

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4年度報告書

令和5年3月

公益財団法人 国際緑化推進センター(JIFPRO)

目次

要約	1
Summary	3
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 植林による CO ₂ 吸収量算定方法の分析 -VCS 植林の事例を中心に-	10
2.1 目的・方法	10
2.2 結果	12
2.3 吸収量の簡易な算定（可視化）に向けて	22
2.4 参考文献	23
3 住民および生物多様性の便益を可視化する手法の分析	24
3.1 はじめに	24
3.2 社会・環境セーフガードに対する国際的なイニシアチブ	25
3.3 CCBS のプロジェクト評価基準（SBIA マニュアルを中心に）	29
3.4 CCBS のプロジェクト事例分析	36
3.5 CCBS のプロジェクト事例における便益評価のためのモニタリング手法	46
3.6 まとめ	52
3.7 参考文献	53
4 ケニア半乾燥地における長根苗植林の貢献度可視化	54
4.1 ケニアにおける森づくり貢献度可視化の現状・ポテンシャル	54
4.2 実証試験の目的、対象地及び進め方	60
4.3 実証試験の方法と結果	62
4.4 検討した可視化手法のコスト試算	79
4.5 対象国における検討した可視化手法の普及説明会	80
4.6 実証試験の総括	81
4.7 参考文献	82
5 モンゴル乾燥地における低木植林の貢献度可視化検証業務	83
5.1 対象国における森づくり貢献度可視化の現状・ポテンシャル	83
5.2 対象地の概況	88
5.3 調査の目的及び進め方	90
5.4 可視化指標の実証調査方法と結果	94
5.5 検討した可視化手法のコスト試算	109
5.6 対象国における検討した可視化手法の普及説明会	109
5.7 実証調査の総括と今後の展開	110
5.8 参考文献	111
6 普及ツール等による情報発信	113

6.1	情報集積サイトの構築.....	113
6.2	一般公開セミナー（ウェビナー形式）開催.....	117
7	委員会での検討結果.....	124
7.1	第1回委員会.....	124
7.2	第2回委員会.....	131
7.3	第3回委員会.....	140
8	添付資料	148
8.1	第1回 事業運営委員会 資料.....	148
8.2	第2回 事業運営委員会 資料.....	169
8.3	第3回 事業運営委員会 資料.....	186
8.5	技術検討委員会 会議次第.....	209
8.7	一般公開セミナー 公開資料.....	212

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℃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。

これまでも、日本を含む世界の民間企業等は、途上国において植林活動を実施してきた。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、森づくり活動)を推進する機運が高まってきた。それにともない、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となっている。

そこで本事業では、自社の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、12 月、3 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 4 年度は、炭素ストック、生物多様性、住民便益といった評価項目について、国際的なボランティアカーボンクレジットプログラムのひとつである VCS および生物多様性の保全と住民便益の確保を重視した CCBS のマニュアルやプロジェクト事例を中心に整理・分析した。

また、既存の文献や事例を基に試案した森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、実際の森づくり活動対象地での実証試験を行った。令和 4 年度に行った実証試験は、以下の 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。

実証試験名	対象国	実施体制	対象の植林地	可視化の対象
ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化	ケニア(半乾燥地)	JIFPRO とコマツの共同で実施	・本試験で新たにモデル林を造成 ・モデル林周辺の既存植林地で、可視化手法を検討	・苗木活着 ・住民便益(燃材供給) ・炭素ストック
モンゴル乾燥地における低木植林の貢献度可視化	モンゴル(乾燥地)	JIFPRO からアジア航測に委託	既存の植林地を対象	・炭素ストック ・住民便益(果実採取の収益性)

3. 普及ツール等による情報発信

令和 4 年度は、民間企業が途上国で森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 2 の成果等に関する情報を提供するセミナーを 3 月 8 日に開催した。セミナーでは、民間企業による植林活動や、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 135 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。

Summary

At the 26th session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP26) in November 2021, the Glasgow Climate Accord was adopted, which states that efforts to limit temperature increase within 1.5°C will be pursued in order to achieve the goals set forth in the Paris Agreement. In order to achieve this goal and achieve carbon neutrality, in addition to reducing CO₂ emissions from deforestation, the CO₂ absorption function (carbon fixation) of afforestation is expected to play an important role. In order to promote afforestation activities worldwide, especially in developing countries with high potential for afforestation, public funds from governments and other organizations are not sufficient, and it is necessary to utilize private funds.

Private companies from around the world, including Japan, have been conducting afforestation activities in developing countries. However, "environmental afforestation" for the purpose of nature conservation has been until now limited to act of donations or part of CSR activities, and the main focus has been just on "planting," with little concern for the evaluation of its contribution to the post-afforestation carbon stocks and biodiversity. In recent years, "nature-based solutions" (NbS) have begun to attract attention as to be necessary for sustainable development at the global level, taking into account climate change mitigation and adaptation as well as biodiversity protection. On this context, the protection, restoration, and sustainable management of forests are urgently needed worldwide. Under these circumstances, the importance of investments that consider environmental and social aspects and governance (ESG investment) has been recognized, and there has been growing momentum to promote afforestation activities that emphasize environmental and social contributions (hereafter, "af/reforestation activities"), even in the places where it is difficult to generate profit as a business. Accordingly, it has become an important issue for private companies to not only "plant" but also to visualize their environmental and social contributions and to appeal to the investors and consumers.

In order to promote various af/reforestation activities in developing countries by private companies, we examined methodologies to visualize the environmental and social contribution at a lower cost and in a simpler manner than the application to international voluntary carbon crediting program, which could be an incentive to improve social reputation of the company and attract ESG investment. In developing the methodology, we collected and analyzed existing information and case studies, modified the criteria and indicators to evaluate the level of contribution through demonstration tests targeting actual af/reforestation activities, and examined appropriate methods for measuring and evaluating these indicators. In addition, the results of the project were publicized through construction of information aggregation website and a public seminar held to promote af/reforestation activities.

1. Establishment of a project committee

A Project committee consisting of six experts with knowledge of climate change, afforestation and forest management activities, international forestry cooperation, private sector forest conservation efforts in developing countries, and ESG investment was established to discuss policies, plans, implementation methods, and compilation of results for the project. The committee was held a total of three times in June, December, and March.

2. Development of methodologies for visualizing the contribution of afforestation activities

In FY2022, Existing visualization methods for the contribution of afforestation activities were collected and organized for items and indicators to evaluate the environmental and social contribution of af/reforestation activities in developing countries, as well as the levels to be achieved (reference values) and appropriate methods to measure (monitor) and judge these indicators.

We organized and analyzed evaluation items such as carbon stocks, biodiversity, and benefits to residents, focusing on manuals and project examples of VCS, an international voluntary carbon credit program, and CCBS, which focuses on biodiversity conservation and ensuring benefits to residents.

In addition, we conducted a demonstration test at an actual site where af/reforestation activities were conducted in order to demonstrate whether the visualization method for contribution of af/reforestation activities, which we proposed based on existing literature and case studies, is applicable to developing countries.

The following two demonstration tests were conducted in FY2022. The visualization methods examined and developed in the demonstration tests were finalized and summarized in a report after receiving technical advice from a technical review committee consisting of four outside experts, in addition to the aforementioned project steering committee.

Title of demonstration activity	Country	Implement organization	Target afforested area	Target of visialization
Visualization of contribution of long-rooted seedling plantations using ICT solutions in semi-arid Kenya	Kenya	JIFPRO and KOMATSU	•New model forests were created in the main study. •Investigate visualization methods in existing plantations around the model forest	•Survival of planted seedling •Social benefi (Supply of fuel wood) •Carbon stock
Visualization of Contribution of Shrub Plantation in Arid Land of Mongolia	Mongolia	Asian Air Survey	existing plantations	•Cabon stock •Social benefi (Profitabiliy of fruit of shurb)

3. Promoting results of the project through dissemination tools

In FY2022, we established the "Developing Country afforestation Works: From just planting to Visualization," an information-gathering website that provides useful information for private companies considering afforestation activities in developing countries, results of demonstration tests conducted under this project, and other information.

In addition, a seminar was held on March 8 to provide information on the results of the 2 demonstration activities mentioned above to NGOs, private companies, aid agencies, and others interested in afforestation activities in developing countries. The seminar introduced af/reforestation activities by private companies and the visualization method studied in this project. The number of participants in the workshop was 135.

4. Reporting

This report has been prepared. This report will be published on the websites of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) and the website developed by the project.

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。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。

これまでも、日本を含む世界の民間企業等は、途上国において植林活動を実施してきた。しかし、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。自然保護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グローバル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、森づくり活動)を推進する機運が高まってきた。それにともない、民間企業等にとって、「①サプライチェーン内の森づくり活動」のみならず、「②サプライチェーン外の森づくり活動」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重要な課題となっている。

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.

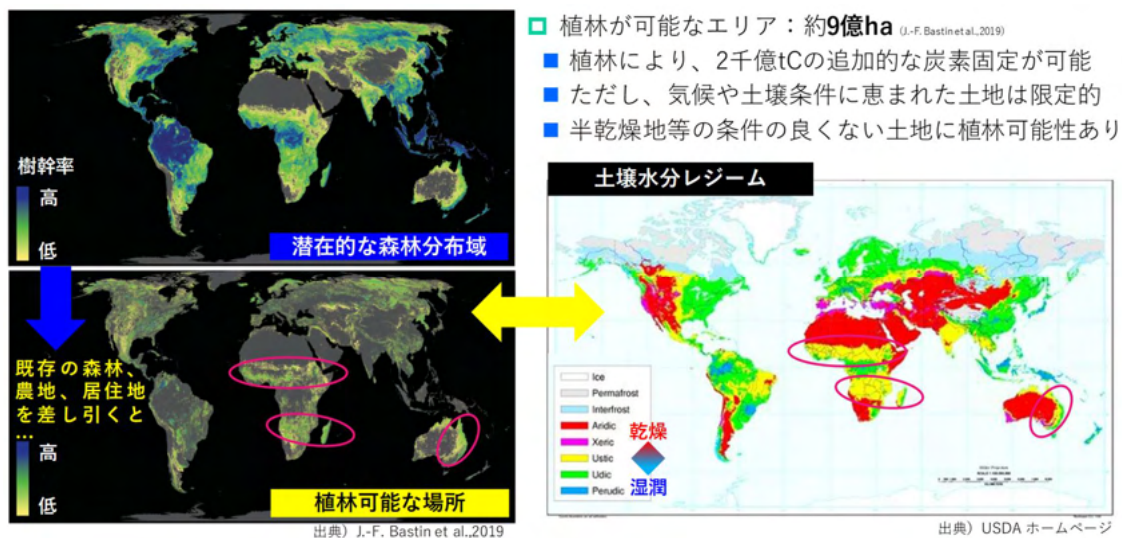


図 1-1 世界の植林可能な場所と土壌水分条件(出所: Bastin et al.(2019)等を基に作成)

森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を認証する制度等が存在する。しかし、それら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、ボランティアカーボンクレジットプログラムで最もクレジットが流通している、Verified Carbon Standard (VCS) 下の植林 (ARR) プロジェクトの 95% は 100ha 以上の植林を実施しており、ある程度面積が大きくないと、コストに対して、得られるクレジットが少なく成立しづらいことが予想される。そもそも、炭素クレジット等はあくまで、流通(売買・転売)可能にするためのものであり、自社の森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、企業によっては、途上国で 100ha 規模の森づくりを行うのは、ハードルが高いかもしれない。森づくり貢献度可視化は、実際に森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。

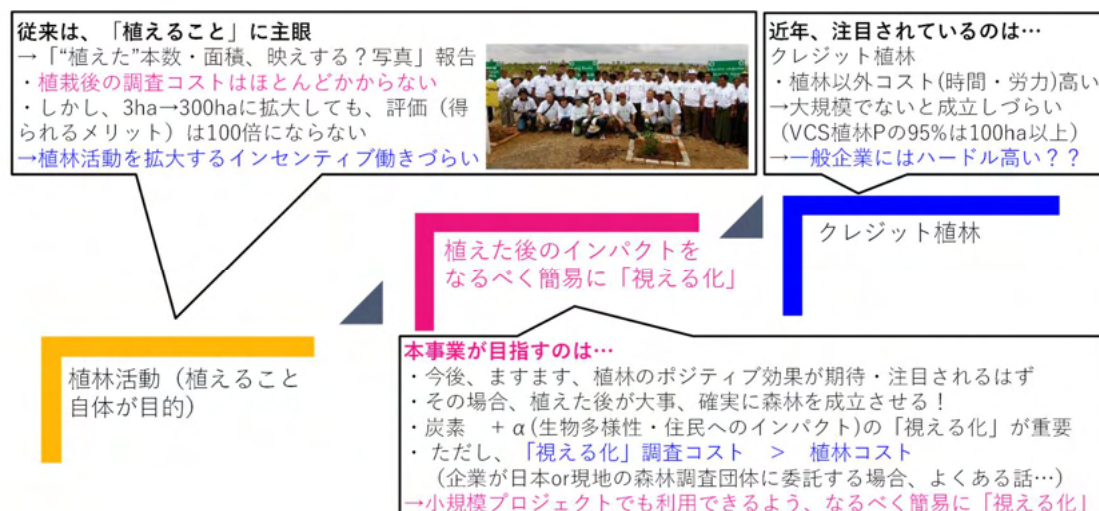


図 1-2 本事業の目的

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)。今年度はコロナ感染症拡大防止のためオンラインとの併用で 3 回開催した。委員会での検討結果は第 7 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)
鈴木 圭	日本森林技術協会 シニアコーディネーター	植林・森林経営(リモセン)
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 4 年度は、炭素ストック、生物多様性、住民便

益といった評価項目について、国際的なボランタリーカーボンクレジットプログラムのひとつである VCS および生物多様性の保全と住民便益の確保を重視した CCBS のマニュアルやプロジェクト事例を中心に整理・分析した。その詳細については、第 2 章(炭素ストック)と第 3 章(生物多様性、住民便益)に記した。

また、既存の文献や事例を基に試案した森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、実際の森づくり活動対象地での実証試験を行った。令和 4 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 4 章と第 5 章に記した。

表 1-2 令和 4 年度に実施した 2 つの実証試験

実証試験名	対象国	実施体制	対象の植林地	可視化の対象
ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化	ケニア(半乾燥地)	JIFPRO とコマツの共同で実施	・本試験で新たにモデル林を造成 ・モデル林周辺の既存植林地で、可視化手法を検討	・苗木活着 ・住民便益(燃材供給) ・炭素ストック
モンゴル乾燥地における低木植林の貢献度可視化検証	モンゴル(乾燥地)	JIFPRO からアジア航測に委託	既存の植林地を対象	・炭素ストック ・住民便益(果実採取の収益性)

1.2.3 普及ツール等による情報発信

令和 4 年度は、民間企業が途上国で森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 2) の成果等に関する情報を提供するセミナーを 3 月 8 日に開催した。セミナーでは、民間企業による植林活動や、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 135 名であった。

それらについては、第 6 章に記した。セミナーの資料は第 6 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 植林による CO₂ 吸収量算定方法の分析 -VCS 植林の事例を中心に-

国際緑化推進センター(JIFPRO) 柴崎 一樹、仲摩 栄一郎、田中 浩

2.1 目的・方法

本章では、気候変動の緩和策の一つである植林による CO₂ 吸収量(以下、「吸収量」と略称)を可視化する手法について既存の枠組み、制度、プログラム及び事例を整理・分析した。

吸収量を評価する既存の枠組みは表 2-1 の通り整理される。企業による植林活動による吸収量を可視化するにあたって、まず参考になるものとしては、企業単位で事業活動によって発生する排出量の削減を目指す国際イニシアティブである SBT (Science based target) 等が準拠する GHG プロトコルが挙げられる。ただし、同プロトコルの土地利用 (FLAG) 分野の吸収量の算定方法を示したガイダンスは、2022 年 9 月にドラフトが公表されたばかりで、まだその方法論に沿って吸収量を推定したプロジェクト・事例がないのが現状である。次に、プロジェクトベースで行われる、CDM、J-クレジット、ボランタリーカーボンクレジットプログラムといった枠組みは、参考になり得るが、こちらはプロジェクト事例が既に企業や NGO により多数実施されている。

表 2-1 植林による吸収量を評価するための既存の枠組み

規模	全世界 (全球)	国別報告	プロジェクト(炭素クレジット制度)				企業バウンダリー
枠組	-	国連管理	国連管理	二国間	国内制度	民間主導	民間主導
対象	IPCC が使用するグローバル規模のモデル	UNFCCC 国別 GHG インベントリ報告、京都議定書(KP)報告: (LULUCF) 途上国 REDD+	CDM 新規植林/ 再植林 (A/R)	二国間クレジット (JCM) (日本) (REDD+、 A/R)等	J-クレジット (日本) (A/R,FM) ACCU (豪州)等 (KP 準拠)	ボランタリー カーボンクレジットプログラム (VCS、 Gold Standard 等)	科学に基づく目標(SBT)認定等
評価手法	推定モデル (Bookkeeping Models, Dynamic Global Vegetation Models 等)	・IPCC ガイドライン ・REDD+スタンダード方法論 (推定モデル (Tier3)含む)	CDM 承認方法論 (A/R)	JCM 承認方法論 (REDD+、 A/R)	各承認方法論	各承認方法論 (ARR については、CDM 承認方法論も 使用可)	GHG プロトコル: 森林・土地及び農業 (FLAG) 等
データ・パラメータ	地上調査 リモセン	地上調査 リモセン 規定値	地上調査 リモセン 規定値	地上調査 リモセン 規定値	地上調査 リモセン 規定値	地上調査 リモセン 規定値	開発、試 行中

これらの中でも、特に、ボランタリーカーボンクレジットプログラムでは、近年、急速に植林をはじめとした自然由来のクレジットの償却(流通)量が増えている(図 2-1 参照)。

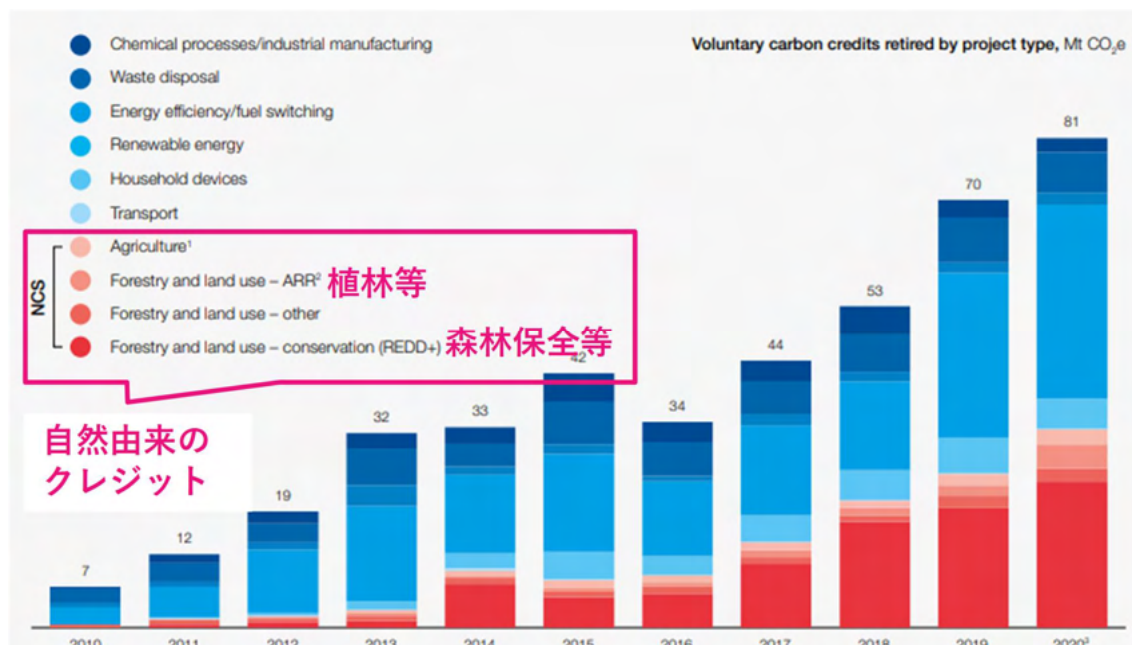


図 2-1 ボランタリーカーボンクレジットプログラム下のプロジェクトタイプごとの炭素クレジット償却量 (American Carbon Registry, Climate Action Reserve, Gold Standard, Plan Vivo, Verified Carbon Standard の合計) (出所: WEF (2021) Consultation: Nature and Net Zero)

ボランタリーカーボンクレジットプログラムのうち、民間団体の VERRA が管轄する Verified Carbon Standard (VCS) は、CCBS (Climate, Community & Biodiversity Standards)¹ とのダブル認証をしたものも加えると、クレジット流通量全体の半分以上を占めている(図 2-2)。したがって VCS は、国際的に一番知名度が高く、参考になるプロジェクト事例も多いボランタリーカーボンクレジットプログラムといえる。また、VCS は ICROA (International Carbon Reduction & offset Alliance)² が定めるクレジットの品質保証のための国際基準を満たしており、国際航空業界におけるカーボン・オフセットの枠組みである CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) でもオフセット可能なクレジットとして認められている。このため、VCS に登録された植林プロジェクトの吸収量算定方法と同様の手法を用いて吸収量を測定(可視化)すれば、クレジット化(審査・認証・検証)までしなくてもある程度の信頼性が担保されると考えられる。

そこで、本調査では、VCS に登録されている植林 (Afforestation, Reforestation, and Revegetation: ARR) プロジェクトの事例に着目し、どのような規模の面積で、どのような場所に植林がなされ、どのように吸収量が測定(可視化)されているのかを、実際にプロジェクト実施者が VCS に提出した Project description (PD) や Monitoring report (MR) を基に整理・分析した。

¹ CCBS も VCS も VERRA により認証されるスタンダード。CCBS の詳細については、第 3 章を参考

² IETA ((International Emissions Trading Association) 内に設置されたクレジット活用を促進する機関で、クレジットの品質基準を定めている。



図 2-2 2016 年におけるボランタリーカーボンクレジットプログラム別のクレジット流通
(出所: WEF (2021) Consultation: Nature and Net Zero)

2.2 結果

2.2.1 VCS 植林による吸収量のクレジット認証までの流れ

VERRA の VCS 植林による吸収量のクレジット認証は、図 2-3 のようなプロセスで行われる。まず、プロジェクト実施者は、PD を VERRA 事務局に提出し登録申請を行い、第 3 者機関による有効化審査 (Validation) を受ける。その審査に通ると、プロジェクトが正式に登録される。その後、プロジェクト実施者は、約 5 年毎に植林地のモニタリングを行い、吸収量とその算定方法を記載した Monitoring report (MR) を提出し、第 3 者機関による検証 (Verification) を受ける。その検証の結果、適切に吸収量が算定されていると認められれば、クレジットが発行される。

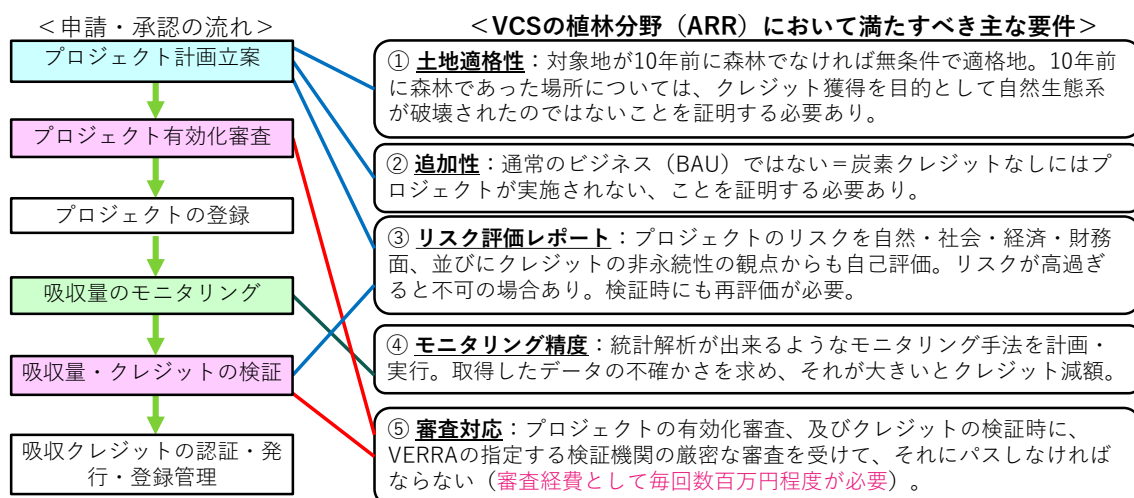


図 2-3 VCS 植林による吸収量のクレジット認証までの流れ

2.2.2 VCS 植林のプロジェクト規模

2023 年 3 月 7 日時点における VCS に登録(Validation 済み)された植林プロジェクト(ARR のみ)の数は、全部で 147 あり、REDD の 116 よりも多い(表 2-2)。VCS の植林プロジェクトには、小規模植林と大規模植林の 2 つのタイプが存在する。小規模植林と大規模植林の分類基準は、面積ではなく、年間平均吸収量が基準とされており、年間平均吸収量が 16,000t CO₂/年以下のプロジェクトは、大規模植林よりも簡易な小規模植林用の方法論を使うことができるとされている³。プロジェクト登録数を見ると、小規模植林プロジェクトの登録数が 29 であるのに対して、大規模植林の登録数は 118 と大幅に多い。ただし、植林活動に加えて REDD 活動等も含む植林混合型プロジェクトは除く。

表 2-2 VCS の土地利用セクターのプロジェクト数
(2023 年 3 月 7 日時点で登録(Validation)済みのプロジェクトがカウント対象)

	プロジェクト数
土地利用セクター全体	448
植林(ARR)単独型	147
小規模植林用の方法論を適用したプロジェクト	29
大規模植林用の方法論を適用したプロジェクト	118
植林(ARR)混合型(+αでREDD, 森林施業改善(IFM)、農地管理(ALM))を含む	18
小規模植林用の方法論を適用したプロジェクト	0
大規模植林用の方法論を適用したプロジェクト	18
REDD(+αで森林施業改善(IFM)、農地管理(ALM)も含む)	116
森林施業改善(IFMのみ)	49
それ以外(農地(ALM)・草地(ACoGS)・湿地(WRC)管理)	118

小規模植林と大規模植林のプロジェクト面積は図 2-4 の通りである。小規模植林プロジェクトは面積が 100~999ha のものが多いが、大規模植林プロジェクトでは面積が 1,000~9,999ha のものが多い。また、小規模、大規模にかかわらず、90%以上のプロジェクトが 100ha 以上の面積を対象としている。VCS の有効化審査やクレジットの検証には、第 3 者認証機関による審査を受けることになるが、その審査費用は、プロジェクト実施者が負担するものである。プロジェクト面積が小さくても審査費用はある程度かかることを考慮すると、少なくとも 100ha 以上の面積がないと、クレジットによる収益でその審査費用が賄えず、プロジェクトが成立しづらいと考えられる。

3 VCS 植林(ARR)プロジェクトは、CDM 植林の方法論を使用して良いこととされており、ほぼ全ての VCS 植林プロジェクトは、CDM 植林の方法論を用いて吸収量を算定している。小規模植林用の CDM 方法論は、過去には AR-AMS0001、AR-AMS0002、AR-AMS0004、AR-AMS0005、AR-AMS0006 が使用されていたが、2014 年にそれらが統合され簡潔化された AR-AMS0007(Simplified baseline and monitoring methodology for small scale CDM afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands)が策定されてからは、湿地以外の全ての小規模植林は AR-AMS0007 の方法論に沿うことになっている。AR-AMS0007 は以下の UNFCCC の URL からダウンロード可能。
<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/J6ZHLX1C3AEMSZ52PWIII6D2AOJZUB>

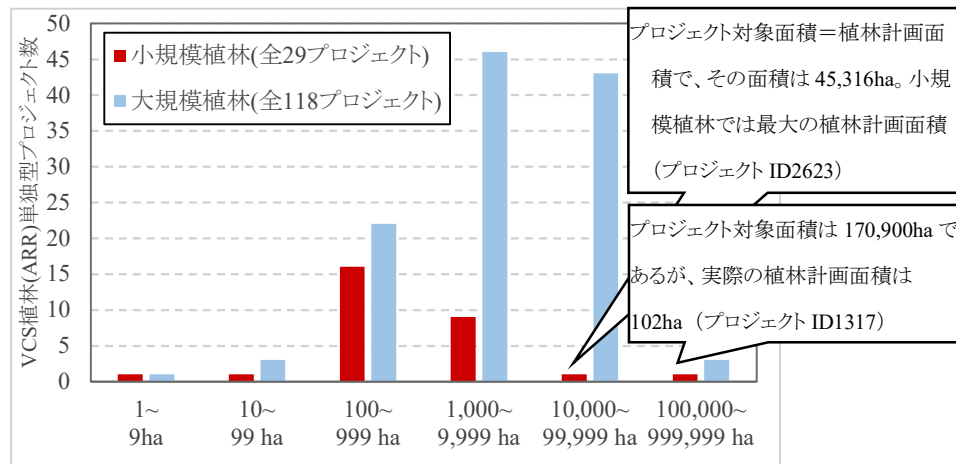


図 2-4 VCS 植林(単独型)プロジェクトの対象面積の分布(注: Project Description に記載されたプロジェクト対象面積であり、プロジェクト対象面積>実際の植林面積のプロジェクトも混在)

さらに、小規模植林と大規模植林のプロジェクト面積を詳細にみると、小規模植林プロジェクトの平均面積は 1,332ha であり、1,000ha 以下が半分以上を占めている。それに対して、大規模植林プロジェクトの平均面積は 17,932ha であり、5,000ha 以下が半分以上を占めていた(図 2-5)。

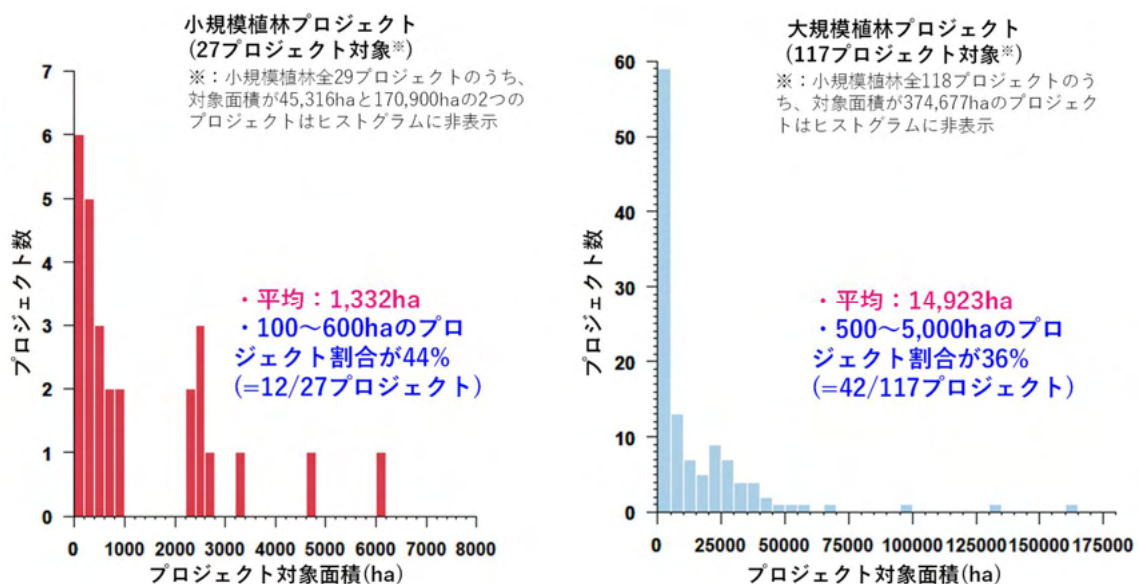


図 2-5 の小規模と大規模植林別の VCS 植林(単独型)プロジェクトの対象面積の分布(注: Project description に記載されたプロジェクト対象面積であり、プロジェクト対象面積>実際の植林面積のプロジェクトも混在)

2.2.3 VCS 小規模植林の植林形態

VCS 植林は、表 2-2 に示した通り、大規模植林が 118 プロジェクトあるのに対して、小規模植林は 22 プロジェクトと少なく、前者の方が主流であるといえる。VCS の場合、プロジェクト事業者は、ク

クレジットの創出が主目的であり、たとえ小規模植林に比べて吸収量の算定方法が複雑であっても、大規模で植林したほうが効率的に大量のクレジットを創出できるからだと考えられる。

一方で、一般企業が、クレジット創出以外の目的で植林活動を実施し、その吸収量を可視化するにあたっては、前述の通り、VCS 小規模植林の方が、大規模植林よりも簡易な方法論が適用されることに加え、面積スケールのにも小さいため参照しやすいといえるだろう。そこで、本調査では VCS 小規模植林について、さらに詳細に分析することとした。

VCS 小規模植林プロジェクトの面積分布は図 2-4 や図 2-5 の通りであるが、実際の植林は単一の区画で行われているものはほとんどなく、複数の離れた植林区画を 1 つのプロジェクトとして構成している。登録された小規模植林プロジェクト 29 のうち、①私有地や政府所管地での植林は 7 プロジェクトだけで、②小規模農家の農地での植林が 22 プロジェクトと主流であった(表 2-3)。なお、住民便益を評価する CCB 認証を取得していないプロジェクトでも、②の形態の植林が行われているプロジェクトが 6 個あった。また、住民便益や吸収量の観点から、重要な要素であるプロジェクト期間中の伐採計画の有無については、小規模植林プロジェクト全体では、伐採を計画しているプロジェクトが 12 個なのに対して、伐採を計画していないプロジェクトは 17 個と若干多い傾向がみられた⁴。

表 2-3 VCS 小規模植林全 29 プロジェクトの分類

(注:()内は VCS 小規模植林プロジェクト数のうち後述の AR-AMS0007 採用のプロジェクト数)

植林タイプ	CCB 認証 の有無	伐採計画 あり	伐採計画 なし	合計	
①私有地又は政府所管地での植林(目安として、 2ha 以上の植林区画が 100 区未満存在)	VCS のみ	4(2)	0	4	7
	VCS+CCB	1	2(1)	3	
②小規模農家の農地での植林(目安として、2ha 未 満のアグロフォレストリ的な植林区画が 100 区以上)	VCS のみ	5(4)	1	6	22
	VCS+CCB	2(1)	14(2)	16	
合計		12	17	29	

2.2.4 VCS 小規模植林プロジェクトの簡易な吸収量の算定方法

表 2-3 で整理した VCS 小規模植林 29 プロジェクトのうち、近年(2017 年以降)申請した 10 プロジェクトは、全て CDM 植林の簡易方法論 AR-AMS0007 に沿って吸収量を算定していた。AR-AMS0007 は、湿地以外に適用でき汎用性が高く、かつシンプルな方法論であり、その方法論を採用しているプロジェクトは VCS 植林プロジェクトの中でも最も簡便に吸収量を算定し、クレジット認証を得ているといえる。そこで、本調査では、この最も簡便な方法論である AR-AMS0007 を採用している VCS 小規模植林 10 プロジェクトを対象として、吸収量(炭素固定量)の可視化方法を、前述の「①私有地や政府所管地での植林」と「②小規模農家の農地での植林」の観点も踏まえて

⁴ ②小規模農家の農地での植林かつ CCB 認証済みでも、伐採を想定していないプロジェクトが 14 個も存在しており、これらのプロジェクトにおいて、住民便益がどう担保しているかは、本事業のテーマの一つである住民便益の可視化にあたって、重要な点であるが、来年度以降に分析することとする(本章は吸収量の可視化がテーマのため)。

個々に分析した⁵。

(1) AR-AMS0007 を採用した VCS 小規模植林 10 プロジェクトの概要

AR-AMS0007 を採用した VCS 小規模植林 10 プロジェクトの概要は表 2-4 の通りである。①私有地又は政府所管地での植林は 3 プロジェクト、②小規模農家の農地での植林(アグロフォレストリ)は7プロジェクトで、どちらも CCB 取得や伐採を計画しているプロジェクトが含まれていた。なお、プロジェクト実施者である The PURE PROJECT SAS (Pur Projet) や Clean Air Action Corporation は、それぞれ別の国で複数のプロジェクトを実施していた(この 2 社は他にも VCS 植林を数多く実施している)。

表 2-4 AR-AMS0007 を採用した VCS 小規模植林 10 プロジェクトの概要
(各プロジェクトの PD を基に作成)

植林タイプ	ID	プロジェクト名	国	プロジェクト実施者	期間(年)	CCB	伐採計画
①私有地又は政府所管地での植林	1317	Pratigi 環境保護区での再植林プロジェクト	ブラジル	Land Conservation Organization	100	取得	なし
	1339	Renencom 新規・再植林プロジェクト	南アフリカ	Renencom	20	なし	あり
	1397	ペルー北の放牧地における再植林—PRODICOM プロジェクト	ペルー	複数	35	なし	あり
②小規模農家の農地での植林	1496	ペルーの Jubilación Segura 地区の小規模農家対象のアグロフォレストリと再植林	ペルー	Pur Projet	60	なし	あり
	1682	コロンビアコーヒーエコシステムの再生	コロンビア	The PURE PROJECT SAS	40	なし	あり
	2338	ケニア TIST 植林プログラム	ケニア	Clean Air Action Corporation	60	取得	なし
	2339	ウガンダ TIST 植林プログラム	ウガンダ		60	取得	なし
	2346	Cropcity Agrovet 社によるマホガニーを使った新規植林	インド	Cropcity Agrovet Pvt. Ltd	20	なし	あり
	2471	ウガンダ小規模農家を対象としたアグロフォレストリと再植林	ウガンダ	The PURE PROJECT SAS	35	なし	あり
	2623	ケニアにおける Komaza 社による小規模農家林業	ケニア	Komaza Group Inc.	20	取得	あり

⁵吸収量(炭素固定量)の算定方法の基本的な考え方は別添の委員会資料(8.1.5)を参照

(2) ベースライン設定とモニタリング対象となる炭素プールのモニタリング方法

VCS 植林による吸収量は、対象地において、実際にプロジェクトが植林した樹木による吸収量から、プロジェクトがなかった場合の吸収(排出)量(ベースライン)を控除することによって算定される⁶。全 10 プロジェクトがベースラインをゼロとみなす、または IPCC 等のデフォルト値を使って設定しており、ベースライン設定のために、植林地で調査を実施して、新たなデータを取得しているわけではなかった(表 2-5)。実際にプロジェクトが植林した樹木による吸収量は、地上部・地下部バイオマス、枯死木・リター、土壌の 5 つの炭素プールの炭素蓄積変化の合計によって算定される。全てのプロジェクトは、地上部バイオマス量の推定のために DBH や樹高データを実際の植林地で実測しているが、その他の炭素プールについては推定の対象外、もしくはデフォルト値を用いて推定していた。したがって、植林地の吸収量を算定するために実際に植林地で定期的に計測(モニタリング)する必要があるのは、地上部の DBH や樹高のみであることが明らかになった。

表 2-5 VCS 小規模植林 10 プロジェクトのベースラインとモニタリング対象となる炭素プール

植林タイプ	ID	国	ベースライン	地上部バイオマス	地下部バイオマス	枯死木リター	土壌				
①私有地又は政府所管地での植林	1317	ブラジル	ゼロとみなす	植栽後に定期的に実測したDBHや樹高データとアロメトリ式で推定	推定した地上部バイオマスから既存の文献などによる地下部/地上部の比から推定	推定対象外(植林による吸収量の増減はなしとみなす)	推定対象外(植林による吸収量の増減はなしとみなす)				
	1339	南アフリカ									
	1397	ペルー									
②小規模農家の農地での植林	1496	ペルー	IPCC等のデフォルト値で設定								IPCC デフォルト値
	1682	コロンビア									
	2338	ケニア	ゼロとみなす								
	2339	ウガンダ									
	2346	インド									
	2471	ウガンダ									
2623	ケニア										

(3) サンプル調査から植林地全体の吸収量へのスケールアップ方法

前述の通り、植林地の吸収量を算定するにあたって、モニタリング(定期的に実測)対象は、基本的には、DBH と樹高であるが、数万本以上の植栽木全ての DBH と樹高を計測するのは困難である。そこで、通常は、一定の面積のサンプルプロットを複数設置し、プロット内の植栽木の DBH や樹高を測定するサンプリング手法が用いられる。サンプルプロット内の DBH 等の実測データを、アロメトリ式によりバイオマス量に変換し、複数のプロットのバイオマス蓄積量の平均値を取ることで、

⁶ VCS 植林ではそのほかにもリーケージやバッファーといったものが控除されるが、企業による植林による吸収量の可視化とは直接関係ないため本章では割愛した。

単位面積当たりのバイオマス蓄積量を推定する。その値に植林した総面積を乗じることにより、植林地全体の吸収量が算定される。このプロットサンプリングにより植林地全体の吸収量を算定する手法は、VCS で使用が認められている CDM 植林の小規模及び大規模全ての方法論で適用可能である。

今回の分析対象である小規模植林 10 プロジェクトのうち、5 プロジェクト(ID1317、1339、1397、1496、1682)は、このプロットサンプリングのアプローチで植林地全体の吸収量を算定していた(表 2-6)。一方、②小規模農家の農地での植林の 7 プロジェクトのうち、3 プロジェクト(ID2338、2339、2346)は、プロット調査をせずに、全生残木数をカウントすることで、植林地全体の吸収量を算定していた。また、VCS 小規模植林全 29 プロジェクトのうち、最大規模の植林計画面積 45,316ha を有するケニアの植林プロジェクト(ID2623)は、プロット内の全立木の DBH と樹高を計測しているのではなく、サンプルした植林区画毎に 10 本程度の DBH と樹高を測定していた。ただし、この ID2623 は、全植林区画の面積は GPS で計測しているが、全生残木をカウントしていない。おそらく、ID2623 は農地での木材生産用の植林プロジェクトであるため、植栽密度が厳密に定められ、補植も確実に行われることが前提で、植栽密度と植林地の面積から全植栽本数を推定していると推察される。

表 2-6 VCS 小規模植林 10 プロジェクトの植林地の特徴とモニタリング方法

植林タイプ	ID	国	植林(計画)面積	植林区画の数	地上部データの入手方法 (5 年毎)	植林地全体の炭素評価 に必要なデータ取得
①私有地又は政府所管地での植林	1317	ブラジル	102ha	61 区(私有農地)	10m×10m プロットで樹高と DBH を測定	全植林地を GPS で計測
	1339	南アフリカ	4 ha	3 か所(社有地)	10m×10m プロットで樹高と DBH を測定	樹冠面積計測とあるが、詳細は PD に記載なし
	1397	ペルー	167 ha	30 か所(私有地)	20m×20m プロットで樹高と DBH を測定	植栽直後に 1 度だけ全植林面積を GPS で計測
②小規模農家の農地での植林	1496	ペルー	1,602 ha	1619 か所	500m ² の円形プロットで樹高と DBH を測定	植栽直後に 1 度だけ全植林面積を GPS で計測
	1682	コロンビア	2,321 ha	2,707 か所		植栽直後に 1 度だけ全植林面積を GPS で計測
	2338	ケニア	2,293 ha	6,348 か所	各階層で植林区画をサンプリングし、その区で 20 本の DBH と樹高を測定	全生残木カウント (面積を計測していない)
	2339	ウガンダ	2,414 ha	2,605 か所		
	2346	インド	129 ha	151 か所		
	2471	ウガンダ	611 ha	1,000 か所以上	PD 記載なし	PD 記載なし
	2623	ケニア	45,316 ha	10 万以上の農家	各階層で植林区画をサンプリングし、その区で 10 本の DBH と面積を測定	毎年、新しく植林する区画を GPS で計測

次に、①私有地又は政府所管地での植林と②小規模農家の農地での植林を比較すると、②は植林(計画)面積が大きく、比較的大面積で植林されていることがうかがえる。一方で、②は植林面積は比較的小さいが、植林区画の数をみると、少ないプロジェクトでも 151 区画(ID2346)、多いものでは 10 万区画以上(ID2623)もある。ただし、植林区画 1 つ当たりの面積は 1ha 前後と小さく、これは②小規模農家の農地での植林に共通する特徴であるといえる。なお、ブラジルの植林プロジェクト(ID1317)は、植林区画数が 100 区画未満だったので、①私有地又は政府所管地での植林に分類したが、実際は 0.35～13.28ha の 61 個の私有農地で植林が実施されていた。

このように、②小規模農家の農地での植林は、多数の農家を集めれば 1,000ha 以上の広い植林面積を確保できるかもしれないが、この無数に細分化された植林区画に植栽した木をどうやってモニタリングしていくかが、課題と考えられた(後述)。

(4) 植林地の階層化の基準

モニタリングする DBH や樹高は、プロットサンプリング手法を用いるかどうかにかかわらず、複数の場所で計測され、その平均値が算定に使用される。通常は、樹木の成長量に大きな違いを及ぼす樹種及び植栽年によって階層化してから、階層ごとにバイオマス量の平均を算出することで、平均値のばらつきを少なくし、より少ない計測(プロット数)でもより精度の高いバイオマス量や吸収量の算定が可能になる(階層化サンプリング⁷)。今回の分析対象である小規模植林 10 プロジェクトにおいても、ペルーの植林プロジェクト(ID1397)以外は階層化を行っていた(表 2-7)。

表 2-7 VCS 小規模植林 10 プロジェクトの植林地の階層化の基準

植林タイプ	ID	国	階層化の基準
①私有地又は政府所管地での植林	1317	ブラジル	植栽年と 3 つの植栽方法(アグロフォレストリ、再植林(Reforestation)、植生回復(Regeneration))
	1339	南アフリカ	植林面積が 4ha と小さく樹種も 1 つなので階層化なし
	1397	ペルー	植栽樹種のみ(植栽年は同じ)
②小規模農家の農地での植林	1496	ペルー	植栽前の土地利用と植栽方法(エッジプランティング、複数樹種の植林(Mixed stand)、ココアやコーヒーとの混植(Intercropping)、牧草との混植(Silvopasture))
	1682	コロンビア	
	2338	ケニア	植栽樹種と植栽年
	2339	ウガンダ	植栽樹種と植栽年
	2346	インド	植栽樹種と植栽年
	2471	ウガンダ	ID1496 や ID1682 と同様に植栽前の土地利用と植栽方法
	2623	ケニア	植栽樹種、植栽年、地域(沿岸部と内陸部)

⁷ 階層化サンプリングは、CDM 植林方法論ツール A/R Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities で示す方法に沿う必要がある。

(5) 計測した DBH や樹高からバイオマスへの変換方法

アロメトリ式は、立木を破壊せずに測定できる DBH、樹高、地際径、樹幹、容積密度等とバイオマスの関係式であり、それによって単木ごとのバイオマスが非破壊で効率よく推定できる。既に、多くの樹種に適用できる汎用アロメトリ式が図 2-6 の通り開発されている。また、樹種毎のアロメトリ式も論文等で示されている。VCS ではこれら既存のアロメトリ式も適用条件を満たせば利用可能であることに加え、新たに個々のプロジェクト用にアロメトリ式を作成することも可能である⁸。

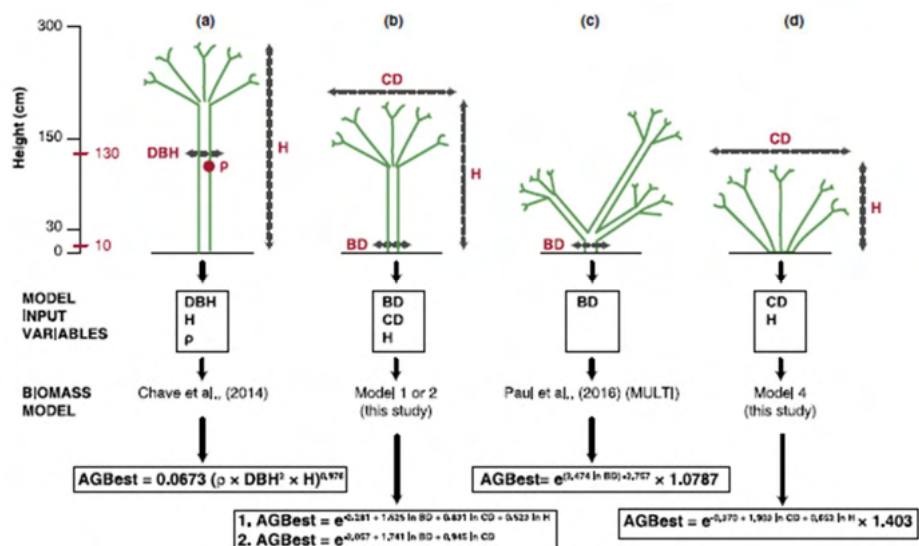


図 2-6 汎用アロメトリ式によるバイオマス推定の方法(出所:Conti et al., 2019)

今回の分析対象である小規模植林プロジェクトでは、一部 PD に使用したアロメトリ式を明記していないものもあったが、他は、汎用式や新規アロメトリ式を使わずに、既存の樹種ごとのアロメトリ式を使っていた(表 2-8)。

表 2-8 VCS 小規模植林 10 プロジェクトが使用するアロメトリ式

植林タイプ	ID	国	アロメトリ式
①私有地又は政府所管地での植林	1317	ブラジル	既存式(Tieplo et al., 2002)
	1339	南アフリカ	既存式(Nath et al., 2009)
	1397	ペルー	既存式(Guerra et al., 2005; Simbaña R, 2011)
②小規模農家の農地での植林	1496	ペルー	既存式(Higuchi et al., 1998)
	1682	コロンビア	既存かどうか PD に記載なし
	2338	ケニア	既存式(DH Ashton, 1976; Tim Pearson et al., 2004)
	2339	ウガンダ	既存式(DH Ashton, 1976; Tim Pearson et al., 2004; IPCC, 2006)
	2346	インド	既存かどうか PD に記載なし
	2471	ウガンダ	既存かどうか PD に記載なし
	2623	ケニア	既存式(Davie, 2015; Brown)

⁸ 新規アロメトリ式を作る場合は、CDM 植林方法論ツール A/R Methodological Tool Demonstrating appropriateness of allometric equations for estimation of aboveground tree biomass in A/R CDM project activities で示す方法に沿う必要があるが、10 本以上の植林木を抜倒し、DBH や樹高とバイオマスの関係式を作る必要がある。

2.2.5 プロット調査をしない吸収量の算定方法(ID2338(ケニア)を事例に)

前述の②小規模農家の農地での植林で用いられていたプロット調査をせずに植林地全体の吸収量を評価する方法について、実際のケニアの植林プロジェクト(ID2338)を例として取り上げ、解説する。この ID2338 は、図 2-7 の通り、1ha 前後の植林区画がモザイク状に全部で 6,348 区画存在している。



図 2-7 VCS 小規模植林プロジェクト ID2338(ケニア)の一部、1ha 前後の植林区画(白)点在 (プロジェクト実施者が VCS に提出した Google earth のファイルを基に作成)

この 6,348 の植林区画は、図 2-8 の通り樹種と植栽年数で階層化されており、各階層の生残本数は、地元住民から選出・雇用され、モニタリングの方法について十分な訓練を受けた Quantifierと呼ばれる調査者によって、5 年ごとにすべてカウントされる。各階層で 20 本のサンプル木の DBH と樹高が Quantifier によって計測され、それが各階層の DBH と樹高の代表値として、カウントされた全ての生残木はその代表値であるとみなし、バイオマスが既存のアロメトリ式で推定され、植林地全体の蓄積量、すなわち吸収量が算定される。

この ID2338 のように、細分化された小さな植林区画では、一定程度の面積を必要とするプロット調査は難しいことが考えられる。また、②小規模農家の農地での植林の場合、アグロフォレストリ的に耕作地に植林されることもあり、一定の植栽密度で植えられず、植栽区によって植栽密度が大きく異なり、プロット調査ではばらつきが大きく、精度の高い推定ができないことが考えられる。

この ID2338 の吸収量の算定方法でも、MR では、VCS が指定する算定精度(90%信頼区間で

10%不確実性)を達成と明記されており、第3者機関による審査も通過して、実際にクレジットが発行されている。

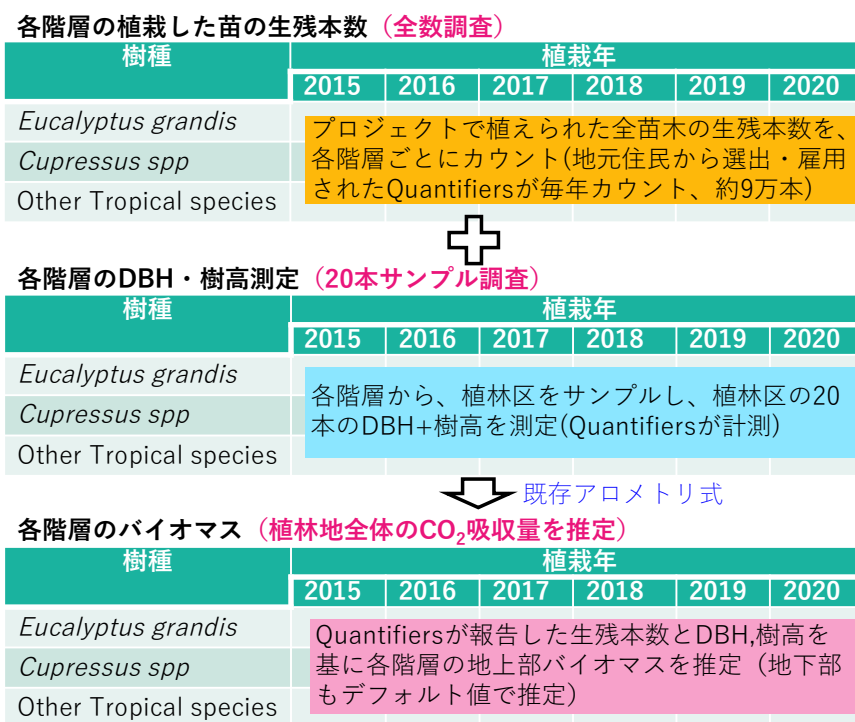


図 2-8 VCS 小規模植林プロジェクト ID2338(ケニア)の全植林地の吸収量の算定プロセス

2.3 吸収量の簡易な算定(可視化)に向けて

VCS 小規模植林の事例分析の結果、②小規模農家の農地での植林(農地植林)が大多数を占めていることが明らかとなった(22/29 プロジェクトが農地植林)。おそらく、土壌や気象条件の良い場所を数千 ha 規模の大面积でまとめて確保することは難しいため、このように小規模農家の農地での植林を一つのプロジェクトとして申請するケースが多いと考えられる。特に、途上国では、農地や居住地が複雑に入り組んでいることが多く、また、土地利用がないように見えても、放牧等に利用されているケースもある。そのような場合には、たとえ政府の許可を得ても、住民の慣習的な土地利用と競合してしまうので、植林後の維持・管理が難しく、余計な交渉やコストがかかってしまうかもしれない。

そのような観点からも、植林するニーズを持っている農家の農地だけを対象にして植林することができれば、既存の土地利用とのコンフリクトは避けられるとともに、住民便益も可視化しやすいと考えられる。したがって、今後は、こういった農地植林が、クレジット型植林でも、そうでない植林でも主流になってくることが予想される。その場合、細分化された植林区画をどうやってモニタリングし、吸収量を算定するかが鍵であるが、2.2.5 で示したようなプロット調査をしないで植林木数を計測する吸収量の算定方法は非常に有効と考えられる。また、地元住民がモニタリング(生残木カウント、DBH や樹高測定)に参加していることも、地元住民のオーナーシップ向上の観点から重要な要素である(第3章参照)。今回の事例調査の結果、植林地の吸収量のモニタリングに必要なデータは地

上部バイオマスの増加量であり、実際に測定しているのは植林木の DBH や樹高のみである。これであれば、地元住民でも計測が可能であり、彼らがモニタリングに参加することで、モニタリングコストの削減や地元住民の雇用創出にもつながるだろう。

ただし、地元住民がクレジットの恩恵を受ける場合、生残木カウントや DBH や樹高の測定にバイアスがかかってしまうかもしれない。そうでなくても、モニタリングは単調な作業なので、時間の経過とともに適切に行われなくなり、不適切な測定に気づかないまま吸収量を算定し続けてしまう可能性がある。

令和 4 年度の本事業の中で実施された実証試験「ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化」では、農地植林を計画し、ドローンによる生残木の検出を試みたが、それは将来的に、地元住民によるモニタリング結果の検証のための使用を見据えている(詳細は 4 章)。

2.4 参考文献

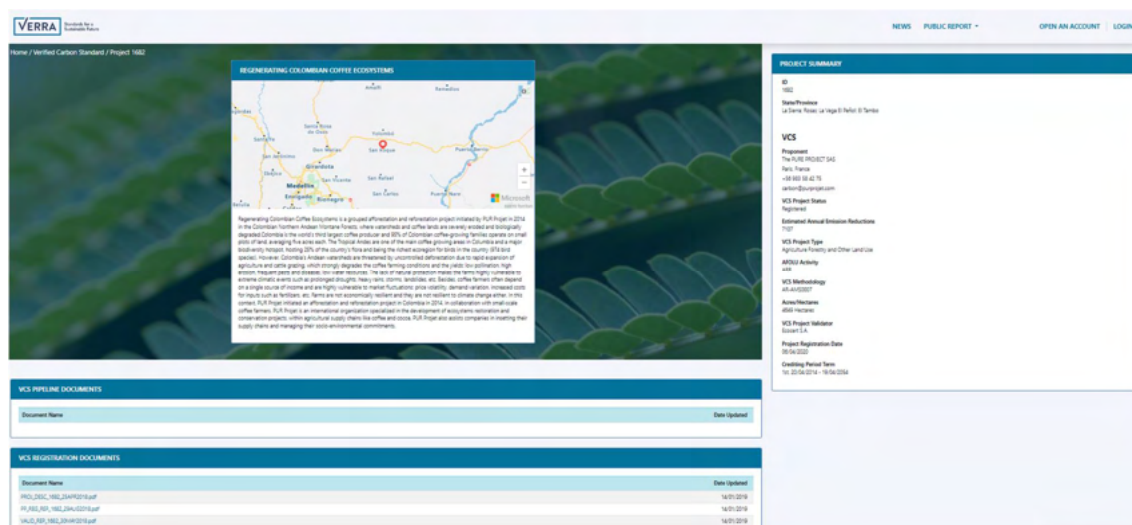
World Economic Forum (WEF). (2021). Nature and Net Zero.

(https://www3.weforum.org/docs/WEF_Consultation_Nature_and_Net_Zero_2021.pdf)

Conti, G., Gorne, L. D., Zeballos, S. R., Lipoma, M. L., Gatica, G., Kowaljow, E., ... & Fernandes, P. M. (2019). Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide. *Global Ecology and Biogeography*, 28(7), 961-975.

各 VCS プロジェクトの Project description (PD) や Monitoring report (MR) は、VERRA のサイト URL (<https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/...>) の...の部分にプロジェクト ID (3桁 or 4桁) を入力し、各プロジェクトの詳細ページにアクセスし、ダウンロードした(2022 年 1 月)。例えば、ID1682 のプロジェクトの詳細ページの URL は下記の通りであり、そこから PD や MR がダウンロードすることができる。

<https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/1682>



The screenshot displays the Verra Project Registry interface for Project 1682, titled "Regenerating Colombian Coffee Ecosystems". The page features a map of the project area in Colombia, a detailed description of the project, and a list of documents available for download. The project description states that the project is a ground afforestation and reforestation project initiated by PULP in 2014 in the Colombian Northern Andean-Tropical Forests, where extensive and coffee lands are severely eroded and degraded. The project aims to regenerate the ecosystem by planting native tree species and coffee plants, which will help to improve the local economy and environment. The project is currently in the "Approved" status, with an estimated annual emission reduction of 100,000 metric tons of CO2e. The project is managed by PULP, with a project registration date of 05/04/2022 and a crediting period from 10/01/2024 to 10/01/2032.

Document Name	Date Updated
PD_001_1682_20140101.pdf	16/01/2016
MR_001_1682_20140101.pdf	16/01/2016
MR_002_1682_20140101.pdf	16/01/2016

3 住民および生物多様性の便益を可視化する手法の分析

国際緑化推進センター(JIFPRO) 藤原 江美子

3.1 はじめに

本章では、植林事業の社会・環境面での貢献度評価手法として、国際的なイニシアチブ(取り組み)にはどういったものがあるのかを整理するとともに、本事業において可視化手法を検討する上で参考となるものをピックアップして、より詳細に検討する。

本事業では熱帯林地域をはじめとする途上国での植林事業を主に対象としている。そのため、国内のみならず、国際的な水準を満たすような評価手法について把握しておくことが重要となる。さらに、昨今では、炭素クレジット取引制度が世界的に浸透しつつある一方、それらが森林保全や炭素削減を目的とした取り組みであるにもかかわらず、グリーンウォッシュやカーボンウォッシュを招く事例が懸念されている。そのため、そうした事態を回避し高品質な炭素クレジットの取引が進められるために様々な機関がイニシアチブをとっている現状を注視する必要がある。

例えば、比較的新しい動きとして、WWFなどの8つの国際NGOは、2022年に入り「熱帯林クレジット十全性(TFCI:Tropical Forest Credit Integrity)ガイド」を発行した(COICA et al. 2023)。これは民間企業に高品質な炭素クレジットの取引を求めるものであり、その提言の一つには「購入するすべてのクレジットにおいて社会・環境面での十全性を満たすことを企業が確保すべき」という内容が盛り込まれている(COICA et al. 2023 p.16)。

世界の炭素市場において、自主的な炭素市場におけるクレジット発行量は増加傾向にある。その中で、クレジットの信頼性を認証するVCS(Verified Carbon Standard)認証を受けたクレジットはこの市場における発行量の6割以上を占めており(World Bank 2022)、デファクトスタンダードとも言われている。このVCS認証における社会・環境面に対する配慮としては、セーフガードの考え方が基本となっている。つまり、No Net Harmという、ネガティブな影響を与えないことを担保するものである。

ここでいうセーフガードとは、社会・環境面および森林ガバナンスに及ぼされるリスクを回避・軽減させる予防措置であるとともに、好ましい相乗便益(co-benefit)を増大させるための施策である。森林づくり活動の社会・環境面への貢献度が注目されるようになった大きな契機には、途上国の森林保全を目的とするREDD+メカニズムにおいて社会・環境面へのセーフガードが打ち出されたことがあげられる(岩永ほか 2017)。

このセーフガードは2010年に開催された気候変動枠組条約第16回締約国会議(COP16)で合意され、通称カンクン合意と呼ばれている(横田・江原・百村 2012)。セーフガードには7つの項目があるが、このうちの項目(e)では、ネガティブな影響を回避することを求める他の項目と異なり、天然林及び生態系サービスの保護・保全に関するインセンティブを付与すると同時に、社会・環境面における相乗便益を増強する活動を促進・支援することが謳われている(岩永ほか 2017 p.20)。

高品質な炭素クレジットの取引が推進されるようになった最近では、こうした社会・環境面における便益が一層注目されることが見込まれる。例えば、「Climate, Community and Biodiversity Standard(CCBS)」や「Social Carbon Standard(SCS)」といった認証プログラムは、炭素プロジェクトの社会・環境面における便益を評価する基準と指標を設け、それらを満たすものに対して認証を付与して

いるが、こうした認証プログラムの活用は今後普及していくと考えられる。VCS 認証の発行機関である Verra は、炭素プロジェクトが社会・環境面へのネガティブな影響を与えないことを担保する VCS に加え、そうしたポジティブな影響を担保する認証とのダブル認証取得を推奨しており、VCS と CCBS のプロジェクト申請で兼用できる書式を提供している¹。

植林事業／活動で得られる社会・環境面の便益を積極的に評価しようとする本事業の趣旨は、このような国際的なイニシアチブの動向と方向を一にするが、本章では、国際的なイニシアチブの内容と運用を分析・把握することで、低コストで簡易な手法でありつつ、国際的な要求にも対応する可視化手法の開発に資する知見を得ることを目的として検討を行う。

表 3-1 社会・環境セーフガードへのイニシアチブ

対象範囲	REDD+ 国／準国			森林関連プロジェクト					ランドスケープ		複数対応	森林認証
基準名	SESA-ESMF	SEPC	REDD+SES	ESM-GL	JICA-GL	CCBS	PVS	SCS	SILR	FLR-GL	C&I for SMTF	FSC認証
提供機関	国府機関 FCPF 世界銀行	国府機関 UN-REDD	NGO CCBA, Care International	国府機関 ITTO	援助機関 JICA	NGO CCBA	NGO Plan Vivo	NGO Ecologica Institute	国府機関 WRU	国府機関 ITTO	国府機関 ITTO	NGO FSC
適用対象	REDD+	REDD+	REDD+	ITTOプロジェクト	JICA林業プロジェクト	土地ベース炭素プロジェクト	森林のみ	気候変動	ランドスケープ	熱帯ランドスケープ	林業SFM	林業SFM
植林対応	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲
評価対象	悪影響	悪影響	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響	悪影響 マルチベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 ベネフィット
特徴	資金援助有	資金援助有	批判少ない	熱帯林	ガバナンス少	プラス影響評価	小規模森林	アジャイル中心	低コスト、南米向	熱帯林	熱帯林 国・PMU-ランドスケープ	林業従事者
基準	UNFCCC 対応の5つの方針	7原則 24基準	7原則 28基準 64指標	57-マ 7基準	67-マ	Ver.3 20原則 95指標	5基準 36指標	5基準 森林分野 52指標	8要素各3 基準	32指標	7基準18指 標グループ 58指標	10原則70 基準200指 標
実績	47途上国 17ドナー国	65ヵ国	15件	全プロジェクト対象	全プロジェクト対象	49カ国310件 (再)植林プロジェクト49件	20ヵ国28件	5カ国60件	エルサルバドル	全プロジェクト対象	1200件	81ヵ国
マニュアル	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有(7)

出所:FCMC (2012)、横田ほか(2012)、Iwanaga et al. (2017)、Yokota et al. (2021)、各機関ウェブサイト

3.2 社会・環境セーフガードに対する国際的なイニシアチブ

本節ではではまず、これまでの国際的な社会・環境セーフガードへのイニシアチブとそれらによるセーフガード評価方法を、先行研究(横田ほか 2012, FCMC 2012, Iwanaga et al. 2017, Yokota et al. 2021)や各機関のウェブサイトおよび報告書をもとに整理する。ここでは本事業に関連するとと思われる 12 のイニシアチブを対象とした(表 3-1)。

国際的な社会・環境セーフガードへのイニシアチブは、大まかに 1) REDD+プロジェクト、2) 森林関連プロジェクト、3) ランドスケープ、4) 複数範囲対応、5) 森林認証という 5 つの対象範囲に分けることができる(表 3-1)。以下、これらの全体を概観するが、本事業で想定されるプロジェクトベースの植林事業に関連する 2) 森林関連プロジェクトについては、特に詳細に検討する。

¹ Verra ウェブサイト: <https://verra.org/programs/ccbs/> (最終閲覧 2023 年 3 月 29 日)

3.2.1 REDD+プロジェクト

REDD+プロジェクトは、国あるいは準国レベルで実施される REDD+プロジェクトを対象とし、主に 3 つのイニシアチブがあげられる。一つ目は世界銀行が設けた森林炭素パートナーシップ基金 (FCPF: Forest Carbon Partnership Facility) が提供する「戦略的環境社会アセスメント (SESA: Strategic Environmental and Social Assessment)」である。

二つ目は同じく国際機関の UN-REDD による「社会環境原則・基準 (SEPC: Social and Environmental Principles and Criteria)」である。この二つの国際機関によるイニシアチブの特徴は、資金援助があり世界的に普及されやすい点である (Iwanaga et al. 2017)。また、UN-REDD による基準は 65 カ国で取り組まれており²、この基準は具体的な課題項目に最も多く対応している基準の一つとして評価されている (FCMC 2012)。

これらに対して三つ目の CCBA (Climate, Community & Biodiversity Alliance)³と CARE international という二つの NGO 機関が事務局となって運営する「REDD+社会環境基準 (SES: Social and Environmental Standards)」がある⁴。この SES 基準はボランティアであり、適用できる資金援助のつながりがないために炭素クレジットを主な目的とする国レベルでの実施件数が少ない (Iwanaga et al. 2017)。ただし、この SES 基準には国際機関の提供する上記 2 つの基準と比べて批判が少ない点や、プロジェクトのネガティブな影響だけでなく相乗便益も評価対象に含めている点で注目に値する (Iwanaga et al. 2017)。このほか、SES 基準は、UN-REDD による基準よりも社会面の記述が多く (横田・江原・百村 2012)、人々の生計向上という便益に気候変動への適応を含めている点が新しい (FCMC 2012)。

3.2.2 森林関連プロジェクト

森林関連プロジェクトとして整理した、プロジェクト単位を対象範囲とするイニシアチブには、国際熱帯木材機関 (ITTO) によるプロジェクトを対象としたガイドラインや、国際協力機構 (JICA) の林業分野における開発援助プロジェクトを対象としたガイドライン、また、NGO が主導するボランティアな認証プログラムに承認されたプロジェクトなどのプロジェクト単位でのセーフガードへの取り組みが含まれる。

ITTO は熱帯林地域における持続可能な森林管理に特化したプロジェクトを実施しており、森林関連プロジェクトを対象とするだけでなく、次のランドスケープや、さらに国・森林管理ユニット (FMU)・ランドスケープの複数範囲に対応可能な評価基準も提供している。森林関連プロジェクトを対象としたガイドラインには 2020 年に発行された環境社会管理ガイドライン (Environmental and Social Management Guidelines) がある。ただし、これは認証プログラムではなく、JICA の基準と同様に自身の実施するプロジェクトのガイドラインとして提示されたものである。

以下では、NGO が主導するボランティアな認証制度に承認されたプロジェクトについて、詳細

² <https://www.un-redd.org/about/programme> (最終閲覧 2023 年 1 月 5 日)

³ CARE, Conservation International, The Nature Conservancy, the Rainforest Alliance and the Wildlife Conservation Society の 5 団体がパートナーシップを結んだアライアンス。ウェブサイト: <https://www.climate-standards.org/about-ccba/> (最終閲覧 2023 年 3 月 29 日)

⁴ https://www.redd-standards.org/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=150 (最終閲覧 2023 年 3 月 29 日)

に解説する。

(1) CCBS (Climate, Community and Biodiversity Standard)

NGO 主導の CCBS は、森林分野に限らず広く土地ベースの炭素プロジェクトを対象とした認証プログラムである。先ほどの REDD+セーフガードでイニシアチブをとった NGO5 団体によるアライアンス CCBA によって開発され、Verra が運営している。その特徴は炭素プロジェクトによって生み出される社会・環境面の便益をマルチベネフィットとして評価する点である。そのため、セーフガードを担保するだけでなく、社会・環境面の便益を積極的に評価することを目的とした認証基準が設けられている。

基準の内訳となる原則と指標は全部で 20 原則 95 指標あり、他のイニシアチブと比べても詳細に設けられている(表 3-1)。2023 年 1 月の時点では 49 カ国で取り組まれている 310 件のプロジェクトが登録されている。プロジェクトのカテゴリーには農地管理、(再)植林(ARR)、REDD、草地・灌木地転換回避、森林管理改善、湿地再生・保全の 6 つがあり、このうち、(再)植林(ARR)カテゴリーですでに開始されているプロジェクトは 60 件で、認証済みが 49 件ある。

(2) PVS (Plan Vivo Standard)

プラン・ビボ財団 (Plan Vivo Foundation) による PVS (Plan Vivo Standard) という基準にもとづく認証プログラムは、コミュニティ植林の支援を重視している点が特徴的である。ウェブサイト⁵によると、プラン・ビボはスコットランドの慈善団体で、その始まりは 1994 年にメキシコで行なったコミュニティ植林への支援活動にある。この活動は自主的炭素市場において世界初の炭素クレジットを実現させたプロジェクトへと発展し、同時に世界初の生態系サービスへの支払い(PES)を実現させたプロジェクトともなった。

プラン・ビボの活動目的は気候危機の最前線に立たされているコミュニティへの開発支援(貧困緩和、自然環境回復、地域のキャパシティビルディング)が主軸であり、コミュニティ主体のプロジェクトにおける炭素クレジットの創出を促進するためにクレジット認証プログラムを設けている。

本認証プログラムの特徴は、森林分野においてコミュニティや小規模農家が主体となったプロジェクトを対象として基準を設けている点である。森林分野のカテゴリーには REDD、植林、自然再生、土地管理改善、アグロフォレストリーの 5 つがあり、2023 年 1 月の時点で 28 件が登録されている。

登録されたプロジェクトの対象国はアジア 6 カ国、アフリカ 7 カ国、オセアニア 4 カ国、ラテンアメリカ 3 カ国の計 20 カ国であり、このうちインドネシアでの件数が最も多い。また、オセアニア地域でのプロジェクトの認証は、世界各地のプロジェクトが登録されている CCBS の中でも見られないため、この地域での植林事業を検討している事業者には参考になると思われる。

PVS の原則と基準は 2022 年 7 月に第 5 版として改訂された。大きな変更点の一つは、認証の分類である。これまでは主に植林事業と ANR/REDD 事業に対して事前と事後に認証が発行されてきたが、もたらされる便益の透明性を高めるために、認証を検証済み(vPVCs)、報告型(rPVCs)、将来型(fPVCs)の3種類に分類した。検証済み認証はモニタリングデータが検証されたものにつ

5 <https://www.planvivo.org/Pages/Category/projects?Take=28> (最終閲覧 2023 年 1 月 11 日)

与され、報告型はモニタリングデータに基づき排出または削減がなされたことを示すが、データ検証がまだ実施されていないものに付与される。将来型は現在のプロジェクト活動と確固たる気候変動効果モデルに基づき、将来的に達成されることが期待される認証に発行される。植林プロジェクトや乾燥地プロジェクトなど、事後的なアプローチになじみにくいプロジェクトに対し、より長期的な資金を集めることが目的とされている。

もう一つの大きな変更点は、気候変動に対する便益を推定するための方法論について、これまででは独自のアプローチを承認していたが、これ以降は方法論の要件とされた基準を満たし、かつプラン・ビボによって事前に承認された方法論のみを適用することが定められた点である。

最後に、小規模プロジェクトへの配慮として、年間 10,000tCO₂ 以下の炭素吸収量となる小規模プロジェクトは内部での検証・承認プロセスを通すことによって検証・承認を完了したとみなすことができるようになった。これは審査プロセスの経済的負担を最小限に抑えつつ、クレジットの買い手に対する品質保証を維持することを目的としている。

第5版の発行に加えて、プラン・ビボは PV Nature という生物多様性クレジットのための基準を 2023 年に入り世界に先駆けて発表した。これはオフセットを目的としたものではなく、ネイチャーポジティブの流れやプラン・ビボ事業の主軸となるコミュニティや小規模農家への支援という目的のもと、さらに世界の重要な生物生息地を保全することがコミュニティにとってインセンティブとなることを目指している。

(3) SCS(Social Carbon Standard)ほか

他にも、ブラジルの NGO である Ecologica Institute(EI)による SCS(Social Carbon Standard)認証プログラムがある。EI は、この基準が「自然を基盤にした解決策(NbS)」のコンセプトにも適応できるものとして、その汎用性と基準の品質の高さを説明している。EI はまた、持続可能な生計アプローチ(SLA、表 3-5 も参照)を土地ベースの炭素プロジェクトの評価手法に適用させた社会炭素方法論を開発している。この方法論は CCBS 認証取得のための SBIA マニュアル Par 2.においても紹介されている(Richards and Panfil 2011 p.38-39)。SCS 認証を受けたプロジェクトはブラジルの他に中国やインドネシアを含む世界各地に広がりつつあり、2023 年 1 月の時点で 60 件が承認されている⁶。

同じくブラジルの NGO によって開発された基準にはブラジル市民社会組織(Brazilian CSOs)によるものもある。先に述べた FCMC の報告書では、UN-REDD による基準とともに、REDD+の社会面における基準を最も明確かつ総合的に反映させたイニシアチブの一つとして評価されていた(FCMC 2012)。しかし、この組織の提示した社会環境原則はブラジルにおいてどれほど運用されているかは不明とされ、その後の関連情報の入手が困難であったためここでは割愛した。

3.2.3 ランドスケープ

ランドスケープを対象範囲とするイニシアチブには、ITTO による森林景観の回復ガイドラインと、世界資源研究所(WRI)の提示する景観回復のための持続可能性指標(SILR: Sustainability index

6 <https://www.socialcarbon.org>(最終閲覧 2023 年 1 月 5 日)

for Landscape Restoration)があげられる。

「森林景観の回復(FLR: Forest Landscape Restoration)」という用語にはいくつかの定義が見られるが、ITTO や WRI の提示する定義は、自然資源の劣化の回復やその土地における人々の生活の質を向上させることを目的としており、ここには人間の経済的、社会的、文化的価値を回復させることも含まれている。

SILR は主にラテンアメリカの景観を対象として景観修復が及ぼす生物物理学的および社会経済的な影響を評価するために開発されたものである。気候変動に対する緩和と適応の異なる次元における修復の影響をモニタリングできるようになっている。

3.2.4 複数対応

ここでのイニシアチブには 2016 年に ITTO が発行した基準と指標(Criteria and Indicators for the Sustainable Management of Tropical Forests)があげられる。熱帯林のうち天然林での持続可能な森林管理を評価するためのものである。プロジェクトの手順として、国・森林管理ユニット・ランドスケープごとの項目においてモニタリング、審査、報告ができるようになっており、それぞれの書式も公開されている。

3.2.5 森林認証

森林認証の中からは森林経営を対象とした森林管理協議会(FSC: Forest Stewardship Council)による持続可能な森林管理へのイニシアチブがあげられる。基準となる原則と指標の数に注目すると 10 原則 70 基準 200 指標あり、詳細に設定されている。ここであげた FSC の他に、PEFC も同じく国際的な認証として、同様な基準と指標を設定している。

これらの指標は森林管理や経営を行なう林業経営者や経営体に対してのものであり、植林事業や炭素プロジェクトを前提とするものではない。しかしながら、後に紹介する事例の中には FSC 認証を取得した事業者がさらに CCBS 認証も取得している事例が見られ、FSC の基準と指標は炭素プロジェクトで期待される社会・環境面への便益評価に馴染むものであることが考えられる。

3.3 CCBS のプロジェクト評価基準(SBIA マニュアルを中心に)

NGO が主導するボランティアな認証制度のうち、CCBS 認証はマルチベネフィットという視点で広く便益を捉えている点が先駆的であることや、多くのプロジェクトの実績があることから、本節では、CCBS 認証の便益評価手法を詳しく検討する。

CCBS には 20 の原則と 95 の指標がある。これらは一般事項、気候変動、コミュニティ、生物多様性の 4 つのカテゴリーに区分されている。このうち気候変動、コミュニティ、生物多様性の 3 カテゴリーにはそれぞれ付加的な原則があり、これらを満たすと Gold Level であると認定される。

CCBS 認証取得を望むプロジェクトにはその活動を支援するために「社会および生物多様性影響評価(SBIA)」というマニュアルが用意されている(以下、SBIA マニュアル)。このマニュアルに掲載された手順や評価手法は認証手続きにおける必須要件ではなく、必ずしもこれらのステップを踏まなければならないわけではない。しかし、少なくとも今回検討したプロジェクトの事例はみなこのマニュアルを参考にしてプロジェクトを設計し実施している。また、CCBS 認証以外の炭素プロジェ

クトにも広く活用されることを見込んで作成されているため、本事業においても参考になると考えられる。

SBIA マニュアルは 3 部構成となっており、Part 1 がコアガイダンス、Part 2 がコミュニティ(社会面)のガイダンス、Part 3 が生物多様性(環境面)のガイダンスとなっている。以下では、主として Part 1 をもとに評価手法の基本となる考え方を説明する。なお、これ以降、コミュニティの便益については便宜上「住民便益」と表示することにする。

3.3.1 変化理論とプロジェクト設計のための 7 つのステップ

CCBS では変化理論にもとづき 7 つのステップを設けてプロジェクトを設計することを勧めている。変化理論とは、つまり、Without プロジェクト(プロジェクトなし)の状態からプロジェクトの実施によって得られるであろう便益を見込み、実際にどのような便益がどの程度得られたのかを見ることでプロジェクトのネットポジティブな影響を評価するというアプローチである(図 3-1)。

この理論にもとづきプロジェクトを設計するにあたっては、具体的に以下の 7 つのステップを踏むということがガイダンスされている(図 3-2)。1) 現状把握と利害関係者(ステークホルダー)の特定では、プロジェクト対象地の状況やどういった利害関係者が関わりうるのかを特定する作業が必要となる。表 3-2 は、このステップで想定される社会および生物多様性に関する現状把握についての情報を示したものである。次に、利害関係者を特定する。地域社会の利害関係者は、人々の属性や経済的状況、幸福度などに応じて区別して考える必要がある。

属性には、例えば民族性、性別、年齢、といった個人の情報や生業に関わる土地利用、生計情報などが含まれる。これに加えて、プロジェクト対象地の内だけでなく外に住む人々を視野に入れ、対象地外に住む人々に害を与えていないことを確保しなければならない。

2) から 4) はプロジェクトのシナリオを作る作業である。2) Without プロジェクトの場合の社会および生物多様性の予測では、プロジェクトを実施しなかった場合にそれらにどういった変化のプロセスが起きうるのかを予測し説明する必要がある。3) With プロジェクトでの社会・生物多様性予測では、プロジェクトを実施した場合に対象地に起こりうる変化のプロセスを検討して説明する。4) のステップでは、プロジェクトを実施した場合に起きうるネガティブな影響を予測し、それらのリスクと緩和方法、予防手段について説明する。

以上のようなプロジェクト実施における変化のシナリオを設定したのちに、それらを評価するための作業に入る。5) はプロジェクトで得られる見込みのある望ましい変化の評価指標を特定する作業である。その次に 6) モニタリング計画を作成する。最後のステップ 7) ではデータを収集し、分析を行い報告する。図 3-2 はこれらの作業項目と、作業ごとに勧められている分析手法例、そして分析にもとづき行なうことが想定される調査方法を示している。分析手法や調査方法の例については次小節でそれぞれ説明する。また、ステップ 6) でモニタリングの方法を検討する際に有用な分析視点については、次節 3.4 CCBS のプロジェクト事例分析で説明する。

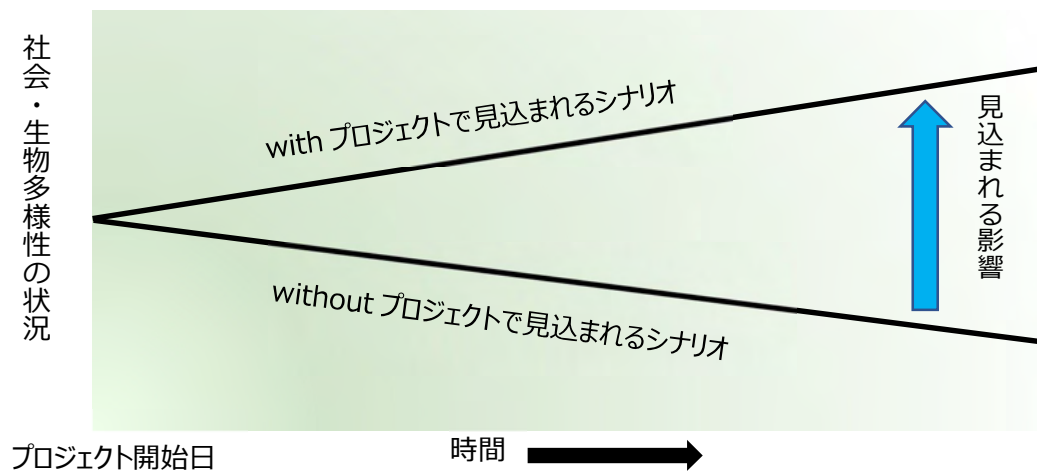


図 3-1 見込まれるネットポジティブな便益の考え方

(SBIA-Part 1 p.3 より)



図 3-2 プロジェクト設計のための7つのステップ

(SBIA-Part 1 p.8 にもとづく)

表 3-2 プロジェクト前に対象地の現状把握に必要な地域社会・生物多様性にかんする情報

社会情報	対象	例
基本的な社会経済情報	土地利用と生計システム、コミュニティのインフラ、農場内外の雇用、交通インフラと市場アクセス、地図上の村と集落の位置、学校に通う子供の数、食糧安全保障状況など	診療所、学校、井戸、集会所の有無や位置
文化的・人口統計学的情報	多様な文化、価値観、制度、それらが天然資源の利用や保全に与える影響、少数民族、人口、ジェンダー、移住傾向	村落人口、女性世帯主数、慣習法、先住民、脆弱なグループ
土地・森林の保有形態と安全保障	天然資源へのアクセス権、慣習的なルール、土地紛争、境界問題など	(補足)補填制度、貧困層の資源利用 ゼーフティネット、立退き補償金、地主・小作関係
HCV地域の特定 (保護価値の高い)	コミュニティの基本的なニーズを満たすために重要文化的に重要	食料、燃料、飼料、医薬品、建築資材
ガバナンスの仕組みと問題	意思決定構造、伝統的権威、地方政府、犯罪レベル、紛争解決メカニズムなど	(補足)慣習組織、長老グループ、村落間の軋轢
主な開発制約	自然環境、経済システム、土地所有制度などによる制限要因	土地所有権、市場アクセス、クレジット、土壌侵食
その他の社会問題	コミュニティ成員の健康状態、治安	乳幼児の保健、アルコール依存症、暴力の有無
生物多様性情報		
プロジェクト対象地での生物多様性の現状、生物多様性への脅威、生物多様性面において重要なHCV地域の特定（保護区、希少種の数、貴重なエコシステムなど）		

(SBIA-Part 1 p.20 より)

3.3.2 分析指標の特定

ここでは、植林プロジェクトの貢献度の可視化に直接関係する、2)～4)の作業で設定した望ましい変化を評価するための具体的な指標を特定するステップ 5)について詳しく説明する。例として社会面でのシナリオの一つを図 3-3 に示した。シナリオはアウトプット、アウトカム、インパクトの3つのレベルに分けると設定しやすいことが勧められている。このとき、プロジェクトによって得られるアウトプットによって起きることがアウトカムの部分であり、そのアウトカムがどのように見込まれるインパクトにつながるのか、という一貫性のある説明がシナリオには求められる。そのため、中間状態の変化の説明をすることになるアウトカムの部分はよく検討する必要がある。

次にそれらのレベルに応じた指標を特定する必要がある。図 3-3 は炭素クレジットの売却によって得られた収入(アウトプット)が学校教育やより栄養価の高い食品(アウトカム)に使われることによって貧困減少を達成させたい(インパクト)というシナリオの例を示している。

この例図の場合、アウトプットが炭素クレジットの売却によって得られる収入だとすると、それを測るための指標には世帯あたりの炭素クレジット由来の収入額などが想定される。アウトカムは収入によって新たに支払われるものと設定したとき、そのための評価指標は支払われる項目や支払額などが想定される。最後に、インパクトを貧困減少と設定したとき、その指標は炭素クレジット由来の収入のうちアウトカムで示した貧困関連サービスに使われた項目や支払額の割合といったものが想定される。

このように、指標には数値で示せるような定量的なものもあるが、とくにアウトカムではどのような変化が起きるのかを説明する部分であり、定性的な指標が適する場合もある。よって、定量的と定性的のどちらの指標も活用しながら適切な設定をすることが勧められている(表 3-3 も合わせて参照のこと)。このように見ていくと、CCBS における便益というのは、アウトプットやインパクトのみを指

すのではなく、望ましいインパクトまでの変化のプロセスを見るものであり、アウトプット、アウトカム、インパクトの全体として捉える必要があることがマニュアルでは明示されている。

事業者はこのような便益の捉え方にもとづき標準的な便益と特徴的な便益という2種類の便益を提示する。標準的な便益はいくつかのカテゴリーについて示す書式になっており、炭素排出量、森林被覆、土地管理の改善、トレーニング、雇用、生計、保健、教育、水、幸福(福利)、生物多様性保全というカテゴリーが設けられている。とくに、これらの社会面に関するカテゴリーでは女性への影響についても記載する必要がある。例えば、「雇用」カテゴリーでは、全体の雇用者数並びに女性の雇用者数を記載する。

特徴的な便益を提示する欄では、プロジェクトごとに生み出さるユニークな便益を提示することができる。CCBS の基準の中には、気候変動、コミュニティ、生物多様性それぞれに「付加的な便益」についての指標が設けられており、他の全ての基準および指標とそれら付加的な便益を満たしうる時に Gold Level が追加で付与される(表 3-4)。



図 3-3 望ましい結果を示すための3つの指標レベルの流れ

(SBIA-Part 1 p.43 より)

表 3-3 3つのレベルで想定される指標の例

	アウトプット指標	アウトカム指標	インパクト指標
想定される例	◆ 創出された雇用の数	◆ 新しい生計手段を導入した世帯数	◆ 乳幼児死亡率の減少率
	◆ トレーニング受講者数	◆ 炭素の支払いによる世帯収入の増加率または絶対値	◆ 1日2ドル未満で生活する世帯の減少率
	◆ 植林された木の本数	◆ 女性が薪や水を集めるのに費やす時間の減少	◆ 森林保護対策に否定的だった地域住民の態度が肯定的に変化した割合
	◆ 環境教育ワークショップ参加者数	◆ 炭素の受益者が公正な支払いを受けていることに同意している割合（これは、プロジェクトが実行可能で、効果的な利益分配システムがあることを意味する）	◆ 意思決定への女性参加の大幅な増加
		◆ プロジェクト関係者委員会に占める女性の割合	◆ 家庭内暴力の減少数
		◆ 効果的に機能している村落管理委員会の数	◆ 絶滅危惧種個体数増加率
		◆ 生態系および経済的ゾーニングの完了	◆ 希少な生態系の保全面積
		◆ 保護地域の改善されたモニタリングシステムの確立	

(SBIA-Part 1 p.43 より)

表 3-4 3分野の Gold Level の指標

レベル	付加的な便益
Climate Gold	気候変動に適応する便益
Community Gold	プロジェクトを主導する小農・コミュニティや貧困世帯への便益
Biodiversity Gold	世界的に生物多様性の優先度が高い地域（Key Biodiversity Area）や絶滅危惧種の保全に対する便益

(CCBA ウェブサイトより)

3.3.3 SBIA マニュアルの分析手法および調査方法

SBIA マニュアルで紹介されているコミュニティと生物多様性それぞれの分析手法および調査方法の例を表 3-5、表 3-6、表 3-7 に示した。表 3-5 にあるように、コミュニティあるいは社会面の分析手法には住民の生計や幸福度を測る際の手法や、地域住民に調査に関与してもらう参加型農村調査(PRA)や参加型影響評価(PIA)などの手法があげられる。

表 3-5 の最右に示した任意の社会経済調査というのは、それらの分析手法はとくに用いずに一般

的な社会調査を行なう場合である。そのような場合であっても、具体的な調査方法として表 3-6 のようなものが想定される。いずれにしても社会調査の基本的な調査方法はインタビュー形式であり、定量的・定性的どちらの情報も併せて収集することが重要であると述べられている。

表 3-7 では生物多様性面での代表的な分析手法・調査方法としてあげられていたものをまとめた。このうち PSR Framework はもっとも一般的な手法として紹介されている。生物多様性の保全という目標に対し、ネガティブ・ポジティブ双方の影響について併せてモニタリングするにはこの方法が適しているとされている。

生物多様度指数や生息種数・個体数把握では、一般にプロジェクト対象地内にサンプル地(サンプルプロット)を設け、そこでの調査を行なう。詳細は 3.5 要約 CCBS のプロジェクト事例における便益評価のためのモニタリング手法で取り上げるが、プロジェクト事例の中には PSR Framework を用いる中でこれらの手法を組み合わせるサンプル地での調査をする方法も採用されている。

表 3-5 社会面の分析手法・調査方法

手法名	持続可能な生計枠組み/アプローチ (SLF/SLA: Sustainable Livelihoods Framework/Approach)	参加型農村調査 (PRA: Participatory Rural Appraisal)	幸福度ランキング (Wealth/Well-being Ranking)	参加型影響評価 (PIA: Participatory Impact Assessment)	任意の社会経済調査
目的	■ 持続可能な生計を5-6つの資本指標によって分析	■ コミュニティ基本情報把握 ■ 住民参加型による住民認識の把握	■ 住民貧富の実態把握 ■ 貧困層を特定 ■ ステークホルダーを特定	■ コミュニティに起きた変化を見る ■ PRAにもとづく影響評価	■ コミュニティ基本情報把握 ■ プロジェクト開始後の住民の反応
調査法	定量的・定性的インタビュー ・ 対象：世帯、代表者、グループなど ・ 形式：半構造化、質問票、参加型地図作成				
収集データ例	金融＝収入、雇用 人間＝知識、労働環境 情報アクセス＝ネット	世帯数、収入源、社会政治面、自然資源、地理、住民の意見・苦情	貧富指標、住民貧富のランク、貧富の割合	変化の詳細、プロジェクトに起因する変化、人々の生活の変化など	クレジット支払い記録、農産物、保健、月収、植樹種・数、住民の意見・苦情

(SBIA-Part 2 より)

表 3-6 一般的な社会経済調査

	調査名	メリット	デメリット	調査方法	調査対象	期間
1	家計調査	短期間でできる	個人単位 人員コスト	アンケート	世帯構成員	短期
2	迅速農村調査 (RRA) 参加型農村調査 (PRA/PLA)	ディスカッション形式	グループ単位	ディスカッション	グループ単位	短期
3	フォーカス・グループ・ディスカッション (FGD)	初期段階では全体像の把握 後期段階で	グループ属性が偏る可能性	グループ	任意の住民 少人数 4-10人	短期
4	キー・インフォーマント・インタビュー	コミュニティ内外の複雑な内容を理解できる クロスチェックの役目	グループに不向き 適した人物が見つからない可能性	半構造化	主要関係者	短～長
5	ケーススタディ	より深い理解ができる	時間・費用制約	非構造化	特定のグループ・地域	長期
6	参加者観察または人類学的アプローチ	人々の日常生活の詳細を把握できる	時間・費用制約	研究者が住み込み住民を直接観察	特定の人・コミュニティ・地域	長期

(SBIA-Part 2 p.22 より)

表 3-7 生物多様性面の分析手法・調査方法

手法名	PSR (Pressure-State-Response) Framework	生物多様度指数	生息種数・個体数把握
目的	保全目標に対するプラスとマイナスの影響も一緒に監視	生物群集内の多様度を種数・割合等から定量的に把握	プロジェクトエリアやサンプル地での動植物の有無・種数・個体数の把握
調査方法の例	人間の環境への圧力を特定し、望ましい環境に戻すための対策の実施 例) P=圧力 (森林火災) S=状態 (森林面積や動植物生息数) R=対策 (火災予防活動)	➢ Shannon-Weiner Index ➢ Simpson's Diversity Index ➢ Fisher's Alpha Index ➢ Importance Value Index	目視・機器使用による同定、観察、記録 例) カメラトラップ、GPS、ドローン、住民インタビュー、参加型観測地図作成

(SBIA-Part 3 より)

3.4 CCBS のプロジェクト事例分析

ここでは実際にどういったプロジェクトが認証されているのかを分析する。

プロジェクトの認証までの流れは、はじめに事業者が CCBS 推奨の書式にもとづきプロジェクト設計書 (Project Description) を作成して提出した後、第三者機関によってプロジェクト開始の承認を得る必要がある (有効化: Validation)。次にプロジェクト開始後 5 年を目安にモニタリングを実施する。事業者はモニタリング報告書を第三者機関に提出し、そこで承認されると認証が付与される (Verification)。

3.4.1 プロジェクトの選定

本節での分析では、2022 年 12 月までの時点で (再) 植林プロジェクト (ARR) として登録されている 168 件のうち、プロジェクト開始の承認を得たものから認証済みプロジェクトまでの 60 件を対象とした。さらにここから、FAO (国際連合食糧農業機関) が開発した Global Ecological Zones (以下、エコゾーン) の森林タイプの分類方法に依拠して、エコゾーンごとに民間企業が事業者となったプロジェクトを優先的に選び、なおかつそれらのうち最新情報が公開されている 11 件を分析対象とした。

3.4.2 エコゾーンで見たプロジェクトの特徴

エコゾーンは、気温と降雨量にもとづくケッペンの気候区分に山地システムという気候区分を新たに加えて森林タイプを分類したものである (FAO 2012 p.1)。

認証済みプロジェクト 60 件の地域別・国別件数は図 3-4 のとおりである。地域別では、アジア、アフリカ、中南米でそれぞれプロジェクトが実施されていた。国別で見ると中国での案件が最も多く、27 件ある。本報告でも 11 件中 5 件が中国のプロジェクトである。

次にエコゾーンで 60 件を分類すると、図 3-5 のような結果となった。熱帯雨林から温帯砂漠までの植林可能なほぼ全てのゾーンにおいてプロジェクトが実施されていた。図 3-6 はその分布図であり、中国では幅広いエコゾーンでのプロジェクトの分布を見ることができる。

図 3-7 はエコゾーンごとに分類および選定したプロジェクトのそれぞれの植林の特徴を示したものである。この図の横軸は乾燥から湿潤までの水分環境を主軸としている。これに加えて、この軸に沿って産業植林が可能か困難かという基準もおおまかに示した。つまり、乾燥に近くなるほど産業植林は一般に困難だが、反対に湿潤に向かうほど植林木の成長量は大きくなり、産業植林がより可能になっていく。続いて、プロジェクトの分類として図の上部は植林において伐採をともなうプロジェクト、下部が伐採をしないプロジェクトを示している。このように分類すると、プロジェクトの植林の目的は「砂漠化防止」「生態系保全」「伐採有植林」の 3 つに大きく分けることができる。

表 3-8 はこれら 11 件がプロジェクト設計書において示している炭素クレジットの予測獲得量である。これを見ると、エコゾーンと伐採の有無が概ね反映された 1ha 当たりの年間平均クレジット量の傾向になっていることが分かる。

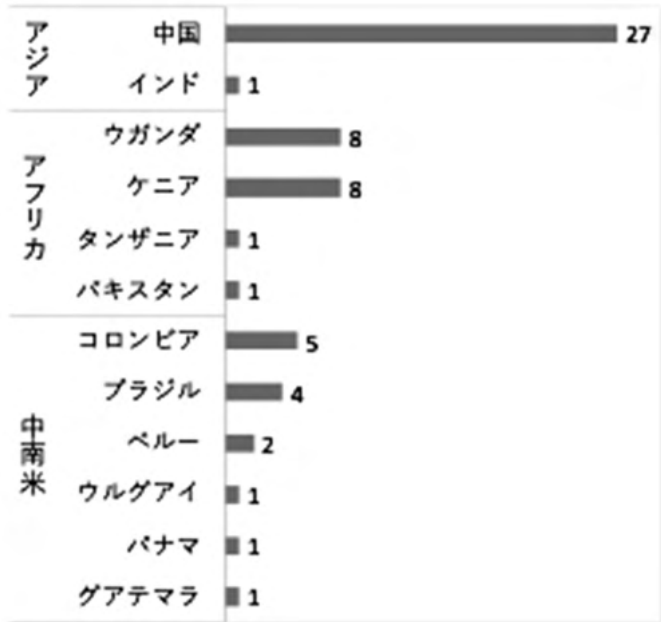


図 3-4 (再)植林プロジェクトの地域別・国別件数

註:プロジェクト開始承認済みから認証済みまでの 60 件を対象とする。

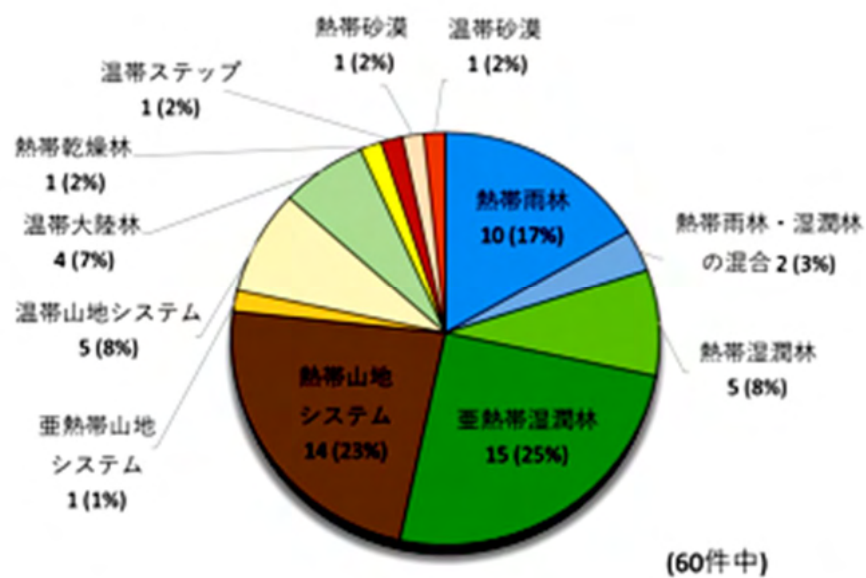


図 3-5 エコゾーンによるプロジェクトの分類

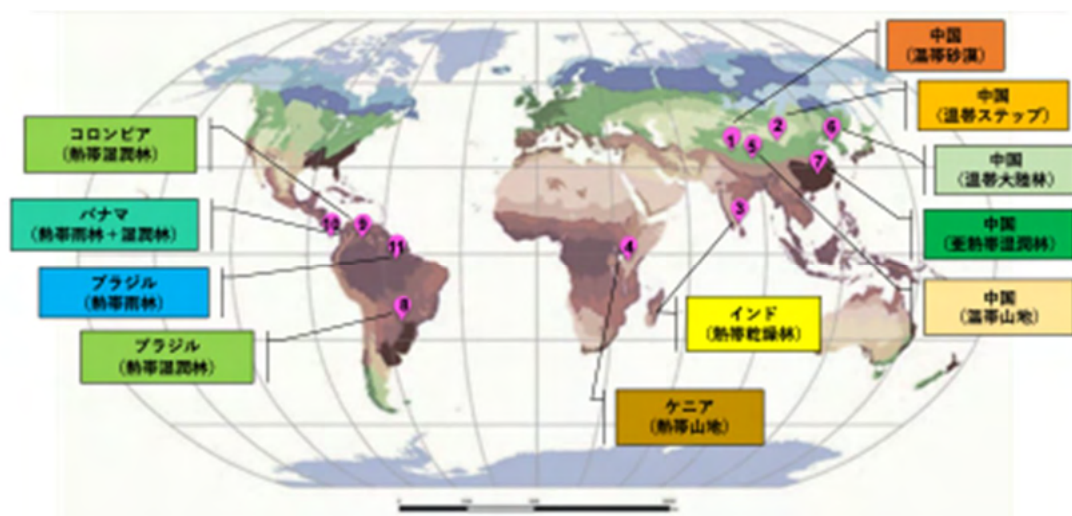


図 3-6 エコゾーンによるプロジェクトの分布

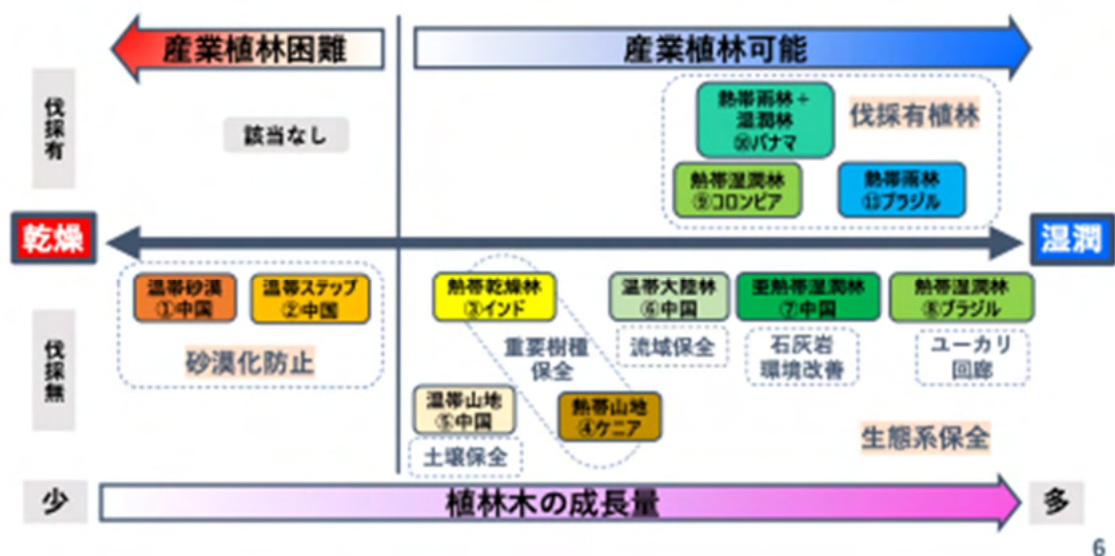


図 3-7 エコゾーンによるプロジェクトの特徴

表 3-8 プロジェクトごとの炭素クレジット予測獲得量

番号	ID	伐採	エコゾーン	特徴	国	期間 (年)	植林 面積 (ha)	総 クレジット量 (tCO ₂ e)	ha当たり クレジット量 (tCO ₂ e/ha)	ha当年間平均 クレジット量 (tCO ₂ e/ha・年)	
1	1065		温帯砂漠	砂漠化防止	中国	40	6,698	3,615,747	540	13	乾燥
2	2570		温帯ステップ	砂漠化防止	中国	60	23,398	14,319,589	612	10	
3	994		熱帯乾燥林	生態系保全	インド	30	2,200	1,844,486	838	5	
4	2386		熱帯山地	生態系保全	ケニア	60	2,293	5,937,992	2,590	41	湿潤
5	1832		温帯山地	生態系保全	中国	100	12,849	59,814,453	4,655	47	
6	1085		温帯大陸林	生態系保全	中国	60	22,565	36,139,013	1,602	27	
7	2087		亜熱帯湿潤林	生態系保全	中国	20	36,500	753,312	413	21	湿潤
8	1583		熱帯湿潤林	生態系保全	ブラジル	30	286.94	581,400.32	2,026	68	
9	2512	有	熱帯湿潤林	伐採有植林	コロンビア	30	30,605	4,184,664	137	5	
10	2481	有	熱帯雨林+ 湿潤林	伐採有植林	パナマ	100	1,100	2,726,629	2,479	25	湿潤 伐採
11	1909	有	熱帯雨林	伐採有植林	ブラジル	30	39,150	16,058,589	410	14	

3.4.3 11 件のプロジェクトの特徴

ここからは 11 件の事例についてそれぞれの社会・環境面での便益、すなわち住民便益と生物多様性便益に対する評価指標と調査方法、そして調査者についてまとめたものを、先ほど示した 3 つの植林目的ごとに順にスライド形式で掲載した。それらの概要を述べる。

(1) 砂漠防止

国別プロジェクト件数では中国のプロジェクトが 5 件あげられるが、これらには共通した便益が見られる。住民便益に関しては、「出稼ぎ労働者減少」や「地域活性化」をさす社会的結束の向上や社会関係の向上、あるいは地方経済の向上である。そして生物多様性に関しては、いずれの場合

も砂漠化が進むような生育困難地域での植林をすることにより生態系機能の改善を目指している点である。

(2) 生態系保全

この植林目的に当てはまるプロジェクトの中には米国の炭素コンサルタント会社である Clean Air Action Corporation (CAAC) が創設した TIST (The International Small Group and Tree Planting Program) というプログラムを実施するものが 2 件ある。これらのプログラムでは、事業者は小規模農家あるいは農民個人と契約を結ぶ。農家らは有用樹種を選択して植林することにより、炭素クレジットの売却によって得られた収入の 70% が支払われる仕組みである。TIST ウェブサイトでは、スライド内の写真のように植林木ごとの GPS 測量データが地図上に示され、それらの増加を見ることができる⁷。

この二つのプロジェクトでは、農家らにとって有用な樹種のみならず絶滅危惧種である Red Sandalwood や、生物多様性の観点から保護価値の高い Meru Oaks といった重要樹種の大規模植林も行なっている。こうした重要樹種の植林に対し二つのプロジェクトは Biodiversity Gold Level が付与されている。

(3) 伐採有植林

この植林目的に当てはまるプロジェクトは、伐採を前提とする産業植林事業を行なっている。これらの産業植林はいずれも社会・環境面での配慮や便益が見込まれる持続可能な森林管理を実施している。このうち 2 件はそうした持続可能な森林管理のイニシアチブである FSC 認証を取得済みのプロジェクトであり、とくに、⑨番目のプロジェクトでは、生物多様性モニタリングの手法として住民参加型の地図作成を実施している点、⑩番目のプロジェクトでは、先住民族の雇用を行なっている点は特徴的な便益である。そして残りの 1 件である⑪番目のプロジェクトは将来的にアグロフォレストリー型の植林を目指す事業として先駆的な産業植林といえる。

7 <https://program.tist.org> (最終閲覧 2023 年 3 月 29 日)

砂漠防止 温帯砂漠 ①中国 タクラマカン砂漠端での砂漠化防止

砂漠地帯の住民に植林活動を提供		
住民	■ 出稼ぎ労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 貧困緩和	講習参加者数、PRA
	■ 社会的結束向上	雇用者数、PRA
	■ 女性、少数民族参加	PRA
森林被覆増加による生態環境改善		
多様性	■ サイト周辺の野生動物保護	PSR
	■ 植林による砂防（風）効果	PSR
調査者：事業者（綿工業会社）が地方林業局と協働		

中国5件の共通便益

- ・「出稼ぎ労働者減少」「地域活性化」
- ・生育困難地域での生態環境の改善



砂漠防止 温帯ステップ ②中国 山岳地帯での砂漠化防止

砂漠地帯の住民に植林活動を提供		
住民	■ 出稼ぎ労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 生活の質（生計、技術）向上	講習参加者数、PRA、貧困調査
	■ 社会的結束向上	雇用者数、PRA
森林被覆増加による生態環境の改善		
多様性	■ 在来種植林（ニレ、トウヒ等による森林被覆増加	樹種、植林面積、PSR
	■ 森林生態系の改善	PSR(鳥類観測)
調査者：事業者自身（市立森林科学研究所）		



生態系保全

熱帯乾燥林 ③インド [TIST]クレジット払 + 重要樹種植林



生態系保全

熱帯山地 ④ケニア [TIST]クレジット払 + 重要樹種植林



生態系保全

温帯山地 ⑤中国

高標高地帯の土壌侵食防止

旧過放牧地帯での生活能力向上		
住民	■ 出稼労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 女性の潜在能力（地位、技術）向上	PRA
	■ 社会的結束向上	PRA
高標高地帯での植林		
生物多様性	■ 土壌侵食防止	植林面積
	■ 回復づくりによる近隣自然保護区の生態系回復	サンプル地観察
調査者：事業者自身（林業会社）		



植林地の景観

生態系保全

温帯大陸林 ⑥中国

保護区周辺の土壌保全

住民の環境意識向上と生計支援		
住民	■ 気候変動や森林資源の認識向上	講習参加者数
	■ 地方経済向上	PRA、税収入額
	■ 出稼労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 社会関係向上	PRA
	■ 女性・少数民族雇用	PRA
生態環境の改善		
生物多様性	■ 土壌侵食防止	植林面積
	■ 自然保護区の生態系回復	住民の野生動物観測数 生物多様性指数
調査者：事業者自身（林業会社）		



開始前と開始後の植林地



女性たちの育苗作業現場

生態系保全

亜熱帯湿潤林 ⑦中国 石灰岩地帯の環境改善

住民の気候変動への認知度向上		
住民	■ 生活の質向上（住居、土壌、インフラ）	PRA
	■ 女性地位向上	雇用者数
	■ 地域経済・産業発展（雇用機会増加）	PRA
	■ 社会関係向上	PRA
生育困難な石灰岩地帯の生態系回復		
生物多様性	■ 気候改善と災害（地滑り、洪水）減少	PSR、住民インタビュー
	■ 野生動物生息地保全	植林面積、PSR
	■ 生育困難な石灰岩（カルスト）地帯植林	植林樹種、植林面積
調査者：事業者（農林会社）が地方林業局専門家、社会科学研究所と協働		



土壌改善により
換金作物栽培可（ナツメ）

生態系保全

熱帯湿潤林 ⑧ブラジル アグロフォレストリ志向型植林

生業転換による生計向上		
住民	■ 雇用者増加	雇用者数
	■ 生活の質向上（住居、水インフラ、土壌改善、情報アクセス）	SLA
	■ 社会関係向上	SLA
	■ 植林地における林産物資源獲得	SLA
	■ アグロフォレストリ（養蜂等）による現金収入	プロジェクト終了後
林業への土地利用転換による生態系回復		
生物多様性	■ ユーカリ植林回廊で動物数増加	観察頻度、カメラ
	■ 法的保護区でのHCV保護	現場観察
	■ 林業投資家の呼び込み	関心者を観察
調査者：事業者（炭素コンサルタント）+専門家		

施業地（伐採有）の一部がプロジェクト地
（伐採無、炭素クレジット）



クレジット用植林地（5か月）



クレジット用植林地（4年目）

伐採有植林 熱帯湿潤林 ⑨コロンビア FSC認証済み産業植林

女性とコミュニティのエンパワーメント	
■ 女性地位向上	女性雇用者数と割合
■ 森林資源の価値認識向上	研修参加者数
■ 社会関係向上	SLA
■ 生活の質向上（保健、社会的価値の高い地域保護等）	SLA
保護区周辺と自然劣化地の保全	
■ アカシアとユーカリ植林による回復づくり	植林面積、植林樹種
■ 野生動物生息地保全	植林面積、生息動物観察
■ 保護区周辺生態系保護	生息数カメラトラップ 生物多様度指数
調査者：事業者自身（林業会社）	



社会的保護価値の高い地域（共同墓地）

準絶滅危惧種の特定（コチャバラハウカンチョウ）



住民参加型動物観察地図の作成

伐採有植林 熱帯雨林+湿潤林 ⑩パナマ FSC認証済み2サイト植林

先住民族の雇用による持続的森林経営	
■ 先住民族の雇用者創出	先住民雇用者数
■ 労働者研修（Covid-19予防含む）	研修参加者数
■ 生活環境の向上（住居、道路等）	施工費、観察
長期的な森林再生計画	
■ 複数種（在来・外来）の伐期をずらした植林	植林面積
■ 土壌侵食の回復	植林面積、観察
■ 河畔林保護のための在来種植林	植林木数、植林面積
■ 動植物生息数回復	カメラトラップ
調査者：事業者（林業会社）と専門家（NGO、大学等）の協働	
長期的(100年)な持続的森林経営	



土壌侵食防止されたチーク植林地

河畔林保護のための在来種植林



Puma concolor (CITES I)

伐採有植林 熱帯雨林 ⑪ブラジル アグロフォレストリ志向型植林		
住民	雇用創出による住民の生計向上	
	■ 雇用者増加	世帯数、SLA
	■ 生活の質向上（住居、土壌等）	SLA
	■ 植林木の自家用（建材等）採取	SLA
	■ アグロフォレストリ技術向上	研修者数
生物 多様性	アグロフォレストリへの転換による生態系回復	
	■ ユーカリ植林のパツファゾーン	植林面積、サンプル地観測
	■ 土壌侵食減少	5年観察
	■ 法的保護区生態系回復	衛星画像、サンプル地観測
	■ 景観向上	目視観察、住民インタビュー
	■ アグロフォレストリによる森林減少抑制	リモートセンシング
調査者：事業者（農家＋専門家）が現地大学と協働		



モザイク景観の植林地

<https://amazonreforestationconsortium.com/>

3.5 CCBS のプロジェクト事例における便益評価のためのモニタリング手法

ここでは、分析対象としたプロジェクト事例 11 件がどのような便益評価の指標や方法を採用してモニタリングを実施しているのかを分析する。

3.5.1 分析の視点：「専門性」と「コミュニティの関与」のバランス

モニタリングの費用対効果は、どのような主体がモニタリングするかによって左右されるが、事業者（プロジェクトチーム）が主体となって、専門家やコミュニティと適切に協働して実施できるような形を目指すことが費用対効果を高めるとして、CCBS の SBIA マニュアルでは推奨されている。だが、どのような適切な協働の仕方が考えられるのかについては、モニタリングに求められる専門性やモニタリング活動を担う主体の有無などに依存して具体的に判断する必要がある。

生物多様性便益のモニタリング手法について分析している SBIA マニュアル Part 3 でも指摘されているように、生物多様性を評価するためのモニタリングは、一般に時間、コスト、科学的専門性が求められてきた。しかし、これらを満たすモニタリングは、しばしば長期的・継続的な調査が困難であり、それがもたらすコミュニティへの便益が必ずしも大きくないことが課題である。こうした課題を克服するために、より簡素で、コストがかからず、科学者や外部専門家と現地の人々とが共にモニタリングチームとして実施する手法が検討されている。

3.5.2 生物多様性便益モニタリングにおける「専門性」

SBIA マニュアルでは、生物多様性便益のモニタリングにおいて外部専門家のモニタリング実施量と技術・機器の複雑さにもとづく利点と不利点を分析した表が提示されている（p.37 Table 8）。この表では、具体的に①データの質、②コスト、③調査期間、④新たな脅威の特定、⑤コミュニティのデータ所有意識、⑥非専門家へのトレーニングという 6 つの項目に関する利点と不利点があげら

れている。それらを訳して整理したものを表 3-9 に示す。

外部専門家によるモニタリング実施量が多く技術・機器が複雑な場合には、高品質な技術と分析成果を出すことが見込まれるため、①データの質は高くなる。しかし、その分、データの質は専門家や技術・機器の高度さに依存することになる点で不利であることに加え、以下の項目で不利点が生じる。

②コスト面では、外部専門家の派遣にともなう旅費や、現地での入手が困難な高度な機器の輸送費などがかかり最も割高となる。③調査期間は外部専門家の派遣期間ということになるため短期間になりモニタリング活動が限定されるため不利となる。④新たな脅威の特定については、外部専門家のモニタリング実施量が多かったとしても、技術・機器が簡易的である場合には特定の遅延が危惧される。また、⑤コミュニティのデータ所有意識は、データが専門家に依存しがちになるため低くなる。このことは、コミュニティの関与を退ける恐れがあるため不利である。

⑥非専門家へのトレーニングは外部専門家による実施量が多い場合には、対象外とされている。

3.5.3 生物多様性便益モニタリングにおける「コミュニティの関与」

外部専門家によるモニタリング実施量が少ない場合は、非専門家がモニタリングに関与することになる。すなわち、事業者(プロジェクトチーム)やコミュニティの人々が実施者となりうる。そこで、モニタリング実施へのコミュニティの関与という軸でこの表を見直し、コミュニティが関与した場合の専門性における利点と不利点を整理した。

①データは、品質や一貫性に問題が生じる恐れがあるためその質が低くなる点が不利である。しかし、②コストは外部専門家の派遣や機器輸送の可能性が低くなるため割安になる。ただし、モニタリング実施者となるコミュニティが過度なコストの負担を被る恐れが生じる。つづく③調査期間については現地の人々によって長期的・継続的に実施される可能性が高くなり、利点である。それにより④新たな脅威の特定も早くなり、⑤コミュニティのデータ所有意識も同時に高まる。だが、⑥非専門家へのトレーニングが必要となる点は、外部専門家がいる場合と比較すると負担となる。

以上のコミュニティ関与の軸で整理し直した簡略図が図 3-8 である。これを見ると分かるように、コミュニティが関与することは①データの質や⑥非専門家へのトレーニングという項目で不利が生じるものの、専門性が高いときに②～⑤の項目において生じる不利点に対し利点として働きかけることができ、それらの不利点を補うことが確認できる。

3.5.4 住民便益モニタリングにおける「コミュニティの関与」の重要性

専門性とコミュニティの関与についての利点と不利点の傾向は住民便益モニタリングにおいてもおおむね同様の傾向だということが表 3-10 からいえる。表 3-10 はマニュアル Part 2. (p.21)をもとに、コミュニティの関与を前提とした調査手法である PRA などのいわゆる「参加型手法」や定性的調査を実施する場合に専門性という点でどういった利点と不利点が見られるか整理したものである。

先ほどの 6 つの項目に照らし合わせると、住民便益モニタリングでコミュニティの関与が重要だとするのは、とくに①データの質においてである。というのは、住民便益を評価するには社会状況やステークホルダーの認識について把握することが求められるが、コミュニティやそこに暮らす人々はそれらについての情報や意見を持つ直接的な情報提供者であり、彼らが調査に関わることによ

ってそれらをよりよく把握できることが考えられるためである。

表 3-9 生物多様性便益モニタリングにおける外部専門家のモニタリング実施量と技術的複雑さから見た利点と不利点

		モニタリング技術や機器の複雑さ					
		簡易 例：動物の目撃、単純な観測		複雑 例：カメラトラップ、航空調査			
		利点	不利点	利点	不利点		
外部専門家によるモニタリングの実施量	多い	①データの質	高 高品質な収集・分析	専門家と機器操作の 適切さに依存	高 高品質な技術・分析	専門家と機器操作の 適切さに依存	
		②コスト	割安 機材安価 現地入手可	割高		割高 現地にはない機材の輸送	
		③調査期間		短期間内で一時的		短期間	
		④新たな脅威の特定		遅延			
		⑤コミュニティのデータ所有意識		薄い		薄い	
	少ない			利点	不利点	利点	不利点
		①データの質			低 品質と一貫性に問題		低 品質と一貫性に問題 機器操作の適切さに 依存
		②コスト	割安 機材安価 現地入手可	コミュニティが過度に 負担		割高 機材の現地入手不可 あり コミュニティが過度に負担	
		③調査期間	長期的・継続的		長期的・継続的		
		④新たな脅威の特定	早い				
⑤コミュニティのデータ所有意識		強い		強い			
	⑥非専門家へのトレーニング		必要		必要		

(SBIA-Part 3 p.37 Table 8 をもとに作成)

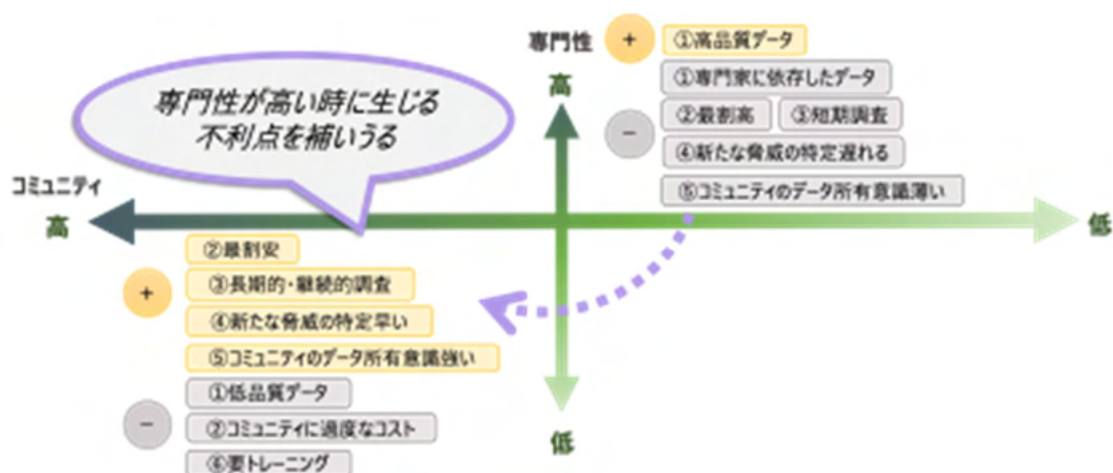


図 3-8 専門性とコミュニティ関与との関係

表 3-10 定性的および「参加型手法」による社会調査の専門性におけるコミュニティ関与の利点と不利点

	利点	不利点
①データの質	- 社会的・制度的変化 - ステークホルダーの認識 - 社会的な問題（公平性、ジェンダー、因果関係など） を把握しうる コミュニティの関与が重要になる	バイアス、主観がつきまとうのは定量的手法と同様
②コスト		厳格なほど費用と時間がかかる
③調査期間		現地住民に多大な時間
④新たな脅威の特定	無形、予期せぬ結果の特定	
⑤コミュニティのデータ所有意識	—	—
⑥非専門家へのトレーニング		必要（熟練者、研究チームが必要）

（SBIA-Part 2. p.21 をもとに作成）

3.5.5 プロジェクト事例のモニタリング方法の分析

以上で説明した分析視点にもとづきプロジェクト事例 11 件を分析する。表 3-11 はそれらのモニタリング実施者とモニタリングの分析指標・方法を示したものである。

モニタリング実施者の類型を、事業者、外部専門家、コミュニティの 3 つのアクターに分け、どのアクターがモニタリングを実際に実施しているかのパターンを検討した。これによると、①事業者＋外部専門家＋コミュニティ、②事業者＋外部専門家、③事業者＋コミュニティの 3 つのパターンが見られる。

①のパターンは、3 アクターがモニタリング実施の中で適宜関わっている場合であり、②は外部専門家の関与がなくとも事業者自身で専門性を確保できているパターンである。③はコミュニティの関与があまりない状態で外部専門家の関与がある中、事業者スタッフが中心となり情報収集をするというモニタリングでの事業者の役割が大きいパターンである。

②のパターンは表中の番号 10 および 11 であるが、これらの事業者は研究所であったり、林業部門において厳しい認証プログラム基準を持つことで知られる FSC 認証を取得済みの炭素コンサルタントであった。つまり、事業者内部において専門性を確保することができていたり、認証済みプロジェクトに対する経験が豊富であることが想定される。こうした事業者のパターンは 11 件中 2 件のみであり、これから植林事業を試みようとする事業者たちの間でも一般的ではないと思われる。

③のパターンは、スタッフが中心となりコミュニティの情報収集やサンプル地での植林木調査における GPS 計測とその情報収集をしている場合であった。

次に、便益ごとのモニタリング分析指標・方法におけるコミュニティ関与パターンを見ると、①「参加型手法」に関与、②専門家の調査補助役として関与、③モニタリングへのコミュニティの関与は薄く、事業者スタッフが中心となって実施、同様に④モニタリングへのコミュニティの関与は薄く、内外専門家が中心となって実施、という4パターンに分かれた。

住民便益のモニタリングでは参加型手法である PRA や PIA 調査をするプロジェクトが 6 件と約半数あり、次に SLA の分析手法にもとづく調査を採用しているプロジェクトが 3 件、そして分析手法の明示がない任意の調査をしたプロジェクトが 2 件あった。

生物多様性便益モニタリングでは、最も一般的な手法としてマニュアルで紹介されていた PSR 枠組みにもとづく調査を採用していたのは 2 件と少なかった。また、全てのプロジェクトでサンプル地を設定した鳥類個体数調査や生息調査、あるいは植林木の調査を実施していた。このうち調査に住民が加わっていた調査は 5 件あった。

その方法は住民からの聞き取りによって動物の生息を確認する場合や、それらの動物の目撃について住民たちが地図を作成する場合、あるいは内部専門家の調査補助として雇用される場合である。一方、コミュニティの関与が薄い調査方法には、ドローンなどの高度な機器を用いたり、専門家によるモニタリング調査とそのデータにもとづく生物多様性指数の評価を行うなどの場合が見られた。

3.5.6 モニタリング実施者が協働している事例

モニタリング実施者が協働している事例として、表 3-11 の中国のプロジェクト(番号1)におけるモニタリング方法を挙げることができる。

プロジェクト設計書およびモニタリング報告書⁸によると、このプロジェクトの事業者は、地域産業を営む綿工業会社である。この会社のプロジェクト体制では、事業者、外部専門家、地域コミュニティの 3 アクターを図 3-9 のように位置付けている。モニタリングのための体制は、事業者を主体として外部専門家が専門的知見の提供者として加わる形のモニタリングチームを結成している。地域コミュニティの住民たちは、このチームが行なう住民便益および生物多様性便益のモニタリングの流れの中で調査活動の部分で関わっている。

住民便益モニタリングでは、地域コミュニティの住民が参加型手法にもとづく調査の中でインタビューを受けたりディスカッションをすることで情報提供者としての役割を担っている。また、生物多様性便益モニタリングでは、PSR 指標にもとづく鳥類個体数観測調査を事業者のスタッフが行ない、

8 Verra ウェブサイト:<https://registry.verra.org/app/projectDetail/CCB/1866> (最終閲覧 2023 年 3 月 29 日)

レンジャーとして雇用された住民が景観や脅威の特定をするための観察をし、外部専門家は適宜それらに対して助言を行なうという体制が見られる。さらにコミュニティの住民や事業者のスタッフは、外部専門家からのトレーニングやマニュアルの説明を受けるなどしてモニタリング活動に関わっていることも分かった。

これらから、事業者およびそのスタッフ、外部専門家、地域住民の3アクターの役割分担を明確にし、トレーニングで活動の質を補いながらアクター間のバランスの取れたモニタリングを実施していることが考えられる。

表 3-11 事例 11 件のモニタリング実施状況

番号	ID	国	モニタリング実施者			モニタリング分析指標・方法	
			事業者	外部専門家	コミュニティ	住民便益	生物多様性便益
1	1864	中国	綿工業会社	林業局、炭素コンサル	○	PRA	PSR サンプル地鳥類個体数調査 (スタッフ**・住民有)
2	2002	中国	農林会社	林業局 研究所	○	PRA	サンプル地生息調査 (住民聞き取り有)
3	2401	パナマ	林業会社(SIC取得済み)	NGO、大学	○	PIA	サンプル地生息調査 (カメラトラップ、ドローン)
4	1832	中国	林産環境会社、炭素コンサル	林業局	○	PRA	サンプル地生息調査 (生物多様性指数)
5	1895	中国	林産環境会社、炭素コンサル	林業会社	○	PRA	サンプル地生息調査 (生物多様性指数)
6	1909	ブラジル	農家、専門家	大学	○	SLA	サンプル地生息調査 (住民聞き取り有)
7	2512	コロンビア	林業会社	林業会社 環境コンサル	○	SLA	サンプル地生息調査(生物多様性指数)、 参加型地図作成
8	984	インド	炭素コンサル	研究所	—	任意*の調査 (スタッフ情報収集)	サンプル地植林木調査 (スタッフGPS計測)
9	2558	ケニア	炭素コンサル	研究所	—	任意の調査 (スタッフ情報収集)	サンプル地植林木調査 (スタッフGPS計測)
10	2379	中国	市立森林科学研究所	—	○	PRA	PSR サンプル地鳥類個体数調査 (スタッフ観測有)
11	1963	ブラジル	炭素コンサル (FSC取得済み)	—	○	SLA	サンプル地生息調査 (スタッフ・住民の調査補助)

註:任意*:分析手法の明示がとくになかった、 スタッフ**:事業者を含む

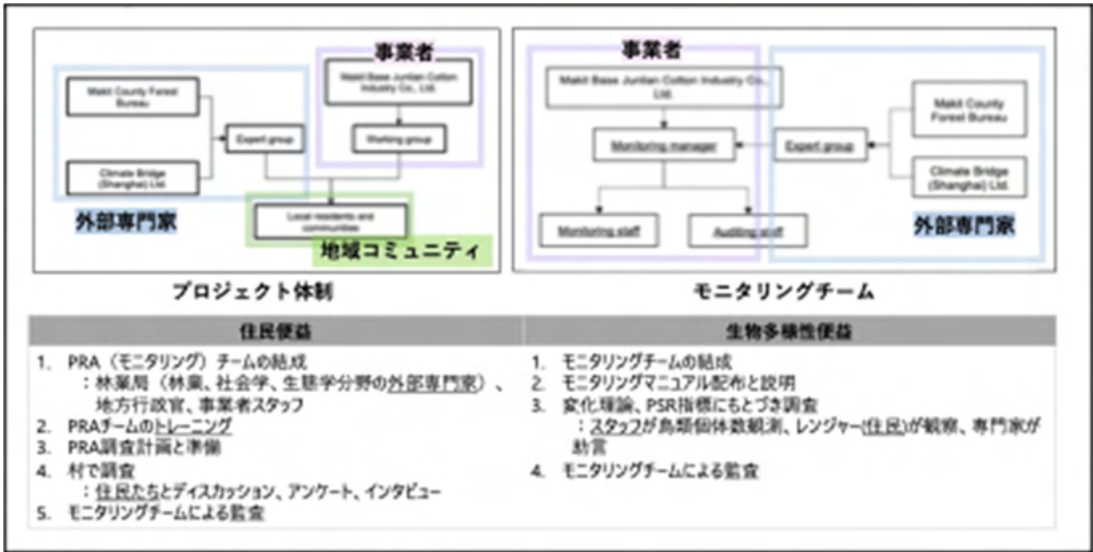


図 3-9 中国(ID1866)綿工業会社のプロジェクトモニタリング方法

3.5.7 コミュニティが関与する簡易なモニタリング調査方法

コミュニティが関与する生物多様性便益のモニタリング調査方法には、サンプルプロット外で行なう簡易な調査方法もある(Salk et al. 2020)。事例 11 件ではいずれもサンプルプロットを設置して調査を行なっていたが、プロット外での調査を視野に入れると、住民へのインタビューを取り入れた比較的簡易な方法で情報を収集することが可能になるという(表 3-12)。このように、調査方法を柔軟に捉えることもまた、アクター間が協力してモニタリングを実施していく体制を構築することに役立つと思われる。

表 3-12 サンプルプロット外で行なう簡易的生物多様性モニタリング

森林の潜在的なモニタリング指標の概要 プラスまたはマイナスの数は、特定のメカニズムまたはデモニストの強さに関する著者の見解を示す。						
指標とその概要	メカニズム			デモニスト		
	見つけやすい	すべての生物の同定は不要	感度の低さ	場所によって異なる	どこにでもあるわけではない	見つけにくい
歩いている中 直接観察する						
樹冠に依存する種：視覚的観察によって枯死しやすい種	+	++	+	-		
オーストリア種：その存在が群集や生態系の構造に大きな変化をもたらす種	+	++		-		-
大きな木：大きな木は、樹冠空間と他の種の生息地として重要	++	+	+	-	-	
枯死木立ち枯れ木と倒木は多くの種の重要な生息地	+			-		
腐敗腐植体の多い木：貴重な材の木は選択的に伐採される	+	++	++	++	-	
成長途上の若い木：成熟した木になるまで時間がかかる木	+	++	++	-		
腐生植物：他の植物上で育つ植物	+	+	+	-	-	
更新状態：成長の若い木と腐生や腐敗の存在と関連する		+	++	-		+
朽ち枝：伐採の痕跡	+	+	+	-		
朽ち枝：ワナなど動物を誘引する腐植		+	+	-	-	+
腐植：木腐植体	+	++	+	-	-	
林縁のモニタリング：伐採、土地利用変化、山火事などの影響	+	+	+	-		
キノコとなる動物種：地域生息の肉食動物、菌類類、大きな鳥などを 見る程度		+	+	-		
菌類の種：地域生息の菌類に出会う程度		+	+	-	-	

Salk, C. F., R. Chazdon, and D. Welwa. 2020. Thinking outside the plot: monitoring forest biodiversity for social-ecological research. Ecology and Society 25(1):7. <https://doi.org/10.5751/ES-11223-250107>

3.6 まとめ

本章では社会・環境面での便益を評価する手法について、既存のイニシアチブを概観し、本事業の目的に最も適合すると考えられる CCBS 認証とその基準を取り上げ、整理・分析を行なった。さらに、CCBS の開始承認ないし認証済みの植林プロジェクトを対象に 11 件の事例を選定して、それらのモニタリング手法についての分析を行なった。

最後に、今後民間事業者が住民・生物多様性便益への貢献度を評価する上で活用可能な指標や評価手法を具体的に提示していくうえで、重視すべきと考えられる視点を 2 点あげたい。

一つ目は、便益の捉え方である。SBIA マニュアルでは、Without プロジェクトの場合に起きうるシナリオと With プロジェクトの場合に起きうるシナリオとの間に見込まれる変化を便益として評価する変化理論が奨励されている。植林プロジェクトの社会や環境に対する影響は多くの場合、定量的な指標による評価が難しいと考えられる。その際に、便益をアウトプットのみで示そうとするよりも、このように望ましいアウトカムやインパクトへとつながる一連の変化プロセスとして捉え、評価する方法が有効と考えられる。

もう 1 点は、コミュニティが関与するモニタリングの有効性である。SBIA マニュアルでは、プロジェクト前の対象地の現状把握やモニタリングにおける調査活動においてコミュニティが関与することは利点が多く、重要であると示されている。同時に、専門性の観点からすると、コミュニティの関与

が高いほどデータの品質が低くなり、またコミュニティには過度にコストの負担がかかってしまう点が不利点として指摘されている。今後植林を進める事業者は、そうした利点と不利点を勘案して、中国でのプロジェクト事例のように、事業者、外部専門家、コミュニティの3アクターでの実施を前提としたプロジェクト体制とモニタリングの方法を検討することが有効であると考えられる。

その際、専門性を高めるためには、必ずしもモニタリング手法に関する専門的知見を備えていないコミュニティや事業者のスタッフに対して、トレーニングやマニュアルの説明会などを設けることで活動の質を高めることが望ましい。

あるいは、表 3-12 で示したサンプルプロット外で行なう簡易な生物多様性モニタリングの事例のように、簡易な調査方法を検討することで、コミュニティの住民の関与を高めることも有効である。

3.7 参考文献

- Coordinator of the Indigenous Organizations of the Amazon Basin (COICA), Conservation International, Environmental Defense Fund, The Amazon Environmental Research Institute (IPAM), The Nature Conservancy, Wildlife Conservation Society, World Resources Institute, WWF. (2022). Tropical Forest Credit Integrity Guide for Companies: Differentiating Tropical Forest Carbon Credit by Impact, Quality, and Scale. <https://tficguide.org/wp-content/uploads/2023/02/Guide-2023-EN-fin.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. Global ecological zones for fao forest reporting: 2010 Update. Rome: FAO.
- FCMC (Forest Carbon Markets and Communities Program). (2012). REDD+ social safeguards and standards review. Vermont: FCMC.
- Iwanaga, S., Yokota, Y., & Hyakumura, K. (2017). Social safeguards in national and sub-national REDD+ initiatives: A comparison based on literature review. Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). 51(1):31-43.
- Pitman, N. 2011. Social and Biodiversity Impact Assessment Manual for REDD+ Projects: Part 3 – Biodiversity Impact Assessment Toolbox. Washington, DC: Forest Trends, Climate, Community & Biodiversity Alliance, Rainforest Alliance and Fauna & Flora International.
- Richards, M. 2011. Social and Biodiversity Impact Assessment (SBIA) Manual for REDD+ Projects: Part 2 – Social Impact Assessment Toolbox. Washington, DC: Climate, Community & Biodiversity Alliance and Forest Trends with Rainforest Alliance and Fauna & Flora International.
- Richards, M. and Panfil, S.N. 2011. Social and Biodiversity Impact Assessment (SBIA) Manual for REDD+ Projects: Part 1 – Core Guidance for Project Proponents. Washington, DC: Climate, Community & Biodiversity Alliance, Forest Trends, Fauna & Flora International, and Rainforest Alliance.
- Salk, C. F., R. Chazdon, and D. Waiswa. 2020. Thinking outside the plot: monitoring forest biodiversity for social-ecological research. Ecology and Society 25(1):7. <https://doi.org/10.5751/ES-11223-250107>
- Yokota, Y., Shono, S., Sagara, M., Hyakumura, K., Iwanaga, S., Sakamoto, Y., Kawakami, T., Nezu, A., and Nakatsuka, T. REDD+ Balancing Climate Policy and Rural Development: Safeguards and Grievance Mechanisms. In Participatory Forest Management in a New Age: Integration of Climate Change Policy and Rural Development Policy. Eds. Inoue, M., Harada, K., Yokota, Y., and Mohammed, A. J. (2021). Tokyo: University of Tokyo Press.
- World Bank. (2022). State and Trends of Carbon Pricing 2022. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/a1abead2-de91-5992-bb7a-73d8aaaf767f> License: CC BY 3.0 IGO. (最終閲覧 2023年3月29日)
- 岩永青史・古川拓哉・岡部貴美子・戸田美紀. (2017) REDD-plus Cookbook Annex. 調査マニュアル Vol.3. 社会セーフガード解説. (研)森林総合研究所 REDD 研究開発センター, 23pp.
- 横田康裕・江原 誠・百村帝彦. (2012). REDDプラスにおいて環境社会セーフガードを促進させるための取組 ―国際機関やNGO等の主導による原則・基準・指標やガイドライン等の策定の試み―. 海外の森林と林業, 85, 50-54.

4 ケニア半乾燥地における長根苗植林の貢献度可視化

国際緑化推進センター(JIFPRO) 柴崎 一樹、田中 浩、コマツ 石森正俊

4.1 ケニアにおける森づくり貢献度可視化の現状・ポテンシャル

4.1.1 森林の概況

ケニアの国土の 80%以上は乾燥・半乾燥地帯¹であり(MENR², 2016)である(図 4-1)。湿潤地を中心に森林が分布し(図 4-3)、FAO(2020)によると、2018 年時点の林地面積は約 360 万 ha で、国土の約 6%(森林率)に相当する。また、半乾燥地を中心に、森林の定義(0.5ha 以上、樹冠率 5-10%以上)を満たさないが、木本植物が生え、かつ農業が主用途でない「その他の林地」が分布し、国土の約 57%を占めている(表 4-1)。他の途上国と同様、1990 年から 2018 年の間で、「林地」は約 1.4 万 ha/年、「その他林地」は、14 万 ha/年のペースで面積が減少している。森林減少・劣化の要因は、農地転用、薪炭材採取、違法伐採等とされている(MENR, 2016)。



図 4-1 ケニアの気候帯(出所: Agro climatic zone map of Kenya 1980(Braun, H.M.H, 1982))

表 4-1 2018 年時点のケニアの森林とその他の土地利用(出所: FAO, 2020)

	林地 (Forest land)				その他の林地	その他
	政府所有天然林	私有天然林	政府所有植林地	マングローブ	(Other wooded land)	(Other land)
面積(千 ha)	1,178	2,219	153	61	32,271	21,031
国土面積割合(%)	2.07	3.90	0.27	0.11	57	37

¹ 乾燥地は乾燥度指数(=年間降水量/年可能蒸発散量)によって定義され、その値が 0.2～0.5 であると半乾燥地に分類され、その地域の特徴(目安)は雨期があり、年降水量は 500mm 未満(冬雨季)か 800mm 未満(夏雨季)といったものがあげられる。

² Ministry of Environment and National Resources(ケニア環境・天然資源省)の略。2023 年時点では、Ministry of Environment, Climate Change and Forestry に再編され、その中にケニア森林公社(KFS)やケニア森林研究所(KEFRI)が設置されている。

4.1.2 植林についての基礎情報

(1) 植林形態

既存の植林面積は、2010 年の衛星画像による分析によると、186,716ha、国土の 0.32%にあたる。その内訳は、公有林が 53%(98,323ha)、私有林が 47%(88,393ha)である(MENR, 2016)。植林のタイプは以下の 2 つに分類される。

- ① 「産業植林(Commercial plantation)」:主に木材生産・販売を目的とした植林。国有地、私有地、コミュニティ所有地で行われ、下図の通り降水量が 1,000mm 以上の西部に集中しており、その面積は合計で 20 万 ha に及ぶ(MENR, 2016)³。
- ② 「農地植林(farm forestry)」:耕作地に植林するアグロフォレストリのような植林タイプ。農地植林をした場所は、通常、森林の定義に満たないことが多いため、FAO や政府の統計上では、森林ではなく、「その他の林地」として分類される(前述)。ケニアの 1 人あたりの農地面積は、0.2ha 程度(FAO, 2010)と狭いのと、所有者によって、植栽密度や樹種が異なるため、「その他の林地」は農作物が植えられている農地や居住区が混じったモザイク状のランドスケープになっていることが多い(図 4-2)。

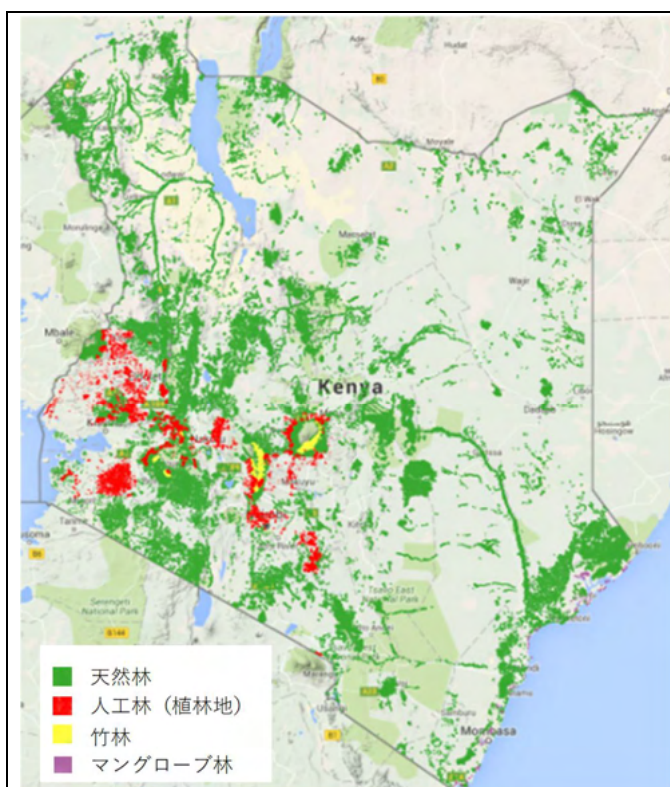


図 4-3 ケニアの 2010 年時点の森林と植林地(産業植林地)の分布(出所:KFS, 2013)

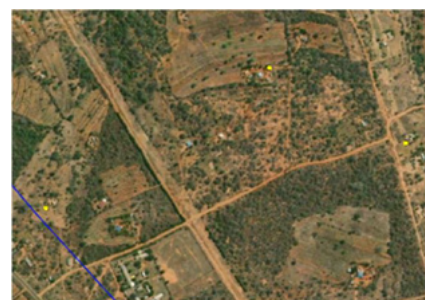


図 4-2 ケニアの林地外でよくみられるランドスケープ(樹木、耕作地、家屋がモザイク状に展開)

³ 前述の植林地面積 18 万 ha と 2 万 ha 程の誤差があるのは、対象年が違うのもあるが、前者が衛星画像によるもの実際の植林地面積であるのに対して、後者は土地利用として植林地とみなしている土地であり、伐採後に裸地になっているものも含まれるからだろうと考えられる。

(2) 主な植栽樹種

ケニア西部の湿潤地での「産業植林」では、*Cupressus lusitanica*, *Pinus radiata*, *Pinus patula*, *Eucalyptus* spp., *Vitex keniensis*, *Polyscias kikuyuensis*, *Juniperus procera* 等の在来及び外来種が植栽される。「農地植林」では、ケニアの中央部、東部では *Grevillea robusta*、西部では *Eucalyptus* spp.、半湿潤地では *Cupressus* spp.が植えられている(MENR, 2016)。ただし、気候帯によって樹種は大きく異なる。各地域の植栽樹種については、以下の WWF のサイトに、より詳細に整理されている。(https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=4d746cbfafb44f6d96cfe0e5595967f1)

(3) ケニアの森林政策目標

2008 年に策定された Kenya vision 2030 において、2030 年までに森林率 10%達成を目指してきたが、2022 年に、新大統領に就任した William Ruto 氏は、2032 年までに国土の 30%を森林にすると宣言した。2022 年時点で 6~7%の森林率を 2032 年に 30%にするためには、国土の約 20%以上、約 1,000 万 ha 以上(北海道と岩手県を足した面積が 987 万 ha)の植林が必要になる。これまでの目標値を大幅に上方修正したことになるが、現在、政府はそれを達成するために、キャンペーンやポット苗の無料配布を行っている。

(4) 土地所有形態と今後見込まれる植林形態

ケニアの国土全体の土地所有形態としては、国有地(国土の約 10%、国立公園等)、私有地(国土の約 20%)、信託地(国土の約 70%)の 3 種類が存在する(Mwenda, 2001)。一番面積割合が大きい信託地(Trust land)とは、国による開発の管理・規制の影響を受けず慣習法が適用されてきた土地であり、地方自治体(County council)の管轄下で、慣習法のもとに土地が共有管理されており、この信託地の大部分が農家の農地にあたる。特に、小規模農家(Government of Kenya (2010)では、3ha 未満を小規模農家と定義)の占める割合が高い。もし、ケニアが 2032 年までに森林率 30%の達成を目指すとしたら、小規模農家の農地でのアグロフォレストリを含めた農地植林の促進が重要になってくるだろう。実際、政府は、農家に、自分の農地での植林を行い、樹冠率を 10%以上(林地の定義)にすることを推奨しているが、これは、もともと農地や「その他の林地」であったところを「林地」にし、森林率をあげようとしているためだと考えられる。

(5) 植林による炭素クレジット関連情報

世界で一番流通量が多いボランタリーカーボンクレジットプログラムである VCS(Verified Carbon Standard)の森林プロジェクト(植林・REDD⁴)は、ケニアにおいて表 4-2 の通り行われている。TIST も KOMAZA も、数万 ha 規模の植林を実施しているが、その形態は前述の農地植林である。2023 年 3 月時点で、VCS 植林プロジェクトの登録がされたアフリカの国(プロジェクト数)は、コンゴ(1)、ガーナ(4)、ケニア(9)、マダガスカル(1)、マラウイ(1)、マリ(1)、モザンビーク(1)、ニジェール(1)、ルワンダ(1)、セネガル(2)、シエラレオネ(1)、南アフリカ(4)、タンザニア(1)、ウガンダ(10)、ザンビア(1)、ジンバブエ(1)の 16 か国であり、ケニアは中でも比較的项目数が多い国である。

⁴ 森林保全による排出削減(植林とは異なる)

表 4-2 VCS 下の森林プロジェクト(Verra ウェブサイトより作成)

プロジェクト名	プロジェクト ID	分野	プロジェクト申請団体	実施地域 (County)	対象面積
TIST Program in Kenya 1~6,9~10 (TIST)	594, 595, 596, 597, 737, 899, 996, 2338	植林 (農地植林)	Clean Action Corporation	Kirinyaga, Laikipia, Meru, Nyeri, Tharaka Nithi	15,185 ha (植林面積)
KOMAZA SMALLHOLDER FARMER FORESTRY KENYA(KOMAZA)	2623	植林 (農地植林)	KOMAZA	Kilifi, Kwale, Nyandarua	45,316 ha (植林面積)
Chyulu Hills REDD+ Project	1408	RED D	Chyulu Hills Conservation Trust	Makueni, Taita Taveta, Kajiado	410,534 ha
The Kasigau Corridor REDD Project 1~2	562, 612	RED D	Wild Works Carbon LLC	Taita Taveta	199,910 ha

なお、ケニアは JCM⁵加盟国であり、2022 年には、「製塩工場における太陽光発電プロジェクト」による JCM クレジットが発行された。しかし、2022 年時点で、森林分野の JCM は実施されてない。

4.1.3 植林にあたっての技術的な課題(半乾燥地での植林)

降水量が 1,000mm 以上の湿潤地では、植林が進んでおり、前述の TIST や KOMAZA などの VCS 植林プロジェクトも、湿潤地において農地植林を行っている。しかし、半乾燥地では、以下のような技術的な課題があるため、農地植林が進んでいないのが現状である。前述の森林率 30%達成のためには、国土の大部分を占める半乾燥地での植林の推進が必要不可欠である。

(1) 不安定な降水パターンによる植栽直後の枯死

半乾燥地での植林の課題としては、乾季が 4 か月以上と長いために、植栽後の枯死率が高い (Magaju et al., 2020) ことと、枯死を防ぐための措置として、灌水等を行うと植栽コストが高くなること があげられる。また、植栽時期が雨季の初めと限定されているうえ、降雨が不安定であることから、植栽時期を逃しやすいといったこともある(ケニア森林研究所(KEFRI)からの聞き取り)。

(2) 硬い土壌

主に乾燥地のフェラルソル (Ferralsol) が分布するような場所ではペトロプリンサイト (Petroplinthite) と呼ばれる硬い土壌層が点在し、表層 1m 以内の比較的浅い部分にそれがあると、根系発達が妨げられ、植栽してから数年後に一斉に枯れる現象(ダイバック)が報告されている。

⁵ JCM (Joint Crediting Mechanism, 二国間クレジット制度) は、途上国への温室効果ガス削減技術、製品、システム、サービス、インフラ等の普及や対策を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価するとともに、日本の削減目標の達成に活用するもの。(https://www.carbon-markets.go.jp/jcm/index.html)



図 4-4 ケニアの乾燥地でよくみられる固い土壌(ペトロプリンサイト)

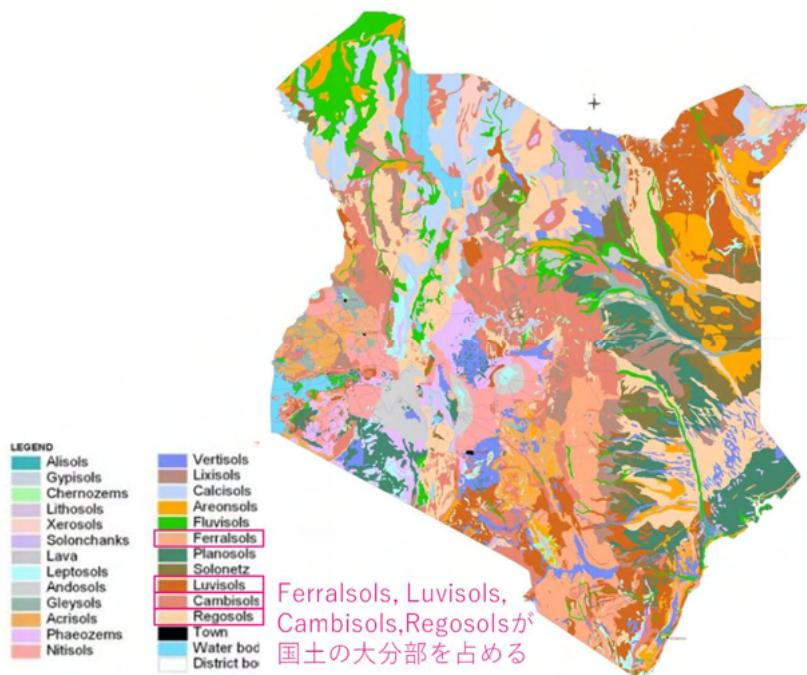


図 4-5 ケニアの土壌分布(出所: Sombroek et al., 1982)

(3) 植林後のモニタリングの煩雑性

ケニアにおける潜在的に森林修復(植林)可能なエリアは、後に図 4-8 に示す通り、湿潤地か半乾燥地に限られ、そのほとんどは、既に居住地や農地があるため、モザイク状での植林ならば可能

なエリアである。また、居住地や農地としての土地利用がないように見えても、放牧等に利用されているケースもある。たとえ政府から植林の許可を得ても、住民の慣習的な土地利用と競合してしまうと、植林後の維持・管理が難しくなるリスクがある。そのため、ブラジルやインドネシアのように、10ha以上のまとまった面積を確保し、画一的に大規模植林することは難しい。今後、ケニアで主流になる植林形態は、前述の「農地植林」の可能性が高いと考えられる。実際、前述の TIST、KOMAZA などの VCS 植林プロジェクトも無数の小規模農家の農地で植林することにより、数万 ha 規模の植林面積を確保している。しかし、農地植林は、植林地がモザイク状に広がるため(図 4-6)、プロジェクト実施者が単独で全ての植林地のモニタリング(生残確認、生育状況確認)をすることは難しいと予想される。こういった植林地では、ドローン等を活用しながら、植栽地の状況(情報)をいかにリモートかつ自動で効率的に把握できるかが鍵になってくるだろう。



図 4-6 TIST の「農地植林」一部(VCS に報告された KMZ ファイルを筆者修正)

4.1.4 半乾燥地での農地植林

半乾燥地でも、適切な植栽密度で植栽し、確実な活着とその後の適切な管理によれば、灌水等をしなくても、図 4-7 で示すような「農地植林」により、成木まで育てることは可能である。

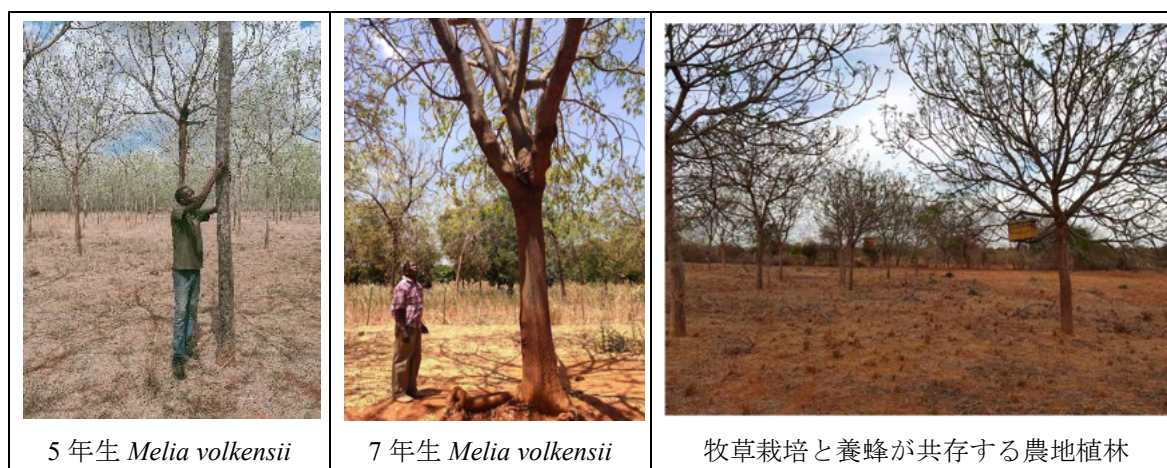


図 4-7 ケニア半乾燥地での農地植林の様子

4.2 実証試験の目的、対象地及び進め方

4.1 で述べたケニアで植林の状況を踏まえ、本試験では、ケニア半乾燥地における小規模農家の農地での長根苗植林による貢献度可視化を目的とした。本試験は、年降水量 450-900 mm (図 4-1) の半乾燥地に位置する Kibwezi subcounty と Kitui county を試験対象地とし (図 4-8)、JIFPRO、コマツ、ケニア森林研究所 (KEFRI) の共同で実施した (図 4-9)。長根苗を使った農地植林のモデル林造成は、Kibwezi 内の農家の農地を対象とした。その他の実施場所は、表 4-3 に示した通りである。図 4-8 のとおり、比較的湿潤エリアでは、TIST や KOMAZA といった民間企業が既に数万 ha 規模の VCS 植林 (農地植林) を実施しているが、Kibwezi が含まれる半乾燥地では潜在的に植林できる条件があるにも関わらず、民間企業による植林活動がほとんど行われていないのが現状である。その要因の一つとして、半乾燥地に適した植林技術が進んでいないことがあげられる。今回、植林する長根苗とは、林野庁補助事業 途上国森林再生技術普及事業で、JIFPRO が半乾燥地での植林用に、ミャンマーやケニアにおいて技術開発した長い根鉢の苗である。通常よりも長い根鉢の苗を作ることで、土壌深部の水に早くアクセスでき、乾燥下でも生残率が高くなることが期待できる。JIFPRO は、M-StAR と呼ばれるシート状のコンテナ苗の容器に用いることによって、長根苗の育苗を容易にしたことに加え、植栽後の効果もミャンマー半乾燥地にて実証済みである (詳細は令和 2 年度 途上国森林再生技術普及事業の報告書を参照)。

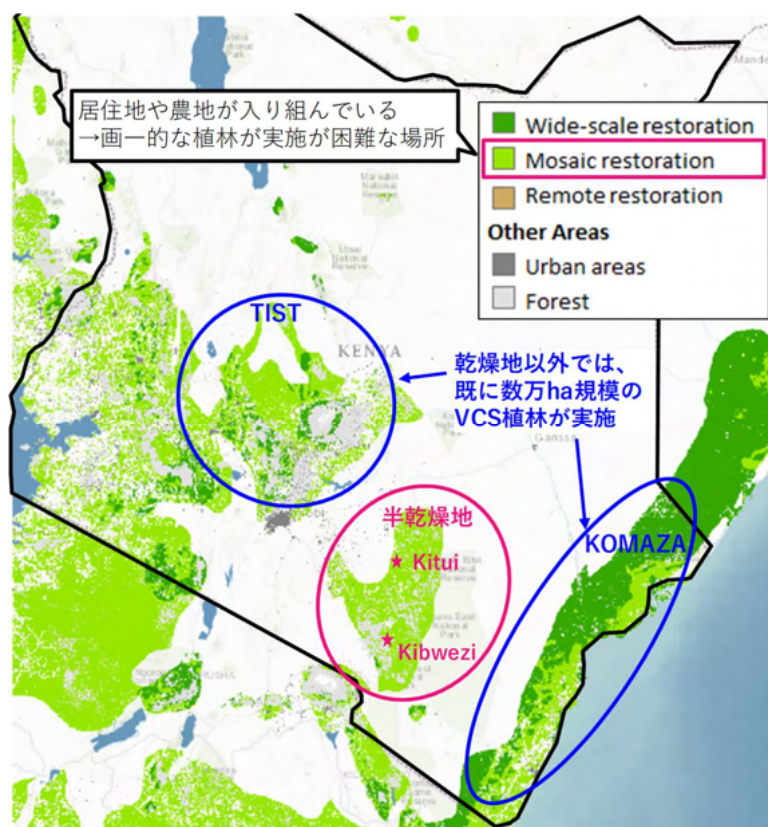


図 4-8 本試験の実施場所 (Kitui 及び Kibwezi) とケニアの潜在的に植林 (修復) 可能なエリア (地図の出所: Atlas of Forest Landscape Resoration Opportunities⁶より)

⁶ IUCN, WRI, メリ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。

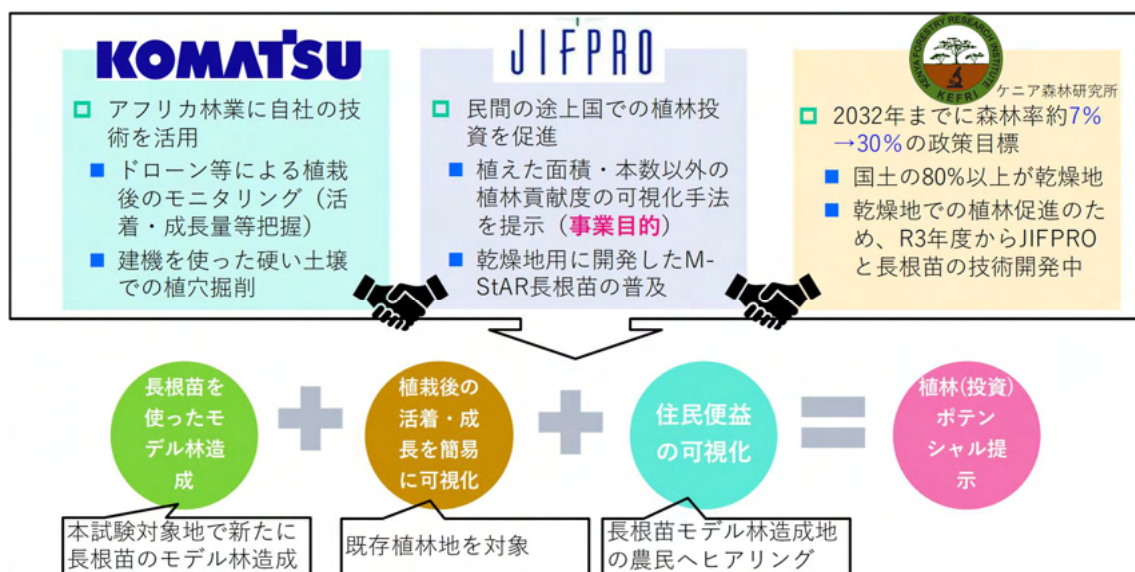


図 4-9 本試験の全体像

表 4-3 本試験の実施項目と計画

実施項目	実施場所	実施主体	令和4年度	令和5年度（予定）
①長根苗技術の開発・普及	・モデル林造成：Kibwezi の農家の農地 ・長根苗の育苗や試験：Kitui	JIFPRO	・長根苗の効果検証のための植栽試験(Kitui) ・農地植林用の長根苗の育苗(KituiとKibwezi) ・長根苗用の植穴掘削	長根苗による農地植林を実施
②植栽後の苗木の活着・成長をドローンで簡易に可視化	KEFRI が管理する半乾燥地の既存植林地(Kitui)	コマツ	植栽後2年以内の生残した苗木がドローンによって検出できるか検証	令和4年度に明らかとなった課題に対応
③住民便益(植林による薪炭供給のポテンシャル)の可視化	Kibwezi の農家	KEFRI	Kibwezi の農家の薪炭消費量等を把握するためのベースライン調査	植林による薪炭供給の見込み量を調査

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

(1) 長根苗を使った農地植林のモデル林造成

長根苗を使った農地植林のモデル林造成は、図 4-10 に示したようなアプローチで、Kibwezi の小規模農家が所有する農地で行うこととした。自分の農地で長根苗の植林を希望し、かつ植栽後の管理ができる 30~50 の農家に無料配布する予定である。また、長根苗用の深い植穴の掘削も本試験の一環として用意することとした。なお、既存の土地利用（農作物や放牧）との競合を避けるために、特に植栽方法は指定せず、アグロフォレストリ（農地境界のみ植林、農作物の間に植林）でもよいこととした（半乾燥地なので、高密度での植栽は避け、少なくとも 4m×4m の植栽密度を確保することは推奨）。

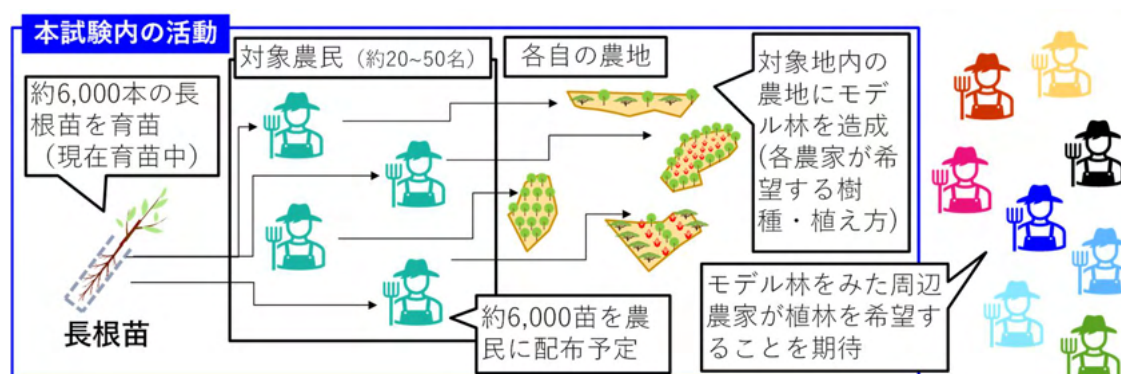


図 4-10 長根苗を使った農地植林によるモデル林造成のアプローチ

農地植林のための長根苗は、KEFRI の地方事務所がある Kitui と Kibwezi にて、2023 年 2 月ごろから表 4-4 の通り育苗を開始した。根鉢の深さが 40 cm と 60 cm の長根苗のほかに、15 cm と 30 cm の苗も育苗した。長根苗の育苗方法や適した樹種等については、令和 3 年度 途上国森林技術普及事業の報告書に詳細が明記されている通りである。令和 4 年度から育苗を開始した長根苗 6,000 苗程度は、令和 5 年度中に、植林可能なサイズになり次第、Kibwezi の小規模農家の農地に植林していく予定である。

表 4-4 農地植林のモデル林造成用に育苗した苗の種類と数

		育苗場所	苗数	樹種
通常コンテナ苗 (15cmM-StAR)		KEFRI (Kitui)	500	<i>Acacia mellifera</i> , <i>A. polyacantha</i> , <i>A. tortilis</i> , <i>Azadirachta indica</i> , <i>Gmelina alborea</i> , <i>Grevillea robusta</i> , <i>Dalbergia melanoxylon</i> ,
	中根苗 (30cmM-StAR)		1,200	
長根苗	(40cmM-StAR)	KEFRI (Kibwezi)	3,000	<i>Melia volkensii</i> , <i>Senna siamea</i> , <i>Tamarindus indica</i> , <i>Tarminalia brownii</i> 等(主に薪炭材となる樹種だが、材としても使える樹種も含まれる。)
	(60cmM-StAR)	KEFRI (Kitui)	3,000	



Kitui で育苗中の 60 cm M-StAR 長根苗
(ワイヤフレームとブロックで育苗棚作成)



Kibwezi で育苗中の 40 cm M-StAR 長根苗
(コンテナボックスで育苗棚を作成)

図 4-11 KEFRI で育苗中の長根苗

(2) 長根苗の効果検証のための植栽試験

長根苗を使った農地植林のモデル林造成にあたって、長根苗がケニア半乾燥地で適した植栽方法なのか明らかにするため、長根苗の効果を検証する植栽試験を半乾燥地に位置する Kitui に行った。4.1.3 で述べた通り、ケニア半乾燥地では、植栽時期が雨季の初めと限定され、農繁期に重なるうえ、降雨が不安定であることから、植林のタイミングを逃しやすい。そこで、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。植栽試験の設計は、図 4-12 のとおりであり、代表的な半乾燥地の造林樹種である *Acacia tortilis*, *Dalbergia Melanoxylon*, *Melia volkensii* の 3 樹種を対象に、長根苗の他に、通常コンテナ苗と中根苗の 3 つのサイズの M-StAR コンテナ苗として、10 か月程度育苗した苗を 2022 年 6 月に植栽した(育苗条件の詳細については令和 3 年度 途上国森林技術普及事業報告書を参照)。植栽時に 1 回灌水をしたが、その後は無灌水で、6 か月間は降水量 0 mm であった(図 4-14)。

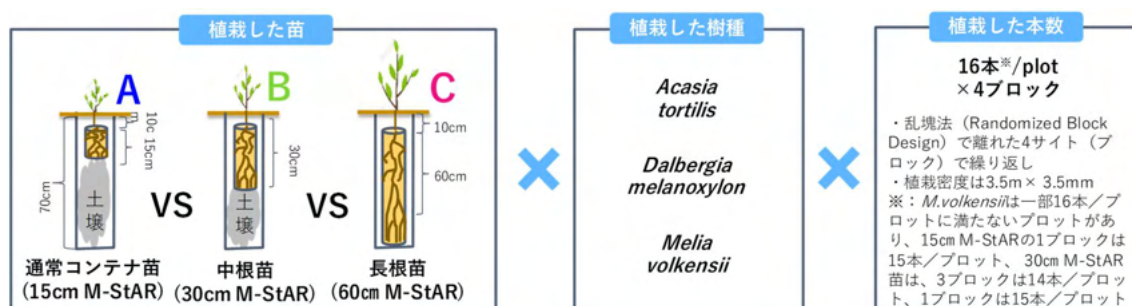


図 4-12 植栽試験の設計



図 4-13 植栽した長根苗及び植栽試験地の状況

植栽後の降水量と土壌水分の推移は図 4-14 の通りであった。降水量は、植栽地近くに設置した雨量計により、土壌水分は、定期的に各ブロックで一か所(n=4)ずつ 0-100 cm までの土壌を 20 cm 毎にサンプリングし、質量含水比によりモニタリングした。2022 年 6 月の植栽後から、2022 年 11 月に雨季に入るまでの約 6 か月間は降水がなかった。その間、土壌表層部(0-20 cm)の質量水比は、常に低いのにに対して、土壌深部(60-80 cm、80-100 cm)は、表層部よりも高い質量含水比を保ち続けた。2022 年 11 月の雨季直前においては、深度の浅い層から深い層にかけて、質量含水比が増加するような勾配がみられた。2022 年 12 月頃から降水がみられ、雨季に入ると、その勾配の方向は逆になり、深度の浅い層から深い層にかけて、質量含水比が減少していた。また、降水が少なくなってくると、勾配が戻り、深層になるほどに、質量含水比が増加した。このことから、土壌表層(0-20 cm、20-40 cm)は、雨季時は土壌水分が高いが、乾季は比較的低いのにに対して、土壌深部(60-80 cm、80-100 cm)は、通年を通して、土壌水分が安定して保たれていることが分かった。植栽後の活着のためには、土壌表層の土壌水分が少なくなる前に、深さ 60 cm 程度まで根を到達させることが重要であることが示唆された。

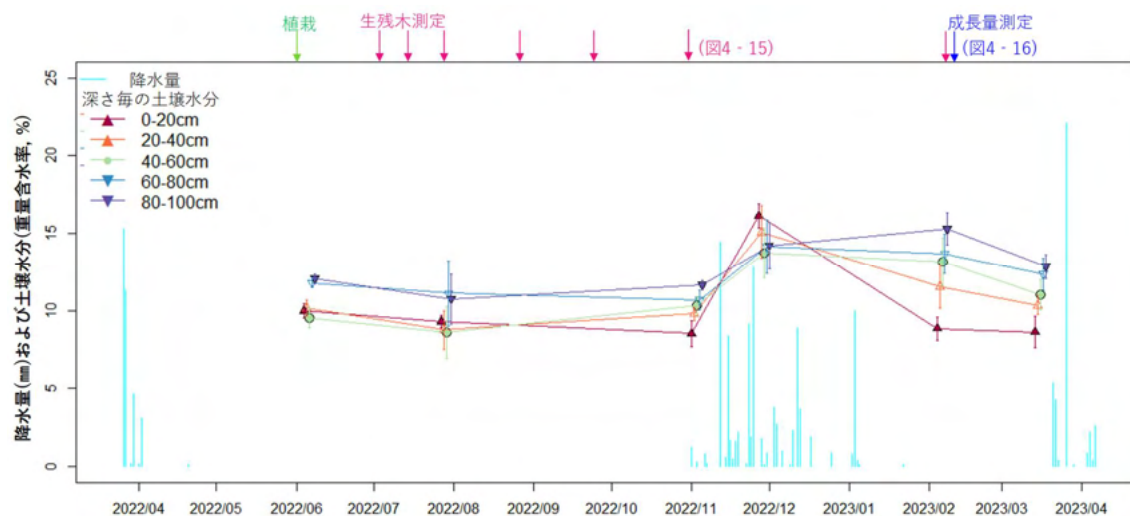


図 4-14 植栽試験地の降水量と土壌水分の推移(土壌水分のサンプル数は n=4)

乾季終了時点(2023 年 11 月)の生残率は、図 4-15 の通りであった。*D.Melanoxyton*, *M.volkensii* については、コンテナ深さが深くなるほど、生残率が高まる、長根苗の効果が証明できた。*A.tortilis* については、長根苗の生残に対する効果は見られなかった。

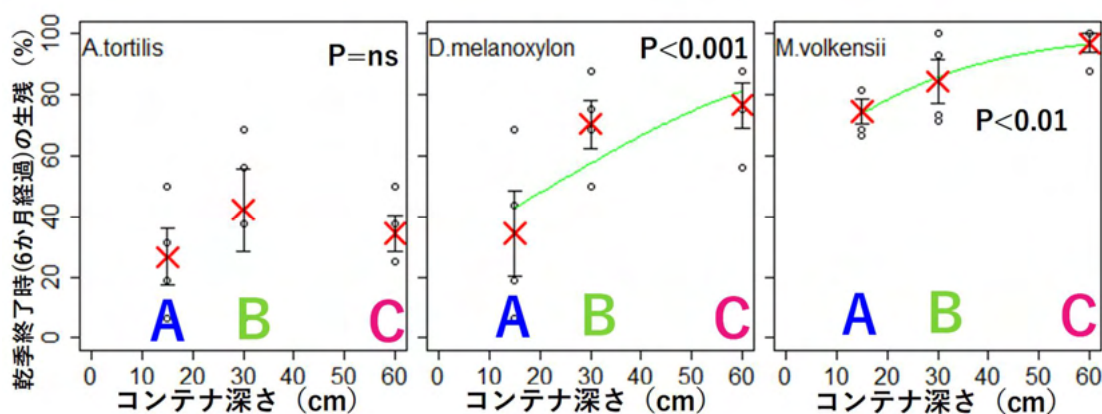


図 4-15 乾季終了時(2022 年 11 月)の各樹種・苗の生残率⁷

雨季途中(2023 年 2 月)の各樹種・苗の成長は、図 4-16 の通りであった。ケニアにおいて、通常の植栽に用いられる従来ポット苗も同時に植栽したため、それとも比較したが、生残に効果がみられた *D. Melanoxyton*, *M. volkensii* については、長根苗(60 cm M-StAR)が地際径、樹高ともに、より大きいという傾向がみられた。一方で、生残に効果がみられなかった *A.tortilis* は、長根苗の効果がみられなかった。ただし、長根苗によって成長阻害はないことが確認された。

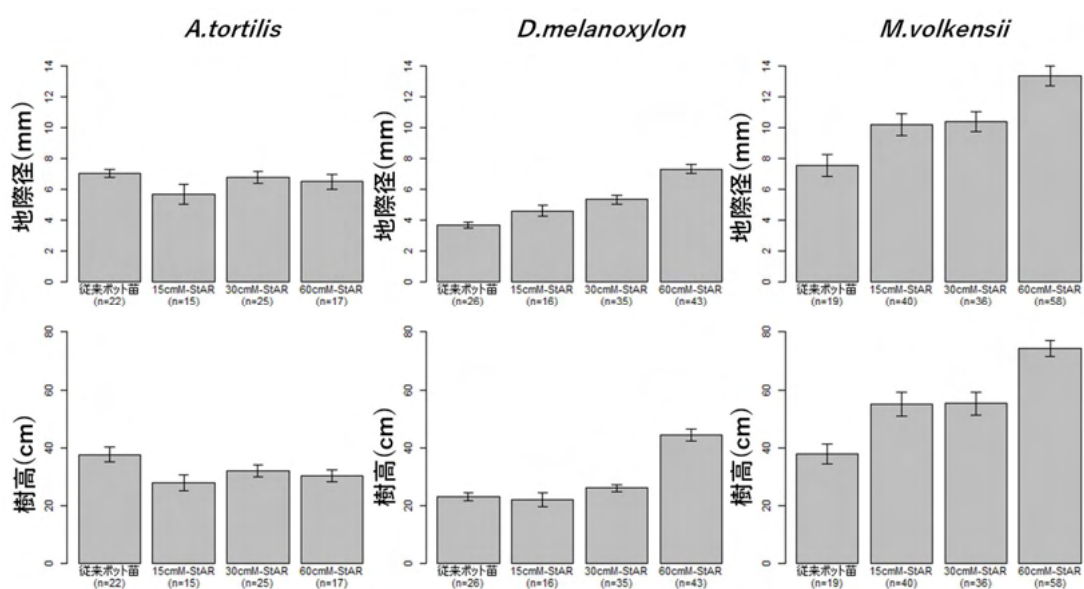


図 4-16 雨季(2023 年 2 月)の各樹種・苗の成長(生残木のみ対象、サンプル数は異なる)

⁷赤×はブロック毎の生残率の平均値、緑線は一般線形混合モデル(GLMM, 二項分布、Logit 関数、ブロックはランダム効果)で、 $p < 0.05$ でコンテナ深さが説明変数(数量型)に含まれた場合の予測モデル。

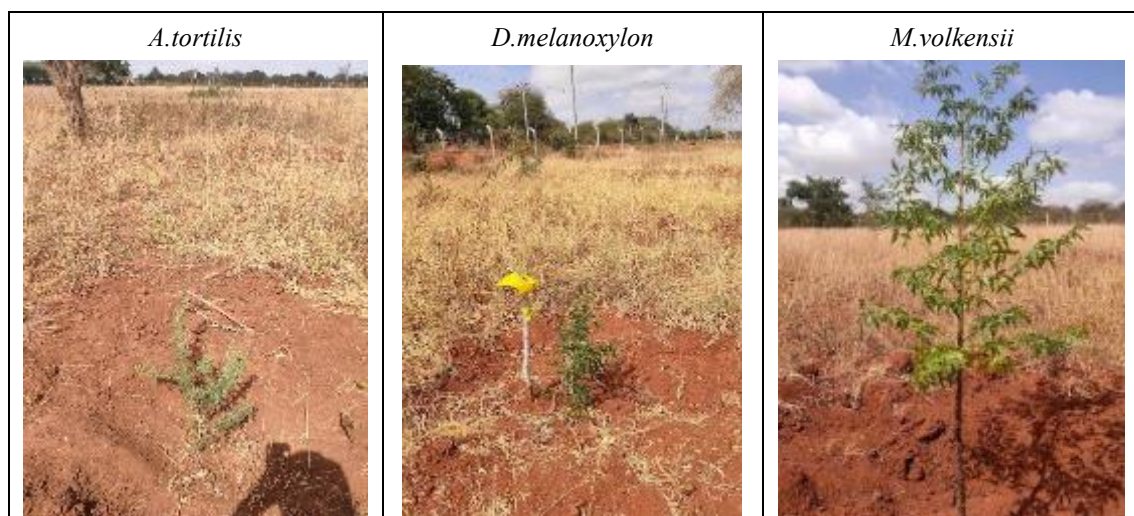


図 4-17 雨季途中(2023 年 2 月)の長根苗

今回の植栽試験から、少なくとも *D.Melanoxylon* と *M.Volkensii* については、長根苗は乾季前半に植栽しても最初の乾季を乗り越えられる可能性が高く、成長も他の苗に比べて早いことが分かった。*A.tortilis* では、長根苗の効果がみられなかった原因の一つとしては、白蟻等の食害が考えられるが、他の要因の可能性も含めて、引き続き KEFRI と精査していく必要がある。

実際の植林では、あえて乾季前半の厳しい時期に植えることは想定していないが、例えば、農繁期と重なり植林のタイミングが遅れ、雨季後半に植えなければならない、または植栽直後に干ばつが来てしまうような場合でも、長根苗であれば、通常苗よりも高い確率で生残させることが期待でき、今回のモデル林造成でも農家に普及する価値のある植林技術であることが確かめられた。

(3) 長根苗用の植穴掘削

4.1.3 で示した通り、フェラルソル (Ferralsol) が分布するような場所ではペトロブリンサイト (Petroplinthite) と呼ばれるような硬い土壌層が点在しており、比較的浅い部分にそれがあると、根系発達が妨げられ、植栽してから数年して一斉に枯れる現象 (ダイバック) が報告されている。半乾燥地での確実な植栽可能場所を確保するためには、植栽時に固い土壌層を貫通させておくことが重要である。また、前述の Kitui での植栽試験では、ハンディエンジン式オーガを用いたが、硬い土壌層にぶつかると掘削できずに植栽できないことや、硬い土壌層がなくても根鉢の長さが 60 cm ある長根苗用の深い植穴を掘削するのに時間と労力を要することが明らかになっている。さらに、固い土壌層が出現する深さは場所によって異なるため、ダイバックを回避のためには、植穴掘削は深いほどよく、それは乾燥地における苗木の深部成長を促す観点からもよいと予想される。そこで、長根苗を使った農地植林のモデル林造成の対象地である Kibwezi において、ハンディエンジン式オーガよりも出力が高い、トラクターオーガによる植穴掘削試験を実施した。トラクターオーガによる植穴掘削のサイズは KEFRI と協議のうえ、長根苗のサイズを考慮して、表 4-5 の通り設定した。

表 4-5 トラクターに装着したオーガのスペックと植穴サイズの目標値

項目	オーガスペック	植穴のサイズの目標値
深さ	105 cm	70 cm 以上
直径	30.5 cm	30 cm 以上

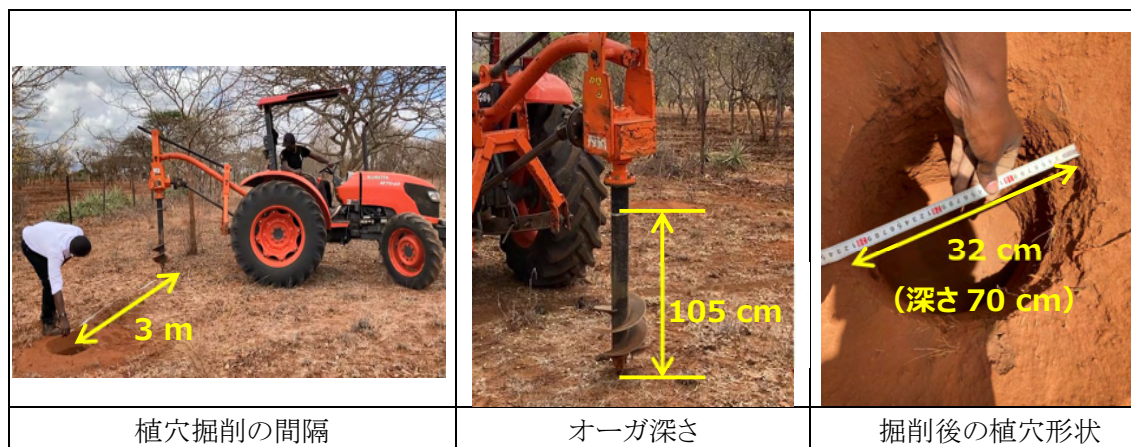


図 4-18 トラクターオーガによる植穴掘削の試験

トラクターオーガによる植穴掘削の結果は、土壌層の違いによって掘削時間が異なる結果となったが、ハンディエンジン式オーガと比較すると、植穴形状(掘削径と掘削深さ)の拡張やハンドオーガを土壌に押し付ける際の苦渋作業等の改善効果が期待できることが分かった。

- ・通常の土壌層 : 1～2 分/個
- ・硬い土壌層 : 3～4 分/個

なお、令和 4 年度は、オーガ用のベースマシンとして、建設機械よりも簡単に手配できるトラクターにオーガをつけて植穴掘削を行なったが、トラクターオーガでは硬い土壌層では時間を要し、掘削できなかった箇所もあった。令和 5 年度は、油圧式建機オーガの導入やオーガの形状・材質を変更し耐久性を高めることで更なる生産性向上を検討する予定である。

ハンディエンジン式オーガ (前述の植栽試験時)	トラクタオーガ (令和 4 年度実施)	油圧式建機オーガ (令和 5 年度予定)
		
・掘削径小さい(Φ8cm) ・振動等による苦渋	・掘削径と掘削深さの拡張 ・機械化による生産性向上	・作業機可動域アップとオーガ形状変更でより生産性を向上

図 4-19 植穴掘削方法の比較

4.3.2 植栽後の活着・成長をドローンで簡易に可視化

(1) ドローンによる苗木検出の方法

ドローンを用いた植林モニタリングの実現可能性を検証するために、光学画像及びマルチスペクトル画像で植栽後の苗木検出を試みた。

苗木検出は、DSM(Digital Surface model)を用いた手法(図 4-20)と NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)を利用した手法(図 4-21)により苗木の位置と生残を確認後、プロットごとの生残率検出の精度検証を実施した。なお、ケニアでの実証試験の前に、日本のスギの苗木検出を実施した際には、Lidar による苗高計測による苗木検出の手法よりも、NDVI を用いた手法のほうが安価でかつ検出精度も高かったことから、今回は Lidar を使わず NDVI 苗木検出を行った。また、マルチスペクトル画像が必要な NDVI よりもより安価な、光学画像(DSM)による苗木検出も試みた。ドローンの飛行条件や画像解像度等も国内の実績を参考に表 4-7 の通り設定した。

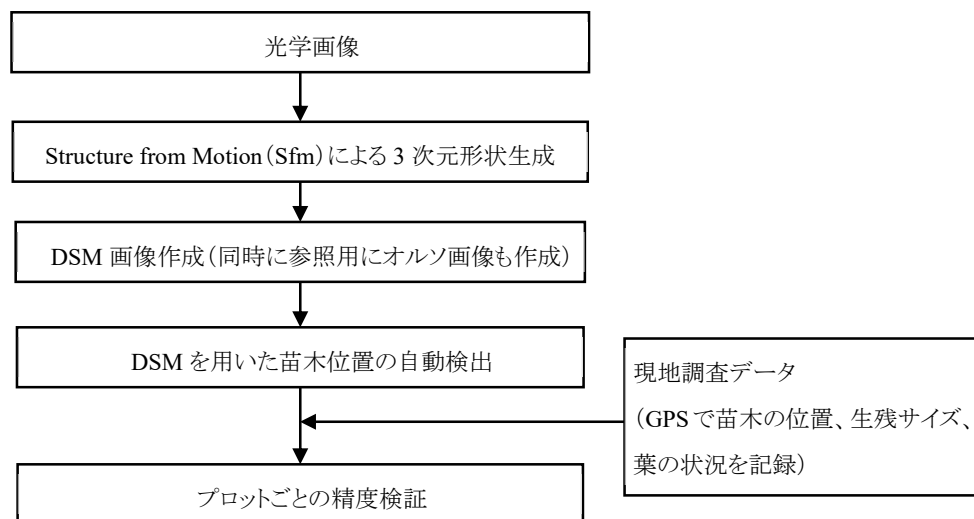


図 4-20 DSM を用いた苗木の自動検出・精度検証のフロー

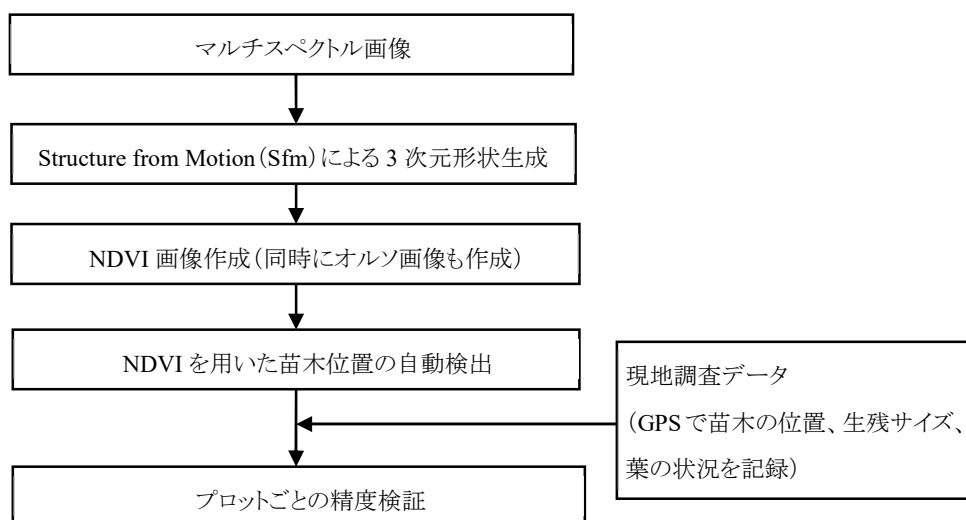


図 4-21 NDVI を用いた苗木の自動検出・精度検証のフロー

表 4-6 今回の試験で使したドローンのスペック

機体名	機体画像	スペック
<i>P4 Multi spectrum</i> (DJI 社製)		センサ : 6 台 x1/2.9 インチ CMOS (可視光イメージング用 RGB センサー1 台、マルチスペクトルイメージング用モノクロセンサー5 台) フィルター : ブルー (B) : 450 nm ± 16 nm、グリーン (G) : 560 nm ± 16 nm、レッド (R) : 650 nm ± 16 nm、レッドエッジ (RE): 730 nm ± 16 nm、近赤外線 (NIR): 840 nm ± 26 nm

表 4-7 ドローン撮影条件

地上分解能 [cm/pix]	ラップ率 [%]	対地高度 [m]	飛行速度 [m/s]
3	80*65	54	3

ドローンによる苗木検出を行つた植林地の状況を表 4-8 に示す。植栽後になるべく早く補植するためには、植栽して数年以内の苗木の生残率を把握する必要があるため、今回は、植栽後の時間の短い 2020 年 (Site1) と 2022 年 (Site2) の植栽地を対象とし、ドローンによる若齢期の苗木生残の検出可能性について検討した。

表 4-8 ドローンによる苗木検出を行つた植林地の概況

	Site1	Site3
植栽年	2022 年 6 月 (1 年生未満)	2020 年 5 月 (2 年生)
ドローン空撮日	2023/1/27 (雨季)	2023/1/27 (雨季)
植栽間隔	4m × 4m	4m × 4m -
平均樹高	41.9 cm	126.7 cm-
樹種	<i>Acacia tortilis</i> , <i>Melia volkensii</i>	<i>Azadirachta indica</i>
精度検証のための プロット数	4	4

苗木生育
状況①



苗木生育
状況②



(2) ドローンによる苗木検出の結果

Site1 (1 年生未満) のオルソ画像、DSM、NDVI の結果を図 4-22 に示す。

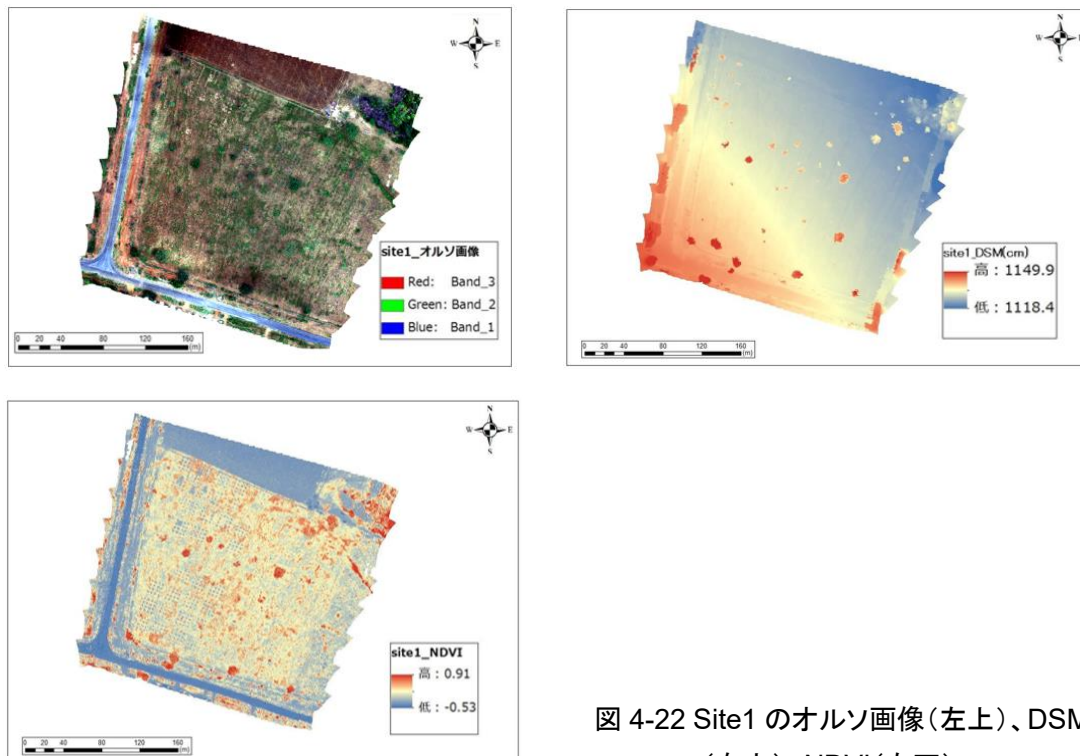


図 4-22 Site1 のオルソ画像(左上)、DSM (右上)、NDVI(左下)

NDVI のピーク値より、Site1 の苗木検出の解析を行った結果を図 4-23 と表 4-9 に示す。下草も同時に検出してしまうため誤検出が多く、苗木の生残を正しく確認できなかった。苗木と下草のピーク値の差が小さく識別できなかったことが要因と考えられる。

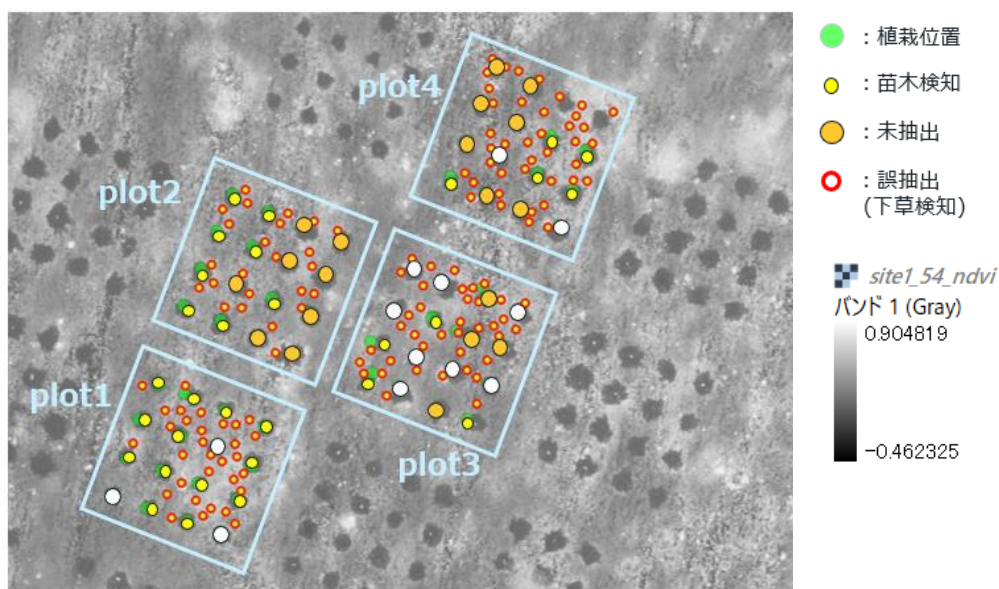
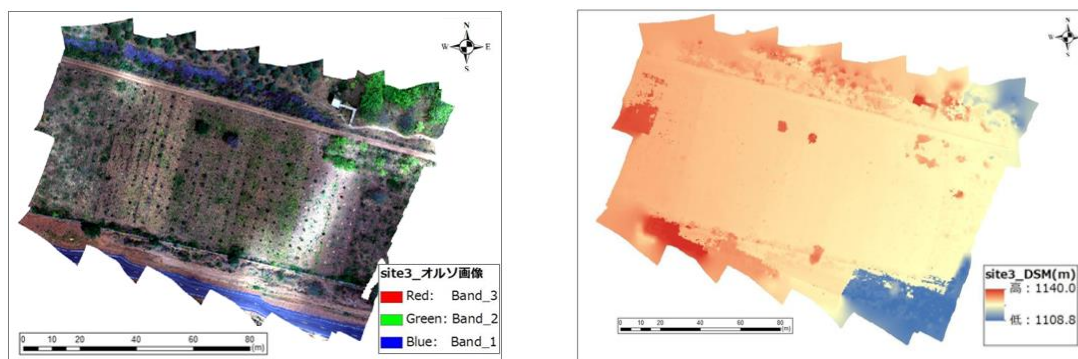


図 4-23 Site1(1 年生未満)の NDVI 画像と苗木検出の解析結果

表 4-9 Site1(1 年生未満)の苗木検出の精度検証

Site1-plot	植栽 本数	枯死 本数	苗木検出 本数	未検出 本数	検出率	生残率	誤検出本数 (下草検知)
1	16	3	13	0	100	81	32
2	16	0	8	8	50	100	24
3	16	8	4	4	50	50	38
4	14	2	5	7	42	86	40
平均					60.4	79.2	

Site3(2 年生)のオルソ画像、DSM、NDVI の結果を図 4-24 に示す。



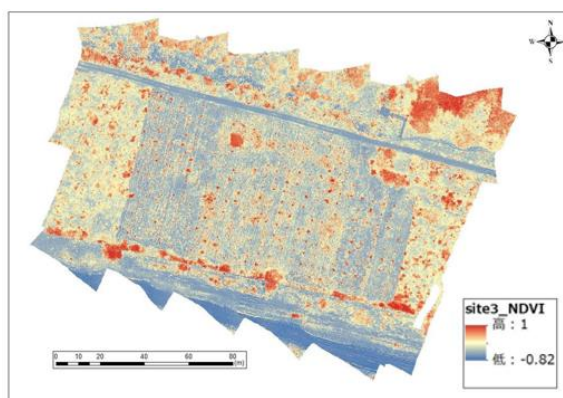


図 4-24 Site3 のオルソ画像(左上)、
DSM(右上)、NDVI(左下)

NDVI のピーク値より、Site3 の苗木検出の解析を行った結果を図 4-25 と表 4-10 に示す。plot1 は苗木のピーク値が小さく未検出が多く、検出率は 58%であった。plot2、plot3、plot4 は、検出率 88%以上であり、高精度に苗木を検出することができた。

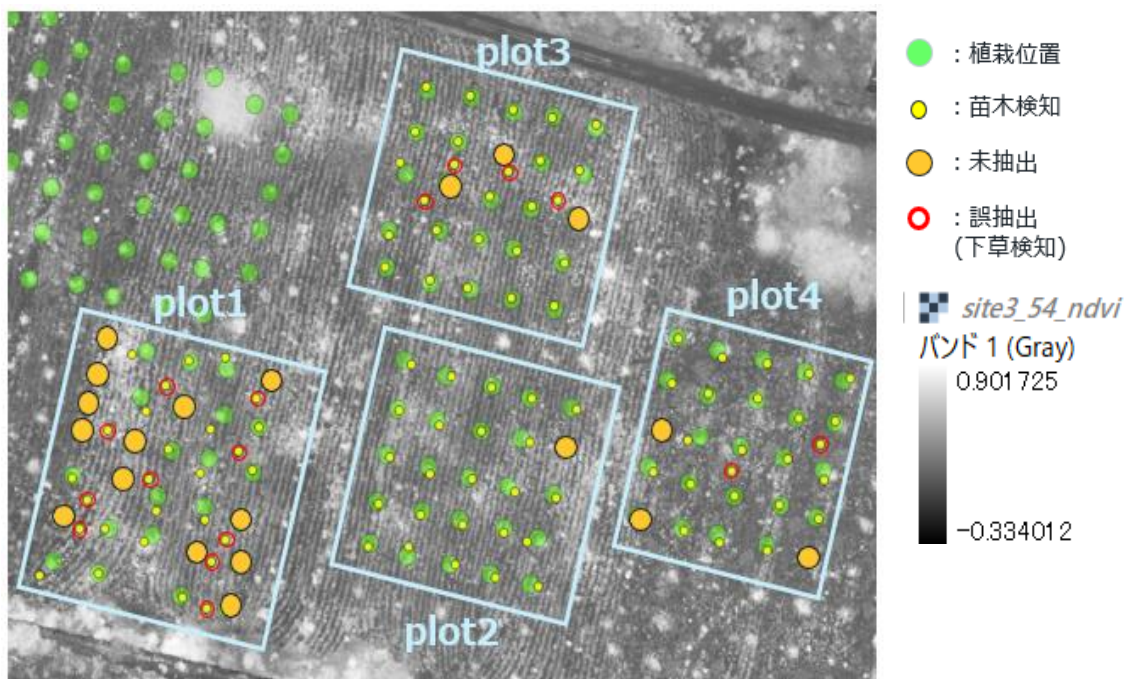


図 4-25 Site3(2 年生)の NDVI 画像と苗木検出の解析結果

表 4-10 Site3(2 年生)の苗木検出の精度検証

Site3-plot	植栽 本数	枯死 本数	苗木検出 本数	未検出 本数	検出率	生残率	誤検出本数 (下草検知)
1	31	0	18	13	58	100	9
2	25	0	24	1	96	100	0
3	25	0	22	3	88	100	4
4	25	0	22	3	88	100	2

今回、植栽後の苗木の活着を簡易に可視化するために、ドローンにより空撮した画像を、NDVI 画像及び DSM 画像に変換し、苗木の自動検出を試みた。日本のスギ林でも同様のアプローチで苗木活着を評価している実績はあることから、ケニア半乾燥地でも雨季の葉が旺盛な時期であれば、自動検出できると期待された。しかし、NDVI においては、植栽後 1 年未満の苗木の検出率は非常に低かった。これは、1 年未満の苗木は雨季でも葉の量が少なかったためだと考えられる。2 年経過した苗木であれば、NDVI により高い精度で苗木検出ができた。ただし、補植の必要な箇所を見つけるような目的には、植栽後 2 年経過ではタイミングとして遅すぎるかもしれない、別の用途を検討する必要がある(4.6)。DSM による苗木検出は、苗木の大小(植栽経過年数)にかかわらず、ほとんどできなかった。その一因としては、3D 形状が適切に再現するには、苗木の大きさや樹幹の形成が不十分であったことが考えられる。植栽後 2 年以上経過した苗木の検出だけであれば、NDVI(2 次元)でも可能だが、樹高等の成長をモニタリングするには DSM や Lidar による 3D 化が必要である。また、NDVI による苗木検出にはマルチスペクトルのセンサーが必要であるが、DSM であれば可視光センサー(デジタルカメラ)でよいので、センサーがより安価で、かつ小型でドローンに搭載しやすく、利便性の向上やコスト削減にもつながる。引き続き、DSM により苗木検出ができなかった原因を精査し、その手法の改良を検討していく必要があるだろう。オルソ画像上では、苗木ははっきりと目視でき、光学画像上のピクセル値としては、苗木と地面で明らかな違いが出ているため、ドローンで撮影した基の画像の解像度等には問題はないと考えられる。例えば、光学画像→3D 化、もしくは 3D→DSM の段階で、余分な情報(ノイズ)をフィルタで除去等することで、DSM でも苗木の検出精度が高まり、樹高も測定できないか、引き続き検討する予定である。

また、本報告書では、雨季の結果だけを示したが、同サイトにて、乾季中のドローン空撮による苗木検出も試みた。半乾燥地では、1 年のうち半分以上は落葉期間がある樹種もあるため、乾季でもドローンにより苗木検出が可能であることが示されれば、よりその利便性が高まると期待したためである。しかし、乾季は植栽した苗木の葉がほとんどなく、地上と苗木の NDVI で違いがなく、苗木をほとんど検出できなかった。また、DSM でも、雨季と同様に 3D 形状が適切に再現できず、検出できなかった。ドローンは衛星画像と異なり、比較的柔軟に撮影時期が選べるので、少なくとも NDVI による検出の際には、雨季の葉が旺盛な時期に飛ばしたほうがよいことが分かった。

4.3.3 住民便益の可視化

(1) 住民便益の可視化の指標選定と調査方法

ケニアの国民の 70%以上が薪炭材をエネルギー源として薪炭を利用しており、森林減少・劣化の要因の一つとして天然林からの薪炭の過剰摂取がとされている(MENR, 2016)。特に、炭生産については、70 万人が炭生産・取引に関与し(Mutimba and Barasa, 2005)、年間生産量 250 万 t、年売り上げ 11 億 USD(MENR, 2016)との報告もある。政府は 2018 年に天然林由来の炭の生産と売買を禁止したが、依然として天然林からの薪炭採取は続いており、今後も人口増加の影響で、木材、薪炭材の需要は高まり、天然採取だけでは賄えなくなることも予想される。伐採を計画しない環境造林により炭素固定や生物多様性に関する便益を高めることも重要ではあるが、現存する天然林への圧力を軽減し保護していくためには、小規模農家の農地で、いかに効率よく持続的な伐採によって薪炭を供給できるかが重要になってくるだろう。そこで、本実証試験では、可視化する住民便益の指標として、長根苗植林による薪炭材供給ポテンシャルを選定し、①現時点での薪炭材消費量に対し、②長根苗植林によって期待される薪炭材の供給量を明らかにすることとした。

①現時点での薪炭材消費量等を把握するためのベースライン調査では、Kibwezi 行政区内に住む 93 世帯の農家に対して、図 4-26 に示したようなインタビューを行った。②については、令和 5 年度に本格的に実施する予定である。

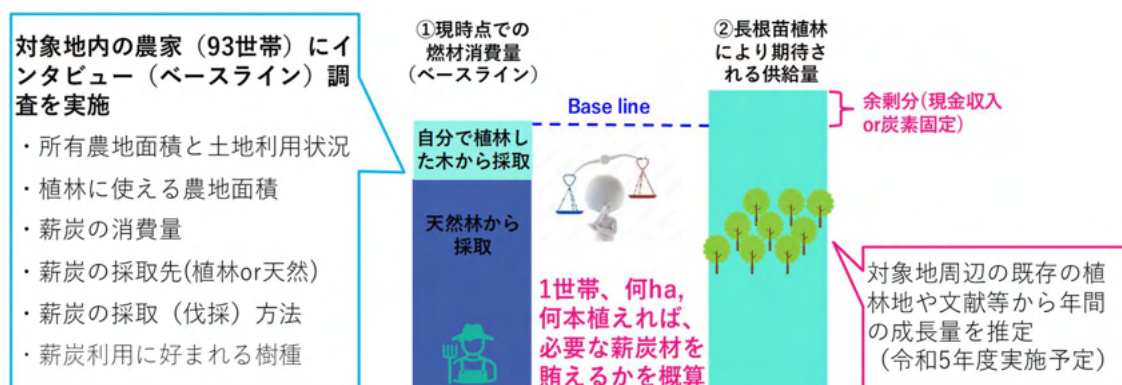


図 4-26 長根苗植林による薪炭材供給ポテンシャルの可視化の考え方

Kibwezi 行政区(Makueni County 内の Sub county)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 4-27)。長根苗を使った農地植林のモデル林造成は、Kibwezi 行政区内の農家の農地で行うため、ベースライン調査も、同行政区内に住む 93 世帯を対象に行った。保護区内には、ほとんど人が住んでおらず、農地植林の候補地にはなり得ないため、今回の調査・集計の対象外とした。Kibwezi 行政区内の 10 地区(保護区を除く)は人口 55,000 人程度、面積 20 万 ha 程度である。1983 年の Chyulu hills 国立公園等が制定以降、入植が本格化し、大体 4-6ha 程度の農地を保有する農家が増えた(Emerton, 1999)。KEFRI によると、これらの入植地は法制度上では信託地に分類され、慣習的ではあるが、ほぼ全ての土地は、誰かに利用権が帰属している。このように 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、利用権は農家に帰属したまま、まだ開墾(集約的に利用)されておらず、農地植林用として利用可能な土地が多く残っていることが予想される。

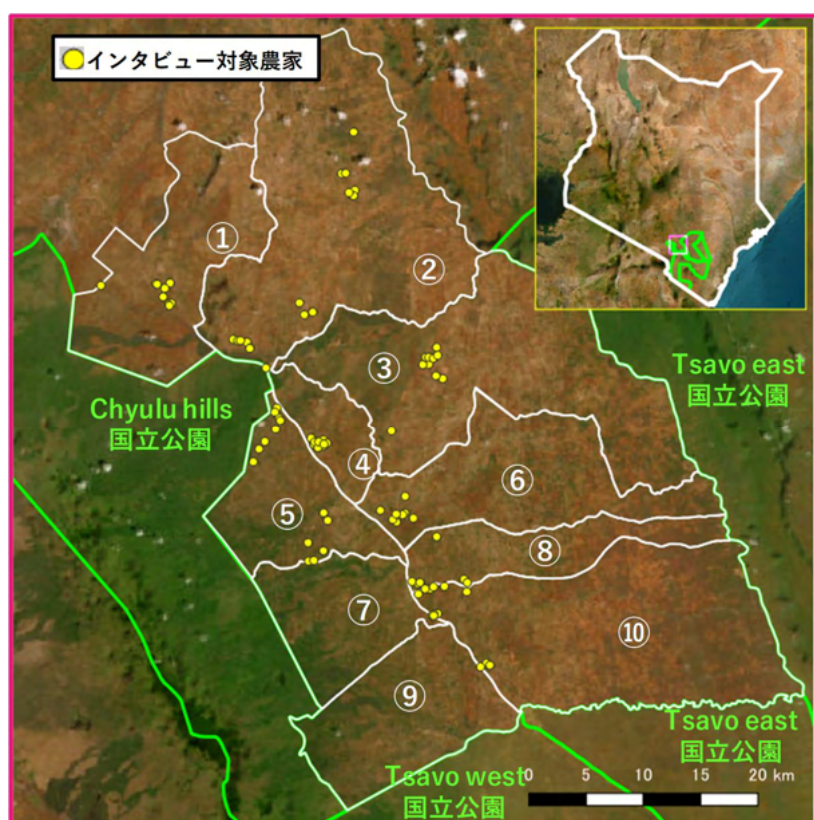


図 4-27 Kibwezi 行政区内のインタビュー対象農家(番号は表 4-11 と対応、地図は ESRI)

表 4-11 Kibwezi 行政区⁸の人口・面積とベースライン調査の対象世帯数

(出所: 2019 Kenya Population and Housing Census Results)

ID	区	全人口	全世帯数	1 世帯の平均人数	面積 (ha)	調査世帯数
①	Nguumo ⁹	32,141	7,594	4.23	20,710	10
②	Kikunbulyu	54,067	13,418	4.03	40,530	18
③	Masongaleni	21,900	4,864	4.50	21,940	10
④	Kinyambu	9,807	2,723	3.60	13,130	10
⑤	Utithi	23,708	5,517	4.30	14,490	16
⑥	Ngawata	11,983	2,807	4.27	13,800	8
⑦	Nzambani	14,957	3,642	4.11	9,370	3
⑧	Kambu	12,514	2,728	4.59	14,800	6
⑨	Nthongoni	21,276	5,101	4.17	15,500	0
⑩	Mtito-Andei+ Kathekani	26,721	7,073	3.78	42,540	12
Total		229,074	55,469	4.13	206,810	93

⁸ ほとんど人が住んでいない国立公園も Kibwezi 行政区に含まれるが、植林地対象地にはなりえないため集計からは除外。

⁹ 正確には Nguumo 地区は、Kibwezi sub county の行政区内の外であり、隣の Makueni sub county 内の行政区に属する。

(2) 住民便益にかかるベースライン調査の結果

92 世帯の所有農地の土地利用状況は図 4-28 の通りであった(実際は、93 世帯にインタビューしたが、所有農地面積が 160ha の 1 世帯は、今回の集計からは除外した)。所有農地面積(a)は平均で 1.4ha 程度であり、2ha 以下の世帯が半分以上の 57%(=53/92 世帯)であった。所有農地面積での既存の植林面積(b)は、平均で 0.55ha 程度であり、0ha(植林していない)の世帯が半分近くの 45%(=42/92 世帯)であった。植林のために使える農地面積(c)は、平均で 0.48ha 程度であり、0.4ha 以上植林可能な世帯は半分以上の 64%(=59/92 世帯)であった。これらこのことから、Kibwezi 内では、ほとんど農地植林は進んでおらず、所有面積は 2ha 程度であり、そのうち少なくとも 0.4ha 程度は、新たに植林が可能であることが明らかとなった。これをもとに、表 4-11 で示した Kibwezi 行政区の合計世帯数 55,000 世帯のうち、農家が 50,000 世帯程度で、その 64%の世帯が植林のために使える農地が 0.4ha/世帯あるという想定をすると、概算だが、Kibwezi 行政区内全体で少なくとも 1 万 ha 程度の新たに農地植林ができる可能性がある。この規模で植林できればケニア政府が掲げる森林率 30%への貢献も大きい。ただし、あくまで今回の 92 世帯のサンプル調査結果をベースにした概算なので、精確な面積を把握するためには衛星画像等による解析が必要である。

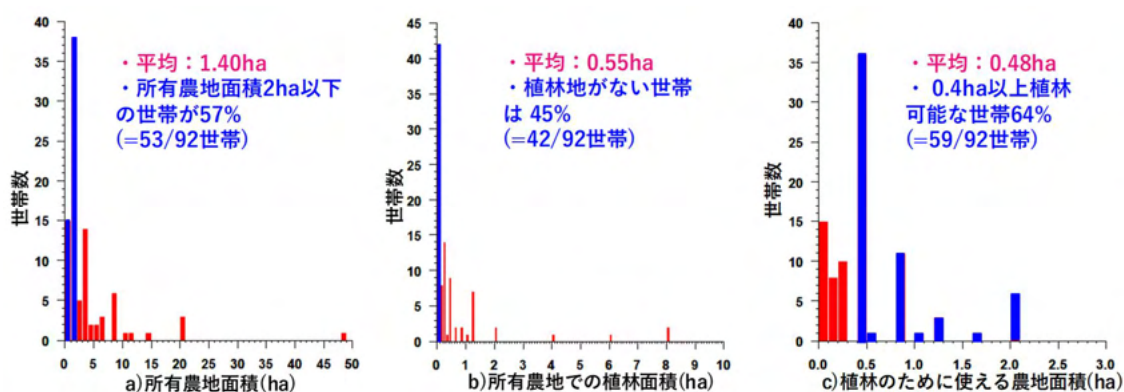


図 4-28 Kibwezi の農家 92 世帯の土地利用状況

(実際は、93 世帯にインタビューしたが、所有農地面積が 160ha の 1 世帯は除外)

次に、1 人あたりの薪炭の年間消費量(気乾重)を図 4-31 示す。炭の消費量の平均は 115 kg、薪は 454 kgであった。また、半分以上の 66%(=62/93 世帯)の農家は、天然木由来の薪のみを使っていることが分かった。なお、農家に薪炭消費量についての回答を重量ベースで求めても、正確な値は得られないと考え、薪なら Head-load、炭なら Bag といったように農家が普段なじみのある単位で答えてもらってから、図 4-29 に示した通り、KEFRI によって推定した 1 単位あたりの気乾重¹⁰を元に重量に変換した(例:①農家には 1 Head load の薪の消費にかかる日数を聞きとる→②その期間から年間あたりの消費量を気乾重に換算→③その気乾重を各農家の世帯構成員数で割って 1 人あたりの薪炭の年間消費量(気乾重)を推定)。

¹⁰ 現在の消費量と植林地からの供給ポテンシャル(バイオマス量)の両社を比較するには、気乾重ではなく乾燥重量に変換する必要がある。令和 5 年度に、Head load や Bag の 1 単位当たりの乾燥重量をサンプリング調査によって精査する予定である。



図 4-29 インタビューで用いた薪炭の単位と気乾重への換算方法

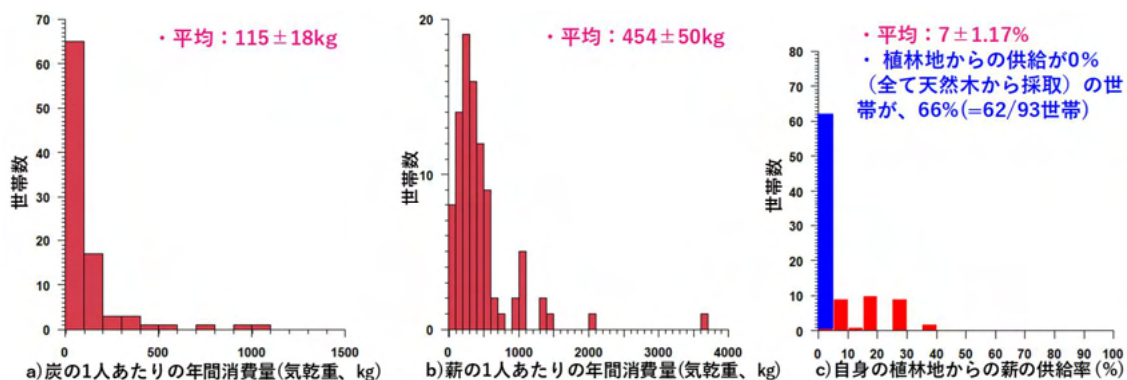


図 4-30 Kibwezi の農家 93 世帯の 1 人あたりの薪炭の消費状況

薪炭の採取(伐採)方法は、適切なサイズの枝のみを選択伐採すると答えた農家が 90%以上であり、Kibwezi で主流な採取方法であることが分かった(図 4-31)。その外にも萌芽更新と答えた農家も半分以上いた。地際から全て伐採すると答えた農家は 6.5%であり、ほとんどの農家は、立木の状態を維持しつつ、新しく更新した枝を薪炭として採取していることが分かった。このことから、一度、植林すれば、ある程度の期間は再植林しなくても、持続的に薪炭を供給できることが示唆された。

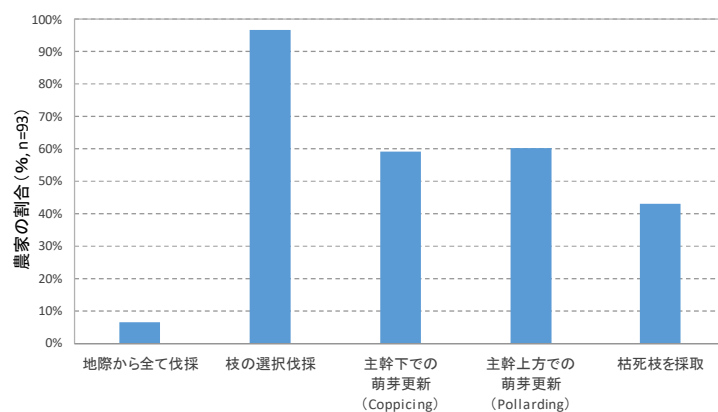


図 4-31 薪炭の採取(伐採)方法(93 世帯、複数回答可)



図 4-32 薪炭採取のための更新方法

薪炭材として好まれる樹種の上位 7 位は図 4-33 の通りである。薪炭用の樹種として一番好まれる樹種は、*Acacia tortilis* で、他にも、*Azadirachta indica* や *Senna siamea* の人気が高かった。*Acacia* 属、*Azadirachta indica*、*Senna* 属の特徴は、枝が多くでることであり、薪炭の採取(伐採)方法の主流が枝の選択伐採なので、その採取方法にあった樹種が選ばれたようである。*Sennna abrebiata* 以外は全種、今回の長根苗を使った農地植林のモデル林造成でも用いられる樹種であった(表 4-4)。

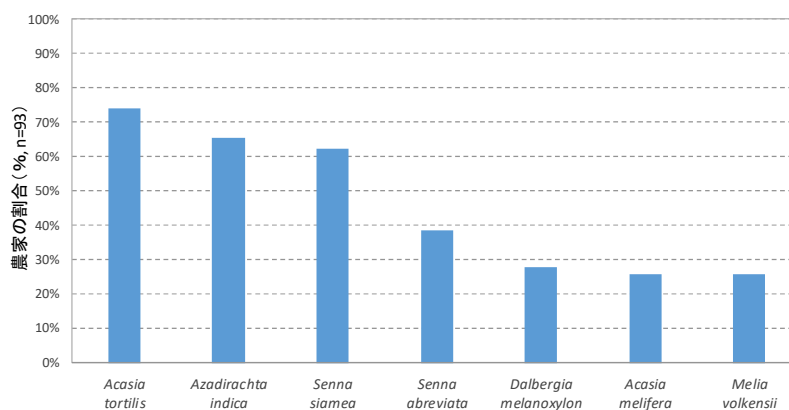


図 4-33 薪炭材として好まれる樹種の上位 7 位(93 世帯、複数回答可)

今回のベースライン調査の結果は図 4-34 のようにまとめられる。1 世帯当たりの薪炭消費量が 2,349 kg(気乾重)／年に対して、植林のために使える農地が 0.4ha／世帯程度であるとする、必要な薪炭材をすべて植林地から賄うには、年間成長(伐採)量として 6,000kg(乾燥重量)／ha・年程度必要である。薪炭の収穫(伐採)方法は、枝の選択伐採や萌芽更新を想定しているが、ウガンダの非乾燥地での薪炭材としての幹の年間伐採可能量が 2,000kg／ha・年であるというデータに依拠すると、現時点での薪炭消費量の全てを 0.4ha の農地植林で賄うことは難しいと予想される。ケニア半乾燥地での薪炭供給ポテンシャルについては、令和 5 年度に調査する予定だが、植林による供給だけでなく、改良かまどの普及等により、薪炭の消費量自体を減らすことも検討したほうがよいかもしれない。

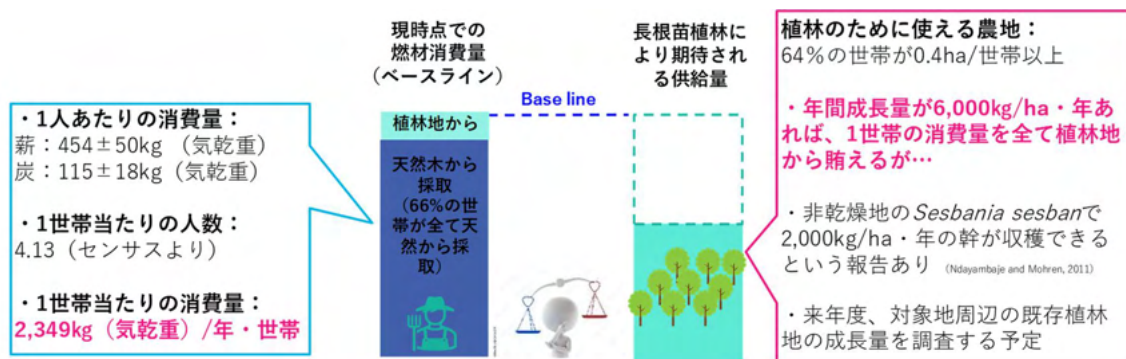


図 4-34 93 世帯の農家へのインタビューによるベースライン調査のまとめ

4.4 検討した可視化手法のコスト試算

4.4.1 長根苗のコスト(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(数か月程度)であるが、長根苗を育苗するにあたっては、育苗容器の M-StAR に加えて、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ので、従来ポット苗よりも 10 円/苗以上高くなる見込みである(図 4-35)。しかし、従来ポット苗は、植栽までに何度も根切りのためにポットを移動や、雑草除去する必要があるため、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 コンテナ苗であれば、自然に空中根切りができるので、灌水さえ続ければ放置していても、根巻きしない苗ができる。また、乾燥地では、植栽コスト¹¹が割高になりやすい(ミャンマーの JIFPRO の植林プロジェクトでは、灌水や大きな植穴掘削に係る人件費は 50 円/苗以上)いが、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多少高くても普及する可能性はあると考える。ただし、M-StAR を日本から輸入する際のコストが、現時点ではかなり高く、M-StAR 長根苗の途上国での普及に向けての課題であり、現在、輸入コストの削減方法や代替資材を検討しているところである。

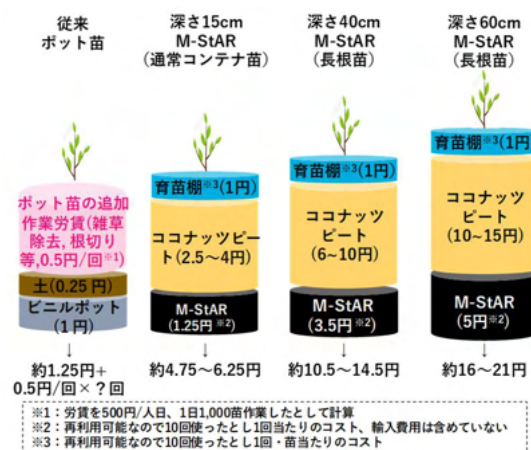


図 4-35 長根苗の育苗にかかるコスト

¹¹ 植栽コストは、その大部分が人件費であり、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。少なくとも長根苗の植栽コストが従来法よりも高くなることはないといえる。

4.4.2 長根苗の育苗オーガーコスト

本実証地での植穴掘削に掛かった費用及び実績を下に記す。

No	項目	費用	単位	備考
①	機械レンタル費	36,000	円/日	(オペレータ費用含む)
②	燃料費	3,750	円/日	
③	植穴掘削の日当たりコスト	39,750	円/日	(① + ②)
④	植穴掘削の日当たり数量	245	個/日	
⑤	植穴掘削 1 個当たりのコスト	162	円/個	(③ / ④)

4.4.3 ドローンによるモニタリングのコスト

本実試験でのドローン空撮費用は機材レンタル及びオペレータ費等で、約 10,000 円/ha だった。

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 4 年度は以下の通り、KEFRI に対して説明会等を行った。

開催日時:2022 年 10 月 24 日	
場所: KEFRI 本部(ナイロビ)	
参加者: KEFRI の所長をはじめとする幹部(4 名)、JIFPRO(田中、柴崎)、コマツ(姫野、石森)	
JIFPRO から本試験を開始するにあたり、試験の目的や計画を説明	

開催日時:2022 年 10 月 24 日	
場所: KEFRI (Kitui)	
参加者:KEFRI の職員(10 名程度)、JIFPRO(田中、柴崎)、コマツ(石森)	
JIFPRO とコマツから本試験を開始するにあたり、試験の目的や計画を説明	

開催日時:2022 年 2 月 8 日	
場所: KEFRI (Kibwezi)	
参加者: KEFRI の職員(5 名)、JIFPRO(柴崎)	
住民便益の評価手法について議論	

開催日時:2022 年 2 月 24 日	
場所: KEFRI(キツイ)	
参加者: KEFRI の職員(14 名)、JIFPRO(柴崎)	
JIFPRO からケニアで実施している実証試験の進捗状況を「Feasible study for visualization of the contribution of afforestation using M-StAR long rooted seedlings (LRS) and ICT Solution in semi-arid area in Kenya」というタイトルで説明。	

4.6 実証試験の総括

本試験は、ケニア半乾燥地における小規模農家の農地での長根苗植林による貢献度可視化を目的として、令和 4 年度から開始した。Kibwezi の農地植林による長根苗のモデル林用の長根苗は、現在も育苗しているところであり、令和 5 年度に入ってから植栽する予定である。モデル林造成に先駆けて行った長根苗の植栽試験では、3 樹種のうち 2 樹種で長根苗の効果が見られ、半乾燥地に住む農家に普及する価値のある植林技術であることが確かめられた。しかし、長根苗用の深い植穴掘削については、今回試行したトラクターオーガでも、固い土壌層では掘削が難しく、実用化に向けては課題が残された。令和 5 年度は、油圧式建機オーガ+オーガの形状・材質を工夫して、固い土壌層でも深く、そして迅速に掘れるかどうか検証する予定である。

また、今回、植栽後の苗木の活着を簡易に可視化するために、ドローンにより空撮した画像を、NDVI 画像及び DSM 画像に変換し、苗木の自動検出を試みた。日本のスギ林でも同様のアプローチで苗木活着を評価している実績があることから、ケニア半乾燥地でも雨季の葉が旺盛な時期であれば、自動検出できると期待されたが、NDVI においては、植栽後 1 年未満の苗木の検出率は非常に低かった。2 年経過した苗木であれば、NDVI により高い精度で苗木検出ができたが、補植の必要な箇所を見つけるような目的には、植栽後 2 年経過ではタイミングとして遅すぎるかもしれない。第 2 章で言及した通り、ケニアの VCS 植林プロジェクトでは、成木になった植栽木の生残本数を地域住民が全てカウントすることにより、植林地全体のバイオマス量を算定している事例がある。全ての植林地をドローン空撮で網羅することは難しいが、例えば、地元住民によるカウント結果の精度検証のために、今回の NDVI による成木の苗木検出は使えるかもしれない。DSM による苗木検出は、苗木の大小(植栽経過年数)にかかわらず、ほとんどできなかった。その一因としては、3D 形状が適切に再現できなかったことが考えられる。DSM は NDVI よりも利便性が高く、かつ樹高等も測定できるため、引き続き DSM で苗木検出ができなかった原因を精査し、DSM による苗木検出及び樹高測定の手法の改良を検討していく必要がある。オルソ画像上では、苗木ははっきりと目

視でき、光学画像上のピクセル値としては、苗木と地面で明らかな違いが出ているため、ドローンで撮影した基の画像の解像度等には問題はないと考えられる。例えば、光学画像→3D 化、もしくは 3D→DSM の段階で、余分な情報(ノイズ)をフィルタにかける等することで、DSM でも苗木の検出精度が高まり、樹高も測定できるかもしれない。もしくは、あらかじめ植栽した苗木の位置情報が 30～100 cm程度の誤差で GPS 計測できていれば、画像解析の際に、その位置だけをフィルタにかけて焦点を絞れるので、基準の地盤(DTM)よりも高いかどうか検出しやすくなるかもしれない。

最後に、住民便益の可視化については、令和 4 年度は、住民にとって必要不可欠な薪炭材を指標として、Kibwezi 行政区内の 93 農家を対象にインタビューを行なうことで、農家の薪炭利用状況や土地利用状況等についての詳細が明らかになった。今回、このようなベースライン調査をすることによって、令和 5 年度に実施する農地植林のモデル林造成にあたって、どういう農家に、どういう樹種の苗、どれだけ提供すればよいか明らかになった。特に、農地植林の場合は、こういった農家の現状をベースライン調査で把握しておく必要があるだろう。

4.7 参考文献

- Braun, H.M.H, 1982. Agro climatic zone map of Kenya 1980
- FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020. Rome.
- Government of Kenya. 2007. Kenya Vision 2030. Sessional paper no. 1 of 2007.
- Government of Kenya. 2010. AGRICULTURAL SECTOR DEVELOPMENT STRATEGY 2010–2020.
- Government of Kenya. 2019. Kenya Population and Housing Census Volume II DISTRIBUTION OF POPULATION BY ADMINISTRATIVE
- UNIT. Kenya National Bureau of Statistics. Nairobi
- Kenyan Forest Service (KFS). 2013. Report on National Forest Resource Mapping and Capacity Development for The Republic of Kenya. Forest Preservation Programme. Report No. KEF09/11494/01. Kenya Forest Service, Nairobi.
- Kenya Ministry of Environment and Natural Resources (MENR). 2016. National Forest Programme of Kenya. Nairobi, Kenya.
- Magaju, C., Ann Winowiecki, L., Crossland, M., Frija, A., Ouerghemmi, H., Hagazi, N., ... & Sinclair, F. 2020. Assessing context-specific factors to increase tree survival for scaling ecosystem restoration efforts in East Africa. *Land*, 9(12), 494.
- Mutimba S, Barasa M. 2005. National charcoal survey: Exploring the potential for a sustainable charcoal industry in Kenya. Nairobi, Kenya.
- Mwenda Jasper N.. 2001. SPATIAL INFORMATION IN LAND TENURE REFORM WITH SPECIAL REFERENCE TO KENYA. International Conference on Spatial Information for Sustainable Development Nairobi, Kenya 1 2–5 October 2001
- Sombroek, W.G., Braun, H.M.H. and van der Pouw, B.J.A. (1982) Exploratory Soil Map and Agro-Climatic Zone Map of Kenya, 1980. Scale: 1:1,000,000. Exploratory Soil Survey Report No. E1. Kenya Soil Survey Ministry of Agriculture, National Agricultural Laboratories, Nairobi.
- 国際緑化寿司新センター(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
- 国際緑化寿司新センター(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

5 モンゴル乾燥地における低木植林の貢献度可視化検証業務

アジア航測株式会社(AAS)

5.1 対象国における森づくり貢献度可視化の現状・ポテンシャル

5.1.1 気候、土壌

(1) 気候

モンゴル国はユーラシア大陸の乾燥・半乾燥地域に位置し、東西と南には中国、北はロシアに接している。モンゴルの気候条件を概括すると次のような特徴がみられる^[1]。

- 1) 大陸性気候であり、気温の絶対較差は 90℃に達する。平均月較差 50℃、平均日較差 30℃以上。特に春季の日較差が大きい。
- 2) 長くて非常に寒く雪の少ない冬がある。国土の大部分は年平均気温が 1～2℃となる。
- 3) 年平均降水量が少なくそれが夏に集中する。7 月から 8 月に年降水量の 70～80%が降る。
- 4) 基本的な気候指標値の年々変動と地点間変動が大きい。
- 5) 強風が吹き、風速は 20～35m/sec と防風の域に達する。特に春季は暴風や砂塵を巻き上げる強風が頻繁に吹く。

(2) 植生・土壌

モンゴル国の植生・土壌分布は、主として気温の違いに起因する南北方向の水平成帯性及び山間地の垂直成帯性に基づいて区分される。年降水量は 200mm あたりを境界にして、それより乾いた地域では砂漠の景観が、より湿潤な地域では草原が自然条件下の景観として卓越する^[2]。放牧に利用されている高原地帯(ステップと呼ばれ、国土の約 80%を占める)の年降水量は 50(ゴビ砂漠)～400mm(北部山岳地域)となっている^[3]。表 5-1 に各地の気候指標平均値を示す。

表 5-1 モンゴル各地の気象情報

地名	地域	気温と降水量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	有効積算温 度>10℃	無凍期間 日
ダダル (ヘンティイ県)	森林ステップ境界	月平均気温, °C	-19.6	-16.0	-6.8	2.3	10.5	15.2	16.5	14.9	82.0	-2.0	-11.7	-18.4	-0.5	—	—
	およびステップ域	月平均降水量, mm	2	3	3	17	39	64	119	96	37	19	5	3	403		
ブルガン (ボルガン県)	森林ステップ境界	月平均気温, °C	-22.8	-19.8	-9.9	1.3	8.1	14.8	16.5	14.3	7.6	-0.5	-12.3	-20.3	-1.9	1538	86
	およびステップ域	月平均降水量, mm	3	2	5	7	19	62	88	81	30	10	3	2	322		
ウランバートル (特別市)	乾燥ステップ域	月平均気温, °C	-27.4	-23.0	-11.2	-0.5	7.9	14.4	17.1	15.0	7.5	-1.6	-15.3	-25.3	-3.5	1565	75
		月平均降水量, mm	2	2	2	7	17	49	72	49	27	7	4	2	240		
チョイバルサン (ドルノド県)	乾燥ステップ域	月平均気温, °C	-22.0	-18.9	-9.3	3.0	10.9	18.0	20.8	18.3	10.8	2.4	-10.6	-19.8	0.4	2206	127
		月平均降水量, mm	2	2	3	6	16	42	70	61	29	8	3	2	244		
ダランザドガド (ウムヌゴビ県)	半砂漠および砂漠	月平均気温, °C	-15.4	-11.8	-2.9	6.1	12.9	19.1	21.3	19.7	13.4	5.3	-6.0	-14.0	4.0	2605	—
		月平均降水量, mm	1	2	2	4	10	26	29	39	11	4	2	1	131		
オランゴム (オブス県)	半砂漠および砂漠	月平均気温, °C	-33.8	-29.8	-19.4	-0.8	10.9	17.1	18.8	16.9	10.4	1.0	-12.0	-27.6	-4.0	2075	—
		月平均降水量, mm	3	2	3	4	7	23	36	29	14	5	9	4	139		

出所:久馬一剛 モンゴルの土壌 ペドロジスト 第45巻 第1号 (2001)

モンゴルでは北部から南部へと降水量が減少するにつれ、植生帯は森林から森林ステップ

(Forest Steppe)、ステップ (Steppe)、ゴビステップ (Gobi Desert Steppe)、ゴビ砂漠 (Gobi Desert) と変化する。国土の約 8 割は各種のステップ地帯で、モンゴルの伝統的な放牧がおこなわれている。この気候-植生帯と対応して土壌帯が形成されるが、ステップの典型的な土壌はカスターノーゼムである^[4]。ステップの地形的には平原、丘陵、低山となっていて、その土壌は主に栗色土帯(面積率 46.4%)、褐色砂漠・ステップ土及びステップ・砂漠土帯(面積率 24.7%)と灰褐色砂漠土帯(面積率 25.0%)で構成されている[1]。表 5-2 はモンゴルの土壌地理学的地域分布をまとめたものである。

表 5-2 モンゴルの土壌地理学的地域区分

土壌・生物	土壌・生物	構造的成帯型		
気候相	気候区	水平成帯	水平－垂直混合	垂直成帯
中央アジア	A ハンガイ	ゾーン	ハンガイ区	ハンガイ－ヘンティ
		栗色土	プロビンス	a) 北部
			I オルホントーラ	b) 南部
			II 東モンゴル	
	B ゴビ	ゾーン及びサブゾーン	ゴビ区	
		明栗色土	プロビンス	アルタイ
		褐色砂漠－ステップ土	III 大湖盆地	ゴビ
		褐色ステップ－砂漠土	IV 湖盆地	
		灰褐色砂漠土	V ゴビーアルタイ	
			VI 外アルタイ	
ジュンガル		ジュンガル区		

出所:久馬一剛 モンゴルの土壌 ペドロジスト 第 45 巻 第 1 号 (2001)

5.1.2 法令・土地制度

(1) 森林関連法令・政策

自然環境・観光省と食品・農業・軽工業省により森林関連の法律、規制、基準の制定と監視・管理を行う。国の行政部門として国家労働監査局と緊急事態管理総局は森林火災の監視と消火活動を担当している。森林に関する主な関係法令、国家政策を以下に列挙する。

- 森林法 (1975 年)
- 森林・草原防火保護法 (1996 年)
- 森林国家計画 (1997 年)
- グリーンベルト全国計画 (2005 年)
- 国家植樹の日 (毎年春と秋に市民のボランティア参加で行われる植樹祭) (2010)
- 森林国家施策 (2015 年)
- 10 億本植樹国民計画 (2021 年)

(2) 土地制度

社会主義時代では全ての土地及びその地下資源、森林、水資源などは、人民の共有財産であると憲法で定められていた。1992 年 1 月採択された新憲法で「牧地、公用及び国の特別の用に供されている地域以外の土地を、モンゴル国民にのみ私有化させることができる」という条文が盛り込

まれ、土地の私有化が可能となった。しかし、国民の間に土地私有化そのものに対する反対意見が根強かった。1994 年 11 月 11 日に土地法が国家大議会で採択された。この土地法では土地に関して私有、保有、利用という 3 つの権利を規定しているが、私有についての具体的な条項はなく、保有権と利用権のみを規定していた。2002 年土地法が改正されるとともに、土地私有法が制定された。土地私有法によって都市と農地における土地の私有化が規定されたが、放牧地は私有化の対象ではなかった^[5]。

民間企業や個人が国有地である地方自治体の共有地において植林を行う場合、その土地の使用権が数十年間の期間付きで無償で与えられる（一部の地方自治体によっては少額の管理費を徴取する場合がある）。ボルガン県ダシンチレン郡の国有地でサジー園を経営する者は、29ha のサジー園の土地に対して、はじめの 3 年間は国の緑化奨励政策で土地管理費が免除され、4 年目から年間 4 万トゥグルグ（1,000 トゥグルグ＝0.28USD、2023 年 2 月 10 日現在）の管理費を支払っていた。

5.1.3 植林面積、植栽樹種、政策、民間投資、植林団体

(1) 森林資源と植林面積

- 国土面積：156.5 百万 ha（約 80% が放牧地として利用されている）
- 砂漠化進行の影響を受けている土地面積割合：76.9%
- 森林面積：1,868 万 ha（2020 年）、国土面積の 11.9%
 - ✧ 立木地面積：1,261.00 万 ha
 - ✧ 低木林面積：75.97 万 ha
 - ✧ 人工林面積：0.80 万 ha
- 砂漠化の起因：
 - 気候変動影響（自然要因）51%
 - 過放牧・無秩序開拓（人為的な要因）49%
- 育苗・植林・森林再生の実績：
 - 1990 年代～2000 年代初めにかけて発生した大規模な山火事で被害を受けた森林のうち、天然更新による森林再生が順調に行われている面積は約 100 万 ha に達している一方、天然更新が順調に進んでいない火災跡地も約 46 万 ha に上っている。これらの天然更新不成績地においては実生稚樹の保護に加え、苗木の植え付けも必要な措置として行われている。
 - 2010 年に大統領令で「国家植樹の日」が宣言され、その後 2013 年の「都市環境ガーデニング計画」も発令され、市民参加の緑化活動が徐々に広まり始まった。2019～2020 年にかけては、6,777 の法人と 223,947 の個人が植樹活動に参加し、延べ 1,675,159 本の植樹が行われた。面積は 136.8ha に達していた。
 - 2011 年から 2020 年までのモンゴルの森林再生事業の実績は表 5-3 のとおりである。

表 5-3 2011 年～2020 年におけるモンゴル森林再生事業の実績

事業区分	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
苗畑整備 (ha)	20.0	25.0	25.0	50.0	50.0	-	50.0	985.9	990.3	989.9
種子生産 (kg)	550.0	322.5	335.6	421.1	612.0	477.0	460.0	314.0	175.5	64.5
植樹本数 (百万本)	36.0	32.9	40.1	46.9	46.3	30.0	34.6	34.6	38.9	41.6
通常植林 (ha) *	7,989.0	6,417.0	6,403.0	5,850.0	5,240.0	3,163.0	2,381.6	2,381.6	2,392.5	3,088.7
防風林造成 (ha) **	595.5	856.0	857.0	399.0	392.0	172.0	223.5	223.5	1,878.1	371.5
天然更新促進 (ha)	2,342.0	1,126.0	810.0	40.0	85.0	100.0	1,067.0	1,067.0	4,683.5	582.0
森林再生合計 (ha)	10,926.5	8,399.0	8,070.0	6,289.0	5,717.0	3,435.0	3,672.1	3,672.1	8,954.1	4,042.2

* グリーンベルト事業以外の植林 **グリーンベルト事業で実施された植林

出所:モンゴル国自然環境・観光省森林政策調整局(担当者:技官 Ms.Tseepil)提供資料より整理

(2) 10 億本の植樹キャンペーン^[6]

2021 年 6 月に就任したオフナー・フレルスフ大統領は第 76 回国連総会で気候変動と砂漠化対策に最適な方法は植林であると強調し、2030 年までに 10 億本の植樹キャンペーンを実施すると宣言した。この「10 億本植樹国民計画」は 2021 年 10 月から正式にスタートした。

モンゴルでは気候変動により、全土の 76.9%に砂漠化が進んでいる。もし、この運動を効率的に実施できれば、砂漠化の深刻な影響を受けた 1 億 2000 万 ha の面積を 4%回復できる。さらに、全国の 7.9%を占めている森林の面積を 2030 年に 9%に拡大する目標を立てている。

GDP の少なくとも 1%を森林化運動に充てれば、10 年間で約 4 兆 3000 億トゥグルグ(1,000 トゥグルグ=0.28USD、2023 年 2 月 10 日現在)になる。研究者、専門家の計算によれば、国家及び地方予算で 30%、国内の個人、団体、企業の協力で 45%、国際社会の協力で 20%を賄うことが合理的であるとの見解を示した。

「10 億本植樹国民計画」全国植樹運動は 3 段階で実施される予定である。

- ✓ 2021～2024 年、第一フェーズの準備段階
- ✓ 2024～2026 年、第二フェーズの強化段階
- ✓ 2027～2030 年、第三フェーズの安定継続段階

自然環境協・観光省森林政策調整局インタビュー調査によると、10 億本植樹国民計画を支援するため、モンゴル全国 21 の省と首都ウランバートル特別市が 6 億 8000 万本の植樹を分担し、21 の主要鉱業企業が 6 億 850 万本を、銀行、金融機関、その他の企業が 886 万本を植樹すると公表している。実際、2021 年と 2022 年の 2 年間で、21 の県で実施された植樹活動で植えられた樹木の本数は 380 万本、鉱業企業の出資による植樹活動で植えられた樹木の本数は 340 万本に達していた。また、2021 年において、297 の民間企業、森林パートナーシップ(団体・組織)、個人による苗木育成は 3,720 万本に上っていた。樹種はオウシュウアカマツ (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、シベリアカラマツ(*Larix sibirica*)、シベリアトウヒ(*PPicea obovata*)、シベリアモミ(*Abies sibirica*)、ヒマラヤスギ(*Cedrus deodara*)、ニレ類(*Salix spp.*)、ポプラ類(*Populus spp.*)、ヤナギ類(*Salix spp.*)、サクサウール(*Haloxylon ammodendron*)、ギョリュウ類(*Tamarix spp.*)、多種の果樹であった。サジーは果樹

に分類されている。

(3) モンゴル森林林業行政の概要

モンゴル国ではすべての森林は国有である。自然環境・観光省が森林資源の管理経営の主な責任を持ち、県と郡という地方組織が地方レベルの主な責任を担っている(表 5-4)。

表 5-4 モンゴル森林・林業体制(2018 年現在)

自然環境・観光省	森林政策調整局
	森林研究開発センター
全国(都市部と 21 県)	森林保護組合 38 カ所
全国(郡など)	森林組合 1,281 カ所

出所:穂積玲子 モンゴルの森林と林業 海外の森林と林業 105 巻 (2019)

森林政策調整局でのインタビュー調査によると、モンゴル国の 21 の県と首都ウランバートルの自然環境・観光局に森林分野を担当する常勤専門家が1名在籍している。地域の森林資源の再生、保護など適切な管理、政府政策の実行は 38 ヶ所の森林保護組合、5 つ郡が組織している森林保護チームと8 つの県の自然環境・観光局に併設されている8 つの森林管理センターが主に実施している。

2022 年 7 月 5 日にモンゴル政府決議第 272 号により、自然環境・観光省から森林政策調整局が独立して「モンゴル森林エージェンシー」となった。この時点でこの新設された組織は 38 名の職員で構成されることが承認されたが、詳細な体制等はまた整備、調整中である。

(4) 植林、林業団体

森林政策調整局でのインタビュー調査によると、2020 年現在、1,342 の団体・組織(森林パートナーシップ)が 4,541.9 千 ha の森林で、森林病虫害対策、森林整備、植林等事業に携わっている。また、131 の企業が 627.4 千ヘクタールの森林保護区において委託方式でその保護と管理を行っている。

ウランバートル市内では、森林統計、森林病虫害対策、森林整備、植林等の森林事業を実施している約 800 の NGO がある^[7]。

5.1.4 植林にあたっての技術的な課題

モンゴル環境・観光省森林部局の専門家インタビュー調査では、日本に期待する技術援助として、モンゴルの乾燥・半乾燥地域の植林のための干ばつに強い育種・育苗技術、灌水植林地の保育技術、森林資源および人工林のリモートセンシング管理などが上げられた。

ステップ地帯における植林、とりわけ果実などの収穫を目的とする植林ではすべて灌水を前提に行われていて、灌水にかかるコストの負担が最大の課題である。例えば、ボルガン県ダシンチレン郡で韓国の支援で行われた植林事業(2005～2015 年)で植林されたポプラ、ニレなど高木の場合

合、その年の天候にも左右されが、成長期間中 14～21 日間に 1 回の程度で灌水が続けられていた。同郡のサジー園では自動散水システムを導入して、28ha のサジー栽培地に対して 7～14 日間に1回のペースで灌水を恒常的に行っている。灌水コストを抑えるためには灌水の強度(1 回の灌水量)と頻度(灌水回数)を軽減することが有効であり、耐乾性の高い樹種や苗木生産などの技術支援が考えられる。

5.2 対象地の概況

5.2.1 対象地の位置

低木を用いた植林地の炭素ストックの計測調査対象地はボルガン県ダシンチレン郡とした。果実生産を目的とした低木人工林経営の経済効果に関する調査はボルガン県ダシンチレン郡、ザブハン県オリアスタイ郡とドルブルチン郡、オブス県ウランゴム郡とした。それぞれの位置を図 5-1 に示した。

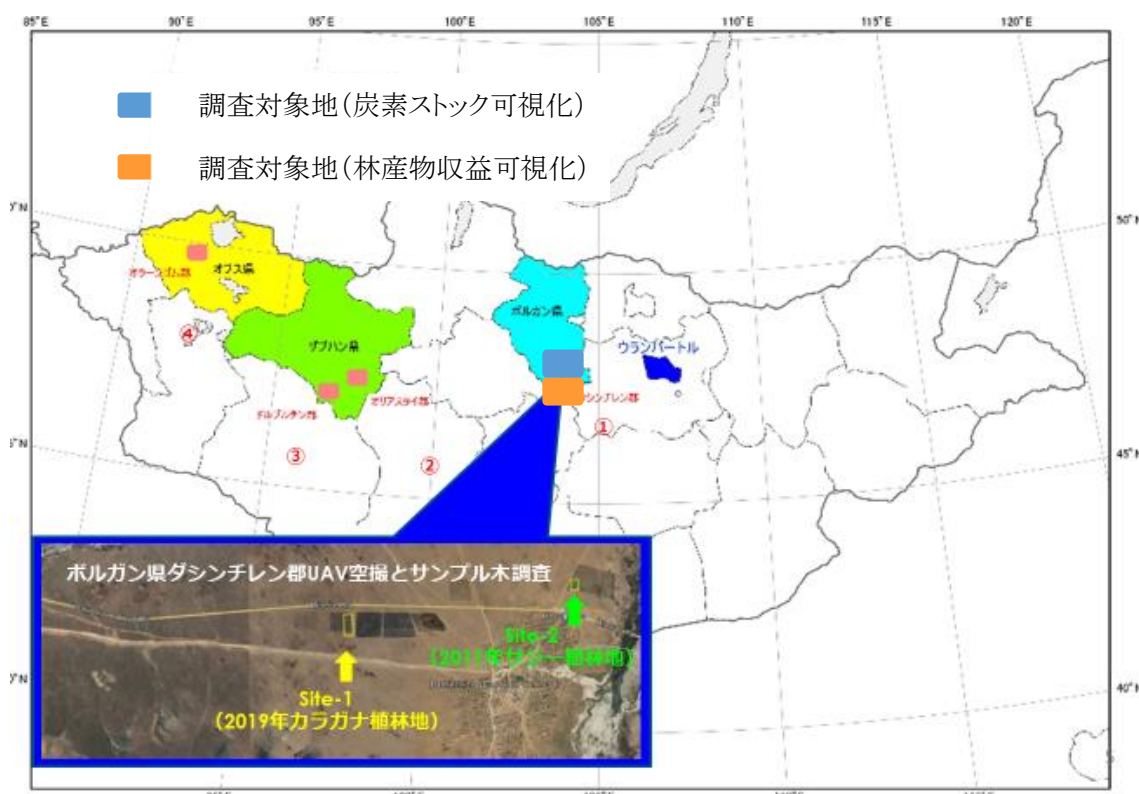


図 5-1 調査対象地

5.2.2 対象地の気象・土壌条件

(1) ボルガン県

冬季の平均気温は -6.9°C ～ -26.4°C 、最低気温は零下 -45°C ～ -46°C になる。夏季の年間平均気温は 16.9°C 、最高気温は 43.5°C 。年間降水量は北部で $300\sim 400\text{mm}$ 、南部で $200\sim 300\text{mm}$ 、大部分は7～8月に集中する^[8]。ダシンチレン郡は同県の南端に位置し、ステップ地帯となっているため、降水量は 200m 前後まで減少する。直近3年間の降水量は2018年 235.7mm 、2019年 163.0mm 、2020年 164.5mm となっていた(ダシンチレン郡政府気象観測ステーション提

供のデータによる)。

同県は北から南へ森林、森林ステップとステップの 3 つの植生帯を有している。そのため、森林土壌から草原土壌まで比較的に多様な土壌タイプを呈している。

(2) ザブハン県

1 月の平均気温は -20°C ～ -30°C で、モンゴルで最も寒い場所として有名なトソンチェンゲル郡では、 -53°C を記録している。降水量は山岳地帯で 400mm 前後、ホブド県と接している比較的に標高が低い西部地域は 80～100mm、他の地域は 200mm 前後になっている。ザブハン県は一般的にハンガイ、ステップ、ゴビの 3 つの地域に分けられる。ハンガイ山岳地域は寒く涼しい気候で、ゴビ地域は乾燥して暖かい気候である^[9]。

同県には 3 つの地帯に対応して山岳地帯の森林土壌、ステップ地帯の草原土壌、ゴビ地帯の沙漠土壌が分布する。ハンガイ山脈の最高峰オトゴンテンゲル山(標高 4008m)は同県にある。

(3) オブス県

県内に山脈地帯が多いことから、気候の変化が激しい。最も寒いときに気温は -50°C に至り、モンゴルで最も寒い県と言われている。降水量は、ゴビ砂漠では年平均 100～150 mm、草原地帯は 200～250 mm、山岳地帯は 250～300 mm 程度。降水は 7、8 月に集中している^[10]。

オブス県では標高が低くなりにつれ、万年雪の山脈地帯から森林草原地帯とゴビ砂漠地帯へ変化している。タイガ、森林草原、山岳草原、ゴビ砂漠、湖、池などの多様な自然景観が見られ、稀少動植物や美しい未開の自然が多くある。同県ではモンゴルの最大の湖(オブス湖)を筆頭に大小 121 の湖がある。土地の 60%はハンガイ地帯、40%はゴビ砂漠地帯に属している。最も低い標高は 936m。土地の 8.2%は草原地帯、14.5%は山脈地帯、37.7%は森林草原地帯、39%はゴビ砂漠地帯になっている^[11]。

5.2.3 対象地の森林概況及び自然植生

(1) ボルガン県

県の北部は森林地帯であり、フグネ・タルナ山、オラントゴー(火)山とナムナン山にはそれぞれ 47,000ha、5,800ha と 29,684ha の「天然資源国家特別保護区」がある^[12]。

天然林は針葉樹類が主流であるが、山麓地帯や河川沿いにはポプラ類などの広葉樹も多く自生している。調査対象地のダシンチレン郡は典型的なステップ地帯で一部丘陵地形もあるが、基本は起伏のある草原となっている。

(2) ザブハン県

1800～2500m の山岳地帯にはシベリアカラマツ、シベリアモミ、ヨーロッパアカマツ、カンバ類などの天然林があり、県内を流れる河川沿いにはポプラ類、ヤナギ類、その他サジーなどの低木類が自生している。山間盆地や山麓の扇状地は草原で放牧地として利用されている。

(3) オブス県

県の北部はロシアと隣接している。その国境の近くにあるモンゴル最大の湖オブス湖の南部に国家特別保護区に指定されたアルタン・エルス自然保護区がある。面積は 177,500 km²。アルタン・エルスには、盆地に広がる広大砂丘に加えて、山岳地帯にはシベリアカラマツやカンバ類が分布し、低地の水辺を中心にヤナギ類とサジーが主に分布している。同県で 52 目 180 科 430 属の植物が確認されている。シベリアカラマツ、シラカンバ、ヨーロッパモミ、シベリアアカマツ、ポプラ、ヤナギ、カラガナ、サジーなどが分布している。サジー果実の生産量は全国の約 70%を占める^[12]。

5.2.4 対象地の社会経済条件

(1) ボルガン県^[8]

- 面積: 48,700 km²
- 人口: 人口 : 62,089 人、世帯数 : 18,481 世帯 (2020 年)
- GRDP : 3,612 億トゥグルグ、1 人当たり地域内総生産 : 58,672 千トゥグルグ (2020 年)
- 主要産業: 農業 63.47%、製造業 14.65%、サービス業 21.88% (2021 年、モンゴル統計局ホームページ <https://1212.mn/mn> より整理、以下同じ)

(2) ザブハン県^[9]

- 面積: 82,500 km²、
- 人口 : 72,823 人/世帯数 : 20,713 世帯 (2020 年)
- GRDP : 4,205 億トゥグルグ、1 人当たり地域総生産 : 57,851 千トゥグルグ (2020 年)
- 主要産業: 農業 56.81%、製造業 12.53%、サービス業 30.65%

(3) オブス県^[10]

- 面積: 69,585 km²
- 人口: 人口 : 83,223 人、世帯数 : 21,646 世帯 (2020 年)
- GRDP : 4,179 億トゥグルグ、1 人当たり地域総生産: 50,191 千トゥグルグ (2020 年)
- 主要産業: 農業 57.75%、製造業 13.61%、商業・サービス業 28.64%

5.3 調査の目的及び進め方

5.3.1 目的(可視化対象も記載)

モンゴルの国土の約 80%を占めるステップ地帯は乾燥・半乾燥気候であり、降水量はおおむね 100~300mm と少ない。乾燥・半乾燥地における樹木の植栽は、植栽後の灌水管理を前提条件としており、コスト面における課題となっている。また、恒常的な灌水による地下水資源の枯渇やエネルギーの消費、土壌の劣化など二次的な環境問題が懸念される。高木類に比べて低木類は水分消費量が少なく、乾燥に対する耐性も高い。このため水資源の節約や植林・育林コストの低減において、低木類の植栽が有効と考えられる。また低木類の中には、果実など特用林産物による経済効果をもたらす樹種もある。現在、モンゴルでは低木植林が徐々に注目を集めており、今後の植林の規模拡大も期待される。そこで、本業務では UAV 空撮の画像解析による低木林地上部バイオマス可視化(炭素ストックへの寄与)と低木林経営効果可視化(地域住民の便益)の検証を行った。

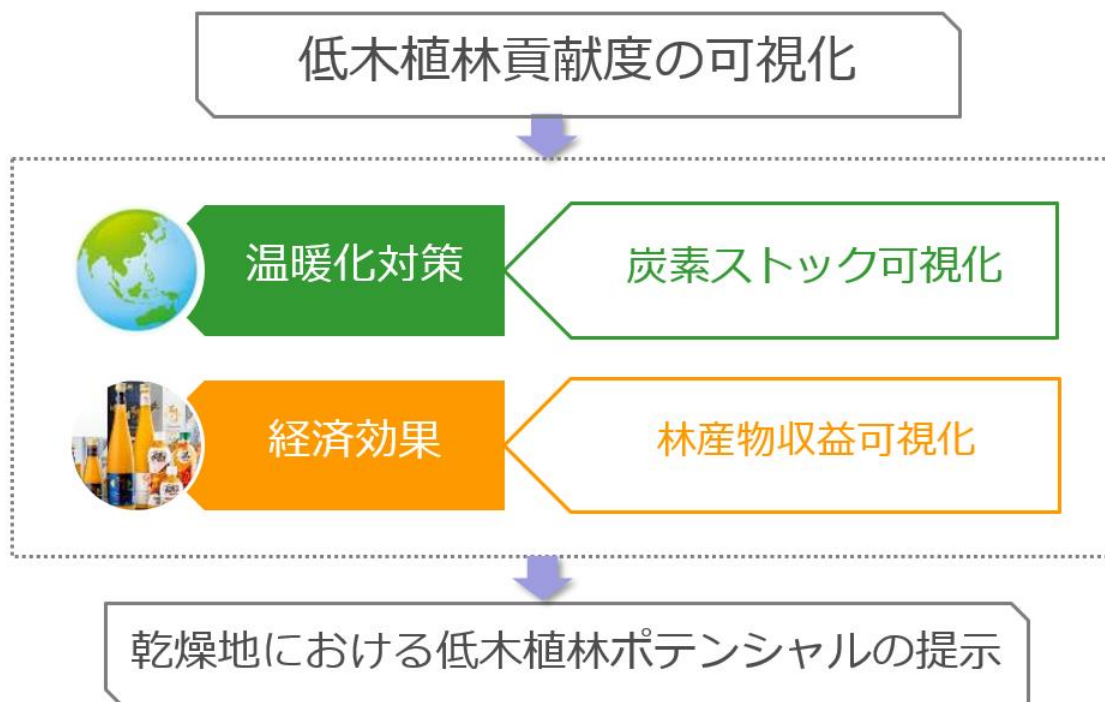


図 5-2 本業務の全体像

5.3.2 進め方・体制等

(1) 業務の進め方

1) 可視化指標と検証方法

炭素ストック可視化: 環境面における貢献度の分析では、気候変動の緩和に注目し、林木の地上部炭素固定計算の基本データとなる地上部バイオマスを指標とした。地上部バイオマス計測は UAV 空撮の画像解析方法を検証した。

林産物収益可視化: 社会面における貢献度は、サジীর果実の生産及び果実を原料に加工した商品生産の収益性とこれらの経営活動が地域の住民にもたらす就労収入を指標として、サジীর果実生産、商品加工と販売を中心にインタビュー調査で検証した。

2) 調査対象の低木

炭素ストック可視化: サジীর、カラガナ

林産物収益可視化: サジীর

図 5-3 に、モンゴル国内に生育しているカラガナとサジীর外観を示す。



カラガナ



サジー

図 5-3 調査対象の樹種

サジー (現地名「チャチャルガン、*Hippophae rhamnoides* L.」): サジーはグミ科の落葉低木で、この呼び名は中国語名「沙棘(サージ)」から変化したもので、英語圏における呼称であるシーバックソーン(Sea-buckthorn)やシーベリー(Seaberry)も用いられる。サジーは北緯 27°~69°、東経 7°~122°の中国からデンマークや北海沿岸部に広く分布する。4 種 8 亜種、または 6 種 12 亜種があるとされ、現在でも確定はされていない。植物が育ちにくい環境の海岸や砂漠、ヒマラヤの標高の高い地域でも自生し、塩害・耐寒・乾燥に強く、中国では砂漠緑化木としても用いられる。古来より各地域で自生種が冬場のビタミン類の供給源であり、薬用としても用いられる^[13]。

サジーの果実には豊富な栄養素や有用な化学成分が多く含まれていて、スーパーフードとも呼ばれる。モンゴルでは十数年前から民間により栽培が始まり、近年ではジュースや食用オイル、化粧品などサジー商品の開発が活発になり、今後もサジー栽培が増加すると思量される。

樹高は基本的には 2m~4m だが、品種改良により稀に 10m を超えるものも存在する。幹や枝にはたくさんの棘があり、秋になるとその棘と針状の葉に守られるような形でオレンジ色の実をつける。ただし、現在では棘のない或はかなり少ない品種も育種されている。

カラガナ (現地名「ハルガナ」、本報告書では現地に自生しているマメ科ムレスズメ属(*Caragana* spp.)の数種を併せてカラガナとする): カラガナは乾燥気候の砂質土地帯の固有種であり、かつ耐寒性も高いため、モンゴルではほぼ全土に亘って分布している。カラガナは古くから牧草地において点々と草本類に混じって生育し、春先の若葉は家畜(ヤギ、ヒツジ)も摂食する。特に積雪が多い冬は貴重な救荒用飼料(刈り取り後に、砕いて利用)となり、吹雪時の退避箇所としても有益である。また、カラガナは草本類が衰退傾向にある草地(劣化放牧地)にいち早く侵入してくる特性をもつ、数年から十数年でカラガナの散生地(まばらな群生)を成していることで、地表風の風速を減速させ、表層土壌の風食を軽減することで、砂漠化の防止に寄与している。

カラガナは地上部を繰り返して収穫しても容易に萌芽更新ができる特徴を有するため、過放牧が課題となっている地域において、将来の飼料木林としても期待できる。

モンゴルに自生しているカラガナは樹高 0.5m から 2m の落葉性の低木(灌木)である。草原地帯に自生するカラガナは多数の苗条(シュート)が箒状に群がって群生していて、上空からは点々とコロニーが散在することが確認できる(図 5-4)



図 5-4 草原地帯に自生しているカラガナ(濃い緑のコロニー状の点々がカラガナ)

3) 各調査の手順

炭素ストック可視化:

◆地上部バイオマス計測

- ① 調査対象林分を踏査し、林分の標準的な撮影エリア(サイト)を設定
- ② 空撮における地表の下草処理
- ③ UAV による空中写真を取得し、詳細な樹木の分布図を作成
- ④ UAV の画像解析データと比較するための、サジーとカラガナの毎木調査(樹高、2 方向の樹冠直径、2 方向の根元直径(サジーのみ))
- ⑤ UAV 画像解析による推定値と実測値の比較(樹高と樹冠面積)
- ⑥ 伐倒調査によりサジーとカラガナの地上部バイオマスを計測
- ⑦ G. Conti *et al.*(2019) が開発した低木の地上部バイオマス推定アロメトリーモデルのうち、樹高(H)と樹冠直径(CD)を変数としたモデルを使用して地上部バイオマスを推定する。

林産物収益可視化:

◆サジー林の経済効果

- ① サジー園造成・運営コスト等:栽培・経営者インタビュー調査
- ② サジー果実生産量、収穫期間等:栽培・栽培者インタビュー調査
- ③ サジー果実生産の収益性:栽培・経営者インタビュー調査
- ④ サジー果実の加工商品及びその収益性:経営者インタビュー調査
- ⑤ サジー園の雇用創出ポテンシャル:地方政府職員、地域住民、サジー園経営者インタビュー調査
- ⑥ サジー商品市場動向及び将来性:販売店、学者、協会関係者インタビュー調査

4) 森林づくり活動の貢献度を高めるための植林技術の課題の調査

特にモンゴルの乾燥・半乾燥地域における植林の技術的な課題を政府関係やサジー林経営者にインタビュー調査する。

5) 森林づくり活動の貢献度可視化の手法の検討

本業務で明らかになった課題や改善の方向性等を検討

(2) 実施体制

調査チームの構成員を表 5-5 に示す。調査チームとは別に国内社内支援体制を構築し、調査チームのバックアップや業務の進捗管理、報告書の監修をおこなった。また、モンゴル国現地業務では、本件調査協力者を選任して調査のアレンジや通訳等のサポートを依頼し、より円滑で効率的な現地調査を図った。

表 5-5 本件業務構成員

氏名	所属／役所	本件担当業務
稲田 徹	アジア航測株式会社 海外プロジェクト部／副部長	総括
金 宗煥	アジア航測株式会社 事業推進本部 海外事業推進部／担当課長	現地調査／データ解析
黄 勝澤	アジア航測株式会社 海外プロジェクト部 海外技術課／技術部長	現地調査
瀧 永佐知子	アジア航測株式会社 海外プロジェクト部 海外技術課／担当課長	業務調整
山下 昌一	アジア航測株式会社 海外プロジェクト部 海外技術課／主任技師	資料収集
佐藤 嘉彦	アジア航測株式会社 海外プロジェクト部 海外技術課／技師	データ解析

5.4 可視化指標の実証調査方法と結果

5.4.1 地上部バイオマス(炭素ストック)可視化の方法と結果

(1) 調査概要

資源量の現状を調査する方法として、従来から木の一本一本の直径と高さを測る毎木調査が一般的である。しかし、毎木調査には数人体制で作業時間がかかり、作業場所によっては安全性を保つことが困難な場合もある。近年、注目を浴びている UAV の活用は、森林調査の効率化、省力化が期待されている。LiDAR を UAV に搭載して計測すれば、より精度の良いデータを取得できるが、今回の調査ではコストや今後の普及の容易さを考慮して、カメラを搭載した写真測量技術による調査方法を採用した。

図 5-5 に、従来の毎木調査風景と UAV による空撮のイメージを示す。空撮によってオルソ画像作成のみならず、単木レベルの樹高や樹冠面積の計測の効率化が期待される。

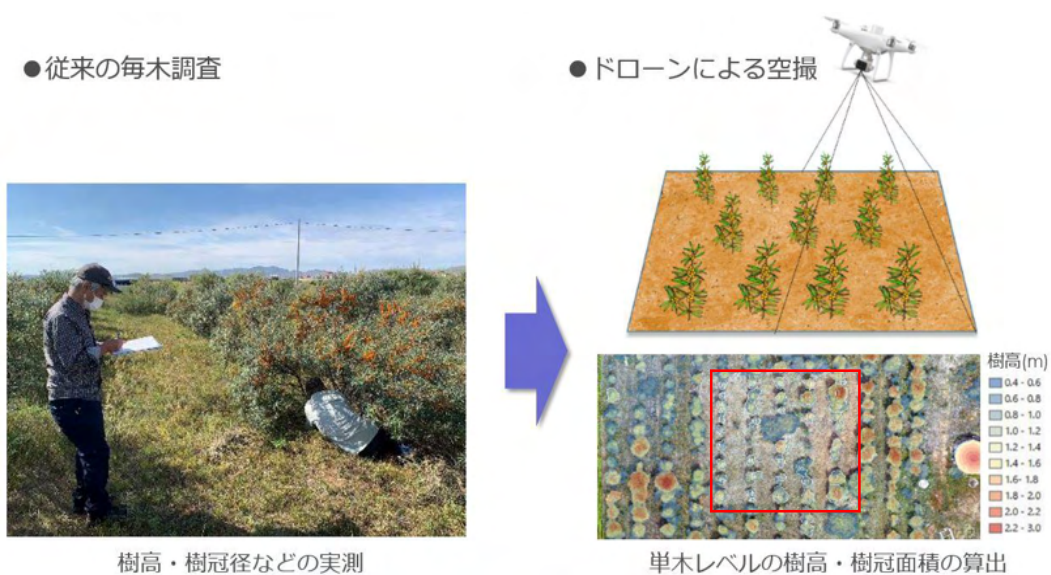


図 5-5 従来の毎木調査風景と UAV による空撮

本調査では、UAV により取得した空中写真の画像解析から立木の樹高、樹冠直径を推定して、毎木調査により計測した実測値と比較検討する。また樹高及び樹冠直径の実測値とアロメトリー式を用いて算出した地上部バイオマスの推定値と、実際に立木を伐採して計測した地上部バイオマスの実測値を比較する。

(2) 調査対象林

調査対象林はボルガン県ダシンチレン郡内で選定した。サジーは人工林(果樹園、20ha)を調査対象林とした。人工林にはサジーが 2011 年～2012 年に植栽されており、植栽時の植栽間隔は 4m×2m で植栽密度 1,250 本/ha であった。2016 年から果実の収穫が始まり、現在に至る。

カラガナは放牧地に自生する天然林を対象とした。カラガナは根元から株立ち状に分けつし、数年後には十数本から十数本のシュートが円形状のコロニーを形成する。10 年生以上のカラガナコロニーではシュートが数百本になることがある。本件業務ではこのカラガナのコロニーを 1 個体群としてカウントした。

(3) 調査対象地

UAV 標定点測量と UAV 空撮、毎木調査、バイオマス量調査の調査対象として 2 サイトを設定した(図 5-6)。サイト1はカラガナの天然林 100m×100m でカラガナを対象とし、サイト2はサジー果樹園の 20m×20m でサジーを対象とした。サイト 2 のサジー立木は 10～11 年生であった。

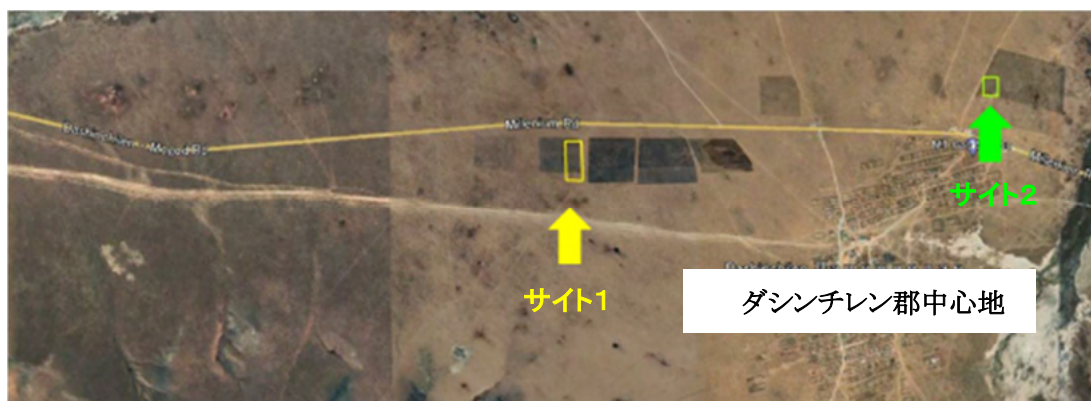


図 5-6 調査対象地

(4) UAV 標定点測量

空撮の前に、より正確な位置座標を取得するために Leica 製の Viva GS10 を用いて地上測量を行った。対空標識は各対象地に 5 点ずつ設けた。

(5) UAV 使用機材と撮影前処理

図 5-7 に、使用機材の主な諸元を示す。空撮用のカメラを搭載する機体は、スイス製の WingtraOne を用いた。搭載カメラはソニー製の RX1R II を使用した。対地高度 70m の場合地上分解能 (GSD) 約 1cm の画像が取得できる。可視光画像に加えて植生の活性状況を把握するためにマルチスペクトルカメラ (RedEdge-MX) による撮影も実施した。また、DJI 社の Phantom4Pro を使用して、樹高が比較的低いカラガナを低空から撮影して植被率算出の可能性を試みた。図 5-8 に、地上測量と空撮の作業風景を示す。

Type:	Technical specifications
 WingtraOne	Camera: Sony RX1R II Resolution: 42MP full frame GSD @ 70 m: 1 cm/pixel per band Camera: RedEdge-MX Resolution: 1280 x 960 (1.2 MP x 5 images) GSD @ 120 m: 8 cm/pixel per band
 Leica Viva GS10 receiver	Real-time kinematic: Hz 8 mm + 1 ppm / V 15 mm + 1 ppm Hz 8 mm + 0.5 ppm / V 15 mm + 0.5 ppm Post processing: Hz 3 mm + 0.1 ppm / V 3.5 mm + 0.4 ppm Hz 3 mm + 0.5 ppm / V 5 mm + 0.5 ppm

図 5-7 主な使用機材



図 5-8 作業風景(左:GCP 測量、右:UAV 飛行)

(6) サジの UAV 画像解析結果

図 5-9 と図 5-10 に、サジー園(サイト2)の SfM 処理結果および樹高マップを示す。SfM 処理とは Structure from Motion の略字で、ある対象を撮影した複数枚の写真から、対象の形状を復元する技術である。SfM 処理によってオルソ画像と 3D 点群を生成した。また、3D 点群から DSM(数値表層モデル)と DTM(数値地形モデル)を生成し、両者の差分により樹高マップを作成した。

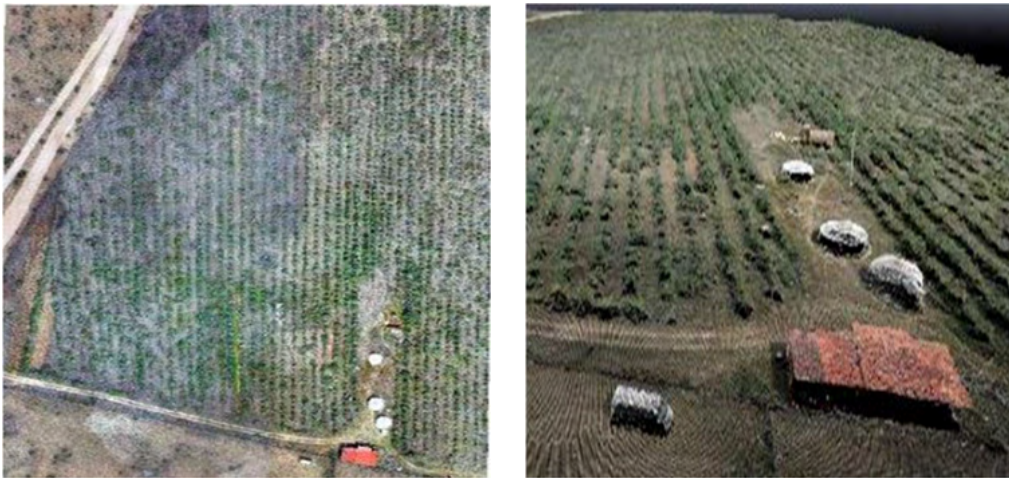


図 5-9 SfM 処理結果(左:オルソ画像、右:3D 点群)

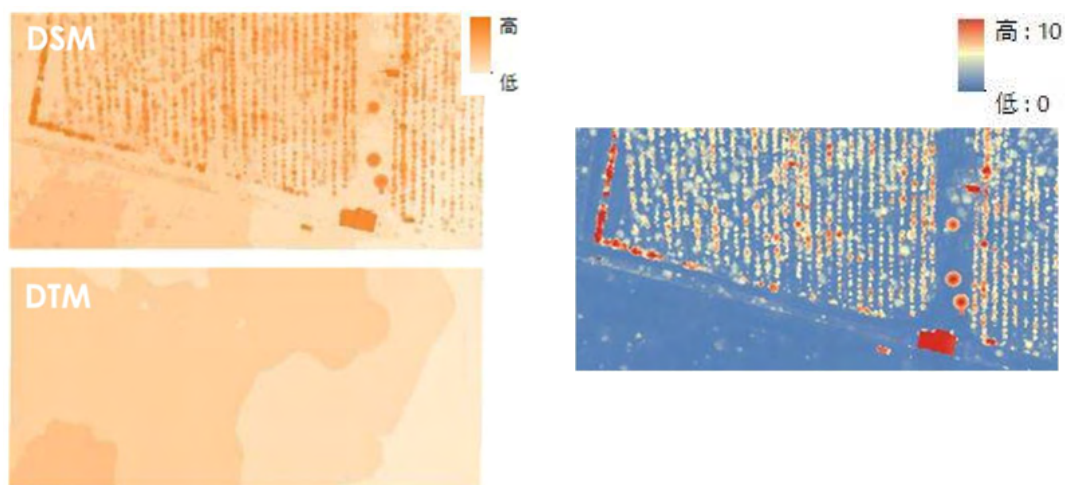


図 5-10 樹高マップ(毎木調査周辺)

図 5-11 に調査対象地を、図 5-12 に実測と UAV 計測の比較結果を示す。調査対象地の樹高マップから 54 本の立木を検出して、そのうち 41 本をサジー毎木調査の対象として樹高と樹冠長を実測した。また UAV 画像解析において、SfM 処理結果から算出した樹高と樹冠面積を計測して、毎木調査の実測データと比較した。樹高は UAV による計測結果がやや低い傾向にあったが、実測の樹高は灌水のために掘った溝底部からの測定であることから妥当な結果と考えられる。一方、樹冠面積は偏りなく評価されており、UAV による現地調査の省力化が期待される。

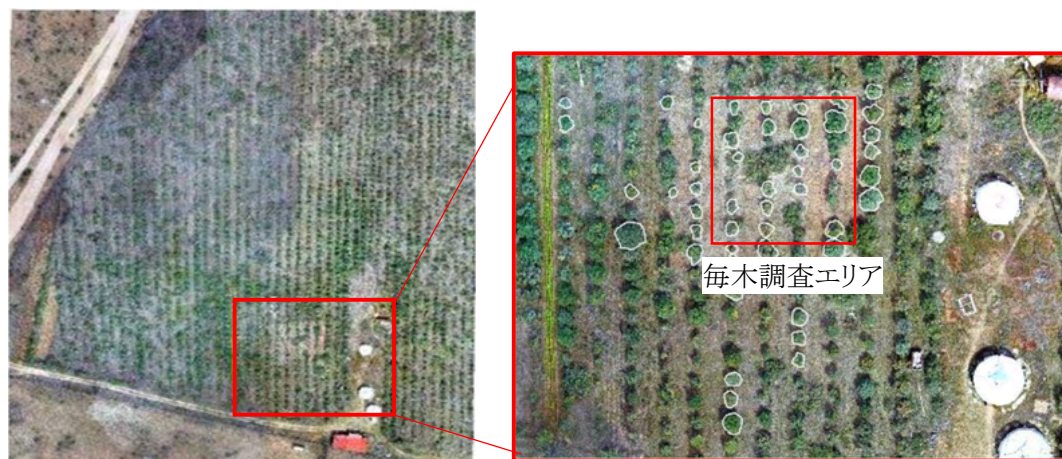


図 5-11 サイト2における調査対象地(20×20m)

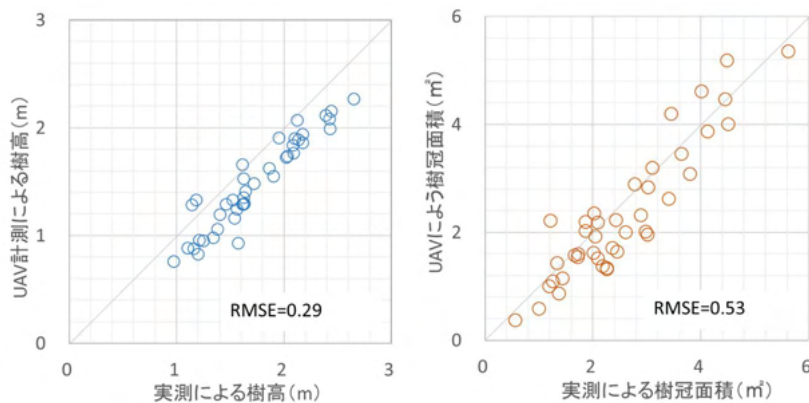


図 5-12 実測との比較(左:樹高、右:樹冠面積)

また実測による樹冠長(m)と UAV による樹冠面積(m²)には高い相関がみられ、UAV 計測を用いて立木の樹冠長を推定できる可能性が考えられた(図 5-13)。

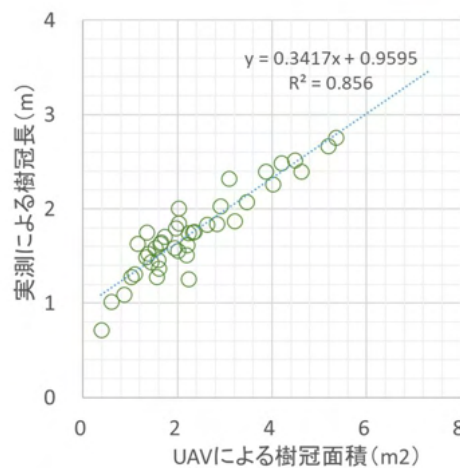


図 5-13 樹冠長実測と UAV 計測による樹冠面積の比較

(7) カラガナの UAV 画像解析結果

図 5-14 に、カラガナの画像解析結果を示す(サイト1)。UAV による空中写真からオルソ画像および植生指標(NDVI)画像を作成した。サイト1は家畜の侵入を防ぐためにフェンスに囲まれており、フェンスの内側には雑草が残っていた。調査対象地 100m×100m のエリアについて、画像解析によりカラガナの分布状況の自動抽出を試みた。サイト1のカラガナは樹高 1m 以下の低木が主流だったため、対地高度 30m の低空撮影(Phantom4Pro)の画像を用いて画像解析を行った。教師なし分類手法によりカラガナを自動抽出後、GIS データに変換した。その結果、単位面積当たりのカラガナの割合の算出の可能性が示された。なお、サイト1にはサジーの苗も植林されていたが、葉の少ない稚樹(50cm 以下)だったため抽出は困難であった。

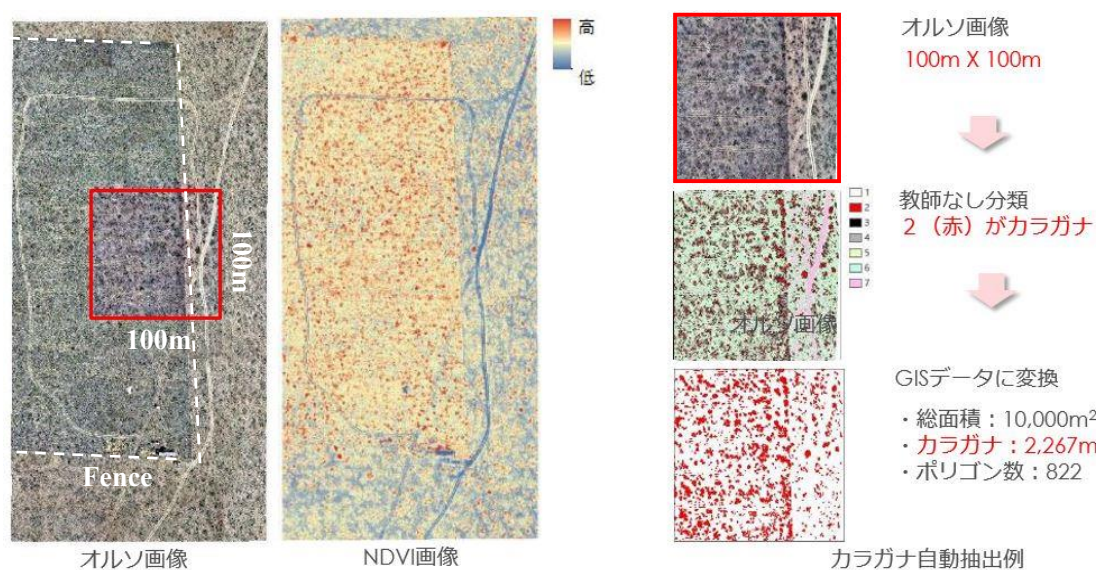


図 5-14 カラガナの画像解析結果(サイト1)

図 5-15 にカラガナの樹高マップを示す。樹高マップから調査対象地のカラガナ立木 822 本を検出して、うち 12 本を毎木調査対象とした。UAV による空撮の写真から 3 次元モデルを生成して、毎木調査対象木の樹高と樹冠面積を計測して、毎木調査による実測樹高と樹冠面積と比較した。図 5-16 に実測と UAV 計測の比較結果を示す。樹高はほぼ偏りなく、樹冠面積は一部過少評価されたものの概ね高い相関が認められた。

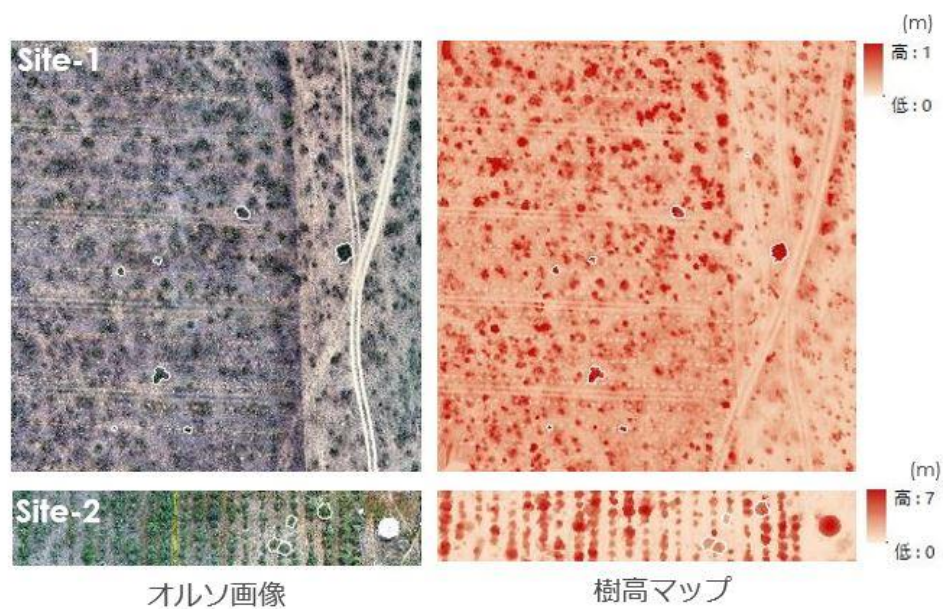


図 5-15 カラガナの樹高マップ

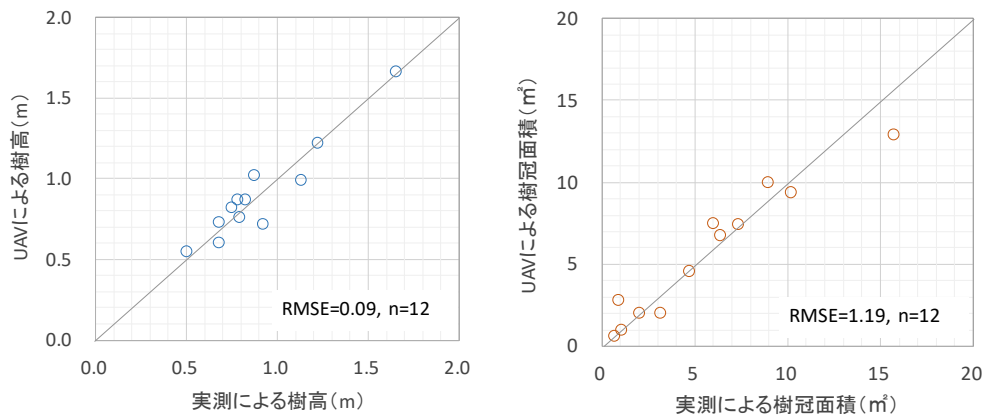


図 5-16 実測との比較(左:樹高、右:樹冠面積)

また実測による樹冠長(m)と UAV による樹冠面積(m²)には高い相関がみられ、UAV 計測を用いて立木の樹冠長を推定できる可能性が考えられた(図 5-17)。

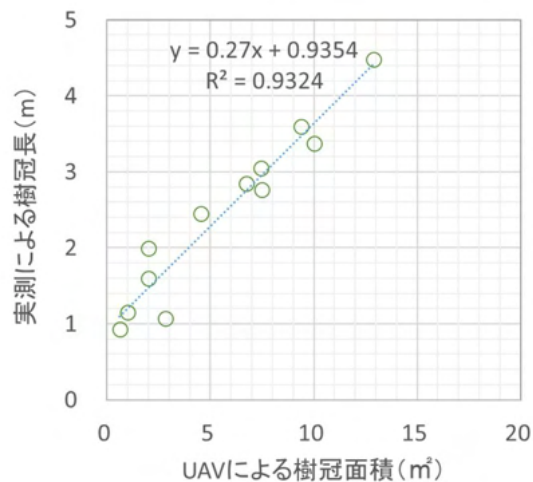


図 5-17 樹冠長実測と UAV 計測による樹冠面積の比較

(8) 低木の地上部バイオマス推定アロメトリー式を利用した推計

1) 既存アロメトリー式を用いた地上部バイオマスの推定

Conti *et al.* (2019) ^[14]が開発した低木の地上部バイオマス推定アロメトリー式のうち、樹高(H)と樹冠直径(CD)を変数としたモデル式(1)を使用して、現地で実測した樹高と樹冠直径から地上部バイオマスの推定値を求めた。比較対象木は伐倒調査に供して、地上部バイオマス量の実測値を計測して、推定値と比較した。比較対象木はそれぞれサジーで 6 本、カラガナで 13 個体群であった。

$$AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \cdot \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) \cdot 1.403 \cdots \text{モデル式(1)}$$

(AGBest: 地上部バイオマス推定値、CD: 樹冠直径、H: 樹高)

サジーとカラガナの地上部バイオマスの推定値と実測値の比較結果を図 5-18 に示す。サジーの地上部バイオマスの推定値は、実測値の約 1.4～1.8 倍となった。カラガナは地上部バイオマスの推定値が実測値の約 1.2～4.2 倍であった。それぞれの推定値が実測値と比較して過大になった要因として、Conti *et al.* (2019) ^[14]推定式が、各国の低木樹種から作られていることから、今回のモンゴルの 2 樹種とは樹形などの違いから、もともと適合しにくい可能性がある。さらに、今回の比較対象木の生育環境が考えられた。サジーは果樹園栽培において果実の収穫、整枝剪定による樹形誘導等が恒常的に行われており、カラガナは自生地において家畜から枝葉が採食を受けている。自然環境下で自生する低木と異なるそれぞれの生育環境が、地上部バイオマス推定値と実測値の差に影響したと推測された。

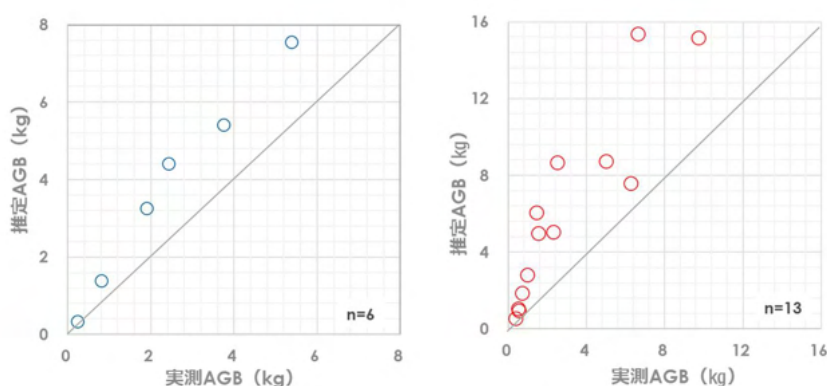


図 5-18 モデル式による AGB 推定値と実測値の比較(左:サジー、右:カラガナ)

2) 既存アロメトリー式と実測値を用いた回帰分析

今回伐倒したサンプル木の地上部バイオマスの実測値から、上記のモデル式(1)と同様の式で回帰分析を行った。回帰分析は、統計ソフト R^[15]を用いて非線形最小二乗法により実施した。回帰分析の結果、得られた回帰モデル式をモデル式(2)に示す。

$$\text{AGBest} = \exp(-0.8915 + 1.7334 * \ln(\text{CD}) + 1.5434 \ln(\text{H})) \cdots \text{モデル式(2)}$$

(AGBest: 地上部バイオマス推定値、CD: 樹冠直径、H: 樹高)

また回帰モデル式(2)を用いて得られたサジーとカラガナの地上部バイオマスの推定値と実測値の比較を図 5-19 と、表 5-6 と表 5-7 に示す。

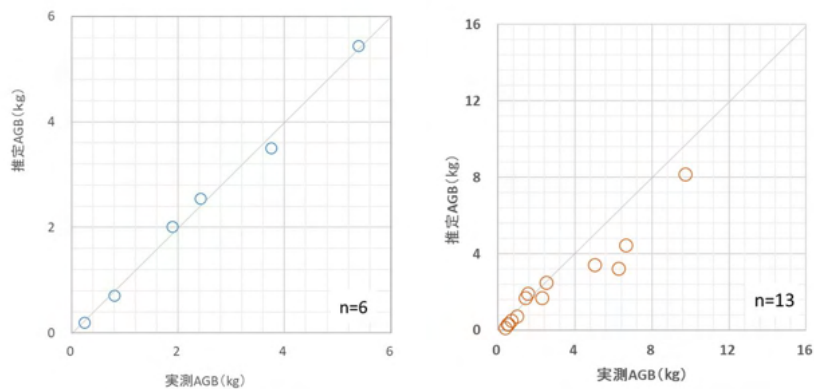


図 5-19 回帰モデル式による AGB 推定値と実測値の比較(左:サジー、右:カラガナ)

表 5-6 サジーの地上部バイオマスの推定値と実測値の比較

No.	樹高 (m)	樹冠直 径 (m)	推定 AGB (kg)	実測 AGB (kg)
1	1.81	2.04	3.51	3.75
2	1.25	1.13	0.71	0.80
3	2.10	2.30	5.44	5.39
4	1.58	1.91	2.55	2.42
5	1.65	1.61	2.02	1.89
6	1.23	0.54	0.19	0.24
平均	1.60	1.59	2.40	2.41

表 5-7 カラガナの地上部バイオマスの推定値と実測値の比較

No.	樹高 (m)	樹冠直 径 (m)	推定 AGB (kg)	実測 AGB (kg)
1	0.79	1.07	0.32	0.52
2	0.87	4.48	4.44	6.63
3	0.82	3.38	2.49	2.50
4	0.78	2.85	1.71	1.43
5	0.50	0.93	0.12	0.38
6	0.75	1.15	0.34	0.49
7	0.68	1.99	0.75	0.97
8	0.68	1.60	0.51	0.69
9	1.05	2.33	1.91	1.53
10	1.65	3.60	8.18	9.71
11	0.92	2.45	1.70	2.29
12	1.13	3.05	3.42	5.00
13	1.22	2.77	3.25	6.25
平均	0.91	2.43	2.24	2.95

今回伐倒したサンプル木で、回帰(アロメトリー)式を作成することで、地上部バイオマスの推定値が実測値より過大に推計される傾向は減少した。

今回の調査は、調査期間などに制限があり比較対象木のサンプル数が少なく、統計的な分析、新たなモデル式の開発は困難であった。サジーおよびカラガナを対象に地上部バイオマスの推計の精度を向上するには、サンプル数を増やして新たなアロメトリー式の開発や既存モデル式の改良を進めるとともに、果樹栽培や採食圧等の生育環境が地上部バイオマスに与える影響について検討する必要があると考える。

(9) モンゴル低木林の炭素ストック推定

UAV 計測による樹高及び、樹冠面積から推定する樹冠長、並びに(8)のモデル式(2)を用いて、サジー及びカラガナ調査対象地の地上部及び地下部のバイオマス、炭層ストック、CO₂ 蓄積量、クレジット換算額(概算)を試算した。なお、炭素がバイオマスに占める割合を 50%としてバイオマスから炭素ストックに換算し、また炭素ストックを二酸化炭素に換算するのに 44/12 を乗じた^[18]。

1) 10 年生サジー人工林: 調査対象地面積 20×20m=400m²

サジー10 年生時、計測本数 54 本/400m²、地下部と地上部の比を 0.37^[16]と仮定して試算

✓ バイオマス	: 146kg/400m ²
✓ 炭素ストック	: 73kg/400 m ²
✓ CO ₂ 蓄積量	: 268kg/400 m ² (6,692kg/ha)
✓ クレジット換算額(概算)	: 0.8USD/400 m ² (3USD/t-CO ₂ で試算 ^[19] 、20.1USD/ha)

2) カラガナ天然林(推定樹齢は 1~13 年): 調査対象地面積 100×100m=1ha

カラガナ 1~13 年生、計測本数 822 本/ha、地下部と地上部の比を 0.45^[17]と仮定して試算

✓ バイオマス	: 775kg/ha
✓ 炭素ストック	: 368kg/ha
✓ CO ₂ 蓄積量	: 1,421kg/ha
✓ クレジット換算額(概算)	: 4.3USD/ha (3USD/t-CO ₂ で試算 ^[19])

今回の調査で検証したサジー人工林とカラガナ天然林では単位面積当たりの CO₂ 蓄積量は、他の高木林と比較して少なかった。しかし、モンゴルが広大な乾燥・半乾燥地を有することから、これらの低木植林でも、温暖化防止など環境面における貢献度のポテンシャルが高いと考えられる。

5.4.2 林産物収益可視化の方法と結果

(1) 方法

モンゴルにおけるサジー栽培は 2000 年頃から徐々に始まった。果実の生産及び商品開発は 2005 年頃まで主に新鮮果実を絞ったジュースであった。2010 年頃からジャムや、濃縮タイプのジュース、食用オイルなど多様な食品が開発され、市場における認知度も飛躍的に上がった。しかし、サジー経営及び関連商品加工等の経済分析(サジー園造成コスト、果実生産コスト、果実加工販

売価格、運営費等)に関する研究事例は少なく、数値化された資料や統計データはインターネットなどではほとんど収集できなかった。このため本調査は、主に現地関係者へのインタビュー形式で行った。

インタビュー調査に当たっては、相手方からより積極的に話題を引き出すために、当方からサジーの栽培や商品開発に関する中国の情報を整理して提供した。

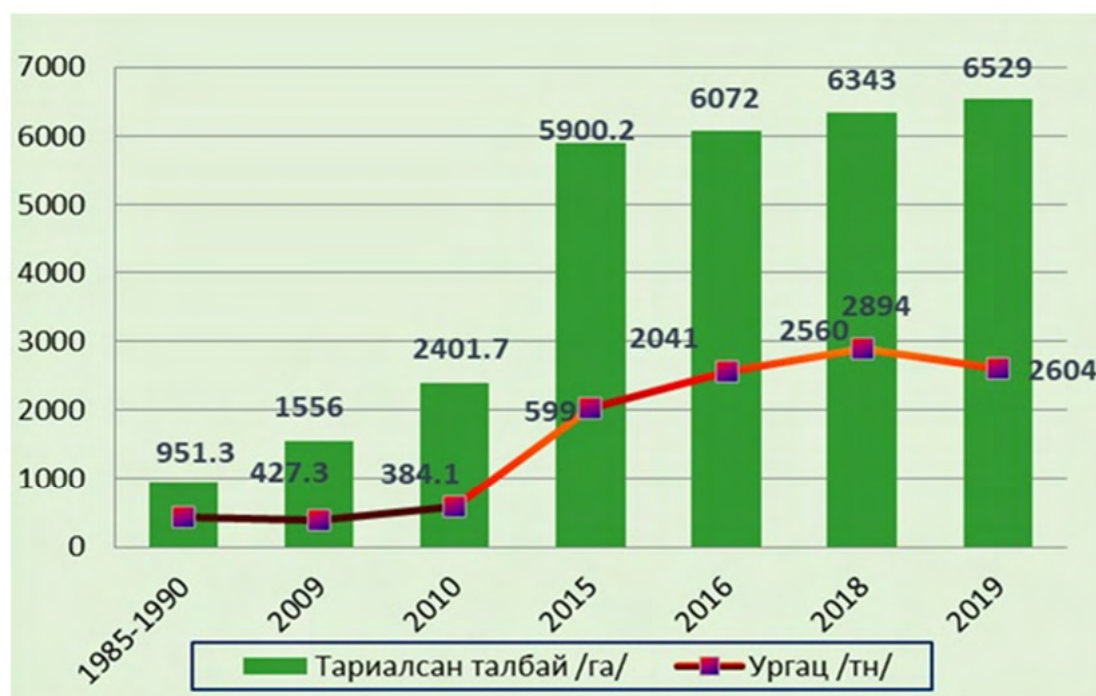
(2) 結果

1) 民間によるサジー栽培の歴史と現状

モンゴルでは 1980 年代から政府主導で旧ソ連の経験を参考にサジーの栽培研究を始め、オブス県国家でサジー栽培基地の整備を進めていたが、1992 年の民主化で頓挫した。2000 年代に入り、同県で個人投資によるサジー栽培が始まった。同県ではサジーに関する情報や知見が比較的に多く、ロシアと隣接しているため、ロシアからの苗木の入手が比較的容易であったことが背景にあった。いまでも同県のサジーの新鮮果実生産量が全国の 70% 弱を占めている。

モンゴル政府は 2010 年にサジー栽培復普及プロジェクトを実施した。2016 年までに全国で 2 万 ha サジー園造成を目標としたが、植栽地の保護柵設置と灌水施設の造設などの多額の事前投資が必要なため、結果的に 6,500ha 強に止まった。図 5-20 はサジー栽培面積と果実収穫量の年次推移である。

政府はサジーの栽培の後押しを続ける措置として、2021 年から始まっている「10 億本植樹国民計画」においてサジー植林を推奨している。



出所: Mongolian National Association Of Fruits And Berries

図 5-20 サジー栽培面積と果実収穫量の年次推移(縦棒グラフ: 面積 ha、折線: 収穫量トン)

2) ザブハン県とオブス県のサジー栽培の現状

ザブハン県はサジー天然林の有数の分布地であり、古くから天然林からサジーの果実を収穫して利用してきた。しかし、天然林からの果実の収穫量は天候や動物食害などによる不確定要素が多く、移動や運搬コストも高くなっているため、人工栽培が増えていた。同県の 2019 年時点のサジー栽培状況を表 5-8 に示した。

表 5-8 ザブハン県 2019 年現在のサジー栽培状況

区分・数量	面積 (ha)		植栽年度
自家用兼販売 16世帯	最小	0.05	2016～2018
	最大	0.60	
	平均	0.34	
	トータル	5.43	
自社加工用 6社	最小	2.00	2010～2015
	最大	20.00	
	平均	6.00	
	トータル	36.00	
果実生産卸販売 5事業者	最小	0.40	2012～2018
	最大	10.00	
	平均	3.34	
	トータル	17.00	

出所: ザブハン県県庁自然環境・観光課から提供されたデータにより整理

2021 年現在、オブス県のオラーンゴム郡では 32 の企業によるサジー栽培面積が 233.8ha で、239 人の個人によるサジー栽培面積が 305.5 となっていた。近年、当地域における年間サジー果実収穫量は 690～750 トンの間で推移していた。オラーンゴム郡は 4 つの企業が運営するサジー加工工場が稼働しており、また家庭経営形式(個人事業者)によるサジー加工も 50 か所ほどあり、2021 年の加工実績では 157,500l のオリジナルジュースと 22,500l のオイルを生産していた。

3) サジー栽培・加工のコストと収益性

モンゴルでは 2010 年頃から商品開発が盛んになる。商品種数は食品(飲料)が比較的に多いが、スキンケア商品が近年増加傾向である。現在市場に最も多く流通している商品はオリジナルジュース、生食用オイルである。そのほか、サジー果実から抽出したエキスを添加したスキンケア商品も人気が高まりつつある。また、一般家庭ではサジーの果実を自家製ジャムや発酵飲料にして食用することはよくある。表 5-9 にサジー栽培による果実生産と一次加工の収益性について試算した結果を示した。

表 5-9 サジー栽培による果実生産と一次加工の収益性

区 分	平均収穫・生産量/本	単価 (kg・ℓ) (2022年の実績)	ha当たり 売上見込
新鮮果実 (植栽5～20年目)	6kg/本	1.68USD	10,080USD
オリジナルジュース	3.6ℓ/本	5.04USD	18,144USD
果実オイル (果汁から分離)	0.09ℓ/本	84.00USD	7,560USD
ジュース絞り粕お茶	0.75kg/本	3.36USD	2,520USD

注：モンゴルにおけるサジー植栽密度を 1000 本/ha で試算。データは 2022 年 10 月にサジー栽培経営者とサジー加工経営者のヒアリング調査による

一方、サジー栽培のコストでは、苗木の購入、植付け作業、家畜侵入防止の保護柵の設置、定期的な灌水、灌水のための水源確保(井戸水、地表水)などのコストがかかるうえ、植栽数年後からの果実の収穫にも費用(労働者雇用費)が生じる。表 5-10はサジー園造成・経営の主なコストを試算したものである。

表 5-10 サジー園造成・経営コストの試算

区分	内訳	単価	備考
基盤整備	保護柵設置	120USD/ha	
	ポンプアップ井戸	11,670USD/基 5,835USD/基	10ha以上用 5ha以下用
	自動散水システム	1,200USD/ha	
植栽	苗木	0.98USD/本	
	植付け	0.35USD/本	
保育・管理	除草・薬剤散布	490USD/ha	
	日常管理	1,575USD/ha 3,024USD/ha	5haまで 10haまで
果実収穫	採集	0.40USD/kg	
	選別(異物除去)	0.05USD/kg	

注:この試算は 2022 年 10 月に 3 県 3 か所のサジー園経営者へのヒアリング調査による

以上の調査結果に基づいて 10ha のサジー園経営の投資・収益シミュレーションを表 5-11 にまとめた。

表 5-11 10ha サジー園経営の投資・収益シミュレーション

(金額：USD)									
年 次	1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次	8～19年次	20年次
投 入	基盤整備	117,820	11,200						
	メンテナンス			12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900
	植林	2,800	10,500						
	育林		4,900	4,900	4,900	4,900	4,900	58,800	4,900
	運営管理	3,024	3,024	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000	3,000
	果実収穫				33,000	33,000	33,000	396,000	33,000
	計	123,644	29,624	20,800	53,800	53,800	53,800	645,600	53,800
	累計	123,644	153,268	174,068	194,868	248,668	302,468	848,600	881,600
売 上	新鮮果実				100,800	100,800	100,800	1,985,000	100,800
	累計				100,800	201,600	302,400	2,287,400	2,388,200
売上と投入の差		-123,644	-153,268	-174,068	-194,868	-147,868	-100,868	69,776	1,438,800

注：基盤整備には保護柵、ポンプアップと自動散水システムを計上； 植林には地植え、苗木購入と植え付け作業を計上；育林には除草と病虫害防除を計上；単価は2022年の時価を利用

10ha のサジーを経営する場合、先行投資及び経営投入は 7 年目で回収でき、20 年間の総利益は 150 万 USD になる。

4) サジー果実加工コストと収益

ここではオプス県オリアスタイ郡にある家庭経営工場を一例にサジー果実加工のコストと収益を試算した。この経営者は年間 10～20 トンのサジー果実を加工し、オリジナルジュース、果実オイル、絞り粕茶を生産し・販売している。表 5-12 に示したとおり、固定資産投資を除いた場合、年間 26,649USD の利益を創出している。固定資産投資額 33,320USD は 2 年間の経営で回収できる。

表 5-12 サジー果実加工コストと売上

区 分	投 資・投 入・売 上
工場建物（作業場面積60㎡）	16,800USD
加工設備（加工能力1 t /日）	16,520USD
包装用資材（ペットボトル等）	12,600USD/年
作業員（3人・120日、2022年）	6,120USD/年
原料(果実)仕入れ(2022年実績)	25,200USD （15 t）
売上（ジュース・オイル・茶）	70,560USD

5) 地域社会経済への貢献度可視化

10ha サジー園の地域社会経済への貢献：

- 植付け:63 人・日(初年度のみ)
- 除草等保育:350 人・日/年間(経営期間中)
- 果実収穫:4,150 人・日/年間(植栽 5 年目～20 年目)
- 日雇い労働者賃金:17USD/人・日(2022 年実績)
- 経済効果合計:76,500USD/年

5.5 検討した可視化手法のコスト試算

本件業務の主な支出を表 5-13 にまとめる。

表 5-13 本件業務の主な支出(概算)

区分	コスト	備考
UAV 撮影	20 万円	現地再委託
撮影計画・画像解析	20 万円	外部再委託
現地調査用消耗品	7 万円	毎木調査、伐倒調査用
旅費	85 万	3 人・回、現地調査延べ 43 日間
通訳、作業補助員雇用等	10 万円	毎木調査、伐倒調査に雇用
情報収集・提供等謝金	7 万円	専門家への謝礼
車両借上げ等	30 万円	ガソリン代と運転手宿泊費を含む
その他雑費	2 万円	現地携帯電話等
人件費	190 万円	現地調査と国内作業
合計	371 万円	

5.6 対象国における検討した可視化手法の普及説明会

今回の現地調査では、コロナ感染リスクを考慮し、多人数の対面集会形式の説明会は行わなかった。代わりにモンゴル自然環境・観光省森林政策・規制部の部長及び技術職員ら 3 名、モンゴル科学アカデミーの研究者(地理学および地球生態学研究所森林資源・森林保護分野)3 名、モンゴル生命科学大学農業経済とイノベーション開発センターセンター長、ボルガン県ダシンチレン郡郡長と郡議会議長他職員 2 名、ザブハン県副知事他職員 3 名に対して、それぞれ今回の調査・検証結果を紹介した。このほか、在モンゴル日本大使館と JICA モンゴル事務所でも本件業務の調査結果を紹介した。表 5-14 は現地で本件業務に関する面会リストである。

表 5-14 モンゴル国政府・研究機関関係者面会リスト

日時	場所	面会代表者	同席 人数	面談内容
8月29日	ウランバートル市 公共施設	ボルガン県ダシンチ レン郡郡議会議長		・本件業務説明 ・調査協力依頼
8月31日	ボルガン県ダシ ンチレン郡役場	ダシンチレン郡 郡長	1	・本件業務内容と結果説明
10月26日			2	・郡植林事業及び今後の植 林活動への協力の可能性
9月5日	自然環境・観光 省	森林政策調整局事 務所局長	2	・本件業務内容と結果説明
11月1日			0	・両国林業分野の協力に関 する意見効果
9月6日	モンゴル科学ア カデミー地球生 態地理学研究所	ガンバット教授 (森林土壌専門、サ ジー研究者)	1	・本件業務内容と結果説明
10月17日			2	・調査協力の依頼 ・関連情報ヒアリング
9月6日	モンゴル生命科 学大学	イノベーションセンタ ー長	1	・本件業務内容と結果説明
10月18日			1	・調査協力依頼 ・関連情報ヒアリング
10月24日	ザブハン県県庁	副知事	2	・本件業務内容と結果説明
10月26日			1	・同県の植林の現状と課題 ・サジー栽培情報ヒアリング
11月2日	モンゴルフルー ツ・ベリー協会	会長	2	・本件業務内容と結果説明 ・サジー栽培及び商品化情 報交換、データ収集

5.7 実証調査の総括と今後の展開

5.7.1 実証調査の総括

UAV を用いた低木林の地上部バイオマス及び炭素ストック推定では、毎木調査の樹高、樹冠長の測定値との比較において、誤差が少ないことが検証された。一方で既存のアロメトリー式を用いた地上部バイオマスの推定では、推定値と実測値の比較において乖離が見られ、既存アロメトリー式を用いた回帰分析を必要とした。地上部バイオマス調査を実施する地域や樹種特性に即したアロメトリー式の開発や、改良の必要性が示唆された。

林産物収益可視化では近年、モンゴルの国内企業がサジーに着目し、飲料やスキンケア等の様々な商品開発が行っており、これらの商品は市場で人気が高まっている。政府も環境保全、地域経済活性化、牧畜民副業収入創出など、多面的効果を発揮できるサジーの植林を推奨している。モンゴルにおけるサジー栽培・経営の発展余地は大きい、サジー植林及び持続可能な経営には政策と資金のサポートのほか、植林、育林、商品品質向上、商品付加価値開発などにおける技術面での支援が重要と考えられた。

5.7.2 今後の展開

モンゴルにおける低木地上部バイオマス推定アロメトリー式の開発・改良

乾燥地・半乾燥地では低木植林や保全による気候変動緩和が引き続き、期待される。今後、モンゴルにおいて政府機関や民間企業が低木林の地上部バイオマスを計測するにあたり、UAV を用いて推定できる可能性が本業務で示された。一方で、地上部バイオマスの推定において、精度を確保するためには、対象とする地域や樹種特性に応じて、地上部バイオマス推定のアロメトリー式を開発、改良していくことが必要と考えられた。

サジの産業化(海外市場への進出、持続可能な発展)を実現するための課題

原料としてのサジ果実の生産量を安定的に増加させるためには栽培面積の拡充が重要である。

サジ栽培面積の拡充には、果実生産コストの軽減ができる棘のない品種、耐乾燥性の高い品種、結実期間が長い品種など、育種支援やクローン苗生産技術の普及が重要である。より品質の高い商品、付加価値の高い商品開発も不可欠である。

技術の普及展開

アジア航測株式会社では、今後現地のコミュニティー等と連携した植林活動を検討している。植林活動においては、植林地の維持管理、林木の成長量把握等において UAV 観測技術を活用したモニタリングの効率化、可視化、低コスト化を目指す。また、ここで得られた知見をカーボンニュートラルの実現のためにアジア地域で投資を検討している企業にアピールし、活用を促すとともに、国内外でのカーボンクレジット事業を検討している企業にも宣伝し、普及を図っていく。

5.8 参考文献

- [1] 久間一剛 モンゴルの土壌 ペドロジスト第 45 巻第 1 号 (2001)
<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN0CE7283E09874985ce558352e9da943825a9c145f6e07f466b5dec94e8bb58380c79873e387c>
- [2] 舟川晋也 中央ユーラシアの土壌と生産生態基盤 日緑工誌, J.Jpn. Soc.Reveget.Tech.,37 (4) ,462-467 (2012)
<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN01167A2D7F5E35e034df92a171f78829e9f9fb382e30f17d52eb14a457135f6a493c6a82518a>
- [3] 環境省ウェブサイト 砂漠化する地球ーその現状と日本の役割ー 2023 年 2 月 1 日
https://www.env.go.jp/nature/shinrin/sabaku/index_1_2.html (閲覧 2023 年 2 月 2 日)
- [4] 田村憲司ら モンゴル高原における最新土壌研究ー草原土壌の生成、劣化、回復についてー 日本土壌肥料学雑誌 第 81 巻 第 3 号 (2010)
<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN3D4705E7CDDE707ee8b66b8d4baeeab05e711d71ffd397c10f49372c2d28c97575163e0ec4cc>
- [5] 中村真咲 モンゴル土地法における牧地保有権の展開 社会体制と法 第 10 号、2009 年 6 月

<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN01167A2D7F5E9d3f17bdf8da1dea1af8d5053c4a3dfb4daaecfed05adc0f428ab5ca9934147>

[6] モンゴル通信社 ホームページ 閲覧 2023 年 2 月 9 日

<https://www.montsame.mn/jp/read/277215>

[7] 穂積玲子 モンゴルの森林と林業 海外の森林と林業 105 巻 (2019)

<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN2BD06A3FCDA02e24a526cd54f01e134fa6748b6c33b3499965a492b557e70f911374241e98ee>

[8] 北東アジア地域自治体連合(NEAR) ホームページ 閲覧 2013 年 2 月 9 日

http://www.neargov.org/jp/page.jsp?mnu_uid=3727

[9] 北東アジア地域自治体連合(NEAR) ホームページ 閲覧 2013 年 2 月 9 日

http://www.neargov.org/jp/page.jsp?mnu_uid=3757

[10] 北東アジア地域自治体連合(NEAR) ホームページ 閲覧 2023 年 2 月 9 日

http://www.neargov.org/jp/page.jsp?mnu_uid=3775&

[11] Ulanbaatar Technical Laboratory 制作 オブス県 PR ホームページ 閲覧 2023 年 2 月 9 日

<https://web.archive.org/web/20190107023913/http://www.geocities.jp/sato032/uvs.html>

[12] モンゴル通信社 ホームページ 閲覧 2023 年 2 月 9 日

<https://montsame.mn/jp/read/172760>

[13] 星幸子 「新しい果実シーベリー, 実は最古の植物です」 Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 67(8), 2020)

<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN731A88CC779D92691280ff37929c07eb6288a1aa100b1605c030cbc65d238297fd9771fdecae>

[14] G. Conti et al. (2019) Accepted 25 January 2019/ Global Ecology and Biogeography

“Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide”

[15] R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

[16] 肖智勇, 李根前, 代光辉, et al. 黄土高原不同坡向中国沙棘种群生物量投资与分配. 东北林业大学学报, 2011, 39(5):44-47

https://www.baidu.com/link?url=RVgL4UAlERvcrTD97SU-sPSfGiB92fPBNPZa0-nXDegeIXcH71b2O1lgnBCi4N_OOxfkgQZ5z6L8ovMTbHGN5jH4zjwbhcmnXbMd3cZzEue&wd=&eqid=874283c300000761000000066405641

[17] 王孟本, 晋西北黄土区不同人工林生物生产力的研究, 植物学报 1994.36 (增刊): 237-240. URL <https://www.jipb.net/EN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=23190>

[18] (独)森林総合研究所 温暖化対応推進拠点, 木 1 本に固定されている炭素の量, URL <https://www.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/documents/page1-2-per-a-tree.pdf>

[19] CARBON CREDITS.com, URL <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>

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 情報集積サイトの構築

途上国における森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 の観点から森づくり活動への関心を持つ民間企業が増えてきているが、必ずしも企業や担当者が専門性を有しているわけではない。また、そのため、関心を抱き情報収集を始めた段階、森づくり活動の実施を検討・計画している段階、実際に森づくり活動を実施している段階など、森づくり活動との関わりの段階によって、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提供するため、「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。

6.1.1 途上国森づくりワークスの構造

途上国森づくりワークスは、①「植林ポテンシャルエリア」、②「企業による森づくり事例」、③「植えるを視える化の試み」、④「植えるを視える化の関連用語」、及び⑤「ヘルプデスク」の 5 つのコンテンツで構成される(図 6-1)。なお、これに加えて⑥「CO₂ 以外も視える化の」コンテンツも今後拡充していく予定である。

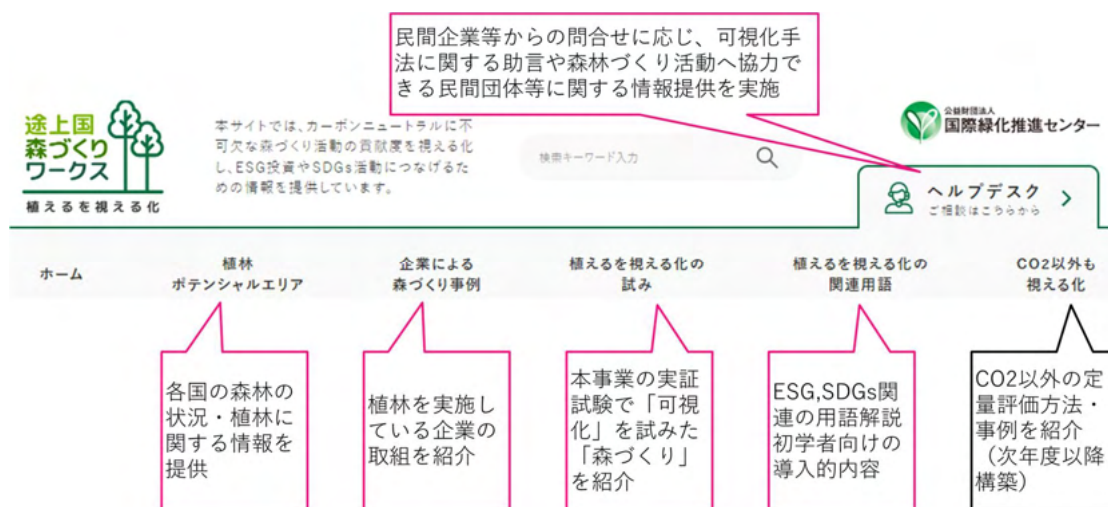


図 6-1 途上国森づくりワークスの構造

前述の通り、サイト利用者の森づくり活動との関わり方の段階に応じて求められる情報が異なってくると考えられる。各コンテンツと、想定される主たる利用者層の関係を図 6-2 にまとめた。

④「植えるを視える化の関連用語」はもっとも導入的なコンテンツとなり、計画段階や実施段階ではそれほど重要視されない。森づくり活動について具体性があがってきた計画段階の利用者には②「企業による森づくり事例」や①「植林ポテンシャルエリア」の情報が参考になると考えられるが、特に後者は実施段階に入っても活用が見込まれる。③「植えるを視える化の試み」や⑥「CO₂ 以外も視える化」の内容は実施段階で活動の成果を公表する際に活用されることを想定しているが、貢

献度可視化に関する手法や事例が蓄積されることで、森づくり活動の計画・検討を後押しする効果も見込まれる。また、どの段階の利用者に対しても、⑤「ヘルプデスク」として JIFPRO がサポートする。

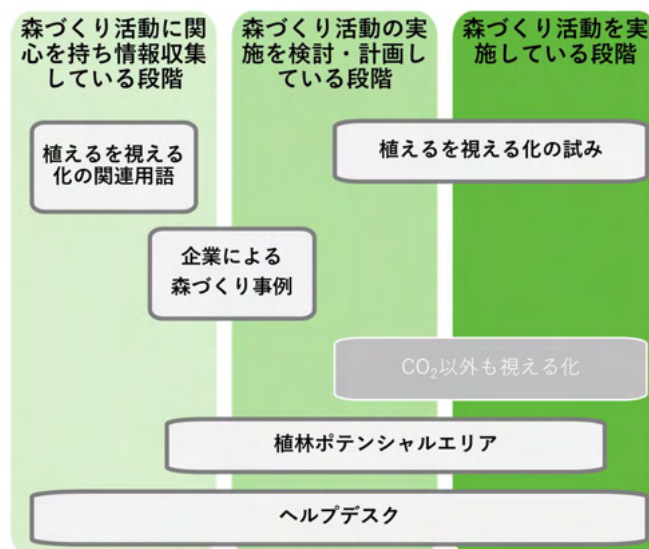


図 6-2 利用者の森づくり活動との関りの段階と主として想定される対象コンテンツ

6.1.2 植林ポテンシャルエリア

植林対象となるような途上国について、国別に情報をまとめ紹介する(図 6-3)。具体的には下記のような構成で、各国で植林活動を実施する際に重要となる情報をとりまとめた。

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

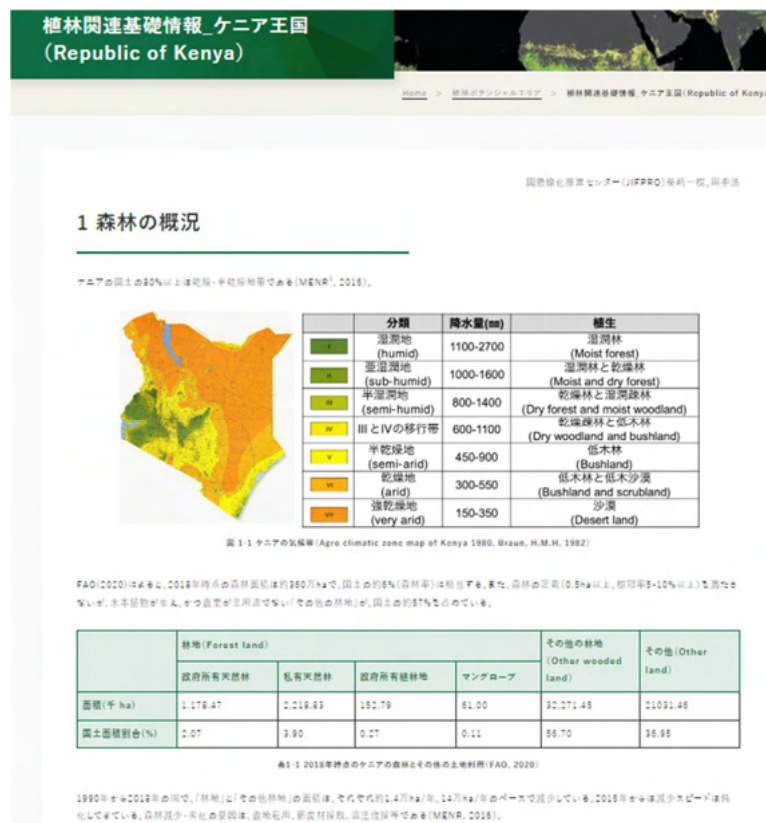


図 6-3 「植林ポテンシャルエリア」のページ見本

6.1.3 企業による森づくり事例

森づくり活動の実施を検討する企業を対象に、民間企業による森づくり活動の先行事例公開情報やヒアリングなどから情報をまとめ掲載する。具体的には下記のような内容についてとりまとめた。

1. 森づくり実施企業の基礎情報
2. 森づくりに期待する事、目標
3. バリューチェーン内外の区別
4. 森づくり活動メニュー
5. 現地実施体制
6. 活動実施までの経緯や社内での広報活動など
7. 活動の可視化状況

基礎情報

業種	メーカー(空調・冷凍機、化学、油機、特機、電子システム)
企業規模	資本金 85,032,436,655円、従業員数(2022年3月31日現在) 兼決 7,652名
事業活動と森林の関係	バリューチェーン内
活動地域	インドネシア、カンボジア、中国、インド、リベリア、グアテマラ(ここではインドネシアでの活動を紹介)

植林活動実施の背景・目標

- ・ダイキンは空調機メーカーの業務として、事業の成長と気候変動問題への貢献の両立を目指しCO2 排出低減に積極的に取り組んできた。
- ・CO2 排出の大きな要因となっている途上国における森林劣化・減少を防止し、地域住民の生活向上を目指す。
- ・2050年に温室効果ガス排出実質ゼロをめざすダイキン独自の目標「環境ビジョン2050」の中で、森林保全などによる成果を排出削減貢献量として活用。

植林活動について

植林活動の内容

図 6-4 「企業による森づくり事例」ページ

6.1.4 植えるを視える化の試み

本事業で実施している実証試験の経過や成果についてまとめ、掲載することで、現在森づくり活動を実施している企業や計画する企業の参考となることをねらう。令和 4 年度はケニアとモンゴルでの実証試験についてとりまとめ掲載する。

6.1.5 植えるを視える化の関連用語

森づくり活動について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る。掲載内容は下記の通りである。

1. 重要用語の概要説明
2. 植林活動との関係性
3. より詳しく知るための参考文献・URL



図 6-5 「植えるを視える化の関連用語」のページ

6.2 一般公開セミナー(ウェビナー形式)開催

途上国における民間企業の森づくり活動を推進し、本事業で開発する森づくり活動の貢献度可視化するための手法・事例を広く普及することを目的として、途上国における森林づくり活動に関心のある民間企業や団体、援助機関等を対象としたセミナーを開催した。本年度は新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、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ウェビナー形式で開催した。なお、セミナー映像の一部(講演者の承諾を得られたもの)について期間限定・申込者限りの配信を行った。また、セミナー後、参加者にアンケートを実施した。



図 6-6 セミナー参加者募集のための広報チラシ(表裏)

6.2.1 開催概要

日時	令和5年3月8日(水)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ー植えるを視える化ー2022年度の取り組み紹介
目的	1. 途上国で植林活動を実施している民間企業による事例紹介 2. 本年度に実施した実証試験の取り組み紹介
参加者	森づくり活動を実施している／関心を抱く民間企業、NGO、各種研究機関、政府関係者他 合計135名、セミナー終了後動画視聴51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「民間企業による森づくり活動促進のために」	柴崎 一樹／国際緑化推進センター
植える+αの熱帯林再生プロジェクト ～三井住友海上の2005年からの取り組み～	城 千聡／三井住友海上
トヨタ紡織の森づくり活動 ～NGOと共に歩んだグローバル植樹の取り組み～	高井 智幸／トヨタ紡織
質疑応答	
ケニア半乾燥地での機械オーガを用いた長根苗用の植穴掘削と植栽苗のモニタリング実証	石森 正俊／コマツ
モンゴルにおける低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検証	黄 勝澤／アジア航測
総合討論	各発表者 進行:田中 浩／国際緑化推進センター

公開セミナー 途上国森づくりワークス ー植えるを視える化ー2022年度の取り組み



国際緑化推進センター（JIFPRO）のご紹介_植林活動編

調査研究活動の知見を活かした森林保全活動や植林事業の実践

- ✓ 熱帯林造成事業（民間からの寄付・委託）
- ✓ 地域住民に配慮した植林活動
- ✓ 東南アジア5か国で、約8,800haの森林造成
- ✓ 企業の海外植林地のCO₂吸収量を算定
- ✓ 植林地の吸収量算定についてコンサル
- ✓ JIFPRO独自のCO₂吸収量認証システムを構築



トヨタ紡織の森づくり活動



効果の第三者評価と発信の工夫

2019年、国際緑化推進センターにCO₂吸収量測定を依頼

気候変動の緩和と適応に向けたさまざまな取り組み



図 6-7. セミナーの様子

6.2.2 アンケート結果の分析

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。そこで、参加登録時及びセミナー終了後に実施したアンケートにより、参加者の業種(Q1)および途上国での植林活動への興味関心(Q2)を尋ねた上で、現状での森づくり活動の公表・活用状況や今後見える化に期待するもの(Q3,4)を問うた。さらに、森づくり活動に関して抱えている課題や必要な情報・体制関連情報を収集した(Q5)。アンケートの回答数は36件であった。

分析結果と得られた示唆は以下のとおりである。

(1) 参加登録者の業種

本項目については、回答の網羅性を高めるため、セミナー申込の際の質問項目を用いて分析した。有効回答数は189である。回答者のうち「民間企業」が63%と最も多く、令和3年度森林再生技術普及事業セミナーの52%を大きく上回った。過年度事業のセミナーが技術的側面の強いものであったのに対し、より企業の関心やニーズに焦点を当てたセミナーを実施できたものと評価できる。「民間企業(上記以外)」とした人の業種は主にエネルギー関係、航測、コンサルタント、インフラ、建設業などであった。

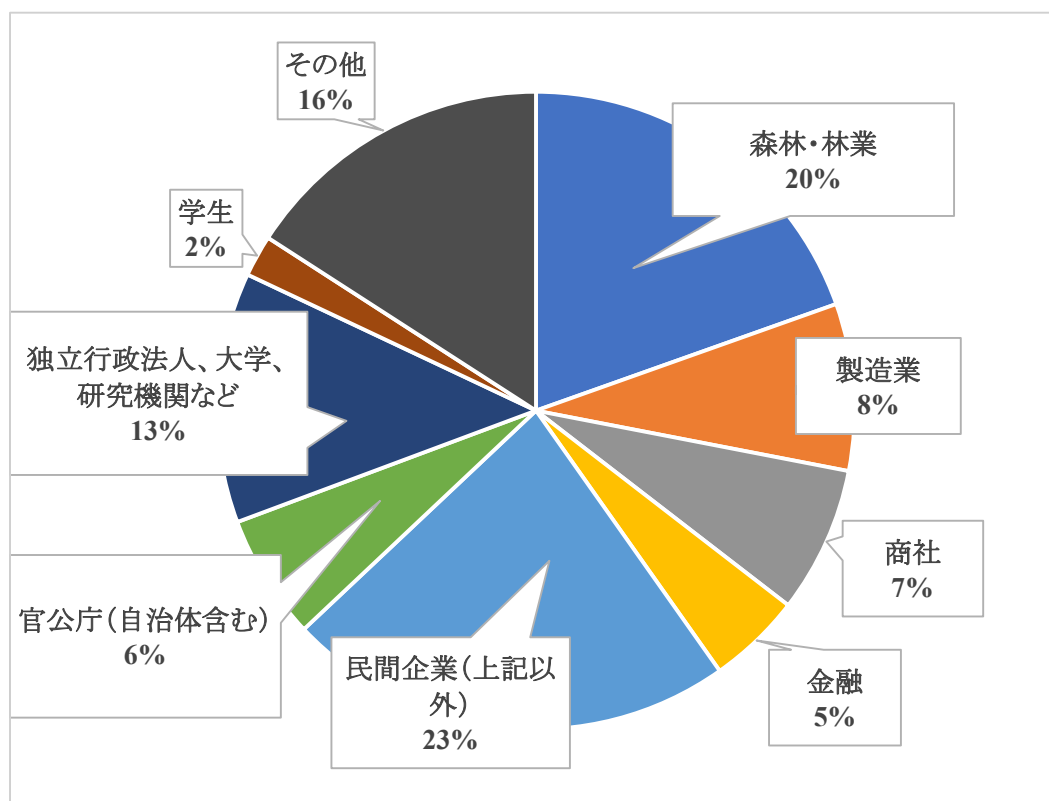


図 6-8. セミナー参加登録者の業種

(2) 途上国での植林活動への興味関心

セミナー終了後のアンケートによって、途上国での植林活動への興味関心について尋ねた。有効回答数は 36 だった。約半数が現在植林を実施していると回答した一方で 1/3 程度が「関心はあるが具体的な計画はできていない」と回答しており、「現在は実施していない」も含めると 45%にのぼった。「現在は実施していない」「関心はあるが具体的な計画はできていない」と回答した人に、植林活動を継続できていない或は計画を進められない理由を問うたところ、下記のような回答が見られた。

- 植林以外の分野に注力することになった
- コストと時間がかかる
- 知識や人材の不足

現在植林を実施中の企業に参考になる情報を提供するとともに、現在は実施していない企業に対して適切な知識の提供やコストに見合う成果を提案できることが重要であると考えられた。

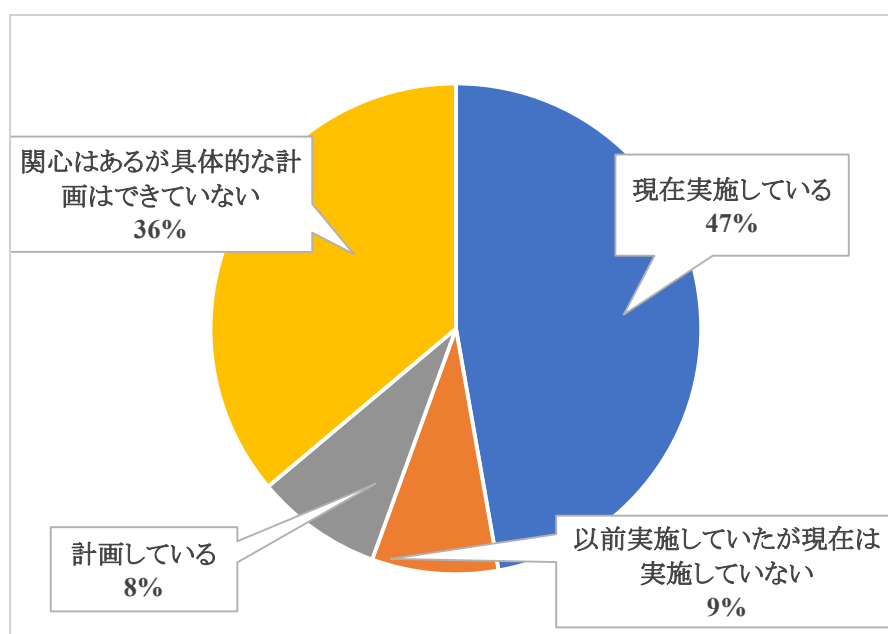


図 6-9 途上国での植林活動への興味関心

(3) 見える化への期待

炭素クレジット以外で、海外での植林活動の効果として「見える化」したいものは何かということについて、「二酸化炭素吸収」「生物多様性」「地域住民の生計向上」「その他」のそれぞれを「とても重視する」「それなりに重視する」「普通」「それほど重視しない」「対象外」の 5 段階評価を得た。有効回答数は 36 だった。その他として挙げられたものとしては、下記のものが見られた。

- 持続性に関するリスク評価
- 社員の環境保全、生物多様性への意識醸成
- 水資源確保
- 国家目標やSDGsへの貢献度

●（生計だけでなく）地域住民の権利やインフラなど生活水準の向上

二酸化炭素吸収や生物多様性は必ずしも重視しない意見もみられた一方で、地域住民生計向上は全員が「重視する」と回答していることから、「その他」の回答も含め、広く地域住民の便益が重要視されている傾向があることが読み取れる。

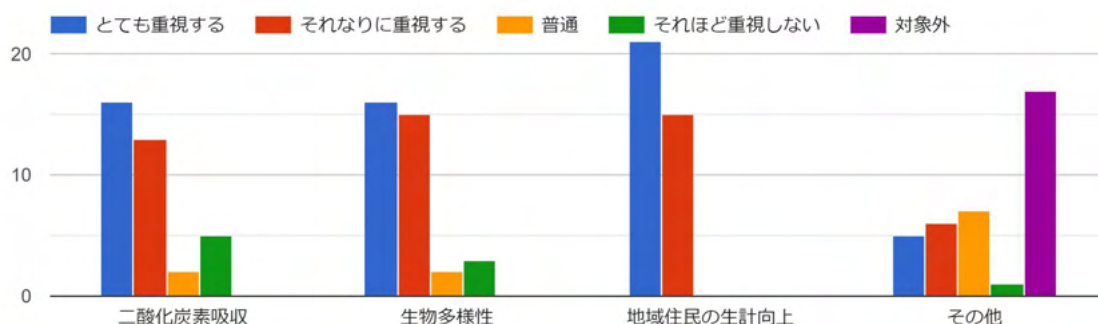


図 6-10. 炭素クレジット以外に視える化を期待するもの

(4) 活動情報の公表・活用（複数回答）

SDGs や ESG に関する活動を外部に公表する際に活用している媒体や参照している国際的イニシアティブについて問うた。有効回答数は 36 だった。自社 WEB サイトでの公表がほとんどで、TCFD や SBT といった国際的イニシアティブの活用は限定的であった。要因としては、認知度の問題に加え、バリューチェーン外の活動である場合の制約があることなどが推察された。

こうした結果から、WEB サイトでの広報に適した可視化手法の検討が重要である一方、現状では WEB サイト以外の選択肢が活用しにくかったり活用方法がわからないといった可能性があり、可視化した後でどのように活用するかを含めて検討・情報発信していくことが重要であることが示唆された。

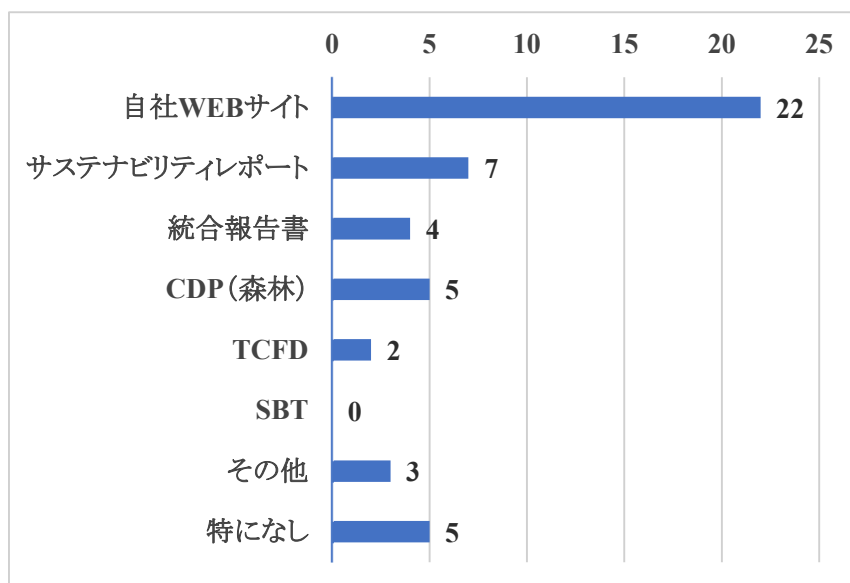


図 6-11 活動情報の公表・活用状況

(5) 植林活動に関する課題、必要な情報・体制

今後の情報発信及び事業運営に活かすため、植林活動に関して抱えている課題や、企業が必要としている情報及び体制について、自由記述で問うた。

課題については下記のような回答が見られた。

- F/S やパイロット事業など準備段階での資金提供
 - 準備段階を含めてプロジェクトであるが、どうしても成果が出た部分からしか評価されにくい
- REDD+における植林事例の不足
 - 事例の不足により、方法論やバイオマス量などのデータが不足
- 対象地域や造林技術、木材利用に関して、企業としては知識や専門性を有していない
- 専門家へのアクセスの欠如
- 地域住民の参画及びその意識の醸成

また、必要な情報・体制などについては下記のような回答が見られた。

- 炭素クレジット化や貢献度の可視化にかかる費用負担を含めて SDGs などへの貢献として評価される仕組み
 - こうした仕組みづくりに関する政策的支援。
 - 「植林活動そのもの」以外の評価されにくいフェーズの費用を負担することが難しい中小企業などへの政府の支援
 - 植林実施後の持続的な経営のための体制
 - 植林後の保育やモニタリングなどの資金や実務者の確保
- 国や準国レベルで多くの植林適地・候補地の情報の比較ができるようなツール

7 委員会での検討結果

7.1 第1回委員会

日時	令和4年6月29日(水) 14:00～16:00
会場	文京区民センター 3階 3-C
議題	議題1.「途上国森林づくり活動貢献可視化事業」の概要 議題2.今年度から実施する「森林づくり活動の貢献度可視化手法検証業務」 2-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化 2-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた灌木植林の貢献度可視化 議題3. 森林づくり活動の貢献度を可視化する既存の手法・事例の整理・分析 3-1 炭素ストック(CO₂吸収量)の評価 3-2 住民便益の貢献度の評価 3-3 生物多様性の貢献度の評価
配布資料	議事次第と出席者 説明資料1 本事業の背景、目的、進め方 説明資料2 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化 説明資料3 モンゴル乾燥地における灌木植林の貢献度可視化検証業務 説明資料4 植林による CO₂ 吸収量の可視化手法 説明資料5 環境・社会セーフガードの流れからポジティブな貢献の評価へ 説明資料6 CCB Standards における生物多様性の基準と指標を中心に
参加者 (計16名)	委員:足立委員、川口委員、北島委員、鈴木委員(オンライン)、日比委員、平塚委員 林野庁:谷本室長、岩間課長補佐(オンライン)、石川調整官 JIFPRO:沢田理事長、高原専務理事、田中技術顧問、仲摩主任研究員、柴崎研究員、藤原研究員、倉本研究員

議題1.「途上国森林づくり活動貢献可視化事業」の概要(説明資料1)

委員:ESG投資を念頭においた森林づくり貢献度可視化ということだが、投資を呼び込むためにはリターンが必要である。例えば、グリーンボンド債権において、森林分野の額が少ないのは、リターンが明確化できていないからだと思う。貢献度が可視化できていないのも原因の1つだが、本事業において貢献度を可視化することだけで、ESG投資を呼び込めるのかどうか疑問である。EU等のように政策的な誘導も必要になってくるであろう(罰則があるわけではないが、政府の政策に沿わないと企業評価が下がるような仕組み)。

一方で、アップル等の欧米企業は植林に投資しており、その背景には植林による何かしらのリター

ンが期待できるのだと推察する。貢献度の可視化だけでなく、具体的にどうしたらどの程度のリターンが出るのか、貢献度可視化とリターンをセットに考えていったほうがよいだろう。

→**JIFPRO**: 企業のニーズは確かめながら本事業を進めるつもりである。例えば、今年度本事業に関わるコマツは、アフリカでの植林に将来性を見据え、ケニアにて自社の植林・モニタリング技術(商品)を使った森林づくりモデル(先進事例)を作ることで、他の企業にそれを売り込もうと考えている。

→**委員**: コマツは自社のツールを売り込むという明確なリターンがあるが、大部分の日本企業はそのようなツールは持っていないと思う。そんな中で一般企業が植林に期待するリターンは、安く排出オフセットができるかどうか、生物多様性条約においてネイチャーポジティブが明確な目標になった時に、その目標達成に植林(生態系回復)自体が使えるのかどうか、企業評価を高めるような社会的価値を生み出せるかどうかなどだと思う。

また、植林由来のクレジット価格が高いとのことだが、それは単にコストが高いからではないか? もし、コストによるのではなく、植林によるクレジットにプレミアムがついているなら、それはそれでよい話である。

→**林野庁**: 確かに、コストが高いものもあるかもしれないが、国際的な認識としては、排出削減よりも、実際に大気から CO₂ を吸収する植林由来のクレジットの方が価値が高い(需要がある)というのもあるのは確か。

→**委員**: SBTi (Science Based Targets initiative) の中では、REDD (排出削減) は目標達成に使えないが、植林(炭素固定)は目標達成に使えるかもしれないという状況にあるので、差別化できる方向にはある。まだ明確に決まったわけではないが、いくつかの企業はそれを見越して植林に投資している動きはある。

委員: 資料の中の事例にある D 社は、自社商品による電気消費量や排出量が多いこともあり、社会貢献活動の一環として 2006 年頃から海外での森林保全活動を行っていたが、その頃はオフセットの話まではしていなかったが、その後、社内で森林によるオフセットも検討した。しかし、森林による吸収・削減量に対して、本業による排出量が非常に多いこともあり、まずは本業による排出量をどれだけ削減できるかを優先させた経緯がある(森林による吸収・削減量は少ないので公表・PR していない)。

アップルの方は、商品パッケージで紙を沢山使うこともあり、紙を持続的に調達するために生産林に投資している。また、自社のための原料調達だけでなく、脱プラの動きが加速される中で、持続的な生産林由来のパルプに商品価値が生まれビジネスになると見込んで投資している一方で、たとえ儲けがなくても、そのような持続的なパルプ生産を先進的に投資しているということで企業イメージ向上を図ればよいと考えているようだ。こういった目的(リターン)があり、必ずしも自社オフセットのためだけにやっているのではない。

また、植林によるリターンを出している企業はカーボンクレジットだけではなく、生産林経営をしていることが多い。(カーボンクレジットが従来の森林施業経営の赤字分を補填することで)、生産林施業経営が財務的に成り立つようにはなっている。しかし、途上国で自然相手に行う植林にはリスク(不確定要素)があり、さらに生物多様性や住民便益まで考慮しなければいけないとなると投資

が進みにくいのが現状(もっとリスクの低いものに投資しがち)。ただ、昔に比べると植林への関心が高まり、投資先のオプションの一つに成りつつあるので、ポートフォリオ等も考慮しながら促進していくことが重要である。

議題 2-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化(説明資料 2)

委員: コマツは伐採用の重機の他に、植林用の重機も持っているのか？

→ **JIFPRO:** 植林用の重機も持っている。

→ **委員:** 材積が分かれば炭素ストックは評価できると思うが、生物多様性や住民便益はどう ICT ソリューションで評価するのか？

→ **JIFPRO:** 今考えている植林モデルは、小規模農家の農地に植えるので、収穫見込みと市場価格から住民が何年後にどれだけ収入が見込めるかは、机上の計算になるがある程度計算できると思う。生物多様性の方は対象地が国立公園に隣接しているので、薪炭生産林を農地に作ることで、国立公園の中にある天然林への圧力軽減(プラスのリーケージ)も期待できると思うが、定量的に評価する方法は明確にアイデアがあるわけではない。

→ **JIFPRO:** 薪炭用として在来種を植えることだけでも生物多様性への貢献として PR できている。

→ **委員:** 生物多様性に関しては、特にプロジェクト形成時は CCBS 基準に沿った形で評価されるとよいと思う。実際に認証までとらなくてもよいと思うが、後から批判を浴びないためにも国際的なスタンダードに準拠しておいたほうがよいだろう。また、保護区や絶滅危惧種の生育地において、それらを守るためのプロジェクトというのは生物多様性の観点からも重要であり、それも CCBS 基準で評価できるので参考にされたほうがよい。

委員: クレジット化は目指していないということだが、小規模農家にとってはクレジットも収入源の一部なので、将来的にはクレジット化も考えながらプロジェクト設計も立てたほうがよいかもしれない。クレジットのニーズは企業だけではない。

委員: この事業のスコープについて確認したいのだが、再植林と新規植林のどちらも対象になり得るのか？生物多様性の観点からはこの 2 つはスタート地点、ベースラインが全く異なり評価の仕方も異なってくると思う。特に新規植林は別の土地利用・植生にすることなので、生物多様性に関しては評価がしづらいような気がするので注意されたほうがよい。また、対象とする植林は、伐採を前提とするものなのかどうかもお聞きしたい。

→ **JIFPRO:** 伐採を前提とするものでも本事業の対象となり得る。実際、伐採を前提とするものでも VCS クレジットが発行されている事例もある。

→ **委員:** クレジット目的の植林を検討している日本の商社は、伐採によってクレジットが減ってしまうことを懸念している。伐採によるクレジットが減ることは企業にきちんと説明したうえで、事業を進めていったほうがよいだろう。

また、林野庁の別事業で、JCM REDD でも植林の方法論が検討されているが、それと今回の可視

化手法では、一貫性は担保しなくてもよいのか？

→**林野庁**:JCM REDD の方では昨年度から植林を含める検討をしているが、本事業との整合まで意識しているわけではない。もし関連しそうなところがあれば意識して見ていきたい。

委員: 今回のケニアでの実証試験の条件設定は、非常に特殊なものであるような気がする。半乾燥地や乾燥地における植林の技術を開発するという点では興味深いのが、この事業で重要なのは他の企業でも真似できるような一般性のある事例を作ることだと思う。なので、今回の実証試験を最終的にまとめる際は、乾燥地における植林方法に焦点を絞るのではなく、ICT ソリューションを使った評価がいかにか有用かを示す等して、他の企業にも参考になるような整理の仕方が必要になってくるだろう。

議題 2-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた灌木植林の貢献度可視化(説明資料 3)

委員: ケニアの案件もそうであるが、空間スケールといった視点を加える必要があるのではないのか。柵で囲って植林したところの植生回復をモニタリングするというのは良いが、例えば飛砂防止といった点では、植林したところだけでなくもっと広い空間スケールで効果を見る必要があるのではないのか。

→**JIFPRO**: 飛砂防止効果については、フェンスの中だけでなく、周辺についても衛星画像解析により植生回復効果を見ていく予定。

→**委員**: 植生回復について、フェンスの効果なのか植林の効果についても区別する必要がある(発表資料には、フェンス周辺では家畜が歩きにくいので植生が回復するということも書かれている)。

さらに、乾燥地で炭素蓄積効果は小さいことが想定されるが、砂漠化防止効果については、単に植生が回復したかどうかということだけでなく、どの程度飛砂防止効果があるのか、放牧の影響がどのように関係しているのか定量的に評価するというような分析まで考えているのか。

→**JIFPRO**: 植林の効果について、事業者とも話しながら、フェンスや放牧といった関連する要因に留意して、結果として何を見ているのか分からないという結果にならないよう評価していきたい。

議題 3-1 炭素ストック(CO₂ 吸収量)の評価(説明資料 4)

委員: 可視化に求められる要素として、簡易、低コスト、及び広い適用範囲の 3 つがあげられているが、推定精度についてはどう考えているか？

→**JIFPRO**: 推定方法の簡素化と推定精度はトレードオフの関係にあり、一般的には簡素化すれば推定精度は低くなる。それらを勘案して、本事業として、どのあたりを目指すのか、落としどころを探っている段階である。例えば、林野庁の国内の森林吸収量を評価する手法として、「森林×脱炭素チャレンジ 2022」では、林野庁長官通達で森林吸収量を簡易に推定する手法を定めて、企業が日本国内における森林分野の取り組みについて森林吸収量を算定し、一般公開して表彰を行っているが、推定精度は示されていない。この制度はオフセット可能なクレジットではないので、応募企業は、金銭的なリターンは得られないが、取り組みの評価が可視化される。本事業でもこのような方向性は考えられる。

→**委員**: オフセット・クレジットを目指すと、推定精度を示すことが要求されると考えられる。

林野庁: 日本国内の林野庁の森林吸収量算定方法、及び J-クレジット制度が紹介されているが、日本の吸収量の (UNFCCC への) 報告は、他の主要国と若干違う報告手法を採用していることに留意が必要である。また、VCS と J-クレジット制度を比較しているが、どちらも排出量のオフセット・クレジットスキームではある一方、民間主導の VCS は国際的な自主的取組みであるのに対して、J-クレジットは日本国内制度であり、クレジットの国際移転を前提としていないスキームであることに留意が必要である。したがって、海外における植林に適用可能かどうか確認する必要がある。

→**林野庁**: 途上国での活動により発生したクレジットを国際移転することを前提とした仕組みとして日本国の JCM があげられる。現在、JCM では、REDD+に加えて、植林も対象とすることを検討している段階である。

→**委員**: (国内の森づくりの吸収量算定方法や J-クレジットは、) 本事業の参考にはなるが、違う仕組みだということを認識しておくべきだというご意見かと思われる。

議題 3-2 住民便益の貢献度の評価(説明資料 5)

議題 3-3 生物多様性の貢献度の評価(説明資料 6)

最終討論

委員:

- 本事業の大目的としているところは ESG 投資を呼び込むことである。この観点から 3 点述べたい。1 点目は、可視化手法やこの事業がある程度国際的に通用する制度にしていける必要がある。こうした事業をする可能性のある企業は国際的にビジネスを展開している大企業であることが考えられ、国際的な説明責任ができることを求めるだろう。
- 2 点目は、アップルのような海外企業がなぜ、どういう仕組みで大規模植林をおこなっているのか、何がインセンティブとなっているかを調べると参考になるのではないかと。
- 3 点目は、植林事業やこうした分野での経験や専門性が往々にして少ない企業に対して説明や報告をする際には、本日の発表内容での基準等についてロングリストで提供するのではなく、プロコンがある中でも 1~2 つ勧められるものを選別して差し出す必要があるだろう。なぜなら、日本の企業はそもそも CO₂ への取り組みが海外と比べてスローであり遅れているが、その背景には国内では政策的な後押しも少ないことが一つあるのではないかと。なのでどうぞ自由に考えてやってくださいというのではなく、こうやるといいですよと明確に示した方がよい。また、海外では、何らかインセンティブを与えるような規制があるのか。これについては本事業の主旨からは外れるが、個人的に関心を寄せているところである。

委員:

- 将来民間資金を期待するには、本事業がより一般化して(多くの植林タイプに対応して)よい意味で守備範囲が広くなると有意義かと思えた。半乾燥地での実証実験ということだが、基本的に半乾燥地での植林は非常に難しいという認識がある。どこまでが森林に戻せる地域や場所なのか線引きが難しく、無理な緑化は逆に環境に悪影響をもたらすということがあるので、

客観的データに注意し取り組んでいく必要があるだろう。

- 一般化という点に関連して、「砂漠化」の定義についてだが、一般的な認識と定義のずれがある点に注意が必要だろう。一般的には砂漠化＝木がなくなると捉えられていることが多い。しかし、実際には、植生がなくなるのは砂漠化の結果であって、「年間降水量が〇〇mm 以下と少ないことを砂漠化という」などといった定義があったかと思う。

委員:

- 民間投資の呼び込みという目的について足立委員からのコメントにもあったように、民間資金でこうした海外での植林事業をするにあたっては、投資家の目を意識して国際的に通用するものである必要がある。国際的に動く民間は、TCFD (Task Force on Climate-related Financial Disclosures: 気候関連財務情報開示タスクフォース) や TNFD (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures: 自然関連財務情報開示タスクフォース) を視野に入れているだろう。投資にも事業者が投資するというのと、投資家が事業者に投資する場合と二通りあり、どちらも重要である。こうした流れからも今回の発表内容で CCBS に着目したというのは非常に理にかなっていた。
- 国際的に社会面でしばしば問題視されるのは人権、とくに先住民の権利の侵害である。(発表でも提示された) 土地アクセスの喪失に関わる。日本はこの方面への意識が低く苦手分野である。枠組み自体はカバーしているとしても、重みづけとして看過しがちだ。意図していないからといっても、結果として侵害することにならないようにしないといけない。森林(植林)が重要だという国際的な共通認識を受け入れて植林を実施しようと、いいことをやっていたつもりが、実際にやってみると、選定した土地は生産性が高く、先住民が慣習的に利用してきた土地でもあったりする。そうすると先住民はプロジェクトによって土地を喪失するというリスクをまず感じるし、それを無視すれば土地権の侵害となり問題として取り沙汰されるという結果になってしまった、といったことになりかねない。対立する構造には持っていきたいくないので、十分な配慮が必要である。
- 炭素プールの発表内容では、土壌分野での炭素プールの価値について方法論も出てきており、国際的に研究蓄積が進んでいる動向が見えて勉強になった。半乾燥地での事例を期待している。

委員:

- 本事業での貢献度には炭素固定、住民便益、生物多様性があるが、植林地は基本的にアダプテーション能力を高めることになるため、「アダプテーション」の観点を追加して検討していくことが一つのポイントになるだろう。先日開催された SB 会合では、アダプテーションについて方法論を加えてまだ議論中の段階であったので、本事業でも加えて検討していく余地がある。クレジットの議論に加えると、他セクターとの互換性の検討になっていくため、その前段階の非財務情報開示の段階で加えていくとよいのではないかな。それゆえ、非財務情報開示の議論等に詳しい人々が、どういったアダプテーションのルール設計を求めておられるのか話を聞いてみるといいかもしれない。例えば WWF など。

- 住民便益については、そのサプライチェーンにおいても目を配る必要がある。例えば、人権と絡んで、出稼ぎ労働者の過酷な労働条件や児童就労がチェーン上で起きていることが発覚すると事業全体の問題として大きく取り上げられることになる。その点でリスクヘッジ(リスク予測)の視点も盛り込む必要があると以前から考えていた。
- 発表でもインタビュー法に関して触れていたが、実際に社会調査は難しい局面が含まれるだろう。例えば、植林地が広くなればそれだけインタビューをする場所も広がっていく。その中で、現状としては(おそらく現地の NGO やカウンターパート機関など)ミドルマンに実施してもらう可能性も高い。そうしたインタビュー法の課題も本事業でブレイクスルーしていけるのであれば尚良い成果となるだろう。

委員:

- 本委員会には各分野の専門性の高い委員が集まっており、個人的にも勉強するよい機会であるとともに今後の本事業の展開にも期待している。

林野庁:

- 植林活動はこれまで社会貢献的にみられてきたところがあるが、本事業では森林のもつ多面的機能(生物多様性や生活環境改善、防災・減災など)に着目してそれらを見える化することを目的としている。これは企業のおこなう森づくりの付加価値を高めることや、カーボンクレジットを付与することによって、森づくり活動をさらに促進させることを狙っているものであり、そのような観点からも本事業に期待している。

7.2 第2回委員会

日時	令和4年12月20日(火) 9:30～12:00
会場	林友ビル 6階 小会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)
議題	議題1. 本事業の目的と Web サイトについて 議題2. 企業と生物多様性 最近の動向 議題3. 「森林づくり活動の貢献度可視化手法検証業務(実証試験)」 3-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化 3-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた灌木植林の貢献度可視化 議題4. 森林づくり貢献度可視化に関する既存の手法・事例の整理・分析(住民・生物多様性便益)
配布資料	議事次第と出席者 説明資料1 本事業の目的と Web サイトについて 説明資料2 企業と生物多様性 最近の動向 説明資料3 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化 説明資料4 モンゴル乾燥地における低木植林の貢献度可視化検証業務 説明資料5 住民・生物多様性便益の貢献度評価
参加者 (計19名)	委員: 足立委員、岩田委員(オンライン)、川口委員(オンライン)、北島委員(オンライン)、鈴木委員(オンライン)、平塚委員(オンライン) 林野庁: 谷本、岩間(オンライン)、石川、大仲(オンライン) JIFPRO: 沢田、高原、田中、仲摩、柴崎、藤原 委託先: 黄(アジア航測)、金(アジア航測)、石森(コマツ)

議題1. 本事業の目的と Web サイトについて(説明資料1)

委員: 事業内で設営する Web サイトは、大変分かりやすく民間企業の参考になると思う。以前、森林総研でも REDD プラスのカントリーブックというものを作成したが、各国ごとに行政の窓口も紹介しているので、それも参考にされたほうがよい。

委員: 企業からの問い合わせを受け付けるようなサポートデスク的なものもあるのか？

→ **JIFPRO:** 一応、トップページにヘルプデスクを設けており、企業からの問い合わせも受け付けられるようにしたいと思う。

委員: このような Web サイトは企業にとって有益だと思う。サイトのコンテンツとして、炭素クレジットの比較というものもあるかと思うが、比較に加えて、どのクレジットが信頼性あるもので、企業のオフセットとして利用しやすいのかも情報提供したほうがよいだろう。COP27 で発表された“INTEGRITY MATTERS”¹(high-level_expert_group_n7b. pdf (un. org))という文書には、「企業の排出を質

¹ https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/high-level_expert_group_n7b.pdf

の低いクレジットでオフセットすることはグリーンウォッシュである」と明確に記載された。強制力はないが、金融機関や投資家への影響はかなりあると思うので、今後も注視して、Web サイトへの情報提供を願いたい。

クレジット以外の NbS (Nature based Solution) で包括されるようなメリットについては、クレジット(炭素)に比べて、まだ可視化は進んでいないのが現状だが、植林活動を促進するためには大事な要素なので、今後の動きをフォローしてもらいたい。

(普段森林と関係していない)一般の企業でも、どうやれば植林が始められるのかが分かるような情報を提示するとよいだろう。例えば、これから企業が植林するにあたって、こういう手順で取り組めばよいといった、一連のガイドライン的な情報も加えるとよいかもしれない。さらには、こういう場所でこういう植林を実施したほうがよいといった、JIFPRO が好ましいという方向に誘導するような提示の仕方をしてもいいと思う。

→**JIFPRO**: この Web サイトは、あくまで企業が植林を検討するにあたってのきっかけ、基礎情報を提示するものであり、実際の具体的な植林の進め方等については、個々にヘルプデスクで対応しようかと思っていた。国や企業によっても状況が異なることもあり、どこまで網羅的にそのような情報を提示できるかは、現時点ではあまりイメージができていないが、ご指摘の点も参考にしながら Web サイトを立ち上げたい。

→**林野庁**: バリューチェーンの外での植林活動の方が、実施する企業の裾野は広いと認識。ただ、一般企業にとっては、足立委員のコメントにある通り、どういう手順で植林を進めていくかは有益な情報になるだろう。そういった中で、企業による植林事例の紹介も他の一般企業にとってはとても参考になる情報だと思う。

→**JIFPRO**: 岩田委員にお尋ねしたいが、自社の植林活動を「企業による植林事例の紹介」ということで、本 Web サイトにて紹介することは可能か？

→**委員**: 既に、ホームページや CSR 報告書に積極的に広報しているところなので、その一環として、前向きに検討したい。他社も同様の考えだと推察する。

議題 2 企業と生物多様性 最近の動向(説明資料 2)

JIFPRO: 後ほど JIFPRO からも発表があるが、可視化事業全般での課題として、足立委員の最後のスライドでもあったように、特に生物多様性の評価は難しいものがある。その時に、企業の方はどこから手をつければいいのか。先ほどはシナリオをつくって欲しいと述べられていたが、我々の認識では、状況としてはかなり入り口の段階にいる。まずは多様性保全を意識していること、なおかつそれを透明性のある方法である程度担保できていますよといえることが重要なのかなと考えているが、どのようにお考えか。

→**委員**: まず、企業は投資家からの要求で動くようになってきて、その意見は非常に影響力がある。日本政府はあまり強行な手段は取らないだろうと考えており、そのため投資家が先行している。投資家が企業に対しどういふことを求めるかに注視していかないと、本事業も企業の参考にならないということになる。投資家がどういふシナリオでこの問題を解決しようとしているかを見ていただくとよい

だろう。

その問題解決のためには色々な方法はあるが、情報開示のフレームワークとして TNFD (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures) が主流になることは間違いない。ただし、これはあくまでプロトコルなので情報開示の手順のみがあり、特定のメソドロジーに(測定方法や評価方法)は一切触れない。メソドロジーの研究や開発をしている組織が「カタリスト」として集まって意見や提案を出し合っている。JIFPRO もそういった場に参加して情報を提供する立場、あるいは評価する立場として一緒に研究、情報交換をするというのではないか。

その上で、日本の様々な事業主体が行動するとよいのか、それを日本の政策とどううまく繋げていくといった設計も必要なのではないか。単純に、こういった評価方法がありますよ、とだけ出しても、企業にとってはあまり役に立たないかもしれない。

→**JIFPRO**: 企業の求めるレベルに対応しなければ提案しても使われないだろう、という点はおっしゃるとおりで我々も考えているところだが、たほう、実際にこの方法を使ったほうがよいと示すのは非常に難しいだろうと思っている。行政のなんらかの動きや投資家の動きへの対応、そして世界水準を求められる中で、JIFPRO が一体どこまでできるのかというのは、相当勘案しながらやっていく必要がある。

→**委員**: 提案とはまた違うかもしれないが、こういうかたちで植林、管理、モニタリングをしていくと、世界的に通用しますよ、カウントされますよ、というようなガイドをしたり、これまで企業が JIFPRO とやって来たものがきちんとカウントされるように微修正するといった作業が必要になるのではないだろうか。

→**JIFPRO**: 我々が全て提案するということにはならないが、企業のグッド・プラクティスを本発表でもあったように Web サイトで示していくというのは一つあるだろう。

→**委員**: その Web サイトの発表について日本の企業リストがあったが、この中には、クレジットにつながらないものもあるかもしれない。だとするとそれをどういうふうに扱うのか慎重になる必要がある。なんでもかんでも植林すればいい、という時代ではなくなった。企業がコストをかけてやるからには国際的な評価にもつながる事業にしなければならない。

その中で、今まで日本企業がやってきたもので、国際的には過小評価されてきたものもあるかもしれない、そこはきちんと価値を伝えていく必要があると思うし、そこは JIFPRO と一緒にやっていくことも必要となるだろう。

→**JIFPRO**: Web サイトに企業の活動を載せるときには、ある程度こちらでも評価した方がよいということか。

→**委員**: JIFPRO から見てこれは参考になるという事例を載せたらよいのではないか。

→**JIFPRO**: 具体的にどのように配慮をしていけばよいかという点は難しいところがあると思うが、企業とコンタクトして話し合った上で掲載していく必要があると理解した。

→**委員**: 日本政府および日本企業が動きの速い世界情勢にどうやって取り残されないでいくかというのは非常に大きな課題だろう。大企業はともかく、そのサプライチェーンの川上にいて輸入した原料を加工する中小や下請けは、原料の確認ができるほどのキャパも不足していると思われ、このような取り組みはさらに大変なのではと思ったが、どうか。

→**委員**: 原材料に関してどの程度管理されているかを把握できる共通データベースが食品業界に

はある。Sedex(持続可能なサプライチェーンソリューション)が有名である。木材に関しては同じようなものはないだろうと思うが、こういったものを活用するのも一つの手段だろう。もう一つは、EU のようにリスクのある原料をあらかじめ入れないような関所を設ける。日本は中小に配慮して情報開示やデューデリジェンスの義務化をしないているが、そもそも義務化は大企業から対象になって中小には猶予がある。中小に配慮するという理由で義務化しないと、どんどん遅れてしまう。

→**委員**:民間投資を使ったネイチャー・ポジティブは世界的にどんどん議論されているところである。もう一点、足立委員に伺いたい。消費者教育はどれほど重要になってくるだろうか。先ほど投資家の動向が重要だというお話だったが、消費者の方はいかがか。

→**委員**:ご指摘の通り、消費も重要である。GBF(世界生物多様性枠組)でも消費者に対して情報提供をすることを企業に求めている。開示先は投資家だけでなく消費者も含めている。

→**委員**:最後のスライド、生物多様性の質とか価値の評価が難しいというお話だったが私も不可能に近いぐらい難しいのではという印象である。二酸化炭素の量や吸収量の増減や、あるいは、森林面積 1ha 壊したら 1ha 増やせばネットゼロなどという単純なものではないだろう。今後どういうふうに収束というか進んでいくのか、現段階でのお考えがあればお聞きたい。

→**委員**:難しいのは確かだが、少しずつ進める努力はされてきている。まず物理的なインパクトは何らかの方法で計ることができるので、それをできるだけ統一して正確に行うということを求める。次に、物理的インパクトで何が起きるのか、その影響はモデル等でかなり客観的に評価できるだろうということで、モデルの精度を上げているところである。最後に、自然や生態系への影響を我々がどう評価するかという点は必ず主観が入る。これについての方法論もあるが、評価にはかなりばらつきがある。全体として困難な作業でありなおかつ情報量も膨大になることは間違いないが、少しずつ進められているので整理されていくだろう。それらを踏まえて、最初の段階では粗い整理であってまかまわないので、どこまでだったらきちんと見えそうかを見極めて利用していくことが重要だろう。

議題 3-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化

委員:6,000 本を 20 名の農家に配布するとのことだが、そうすると植栽面積だとどのくらいなのか？

→**JIFPRO**:画一的に植える訳ではなく、アグロフォレストやエンリッチメントプランティングで植えるので、正確な面積はお答えできないが、通常、乾燥地だと普通に植えて 700 本/ha くらいなので、1 農家当たり、1ha 未満なのは確実だと思う。あくまでモデル林なので、これから段階的に増やせばと思っている。

委員:生物多様性の評価についてはモニタリングするつもりなのか？また、植栽樹種は在来樹種なのか？

→**JIFPRO**:植栽する樹種は郷土樹種。生物多様性のモニタリング方法については、現時点で、明確な方法はイメージできていないが、CCBS(Climate, Community & Biodiversity Standards)の事例も参考にしながら検討していきたい。

→**委員**:既存の植林地において、植栽木のまわり草本回復等がみられれば、多様性指数とかは計

算できるかもしれない。JIFPRO の事業でも二次林を残すことによる植生回復の効果を評価していたと思うので、それも参考にされたほうがよい。

委員: コマツの油圧式オーガーを使うとのことだが、コストの情報もぜひ提示してほしい。後はメンテナンスについても考慮したほうがよいだろう。硬い土壌を掘削ということで、部品の摩耗による故障等の可能性が高いかもしれない。

→**コマツ**: 部品の交換・修理については、コマツのナイロビ支所でサポートする体制はある。また、今回使う、コマツ油圧式オーガーはケニアで実際に流通・使用されているものなので、特に、今回の植林のために新たな体制を設けなくても大丈夫だと考えている。

→**林野庁**: 企業にとってもコストは重要な情報だと思うので、可能な限りそういう情報も提示してもらえるとありがたい。

委員: 住民への生業等の聞き取り調査はどの程度包括的に行う予定なのか？

→**JIFPRO**: こちらについては、ケニア森林研究所の社会経済調査を専門とする研究者に任せる予定だが、彼らがどこまで自分達の研究テーマとして興味をもってくれれば、ある程度包括的にできるかもしれない。また、植栽木だけでなく、養蜂や牧草も貴重な収入源になっているようなので、植林活動により期待できる住民便益として何かしら評価できるとよいと考えている。

→**委員**: また、長根苗の植栽のために、深い穴を掘るとのことだが、不透水層まで穴をあけることによる、土壌中の水分バランスの影響も、本来は調べておいたほうがよい。ランドスケープレベルの評価という点では、ケニアナイロビにある ICRAF (World Agroforestry) に専門家もいるので、一度、相談してみるといいかもしれない。

林野庁: ドローンによる苗木の検出で、葉がついていないために、検出エラーが多かったとあるが、成木も葉がついていなかったのか？

→**JIFPRO**: 葉はついていることはついていたが、ほとんど茶色のような葉で検出しづらかった。

議題 3-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた灌木植林の貢献度可視化(説明資料 3)

委員: 1ha 当たりでサジーの生産で 8 万ドルくらい収益になるということか。足し合わせると 8 万ドルくらいのようなのだが、1ha だとかなりの収益率で経済効果がすごく大きいと思ったので確認した次第。

→**AAS 黄**: 当初の資料が分かりづらかったので、修正して 1ha のサジーを造成したときの年間収入(果実収穫、加工、包装等の経費を差し引かず)の見込み額に換算した。各項目の金額を合わせたら 8 万ドルくらいになるが、1ha から表に示した収益がすべて得られるのではなく、新鮮果実を販売したら 1 万ドルになるし、果実をジュースに加工したら 4 万ドルくらいになる。オイルはジュースを生産する時に再加工して生産できるが、そのためにはジュースから分離(抽出)する装置を入れなければならない、その分の投資費用が必要になる。ジュースとオイルは同時に生産できるが、ジュースとオイルには加工工場と設備が必要になるので、一概に 1ha から表に示した各項目の合計金額にはならない。

→**委員**: それでも大体 5 万ドルくらいなり、結構な収入だと理解。

→**AAS 黄**: 果実をすべてジュースとオイルに加工して販売すればそうなりえる。

委員: サジーが成熟した時の一番大きな平均樹高は大体どのくらいになるのか。

→**AAS 黄**: サジーの育種(品種改良)はかなり進んでおり、モンゴル産の品種は植え付けてから 10 年くらいで大体 1.5~1.8m になる。ロシア産の品種は大体 3m くらいになる。

→**委員**: 3m くらいとすると、逆に言えば樹高は 10m 以上にはならないということか。

→**AAS 黄**: そうです。いままで(10m の樹高は)見たことはない、ただし、灌水の程度によって樹高の成長もかなり変わるので、しっかり灌水が行われているところではロシア品種で一番高い樹高が 5m 近くなるものが確認された。

→**委員**: それは今後モニタリングすることになると分かりました。それと先ほどドローンで撮影された画像があったと思うが、それは先ほどケニアでの柴崎さんの発表とも関係するが、地上解像度 1ピクセルがどのくらいで撮影したのか。

→**AAS 金**: (ドローン撮影)仕様は前の PPT(8 ページ)に書いてあり、高度 70m で 1cm 程度の分解度で撮影。

→**委員**: 高度 70m でグラントが 1cm で撮れていると理解。

委員: スライド 12 で、実測の樹高と UAV の樹高、それから樹冠面積の実測と UAV の計測はかなりきれいに出ていと認識。つまり、1cm 程度の解像度でちゃんと撮られて、葉っぱも着いていれば、このくらいの結果は得られることで、同じようにケニアで行う時でもこのくらいの精度で撮れることは可能かなと思いました。実測の方が UAV よりアンダーエスティメーション(under-estimation)になるのは、樹高はトップが撮れないので、必ず全体的に一律に下がっていく結果になるのは当たり前だと思います。ただ相関は非常に高いと思う。1m の樹高は 80 cm から 85 cm くらいまでとれていて、樹冠についてもかなり正確にとれている。そこで、この二つのパラメータを用いてバイオマスを計算した時に、いきなり推定値が 300%とか結構大きくぶれているが、どうしてこんなの大きくずれてしまうのか。

→**AAS 黄**: 推測ですが、カラガナは現地に自生しているものを測定している。これらの自生しているカラガナの生育地は 3 年前まで放牧があり、常に家畜の食害を受けていた。カラガナは外部の攪乱がない場合、樹高 1.5m くらいまで成長するが、新芽(若い枝葉)は家畜のエサとして常に食べられていて、また群生しているカラガナの群の外側も家畜の食害にさらされているので、結局いつまでの大きくなりにくい状況にある。このことが今回の結果に大きく影響したと考えられる。

→**委員**: それではアロメトリー式がうまく当てはまらない。樹高と単木の樹冠面積はとれるけど、それが食害によって、本当はもうちょっと伸びるはずが伸びていないので、このアロメトリーモデルがうまくはまらない。アロメトリーモデルの改良もなかなか難しいと思います。平塚先生、モデルの改良はできますか。

→**委員**: サジーは樹高 3m くらいまで成長するということは、グミ(サジーの実)を採るために枝を切ったりはしないのか。

→**AAS 黄**: グミを採るときは来年の収穫を確保するために、あまり枝を傷つけないようにしています

が、実際モンゴルでは収穫作業の対価は収穫した果実の重量で計算(例えば1kg 50 円の単価で計算)するので、監督者が見ていないところでは枝を切り落とす場合も結構あるらしい。結果的にサジーの樹冠は(実の収穫がない)自然状態の比べて幾分小さくなっている。今回調査対象林分は2011年に植栽し、植栽間隔は4m×2mで、植付けから4、5年目から収穫が始まり、いまは収穫してから6年目になっている。本来なら(枝の損傷がなければ)植栽木の樹冠は密接する状態になるはずだが、実際は単木の樹冠はいまだに独立状態にある。結果的には果実の収穫(外部の圧迫)により樹冠は本来の大きさにならなかったと考えられる。

→**委員**:それなら、どこかの樹高の段階でアロメトリーに別々に使うなど、何らかの工夫された方が精度が上がると思いました。

→**JIFPRO 田中**:補足すると、一つは、図面であてはめた(使用した)アロメトリーモデルはConti氏らがアルゼンチンで自生している灌木種から調整したもので、その中でも多幹(低木)でほかのパラメータがなかなか取りにくいと、樹高と樹冠面積だけを2変数として使用して推定したものである。このアロメトリー式自体は上記の2変数を用いてモンゴルの現地で作ったものではないことは強調したい第1点目です。二点目はさきほどの話にあったように、家畜による採食や株切りがあって、伐採があって、樹木の幹部が大きいような、また樹冠が小さいような形になった可能性は非常に高い。(アロメトリー式がうまくはまらなかった理由として)その両方が効いているのかなと思う。そういう意味では地上バイオマスの推定の計算に何らかの工夫が必要だということはおっしゃる通りである。

→**AAS 黄**:今回我々はドローンを使って計測できたのは樹高と樹冠面積(直径)だった。ほかの変数(パラメータ)として例えば胸高直径や低木の根元直径を計測できるなら、地上バイオマスの推定値がもう少し実測値に近づくとと思う。しかし、あくまでもドローンを用いた計測では樹高と樹冠径の2つの変数しか得られなかったので、ここで示したアロメトリーモデルを利用して比較した。田中さんがおっしゃる通り、今回の調査対象木は家畜の食害や果実収穫による損傷など外部要因で、自然状態の低木と樹形は若干異なっているの、すでに開発されたアロメトリーモデルをそのまま使うのはちょっと難しいと考えられる。その対策は今後の課題として残されています。

→**委員**:田中先生のおっしゃったように自然状態(ありのまま)の立木をうまく用いて検証しているので、このアロメトリー方式のパラメータが実際あっていないというのは確かにそのとおりです。本来であれば、現地で伐倒調査してパラメータを修正する作業ができればいいですけど、多分それも難しい。ここからは今の方法で続けながらちょっと改良していただくことが必要かと思います。一方、谷本室長から言われたようにコストのことも考えなければならないことでこれも非常に重要です。なかなか(あてはまるアロメトリー式)モデルが難しいであれば、それこそアジア航測が得意のライダー(LiDAR)とかの方で直接推計してしまった方がもしかしたら早いかもしれない。

→**AAS 金**:ライダー(LiDAR)計測は有効だと思うが、やはりコストとの関係もあって、なるべく低コストでできることに着目して今回の検証を行なった。

→**委員**:もし家畜がかじったり、人為的に切ったりで、樹冠が小さくなるなら、誤差は逆に出るはずである。ですから、これはもうアロメトリー式そのものをいま持っているデータで調整できると思うので、新しく作られたらどうか。データそのものはきれいなので、新しいアロメトリー式を構築したらどうか。

委員: 今回の発表内容は CCBS 認証済みの既存のプロジェクトに関して色々な分析手法があるのをまとめたものか。だとすると、CCBS の中では、こういう方法をしなさいと統一化されているということではないのか。

→**JIFPRO**: CCBS にはそのためのマニュアルがあり、事業者それに沿ってモニタリングをすることを進めてはいるが、方法については強制ではなく事業者がボランタリーに実行するものである。

委員: ということは、(実際に事業者から出されてくる) 方法論も複数あり、準備状況によって選べるということなのか。

→**JIFPRO**: 実際には社会調査の場合だとおそらく2〜3つ程度だとは思う。

委員: もう一つ、これに関連して、この中でこういう分析手法は非常に有用性が高いだろうと思えたものはあったか。基本的には一長一短だろうと思うが。例えば、専門性が低くてもこの方法は有用である、というものや、反対に、しっかり分析をするにはこの程度の準備が必要だがそれぐらいの専門性が必要な有用な方法というものはないか。

→**JIFPRO**: 一つ考えられるのは、本発表の事例⑨にある生息動物観察の方法では、必ずしも高い専門性がなかったとしても、地域住民と一緒に地域の生息動物の観察を記録して地図を作成している。このような方法でも、ある程度地域の生息動物を把握することができるのではないかと。専門家を雇うコストも抑えられるという点からも有用なのではないだろうか。住民参加型というのは一つ重要な方向性だろうと考える。

JIFPRO: 先ほどの足立さんのご発表でも生物多様性の評価はなかなか難しいというお話があったが、中には、非常に高度な専門性が求められる、例えば、多様性指数を用いて色々な評価をしていたプロジェクトもあった。その一方で、今の話のように必ずしもそういった専門性の高い方法でなく住民中心で行なっているものもあり、ただ、そこをきちんとアピールすると Verify されるということもあるのだろうという印象。本事業でもその点は強調していけるのではないかと感じている。

委員: こういうのが有用そうだから私たちもそれを使いましょうという既存の手法にならうやり方もあるだろうし、あるいは、専門家がいないとできないと今まで思われてきた方法でも、最近の最新の技術で割と簡単にできるようになったものもあるだろう。例えば、最近では音声データを認識して動物種を同定することができるようになった。音声トラップはあまりお金もかからず、回収するだけという手間やリモート操作ができるという便利さもある。

もう一つ思ったのは、生物多様性のモニタリングでは、割とベーシックな分析しかしていないのかなという印象である。むしろ今後は生態系サービスの質・量をきちんと求めていくことが植林の有用性をアピールする上で重要になってくるだろう。もちろんそのためにはある程度の高い専門性が必要とされるが、先ほど述べたような、割とやりやすい技術を活用していけるのであれば、ニーズがあり、期待されるのではと思った。

委員: スライド6、プロジェクトによって植林面積もさまざまである点を考えると、先ほど出てきた生態系サービスを捉えるためには景観レベルで見たい。事例の中には回廊作りなどもあったが、もう少し広い範囲でカーボン以外のサービスを見ることも必要なのではないかと思うが。植林地だけでモニタリングをするのではなく、住民についてももう少し広い地理的範囲で捉えるのも妥当かと思うのだが。

→JIFPRO: 北島委員がおっしゃったように、例えばユーカリ植林のプロジェクトの場合、ユーカリ植林地のみがクレジットの対象にはなっているが、プロジェクトとしての活動というのは、実際にはユーカリ植林周辺にも及んで、単一樹種ではあっても、その植林地が保護地に生息する生物の回廊として機能するところを評価やアピールしているものもある。プロジェクト自体がきちんとランドスケープレベルでの生態系サービスを評価するところまでできるかという、必ずしも全てできているわけではないとは思いますが、今おっしゃったことを意識しつつ、プロジェクト対象地の中での活動がそれぞれ行なわれているという印象はあるし、良い道だと考えている。

最終討論

委員: 足立先生から頂いたご発表での ESG について、アップルのような巨大資本を使った時の活動計画と後半のデモンストレーションの小規模の活動とで、今後それらをどう繋げていくか、事業としての落とし所というのは難しいなと感じた。

委員: GBF で 2030 年に向けた行動計画が採択されたが、明らかになったことは、生態系再生にニーズがあるということで、そのため今後はお金もつく。どういう生態系保全の仕方をするのか、目的にあっているか、あるいは目的と照合してどう評価するか、その辺りが急速に求められてくるだろうことをしっかり受け止めなくてはならない。そして世界的なニーズに今までやってきたことをどう合わせるができるか、これまでやってきたことをどうマッチングさせていくか、何を付け加えていくかなどを考えることが重要ではないかと思う。

7.3 第3回委員会

日時	令和5年3月20日(月) 14:00～16:30
会場	林友ビル 6階 中会議室(東京都文京区後楽 1-7-12)
議題	議題1. 本事業が目指す森づくり活動と炭素ストックの可視化手法 議題2. 住民便益と生物多様性の貢献度評価手法 -CCBSのマニュアル及び事例を基に- 議題3. 「森林づくり活動の貢献度可視化手法検証業務(実証試験)」 3-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化 3-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた低木植林の貢献度可視化 議題4. 事業紹介普及活動:ウェブサイト進捗状況、セミナー開催報告
配布資料	議事次第と出席者 説明資料1 本事業が目指す森づくり活動と炭素ストックの可視化手法 説明資料2 住民便益と生物多様性の貢献度評価手法-CCBSのマニュアル及び事例を基に- 説明資料3 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化 説明資料4 モンゴル低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検証 説明資料5 事業紹介普及活動:ウェブサイト進捗状況、セミナー開催報告
参加者 (計17名)	委員:足立委員(オンライン)、岩田委員、川口委員、北島委員(オンライン)、平塚委員 林野庁:石川 JIFPRO:沢田、高原、田中、柴崎、藤原、倉本 アジア航測:稲田(オンライン)、金、黄、佐藤(オンライン) コマツ:石森(オンライン)

議題1. 本事業が目指す森づくり活動と炭素ストックの可視化手法(説明資料1)

委員:今回紹介した VCS 植林プロジェクトでは、プロット調査は不要のものもあったとのことだが、植林して数十年たっても森林が密にならないという想定のもので適用可能なのか? 東南アジア等の林分が密になるような場合は、プロット調査のほうが適しているかもしれない。

→**JIFPRO:**今回紹介したケニアの事例は乾燥地ではないので、60 年後に樹冠が重なり、カウントが難しくなるかもしれないが、ケニアの半乾燥地では植栽面積が広くとられているので、樹冠が重なりあって、カウントしづらいということはないと思う。

→**委員:**植栽木は植えた住民自らがカウントしたり DBH を計測したりするのか? それとも、植栽した人以外が、カウントを担当するのか? また、DBH 等を計測する際に、適切にサンプル木を選定しないと、成長のよいものだけ選んでしまい過大推計になる恐れもある。植林した人が自己申告するような仕組みにしたら、植林に対するモチベーションが高まるかもしれない。

→**JIFPRO:**植栽した本人がカウントするのではなく、地域の人から選抜された人(Quantifier)が代表してカウントする。一応、Project description には、適切にサンプルできるように、Quantifier はトレーニングを受けているとは明記され、それで VCS 認証を得ているが、実際は不明である。

林野庁:今回は、VCS の小規模植林の方が簡易な方法論を使っているということで、そのプロジェクト事例について調べてもらったが、例えば、ベースラインについては、小規模植林では、おおむねゼロと設定されているようだが、VCS では保守的に算定するためにゼロとしない手法も出てきていると聞いている。大規模植林とも比較し、どういふところが簡素化されているのかも示してもらえると、より植林事業者にとって、保守的に算定する際など選択肢の幅が広がりよいかも。また、プロジェクト事例を示す場合は、クレジット発行見込みとなる予定吸収量がどのくらいなのか示してもらえると参考になる。

→**JIFPRO**:来年度は大規模植林のほうとも比較することを検討する。予定吸収量については、あくまで予定なのと、伐採の有無で全然出てくる量が違うので、示し方には注意が必要かと認識しているが、検討してみたい。

委員:この事業では、産業植林、環境植林、色々な植林形態が対象になり得るとあるが、本事業でターゲットとしている企業はどのようなものを想定しているのか？

→**JIFPRO**:商社や製紙会社等の森林についての経験・知識がある企業というよりも、森林と関係のないサプライチェーンを持つ企業がメインターゲットと考えている(会議では回答できませんでした。が、気象・土壌条件がよくなく、木材生産やクレジットとしては利益が生み出しにくい場所での植林がカーボンニュートラル達成には重要であり、それには森林と関係ない企業の SDGs や ESG 投資を念頭においた植林への参画も必要になってくると認識。ただ、森林と関係のあるサプライチェーンを持つ企業が対象外というわけではなく、それぞれの企業・植林タイプに応じて、可視化のための情報・事例を整理していく予定)。

逆に、製紙会社は、自社の植林地で生まれた炭素吸収量をクレジットとして売買に使いたいのか、それとも、あくまで自社の PR にそれを使うつもりなのか？

→**委員**:社内でも検討中だが、例えば、ブラジルでは、実際に伐採して木材を売っている植林地の他に、法的に維持しないといけない森林も所有・管理している。それぞれの森林において、クレジットするかどうかは考える必要があると認識している。

委員:植林によって天然林への圧力を軽減するという効果も期待されるが、VCS の方法論でその辺について言及されているか？

→**JIFPRO**:少なくとも植林用の方法論では、天然林保護の効果を定量化する方法は書かれていない。(会議では回答できませんでした。が、VCS プロジェクトには、プロジェクト対象地内で、植林(Aforestation, Reforestation and Revegetation)と REDD の 2 つの活動をやっているものもあるので、来年度、植林による天然林保護の効果が定量化されているかどうか確認してみます。)

議題 2 住民便益と生物多様性の貢献度評価手法 -CCBS のマニュアル及び事例を基に-(説明資料 2)

委員:住民参加型というのがだんだん色々議論されているのは知っていたが、例えば企業側からの意見として岩田委員からご意見を願いたい。

委員: 事例分析の 11 件はどのように選定されたか。

→**JIFPRO**: 第 2 回委員会でピックアップした。プロジェクト開始の承認 (Validation) が得られたプロジェクトから認証済み (Verification) までのものが 60 件程度あり、それをグローバルエコロジカルゾーン (Global Ecological Zones) で分類し、ゾーンごとに 1~2 件選んだものである。

→**委員**: 事業者には内部専門家がいないケースは少ないのだということが理解できた。民間企業が新しく海外で植林事業を行おうとする場合にこういった生物多様性や地域住民関連に関する情報を提供して頂けることは社会的意義が高いと思った。支援とかサポートをするためにもこういうデータが公にあるとよいし、実際にやろうというときにそのサポートもあるとよいと思う。

委員: 外部専門家が加わるというのはサードボディという位置付けか。また、外部専門家が加わるということで透明性が高まるのでよいかと思う。実際に PRA 調査など詳細な調査をしているのだろうか。

→**JIFPRO**: ここでの外部専門家というのは、other entities などと書かれており、事業者 (project proponent) との協力機関や連携機関といった意味合いで書かれていた。PRA 調査では、詳細な生計ということよりも、プロジェクト実施によってどういった変化が起きたかという点に焦点を当てた質問が中心となる調査が多いのではないかというのが、これらのプロジェクト報告書を見ての印象である。政治的側面についても、ステークホルダーの利害関係やコンフリクトがあるかどうかといった点を中心とした調査をしていると理解している。

→**委員**: 詳細な金額などのデータの提示よりも、前と比べてどうかということと場所を重視していると理解した。

→**JIFPRO**: その通りである。

委員: 住民参加型の手法もどんどん新しくなっていく気がするのだが、例えば、携帯電話はアジアやアフリカの奥地でも使えるようになっていて、GPS 記録や写真も送れるようになっている。そういう場合は正確な測量方法など専門家の訓練を受けなくても情報が収集できるようになった部分もあるのではないか。それについて今後の新しい展開などは見られたか。

→**JIFPRO**: その通りで、前の発表で上げられたケニアの TIST プログラムがそうである。このプログラムは CCBS も取得しており、今回の事例 11 件の中にも 9 番目に含まれている。Quantifiers という事業者スタッフがサンプル地での植林木を一本ずつ GPS 計測している。計測方法の詳細までは、読み飛ばしてしまっているのか、あまり詳しくは報告書で述べられていなかった、ただし、それらのデータは Appendix としてエクセルデータで添付、公開されており、一般入手可能である。それを見ると、スタッフらは二人組となって収集しており、また、多量のデータが収集されているため、スタッフは相応の訓練を受けているのではないかという印象である。

委員: 今回のような事例報告はこういう流れでどんどん進めて頂くとよいだろう。個別ではなく全体に関わることでコメントをしたい。ご承知のように 12 月に COP15 がモンテリオールで開催され、全世界の共通枠組み GBF (ポスト 2020 生物多様性枠組み) が採択された。重要なのは 2030 年に向け

てネイチャー・ポジティブを目指していくということだ。最終的には 2050 年までにとなるかもしれないが、減らすスピードのストップをかけるだけでなく、生態系を増やしていかなければならないので、まさに植林の位置付けが上がっていくことは間違いない。ただ、それをどう実現させていくかという部分は解決できていない。そこにお金をたくさん流していこうという話も出ているが、単に植林するだけではリターンが十分でないだろう。カーボンクレジットだけでも厳しい気がする。クレジットの測り方も精緻化されていくだろうが、それ以外の価値をどうするかである。研究もそこにシフトしていくだろう。すなわち、生物多様性便益や地域経済をどう高めていくかがポイントになる。今行なわれている研究は必要だが、そろそろその先に向け、応用を考える時期になってきたのではないかと思っている。

もう一つ、GBF の画期的だったことは、今まで以上に先住民、地域の人々、色々な世代の人々を重視しようということが入ってきた点である。今の発表にあったコミュニティベースの植林というのはまさにこの議論に関わる。これをどう広げていくのか、このメリットをどう伝えていくのかという点がすごく重要になってくるだろう。よって、どうすれば植林できるかという技術的な部分も大切だが、それプラス、価値の部分はどう広げていくかも併せて検討していく必要があるだろう。その解決策はすぐには見つからず、難しい課題ではあるが、少なくとも、そういう意識を我々は持つ方がよいだろう。

→**委員**: たしかに住民便益をどう評価するかは一般論でも手探り状態という印象である。

委員: 外部専門家の関与について確認したい。基本的にはここでの外部専門家は住民や事業者ができないことをやってもらうということか、それとも客観性を持たせるという意味合いか。

→**JIFPRO**: モニタリングは事業者が内部で実施し、それに対して第三者機関が監査するという流れになっている。そのため、モニタリングは手法なりデータなりが監査者から見てもある程度信頼性があるものでなければならない。そのために外部専門家の力を借りるというかたちである。

→**委員**: 専門家の専門性とか活動の客観性を評価するということはなくて結果を第三者機関が評価するという理解でよいのか。例えば、専門家はこのような資格を持っていないといけないとか基準があるわけではないということか。あくまで事業者により専門性があるとみなした人物に関わってもらって、モニタリング実施全体をパッケージとして第三者に見てもらおうという理解でよいのか。

→**JIFPRO**: そのとおりである。そのような報告書の書き方になっている。

議題 3-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化(説明資料 3)

委員: ドローンで得たい情報は、苗の生残率なのか、それとも数年後の成長なのか？

→**コマツ**: どちらもドローンでモニタリングすることを想定している。バイオマス測定のための DBH は樹冠から推定することも検討中。(会議では回答できませんでしたが、補足させていただきますと、樹冠と樹高から DBH を推定できるかも試行する予定ですが、今回のように写真測量＋立体視では推定できないかもしれないので(LiDAR では樹高や樹幹が DBH を推定した論文がありました)、議題 1 で柴崎から説明したケニアの TIST の事例のように、各階層で地上計測した 20 本程度サンプル木の DBH の平均を使い、それを全植栽木にスケールアップする事も想定。なので、今回のドローンによる試験では、まずは生残木(若林齢から老齢林まで)のカウントが重要と認識。)

→**委員**:対象地域の面積が 20 万 ha 程度あるようだが、これを全てドローンで飛行させて、生残木をカウントするのか？

→**JIFPRO**:現在のドローンの飛行時間を考えると難しいと思うので、あくまで、ケニアの TIST の事例のように訓練をうけた地域住民(Quantifier)が全生残木をカウントしたうえで、その精度検証のために、いくつかサンプルの植林区を選定し、そこだけドローンが使えればと考えている。

→**委員**:今回、実際、93 農家に訪問してインタビューされたということだが、とても重要な情報を得ていると認識。たとえドローンのような最新機器が途上国で普及しても、こういう調査はコストがかかるかもしれないが、これからも必要不可欠になるだろう。

委員:ケニアでは長年、森林関係のプロジェクトが実施されているので、そこも情報交換しながら進めていってほしい。

→**JIFPRO**:常に情報交換はしており、次回植える *M.volkensii* も JICA プロジェクトで選抜育種されたものを使用する予定。

委員:薪炭の必要性について、もう一度検討されたほうがよいかもしれない。もしかしたら、将来的には薪炭よりも代替エネルギーのほうが重要になるかもしれない。薪炭は健康被害の懸念があるのと、薪炭としてすぐに伐採して使ってしまうと炭素固定の効果は低いこと、等があるため、これからも薪炭を使い続けるという流れにはならない可能性がある。

→**JIFPRO**:ガスは高いため、少なくとも現時点においては、ケニアの農家にとって薪炭は必要不可欠であり、それが植林木から自給自足できるのは重要だと認識。伐採については、萌芽更新等を行うことによって、その場所で短いサイクルで薪生産(伐採)を続けられれば、長い目で見たら炭素を循環し続けていることになるので、気候変動の観点からも貢献はあると認識(会議では回答できませんでしたが、伐採せずにそのまま植栽木を残しても、樹冠が鬱閉したりして、成長が遅くなるので、毎年、成長分だけでも伐採できるほうがよいと認識)

→**委員**:途上国では太陽光発電等も注目されていると思うので、その使用も同時に注視してほしい。バイオマスについては、カーボンニュートラルでよいとは言われているが、それでもなるべく長い間、木材として固定しておいたほうが気候変動という観点からはよりよいという議論が最近は出始めたのでそれも頭の片隅には入れておいたほうがよいかもしれない。

→**JIFPRO**:薪炭だけでなく、再生エネルギーによる代替も注視したい(会議では回答できませんでしたが、今回の調査で薪炭消費量がかなり多いこと、また改良かまど等を使っていないことも分かったので、供給だけでなく、消費をいかに減らすという視点も重要だと認識)。また、今回は薪炭について報告させていただいたが、農家からは *M.volkensii* 等の材としても使える樹種を植えたいという要望もあったので、薪炭樹種だけでなく、材になるような樹種も幅広く農地に植林していく予定である。

→**委員**:農家に、保護区での薪炭採取のための伐採を辞めてもらうための仕組みがないと、自分で植林した木は伐採せずに、保護区で伐採が続いてしまうかもしれない。個別の農家だけを見てみるとその辺のリーケージは見えてこないかもしれない。天然林の圧力軽減を可視化できる手法も検討されたほうがよいだろう。

林野庁: 樹木の高さを含む表層モデル (DSM) と地形モデル (DTM) の差分で樹高を推定し、そこから樹木の本数を特定することはしなかったのか。植生指数である NDVI は、植生とそれ以外の地面などを区別するのには優れているかと思うが、周りに雑草が繁茂しているような場合、樹木との区別はしにくいかと思うところ、NDVI 以外の指標などで樹木と雑草を区別する手法は一般的にないのか。同じ植生で区別しにくい場合など、形状で区別するということも考えられるが、そうすると Pixel を 3cm より細かくすることも今後考えられるか。

→**コマツ**: 苗木の高さをモデルでうまく復元できなかった。写真測量ではなく、レーザー測量でなくとも 3D が作れないかもしれないが、その場合費用が掛かる。Pixel は検討の余地があるが、他の事例で、ドローン低く飛ばして 2cm の pixel でやっても精度が良くならなかったというものもあった。NDVI の分析に際し、下草を事前に AI で取り除く手法があるようなので、それを試してみようかと考えている。

議題 3-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた低木植生の貢献度可視化(説明資料 4)

委員: バイオマス計測はサイトスペシフィックに測定することが重要と考えられる。既存研究との比較検討もなされながら、十分なデータがたまってきており、より精度の高いものが得られると考えられる。ただ、サジーの試料木が 6 本と少ないため、もう少し試料木本数を増やす方向で進められたら良いと思う。

ドローンを使った解析では樹冠の面積まで測らないとアロメトリー式を利用できないため、植生指数 (NDVI) を使う自動判読よりもドローンによる高解像度の空撮画像を使って画面上で実測した方が良いのではないか。技術的には低レベルかも知れないが、その方が精緻な結果が得られると考える。

→**AAS 金**: カラガナの樹冠面積は、画像分類・処理でカラガナ部分だけ抽出し、ポリゴンデータとして変換できることで、自動的に面積が計算可能である。樹高に関しては地盤データと表層モデルの差分が樹高となるため、樹高と樹冠面積が NDVI 画像を作成しなくても同時に算出できる。

→**AAS 黄**: サジーの試料木については、サジー園から有償で購入する必要があり、経営者からは 5 本しか伐採許可が得られなかった。6 本目の試料木はサジー園内のはずれに自生する天然更新木で、まだ結実が始まっていないことから、無料で伐採が認められた。

委員: UAV を用いたバイオマスストックの可視化については、先日の技術検討委員会でも佐藤委員からいろいろと技術的な提言が述べられた。前向きに検討されて、一步一步進められていることは素晴らしい。

委員: サジーの経済的なメリットは分かった。その中で気になったことは、水をやり続けなければならないことである。最初だけ散水が必要なのか、それとも、ずっと灌水が必要なのか。もし後者だとすると、半乾燥地における環境への影響がどうなるのか、気になる。

→**AAS 黄**: モンゴルでは北から南まで自然の諸条件が変化している。北に位置するセレンゲ県では降雨量が 400mm くらいあり、そのような地域では最初の 2, 3 年間は水やりをするが、サジーの植栽木の根系が一定の深さまで到達すれば灌水をしなくても大丈夫である。ただし、灌水の有無

は果実の収穫量に影響する。無灌水の場合でも、母樹は生きるが、結実の量が減るため、結局サジー園では一貫して灌水を続けている状況である。

降雨量が 200mm 前後の地域でサジー園を(20 年間)経営する場合、10 日間から 15 日間に 1 回の頻度で灌水するのが一般的とのことである。

灌水によって土壌の塩類集積(いわゆる塩害)などの現象が起きるかどうかだが、まだモンゴルでのサジー園経営の歴史が 10 数年と浅く、私が 3 つの県で 5 か所くらいのサジー園を見たなかでは、地表に塩類が集積する現象は確認できなかった。

現地では点滴灌漑による灌水が一般的で、決まった時間に決まった量の水がピンポイントで灌水されることに加え、経営者も経費節約で必要以上の水やりはしないため、サジー園での土壌汚染は進んでいないと考えられる。

委員: サジー栽培はまだ歴史が浅いことで、おそらく(地下水を利用していることは)過去の遺産を使っていること考えると、費用問題もあるし、いずれ枯れてしまう等の様々な課題はあると思う。この事業目的は生物多様性保全ではないかもしれないが、中長期的な視点から、注視する必要があると思った。

→**AAS 黄**: 私自身が見てきた中国の事例を申し上げますと、内モンゴルでも放棄されたサジー園が多くあった。サジーが植栽して 20 年以上を経過したために結実が悪くなり放棄されたものもあれば、過度な灌水で土壌汚染が進み放棄されるケースが見られた。

議題 4 事業紹介普及活動:ウェブサイト進捗状況、セミナー開催報告(説明資料 5)

委員: 今後さらに植林に対する企業の関心が高まってくると予想される。要因の一つとしてはネイチャー・ポジティブが挙げられるが、海外の企業では「フォレスト・ポジティブ」という考え方を打ち出しているところもあり、植林活動を含めて取り組んでいくべきという機運が高まっている。もう一つの要因としては TNFD(Taskforce on Nature-related Financial Disclosures)である。2023 年 9 月に TNFD のフレームワークができるということで、これに役立つと考えて植林に興味を持つ企業もあるようだが、必ずしも植林活動がすぐに TNFD の枠組みの中で評価されるというわけではないため、企業にそういったミスリードをしないように注意すべき。国連でも、植林による安易なカーボンクレジットの使用に警鐘を鳴らしており、事業実施地域の周辺や、自社のサプライチェーンに関連するものであるなど、クレジットを活用する企業との関係性や必然性が説明できるものでなければならない。こうしたことを踏まえてミスリードしないように注意しつつ、企業の事業地域やサプライチェーンの様態も考慮し、本当に必要な企業に対しては適切な植林地について提案するなど総合的にサポートすることができれば企業にとってもメリットが大きいだろう。さらに、クレジット以外にも、生物多様性や地域住民便益、防災などを含めた貢献度の可視化や、コストの面なども含めた総合的な協働で植林活動が提案できるようになると良い。

最終討論

委員: 今後政策的にどの国での活動をサポートするのは重要だ。どこでも同じようにということではなく、政策的に意義があるところを選び取り、技術的なサポートや提案をしていくことが必要になるのではないかと。

委員: 森林資源を確保して活用している立場からすると、現在は森林について原料調達という面とクレジットという面で価値を生み出しているが、今後は植林をしている・森林を維持しているというだけで価値があるというようになってもらいたい。現状では原料調達やクレジットには関与していない森林でも管理を続けていることで地域住民やコミュニティに貢献しているという自負もある。こうしたことは現在では社会的には評価されにくいだが、今後価値を認められるようになればと考えている。

林野庁: 足立委員のコメントに関し、政策的にどこを重視して支援していくかということは長期的に検討していければと考えている。2021年のCOP26でクレジットの国際移転が可能になり、TNFDを含めディスクロージャーに関しても様々な国際イニシアティブがでてきたりする中で森林をどう扱うかということが様々な場所で並行して議論されている過渡期のような状況である。こうした中でどのように対応していくか、日本の企業と協働しながら、日本としてどのように国際的にプレゼンスを高めていけるのか考えていきたい、今後も引き続きご指導をいただきたい。

委員: クレジットに関しては今後事例がどんどん増えていくと思われるが、事例が増えてくほど批判も増えてくることが予想され、実際にそういう例もでてきている。今後企業が取り組んでいく際に、良いことをやったつもりがかえって批判されてマイナスの影響が出てしまうということを懸念するようになる可能性もある。クレジットに関しても増えるにしたがって質の面など玉石混淆のような状況になっていく可能性があり、そうしたことを踏まえてサポートできるようなエレメントも将来的には必要になってくるのではないかな。

8 添付資料

8.1 第 1 回 事業運営委員会 資料

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

第1回 事業運営委員会

議事次第

令和4年6月29日（水） 14:00～16:00

文京区民センター 3階 3-C（東京都文京区本郷4-15-14）

1. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター
林野庁 海外林業協力室

3. 議題

議題1. 「途上国森林づくり活動貢献可視化事業」の概要

説明資料1

議題2. 今年度から実施する「森林づくり活動の貢献度可視化手法検証業務（実証試験）」

2-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化

説明資料2

2-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた灌木植林の貢献度可視化

説明資料3

議題3. 森林づくり活動の貢献度を可視化する既存の手法・事例の整理・分析

3-1 炭素ストック（CO₂吸収量）の評価

説明資料4

3-2 住民便益の貢献度の評価

説明資料5

3-3 生物多様性の貢献度の評価

説明資料6

4. 閉会

【配布資料】

議事次第と出席者（本紙）

説明資料1～6

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第1回 事業運営委員会

出席者

1. 委員（五十音順・敬称略）

足立 直樹	レスポンスアビリティ 代表取締役	
川口 大二	国際協力機構（JICA） 地球環境部 技術審議役	
北島 薫	京都大学大学院農学研究科 教授	
鈴木 圭	日本森林技術協会 シニアコーディネーター	（オンライン）
日比 保史	コンサベーションインターナショナル（CI） ジャパン 代表理事	
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 准教授	

2. 林野庁

谷本 哲朗	計画課 海外林業協力室 室長	
岩間 哲士	計画課 海外林業協力室 課長補佐（海外技術担当）	（オンライン）
石川 貴之	計画課 海外林業協力室 国際森林減少対策調整官	

3. （公財）国際緑化推進センター

沢田 治雄	理事長
高原 繁	専務理事
田中 浩	技術顧問
仲摩 栄一郎	主任研究員
倉本 潤季	研究員
柴崎 一樹	研究員
藤原 江美子	研究員

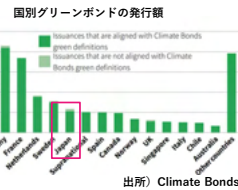
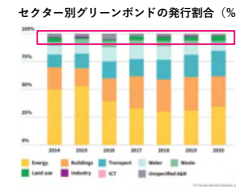
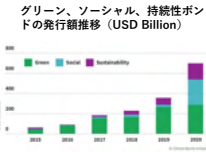
本事業の背景、目的、進め方

国際緑化推進センター（JIFPRO）
柴崎 一樹

背景

民間投資のポテンシャル

- 近年は、環境問題に取り組むことで企業価値が上がり、資金（ESG投資）が得られる時代
- 実際、気候変動対策等の用途に発行されるグリーンボンド（債権）はここ数年急増（下左図）
 - 土地セクターは他の分野に比べると少ない（下中図）
 - 日本はUSAや中国に比べるとGreen bondsは小さい（下中図）
- JIFPROにも「海外植林したい、カーボンオフセットしたい」といった問い合わせが増加



出所) Climate Bonds

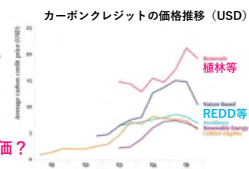
背景

本事業では森林づくり（植林）に着目

- 植林はカーボンニュートラルに実質的に貢献
 - REDD＝炭素放出削減 植林＝炭素固定
- しかし、途上国で植林で炭素固定するのは難しい
 - 植えてよく育つ場所はほとんど農地利用済み
 - 造成だけでなく、維持管理コストが大きい
 - 山火事等により固定した炭素が大気に戻る（排出）可能性あり
- 一方で、植林クレジットの需要はある
 - VCSでは植林(ARR)とREDDのプロジェクト数はほぼ同じ（右表）
 - 植林クレジットの価格がREDDの約3倍（右図）
 - JCM REDDでも植林含める動き

植林（ARR）とREDDのVCS比較（2022年1月時点）			
	植林(ARR)	REDD	
A	プロジェクト登録数	146	124
B	プロジェクト総面積 (万ha)	222	9,915
C	年間CO2削減見込み量 (万tCO ₂)	24,841	112,616
C/A	万tCO ₂ /プロジェクト	170	908

出所) Verra



出所) State and Trends of Carbon Pricing 2022, World bank

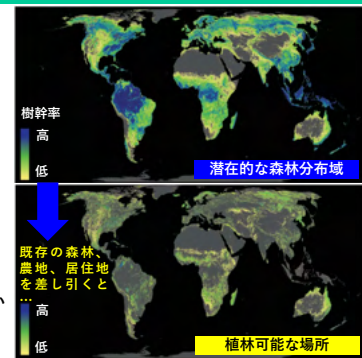
- ・市場も炭素固定の重要性を認識し、排出削減量1t < 植林固定量1tと評価？
- ・植林には、炭素固定以外のプラス効果(コベネフィット)も期待？

背景

植林のポテンシャル（植林可能な場所）

- IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）
 - 第5次評価報告（2013）：気候変動緩和策の一つとして植林の可能性に言及
 - 1.5℃特別報告書（2018）：気温上昇を1.5℃に抑えるためには、新たに10億haの森林が必要。
- 植林可能エリア：約9億ha（J.-F. Bastin et al., 2019）
 - 植林により、2千億tCの追加的な炭素固定が可能
 - ただし、早い成長量が見込めない乾燥地に集中
 - IPCC AR5では半乾燥地の農民生計のリスク言及

たしかに、植林（特に乾燥地）のポテンシャルは高い
しかし、膨大なお金と時間が必要
→植林した分だけ評価されないと続かない



出典) J.-F. Bastin et al., 2019

背景

日本企業の植林活動のPR方法

- 植林を実施するほとんどの日本企業は、SDGsの17の目標への貢献をPR
 - CDP（森林）やゼロ・デフォであまり活用されていない
 - 実際の植林貢献度が不透明 →企業努力が定量的に評価されない？ →ESG投資につながらない？

ダイキンのCSRのページ



ヤマハのサステナビリティのページ



背景

グローバル企業の植林活動PR方法

- アップルは2030年までに排出0達成を宣言 →ESG投資呼び込み
 - その達成には植林による吸収を利用と明記
 - 達成のための投資基金（Apple fund）を設立
- オフセットのためケニアにてVCS植林等を実施中（右下）



植林による貢献度を定量化し、それを会社が目指す目標達成に利用している →投資呼び込みやすい？



- 日本の企業による植林促進 → 企業ニーズに合わせた植林の貢献度可視化手法を開発・普及
- ニーズはVCS等のクレジット化（第3者販売）に限らない
 - 炭素固定以外の貢献度（住民便益、生物多様性等）も重要

- 企業ニーズと貢献度に応じた対応

貢献度 (効果)	CSR、自社 による定性 評価	非財務情報開示 (TCFD, SBT, グリーン ボンド等) → ESG投資につなげる	第3者へ販売	CSR (従 来)	クレジット (既存の制 度に準拠)
炭素固 定	自社計算、 IPCCデフォ ルト値	GHGプロトコルに沿っ て算定（自社排出オフ セット）	既存スキーム (VCS 等)	↓	グローバル企業なら、VCS等の既存の評価の クレジットスキームに沿えばよい
生物多 様性	写真	TNFD、生物多様性イニ シアティブ	既存スキーム (CCBS 等)	↓	普通の日本企業にはハードル高い？
住民便 益	参加人数	ソーシャルボンド		↓	全企業がクレジットが必要なわけではない？

非財務情報開示用の貢献度可視化手法を検討

- 明らかにしたいこと
- 本事業ではどの程度レベルの貢献度可視化を目指せばよいのか？ → CSR<??<クレジット
 - どの程度の企業が「非財務情報開示（ESG投資）」のための途上国植林を検討しているか？
 - Yes → どの基準(認証)をクリアする必要があるか？
→ VCS? Or JIFPRO認証? Or 既存ガイドラインに沿って自社評価でもOK?
→ 非財務情報開示で貢献度を提示後、どのような形でそれが企業価値やESG投資につながるか？
 - No → 可視化（定量評価）は必要か？、必要な場合、可視化した貢献度をどう使うつもりか？、
- ヒアリング対象
- 民間企業：今年度はJIFPROに植林の問い合わせした企業中心(商社、一般メーカー、石油、製紙等)
 - 監査法人：棚橋氏に聞いてみる？
 - 資産運用会社：野村アセットマネジメント、三井住友ファイナンス&リース（既にコンタクト）等
 - その他：ESG情報開示研究会等の既存の組織やプラットフォーム、NGO（CI、WWF等）
- ヒアリング前の事前調査（これも報告書に記載してほしい）
- 既に途上国で植林を行っている欧米企業は、その貢献度をどう可視化し、どのような仕組みで活用しているか？
 - ヒアリング時の基礎知識として、専門用語の理解（SBTi、CDP、TCFD、グリーンボンド等）



イニシアティブ	対象企業	可視化対象	日本の参画企業数	主な参画企業
TCFD	全世界	気候関連リスク（排出量）、機会	878（2022年5月25日現在）	アジア航測、コマツ、国際航業、応用地質、ダイキン、伊藤忠、ソフトバンク、大手銀行など
通常SBT	全世界	排出量削減	164（認定）、38（コミット） （2022年時点）	国際航業、ヤマハ、住友林業、大手電機メーカー、大手建設企業、大手飲料メーカー・食品メーカー
中小企業むけSBT	全世界	排出量削減	53（認定取得企業数）（2022年時点）	要リソースシステム、エコ・プラン、大川印刷、共愛、大同トレーディング
GHG排出量算定・報告・公表制度	日本	排出量	特定事業所排出者：12,150 特定輸送排出者：1,314(H30年度)	略
TNFD	全世界	生物多様性	27（2022年時点）	国際航業、ヤマハ、丸紅、三井物産株式会社、アサヒグループホールディングス、プリマストン、
経団連生物多様性イニシアティブ	日本	生物多様性	256(2022年時点)	コマツ、伊藤忠、豪松、丸紅、大手銀行、大手飲料・食品メーカー、大手建設
CDP	全世界	気候変動、森林、水セキュリティ	気候変動（427）森林（56）水（223）（2021年レポート/2022年公表）	小松（気候変動）、ダイキン（気候変動）、ヤマハ（気候変動）、花王、伊藤忠、住友林業
RE100	全世界	再生エネルギー	72(2022年時点)	富士通、日清食品、朝日、キリン、花王住友林業、建設・電気機器・小売が多い。
グリーン・サステナビリティボンド	全世界	社会便益・環境便益の見込まれる事業	398（発行件数）（2022年6月時点）	長野県（森州の森林づくり）、アサヒ（アサヒの森維持費）、住友商事（森林事業）、丸紅（認証付き植林事業）、住友林業（ニュージーランド山林資産取得リファイナンス）

既にイニシアティブ参画企業に、海外植林の貢献度をどのように可視化したいかヒアリング予定

- 委員会の設置・運営
- 植林の貢献度を評価（可視化）する既存の手法・事例を整理・分析 → 議題3で進捗報告
- 企業の植林の貢献度可視化ニーズをヒアリング
- どんな形で貢献度を可視化できると植林活動に参画しやすくなる？、非財務情報として使える？
- 実証試験を通して可視化手法を開発（民案企業委託、2件/年） → 議題2で進捗報告
- 事業紹介（普及）のためのWebサイト構築
- 国内セミナー開催
- 林野庁への報告書作成・提出



R4年度からの5ヵ年事業
来年度以降も続く予定



分類	評価項目	指標（例）	測定（モニタリング）・判断方法
環境面	気候変動緩和	炭素/CO ₂	炭素ストック/CO ₂ 吸収量
	生物多様性（生態系）	生物相	種数・種組成・指標種等
	生産持続性/環境汚染防止	景観構造	天然性、複雑性、面積等
	自然災害リスクの低減（適応）	土質、水質	土壌有機物・水質インデックス等
社会面	地域住民の生計向上（セーフガード）	山地、河川、沿岸	脆弱性低減インデックス等
		収入（収入・就労機会など）	販売・自家消費量
		地域社会や先住民の権利尊重	追加的勤務日インデックス
			土地・森林へのアクセス、利用、権利の確保
			プロジェクトに関する意思決定への参加度
両面	高い保護価値（HCV）	HCV森林の保護（保護林の設定）	HCVアセスメント及び保護面積等

- 実証試験
- 実際の植林地（既存or新規植林地）において、その貢献度（炭素固定量、生物多様性、住民便益等）を可視化する
- 公募によって実施者を選定
- 森林づくりを実施中・予定の民間企業・NGOを対象
 - 業務内容：
 - 民間企業向けに森林づくり活動の貢献度可視化モデル提示
 - モデル対象となる植林地を選定
 - 可視化したい貢献度に適した指標、それに応じた測定方法を検討、実際に現地で測定
 - 技術検討委員会でも妥当性を検証・審議
 - 公募期間：5月19日（木）～6月13日（月）
 - 委託金上限：440万円（税込）
- 公募結果
- 4社から提案があり、そのうち、コマツとアジア航測の提案を採用予定
 - 4社の提案概要は次のスライド

ケニア半乾燥地におけるICT※ソリューションを用いた
長根苗植林の貢献度可視化（コマツ+JIFPRO共同実施）

※：ICT：Information and Communication Technology

国際緑化推進センター（JIFPRO）
柴崎 一樹

2 コマツの提案内容



3 コマツがケニアでの植林を提案した背景

- コマツ：世界的な建機メーカー
- 林業ビジネスにも注力
 - 林業用の植林・伐採機械を販売

- コマツのアフリカでの林業ビジネス展望
 - 海外にて林業によるカーボンニュートラルに貢献
 - コマツ会長が経団連サハラ地域委員会の委員長
 - アフリカの造林困難地域において、自社技術を使えないか
 - ケニアはJCM国であり、日本企業が植林事業する可能性あり

世界の林業機械メーカーがアフリカでの
ビジネス展開を見据えて本業務に応募

4 本業務でコマツが提案する技術（ICTソリューション）

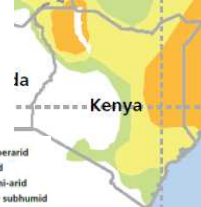


ここまでがコマツの提案内容
→それを基に以下JIFPROでケニアでの調査案を策定（本調査業務はコマツとJIFPROの共同で実施する予定）

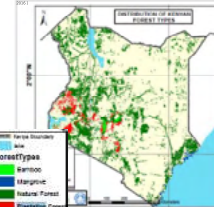
ケニアの森林

- 国土の大部分は半乾燥地や乾燥地
- 2030年までに森林率約7%→10%の政策目標 →+3%は…+約170万haに相当
- 2014年時点で22万ha植林済みで、その半分は私有地で植林（Kenya National Forest Programme, 2016）
- 私有地では小規模農家（＜3ha）が農地にモザイク状に植林（Woodlots）（後ほど動画で紹介）
- 植林地は非乾燥地やDry subhumidに集中（下中図）→乾燥地では進んでいない

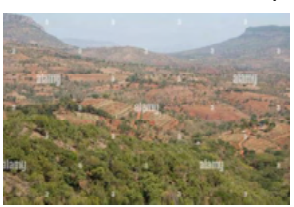
ケニアの乾燥地分布（出所：FAO）



ケニアの植林地（赤）（出所：Kenya National Forest Programme, 2016）



ケニアのモザイク状の農地イメージ（出所：Alamy）

コマツ技術を使っ
たケニアでの調査
内容（JIFPRO案）

ケニア湿潤地における企業による先行植林事業 (KOMAZA)

■ 湿潤地では小規模農家による植林事業（企業）がいくつか既に存在

■ KOMAZA（スタートアップ企業）

■ 小規模農家を対象にした「苗木提供+立木買い取り」のプラットフォームを構築

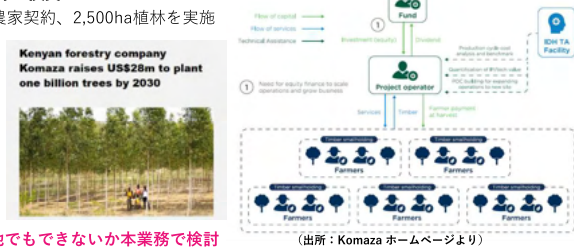
■ 早生樹（*Mellia volkensii*, *Eucalyptus hybrid*）

■ 三井物産やアップル等が投資

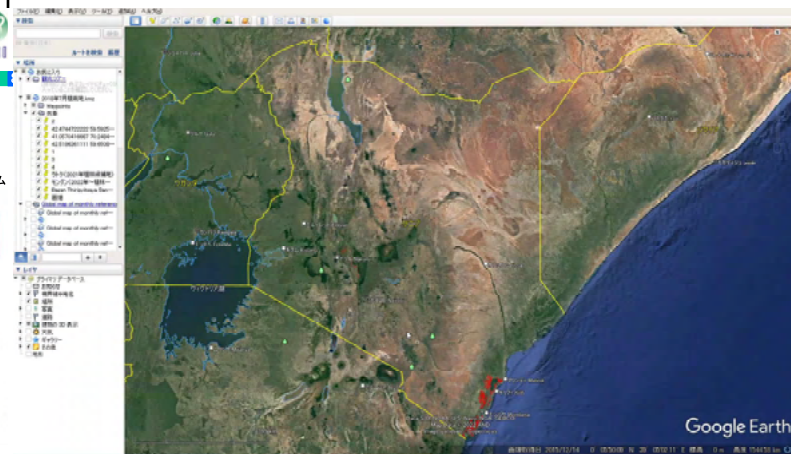
■ 2017年時点で9,000農家契約、2,500ha植林を実施

■ VCS、CCBを申請中

KOMAZAの小規模農家を対象にして苗木提供・立木買い取りシステム



同様のシステムが半乾燥地でもできないか本業務で検討



乾燥地の森林劣化の一因は薪炭採取

(Kenya National Forest Programme, 2016)

■ 特に炭の市場が大きく、天然林の劣化が深刻

■ 年間生産量250万t、年市場11億USD（GDP：955億USD）（Kenya National Forest Programme, 2016）

■ 70万人が炭生産・取引に関与（Mutimba and Barasa, 2005）

■ 薪炭市場は大きい、半乾燥地での薪炭植林地はほとんどない（ケニア森林研究所）

■ 良質な炭になるアカシアだけが採伐された劣化林が増加

■ 2018年に炭生産と売買が禁止になったが生産継続（Hayson et al., 2021）

■ 薪炭の需要は安定 → 植林による供給が急務

■ 半乾燥地にも小規模農家の未利用のモザイク農地が点在（ケニア森林研究所）

木材製品供給ポテンシャル（百万m³）（Kenya National Forest Programme, 2016）

	燃料	炭	木材	ボール
国有天然林	0.5	0.3		
国有植林地	0.3	0.2	1.3	0.2
私有天然林	1.9	1.0	1.3	0.2
私有植林地	0.5	0.3	0.4	0.6
私有農地	10.3	5.6	4.4	1.5

→ 本業務で半乾燥地における薪炭供給用の植林の貢献度を可視化できないか？



ケニア半乾燥地での植林の課題と解決策

■ 半乾燥地で植林が進まない原因は？

■ 植栽コストが高い（穴掘り、灌水）

■ 活着率が悪い、成長が遅い（活着率が50%前後という報告（Magaju et al., (2020) もあり）

■ 植栽が雨季初めに限定+降水不安定 → 植栽時期を逃しやす → 林業成立しづらい

■ JIFPROは乾燥地造林の植栽可能時期拡大のため「長根苗」をミャンマーやケニアで試行



ケニアで開発中の長根苗技術

■ ケニアで薪炭樹種を含む25樹種で長根苗を育苗

■ ほぼ全樹種で長根苗ができること実証（右表）

■ 植栽可能時期を広げられるか？ → 乾季植栽試験中

■ 長根苗課題：深い植穴の掘削

■ アフリカ乾燥地特有の硬い土壌が点在しエンジンオーガでも掘削が困難 → コマツの重機が使えないか？

ケニアにて長根苗の育苗スクリーニングした25樹種

学名	科名	苗木	育苗5か月時点
<i>Acacia polyacantha</i>	豆科	マメ科	植栽OK
<i>Acacia kirkii</i>	豆科	マメ科	植栽OK
<i>Acacia senegal</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Acacia tortilis</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Acacia robusta</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Balanites aegyptiaca</i>	木犀科	マメ科	5か月以上必要
<i>Cassia siamea</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Crotalaria retusa</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (外来種)	豆科	マメ科	植栽OK
<i>Faidherbia albida</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Gmelina arborea</i>	木犀科	マメ科	植栽OK
<i>Ngatia africana</i>	木犀科	マメ科	5か月以上必要
<i>Markhamia lutea</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Yulisia indica</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Moringa oleifera</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Oryza lanceolata</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Schinus molle</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Simba siamea</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Simba spectabilis</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Terminalia indica</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Terminalia brownii</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Terminalia sp.</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要
<i>Vigna sp.</i>	豆科	マメ科	植栽OK
<i>Ziziphus mauritiana</i>	豆科	マメ科	5か月以上必要

長根苗によって、植栽可能時期拡大 → 乾燥地でも林業成立？

本業務が目指す半乾燥地での森林づくりモデル

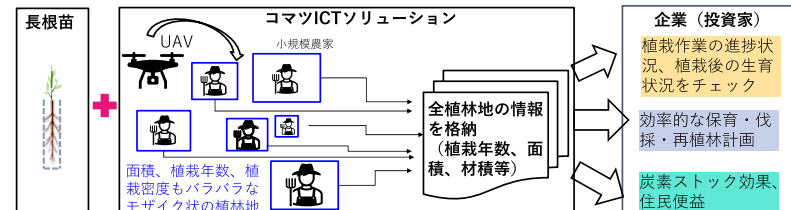
■ 長根苗+コマツICTソリューションを用いた小規模農家を対象にした薪炭林づくり

■ 小規模農家のモザイク状植林地でも確実な造林が担保できれば → 企業が投資しやすくなる

■ 植栽後の生育状況、収穫予測、現存量等の情報を遠隔かつ効率的に管理する必要があり

■ → 小規模農家が植栽した苗木1本1本をコマツICTソリューションで管理できないか？

■ + このシステムで、炭素ストック、住民便益、天然林への圧力軽減効果等も可視化できないか？



乾燥地+小規模農家でも「長根苗」+「効率的立木管理」で企業による苗木提供+買い取りビジネス成立？

モンゴルの森林事情



2

モンゴル乾燥地における灌木植林の
貢献度可視化検証業務（アジア航測株式会社実施）国際緑化推進センター（JIFPRO）
高原 繁

- 人口：327.8万人（2020年）
- 国土面積：156.5百万ha（約80％が放牧地として利用されている）
- 砂漠化進行の影響を受けている土地面積割合：76.9％
- 政府植林事業：
 - ①「グリーンベルト全国計画」、ゴビ砂漠と砂漠性草原帯の過渡地帯が主な対象地、2005年から実施し、現在も進行中。
 - ②「10億本植樹国民計画」、砂漠化防止と気候変動緩和を目的に、2021年～2030年で約14億USDを投資予定。うち、45％を民間資金に、20％を国際援助に期待。
- 植林面積
植林面積：2015年10,700ha、2019年25,800ha

砂漠化の進行に比べ植林が進んでいない。

乾燥地灌木植林にフォーカスした理由



対象地概況



4

- 乾燥地における高木植林の限界（長期渇水による弊害）
 - ・長期渇水のための水資源の制約
 - ・渇水によるコスト増
 - ・過度な渇水による二次的な環境問題（地下水の枯渇、塩類集積等）
- 乾燥地域の灌木植林のメリット
 - ・渇水不要または短期間の渇水で成林
 - ・短期間で成林する（森林機能効果や収益効果を早期に発現）
 - ・郷土樹種利用により、生態系への負荷軽減

- 対象地⇒モンゴル国ボルガン県ダシンチレン郡
 - 地形・植生分類：高原・ステップ（草原）地帯
 - 面積：24.37万ha
 - 放牧地面積：19.53万ha（うち牧草被覆率50％以下に劣化した面積割合73％、2015年）
 - 降水量：直近3年間200mm前後（変動幅150～300mm）
 - 主要産業：牧畜業（2020年家畜頭数259,449頭）
 - 人口：3,169人（うち専業牧民708人、2020年）

対象地概況

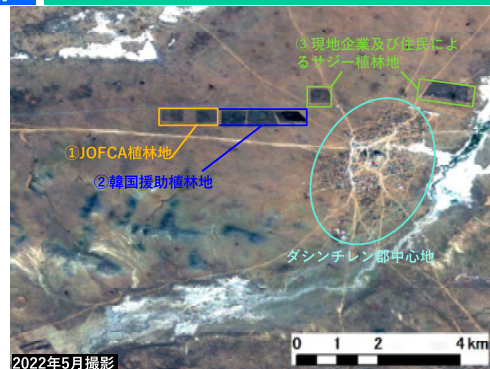
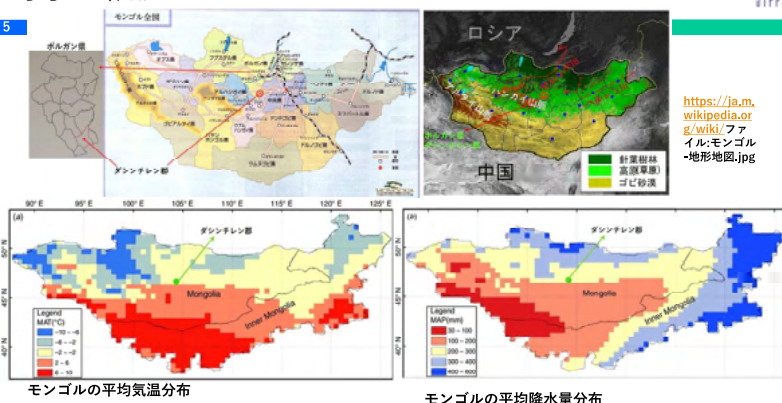


ダシンチレン郡における植林の現状



5

6



	植林地	植栽年・樹種・面積
①	JOFCA植林地	2019年植栽：カラガナ10ha、 2020年植栽：カラガナ10ha、サジー2ha
②	韓国援助植林地	2005～2015年植栽：高木（ポプラ、ニレ）、45ha
③	現地企業及び住民によるサジー植林地	1990～2015年植栽：サジー、35ha

カラガナとサジーを植林樹種に選んだ理由



植林地の様子 1



■ **カラガナ**：マメ科ムレスズメ属の灌木（*Caragana micorphylla*）。樹高1～2.5m。寒冷乾燥地に強く、降水量150mm前後でも無灌水で植林可能。萌芽再生力が非常に高い。幹、枝葉を粉末状に粉碎してペレットに加工すれば嗜好性が格段に良くなり、良質な飼料になる。

■ **サジー**：グミ科ヒッポファエ属の灌木（*Hippophae rhamnoides*）。中国名の「沙棘」。樹高が2～4m。葉や若枝は栄養価値の高い家畜飼料。果実は栄養価が非常に高く「スーパーフード」の異名を持つ。栽培は一般的に降水量が400mmが必要であるが、工夫すれば200mm前後の乾燥地でも無灌水或は植付け当年の2,3回灌水で植林可能。

いずれも、乾燥地における生育（自己再生・繁殖）力が最も強く、土壌水食・風食の防備機能に優れていると同時に、林産品の経済収益性も高い。



韓国援助による植林地 2005～2015年にかけて植栽樹種はポプラ、ニレなど高木がメイン。補植を繰り返していることもあり、樹高は1.5～2mが大部分を占める。写真の手のフェンスの外は家畜の放牧はできるが、家畜が助ける範囲は狭いので、素通りすることが多く、本来の植生はかなり回復している。



地元の住民が栽培しているサジー。植栽してから10年ほど経つ。樹高は2m前後で、根元の直径は5cm前後になっている。植栽してからおよそ3年後から果実の実りが始まり、5,6年後から量産期に入る。

植林地の様子 2



対象地（乾燥地）における植林の課題と可視化の必要性



■ 荒廃地面積に比べ植林が進んでいない。
「10億本植樹国民計画」が実施されても、砂漠化地域の4%しか回復できない。

■ 植林にはフェンスの設置と灌水経費などコストがかかる。

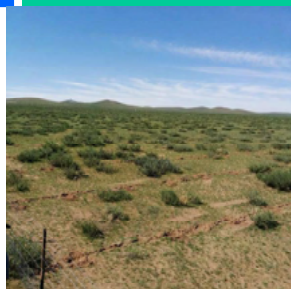
住民のインセンティブのみによる大規模な植林は困難

■ 1990年代初期頃からサジー植林が始まり、2015年頃まで住民等の個人による植栽は約1万本、企業による植栽は約3.4万本。以降ほとんど増えていない。

■ 植林の貢献度が見えにくい。

乾燥地の植林技術が難しく、植林木の成長も遅く、成果発現までに長期間

炭素蓄積＋その他の環境・社会・経済的効果を可視化することにより、植林の貢献度を示し、民間投資を拡大



JOICAが2019年5月にフェンスを設置し、その1ヶ月後に植栽を始めるための植林地。草むらのように見えているのは現地に自生しているカラガナのコロニー。植栽するカラガナは飼料価値が高い樹種。



JOICAが2019年春に植栽したカラガナの2020年夏の様子。50cm程に成長しているが、また草本層を抜け出していない。



JOICAが2020年夏に植栽したサジーの秋の様子。この植林地は1年前からフェンス設置したこと、本来の草本類はかなり回復している。

対象地域の牧民の生活・生計の課題



植林貢献度の可視化と貢献度向上



→ 単一生計手段からの脱却 → サジー植林

→ 自然牧草以外の家畜飼料 → カラガナ植林

植林に対しては政府が土地を区画して無償で提供している

■ 森林づくり貢献度の可視化

- 灌木炭素ストックの可視化（気候変動緩和）
- 地域環境保全貢献の可視化⇒植林による砂漠化進行の軽減（砂漠化防止）
- 住民便益貢献の可視化⇒灌木林産品生産の収益性の数値化と経営管理の効率化（サジー林の果実生産経営＋カラガナ林の家畜飼料の原料としてのポテンシャル）

■ 貢献度を高める植林技術やアプローチの検討

- 新たな乾燥地灌木樹種の情報収集・整理



■ 炭素ストックの検証

UAVによるサジの現地既存10年生植林地+JOECAのサジとカラガナ植林地の計測

- ・サジについては、単木の樹高と、地上調査+乾燥による単木炭素量との比により推定。
- ・カラガナは植栽木がまた稚樹であるため、対象エリアにあるカラガナ自生木を計測し、バイオマスを推定。

注) 上記UAVによる撮影は植林前後の2回の実施が望ましいが、今回は植林後の1回の撮影を想定している。そのため地盤高の誤差を軽減すべく、場合によっては撮影の前に草刈等を行う。

■ 植林による砂漠化軽減効果の検討

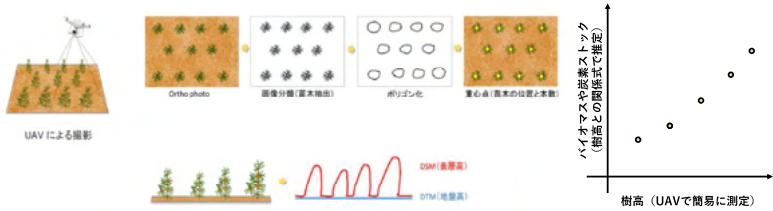
衛星画像による無植林地と植林地周辺の経年変化を調べる

- ・衛星画像（GSD10mを想定）のNDVI等により過去5年程度の植生の経年変化を把握することで砂漠化軽減効果の可視化の可能性を検討する。

■ 植林地保護フェンスによる林内草本類回復状況の判別可能性検討

衛星画像（GSD50cmを想定）によりフェンス設置有無による植被率等の違いを数値化して比較できる可能性を検討。

UAV空撮によるバイオマスや炭素ストックの計測の簡略図解



■ サジ果実の住民便益の可視化

- サジの果実収穫量の数値化：文献調査と面談調査で、結実開始年、収穫可能年数、逐年収穫量などの情報を収集、統計、整理。
- リモセン・GIS技術を用いた収穫量の推定の可能性検討：本数、樹冠高、単木の結実枝本数及び樹冠容積のデータをUAVの活用で手軽に取得し、モニタリングでできることで、果実収穫量の推算が簡単にできる方法を検証する。
- 経営コストの数値化：面談調査と資機材市場調査で、フェンス設置コスト、灌水コスト、病虫害防除等植林及び維持管理コスト、果実収穫コストと販売収入（単価、数量、ロス等）を収集・集計する。
- 販売市場の予測：面談調査と情報収集で、サジ関連商品のモンゴルと世界の開発、流通、価格変動、新商品開発の動向などを整理、分析する。

■ カラガナの飼料原料としての住民便益可視化

- カラガナ地上バイオマスの数値化：文献調査、UAV空撮とサンプル木実測で、植栽木の単木バイオマス、植林地内のカラガナ自生群（コロニー）のバイオマスを、飼料原料の産出量を算出する。同時にカラガナ木の炭素ストックの可視化についても検討。
- UAV・GIS技術を用いたカラガナ植林地モニタリングの可能性検討：植栽後の苗木位置、生育状況、病虫害や動物食害状況等の情報の簡便なモニタリングについて検討。
- カラガナ木飼料の将来性：面談調査と情報収集で、モンゴルにおけるカラガナ飼料の事業化や将来性について整理する。

森林づくり活動の貢献度可視化：
植林によるCO₂吸収量の可視化手法

公益財団法人 国際緑化推進センター 仲摩 栄一郎

1

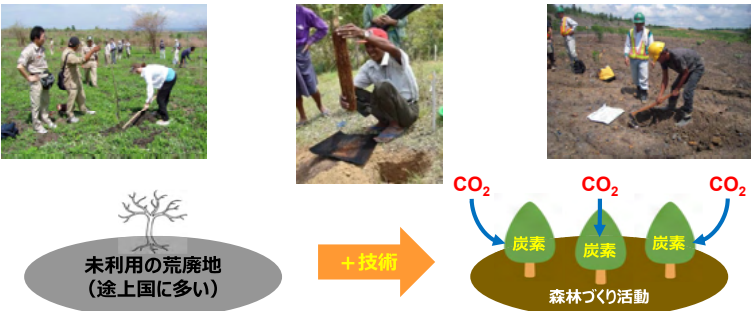
植林によるCO₂吸収量の可視化手法
発表内容

- 1. 本事業における目標
- 2. 既存の評価手法の分析
- 3. 今後の方針について

2

1. 植林によるCO₂吸収量の可視化手法の開発目標

植林による炭素吸収能力（ポテンシャル）



CO₂吸収量の可視化により、民間企業等による途上国での植林活動を促進³

国・地域	植林樹種	炭素吸収能力 (tCO ₂ /ha/年)	備考
東南アジア	ユーカリ	20～40	IPCC (2019) より
ベトナム	アカシア	16～33	JIFPROの調査により推計
インドネシア	マングローブ	16	JIFPROらの調査により推計
ミャンマー (乾燥地)	ユーカリ	10	JIFPROの調査により推計
日本	スギ	8.8	林野庁ウェブサイトより

注）植林木が成長している期間における推計。植林木を伐採した場合は、それまでに吸収したCO₂が再放出される。



本事業における植林によるCO₂吸収量可視化手法の目標

- 本事業において、植林によるCO₂吸収量の可視化手法に求められる要素
 - ✓ 低コスト
 - ✓ 簡易
 - ✓ 小規模から大規模まで広く適用可能
- 既存の情報及び事例を分析し、上記の観点から可視化手法を提案し、実証試験を通して、実用可能性を見極め、最適な可視化手法を開発する

5

2. 植林によるCO₂吸収量の評価手法（既存）の分析

規模	地球	国別報告	プロジェクト				企業報告
枠組	-	国連管理	国連管理	二国間	国内制度	民間主導	民間主導
対象	- IPCCが使用するグローバル規模のモデル	- UNFCCC国別GHGインベントリ報告、京都議定書(KP)報告：(LULUCF) - 途上国REDD+	- CDM新規植林/再植林(A/R)	- 二国間クレジット(JCM)(日本)(A/R,FM) - ACCUs (豪州)(KP準拠)	- J-クレジット(日本)(A/R,FM) - ACCUs (豪州)(KP準拠)	- VCS (Verra) - Gold Standard 等	- 科学に基づく目標(SBT)認定等
評価手法	- 推定モデル(Bookkeeping Models, Dynamic Global Vegetation Models等)	- IPCCガイドライン(2003, 2006, 2019等) - REDD+スタンダード方法論(推定モデル(Tier3)含む)	- CDM承認方法論(A/R)	- JCM承認方法論(REDD+, A/R)	- 各承認方法論	- 各承認方法論 (ARRについては、CDM承認方法論も使用可)	- GHGプロトコル：森林・土地及び農業(FLAG)等
データ・パラメータ	- 地上調査 - リモセン	- 地上調査 - リモセン - 規定値	- 地上調査 - リモセン - 規定値	- 地上調査 - リモセン - 規定値	- 地上調査 - リモセン - 規定値	- 地上調査 - リモセン - 規定値	- 開発、試行中

6

国際航空のためのカーボン・オフセット及び削減プログラム（CORSIA）クレジット使用が認められた民間主導の排出削減スキーム（森林分野）

	スキーム	対象（森林分野）
1	Verra: Verified Carbon Standard (VCS)	林業（Forestry）：新規植林、再植林及び植生回復（ARR）、森林管理の改善（IFM）、及びREDD+
2	The Gold Standard (GS)	土地利用及び森林（Land Use & Forests）：A/R、及び農業（AGR）
3	American Carbon Registry (ACR)	AFOLU：A/R、IFM、及び森林転用防止（Avoided Conversion of Forest）
4	Architecture for REDD+ Transactions (ART)	TREES：新規植林（Removals）、REDD+、及び高森林被覆・低森林減少（HFLD）
5	Climate Action Reserve (CAR)	森林（Forest）、及び再植林（Reforestation）Climate Forward.orgが方法論を開設

➤ CORSIAに申請したが、認められなかったスキームとして、CDMのA/Rが挙げられる。その理由として、CDMのA/Rが採用している反転リスクへの対処方法（期限付きクレジット）は、CORSIAのクレジットとしては技術的に互換性がないと評価。

出典）ICAOウェブサイト（2022年6月16日閲覧）

7

既存スキームの要件

	スキーム	対象 (植林関連)	追加性/ ベースライン	リー ケージ	推定精度 (不確かさ)	非永続性／反転リスク		他分野の排出 をオフセット (取引)
						リスク評価	対処	
0	CDM	A/R	○	○	90%信頼区間 基準超過分は割引	なし	期限付きクレジット (補填義務あり)	可
1	VCS	ARR	○	○	同上	リスク要因別 スコア評価	リスク評価に応じて バッファを徴収	可
2	GS	A/R	○	○	同上	同上	同上	可
3	ACR	A/R	○	○	同上	同上	同上	可
4	ART	Removals	○	○	同上 (モンテ・カルロ)	緩和対策の 有無評価	同上	可
5	CAR	Reforesta tion	○	○	同上	トン・年計上/長期管理保証/ リスクプール/保守的予測(選択可)		可
6	SBT (FLAG)	Removals & storage	基準年との 比較方式	不要 ?	?	報告時に現存する蓄積量を評価 (反転の際にはマイナス計上)?		×

➤ 他分野の排出量をオフセット（取引）できるスキームは、ベースラインに対する追加性、精度、及び非永続性／反転リスクへの対処が必須。一方、オフセット（取引）を想定しないスキームでは、それらの必要はない。

8

CO₂吸収/排出量の推定対象となる炭素プール

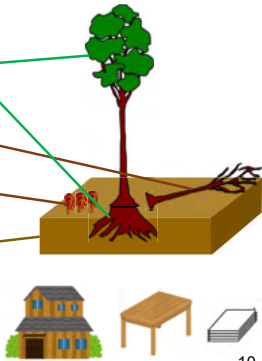
	スキーム	対象 (森林関連)	生体バイオマス				枯死 木	リター	土壌 有機炭素		伐採木材 製品 (HWP)
			樹木		非樹木				鉱質	有機質	
			地上	地下	地上	地下					
0	CDM	A/R	○	○	－	－	△	△	△	△	－
1	VCS	ARR	○	○	△	△	△	△	○	○	－
2	GS	A/R	○	○	△	△	－	－	－	－	－
3	ACR	A/R	○	○	－	－	○	○		○	○
4	ART	Removals	○	△	△	△	△	△	△	○	－
5	CAR	Reforestation	○	○	○	○	△	－		△	－
6	SBT (FLAG)	Removals & storage	○	○	?	?	○	○		○	(○)
7	J-クレジット	森林管理	○	○	－	－	－	－		－	－

➤ 国際的にクレジット取引が認められたスキームでも、必ずしも全ての炭素プールを対象としている訳ではない。

9

農業・林業・土地利用（AFOLU）分野における炭素プールの定義

炭素プール		定義
生体 バイオマス	地上部	地上にある、生きている木本及び草本植物の全てのバイオマス（幹、切り株、枝、樹皮、種子及び葉を含む）
	地下部	地下にある、生きている根の全てのバイオマス
枯死 有機物	枯死木	リターに含まれない、立っている、地面にある、又は土壌中にある生きていない全ての木質バイオマス（枯死木の最小直径（5cm等））
	リター	枯死木と土壌有機炭素に分類されない、生きていない全てのバイオマス
土壌有機物		特定の深さまでの土壌中の有機炭素（深さのデフォルトは30cm、土壌有機物の上限値（掘受2mm））
伐採木材製品 (HWP)		伐採後に製材、木質パネル、紙として利用されている木材製品



出典）IPCC (2006)

10

VCSとJ-クレジットの比較：規定①

項目	VCS（植林）	J-クレジット（植林）
期間	20年～100年間	原則8年間＜見直し案＞最長16年間
適格地	故意に伐採されていない（又は、過去10年間）非森林地。	・地域森林計画や市町村森林整備計画等に含まれる樹種 ・2013年3月31日時点で、森林計画対象森林でなく、かつ、森林の定義を満たしていない土地のうち、木本性植物が生育している樹園地、及び都市緑地を除く土地。
追加性	投資分析、又は(バリア分析)かつ一般的慣行分析。	上記の適用条件を満たせば、追加性の証明は不要。
ベースライン	プロジェクトが実施されない場合の吸収量を推定。	(植林) 植林前の生体バイオマスの成長量をベースライン吸収量を推定。農地、草地、開発地等に植林する際はゼロと設定。 (再造林(新設案)) 無立木地が対象となるため、ベースライン吸収量はゼロと設定。
リーケージ	推定必須。	推定不要。

➤ J-クレジット（植林）は、京都議定書の下での日本国の森林吸収量クレジット（RMU）の新規植林・再植林の算定・計上方法に準拠した仕組み。このため、個別プロジェクトベースのVCS（植林）とは異なる点がある。

11

VCSとJ-クレジットの比較：規定②

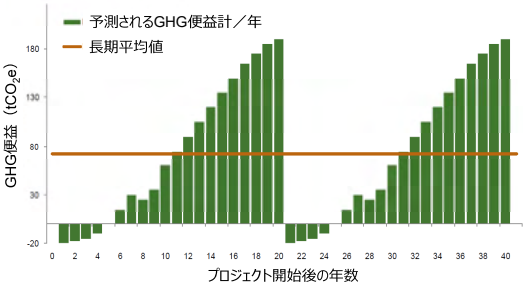
項目	VCS（植林）	J-クレジット（植林管理）
主伐・再造林	プロジェクト期間を通して、GHG便益（CO ₂ 純吸収量）の長期平均値を予測し、それを上回る量のクレジットは発行しない。	主伐で伐採された森林の炭素蓄積量を排出計上。＜見直し案＞主伐による排出を計上した後に、再造林により植栽された樹種が標準伐期齢等に到達した時点の炭素蓄積をクレジットとして計上可。ただし、前生樹の排出量を上限とする（※1）。
永続性の担保／反転リスクへの対処	リスク評価に基づき、クレジット発行量からバッファ（保険）を徴収しプール。クレジット期間内に、反転が発生した場合にはバッファ・プールから補填。	・認証対象期間の終了から10年間、プロジェクト実施者の責任で反転が発生した場合には自ら補填。 ・自然攪乱や収用などの避けがたい土地転用が生じた場合には、バッファ管理口座から補填（クレジット発行量のうち3%を事前に徴収）。
精度／不確かさ	炭素蓄積変化係数の推定時に、地上調査（プロット・サンプリング）を実施し、統計上の不確かさ（90%信頼区間）を算出。基準を超過した分はクレジット発行量から割引。	規定なし（※2）。

➤ ※1：主伐後の炭素蓄積減少について救済措置が提案されている（UNFCCC報告において、大規模な自然攪乱（不可抗力）が発生した場合の“回復するまでの一時的なストック減少”とみなすルールを準用？）。

➤ ※2：サンプリングに基づく統計上の精度（不確かさ）の基準が示されていない。

12

VCS：伐採が計画されているプロジェクトのクレジット発行量



➢ 伐採が計画されているプロジェクトでは、全クレジット期間を対象として、GHG便益の長期平均値（長期平均炭素蓄積量）を予測し、それを上回る量のクレジットは発行しない。

出典）VCS (2011)

13

VCSとJ-クレジットの比較：推定方法

項目		VCS（植林）	J-クレジット（森林管理）
面積の測定		実測、又はリモセン（精度の基準は示されていない）。	コンパス測量等による実測（閉合差「5/100」又は座標値3m以下の精度を満たす）。
生体バイオマスの推定	地上部	＜蓄積差法＞ある時点において、地上調査（プロット・サンプリング）を実施し、胸高直径（及び樹高）を実測（※1）、平均値及び精度（不確かさ）を算定。査読付き論文等（n=30以上）から、樹種別のプロット形式、又は材積式を適用して蓄積量を推定。	＜ゲイン・ロス法＞幹材積成長量は、都道府県作成（又は、第三者チェックが入っている）の収穫予想表から、プロジェクト対象の森林に適した値を使用。ただし、収穫予想表の選択にあたっては、対象森林を（樹種別に）グループ化し、地上調査プロットを設定し、樹高（※2&3）、立木本数、及び胸高直径（※3）を測定し、地位を特定する。
	地下部	（係数）材積式を使用する場合、容積密度、及びバイオマス拡大係数は、（査読付き論文等から）樹種別に適切な値を選択。	（係数）容積密度、及びバイオマス拡大係数は、日本国GHGインベントリの値を適用（学術論文、研究機関等が公表している紀要等を使用することも可）。

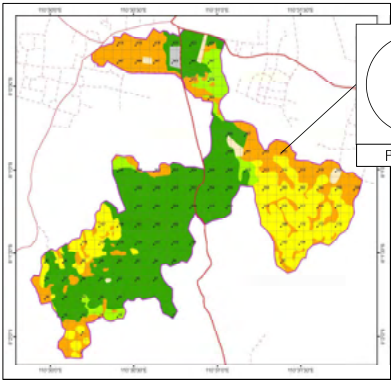
※1：地上プロットで実測した地上部生体バイオマス密度をリモセンデータへ校正して対象エリア全体を推定する手法も採用可

※2：樹高を航空機からレーザ測定し、樹種を写真やレーザ反射強度により同定する手法も使用可

※3：地上レーザ測定器（OWL 等、一般に広く用いられている機器）による測定結果を採用可

14

地上プロット調査（システムティック・サンプリング）の例



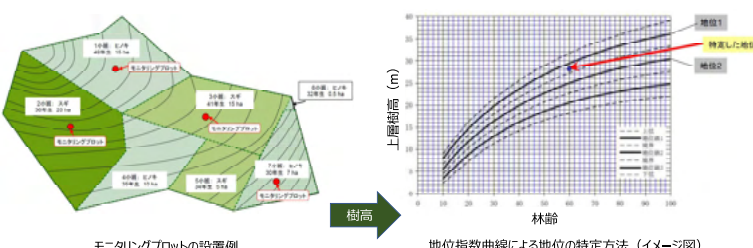
階層	土地利用分類	階層面積 (ha)	サンプル数
1	高密度林	212.8	53
2	中密度林	22.4	3
3	灌木林	88.2	19
4	アグロフォレストリー	102.5	26
5	裸地	5.7	1
6	その他	3.2	1
計		434.8	103

➢ 対象エリア（434.8ha）を、既存の土地利用分類図に従って6つに階層化。
➢ 対象エリア全体に、200m×200m間隔（格子状）で、計103個のサンプル・プロットを設定。

出典）Nakama et al. (2021)

15

J-クレジットの森林吸収量の推定方法：地位の特定



➢ プロジェクト実施地で、地位を特定するためのモニタリングプロットを設定
➢ 森林の上層（平均）樹高の平均値を算出、適用可能な地位指数曲線に代入し、地位を特定する。
➢ 地位を特定した後、適用する収穫予想表を選択する（対象森林の立木密度や林分状況を十分に考慮）。

出典）J-クレジット (2021)

16

国家インベントリのAFOLU分野の推定方法におけるTierの定義

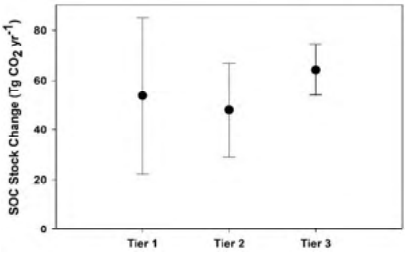
Tier	推定精度	難易度	推定方法	蓄積変化/排出係数	活動データ（面積）	備考
1	低	易	規定の式	規定値	国固有のデータ	グローバルデータが入手可能な場合も多い（例：森林減少率、農業生産統計、世界の土地被覆図、肥料使用、家畜データ等）ただし、通常、データは時間及び空間的に粗
2	中	中	規定の式	国、又は地域固有のデータ	国、又は地域固有のデータ	時間及び空間的に分別された、より高い精度のデータ
3	高	難	適切なモデル、又はインベントリ測定システム	長期間に渡る繰り返し測定。サブ・ナショナルレベルで細分化された時間及び空間的に高い精度のデータ（例：一定の時間間隔で繰り返される包括的なフィールドサンプリング、又は、複数の種類のモニタリングを統合した、林齢、クラス/生産データ、土壌データ、土地利用及び管理活動データのGISベースのシステム）		

出典）IPCC (2006)

➢ 本事業で、CO₂吸収量の推定方法の簡素化、低コスト化にあたっては、上記の国家インベントリ報告のTierの考え方を準用して、実施者の推定能力に応じて、推定方法のオプションを示すことも考えられる。

17

米国のGHGインベントリにおける土壌炭素推定値 Tier別の平均値と不確かさ（95%信頼区間）



出典）IPCC (2019)

➢ 高い精度の推定手法（高いTier）を用いる程、不確かさが小さい。
➢ ただし、実施者の能力、かけられるコスト、時間等によって、どのTierを採用できるか制約がある。

18

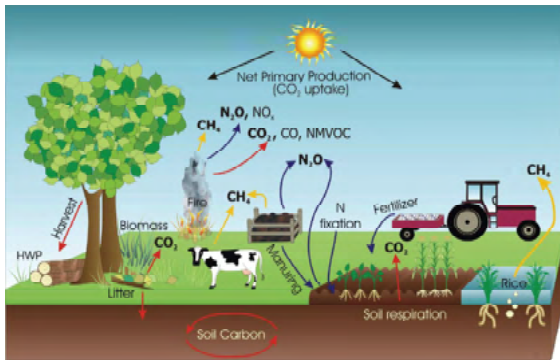
4. 今後の方針について

- 本事業の植林によるCO₂吸収量の取り扱い
 - 他分野の排出量をオフセット（取引）できるクレジットと位置付けるか？
 - オフセット（取引）できない、企業／団体の吸収量報告と位置付けるか？
- 本事業の植林によるCO₂吸収量の可視化手法（方法論）のガイドラインは、
 - 評価項目（炭素プール等）を全て必須とするか？、又はプロジェクトに応じて評価項目を選択できる方式？
 - 単一の手法を提示？、又は実施者の能力、かけられるコスト・労力に応じて、適切な手法を選択できる方式？（国家インベントリ報告のTier構造を準用）

19



生態系における温室効果ガス(GHG)の排出源と吸収源



出典) IPCC (2006)

21

森林のCO₂吸収/排出量、大気中への非CO₂排出量の推定方法（基本的な考え方）

$$\text{CO}_2 \text{ 吸収 / 排出量} = \text{活動データ (対象面積)} \times \text{炭素蓄積変化係数 (単位面積当たりの蓄積変化量)} \times \text{炭素を CO}_2 \text{ へ換算 (44/12)}$$

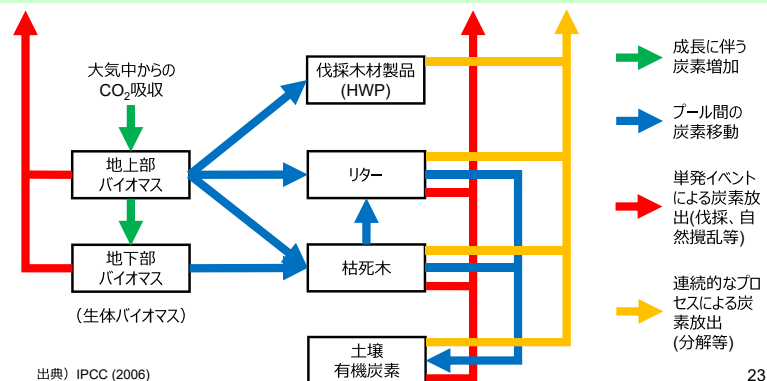
リモセン、実測等 地上調査、規定値等 (リモセンは技術開発中)

$$\text{非CO}_2 \text{ 排出量} = \text{活動データ (対象面積)} \times \text{非CO}_2 \text{ 排出係数 (単位面積当たりの排出量)}$$

出典) IPCC (2006)

22

陸域生態系における炭素サイクル



出典) IPCC (2006)

23

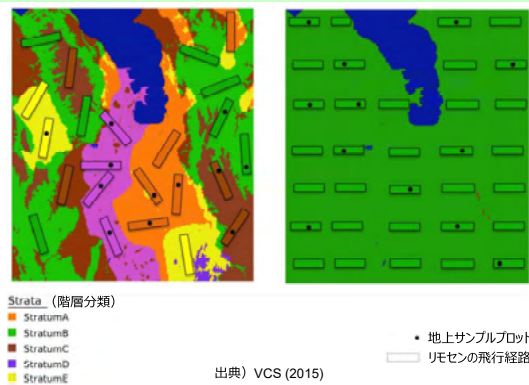
各炭素プールの炭素蓄積変化量の推定方法

ゲイン・ロス (gain-loss) 法	蓄積差 (stock-difference) 法
$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$ ΔC = 炭素蓄積の年間変化量 (tC/年) ΔC_G = 炭素年間増加(ゲイン)量 (tC) ΔC_L = 炭素年間減少(ロス)量 (tC)	$\Delta C = \frac{(C_{t2} - C_{t1})}{(t_2 - t_1)}$ ΔC = 炭素蓄積の年間変化量 (tC/年) C_{t1} = 調査時点t_1における炭素ストック量 (tC) C_{t2} = 調査時点t_2における炭素ストック量 (tC)
炭素蓄積変化量	炭素ストック量

出典) IPCC (2006)

24

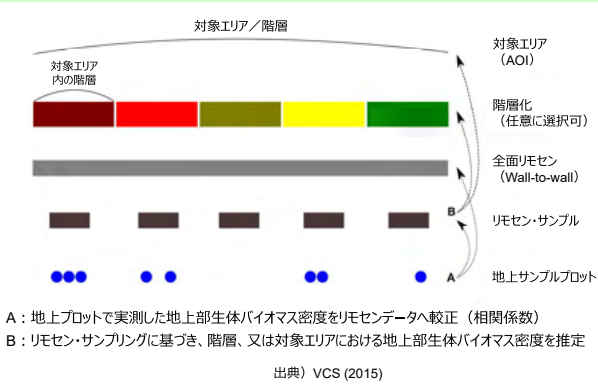
VCSの森林吸収量の推定方法：地上プロット調査＋リモセン①



出典) VCS (2015)

25

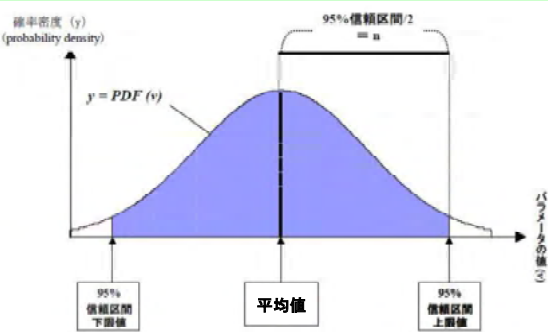
VCSの森林吸収量の推定方法：地上プロット調査＋リモセン②



出典) VCS (2015)

26

サンプリング（標本）誤差に基づく不確かさの評価手法（平均値と信頼区間）



一般的には、信頼度（信頼レベル）95%が用いられるが、国際的にクレジット取引が認められたスキームの森林分野では90%が用いられる（森林分野では不確かさが比較的大きいため緩和措置？）。

27

林野庁による国内の取組：「森林×脱炭素チャレンジ2022」

森林×脱炭素チャレンジ2022とは

民間企業や団体等（以下「企業等」という。）が支援をして行う森林整備の取組は、森林による二酸化炭素吸収量の確保・強化に貢献し、2050年カーボンニュートラルの実現にも資するものです。森林整備による地球温暖化対策を国民運動として展開する上で、これら取組の更なる拡大が必要です。

このため、新たな表彰制度「森林×脱炭素チャレンジ2022」を創設し、企業等が支援をして行った森林整備について募集し、応募いただいた企業等の皆様に、森林整備を通じて脱炭素に貢献する「グリーンパートナー」として林野庁ウェブサイトで公表します。また、中でも特に優れた取組に対し、農林水産大臣賞等を授与します。

(1) 整備した森林に係るCO2吸収量

企業等が支援をして整備した森林の、1年間のCO2吸収量

注意：

令和3年12月27日付け林野庁長官通知に記載された算定方法に基づき、申請者が算定します。

「森林による二酸化炭素吸収量の算定方法について」(令和3年12月27日付け3林政企第60号林野庁長官通知) 各都道府県で実施されている独自のCO2吸収量の認証制度等で算定された吸収量も含みます。

出典) 林野庁ウェブサイト

28

林野庁：①1年間に森林が吸収するCO2量の簡便な算定方法

(1) CO2吸収量の計算式

1haの森林（樹木）が1年間に吸収するCO2量を下記計算式により算定。

$$\text{森林1ha当たりの年間CO}_2\text{吸収量 (t-CO}_2\text{/年・ha)} = \frac{\text{森林1ha当たりの年間幹成長量 (m/年・ha)}}{\text{CO}_2\text{換算係数}} \times \text{拡大係数} \times (1 + \text{地下部比率}) \times \text{容積密度 (t/m}^3\text{)} \times \text{炭素含有率}$$

<計算因子>

○ 森林1ha当たりの年間幹成長量：

樹木の幹の部分が1年間で成長する1ha当たりの体積（材積）
算定対象森林の齢級とその1つ上の齢級の1ha当たりの材積の差を1齢級の年数（5年）で除し、算出。

○ 拡大係数：枝部分の容積を付加するための係数

○ 地下部比率：樹木の地上部（幹+枝）の容積に対する根の容積の割合

○ 容積密度：木材の容積を重量に変換する係数

○ 炭素含有率：木材の重量1トン当たりの炭素含有量を示す割合

○ CO2換算係数：炭素量を二酸化炭素量へ変換する係数（44/12）

出典) 林野庁 (2021)

29

林野庁：②再造林・保育を行うことにより森林に吸収されるCO2量の増加分の算定方法（人工林を育成する場合と育成しない場合の比較による算定）

(1) CO2吸収量の計算式

我が国の森林吸収量を確保していく上で、伐採跡地への再造林を確実に実施していくことが重要。伐採跡地について天然更新ではなく、再造林・保育を行い、人工林を育成した場合の効果の評価したい場合は、下記計算式により再造林・保育によるCO2吸収量の増加分を算定。

$$\text{再造林・保育を行うことにより当該森林に吸収されるCO}_2\text{量の増加分 (t-CO}_2\text{)} = \frac{\text{再造林・保育を行う場合と行わない場合の森林の見込み蓄積量の差 (m)}}{\text{CO}_2\text{換算係数}} \times \text{拡大係数} \times (1 + \text{地下部比率}) \times \text{容積密度 (t/m}^3\text{)} \times \text{炭素含有率}$$

<計算因子>

○ 再造林・保育を行う場合と行わない場合の森林の見込み蓄積量の差：

算定対象期間における再造林・保育を行う場合と行わない場合の見込み成長量（材積）の差

○ 拡大係数：枝部分の容積を付加するための係数

○ 地下部比率：樹木の地上部（幹+枝）の容積に対する根の容積の割合

○ 容積密度：木材の容積を重量に変換する係数

○ 炭素含有率：木材の重量1トン当たりの炭素含有量を示す割合

○ CO2換算係数：炭素量を二酸化炭素量へ変換する係数（44/12）

出典) 林野庁 (2021)

30

林野庁：③森林の育成により保持される土壌炭素量（CO₂換算）の算定方法

(1) CO₂保持量の計算式

森林の育成により保持される土壌炭素量（CO₂換算）を下記計算式により算定。

森林の育成により保持される土壌炭素量（CO₂換算）（t-CO₂）

=

土壌平均炭素蓄積量（t-C/ha）

×

森林の育成により保持される土壌量に関する係数

×

施業対象区域面積（ha）

×

算定対象年数

×

土壌が流出した場合に炭素が空气中に排出される係数

×

CO₂換算係数

<計算因子>

- 土壌平均炭素蓄積量：単位面積あたりの土壌の炭素蓄積量
- 森林の育成により保持される土壌量に関する係数：0.006
 - 〔土壌炭素の測定深度（30cm）に対する森林を育成しない場合と育成する場合の浸食深の差により算定〕
- 施業対象区域面積：育成した森林の面積
- 土壌が流出した場合に炭素が空气中に排出される係数：0.3
- CO₂換算係数：炭素量を二酸化炭素量へ変換する係数（44/12）

出典）

林野庁（2021）

31

国際緑化推進センター「海外植林のCO₂吸収量認証システム」

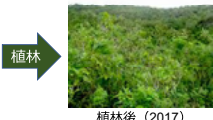
海外植林プロジェクトについて、CO₂吸収量を評価し、認証書を発行



日本の森林復元の計画



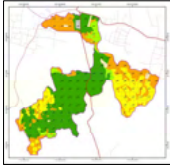
植林前（2005）



植林



植林後（2017）



出典）
国際緑化推進センター
ウェブサイト



➤ オフセット（取引）できない、企業／団体の吸収量報告との位置付け。

➤ CO₂吸収量の評価手法は、ゲイン・ロス法、及び蓄積差法、収穫表利用等、複数のオプションを提示。

32

引用文献資料

林野庁（2021）森林による二酸化炭素吸収量の算定方法について、制定 令和3年12月27日 3林政企第60号（林野庁長官通知）。
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/attach/pdf/kyushuryosantei-2.pdf>（2022年6月26日閲覧）

IPCC（2006）2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

IPCC（2019）2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

J-クレジット（2021）国内における地球温暖化対策のための排出削減・吸収量認証制度（J-クレジット制度）モニタリング・算定規程（森林管理プロジェクト用）。
https://japancredit.go.jp/about/rule/data/05_monitoring_shinrin_v2-6.pdf（2022年6月28日閲覧）

VCS（2011）VCS Guidance: AFOLU Guidance: Example for Calculating the Long-Term Average Carbon Stock for ARR Projects with Harvesting.
https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VCS-Guidance-Harvesting-Examples_0.pdf（2022年6月18日閲覧）

VCS（2015）VCS Tool VT0005: Tool for measuring aboveground live forest biomass using remote sensing.
<https://verra.org/methodology/vt0005-tool-for-measuring-aboveground-live-forest-biomass-using-remote-sensing-v1-0/>（2022年6月28日閲覧）

33

引用文献資料

国際緑化推進センターウェブサイト：海外植林のCO₂吸収量認証システム。
<https://jifpro.or.jp/support/co2/>（2022年6月27日閲覧）

林野庁ウェブサイト：森林はどれだけの量の二酸化炭素を吸収しているの？
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html（2022年6月26日閲覧）

林野庁ウェブサイト：森林×脱炭素チャレンジ2022。
https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/forest_co2_challenge.html（2022年6月26日閲覧）

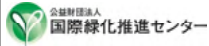
Eiichiro Nakama, Dian Ayu, Rachmat Dwi, Gunawan Setiadji, Hirotaka Sato and Moriyoishi Ishizuka（2021）Forest carbon stock estimation by systematic sampling and uncertainty analysis: Four Case studies in South East Asia. 第132 回日本森林学会大会口頭発表。

ICAOウェブサイト：CORSIA Eligible Emissions Units.
<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-Emissions-Units.aspx>（2022年6月16日閲覧）

34

164

森林づくり活動の貢献度可視化

環境・社会セーフガードの流れから
ポジティブな貢献の評価へ

2022年6月29日

藤原 江美子

1

発表内容

植林活動における環境・社会面の評価手法開発のためのレビュー報告

1. 植林活動における環境・社会セーフガードの適用
2. 環境・社会セーフガードに対応する基準
3. CCBSの基準と指標, マニュアル
4. CCBS取得済み植林プロジェクトの事例

2

1. 植林活動における環境・社会セーフガードの適用

森林関連プロジェクトは、カンクン合意以来
環境・社会セーフガードに配慮する方向へ

REDD+セーフガード

□ カンクン合意 (2010年COP16)

- (a) 国際条約との一貫性
- (b) 透明な国家森林ガバナンス
- (c) 先住民や地域社会の権利尊重
- (d) 効果的な参加
- (e) 環境・社会的便益の増強
- (f) 反転リスク対応
- (g) 排出移転の抑制

副産物の「+」から相乗便益 (co-benefit)へ

CO2排出削減+環境・社会面

■ 環境面：生物多様性保全

- 1) 生態系 2) 景観レベル

■ 社会面：人間の福利向上

- 1) 機会の提供 2) セキュリティの向上 3) 権限移譲

本事業の植林活動では環境・社会セーフガードの便益を積極的に評価していきたい

3

2. 環境・社会セーフガードに対応する基準

スクール	REDD+ 国/準国				プロジェクト				ランドスケープ		林業家	複数対応
基準名	SESA-ESMF	SEPC	REDD+SES	ESM-GL	JICA-GL	CCBS	SCS	PVS	SILR	FLR-GL	FSC認証	C&I for SMITF
提供機関	国際機関 FCPF 世界銀行	国際機関 UN-REDD	NGO CCBA, Care	国際機関 ITTO	援助機関 JICA	NGO CCBA	NGO Ecologica Institute	NGO Plan Vivo	国際機関 WRI	国際機関 ITTO	NGO FSC	国際機関 ITTO
適用対象	REDD+	REDD+	REDD+	ITTOプロジェクト	JICA林業プロジェクト	土地ベース炭素プロジェクト	気候変動	森林のみ	ランドスケープ	熱帯ランドスケープ	林業SFM	林業SFM
植林対応	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲	○
重点	社会	環境	社会	環境	環境	環境・社会	社会	社会	環境	環境	環境	環境
評価対象	悪影響	悪影響	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響	悪影響 マルチベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 コベネフィット	悪影響 ベネフィット	悪影響 コベネフィット
特徴	資金援助有	資金援助有	批判少ない	熱帯林	ガバナンス少	プラス影響評価	ブラジル中心	小規模森林	Low cost, 2020年公表 寄米向	熱帯林	林業従事者	熱帯林 国・FMU・ランドスケープ
基準	UNFCCC対応の5つの方針	7原則 24基準	7原則 28基準 64枠組	5原則7基準	8テーマ	Ver.3 20原則 95指標	5基準 森林分野 52指標	14基準 36指標	8要素各3基準	32指標	10原則70 規程200指標	7基準18指標 グループ58指標
実績	47途上国 17ドナー国	80か国	15件	全プロジェクト対象	全プロジェクト対象	REDD+107件 (再)植林プロジェクト44/141件	40件? DB不明	17か国21件	エルサルバドル	全プロジェクト対象	81か国	1200件
マニュアル	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有(?)	有

出所：FCMC 2012 (USAID), 横田ほか2012, Iwanaga et al. 2017, Yokota et al. 2021, 各機関報告書より発表者作成

4

3. CCBSの基準と指標

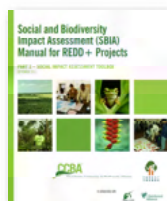
機関名：CCBA (Climate, Community and Biodiversity Alliance)

基準名：CCBS (Climate, Community and Biodiversity Standards)

□ 土地ベース炭素プロジェクト対象マルチベネフィット基準
気候変動、地域社会、生物多様性

□ 地域社会面 5 基準22指標 (全体で20基準95指標)

□ CCBSを達成するためのマニュアル (SBIAマニュアル) 有



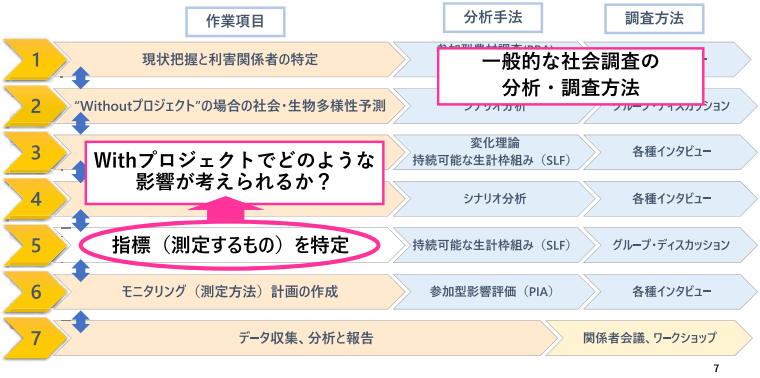
5

CCBS地域社会面の5基準

基準	コンセプト
1 Withoutプロジェクトシナリオ	1. 現状分析 (Withoutプロジェクト)
2 ネット・ポジティブな影響	2. 活動とモニタリングの計画 (Withプロジェクト)
3 他の利害関係者への影響	
4 地域社会影響モニタリング	
5 付加的な地域社会の利益	3. 活動実施、分析、教訓の共有

6

マニュアルでのプロジェクト計画の手順（地域社会面）



Withプロジェクトでの具体的なアウトカム(+)・(-)

生活環境（南米の事例）		社会・経済・文化（ウガンダの例）	
(+)	(-)	(+)	(-)
短期 ◆ 土壌生産性 ◆ 家畜生産性 ◆ 換金作物増加	◆ 水文機能低下 ◆ 土壌保全の低下 ◆ 土地アクセス喪失 ◆ 農業・家畜生産減少	◆ 収入機会増加 ◆ 社会的・人的能力強化 ◆ 農地管理能力向上 ◆ 木材ストックの改善 ◆ 信用（ローン）アクセス増加 ◆ 家計の投資能力の向上 ◆ 購買力増加 ◆ 世帯の食料安全保障 ◆ 食生活の改善 ◆ 燃料確保（薪）の改善 ◆ 社会的結束力の向上	◆ 土地利用の柔軟性の低下（代替経済活動の喪失） ◆ 遊休地アクセスの減少（慣習的「セーフティネット」喪失） ◆ 購入食料への依存度増加 ◆ 土地アクセス喪失による土地賃借 ◆ 新しい土地利用による世帯間紛争や対立浮上
(Grieg-Gran et al. 2005)		(Carter 2009; German et al. 2009)	

* A/Rおよびアグロフォレストリーのプロジェクト

4. CCBS取得済み植林プロジェクトの事例

事業名	TIST Program in Kenya, VCS-CCB 010
事業者	Clean Air Action Corporation (CAAC),アメリカ
目的	森林再生 + 持続的開発（小規模農家の貧困削減）
概要（仕組み）	- 小規模農家の私有地に植林 - コストのかからない種子獲得・育苗法のトレーニング - 炭素からの収入を前払い(0.02ドル/本/年) - 契約した植林木は伐採不可
植林タイプ	- モザイク型ランドスケープ回復アプローチ - 小規模農家1,567グループが743,303本植栽

出所：2021年Project Discription

9

「TISTケニア」プロジェクト報告書（地域社会面）

基準	指標	重点項目
1 Withoutプロジェクトシナリオ	1.1 参加農家世帯情報 1.2 コミュニティグループ間の利害関係 1.3 保護価値の高い生態系 1.4 withoutプロジェクトシナリオ	☐ 参加型生計貧困調査データ（男女、年齢、宗教、収入等、農業局データ） ☐ 利害関係の把握 ☐ シナリオ分析
2 ポジティブな影響予測	2.1 グループごと影響のタイプ別予測 2.2 ネガティブ影響緩和への対策 2.3 福利へのネット・ポジティブ	☐ 影響の種類（雇用機会、クレジット収入、家畜本数等） ☐ 影響の受け方（直接/間接/リスク） ☐ 福利にもたらした変化 ☐ ネット・ポジティブになるための活動
3 他の利害関係者への影響	3.1 利害関係者への影響 3.2 影響緩和と対策	☐ 薪についてのポジ/ネガ項目
4 影響モニタリング計画	4.1 影響モニタリング計画 4.2 モニタリング計画のweb公開	☐ グループメンバー数、GHG契約合意者数、クレジット総支払金額等 ☐ Gold Level用定期的な調査
5 付加的な利益	5.1 例外的なコミュニティ基準 5.2 短・長期コミュニティ利益 5.3 参加リスク 5.4 周辺・脆弱なグループの貧困影響 5.5 女性へのネット影響 5.6 利益配分メカニズム 5.7 リスクに関するコミュニケーション 5.8 ガバナンス・実施構造 5.9 小規模メンバーのキャパシティ開発	☐ 土地所有権やアクセス権 ☐ 利益配分の明記（70%） ☐ 果樹植林からの収穫物や土壌改善

基準と指標に沿った項目だが...

社会的便益＝貧困削減に関して重点的に記述

10

今後の作業予定

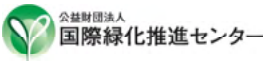
実証実験に向けて評価手法の候補を選択する

- 本事業で求められる要素
■ 低コスト ■ 簡易 ■ 小～大規模に適用可
- 社会調査の特徴
人間・集団・社会を対象とした定性+定量的情報を収集するインタビュー



11

森林づくり活動の貢献度可視化：CCB Standardsにおける生物多様性の基準と指標を中心に



技術顧問 田中 浩

1

生物多様性可視化手法について（今日の報告）

- これまでのプロジェクトレベルでの生物多様性保全の基準と指標
森林認証：SFC、PEFC（SGEC）
炭素クレジット関係の認証：VCS、Gold Standards、CCBSほか
← 生物多様性保全への配慮：**CCBSの基準・指標**が良い参照枠組み
- 生物多様性の指標の評価・モニタリング手法
SBIAアニュアル：CCBSの生物多様性影響アセスメントツールボックス
- 生物多様性の簡易なモニタリング手法（一事例）
プロット外で考える：ウガンダの村落での森林の生物多様性評価から
- **まとめと今後の方向性**

2

1. CCBS(v3.1, 2017)の生物多様性評価の基準と指標

B1	植林がない場合の生物多様性シナリオ（ベースライン）
1	植林前の対象地域内の生物多様性と、その生物多様性への脅威の記述
2	対象地域が生物多様性に関する高保護価値（HCVs）を含むかどうかの評価と特定されたHCVsの記述
a	i 保護区
	ii 絶滅危惧種
	iii 固有種
	iv 該当種の生活史を支える地域
b	自生種の個体群が自然な分布と個体数のパターンで存在する大規模景観レベルのエリア。
c	絶滅の危機に瀕している、または希少な生態系
3	特定されたHCVの維持または強化のために管理が必要な地域の特定
4	植林がない場合の土地利用シナリオが、対象地域の生物多様性の状況に与える影響の記述。

* 元テキストでの「プロジェクト」を「植林」と限定してある。

1. CCBSの生物多様性評価指標

B2	生物多様性の正味の正の影響
1	植林地の植林活動から生じる生物多様性の <u>変化の推計</u>
2	植林しない場合の土地利用シナリオと比較して、植林地における生物多様性への <u>正味の影響がプラス</u> であることの証明
3	生物多様性への負の影響を緩和するために必要な措置およびHCVの維持・強化のために必要な措置と実施された措置の記述
4	植林によってHCVが負の影響を受けないことの証明
5	植林する種の特定、および新たな外来種の持ち込み、外来種の個体数の増加の防止
6	外来種を使用する場合は、その正当性、影響の説明
7	遺伝子組み換え作物不使用の保証
8	肥料、化学農薬、生物学的防除剤およびその他の投入物の影響と使用の正当性の説明
9	すべての廃棄物の特定、分類、管理するためのプロセスの説明

1. CCBSの生物多様性評価指標

B3	植林地外での生物多様性への影響(リーケージ)
1	植林地外での、植林活動によって生じる可能性のある生物多様性への負の影響の特定
2	植林活動によって生じる生物多様性への負の影響を緩和するために <u>必要な措置とその実施状況の説明</u>
3	植林地外における生物多様性への負の影響と植林地内における生物多様性への便益の比較に基づき、植林が生物多様性に及ぼす <u>正味の効果がプラス</u> であることの実証

1. CCBSの生物多様性評価指標

B4	生物多様性影響モニタリング
1	<u>モニタリング計画の策定と実施（モニタリングの対象となる生物多様性の変数対象地域、サンプリング方法、モニタリングと報告の頻度を特定）</u>
2	植林地に存在するHCVを維持または強化するために取られた措置の効果を評価するための <u>モニタリング計画の策定と実施</u>
3	モニタリング計画およびその結果のインターネット上での一般公開および、その概要のコミュニティやステークホルダーへの伝達

2.指標の評価のガイドライン
生物多様性影響アセスメントツールボックス(Sep.2011)

1) 目的とする多様性を絞り、評価しやすいターゲットを実用的な指標で評価、モニタリングする

生物多様性の目標	対応して、維持または増強する目標	具体的な生物多様性目標の例
動植物にとって重要な自然の生息地（例：特定の森林タイプなど）	プロジェクト地域でのその生息地の量と質	「プロジェクト地域のシャクナゲ林の被覆率を向上させる」 「プロジェクト地域のシャクナゲ林の外来植物の密度を減少させる」
重要な動植物種（例：国レベルまたは世界レベルで絶滅の危機に瀕している種、文化的に重要な種、経済的に重要な種、生態学的に重要な種、またはその他の理由でその地域で評価されている種など）	プロジェクト地域内におけるその種の生息数及び頻度、又はその生息地の量及び質	「プロジェクト地域のユキヒョウの狩猟を減少させる」 「ユキヒョウの餌となるブルーシープやその他の動物の生息数を維持する」
特別な関心を持つ種のグループ（例：森林の鳥類群集、絶滅危惧種、固有種、商業的価値のある種など）	プロジェクト地域内におけるそのグループの多様性、豊富さ、頻度、またはその生息地の量と質	「在来種の森林の多様性を維持する」 「集中的に利用される森林ゾーンにおける燃料用樹種の密度を高める」
Tucker5(2005)によるネパール・アナンプルナ保全地域の研究をもとにした例		

2.指標の評価のガイドライン
生物多様性影響アセスメントツールボックス(Sep.2011)

2) 自然植生の「量」と「質」に関する代表的な指標例
植林プロジェクトにおいて、炭素固定評価のための指標（例えば森林被覆）のモニタリングは生物多様性保全の指標となる

自然植生の量	自然植生の質
航空写真または衛星画像で測定された自然植生の範囲	永久プロットまたはトランセクトでの植生構造の指標（例、幹密度、基底面積、樹高、直径分布、林冠ギャップのサイズと頻度、リター等の分布、樹冠の隙間の大きさと頻度、落葉層の深さ）の野外測定
定点で撮影した地上レベルの写真で測定した自然植生の範囲	永久プロットまたはトランセクトにおける植生の生育形の指標（例：樹木、低木、木質つる植物、イネ科草本の量と頻度）の野外測定
野外で測定およびまたはマッピングされた特定の植生タイプの範囲	永久プロットまたはトランセクトにおける組成の指標（例：種、属、科の現存量と頻度）の野外測定
定点での自然植生の程度の間接的な属性（例：光量、土壌水分、落葉層の深さ）の野外測定	永久プロットまたはトランセクトでの植生ギルド指標（例：外来植生や後期遷移種の頻度や存在量）の野外測定
	植生動態の指標（例、在来樹種稚樹の天然更新での新規参入など）の野外測定
	定点で撮影した地上レベルの写真で測定した自然植生の状態

2.指標の評価のガイドライン
生物多様性影響アセスメントツールボックス(Sep.2011)

3) 外部専門家の関与と技術的複雑さのレベルが異なるモニタリングプログラムの長所と短所

		モニタリング技術や機器の複雑さ	
		低い (動物の目撃情報、簡単な脅威の監視など)	高い (カメラトラップ、航空調査)
外部専門家が関与する モニタリング量	高い	長所 高品質なデータ収集・分析が可能、機器が安価で現地で入手可能	長所 高品質な技術データおよび分析
		短所 総コストが高い、データの収集期間が短い、結果が専門家の確保に依存する、新しい脅威や激化した脅威の発見が遅い、モニタリングデータの地域住民による共有が少ない	短所 最もコストが高い、機器が現地で入手できない場合がある、結果が適切に機能する機器と専門家の有無に左右される、データの収集期間が短い、モニタリングデータの地域住民による共有が少ない
	低い	長所 低コスト、安価で現地調達可能、より長いスパンで継続的にデータを収集、新規または激化する脅威をより迅速に特定、データを地域住民がよく共有	長所 データが地域住民により長期にわたって、継続的に収集、地域住民がデータを保有
		短所 データの品質と一貫性に関する訓練が必要、モニタリングのコストを大きく地域住民が負担	短所 コストが高い、データの質と一貫性に関する訓練が必要、機器が現地で入手できない場合がある、かなりの訓練が必要、結果が機器が機能するかに依存する、モニタリングのコストが地域住民に負担

森の中の決まったコースを歩いて直接観察する
住民へのインタビュー

表1. 森林の潜在的なモニタリング指標の概要。 プラスまたはマイナスの数は、特定のメトリックまたはデメトリックの強さに関する著者の見解を示す。						
指標とその概要	見つけやすい	すべての生物の同定は不要	感度の良さ	場所によって異なる	デメトリック どこにでもあるわけではない	
					見つけにくい	見つけにくい
攪乱に敏感な種：攪乱や伐採によって枯死しやすい種	+	++	+	-		
キーストーン種：その不在が群集や生態系の構造に大きな変化をもたらす種	+	++	-	-		-
大きな木：大きな木は、炭素固定と他の種の生息地として重要	++	+	+	-	-	
枯死木：立ち枯れ木と断木は多くの種の重要な生息地	+	+	-	-		
高品質価値の高い木：貴重な材の木の種は選択的に伐採される	+	++	++	--	-	
成長速度の遅い木：成熟した高木になるまで時間のかかる木	+	++	++	-	-	
着生植物：他の植物上で育つ植物	+	+	++	-	-	-
更新状態：成長の遅い木の実生や稚樹の存在と豊富さ	+	+	+	-	-	
切り株：伐採の痕跡	+	+	+	-	-	-
狩猟道具：ウナなど動物を捕獲する道具	+	++	+	-	-	
ツル植物：木本性ツル	+	++	+	-	-	
林縁のモニタリング：伐採、土地利用変化、山火事などの証拠	+	+	+	-		
キーとなる動物種：地域住民が肉食動物、霊長類、大きな鳥などを見る頻度		+	+	-		
賢い種：地域住民が貴重な種に出会う頻度		+	+	-	-	

Salk, C. F., R. Chazdon, and D. Waiswa. 2020. Thinking outside the plot: monitoring forest biodiversity for social-ecological research. Ecology and Society 25(1):7. <https://doi.org/10.5751/ES-11223-250107>

まとめと今後の方向性

- 植林が住民便益・生物多様性保全にもたらす便益を可視化する上で、CCBSの基準・指標の枠組みは、有効（他の様々な国際的な森林認証・炭素認証における枠組みと共通した普遍性）
- CCBSの実際の植林プロジェクト認証のプロセスにおいても、それぞれの植林地の状況に応じたフレキシブルな指標の評価やモニタリング手法の選択
- 今後の方向性としては、実証事業の中で、CCBSが提示している指標の評価可能性、その実行可能なモニタリング手法を検討する
- 一般に、生物多様性のフィールドでの測定は、複雑で、時間を要する。専門性のある人間が、プロットでセンサス（植物など）、システムティックな観察からトラッキング（動物）によって、十分なサンプリングのもとに評価する方法が推奨されるが、資金的にも、人的にも、大きなコスト。住民便益についても同様な課題。
→植林地の状況に応じて、コストパフォーマンスのよい手法のオプションの提示ができればよい
- クレジットのような制度化を目標にしないとしても、どのように透明性、信頼性を担保するかは重要

8.2 第 2 回 事業運営委員会 資料

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

第2回 事業運営委員会

議事次第

令和4年12月20日（火） 9:30～12:00

林友ビル 6階 小会議室（東京都文京区後楽1-7-12）

1. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター

林野庁 海外林業協力室

3. 議題

議題1. 本事業の目的とWebサイトについて

国際緑化推進センター（JIFPRO）柴崎 一樹（説明資料1）

議題2. 企業と生物多様性 最近の動向

レスポンスアビリティ 足立 直樹（説明資料2）

議題3. 「森林づくり活動の貢献度可視化手法検証業務（実証試験）」

3-1 ケニア半乾燥地におけるICTソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化

国際緑化推進センター（JIFPRO）柴崎 一樹（説明資料3）

3-2 モンゴル乾燥地におけるUAVを用いた灌木植林の貢献度可視化

アジア航測 黄 勝澤（説明資料4）

議題4. 森林づくり貢献度可視化に関する既存の手法・事例の整理・分析（住民・生物多様性便益）

国際緑化推進センター（JIFPRO）藤原 江美子（説明資料5）

4. 閉会

【配布資料】

議事次第と出席者（本紙）

説明資料1～5

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第2回 事業運営委員会

出席者

1. 委員（五十音順・敬称略）

足立 直樹	レスポンスアビリティ 代表取締役	
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 森林資源研究室 主任研究員	（オンライン参加）
川口 大二	国際協力機構（JICA） 地球環境部 技術審議役	（オンライン参加）
北島 薫	京都大学大学院農学研究科 教授	（オンライン参加）
鈴木 圭	日本森林技術協会 シニアコーディネーター	（オンライン参加）
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 准教授	（オンライン参加）

2. 林野庁

谷本 哲朗	計画課 海外林業協力室 室長	
岩間 哲士	計画課 海外林業協力室 課長補佐（海外技術担当）	（オンライン参加）
石川 貴之	計画課 海外林業協力室 国際森林減少対策調整官	
大仲 幸作	計画課 課付	（オンライン参加）

3. （公財）国際緑化推進センター

沢田 治雄	理事長
高原 繁	専務理事
田中 浩	技術顧問
仲摩 栄一郎	主任研究員
柴崎 一樹	研究員
藤原 江美子	研究員

4. 実証試験委託先

黄 勝澤	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 技術部長
金 宗煥	アジア航測株式会社 事業推進本部 海外事業推進部 担当課長
石森 正俊	コマツ 建機マーケティング部 グリーン事業（林業・農業）推進部

本事業の目的とWebサイトについて

国際緑化推進センター（JIFPRO）
柴崎 一樹



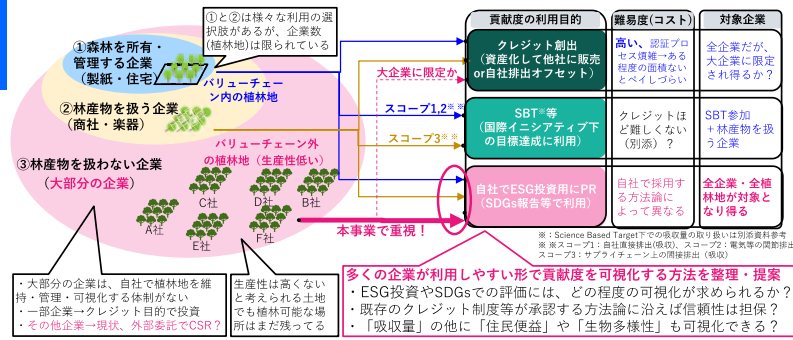
8.2.2_第2回事業運営委員会_説明資料1_JIFPRO柴崎

本事業の目的_可視化した貢献度（吸収量等）の利用目的は…



2

□ 企業や植林地により、貢献度（吸収量）の利用目的が異なる → **本事業では…**



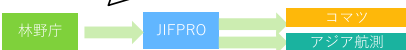
R4年度の事業内容（林野庁→JIFPRO仕様書より）



本事業で整理した情報を、Webサイトで掲載予定



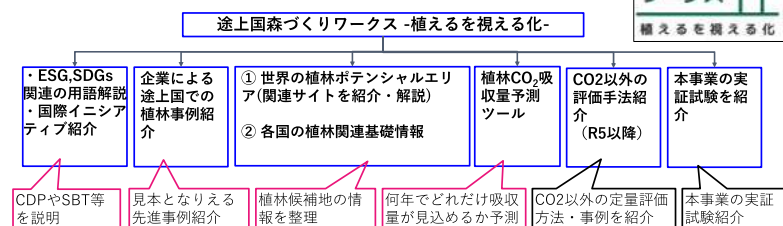
- 委員会の設置・運営
- 植林の貢献度を評価（可視化）する既存の手法・事例を整理・分析 → 議題4で進捗報告
- 実証試験を通して可視化手法を開発（民案企業委託、2件/年） → 議題3で進捗報告
 - 可視化手法の妥当性を検証・審議する「技術検討委員会（有識者4名で構成）」を設置予定
- 事業紹介（普及）のためのWebサイト構築 → 本発表で説明
- 国内セミナー開催 → 3月にオンラインで開催予定（一般公開）
- 林野庁への報告書作成・提出



□ Webサイトの対象と目的

- 対象：ESG投資やSDGsを念頭に植林を検討中の企業（特に林産物扱わない企業）
- 企業の目的に合わせた、植林活動やPR方法を紹介
- どこに、どれだけ植えると、どれだけ見込めるか？がすぐにイメージできる

□ Webサイトの名称と構造



途上国森林づくりワークスのトップページ（作成中）



Webサイト（途上国森林づくりワークス）では…
ESGやSDGs関連の用語を解説



5



6

□ 解説予定の用語（これらの用語をいから解説するのではなく、植林活動と関連させて解説）

通称	正式名
ESG	Environment, Social, Governance
SDGs	Sustainable Development Goals
クレジットのスキーム（VSCなど）	—
TCFD	Task force on Climate-related Financial Disclosures
TNFD	Task force on Nature-related Financial Disclosures
GRI	Global reporting initiative
SASB	Sustainability Accounting Standards Board
SBT	Science Based Targets
CDP	carbon disclosure project
グリーンボンド	Green bond
RE100	RE100
再エネ100宣言REAction	再エネ100宣言REAction
30 by 30	サーティ・バイ・サーティ

Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
用語集レイアウト案：CDPレポート



Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
主要な国際イニシアティブを整理



森づくり活動がバリューチェーンの中か外かで、「貢献度」を利用できる国際イニシアティブ異なる

主なイニシアティブ	森づくりの貢献度（候補）	森づくり活動の対象地	対象となり得る企業
SBT	植林地の吸収・排出量	自社バリューチェーン内	植林地を所有し林業を行っている企業（木材・製紙会社等）
CDP（森）	持続可能な森林経営、天然林保護	自社バリューチェーン内	林産物を取り扱っている企業
TCFD、TNFD	気候変動・生物多様性への対処・機会	財務に関すること一基本的に自社バリューチェーン内か？	林産物を取り扱っている企業＋植林関連の製品・技術を有する企業？
RE100	バイオマスエネルギー供給	自社バリューチェーン外OK？	オフセットや再エネ証明したい企業
30 by 30	生物多様性（保全地の創出）	自社バリューチェーン外OK？	生物多様性の保全が図られている土地（OECD）を保有・管理できる企業
SD VSta（VERRA認証）	SDGsに関する17活動	自社バリューチェーン外OK？	SDGs活動を実施している企業

多くのイニシアティブは、… バリューチェーン内での活動による貢献度が評価対象
→ 一般企業は「森づくり貢献度」を可視化しても、イニシアティブ下では利用しづらい
→ これを明確にした上、一般企業が「森づくり貢献度」をどうESG投資やSDGs評価につなげるか提案

Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
企業による途上国での植林事例紹介



Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
植林候補地の情報を整理



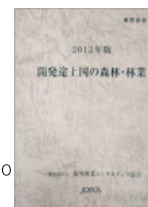
- ねらい：
 - 企業による植林が「**どういう体制・目的**」で実施され、「**どうPR**」されているか、他企業に参考
- 掲載候補の企業は下表の通り（掲載承諾許可はこれからとる予定）
 - 植林活動が、バリューチェーンの内か外で、2グループに分ける

バリューチェーン内の植林活動	バリューチェーン外の植林活動
住友林業（複数国、木材用＋クレジットファンド）	ダイキン（インドネシア、国立公園内で植林）
日本製紙（複数国、紙パルプ用）	三井住友海上（インドネシア、保護区で植林）
越井木材工業（マレーシア、製材調達）	三菱商事（ケニア、ブラジル、インドネシア等で植林）
丸紅（インドネシア等、木材調達）	商船三井（インドネシア、マングローブ植林）
ヤマハ（タンザニア、楽器用）	イオン（日本、東南アジア、ケニア等で植林）
三井物産（ケニアの農家植林に投資、製材調達予定）	INPEX（インドネシア、泥炭地保全）

本事業を進めるうえで、特に、・・・
「バリューチェーン外の植林地」において、その貢献度がどのように利用・PRされているか注視（上記企業にヒアリングをし、添付2のような情報をWeb上で公開）

- ①世界の植林ポテンシャルエリア
 - 「Atlas of Forest landscape Restoration Opportunity（IUCNとWRI等）」を紹介・解説
 - 全世界を対象に、潜在的に森林になり得て、かつ現状森林でないエリアを地図で明示
 - <https://www.wri.org/applications/maps/flr-atlas/#&init=y>

- ②各国の植林関連基礎情報
 - 過去の報告書等の情報を基に整理
 - 途上国75か国が候補（右表の通り）
 - 以下の項目を整理
 - 法令、土地所有制度
 - 主な植林樹種
 - 気候、土壌
 - 植林候補地
 - 当該国で活動経験ある会社・NGO

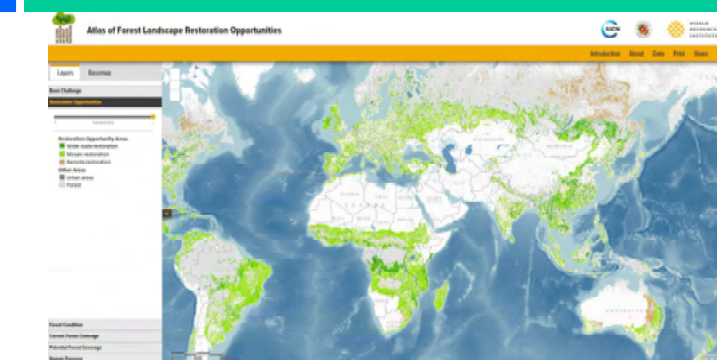


アジア	アフリカ	中南米
イメン	ブルルメニア	ウルグアイ
イラン・イスラム	ウズベキスタン	ウルグアイ
インド	カザフスタン	エクアドル
インドネシア	カメルーン	エクアドル
カンボジア	カメルーン	エクアドル
クウェート・アラブ	トルクメニスタン	エクアドル
ソロモン	モルドバ	エクアドル
タイ	ルーマニア	エクアドル
中国	コンゴ	エクアドル
トルコ	ザンビア	エクアドル
ネパール	ジンバブエ	エクアドル
パプアニューギニア	セネガル	エクアドル
パナマ	タンザニア	エクアドル
ペルー	中央アフリカ	エクアドル
フィジー	ボリビア	エクアドル
フィリピン	ナイジェリア	エクアドル
ロシア	ニジェール	エクアドル
ブルネイ・ダルサラム	ブルキナファソ	エクアドル
ベトナム	ボツワナ	エクアドル
マレーシア	マダガスカル	エクアドル
ミャンマー	マラウイ	エクアドル
モンゴル	モザンビーク	エクアドル
ヨルダン・ハシェミット	モロッコ	エクアドル
ウオス	ルワンダ	エクアドル

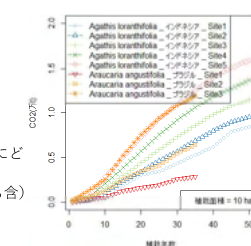
Atlas of Forest landscape Restoration Opportunity



Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
植林CO2吸収量予測（見込み量計算）ツールを提供



- 背景
 - ほとんどの一般企業は、
 - 植林した木が何年でどのくらいCO2を吸収するかイメージできていない
 - 文献で調べたり、JIFPRO等の団体に聞くのは手間がかかる
- そこで…
 - WebですぐにCO2吸収予測ができるツールを掲載
 - 「樹種」、「植栽面積」、「国」を自分でタブ選択すると、何年後にどれだけ吸収量が見込めるかグラフで出力（右図のイメージ）
 - 152樹種を掲載予定（熱帯途上国だけでなく、ヨーロッパ植栽樹種も含）
 - 元データは過去の文献や報告書に掲載の収獲表（既に整理済み）



・成長（CO2吸収）量は、植林地や植栽方法により大きく異なる
→あくまで概算（見込み）のためのツール
（植林によるCO2吸収がどのくらいの期間でどの程度のスケールなのか検討をつけてもらう）

・来年度に公開予定

別添1_FLAG SBTsとGHGプロトコル
FLAG SBTsとは…

- FLAG SBTsとは…企業による土地（forest, land and agriculture, FLAG）分野の排出量の削減目標
 - Scope1とScope2の合計で95%、Scope 3の67%が削減の対象
 - エネルギー/工業分野（Non-Flag）のtargetとは別に設定
 - 2022年9月にガイダンス「Forest, land and agriculture science based target-setting guidance」が公表
 - 実際の算定方法は、「GHG protocol land sector and removals guidance」（2022年9月ドラフト公表）に従う
- 植林による吸収量の取り扱い
 - 自社で所有(管理)する土地、又はサプライチェーン内で発生した吸収量 → FLAG Target達成に使用可
 - Only removals on land owned or operated by a company or within a company's supply chain can be included in FLAG pathways and count toward achieving a FLAG target.
 - 植林による吸収量は、FLAGの排出量とは別々に報告する必要
- FLAG SBTsの設定が求められる企業
 - 林産物・紙製品（林業、木材、紙）、農産物生産、食品・飲料加工、食品小売業、タバコを取り扱う企業
 - その他、Scope1~3の全排出量の20%がFLAGに起因する企業（どの程度の企業が該当するのか要確認）
 - 中小企業はFLAG Targetを設定しなくてもよい

・FLAG SBTs下では、植林等による吸収量は、自社のFLAG目標達成のみ利用可（→クレジットではない）
→植林による吸収量をSBT下で使えるのは、自社で植林地を所有・管理している植林会社（大企業）等に限定か…

別添1_FLAG SBTsとGHGプロトコル
GHGプロトコルと他のクレジット制度の比較

- SBT下での植林による吸収量の使用は限定的（自社のFLAG SBTの目標達成のみ使用可）
- しかし、FLAG SBTが指定する、GHG protocol land sector and removals guidanceができた
→それに準拠して植林による吸収量を自主的に算定（可視化）すれば、ある程度の信頼性が担保？

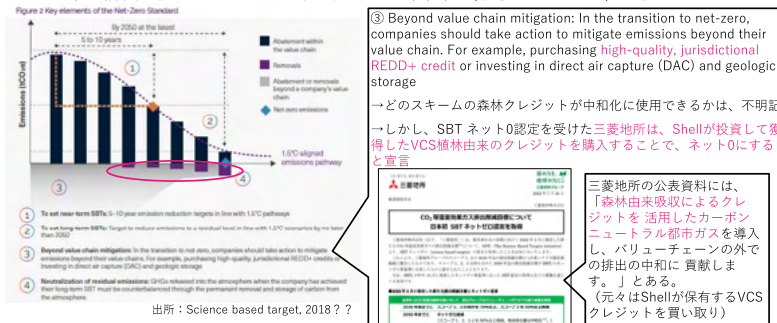
他のクレジット制度との比較（植林）

	VCS（植林）	JCM植林（植林、検討中）	SBT（GHG protocol、植林）
吸収量の利用先	売買可（SBT目標達成にも使える可能性高い(次スライド)）	SHK（GHG排出量算定・報告・公表制度）に利用可	自社のFLAG達成に利用可（他社に販売できない）
対象地	開始日より10年以内に天然生態系を伐開していないこと	制限有り（自ら伐採した場所でないこと等）	バウンダリー内であれば、特に制限なし（ただし、20年以上、土地利用変化を遡りその排出を計上）
地上調査	基本的に地上調査で「ha当たりのバイオマス量」を推定		必須でない（リモセンのみも提示）
伐採の取り扱い	原則は伐採時の炭素蓄積減少は伐採時に計上		伐採時ではなく、HWPプールへの移動が加味され遅れて報告が可能
非永続性	プロジェクト期間が定められる	一期間終了後に火災等が起き排出発生の場合に備え、一定割合をバッファに預け補填（担保）	SBT加盟中はモニタリング継続 →森林でなくなった時点で排出計上

・GHGプロトコルで提示される算定方法は、VCSよりも簡便な方法で、吸収量を可視化できる見込み

別添1_FLAG SBTsとGHGプロトコル
SBT下において、中和化に使える吸収量は？

- 企業の排出を完全0にするのは不可能 → 中和化（吸収オフセット）が認められている



出所：Science based target, 2018？

③ Beyond value chain mitigation: In the transition to net-zero, companies should take action to mitigate emissions beyond their value chain. For example, purchasing high-quality, jurisdictional REDD+ credit or investing in direct air capture (DAC) and geologic storage

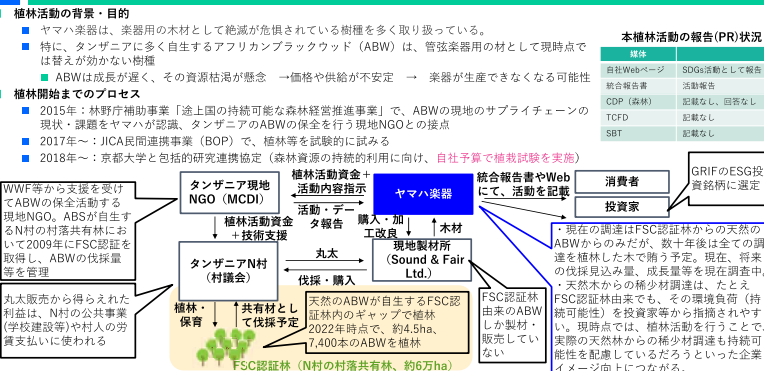
→どのスキームの森林クレジットが中和化に使用できるかは、不明記

→しかし、SBT ネット0認定を受けた三菱地所は、Shellが投資しに獲得したVCS植林由来のクレジットを購入することで、ネット0にする

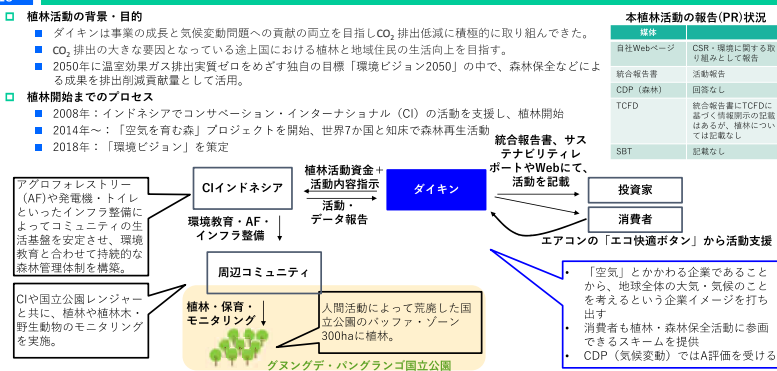
と宣言

三菱地所の公表資料には、
「森林由来吸収によるクレジットを活用したカーボンニュートラル都市ガスを導入し、バリューチェーンの外での排出の中和に貢献します。」とある。
(元々はShellが保有するVCSクレジットを買い取り)

別添2_Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
企業植林紹介ページ_ヤマハ@タンザニア(バリューチェーン内の植林)

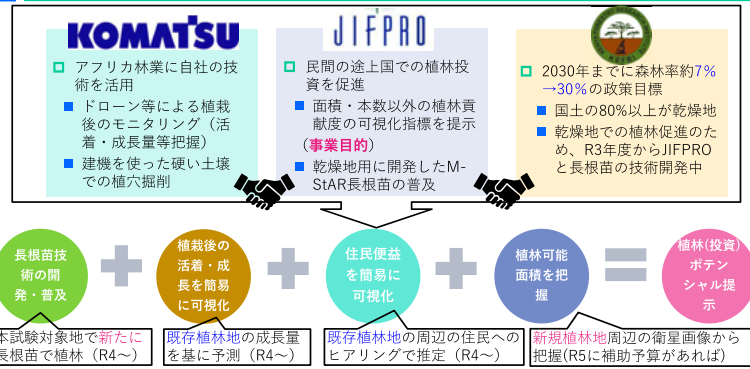


別添2_Webサイト（途上国森づくりワークス）では…
企業植林紹介ページ_ダイキン@インドネシア(バリューチェーン外の植林)



ケニア半乾燥地におけるICT※ソリューションを用いた
長根苗植林の貢献度可視化（コマツ+JIFPRO共同実施）

※：ICT：Information and Communication Technology

国際緑化推進センター（JIFPRO）
柴崎 一樹

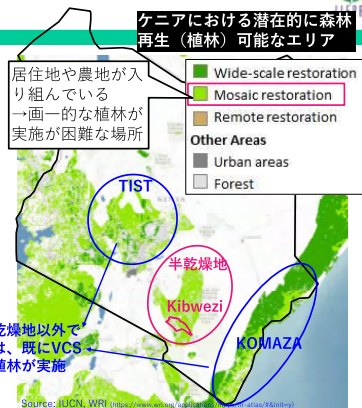
ケニアの植林状況



本試験対象地（Kibweziの新規植林候補地）の状況



- 2030年までに森林率約7%→33%の政策目標
 - 目標達成 + 燃料供給のため政府は農地植林を推奨
- 既に2つの地域でVCS植林が実施
 - どちらも、大企業がクレジット目的で投資
 - KOMAZA：Appleや三井物産等
 - TIST：Shell等
 - どちらも非乾燥地 + 小規模農家の農地で植林
- 本試験の植林対象地：Kibwezi sub county
 - 半乾燥地に分類
 - 潜在的には植林可能な地域
 - これまでほとんど植林は行われていなかった



Kibwezi sub countyの農地の状況

- 面積：約34万ha（鳥取県と同程度）、人口：約24万人、平均耕作面積：1.8 ha/家計
- 国立公園制定に伴い、1990年代から入植がおこなわれた（Emerton, 1999）。比較的入植歴史が浅い
- 降水量が少ないため、農作物としてはリョク豆等に限定
- そのため、まだ開墾（集約的に利用）されていない場所（Natural woodland）が、植林地として利用可能
 - Natural woodlandでは薪炭目的の天然林採取があり、特定の樹種が採伐され劣化（Emerton, 1999）

KibweziのAgro ecological zone



KibweziのNatural woodland（植林候補地）



対象地に植林する長根苗とは…

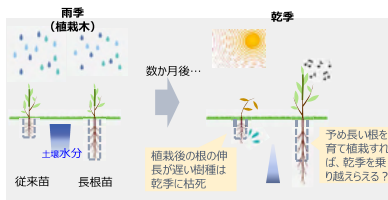


長根苗の半乾燥地での適用可能性(乾季でも植えられるか?)

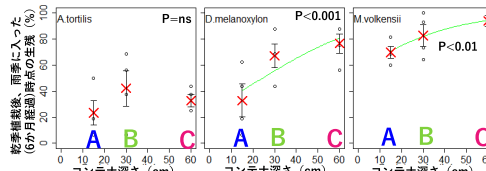
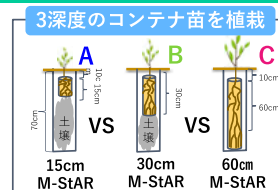


- ケニア半乾燥地で植林が進まない原因は？
 - 植栽コストが高い（穴掘り、灌水）
 - 活着率が悪い、成長が遅い（活着率が50%前後という報告（Magaju et al. (2020)）もあり）
 - 植栽が雨季初めに限定 + 降水不安定 → 植栽時期を逃しやすい → 林業成立しづらい

- JIFPROは乾燥地での植栽可能時期拡大のため「M-StAR®長根苗」をケニアで試行
 - ※M-StARについては別添参照



- ケニアにて、乾燥林樹種を25樹種で長根苗を育苗
 - ほぼ全樹種で長根苗ができること実証（R3年度、別事業）
- 植栽可能時期を広げるため…乾季植栽試験を実施
 - 右図の3種類のコンテナ深さの苗木を乾季に植栽
 - 植栽時10ℓほど灌水、その後は無降水・無灌水
 - 6か月間の乾季を乗り越えた苗木の生残率は下図の通り…



3樹種のうち2樹種は長根苗効果あり
→乾季植栽でも生残率70%以上
→乾燥地の課題を克服することで、他地域と同様に植林ができる

各コンテナ深さでn=16本/プロット×4プロット、赤×はブロック毎の生残率の平均値、緑線は一般線形混合モデル（GLMM、二重分布、Logit関数、ブロックはランダム効果）で、p<0.05でコンテナ深さが説明変数（数量型）に含まれた場合の予測モデル。

建機オーガーによる植穴掘削の進捗状況

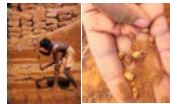


長根苗技術の農民への普及アプローチ



長根苗の課題：深さ60cm以上の深い植穴の掘削

- 熱帯乾燥地特有の硬い土層(フェラルソルに点在する(ペトロ)プリンサイト)
→これが掘削できれば…植林可能地広がる(植栽スムーズ+ダイバック回避)



これまで、ハンディオーガー → 今回は、トラクターのエンジン式オーガー



次回は、コマツ油圧式オーガー

長根苗用の植穴(直径8cm×深さ70cm)を掘削する際に、硬い層は貫通できずにそれを避けて植栽



大きい径の植穴を掘削できた。ただ、硬い層では、オーガーへの負担も大きいためそれを回避(故障する可能性)

コマツ油圧式オーガーを試し硬い層の掘削と更なる効率化を図る
→コマツにとっては、自社の技術・製品のよいPRになり得る

対象農民：自分の農地での長根苗植林を希望した農民(ほぼ選定済み)

対象農民の負担：「植栽場所の提供」と「植栽後の管理」

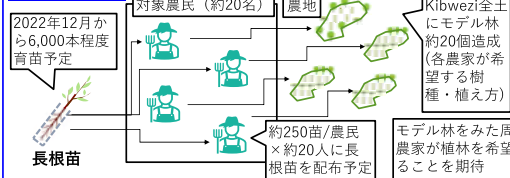
- 長根苗は無料配布、植穴掘削にかかる重機オーガーの費用はコマツ負担

植栽時期：2023年5月以降

- 現在、対象農民に希望樹種(主に燃料樹種)を聞き取り中

植栽方法：既存の土地利用と競合回避(伐採、アグロフォレストリー、エンリッチメントも許可)

本試験内の活動



ドローン(マルチスペクトル)によって期待される可視化



方法_ドローンによる苗木の生育状況確認



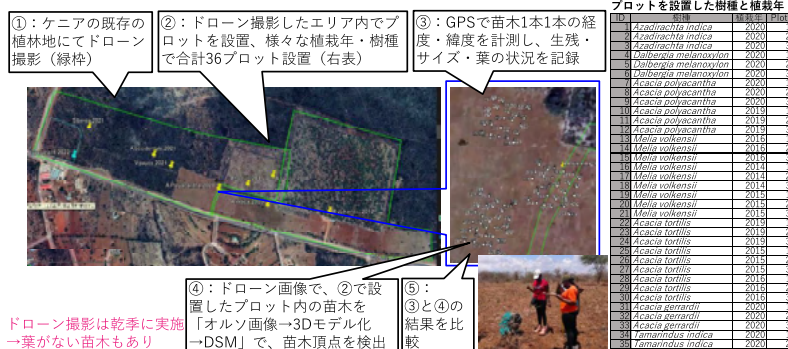
植栽木の「本数」と1本1本の「生育状況を把握」

- 従来の植林は植えることが重視 → その後のモニタリングは未実施orサンプル調査。
- ドローンであれば、広範囲に植林地の生育状況を確認でき、確実な補植と成林を担保
→どの条件(サイズ、葉の状況)なら、苗木の本数、生育状況を確認できるか(今回途中経過報告)

植栽木1本1本の「成長量(バイオマス)を把握」

- 従来、地上調査でバイオマス量(DBH)を計測 → 時間・労力が必要 → 長期的にできない
- ドローンで計測できる樹高や樹幹 → DBH推定 → バイオマス推定 → 地上調査を極力回避
■ JCM-REDDやVCS等のクレジット制度ではこのようなアプローチは未認可(事例なし)
■ ただし、同様のアプローチを実施した論文・事例はあり
→方法と精度を明確に示せば、SBTやSDGsでのPRには使える可能性高い(本事業はクレジットは対象外)
→どこまでの精度で、DBH(バイオマス)を推定できるか(次回報告予定)

- ・上の2点を明らかにするため、既存の植林地にてドローン撮影して調査
- ・どちらもレーザーでなく、汎用性の高い写真測量で実施(広範囲になった際に、衛星画像の使用も念頭)



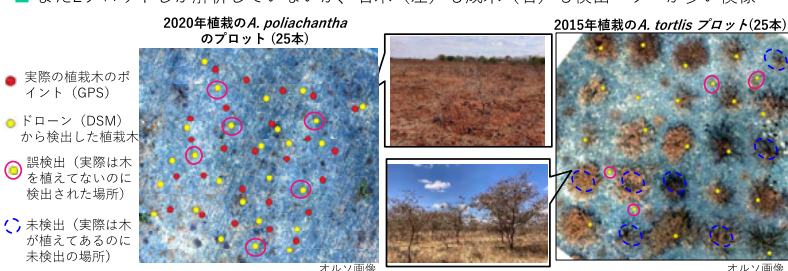
結果_ドローンによる植栽木の検出



植林による住民便益の可視化(予測)の方針



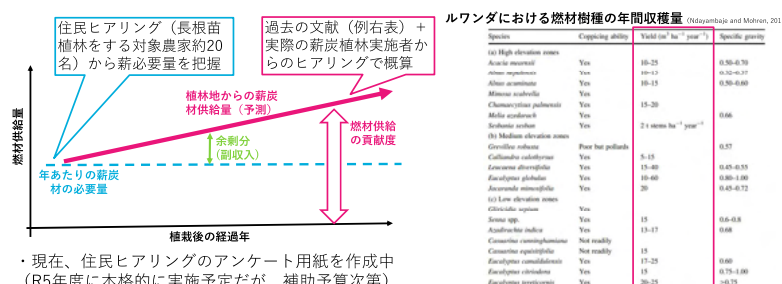
まだ2プロットしか解析していないが、若木(左)も成木(右)も検出エラーが多い模様



- ・検出エラーの原因は、写真の解像度不十分、太陽光の影響等で木の形状が3Dモデルに十分反映されなかったと推察
- ・検出精度向上には葉の情報が重要と考えられ、次回は雨季に撮影し、NDVI情報も加味し苗木抽出の解析を予定

本試験対象地での、住民便益の指標として薪炭材供給ポテンシャルを選定

- 薪炭利用は天然林から採取することが問題 → 植林地から持続的に供給できれば、ガス等より◎
- 乾燥地かつ伐採(萌芽更新)をする場合、吸収量は多く見込めない → 燃料供給の可視化が重要



- ・現在、住民ヒアリングのアンケート用紙を作成中(R5年度に本格的に実施予定だが、補助予算次第)

説明資料4

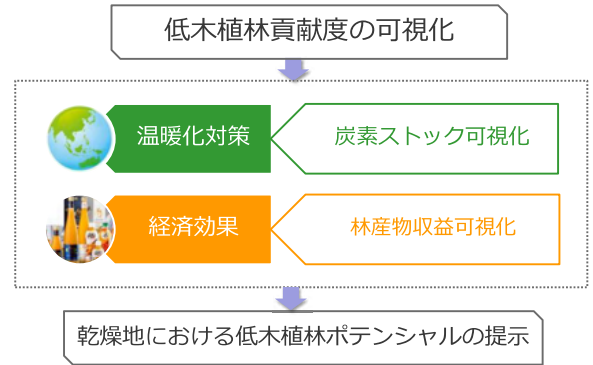
途上国森林づくり活動貢献可視化事業第2回事業運営委員会

モンゴル乾燥地における低木植林の
貢献度可視化検証業務

2022年12月20日


アジア航測株式会社
 ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

1. 本業務の全体像

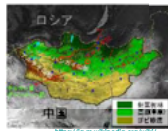


アジア航測株式会社
 ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

2

2. 本件業務の背景・目的

- モンゴルでは温暖化対策や砂漠化防止など環境保全における植林の重要性は非常に高く、昨年から「10億本植樹国民計画」を実施しているが、その資金源の45%を国内の民間企業に、20%を海外支援に期待している。この事業の完成により砂漠化土地の4%が回復できる。（10年間約14億USDを投資予定）



乾燥・半乾燥地低木植林に着目

- モンゴルの多くの乾燥・半乾燥地域の緑化において低木の適応性は高く、また果実など特用林産物による経済効果をもたらす樹種も多い。低木植林は特に砂漠化防止緑化において重要な役割を果たしているが、植林面積が拡大するにつれて炭素ストックへの寄与にも期待できる。



アジア航測株式会社
 ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

3

3. 調査対象林分と樹種

◎サジー(*Hippophae rhamnoides*、グミ科)人工栽培林

サジーの果実は古くから伝統的に食品や医薬品として利用
近年付加価値を高めた商品が多く開発され、人気を博している

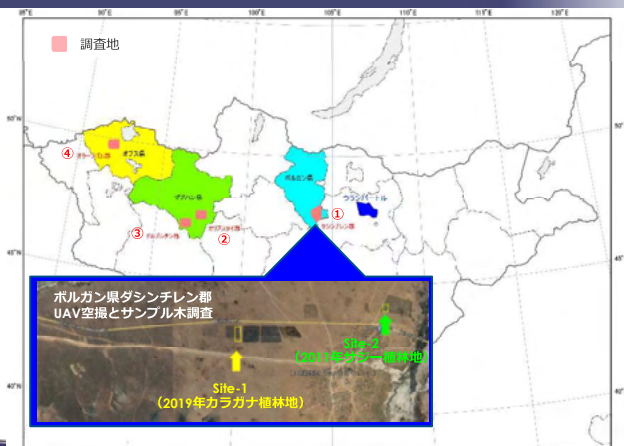
◎カラガナ (*Caragana spp.*、マメ科)植林地内外の自生木

カラガナは放牧地砂漠化防止と将来家畜飼料としてのポテンシャルに期待



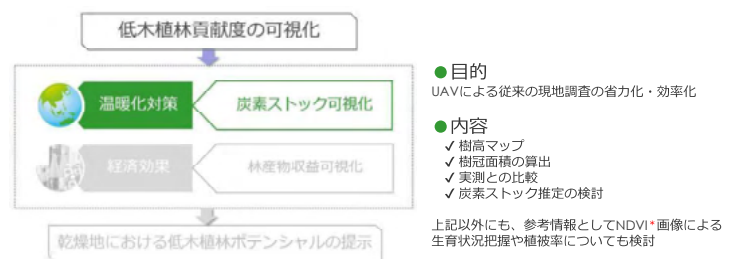
4

4. 調査対象地



5

5. UAVを活用した炭素ストックの可視化



- 目的
UAVによる従来の現地調査の省力化・効率化

- 内容
 - ✓樹高マップ
 - ✓樹冠面積の算出
 - ✓実測との比較
 - ✓炭素ストック推定の検討
- 上記以外にも、参考情報としてNDVI*画像による生育状況把握や植被率についても検討

*NDVI（正規化植生指標）とは、植物による光の反射の特徴を生かし、植物の量や活力を表す指標。


アジア航測株式会社
 ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

6

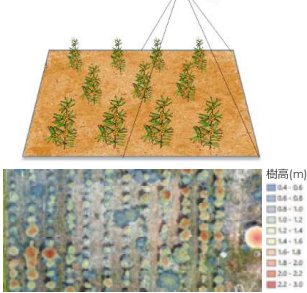
5.1 従来方法の課題と新しい手法の提案

●従来の毎木調査



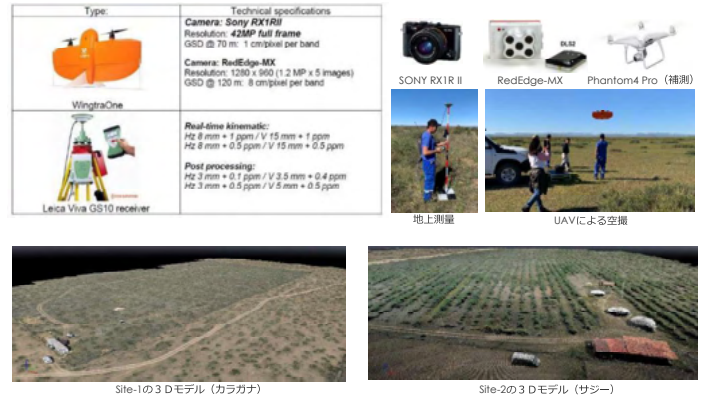
樹高・樹冠径などの実測

●UAVによる空撮



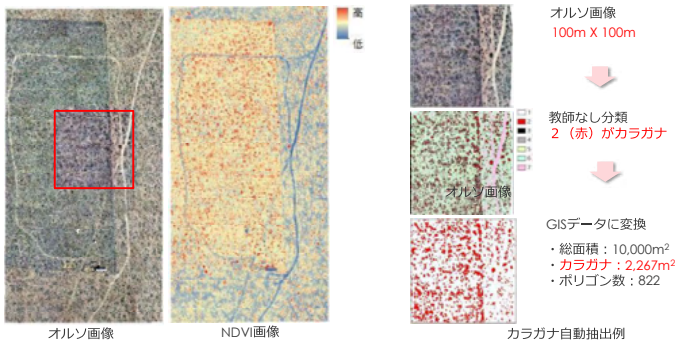
単木レベルの樹高・樹冠面積の算出

5.2 使用機材および3Dモデルの作成



5.3 カラガナ自生木の画像解析／被覆率算出

- ドローンによる空中写真からオルソ画像およびNDVI画像を作成した。
- 教師なし分類手法*によりカラガナを自動抽出し、単位面積当たりのカラガナの割合の算出方法について検討した。

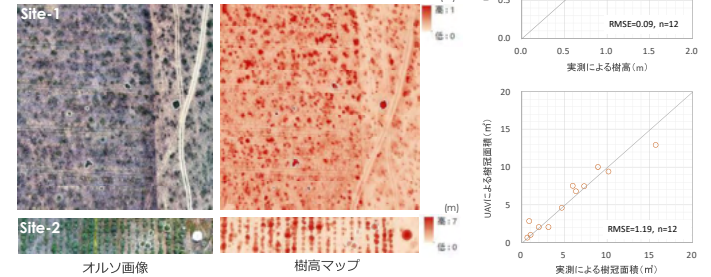


*教師なし分類は、分類対象の画像の特徴量がある条件のもと、自動的に抽出して、これを使って画像分類処理を行うこと。

5.4 カラガナの画像解析と実測データの比較

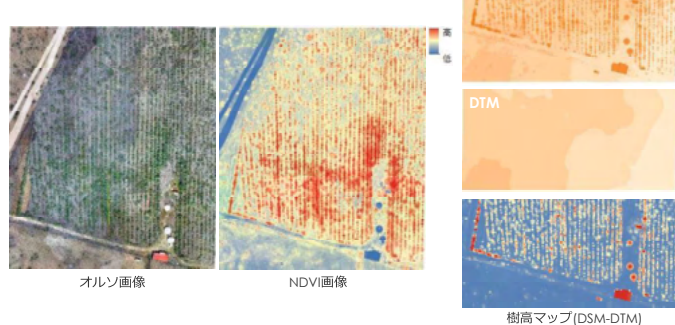
- Site-1から8本、Site-2から4本のカラガナを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測のデータと比較した。

- 樹高(ほぼ偏りなく、樹冠面積は一部過少評価されたものの概ね高い相関が認められた。



5.5 サジー林の画像解析／単木抽出／樹高算出

- ドローンによる空中写真からオルソ画像およびNDVI画像を作成した。
- DSM*とDTM**の差分により樹高マップを作成した。



*数値表面モデル (DSM: Digital Surface Model)

**数値地形モデル (DTM: Digital Terrain Model)

5.6 サジー林のUAV計測と実測データの比較

- Site-2から42本のサジーを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測データと比較した。

- 樹高はUAVによる計測結果がやや過少傾向にあったが、灌水のために根本付近に約20cmの溝を掘っており、誤差の範囲と考えられる。一方、樹冠面積は偏りなく評価されている。



5.7 低木の地上バイオマス推定アロメトリーモデルの検証

- G. Conti et al. (2019) *が開発した低木の地上バイオマス推定アロメトリーモデルのうち、樹高 (H) と樹冠直径 (CD) を変数とした下記のモデルを使用して検証した。

$$AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$$

AGBest : 地上バイオマス推定値、CD : 樹冠直径、H : 樹高

ただし、カラガナは多数の苗木 (シュート) が群がって群生しているため、この「群」の高さを樹高 (H) とし、2方向の幅の平均値を樹冠直径とした。

* G. Conti et al. (2019) Accepted 25 January 2019/ Global Ecology and Biogeography
"Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide"

5.8 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較 (1)

サジの地バイオマス (AGB) のアロメトリーモデルによる推定値と実測

サンプル木 NO.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (A) (kg)	実測AGB (B) (kg)	A/B (%)
1 (Site2)	1.81	2.04	5.428	3.746	144.91
2 (Site2)	1.25	1.13	1.394	0.800	174.36
3 (Site2)	2.13	2.30	7.554	5.385	140.28
4 (Site2)	1.58	1.91	4.419	2.417	182.86
5 (Site2)	1.65	1.61	3.261	1.886	172.88
6 (Site2)	1.23	0.54	0.341	0.236	144.49

今回の調査ではサジの地上バイオマスの実測値に比べ推定値が過大となっていた。

5.8 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較 (2)

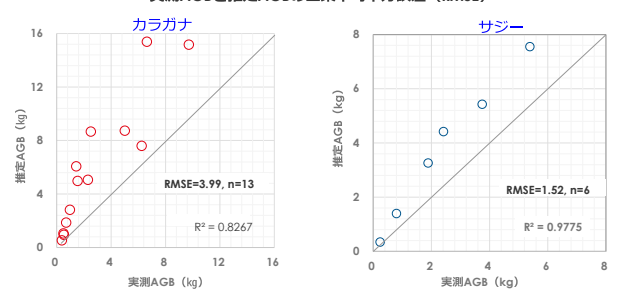
カラガナの地バイオマス (AGB) のアロメトリーモデルによる推定値と実測

サンプル木 NO.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (A) (kg)	実測AGB (B) (kg)	A/B (%)
1 (Site1)	0.79	1.07	0.951	0.524	181.40
2 (Site1)	0.82	3.38	8.666	2.504	346.09
3 (Site1)	0.78	2.85	6.068	1.433	423.47
4 (Site1)	0.75	1.15	1.056	0.491	215.24
5 (Site1)	0.68	1.99	2.821	0.969	291.04
6 (Site1)	0.68	1.60	1.863	0.692	269.01
7 (Site1)	1.05	2.33	4.976	1.533	324.53
8 (Site2)	1.65	3.60	15.168	9.711	156.20
9 (Site2)	0.92	2.45	5.062	2.291	220.97
10 (Site2)	1.13	3.05	8.733	5.003	174.56
11 (Site2)	1.22	2.77	7.601	6.246	121.71
12 (放牧地)	0.87	4.48	15.383	6.627	232.13
13 (放牧地)	0.5	0.93	0.542	0.377	143.87

カラガナでも地上バイオマス推定値が過大となっており、特に2019年以前までは放牧地であったSite1と放牧地で過大傾向がより顕著であった。

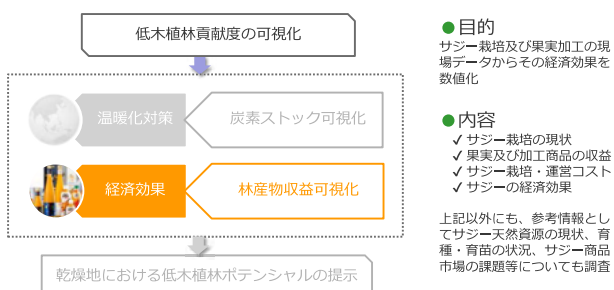
5.8 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較 (3)

実測AGBと推定AGBの二乗平均平方誤差 (RMSE)



ここで使用した低木地上バイオマス推定アロメトリーモデルが今回調査対象木における適用性については現在整理検討中であるが、バイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。

6. 林産物収益の可視化



6.1 モンゴルにおけるサジの商品化開発



2010年頃から商品開発は盛んになる。

商品には食品 (飲料) が圧倒的に多いが、スキンケア商品も増えつつある。

大手生産加工企業 : 4社

中小生産加工企業 : 50社

家庭経営工場 : 多数

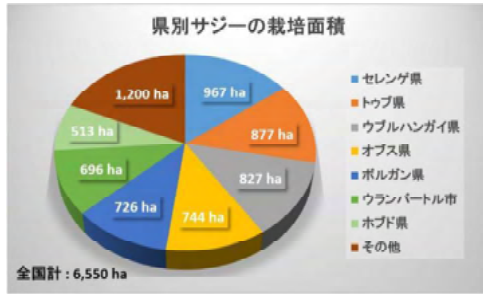
健康志向にコロナ禍の影響もあり、サジ商品の人気はかなり高まっている。

6.2 モンゴルにおけるサジの栽培状況

2000年代に入り、オブス県やセレンゲ県等で個人の自発によるサジの栽培と自家製ジュースの生産が始まる。

2010～18年、政府の「サジプロジェクト」が始まる。目標2万ha→実績6,072ha。企業による商品開発始まる。

「サジプロジェクト」は今後「10億本植樹計画」に組み込まれて継続見込み。



2020年のデータ；■その他：500ha未満の14県

出典：Mongolian National Association of Fruits and Berries

6.3 サジ果実生産と一次加工の収益性

モンゴルにおけるサジ植栽密度は800～1200本/haであり、ここでは1000本/haで試算

区分	年間平均生産量/本	ha当たり年間収入見込
新鮮果実 (植栽5年目～20年目)	12kg/本	12,240USD
オリジナルジュース	7.2ℓ/本	42,120USD
果実オイル	0.18ℓ/本	1,580.9USD
果実絞り粕お茶	1.5kg/本	10,500USD

表中のデータは現地サジ農家及び加工経営者のヒヤリングによる
モンゴル人当たり名目GDP：4,167USD（2020年）出典：外務省ホームページ

6.5 サジ栽培経営が地域経済への貢献度の一例

10haサジ園の臨時雇用創出：

植付け：63人・日（初年度のみ）

除草等保育：350人・日/年間（経営期間中）

果実収穫：4,150人・日/年間（植栽5年目～20年目）

日雇い労働者賃金：17USD/人・日（2022年実績）

【この事例はオブス県オランゴム郡のサジ園経営者エフバット氏のヒヤリングによる】

これまでのまとめ

- UAV測量技術は、乾燥地での森づくりに有効な低木林の地上バイオマス及び炭素ストック推定において、省力化・効率化につながる手法として期待できるが、地域や樹種特性に即したバイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。
- 近年、サジからとれる果物にモンゴルの国内企業が着目し、飲料やスキンケア等の様々な商品開発が行われており、これらの商品は市場で人気が高まっている。政府も牧畜民の現金収入源として、サジの植林を推奨している。

参考資料

モンゴルの森林・植林状況

- 国土面積：156.5百万ha（約80%が放牧地として利用されている）
- 森林面積：1,868万ha（2020年）、国土面積の11.9%
 - 立木地面積：1,261万ha
 - 低木林面積：75.97万ha
 - 人工林面積：0.797万ha
- 砂漠化進行の影響を受けている土地面積割合：76.9%
- 砂漠化の起因：
 - 気候変動影響（自然要因）51%
 - 過放牧・無秩序開拓（人為的な要因）49%
- 近年植林実績：
 - 2015年10,700ha
 - 2019年25,800ha

出典：モンゴル環境・観光省
森林政策・規制部/森林資源利用部

サジの天然資源

● サジ天然分布エリア

Монгол орны байгалийн чагарууны тархал, тархалт чагарууны

県	天然林分布地 箇所数	最小～最大林分 面積	県内 合計面積
ボルガン県	2	72.5～37.0	309.5
ゴビアルタイ県	1	53.3	53.3
ザブハン県	11	7.9～209.9	4575.9
セレンゲ県	6	17～1162.5	2216.0
オブス県	6	161.1～1861.9	5183.7
ホブド県	32	2.4～1045.6	1171.8
バイヤウルギー県	6	10.6～634.1	857.5

全国計：14,358.5ha

アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

25

サジの人工栽培の現場

挿し木苗作り

今年春植栽

植栽12～13年目

植栽10年目

アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

26

サジ園造成・経営コスト

区分	内訳	単価	備考
基盤整備	保護柵設置	120USD/ha	
	ポンプアップ井戸	11,670USD/基 5,835USD/基	10ha以上用 5ha以下用
	自動散水システム	1,200USD/ha	
植栽	苗木	1.02USD/本	
	植付け	0.40USD/本	
保育・管理	除草・薬剤散布	510USD/ha	
	日常管理	1,575USD/ha	5ha以下同じ
果実収穫	採集	0.40USD/kg	
	選別（異物除去）	0.05USD/kg	

明日を共に
Creating for the Future

アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

27

住民・生物多様性便益の 貢献度評価

— CCBS認証プロジェクトの事例分析 —



藤原 江美子

CCBS : Climate, Community & Biodiversity Standards 植林(ARR)プロジェクト件数

対象範囲

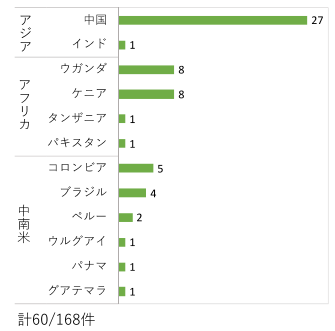
■ VCS取得済みCCBS

⇒ VCS炭素基準をCCBSで援用

■ プロジェクト開始済み

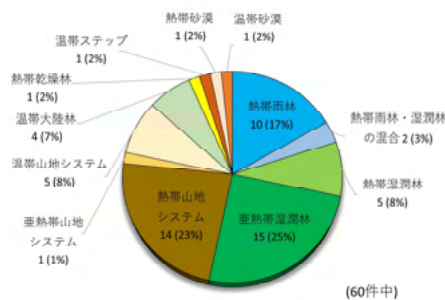
⇒ Validation approved～
Verification approved

*** 中国が最多27件（45%）**
本事例分析でも5件紹介



2

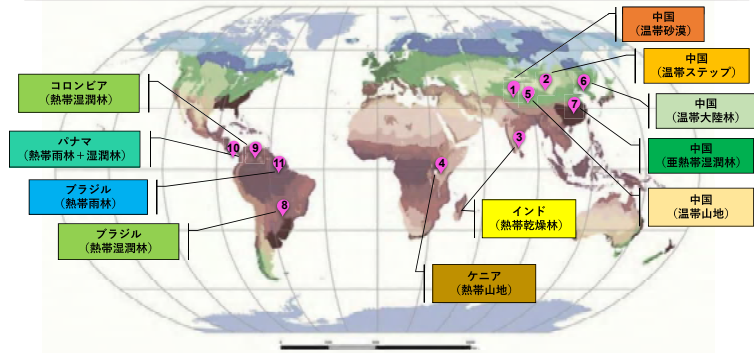
エコゾーン(Global Ecological Zones, FAO 2010) での分類



* 熱帯雨林～温帯砂漠まで幅広いエコゾーンでプロジェクトが実施されている

3

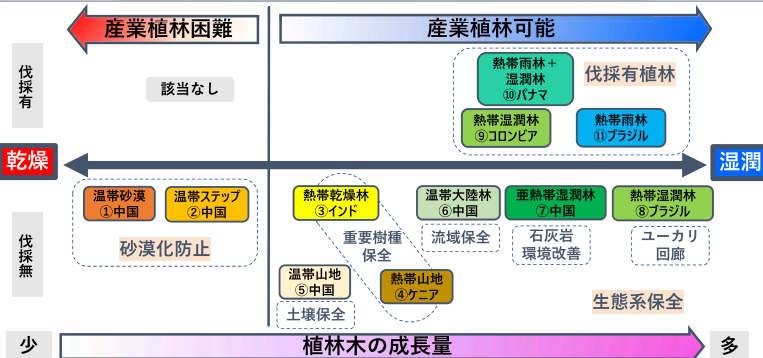
エコゾーンごとに選定したプロジェクト分布図



* 最新情報が公開された民間企業が実施するプロジェクトをエコゾーンごとに1～2件選定

4

エコゾーンベースでの植林の特徴



5

プロジェクトごとの炭素クレジット予測獲得量

番号	ID	伐採	エコゾーン	特徴	国	期間(年)	植林面積(ha)	総クレジット量(tCO2e)	ha当たりクレジット量(tCO2e/ha)	ha当年間平均クレジット量(tCO2e/ha・年)	
1	1866		温帯砂漠	砂漠化防止	中国	40	6,698	3,615,747	540	13	乾燥
2	2370		温帯ステップ	砂漠化防止	中国	60	23,398	14,319,589	612	10	乾燥
3	994		熱帯乾燥林	生態系保全	インド	30	2,200	1,844,486	838	5	乾燥
4	2338		熱帯山地	生態系保全	ケニア	60	2,293	5,937,992	2,590	41	湿潤
5	1832		温帯山地	生態系保全	中国	100	12,849	59,814,453	4,655	47	湿潤
6	1895		温帯大陸林	生態系保全	中国	60	22,565	36,139,013	1,602	27	湿潤
7	2087		亜熱帯雨林	生態系保全	中国	20	36,500	753,312	413	21	湿潤
8	1663		熱帯雨林	生態系保全	ブラジル	30	286.94	581,400.32	2,026	68	湿潤
9	2512	有	熱帯雨林	伐採有植林	コロンビア	30	30,605	4,184,664	137	5	湿潤
10	2481	有	熱帯雨林+混交林	伐採有植林	パナマ	100	1,100	2,726,629	2,479	25	湿潤
11	1969	有	熱帯雨林	伐採有植林	ブラジル	30	39,150	16,058,589	410	14	湿潤

* クレジット予測獲得量はエコゾーン+伐採有無による

6

住民便益のモニタリング分析・調査手法

手法名	SLA (Sustainable Livelihoods Approach)	貧困調査 (Wealth Ranking)	PRA (Participatory Rural Appraisal)	任意の調査
目的	■ 持続可能な生計を5～6つの資本指標によって分析	■ 住民貧富の実態把握 ■ 貧困層を特定 ■ ステークホルダーを特定	■ コミュニティ基本情報把握 ■ 住民参加型による住民認識の把握	■ コミュニティ基本情報把握 ■ プロジェクト開始後の住民の反応
調査法	定量的・定性的インタビュー ・ 対象：世帯、代表者、グループなど ・ 形式：半構造化、質問票、参加型地図作成			
収集データ例	指標にもとづく情報 例) 金融＝収入、雇用 人間＝知識、労働環境 情報アクセス＝ネット	貧富指標、住民貧富のランク、貧富の割合	世帯数、収入源、社会政治面、自然資源、地理、住民の意見・苦情	クレジット支払い記録、農産物、保健、月収、植樹種・数、住民の意見・苦情

* いずれも定量的・定性的インタビューを実施

7

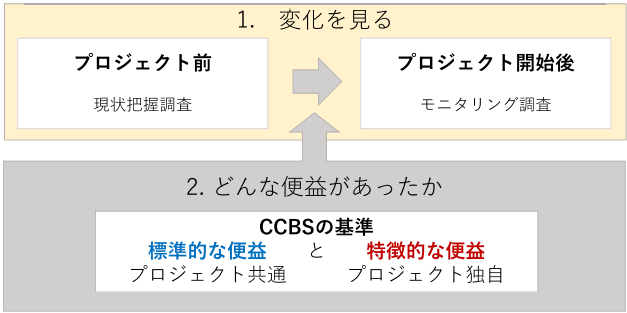
生物多様性便益のモニタリング分析・調査手法

手法名	PSR (Pressure-State-Response) 枠組み	生物多様性指数	生息種数・個体数調査
目的	人間の環境への圧力を特定し、望ましい環境に戻すための対策の実施	生物群集内の多様度を種数・割合等から定量的に把握	プロジェクトエリアやサンプル地での動植物の有無・種数・個体数の把握
調査法	P,S,Rに必要なデータ収集 例) P=圧力 (森林火災) S=状態 (森林面積や動植物生息数) R=対策 (火災予防活動)	➢ Shannon-Weiner Index ➢ Simpson's Diversity Index ➢ Fisher's Alpha Index ➢ Importance Value Index	目視・機器使用による同定、観察、記録 例) カメラトラップ、GPS、住民インタビュー、参加型観測地図作成

* 分析枠組み、指数、生息種数・個体数調査などの組み合わせ

8

プロジェクトの便益モニタリング



* 共通と独自の便益を提示することになっている

9

プロジェクト11件の標準的な便益

	便益項目	モニタリングの指標と方法
住民	■ 現金獲得による生計向上	雇用者数、月収記録、インタビュー
	■ 植林技能の向上	講習参加者数、インタビュー
	■ 女性の社会的地位向上	雇用者数、インタビュー
	■ Well-beingの向上	プロジェクト受益者数、インタビュー
生物多様性	■ 生態系回復・保護	植林面積、生物多様性評価
	■ 絶滅危惧種保護	種名、種数・個体数調査

* 特徴的な便益は次スライド以降で示す

10

砂漠防止 温帯砂漠 ①中国 タクラマカン砂漠端での砂漠化防止

住民	砂漠地帯の住民に植林活動を提供	
	■ 出稼ぎ労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 貧困緩和	講習参加者数、PRA
	■ 社会的結束向上	雇用者数、PRA
生物多様性	森林被覆増加による生態環境改善	
	■ サイト周辺の野生動物保護	PSR
調査者	炭素コンサルタント自身が地方林業局と協働	
	■ 女性、少数民族参加	PRA



中国5件の共通便益
・ 「出稼ぎ労働者減少」「地域活性化」
・ 生育困難地域での生態環境の改善

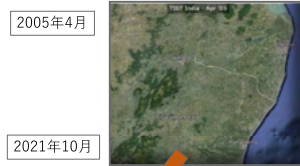
砂漠防止 温帯ステップ ②中国 山岳地帯での砂漠化防止

住民	砂漠地帯の住民に植林活動を提供	
	■ 出稼ぎ労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 生活の質(生計、技術)向上	講習参加者数、PRA、貧困調査
	■ 社会的結束向上	雇用者数、PRA
生物多様性	森林被覆増加による生態環境の改善	
	■ 在来種植林(ニレ、トウヒ等による森林被覆増加)	樹種、植林面積、PSR
	■ 森林生態系の改善	PSR(鳥類観測)
調査者：市立森林科学研究所自身		



生態系保全 熱帯乾燥林 ③インド [TIST]クレジット払+重要樹種植林

住民	貧困農民のエンパワーメント	
	■ 住民への炭素収入からの支払い	支払記録
	■ 大規模住民参加	参加者数
	■ 小規模組織形成	グループ数
生物多様性	絶滅危惧種(Red Sandalwood)の大規模植林	
	■ 絶滅危惧種植林	植林木数(GPS)
	■ 有用植林木(果実、薬木等)増加	面積、本数(GPS)
	■ 在来種、植林木数、植林地増加	回答メンバー数、インタビュー
調査者：炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身		
[TIST: The International Small Group and Tree Planting Program] (16/60件) 農民は有用樹種を選択して植林し、炭素クレジットからの収入(70%)を得る		

GPS測量による
植林木とその増加

生態系保全 熱帯山地 ④ケニア [TIST]クレジット払+重要樹種植林

住民	貧困農民のエンパワーメント	
	■ 気候変動への適応(組織化等)	講習参加者数
	■ 住民への炭素支払い	支払記録
	■ 雇用者の技能向上	講習参加者数
生物多様性	■ 女性リーダー職就任率向上	就任者の割合
	■ エンパワーメント(保健研修等)	講習参加者数、インタビュー
	HCV(Meru Oaks)樹種の大規模植林	
	■ HCV樹種植林	植林木数(GPS)
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 回廊、バッファゾーン創出	
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 山地侵食防止・流域保全	

GPS測量による
植林木とその増加

生態系保全 温帯山地 ⑤中国 高標高地帯の土壌侵食防止

住民	旧過放牧地帯での生活能力向上	
	■ 出稼ぎ労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
	■ 女性の潜在能力(地位、技術)向上	PRA
	■ 社会的結束向上	PRA
生物多様性	高高度地帯での植林	
	■ 土壌侵食防止	植林面積
	■ 回廊づくりによる近隣自然保護区の生態系回復	サンプル地観察
	調査者：林業会社自身	



植林地の景観

生態系保全 温帯大陸林 ⑥中国 保護区周辺の土壌保全

住民	住民の環境意識向上と生計支援	
	■ 気候変動や森林資源の認識向上	講習参加者数
	■ 地方経済向上	PRA、税収入額
	■ 出稼ぎ労働者減少	雇用者数、月収記録、PRA
生物多様性	■ 社会関係向上	PRA
	■ 女性・少数民族雇用	PRA
	生態環境の改善	
	■ 土壌侵食防止	植林面積
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 自然保護区の生態系回復	
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 自然保護区の生態系回復	



開始前と開始後の植林地



女性たちの育苗作業現場

生態系保全 亜熱帯湿潤林 ⑦中国 石灰岩地帯の環境改善

住民	住民の気候変動への認知度向上	
	■ 生活の質向上(住居、土壌、インフラ)	PRA
	■ 女性地位向上	雇用者数
	■ 地域経済・産業発展(雇用機会増加)	PRA
生物多様性	■ 社会関係向上	PRA
	生育困難な石灰岩地帯の生態系回復	
	■ 気候改善と災害(地滑り、洪水)減少	PSR、住民インタビュー
	■ 野生動物生息地保全	植林面積、PSR
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 生育困難な石灰岩(カルスト)地帯植林	
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 生育困難な石灰岩(カルスト)地帯植林	

土壌改善により
換金作物栽培可(ナツメ)

生態系保全 熱帯湿潤林 ⑧ブラジル アグロフォレストリ志向型植林

住民	生業転換による生計向上	
	■ 雇用者増加	雇用者数
	■ 生活の質向上(住居、水インフラ、土壌改善、情報アクセス)	SLA
	■ 社会関係向上	SLA
生物多様性	■ 植林地における林産物資源獲得	SLA
	■ アグロフォレストリ(養蜂等)による現金収入	プロジェクト終了後
	林業への土地利用転換による生態系回復	
	■ ユーカリ植林回廊で動物数増加	観察頻度、カメラ
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 法的保護区でのHCV保護	
調査者	炭素コンサルタント(TIST設立者CAAC)と環境研究所自身	
	■ 林業投資家の呼び込み	



クレジット用植林地(5か月)



クレジット用植林地(4年目)

施業地(伐採有)の一部がプロジェクト地
(伐採無、炭素クレジット)

伐採有植林 熱帯湿潤林 ⑨コロンビア FSC認証済み産業植林

女性とコミュニティのエンパワメント	
■ 女性地位向上	女性雇用者数と割合
■ 森林資源の価値認識向上	研修参加者数
■ 社会関係向上	SLA
■ 生活の質向上（保健、社会的価値の高い地域保護等）	SLA
保護区周辺と自然劣化地の保全	
■ アカシアとユーカリ植林による回廊づくり	植林面積、植林樹種
■ 野生動物生息地保全	植林面積、生息動物観察
■ 保護区周辺生態系保護	生息数カメラトラップ 生物多様度指数
調査者：林業会社自身	



伐採有植林 熱帯雨林+湿潤林 ⑩パナマ FSC認証済み2サイト植林

先住民族の雇用による持続的森林経営	
■ 先住民族の雇用者創出	先住民雇用者数
■ 労働者研修（Covid-19予防含む）	研修参加者数
■ 生活環境の向上（住居、道路等）	施工費、観察
長期的な森林再生計画	
■ 複数種（在来・外来）の伐期をずらした植林	植林面積
■ 土壌侵食の回復	植林面積、観察
■ 河畔林保護のための在来種植林	植林木数、植林面積
■ 動植物生息数回復	カメラトラップ
調査者：林業会社と専門家（NGO、大学等）と協働	
長期的(100年)な持続的森林経営	



伐採有植林 熱帯雨林 ⑪ブラジル アグロフォレストリ志向型植林

雇用創出による住民の生計向上	
■ 雇用者増加	世帯数、SLA
■ 生活の質向上（住居、土壌等）	SLA
■ 植林木の自家用(建材等)採取	SLA
■ アグロフォレストリ技術向上	研修者数
アグロフォレストリへの転換による生態系回復	
■ ユーカリ植林のバックファゼン	植林面積、サンプル地観測
■ 土壌侵食減少	5年観察
■ 法的保護区生態系回復	衛星画像、サンプル地観測
■ 景観向上	目視観察、住民インタビュー
■ アグロフォレストリによる森林減少抑制	リモートセンシング
調査者：共同事業体（農家+専門家+炭素コンサルタント）自身が現地大学と協働	



まとめ①便益の傾向

住民	生計向上（雇用による収入） + 女性地位、地域活性化、気候変動適応能力
生物多様性	保護区の保護・回廊づくり、絶滅危惧種/HCV種保護 + 土壌保全、持続的林業・農業への土地転換

22

まとめ②分析指標・方法の分類：専門性の観点から

専門性

- 高** ■ 専門知識が必要
例：SLA、衛星画像分析
- 中** ■ 機器操作などの訓練は必要だが、それほど専門知識を必要としない
例：PRA、カメラトラップ
- 低** ■ 専門知識・訓練にかかわらず事業記録から活用できる
例：月収記録、植林面積

* プロジェクト内でこれらの指標・方法を組み合わせている

23

まとめ③分析指標・方法の分類例

専門性	住民便益							生物多様性便益								
	分析手法		社会関係	生計向上	女性地位	気候変動適応能力		分析手法	環境劣化抑止	生態系回復				絶滅危惧種保護		
	S L A	P R A	既存資料調査	定性インタビュー	月収記録	管理職数	定性インタビュー参加者数	既存資料調査	P S R	経年観察	評価指数	種数調査	衛星画像分析	植林面積	カメラトラップ観察	植林木数計測
高	○	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○	○	—	—	—
中	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	○	—
低	—	—	○	—	○	○	—	○	—	○	—	—	—	○	—	○

* 専門性高：大学、内外専門家 中～低：プロジェクト・スタッフ、参加住民（+在来（伝統）知を有するスタッフや住民）

24

8.3 第 3 回 事業運営委員会 資料

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

第3回 事業運営委員会

議事次第

令和5年3月20日（火） 14:00～16:30

林友ビル 6階 小会議室（東京都文京区後楽1-7-12）

1. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター

林野庁 海外林業協力室

3. 議題

議題1. 本事業が目指す森づくり活動と炭素ストックの可視化手法

国際緑化推進センター（JIFPRO）柴崎 一樹（説明資料1）

議題2. 住民便益と生物多様性の貢献度評価手法 -CCBSのマニュアル及び事例を基に-

国際緑化推進センター（JIFPRO）藤原 江美子（説明資料2）

議題3. 「森林づくり活動の貢献度可視化手法検証業務（実証試験）」

3-1 ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化

国際緑化推進センター（JIFPRO）柴崎 一樹, コマツ 石森 正俊（説明資料3）

3-2 モンゴル乾燥地における UAV を用いた低木植林の貢献度可視化

アジア航測 金 宗煥 黄 勝澤（説明資料4）

議題4. 事業紹介普及活動：ウェブサイト進捗状況、セミナー開催報告

国際緑化推進センター（JIFPRO）倉本 潤季（説明資料5）

4. 閉会

【配布資料】

議事次第と出席者（本紙）

説明資料1～5

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
第3回 事業運営委員会

出席者

1. 委員（五十音順・敬称略）

足立 直樹	レスポンスアビリティ 代表取締役	(オンライン参加)
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 森林資源研究室 主任研究員	
川口 大二	国際協力機構（JICA） 地球環境部 技術審議役	
北島 薫	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 教授	(オンライン参加)
鈴木 圭	日本森林技術協会 シニアコーディネーター	(ご欠席)
平塚 基志	早稲田大学人間科学学術院人間科学部 准教授	

2. 林野庁

石川 貴之	計画課 海外林業協力室 国際森林減少対策調整官
-------	-------------------------

3. (公財) 国際緑化推進センター

沢田 治雄	理事長
高原 繁	専務理事
田中 浩	技術顧問
柴崎 一樹	研究員
藤原 江美子	研究員
倉本 潤季	研究員

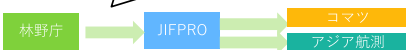
4. 実証試験委託先

稲田 徹	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 副部長 (オンライン参加)
金 宗煥	アジア航測株式会社 事業推進本部 海外事業推進部 担当課長
黄 勝澤	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 海外技術課 技術部長
佐藤 嘉彦	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 海外技術課 技師 (オンライン参加)
石森 正俊	コマツ 建機マーケティング部 グリーン事業（林業・農業）推進部 (オンライン参加)

本事業が目指す森づくり活動と
炭素ストックの可視化手法国際緑化推進センター（JIFPRO）
柴崎 一樹2 本事業が目指す森
づくり活動

R4年度の事業内容（林野庁→JIFPRO仕様書より）

- 委員会の設置・運営
- 植林の貢献度を評価（可視化）する既存の手法・事例を整理・分析 → 議題1と議題2
- 実証試験を通して可視化手法を開発（民間企業委託、2件/年） → 議題3
- 事業紹介（普及）のためのWebサイト構築 → 議題4
- 国内セミナー開催 → 議題4
- 林野庁への報告書作成・提出

途上国森林づくり活動貢献可視化事業
民間企業による森づくり活動促進のために

従来は、「植えること」に主眼
→ 「植えた」本数・面積、映える？写真！報告
・ 植栽後の調査コストはほとんどかからない
・ しかし、3ha→300haに拡大しても、評価（得られるメリット）は100倍にならない
→ 植林活動を拡大するインセンティブ働きづらい

近年、注目されているのは…
クレジット植林
・ 植林以外コスト（時間・労力）高い
→ 大規模でないと成立しづらい
（VCS植林Pの95%は100ha以上）
→ 一般企業にはハードル高い？？

クレジット植林

植えた後のインパクトをなるべく簡易に「見える化」

本事業が目指すのは…
・ 今後、ますます、植林のポジティブ効果が期待・注目されるはず
・ その場合、植えた後が大事、確実に森林を成立させる！
・ 炭素 + α（生物多様性・住民へのインパクト）の「見える化」が重要
・ ただし、「見える化」調査コスト > 植林コスト
（企業が日本or現地の森林調査団体に委託する場合、よくある話…）
→ 小規模プロジェクトでも利用できるよう、なるべく簡易に「見える化」

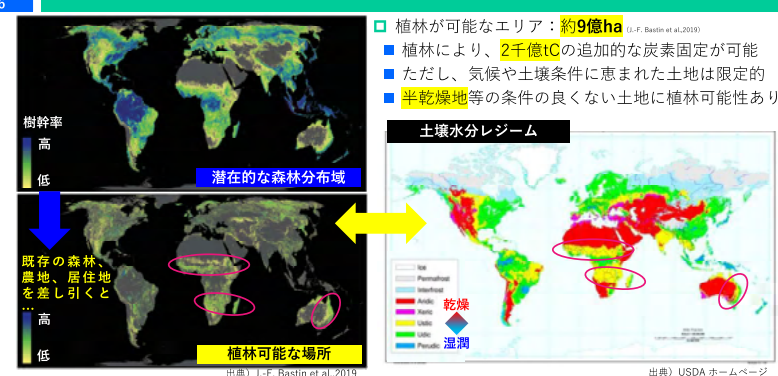
植林活動（植えること自体が目的）

一言で、植林（森づくり）といっても様々なタイプが存在

- ・ 民間企業が、土地を所有または借用し、木材やパルプ用材生産のために植林（伐採前提）
・ 大面積で効率的な施業
- ・ 地域住民が共同で実施
・ 現地政府や海外ドナーが関与することもある
・ 非木材林産物のみ採取、伐採しない場合もあり
- ・ 生態的に価値がある保護区の植生回復や維持のための植林
・ 通常、政府の土地であり、伐採は想定しない
- ・ 土地所有・利用権を持つ者が植林
・ 管理と利用方法は所有者が決定
・ 面積は1ha以下（ケニアの場合）

上記4つの全ての植林タイプが、本事業での「森づくり活動」の対象になり得る

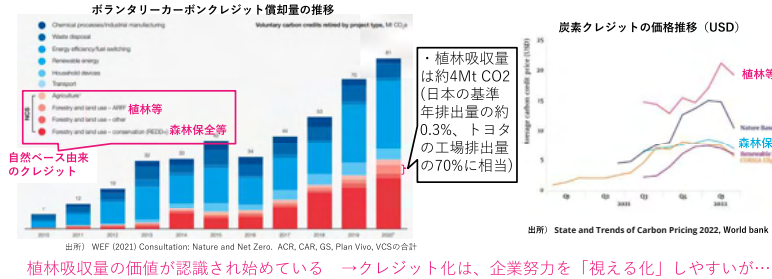
植林ポテンシャル：どんなところに植林できるのか？



植林ポテンシャル：どういう植林ができるのか？

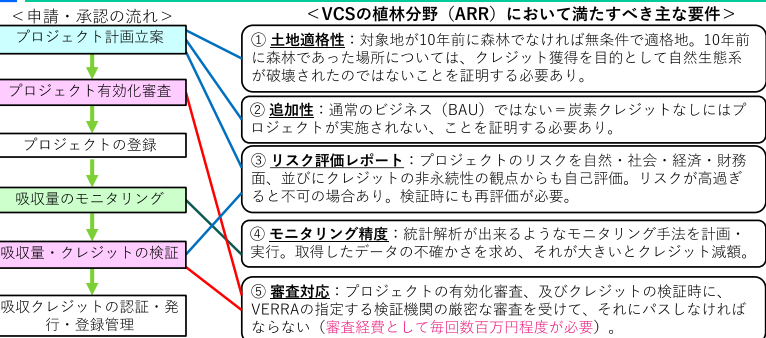
植林によるCO₂吸収量 → 炭素クレジットすればよい？

- クレジット化 = 流通可能(財産化) → 用途拡大 → それにはクレジット発行機関の認証必須
- クレジットの取引量は増加傾向、特に自然(森林)ベースのクレジットの割合増加
- 実際、クレジット目的の植林プロジェクト増加、+ 買取り価格も上昇



クレジット植林の申請の複雑さ (VCS※の例)

※: Verified Carbon Standard (ボランタリーカーボンのプログラムの一つ)



サプライチェーンに森林を介さない一般企業が、「植林→モニタリング→クレジット申請」を行うのは困難？

本事業で参考になりえる炭素ストックの可視化手法

植林による炭素ストック増加の可視化→VCSの事例を参考

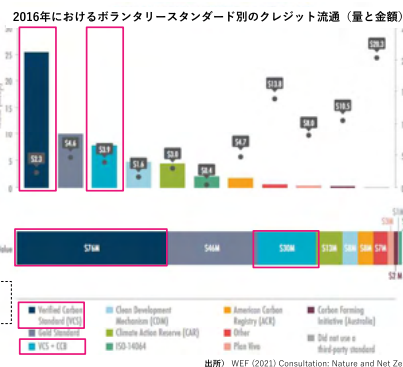


炭素ストックの可視化にあたって

- ボランタリーカーボンのクレジットプログラムでは、植林による炭素ストック推定が先行
- VCSは...
 - 一番発行量が多い
 - ICROA※が定める国際基準を満たす
 - CORSIA※にも使用可能
 - 現存クレジットでは一番知名度が高い
 - VCSに認可済みの植林プロジェクトの炭素ストック推定方法に従えば...
 - クレジット化しなくても信頼性は担保可能

※: International Carbon Reduction & Offset Alliance
※: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

今年度はVCSの炭素ストック推定方法に着目



簡易な方法論を適用するVCS小規模植林プロジェクトに着目

VCSの植林(ARR)では、小規模と大規模が存在

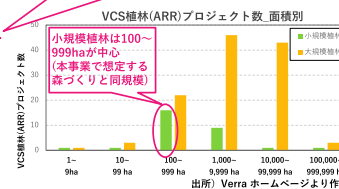
- 小規模植林の条件: 吸収量が16,000t CO₂/年以下 (面積の基準はない)
- 小規模植林は簡易 (Simplified) なCDM方法論 (全部で7つ) が使える

VCSの土地利用セクターのプロジェクト数 (Validation後に登録済みのみカウント対象、2023年3月7日時点)

土地利用セクター全体	プロジェクト数
植林(ARR) (I+aでREDD、森林農業改善(IFM)、農地管理(ALM)を含む)	448
小規模植林利用の方法論適用	29
①: 私有地又は政府所有地での植林 (2ha以上の植林地が100区以内)	7(うち3回はAR-AMS0007採用)
②: 小規模農家の所有農地で植林 (2ha未満の植林地が100区以上、アグロフォレストリ)	22(うち1回はAR-AMS0007採用)
大規模植林利用の方法論適用	136
REDD (+αで森林農業改善(IFM)、農地管理(ALM)を含む)	116
森林農業改善(IFM)のみ	40
それ以外(農地(ALM)・草地(AGS)・湿地(WRC)管理)	118

出所: Verra ホームページより作成

・ 小規模植林の植林地は2つのタイプが存在
・ 近年(2017年以降)申請した小規模植林P (ID:1317以降)は10個で、全てAR-AMS0007採用 (Afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands)



今年度は、近年申請のAR-AMS0007採用した10の小規模植林プロジェクトの炭素推定方法を分析

VCS小規模植林_2017年以降申請の全10プロジェクトの概要



13

植林地のタイプ	ID	プロジェクト名	国	期間(年)	CC B	伐採	ベースライン(植林なかったときの吸収・排出量)	対象プール
①私有地又は政府所管地での植林	1317 (Pratigi)	Pratigi 環境保護区での再植林プロジェクト	ブラジル	100	取得	想定無し	ゼロとみなす	
	1339 (Renecom)	Renecom 新規・再植林プロジェクト	南アフリカ	20	なし	想定	ゼロとみなす	
	1397 (PRODICOM)	ペルー北の放牧地における再植林—PRODICOMプロジェクト	ペルー	35	なし	想定	ゼロとみなす	地上部、地下部バイオマス
	1496 (Jubilación)	ペルーのJubilación Segura地区の小規模農家対象のアグロフォレストリーと再植林	ペルー	60	なし	想定	IPCC等のデフォルト値を使って設定	地上部バイオマスは既存のR/S比から算定
②小規模農家の農地で植林(アグロフォレストリー)	1682 (Cofee)	コロンビアコーヒーエコシステムの再生	コロンビア	40	なし	想定	IPCC等のデフォルト値を使って設定	注: 2623のみは農地対象(IPCCデフォルト値から推定)
	2338 (TIST)	ケニアにおけるTIST 植林プログラム	ケニア	60	取得	想定無し	ゼロとみなす	
	2339 (TIST)	ウガンダにおけるTIST 植林プログラム	ウガンダ	60	取得	想定無し	ゼロとみなす	
	2346 (Cropcity)	Cropcity Agrovet 社によるマホガニーを使った新規植林	インド	20	なし	想定	ゼロとみなす	
	2471 (AgroRefo)	ウガンダ小規模農家を対象としたアグロフォレストリーと再植林	ウガンダ	35	なし	想定	ゼロとみなす	
	2623 (KOMAZA)	ケニアにおけるKomaza社による小規模農家林業	ケニア	20	取得	想定	ゼロとみなす	

出所) 各プロジェクトのProject description reportやMonitoring reportを基に作成

ほとんどのプロジェクトがベースラインを0とみなし、実際には地上部バイオマスだけをモニタリング→という植林地で、どのように地上部バイオマスをモニタリングしているのか?

VCS小規模植林_炭素(地上部バイオマス)のモニタリング方法



14

植林地のタイプ	ID	国	植林(計画)面積	植林区の数	地上調査(サンプリング方法)	植林地全体の炭素評価に必要なデータ取得	アロメトリ式
①私有地又は政府所管地での植林	1317 (Pratigi)	ブラジル	101ha	(平均15haの私有農地)	10m×10mプロットで樹高とDBHを測定(5年毎)	全植林地をGPSで計測	既存(TIEPOLD, G., CALMON, M. & FORTIL, R. 2002.)
	1339 (Renecom)	南アフリカ	4 ha	3か所(私有地)	10m×10mプロットで樹高とDBHを測定(5年毎)	樹冠面積を計測とあるが、詳細はPDに未記載	既存(Nath A.J., Gilarzes, D. And Daa, A. 2009.)
	1397 (PRODICOM)	ペルー	167 ha	30か所(私有地)	20m×20mプロットで樹高とDBHを測定(5年毎)	植栽直後に1度だけ全植林面積をGPSで計測	既存(Guerra et al (2005)28, Simbaha R. (2011)29)
②小規模農家の農地で植林(アグロフォレストリー)	1496 (Jubilación)	ペルー	1,602 ha	1619か所(農地)	500m2の円形プロットで樹高とDBHを測定(5年毎)	植栽直後に1度だけ全植林面積をGPSで計測	既存(Higuchi et al., 1998.)
	1682 (Cofee)	コロンビア	2,321 ha	2,707か所(農地)	各階層で植林区をサンプリングし、その区で20本のDBHと樹高を測定(5年毎)	植栽直後に1度だけ全植林面積をGPSで計測	既存かどうかPDに記載なし
	2338 (TIST)	ケニア	2,293 ha	3,348か所(農地)	各階層で植林区をサンプリングし、その区で20本のDBHと樹高を測定(5年毎)	毎年、全生残木カウント(面積を計測していない)	既存(DH Ashton(1976), Tim Pearson et al.(2004))
	2339 (TIST)	ウガンダ	2,414 ha	2,605か所(農地)	各階層で植林区をサンプリングし、その区で20本のDBHと樹高を測定(5年毎)	全生残木カウント(面積を計測していない)	既存(DH Ashton(1976), Tim Pearson et al.(2004), IPCC(2006))
	2346 (Cropcity)	インド	129 ha	151か所(農地)	PDに記載なし	PDに記載なし	既存かどうかPDに記載なし
	2471 (AgroRefo)	ウガンダ	611 ha	1,000か所以上(農地)	PDに記載なし	PDに記載なし	既存かどうかPDに記載なし
	2623 (KOMAZA)	ケニア	45,316 ha	10,127か所(農地)	各階層で植林区をサンプリングし、その区で10本のDBHと面積を測定、5年毎	毎年、新しく植林する区画をGPSで計測	既存(Davie, (2015), Brown)

出所) 各プロジェクトのProject description reportやMonitoring reportを基に作成

②小規模農家の農地での植林でプロット調査なしのプロジェクトあり→という調査を実施しているのか?

プロットを使わない炭素推定方法(VCSで実際に認証済み)

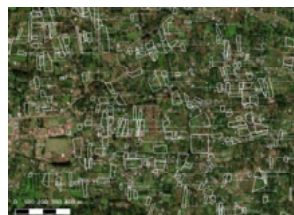


15

■ TIST@ケニア(ID:2338)の炭素モニタリング方法

各階層の植栽した苗の生残本数 (全数調査)						
樹種	植栽年					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Eucalyptus grandis</i>	プロジェクトで植えられた全苗木を、各階層ごとにカウント(地元住民から選出・雇用されたQuantifiersが毎年カウント、約9万本)					
<i>Cupressus spp</i>						
<i>Other Tropical species</i>						
+						
各階層のDBH・樹高測定 (20本サンプリング調査)						
樹種	植栽年					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Eucalyptus grandis</i>	各階層から、植林区をサンプリし、植林区の20本のDBH+樹高を測定(Quantifiersが計測)					
<i>Cupressus spp</i>						
<i>Other Tropical species</i>						
↓ 既存アロメトリ						
各階層のバイオマス (全炭素量を推定)						
樹種	植栽年					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Eucalyptus grandis</i>	Quantifiersが報告した生残本数とDBH,樹高を基に各階層の地上部バイオマスを推定 (地下部もデフォルト値で推定)					
<i>Cupressus spp</i>						
<i>Other Tropical species</i>						

既存アロメトリ式

ケニアのVCS植林プロジェクトサイトの一部
1ha前後の植林区(白)が点在、全部で6,348植林区

・小面積の植林区(農地)が点在 →植栽密度もバラバラで、プロット調査が難しいため本方法採用と予想・90%信頼区間で10%不確実性を達成とレポートに明記し、実際にVCSに認められクレジット発行済み→ケニアの実証調査で試行中のドローンによる生残木検出は、この生残本数のカウントに使える可能性

まとめ_VCS植林事例分析からみた炭素ストックの可視化

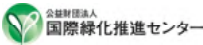


16

■ VCS小規模植林の事例分析 → 農地植林での「炭素可視化」で参考になる方法があった

- VCS小規模植林の面積スケールは、数百haであり、本事業で想定する森づくりとほぼ一致
- ①広大な裸地に画一植林というより、②農地に植林している事例が多い(現在の主流か?)
 - 住民便益を考慮すると、農地植林は有益 + 植林可能地のほとんどは低利用の農地?(スライド6)
 - 本事業(ケニアでの実証試験)でも同様にモザイク状の農地に植林をする予定(議題3)
- 実際にモニタリングしているのは、地上部バイオマスのみ
 - その他のプールやベースラインは既存のデフォルト値を使って推定
 - 地上部バイオマスは、測定したDBHと樹高から、既存のアロメトリ式で推定
- 植林地全体の炭素は、「プロット調査+植林面積」でなくても、全植栽本数からも評価可能
 - VCS「②小規模農家の農地への植林」では、プロット調査なしで、クレジット認証得ている事例あり
 - 各植林区の面積が小さく、植栽密度もバラバラで、プロット調査が難しいことが予想
 - その場合、いかに正確に効率よく、数万にも及ぶ生残木を全てカウントできるかが重要
 - 本事業(ケニアでの農地植林)で試行中の「ドローンでの苗木検出」はこのカウントに役立つ可能性

住民・生物多様性便益の貢献度評価手法
—CCBSのマニュアル及び事例を基に—



藤原 江美子

発表内容

- 1. これまでの発表内容
- 2. CCBS 便益評価の分析指標・方法
- 3. 事例11件の分析
- 4. まとめ

2

1. これまでの発表内容

- ◆第1回委員会・・・環境・社会面便益評価のイニシアチブ
マルチベネフィットの獲得を目的とするCCBS認証基準をピックアップ
- ◆第2回委員会・・・CCBS事例紹介
CCBSプロジェクト評価手法・指標の傾向を把握
- ◆（本委員会）第3回委員会・・・CCBS事例分析
CCBSマニュアルの分析視点から事例の評価手法・指標を検討

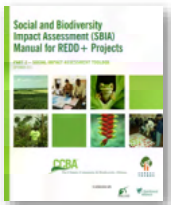
3

2. CCBS便益評価の分析指標・方法

SBIAマニュアルにもとづく便益評価

- 1. CCBSは ポジティブインパクト を見る
- 2. 便益の評価は 評価基準 にもとづく
- 3. 便益 を特定する
- 4. 便益の評価指標 を特定する
- 5. 便益の評価方法（モニタリング方法） を特定する

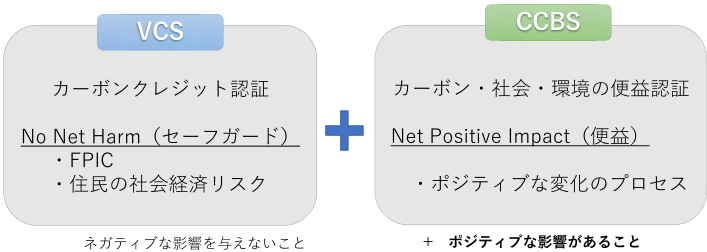
この流れで5番目を重点的に説明します



SBIAマニュアル
(CCBSを達成するための
マニュアル) より
Part1.~Part3.
4

2-1. CCBSは ポジティブインパクト を見る

Verraの認証プログラム



Verraはダブル認証を推奨

5

2-2. 便益の評価は 評価基準 にもとづく

- ◆全体で20基準95指標
- ◆Gold Level=以下の付加的な便益を含めた全基準を満たしうる時

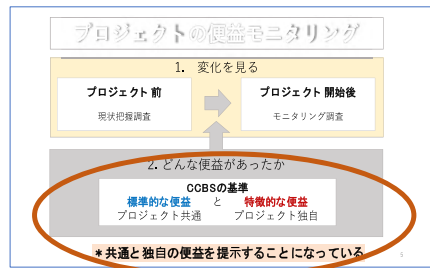
レベル	付加的な便益
Climate Gold	気候変動に適応する便益
Community Gold	プロジェクトを主導する小農・コミュニティや貧困世帯への便益
Biodiversity Gold	世界的に生物多様性の優先度が高い地域（Key Biodiversity Area）や絶滅危惧種の保全に対する便益

6

2-3. 便益を特定する

◆事業者は標準的便益と特徴的便益を提示する

↑
付加的便益はこちらに



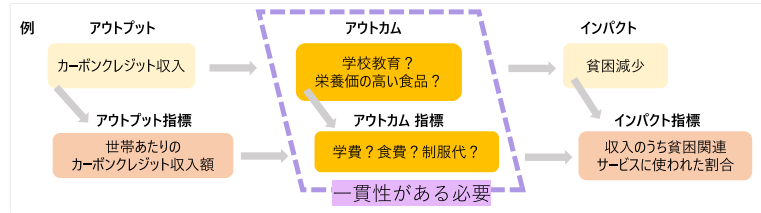
(第2回可視化委員会報告資料)

7

2-4. 便益の評価指標・方法を特定する

SBIAでの便益評価手法の考え方（生物多様性・住民共通）

◆変化理論を推奨（低コストで妥当な信頼性を達成しうる）
⇒望ましい変化のシナリオを想定し、そのレベルに応じた指標を特定する



(SBIA-Part 1 p.43 をもとに作成)

8

2-4. 便益の評価指標・方法を特定する

便益評価指標の出し方

アウトプット指標	アウトカム指標	インパクト指標
◆創出された雇用の数 ◆トレーニングを受けた人の数 ◆植林された木の本数 ◆環境教育ワークショップの参加者数	◆新しい生計手段を導入した世帯の数 ◆炭素の支払いによる世帯収入の増加率または絶対値 ◆女性が薪や水を集めるのに費やす時間の減少 ◆炭素の受益者が公正な支払いを受けていることに同意している割合（これは、プロジェクトが実行可能で、効果的な利益分配システムがあることを意味する） ◆プロジェクト関係者委員会に占める女性の割合 ◆外部専門家と連携している村落管理委員会の数 ◆生態系および経済的ソーシングの完了 ◆保護地域の改善されたモニタリングシステムの確立	◆乳幼児死亡率の減少率 ◆1日2ドル未満で生活する世帯の減少率 ◆森林保護対策に否定的だった地域住民の態度が肯定的に変化した割合 ◆意思決定への女性の参加の大幅な増加 ◆家庭内暴力の減少 ◆絶滅危惧種の個体数増加率 ◆希少な生態系の保全面積

(SBIA-Part 1 p.43 をもとに作成)

9

2-5. 便益の評価方法（モニタリング方法）を特定する

費用対効果の高いモニタリング方法は？

低コスト、信頼性

⇒「誰が行なうか」によって左右される

⇒事業者（プロジェクトチーム）が主体となって専門家やコミュニティとうまく協働して実施できる形がよい

(SBIA-Part 1 p.11-12, および10章)

1. 専門性（外部専門家＋技術・機器）
2. 実施者（外部専門家、コミュニティ）

順に見ていきます

10

2-5. 便益の評価方法（モニタリング方法）

を特定する

1. 専門性（外部専門家＋技術・機器）

以下の点での利点と不利点に注視するとよい

- ① データの質
- ② コスト
- ③ 調査期間
- ④ 新たな脅威の特定
- ⑤ コミュニティのデータ所有意識
- ⑥ 非専門家へのトレーニング

↑外部専門家の関与が少ないと

2. 実施者（外部専門家、コミュニティ）

⇒コミュニティ関与の軸で見直すと・・・

表1. 生物多様性便益モニタリングでの外部専門家と技術・機器の複雑さ

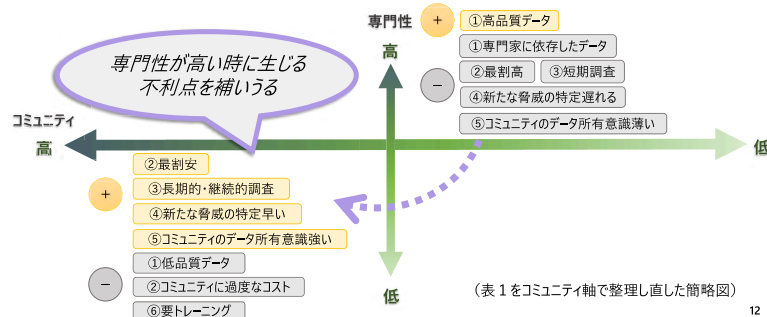
外部専門家と技術・機器の複雑さ	モニタリング技術や機器の複雑さ			
	高	中	低	非常に低い
①データの質	高品質なデータ・分析	専門家に依存する	専門家に依存する	専門家に依存する
②コスト	高	中	低	非常に低い
③調査期間	短期間	短期間	短期間	短期間
④新たな脅威の特定	高	中	低	非常に低い
⑤コミュニティのデータ所有意識	高	中	低	非常に低い
⑥非専門家へのトレーニング	高	中	低	非常に低い

(SBIA-Part 3 p.37 Table 8 をもとに作成)

11

2-5. 便益の評価方法（モニタリング方法）を特定する

専門性（外部専門家の実施量と技術・機器）とコミュニティ関与との関係



(表1をコミュニティ軸で整理し直した簡略図)

12

2-5. 便益の評価方法 (モニタリング方法) を特定する

住民便益モニタリングでも同様の傾向が見られる

定性的および「参加型手法」による社会調査の専門性におけるコミュニティ関与の利点と不利点

	+	-
①データの質	・社会的・制度的変化 ・ステークホルダーの認識 ・社会的な問題 (公平性、ジェンダー、因果関係など) を把握しうる コミュニティの関与が重要になる	バイアス、主観がつきまとうのは定量的 手法と同様
②コスト		厳格なほど費用と時間がかかる
③調査期間		現地住民に多大な時間
④新たな脅威の特定	無形、予期せぬ結果の特定	
⑤コミュニティのデータ所有意識	-	-
⑥非専門家へのトレーニング		必要 (熟練者、研究チームが必要)

具体的な調査法を説明します (SBIA-Part 2 p. 21をもとに作成) 13

2-5. 便益の評価方法 (モニタリング方法) を特定する

住民便益の調査法

手法名	PRA Participatory Rural Appraisal	PIA Participatory Impact Assessment	SLF Sustainable Livelihoods Framework
目的	■ コミュニティ基本情報把握 ■ 住民認識の把握	■ コミュニティに起きた変化を見る ■ PRAにもとづく影響評価	■ 持続可能な生計を5~6つの資本指標によって分析 ■ 「参加型手法」と併せての実施を推奨 (SBIAPart2. p.35)
調査法	定量的・定性的インタビュー 対象：世帯、代表者、グループなど 形式：半構造化、質問票、参加型地図作成		
収集データ例	世帯数、収入源、社会政治面、自然資源、地理、住民の意見・苦情	変化の詳細、プロジェクトに起因する変化、人々の生活の変化など	指標にもとづく情報例) 金融=収入、雇用人間=知識、労働環境情報アクセス=ネット

時間がかかるが必要 (第2回委員会報告資料P.16に加筆) 14

2-5. 便益の評価方法 (モニタリング方法) を特定する

生物多様性便益の調査法

手法名	PSR (Pressure-State-Response) Framework
目的	保全目標に対するプラスとマイナスの影響も一緒に監視
調査法	人間の環境への[圧力P]を特定し、望ましい[環境S]に戻すための[対策R]の実施を示す 例) P=圧力 (森林火災) S=状態 (森林面積や動植物生息数) R=対策 (火災予防活動)

「最も一般的な手法」 (SBIA Part 3. P.31) (第2回委員会報告資料P.17から抜粋) 15

3. 事例11件の分析 モニタリング実施状況

番号	ID	国	モニタリング実施者				モニタリング分析指標・方法	
			事業者	外部専門家	コミュニティ	コミュニティ	生物多様性	
1	1866	中国	綿工業	林業局、炭素コンサル	○	PRA	PSR サンプリ地鳥類個体数調査 (スタッフ**・住民有)	
2	2087	中国	農林会社	林業局 研究所	○	PRA	サンプリ地生息調査 (住民聞き取り有)	
3	2481	パナマ	林業会社(FSC取得済み)	NGO、大学	○	PIA	サンプリ地生息調査 (カメラトラップ、ドローン)	
4	1832	中国	林産環境会社、炭素コンサル	林業局	○	PRA	サンプリ地生息調査 (生物多様性指数)	
5	1895	中国	林産環境会社、炭素コンサル	林業会社	○	PRA	サンプリ地生息調査 (生物多様性指数)	
6	1969	ブラジル	農家、専門家	大学	○	SLF	サンプリ地生息調査 (住民聞き取り有)	
7	2512	コロンビア	林業会社	林業会社 環境コンサル	○	SLF	サンプリ地生息調査 (生物多様性指数), 参加型地図作成	
8	994	インド	炭素コンサル	研究所	—	任意*の調査 (スタッフ情報収集)	サンプリ地植林木調査 (スタッフGPS計測)	
9	2338	ケニア	炭素コンサル	研究所	—	任意の調査 (スタッフ情報収集)	サンプリ地植林木調査 (スタッフGPS計測)	
10	2370	中国	市立森林科学研究所	—	○	PRA	PSR サンプリ地鳥類個体数調査 (スタッフ観測有)	
11	1663	ブラジル	炭素コンサル (FSC取得済み)	—	○	SLF	サンプリ地生息調査 (スタッフ・住民の調査補助)	

任意*：分析手法の明示がとくになかった、 スタッフ**：事業者を含む 16

3. 事例11件の分析

モニタリング実施者のパターン

パターン	住民便益	生物多様性便益
1 事業者 + 外部専門家 + コミュニティ	5件 ex.) PRA, PIA調査	5件 ex.) 参加型動物生息地図、 生息情報の聞き取り、観察
2 事業者 + 外部専門家	2件 ex.) スタッフが農家の 収入記録の収集	2件 ex.) スタッフが観測、植林木 GPS情報の記録・収集
3 事業者 + コミュニティ	2件 ex.) PRA	2件 ex.) スタッフ・住民が内部専門 家の調査補助

3. 事例11件の分析

コミュニティ関与のパターン

パターン	住民便益	生物多様性便益
1 「参加型手法」で関与	6件 ex.) PRA, PIA調査	3件 ex.) 参加型動物生息地図、生 息情報の聞き取り
2 専門家の調査補助役		1件 ex.) 計測補助
3 コミュニティの関与は薄く事業者(スタッフ)が主に実施	2件 ex.) 農家の収入記録の 収集	4件 ex.) 鳥類観測、植林木GPS情 報の記録・収集
4 コミュニティの関与は薄く内外専門家が主に実施	3件 ex.) SLF調査	3件 ex.) 生物多様性指数、ドローン

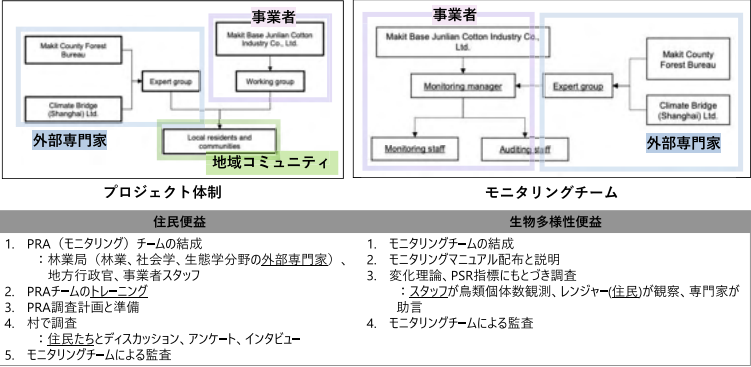
4. まとめ

- ◆専門性：事業者のみで専門性を確保するのは例外的
⇒ 外部専門家なしの事例は内部専門家のいる研究所がFSC認証済みの事業者
- ◆コミュニティ関与：さまざまな実施パターン
⇒ 関与が薄く内外専門家や事業者スタッフの役割が大きい事例もあった

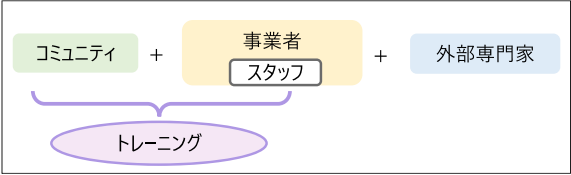
住民便益・生物多様性便益ごと、あるいは分析指標・方法ごとに
専門性 x コミュニティ関与のバランスをとっている

19

4. まとめ 例 中国(ID1866)綿工業会社のプロジェクトモニタリング方法



4. まとめ

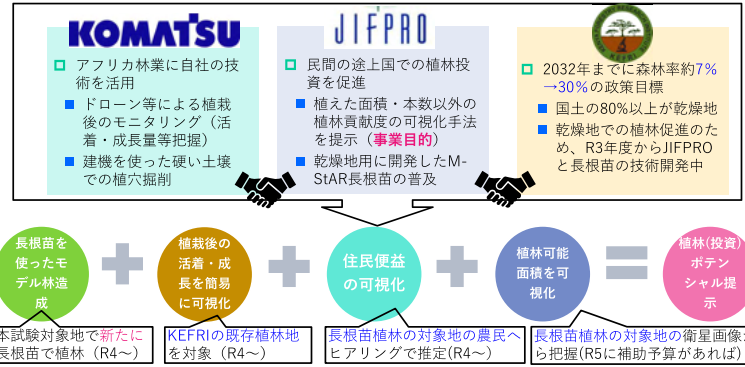


コミュニティが関与することの利点は費用対効果だけでなく、
プロジェクト目標達成につながる広い意義もある
「生物多様性の目標に対する責任感、地域社会の力も高める」(SBIA-Part3. p.37)

ご清聴ありがとうございました

ケニア半乾燥地におけるICT※ソリューションを用いた
長根苗植林の貢献度可視化（コマツ+JIFPRO共同実施）

※：ICT：Information and Communication Technology

国際緑化推進センター（JIFPRO）
柴崎 一樹

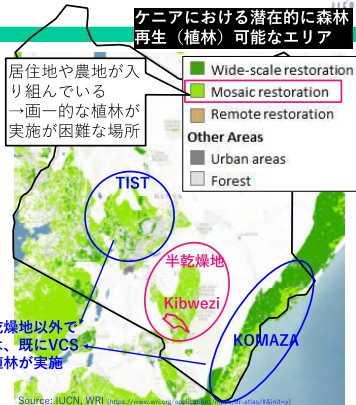
ケニアの植林状況と対象地



対象地に植林する長根苗とは…



- 2032年までに森林率約7%→30%の政策目標
 - 目標達成 + 燃材供給のため政府は農地植林を推奨
- 既に2つの地域で植林が実施
 - どちらも、大企業がVCSクレジット目的で投資
 - KOMAZA：Appleや三井物産等
 - TIST：Shell等
 - どちらも非乾燥地 + 小規模農家の農地で植林
- 本試験の植林対象地：Kibwezi sub county
 - 半乾燥地に分類（600mm前後）
 - 潜在的には植林可能な地域
 - これまでほとんど植林は行われていなかった



半乾燥地のKibweziでも植林（投資）ポテンシャルを可視化できれば、民間投資が得られる可能性？

- ケニア半乾燥地で植林が進まない原因は？
 - 植栽コストが高い（穴掘り、灌水）
 - 活着率が悪い、成長が遅い（活着率が50%前後という報告（Magaju et al. (2020) もあり）
 - 植栽が雨季初めに限定 + 降水不安定 → 植栽時期逃しやすい → 林業成立困難
- JIFPROは乾燥地での植栽可能時期拡大のため「M-StAR※長根苗」をケニアで試行

※M-StARについては別添参照



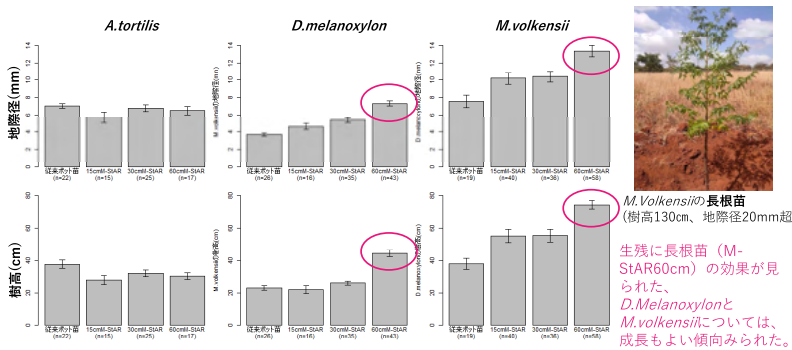
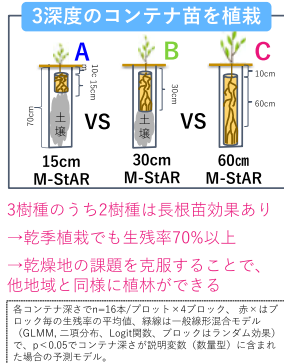
長根苗は半乾燥地での植林に有望な技術であることを実証



植栽9か月後の苗木の成長（無灌水、1回目の雨季終了時点）



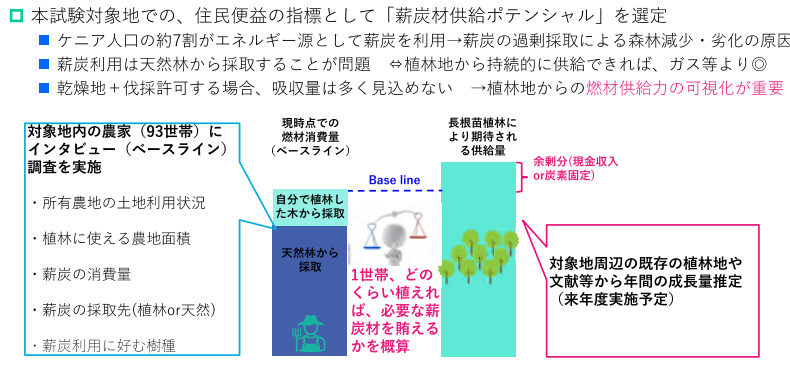
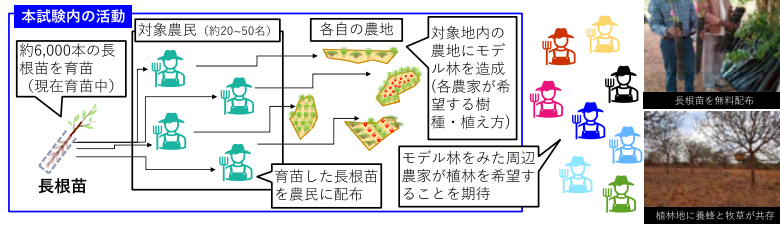
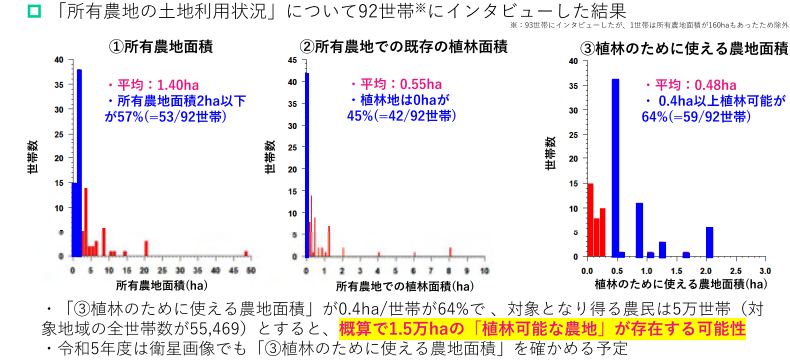
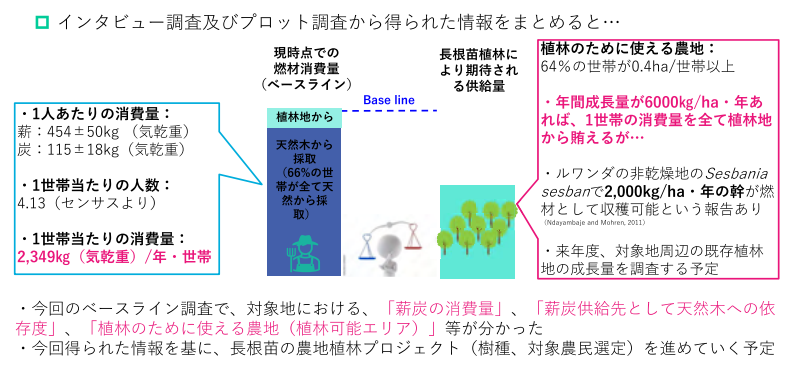
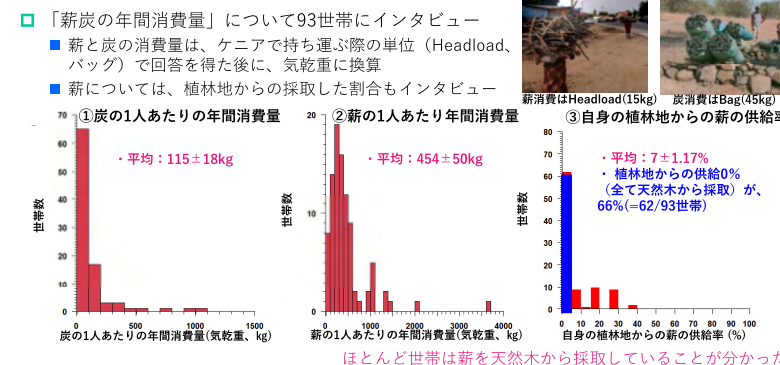
- ケニアにて、乾燥林樹種を25樹種で長根苗を育苗
 - ほぼ全樹種で長根苗ができること実証（R3年度、別事業）
- 植栽可能時期を広げるため…乾季植栽試験を実施
 - 右図の3種類のコンテナ深さの苗木を乾季に植栽
 - 植栽時に灌水し、その後は無降水・無灌水
 - 6か月間の乾季を乗り越えた苗木の生存率は下図の通り…



小規模農家の農地に長根苗のモデル林を造成

住民の燃材利用に関するベースライン調査
住民便益の指標とその評価方法

- 対象農民：自分の農地で長根苗植林を希望した農民
- 対象農民の負担：「植栽場所の提供」と「植栽後の管理」
 - 長根苗は無料配布
- 植栽時期：2023年5月以降
- 植栽方法：既存の土地利用と競合回避（伐採、アグロフォレストリー、エンリッチメントも許可）

住民の燃材利用に関するベースライン調査
対象地の概況とインタビュー対象農民住民の燃材利用に関するベースライン調査
結果_所有農地の土地利用状況と植林可能面積（ヒストグラム）住民の燃材利用に関するベースライン調査の結果
結果_薪炭の年間消費量（ヒストグラム）住民の燃材利用に関するベースライン調査
まとめ_薪炭消費量と植林可能面積→薪炭供給ポテンシャル

ケニアの小規模農家への長根苗植林普及に向けた課題



- 課題1：農地に植林した苗をどうモニタリングしていくか？
 - 農民に苗木を配布後、植栽した苗が適切に農民により管理され、薪炭材として収穫できるかチェックする必要
 - Kibweziの候補世帯は最大5万前後 + 植林区が無数に入り組む
 - また、植林区により、植栽密度・樹種・植栽年が異なる→地上サンプリング（プロット）調査では階層化しても評価困難（できたとしても多大なコスト（労力・時間）がかかる）



ケニアのVCS植林プロジェクトサイトの一部
1ha前後の植林区(白)が点在、全部で6,000植林区

- 課題2：深さ60cm以上の植穴掘削
 - これまで、ハンディーオーガーを使っていた
 - 熱帯乾燥地特有の硬い土層(フェラルソルに点在する(ペトロ)プリンサイト)では、ハンディーオーガーでは掘れない
 - 植林できたとしても、数年後にダイバックの可能性もある



これまで、ハンディーオーガーを使っていたが、フェラルソルに点在する硬い層の掘削が困難

上記の2つの課題解決に向けて、コマツと共同で実証試験を実施（以降、課題1について、コマツから報告）

ケニア半乾燥地におけるICT※ソリューションを用いた 長根苗 植林の貢献度可視化（コマツ+JIFPRO共同実施）

※：ICT：Information and Communication Technology

コマツ
建機マーケティング本部
グリーン事業（林業・農業）推進部
石森 正俊

2023年3月20日

8.3.5_第3回事業運営委員会_説明資料3-2_コマツ石森

実証地の選定

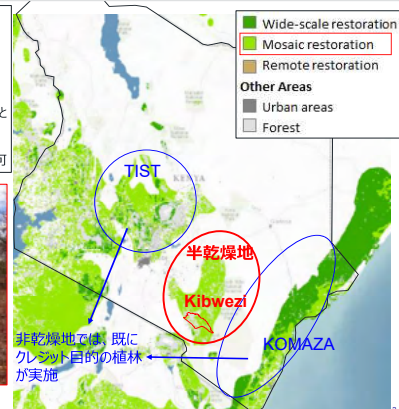
- ・ 非乾燥地ではKOMAZAやTISTによる社会貢献、カーボンプレジット創出目的の植林が先行して展開
- ・ 半乾燥地での植林ポテンシャルを探り、更なる植林（投資）の可能性を調査

実証地：Kibwezi sub county

- 半乾燥地に分類
- 面積：約31万ha（鳥取県と同程度）
- 人口：約20万人
- 平均耕作面積：1.8 ha/家計（Mbuvi 2009）
- 農業を行うには降水量が少ないため、農作物としてはジャガイモ等に限定
- また開墾（集約的に利用）されていない場所（Natural woodland）が植林地として利用可



Kibwezi のNatural woodland
（植林候補地）



KOMATSU

実証地の選定（苗木ディテクトサイト）



KOMATSU

3

植栽状況

	Site1	Site3
植栽年	2022/5	2020/5
樹種	<i>Acacia tortilis</i> , <i>Melia volkensii</i> 他	<i>Azadirachta indica</i>
植栽間隔	4m × 4m	4m × 4m
平均樹高	41.9 cm	126.7 cm
面積	5.75 ha	1.23 ha
調査/解析プロット数	4	4
苗木写真①		
苗木写真②		

KOMATSU

4

ドローン測量

UAVのスペック

機体名	機体画像	スペック
P4 Multi spectrum (DJI社製)		センサ： 6台x1/2.9インチCMOS（可視光イメージング用RGBセンサー1台、マルチスペクトルイメージング用モノクロセンサー5台） フィルター： ブルー（B）：450 nm ± 16 nm、グリーン（G）：560 nm ± 16 nm、レッド（R）：650 nm ± 16 nm、レッドエッジ（RE）：730 nm ± 16 nm、近赤外線（NIR）：840 nm ± 26 nm

UAVの撮影条件

地上分解能 [cm/pix]	ラップ率 [%]	対地高度 [m]	飛行速度 [m/s]
3	80*65	54	3



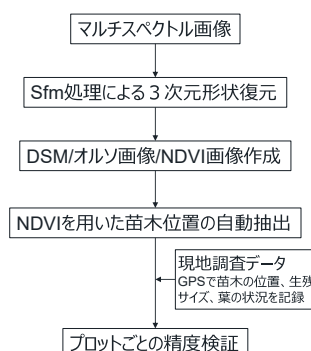
UAVによる空撮

KOMATSU

5

解析フローと用語説明

● 解析フロー



- DSM
地表面とそこにある樹木や建物の表面の標高を表すモデル



- NDVI
植生指数の一種であり、植物の活性度を以下の式で算出。一般的に健全木ほど1に近い値を、枯死木や枝、地面等は-1に近い値
(近赤外バンド-赤バンド) / (近赤外バンド+ 赤バンド)
(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)

- 日本国内での実績
・ マルチスペクトル(NDVI利用)、LiDAR計測(苗高利用)による苗木抽出を行った結果、NDVI手法が高精度であった。
・ ケニアでも同様の解析フローにて、LiDARよりも、比較的低コストなNDVI手法を採用した。

苗木抽出の解析結果(国内)

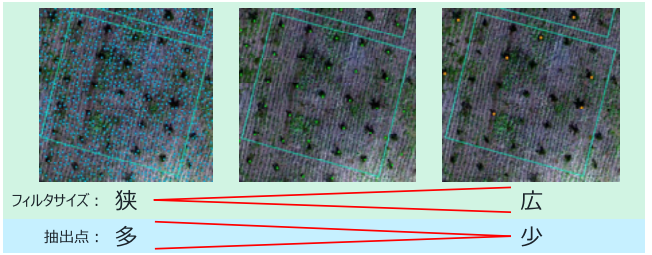
センサー	樹種	平均苗高 (m)	現地調査 本数	抽出 本数	抽出率 (%)
マルチスペクトル	ヒノキ	0.78	160	154	96
LiDAR				143	89
マルチスペクトル	スギ	1.35	401	392	98
LiDAR				386	96

KOMATSU

6

苗木位置特定（樹頂点）の自動抽出のアルゴリズム

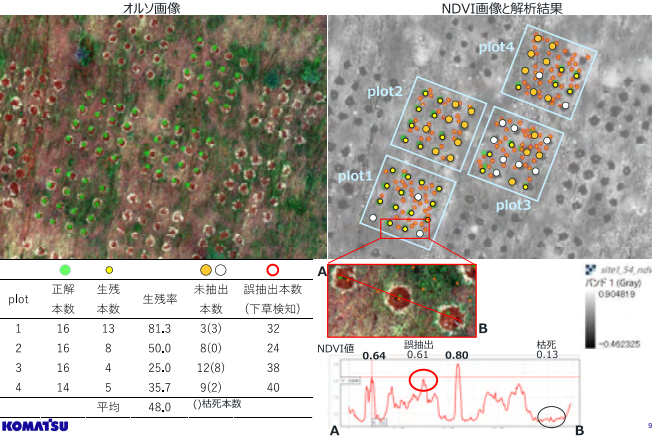
- 以下の処理をDSMおよびNDVIに対して行い、苗木位置を抽出
 - 1. 平滑化処理により細かなノイズを除去
 - 2. 移動最大値フィルタを使用して、設定したフィルタサイズ内の最も高い値を抽出
- フィルタサイズの決定方法
 - a. フィルタサイズ=ピクセル数
 - b. 基本は対象苗木の樹幹直径に含まれるデータのピクセル数から考慮
 - c. サイズを大きくすれば抽出点は減り、小さくすれば抽出点は増えるため、bで考慮したサイズを基本としながら適切なサイズを対象地毎に決定する



KOMATSU

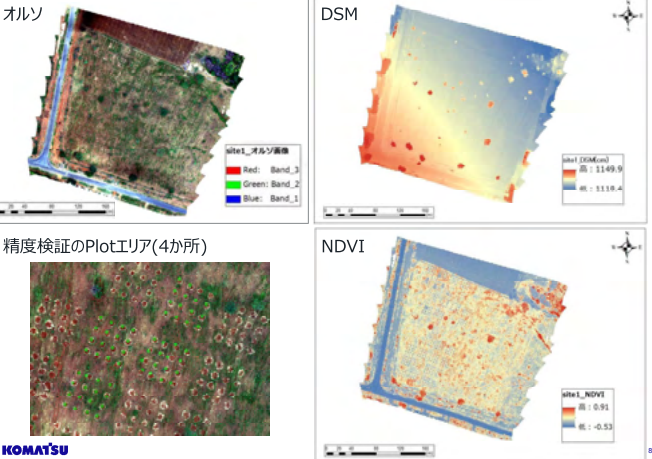
Site1 苗木抽出の精度検証・要因

- 苗木と下草のNDVIピーク値の差が小さく、下草等の誤抽出が多く、苗木の生残を正しく確認できなかった。



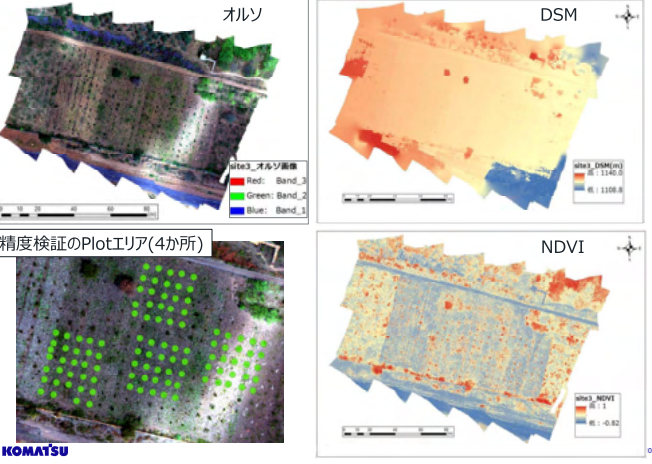
KOMATSU

Site1 オルソ画像・DSM・NDVI



KOMATSU

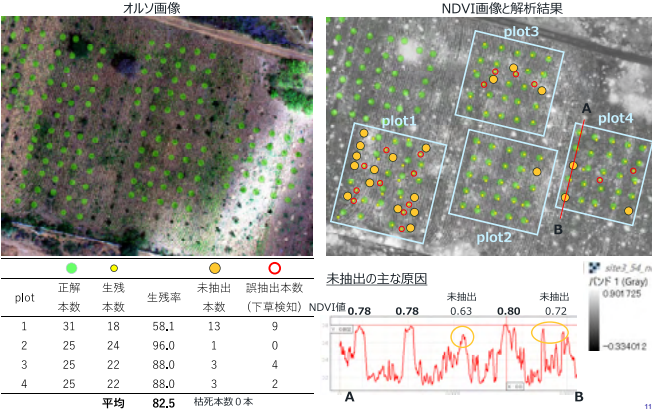
Site3 オルソ画像・DSM・NDVI



KOMATSU

Site3 苗木抽出の精度検証・要因

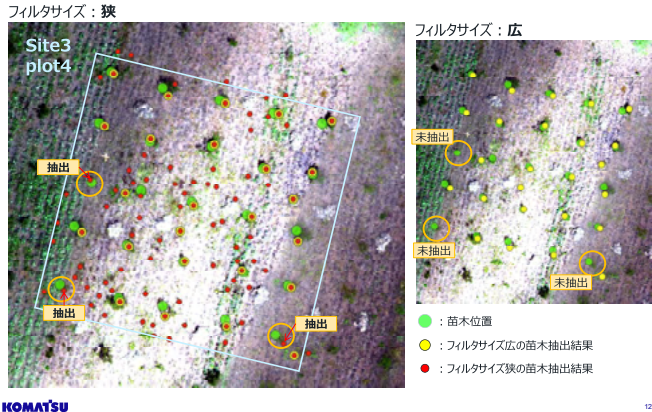
- Plot2-4は精度高く、苗木を検知した(生残率80%以上)。一方、Plot1は苗木のピーク値が低く未抽出が多かった。
- 苗木同等のNDVI値である下草の誤抽出が見られた。



KOMATSU

Site3 フィルタサイズ変更

- フィルタサイズを小さくすることで下草等の誤抽出は多くなるものの、苗木の抽出精度は100%になる
- この状態から誤抽出点を削除する方法の検討が必要



KOMATSU

結果まとめ・考察

	苗木のサイズ	苗木の視認性	抽出精度	精度の考察
Site1	41.9 cm	円形下草刈り箇所は目視可能 その他の箇所は目視確認困難	NDVI：低 (DSM：低)	・下草と苗木のNDVIのピークの差が小さい為、誤検出が多い。 ・苗木のNDVI値が低いもの(葉の枚数が少ない等)は抽出できなかった。
Site3	126.7 cm	下草との判別は比較的容易で、 目視確認が可能	NDVI：高 (DSM：低)	・NDVIの有用性が示唆された ・フィルタサイズを小さくすることで、苗木を100%抽出することは可能だが、下草の誤抽出を除去するロジック要

KOMATSU

13

8.3.5_第3回事業運営委員会_説明資料3-2_コマツ石森

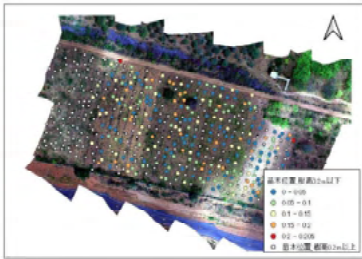
以上

KOMATSU

14

参考；DSM解析

- ・誤抽出削減方法の検討
試験的に雨季データからDEMを作成、DSMの差分からCHMを作成し、NDVIの抽出結果から苗木樹高を算出（下図）
半数以上が0.7m以下（242本）かつ0-0.05mの樹高個体は103本と、不自然な樹高区分
→樹高を閾値に使った苗木と下草の分類は有効である可能性は高いが、現状の写真解析の同一データからDEMとDSM、CHMを作成した場合は精度に難があるほか、根本的にDEMを別データから取得した場合に写真解析から正確な樹高算出が可能であるのか検討する必要がある。



KOMATSU

15

森林見える化と機械情報連携によるソリューションビジネス

- ・機械による効率的な植林や、生存率・成長のリモートセンシングに基づいた森林見える化データを機械情報と連携させて提供



KOMATSU

16

機械オーガ実証結果

- ・トラクタオーガで、長根苗用の植穴（深さ70cm、Φ30cm以上）を掘ることができた
➢ たたし、トラクタオーガでは、土壌が硬い場所では時間を要したため、建機オーガやオーガの耐久性UP・形状変更で更なる生産性向上を確認する。
・Soft/wet (柔らかい)層 : 1〜2分/個
・Hard(硬度)層 : 3〜4分/個 (スキップした層もあり)

オーガスペック：目標値	従来； ハンドオーガ	今回実証； 機械式オーガ	次回実証(予定)； 油圧式オーガ
深さ	105 cm (70cm以上)		
直径	30.5 cm (30cm以上)		
オーガ重量	180 kg		
PTO rpm	540 rpm		



実証結果まとめ・今後の予定

植穴掘削（建機オーガ）

- ・オーガ機械化により、従来のハンディ式よりも、効率よく拡大した径の植穴掘削が可能。
- ・ケニアでは半乾燥地の土壌、特にHard(硬度)層の掘削が不可欠。
- ・R5年度、耐久性向上したオーガと建機の利用で、更なる生産性向上を図る。

植林の見える化

- ・植栽後1年未満の苗木抽出において、NDVI解析を試みたが、個体のNDVI値が小さく、抽出精度は低かった。
- ・植栽後2〜3年、下草刈りが実施されたエリアの苗木において、NDVI解析により、高精度の苗木抽出ができたことから、NDVI手法の有用性が示唆された。
- ・R5年度、今回の植栽地（葉の形状、厚み、枚数等）に適した解析手法を検討し、精度向上を図る。

KOMATSU

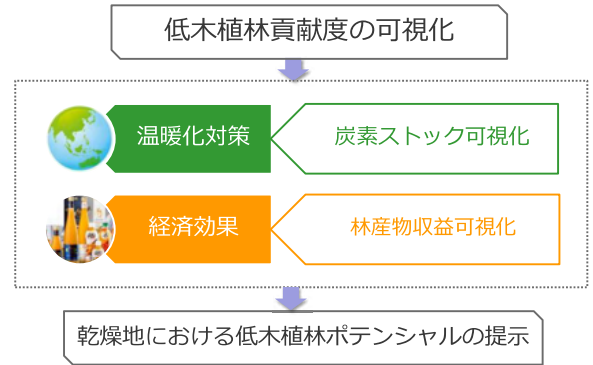
18



モンゴルにおける低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検証

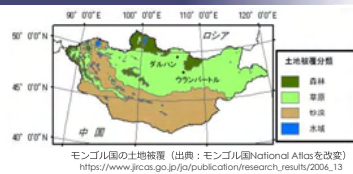
2023年3月20日

1. 本業務の全体像



2. 本件業務の背景と目的

- モンゴルでは温暖化対策や砂漠化防止など環境保全における植林の重要性は非常に高く、2021年から「10億本植樹国民計画」を実施している。
- この事業により砂漠化土地の4%が回復できる見込み（10年間、約14億USDを投資予定）



モンゴル国の土地被覆 (出典: モンゴル国National Atlasを改変)
https://www.jrcas.go.jp/pdf/publication/research_result/2006_13

乾燥・半乾燥地低木植林に着目

低木植林貢献度の可視化

- モンゴルの多くの乾燥・半乾燥地域の緑化において低木の適応性は高い
- 果実など特用林産物による経済効果をもたらす樹種も多い。
- 低木植林は特に砂漠化防止緑化において重要な役割を果たしており、植林面積が拡大するにつれて炭素ストックへの寄与にも期待できる。

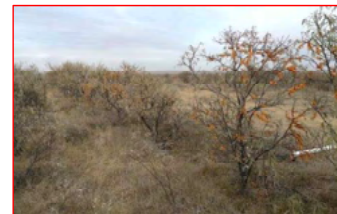
3. 調査対象林分と樹種

◎サジー(*Hippophae rhamnoides*、グミ科) 人工栽培林

サジーの果実は古くから伝統的に食品や医薬品として利用されてきたが、近年付加価値を高めた商品が多く開発され、人気を博している。

◎カラガナ木 (*Caragana spp.*、マメ科) 放牧地の自生木

カラガナは放牧地砂漠化防止と将来家畜飼料としてのポテンシャルに期待できる。



人工栽培サジー

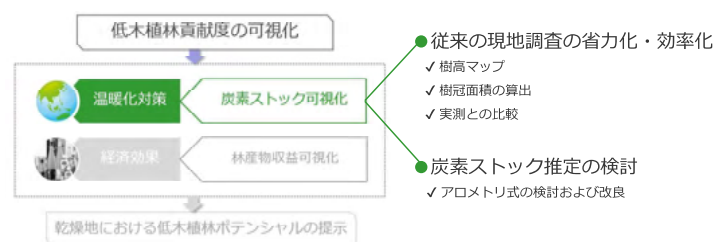


自生するカラガナ木

4. 調査対象地



5. UAVを活用した炭素ストックの可視化



* UAV: Unmanned Aerial Vehicle (ドローン、無人航空機)

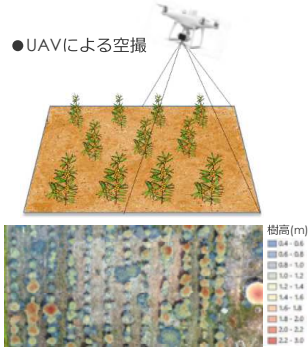
5.1 従来方法の課題と新しい手法の提案

●従来の毎木調査



樹高・樹冠径などの実測

●UAVによる空撮



単木レベルの樹高・樹冠面積の算出

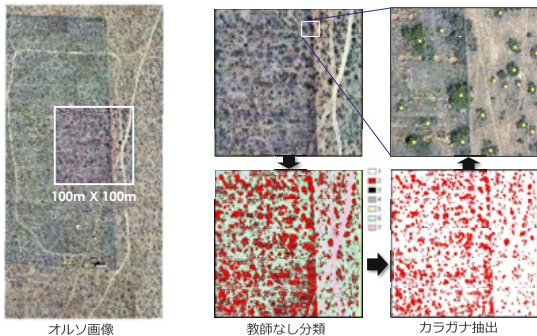
5.2 使用機材

Type:	Technical specifications
空撮用ドローン	Camera: Sony RX1RII Resolution: 42MP full frame GSD @ 70 m: 1 cm/pixel per band Camera: RedEdge-MX Resolution: 1280 x 960 (1.2 MP x 5 images) GSD @ 120 m: 8 cm/pixel per band
WingtraOne	
GCP地上測量	Real-time kinematic: Hz 8 mm + 1 ppm / V 15 mm + 1 ppm Hz 8 mm + 0.5 ppm / V 15 mm + 0.5 ppm Post processing: Hz 3 mm + 0.1 ppm / V 3.5 mm + 0.4 ppm Hz 3 mm + 0.5 ppm / V 5 mm + 0.5 ppm GCP取得によって位置精度向上
Leica Viva GS10 receiver	

*GCP: Ground Control Point

5.3.1 カラガナ自生木の画像解析（カラガナ画素抽出）

- UAVによる空中写真からオルソ画像およびNDVI画像を作成した。
- 教師なし分類手法*によりカラガナを自動抽出し、単位面積当たりのカラガナの割合の算出方法について検討した。



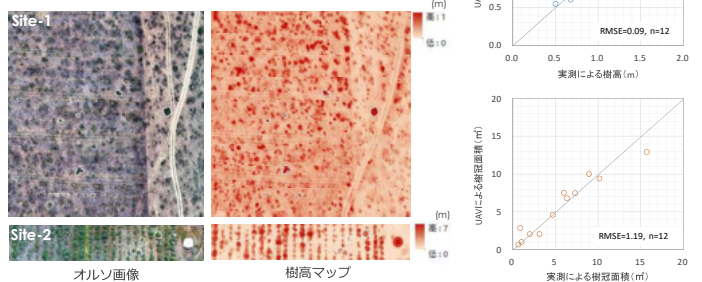
GISデータに変換

- ・総面積: 10,000m²
- ・カラガナ: 2,267m²
- ・ポイント数: 822

*教師なし分類は、分類対象の画像の特徴量がある条件のもと、自動的に抽出して、これを使って画像分類処理を行うこと。

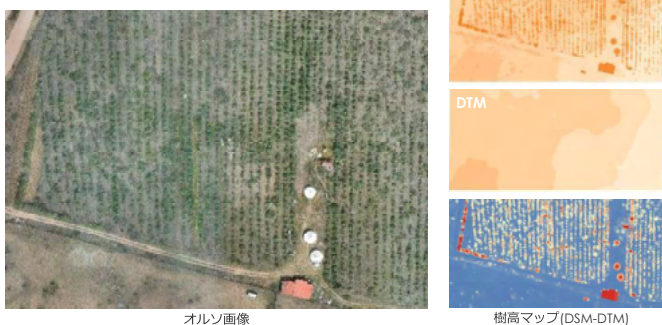
5.3.2 カラガナ木の画像解析と実測データの比較

- Site-1から8本、Site-2から4本のカラガナ木を選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測のデータと比較した。
- 樹高はほぼ偏りなく、樹冠面積は一部過少評価されたものの概ね高い相関が認められた。



5.4.1 サジー林の画像解析（樹高算出）

- ドローンによる空中写真からオルソ画像を作成した。
- DSMとDTMの差分により樹高マップを作成した。



オルソ画像

樹高マップ(DSM-DTM)

5.4.2 サジー林の画像解析と実測データの比較

- Site-2から42本のサジーを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測データと比較した。
- 樹高はUAVによる計測結果がやや過少傾向にあったが、実測の樹高は灌水のために掘った溝底部からの測定であることから妥当な結果と考えられる。一方、樹冠面積は偏りなく評価されていた。



5.5.1 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

- 既存のアロメトリ式 (G. Conti et al. [2019] * の低木地上バイオマス推定アロメトリモデル)を利用して、ドローン測定による樹冠と樹高から算出した推定地上バイオマス量 (AGB) と、伐倒調査による実測AGBを比較した。

$$AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$$

AGBest : 地上バイオマス推定値、CD : 樹冠直径、H : 樹高

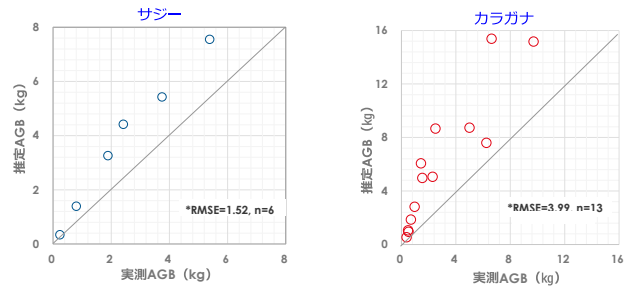
カラガナは多数のシュートが群生するため、群の高さを樹高 (H) とした。樹冠は2方向の幅の平均値を樹冠直径とした。

* G. Conti et al. (2019) Accepted 25 January 2019/ Global Ecology and Biogeography
"Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide"

明日と森を創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

13

5.5.2 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較



RMSE : 実測AGBと推定AGBの二乗平均平方誤差

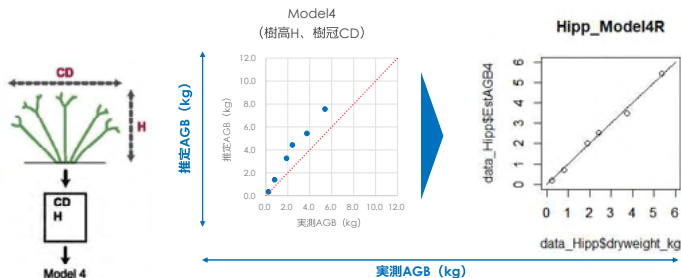
結果は地上バイオマスのアロメトリモデル推定値が実測値をいずれも大きく上回っていた。今回の調査対象地のような果樹園や放牧地に自生する立木は、剪定や果実収穫、灌水の有無などの経営条件、実生木の生育環境 (放牧の有無) を考慮してアロメトリ式を改良或は開発する必要があると考えられた。

明日と森を創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

5.5.3 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

Contiアロメトリ式の係数改良 (サジー)

- 【Modle4】 $AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$
- 【改良】 $AGBest = \exp(-0.8915 + 1.7334 * \ln(CD) + 1.5434 * \ln(H))$



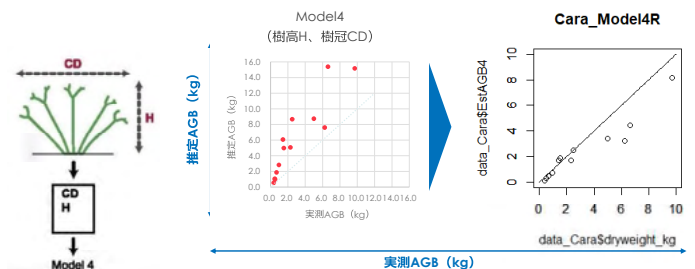
明日と森を創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

15

5.5.4 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

Contiアロメトリ式の係数改良 (カラガナ)

- 【Modle4】 $AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$
- 【改良】 $\exp(-0.8915 + 1.7334 * \ln(CD) + 1.5434 * \ln(H))$



明日と森を創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

16

5.5.5 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

サジー

No.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (kg)	実測AGB (kg)
1	1.81	2.04	3.51	3.75
2	1.25	1.13	0.71	0.80
3	2.10	2.30	5.44	5.39
4	1.58	1.91	2.55	2.42
5	1.65	1.61	2.02	1.89
6	1.23	0.54	0.19	0.24
平均			2.40	2.41

改良したアロメトリモデルを使用した推定値と実測値の比較

カラガナ

No.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (kg)	実測AGB (kg)	備考
1	0.79	1.07	0.32	0.52	Site1
2	0.87	4.48	4.44	6.63	Site1
3	0.82	3.38	2.49	2.50	Site1
4	0.78	2.85	1.71	1.43	Site1
5	0.50	0.93	0.12	0.38	Site1
6	0.75	1.15	0.34	0.49	Site1
7	0.68	1.99	0.75	0.97	Site1
8	0.68	1.60	0.51	0.69	Site1
9	1.05	2.33	1.91	1.53	Site1
10	1.65	3.60	8.18	9.71	Site2
11	0.92	2.45	1.70	2.29	Site2
12	1.13	3.05	3.42	5.00	Site2
13	1.22	2.77	3.25	6.25	Site2
平均			2.24	2.95	

明日と森を創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

17

5.6.1 低木林の地上炭素ストックの評価 (参考)

● 10年生サジー人工林の場合：

[10年生時、生育本数1,000本/ha、地下部と地上部の比を0.37*と仮定して試算]

- ♣ バイオマス : 3,293kg/ha
- ♣ 炭素ストック** : 1,646kg/ha
- ♣ CO2蓄積量*** : 6,037kg/ha
- ♣ クレジット換算額(概算) : 18.1USD/ha
(3USD/1,000kg-CO2で試算***)

*尚留勇, 李根前, 代光辉, et al. 黄土高原不同坡向中国沙棘种群生物量投资与分配. 东北林业大学学报, 2011, 39(5):44-47
https://www.baidu.com/link?url=BvYg4UAERvcrTD975U-sf5K5G892fBNPZa0-nXDeq5Xch71b201gnBChN_OOxfgQZ5s6L8ovMTbHG5H42wzhomX0M43Z2Euekwd=Seqid=874283c300000761000000066405641

炭素がバイオマスに占める割合を50%として換算。*炭素量を二酸化炭素の重さに換算するに44/12を乗じて算出
参照④独) 森林総合研究所温暖化対策推進拠点ウェブサイト
<https://www.fpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kysuushuzyou/documents/page1-2-per-a-time.pdf>

***参照: CARBON CREDITS.COM <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>

明日と森を創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

18

5.6.2 低木林の地上炭素ストックの評価（参考）

● 放牧地に自生するカラガナの場合（推定樹齢は1～13年*）：

[1～13年生、個体群数**822群/ha、地下部と地上部の比を0.45***と仮定して推算]

- ♣ バイオマス : 2,671kg/ha
- ♣ 炭素ストック : 1,336kg/ha
- ♣ CO2蓄積量 : 4,898kg/ha
- ♣ クレジット換算額(概算) : 14.7USD/ha (3USD /1,000kg-CO₂で試算)

*調査対象木から目測で最も細いシュートと最も太いシュートを5本サンプリングして年輪を調べた結果に基づいて推定
 **カラガナは根元から株立ち状に分枝し、数年で十数本から十数本までシュートを増やして円形のコロニーを形成している。十年以上のカラガナコロニーではシュートが数百本になる場合もある。ここではカラガナのコロニーを1個体群としてカウントした。
 ***王孟本, 晋西北黄土区不同人工林生物生产力的研究, 植物学报 1994.36 (増刊) : 237-240 (地下100cmまでの根系と計測)
<https://www.jipb.net/EN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=23190>

5.7 今後、期待される取り組み

● アロメトリ式の改良（既存アロメトリ式でAGBが過大）

▶ 期待される取り組み

- fi1. Contiアロメトリ式の係数改良
- fi2. 他の既存アロメトリ式での推定
- fi3. 新規アロメトリ式の開発

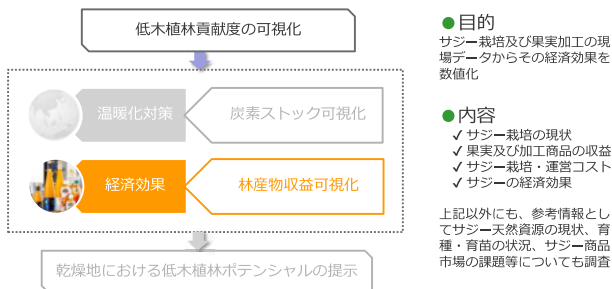
▶ 留意点

1. サンプル数の検討
2. モデル式・変数の選定（樹冠面積、採食圧、樹形（人為的誘導を含む））
3. 科学的な認証



写真：樹形（左：サジー、右：カラガナ）

6. 林産物収益の可視化



6.1 モンゴルにおけるサジーの商品化開発



2010年頃から商品開発は盛んになる。

商品には食品（飲料）が圧倒的に多いが、スキンケア商品も増えつつある。

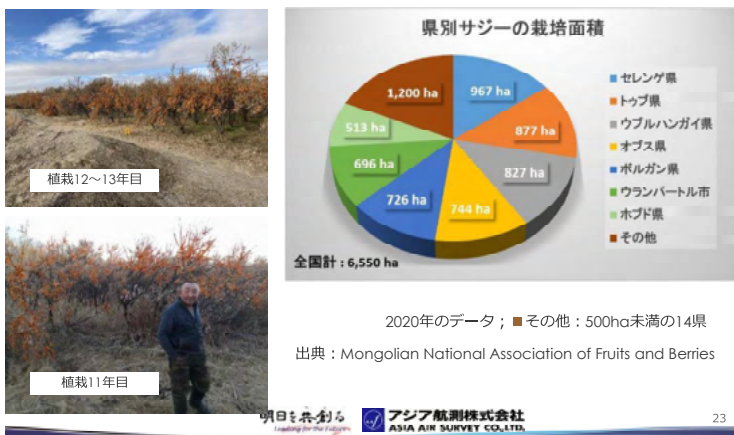
大手生産加工企業：4社

中小生産加工企業：50社余

家庭経営工場：多数

健康志向にコロナ禍の影響もあり、サジー商品の人気はかなり高まっている。

6.2 モンゴルにおけるサジーの栽培状況



6.5 サジー栽培による果実生産と一次加工の収益性

モンゴルにおけるサジー植栽密度は800～1,250本/haであり、ここでは1000本/haで試算

区 分	平均収穫・生産量/本	単価 (kg・ℓ) (2022年の実績)	ha当たり売上見込
新鮮果実 (植栽5～20年目)	6kg/本	1.68USD	10,080USD
オリジナルジュース	3.6ℓ/本	5.04USD	18,144USD
果実オイル (果汁から分離)	0.09ℓ/本	84.00USD	7,560USD
ジュース絞り粕お茶	0.75kg/本	3.36USD	2,520USD

表中のデータは現地サジー栽培農家及び加工経営者のヒヤリングによるモンゴル人当たり名目GDP：4,167USD (2020年) 出典：外務省ホームページ

6.6 サジー園造成・経営コスト

区分	内訳	単価	備考
基盤整備	保護柵設置	120USD/ha	
	ポンプアップ井戸	11,670USD/基 5,835USD/基	10ha以上用 5ha以下用
	自動散水システム	1,200USD/ha	
植栽	苗木	0.98USD/本	
	植付け	0.35USD/本	
保育・管理	除草・薬剤散布	490USD/ha	
	日常管理	1,575USD/ha 3,024USD/ha	5haまで 10haまで
果実収穫	採集	0.40USD/kg	
	選別（異物除去）	0.05USD/kg	

6.8 サジー園経営の投資と収益のシミュレーション

● 10haのサジー園を20年間経営する場合：

⇒基盤整備・植林投資：142,320USD（1～2年次）

⇒設備メンテナンス：232,236USD（3～20年次）

⇒サジー園保育管理：153,580USD（1～20年次）

⇒果実収穫：528,000USD（5～20年次）

▲投資・支出総額：1,056,136USD

● 果実販売総額：1,612,800USD（5～20年次、100,800USD/年）

6年次から黒字経営になる

総利益：556,664USD/20年間

6.9 サジー栽培経営が地域経済への貢献度の一例

10haサジー園の臨時雇用創出：

植付け：63人・日（初年度のみ）

除草等保育：350人・日/年間（経営期間中）

果実収穫：4,150人・日/年間（植栽5年目～20年目）

日雇い労働者賃金：17USD/人・日（2022年実績）

経済効果合計：76,500USD/年

【この事例はオブス県オランゴム郡のサジー園経営者エフバット氏のヒヤリングによる】

6.7 サジー果実加工コストと収益（家庭経営工場の一例）

区 分	投 資・投 入・売 上
工場建物（作業場面積60㎡）	16,800USD
加工設備（加工能力1 t /日）	16,520USD
包装用資材（ペットボトル等）	12,600USD/年
作業員（3人・120日、2022年）	6,120USD/年
原料(果実)仕入れ(2022年実績)	25,200USD（15 t）
売上（ジュース・オイル・茶）	70,560USD

利益：26,649USD（固定資産投資除外）

【この事例はオブス県オランゴム郡のサジー加工経営者で、年間10～20トンのサジー果実を加工し、オリジナルジュース、果実オイル、絞りを生産し・販売している】

7. まとめ

- UAV測量技術は、乾燥地での森づくりに有効な低木林の地上バイオマス及び炭素ストック推定において、省力化・効率化につながる手法として期待できるが、地域や樹種特性に即したバイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。
- 近年、サジーからとれる果物にモンゴルの国内企業が着目し、飲料やスキンケア等の様々な商品開発が行われており、これらの商品は市場で人気が高まっている。政府も牧畜民の現金収入源として、サジーの植林を推奨している。

サジー植林のポテンシャルは高い。



2

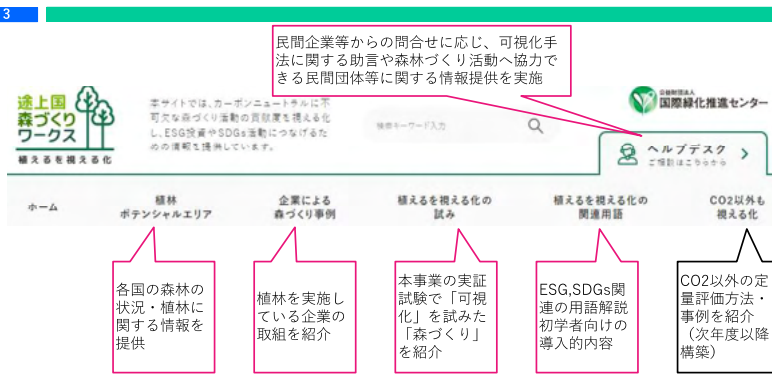
事業紹介普及活動：
ウェブサイト進捗状況、セミナー開催報告国際緑化推進センター（JIFPRO）
倉本 潤季

近日に公開予定

途上国森づくりワークス（Webサイト）の構造



Webサイト：企業による森づくり事例ページ

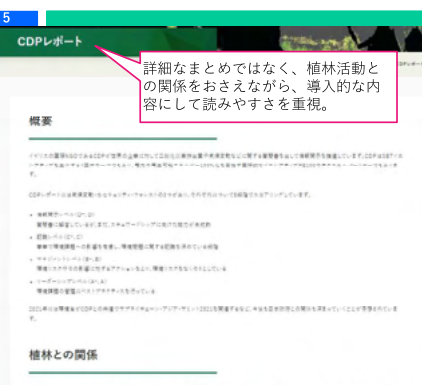


- 想定ターゲット
- 森づくり活動の実施を検討する企業：計画の参考、説明材料など
 - 森づくり活動を実施している企業：先行事例として活用
- 掲載内容
- 森づくり実施企業の基礎情報
 - 森づくりに期待する事、目標
 - バリューチェーン内外の区別
 - 森づくり活動メニュー
 - 現地実施体制
 - 活動実施までの経緯
 - 活動の可視化状況

Webサイト：用語集ページ



セミナー実施概要

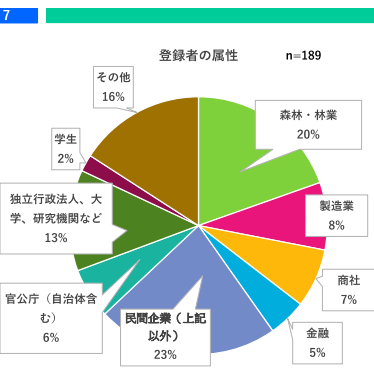


- 想定ターゲット
- 森づくり活動について、具体的計画の段階にもない企業担当者：環境・森林などが専門でない人への導入
- 掲載内容
- 重要用語の概要説明
 - 植林活動との関係性
 - より詳しく知るための参考文献・URL



- 2023年3月8日13:30~16:00
- 登壇者
- 事業概要
 - 柴崎 一樹(JIFPRO)
 - 企業による植林活動紹介
 - 城 千聡(三井住友海上)
 - 高井 智幸(トヨタ紡織)
 - 実証試験報告
 - 石森 正俊(コマツ)
 - 黄 勝澤(アジア航測)
- 参加人数
- 事前登録：189名
 - 当日参加：135名
 - 事後動画視聴：45名（3月15日現在）

セミナー事後評価：登録者の分析



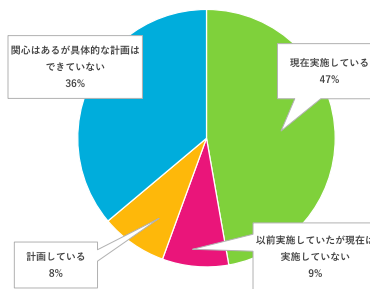
登録者の63%が民間企業
R03森林再生事業セミナー民間企業：52%

民間企業（上記以外）は主に
■ エネルギー関係
■ 航測、コンサルタント
■ インフラ、建設業
など

その他は主に
■ NGO

セミナー事後評価：植林活動への興味関心

途上国での植林活動への興味関心
事後アンケート結果（n=36）



約半数が植林を現在実施している

1/3程度が「関心はあるが具体的な計画はできていない」

■ 「現在は実施していない」も含めると45%

※上記結果は登録時アンケート（n=189）でもほぼ同様

植林活動を継続できていない／計画を進められない要因としては

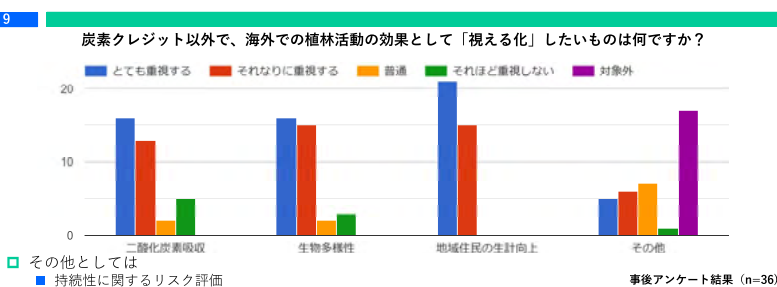
■ 植林以外の分野に注力することになった

■ コストと時間がかかる

■ 知識や人材の不足

といった回答が主。
⇒ 適切な知識の提供やコストに見合う成果を提案できることが重要

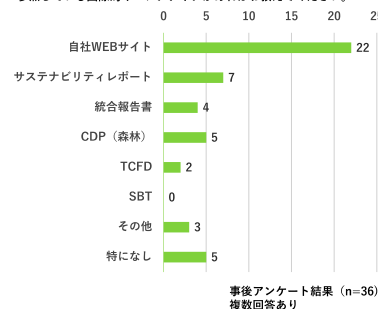
セミナー事後評価：見える化への期待



その他としては
■ 持続性に関するリスク評価
■ 社員の環境保全、生物多様性への意識醸成
■ 水資源確保
■ 国家目標やSDGsへの貢献度
■ （生計だけでなく）地域住民の権利やインフラなど生活水準の向上
■ 二酸化炭素吸収や生物多様性は必ずしも重視しない意見も⇒地域住民生計向上は全員が「重視する」
⇒ 「その他」の回答も含め、広く地域住民の便益が重要視されている傾向

セミナー事後評価：活動情報の公表・活用

SDGsやESGに関する活動を外部に公表する際に活用している媒体や参照している国際的イニシアティブがあればお答えください。



自社WEBサイトでの公表がほとんど

TCFDやSBTの活用は限定的

■ 認知度の問題

■ バリューチェーン外の活動である場合の制約

⇒ WEBサイトでの公表に適した可視化手法の検討

⇒ 現状ではWEBサイト以外で公表しにくい／活用方法がわからない可能性

✓ 可視化した後に「どう使うか」が重要

セミナー事後評価：植林活動の課題・要望

植林活動に関する課題

■ F/Sやパイロット事業など準備段階での資金提供

■ REDD+における植林事例の不足

■ 方法論やバイオマス量などのデータ不足

■ 対象地域や造林技術、木材利用に関する専門性の欠如。専門家へのアクセスの欠如

■ 地域住民の参画及びその意識の醸成

必要な情報・体制など

■ 炭素クレジット化や可視化にかかる費用負担を含めてSDGsへの貢献として評価される仕組み

■ 中小企業などへの政府の支援

■ 植林実施後の持続的な経営のための体制

■ 保育やモニタリングなどの資金や実務者

■ 国や準国レベルで多くの植林適地・候補地の情報の比較ができるようなツール

8.4 技術検討委員会 会議次第

令和 4 年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

技術検討委員会

議事次第

令和 4 年 3 月 17 日（金） 15 : 00～17 : 00
小石川運動場 会議室（東京都文京区後楽 1-8-23）

1. 開会

2. 挨拶

公益財団法人 国際緑化推進センター

3. 議題

議題 1. 事業概要と技術検討委員会について

国際緑化推進センター（JIFPRO）柴崎 一樹

議題 2. 実証試験 1 : ケニア半乾燥地における ICT ソリューションを用いた長根苗植林の貢献度可視化

国際緑化推進センター（JIFPRO）柴崎 一樹、コマツ 石森 正俊

議題 3. 実証試験 2 : モンゴルにおける低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検討

アジア航測 金 宗煥 黄 勝澤

4. 閉会

令和4年度 途上国森林づくり活動貢献可視化事業

技術検討委員会

出席者

岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 森林資源研究室 主任研究員	(オンライン参加)
北島 薫	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 教授	
佐藤 保	森林総合研究所 戦略研究部門 生物多様性・気候変動研究 拠点長	
原田 一宏	名古屋大学大学院 農学研究科 森林・環境資源科学専攻 教授	(オンライン参加)

2. 林野庁

石川 貴之	計画課 海外林業協力室 国際森林減少対策調整官	(オンライン参加)
-------	-------------------------	-----------

3. (公財) 国際緑化推進センター

高原 繁	専務理事
田中 浩	技術顧問
柴崎 一樹	研究員

4. 実証試験委託先

稲田 徹	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 副部長
金 宗煥	アジア航測株式会社 事業推進本部 海外事業推進部 担当課長
黄 勝澤	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 海外技術課 技術部長
佐藤 嘉彦	アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 海外プロジェクト部 海外技術課 技師
石森 正俊	コマツ 建機マーケティング部 グリーン事業（林業・農業）推進部

8.5 一般公開セミナー 公開資料

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



途上国での 森づくり貢献度を 可視化

— 民間企業による森づくり活動促進のために —

2023年3月8日(水)13:30~16:00
オンライン(Zoom)
参加無料

詳細：<https://jifpro.or.jp/infomation/11164/>

申込：https://zoom.us/webinar/register/WN_ZCQvEjmJREvPDWUbG81qUA

主催：公財 国際緑化推進センター（JIFPRO）



PROGRAM

13:30~13:35	主催者挨拶 沢田 治雄 (JIFPRO)
13:35~13:40	林野庁挨拶 谷本 哲郎 (林野庁)
13:40~13:55	事業概要とセミナー開催趣旨 ~民間企業による森づくり活動促進のために~ 柴崎 一樹 (JIFPRO)
企業に植林活動の紹介	
13:55~14:15	植える+αの熱帯林再生プロジェクト ~三井住友海上の2005年からの取り組み~ 城 千聡 (三井住友海上火災保険)
14:15~14:35	トヨタ紡織の森づくり活動 ~NGOと共に歩んだグローバル植樹の取り組み~ 高井 智幸 (トヨタ紡織)
14:35~14:55	質疑応答
14:55~15:00	休憩
実証試験報告	
15:00~15:15	ケニア半乾燥地での機械オーガを用いた長根苗用の植穴掘削と植栽苗のモニタリング実証 石森 正俊 (コマツ)
15:15~15:30	モンゴルにおける低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検証 黄 勝澤 (アジア航測)
15:30~16:00	総合討論(質疑応答) 田中 浩 (JIFPRO) / 全登壇者

城 千聡

JO CHISATO

MS&AD

三井住友海上

三井住友海上火災保険株式会社
経営企画部 SX推進チーム
主任

高井 智幸

TAKAI TOMOYUKI



トヨタ紡織株式会社
総務部 総務室
室長

黄 勝澤

KO SYOTAKU



アジア航測株式会社
社会インフラマネジメント事業部
海外プロジェクト部 海外技術課
技術部長

石森 正俊

ISHIMORI MASATOSHI

株式会社 小松製作所
建機マーケティング本部
グリーン事業(林業・農業)推進部
主務

柴崎一樹

SHIBASAKI KAZUKI

国際緑化推進センター (JIFPRO)
研究員

田中 浩

TANAKA HIROSHII

国際緑化推進センター (JIFPRO)
技術顧問



林野庁補助事業 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
オンラインセミナー
途上国森林づくりワークス 一植えるを視える化ー
2022年度の取り組み紹介

事業概要とセミナー開催趣旨
～民間企業による森づくり活動促進のために～

国際緑化推進センター
(JIFPRO)
柴崎 一樹

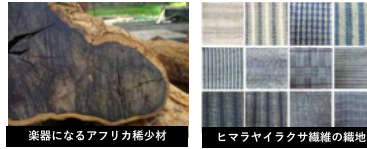


国際緑化推進センター (JIFPRO) のご紹介_調査編

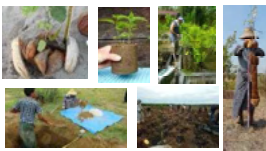


- JIFPROは…
- 熱帯地域の森林問題に取り組んでいる「公益財団法人」
 - 気候変動、森林造成、住民支援などの経験と専門性を有する研究員及び技術顧問で構成
 - 主に森林関連の調査研究・技術開発を実施（政府補助・委託事業、JICA事業、企業からの委託事業）

- ✓ 林産物利用促進事業（林野庁補助）
- ✓ 未・低利用な林産物に着目し、加工方法等を工夫することで、ビジネス化し、森林保全と地域住民生計向上を両立



- ✓ 森林再生技術普及事業（林野庁補助）
- ✓ 環境ストレスが厳しく、通常の植林方法では、育ちにくい場所で、様々な植栽技術を試験し、森林再生技術を開発



国際緑化推進センター (JIFPRO) のご紹介_植林活動編



一言で、植林（森づくり）といっても様々なタイプが存在



- 調査研究活動の知見を活かした森林保全活動や植林事業の実践

- ✓ 熱帯林造成事業（民間からの寄付・委託）
 - ✓ 地域住民に配慮した植林活動
 - ✓ 東南アジア5か国で、約8,800haの森林造成
- ✓ 企業の海外植林地のCO₂吸収量を算定
 - ✓ 植林地の吸収量算定についてコンサル
 - ✓ JIFPRO独自のCO₂吸収量認証システムを構築



・民間企業が、土地を所有または借用し、木材やパルプ用材生産のために植林（伐採前提）
・大面積で効率的な施策



・地域住民が共同で実施
・現地政府や海外ドナーが関与することもある
・非木材林産物のみ採取、伐採しない場合もあり

・生態的に価値がある保護区の植生回復や維持のための植林
・通常、政府の土地であり、伐採は想定しない



・土地所有・利用権を持つ者が植林
・管理と利用方法は所有者が決定
・面積は1ha以下（ケニアの場合）

その植林がサプライチェーン内（営利活動）かどうか？



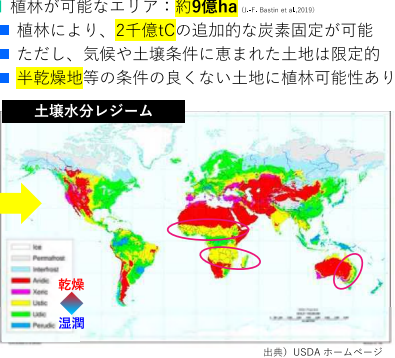
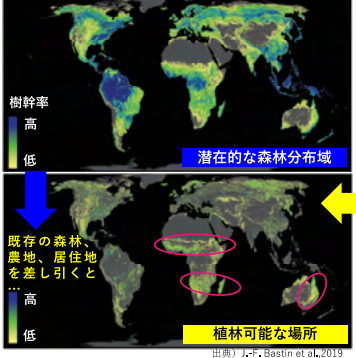
植林ポテンシャル：どんなところに植林できるのか？



- 日本企業による海外での植林活動は大きく分けて2種類
- ① サプライチェーン内：企業が持続可能な原料調達のために植林活動を実施（産業植林も該当）
 - ② サプライチェーン外：企業の原料調達（営利活動）等とは直接関係ない場所で植林活動を実施

① サプライチェーン内の植林活動	② サプライチェーン外の植林活動
住友林業（複数国、木材用+クレジットファンド） 日本製紙（複数国、紙パルプ用） 越井木材工業（マレーシア、製材調達） 丸紅（インドネシア等、木材調達） ヤマハ（タンザニア、楽器用） 三井物産（ケニアの農家植林に投資）	三井住友海上（インドネシア、保護区で植林） トヨタ紡織（ベトナム、ブラジルの農地で植林） ダイキン（インドネシア、国立公園内で植林） 三菱商事（ケニア、ブラジル、インドネシア等で植林） 商船三井（インドネシア、マングローブ植林） イオン（日本、東南アジア、ケニア等で植林）

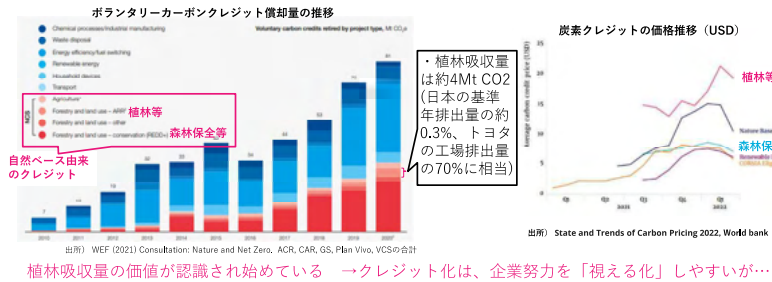
- ・近年、① サプライチェーン内での植林活動により原料調達の持続可能性をPRする事例は増加
- ・しかし、①は条件の良い場所、ビジネスとして成立しやすい場所等に限定
- ・植林できる（すべき）場所は、条件の良い場所を中心にまだまだある（次スライド）
- ・そのような場所においては、「② サプライチェーン外の植林」が重要になってくる



植林ポテンシャル：どういう植林ができるのか？

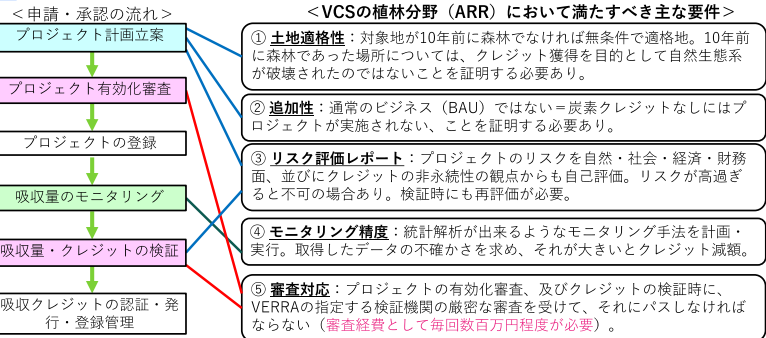
植林によるCO₂吸収量 → 炭素クレジットすればよい？

- クレジット化＝流通可能(財産化) → 用途幅拡大 → それにはクレジット発行機関の認証必須
- クレジットの取引量は増加傾向、特に自然（森林）ベースのクレジットの割合増加
- 実際、クレジット目的の植林プロジェクト増加、+ 買取り価格も上昇



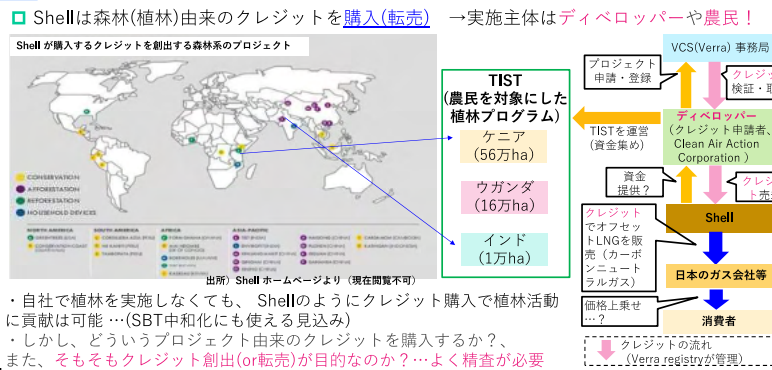
クレジット植林の申請の複雑さ (VCS※の例)

※: Verified Carbon Standard (ボランタリーカーボンクレジットプログラムの一つ)



サプライチェーンに森林を介さない一般企業が、「植林→モニタリング→クレジット申請」を行うのは困難？

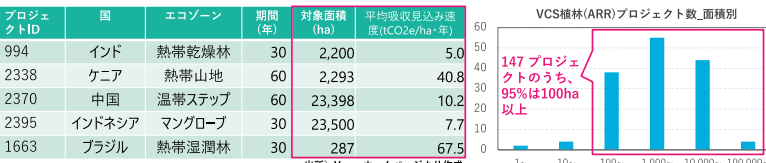
クレジット植林の主体は誰なのか？ (Shell+VCSの事例)



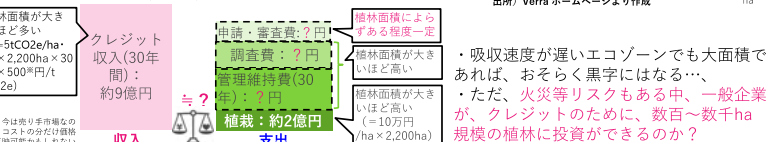
クレジット植林は黒字になるのか？



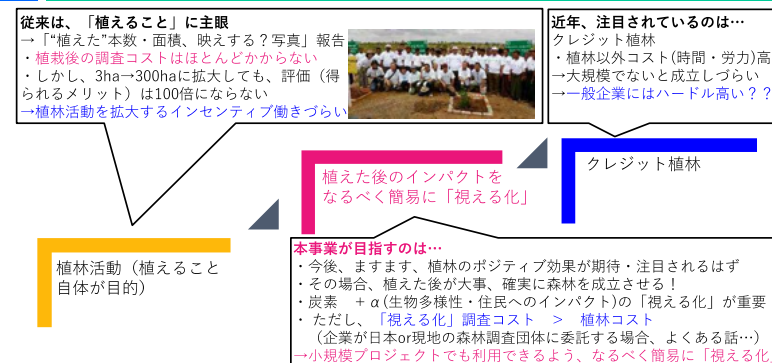
□ VCS植林プロジェクトの平均吸収予測速度 (伐採なしのプロジェクト)



吸収速度が遅いインド (ID:994) の例でクレジット収入と支出を概算…



本事業の趣旨_サプライチェーン外の植林活動促進のために



本事業で収集・整理した情報を、Webサイトで掲載予定



途上国森づくりワークス（Webサイト）のトップページ

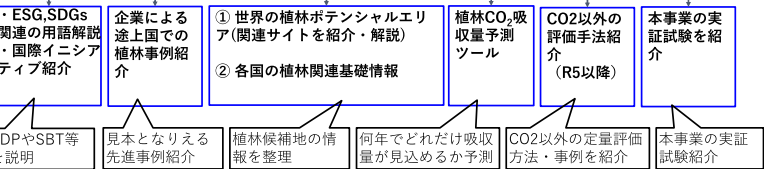


Webサイトの対象と目的

- 対象：ESG投資やSDGsを念頭に植林検討中の企業（特に林産物扱わない企業）
- 企業の目的に合わせた、植林活動やPR方法を紹介
- どこに、どれだけ植えると、どれだけ見込めるか？がすぐにイメージできる

Webサイトの名称と構造

途上国森づくりワークス-植えるを視える化-



近日中に公開予定

本日のセミナーでは…、4社の森づくり活動の取り組み紹介



従来の「植える」重視から、確実な「森林の造成」とその「視える化」への挑戦をご紹介

企業によるサプライチェーン外での植林活動の紹介

- 三井住友海上火災保険（城 千聡）
 - 植える+αの熱帯林再生プロジェクト～三井住友海上の2005年からの取り組み～
→インドネシアにおいて、地域住民と共同で行う保護林の再生活動を紹介
- トヨタ紡織（高井 智幸）
 - トヨタ紡織の森づくり活動～NGOと共に歩んだグローバル植樹の取り組み～
→2006年から続く、インドネシア、ベトナム、ブラジル、中国での植樹活動を紹介



2022年度の事業成果報告：簡易に「視える化」する取り組み

- コマツ(石森 正俊)
 - ケニア半乾燥地での機械オーガを用いた長根苗用の植穴掘削と植栽苗のモニタリング実証
→コマツの技術をアフリカの半乾燥地の植林に展開
- アジア航測(黄 勝澤)
 - モンゴルにおける低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検証
→低木林植林のポテンシャルを可視化



ご視聴、ありがとうございました。
kazuki@jifpro.or.jp

MS&AD
MS&AD Insurance Group

植える+αの熱帯林再生プロジェクト
～三井住友海上の2005年からの取り組み～

三井住友海上火災保険株式会社
経営企画部 SX推進チーム
城 千聡

2023年3月8日

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.



プロジェクトを始めたきっかけ

MS&AD
MS&AD Insurance Group

ご契約のしおり
新築期間限定・特別サービスの特典

282ページ

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

プロジェクトを始めたきっかけ

MS&AD
MS&AD Insurance Group

保険会社は紙を多く使う
仕事だから、
地球に木を返そう

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

プロジェクトを始めたきっかけ

MS&AD
MS&AD Insurance Group

社長の指示：
グループとの連携で
2つのプロジェクトを
立ち上げるように

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

グループへの相談①

MS&AD
MS&AD Insurance Group

三井グループの製紙会社
→活動候補先の意向と
合わず不成立

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

グループへの相談②

MS&AD
MS&AD Insurance Group

住友グループの住友林業
→インドネシア政府が
荒廃した国有林を何とか
したいと思っているという
情報を入手・提案

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

7



パートナーが決定

MS&AD
MS&AD Insurance Group

植林技術が高く、
インドネシア内での実績も
豊富な**住友林業**と一緒に
進めていくことに

木と生きる幸福
住友林業

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

9



活動場所が決定

MS&AD
MS&AD Insurance Group

インドネシア政府からの
ニーズと熱帯林の減少率が
世界で2番目に高いという
客観的状況から決定

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

11

パリヤン野生動物保護林

MS&AD
MS&AD Insurance Group

12



当社にとってのメリット

MS&AD
MS&AD Insurance Group

**インドネシアには当社の
現地法人あり**  **MSIG**
→連携の取りやすさ、
活動の必然性、営業的な
プラス要素

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

14



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

いつからいつまで？

MS&AD
MS&AD Insurance Group

2004年：検討開始
2005年：活動開始
2011年：活動終了予定
※当初は6年間で
政府に引継を計画

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

16



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

何をする？

MS&AD
MS&AD Insurance Group

**劣化した国有の野生動物保
護林の修復と再生が
インドネシア政府の希望**
しかし…

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

18



専門性のあるところに頼る

MS&AD
MS&AD Insurance Group

グループ会社の MS&ADインターリスク総研 (コンサルティング)

MS&AD インターリスク総研株式会社
MS&AD INSURANCE GROUP

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

21

役割分担

MS&AD
MS&AD Insurance Group

住友林業：
植林・森林再生計画
現地の体制構築
インタ総研：
植林前後の効果測定計画

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

22



行ったこと<ざっくり>

MS&AD
MS&AD Insurance Group

**350ヘクタールの土地に
ジャワ島内の在来樹種、
有用樹、果樹等を30万本
植樹**

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

24

行ったこと<もう少し詳しく>

MS&AD
MS&AD Insurance Group

第Ⅰ期：2005年4月～2011年3月<6年>

- ・植林
- ・アグロフォレストリー方式での生活向上支援
- ・ガジャマダ大学に環境教育とモニタリング調査を依頼

第Ⅱ期：2011年4月～2016年3月<5年>

- ・捕植
- ・農業技術指導の実施
- ・環境教育の対象を小学生から教師へ

第Ⅲ期：2016年4月～2021年3月<5年>

- ・エンリッチメント植林
- ・農業協同組合の支援

第Ⅳ期：2021年4月～2024年3月<3年>

- ・住民協働型植林の支援
- ・視察団の受入れ

「三井住友海上 熱帯林」で検索！

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

25



そもそも

MS&AD
MS&AD Insurance Groupなぜ、野生動物保護林は
荒廃したのか？

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

27

理由

MS&AD
MS&AD Insurance Group近隣住民が不法耕作・
不法伐採をしていたから

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

28

なぜ

MS&AD
MS&AD Insurance Group近隣住民は不法耕作・
不法伐採をするのか？

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

29

理由

MS&AD
MS&AD Insurance Group所有農地面積が小さく、
現金収入が少ないから
社会経済調査で判明

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

30

もし

MS&AD
MS&AD Insurance Group

この状態で植林だけを
したらどうなるか？

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

31



そこで一緒に行ったこと

MS&AD
MS&AD Insurance Group

果樹や樹下で農作物を
栽培する
アグロフォレストリー方式
住民の経済基盤確立のため

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

33

これなら

MS&AD
MS&AD Insurance Group

不法伐採は止められる？

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

34

むずかしい

MS&AD
MS&AD Insurance Group

アグロフォレストリー方式
の恩恵が受けづらい住民や
さらに多くの収入を求める
気持ちから伐採や違法耕作
が続く可能性

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

35



もう一つ一緒にいったこと

MS&AD
MS&AD Insurance Group

小学生への環境教育 森林があることの意味、 生物多様性の重要性 対象者は徐々に変更

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

37



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

専門性のあるところに頼る

MS&AD
MS&AD Insurance Group

ガジャマダ大学



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

39

専門性のあるところに頼る

MS&AD
MS&AD Insurance Group

Nugroho先生



環境教育の重要性は どんなところに…？

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

40

Nugroho先生のメッセージ

MS&AD
MS&AD Insurance Group

My message is that in planting trees, we must have knowledge and planting techniques and the nature of the trees to be planted. We also have to know the condition of the community, the level of community knowledge, awareness, life and the environment where the tree is planted.

The economic condition of the community in the place where the planting will be done, for example land ownership, if the land ownership per person or per family is relatively narrow and the main activity of the community is farming, planting should be done using an intercropping system (agroforestry), so that the community still has the opportunity to plant crops for their own needs, their lives and indirectly they also take care of the seeds planted. In addition to providing job opportunities for growers, and providing alternative crops for additional income. The agroforestry system will also make the main crops (trees) planted more fertile because usually growing farmers will provide fertilizer for plants planted with secondary crops. This action will make the planted tree seedlings also get the positive impact of fertilization. Trees should be planted from fast-growing types and not from trees with leafy crowns because it will interfere with shading the growth of the crops.

Apart from producing food ingredients such as fruits, the seeds planted can also be from types of plants whose leaves can be used such as eucalyptus oil plants, ylang flowers or also as a source of animal feed ingredients. If the local people also need energy (fuel) for their cooking activities, it is best if some of the plants we plant have high calorific value and later the branches and twigs of the planted trees can be used as a source of firewood for the farmers around (them).

In order to maintain the success of planting, if there are only a few job opportunities in the area to be planted, we need to introduce other activities besides planting and planting that can help make ends meet, such as cultivating mushrooms or, if possible, in the form of animal husbandry. Communities in the area to be planted should already have good knowledge and awareness about the environment. Before or immediately after planting, we should also carry out outreach activities related to environmental preservation.

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

41

Nugroho先生のメッセージ



超要約

MS&AD
MS&AD Insurance Group

- ・木を植えるには、コミュニティの状況、知識のレベル、意識、生活、そして木が植えられる環境を知る必要がある
- ・アグロフォレストリー制度の重要性
- ・雇用機会が少ない場合はそうした活動も導入する必要がある
- ・植える地域のコミュニティは環境について十分な知識と意識を持っている必要がある
- ・植える前または直後に環境保全に関するアウトリーチ活動も行うべき

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

42

本日のタイトル

MS&AD
MS&AD Insurance Group

植える+αの 熱帯林再生プロジェクト

- ①植林（生物多様性回復）
- ②経済基盤の確立
- ③環境教育

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

43



課題

困ったこと

MS&AD
MS&AD Insurance Group

そうはいつでもやっぱり 続いた不法伐採と栽培

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

45



どうする？

46

どうした？

MS&AD
MS&AD Insurance Group

1期から4期まで そのときの状況に応じて 関係者と相談しながら あれもこれも試しながら

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

47

①植林

MS&AD
MS&AD Insurance Group

- ・フォーラム（保護林を永続的に守るための手法をステークホルダーで検討する場）の立ち上げ・運営支援
- ・地元行政、警察、地元組織リーダーによるパトロール



パトロールの様子 写真提供：住友林業

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

48

②経済基盤の確立

MS&AD
MS&AD Insurance Group

- ・ 農業組合の設立・運営支援
- ・ 現地法人が農業組合に対して
会計指導



農業組合の定例会議の様子
〔資金の貯蓄・貸付・社会林業がテーマ〕
写真提供：住友林業

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

49

②経済基盤の確立

MS&AD
MS&AD Insurance Group

- ・ 農業技術指導
- ・ 住民協働型植林の開始



社会林業用の苗木提供の様子

社会林業の植林木
モニタリングの様子
写真提供：住友林業

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

50

③環境教育

MS&AD
MS&AD Insurance Group

- ・ 対象者の拡大



バリヤンの教師とコミュニティリーダー
のための環境教育の様子
〔ガジャマダ大学とのコラボレーション〕
写真提供：住友林業

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

51

一步一步

MS&AD
MS&AD Insurance Group

こうした地道な取組の結果



2005年10月の様子



2021年3月の様子

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

52



ふり返ってみると

2005年からやってきたことって

MS&AD
MS&AD Insurance Group

NbS
Nature-based
Solutions

自然を活用した解決策

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

54

**生態系の回復
気候変動の緩和
食糧安全保障
生態系を活用した防災**

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

55



57

パリヤン野生動物保護林の周辺地域およびその近郊地域の生計向上に貢献し、森林資源への依存を抑制するとともに、パリヤン野生動物保護林を中心とする地域全体での森づくりに寄与する

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

8



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

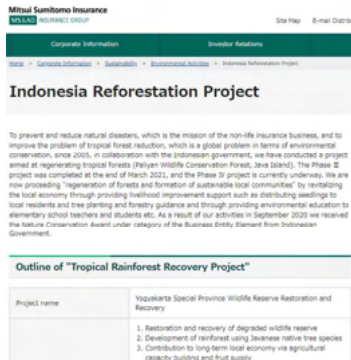


社外ホームページでの発信

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

0

基本+α

MS&AD
MS&AD Insurance Group

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

61

社外英語
ホームページ
での発信

昨日教えてもらいました

MS&AD
MS&AD Insurance GroupMongabay
世界の植林プロジェクトのデータベース
<https://reforestation.app/explore/project/1028>

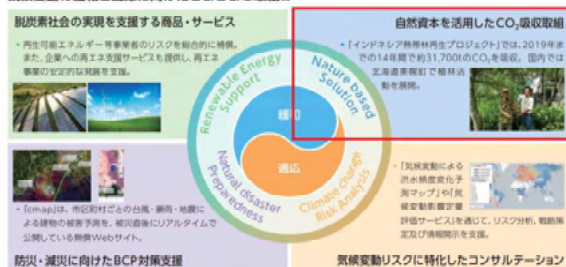
Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

62

効果の第三者評価と発信の工夫

MS&AD
MS&AD Insurance Group2019年、国際緑化推進センターに
CO2吸収量測定を依頼

気候変動の緩和と適応に向けたさまざまな取組み



MS&ADインシュアランス グループ ホールディングス 統合レポート

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

63

ストーリーを伝える

MS&AD
MS&AD Insurance Group2018年、プロジェクトに関する
動画を作成〔5分28秒〕
(ホームページからどなたでもご覧になれます！)

インドネシア熱帯林再生プロジェクトの紹介動画



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

64

あらゆる機会に流す

MS&AD
MS&AD Insurance Group持株IR説明会・役員会・多くの役
職員が集まるイベントが始まる前…

インドネシア熱帯林再生プロジェクトの紹介動画



Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

65

投資家向け非財務情報として

MS&AD
MS&AD Insurance GroupDJSI (ダウ・ジョーンズ・サステ
ナビリティ・インデックス) など
投資家向けインデックス

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

66

持株主催のESG説明会で紹介

(2) 自然資本の持続可能性向上 ② 森林資源の確保



このように企業の事業活動と自然資本の持続可能な関係構築を支援することは、当社が目指すレジリエントでサステナブルな社会の実現にもつながっていると考えています

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

67



三井住友海上
“社会貢献活動の象徴的取組”

“自然資本の持続可能性向上は、
企業を含む社会全体の持続可能性
を支える”

本業とリンクした活動

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

69

なぜ、どこで、何を
ストーリーがあると説得力

株主から、顧客から、社員から…

プロジェクトが長くなるほど
社会で求められることは変わる

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

70

対応する



誰に	お客さま全般→+投資家
何を	社会貢献→自然資本・NbS
どこで	Webサイト→+ESG説明会
どのように	社会貢献→本業とのリンク

変わったり、増えたり

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

72

せっかくやっているのだから

MS&AD
MS&AD Insurance Group

うまく情報を発信して
社内外のステークホルダー
に理解してもらえるように

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

73

つながってきている…？

MS&AD
MS&AD Insurance Group



グループとしての知見

Copyright© Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd. All rights reserved.

74



報われたら…

MS&AD 三井住友海上火災保険株式会社

ありがとうございました



トヨタ紡織の森づくり活動 ～NGOと共に歩んだグローバル植樹の取り組み～

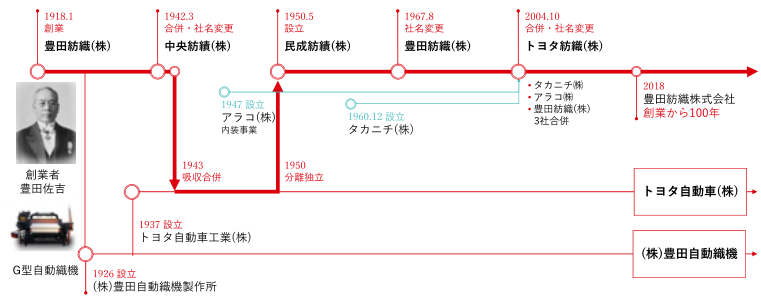
2023.3.8 トヨタ紡織株式会社 総務部 高井 智幸

QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 1 / 11

トヨタ紡織について

沿革 HISTORY



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 2 / 11

トヨタ紡織について

インテリアスペースクリエイターとして
お客さまに安全・環境を前提に、
快適を追求した製品をお届けするために

システムサプライヤーとして空間全体、すなわちモビリティ内の構成要素を1つのパッケージとしてインテグレート。安全・環境を前提に、快適を追求した空間を実現するためのソリューションを提供し、「インテリアスペースクリエイター」として新しい価値を生み出しています。

社員数 52,041人 会社数(トヨタ紡織含む) 93社

売上収益(連結) 14,214億円 営業利益 602億円

2022年3月現在の情報です

QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 3 / 11



トヨタ紡織グループ 環境方針

トヨタ紡織の 環境取り組み体系



生物多様性基本方針(2011年11月3日制定)

トヨタ紡織グループは、生物多様性の保全と自然資源の持続可能な利用を目指す、事業活動全体で生物多様性に及ぼす影響の低減に努めるとともに、生物多様性保全に資する環境技術の可能性を追求し、自然と共生する社会の実現に貢献します。

■行動指針 (一部記載省略)

1. 自然を活かす(環境技術の追求)
2. 自然との共生(事業活動に伴う影響の配慮)

3. 自然を育む(社会との連携・協力)
・社員の生物多様性への意識高揚と自主的な行動の促進
・行政・地域社会・NGOとの連携を通じたグローバルでの森づくりなど
生物多様性を育む社会づくりへの貢献

4. 情報の共有(情報の発信・公開)

QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 4 / 11

トヨタ紡織の森づくり活動の考え方



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 5 / 11

トヨタ紡織の森づくり活動



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 6 / 11

2050年環境ビジョン



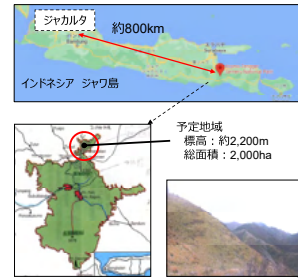
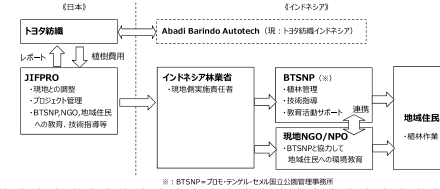
QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 7 / 11

トヨタ紡織の森づくり活動（インドネシア）

■プロジェクト概要

【場所】インドネシア 東ジャワ州 プロモ・テンゲル・セメル国立公園
 【協定期間】2006年8月～2011年3月（5年間）
 【活動面積】160ha
 【活動体制】



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 8 / 11

トヨタ紡織の森づくり活動（インドネシア）



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 9 / 11

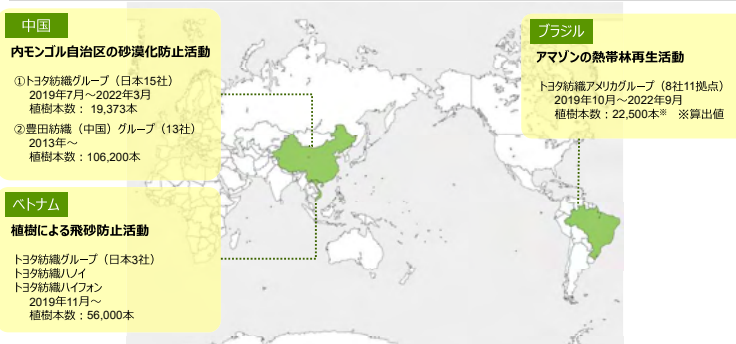
活動範囲の拡大



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 10 / 11

国・地域を超えた植樹活動



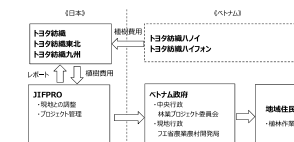
QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 11 / 11

JIFPROとの協働活動－ベトナム・フエ省熱帯林修復 植樹活動

■プロジェクト概要

【場所】ベトナム フエ省 フォンティエン県 フォンヒエンコミュニン
 【協定期間】
 2019年度～2023年度：植樹およびメンテナンス活動
 2024年度～2025年度：メンテナンス活動（育成・保育）
 【活動面積】35ha（7万本）
 【活動体制】



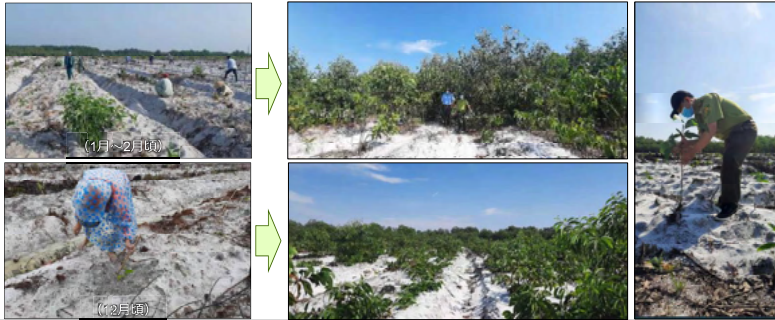
QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 12 / 11

JIFPROとの協働活動ーベトナム・フエ省熱帯林修復 植樹活動

2020年

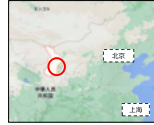
2021年



《ご参考》中国での植樹活動

【中国】内モンゴル自治区の砂漠化防止活動

《活動地域》
内モンゴル自治区トングル砂漠
《活動期間》
トヨタ紡織
：2019年7月～2022年3月
豊田紡織（中国）
：TBCH：2013年～
《活動面積》
24.8 ha (19,373本)
《協力団体》
中国緑化基金会



2019年5月開催 豊田紡織中国グループ 植樹ツアー



QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 14 / 11

《ご参考》ブラジルでの植樹活動

【ブラジル】アマゾン熱帯林の再生活動

Muvuca(ムブカ)による植樹 ※これらの写真はイメージで、実際の活動の様子ではありません。

《活動地域》
バラー州 シンゲー川流域
《活動期間》
トヨタ紡織アメリカ
：2019年10月～2022年9月
《活動面積》
9 ha (22,500本※) ※算出値
《協力団体》
Conservation International

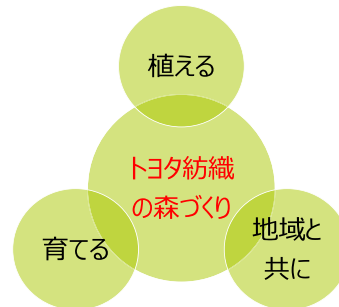


©Conservation International/Photo by Inaë Brandão

QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 15 / 11

課題・今後の方向性



《成果》

進行している地球環境の悪化を
少しでも食い止めること。

《課題》

現地訪問ができていない
(コロナ禍)

地域の方達の困りごとを見聞きし、
本当に必要な支援をしたい。

QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 16 / 11

ご清聴ありがとうございました

QUALITY OF TIME AND SPACE

TOYOTA BOSHOKU 17 / 11

KOMATSU

ケニア半乾燥地での機械オーガを用いた長根苗用の植穴掘削と植栽苗のモニタリング実証

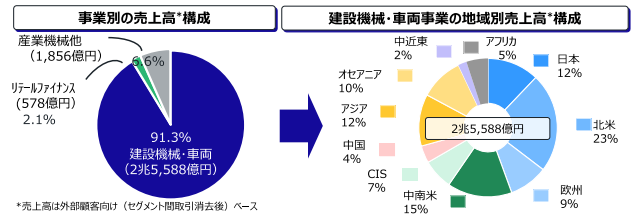
1. コマツの紹介、林業・植林機械と森林見える化
2. 半乾燥地ケニアでの実証試験（コマツ+JIFPRO共同）
 - ・機械オーガ実証
 - ・植栽苗のモニタリング実証

コマツ
建機マーケティング本部
グリーン事業（林業・農業）推進部
石森 正俊

2023年3月8日

弊社・コマツの概要（2022年3月期実績）

・設立	: 1921年5月13日	・連結子会社	: 213社 (日本) 12社 (海外) 201社
・連結売上高	: 2兆8,023億円	・連結従業員数	: 62,774人 社員の約68%は外国籍
・営業利益	: 3,170億円		
・総資産	: 4兆3,475億円		

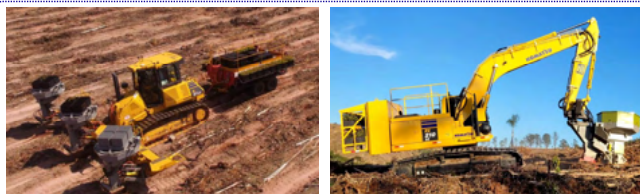


KOMATSU

2

コマツの主要商品＜林業・植林機械＞

- 林業機械
- ：木材のサステナブルな活用を支える。近年グループ会社化を通じ林業機械事業を拡充



2022年7月に植林用アタッチメントメーカー「ブラッケ社」買収

KOMATSU

3

KOMATSU

ケニア半乾燥地での機械オーガを用いた長根苗用の植穴掘削と植栽苗のモニタリング実証

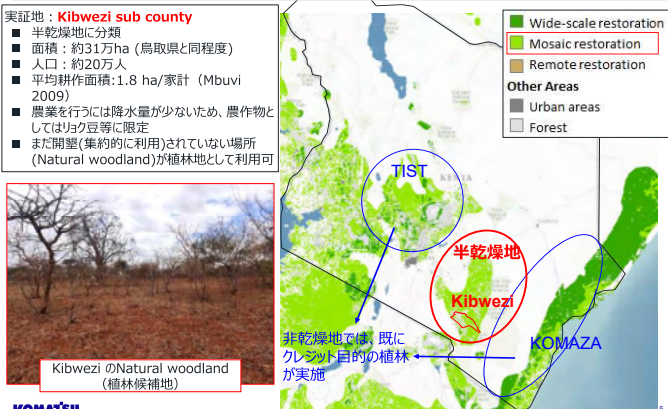
1. コマツの紹介、林業・植林機械と森林見える化
2. 半乾燥地ケニアでの実証試験（コマツ+JIFPRO共同）
 - ・機械オーガ実証
 - ・植栽苗のモニタリング実証

コマツ
建機マーケティング本部
グリーン事業（林業・農業）推進部
石森 正俊

2023年3月8日

ケニアの植林状況（実証地の選定）

- ・ 非乾燥地ではKOMAZAやTISTによる社会貢献、カーボנקレジット創出目的の植林が先行して展開
- ・ 半乾燥地での植林ポテンシャルを探り、更なる植林（投資）の可能性を調査

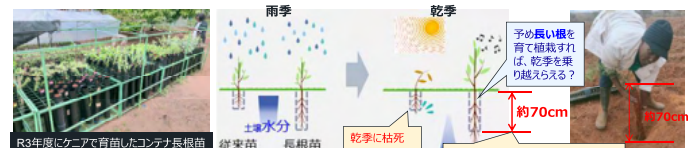


KOMATSU

5

実証試験の目的と実施体制

- ・ ケニア半乾燥地において、建機による長根苗用植穴の掘削効率性向上とドローンを使用した植栽苗モニタリングの有効性を確認する。
 - 長根苗用植穴：従来手法であるハンドオーガと建機オーガの長根苗用の植穴時間の比較
→ただし、今回は建機の手配が間に合わなかったため現地で一般的に利用されているトラクタで代用
 - 植栽苗モニタリング：ドローン撮影マルチスペクトル画像を用い、作成したオルソ画像から植栽位置と健全性を確認



KOMATSU

6

機械オーガ実証結果

- トラクタオーガで、**長根苗用の植穴（深さ70cm, Φ30cm以上）を掘ることができた**
 - ただし、トラクタオーガでは、**土壌が硬い場所では時間を要したため、建機オーガやオーガの耐久性UP・形状変更で**更なる生産性向上を確認する。
- Soft/wet（柔らかい）層：1～2分/個
- Hard（硬度）層：3～4分/個（スキップした層もあり）

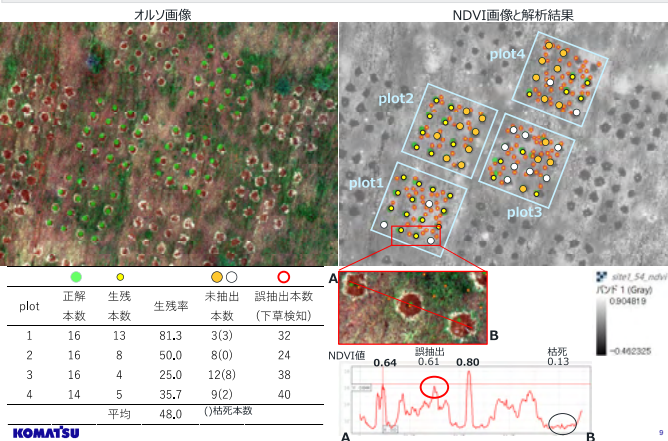
オーカースペック：目標値

深さ	105 cm (70cm以上)
直径	30.5 cm (30cm以上)
オーガ重量	180 kg
PTO rpm	540 rpm



植栽苗ディテクトの解析結果（Site1 2022/5）

- 全てのplotに対して、苗木と下草等のNDVIピーク値の差が小さく、誤抽出本数が多く、苗木の生残を確認できなかった。



KOMATSU

9

植栽苗のモニタリング実証（実施方法・植栽エリアについて）

- RGBカメラとマルチスペクトルカメラを搭載したドローンで空撮を行い、DSM及びオルソ画像とNDVI画像を作成した
- NDVI画像を用いて苗木位置の自動抽出を実施し、プロットごとの苗木本数、生存率の精度を検証

UAV/撮影条件

機体名	機体画像	スペック	地上分解能 [cm/pix]	ラップ率 [%]	対地高度 [m]	飛行速度 [m/s]
P4 Multi spectrum (DJI社製)		センサ：6台x1/2.9インチCMOS (可視光イメージング用RGBセンサー1台、マルチスペクトルイメージング用モノクロセンサー5台)	3	80*65	54	3

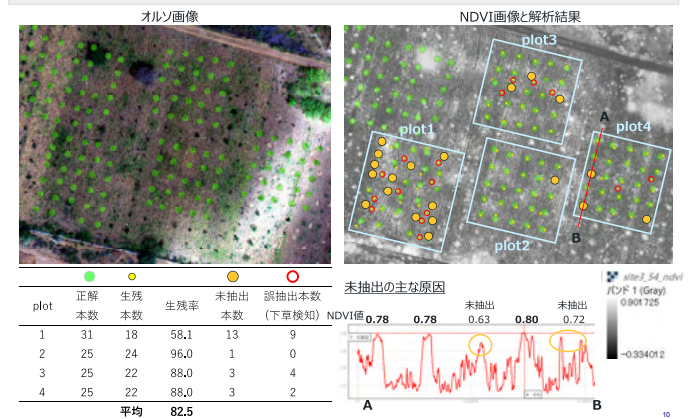


KOMATSU

8

植栽苗ディテクトの解析結果（Site3 2020/5）

- Plot2-4は精度高く、苗木を検知した(生残率80%以上)。一方、Plot1は苗木のピーク値が低く未抽出が多かった。
- 苗木同等のNDVI値である下草の誤抽出が見られた。



10

実証結果まとめ・今後の予定

植穴掘削（建機オーガ）

- オーガ機械化により、従来のハンディ式よりも、効率よく拡大した径の植穴掘削が可能。
- ケニアでは半乾燥地の土壌、特にHard（硬度）層の掘削が不可欠。
- R5年度、耐久性向上したオーガと建機の利用で、更なる生産性向上を図る。

植林の見える化

- 植栽後1年未満の苗木抽出において、NDVI解析を試みたが、個体のNDVI値が小さく、抽出精度は低かった。
- 植栽後2～3年、下草刈りが実施されたエリアの苗木において、NDVI解析により、高精度の苗木抽出ができたことから、NDVI手法の有用性が示唆された。
- R5年度、今回の植栽地（葉の形状、厚み、枚数等）に適した解析手法を検討し、精度向上を図る。

KOMATSU

11

ご静聴ありがとうございました

KOMATSU

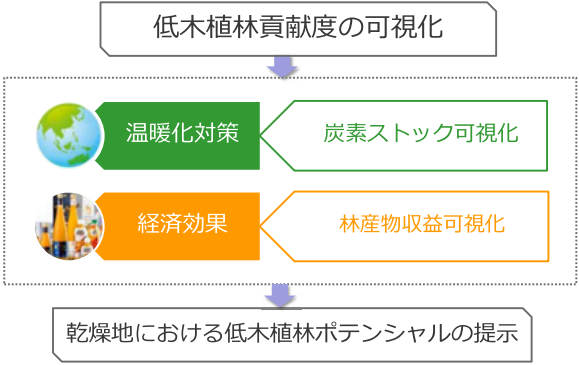
12



モンゴルにおける低木林育成と経営の貢献度可視化手法の検証

海外プロジェクト部 アジア航測株式会社 ASIA AIR SURVEY CO.,LTD. 黄 勝澤

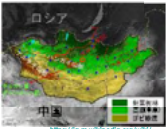
1. 本業務の全体像



明日は共に アジア航測株式会社 ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.

2. 本件業務の背景・目的

- モンゴルでは温暖化対策や砂漠化防止など環境保全における植林の重要性は非常に高く、2021年から「10億本植樹国民計画」を実施しているが、その資金源の45%を国内の民間企業に、20%を海外支援に期待している。この事業の完成により砂漠化土地の4%が回復できる。（10年間約14億USDを投資予定）



乾燥・半乾燥地低木植林に着目

- モンゴルの多くの乾燥・半乾燥地域の緑化において低木の適応性は高く、また果実など特用林産物による経済効果をもたらす樹種も多い。低木植林は特に砂漠化防止緑化において重要な役割を果たしているが、植林面積が拡大するにつれて炭素ストックへの寄与にも期待できる。



明日は共に アジア航測株式会社 ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.

3. 調査対象林分と樹種

◎サジー(*Hippophae rhamnoides*、グミ科)人工栽培林

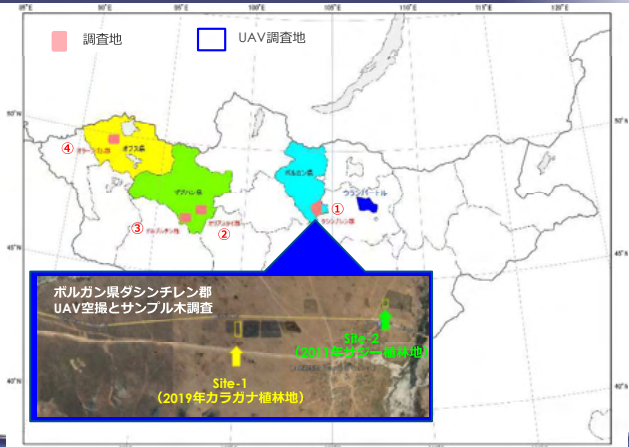
サジーの果実は古くから伝統的に食品や医薬品として利用されてきたが、近年付加価値を高めた商品が多く開発され、人気を博している。

◎カラガナ木 (*Caragana spp.*、マメ科)放牧地の自生木

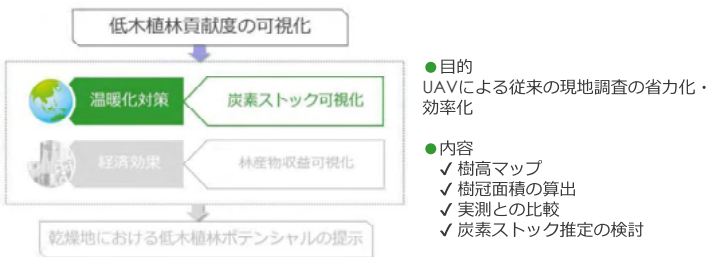
カラガナは放牧地砂漠化防止と将来家畜飼料としてのポテンシャルに期待できる。



4. 調査対象地



5. UAVを活用した炭素ストックの可視化



明日は共に アジア航測株式会社 ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.

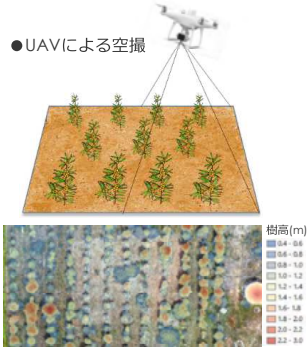
5.1 従来方法の課題と新しい手法の提案

●従来の毎木調査



樹高・樹冠径などの実測

●UAVによる空撮



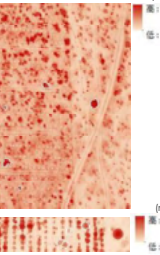
単木レベルの樹高・樹冠面積の算出

5.2 カラガナ木の画像解析と実測データの比較

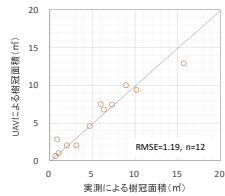
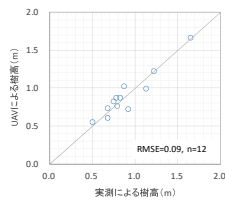
●Site-1から8本、Site-2から4本のカラガナ木を選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測のデータと比較した。
●樹高はほぼ偏りなく、樹冠面積は一部過少評価されたものの概ね高い相関が認められた。



オルソ画像

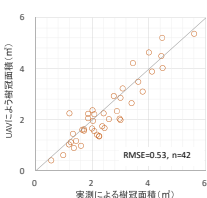
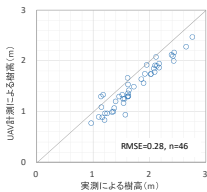


樹高マップ



5.3 サジー林のUAV計測と実測データの比較

●Site-2から42本のサジーを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測データと比較した。
●樹高はUAVによる計測結果がやや過少傾向にあったが、実測の樹高は灌水のために掘った溝底部からの測定であることから妥当な結果と考えられる。一方、樹冠面積は偏りなく評価されていた。



5.4 低木の地上バイオマス推定アロメトリーモデルの検証

● G. Conti et al. (2019) *が開発した低木の地上バイオマス推定アロメトリーモデルのうち、樹高 (H) と樹冠直径 (CD) を変数とした下記のモデルを使用して検証した。

$$AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$$

AGBest : 地上バイオマス推定値、CD : 樹冠直径、H : 樹高

ただし、カラガナ木は多数の苗条（シュート）が群がって群生しているため、この「群」の高さを樹高 (H) とし、2方向の幅の平均値を樹冠直径とした。

* G. Conti et al. (2019) Accepted 25 January 2019/ Global Ecology and Biogeography
“Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide”

5.5 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較（1）

サジーの地バイオマス(AGB)のアロメトリーモデルによる推定値と実測					
サンプル木 NO.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (A)(kg)	実測AGB (B)(kg)	A/B(%)
1(Site2)	1.81	2.04	5.428	3.746	144.91
2(Site2)	1.25	1.13	1.394	0.800	174.36
3(Site2)	2.13	2.30	7.554	5.385	140.28
4(Site2)	1.58	1.91	4.419	2.417	182.86
5(Site2)	1.65	1.61	3.261	1.886	172.88
6(Site2)	1.23	0.54	0.341	0.236	144.49

今回の調査ではサジーの地上バイオマスの推定値は実測値の140～183%と過大となった。原因の一つとして、ドローン撮影は葉が完全についている時期が適しているため、8月末9月初めに行い、合わせて毎木調査も実施したが、伐倒調査はサジーの果実収穫終了後の10月下旬にしかできなかったため、落葉がかなり進んでおり、実測AGBでは葉のバイオマスが過少になったことが影響していたと考えられた。

5.6 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較（2）

カラガナの地バイオマス(AGB)のアロメトリーモデルによる推定値と実測					
サンプル木 NO.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (A)(kg)	実測AGB (B)(kg)	A/B(%)
1(Site1)	0.79	1.07	0.951	0.524	181.40
2(Site1)	0.82	3.38	8.666	2.504	346.09
3(Site1)	0.78	2.85	6.068	1.433	423.47
4(Site1)	0.75	1.15	1.056	0.491	215.24
5(Site1)	0.68	1.99	2.821	0.969	291.04
6(Site1)	0.68	1.60	1.863	0.692	269.01
7(Site1)	1.05	2.33	4.976	1.533	324.53
8(Site2)	1.65	3.60	15.168	9.711	156.20
9(Site2)	0.92	2.45	5.062	2.291	220.97
10(Site2)	1.13	3.05	8.733	5.003	174.56
11(Site2)	1.22	2.77	7.601	6.246	121.71

カラガナ木地上バイオマス推定値も過大となっていた。ここでもサジーと同様の原因が一定の影響をもたらしていたと考えられる。

そもそも今回の調査対象木のような人為的な撾乱(果実収穫、剪定、放牧などの外圧)を強い受ける林木において、バイオマス推定式の改良、或は新規開発の必要性が感じられた。

5.7 低木林の地上炭素ストックの評価（参考）（1）

● 10年生サジー人工林の場合：

[平均樹高1.57m、平均樹冠径1.43m、植栽密度1000本/ha、地下部と地上部の比を0.37*と仮定して推算]

- ♣ バイオマス : 3.477kg/ha・10年
- ♣ 炭素ストック** : 2.224kg/ha・10年
- ♣ CO2蓄積量*** : 8.164kg/ha・10年
- ♣ クレジット換算額(概算) : 24.49USD/ha・10年
(3USD/t-CO2で試算***)

*肖智勇, 李根前, 代光輝, et al. 黄土高原不同坡向中国沙棘种群生物量投资与分配. 东北林业大学学报, 2011, 39(5):44-47
https://www.baidu.com/link?url=RVgk4UAEIRvcrT0975U-sP5G0B92FBNP2a0-n00degeT3ch71b2011gn8C4N_000FgQZ5s6S8ovHT1bH5N5H4zwb7nm0aH43c2Zue8wd-8eqd-874263c3000076100000066495641
炭素がバイオマスに占める割合を50%として換算。*炭素量を二酸化炭素の重さに換算するに44/12を乗じて算出
参照：(独)森林総合研究所温暖化対策推進拠点ウェブサイト
<https://www.fpri.afrc.go.jp/research/dept/22climate/kyushuhyouyuu/documents/page1-2-per-a-tree.pdf>
***参照：CARBON CREDITS.com <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>

5.8 低木林の地上炭素ストックの評価（参考）（2）

● 放牧地に自生するカラガナ木の場合（推定樹齢は1～13年*）：

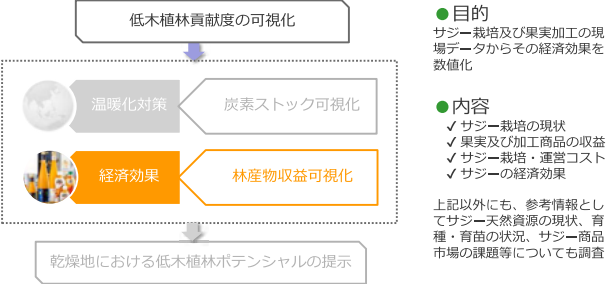
[平均樹高0.78m、平均樹冠径2.21m、個体群数**822群/ha、地下部と地上部の比を0.45***と仮定して推算]

- ♣ バイオマス : 4.449kg/ha
- ♣ 炭素ストック : 1.918kg/ha
- ♣ CO2蓄積量 : 7.093kg/ha
- ♣ クレジット換算額(概算) : 21.12USD/ha(3USD /t-CO2で試算)

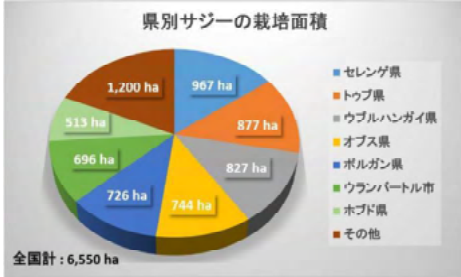
Mckinsey(2021)は、カーボנקレジットが2030年までに15倍に増加すると予測している。

*調査対象木から目測で最も細いシュートと最も太いシュートを5本サンプリングして年輪を調べた結果に基づいて推定
**カラガナ木は根元から株立ち状に分枝し、数年で十数本から十数本までシュートを増やして円形のコロニーを成している。十年以上のカラガナ木コロニーではシュートが数百本になる場合もある。ここではカラガナ木のコロニーを1個体群としてカウントした。ここで示した個体群数は実際のドローン撮影画像から検出したデータである。
***王孟本, 晋西北黄土区不同人工林生物生产力的研究, 植物学报 1994.36 (増刊) : 237-240 (地下100cmまでの根系が計測対象)
<https://www.jipb.net/EN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=23190>

6. 林産物収益の可視化



6.1 モンゴルにおけるサジーの栽培と商品化開発



2010年頃から商品開発は盛んになる。

商品には食品（飲料）が圧倒的に多いが、スキンケア商品も増えつつある。

健康志向でサジー商品の人気が高まっている。



2000年代に入り、オボス県やセレンゲ県等で個人の自発によるサジーの栽培が始まる。2010～16年、政府が「サジープロジェクト」を実施してサジー栽培の普及を図ったが、目標2万haに対して6,000haあまりにとどまった。上の図は2020年のデータである。

6.4 サジーの人工栽培の現場



6.5 サジー栽培による果実生産と一次加工の収益性

モンゴルにおけるサジー植栽密度は800～1,250本/haであり、ここでは1000本/haで試算

区 分	平均収穫・生産量/本	単価 (kg・ℓ) (2022年の実績)	ha当たり売上見込
新鮮果実 (植栽5～20年目)	6kg/本	1.68USD	10,080USD
オリジナルジュース	3.6ℓ/本	5.04USD	18,144USD
果実オイル (果汁から分離)	0.09ℓ/本	84.00USD	7,560USD
ジュース絞り粕お茶	0.75kg/本	3.36USD	2,520USD

表中のデータは現地サジー栽培農家及び加工経営者のヒヤリングによるモンゴル人当たり名目GDP：4,167USD (2020年) 出典：外務省ホームページ

6.6 サジー園造成・経営コスト

区分	内訳	単価	備考
基盤整備	保護柵設置	120USD/ha	
	ポンプアップ井戸	11,670USD/基 5,835USD/基	10ha以上用 5ha以下用
	自動散水システム	1,200USD/ha	
植栽	苗木	0.98USD/本	
	植付け	0.35USD/本	
保育・管理	除草・薬剤散布	490USD/ha	
	日常管理	1,575USD/ha 3,024USD/ha	5haまで 10haまで
果実収穫	採集	0.40USD/kg	
	選別（異物除去）	0.05USD/kg	

6.7 サジー果実加工コストと収益（家庭経営工場の一例）

区 分	投 資・投 入・売 上
工場建物（作業場面積60㎡）	16,800USD
加工設備（加工能力1 t /日）	16,520USD
包装用資材（ペットボトル等）	12,600USD/年
作業員（3人・120日、2022年）	6,120USD/年
原料(果実)仕入れ(2022年実績)	25,200USD（15 t）
売上（ジュース・オイル・茶）	70,560USD

利益：26,649USD（固定資産投資除外）

〔この事例はオプス県オランゴム郡のサジー加工経営者で、年間10～20トンのサジー果実を加工し、オリジナルジュース、果実オイル、絞りを生産し・販売している〕

6.8 サジー園経営の投資と収益のシミュレーション

● 10haのサジー園を20年間経営する場合：

- ⇒基盤整備・植林投資：142,320USD（1～2年次）
- ⇒設備メンテナンス：232,236USD（3～20年次）
- ⇒サジー園保育管理：153,580USD（1～20年次）
- ⇒果実収穫：528,000USD（5～20年次）

▲投資・支出総額：1,056,136USD

● 果実販売総額：1,612,800USD（5～20年次、100,800USD/年）

6年次から黒字経営になる

総利益：556,664USD/20年間

6.9 サジー栽培経営が地域経済への貢献度の一例

10haサジー園の臨時雇用創出：

- 植付け：63人・日（初年度のみ）
- 除草等保育：350人・日/年間（経営期間中）
- 果実収穫：4,150人・日/年間（植栽5年目～20年目）
- 日雇い労働者賃金：17USD/人・日（2022年実績）

経済効果合計：76,500USD/年

〔この事例はオプス県オランゴム郡のサジー園経営者エフバット氏のヒヤリングによる〕

7. まとめ

- UAV測量技術は、乾燥地での森づくりに有効な低木林の地上バイオマス及び炭素ストック推定において、省力化・効率化につながる手法として期待できるが、地域や樹種特性に即したバイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。
- 近年、サジーからとれる果物にモンゴルの国内企業が着目し、飲料やスキンケア等の様々な商品開発が行われており、これらの商品は市場で人気が高まっている。政府も牧畜民の現金収入源として、サジーの植林を推奨している。

サジー植林のポテンシャルは高い。

モンゴル森林分布図

