

林野庁補助事業

途上国森林づくり活動貢献可視化事業

令和 7 年度報告書

令和 8 年 3 月

公益財団法人 国際緑化推進センター (JIFPRO)

目次

要約	1
Summary	2
1 章 事業の背景・目的及び進め方	3
1 背景・目的	3
2 事業の進め方	5
2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ：先進的事例の紹介	8
1 はじめに	8
2 方法	8
3 植林地から調達している企業の情報開示のアプローチ	9
4 植林地から調達していない企業の情報開示のアプローチ	20
5 事例分析を踏まえた植林活動の情報開示のポイント	23
6 参考文献	25
7 添付資料	26
3 章 コミュニティ便益の可視化手法分析—CCB 認証基準を中心に—	30
1 背景・目的	30
2 方法	32
3 結果	36
4 まとめ	51
4 章 シルボフィッシュリーの環境・社会経済便益の可視化	55
1 実証調査の背景と目的	55
2 実証調査の対象地・方法と結果	62
3 実証調査の考察とシルボフィッシュリー普及へ向けた方向性	76
4 参考文献	82
5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多 様性評価	86
要約	86
1 背景と目的	86
2 実施体制及び調査スケジュール	87
3 調査方法	88
4 結果	99
5 費用	139
6 調査結果の普及活動	140
7 まとめ	142
6 章 普及ツール等による情報発信	143
1 情報集積サイトの管理運営	143
2 セミナー開催	148

7 章 事業運営委員会での検討内容.....	157
1 第1回事業運営委員会での検討内容.....	157
2 第2回事業運営委員会での検討内容.....	165
3 第3回事業運営委員会での検討内容.....	172
8 章 添付資料	181
1 第1回 事業運営委員会 議事次第と出席者リスト	181
2 第2回 事業運営委員会 議事次第と出席者リスト	184
3 第3回 事業運営委員会 議事次第と出席者リスト	187
4 技術検討委員会 議事次第と出席者リスト	190

要約

本報告書は、「令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業」の成果として、民間企業等による途上国での森林づくり活動を促進することを目的に、森林づくり活動がもたらす環境面・社会面での貢献度を、低コストかつ実務的に可視化する手法の検討・開発を行い、その結果を取りまとめたものである。

近年、気候変動の緩和・適応や生物多様性の保全といった地球規模の課題に対し、自然を基盤にした解決策(Nature-based Solutions:NbS)の重要性が国際的に高まっている。とりわけ、森林づくり活動は、CO₂吸収に加え、生物多様性保全や地域社会の生計向上など多面的な便益を生み出す点で注目されている。一方、途上国における森林づくり活動は、公的資金だけでは十分に進まず、民間企業等による資金・ノウハウの活用が不可欠である。このため、企業には植林活動が生み出す環境・社会的価値を可視化し、投資家や消費者に対して適切に説明することが求められている。本事業では、企業が自ら取り組む森林づくり活動の貢献度を柔軟に可視化できる手法の開発を目指した。

第 2 章では、非財務情報開示の重要性が高まる中、先進的な企業事例を対象に、植林活動の位置づけや訴求対象、活用されている情報開示のアプローチについて分析を行い、企業が森林づくり活動の成果を効果的に外部発信するための留意点をとりまとめた。

第 3 章では、森林づくり活動によるコミュニティ便益の貢献を可視化するための考え方や指標、モニタリング方法について、CCB 認証におけるコミュニティ便益の評価手法に着目し、その評価項目やモニタリングの特徴を整理するとともに、民間企業による実務への応用可能性を検討した。

第 4 章及び第 5 章では、企業が参照可能な可視化のモデルケースを提示するため、2 件の実証試験を実施した。1 件目は、インドネシアにおけるシルボフィッシャリー型マングローブ植林事業地を対象に、環境面及び社会経済面の便益を評価する実証調査であり、2 件目は、フィリピンにおけるマングローブ植林地を対象に、海洋底生生物を指標とした簡易的な生物多様性評価手法の開発を行う実証調査である。これらの実証を通じて、比較的簡便な指標や調査方法であっても、森林づくり活動の貢献度を一定程度把握・説明できる可能性が確認された。

第 6 章では、事業で得られた知見や実証結果を、情報集積 Web サイト「途上国森づくりワークス」に掲載し、誰でも閲覧できる形で公開するとともに、一般向けに実施したセミナーについて整理した。

第 7 章では事業運営委員会における検討内容を整理し、第 8 章には関連資料を付した。

本報告書で得られた知見や事例が、今後、民間企業等による途上国での森林づくり活動の検討・実施に活用され、環境・社会貢献を伴う多様な森林づくり活動の普及につながることを期待する。

Summary

This report presents the outcomes of the FY2025 *Project for the Visualization of the Contributions of Afforestation and Reforestation Activities in Developing Countries*. The project aims to promote afforestation and reforestation (A/R) activities by private companies and other actors in developing countries through the development of practical and cost-effective methods to visualize the environmental and social contributions generated by such activities.

In recent years, Nature-based Solutions (NbS) have gained increasing international recognition as an effective approach to addressing global challenges such as climate change and biodiversity loss. A/R activities, in particular, provide multiple benefits beyond carbon sequestration, including biodiversity conservation and improvements in local livelihoods. However, public funding alone has been insufficient to scale up these activities in developing countries, making private-sector engagement essential. Accordingly, companies are increasingly expected to visualize and clearly communicate the environmental and social value of their activities to investors and consumers. In response to this need, the present project sought to develop flexible approaches for visualizing such contributions.

Chapter 2 analyzes advanced corporate case studies in the context of growing non-financial disclosure requirements, examining how A/R activities are positioned within corporate strategies and how their outcomes are communicated to external stakeholders.

Chapter 3 focuses on approaches, indicators, and monitoring methods for visualizing community benefits, with particular attention to the Climate, Community and Biodiversity (CCB) Standards and their practical applicability to corporate activities.

Chapters 4 and 5 present two pilot studies conducted as model cases: a silvofisheries-based mangrove planting project in Indonesia, and a simplified biodiversity assessment using marine benthic organisms in a mangrove plantation area in the Philippines. These case studies demonstrate that even relatively simple indicators can provide a reasonable basis for explaining the contributions of A/R activities.

Chapter 6 summarizes dissemination efforts, including the public release of project findings through the website “*Tojoukoku Moridukuri Works in Developing Countries*” and the organization of a public seminar.

Chapter 7 compiles discussions from the project steering committee, while Chapter 8 provides related reference materials.

The knowledge and case studies presented in this report are expected to support the wider adoption of A/R activities that deliver both environmental and social benefits in developing countries.

1章 事業の背景・目的及び進め方

国際緑化推進センター (JIFPRO) 柴崎一樹

1 背景・目的

2021 年 11 月に開催された第 26 回気候変動枠組条約締約国会合 (COP26) において、パリ協定に掲げられた目標を達成するため、気温の上昇を 1.5°C 以内に抑える努力を追求するという「グラスゴー気候合意」が採択された。この目標を達成しカーボンニュートラルを実現するためには、森林減少からの CO₂ 排出の抑制に加えて、植林による CO₂ 吸収機能 (炭素固定) の向上が期待されている。特にポテンシャルの高い途上国において植林を推進するためには、政府等による公的資金だけでは不十分であり、民間資金を活用していく必要がある。

これまでも、日本を含む世界の民間企業等は、途上国において植林活動を実施してきたが、その大部分は、製紙原料等の生産を目的とした「産業植林」等の「①サプライチェーン内での植林」であった。地球環境保全を主たる目的とした「環境植林」等の「②サプライチェーン外での植林」は、寄付や CSR 活動の一環として行われていたため限定的であった。また「植える」行為に主眼が置かれ、植林後の炭素蓄積や生物多様性等への貢献に関する評価はほとんど実施されてこなかった。Bastin et al.(2019)¹が示した世界の植林可能地域を見ると、乾燥地等を中心に、植林が進んでいない地域が存在する (図 1-1)。その要因の一つとして、これらの土地は、気候・土壌条件が悪いため、「①サプライチェーン内での植林」としてビジネスが成立しにくい場所であるといえる。

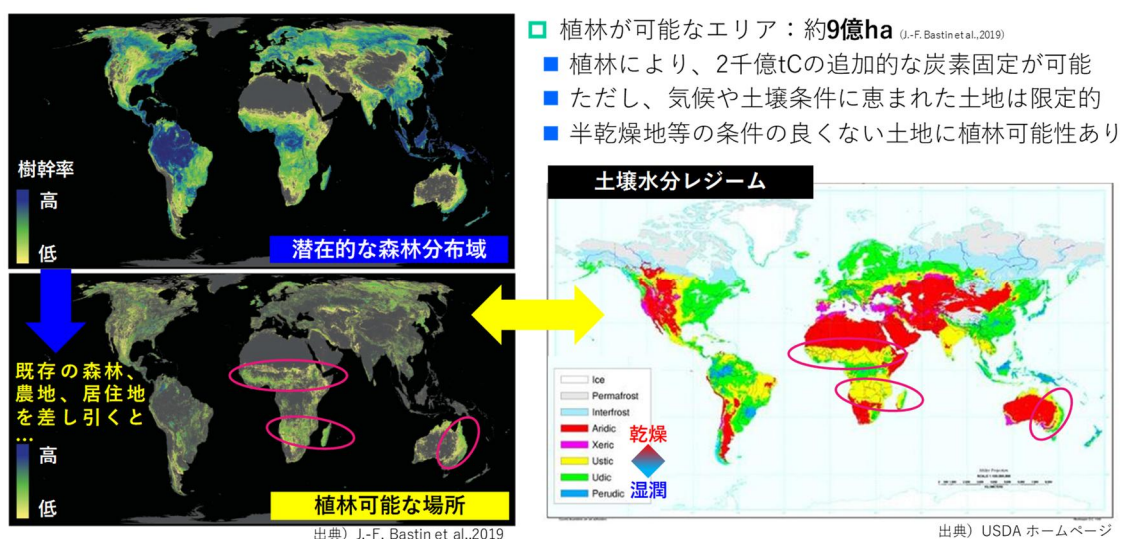


図 1-1 世界の植林可能な場所と土壌水分条件(出典:Bastin et al.(2019)等を基に作成)

¹ Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., ... & Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), 76-79.

近年、気候変動の緩和・適応、及び生物多様性の保護等を考慮した地球レベルでの持続的な発展のために、「自然を基盤にした解決策」(Nature-based Solutions, NbS)が注目されはじめ、世界的に森林の保護、回復、持続的管理の促進が急務となっている(Seddon et al. 2019²)。こうした中、環境・社会面及びガバナンスに配慮した投資(ESG 投資)の重要性が認識され、ビジネスとして成立しにくい場所でも、環境及び社会貢献を重視した植林(以下、森林づくり活動)を推進する機運が高まってきた。そのため、今後は、民間企業等としては、「②サプライチェーン外の植林」に取り組む際にも、「植える」だけでなく、環境・社会面での貢献度を可視化し、投資家や消費者にアピールすることが求められることになる。

森林づくり活動の貢献度を表す指標としては、CO₂ 吸収量や生物多様性といった環境面からの指標のほか、地域住民への配慮や生計向上といった社会面の指標がある。これらの貢献度を指標化し、評価するための国際的な制度としては、既に持続的な森林管理や炭素クレジット量等を認証する制度が存在する。しかし、それらの国際的な認証制度で要求される基準・指標をクリアするためには、通例、多大なコスト(労力と時間)がかかる。

実際、ボランティア炭素クレジットプログラムで最もクレジットが流通している、Verified Carbon Standard (VCS) 下の植林(ARR)プロジェクトの 95%は 100ha 以上の植林を実施しており、ある程度面積が大きくないと、コストに対して得られるクレジットが少なく、成立しづらいことが予想される。そもそも、炭素クレジット等はあくまで、流通(売買・転売)可能にするためのものであり、自社の森林づくり活動の貢献度を可視化するにあたり、必ずしも必須なものとは限らない。また、多くの企業にとって、途上国で 100ha 規模の森林づくりを行うのは、ハードルが高いだろう。森林づくり貢献度可視化は、実際に森林づくりを行う現場の状況や企業のニーズにより、重視すべき側面や定量化への要求度も異なるはずであり、それに柔軟に対応できるものである必要がある。

そこで本事業では、自社の営利活動に対する社会的評価の向上や ESG 投資の呼び込みをインセンティブとした、民間企業等による途上国での多様な森林づくり活動を促進するため、クレジット認証等よりも低コストで、かつ簡易に環境・社会貢献度を可視化する手法を開発する(図 1-2)。手法開発にあたっては、既存の関連情報・事例を収集・分析するとともに、実際の森林づくり活動を対象とした実証試験を通して、貢献度を評価する項目、指標を設定し、それらの指標を実際の植林地で測定・判断するための適切な方法を検討する。また、情報を集積した Web サイトの構築やセミナー開催により、我が国の民間企業等へ成果を提示し、普及を図る。

² Seddon N., Sengupta S., et al. (2019) Nature-based Solutions in NDCs: Synthesis and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. IUCN and University of Oxford.

1 章 事業の背景・目的及び進め方



図 1-2 本事業の目的

2 事業の進め方

2.1 事業運営委員会の開催

事業運営委員会を設置し、事業方針、事業計画、実施方法、成果の取りまとめ等、本事業の運営に関する事項について検討を行った。本委員会は、気候変動、森林減少・劣化、国際林業協力、民間部門による途上国の森林保全の取組等に関する知見を有する者6名の委員で構成される(表1-1)。今年度は、6月、11月、2月に合計3回開催した。委員会での検討内容は第7章に記した。

表 1-1 事業運営委員会の委員

氏名	所属及び役職	専門分野
足立 直樹	株式会社レスポンスアビリティ 代表取締役	民間部門(生物多様性、ESG投資)
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 主席研究員	民間部門(森林経営)
香坂 玲	東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 教授	生物多様性、住民便益
平塚 基志	早稲田大学 人間科学学術院 人間科学部 教授	植林・森林経営(社会林業)
三村 一郎	国際協力機構(JICA)地球環境部 次長 兼 森林・自然環境保全グループ長	国際林業協力
宮本 和樹	森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点 拠点長	生物多様性、気候変動

2.2 森林づくり活動の貢献度可視化手法の開発

途上国における森林づくり活動がもたらす環境面・社会面での貢献度を把握・説明するため、貢献度を評価する項目、指標、及び達成すべき水準(基準値)、並びにそれらの指標を測定(モニタ

1 章 事業の背景・目的及び進め方

リング)・判断するための適切な方法について、既存の可視化手法や関連文献、国内外の事例を収集・整理した。

令和 7 年度には、まず、企業による植林活動の成果を効果的に對外発信する手法を整理するため、先進的な企業事例を対象に、植林活動の位置づけや訴求対象、活用されている情報開示のアプローチについて分析を行い、その特徴やポイントを整理した。これらの結果については、第 2 章に記している。

さらに、途上国における森林づくり活動の貢献度を評価・可視化する手法について、CCB 認証におけるコミュニティ便益の評価手法に着目し、その考え方、評価項目、基準、及びモニタリング手法の特徴を整理するとともに、民間企業が実施主体となる森林づくり活動において、実務的に活用可能かどうかの観点から検討を行った。これらの検討結果については、第 2 章に記している。

また、既存の文献や事例分析を踏まえて試案した森林づくり活動の貢献度可視化手法について、途上国の実際の植林事業において適用可能かどうかを検証するため、現地での実証試験を実施した。令和 7 年度に実施した実証試験は、表 1-2 に示す 2 件であり、1 件目はシルボフィッシャリー型マングローブ植林における環境・社会経済便益の可視化、2 件目はマングローブ植林地における海洋底生生物を指標とした簡易的な生物多様性評価である。

実証試験において検討した可視化手法については、前述の事業運営委員会に加え、4 名の外部専門家から構成される技術検討委員会においても技術的な助言を得ながら検討を進め、その結果を踏まえて手法の最終化を行い、本報告書に取りまとめた。各実証試験の詳細については、第 4 章及び第 5 章に記している。

表 1-2 令和 7 年度に実施した 2 つの実証試験

実証試験のタイトル	実施者	植林形態	R7 年度の実証試験の内容
インドネシアにおけるマングローブ植林：シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化	JIFPRO	養殖生産性が低下し放置された池に、マングローブ植林を伴う養殖システム(シルボフィッシャリー)を導入	・魚介類の養殖生産性(社会経済便益) ・水質(浄化機能) ・炭素ストック(クレジット化試算)
フィリピン国におけるマングローブ植林活動効果の可視化事業	・カネパッケージ ・日本森林技術協会	もともとマングローブが自生していなかった地域において、住民によるマングローブ植林が開始。その後、カネパッケージは環境天然資源省から、同地域での植林活動拡大の要請を受け、CSR 植林を実施。	海洋底生生物を用いた生物多様性評価

2.3 普及ツール等による情報発信

令和 7 年度は、民間企業が途上国で森林づくり活動を検討するにあたって役立つ情報や、本事業で実施した実証試験の結果等を集約し、情報集積 Web サイト「途上国森づくりワークス ―植えるを視える化―」の内容拡充を図った。本 Web サイトでは、森林づくり活動の環境・社会貢献度の可視化に関する基礎的な考え方に加え、本事業で検討・開発した可視化手法や実証結果等を公開し、誰でも参照できる形で情報提供を行っている。

また、途上国における森林づくり活動に関心を有する民間企業や団体、援助機関等を対象として、上記の実証試験の成果等に関する情報を提供するセミナーを 3 月 12 日に開催した。セミナーでは、民間企業等と連携して植林活動を実施している団体の取組紹介に加え本事業で検討した貢献度可視化手法について報告するとともに、マングローブ植林の可能性や課題について議論した。セミナーの参加者数は 111 名であった。

Web サイトおよびセミナーの内容や実施概要の詳細については、第 6 章に記している。

2.4 報告書の作成

本報告書を作成した。本報告書は農林水産省の Web サイト及び本事業で構築した Web サイト上にも公表する予定である。

2章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ：先進的事例の紹介

国際緑化推進センター（JIFPRO） 山口 はるか、倉本 潤季、柴崎 一樹、田中 浩

1 はじめに

近年、企業に対するサステナビリティ関連の情報開示要請は国内外で高まりつつある。それにと
もない、TNFD や CDP など国際的な開示基準の整備が進み、企業には投資家や金融機関に向け
て、自然資本への依存や影響を含む取り組みを透明性高く示すことが求められている。開示内容
が充実しているかどうかは、投資家や金融機関による企業評価に直接影響を与えるようになり、「情
報開示」は、企業の信頼性や経営方針を示す重要な経営課題となりつつある。

他方、企業が植林活動の貢献（インパクト）を社会に伝える際に必要となる情報開示は、こうした
投資家向けの枠組みによるものにとどまらない。取
引先との信頼関係の構築や、消費者へのブランド
価値訴求など、情報開示の目的や対象となるステ
ークホルダーに応じて、そこで重視すべき内容や発
信方法は大きく異なるだろう（図 2-1）。

そこで本章では、企業の情報開示の「内容」と「発
信方法」を組み合わせたものを「情報開示のアプ
ローチ」と定義し、国際的な開示基準に基づくアプ
ローチを採用している企業の事例分析に加え、それ
以外の多様なアプローチを採用している国内企業
の取り組み事例を整理・分析する。この作業を通じ
て、今後植林活動を進め、その貢献度の可視化に
取り組む企業に対して、自社の目的に合った効果
的な情報開示のアプローチを検討する上で役に立つ情報を提供したい。



図 2-1 植林活動の貢献の提示対象に
対応した情報開示のアプローチ

2 方法

本調査では、海外で植林活動を展開する国内企業約 55 社（別添、表 2-5、表 2-6）を対象に、植
林活動の情報開示のアプローチを整理・分析した。基本的に各社のウェブサイト上で公開されてい
る情報（TNFD レポートやサステナビリティレポート等）を参照した。加えて、内容の理解を補足する
目的で、一部の企業に対してヒアリング調査も行った。調査の主眼は「企業がいかに植林活動の価
値を対外的に伝えているか」を明らかにすることであり、カーボンクレジットの創出・販売を主目的と
する企業は、分析対象から除外した。分析にあたっては、まず対象企業を①植林地から調達を行う
企業と、②植林地から調達を行わない企業の 2 グループに分類した。これは植林地が原材料の調
達源であるかどうかによって、植林活動を事業文脈で説明できるか否かという点が異なるためであ
る。次に、各社の公表内容と発信方法を精査した結果、6 つの情報開示のアプローチを抽出した

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

(表 2-1)。多くの企業では、ステークホルダーごとに複数の情報開示のアプローチを併用しているが、本調査ではそれらを網羅的に扱うのではなく、特に他社の参考となり得る先進的なアプローチに焦点を当てて整理した。

表 2-1 先進的な情報開示のアプローチ

	情報開示のアプローチ	企業例
植林地から調達している企業	TNFD レポート	王子 HD、日本製紙、住友林業、大王製紙、不二製油、明示 HD、UCC 上島珈琲、森永乳業、ヤマハ (植林地を優先地域での活動としている企業)
	インパクトレポート	坂ノ途中
	商品への CO2 削減マーク表示	フルッタフルッタ
植林地から調達していない企業	自主的カーボンオフセット	東京海上 HD、カネパパッケージ、JAC グループ
	ネイチャーポジティブを主眼とした事業化	三井住友海上
	アプリによる消費者参加型	パラマウントベッド

これらの分類を踏まえ、3 節では「植林地から調達している企業の情報開示のアプローチ」、4 節では「植林地から調達していない企業の情報開示のアプローチ」の具体的な事例を紹介する。

3 植林地から調達している企業の情報開示のアプローチ

本節では、植林地から物資を調達している企業を対象として、先進的な情報開示のアプローチを整理する。中心となるのは、国際的な枠組みである TNFD レポートによるアプローチ (3.1) である。これに加え、TNFD レポート以外のアプローチとして、企業独自の価値創出やブランド価値訴求を目的としたインパクトレポートによるアプローチ (3.2) および商品への CO2 削減マーク表示によるアプローチ (3.3) の 2 つのアプローチを取り上げ、その特徴を紹介する。

3.1 TNFD レポートによるアプローチ

TNFD (自然関連財務情報開示タスクフォース: Taskforce on Nature-related Financial Disclosures) は、企業が、自社の事業活動における生物多様性や自然資本への「依存・影響」を分析し、そこから生じる「財務上のリスク・機会」を主に投資家に向けて開示するための国際的な枠組みである。日本国内の関心は高く、TNFD 提言に沿った情報開示 (部分開示を含む) を行う企業数は、2024 年 5 月時点の 54 社から、2025 年 10 月時点には 172 社へと、わずか 1 年半足らずで約 3 倍に増加した (出典: RM FOCUS No.96、MS&AD インターリスク総研)。今後に予定されている有価証券報告書への TNFD 開示の義務化に向けた動きにも、注目が集まっている。

(1) TNFD で植林活動を開示する際のキーポイント

本調査では、TNFD の一般要件等を参照しながら、植林活動を TNFD で開示するにあたり特に重要だと考えられる観点を 3 つに整理した。

① 植林地が優先地域として位置付けられているか

TNFD では、「企業にとって重要な場所」と「自然にとって重要な場所」を優先地域として定義している。企業は全拠点を一律に扱うのではなく、これらの観点から優先順位を付け、重点的に評価・改善していくことが求められる。したがって、植林地が優先地域に該当するかどうかは、投資家への訴求力を左右する重要な要素となる(図 2-2)。

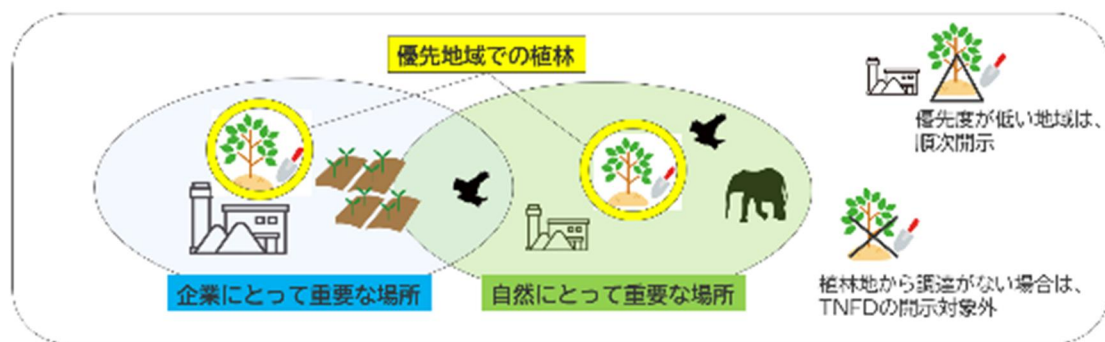


図 2-2 TNFD 開示における優先地域(TNFD 提言をもとに筆者作成)

②ミティゲーション・ヒエラルキーに沿って整理されているか

ミティゲーション・ヒエラルキーとは、企業がマイナスインパクトに対して「回避→軽減→復元と再生→変革」の順に対応すべきとする考え方であり、TNFD でもこれに従うことが推奨されている(図 2-3)。植林活動は「復元と再生」や「変革」に位置付けられるため、事業による自然へのマイナスの影響をまず回避、軽減した上で取り組まれているかを整理することが、投資家への説明において不可欠となる。



図 2-3 ミティゲーション・ヒエラルキー
(出典:TNFD 提言,TNFD,2023)

③植林による貢献度がどのように評価されているか

TNFD では、「生態系」と「種」の量や質を「自然の状態」と定義し、測定・開示することを求めている。「自然の状態」は、自然へマイナスの影響を与える事業や、プラスの影響を与える植林などの再生・保全活動によって変化するため(図 2-4)、現状把握と継続的なモニタリングが重要となる。ただし、2026 年 3 月時点において、「自然の状態」を測定・開示するための具体的な指標セットは TNFD から公表されていない。当該指標セットは、TNFD や SBTs for Nature を含む 13 の国際機

関・イニシアチブが参画する Nature Positive Initiative のもとで構築中であり、現状では「自然の状態」の開示をどのように行うかは各企業の判断に委ねられている。

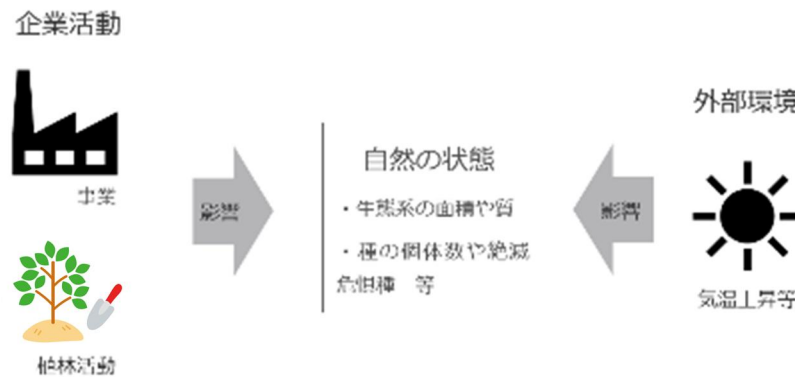


図 2-4 企業活動、外部環境、自然の状態の関係図(TNFD 提言をもとに筆者作成)

また、TNFD では、重点として取り組む活動の目標値を設定し達成状況を開示することを企業に求めている。これらの目標は、期限付きで測定可能であり、組織の戦略やリスク管理計画と関連していることが要件とされる。一方で、目標や測定指標の妥当性については、第三者保証の取得が必須とされているわけではない。そのため、どの指標を用いて、どの程度の精度で管理・開示するかは、企業の裁量に委ねられている。

以上を踏まえ、本分析では、TNFD レポートを公表し、かつ植林地を「優先地域」として特定している企業 9 社(表 2-1)のうち、ミティゲーション・ヒエラルキーの考え方にに基づき自社の活動を体系的に整理しているヤマハと王子ホールディングスの 2 社を取り上げる。両社は、WWF の報告書「TNFD 開示の潮流と日本企業の対応状況」(WWF,2025)においても、ミティゲーション・ヒエラルキーのベンチマーク評価で最高位を獲得しており、先進的な事例と位置付けられる。以下では、これまでに整理した 3 つの観点に加え、植林活動を始めとする自然・環境への取組やその情報開示が外部からどのような評価を受けているかという観点から、両社の取り組みを紹介する。

(2) ヤマハの TNFD における植林活動の開示

ヤマハ株式会社は、楽器を製造・販売する大手メーカーであり、楽器に適した高品質な木材を将来にわたり持続的に調達することが事業の根幹となっている。木管楽器の主要材料であるアフリカン・ブラックウッド(*Dalbergia melanoxylon*)は、IUCN レッドリストで準絶滅危惧種に分類され、資源量の減少が国際的に懸念されている。そのため、ヤマハはアフリカン・ブラックウッドの原産地タンザニアにおいて、同樹種を持続的に利用するため地域コミュニティと協働で森林管理を進めている。2017 年に開始した定期的な植林活動には、2025 年 3 月期時点で 4 つのコミュニティが参画しており、同年度に新たに約 9,000 本を植林した。8 年間の累計植林本数は約 27,000 本、植林面

積は約 13.5ha に達している。

① 優先地域の特定

ヤマハは「企業にとって重要な場所」として、代替困難な木材の原産地のうち、特に重要な樹種の原産地を「優先地域」に特定している。植林活動を展開してきたタンザニアは、この優先地域に含まれる(図 2-5)。



図 2-5 :「木材調達」優先地域の特定(出典:ヤマハ TCFD,TNFD への対応,2025)

② ミティゲーション・ヒエラルキーに沿った対応

ヤマハは木材資源の利用について、次のようにミティゲーション・ヒエラルキーに沿った体系化を図っている。

回避、軽減:同社は、ア)持続可能性に配慮した木材使用率の向上、イ)希少資源を代替する新素材や加工技術の開発、ウ)品質基準の適正化や端材活用による歩留まり向上、の 3 点をこの段階に位置づけ推進している。

ア)については、2024 年 3 月期に木材デューディリジェンス³のリスク評価基準を刷新し、「持続可能性に配慮した木材」基準を外部機関(Preferred by Nature)の監修のもと制定している。この基準により、認証木材の流通量が少ない非認証木材についても、客観的に持続可能性を評価し調達する仕組みを整備している。今後は評価スキルの向上と実施体制の拡充を図りながら、サプライヤーと連携し持続可能な木材の利用拡大を進めていく方針である。

イ)およびウ)については、割れや節などのため楽器に適さず残ってしまうアフリカン・ブラックウッド

³ 製品が森林破壊や森林劣化に寄与していないことを確認するための予防的プロセス

ドの有効活用のための技術開発に取り組んでいる。未利用材を木粉化するという新素材技術を開発し、70%含有の複合素材鍵盤として電子ピアノのコンセプトモデルに搭載している。これにより、従来廃棄されていた未利用材を新たな楽器素材として再生するとともに、端材活用による歩留まり向上にもつながっている(出典:ヤマハサステナビリティレポート 2025)。

復元と再生および変革: 同社はこれまでの植林活動はこの段階に位置づけており、重要な希少樹種の植林と保全を地域住民と一体となって進めていることが、TNFD レポートに明記されている。

③ 植林の貢献度の評価

自然の状態については、明記されていない。

一方、持続的な資源の利用に関して、ヤマハは上記の取り組みを推進するための「活動目標」を設定している(表 2-2)。持続可能性に配慮した木材の使用率については、2025 年 3 月期に 75%、2028 年 3 月期に 80%を目標としている。また、タンザニアでの年間 2 万本規模の苗木植栽・保全、北海道でのアカエゾマツを活用した楽器の製作、インドでの植林パイロット事業導入、中南米での保全モデル構築など、活動地域の拡大も進めている。

表 2-2 ヤマハの持続的な木材利用に関する目標

2025 年 3 月期目標	2028 年 3 月期目標
持続可能性に配慮した木材使用率:75%	持続可能性に配慮した木材使用率:80%
楽器材料となる希少樹種の育成・保全: 育成・保全対象を 3 樹種に拡大	育成・保全対象を 4 樹種に拡大 ・タンザニア 2 万本/年 苗木植栽・保全 ・北海道 アカエゾマツを活用した楽器の製作 ・インド 植林パイロット事業の導入 ・中南米 1 樹種で保全モデル構築

④ 外部からの評価

このタンザニアでの取り組みは、「ウッドデザイン賞 2024⁴」(主催:一般社団法人日本ウッドデザイン協会)においてソーシャルデザイン部門を受賞している。また、同社全体の環境経営に対する外部評価として、CDP2024 では気候変動分野で最高評価である A リスト企業に選定されたほか、「水」および「フォレスト」分野においても A-評価を獲得している。

⁴ 木の良さや価値をデザインの力で再構築することを目的として、優れた建築・空間や製品、活動や仕組み、研究などを表彰する 2015 年に創設された顕彰 制度

(3) 王子ホールディングスの TNFD における植林活動の開示

製紙大手の王子ホールディングス株式会社は、ブラジルにおいて 1973 年から大規模な植林・森林管理を行っている。管理面積は、パルプ生産を目的としたユーカリ林(14 万 ha)と、天然林(11 万 ha)を合わせた計 25 万 ha に及ぶ。同社は森林認証(FSC/PEFC)を取得し、生産林と天然林をゾーニングにより適切に配置する森林施業を半世紀以上にわたり継続している。

① 優先地域の特定

同社は林業セクターを重要事業として、林業拠点周辺の自然の状態の評価を実施している(図 2-6)。その結果、ブラジルおよび日本国内の森林を優先地域として特定している。

■ 自然の状態調査結果

拠点			自然の状態評価				
事業会社	国	面積 (千ha)	生物多様性重要性	生物多様性重要地域との近接性	生物多様性完全性※1	森林被覆の減少※2	水リスク
CFNIRRA	ブラジル	250	High	High	High	Low	Low
KTH	インドネシア	82	Medium	Low	High	High	Low
APFL	オーストラリア	5	High	Low	High	Medium	Low
GPFL	オーストラリア	3	Medium	Low	High	Low	Medium
Pan Pac, Oji FS	ニュージーランド	48	Medium	Medium	High	Medium	Low
SPFL	ニュージーランド	13	Low	Medium	High	Low	Low
QPFL	ベトナム	10	Medium	Low	High	Medium	Medium
-	日本	188	High	High	High	Low	Medium

※1 周辺地域で種や樹体数がどの程度保たれているかを示す。高いほど変化が少なく、健全な状態。

※2 周辺地域の 2000 年以降の森林被覆の変化を示す。高いほど森林が減少している状態。

図 2-6 優先地域の特定における自然の状態の評価結果

(出典:王子グループ TNFD REPORT 2024)

② ミティゲーション・ヒエラルキーに沿った対応

自然への依存・影響とリスク・機会を分析し、これまでの活動を、ミティゲーション・ヒエラルキーに沿って次のように再編している。

回避、軽減:同社は「持続可能な森林管理方針」や「森林破壊・転換 ゼロコミットメント」等を策定し森林破壊や違法伐採の**回避**を宣言している。また、軽減段階の活動として、排出量削減のための設備投資、貯水池や保全林の設置、火災防止システムの導入などを挙げている。

復元と回復:自然災害等により被害を受けた天然林や、新たに取得した土地における植生の再生・回復に取り組んでいる。また、天然林を分断している第三者所有地(牧草地)の再生にも注力している。土地保有者と協力し、天然林間の水源地周辺をフェンスで囲んで家畜等の侵入を防止

することで、植生の回復を促進している。こうして再生した植生は、野生動物が天然林間を行き来できる「回廊」として機能し、生態系および生物多様性の保全に貢献している。

変革: 周辺農民に対する農業・植林・養蜂支援をこの段階に位置付けている。さらに、新たな取り組みとして、LiDAR と機械学習を活用したモニタリング技術の開発、欧州森林破壊防止規則 (EUDR) に対応するための木材トレーサビリティの整備、そして LIFE 認証の取得などを進めている。LIFE 認証は、企業活動が自然に与えるプラスの影響がマイナスを上回っていることを第三者機関が認証するものであり、外部評価を得ることで活動の信頼性を高めている。

③ 植林の貢献度の評価

同社は、TNFD 提言の公表以前から、水量・水質や土壌の定期的なモニタリングを実施しており、2002 年からは動植物の調査も開始し、種数や生物多様性指数の算出を行っている(図 2-7)。TNFD レポートでは、これら既存の活動を「自然の状態」を把握する取り組みとして位置づけている。また、2024 年からは従業員や近隣住民が撮影した動植物の写真を位置情報とともに収集・記録しデータベース化する取り組みも新たに開始している。「自然の状態」を測る共通指標が国際的に未整備な現状において、同社の取り組みは独自の手法で可視化を進める先進的な事例といえる。



(出典:王子グループ TNFD REPORT 2025)

活動目標については、ミティゲーション・ヒエラルキーで整理したすべての活動に目標値を設定する必要はなく、企業として特に注力する活動を選定したうえで設定するものとされている。同社では、表 2-3 のとおり、「天然林の再生」と「牧草地の自然再生促進」の 2 点を主たる活動目標と定め、測定指標と目標値を設定し、その実績を管理している。なお、これらの活動目標と測定指標は、第三者である国際航業株式会社のレビューを受け、妥当性を担保している。

表 2-3 王子 HD の活動目標と目標値

活動目標	測定指標	目標値(2024～2033 年)
① 郷土樹種による天然林再生 (自社の荒廃地)	再生した天然林の面積	3,000ha 以上
	植栽した郷土樹種の本数	50 万本以上
② 牧草地の自然再生促進 (フェンスによる家畜侵入の防止)	所有地外で設置した 緑の回廊の面積	3,500ha 以上
	緑の回廊により接続され た天然林の面積	－(記載なし)

(出典:王子グループ TNFD REPORT 2025)

④ 外部からの評価

こうした定量的な活動目標の設定が、外部からの評価にも結びついており、同社は、みずほ銀行から自然資本インパクト融資の 2 号案件として融資を獲得している。融資条件となるインパクト評価指標として、GHG 排出量に加え、TNFD で設定した「①郷土樹種による天然林再生」と「②牧草地の自然再生促進」の測定指標が活用される予定で、TNFD の情報開示が投融資に繋がった好事例といえる。

(4) TNFD レポートによるアプローチのまとめ

ヤマハおよび王子ホールディングスの事例分析から、TNFD の枠組みを活用した植林活動の情報開示には、いくつかの共通した特徴が見られる。

第一に、両社とも TNFD への対応を単なる報告義務の履行としてではなく、自社の植林・森林管理活動を体系的に見直す契機として活用している点である。ミティゲーション・ヒエラルキーに沿って既存の活動を「回避・軽減」「復元・再生」「変革」の各段階に再整理することで、活動全体の論理的な一貫性を対外的に示すことが可能となっている。また TNFD への対応をきっかけとして、ヤマハではインドや中南米での新たな活動の展開にもつながっており、情報開示が活動そのものの進化を促す機能を果たしている。

第二に、定量的な活動目標を設定・公表することで、活動の透明性と説明責任を高めている点である。植林本数や面積など企業が既に把握している数値であっても、TNFD の枠組みに沿って体系的に整理・開示することで、投資家に対して意味のある情報として伝わるようになる。そのうえで、王子ホールディングスのように活動目標と測定指標の妥当性について自主的に第三者レビューを受けることで、開示内容の信頼性がさらに高まり、投資家への訴求力が一層強まる。同社が実際に融資獲得につなげた事例は、TNFD の枠組みに沿った開示と第三者による信頼性の担保が組み合わさることで、情報開示が実効性を持つことを示しているだろう。

これらの事例は、TNFD への対応が単なる自主的な開示にとどまらず、植林活動の価値を投資家・金融機関に伝える有効な手段となりうることを示している。他方、「自然の状態」を測定・開示するための標準的な指標は 2026 年 3 月時点で未整備であるため、王子ホールディングスは独自の測定・開示を行う対応を進めているものの、どのような対応が企業に求められるかについては課題として残されており、今後の国際的な指標整備の動向を注視する必要がある。

3.2 インパクトレポートによるアプローチ

3.1 では TNFD レポートによる情報開示のアプローチを紹介したが、本節では、企業が自社の社会・環境的価値を積極的に可視化するための別の手法として、「インパクトレポート」を取り上げる。インパクトレポートは、企業活動によって創出されたポジティブな影響(インパクト)を定量的に測定・評価し、その結果を投資家・取引先・消費者など幅広いステークホルダーに向けて発信するものである。また TNFD レポートが、一定規模の企業にとって義務的な開示アプローチとなりつつある一方、インパクトレポートはあくまでも自らの活動の意義づけをするために自主的に行うものである。本節では、とくに社会課題の解決を事業の核心に据える「社会的企業」である、株式会社坂の途中を紹介する。

同社は、アグロフォレストリーによるコーヒー栽培および国内の有機農業の生産支援・販売を行う企業であり、「バリューチェーンの再構築により持続可能な社会を目指す」という理念のもと、環境や地域社会への貢献と事業成長の両立に注力している。コーヒー事業は 2016 年にラオスで開始し、現在は 34 か国から輸入を行っている。こうした方針と実績が評価され、投資機関によりインパクト投資の対象企業として選定されている。インパクト投資とは、金銭的リターンに加えて環境・社会的インパクトの創出を意図して行われる投資であり、「インパクト実現までの道筋(意図)」と「測定可能なインパクト」を設定し、その達成度を定量的に評価することが求められる。これらは、投資家にとっては投資判断の基準となる一方、投資を受ける企業にとっても、自らの事業活動が生み出す価値を体系的に説明するために重要な要素である。(出典:社会変革推進財団:Social Innovation and Investment Foundation)。

同社は「インパクト実現までの道筋(意図)」を示す方法として「変化の理論(Theory of Change)」のフレームワークを用いて、「アグロフォレストリーによるコーヒー栽培の普及」と現地の課題および同社のゴールとの因果関係を整理している(図 2-8)。

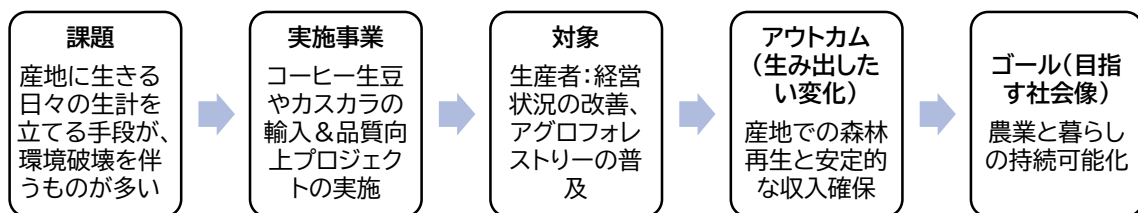


図 2-8 坂ノ途中のコーヒー事業に関する「変化の理論」

(出典:坂の途中インパクトレポートをもとに著者編集)

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

次に、同社はこの「変化の理論」で示したアウトカム(生み出したい変化)が実際に生じているかを測るため、インパクト KPI(Key Performance Indicator)を設定し計測している(図 2-9)。コーヒー事業のインパクト KPI は、「生産や精製の段階から直接関わっているコーヒーの量(Direct)が、コーヒー仕入れ量全体に占める割合」としており、2024 年 6 月時点では 33.2%に達している。Direct では、日陰樹の活用や混作栽培など持続可能な農法によりコーヒーが栽培されており、その面積は 606.4ha にのぼる。

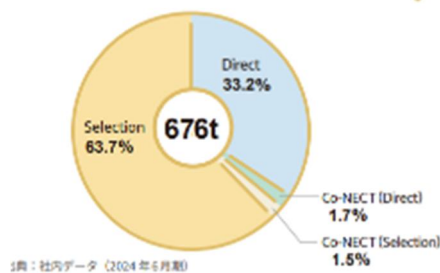


図 2-9 コーヒー事業に関するインパクト KPI
(出典:坂ノ途中インパクトレポート)

一方で、インパクトの可視化にはいくつかの課題もある。同社は、ウェブサイト上で、産地ごとの指標として、「削減できた農薬・肥料量」「アグロフォレストリーにより守られた森林」「植林したコーヒーの木」「コーヒー栽培のワークショップ数」「設置されたコーヒーのマイクロミル」「支援農家数」「収入が向上した農家数」など、産地ごとの詳細な指標を公表しているが、これらはインパクトレポートには掲載されていない。背景には、同社のコーヒー生産地が複数国にまたがり、地域ごとに課題や生活実態が大きく異なるため、すべての地域で測定するインパクト KPI として採用するのが難しいことが考えられる。また、レインフォレスト・アライアンス認証やフェアトレード認証などの外部認証も客観的な指標となりうるが、認証取得に生産者側のコスト負担が大きく、価格への転嫁も容易でないことから、同社では採用していない。人的・金銭的リソースに限りがある中で、現実的な範囲で測定可能な指標を選択せざるを得ないという制約も存在する。

そのような状況ではあるが、同社は外部機関の支援を受けながら新たなインパクトの可視化に取り組み始めている。ウガンダでは経済産業省の事業採択により「カーボンフットプリントの測定」や、ガラパゴス諸島では JICA「QUEST」事業の採択を受け生物多様性の評価を実施する予定である。外部機関との連携により、社会・環境的インパクトの可視化を深化させていく新たな取り組みとして、今後インパクトレポートの中でこれらの成果をどのように体系立てて公表されるかが注目される。

3.3 商品への CO2 削減マーク表示によるアプローチ

3.1 で取り上げた TNFD レポートが主として投資家向けの情報開示手法であるのに対し、3.2 のインパクトレポートは、投資家・取引先・消費者など幅広いステークホルダーに向けて発信する情報開示手法であった。本節では、顧客企業や消費者を主な訴求先とする情報開示の手法として、商

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

品への CO2 削減マーク表示によるアプローチを取り上げる。商品パッケージや販促物は消費者が最も直接的に接する媒体であり、環境価値をわかりやすく可視化できる点に特徴がある。

その例として、株式会社フルッタフルッタの取り組みを紹介する。

同社は、アグロフォレストリーにより栽培された果実を輸入・販売する企業である。2002 年の設立以来、ブラジルのトメアス総合農業協同組合と独占契約を結び、同協同組合が生産するアサイーフルーツ等を輸入販売しており、商品の購入が荒廃地の再生や、生物多様性の回復、地域住民の生計向上につながることを自社ウェブサイトで発信している。

同社が応援する「トメアス式アグロフォレストリー」は、荒廃地に多種多様な樹種と作物(地域全体で約 70 種)を混植することで、生物多様性の高い森林を再生する農法である。この手法は、短期的にはコショウ(1~5 年目)、中長期的にはカカオやアサイー(5 年目以降)、将来的には高木樹種の木材利用といった多段階の収穫を可能にするとされている。このアグロフォレストリー方式の採用により、同社は環境再生と農家の持続的な収入確保の両立の実現に取り組んでいる。

アグロフォレストリーの価値を対外的に伝える手段の一つとして、同社は独自の「CO2 削減マーク」()を開発し、商品ごとの CO2 削減量を可視化している。

算定式は「原料1gあたりの CO2 削減量」= (「アグロフォレストリー高木樹種の年間 CO2 吸収量」-「生産・輸送時の排出量」)÷「原料の年間生産量」を用い、製品に配合された原料の使用量に応じて削減量として算出している。



高木樹種の年間 CO2 吸収量は、研究者が実地で測定

図 2-10 CO2 削減マーク

したデータや農協から得た燃料使用量などのデータに基づき、外部コンサルタントを交えて算定している。

この CO2 削減マークは自社製品にとどまらず、同社製品を原料として活用する取引先の飲食店やメーカーでも展開されている。導入企業にとっては、サステナブル商品を扱っていることを PR できるメリットがあり、取引先に対する訴求手段としても機能している。またフルッタフルッタの担当者へのインタビューによると、CO2 削減を商品の付加価値としてアピールすることは、生産者にとってもモチベーションの向上に寄与しているとのことである。

このように、同社の取り組みは、CO2 吸収量を現地実測と外部機関による算定を通じて信頼性の高い形で可視化し、CO2 削減マーク表示によって商品価値や生産者の意識の向上に結び付けた先進的な事例といえる。同社は中小企業であり、投資家向けの情報開示義務はなく、TNFD への対応は必須ではない。また、アグロフォレストリーを事業の根幹に据えていることから、事業によるデフォルトの環境・社会的インパクトがプラスの状態にある。このような企業にとっては、リスク管理を起点とする TNFD よりも、自社の商品が持つ環境価値を消費者や取引先に直接訴求するマーク表示のアプローチは、事業の特性と訴求目的に合った現実的かつ有効な手段といえるだろう。

4 植林地から調達していない企業の情報開示のアプローチ

3 節で紹介した、植林地から調達している企業の情報開示のケースでは、「事業と植林との実質的な関連性」が求められる。他方、必ずしも自らの事業との直接的な関連性がない企業の植林活動、すなわち社会貢献(CSR)として行う寄付や支援による植林活動においては、これらとは異なるアプローチが可能であり、また有効だろう。では、このような企業はどのように植林活動の価値を開示・訴求すべきであろう。

本節では、そうした企業による多様なステークホルダーを対象とした柔軟な情報開示の事例を紹介する。分析にあたっては、表 2-1 で示した残る 3 つのアプローチ、すなわち「自主的カーボンオフセットのアプローチ」「ネイチャーポジティブを主眼とした事業化のアプローチ」「アプリによる消費者参加型のアプローチ」を取り上げ、各社が「何を定量化し、誰に対し、どのような媒体を通じて」その価値を訴求しているかという視点で整理を行った。

4.1 自主的カーボンオフセットのアプローチ

植林による CO2 吸収量を活用した「カーボンオフセット」は、植林活動の貢献を定量化し対外的に説明する代表的な手法の一つである。オフセットには、法制度に基づいて実施されるものと、企業が任意に取り組むものの 2 種類が存在する。

前者の例として、2026 年度から義務化される国内の排出量取引制度(GX-ETS)がある。この制度では、直接排出量が 10 万トン以上の大規模事業者に参加が義務付けられており、削減しきれなかった排出量の 10%までを J-クレジットや JCM クレジットでオフセットすることが認められている。

他方、法的義務がないにもかかわらず、企業が独自の方針に基づいて実施する「自主的カーボンオフセット」も存在する。本節では、この自主的オフセットの先進事例として、他社算定と第三者保証に基づきオフセットを主張する東京海上ホールディングスと、カーボンクレジットによるオフセットを目指すカネパパッケージの 2 社を取り上げる。

(1) 東京海上ホールディングスによる自主的カーボンオフセット

東京海上ホールディングス株式会社は、保険約款の Web 化等によるペーパーレス化で削減したコストを原資として、1999 年から世界 9 か国でマングローブ植林活動を展開している。これまでの累計植林面積は 12,970ha に達し、環境保全と防災の双方に寄与する活動として継続されている。

同社は Climate & Nature レポートを公表しているものの、主たる保険事業と植林活動との直接的な結びつきがないため、TNFD の観点からは植林活動が体系化されていない。しかし、気候変動対策という観点から、自社の排出量に対し「まず自社の排出量削減に最大限取り組み、削減困難な残余排出量をオフセットする」という以下の考え方に沿って、マングローブ植林活動を体系的に位置づけている。

1. Reduce: 建物・設備の省エネ化、エネルギー節減等
2. Switch: 自然エネルギーへの切替
3. Offset: マングローブによる CO2 吸収・固定、排出権クレジットの償却

この取り組みの結果、同社の CO₂ 排出量を CO₂ 吸収・固定量が上回っている (Scope3 の取引先に関する排出量は除く) (図 2-11)。

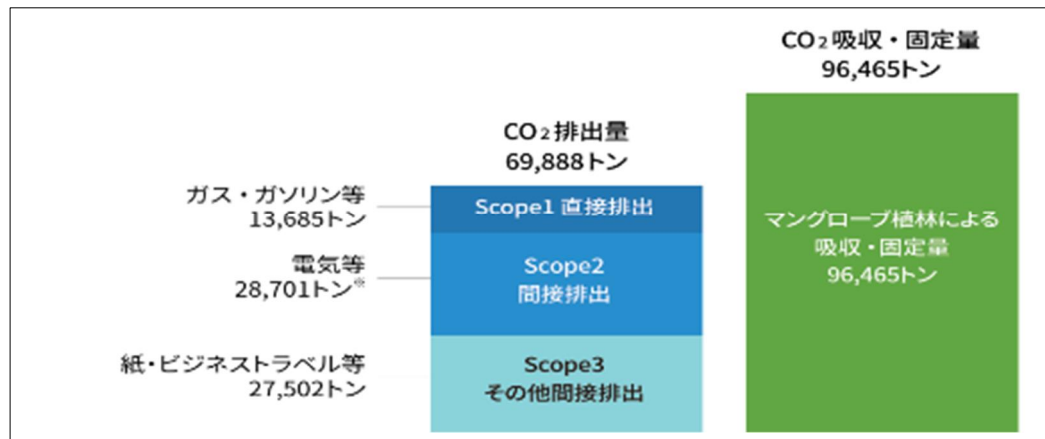


図 2-11 2023 年度の CO₂ 排出量および吸収・固定量
(出典:東京海上ホールディングス Climate & Nature レポート 2025)

オフセットの基盤となる CO₂ 吸収量の算定においては、一般財団法人電力中央研究所による算定を実施し、さらに EY 新日本有限責任監査法人による第三者保証を取得している。自主的なカーボンオフセットにおいては、根拠のない CO₂ 吸収量の主張はグリーンウォッシュ⁵と受け取られるリスクがあるため、外部機関による算定と第三者保証の取得はその信頼性を担保するうえで重要である。同社はこうした体制のもとで、2013 年以降カーボンオフセットの実績を対外的に訴求し続けており、また CDP 気候変動評価でも、2023 年から 3 年連続「A リスト企業」に選定されるなど、同社の取り組みは自主的カーボンオフセットの先駆的な取り組みといえる。

(2) カネパッケージによる自主的カーボンオフセット

梱包材の製造・販売を手掛けるカネパッケージ株式会社は、2009 年よりフィリピンにおいてマングローブの植林活動を CSR として継続している。売上の一部を原資としたこの取り組みは、累計植林本数 1,500 万本に達しており、その実績は日本水大賞にて「経済産業大臣賞」を受賞するなど外部からも高く評価されている。同社はマングローブの研究所を現地に設置するとともに、日本への留学支援を行うなど、植林を軸とした包括的な地域支援を展開している。

これまで企業ウェブサイトのトップでこれらの活動を積極的に発信しているほか、社員向けのマングローブツアーを実施することで、社内における事業意義の浸透を図っている。また、顧客や商工会へもツアー参加を呼びかけるなど、ステークホルダーを巻き込んだ広報活動により、企業のブランド価値の向上と信頼獲得につなげている。

今後はマングローブ植林の効果を定量的に示すため、カーボンクレジットの創出に向けた検討

⁵ グリーンウォッシュはもともと意図的な「見せかけ」の環境配慮を指したが、近年は意図の有無を問わず誤解を招く表現全般が問題視され、各国で規制強化が進んでいる。

を進めている。第一の目的は自社排出量のカーボンオフセットであり、余剰分は販売して、クレジットの収益を植林活動に再投資することを予定している。

このように同社は、長年継続してきた社会貢献活動にカーボンクレジットという新たな価値を加えることで、植林活動の貢献度を可視化するとともに自社および顧客企業の環境課題の解決にも貢献できる活動へと発展させようとしている。近年、大企業による Scope3 排出量の開示義務化の動きを背景に、取引先の CO2 排出量への対応が企業選定の重要な基準となりつつある。同社による CO2 排出量の算定とカーボンクレジットの創出への取り組みは、こうした潮流に対応するうえでも有効であると考えられる。

4.2 ネイチャーポジティブを主眼とした事業化のアプローチ

三井住友海上火災保険株式会社では、保険契約業務で紙の使用量が多いことを契機に、2005 年からインドネシアで植林活動を実施している。これまでに約 350ha の荒廃地に在来樹種、有用樹、果樹など約 30 万本を植栽し、森林再生を推進してきた。本活動の特徴は、インドネシア政府、現地大学、地域コミュニティと連携し、単なる植林にとどまらず、住民が持続的に利用・保全できる仕組みを整えている点である。具体的には、農業組合の設立支援や、キノコ・トウガラシなどの栽培技術の指導、植林活動のサポートなど、多面的な地域支援を行っている。さらに、植林の貢献度についても、CO2 吸収量の算定に加えて、生物多様性や住民便益を測る指標を用いて評価を行うなど、環境面・社会面の効果を総合的に可視化している。

同社はこのように包括的な植林活動を行っているものの、これらの活動は事業や拠点との直接的な結び付きがないため、同社の TNFD レポートには記載されていない。

そこで、長年の知見を活かし、従来 CSR 活動として実施してきた取り組みを取引先企業向けのサービスとして展開しようとしている。具体的には、2025 年に「ネイチャーポジティブ」をテーマにウェブサイトを更新し、以下のような取り組みを開始・予定している。

- ・生物多様性モニタリング手法の開発
- ・企業向けネイチャーポジティブ・ツアーの企画
- ・TNFD に関心のある企業向けソリューションの開発
- ・生物多様性の高い森林を創出する植林技術の開発および体系化

ネイチャーポジティブ・ツアー等の収益は、植林事業へ再投資することが意図されていると考えられる。長年の CSR 活動を取引先企業への価値提供へと発展させようとしている点が、本事例の特徴といえる。

4.3 アプリによる消費者参加型のアプローチ

医療・介護用ベッドの製造・販売を主軸とするパラマウントベッド株式会社は、ブランドメッセージ「WELL-BEING for all beings」を起点に、植林活動「WELL-BEING for earth」を 2022 年からインドネシアで展開している。同社は TCFD 提言に沿った情報開示を行い、Scope1・Scope2 の GHG 排出量を算定・開示している一方、TNFD への対応は現時点では確認されていない。植林活動は自

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

社の排出量削減とエネルギー効率化を推進したうえで、社会貢献の取り組みとして展開されており、消費者との直接的な接点を活かした独自のアプローチによって環境貢献の価値を訴求している点の特徴である。

具体的には、電動ベッドと連動した専用アプリで計測した「睡眠の質」に応じてポイントが付与され、それがマングローブ植林活動へと充当される仕組みとなっている(図 2-12)。通常のベッド利用で、利用者一人あたり年間約 5 本分の植林に寄与できるとアピールしている。



図 2-12 睡眠ポイントの植林活動への寄付例 (出典:パラマウントベッドのウェブサイト)

このようにデジタル技術を活用して購買者による「商品の利用」が植林活動につながる仕組みを構築し、事業活動による自然環境への貢献を可視化している点に新規性がある。現時点でアプリ内により可視化しているのは、植林本数のみであるが、消費者が日常生活を通じて自然環境への貢献を直感的に実感できる仕組みとして機能していると考えられる。

植林活動の貢献度の定量化にはコストや労力がかかることから、訴求対象や目的に応じて定量化の範囲とレベルを柔軟に設計することが、効果的な情報開示につながるだろう。

5 事例分析を踏まえた植林活動の情報開示のポイント

本節では、3 節および 4 節の事例分析の結果を基に、企業が植林活動の情報開示を効果的に行うにあたって参考になるようなポイントを整理する。まず、本調査で対象とした各社の取り組みは、想定される訴求先、植林活動の位置付け、測定指標のそれぞれについて、表 2-4 のように整理される。

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

表 2-4 企業ごとの情報開示のアプローチと訴求先、植林活動の位置づけ、測定指標

	企業名	情報開示の アプローチ	想定され る訴求先	植林活動の 位置づけ	測定指標
植林地 から 調達 あり	王子 HD	TNFD レポ ート	投資家	ミティゲーション・ヒ エラルキーの「復元 と再生」「変革」	・森林認証取得率 ・植林本数と面積 ・CO2 吸収量 ・種数、種の生息状況等
	ヤマハ	〃	投資家	〃	・持続可能に配慮した木材使用率 ・植林本数と面積
	坂の途 中	インパクトレ ポート	投資家、 取引先、 消費者	変化管理論のフレー ムワークを用いて企 業目標と植林活動 の因果関係を説明	・生産や精製の段階から直接関 わっているコーヒーの割合 ・産地ごとの指標
	フルッ タフル ッタ	商 品 へ の CO2 削減マ ーク表示	取引先、 消費者	調達地商品の付加 価値	・植林面積 ・CO2 吸収量
植林地 から 調達 なし	東京海 上 HD	自主的カー ボンオフセ ット	投資家	・オフセット方針に 基づく残余排出量 のオフセット(自社 排出量の開示あり)	・植林面積 ・CO2 吸収量
	カネパ ッケージ	〃	取引先	・残余排出量のオ フセット(自社排 出量の算定予定)	・植林本数と面積 ・CO2 吸収量
	三井住 友海上	ネイチャー ポジティブを 主眼にした 事業化	取引先	TNFD レポートとは 別に開示	計画中(これまで植林本数、面積、 CO2 吸収量、生物多様性や住民 便益に関する指標あり)
	パラマ ウント ベッド	アプリによる 消費者参加 型	消費者	商品の付加価値	・植林本数と面積 ・CO2 吸収見込み量

情報開示のアプローチを選択するにあたり、まず自社の植林活動が事業と直接結びついている
 か否かを整理することが出発点となる。植林地から原材料を調達している企業にとっては、TNFD
 レポートやインパクトレポートのように、事業リスクや価値創造との因果関係を論理的に示す枠組み
 が有効である。他方、事業のための原材料の調達とは関係なく、CSR として植林を行う企業には、
 自主的カーボンオフセットやアプリによる消費者参加型のアプローチなど、消費者や取引先との接

点を活かした柔軟なアプローチが適している。

訴求対象の明確化もまた、アプローチ選択の重要な軸となる。投資家・金融機関に向けては TNFD レポートやインパクトレポートが訴求力を持ち、取引先に対してはネイチャーポジティブを主眼にした事業化のアプローチが有効であり、自主的カーボンオフセットは投資家・取引先の双方に訴求力を持つ。消費者に向けては、商品へのマーク表示やアプリによる消費者参加型のアプローチが、日常の購買・利用行動と環境貢献を結びつける手段として有効に機能するだろう。

次に重要となるのが、何を先に取り組み・開示するかという優先順位の考え方である。CO₂ 吸収量を開示する場合は、まず自社の排出量削減を優先して実施したうえで、植林による CO₂ 吸収量をバリューチェーン外の削減として位置づけ、自社排出量とは分けて開示することが求められる。生物多様性への貢献を開示する場合は、ミティゲーション・ヒエラルキーに基づき、事業における自然へのマイナス影響の回避・削減を先に明確化したうえで、植林活動を「復元と再生」または「変革」に位置付け開示することが望ましい。

いずれのアプローチにおいても、活動の定量化は訴求力の基盤となる。本調査の事例企業はいずれも、少なくとも植林本数、面積という基本情報、そして算定された CO₂ 吸収量など、活動を何らかの形で数値化していた。特に CO₂ 吸収量を発信する場合は、情報の信頼性が重要であり、フルッタフルッタ、東京海上ホールディングス、カネパパッケージでは、外部機関による算定によって情報の信頼性をさらに高めていた。今後は、植林後の樹木の生残、成長のモニタリングに基づく定量的評価も、より強く求められていくと考えられる。

植林活動の情報開示は、単なる広報活動にとどまらず、自社の環境戦略を対外的に体系化し、ステークホルダーとの信頼関係を築くための重要な経営ツールとなりつつある。自社の植林活動の位置づけを起点に、訴求対象・順序設計・定量化という視点を組み合わせながら、自社の特性と目的に応じた情報開示アプローチを選択し、継続的に発信していくことが有効といえる。こうした情報開示を通じて植林活動の価値が投資家・取引先・消費者に伝わり、投融資の獲得や評判の向上につながることで、原材料調達を目的とした植林はもとより、社会貢献としての植林活動もより広く普及していくことを期待したい。

6 参考文献

- 自然関連財務情報開示タスクフォースの提言, TNFD (2023)
- RM FOCUS No.96、MS&AD インターリスク総研 (2025)
- 2024 年 TNFD 開示の潮流と日本企業の対応状況, WWF (2025)
- ヤマハ TCFD、TNFD への対応 (2025)
- ヤマハ サステナビリティレポート 2025
- 王子グループ TNFD REPORT 2024/ TNFD REPORT 2025
- 坂ノ途中の報告書 vol.2 2023-2024 (2025)
- 東京海上ホールディングス Climate & Nature レポート 2025
- 東京海上ホールディングス サステナビリティレポート 2025

7 添付資料

表 2-5 植林地から調達がある企業

No	企業	国	概要／協力団体	期間	対象面積
1	住友林業	インドネシア	アカシア植林を実施の周りにゾーニングにより緑の回廊やコミュニティフォレストなどを設置。	不明	17 万 ha (内植林面積 3.3 万 ha)
2	王子 HD	ブラジル	ゾーニングにより保護区とユーカリ植林地を適切に配置。保護区での生物多様性モニタリング、周辺農民に対する生計向上支援を実施。	1973-	25 万 ha (内植林面積 14 万 ha)
3	大王製紙	チリ	ゾーニングにより保護区を設置。保護区では、絶滅危惧種の保全やモニタリングを実施。	1989-	5.9 万 ha (内植林面積 2.9 万 ha)
4	日本製紙	ブラジル	ゾーニングにより保護区とユーカリ植林地を適切に配置。保護区での生物多様性モニタリング、周辺農民に対する生計向上支援を実施。	1976-	30 万 ha (内植林面積 6.5 万 ha)
5	アスクル	インドネシア	コピー用紙生産のための産業植林。また別の地域に、生態系の保護や住民の生計向上を目的とした荒廃地の森林再生も実施。／ベランタール環境保護基金	2010-	産業植林 18 万 ha + 荒廃地再生 100ha
6	大塚商会	ブラジル	コピー用紙のためのユーカリ植林。また他にアマゾンでのアグロフォレストリーも実施。	2012-	産業植林 150 ha + アグロフォレストリー 9ha
7	越井木材	マレーシア	ゾーニングにより保護区とアカシア植林地を適切に配置。材は、主にトラック床材として販売。	2005-	746ha
8	南海プライウッド	インドネシア	家具材として加工・販売するためのファルカタ植林。植林木の間に地域住民がマメ科の植物などを栽培。	2011-	30ha (計 3 か所)
9	JK HD	インドネシア	家具材として加工・販売するためのファルカタ植林／現地協同組合	2020-	171ha
10	ブリジストン	インドネシア	(南カリマンタン州) 天然ゴム農園周辺の荒廃地の再生のため、パラゴムノキと在来樹種を植林	2012-	100ha
		インドネシア	(リアウ州) WWF と共同で、持続的な天然ゴム生産のための農家支援	2024-2026	対象面積 1,000ha
11	横浜ゴム	タイ	天然ゴム園のアグロフォレストリーにより農家の収入を支援。パラゴムノキの間に植える苗木 13 万本提供／現地大学	2016-	206ha
12	不二製油	ガーナ、コートジボワール	森林破壊の防止と森林の保全のために、2030 年までにサプライチェーンのカカオ栽培地域に対して 100 万本植樹／AGRO-MAP 社 (コートジボワール)	2020-	記載なし

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

13	明治 HD	ブラジル ガーナ他	カカオのアグロフォレストリー農法を推進。カカオ以外の苗（シェードツリー、野菜）約 30 万本配布	2020-	記載なし
14	フルッタ フルッタ	ブラジル	アグロフォレストリーによるアサイーフルーツの生産支援／トメアス総合農業協同組合	2002-	7,000ha
15	UCC 上 島珈琲	タンザニア	シェードツリー植林や堆肥生産を行い持続可能なコーヒー栽培／国際農業開発基金、丸紅	2025- 2028	記載なし
16	森永乳業	ブラジル	2030 年までに 30 万本をコーヒー農園の自然保護地区に植林	2020-	記載なし
17	坂の途中	33 か国	アグロフォレストリーによるコーヒーの栽培支援	2016-	606ha
18	ニチレイ	インドネシア、ベトナム	エビの粗放養殖池に約 6000 本のマングローブ植樹／WWF、地元企業	2006-	記載なし
19	ヤマハ	タンザニア他	楽器用材である希少種を地域住民と協働で植林	2015-	8.5ha
20	JT グループ	タンザニア、ザンビア	葉たばこ乾燥用木材調達のためのアグロフォレストリープログラムを実施	記載なし	記載なし

表 2-6 植林地から調達がなない企業

No	企業	国	概要／協力団体	期間	対象面積
21	APP ジ ヤパン	インドネシア	Belantara 財団設立を支援し、熱帯雨林 100 万 ha の保全・再生	2014-	100 万 ha
22	丸喜	インドネシア	唐木仏壇を作る現地工場周辺に住民と街路樹の植林や現地大学への苗木提供	2003-	記載なし
23	サラヤ	マレーシア	パームオイルプランテーション周辺の緑の回廊設置／ボルネオ保全トラスト	2006-	36ha
24	日清オリオ	マレーシア	パームオイル調達先に貢献するためのマングローブ植林	2022-	4 ha
25	商船三井	インドネシア	2050 年ネットゼロ達成のためのマングローブ植林／YL フォレスト	2022-	23,500ha
26	共栄船渠	インドネシア	シルボフィッシャリー型マングローブ植林／YL フォレスト	記載なし	250ha
27	住友ゴム工業	マレーシア	ゴム調達国でのオラウータンの森植樹活動／社団法人マレーシア協会	2010-	記載なし

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

28	トヨタ紡織	中国、フィリピン他	世界中で 2050 年度までに 132 万本植樹する活動を実施	2015-	記載なし
29	トヨタ車体	インドネシア	地域参加によるマングローブ植林/現地子会社	2006-	記載なし
30	三菱自動車	タイ	現地子会社によるマングローブ植林/タイ天然資源環境省	2024	3ha
31	本田技研工業	中国（内モンゴル）	砂漠化防止のための植林/現地大学	2000-	1,567ha
32	ヤマハ発動機	インドネシア	シルボフィッシャリー型マングローブ植林/YL フォレスト	2024-2026	215ha 予定
33	ダイキン工業	インドネシア、エチオピア他	アグロフォレストリーやエコツアーなどの生計向上支援と合わせた植林活動/CI、鳥取大学、JIFPRO	2014-	1,100 万 ha
34	パラマウントベッド	インドネシア	シルボフィッシャリー型マングローブ植林/YL フォレスト	2022-	30ha
35	シチズン時計	カンボジア	マングローブ植林/国際 NGO NICE	2020-	記載なし
36	富士通	中国	参加型アプリ「Ant Forest」を通じた従業員の獲得ポイント(ウォーキングなどのポイント)による植林	2024-	記載なし
37	リコー	インドネシア、フィリピン	シルボフィッシャリー型マングローブ植林/YL フォレスト、イカオアコ	2020-	57ha
38	パナソニック	インド	生態系回復のための植林/現地 NPO ハートフルネスインスティテュート	2024-	0.4ha~
39	セイコーエプソン	世界 7 か国	WWF とのパートナーシップによる世界の森林保全と回復のための活動支援-	2023-2026	記載なし
40	HOYA	ベトナム	荒廃地への植林/JIFPRO	2023-	1.6ha
41	三井住友海上火災保険	インドネシア	地域とともに進める持続可能な熱帯林の再生/住友林業、現地大学	2005-	350ha
42	東京海上 HD	タイ、インド他 9 か国	マングローブ植林/オイスカ、ISME、マングローブ植林行動計画	1999-	12,970ha
43	東京センチュリー	5 か国	マングローブ植林/オイスカ	2015-	9,045ha

2 章 企業による植林活動の効果的な情報開示アプローチ:先進的事例の紹介

44	JAC グループ	インドネシア、マレーシア	熱帯林再生のための植林、および CO2 削減貢献のためのモリंगा植林／アジア植林友好協会、日本マレーシア協会、モリंगाの森プロジェクト協会	2008-	記載なし
45	カネパツケージ	フィリピン	シルボフィッシャリー型マングローブ植林	2009-	記載なし
46	イオン	10 か国	地域住民との植林活動	1998-	記載なし
47	生活の木	マレーシア	パームオイルプランテーション周辺の緑の回廊保全／ボルネオ保全トラスト	2016-	2.5ha
48	三菱商事	マレーシア、ブラジル他	森林の再生／マレーシア国立農業大学、横浜国立大学、国際 NGO	1990-	記載なし
49	豊田通商株式会社	ブラジル	地域活動として自社用地及び近隣私有地への植林	2007-	記載なし
50	和漢薬研究所	マレーシア、ミャンマー他	荒廃地への植林／JIFPRO	1995-	617ha
51	東京木工研究所	マレーシア、ミャンマー他	荒廃地への植林／JIFPRO	1997-	
52	ヤクルト	アフリカ、中南米	荒廃地への植林、プラットフォーム「ツリーダム」を利用したオンライン上での社員の植林活動、他／Treedom、JIFPRO	2022-	記載なし
53	サンゲツ	ベトナム	荒廃地へのシナモン植林／JIFPRO	2025-	記載なし
54	ベターリビング	ベトナム、カンボジア	荒廃地への植林／JIFPRO	2006-	記載なし
55	東京ガス	ガーナ	荒廃地への植林／3 T	2025-	

3章 コミュニティ便益の可視化手法分析—CCB 認証基準を中心に—

国際緑化推進センター(JIFPRO) 堀内 綾、山口はるか、柴崎 一樹、田中 浩

1 背景・目的

1.1 企業による植林貢献への期待

近年、気候変動や生物多様性の損失は、環境問題にとどまらず、企業活動やサプライチェーンに影響を及ぼす重要な経済的リスクとして認識されている(WEF, 2022; 2026)。こうした環境リスクの高まりを受け、企業には自社の温室効果ガス排出削減に加え、より広範な気候変動対策および自然環境保全に貢献することが求められるようになってきた。特に植林プロジェクトに対しては、炭素吸収だけでなく、土壌や生物多様性の保全、地域社会への利益提供など、多様な共同便益(co-benefits)を生み出すことへの期待が一層高まりつつある(Fischer, et al, 2023; Sarira, 2022; Verra, 2017)。

1.2 SBTi における BVCM と自然を活用した気候変動対策(NbS)

科学的根拠に基づく目標設定を推進する Science Based Targets initiative(SBTi)は、企業が自社の排出削減に加え、バリューチェーン外における排出削減や自然環境保全への貢献(Beyond Value Chain Mitigation: BVCM)を通じて、社会全体の排出削減および自然環境回復に資する取組を推進している(SBTi, 2024; 2025)。BVCM の手段の一つとして、自然を活用した気候変動対策(Nature-based Solutions:NbS)への民間資金の動員が国際的に重視されており、植林プロジェクトはこのNbSの代表的な形態と認識されている(UNEP, 2022)。

企業による気候変動対策の拡大に伴い、炭素クレジット市場においては、単なる排出削減量のみならず、プロジェクトの「質」や共同便益が重視される傾向が強まっている(Ecosystem Marketplace, 2025; MSCI, 2025)。実際に炭素クレジットの民間格付機関である Sylvera(2026)は、共同便益を伴う高品質なプロジェクトが市場価値に影響を与え、プレミアム価格で取引されていることを指摘している。

1.3 共同便益を評価する国際認証スタンダード

上記 BVCM の考え方では、企業がバリューチェーン外で実施する気候変動対策について、排出削減・吸収量の算定にとどまらず、プロジェクトの実施状況や環境・社会的な効果を含めて、国際的に認知された枠組みに基づくモニタリング・報告・検証(MRV)を行うことの重要性が強調されている。特に、生物多様性や地域社会への貢献など共同便益を伴う取組においては、第三者によって信頼性が担保されていることが、企業および市場からの評価の前提条件となりつつある。また、MRV を補完する枠組として炭素の排出削減・吸収効果に加え、環境・社会的影響を体系的に評価・認証する国際的なスタンダードが整備されており、その代表例として表 3-1 に示す3つの国際認証スタンダード(GS4GG, CCBS, SD VISta)が挙げられる。

表 3-1 共同便益を認証する 3 つの国際認証スタンダード

	GS4GG	CCBS	SD VISta
正式名称	Gold Standard for the Global Goals	Climate, Community & Biodiversity Standards	Sustainable Development Verified Impact Standard
管理団体	Gold Standard Foundation	Verra (VCS と同じ運営主体)	Verra (VCS と同じ運営主体)
概略	SDGs や気候・開発・社会便益を測定・認証するために設計	気候・地域社会、生物多様性保全の 3 つ全ての“ネットポジティブ”な効果をもたらすプロジェクトを評価・認証	プロジェクトがもたらす SDGs への貢献を定量的に証明
対象プロジェクト	エネルギー、水・衛生、森林・農業・土地利用、コミュニティ開発、廃棄物管理等	森林・農業・土地利用 PJ のみ	全ての SDG 分野 PJ (森林、エネルギー、水、衛生、教育、ジェンダー等)
評価対象	SDGs から最低 3 つ任意に選択	炭素、コミュニティ、生物多様性	SDGs から任意に選択

これらはいずれも、気候変動、生物多様性、社会的便益に関するプロジェクトの効果を第三者検証機関 (Validation/Verification Bodies: VVB) が検証するための枠組みであるが、このうち CCBS (以下、CCB スタンダード) は、森林・土地利用分野のプロジェクトに特化し、気候・コミュニティ・生物多様性の三分野すべてにネットポジティブな影響を求めている点に特徴がある。また、CCB 認証を付与された炭素クレジットは国際的に評価が高く、市場価格が比較的高値で取引されており、表 3-2 に示すとおり 3 つの中でも検証済みの案件数が最も多い。

表 3-2 植林プロジェクト共同便益を認証するスタンダード別件数 (2025 年 11 月時点)

スタンダード	植林 (AR) プロジェクト数	
	有効化審査中も含む全プロジェクト	うち検証済み
GS4GG	138 件	25 件
CCBS	209 件	36 件
SD VISta	3 件	0 件

こうした背景を踏まえ、近年のボランタリーカーボンクレジット市場においては、環境的・社会的価値を伴う「高品質」なクレジット、特に生物多様性保全やコミュニティへの便益を伴うプロジェクトへ注目が集まっている (Sylvera, 2026)。その一方で、こうした共同便益の評価・可視化手法については、必ずしも十分に確立されていないことも指摘されている (Ecosystem Marketplace, 2025)。

森林カーボンプロジェクトは、温室効果ガスの吸収・削減に加え、生物多様性保全やコミュニティへの便益等の多面的な便益を創出し得る一方で、地域社会に対して正負双方の影響を及ぼす可能性を有する (Sarira et al., 2022)。特に途上国においては、森林資源に依存する地域住民の生計や社会構造に直接的な影響を及ぼすことから、コミュニティ便益の確保およびその可視化は、プロジェクトの受容性および持続性を左右する重要な要素と位置付けられる。

CCB スタンダードは、プロジェクトが創出するコミュニティ便益を指標化し、モニタリングおよび第三者検証を通じてその実現状況を確認する仕組みを有している点に特徴がある。したがって、CCB スタンダードが提示するコミュニティ便益を適切に評価・可視化する枠組み、及び実際にその認証を受けたプロジェクトにおける評価の実際は、企業による植林活動による地域社会への貢献度を可視化する上での有効なモデルになると考えられる。

1.4 目的

本調査では、企業が途上国における植林プロジェクトによるコミュニティ便益を可視化する際に活用することを念頭に CCB スタンダードに着目し、CCB スタンダードの要件整理(3.2)および CCB 認証プロジェクトの事例分析(3.3)を通じて、植林プロジェクトにおいてどのような方法でコミュニティ便益を把握・評価・可視化すればよいかを具体的に検討することを目的とする。

2 方法

本調査では、CCB 認証におけるコミュニティ便益の評価手法を明らかにすることを目的とし、まず「CCB Standard」(第3版)及び SBIA (Social and Biodiversity Impact Assessment) マニュアルをもとに、CCB スタンダードにおけるコミュニティ便益に関する要求事項を整理した。次に、これらの要求事項に対して、実際の CCB 認証プロジェクトがどのように対応しているかを、Verra のウェブサイト上の各プロジェクトの公開資料を用いて整理・分析した。

2.1 CCB スタンダードの要件整理

CCB スタンダードにおけるコミュニティ便益の定義および要求事項を把握するため、「CCB Standard」(第3版)の内容を精査し、特にコミュニティに関連する基準および指標 (Indicators) を中心に、求められる内容を整理した。

CCB スタンダードでは、森林・土地利用プロジェクトが、気候変動の緩和・対策 (Climate) に加え、地域コミュニティ (Community) および生物多様性 (Biodiversity) の3つの分野において、正の便益 (net positive benefits) をもたらすことが求められている (Verra, 2017)。本スタンダードの要件を整理するにあたり、「CCB Standard」(第3版)に示されている General (G)、Climate (CL)、Community (CM)、Biodiversity (BD) の4区分のうち、General (G) と Community (CM) に着目した。

なお、CCB スタンダードにおける「コミュニティ」および「コミュニティ便益」は、表 3-3 のように定義されており、コミュニティ便益は地域住民の生活の質や福祉の向上を環境・社会・経済等の多面的な側面から捉えられている (Verra, 2017)。

表 3-3 CCB スタンダードにおけるコミュニティ便益の定義

コミュニティ	先住民族、遊牧民などを含め、プロジェクト (PJ) 地域から収入、生計手段、文化的価値などを得ている人々の集団
コミュニティ便益	PJ 活動によって生じる、地域コミュニティの生活や福祉 (well-being) の向上
	福祉 (Well-being) : 人々が経験する生活の質。環境・社会・経済・心理・精神・医療など多面的な側面を含む

(出典：CCB スタンダード(p.11))

また、CCB スタンダードには、モニタリングに用いる具体的な指標や変数、手法は一律には規定されておらず、「プロジェクト実施主体が自ら設定することが前提」とされている。また、同スタンダー

ドでは、SBIA (Social and Biodiversity Impact Assessment) マニュアルを参照することが推奨されている。SBIA マニュアルは、主として REDD+プロジェクトを対象として、社会および生物多様性インパクトの双方を評価するための技術的ガイダンスである。「Part 1-Core Guidance for project proponents (基準や原則を整理)」、「Part 2- Social Impact Assessment Toolbox (地域社会へのインパクトを評価するためのツール)」、「Part 3- Biodiversity Impact Assessment Toolbox (生物多様性へのインパクトを評価するツール)」の3部構成から成っている(図 3-1)。本調査ではコミュニティ便益に関する社会的側面の評価手法に着目したため、具体的な手順や指標、評価手法については、SBIA マニュアルも有用な調査対象資料として分析した。

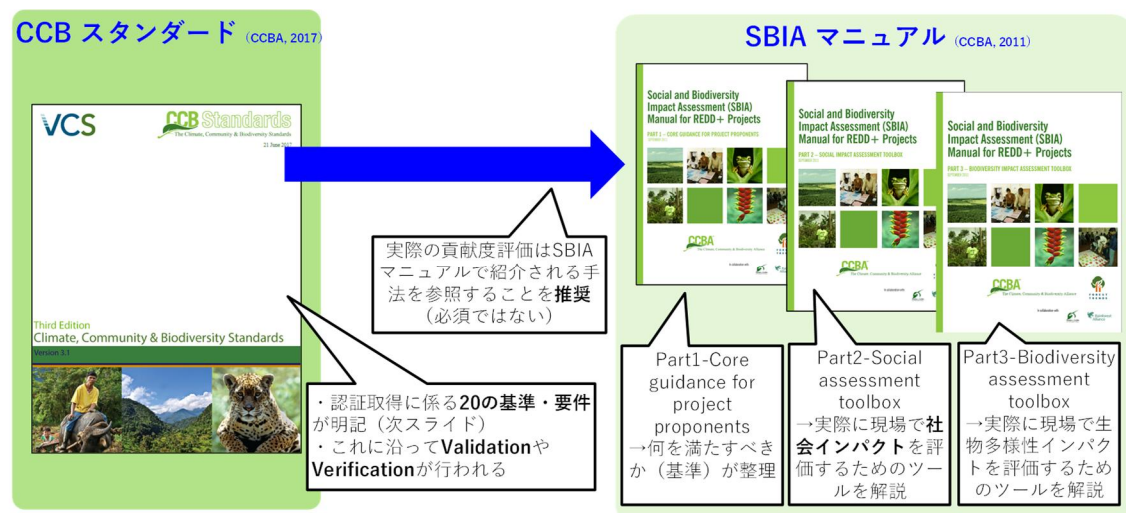


図 3-1 本調査で参照した CCB スタンダードと SBIA マニュアル

2.2 CCB 認証プロジェクトの事例分析

本調査では、CCB 認証を取得している植林プロジェクトを対象に事例分析を行った。対象プロジェクトの選定にあたっては、Verra の Project Registry (2025 年 12 月時点) に登録されている CCB プロジェクト 483 件のうち、以下の全ての条件に合致した 21 件のプロジェクトを調査対象とした(図 3-2)。

- ・ CCB スタンダード第3版に準拠
- ・ Afforestation / Reforestation (ARR) 植林プロジェクトに分類
- ・ Verification (第三者検証) レポートが Verra の Project Registry に公開済み
- ・ プロジェクト実施対象国は中国以外

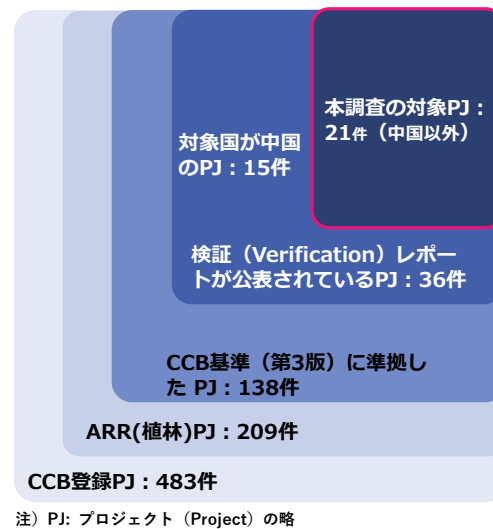


図 3-2 本調査対象プロジェクトの選定方法

さらに、選定した 21 件の植林プロジェクトがどのように CCB スタンドの要件に対応しているかを把握するため、Verra のウェブサイト (<https://registry.verra.org/app/search/CCB/All%20Projects>) に掲載されている各プロジェクトの公開資料のうち、Project Description（PD）、Monitoring Report(MR)、Verification Report（VR）の文書を参照した（

図 3-3）。これらの文書を横断的に確認することで、植林プロジェクトにおけるコミュニティ便益に関する記載内容、使用されている指標やモニタリング方法、および評価・検証プロセスについて整理を行った。

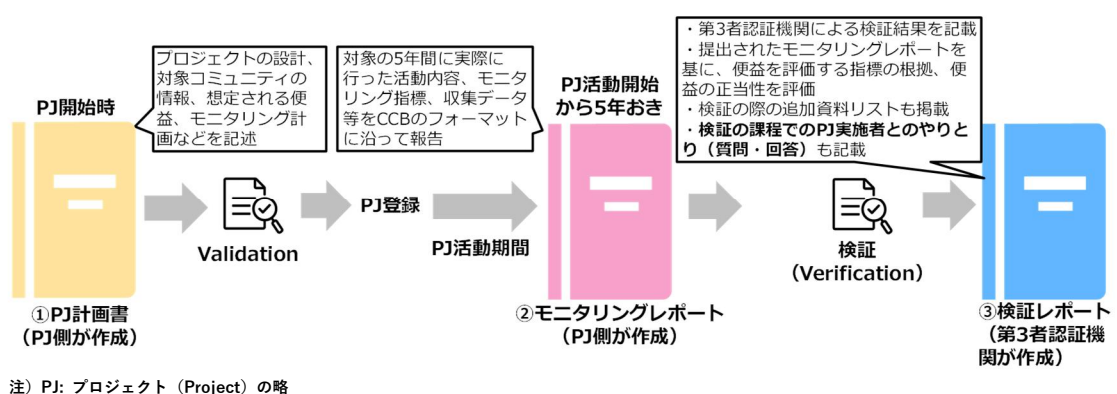


図 3-3 本調査で用いた CCB プロジェクト文書（PD・MR・VR）の構成

①Project Description（PD）

プロジェクト開始時に提出される文書で、対象地域の社会経済状況、ベースライン（現状）、想定さ

れる気候便益、コミュニティ便益、生物多様性便益、モニタリング計画、計画段階で設定された便益目標等が記載されている。

②Monitoring Report(MR)

プロジェクト実施後の一定期間(多くは 5 年)ごとに提出される文書であり、計画段階で設定した便益目標がどの程度達成されたかが記載される。MR には、活動内容、住民参加の状況、研修参加者数、雇用人数、生計向上など)収集した情報が含まれる。

③Verification Report(VR)

CCB スタンダードに基づき、Verra が承認した第三者検証機関(Validation/Verification Body: VVB)が MR を精査し、報告内容の信頼性・妥当性およびデータを評価した文書である。VR では、指標の設定や定義、住民参加プロセス、データ収集方法の適切性、証拠資料の十分性等が審査されるとともに、第三者検証機関による指摘事項に対するプロジェクト側の対応状況が整理されている。

また、これらの 21 件の植林プロジェクトについては、植林の実施形態に基づき、次の 4 つのタイプに分類して分析を行った。

《4 つの植林タイプ》

- ①小規模農家向け植林:小規模農家が所有・管理する土地に植林する形態
- ②産業(商業)植林::企業が商用に木材・ゴム等を生産するために植林する形態
- ③環境植林:生態系保護や修繕のために保護区等に植林する形態
- ④マングローブ植林:マングローブ樹種を植える植林形態

さらに、植林プロジェクトにおけるコミュニティ便益を次の 6 つの項目に分けて、整理した。

《植林プロジェクトにおけるコミュニティ便益の 6 つの項目》

- ①キャパシティビルディング(植林技術・林産物生産など)
- ②雇用(季節雇用・フルタイム)
- ③生計・所得向上(収入源の多角化・炭素収益分配など)
- ④生活の質・福祉・教育(公衆衛生・学校支援等)
- ⑤住民参加・協議・組織化(自由意思による、事前の、十分な情報に基づく同意(FPIC⁶)、協議記録、住民組織の形成)
- ⑥ジェンダー・包摂性(女性の参加、先住民、脆弱層への配慮)

各プロジェクトのモニタリングレポート(MR)で報告されている指標、モニタリング手法(内部記録、

⁶ FPIC (Free, Prior and Informed Consent)とは、地域住民が自由意思に基づき、事前に十分な情報提供を受けた上で、プロジェクトへの参加や影響について同意するプロセスを指す。

世帯調査、インタビュー等)、および第三者検証機関(VVB)による検証レポート(VR)で指摘された事項や追加的に求められた対応内容を抽出し、どのような指標やモニタリング・調査手法が用いられているか、どの程度の調査で認証が得られているか、評価の特徴を整理した。

3 結果

3.1 CCB スタンダードの要件整理についての結果

【CCB スタンダードの理論的枠組みと要件】

CCB スタンダードでは、森林・土地利用プロジェクトが地域社会および生物多様性の双方に対してネットポジティブ(net-positive)な影響をもたらすことが求められている。そのため、プロジェクト開始時点の社会経済状況および生物多様性の把握、プロジェクトが存在しない場合の将来シナリオ(“without-project” scenario)の設定、プロジェクト実施時に起こり得る影響シナリオ(“with-project” scenario)の整理、そして継続的なモニタリング設計と結果の検証が必要となる。これらの「with/without-project」の比較により、事前審査(validation)および第三者検証(verification)の両段階で、with-projectの便益が上回ることを示すことが要求されている。

また、CCB スタンダードでは、プロジェクトの各活動(activities)が、どのように成果(outputs)を生み出し、さらに結果(outcomes)および最終的な社会的インパクト(impacts)へつながるのか、活動と便益の因果関係(causal relationship)を明確に整理することが求められている。この因果関係の整理は、変化を体系的に整理する「変化理論(Theory of Change)」に基づいて構築することが推奨されている。これは因果モデル(causal model)とも呼ばれ、プロジェクト活動がどのようなプロセスを通じて地域社会に変化や影響をもたらすのかを体系的に示す枠組みである。

【CCB スタンダードを満たすための 20 の要件】

CCB スタンダードでは、プロジェクトが気候変動対策(Climate)に加え、地域コミュニティ(Community)および生物多様性(Biodiversity)に対して正の影響(net positive impact)をもたらすことを担保するため、複数の基準および指標が体系的に整理されている。これらは主に、一般要件(General: G)、気候変動対策(Climate: CL)、コミュニティ(Community: CM)、生物多様性(Biodiversity: B)の4つのカテゴリから構成され、合計20の要件が設けられている。これらのうち、気候変動、コミュニティ、生物多様性の各側面には、特に顕著な(exceptional)便益をもたらすプロジェクトに対しては、「Gold Level:GL」という上位認証が付与される仕組みが設けられている。

一般要件(General: G)

一般要件では、プロジェクトの基本的な妥当性および実施体制、ガバナンスや参加の質、プロセスの健全性に関する事項が規定されている。具体的には、プロジェクトの目的や境界の明確化、プロジェクトが存在しない場合のシナリオ(ベースライン)の設定、コミュニティおよびその他の利害関係者の特定と関与、自由意思による事前の十分な情報に基づく同意(FPIC)の確保、実施過程における双方向のコミュニケーションおよび苦情処理・紛争解決システム、並びにマネジメント体制の

整備等が求められる。

気候(Climate: CL)に関する要件

気候分野では、プロジェクトによる温室効果ガス排出削減または吸収量の増加が、ベースラインと比較して実質的な効果を有することが求められる。これには、プロジェクトが存在しない場合との比較に基づく追加性(additionality)の説明、排出削減量の算定およびモニタリングの実施、ならびに長期的な気候便益の確保が含まれる。

コミュニティ(Community: CM)に関する要件

コミュニティ分野では、プロジェクトが地域住民の生活に与える影響について、正の効果をもたらすことが求められる。具体的には、プロジェクトがない場合の状況と比較した場合の生活の質(well-being)の改善、便益の公正な配分、脆弱層への配慮、並びに負の影響を回避する「Do No Harm」の原則の遵守が含まれる。また、コミュニティ参加を通じた意思決定プロセスの確保や、影響のモニタリング・評価の実施も重要な要件として位置づけられている。

生物多様性(Biodiversity: B)に関する要件

生物多様性分野では、プロジェクトが対象地域の生態系および種多様性に対して正の影響をもたらすことが求められる。これには、生物多様性の現状把握、重要な生態系や種の特特定、プロジェクトによる影響の評価、ならびに保全・改善に向けた具体的な対策の実施が含まれる。

以上の一般、気候、コミュニティ、生物多様性に関する要件は、プロジェクトに対する信頼性や透明性を高め、地域コミュニティとの関係を安定的に維持することで長期的なプロジェクトの持続可能性を支える基盤として機能する。

本調査では、コミュニティ便益の評価および可視化に焦点を当てる観点から、CCB スタンドダードの全 20 要件のうち、特に関連性の高い一般要件(G)およびコミュニティ要件(CM)に該当する項目を抽出し整理した。

表 3-4 に示すとおり、コミュニティ便益に関連する要件は、主に地域住民やその他の利害関係者の関与、地域住民の生活の質(well-being)の向上およびその影響を確認するためのモニタリングに係る項目から構成されている。これらの要件は、プロジェクトの計画段階から実施・評価に至るまで、コミュニティへの影響を体系的に把握・管理する枠組みとして位置づけられる。また、コミュニティ関連の要件においては、インパクト評価のみならず、コミュニティの十分かつ実効的な参加の確保や権利の尊重といった観点も重要な要素として位置づけられている。

表 3-4 CCB スタンダードにおける一般要件 (G) およびコミュニティ要件 (CM) の整理

項目 (各要件のテーマ、Criteria)			認証を受けるための要件 (Indicators)
一般 General	G1	PJ の目標、設計、長期的な実現可能性	PJ の場所、 参加するコミュニティ情報 、リスクの特定と対処を説明
	G2	PJ が「なかった場合」のシナリオと追加性の証明	PJ がなかった場合にどうなっているか、PJ によって生じるものが追加的であることを証明
	G3	利害関係者の関与	PJ が関係するすべての人々 (地域コミュニティ、利害関係者) の 十分かつ実効的な関与 (ステークホルダー・エンゲージメント) の確保 を求める条項。具体的には、情報提供、協議、意思決定への参加、実施参加、自由・事前・十分な同意 (FPIC)、苦情処理・紛争解決、差別防止を含む。
	G4	マネジメント能力	PJ のガバナンス体制の説明、必要な技術スキルの記載 (地域 コミュニティの参加)、組織の財務的健全性と腐敗防止を記載
	G5	法的地位と財産権	PJ が法制度に基づいて実施され、関連する法的・習慣的な要件に適合していることを証明。また先住民や地域コミュニティを含む権利保有者の土地、領域、資源に関する法的および慣習的権利が 認識、尊重、支援されていることを証明 。
気候 Climate (CL1, CL2, CL3, CL4, GL1)			省略
コミュニティ Community	CM1	PJ がなかった場合のコミュニティ状況	PJ がいない場合 (=ベースライン) における地域コミュニティの福祉 (well-being) や生活状況の変化を記述。①PJ 開始時点でのコミュニティの状況、②コミュニティ福祉に関する高い保全価値 (HCVs) の確認、③「PJ なし」における将来予測
	CM2	期待されるコミュニティへの純便益	PJ 活動により コミュニティの生活福祉が、長期的に見てプラスになることを証明 。①各コミュニティグループに与える 便益・コスト・リスク を体系的に評価、②負のインパクトの回避・緩和措置、③純利益証明、HCVs への影響回避
	CM3	その他の利害関係者への影響	PJ 活動は、地域コミュニティ以外の関係者 (other stakeholders) の福祉に対して、少なくとも“害を与えない (do no harm)”ことを保証しなければならない。
	CM4	コミュニティへのインパクトのモニタリング	PJ 活動による コミュニティの福祉 (well-being) の変化を評価するためのモニタリング計画の作成・実施 。モニタリング対象の変数や指標を検討。指標例：所得、雇用創出、健康、市場アクセス、学校・教育、食料安全保障。
	GL2	注目すべきコミュニティ便益 (選択性)	小規模農家や地域住民が主体 (土地所有・利用権の証明、意思決定に住民が参加等) であり、脆弱グループ (女性、品構想、少数民族) にも便益が届くことを説明。また、 小規模農家や地域組織が自ら計画・実施・管理に関与できる能力を育成
生物多様性 Biodiversity (B1, B2, B3, B4, GL3)			省略

(出典：CCB スタンダードをもとに作成)

また、この枠組みの中でも、特に CM4 (Community Impact Monitoring) は、プロジェクトによって生じる地域コミュニティに対する福祉 (well-being) の「変化」を評価・把握する中核的な要件であり、適切なモニタリング計画の策定および実施が求められている。

【SBIA マニュアルが示すコミュニティ便益のモニタリング手法】

SBIA マニュアルでは、コミュニティ便益の評価において、プロジェクト活動 (activities) から成果 (outputs)、結果 (outcomes) を経てインパクトに至るまでの因果関係の流れを明確に整理することを重視している。図 3-4 は、この考え方にに基づき、プロジェクト活動の各段階と、それぞれの段階で設定されている指標例を体系的に示したものであり、CCB スタンダードが求めるコミュニティ便益の全体像を理解するうえでの基礎となる (図 3-4)。

SBIA では、所得、雇用機会、健康状態などコミュニティの生活の質に関わる影響について最終的なインパクトのみを直接評価するのではなく、成果や結果の段階で生じる変化を段階的に把握し、インパクトに至る因果関係を説明することが求められている。これにより、プロジェクトがどのような変化の積み重ねを通じてインパクトに至ったのかを論理的に示すことが可能となる。

一方、プロジェクトの実施区域と対照区を比較する厳密なインパクト評価は、高コストであり、とりわけ植林プロジェクトにおいては、適切な対照区の設定が実務上困難であることが SBIA マニュアルにおいても言及されている。このため、SBIA マニュアルでは、厳密な比較評価に過度に依存するのではなく、「Theory of Change(変化の理論)」に基づき、プロジェクト活動から成果・結果を通じてインパクトに至る因果関係を整理・説明するアプローチを採用している。

また、SBIA マニュアルでは、ロバート・チェンバーズが提唱した「Appropriate Imprecision(適切な不正確さ)」の考え方を踏まえ、社会的影響の評価において、厳密で精緻な定量データのみではなく、現地の状況に即した参加型の定性的情報も重要なエビデンスとして活用する立場を取っている(Chambers, 1983)。特に森林炭素プロジェクトについては、地域社会における変化のプロセスを定量的・定性的手法の双方を用いて総合的に説明することの重要性が従来から指摘されており(Richards, 2011)、SBIA マニュアルにおいてもこうした考え方がコミュニティ便益評価の前提として採用されている。

プロジェクト活動	Output (成果物)	Outcome (成果)	Impact (影響)
	PJが直接生み出す 活動成果 を測定 (例：下の指標例とほぼ同じ)	アウトプットの結果として現れる 短～中期的な変化 を評価 (例：カーボン収益の発生、雇用機会増加、知識・スキルの向上)	長期的 で持続可能な、より広範な 影響 を測定 (例：貧困率低下、乳児死亡率減少、女性エンパワメント)
SBIAが提示する指標例	・創出された雇用の数 ・トレーニングを受けた人数 ・植樹された苗木の本数 ・ワークショップへの参加者数	・新しい生計活動を採用した世帯の数 ・クレジット支払いによる世帯所得の増加 ・女性が薪や水を集める時間の削減 ・カーボン便益受益者のうち、公平な支払いを受けていると回答した割合 ・PJ利害関係者委員会での女性割合 ・効果的に機能している村落委員会数	- 乳児死亡率の削減割合 - 1日2ドル未満で生活する世帯の割合の削減 - 地元住民の森林保全への態度の改善割合（否定的→肯定的） - 女性の意思決定参加の大幅増加 - 家庭内暴力の減少

図 3-4 SBIA マニュアルで示されるインパクトに至るプロジェクト活動段階と指標例

(出典：SBIA マニュアル Part-1(p.14) をもとに作成)

【SBIA マニュアルで示されるインパクト測定のための手順と手法】

SBIA マニュアルでは、CCB スタンダードが求める社会・生物多様性インパクト評価を実施するために、プロジェクト設計からモニタリング・報告に至る一連の手順を体系化している。特に、プロジェクトが地域社会にもたらす変化を適切に把握し、with/without-project の比較可能性を確保するため、インパクト測定を段階的なプロセスとして整理し、次の 7 つのステージに沿って評価を行うことが推奨されている。

ステージ1：現状把握と利害関係者(ステークホルダー)の特定

プロジェクト開始時点の社会経済状況、土地利用、文化的背景、既存の課題、主要な利害関係者を整理し、影響を受けるコミュニティを明確化する。_____

ステージ2: “without-project” シナリオ(プロジェクトがない場合)の作成

プロジェクトが実施されなかった場合に地域で起こり得る土地利用変化や社会的・生態学的変化を予測し、将来のベースラインを設定する。

ステージ3: “with-project” シナリオ(プロジェクト実施時)の作成

プロジェクト活動により期待される変化を整理し、活動(activities)→成果(outputs)→結果(outcomes)→最終的なインパクト(impacts)を、変化理論(Theory of Change)にもとづいて構造的に記述する。

ステージ4: プロジェクトにより生じ得るネガティブな影響の予測

プロジェクト活動の実施により地域社会へ生じる可能性のある負の影響を識別し、それを回避・軽減するための対策を検討する。

ステージ5: 期待される便益を測定するための指標の特定

プロジェクトを通じて達成が見込まれる便益(所得の改善、雇用、生活環境、福祉の向上など)を測定するため、定量的・定性的な指標を選定する。

ステージ6: モニタリング計画の策定

選定した指標にもとづき、データ収集方法、対象集団、頻度、責任主体などを含むモニタリング計画を立案する。

ステージ7: データ収集・分析および結果の報告

モニタリングに基づくデータを収集・分析し、プロジェクトが実際にもたらした変化を評価する。得られた結果はコミュニティおよび関係者へ共有し、次期サイクルに反映させる。

なお、SBIA マニュアルでは、モニタリングを含むすべてのステージにおいて、コミュニティからの情報収集を重視しており、インタビューやワークショップなどの参加型手法が幅広く紹介されている。これらの手法を通じて収集したコミュニティの知識や意見を基礎として、プロジェクトがもたらす便益や影響を評価する点が特徴であり、コミュニティ便益の把握および担保において重要な役割を果たしている。

表 3-5 では、SBIA マニュアルに示されている、インパクト測定のための各ステージにおける具体的な手法や活動内容を整理した。

表 3-5 SBIA マニュアルに示されているインパクト測定のための手順と手法

ステージ	内容	主な手法・活動
ステージ 1	プロジェクト開始時の社会経済状況の記述、利害関係者の特定	参加型農村調査 (PRA)、世帯調査、地域マッピング、二次データ、富・福祉ランク付け、ステークホルダー分析
ステージ 2	プロジェクトがない場合の状態やインパクトを予想	ステークホルダーフォーカスグループ、問題フローダイアグラム、シナリオ分析 など
ステージ 3	プロジェクトがあった場合に、期待されるインパクトがどのようにして達成されるかを予想	ステークホルダーフォーカスグループ、問題フローダイアグラム、シナリオ分析 など
ステージ 4	ネガティブインパクトやリスクの特定とその対策を考える	成果連鎖の分析、ステークホルダーフォーカスグループ、対話ワークショップ、専門家レビュー
ステージ 5	モニタリング指標の選定	Theory of Change に基づいた指標設定、持続的生計フレームワーク (SLF)、または汎用的な指標リストに基づく指標の設定
ステージ 6	モニタリング計画の策定 (指標の測定方法を含む)	PRA、世帯調査、キーパーソンインタビュー、基礎的ニーズ調査 (BNS)、参加型影響評価 (PIA) など
ステージ 7	データ収集、分析、報告	ステークホルダーミーティング、フィードバックワークショップ

(出典:SBIA マニュアル Part-1 (p.9)より作成)

【SBIA マニュアルが紹介する Social Impact Assessment ツール】

SBIA マニュアル Part-2 (Social Impact Assessment Toolbox) では、社会的インパクト評価を実施する際に活用される代表的な参加型手法として、参加型農村調査 (Participatory Rural Appraisal: PRA)、持続可能な生計枠組 (Sustainable Livelihoods Framework: SLF)、基礎的ニーズ調査 (Basic Needs Survey: BNS)、参加型インパクト評価 (Participatory Impact Assessment: PIA) 等が整理されている (表 3-6)。

表 3-6 SBIA マニュアルで紹介されている Social Impact Assessment ツールの比較整理表

	PRA	SLF	BNS	PIA
正式名	Participatory Rural Appraisal	Sustainable Livelihoods Framework	Basic Needs Survey	Participatory Impact Assessment
日本語訳	参加型農村調査	持続可能な生計枠組み	基礎的ニーズ調査	参加型インパクト評価
目的	住民の知識をもとに、能力と主体性の向上に繋げる	住民の生計構造と持続可能性を分析し、指標選定に活用	最低限の生活ニーズの充足度を定量化	住民主体で インパクト を評価
解説	地域住民が主体となり、地域の資源・生活・課題等を可視化・共有・分析し、理解を深め、エンパワメントにつなげる手法	人的・自然・物的・金融・社会の 5 つの資本を軸に、生計の構造と持続可能性を分析する枠組み	地域住民により定義された基本的ニーズの充足状況を世帯調査によりスコア化・定量化し、貧困や生活水準の変化を把握する手法	地域住民が主体的に、プロジェクトによる変化 (インパクト) とその要因 (帰属) を特定・優先づけ・評価する参加型の体系的手法
主体	住民主体 (外部はファシリテーション)	プロジェクト側主体	プロジェクト側主体 (住民参加によるニーズ定義)	住民主体 (外部はファシリテーション)
データ取得の手段・形式	参加型マッピング/モデリング・トランセクトウォーク・ランキング・季節カレンダー等	ワークショップ・インタビュー等 (手法は特定されていない)	フォーカスグループ協議・アンケート (世帯調査)・スコア化等	ワークショップ・ランキング・スコアリング・ストーリー共有等
利用段階	プロジェクト開始時の状況把握・分析	指標の選定	モニタリング・評価	モニタリング・評価

出典:SBIA マニュアル Part-2 Social Impact Assessment Toolbox より作成

これらの手法は、住民の知識や資源の把握、生計構造の分析、生活ニーズの定量化、プロジェクトによる変化の評価など、多様な側面に焦点を当てており、地域住民の参加を重視しながらコミュニティの状況を多面的に把握することを目的としている。

SBIA マニュアルでは、これらの手法の具体的な適用方法やサンプリング設計、調査実施の要件などについて詳細な規定は設けられていない。SBIA は、特定の手法の採用を義務付けるガイドラインではなく、現場の状況やコミュニティの特性に応じて柔軟に選択し、組み合わせて用いるための「ツール群」として位置付けられている。例えば、SLF は、プロジェクトの持続可能性に向けた進捗を把握するための枠組みである一方で、CCB スタンダードへの適合という観点においては、成果の帰属(attribution)を考慮していないこと、および変化理論を含まないことが指摘されており、他の手法と組み合わせて利用されることが推奨されている。このように、どの手法をどのように適用するかについては、プロジェクト実施主体の裁量・判断に委ねられる部分が大きく、地域の文脈を踏まえた設計が求められる。こうした柔軟性は、SBIA が目指す「住民参加型の社会的インパクト評価」を実現するうえで重要な特徴である。

一方、CCB スタンダードにおいてもコミュニティ便益の創出やモニタリングに関する方向性は示されているものの、具体的な測定手法やデータ収集方法までは詳細に規定されていない。特に、CM4(Community Impact Monitoring)では、福祉(well-being)の変化を把握するための指標設定やモニタリング方法について、プロジェクト実施機関が計画を設計することが求められている。SBIA で提示される PRA・SLF・BNS・PIA などの参加型手法は、CCB スタンダードの要件を現場レベルで実装し、コミュニティ便益の可視化を具体化する実務的な補完ツールとして有効であるが、CCB が求めるコミュニティ影響の把握やモニタリングを実務的に具体化するためには、既存のデータや参加型手法を組み合わせるといった現場での工夫が必要となる。

3.2 CCB 認証プロジェクトの事例分析

(1) 対象 21 プロジェクトの横断的分析

本調査では、CCB 認証を受けたプロジェクトを対象に、コミュニティ便益に着目し、プロジェクト実施者がどのような手法や指標を用いて CCB スタンダードに対応しているか、また検証時には第三者検証機関からどのような指摘がなされ、それに対してどのような対応を通じて修正・改善・是正が認められているかを整理した。具体的には、CCB 認証を受けている全 483 件のプロジェクトのうち、CCB スタンダード(第 3 版)に準拠し、Afforestation/Reforestation (ARR)に分類され、かつ検証内容が公開されている 21 件の植林プロジェクトを抽出し、各文書におけるコミュニティ便益に係る記載内容を横断的に整理した。加えて、植林の実施形態を 4 つのタイプに分類し、植林タイプごとにどのような指標が用いられているかについて分析を行った。

その結果、図 3-5 で示すとおり、地域別にみると、中南米地域におけるプロジェクトが最も多く、同地域では「産業(商業)植林」が中心となっていた。一方、アフリカ地域では「小規模農家向け植林」が多く見られ、地域によって植林形態の構成に一定の違いが確認された。

3 章 コミュニティ便益の可視化手法分析—CCB 認証基準を中心に—

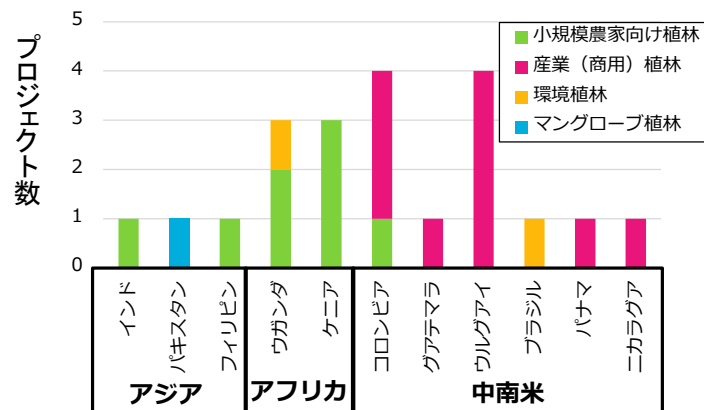


図 3-5 分析対象植林プロジェクト(21 件)の地域分布および植林タイプの内訳

次に、これらのプロジェクトはどのような主体・組織によって実施され、どのような地域・植林タイプで構成されているかを把握するにあたり、対象プロジェクトの実施機関（プロポーネント）、国・地域、植林タイプ等の基本的な属性を表 3-7 のとおり、まとめた。

表 3-7 分析対象植林プロジェクト(21 件)の概要

植林タイプ	ID	対象国	プロポーネントタイプ (PJ 便益報告者)	植林規模 (ha)	PJ 期間	CCB 追加認証 (GL) の有無
小規模農家向け植林	737	ケニア	炭素クレジット PJ デイベロッパー	9,806	2004 年から 30 年間	Climate/Community/Biodiversity
	994	インド	炭素クレジット PJ デイベロッパー	2,341	2004 年から 30 年間	Climate/Community/Biodiversity
	2338	ケニア	炭素クレジット PJ デイベロッパー	2,293	2015 年から 60 年間	Climate/Community/Biodiversity
	2339	ウガンダ	炭素クレジット PJ デイベロッパー	2,414	2015 年から 60 年間	Climate/Community/Biodiversity
	2412	フィリピン	炭素クレジット PJ デイベロッパー	50,000	2015 年から 50 年間	Climate/Community/Biodiversity
	2497	ウガンダ	炭素クレジット PJ デイベロッパー	2,821	2003 年から 60 年間	Climate/Community/Biodiversity
	2623	ケニア	林業会社 (木材)	45,088	2017 年から 20 年間	Climate/Community/Biodiversity
	3450	コロンビア	農林業会社 (カカオ)	880	2017 年から 40 年間	Climate
産業（商用）植林	959	ウルグアイ	林業会社 (木材)	18,576	2006 年から 60 年間	
	960	ウルグアイ	林業会社 (木材)	18,988	2006 年から 60 年間	
	1530	コロンビア	林業会社 (木材)・農業協同組合	3,592	2011 年から 30 年間	
	1538	グアテマラ	林業会社 (ゴム)	10,000	2011 年から 56 年間	
	1543	ウルグアイ	林業会社 (木材)	2,919	2012 年から 60 年間	
	1769	コロンビア	林業会社 (カカオ)	5,219	2015 年から 40 年間	Biodiversity
	2411	ウルグアイ	林業会社 (木材)	1,056	2016 年から 60 年間	
	2481	パナマ	林業会社 (木材)	3,713	2004 年から 30 年間	
	2512	コロンビア	林業会社 (木材)	22,104	2016 年から 100 年間	
環境植林	2647	ニカラグア	林業会社 (木材)	700	2016 年から 30 年間	Climate
	673	ウガンダ	NGO (ドイツ)	7,067	2009 年から 60 年間	Biodiversity
マングローブ	1653	ブラジル	NGO (ブラジル)	4,127	2011 年から 30 年間	
	2250	パキスタン	民間投資会社と地方政府	91,069	2015 年から 60 年間	Climate/Community/Biodiversity

注) PJ: プロジェクト (Project) の略

PJ デイベロッパー: プロジェクトを計画・実施する機関

(出典: Verra Registry (<https://registry.terra.org/app/search/CCB>)より作成)

本調査で対象とした 21 件の植林プロジェクトにおいて、コミュニティの参加形態を植林タイプ別に整理した(表 3-8)。まず「小規模農家向け植林」では、希望する農家が自らの土地に植林する形でプロジェクトに参加するほか、周辺住民がモニタリングなど植林活動のサポート業務を担っている場合もあり、この場合は季節雇用が中心であった。次に、中南米に多かった「産業(商用)植林」では、周辺住民が林業業務に従事する形でプロジェクトに関与しており、この場合はフルタイム雇用および季節雇用が混在していた。さらに、「環境植林」では、国立公園周辺の住民が植林、除草、苗畑管理、火災防止等の森林再生業務に従事するほか、生計向上事業(養蜂、家畜等)の研修への参加やプロジェクトから得られる炭素収益をもとに自ら提案した事業を運営することを通して積極的に関与する案件も見られた。また、マングローブ植林では、漁業従事世帯が主に季節雇用形態を通して、マングローブの植林や維持管理業務に関わっていた。

以上のことから、植林プロジェクトにおけるコミュニティ参加の形態は植林タイプによって異なり、一部のプロジェクトではフルタイム雇用もみられる一方、季節雇用のみであっても CCB 認証を取得している事例が確認された。

表 3-8 植林プロジェクトへのコミュニティによる主な参加形態

植林タイプ	件数	コミュニティのプロジェクトへの主な参加形態
小規模農家向け植林	8	・プロジェクトサイト内の農家が自分の土地に植林(基本的に希望者のみ) ・周辺住民がモニタリング等、プロジェクト活動のサポート業務 (季節雇用が中心)
産業(商用)植林	10	・周辺住民が林業業務に従事 (同じプロジェクトでもフルタイムと季節雇用が混在)
環境植林	1	・国立公園の周辺住民が公園内での森林再生業務 (植林・除草・苗畑・火線管理等)に従事(季節雇用が中心) ・住民が提案する生計向上活動(養蜂、家畜等)の研修(プロジェクト側 指導)に参加
	1	・先住民や小規模農家が森林再生業務(種子採取等)に従事 (季節雇用が中心)
マングローブ植林	1	・漁業従事世帯が植林・管理のための業務に従事(季節雇用が中心)

次に、各植林プロジェクトがもたらす多様なコミュニティ便益を6つの観点(①植林や林産物に関するキャパシティビルディング、②雇用、③生計・所得向上、④生活の質・福祉・健康・森林以外の教育)、⑤住民参加・協議状況・組織化、⑥ジェンダー・包摂性)に分類した。本調査では特に「②雇用」および「③生計・所得向上」に着目し、各プロジェクトではどのような指標が設定され、モニタリングを行い、評価されているか、また検証時においてどのような点が指摘事項となり、修正・改善が求められるかを整理した(表 3-9)。

まず、コミュニティ便益を評価するために用いられている指標としては、「生計改善人数」や「雇用者数」、「収入を得た人数」など、主に人数ベースの指標が中心であり、一部では生産量等の指標も用いられていた。評価の方法については、多くのプロジェクトにおいて新たにそのための調査を実施するのではなく、農家登録台帳、雇用契約書、給与記録等のプロジェクト運用上で通常記録・情報として持ち合わせる内部データを基礎としてモニタリングが行われていた。また、これらを補完

する形で、世帯調査、インタビュー、グループ討議等の手法による追加的な調査が行われている事例もみられた。

一方で、SBIA マニュアルで紹介されていた PRA、SLF、PIA、BNS の体系的な手法・ツールの活用は限定的であり、多くのプロジェクトでは独自の方法でインタビューやグループ討議等を用いて評価を行っていた。

さらに、検証時における指摘内容からは、コミュニティ便益の評価手法やサンプリング方法そのものに対する厳密な指摘よりも、主に住民への収益配分の妥当性や透明性、雇用条件や労働安全に関する記録の整備などプロジェクトの実施内容の確認やコミュニティの参加状況や参画の程度、住民に対する適切な情報提供の実施、周知方法に関する指摘が多く見られた。

以上より、コミュニティ便益の評価は、プロジェクト実施機関の既存の内部データを基盤としつつ、必要に応じて調査手法を補完的に組み合わせる形で実施されており、必ずしも高度な統計的手法や追加的な調査方法を用いずとも、一定の評価や検証が行われていることが明らかとなった。

表 3-9 植林タイプ別の指標、評価方法、検証時の指摘・対応状況（雇用および生計・所得向上）

植林タイプ	件数	具体的な指標	評価方法	Verification 時の指摘 および対応
小規模農家向け植林	8	・生計改善人数 ・PJ から現金支払いを受けた人数（木材・作物販売、雇用、クレジット収益等）	・PJ の既存内部データ：農家登録名簿、農家との契約書、支払い台帳、雇用代用等 ・別途調査：グループ討議、世帯調査等	・収益配分契約書の提出 ・所得向上効果、数値根拠・証拠の提出 ・農家への支払い頻度の整合性の確認
産業（商用）植林	10	・雇用創出数 ・PJ が研修した生計活動への参加人数や生産量	・PJ の既存内部データ：雇用契約記録、給与記録、購買データベース ・別途調査：インタビュー、グループ討議、質問票調査、生活状況調査、世帯調査等	・女性雇用数の明記 ・職種・算出方法の明確化 ・労働安全に関する証拠書類の提出
環境植林	1	・炭素収益の分配額 ・新収益活動への参加人数	・PJ の既存内部データ：収益事業件数・支援額・実施状況記録、月次試算表による支出管理	・植林後の生計支援の計画・構築の明確化 ・雇用・研修実績（女性含む）の補完資料
	1	・PJ が住民から植林用の種子を買い取り額や人数	・PJ の既存内部データ：種子採取量や販売に関する記録	・生計、訓練、雇用指標の証拠不足および成果範囲の不明確性→補完資料提出
マングローブ植林	1	・雇用創出数 ・漁業生産性 ・所得増加世帯数	・PJ の既存内部データ（研修参加記録等） ・別途補完調査（世帯調査、インタビュー、グループ討議、PRA、生活満足度評価票等）	・雇用創出数の算出方法・裏付けおよび公平な雇用機会に関する説明が不足→補完資料提出

PJ:プロジェクト、PRA（参加型農村評価）／SLF（持続的生計アプローチ）／PIA（参加型インパクト評価）／BNS（基本ニーズ）

(2) 4 プロジェクトの紹介

ここでは前述した横断的な整理結果を踏まえ、4 つの植林タイプごとに代表的な事例を取り上げ、コミュニティ便益の内容およびその把握・可視化の方法について具体的に整理した。

事例① ケニアにおける小規模農家向け植林プロジェクト

事例② ウルグアイにおける産業（商用）植林プロジェクト

事例③ ウガンダにおける環境植林プロジェクト

事例④ パキスタンにおけるマングローブ植林プロジェクト

事例① ケニアにおける小規模農家向け植林プロジェクト: **Project ID 737**

本事例「TIST Program in Kenya, VCS 005」は、ケニアにおける小規模農家を対象とした植林プロジェクト(TIST⁸プロジェクト)である。本プロジェクトは、小規模農家がグループ(クラスター)単位で植林活動に参加し、各農家の携帯端末を用いたモニタリングおよびデータ管理を行う仕組みを確立している。コミュニティ主体の参加型アプローチと透明性の高いデータ管理を両立した取組であり、CCB 認証の特徴を体現した代表的な事例といえる。

コミュニティ便益としては、雇用の創出、生計・所得の向上、生活の質・福祉・健康および教育の改善が確認されている。具体的には、118 人の雇用(フルタイム換算⁹)が創出されているほか、多数の小規模農家がプロジェクトに参加し、生計・所得の向上が報告されている。また、炭素クレジット収益の分配や果樹・薪・飼料等の提供による収入機会の多様化も図られている。

さらに、公衆衛生(HIV/AIDS)や保健に関する研修を通じて、生活の質の向上にも寄与している。また、これらのコミュニティ便益は、雇用管理記録、GHG 契約書、炭素収益分配記録、アンケート調査、インタビュー、研修出席簿、月次・年次報告書等の複数の資料に基づいてモニタリングおよび評価が行われている。これらの情報は、TIST の情報サイトで集約され、一般にも広く公開されている(図 3-6)。

また、検証時においては、コミュニティ参加プロセスの明確化が重要な論点として挙げられていた。具体的には、参加者への説明および同意取得手続きの実施状況やクラスター会合に参加していない農家に対する情報共有の適切性について、追加的な説明や証拠の提示が求められ、これに対し、GHG 契約書、クラスター会合記録、現地調査結果、パブリックコメントへの回答等の追加資料が提出された。これらの指摘事項、対応内容および検証過程のやり取りが **Verification Report** で記録されている。本事例は、小規模農家の主体的な参加、データの可視化と住民参加プロセスを組み合わせることに特徴がある。

7 <https://registry.terra.org/app/projectDetail/CCB/737>

8 TIST: The International Small Group & Tree Planting Program

9 「フルタイム換算(FTE: Full-Time Equivalency)」とは、プロジェクトに従事する全労働者(フルタイム、パートタイム、臨時・季節労働者等)の総労働時間を、当該国または地域におけるフルタイム労働の平均労働時間で除して算出される指標である(UN System of National Accounts, 1993 に基づく)。多くの CCB 認証プロジェクトで採用されている。

いて FSC 認証¹¹を取得している企業であり、当該植林地も FSC 認証のスコープに含まれている。FSC 認証に基づき実施されている年 1 回以上の住民協議会 (Stakeholder Consultation) の実施による住民意見の聴取・苦情対応は、CCB スタンドアードの一般要件 (G3) と整合しており、これにより住民の実効的な参加が担保されている点も、本事例の特徴の一つといえる。

また、第三者検証機関によるヴェリフィケーションレポート (VR) では、BEF¹²算定根拠、改訂炭素蓄積計算ブック、コミュニティ関連の従業員研修データベース、環境影響評価等に関する指摘があり、追加資料の提出、説明が求められたが、コミュニティ便益に関する指摘事項はなかった。

以上より、本事例は、コミュニティの意思決定への直接的な関与はないものの、地域住民への情報提供・共有、意見聴取、記録管理、苦情処理・紛争解決システム等の体制が整備され、実装されている企業主導型の産業植林プロジェクトであり、CCB スタンドアードを十分に満たすプロジェクトとして評価される。

プロジェクト名 : Lumin/Eucapine Uruguay Forest Plantations on degraded grasslands under extensive grazing

□ プロジェクト概要

- プロジェクト実施機関: LUMIN/EUCAPINE (商業林業会社)
- 植林規模: 18,988ha

□ コミュニティのプロジェクトへの関与

- 雇用 (技術訓練含む) を通じて住民が植林に参画

□ 具体的なコミュニティ便益と評価

コミュニティ便益指標	具体的な便益	評価方法
雇用	230人の雇用 (フルタイム換算) 地元ビジネスの活性化 (667名の 生計改善見込)	雇用管理記録、内部管理システム、外部監査 報告書、年間研修計画書 (従業員用)
生活の質・福祉・健康・ (森林以外の) 教育	コミュニティ・学校・公共機関 への物資提供、教育・医療支援、 寄付 (現金含む)	社会保障登録 (医療サービス)、社会調査・ 半構造化インタビュー、年次報告書、相談窓 口・苦情処理手続き、近隣住民調査票、外部 コミュニケーション記録等

□ コミュニティ関連のVerification内容

- 追加提出資料: BEF算定根拠の追加資料提出 (修士論文)、改訂版炭素計算
ワークブック (コミュニティ関連: 従業員研修データベース、環境影響評価)
- 評価・指摘事項: **コミュニティ便益に関する指摘なし**



▲プロジェクトを紹介するウェブサイト
出典: <https://lumin.com/english/carbon-sequestration-12>

▲利害関係者・地域社会との対外コミュニケーション管理表
(モニタリングレポート, p.22)

図 3-7 ウルグアイにおける産業(商用)植林プロジェクトの概要

事例③ ウガンダにおける環境植林: Project ID 673¹³

本事例は、ウガンダにおいて生態系保全を主目的として実施されている環境植林プロジェクトであり、住民組織の参画や炭素収益の分配を通じて、地域社会の参加とコミュニティ便益の確保を図っている点に特徴がある。ドイツの NGO である PRIMAKLIMA が実施機関として関与しており、約 7,067ha の規模で実施されている (図 3-8)。また、本プロジェクトでは、炭素収益の一部が地域住民の生計向上に充てられていることがモニタリングレポートでも報告されており、資金配分の仕組

¹¹ FSC (Forest Stewardship Council: 森林管理協議会) は、責任ある森林管理を促進する国際的な認証制度であり、森林管理、労働者の権利、先住民を含む地域社会との関係、苦情処理・是正プロセス等について第三者監査を通じた基準適合を求めている。

(「環境ラベル等データベース」 https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/ecolabel/a04_14.html)

¹² Biomass Expansion Factor (バイオマス拡張係数)

¹³ <https://registry.terra.org/app/projectDetail/CCB/673>

みが比較的明確に示されている。さらに、アグロフォレストリー、養蜂や家畜飼育等の生計支援や雇用創出が行われており、コミュニティ便益が具体的な生活改善や生計向上の形で可視化されている事例といえる。こうした取組については、植林プロジェクトから創出された炭素クレジットと地域の生計向上の結びつきについていることが地元メディアにおいても取り上げられている(Nile Post, 2024)。

地域住民は、住民組織を通じて炭素クレジットによる収益を受け取るとともに、SBIA ワークショップへの参加を通じて実施段階にとどまらず、計画・設計段階からプロジェクト運営に関与する仕組みが構築されている。さらに、当初はトップダウン型であった収益分配の運営体制についても課題が認識され、プロジェクトの進行過程の中でコミュニティ運営委員会(CSC)およびコミュニティ諮問委員会(CAB)を中心としたボトムアップ型の管理体制へと再編されている。この仕組みにより、住民は炭素収益の配分に関するプロポーザルを作成し、その審査を経て実施することが可能となり、コミュニティ便益の確保と意思決定への参加が制度的に担保されたことから、プロジェクト運営におけるガバナンスの強化が図られている点も特徴的である。

コミュニティ便益としては、雇用の創出、生計・所得の向上、生活の質・福祉・健康の改善が確認されている。具体的には、月平均359人の雇用(フルタイム換算)が創出されており、炭素収益の分配や薪・ヤギ・緑資源の提供等を通じた収入機会の拡大が図られている。また、技術研修(植林、養蜂、エコ木炭製造、省エネストーブ等)や衛生・教育関連の支援を通じて、生活環境の改善にも寄与している。

これらのコミュニティ便益は、雇用記録、月次・年次報告書、薪・耐旱農業等に関する配布記録、収益分配記録、アンケート調査、研修出席簿等に基づいてモニタリングや評価が行われている。

なお、検証時においては、盗難防止に関するグループ規約や苦情処理手続き文書等の追加資料が提出されている。また、コミュニティ関連の指摘事項として、コミュニティ内の盗難被害への対応方針の明確化や、苦情処理制度の文書化、住民への周知徹底が求められており、プロジェクト運営におけるガバナンスおよび参加プロセスの強化が重要な論点となっている。



図 3-8 ウガンダにおける環境植林プロジェクトの概要

事例④ パキスタンにおけるマングローブ植林: Project ID 2250¹⁴

本事例は、パキスタン沿岸部において実施されているマングローブ植林プロジェクトであり、漁業生産性の向上や沿岸生態系の保全といった便益を同時に図っている点に特徴がある。

実施主体は地方政府および民間資金会社 (Indus Delta Capital (IDC) Limited) で公的主体と民間企業の連携により実施されており、植林規模は約 91,068ha にのぼる。沿岸域における大規模なブルーカーボンプロジェクトとして位置づけられる (図 3-9)。マングローブは高い炭素吸収・貯留能力を有するとともに、高潮や塩害の緩和等の防災機能、さらに漁業資源の回復を通じた生計基盤の強化にも寄与することから、気候変動緩和と適応、地域の生計向上を同時に実現しうる取組として近年政策・市場の双方において重要性が高まっている。また、本プロジェクトは大規模事業でありながら、気候・コミュニティ・生物多様性の 3 つの側面において Gold Level 認証を取得しており、質と規模の両立が図られている点でも特徴的である。

本プロジェクトでは、地域住民が植林活動や保全活動に直接参加するとともに、住民組織を通じた関与が行われている。これにより、雇用機会の提供とともに、地域社会の主体的な関与が図られている。

コミュニティ便益としては、雇用創出、生計・所得の向上、生活の質・福祉・健康の改善が確認されている。具体的には、約 14,466 人の雇用 (フルタイム換算、うち約 3,140 人が女性) が創出されており、20,078 人において生計・所得の向上が報告されている。また、マングローブが提供する生態系サービスの効果は、モニタリングレポートにおいて、漁業資源の回復、塩害の緩和、防災機能の強化に加え、コミュニティの生計向上および安定性、ならびにコミュニティレジリエンスの向上といった期待される成果として整理されている。さらに、女性の収入向上支援や生産活動の多様化、教育・医療サービスへのアクセス改善等を通じて、地域社会の福祉向上にも寄与している。

これらのコミュニティ便益は、世帯調査、質問票調査、内部報告書、PRA、インタビュー、グループ討議等の多様な手法を組み合わせることでモニタリングおよび評価が行われている。特に、コミュニティ参加型の調査手法が活用されており、SBIA マニュアルで提案されているアプローチとも整合した形で、住民参加型の手法を通じた便益評価が行われている点にも特徴がある。

検証時には、SDGs 関連指標の整合性や、雇用効果の算定根拠に関する説明の不足が指摘されている。これらは、コミュニティ便益の評価において、指標の設定および算定方法の妥当性が重要な論点となることを示している。

¹⁴ <https://registry.terra.org/app/projectDetail/CCB/2250>

プロジェクト名 : Delta Blue Carbon - 1

- プロジェクト概要
 - プロジェクト実施機関: 地方政府 + 民間投資会社 (Indus Delta Capital Limited)
 - 植林規模: 91,068ha
- コミュニティのプロジェクトへの関与
 - 住民組織を通じて住民が植林や代替生計活動に参画
- 具体的なコミュニティ便益と評価

コミュニティ便益指標	具体的な便益	評価方法
雇用	14,466人の雇用 (フルタイム換算、うち1,440人女性)	世帯調査、質問票、内部報告書、PRA
生計・所得向上	20,078人の生計・所得向上、漁獲高向上、植林保全活動および漁業資源回復による漁業所得向上、女性の収入創出活動支援、生計多角化・技能研修による就業機会拡大	世帯調査、インタビュー、PRA、グループ討議、構造化質問票、生活満足度評価票、GISコミュニティマッピング、研修参加記録
生活の質・福祉・健康・教育(森林以外)	安全な飲料水へのアクセス、医療・衛生サービス、教育機会の向上、文化遺産保全・地域価値向上、高潮・沿岸災害リスク低減	内部報告書、世帯調査、PRA、政府記録

- コミュニティ関連のVerification内容
 - 追加提出資料: SDGs別Excel整理、参加者名簿・署名リスト、コミュニティ影響モニタリング結果、マングローブ保全管理協定書 (150件)
 - 評価・指摘事項: ①SDGs関連指標の整合性の不一致・根拠不足、②雇用数算出根拠および公平な雇用 (G3.10) 適合説明不足

2.3.16 Community Employment Opportunities (VCS, 3.19.13: CCB, G3.10)



▲ 植林にあたって地域住民を雇用している様子 (モニタリングレポートより)



▲ プロジェクトを紹介するウェブサイト
様々なコミュニティ便益がもたらされている
(出典: <https://deltabluecarbon.com/community-v2/>)

図 3-9 パキスタンにおけるマングローブ植林プロジェクトの概要

4 まとめ

CCB スタンダードおよび SBIA マニュアルにおいては、コミュニティ便益の評価に関する指標やサンプリング方法等が一律に規定されているわけではなく、「Theory of Change(変化の理論)」に基づき、プロジェクト活動によって生じる変化(アウトプット、アウトカム、インパクト)の整理が重視されている。すなわち、CCB 認証におけるコミュニティ便益の評価では、標準化された指標の適用そのものよりも、プロジェクトによる変化の因果関係の説明と、その検証可能性の確保に重点が置かれている。

このような考え方を踏まえ、実際の CCB 認証を取得した植林プロジェクトを対象にコミュニティ便益の可視化手法について分析を行った結果、コミュニティ便益の評価は、必ずしも高度な統計分析や体系的な社会影響評価手法を前提とするものではなく、実務的かつ実行可能な指標やデータを基に実施されていることが明らかとなった。多くのプロジェクトでは、農家登録情報、雇用記録、賃金支払い台帳等の既存の内部データを基盤として、雇用や生計に関する基本的な状況が定量的に把握されており、これらを補完するかたちでインタビューや世帯調査、グループディスカッション等の比較的簡易な調査手法を通じて得た定性的な情報が併用されていた。

また、PRA や SLF 等の SBIA マニュアルで示される体系的な社会影響評価手法の活用は限定的であり、多くのプロジェクトでは実施機関独自の方法による情報収集および評価が行われていた。検証時には、評価手法やサンプリングの厳密性そのものよりも、住民を含むステークホルダーの関与、住民への適切な情報提供・共有および周知状況といった住民参加の質とプロセスが適切に運用されているかといった点が重視されていた。

以上より、CCB 認証におけるコミュニティ便益の評価では、検証可能な定量的・定性的な情報、住民参加のプロセス、第三者検証機関による指摘事項への対応および改善能力、ガバナンス体

制の透明性の確保など、複数の観点を総合的に捉えるアプローチが採られていることが明らかになった。これは、コミュニティ便益の評価が、数値や指標の精密さのみを追求するのではなく、現地の文脈や実務に即した情報をもとに行われていることを示している。

また、先住民や地域住民の権利および主体的参加は、気候変動や生物多様性に関する国際条約のレベルから個別のプロジェクトに至るまで重視されており、CCB スタンダードにおいても中核的な考え方として位置づけられている。本調査で実施した 21 件の事例分析からも、これらの要素は、モニタリングレポート等において共通して確認されており、先住民の伝統知識を活用した生計向上や森林保全に寄与する成功事例として国際的に評価されているプロジェクトもある (World Resources Institute, 2026)。

一方、Verra による品質管理レビューにおいては、先住民や地域住民が関与するプロジェクトであっても、自由意思による事前同意 (FPIC) の適切性や手続きの実施状況、関連文書の真正性に疑義が指摘される事例が報告されている (Verra, 2024)。このことは、先住民や地域住民の参加や権利といった理念が共有されている場合であっても、その実施状況および記録・証明のあり方が、プロジェクトの信頼性を左右する重要な要素であることを示唆している。また、こうしたコミュニティの主体的な参加は、コミュニティ便益の確保にとどまらず、炭素クレジットの信頼性やプロジェクトの長期的な持続性を支える要素として、市場や実務の側においても重要性が認識されつつある。

したがって、企業が植林プロジェクトを通じてコミュニティ便益を可視化する際には、便益内容の提示にとどまらず、その根拠となるデータおよび記録の真正性と透明性を確保し、第三者検証機関からの指摘事項への対応や改善を継続的に行う体制を整えることが不可欠である。こうした取組は、近年企業に求められている人権や気候変動対策、生物多様性に関する情報開示やデューデリジェンスの実務と連動するものであり、CCB 認証を取得するためには必ずしも追加的な対応が求められるものではない。その意味で、CCB スタンダードは、このような企業の既存の取組を、国際的な基準のものと整理・可視化し、第三者による検証が可能な形で示すための枠組みの一つとして有効であるが、十全なものではないことは留意すべきだろう。

参考文献

- Cabon Market Watch (2018). *THE CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM: LOCAL IMPACTS OF A GLOBAL SYSTEM*.
- Catley, A., Burns, J., Abebe, D., & Suji, O. (2008). *Participatory Impact Assessment: A Guide for Practitioners*. Feinstein International Center, Tufts University.
- Chambers, R. (1983). *Rural Development: Putting the Last First*. Harlow, UK: Longman, 1983.
- Chambers, R. (1994). Participatory Rural Appraisal (PRA): Analysis of Experience. *World Development*. Vol. 22, No. 9, pp.1253-1268. Elsevier Science Ltd.
- Ecosystem Market Place (2025). *State of the Voluntary Carbon Market 2025 Meeting the Moment: Renewing Trust in Carbon Finance*
- Fischer, H. W., Chhatre, A., Duddu, A., Pradhan, N., & Agrawal, A. (2023). Community forest governance and synergies among carbon, biodiversity and livelihoods, *Nature Climate Change*. 13, 1340–1347 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01863-6>
- Kagoro, J. (2024). *Carbon for livelihood: How forest restoration in Kibale National Park powers communities and captures carbon*. Nile Post, December 24, 2024. <https://nilepost.co.ug/news/234178/carbon-for-livelihood-how-forest-restoration-in-kibale-national-park-powers-communities-and-captures-carbon> (最終閲覧日:2026 年 3 月 29 日)
- MSCI (2025). 2025 Global Carbon Credit Market: Year in Review.
- Richards, M. and Panfil, S.N. (2011). *Social and Biodiversity Impact Assessment (SBIA) Manual for REDD+ Projects: Part 1 – Core Guidance for Project Proponents*. Climate, Community & Biodiversity Alliance, Forest Trends, Fauna & Flora International and Rainforest Alliance. Washington, DC (<http://www.v-c-s.org/project/ccb-program/guidance/>).
- Richards, M. (2011). *Social and Biodiversity Impact Assessment (SBIA) Manual for REDD+ Projects: Part 2 - Social Impact Assessment Toolbox*. Climate, Community & Biodiversity Alliance, Forest Trends, Fauna & Flora International and Rainforest Alliance. Washington, DC.
- Sarira, T.V., Zeng, Y., Neugarten, R. et al. (2022). Co-benefits of forest carbon projects in Southeast Asia. *Nat Sustain* 5, 393–396. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00849-0>
- Science Based Targets initiative (2024). *Above and Beyond: An SBTi report on the design and implementation of beyond value chain mitigation (BVCM)*.
- Science Based Targets initiative (SBTi) (2025). *SBTi Corporate Net-Zero Standard Version 2.0*.
- Sylvera (2026). *The State of Carbon Credits 2025*. Sylvera Ltd.
- United Nations (1993). *System of National Accounts 1993*. United Nations, New York.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2022). *State of Finance for Nature: Time to Act – Doubling investment by 2025 and eliminating nature-negative finance flows*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41333>
- van Asselt, H. (2011). Integrating Biodiversity in the Climate Regime’s Forest Rules: Options and

Tradeoffs in Greening REDD Design. *Review of European Community & International Environmental Law*, 20(2), pp.139–149. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9388.2011.00704.x>

Verra (2017). *Climate, Community & Biodiversity Standards, Version 3.1.*, Washington, DC: Verra. <https://verra.org/project/ccb-program/>

Verra (2024). On Verra’s Formal Review of Projects Implicated in Brazil’s Operation Greenwashing. <https://verra.org/on-verras-formal-review-of-projects-implicated-in-brazils-operation-greenwashing/>
(最終閲覧日:2026 年 3 月 27 日)

World Economic Forum (2021). *Investing in Forests: The Business Case*. Geneva: World Economic Forum.

World Economic Forum (2022). *The Global Risks Report 2022*. Geneva: World Economic Forum.

World Economic Forum (2024). *Investing in trees: global companies are protecting and restoring forests*. <https://www.weforum.org/impact/investing-in-trees/>

World Economic Forum (2026). *The Global Risks Report 2026*. Geneva: World Economic Forum.

World Resources Institute (2026). In the Brazilian Amazon, an Indigenous Bioeconomy Takes Root. <https://www.wri.org/insights/brazilian-amazon-indigenous-bioeconomy-takes-root> (2026 年 3 月 27 日閲覧)

4章 シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化

国際緑化推進センター(JIFPRO) 仲摩 栄一郎

本章では、インドネシア沿岸域で導入が検討されているシルボフィッシャリー(マングローブ植栽併用型養殖)について、環境面・社会経済面の便益を科学的根拠に基づき総合的に評価する。既往研究では肯定・否定の両論が存在するため、本調査では背景要因を整理し、東ジャワ州および南スラウェシ州を対象に炭素ストック、水質、養殖生産性、住民意識の4分野について便益評価方法も含めて体系的な検証を行った。

1 実証調査の背景と目的

1.1 マングローブ林の生態系サービス(多面的機能)

マングローブ林は、潮間帯に成立する供給・調整・支持・文化的サービスを提供する高生産・高多様性の沿岸生態系であり、地域社会の生計維持から地球規模の気候変動対策に至るまで、幅広い分野に寄与している(IUCN, 2024)(図 4-1)。

(1) 供給サービス

マングローブ林は、多様な水生生物にとって重要な産卵・育成場として機能し、沿岸漁業資源の維持に大きく寄与している。また、耐久性の高い木材や薪炭材、ニパヤシなど、地域社会が利用する生活資材の供給源としても重要な役割を果たしている(Lee et al., 2025)。

(2) 調整サービス

- **炭素吸収・貯留(ブルーカーボン)**: マングローブ林は、陸上森林の約3~5倍の炭素を貯蔵し得る高い炭素固定能力を有し、とくに土壤中への長期的な炭素蓄積が顕著である。このため、気候変動緩和に対する貢献度が極めて高いと報告されている(Lovelock et al., 2025)。

- **水質浄化**: マングローブ林の複雑な根系構造により、懸濁物質・栄養塩類・重金属を効果的に捕捉し、水質改善に寄与する。この機能は、周辺のサンゴ礁や海草藻場の健全性維持にも重要である(IUCN, 2024)。

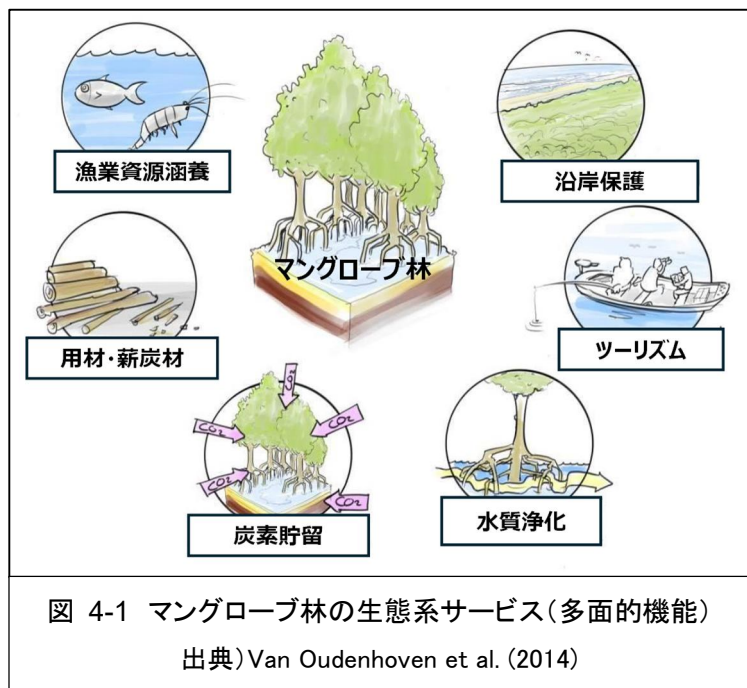


図 4-1 マングローブ林の生態系サービス(多面的機能)

出典) Van Oudenhoven et al. (2014)

- **沿岸防護**: マングローブ林は、波浪・高潮・暴風雨のエネルギーを減衰させ、浸食防止や土砂保持に寄与する自然の防護機能を有している (Global Wetlands Project, 2024a)。

(3) 文化的サービス

マングローブ林は、自然観察、エコツーリズム、環境教育の場として重要な文化的価値を有しており、地域文化の継承や景観価値の形成にも寄与している (IUCN, 2024)。

(4) 支持サービス

マングローブ林は、生物多様性を支える重要な生息地であり、各種生態系サービスを成立させる基盤的役割を果たす。国際的研究では、生物多様性・炭素貯蔵・漁業生産・沿岸防護といった複数の価値が重複する地域を把握し、その情報を管理方策に反映させることが、効果的かつ持続的な管理に重要であるとされている (Global Wetlands Project, 2024b)。

1.2 インドネシアにおける養殖池造成によるマングローブ林の減少

(1) インドネシアにおけるマングローブ林減少の経緯と現状

インドネシアでは、水産養殖、とりわけエビ養殖の拡大が主要因となり、1980 年代以降マングローブ林の減少が進行してきた。東南アジア全体でも沿岸土地利用の転換が続き、国際的レビューでは、過去 40 年間のマングローブ損失の大部分が養殖および農業開発といった人為的要因に起因することが指摘されている (Bhowmik et al., 2022) (図 4-2)。インドネシアは世界最大規模のマングローブ炭素蓄積量を持つ一方、同期間に約 40%を喪失しており、その多くがエビ養殖池の急速な拡大と関連している。

養殖池造成は大規模伐採や排水構造改変を伴い、沿岸生態系の劣化、栄養塩負荷の増加、水質悪化を引き起こすことが報告されている (Muenzel et al., 2025)。さらに、人工飼料や薬剤の投入増加により水質汚濁や病害リスクが高まり、多くの養殖池が 5～10 年で生産性を失い放棄される事例も確認されている (Primavera, 1997)。放棄池では土壌塩害や水循環の破壊によりマングローブの自然回復が困難となり、沿岸災害への脆弱性も高まる。東カリマンタンのマハカムデルタでは、エビ養殖拡大によりマングローブ林の約 50%が喪失し、高潮や侵食被害が増大している (Ardan, 2024)。

近年の研究では、こうした放棄養殖池がブルーカーボン回復や沿岸管理の重点対象地となり得ることが示されている。特に、養殖に転換されたマングローブ林の約 60%が再生適地であり、復元によって大きな炭素吸収ポテンシャルが期待されると報告されている (Jiang et al., 2025)。



図 4-2 インドネシアの沿岸域における養殖池

(2) エビ養殖池の分類と課題

エビ養殖は、粗放型・準集約型・集約型の三類型に大別される(図 4-3)。粗放型は潮汐や自然生態系の自浄作用に依存するため環境負荷が比較的低い。一方、準集約型および集約型では人工飼料・肥料・薬剤の投入量が増加し、水質汚濁や底質劣化のリスクが高まることが指摘されている(Goto et al, 2023)。特に準集約型では、生産量の増加を目的として飼育密度や飼料・薬剤の投入量が増加し、生産強度が高まる一方で、排水処理や底質管理が十分に整備されていない事例が多く、その結果、窒素負荷の増大や疾病の多発が顕著となっている。

国際的研究でも、集約的養殖が高濃度の栄養塩(高N・高P)を含む排水を出し、周辺生態系に悪影響を及ぼす主要要因であることが報告されている(Zhou et al., 2024)。集約型では池底のコンクリート化や収穫後の排水によるリセットにより再生産性は高いものの、排水が河川・沿岸域の二次汚染を引き起こす点が大きな課題である。さらに曝気装置に依存するためエネルギー需要が高く、高濃度排水の処理も技術的課題として残されている。持続的運営には、排水処理、曝気効率の改善、または自然ベースの水質浄化手法の導入が不可欠とされている(Nguyen, 2024)。

また、世界的にエビ養殖の集約化が進む中で、廃棄物の堆積が病原体の増殖条件を助長し、疾病リスクを構造的に高めることも報告されている。このため、排水管理の強化や循環型システムの導入など、環境負荷と疾病リスクを同時に低減する技術的アプローチの重要性が高まっている(Responsible Seafood Advocate & The Nature Conservancy, 2023)。



粗放型養殖池



準集約型養殖池



集約型養殖池

図 4-3 水産養殖池の一般的な分類

1.3 解決策としてのシルボフィッシャリー(マングローブ植林+水産養殖)

(1) ワイエルフォレスト社のインドネシアにおけるマングローブ林再生事業

ワイエルフォレスト株式会社は、旧・山本木材産業株式会社として北米や東南アジア、中国からの木材輸入を主事業としていたが、1994 年に木材事業を終了し、2004 年の社名変更を機にマングローブ植林を中心とした事業へと転換した。現在は、インドネシア政府(海洋水産省等)の認可を受け、沿岸域の生態系保全と地域社会への貢献を目的として、マングローブの保全・再生事業を展開している(図 4-4)。



図 4-4 ワイエルフォレスト株式会社のホームページ

出典) <https://ylforest.co.jp/>

マングローブ林の再生には長期的かつ安定した資金調達が不可欠であることから、同社は 2005 年よりマングローブ植林を通じた温室効果ガス(GHG)排出権開発事業に着手し、炭素クレジットの取得を視野に入れた取り組みを進めてきた。これは、マングローブが高い炭素吸収・貯留能力を有する「ブルーカーボン生態系」として国際的に注目されていることを踏まえ、環境価値と経済価値の両面から、マングローブ再生事業を持続的に支える仕組みの構築を目指すものである。

(2) シルボフィッシャリー(マングローブ植林+水産養殖)

インドネシアにおけるマングローブ林の減少を背景に、ワイエルフォレスト社は、放棄または生産性が低下した養殖池を対象に、マングローブ植林と水産養殖を組み合わせたシルボフィッシャリーの普及に取り組んでいる。シルボフィッシャリーは、養殖池の外周や中央部にマングローブを植栽することで、森林再生と水産養殖を同時に実現する自然ベースの統合的沿岸管理手法であり、沿岸環境の保全と地域住民の生計向上に寄与する持続可能なアプローチとして位置付けられている(図 4-5)。

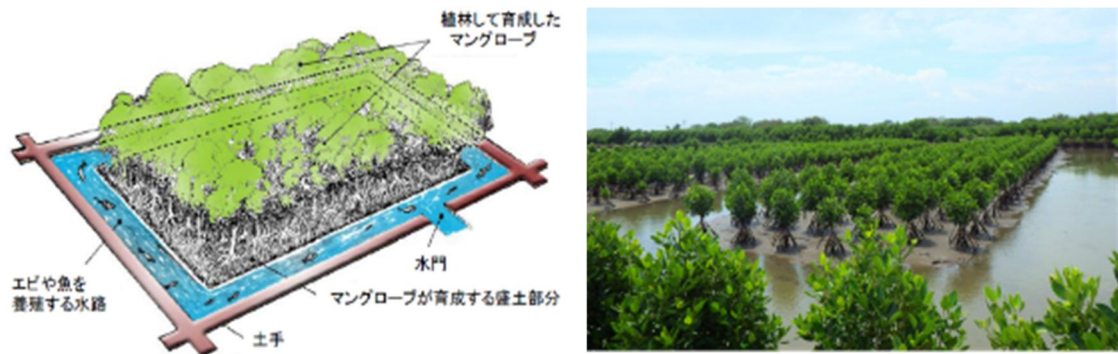


図 4-5 養殖池にマングロープを植栽するシルボフィッシャリー

出典) <https://ylforest.co.jp/>

インドネシア各地の事例では、養殖池周囲に高密度のマングロープ林が存在するほど、エビ生産量が従来型養殖池を上回ることが報告されている (Anggoro et al., 2025)。この生産性向上は、マングロープが提供する水質浄化、天然餌料の供給、疾病リスクの低減といった複数の生態学的機能が相乗的に作用した結果とされる (Primavera, 1997、Bosma et al., 2016)。これにより、人工飼料や投入資材の使用量を抑えつつ、環境負荷を低減できる点がシルボフィッシャリーの大きな利点である (Muenzel et al., 2025)。

- **水質浄化機能**

マングロープの樹冠・根系は水温変動を緩和し、溶存酸素(DO)、pH、塩分などの水質指標を安定化させ、養殖環境の健全性を高める (Harefa et al., 2022)。

- **天然餌料の供給機能**

落葉・落枝などの有機物は微生物によって分解され、ベントス、プランクトン、微細藻類の生産を促進する。これらはエビ・魚類の天然飼料として機能し、人工飼料依存の低減と水質悪化リスクの軽減につながる (Primavera, 2000、Bosma et al., 2016)。

- **疾病リスクの低減**

マングロープ根圏の多様な微生物群集は、抗菌物質の産生や拮抗作用を通じて病原菌の増殖を抑制する (Holguin et al., 2001、Das et al., 2017)。一部の放線菌やバチルス属はプロバイオティクスとして機能し、養殖生物の免疫強化に寄与する可能性も指摘されている (Nazreen et al., 2025)。

- **社会経済的便益**

シルボフィッシャリーは、地域の生計向上にも寄与する。北スマトラ州の事例では、シルボフィッシャリー池の平均収入が約 1,320 万 IDR/ha(約 780 USD/ha)に達し、単一種養殖より安定的な収益源となることが示されている (Harefa et al., 2022)。複数種の同時生産に

より収益変動リスクが低減される点が特徴である。

また、マングローブの維持管理には地域住民の参加が不可欠であり、参加型管理は違法伐採の抑制や持続的資源利用を促進し、地域ガバナンスの向上に寄与する (Utomo et al., 2025)。さらに、シルボフィッシュリーは沿岸防災、炭素固定、生物多様性保全など多面的な生態系サービスを維持しながら生産活動を行う点で国際的にも高く評価されている。特に、マングローブを含むシルボフィッシュリー池では、地上部 138 t C/ha、地下部 79 t C/ha に及ぶ高い炭素貯留量が確認されている (Sumarga et al., 2024)。

国際的な研究・実務では、シルボフィッシュリーは「生産活動と生態系保全を同時に実現する低コストの自然に基づく解決策(NbS)」として位置付けられ、持続可能な沿岸管理の有効な選択肢とされている (GIS Coastal Indonesia, 2025)。ワイエルフオレスト社の取り組みは、こうした科学的知見に基づき、マングローブ減少や養殖地劣化といった地域課題に対する実践的かつ持続可能な解決策を提示するものであり、環境再生と生計向上を両立させるモデルケースとして期待される。

(3) インドネシアで実践されているシルボフィッシュリーのタイプ

インドネシアで実践されるシルボフィッシュリーは、マングローブの配置方法と池構造に基づき、①外周植栽型、②半面植栽型、中央植栽型(③離島型・④単島型)に分類される (Bengen et al., 2022) (表 4-1)。外周植栽型は、造成コストが低く水面積を確保しやすい一方、炭素ストックは比較的低い。これに対し、半面植栽型や中央植栽型は造成コストが高いものの、植栽面積の増加に伴い炭素吸収量が中～高水準となり、特に中央植栽(単島型)は最も高い炭素ストックを確保できる。

表 4-1 インドネシアのシルボフィッシュリーのタイプ

タイプ	外周植栽	半面植栽	中央植栽 (離島型)	中央植栽 (単島型)
模式図				
造成コスト	低	高	高	高
養殖池水面積	ほぼ全面	約半分	約半分	約3割
炭素ストック (CO ₂ 吸収量)	小	中	中	大

出典) Bengen et al. (2022) を基に作成

Widigdo ら(2024)によれば、東ジャワ州シドアルジョ県に分布する約 15,500 ha の伝統的汽水養殖池では、外周植栽型が主流であり、中央植栽型は 5%未満にとどまる。養殖形態はミルクフィッシュとブラックタイガー／バナメイエビを組み合わせた伝統的ポリカルチャーが中心で、自然餌のみを用いる点が特徴である。また、一部では海藻(オゴノリ)を併養し、適地では 1,920～14,120

kg/ha/年の追加収量が得られている。

中央ジャワ州ブレベスでの事例では、マングローブ被覆率 50～60%のシルボフィッシャリー池で水質の安定化や天然餌料供給が確認されている一方、過密植栽により溶存酸素が 2 mg/L 未満に低下し、エビ類のウイルス感染リスクが高まる事例も報告されている (Santoso et al., 2025, Novida et al., 2025)。これらの知見は、シルボフィッシャリーの設計において、生産性、環境便益、マングローブ再生効果、管理コストのバランスを総合的に考慮する必要性を示している。特に、地域ごとの水理条件、土地所有形態、住民の生計戦略といった環境・社会要因を踏まえた設計選択が、持続的な運用に向けて重要である。

(4) インドネシアにおけるシルボフィッシャリー普及の課題

インドネシア海洋水産省は、マングローブ減少の抑制と持続的な水産生産の両立を目指して、シルボフィッシャリーを取り入れた統合型マングローブ養殖 (IMA) の普及を進めている。同国は年間 200 万トン規模のエビ生産を目標に掲げており、環境配慮型の養殖モデルとしてシルボフィッシャリーを重要な選択肢と位置づけている (Widigdo et al., 2024)。しかし、環境面での評価が高い一方で、シルボフィッシャリーの導入は必ずしも進んでおらず、以下の課題が指摘されている。

◆ 養殖生産量の制約

マングローブ植栽により水面積や有効水量が減少し、水理条件の変化や溶存酸素低下を招くことで生産性が低下する可能性がある (Primavera, 2000, Santoso et al., 2025)。環境安定化効果がある一方、管理が不十分な場合には生産量のばらつきが生じることも報告されている。

◆ 水理設計・管理技術の不備

水流不足、堆積物の蓄積、光量低下など、水理・物理環境が最適化されていない場合、エビ・魚類の成長阻害や水質悪化を引き起こす。これらの課題に対処するには、池の乾燥・スラッジ除去、水理設計の改善など、適切な管理技術の導入が不可欠である (Primavera, 2000)。

◆ 生態系サービスの発揮不足

シルボフィッシャリー池内のマングローブは、自然の潮汐や河口水流から切り離されるため、堆積物保持、波浪緩和、水質浄化、生息場形成といった本来の生態系サービスを十分に発揮できない場合がある (Wetland International, 2021)。

◆ 社会経済的課題

漁業者は長期的な便益を認識しているものの、短期的な収益低下や管理負担の増加に対する懸念が依然として大きい。また、初期投資や技術知識の不足が導入の障壁となることも多く、普及には行政による技術支援、研修機会、生計安定策など制度的サポートが不可欠である (Utomo et al., 2025; Susilo et al., 2018)。

1.4 実証調査の目的

本調査の目的は、インドネシアで導入が検討されているシルボフィッシャリー(マングローブ植栽併用型養殖)がもたらす環境的・社会経済的便益を評価し、その効果を定量的に可視化することである。シルボフィッシャリーには、水質改善、天然餌料の供給、疾病リスクの低減といった利点が報告されている一方、マングローブの過密植栽による溶存酸素の低下や生産量のばらつき、水理条件の悪化などの課題も指摘されている。こうした相反する知見を体系的に整理した評価枠組みは十分に確立されておらず、科学的根拠に基づく実態把握と信頼性の高い評価手法の構築が求められている。

本調査ではまず、炭素ストック、水質、養殖生産性の3分野について、現場データを用いた定量化手法の実証調査を行い、可視化指標としての適用可能性を検証する。併せて、東ジャワ州では住民意識調査を実施し、地域社会がシルボフィッシャリーに抱く期待や導入上の懸念を把握する。また、南スラウェシ州では養殖生産性に関する聞き取り調査を行い、シルボフィッシャリーの現場の生産実態や技術的・管理的課題を整理する。

さらに、生物多様性保全、観光・レクリエーション価値、鳥類の生息地提供、文化的価値などの生態系サービスについては、国際的に用いられる総経済価値(Total Economic Value: TEV)フレームワークを適用し、既往研究の評価結果を比較・整理することにより、その多面的価値を評価する。

2 実証調査の対象地・方法と結果

2.1 実証調査の概要

本実証調査は、インドネシア東ジャワ州および南スラウェシ州の沿岸域を対象に実施した。両地域には養殖池が広く分布し、マングローブ再生と持続的な水産生産の両立が求められている点で、シルボフィッシャリーの効果検証に適した条件を備えている(図 4-6)。



図 4-6 実証調査の対象地域

本調査では、環境面と社会経済面の双方を評価するため、地域ごとに調査項目を設定した。東ジャワ州では、炭素ストック(CO₂吸収・炭素貯留量)、養殖生産性、水質など主要な環境指標の実測調査に加え、住民意識や生計への影響を把握するために社会経済調査を実施した。一方、南

スラウェシ州では、主として養殖生産性に関する聞き取り調査を行い、シルボフィッシャリー導入の現状と課題を整理した(表 4-2)。

表 4-2 実証調査の項目

東ジャワ州			南スラウェシ州	
実証試験(実測)			聞き取り調査	聞き取り調査
炭素ストック (CO ₂ 吸収・固定)	養殖生産性	養殖池の水質	社会経済調査 (住民意識調査)	養殖生産性

調査の実施にあたっては、ワイエルフォレスト社の現地法人である PT. Yamamoto Asri に現地調整への協力を依頼し、現地における実測調査および聞き取り調査を実施した。また、シドアルジョ海洋水産高等専門学校およびブラウィジャヤ大学海洋水産学部の専門家から、マングローブ生態系および沿岸保全に関する科学的知見に基づく調査設計への技術的助言を受けた。

これらの連携により、現地での実務経験と学術的専門性を組み合わせた調査体制を構築し、シルボフィッシャリーの環境的・社会経済的効果を多角的かつ信頼性をもって評価できる体制を整備した(図 4-7)。

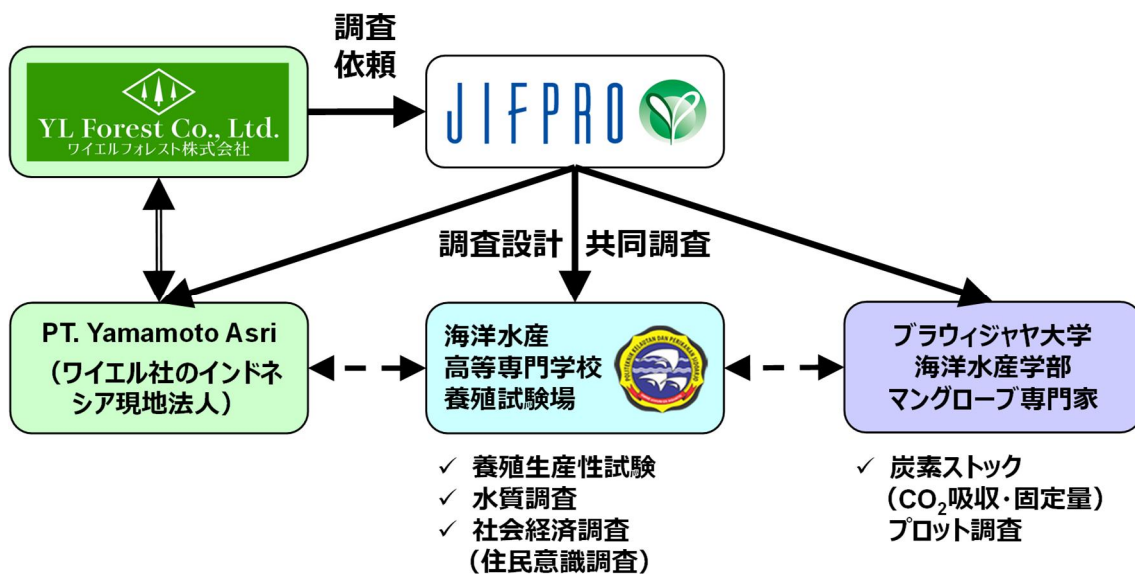


図 4-7 実証調査の実施体制

2.2 実証調査の対象地

(1) 東ジャワ州実証試験(実測)の対象地の履歴

本実証調査は、インドネシア東ジャワ州 Pasuruan 県に位置する、シドアルジョ海洋水産高等専門学校が管理する汽水域養殖試験場および周辺の民有養殖池を対象として実施した(図 4-8)。

4 章 シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化

本地域は、マングローブ生態系と沿岸養殖が共存する典型的な沿岸環境として知られ、地域住民の主要な生計手段も養殖業に強く依存していることが報告されている (Sina et al., 2017)。

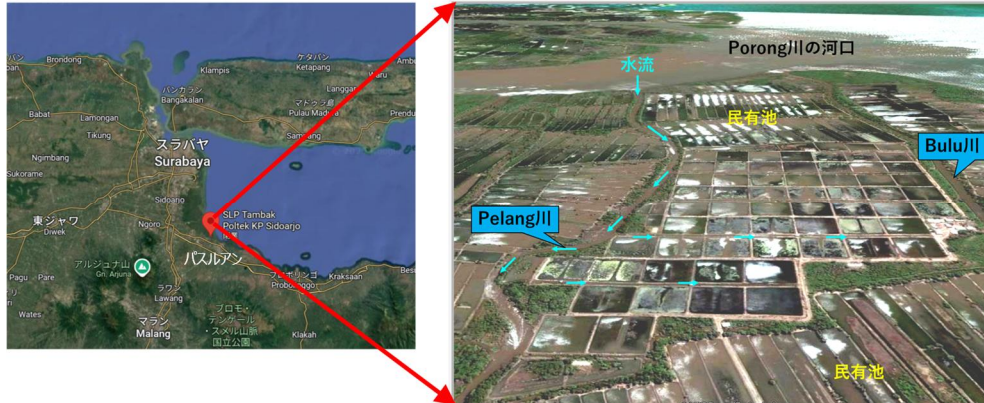


図 4-8 東ジャワ州実証調査の対象地(2009 年)

シドアルジョ海洋水産高等専門学校の養殖試験場および周辺の民有池

当地のマングローブ林は、*Avicennia* 属や *Rhizophora* 属を主体とする汽水域の代表的植生を有し、沿岸保全、養殖池の水質安定化、生物多様性維持に重要な役割を果たすことが既往研究で示されている (Fairatmos, 2025)。これらの特性から、本調査の目的に適した環境条件を備えていると判断し、対象地として選定した(図 4-9)。



図 4-9 マングローブ植栽前の養殖試験場(2009 年時点)

当養殖試験場では、2010 年に養殖池内へのマングローブ植栽を開始し、その後 5 年間の生育を経て、シルボフィッシャリー池内でマングローブが成林するとともに、周辺植生の回復が確認されている(図 4-10)。これらの結果は、当該地域がマングローブ再生と養殖生産の両立性を検証する

4 章 シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化

うえで適切な環境条件を備えていることを示しており、本調査の試験地として妥当であると判断された。



図 4-10 マングローブ植栽 5 年後の養殖試験場 (2015 年時点)

(2) 東ジャワ州養殖試験場における既往の養殖試験結果 (2015 年)

Suprakto (2015) は、シドアルジョ海洋水産高等専門学校の養殖試験場において、約 0.5 ha の池を用い、シルボフィッシャリーと粗放型養殖池の生産性を 7 か月間比較した。対象種は、エビ(ブラックタイガー¹⁵)とミルクフィッシュ¹⁶である。

ブラックタイガーでは、シルボフィッシャリー池の収量が粗放型養殖池よりも高く、特に *Avicennia* 属を植栽した池で最も高い生産量が得られた。一方、生存率は全体的に低く、病原菌の影響が示唆された。ブラックタイガーはインドネシアで病害に弱いことが既往研究でも指摘されており(伊賀・アグス, 2019)、現在は病害抵抗性が高く成長の早い外来種バナメイエビが主流となっている(表 4-3)。

ミルクフィッシュについては、粗放型の収量がやや高い傾向を示したものの、シルボフィッシャリー池との差は小さく、シルボフィッシャリー環境下でも安定した成長が可能であることが示唆された(表 4-4)。

表 4-3 エビ(ブラックタイガー)養殖試験結果(養殖期間 7 ヶ月)

養殖システム (各池の面積: 約 0.5ha)	投入量	生存率	単収量	総収量	
	匹	(%)	(g/匹)	(kg/池)	(kg/ha)
シルボフィッシャリー池 (<i>Rhizophora</i>)	10,000	18.2%	39	71.0	142
シルボフィッシャリー池 (<i>Avicennia</i>)	10,000	23.0%	44	101.2	202
粗放型養殖池	10,000	13.2%	30	39.6	79

¹⁵ 英名: giant tiger prawn、学名: *Penaeus monodon*、現地名: udang windu

¹⁶ 英名: milkfish、学名: *Chanos chanos*、現地名: ikan bandeng

(Suprakto, 2015)

表 4-4 魚(ミルクフィッシュ)養殖試験結果(養殖期間 7 ヶ月)

養殖システム (各池の面積: 約 0.5ha)	投入量	生存率	単収量	総収量	
	匹	(%)	(g/匹)	(kg/池)	(kg/ha)
シルボフィッシャリー池 (<i>Rhizophora</i>)	200	50.0%	350	35.0	70
シルボフィッシャリー池 (<i>Avicenia</i>)	200	50.0%	400	40.0	80
粗放型養殖池	200	75.0%	300	45.0	90

(Suprakto, 2015)

水質比較では、両池とも養殖継続に支障のない範囲の水質が維持されていたが、全有機物量 (TOM) および全浮遊物質 (TSS) はシルボフィッシャリー池で高かった (表 4-5)。これは、マングローブ由来の落葉・落枝が池内に供給され、微生物分解が進むことで有機物濃度が上昇したためと考えられる。

総じて、シルボフィッシャリー池では有機物濃度が高いものの、これは生態系プロセスの活性化を反映したものであり、養殖生産に悪影響を及ぼす水準ではなかった。むしろ、天然餌料の供給源として機能し、生産性向上に寄与した可能性が示唆される。一方で、植栽するマングローブ種の特性を踏まえた管理手法の確立や、病害管理の強化が重要であることも明らかとなった。

表 4-5 エビ・魚養殖試験時の水質調査結果(養殖期間 7 ヶ月)

指標	単位	養殖適正範囲	シルボフィッシャリー池		粗放型養殖池 (マングローブ無し)
			<i>Avicenia</i> sp.	<i>Rhizophora</i> sp.	
水深	cm	90~150 ^{*1}	70 - 80	70 - 80	70 - 80
水色	-	-	薄茶色	薄茶色	茶色 - 緑色
透明度	cm	30cm以上	30 - 40	33 - 40	38 - 45
塩分濃度	ppt (‰)	0.5~30.0	22 - 31	22 - 30	21 - 31
水温	℃	24~29	26 - 30	27 - 30	27 - 31
pH	-	7.5~8.5	7.5 - 8.2	7.5 - 8.2	7.6 - 8.5
溶存酸素	mg/L	3~5以上	3 - 5	3 - 5	3 - 6
全有機物	mg/L	55未満	140 - 160	140 - 160	130 - 140
全浮遊物質	mg/L	100以下 ^{*2}	60 - 90	60 - 70	40 - 50

^{*1} 30~60も可、^{*2} 50以下が望ましい

出典) Suprakto (2015) を基に作成

2.3 炭素ストック実測調査の方法と結果(東ジャワ州)

(1) シルボフィッシャリー池内のマングローブ立木実測調査の方法

本調査では、植栽履歴が明確で植栽後 15 年が経過した東ジャワ州の養殖試験場および周辺民有地のシルボフィッシャリー池を対象に、植栽タイプおよび間伐の有無によるマングローブの生

体バイオマス量(地上部・地下部)の違いを比較した。調査対象は、中央植栽(離島型・間伐有(①)／無(②))、③外周植栽型、④半面植栽型の4タイプとした(図 4-11、表 4-6)。

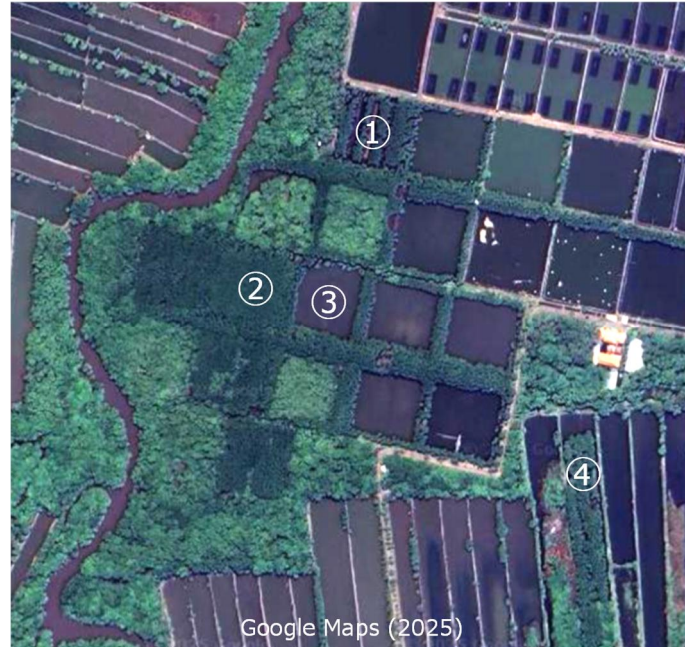


図 4-11 マングローブ立木実測調査対象池

表 4-6 炭素ストック(CO₂ 吸収量)調査の対象池と調査方法

タイプ	① 中央植栽 (離島型) 間伐有	② 中央植栽 (離島型) 間伐無	③ 外周植栽 (1 列) 間伐無	④ 半面植栽 (離島型) 間伐有・無
外観				
池サイズ	約 0.5 ha (71m×71m)	約 0.5 ha (71m×71m)	約 0.5 ha (71m×71m)	約 0.5 ha (35m×144m)
測定方法	方形 8 プロット	方形 6 プロット	池周囲毎木調査	間伐有・無ともに 方形 6 プロット
プロット サイズ	10m×5m (0.005ha)	10m×10m (0.01ha)	計 234 本	10m×4m (0.004ha)

炭素ストックの推定には、国際的に広く用いられているマングローブバイオマス調査手法を採用した。中央植栽型および半面植栽型では 6～8 プロットを設定し、外周植栽型では池周囲の全個体を対象に毎木調査を実施した(図 4-12)。各調査では胸高直径(DBH)を測定し、参考として樹高も記録した。プロットサイズは 0.004～0.01 ha とし、得られたデータを既存のアロメトリー式に適用して地上部バイオマスを算出した。

なお、粗放型養殖池にはマングローブが存在しないため、生体バイオマス(地上部・地下部)は

ゼロと仮定し、比較対象から除外した。



図 4-12 シルボフィッシャリー池内のマングローブ立木実測調査

(2) 生体バイオマスの推定、炭素ストック、および CO2 換算の方法

マングローブは樹種ごとに樹形や根系が大きく異なるため、バイオマス推定には樹種特性に適合した測定方法とアロメトリー式の選択が不可欠である。本調査では、Murdiyarso et al. (2015) が採用した *Rhizophora* 属専用のアロメトリー式(地上部:Kauffman & Cole, 2012、地下部:Ong et al., 2014)を用い、式の作成時と統一基準に従って胸高直径(DBH)を実測した。さらに、IPCC (2014) が示す *Rhizophora* 属の容積密度 0.83 g/cm³を用いて、単木ごとの地上部バイオマスを推定した(表 4-7)。

これらの手法は、国際的な炭素評価手法(IPCC, 2014、Kauffman & Donato, 2012)でも推奨されている標準的な手順であり、本調査におけるバイオマス推定の精度確保に寄与している。

表 4-7 *Rhizophora* 属の生体バイオマス推定に用いたアロメトリー式

部位	アロメトリー式	原典
葉	Leaf biomass (Lb): $Lb = 10^{(-1.8571 + (2.1072 * (\log(DBH))))}$	Kauffman & Cole, 2010
幹	Wood volume (Wv): $Wv = 0.0000695 * DBH^{2.64}$ Wood biomass (Wb): $Wb = Wv * \rho * 1000$	
支柱根	Prop root biomass (PRb): DBH ≤ 5cm; PRb = Wb*0.101、DBH > 5 ≤ 10 cm; PRb = Wb*0.204、DBH > 10 ≤ 15cm; PRb = Wb*0.356、DBH > 15 ≤ 20cm; PRb = Wb*0.273、DBH > 20cm; PRb = Wb*0.210	
根	Root biomass (Rb): $Rb = 0.00698 * DBH^{2.61}$	Ong et al, 2004

Rhizophora 属は発達した支柱根によって樹体を支持する特性を持つため、一般に地下部バイオマスが他のマングローブ樹種に比べて小さいことが知られている(図 4-13)。そのため、全樹種共通の地上部／地下部比率を適用すると地下部量を過大評価する可能性がある。本調査では、こうした種特性を踏まえ、*Rhizophora* 属に適合したアロメトリー式と係数を用いることで、地下部バイオマスの推定精度を確保した。

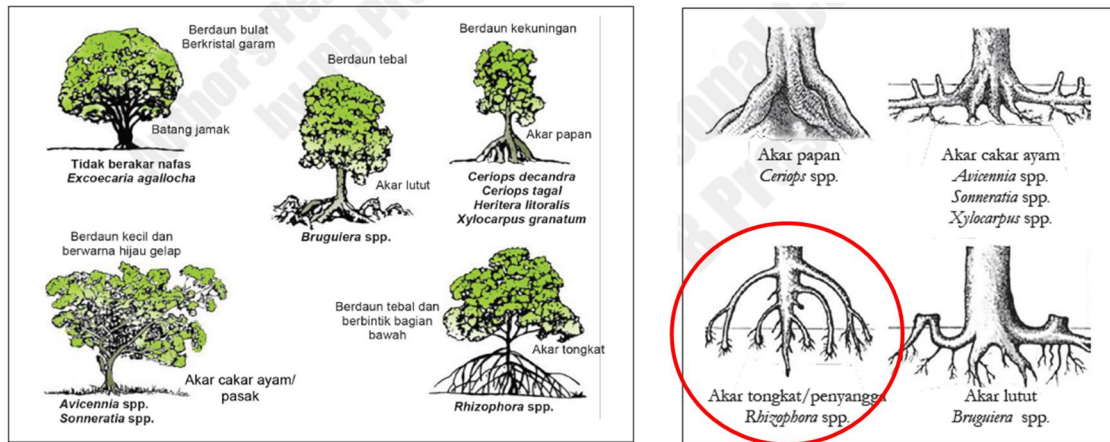


図 4-13 様々なマングローブ樹種の樹形および根形 (Bengen et al., 2022)

算定したバイオマスは、IPCC (2014) が示すマングローブ用炭素換算係数 (0.451) を用いて炭素量に換算し、さらに CO_2 換算係数 (44/12) を適用して CO_2 蓄積量を算出した。これにより、樹種特性を反映した精度の高い炭素ストック評価が可能となった。

(3) 炭素ストック実測調査の結果

シルボフィッシャリー池における植栽 15 年後のマングローブ炭素ストックを比較した結果、植栽タイプおよび間伐の有無により生体バイオマス量に明確な差が認められた。中央植栽 (多島型) では約 60~73 t-d.m./ha、半面植栽では 40~54 t-d.m./ha、外周植栽では約 27 t-d.m./ha と推定された (図 4-14)。これらの差異は、池内の植栽面積割合、立木密度、立地条件、管理方法など複数の要因が影響していると考えられる。

インドネシアの平均的なマングローブ二次林の地上部バイオマス (118 t-d.m./ha: Indonesia, 2022) と比較すると、シルボフィッシャリー池の地上部バイオマス量は、中央植栽で約 4 割、半面植栽で約 3 割、外周植栽では約 1 割の水準にとどまる。養殖池という制約された空間における植栽密度や水理条件が、この差に影響していると考えられる。

一方、中央植栽型の年平均バイオマス増加量は 3.5 t-d.m./ha・年、年間 CO_2 吸収量は 5.8 t- CO_2 /ha・年と推定された。これは、日本のスギ人工林の年平均 CO_2 吸収量 (8.8 t- CO_2 /ha・年¹⁷) より低いものの、養殖池の半分以下しか植栽されていない条件下でも、一定の炭素吸収機能が発揮されている点は注目される。また、中央植栽と外周植栽を組み合わせることで池全体のバイオマス量を増加させる可能性が示され、植栽面積の拡大や樹木配置の最適化により炭素蓄積量をさらに高められると考えられる。

¹⁷ 林野庁ホームページ：森林はどのぐらいの量の二酸化炭素を吸収しているの？
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html

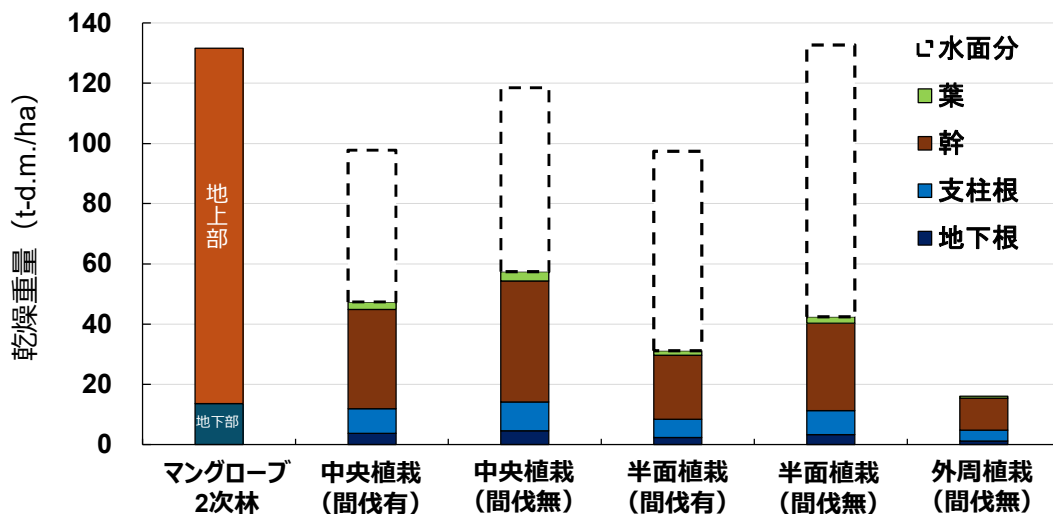


図 4-14 シルボ池単位面積当たりの部位別生体バイオマス (t-d.m. / ha・池)

なお、本調査で推定した炭素ストックはマングローブ樹木の生体バイオマスのみを対象としており、土壌炭素は含まれていない。一般に、潮汐湿地のマングローブ土壌は陸域森林より多量の炭素を蓄積することが知られており、今後、植栽前後の土壌炭素の経年変化を評価することで、シルボフィッシャリーによる土壌炭素貯留効果を定量的に把握できることが期待される。

2.4 養殖生産性実測調査および水質調査の方法と結果(東ジャワ州)

(1) 養殖生産性試験の方法

本養殖試験では、植栽後 15 年が経過したシルボフィッシャリー池と粗放型養殖池を対象に、エビ・カニ・魚類の生産性を比較した(図 4-15)。試験区は、①中央植栽(離島型・間伐有)、②外周植栽(1 列・間伐無)、③粗放型養殖池(対照区)の 3 区とし、各池に同一条件で種苗を投入した。投入量は、マングローブガニ¹⁸50 匹(各かご 1 匹)、ブラックタイガー100 匹(網内)、バナメイ 160 匹(網内)、ミルクフィッシュ 1,000 匹(各池全体)とした(表 4-8)。

養殖期間中には、成長、生存率、収量を測定し、植栽タイプの違いが養殖生産性に与える影響を定量的に評価できるよう試験設計を行った。

¹⁸ 英名 : mud crab、学名 : *Scylla* spp.、現地名 : kepiting bakau



図 4-15 シルボフィッシャリー池中央植栽型(植栽後 15 年)と粗放型養殖池

表 4-8 養殖生産性試験の方法

試験池		A:シルボ中央植栽 (離島型) 間伐有	B:シルボ外周植栽 (1 列) 間伐無	C: 対照池 粗放型養殖
外観				
カニ(マングローブガニ)		50 匹／各かご 1 匹	50 匹／かご 1 匹	50 匹／かご 1 匹
エビ	ブラックタイガー	100 匹／網内	100 匹／網内	100 匹／網内
	バナメイ	160 匹／網内	160 匹／網内	160 匹／網内
魚(ミルクフィッシュ)		1,000 匹／池	1,000 匹／池	1,000 匹／池

(2) 水質実測調査の方法と結果

養殖試験期間中に、シルボフィッシャリー池と粗放型養殖池の水質を比較した。その結果、主要な水質指標はいずれも養殖に適した範囲内にあり、両者の間に顕著な差は認められなかった(表 4-9)。すべての池において軽度の還元状態が確認されたが、いずれも養殖に支障を及ぼす水準ではなかった。一方、中央植栽型シルボフィッシャリー池では全有機物(TOM)が他の池と比べて高い値を示した。これは、マングローブの落葉・落枝等に由来するデトリタスが池内に供給され、微生物による分解が進行した結果、有機物濃度が上昇したためと考えられる。国際的な先行研究においても、マングローブ由来の有機物がプランクトンや底生生物の増殖を促し、天然餌料として機能することが報告されている(Primavera, 2000、Bosma et al., 2016)。

総じて、シルボフィッシャリー池の水質は養殖に適した範囲を維持しており、TOM の増加はマングローブ由来の生態系プロセスの活性化を反映したものと考えられる。

表 4-9 養殖試験池の水質調査結果

水質調査結果(期間平均値)			適正範囲	シルボフィッシュリー		対照区 (マングローブ無し)
測定項目	測定頻度	単位		中央植栽 (間伐有)	外周植栽 (間伐無)	
水深	週2回	cm	90~150 ^{*1}	78	68	67
透明度	週2回	cm	30cm以上	40	37	31
水温	週2回	℃	24~29	30	30	30
pH	週2回	-	7.5~8.5	7.7	7.9	7.8
塩分濃度	週2回	ppt (‰)	0.5~30.0	9.1	6.7	9.0
溶存酸素(DO)	週2回	mg/L	3~5以上	3.3	3.7	3.9
電気伝導度(EC)	週2回	mS/cm	5~40	17	14	17
総溶解固形物(TDS)	週2回	mg/L	3,000~30,000	10,526	9,017	11,693
酸化還元電位(ORP)	週2回	mV	+100~+300	57	66	63
亜硝酸態窒素(NO ₂ -N)	週1回	mg/L	0.05以下	0.28	0.05	0.01
硝酸態窒素(NO ₃ -N)	週1回	mg/L	数mg/L~数十mg/L	3.6	2.7	2.7
アンモニア態窒素(NH ₃ /NH ₄ -N)	週1回	mg/L	0.2~0.3以下	0.32	0.30	0.25
リン酸態リン(PO ₄ -P)	週1回	ug/L	0.01~0.1	0.25	0.30	0.23
アルカリ度	週1回	mg/L	100~400	146	150	158
全有機物(TOM)	月2回	mg/L	55未満	92	35	51
全浮遊物質(TSS)	月2回	mg/L	100以下 ^{*2}	34	48	68

(3) 養殖生産性実測調査の結果

● カニ養殖試験結果

シルボフィッシュリー池におけるマングローブガニの生存率および成長量を粗放型養殖池(対照区)と比較した結果、いずれの指標にも有意な差は認められなかった(一元配置分散分析: ANOVA)。中央植栽区・外周植栽区ともに、生存率・成長量は対照区と同等であり、マングローブ植栽がカニの生育に負の影響を及ぼす兆候は確認されなかった(表 4-10、図 4-16)。

これらの結果は、シルボフィッシュリーがマングローブ再生とカニ養殖の両立に適した養殖モデルであることを示している。しかしながら、本調査においてはカニの生産性に有意な差は認められず、今回の実証結果からは、シルボフィッシュリー導入による生産性向上効果は確認されなかった。

表 4-10 カニ養殖試験結果

	シルボフィッシュリー池		コントロール池 (マングローブ無し)
	中央植栽 (間伐有)	外周植栽 (1列)	
養殖期間	82日	73日	82日
生存率	84%	88%	88%
平均成長量 (g/期間)	66	59	72
(g/日)	0.80	0.80	0.88



図 4-16 カニ養殖試験

● エビ養殖試験結果

ブラックタイガーおよびバナメイの生育状況を比較したところ、すべての池でエビがほぼ全滅する事例が発生した。主因として、使用した囲い網の網目が細かく水循環が阻害され、網内の水質が悪化した可能性が高い。また、近年インドネシアで多発しているウイルス(WSSV¹⁹、EHP²⁰)や細菌性疾病(AHPND²¹)などの影響も否定できず、複合的要因による大量死が生じたと考えられる。

● 魚類養殖試験結果

ミルクフィッシュについては、今回の調査期間が短かったため評価を継続中であり、適切な評価には最低 4～5 か月の生育期間が必要である。

近年、インドネシアではエビ養殖における疾病リスクが高まり、大量死が頻発している。この状況を踏まえ、ワイエルフォレスト社では、疾病耐性が比較的高く、シルボフィッシャリーとの親和性も高いマングローブガニの養殖を優先的に推奨する方向で検討が進められている。

今回実施したシルボフィッシャリーの養殖生産性評価試験は、短期的かつ簡易的な調査であり、得られたデータは限定的であるものの、少なくともシルボフィッシャリーにおいてマングローブガニの生産が可能であることが確認された。今後、養殖生産性をより適切に評価するためには、中長期的なモニタリングに加え、疾病管理を含む継続的な調査の実施が必要である。

¹⁹ WSSV (White Spot Syndrome Virus) : エビ類に白斑症候群を引き起こす代表的なウイルスで、急性の大量死を招く高致死性疾病として世界的に問題となっている。

²⁰ EHP (Enterocytozoon hepatopenaei) : エビの成長不良症候群 (stunted growth) を引き起こす微胞子虫で、慢性的な成長阻害により生産性を大きく低下させる。

²¹ AHPND (Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease) : ビブリオ属細菌が原因となる急性肝臓膵臓壊死症で、発症後短期間で高い死亡率を示す、アジアで広く問題化している細菌性疾病。

2.5 住民意識調査(聞き取り調査)の方法と結果(東ジャワ州)

シルボフィッシャリーに対する住民意識を把握するため、東ジャワ州の 3 地域 (Surabaya・Wonorejo・Pasuruan) において、水産養殖従事者を対象にフォーカスグループディスカッション (FGD) およびアンケート調査を実施し、導入上の課題と可能性を整理した (図 4-17)。いずれの地域も漁業への依存度が高い一方、社会経済条件や知識レベルには地域間で差異がみられた。

(1) 対象地域の特徴

- 都市近郊: Surabaya 地域、Wonorejo 地域
- 農村部: Pasuruan 地域

(2) シルボフィッシャリー導入を促進する要因

全地域で沿岸生態系保全への関心が高く、シルボフィッシャリー導入への意欲も総じて高い。都市近郊では、自己資金調達能力や生態系サービスに関する理解 (生態系リテラシー) が比較的高く、エコツーリズムなど多角化の動きがシルボフィッシャリー導入を後押ししている。

(3) シルボフィッシャリー導入を阻害する要因

以下の要因によりシルボフィッシャリー導入が進みにくい状況が確認された。

- 初期投資資金の不足 (特に農村部)
養殖池改修やマングローブ植栽に必要な資金を確保できない世帯が多く、仲買人への依存も資金調達の柔軟性を制限している。
- 経済性を裏付ける実証データの不足
シルボフィッシャリーによる生産性向上や収益改善を示す定量データが十分に共有されておらず、特に農村部では、技術理解の不足も相まって経済性への懸念が強い。
- デモンストレーション・プロットの不足
シルボフィッシャリー導入効果を現地で確認できる実証モデルが限られており、住民が導入後のメリットを具体的にイメージしにくい。既存研究でも、実証モデルの不足は普及を阻害する主要因と指摘されている (Putra et al., 2025)。

(4) 普及に向けた戦略 (地域別)

- 都市近郊: Surabaya 地域、Wonorejo 地域

比較的高い資本力と生態系リテラシーを活かし、以下の戦略が有効と考えられる。

- エコツーリズム・環境教育との連携
体験型プログラムや環境教育活動を通じ、地域経済と環境価値の両立を図る。
- 高い理解度を活かした普及活動
持続可能な養殖管理や環境配慮型経営への移行を促進する。

■ 農村部:Pasuruan 地域

資本制約と技術理解の不足が主要な障壁であり、以下の戦略が重要と考えられる。

- 生産性・収益性に関するエビデンスの提示
現地条件に基づく生産データや収益分析を示し、導入効果を可視化する。
- 初期資本支援の導入(例:マイクロクレジット、補助金)
小規模養殖者が導入初期の設備改修や植栽費用を負担できるよう金融支援を整備する。
- 政府主導のデモンストレーション池の設置
現地で効果を確認できる実証モデルを整備し、住民の導入判断を後押しする。



図 4-17 住民意識調査

2.6 養殖生産性聞き取り調査の方法と結果(南スラウェシ州)

水産養殖が盛んな南スラウェシ州では、養殖試験場を対象とした聞き取り調査を実施し、シルボフィッシャリー導入の現状、その効果および課題を整理した。養殖試験場内の池では、これまで酸性土壌の影響により、pH が養殖に適さない低い水準で推移するなど水質条件が不安定であったことから、養殖の実施が困難な状況にあった。

しかし、ワイエルフォレスト社との協働によるパイロット事業として、池中央にマングローブを植栽するシルボフィッシャリーを導入した結果、pH の改善が確認され、養殖に適した水質条件が形成された(図 4-18)。

シルボフィッシャリー導入後の 2024～2025 年にかけては、マングローブガニ、ミルクフィッシュ、海藻(オゴノリ)など複数品目において収穫が得られ、特に海藻については安定した生産量が確認された(表 4-11)。また、ブラックタイガーについても 2025 年に一定量の収穫が確認されており、池の水質環境の改善が養殖生産の成立に寄与した可能性が示唆された。



図 4-18 南スラウェシ州養殖試験場のシルボフィッシャリー池

表 4-11 南スラウェシ州養殖試験場のシルボフィッシャリー池における養殖生産量

年	エビ (ブラックタイガー)	カニ (マングローブガニ)	魚 (ミルクフィッシュ)	海藻 (オゴノリ)
2024	-	5.0 kg	400 匹	247 kg
2025	11.5 kg	-	16 kg	150 kg

マングローブは、根圏微生物との相互作用を通じて重金属・栄養塩類・炭化水素などを吸収・分解するファイトレメディエーション機能を有しており(Ivorra et al., 2021)、本池においても水質改善に寄与した可能性が高い。

今後、養殖試験場ではシルボフィッシャリーを場内の他の池や周辺水路へ段階的に拡大する方針である。ただし、中央植栽型は造成コストが高いため、外周植栽型を中心に池周囲および水路沿いへマングローブ植栽を進める計画である。

3 実証調査の考察とシルボフィッシャリー普及へ向けた方向性

3.1 シルボフィッシャリーの生態系サービスの総合評価(総経済価値)

シルボフィッシャリーは、マングローブ生態系の保全と水産養殖を両立させる自然共生型の生産モデルであり、沿岸域の生態系サービスを向上させる自然に基づく解決策(NbS)として国際的に評価されている。本調査では、既往文献に基づく総経済価値(TEV)評価の枠組みを用い、マングローブ天然林、シルボフィッシャリー池、粗放・集約養殖池の生態系サービスを比較し、供給・調整・文化・支持サービスを含む多面的価値を総合的に評価した。

(1) 総経済価値(TEV)評価の手法

総経済価値(TEV)は、生態系が提供する価値を「利用価値」と「非利用価値」に分類し、貨幣価値として統合的に評価する枠組みである(図 4-19)。

● 利用価値(Use Value)

- 直接利用価値(Direct Use Value): 水産物、薪炭材、観光収入など市場取引が可能な価値
- 間接利用価値(Indirect Use Value): 防災・水質浄化・炭素吸収などの調整サービス
- オプション価値(Option Value): 将来利用される可能性を持つ価値

● 非利用価値(Non-use Value)

- 存在価値(Existence Value): 生態系が存在すること自体への価値
- 維持価値(Bequest Value): 将来世代へ生態系を残す価値

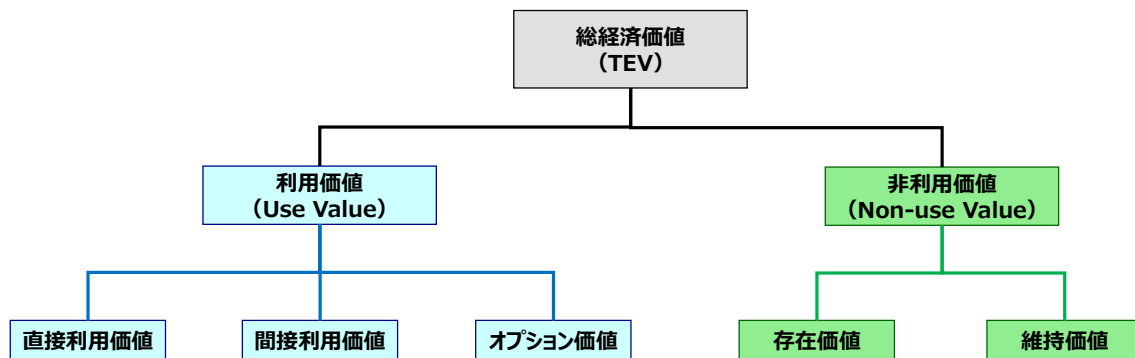


図 4-19 総経済価値(TEV)の評価項目別分類図

これらの価値は、市場価格法、代替費用法、回避費用法、旅行費用法、支払意思額(WTP)調査などの手法により推計され、以下の式により総合的に評価される。

$$\text{総経済価値(TEV)} = \text{利用価値(直接・間接・オプション)} + \text{非利用価値(存在・維持)}$$

(2) シルボフィッシャリーの総経済価値(TEV)

インドネシアにおけるマングローブ天然林、シルボフィッシャリー、養殖池(粗放型・集約型)の総経済価値(TEV)について、既往研究の平均値を整理した結果を表 4-12 に示す。これらの比較から、生態系サービスの提供能力と食料生産性の間には明確なトレードオフが存在することが確認された。

● マングローブ天然林

炭素吸収、生物多様性保全、沿岸防護など多様なサービスを提供し、総経済価値(TEV)は年間約 9,800 USD/ha と最も高い。Global Wetlands Project (2024b) は 15,000～50,000 USD/ha とさらに高い推計を示しており、潜在的価値は従来以上に大きい可能性がある。

● シルボフィッシャリー池

養殖収益は年間約 1,200 USD/ha と粗放型養殖池と同程度であり、放棄養殖池の再生に有効な NbS とされる。西ジャワの事例では、養殖所得に加え、炭素固定、観光、鳥類保全など複数の便益が確認されている(Sumarga et al., 2024)。

● 集約型養殖池

収益は年間約 5,100 USD/ha と高いが、生態系サービスの提供は極めて限定的で、環境負荷が大きい。長期的には環境コストを考慮すると経済的優位性が低下する可能性が指摘されている (Custodio et al., 2020、An & Lee., 2025、World Bank, 2025)。

総じて、マングローブ天然林が最も高い総経済価値 (TEV) を示し、シルボフィッシャリーは生産性と生態系サービスを両立する中間的モデルとして位置づけられる。

表 4-12 既往文献および実証調査に基づく総経済価値 (TEV) (USD/ha・年)

土地利用／ 管理形態	利用価値						非利用 価値	総経済 価値 (TEV)
	直接利用価値			間接利用価値			存在／ 維持 価値	
	漁獲高／ 養殖生産	木材生産 ／薪炭材	レクレ- ション・ 文化等	炭素 クレジット 収益	生物 多様性	沿岸 保護		
マングローブ天然林	3,183	980	143	+	746	4,732	31	9,815
シルボフィッシャリー	1,233	+	+	116	+	+	+	1,349
放棄養殖池	0	0	0	0	0	0	0	0
養殖池(粗放型)	1,276	0	0	0	0	0	0	1,276
養殖池(集約型)	5,111	0	0	0	—	—	0	5,111

+: 正の影響、0: 顕著な寄与なし、-: 負の影響

(データ出所)

マングローブ天然林: Arfan et al., 2019、Fitri et al., 2018、Kristiningrum et al., 2020、Marlianingrum et al., 2019、Suharti et al., 2016 の平均値

シルボフィッシャリー池: Haefa et al. 2022、Santoso et al., 2025、Sumarga et al., 2024、Utomo et al., 2025 の平均値

養殖池 (粗放型): Salim et al., 2025、Nauta et al., 2025 の平均値

養殖池 (集約型): Salim et al., 2025

炭素クレジット収益: 本実証調査のシルボフィッシャリー池 (中央植栽型) の年間 CO₂吸収量 (5.8 t-CO₂/ha・年) を基にして、炭素収益を 20 USD/t-CO₂ と仮定して試算

(3) 炭素クレジット収益の評価

本調査で得られた中央植栽型シルボフィッシャリー池の年間 CO₂吸収量 (5.8 t-CO₂/ha・年) に炭素価格 20 USD/t-CO₂ を適用すると、年間 116 USD/ha の追加収益が見込まれる。これにより、粗放型養殖池より高い総経済価値 (TEV) を示す可能性がある。

ただし、炭素価格や認証制度 (ボランタリー市場、JCM、パリ協定第 6 条) の動向により収益性は大きく変動するため、将来予測には慎重な検討が必要である (ICVCM, 2023; UNFCCC, 2023)。

(4) 貨幣換算されていない生態系サービスの重要性

上記の表 4-12 では、薪炭材、沿岸防災、文化的価値など一部のサービスが貨幣換算されてい

ないが、国際研究ではこれらが総経済価値 (TEV) に大きく寄与することが指摘されている (MEA, 2005, TEEB, 2010)。

シルボフィッシャリーは、鳥類多様性の向上 (23 種、希少種含む)、自然観光の潜在価値、高潮・侵食へのレジリエンス強化など多面的な便益を提供する (Sumarga et al., 2024)。これらを考慮すれば、粗放型養殖池を上回る総経済価値 (TEV) を持つ可能性が高い。

今後、選好評価法や代替費用法などの適用が進むことで、シルボフィッシャリーの総経済価値 (TEV) をより正確に把握でき、政策立案や投資判断の重要な根拠となることが期待される (IPBES, 2019)。

3.2 ワイエルフォレスト社のシルボフィッシャリー普及に向けた取り組み

ワイエルフォレスト社は、前述のシルボフィッシャリー普及に向けた課題および総経済価値 (TEV) に基づく生態系サービス評価を踏まえ、以下の 3 分野を重点として普及活動を推進している。

(1) 養殖農家への初期造成支援と生産性データの提供

ワイエルフォレスト社は、導入農家に対して初期造成費を支援するとともに、生産性・水質・生態系指標の継続的なモニタリングを実施している。これにより、初期投資支援と科学的エビデンスの提供を組み合わせ、シルボフィッシャリー導入効果を可視化しながら普及を促進している。

(2) 炭素クレジットの取得に向けた制度活用

ワイエルフォレスト社は、ボランティア炭素クレジットプログラムや JCM を活用し、マングローブの森づくりに取り組む企業との連携を強化することで、プロジェクトの持続的資金確保と経済的自立性の向上を図っている。ブルーカーボンの市場価値は国際的に上昇傾向にあり、これら制度の活用はシルボフィッシャリー普及を後押しする重要な要素となっている (UNFCCC, 2023)

(3) シルボフィッシャリー水産物のプレミアム戦略

ワイエルフォレスト社は、オーガニック認証の取得、輸出向け品質基準の強化、生態系保全への貢献を示すストーリー性の付与を組み合わせることで、生産者所得の向上と持続的な市場形成を目指している。(図 4-20)。

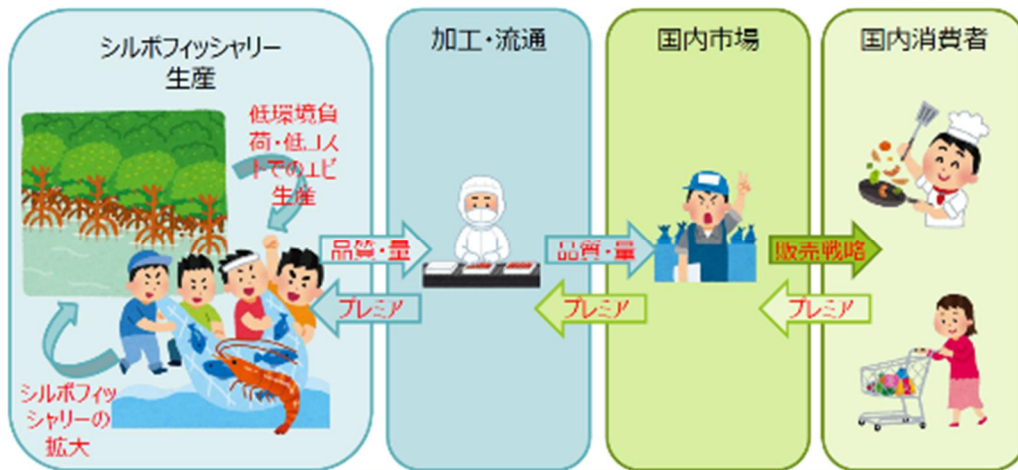


図 4-20 シルボフィッシャリー水産物のプレミアム価格上乗せ販売

3.3 ランドスケープレベルでのマングローブ再生と土地利用配置

インドネシア沿岸域では、マングローブ天然林の減少と無秩序な養殖池開発により、沿岸防護機能の低下、生態系劣化、地域生計の不安定化が進行している。これに対し、ランドスケープレベルでのマングローブ再生と統合的土地利用は、国際的に有効性が認められた自然に基づく解決策(NbS)として位置付けられている(IUCN, 2020)。

沿岸域全体を俯瞰した土地利用計画では、海岸線・河川・水路沿いにマングローブを再生し、その内側にシルボフィッシャリーや養殖池(粗放型・半集約型・集約型)を配置する構造が推奨されている(図 4-21)。このモデルは、防災機能の回復、生態系保全、生産活動の両立を可能にする点で国際的に評価されており、導入地域では、水質改善、生産性向上、生物多様性回復、貧困削減などの効果が報告されている(Utomo et al., 2025)。

さらに、マングローブ再生とシルボフィッシャリーを組み合わせた統合モデルは、炭素吸収(ブルーカーボン)、水質浄化、生物多様性の回復、低投入型で安定した水産収入、地域生計の向上といった多面的便益を提供することが最新研究で示されている。特にマングローブガニ養殖では、マングローブ植生がガニの成長効率を高める効果が確認されている(Basyuni et al., 2022, Apriyanto et al., 2025)。本実証調査でも、マングローブを有するシルボフィッシャリー池でガニ養殖が可能であることが実証され、統合モデルの有効性を裏付ける結果となった。

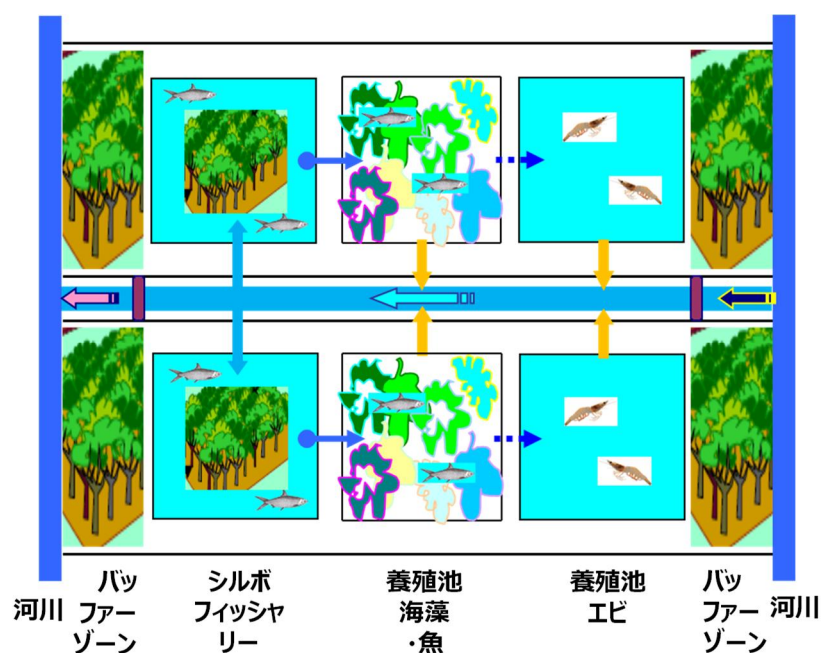


図 4-21 ランドスケープレベルでのマングローブ再生と統合的土地利用

総じて、ランドスケープレベルでのマングローブ再生と統合的土地利用は、沿岸災害リスクの軽減、生態系回復、養殖生産の安定化、地域経済の強化、CO₂ 吸収・炭素貯留といった多面的価値を同時に創出する科学的根拠に基づくアプローチである。特に、海岸線をマングローブで防護し、その内側にシルボフィッシャリーや養殖池を適切に配置する土地利用モデルは、環境保全と生産活動の両立を実現する合理的手法としてインドネシア各地で成果が確認されており、今後のさらなる普及が期待される(図 4-22)。



図 4-22 マングローブを活用した沿岸防護と養殖配置の統合モデル

4 参考文献

- 伊賀聖屋、アグス・ヌグロホ (2019) 災害復興後のアチェ州におけるエビの生産空間—エビ養殖をめぐるネットワークに着目して—.
- An, W. H., & Lee, J.-S. (2025) Clear waters come at a cost: Environmental costs as externalities of aquaculture wastewater. *Aquaculture International*, 33, Article 630.
- Anggoro, A. W., Castro, M., Ilman, M., Leavitt, S., Basir, Nirwan, M., Adriano, V., Trisnawati, A., Hidayat, T., Muis, R., Prakoso, D. A. R., Fajariyanto, Y., Benham, P., Octifanny, Y., Bayyan, M. M., Prananda, A. R. A., & Husnanda, A. (2025) Conservation for production? The benefits of mangroves for sustainable shrimp aquaculture. *Aquaculture International*.
- Apriyanto, A., Suwignyo, R. A., Ulqodry, T. Z., Sarno, S., Aryawati, R., Muhtadi, M., Purnomo, H., & Okarda, B. (2025) The crab silvofishery system as a conservation strategy in mangrove restoration area: A case study on the coast of Banyuasin, South Sumatra. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 8(1), 48–65.
- Ardan (2024, October 17) A tipping point for mangrove restoration and shrimp farming in Indonesia. *Dialogue Earth*. <https://dialogue.earth/en/nature/a-tipping-point-for-mangrove-restoration-and-shrimp-farming-in-indonesia/>
- Arfan, A., Mallawa, A., Zainuddin, M., & Nessa, M. N. (2019) Economic value of mangrove forest in Pannikiang Island, Barru District, South Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*, 12(5), 1753–1763.
- Basyuni, M., Putri, L. A. P., Wati, R., Sulistiyono, N., Slamet, B., & Baba, S. (2022) Mangrove–aquaculture integration and its ecological benefits: A review. *Journal of Aquaculture and Environment*, 14(2), 85–102.
- Bengen, D. G., Yuliana, E., & Sari, R. P. (2022) Pedoman teknis: Pengenalan dan pengelolaan mangrove. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Bhowmik, A. K., Cabral, P., & Costa, L. (2022) Global mangrove deforestation and its interacting social–ecological drivers: A systematic review and synthesis. *Environmental Research Letters*, 17(4), 043004.
- Bosma, R. H., Nguyen, T. H., Siahainenia, A. J., Tran, H. T., & Tran, H. N. (2016) Shrimp-based silvo-aquaculture systems in Vietnam. *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 43–60.
- Custódio, M., Villasante, S., Calado, R., & Lillebø, A. I. (2020) Valuation of ecosystem services to promote sustainable aquaculture practices. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 392–405.
- Das, S., Lyla, P. S., & Ajmal Khan, S. (2017) Antagonistic activity of mangrove-associated bacteria against shrimp pathogens. *Journal of Applied Microbiology*, 122(4), 1107–1117.
- Fairatmos (2025, September 17) Get to know: Silvofishery – A nature-based solution for sustainable aquaculture and mangrove restoration. Fairatmos Insights. <https://fairatmos.com/>
- Fitri, A. D., Sari, R. P., & Basyuni, M. (2018). Management of mangrove ecosystems for increasing fisheries production in Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122, 012097.
- GIS Coastal Indonesia (2025) Coastal resilience and nature-based solutions for sustainable aquaculture and mangrove

- management in Indonesia. GIS Coastal Indonesia Report Series.
- Global Wetlands Project (2024a) Coastal protection and ecosystem functions of mangroves. Global Wetlands Project.
- Global Wetlands Project (2024b) Integrated Assessment of Coastal Wetland Values. Global Wetlands Project.
- Goto, G. M., Corwin, E., Farthing, A., Lubis, A. R., & Klinger, D. H. (2023) A nature-based solutions approach to managing shrimp aquaculture effluent. *PLOS Sustainability and Transformation*, 2(8), e0000076.
- Harefa, M. S., Nasution, Z., Mulya, M. B., & Maksum, A. (2022) Silvofishery: In what mangrove coverage condition can this system provide benefits for the community? *Universal Journal of Agricultural Research*, 10(3), 249–265.
- Holguin, G., Vazquez, P., & Bashan, Y. (2001) The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems. *Critical Reviews in Microbiology*, 27(2), 101–114.
- ICVCM (2023) Core Carbon Principles Assessment Framework. Integrity Council for the Voluntary Carbon Market.
- IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC (2014) 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (T. Hiraishi, T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda, & T. G. Troxler, Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IUCN (2020) Global standard for nature-based solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. International Union for Conservation of Nature.
- IUCN (2024) Mangrove ecosystem functions and conservation priorities. International Union for Conservation of Nature.
- Ivorra, L., Cardoso, P. G., Chan, S. K., Cruzeiro, C., & Tagulao, K. A. (2021) Can mangroves work as an effective phytoremediation tool for pesticide contamination? An interlinked analysis between surface water, sediments and biota. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126334.
- Jiang, Y., Zhang, Z., Friess, D. A., Li, Y., Zhang, Z., Xin, R., Li, J., Zhang, Q., & Li, Y. (2025) Restoring mangroves lost by aquaculture offers large blue carbon benefits. *One Earth*, 8, 101149.
- Kauffman, J. B., & Cole, T. G. (2012) Micronesian mangrove forest structure and tree responses to a severe typhoon. *Forest Ecology and Management*, 284, 142–153.
- Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012) Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Kristiningrum, N., Sari, R. P., Basyuni, M., & Putri, L. A. P. (2020). Fauna diversity, production potential and total economic value of mangrove ecosystems in Mentawir Village, East Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 473, 012040.
- Lee, H., Kim, H., Park, E., & Lee, B. (2025) Beyond carbon: A systematic review of multiple ecosystem services of mangroves. *Journal of Coastal Conservation*. Advance online publication.
- Lovelock, C. E., Friess, D. A., Krauss, K. W., & Alongi, D. M. (2025) Mangrove biodiversity and ecosystem services. *Nature Reviews Earth & Environment*, 6, 112–128.

- Marlianingrum, P. R., Adrianto, L., & Wardiatno, Y. (2019). Economic analysis of management option for sustainable mangrove ecosystem in Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *AACL Bioflux*, 12(3), 698–708.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Muenzel, D., Anggoro, A. W., Bulan, D. E., Yadi, N., Nurfadilah, Pratama, R., Ilman, M., Basir, Nirwan, M., Adriano, V., Bayyan, M. M., Hidayat, T., Trisnawati, A., & Beger, M. (2025). Optimising site selection for ecosystem approaches to shrimp aquaculture in mangrove systems. *Aquaculture International*, 33, Article 632.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberima, S., & Kurnianto, S. (2015) The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, 1089–1092.
- Nazreen, S., Sreedharan, K., & Sunish, K. S. (2025) Mangrove-derived actinomycetes for the health management of aquaculture systems. In *Bioactive Compounds in Mangroves and Their Associates* (pp. 1–19). Springer.
- Novida, R., Setia, T. M., Santoso, N., & Widigdo, B. (2025) The impact of mangrove on water quality and milkfish productivity in the silvofishery ponds in Sawojajar Village, Brebes Regency. *Coastal and Ocean Journal*, 9(1), 70–86.
- Nguyen, N. T., Tran-Nguyen, P. L., & Vo, T. T. B. C. (2024) Advances in aeration and wastewater treatment in shrimp farming: Emerging trends, current challenges, and future perspectives. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(5), 902–916.
- Ong, J. E., Gong, W. K., & Wong, C. H. (2014) Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management*, 188(1–3), 395–408.
- Primavera, J. H. (1997) Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research*, 28(10), 815–827.
- Primavera, J. H. (2000) Development and conservation of Philippine mangroves: Institutional issues. *Ecological Economics*, 35(1), 91–106.
- Putra, A., Rahman, B., & Sari, D. (2025) Prospects for mangrove reforestation using the silvofishery method in aquaculture areas in Bireuen Regency, Aceh. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 24(2), 244–257.
- Republic of Indonesia (2022) National Forest Reference Level for Deforestation, Forest Degradation and Enhancement of Forest-Carbon Stock. Ministry of Environment and Forestry.
- Responsible Seafood Advocate & The Nature Conservancy. (2023). Optimizing super-intensive shrimp tanks. The Center for Responsible Seafood.
- Salim, A., Saediman, H., Yusnaini, Y., & Hamzah, M. (2025). Profitability of vannamei shrimp farming: Traditional vs. intensive systems in Kolaka District in Indonesia. *Journal of Global Innovation in Agricultural Sciences*, 13(2), 597–606.
- Santoso, N., Novida, R., Madonsa, C., Widigdo, B., Kusmana, C., & Krisanti, M. (2025) Silvofishery as an ecosystem-based solution for coastal rehabilitation and sustainable aquaculture: Lessons learned from Brebes, Indonesia. *Aquacultura Indonesiana*, 26(2).
- Sina, I., Adrianto, L., & Wardiatno, Y. (2017). Sustainable livelihood analysis (SLA) of coastal communities in mangrove forest area in Pasuruan Regency, East Java. *AACL Bioflux*, 10(6), 1464–1475.

- Spalding, M., & Leal, M. (Eds.). (2021). The state of the world's mangroves 2021. Global Mangrove Alliance.
- Suharti, S., Adianto, L., & Soewardi, K. (2004). Economic valuation as a basis for sustainable mangrove resource management: A case in East Sinjai, South Sulawesi. *Jurnal Pesisir dan Lautan*, 6(2), 62–75.
- Sumarga, E., Rosleine, D., Hutajulu, G. B., Plaurint, R. P., Tsabita, Basyuni, M., Larekeng, S. H., Taqiyudin, M. F., Shohihah, N. N., & Ali, H. M. (2024) Quantification of ecosystem services from mangrove silvofishery. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(3), 1–12.
- Susilo, H., Takahashi, Y., Sato, G., Nomura, H., & Yabe, M. (2018) The adoption of silvofishery system to restore mangrove ecosystems and its impact on farmers' income in Mahakam Delta, Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 63(2), 433–442.
- Suprakto et al. (2015) Kajian budidaya di tambak silvofisheries dengan tambak vegetasi mangrove *Rhizophora*, tambak vegetasi mangrove *Avicennia* dan tambak tanpa mangrove hubungannya dengan produksi udang windu dan bandeng. (in Indonesian)
- TEEB (2010) The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Earthscan.
- UNFCCC (2023) Blue carbon and Article 6 implementation update. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Utomo, B., Sumarmi, S., Utaya, S., & Bachri, S. (2025) Economic and environmental sustainability in silvofishery of mangrove ecosystem in Ogan Komering Ilir Protected Forest, Ogan Komering Ilir Regency, Indonesia. *Agroforestry Systems*, 99, Article 207.
- Van Oudenhoven, A. P. E., Siahainenia, A. J., Sualia, I., Tonneijck, F. H., van der Ploeg, S., de Groot, R. S., & Leemans, R. (2014). Effects of different management regimes on mangrove ecosystem services in Java, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 100, 1–11.
- Wetland International (2021) Technical Guidelines: Associated Mangrove Aquaculture Farms. Building with Nature to restore eroding tropical muddy coasts. Wetlands International.
- Widigdo, B., Ilman, M., Santoso, N., Sulistiono, S., Kusmana, C., & Krisanti, M. (2024) Performance of Integrated Mangrove–Aquaculture (IMA) in District of Sidoarjo, East Java, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 92, 01022.
- World Bank (2025) Integrating aquaculture into landscapes and seascapes: Regenerative aquaculture – The environmental and economic benefits of nature-positive aquaculture. World Bank.
- Zhou, J., Tu, T., Wang, H., & Kitazawa, D. (2024) Modeling environmental impacts of intensive shrimp aquaculture: A three-dimensional hydrodynamic ecosystem approach. *Fishes*, 9(4), 126.

5章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

カネパッケージ 勝野 旭

日本森林技術協会 橋口 秀実、瀬戸 智大

要約

これまで、当社カネパッケージの植林活動は「本数・面積」といった量的指標の報告に留まり、生態系回復の可視化が不十分であるという課題があった。本調査では、マングローブ植林地の生物多様性への効果を把握するため、企業および地域住民が継続的に実施可能な、海洋底生生物を対象とした簡易的な生物多様性評価手法を開発した。

本事業では、フィリピン共和国のボホール州に位置するバナコン島およびアルマー島を対象に、①非専門家でも実施できる底生生物調査手法の確立、②砂質（バナコン島）と泥質（アルマー島）という異なる環境下での手法の検証、③植林年数別の群集構造（ α ・ β ・ γ 多様性）や指標種の特定、④土壌硬度など環境変化の把握、を行った。その結果、植林の経過年数に伴いマングローブ林の三次元構造が発達し、貝類・カニ類など特定生物の増加が確認されるなど、生物多様性の質的变化を捉えることが可能となった。また、篩の目のサイズの工夫により小型個体の検出効率が向上することも明らかとなった。本手法は専門家に依存せず、企業や地域住民が低コストで継続的にモニタリングを行うための実践的枠組みであり、CSR 植林の価値可視化に資するアプローチである。

1 背景と目的

フィリピン共和国（以下「フィ国」）において、森林セクターは温室効果ガスである二酸化炭素の吸収源としての機能に加え、気象災害の緩和、生態系サービスの提供、生物多様性の保全等、多面的かつ重要な役割を担っている。特に沿岸域に分布するマングローブ林は、気候変動の進行に伴い顕在化する自然災害リスクへの対応と、生物多様性保全の双方に資する自然基盤（Nature-based Solutions）として、近年国際的にも注目されている²²。

フィ国におけるマングローブ林の面積は約 31.1 万 ha と、森林面積全体（約 722 万 ha）の約 4% にとどまるものの、沿岸域においては極めて高い防災・生態学的価値を有している²³。フィ国政府は、National Greening Program（国家緑化プログラム、2011～2028 年）等を通じてマングローブの造成・再生を推進してきたほか²⁴ 近年では、沿岸域における防災・減災と生態系保全を同時に達成する制度的枠組みとして、「National Coastal Greenbelt Act（以下「NCGA」）」が国会において審議されている²⁵。フィ国は台風ベルトに位置し、気候変動に起因する高潮や高波等の自然災害リスクが高いことから、マングローブ林は沿岸域における「Green Wall（緑の防波堤）」として、防災・減

²² IPCC (2022). AR6 Working Group II, Chapter 3: Oceans and Coastal Ecosystems and their Services.

²³ FAO (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 – Philippines Country Report.

²⁴ Government of the Philippines (2011). Executive Order No.26; (2015). Executive Order No.193

²⁵ Senate of the Philippines (2025). Senate Bill No.519; House of Representatives Bill No.1494（いずれも国会審議中）

災機能を発揮することが既往研究により示されており²⁶、「森林を活用した防災・減災 (Forest Disaster Risk Reduction、以下「F-DRR」)」の観点からも重要性が高まっている²⁷。同時に、マングローブ林は魚類や甲殻類等の稚幼生の生息・育成場所として機能し、落葉・落枝を起点とした有機物循環を通じて多様な食物網を形成するなど、沿岸域における生物多様性の維持・回復に不可欠な生態系基盤となっている²⁸。すなわち、マングローブ林の回復・造成・保全は、気候変動に起因する自然災害リスクへの適応策としての F-DRR の機能と、生物多様性の維持・回復という機能を同時かつ並行的に発揮するものであり、両者はトレードオフの関係ではなく、相互に強化し合うパラレルな関係にある²⁹。一方で、当社カネパッケージが CSR 活動の一環として実施するマングローブ植林は、その成果が植栽本数や面積といった量的指標によって評価はされているものの、植林による生態系の回復や生物多様性への貢献といった価値の可視化が不十分であるという課題がある。植林活動を中長期的に継続していくためには、マングローブ植林がもたらす防災機能や生物多様性への効果を、定量的かつ分かりやすい形で示し、その価値を当社の社員や地域社会と共有していくことが不可欠である。

以上を踏まえ、本事業では、マングローブ植林に取り組む当社社員および地域コミュニティが、自らの手で継続的に実施可能な「簡易な生物多様性調査手法」を開発し、マングローブ植林のインパクトを生物多様性の観点から可視化することを目的とする。本事業を通じて、植林活動の効果が定量的に把握・共有されることにより、CSR 活動におけるマングローブ植林の価値の明確化と、主体的かつ長期的な取り組みの継続を促進することを目指す。

2 実施体制及び調査スケジュール

業務の実施体制は

表 5-1 及び図 5-1 の通りである。本事業の事業主体は当社カネパッケージ(株)である。事業実施において、当社内に生物多様性を可視化する技術が不足していることから、国内外における森林調査の調査経験を有する日本森林技術協会と共同事業体を結成した。ハロハロは、カネパッケージが植林を実施するボホール州バナコン島の隣に位置するアルマー島において植林を実施しており、本実証調査に植林サイトを調査地の一つとして提供する協力団体である。

表 5-1 事業実施体制における関係者

団体	役割	
カネパッケージ	事業主体	現地調査の準備および 環境天然資源省 (Department of Environment and Natural Resources、以下「DENR」)との連絡調整/調査許可取得。オランゴ島およびバナコン島を担当
日本森林技術協会	共同事業体	技術支援:生物多様性に係る調査手法の開発
ハロハロ	協力団体	アルマー島における、地域住民との連絡調整

²⁶ Mazda, Y. et al. (2006). Wave reduction in a mangrove forest dominated by Sonneratia sp. Wetlands Ecology and Management

²⁷ UNDRR (2021). Words into Action: Nature-based Solutions for Disaster Risk Reduction.

²⁸ Nagelkerken, I. et al. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna. Aquatic Botany

²⁹ UNDRR (2021). Words into Action: Nature-based Solutions for Disaster Risk Reduction.

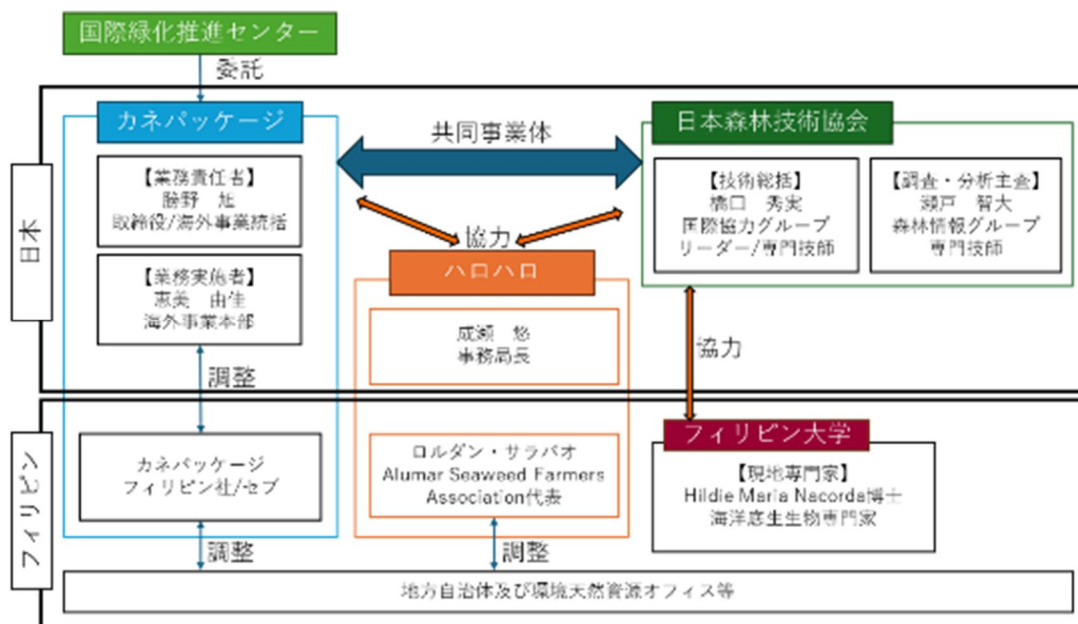


図 5-1 事業実施の体制図

契約期間において、次の通り実証調査を実施した。

表 5-2 調査スケジュール

実証調査			2025年							2026年			
			6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
1	事前準備	1.1 文献調査											
2	現地調査	2.1 各調査地の関係者への説明・調査											
		2.2.1 オランゴ島											
		2.2.2 パナコン島											
		2.2.3 アルマー島											
		2.3 現地成果報告・広報											
		2.4 分析											
3	成果品作成	3.1 マニュアル作成											
		3.2 委員会											
		3.3 技術審議委員会											
		3.4 JIFPRO主催国内セミナー											
		3.5 最終報告書											

3 調査方法

3.1 方法策定に係る経緯

マングローブの植林効果を視える化（≒定量化）する方法の開発にあたっては、3つのステップを踏んで進めた（図 5-2）。

（1）ステップ1:前提条件の明確化

目的でも述べたように、本実証調査は、当社カネパッケージが実施する植林活動効果の視える化である。そのため、前提条件として、植林が生物多様性に及ぼす影響を定量化できること、そし

て当社の社員や地域住民といった非専門家が実施できる内容であることとした。後者については、当社が継続できることを念頭に、必要経費も考慮した。なお、現地での実証に先駆けて、可能な限り文献やオンラインで現地の状況の事前調査を実施した。

(2) ステップ 2: 専門家へのコンサルテーション

調査を実施する上で、フィリピン大学の専門家に、ターゲットとする生物を調査する上で考慮すべき内容や調査方法について、事前にオンライン協議を行うとともに、現地での実地調査の試行、調査後の調査手法の改善や結果に係るコンサルテーション等を通じて適切なアドバイスを求め、調査手法を確定した。

(3) ステップ 3: 手法の実証

ステップ 2 で開発した方法を用いて、実際に当社の現地職員や協働でマングローブ植林を行うコミュニティの住民らと共に実証調査を実施した。この実証調査が OJT になり、この調査の実施過程を通じて、本手法を実装するにあたって必要な調整や課題を抽出した。

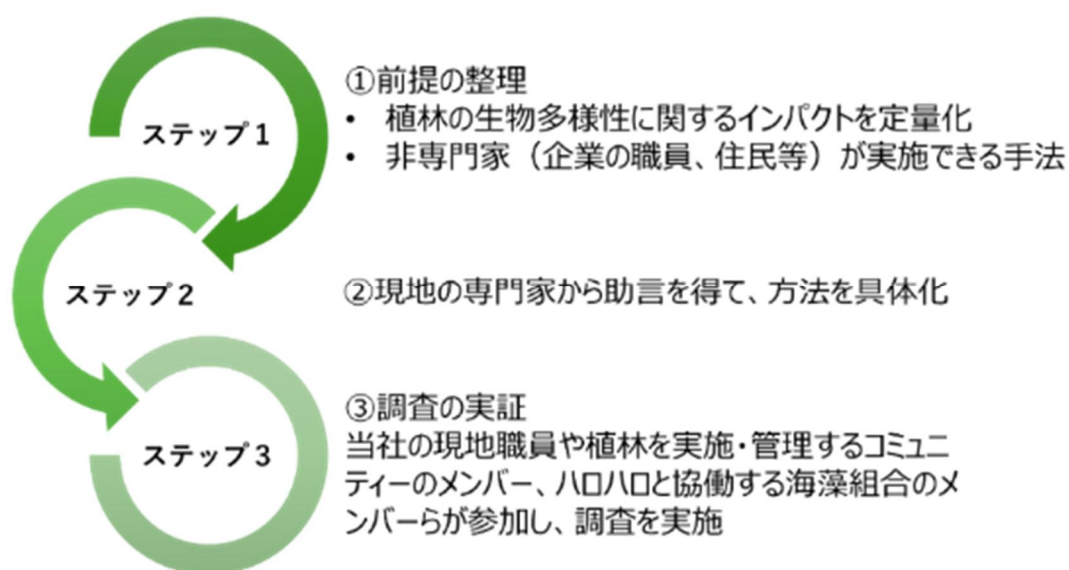


図 5-2 調査方法策定のステップ

また本調査では、生物多様性を調査する対象はマングローブ林に生息する海洋底生生物として
いる。以下、対象の選定理由は次の通りである。

(4) 本調査のターゲットとしての海洋底生生物

マングローブ林は、熱帯・亜熱帯の河口域や潮間帯に成立する沿岸生態系であり、高い一次生産量を背景として、沿岸域の物質循環や食物網を支える重要な役割を果たしている。この生態系においては、樹木だけでなく、底質環境に生息する海洋底生生物（底生無脊椎動物）が、生態系

機能の維持において重要な役割を担っている。

海洋底生生物には、カニ類、エビ類、二枚貝類、巻貝類、ゴカイ類などが含まれ、堆積物中またはその表層に生息する。これらの生物は、マングローブ由来の落葉やデトリタス、底生微細藻類などを利用しながら、一次生産者と高次捕食者を結びつける存在として機能している。また、微地形条件に応じて利用する食物資源が異なることが示されており、マングローブ生態系の食物網は、底生生物を基盤とした複数の構造から成り立っていることが明らかにされている³⁰。

近年では、底生生物が堆積物の攪拌や通気、栄養塩循環を通じて生態系機能を形成する生態系エンジニアとしての役割を果たしている。特に、カニ類や貝類の掘削行動は、底質環境や生態系の機能的多様性、安定性に影響を与えることが示されている³¹。さらに、マングローブ生態系の機能は、植生構造だけでなく、地形や堆積物特性、水理条件などの環境条件に大きく左右されることが報告されており、植生評価のみでは生態系機能の回復を十分に把握できない可能性がある³²。

以上を踏まえ、本調査では、マングローブに生息する海洋底生生物を調査対象とした。底生生物は、シギ・チドリ類などの渡り鳥のように季節的な渡来・移動の影響を強く受ける生物群と異なり³³、調査時期による分布変動が比較的小さいため、限られた調査期間においても比較的安定した評価を行える可能性があると考えられた。また、爬虫類等と比較して昼間の観察・採取が容易であり、魚類調査で必要となる高価なセンサーカメラ等の機材を用いず、簡易な器具による調査が可能であることから、非専門家による継続的なモニタリング手法の開発にも適していると判断した。

本実証調査では、これらの特性を踏まえ、海洋底生生物を対象とした簡易な調査手法を用いることで、マングローブ植林地における生物多様性の評価可能性を検証した。

3.2 対象地

対象地はボホール州バナコン島及びアルマー島である(図 5-3)。当初はこの 2 島の他に、セブ州オランゴ島も実証調査候補地としていた。しかし、同島がラムサール条約に登録されていることから、調査許可を得ることができなかった。

本調査では、マングローブ林の成立過程と底質環境の違いが生物相に与える影響を検討するため、一般的なマングローブ林の底質に近い泥質環境(アルマー島)と、これとは異なる砂質環境(バナコン島)を比較対象として調査地を設定した。特に、砂質環境においてマングローブ植林が行われた場合、マングローブ林の形成に伴って生息する生物種がどのように変化するかという点に着目した。

³⁰ Kon et al. (2007). Role of microhabitats in food webs of benthic communities in a mangrove forest. Vol. 340: 55–62. Marine Ecology Progress Series

³¹ Alejandra et al. (2025). Functional analysis of benthic macrofauna in mangroves of the tropical Eastern Pacific (Colombian Pacific coast). Vol. 316. pp 1-13 Estuarine, Coastal and Shelf Science

³² Mattone C. and Sheaves M. (2024). Mangrove forest ecological function is influenced by the environmental settings and the benthic fauna composition. Vol. 309. pp 2-8. Estuarine, Coastal and Shelf Science

³³ <https://www.philchm.ph/migratory-species/>

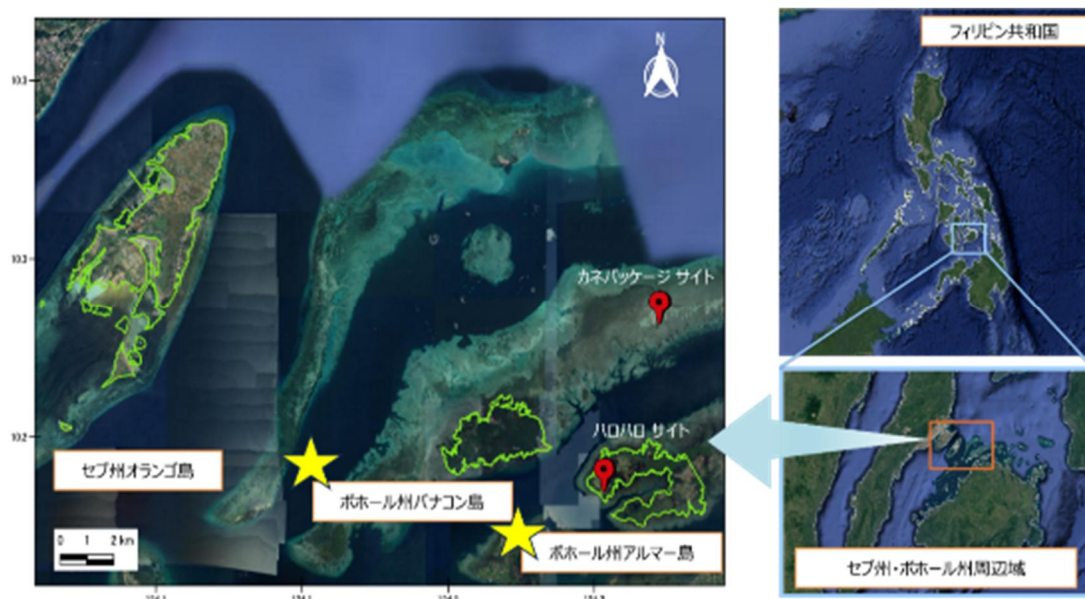


図 5-3 実証調査対象地(ボホール州バナコン島及びアルマー島)

以下、実証調査対象地である 2 島の概要である。

(1) ボホール州バナコン島

バナコン島は当社が 2011 年から島の東側に位置する干潮時に陸地が露出エリアである。当エリアは当社が 2009 年に DENR と合意書(Memorandum of Agreement, MoA)を結び、植樹が許可されたエリアである。2023 年末までに 13,428,600 本以上、約 275ha に植樹した。現状では凡そ 2m 程度の樹高まで成長したマングローブ林が生育する(図 5-4)。樹種は主に *Rhizophora stylosa* である。植林は、胎生種子を直に植林する方法と、ポット苗として苗木を育苗し植栽する 2 通りの方法を採用している。植樹後の生存率を高めるために、植林後の管理・モニタリングは地域住民から構成される団体 Banacon Fisherfolks and Mangrove Planters Association (BFMPA) と協力し実施してきた。

バナコン島のマングローブ植林は 1950 年代から島民により実施されてきた歴史がある。薪炭材の確保、漁業資源の維持、防風・防潮機能を期待し、島民自ら始めた取り組みである。住民が自主的に実施してきた植林は、1990 年代に入ると、ボトムアップ型の植林成功事例として注目され始めた。行政の支援や学術研究が進んだ。結果として、アジア最大級の人工マングローブ林と言われる面積に拡大し、同島周辺の植林エリアを含めると約 1,700 ha を超す広さになる³⁴。2000 年代に入ると DENR や農業省 (Department of Agriculture, DA) の支援による植林がさらに拡大した歴史を持つエリアである。

³⁴ <https://www.getafe.gov.ph/tour-mangrove.html?i=1>



植樹地の様子 1



植樹地の様子 2



植樹地での移動風景



バナコン島民が 30 年程前に植林したマングローブ

図 5-4 バナコン島におけるマングローブ植林地の様子

(2) ボホール州アルマー島

アルマー島では NPO ハロハロが 2016 年から島西及び南側のエリアで植林を開始した。植林活動は TOTO 水環境基金(2018、2019、2020 年)や公益財団法人イオン環境財団(2020～2025 年、2025 年は実施中)の助成を受け実施してきた。2024 年 12 月末までに、約 35 万本、約 5ha 以上のマングローブを島民で構成される海藻組合 Alumar Seaweed Farmers Association(以下「ASFA」と協力し実施してきた(図 5-5)。樹種は *Rhizophora sp.*(現地語 Bakhaw)、及び *Sonneratia sp.*(現地語 Pagatpat)を植林している。苗木は同島で生産し、胎生種子を直接播種する方法に加え、近年はポット苗を生産し植林する取組みも開始した。島内外からのごみが流れ、植樹した苗に絡みつき枯死することが課題であったことから、植林地の周囲にネットを張り、ごみの絡みつきによる枯死が発生しないような工夫をしつつ管理している。

なお、ASFA は 2023 年にフィ国政府の正式な NGO として法人格の登記を行っている。同組合を含む島民は海藻栽培を主たる生業としており、熱帯性台風によって代表される自然災害などにより生活が困窮するとともに、海の豊かさが失われつつあると認識をしている。ハロハロと ASFA は、「豊かな海藻栽培の島を作る」という長期目標を掲げ、その一環としてマングローブ植樹活動を続けている。



植樹地の様子 1

(写真中央、わずかに樹冠が水面から露出)



植樹地の様子 2



苗畑の様子



天然のマングローブ林

図 5-5 アルマー島におけるマングローブの苗及び植林地の様子

3.3 実施方法

本節では、「2.1 方法策定に係る経緯」のステップ 3 で実施した実証調査の方法を報告する。この実施方法が、本実証調査の目的でもある、マングローブ植林地における生物多様性の簡易な調査手法になる。

実証調査は、準備、調査地選定、実際の調査、分析、結果のまとめ分けられる(図 5-6)。

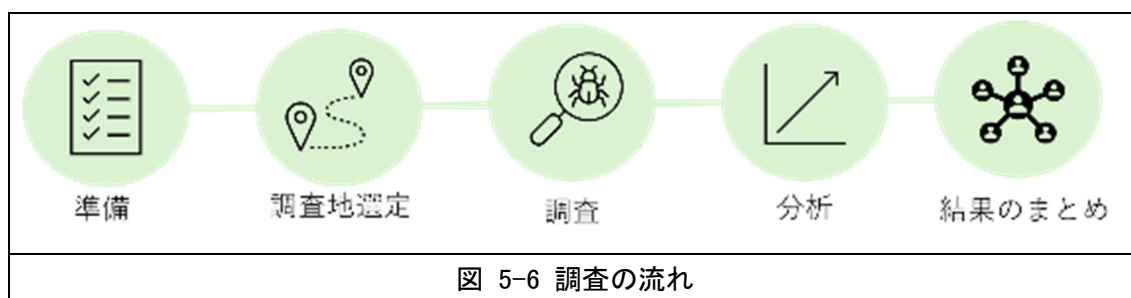
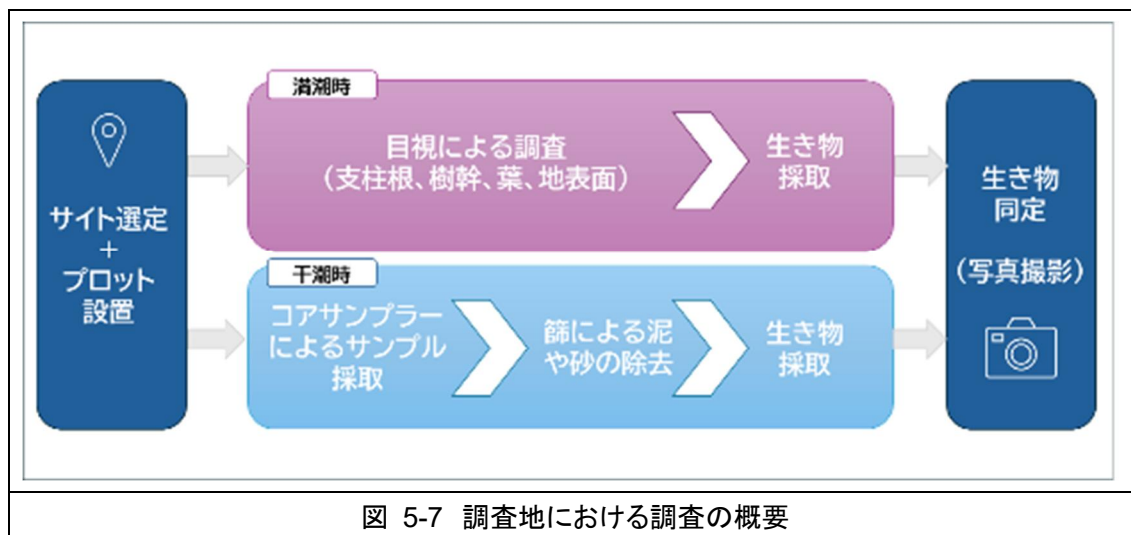


図 5-6 調査の流れ

また、現地での調査は図 5-6 のうち、調査地選定と調査の 2 パートであり、次図(図 5-7)はその概要である。



次に、各調査段階の詳細を報告する。

(1) 準備

本調査の実施に先立ち、調査地の概要把握および関係者間での情報共有を中心とした準備作業を行った。まず、調査地の位置、環境特性、アクセス条件等について、当社現地スタッフと日本森林技術協会担当者との間で情報を整理・共有するとともに、現地での調査日程および行動計画について事前確認を行った。本調査はマングローブ林における海洋底生生物を対象とすることから、調査の可否や効率に影響する潮汐条件を重視し、現地の潮の満ち引きの時間帯を確認したうえで、調査実施時刻や調査手順を検討・計画した。

調査に使用する機材・資材については、現地での調達可否が不明なもの、あるいは品質や仕様の統一が求められるものを中心に、日本国内において事前に準備・購入を行った。これにより、現地での調達遅延や不足による調査への影響を最小限に抑えることを図った。なお、表 5-3 は調査で活用した調査道具一式である。トライアルで使用した道具については本表から省き、本調査の目的達成に必要な道具として最終的に選定した調査資材一式を示した。

表 5-3 調査道具一式

No.	道具	数量	用途
1	ふるい (9 メッシュ)	3	生物の採取
2	ふるい (12 メッシュ)	3	生物の採取
3	メッシュバック	3	生物の採取 (現地で入手できれば)
4	コアサンプラー	1	生物の採取



図 5-8 実際の調査道具例

5	ストップウォッチ	3	生物の採取
6	バット白(大 x 3, 小 x 3)	6	生物の採取
7	ピンセット (プラスチック製)	10	生物の採取
8	ジップロック (S-M-L)	各 10 枚 x プロット数	生物の採取/写真撮影用サンプル保管
9	バット黒 (大 x 1)	1	同定用写真の撮影
10	ボール紙 (黒)	2~3	同定用写真の撮影
11	ライトスタンド	2	同定用写真の撮影
12	折れ尺	1~2	調査プロット設置
13	標識テープ	1~2	調査プロット設置
14	目印用のポール	適宜	調査プロット設置
15	ピンセット (プラスチック製)	10	生物のサンプリング
16	画板	4	調査の記録
17	耐水紙	野帳の枚数 に応じて	調査の記録
18	防水カメラ	1	調査の記録
19	GPS 機器	1	調査の記録 (ない場合はスマートフォン 等で位置情報を記録)
20	油性マジック	適宜	ジップロックや標識テープへの記入
21	メッシュバック	1~3	調査道具の持ち運び用

また、本調査専用の野帳 (別添 : 調査マニュアル) を作成した。記録様式や記載項目をあ

あらかじめ整理したうえで、調査中の使用を想定して耐水紙に印刷し、現地へ持参した（図 5-8）。これにより、水に濡れるような環境下においても記録が可能となるよう配慮した。さらに、調査設計の妥当性について専門的観点からの助言を得るため、フィリピン大学の海洋底生生物専門家であるヒルディ博士とオンライン会議を実施し、調査方法や留意点について意見交換を行った。これらの準備を通じて、現地条件に即した調査実施体制を整えた。

(2) 調査地選定

調査地の選定については、調査結果の比較可能性を確保することを目的として、事前に関前提条件および具体的な選定条件を設定した。前提条件として、各調査地点が可能な限り同様の環境条件下に位置するよう配慮するとともに、調査時において水位が 20cm 未満となる植林地を対象とした。これは、マングローブ林における海洋底生生物の観察および採取を円滑に実施するために必要な条件である。これらの前提条件を踏まえたうえで、具体的なサイト選定にあたっては、以下の点を考慮した。

- ① 植林の経過年数が異なる複数のサイトを含めることで、植林後の時間経過に伴う生物相の違いを比較可能とする。
- ② 植栽が実施されている区域と、植栽が行われていない区域の双方を選定し、植栽の有無が底生生物に与える影響を把握できるようにする。
- ③ 干潮時に調査地が干出するか否かについても考慮し、今回の調査では干出ししない条件に統一する。
- ④ 底質環境の違いが底生生物群集に影響を及ぼす可能性があることから、砂質、泥質などの土質条件を確認する。

以上の条件を総合的に勘案し、実際に調査を行う複数の調査サイトを選定した。

各調査サイトの選定後、サイトごとに 10 か所の調査プロットを設置した。プロットの設置位置は林縁とした。これは、調査地によってはマングローブが密植されており、林内への立ち入り自体が困難な場所が存在すること、ならびに本調査がコアサンプラーの使用を前提としていることによる。林内ではマングローブの根茎が特に密に発達しており、コアサンプラーを土壌中に十分に挿入できない場合が多いことから、調査の実施可能性およびデータ取得条件の統一性を確保する観点から、林縁部にプロットを設定した。

(3) 調査

当初は、文献等に基づき、マングローブ林の基質である土壌中の底生生物相調査を想定していたが、マングローブ林に生息する底生生物の生物多様性をより包括的に把握することを目的として、干潮時の「土壌中」と満潮時の「マングローブ地上根の表面及び土壌表面」の両方の環境で調査を実施することとした。これは、ヒルディ博士からの助言に基づくものであり、干潮時の「土壌中」と満潮時の「マングローブ地上根の表面及び土壌表

面」では、確認可能な生物種が異なることが知られているためである。特に、植栽されたマングローブが成長するにつれて、底生生物に加え、樹幹や葉など、三次元構造利用する生物が出現する可能性があることから、土壌中の底生生物のみを対象とした調査では生物多様性を十分に把握できないと判断した。なお、本調査報告では、土壌中の生物の調査を「干潮時調査」、物体の表層を対象とした生物の調査を「満潮時調査」と呼称する。調査は8月と10月に実施した（図 5-9）。

満潮時の調査では、目視による観察調査を行った。調査範囲は1m×1mとし、植栽木の支柱根、樹幹および葉、そして土壌の表層を対象に、生物の有無および種の確認を行った。調査努力量は、1名あたり5分間の観察とした。干潮時の調査では、コアサンプラー（φ10cm×30cm）を用いて土壌を採取し、採取した試料を篩（9メッシュ、12メッシュ）にかけることで、余分な砂や泥を除去した。篩に残った試料はバットに移し、生物をピンセットにより採取した。抽出作業の努力量は、15分間の作業を2名で行うこととし、作業時間および人員数を統一することで、調査結果の比較が可能なサンプリング設計にした。満潮時および干潮時の調査により採取または確認された生物については、可能な範囲で種ごとに分類した上で、個体数をカウントした。採取した生物はデジタルカメラのマクロ撮影機能を用いて、できるだけ解像度高く写真撮影を行い、現地で同定が困難な種については、専門家に同定作業を依頼した。

篩のサイズについて、第1回目の実証調査（8月）を行う中で、目視で確認できる生物のサイズに人的バイアスがかかる可能性が考えられた。具体的には、大きいサイズの生物が多い場合や同じ種の個体が多数存在する場合、その個体に目が行く傾向があり、小さな個体を抽出しきれない点である。この点を改善するために、第2回目の調査（10月）においては、2種類の異なるメッシュサイズの篩を使用し、比較的大きな個体を採取する大きめの網目の篩（9メッシュ）と小さな個体を採取する小さな篩（12メッシュ）を二段にして篩にかける作業を行った。

このほか、生物の分布に影響を及ぼす要因として、植林木の直径・樹高、植林密度、土壌硬度、土壌粒度の調査も実施した。

調査の実施において、バナコン島においては当社で植林事業を担当するフィリピン人及び日本人の社員が参加した。NPO ハロハロが支援するアルマー島においては、ASFA のメンバーと共に実施することで、OJT も兼ねた実施方法とした。

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

	
バナコン島：支柱根・樹幹・葉のモニタリング	バナコン島：コアサンプラーによるサンプリング
	
バナコン島：コアサンプラーで採取したサンプルから篩で余計な泥や砂をふるった後	バナコン島：生物を抽出する様子
	
バナコン島：抽出された生物	バナコン島：生物同定用の写真撮影
	
アルマー島：調査地への移動風景	アルマー島：生物を採取する様子

図 5-9 バナコン島及びアルマー島での調査の様子

(4) 分析

本調査で開発した手法により、植林後の林分の成長状況および環境条件と生物群集との関係を明らかにできるか、複数の観点から分析を行った。まず、調査地の林分特性を示す基礎情報として、植林されたマングローブの胸高直径、樹高および樹木密度を測定し、これらの値をもとに各調査地点におけるバイオマス量を算出した。これにより、植林年数の違いに伴う林分構造の発達状況を定量的に把握した。次に、満潮時調査および干潮時調査で確認・採取された生物について、個体数および種数／科数を集計し、調査地点別および調査条件別に整理した。専門家による種（科）同定結果を踏まえ、種ごとの出現状況および個体数分布を解析することで、各サイトにおける生物相の特徴を明らかにした。生物多様性の定量的評価にあたっては、シャノン指数およびシンプソン指数を算出した。これにより、単純な種数比較にとどまらず、各調査地点における優占状況や均等度を含む群集構造の違いを把握した。さらに、種の多様性を空間スケール別に評価するため、 α 多様性、 β 多様性、 γ 多様性の枠組みに基づく解析を行った。 α 多様性は各プロット内における局所的な多様性として評価し、 β 多様性はプロット間の種組成の違いを示す指標として整理した。また、 γ 多様性については、全調査地点を通じた総合的な種多様性として把握した。これらを組み合わせることで、植林の有無や林齢、底質条件などの違いが生物群集に及ぼす影響の多面的な評価を試みた。加えて、植林条件と強く関連する種を抽出するため、IndVal法による統計的解析を実施するとともに、専門家の知見や既往研究、生態学的特性を踏まえて指標種の選定を行った。これにより、群集の質的变化および環境変化との対応関係を検討した。環境条件の補足的評価として、各地点における土壌硬度の比較を行い、さらにバナコン島においては土壌粒度組成の分析を実施した。これにより、底質環境の違いと生物相との関係を整理した。なお、バナコン島では調査過程において個体サイズに起因する検出バイアスの可能性が認められたことから、メッシュサイズの異なる篩を併用した検証調査を実施し、サンプリング手法が群集把握に与える影響について検討した。これらの分析により、植林による林分構造の発達、底質環境の変化、およびそれらに応答する生物群集の量的・質的变化を総合的に評価した。

(5) 結果のまとめ

前節に示した方法に基づき、各調査地点および調査条件ごとの底生生物群集の生物多様性を整理し、干潮時調査および満潮時調査のデータを総合的に評価した。多様度指数、 α ・ β ・ γ 多様性の分解、指標種の抽出等の解析結果を踏まえ、マングローブ植林地における生物群集の量的・質的变化を取りまとめるとともに、本調査から得られた知見等を整理した。

4 結果

4.1 バナコン島：カネパッケージ調査地

(1) 調査地

1) 調査地の概要

本調査地は、もともと砂が堆積して形成された浅瀬であり、場所によっては干潮時に一部が干出する環境にある。当該地においては、2009 年よりカネパッケージによるマングローブ植林活動が実施されている。さらに、本地域には、地域住民が漁業活動の一環として日陰を確保することを目的に植林を行った区画も含まれており、植林後約 30 年が経過している場所もある。植林樹種はいずれも *Rhizophora stylosa* であり、本調査地のマングローブ林はすべて本種で構成されている。植林はパッチ状に実施されており、各パッチの面積は概ね 0.1~1 ha である。

2) 調査区分の設定

本調査では植林後の経過年数が異なる地点を対象に調査を実施した(図 5-10)。調査区分は「植林なし」「植林 5 年」「植林 12 年」「植林 30 年」の 4 区分とした。なお、植林地内には干潮時に地表が露出する箇所も一部存在したが、調査条件を統一するため、干潮時においても水深が 20 cm 未満まで低下するものの干出しない地点を調査対象とした。

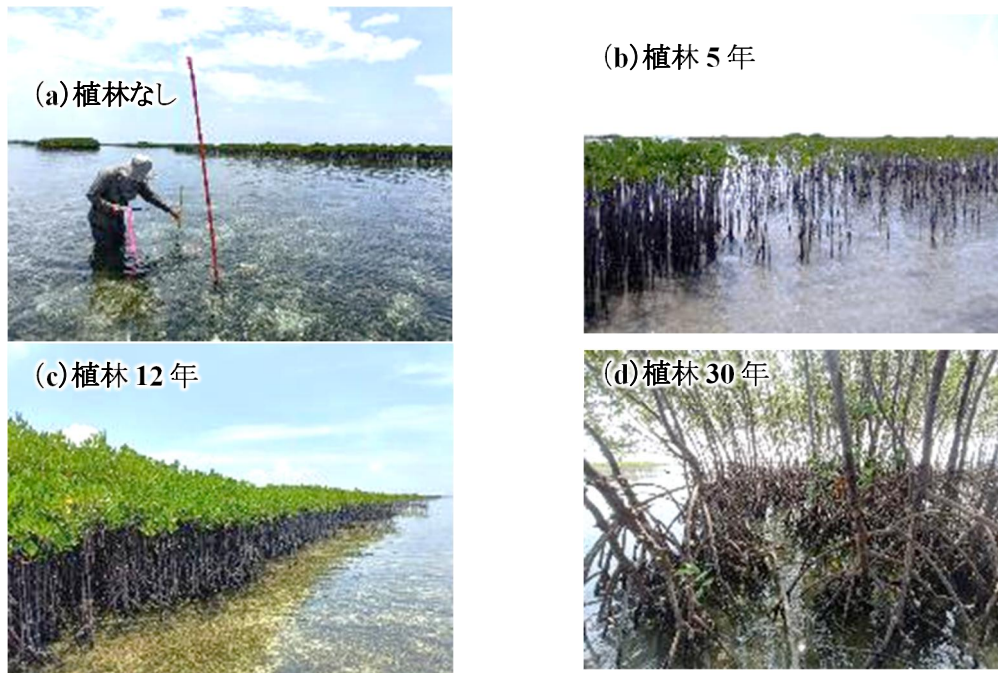


図 5-10 調査を実施したバナコン島の地点の概況写真

3) マングローブ林の成長量の測定方法

本調査では、植林年数の増加に伴う林分の成長を前提として生物多様性との関係を検討している。そのため、各植林地における林分構造および幹乾重量を測定した。幹乾重量を算出するための情報として、各プロットにおいて樹高、主幹直径および本数密度を測定した。樹高は、地表面から樹幹の最高点までの高さを計測した。直径は、最高位の支柱根から 30 cm 上方に位置する主幹の直径($D_{RO.3}$)を対象とし、各プロットにつき 2 個体を測定した。林分密度は、各調査地点内の 3 箇所において林内方向に 2 m×2 m の調査区を設置し、その区画内に存在する主幹本数を計測することにより求めた。これらの測定値から平均値を算出し、既往研究で報告されている *Rhizophora*

属に対応した下記のアロメトリー式³⁵を用いて、1 本当たりの乾重量(kg/本)を推定した。推定された 1 本当たり乾重量に平均密度を乗じることで、単位面積当たりの乾重量(t/ha)に換算した。

$$W_s = 0.0394 (D_{Ro.3}^2 H)^{(0.966)}$$

- ・ W_s : 幹乾重量(kg)
- ・ $D_{Ro.3}$: Rhizophora 属における最高位の支柱根から 30 cm 上方で測定した幹直径(cm)
- ・ H : 樹高(m)
- ・0.0394, 0.966: アロメトリー式³⁵の回帰係数

4) 幹乾重量の推定結果

アロメトリー式により推定した各地点の主幹の乾重量を表 5-4 に示す。

表 5-4 アロメトリー式によって推定した各地点におけるマングローブの幹乾重量

植林後年数	平均樹高 (m)	平均直径 $D_{Ro.3}$ (cm)	平均密度 (本/ha)	幹乾重量 (kg/本)	幹乾重量 (t/ha)
5 年	1.500	1.280	38,333	0.094	3.600
12 年	2.200	1.675	297,500	0.229	68.008
30 年	5.450	4.615	45,000	3.891	175.084

推定の結果、植林 5 年地点では幹乾重量は 3.600 t/ha であったのに対し、12 年地点では 68.008 t/ha、30 年地点では 175.084 t/ha となり、植林後年数の増加に伴い単位面積当たりの幹乾重量は大きく増加していた。また、平均樹高および平均直径についても同様に年数の増加に伴う増大傾向が確認された。12 年地点では平均密度が特に高く、他地点と比較して高密度な林分構造を示していた。本地域では、波浪や災害による影響を軽減することを目的として、倒伏や流失に対する耐性を高めるため高密度での植林が実施されている。そのため、12 年地点における高密度な生育状況は、植林時の設計条件を反映した結果であると考えられる。一方、30 年地点では個体当たり幹乾重量が大きく、樹高および直径の増大が確認されたことから、長期的な成長の進行が示された。

以上の結果から、本調査地においては植林年数の経過に伴いマングローブ林の成長およびバイオマス蓄積が進行していることが確認された。

(2) バナコン島における調査で確認された種及び科と個体数

バナコン島における調査で確認された種及び個体数の一覧を表 5-5 に示す。バナコン島では 33 科(科未同定除く)、76 種(「sp.」は一種としてカウント)、3616 個体の生物が確認された。

³⁵ Pongparn et al. (2003). Site-independent allometric relationships for estimating above-ground weights of mangroves. Vol. 12: 147–158. Tropics

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

表 5-5 バナコン島における調査で確認された種の一覧(各地点 10 プロット分の合計)

科	種名	学名	満潮時調査				干潮時調査			
			植林 なし	植林 5 年	植林 12 年	植林 30 年	植林 なし	植林 5 年	植林 12 年	植林 30 年
アマオブネガイ科	ヒメカノコ	<i>Clithon oualaniense</i>	0	0	0	0	14	5	0	1
	<i>Neripteron siquijoreense</i>	<i>Neripteron siquijoreense</i>	0	0	0	0	4	0	0	0
	イトマキアマガイ	<i>Nerita balteata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
イガイ科	<i>Brachidontes pharaonis</i>	<i>Brachidontes pharaonis</i>	0	0	0	3	0	0	0	0
	チチュウカイスギヒバリ	<i>Brachidontes variabilis</i>	0	0	0	15	0	0	0	0
	ホンヒバリ	<i>Modiolus modiolus</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
イタボガキ科	ミナミマガキ	<i>Crassostrea bilineata</i>	0	96	306	697	0	0	0	0
イモガイ科	ショクコウミナシ	<i>Conus amadis</i>	1	0	0	0	0	2	0	1
	イモガイ科の一種	<i>Conus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
ウミナナ科	イボウミニナ	<i>Batillaria zonalis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
	オオヘナタリ	<i>Cerithidea obtusa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
オニノツノガイ科	<i>Cerithium alutaceum</i>	<i>Cerithium alutaceum</i>	0	0	0	0	0	2	0	0
	コゲツノブエ	<i>Cerithium coralium</i>	16	0	2	0	237	721	295	169
	メオトスジカニモリ	<i>Cerithium interstriatum</i>	0	0	0	0	0	0	33	0
	ゴマフカニモリ	<i>Cerithium punctatum</i>	0	0	0	0	0	0	4	0
	ハシナガツノブエ	<i>Cerithium rostratum</i>	0	0	0	0	1	0	1	1
	<i>Cerithium scabridum</i>	<i>Cerithium scabridum</i>	0	0	0	0	0	21	0	3
	ホソコオロギ	<i>Cerithium torresi</i>	0	0	0	0	0	0	47	0
	ヒメクワミノカニモリ	<i>Cerithium zonatum</i>	0	0	0	0	1	62	27	22

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

	ウミナカニモリ	<i>Clypeomorus batillariaeformis</i>	0	0	0	0	13	29	0	11
	カヤノミカニモリ	<i>Clypeomorus bifasciata</i>	0	0	5	0	17	31	22	0
	<i>Pseudovertagus aluco</i>	<i>Pseudovertagus aluco</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
	ヨコワカニモリ	<i>Rhinoclavis aspera</i>	0	0	0	0	10	6	1	0
	タケノコカニモリ	<i>Rhinoclavis vertagus</i>	0	3	0	0	0	0	0	0
	オニノツノガイ属の一種	<i>Cerithium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	9	0
	オニノツノガイ科の一種	<i>Cerithiidae</i> sp.	0	0	0	0	0	1	3	12
カワザンショウガイ科	<i>Metassiminea philippinica</i>	<i>Metassiminea philippinica</i>	0	0	0	0	1	0	1	0
クダマキガイ科	<i>Eucithara capillata</i>	<i>Eucithara capillata</i>	0	0	0	0	7	0	1	0
	カザリコトツブ	<i>Eucithara coronata</i>	0	0	0	0	0	2	0	1
	クダマキガイ科の一種	<i>Turridae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
サザエ科	ヒメカタベ	<i>Liotina semiclatratula</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
	テンジクカンス	<i>Peach Bolma</i>	0	0	0	0	3	0	0	0
ソデボラ科	オハグロガイ	<i>Canarium urceus</i>	1	1	0	0	0	1	0	0
タカラガイ科	<i>Naria poraria</i>	<i>Naria poraria</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
タマガイ科	ハウシュノタマ	<i>Notocochlis gualteriana</i>	1	0	0	0	0	2	0	0
タマキビガイ科	イロタマキビガイ	<i>Littoraria pallescens</i>	0	5	6	0	0	0	0	0
	ウズラタマキビガイ	<i>Littoraria scabra</i>	0	8	14	9	0	0	0	0
タマゴガイ科	カタカイコガイ	<i>Aliculastrum solidum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
ツキガイ科	カブラツキガイ	<i>Anodontia edentula</i>	0	0	0	0	19	3	8	13
トウガタガイ科	オオシイノミクチキレ	<i>Milda ventricosa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
	ネコノミクチキレ	<i>Otopleura auriscati</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
ニシキウズガイ科	<i>Clanculus ater</i>	<i>Clanculus ater</i>	0	0	0	0	1	0	0	0

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

	オオシモフリチグサ	<i>Jujubinus escondidus</i>	0	0	0	0	27	1	8	9
	インダタミ	<i>Monodonta confusa</i>	0	0	0	15	0	0	0	0
	サラサバテイ	<i>Rochia nilotica</i>	0	4	0	0	0	2	0	0
	マツカサウズ	<i>Tectus fenestratus</i>	19	2	4	0	4	1	4	2
	<i>Tegula regina</i>	<i>Tegula regina</i>	0	0	5	0	0	0	0	0
	ニシキウズガイ	<i>Trochus maculatus</i>	0	0	0	0	0	0	4	0
	ニシキウズガイ科の一種	<i>Trochidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
ニッコウガイ科	オオトゲウネガイ	<i>Quadrans gargadia</i>	0	0	0	0	2	0	0	0
	ニッコウガイ	<i>Tellinella virgata</i>	0	0	0	0	1	1	0	0
ヒメカタベガイ科	リュウキュウヒメカタベ	<i>Liotinaria peronii</i>	0	0	0	0	4	2	2	4
フデガイ科	<i>Roseomitra millepunctata</i>	<i>Roseomitra millepunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
フトコロガイ科	フトコロガイ	<i>Euplica scripta</i>	0	0	0	0	1	0	2	2
フネガイ科	リュウキュウサルボウガイ	<i>Anadara antiquata</i>	2	0	1	0	0	0	0	0
	クイチガイサルボウ	<i>Anadara inaequalis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	カリガネエガイ	<i>Barbatia virescens</i>	0	0	0	15	0	0	0	0
ヘコミツラガイ科	<i>Retusa striata</i>	<i>Retusa striata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
マクガイ科	<i>Isognomon isognomum</i>	<i>Isognomon isognomum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
マルスダレガイ科	バライロカガミ	<i>Dosinia subrosea</i>	0	0	0	0	0	6	0	1
	ホソスジイナミガイ	<i>Gafrarium pectinatum</i>	28	11	7	3	1	1	3	4
ミツクチキリオレ科	<i>Bouchettriphora confusa</i>	<i>Bouchettriphora confusa</i>	0	0	0	0	3	0	0	0
ミノムシガイ科	<i>Vexillum epiphaneum</i>	<i>Vexillum epiphaneum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
	シワミノムシ	<i>Vexillum rugosum</i>	0	0	0	0	19	0	8	2
	オトメミノムシ	<i>Vexillum virgo</i>	0	0	0	0	0	16	2	20

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

リソツボ科	<i>Sulcorissoina imbricata</i>	<i>Sulcorissoina imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	3	0
イワガニ科	<i>Metopograpsus oceanicus</i>	<i>Metopograpsus oceanicus</i>	0	0	10	14	0	0	1	0
コブシガニ科	フタメコブシ	<i>Leucosia craniolaris</i>	1	0	1	0	0	0	0	0
ワタリガニ科	タイワンガザミ	<i>Portunus pelagicus</i>	0	0	2	3	0	0	0	0
科未同定	フジツボ類の一種	<i>Cirripedia</i> sp.	0	17	0	1	0	0	0	0
科未同定	ヤドカリ類の一種	<i>Paguroidea</i> sp.	1	1	1	0	0	0	0	0
スピオ科	スピオ科多毛類の一種	<i>Spionidae</i> sp.	0	0	0	0	2	0	3	1
科未同定	多毛類の一種	<i>Polychaeta</i> sp.	0	0	0	0	6	1	2	11
カスリモジガイ科	<i>Archaster typicus</i>	<i>Archaster typicus</i>	3	0	1	0	0	0	0	0
科未同定	海綿類の一種	<i>Demospongiae</i> sp.	0	1	130	1	0	0	0	0
科未同定	腕足動物類の一種	<i>Brachiopod</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1

1) 満潮時調査

満潮時調査において個体数が多かった科は、イタボガキ科、海綿類の一種、ニシキウズガイ科であった(図 5-11)。イタボガキ科では、ミナミマガキが確認個体の大部分を占め、主に植林区でまとまった個体数が記録された。支柱根や主幹への付着が確認され、特に植林年数の大きい群ではそれらの発達に伴い、多数の個体が見られた。一部地点では数百個体規模で確認され、満潮時における主要な構成分類群の一つであった。海綿類の一種は、確認地点は限定的であったが、植林 12 年地点においてまとまった個体数が記録された。ニシキウズガイ科は複数種が確認され、各地点で継続的に出現した。種ごとの個体数は数個体から十数個体程度が中心であったが、科として合算すると一定の個体数を占めた。

2) 干潮時調査

干潮時調査において個体数が多かった科は、オニツノガイ科、ミノムシガイ科、ニシキウズガイ科であった(図 5-12、図 5-13)。オニツノガイ科では、コゲツノブエを中心に多数の個体が確認された。本種は全ての調査地点で確認され、いずれの地点でも 100 個体を超える記録があった。特に植林 12 年地点では 721 個体が確認され、本調査における最大個体数となった。また、植林 5 年では小型個体も多く確認された。なお、同科の他種についても複数種が出現した。ミノムシガイ科では、オトメミノムシなどが確認され、地点によっては十数個体規模で記録された。科として合算すると、干潮時調査において比較的高い個体数を示した。ニシキウズガイ科は、干潮時においても複数種が確認され、各地点で継続的に出現した。種ごとの個体数は数個体から十数個体程度が中心であったが、科として一定の個体数を占めた。

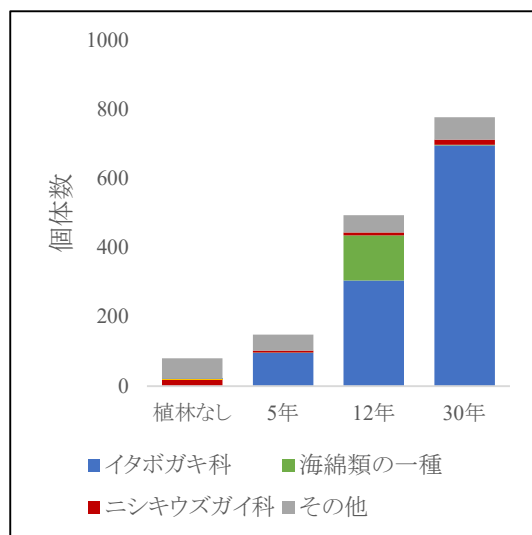


図 5-11 パナコン島の満潮時調査で確認された科ごとの個体数

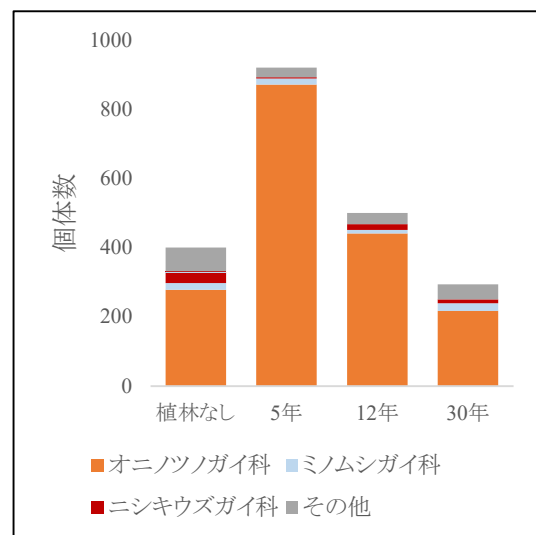


図 5-12 パナコン島の干潮時調査で確認された科ごとの個体数

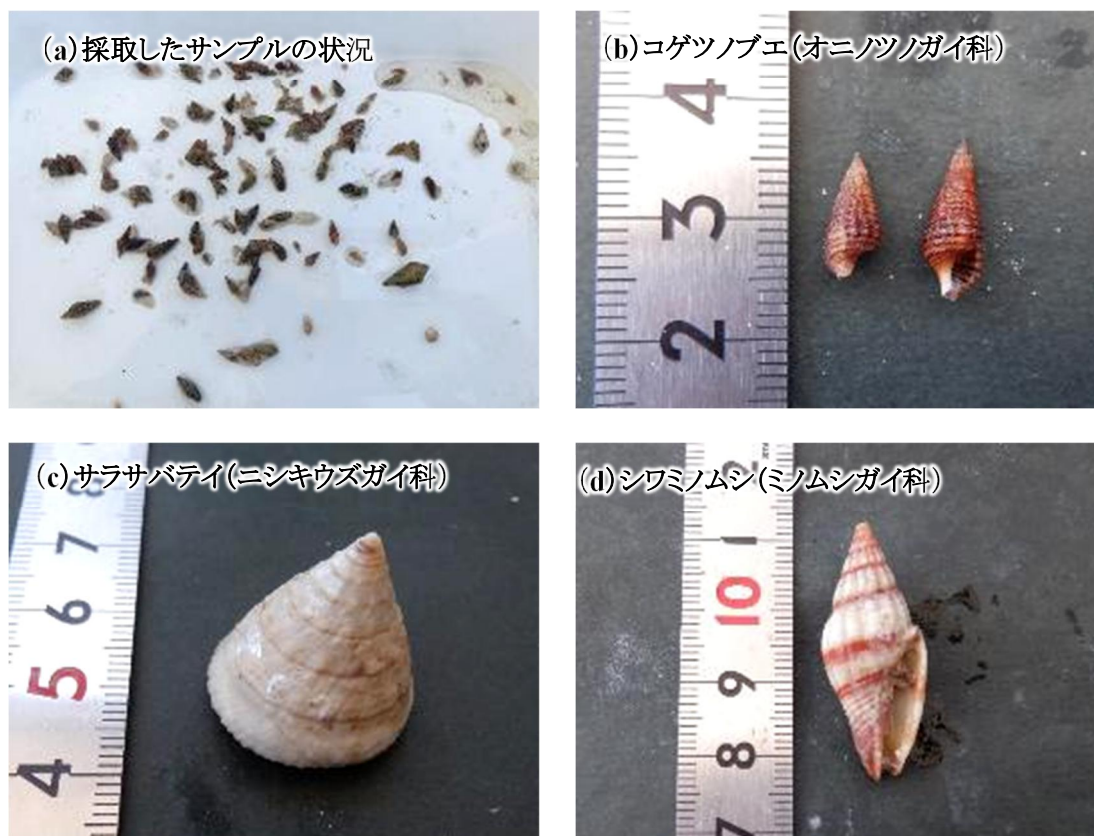


図 5-13 パナコン島の調査で確認された主な種

(3) 多様度指数(種・科)

マングローブ植林の効果を検証するにあたり、生物多様性の変化を定量的に評価することが重要である。多様性の評価においては、確認された種数の増減だけでなく、出現状況や優占状況(群集構造)の変化を把握する必要がある。例えば、植林年数の経過によって種数が増加したとしても、特定の種が強く優占する状態であれば、生態系機能や群集の安定性の観点からは必ずしも多様化が進んだとはいえない可能性がある。逆に、種数の増加が小さい場合でも、個体数の偏りが緩和され均等度が高まることで、多様な群集構造が生じている場合も考えられる。このような変化を把握するため、今回の調査では、生物多様性評価において一般的に広く用いられているシャノン多様度およびシンプソン多様度を用いて多様度を算出した。なお、シャノン多様度、シンプソン多様度の概要は下記のとおりである。

シャノン多様度 (H')	確認された種数の多さに加え、各種の個体数割合の均等さを評価する指標である。種数が多く、かつ各種がほぼ均等に出現している群集ほど高い値を示す。一方、特定の種が極端に優占している場合には値は低くなる。この指数は、種の豊富さと均等度の両面を総合的に反映するため、群集全体の多様性の把握に適している。
------------------	--

シンプソン多様度 (D)	群集内における優占種の影響をより強く反映する指標である。特定の種が高い割合を占める場合には多様度は低く評価され、複数種が分散して出現している場合には高く評価される。このため、群集の優占構造や偏りの程度を把握するのに有効である。
------------------	---

バナコン島における種ごとの調査データを用いて算出したシャノン多様度、シンプソン多様度を図 5-14～図 5-17 に示す。

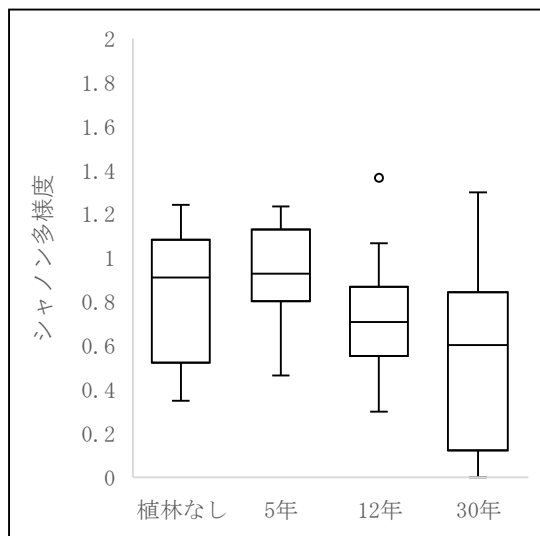


図 5-14 種のデータを用いて算出した
バナコン島満潮時調査のシャノン多様度

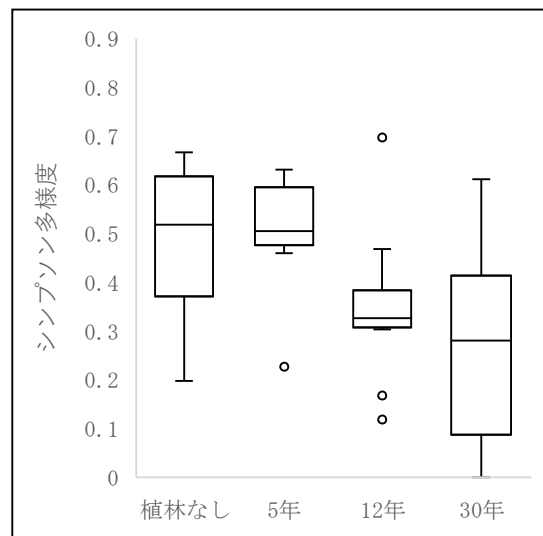


図 5-15 種のデータを用いて算出した
バナコン島満潮時調査のシンプソン多様度

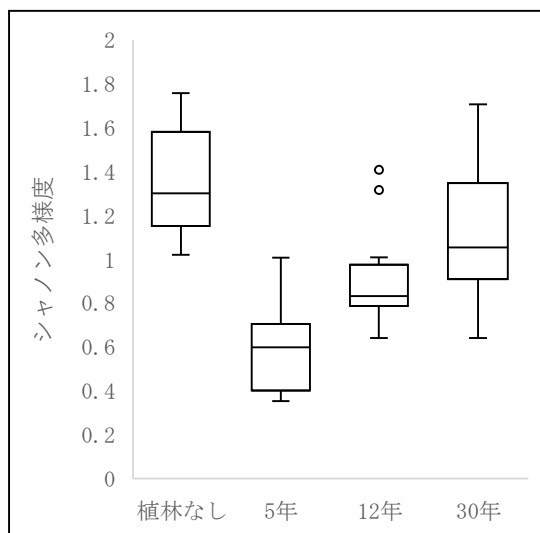


図 5-16 種のデータを用いて算出した
バナコン島干潮時調査のシャノン多様度

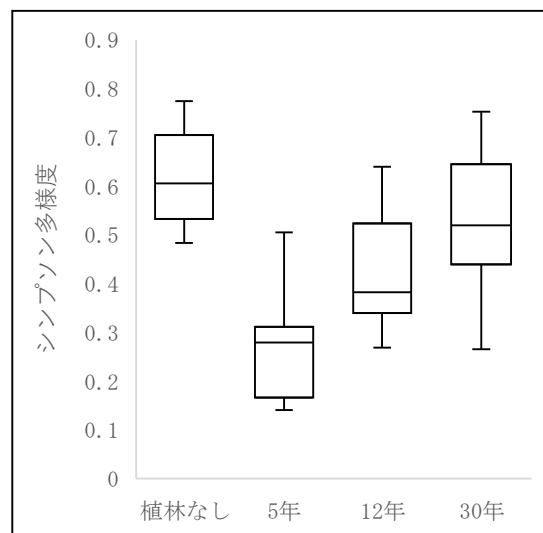


図 5-17 種のデータを用いて算出した
バナコン島干潮時調査のシンプソン多様度

満潮時調査では、植林なしから 5 年地点にかけて多様度の中央値はおおむね横ばいであった。一方で、5 年地点から 12 年地点、および 12 年地点から 30 年地点では多様度の中央値は減少する傾向がみられた。特に 30 年地点では、極端に低い値を示すプロットも確認された。とりわけシンプソン多様度では、30 年地点において他の群と比較して相対的に低い値が目立ち、優占種の影響が強まっている可能性が示唆された。

干潮時調査では、植林 5 年地点で多様度が一時的に低下する傾向がみられたものの、その後 12 年地点および 30 年地点では再び増加する傾向が認められた。特に 30 年地点では、シャノン多様度およびシンプソン多様度ともに全体として高い値を示すプロットが多く、植林なしの水準に近づく様子が確認された。このことから、干潮時調査では、植林初期に一時的な群集構造の変化が生じるものの、年数の経過に伴い多様度が回復または向上する方向性が示された。

満潮時調査では年数の経過に伴う明確な増加傾向はみられなかったのに対し、干潮時調査では長期的には多様度が上昇する傾向が確認された。これは、調査手法の違いによって確認される種や個体数の構成が異なることを反映しているものと考えられる。すなわち、調査手法の違いにより、群集変化のとらえ方が異なる可能性がある。

本調査では、群集構造の変化を把握するためにシャノン多様度およびシンプソン多様度を算出した。これらの多様度指数は、生物多様性評価において広く一般的に用いられる指標であり、種数のみでは把握できない「各種の出現割合」や「優占状況」を反映できる点で有用である。しかしながら、シャノン多様度およびシンプソン多様度のみを用いて植林効果を一義的に評価することには限界がある。これらの指数は多様性の情報を単一の数値に要約する指標であるため、「どのような種が増減したのか」「種の入替わりが生じているのか」といった種組成の具体的な変化までは把握することができない。また、植林効果の検証においては、多様性の量的変化だけでなく、「どのような種が存在しているか」という質的側面も重要である。底質環境の変化に伴って出現状況が変化する底生生物や、植生構造に依存する種の出現状況は、生態系機能の変化を示す重要な情報であるが、多様度指数のみでは十分に評価することはできない。以上より、シャノン多様度およびシンプソン多様度などの多様度指数は、群集構造の概略を把握するための有用な指標である一方、植林効果を総合的に評価するうえでは補助的な指標として位置づけることが適切であると考えられる。

(4) α ・ β ・ γ 多様性

生物多様性の評価においては、シャノン多様度やシンプソン多様度などの多様度指数が広く用いられている。これらは単一地点における種構成の複雑さを定量化する上で有効な指標である。しかし、これらの多様度指数のみでは、調査地全体の多様性が各地点の多様性の高さによって支えられているのか、あるいは地点間の種組成の違いによって成立しているのかを区別することができない。さらに、指数値の差を「何倍の多様性差がある」といった形で直感的に解釈することが難しいという課題もある。

このような理由から、多様性をより構造的かつ比較可能な形で捉えるためには、 α ・ β ・ γ 多様性(3 つの多様性)への分解や有効種数(Hill 数)に基づく整理を行うことが重要であると考えられる。こ

れにより、単一の指数値だけでは把握しにくい多様性の成り立ちや空間的な広がりや、多角的に理解することが可能となる。 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性の概要は下記のとおりである(表 5-6)。

表 5-6 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性の概要

α 多様性	各調査プロット内における局所的な種多様性を示すもので、「その場所にどれだけ多様な生物が生息しているか」を表している。
β 多様性	プロット間における種組成の違い、すなわち種の入れ替わりの程度を示すものである。各プロットの多様性が同程度であっても、種構成が大きく異なれば β 多様性は高くなる。
γ 多様性	複数の調査プロットを統合した地点全体における総合的な種多様性を示す。これは「対象地域全体としてどれだけ多様であるか」を表す。

また、有効種数では感度を調整するパラメータとして「q」を設定し、種の出現頻度の扱い方を変えることができる。「q」の値の概要は下記のとおりである(表 5-7)。

表 5-7 有効種数の感度を調整するパラメータ

q0	単純な種数に相当する。各種の個体数の多少は考慮せず、確認された種の数のみを評価するため、出現回数の少ない種も優占種も同等に扱われる。
q1	シャノン多様度に基づく有効種数に相当する。各種の個体数割合を考慮しつつ、出現回数の少ない種も一定程度反映する。種数と均等度の双方をバランスよく評価する指標である。
q2	シンプソン多様度に基づく有効種数に相当する。個体数の多い優占種の影響を強く受けるため、群集の優占構造を重視した評価となる。出現回数の少ない種の影響は比較的小さい。

これにより、多様性の違いを単一の指標に依存せず、「種数の違いによるものか」「均等度の違いによるものか」「優占構造の違いによるものか」といった観点から多角的に理解することが可能となる。

なお、本調査では、種レベルのデータに加え、科レベルに集約したデータについても同様に $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性を算出し、結果の比較を行った。その背景には、実務的な観点がある。種の同定には高度な専門知識や経験を要し、専門家の関与が不可欠となる場合が多い。一方で、本事業の目的の一つは、企業や地域コミュニティが自ら継続的に調査を実施し、その結果を評価できる体制の構築にある。そのため、より実施しやすい分類単位での評価手法の検討が重要である。科レベルであれば、種レベルと比較して同定が容易であり、分類に要する労力や時間の削減につながる。また、形態が類似する種が確認された場合には、種レベルでの同定にばらつきが生じる可能性がある。科レベルでの整理は、こうした調査者間の差異によるばらつきを緩和し、継続的なモニタリ

グにおけるデータの一貫性を担保する上でも有効であると考えた。そのため、本調査では、種レベルの詳細な解析に加えて、科レベルでの多様性指標の算出を行い、両者の傾向を比較することで、実務的な調査手法としての適用できるかを検討した。

算出した $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性のうち種のデータを使ったものを表 5-8 に、科のデータを使ったものを表 5-9 示す。

表 5-8 種のデータを用いて算出したバナコン島の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性

手法	年数	α 多様性			β 多様性			γ 多様性		
		q0	q1	q2	q0	q1	q2	q0	q1	q2
満潮時 調査	植林なし	2.94	2.28	1.93	4.43	2.58	2.21	13	5.88	4.25
	5 年	3.95	2.61	2.04	2.78	1.45	1.12	11	3.78	2.28
	12 年	4.67	1.86	1.41	3.21	1.73	1.57	15	3.22	2.21
	30 年	3.58	1.44	1.21	3.63	1.20	1.03	13	1.73	1.24
干潮時 調査	植林なし	5.95	1.83	1.37	4.37	1.51	1.18	26	2.77	1.62
	5 年	7.69	3.78	2.50	3.25	1.53	1.09	25	5.79	2.72
	12 年	7.36	2.44	1.67	4.48	2.39	1.64	33	5.84	2.74
	30 年	6.34	3.04	2.05	3.78	1.94	1.40	24	5.90	2.87

1) 満潮時調査

α 多様性(q0)は、植林なし地点の 2.94 から 12 年地点で 4.67 まで増加し、その後 30 年地点で 3.58 に低下した。種数としては植林後に一旦増加がみられたが、必ずしも単調増加ではないことが示された。一方、q1 および q2 は植林なし地点(q1=2.28、q2=1.93)から 5 年地点で一時的に上昇した後、12 年地点および 30 年地点で低下した。特に 30 年地点では q1=1.44、q2=1.21 と最も低く、均等度や優占構造の観点では単純化が進んでいる可能性が示唆された。

β 多様性は植林なし地点で比較的高く(q0=4.43)、5 年地点で低下した後、12 年地点および 30 年地点で再び上昇した。q1 および q2 では 5 年地点が最も低く、その後 12 年地点でやや上昇し、30 年地点で再び低下する傾向がみられた。特に q2 は植林なし地点で 2.21 と高く、30 年地点では 1.03 まで低下している。これは、長期経過地点においてプロット間の優占種構成が類似し、群集構造の収束が進んでいる可能性を示している。

γ 多様性は、q0 では 12 年地点で最大(15)となったが、q1 および q2 では植林なし地点が最も高い値(q1=5.88、q2=4.25)を示した。このことから、種数自体は植林後に一定の増加がみられるものの、均等度や優占構造の観点では必ずしも多様性が高まっているとは言えないことがわかる。

2) 干潮時調査

α 多様性(q0)は 5 年地点および 12 年地点で高く、植林なし地点および 30 年地点ではやや低い値を示した。一方、q2 は 5 年地点で最も高く、12 年地点で低下し、30 年地点で再び上昇した。

このことから、12 年地点では種数は多いものの、優占種への集中が比較的強い構造であることが示唆される。これに対し 5 年地点では、種数および優占種多様性の双方が高く、複数種が比較的均等に出現している群集構造であった。

β 多様性では、12 年地点で q_0 および q_2 の双方が高い値を示した。これは、種組成の違いだけでなく、優占種構成もプロット間で大きく異なっていることを意味している。一方、植林なし地点では q_0 は高いが q_2 は低く、種の顔ぶれは異なるものの、優占種は共通している構造であった。5 年地点では q_0 および q_2 ともに比較的低く、プロット間で種組成および優占構造が類似している状況が示された。

γ 多様性 (q_0) は 12 年地点で最大となった。一方、 q_2 は植林なし地点 (1.62) よりもすべての植林地地点で高い値を示し、特に 30 年地点で最も高かった (2.87)。このことから、種数が最も多い区分と優占種多様性が最も高い区分は一致しておらず、植林地地点では優占種が特定の少数種に強く集中するのではなく、複数種が比較的高い割合で出現している構造となっていることが示された。

3) 全体的な特徴

満潮時調査および干潮時調査の結果を総合すると、両手法により得られた多様性指標は、植林経過に伴う群集構造の変化をそれぞれ異なる側面から示していることが確認された。

満潮時調査では、植林後に α 多様性 (q_0) が一時的に増加するものの、 q_1 および q_2 は年数の経過とともに低下する傾向がみられた。また β 多様性 (特に q_2) が経年的に低下しており、プロット間で優占種構成が類似する方向の変化が確認された。一方、干潮時調査では、 α 多様性 (q_1 、 q_2) は地点間で変動し、5 年地点で相対的に低く、12 年地点および 30 年地点で高い値を示した。 β 多様性 (q_0) は比較的高い値を示しており、地点間での種組成の違いが一定程度維持されていることが示された。

このことから、本調査地においては、満潮時調査では植林年数の経過に伴い優占種構成の地点間差が縮小する方向の変化が確認されたのに対し、干潮時調査では、地点ごとに種数 (q_0) と優占種多様性 (q_2) の関係が異なり、地点間の構造差がより大きく表れる地点がみられた。同一地点であっても調査条件の違いにより、把握される群集構造の側面が異なる結果となった。

4) 種レベルと科レベルによる多様性指標の比較

種レベル (表 5-8) と科レベル (表 5-9) の結果を比較すると、植林年数に伴う多様度の増減の方向性は概ね共通しており、満潮時および干潮時のいずれにおいても、地点による相対的な高低関係は大きく変わらなかった。つまり、分類階級を科に統合しても、群集構造の変化の大枠は維持されていると考えられる。

一方で、科レベルでは分類単位が統合されることにより、 γ 多様性 (特に q_0) および β 多様性の値は種レベルより小さくなる傾向がみられた。例えば干潮時の 12 年地点では、種レベルの γ 多様性 (q_0) が 33 であったのに対し、科レベルでは 18 となっており、地点間の変動幅も相対的に縮小している。これは、同一科内での種の入れ替わりが科レベルでは区別されないためである。

q1 および q2 についても年数に伴う増減の方向性は概ね一致しており、科レベルの解析でも優占種構造を含む群集の大まかな変化を把握することは可能である。ただし、同一科での優占種の交代や希少種の増減といった詳細な群集構造の変化を評価する場合には、種レベルでの解析の方がより具体的な情報が得られることがわかった。

表 5-9 科のデータを用いて算出したバナコン島の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性

手法	年数	α 多様性			β 多様性			γ 多様性		
		q0	q1	q2	q0	q1	q2	q0	q1	q2
満潮時 調査	植林なし	2.94	2.28	1.93	4.09	2.46	2.16	12	5.60	4.16
	7 年	3.74	2.54	2.02	2.40	1.36	1.12	9	3.47	2.26
	25 年	4.59	1.85	1.41	2.62	1.66	1.57	12	3.07	2.20
	45 年	3.58	1.44	1.21	3.07	1.19	1.03	11	1.71	1.24
干潮時 調査	植林なし	4.10	1.30	1.11	3.66	1.07	1.00	15	1.38	1.11
	7 年	6.20	2.75	1.87	2.58	1.28	1.06	16	3.52	1.99
	25 年	5.36	1.64	1.27	3.36	1.16	1.02	18	1.91	1.29
	45 年	5.36	2.42	1.70	2.80	1.26	1.05	15	3.04	1.78

(5) 指標種の選定

種数や多様度指数の変化に加え、環境条件の変化に応答して個体数や出現状況が変動する「指標種」を抽出することで、マングローブ植林に伴う環境変化の方向性をより具体的に把握することができる。そこで本研究では、各植林年次を群とし、IndVal 法 (group-equalized IndVal) を用いて指標種を分析した。なお、指標種選定の手順は下記のとおりである (図 5-18)。

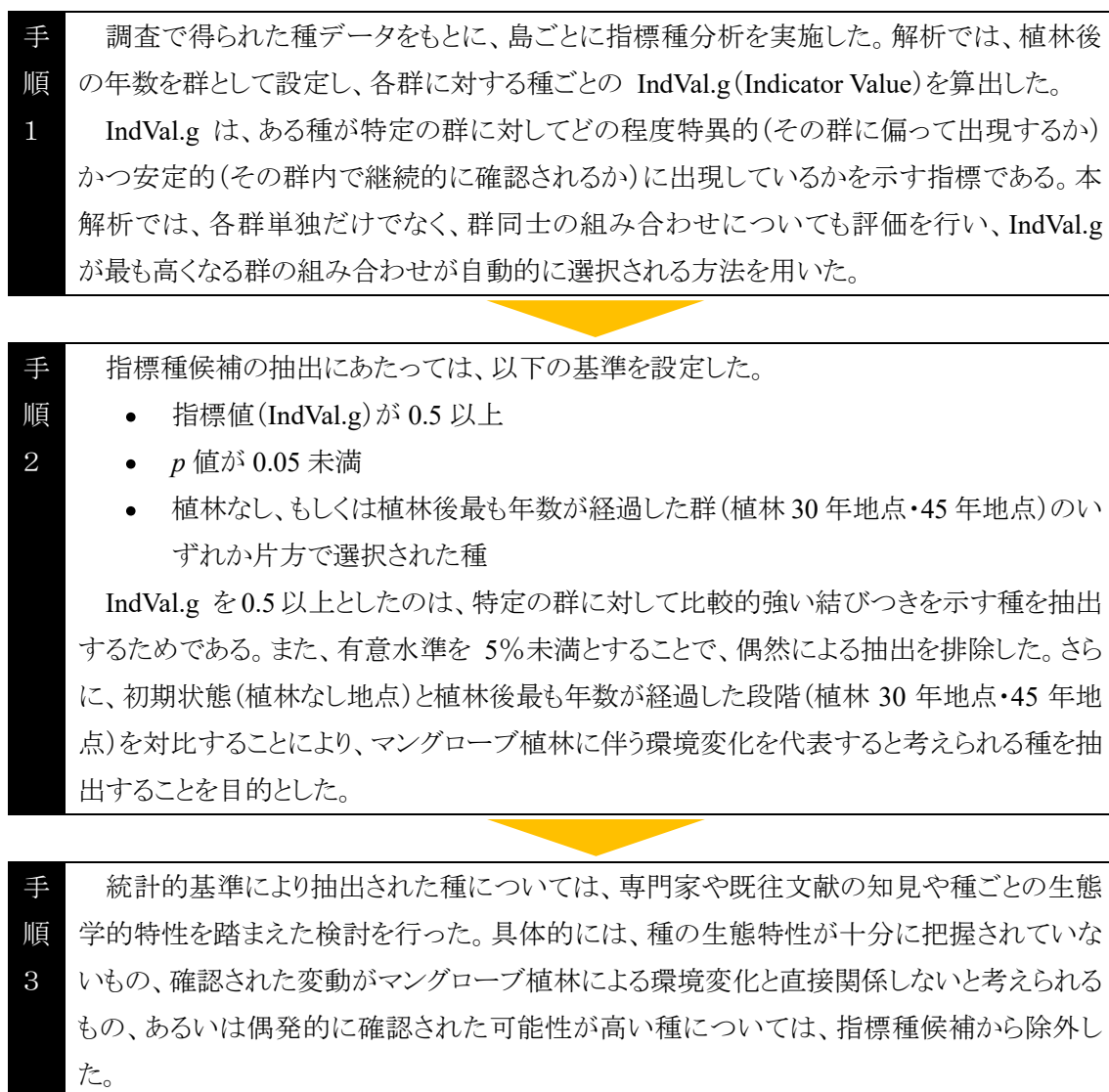


図 5-18 指標種選定の手順

上記の手法をもとに、マングローブ植林に伴う環境変化をより適切に反映する指標種の選定を行った。指標種の候補として Indval 法により抽出された種の一覧を表 5-10 に示す。表中の赤字は植林なし地点、植林 30 年地点を示しており、いずれか一方の群で指標種として選択されている種について、太字で示す。さらにこの中から専門家や既往文献の知見や種ごとの生態学的特性を踏まえて選定した指標種を着色 (赤色) した。

表 5-10 IndVal 法により抽出されたバナコン島調査地における指標種の候補の一覧

手法	種名	指標値	p 値	植林 なし	植林 5 年	植林 12 年	植林 30 年	生態学的特性
満潮時	ミナミマガキ	1.000	0.001	0	1	1	1	物理的な三次元空間を利用する種
	<i>Metopograpsus oceanicus</i>	0.866	0.001	0	0	1	1	物理的な三次元空間を利用する種
	海綿類の一種	0.769	0.002	0	0	1	0	
	フジツボ類の一種	0.753	0.002	0	1	0	0	
	マツカサウズ	0.729	0.004	1	0	0	0	環境(餌資源)の変化で変動する種
	ウズラタマキビガイ	0.707	0.025	0	1	1	1	物理的な三次元空間を利用する種
	サラサバテイ	0.632	0.012	0	1	0	0	
	イロタマキビガイ	0.592	0.034	0	1	1	0	物理的な三次元空間を利用する種
	カリガネエガイ	0.548	0.038	0	0	0	1	
干潮時	オトメミノムシ	0.843	0.001	0	1	0	1	
	オオシモフリチグサ	0.787	0.014	1	0	1	1	
	シワミノムシ	0.716	0.002	1	0	1	0	
	カヤノミカニモリ	0.683	0.031	1	1	1	0	環境(餌資源)の変化で変動する種
	<i>Eucithara capillata</i>	0.661	0.005	1	0	0	0	
	ヒメカノコ	0.616	0.034	1	1	0	0	環境(餌資源)の変化で変動する種
	ニシキウズガイ	0.548	0.041	0	0	1	0	
	メオトスジカニモリ	0.548	0.045	0	0	1	0	

※各地点における「0」または「1」の値は、指標値 (Indicator Value) が最大となる群の組み合わせを示している。「1」は当該地点(群)がその種の指標値を最大にする組み合わせとして選択されたことを示し、「0」は選択されていないことを示す。

植林なし地点において指標種として選定されたのは、満潮時調査ではマツカサウズ、干潮時調査ではカヤノミカニモリおよびヒメカノコであった。一方、植林 30 年地点における指標種は、ミナミマガキ、*Metopograpsus oceanicus* (イワガニ科の一種)、ウズラタマキビガイおよびイロタマキビガイであり、いずれも満潮時調査の結果に基づくものである。なお、イロタマキビガイは IndVal 法による解析では植林 30 年地点の指標種として抽出されなかった。本種は主に樹冠部の葉に生息する種であるが、植林 30 年地点では樹高が高く葉の調査が実施できなかったため、出現状況が過小評価された可能性がある。しかしながら、本種はマングローブ林の三次元構造を利用する特徴的な種であることから、本研究では補足的に指標種として加えた。

バナコン島の植林地はもともと砂地環境であり、マングローブ林の形成に伴い、以下のような環境変化が生じると考えられる。

- 波高や流速の低下
- 有機物の増加に伴う低酸素化
- 細粒堆積物の増加による底質の泥化
- 林冠形成による遮光環境の成立
- 支柱根や樹幹の発達による硬質基質の三次元化

植林なし地点で指標種として選定された 3 種はいずれも藻類を主要な餌資源とする種である^{36,37,38}。マングローブ植林に伴う林冠形成により日陰環境が拡大すると、付着藻類の生産量が減少する可能性がある。その結果、餌資源が豊富な開放的環境である植林なし地点において個体数が多くなり、指標種として抽出されたと考えられる。以上より、これらの種は「環境(特に餌資源)の変化に応答して変動する種」と位置づけられる。このうちマツカサウズについては水質悪化に対する耐性が弱い種であるとも報告されており³⁶、個体数の変動には餌資源のみならず水質変化も関与している可能性がある。また、カヤノミカニモリ、ヒメカノコともにマングローブでの確認事例は報告されているものの^{37,38}、カヤノミカニモリは場所によってはマングローブ林でも記録されている一方で、多く確認されるのは高潮間帯の開放環境であり、本研究の植林なし地点の環境特性と一致する。ヒメカノコはマングローブ周辺の砂州・干潟・泥面などの環境で局所的に多いとされる。本調査における植林なし地点もこれらの環境条件に該当することから、両種は環境変化を反映する指標種と考えられる。

植林 30 年地点において指標種として選定した 4 種はいずれも「物理的な三次元空間を利用する種」であった。別地域における既往研究では、イタボガキ科がマングローブの支柱根に付着するなど、マングローブ林の 3 次元構造を利用する種であることが報告されており³⁹、今回の調査でもイタボガキ科であるミナミマガキが支柱根に付着している様子が確認された(図 5-19)。*Metopograpsus oceanicus*を含むイワガニ科の一部は、マングローブ林内で樹幹や支柱根に登る生活史を持つことが知られており⁴⁰、本調査でも同様の行動が観察された。さらに、ウズラタマキビガイおよびイロタマキビガイを含むタマキビガイ科は、樹幹や支柱根などの垂直基質を利用する樹上性(登攀性)腹足類であり⁴¹、これらの基質上の付着藻類を摂食する種である。今回の調査でも主幹や支柱根への登攀が確認された(図 5-20)。これらの種はいずれもフィ国および東南アジア地域のマングローブ林で一般的に確認される種であり、マングローブ林の成長に伴う環境変化を反映する指標種として適切であると考えられる。とりわけ、これらはマングローブ林の成立・発達に伴

³⁶ Watson, G et al. (2018). A comparison of survivorship and function (grazing and behaviour) of three gastropod species used as clean-up crew for the marine aquarium trade. PLOS ONE, 13(6): e0199516

³⁷ GBIF Secretariat. *Clypeomorus bifasciata* (G.B. Sowerby II, 1855). GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.org/species/4609086> (参照: 2026 年 2 月 21 日)

³⁸ GBIF Secretariat. *Clithon ovalaniense* (Lesson, 1831). GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.org/species/165517140> (参照: 2026 年 2 月 21 日)

³⁹ Chacin, D.H et al. (2025). Red mangrove (*Rhizophora mangle*) roots serve as additional valuable habitat for the eastern oyster (*Crassostrea virginica*) in a subtropical estuary. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 583: 152083.

⁴⁰ Fratini, S, et al. (2005). Tree-climbing mangrove crabs: a case of convergent evolution. Evolutionary Ecology Research, 7: 219–233.

⁴¹ Alfaro, A.C. (2008). Diet of *Littoraria scabra*, while vertically migrating on mangrove trees: Gut content, fatty acid, and stable isotope analyses. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 79(4): 718–726.

って形成される物理的三次元構造を利用する種群であることから、植林 30 年地点の環境特性を直接的に示す指標種であると解釈できる。



図 5-19 支柱根に付着するミナミマガキ



図 5-20 主幹を移動するウズラタマキビガイ

(6) 環境モニタリング(土壌硬度・土壌粒度の組成)

マングローブ林において、生物多様性と土壌硬度との関係を直接検討した事例はほとんど報告されていない。一方で、干潟を対象とした既往研究では、底生生物の分布が土壌硬度(貫入抵抗値)によって一定程度説明できることが報告されている⁴²。このことから、底質の物理的特性は底生生物の生息環境を規定する重要な要因の一つであると考えられる。そこで本調査では、植林年数の違いに伴う環境変化を把握する情報の一つとして、各調査プロットにおいて土壌硬度の計測を行った。

土壌硬度の測定には、山中式平面型土壌硬度計を用いた。本来、本機器は干出した土壌に対して測定を行うことを想定しているが、生物種の調査を実施したプロットはいずれも干出ししない場所であったため、今回は水面下の地表面において測定を実施した。なお、この使用法は本来の測定条件とは異なるものである点に留意する必要がある。測定は、干潮時調査を実施した各プロット周辺において行い、1プロットにつき7か所で計測した。

得られた土壌硬度データについては、植林年数の違いによる分布特性の差を検討するため、植林年数ごとに群間比較を行った。まず、各群の土壌硬度の中央値の差を検討するため、ノンパラメトリック多重比較法である Dunn 検定を実施した。さらに、群間のばらつきの違いを検討するため、各群中央値からの絶対偏差を算出し、これを目的変数として同様に Dunn 検定を行った。なお、 p 値の補正には Holm 法を適用した。解析の結果を図 に示す。

⁴² 上田ほか (2003) . 貫入抵抗値を用いた簡便的な干潟底生生物調査地点の選定手法に関する基礎的研究. 海岸工学論文集, 50: 1056–1060.

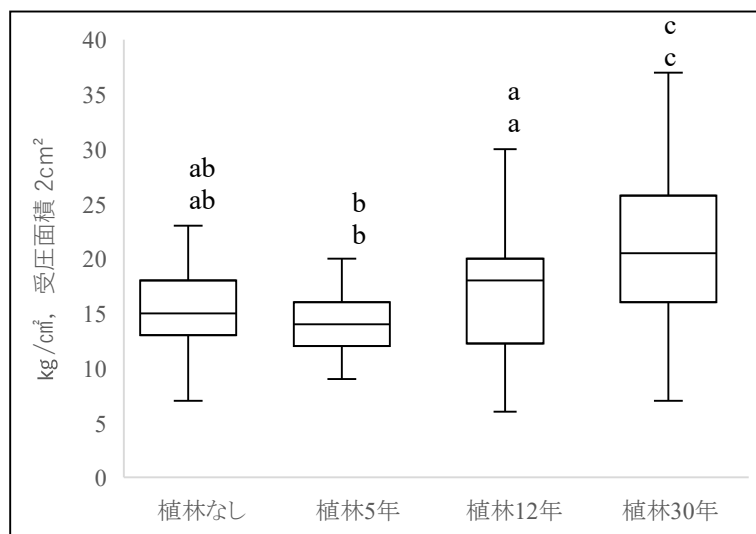


図 5-21 バナコン島の調査地点における土壌硬度、異なる記号は群間に有意差があることを示す ($p < 0.05$)、上の記号は中央値、下の記号はばらつきの差を示す。

解析の結果。土壌硬度の中央値およびばらつきのいずれにおいても植林年数区分間で有意差が認められた。中央値は植林 30 年区で最も高く、植林 5 年区で最も低かった。植林 12 年区は植林 5 年区より有意に高かったが、植林なし区との間には有意差は認められなかった。植林なし区は統計的に複数の群と差がみられない中間的な位置づけであった。ばらつきについても同様の群構造が確認された。

1) 土壌粒度の組成

マングローブ林内では、支柱根による摩擦抵抗により潮流が減衰することが知られている。その結果、潮汐に伴って林内へ流入した細かな土砂は堆積しやすくなり、林内に保持される。この細粒分の堆積は、林内の生息環境を変化させ、底生生物群の構成に影響を与える可能性がある。既往研究では、複雑な支柱根構造を形成する *Rhizophora* 属は、単幹性の種と比較して堆積機能が高いことが指摘されている⁴³。今回の調査地であるバナコン島における植林地では *Rhizophora* 属が導入されていることから、林分の発達に伴い細粒分の堆積が促進され、土壌粒径組成における細粒分の重量割合が増加することが想定された。

この仮説を検証するため、バナコン島の調査地において土壌粒径組成の分析を行った。土壌試料は、内径 2.1 cm、長さ 30 cm のステンレス製パイプを用いて約 100 cm³を採取し、各調査地点につき 3 箇所ずつ採取した。採取した試料は乾燥処理後、5 段階の篩を用いて粒径別に分級し、各篩上に残留した土壌の乾燥重量を測定した。なお、土壌粒度の組成は、各地点における 3 試料の平均値として算出した。各地点における土壌粒度の組成の平均を図 5-22 に示す。

⁴³ Furukawa, K. and Wolanski, E. (1996). Sedimentation in mangrove forests. *Mangroves and Salt Marshes*, 1: 3–10.

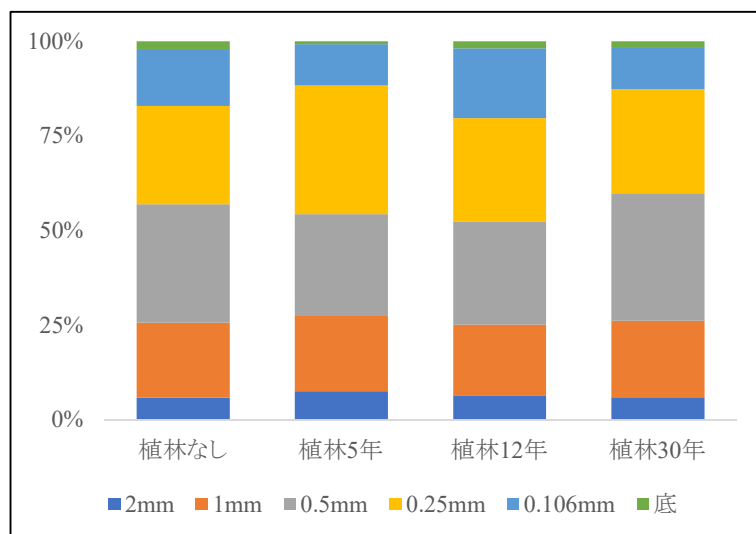


図 5-22 バナコン島の調査地点における土壌粒度の組成(平均)

調査の結果、林齢間で土壌粒度に顕著な差異は認められなかった。この要因としては、植林パッチの面積が比較的小規模であったことにより泥質化が十分に進行しなかったこと、調査地が島嶼部から離れた位置にあり細粒土壌の供給が限定的であったことが考えられる。

4.2 バナコン島:カネパッケージ調査地(個体サイズを考慮した調査)

(1) 調査の背景と目的

8 月にバナコン島で実施した干潮時調査において、同一種であっても小型個体が多数確認される地点と、そうでない地点が認められた。特定種の個体数が極めて多い場合、サンプル収集時に視認性の高い個体へ注意が集中し、他種個体、特に小型個体を見落とす可能性がある。このことから、個体サイズ構成や種組成の偏りに起因するサンプリングバイアスが懸念された。8 月調査では 12 メッシュ(目開き約 1.5 mm)の篩のみを使用していたため、当該バイアスを軽減する手法の有効性を検証することを目的として、メッシュサイズの異なる篩を併用し、個体サイズごとに分離してサンプリングを行う方法を検討した。

(2) 調査方法

本調査(10 月調査)は、8 月調査を実施した地点と同一地点で実施することとし、バナコン島の植林なし地点および植林 5 年地点の 2 地点で実施した。なお、植林 5 年地点は 8 月調査においてオニノツノガイ科の小型個体が多数確認され、個体数も他地点と比較して多かった地点である。調査プロット数は 8 月調査と同じ、各地点 10 か所である。各プロットでは、直径 15 cm、深さ 30 cm のコアサンプラーを用いて底質を採取し、篩により土壌を除去した後、残渣の中の底生生物をピックアップし、種と個体数を記録した。8 月調査はピックアップを 15 分×2 名で実施していたことから、10 月調査においても合計作業時間が同等(計 15 分×2 名)になるよう設定し、1 サンプルあたりの

ピックアップ時間を統一した条件下で比較可能な設計とした。8 月調査と 10 月調査の調査手法の違いの詳細を下記及び図 5-23 に示す。

【8 月調査】

- ・ 12 メッシュ(目開き約 1.5 mm)の篩のみを用いて土壌を除去
- ・ 残渣について、2 名×15 分間ピックアップを実施

【10 月調査】

- ・ 12 メッシュに加えて 9 メッシュ(目開き約 3 mm)の篩を追加し、二段階に重ねて土壌を除去
- ・ 残渣について、9 メッシュ:2 名×5 分間、12 メッシュ:2 名×10 分間の条件(合計:2 名×15 分)でピックアップを実施



図 5-23 8 月と 10 月における調査手法の概要

サンプリングバイアスの検証は、8 月調査と 10 月調査で記録された種を比較することにより行った。小型個体が多数含まれる場合、視認性の高い個体に注意が集中し、小型個体の検出が相対的に低下する可能性があることを踏まえ、本報告では「10 月調査において、12 メッシュのみに出現し、9 メッシュでは確認されなかった種」を「確認困難種」として定義し、両調査間で出現状況を比較した。なお、確認困難種の定義は個体サイズそのものを直接示すものではなく、本調査条件下における「検出されにくさ」を示す操作的分類である。

(3) 2 種類の篩を用いた調査結果

地点単位で集計した結果、8 月調査における出現個体数は植林なしで 462 個体、植林 5 年で 940 個体であった(表 5-11)。このうち確認困難種の個体数は、それぞれ 17 個体、6 個体であり、

確認困難種の割合は植林なしで 3.7%、植林 5 年で 0.6%であった(表 5-11)。10 月調査では、出現個体数は植林なしで 306 個体、植林 5 年で 659 個体であった(表 5-11)。このうち確認困難種の個体数は植林なしで 45 個体、植林 5 年で 26 個体であり、確認困難種の割合は植林なしで 14.7%、植林 5 年で 3.9%であった(表 5-11)。確認困難種の個体数割合は、両地点とも 8 月から 10 月にかけて増加し、植林なし地点では 3.7%から 14.7%、植林 5 年地点では 0.6%から 3.9%へと増加した。

表 5-11 個体サイズのバイアス未考慮の 8 月調査と考慮した 10 月調査における
出現個体数および確認困難種の出現状況

	植林なし	植林 5 年
8 月調査で出現した個体数	462	940
8 月調査で出現した確認困難種の個体数	17	6
8 月調査における確認困難種の割合	3.7%	0.6%
10 月調査で出現した個体数	306	659
10 月調査で出現した確認困難種の個体数	45	26
10 月調査における確認困難種の割合	14.7%	3.9%

1) 出現種数と確認困難種数

出現種数は、8 月調査では植林なしで 25 種、植林 5 年で 26 種であった(表 5-12)。一方、10 月調査では植林なしで 38 種、植林 5 年で 24 種であり、総種数の変化量(10 月-8 月)は植林なしで 13 種の増加、植林 5 年で 2 種の減少であった(表 5-12)。確認困難種数は、8 月調査では両地点とも 2 種であった(表 5-12)。10 月調査では植林なしで 13 種、植林 5 年で 5 種となり、確認困難種数の変化量(10 月-8 月)は植林なしで 11 種の増加、植林 5 年で 3 種の増加であった(表 5-12)。総種数の増減は地点によって異なる一方で、確認困難種数は両地点で増加し、特に植林なし地点で顕著であった。

表 5-12 個体サイズバイアスの補正有無による出現種数および確認困難種数の比較

	植林なし	植林 5 年
8 月調査で出現した種数	25 種	26 種
8 月調査で出現した確認困難種の種数	2 種	2 種
10 月調査で出現した種数	38 種	24 種
10 月調査で出現した確認困難種の種数	13 種	5 種
Δ 種数の変化(10 月-8 月)	13 種	-2 種
Δ 確認困難種の変化(10 月-8 月)	11 種	3 種

4.3 アルマー島：ハロハロ調査地

(1) 調査地

1) 調査地の概要

本調査地はアルマー島の沿岸域に位置しており、底質は泥質である。なお、調査地周辺では河川の流入は確認されていないが、風雨による侵食によって島から細粒の土砂が供給されるため、沿岸部に泥質の底質が形成されていると考えられる。

植林は島に近い側から外側に向けて、一定面積の区画ごとに段階的に実施されており、島側ほど植林年数の古い林分が分布している。植林年数の古いマングローブ林の周辺では、特に泥の堆積が顕著であった。台風や高潮等により植林木が被害を受けた場合には、適宜補植が実施されている。アルマー島における植林樹種は複数存在するが、本調査の対象とした林分はいずれも *Rhizophora stylosa* による単一群落である。

2) 調査区分の設定

調査は、「植林なし」「植林 7 年」「植林 25 年」「植林 45 年」の 4 区分で実施した。各植林パッチの面積は、「植林 7 年」および「植林 25 年」地点では概ね 0.1 ha 程度であり、「植林 45 年」地点は既存のマングローブ林に接続している。「植林なし」地点については、各植林年数地点から 50～100 m 程度離れた植林木の存在しない周辺において、2～3 プロットを設置しサンプルを採取した。

調査条件を統一するため、バナコン島と同様に、干潮時においても水深が 20 cm 未満まで低下するものの干出しない地点を調査対象とした(図 5-24)。

(a) 植林なし



(b) 植林 7 年



(c) 植林 25 年



(d) 植林 45 年



図 5-24 調査を実施したアルマー島の地点の概況写真

3) マングローブ林の成長量の測定方法および幹乾重量の推定結果

幹乾重量の算出方法はバナコン島と同様とした。アロメトリー式により推定した各地点の幹乾重量を表 5-13 に示す。

表 5-13 アロメトリー式によって推定した各地点におけるマングローブの幹乾重量

植林後年数	平均樹高 (m)	平均直径 $D_{RO.3}$ (cm)	平均密度 (本/ha)	幹乾重量 (kg/本)	幹乾重量 (t/ha)
7 年	1.629	1.393	26,667	0.120	3.192
25 年	3.429	4.907	5,000	2.800	13.998
45 年	4.000	5.743	5,833	4.403	25.683

推定の結果、7年地点では幹乾重量は3.192 t/haであったのに対し、25年地点では13.998 t/ha、45年地点では25.683 t/haとなり、植林後年数の増加に伴い単位面積当たりの幹乾重量は増加する傾向が確認された。平均樹高および平均直径についても同様に年数の増加に伴う増大傾向が認められた。

以上の結果から、アルマー島においても植林年数の経過に伴うマングローブ林の成長およびバイオマス蓄積の進行が確認された。

(2) 調査で確認された種及び科と個体数

アルマー島における調査で確認された種及び個体数の一覧を表 5-14 に示す。アルマー島では33科(科未同定除く)、62種(「sp.」は一種としてカウント)、777個体の生物が確認された(表 5-14)。

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

表 5-14 アルマー島における調査で確認された種の一覧(各地点 7 プロット分の合計)

科	種名	学名	満潮時調査				干潮時調査			
			植林 なし	植林 7 年	植林 25 年	植林 45 年	植林 なし	植林 7 年	植林 25 年	植林 45 年
アッキガイ科	クリイロバショウ	<i>Chicoreus capucinus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	ヨウラクレイシダマシ	<i>Murichorda fiscellum</i>	0	0	4	0	0	0	0	1
アマオブネガイ科	<i>Nerita olivaria</i>	<i>Nerita olivaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
	ニシキアマオブネ	<i>Nerita polita</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
イタボガキ科	ミナミマガキ	<i>Crassostrea bilineata</i>	0	4	80	26	0	0	0	0
イトマキボラ科	<i>Polygona infundibulum</i>	<i>Polygona infundibulum</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
ウミナナ科	センニンガイ	<i>Telescopium telescopium</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
オキニシ科	ミヤコボラ属の一種	<i>Bufo sp.</i>	0	0	0	4	0	0	0	0
オニツノガイ科	コゲツノブエ	<i>Cerithium coralium</i>	4	0	11	6	16	6	17	25
	スコビニフォームカニモリ	<i>Cerithium scobiniforme</i>	0	0	0	0	17	0	0	0
	ホソコオロギ	<i>Cerithium torresi</i>	0	0	0	0	2	0	0	0
	ウミナナカニモリ	<i>Clypeomorus batillariaeformis</i>	0	7	0	0	0	0	0	0
	カヤノミカニモリ	<i>Clypeomorus bifasciata</i>	0	0	0	0	10	55	0	2
	ミツカドカニモリ	<i>Clypeomorus pellucida</i>	0	0	1	5	0	0	10	4
	イワカニモリ	<i>Clypeomorus purpurastoma</i>	0	0	0	0	0	0	1	8
	ヨコワカニモリ	<i>Rhinoclavis aspera</i>	0	0	0	0	0	23	0	0
	キクザルガイ科	<i>Chama limbula</i>	0	10	0	0	0	0	0	0
	キバウミナナ科	<i>Cerithidea cingulata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Pirenella cingulata</i>	<i>Pirenella cingulata</i>	0	0	0	0	20	0	37	31

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

	<i>Pirenella incisa</i>	<i>Pirenella incisa</i>	0	0	0	0	1	0	16	4
クダマキガイ科	<i>Eucithara capillata</i>	<i>Eucithara capillata</i>	0	0	0	0	0	3	0	0
	<i>Eucithara monochoria</i>	<i>Eucithara monochoria</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	クリイロコトツブ	<i>Eucithara novaehollandiae</i>	0	0	0	0	2	0	0	2
	ヒサゴコウシツブ	<i>Pseudodaphnella philippinensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
サザエ科	スガイ	<i>Lunella coronata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
シジミ科	リュウキュウヒルギシジミ	<i>Geloina expansa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
ソデボラ科	フトスジムカシタモト	<i>Canarium labiatum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
	オハグロガイ	<i>Canarium urceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	3
タマキビガイ科	イロタマキビガイ	<i>Littoraria pallescens</i>	0	1	12	25	0	0	0	0
	ウズラタマキビガイ	<i>Littoraria scabra</i>	0	5	24	37	0	0	0	0
ツキガイ科	カブラツキガイ	<i>Anodontia edentula</i>	0	0	0	0	1	3	0	1
トウガタガイ科	ネコノミクチキレ	<i>Otopleura auriscati</i>	0	0	0	0	3	0	0	0
ニシキウズガイ科	インダタミ	<i>Monodonta confusa</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
	マツカサウズ	<i>Tectus fenestratus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
ニッコウガイ科	ニッコウガイ	<i>Tellinella virgata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
ネズミノテガイ科	モグラノテ	<i>Plicatula muricata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
ハボウキガイ科	クロタイラギ	<i>Atrina vexillum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
フトコロガイ科	チビムギガイ	<i>Mitrella moleculina</i>	1	0	0	0	1	2	15	5
	ミソラフトコロ	<i>Pictocolumbella ocellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Zafrona isomella</i>	<i>Zafrona isomella</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
フネガイ科	リュウキュウサルボウガイ	<i>Anadara antiquata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0
	クイチガイサルボウ	<i>Anadara inaequivalvis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0

5 章 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

マクガイ科	マクガイ	<i>Isognomon ehippium</i>	1	0	0	13	0	0	0	0
マルスダレガイ科	ホソスジイナミガイ	<i>Gafrarium pectinatum</i>	0	0	10	17	0	0	2	1
ミノムシガイ科	ハマヅトガイ	<i>Vexillum exasperatum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Vexillum macandrewi</i>	<i>Vexillum macandrewi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
	シワミノムシ	<i>Vexillum rugosum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Vexillum turriger</i>	<i>Vexillum turriger</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
	オトメミノムシ	<i>Vexillum virgo</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
スナガニ科	フタハオサガニ	<i>Macrophthalmus convexus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
ワタリガニ科	タイワンガザミ	<i>Portunus pelagicus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
	アミメノコギリガザミ	<i>Scylla serrata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
科未同定	フジツボ類の一種	<i>Cirripecta</i> sp.	0	21	0	0	0	0	0	0
科未同定	ヨコエビ類の一種	<i>Gammaridea</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0
科未同定	ヤドカリ類の一種	<i>Paguroidea</i> sp.	5	16	1	7	0	0	0	1
イトゴカイ科	イトゴカイ科の一種	<i>Capitellidae</i> sp.	0	0	0	0	3	0	0	0
スピオ科	スピオ科多毛類の一種	<i>Spionidae</i> sp.	0	0	0	0	5	4	0	0
タケフシゴカイ科	タケフシゴカイ科の一種	<i>Maldanidae</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0
科未同定	多毛類の一種	<i>Polychaeta</i> sp.	0	0	0	0	8	9	1	2
ウオビル科	ウオビル科の一種	<i>Piscicolidae</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0
リネウス科	リネウス科の一種	<i>Lineus</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0	0
スジホシムシ科	スジホシムシ科の一種	<i>Sipunculidae</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0

1) 満潮時調査

満潮時調査において比較的個体数が多かった科は、イタボガキ科、タマキビガイ科、オニノツノガイ科であった(図 5-25)。イタボガキ科では、ミナミマガキが確認個体の大部分を占め、特に植林 25 年で 80 個体、植林 45 年で 26 個体が確認された。植林なしでは確認されなかった。タマキビガイ科では、ウズラタマキビガイが植林 25 年で 24 個体、植林 45 年で 37 個体確認された。また、イロタマキビガイも植林 25 年で 12 個体、植林 45 年で 25 個体確認された。いずれも植林後の年数が経過した地点でまとまった個体数が記録された。オニノツノガイ科では、コゲツノブエが植林なしおよび植林後の年数が経過した地点で確認され、植林なしで 4 個体、植林 25 年で 11 個体、植林 45 年で 6 個体確認された。その他の種は少数であった。その他の科については、概ね数個体程度の確認にとどまった。

2) 干潮時調査

干潮時調査において比較的個体数が多かった科は、オニノツノガイ科、キバウミニナ科、フトコロガイ科であった(図 5-26)。オニノツノガイ科では、コゲツノブエが全ての調査地点で確認され、植林なしで 16 個体、植林 7 年で 6 個体、植林 25 年で 17 個体、植林 45 年で 25 個体が確認された。また、*Clypeomorus bifasciata* が植林 7 年で 55 個体確認された。その他の同科種も複数確認された。キバウミニナ科では、*Pirenella cingulata* が植林 25 年で 37 個体、植林 45 年で 31 個体確認された。*Pirenella incisa* も植林 25 年で 16 個体確認された。フトコロガイ科では、*Mitrella molculina* が植林 25 年で 15 個体確認された。多毛類については、植林なしおよび植林 7 年で複数個体が確認されたが、いずれも少数であった。

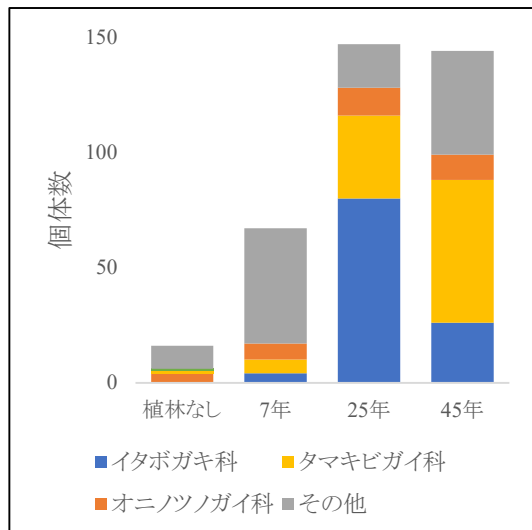


図 5-25 アルマー島の満潮時調査で確認された科ごとの個体数

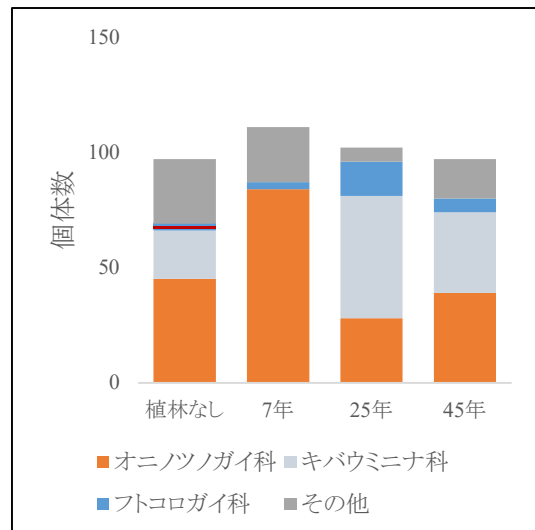


図 5-26 アルマー島の干潮時調査で確認された科ごとの個体数

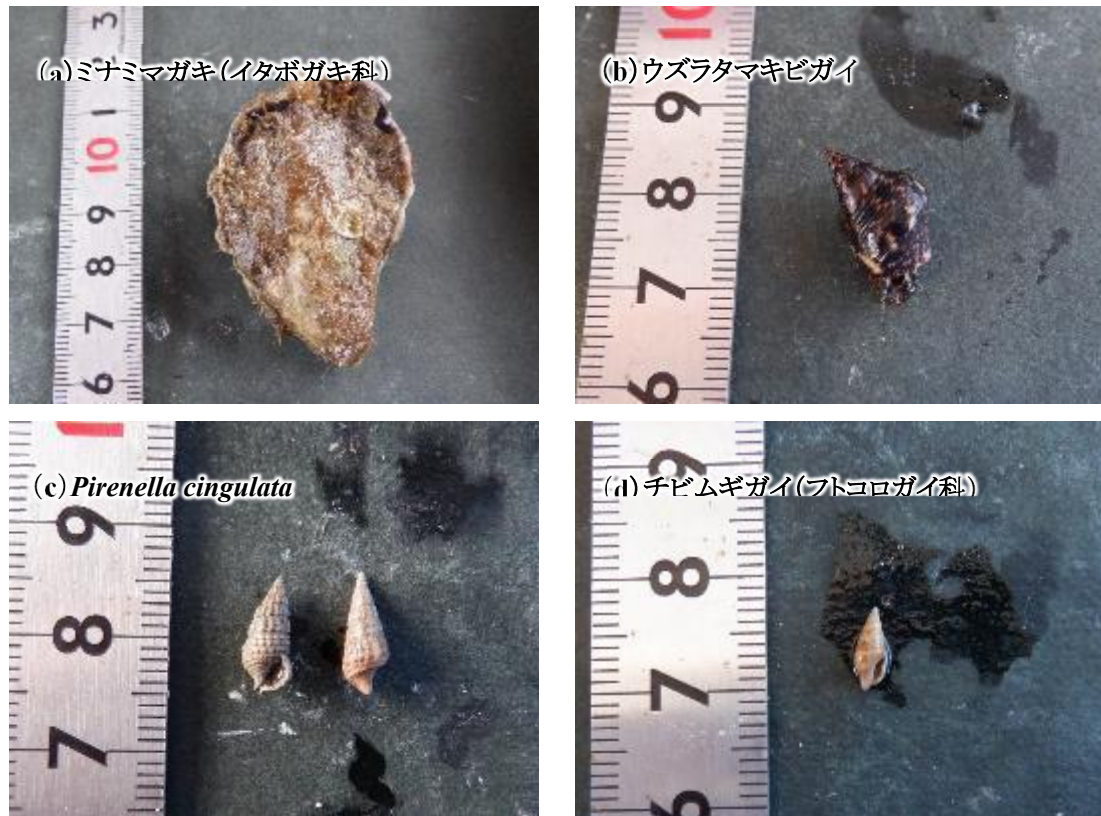


図 5-27 アルマー島の調査で確認された主な種

(3) 多様度指数

アルマー島においてもバナコン島と同様にシャノン多様度指数およびシンプソン多様度指数を算出した(図 5-28～図 5-31)。

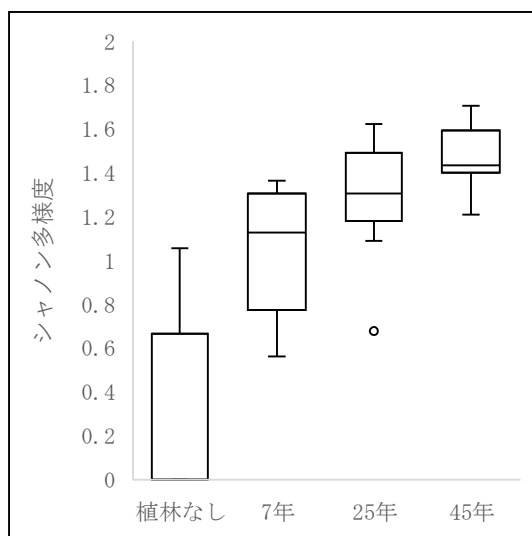


図 5-28 種のデータを用いて算出したアルマー島満潮時調査のシャノン多様度

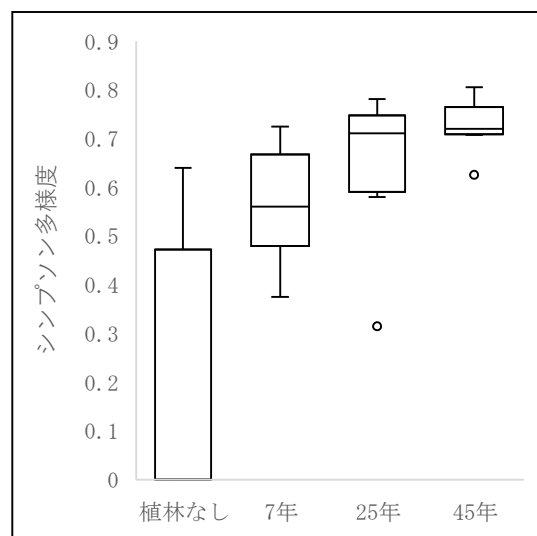


図 5-29 種のデータを用いて算出したアルマー島満潮時調査のシンプソン多様度

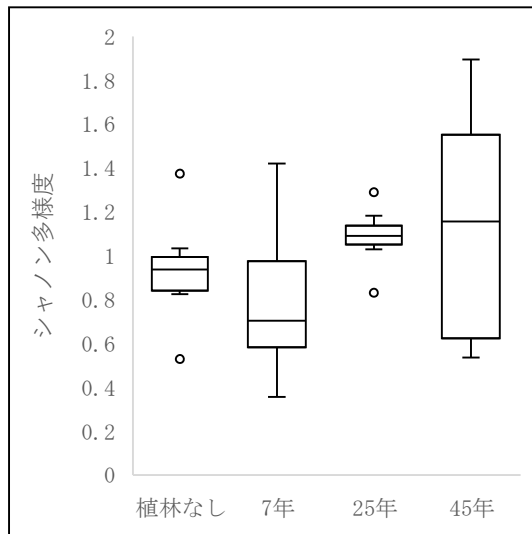


図 5-30 種のデータを用いて算出した
アルマー島干潮時調査のシャノン多様度

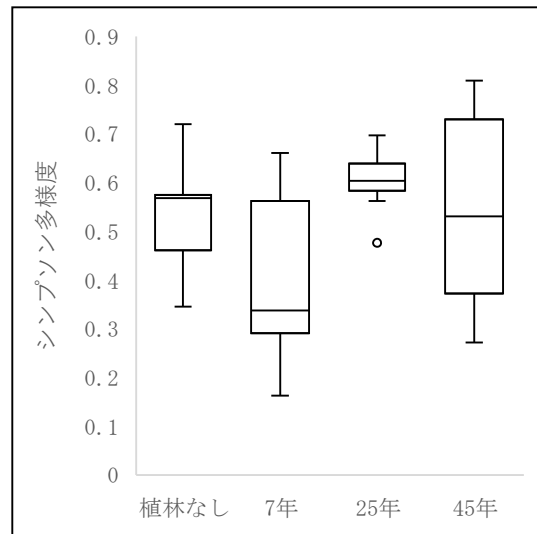


図 5-31 種のデータを用いて算出した
アルマー島干潮時調査のシンプソン多様度

アルマー島における結果では、シャノン多様度とシンプソン多様度の間で大きく異なる傾向は認められず、両指数は概ね同様の変化パターンを示した。満潮時調査では植林年数の増加に伴い多様度が高まる傾向がみられ、45年地点では高い値を示すプロットが多かった。

一方、干潮時調査では多様度のばらつきが大きい地点があり、特に7年地点や45年地点で高低の幅が広い値が確認された。そのため、植林年数の経過に伴う明確な増加あるいは減少傾向を一概に示すことは難しい状況である。年数による変化よりも、地点間・プロット間の変動の影響(空間的な影響)が大きいと考えられる。

これらの結果から、アルマー島ではシャノン多様度とシンプソン多様度の間で顕著に異なる動向はみられなかったが、特に干潮時調査では値のばらつきが大きく、植林年数による多様度変化を明確に断定できる段階にはないと考えられる。

(4) $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性

アルマー島においてもバナコン島と同様の手法により、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性(3つの多様性)を算出した。算出した $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性のうち種のデータを使ったものを表 5-15 に、科のデータを使ったものを表 5-16 に示す。

表 5-15 種のデータを用いて算出したアルマー島の α ・ β ・ γ 多様性

手法	年数	α 多様性			β 多様性			γ 多様性		
		q0	q1	q2	q0	q1	q2	q0	q1	q2
満潮時 調査	植林なし	2.25	2.04	1.86	3.11	2.81	2.59	7	5.74	4.80
	7 年	4.28	3.13	2.49	2.33	2.01	2.02	10	6.29	5.04
	25 年	5.19	3.10	2.25	2.12	1.45	1.31	11	4.48	2.93
	45 年	5.42	4.11	3.40	2.40	1.92	1.87	13	7.89	6.36
干潮時 調査	植林なし	3.73	2.69	2.22	4.83	3.84	3.46	18	10.32	7.71
	7 年	3.83	2.09	1.59	3.66	2.56	2.08	14	5.35	3.32
	25 年	3.75	3.03	2.60	2.94	1.94	1.78	11	5.87	4.63
	45 年	6.05	3.67	2.51	3.47	2.46	2.16	21	9.04	5.41

1) 満潮時調査

α 多様性 (q0) は、植林なし地点で 2.25 であったのに対し、7 年地点では 4.28 へと増加し、その後 25 年地点 (5.19)、45 年地点 (5.42) へと推移した。q2 についても、植林なし地点の 1.86 から 45 年地点の 3.40 へと高くなっている。ただし、25 年地点では 2.25 とやや低い値を示しており、種数 (q0) の変化と必ずしも同様の経過をたどっているわけではない。

β 多様性 (q0) は、植林なし地点で 3.11 と比較的高い値を示し、25 年地点で 2.12 まで低下した後、45 年地点では 2.40 となった。q2 においても同様に、植林なし地点 (2.59) から 25 年地点 (1.31) へ低下し、45 年地点で 1.87 へと推移している。植林なし地点から中期段階にかけてはプロット間の差異が小さくなる方向の変化がみられ、45 年地点ではプロット間の差異が再び大きくなっている。

γ 多様性 (q0) は、植林なし地点の 7 から 45 年地点の 13 へと増加しており、地点全体でみた種数は林齢の進行に伴い多くなった。

2) 干潮時調査

α 多様性 (q0) は、植林なし地点 (3.73) から 7 年地点 (3.83)、25 年地点 (3.75) までは概ね同程度で推移し、45 年地点で 6.05 となった。植林なし地点から 25 年地点までは大きな差はみられず、45 年地点で高い値を示している。q2 は、植林なし地点の 2.22 から 7 年地点で 1.59 へ低下し、25 年地点で 2.60 へ上昇した後、45 年地点で 2.51 となった。45 年地点では q0 は増加しているが、q2 は植林なし地点と同程度の範囲にあり、種数の増加がそのまま均等度の上昇に結びついているわけではないことがうかがえる。

β 多様性では、q0 は植林なし地点で 4.83 と最も高く、25 年地点で 2.94 へ低下し、45 年地点で 3.47 となった。q2 も植林なし地点の 3.46 から 25 年地点の 1.78 へ低下し、45 年地点で 2.16 となった。q2 が 25 年地点で低い値を示していることから、この地点ではプロット間で優占種構成が比較的類似している状況であったと考えられる。一方、45 年地点では q2 がやや高くなっており、優占種構成のばらつきが一定程度みられる状態に戻っていることが示唆される。

γ 多様性 (q0) は、植林なし地点で 18、25 年地点で 11 へ低下し、45 年地点で 21 となった。q2 も

植林なし地点の 7.71 から 25 年地点の 4.63 へ低下し、45 年地点で 5.41 となった。 q_2 が 25 年地点で低下していることは、地点全体としてみた際に優占種への集中が相対的に強まっていた可能性を示している。一方、45 年地点では q_0 の増加に加えて q_2 も上昇しており、種数の増加とともに優占構造の偏りがやや緩和している状況がうかがえる。

3) 全体的な特徴

植林なし地点から 45 年地点までの経過を総合すると、本調査地では α 多様性 (q_0) は増加したが、その過程は調査条件により異なっていた。

満潮時調査では、 α 多様性 (q_0) および γ 多様性 (q_0) は植林なし地点から 45 年地点にかけて概ね増加した。一方、 β 多様性 (特に q_2) は植林なし地点から 25 年地点にかけて低下しており、この期間ではプロット間の優占種構成が比較的類似していたと考えられる。45 年地点では β 多様性の q_2 がやや上昇している。これに対し干潮時調査では、 α 多様性 (q_0) は 45 年地点で増加するものの、植林なし地点から 25 年地点までは大きな変化はみられなかった。また、 γ 多様性 (q_0) は 25 年地点で一旦低下し、45 年地点で増加している。 β 多様性 (q_2) も 25 年地点で低く、この地点では優占種構成が比較的類似していた状況がうかがえる。

以上の結果より、本調査地では植林経過に伴い種数の増加はみられるものの、優占構造や地点間差の変化は一方向ではなく、調査条件によって異なる側面が強調されることが示された。したがって、多様性の変化は単に種数の増減のみでは把握できず、優占種構成および空間的なばらつきを併せて評価する必要があると考えられる。

4) 種レベルと科レベルによる多様性指標の比較

種レベル (表 5-15) と科レベル (表 5-16) を比較すると、全体的な傾向は概ね一致していた。例えば、満潮時・干潮時ともに α 多様性 (q_0) は 45 年地点で高い値を示しており、 β 多様性 (q_2) は植林なし地点から 25 年地点にかけて低下する区分がみられるなど、地点間の相対的な傾向は両レベルで大きな違いはみられなかった。 γ 多様性 (q_0) についても、干潮時 45 年地点では種レベルで 21、科レベルで 15 と値そのものは異なるものの、植林なし地点より高いという傾向は一致している。このことから、分類階級を科に統合した場合でも、植林経過に伴う多様性変化の大枠は把握可能であると考えられる。

一方で、科レベルでは同一科内の種の入替わりは区別されないため、 γ 多様性や β 多様性の値は種レベルより小さくなり、地点間の変動幅も相対的に縮小する傾向がみられた。しかし、 q_1 および q_2 を含めた指標の増減の方向性は概ね一致しており、優占種構造や地点間差の変化についても大まかな傾向は共有されている。

以上より、本調査の範囲では、科レベルの整理においても植林経過に伴う多様性変化の傾向を把握することは可能である。一方で、同一科内での種の入替わりや特定種の動態を評価するためには、種レベルでの解析がより適していると考えられる。

表 5-16 科のデータを用いて算出したアルマー島の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性

手法	年数	α 多様性			β 多様性			γ 多様性		
		q0	q1	q2	q0	q1	q2	q0	q1	q2
満潮時 調査	植林なし	2.25	2.04	1.86	2.67	2.51	2.43	6	5.12	4.50
	7 年	4.28	3.13	2.49	2.10	1.93	2.00	9	6.04	4.98
	25 年	4.00	2.63	2.05	2.25	1.42	1.32	9	3.75	2.71
	45 年	4.81	3.35	2.56	2.29	1.67	1.57	11	5.60	4.01
干潮時 調査	植林なし	3.39	2.46	2.02	4.13	2.27	1.72	14	5.58	3.49
	7 年	3.71	2.06	1.59	2.96	1.37	1.08	11	2.83	1.71
	25 年	3.30	2.59	2.21	2.42	1.33	1.23	8	3.44	2.72
	45 年	5.08	2.97	2.15	2.95	1.73	1.56	15	5.15	3.35

(5) 指標種の選定

アルマー島においてもバナコン島と同様に IndVal 法を用いて統計的に指標種の候補を抽出したのち、専門家や既往文献の知見や種ごとの生態学的特性を踏まえた検討により指標種を選定した。

指標種の候補として IndVal 法により抽出された種の一覧を表 5-10 に示す。表中の赤枠は植林なし地点、植林 45 年地点を示しており、いずれか一方の群で指標種として選択されている種について、太字で示す。さらにこの中から専門家や既往文献の知見や種ごとの生態学的特性を踏まえて選定した指標種を着色(赤色)した。

表 5-17 IndVal 法により抽出されたアルマー島調査地における指標種の候補の一覧

手法	種名	指標値	p 値	植林 なし	植林 7 年	植林 25 年	植林 45 年	生態学的特性
満潮時	ミナミマガキ	0.982	0.001	0	0	1	1	物理的な三次元空間を利用する種
	ウズラタマキビガイ	0.961	0.001	0	0	1	1	物理的な三次元空間を利用する種
	<i>Chama limbula</i>	0.926	0.001	0	1	0	0	
	フジツボ類の一種	0.845	0.002	0	1	0	0	
	ホソスジイナミガイ	0.845	0.003	0	0	1	1	
	イロタマキビガイ	0.834	0.011	0	0	1	1	物理的な三次元空間を利用する種
干潮時	<i>Pirenella cingulata</i>	0.787	0.024	1	0	1	1	
	カヤノミカニモリ	0.685	0.029	0	1	0	0	
	<i>Eucithara capillata</i>	0.655	0.048	0	1	0	0	

※各地点における「0」または「1」の値は、指標値(Indicator Value)が最大となる群の組み合わせを示している。「1」は当該地点(群)がその種の指標値を最大にする組み合わせとして選択されたことを示し、「0」は選択されていないことを示す。

植林なし地点において指標種として選定された種は無かった。一方、植林 30 年地点における指標種は、ミナミマガキ、ウズラタマキビガイおよびイロタマキビガイであり、いずれも満潮時調査の結果に基づくものである。植林 30 年地点において指標種として選定した 3 種はいずれもバナコン島においても指標種として選定されているものであり、いずれも「物理的な三次元空間を利用する種」である。

(6) 環境モニタリング(土壌硬度)

アルマー島も、バナコン島と同様に、生物種の調査を実施したプロットはいずれも干出しない場所であったため、土壌硬度は水面下の地表面において測定を実施した。なお、この使用方法是本来の測定条件とは異なるものである点に留意する必要がある。

各プロットにつき 7 か所で土壌硬度を測定した。こちらも

得られたデータについては、異なる植林年数間の差を検討するため、中央値の差および中央値からの絶対偏差に基づくばらつきの差を対象として Dunn 検定 (Holm 法による多重比較補正) を実施した。解析の結果を図 5-32 に示す。

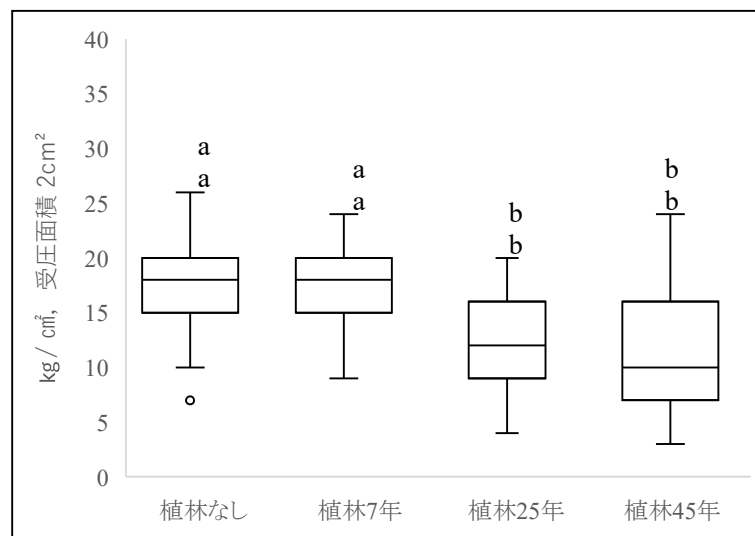


図 5-32 アルマー島の調査地点における土壌硬度
異なる記号は群間に有意差があることを示す ($p < 0.05$)。
上の記号は中央値、下の記号はばらつきの差を示す。

解析の結果、土壌硬度の中央値、ばらつきのいずれにおいても、植林年数間で有意差が確認された。植林なし区と植林 7 年区の間、植林 25 年区と植林 45 年区の間では、有意差は認められなかった。一方、前者(植林なし・植林 7 年)と後者(植林 25 年・植林 45 年)の間には有意差が認められた。ばらつきについても同様の結果であった。

4.4 生物多様性調査結果についての考察

(1) バナコン島の植林地とアルマー島の植林地の比較

本調査では、砂質基盤を有するバナコン島と、泥質基盤を有するアルマー島の2地点において、生物多様性の比較を行った。両島とも植林年数の経過に伴い幹乾重量は増加しており、林分構造の発達が確認された。一方で、生物多様性の変化は両島で必ずしも一致しなかった。

バナコン島では、干潮時調査において植林5年地点で多様度が一時的に低下し、その後回復・増加する傾向が確認された。一方、満潮時調査では植林年数の増加に伴い優占種の影響が強まり、均等度が低下する傾向がみられた。これは、支柱根や主幹の発達に伴い、特定の付着生物が優占化した可能性を示唆する。これに対しアルマー島では、満潮時において植林年数の経過とともに α 多様性および γ 多様性が増加する傾向が明瞭に確認された。特にタマキビガイ科やイタボガキ科の増加は、マングローブ林の三次元構造の発達を反映していると考えられる。

このように、植林の効果は「年数」のみならず、底質条件や立地環境との相互作用の中で発現することが示唆された。

(2) 個体サイズのバイアスについて

8月調査では、12メッシュ(目開き約1.5mm)の篩のみを用いてサンプリングを実施した。その結果、バナコン島干潮時調査において、オニツノガイ科が一部地点で700個体を超えて出現するなど、特定種が著しく優占する状況が確認された。この地点では小型個体も多数含まれており、このような条件下では視認性の高い個体への注意が集中しやすく、他種、特に小型種の検出効率が低下する可能性がある。さらに、群集構造が特定種に偏る場合、多様度指数(特にシンプソン指数)は優占種の影響を強く受け、指数値が低く算出されることで、生物多様性の評価が適切に行えない可能性がある。

10月調査では、9メッシュ(約3mm)の篩を併用し、視認性の高い大型個体を事前に分離したうえで、12メッシュ残渣のピックアップを行った。その結果、確認困難種の割合および種数はいずれの地点でも増加した。特に植林なし地点では、確認困難種数が8月の2種から10月には13種へと増加しており、小型種(幼体を含む)の検出が改善された可能性が高い。これらの結果は、9メッシュを併用することで12メッシュにおける小型個体への探索効率が相対的に向上し、従来見落とされやすかった種の検出が改善されたことを示唆する。

総種数の変化は地点によって異なり、植林なし地点では増加した一方、植林5年地点では減少した。このことから、確認困難種の増加は単純な総種数の増減ではなく、検出されにくい分類群が相対的に把握されるようになったことを反映していると考えられる。また、確認困難種の増加量が植林なし地点で大きかった点については、群集構造や優占種の違いにより、手法の効果の現れ方が異なった可能性がある。

なお、本調査では8月と10月で調査時期が異なるため、分類群の出現には季節的変動が含まれる可能性がある。また、地点内の複数箇所で採取しているものの、各採取箇所の個体数が少ない場合には、偶発的な出現・不出現や空間的ばらつきの影響を受ける可能性がある。そのため、種組成の差異が季節要因と調査手法の違いのいずれに起因するかを厳密に切り分けることは困難である。一方で、両調査とも1サンプルあたりの作業時間を15分×2名に統一しており、努力量

の差は限定的である。これらを踏まえると、メッシュサイズの異なる 2 種類の篩を併用する手法は、小型個体の検出確率を高め、群集構造をより網羅的に把握するうえで有効であると考えられる。

(3) 生物多様性の評価について

1) シャノン指数およびシン普森指数などの多様度指数による評価

本調査では、群集構造の変化を把握するためにシャノン多様度指数およびシン普森多様度指数を算出した。これらの指数は、単なる種数ではなく各種の出現割合や優占状況を反映できる点に特徴がある。種数が同程度であっても、特定種が優占している群集と、各種が均等に出現している群集とを区別することが可能であり、群集の均等度や優占構造を定量的に把握できる点で有用である。

一方で、多様度指数は群集の状態を単一の数値に要約する指標であるため、種組成の具体的な変化までは把握できないという限界がある。例えば、「どのような種が増減したのか」「種の入れ替わりが生じているのか」といった質的变化は指数値から直接読み取ることはできない。また、地域全体で確認された種数 (γ 多様性) や地点間の種組成の違い (β 多様性) など、多様度指数のみでは評価できない。さらに、指数値は優占種の出現状況やプロット間のばらつきの影響を受けるため、値の増減が必ずしも生態系の機能的改善や劣化を直接示すとは限らない。実際に、本調査においても指数値の変化傾向は調査手法や地点ごとのばらつきの影響を受けており、指数のみから植林効果を判断することは困難であった。

これらの結果から、多様度指数は群集構造の概略や優占状況を把握するための基礎的な指標として有用である一方、生物多様性を総合的に評価するうえでは他の解析結果を補完する指標として位置づけることが適切であると考えられる。

2) α ・ β ・ γ 多様性の分解による評価

本調査では、多様度指数による評価に加え、群集構造の変化をより多面的に把握するために、 α ・ β ・ γ 多様性への分解を行った。これにより、多様性を単一の指標値としてではなく、「局所 (プロット)」「プロット間」「地点全体」という異なる空間スケールで整理することが可能となった。

特に β 多様性は、植林の進行に伴い群集構造が均質化しているのか、それとも空間的な異質性が維持・拡大しているのかを判断するうえで重要である。本調査の満潮時調査では、長期植林区において β 多様性が低下する傾向が確認され、地点間の種組成がより類似する方向へ変化している可能性が示唆された。これは、林齢の進行に伴い環境条件が安定化し、特定の群集構造へと収束している可能性を示している。一方で、 β 多様性の変化は必ずしも多様性の増減と一致するものではなく、 α 多様性や γ 多様性との関係を併せて解釈することが重要である。例えば、 α 多様性が高く β 多様性が低い場合、各プロットで確認される種数は多いものの、種組成が類似している状態であり、群集が空間的に均質化している可能性を示す。一方、 α 多様性が低く β 多様性が高い場合には、各プロット内の種数は少ないものの、プロット間で種組成が大きく異なっている状態であり、群集構造が地点依存的であることを意味する。

本調査においても、 α 多様性が相対的に低い一方で β 多様性が高い地点が確認された。このような状態は、各プロットが限られた種によって構成されつつも、その構成種が空間的に大きく異なる

ことを示している。これは、環境条件の不均一性や微地形の違いなどの影響を強く受けている可能性があり、群集構造が安定化していない段階にあることを示唆する。また、特定のプロットに依存した種構成となっている場合、局所的な環境変化や攪乱に対して群集全体が影響を受けやすい可能性があり、空間的なレジリエンスが必ずしも高い状態とはいえない。したがって、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ の 3 つの多様性を併せて評価することで、単なる種数の多寡だけでは把握できない群集の安定性や空間構造の特性を読み取ることが可能となる。

3) 生物多様性の評価における指標種の意義

多様度指数や $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性の分解により、群集の量的な変化や構造を把握することは可能である。しかし、これらの指標はいずれも群集全体を数値化したものであり、「どのような種が増減したのか」という構成種の質的变化までは直接的に示すものではない。生物多様性を評価するうえでは、多様性の大小のみならず、群集を構成する種の生態的特性や機能的役割の変化を把握することが重要である。特に本調査のバナコン島では、砂地環境がマングローブ林へと転換する過程を対象としており、単に種数が増減したかどうかだけでなく、「どのような環境に適応した種が増減しているのか」という質的变化を評価する必要がある。アルマー島においても、植林の有無や林齢の違いにより、生息環境の構造や底質条件が変化している可能性があり、それに応じて群集構成種の性質が変化していると考えられる。このような背景を踏まえて、本調査で指標種を抽出し、植林の有無や成長段階(林齢)と強く関連する種を整理した。その結果、抽出された指標種は大きく二つのタイプに分類された。開放的な砂地環境を好む種(植林なし地点の指標種)と、マングローブ林の成長に伴う三次元的構造を利用する種(植林後長期間が経過した地点の指標種)である。これらの結果は、マングローブ植林が光環境の変化や物理的構造の発達を通じて生息環境を改変し、それに応答する種群が入れ替わっていることを示唆している。指標種の増減を追跡することは、生物多様性の量的変化のみならず、群集の質的变化や環境変化の方向性を把握する上で有効であると考ええる。

4) 原生的マングローブとの比較

本調査地はいずれも植林地であり、原生的なマングローブ林を対照区として直接比較したものではない。そのため、生物多様性の水準を原生林と定量的に比較することはできない。しかしながら、フィ国および東南アジア諸国における既往研究と照合すると、本調査で確認された種の多くは、マングローブ林を特徴づける底生生物であり、植林地においても一定程度、マングローブ特有の群集が成立していることが示唆される。一方で、既往研究ではしばしば報告される種の中には、本調査地でほとんど確認されなかった分類群も存在する。その一例がシジミ科(例:*Geloina expansa*)である。アルマー島では 45 年地点で 1 個体のみ確認されるにとどまり、安定的な個体群が成立しているとは言い難い状況であった。この要因としては、底質条件がシジミ科の生息に十分適していない可能性、またシジミ科の多くが汽水環境に依存することを踏まえると、調査地周辺に明瞭な河川流入が存在しないことが影響している可能性が考えられる。さらに、周辺に当該種の安定した個体群が存在しない場合、幼生供給源が限定され、定着機会が少ないことも一因と考えられる。これらの状況を踏まえると、本調査地の植林地は林分構造としては成長しているものの、種組成の観点

からみると、原生的なマングローブ林と同等の群集構造が完全に再現されている段階には至っていない可能性がある。植林による構造的回復と、生態系機能を担う種群の回復とは必ずしも同時に進行するとは限らないことが示唆された。

(4) 本調査の限界、今後の調査に向けた展望

1) 調査設計上の課題

本調査は、本来マングローブ林内における生物相の把握を目的としていたが、植林密度が高く林内への立ち入りが困難な区域が存在したため、林縁部を調査対象として実施した。マングローブ林内での調査可能性は植林密度に大きく左右される。林内では支柱根や根系の発達により底質環境が複雑化しているのに対し、林縁部は潮汐流や波浪の影響を受けやすい。このような物理環境の相違により、本調査で対象とした底生生物が利用可能な微小環境(ニッチ)や底質条件は両者で異なる可能性がある。このため、林縁部で確認された種組成や個体数は、必ずしもマングローブ林全体の生物相を代表しているとは限らない点に留意する必要がある。

また、本調査で対象とした植林地は 0.1~1ha 程度の比較的小規模なパッチ状であった。このため、確認された生物相が当該植林地の特性を反映したものであるのか、あるいは局所的な特異性によるものなのかを明確に区別することは困難であった。さらに、周辺の未植林地や底質環境などの立地要因が生物相に及ぼす影響についても、植林の効果と独立して評価することは十分にできなかった。今後は、より広域な植林地における調査の実施や複数パッチ間での反復調査、立地条件を可能な限り統一した対照区を配置するなどの調査設計上の工夫により、植林そのものの効果をより明確に検証することが望まれる。

さらに、満潮時調査では 1 種のみが確認された地点(アルマー島・植林なし区)もあった。これは当該地点の生物相がもともと少なかった可能性も考えられるが、本調査におけるプロット数、探索範囲および調査時間といった調査努力量が十分でなかったことに起因する可能性も否定できない。特に、調査プロット数や探索時間が少なかった場合、出現頻度の低い種や局所的に分布する種を十分に把握できていない可能性がある。そのため、本調査で確認された種数は当該地点の実際の種多様性を過小評価している可能性がある。地域全体の生物相を適切に評価するためには、入念な事前調査に基づき、必要なプロット数、調査範囲および調査時間を十分に確保した調査設計とすることが望まれる。

2) 調査実施にあたっての注意点

調査精度の確保には、調査者間の認識共有(目合わせ)が不可欠である。本調査では、殻に割れや穿孔のない個体を撮影対象としていることから、対象個体の選定基準および除外基準についても事前に明確に共有しておく必要がある。

また、満潮時調査では、地表から樹幹、支柱根、葉に至る広い範囲を対象とし、貝類、カニ類、フジツボ類、海綿類など多様な分類群を観察するため、想定される生物群および重点的に観察すべき部位について十分な認識共有を行うことが求められる。

一方、干潮時調査では、個体サイズによる検出バイアスが生じ得る。特に小型個体が多数出現する場合には、視認性の高い大型個体に注意が集中し、小型個体を見落とすおそれがある。この

ようなサイズ選択性による偏りを軽減するため、本調査(10月調査)では目合いの異なる2種類の篩を併用し、サンプルのふるい分けを実施した。その結果、異なる目合いを用いることで小型個体の検出率向上が期待され、群集構成をより適切に把握することができる可能性が示された。このことから、干潮調査においては、目合いの異なる篩を併用する手法を採用することが、サイズ依存的なサンプリングバイアスの低減に有効であると考えられる。

3) 生物多様性の評価を行う際の分類単位(種・科)の選択について

本調査では、種レベルでの同定を基本として生物多様性の評価を行った。しかしながら、種の同定には高度な専門的知識を要する場合が多く、非専門家による継続的なモニタリングには一定の制約が生じる。

本調査では、現地において同一種と判断した個体を取りまとめ、その中から代表個体を撮影し、専門家へ同定を依頼する方法を採用した。ただし、この方法では現地調査者の分類能力が結果に影響を及ぼす可能性がある。類似種が混在していた場合には、特定地点における個体数が過大または過小に評価されるなどの誤差が生じるおそれがある。このような誤差を低減するためには、事前の調査者教育の徹底や、可能な範囲での専門家による確認体制の構築が望ましい。

一方で、モニタリングの継続性および実施可能性の観点からは、科レベルで整理することも有効な選択肢となり得る。科レベルであれば形態的特徴が比較的明瞭な場合が多く、非専門家でも判別しやすいことから、調査者間のばらつきを抑制できる利点がある。本調査においても、種レベルと科レベルで把握した多様性の変化傾向は概ね一致しており、大きな乖離は認められなかった。

ただし、環境変化の指標として生物群を選定する場合には慎重な検討が必要である。種レベルを採用する場合には、同定が比較的容易で、生態的特性が明確な種を選定することが重要である。一方、科レベルを採用する場合には、当該科に環境応答が相反する種が含まれていないかを事前に確認する必要がある。相反する生態特性を有する種が混在している場合、科全体の増減は環境変化を適切に反映しない可能性がある。

指標種選定にあたっては、「判別が容易であること」および「十分な個体数が確認できること」を基本条件とし、非専門家であっても安定的に評価できる対象を選ぶことが望ましい。モニタリング単位の選択にあたっては、調査の実施可能性と指標性の双方を踏まえた事前検討が不可欠である。

(5) 分析結果のまとめ

本調査は、企業社員や地域コミュニティが実施可能な簡易生物多様性調査手法を開発し、その妥当性を検証することを目的として実施した。

まず、底質条件の異なる2島の比較により、本手法は、林齢および立地条件に応じた多様性の変化を、単なる種数の増減ではなく群集構造の変化として把握できることが示された。また、多様度指数に加えて $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性の分解や指標種の整理を組み合わせることで、群集の質的变化や空間構造の特性を読み取ることが可能であった。さらに、メッシュサイズの異なる篩を併用することで小型個体の検出精度が向上し、人為的なサンプリングバイアスを一定程度軽減できることが確認された。

当社の社員や地域住民と共に実際の調査も実施し、生き物の同定や総合的な多様性の判断はそれなりの経験が必要になるが、生物多様性を把握するという観点からは、十分対応ができる範囲であると考えられた。

本調査には調査範囲や設計上の制約があるものの、非専門家でも十分に実施でき、マングローブ植林地における生物多様性を把握することは可能であると考えられる。

以上より、本調査で開発した簡易生物多様性調査手法は、学術研究レベルの精緻な評価を目的とするものではないが、植林の効果を定量的に可視化し、継続的なモニタリングに活用するための実用的手法として妥当であると考えられる。

5 費用

調査に要する費用について整理した(表 5-18)。本試算は、本事業においてフィ国で実施した実証調査の実績を基に算出したものであり、調査日数を7日間(移動2日+調査5日)とすることを前提条件としている。なお、費用算定にあたっては、企業職員の人件費および植林地までの移動に係る交通費は含めておらず、現地での調査実施に直接必要となる費用を対象として整理した。また費用を次の通り3パターンに分けた。

表 5-18 現地調査の費用

パターン	総額	うち人件費 (現地調査アシスタント、現地専門家等)	うち資材費 (調査道具等)
1	¥237,000	¥110,758	¥126,242
2	¥637,000	¥510,758	¥126,242
3	¥880,000	¥510,758	¥369,242

■ パターン1:必要最低限の調査体制

本パターンでは、調査に必要な最低限の調査資機材費に加え、調査地までの交通費および地元コミュニティーメンバーの協力に係る費用を含めた。簡易な調査手法を前提としていることから、特別な機材や高度な専門知識を必要とせず、比較的低コストでの実施が可能である。生物多様性の傾向把握を目的とした初期調査や、植林地における状況確認としては、本パターンでも十分に対応可能な調査体制であると考えられる。

■ パターン2:専門家を含めた調査体制

本パターンでは、パターン1の内容に加え、採取・確認した生物の同定を行うための生物同定専門家の雇用費用を含めた。これにより、種レベルでの同定精度が向上し、調査結果の信頼性や学術的価値を高めることが可能となる。パターン1と比較すると費用は増加するものの、外部への成果発信を意識した調査としては、費用対効果の高い構成であると評価できる。

■ パターン 3: 環境調査機材を含めた拡張調査体制

本パターンでは、パターン 2 に加え、簡易な環境調査を行うための機材(例:底質等の測定に用いる機材)の購入費用を含めた。生物多様性データと環境条件を併せて取得することで、調査結果の解釈や要因分析の精度向上が期待される。一方で、初期投資としての費用は増加するため、長期的なモニタリングを前提とした場合に適した調査体制であると位置づけられる。

以上の分析から、本調査で採用した簡易な調査手法は、目的や求める精度に応じて柔軟に調査体制をグレードアップしていける点が特徴である。特に、パターン 1 およびパターン 2 については、比較的安価でありながら、生物多様性の傾向把握として十分な情報を得ることが可能であり、企業(当社)も実施しやすいのではないかと考えられた。一方、パターン 3 は、植林地の自然環境を考慮したより詳細な分析や長期的な活用を見据えた調査に適していると考えられる。非専門家のみで実施した場合、ミスジャッジに繋がる可能性もあることから、専門家参加の下で実施することが推奨される。いずれの場合においても、これらの費用に専門家に調査を委託する場合の人件費等が含まれていないため、比較的費用を抑えた調査を実施できる。

6 調査結果の普及活動

(1) 政府機関及び研究機関等への事業の紹介

本調査の実施に際しては、政府機関及び研究機関等への事業の紹介を行った(図 5-33)。具体的には、セブ州周辺の Region 7 を統括する DENR、調査地を管轄するボホール州ヘタフェ市の地方自治体(Local Government Unit、LGU)との面談を実施した。両機関との協議においては、当方から本調査の紹介を行った。先方からは調査地の自然環境、社会・経済状況の情報提供があった。加えて、後述する国際会議においては、DENR 以外にも、NbS に係るフィ国の主要政府関係機関、研究機関、国会議員、外国のドナー及び研究機関が参加した中で発表する機会を得た。発表後の質疑応答においては、社会経済調査も併せて実施すべきといったアドバイスを受けた。



DENR Region 7 の Director との面談



ボゴール州ヘタフェ市長との面談

図 5-33 行政機関との面談の様子

(2) 国際会議(INREM2025)への参加

本調査の広報および成果発信の一環として、2025 年 11 月 18 日から 20 日にかけてフィ国のアラバン市にて開催された第 5 回国際統合的自然資源・環境管理国際会議(INREM2025: 5th

International Conference on Integrated Natural Resources and Environment Management)に参加した。本会議は「Innovating through Integrated Natural Resources and Environment Management (INREM): 気候レジリエンスと持続可能性に向けた自然に基づく解決策」をテーマとし、自然資源管理および環境保全に関する最新の研究成果や実践事例を共有する国際的な学術・実務交流の場として開催された。会議には、フィ国内外から多様な分野の参加者が集まり、大学・研究機関の研究者に加え、政府機関、国際機関、民間企業、NGO 等が参加した。フィ国政府系機関としては、環境自然資源省 (DENR) の長官、フィリピン気候変動委員会 (Climate Change Commission) の委員長に加え、フィ国の上院議員、NbS や災害管理に係る研究機関ら総勢 200 名ほどの関係者が参加し、自然資源管理や気候変動対策に関する政策的視点からの発表や議論が行われた。また、海外からはオランダをはじめとする欧州諸国やアジア太平洋地域各国の自然資源管理分野の研究者・実務者が参加し、国際的な知見の共有および意見交換が活発に行われた。

当社からは植林事業を担当する社員 Abner P. Barnuevo と、本事業を共同実施する日本森林技術協会の橋口が共同で「Long Term Initiatives and Social Value in Mangrove Forest」と題した発表を行った(図 5-34)。当社の CSR 活動としてのマングローブ植林事業と、それに関連する生物多様性の実証試験の取り組みについて紹介した。長い時間を要する植林事業には、そのインパクトを可視化することで、植林事業をより長期的に実施するためのイニシアチブとなることを強調した発表となった。本国際会議への参加は、本事業の取り組みを国際的に発信する広報の機会となっただけでなく、政府系機関や世界各国の研究者・実務者から直接的な助言や示唆を得る貴重な機会であった。



図 5-34 INREM での発表の様子

(3) 調査マニュアルの作成

本実証調査では、マングローブ林における生物多様性を簡易に把握する手法の開発を目的の一つとして位置づけ、本調査で用いた手法および留意点を整理した「マングローブ簡易生物多様性調査マニュアル(海洋底生生物)」を作成した(図 5-35)。

本マニュアルに示した調査手法は、学術的な生物多様性調査としては十分とは言えないものの、植林地における生物多様性の傾向や変化を把握する目的においては有効である。専門的な知識や高度な機材を必要とせず、植林を実施する企業の社員や地域コミュニティの住民など、非専門家による実施を想定した内容としている。また、今回の実証調査で採用した調査方法に加え、調査実施時の留意点や環境条件への配慮事項等をまとめ、現場での再現性と実用性の向上を図った。本マニュアルは、マングローブ植林地における継続的な生物多様性の簡易モニタリングの促進に資する成果物として位置づけられる。



図 5-35 簡易生物多様性調査マニュアル

7 まとめ

本調査により開発した簡易生物多様性調査手法は、マングローブ植林地における群集構造の変化傾向を把握するうえで実用的かつ妥当な手法であることが確認された。

異なるメッシュサイズの篩の併用や分析結果の組み合わせ等の工夫により、非専門家を含む体制においても、多様性の増減や種組成の変化を把握することは十分可能である。

また、本手法は目的や求める精度に応じて柔軟に調査体制を調整できる点を特徴とし、比較的 low コストで実施可能であることから、企業にとって導入・継続しやすいと考えられる。具体的な調査手順については、次項に示す調査マニュアルに整理した。

本手法はあくまで「傾向や変化を把握するための実践的ツール」であり、生物多様性の総合的評価については、地域のマングローブ生態系に関する知見を有する専門家の判断を併せることを推奨する。しかしながら、植林活動の価値を可視化し、その継続性を確保するためには、無理のない体制で調査を継続することが大変重要である。本手法は、費用面および実施可能性の観点からも継続運用に適した仕組みであり、企業による CSR 型植林活動を支える基盤として活用可能である。

6章 普及ツール等による情報発信

国際緑化推進センター (JIFPRO) 倉本 潤季

1 情報集積サイトの管理運営

途上国における森林づくり活動を促進するためには、主体となる民間企業に対する適切な情報提供が重要である。昨今 SDGs や ESG の観点から森林づくり活動への関心を持つ民間企業が増えているが、必ずしも企業の担当者が専門性を有しているわけではない。さらに、関心を抱き情報収集を始めた段階、森林づくり活動の実施を検討・計画している段階、実際に森林づくり活動を実施している段階など、森林づくり活動との関わりの段階によって、企業にとっての重要度の高い情報は異なってくると考えられる。そこで、それぞれの段階に応じた総合的な情報及びサポートを民間企業に提供するため、令和 4 年度事業において「途上国森づくりワークス」(<https://jifpro.or.jp/moriwaku/>)というウェブサイトを構築した(図 6-1)。本年度は、「CO2 固定量を視える化」について、コンテンツの新規作成を行った。また、主に「植林ポテンシャルエリア」「企業による森づくり事例」について、情報収集や企業へのヒアリングを実施してコンテンツを拡充した。

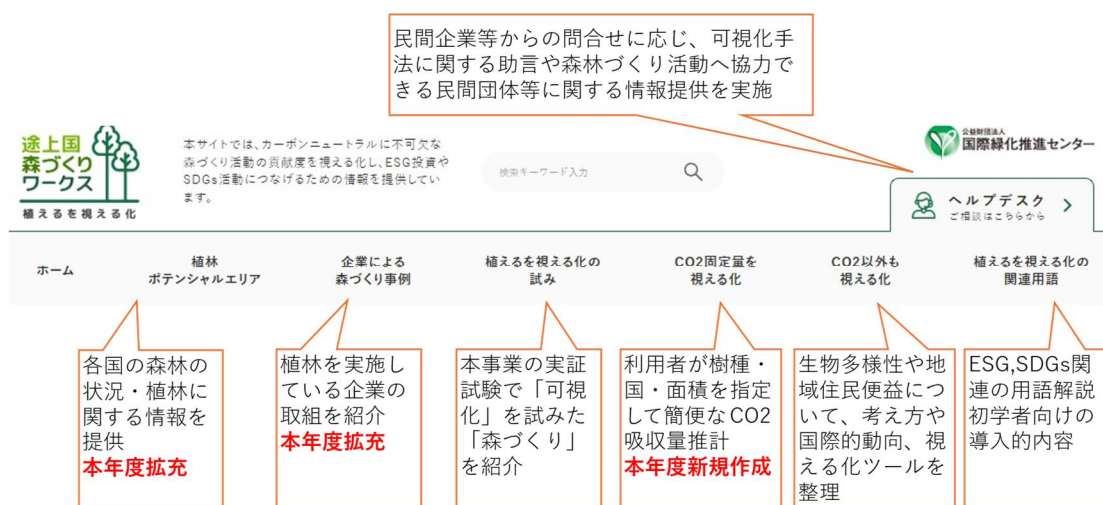


図 6-1 途上国森づくりワークスの構造

1.1 CO2 固定量を視える化

JIFPRO が文献調査などから収集した約 150 樹種の成長量データ(材積表)をもとに、利用者が設定した樹種、国、面積などのパラメータに応じて CO2 吸収量を推計し、グラフを出力するシステム「CO2 吸収量予測ツール」(以下、「予測ツール」)を構築しウェブサイト上に公開した(図 6-2)。途上国での森林づくり活動を検討する企業などの利用者を対象に、検討している植林規模においてどの程度の CO2 吸収量が見込めるかという推計値を提供することで、森づくり活動の意義について考えたり、その貢献度を可視化するきっかけづくりとしてもらうことがねらいである。なお、本予測ツールでは、IPCC のデフォルト値を用いて推計している。

本予測ツールでは、JIFPRO が所有している各種文献から、36 か国 81 樹種の CO₂ 吸収量推計が可能である。利用者が樹種・対象国・算定対象・植林面積を入力すると、横軸を植栽年数、縦軸を CO₂ 吸収量として、吸収量推移の推計値をグラフ表示する。ここで「算定対象」とは CO₂ 吸収量推計の対象を地上部のみとするか、根を含む樹木全体を対象とするかを選択するものである。なお、同じ樹種でも気候帯が異なれば吸収量の推計値が変わってくるが、本予測ツールでは機能の簡易化のために、国と樹種を選択すると気候帯は所与のものとして設定している。また、同樹種・同国でも植林サイトの違いにより複数のデータが存在するので、複数のデータを一つのグラフに出力する。

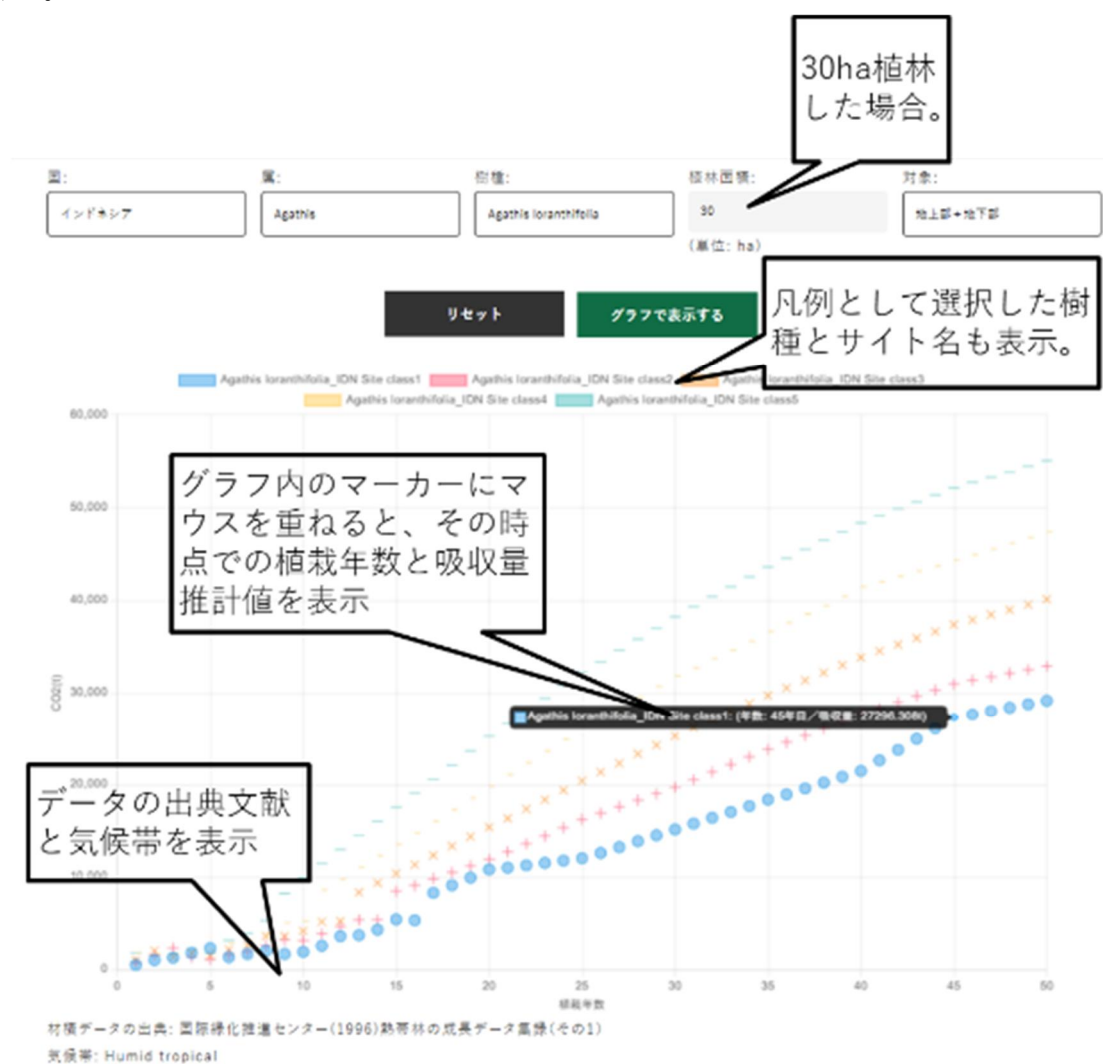


図 6-2 CO₂ 吸収量予測ツールの画面

1.2 植林ポテンシャルエリア

企業が海外での植林活動を実施する対象・候補となるような途上国の植林関連基礎情報について、以下のような構成で重要事項をとりまとめた。

1. 当該国の森林概況

2. 基礎情報

- (ア) 既存の植林面積
- (イ) 実施されている植林のタイプ
- (ウ) 植栽樹種
- など

3. 植林ポテンシャル

- (ア) 植林可能エリア
- (イ) 当該国の森林関連政策
- (ウ) 森林利用圧
- (エ) 炭素クレジット関連情報
- (オ) 植林の際の課題
- (カ) 当該国で活動する団体
- など

4. 参考文献など

この記事コンテンツについては、JIFPRO 内部で文献調査や現地情報をとりまとめて作成したほか、航測会社やコンサルタントなど、当該地域での活動実績があり現地情勢に詳しい外部の組織にも原稿執筆を依頼して作成した。ページのレイアウト見本及び掲載国を図表(図 6-3 及び表 6-1)に示す。

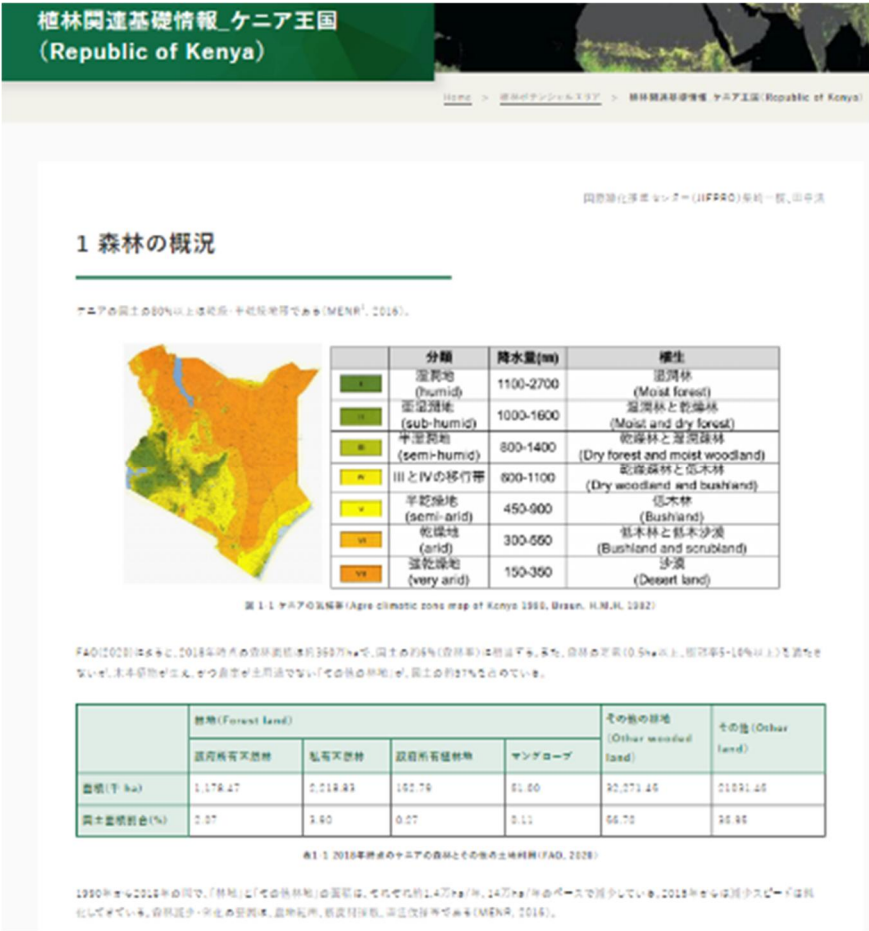


図 6-3 「植林ポテンシャルエリア」のレイアウト

表 6-1 掲載国一覧

前年度までに作成		今年度作成
インド	エクアドル	ネパール
カンボジア	メキシコ	タンザニア
バングラデシュ	ウズベキスタン	
フィリピン	エチオピア	
マレーシア	ケニア	
モンゴル	コンゴ民主共和国	
ラオス	モザンビーク	

1.3 企業による森づくり事例

日本企業が実施・支援する途上国における森林づくり活動の情報をとりまとめた「日本企業による途上国森づくり活動データベース」を作成・公開した。これは、企業ウェブサイトなどで公開されて

いる情報を JIFPRO がとりまとめたもので、日本企業による森林づくり活動の広がりを把握することがねらいである。データベースのトップページには、世界地図と共に各地域の掲載プロジェクト数を表示しており(図 6-4)、全球的な広がりを概観することができる。地図上で詳しく見たい地域の場合をクリックすると、図 6-5 に示した通り当該地域のプロジェクト情報をリストで表示する。掲載している情報は以下の通りで、すべて企業ウェブサイトなどで公開されている情報である。

- 国名
- 企業名
- プロジェクト名
- 対象地
- 実施年
- 規模
- URL(企業ウェブサイトなどの情報源へのリンク)
- 途上国森づくりワークス内の紹介ページへのリンク(紹介ページを作成している企業のみ)

日本企業による途上国森づくり活動 データベース

日本企業が実施・支援している途上国地域での森づくり活動について、企業ウェブサイトなどで公開されている情報を元にJIFPROが収集した情報を掲載しています。

円の中の数字は、その地域での森づくりプロジェクトの数を表しています。

数字の書いた円をクリックすると、その地域の森づくり活動のリストが表示されます。

森づくり活動データベースへの情報掲載や、より詳細な森づくり活動事例集への情報掲載を希望される企業の方はぜひお問い合わせください。



図 6-4 データベーストップページ



国名	企業名	プロジェクト名	対象地	実施年	規模	URL	森ワタでの紹介
インドネシア	ダイキン工業株式会社	「涼気もほぐくも森」プロジェクト「インドネシア」	インドネシア 西ジャワ州 グラタング市・パンゲラン県国立公園	2008年～(継続中)	300haに12万本以上の植樹	https://www.daikin.co.jp/csr/forests/project/indonesia	https://jifpro.or.jp/moriwaku/example/daikin/
インドネシア	株式会社船舶三井	マングローブ再生・保全事業	インドネシア 南スマタラ州	2022年～	23,500ha(森林と森林保全の合計面積)	https://www.mol.co.jp/bam/003/	https://jifpro.or.jp/moriwaku/example/mitsuiosk/
インドネシア	パキマウントベッド株式会社	眠りのポイントを活用した森林活動「PBマングローブの森」	インドネシア 西スマ・サンガ州	2022年～	4030ha	https://activesleep.jp/app/sleep_point/	https://jifpro.or.jp/moriwaku/example/paramountbed/
インドネシア	株式会社ブリヂストン	天然ゴム農園周辺の森林回復	インドネシア 南カリマンタン州	2012～2020年、2023年～	2020年までは67ha、2023年から20ha/年	https://www.bridgestone.co.jp/csr/environment/nature/contribution/	https://jifpro.or.jp/moriwaku/example/bridgestone/

図 6-5 各地域のプロジェクト情報のページ

2 セミナー開催

途上国における民間企業の森林づくり活動を推進し、本事業で開発する森林づくり活動の貢献度を可視化するための手法・事例を広く普及することを目的として、途上国における森林づくり活動に関心のある民間企業や団体、援助機関等を対象としたセミナーを開催した。本年度は、講演者のみが配信会場に集合し、参加者はオンライン参加とするオンラインのウェビナー形式で開催した。なお、セミナー映像について期間限定・申込者限りの配信を行い、発表資料についてはセミナー登録有無によらず資料請求フォームを設けて回答者へ配布した。また、セミナー後、参加者にアンケートを実施した。

2.1 開催概要

日時	令和8年3月12日(木)13:30～16:00
実施方法	オンライン(zoom ウェビナー)
配信会場	林友ビル6階 中会議室 〒112-0004 東京都文京区後楽 1-7-12
テーマ	途上国森づくりワークス植えるを視える化—2025年度の取り組み紹介
参加者	森林づくり活動を実施している／関心を抱く民間企業、NGO、研究機関、政府関係者他 計112名、セミナー終了後動画視聴28名、資料請求22名

プログラム	
タイトル	発表者
主催者挨拶	沢田 治雄／国際緑化推進センター
林野庁挨拶	河内 清高／林野庁
事業概要説明	倉本 潤季／国際緑化推進センター
生態系や地域住民の生計に配慮したマングローブの持続的管理	諏訪 鍊平／JIRCAS
質疑応答	
インドネシア/シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化	仲摩 栄一郎／国際緑化推進センター
フィリピン/海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価	勝野 旭／カネパッケージ 瀬戸 智大／日本森林技術協会 各発表者及び 阿久根 直人／ワイエルフォレスト 橋口 秀実／日本森林技術協会 進行:田中 浩／国際緑化推進センター
総合討論	

林野庁補助事業途上国森林づくり活動貢献度可視化事業一般公開セミナー



途上国 マングローブの森づくり ワークス

植えるを視える化：2025年度の試み

ゲスト講演 国際農林水産業研究センター 主任研究員

岡訪謙平

専門は熱帯林生態学で、熱帯・亜熱帯地域でのフィールド研究を重ね、近年はマングローブの持続的利用と保全を通じた沿岸域の生業モデル創出に取り組んでいる。

セミナー内容	
01	ゲスト講演 生態系や地域住民の生計に配慮したマングローブの持続的管理 渡辺謙平（JIRCAS）
02	インドネシア/シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 国際緑化推進センター
03	フィリピン/海洋底生生物を用いた陸域的な生物多様性評価 カネパッケージ・日本森林技術協会

日時 2026年 3月12日（木） 13:30-16:00

方法 オンライン（Zoomウェビナー）

詳細 <https://jifpro.or.jp/infomation/22749/>

申込 登録フォーム（外部サイト）より要事前登録

主催 （公財）国際緑化推進センター

問合せ junki@jifpro.or.jp（担当：倉本）

参加：無料



図 6-6 セミナー広報チラシ

2.2 アンケート分析

適切な普及啓発活動のためのみならず、事業全体の方針を検討する際にも、森林づくり活動の主体となる民間企業の様態やニーズ、抱えている課題などを把握することは重要である。今回のセミナーでは 176 名の参加申込を受けたが、このうち 53%が民間企業からの申込であった(図 6-7)。また、当日参加者も同様に 53%が民間企業であった(図 6-8)。本セミナーに参加申込している民間企業は海外での森林づくり活動及び ESG、SDGs、ネイチャーポジティブなどの観点に基づく成果の可視化について関心を抱いているものと想定される。そこで、海外での森林づくり活動の主体となる民間企業とその活動を支援する団体などを主たるターゲットとしたウェブアンケートを実施した。アンケート項目とそれぞれのねらいは表 6-2 に示した通りである。このアンケートは当日の参加如何によらず申込者全体に協力を依頼し、30 件の回答を得た。

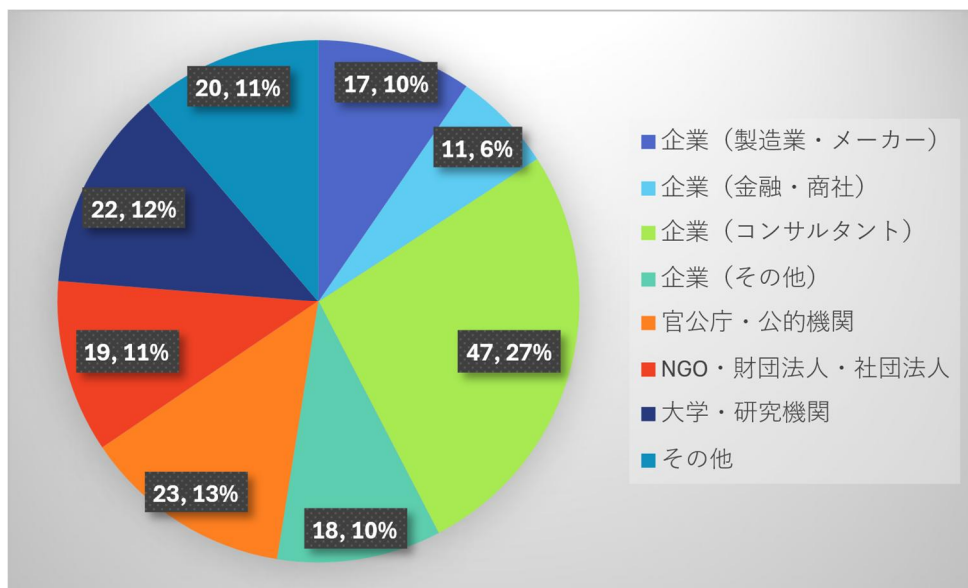


図 6-7 申込者の業種

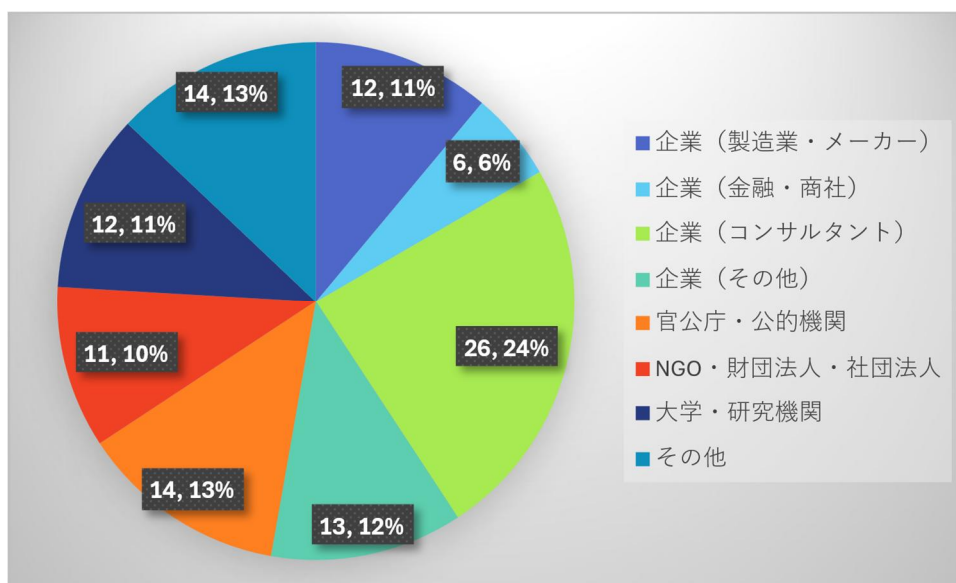


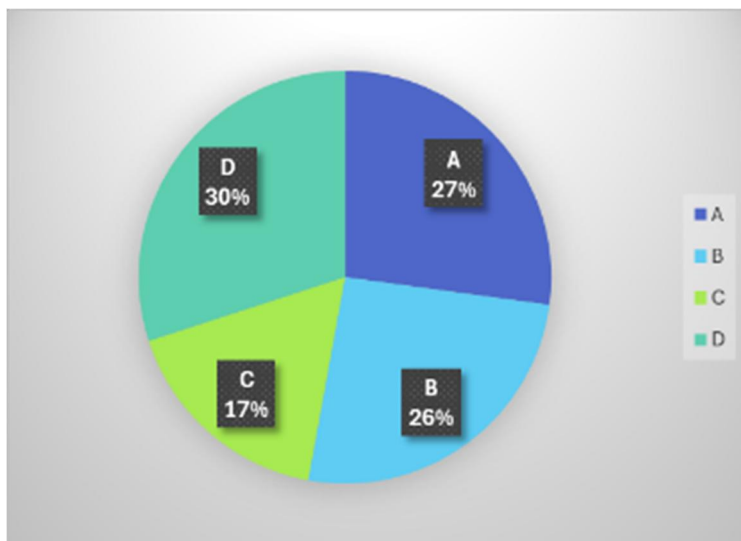
図 6-8 当日参加者の業種

表 6-2 アンケート項目とねらい

設問	ねらい
自社の森林との関係	森林づくり活動の実施状況の把握 企業の興味関心の把握
海外での森林づくり活動への関心	
関心のあるトピック	
セミナーの評価	セミナーの普及啓発効果を把握
情報開示手法	可視化手法のスコップを検討
情報開示の際の課題	企業の問題意識・障壁を把握

(1) 自社の森林との関係

主に企業所属の申し込み者を対象として、自社と森林との関係を図 6-9 に示した 4 択で回答を得た。なお、より広くデータを収集するため、図 6-9 の Q0-1 から Q0-3 については参加申込フォームにアンケートを設置した。A と B を合わせると 53%が自社・自団体の活動の中で森林を利用しているとの回答を得た。



A	自社の主たる活動として森林を利用（木材・林産物の生産など）している／所有している
B	主たる活動ではないが、自社の活動で森林を利用している
C	自社の活動としての利用はないが、原料調達やその他の方法で間接的に森林を利用している
D	直接的にも間接的にもほとんど森林を利用していない

図 6-9 自社の森林との関係

(2) 海外での森林づくり活動への関心

参加申込フォームのアンケート機能により、海外での森林づくり活動の実施状況を把握するため、途上国での森林づくり活動について「実施している・していた」「計画・検討している」「関心はあるが

計画段階にはない」の3択で回答を得た。これを参加者の業種属性とクロス集計し民間企業からの回答のみをまとめたところ、図 6-10 のような結果を得た。「実施している・していた」「計画・検討している」を合わせると 56%と、途上国での森林づくり活動に積極的に参画している企業が過半数以下であった。計画段階に進むことについての障壁についてはこれ以降の設問において検討する。

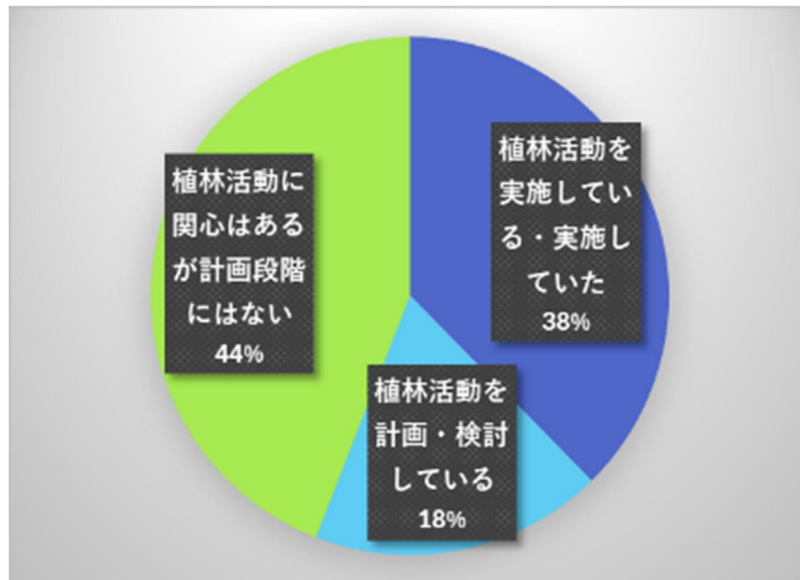


図 6-10 参加者(民間企業)の海外での森林づくり活動への関心

(3) 関心のあるトピック

民間企業の森林づくり活動を可視化してその活動を促進するために、植林活動に限らずサステナビリティ活動全般において企業が関心を抱いている事項を把握し、そのうえで企業が重視・期待することに対して効果的な形で、森林づくり活動の成果を可視化していくことが求められる。そこで、CSR、ESG、SDGs、ネイチャーポジティブ等に関する活動を行うにあたって関心のあるトピックについて、複数回答で質問した(図 6-11)。有効回答数 177 に対して「気候変動」「生物多様性」「地域住民の生活」「カーボンクレジット」「マングローブ」は過半数の参加者が関心有と回答した。実証試験が 2 件ともにマングローブ植林を対象とするものであったため、本年度のセミナーは「マングローブの森づくりワークス」と題して、開催したことから、申込者においてマングローブへの関心が高まり、相対的に「情報開示」や「生物多様性クレジット」「産業植林」についてはそれほど関心が寄せられなかったものと考えられる。

なお、「その他」としては以下のような回答があった。

- Eco-DRR
- マングローブ植林のビジネス化
- REDD+
- ブルーカーボン生態系

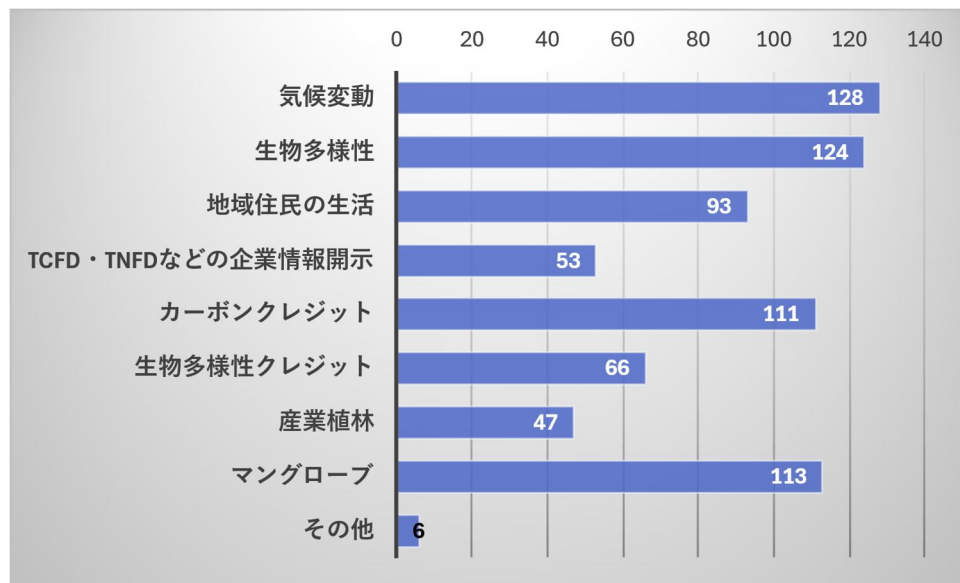


図 6-11 関心のあるトピック

(4) セミナーの評価

セミナー全体の評価として、「1:たいへん有益な情報を得られた」～「5:まったく有益な情報が得られなかった」として5段階評価を得た(図 6-12)。「たいへん有益な情報を得られた」「有益な情報を得られた」を合わせて 90%と、効果的な普及ができてものと評価しうる。なお、「4:あまり有益ではなかった」と回答したうちの 1 名は、その理由として「セミナーを全ては視聴できなかったため」と回答していた。また、セミナー評価に関する自由記述では以下のような回答を得た。

- マングローブの生物多様性の測定方法や、シルボフィッシャリーという取り組みを知ることができ、有意義だった。
- 植林効果の可視化の重要性が分かった。
- マングローブのポテンシャルや、企業の関心がわかった。
- 諏訪さんの発表では新しい知見を得られて大変ありがとうございます。
- シルボフィッシャリーなどが現地でどのように受け止められているのか、課題は何かなどについて具体的な議論があった。
- 様々なエビデンスに基づく研究成果を知れたのが良かったです。
- 政策サイドよりも現場に即した内容をうかがえたため有意義だった。

1.本日のセミナーはいかがでしたか

30 件の回答

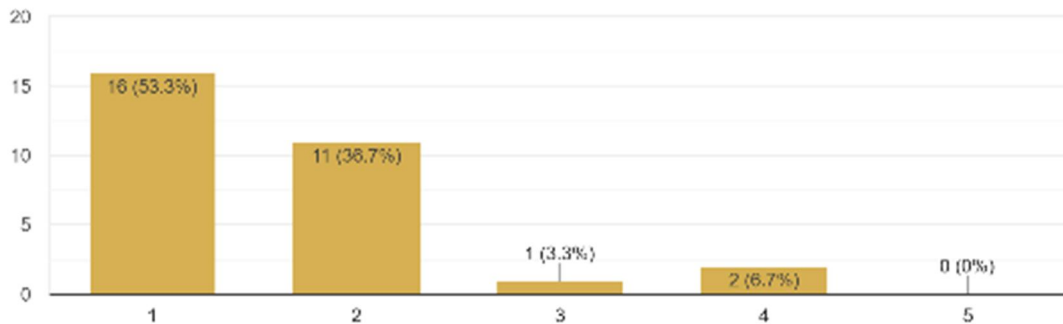


図 6-12 セミナーの評価

(「1:たいへん有益な情報を得られた」～「5:まったく有益な情報が得られなかった」の 5 段階評価)

(5) 情報開示手法

途上国における森林づくり活動を情報開示する際に最も効果的だと考える手段について、「投資家向けのレポート／有価証券報告書・TNFD レポート・CDP レポートなど」「顧客(企業・消費者)向けキャンペーン・商品ラベリング」「現地の写真・ストーリーを用いた広報」「その他」の選択肢で問うたところ、大多数が「現地の写真・ストーリーを用いた広報」と回答した(図 6-13)。森林づくり活動について事業化されていないことや情報開示対象・訴求対象の設定という意味での情報開示のアプローチ(第 2 章参照)に十分な戦略性を有していない企業が多数であるという現状が窺える結果となった。

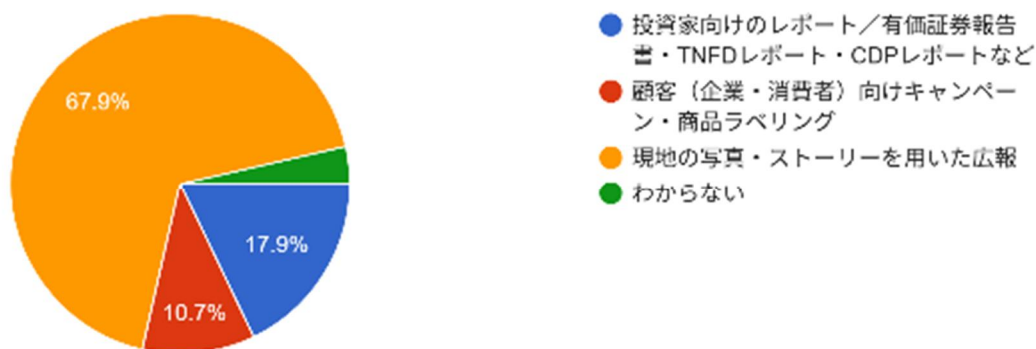


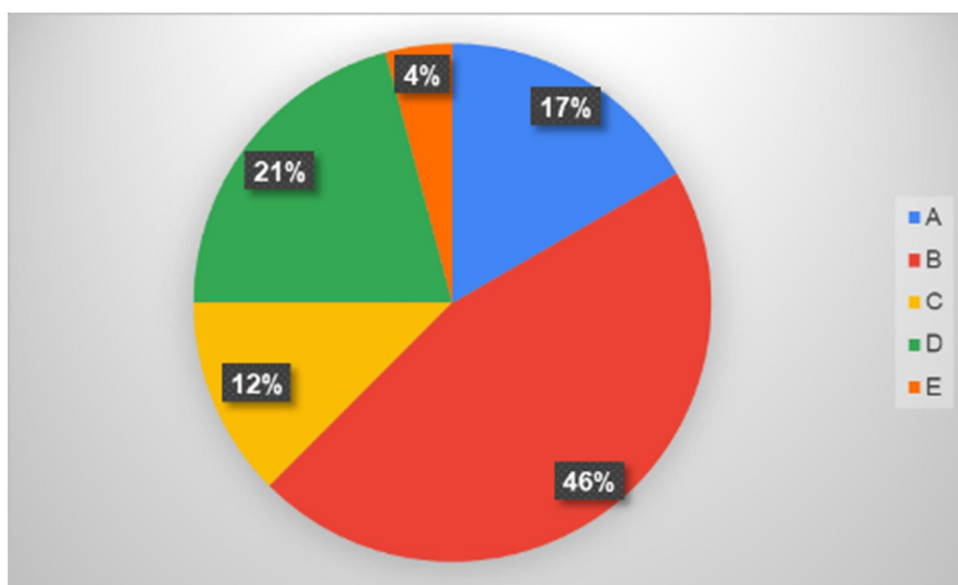
図 6-13 効果的だと考える情報開示手法

(6) 情報開示の際の課題

企業が森林づくり活動の成果・貢献度を対外的に発信する際に直面している最大の課題について

図 6-14 の通り選択肢を提示して問うたところ、「定量化の方法が不明瞭」(46%)とした回答が最も多かった。これまでの内容とのクロス集計を行うと、「植林活動を実施」しており「定量化の方法が不明瞭」であることを課題と挙げた参加者の全てが、最も効果的な情報開示手法として「現地の写真・ストーリーを用いた広報」と回答していた。このことから類推すると、本来はより定量的なデータを示したり、投資家或いは消費者などターゲットを設定したりといった効果的な情報開示アプローチをとりたいと思っても、そのために必要な定量化・可視化の手法がわからずに、「現地の写真・ストーリーを用いた広報」に留まってしまっている可能性が考えられる。本事業の成果の普及啓発によって、効果的な可視化手法を企業にリーチすることの重要性が再確認されてと考えられる。

なお、「その他」では「効果的なアプローチがわからない」などの回答があった。



A	開示枠組との整合性が取れない: サプライチェーン外の活動のため TNFD などの既存フレームワークで適切に示せない
B	定量化の方法が不明瞭: CO2 吸収量や生物多様性保全を信頼性ある数値で示す手段がわからない
C	因果関係やロジックの整理が難しい: 活動と企業価値(イメージ・ESG 評価)を結びつける説明が構造化できない
D	グリーンウォッシュの懸念: 発信が誤解を招き、批判や信頼低下につながるリスクを恐れている
E	その他

図 6-14 情報開示の際の課題

7章 事業運営委員会での検討内容

1 第 1 回事業運営委員会での検討内容

日時	令和 7 年 7 月 3 日 (木) 9:30～11:30
会場	林友ビル 6 階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)及びオンライン
議題	議題 1. 事業全体の進め方と本委員会での検討事項 議題 2. 中小企業におけるサステナビリティ情報開示 議題 3. 森づくり活動の貢献度可視化のための実証試験 3-1 インドネシアにおけるマングローブシルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 3-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価 議題 4. 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)
配布資料	議事次第と出席者 説明資料 1 事業全体の進め方と本委員会での検討事項 説明資料 2 中小企業におけるサステナビリティ情報開示 説明資料 3 インドネシアにおけるマングローブ植林:シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 説明資料 4 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価 説明資料 5 事業成果普及活動:ウェブサイトについて
参加者 (計 16 名)	委員: 足立委員(オンライン)、岩田委員(オンライン)、香坂委員、平塚委員、三村委員、宮本委員 林野庁: 河内、岡林、高田 JIFPRO: 沢田、高原、田中(オンライン)、仲摩、柴崎、倉本、山口

議題 1. 事業全体の進め方と本委員会での検討事項(説明資料 1)

委員: 東工大が実施していた通称 BlueCare の SATREPS のプロジェクトでもマングローブ林を対象にして、住民便益の評価も行っていたので、参考になるかもしれない。ただし、住民便益は比較的短期間で成果が出るものだが、炭素便益は成果が出るまでに長期間必要であり、そのような時間軸を考慮して調査を進めてほしい。

委員: 近年の企業による植林支援は、ネイチャーポジティブにどれだけ貢献しているかを示すために、その測定方法に関しても基準化が行われている。ネイチャーポジティブイニシアティブが、State of nature というメトリクスを開発しているので、参考になるかもしれない。

→**JIFPRO:** 昨年度に整理して委員会でも説明した通り、現在はまだ面積の増減といった指標が中心であり、具体的な測定手法については明記されていなかった。

→**委員**:実際の運用のためのパイロットプロジェクトが今年の 6~11 月にかけて実施されるので参考にされるとよいだろう。

委員:可視化する対象は植林地に限定しているのか?それとも回りの流域等も考慮するのか?可視化対象の空間スケールはどのように考えているのか?

→**JIFPRO**:以前から委員よりランドスケープアプローチでの評価が重要であるとのアドバイスをいただいており、例えば、昨年度の実証試験では、越井木材のアカシア産業植林地を対象にしたが、越井木材が管理するアカシア植林事業地の中に天然林も保全されており、それを含めた全体の生物多様性評価を行ってきている。対象地によってはそのようなアプローチも必要だと認識している。

→**委員**:場合によっては、プロジェクト対象地よりも可視化対象地が広がることもあるので、それを注意しながら事業を進めてほしい。

議題 2. 中小企業におけるサステナビリティ情報開示(説明資料 2)

委員:3 点コメントしたい。①論文等でも中小企業のサステナビリティ情報開示が進まないことは指摘されており、要因としてはステークホルダーから圧力が少ないことや評判リスクが小さいことが考えられる。大企業とは取り組むインセンティブが異なるため、別の訴求方法があるのではないか。

②賞や認証については、国内で中小企業向けのものもあるので(環境省のエコアクションなど)、これらについても確認するとよい。

③国際的な認証について、中小企業の認証取得が少ないとの報告であったが、CoC 認証は広がっている印象を受けるが、その点はどうか。

→**JIFPRO**:森林認証やパームオイルの認証では、生産・製造過程の現場の認証とサプライチェーンに関する認証(CoC 認証)に分かれており、CoC 認証は広く普及しているようである。しかし、海外の生産(植林)現場における認証に焦点を当て開示事例を探すと、中小企業の事例は見つけることができなかった。

→**委員**:FSC や PEFC の森林認証は、すでに紙製品の流通関係では必須となっており、逆に森林認証がないと顧客に売れない状況である。また紙だけでなく、木材製品、建材、合板についても大手企業を中心に森林認証の需要が広がってきており、森林を造成するサイトは必死に取り組んでいる状況である。

→**委員**:パームオイル認証についても、認証マークがついたパームオイルの調達が難しくなっており、森林認証と併せて整理されるとよい。

→**委員**:認証は、流通サイドと現場サイドのものがあるとのことだが、中小企業に訴求する上で、認証が付与された製品は価格にどのくらい差がでるのか提示できるとよいだろう。

委員:TNFD の情報開示が進んでいないとのことだが、CDP などで生物多様性についても今後カバーできるようになれば、TNFD による開示をしなくてもいいのではないかと感じた。色々な枠組みがあるとコストや手間がかかるので、特に中小企業においては、開示手段が一つに集約されている方が取り組みやすいと感じるが、統合の可能性などはあるか。

→**委員**:現在 CDP は中小企業にまで対象を広げており、今後強制力をもつものになる可能性がある

と考えている。またある程度参加企業が増えた段階で、生物多様性などのトピックも含まれていく可能性はあるだろう。

委員: 以下ヒアリングなどの参考としていただけると良い。①中小企業と一括りにしているが、規模は様々である。またサプライチェーンに組み込まれている企業とそうでない企業(地域に根差した企業や小売り等)を区別してみていく必要があるだろう。発表にあったように、サプライチェーンに組み込まれている企業は、取引先からの圧力があり、取引条件として情報開示が進んでいる。サプライチェーンに組み込まれている企業をまずはヒアリングしてみてはどうか。一方、地域的な中小企業はそういった圧力は少ないが、逆に国内においてはネイチャーポジティブを促進する重要なアクターになっていると感じている。特に国内の森林整備などは中小企業が主役となり活動している。②また、EU ではサステナビリティ情報の開示が義務化しているため、EU 企業やこれに関連する日本企業の動向も注意されるとよい。③B Corp 認証について、生物多様性は開示対象にしておらず、企業のマネジメントに関わる認証であるので確認されると良い。④WEF の It.org の Web Site では、企業が植林の報告を行っているが、これら企業の植林規模や生物多様性や住民便益などの質の確保、MRV について深堀し、どのように開示しているか整理してみるのも本事業の参考になるのではないかな。

議題 3-1 インドネシアにおけるマングローブシルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 (説明資料 3)

委員: 事業の持続可能性を考慮して炭素クレジット収入に期待するのであれば、シルボフィッシャリーではなく、養殖池の全面にマングローブを植えた方が、炭素クレジット獲得量が増えて良いのではないかな？

→**JIFPRO**: ほぼ全ての養殖池には地権者が存在するので、彼らの便益を確保しつつマングローブ回復事業を進める必要がある。養殖池の全面にマングローブを植えれば炭素クレジット獲得量は増えるが、炭素クレジットが発行されるまでには(5年・10年単位の)長期間が必要であり、それまで地権者には経済的な便益がない。また将来的な炭素クレジット発行量及び販売価格が不確実なこともあり、マングローブ植林のみで地権者の合意・協力を得ることは難しい。そこで、「シルボフィッシャリー」を導入することにより、長期的な経済便益(炭素クレジット)に加えて、短期的な経済便益(魚介類養殖)の両立が可能となるので、地権者の合意・協力が得られやすい。ただし、シルボフィッシャリー池の造成には初期投資が必要であり、それをワイエルフォレスト株式会社が支援するという前提ではある。

委員: シルボフィッシャリーでは、通常の養殖池と比べて魚介類の生産性が低下することが指摘されているが、本実証調査で、その生産性を上げる対策は検討しないのか？

→**JIFPRO**: シルボフィッシャリーでは、生産性の低下した養殖池の半面〜7割にマングローブを植えるので、通常の養殖池と比べて対象地全体における魚介類の生産量が低いのは、ある意味当然と考えられる。ただし、その実態が不明なので、今年度は、シルボフィッシャリー池の魚介類の生

産性を定量的に調査し、通常の養殖池と比べてどの程度なのか現状を把握することを目的としている。生産性の向上対策については、その定量的データを確認してからその必要性も含めて改めて検討する予定。

委員: 発表スライドに“車エビ”と記載があるが、ブラックタイガーでは？

→**JIFPRO**: 引用した原文には、“tiger shrimp”と記載があり、クルマエビ科のうち、ウシエビ(ブラックタイガー)と考えられる。スライドの記載を“エビ(ブラックタイガー)”に修正する。インドネシアの現地では、水中を泳ぐ習性を持ち単位面積当たりの生産量が高いバナメイエビの生産が盛んである(高密度で養殖するため排泄物や残餌により水質が悪化し易いという短所がある)。ワイエルフォレスト株式会社の将来構想としては、水底に生息するので単位面積当たりの生産量は低いが、(水質悪化リスクが低く、)販売価格の高いブラックタイガーを養殖池の地権者に生産して貰いたい意向がある。

→**委員**: 南米原産のバナメイエビは、ブラックタイガーに比べて稚エビの入手がし易く、病気への耐性が強く、比較的低い塩分濃度でも生育できるため、養殖しやすい品種であり、高生産性というメリットはあるが、価格面等を考えると親エビの確保、技術面での確立がなされているのであれば、ワイエルフォレスト株式会社の将来的な方向性はよろしいかと思われる。

委員: インドネシアでは、本実証調査のような現地での調査について管轄する行政機関からの許可が取りにくいという話を聞いている。本実証調査では、海洋水産省の海洋水産高等専門学校を現地パートナーとして予定しているようだが、どこと組むかについては細心の注意を払った方がよい。

→**JIFPRO**: 沿岸地域のマングローブ林の減少と養殖池の造成に関して、これまでインドネシアの海洋水産省と林業省の間で見解の相違があったと聞いている。本実証調査においては、そのような点にも留意して進めたい。

委員: 林野庁の別事業(森林総研実施)でも、マングローブを対象としていると聞いている。本実証調査と情報を共有して、効率的・効果的に調査を進めてはいかがか？

→**JIFPRO**: 承知した。

委員: 本実証調査の対象地は、十数年シルボフィッシャリーで養殖が続けられている池と考えてよいか？

→**JIFPRO**: 東ジャワ州のシドアルジョ海洋水産高等専門学校の養殖試験場、及びその周辺の民有池で十数年シルボフィッシャリーを続けている池があるとのことなので、そこを対象にして、現地調査(サンプリング:各 10 池程度)を行う予定。

委員: シルボフィッシャリーでは、通常の養殖池と比べて魚介類の生産性が低下しても、短期的な効率性だけを追い求めると持続性が損なわれるリスクが高いため、長期的で持続的に環境・社会便益を維持していくシステムとして、シルボフィッシャリーの利点を示すことが重要であると考えます。

もう一つは、その他の多面的機能を可視化して総合的に評価し正当化できれば、自然に基づく解決策(NbS)の実例として興味深い調査となるだろう。特に、近年の高潮や大雨の発生増加に対して、養殖の生産性が低下している可能性もあり、その対策としてシルボフィッシャリーの有効性を総合的に示せると良い。また、東南アジアでは取得事例はまだ少ないと思われるが、シルボフィッシャリーで、ASC 認証(水産養殖管理協議会(ASC)が定める基準を満たした養殖場に与えられる認証)を取得できれば、魚介類の販売価格に付加価値がつき経済性が向上する可能性も考えられる。

→JIFPRO: それらの観点を考慮して調査を進める。

委員: シルボフィッシャリーの経済便益として、養殖による魚介類の生産性に加えて、地域住民の生計への寄与という面から総合的に調査した方が良い。マングローブ自体の生計への寄与、例えば、ナッツ類や蜂蜜生産等の実績があるかないか等。

→JIFPRO: 承知した。

林野庁: シルボフィッシャリーの経済便益については、魚介類の生産量のみならず、投入量に対して生産量がいくらか? という経営面から(コスト・ベネフィット分析を用いて)評価した方が良い。通常の養殖では餌や抗生物質等の投入量が多くコストが高く、短期的には生産量が高いが、徐々に水質が悪化して長期的には生産性が低下し放棄される。それに対して、シルボフィッシャリーでは餌や抗生物質等の投入が不要でコストが安く、短期的には生産量が低いが、長期的には持続的に魚介類の生産を維持できる、という経営面から分析し、評価できれば良い。

→JIFPRO: 承知した。

委員: 本実証調査対象地とは別の場所だが、同じインドネシアの南スマトラ州でマングローブ林の回復を支援している商船三井等の企業からは、シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益をどのような形で情報開示したいのか、どのようなデータが欲しいのか、等の要望はあるのか?

→JIFPRO: 昨年度、商船三井にはヒアリングを実施したが、そこまでは聞いていない。

委員: 国有林(森林区域)のうち保安林でもシルボフィッシャリーは実施可能なのか? 本実証調査の成果は今後どこで普及できるのか?

→JIFPRO: シルボフィッシャリーの対象地は、基本的には民有地だが、国有林(森林区域)のうち、保安林や保護林内でも養殖池の造成が行われ、マングローブ林が減少してきた経緯がある。それが違法とはいえ、それまで養殖をしていた地域住民を追い出して、養殖池の全面にマングローブを植えて森林の回復を図るといっても、地域住民とのコンフリクトの原因となる。近年インドネシア林業省は、社会林業制度として、国有林(森林区域)内において森林を回復・維持しつつ、地域住民の生計活動を許可するコミュニティ林(HKM)制度を運用している。その制度を「シルボフィッシャリー」に適用することで、国有林(森林区域)内において、マングローブの回復・維持による長期的な環境便益(炭素・生物多様性)とともに住民の経済便益(魚介類養殖)の両立が達成される可能性がある。

委員: 今後、マングローブ林を新たに養殖池へ土地開発することは厳しく禁止されるであろうことから、今ある養殖池をいかに長期的に持続的に利用して生産を続けていくかが重要となる。シルボフィッシャリーを導入することにより、それが実現されることを示すことができれば良い。

→**JIFPRO**: 承知した。

議題 3-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価(説明資料 4)

委員: 今回の実証で対象とするのは生物多様性の評価に限るということか。

→**JIFPRO**: 基本的な調査は生物多様性に焦点を絞るということである。

→**委員**: 環境価値という意味では生物多様性も非常に重要だが、他の要素についても検討した方が良いと感じる。今回、生物多様性に限っている意図は何か。

→**JIFPRO**: 炭素固定につながるような成長の測定は並行して行われているということなので、今回の事業の中では生物多様性評価をターゲットとして注力していきたいということである。これまで生産を最優先するわけではない環境植林という形で実施してきたものに、生物多様性の観点からこれだけの貢献をしているという付加価値を説明できるようにしていきたいという、企業・団体としての強い要望もあり焦点を絞っていると聞いている。

→**委員**: 企業においては、単に生物多様性の回復だけではなく様々な環境・社会的価値について定量化することに関心があると想定される。今からスコープを変えると試験設計がかわってくるので大変だと思うが、これだけだともったいないと感じる。

→**JIFPRO**: 多面的な機能ということについては議題 3-1 の発表でも触れており、そちらの実証試験とは測定内容が異なっているが、単年度の事業の中ですべての側面について測定することは難しいことから、今回は住民でもできる生物多様性評価手法の開発に焦点を当てているものと理解している。ご指摘の通り、様々な環境・社会的価値に目を向けることを企業としても求めていることも理解しており、生物多様性以外の側面への貢献についてもヒアリングなどを通じてデータを集めていくことも可能だと考えているので、実施者に伝えていきたい。

→**委員**: 植林をしたことで生物多様性が回復すること自体はある種当然なので、厳しい言い方になるが、植林した場所の生物多様性を評価するだけでは新しい価値を生む可視化とは言い難いのではないか。これからの時代は、こういう植林の仕方をするのと他のやり方に比べてどのくらい貢献度が増すのかといった差異を示していくことが求められていくと考えられる。

→**JIFPRO**: ご指摘の点は、これまで様々にマングローブ植林が実施されてきた中で、なぜマングローブを植林するのかという意義に関わる場所である。マングローブ生態系を支えているような重要な生物相にどのような変化を及ぼしているのか、研究レベルでは様々な評価がなされているが、具体的に自分たちの活動地で簡易的に評価し、自分たちの植林活動がどのように貢献できているかを示すための持続的な手法を開発するという考えについては一定の評価ができるものと考えている。当然ながら、ご指摘を受けたように今回の設計で足りないところについては謙虚に受け止めて、少しでも取り組めることがあれば担当される企業の方にも共有していきたい。

委員: 今回の実証試験では、未植林地・一定の年数の経過した植林地・天然林に近いエリアを比

較することによって、植林による生物多様性保全機能に関して一定の評価ができるものと考えている。一方で、植林を実施することに対する地域住民の理解、コンフリクトの危険性については考慮しなくてもよいのか。例えば REDD におけるリーケージのように、対象地で植林を実施したことに起因して地域住民が周辺の別の場所で開発や伐採などが発生してしまうリスクなどはないか。

→**JIFPRO**: 現時点ですべての情報を把握しているわけではないが、カネパッケージは現地支社を有して 2009 年から現地住民と交流するような植林の仕組みを維持している。協力団体のハロハロは現地住民の海藻組合と協力し、海藻の生産力向上に寄与するとしてマングローブ植林を進めている。住民活動を犠牲にしてマングローブ植林を実施しているという構造になっていないと聞いている。その中でも実際にコンフリクトがあるのかないのかということは今回の調査の中でもきちんと把握していく必要があると感じている。

→**委員**: 地域住民にも一定のメリットがあることを理解してもらったうえで協力してもらっているということか。

→**JIFPRO**: ハロハロについてはそのように理解している。カネパッケージについては具体的な仕組みについては不明であるが、現時点でコンフリクトがあるという話は聞いていない。

委員: 植林地の面積規模がわからないがかなり広い面積で活動されているようであるが、今回の調査で生物多様性を評価する対象地が植林地全体に対してのどれくらいの規模なのか。

→**JIFPRO**: カネパッケージがオランゴ島で約 15ha、バナコン島で約 300ha、ハロハロは単位あたり 5ha 以上というような規模と聞いている。

→**委員**: 今回の生物多様性評価手法については、こうした貢献を可視化したい企業にとって非常に参考になるものとして興味深く拝見した。計 3 時間程度のサンプリングによって全体のどれくらいを評価できたのか、評価した場所がどのように造成されて現在の状況がどうなっているのかなどを詳細に報告してもらえると、今後有効に活用できる参考資料となるだろう。

→**JIFPRO**: 今回、限られた時間・リソースの中で、サンプリングという形での評価ではあるが、全体の植林対象地の中で代表性のある場所を選定したいと設計されている。今回の調査結果をスケールアップしていく際には、一般性をもつ形で提示できるよう、分析・報告において、意識して取り組んでもらうように助言していきたい。

委員: サンプリングの際の生物種の同定には専門家の同行という記載があった。対象地でのインターネットアクセスがどの程度可能か不明だが、同定作業に関して Biome 等のクラウドサービスの利用なども検討されてもよいのでは。

→**JIFPRO**: 活用できるツールについてはその利用可能性を意識しながら、その上で必要に応じて専門家のサポートを受ける調査の形を作ってもらえるよう、実施団体にも情報共有していきたい。

委員: 生物多様性評価にプラスアルファで住民にヒアリングされる場合に、漁獲への影響や、植林のための土砂のトラップによる海岸線の変化の影響などについても調査できるようなら検討されては。

→**JIFPRO**: 様々な生態系サービスの中で、生物多様性が果たしている役割や住民への影響など

についても、ご指摘の点も含め、広い視野でヒアリングなども可能な限りやってもらい、生物多様性の今回の成果の位置づけを提示してもらえようようにしたい。

委員:住民でもできる手法の開発ということで、地域住民と協働で調査を実施することで、マングローブを持続的に管理していくことにもつながっていくと考えられる。マリンインベントリが増えることによって食物連鎖の観点から今回の調査対象とした生物種以外への影響も文献調査な度を通じて言及することができればより興味深い結果になると感じた。

→**JIFPRO**:承知した。

議題 4 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)(説明資料 5)

委員:こうしたウェブサイトは継続することが課題と思われるが、自発的に回っていくような仕組みなどがあるか。

→**JIFPRO**:自発的に動いていくような仕組みはないが、事業終了後もサイトのメンテナンスや維持は JIFPRO が担い、拡充できるコンテンツがあればインプットしていく。

委員:「森から世界を変えるプラットフォーム」には、JIFPRO も会員として入ってくれており、お互いにコミュニケーションをとりつつ連携していければと考える。

2 第2回事業運営委員会での検討内容

日時	令和7年11月11日(火) 10:00～12:30
会場	林友ビル 6階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)及びオンライン
議題	議題1. 事業概要とコミュニティ便益の可視化手法分析 議題2. 事例分析からみる企業植林活動の情報開示のアプローチ 議題3. 森づくり活動の貢献度可視化のための実証試験 3-1 インドネシアにおけるマングローブシルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 3-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価 議題4. 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)と公開セミナー
配布資料	議事次第と出席者 説明資料1 事業概要とコミュニティ便益の可視化手法分析 説明資料2 事例分析からみる企業植林活動の情報開示のアプローチ 説明資料3 インドネシアにおけるマングローブ植林:シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化実証試験の進捗報告 説明資料4 フィリピン国におけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価 説明資料5 事業成果普及活動
参加者 (計16名)	委員:足立(オンライン)、岩田、香坂、平塚、三村 林野庁:河内、齋藤 JIFPRO:沢田、田中、仲摩、柴崎、倉本、山口 委託先(カネパッケージ):勝野 委託先(日本森林技術協会):橋口、瀬戸

議題1. 事業概要とコミュニティ便益の可視化手法分析(説明資料1)

委員: 通常のプロジェクト(以下 PJ)は炭素クレジットのみに焦点をあてるが、CCB 認証があるとコミュニティのインパクトも評価するという理解でよいか？

→**JIFPRO:** 通常の VCS の炭素クレジット PJ であれば、炭素だけをモニタリング、CCB 認証を追加で取得する場合は、炭素に加えてコミュニティと生物多様性へのインパクトを評価するという構造になっている。

→**委員:** あくまで、インパクトであって、コミュニティの森林への依存度を評価するものではないという理解でよいか？

→**JIFPRO:** その通りである。

→**委員:** CCB ではインパクトを評価する際の調査方法は定められていないとのことだが、研究者を含めてどういった手法が適切なのか考えていく必要があるだろう。

→**JIFPRO:** 今回は、実際に検証を受けた PJ のモニタリングレポート等を分析することで、実際にど

の程度の調査が行われ Verification を受けているかをご紹介していきたい。

→**委員**:CCB 下の住民便益のモニタリング評価は、PRA、SLF、BNS、PIA を用いて、定性的なデータを取得し、それを基に結果をモニタリングレポートに記述していると想像される。モニタリングレポートに対して、Verification が行われているので、Verification レポートで、第 3 者がどのようなコメントをしているかも確認されたほうがよい。

→**JIFPRO**: Verification レポートも確認するようにする。

委員:コミュニティ便益の調査は、詳細にやるとコストがかかるだろう。事業規模によって、調査を詳細にできるかどうかが変わってくるので、PJ 規模に応じてどの程度の調査が可能かという視点も考慮して、分析を進めていってほしい。

→**JIFPRO**:基本的に VCS の植林クレジット PJ の規模はケニアの Komaza のように大きいものが多い。一方で、一般企業が行う(炭素クレジットを創出することが目的でない)通常の植林は、もっと規模が小さいケースが多い。CCB で推奨、もしくは、CCB の PJで行っているような調査手法をそのまま通常の植林 PJ では適用することはコスト等の面から難しい可能性もあるので、その点に注意して分析を進めていきたい。

議題 2. 事例分析からみる企業植林活動の情報開示のアプローチ(説明資料 2)

委員:対象企業の規模や業種、協力機関(大学や NGO)などについても分類したうえで、各分類の情報開示のアプローチを整理していただけると、今後取り組む企業にとっては、どのアプローチを選んで情報開示すればよいか、参考にしやすいだろう。

→**JIFPRO**:そのようにしたい。

委員:トレーサビリティでボトルネックになる商社などは Supply Shed Approach など、より簡略的な評価の可能性に関心を寄せている。

委員:日本製紙のブラジルやオーストラリアの植林地では、森林認証の厳しい基準の下、生物多様性や地域住民に配慮した森林経営を行っている。これまで森林認証の取得、維持をしてきた中で、現在は TNFD についても対応していると認識している。

王子 HD やヤマハを参考にし、それと同じように TNFD 開示できる企業は少ないのではないかと懸念している。森林認証も含め、一般企業が挑戦しやすいものについても整理していただけるとよいだろう。

→**JIFPRO**:森林認証については整理しきれていなかったもので、今後それも含めて整理したい。今回は、企業が既に行っている植林活動を TNFD の枠組みにより意義付けし直すことで、さらに価値を高められるのではないかという観点でまとめている。これから植林活動に関わる企業にとって、インセンティブやモチベーションにつながるように、可視化や情報発信のオプションを整理していきたい。

JIFPRO:ヤマハでは、これまで行ってきた植林活動を TNFD の枠組みに沿って整理し、意義づけ

し直しており、TNFD 情報開示のために新たな活動をする、もしくはそのためのデータ取得しているわけではないように見受けられる。実際、植林後のインパクトを明示できているわけではない。

議題 3-1 インドネシアにおけるマングローブ植林:シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化(説明資料 3)

委員:今回はマングローブ植林による炭素蓄積量についての報告であったが、今後、社会経済便益や生物多様性についても調査する予定か？

→**JIFPRO**:社会経済便益については、本実証試験で養殖の収穫量を実測し、評価する予定である。既往文献についても調査中である。生物多様性について実測調査は行わないが、既往文献での評価を行う予定である。

委員:沿岸保護のためには、ランドスケープレベルで、バッファゾーンとしてのマングローブ林、シルボフィッシャリー池、並びに養殖生産性の観点から通常の養殖池(粗放型・半集約型・集約型)を適切に配置することが重要との見解を示して頂いた。報告書にもその旨記載する方向か？

→**JIFPRO**:その方向で考えている。

委員:インドネシアでシルボフィッシャリーを普及しているワイエルフォレスト株式会社も同じ認識か？

→**JIFPRO**:ワイエルフォレスト株式会社も同様の認識。放棄又は生産性が低下した養殖池についてはシルボフィッシャリーを普及することに加えて、海岸線に带状に残されたマングローブ林については、バッファゾーンとして沿岸保護機能の重要性に鑑み、劣化した林分への植え込みや隣接地への植林による拡大を検討している。

委員:シルボフィッシャリー池の粗放的なものでも、初期造成から維持管理にかなりのコストがかかることが判った。それがシルボフィッシャリー普及の課題と思われる。本調査では、それらコストとベネフィットの分析を行うのか？

→**JIFPRO**:それらを含めて総合的なコスト・ベネフィット分析を行う予定。シルボフィッシャリー池の造成にかかる初期コストについては、ワイエルフォレスト株式会社が、現地養殖業者(主に地域住民)を金銭的に支援しているので問題ないが、その後の維持管理は養殖業者の自己負担であり、継続して養殖池を維持管理できるかが課題と認識している。

委員:シルボフィッシャリー池では養殖に際して基本的に餌をやらないとのことだが、今回の養殖試験においてマングローブガニは？

→**JIFPRO**:マングローブガニは肉食であり、同時に養殖試験する魚介類を食べてしまうので、今回の養殖試験では1匹1匹箱に入れて飼育し給餌する。

委員:マングローブは樹種により樹形・根形が多様で、一般的なアロメトリー式の適用が困難とのこ

とだが、陸域の森林でも同様のことがいえる。産業植林用の樹種は幹が通直でアロメトリー式が適用し易い。しかし、天然林の樹種の樹形・根形は多様であり、幹が通直でなく板根がある場合もあるので、樹種別(個体サイズ別)のアロメトリー式を適用する必要がある。今回の実証試験を通して得られたマングローブ特有のアロメトリー式の適用基準や手順書が公開されると他の企業にとって大変参考になると思う。

→**JIFPRO**: マングローブのバイオマスについてアロメトリー式を用いて推定した論文は多数あるが、樹種別ではなく共通式を適用しているものが多く、おそらく過大評価になっているケースもあると考えられる。ときには、推定した結果が真の値と比べて倍半分も違う危険性があるので細心の注意が必要である。

委員: 近年、地上部バイオマスの推定については、地上レーザ計測機器を用いて AI 学習する方法の開発が進んでいる。ドローン、又は地上に設置する型及び歩行移動型(背負いタイプ・腰巻タイプ・ハンドタイプ)も利用が可能となっている。レーザ計測であれば、多様な樹形・根形についてその形を点群で把握し精度の高い推定ができる可能性がある。ただし取得したデータの信頼性については、実測値との検証が必要である。

委員: シルボフィッシャリー池に植栽されたマングローブの密度管理が重要とのことだが、間伐材を販売することができれば地域住民の収入増加につながる。確認が必要であるがインドネシアの法令ではマングローブは伐採禁止とも聞いており、生態系サービスの一つとして間伐材の利用は重要だと思うので政府の許認可の方針も含めて調査して欲しい。

→**JIFPRO**: 皆伐(全伐)ではなく、間伐であればマングローブの伐採が許可されるのか、土地利用区分等も含めて調査する。

委員: 今回の実証試験の対象地は養殖試験場だが、得られた結果を誰に対してアピールするのか？

→**JIFPRO**: 養殖試験場のシルボフィッシャリー池はもともとワイエルフォレスト株式会社の支援で造成されたものである。ワイエルフォレスト株式会社としては、本実証試験で得られたシルボフィッシャリーの環境・社会便益の評価結果を、投資家や新たな資金提供者の獲得に向けて情報発信したいという意向がある。

委員: その際には前の発表でも紹介があった CCB スタンドの SBIA の評価手法、及び SBTi や TNFD 等の企業の情報開示スタンダードに沿って情報公開することをお勧めする。

議題 3-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価(説明資料 4)

委員: 生物多様性の調査を住民参加型で実施する場合には、その分の労働対価は支払われるのか。

→**カネパッケージ**: 労働対価も発生すると考えている。今後はクレジット化を見込んでおり、その中で生物多様性のモニタリングを実施する上で、地域住民の協力は不可欠と認識している。新たな

MOA を結んでそれに沿った形で対価を支払う形になろうかと考えている。

委員：協働する住民組織として海藻組合を選んだ理由は何か。

→**日林協**：協力団体の NPO ハロハロが従来海藻組合と協働している。この地域で主に生産されているウミブドウがマングローブの生育する泥の地帯で栽培されていることや、台風の通り道であることから防災の観点からも、マングローブ植林の有用性を感じて植林に協力してもらっていると把握している。

委員：本業以外の社会貢献として取り組まれていることで、まずそれ自体素晴らしい活動と考える。炭素クレジット化も検討されているようだが、何らかの形で植林活動を価値化につなげることを目指してもらいたい。CSR ではあるが、こうした活動が経済的に評価されることが、今後の広がりにつながり、企業による活動の促進に資するだろう。

また、今回は非専門家でも実施できる調査を設計するということと理解しているが、今後の展開としては、専門的知見を取り入れて、より広いマングローブ林内に適用可能な調査にも取り組んでももらいたい。マングローブは今後も注目されていく分野のため、価値化という意味でも今後の取組に期待したい。

委員：干満の差はどれくらいなのか。

→**日林協**：最満で 150cm 以上、最干で 20cm 程度。

→**委員**：干潮時満潮時で生物種の入替わりがあるのか。

→**日林協**：そのような印象をもっている。別の島での事例だが、満潮時にはたくさんいたヤドカリが干潮時にはいなくなるということもあった。

→**委員**：干満による生物の入替わりがあることで生物多様性の評価が難しくなっていることに対し、周囲の天然林の生物との比較をするということも考えられないか。

→**カネパッケージ**：対象地周辺の天然林は保護区に指定されており、生物の採取などの許可が今回は間に合わなかった。

JIFPRO：今回、植林している場所は、マングローブが増加しているのか、減少しているのか。

→**カネパッケージ**：カネパッケージが植林している場所としては、減少している地域と元々なかったところへの新規植林の双方がある。今回調査結果を示したバナコン島の植栽地はマングローブ林がもともと存在していなかったエリアだが、フィリピン政府からの要望を受けて植林を行ってきた。

→**JIFPRO**：今回の 1 回目の調査に先立って、専門家のヒルディ教授にサポートいただき現地状況を踏まえて、調査法自体について検討してもらった。今回報告されたバナコン島の対象地は砂地で、元々マングローブが非常に多くあったわけではないが、フィリピン政府からの要請もあって植林をしているという状況である。その意味で、植林による生物多様性への貢献を示す場合には、この場所での意義をよく考えて丁寧に説明する必要がある。植林を実施されるカネパッケージさんにとっては、この事業を通して、自社が行なっている植林の意

義づけを整理し、広い視野で考える良い機会になったと思う。近隣のアルマー島では、海藻の生育環境保全や防災の目的で長く植林を実施してきたこともあり、植林の意義づけも若干変わってくる。日林協さんには、環境条件に応じた植林の生物多様性保全への意義について、最終的なまとめで整理していただけるものと期待している。

委員：年度末に向けて、議題 1 で取り上げられていた 36 の CCB プロジェクトの中にマングローブの事例があればフィードバックするなど、それぞれのコンポーネントの成果を連携されるとより良い成果が得られるかと思う。

議題 4 事業成果普及活動(説明資料 5)

委員：更新が自動的に行われていくような仕組みや情報を掲載してもらいインセンティブがあると活動が継続的になり望ましい。

→**JIFPRO**：事業が終了した後も継続して企業の方に利活用していただけるように、ご指摘いただいたことも勘案しながら運営していきたい。

議題 5 総合コメント

委員：COP30 の議論などを受けて途上国サイドからの強い要望がある場合に、こうした科学的根拠や貢献の可視化は有効だと考えられるので、今後の議論にも期待している。

委員：マングローブの高密度化によって自然枯死が発生し、過剰な落葉・落枝による水質悪化などのネガティブな影響も出ているとのことなので、植えるだけではなく適切な密度管理を実施し、間伐材の有効活用（薪炭用など）も検討していくことが重要と考える。

（委員会では発言しなかったが、マングローブ林の利活用を踏まえた適正管理手法（間伐、伐採等含む）を示すことが出来ると有意義である可能性）

委員：10 月に開催された IUCN 世界自然保護会議（WCC）で「RHINO（Rapid High-Integrity Nature-positive Outcomes）」という枠組みが発表された。どのような場所で、どのような植林をするべきなのか、その植林によってどのような成果が期待されるかということを事前に検証することや、植林後にどのような成果が出ているのかを総合的に評価できるようなシステムが提案されており、企業の関心が高まると予想される。また、WCC のフォーラムの中でも、モニタリングに関して研究というよりはスタートアップ企業などの事業として取り組まれている事例が多く報告されていた。今後は、そうした企業が開発したモニタリング手法をグランドトゥールズとうまく組み合わせながら活用していくことが重要になるだろう。さらに、生態系サービスの定量化についても関心・重要度共に高まっている。森林と関係の薄い企業のアプローチの話題もあったが、最近の傾向として IT 系の企業が植林や森林再生に力を入れている。その要因として一つには自社の GHG 排出のオフセットの目的がある一方で、バリューチェーン全体で水への依存度が高いことから水リスクへの対応の一環として大規模な植林を実施しているということがある。企業事例の比較検討の際にこうし

た傾向も考慮していただければよいだろう。

委員：失敗例や課題も今後の企業の参考になる。また、現段階では難しいが将来的に解決したい問題やそれを解決するための技術への期待・アイデアといったものも、今後参入する企業の糧になるかと思う。

林野庁：情報の受け手が受け取りやすいような情報の整理を念頭に置き、調査結果をどのように一般化できるのかを検討してもらいたい。マングローブ林の炭素評価について、土壌の部分の炭素蓄積についても評価できるようなものが提供できると、マングローブ植林の意義がより積極的に評価されるようになるのではないか。また、今年度の実証で取り扱うのは難しいかと思うが、マングローブ植林というところでは防災・減災機能についても視野に入れた形でまとめてもらえるとより良い。

3 第3回事業運営委員会での検討内容

日時	令和8年3月6日(金) 15:00～17:30
会場	林友ビル 6階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)及びオンライン
議題	議題1. 事業概要と本委員会での検討内容 議題2. 事例分析からみる企業植林活動の情報開示のアプローチ 議題3. コミュニティ便益の可視化手法分析—CCB 認証プロジェクト事例分析—議題4. 森づくり活動の貢献度可視化のための実証試験 4-1 インドネシアにおけるマングローブシルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 4-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価 議題5. 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)と公開セミナー
配布資料	議事次第と出席者議事次第と出席者(本紙) 説明資料1 事業概要と本委員会での検討内容 説明資料2 企業植林活動の情報開示のアプローチ 説明資料3 コミュニティ便益の可視化手法分析—CCB 認証プロジェクト事例分析— 説明資料4 インドネシアにおけるマングローブシルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化 説明資料5 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価 説明資料6 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)と公開セミナー
参加者 (計17名)	委員: 足立、岩田(オンライン)、香坂(オンライン)、平塚、三村、宮本 林野庁: 河内、岡林 JIFPRO: 田中、仲摩、柴崎、倉本(オンライン)、山口、堀内 委託先(カネパッケージ): 勝野 委託先(日本森林技術協会): 橋口、瀬戸

議題1. 事業概要と本委員会での検討内容(説明資料1)

委員: 本事業の対象国として挙げているインドネシアやフィリピンについては、生物多様性の観点から世界的にも重要な地域であるコーラルトライアングルの国々として説明がつくと思うが、その他のケニアやモンゴルといった他の国々については、その位置づけについて説明を加えていただくとよいのではないかと。

→**JIFPRO:** 対象国については、JIFPRO がこれまで林野庁等の事業の中で実施してきた国であり、乾燥地などそれぞれ森林再生の対象地としての重要性を持つので、ご指摘のような説明を加えていきたい。

委員: 事例集として整理すること自体は有用だが、今後はある程度体系化して示していく必要があ

る。最近の国際的な議論として 2025 年 10 月に IUCN が公表した「RHINO(Rapid High-Integrity Nature-positive Outcomes)」というアプローチがあり、植林も含むネイチャーポジティブの取組について、その効果や信頼性を高めていくための定量的な手法に関する議論が進んでいる。企業がどこでどのような活動を行うことが効果的なのか、また実際に行った活動がどう貢献できたかが定量的にわかる仕組みだ。こうした観点を踏まえずに植林だけを情報開示をしても、特に小規模な場合や事業と関係性が低い場合にはグリーンウォッシュとして受け取られる可能性もある。そのようなこともあり、最近では企業の自然関連の取組について、投資家から定量的な評価が強く求められている。

また、生物多様性分野では、絶滅危惧確率をどの程度減らせるかを定量化した IUCN の STAR 指標があり、植林を含む保全活動によって生物多様性への貢献度を事前・事後で定量的に評価する時代に入っている。こうした流れを踏まえると、単に事例を紹介するだけではなく、将来的にどのように評価されるかという視点も考慮する必要があるのではないかと考える。

さらに、企業の情報開示は、世界中の投資家によって評価される可能性があることから、開示される情報が十分でない場合には企業にとってリスクともなり得る。そのため、企業に役立つ有用なガイドとするためにも、最初は小規模な取組であっても、将来的に適切に評価される形で示していくことが重要ではないかと考える。

→**JIFPRO**: 最近の国際的な動向についてはご指摘の通りの方向性があることを理解しているが、本事業としては、まずは小規模な取組であっても企業の活動を拾い上げ、紹介していくことも重要であると考えている。本事業はそのような点も目的の一つとしている。

→**委員**: グリーンウォッシュで一番怖いのは、日本企業の多くが善意で情報開示に取り組んでいることである。「やらないよりはやった方がよい」「できることから始めた方がよい」という考え方で進めてしまうと、科学的なアプローチとは言えず、結果として企業自身のリスクを高めてしまう可能性がある。さらに、そのような取組を我々がミスリードしてしまう可能性も懸念している。そのため、単に事例として紹介するだけではなく、最初は小規模な取組であっても、きちんとした方法で行なっていることや、目標を示していくことが重要である。そうすることで、将来的に適切に評価される取組として広がっていく可能性もあるのではないかと考える。

→**JIFPRO**: そのような定量化への要請が国際的にも進んでいることを踏まえて、取組の紹介を行っていききたい。

委員: 本事業では「企業」や「可視化」がキーワードになっており、企業の取組の貢献度をどのように示していくかという点が議論されている。その一方で、国際協力の立場から見ると、「途上国」もキーワードの一つに含まれるように、途上国における地域住民にとって結果として良い状況になることも重要である。本来は、企業側の活動の可視化と地域住民にとっての便益・成果が対となって示されることが望ましいのではないかと考える。事業としても、そのような形で実施されることが重要ではないかと思う。

→**JIFPRO**: 地域住民への貢献は重要であると認識している。本事業においても、炭素、生物多様性、地域住民への便益の三つをテーマとしており、プレイブックにおいてもこれらの点をカバーしていく予定である。

議題 2. 企業植林活動の情報開示のアプローチ(説明資料 2)

委員: 日本企業は TNFD の開示が進んでいるが、WWF の報告書(2024 年 TNFD 開示の潮流と日本企業の対応状況)によると、LEAP 分析の初期段階で終了しているものが多く、サプライチェーンの上流まで遡って定量的に評価している事例は非常に少ないとのことだった。TNFD の本質は、ビジネスのインパクトを減らし、自然にとってプラスになるビジネスに「移行」(transition)していくことであり、それを投資家は求めている。

三井住友海上の事例はまさに「移行」にあたる事例である。社会貢献の植林をどうビジネスに移行するのか、という視点が大事である。

TNFD の文脈では社会貢献は含まれないので、社会貢献の規模を大きくすればよいと誤解を招かぬよう、整理・発信の仕方を工夫していただけると良い。

委員: 先日 2 月 9 日に公表された IPBES のビジネスの生物多様性及び自然の恩恵への影響と依存に関する方法論評価(ビジネスと生物多様性評価)報告書 Business and Biodiversity Assessment 政策決定者向け要約(Summary for Policymakers)では、意思決定レベルと測定の目的に応じた評価方法の適合性等を整理しており、今回のまとめ方の参考になるのではないかと。企業は、目的と方法、誰に向けて発信していくのかを明確にして発信することが重要である。したがってまず全体像を分かりやすく提示したうえで、今回のような事例紹介があると良い。

また、参考情報として以下紹介したい。

金融/投資機関による自然関連情報開示促進と国際標準化を前提としたネイチャーフットプリントの開発と実証事業(内閣府 BRIDGE プロジェクト)が 3 月 13 日にローンチされる予定なので確認するとよい(<https://www.bridge-naturefootprint.jp/index.html#about>)

林野庁の治山課においても、簡易版の森林の水源涵養機能の定量化手法を開発しているので参考になるだろう。

→**JIFPRO**: 全体像を分かりやすく整理したうえで、事例紹介に繋がるように構成を検討したい。また頂いた情報については、確認し今後の参考としたい。

委員: TNFD の金融機関の取り組みはどのような状況か、また金融機関が生物多様性を理解し評価をすることは可能なのか。

→**委員**: 金融機関も自分たちの投融資のリスクを査定し TNFD レポート公表するために生物多様性の評価に取り組んでいるが、機関により取り組みのレベルには差が大きいのが現状。金融機関の TNFD 等の取り組み状況については、ヒアリングを行うのも一案である。金融機関は実際の現場のことは恐らく分かっていないので、金融機関と現場の認識の橋渡しをする役割が研究機関に求められているのではないかと。

委員: 三井住友海上では、生物多様性の測定をしているとのことだが、その指標は何を参考に選択されたものなのか。

→**JIFPRO**: 詳細は不明だが、現地の大学やコンサルタントからのインプットを参考にしている可能性が高いと思われる。

→**委員**: Nature Positive Initiative の中で標準化された指標案が提示されているが、現場で使うには粒度が粗いと感じている。国際基準に準拠した指標と、現場レベルで判断・測定する指標の双方が必要と感じている。

→**JIFPRO**: そのような考え方や指標を、プレイブックの中で提示できるとよいと考えている。また、委員から冒頭指摘があったように、国際基準を参考に、現場レベルで対応できるところはしっかりと抑えていくことが重要と考える。研究者側からも使い手に対してさまざまな指標を提案して生物多様性指標の標準化を固めている段階と認識している。

→**委員**: 先ほど紹介した RHINO アプローチでは、「絶滅危惧種への影響をどれだけ減らせるか」ということを科学的に定量する方法を示している。実際に、現場で有効な手法であるかどうか、JIFPRO が企業と組んで検証するというのも一案である。

Nature Positive Initiative の基準の粒度は、研究レベルで使うには粗いかもしれないが、サプライチェーン全体の評価をするうえでは、以前より厳しい基準になっている。生物多様性評価の最低限のレベルが上がってきているので、そのことは発信していただけるとよい。

→**委員**: International Sustainable Forestry Coalition (ISFC: 持続可能な林業のための国際連合) では、主要な林業会社、ファンドが集まり、林業会社が持つ人工林を中心とした環境林の財務的価値化に取り組んでいる。このような連合体が国際的なルールメイキングで活動し、ローカルにも影響を及ぼしている可能性があるということもプレイブックの中で触れていただけると良い。

委員: CO2 吸収量の算定については、算定根拠が記載されていないものが散見され気になっていた。プレイブックにおいても、測定機関名や第三者機関名を記載することで、これから取り組もうとする企業の参考になるのではないかな。

議題 3 コミュニティ便益の可視化手法分析-CCB 認証プロジェクト事例分析-(説明資料 3)

委員: CCB 認証が比較的容易に取得できるように受け止められ、客観性に欠ける評価にならないか懸念する。住民のニーズをより丁寧に捉えることが重要であり、生計向上についても一般的な記述内容ではなく、各地域の住民の実情に応じたニーズを踏まえて整理する必要があるのではないかな。こうした点を適切に示すことができれば、本事業の質を高めることにもつながるのではないかな。

→**JIFPRO**: CCB 認証の検証(Verification)過程において、調査方法や指標内容よりも、住民が主体的に参加しているか、また、プロジェクト実施機関が住民のニーズを実際に聞き取り・把握し、それに適切に対応しているかを重視して、その確認が行われている事例も見られる。

委員: 既存の「プロジェクト内部データ」とは具体的にどのようなデータを指し、どのように収集されているのか？

→**JIFPRO**: プロジェクト運営のために日常的に作成・管理されるデータであり、具体的には、農家登録簿、炭素クレジットの支払い台帳等を指す。これらはプロジェクトの立ち上げ準備段階から必要となり、実施中も継続的に記録・更新されるデータである。

委員: 事例の整理方法について、植林タイプ別か、エリア別か、どのような整理軸を用いていくのか。

今後、分析結果を横展開していく際には、各植林タイプの特徴と指標の関連付けをより丁寧に整理することで、他の事業の参考となり、応用の可能性も高まるのではないかと。また、今回の整理が帰納的(事例から整理したもの)なのか、あるいは演繹的(あらかじめ設定した枠組みに基づく整理)なのかについても確認したい。

→**JIFPRO**: 明確に演繹的か、帰納的かというのは難しいが、CCB 認証を取得している 21 件のプロジェクトを対象に、植林形態等の特徴を踏まえ、4 つの植林タイプに整理した。

議題 4-1 インドネシアにおけるマングローブ植林:シルボフィッシュリー的环境・社会経済便益の可視化(説明資料 4)

委員: プレイブックに反映するうえでのポイントはありますか。

→**JIFPRO**: 事例に基づき、皆様の参考となる情報を整理し、今後検討していきたい。

委員: 生態系サービスへの支払い(PES)について、炭素クレジット以外の事例は知っているか。

→**JIFPRO**: インドネシアの事例については把握していないが、ベトナムでは電力会社が CSR の一環として取り組んでいる事例があると聞いている。

→**委員**: これまでのところカーボン以外の事例はあまり見られないため、そのような事例があれば紹介いただけると参考になる。

議題 4-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価(説明資料 5)

委員: 丁寧に解析されており、指標種の選定も、Indval 法に加え、現地の専門家の意見も取り入れておりバランスが取れている。「植林なし」と「植林 30 年」で分けているが、その間の 5 年と 12 年については、精度が低く比較対象としていないという認識で合っているか。

→**日林協**: 植林が小さいパッチで行われているところでは、5 年後の環境変化を見るのは難しく、あえて「植林なし」と「植林 30 年」のみで比較を行った。いずれかで選ばれた種を指標種とした。

委員: (配布資料のスライド 6 について) 原生的なマングローブ林との比較では、シジミ科は調査地点ではほとんど確認されなかったと記載があった。シジミ科を除く、「物理的な三次元空間を利用する種」については、原生的なマングローブ林と調査地点の双方で確認されたという理解でよいのか。

→**日林協**: そのとおりである。シジミ科は泥中に生息する種であり、「三次元空間を利用する種」には含まれていない。

委員: バナコン島はもともと砂地であった場所にマングローブを植林したものと理解しているが、その結果、マングローブに生息する生物相が出現し、自然環境が変化してきていると認識してよいのか。鳥類の餌となる巻貝類は増加しており、全体としての生物多様性は高まっている一方で、もともとの自然環境を変えてしまったという側面もあるのではないかと。

→**日林協**: 砂地に生息していた種から、マングローブ林に生息する種へと置き換わり始めていると認識している。

委員: 企業や住民への支援ツールについてだが、実際に住民が種を同定する難しさについてはどのように考えているか。

→ 日林協: 調査では種の同定は専門家が行っている。実際に自分たちでもやってみたが、種の特定までは難しかった。したがって、非専門家でも認識しやすい科レベルの同定でも生物多様性が評価できることを目的に、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ に分解して表すことを試みた。

→ 委員: 企業の人にとっても非常に参考になる調査方法でぜひ進めていただきたい。また環境 DNA との比較は行っているか。

→ 日林協: 環境 DNA は今回行っていない。

→ 委員: 住民が調査を行うことの意義はあるが、環境 DNA も活用しクロスチェックができると良いのではないか。

議題 5 事業成果普及活動: ウェブサイト(途上国森づくりワークス)と公開セミナー(説明資料 6)

委員: 「日本企業による途上国森づくり活動データベース」は有意義な取組であるが、各情報は手作業で収集しているのか? また、CO₂ 予測ツールの計算方法については、どのような成長予測パラメーター等が使われているのか?

→ JIFPRO: データベースについては、基本的には手作業で情報を収集している。既にウェブ上で公開しており、掲載を希望する企業から連絡を受けたうえで、情報を拡充している。また、CO₂ 予測ツールについては、JIFPRO の過去の実施事業を通じて収集した国別、樹種別の材積データや成長量データをもとに計算している。バックデータ自体は公開していないが、グラフ等の形で出力、吸収量や出典を確認できる仕組みである。なお、JIFPRO が所有していない材積データについては、計算ツールの対象外となる。

→ 委員: 非常に有用なツールであるが、データ量の厚みやばらつきがあるのではないか。そこで一つの提案として、AI にデータを学習させて予測ツールを開発することも考えられるのではないか。また、現在手作業で行っている情報収集についても、AI を活用し自動的に集計することで負担軽減が図れる。さらに、企業による情報開示が進む中で、JIFPRO への登録が当たり前になるような仕組みを構築し、ある程度質の揃った情報を開示することにより、JIFPRO 登録・掲載されていることがデータの信頼性や有効性を高めるような工夫ができればよいのではないか。

→ JIFPRO: 貴重なご提案をいただき、ありがとうございます。いただいたコメントを参考にさせていただき、より洗練されたもの、企業側にとって有用なデータベースやツールを発信していきたい。

委員: 吸収量予測ツールについて、樹種ごとに材積が分かるという説明であったが、樹種の違いは成長量に反映されているという理解でよいのか。また、材密度等は樹種ごとに反映されるのか?

→ JIFPRO: 材積から換算している。具体的には、IPCC のバイオマス・エクспанション・ファクター (BEF) かけるウッドデンシティを用いた計算を行っている。材積密度も精度は粗いものの、同じ気候帯において針葉樹と広葉樹の違いが分かる IPCC のデフォルト値を用いて CO₂ 吸収量を換算している。他のデータベースの存在も把握しているが、本ツールでは IPCC のデフォルト値を使用している。

議題 6 総合コメント

委員：今年度の取りまとめおよび来年度に向けて、各委員からコメントをいただきたい。今後、途上国において植林事業を展開していく際の参考として、想定される事業規模や相場観について、各専門分野や立場からご意見を伺いたい。また、植林プロジェクトにおける住民便益の評価は難しい点がある。炭素については衛星画像等から把握することが可能であるが、住民便益については調査方法が難しいため、例えば TNFD での評価方法や JICA プロジェクトにおける事業開始前後の比較方法など、関連する知見があればコメントをいただきたい。

委員：TNFD においても、コミュニティ便益に関する情報開示について具体的に決められた方法はなく、各自で工夫し説明している状況である。ただし、合理性や定量性、説得力のある説明が求められる。TNFD は、主に投資家に対する情報開示のため、企業の財務リスクにつながるかどうかという観点がより重要になる。例えば、住民とのエンゲージメントが十分に行われていなければ、将来的なリスクとなる可能性がある一方で、住民便益の創出により将来的なリスク削減につながるのか、新たな機会になるのかといった情報・説明が求められる。また、CO₂ 吸収については明確な便益であるが、企業にとっては単なる吸収量だけではなく、炭素クレジット化によって年間収入としてどの程度換算できるかという点も重要となる。具体的な方法論は定められていないが、そのような観点を意識して説明・情報を開示することが重要である。

→**JIFPRO**：インパクトを可視化することよりも、リスクがないことを示すことが重要なのか。リスクがないことを説得力のある形で説明することが求められるということか。

→**委員**：ただし、インパクトが示されなければリスクの算定根拠とはならない。投資家としては、最終的にはリスクまで提示してほしい。それが示されない限り、事業全体に与える影響を評価することができない。

委員：ペルーにおける森林管理プロジェクトでは、地域住民の権利を尊重しながら森林管理を進める中で、住民に対するアンケート調査を実施し、環境経済学的な分析（コンジョイント分析等）を用いて生態系サービスの定量化を行っている。一方で、本事業の成果物については基本的には事例集として理解しているが、その前段となる導入部分において、何を可視化するのかという観点から、主に炭素や生物多様性の要素を体系的に整理して取り入れることがよいのではないか。

委員：広い意味での評価を行うにあたり、アカデミアの研究者にデータ収集や調査を担ってもらい、その成果を論文等として発表することで、お墨付き（第三者的な裏付け）を得ることは一案であると思う。そのような形を取ることによって、評価の質の向上に繋がる可能性がある。

また、質問として、インドネシアにおけるマングローブの植林事業は炭素クレジット化およびその販売を含めたビジネスモデルとして成立しているのか。環境負荷を考慮すれば、陸上養殖の方が循環型で環境に優しいが、高額のため現時点では現実的ではないことは理解できる。沿岸地域の住民にとって短期的な便益として養殖を組み合わせていることや政府の関与があることは分かるが、

事業として実際に採算が取れているのか、その点が見えにくい。ビジネスモデルとして成立していないと、この事業自体が継続して回っていかないのではないかと思います。

→**JIFPRO**: 現状ではまだクレジットの獲得までは至っていない。**Verra** には1件申請している案件はあるが、登録には至っておらず、ビジネスモデルとしての確証も得られていない。今回の沿岸地域における小規模事業については、今後まとめてクレジット申請する計画はあるものの、現時点ではクレジットの申請・登録・発行の段階には至っていない状況である。

→**委員**: 養殖するエビや魚がインドネシアの国内消費向けなのか輸出向けなのかによってバリューチェーンは異なり、輸出向けであれば基準も厳しくなる。ビジネスモデルを考える上では、このような点をきちんと整理する必要があるのではないかと。話としては興味深いが、最終的にどのような形になるのかがまだ見えにくい。循環型のきれいな養殖や農業は関心のある取組ではあるが、ビジネスとして成立するのかという視点も必要だと思う。

委員: 規模感について述べると、弊社のように森林資源を材料として利用する民間企業の場合、一般的には2万～10万ヘクタール程度の森林を保有して事業を行うことが多い。木材を植えて育てて伐採するうえでは、ある程度の面積規模が必要になる。こうした森林の中には、木材生産として利用する「事業林」と、それとは別に木材生産を行わず、生態系保全や水源涵養などの環境機能を重視する「環境林」を区分して管理するという考え方がある。そのため、地域によってはその倍程度の面積を所有している企業もある。

企業の立場としては、植林事業はコストセンターであって、利益を生み出すプロフィットセンターではない。つまり、ここで利益を得ようとしているわけではなく、必要な資源を確保するために実施している。そのため、かなりぎりぎりのコスト感覚で運営しているというイメージを持っていただいて良いと思う。

また、このような規模の事業における住民便益を評価する場合には、社内に専門部署を設け、地域住民との関係を理解している人材を採用して進める必要がある。専門的な体制で対応しており、相応のコストをかけて取り組んでいる。

委員: IPCC においてブルーカーボンに関する議論が進められており、国内のジャパンブルーエコノミー技術研究組合(JBE)における議論も参考にされているのではないかと。ブルーカーボンの方法論については現在も議論が進められており、本事業の最終的な取りまとめの段階でも、その点の現況について言及しておくのではないかと思います。

また、規模の議論に関連して、炭素クレジットの議論ではどうしても質よりも量が重視されがちである中、本事業では住民の生計手段や便益に焦点を当て、質の側面についても並行して議論ができた点は有意義ではないかと思う。

さらに、先ほど申し上げたエリアと植林タイプについて住民生計の議論があったが、代替生計については、英国環境・食料・農村地域省(DEFRA)やロバート・チェンバーズが提唱している概念があり、こうした議論を踏まえると、指標を選ぶ際に植林地であったエリアでの適用などの歴史的背景が影響している可能性もあるのではないかと思います。この点についても、次回整理を検討していきたい。

林野庁: 本事業の目的は、企業が途上国で行う植林事業の貢献度を可視化し、その手法を開発し、その普及を図ることである。各地で現地実証の調査が行われているが、そこで得られた知見をどのように、可視化手法の普及ツールであるプレイブックへ反映していくかという視点を持って取り組んでほしい。本事業は単なる植林を推進する事業ではなく、その取組の貢献度の可視化を目的とする事業であることを踏まえ、調査を行うだけではなく、その便益をどう整理して、活用に繋げていくかという点に着目しながら、プレイブックに反映できる要素をしっかりと抽出していくことが重要である。来年度以降に現地調査を実施する際には、そのような視点を強く意識し、現地調査で得られた知見をプレイブックに反映することを前提に進めてほしい。現地調査とプレイブックが別々の取組として整理されるのではなく、相互に結び付けて進めていただきたい。さらに、中小企業の取組も意識する必要がある。可視化の方法としては最低限の枠組みを示すことも重要な視点であるが、同時に可視化を進めることによってプロジェクトの魅力が高まり、継続性や持続性、質的向上に寄与し、その結果として外部から資金が回るような仕組みにもつながる可能性も踏まえながら事業を進めてほしい。

8章 添付資料

1 第1回 事業運営委員会 議事次第と出席者リスト

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第 1 回 事業運営委員会

議事次第

令和 7 年 7 月 3 日(木) 9:30～11:30
林友ビル 6 階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)

1. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター
林野庁 海外林業協力室

3. 議題

議題 1. 事業全体の進め方と本委員会での検討事項

国際緑化推進センター(JIFPRO)柴崎 一樹(説明資料 1)

議題 2. 中小企業におけるサステナビリティ情報開示

国際緑化推進センター(JIFPRO)山口はるか(説明資料 2)

議題 3. 森づくり活動の貢献度可視化のための実証試験

3-1 インドネシアにおけるマングローブシルボフィッシュリーの環境・社会経済便益の可視化

国際緑化推進センター(JIFPRO)仲摩 栄一郎(説明資料 3)

3-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

国際緑化推進センター(JIFPRO)田中 浩(説明資料 4)

議題 4. 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)

国際緑化推進センター(JIFPRO)倉本 潤季(説明資料 5)

4. 閉会

【配布資料】

議事次第と出席者(本紙)

説明資料 1～5

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第 1 回 事業運営委員会

出席者

1. 委員(五十音順・敬称略)

足立 直樹	レスポンスアビリティ 代表取締役	オンライン参加
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 森林資源研究室 主任研究員	オンライン参加
香坂 玲	東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 教授	会場参加
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 教授	会場参加
三村 一郎	国際協力機構(JICA)地球環境部 次長 兼 森林・自然環境保全グループ長	会場参加
宮本 和樹	森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点 拠点長	会場参加

2. 林野庁

河内 清高	計画課 海外林業協力室 室長	会場参加
岡林 正人	森林整備部計画課 海外林業協力室 海外技術班 課長補佐	会場参加
高田 隼輔	森林整備部計画課 海外林業協力室 係長 海外技術班	会場参加

3. (公財)国際緑化推進センター

沢田 治雄	理事長	会場参加
高原 繁	専務理事	会場参加
田中 浩	技術顧問	オンライン参加
仲摩 栄一郎	主任研究員	会場参加
柴崎 一樹	主任研究員	会場参加
倉本 潤季	研究員	会場参加
山口 はるか	研究員	会場参加

2 第 2 回 事業運営委員会 議事次第と出席者リスト

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第 2 回 事業運営委員会

議事次第

令和 7 年 11 月 11 日(火) 10:00～12:30
林友ビル 6 階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)

2. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター
林野庁 海外林業協力室

3. 議題

議題 1. 事業概要とコミュニティ便益の可視化手法分析

国際緑化推進センター(JIFPRO)柴崎 一樹(説明資料 1)

議題 2. 事例分析からみる企業植林活動の情報開示のアプローチ

国際緑化推進センター(JIFPRO)山口はるか(説明資料 2)

議題 3. 森づくり活動の貢献度可視化のための実証試験

3-1 インドネシアにおけるマングローブ植林:シルボフィッシュリーの環境・社会経済便益の
可視化

国際緑化推進センター(JIFPRO)仲摩 栄一郎(説明資料 3)

3-2 フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性
評価

日本森林技術協会 橋口 秀実(説明資料 4)

議題 4. 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)と公開セミナー

国際緑化推進センター(JIFPRO)倉本 潤季(説明資料 5)

4. 閉会

【配布資料】

議事次第と出席者(本紙)

説明資料 1～5

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第 2 回 事業運営委員会

出席者

1. 委員(五十音順・敬称略)

足立 直樹	レスポンスアビリティ 代表取締役	オンライン参加
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 森林資源研究室 主任研究員	会場参加
香坂 玲	東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 教授	会場参加
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 教授	会場参加
三村 一郎	国際協力機構(JICA)地球環境部 次長 兼 森林・自然環境保全グループ長	会場参加
宮本 和樹	森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点 拠点長	ご欠席

2. 林野庁

河内 清高	森林整備部 計画課 海外林業協力室 室長	会場参加
齋藤 絵理	森林整備部 計画課 海外林業協力室 課長補佐	会場参加

3. (公財)国際緑化推進センター

沢田 治雄	理事長	会場参加
田中 浩	技術顧問	会場参加
仲摩 栄一郎	主任研究員	会場参加
柴崎 一樹	主任研究員	会場参加
倉本 潤季	研究員	会場参加
山口 はるか	研究員	会場参加

4. 委託先

勝野 旭	カネパッケージ株式会社 海外事業本部・取締役	会場参加
橋口 秀実	(一社)日本森林技術協会 事業部国際協力グループ 専門技師	会場参加
瀬戸 智大	(一社)日本森林技術協会 事業部森林情報グループ 専門技師	会場参加

3 第 3 回 事業運営委員会 議事次第と出席者リスト

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第 3 回 事業運営委員会

議事次第

令和 8 年 3 月 6 日(金) 15:00～17:30
林友ビル 6 階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)

1. 開会

2. 挨拶

林野庁 海外林業協力室

3. 議題

議題 1. 事業概要と本委員会での検討内容

国際緑化推進センター(JIFPRO)柴崎 一樹(説明資料 1)

議題 2. 事例分析からみる企業植林活動の情報開示のアプローチ

国際緑化推進センター(JIFPRO)山口はるか(説明資料 2)

議題 3. コミュニティ便益の可視化手法分析 ―CCB 認証プロジェクト事例分析―

国際緑化推進センター(JIFPRO)柴崎 一樹(説明資料 3)

議題 4. 森づくり活動の貢献度可視化のための実証試験

4-1 マングローブ植林:シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化

国際緑化推進センター(JIFPRO)仲摩 栄一郎(説明資料 4)

4-2 マングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

日本森林技術協会 橋口 秀実・瀬戸 智大(説明資料 5)

議題 5. 事業成果普及活動:ウェブサイト(途上国森づくりワークス)と公開セミナー

国際緑化推進センター(JIFPRO)倉本 潤季(説明資料 6)

4. 閉会

【配布資料】

議事次第と出席者(本紙)

説明資料 1～6、参考資料 1～2

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第 3 回 事業運営委員会

出席者

1. 委員(五十音順・敬称略)

足立 直樹	レスポンスアビリティ 代表取締役	会場参加
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 森林資源研究室 主席 研究員	オンライン 参加
香坂 玲	東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 教授	オンライン参 加
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 教授	会場参加
三村 一郎	国際協力機構(JICA)地球環境部 次長 兼 森林・自然環境 保全グループ長	会場参加
宮本 和樹	森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点 拠点長	会場参加

2. 林野庁

河内 清高	森林整備部 計画課 海外林業協力室 室長	会場参加
岡林 正人	森林整備部計画課 海外林業協力室 海外技術班 課長補佐	会場参加

3. (公財)国際緑化推進センター

田中 浩	技術顧問	会場参加
仲摩 栄一郎	主任研究員	会場参加
柴崎 一樹	主任研究員	会場参加
倉本 潤季	研究員	オンライン参 加
山口 はるか	研究員	会場参加
堀内 綾	研究員	会場参加

4. 委託先

勝野 旭	カネパッケージ株式会社 海外事業本部・取締役	会場参加
橋口 秀実	(一社)日本森林技術協会 事業部国際協力グループ 専門 技師	会場参加
瀬戸 智大	(一社)日本森林技術協会 事業部森林情報グループ 専門 技師	会場参加

4 技術検討委員会 議事次第と出席者リスト

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

技術検討委員会

議事次第

令和 8 年 1 月 20 日(火) 10:00～12:00

オンライン開催

1. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター

3. 議題

議題 1. 事業概要と技術検討委員会について

国際緑化推進センター(JIFPRO)柴崎 一樹

議題 2. 実証試験 1:

インドネシアにおけるマングローブ植林:シルボフィッシャリーの環境・社会経済便益の可視化

国際緑化推進センター(JIFPRO)仲摩 栄一郎

議題 3. 実証試験 2:

フィリピンにおけるマングローブ植林地の海洋底生生物を用いた簡易的な生物多様性評価

日本森林技術協会 橋口 秀実・瀬戸 智大

4. 閉会

令和 7 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

技術検討委員会

出席者

1. 委員(五十音順・敬称略)

香坂 玲	東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 教授
原田 一宏	名古屋大学大学院 生命農学研究科 森林・環境資源科学専攻 教授
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 教授
宮本 和樹	森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点 拠点長

3. 林野庁

齋藤 絵理	森林整備部 計画課 海外林業協力室 課長補佐
-------	------------------------

3. (公財)国際緑化推進センター

高原 繁	事務局長
田中 浩	技術顧問
仲摩 栄一郎	主任研究員
柴崎 一樹	主任研究員

4. 委託先

勝野 旭	カネパッケージ株式会社 海外事業本部・取締役
橋口 秀実	(一社)日本森林技術協会 事業部国際協力グループ 専門技師
瀬戸 智大	(一社)日本森林技術協会 事業部森林情報グループ 専門技師