

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6年度報告書

令和7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
1. 事業の背景・目的及び進め方	6
1.1 背景・目的	6
1.2 事業の進め方	8
2. 企業による植林活動の貢献の可視化と情報開示	11
2.1 はじめに	11
2.2 国際的な ESG 情報開示の枠組み・基準の中での植林活動の取り扱い	11
2.3 欧米企業による植林活動による生物多様性への貢献の可視化事例	16
2.4 ネイチャーテックを用いた開示事例	22
2.5 まとめ	28
2.6 参考文献	29
2.7 添付資料	30
3. マレーシア・サバ州でのアカシア産業植林事業地の生物多様性評価	31
要約	31
3.1 はじめに	31
3.2 調査アプローチ（関係機関、費用、調査設計・アウトプット等）	32
3.3 森林の構造・植物種多様性	34
3.4 動物分類群ごとの調査方法、結果及び考察	37
3.5 植林事業地及びその他の景観との種数の比較（文献による比較）	58
3.6 まとめ	63
3.7 参考文献	64
4. ケニア半乾燥地における小規模農家向け植林の貢献度可視化	67
要約	67
4.1 背景・目的	67
4.2 試験対象地の概要	70
4.3 実証試験の方法と結果	71
4.4 検討した可視化手法のコスト試算	90
4.5 対象国における検討した可視化手法の普及説明会	91
4.6 実証試験の総括-実用化に向けた課題を中心に-	91
4.7 参考文献	93
5. マングローブ森づくり活動の環境・社会貢献度の事前調査	96
5.1 マングローブの生態系サービスと地域住民の生計向上	96
5.2 インドネシア南スマトラ州のマングローブ林保全再生プロジェクト	96
5.3 南スマトラ州東側沿岸域の大規模湿地帯における森林減少	97
5.4 ムシ川下流域の湿地帯の植生分布	99

5.5 OKI 県沿岸地域における人工水路と海面上昇の影響.....	102
5.6 OKI 県沿岸地域におけるマングローブの植林.....	103
5.7 マングローブ森づくり活動を対象とした可視化実証調査の可能性.....	103
参考文献リスト	105
6. 普及ツール等による情報発信.....	106
6.1 情報集積サイトの管理運営.....	106
6.2 セミナー開催.....	110

要約

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。植林活動を、全世界、特にポテンシャルの高い途上国において推進するためには、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、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。しかし、自然保護を主たる目的とした「環境植林」等は、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。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グローバルレベルでの持続的な発展を目的とする「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。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。それにとともに、今後は、民間企業等にとって、「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重要課題になってくることが予想される。

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、炭素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の検討を行った。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した。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、本事業の成果を提示し、森林づくり活動の促進を図った。

1. 事業運営委員会の開催

本事業の方針、計画、実施方法、及び成果のとりまとめ等に関して検討するため、気候変動、植林・森林経営活動(可視化に関する知見を含む)、国際林業協力、民間部門による途上国の森林保全の取組やESG投資等に関する知見を有する専門家6名により構成される事業運営委員会を設置し、6月、11月、2月に合計3回開催した。

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の活動の環境面・社会面での貢献度を評価する項目、指標、並びにそれらの指標を測定・モニタリングするための適切な方法について、既存の可視化手法を収集・整理した。令和6年度は、特に、生物多様性の評価手法に着目し、TNFD等の国際的な情報開示の枠組み・基準の中で、生物多様性の評価がどのように取り扱われているかを整理したうえで、欧米

企業や日本企業による生物多様性評価の先進事例を整理・分析した。

また、本調査で検討した可視化手法が途上国の現場で適用可能かどうかを確かめるため、実際の森林づくり活動対象地での実証試験を行った。令和 6 年度は、以下の 2 件の実証試験を行った。実証試験で検討した可視化手法は、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でも技術的なアドバイスを踏まえたうえで、最終化し報告書にまとめた。

実証試験名	実施者	可視化対象	R6 年度までの実証試験の内容
ケニア半乾燥地における長根苗を用いた小規模農家向け植林の貢献度可視化	JIFPRO (KEFRI に一部委託)	炭素ストック (植林生残木)、住民便益、生物多様性)	R4 年度:長根苗育苗、ドローンによる植栽苗の検出、既存植林地の成長量調査、住民の燃材消費に関するベースライン調査
			R5 年度:長根苗技術開発、衛星画像による小規模農家向け植林のモニタリング手法開発、植林木による燃材供給ポテンシャル予測
			R6年度:長根苗技術開発、住民参加型モニタリング手法開発、住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎調査
マレーシア・サバ州での越井木材工業(株)アカシア産業植林事業地の炭素蓄積と生物多様性評価	JIFPRO (サバ大学に一部委託)	炭素ストック、生物多様性(植生)	R5 年度: 用材生産を目的とするアカシア・ハイブリッド植林地における炭素固定と植物多様性保全効果の評価
		生物多様性(動物)	R5 年度:動物(哺乳類、鳥類、昆虫類:チョウ、ハチ)多様性保全効果の評価、地元大学との共同体制の構築

3. 普及ツール等による情報発信

令和 6 年度は、令和 4 年度に構築した、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ような情報を集積した Web サイト「途上国森づくりワークス -植えるを視える化-」の運営管理を行った。具体的には、森林づくりによる貢献度の可視化に関する情報、途上国で森林づくり活動を実施している団体の活動、各国の植林に関する基礎情報等について企業ヒアリングや情報収集を行い Web 上に整理した。

また、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て、上記 2 の成果等に関する情報を提供するセミナーを 2 月 7 日に開催した。セミナーでは、本事業で検討した可視化手法の紹介を行なった。セミナーに参加した人数は 148 名であった。

4. 報告書等の作成

本報告書を作成した。本報告書は農林水産省及の Web サイトや本事業で構築した Web サイトにも公表する予定である。

1. 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、田中浩

1.1 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、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。

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。

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.

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.

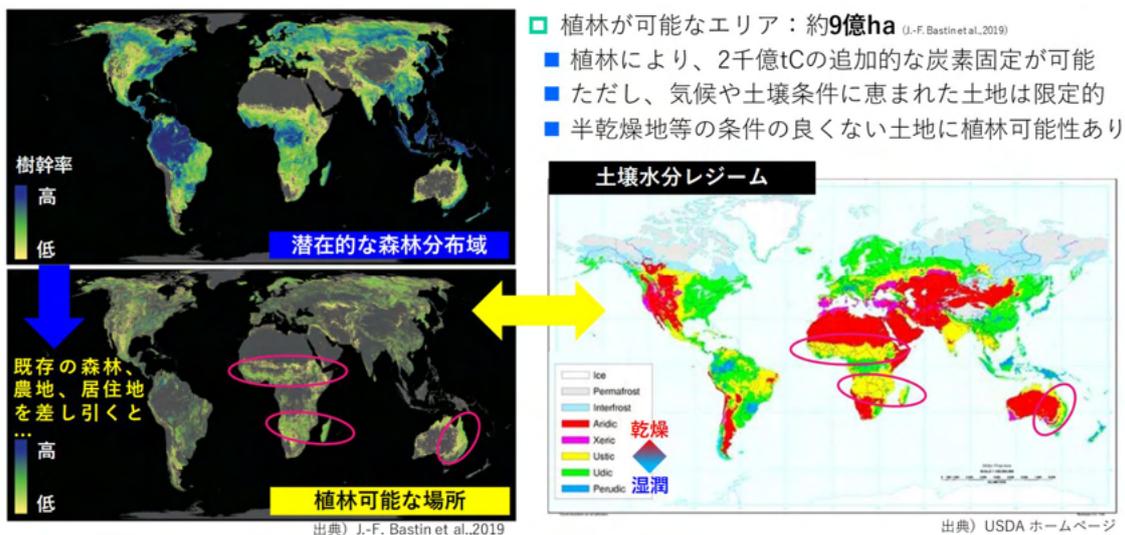


図 1-1 世界の植林可能な場所と土壌水分条件(出典: Bastin et al.(2019)等を基に作成)

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いくまで、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。



図 1-2 本事業の目的

1.2 事業の進め方

1.2.1 事業運営委員会の開催

事業運営委員会(以下「委員会」という。)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を検討した。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。委員会での検討結果は第 6 章に記した。また、委員会で使用した資料は第 8 章に掲載した。

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 主任研究員	民間部門(森林経営)
川口 大二	JICA 地球環境部 技術審議役	国際林業協力
北島 薫	京都大学大学院農学研究科 教授	気候変動(熱帯生態)
佐藤 保	森林総合研究所 研究ディレクター(生物多様性・生物機能研究担当)	気候変動、生物多様性
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 准教授	植林・森林経営(社会林業)

1.2.2 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の活動の環境面・社会面での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、既存の可視化手法を収集・整理した。令和 6 年度は、特に、生物多様性の評価手法に着目し、TNFD 等の国際的な情報開示の枠組み・基準の中で、生物多様性の評価がどのように取り扱われているかを整理したうえで、欧米企業や日本企業による生物多様性評価の先進事例を整理・分析し、第 2 章に記した。

また、既存の文献や事例を基に試案した森林づくり活動の貢献度可視化手法が、途上国で適用可能かどうかを実証するため、実際の森林づくり活動対象地での実証試験を行った。令和 5 年度に行った実証試験は、表 1-2 の 2 件である。実証試験で検討した可視化手法は、前述の事業運営委員会に加えて、4 名の外部専門家から構成される技術検討委員会でも、技術的なアドバイスをいただいたうえで、最終化し報告書にまとめた。各実証試験の詳細は第 3 章と第 4 章に記した。さらに、新たに、マングローブ林の環境面・社会面の貢献度に関する可視化や、生物多様性に配慮した情報の開示手法等に関して実証試験を企画するために、可能性調査を行ない、その結果を第 5 章に記した。

表 1-2 令和 5 年度に実施した 2 つの実証試験

実証試験名	実施者	可視化対象	R6 年度までの実証試験の内容
ケニア半乾燥地における長根苗を用いた小規模農家向け植林の貢献度可視化	JIFPRO (KEFRI 及び東京大学に一部委託)	炭素ストック (植林生残木)、住民便益、生物多様性	R4 年度:長根苗育苗、ドローンによる植栽苗の検出、既存植林地の成長量調査、住民の燃材消費に関するベースライン調査
			R5 年度:長根苗技術開発、衛星画像による小規模農家向け植林のモニタリング手法開発、植林木による燃材供給ポテンシャル予測
			R6 年度:長根苗技術開発、住民参加型モニタリング手法開発、住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎調査
マレーシア・サバ州での越井木材工業(株)アカシア産業植林事業地の炭素蓄積と生物多様性評価	JIFPRO (サバ大学に一部委託)	炭素ストック、生物多様性(植生)	R5 年度:用材生産を目的とするアカシア・ハイブリッド植林地における炭素固定と植物多様性保全効果の評価
		生物多様性(動物)	R5 年度:動物(哺乳類、鳥類、昆虫類:チョウ、ハチ)多様性保全効果の評価、地元大学との共同体制の構築

1.2.3 普及ツール等による情報発信

令和 5 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、本事業で行った実証試験の結果等を掲載する情報集積 Web サイト「途上国森づくりワークス -植えるを視える化-」を構築した。

また、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2月7日に開催した。セミナーでは、民間企業などと連携して植林を実施している団体の活動や、本事業で検討した可視化手法の紹介を行なった。セミナーに参加した人数は148名であった。

Webサイトとセミナーの概要は第6章に記し、セミナーの資料は第7章に掲載した。

1.2.4 報告書等の作成

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. 企業による植林活動の貢献の可視化と情報開示

国際緑化推進センター(JIFPRO) 山口 はるか、柴崎 一樹、田中 浩

2.1 はじめに

これまで企業が行ってきた多くの植林活動は、社員のボランティア参加や売り上げの一部を寄付するといった形で行われることが多く、主として CSR (Corporate Social Responsibility) 活動の一環として行われてきた。CSR 活動は、直接的な利益を生み出さないものの、消費者や顧客に対する自社の PR や社内交流・意識向上などの効果があり、広く取り組まれてきた。近年は、自社の活動がもたらす気候変動や生物多様性損失に対する企業責任がより強く求められ、ESG (Environment, Social, Governance) に配慮した企業が評価され、投資を受けやすくなっていることから、CSR 活動の時よりも積極的に植林活動を行う企業も増えてきている。CSR 活動では、「地球環境への貢献のための植林」といった定性的な PR がほとんどであったが、ESG では、自社の活動が地球環境に対しどれくらい貢献しているかをなるべく定量化し、そのインパクトを可視化することが求められている。企業は自社のホームページや年次報告書、サステナビリティ報告書により、投資家等に向けた ESG 情報開示を行うが、情報開示にあたっては、国際的な ESG 情報開示基準や目標設定イニシアティブ等が、次々と開発されているところであり、植林による貢献度の可視化もそれらの基準に沿って定量化していくことが予想される。

そこで、本章では、まず国際的な情報開示の枠組み・基準を概観し、各枠組みにおいて植林活動の貢献についてどのように開示が求められているのかを整理する(2.2)。次に ESG への取り組みで先行している、欧米企業がどのように植林活動の貢献度を可視化し開示しているのか、その事例を整理・分析する(2.3)。また、可視化の新たなツールとして注目されているネイチャーテックについて、使用事例を紹介し、課題を抽出する(2.4)。

2.2 国際的な ESG 情報開示の枠組み・基準の中での植林活動の取り扱い

2.2.1 ESG 情報開示に係る国際的な枠組み・基準

ESG 情報開示基準は民間主導で開発が進められてきており、GRI (Global Reporting Initiative, 2000 年公表) と SASB (Sustainability Accounting Standards Board, 2018 年公表) が世界で広く普及している。また、G20 の要請により金融安定理事会 (FSB) が作成した TCFD 提言 (Task Force on Climate-related Financial Disclosures, 2017 年公表) では、気候変動が企業に与えるリスクや機会を明らかにするための考え方や開示すべき項目が示されている。TCFD に続き、自然環境全般に関する情報開示を促進するため、TNFD 提言 (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures) が 2023 年に公表されている。TNFD 提言は、企業の経済活動は有限の自然資本の上に成り立っているという考えをもとにしており、サプライチェーン全体を自然へプラスの影響のある事業にシフトしていくことを目的としている。TNFD 提言に賛同し、早期(2024 年または 2025 年内)に情報開示を目指す日本企業は、2025 年 1 月時点で 81 社、世界全体の賛同社数の約 26%と高い割合を占め日本企業の関心の高さが窺える。さらに EU では情報開示の法制化が進んでおり、TNFD や GRI

と整合した欧州サステナビリティ報告基準(ESRS:European Sustainability Reporting Standards)にもとづく情報開示が 2024 年会計から義務化している。

このように企業による ESG 情報の開示が進められている中、一定の条件に基づき第三者が目標認定を行う枠組みも存在する。SBT(Science Based Targets)は、GHG 排出量削減のための目標認定を、SBTs for Nature(Science Based Targets for Nature)では自然環境関連の目標認定を行っており、企業目標の信頼性や透明性を高める役割を担っている。

その他、企業が開示する情報をもとに、ESG 経営の評価を行う機関が存在する。ESG の評価(格付け)方法は各機関によって異なるが、容易に企業間の比較が可能のため、多くの投資家が投資判断の参考にしている。図 2-1 に企業、ESG 評価機関と投資家との関係を示す。



図 2-1 企業と投資家間における情報開示の役割(筆者作成)

2.2.2 ESG 情報開示の対象となる植林活動と生物多様性への貢献評価の位置づけ

企業による植林は、サプライチェーンの内と外に大別される。表 2-1 にあげた ESG 情報開示の枠組み・基準の中で、気候変動の影響の評価項目がある GRI、SASB、TCFD、ESRS、CDP ではサプライチェーン外の植林であっても気候変動対策として説明ができれば開示が可能である。

SBT は、各企業が自社の GHG 排出量を限りなくゼロにすることを目的としており、植林による CO₂ 吸収量については、サプライチェーンの内外に関わらず、目標達成に利用することは認めていない。ただし、コーヒーやカカオ、ゴムなどの森林コモディティの生産が自社のサプライチェーンに関連する場合は、そこでの植林による CO₂ 吸収量を排出削減目標とは分けて別途報告することができる。

生物多様性関連の評価に重点を置いた TNFD、SBTs for Nature では、サプライチェーン内の植林が報告の対象となる。特に SBTs for Nature では、サプライチェーンと関連するランドスケープの保全・再生活動への参画が、目標認定の必須条件とされている。サプライチェーン外の植林が対象とならないのは、おそらく、企業は自ら関与する地域固有の生物多様性の保全・再生にまず取り組むべきであり、他の地域の修復で補償することを安易に選択すべきではないという考えに起因していると思われる。

表 2-1 ESG 情報開示の枠組みにおける植林活動の取り扱いと生物多様性の評価

●：気候変動/生物多様性評価の位置づけは評価項目があるもの

基準・枠組み	名称	任意/義務	植林活動の取り扱い	評価の位置づけ	
				気候変動	生物多様性
開示基準	GRI	任意	事業活動により影響を受けた「生態系の復元と回復」について報告を推奨 活動がミティゲーションヒエラルキーに即した生物多様性への負のインパクトの回避や復元か生物多様性オフセットかを明記	●	●
	SASB		サプライチェーン内外の植林活動 (サプライチェーン外植林は CO2 吸収量重視)	●	
	TCFD		サプライチェーン内外の植林活動 (サプライチェーン外植林は CO2 吸収量重視)	●	
	TNFD		サプライチェーン内や事業拠点周辺において、回避・削減に加え、「生態系の保護、復元、再生」活動を推奨		●
開示基準 (EU)	ESRS	義務	事業活動により影響を受けた「生態系の復元と回復」について報告を推奨 ミティゲーションヒエラルキーに即した生物多様性への負のインパクトの回避や復元か生物多様性オフセットかを明記	●	●
目標認定	SBT	任意	サプライチェーン外の植林によるオフセットは認めていない。但し、森林・土地・農業分野 (FLAG) では、サプライチェーン内の植林による CO2 吸収量を報告できる。	●	
	SBTs for Nature		「土地」分野の目標認定取得のためには、サプライチェーン内の保全・再生活動への従事が必要 (負荷面積の 10%または関連する 2 つの活動に従事)		●
ESG 評価	CDP	任意	炭素クレジットの焼却量およびプロジェクトの詳細 「持続可能な土地利用のためのランドスケープの取り組み」と「生態系復元プロジェクトの実施」が報告対象	●	●

2.2.3 ESG 情報開示における生物多様性への貢献度評価のための要求事項

植林による生物多様性への貢献の評価を推奨している TNFD、GRI、ESRS、SBTs for Nature、CDP において、生物多様性への貢献度を評価する際にどのような事項が要求されているかを表

2-2 に整理した。

TNFD では、生物多様性を測るために種と生態系に関する測定の必要性が示されているが、国際的に合意された指標がないため、仮指標としている。GRIとESRS、SBTs for Nature においても、種と生態系を測定する指標を例示しているが、特定の指標を用いることは指定されておらず、生態系の特性を反映する指標を各企業が選択し報告するとされている。また、GRI と ESRS では、種と生態系の情報をモニタリングする際の留意点について整理しており、貢献度の評価を行う上で参考になる。

表 2-2 生物多様性への貢献度を評価のための要求事項

枠組み・基準	面積	種と生態系	モニタリング方法
TNFD	必須	必須だが仮指標	記述なし
GRI (101Biodiversity)	必須	任意（地域の特性を反映するものを選択）	種と生態系の指標を開示する場合は、データの背景情報の開示が必須（以下を留意） <ul style="list-style-type: none"> 可能な限り直接現地で収集したデータを使用すること 現地で収集が利用できない場合、既存の情報やモデルデータを利用してもよい
ESRS (E4 Biodiversity and Ecosystem)	必須	任意（地域の特性を反映するものを選択） ※詳細な例示あり	<ul style="list-style-type: none"> モデルデータは、世界中で収集したデータをもとに特定の地域の状態を推定するもので、生態系の規模や状態の変化や種の生息域の推定に使用できる 方法論がカバーする地理的地域と関連する地理的地域が除外された理由を明記 閾値（threshold）を用いた場合、その割り当て方法 モニタリングの頻度と主要指標
SBTs for Nature 土地（ターゲット3：ランドスケープエンゲージメント）	必須	各企業が選択	モニタリングは必須
CDP	任意	記述なし	記述なし

2.2.4 生物多様性への貢献度評価のためのガイドライン開発状況

2.2.3 で整理したように、現行の情報開示のための基準・枠組みでは、種と生態系を測定する特定の指標セットは明示的に指定されていない。種と生態系を測定する指標自体は数多く存在するが、その中から地域の特性に応じた指標を企業が独自に選択することは現状では難しいだろう。また、各企業が個別に選択し開示するのに任せるのであれば、投資家にとって比較が困難で投資判断の材料となりにくいという課題が残る。

そのため TNFD や GRI、SBTs for Nature では、世界の主要な自然保護組織や研究機関、企業

と投資機関の連合とともに、Nature Positive Initiative (NPI)という組織を立ち上げ、種と生態系に関する少数の指標セットの合意形成を進めている。陸上生態系のパイロットプログラム用指標案は2025年1月に公表されており、日本語仮訳(著者作成)を表2-3に掲載する。これによると、すべての地域を対象にした指標と、特定の地域を対象にした指標、すなわち生物多様性の高い地域や絶滅危惧種の生息地域、また農林業などの土地利用がある地域を対象にした詳細な指標がある。

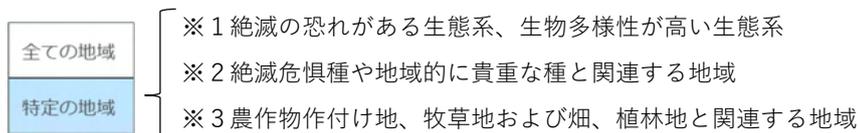
なお、NPIの正式な指標は、今後企業とのパイロットプログラムを実施後、2026年にガイダンスとともに公表される予定である。TNFD等の開示基準にも組み込まれることになっており、注視が必要である。

表 2-3 NPIの陸上生態系の自然の状態を測定するパイロットプログラム用指標案

指標		測定指標	粒度レベル*	特定の地域への適用基準	
生態系の面積	1	生態系の面積&分類	減少、増加、純変化面積 (ha)	低・中・高	該当せず
	1.1	優先度の高い生態系の面積	減少、増加、純変化面積 (ha)	中・高	※1
	2	(原生)自然環境と・二次的自然環境の割合	各(原生)自然環境と二次的自然環境の面積(km ²)における減少、増加、純変化面積の割合	低・中・高	※3
生態系の状態	3	サイトの状態	ベースラインと比較した面積と変化(コンディションクラスごとの面積 ha)	中、高	該当せず
	3.1	優先度の高い生態系の状態	ベースラインと比較した value と変化(コンディションクラスごとの面積 ha)	中・高	※1
	4	ランドスケープの状態	a)ランドスケープの完全性(intactness)、b)構造的つながり、c)機能的なつながりのValueと変化	低・中・高	該当せず
	5	二次的自然のコンディション	基準値と比較した(原生)自然と二次的自然面積の変化(コンディションクラスごとの面積 ha)	中・高	※3
種	6	種の絶滅リスク	種の絶滅リスクのスコアと傾向	低・中・高	該当せず

7	種の個体数	優先度の高い種の個体数と割合の変化: 1) 安定または増加している量,2) 減少している量	低・中・高	※2
---	-------	--------------------------------------------------	-------	----

*粒度レベル：モニタリングデータの詳細さ・正確さを表すもので、「低」は既存のデータベース等を利用した粗いデータで、「高」は高解像度の衛星データや現地調査によるデータ。



(出典：Nature Positive Initiative より筆者仮訳)

2.3 欧米企業による植林活動による生物多様性への貢献の可視化事例

2.3.1 生物多様性に配慮した植林を行う企業の選定

世界経済フォーラム(WEF)が作成した「Investing in Forests(2021)(以下、「WEF 報告書」)」の中において、植林や森林資源を活用して企業価値の向上を試みている企業について、「森林への依存が高いセクター」、「森林への依存が比較的低いセクター」、「GHG 排出量が多く、削減が困難なセクター」に分類し、各分類での活動の傾向を分析している。本節では、WEF 報告書に掲載された企業のうち、生物多様性にも配慮した森づくりを行っている企業 8 社と、SBTs for Nature のパイロットプログラム参加企業の林業・製紙会社(UPM 社)を選定し、各社の植林活動の内容や開示内容を整理・分析した(表 2-4)。なお、各企業の情報開示の方法、使用している報告基準、取得認定および ESG 評価は添付資料で整理した。

表 2-4 調査対象企業とその森づくり活動の一覧(WEF 報告書掲載企業)

●: 評価指標あり

分類	企業名	特徴的な生物多様性に貢献する森づくり活動	持続的森林経営	天然林保全	生態系再生	マングローブ	アグロフォレストリー	炭素クレジット創出
森林依存高	1 Stora Enso社 (林業・製紙)	施業林の生物多様性向上＋天然林保全と生態系再生	●	●	●			
	2 UPM社 (林業・製紙)		●	●	●			
	3 APRIL社 (林業・製紙)	施業林＋泥炭湿地林の再生・保全	●	●	●			
	4 Nestle社 (食品・飲料小売)	2030年までに2億本植林と250万haのランドスケープ保全(生産地の環境改善)		●	●		●	
排出量多い	5 Shell社 (石油・ガス)	自社のオフセットのための炭素クレジット創出			●	●		●
	6 AstraZeneca社 (医薬品)	ネットゼロ戦略として2030年までに2億本植林			●	●	●	?
	7 Apple社 (テクノロジー)	サプライチェーンのオフセットのためのインパクト投資ファンド(100万CO2トン規模)	●	●	●	●	●	●
森林排出量依存低	8 Mastercard社 (コーポレート&リテールバンキング)	決済利用額の寄付により2030年までに1億本植林			●	●	●	
	9 Rabobank社 (コーポレート&リテールバンキング)	アグロフォレストリーによる炭素クレジット創出と販売			●	●	●	●

注：AstraZeneca 社については、残余 GHG 排出ガスのオフセットが目的と明記してあるが、炭素クレジットの取得については明記していないため不明とした。

2.3.2 森林への依存が大きいセクターの植林活動の特徴

関連するコモディティの生産過程において、生物多様性を高める工夫を行っており、森林伐採に寄与しないことを前提としつつ、天然林の保全活動にも力を入れているのが特徴である。

(1) 林業・製紙会社

「持続的森林経営」とブーニングによる「天然林の保全」、「生態系の再生」の3本柱の取り組みが行われている。北欧の製紙・林業会社 Stora Enso と UPM は、生産林の生物多様性を高める活動を行っている。木材の収穫時に、樹皮を剥がし立ち枯れの木を創出したり、2mの高さで伐採し幹基部を残したりするなどして、皆伐せずに小動物や昆虫の生息場所を提供している。

天然林の再生・保全活動については、Stara Enso はブラジルの天然林と天然林の間の劣化した土地にユーカリを植林したり、100 種以上の在来種を植えたりすることで生態系回廊を作り、動物の生息環境の改善を行っている。UPM では、ウルグアイの所有地の 35%を保護区としており、パンパ（草原地帯）の動植物 900 種の同定調査や絶滅危惧種の保全活動を、現地 NGO とステークホルダーと共にやっている。インドネシアの製紙・林業会社 April では、泥炭湿地林の保全活動に力を入れており、泥炭湿地林の周りにプランテーションを配置して緩衝帯を作り、外部からの違法伐採の侵入を防いでいる。違法伐採や火入れなどにより劣化した地域へは、周辺で自生した苗を採取し、育苗・植林を行っている。また泥炭湿地林に住む住民は貧しく、生活を維持するために違法伐採に加担してしまうことがあるので、国際 NGO Fauna & Flora と連携し、漁業や養蜂を通し生計向上支援もやっている。

(2) Nestle(食品・飲料小売/スイス)

Nestle は、サプライチェーン全体において、森林伐採を行わない原料調達を進めるとともに、2030 年までに 2 億本植林することを発表している。コートジボワールやガーナにおいてカカオのシェードツリーを 280 万本配布、マレーシアのパームオイル農園内のバッファゾーンに 250 万本植林、コロンビアのコーヒー農園でコショウや果樹を間作するなど、森林コモディティと関連した取り組みを行っている。他にもオーストラリア、ホンジュラス、ニカラグア、フィリピン、タイ、ベトナム等の国において、現地 NGO と連携し水資源保護や野生動物の生息地創出などにも貢献するランドスケープレベルの取り組みを行っている。欧州の食品小売企業においては、再生農業の取り組みが広がっているが、これ程大規模にアグロフォレストリーや植林活動を取り入れている他企業はほとんどなく、好事例と考えられる。

2.3.3 残余排出量が多いセクターの植林活動の特徴

GHG 排出量の削減努力をしてもなお削減が難しいセクター、特に石油・ガスや製造事業を持つ企業では、ネットゼロ戦略の中で大規模な植林活動を取り入れている企業が見られる。そのため、以下の Shell 社、Apple 社のように、CO2 吸収量を計測し、ボランティア炭素クレジットを取得し信頼性を担保しているケースが見られる。

(1) Shell(石油・ガス/イギリス)

サプライチェーン全体の GHG 排出量が非常に多く、国際 NGO We Forest や現地 NGO を通じた支援を行っている。セネガルでの 3,800ha のマングローブ回復(国際 NGO WeForest と実施)、フィリピンへの 10,000ha の植林支援(現地関係省庁や研究機関と実施)など大規模なプロジェクトを行っている。炭素クレジットの創出段階から関与することで、生物多様性や地域住民にも貢献する質の高い炭素クレジットを大量に確保する狙いもあると考えられる。

(2) AstraZeneca(医薬品/イギリス)

2030 年までに 2 億本の植林を目標としており、国際 NGO One tree planted や現地 NGO を通し

た支援を行っている。ブラジルでは分断された天然林の間に約 100 種の在来種を含む 1,200 万本の植林を行い、野生動物の生息地を繋ぐ生態系回廊の創出を行っている。また、オーストラリアでは絶滅の危機に瀕した野生動物保護のため、約 260 種の在来種を含む 400 万本の植林を支援している。その他にもガーナ、インド、ルワンダ、ベトナム、インドネシアなどで生態系回復や地域住民の生計向上を目的とした植林を支援している。

(3) Apple(テクノロジー/アメリカ)

製造過程やデータセンターの電力消費量が多く、サプライチェーン全体でカーボンニュートラルに取り組んでいる。国際 NGO コンサベーション・インターナショナルやゴールドマンサックスと合同でインパクト投資ファンドを設立しており、100 万トン/年の CO2 削減を目標としている。これは、炭素クレジットと生産林や再生農業による金銭的なリターンを含んだファンドで、波及効果も狙って開発されているようである(Apple, 2004)。投資先の一つ Forestal Apepu 社(パラグアイ)では、所有地の 20%の原生林を保全し、荒廃地にユーカリや在来種の植林を行っている。住民支援として、FSC 認証林での雇用や、林地の貸し出しによる木材生産、鶏肉の生産、マテの栽培などの活動も行っている。

2.3.4 森林への依存が低く、排出量も少ないセクターの植林の特徴

金融機関は自社の GHG 排出量は少なく、また森林コモディティとも直接は関係がないため、植林による CO2 削減や生物多様性への貢献を金融商品の付加価値と位置づけ、販売している例が見られる。

(1) Mastercard(コーポレート&リテールバンキング/アメリカ)

Mastercard は、2030 年までに 1 億本植林を目標としており、カード決済時に植林に寄付できる活動を実施している。参加企業は 150 社以上(金融セクター全体で 30 社以上)に及び、業界に大きな影響を与えている。現在、植林関連のプロジェクトは 18 あり、インドでのゾウの生息地を繋ぐ生態系回廊再生プロジェクト(100 万本植林目標)や、ケニアでの保護区や農地への植林(89 万本植林目標)、マラウイでの土壌流出防止のための植林(120 万本植林目標)などがある。世界資源研究所(WRI)や国際 NGO コンサベーション・インターナショナルがプロジェクト選定に関与しており、生物多様性と住民便益にも貢献する植林を進めようとしていることが分かる。

(2) Rabobank(コーポレート&リテールバンキング/オランダ)

小規模農家のアグロフォレストリー支援を通じて炭素クレジットの創出を行い、商品として販売している。炭素クレジットは、住民の生計向上と生物多様性にも重点をおいている認証機関 Plan Vivo のもので、炭素クレジットによる収益の 8 割は地域住民に支払われるしくみである。実際に、Microsoft や Lavazza(コーヒーメーカー/イタリア)などが、ここから炭素クレジットを購入している。

2.3.5 植林活動の評価指標

(1) 対象 9 企業が採用する植林活動の評価指標

各企業の活動で評価に用いている指標は表 2-5 の通りである。「面積」については 9 件すべての企業で開示されていた。「植林木数」は、林業・製紙会社以外で明示されていた。「在来種数」を開示している企業は多いが、アグロフォレストリーを通じて住民支援を行っている企業(Nestle、Rabobank)では、記載がなかった。これは、コーヒーやマンゴーなど商品作物生産のための樹木は外来種である場合が多いが、住民便益を重視して用いられるためと考えられる。これに関連し、これらの企業では、「支援農家数」が指標として入っていた。天然林伐採を行っておらず生物多様性に配慮している製品であることを示すため、林業会社では「森林認証(FSC、PEFC)」を、Nestle では「レインフォレスト・アライアンス認証」を取得していた。「CO2 吸収量」は、Shell, Apple, Rabobank の 3 社で開示されており、VCS(CCBS とのダブル認証)、Plan Vivo、GS といった認証を受けた炭素クレジットを創出する中で CO2 吸収量を可視化していた。Nestle では、SBT の FLAG 認定を取得しており、SBT のルールに沿った CO2 吸収量の測定を行っていた。「生息域や生物種数」、「水や土壌の化学的性質」については、林業・製紙企業のみで調査が行われており、他の企業では行われていなかった。

表 2-5 対象 9 企業が採用する植林活動の評価指標(●：評価指標あり)

	企業名	面積	本数	CO2 吸収量	コベネフィット 炭素クレジット	在来種数	農家数	森林 認証	レインフォレ ストアライア ンス認証	生息域・数	水・土壌の 化学的性質
1	Stora Enso社	●				●		●		●	●
2	UPM社	●				●		●		●	●
3	APRIL社	●				●		●		●	
4	Nestle社	●	●	●			●		●		
5	Shell社	●	●	●	●	●					
6	AstraZeneca社	●	●	?		●	●				
7	Apple社	●	●	●	●	●					
8	Mastercard社	●	●			●					
9	Rabobank社	●	●	●	●		●				

(2) 林業・製紙会社が採用する植林活動の指標

植林の目的や、地域の特性に応じた指標が選択されている。

Stra Enso、UPM の生産林の生物多様性に関する指標は表 2-6 の通りである。

表 2-6 Stra Enso と UPM の生産林における生物多様性の指標

企業名 (植林地)	生物多様性に関する指標
Stra Enso (フィンランド、スウェーデン、バルト三国)	<ul style="list-style-type: none"> ・森林認証取得面積 ・枯損木の量 (m³/ha) ・枯損木の保存率 ・巻き枯らしによる立ち枯れ木 2 本/ha 達成率 ・収穫時に残す立木 10 本/ha 達成率 ・広葉樹の割合 ・林内の水路の保護 ・自然価値の高い樹木個体の保存数 ・樹齢 140 年以上の木 (天然林、人工林含む) が 2%以上を占める林地 ・河畔林の保全割合 ・自然価値の高い生息地の保全
UPM (フィンランド)	<ul style="list-style-type: none"> ・広葉樹の割合 ・枯損木の量 ・所有林における樹齢 100 年以上の森林の割合 ・保護区および制限区域の割合 ・調査・研究により保護された生息地の数

次に Stra Enso、UPM、April の、天然林保全・再生における生物多様性に関する指標を表 2-7 に掲載する。

表 2-7 Stra Enso、UPM、April の天然林保全・再生における生物多様性の指標

企業名 (植林地)	生物多様性に関する指標
Stra Enso (ブラジル)	<ul style="list-style-type: none"> ・所有地に対する保護面積 ・再生した累積面積 ・水質 (pH) が天然林とプランテーション (ユーカリ林) で同質の割合 ・同定された樹木、鳥類、哺乳類種の総数のうち絶滅危惧 II 類 (Vulnerable) と絶滅危惧 I 類 (Endangered) が占める割合
UPM (フィンランド)	<ul style="list-style-type: none"> ・他機関との調査・研究により保護された生息地の数 ・保護区・制限区域の割合
April (インドネシア)	<ul style="list-style-type: none"> ・哺乳類、爬虫類、両生類、鳥類、植物、魚、トンボ目における種数、IUCN レッドリスト (CR、EN、VU) の種数、ワシントン条約対象種数、インドネシアの指定種数 ・絶滅危惧種のスマトラトラの個体数、生息域 ・植物の生物多様性指数 (シャノン多様度指数) ・鳥類の渡り鳥の割合および渡り性猛禽類のモニタリング ・水鳥の個体数 (国際水鳥センサスへの参加) ・泥炭土壌の GHG 排出量

Web サイトによると、Stora Enso は IUCN と、UPM はフィンランド天然資源省と連携し、生産林の生物多様性指標を開発中で、April もオランダの専門家と連携し、インドネシアの湿地生態系の特性を表すトンボ目生物指標の開発中であり、今後はより具体的な指標による生物多様性評価が行われる可能性が高い。

2.4 ネイチャーテックを用いた開示事例

2.3 で取り上げた企業のうち、種や生態系の変化を可視化している企業は林業・製紙会社のみであり、メーカー等の一般企業は、現時点では植林は行っているが、その効果を可視化するまでには至っていないことが示唆された。従来型の調査では、動植物について専門知識のある人による現地調査が必要であり、また企業が取り組むには時間やコストが大きいことが障害となっている。そのような中で、近年、手軽に使える技術として普及しつつある AI を活用したり、環境 DNA といった簡易なサンプリングさえすれば生物多様性を評価できる新たな手法を利用して、生物多様性を評価するネイチャーテックに期待が高まっている。そこで、企業がネイチャーテックを利用して可視化を試みている事例を以下に整理した。

2.4.1 開示事例

日本企業の TNFD レポートや海外のニュースから、ネイチャーテックを使用した生物多様性の評価事例を抽出し、表 2-8 に整理した。

表 2-8 企業によるネイチャーテックを使用した生物多様性の可視化事例

	企業	活動	生物多様性の指標	ツール	連携企業・団体
1	Unilever (食品・飲料小売)	再生農業	土壌微生物・無脊椎動物量・種数	環境 DNA	Nature Metrics 社※
2	KDDI (テレコミュニケーション)	沖縄の天然林保全	動物の生息域	衛星インターネットサービス (自社サービス)、IoT カメラトラップ+AI 解析	バイオーム社※ 環境省・沖縄県・竹富町
3	富士通 (テクノロジー)	シマフクロウの森の保全	シマフクロウの生息域	IC レコーダー + 音声認識ソフトウェア (自社サービス)	日本野鳥の会
4	Microsoft (テクノロジー)	アマゾンの森林保全	土地利用の変化 動物の生息域	高解像度衛星画像、カメラトラップ+AI 解析 (自社サービス)	Planet Labs 社※ コロンビアの大学や研究所
5	王子ホールディングス	北海道の天然林	種の生息域	環境 DNA、カメラトラップ	PIVOTAL 社※

	ングス (林業・製紙)	保全	森林の状態等	ラップ、生物音響センサー、ドローン+AI解析	北海道大学
6	積水ハウス (建築)	住宅の在来種を用いた緑化事業	鳥や蝶の生息種数 1977年を100%としたときの生物多様性の回復率	生息域推定モデル	シンク・ネイチャー社*

※：スタートアップ企業

次にネイチャーテックを利用した生物多様性の評価事例を企業ごとに紹介する。

(1) Unilever(食品・飲料小売/イギリス)

Unilever では、食品・飲料小売業界をリードする形で 2022 年から再生農業に取り組んでおり、2030 年までに原料を調達する農地 100 万 ha について、再生農業に転換することを目標としている。再生農業とは、アグロフォレストリーやカバー作物の導入や、耕起の削減、有機肥料への転換などを通して、CO2 削減や生物多様性の向上、水質や土壌の改善を行うものである。再生農業の効果を測定するため、英・スタートアップ企業 Nature Metrics 社と連携し、環境 DNA を用いて、土壌や微生物、無脊椎動物量の測定を行っている。現在、アルゼンチン、EU、カナダなど数 1,000ha 規模でベースラインデータを構築中である。

環境 DNA 分析とは、少量の土壌や水の試料に含まれる DNA を分析することで、生物種の存在や密度を予測する技術である(図 2-2)。直接生物個体を捕える必要がないため、生態系を攪乱せず、また調査者の技術に強く依存することなく検査ができるため注目されている。主として、水生動物、魚類や土壌微生物の生物多様性評価技術として開発されてきたが、有効なサンプルの採取が困難な陸生の哺乳類・鳥類についても、水飲み場や雨水からの解析の可能性が示されている。

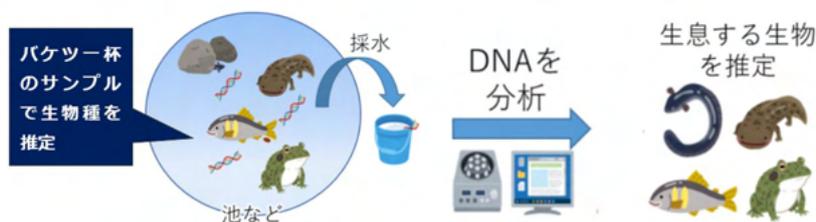


図 2-2 環境 DNA 分析の流れ(出典:神戸市 Web Site をもとに著者加筆)

(2) KDDI(テレコミュニケーション/日本)

KDDI では、沖縄北部の「やんばるの森」の保全活動を、沖縄県やバイオーム社と行っている。KDDI は、自社の衛星インターネットサービスと IoT カメラトラップを提供し、カメラトラップで捉えた野生動物の画像をいち早く同定することに役立っている。このインターネットサービス(Starlink)は、

衛星と直接通信することができ、基地局を必要としないため、基地局の建設が難しい保護区や砂漠、船上でのモニタリング活動に応用できる。また、生物を AI により同定するシステムはバイオーム社のシステムを利用しており、専門家でなくても精度の高い調査が可能である。(図 2-3)。

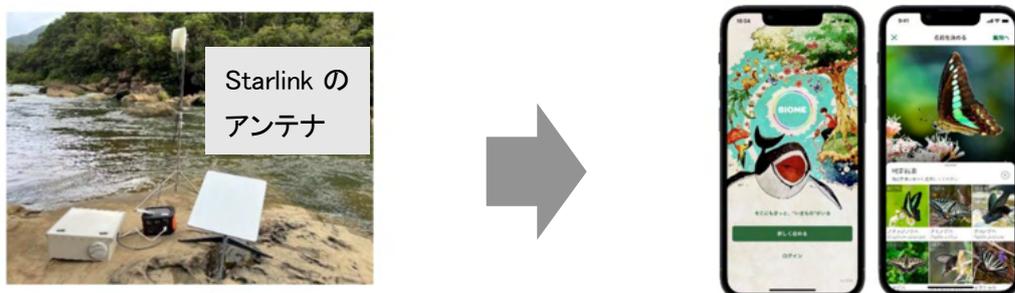


図 2-3 衛星インターネットサービスとIoT カメラトラップを利用した動物モニタリング
(出典:KDDI TNFD レポート 2024)

(3) 富士通(テクノロジー/日本)

富士通では、日本野鳥の会が行っているシマフクロウを守る活動に技術提供をしている。シマフクロウは北海道以北に生息しており、森林の減少により絶滅の危惧に瀕している。日本野鳥の会では、シマフクロウの生息域を調査するため、これまで音声レコーダーを設置し、鳴き声を人の手で試聴と目視確認を行っていたが、富士通が開発した「シマフクロウ音声認識ソフトウェア」を導入することで膨大な作業時間を短縮することに成功している(図 2-4)。

音声レコーダーを用いた生物音響モニタリングでは、鳥類・カエル・昆虫などの音を発生する生物だけでなく、人間には聞こえないコウモリの超音波や、機械音(チェーンソーや銃声)などのモニタリングも可能で、実用化に向けた技術開発が行われている。

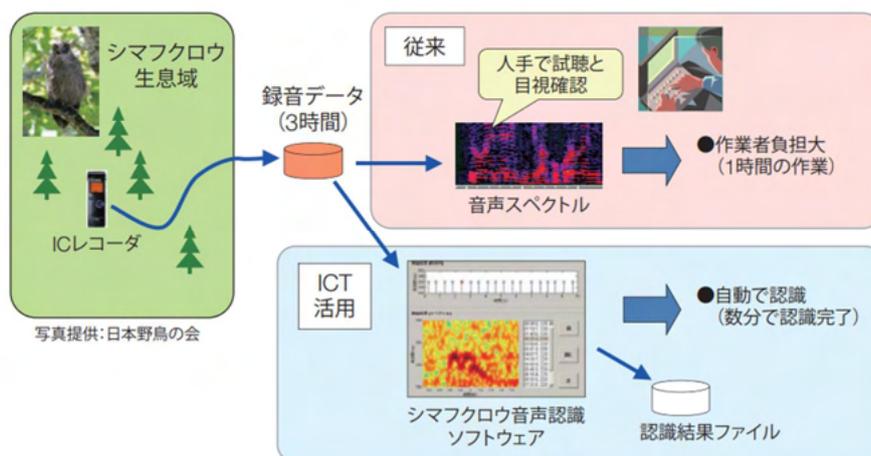


図 2-4 音声認識ソフトウェアを活用したシマフクロウ生息域のモニタリング
(出典:富士通 Web site 及び サステナビリティデータブック 2023)

(4) Microsoft(テクノロジー/アメリカ)

Microsoft では、自社の AI 技術を活用し、コロンビアの大学や研究所と連携して、アマゾンの森林減少防止のためのモニタリングを行っている。対象地では、これまでもカメラトラップや生物音響センサーによるモニタリングが行われていたが、収集するデジタルデータは膨大でその解析に時間がかかっていた。AI 解析を導入することで、手作業に比べ約 10 分の 1 の時間で情報を集約し、かつ精度の向上につながったという。また、高解像度の衛星画像 (Planet 社提供の 3.7m の解像度) が以前より安価に入手できるようになったものの、解析には時間がかかっていた。ここでも、AI の導入により、リアルタイムでの画像データ解析が可能になり、違法な伐採や採掘を即座に発見することが可能となった。



図 2-5 アマゾンの衛星画像(左)と 衛星画像を AI により農地に分類された画像(右)
(出典: Microsoft Environment Sustainability report 2024/Planet White Paper 2024)

(5) 王子ホールディングス(林業・製紙/日本)

王子ホールディングスでは、日本国内の天然林を多く所有・管理している。これら社有林の経済価値を創出するため、北海道猿払町の天然林 2,600ha を対象に生物多様性評価をまず行い、今後「王子モデル」を確立することを目指している。生物多様性の評価では、イギリスのスタートアップ企業 PIVOTAL や北海道大学と連携しており、音声センサーやドローン、カメラトラップ、環境 DNA などのツールを組み合わせ、種や生態系の測定を行い、AI による総合的な解析を行うとのことである。PIVOTAL は、生物多様性クレジットの独立認証機関 Plan Vivo において、各プロジェクトが収集したデータ解析も担っており、今後どのような形で定量・数値化がされるのかが興味深い。

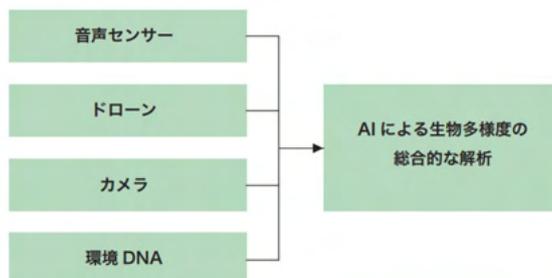


図 2-6 モニタリング技術を組み合わせた生物多様性の評価
(出典: 王子ホールディングス TNFD レポート 2024)

(6) 積水ハウス(建築/日本)

積水ハウスでは、2001年から実施している「庭に5本の在来種を植える計画」について、日本のスタートアップ企業のシンク・ネイチャー社と連携し、ビッグデータを用いた評価を行っている。

ビッグデータとは、過去に調査した大量のデータや論文のことを指し、動植物の直接観察や採取によるデータはもちろんのこと、環境DNAやカメラトラップ、衛星などを用いた種や生態系に関する多数のデータが含まれる。シンク・ネイチャー社では、このような過去のデータを統計処理し、種や生態系の状態を推定するためのマクロ生態モデルを作成している。機械学習やAIによりモデルの精度を高めており、実際に現地調査をしていない場所での生物の生息域や個体数の予測や、ある地点の過去や将来の状態の予測をすることが可能である。

積水ハウスでは、①鳥やチョウの種の生息域や種数と、②1977年を100%としたときの生物多様性の回復率を指標としており、図2-7のように可視化することで分かりやすく伝えている。積水ハウスの取り組みは新しい可視化方法として各地で注目されており、ESG評価のCDPフォレストでは3年連続Aリストに選定されている(ただし、事業全体の活動が評価されるため、「庭に5本の在来種を植える計画」自体の評価がどの程度貢献しているかの判断は難しい。)

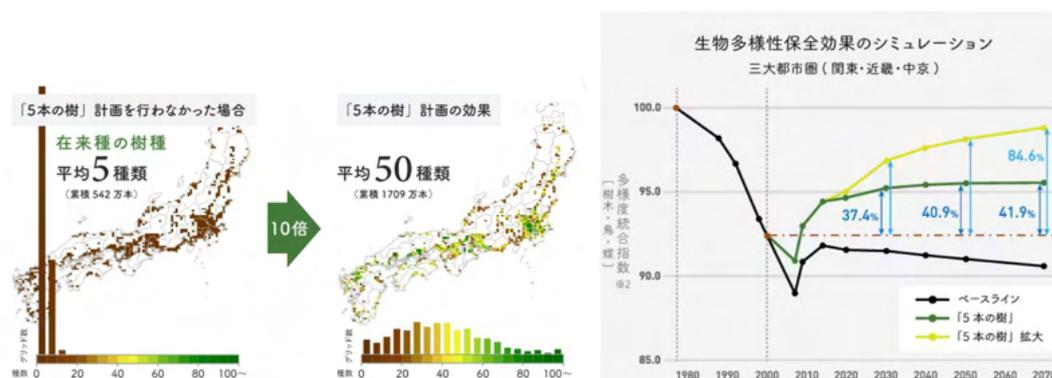


図 2-7 5本の樹計画の生物多様性への効果
(出典:積水ハウス バリュレポート 2024)

2.4.2 各ツールを海外の植林現場で応用する際の課題

各ツールの開発状況や、海外の植林現場で応用する際の課題について、IUCNの報告書「A framework for monitoring biodiversity in protected areas and other effective area-based conservation measures (2024)」で記載されていることを中心に、表2-9の通り整理する。

表 2-9 ネイチャーテックの計測対象とメリット・課題

ツール	計測対象	メリット	課題
音声センサー	【固有の音・鳴き声のもの】 鳥類、コウモリ（超音波）、両生類・爬虫類、昆虫、チェーンソーや銃声などの機械音	対象生物の活動による制約が少/長期的なデータ収集に適する/非侵的方法/持ち運びが可能/複数の専門家による検証が可能	固有の音・鳴き声があるものしか識別できない/バッテリー駆動のものが多い/大量のデータの処理/検出範囲が限定される/バックグラウンドノイズ（川の音等）がデータの質を下げる可能性/破壊行為
光学機器を用いたカメラトラップ	哺乳類、両性類、爬虫類	データをクラウドベースのネットワークにアップロード可能/対象生物の活動による制約が少/長期間のデータ収集に適する/非侵的方法/持ち運びが可能/複数の専門家による検証が可能	写っているすべての種の識別が可能ではない（昆虫など）/撮影範囲が限定される/バッテリー駆動が多い/大量のデータの処理/破壊行為
衛星やドローンを用いたモニタリング	土地利用、生態系の連結、森林のバイオマス量	景観の視覚化が可能/ 生息地の高解像度比較/ 費用対効果高い/ 荒れた地形でもアクセス可	正確な情報を得るためにはグラウンドトゥールースが必要/解析には専門技術が必要/大量のデータの処理/規制遵守
環境 DNA	哺乳類、鳥類、魚類、両生類、爬虫類、土壤微生物	DNA サンプル（水、土壌、大気）だけでなく、羽毛、糞、毛髪などの有機物からも採取可能	無菌サンプリングに関する専門知識が必要（機器類の除染）/専門的な機器と実験室での作業要/データベースに登録されていない生物は検出できない/データ分析が難しい/サンプルの劣化や汚染の可能性/他の場所の DNA が混入する恐れ/土壌や堆積物中に数日から数年 DNA が保存される可能性
ビッグデータを用いたモデル	種の生息域、生息数、土地利用、生態系の連結、バイオマス量	過去や未来の種や生息地の状態の推定が可能/大規模な比較に適する	アルゴリズムの開発が難/高度な統計学により確認する必要/

（出典：A framework for monitoring biodiversity in protected areas and other effective area-based conservation measures, IUCN (2024) をもとに筆者編集）

IUCN 報告書によると、ネイチャーテックによるモニタリングは、上記のように大量のデジタルデータが生成されるため、AI や機械学習を用いた効率的なデータ処理が必要である。また、特に途上国で活用する際は、デジタル技術のコストが障害となる可能性や、訓練を受けていないグループが除外される可能性を挙げている。これに対し、従来のデータ収集手法は、ネイチャーテックによる手法に比べ堅牢で失敗がなく、安価で簡単に実施可能であると述べている。

したがって、それぞれのメリット・課題を理解した上で、途上国の植林現場に応じた方法を検討し組み合わせる必要があると考える。

2.5 まとめ

国際的な ESG 情報開示の枠組み・基準について、植林活動の開示対象範囲や、生物多様性への貢献度の開示をどのように求めているかを中心に分析を行った。気候変動を評価する枠組みでは、サプライチェーン内外の植林が開示対象であるのに対し、生物多様性を評価する TNFD と SBTs for Nature では、サプライチェーン内の植林のみが開示の対象であった。(なお、SBT では、カーボンオフセットは認めていないが、森林・土地・農業分野のサプライチェーン内の植林のみ CO2 吸収量を別途報告することが可能であった。)これらは生物多様性がその地域特有のもので、他の場所の回復・再生では代償し難いことに対し、気候変動は CO2 に換算することにより地球上のどの場所でも植林のメリットが得られることに起因すると思われる。

また、生物多様性への貢献度を評価する「種」と「生態系」の指標は、TNFD、SBTN、ESRS、GRI の枠組み・基準の中で、開示が推奨されているが、まだ特定の指標の指定がされていないことが分かった。このことは国際的に重要な課題と認識されており、NPI の中で、2026 年公表を目指して「種」と「生態系」の指標セットの合意形成が進められている。パイロットプログラム用の指標案によると、全ての地域を対象にした少数の指標セットに加え、国際的に生物多様性の価値がある地域や農林業の土地利用がある特定地域において、その地域固有の指標を追加するアプローチが示されている。NPI で合意形成された指標セットは、TNFD などの開示基準・枠組みでも今後導入される予定で、動向を注視する必要がある。

次に実際に ESG 情報開示が進んでいる欧米において、企業は植林活動の貢献度をどのように開示しているかを調査した。上述のとおり、現在開示基準や枠組みの中では測定すべき項目が指定されていないため、植林活動の目的に応じて、独自に可視化方法を選択していることが示唆された。気候変動対策として、炭素クレジットを取得している企業では、生物多様性のコベネフィットのある認証を取得することで炭素クレジットの品質や信頼性を高めていた。また、現在のところ、実際に「種」と「生態系」の変化を可視化している企業は、専門知識を持つ林業・製紙会社のみであり、メーカー等の一般企業は現時点ではその効果を可視化するまでの対応はできていないことが示唆された。従来型の調査では、生態学の専門知識がある人材による現地調査が必要であり、必要な知見、時間やコストが大きな障害となっていることが推察された。

このような困難を打開する方向性の一つとして、環境 DNA や衛星、生物音声センサーなどの、生物多様性を計測する新しい技術を使用した企業の開示事例を調査した。事例の検討からは、精度の高い情報を効率的に収集する可能性や、その大量のデジタルデータの解析に AI 技術が活用されている状況が明らかになった。これらの新技術を途上国の植林現場で適用する際は、開発

段階のものが多かったり、高度な技術を要したりするため、現状ではネイチャーテックを有する企業との連携が必須であると考える。従来型のモニタリングは、一定の専門知も必要とするものの、途上国の人材でも安価な機材できる利点があるため、現場に応じて使い分けて使用することが示唆された。

また、国内の積水ハウスの事例では、モデルを利用し在来種の植林による付加価値を対外的に示すことに成功していた。このように、これまで地球環境への貢献といった定性的な PR であった活動も、定量的に可視化することで ESG 評価の向上や事業化に繋がる可能性があり、可視化の重要性が改めて認識された。

Nature Positive Initiative (NPI) において 2025 年に行われる企業とのパイロットプログラムの動向を注視し、SBTs for Nature 土地分野の認定状況を把握し、TNFD、ESRS の開示の好事例を集めて発信・普及していくことが、今後も植林に取り組む企業の裾野を広げる上で重要になってくるだろう。

2.6 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)
- LAND Step3 Measure set & Disclosure Technical Guidance, SBTs for Nature (2024)
- A roadmap for upgrading market access to decision-useful nature-related data, TNFD (2024)
- GRI 101 Biodiversity 2024, GRI (2024)
- EU 官報、持続可能性報告基準に関する欧州委任規則 (2023/2772/EU)
- Draft State of Nature Metrics for Piloting, NPI (2025)
- Integrating companies within planetary boundaries feedback from first companies to set Science Based Targets for Nature, WWF (2024)
- The Tools to Move from ‘Do No Harm’ to ‘Nature-Positive’, ERM (2024)
- Integrating nature tech: A guide for business, Nature 4 Climate (2024)
- A framework for monitoring biodiversity in protected areas and other effective area-based conservation measures, IUCN (2024)
- Apple’s Carbon Removal Strategy White Paper (2024)
- KDDI TNFD レポート 2024
- 富士通 サステナビリティデータブック 2023
- Microsoft Environment Sustainability report 2024
- Planet White Paper (2024)
- 王子ホールディング TNFD レポート 2024
- 積水ハウス バリューレポート 2024

2.7 添付資料

表 2-10 各企業の植林活動の開示方法、報告基準、取得認定、ESG 評価

		企業	植林活動の開示方法	報告基準	取得認定	ESG 評価（一部掲載）
森林への依存高い	①	Stora Enso 社	自社 HP 年間報告書 2023	GRI SASB TCFD	FSC/ PEFC 認証 SBT 認定	CDP（気候 A-、森 A） MSCI AAA FTSE Russell 4.4/5 WBA Forestry 2 位
	②	UPM 社	自社 HP、年間報告書 2023 GRI SASB Indexes 2023 Biodiversity report 2023 Habitat Programme 2024-2030	GRI SASB TNFD TCFD	FSC/PEFC/S FI 認証 SBT 認定	CDP（気候 A、森 A） MSCI AAA、 DJSI ecovadis platinum WBA Forestry 1 位
	③	APRIL 社	自社 HP プロジェクトレポート	GRI (2015)	PEFC 認証	記述なし
森林関連	④	Nestle 社	自社 HP Creating Shared Value and Sustainability Report 2023 GRI SASB Indexes 2023 Net zero roadmap 2023	GRI SASB TCFD	レインフォレスト・ア イアス認証 RSPO 認証 SBT 認定 RE100	CDP（気候 A-、森 B） FTSE4 Good WBA Nature 1 位
GHG 排出量多	⑤	Shell 社	自社 HP Sustainability Report 2023	GRI SASB TCFD	記述なし	CDP-A（気候 B） MSCI AA ecovadadis 58
	⑥	Apple 社	自社 HP Environmental Progress Report 2024 / ESG Index 2024	GRI SASB TCFD	SBT 認定 RE100	CDP-A（気候 A-） S&P 500
	⑦	アストラゼ ネカ	1r.org HP、 自社 HP Biodiversity Position Statement 2024/sustainability Report 2023	GRI TCFD	SBT 認定 RE100	CD 気候 AA- / 森 BBB MSCI AA DJSI
森林依存低・排出量少	⑧	Mastercard 社	自社 HP ESG Sustainability Report 2023	GRI SASB TCFD	SBT 認定 RE100	CDP-A（気候 A-） MSCI AA DJSI、 FTSE Russell
	⑨	Rabobank	自社 HP Plan Vivo HP			MSCI A CDP B ecovadis 60

3. マレーシア・サバ州でのアカシア産業植林事業地の生物多様性評価

国際緑化推進センター(JIFPRO) 山下一宏、田中浩、

要約

本実証調査では、昨年度実施した森林構造と植物種多様性に対応し、複数の森林タイプを持つアカシア・ハイブリッド産業植林事業地の動物分類群の生物多様性保全への貢献を簡易的な方法により可視化した。本章では、調査アプローチを含めて調査について具体的に示すことを考慮した。選択した動物分類群(哺乳類、鳥類、昆虫類:チョウ、ハチ)においては、事業地の複数の森林タイプからそれぞれ分類群において特徴がある種が観察され、断片的ではあるが保全域を持つ事業地はこれらの動物分類群の種多様性に貢献していることが明らかになった。また植林地、天然林等の文献調査に基づいたデータとの景観レベルの比較においては、実証調査地の鳥類、昆虫類(チョウ)の種数で特に保全効果が見られると考えられた。生物多様性保全の世界的な潮流の中で、企業活動に求められている保全及び回復を図る森林施業の実施が求められる。資金面への配慮した継続的なモニタリングの実施は、植林地における生物多様性の保全に向けた実質的な植林の貢献度の情報開示を一般に向けて説明することにつながるだろう。

3.1 はじめに

生物多様性条約(CBD)第15回締約国会議(COP15)では、2030年目標である昆明・モントリオール生物多様性枠組(KMGBF)が作成された。また2024年に実施されたCOP16では、2030年目標に向けた指標の決定が議論された。世界規模では自然と生物多様性の保全が喫緊の課題になっている。このような流れの中、生物多様性条約においても、OECD等による企業等の目標達成への努力が求められている。企業は、自然への影響や依存関係から、生物多様性の保全、持続可能な利用、回復において重要な役割を担っており、大きな貢献を果たすことができる。海外での植林においても、生物多様性保全への貢献が可能である。

森林は、木材生産などの供給サービス、気候調整や送粉などの調整サービス、景観などの文化的サービス、多様な生物を育む生息・生育地サービスなど、生態系サービスと呼ばれるさまざまな便益を人類にもたらしている。地球の森林の大きな部分を占める熱帯林は、気候調整や生物多様性の維持などで大きな役割を果たしており、その保全は特に重要性が高い。他方、熱帯の天然林では、これまで木材利用のための伐採により、他の土地利用への転換や劣化・荒廃が進んできた。これまで、伐採後の土地利用としては、主としてオイルパームや天然ゴムのプランテーションの造成のほか、パルプや製材目的の植林も進められてきた。

伐採や土地利用変化に伴い、生息地(ハビタット)としての植物種の変化は、そこに生育・生息する生物種にも影響を与える。これまでに、熱帯林の伐採に伴う動物種の減少が報告されている(Berry et al. 2010, 北山ら 2011)。また熱帯林においては、伐採による攪乱の程度により動物相の種多様性への影響が異なることも示唆されている(Edward et al. 2011)。天然林の皆伐後の植林地やパーム農園への土地転用は、景観や植生を大きく変化させる。一般に、天然林の皆伐とその後の単一種のプランテーションへの転換は、やはり生物多様性の低下をもたらすことが報告されている。

他方、伐採などの人為攪乱でいったん消失、荒廃した土地に植林し、森林を再生、回復することの重要性は、特に炭素吸収源としての機能発揮の側面からも、強く認識されるようになってきた。また、単一種の一斉造林とはいえ、荒廃地に森林環境を創出することによる、生物多様性へのポジティブな影響も近年報告されている。産業造林地にも、木材生産という単一の生態系サービスだけではなく、他の生態系サービスを提供する側面があり、それをきちんと評価することは土地の節約的な考え方からも重要であろう。同時に、植林地内に、断片的であれ天然林のレガシーを保全することで、生物多様性の回復に貢献する可能性はいっそう高くなると考えられる。しかし、これまでの産業植林地における、このような視点からの生物多様性保全への貢献の知見は少ない。

そこで、本実証試験では、人為や森林火災の影響で熱帯天然林が消失した後の荒廃地に、断片的ではあるが、複数の天然林要素を保全したアカシア産業植林事業地を対象として、動物相の簡易的な調査を行い、文献調査データと比較することで、その生物多様性保全への貢献を検討した。

本実証試験の調査(以下、本実証調査)では、生息環境における指標性が高く、調査手法が確立した動物相の種多様性(種数)を調査し、評価を行った。荒廃地に植林されたアカシア・ハイブリッド産業植林地の生物多様性へ貢献を評価するに当たり、種多様性を把握する目的で、哺乳類、鳥類、昆虫類(チョウ・ハチ)の4つの動物分類群を指標として選択した。調査に当たっては植林事業地を6タイプの景観要素(アカシア植林地14年生、アカシア植林地16年生、アカシア植林地伐採跡地(新植地)、ケランガス林、溪畔林、および天然生二次林)に分類した。各景観要素の森林構造及び植物種多様性については、昨年度調査のデータに基づき、また伐採、新植された林分について補足的に調査をおこない、評価した。

本章では、まず調査方法について、どのようなアプローチで行ったかを含めて具体的に示し、次に本実証調査地の森林構造と植物種多様性について述べ、その後動物分類群の調査方法と結果を示した後、考察を行った。続いて、選択した動物分類群の景観レベルの種多様性を、植林地、天然択伐林および天然林等の文献データと比較し、章末にて総合考察を行った。

3.2 調査アプローチ(関係機関、費用、調査設計・アウトプット等)

本年度のマレーシアの実証調査の調査アプローチを以下に記載した。企業が植林による生物多様性保全への貢献度を可視化するための、調査アプローチの選択における重要な要素として、関係機関、費用(コスト)、調査設計・アウトプット、実施期間・スケジュールについて整理した。

調査アプローチを構成する要素	内容
関係機関	どのような組織と組むか、また調査主体はどこか
費用(コスト)	用いられる経費はいくらか
実施期間・スケジュール	計画した調査を十分に行える時間配分か
調査設計・アウトプット	上記の2つを考慮して、どのような方法論で調査設計が可能か、アウトプット(種数、個体数、多様性の指数)は何か

3.2.1 関係機関

JIFPRO が調査を企画し、植林主体である越井木材工業株式会社による現地調査のコーディネーション面での協力のもと、サバ大学(Universiti Malaysia Sabah: UMS)の熱帯林業学部(Faculty of Tropical Forestry)の植物・動物調査を専門とする教員等に現地調査と調査データの基本的な解析を委託することにより実施した(表 3-1)。JIFPRO は、調査全体の企画に加え、調査結果の取りまとめに関わった。

3.2.2 費用

現地調査、調査結果の取りまとめに係る必要経費について、表 3-1 に示した。

3.2.3 実施期間

2024 年 9 月から 2024 年 12 月に現地調査を実施した。哺乳類は期間内に全 2 回の調査を 2 ヶ月間、鳥類は全 2 回の調査を各 1 週間かけて実施、昆虫類(チョウ・ハチ)は、全 1 回の調査を 2 週間継続して実施した。

表 3-1 動物分類群ごとの調査アプローチの主な内容

調査:分類群	関係機関および人数	費用	期間
哺乳類	サバ大学講師 1 名 学生 5 名	約 165 万円 (調査資材費、人件費、トラップカメラ代約 40 万円等)	2 ヶ月間
鳥類	元国立公園関係者 1 名、 学生 1 名	約 55 万円 (調査資材費、人件費等)	2 週間
昆虫類	サバ大学助教授 1 名、 学生 4 名	約 100 万円 (調査資材費、人件費等)	2 週間

3.2.4 スケジュール

実施スケジュールの決定にあたっては、単年度事業の期間内で行うという制約条件の中、植林主体である越井木材工業株式会社、および調査実施者であるサバ大学と関係者合同での調査地の踏査に基づき、実施可能時期等を検討して行った。

3.2.5 調査設計・アウトプット

動物の多様性の調査対象として、哺乳類、鳥類、昆虫類(チョウ・ハチ)を選択した。評価指標の選定理由として、まず鳥類は、森林の遷移、森林景観および人工林管理による影響とのかかわりが強く、適切であると判断した。次に哺乳類および昆虫類は調査方法が比較的体系化されていることから、取り組みやすいと判断した。哺乳類については、近年トラップカメラを用いた観察方法が主流となり、直接観察に比較して簡易に行えることからこの手法を選択した。昆虫類について、チョウは食草が明確で食性の変化に敏感であることや、ハチは生物多様性が支える生態系サービスの

うち、送粉系サービス等の担い手として重要なことから、評価指標として選択した。また、いずれの動物分類群も、一般の人々へのアピール度が高いことも、生物多様性の可視化にあたっての評価対象として相応しいと考えた。

調査にあたっては、事前調査として国内外の対象動物群について研究文献を収集した。また、哺乳類、昆虫類(チョウ)については、それぞれの専門家に調査に当たって考慮すべき点等をヒアリングした。実際の調査方法については、実際の調査主体となるサバ大学の各哺乳類、昆虫類の研究者とJIFPRO 担当者間で議論し、方法論を決定した。

アウトプットは、短期間に簡易的な手法で可視化を行うことを目的として、出現種のリストアップと多様性指標としての総種数とした。景観要素として分類した森林タイプ内での出現種の比較や景観レベルでの総種数の比較を行った。

3.3 森林の構造・植物種多様性

3.3.1 森林構造

本実証調査は、マレーシア・サバ州スークにある越井木材工業株式会社産業植林事業地において実施した(図 3-1)。同社は、天然林からの大径材の供給が困難になる中、人工林での合板材料木材生産を目指して、過去の伐採や頻発する山火事による未利用荒廃地において、2005 年から産業植林を始めた。産業植林事業地は、単一樹種(*Acacia Hybrid*)の一斉造林地の中に、断片的に自然林生態系を保全することにより、多様な森林景観が維持されている。景観を構成する森林タイプとして天然生二次林、溪畔林、ケランガス林、アカシア植林地、アカシア伐採跡地³がある(図 3-2)。



図 3-1 本実証調査地

³ 伐採は 2023 年 5 月-9 月に行われた。調査時には、伐採地は伐採後 1 年から 1 年 3 ヶ月が経過していた。

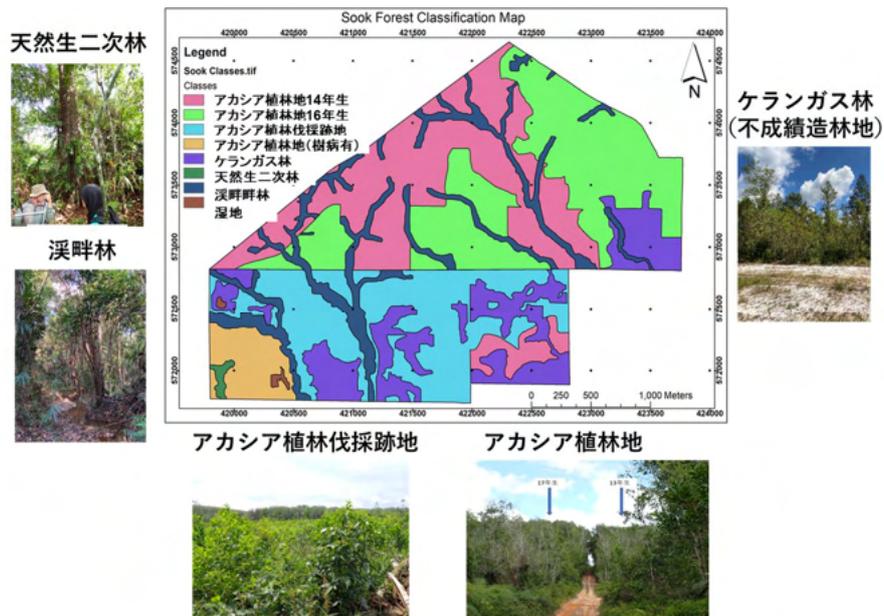


図 3-2 本実証調査地の森林タイプ

森林構造の調査は、円形プロット(半径 10 m)を各森林タイプに 3 プロット設定し、毎木調査を 2023 年度に行った(昨年度事業)。2023 年度に伐採が行われたアカシア林分については、新たに同様のプロット調査を行なった。立木密度、平均樹高、平均 DBH、平均地上部バイオマス量および面積を表 3-2 に示した。

アカシア植林地での平均樹高、平均 DBH および平均地上部バイオマス量は、事業地内では他の森林タイプと比べて高い値を示していた。一方、ケランガス林での平均樹高および平均 DBH はかなり低い値を示し、平均地上部バイオマス量も全体で最小値であった。ケランガス林は、貧栄養の砂質土壌であるため、植物の生育が妨げられる傾向がある。

表 3-2 本実証調査の森林タイプごとの森林構造

森林構造指標	森林区分					
	天然生二次林	河畔林	ケランガス林	伐採跡地*	アカシア植林地13年生	アカシア植林地15年生
立木密度(幹数/ha)	891.2	1782.3	1135.2	—	1151.8	946.9
平均樹高(m)	11.5	10.2	7.9	—	17	17.9
Min Max	2.8 39	2.8 21.3	2.7 16.9	—	4 37	3.3 43
平均DBH(cm)	11.9	11.9	6.6	—	13.2	14.9
平均地上部バイオマス量(t-drymatter/ha)	118.7	236.3	18.5	—	171.6	156
面積(ha)	2.5	75.1	94.6	152.4	226.7	158.7

3.3.2 森林の植物種多様性

上記した森林構造の調査プロットにおいて、毎木調査とともに、林床に出現した木本植物および草本植物を記載した。本年度は伐採跡地のみ調査を行い、それ以外の森林タイプについては、2023年度の調査データを用いた。以下に、森林タイプごとの出現植物種数を示した(表 3-3)。また、IUCN レッドリストの該当種⁴についても記載した。

表 3-3 各森林タイプの出現植物種数

		事業地 全体	天然生 二次林	溪畔林	ケランガス 林	伐採跡地	アカシア 13年生	アカシア 15年生
木本種		37	22	15	5	8	3	6
草本種等		35	9	8	9	8	18	19
合計		72	31	23	14	16	21	25
IUCN レッド リスト種	CR (深刻な危機)	1	1	0	0	1	0	0
	VU (危急)	1	1	0	0	0	0	0
	LC (低懸念)	33	15	14	9	8	6	9

各森林タイプの植物(木本・草本等⁵)の種数を示した(図 3-3)。天然生二次林や溪畔林では木本種が多く、アカシア植林地では、草本種が多い傾向が見られた。また散布様式による種数区分を図 3-4 に示した。種数は、風、自動、動物散布の 3 つに分類した。木本種においては、熱帯天然林と共通の傾向として、動物散布様式が多いことが明らかとなった。

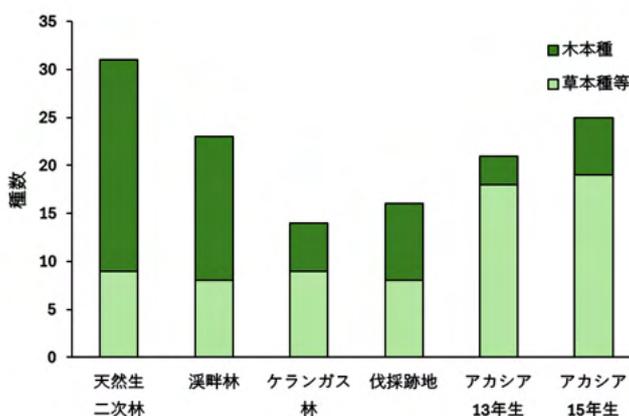


図 3-3 各森林タイプの植物種(木本・草本等)の種数

⁴ 種レベルまで特定出来たものを対象として分析した(属レベルまでしか特定できていない種については分析対象外)。

⁵ 草本種等には、草本の他、竹、シダ植物、つる性植物、ランやスゲが含まれる。

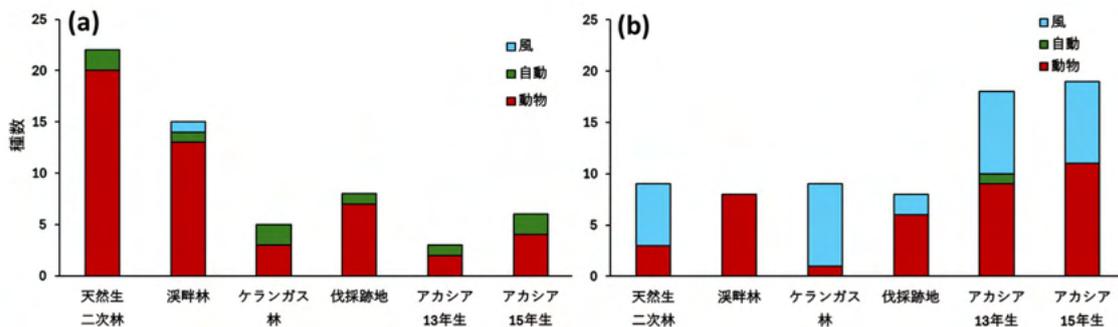


図 3-4 散布様式による種数区分((a)木本種、(b)草本種等)

3.3.3 まとめ

木本種・草本種等において、植林事業地内に複数の森林タイプが保全されることにより、植物種の多様性が維持されていることが観察された。また木本種・草本種等による種数区分では、天然生二次林や溪畔林において木本種が多く、アカシア植林地では、草本種等が多く観察された。どの森林タイプでも、木本種の散布様式では、動物散布種が多く観察された。

3.4 動物分類群ごとの調査方法、結果及び考察

3.4.1 哺乳類

(1) 調査方法

哺乳類の調査は、2024年9月中旬から11月中旬の約2ヶ月間(1,380カメラ日)、トラップカメラを用いての自動撮影により行った。撮影には、Waterproof Wildlife Trail Track Camera H7(WiMiUS社製)を用い、PIRセンサー(受動的赤外線センサー)の感度は中程度に設定した。また感知後に3回連続撮影を行い、待機時間を1分とした。カメラの設置台数は、Rowcliffe et al. (2008)や久本ら(2019)等の論文を参考として、全区画で23台を設置した(表3-4)。設置場所については、種数を効率的に把握する目的で獣道等の哺乳類が出現しやすい場所に設置した(図3-5)。データ回収については、1ヶ月おきに2回実施し、2回目の撮影では場所の一部を移動した。

表 3-4 植林地森林タイプごとのトラップカメラの設置台数(計23台)

	森林区分					
	天然生二次林	溪畔林	ケランガス林	伐採跡地	アカシア植林地14年生	アカシア植林地16年生
面積比率 (%)	0.3	3.4	12.7	20.4	30.4	21.3
トラップカメラ設置台数	3	3	3	4	6	4

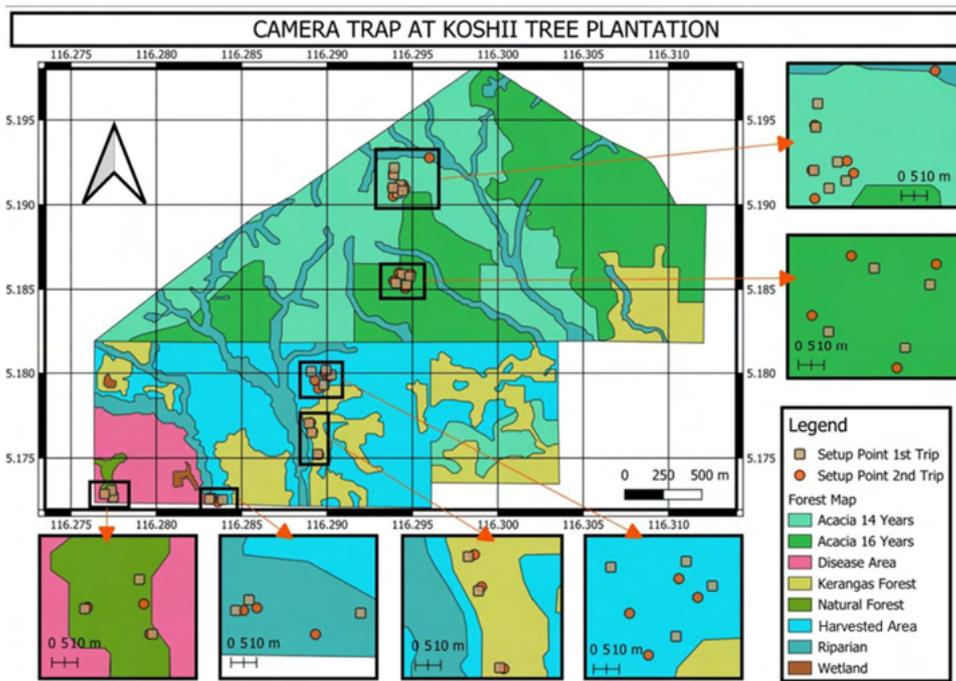


図 3-5 事業地内におけるトラップカメラの設置場所

またカメラは、図 3-6 のように現地踏査で場所を決め、立木の幹に設置した。各森林タイプの設置場所の様子については、図 3-7 に示した。



図 3-6 トラップカメラの設置手順



天然生二次林



溪畔林



ケランガス林



アカシア植林地

図 3-7 トラップカメラの設置場所の様子

(2) 調査結果

・全種数および森林タイプごとの出現種数

2か月間におよぶ調査で観察された全出現種数は20種であった。各森林タイプにみられた食性ごとの種数を下記の図3-8に示した。アカシア林で、観察された種数が最も多かった(ただし、これにはカメラトラップ設置数の影響を考慮する必要がある)。概ねどの森林タイプでも、草食・果食性の哺乳類とそれを捕食する肉食性の哺乳類が観察された。その他アカシア林の特色として、食虫性の種が多く観察された。

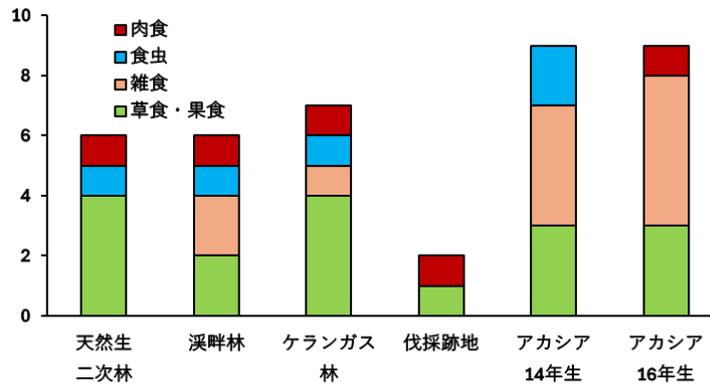


図 3-8 森林タイプごとの食性による種数

・各森林タイプに出現した種

前述の通り、森林タイプの中で、14年生、16年生のアカシア植林地において最も多くの種が観察された(表 3-5)。IUCN レッドリストの分類からは、深刻な危機種(CR)に指定されている Sunda pangolin(センザンコウ)が、溪畔林、ケランガス林、アカシア 16年生植林地において観察された。また、危機種(EN)に指定されている霊長類の Long-tailed macaque、Slow loris、Pig-tailed macaque がアカシア植林地で観察された。

表 3-5 各森林タイプに出現した種、および IUCN レッドリスト分類種

Common name	食性	天然生二次林	溪畔林	ケランガス林	伐採跡地	アカシア14年生	アカシア16年生	IUCN レッドリスト
Sunda leopard cat	肉食	○			○			LC
Small-clawed Otter	肉食		○					VU
Yellow-throated marten	肉食			○		○		LC
Moonrat	食虫	○					○	LC
Sunda pangolin	食虫		○	○			○	CR
Lesser treeshrew	雑食		○			○	○	LC
Sunda skunk / Teledu	雑食		○					LC
Long-tailed macaque	雑食			○		○	○	EN
Slow loris	雑食					○	○	EN
Three-Striped Palm Civet	雑食					○		LC
Large treeshrew	雑食					○		LC
Pig-tailed macaque	雑食						○	EN
Rat	草食・果食	○	○	○	○	○	○	-
Plantain squirrel	草食・果食	○	○	○		○	○	LC
Sunda Black-banded Squirrel	草食・果食	○						LC
Horse-tailed squirrel	草食・果食	○						NT
Ear-spot squirrel	草食・果食			○				NT
Asian House Mouse	草食・果食			○				-
Barking Deer/ Red Muntjac	草食・果食					○		LC
Sambar deer	草食・果食						○	VU

以下に、森林タイプで観察された特徴的な種について記載した。

① 全森林タイプ

植林事業地全体を通じて、草食・果食性のネズミやリス等の小型の哺乳類が観察された。各森林

タイプにおいて、餌になる木の実や昆虫等が供給されていると考えられる(図 3-9)。



Rat



Plantain squirrel

図 3-9 全森林タイプで概ね共通して観察された種

② アカシア植林地(14 年生、16 年生)

アカシア植林地で主に観察された種を図 3-10 に示す。アカシア植林地では、14 年生および 16 年生の両方で観察された草食・果食性の種その他、14 年生のアカシア植林地では捕食者である食肉目のイタチ科テン属である肉食性の Yellow-throated marten が観察された。また雑食性の霊長目(サル)の Long tail macaque が高頻度で観察され、Slow loris も観察された。さらにアカシア植林地では、林床には草本植物種が多くみられ、これらを餌とする草食・果食性の偶蹄目のシカである Barking deer および Sambar deer がそれぞれ 14 年生および 16 年生のアカシア植林地で観察された。その他、食虫性の Moonrat や IUCN レッドリストの CR である Sunda pangolin(センザンコウ)も 16 年生アカシア植林地で観察された。

肉食性



Yellow-throated marten

雑食性



Longtail macaque



Slow loris

草食・果食性



Barking deer



Sambar deer

食虫性



Moonrat



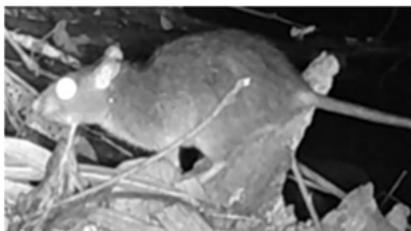
Sunda pangolin

図 3-10 アカシア植林地で確認された種

③ 伐採跡地

アカシア植林地が前年に伐採された植栽予定地においては、丈の高い草本植物種が多く占有していた。調査期間の 2 ヶ月間で観察された種は、草食・果食性の齧歯目のネズミおよび肉食性で食肉目ネコ科の Sunda leopard cat であった(図 3-11)。

草食・
果食性



Rat

肉食性



Sunda leopard cat

図 3-11 伐採跡地で観察された種

④ 天然生二次林

液果をつける動物散布の樹木種が多く見られる天然生二次林では、全森林タイプで概ね共通して見られた齧歯目であるネズミヤリス(Plantain squirrel, Sunda black-banded squirrel 等)が観察された(図 3-12)他、肉食性の食肉目ネコ科の Sunda leopard cat が観察された。その他、食虫性の Moonrat も観察された。

草食・
果食性



Sunda black-banded squirrel

肉食性



Sunda leopard cat

図 3-12 天然生二次林で観察された種

⑤ 溪畔林

事業地内には複数の小河川が流れており、溪畔林は保護区として保全されている。共通種の草食・果食性の齧歯目の他、魚類を主として摂食する肉食性の食肉目イタチ科のカワウソが観察された(図 3-13)。カワウソは、魚類の他、甲殻類(カニやエビ)等、河川流域に生息している生物を餌としている(Phillipps & Phillipps 2018)。また雑食性の Lesser treeshrew や Sunda skunk が観察された。その他、食虫性の Sunda pangolin(センザンコウ)が観察された。

肉食性



Small-clawed otter

雑食性



Lesser treeshrew



Sunda skunk

図 3-13 溪畔林で観察された種

⑥ ケラングス林

貧栄養な立地条件のため、森林内の立木密度は高いもののバイオマス量は低い。全森林タイプで概ね観察された齧歯目のネズミヤリス(Plantain squirrel や Ear-spot squirrel)の他、肉食性のテンである Yellow-throated marten、また溪畔林と同じく、食虫性の Sunda pangolin(センザンコウ)が観察された。

(3) 考察

哺乳類は全部で 20 種が観察された。樹木種や草本種等を食料源とする草食・果食性の齧歯目のネズミおよびリスが、ほぼ全森林タイプで観察された。これらの種においては、全森林タイプが生息地であると考えられた。Plantain squirrel については、樹木の洞にできる蟻の巣等を捕食の対象ともすると考えられる。

次に全森林タイプで、概ね草食・果食性の齧歯目と第二次消費者である肉食性の哺乳類の食物網の対応が考えられた。カワウソは溪畔林で魚を主に捕食する。また食肉目の Sunda leopard cat や Yellow-throated marten は齧歯目を捕食する。このため、森林タイプが複数存在することにより哺乳類の種数が多く観察され、種多様性が高まっていると考えられる。

餌としてアリやシロアリなどの昆虫を食するセンザンコウは、事業地内では溪畔林、ケランガス林やアカシア林の複数の森林タイプに出現した。林床にシダ類や落葉層が発達した場所を生息地とする。生息範囲は比較的小さくオスで 40 ha、メスで 7 ha とされる (Phillipps & Phillipps 2018)。

観察された霊長目の Slow loris やサル等は、食料や休息を得るために事業地外をまたぐ行動範囲を持つと考えられる。これらの種は、主にアカシア植林地で観察された。面積比で多くを占めているアカシア植林地は、このような霊長目の行動範囲として一定の役割を果たしているのであろう。

偶蹄目の 2 種のシカについても、霊長目と同じく事業地外の域を行動範囲としていると考えられる。植林地内での出現は、林床を占める草本等の植物種を食物資源として利用していると考えられ、植林地ではあるが森林の存在が、このような哺乳類の地域における種多様性を高める役割を果たしていると考えられた。

伐採跡地では、観察された種は最も少なかったが、肉食性ネコ科の Sunda leopard cat は、低木種の占める場所や草地等を好む主として、生息域として利用していると考えられた。また齧歯目の存在は、食肉目の採餌場所としての機能を示唆し、食物網の対応が考えられた。

このように、本産業植林事業地において、それぞれ哺乳類の種の行動範囲は種によって異なると考えられるものの、保護区を保全した植林地においては、複数の森林タイプが存在することにより、全体としての種多様性が高まっていると考えられた。

選択した調査方法については、カメラトラップを用いることにより、日常的には観察できない哺乳類種を容易に把握することが可能であることが確認された。また、生活史に伴った哺乳類の生態(行動等)を考慮して、調査時期を考えた継続的なモニタリングを行うことが、さらに精度の高い生息種の把握に有効であると考えられる。

3.4.2 鳥類

(1) 調査方法

本実証調査地では、森林タイプによっては面積が非常に小さいことから、各森林タイプに共通する調査方法として、移動を伴わないポイントカウントを用いた。方法については、サバ州で行われた鳥類の調査手法 (Mojiol et al. 2008 及び Lim et al. 2019) を参考にした。

調査ポイントは、ポイントカウントと併せて行ったライントランセクトによる直接観察法が可能な場所に配置した。溪畔林、伐採跡地、アカシア植林地(14 年生および 16 年生)では、おおよそ 100m ごとに

とに 1 箇所に配置し、森林タイプごとに全 4 ポイント置いた。一方、天然生二次林では面積が十分に取れないために同一ポイントを 4 回観察した。調査ポイントは合計 21 か所に配置した(図 3-14)。各ポイントでは、半径 20 m の円の範囲内を観察し、それぞれ約 10 分間の調査を実施した。カウント方法および種の同定については、目視および鳴き声のヒアリングにより把握できる個体を全数カウントし、出現した個体の種を同定した。調査は、いずれも早朝の午前 7 時から 10 時までの時間帯で実施した。調査期間は 2024 年 10 月中旬、および 11 月中旬にそれぞれ 1 週間ずつ実施した。またポイントカウントと併用して、調査時間内で観察時間が限定されず、かつ観察範囲が限定されないライトランセクトによる直接観察法により、追加種の確認を行った。

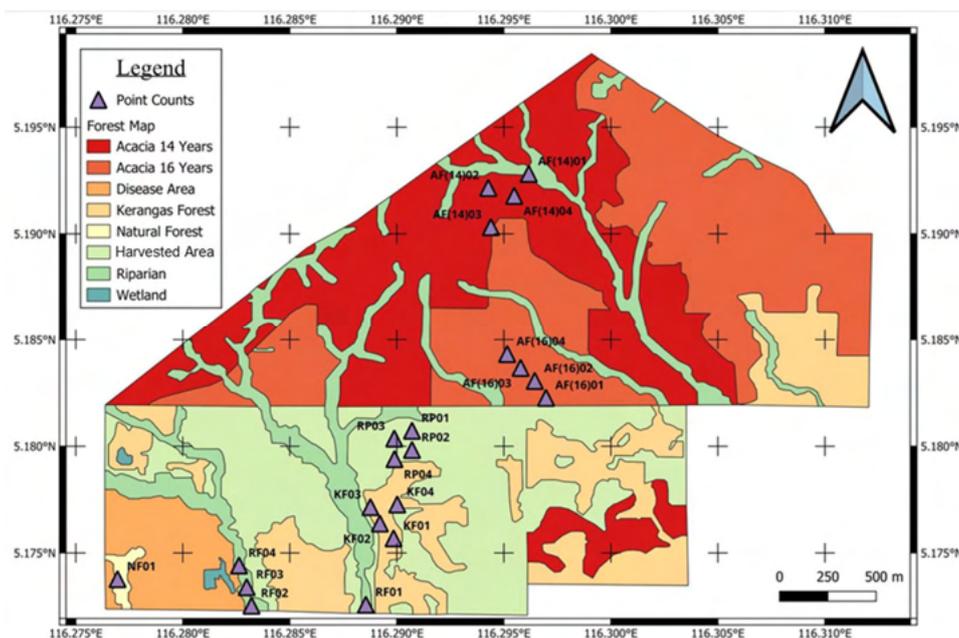


図 3-14 観察ポイントを設置した箇所

(2) 調査結果

ポイントカウントによる結果から、植林事業地全体で 28 種が観察された(表 3-6)。この中には IUCN レッドリストの準絶滅危惧(NT)種が 2 種、低懸念(LC)種が 26 種含まれていた。各森林タイプの出現種数は表 3-6 の通りであった。これにより天然生二次林で観察された種が最も多く、つぎに溪畔林、ケランガス林と続いた。アカシア植林地で観察された種数は少なかった。

表 3-6 各森林タイプのポイントカウントにより観察された種数

	森林タイプ						全種数
	天然生 二次林	溪畔林	ケランガス 林	伐採跡地	アカシア 植林地 14年生	アカシア 植林地 16年生	
種数	14	13	12	6	6	4	28

食性区分による種数では、食虫性のものが 13 種と最大で、次に果食性の 6 種、蜜食性および雑食性の 4 種、肉食性の 1 種となっていた(表 3-7)。

表 3-7 食性区分と出現した森林タイプ

Common name	Species name	食性	天然生 二次林	溪畔林	ケランガス 林	伐採跡地	アカシア 14年生	アカシア 16年生
Red-eyed Bulbul	<i>Pycnonotus brunneus</i>	雑食性			○		○	
Yellow-vented Bulbul	<i>Pycnonotus goiavier</i>	雑食性	○	○	○	○		
Olive-winged Bulbul	<i>Pycnonotus plumosus</i>	雑食性		○	○			
Cream-vented Bulbul	<i>Pycnonotus simplex</i>	雑食性	○	○			○	
Common Iora	<i>Aegithina tiphia</i>	食虫性	○	○	○			
White-breasted Woodswallow	<i>Artamus leucorhynchus</i>	食虫性			○			
Plaintive Cuckoo	<i>Cacomantis merulinus</i>	食虫性		○				
White-crowned Shama	<i>Copsychus stricklandii</i>	食虫性	○					
Greater Racket-tailed Drongo	<i>Dicrurus paradiseus</i>	食虫性	○					
Grey-and-Buff Woodpecker	<i>Hemicircus sordidus</i>	食虫性		○			○	
Bold-striped Tit-Babbler	<i>Mixornis bornensis</i>	食虫性	○	○	○	○	○	○
Red-headed Tailorbird	<i>Orthotomus ruficeps</i>	食虫性	○	○	○	○	○	○
Rufous-tailed Tailorbird	<i>Orthotomus sericeus</i>	食虫性	○	○			○	○
Black-capped Babbler	<i>Pellorneum capistratum</i>	食虫性		○				
Black-bellied Malkoha	<i>Phaenicophaeus diardi</i>	食虫性	○					
Yellow-bellied Prinia	<i>Prinia flaviventris</i>	食虫性				○		
Malaysian Pied Fantail	<i>Rhipidura javanica</i>	食虫性	○	○	○			
Oriental Dwarf Kingfisher	<i>Ceyx erithaca</i>	肉食性		○				
Crimson Sunbird	<i>Aethopyga siparaja</i>	蜜食性		○				
Little Spiderhunter	<i>Arachnothera longirostra</i>	蜜食性	○					
Ruby-cheeked Sunbird	<i>Chalcoparia singalensis</i>	蜜食性						
Olive-backed Sunbird	<i>Nectarinia jugularis</i>	蜜食性				○		
Emerald Dove	<i>Chalcophaps indica</i>	果食性			○			○
Zebra Dove	<i>Geopelia striata</i>	果食性	○		○	○		
Dusky Munia	<i>Lonchura fuscans</i>	果食性	○					
Gold-whiskered Barbet	<i>Psilopogon chrysopogon</i>	果食性	○					
Little Green Pigeon	<i>Treron olax</i>	果食性			○			
Pink-necked Green Pigeon	<i>Treron vernans</i>	果食性			○			

森林タイプごとの食性による出現種

① 天然生二次林のみで観察された種

木本種の植物種が多く観察された天然生二次林では、多様な食性の種が観察された(図 3-15)。果食・蜜食性で合わせて 4 種、食虫性が 8 種、雑食性が 2 種確認された。



図 3-15 天然生二次林のみで観察された種

② 溪畔林で観察された種

特有な種として川に生息する魚類を主な食餌とする肉食性のカワセミが観察された(図 3-16)。その他、食虫性も 8 種確認され、枯死木の虫を捕食するキツツキの種も観察されている。雑食性のヒヨドリ仲間も 2 種が観察された。

肉食性

雑食性

食虫性



Oriental Dwarf-kingfisher

Olive-winged Bulbul

Grey-and-buff Woodpecker

図 3-16 溪畔林で観察された種

③ アカシア植林地で観察された種および伐採跡地のみで観察された種

アカシア植林地では、種数は少ないが主に食虫性のものが観察された。アカシア植林地では、枯死木が植林地内に多く存在するため、枯死木内の虫を餌とするキツツキの仲間が観察されたと考えられる。また雑食性のヒヨドリ仲間も観察された(図 3-17)。

伐採跡地は背丈の低い草本種が植生の多くを占めており、食虫性の藪を好む種が多く観察された。

アカシア植林地で観察された種

伐採跡地のみで観察された種

食虫性

雑食性

食虫性



Grey-and-buff Woodpecker

Cream-vented Bulbul

Yellow-bellied Prinia

図 3-17 アカシア植林地および伐採跡地のみで観察された種

④ 全森林タイプでの共通種および幅広く観察された種

食虫性や雑食性の種が全森林タイプで共通して観察された(図 3-18)。



図 3-18 全森林タイプの共通種

2つの調査方法の結果

ポイントカウントでは、全 28 種が観察された。直接観察法による追加種は 24 種観察され、総数で 52 種が観察された(表 3-8)。補足的に用いた直接観察により、かなりの種数の増加が確認された。直接観察法による追加種の確認は、高さや広さ等の観察範囲が限定されず、また観察時間がポイントカウントと比べて限定されない特徴があることによる。

表 3-8 異なる調査方法による種数の総数

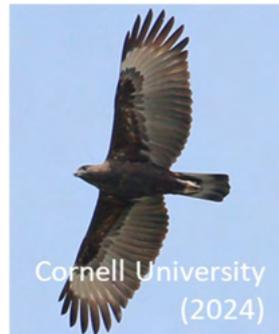
	種数						全種数
	天然生 二次林	溪畔林	ケランガス 林	伐採跡地	アカシア 植林地 14年生	アカシア 植林地 16年生	
ポイントカウント	14	13	12	6	6	4	28
直接観察による追加種数	15	10	11	9	19	13	24
総数	29	23	23	15	25	17	52

直接観察法によりみられた特徴的な種

直接観察法では、渡りのツバメや猛禽のクマタカの種が唯一観察された(図 3-19)。



Barn swallow



Changeable Hawk-Eagle

図 3-19 直接観察法によりみられた特徴的な種

(3) 考察

鳥類においても、森林タイプが複数あることにより様々な種のハビタットが生み出されることが明らかとなった。森林タイプが複数あることが、多様な森林構造や植生を生み出し、多様な食性を持つ鳥類の種の多様性を確保していたと考えられた。

選択した調査手法について、鳥類の調査では調査者の調査能力(知識や経験の量)により結果がかなりの割合で左右される。そのため、実施に当たっては適切な調査者の選択が重要となる。ポイントカウントでは、調査点数、調査時期によっても観察される種数が異なり、継続的なモニタリングが種数の確認には必要であると考えられる。また簡易的で補足的に行った直接観察法は、追加種のカウントを促すには良い方法であると考えられた。渡り鳥等、季節的に生息場所が異なる鳥類を観測するためには、異なる季節でのモニタリングを行う必要がある。

3.4.3 昆虫類(チョウ)

(1) 調査方法

ライントランセクトおよびベイトトラップを用いて実施した。ライントランセクトは、ある一定の距離のラインを踏査しながら、出現個体を捕虫網で捕獲してサンプリングして種の同定を行う方法である。トランセクトは各林分においてそれぞれ 130 m-250 m の長さのものをそれぞれの森林タイプに配置した。調査位置については、図 3-20 に示した。調査時間は 9:00-11:30、及び 14:00-16:30 であり、調査期間は 9 月中旬から 2 週間実施した。

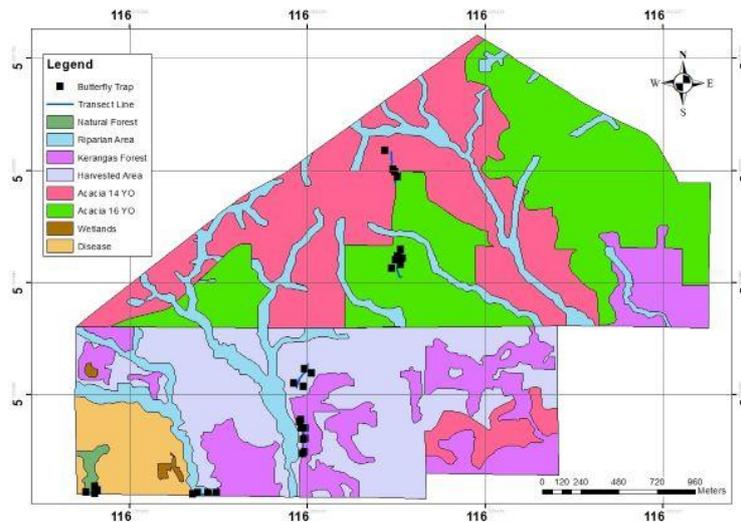


図 3-20 ライトランセクトおよびベイトトラップの調査位置

ベイトトラップは、バナナおよびパイナップルを餌として誘引する方法を用いた (Van-Ryoden method)。各森林タイプにおいてライトランセクトの両側にそれぞれ各 2 点設置、合計 4 点を 20-30 m 間隔で設置した。回収時間は 24 時間ごとに実施し、調査期間はライトランセクトと同じく 2 週間実施した。

サンプリングした個体については、サバ大学内の研究室にて標本を作製して、同定作業を進めた。

(2) 調査結果

すべての森林タイプにおいて 2 通りの調査方法により全 5 科 (タテハチョウ、アゲハチョウ、シロチョウ、セセリチョウ、シジミチョウ)、全 56 種が同定された (表 3-9)。溪畔林で最も多くの種が観察された。

ライトランセクトにより、38 種が確認された。溪畔林で最も多い種が観察された。それに続き、アカシア植林地 16 年生、天然生二次林、アカシア植林地 14 年生が続いた。

またベイトトラップにより 18 種が追加種として観察された。ベイトトラップによる方法では、捕獲された科に偏りがあり、タテハチョウ科の追加種が主に観察された。

表 3-9 各森林タイプの同定された種数

	種数						全種数
	天然生 二次林	溪畔林	ケランガス 林	伐採跡地	アカシア 植林地 14年生	アカシア 植林地 16年生	
ライトランセクト	13	17	6	4	13	16	38
ベイトトラップ による追加種	10	9	6	9	9	6	18
総計	23	26	12	13	22	22	56

ライトランセクトによる調査で出現したチョウの種について、科ごとに食草の差異がみられた(表 3-10)。アゲハチョウ科は、食草に木本種が多い特徴的な科であった。タテハチョウ科では、すべての食草の区分に種がみられた。

また各森林タイプで出現したチョウの食草区分の組成の違いが観察された(図 3-21)。天然生二次林および溪畔林では、木本種を食草とする種が多く観察された。一方、アカシア植林地では両林齢において、つる性植物種と草本種を食草とする種が多く観察された。

表 3-10 種の食草区分と出現した森林タイプ(ライトランセクト)

Common name	Species name	食草	天然生二次林	溪畔林	ケランガス林	伐採跡地	アカシア14年生	アカシア16年生
Nymphalidae								
Common Sargeant	<i>Athyma perius</i>	一般		○	○	○		○
Black-veined Tiger	<i>Danaus melanippus</i>	一般		○				
Striped Blue Crow	<i>Euploea mulciber</i>	一般	○	○			○	○
Dwarf Crow	<i>Euploea tulliolus</i>	一般		○				
Great Eggfly	<i>Hypolimnas bolina</i>	一般	○	○	○		○	○
Commander	<i>Moduza procris</i>	一般						○
Clipper	<i>Parthenos sylvia</i>	一般		○				
Tawny Rajah	<i>Charaxes bernardus</i>	木本	○					
Rustic	<i>Cupha erymanthis</i>	木本					○	
Blue Glassy Tiger	<i>Ideopsis vulgaris</i>	木本		○			○	○
Common Archduke	<i>Lexias pardalis</i>	木本	○					○
Double-Branded Crow	<i>Euploea sylvester</i>	つる性		○				○
Colonel	<i>Pandita sinope</i>	つる性					○	○
Yellow-Grassy Tiger	<i>Parantica aspasia</i>	つる性					○	○
Dark Jungle Glory	<i>Thaumanthis noureddin</i>	つる性						○
Malay Cruiser	<i>Vindula dejone</i>	つる性	○	○				○
Malayan Bush Brown	<i>Mycalesis fusca</i>	草本					○	
Dark-Band Bush Brown	<i>Mycalesis mineus</i>	草本	○					
Common Bush Brown	<i>Mycalesis perseus</i>	草本				○		
Common Sailor	<i>Nepthis hylas</i>	草本		○		○	○	
Malayan Six Ring	<i>Ypthima fasciata</i>	草本			○			
Common Three Ring	<i>Ypthima pandocus</i>	草本					○	○
Papilionidae								
Common Jay	<i>Graphium doson</i>	木本		○				
Lime Swallowtail	<i>Papilio demoleus</i>	木本		○				
Banded Swallowtail	<i>Papilio demolion</i>	木本	○					
Yellow Helen	<i>Papilio nephelus</i>	木本		○				○
Common Mormon	<i>Papilio polytes</i>	木本		○				○
Common Birdwing	<i>Troides helena</i>	つる性	○					
Pieridae								
Common Emmigrant	<i>Catopsilia pomona</i>	一般	○					
Three-spotted Grass Yellow	<i>Eurema blanda</i>	一般		○	○		○	○
Common Grass Yellow	<i>Eurema hecabe</i>	一般		○	○	○	○	○
Common Albatross	<i>Appias albina</i>	木本	○					
Scarce Grass Yellow	<i>Eurema lacteola</i>	木本	○		○			
One-spot Grass Yellow	<i>Eurema andersoni</i>	つる性	○					
Hesperiidae								
Affinis Skipper	<i>Arrhenes manas</i>	草本		○				
Zema Banded Ace	<i>Halpe ormenes</i>	草本	○					
Ceyon Dartlet	<i>Oriens goloides</i>	草本					○	
Lycanidae								
	<i>Morpho sp.1</i>	-					○	

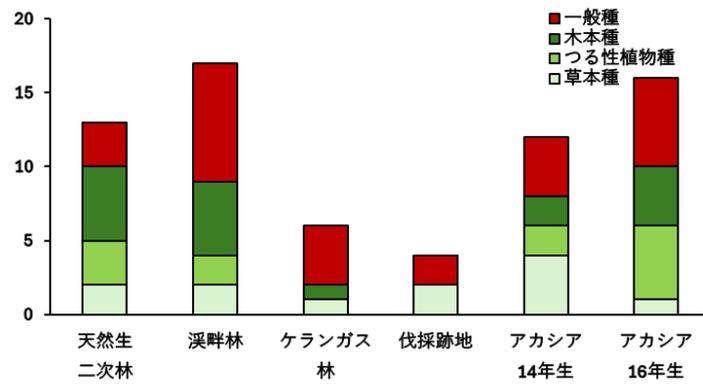
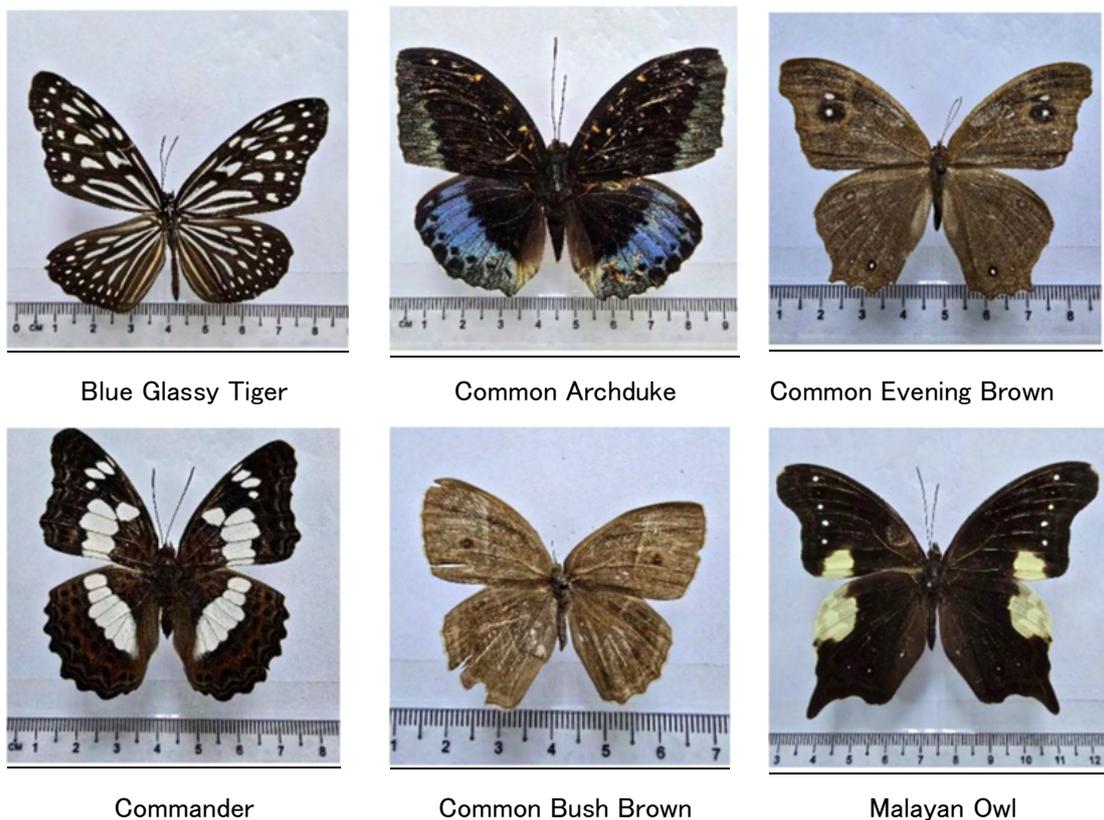


図 3-21 各森林タイプの食草によるチョウ種の区分(ライトランセクト)⁶

以下に、各科の代表的な種を示した(図 3-22)。

タテハチョウ科



⁶ 食草区分が可能であった 37 種を示した。

アゲハチョウ科



Common Jay



Lime Swallowtail



Common Birdwing

シロチョウ科



Common Albatross



One-spot Grass Yellow



Common Grass Yellow

セセリチョウ科



Affinis skipper



Zema Banded Ace



Contiguous Swift

シジミチョウ科



(*Morpho sp. 1*)

図 3-22 同定された各科の種

(3) 考察

チョウは、森林タイプが複数存在することにより、これまでの動物分類群同様、種多様性が高まることが観察された。チョウの食草により(木本種、草本種、つる性植物種、一般種⁷⁾)を区分したところ、天然生二次林および溪畔林では、植物種において木本種が多いことに対応して、木本種を食草とするチョウの割合が高いことが推測された(図 3-21)。アカシア植林地では、14 年生および 16 年生においても、草本種等(草本およびつる性植物種)が多いことに対応して、草本種を食草とするチョウの割合が高いことが推測された。

選択した調査方法については、考慮すべき点として、個体を捕獲することにより種数を把握することは一般的な方法ではあるが、同定作業に時間と専門知が必要とされる点があげられる。調査により、種数を正確に把握するためには、調査点数、調査時期などを考慮する必要がある。調査時期によって種数の変化が多く、種数の年間変動があることが報告されている(Willott et al. 2000)。

3.4.4 昆虫類(ハチ)

(1) 調査方法

ハチの調査方法については、ライントランセクトおよびパントラップ法を用いた。ライントランセクトについては、チョウの調査と同様の方法で行った。パントラップは、パンの色調により捕獲できる昆虫類が異なる。ハチの調査には青いパンを利用した。青い色調は、ハチの捕獲に適する。設置個所は、各森林タイプにおいて、チョウのトランセクトの近辺に、それぞれ 4 点、20-30 m の間隔で設置した。調査期間はどちらも 2 週間とした。ライントランセクトおよびパントラップを実施した位置を図 3-23 に示した。

⁷⁾ 木本種、草本種、つる性植物種のうちの 2 つ以上含むものをさす。

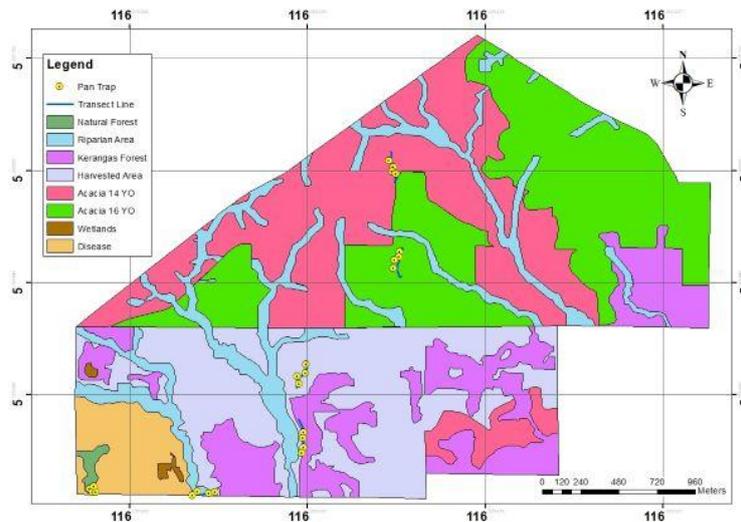


図 3-23 ライトランセクトおよびパントラップの調査位置

ハチのサンプリングした個体については、サバ大学内の研究室にて標本を作製して、同定作業を進めた。

(2) 調査結果

2通りの調査方法により全 12 科(ミツバチ、スズメバチ、ハナバチ、コマユバチ、等)、全 52 種が観察された(表 3-11)。天然生二次林、溪畔林およびケランガス林での種が多く観察された。

ライトランセクトでは、7 科 37 種が観察された(表 3-12)。天然生二次林で 4 科 18 種と最も多く観察され、ミツバチ科が最も多く観察された。溪畔林では、5 科 12 種が観察された。アカシア植林地 14 年生および 16 年生では、ミツバチ科とスズメバチ科の 2 科、それぞれ 8 種および 4 種が観察された。

パントラップによる追加種も 15 種みられ、ケランガス林で最も多くの 9 種の追加種が観察された。

表 3-11 各森林タイプの同定されたハチの種数

	種数						全種数
	天然生二次林	溪畔林	ケランガス林	伐採跡地	アカシア植林地 14年生	アカシア植林地 16年生	
ライトランセクト	18	12	8	5	8	4	37
パントラップによる追加種	4	4	9	2	1	1	15
総計	22	16	17	7	9	5	52

表 3-12 種の出現した森林タイプ(ライトランセクト)

Common Name	Species name	天然生 二次林	溪畔林	ケランガス 林	伐採跡地	アカシア 14年生	アカシア 16年生
Apidae							
Blue-banded Bee	<i>Amegilla zonata</i>	○					
Black Dwarf Honey Bee	<i>Apis andreniformis</i>	○	○	○	○		○
Asian Honey Bee	<i>Apis cerana</i>	○	○				○
One-spotted Small Carpenter Bee	<i>Ceratina unimaculata</i>	○					
Malaysia Stingless Bee	<i>Heterotrigona itama</i>	○					
Stingless Bee	<i>Lepidotrigona nitidiventris</i>				○		
Gold-margined Stingless Bee	<i>Lepidotrigona terminata</i>	○					
Stingless Bee	<i>Tetragonula dresscheri</i>	○					
Stingless Bee	<i>Tetragonula fuscobalteata</i>	○	○	○			
Stingless Bee	<i>Tetragonula geissleri</i>	○	○	○		○	
Stingless Bee	<i>Tetragonula laeviceps</i>		○				
Black-headed Stingless Bee	<i>Tetragonula melanocephala</i>	○				○	
Stingless Bee	<i>Tetragonula minangkabau</i>	○		○			
Stingless Bee	<i>Tetragonula testaceitarsis</i>	○					
Neon-cuckoo Bee	<i>Thyreus nitidulus</i>		○				
Tropical Carpenter Bee	<i>Xylocopa latipes</i>				○		
Halictidae							
Sweat Bee	<i>Lasioglossum cf. quadrinotatum</i>		○				
Sweat Bee	<i>Lasioglossum cf. vagans</i>		○		○		
Cabronidae							
Square-headed Wasp	<i>Morpho sp. 1</i>			○			
Secidae							
Digger Wasp	<i>Ammophila sp.</i>		○				
Colletidae							
Masked Bees	<i>Morpho sp. 1</i>	○					
Vespidae							
Potter wasp	<i>Phimenes flavopictus</i>					○	
Common Paper Wasp	<i>Polistes cf. humilis synoecus</i>			○		○	
Hunter's Little Paper Wasp	<i>Polistes cf. dorsalis</i>					○	
Night Wasp	<i>Provespa anomala</i>		○	○	○		
Banded Paper Wasp	<i>Ropalidia fasciata</i>	○		○			
Potter wasp	<i>Anterhynchium flavolineatum</i>					○	
Potter wasp	<i>Eumenes sp. 1</i>					○	
Potter wasp	<i>Morpho sp. 1</i>						○
Potter wasp	<i>Morpho sp. 2</i>	○					
Potter wasp	<i>morpho sp. 3</i>					○	
Lesser Banded Hornet	<i>Vespa affinis</i>						○
Greater Banded Hornet	<i>Vespa tropica</i>	○					
Common wasp	<i>Vespula sp. 1</i>		○				
Braconidae							
Braconids wasp	<i>Zombrus sp. 1</i>		○				
Braconids wasp	<i>Zombrus sp. 2</i>	○					
Braconids wasp	<i>Zombrus sp. 3</i>	○					

以下の図 3-24 に、ライトランセクトにおける各科にみられた種を示した。

ミツバチ科



Black Dwarf Honey Bee



One-spotted Small
Carpenter Bee



Stingless Bee

ハナバチ科



Sweat Bee
(*Lasioglossum cf. quadrinotatum*)



Sweat Bee
(*Lasioglossum cf. vagans*)

ギングチバチ科



Square-headed Wasp

アナバチ科



Digger Wasp

ムカシハナバチ科



Mask Bee

スズメバチ科



Night Wasp



Banded Paper Wasp



Lesser Banded Hornet

コマユバチ科



Braconids wasp
(*Zombrus sp.1*)

Braconids wasp
(*Zombrus sp.2*)

図 3-24 同定された各科の種

(3) 考察

種数は他の動物分類群と同様に森林タイプが複数あることにより、種数が多くなることが明らかとなった。ハチの各森林タイプの植生との対応については、食性の分類が出来なかったため、ハチの種と植物種との対応は推測できなかった。しかし、木本種の植物多様性の低いアカシア植林地(14年生および16年生)においては、ミツバチ科およびスズメバチ科の2科のみみられるものも、その他の科のハチは観察されず、木本種の植物多様性の高い溪畔林、天然生二次林、ケランガス林等で、他の分類群を含むより多様なハチが出現したことから、木本種の植物種多様性が高くなることによりハチの種多様性が高まっていると考えられる。

ハチの調査方法に用いたライトランセクトは、チョウと同様に、直接観察法により捕獲する方法が幅広い種を同定できた。また複数の調査方法(ここではパントラップ)を用いることで、より多くの種を捕捉できることが明らかとなった。

調査方法として、種数のカウントを考える上では、調査者の能力を考慮することも重要であるが、植生との関連、特にフェノロジーを考慮して時期を考えた観察方法は、種のカウントを考える上で重要になると考えられる。

3.5 植林事業地及びその他の景観との種数の比較(文献による比較)

本項では、これまでに報告した動物分類群のうち、哺乳類、鳥類、昆虫類:チョウの種数を用いて本実証調査の景観レベルでの生物多様性保全の効果を文献調査により比較することとした。まず本実証調査の結果を示し、次に文献調査の結果とともに各動物分類群の比較を行った。比較対象は、既存の文献によりボルネオ島(マレーシア領、インドネシア領の両方を含む)における人工林、天然択伐林、天然林等の景観の動物種数と比較した。それぞれの比較する種数は共通する調査方法により得られた結果を用いた。

3.5.1 本実証調査の動物分類群の種数の結果

本実証調査地である越井産業植林事業地は、面積約700haであり、保護区を伴う様々な森林タイプを持ったアカシアハイブリッドの産業植林事業地である。周辺の環境は、山火事後の荒廃地及

び、開発により農地や居住地へ転用された土地によって占められている。以下に、本項で比較する動物分類群ごとの調査方法、および観察された種数をまとめた(表 3-13)。

表 3-13 本実証調査で得られた動物分類群ごとの調査結果(種数)

分類群	調査方法	観察された種数
哺乳類	自動撮影	20
鳥類	ポイントカウント	28
昆虫類：チョウ	ライトランセクト	38

3.5.2 哺乳類

文献調査により、カメラトラップを用いて得られた種数の比較結果を表 3-14 に示した。

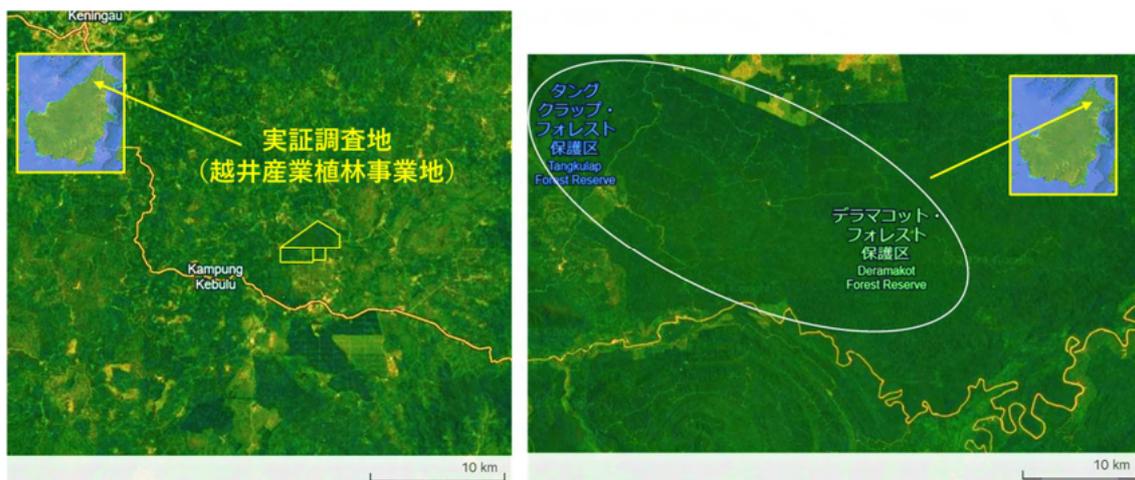
本実証調査で得られた結果は、保全区(保全された天然林)や天然択伐林の数値よりも低い種数となった。植林地に 26 %の二次林を含むカリマンタンにおける Gimán et al. 2007 の調査結果と比べても、低い種数となった。ただし、調査対象となった森林の面積や周辺の森林景観の存在などの要因が、ここでの出現種数の差に影響した可能性を考慮する必要がある。

表 3-14 文献調査による各景観における哺乳類の種数の比較

景観	種数	面積	カメラ日数
本実証調査地 (<i>Acacia Hybrid</i>)	20	700 ha、23 プロット	1,380 カメラ日
植林地 (<i>A. mangium</i>) 二次林が全体面積の 26%を占有	25*	-	1,632 カメラ日
天然択伐林 (Dermakot & Tangkulap Forest Reserve)	32**	29 プロット (5 km 間隔)	13,920 カメラ日
天然択伐林 (Dermakot Forest Reserve)	35***	20 プロット (5 km 間隔)	15,400 カメラ日
保全区 (Imbak canyon, Protection forest)	27****	13 プロット (1~5 km 間隔)	1,436 カメラ日

*Gimán et al. 2007, **Imai et al. 2009, ***Samejima et al. 2012, ****Bernard et al. 2013

図 3-25 は、本実証調査地および Imai et al. 2009 及び Samejima et al.2012 に示された天然択伐林の Google Earth の衛星画像による比較である。これによると、前掲したように実証調査地の周辺は土地利用が進み、農地や居住地に囲まれていることがわかる。一方で Imai et al. 2009 の天然択伐林調査地周辺は保護区に囲まれ、哺乳類が生息するより多くの森林が残されていることが分かる。



出典: Google Earth (2015)

図 3-25 衛星画像による周辺の様子(左:本実証調査地、右 Imai et al.2009 の調査地周辺)

次に、本実証調査地、Giman et al. 2007 および Imai et al. 2009 の種数のデータを目レベルで区分した(図 3-26)。この結果、本実証試験地および Giman et a. 2007 の植林地間では、目レベルでの区分差があまり見られないことが分かった。一方、Imai et al. 2009 の論文からは保護区の広さから、長鼻目のアジアゾウ、霊長目のオランウータンおよび食肉目のウンピョウ、マレーグマ等が出現したことが報告されている。

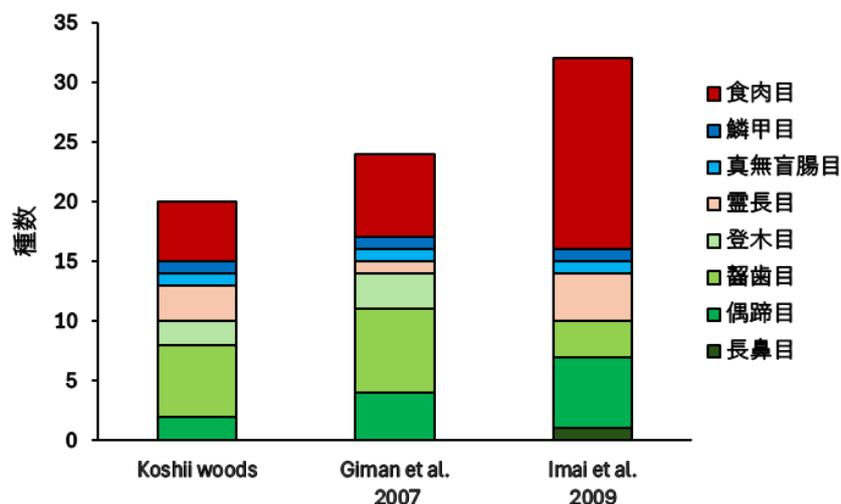


図 3-26 本実証試験地および比較した論文の種数の目による区分

3.5.3 鳥類

文献調査によりポイントカウントを用いて得られた種数の比較を表 3-15 に示した。本実証調査地は植林前においては、森林火災による荒廃地であった。Helms et al. 2018 による森林火災後の荒廃地の結果と比較すると種数が多いことが分かる。

しかしながら、Sheldon et al. 2010 のサバ州におけるアカシア・マンギウム の 2 年生から 7 年生の植

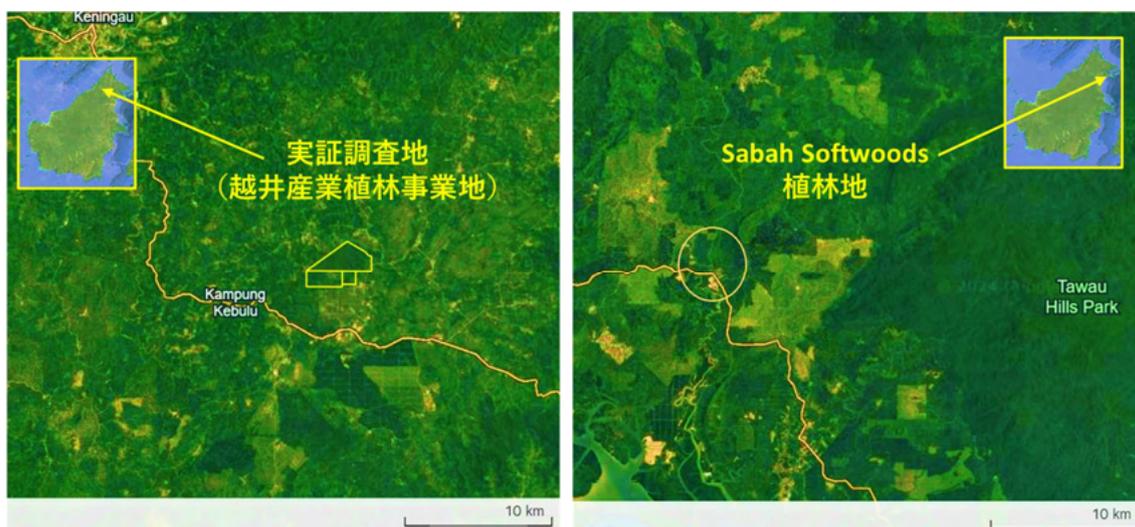
林地の調査結果と比べると低い種数を示した。

表 3-15 文献調査による各景観の鳥類の種数の比較

景観	種数	ポイント数(間隔)	観察時間(各点)
本実証調査地	28	21(100 m)	約 2 週間(10 分)
荒廃地	8*	100	(3 分)
植林地(A. Mangium 2 年生)	40**	20(50 m)	(3 分)
植林地(A. mangium 5 年生)	61**	20(50 m)	(3 分)
植林地(A. mangium 7 年生)	74**	20(50 m)	(3 分)
[参考] 天然林(直接観察法)	193***	ライントランセクト 3 本 (各約 1,600 m)	1 年間、各月 2 回、 1 回 3 時間

*Helms et al. 2018, **Sheldon et al. 2010, ***Lambert et al. 1992

図 3-27 は、衛星画像による本実証調査地および Sheldon et al. 2010 の調査地周辺の様子を示している。これによると、開発が進む本実証調査地に対して、Sheldon et al. 2010 の調査地では周辺に草地(農地)とともに大きな森林保全区があることが分かる。



出典: Google Earth (2015)

図 3-27 衛星画像による周辺の様子(左:本実証調査地、右 Sheldon et al. 2010 の調査地周辺)

3.5.4 昆虫類:チョウ

文献調査によるライントランセクトの種数との比較を表 3-16 に示した。

本実証調査地の結果は、Matsumoto et al. 2015 のカリマンタンの森林火災による荒廃地に植林された結果よりも種数が多く示された。しかしながら、Willott et al. 2000 の天然林の種数と比べると少

ない種数となった。

表 3-16 文献調査による各景観のチョウの種数の比較

景観	種数	トランセクト長(数)	観察期間・時間
本実証調査地	38	130-250 m(6)	2週間(2本/日) 5時間/日
植林地(A. mangium 3-4年生)	16**	1,200 m(1)	8回のサンプリング 45分間/回
植林地(A. mangium 7-8年生)	23**	1,200 m(1)	8回のサンプリング 45分間/回
天然林	121*	50 m(4)	9ヶ月間、4日に1回 2本(4時間)/回

*Willott et al. 2000, **Matsumoto et al. 2015

3.5.5 本実証調査地の出現種数による評価

これまでの天然林、択伐天然林、二次林を保存した植林地での動物分類群の調査結果と比較すると、出現した哺乳類の種数は少なかった。他方、目レベルでの分類では、二次林を保存した植林地とは、同様な組成を維持していることが明らかになった。

前節で示した調査結果から、多様な景観要素を維持することで、その環境に依存する哺乳類の種の生息が維持されていることが示唆された。しかしながら、比較可能な景観(荒廃地内に島状に造成された)での一斉植林地のデータがないため、本植林事業地において、複数の森林タイプを保全したことによるトータルの種数保全の効果を定量的に示すことはできなかった。

植林地全体の面積、周辺の天然林の存在などの要因は、比較的行動範囲の広い哺乳類については、大きく影響すると考えられる。今回の文献データからも、保全区のある景観では、保全区の高さが哺乳類の種数の多様性を高く保っていると考えられた。他方、今回の植林地のように、限られた面積とはいえ、荒廃地の中に多様な要素が含まれる森林環境を創出するポジティブな効果については、今回無視できない種数の哺乳類の生息が明らかになったことで実証されたと考える。

鳥類では、景観レベルで出現種数を比較した結果、保全区が周辺にある植林地に比べると少ない種数ではあったが、森林火災後の荒廃地に比べると、種数が多いことが明らかになった。荒廃地に植林により森林環境を創出することの効果が示されたといえる。鳥類においても、植林地周辺の景観に保全される天然林が多く含まれることが、種の多様性に貢献すると考えられた。

昆虫類(チョウ)では、森林火災後の荒廃地に植林された事例と比較して、本実証調査地の種数は高かった。アカシアの若齢の一斉植林地に比べ、複数の森林タイプを維持した本植林事業地は、景観レベルでの昆虫類保全により貢献していると評価できる。

3.6 まとめ

3.6.1 保全及び回復の効果

本実証調査は、森林火災等による荒廃地への産業植林という事例である。本調査を通じて、荒廃地の植林による天然林の代替の森林環境の創出や、事業地内に断片的とはいえ天然生二次林や溪畔林の保全区を設けることによる本来の生息地保全などによる生物多様性保全・回復効果が認められた。

今回の調査では、3つの動物分類群(哺乳類、鳥類、昆虫類:チョウ・ハチ)について、植林地における生物多様性の保全および回復の効果を、各森林タイプ及び景観レベルにおいて評価した。各森林タイプでの調査からは、複数の森林タイプを持つことにより各動物分類群の種の多様性が高まることが示唆された。また景観レベルの比較では、天然林に比べると種多様性は低いものの、鳥類、チョウ類では、他の一斉人工林に比べると、植林地内に複数の森林タイプを持つことにより、種多様性が高いことが明らかになった。

3.6.2 調査方法

本実証調査地の調査方法について、哺乳類では、カメラトラップによる自動撮影、鳥類では、ポイントカウントとライントランセクトによる直接観察法、昆虫類においては、ライントランセクトおよび捕獲法を用いた。哺乳類の調査方法においては、簡易に行うには、非常に用いやすい反面、機器のコストがかかるという特徴があった。鳥類および昆虫類では、同定に経験や知識が必要となるため熟達者による実施が求められる一方で、長所としては、哺乳類程のコストが掛からないという点が見られた。

3.6.3 モニタリングの継続の重要性

今回の調査は、簡易的なものであり、調査時期、調査期間が限られた。動物相は、年間の種の変動もあるため、時期を考慮した調査が有効である。また、生物のインベントリ調査では、調査時間や調査面積が大きいほど出現種数も多くなる。このような理由から、調査目的に沿った、調査時期や調査時間の検討が、調査をより効率的に行う前提となると考えられる。

企業活動においては、生物多様性の評価は開示内容として、今後一層重要なものとなると考える。しかしながら、生産活動から得られる対価に調査経費を付加することは、企業の負担ともなる。このため、調査地において、重要と考えられる動物種を対象として調査を行う、モニタリングについては数年おきに実施する、連携する組織(研究機関や大学)の協力を得るなどして、できるだけコストを抑えて、効果的な調査を実施することも現実的な方法であると考えられる。例えば、アゲハチョウ科のチョウは木本種を主に食性とする種であるが、このようなグループを樹木の種多様性を図る指標として調査するなど、網羅的でないインベントリ調査なども可能だろう。

これらをまとめると、今後も世界的な潮流の中では企業活動において生物多様性の保全を図り、回復を図る持続的な森林施業の実施が求められる。本章の冒頭にアプローチについて検討したように現地における継続的なモニタリングの実施には資金的な準備も必要であるが、調査目的をステークホルダー間で共有・理解して継続していくことにより、効果的な調査が実施できると考える。モニタリングを継続して実施することは、植林地における生物多様性の保全を図り、実質的な植林の

貢献度を一般に開示して説明することにつながるのではと考えられる。

3.7 参考文献

- Bernard H., Ahmad A.H., Brodie J., Giordano A.J., Lakim M., Amat R., Hue S.K.P., Khee L.S., Tuuga A., Malim P.T., Hasegawa D.L., Wai Y, S., Sinun W., (2013) Camera-trapping survey of mammals in and around Imbak canyon conservation area in Sabah, Malaysian Borneo. *The Raffles bulletin of Zoology* 61(2): 861-870.
- Berry N.J., Phillips O.L., Lewis S.L., Hill J.K., Edwards D.P., Tawato N.B., Ahmad N., Magintan D., Khen C.V., Mayati M., Ong R.C., Harmer K.C., (2010) The high value of logged tropical forests: lessons from northern Borneo. *Biodiversity and Conservation* 19: 985-997.
- Brockerhoff E.G., Jactel H., Parrotta J.A., Quine C.P., Sayer J., (2008) Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation* 17: 925-951.
- Edwards D.P., Ansell F.A., Ahmad A.H., Nilus R., Harmer K.C., (2009) The value of rehabilitating logged rainforests for birds. *Conservation Biology* 23(6): 1628-1633.
- Edwards D.P., Larsen T.H., Docherty T.D.S., Ansell F.A., Hsu W.W., Derhe M.A., Harmer K.C., Wilcove D.S., (2011) Degraded lands worth protecting: the biological importance of Southeast Asia's repeatedly logged forests. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 278: 82-90.
- Giman B., Stubing R., Megnum N., Mcshea W.J., Stewart C.M., (2007) A camera trapping inventory for mammals in a mixed use planted forest in Sarawak. *The Raffles bulletin of Zoology* 55(1): 209-215.
- Helms IV J.A., Woerner C.R., Fawzi N.I., MacDonald A., Juliansyah., Pohnan E., Webb K., (2008) Rapid response of bird communities to small-scale reforestation in Indonesian Borneo. *Tropical Conservation Science* 11: 1-8.
- 平田令子, 伊藤哲 (2013) 森林景観のパッチ間における鳥類の移動様式. *日本生態学会誌* 63: 229-238.
- 久本洋子, 大石諭, 鈴木祐紀, 鶴見康幸, 米道学, 鈴木牧, (2019) 東京大学千葉演習林におけるカメラトラップ法によるニホンジカの生息密度推定の検証. *東京大学農学部演習林報告* 61: 65-74.
- Imai N., Samejima H., Langner A., Ong R.C., Kita S., Titin J., Chung A.Y.C., Langan P., Lee Y.F., Kitayama K., (2009) Co-benefits of sustainable forest management in biodiversity conservation and carbon sequestration. *PLoS ONE* 4(12): e8267.
- 北山兼弘, 今井伸夫, 鮫島弘光, (2011) 脅かされる熱帯林の生物多様性. *森林科学* 63: 13-17.
- 井上大成 (2020) 林試の森公園 (東京都) におけるチョウ類相の変遷. *森林総合研究所研究報告* Vol. 19-No.3 (No.455) 245-260.
- Lambert F.R., (1992) The consequences of selective logging for Bornean lowland forest bird. *PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B* 335: 443-457.
- Lardizabal M.L., Hor C.S., Lee G.Z.Y., Bahudin N., Japir R., Fazrinah A.D.Dg., Binti M., Chung

- A.Y.C., (2020) Comparison of insect assemblages (butterfly, dragonfly and moth) in different lowland forest types in Sabah, Malaysia. *Sepilok Bulletin* 29: 11-38.
- Lim W.S., Mojiol A.R., (2019) A preliminary assessment on Avian community in the urban forest of Universiti Malaysia Sabah. *Transactions on Science and Technology* 6(3): 292-297.
- Matsumoto K., Norrdijito W., Fukuyama K., (2015) Restoration of butterflies in *Acacia mangium* plantations established on degraded grasslands on East Kalimantan. *Journal of Tropical Forest Science* 27(1): 47-59.
- Meijaard E., Sheli D., (2007) The persistence and conservation of Borneo's mammals in lowland rain forests managed for timber: observations, overviews and opportunities. *Ecological Research* 23: 21-34.
- Mojiol A.R., Hassan A., Mauda J., Immit S., (2008) Rapid assessment on the abundance of bird species utilizing the Kota Kinabalu Wetland centre mangroves. *Journal of Tropical Biology and Conservation* 4(1): 99-107.
- Nakashima Y., Fukasawa K., Samejima H., (2018) Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology* 55: 735-744.
- 中島啓裕 (2019) 自動撮影カメラが拓く新しい哺乳類研究—個体識別を必要としない密度推定—. *哺乳類科学* 59(1): 111-116.
- 夏原由博 (1998) 生駒山での 1994 年のチョウのトランセクト調査. *日本環境動物昆虫学会誌* 9(2): 47-54.
- 日本投資銀行 (2024) 生物多様性に関連するスタートアップの取り組み. DBJ Research No. 416.
- 王子ホールディングス株式会社 (2024) 王子グループ TNFD REPORT 2024.
- Phillipps Q., Phillipps K., (2016) Phillipps' field guide to the Mammals of Borneo. John Beaufoy publishing .
- Phillipps Q., Phillipps K., (2018) Phillips' field guide to the Mammals of Borneo. John Beaufoy publishing.
- PLAN VIVO (2023) PV Nature Methodology & data protocol, Version 1.0.
- Pollination (2023) State of voluntary biodiversity credit markets, A global review of biodiversity credit schemes.
- Rowcliffe J.M., Field J., Turvey S.T., Carbone C., (2008) Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45: 1228-1236.
- Samejima H., Ong R., Lagan P., Kitayama K., (2012) Camera-trapping rates of mammals and birds in a Bornean tropical rainforest under sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 270: 248-256.
- 鮫島弘光 (2014) 持続的な熱帯林管理のための哺乳類多様性調査手法の開発. *海外の森林と林業* 89: 26-32.
- Sheldon F.H., Styring A., Hosner P.A., (2010) Bird species richness in a Bornean exotic tree plantation: A long-term perspective. *Biological Conservation* 143: 399-407.

Sustainable Development Verified Impact Standard (2024) Nature Framework 2023 public consultation, Summary of comments and Verra responses.

TNFD (2023) Guidance on the identification and assessment of nature-related issues: The LEAP approach version 1.1.

TNFD (2023) Recommendations of Taskforce on Nature-related Financial Disclosures.

TNFD (2023) 自然関連財務情報開示タスクフォースの提言.

VERRA (2023) SD Vista Nature Framework draft version 0.1.

Wallacea Trust (2023) Methodology for quantifying units of biodiversity gain Version 3.

Willott S.J., Lim D.C., Compton S.G., Sutton S.L., (2000) Effect of selective logging on the butterflies of a Bornean rainforest. *Conservation Biology* 14(4): 1055-1065.

山浦悠一(2007) 広葉樹林の分断化が鳥類に及ぼす影響の緩和 —人工林マトリックス管理の提案—. *日本森林学会誌* 89(6): 416-430.

4. ケニア半乾燥地における小規模農家向け植林の貢献度可視化

国際緑化推進センター (JIFPRO) 柴崎一樹

要約

NGO や企業による途上国での植林支援において、多くの苗木を素早く植えることができる植林形態として、小規模農家向け植林が多く実施され、ケニアでも広まりつつある。しかし、不均一で細分化された植林区が多数点在する小規模農家向け植林では、植林地全体の評価(モニタリング)が困難であるため、多くの支援プロジェクトが植林木数や面積を報告して終わり、植林による貢献度の可視化には至っていないのが現状である。また、ケニアにおける小規模農家向け植林の支援は湿潤地に限られており、国土の 80%を占める乾燥・半乾燥地 (ASAP) での植林は進んでいない。本試験では、ケニアの ASAP での小規模農家向け植林(の支援)を促進するべく、①長根苗の育苗・植林試験による技術開発を行うとともに、②長根苗を用いた小規模農家の植林実行地において、スマホを用いた住民参加型モニタリング手法(生残木のカウント)の開発を試みた。また、③住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎調査や④潜在的植林可能エリアの特定も行なうことで、本試験の対象地の植林支援の可能性を明らかにした。

4.1 背景・目的

ケニア政府は、2032 年までに森林(樹冠)被覆率を 30%にする目標 (Kenya, 2023a)を達成するための方策として、小規模農家が保有する土地での植林(以下、「小規模農家向け植林」とする)を重視し、その潜在的規模は 100 万 ha 以上と見込んでいる (Kenya, 2023b)。小規模農家向け植林は、参加する農家を多く募り、植林できる場所を確保することで、多くの苗木を素早く植えることができるため、途上国全般において、国際機関、企業、NGO 等による小規模農家向け植林の数が増加しつつある (柴崎ら、2023)。Shyamsundar et al. (2022) によると、途上国が多く含まれる熱帯地域では、低コストで樹木被覆を回復できる土地の面積は、農地、牧草地、劣化した森林を合わせて、5.4 億 ha 存在し、その大部分が小規模農家が利用・管理している土地だとされている。しかし、各農家の土地に植えるということは、1 ha 前後の小さな植林区が、参加農家の数だけ多数点在することになり、さらに、農家によって植栽樹種・密度等が異なることもあるため(図 4-1)、通常の衛星画像やプロットサンプリングによる植林地全体の評価(モニタリング)が困難だと予想される

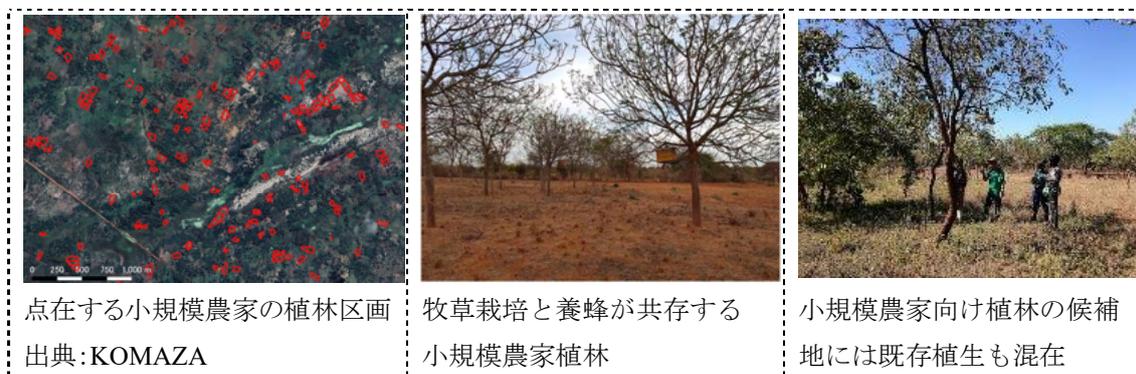


図 4-1 ケニアの小規模農家向け植林

これに対し、Verra が認証するボランタリー炭素クレジットプログラム(VCS)では、2023 年 9 月に新たに、植林由来の炭素固定量を推定しクレジット化する方法論(VM0047: ARR)が開発され、その中では、プロット調査の代わりに全木調査を前提とした **Census-based approach** が新たに提示された。これは、植栽した全樹木本数に、全生残個体数の悉皆調査、又はサンプリング調査により得られる生残率を乗じて生残木数を特定し、それに単木あたりの平均炭素量を乗じることで、植林地全体の炭素量を推定するアプローチである(植栽本数(本)×生残率(%)×1本あたりの平均炭素量(t/本))。Census-based approach が適用される条件は、「1 ha 以上の広がり樹冠被覆をもたらない植林」、「植林によって森林への土地利用変化が起きないこと」と VM0047 に明記されており、農地での 1 ha 未満の植林、すなわちアグロフォレストリー的に列状や農地の周囲に木を植えるといった、小規模農家向けの植林がその対象となり得る。実際、これまで実施されている VCS での小規模農家向け植林の大部分は、同アプローチに沿って推定された炭素量をもとにクレジットが創出されており、ケニアで実施されている KOMAZA や TIST といった 1 万戸以上の小規模農家を対象とした VCS 植林でも、同アプローチによりモニタリングが行われている(柴崎ら、2024a)。

今後、炭素クレジットだけでなく、ESG 投資なども念頭においた企業からの植林支援を促進するためには、植えた本数や面積ではなく、実際に植えた木が育ったことを根拠やデータとともに示したうえで、気候変動の抑制、住民便益、及び生物多様性の向上等への貢献を主張することが求められるだろう(図 4-2)。そのような中、国際的にも認知度が高い VCS 植林方法論の中で、生残本数からの炭素固定量推定が正式に承認されたことにより、炭素クレジットを目的としない植林プロジェクトにおいても、少なくとも生残本数をモニタリングできれば、ある程度の信頼性が担保された形で、炭素固定量をはじめとする植林の貢献度の可視化が可能になる。一方で、1 万戸以上にも及ぶ小規模農家の土地に植えられた植林木の生残を全てチェック、カウントするのは、現実には大変な作業であり、それに係るコストは高くなる。実際、企業が支援する非クレジット型の小規模農家向け植林では、植林本数や面積が報告されているだけで、どの程度木が育っているのかをモニタリングした情報がないものも散見される。今後は、コストを抑えながらも、最低限、生残本数だけでも確実に把握できるようなモニタリング手法の開発が求められるだろう。

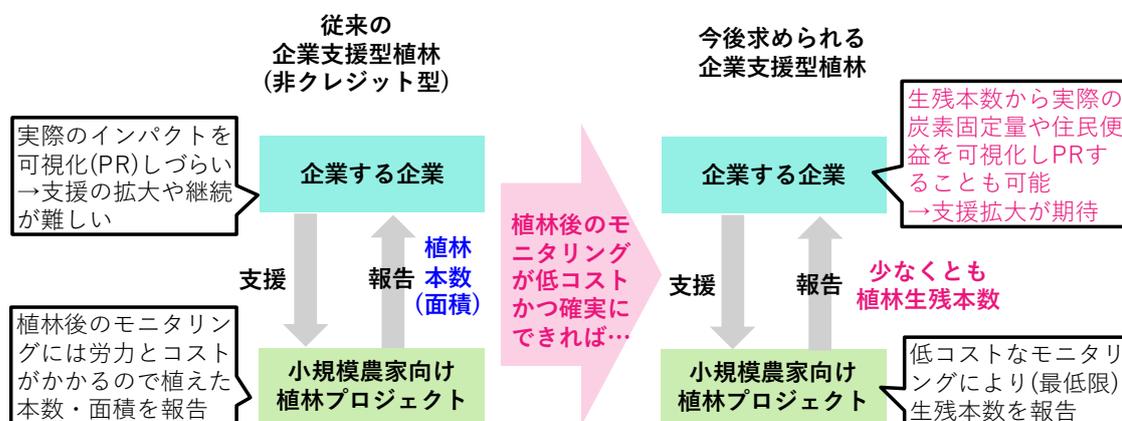


図 4-2 今後求められる企業支援型植林

さらに、ケニアにおける企業による植林支援は湿潤地に限られており、国土の約 80%を占める乾燥・半乾燥地(ASAP)では、植林コストが高い、枯死リスクが高い等の原因で植林が進んでいないのが現状である。そこで、JIFPRO では、令和 3 年度から林野庁補助事業の下で、ケニア森林研究所(KEFRI)と協力し、乾燥地での植林用に通常よりも深いコンテナ容器(40~60cm 程)で育てた苗(以下、長根苗)の開発を行ってきた。長根苗は、土壌深部の水により早くアクセスできるため、植栽直後の厳しい水分条件にも耐えられることが期待される。JIFPRO は、M-StAR と呼ばれるシート状のコンテナ苗容器を用いることで、長根苗を容易に育苗できるようにした。植栽後の効果については、すでにミャンマーにおいて実証済みである(詳細は令和 2 年度 途上国森林再生技術普及事業 報告書を参照)。

このような背景を踏まえ、本試験では、ケニアの ASAP での小規模農家向け植林(の支援)を促進するべく、令和 4 年度から継続して、様々な項目についての検討を行ってきた(表 4-1)。3 年目である今年度は、①長根苗の育苗・植林試験による長根苗の技術開発を継続するとともに、②長根苗を用いた小規模農家向け植林の実践の中で、苗の生残のモニタリング手法の開発を試みた。また、③住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎調査や、④潜在的植林可能エリアの特定も行なうことで、本試験の対象地での植林支援の可能性を明らかにした。なお、本試験は、また、本試験は JIFPRO による直営で行ったが、一部、KEFRI や東京大学に業務を委託した。

表 4-1 本試験の検討項目

	令和 4 年度(2022)	令和 5 年度(2023)	令和 6 年度(2024)
長根苗の技術開発・普及	長根苗の効果検証のための植栽試験①の開始	長根苗の効果検証のための植栽試験②の開始	・植栽試験地のモニタリング(生残効果検証) ・長根苗の育苗試験
小規模農家向け植林の実施	長根苗の育苗	71 農家に約 3,000 本の植林実施(位置情報も取得)	対象地域での植林可能エリアを特定 (東京大学に委託)
小規模農家向け植林のモニタリング手法開発(炭素固定量の可視化)	既存植林地でのドローンによる生残木の自動検出	既存植林地での衛星画像による生残木の自動検出	2023 年新規植林地でのスマホを使った住民参加型モニタリング手法の試行
住民便益の可視化	農家の薪炭消費量等を把握(ベースライン調査)	既存植林地での薪炭供給の見込み量を調査	住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎調査(ベースライン調査)
生物多様性の可視化	—	—	

4.2 試験対象地の概要

育苗・植林試験を通した長根苗の技術開発は主に Kitui 郡 (county) の KEFRI 保有地、長根苗を使った小規模農家向け植林は、Kibwezi 準郡 (sub county) 内の農家の保有地で行った。どちらも年降水量 450-900 mm の半乾燥地に位置する。図 4-3 のとおり、比較的湿潤なエリアでは、企業から資金を基に、TIST や KOMAZA と呼ばれる小規模農家向け VCS 植林が実施されているのに対し、半乾燥地では潜在的には植林可能な条件があるにも関わらず、企業による植林支援がほとんど進んでいない。

長根苗を使った小規模農家向け植林の対象地である Kibwezi 準郡は、10 地区 (Location) とその周りを取り囲む Tsavo 国立公園等の保護区により構成されている (図 4-4)。Kibwezi の 10 地区の人口は約 5.5 万世帯 (1 世帯平均 3.78 人)、面積は 20 万 ha 程度である (Kenya, 2019)。1983 年の Chyulu hills 国立公園等の制定以降、入植が本格化し、土地を保有する農家が現れた (Emerton, 1999)。KEFRI によると、現在、Kibwezi 内のほぼすべての土地は、法制度上では信託地または民有地に分類され、住民に保有・利用権が帰属している状態である。ただし、Kibwezi は比較的入植歴史が浅いことに加え、降水量が少なく栽培できる農作物が限られているため、農家に保有・利用権が帰属したまま、開墾 (集約的に利用) されていない未・低利用な場所が残っている。また、入植前は森林が成立していたようだが、入植が本格化されたのを契機に、薪炭採取や過放牧による森林劣化が広範囲に進み、現在は国立公園内にしか原生的な森林は見られない。これらのことから、小規模農家向け植林を通した植生回復や薪炭林造成の適地が多く残っていることが予想される。

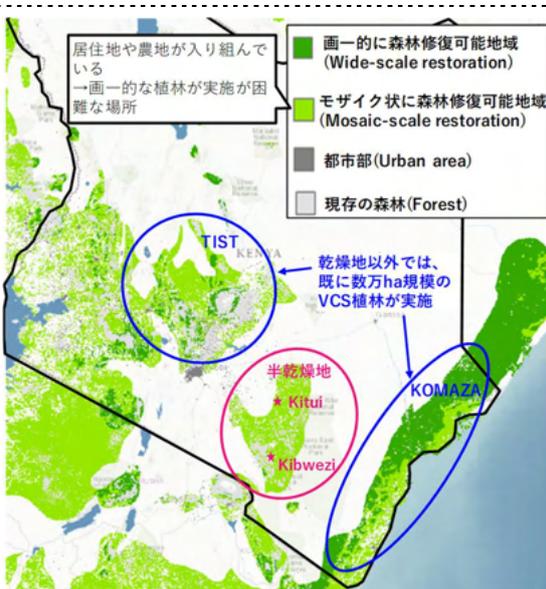


図 4-3 試験対象地 (Kitui 及び Kibwezi) と潜在的に植林 (修復) 可能なエリア (背景地図の出典: Atlas of Forest Landscape Resoration Opportunities⁸ より)



図 4-4 小規模農家向け植林を実施した Kibwezi の行政区 (①~⑩)、国立公園の外は入植が進み原生林は残されていない (背景地図の出典: Google)

⁸ IUCN, WRI, メーランド大学が提供する Web サイト (<https://www.wri.org/applications/maps/flr-atlas/#>) であり、世界の森林修復 (植林) 可能なエリアが把握できる。

4.3 実証試験の方法と結果

4.3.1 長根苗技術の開発・普及のための育苗・植栽試験

(1) 長根苗のコスト削減のための育苗試験

現在、長根苗の育苗容器には、M-StAR コンテナ (Multi-Stage Adjustable Rolled Container、以下 M-StAR) と呼ばれるシート状の容器を用いているが、M-StAR はケニアの市場には流通しておらず、日本から輸出する必要がある。近年、ケニアでは、環境保護の観点から、ポリエチレンの育苗ポット (ビニルポット) の利用禁止が検討されており、代替の育苗容器として、再利用可能、もしくは生分解性の育苗容器の発掘・開発を進めているところである。再利用可能な M-StAR は、ビニルポットの代替になり得る容器として KEFRI は普及を検討しているが、現時点では日本からの輸送コストが高いということもあり、本格的に日本から輸入するまでは至っていない。そこで、ケニア国内でも簡単に安価で入手できる竹を縦に半分に割り、その中に培地を詰めた後、再接合した竹コンテナを考案し、M-StAR と同様に長根苗の育苗が可能かどうか確かめるための育苗試験を行った。*A.tortilis*, *D.melanoxylon*, *M.volensii*, *S.siamea*, *T.brownii* の 5 樹種を、深さの異なる 3 種類の育苗容器を用いて約 8 か月間育苗し、その成長を評価した (図 4-6)。全処理で、培地はココピートともみ殻燻炭を 1:1 で配合したものに、化学肥料 (N-P-K: 15-9-11) を 5g/L 混ぜた。



図 4-5 育苗試験で使用した 3 つの育苗容器

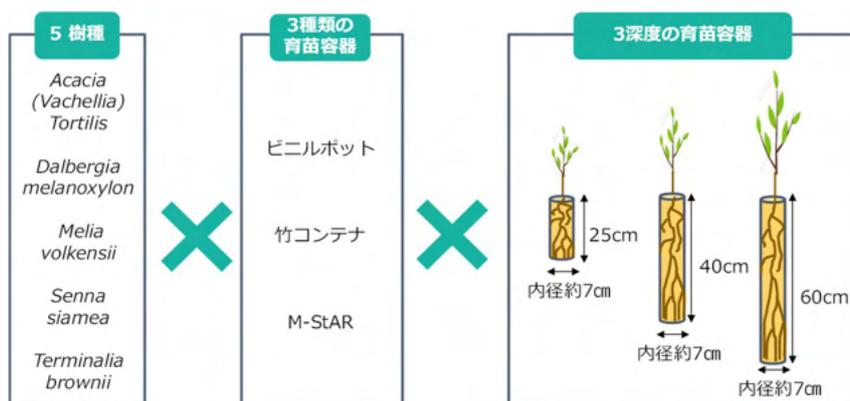


図 4-6 育苗試験設計 (注: 竹コンテナの内径は 5~8cm の幅があるものを均等に混ぜて使用)

育苗して8か月経過時点の深さ60cmの各容器で育てた苗の成長は図4-7の通りである。全樹種・処理で根が容器の底まで到達しており、M-StARだけでなく、ビニルポットや竹コンテナでも長根苗を仕立てることが可能であることが確認された。なお、*D.melanoxylon* は、8か月経過時点では、まだ苗が小さかったために、今年度は成長評価を行わずに、引き続き育苗を続けた。

ビニルポット	竹コンテナ	M-StAR
<p><i>A.tortilis</i></p> <p>写真なし</p>		
<p><i>M.volkensii</i></p> 		
<p><i>S.siamea</i></p> 		
<p><i>T.brownii</i></p> 		

図4-7 育苗終了時点の各苗木の成長(約8か月間育苗、深さ60cmの容器のみ掲載)

約 8 か月の育苗終了時点の各樹種・苗木の苗高は図 4-8 の通りである。全 4 樹種において M-StAR では育苗容器が深いほど苗高が高い傾向がみられた。一方で、竹コンテナは、*A.tortilis* 以外の 3 樹種で、深さ 40cm や 60cm の育苗容器だと低くなる傾向がみられた。

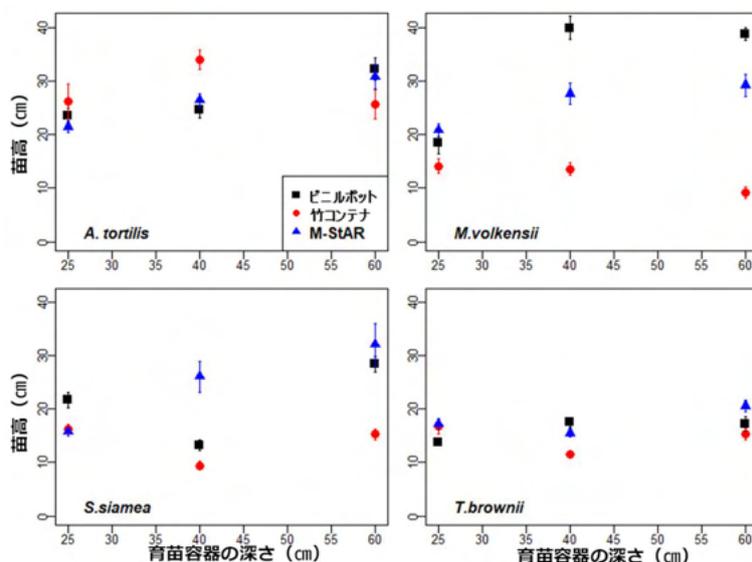


図 4-8 約 8 か月の育苗終了時点の苗高(バーは 7 苗の標準誤差)

約 8 か月の育苗終了時点の各樹種・苗木の地際径は図 4-9 の通りである。全 4 樹種で深さ 60 cm の M-StAR で一番太い傾向がみられた。一方で、竹コンテナは、*A.tortilis* 以外の 3 樹種については、全深度において全体的に細くなる傾向がみられた。

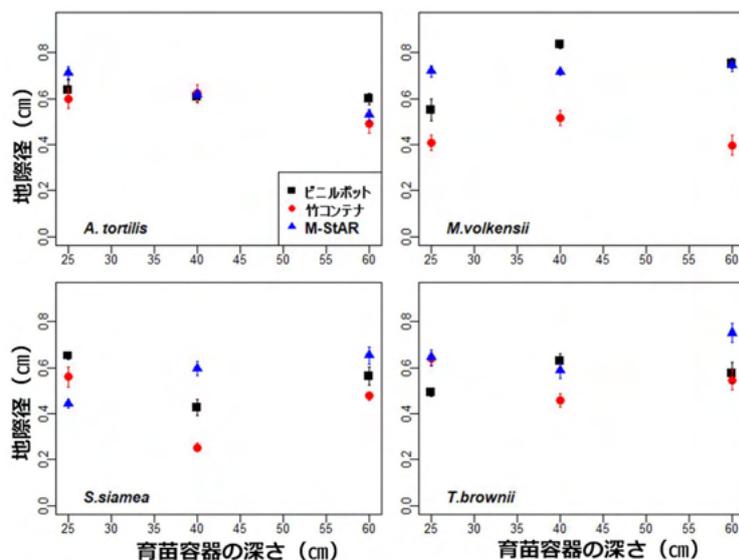


図 4-9 約 8 か月の育苗終了時点の地際径(バーは 7 苗の標準誤差)

各樹種・苗木の地上部バイオマスは図 4-10 の通りである。*A.tortilis* と *M.volkensii* は、深さ 60 cm のビニルポットで一番重くなる、*S.siamea* と *T.brownii* は、深さ 60 cm の M-StAR で一番重くなる傾向がみられた。竹コンテナは、全体的に地上部バイオマスが軽くなる傾向がみられ、特に、*M.volkensii* では、全深度に渡って他の容器に比べて軽かった。

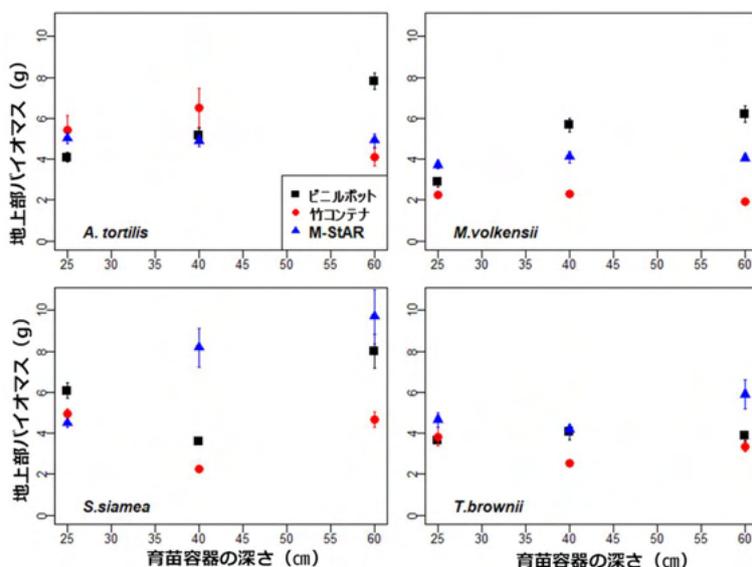


図 4-10 約 8 か月の育苗終了時点の地上部バイオマス(バーは 7 苗の標準誤差)

各樹種・苗木の地下部バイオマスは図 4-11 の通りである。地上部バイオマスと同様に、*A.tortilis* と *M.volkensii* は、深さ 60cm のビニルポットで一番重くなり、*S.siamea* と *T.brownii* は、深さ 60 cm の M-StAR で一番重くなる傾向がみられた。竹コンテナは、全体的に地下部バイオマスが軽くなる傾向がみられ、特に、*M.volkensii* の竹コンテナ苗では、全深度に渡って他の容器に比べて軽かった。

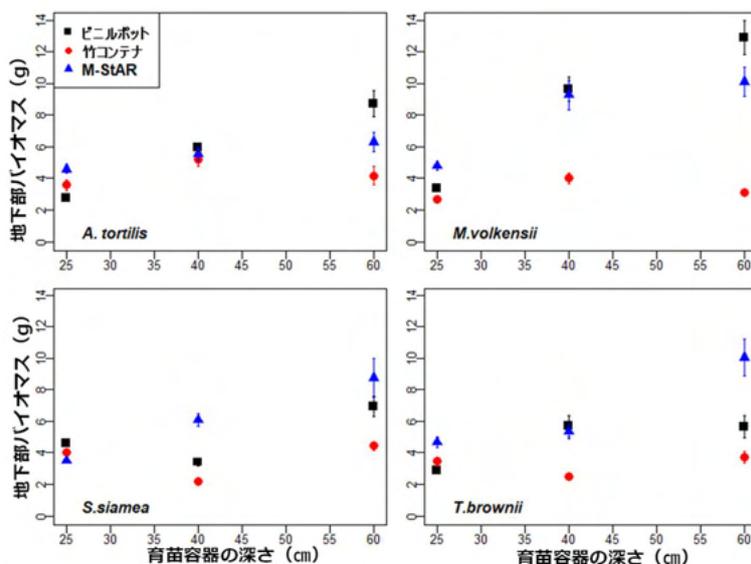


図 4-11 約 8 か月の育苗終了時点の地下部バイオマス(バーは 7 苗の標準誤差)

最後に、各樹種・苗木の地下部バイオマス/地上部バイオマス(R/S)は図 4-12 の通りである。R/S は、3つの容器でほとんど違いは見られなかったが、*M.volkensii* と *T.brownii* では、比較的 M-StAR で育てた苗の R/S が全深度において高めで、深くなるほど高くなった。

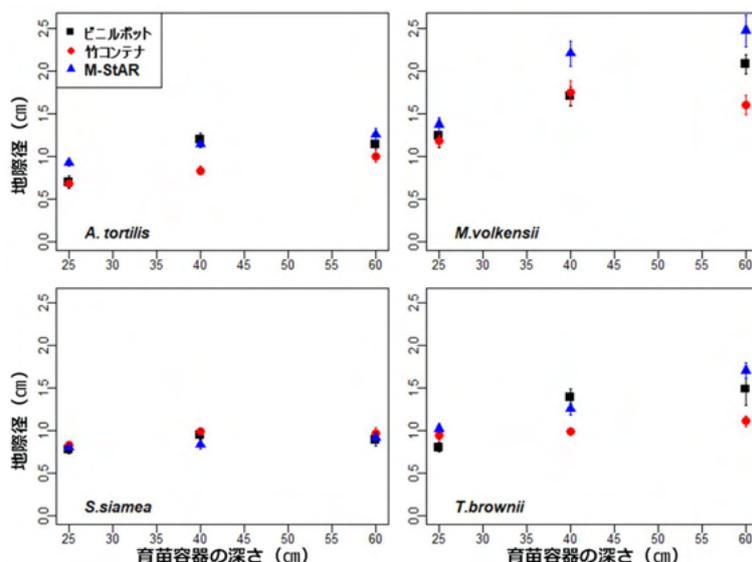


図 4-12 約 8 か月の育苗終了時点の地下部バイオマス/地上部バイオマス
(バーは 7 苗の標準誤差)

以上、苗高、地際径、地上部バイオマス、地下部バイオマスの4つの測定項目から、3つの育苗容器の苗木の成長を評価すると、表 4-2 の通り整理される。*A.tortilis* と *M.volkensii* は、ビニルポットで育てると成長が一番よく、かつ容器が深くなればなるほど成長がよくなることが分かった。一方で、*S.siamea* と *T.brownii* は M-StAR で育てると成長が良く、容器の深さによる効果もみられた。竹コンテナは、全 4 樹種について、成長量が小さい傾向がみられたと同時に、育苗容器の深さによる成長促進効果はみられなかった。今回の試験において、竹コンテナでも長根苗は育つことは実証できたが、他の 2 つの容器と比べると成長が悪く、容器が深くなっても成長が促進されないことを念頭におき、使用したほうがよいことが分かった。竹コンテナで成長が悪かった原因として考えられるのは、天然資材である竹から菌が培地に充満してしまった可能性がある。実際、竹コンテナのサンプル苗には、培地に白いカビのようなものがついていたものも含まれていた。竹コンテナを使用する場合は、防腐剤等を添加してから使用するべきなのかもしれないが、その手間とコストを考えるとそのまま使うのが現実的である。また、*A.tortilis* と *M.volkensii* では、ビニルポットでも成長が良いことが確認されたが、ビニルポットは他の底がない開放系の 2 容器と異なり、閉鎖系であり水分が保持されやすいことが、成長がよい要因の 1 つとして考えられる。ただし、ビニルポットで育てた苗は、容器底で寝巻きが確認された。また、前述のように、ケニアでは環境保護の観点から、ビニルポットの利用禁止が検討されている。これらのことから、当面は、M-StAR で長根苗を育苗するのが最善策で、苗の成長が悪くてもよいなら M-StAR の代替として竹コンテナも使えることになる。後述するが、M-StAR については、その輸出コストを下げるべく、商社と交渉を進めているところである。

表 4-2 各容器の評価(深さ 60 cm の長根苗を育てた場合)

	ビニルポット	竹コンテナ	M-StAR
<i>A.tortilis</i>	4つの測定項目において成長が 一番よい (両バイオマス量は深いほど多くなる)	4つの測定項目において成長が 一番悪い (深度による成長効果はなし)	4つの測定項目において成長は 中程度 (地下部バイオマスは深いほど多くなる)
<i>M.volkensii</i>	3つの測定項目において成長が 一番よい (地下部バイオマス量は深いほど多くなる)		4つの測定項目において成長は 中程度 (地下部バイオマスは深いほど多くなる)
<i>S.siamea</i>	4つの測定項目において成長は 中程度		4つの測定項目において成長が 一番よい (地下部バイオマス量は深いほど多くなる)
<i>T.brownii</i>	4つの測定項目において成長は 中程度		4つの測定項目において成長が 一番よい (地下部バイオマス量は深いほど多くなる)

(2) 長根苗の効果検証のための植栽試験

長根苗を使った小規模農家向け植林の実施にあたって、長根苗がケニア半乾燥地で適した植栽方法なのかを証明するために、長根苗による生残率への効果を検証する植栽試験を半乾燥地に位置する Kitui と Kibwezi にて行った。Kitui では、半乾燥地での植栽可能期間を広げることを目的に、あえて乾季前半に植栽し、その後、無灌水・無降水でも最初の雨季までに高い生残率を維持できるかどうかを検証した。その結果は、令和 5 年度の報告書に示した通りであるが、少なくとも *D.melanoxylon* と *M.volkensii* は、長根苗は乾季前半に植栽し、その後無灌水でも最初の乾季を乗り越えられる可能性が高いことが示された(別添のとおり 2025 年の日本森林学会でも報告済み)。

小規模農家向け植林を実施する Kibwezi でも長根苗の効果を検証するための植栽試験を行った(図 4-13)。Kibwezi での植栽試験では、雨季(2023 年 11 月)に植えた。また、Kitui ではエンジン式ハンディオーガにより植穴掘削を行っていたが、Kibwezi では油圧式建機オーガを用いて、より大きくて深い植穴を掘削した。

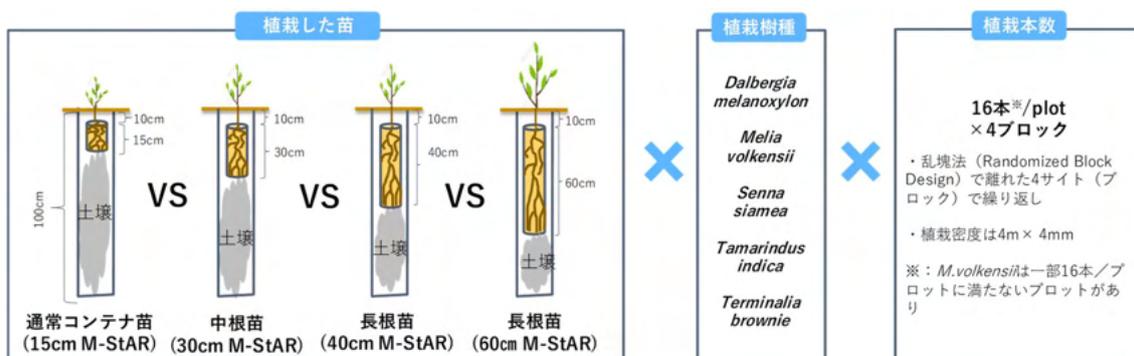


図 4-13 Kibwezi での長根苗を用いた植栽試験の設計(雨季(2023 年 11 月)植栽)

植栽後 11 か月経過時点の生残率は、図 4-14 の通りである。*D.Melanoxyton* は、30cm、40cm、60cm の M-StAR 長根苗が 90%以上の生残率を維持している。*M.volkensii* は、40cm、60cm の M-StAR 長根苗は、15m、30cm の M-StAR 苗よりも高い生残率を示したが、それでも 40%程度に落ち込んだ。*S.siamea* と *T.brownii* は、40cm と 60cm の M-StAR 長根苗が 80%以上の生残率を維持している一方で、15m と 30cm の M-StAR 苗はそれよりも低い生残率になっている。*T.indica* は全ての苗で 80%以上の高い生残率を維持している。以上のことから、*M.volkensii* 以外の 4 樹種は、40cm、60cm の M-StAR 長根苗であれば、半乾燥地でも 80%以上の高い生残率で 1 回目の乾季を生き抜くことが証明された。*M.volkensii* については、40cm、60cm の M-StAR 長根苗による生残の効果は示されたが、それでも 40%程度に落ち込んでしまったため、その原因を特定したうえで、高い生残率を維持するための対策が必要である。原因として考えられるのは、植え付け時の苗の成長が不十分であったことが考えられる。KEFRI の研究者によると、*M.volkensii* の苗は、過湿条件に弱く、特に小さい苗は過湿の影響を受けやすいとのことであった。もう少し育苗期間を長くし、地上部を大きくした状態で植える、もしくは雨季の後半に植える等の対策を検討する必要がある。

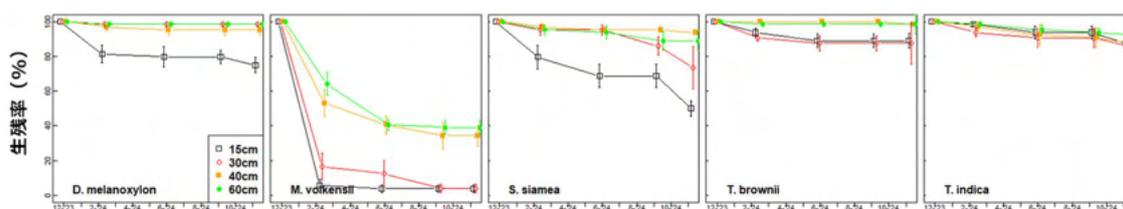


図 4-14 植栽後 11 か月生残率の推移(バーは 4 ブロックの標準誤差)

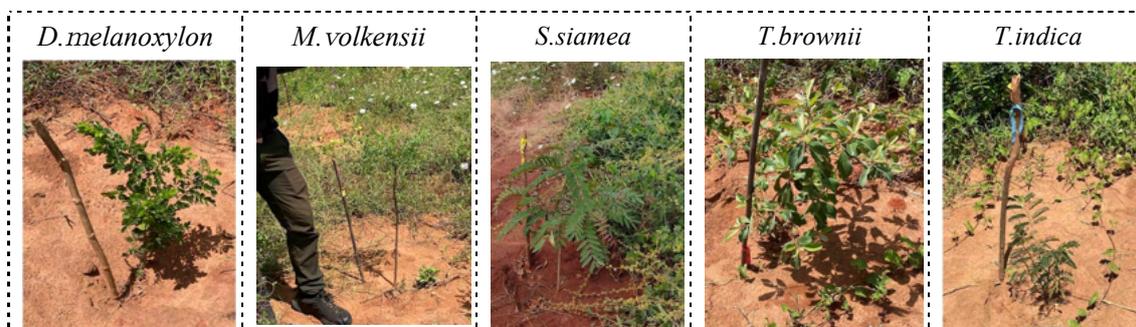


図 4-15 植栽して 4 か月経過時点の苗(4 深度のコンテナ苗が混在)

4.3.2 長根苗を用いた小規模農家向け植林のモニタリング手法開発

(1) 長根苗を用いた小規模農家向け植林の実施(令和 5 年度実施)

長根苗を使った小規模農家向け植林は、図 4-16 に示したようなアプローチで、Kibwezi 内において、自身が保有する土地内で植林を希望する農家を対象に行なった。希望する農家には、KEFRI を通じて育苗された長根苗を無料配布(上限は 50 本程度)し、植穴掘削も無料で行なった。近隣農家の間でも、土地利用方法は様々であり、植林に使える土地の大きさや形状が違うことから、農家の希望に柔軟に対応できるように、植栽配置の指定は特に行わず、列状植林、境界植林、ギャップ植林、Woodlot 植林等、どんな植林形態でもよいこととした。ただし、植栽間隔は 4m 以上開

けること、植林後の管理(除草、家畜防除、集水域)は確実にを行うことを条件とした。樹種は、主に薪炭材として用いられる在来樹種を中心とした 12 樹種から、農家の希望に応じて配布した。今回の植林の目的は、主に薪炭材供給であり、特に伐採規制等は設けておらず、将来的には農家自らの判断で自由に利用できることになっている。植林木からの薪炭供給が最適かつ持続的にできるように、Pollarding 等による枝萌芽更新や、枝の選択伐採等といった施業方法を KEFRI とともに普及していく予定である。

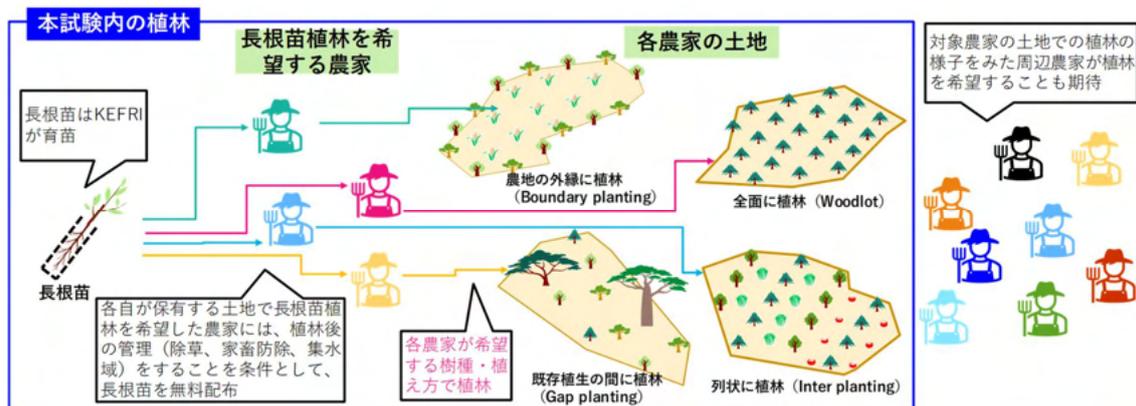


図 4-16 長根苗を使った小規模農家向け植林のアプローチ(植林自体は令和 5 年度に実施)

小規模農家向け長根苗の植林は、2023 年 10 月 7 日から 12 月 22 日までの約 2 か月半(実質稼働日は 34 日間)行われ、全部で 71 農家の保有する土地で、3,533 本の長根苗の植林が行われた(図 4-17、表 4-3、図 4-18)。



図 4-17 小規模農家向け植林の対象 71 農家の位置(●は農家の位置を示す、背景地図は Google)

表 4-3 小規模農家向け植林で植林した樹種

樹種	在来・外来	主用途	植栽本数
<i>Azadirachta indica</i>	外来	薪炭	208
<i>Acacia mellifera</i>	在来	薪炭	407
<i>Acacia polyacantha</i>	在来	薪炭	717
<i>Acacia tortilis</i>	在来	薪炭	555
<i>Balanites aegyptiaca</i>	在来	薪炭	22
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	在来	高級材	413
<i>Gmelina arborea</i>	外来	用材	242
<i>Melia volkensii</i>	在来	用材	146
<i>Senna abbreviata</i>	在来	薪炭	96
<i>Senna seamea</i>	外来	薪炭	302
<i>Tamarindus indica</i>	在来	果実	169
<i>Terminalia brownii</i>	在来	建材	256
合計			3,533



図 4-18 小規模農家向け植林の様子

今回のように各農家の要望に沿って自由に不均一に植えていくと、植栽場所の空間的なルール・パターンが現場でも予測できない。植えてから数年後には、当事者でさえもどこに植えたか忘れてしまいかねず、植栽後のモニタリングが難しい。そこで、GNSS ローバーを用いて、全植林木の位置情報を記録した。通常のハンディ GPS では、精度が 5m 前後なので、数 m の間隔で植えられている各植林木の特定が難しいが、GNSS ローバーは、インターネット回線を通した位置補正サービス(約 200 円/時間)により、リアルタイムで 50cm 以内の精度で位置情報を記録することができる。苗木を植えた傍から、15 秒/本程度のスピードで各植林木の正確な位置情報を記録していくが、その際に、植栽日、樹種、農家等の情報も紐づけることで、それらすべてが自動でデジタル情報となり、GIS やエクセル等で管理することが可能となる(図 4-19)。



図 4-19 GNSS ローバーを用いた植林木の位置情報取得方法

全 71 農家の植林形態は図 4-20 の通りであり、列状、境界、ランダム、各農家で様々な配置で植林していることが見て取れる。



図 4-20 対象 71 農家の植林形態(●は植林木の位置、樹種で色異なる、背景地図は Google)

植林して4~5 か月経過後の小規模農家向け植林地の様子は、図 4-21 の通りである。



図 4-21 小規模農家向け植林で植林した苗の様子(植林して4~5 か月経過時点)

(2) スマホを用いた住民参加型モニタリング

前述の通り、小規模農家向け植林のモニタリングをするにあたっては、最低限、定期的な植林生残木のカウントが必要である。令和 5 年度は、前述の GNSS ローバーで記録した植林木の位置情報をもとに、解像度 50 cm の高解像度衛星画像による単木ベースの生死確認ができないか検討し、ある程度樹冠が形成されればできるという見込みを得た(令和 5 年度報告書参照)。しかし、衛星画像によるモニタリング(自動検出)の実用化にあたっては、様々な課題があげられる。例えば、樹

冠が成立してない植栽直後の幼樹や成木になっても樹冠形成がしにくい樹種は、検出精度が下がることが予想される。さらに、解像度 50cm の衛星画像は、通常、有料であり、かつ最低購入面積が定められている。購入する衛星画像範囲の中に、なるべく多くの対象農家(植林区)が含まれるようにすることで、衛星画像の費用対効果を高めることは可能だが、それでも 100 万円以上はかかることが予想される。

そこで、今年度は、住民による植林生残木の確認(住民参加型モニタリング)を試行することとした。小規模農家の土地に 2023 年 11 月頃に植えた植林木の生死確認を、植林して約 1 年後の 2024 年 9 月に行った。モニタリング担当者は、71 農家の植林区を徒歩圏である半径 5km 以内の 6 地域に分けて、各地域の農家から選定した(図 4-22)。

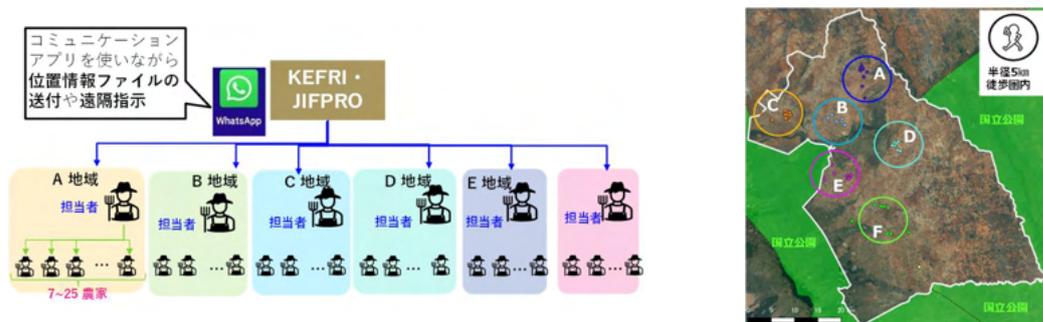


図 4-22 住民参加型モニタリングの担当者の選定と割り当て(背景地図は Google)

モニタリング担当者には、参加農家ごとに作成された全植林木の位置情報ファイルと植林木の位置が印刷された紙地図を渡し、その生死を紙地図にペンで記録してもらった。当初、各担当者が個人所有するスマホを使って地図アプリ上で生死情報を入力してもらおうとしたが、彼らが所有するスマホが古すぎて性能が悪い、もしくはスマホ操作に慣れていないため、入力に時間を要していたことから、紙に印刷した地図に記録してもらうことに変更した。モニタリング担当者には、植林木の生死確認を記録した紙地図を写真で撮影し、メッセージアプリである WhatsApp で JIFPRO や KEFRI に送信してもらった。



図 4-23 住民参加型モニタリングの流れ

6名のモニタリング担当者の対応状況は表4-4の通りである。全担当者は、最初の10本程度を一緒に行えば、その後は習熟して、3週間程度でほぼ洩れなく植林木の生死をチェックができることが確認された。

表4-4 モニタリング担当者の対応状況

モニタリング担当者	達成農家数 / 割り当て農家数	確認した植林木	報告漏れ	各担当者の対応状況
農家 A (50歳代男性)	11 農家 / 13 農家 (欠損の 2 農家は JIFPRO 指示ミス)	339	1	2024 年 5 月のプレ実証ではスマホが遅く、思うようにできなかったが、本番では紙地図を使いながら 1 週間程度で担当分を完了
農家 B (70歳代男性)	7 農家 / 7 農家	296	21	プレ実証の時点で既に操作を熟知しており、今回も 2, 3 日程度で担当分を完了
農家 C (20歳代男性)	25 農家 / 25 農家	1383	25	自分の土地にも植林したいという若い農家が実施して 2 週間程度で 25 農家を完了。
農家 D (60歳代女性)	8 農家 / 8 農家	328	15	スマホ操作が得意ではなく、近所の幼馴染の農家と協力しながら 2 名で完了。報酬の分配は彼女らに任せた。
農家 E (50歳代男性)	8 農家 / 8 農家	322	8	実際は学生の息子が行っていた。土日のみしか対応できなかったが、2 週間程度で担当分を完了。
農家 F (20歳代女性)	9 農家 / 10 農家 (1 農家は徒歩圏外 (約 8 km) のため除外)	445	9	今回初めて実施。若い女性で口数が少なく担当分の農家とコミュニケーションできるか心配だったが問題なく完了。

各モニタリング担当者から報告された植林木の生死情報を GIS に入力し、それをエクセルにエクスポートすることで農家・樹種ごとの生残率を確認することができる (図 4-24)。



図 4-24 エクセルによる各農家の植林木の生残情報の整理

今回の住民参加型モニタリングによって、71 農家のうち 68 農家の土地で植えた植林木(3,288 本)の生死を確認し、全体の生残率は 57%であることが分かった。農家毎の生残率の頻度分布は図 4-25 の通り、生残率が 50 パーセント未満と 60%以上の 2 つのグループができており、前者が全体の生残率を押し下げていることが明らかとなった。このようにして、植林木の生死情報だけでも分かることで、それが全農家で同程度なのか、それとも農家によって異なるのかが分かり、次の対策を講じるのに有益な情報となり得ることが分かった。

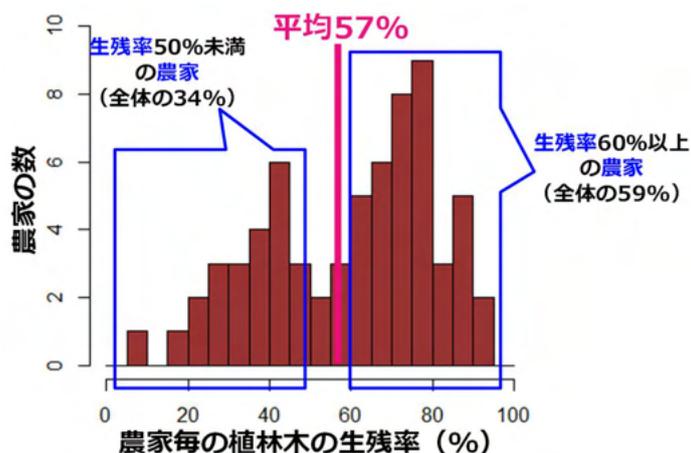


図 4-25 住民参加型モニタリングから得られた農家毎の生残率(植林後約 1 年経過時点)

今回のような住民参加型モニタリングにおいては、担当者に一度作業を理解してもらえれば、日本からでも遠隔で指示を出しながらモニタリング結果が得ることができる。ただし、本モニタリング手法は、実際に植林木を確認せずに生死報告(虚偽報告)できてしまうため、担当者との信頼関係が前提条件になる。本格的な実用化にあたっては、モニタリングした全植林木を位置情報付きで写真撮影してもらおう等の対策を考えておく必要がある。

4.3.3 住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎(ベースライン)調査

植林による住民便益や生物多様性への貢献を確実なものにするためには、その土地本来の植生情報を把握した上で、適切な場所に適切な樹種を植える必要がある。さらに、そのためには、以下のような基礎(ベースライン)情報が必要になると考え、対象域の森林劣化の状況(植生プロット調査)と小規模農家の森林資源利用状況や生物多様性に対する考え方(インタビュー調査)に関する調査を行った。

- 本来どのような樹種が生育し、どのような森林が成立しうるのか？
- 現在、対象域の劣化はどの程度か？、住民による薪採取等の圧力はどの程度か？
- 住民のニーズが高い植林樹種は？絶滅に瀕している樹種は？

(1) 対象域の森林劣化の状況把握(植生プロット調査)

対象域の森林の劣化状況を把握するために、対象域の代表的な樹林地である、「①農地間にある樹林地」、「②農地から離れているが利用は規制されてない樹林地(移行帯にある農地)」、「③農地から離れ大学所有の土地のため住民による利用が規制されている樹林地(農地から離れた樹

林地)」の3区分について、各区分に25m×25mのプロットを9つ設置し、樹種、DBH、伐根枯死株の数、収穫後の有無等を調査した(図4-26)。



図4-26 3区分毎の植生プロット調査の位置



図4-27 3区分の植生プロット調査地

各区分の生木のDBHの頻度分布は図4-28の通りである。①農地間にある樹林地は、密度は高いが、そのほとんどはDBHが20cm以下の小径木であった。②移行帯にある樹林地、③農地から離れた樹林地になるにしたがって、密度は少なくなり、大径木の割合が多くなった。3区分毎の枯死株率や収穫痕跡木率は表4-5の通りである。①農地間にある樹林地は、枯死株率や収穫痕跡木率も高いことから、利用圧が高いため大径木が少なくなっている一方で、③農地から離れた樹林地は、枯死株率や収穫痕跡木率が低く、利用圧が低いことから、大径木が残っている可能性が高いことが分かった。

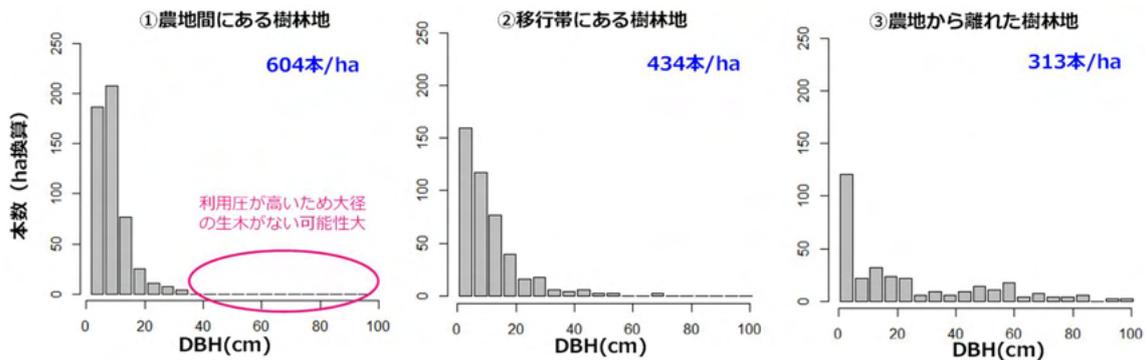


図 4-28 3 区分の生木の DBH 頻度分布(各区分とも 9 プロット合計値を ha あたりに換算)

表 4-5 3 区分の植生プロット調査の結果

		単位	①農地間	②移行帯	③樹林地
9プロット 合計値	生木種数 (うち外来種数)	種	34(0)	40(3)	24(0)
	生木数(ha換算)	本	604	434	313
	枯死株率 (枯死株/生木 + 枯死株)	%	2.58%	2.79%	1.12%
	収穫痕跡木率 (収穫痕跡木/生木 + 枯死株)	%	44.41%	29.88%	27.53%
	DBH20cm以上	%	4.71%	12.30%	34.09%

次に、全 27 プロットで確認された樹種は 68 種(うち外来種は 3 樹種)の特徴を分析した。樹種毎の確認された本数(生木 + 枯死株)と収穫利用率の関係は図 4-29 の左の通りである。

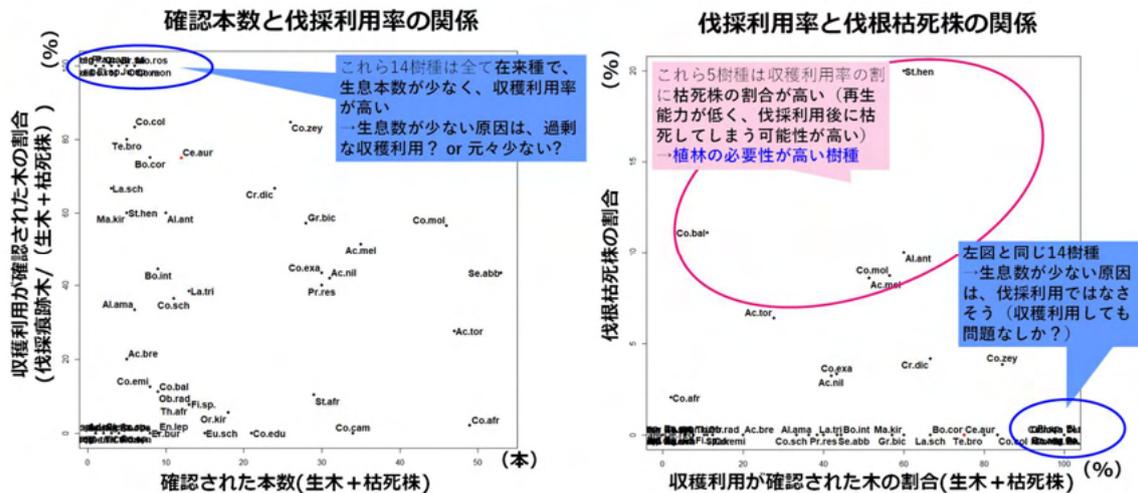


図 4-29 植生プロット調査で確認された 68 樹種の特徴(3 区分の植生プロット調査の合計)

確認された本数が少なく、収穫利用率が高い樹種は 14 樹種(*Balanites aegyptiaca*, *Bridelia taitensis*, *Cordia monoica*, *Dichrostachys cinerea*, *Dombeya rotundifolia*, *Elaeodendron sp.*, *Grewia villosa*, *Justicia sp.*, *Momordica rostrata*, *Ochna ovata*, *Papea capensis*, *Phyllogeiton discolor*, *Plectranthus sp.*, *Tennantia sennii*)あり、確認された本数が少ない原因としては、過剰な収穫利用もしくは元々生息数が少ない可能性が考えられる。

そこで、収穫利用が確認された木の割合と伐根枯死株の割合(図 4-29 の右)を見ると、さきほどの 14 樹種は全て伐根枯死株の割合が少なかった。このことから、生息数が少ない原因は、収穫利用率が高いためではなく、元々生息数が少ない可能性が高いと言える。これらの元々生息数が少ない 14 樹種は、住民によるニーズも高いことから、積極的に植えていく必要があるだろう。また、収穫利用率がそれほど高くないにも関わらず、伐根枯死株の割合が高い樹種として、5 樹種(*Acacia melifera*, *Albizia anthelmintica*, *Commiphora baluensis*, *Combretum molle*, *Strychnos henningsii*)が確認された。これらの樹種について、KEFRI の研究者に確認したところ、萌芽再生能力が低く、収穫後に枯死しやすい樹種とのことで、植林する際の候補樹種として、このような樹種も優先することが重要であることが分かった。

(2) 小規模農家の森林資源利用状況や生物多様性に対する考え方(インタビュー調査)

小規模農家の森林資源利用状況や生物多様性に関する認識を明らかにするため対象域内の農家に対してインタビュー調査を行った。主な聞き取り次項は以下の通りである。

- ① 現在の土地利用状況、自分の土地での植林の実施の有無
- ② 自分の土地に植林をするためには、どういう条件やメリットが必要か
- ③ 絶滅に瀕していると樹種は？その要因は何か？
- ④ 林産物収穫の観点から重要な樹種と不足状況(豊富、普通、少ないのどれかに回答)

その中で、「③絶滅に瀕していると樹種は？その要因は何か？」の回答結果を表 4-6 に示す。その結果、*Acacia tortilis* や *Darbergia melanoxylon* が絶滅に瀕していると回答した農家が多かった。また、「④林産物収穫の観点から重要な樹種と不足状況」の回答結果を表 4-7 の通りである。これらの結果により、住民が必要とする樹種が分かったので、植林する際にも参考することができる。

表 4-6 絶滅に瀕している樹種とその要因についての回答結果(202 農家が回答、複数回答可)

樹種	在来性	用途	絶滅危惧種を挙げた農家数	要因				植生調査での確認の有無	備考
				森林破壊	気候変動	過剰伐採	不明		
<i>Acacia mellifera</i>	在来種	燃材、生垣	3	0	0	0	3	○	植生調査では伐採利用と枯死率が高い樹種
<i>Acacia polycantha</i>	在来種	炭、燃材	1	0	0	0	1		
<i>Acacia spp.</i>	在来種	炭、燃材	46	28	0	5	13	○	
<i>Acacia tortilis</i>	在来種	炭、燃材	30	0	0	0	30	○	絶滅に瀕していると回答した農家の数が多い
<i>Adansonia digitata</i>	在来種	果実	2	0	0	0	2		バオバブ
<i>Azadirachta indica</i>	外来種	薬、日陰、燃材	16	0	1	0	15		外来種なので絶滅危惧ではない
<i>Balanite spp.</i>	在来種	果実	1	0	1	0	0	○	
<i>Croton megalocarpus</i>	在来種	燃材、風よけ、日陰、薬	1	0	0	0	1	○	
<i>Cupressus spp.</i>	外来種	燃材、材	0	0	0	0	0		
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	在来種	彫刻、燃材、炭	50	14	3	0	33		絶滅に瀕していると回答した農家の数が1位
<i>Eucalyptus spp.</i>	外来種	材、支柱	2	1	0	0	1		外来種なので絶滅危惧ではない
<i>Juniperus procera</i>	在来種	建材	1	0	0	0	1		
<i>Kigelia africana</i>	在来種	果実	7	0	0	0	7		
<i>Mangifera indica</i>	外来種	果実	3	0	0	0	3		マンゴーなので絶滅危惧ではない
<i>Melia volkensii</i>	在来種	材、建材、炭、燃材	8	0	1	0	7		
<i>Moringa mangifera</i>	在来種	果実、野菜、薬	1	0	0	0	1		
<i>Olive tree</i>	外来種	果実	1	1	0	0	0		外来種なので絶滅危惧ではない
<i>Senna siamea</i>	外来種	燃材、炭、日陰、建材、飼料	2	0	0	0	2		外来種なので絶滅危惧ではない
<i>Tamarindus indica</i>	在来種	果実、燃材、建材、薬	1	0	0	0	1		
<i>Terminalia brownii</i>	在来種	燃材、炭、建材、薬	10	0	1	0	9		
絶滅に瀕している樹種はなしと回答			36	-	-	-	-	-	残り約82%は絶滅に瀕した樹種ありと回答

表 4-7 農家にとって重要な樹種と不足状況(202 農家が回答、複数回答可)

学名 (フルーツ等は一般名)	一般名	在来性	用途	重要と回答 した農家数	うち現存量では不足と回答 した農家数(右は割合)	
<i>Acacia mellifera</i>		在来種	燃材、生垣	2	0	0%
<i>Acacia</i> spp.		在来種	炭、燃材	32	17	53%
<i>Acacia tortilis</i>		在来種	炭、燃材	32	17	53%
<i>Adansonia digitata</i>	バオバブ	在来種	果実	33	31	94%
<i>Annona cherimola</i>	チェリモヤ	外来種(順応)	果実	6	6	100%
Avocado	アボカド	外来種(順応)	果実	2	2	100%
<i>Azadirachta indica</i>	ニーム	外来種(順応)	薬、日陰、燃材	87	58	67%
<i>Balanite</i> spp.		在来種	果実	14	10	71%
<i>Balanites aegyptiaca</i>		在来種	果実	1	1	100%
<i>Berchemia discolor</i>		在来種	果実	19	13	68%
<i>Cascabela thevetia</i>		外来種(順応)	薬	1	0	0%
<i>Cassia abbreviata</i>		在来種	燃材、炭、日陰、建材	10	4	40%
<i>Combretum collinum</i>		在来種	燃材	6	1	17%
<i>Comiphora</i> spp.		在来種	建材	3	3	100%
<i>Croton megalocarpus</i>		在来種	燃材、風よけ、日陰、薬	5	2	40%
<i>Croton</i> spp.		在来種	燃材	8	3	38%
<i>Dalbergia melanoxylon</i>		在来種	彫刻、燃材、炭	22	17	77%
<i>Eucalyptus</i> spp.		外来種(順応)	材、支柱	12	3	25%
<i>Ficus benjamina</i>		外来種(順応)	日陰	2	1	50%
<i>Grevillea robusta</i>		外来種(順応)	材	3	2	67%
Guava	グアバ	外来種(順応)	果実	2	2	100%
<i>Juniperus procera</i>		在来種	建材	1	0	0%
Lemon	レモン	外来種(順応)	果実	22	22	100%
<i>Leucaena</i> spp.		外来種(順応)	飼料	22	7	32%
<i>Luceana leucocephala</i>		外来種(順応)	飼料	5	0	0%
<i>Mangifera indica</i>		外来種(順応)	果実	40	33	83%
<i>Melia volkensii</i>		在来種	材、建材、炭、燃材	57	38	67%
<i>Moringa oleifera</i>		外来種(順応)	果実、野菜、薬	19	9	47%
Oranges	オレンジ	外来種(順応)	果実	1	1	100%
Passion	パッションフルーツ	外来種(順応)	果実	2	0	0%
Pawpaw	パパイヤ	外来種(順応)	果実	4	1	25%
Pixie	オレンジ	外来種(順応)	果実	4	4	100%
<i>Saraca indica</i>		外来種(順応)	見栄え	2	2	100%
<i>Senna siamea</i>		外来種(順応)	燃材、炭、日陰、建材、飼料	78	32	41%
<i>Senna</i> spp.		—	燃材、炭	3	2	67%
<i>Tamarindus indica</i>		在来種	果実、燃材、建材、薬	63	48	76%
<i>Terminalia brownii</i>		在来種	燃材、炭、建材、薬	21	6	29%
<i>Terminalia</i> spp.		在来種	材、薬	10	10	100%
<i>Thevetia peruviana</i>		外来種(順応)	薬	14	8	57%

4.3.4 衛星画像による潜在的植林可能エリアの特定(東京大学による委託業務)

対象域において潜在的に何本程度の木が植えられるのかを把握するために、「潜在的可能エリア」を衛星画像と深層学習により特定した。分類に使用した RGB 画像は、Google Historical Imagery server から入手した解像度 2.1m の衛星画像 (QuickBird-2, Geoeye-1, WorldView-2, WorldView-3、2023 年の画像を中心に、一部 2012 年と 2018 年の画像を含まれた状態で対象域を網羅するように画像を結合) である。さらに、RGB 画像の分類の際に、植生を区別するための補完データとして、Planet scope から入手した解像度 3m の衛星画像から作成した NDVI 画像を使用した。分類は、「樹冠の密集した林地」、「疎らな樹冠」、「建物」、「溶岩流跡」、残りを「農地 or 草地」とみなし、それを「潜在的植林可能エリア」として抽出した。分類の方法は、まず、対象域内の代表的エリア 12,060ha について、RGB 衛星画像から深層学習による分類のためのラベリングを 5 分類に対して行った(教師データ作成)。次に、得られたラベリングデータから、深層学習モデルを構築し、残りの 195,602.ha に対して、その予測モデルを利用して、分類を行った。最後に、総合精度 (Overall accuracy)、Intersection over Union によって精度検証を行った。

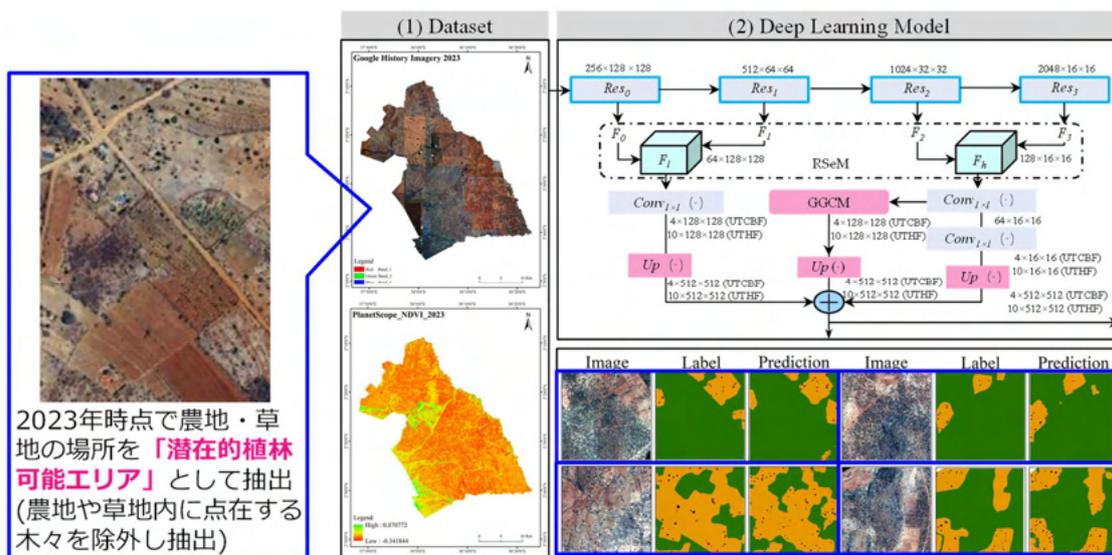


図 4-30 深層学習による潜在的植林可能エリアの抽出

得られた分類結果は、図 4-31 と表 4-8 の通りである。「農地 or 草地 (潜在的植林可能エリア)」は、13 万 ha 程度あることが明らかになった。

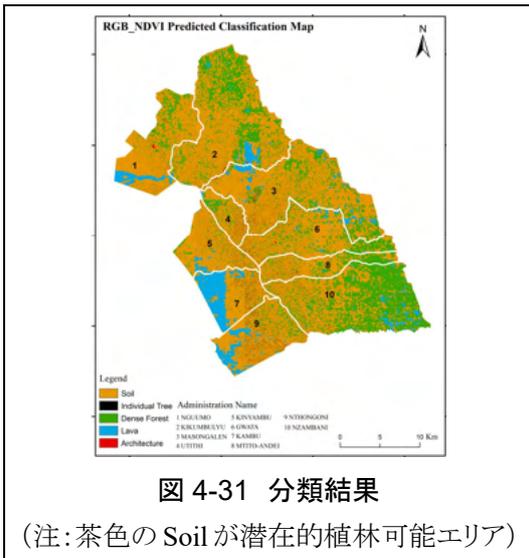


表 4-8 各分類区分の面積と精度
(注: 各区分の推定精度は Intersection over Union、全体の推定精度は Overall accuracy)

	面積(ha)	面積割合	推定精度 ^注
農地or草地 (潜在的植林可能エリア)	130,198	63%	92%
疎らな樹冠	2,811	1%	36%
樹冠密集地	53,875	26%	72%
住居	2,180	1%	30%
溶岩流痕	18,397	9%	94%
合計	207,462	100%	95%

対象域は 10 つの行政区分から構成されており、今回得られた潜在的植林可能エリアを 10 の行政区分毎に整理すると表 4-9 の通りになる。植林可能面積が一番大きいのは、行政区 2 と 3 である。各行政区分の植林可能面積を人口センサス(Kenya, 2019)によって公表されている世帯数で割った世帯当たりの植林可能面積は、各行政区で 1.43~5.09 の幅があるが、平均は 2.7ha/世帯である。例えば農作物利用と競合しないように 20m×20m で植林したとすると、各行政区で 36~127 本/世帯、平均して 67 本/世帯の木が植えられることになる。さらに、例えば人口の 5%が 50 本/世帯で植えたとすると、10 行政区の合計では、2,600 世帯以上の農家、延べ 13 万本程度の植林ができるポテンシャルがあることになる。その中でも、行政区 1 と 2 が、潜在的参加農家が多く、その分だけ植林可能本数も多くなることを見込めるため、これら 2 つの行政区で優先的に植林を進めていけば効率がよいといえる。

表 4-9 人口センサスと潜在的植林可能面積からみる行政区分毎の植林ポテンシャル

行政 ID	基礎情報 (2019 Kenya Population and Housing Census Results)			植林可能面積(農地+草地)			1世帯当たり植 林可能本数(植 栽密度20m× 20m想定) G=1/(0.2^2)*F	全世帯の5%が植林した場合…	
	人口	世帯数	面積 (ha)	面積 (ha)	割合 (%)	世帯当たり (ha/世帯) F=D/B		参加農家 世帯数 H=B*0.05	50本/世帯の場 合の植林本数 I=H*50
	A	B	C	D	E=D/C	F=D/B		H=B*0.05	I=H*50
1	32,141	7,594	20,082	14,940	74%	1.97	49	380	18,985
2	54,067	13,418	40,267	26,232	65%	1.95	49	671	33,545
3	21,900	4,864	35,614	24,756	70%	5.09	127	243	12,160
4	23,708	5,517	12,640	8,348	66%	1.51	38	276	13,793
5	9,807	2,723	5,774	3,892	67%	1.43	36	136	6,808
6	11,983	2,809	19,798	13,819	70%	4.92	123	140	7,023
7	12,514	2,728	10,048	6,758	67%	2.48	62	136	6,820
8	14,686	3,901	34,392	15,905	46%	4.08	102	195	9,753
9	21,900	4,864	16,559	10,162	61%	2.09	52	243	12,160
10	14,957	3,642	12,289	5,385	44%	1.48	37	182	9,105
合計	217,663	52,060	207,462	130,198	63%	-	-	2,603	130,150
平均					-	2.70	67	-	-

4.4 検討した可視化手法のコスト試算

4.4.1 長根苗の育苗コスト(従来のポット苗に対する追加コスト)

長根苗の育苗期間は従来ポット苗と同様に1シーズン(5~8か月程度)であるが、長根苗の育苗には、育苗容器の M-StAR に加え、培地であるココナツピートや育苗棚といった資材が必要なため、従来ポット苗よりも少なくとも20円/苗以上は高くなるだろう(令和5年度報告書)。しかし、従来のポット苗は、植栽までに何度も根切りのためのポットの移動や雑草を除去する必要があり、植栽まで苗畑に置いておく限りはその作業コストが発生する。M-StAR 苗であれば、自然に空中根切りができるので、放置していても根巻きしない苗ができる。また、乾燥地では、育苗よりも植栽に係るコスト⁹が割高になりやすく、長根苗により得られるメリット(灌水不要、植栽可能期間が長い、補植費用の軽減、成長促進)を考えると、長根苗の育苗コストが高くても普及する可能性はあると考える。ただし、現時点では日本から M-StAR を輸送する際のコストが高く、その体制も確立していない。現在、本格的な M-StAR 輸出に向けて、商社と交渉中であるが、20ft コンテナにできるだけ多く積載すれば、現地でも受け入れやすい値段(70~100円程度/容器)になる見込みである。

4.4.2 住民参加型モニタリングに係るコスト

今回、植林木の高精度位置情報を記録するために使用した GNSS ローバーの製品名は、Stonex S9 II で、ケニアの現地航測会社からオペレータ込みで、16,550円/日でレンタルした。しかし、その後、日本の GNSS ローバーの代理店(ビズステーション株式会社)で、15~20万円で購入できることが分かった。GNSS ローバーは、特別な技術や知識は必要とせず、スマホの操作がなれた者であれば、1時間も操作すればすぐに慣れ使いこなすことができる。従って、実際に運用する場合は、プロジェクト実施者が購入し、現地雇用、もしくは KEFRI スタッフのような関係者に操作を覚えてもらい、操作してもらえば、その人件費は5円/苗程度になる(1,000円/日÷200苗/日)。また、GNSS ローバーは、インターネット回線を通した位置補正サービスにより、リアルタイムで50cm以内の精度で位置情報を記録することができるが、その補正サービスに係る費用は約200円/時間程度である。今回、1時間で40本程度の植林木の位置情報を取得できることが確認できたので、1本あたりのコストは5円/本程度になる。モニタリング担当者に生死確認をしてもらうために支払った報酬は25円/苗である。これらを合計すると40円弱/苗で、モニタリングができることになる。今回のようなケニアでの小規模農家向け植林の育苗から植栽に係るコストが400円程度であることを鑑みると、モニタリングのコストはその10分の1程度であり、実現可能性は高いと言えるだろう。

4.4.3 衛星画像による潜在的植林可能エリアの特定

今回の潜在的植林可能エリアのために使用した RGB 画像は、Chengdu Rivermap Software Co., Ltd が提供する Google Historical Imagery server から入手したが、こちらは10万円程度で無制限に画像を入手することができる。NDVI 画像作成のために Planet scope から入手した解像度3mの衛星画像は、今回は、大学機関に所属している者が研究用途として使うということだったため、無料で入手することができた。

⁹ 植栽に係るコストは、その大部分が人件費や車のガソリン代であり、各国の相場や熟練度により変動しやすいことに加え、灌水の有無や補植の程度等でも大幅に変わるため単純には比較できない。今回のケースでは約200円/苗程度であった。

4.5 対象国における検討した可視化手法の普及説明会

令和 6 年度は、KEFRI 本部にて、本実証試験の成果を共有するべくワークショップを開催した。KEFRI の研究者、ケニア森林公社の職員、JICA プロジェクト関係者、総勢 20 名程度に参加していただき、本試験の活動内容の紹介等を行った。



4.6 実証試験の総括-実用化に向けた課題を中心に-

ケニアでは、2032 年までに森林率 30%達成にむけて、小規模農家向け植林への期待が高まっている。しかし、国土の大部分を占める ASAP(乾燥・半乾燥地)での植林が進んでいない。また、植栽後のモニタリング方法が未確立、もしくはコストが高いため、このままでは、モニタリングが行われず、植えた本数や面積だけが報告されるだけのケースが多くなることが予想される。本試験では、ケニアの ASAP での小規模農家向け植林(の支援)を促進するべく、①長根苗の育苗・植林試験による技術開発を行うとともに、②実際に長根苗を植栽した小規模農家の植林地において、スマホを用いた住民参加型モニタリング(生残木カウント)手法の開発を試みた。また、また、③住民便益と生物多様性への貢献度可視化のための基礎調査や④潜在的植林可能エリアの特定も行なうことで、本試験の対象地の植林支援の可能性を明らかにした。

4.6.1 ①長根苗技術の普及にあたって

今回の 2 つの植栽試験によって、樹種によって、長根苗の生残に対する効果は異なるが、概ね半乾燥地でも高い生残率を期待できることが明らかとなった。長根苗を普及しやすくするために、M-StAR の代替品として竹コンテナを使って育苗したところ、長根苗自体は育苗可能であるが、M-StAR で育てた長根苗よりも成長が悪いことが分かった。また、竹コンテナは容器が重くかさばり、輸送コストがかかってしまうため、植林地の近くで、竹を採取し苗を育苗するといったように使う場面が限定される。従って、当面は、長根苗を育苗する際には M-StAR が第一候補になるといえる。M-StAR 自体は、再利用できることもあり、長い目でみれば、再利用不可能なビニルポットよりも安いコストで育苗することも可能である。しかし、M-StAR の価格を安くするためには、日本からコンテナ 1 台分といったように、ある程度まとまった量で輸出するのが前提条件にある。ケニア政府や普通の苗木業者は、初期投資する余裕はないので、代行業者が一括で輸入購入してそれを小売りするような体制が必要である。JIFPRO は、日本の M-StAR 販売商社とも交渉しながら、その体制を検討していく予定である。

4.6.2 ②住民参加型モニタリングの結果を踏まえた小規模農家向け植林の実施

今回の農家参加型モニタリングによって、植林して1年後の生残率は、7～92%と農家によって大きく差があることが分かった。生育条件が似た近隣の農家で同樹種でも生残率にばらつきがあったこと、同じ時期にフェンスで囲まれた植林試験地に植えた長根苗の生残率は80%以上であったこと(図4-14)から、枯死の主要因は植林後の管理、特に家畜防除を行っていない可能性が高い。家畜防除は、植林木を肥料袋等でカバーする程度で十分で、お金もかけなくてもできるので、植林木を大切にする気さえあれば、誰でも行える。逆にそれをやっていないということは、防除方法を知らないか、植林木の育成・利用の意識が低く、植林支援の対象農家として優先度は低いということになる。このことから、例えば、最初の植林木数を一律20本/農家に制限し、植林して1年後の生残率が高い農家だけを、次の年も支援対象農家にするというアプローチをとれば、植林のニーズが高く、管理意識が高い農家だけを選別し、より確実な植林支援につなげられるかもしれない。このように、植林木の生死をモニタリングするだけでも、現場の状況をフィードバックして、次の計画に活かすことができる。また、参加した農家に対しては、植えて終わりではなく、誰かがチェックしにまた戻ってくることを認識してもらうことで、植林木の管理意識・責任を引き出すことができると考えている。令和5年度は、植林木の位置情報をもとに、高解像度衛星画像による単木ベースの生死確認ができないか検討し、ある程度樹冠が形成されればできる見込みを得たが、その方法ではプロジェクト実施者だけが結果を確認・利用して終わりになってしまう。近所の顔見知りが自分の土地に植えた植林木をチェックしにきて、農家同士やKEFRIのスタッフと様々なコミュニケーションが行われることで、アイデアの共有や当事者意識の向上につながると考えている。

4.6.3 ③今後の展開

本植林活動は、実証試験の一環で始まったが、その後は、JIFPROが民間企業や一般の方からの寄付をもとに設立した熱帯林造成基金によって継続され、既に今年度から植林を開始している(柴崎ら、2025)。本実証試験で得られた様々な調査結果(薪炭材の需要と供給、森林劣化の状態、住民が利用する樹種、潜在的植林可能エリア)を基に、適切な場所(農家)に、適切な樹種を植林していく予定である。また、植えるだけでなく、その後のモニタリングも今回試行したスマホを用いた住民参加型モニタリングによって行う予定である。

本試験の中で、潜在的植林可能エリアを特定し、対象域では、少なく見積もっても、2,600世帯以上の農家、延べ13万本程度の植林ができるポテンシャルがあることが明らかになっている。ただし、樹木は成長するまで時間がかかるので、一度に沢山の農家を対象に沢山の苗木を植えて、その場を離れてしまうよりも、モニタリング結果や現地の声を参考にしつつ、長期・継続的に成長段階ごとの対策を講じながら進めていくことが重要であると考えている。JIFPROの熱帯林造林基金の予算規模は大きくないが、持続的な活動が可能である。毎年、数千本、数十農家といった規模でも同地域で植林を続けることで、実効性のある活動として現地で広く認知され、「私も植林したい」という農家が増え、活動が拡大していくことを期待している。さらに、将来的には、炭素クレジット申請することも検討中である。今後、炭素クレジットの販売価格がどうなるかは不透明なところがあるが、その売却益を、各農民が管理する植林木の本数や成長に応じて、還元することができれば、木が成長

するまで確実に管理してくれる農家が多くなると期待している。

最後に、今回のような様々な技術を利用した小規模農家向け植林は、農家だけで実施することは不可能である。将来、企業からの金銭的支援もしくは炭素クレジット獲得等のための投資があり、現地コーディネータ付きの植林支援プロジェクトとして行われることが前提条件にある。そういった企業に、植林して終わりではなく、植林後の状況やそれによる貢献度等を報告することを見据えて、モニタリング手法まで検討している。近年、欧米企業や中国の企業を中心に、炭素クレジット獲得目的はもちろんのこと、カーボンニュートラルへの貢献や SDGs を謡った途上国での植林支援が大々的に行われているが、それが日本企業にも浸透すること、そしてその際に今回開発した小規模農家向け植林の技術が活用されることを期待している。

4.7 参考文献

Emerton Lucy. 1999. Economic potential of natural woodlands as a component of dryland farming systems in Kibwezi Division, Makueni District, Kenya. No. 8. Regional Land Management Unit, Swedish International Development Cooperation Agency.

Government of Kenya. 2019. Kenya Population and Housing Census Volume II DISTRIBUTION OF POPULATION BY ADMINISTRATIVE UNIT. Kenya National Bureau of Statistics. Nairobi.

Government of Kenya. 2023a. STRATEGIC PLAN 2023-2027. Ministry of Environment, Climate Change and Forestry. Nairobi.

Government of Kenya. 2023b. Forest and Landscape Restoration Implementation Plan (FOLAREP) 2023-2027. Ministry of Environment, Climate Change and Forestry. Nairobi.

Shyamsundar et al. 2022 Scaling smallholder tree cover restoration across the tropics. *Global Environmental Change* 76.

VCS. 2023. VCS Methodology AFFORESTATION, REFORESTATION AND REVEGETATION (VM0047) Version 1.0.

柴崎一樹、仲摩栄一郎、田中浩. 2023. 途上国での植林活動の方向性(1) -VCS植林プロジェクト事例からみる最近の植林形態-. *海外の森林と林業*. 118: 13-17.

柴崎一樹、仲摩栄一郎、田中浩. 2024a. 途上国での植林活動の方向性(2) -小規模農家向け植林のモニタリング手法-. *海外の森林と林業*. 119: 42-47.

柴崎一樹、山口はるか、仲摩栄一郎、田中浩. 2024b. 途上国における炭素クレジット植林の実施

の検討(1)―炭素クレジット認証制度・プログラムが定める植林の要件―. 海外の森林と林業 120:44-49.

柴崎一樹、山口はるか、仲摩栄一郎、田中浩. 2024c.途上国における炭素クレジット植林の実施の検討(2)―コミュニティ開発支援を重視する炭素クレジットプログラム Plan Vivo の紹介―. 海外の森林と林業 121:47-52.

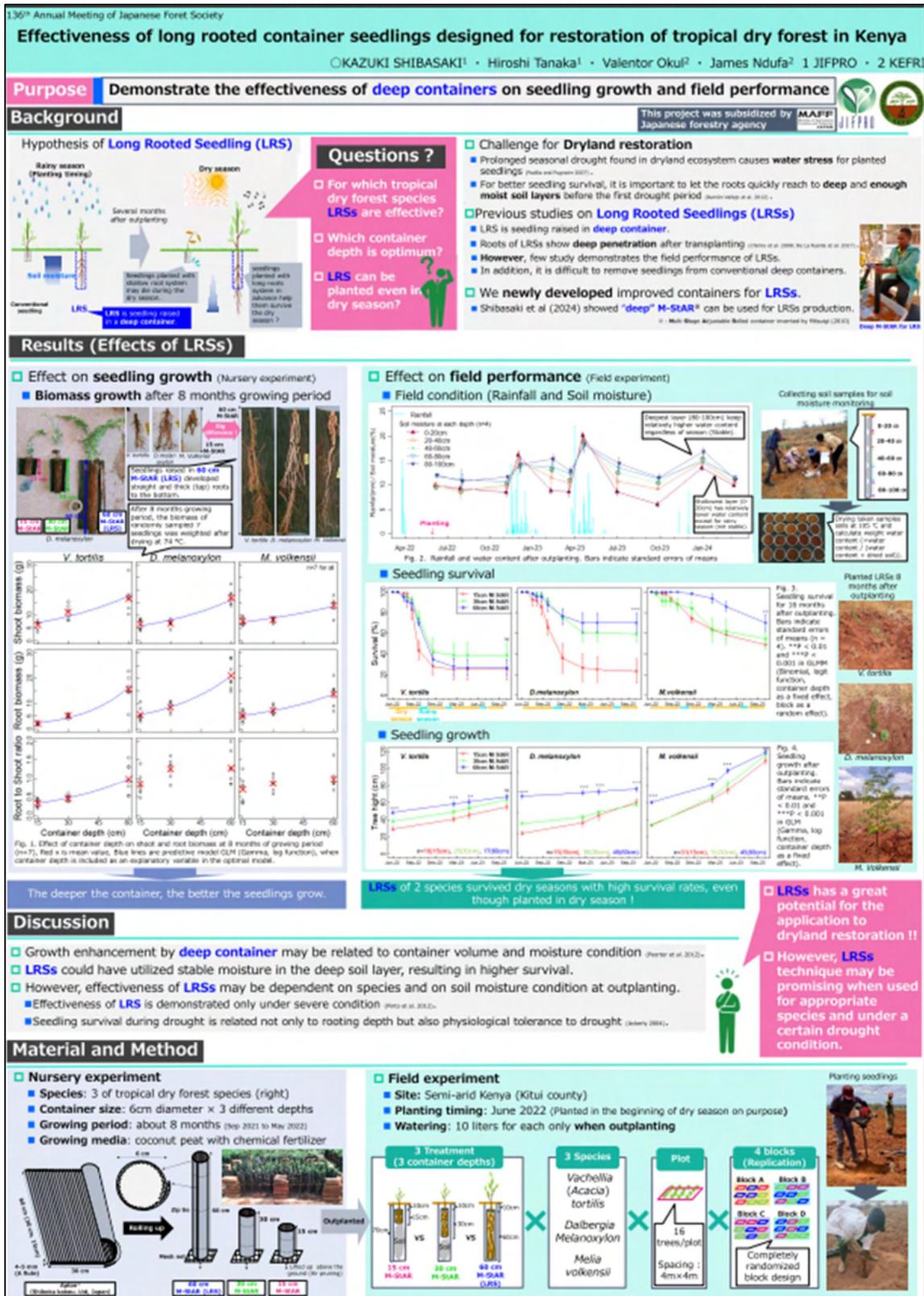
柴崎一樹、田中浩. 2025.ケニア半乾燥地における小規模農家向け植林と参加型モニタリング. 海外の森林と林業 122:50-55.

国際緑化推進センター(JIFPRO). 2021. 途上国森林再生技術普及事業 令和2年度報告書. 林野庁補助事業.

国際緑化推進センター(JIFPRO). 2022. 途上国森林再生技術普及事業 令和3年度報告書. 林野庁補助事業.

国際緑化推進センター(JIFPRO). 2023. 途上国森林づくり活動貢献度可視化事業 令和4年度報告書. 林野庁補助事業.

国際緑化推進センター(JIFPRO). 2024. 途上国森林づくり活動貢献度可視化事業 令和5年度報告書. 林野庁補助事業.



5. マングローブ森づくり活動の環境・社会貢献度の事前調査

国際緑化推進センター(JIFPRO)仲摩 栄一郎

5.1 マングローブの生態系サービスと地域住民の生計向上

マングローブは、熱帯・亜熱帯の汽水域に生息している植物の総称であり、通常の陸上植物の生育が困難な、潮汐の影響を強く受け、泥土を主体とする軟弱な土壤に生息する。そのような立地環境に生育するために、マングローブは耐塩性を持ち、(直立)通気根、支柱根、膝根、板根を発達させている(松井ら, 2022)。マングローブは、炭素貯蔵、生物多様性や生態系、自然災害リスクの低減化、漁業資源等の生態系サービス及び地域住民の生計向上等、多様な生態系サービスを提供し、地域住民の生計向上に多岐にわたって貢献している(図 5-1)。

そこで、マングローブ森林づくり活動の環境面・社会面の貢献度に関する可視化や、生物多様性に配慮した情報の開示手法等に関して実証試験を行うために、インドネシア南スマトラ州において本邦企業が実施するブルーカーボン・プロジェクトを対象として事前調査を実施した。

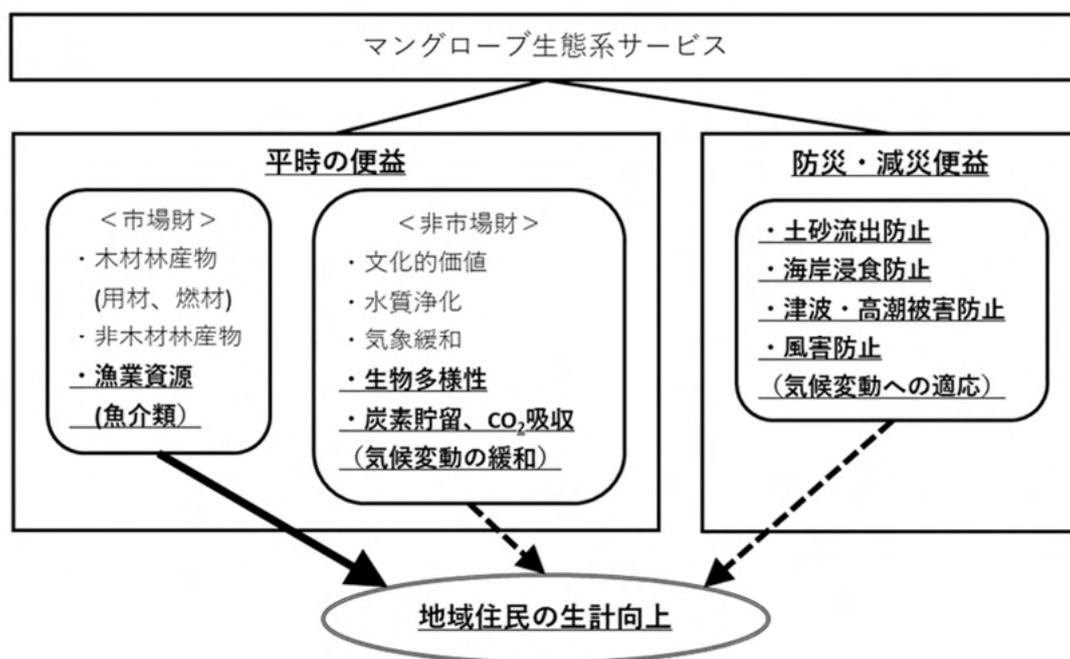


図 5-1. マングローブ林の生態系サービスと地域住民の生計向上

5.2 インドネシア南スマトラ州のマングローブ林保全再生プロジェクト

ワイエルフォレスト株式会社は、株式会社商船三井と共同で、インドネシア南スマトラ州のオーガン・コムリン・イリール(OKI)県の沿岸地域において、マングローブ林の保全と再生を目的としたブルーカーボン・プロジェクト(以下、「OKI プロジェクト」という。)を実施している(図 5-2)。OKI プロジェクトでは、30 年間でマングローブ林保全活動による約 500 万トンの二酸化炭素(CO₂)排出抑制、及びマングローブ等の植林による約 600 万トンの CO₂の吸収・固定を目指しており、国際的な

カーボンクレジット基準管理団体 Verra の VCS 認証を取得するべく登録手続きを進めている^{10,11,12}。

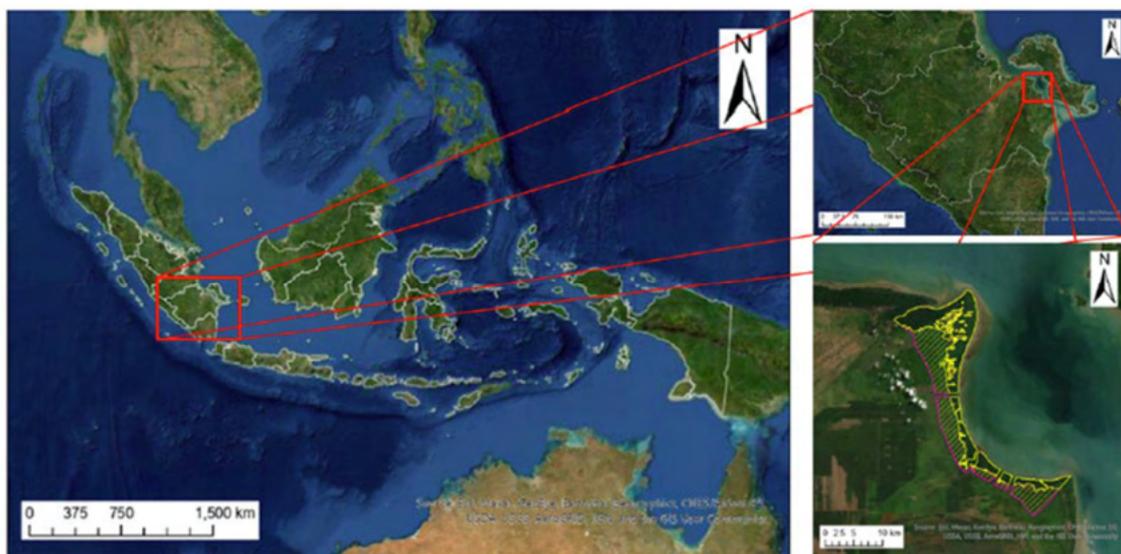


図 5-2. インドネシア南スマトラ州の mangrove 林保全再生プロジェクトの位置図

(出典) OKI REDD+ Project: Project Description³

5.3 南スマトラ州東側沿岸域の大規模湿地帯における森林減少

南スマトラ州東側沿岸域の大規模湿地帯の自然植生は森林であり、1932 年時点ではほぼ全域が多種多様な樹種で構成される淡水湿地林¹³、及び汽水域では潮汐湿地林(mangrove)が分布していた(図 5-3 図 5-3 (a))。この大湿地帯は 1970 年に生産林に指定され、様々な民間企業に伐採権が割り当てられた。それ以降、民間企業による高木伐採が開始され、川岸や集落周辺では地域住民による焼畑が行われ草原が形成された。その後もこの地域では商業伐採が続けられたが、1980 年代初頭、移住地開発等のために運河が設けられアクセスが向上し、商業伐採跡地等において住民による二次伐採が活発に行われた。当時は小規模な製材所が乱立する等、伐採圧が強かった(図 5-3 (b))。1982 年には、大規模なエルニーニョ現象に伴う異常乾季により大規模な火災が発生した。1985 年にこのエリアは保護林に制定され製材工場は閉鎖されたが、その後も商業伐採が継続され貴重な残存木が伐採された。1987 年と 1991 年には再びエルニーニョ現象に伴う火災が頻発した。それ以降、火災後も残存する貴重な高木の伐採が地域住民によって継続された結果、一次林、二次林ともに木材資源は極度に減少した。二次林構成樹種は、攪乱が少ない場所では複数の先駆樹種が混在するが、伐採と火災が繰り返された場所ではメラルーカ (*Melaleuca cajuputi*、現地名: gelam) の純林となった(図 5-3 (c))。その後、地域住民は、火災後に更新したメ

¹⁰ ワイエルフォレスト株式会社ホームページ: <https://ylforest.co.jp/topic20220106/>

¹¹ 株式会社商船三井ホームページ: <https://www.mol.co.jp/pr/2022/22002.html>

¹² Verra Registry Verified Carbon Standard: OKI REDD+ Project.

<https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/2395>

¹³ Meranti (*Shorea* spp.), Terentang (*Campnosperma* spp.), Jelutung (*Dyera* spp.), Pulai (*Alstonia pneumataphora*), Ramin (*Gonystylus bancanus*) 等の淡水湿地林 (混交林)

ラルーカの伐採を開始した。1994 年及び 1997/98 年にはエルニーニョ現象に伴う異常乾季により大規模な火災が発生し、二次林の劣化及び草地化が進行した(Chokkalingam et al., 2006)。その結果、1997 年時点の南スマトラ州は、海岸側より、マングローブ林(1)、淡水湿地(3)、及び泥炭湿地(2)、その内陸側には低地常緑多雨林(5)、さらに東側には山地多雨林(4)が分布していた(図 5-4)。

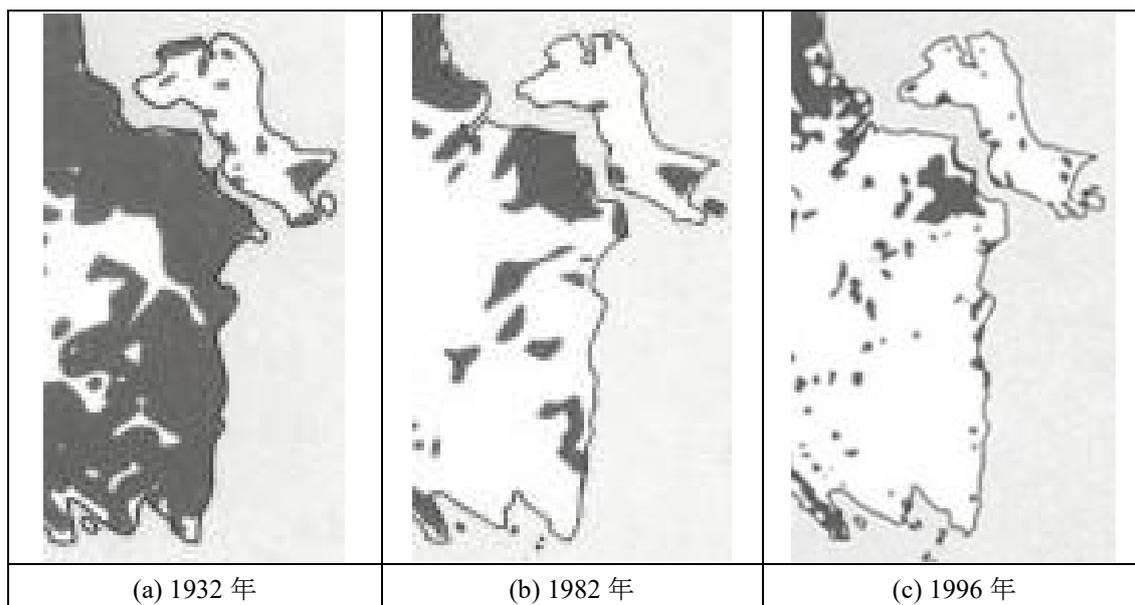


図 5-3. 南スマトラ州の東側沿岸大規模湿地帯の森林減少の経緯

(出典) Whitten et al. (2001)

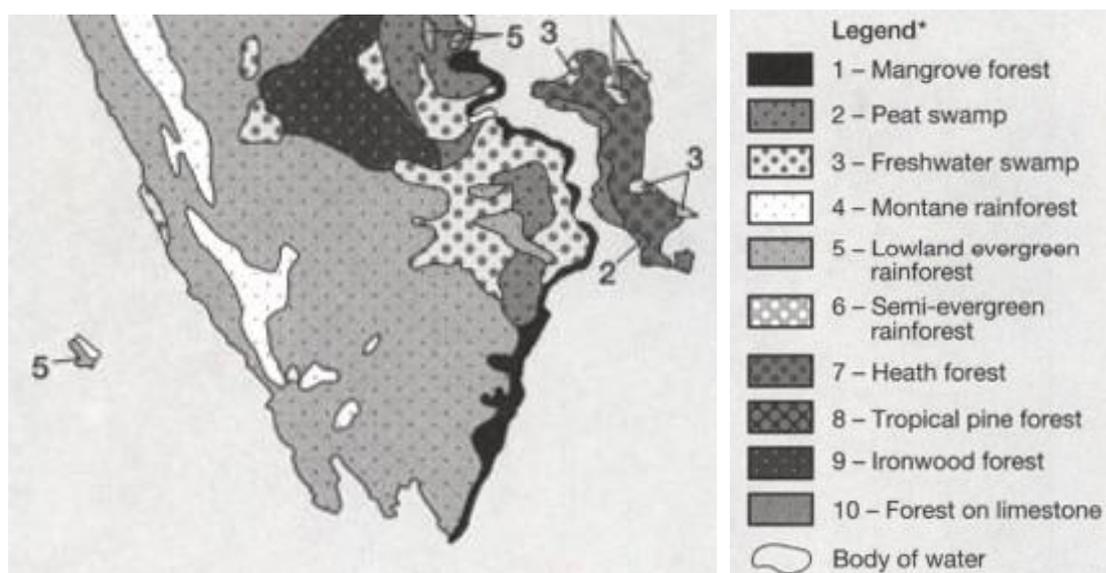


図 5-4. 南スマトラ州の植生分布図(1997 年)

(出典) Whitten et al. (2001)

2024 年時点の南スマトラ州は、東側沿岸にマングローブが帯状に残存しているが、その内陸側は大面積が草地・灌木林と化している。また、南東部沿岸では、ジャワ島やランペン州からの移民により、マングローブ林がエビ養殖池に開発されている(図 5-5)。

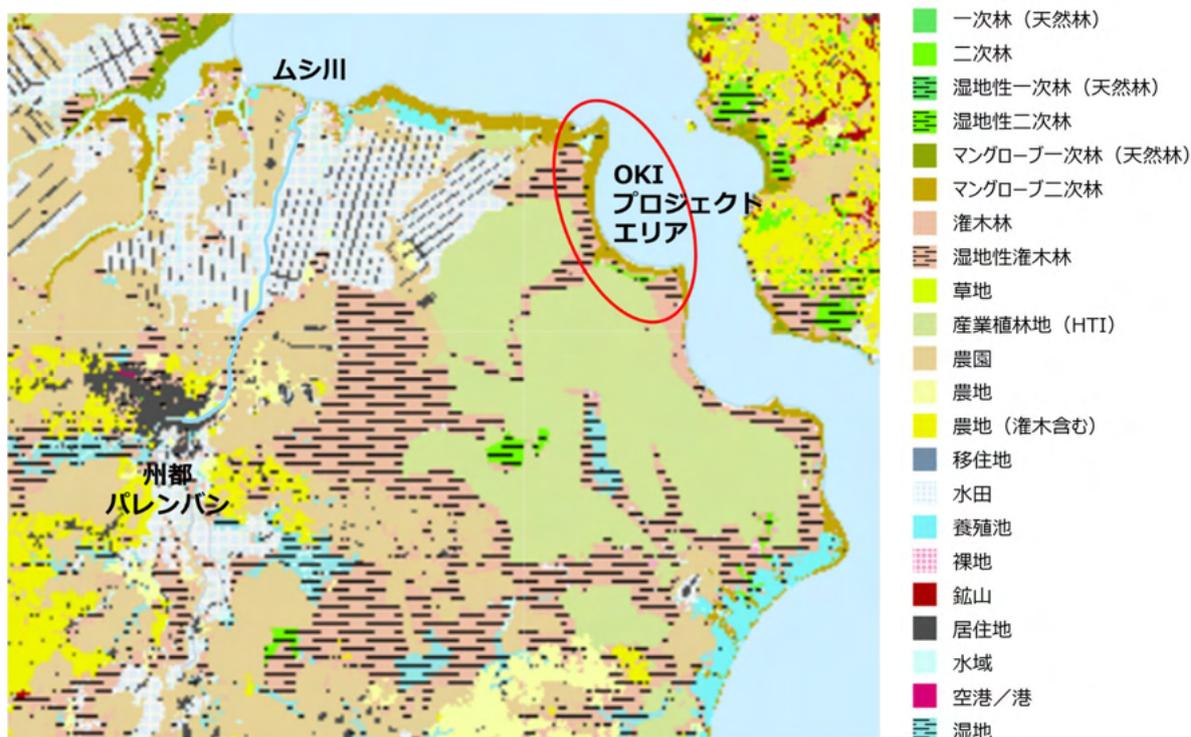


図 5-5. 南スマトラ州の土地被覆図(2024 年)
(出典) インドネシア林業省インタラクティブマップ¹⁴

5.4 ムシ川下流域の湿地帯の植生分布

2024 年 12 月に OKI プロジェクトの現地調査を実施した。南スマトラ州の州都パレンバンより、州を西から東へ流れるスマトラ島最大の河川であるムシ川、その分流であるバタン川、並びに人工水路(運河)等を、約 5 時間スピードボードで下り、東側沿岸の OKI 県潮汐湿地帯のマングローブの一次林(天然林)、二次林及び植林地を視察した(図 5-5)。ムシ川及びその分流域の大湿地帯は大きく分けて以下の 3 つの土地利用及び植生に分類できる。各土地利用及び植生の概要を以下に記載する。

- (1) 大規模なオイルパーム農園や水田等
- (2) 荒廃した湿地性の灌木林や草地
- (3) マングローブが分布する潮汐湿地帯

¹⁴ Peta Interaktif SIGAP Kementerian LHK
<https://geoportal.menlhk.go.id/portal/apps/webappviewer/index.html?id=2ee8bdda1d714899955fccbe7fdf8468>

(1) 大規模なオイルパーム農園や水田

南スマトラ州の州都パレンバンから東側一帯は、図 5-3 (a)の通り、自然植生は森林であったが、現在、ムシ川流域は大規模な水田やオイルパーム農園等に転用されている(図 5-5)。

(2) 荒廃した湿地性の灌木林や草地

ムシ川の東部から沿岸域までの一帯も、図 5-3 (a)の通り、自然植生は森林であったが、現在は荒廃した湿地性の灌木林や草地となっている(図 5-5)。湿地性の灌木林は、火災等の攪乱を受けた後に速やかに天然更新する先駆樹種メラルーカ(写真 1)単一樹種による疎林で形成されている。また湿地性の草地では、耐水性・塩分耐性を持つ多年生草本のミモモチンダ(*Acrostichum aureum*、現地名 pakis)が優占している(写真 2)。



写真 1. 湿地性灌木林(メラルーカ疎林)



写真 2. 湿地性草地

(3) マングローブが分布する潮汐湿地帯

マングローブ生育地の地理的条件(局所的な分布様式)は、三角州(デルタ)型、三角江(エスチュアリー)型、潟湖(ラグーン)型、及び外洋(オープンコースト)型の4つに大別される(図 5-6)。デルタ型は河川から供給される堆積物で構成されるため、河川の影響を強く受ける。エスチュアリー型は潮の干満の影響を強く受ける。ラグーン(潟湖)型は波の影響を強く受ける。また、オープンコースト型は外洋の影響を直接受ける(松井ら, 2022)。

ムシ川東部の OKI 県沿岸地域に分布するマングローブ林は、エスチュアリー及びオープンコースト型が存在し、外洋に対して開かれた地理的環境にある。特に OKI プロジェクトエリアは、海拔地盤高や河川等の立地条件に伴う塩分濃度及び各マングローブ樹種の耐塩性等の樹種特性に伴い、多様な樹種から構成されるマングローブ林が帯状に分布している(図 5-5、写真 3、写真 4)。

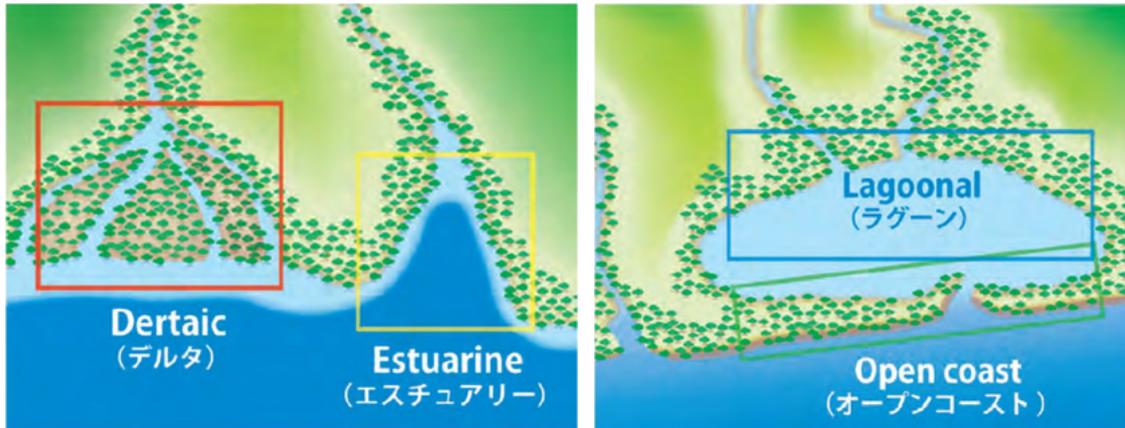


図 5-6. マングローブ生育地の地理的条件
(出典)松井ら (2022)



写真 3. マングローブ林外観



写真 4. マングローブ林内概況

マングローブはその種類によって生育可能な塩分濃度に違いがある。海水には平均すると約 3.5%の塩分が含まれているが、4.0%以上の塩分でも元気に育つマングローブもあれば、川からの淡水で 3.0~2.0%以下に薄められた場所に生えているマングローブもある。ただし、塩分に強いマングローブであっても、1 年中海水に浸っているような場所では生育できない。こうしたことから、マングローブのそれぞれの種類によって、生育に適した塩分濃度、地面の高さ(水深)があるので種類によって生育する場所が異なる(国際マングローブ生態系協会, 1998)。

図 5-7 及び表 55-1 に、南スマトラ州 OKI 沿岸地域に生息する主要なマングローブの立地特性と樹種特性を示す。

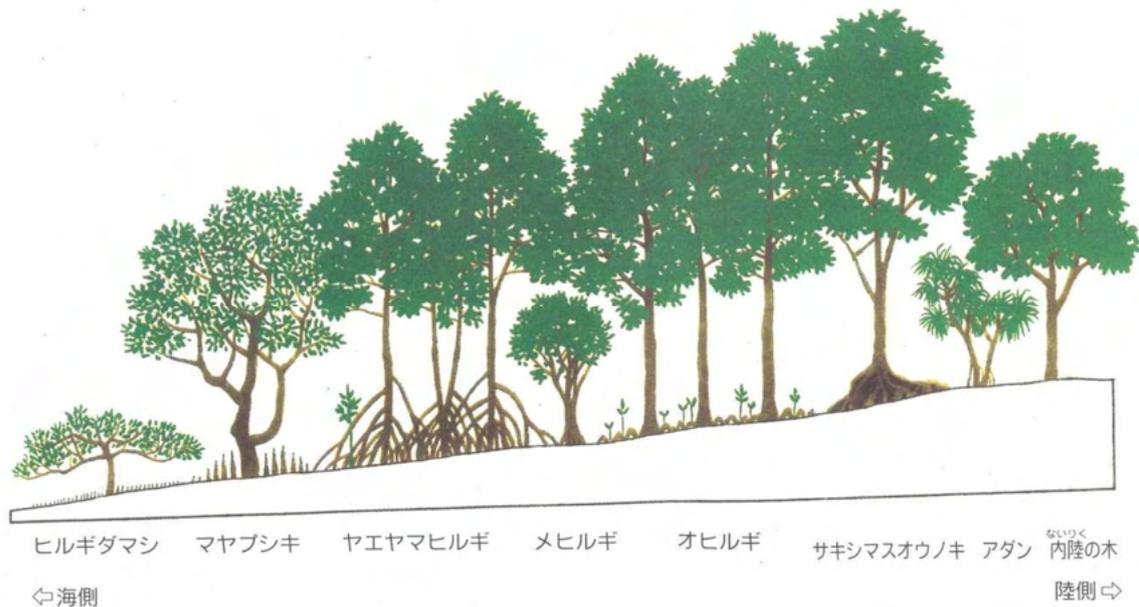


図 5-7. マングローブの立地特性(住み分け)
(出典)国際マングローブ生態系協会 (1998)

表 55-1. 南スマトラ州 OKI 沿岸地域に生息する主要なマングローブの樹種特性

和名	学名	耐塩性	生育可能塩分濃度	生育区域
ヒルギダマシ属	<i>Avicennia</i> sp.	非常に高い	6.0 % ^{*1}	前面群落
マヤブシキ属	<i>Sonneratia</i> sp.	高い	中～低 ^{*2}	前面群落
ヒルギ属	<i>Rhizophora</i> sp.	高い	3.0 % ^{*1}	中心群落
オヒルギ属	<i>Burquiera</i> sp.	やや高い	1.5～2.0 % ^{*1}	中心群落
ハウガンヒルギ属	<i>Xylocarpus</i> sp.	やや低い	1.5～2.5% ^{*3}	後背群落
セイシボク属	<i>Excoecaria</i> sp.	やや低い	1.4～1.6% ^{*4}	後背群落
ニッパヤシ	<i>Nypa fruticans</i>	やや低い	0.5%以下が最適 ^{*5}	後背群落

出典) ^{*1} 国際マングローブ生態系協会 (1998)、^{*2} Kodikara (2018)、^{*3} Siddique (2017)、

^{*4} Dasgupta (2016)、^{*5} Zakaria (2017)

5.5 OKI 県沿岸地域における人工水路と海面上昇の影響

OKI 県の沿岸湿地帯では、2000 年代に、内陸の大規模産業植林事業者により、内陸から沿岸域へ向けて人工水路(運河)が造成され、その運河を幹線として、縦横にも人口水路網が形成された。その結果、それまで自然の河川のみを通じて行われていた上流陸域から海への水・土砂等の流れ、及び潮汐による陸域への海水流入等の自然の水循環が大きく改変された。また、南スマトラ州の沿岸域では、気候変動の影響により海水面が年に 0.5 cm 程度上昇していることが指摘されている(JICA et al., 2017)。それらの複合的な影響により、汽水域における潮汐湿地と淡水湿地の境

界線付近では、満潮時に人工水路を通じて海水がこれまで以上に陸域へ流入するようになった。その結果、海水中の高い塩分濃度により淡水性樹種(メラルーカ等)が一斉枯死したと考えられる箇所が見られる(写真5、写真6)。



写真5. 立ち枯れ概況(ボートから撮影)



写真6. 枯死木の残骸

5.6 OKI 県沿岸地域におけるマングローブの植林

OKI プロジェクトエリアの特に南側では、上記のように海水の流入により淡水性樹種(メラルーカ等)が一斉枯死したと考えられるエリアがあり、そこにマングローブを植林している(写真7、写真8)。マングローブは耐塩性があるため、植林後の生残率も高く、補植等も実施しているため将来的にマングローブ林の成林が期待できる。



写真7. マングローブ植林木



写真8. マングローブ植林地の概況

5.7 マングローブ森づくり活動を対象とした可視化実証調査の可能性

マングローブ森林づくり活動の環境面・社会面での貢献度に関する可視化や、生物多様性に配慮した情報の開示等の手法に関して、実証試験のテーマとして、①炭素ストック、②生物多様性、③社会経済便益、④防災・減災効果等の多面的機能が考えられる。今回調査した OKI プロジェクトでは、マングローブ一次林(天然林)及び二次林の保全活動とマングローブの植林活動を実施している。ただし、植林活動により形成されているマングローブについては、植栽後数年しか経過し

ておらず、現状では、成林前の幼木段階であるため、上記①～④の貢献度を可視化するために、何らかの指標を用いて実測したとしても、有意な結果が得られない可能性が高い。他方、パトロール活動等により保全されているマングローブ一次林(天然林)及び二次林は、既にこれまでも上記①～④の便益を提供しており、今後も継続的な便益の提供及び拡大が期待されることから、適切な指標を用いて実測することで、有意な結果が得られると考えられる。

ただし、現地調査の課題として、OKI プロジェクトが管理するマングローブ一次林(天然林)及び二次林の面積は約 1 万 2 千 ha という大面積であるため、全域を現地踏査することは困難である。また、マングローブ林内には野生のワニが生息しているとの報告もあり、現地踏査時にワニに襲われる危険性がある。そこで、現地踏査(地上サンプルプロットやトランセクト調査)とリモートセンシングを組み合わせて全域を評価する手法を検討する必要がある。リモートセンシング技術としては、衛星、航空機、ラジコンヘリ、ドローン等を用いた光学画像・写真に加えて、レーザー光(LiDAR)を利用することが考えられる。なお、現地調査にあたっては、経験・知見を持った現地の研究機関・大学・コンサルタント等の協力を得て実施することが必要であると考えられる。

参考文献リスト

- 国際マングローブ生態系協会 (1998) 海と生きる森－マングローブ林－ (日本語).
<https://mangrove.or.jp/subpage/publications.html#pagelink-list>
- 松井直弘・神谷結香・鬼塚瑠都子・増田一稔・弓山大輔 (2022) マングローブ再生ガイドブック.
田中浩・仲摩栄一郎・柴崎一樹編、吉川賢監修. 国際緑化推進センター.
<https://jifpro.or.jp/repository-cont/article469/>
- Chokkalingam U, Suyanto, Permana RP, Kurniawan I, Mannes J, Darmawan A, Khususyiah N & Susanto RH (2006) Community fire use, resource change, and livelihood impacts: The downward spiral in the wetlands of southern Sumatra. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. <https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/2101/>
- Dasgupta S, Sobhan I & Wheeler D (2016) Impact of Climate Change and Aquatic Salinization on Mangrove Species and Poor Communities in the Bangladesh Sundarbans. World Bank Group: Policy Research Working Paper 7736.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/452761467210045879/pdf/WPS7736.pdf>
- JICA, University of Tokyo & Nippon Koei Co., ltd (2017) Final Report on the project for assessing and integrating climate change impacts into the water resources management plans for Brantas and Musi River basins (Climate Change Impact Assessment and Hydrological Simulation). Ministry of Public Works and Housing, Republic of Indonesia.
https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12285854_01.pdf
- Kodikara KAS, Jayatissa LP, Huxham M, Dahdouh-Guebas F & Koedam N (2018) The effects of salinity on growth and survival of mangrove seedlings changes with age. *Acta Botanica Brasilica*, 32(1): 37-46. <https://www.scielo.br/j/abb/a/br54tCcKM8Yn3mbxtNKPbTv>
- Siddique MRH, Saha S, Salekin S, Mahmood H (2017) Salinity strongly drives the survival, growth, leaf demography, and nutrient partitioning in seedlings of *Xylocarpus granatum* J. König. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10(5): 851-856.
<https://iforest.sisef.org/contents/?id=ifor2382-010>
- Whitten T, Damanik SJ, Anwar J & Hisyam N (2001) *The Ecology of Sumatra. The Ecology of Indonesia Series: Volume I.* ISBN: 9780198508274
- Zakaria R, Aslezaeim N & Sofawi B (2017) Effects of water properties and soil texture on the growth of a mangrove palm; *Nypa fruticans* on Carey Island, Malaysia.
[http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49\(1\)/5.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49(1)/5.pdf)

6. 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

6.1 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、サイトを構成するページの中から、主に「植林ポテンシャルエリア」「企業による森づくり事例」「植えるを視える化の関連用語」「CO2 以外も視える化」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。

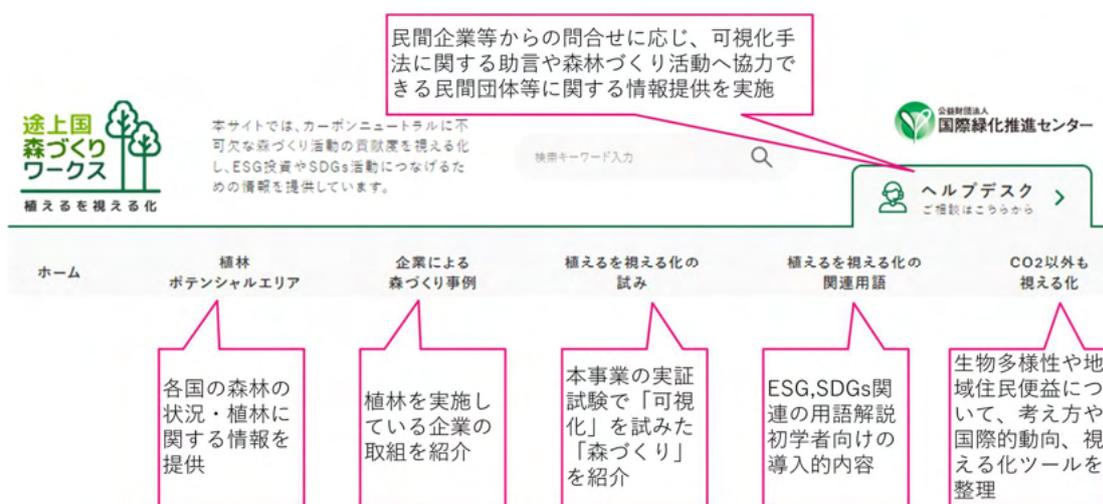


図 6-1 途上国森づくりワークスの構造

6.1.1 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本年度の対象国を図表(図 6-2 及び表 6-1)に示す。

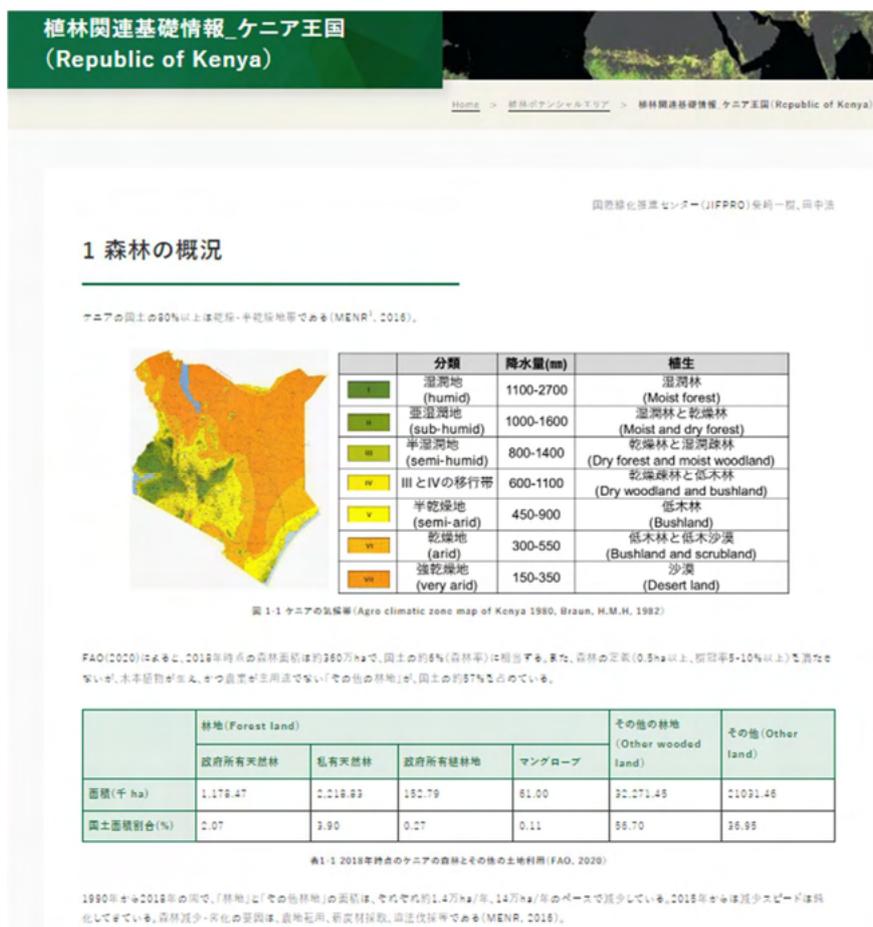


図 6-2 「植林ポテンシャルエリア」のレイアウト

表 6-1 本年度対象とした国一覧

インド	エクアドル
バングラデシュ	メキシコ
タイ	エチオピア

6.1.2 企業による森づくり事例

民間企業による森林づくり活動の先行事例について、公開情報及び個別ヒアリングによって収集した情報を取りまとめた。ヒアリング及び取りまとめにあたっては、下記のような項目の内容を確認、整理した。

- 当該企業と植林活動との関係(事業として実施しているのか事業外の活動なのか)
- 個別の植林プロジェクト紹介
 - 植林規模
 - 活動内容
 - カウンターパートやステークホルダーなど現地の体制と企業・日本の消費者などとの関係
- 社内での実施体制
- 社内の認知や植林活動の社内での位置づけ
- 植林活動の成果の公開状況・可視化状況
 - 国際的なイニシアティブに基づく情報開示の中で植林活動を位置づけているか
 - 外部機関や消費者などからの評価やイメージ向上などに役立っているか

今年度ヒアリングを実施した企業は、以下の表にまとめた通りである。なお、一部、企業側からの要望により掲載を保留しているものを含む。

表 6-2 本年度のヒアリング対象企業

商船三井	ワイエルフォレスト
丸紅	パラマウントベッド
ブリヂストン	

6.1.3 植えるを視える化の関連用語

森づくり活動やその成果の視える化に関連する用語について、森づくり活動に関する情報収集を行っている段階の利用者を対象に、詳細なまとめではなく、植林活動との関係をおさえながら、導入的な内容にして読みやすさを重視して簡潔にまとめた(図 6-4)。掲載内容は下記の通りである。

1. 概要説明
2. 植林の成果の視える化との関係
3. 植林を実施している企業の活用事例
4. より詳しく知るための参考文献・URL

The screenshot shows a webpage for Verra (民間認証機関). The page has a dark green header with the Verra logo and name. Below the header is a navigation bar with links for 'Home', '植えるを視える化の関連用語', and 'Verra (民間認証機関)'. The main content area is white with a green horizontal line. The page is titled '概要' (Overview) and contains a paragraph about Verra's mission and the VCS (Verified Carbon Standard) certification. Below this is a section titled '①VCS (Verified Carbon Standard) 認証' (VCS Certification) with a paragraph describing the certification process and sectors. This is followed by a section titled '植林を実施している企業の活用事例' (Case Studies of Companies Implementing Afforestation) with a list of examples, including Toyota's support for Conservation International in the Philippines. The page concludes with a '参考URL' (Reference URLs) section listing Verra VCS and CCBA HP websites.

Verra (民間認証機関)

Home > 植えるを視える化の関連用語 > Verra (民間認証機関)

概要

Verraは、2007年にアメリカで設立された非営利の団体で、気候変動対策と持続可能な開発に関するプロジェクト活動を評価するため、炭素クレジットをはじめとした様々な認証を行っています。Verraが認証する炭素クレジット(VCS)は、自主的な(ボランティア)市場で取引され、その取引量は、2021年時の世界で流通する炭素クレジットの62%を占めており(World bank, 2022)、世界で一番認知度が高い炭素クレジットといえます。炭素クレジットの他にも様々な認証を行っており、代表的なものとして次の4つがあげられます。

①VCS (Verified Carbon Standard) 認証

CO2削減・吸収量に対して炭素クレジットを認証・発行。対象分野は、植林、森林保全、農地管理などの土地利用の他、再生可能エネルギー、破棄物管理、二酸化炭素回収・貯留など16分野。

植林を実施している企業の活用事例

- トヨタ自動車: フィリピンでConservation Internationalを通じ植林活動を支援、VCS+CCB認証取得
 - <https://global.toyota/jp/detail/1232437>

参考URL

- Verra VCS認証
 - <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/>
- CCBA HP
 - <https://www.climate-standards.org/>

図 6-3 「植えるを視える化の関連用語」のページ

本年度は、下記の用語について整理し、公開した。

Plan Vivo(民間認証機関)	TCFD	ESRS
Verra(民間認証機関)	TNFD	CSR
WEF 世界経済フォーラム	SBT	CSV
EUDR	GRI	

6.2 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(図 6-5)。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(図 6-5)。また、「国際森林デー」にちなんだイベントとして開催した。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。

6.2.1 開催概要

日時	令和7年2月7日(金)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—2024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150名、セミナー終了後動画視聴44名、資料請求33名
プログラム	

タイトル	発表者
林野庁挨拶	谷本 哲郎／林野庁
事業概要説明	倉本 潤季／国際緑化推進センター
AI とビッグデータを用いた生物多様性への企業活動の影響評価 質疑応答	久保田 康裕／シンク・ネイチャー
マレーシア・サバ州でのアカシアハイブリッド産業 植林事業地の生物多様性評価	佐藤 裕／越井木材工業
ケニア半乾燥地での小規模農家向け植林の貢献度可視化—スマホを使った住民参加型モニタリングの試み—	柴崎 一樹／国際緑化推進センター
総合討論	各発表者 進行:田中 浩／国際緑化推進センター

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

途上国森づくりワークス

植えるを視える化：2024年度の試み

セミナー内容

- 01** AIとビッグデータを用いた
生物多様性への企業活動の影響評価
株式会社シンク・ネイチャー
- 02** マレーシア・サバ州でのアカシア
産業植林事業地の生物多様性評価
越井木材工業株式会社
- 03** ケニア半乾燥地での
小規模農家向け植林の貢献度可視化
—スマホを使った住民参加型モニタリング
国際緑化推進センター

ゲスト講演



株式会社シンク・ネイチャー
久保田 康裕
代表取締役CEO/琉球大学教授

日本、世界中の森を巡るフィールドワークと、ビッグデータやAIを活用したデータサイエンスを統合して、陸・海の生物多様性を地球規模で地図化し、自然環境の価値を可視化。

開催日時

2/7

金

13:30～16:00

開催概要

(公財)国際緑化推進センター (JIFPRO)

方法: オンライン (Zoomウェビナー)

詳細: <https://jifpro.or.jp/information/22052/>

申込: 登録フォーム (外部サイト) より要事前登録






図 6-4 セミナー広報チラシ



図 6-5 セミナーの様子

6.2.2 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 248 名の参加申込を受けたが、このうち 51%が民間企業からの申込であった(図 6-6)。さらに当日参加者では 48%が民間企業であった(図 6-7 当日参加者の業種

)。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 6-3 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、55 件の回答を得た。

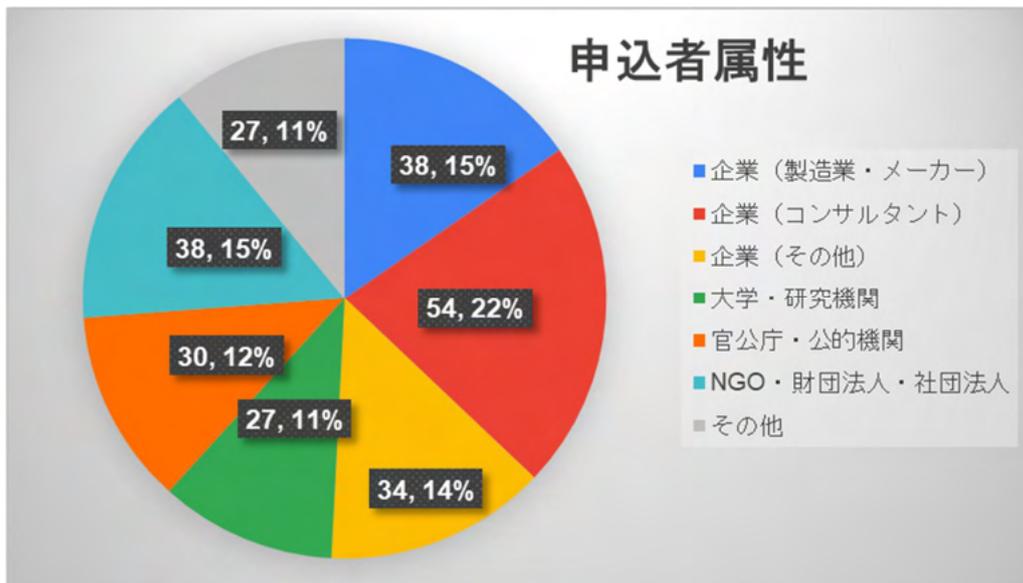


図 6-6 申込者の業種

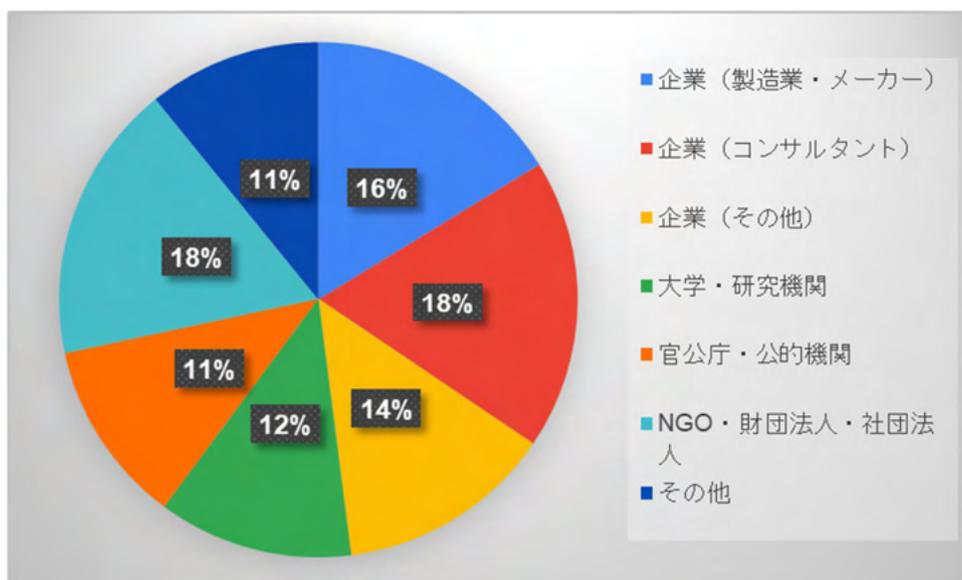


図 6-7 当日参加者の業種

表 6-3 アンケート項目とねらい

設問	ねらい
Q0-1.海外での森林づくり活動への関心	森林づくり活動の実施状況の把握
Q0-2.関心のあるトピック	企業の興味関心の把握
Q1.セミナーの評価	セミナーの普及啓発効果を把握
Q2.植林活動の実施状況	企業の取り組み状況の把握
Q3.TNFD レポートについて	企業の問題意識・障壁を把握
Q4.植林活動の成果として重視・期待するもの	可視化手法のスコープを検討
Q5.植林活動の実施に関する課題	企業の問題意識・障壁を把握
Q6.課題の解決にむけて日本政府や JIFPRO への要望	森林づくり活動の拡大・参画にむけた要望を把握

(1) 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 6-8 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47%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。

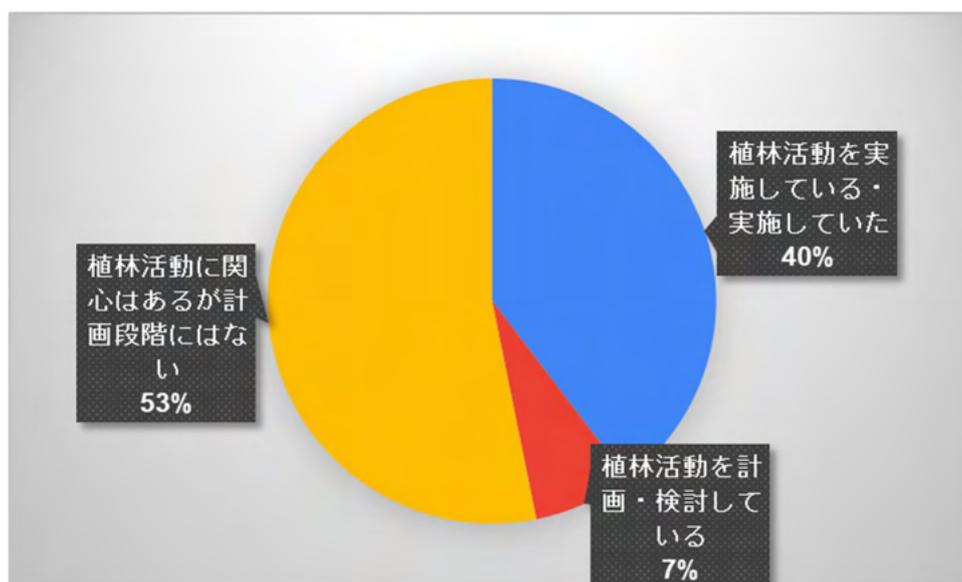


図 6-8 参加者(民間企業)の海外での森林づくり活動への関心

(2) 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。有効回答数 248 に対して「生物多様性」「森林再生」「気候変動」「カーボンクレジット」「生物多様性クレジット」「地域住民の生活」は過半数の参加者が関心有と回答した。

なお、「その他」としては以下のような回答があった。

- Eco-DRR
- NbS
- 森林認証
- リモートセンシング
- アグロフォレストリー

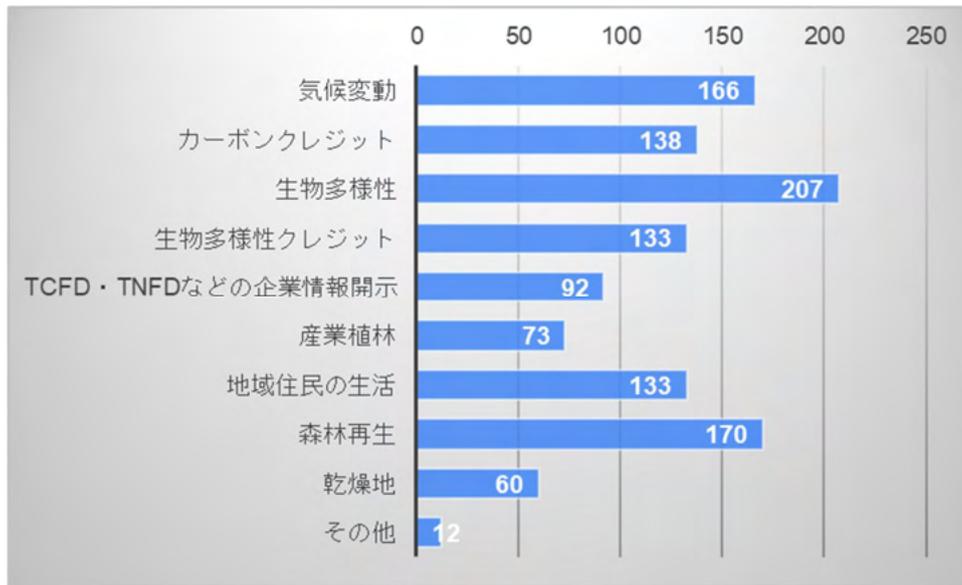


図 6-9 関心のあるトピック

(3) 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。「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 78.2%と、効果的な普及ができてものと評価しう。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。

- 現場の実態が具体的にプレゼンされていて、迫力がありません。
- 研究との連系、事例報告が具体的に発表され、パネルディスカッションも深まって、良かった。
- 大変有意義な時間となりました。データをうまく活用し、ビジネスと森林がつけられるよう、私たちがもっと挑戦することも大切なんだと思いました。
- どの講演も今知りたいタイムリーで上質な内容であった。
- 生物多様性のデータは集めるのが難しいと思っていた中で、特に最初の登壇者、Think Nature の久保田様の「生物多様性のデータがないというのは理由にならない。探せばいくらでもある」というのは衝撃的でした。アカデミアにおける生態学の最新の知見などがビジネス界に共有されていないというのも成程と思いました。最新のテクノロジーなども用いたプロジェクト現場からの具体的な話もとても興味深く拝聴しました。
- マクロ生態学という考え方やアプローチ、生物多様性評価とビジネスの可能性という捉え方を知ることができたこと、具体の植林事例、GNSS ローバーという植林後の追跡方法を知ることができた
- 足元で、森林に関連した取組みとして具体的に何が起きているのかを把握でき、非常に参考になりました。今後とも継続的に開催いただけるとありがたいと感じました。
- 3 件の発表内容どれも有益でした。さらに、その後の議論もとても学びになった。お世辞抜きでこういったセミナーでここ 1 年の間で、一番ためになりました。御礼申し上げます。

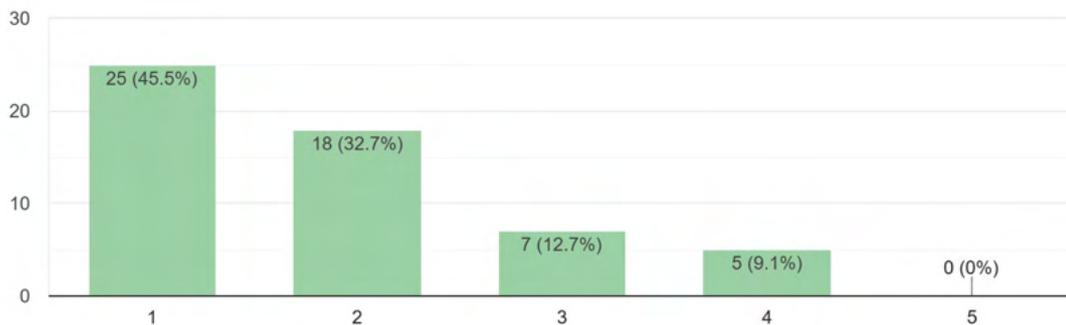


図 6-10 セミナーの評価

(4) 植林の実施状況

企業の植林取り組み状況を把握するため、海外における植林活動の実施・支援の実績を問うた。アンケート回答者には企業以外からの参加者もいるため、属性を企業に絞ってクロス集計を行ったところ、現在「植林活動を実施・支援している」或は「過去に実施・支援していた」との回答が 17 件 (50%) となった。さらに、当該植林がその企業のサプライチェーン(以下、SC)内で実施されたものか、SC 外で実施されたものかを問うたところ、44%が SC 内であった。

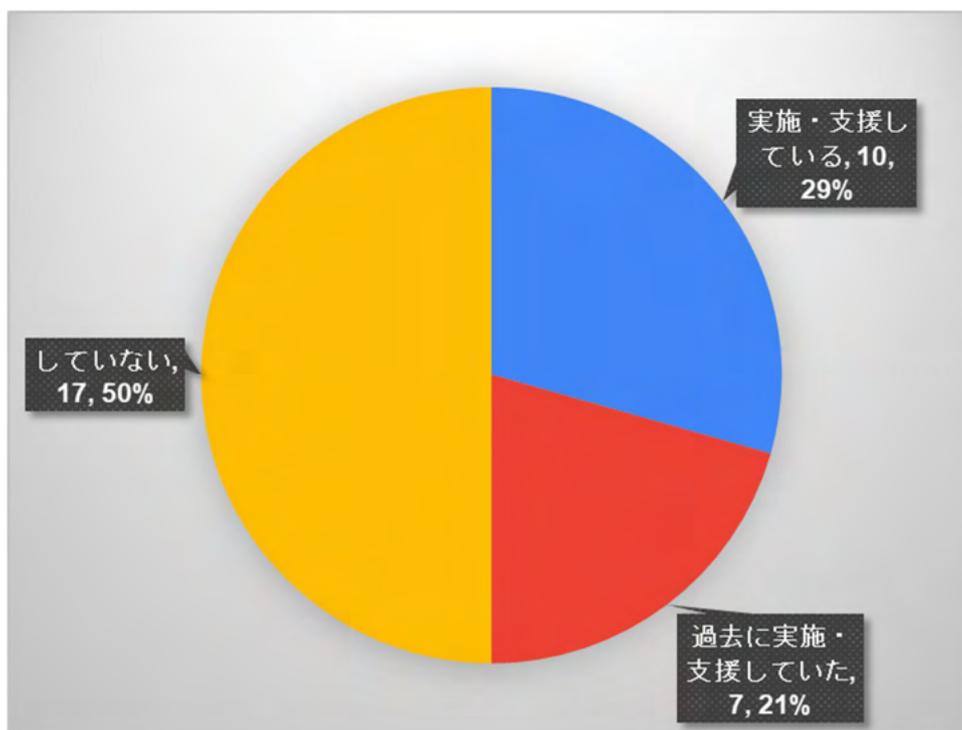


図 6-11 海外における植林活動実施・支援の実績(有効回答数:34)

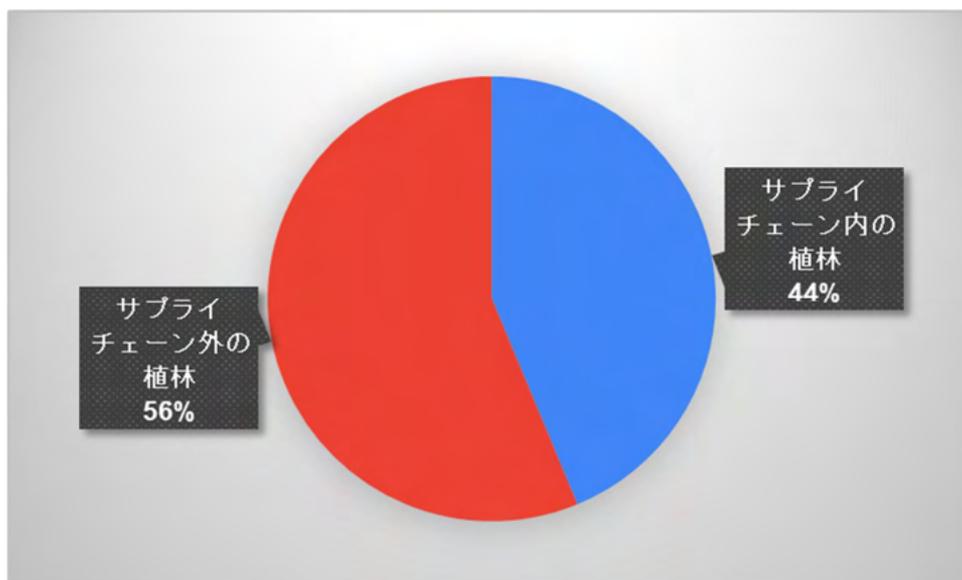


図 6-12 植林活動の様態(有効回答数:16)

(5) TNFD レポートについて

企業を対象に、TNFD レポートの開示予定について問うた。「開示予定／開示を検討している」が 8 件(24%)で、「予定なし」が 25 件(76%)だった。

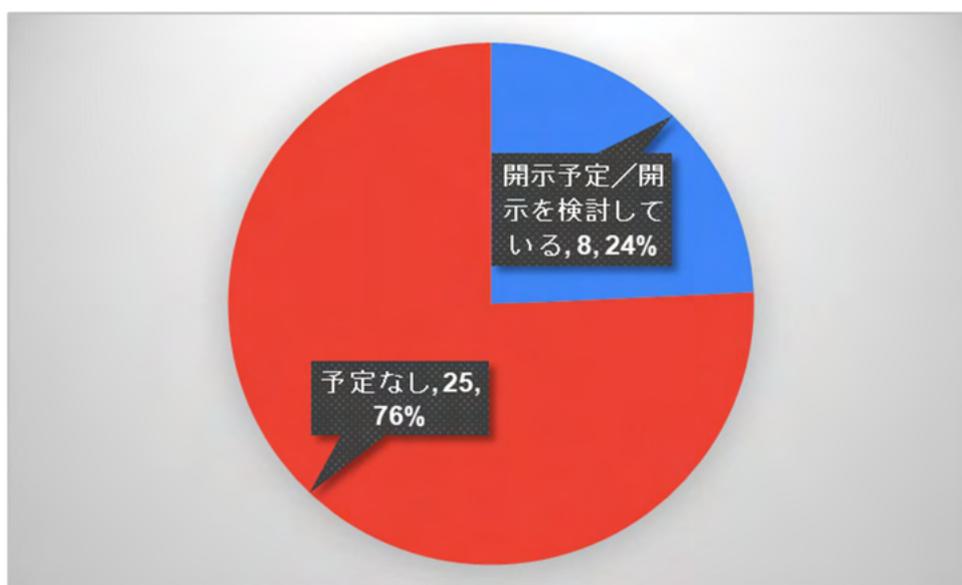


図 6-13 TNFD レポートの開示予定(有効回答数:33)

また、TNFD レポート開示予定の有無と植林活動の実施状況でクロス集計を行ったところ、図 6-14 のような結果となった。サンプル数が少ないため単純な比較はできないが、「開示あり・検討中」では SC 内植林が多く、逆に「開示予定なし」では SC 外植林が多い結果となった。

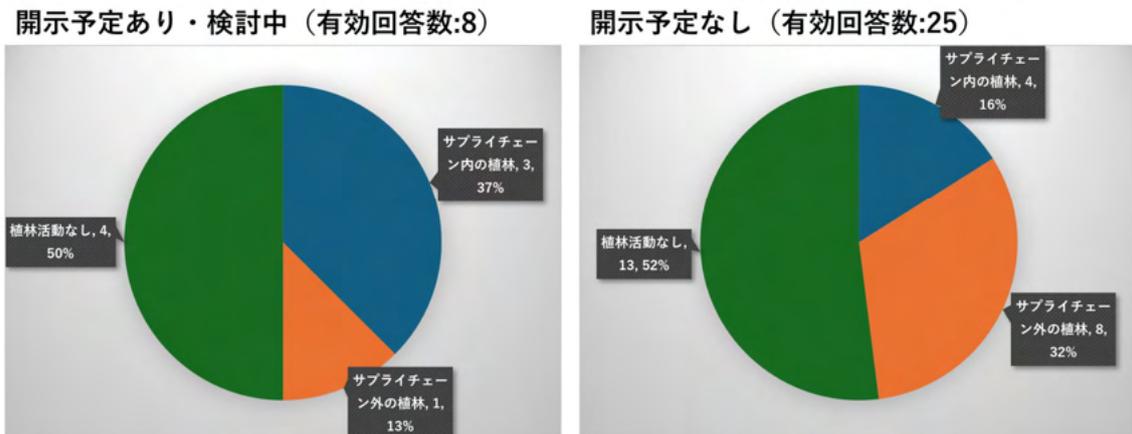


図 6-14 開示予定の有無と植林実施のクロス集計

さらに、TNFD レポートの開示に取り組む上で課題と感じていることについて、複数回答を認める形で問うた。「サプライチェーンの分析」(9 件)、「自然環境へのプラスの活動の評価」(8 件)が多くの票を集めたが、これらは本年度セミナーのテーマとも合致するものである。

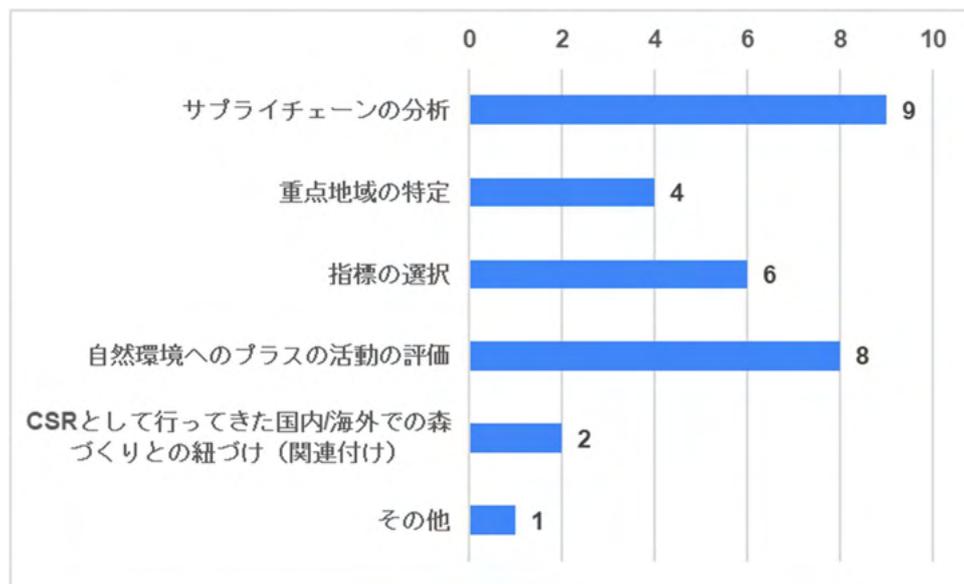


図 6-15 TNFD レポート取り組み上の課題

(6) 植林活動の成果として重視・期待するもの

森林づくり活動の成果を可視化するための手法を開発する際に、具体的にどのような成果への貢献が重視・期待されているのかを把握することが重要である。そこで、「炭素クレジットとしての資産化」「二酸化炭素吸収量の可視化(炭素クレジットとしての資産化を目的としない)」「生物多様性への貢献」「地域住民の暮らしの向上」「森林由来の製品の調達」の 5 つの観点それぞれについて、「とても重視する」～「対象外」の 5 段階評価を得た。また、企業の問題意識を把握する目的で、参加者全体を対象とした集計のほか、企業のみを抽出した集計も行った。

全体では「とても重視する」の回答数では「地域住民の暮らしの向上」(29 件)が過半数を獲得したが、これは昨年度のセミナーアンケートとも同様の結果であった。また、「炭素クレジットとしての資産化」を「とても重視する」と回答したのは 75%が企業であった一方、そのほかの選択肢については企業とそれ以外でほとんど同数だった。「とても重視する」と「それなりに重視する」を合わせた数では、特定の企業が対象となることが想定される「森林由来の製品の調達」が計 28 件と最も少なく、次いで手続きなどが複雑で時間のかかる「炭素クレジットとしての資産化」が計 33 件と少なかった。

企業のみを抽出した集計では、「炭素クレジットとしての資産化」「クレジットとしての資産家を目的としない二酸化炭素吸収量の可視化」については「それほど重視しない」「対象外」とする回答があった一方で、生物多様性や住民生活に関してはこうした評価はなかった。企業のみを抽出した集計については、6.2.2(7)及び 6.2.2(8)でさらに細かく検討する。

なお、「その他」の重視・期待するものとして以下のような回答があった。

- 活動の費用対効果
- 地域住民ではなく外部から当該の植林地を訪れる利用者や周辺市民の便益

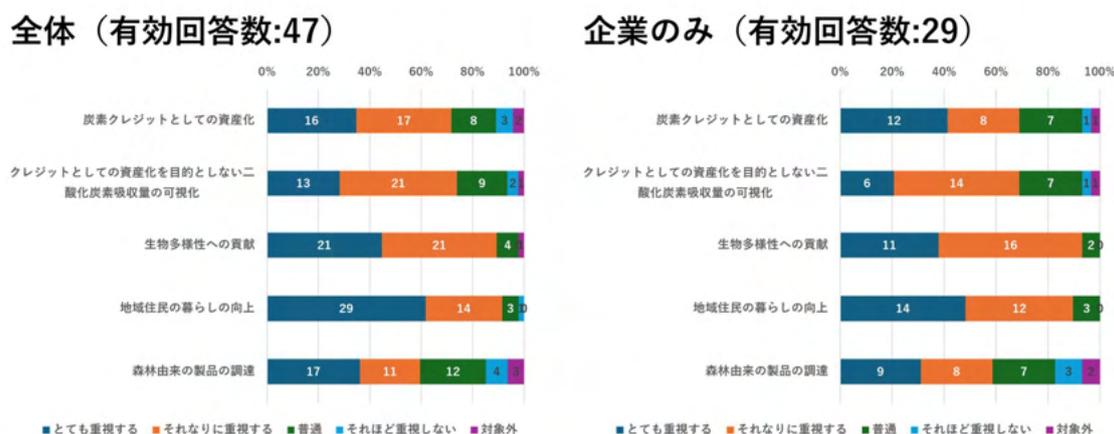


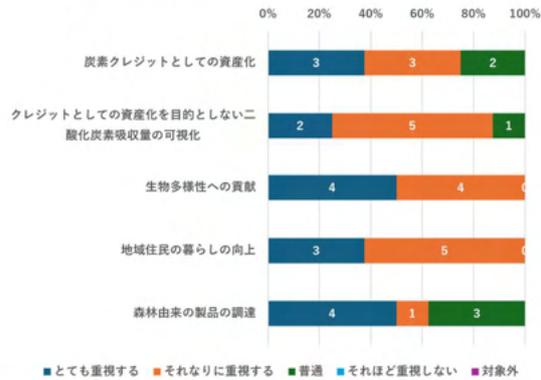
図 6-16 植林活動の成果として重視・期待するもの

(7) クロス集計: TNFD レポート開示予定 × 成果として重視・期待するもの

TNFD レポートの開示を検討している企業は、自社の企業活動並びに植林活動においても、その影響を可視化することに高い関心を抱いていることが予想される。そこで、TNFD レポート開示を検討する企業とそうでない企業において、問題意識に差があるのかどうかを把握するため、企業参加者を対象に、TNFD レポート開示予定の有無と成果として重視・期待するものの 2 つの要件でクロス集計を行った結果を図 6-17 に示す。なお、これらには「植林の実施状況」について「実施していない」と回答した企業を含んでいる。

「開示予定あり・検討中」では「生物多様性への貢献」及び「地域住民の暮らしの向上」について「普通」以下の回答が 0 件だった他、炭素クレジットとしての資産化如何に関わらず全般に「開示予定なし」に比べて炭素関連も重要度・期待度が高く評価されていた。また、「開示予定あり・検討中」では「それほど重視しない」「対象外」を選択した回答が見られなかった。

開示予定あり・検討中



開示予定なし

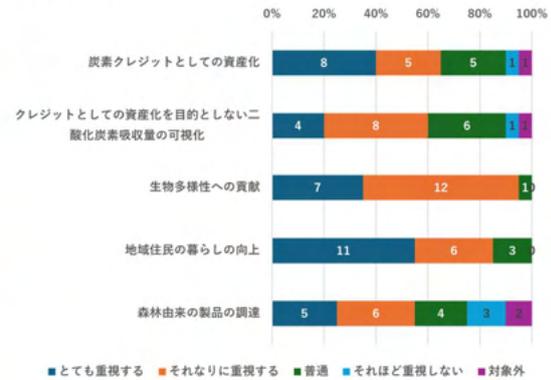


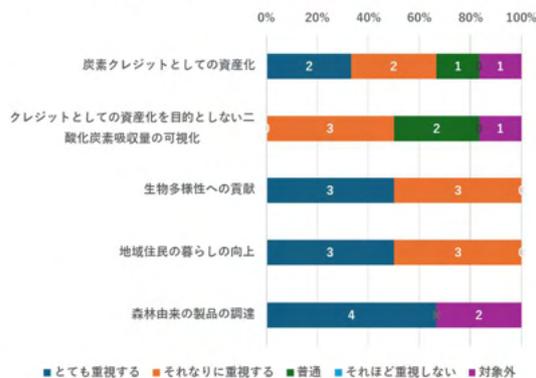
図 6-17 TNFD レポート開示予定の有無と成果として重視・期待するもののクロス集計

(8) クロス集計: SC 内/外 × 成果として重視・期待するもの

6.2.2(4)において、企業の植林活動が SC 内/外のどちらであるかを特定した。自社の SC 内で植林を実施しているか否かによって、国際枠組み上の取り扱いに差が生じたり、成果として重視・期待するものにも違いがあることが予想される。さらに、より広く途上国の森づくり活動を推進していくためには、SC 外で植林を行う企業の参画が不可欠であるため、SC 外で植林を実施する企業が重視・期待するものを把握することは重要である。そのため、植林の様態(SC内/外)と成果として重視・期待するもののクロス集計を行った。

SC 内植林では、いくつかの項目で「対象外」とする回答があったが、これは SC 内植林が特定の目的をもって実施されているために、その利用目的にそぐわない事項を対象外としているものと予想される。また、SC 外植林ではクレジット化如何によらず炭素に関する成果の可視化を重要視・期待していることがわかった。

SC内の植林



SC外の植林

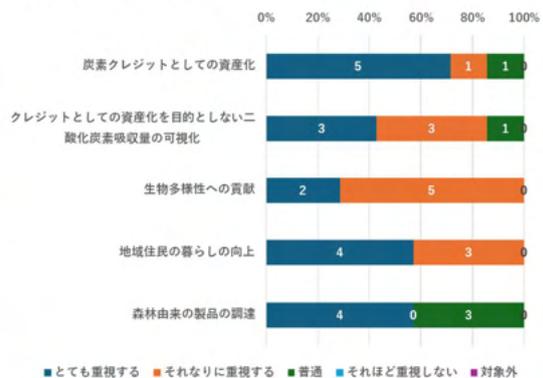
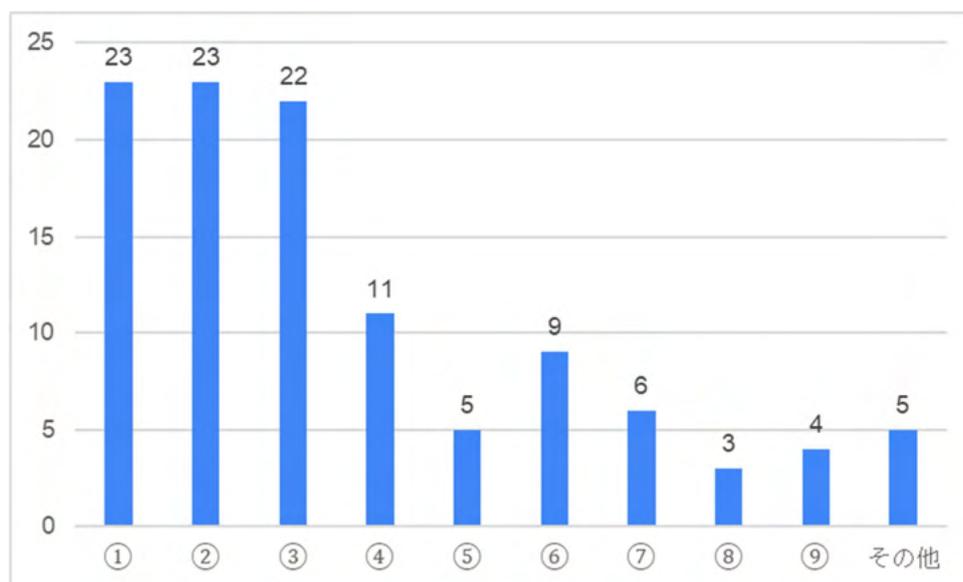


図 6-18 SC 内/外と成果として重視・期待するもののクロス集計

(9) 植林活動の実施に関する課題

途上国での森林づくり活動を実施・計画する際の課題や障壁について、複数回答を認める形で問うた。コストや時間がかかることや成果がみえにくいことが多く指摘されたが、両者をまとめると、現状ではコストに見合った成果が可視化できていないということになり、植林以外の活動とも比較可能なような貢献度の可視化手法が求められる。また、「植林に関しての知識・人材が不足」についても 22 件(47.8%)と一定以上の回答を集めた。企業のサステナビリティ活動などの担当者が必ずしも森林に関する専門知識を有しているとは限らず、むしろ専門外であることの方が多いことが予想される。本事業を始めとして、民間企業の植林活動を促進する事業をさらに推進することの重要性が示唆されたほか、前節にて報告した普及ツールやそのヘルプデスク、セミナーなどをさらに活用することで、利用可能なツールの情報を提供したり、植林活動に関するアウトソーシングや NGO などの実施団体とのマッチングなどを担っていくことが求められる。



①	植林活動の成果が見えにくい
②	植林活動はコストと時間がかかる
③	植林に関しての知識・人材が不足
④	植林を実施する現地パートナーがない
⑤	自団体の目指す ESG や SDGs に関する活動成果として成立しにくい
⑥	TCFD や TNFD 等の国際的・第三者的枠組みとの整合性がとりづらい
⑦	自社の事業活動と結びつけにくい
⑧	国内での活動を重視している
⑨	特になし

図 6-19 「途上国での植林活動」の実施に関する課題

(10) 課題の解決にむけて日本政府や JIFPRO への要望

上述した課題の解決に向けて日本政府や JIFPRO、本事業へ要望することなどを自由記述式で

問うたところ、下記のような回答が得られた。

- 今回のような時機を捉えたセミナーを継続的に開催してほしい
- 森づくりワークスのような情報提供サイト
- 事業としてみた際の費用便益分析や自己資本内部収益率などの算出
- 土壌の面からアプローチするセミナーを開催してほしい