

4. ケニア半乾燥地における小規模農家向け植林の貢献度可視化

国際緑化推進センター (JIFPRO) 柴崎一樹

要約

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

4.1 背景・目的

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



図 4-1 ケニアの小規模農家向け植林

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

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

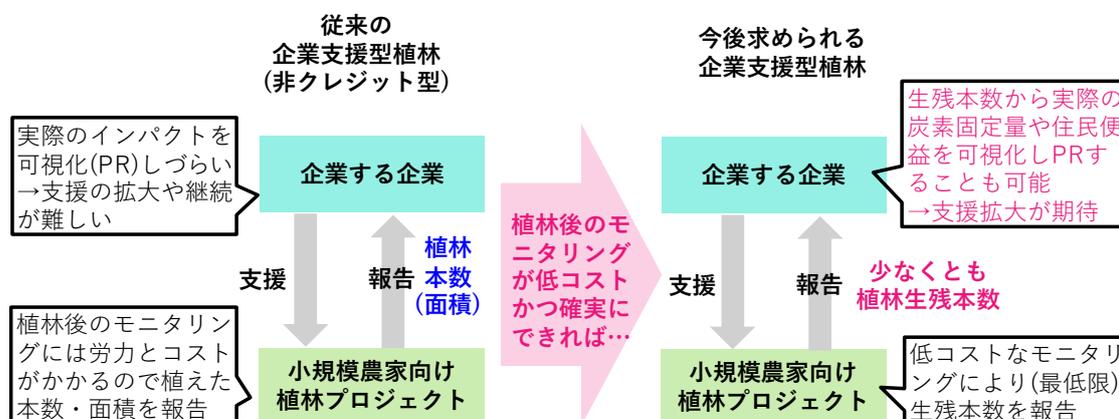


図 4-2 今後求められる企業支援型植林

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

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

表 4-1 本試験の検討項目

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

4.2 試験対象地の概要

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

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

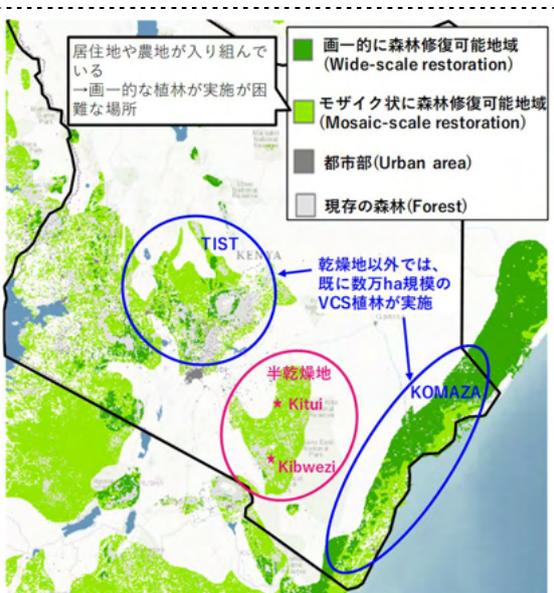


図 4-3 試験対象地 (Kitui 及び Kibwezi) と潜在的に植林 (修復) 可能なエリア (背景地図の出典: Atlas of Forest Landscape Resoration Opportunities⁸より)

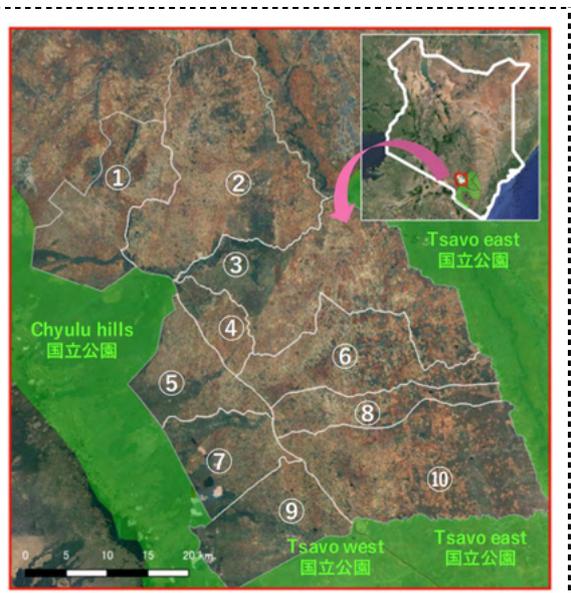


図 4-4 小規模農家向け植林を実施した Kibwezi の行政区 (①~⑩)、国立公園の外は入植が進み原生林は残されていない (背景地図の出典: Google)

⁸ IUCN, WRI, メ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。

4.3 実証試験の方法と結果

4.3.1 長根苗技術の開発・普及のための育苗・植栽試験

(1) 長根苗のコスト削減のための育苗試験

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



図 4-5 育苗試験で使用した 3 つの育苗容器

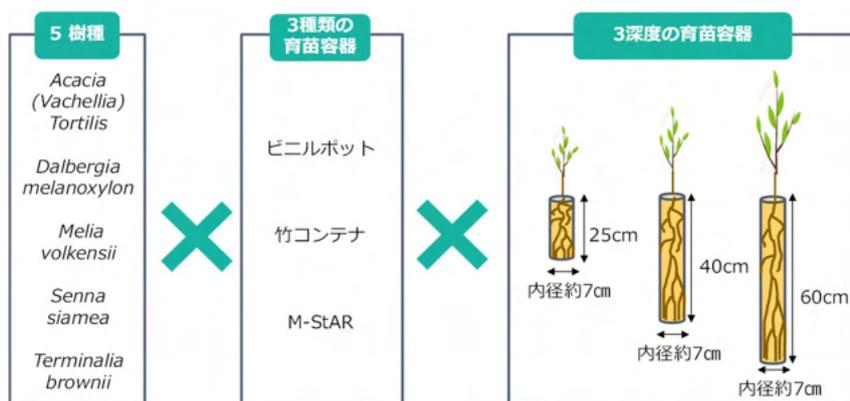


図 4-6 育苗試験設計 (注: 竹コンテナの内径は 5~8cm の幅があるものを均等に混ぜて使用)

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

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

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

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

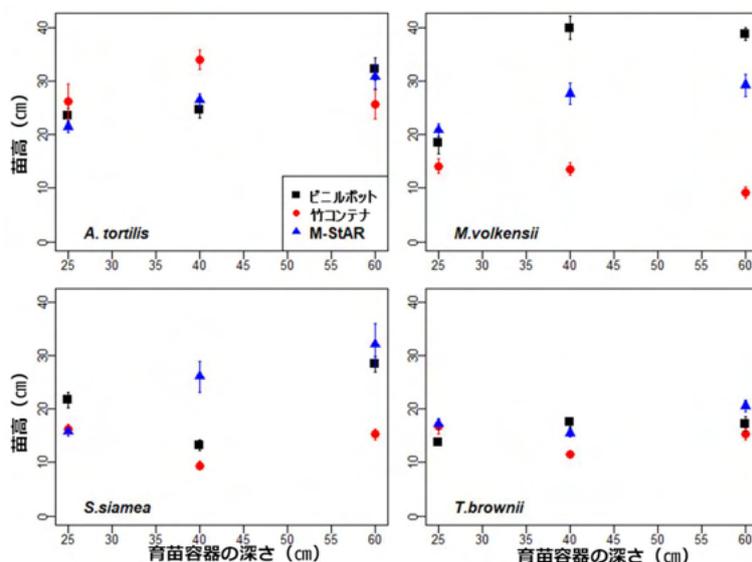


図 4-8 約 8 か月の育苗終了時点の苗高(バーは 7 苗の標準誤差)

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

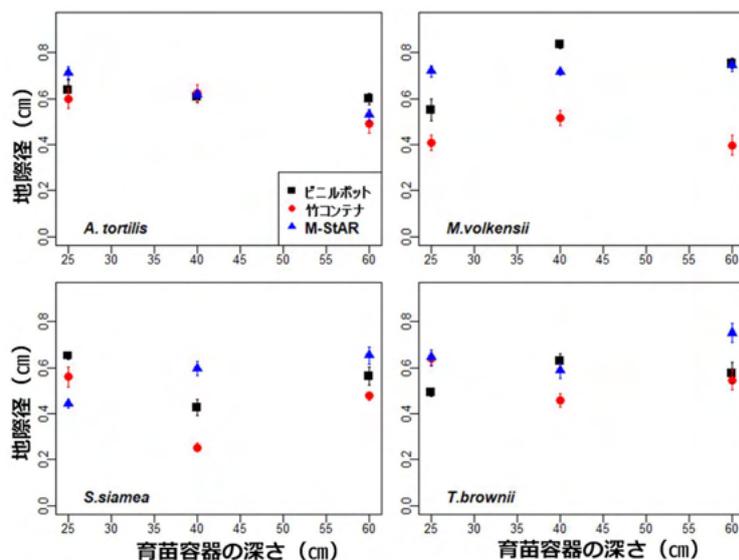


図 4-9 約 8 か月の育苗終了時点の地際径(バーは 7 苗の標準誤差)

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

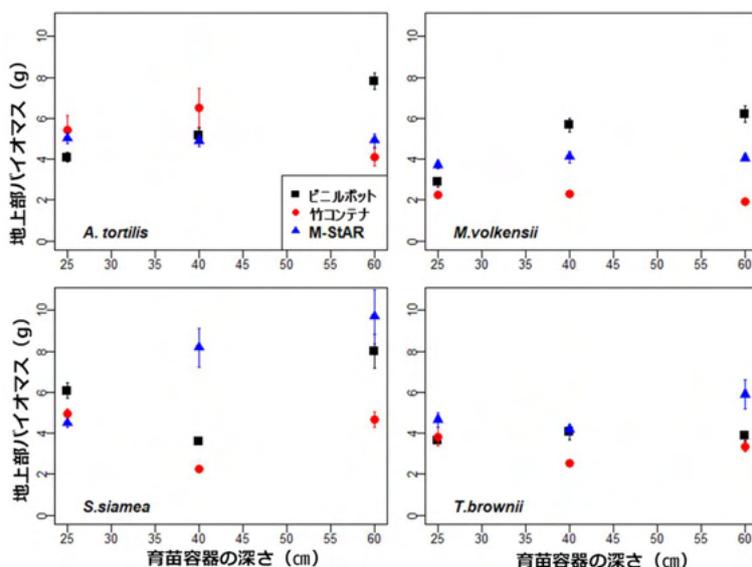


図 4-10 約 8 か月の育苗終了時点の地上部バイオマス(バーは 7 苗の標準誤差)

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

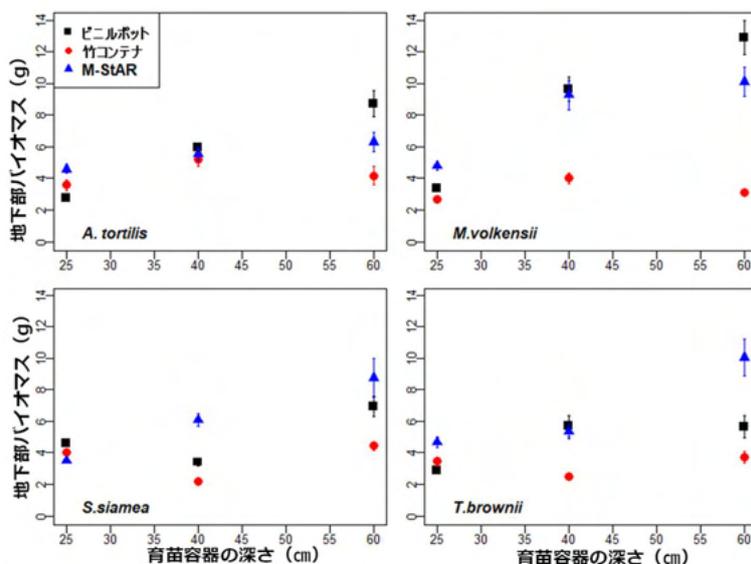


図 4-11 約 8 か月の育苗終了時点の地下部バイオマス(バーは 7 苗の標準誤差)

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

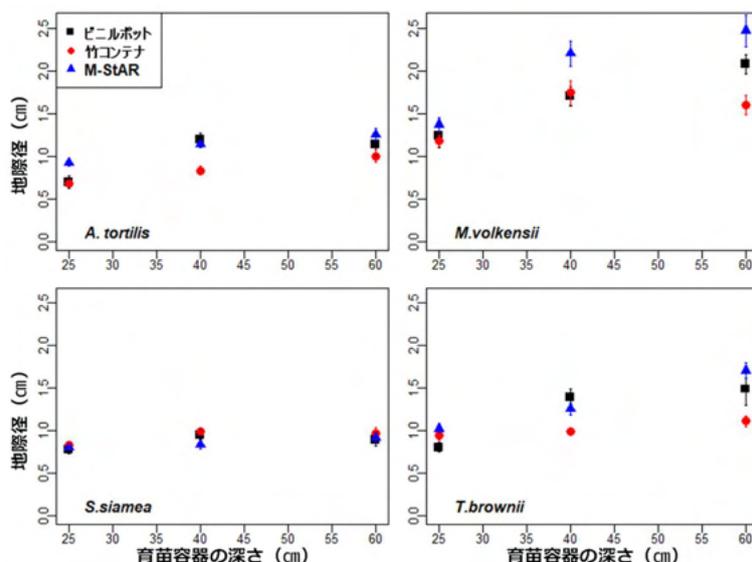


図 4-12 約 8 か月の育苗終了時点の地下部バイオマス/地上部バイオマス
(バーは 7 苗の標準誤差)

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

表 4-2 各容器の評価(深さ 60 cm の長根苗を育てた場合)

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

(2) 長根苗の効果検証のための植栽試験

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

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

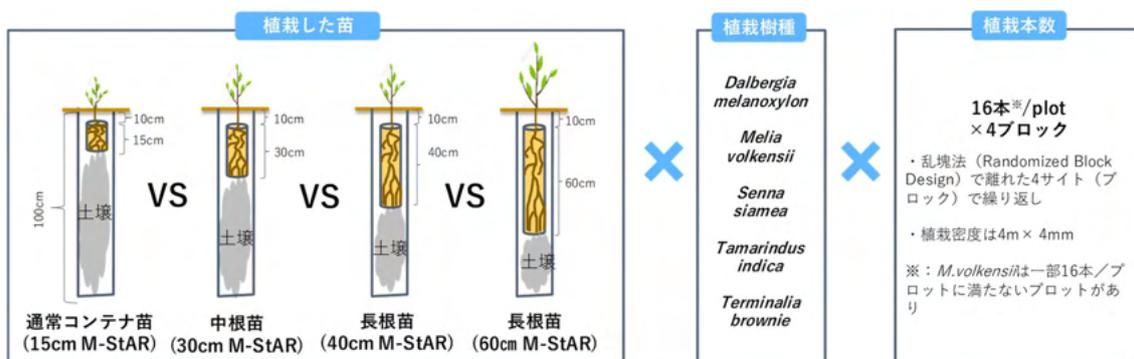


図 4-13 Kibwezi での長根苗を用いた植栽試験の設計(雨季(2023 年 11 月)植栽)

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

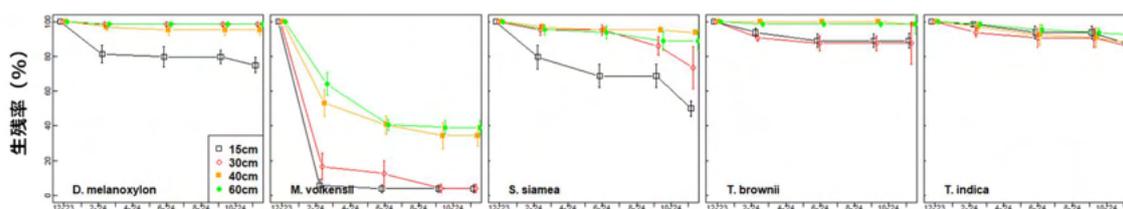


図 4-14 植栽後 11 か月生残率の推移(バーは 4 ブロックの標準誤差)

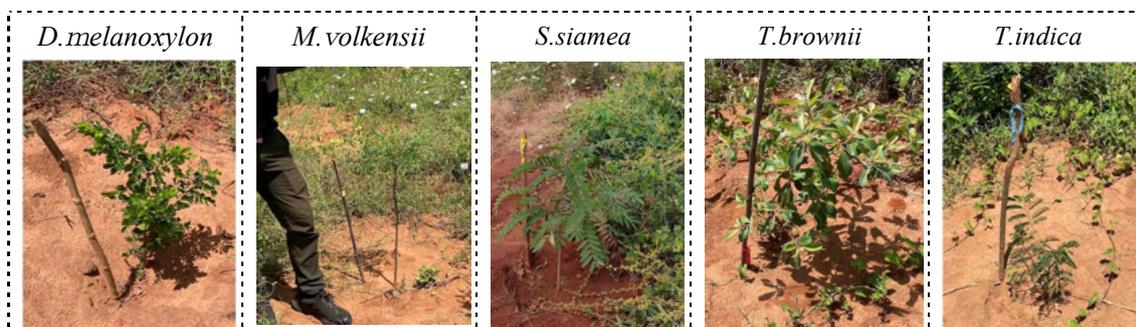


図 4-15 植栽して 4 か月経過時点の苗(4 深度のコンテナ苗が混在)

4.3.2 長根苗を用いた小規模農家向け植林のモニタリング手法開発

(1) 長根苗を用いた小規模農家向け植林の実施(令和 5 年度実施)

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

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

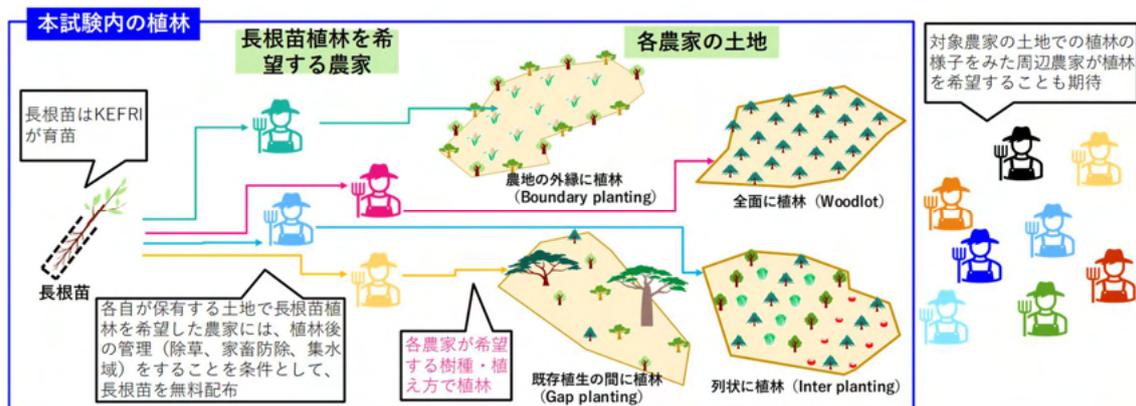


図 4-16 長根苗を使った小規模農家向け植林のアプローチ(植林自体は令和 5 年度に実施)

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



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

表 4-3 小規模農家向け植林で植林した樹種

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



図 4-18 小規模農家向け植林の様子

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



図 4-19 GNSS ローバーを用いた植林木の位置情報取得方法

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



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

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



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

(2) スマホを用いた住民参加型モニタリング

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

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

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

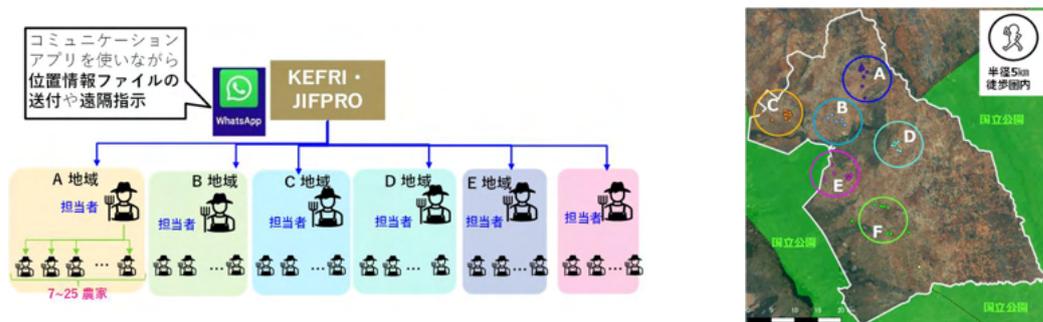


図 4-22 住民参加型モニタリングの担当者の選定と割り当て(背景地図は Google)

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

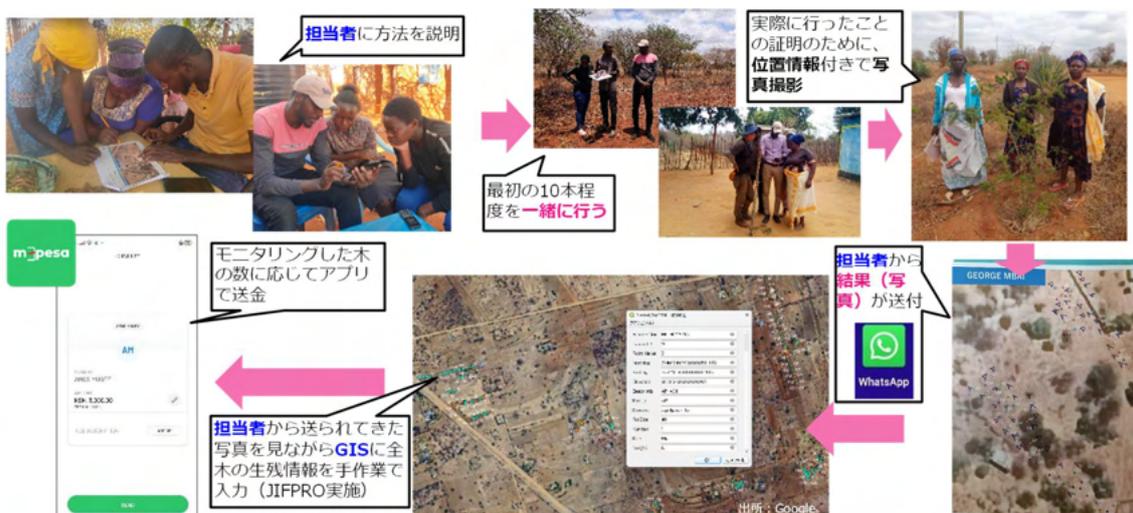


図 4-23 住民参加型モニタリングの流れ

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

表 4-4 モニタリング担当者の対応状況

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

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

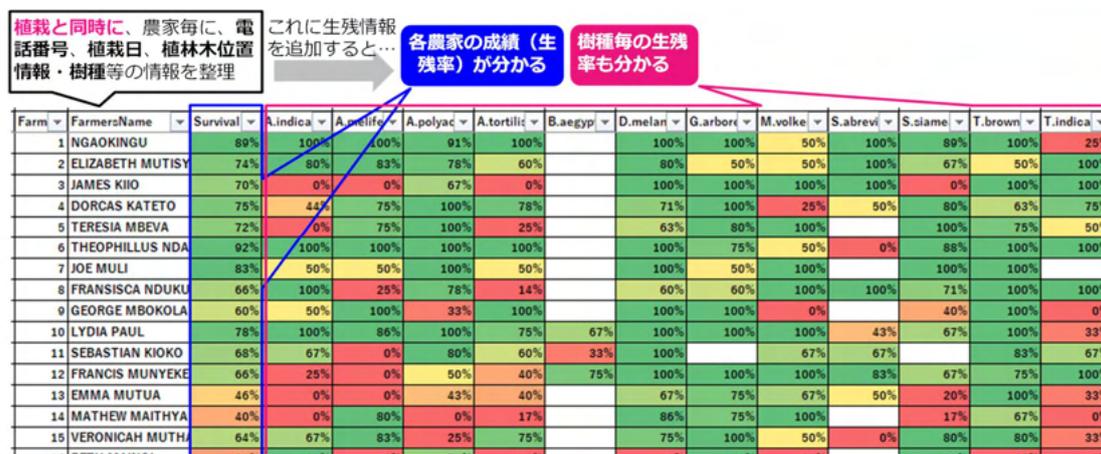


図 4-24 エクセルによる各農家の植林木の生残情報の整理

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

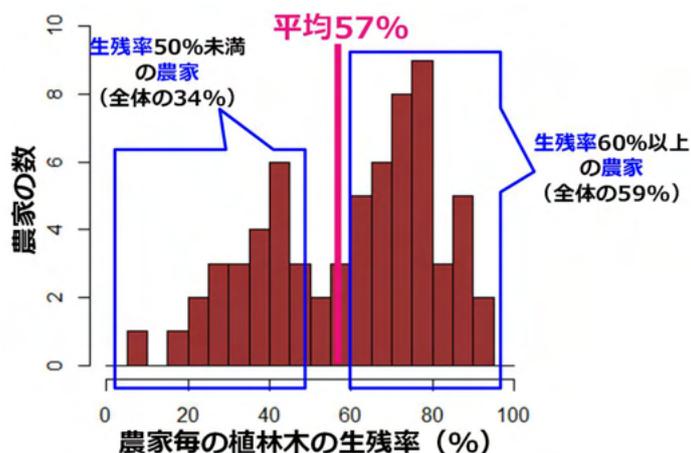


図 4-25 住民参加型モニタリングから得られた農家毎の生残率(植林後約 1 年経過時点)

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

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

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

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

(1) 対象域の森林劣化の状況把握(植生プロット調査)

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

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



図4-26 3区分毎の植生プロット調査の位置



①農地間にある樹林地

②移行帯にある樹林地

③農地から離れた樹林地

図4-27 3区分の植生プロット調査地

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

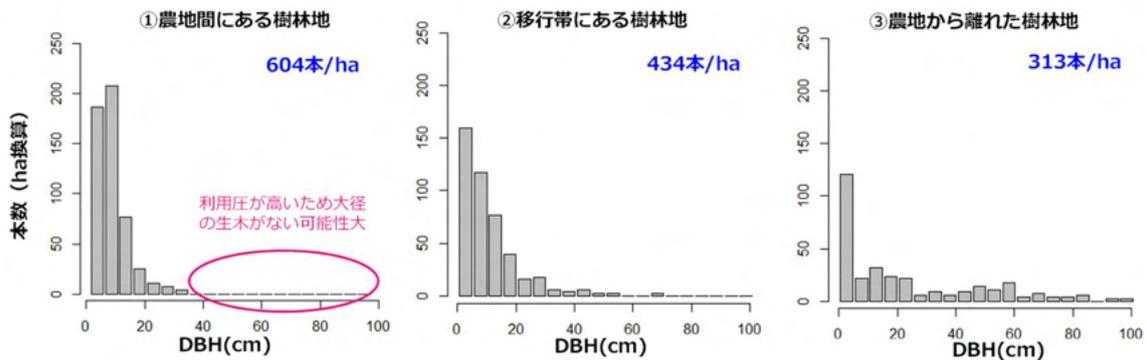


図 4-28 3 区分の生木の DBH 頻度分布(各区分とも 9 プロット合計値を ha あたりに換算)

表 4-5 3 区分の植生プロット調査の結果

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

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

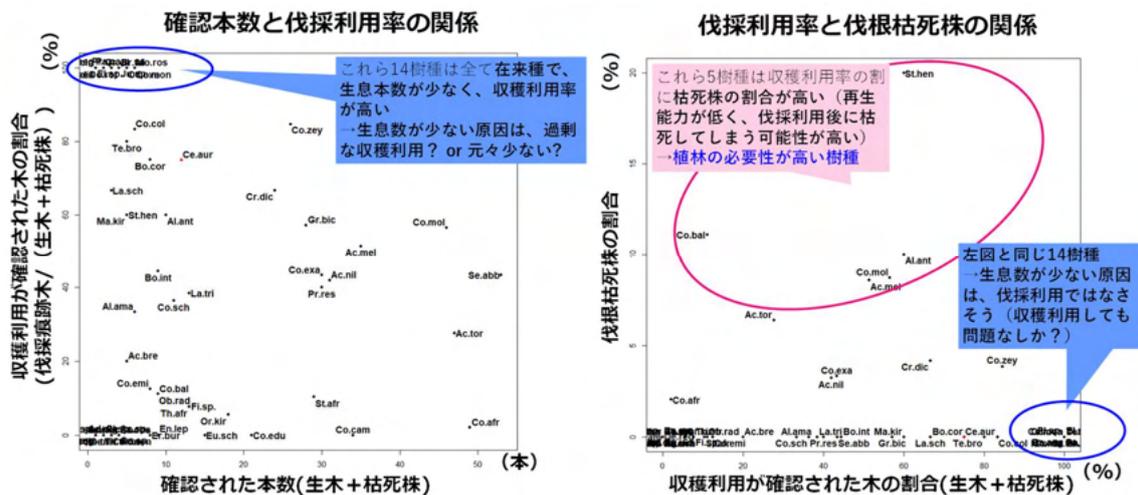


図 4-29 植生プロット調査で確認された 68 樹種の特徴(3 区分の植生プロット調査の合計)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

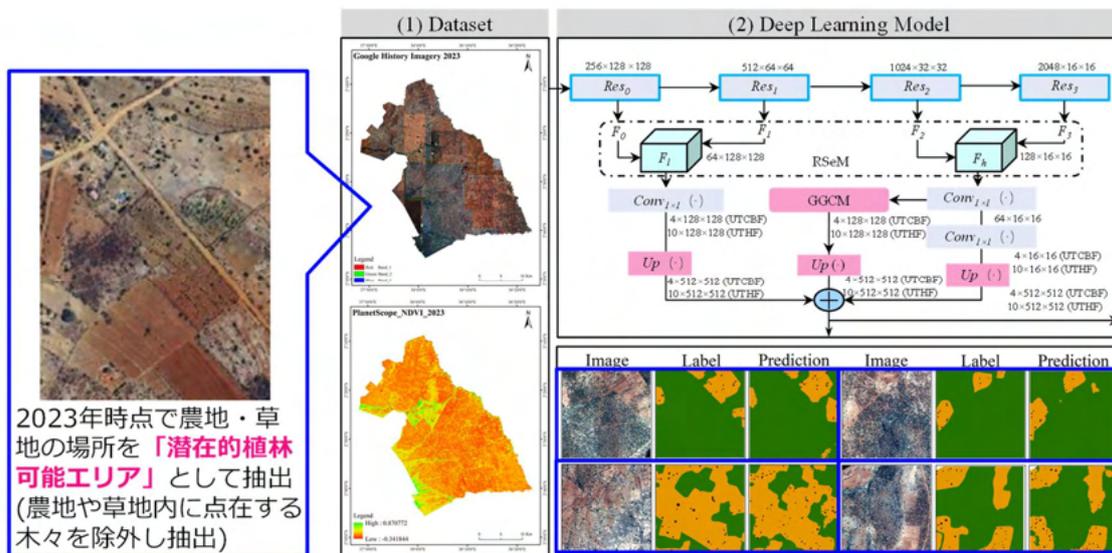


図 4-30 深層学習による潜在的植林可能エリアの抽出

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

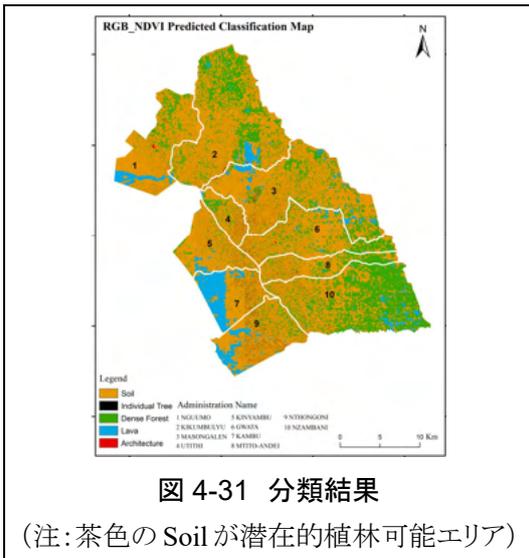


表 4-8 各分類区分の面積と精度
(注: 各区分の推定精度は Intersection over Union、全体の推定精度は Overall accuracy)

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

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

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

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

4.4 検討した可視化手法のコスト試算

4.4.1 長根苗の育苗コスト(従来のポット苗に対する追加コスト)

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

4.4.2 住民参加型モニタリングに係るコスト

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

4.4.3 衛星画像による潜在的植林可能エリアの特定

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

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

4.5 対象国における検討した可視化手法の普及説明会

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



4.6 実証試験の総括-実用化に向けた課題を中心に-

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

4.6.1 ①長根苗技術の普及にあたって

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

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

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

4.6.3 ③今後の展開

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

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

するまで確実に管理してくれる農家が多くなると期待している。

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

4.7 参考文献

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

