑の斜面、頂上に立つミレニアムクロスはスコピエ市街地から広く望むことができ、市街の重要な景観要素になっている。</li> <li>・ 対策シナリオで森林整備が提案されている地域は市街中心部から離れたボドノ山東側斜面であり、市街地からほとんど見えない場所に位置することから、ここに森林を整備することによる文化的価値の重要性は限定的なものと思われる。</li> </ul> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p data-bbox="635 1668 986 1697">市街中心部から望むボドノ山</p> </div>	現地調査結果





ボドノ山ハイキングコースの看板

テトボ

- ・テトボ地域で森林整備が提案されている地域は、海拔 2,747m の Titov 山頂から麓のテトボ市街（海拔 468m）に流下する Pena 川沿いの急峻な斜面の上方に位置する。
- ・この地域には、山頂近くにスキーリゾートがある他、Titov 山頂に至る登山道も整備されており、利用者のための舗装道路が近くまできている。付近を広くみると、こうした施設の利用者による森林やパッチワーク状にみられる草原のレクリエーション利用がみられるが、対策シナリオで森林整備が提案されている場所のレクリエーション利用の可能性、又は草地に植林することによるレクリエーション利用の観点からの付加価値の有無は定かではない。

現地調査結果



ピクニック広場



Titov 山登山道標識

デバーダム

- ・対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Debar 近郊、Stogovo 山（2218m）西側山麓の中腹からダム湖（Debarsko 湖）に至る斜面上に位置する。旅行者の訪問も多い Mavrovo 国立公園の南西に隣接しているが、中心部からは距離があり、Mavrovo 国立公園と一体となったレクリエーション利用の可能性は低い。当該地域には観光地にもなっている古い教会があるが、これと森林のレクリエーション利用の関連性は明らかでない。

現地調査結果

	 <p style="text-align: center;">Debarsko 湖                      Mavrovo 国立公園</p>	
<p>ビトーラ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対策シナリオで森林整備が提案されている地域はビトーラ市街地近郊、10km 程度北上した場所に位置する農村部にある。ビトーラ市街地の南西には Pelister 国立公園が隣接するが、提案地域は市街地からみると国立公園の反対側に位置しており、また森林の荒廃した丘陵地があるのみで観光資源になりうるものではなく、森林が整備された場合にもレクリエーション利用の可能性は低い。</li> </ul>  <p style="text-align: center;">提案地域 (Kukurecani) の景観</p>	<p>現地調査結果</p>
<p>ラドビシュ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Radovis 市街地中心部から 10km 程度北上した低い丘陵地に位置する、放牧を主な生業とするトルコ系住民の居住地域にある。ここから Lisec 山頂 (1754m) に向けて北上した海拔の高い地域は避暑地となっていて豊かな樹林に別荘が点在するが、提案地域内では森林が整備されたとしてもそのような利用の可能性はあまり無いように見受けられる。</li> </ul>  <p style="text-align: center;">Lisec 山付近の景観</p>	<p>現地調査結果</p>

	 <p>提案地域（Sucica 流域）の景観</p>	
<p>シュティツ プ</p>	<p>・シュティツ地域で森林整備が提案されている地域は、市街地に隣接する丘陵地であり、この麓からは新生児の清めの儀式にも利用される温泉が湧出している。</p>  <p>シュティツにある新生児の清めに使う温泉</p>	<p>現地調査結果</p>

表 3-21 生物多様性の定性評価結果

サイト	生物多様性に関する記述	出典
<p>ボドノ山</p>	<p>・ボドノ山一帯の樹林およそ 4,614ha は森林公園に指定されており、次のような国際的な希少動物・植物が生息・生育する他、ヨーロッパ地域で希少となっている菌類や動物、植物等もみられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 植物：<i>Alkanna noneiformis</i>, <i>Alkanna sribrnyi</i>, <i>Ramonda nathaliae</i>, <i>Fritillaria guessichiae</i>, <i>Genista nissana</i></li> <li>➤ 無脊椎動物：（甲虫類）<i>Carabus intricatus</i>;（チョウ・ガ類）<i>Euchloe penia</i>, <i>Hamearis Lucina</i>, <i>Zerynthia ceristy</i>, <i>Anthocharis damone</i>, <i>Glaucopsyche alexis</i>, <i>Pseudophilotes vicrama</i>, <i>Scolitantides orion</i></li> <li>➤ 脊椎動物：（爬虫類）<i>Testudo graeca</i>, <i>Testudo hermanni</i>;（鳥類）<i>Neophron percnopterus</i>;（哺乳類（コウモリ））<i>Rhinolophus Euryale</i>, <i>Miniopterus schreibersi</i>, <i>Rhinolophus mehelyi</i>, <i>Myotis capaccinii</i></li> </ul>	<p>Local Environmental Action Plan (LEAP) 2 for the City of Skopje (2011)</p>

テトボ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Jelovjane 猟区に含まれ、この猟区で狩猟上の保護対象となっている脊椎動物はユーラシアオオヤマネコ (<i>Lynx lynx</i>)、セーム (<i>Rupicapra spp</i>)、ウサギ類、ヤマウズラ類 (<i>Alectoris graeca</i>)、ハト類、ライチョウ (<i>Bonasa bonasia</i>)、ヤマシギ (<i>Scolopax rusticola</i>) 等。その他、オオカミ (<i>Canis lupus lupus</i>)、キツネ (<i>Vulpes vulpes</i>)、イタチ (<i>Mustela nivalis</i>)、テン (<i>Martes martes; Martes foina</i>)、オオタカ (<i>Accipiter gentilis</i>) 等、保護対象外の脊椎動物もみられる。</li> </ul>	MAFWE 提供資料
デバーダム	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Stogovo 猟区に含まれ、この猟区で狩猟上の保護対象となっている脊椎動物はウサギ、ヤマウズラ類 (<i>Ptilopachus petrosus</i>)、ハト類、ヤマシギ類等。その他、オオカミ (<i>Canis lupus lupus</i>)、キツネ (<i>Vulpes vulpes</i>)、テン (<i>Martes martes</i>) 等、保護対象外の脊椎動物もみられる。</li> </ul>	MAFWE 提供資料
ビトーラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Oblakovo 猟区に含まれ、この猟区で狩猟上の保護対象となっている脊椎動物はウサギ類、ヤマウズラ類 (<i>Alectoris graeca</i>)、ハト類、ライチョウ (<i>Bonasa bonasia</i>)、ヤマシギ (<i>Scolopax rusticola</i>) 等。その他、オオカミ (<i>Canis lupus lupus</i>)、キツネ (<i>Vulpes vulpes</i>)、テン (<i>Martes foina</i>)、オオタカ (<i>Accipiter gentilis</i>)、カササギ (<i>Pica pica</i>) 等、保護対象外の脊椎動物もみられる。</li> </ul>	MAFWE 提供資料
ラドビシュ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Prnalijski 猟区に含まれ、この猟区で狩猟上の保護対象となっている脊椎動物はウズラ (<i>Coturnix coturnix</i>)、ハト類、シカ類等。その他、オオカミ (<i>Canis lupus lupus</i>)、キツネ (<i>Vulpes vulpes</i>)、イタチ (<i>Mustela nivalis</i>)、テン (<i>Martes foina</i>)、ヨーロッパケナガイタチ (<i>Mustela putorius</i>)、オオタカ (<i>Accipiter gentilis</i>)、カササギ (<i>Pica pica</i>) 等、保護対象外の脊椎動物もみられる。</li> </ul>	MAFWE 提供資料
シュティツプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策シナリオで森林整備が提案されている地域は Gaber 猟区に含まれ、この猟区で狩猟上の保護対象となっている脊椎動物はヤマウズラ類 (<i>Alectoris graeca</i>)、ハト類、ガンカモ類等。その他、オオカミ (<i>Canis lupus lupus</i>)、キツネ (<i>Vulpes vulpes</i>)、テン (<i>Martes foina</i>)、オオタカ (<i>Accipiter gentilis</i>)、カササギ (<i>Pica pica</i>) 等、保護対象外の脊椎動物もみられる。</li> </ul>	MAFWE 提供資料

#### (5) 費用便益を含む総合評価

上記(3)で得られた社会・経済便益の定量評価結果をそれぞれの対策シナリオの想定費用 (3.2.9 参照) で除算して費用便益費を計算するとともに、これら定量情報と定性評価結果を整理することにより、対策シナリオごとの社会・経済便益の総合評価を行った (表 3-22)。この結果、費用便益比率に着目するとデバーダムの対策シナリオに高い費用対効果が認められる。一方、ボドノ

山の対策シナリオは費用効率性が低いが、生態系の文化的価値や生物多様性についての定性的な価値を考慮すると、必ずしも費用対効果が低いわけではないことに留意する必要がある。なお、ビトーラ、ラドビシュ、シュティップの便益結果が土砂崩壊防止や流失防止などの評価項目で同じ値を示しているが、これは整備実施面積、植栽する樹種、整備方法について同じものを想定しているためである。

表 3-22 社会・経済便益、費用と費用便益比率

区分	評価項目		ボドノ山	テトボ	デバーダム	ビトーラ	ラドビシュ	シュティップ		
A.便益（定量評価） （単位：百万円）	防災・減災便益		①土砂崩壊防止	383.99	230.40	383.99	307.20	307.20	307.20	
			②土砂流出防止	383.99	230.40	383.99	307.20	307.20	307.20	
			③洪水防止	452.32	271.39	452.32	361.86	361.86	361.86	
			小計	1220.30	732.19	1220.30	976.26	976.26	976.26	
	平時の便益		市場財	⑦燃料供給	0.00	2.22	8.65	6.92	6.92	6.92
				⑧NTFP 供給	0.00	605.30	1,008.83	807.06	807.06	807.06
				⑧'狩猟	0.00	0.12	0.23	0.25	0.03	0.13
			非市場財	⑩流域貯水	185.65	111.39	185.65	148.52	148.52	148.52
				⑪水質浄化	245.96	147.58	245.96	196.77	196.77	196.77
				⑫炭素固定	40.12	24.74	47.27	37.82	45.75	45.75
			小計	471.73	891.35	1496.59	1197.34	1205.05	1205.15	
	総計			1692.03	1623.54	2716.89	2173.60	2181.31	2181.41	
	B.便益（定性評価）* （単位：百万円）	平時の便益	非市場材	⑭文化的価値	I	II	II	II	II	II
⑮生物多様性				I	II	II	II	II	II	
C.費用（単位：百万円）			300.00	290.00	300.00	290.00	290.00	290.00		
D.費用便益比率（A/C）			5.64	5.60	9.06	7.50	7.52	7.52		

\*（定性評価の凡例）

I: 一帯の森林生態系に高い価値が認められる

II: 本調査で得られた情報からは特筆すべき価値が認められないが、より詳細な調査により高い価値が認められる可能性がある

## (6) 評価結果に係る考察

社会・経済便益評価の方法や、入手できた情報やデータの制約により、評価結果を解釈する上で次の点に留意する必要がある。より高い精度の社会・経済便益評価を行うためには、これらの点について改善が求められる。

- 防災・減災機能の定量評価には、「林野公共事業における事業評価マニュアル」(林野庁, 2014)に基づいて代替費用法を用いているが、これは日本での林野公共事業の費用対効果を評価するための方法であり、必ずしも海外での森林生態系の防災・減災機能を評価するための最適の方法ではない。本調査で得られた情報・データの制約から他の方法を用いることができなかつたためにこの方法が用いられたが、可能であれば、災害時の想定被害額に基づく被害費用回避法の適用が望ましい。
- 上に述べた代替費用法では、全般的に便益を高く評価する傾向がある。この理由のひとつに、便益のダブルカウント（重複計上）がある。例えば今回のマケドニア国の評価のうち①土砂崩壊と②土砂流出は異なる災害類型に属するが、一連の災害現象であつて、災害被害の観点からは土砂災害というひとくくりの災害で被害費用が計上される。
- 代替費用法には、想定する代替物の適切性の課題もある。例えば今回の評価では森林の洪水防止機能を同等の流出量調整を行うために必要な治水ダムの建設費用で代替しているが、これはダムがなかった場合に想定される洪水の被害額を表すものではない。下流域に洪水の際に被災する資産や人命が少なければ、治水ダムの建設費用と実際に回避できる被害額との間に大きな差が生じる。今回の評価では、現地マケドニア国での治山ダム建設費用が入手できず、物価の高い日本での同じ代替物の建設費用を用いているため、便益が高く評価される傾向にある。
- 一方で、定量データの制約に起因する過小評価の可能性もある。例えば、今回の評価では NTFP 供給については単位面積あたり収量と市場価格の情報が入手できたクルミの価値のみを対象としたが、対策シナリオで想定されている果樹（リンゴ）や、現地でみられたハチミツや食用キノコ類、ハーブティー用の植物等は、主に収量データの不足により便益に計上できていない。定性評価対象とした評価項目（文化的価値、生物多様性）の定量化も課題である。

### 3.3 ニカラグア国における適用可能性確認調査

#### 3.3.1 活動概要

ニカラグア国における、Eco-DRR に関する協力ポテンシャルの高い地域を特定し、今後の当該分野における協力案件の形成に向けて基礎的な情報を収集・分析した。また、JICA により実施された「北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査（2002-2004）」「住民による森林管理計画プロジェクト（2006-2001）」の事後状況確認のための情報収集を実施した。

#### 3.3.2 現地調査内容

##### (1) 現地調査日程

2016年7月4日～8月4日

##### (2) 調査内容

国内作業として、ニカラグア国における近年の洪水・土砂崩れ、津波等の災害履歴について、ネット等で情報を収集した。現地調査の開始前、首都マナグア市にある JICA 事務所に赴き、本調査の目的および計画について報告するとともに、同事務所のニカラグア国における技術協力に対する方針、調査対象地に対する意見等を聴き、最終的な調査内容について調整を行った。ニカラグア国においては、関係省庁、現地市役所、ニカラグア大学の教授等より、洪水・土砂崩れ、津波等の災害が各地で起こっている情報、及び世界銀行から、現在建設中のヌエバギニア、ブルーフィールド間の道路に関する情報を得た。また、関係者に Eco-DRR について説明し、理解を得るとともに、Eco-DRR に対するニーズを調査した。ラムサールサイト、生物多様性等の社会経済便益については関係省庁等へのヒアリングを通じて情報を収集した。過去の JICA 関連案件「北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査」「住民による森林管理計画プロジェクト」実施対象村を現地調査し、プロジェクトの事後状況を確認した。さらに、グアテマラにある CEPREDENAC（中米防災センター）において Eco-DRR について説明し、中米防災におけるニーズを確認した。

##### (3) 訪問機関

###### 首都マナグアまたは北部太平洋岸

- 国家災害管理・防災システム常設事務局（Secretaría Ejecutiva - Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua : SE-SINAPRED)
- 国家森林研究所（Instituto Nacional Forestal : INAFOR)
- 国土調査研究所（Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales : INETER)
- 環境天然資源省（Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales : MARENA)
- 漁業庁（Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura: INPESCA)
- 運輸・インフラ省（Ministerio de Transporte e Infraestructura : MTI)



- ニカラグア農業技術庁 (Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuario: INTA)
- 観光局 (Instituto Nicaragüense de Turismo:INTUR)
- ニカラグア国立自治大学地球科学研究センター (UNAN-CIGEO)
- ニカラグア国立自治大学水産資源研究センター (UNAN-CIRA)
- 世界銀行グループ (World Bank Group)
- 米州開発銀行 (Inter-American Development Bank : IADB)
- スイス援助機関 (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación : COSUDE)
- レオン県ラハス村 (La Lajas)
- レオン県ブリサス村 (Brisas)
- レオン県チャルコ村 (El Charco)
- レオン県コヨル村 (El Coyol)
- レオン県グヤド村 (El Guyado)
- チナンデガ県パレルモ村 (Palermo)
- チナンデガ県サンディノ村 (La Sandino)
- 生存と地域開発のための協会(NGO。Asociación Para La Supervivencia Y El Desarrollo Local : ASODEL)

#### 南カリブ自治地域 (Región Autónoma del Atlántico Sur : R.A.A.S)

- カリブ沿岸南部自治政府 (Coast Caribbean South Autonomous Regional Government : GRACCS)
- カリブ沿岸南部自治地域協議会 (Coast Caribbean South Autonomous Regional Council: CRACCS)
- 天然資源環境局 (La Secretaria de Recursos Naturales y el Ambiente : SERENA)
- MECO (道路建設企業)
- ブルーフィールズ・インディアン・カリビアン大学 (Bluefields Indian and Caribbean University: BICU)
- ニカラグア持続可能な収穫財団 (Fundación Nicaraguense Cosecha Sostenible : FUNCOS、NGO)
- Bluff 村 (Comunidad)

#### グアテマラ

- 中米防災センター (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central: CEPREDENAC)

### 3.3.3 ニカラグア国の基礎情報

#### (1) 人口動態

ニカラグア国の全人口は 2015 年時点で約 620 万人、年人口増加率は 1.04~1.24%と推定されている (Banko Central de Nicaragua, 2015)。ニカラグア国人口の 69%はアメリカンディアンとヨーロッパ系の混合であるメスティーソである。そのほか、スペイン、ドイツ、イタリアなどヨーロッパ系が 17%、アフリカ系 9%が主にカリブ海沿岸に居住している。また、先住民も 5%程度西部および東部カリブ海側に存在している。

#### (2) 地形

ニカラグア国は、中米半島の中央部に位置しており、北はホンジュラス国、南はコスタリカ国に接するとともに、東はカリブ海、南は太平洋に面している。首都はマナグワ市であり、国土面積は約 13 万 km<sup>2</sup>である。ニカラグア国の地形は、大きく太平洋側のニカラグア低地、中央山岳地域、カリブ海側に広がる 100m以下の東部平原に分かれている。また、環太平洋火山帯に属し、国内に 30 以上の火山が存在する。ニカラグア国の低地には、火山が一直線に並んでいる地形が見られる。このため、地震や火山噴火が多発し、多くの被害が出ている。ニカラグア国の低地には、中米最大の湖であるニカラグア湖とマナグア湖があり、中央山岳域は急峻な地形を呈しており、東部平原には湿地が広がっている。

#### (3) 地方行政区分

ニカラグア国は、15 の県 (Departamento) と呼ばれる地域とカリブ海側の 2 つの自治地域で構成されている。デパートメントはさらに 153 市 (Municipios) に細分され、さらにその下に村 (Comunidades) がある。

#### (4) 産業

ニカラグア国ではサービス業が最大の産業である。サービス業の中では、商取引や運輸交通、通信産業の割合が高い。一方建設業も近年高い成長率を示している (2014~2015 成長率 25%, Banko Central de Nicaragua, 2015)。

表 3-23 産業別 GDP 比率

	1990	1995	2000	2015
GDP (current US\$) (10 億)	1.01	4.14	5.11	12.69
GDP 成長率 (年 %)	-0.1	5.9	4.1	4.9
農業(% of GDP)	---	22.6	20.3	18.8
工業 (% of GDP)	---	22.6	23.0	26.9
サービス業 (% of GDP)	---	54.8	56.7	54.3

出典 : World Bank (2016).

農林水産業の生産物別の価値を見ると、農業生産物では、コーヒーが最も大きく、豆類が続いている。また、牧畜業も盛んで、肉類、牛乳の生産や生きている牛の輸出も行われている（Banko Central de Nicaragua, 2015）。

表 3-24 農林水産業の生産物別価値

単位：百万コルドバ

年	2006		2010		2015	
農作物						
農業	9,479.40		10,675.30		11,703.70	
コーヒー豆		2,659.90		3,003.80		2,997.50
サトウキビ		327.90		752.9		927.5
豆類		2,608.90		2,568.80		2,640.50
その他の農作物		3,882.70		4,506.70		5,456.30
牧畜業	7,067.90		8,605.50		8,564.70	
林業	1,440.40		1,511.50		1,745.10	
漁業	891.20		1,409.40		1,881.20	

出典：Banko Central de Nicaragua (2015)

輸出されている農作物としては、コーヒー豆が最も多い。そのほか、サトウキビ、バナナ、豆類、大豆、ゴマなどが輸出されている。

表 3-25 輸出農作物の内訳

単位：百万コルドバ

年	2006	2010	2015
農作物			
コーヒー豆	3,792.00	4,296.20	4,290.70
サトウキビ	1,005.60	1,324.90	2,117.50
バナナ	198.2	147.3	599.2
豆類	677.8	719.7	938.4
大豆	12.5	14.2	8.5
ゴマ	82.8	46.8	92.6

出典：Banko Central de Nicaragua (2015)

### 3.3.4 災害の現状

#### (1) 近年の災害履歴

1988年10月ハリケーン・フアン（Joan）がカリブ海側ブラフに上陸し、近隣で130名の死者を出し、被災者36万人、25万人の家屋を破壊した。ブルーフィールドにも上陸し、市内のインフラ施設に大きな被害を与えた。また、農地、家畜、森林、橋や道路を破壊した。こうしたハリケーン・フアンによる被害により、ニカラグア国の景気は大幅に後退した。

1998年10月にハリケーン・ミッチの影響により3300人の死者・行方不明者、約100万人の被災者を出した。Maribios山系の西側山麓では大規模な土石流が発生し、二つの集落が壊滅した。2007年9月4日、ハリケーン・フェリックスがカリブ海側のサンディ・ベイ町北部に上陸し、188人の死者・行方不明者を出し、18万人が被災したと推定されている。

表 3-26 ニカラグア国で起こった主な自然災害履歴

災害タイプ	日付	死亡数	被災者	被害規模 ('000 US\$)
地震	1906年2月4日	1,000	---	---
	1931年3月31日	1,000	15,000	---
	1951年8月2日	500	---	---
	1972年12月23日	10,000	720,000	845,000
	1992年9月1日	179	---	25,000
ハリケーン	Joan 1988年10月22日	130	360,278	400,000
	Mitch 1998年10月25日	3,332	987,700	868,228
	Beta 2005年10月29日	---	150,000	---
	Felix 2007年9月4日	188	188,726	---
洪水	1960年10月	325	---	---

出典：EM-DAT (2016)

森林火災も頻繁に起こっており、毎年100件以上、2007年から2015年の被災面積は21万haに及ぶ。

表 3-27 2007年から2015年までの森林火災被害統計表

年	火災数	被災面積 (ha)
2007	1,257	57,452
2008	332	46,771
2009	220	20,125
2010	169	16,406
2011	354	21,459
2012	171	6,521
2013	256	25,546
2014	339	16,826
2015	259	5,907
合計	3,357	217,012

出典：Roa (2016)

## (2) 防災政策、戦略

ニカラグア国政府は、国家防災計画（2004）Plan Nacional de Gestión de Riesgo および国家

災害対応計画（2008）Plan Nacional de Respuesta de SINAPRED を制定している。国家防災計画（2004）では地域レベルの防災プログラムとして、自治体レベルの組織間連携、能力向上、市の年次防災計画の策定、災害分析、対策等を記載している。

国家災害対応計画（2008）では、以下の目標を掲げている。

1. セクターや地域別に対応した国家レベルの計画項目を標準化する。
2. 組織、セクター、地域別の計画づくりを統合する。
3. 異なる対応計画の開発のために基礎的情報をユーザーに提供する。

### (3) 防災に関する中央・地方政府機関

#### 1) 関係機関

#### **ニカラグア国家災害管理・防災システム常設事務局（Secretaría Ejecutiva-SINAPRED : SE-SINAPRED:）**

法令 337 (Ley 337)は、国家災害管理・防災システム (Sistema Nacional para la Prevención y Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua: SINAPRED:) の設置を定めている。同システムは防災、減災、緊急対応、被災地の復旧に対しての責務を負うことと目的としている。また、ニカラグア国家災害管理・防災システム常設事務局 (SE-SINAPRED) が防災関係機関の調整役として機能している (JICA, 2014)。

#### **国土調査研究所 (Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales : INETER)**

INETER は、SINAPRED に技術・科学情報を提供している。気象観測データを使用した早期警戒システムの構築、各種ハザードマップ作成に取り組んでいる。気象観測では全国で 180 か所の気象観測所を持ち、1958 年からの観測データを管理している。地震に対しては 24 時間の地震観測体制を持っている。

#### **環境天然資源省 (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales : MARENA)**

環境及び天然資源の保全や保護、改善や回復また、持続的活用のための政策及び法令を担当する機関である。自然環境保全区域内で、プロジェクト活動を実施しており、Eco-DRR において重要な役割を果たすと考えられるため、担当者との面談を申し込んだが、先方の都合により、急遽面談がキャンセルされたため、詳細な活動内容は不明である。調査中に林野庁が新たに下部組織として編入されたため、森林に関する行政も所掌することとなった。

#### **農牧省 (Ministerio Agropecuario : MAG)**

農業、牧畜、森林施業に関する政策及び規定を定める機関である。国内に 17 箇所の事務所がある。1948 年に農業生産、林業、畜産の保護や促進のために設立され、1998 年に農牧

森林省となった。しかし、本調査中に、傘下の INAFOR が環境天然資源省に移管され、農牧省に変わったため、森林に関する施策は環境天然資源省に移管した。

### 国家森林研究所 (Instituto Nacional Forestal : INAFOR)

農牧森林省（現在は、環境天然資源省）に設置された機関である。直接コミュニティや農民と接し、森林政策の実施を担当する。全国に 10 の事務所を持ち、それぞれの地区を担当の森林官が巡回している。森林官は巡回しながら、国家林業研究所が実施するプロジェクトの支援や、プロジェクト経過の観察、森林伐採の許可、違法伐採に対する警告を行っている。

### 2) コミュニティ防災活動に関する防災組織体制

国レベルでは、各省庁が SE-SINAPRED を中心に機能している。INETER は自然災害の技術部門として事務局の SE-SINAPRED と連携し、CODE は市民防衛組織 (Defensa Civil) が管理・運営して災害時の予警報、災害時緊急対応、事後対応の責務を持ち、中枢的な役割を担っている。自治体レベルでは、市長が代表者となり COMUPRED を構成する。委員会には警察や消防、保健省、環境省等の自治体組織が参加して防災対策、災害時緊急対応等を実施する。COMUPRED はコミュニティレベルにおいて自主防災組織である COLOPRED を構成している。

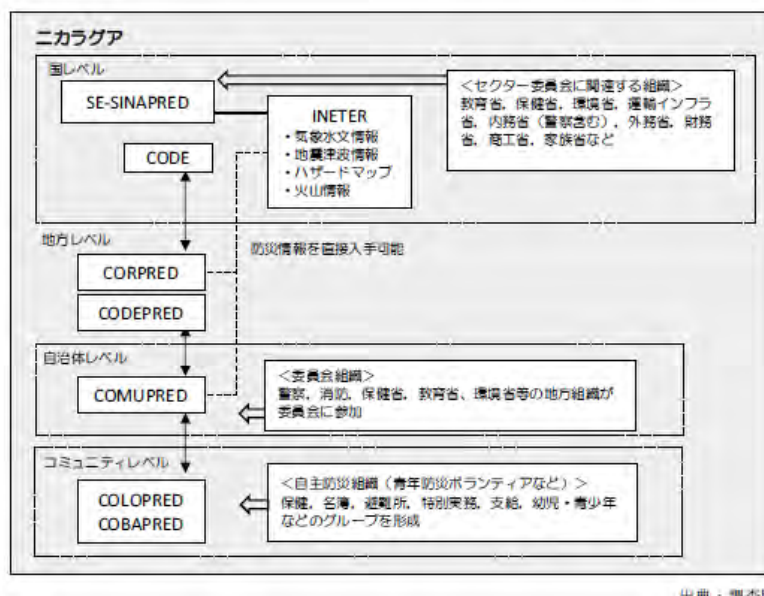


図 3-11 ニカラグア国のコミュニティ防災活動に関する防災組織体制  
出典：JICA (2014a)

### 3.3.5 森林等生態系保全政策

#### (1) 森林・林業政策、戦略

ニカラグア国では、国家森林計画（Programa Forestal Nacional de Nicaragua : PFN）を 2008 年に制定しており、将来へのビジョンとして「森林の持続的管理のために市民の参加を通して、貧困削減にも貢献しながら、森林セクターの体制を強化する」ことを掲げている（INAFOR, 2008）。国家森林計画（PFN）では、20,000ha の植林計画（15 万本の苗木の植栽（アグロフォレストリー60%、植林 40%）の計画）、生物多様性、生態系保全の計画がある。毎年の地域住民と連携した森林火災防止の取組を実施している。政府は参加者への訓練と必要な道具、食事を提供しているが、現金の支給はしていない。

#### (2) 森林・林業の現況

1990 年代に 37%であった森林率が 2010 年には 26%まで下がっている。東部に残っていた森林が、マナグア近隣を中心とした西部からの牧畜の拡大によって伐採され減少傾向にある（FCPF, 2015）。

表 3-28 ニカラグア国の森林面積の変遷

年	1990	2000	2005	2010
森林面積（1000 ha）	4,514	3,814	3,464	3,114
森林率	37%	31%	29%	26%

出典：FAO-FRA (2015). Nicaragua



図 3-12 1983 年から 2000 年までの森林減少の変遷と 2050 年までの予測

出典：FCPF (2015)

森林の詳細調査が、FAO の支援により 2007 年から 2008 年に実施されている（MAGFOR/INAFOR/FAO, 2008）。18km 間隔の格子を全国に被せ、国土の範囲にある格子点の合計 371 か所の森林調査を行った。この調査の結果から、全国の森林率（2008 年 25%）や天然林、人工林、針葉樹、広葉樹の割合などが導き出されている。

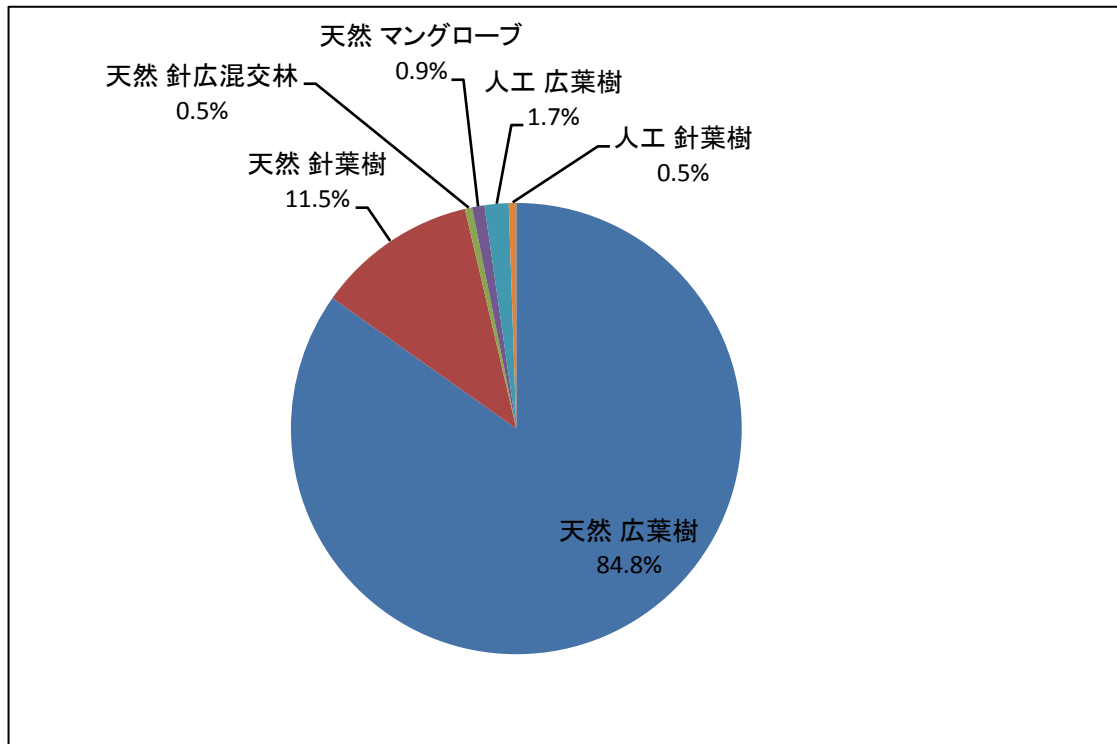


図 3-13 ニカラグア国家森林インベントリーデータ

出典：MAGFOR/INAFOR/FAO (2008)

### (3) 造林、治山技術

調査団による INAFOR に対する現地聞き取り調査では、Ley 462 (法律 462) に則った「森林管理の技術マニュアル (植林および管理)」があると聞いた。後日送付するということがあったが、送付されることはなかった。

### (4) 森林の管理形態

ニカラグア国では森林の 90%近くが民間に管理されており、このうち 40%が個人で 56%がカリブ海側の部族によって管理されている。11%の公的管理されている森林は主として中央政府が管理している (FAO-FRA, 2015)。

表 3-29 森林の所有形態

	% (森林面積に対して)	内訳%
公的管理	11	---
民間管理	88	
個人		41
ビジネス		2
地方、伝統的所有		56
その他	2	---

出典：Mongabay (2016)



## (5) 環境政策、戦略

憲法第 102 条において、天然資源は国家資産であり、国家が環境保全と天然資源の保全、開発について権限を持つことが定められている。また、同 60 条では、国家に天然資源の保全を義務付け、国民に健全な環境で生活する権利を保障している。1996 年には、環境および自然資源の法律（Law No. 127）が発行され、環境と自然の保全・保護および回復を目指し、持続的な利用を確実にすることを求めている。環境天然資源省（Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales : MARENA）は、政府の環境政策の執行機関として機能している。

また、環境保護の観点から市民を守ることを目的に、環境・自然資源保護局（Institution for the Defense of the Environment and Natural Resources）が 司法庁 Office of the Attorney General（Procuraduría General de Justicia）の中に設立された。さらに、環境保護行政の調整機関として、国家環境委員会（National Environment Commission）が設立されている。環境天然資源省（Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales : MARENA）のウェブサイトには、500 種類の地図を掲載しており、環境に関する情報を地図から入手することができる。

生物多様性条約のホームページ<sup>9</sup>（CBD, 2016）によると、ニカラグア国における生物多様性減少の原因として、以下の 4 項目を上げている。

- 環境の遷移
- 天然資源の不適切な開発
- 公害
- 建設

## 愛知ターゲット

現在、ニカラグア国では国家人間開発計画（National Human Development Plan (NHDP), 2012～2016）を更新中であり、愛知ターゲットがその計画に含まれている。NHDP の中で、以下のように、自然保護や気候変動への適応、災害リスクの減少等を促進することとしている。

- 環境教育
- 天然資源の保護
- 林業の振興
- 雨水利用の推進
- 気候変動への緩和、適応、リスク管理
- 持続可能な土地管理
- エコシステムの保護と健康のための公害の調整と管理
- 経済活動による環境への影響の防止

---

<sup>9</sup> <https://www.cbd.int/countries/profile/default.shtml?country=ni#facts>

## (6) 自然保護区

### 国家保護区システム (Sistema Nacional de Áreas Protegidas: SINAP)

国家保護区システム (Sistema Nacional de Áreas Protegidas: SINAP) には、74 の保護区 (陸域 66、海域 8) があり、面積が計 2,333,382 ha である。保護区は 6 つのカテゴリーに分かれ、環境天然資源省 (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales: MARENA) に管理されている。

- Nature Reserves
- Genetic Resources Reserves
- Nature Sanctuaries
- Private Nature Reserves
- National Monuments
- Historical Monuments

出典 : MARENA (2007)

そのほか、民間の野生生物保護区が 62 地区あり、その面積は 9,879 ha である。両保護区  
の面積合計で計 2,343,261 ha になる、これは国土面積の 18%になる。また、SINAP の他、  
MARENA の承認のもとに、市が管理する保護区 (Municipal Ecological Parks: PEM)がある。  
現在 22 の PEM があり、8,622 ha になる。

### 国家生物多様性戦略 (National Biodiversity Strategy)

2001 年、国家生物多様性戦略 (National Biodiversity Strategy) が制定された。その中に 6  
つの目的が掲げられている。

- 国の発展への役割も認識しながら、生物多様性の保護を進める。
- 生物多様性の劣化に伴うコストとともに、その経済的価値を認識しながら生物多様性の経済的価値を増進する。
- 生物多様性の科学研究、モニタリング等の能力を向上させる。
- 生物多様性の劣化に対して国家の調整的役割を向上させる方法および組織的能力を向上する。
- 生物多様性の劣化に対する法的な能力を向上させる。
- 環境保護に対する市民参加や教育を進めるための国の能力を向上させる。

### ラムサールサイト

ニカラグア国では、9 つの湿原がラムサール条約に登録されており、合計面積は 406,852ha  
になる。

表 3-30 ニカラグア国・ラムサールサイトの登録情報

サイト名称	登録日	面積 (ha)	緯度	経度	地域
Sistema Lacustre Playitas-Moyúa-Tecomapa	2011年6月29日	1,161	12.59639	-86.0467	Matagalpa
Deltas del Estero Real y Llanos de Apacunca	2001年11月8日	81,700	12.88333	-87.2167	Chinandega
Lago de Apanás-Asturias	2001年11月8日	5,415	13.16667	-85.9667	Depart. Jinotega
Refugio de Vida Silvestre Río San Juan	2001年11月8日	43,000	10.93333	-83.6667	Río San Juan, Atlántico Sur
Cayos Miskitos y Franja Costera Inmediata	2001年11月8日	85,000	14.38333	-82.7667	Atlántico Norte
Sistema Lagunar de Tisma	2001年11月8日	16,850	12.06667	-85.9333	Mun. de Tipitapa, Granada, Tisma
Sistema de Humedales de la Bahía de Bluefields	2001年11月8日	86,501	11.91667	-83.75	Atlántico Sur
Sistema de Humedales de San Miguelito	2001年11月8日	43,475	11.41667	-84.85	Río San Juan
Los Guatuzos	1997年7月30日	43,750	11	-84.8667	Río San Juan

出典：Ramsar (2016).

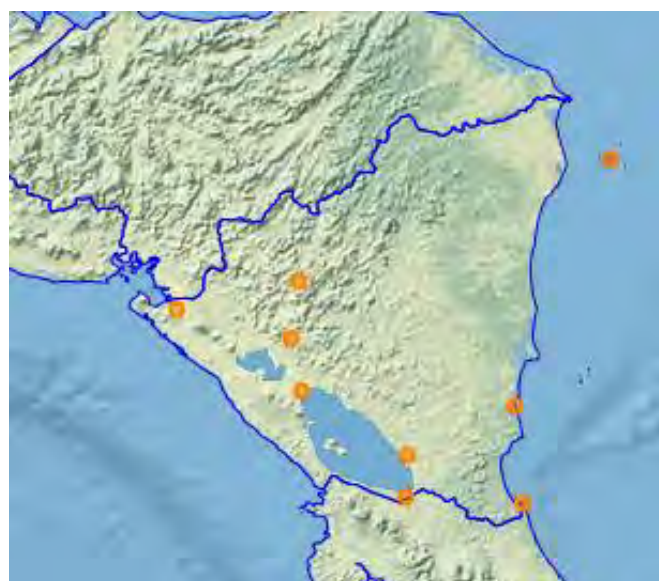


図 3-14 ラムサールサイトの位置図

出典：Ramsar (2016).

#### (7) 衛星画像・地図

1998年のハリケーン・ミッチによる被災の後、防災強化の観点から、太平洋地域での基本図とハザードマップが2006年にJICA「ニカラグア国防災地図・情報基盤整備計画調査」によって国土調査研究所（INETER）をカウンターパートとして作成されている。成果品は以

下のとおりである。

表 3-31 ニカラグア国防災地図・情報基盤整備計画調査において整備された地図

地域	分野	面積 (km <sup>2</sup> )	縮尺
太平洋地域 (白黒)	空中写真撮影	12,000	1/40,000
火山エリア (カラー)	空中写真撮影	1,350	1/20,000
太平洋地域	地形図と GIS データ	20,000	1/50,000
太平洋地域	防災関連施設情報地図	20,000	1/250,000
マナグア市	地形図と GIS データ	300	1/5,000
テリカ エルオーヨ火山	火山災害予測図	1,300	1/50,000
マナグア大都市圏	地震災害予測図	700	1/50,000
マラビリヤ川 (マサチャパ)	洪水災害予測図	100	1/50,000
太平洋地域沿岸南部 (コリン ト、プエルトサンディーノ、マ サチャパ、サンフアンデルスー ル)	津波災害予測図	120	1/50,000

出典：JICA(2006)

INETER には、全国の他の地域の基本図も、縮尺 1/50,000 で整備されている。

#### (8) 気象データ

太平洋側の地域はサバンナ気候であり、5月から10月までの雨季、11月から4月までの乾季がある。カリブ海側は、乾季のない熱帯雨林気候で年間をとおして雨量が多い。中央の山岳地帯は、標高が高いこともあり、温暖で湿潤な気候である。現地調査後、INETER より入手した対象候補地を含む地域の気象データによれば、年間平均気温については、太平洋側で 26℃程度、カリブ海側で 26℃程度、中央山地では 27℃程度である。年間降水量は、太平洋側で 1,700mm 程度、カリブ海側で 4,300mm 程度、中央山地で 1,200mm 程度である。近年、太平洋側で、降雨が減っており、渇水の問題が発生している。現地調査後、INETER より対象候補地を含む地域の気象データを入手した (CD に格納)。

表 3-32 都市別月平均気温 (°C)

観測地	位置	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
Managua	内陸部	26	26	28	28	29	27	27	27	26	26	26	25	27
San Juan del Sur	太平洋側南部	25	26	27	28	27	26	26	26	26	26	26	25	26
Bluefields	カリブ海側南部	25	25	26	27	27	26	26	26	26	26	25	25	26

表 3-33 都市別月間降水量 (mm)

観測地	位置	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計
Managua	内陸部	9	5	3	8	130		144	136			42	8	1,204
San Juan del Sur	太平洋側南部	16	3	---	11	131	268	184	198	305	457	111	28	1,711
Bluefields	カリブ海側南部	218	114	71	101	264	581	828	638	383	418	376	328	4,320

出典：Managua：<http://www.weatherbase.com/search/search.php3?query=Managua%2C+Nicaragua>

San Juan del Sur：<http://wetter.spiegel.de/klimadaten/?continent=NA&country=NANI>

Bluefields：[http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/s\\_america/mx\\_cam/bluffields\\_e.htm](http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/s_america/mx_cam/bluffields_e.htm)

### 3.3.6 現地調査

事前に JICA 既往事例、JICA 事務所や関係省庁から得た情報をもとに現地調査箇所を選定し、Eco-DRR 対策の適応可能性箇所を探索した。

- **北部太平洋地域**

1998 年のハリケーン・ミッチによる洪水により、多くの被害が発生した地域であり、その後、JICA により、洪水対策等の災害対策を目的として、森林に関する 3 件のプロジェクトが実施された。ニカラグア国の行政組織の最小単位である村（Comunidade）ごとに、住民参加型の手法をとることにより成果をあげていた。現地では、植林による森林造成、アグロフォレストリー、シルボパストラルの手法とともに、傾斜地の石積み工、溝工により、土砂の流出防止に効果をあげていた。



図 3-15 JICA プロジェクト（JICA, 2011）対象地北部太平洋地域 Las Lajas 村で整備された石積み工（左）およびシルボパストラル（右）

一方で、急傾斜地の森林を開発し、農地、牧草地にしている状況も見られ、早急に土地利用計画を定め、現在ある森林を保全する必要がある。また、近年は、渇水が続いており、水の確保が問題となっている。このためにも、森林の有する水資源かん養機能の発揮が求められている。

- **ブラフ（ブルーフィールズ沿岸部）**

ブラフは、ブルーフィールズの対岸にある半島で外海に面している。細長い砂浜で本土側とつながっている。ブルーフィールズからはボートで渡航するのが一般的である。昔は木造の家が多くあったが、1988 年に起こったハリケーン・ファンによって破壊され、現在はほとんど家がコンクリート製となっている。ハリケーン・ファンでは、村の人口約 2 千人のうち 70%ほどがブルーフィールズなど村の外へ逃げた。ハリケーン・ファンの風速は

300km/hour (88メートル/秒)、東西南北から風が吹き、夜11時に到達して朝6時まで停滞していた。ハリケーン・フアンの際には町中がひざ下(50cm)位まで水につかった。本土と繋ぐ砂浜にあったマングローブが破壊されてなくなったが、ボラーニョス政権の2002年に消波ブロックを入れて修復し、その後海砂が自然に戻り、60~100メートル幅の砂浜が形成されている。現在その先にマングローブの植林をしている。マングローブには人を刺す小さな虫がいるため環境上良くないと言う住民もいる。

この辺りは浅瀬でマングローブ林が多いのでエビが多くとれる。韓国系の水産会社が1994年からエビを収穫し、日本のニチレイにも出荷している。この会社はコーン島やチナンデガにも事務所がある。

流域から流れ込む砂の堆積によって湾の浅海化が進み、豪雨の際に河川の流量が急激に増加した場合、沿岸部に洪水を生じる可能性がある。



図 3-16 ブラフでの住民ヒアリング(左)とハリケーンで消失しその後回復した砂浜(右)

#### • ブルーフィールズ(東西横断道沿線)

太平洋側とカリブ海側を結ぶために、世界銀行と中米開発銀行の融資により、ニカラグア国内陸部のサンフランシスコとブルーフィールズ間の自動車道74kmが建設中である。道路の両側に植林を実施する計画であり、そのための苗畑を建設しているとのことであった。また、ラムサール条約で指定されている湿地をできるだけ避ける等自然環境に配慮したものとなっている。

一方で、飛行機から見た状況では、道路沿線の森林は、農地、牧草地への開発が進められていた。今後、道路が開通すれば、この傾向はますます激しくなるものと想定され、対策が必要である。また、東西横断道路は低地を通過することから、橋梁、ボックスカルバート等により、河川を横断している箇所が多く見られた。しかし、当該地域はハリケーン等による豪雨がたびたび発生している地域であり、洪水により、道路が浸水し、交通を遮断するおそれがある。このため、Eco-DRRにより、洪水に対する安全率を高めることは、有効であると考えられる。

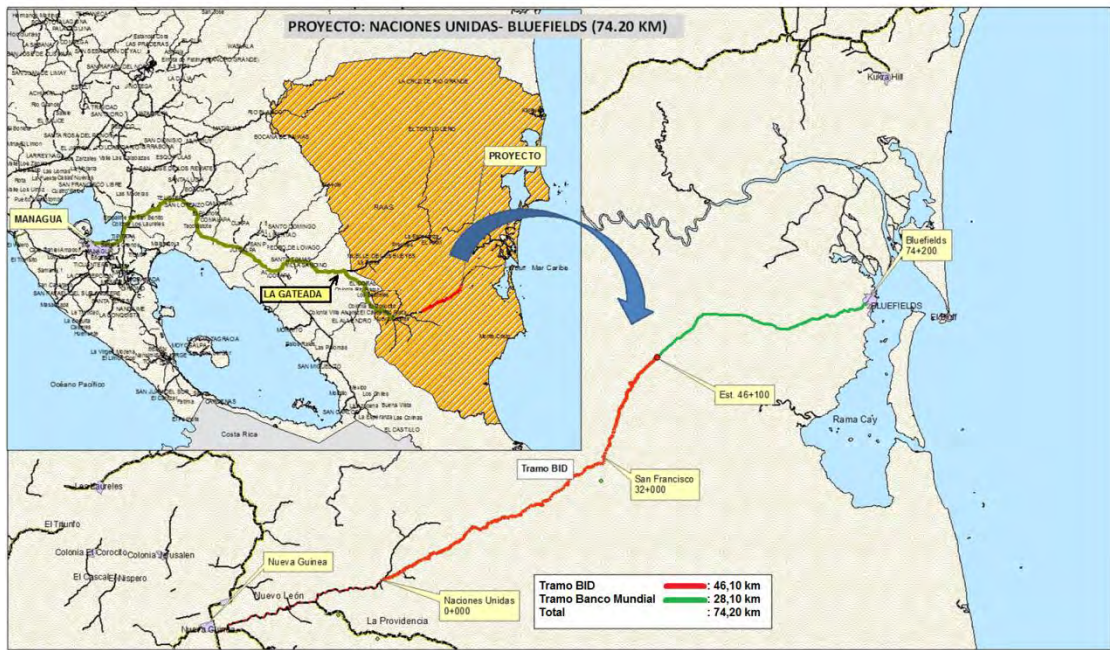


図 3-17 大西洋岸道路接続プロジェクト図

Atlantic Coast Road Connectivity Project

<http://www.iadb.org/en/projects/project-description-title,1303.html?id=NI-L1087> (2016/11/02, Accessed)



図 3-18 大西洋岸道路接続プロジェクト工事の様子

• サンファンデルスール

サンファンデルスール湾に面する観光地であり、多くの漁船の寄港地である。湾に流入する河川の河口が、土砂により閉塞されており、現在は、車が通れる状態となっている。近年、降雨が少なく渇水の状態にあるため、問題は起きていないが、ハリケーン等による豪雨が来れば、河川の水が氾濫し、洪水災害が発生するおそれがある。

GIZ（ドイツ国際協力公社）は Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento（PROATAS）というプログラムをニカラグア国で実施している。その中で、2008年から2012年まで「Payments for hydrological Ecosystem Services in the Gil González Watershed」というプロジェクトをニカラグア湖の南西部にある流域で実施した。同プロジェクトでは、下流部にある製糖工場が一定の資金を用意し、それに GIZ や政府の資金も組み入れて、水量確保、水質改善のために、森林を保全する事業が実施されている。具体的には、森林を農地に変えた時に得られる収入を補償することにより、森林を保全するとともに、農地からの土砂流出防止対策を行っている。上流部で森林保全に貢献した住民に資金や資材を還元する仕組み（Payment for Ecosystem Services）を立ち上げ活用した。

表 3-34 ニカラグア国における流域管理の事例

ドナーおよび実施期間	案件名	特徴
GIZ 2008-2012	Payments for hydrological Ecosystem Services in the Gil González Watershed	36 USD/ha/year を森林を保全している各住民に支払い。合計 93 の農家が参加し、507ha の森林保全に繋がった。製糖工場が資金支援。同様のプロジェクトがトーラ市でも実施された。リゾートホテルが資金支援。成果について詳細不明。 Hack <i>et al.</i> (2013)
GIZ 2016-	Protection, conservation and sustainable use of water resources of the basin of the river San Juan Del Sur - A public-private partnership	Payment for Ecosystem Services (PES)の仕組みを利用した GIS プロジェクト。対象村は流域（流域 No. 72）の 3 村。上記プロジェクトの後継。
JICA 2002-2004	北部太平洋岸地域防災森林管理計画調査	ハリケーン・ミッチの被災後、周辺地域で防災森林管理計画を立てるための調査。パイロットとして住民参加による生態系を活用した簡易型土砂流出施設整備を実施。
JICA 2003-2006	ビジャヌエバ市自然災害脆弱性軽減およびコミュニティ農村開発プロジェクト	市内 8 村落において自然災害脆弱性を軽減するために住民参加型の村落開発活動を実施した。現地の NGO・ASODEL に業務委託されてプロジェクトが運営された。
JICA 2006-2011	住民による森林管理計画プロジェクト	上記調査範囲における技術協力の展開。対象はレオン県北部の 3 市合計 9 村。
世界銀行 2008-2010	ニカラグア湖における環境劣化を緩和するための情報確認調査（Reduce Environmental Degradation of the Lake Nicaragua Watershed (Cocibolca)）	ニカラグア湖の環境劣化を緩和するための、流域の広範な調査。 Klytchnikova <i>et al.</i> (2013).

続いて、南部太平洋側のリゾート地でもリゾートホテルからの資金を受けて、同様の仕組みを整備した。両者とも GIZ プロジェクトが終了後も継続しており、成功事例として認識されている。サンファンデルスール市でも同様の PES を活用したプロジェクトが 2016 年開始された。ただし、サンファンデルスール市には大きな企業なく、資金集めに苦労しているということである。今後、JICA の協力により Eco-DRR を実施する場合、この PES を活用することができれば、例えば果樹を植えた場合、生育するまでの収穫が得られない間



PES から資金を得ることにより、効率的に事業を進められることになると思われる。

- コリント

コリントの北側には砂浜海岸が隣接しており、近年の高波により、砂浜が侵食を受け、汀線が著しく後退し、更に浜崖も形成され、背後の民家に危険が及んでいる(図 3-19)。現状の対策として、図 3-19 の航空写真の赤丸範囲内に突堤群が配置され、漂砂をコントロールしようとしているが、現地見聞と住民へのヒアリングから、十分な効果が得られているとは言えず、対策が急務と考えられる。



図 3-19 海岸侵食の現状

本現地調査で得られた情報をもとに検討した結果、Eco-DRR を実施する候補地として以下の4か所を選定した。4か所のうち3か所について、新規対策シナリオの定量評価を試みた。これらの内、北部太平洋地域については、既往事例として第2章で評価している。

表 3-35 ニカラグア国新規案件可能性調査地

ニカラグア国調査地	Eco-DRR 適用可能性	適用可能な理由
北部太平洋地域	○	1, 2, 3
ブラフ（ブルーフィールズ沿岸部）	○	1, 2, 3
ブルーフィールズ（東西横断道沿線）	○	2, 3
サンファンデルスール		
コリント	○	1, 2

1. 災害履歴があり、引き続き災害リスクが高い。
2. 生態系を活用した防災・減災機能のポテンシャルが高い。
3. 対策を取ることで得られる多面的価値が高い。

### 3.3.7 Eco-DRR 技術導入に関する考察と提言

国家森林研究所 (Instituto Nacional Forestal : INAFOR) からは、これまで実施してきた JICA の森林関係プロジェクトの成果を定着させるため、継続した協力の要望があった。また、南カリブ自治区の環境に関する評議会である SERENA から、現在建設中の道路沿線における森林開発に対する懸念が示されるとともに、その対策の実施についての、要望があった。

今回の現地調査を通じて、JICA の協力で実施された森林整備プロジェクトが、有効に機能していることが確認できた。このため、ニカラグア国における Eco-DRR 案件としては、JICA プロジェクトの成果及び実施体制をベースに、以下のような協力内容が想定される。

#### <上位目標>

森林等生態系を活用した防災・減災のモデル事例が国内に展開されるとともに他国に共有される。

#### <プロジェクト目標>

森林等生態系を活用した防災・減災の体制が確立される。

#### <アウトプット（想定される活動）>

- 1 森林（海岸林を含む、以下同じ）生態系を計画的に管理するための体制が強化される（土地利用計画など）
- 2 森林管理・整備に関する技術や実施体制が整備される（育苗技術の強化、植林を通じた森林造成に関するパイロット活動の実施、漂砂をコントロールまたは養浜する技術の移転<sup>10</sup>、便益分析）

<sup>10</sup> ニカラグアでは一部の海岸で海岸侵食の問題が生じており、それに対して河川上流から海岸までの総合土砂管理を念頭に置いた、沿岸(特に砂浜)の生態系を保全・維持できるような仕組みと合わせた海岸侵食対策(漂砂をコントロールする最小限の施設と組み合わせた養浜による対策)への協力も挙げられる。

3 Eco-DRR に関する政府担当者の業務実施能力強化及び地域住民の認識が向上される（取組のマニュアル化、地域住民に対する普及啓発、第三国研修の実施など）

<実施体制>

- ・ 相手国側；森林行政側（環境天然資源省及び国家森林研究所）
- ・ 日本側；政策アドバイスと技術分野に対する両面の支援

### 3.3.8 案件候補地と対策シナリオ

#### (1)ブルーフィールズ（東西横断道沿線）の対策シナリオ

##### 1) 対策工法

現在、建設中のサンフランシスコとブルーフィールズ間の自動車道沿線については、入植者によってすでに森林が開発され、農地、牧草地が広がっている。今後、自動車道の開設に伴い、森林の開発が進むものと思われる。このため、早急に土地利用計画を作成し、現在ある森林を保全する必要がある。また、すでに開発された区域については、森林の造成、アグロフォレストリー、シルボパストラルの実施を計画する。牧草地を利用して、大雨の時に一時的に貯水を行い、遊水地を設置することも効果があると考えられるが、今回の調査では地形等現地の詳細な情報が得られなかったため計画には入れなかった。

これまでニカラグア国内で相対的に低開発地域であったカリブ海沿岸地方では、自治州政府機関の体制面、予算面が脆弱であることから、自治州政府の体制強化に対する支援も必要である。

##### 2) 面積、事業費

道路が横断する河川の1流域について、計画する。

- ・ 流域面積 6545ha、計画面積 1000ha、
- ・ 森林造成 500ha、現地で植林に使われているユーカリ、チークを植栽
- ・ アグロフォレストリ（シルボパストラル）500ha、果樹を植栽

「ニカラグア国北部太平洋岸地域森林管理計画調査ファイナルレポート」で使用されている事業費について、物価上昇分を加味して算出した。

作業項目	事業面積	単価/ha	計
森林造成	500ha	22.3 万円	111.5 百万円
アグロフォレストリ（シルボパストラル）	500ha	3.8 万円	19.0 百万円
合計	1,000 ha		130.5 百万円

## (2) ブラフおよびブルーフィールズ湾の対策シナリオ

ここでの対策は図 3-20 に示すように、漂砂をコントロールまたは養浜して砂浜幅を拡大し、波の打ち上げの低減効果を高めることで背後に波が越波しないようにすることである。

また、上記の方法で安全が確保されれば、現在確保されていない内陸への避難路を整備することも可能となる。

砂浜が安定すれば、後浜帯に現地に適した植生を配置することで、湾内の船舶の停泊・航行の安全確保を目的とした防風効果等の更なる防災・減災効果が期待できる。

期待されるコベネフィットは、拡大された砂浜に砂浜生態系が創出され、生物多様性、水産利用、海水浴等の観光利用が期待できる。

植林された植生も生物多様性に寄与し、間伐材として発生した木材は薪等の燃料利用にも期待できる。

また、内湾側の沿岸部についてはマングローブの生育環境が整備されることが期待され、そこにマングローブを創出することで更なる生物多様な環境を創出できる可能性がある。

このブラフ北の砂浜海岸はブルーフィールズ湾に対して天然の防波堤ともなっていることから、この海岸の保全対策は重要と考えられる。

因みに、ブルーフィールズ湾は浅い水深であることから、ブルーフィールズ等の街に対して波浪減衰効果や洪水調整の能力も有している。ただし、流域からの流入土砂が多く、過度な浅海化も懸念されることから、流域からの土砂管理も必要である。

ブルーフィールズ湾の湿地が適切に保全・管理されることにより、そこに繁茂するマングローブでの水産利用（漁場・増殖場としての利用）、観光利用（エコツーリズム等）、環境教育を積極的に利用することが可能である。それらを持続的に利用するためには、広域での計画的な開発と利用、保全・管理・利用に必要なモニタリングデータの蓄積が肝要となる。

ブラフの海岸の評価について、背後に直接防護すべきものが無いことと、もしブラフの海岸が無かった場合にどのような影響が考えられるか評価するための具体的なシナリオ作成が困難であること、砂浜が復活したきっかけとなった消波ブロック等の施設設置費用が不明であること等から、本調査では評価対象から除外した。

また、ブルーフィールズ湾の評価についても具体的なシナリオと数量を挙げるのが困難であることから評価対象から、本調査では除外した。

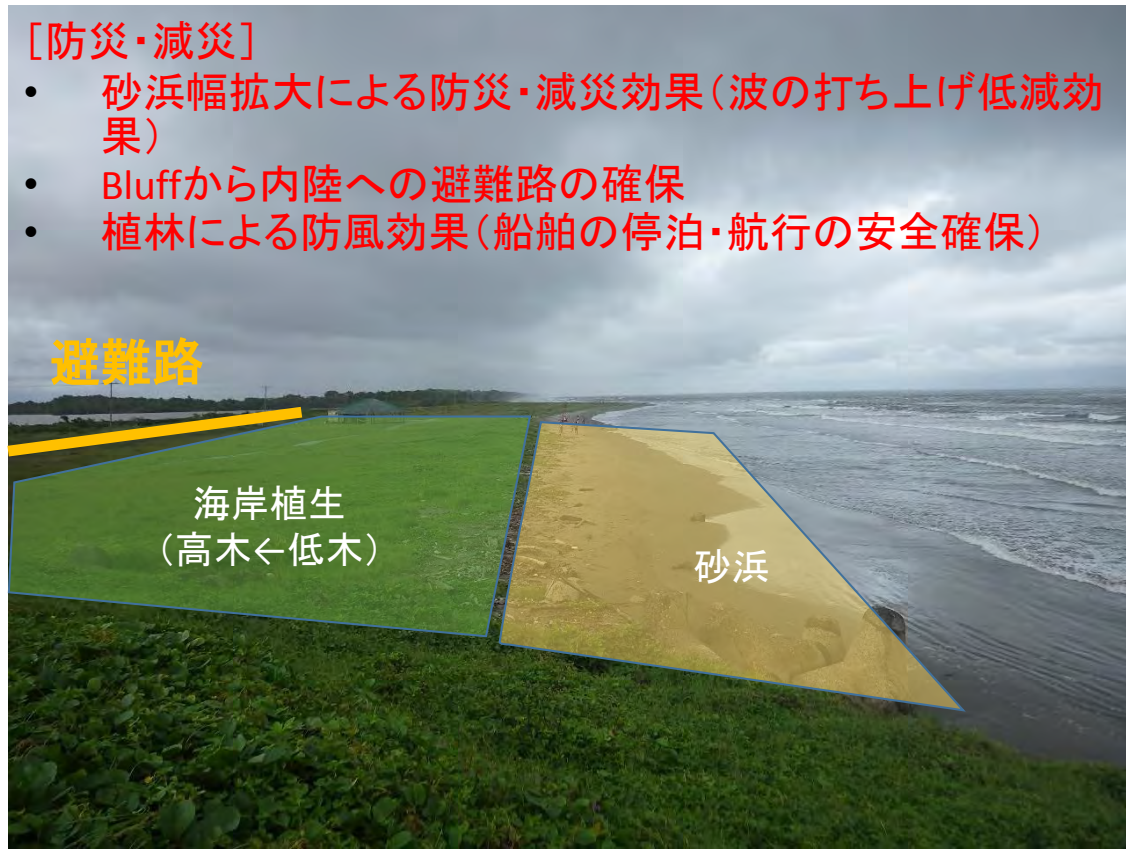


図 3-20 保全対策イメージ

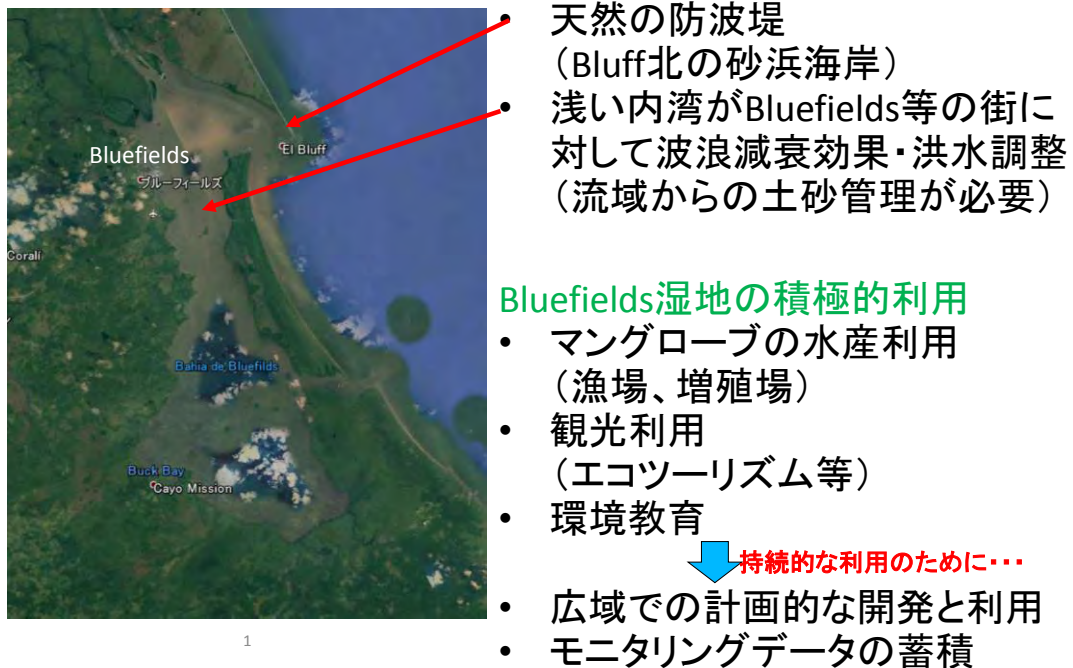


図 3-21 ブルーフィールズ湾全域での保全について

### (3) コリントの対策シナリオ

#### 1) 対策工法

ここで考えられる対策は、最初に、浜崖基部に何らかの防護施設（消波ブロック、蛇籠、大型土嚢等）を設置する応急措置が必要といえる。それを踏まえ、恒久対策として、背後に波が打ちあがらないような十分な広さを持つ砂浜を創出する必要がある(図 3-22)。

Eco-DRR 的な方法としては養浜があげられるが、事前に詳細な調査・検討により具体的な対策を選定することが肝要である。

砂浜の幅が十分確保され、安定化すれば、後浜部に植生を配置し、越波低減や防風対策の効果を期待させることが可能となる。

期待されるコベネフィットは、拡大された砂浜に砂浜生態系が創出され、生物多様性、水産利用、海水浴等の観光利用が期待できる。

植林された植生も生物多様性に寄与し、間伐材として発生した木材は薪等の燃料利用にも期待できる。

以上のように、コリント海岸においては海岸侵食による災害が想定され、それに対する対策の中で、Eco-DRR 的には養浜による対策が考えられる。このような対策事業を行うために、日本では農林水産省と国土交通省で作成している「海岸事業の費用便益分析指針」に従って、該当する費用便益を算出し、事業費と比較して評価する。

「海岸事業の費用便益分析指針」に示されている費用便益には①浸水防護便益、②侵食防止便益、③飛砂・飛沫防護便益、④海岸環境保全便益、⑤海岸利用便益の 5 つが挙げられている。

この内、コリント海岸では②侵食防止便益によるシナリオを想定した。なお、④海岸環境保全便益、⑤海岸利用便益も当該海岸で考えられるが、「海岸事業の費用便益分析指針」では④海岸環境保全便益を CVM(Contingent Valuation Method：仮想市場法)、⑤海岸利用便益を CVM または TCM (Travel Cost Method：旅行費用法) で評価することとなっており、両手法ともアンケートを使った調査であることから検討外とした。

「海岸事業の費用便益分析指針」に示されている侵食防止便益の算定方法は図 3-23 及び図 3-24 に示されるように、50 年間で影響を受ける想定侵食地域を設定し、その中で失われる宅地、農地、林地、砂浜等の土地価額を算定する。対策が講じられなければ、算定された金額の損害を受けるという考えで評価する。

[防災・減災]

- 十分な砂浜幅の確保(養浜等)
- 後浜部に植林(越波低減・防風対策)
- 必要に応じて適切な海岸保全施設の設置

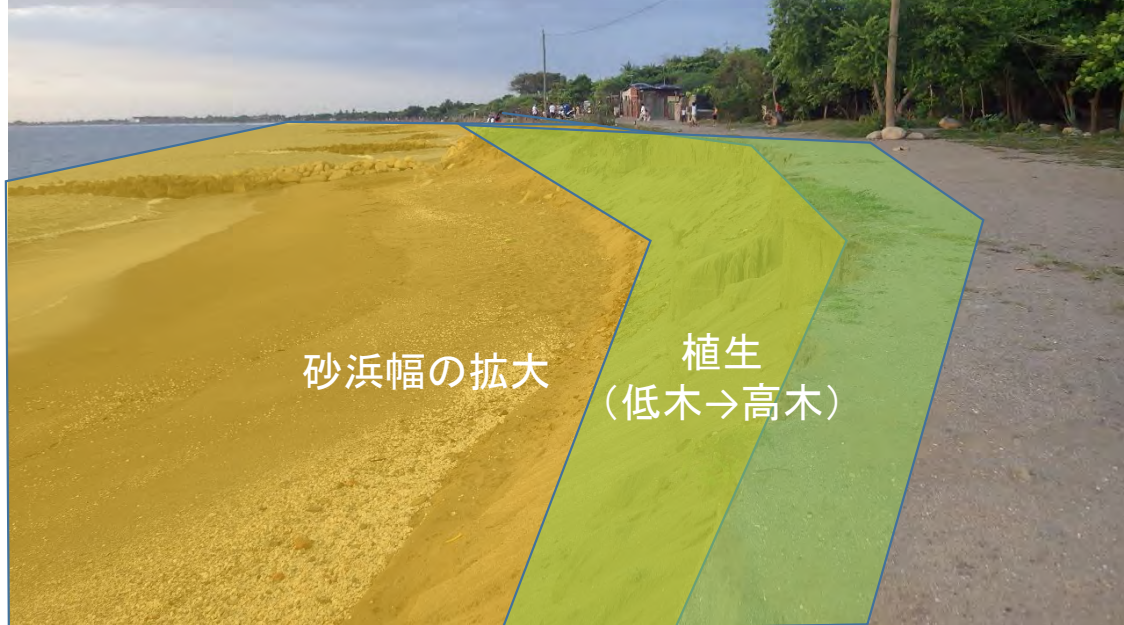
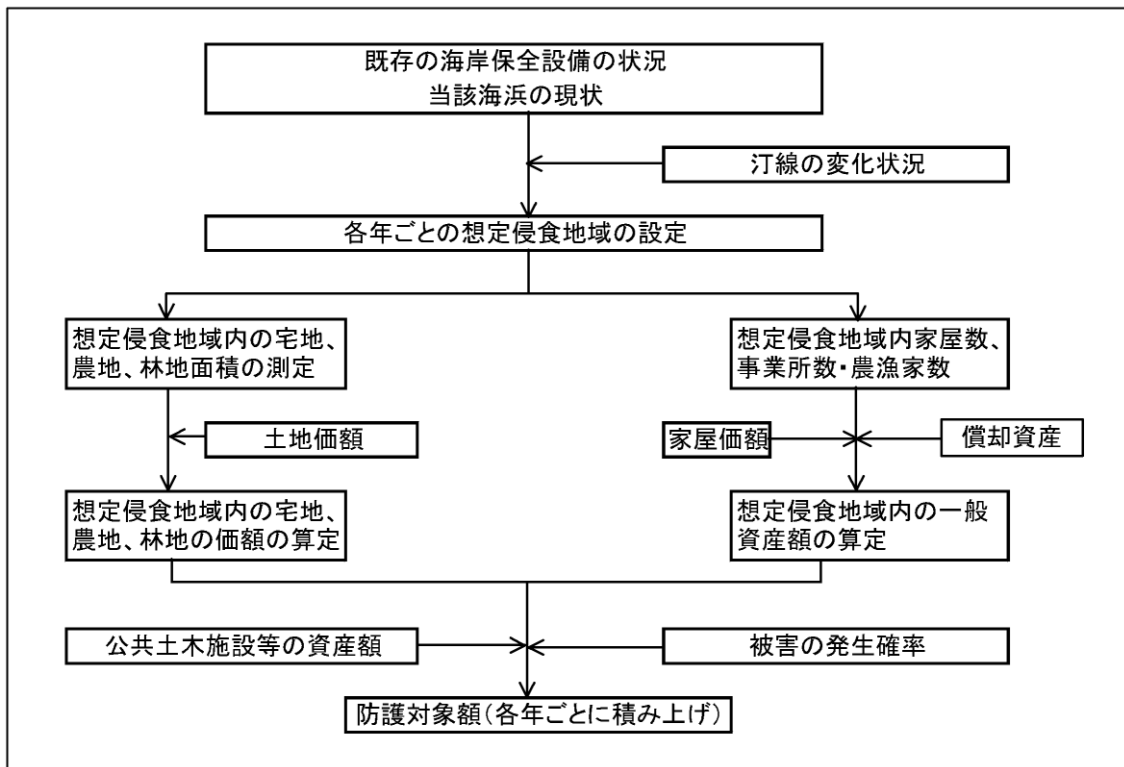


図 3-22 侵食対策イメージ



※「海岸事業の費用便益分析指針」より抜粋

図 3-23 侵食防止便益算定の手順



※「海岸事業の費用便益分析指針」より抜粋

図 3-24 想定侵食地域の設定イメージ





①侵食の計画外力の設定

(過去の汀線位置－現在の汀線位置) ÷ 経過年  
＝侵食速度 (m/年)

※適切な比較年度の設定

②想定侵食域の設定

設定した侵食速度に基づき、事業を実施しない場合の評価対象期間における想定侵食地域を設定する。

③想定侵食地域の資産被害額の算定

- ・ 宅地、農地、林地、道路、砂浜等の面積
- ・ 宅地、農地、林地、道路、砂浜等の土地価
- ・ 海岸保全・海岸利用の便益
- ・ 家屋、公共施設等の被害資産

図 3-25 コリントにおける便益(侵食防止便益)の算定方法

公開されている Google earth の航空写真を使用し、海岸侵食が顕著で無い 2006 年の海岸線(汀線)を基準に 2016 年までの海岸線(汀線)の変遷を図 3-26 に示したように解析し、算定した。

その結果、解析した範囲で消失した砂浜の面積は約 57,000m<sup>2</sup>であった(図 3-31)。

2006 年から 2016 年の間に、平均で最大 54m 海岸線(汀線)が後退し、場所によっては 80m 以上海岸線(汀線)後退した箇所もあった(図 3-32)。

以上の検討結果を基に、図 3-25 に示されている侵食の計画外力である侵食速度を図 3-33 のように 10 カ所で算定し、50 年後の海岸線(汀線)の後退範囲を予測した。

後退範囲内について、公開されているコリントのハザードマップに掲載されている土地利用のゾーニング図を基に、①住宅地+道路、②レクリエーション地域、③混在地域、④工業・商業・サービス施設の面積を算定した。

便益は上の①～④のゾーンに対してニカラグア国で用いられる土地評価の方法で算定された土地評価額を乗じて便益とする。失われた砂浜に戻すために必要な砂の量(養浜量)を投じた時の事業費に対して、上記で得られた便益の比率が 1 以上となるかで評価する。

海岸線の変遷  
2006/3/31

N ←



海岸線の変遷  
2009/7/12

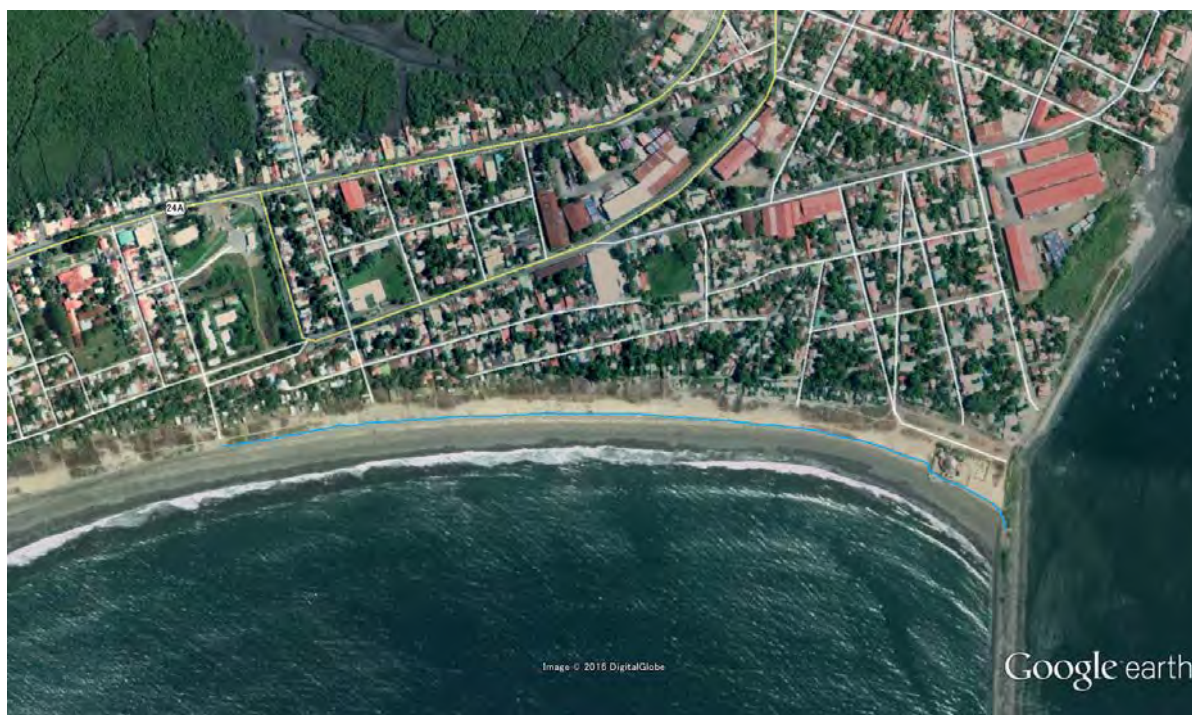
N ←



図 3-26 (1) 海岸線(汀線)の変遷

海岸線の変遷  
2010/12/6

N ←



海岸線の変遷  
2014/3/15

N ←

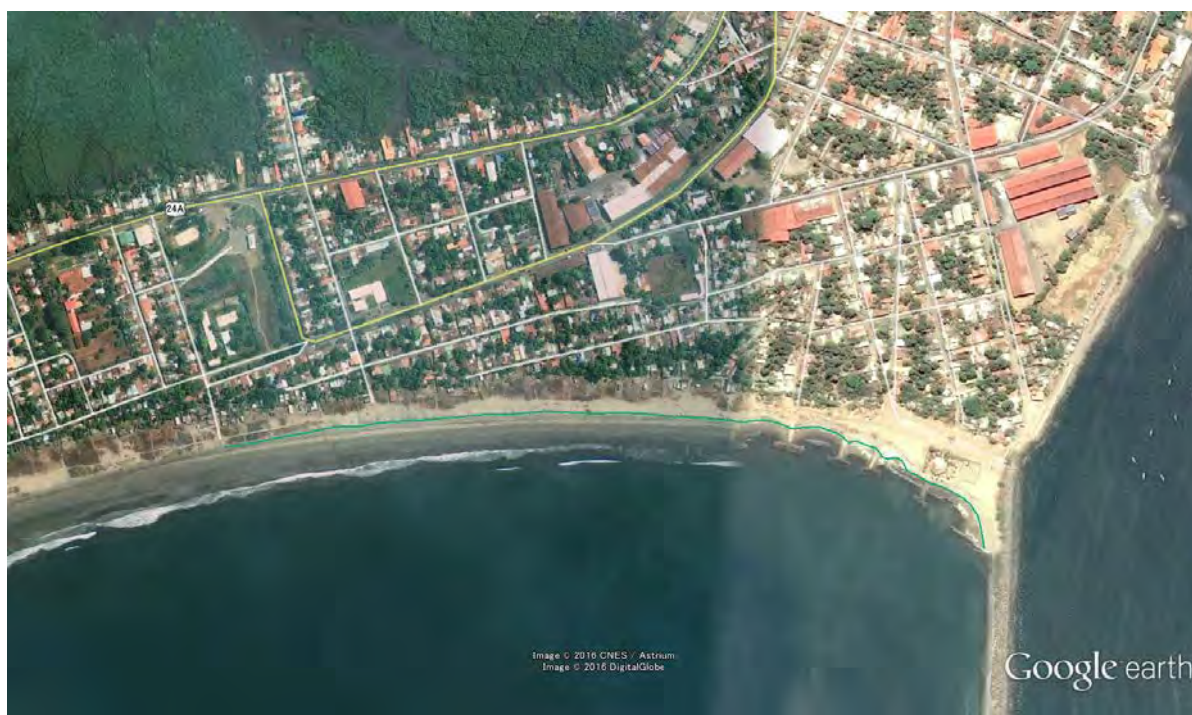


図 3-27 (2) 海岸線(汀線)の変遷

海岸線の変遷  
2014/3/21

N ←



海岸線の変遷  
2015/6/16

N ←



図 3-28 (3) 海岸線(汀線)の変遷

海岸線の変遷  
2015/7/26

N ←



海岸線の変遷  
2015/11/30

N ←



図 3-29 (4) 海岸線(汀線)の変遷

海岸線の変遷  
2016/2/15

N ←



N ←

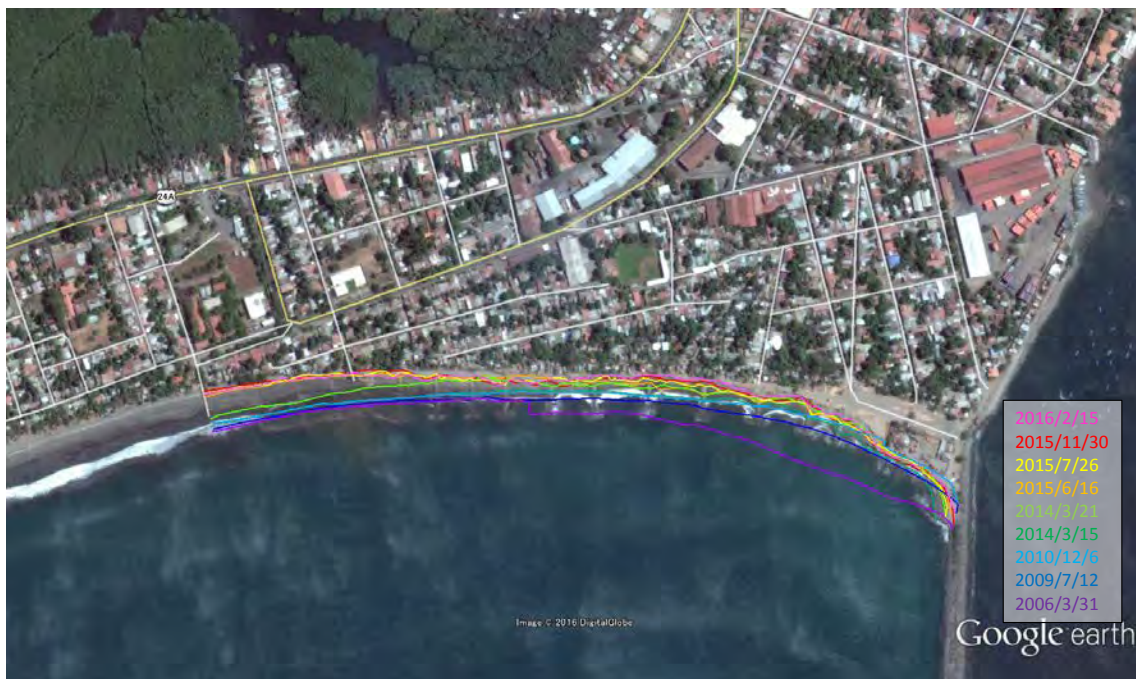


図 3-30 (5) 海岸線(汀線)の変遷



消失した砂浜の面積⇒約57000㎡

図 3-31 2006年3月31日と2016年2月15日(約10年間)の海岸線(汀線)比較

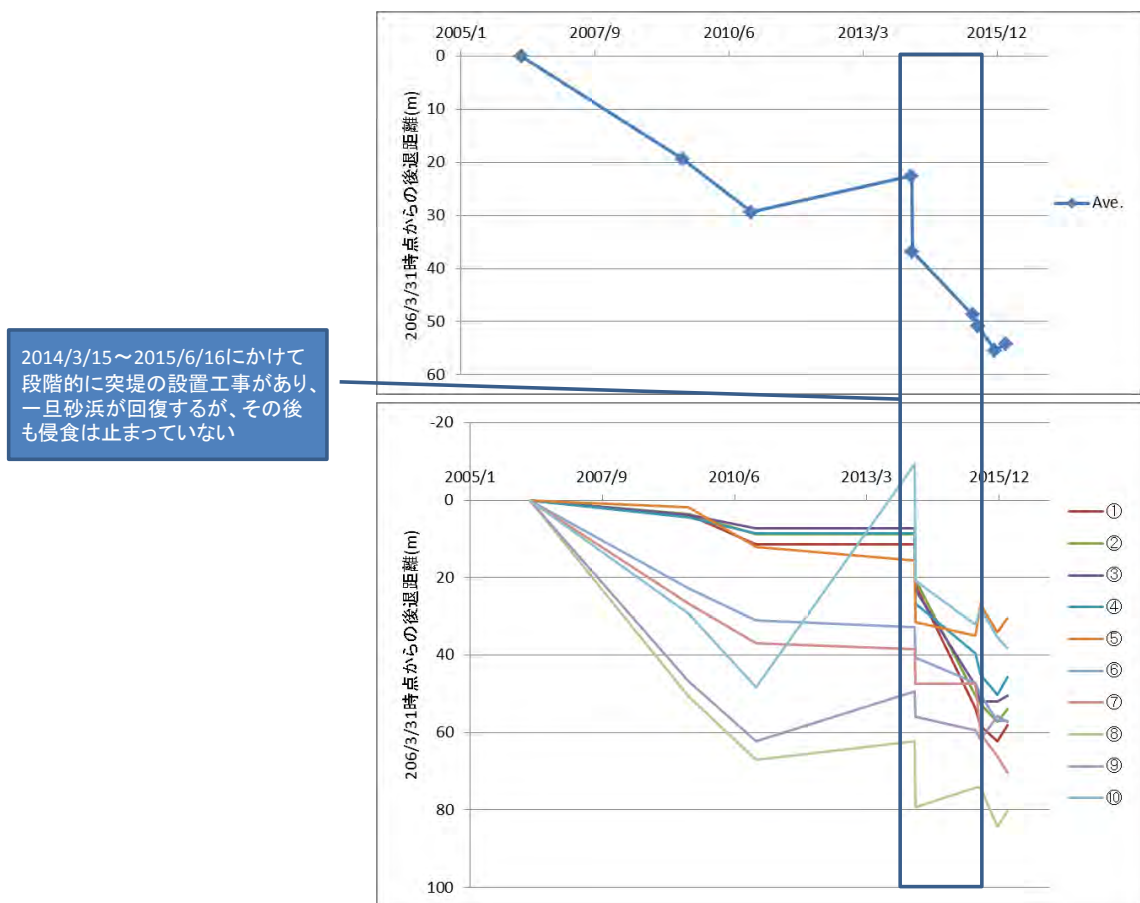


図 3-32 2006年3月31日時点を基準とした海岸線(汀線)後退距離



2006/3/31と2016/2/15の比較により海岸線の後退速度(m/year)を算出し、50年後までに侵食される範囲の予測を行った。

⇒全体の面積 約331,000㎡

そのうち 住宅地+道路:約268,000㎡ レクリエーション地域:約24,000㎡  
混在地域:約9000㎡ 工業・商業・サービス施設:約31,000㎡

図 3-33 50年後(2066年2月)の海岸線(汀線)後退範囲予測

## 2) 面積、事業費

失われた砂浜に対し、海岸侵食対策として「養浜」を行うことを想定した。

・失われた砂浜面積：約 57,000 m<sup>2</sup>

作業項目	事業規模	単価/m <sup>3</sup>	計
養浜	85,500 m <sup>3</sup>	0.2 万円	171 百万円

事業規模については、失われた砂浜面積（約 57,000 m<sup>2</sup>）に高さ 3m の直角三角形の断面を想定して推定した。（ただし、実際は歩留まり等も考慮する必要があり、それらはシミュレーションにより維持養浜の必要性も併せて検討するのが通常。）

単価は日本国内での一般的な数値を用いた。



### 3.3.9 社会・経済便益評価

#### (1) ブルーフィールズ（東西横断道沿線）における社会・経済便益評価

##### 1) 対策シナリオに基づく条件設定

社会・経済便益評価ではすべての評価項目について対策による効果発現のタイミングと評価対象期間を定めた上で、評価対象期間内の便益の集計値を計算する。対策シナリオでは、主にブルーフィールズ道路と交わる河川の流域における土砂流出の防止、洪水防止を目的とした山地への植林と、住民の生計を確保しつつ環境保全を図るアグロフォレストリーを組み合わせた対策を提案する。植林に用いる樹種の特徴や地域特性から、効果発現年と評価期間を次のように設定した。また、社会的割引率も設定した。

- ・効果発現年：4~11年

- （ユーカリ植栽箇所は4年、チーク植栽箇所は11年として計算）

- ・評価期間：30年

- ・社会的割引率：4%

##### 2) 評価項目の特定

Bluefields の対策シナリオでは、事業計画としてユーカリとチークの根植による植林 500ha およびアグロフォレストリーを 500ha (植林効果は 100ha と算定) 実施することとするため、対策毎に評価を実施した (表 3-36)。

表 3-36 ブルーフィールズの対策シナリオ

対策シナリオ・候補サイト	Bluefields
対策の内容 (案)	森林造成+アグロフォレストリー
整備面積 (ha)	1,000

評価対象とする便益項目			
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	○	
	2 土砂流出防止	○	
	3 洪水防止	○	
	4 海岸侵食防止	-	
	5 津波・高潮被害防止	-	
平時の便益	市場財	6 木材供給	○
		7 燃料供給	-
		8 NTFP 供給	○(パパイヤ)-
		9 漁業資源供給	-
		10 流域貯水	○
	非市場財	11 水質浄化	-
		12 炭素固定	○
		13 気候緩和	-
		14 文化的価値	定性評価
		15 生物多様性	定性評価

### 3) 社会・経済便益の定量評価

表 3-36 に定量評価の対象とした各評価項目について、「林野公共事業における事業評価マニュアル」(林野庁, 2014)に準拠した定量評価のために必要なデータと、本調査で活用したデータソースを表 3-37 に示した。表の右端の「現」はプロジェクトサイト又は相手国における情報を取得したことを意味し、「日」は日本の数値を適用したものを示している。評価に際して、可能な限り現地で取得した情報を活用したが、現地で入手できなかったものについては 1)文献調査により、現地の数値または類似する地域での数値、または 2)日本の数値を援用した。

表 3-37 定量評価に必要な数値とデータソース

評価項目	必要なデータ	データソース	
①土砂崩壊防止	Y：評価対象期間（年）	対策シナリオ	現
	T：事業実施後効果が発現するのに必要な年数（年）	対策シナリオ	現
	V：崩壊見込み量（m <sup>3</sup> /ha/年）	林野マニュアル	日
	U：1 m <sup>3</sup> の土砂を保全するために要する単位当たりの砂防ダム建設コスト（円/m <sup>3</sup> ）	砂防便覧	日
②土砂流出防止	U：1 m <sup>3</sup> の土砂を保全するために要する単位当たりの砂防ダム建設コスト（円/m <sup>3</sup> ）	砂防便覧	日
	V1：事業実施前における1 ha当りの年間浸食土砂量（m <sup>3</sup> ）	林野マニュアル	日
	V2：事業実施後における1 ha当りの年間浸食土砂量（m <sup>3</sup> ）	林野マニュアル	日
	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数	対策シナリオ	現
Y：評価期間	対策シナリオ	現	
③洪水防止	U：治水ダム単位雨量流出量当り年間減価償却費（円/m <sup>3</sup> /sec）	ダム年鑑 2016	日
	f1：事業実施前の流出係数	対策シナリオ	現
	f2：事業実施後、t年経過後の流出係数	対策シナリオ	現
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数	対策シナリオ	現
	$\alpha$ ：100年確率時雨量（mm/h）	現地調査	現
	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現
Y：評価期間	対策シナリオ	現	
⑦燃料供給	Y：評価期間	対策シナリオ	現
	Vt：t年後における伐採材積（m <sup>3</sup> ）	対策シナリオ	現
	@：薪市場価格（円/m <sup>3</sup> ）	現地調査	現
⑧NTFP供給	Y：評価期間	対策シナリオ	現
	Vt：t年後における収穫量（Kg）	対策シナリオ	現
	@：市場価格（円/Kg）	文献調査	現
⑫流域貯水	A：事業対象区域面積（ha）	対策シナリオ	現
	P：年間平均降雨量（mm/年）	現地調査	現
	D1：事業実施前の貯留率	林野マニュアル	日
	D2：事業実施後、t年経過後の貯留率	林野マニュアル	日
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数	対策シナリオ	日
	U：開発流量当りの利水ダム年間減価償却費（円/m <sup>3</sup> /sec）	ダム年鑑	日
Y：評価期間	対策シナリオ	現	
⑭炭素固定	U：二酸化炭素に関する原単位（円/CO <sub>2</sub> -ton）	林野マニュアル	現
	V1：事業を実施しない場合の評価最終年の当該森林の見込	林野マニュアル	日

評価項目	必要なデータ	データソース
	蓄積量 (m <sup>3</sup> )	
	V2: 事業を実施する場合の評価最終年の当該森林の見込蓄積量(m <sup>3</sup> )	林野マニュアル 日
	Y: 評価期間	対策シナリオ 現
	D: 容積密度 (t/m <sup>3</sup> )	林野マニュアル 日
	BEF: バイオマス拡大係数 (地上部/幹バイオマス量)	林野マニュアル 日
	R: 地上部に対する地下部の比率 ( 地下部/地上部バイオマス量)	林野マニュアル 日

これらの項目に基づく定量評価の結果を表 3-38 に示す。

表 3-38 ブルーフィールドズの評価結果

(単位: 百万円)

評価項目	評価方法	ブルーフィールドズ		
防災・減災便益	①土砂崩壊防止	A'	1,143.4	
	②土砂流出防止	A'	2,743.9	
	③洪水防止	A'	1,574.3	
	④海岸浸食防止	-		
	⑤津波・高潮被害防止	-		
小計		5,461.6		
平 時 の 便 益	市場財	⑥木材供給	A	95.2
		⑦燃料供給	-	
		⑧NTFP 供給	A	25.1
	非市場財	⑨漁業資源供給	-	
		⑩流域貯水	A'	151.9
		⑪水質浄化	-	
		⑫炭素固定	A'	534.9
		⑬気候緩和	-	
		⑭文化的価値	-	
		⑮生物多様性	-	
小計		807.1		
総計		6,268.7		

(凡例) A: 日本の便益計算式 (林野等) に現地データを内挿して計算

A': 現地データ中心、一部日本の原単位を援用

#### 4) 定性評価

建設中の道路周辺はすでに牧草地や畑が広がっており、生物多様性が低い状況であるが、ブルーフィールズ市近郊の沿岸部にあるラムサールサイト「Sistema de Humedales de la Bahía de Bluefields」は86,501haの広大な湿地を抱え、様々な動植物が生息している。

- 哺乳類：ジャガー(*Pantera onca*)、バク(*Tapirus bairdii*)、ホエザル(*Alouatta fusca*)、オセロット猫(*Leopardus pardalis*)
- 鳥類：ワシントン条約で絶滅のおそれのある種(附属書I)に登録されている鳥であるズグロハゲコウ(*Jabiru mycteria*)も確認されている。

対策シナリオでは特定の対策場所を設定していないが、湿地帯付近の道路周辺を対象とした植林の場合、土砂流失防止効果が高まることにより、生物多様性の価値およびレクリエーションの価値が高まることが期待できる。

#### 5) 費用対便益評価

対策シナリオより、事業費は下記の通り総額130.5百万円と見積もられている。

- ▶ ユーカリとチークの根植による植林：111.5百万円
- ▶ シルボパストラルを含むアグロフォレストリー：19百万円

流域貯水便益に日本の利水ダム建設費の値を用いており便益が高く評価されている可能性があるため、流域貯水機能を除いた。表3-38で示した算定額を用いると、費用対便益は48.0となった。

$$B/C = 6,268.7 \text{ 百万円} / 130.5 \text{ 百万円} = 48.0$$

#### 6) 評価結果に係る考察

全般的に便益が高く評価されている傾向があると考察される。土砂崩壊防止や土砂流出防止、洪水防止の各便益については日本のダム建設コストや減価償却費の値を用いているため、現地通貨を考慮した標準化が必要であると考えられる。

#### (2) コリントにおける社会・経済便益評価

##### 1) 対策シナリオに基づく条件設定

社会・経済便益評価ではすべての評価項目について対策による効果発現のタイミングと評価対象期間を定めた上で、評価対象期間内の便益の集計値を計算する。

対策シナリオでは、失われた砂浜に対し、海岸侵食対策として養浜を行うことを提案する。「海岸事業の費用便益分析指針」を参考に、評価期間、社会的割引率を以下のとおり設定した。

- ・評価期間：50年
- ・社会的割引率：4%

## 2) 評価項目の特定

コリントの対策シナリオでは、失われた砂浜（約 57,000 m<sup>2</sup>）に対し、海岸侵食対策として「養浜」（85,500 m<sup>3</sup>）を行うこととするため、これについて評価を実施した。

表 3-39 コリントの対策シナリオ

対策シナリオ・候補サイト	コリント
対策の内容（案）	養浜
整備面積（ha）	5.7

評価対象とする便益項目			
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	—	
	2 土砂流出防止	—	
	3 洪水防止	—	
	4 海岸侵食防止	○	
	5 津波・高潮被害防止	—	
平時の便益	市場財	6 木材供給	—
		7 燃料供給	—
		8 NTFP 供給	—
		9 狩猟	—
		10 漁業資源供給	○
		11 観光資源	○
	非市場財	12 流域貯水	—
		13 水質浄化	—
		14 炭素固定	—
		15 気候緩和	—
		16 文化的価値	○
		17 生物多様性	—

### 3) 社会・経済便益の定量評価

表 3-39 に定量評価の対象とした各評価項目について、「海岸事業の費用便益分析指針（改訂版）」（国土交通省・農林水産省,2004）や TEEB データベースを活用した定量評価のために必要なデータと、本調査で活用したデータソースを表 3-40 に示した。表の右端の「現」はプロジェクトサイト又は相手国における情報を取得したことを意味し、「日」は日本の数値を適用したものを示している。評価に際して、可能な限り現地で取得した情報を活用したが、現地で入手できなかったものについては 1) 文献調査により、現地の数値または類似する地域での数値、または 2) 日本の数値を援用した。

表 3-40 定量評価に必要な数値とデータソース

評価項目	必要なデータ	データソース	
④海岸侵食防止	A：浸食想定範囲の土地利用区分ごとの面積 (ha)	対策シナリオ	現
	V：土地利用区分ごとの資産価値 (万円/ha)	現地ヒアリング情報	現
⑩漁業資源供給	A：事業対象区域面積 (ha)	対策シナリオ	現
	X：TEEB database の原単位 (USD/ha/年)	TEEB database	—
⑪観光資源	A：事業対象区域面積 (ha)	対策シナリオ	現
	X：TEEB database の原単位 (USD/ha/年)	TEEB database	—
⑯文化的価値	A：事業対象区域面積 (ha)	対策シナリオ	現
	X：TEEB database の原単位 (USD/ha/年)	TEEB database	—

### 【海岸侵食防止】

土地利用区分ごとの資産価値については、推測・算定が困難であったことから、現地住民のコメントや文献情報を参考に推測した土地価格を用いた。

#### ① 農村部住民コメントからの推測

##### ■土地価格に関する農村部 (El Guyado (El Sauce 市) の住民コメント

- 6年前土地 1/2Mz を 6000C\$ で購入した。
- 今は土地の価格は2倍になっている。

したがって、農村部の現在の土地価格 (推測値) は、以下のとおりとなる。

- 農村部 (6年前) 1Mz = 12,000 C\$
- 農村部 (現在) 1Mz = 24,000 C\$

##### ■基礎データ

- 1C\$ = 3.54 JPY
- 1Mz ≒ 0.7ha

以上より、

- 1Mz = 24,000 C\$
- 0.7ha = 24,000 × 3.54 JPY = 84,960 JPY
- 1 ha = 121,371 JPY
- 農村部 (現在) : 約 12 万円/ha



② 文献情報からの推測

文献 (<http://www.globalpropertyguide.com/Latin-America/Nicaragua/Price-History>) には、レオン市の海岸沿いにある牧場の価格に関して以下のような情報がある。レオン市はコリントが含まれるチナンデガ市の隣に位置している。

“Leon still offers beachfront for as low as US\$7 a square foot or small bungalows for US\$30,000. A US\$225,000 100-acre ranch is for sale just five minutes driving distance from the beach, offering the perfect mix of topography, access and privacy for a high-end oceanside development.”

上記は牧場に関する記述であるが、ビーチに近い土地であることから、コリントの浜辺沿いの住宅地価格に近いと想定できる。このことから、以下のとおり、コリントの住宅地の土地価格を導き出した。

- 牧場 100-acre = 225,000 USD
- 1 acre=0.4047ha であるため、
- $100 \times 0.4047\text{ha} = 225,000 \text{ USD}$
- $1\text{ha} = 5,560 \text{ USD}$
- $1\text{USD}=112 \text{ 円}$  とすると
- $1\text{ha} = 62.3 \text{ 万円}$

市部住宅地 (現在) : 約 60 万円/ha

したがって、本評価ではコリントの住宅地価格の仮の値として 60 万円/ha を用いて計算する。

浸食想定範囲の土地利用区分	面積	単価/ha	計
住宅地+道路	26.8 ha	60 万円	1,608 万円
レクリエーション地域 (住宅地の2倍)	2.4 ha	120 万円	288 万円
混在地域 (住宅地の1.5倍)	0.9 ha	90 万円	81 万円
工業・商業・サービス施設 (住宅地の2倍)	3.1 ha	120 万円	372 万円
合計	33.1 ha	—	2,349 万円

**【漁業資源供給】**

TEEB database の shores の原単位を用いた。

ES カテゴリ	評価手法	国	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位
Fish	Direct market pricing	Philippines	Asia	Lower Middle	High	20	USD/ha/yr

$$5.7 \text{ (ha)} \times 20 \text{ (USD/ha/yr)} \times 50 \text{ (yr)} = 5,700 \text{ (USD)}$$

【概算値：社会的割引率未考慮】

$$5,700 \text{ (USD)} \times 112 \text{ 円/USD} = 638,400 \text{ 円} = \underline{\text{約 64 万円}}$$

### 【観光資源】

TEEB database の shores の原単位を用いた。

ES カテゴリ	評価手法	国	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位
Recreation	Benefit Transfer	Spain	Europe	High	Low	36,687	USD/ha/yr
Tourism	Direct market pricing	Philippines	Asia	Lower Middle	High	179	USD/ha/yr
Tourism	Travel Cost	United States of America	Americas	High	Low	21,663,729	USD/ha/yr

ここでは、①Tourism のみ評価、②Tourism・Recreation とも評価、の2ケースに分けて試算を行った。なお、Tourism については過大評価を避けるため、低い方 (=Philippines) の原単位を用いた。

－ Tourism のみ評価

$$5.7 \text{ (ha)} \times 179 \text{ (USD/ha/yr)} \times 50 \text{ (yr)} = 51,015 \text{ (USD)} \text{ 【概算値：社会的割引率未考慮】}$$

$$51,015 \text{ (USD)} \times 112 \text{ 円/USD} = 5,713,680 \text{ 円} = \underline{\text{約 571 万円}}$$

－ Tourism・Recreation とも評価

$$5.7 \text{ (ha)} \times (36,687 + 179) \text{ (USD/ha/yr)} \times 50 \text{ (yr)} = 10,506,810 \text{ (USD)} \text{ 【概算値：社会的割引率未考慮】}$$

$$10,506,810 \text{ (USD)} \times 112 \text{ 円/USD} = 1,176,762,720 \text{ 円} = \underline{\text{約 117,676 万円}}$$

### 【文化的価値】

TEEB database の shores の原単位を用いた。

ES カテゴリ	評価手法	国	地域	所得水準	人口密度	原単位	単位
Cultural values [unspecified]	Benefit Transfer	Spain	Europe	High	Low	59	USD/ha/yr

$$5.7 \text{ (ha)} \times 59 \text{ (USD/ha/yr)} \times 50 \text{ (yr)} = 16,815 \text{ (USD)}$$

【概算値：社会的割引率未考慮】

$$16,815 \text{ (USD)} \times 112 \text{ 円/USD} = 1,883,280 \text{ 円} = \underline{\text{約 188 万円}}$$

これらの項目に基づく定量評価の結果を表 3-41 に示す。

表 3-41 コリントの評価結果

評価対象とする便益項目		評価結果 (万円)			
		①Tourism のみ評価	②Tourism・Recreation とも評価		
防災・減災便益	1 土砂崩壊防止	—	—		
	2 土砂流出防止	—	—		
	3 洪水防止	—	—		
	4 海岸侵食防止	2,349	2,349		
	5 津波・高潮被害防止	—	—		
平時の便益	市場財	6 木材供給	—	—	
		7 燃料供給	—	—	
		8 NTFP 供給	—	—	
		9 狩猟	—	—	
		10 漁業資源供給	64	64	
		11 観光資源	571	117,676	
		非市場財	12 水資源貯留	—	—
			13 水質浄化	—	—
			14 炭素貯留	—	—
	15 微気象緩和		—	—	
	16 文化的価値		188	188	
	17 生物多様性		—	—	
	合計		3,172	120,277	

#### 4) 費用対便益評価

対策シナリオより、養浜の事業費は 171 百万円と見積もられている。

上記の便益算定結果から、費用対便益は 0.19~7.03 となった。

##### — Tourism のみ評価

$$B/C = 31,720,000/171,000,000 = 0.185$$

##### — Tourism・Recreation とも評価

$$B/C = 1,202,770,000/171,000,000 = 7.03$$

#### 5) 評価結果に係る考察

「観光資源」の評価の方法により大幅に数値が異なる結果となった。Tourism・Recreationとも評価した場合には、ブルーフィールドと同様に、全般的に便益が高く評価される傾向であったが、Tourismのみの評価では、そのような傾向は見られなかった。

今回の試算にあたり、ニカラグア国周辺またはニカラグア国と類似する社会経済情勢である地域の原単位を使用することを試みたものの、TEEBdatabaseにこのような原単位が掲載されていなかったことから、次善策としてヨーロッパやアジアなどの地域で算定された原単位を流用する方法を用いた。このことが、便益が高く評価される原因となっている可能性もあることから、今後は評価対象地の現状や観光資源としてのポテンシャルを踏まえた適切な原単位設定が必要であると考えられる。

また、事業費の算定に日本での直接工事費(諸経費等を含めず)の単価を使用している点も今後の課題として挙げられる。

## 第4章 考察および提言

### 4.1 調査結果についての考察

第2章、第3章に述べてきたように、本調査では JICA による過去の関連事業の成果を防災機能以外のその他便益の定量化も含めて Eco-DRR の効果を検討・評価した。さらに、今後の Eco-DRR に関する協力案件の形成に向けた基礎的な情報を行うことを目的として、次の3点の調査・分析を行った。

- JICA の自然環境分野における災害対策又は生態系保全・再生等に関する過年度事業（20件）について、生態系の防災・減災機能とその他の多面的機能の社会・経済便益の評価を行うことにより、Eco-DRR の観点からの効果と効率性を分析した。
- その他の国内・海外の先進事例の調査又は評価により、Eco-DRR の特徴を把握するとともに、その評価方法について検討・整理した。
- マケドニア国、ニカラグア国の2カ国の現地調査を行い今後の Eco-DRR に関する案件形成に向けた基礎情報を整理するとともに、具体的な Eco-DRR による対策シナリオを検討し、対策シナリオごとの社会・経済便益評価を試行した。

調査・分析に際しては一貫して表4-1に示す5段階の手順を踏んだ。この結果に基づいて、災害リスクごとにその防止又は低減に効果を発揮する生態系や対策との組み合わせ（手順①、②、③に該当）、Eco-DRR の考え方に基づく対策の社会・経済便益評価の方法と結果（手順④、⑤）、ならびに評価の結果について以下に考察する。

表 4-1 調査・分析の手順

- |                                |
|--------------------------------|
| ① 災害リスクの把握（危険な自然現象、暴露、脆弱性）     |
| ② 災害の防止やリスク低減に効果を発揮する生態系の特徴の把握 |
| ③ 対策シナリオの作成                    |
| ④ 生態系の防災・減災機能の評価               |
| ⑤ 生態系の平時の多面的価値の評価（市場財・非市場財）    |

#### 4.1.1 基本的な考え方

##### (1) 防災・減災を目的とした生態系の活用方法

環境省「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」（環境省自然環境局，2016 pp38-41）によると、生態系を活用した防災・減災を検討する際に重要なことは、危険な自然現象への人命・財産の暴露を回避することであり、緩衝帯および緩衝材の役割を担う生態系や災害に脆弱な土地を特定し、空間計画を立てることである。空間計画の策定に当たっては、湿地、氾濫原、塩性湿地や干潟などは自然や人的攪乱を受けやすい地域は、保護地域に指定することも必要である。

ドイツ災害対策委員会（DKKV）が示している「洪水危機管理サイクル」では、災害発

生前の対策として、空間的対策が最初にあり、自然資本的対策による対策を施した後に、堤防、治山ダムなど人工構造物の建設的な対策が位置づけられている。



図 4-1 自然災害危機管理サイクル

防災・減災機能の発揮を目的とした生態系の活用方法は表 4-2 にあるように 4 つの類型に分類できる。これまでの事例では、空間計画に加え、生態系の保全・管理や再生、人工構造物と生態系との融合が、現地の状況に合わせて適用されている。沿岸生態系については、マングローブ林の保全・管理又は再生による津波・高潮・高波対策の効果が認められているほか、海岸林による強風・飛砂の緩和、養浜と海岸植生の整備（人工構造物と生態系の融合）による海岸侵食防止効果が検討されている。

表 4-2 防災・減災を目的とした生態系の活用方法

活用手法	内容
現存の生態系の保全・管理	現存の生態系が期待する機能を発揮できるよう、保護地域の設定や適切な維持管理体制の構築等により、健全な状態に保全・管理する。
劣化した生態系の再生	自然再生などにより、劣化した生態系を健全な状態に再生する。
新たな生態系の造成	海岸防災林など防災・減災の機能の発揮を目的として新たな生態系を造成する。
人工構造物と生態系の融合	防災・減災機能の補強や生態系の保全・再生など地域が必要とする機能を発揮させるよう人工構造物と①～③を融合して用いる。

出典：環境省（2016）

## (2) 防災・減災機能タイプ

Eco-DRR の案件は、生態系の多面的機能のうち、防災・減災機能と、その他の機能のどちらを主とし、従とするかにより、大きく以下の二つのタイプに分類することができる。

- ① 自然災害に生態系の防災・減災機能を用いて対応することを主とするが、同時に生態系の多面的機能の発揮による様々な便益を得るもの（以下、「災害対応型」という。）
- ② 生態系の多面的機能を活用した気候変動適応や生態系の保全、貧困対策などへの対応に当たり、生態系の有する防災・減災機能の発揮をプロジェクトの一要素として位置付けるもの（以下「付加価値型」という。）

後者（付加価値型）については、社会・経済の持続的発展のために対処療法的な事後対策だけでなく、積極的・総合的に事前対応を推進することが重要であるとする、「防災の主流化」に向けた取組である。

一方、前者（災害対応型）についても、Eco-DRR が生態系の多面的機能を総合的に発揮させるという特徴を内包していることから、災害への対応のみではなく、気候変動対応や生物多様性の保全、貧困対策などへの対応も内包した地域全体の持続的発展を目的とする広がりも有している。

これらの類型化に当たり、防災・減災機能とその他の多面的機能の重みづけに明確な基準を設けることは困難であり、両者の重みづけは同等といった場合もあり得る。重要な点は、Eco-DRR の新規案件形成に当たっては、両方のアプローチを念頭に検討していくことである。つまり、災害対応型は、Eco-DRR の防災減災面を重視した案件形成を主に狙ったものであり、付加価値型は、REDD+や保護区管理の案件において、防災・減災機能の強化を狙った取組であるとも整理できる。

## (3) 対策シナリオの作成

Eco-DRR の定義に記述したように、Eco-DRR の要点は、自然災害への暴露を低減し、かつ生態系が有する機能を活かして災害に対する社会の脆弱性を低減すると同時に、生物多様性や生態系サービスの保全や持続可能な利用を実現することにある。さらに、特に JICA による支援の対象となる開発途上国の開発ニーズや、ここ数年で顕著になりつつある気候変動への適応に生態系が果たす役割への期待も踏まえ、PEDRR（2010）の提案する枠組に示された3つの要素（図 4-2）の相補関係をいかに最大化した Eco-DRR の案件形成や、REDD+や保護区管理、生計向上、流域管理等の自然環境分野のプロジェクト等、森林等の生態系が関係するプロジェクトにおいても、生態系の多面的な便益を発揮させる取組を推進する取組が、Eco-DRR の実施に向けた基本姿勢となることが望ましい。

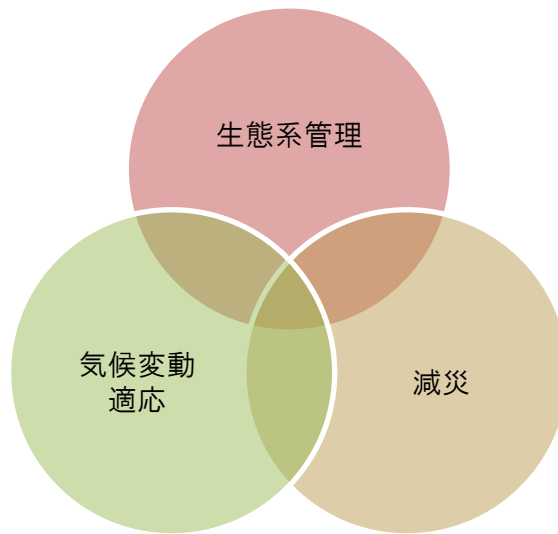


図 4-2 PEDRR による Eco-DRR の概念 (PEDRR, 2010)

#### 4.1.2 既往事例の取組の特徴

##### (1) 既往事例の取組の概要

調査・分析の対象とした事例や対策シナリオについて、災害の種類とその防止又は低減効果を発揮する生態系、対策との組み合わせを表 4-3 に整理した。

表 4-3 災害の種類と生態系毎の Eco-DRR 活用類型

災害種	生態系の活用類型	沿岸・海洋の生態系				流域の生態系		山地の生態系
		海岸林	サンゴ礁	沿岸湿地	砂浜	水源林	内陸湿地	森林
津波・高潮被害の緩和	①既存の生態系の保全・管理	11						
	②劣化した生態系の再生	13,14						
	③新たな生態系の造成	12						
	④人工構造物と生態系の融合	25			28			
	⑤空間的対策、避難対策、情報対策							
洪水・渇水の緩和	①既存の生態系の保全・管理					1,7	15	
	②劣化した生態系の再生					2,3,4,20,27		



災害種	生態系の活用類型	沿岸・海洋の生態系				流域の生態系		山地の生態系
		海岸林	サンゴ礁	沿岸湿地	砂浜	水源林	内陸湿地	森林
	③新たな生態系の造成					5		
	④人工構造物と生態系の融合					6,24,26		
	⑤空間的対策、避難対策、情報対策							
山地災害防止	①既存の生態系の保全・管理							
	②劣化した生態系の再生							27
	③新たな生態系の造成							10
	④人工構造物と生態系の融合							8,9,21,22,23,26,
	⑤空間的対策、避難対策、情報対策							21,22,23
森林火災対策	①既存の生態系の保全・管理							16
	②劣化した生態系の再生							
	③新たな生態系の造成							
	④人工構造物と生態系の融合							
	⑤空間的対策、避難対策、情報対策							17,18,19,20

\*表中の番号(1,2,3・・・)は、表 4-4 の番号と対応している。

表 4-4 本案件で調査分析した事例の名称と番号対応表

番号	プロジェクト名
1	ベトナム国 北部荒廃流域天然林回復計画
2	ドミニカ共和国 サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画
3	パナマ国 パナマ運河流域保全計画
4	パナマ国 アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発
5	ガーナ国 移行帯参加型森林資源管理計画
6	中華人民共和国 四川省モデル森林造成計画

番号	プロジェクト名
7	ネパール国 地方行政強化を通じた流域管理向上
8	チリ共和国 半乾燥地治山緑化計画
9	中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画
10	ニカラグア国 住民による森林管理計画
11	フィリピン国 統合的沿岸生態系保全適応管理
12	ベトナム国 第2次中南部海岸保全林植林計画
13	ミャンマー国 エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画
14	インドネシア国 マングローブ生態系保全と持続的な利用の ASEAN 地域における展開
15	イラン国 アンザリ湿原環境管理
16	マケドニア国 森林火災危機管理能力向上
17	インドネシア国 森林火災予防計画Ⅱ
18	インドネシア国 森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画
19	インドネシア国 泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化
20	ベトナム国 森林火災跡地復旧計画
21	日本国 田上山の治山事業
22	日本国 六甲山の治山事業
23	日本国 鶏籠山国有林の保安林改良事業
24	日本国 高柳川下流森林計画区
25	日本国 庄内海岸防災林造成事業
26	マケドニア森林整備シナリオ
27	ニカラグア国 森林保全シナリオ
28	ニカラグア国 養浜シナリオ

災害の種類と生態系の活用類型の組み合わせに対応する事例や対策シナリオの詳細を表4-5に示した。この整理によると、土砂崩壊・流出、洪水、強風・飛砂に対しては森林が、津波・高潮・高波に対しては陸水（マングローブ林、沿岸湿地）が、海岸浸食に対しては養浜が防災・減災手段として用いられている。

表 4-5 各事例・シナリオが対象とする災害の種類と生態系との組み合わせと実施又は提案された対策の概要

災害の種類	生態系	生態系の活用類型*	対策	事例・対策シナリオ
山地災害、洪水・渇水・流域災害	山地生態系、流域生態系（水源林・内陸湿地等）	人工構造物と生態系の融合	崩壊地の森林復旧技術	中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画
		生態系の再生	造林技術（植生筋工）、育苗	ニカラグア国 住民による森林管理計画
		生態系再生	薪炭林の造成、畑周辺の植林、苗畑、等高線栽培、テラス栽培、水田	パナマ国パナマ運河流域保全計画
		人工構造物と生態系の融合	育苗、造林、簡易治山、普及、地元農民による造林	中華人民共和国 四川省モデル森林造成計画
		空間計画・人工構造物と生態系の融合	土砂流出防備保安林、保健保安林、砂防指定地、鳥獣保護区、自然休養林、県立自然公園、植栽・床固工・遊歩道設置等	田上山の治山事業
		空間計画・人工構造物と生態系の融合	緑化事業、民有林治山事業、国立公園、保安林、砂防指定地、急傾斜地崩壊危険区域、近郊緑地保全区域、記念物等	六甲山の治山事業
山地災害	山地生態系	人工構造物と生態系の融合	治山技術、緑化造林技術、育苗技術	チリ共和国 半乾燥地治山緑化計画
		生態系造成	森林保全計画策定、森林保全外周部グリーンベルトの設置	ガーナ国 移行帯参加型森林資源管理計画
		生態系保全・管理	土壌保全活動、過剰伐採の防止	ネパール国地方行政強化を通じた流域管理向上
		生態系再生	植林、天然更新等造林技術、苗木生産	ベトナム国北部荒廃流域天然林回復計画
		生態系再生	植林、育苗技術、焼畑からの転換、アグロフォレストリー、簡易灌漑農業	ドミニカ共和国 サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画
		空間計画・人工構造物と生態系の融合	治山事業（間伐）、土砂流出防備保安林、保健保安林、自然観察教育林	鶏籠山国有林
		人工構造物と生態系の融合	植栽、治山ダム、鉄線かご等	マケドニア森林整備シナリオ（ボドノ山、テトボ、デバルス湖、ビトーラ、ラドビシュ、ステイップ）
		生態系の再生	森林造成・アグロフォレストリー導入	ニカラグア森林保全シナリオ（ブルーフィールド）
洪水・渇水・流域災害	流域生態系（水源林・内陸湿地）	生態系再生	農林業生産技術	パナマ国アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発
		生態系再生	デモンストレーションファーム、技術研修、ア	ベトナム国 森林火災跡地復旧計画

災害の種類	生態系	生態系の活用類型*	対策	事例・対策シナリオ
	等)		グローフォレストリー活動活性化研修	
		生態系保全・管理	湿原の総合的管理組織、モニタリング、エコツアーリズムの導入	イラン国 アンザリ湿原環境管理
		空間計画・人工構造物と生態系の融合	森林環境保全整備事業（植栽、除・間伐等）、各種保安林、砂防指定地、県立自然公園、鳥獣特別保護地区、史跡・名勝・天然記念物、国立公園等	高梁川下流森林計画区
津波・高潮・高波、沿岸災害	沿岸・海洋の生態系	生態系造成	海岸保全林造成	ベトナム国 第2次中南部海岸保全林植林計画
		生態系保全・管理	沿岸生態系保全及び適応管理、マングローブ林の緩衝機能の評価	フィリピン国 統合的沿岸生態系保全適応管理
		生態系再生	マングローブ林の補強・造成	ミャンマー国 エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画
		生態系保全・管理	マングローブ管理センターの設置	インドネシア国 マングローブ生態系保全と持続的な利用の ASEAN 地域における展開
		人工構造物と生態系の融合	養浜・植栽・必要に応じ海岸保全施設の設置	ニカラグア養浜シナリオ（コリント）
		生態系保全・管理	マングローブ林保全	タイ・パカラン岬、インドネシア・バンダアチェ、サモアの事例研究
		人工構造物と生態系の融合	海岸防災林（砂丘造成、静砂工、植栽工、下刈、つる切、除伐、本数調整伐、防風垣、砂草追肥等）	庄内海岸防災林造成事業
	森林火災		森林火災リスクアセスメントに必要な情報を統合的に管理するシステムの構築	マケドニア国 森林火災危機管理能力向上
			泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化	インドネシア国 泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化
			全国、地域森林火災予防計画、住民による森林火災予防活動	インドネシア国 森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画
			早期警戒・発見、初期消火、意識向上、参加型森林火災予防	インドネシア国 森林火災予防計画Ⅱ

\*対策区分：環境省自然環境局(環境省自然環境局, 2016 pp38-41) 参照

(2) 既往事例の分析

本調査で分析した JICA の事例では、植林方法などを現地政府の職員に技術移転するだけでなく、住民参加型の活動や管理体制の整備を通じて、事業の継続性を図ってきた。また、地元の伝統工法や地元資源を使用することにより、技術の定着が図られている。さらに、住民が植林した果樹から果実を得たり、森林を保全管理に参加することにより一定の生計向上活動をすることを認められるようにするなど、住民のニーズに合致するように工夫をしてきた。こうした地元への配慮により、移転した事業の持続性が高まっていると見られる。

JICA 各事例で実施した管理体制の整備や住民のエンパワメントなどの取組について、表 4-6 に整理した。

表 4-6 JICA 事例における取組の把握

生態系	プロジェクト名	政策強化、見直し	職員能力向上	管理体制の整備	地域住民のエンパワメント/生計向上支援	防災計画整備
山地の生態系	ベトナム国北部荒廃流域天然林回復計画	○	○		○	○
	ドミニカ共和国 サバナ・イエグア・ダム上流域の持続的流域管理計画		○	○		
	パナマ国パナマ運河流域保全計画		○	○	○	
	パナマ国アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発		○	○	○	
	ガーナ国 移行帯参加型森林資源管理計画		○	○	○	○
	中華人民共和国 四川省モデル森林造成計画		○			
	ネパール国 地方行政強化を通じた流域管理向上		○		○	
	チリ共和国 半乾燥地治山緑化計画		○			
	中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画		○			
ニカラグア国 住民による森林管理計画		○			○	
沿岸・海洋の生態系	フィリピン国 統合的沿岸生態系保全適応管理	○	○			
	ベトナム国 第2次中南部海岸保全林植林計画		○			
	ミャンマー国 エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	○	○	○	○	

生態系	プロジェクト名	政策強化、見直し	職員能力向上	管理体制の整備	地域住民のエンパワメント/生計向上支援	防災計画整備
	インドネシア国 マングローブ生態系保全と持続的な利用の ASEAN 地域における展開	○	○	○		
	イラン国 アンザリ湿原環境管理	○	○	○		
森林火災対策	マケドニア国 森林火災危機管理能力向上		○	○		
	インドネシア国 森林火災予防計画Ⅱ	○	○	○	○	○
	インドネシア国 森林地帯周辺住民インシアティブによる森林火災予防計画	○	○	○	○	○
	インドネシア国 泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化		○	○	○	○
	ベトナム国 森林火災跡地復旧計画		○	○		○

本調査で対象とした JICA 事例の主な取組を、活用した生態系ごとに以下のように整理した。

#### 1) 山地生態系（土砂流出・崩壊防止林等）の機能を活用した山地災害防止等

山地生態系は、樹木の根系の土層の安定化や下層植生による表層崩壊、土砂流出防止や災害発生時の被害の緩和機能があることから、JICA は森林保全や管理、再生、新たな造林人工構造物と生態系を融合させた対策に取り組んできた。

「中華人民共和国 四川省震災後森林植生復旧計画」では、2008 年 4 月の四川大地震により、多くの山腹崩壊が発生したため、この崩壊地を森林に復旧し、土砂の流出を防ぐ事業が実施された。ただ、このような崩壊地では、単に植林をするだけでは、降雨のたびに土砂が移動し、植栽木が倒されたり、埋まったりして森林を造成することは困難であるため、すぐに防災・減災効果を発揮する、フトン籠、木柵等の簡易な人工構造物を設置し、崩壊した山腹斜面の表層土砂移動を止め、その後植栽することにより、森林を復旧した。植栽木にはニセアカシアなど活着率の高い樹種とともにビワ、クルミなど果実が収穫できる木など多様な樹種を植え、災害のない平時には、これらの樹木が周辺住民へ薪炭材や果実を供給できるように配慮した。

「ニカラグア国 住民による森林管理計画」では、住民自身が森林管理技術を学び、それに基づいて住民参加による植林やアグロフォレストリー、シルボパストラルを進めるとともに、現地の地形の状況により、石積み工や植生筋工、谷止工等などにも取り組んできた。また、同プロジェクトでは、植込みによる森林造成や森林の管理強化に取り組むとともに、薪炭材、コーヒー等の有用樹種の植林等、地域住民の経済活動も考慮した取組を実

施した。さらに、地域住民が森林を育成することから受けられる便益、つまり、生態系が平時にもたらす多様な便益を認識するための啓蒙普及活動も取り入れ、より持続性の高い取組となっていた。

## 2) 流域生態系（水源林・内陸湿地等）の機能を活用した洪水・渇水の緩和

流域生態系は、森林土壌や地表植生の雨水浸透促進による、河川の洪水防止、洪水時の被害緩和機能があることから、JICA は流域生態系を活用した事業にも取り組んできた。

「パナマ国 アラフェラ湖流域総合管理・参加型村落開発」では、現地住民を組織化して、住民自身で農地利用計画を策定するとともに、国立公園内の過剰伐採防止、植林、農林業生産技術の導入等が図られた。

「ネパール国 地方行政強化を通じた流域管理向上」では、地方自治体と住民組織の計画・実施能力を強化し、コミュニティ単位の流域管理事業の改善を目的に事業が実施された。また、こうした一連の取組をモデル（サビハ・モデル）化して、広域的な展開の基礎を形成した。河川の洪水防止のために流域生態系を対象地域とする場合には、比較的広い面積での継続的な取組が必要となるため、現地住民や政府職員の能力向上に対応してきている。

## 3) 沿岸・海洋の生態系（海岸林・サンゴ礁・沿岸湿地等）の機能を活用した津波・高潮被害の緩和等

マングローブ林をはじめとする海岸林が津波に対して効果があることは明らかであることから、現存するマングローブ林を保全していこうという取組も JICA において進められてきた。

「フィリピン国統合的沿岸生態系保全適応管理」では、マングローブ林の保全が重要と考える中で（沿岸生態系保全と適応管理）、その手法とともにマングローブ林が持つ防災・減災効果について研究され、現存するマングローブ林がある程度防災・減災効果を持つことを示した。ベトナム（第 2 次中南部海岸保全林植林計画）では飛砂や強風対策として海岸林の造成（414ha）を行ったが、副次的な効果として津波・高潮に対しての効果も期待している。

「ミャンマー国エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画」では、コミュニティ・フォレストリー（CF）の管理計画の作成及び研修プログラムの開発を行うとともに、マングローブ林が津波や高潮に対して防災・減災効果があることが当初から知られていたことから、劣化したマングローブ林の再生・造成が行われた。

「インドネシア国マングローブ生態系保全と持続的な利用の ASEAN 地域における展開」では、マングローブ管理センターの設置、マングローブ生態系管理に関する国家戦略の策定、マングローブ生態系保全が必要な地域での行政的支援、ASEAN との協力体制の整備等、ソフト的な取組によるマングローブの保全対策を進めた。このように、マングローブ林が

津波や高潮に対して防災・減災効果があることは定性的に知られていたことから、それを念頭に JICA で取組が行われてきた。また、砂浜生態系を活用した防災・減災効果（適切な砂浜幅の確保）については、国内で養浜による海岸侵食対策が数多く実施されていることから、その経験を海外へ技術移転することが可能である。

#### 4) 森林火災対策による森林生態系の保全

森林火災対策は、「生態系による防災・減災」ではなく、人為的な対策による生態系への被害防止である点で、Eco-DRR の観点からは他の災害タイプと特性が異なる。

「マケドニア国 森林火災危機管理能力向上プロジェクト」では、マケドニアの気象局や森林公社等の関係機関がもともと有していた情報を収集・集約し、これらの情報に基づいて森林火災のホットスポットを特定し、消防局が火災発生時に即座に対応できるように、機材や人員をホットスポット付近に集結させるための情報提供を行った。この支援により、近年では森林火災による焼失面積が減少しているとの報告もある。同様の体制は Eco-DRR の導入にも応用可能である。例えば、政府が管理する災害リスクや生態系、生態系の価値に関する地図情報を重ね合わせて分析することにより、Eco-DRR 実施の優先地域を特定することが可能である。この情報が森林公社や観光国立公園省など、現地に事務所がある所轄省庁に提供されることで、現地レベルでも Eco-DRR の実施が促進されることが期待できる。

#### (3) 生態系による防災・減災効果

これまでの JICA 事例では、各生態系が持つ防災・減災機能は定量的に分析されないまま実施されてきている。国内での研究でも、森林生態系と防災・減災機能の関係の説明が定性的な段階に止まっていることが多い（小橋、1999）。生態系の防災・減災機能を測るためには、生態系そのものの機構（例：根系分布の深さやセン断抵抗力）のみならず、地質、傾斜、流域の地形など複雑な環境要素を条件として考慮する必要がある。さらに、災害は、風雨、地震などの自然現象が誘因となり発生するため、生態系の防災・減災機能を効果的に発揮させるためには、災害レベルやその発生リスクにより対策を検討する必要があるが、これまで、生態系の防災・減災機能がどの程度の災害に対応できるかといった研究は少なかった。

国内では、山地生態系（山地林等）の表面侵食防止機能については丸山（1970）、流域生態系（水源林・内陸湿地等）の洪水緩和機能に関しては福畠（1977）などの研究事例があるが、今後 Eco-DRR を普及・実施していく中でより効果的な防災・減災対策を検討するためには、生態系の防災・減災機能を定量的に評価・分析するためのデータを蓄積していくことが重要である。

サンゴ礁の防災・減災効果（波浪エネルギーの減衰効果）も経験上知られているが、求める効果を発揮させるようなサンゴ礁を造成することは現段階では困難（サンゴの成長に



は大変時間がかかることと、コントロールすることが難しいため) であることから、既に効果を実証されている地域のサンゴ礁の保全・回復に努めることが重要である。

沿岸生態系の防災・減災機能は、マングローブや砂浜、干潟、サンゴ礁等、生態系によって異なるが、主な機能として、①波や流れのエネルギー減衰効果、②沿岸部での浸水時の貯留効果、③強風・飛砂・塩害に対する防護効果、④津波・高潮時に発生する漂流物の制止効果、の4つが挙げられる。この中で、マングローブ生態系における①波や流れのエネルギー減衰効果、④津波・高潮時に発生する漂流物の制止効果についての研究事例は、2004年に発生したインド洋大津波(スマトラ島沖地震)でマングローブによる津波被害の軽減の効果が指摘されたことが発端となっている。

しかし、その多くの研究は実際に発生した津波と現地の条件(地形やマングローブ林の植生分布状況等)を与えて数値シミュレーションによってマングローブ林の有るほうが無い場所より津波浸水深が低かったことを再現することにより、マングローブ林が津波のエネルギーを減衰させる効果があることを明らかにしたが、マングローブ林をどのように植林すればどの程度の津波に対してどの程度の効果を発揮するかを示すかといった工学的な設計指針に加え、実用的にマングローブ林造成の設計が可能となる研究成果が待たれるところである。

#### (4) 過去の取組から得られた教訓

本調査で対象とした JICA 既往事例では、森林保全や簡易治山技術等の技術的な支援とあわせて、下表にあるような政策や法制度の強化、関係者の能力向上などの支援も同時に実施することで、より効果的な Eco-DRR の実施や取組の持続性確保が図られた。今後の Eco-DRR 事業実施に当たっても、こうしたソフト的な支援を導入することが重要である。

表 4-7 Eco-DRR 関連事業における JICA の支援内容

支援項目	主な支援内容
政策の強化、見直し	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防災や生態系管理にかかる政策の見直し</li> <li>・ガイドライン、技術マニュアル等の作成や改善</li> </ul>
職員の能力向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生態系を活用した防災・減災に関する各種技術、ソフト面での対策に関する研修</li> </ul>
ステークホルダーへの働きかけや防災・減災体制整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・政府職員、地域住民、現地活動 NGO 等が円滑に生態系保全・管理や防災・減災活動に関わるような組織横断的なプラットフォーム等の仕組みや体制の整備</li> </ul>
地域住民のエンパワーメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Eco-DRR に関する研修やデモンストレーション活動を通じた知見・経験の普及</li> <li>・生態系を持続的に管理するための住民組織化やグループ活動の促進</li> </ul>
地域の防災マネジメントのシステム整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域の防災に関する知識の集積と普及</li> <li>・生態系管理計画を含む防災計画整備</li> </ul>

一方、本調査で対象とした JICA の既往事例は、技術移転を目的としているものが多く、プロジェクト期間や対象面積が限られているため、プロジェクト終了時までには発現している防災・減災機能が限定的であると思われる。また、自然災害対策において、複数の選択肢からより合理的なものを選択するためには、定量的な評価や科学的知見に基づく根拠が重要であるが、これまで防災・減災機能に関する定量的な情報はほとんど収集されてこなかった。生態系は防災・減災機能を発揮するまでに一定の期間が必要であるという特徴があり、これが生態系の防災・減災機能の定量評価の難しさに繋がっているとも考えられる。

多くの JICA の既往事例の対象とする地域は、森林保護区や自然保護区など人口の比較的少ない地区で実施されたものである。その背景もあり、人工構造物の防災施設を整備することは少なかった。ただ、今後、人家・学校等の公共施設や災害時要援護者施設など、重要な保全対象施設が周辺にある地域で実施する場合には、生態系による対策だけで確実に安全を確保することは困難であるため、人工構造物の防災施設を整備するなどの対策を講じる必要がある。

以上のことから、森林等の生態系を活用した防災・減災機能には、様々な利点もあるが一定の限界もあり、Eco-DRR 導入に際しては、主に以下の点に留意することが必要である。

表 4-8 Eco-DRR 導入時の留意事項

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• 降雨、地震、津波などの外力に対するに不確実性を考慮すること</li><li>• 生態系が防災・減災機能を発揮するまでに一定の期間が必要であること</li><li>• 防災・減災機能の発揮には、広域的な対策が必要であること</li><li>• 生態系を活用した防災・減災の機能評価と効果のモニタリングを実施すること</li></ul> |
|--|

#### 4.1.3 社会・経済便益評価の方法と結果

各事例又は対策シナリオにおける生態系の防災・減災機能と平時の多面的便益の把握状況と評価方法を総括して表 4-9 に整理した。

ここでは、各評価項目について定量評価を行ったのか（凡例◎）、あるいは定性的な把握に留まったのか（凡例○）を示すとともに、評価の方法を精度の高い順から A～C の記号を用いて示している。

このうち森林については、最も評価対象の案件数が多く、また評価方法とデータの充実も相まって、多くの評価項目について定量評価を行うことができている。ただし、特に森林による主要な防災・減災機能である土砂崩壊防止、土砂流出防止、洪水については、今回評価対象としたもののうち最も情報が充実しているものであっても代替費用法により一部日本の数値を用いて計算しており、この評価結果の解釈には注意を要する。

沿岸生態系では3つの細分類のうちマングローブについて最も評価した項目が多いが、実際の事例やシナリオを評価したものではなく文献レビューに基づく評価であり、定量評価はいずれも TEEB-ESDV の原単位の便益移転により行っている。この方法では、原単位計算を行った元の論文の計算の正確さや、評価の目的や仮定条件が本調査の評価とどの程度共通しているのかによって評価結果の適切さに差が生じるため、評価結果の解釈には注意を要する。砂浜の対策シナリオについても、防災・減災以外の平時の便益については TEEB-ESVD の原単位に基づいて評価しているため、同様の注意を要する。陸域（海岸林）については、今回調査対象とした2事例（ベトナム国・日本）では、報告書から得られる情報の制約から強風・飛砂被害防止と炭素固定のみ評価しているが、海岸林には他の事例からこの他にも様々な便益が認められていることに留意する必要がある。

表 4-9 生態系の種類ごとの防災・減災便益及びその他の多面的便益の把握状況と評価方法

評価項目	山地生態系	流域生態系		沿岸・海洋の生態系								
				陸域（海岸林）		移行帯（マングローブ）		砂浜				
		可能性 <sup>1)</sup>	方法 <sup>2)</sup>	可能性 <sup>1)</sup>	方法 <sup>2)</sup>	可能性 <sup>1)</sup>	方法 <sup>2)</sup>	可能性 <sup>1)</sup>	方法 <sup>2)</sup>			
防災・減災便益	①土砂崩壊防止	◎	A'(代), B	◎	A'(代), B	-		-				
	②土砂流出防止	◎	A'(代), B	◎	A'(代), B	-		-				
	③洪水防止	◎	A'(代), B	◎	A'(代), B	-		-				
	④海岸侵食防止	-		-				○		◎	A(被)	
	⑤津波・高潮被害防止	-		-				○				
	⑥強風・飛砂防止	◎	A'(代)	◎	A'(代)	◎	A'(代)					
平時の便益	市場財	⑦木材供給	◎	A'	◎	A'			◎	C		
		⑧燃料供給	◎	A, A'	◎	A, A'			◎	C		
		⑨NTPP 供給	◎	A	◎	A			◎	C		
		⑩狩猟	◎	A	◎	A						
		⑪漁業資源供給	-		-		-		◎	C	◎	C
		⑫観光資源	○		○				◎	C	◎	C
	非市場財	⑬流域貯水	◎	A', B	◎	A', B	-		-			
		⑭水質浄化	◎	A'	◎	A'	-		○			
		⑮炭素固定	◎	A'	◎	A'	◎	A'	◎	C		
		⑯気候緩和	-		-							
		⑰文化的価値	○		○						◎	C
		⑱生物多様性	○		○				○			

1) (定量評価の) 可能性 ◎: 定量評価可能 ○: 定性的に把握 -: 該当しない 無印: 本調査で把握されていない

2) (定量評価の) 方法 A: 林野庁(2014)評価式に現地データを入力して計算 A': 林野庁(2014)評価式に一部日本の数値を入力して計算

B: 日本の原単位に基づく便益移転 C: TEEB-ESVD の原単位に基づく便益移転 (代) 代替費用法による計算 (被) 被害費用回避法による計算

## 4.2 Eco-DRR 事業の検討

第 2 章で述べてたとおり、生態系を防災・減災に用いることについては、以下の利点があるとされている。

- ① インフラの施工・維持管理における低コスト
- ② 多面的機能（コベネフィット）の発揮
- ③ 地域経済発展への貢献
- ④ 生物多様性保全、環境保全の貢献
- ⑤ 気候変動対策の貢献

人工構造物による対策と比較した生態系を活用した防災・減災の特徴としては、多機能性（多くの生態系サービスの同時発揮）、環境負荷の回避（材料供給地や周囲の生態系への負荷の少なさ）に大きな利点があり、不確実性への順応的な対処（計画時に予測できない事態への対処の容易さ）、長期的な雇用創出・地域への経済効果の面で利点がある一方、単一機能の確実な発揮（目的とする機能とその水準の確実性）や短期的な雇用創出・地域への経済効果については、どちらかと言えば人工構造物による対策の方が優れている（日本学術会議、2014）。

Eco-DRR 事業により生態系による防災・減災効果の効果的な発揮させるためには、Eco-DRR の長所を助長し、制約を踏まえた対策を行うことが重要である。また、当該事象に対応するために、Eco-DRR の手法を採用することが妥当であるか否か、他の防災・減災手段との連携の可能性について検討することが重要である。

と評価方法について以下に説明する。

### 4.2.1 Eco-DRR の実施にむけた検討の進め方および評価方法

#### (1) Eco-DRR の実施にむけた検討の進め方

Eco-DRR の実施においては、地域の災害リスクや生態系の特徴、社会的、経済的なニーズを的確に把握し、防災減災を始め、様々な生態系の機能を効果的に引き出す災害対策シナリオを実現させるため、生態系のモニタリングを行いながら維持管理を行う。

この考えに基づく、具体的な検討の項目と流れを図 4-3 に示す。Eco-DRR の可能性を検討する初期段階から、モニタリング・評価、フィードバックの段階に至るまでの検討・分析項目を同図真中に示す。さらに、総合的な視点など、検討のポイントを同図右側に示し、関係する各段階の検討・分析項目と線で結んだ。ここにある検討・分析項目および検討のポイントは、Eco-DRR の可能性検討から、計画の策定と評価、施工及びモニタリングまで含み、Eco-DRR の案件形成の初期段階から情報の整理に有用である。各段階で検討および分析する項目は以下のとおりである。

### 1) 災害リスクの把握

過去の災害履歴や地域の地形・地質を踏まえて、想定される危険な自然現象のタイプ（洪水、豪雨、地震など）とリスクを把握するため、以下の情報を把握し分析する。

#### 検討・分析項目

- ✓ 危険な自然現象のタイプや、強度、影響の及ぶ範囲
- ✓ 危険な自然現象の発生確率や発生履歴等、災害対策の緊急性
- ✓ 人命や財産、社会基盤の施設等、保全対象の規模や内容
- ✓ 既存の防災施設、危険な自然現象の緩衝空間の整備状況

- 関連する(2) 検討のポイント：1), 2)

### 2) 生態系地域社会の特徴把握

防災・減災における地域の森林等生態系の役割や、住民に利用されている自然資源（薪炭、蜂蜜、キノコ等）など地域の特徴を把握し、Eco-DRR 実施の適正を判断するため、以下の項目に関する情報を把握し分析する。

#### 検討・分析項目

- ✓ 森林等、生態系の防災・減災における現在の役割や機能
- ✓ 住民生活に利用される自然資源（薪炭、蜂蜜、キノコ等）
- ✓ 主要な地域産業に利用される自然資源（農林水産物、水資源等）
- ✓ 希少な動植物の生息、生育状況、自然保護区等の規制、管理状況

- 関連する(2) 検討のポイント：1)

### 3) 対策シナリオの作成

対策シナリオには先述のとおり空間計画と現場レベルの対策があり、現場レベルの対策には既存の生態系の保全、劣化した生態系の再生、新たな生態系の造成、生態系と人工構造物との融合の4つの類型がある。これらの類型を念頭に、以下の項目を検討する。

#### 検討・分析項目

- ✓ 危険な自然現象に対する緩衝空間、防護施設の整備空間の設定
- ✓ ゾーニング、土地利用の規制、維持管理の体制の構築
- ✓ 生態系の再生、造成（防風・防砂林、伐採跡地や法面の造林等）
- ✓ 人工構造物と生態系が融合した人工構造物（遊水地、治山ダム等）

- 関連する(2) 検討のポイント：1), 2), 3)

さらに、次に示す要素を明示し、技術協力のプロジェクトデザインの指標に反映されていくことで、精度の高い評価が可能になる。

#### ① 効果発現期間と継続期間

- 効果発現期間：Eco-DRR の対策は生態系による防災・減災機能を維持又は強化する方向に誘導するものである。生態系の活用方法の内、生態系の再生、造成の手法を採用する場合、その多くは人工構造物の建設に比べて目標とする効果を発現するまでに長い時間を要するため、対策の緊急性に鑑みて、Eco-DRR が適切な対策方法であるかどうかを検討する必要がある。
- 効果継続期間：対策の効果が比較的短期間で縮減するものから、効果の継続に定期的なメンテナンスが必要なもの、一度の対策でほぼ永続するものまで、効果の継続期間も多様である。こうした生態系の特性に応じて、生態系管理の方法や計画も含めて検討する必要がある。

#### ② 対策シナリオの具体的な内容と定量的な目標

- 保全、再生又は造成する生態系の種類、外形と面積：生態系の防災・減災機能や平時の多面的な便益は、生態系の種類、地形や面積、ここに生息又は生育する動植物の種類や個体数、成長量、地域経済における生態系の位置づけ等に依存する。対策の目標を明確にするため、また定量的な便益評価を可能にするために、対策シナリオは表 4-10 にあるようなデータを可能な範囲で明示する必要がある。

#### ③ ベースライン

- ベースラインシナリオの生態系や既存の防災・減災インフラの状態：対策シナリオの効果は、目標とする生態系の状態とそれが全く存在しない場合との比較ではなく、ベースラインとの比較によって評価される。従って、対策シナリオに示される主要な変数に対応するベースラインシナリオの変数を定める。殊に、生態系が消失又は劣化しつつある状況で生態系の保全や再生を行う場合の効果을適切に把握するためには、低下しつつあるベースラインを考慮することが重要である。

#### ④ 対策費用

- 関連するすべての投入（投資）を算入：例えば JICA の技術協力プロジェクトでは、JICA 側からの投入だけでなく、C/P 機関や関係機関の投資や非金銭的（In-kind）協力についても、費目を分けた上で連結した対策費用を算定する。便益費用比率(B/C) 計算の際に、投入（投資）規模と、これにより保全、再生又は造成された生態系の質と規模、防災・減災を含む多様な便益の規模を一致させるために必要である。

表 4-10 社会・経済便益評価のために対策シナリオに求められるデータ項目

データ類型	データ項目	評価項目															備考			
		① 土砂崩壊防止	② 土砂流出防止	③ 洪水防止	④ 海岸侵食防止	⑤ 津波・高潮被害防止	⑥ 木材供給	⑦ 燃料供給	⑧ N T F P 供給	⑨ 狩猟	⑩ 漁業資源供給	⑪ 観光資源	⑫ 水資源貯留	⑬ 水質浄化	⑭ 炭素貯留	⑮ 微気象緩和 (ヒートアイランド防止)		⑯ 微気象緩和 (風害防止)	⑰ 文化的価値	⑱ 生物多様性保全
地形・地質	斜度(急・緩・平)			●								●	●							
	浸透能(多・中・少)			●								●	●							
整備面積	A : 森林整備面積(ha/yr)	●	●	●								●	●							
	観光資源面積 (ha)										●									
整備内容	植生類型(森林・疎林・裸地)			●								●	●							
	樹種・動植物種						●	●	●	●	●			●						
	地被区分(山腹崩壊地(地被多・中・少)／ ／ 荒地(森林火災跡地)／整備森林)	●	●																	
	N : 森林の潜熱による気温低下が期待できる範囲の世帯数														●					
	H1 : ベースラインの平均樹高																●			
	H2 : 森林整備シナリオの平均樹高																●			
	L : 風向に直角方向に分布する森林延長																●			
期待成長量・収穫量	Vt : t年後における伐採材積 (m3)						●	●												
	期待収穫量 (kg/ha/yr)							●	●	●										
	V1 : ベースラインシナリオの評価最終年の当該森林の見込蓄積量 (m3)													●						
	V2 : 計画実施シナリオの評価最終年の当該森林の見込蓄積量(m3)													●						



4) 生態系の防災・減災機能評価、平時の生態系の多面的機能評価

以下の項目にあるような、生態系を活用することで地域に還元される様々な効果を定量的、定性的に評価する。

検討・分析項目

- ✓ 【防災・減災機能】 災害発生リスクの低減、及び災害被害の軽減効果（洪水、山腹崩壊、暴風等）
- ✓ 【供給サービス】 地域住民の生活・生計に用いられる自然資源（木材、燃料、薪炭、水産物等）の増加量
- ✓ 【調整サービス】 地域住民の生活・地域産業に影響を与える生態系の調整機能（河川の流量調整、森林の水資源涵養、水質浄化等）の増加量
- ✓ 【文化サービス】 地域住民の生活に関わる生態系に提供される文化的な効用（住民の信仰、教育や憩いの場、観光産業等）の増加）

- 関連する(2) 検討のポイント：4), 5)

5) 対策シナリオの総合的な評価

具体的な対策シナリオが形成された段階で、対策シナリオの費用便益（B/C）を算定する。複数の想定されるシナリオの防災・減災の効果を貨幣換算することで、事業実施者にとって有効な比較検討材料となる。ここでは、以下のような分析を行う。

検討・分析項目

- ✓ 生態系サービスの定量評価による対策シナリオの費用便益（B/C）の算定
- ✓ 定性評価も含め、複数の対策シナリオ（計画、施設整備）を比較
- ✓ 対策シナリオに係る各国・地域の法制度、予算、既存計画の整合性検討

- 関連する(2) 検討のポイント：3), 5), 6)

6) 施工・維持管理

Eco-DRR では、生態系から提供される便益を最大限生かすため、生態系への影響に配慮した施工が必要である。また、長期的な維持管理が必要なため、政府職員の能力に合わせながら、その能力を向上させる教育を取り入れ、さらに、地域住民の協力が得られるような管理体制を構築する必要がある。施工・維持管理に当たっては、以下の項目を検討する。

#### 検討・分析項目

- ✓ 希少な動植物、生態系への影響に配慮した施工・維持管理方法の適用
- ✓ 地域の生態系への負荷に配慮しつつ、地域資源（木材等）の有効活用
- ✓ 地域住民の継続的な参加・協力が得られる実施体制を構築
- ✓ モニタリング結果を踏まえた施工・維持管理方法の改善

- 関連する(2) 検討のポイント：5), 7)

#### 7) モニタリング評価

Eco-DRR は環境の変化に左右されるため、事業の効果が当初の目標と異なる結果になる可能性がある。そのため、事業開始後に以下の項目を随時モニタリングすることが重要である。

#### 検討・分析項目

- ✓ 生態系・人工構造物の施工・維持管理による地域社会・生態系への影響、計画時に期待される効果に関する情報収集。
- ✓ 施工・維持管理の進捗状況の把握、施工管理による影響や適切性の評価。

- 関連する(2) 検討のポイント：6), 7)

#### 8) フィードバック

モニタリングで得られた情報を生かして、以下のように必要に応じて対策シナリオの見直しを行う必要がある。

#### 検討・分析項目

- ✓ 施工・維持管理方法の改善、または対策シナリオを見直し、中長期的な将来計画の検討を実施し、生態系の順応的な管理を実施。

- 関連する(2) 検討のポイント：6), 7)

#### (2) Eco-DRR 事業を進めるためのポイント

本調査での検討を通して、開発途上国で Eco-DRR 事業を進める上で整理されたポイントは以下の通り整理される。

##### 1) 総合的な視点

生態系による物理的な防災・減災機能の強化とともに、暴露を回避すること、つまり災害リスクの高い場所に居住することや社会資本整備を回避する取組をおこなう。また、と

くに、途上国の文脈では災害後の避難や復旧にかかる予算配分、体制整備、人材確保が十分でないことから、災害への対応能力や体制を強化することも重要である。さらには、平時の多様な便益の効果的な活用等も含めた、総合的な視点で **Eco-DRR** 事業を検討することが重要となる。

## 2) 土地利用計画からのアプローチ

危険な自然現象の発生地点、人と資産、生態系の位置により、災害リスクや生態系の防護機能は変化するため、地域の地形地質の特徴や災害履歴を踏まえて、災害リスクの高い土地利用の回避と、生態系を活用できる土地利用計画を取り入れることが重要である。土地利用計画づくりの際には、防災・減災機能を含む生態系サービスを評価して地図化する（または計画に落とし込む）とともに、緩衝材として役割が期待できる生態系や災害に脆弱な土地を特定し、関係者間で認識することが必要である。

## 3) セクターを超えた連携

一般に災害対策と環境保全を担う省庁、部局は異なるが、**Eco-DRR** の実施には行政組織をまたぐ事業連携、民有地を含む対策が求められ、セクターの連携により、健全な生態系の維持に向けた土地や資源利用を誘導し、防災効果を高める視点が欠かせない。

## 4) 地域の社会経済活動への展開

**Eco-DRR** を効果を発揮するためには、広大な空間が必要な場合あり、その際住民による土地や資源の利用の制限を伴うことも考えられる。途上国では、地域住民の多くが生態系を活用し生活していることから、**Eco-DRR** を展開するにあたり、住民の慣習的な伝統や資源利用の権利、社会経済活動への影響も考慮する必要がある。

## 5) 生態系機能の限界

森林などの生態系は防災・減害の効果を発揮するまでに時間がかかるため、緊急的な対応が必要な状況には向かない（表 4-11）。また、降雨、地震、津波などの外力に対し、明確な安全を確保することが困難である。特に、近年の気候変動による降雨量の急激な増加により、対策を実施していても土砂災害、洪水等の被害が起こることがあることを想定する必要がある。このため、緊急に災害対応が必要な場合、学校等の公共施設や災害時要援護者施設など重要な保全対象施設がある場合には、人工構造物による防災施設と組み合わせで整備するなど十分な対策を講じる必要がある。

表 4-11 対策の時期と分類

対策の時期	状況	ハード主体の対策 (災害対応型)	森林等生態系を利用 した対策 (付加価値型)
事前対策 (予防)	平常時の対策	○	○
	緊急時の対策	○	×
事後対策 (復旧)	応急対策 (崩壊発生直後)	○	×
	恒久対策 (崩壊発生後)	○	○

○：適用可能。

×：緊急性が求められるため、適用不可。

#### 6) 評価や科学的知見の活用

自然災害対策においては、複数の選択肢からより合理的なものを選択するために、定量的な評価や科学的知見に基づく根拠が重要となる。評価の結果や科学的知見は地域住民の理解向上に欠かせないだけでなく、関心が異なるステークホルダーが参加する中で、対策方針を選択する際等に意思決定をする場合の共通理解の形成に有効である。したがって、事業の実施にあたっては、生態系の防災・減災機能およびその他便益を含めた機能を評価するために、表 4-13 にあるような定量的な情報を定期的に収集・蓄積し、Eco-DRR の効果や手法のモニタリングを行い、計画や取組にフィードバックすることが重要である。

#### 7) 順応的管理の実施

Eco-DRR は、自然の環境変動、社会的背景の変化に左右されるため、土地利用計画や施設の施工の効果は、当初の目標とは異なる結果になる可能性がある。事前事後のモニタリング調査は重要であり、その結果を常に監視、評価しつつ、必要に応じて目標や手法を含めた計画や施工方法の見直しを行う。Eco-DRR の実施状況とともに、その地域の自然環境および社会環境も勘案しながら、順応的に管理を行うことを計画当初から念頭に置き、多様な主体との合意形成を図りつつ、維持・管理を進めることが求められる。

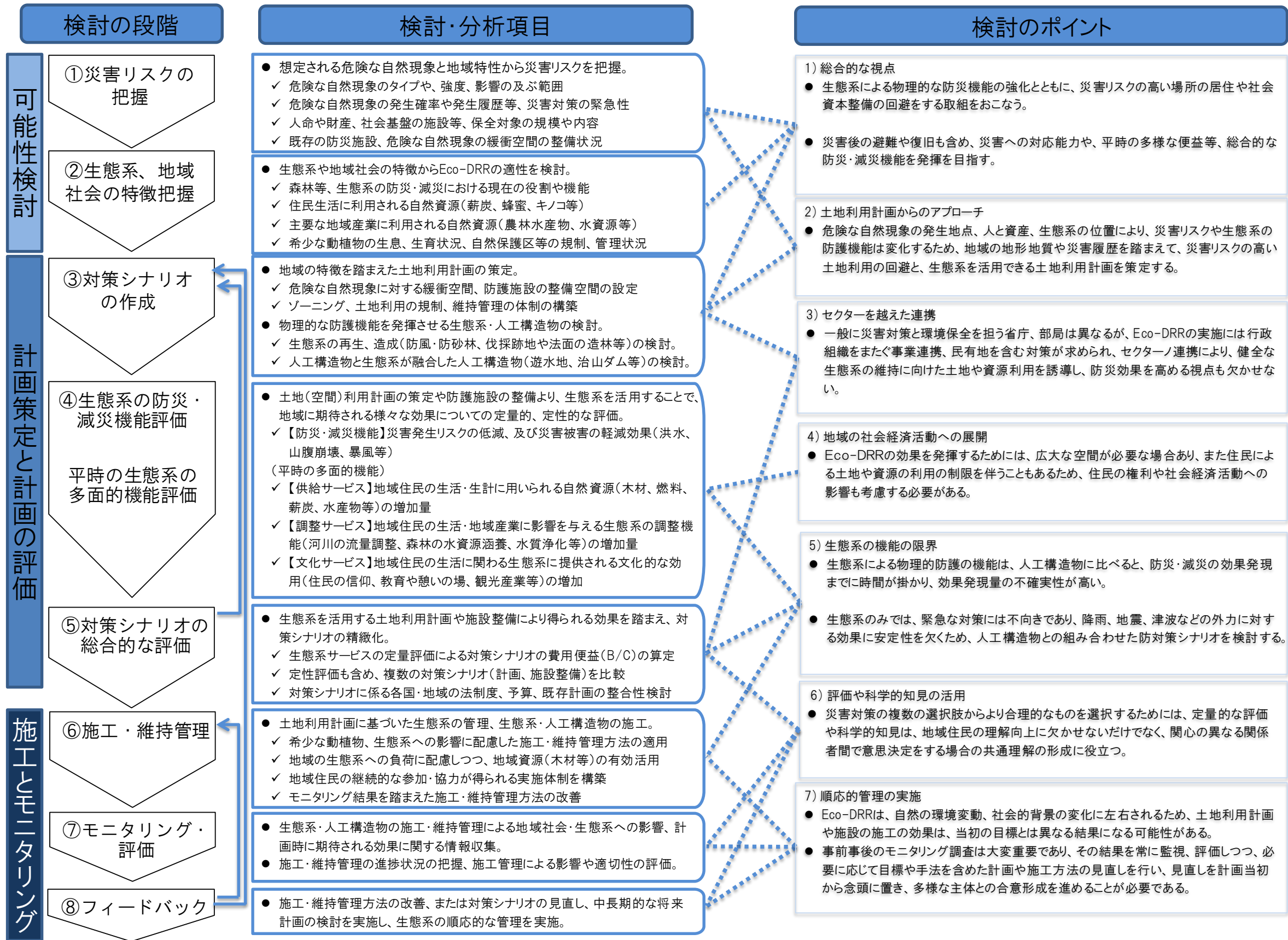


図 4-3 Eco-DRR の実施に向けた検討の進め方

#### 4.2.2 Eco-DRR の評価方法

Eco-DRR は、生態系の仕組みや多様な機能を活用し、地域の防災・減災と持続可能な発展を目指す取組である。これまでも述べてきたように、人工構造物と Eco-DRR による機能を比較した場合、防災・減災機能の単一的な機能発揮は人工構造物を導入したほうがより効果的であるとされる。災害対策を実施する際に、人工構造物のみの場合、生態系を活用した場合、さらには両者を融合させて実施した場合等、災害対策の複数の選択肢からより合理的なものを選択する必要性が生じる。Eco-DRR の機能を定量的に評価することや、科学的知見を活用することで、関係者間でどの対策を選択するか、意思決定をする場合の共通理解に役立つとともに、地域住民の合意形成に活用することが可能となる。

Eco-DRR 実施における平時の多面的機能の社会・経済便益評価の方法には、下に示すように、精度の高いものから精度は低い簡易なものまで複数のものがある。それぞれの利点と欠点を理解した上で、案件検討の段階や目的、与えられた予算や時間に応じて使い分けることが重要である。

	精度	予算・時間
・ 現地情報収集と確立された計算方法の適用による詳細な便益計算	高	大
・ 上記に一部日本の数値を代用	中	中
・ 日本で算定された原単位の便益移転	低	小
・ TEEB-ESVD の原単位の便益移転	低	小

以下に、それぞれの評価方法により様々な制約の中で可能な限り妥当な結果を得るためのポイントを整理した。

##### 現地情報収集と確立された計算方法の適用による詳細な便益計算

- ・ 日本には、「林野公共事業における事業評価マニュアル」をはじめとして、各省庁が事業のアカウントビリティ向上を目的に策定した費用対効果分析マニュアルが多数ある（表 4-12）。これらの中から、対策シナリオや現地の状況を踏まえて最も適切な計算方法を選択する。
- ・ 生態系の防災・減災機能の評価に、可能であれば災害時の想定被害費用に基づく評価方法を用いる。本調査で多用した代替費用法は、例えば砂防ダムといった代替物の妥当性が常に問われるほか、現地で代替物の費用情報を得ることが必ずしも容易ではなく、結果として日本の費用情報を代用することで、評価結果の精度が低下する。
- ・ より根本的なものに、生態系の便益を人工構造物の費用に置き換えることで、例えば生態系活用シナリオと人工構造物シナリオと比較の意味がなくなるという問

題も挙げられる。しかしながら、災害時の想定被害費用に基づく評価方法については膨大なデータを要するだけでなく、方法自体十分に確立したものではないため、今後の更なる検討と改善が望まれる。

#### 一部日本の数値を代用した便益計算

- できる限り日本の数値の使用を控え、避けられない場合には、日本の数値と該当する現地の数値との共通性と違いを理解した上で使用する。

#### 日本で算定された原単位の便益移転

- 評価対象を日本との共通性がある範囲に留める。

#### TEEB-ESVD の原単位からの便益移転

- 原単位の情報収集が難しい場合には、近隣又は気候が類似した国のケーススタディから原単位を使用する。

表 4-12 生態系・生物多様性に関係する国内の費用対効果分析マニュアル

<b>■自然資本からの便益が言及されていた資料</b>
林野公共事業における事前評価マニュアル, 平成 24 年 4 月, 林野庁
海岸事業の費用便益分析指針, 平成 16 年 6 月, 農林水産省,水産庁,国土交通省港湾局
農村生活環境整備費用対効果分析マニュアル, 平成 20 年 3 月 農林水産省
土地改良事業の費用対効果分析マニュアル 平成 19 年 3 月, 農林水産省
ダム事業の検証に係る検討に関する再評価実施要領細目, 国土交通省
大規模公園費用対効果分析手法マニュアル, 平成 25 年 10 月, 国土交通省都市局
河川に係る環境整備の経済評価の手引き, 平成 22 年 3 月, 国土交通省河川局河川環境課
自然公園等事業に係る事業評価手法, 環境省自然環境局自然環境整備担当参事官室
農業集落排水事業費用対効果分析マニュアル, 平成 20 年 3 月, 農林水産省
基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン, 平成 23 年 4 月, 水産庁漁港漁場整備部
<b>■自然資本からの便益が言及されていなかった資料</b>
急傾斜地崩壊対策事業の費用便益分析マニュアル 平成 11 年 8 月 建設省砂防部
治水経済調査マニュアル 平成 17 年 4 月, 国土交通省河川局
砂防事業の費用便益分析マニュアル 平成 24 年 3 月, 国土交通省水管理・国土保全局 砂防部
地すべり対策事業の費用便益分析マニュアル 平成 24 年 3 月, 国土交通省水管理・国土保全局 砂防部
土石流対策事業の費用便益分析マニュアル 平成 24 年 3 月, 国土交通省水管理・国土保全局 砂防部
費用便益分析マニュアル 平成 20 年 11 月, 国土交通省 道路局 都市・地域整備局
空港整備事業の費用対効果分析マニュアル 平成 18 年 3 月, 国土交通省 航空局
鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル(2012 年改訂版) 平成 24 年 7 月, 国土交通省 鉄道局
港湾整備事業の費用対効果分析マニュアル 平成 16 年 6 月, 国土交通省 港湾局

#### データ収集

Eco-DRR の対策シナリオの社会・経済便益評価に必要なデータ項目を、本調査の結果と考察に基づいて、表 4-13 に整理した。現地調査や対策シナリオ検討の過程でここに示す項目のデータを得ることにより、比較的高い精度で評価することが可能になる。このうち、表の右端の列に「現地調査」と記載したデータについては、現地又は現地資料からの情報収集が望まれる。



表 4-13 社会・経済便益調査に必要なデータ

評価項目	必要なデータ	データソース
①土砂崩壊防止	Y：評価対象期間（年） T：事業実施後効果が発現するのに必要な年数（年） V：崩壊見込み量（ $\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ ） U：1 $\text{m}^3$ の土砂を保全するために要する単位当たりの砂防ダム建設コスト（ $\text{円}/\text{m}^3$ ）	対策シナリオ 対策シナリオ 現地調査 現地調査
②土砂流出防止	U：1 $\text{m}^3$ の土砂を保全するために要する単位当たりの砂防ダム建設コスト（ $\text{円}/\text{m}^3$ ） V1：事業実施前における1 ha 当りの年間浸食土砂量（ $\text{m}^3$ ） V2：事業実施後における1 ha 当りの年間浸食土砂量（ $\text{m}^3$ ） A：事業対象区域面積（ha） T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数 Y：評価期間	現地調査 林野マニュアル 林野マニュアル 対策シナリオ 対策シナリオ 対策シナリオ
③洪水防止	U：治水ダム単位雨量流出量当り年間減価償却費（ $\text{円}/\text{m}^3/\text{sec}$ ） f1：事業実施前の流出係数 f2：事業実施後、t 年経過後の流出係数 T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数 $\alpha$ ：100 年確率時雨量（ $\text{mm}/\text{h}$ ） A：事業対象区域面積（ha） Y：評価期間	現地調査 対策シナリオ 対策シナリオ 対策シナリオ 現地調査 対策シナリオ 対策シナリオ
⑦燃料供給	Y：評価期間 Vt：t 年後における伐採材積（ $\text{m}^3$ ） @：薪市場価格（ $\text{円}/\text{m}^3$ ）	対策シナリオ 対策シナリオ 現地調査
⑧NTFP 供給	Y：評価期間 Vt：t 年後における収穫量（Kg） @：市場価格（ $\text{円}/\text{Kg}$ ）	対策シナリオ 対策シナリオ 現地調査
⑨狩猟	Y：評価期間 A：整備面性（ $\text{m}^2$ ） @：狩猟動物販売価格面積原単位	対策シナリオ 対策シナリオ 現地調査
⑫流域貯水	A：事業対象区域面積（ha） P：年間平均降雨量（ $\text{mm}/\text{年}$ ） D1：事業実施前の貯留率 D2：事業実施後、t 年経過後の貯留率	対策シナリオ 資料調査 林野マニュアル 林野マニュアル

評価項目	必要なデータ	データソース
	T：事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数 U：開発流量当りの利水ダム年間減価償却費（円/m <sup>3</sup> /S） Y：評価期間	対策シナリオ 現地調査 対策シナリオ
⑬水質浄化	A：事業対象区域面積（ha） P：年間平均降雨量（mm/年） T：事業実施後、貯留率が安定するのに必要な年数 D1：事業実施前の貯留率 D2：事業実施後、t年経過後の貯留率 U：単位当たりの水質浄化費 Y：評価期間	対策シナリオ 文献調査 対策シナリオ 林野マニュアル 林野マニュアル 現地調査 対策シナリオ
⑭炭素固定	U：二酸化炭素に関する原単位（円/CO <sub>2</sub> -ton） V1：事業を実施しない場合の評価最終年の当該森林の見込蓄積量（m <sup>3</sup> ） V2：事業を実施する場合の評価最終年の当該森林の見込蓄積量（m <sup>3</sup> ） Y：評価期間 D：容積密度（t/m <sup>3</sup> ） BEF：バイオマス拡大係数（地上部/幹バイオマス量） R：地上部に対する地下部の比率（地下部/地上部バイオマス量）	林野マニュアル 対策シナリオ 対策シナリオ 対策シナリオ 林野マニュアル 林野マニュアル 林野マニュアル

#### 4.3 結論および今後に向けた課題

##### 4.3.1 結論

本調査の結論を以下に示す。

##### (1) 国際的な動き

JICA は自然環境分野の事業戦略 2015-2020 の中で、生態系を活用した防災・減災への取組を強化する方針を示しているが、国際的にも IUCN や UNEP を始めとした国際機関や NGO なども、「PEDRR」等の枠組みを通じて、ECO-DRR を国際的に推進している。特に、IUCN は、Eco-DRR に注目した取組を積極的に国際的に展開しており、生物多様性日本基金の支援を受けた RELEIF Kit プロジェクトでは、Eco-DRR の展開においても、生物多様性や生態系の重要性に対する理解醸成を目指している。

##### (2) Eco-DRR の有効性と制約

防災・減災において生態系を活用することの有効性について以下のことがあげられる。

- ① 生態系がもたらす、防災・減災サービス、供給サービス、調整サービス等の多様な便

益

- ② 生態系の保全、再生または、復元により、炭素固定の機能が期待できる等地球温暖化への貢献
- ③ 生物多様性・生態系保全と防災・減災の両立が可能
- ④ 初期費用や維持管理費用を低く抑えることが可能等各国の状況に応じた柔軟な検討が可能

一方、Eco-DRRには人工構造物を用いた防災・減災対策と比較して下記のような制約がある点、留意が必要である。

- ① 特定の災害に対する防災機能は人工構造物の方が高い。
- ② 生態系は防災機能を発揮するには一定程度以上の面積、規模が必要であり、また防災・減災機能を発揮するまでに一定程度の時間を要する。

### (3) JICA 事例の特徴

本調査で対象とした JICA 既往事例では、プロジェクト実施地域に適合した森林等の保全・造成のための技術開発を実施しており、これにより森林等の防災・減災機能が発揮されていた。また、これらの直接的な技術開発とあわせて、アグロフォレストリー、果樹の植林、農業技術の導入等開発途上国に合った技術開発も実施している例もみられる。さらに、①政策の強化見直し、②政府職員等関係者の能力向上、③ステークホルダーへの働きかけや防災・減災体制整備、④地域住民のエンパワーメント、⑤地域の防災マネジメントのシステム整備等のソフト対策を同時に実施することで、より効果的な Eco-DRR の実施や取組の持続性確保が図られていた。

一方で、これらの既往事例は、技術開発及び開発された技術の移転を目的としているものが多く、モデル的に実施されていることから、実施面積が限られているため、森林等の防災・減災効果は限定的である。このため、プロジェクトの効果を評価するためにはプロジェクトで開発された技術により地元で実施した区域と合せて評価する必要がある。プロジェクト期間は 5 年程度と、短期間であるため、収量後も引き続きモニタリングを行う必要がある。また、自然災害対策において、複数の選択肢からより合理的なものを選択するためには、定量的な評価や科学的知見に基づく根拠が重要である。今後各プロジェクトで、防災・減災機能に関する定量的な情報を収集していくことが必要である。

#### 4.3.2 今後に向けた課題

今後の JICA 事業において Eco-DRR 事業を実施していく際には本報告書で提示している検討フローや検討のポイントに留意しつつ案件形成を実施していくことが望ましい。しかしながら、下記の事項については十分な知見の蓄積がなされてこなかったため、今後 Eco-DRR 事業を実施していく上で、検討していく必要がある。

#### (1) Eco-DRR の防災・減災効果および社会・経済便益分析のためのデータ蓄積

これまでは、JICA プロジェクトの活動計画上も、Eco-DRR の防災減災効果およびその他便益の分析に必要なデータが計画的に計測されてこなかった。今後、JICA が Eco-DRR の事業を実施していく中でより効果的な防災・減災対策を検討するためには、生態系の防災・減災機能およびその他便益を含めた機能の評価に必要な情報を、定期的に定量的に収集・蓄積することが重要である。例えば、JICA でプロジェクトにおいて植林をする場合、土砂崩壊防止機能の評価のために、地形・地質など環境が酷似している植栽地と裸地における土壌流出量 ( $\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ ) の計測を設計段階に計画し、モニタリングをすることが必要である。このデータは将来的に環境が類似する他の対象地において防災・減災機能を推量することに用いることが可能だけでなく、社会経済便益評価の代替費用法に使用することも可能である。

#### (2) 代替費用法以外の評価手法の検討

本調査で用いた代替費用法は、その代替物そのものの妥当性が問われることがある。社会経済評価の方法としては、代替費用法以外の方法も存在するため、Eco-DRR に関する JICA プロジェクトの計画段階から、これらの方法に掛かる費用と時間も考慮に入れ、プロジェクトに適した評価方法を選択することが重要である。

(参考) 森林生態系を防災・減災に活用する場合の留意事項

① 保全対象までの距離

保全対象施設が、下図に示された  $\theta$  2-4 の範囲にある場合には、防災に主眼を置いた対策が必要である。 $\theta$  1 の地点にある場合には、減災の視点での対策も可能である。

森林の土砂崩壊防止機能が発揮されるのは、根系が存在する深さ 2 m までといわれており、豪雨等によりそれ以上の深さの崩壊が発生すれば効果が及ばない。このため、人家等保全対象施設が崩壊土砂が到達する範囲内にある場合は、防災施設を主体とした対策が必要である。林野庁の山地災害危険地区調査要領によれば、山腹崩壊土砂が公共施設等に影響を及ぼすおそれがある集水区域（流域）内の最高点から高さの 5 倍に相当する距離の範囲内又は公共施設等から見通し角が 11 度以上ある山稜が存在する区域の範囲内を、崩壊土砂が到達する範囲としている。したがって、この範囲外の区域を対象として、Eco-RRR を検討することとする。

<山地災害危険地区調査要領別記 1 の記述>

山腹崩壊土砂が公共施設等に影響を及ぼすおそれがある集水区域（流域）内の最高点から高さの 5 倍に相当する距離の範囲内又は公共施設等から見通し角が 11 度以上ある山稜が存在する区域の範囲内。

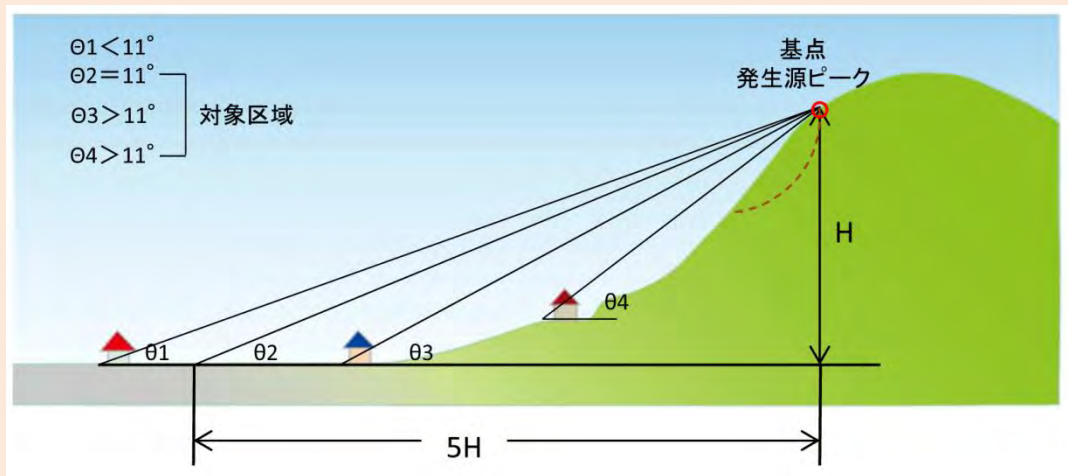


図 4-4 山腹崩壊危険地区の調査範囲の取り方

(出典：治山 VOL51 No.5 2006.8・9)

② 森林が成立する限界傾斜

森林による防災減災機能が発揮されるためには、森林が成立することが絶対条件である。森林が成立するための限界傾斜については、地質、降雨等により変わるため、明確に示すことは困難であるが、35 度～45 度という研究成果がある。これを参考にして、対策シナリオとして森林造成を検討する場合には、傾斜 35 度以下（目安）を対象とする。

区分	斜面勾配	対応する工法	目標
地山	60度以上	構造物による法面保護工 (法棒工・モルタル吹付け工など)	表面侵食防止・斜面の安定化 (永続的な植生の再生は困難)
地山	45～60度	植生による法面保護工 (客土吹付け工など)	表面侵食防止・斜面の安定化 (草地等として管理)
地山	35～45度	植栽工を含む山腹緑化工法	安定した森林の再生
崩盛 土土	35度以下	同上 (工作物の密度が少なくすむ)	同上

図 4-5 斜面勾配と斜面安定工法との関係

出典：堀ら（2001）

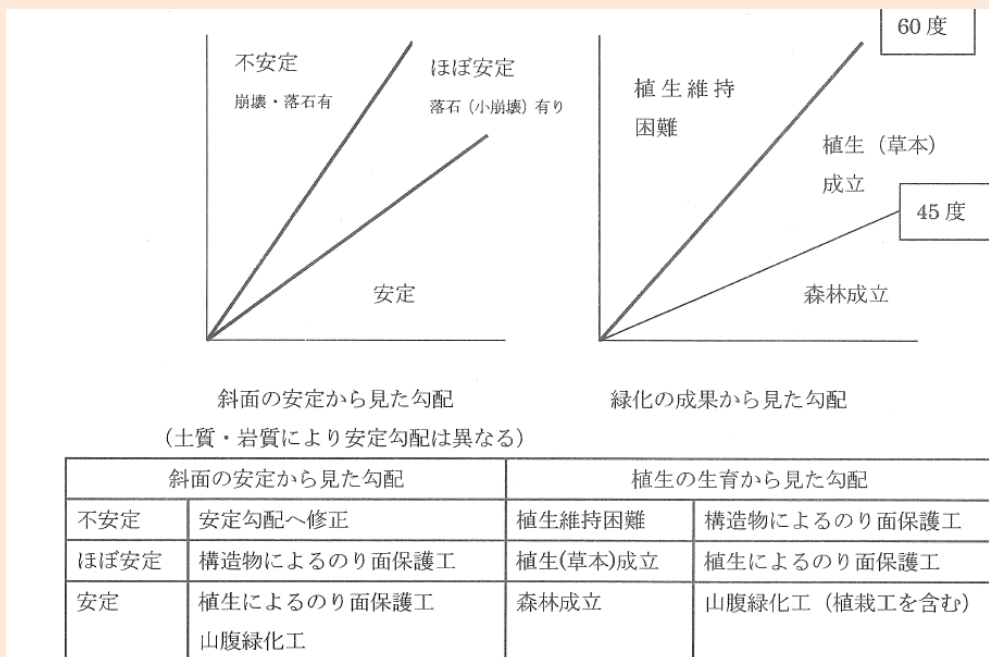


図 4-6 斜面勾配と山腹工の考え方

出典：桜井（2006）

### ③ 機能発揮のための最低面積

森林の定義については、日本の森林法では「木竹が集団している土地及びその土地の上にある立木竹」と規定しているが、その面積については明確にしていない。しかし、森林の有する防災減災機能を効果的に発揮させるためには、一定の面積が必要である。

一方、森林法施行規則では、水源かん養保安林の一箇所当たりの皆伐限度面積を 20ha としている。これは、20ha まで伐採しても大きく機能に支障がないということである。これを参考にして、Eco-DRR の検討をする面積のまとまりについては、20ha 以上を目安とする。

海岸林については、樹林帯により海からの風速を減少させることにより、その機能を発揮している。森林の防風効果は、風下側で、造成された森林の樹高の 10 倍から 20 倍程度の距離という研究成果がある（北海道森林管理局 HP 「森林の多面的機能とは」2016/11/20 Accessed）。これを参考として、海岸林を検討する場合は、樹林帯の幅が想定される樹高の 10 倍以上を目安とする。

#### ④ 機能発揮のための期間

樹木は、植栽された直後は、根系も発達していないため、防災減災効果は小さい。植栽された後、成長に伴い根系が発達し、防災減災効果が徐々に大きくなり始める。このため、緊急に防災減災効果を発揮させる必要がある場合は、Eco-DRR は適さない。日本での研究によれば、「林齢 20 年前後を境として、幼齢林と壮齢林では、崩壊率が大きく異なり、幼齢林の崩壊率が壮齢林のそれより、約 3～6 倍高くなっている研究報告が多い」という報告がある（塚本, 1987）。日本での人工林の成林期間は 50～60 年とすれば、成林期間の 1/3 の期間になる。これを参考にして、森林の防災機能発揮までの期間については、現地における一般的な成林までの期間の 1/3 の期間を目安とする。

## 参照文献

- AREC (2016). MAP PRODUCTION, Department for Geodetic Works, Agency For Real Estate Cadastre, Skopje (Presentation done for the Study Team)
- Banko Central de Nicaragua (2015). MACROECONOMIC STATISTICS YEARBOOK 2015
- Blinkov, I, and Trendafilov, A. (Unknown date). EFFECTS OF ANTIEROSION MEASURES ON THE VODNO MOUNTAIN - (preliminary results), Faculty of forestry , University St. Cyril and Methodius, Skopje
- CBD (2016). Nicaragua – Overview, Convention on Biological Diversity, <https://www.cbd.int/countries/?country=ni> (2016/10/29 Accessed)
- Chakovski, J. (2009). Forest Protection in Republic of Macedonia. In: 国際協力機構 (2011).マケドニア旧ユーゴスラビア共和国森林火災危機管理能力向上プロジェクト詳細計画策定調査報告書
- EM-DAT (2016) .The International Disaster Database Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED <http://www.emdat.be/> (2016/10/23 Accessed)
- FAO-FRA (2015) . Former Yugoslav Republic of Macedonia
- FAO-FRA (2015) . INFORME NACIONAL, Nicaragua
- FCPF (2015). Presentation of Emission Reduction Program Idea Note, Nicaragua, FCPF
- 福寫義宏 (1977) . 田上山地の裸地斜面と植栽斜面の雨水流出解析. 日本林学会論文集 88.
- Hack, J; Kosmus, M; Kräuter, H,J; Weiskopf, B. and Somarriba, D (2013): Payments for hydrological ecosystem services in the Gil González watershed – A p public private partnership case study; mainly based on Hack (2010); available at: [TEEBweb.org](http://TEEBweb.org).
- 平田功, 生沢均, 寺園隆一, 幸喜善福 (1993) モクマオウ本数密度試験地における 33 年目の結果について, 日本林学会九州支部研究論文集号 : 46 ページ : 213-214
- Hydro-meteorological Service (2015) . T -02.03.8: Precipitation in mm. In: Statistical yearbook of the Republic of Macedonia 2016
- INAFOR (2008). Estrategias y Logros en la Reducción de la Deforestación en Nicaragua.; (en) Strategies and Achievements in Reducing Deforestation in Nicaragua
- 環境省 (2016) . 生態系を活用した防災・減災に関する考え方. 環境省自然環境局
- 小橋澄治 (1999) .生態系と災害対策は両立するか? PREC STUDY REPORT, Vol04.



- Roa, M. G. (2016). ESTRATEGIAS Y LOGROS EN LA REDUCCIÓN DE LA DEFORESTACIÓN EN NICARAGUA (2007-2015), INAFOR
- 堀繁・桜井正明(2001). 土壌造物の景観設計, 地盤工学会 (The Japanese Geotechnical Society), NII-Electronic Library Service
- JICA (1997). マケドニア国全国総合水資源開発・管理計画調査事前調査報告書
- JICA (2006). ニカラグア国防災地図・情報基盤整備計画調査, ファイナルレポート, 国際協力機構/国土調査研究所 (Nicaraguan Institute of Territorial Studies)
- JICA (2011). ニカラグア共和国住民による森林管理計画, 終了時評価報告書
- JICA (2014a). 北米・中南米地域中米広域防災能力向上プロジェクトフェーズ2 詳細計画策定調査ファイナル・レポート要約版
- JICA (2014b). マケドニア旧ユーゴスラビア共和国森林火災危機管理能力向上プロジェクト終了時評価調査報告書
- JICA (2011). マケドニア旧ユーゴスラビア共和国森林火災危機管理能力向上プロジェクト詳細計画策定調査報告書
- Klytchnikova, Irina I.; Cestti, Rita E.; Escurra, Jorge Jose; Pagiola, Stefano P. (2013). Policy and investment priorities to reduce environmental degradation of the Lake Nicaragua watershed (Cocibolca) : addressing key environmental challenges. Latin America and Caribbean Region Environment and Water Resources occasional paper series. Washington DC ; World Bank.
- MAFWE (2006). Strategy for Sustainable Development of Forestry in the Republic of Macedonia
- MAGFOR/INAFOR/FAO (2008). Resumen de Resultados del Inventario Nacional Forestal 2007-2008, FAO TCP/NIC/3105
- 丸山岩三 (1970) . 「森林水文」 林業教育研究会編 (実践林業大学, 22)
- Ramsar Site (2016). Ramsar Site Information Service. (<https://rsis.ramsar.org/>) (2016/10/23 Accessed).
- Stefanoski, S. (2016) Presentation at Workshop of JICA study, CMC
- 首藤伸夫(1985). 防潮林の津波に対する効果と限界, 第32回海岸工学論文集, 土木学会, pp.465-469.
- SIDA/MEPP (2008). National Strategy for Sustainable Development for the Republic of Macedonia, SIDA funded project in cooperation with the Ministry of Environment and Physical Planning, the Republic of Macedonia
- MARENA (2007). Estado del Ambiente del Nicaragua

- Mongabay (2016). Nicaragua Forest Information and Data,  
<http://rainforests.mongabay.com/deforestation/2000/Nicaragua.htm> (2016/11/02  
Accessed)
- Nikolov, N. (2013) .Organization of Forest Fire Protection in the Southeast  
European/Caucasus Region, Seoul, In FOREST FIRES COUNTRY STUDY,  
FORMER YUGOSLAV REPUBLIC OF MACEDONIA 2015 Produced by the  
Regional Fire Monitoring Center
- 桜井正明 (2006) . 治山緑化工の歴史と自然回復. 日本緑化工協会 : 第 27 回緑化工技術講  
習会 2006(平 18)年 2 月 5・6 日
- State Statistical Office (2015). Macedonia in Figures, State Statistical Office, Republic  
of Macedonia
- State Statistical Office (2016). Statistical yearbook of the Republic of Macedonia 2016
- 塚本良則 (1987) . 樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究. 東京農工大学農学部演習林報  
告第 23 号
- World Bank (2016). Data Bank. <http://databank.worldbank.org/> (2016/10/22 Accessed)
- 柳澤英明・越村俊一・宮城豊彦・今村文彦 (2008). 2004 年インド洋大津波におけるマン  
グローブ林のフラジリティ関数と津波減衰効果, 海岸工学論文集, 第 55 卷, 土木学会,  
pp.286-290.
- 柳澤英明・宮城豊彦・馬場繁幸 (2010). 2009 年サモア地震津波におけるマングローブ林の  
津波減災効果, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.66, No.1, 土木学会, pp.251-255.
- 山本 吉道・Puangpet RATTANARAMA・Arjong NOPMUENG(2015). マングローブ林に  
よる消波と侵食防止の効果評価法, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 土木学会, Vol. 71,  
No. 2, I\_799-I\_804.

付属資料 1 マケドニア国調査・面談者リスト

組織	名前	職位
JICAバルカン事務所	阿部俊哉	所長
JICAバルカン事務所	平島淳	企画調査員
JICAマケドニア	Sasho Dimitrov	Technical Coordinator
CMC	Stevko Stefanoski	Head of Department for Analysis, Assesment, and Strategic Planning
CMC	Igorche Karanfilovski	Assistance head of Department of IT, TC and Support of the alarming system and E-112
MAFWE	Vojo Gogovski	State Counselor for Forestry and Hunting
MAFWE	Lidija Kastratovic (Ms)	Cabinet of the Minister
MAFWE	Jordan Zdravski	
MAFWE	Daniela Irotova-Lazareva	State advisor for Minister, MAFWE; Former State Senator from Radovish
PEMF	Dejan Mandzukovski	Head of Forest Management and Planning
PEMF Tetovo	Toni Ivnovski	Director of Branch Unit
PEMF Tetovo	Pane Simich	Head of Forest harvesting
PEMF, Ohrid	Zoran Sekuloski	Unit manager
PEMF Stip	Darko Shumanski	Branch manager
MEPP	Vlatko Trpeski	Head of Department for nature
MEPP	Cauko Jopanof	
UNDP Macedonia	Anita Kodzoman	Head of Environment and Disaster Risk Reduction Unit
UNDP Macedonia	Vasko Popovski	Project Manager, ICT for Urban Resilience Dsiaster and Climate Risk reduction
Agency for Real Estate Cadastre	Brankica Stojanovska (Ms.)	Head of Department for Basic Geodetic Works
Agency for Real Estate Cadastre	Darko Burovski	Assistance Head of Sector for Geodetic Works
Agency for Real Estate Cadastre	Fikreta Shakirovik (Ms.)	Head of Depatment for Cartography and Photogrammetry)
Agency for Real Estate Cadastre	Srechko Tasevski	Head of Department for Geodetic Works for Special Purposes, State-border and Cadastre Classification of Land
Secretariat for European Affairs	Arlinda Begiri, Ms	Deputy head of National Instrument for Pre-accession assistance(IPA)
Secretariat for European Affairs	Sofce Krstiki, MS	Head of unit for bilatelal and multilateral assistance
Swiss Agency for Development and Cooperation(SDC)	Stanislava Dodeva, Ms.	National Programme Officer
Probistip	Toni Tonevski	Mayor of Probistip
Probistip	Zivka Mihaolova	Head of the Department of Inspection Works, Probistip Municipality
Probistip	Valentina Angelovska	Cabinet of the Mayor
Probistip, MAFWE	Ranko Davizrov	MAFWE unit at Probistip
Probistip, PEH	Todorce Nikolovski	General Manager
Probistip, PEH	Mile Monevski	Adviser of the management team for technical issues
Faculty of Forestry	Ivan Blinkov	Professor
Direction of Protection and Rescue	Shaban Benjtullahi	
Mabrovo NP	Hamlet Ahmedi	Tourist Info Point
Tetovo	Drita Abdiu Halili	Chief of Cabinet
Tetovo	Prof. Dr. Teuta Arifi	Mayor of Tetovo
Skopje city	Cyetanka Ikonomova Martinovska	Secfor for Environmental and Nature Protection
Ohrid city	Angel Janev	Deputy mayor
Ohrid city	Dejan Panovski	MEPP, GEF Project
IUCN Regional Office for Eastern Europe and Central Asia	Boris ERG	Director
ditto	POKRAJAC Sanja	

付属資料 2 ニカラグア国調査・面談者リスト

組織	名前	職位
日本大使館	今井 泰志	特命全権大使
日本大使館	大野 正義	参事官
JICAニカラグア事務所	高田 宏仁	所長
JICAニカラグア事務所	名井 弘美	次長
JICAニカラグア事務所	柳川 優人	所員(安全担当)
JICAニカラグア事務所	Hugo Bolanos	プログラムオフィサー
Bosai フェーズ2	川東 英治	専門家(ニカラグア、パナマ担当)
JICAグアテマラ事務所	富安 誠司	所長
JICAグアテマラ事務所	杉本 要	企画調査員
Bosai フェーズ2	伊良部 秀輔	専門家(グアテマラ、コスタリカ担当)
COSUDE	Miriam Downs Selva	Programme Officer (DRR)
COSUDE	Armin Ullmann	Director, Regional Cooperation
GIZ	Stefan Sennewald	Coordinator de Programa
GIZ	Dinora Somarriba	Asesora Principal
IADB	Daniel Torres Gracia	Transport Senior Specialist
INAFOR	Roberto Aragusta	Director of INAFOR
INAFOR	Alfonso Avalos	Planification (planning)
INAFOR	Leonel Rosales	Fomento Foresta (Forest Development)
INAFOR	Mario Gracia Roa	Director, Forest Protection Department
INETER	Marcio Bosca Solazar	Direction de Meteorologic
INETER	William Arnulfo Martinez Bermudez	Director General de Geologia y Geofisica
INPESCA	Idalia Gonzales	Direction de Fomente
INPESCA	Galn Alemain C.	Divulgacion
INPESCA	Lazaro Mora	Teminal Pesquera Administrativa
INTA	Danielo	External Cooperation Coordinator
INTA	Elveles	Agricultural investigation
INTA	Nasale Cardilo	INTA projects and scholarships manager
INTUR	Karina Ramirez Sampson	Division of Tourist Projects and External Cooperation
INTUR	Anasha Campbell	Co-directora INTUR
INTUR	Custhan Ropez	Enlace INTUR SINAPRED
MARENA	Dr. Paul Oquist Kelley	Ministro, Secretaria Privada para Politicas Nacionales,
MARENA	Selim Guadamuz	Officer, Secretaria Privada para Politicas Nacionales,
MARENA	Javier Gutiemo	Co-director Cambio Clima
MINED	Juan Salvador Mendez	Tecnico de Enlace de MINED ante SINAPRED
MINREX	Yadira Galan	Cooperation Asia
MTI	Jng. Fabio Francisco Guerrero Osorio	Director, Environmental Management Unit
MTI	Carol Chavez Orozco	
MTI	Mayra Blandinno	
SINAPRED	Jose Luis Peirz	Director, Training section
SINAPRED	Gurilbonno Gonzales	Director General
UNAN-CIGEO (大学研究機関)	MSc Ingenieria Sismico	Director
UNAN-CIGEO (大学研究機関)	Claudio Romero Lopez	Director, Ingenieria Sismico
UNAN-CIRA (大学研究機関)	Heyddy Calderon	Jefa del Area de Investigacion y Desarrollo
World Bank Group	Pablo R. Valdivia Zalaya	Agriculture Insurance Consultant
La Lajas (comunidad), Leon	Placido Osono Quitero	JICA Project 村リーダー
Brisas (comunidad), Leon	Florenico Ramires	JICA Project 村リーダー
El Charco (comunidad), Leon	Virgilio Urrutia	JICA Project 村リーダー
El Coyol (comunidad), Leon	Lorence Martins	JICA Project 村リーダー
El Guyado (comunidad), Leon	Jose Luis Mendoza	JICA Project 村リーダー
Palermo (comunidad), Chinandega	Pedro	JICA project 参加者
Palermo (comunidad), Chinandega	Danilo Santos Balgas	JICA Project 村リーダー
Palermo (comunidad), Chinandega	Asosena Martines Martines	JICA project 参加者
La Sandino (comunidad), Chinandega	Pablo Dias	JICA project 参加者
La Sandino (comunidad), Chinandega	Leyra Obiera	JICA project 参加者
ASODEL (NGO)	Maria Jose Diaz	General Director
ASODEL (NGO)	Meyling Picado	Coordinator of area management
ASODEL (NGO)	Pablo Medina	President
SERENA	Kirkman Zoe Hulse	Director of SERENA
SERENA	Martha Taylor	Coommunication officer
GRACCS	Ruben Lopez Espinoza	Executive Director
GRACCS	Lucia Castillo	Diresctione de Agua
GRACCS	Luisa Ginon	Tecnica/Secretaria
MECO (道路建設企業)	Katiela Rodoriguez Garcia	Secutiry coordinator
BICU (大学)	Rene Cassells	General Secretary
FUNCOS (NGO)	Pedro Ruit Carcastle	President
Isla Juan Venado	Marvin Heenandez Pavon	Administrador
San Juan del Sur	Mario Rocha	Project Rio SJS (GIZ coordinator)
Bluff (comunidad)	Francis Watt	Bluff Community Leader
CEPREDENAC	Roy Barboza Sequeira	Executive Secretary
CEPREDENAC	Jessica Solano	Gerente Tecnica
CEPREDENAC	Mayra Valle	Coordinator, Training and Education,

付属資料 3 マケドニア国調査・収集資料リスト

No.	国	資料名	入手先
1	マケドニア	Production of topographic maps, 2016	AREC
2	マケドニア	Contribution for development of a Climate Change Strategy for City of Skopje	City of Skopje
3	マケドニア	UNDP MACEDONIA/ NATIONAL CONSULTANT FOR ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS FOR INTEGRATED SPATIAL PLATFORM FOR URBAN RESILIENCE	City of Skopje
4	マケドニア	Rapid Assessment of the Effects of Flash Floods in the Polog Region	City of Tetovo
5	マケドニア	Mission on the former Yugoslav Republic of Macedonia-Flood	City of Tetovo
6	マケドニア	Report of the working group for assessment of the damages on road infrastructure, water supply and sewage system, bridges, riverbeds, and dams	City of Tetovo
7	マケドニア	4. Annex – photo documentation to the Report of the working group within the municipality	City of Tetovo
8	マケドニア	5. Action plan prepared by the working group within the municipality	City of Tetovo
9	マケドニア	Report of the group of experts on damage assessment and restoration plan	City of Tetovo
10	マケドニア	2016-2018-CUK-Strateski-pLan	CMC
11	マケドニア	LAW ON CRISIS MANAGEMENT, 2005	CMC
12	マケドニア	PREPARATION OF STUDIES FOR RE-VALORIZATION OF NATURAL VALUES OF TWO PROTECTED AREAS “MATKA CANYON” NATURAL MONUMENT AND “TIKVES” STRICT NATURE RESERVE RFP 22/2009	Dr. Ivan Brinkov
13	マケドニア	Study and Analysis of Innovative Financing for Sustainable Forest Management in the Southwest Balkan Cross Cutting Issues and Summary of the Ulza Watershed Case	Dr. Ivan Brinkov
14	マケドニア	Rapid Assessment of the Effects of Flash Floods in the Polog Region	Dr. Ivan Brinkov
15	マケドニア	Gap analysis and needs assessment in the context of implementing EU Flood Directive in the Western Balkans	Dr. Ivan Brinkov
16	マケドニア	SILTATION REGIME OF ARTIFICIAL RESERVOIRS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA	Dr. Ivan Brinkov
17	マケドニア	Applicability of various Erosion Risk Assessment Methods for Engineering Purposes, 2010	Dr. Ivan Brinkov
18	マケドニア	CONVERSION OF EROSION DATA PRODUCED BY EPM IN WEIGHT MEASURE UNIT, 2012	Dr. Ivan Brinkov
19	マケドニア	NALYSES OF SOME TORRENTIAL FLOODS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA CASE STUDIES: NEGOTINO 1995 AND RADOVIS 2008	Dr. Ivan Brinkov
20	マケドニア	Nature Based Solutions for Resilient Communities in South Eastern Europe	IUCN
21	マケドニア	Ecosystems for Disaster Risk Reduction	IUCN
22	マケドニア	IUCN Regional Office for Eastern Europe and Central Asia	IUCN
23	マケドニア	IUCN Regional Office for Eastern Europe and Central Asia in Belgrade	IUCN
24	マケドニア	Shaping a Sustainable Future for South-Eastern Europe An IUCN Strategic Plan for South-Eastern Europe Summary	IUCN
25	マケドニア	office location	IUCN
26	マケドニア	マケドニア・旧ユーゴスラビ共和国 マケドニア・旧ユーゴスラビ共和国ズレトヴィツァ水利用改善事業	JICA ズレトビツァ
27	マケドニア	PROFOCAJON事業完了報告書ドラフト.20160517	JICA
28	マケドニア	PROFOCAJON事業完了報告書ドラフト目次.20160517	JICA
29	マケドニア	Nature management – Country profile	MEPP
30	マケドニア	Disaster risk reduction a handbook for practitioners	MEPP
31	マケドニア	Protected Areas Protecting People – a tool for Disaster Risk Reduction	MEPP
32	マケドニア	THE LAW ON ENVIRONMENT	MEPP
33	マケドニア	LAW ON NATURE PROTECTION	MEPP
34	マケドニア	SPATIAL PLAN OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA Spatial planning strategy	MEPP
35	マケドニア	SECOND NATIONAL ENVIRONMENTAL ACTION PLAN, 2006	MEPP
36	マケドニア	LOCAL ENVIRONMENTAL ACTION PLAN IN REPUBLIC OF MACEDONIA	MEPP
37	マケドニア	NATURAL AND CULTURAL HERITAGE OF THE OHRID REGION WORLD HERITAGE SITE MANAGEMENT PLAN	MOC
38	マケドニア	NATURAL AND CULTURAL HERITAGE OF THE OHRID REGION WORLD HERITAGE SITE MANAGEMENT PLAN	Ohrid city
39	マケドニア	Law on Forests Zakon za shumite.0	PEMF
40	マケドニア	Rule book for Forest Management Planning Pravilnik za Uredovanje.6-24(1)	PEMF
41	マケドニア	photos 2016-05-13-18-50-47	Probistip Mayor
42	マケドニア	photos poplavi	Probistip Mayor
43	マケドニア	photos ratavici	Probistip Mayor
44	マケドニア	video POPLAVA NOEMVRI RIBNIK	Probistip Mayor
45	マケドニア	03-Naselenie-Population	STATS
46	マケドニア	Macedonia in figures, 2015	STATS
47	マケドニア	Statistical review	STATS
48	マケドニア	Statistical data for Tetovo municipality and villages Shipkovitsa, Gjermo and Bozovtse	Tetovo
49	マケドニア	FLOOD RISK MITIGATION ACTION PLAN FOR THE POLOG REGION	UNDP
50	マケドニア	Regional Project: “Increasing Urban Resilience by use of ICT for Mainstreaming Disaster and Climate Risk Reduction in Armenia, FYR Macedonia and Moldova”	UNDP
51	マケドニア	Support to the Preparation of a National Strategy for Sustainable Development In the Republic of Macedonia, 2008	SIDA
52	マケドニア	State statistical data, 2015	State statistical office

付属資料 4 ニカラグア国調査・収集資料リスト

No.	国	資料名	入手先
1	ニカラグア	DESARROLLO RURAL COMUNITARIO PARA LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE DESASTRES NATURALES EN EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA, NICARAGUA, 2009 JICA	ASODEL
2	ニカラグア	DOCUMENTO BASE DE LA INVESTIGACION PARTICIPATIVA EN 8 COMUNIDADES	ASODEL
3	ニカラグア	ENVIRONMENTAL STATISTICS AND INDICATORS, 1999-2014	CEPAL
4	ニカラグア	Proyecto "Microzonificación Sísmica en la ciudad de Managua"	CIGEO
5	ニカラグア	Investigation of seasonal river-aquifer interactions in a tropical coastal area controlled by tidal sand ridges, 2014	CIRA
6	ニカラグア	Hydrological and Geomorphological Controls on the Water Balance Components of a Mangrove Forest During the Dry Season in the Pacific Coast of Nicaragua, 2014	CIRA
7	ニカラグア	Mangroves Response to Climate Change: A Review of Recent Findings on Mangrove Extension and Distribution, 2014	CIRA
8	ニカラグア	Programa de Reducción de Riesgos de Desastres en América Central 2013 - 2017	COSUDE
9	ニカラグア	PAGRICC. ENVIRONMENTAL PROGRAM FOR DISASTER RISK MANAGEMENT AND CLIMATE CHANGE	COSUDE
10	ニカラグア	TERRITORIAL APPROACH TO CLIMATE CHANGE, ADAPTATION MEASURES AND VULNERABILITY REDUCTION IN THE REGION OF LAS SEGOVIAS -NICARAGUA	COSUDE
11	ニカラグア	GESTIÓN COMUNITARIA DE LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	COSUDE
12	ニカラグア	Reforestación y Conservación de la Microcuenca del Kukra River como medida de mitigación del Impacto Ambiental de la Construcción de la Carretera Bluefields - San Francisco	FUNCOS
13	ニカラグア	Protection, conservation and sustainable use of water resources of the basin of the river San Juan Del Sur - A public-private partnership	GIZ
14	ニカラグア	ESTRATEGIAS Y LOGROS EN LA REDUCCIÓN DE LA DEFORESTACIÓN EN NICARAGUA. (2007-2015)	INAFOR
15	ニカラグア	Inventario Nacional Forestal, 2007-2008	INAFOR
16	ニカラグア	Annual Metereology Report	INETER
17	ニカラグア	Data base of precipitations during Cyc	INETER
18	ニカラグア	Hydrologic Report	INETER
19	ニカラグア	Impact of Tsunami - Nicaragua	INETER
20	ニカラグア	Natural Cyclones in Nicaragua	INETER
21	ニカラグア	LOS ARRECIFES DE LOS CAYOS PERLAS, NICARAGUA	INPESCA
22	ニカラグア	BIOLOGÍA PESQUERA DE LOS CAMARONES COSTEROS DEL Gen. Litopenaeus y del CAMARONCILLO Xiphopenaeus kroyeri EN LAGUNAS COSTERAS DE LA REGIÓN AUTÓNOMA ATLÁNTICO SUR, NICARAGUA	INPESCA
23	ニカラグア	GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PECES MARINOS DEL MAR CARIBE DE NICARAGUA	INPESCA
24	ニカラグア	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO A LA PESCA DE ESCAMAS CON NASAS EN EL CARIBE NICARAGUENSE	INPESCA
25	ニカラグア	PLAN DE MANEJO PARA LOS RECURSOS PESQUEROS	INPESCA
26	ニカラグア	BIOLOGÍA PESQUERA DE LOS RÓBALOS Género Centropomus EN LAGUNAS COSTERAS DE LA REGIÓN AUTÓNOMA ATLÁNTICO SUR, NICARAGUA	INPESCA
27	ニカラグア	LISTA TAXONOMICA DE LAS ESPECIES DE PECES CAPTURADAS DURANTE LAS EXPLORACIONES EN LOS CAYOS MISKITUS (ABRIL 2008)	INPESCA
28	ニカラグア	ANUARIO PESQUERO Y ACUICOLA 2014	INPESCA
29	ニカラグア	PRECIOS REPORTADOS POR PLANTAS PESQUERAS PAGADOS AL PESCADOR ARTESANAL	INPESCA
30	ニカラグア	PROGRAMA FORESTAL NACIONAL AVANCES EN LA IMPLMENTACION 2007-2011	MAGFOR
31	ニカラグア	PLAN NACIONAL DE DESAPROLLO HUMANO 2012-2016	PNDH
32	ニカラグア	Manual de Procedimientos Preliminar para el Otorgamiento de: Licencia de Pesca, Permisos, Autorizaciones Ambientales Estudios y Aprovechamiento de Flora y Fauna	SERENA
33	ニカラグア	Manual General de Organización y Funciones	SERENA
34	ニカラグア	DRAGADO DE MANTENIMIENTO CANAL DE NAVEGACION BLUFF - PESCANICA	SERENA
35	ニカラグア	POLITICA NACIONAL DE GESTION INTEGRAL DE REDUCCION DEL RIESGO A DESASTRES 2015-2016	SINAPRED