

Appendix5- 3 -1~6

Dispatched short-term experts (Component 4: Tree Breeding)

人工交配

【Artificial Crossing】

Appendix 5-3-1 短期専門家の派遣（人工交配）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|------|-------|-----------------|
| 人工交配 | 花岡 創 | 2017.12.6～12.15 |
| 人工交配 | 松下 通也 | 2017.12.6～12.15 |

1. 行程

| 月 日 | 移動・滞在 | 宿泊地 | 業務 |
|----------|--------------------------|-------|--------------------------|
| 12.06(水) | 国内移動 | | |
| 12.07(木) | 07:20 羽田空港 → ドバイ (EK313) | 機内泊 | 出国 |
| | 10:35 ドバイ → ナイロビ (EK719) | | 入国 |
| | ナイロビ → キブウェジ | キブウェジ | ケニア国内移動 |
| 12.08(金) | キブウェジ→採種園/検定林→キツイ | キツイ | キブウェジ、カシガウ、ウオイの採種園/検定林調査 |
| 12.09(土) | キツイ | キツイ | KEFRI地域センターで交配様式の研究を後討 |
| 12.10(日) | キツイ | キツイ | KEFRI地域センターで交配様式の研究を後討 |
| 12.11(月) | キツイ→採種園/検定林→ナイロビ | ナイロビ | キツイ採種園/検定林にて現地後討 |
| 12.12(火) | ナイロビ | ナイロビ | 資料整理・データ解析 |
| 12.13(水) | ナイロビ KEFRI | ナイロビ | KEFRI HQにて講義及び打合せ |
| 12.14(木) | ナイロビ JICA事務所 | | JICA Kenya事務所打合せ |
| | 16:35 ナイロビ → ドバイ (EK720) | 空港滞在 | 出国 |
| | 02:55 ドバイ → 成田空港 (EK318) | | 入国 |

2. 出張の概要

2-1. Kitui (Tiva), Kibwezi, Kasigau, Voi の検定林の現状把握

① 前プロジェクト期間中に設定された8カ所の検定林[注:Kitui (Tiva) 採種園・Kibwezi 採種園および原木等から採取した種子・実生による]のうち、4カ所の検定林の生育状況を観察するとともに、各種測定方法の再確認を行った。これら検定林では、植栽後3年(2014年植栽)もしくは2年が経過(2015年植栽)しているが、生存率・成長量とも良好で、最も生育の良好なKitui 検定林(図2)の個体では幹直径10cm、樹高7m近くに成長していた。しかし、地域間で生育状況に大きなばらつきが認められ、当初の

予測通り降水量等の環境要因の地域間差が生じていると推察された。乾燥の厳しいVoi やKasigau 検定林(図1)では、既に成長が頭打ちになりつつある傾向が認められた。

② 地域風の厳しいVoi やKasigau では、検定林内の多くの植栽個体が強風により曲がっている。今後ケニア国内の検定林調査では、樹高や直径等の成長に関する調査だけでなく、幹の曲がり度等の形質評価も取り入れていく意向とのことであった。

③ Kitui やKasigau の検定林では、実生から養苗し植栽後3年を経過した一部の個体で既に果実が実っていることが確認できた。

2-2. Kitui (Tiva), Kibwezi 採種園の現状把握

Kariuki 氏とともに、前プロジェクト期間に設定されたKitui (Tiva) およびKibwezi の採種園(図3)の現状を確認した。2013年に各採種園が設定されて以降、2015年に向けて開花・種子生産がスタートし、2016年には年間3回の採種がなされてきている。2017年春には約3000本弱/採種園のほぼ全ての母樹で旺盛な開花・結実が認められたとのKariuki 氏の報告である。

我々が現地確認した際、過去3カ年の渡航時には見たことのない規模の果実生産がなされているなどという状況であった。非常に旺盛な樹勢を示す母樹では、たわわに実った果実で枝が垂れ下がる程になっていた。しかしながら、一方で接ぎ木した上部の樹勢の強さゆえか、“台負け”(接ぎ木した上部に比べて、下部である台木の樹勢が劣る現象)も多く認められ、このような個体では菌への感染も多いように見受けられた。

2-3. Kitui 地域センター内における施設内交配プールの検討

KEFRI の支所にあたるKitui 地域センター内において、施設内交配プールの検討は、*Melia* 交配研究についてKariuki 氏と現地検討を実施した。Kitui 地域センター内の苗畑では、接ぎ木された40～100cm程度程度の*Melia* 苗木複数個体で、果実が実っているのを確認した(図4)。Kitui 地域センター内には2つの温室がある。複数の*Melia* クローンの接ぎ木苗を、花が咲く時期にこれら施設内に入れることにより、通常の人工交配(人手による直接的な花粉散布)によらない屋内交配による*Melia* 次世代の作出が可能となるかもしれない。この*Melia* 交配研究について、2018年より開始する意向であることをKariuki 氏より確認した。

2-4. Kitui (Tiva) 採種園での *Melia* 人工交配のための現地検討および処理実施

Kariuki 氏、高野 JICA 長期専門家、花岡、松下とで、*Melia volkensii* のための人工交配技術確立のための研究手法を検討・試行するため、Kitui (Tiva) 採種園にて現地活動を実施した。過去、同時期に渡航した経験から、12月上旬はケニアにおいて*M. volkensii* の開花時期に当たると予想していた。しかし、今回の渡航では、例年より比べて雨季がずれ込んでいたこと、また*Melia* の開花-結実フェロロジーンが例年より早ま

っており、採種園内のほぼ全ての母樹個体において花の時期を終え成熟途中の果実がたわわに実っている状況であった。Tiva 採種園内の約 3000 本級の母樹を踏査し観察したが、訪問時に花をつけている個体は一個体のみであった。

この一個体に対して、*M. volkensii* が自殖（自身の花粉による受粉）によって果実・種子を実らせる能力を持つか否かを確認するための試験を実施した(図 5, 6)。花序内の既に開いている花を除去し、蕾を残して交配袋掛けを実施する等の人工交配のための基礎的な技術手法を Kariuki 氏に指導した。今後、2018 年 1~2 月の開花期には、より多くの系統・個体に対して人工交配試験を実施する意向であることを確認した。

2-5. *MeLia* 次世代作出技術研究のための講義実施およびミーティング

日時：2017 年 12 月 13 日（水）9:00~12:00

場所：KERRI 本部 (Nairobi)

参加者：Muturi 氏, Kariuki 氏, Omondi 氏, Paul 氏, 松下 (FTBC)

検討事項：優良な *MeLia* 次世代作出のための交配研究の方針・方法について

打合せ内容：

松下より、次世代作出のための *M. volkensii* の交配研究として、大まかにアプローチについての説明と利点・不利益等をプレゼンテーションした後、プロジェクトメンバーで議論を実施した(図 8)。

要約として、今後の研究ワークプランについては、① 交配袋等を用いつつ異なる系統の花粉を雌蕊に掛け合わせる人工交配手法の研究、② 既にある温室等を活用した施設内交配の研究、③ 検定林の成長等の調査にもとづく系統及び後代個体の遺伝的性能評価と、DNA 分析による交配様式の研究 などを次世代作出のためにとり得るアプローチとして説明した。

これらの①~③の研究を実施することで期待される成果は以下のとおり：

- ① 最もシンプルで基礎となる人工交配の技術が KERRI 側研究者に移転される。これまでマホガニーなど有用な熱帯産広葉樹では開発・普及できていなかった、狙った形質を持つ親同士（例えば、親 A: ⑥成長 × 親 B: ⑥通直性）の人工交配による次世代作出技術ができることで、今後 *MeLia* 以外のほかの郷土樹種の育種にも資する能力強化がなされる。
- ② センダン属の *M. volkensii* の花は非常に小さく、また花びらが広く開かない花の構造のため、ケニア人では多数の①の人工交配処理をこなすのが困難かもしれないというデメリットが想定される。これに対して、小さなつぎ木増殖一年以内の鉢植え個体であってもすぐに着花するという *MeLia* の特性から、狙った形質を持つ親をクローン増殖した苗木を温室内で開花誘導し、人の手作業による花粉をかける直接的作業を省略して次世代作出ができる可能性がある。

③ 採種園でとられた実生から構成される検定林において、優れた性能を示した後代の選抜を行うとともに、*MeLia volkensii* の基礎的な交配様式の解明や採種園内の繁殖効率を促進するための手法等について検討することができる。

合意事項：

上記の①・②については、今回の出張でも試験を担当した Kariuki 氏を中心に 2018 年の次期の開花期より順次開始していくことで合意した。検定林での成長が優良な系統を交配候補とする方針。

また③については、これまで検定林調査で実施していなかった幹の通直性等の成長以外の形質評価も 2018 年度 1 月の調査より進めていき、より多くの形質情報をもとに優れた後代個体をピックアップする。また採種園産種子、あるいは検定林個体の DNA 解析を通して、交配様式等を明らかにしていく方針で合意した。

3. 今後の課題や展望など

交配研究等：

人工交配を実施できる時期は限定され、適切な時期を逃さないように注意を払う必要がある。また、問題が生じた場合の対応なども迅速にとるべきであり、日本側とケニア側、また、長期専門家とコミュニケーションを密に測る必要がある

データや情報の共有・課題間の連携：

CADEP プロジェクトのコンポーネント間の連携が希薄であるという点について、プロジェクトの育種部門の KERRI 側統括である Muturi 氏より懸念が提示された。また、コンポーネント内でも、採種園や検定林から随時データが得られるようになってきたが、それらの情報共有が不十分ではないかという懸念もある。

ケニアにおける具体的な育種戦略・ロードマップ

松下より、個々の技術強化(例えば、自身の担当する交配研究など)だけではなく、ケニアの育種は中長期的に効果的に進まない懸念があることを KERRI 側に示した。交配を進めていく際には、次世代においてどの形質(例：成長なのか・曲がりなのか)の向上を優先するのか?といった戦略性を明確にすることが重要であることを説明し、*MeLia* の育種戦略やロードマップを明確にし、どういった調査を優先的にを行い、逆に省略できる項目は何かを整理することの重要性に理解が得られた。

統計解析等のスキルアップ

現在、計算や統計解析、作図、プログラミングやシミュレーションなど幅広い大規模データ解析を全て無料で実施できる解析環境プログラム「R」が世界中の研究者に愛用さ

れている。しかし、このような便利なツールがケニア・東アフリカ諸国では十分に普及しておらず、KEFRI では一部の研究者だけがライセンス料が高額な統計解析ソフト等を利用してデータ解析を実施しているという現状がある。発展途上国では、無料で安価に使用できる統計解析手法の普及が不可欠であると考えられる。本プロジェクトの取り組みの一つとして、松下、花岡らが中心となって R の基本的な使い方および統計解析手法についての教科書を作成し、KEFRI 他で普及するための講習会を開催してはどうかと考えていることを KEFRI 側に提示した。この提案に対して、KEFRI 側より非常に好評をもって迎えられた。2018 年より初級・中級・育種統計コースのようにグレードに応じて少しずつトレーニングを進める計画である。このアクティビティを通じて、ケニア国内の育種分野のみならず東アフリカの森林分野の研究能力向上に寄与できると大きな期待をもたれている。

写真

カシガウメリア検定林



キツイメリア検定林



キブエジメリア採種園



Kitui 地域センター内の苗畑で養苗中の接ぎ木苗。着果が認められる。および施設内交配試験のための温室



Kitui (Tiva)採種園における人工交配のための袋掛け処理の様子



Kitui (Tiva)採種園における人工交配のための袋掛け処理の様子



データを互いに確認し試験計画を議論



Appendix 5-3-2 短期専門家の派遣（人工交配・作業監理）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|------|--------|----------------|
| 人工交配 | 松下 通也 | 2018.5.13～5.20 |
| 作業監理 | 上澤上 静雄 | 2018.5.13～5.20 |

1. 日程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|----------|---|-------|
| 5月13日(日) | 移動(日立→羽田) | |
| 14日(月) | 移動(羽田→ドバイ→ナイロビ) | ナイロビ |
| 15日(火) | キブエジ移動、キブエジ採種圃等調査 ボイへ移動 | ボイ |
| 16日(水) | メリアプロモーションセミナー出席 キリファイへ移動 | キリファイ |
| 17日(木) | Komazaによるキリファイ地区農民植林地、苗畑等視 察及びメリア地方採種圃造成等打合せ | キリファイ |
| 18日(金) | 専門家打合せ、ナイロビ空港へ移動 移動(ナイロビ→ドバイ) | |
| 19日(土) | 移動(ドバイ→羽田) | 東京 |
| 20日(日) | 移動(羽田→日立) | |

2. 出張の目的

ケニア国特設的森林管理能力強化プロジェクトにおけるコンポーネント2（森林普及）におけるパイロット事業の一つであるメリアプロモーションセミナーに参加することと、コンポーネント4（林木育種）として技術支援を行うこととなっているメリアの地域採種圃造成に関し調査を行う。

3. 出張の概要

3.1 メリアプロモーションセミナー（写真1、2）
メリア植林の促進を図るため、コンポーネント4（森林普及）のパイロットカウンティ（エング及びタイタタベタ県）での普及活動の一つとしてボイ（タイタタベタ県）でセミナーが開催された。

参加者はタイタタベタ及びキリファイ県の農民、民間セクター（Komaza, Gatsby Africa）、NGO（Wildlife of Africa）、タイタタベタ県担当職員、KFS職員等約30名で、KEFRIからは林木育種コンポーネントマネージャーのDr. Muturi、キツイセンター所長 Dr. Ndufa 及び苗畑担当 Mr. Kyaalo が講師として参加した。

セミナーでは、高野チーフからプロジェクトの活動概要、Dr. Muturi からメリアの育種研究及び育種圃の優位性、Dr. Ndufa からケニアの木材需要の概要、Mr. Kyaalo からメリアの育苗手法、KFSのMr. Njigoya からメリア植林によるコストと利益等についての発表があり、メリア育種圃の生産量や入手方法についても質問が出された。NGO からは学校での小規模苗畑造成によるメリア植林の普及も有効な手段であると提言があった。

3. 2 現地調査

キブエジのメリア採種圃、楨定林及びアカシア採種圃、キブエジのメリア採種圃の調査、視察を行った。

○メリア採種圃（写真3）

草刈を終了したところであり、ちょうど今週より雨期が終了したとのこととでタイミングとしてはベストであると思われる。新しい芽はすでに木化が始まっており、4月に行ったさし木試験は適期に実施できたものと考えられる。

○メリア楨定林（写真4）

2015年楨定林では、雨期での雨量が多かったためか上長成長が旺盛であり、楨冠も健全である。

○アカシア採種圃（写真5～8）

一部の個体で開花らしき痕跡が確認された。系統による差があるのかは確認できなかつたが、7月期の調査で種子についても有無を確認することとしたい。また、楨高及び楨形についても系統により差が生じているようである。

3. 3 民間セクター（Komaza）メリア植林状況調査

➤ 概要

高野チーフアドバイザーより、キリファイ県にある Komaza という民間セクターが農民へのメリア植林を民間ファンドからの投資により推進しており、メリア植林は今後も拡大が見込まれることから自分たちで種子生産を行いたいという意向を持っているとの情報があり、メリア造林の状況及びメリアの地域採種圃造成の可否等について、プロジェクトの KEFRI 及び KFS 関係者とともに現地調査を行った。

Komaza はアメリカ人が CEO を勤め、民間および政府系ファンドを集め地元農民への植林に投資をするという経営を行っている。Komaza は設立10年程度の民間セクターであるが、CEO がそれ以前ケニアで医療関係の NGO を運営していたこともありケニアでの実績は長い。利益だけを考慮すれば苗木生産・販売に特化する方が有利ということであるが、Komaza ではケニアにおける農民植林を主体とした「Micro-Forestry」の拡大を目指している。なお、日本人スタッフ1名（6月よりもう1名日本人増員予定）が昨年からは常駐しており今回の調査についても調整をお願いしている。

Komaza ではこれまでに14,000の農家に3,800haの植林を行っているが、現在の植林樹種は、ユーカリ（*Eucalyptus camaldulensis*）と *E. grandis* のハイブリッド。地元ではユーカリ CG と呼ばれている）が60%、メリアが40%である。メリアについては年々需要が高まっており、今年には14万本の苗木を植林したが得苗率が50%以下と低く、苗畑管理の改善を模索しているとのことである。現在メリアの種子はメリア篤林家から購入しているが、今後メリア種子を400kg以上調達する必要があると試算しており独自の種子源造成を検討している。メリア植林については、キリファイ県の土壌図を入手しメリア植林の適地を決めており、応募のあった農家の位置情報からも選定等を行っている。植林については農家との契約により実施される。苗木は Komazaga が無料で配布し農民が自分の土地で植付、管理を自ら行うもので、最終的に伐採した木材を Komazaga が買い取るというシステムになっている。

➤ 現地調査（写真9～16）

2013年11月に植林したメリア植林地2ヶ所を調査した。1ヶ所は DBH:6~12cm、H:3~6mほどとそれほど成長は良くなかったが、もう1ヶ所では DBH:10~16cm、H:7~10mほどで良好な成長を見せている。スベーンシグは5×5m、隣接してユーカリの植林も行っている。な

お農民への植林・管理方法についても講習会を開催して指導を行うとともに、植林地管理者はスマートフォンで位置、成長状況等を全て管理し、データペーパース化により植林地の状況を常にモニターできるようにしている。

直営の苗圃では、現在ニューカリのマイクログロケットティング（苗木から小さなさし穂を採取しさし木を行うもので、採種木の造成が不要）を行っており、技術的には確立されているようである。ニューカリは建設足場及び電柱用のポールとして需要が高く、乾燥地、荒地にも強いことから各地で植林されている。特に電柱用に防腐加工したニューカリは高値で販売できることから、直径の太いニューカリ生産を推奨している。

➤ 検討事項

松下主任研究員から、これまでのメリア検定林調査による成長解析および採種圃での種子採取実績の調査結果等を用いて、育種種苗の特徴、優位性等について説明を行った。

Komaza からは、メリアの育苗方法、メリア育種種苗の購入等について質問が出され、Mr. Nduati（コンポナーネット2（森林普及）マネージャー、KFS）からメリアの育苗、種付、管理方法が記載されたガイドラインを提供するとともに、Dr. Ndufa から販売量は限定されるがメリア育種種苗を Komaza が購入することも可能であると説明した。優良品種を用いたメリア採種圃造成については、土地はこれから確保することとなるが、どの程度の面積が必要でどの程度の種子生産ができるのかという質問があり、最初にどのような特性（成長量、着果量、耐乾燥性等）及び多様性を必要とするかを検討する必要があり、その優先度にあわせてクロームの選定、面積の調整をすることとなる旨説明した。また、Komaza がプロジェクト開発品種による採種圃を造成する場合は、その提供、技術的な協力等については、育種種苗のトレーサーピリティ確保を担保するため、KEPRI あるいはプロジェクトとの覚書が必要と KEPRI より説明し Komaza の了解を得た。

今後 Komaza より KEPRI へ直接連絡し調整することとし、高野チーフからは CEO に対しキブエジのメリア採種圃を視察するよう要請した。

4. 今後の課題等

○Komaza との連携

当初予想していたよりも堅実な植林活動を実施しており、ケニア人を含めスタッフの能力も高く着実な運営を行っているという印象である。今後森林・林業を専門とするスタッフを雇用しさらに植林を推進していくことである。

地域採種圃は、今後メリア育種種苗をケニア各地に普及して行く上で重要であるが、民間セクターによる造成は、育種種苗のトレサーピリティを確保できるかが課題であり、日本における特定増殖事業者のように育種種苗の事業計画について KEPRI が主体となり管理することが極めて重要である。今後造成が実施される場合は覚書等の締結が必要となるが、その内容については育種センターからも指導を行いたい。

○コンポナーネット連携ワークショップ

現在6月26日に各コンポナーネットの担当者を集め、各コンポナーネット間の連携を強化しプロジェクト活動を推進するためのワークショップを開催する予定で、育種センターからも短期専門家を派遣してこれまでの成果、今後の活動等を CP とともに発表、討議する予定である。

○合同調整委員会（JCC）の開催

現在 JCC を7月19日に開催することと、育種センターからも短期専門家（作業監理）2名を派遣する予定である。なお、JICA 地球環境部から担当課長、技術審議役、さらには後任のチーフアドバイザー、森林普及担当長期専門家も出席を予定している。

6. 主な面談者

Mr. Tevis Howard, CEO, Komaza,

Mr. Dan Megovern, Field Operations, Komaza

Mr. Charles Gitahi, Nursery, Komaza

Mr. Tomonobu Kumahira (クマヒラ トモノブ), Finance, Komaza

ケニア森林研究所 (KEPRI) 次長 Dr. Muturi

ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター所長 Dr. Ndufa

ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター 苗圃担当 Mr. Kyalo

ケニア森林公社 (KFS) コンポナーネット2マネージャー Mr. Nduati

CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高野憲一氏

CADEP プリジエクト森林普及 松江尚美氏

写真



写真1 メリアプロモーションセミナー
(高野チーフCADEP 概要説明)



写真2 メリアプロモーションセミナー
(Dr. Maturi メリア育種研究等説明)



写真3 メリア採種園
(キブエジ)



写真4 メリア検定林
(2015年12月植栽、キブエジ)



写真5 アカシア採種林
(2015年12月植栽、キブエジ)



写真6 アカシア採種林
(2015年12月植栽、キブエジ)



写真7 アカシアの花(椋葉にある白い花?)
(2015年12月植栽、キブエジ)



写真8 アカシアの花(椋葉にある白い花?)
(2015年12月植栽、キブエジ)



写真9 メリア農家植林地1
(2013年11月植栽、キリファイ)



写真10 メリア農家植林地1
(2013年11月植栽、キリファイ)



写真11 メリア農家植林地2
(2013年11月植栽、キリファイ)



写真12 メリア農家植林地2
(2013年11月植栽、右側奥はコーカリアの選林地
で樹高はメリアより2mほど高い、キリファイ)

Appendix 5-3-3 短期専門家の派遣（人工交配・作業監理）

| | | |
|------|--------|----------------|
| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
| 人工交配 | 松下 通也 | 2018.6.23～6.30 |
| 作業監理 | 上澤上 静雄 | 2018.6.23～6.30 |

1. 日程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|----------|--|------|
| 6月23日(土) | 移動(日立→羽田) | |
| 24日(日) | 移動(羽田→ドーハ→ナイロビ) | ナイロビ |
| 25日(月) | KEFRI CP打合せ ワークショップ資料作成 | ナイロビ |
| 26日(火) | コンボナーネートワークショップ出席 | ナイロビ |
| 27日(水) | キツイへ移動 メリア人工交配試験指導(テイバメリア採種園) | キツイ |
| 28日(木) | Better Globe Forestry による植林地、苗畑等視 察、ナイロビへ移動 | ナイロビ |
| 29日(金) | 専門家打合せ 移動(ナイロビ→ドーハ) | |
| 30日(土) | 移動(ドーハ→羽田→日立) | |

2. 出張の目的

ケニア国持続的森林管理能力強化プロジェクトにおける各コンボナーネート間の連携を推進するためのワークショップに参加するとともに、コンボナーネート4（林木育種）として技術支援を行うこととなっているメリアの地域採種圃造成に関し調査を行う。

3. 出張の概要

- 1 CADEP コンボナーネートインターアクションワークショップ（写真1、2）
CADEP を構成する5つのコンボナーネート間の連携を深め、効果的にプロジェクト活動を推進するためのインターアクションワークショップが6月26日ナイロビで開催され、林木育種センターから短期専門家を派遣し、育種研究の成果発表を行った。
- 最初に各コンボナーネートのこれまでの活動について照会があり、コンボナーネート4については担当CPのMr. Kariuki が前プロジェクトの活動成果を含め、これまでのメリア及びアカシアの育種について説明を行うとともに、松 downstream 研究員からメリア検定林の2年次調査データについて、成長及び種子生産等を基にした解析結果の報告を行った。
- その後全出席者を3つのグループに分け、①ケニアの森林面積10%達成に向けた各コンボナーネートの貢献及びギャップについて、②各コンボナーネートのシナジー効果への取組について、の二つのテーマについてグループ討議を行った。
- コンボナーネート4について①のテーマでは、林木育種が理解され高品質で乾燥地にも適応する苗木供給が可能となるが供給量はまだまだ不十分であり、樹種に限られていることから病虫



写真13 Komaza 直営苗畑 (ユーカーリ)
(マイクコロカッチェイング(NIC)採種)



写真14 Komaza 直営苗畑 (ユーカーリ)
(NIC さし木による苗木生産)



写真15 Komaza 直営苗畑 (メリア用播種箱)
(メリア種子播種のデモ、砂を入れ消毒後播種)



写真16 Komaza 直営苗畑 (メリア残苗)
(ほとんどのメリア苗木は出荷済み)

害への対策も必要との意見がだされた。②のテーマでは、コンボナーメント2と4の情報共有が重要であり、メリアガイドラインのような印刷物利用が有効である、コンボナーメント5で行っているKEPRIのWebサイトでの情報公開には、特にコンボナーメント1、2及び4の成果も照会する必要がある、地方における採種圃や苗畑を設定するための戦略についてコンボナーメント1が2を支援する必要があるなど活発な意見交換が行われた。

3. 2 メリア人工交配試験 (写真3～7)

ティバにあるメリア採種圃において人工交配の試験をMr. Kariukiとともに行った。メリアの花序から花粉を採取、シリカゲルの入ったビンに保管し、除雄を行なったメリアの雌しべに採取した花粉を刷毛により接種するという果樹等で用いられている汎用手法を用いて人工交配試験の技術指導を実施した。今後、人工交配の処理経過をCPが観察することとした。

3. 3 メリアさし木試験 (写真8)

4月下旬に実施したメリアさし木試験の確認を行った。事前に発根していないという連絡を受けていたが、実際にさし木を取り出し切り口の確認を行った。残念ながらカルス形成も見られずそのまま枯死したようである。担当者によれば、今年は雨期が長引き気温も上がらなかったことが原因ではないかと分析していたが、適期に行なった今回の試験においてもカルス形成、発根とも全く確認できなかったことから、メリアのさし木は当初の予想以上に条件が厳しいことが確認され、種木選定、培地について、育種センターで実施したセンダンの成功例と比較し見直すこととした。

3. 3 民間セクター (Better Globe Forestry) メリア造林地調査 (写真9～14)

概要

Better Globe Forestry (以下BGF) は2007年からメリア植林を開始し、民間セクターでは最も早くメリアの植林活動を始めた組織である。主にケニアとウガンダで植林、マイクロファイナンスを中心として活動を行っており、Komazaと同様に世界各国からファンドを集め事業を展開しているヨーロッパ系企業で、今回の視察対応者はベルギー人である。メリアの育種について非常に興味があるという情報提供が高野チーフアドバイザーよりあったことから、担当CPのMr. Kariukiとともに現地調査を行った。

BGFは2007年よりKiambereダム湖のキツイ風側(キツイセンターより車で約2時間)にニーム (*Azadirachta indica*, インドセンダン) 植林を開始したがうまくいかなかったため、より環境に適応したメリア植林に切り替え数百haの大規模造林を行っている。視察した造林地は2007年植栽の最も古い造林地から2014年植栽の新しい造林地まで3箇所、最も成長のよいとされる2009年植栽の造林地では、胸高直径16～22cm、樹高12～14mとなっている。植栽間隔は全て4×4mで、径40～50cmの5～6m材の採材を目指しており、最終的には今後枯湯が予想されるマホガニーの代替材として、ヨーロッパの家具メーカーに輸出、販売することを目標としている。現在2500戸の農家と契約を結んでメリアの植林を進めており、製材工場も建設予定とのことである。

また、ウガンダではケニアより降水量が多いことから、センダン (*Melita azedarach*、日本のセンダンの仲間) の造林を行っているという説明があった。

苗木生産については、造林木の中から素性の良いものを採種木として選定して球果を採取し種子調達を行っており、松下山主任研究員からワークショップでの発表資料を説明したところ、自社でも採種圃を造成してさらに品質のよりメリアの植林を推進したいという要望が出

された。また、メリアの優良クローンによる苗木生産にも興味を持っており、苗畑では球果の生産された種子はKomazaにも販売されているとのこと、民間セクター間のメリア苗木の販売も活発なことが確認された。メリアの苗木生産量は年間120万本で、苗畑では球果からの採種作業が行われていた。

検討事項

10年以上経過したメリア造林地を視察したが、育種プロジェクトでも推奨してきた初期の芽かき作業を行わず、枝打ちにより下枝高を調整していることから大きな節が目立ち、樹冠の大きさも差が大きさい。さらにプロジェクトの検定林に比べ、全体的に樹幹の曲がりが目立つことから、最初の母樹の特徴が現れているのではないかと考えられる。

昨年キツイセンターからBGFにメリア育種種子が販売されており、継続した販売を希望している。今後BGFが独自に採種圃造成を計画する場合は、Komazaと同様に育種圃のトレーサビリティの確保を目的とした苗木生産の管理等が必要であり、コンボナーメント2の専門家、CP及びKEPRI担当者との連携が重要である。

4. 今後の課題等

○合同調整委員会(JCC)の開催

現在JCCを7月19日に開催すること、育種センターからも短期専門家(作業監理)2名を派遣する予定である。なお、JICA地球環境部から担当課長、技術審議役も出席を予定しており、プロジェクトの今後の進め方等について今後派遣される日本人専門家(チーフアドバイザー、森林普及)、森林普及)を含め議論される予定である。

○KEPRI所長の選任

KEPRI所長の選任については現在応募者の面接が環境森林省で実施されており、プロジェクトマネージャーのKEPRI次長Dr. Muturi及びキツイセンター所長のDr. Ndufaの面接が終了したとのことである。KEPRIからはさらに2名が応募しているが、他機関からの応募者数等は公開されていないため応募者の合計は不明で、面接終了後3名が最終選考されその中から所長が任命される予定である。

6. 主な面談者

Mr. Jan Vandanaele, Executive Director, Better Globe Forestry
ケニア森林研究所 (KEPRI) 次長 Dr. Muturi
ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター所長 Dr. Ndufa
ケニア森林研究所 (KEPRI) 育種担当 Mr. Kariuki
ケニア森林公社 (KFS) コンボナーメント2 マネージャー Mr. Nduati
JICAケニア事務所プロジェクト担当 小此木陽子氏
海外林業コンサルタンツ協会 専務理事 加藤和久氏
パスコ コンサルタント技術部環境森林課 石塚伸太郎氏
CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高野憲一氏
CADEP プロジェクト森林普及 松江尚美氏
CADEP プロジェクト地域協力/業務調整 本庄由紀氏

写真



写真1 ワークショップ
(Mr. Kariuki の説明)



写真2 ワークショップグループ討議
(3グループによる討議)



写真3 メリア花序からの花粉採取
(メリア採種圃、ティバ)



写真4 採取した花粉の保存ビン



写真5 メリア花粉採取の指導



写真6 メリア人工交配試験 (花粉塗布)



写真7 メリア人工交配試験 (袋かけ)



写真8 メリアさし木試験
(2018年4月実施、キツイセンター苗圃)



写真9 BGF メリア造林地
(2014年植栽)



写真10 BGF メリア造林地
(2009年植栽、最も成長良好な造林地)



写真11 BGF 造林地、風倒木伐採小口面
(直径22cm程度、心材部分が大きい、2007年植栽地)



写真12 BGF メリア造林地
(2007年植栽、樹下で苗木を生産)



写真 1 3 採取した球果
(プロジェクト採種圃産の球果より小ぶり)



写真 1 4 BGF 直営苗畑
(メリアナツツ殿からの種子採取、一つのナ
ツツから 1~2 個の種子が採取できるが、プロ
ジェクト採種圃産は 3~5 個採取可能)

Why breeding is important?

Breeding can produce next generations having several "Good traits"



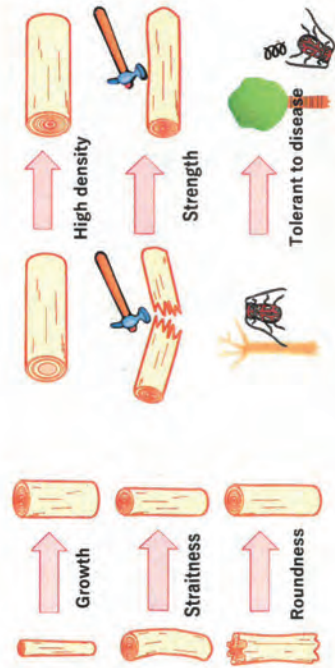
Joint Meeting for CADEP

Component 4: Tree Breeding

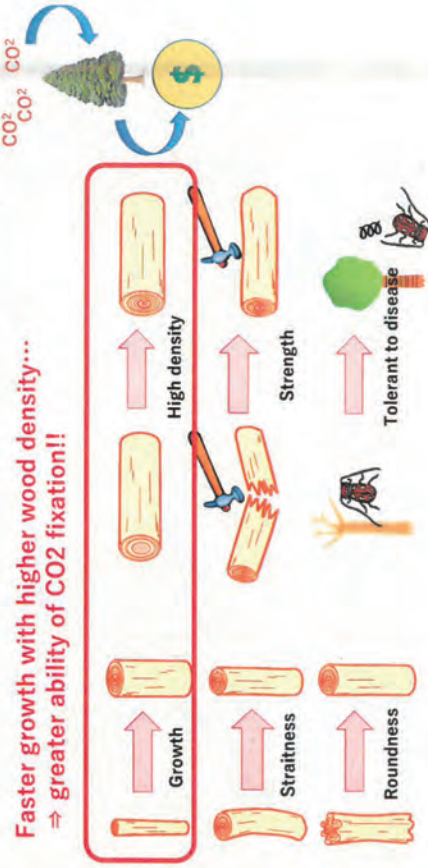
-Current results of Breeding of *Melia volkensii* -

Dr. Michinari Matsushita (Forestry and Forest Product Research Institute, FTBC,

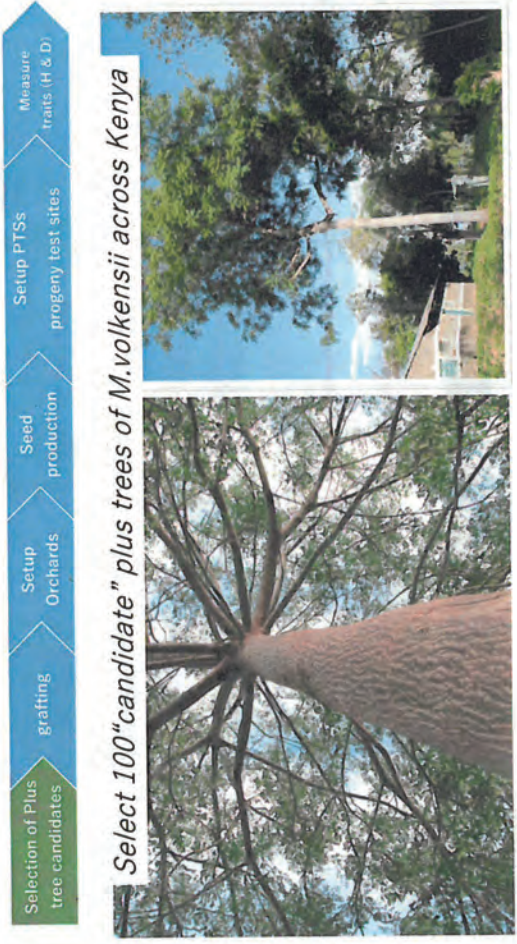
Which traits can be improved?



Breeding can change CO² to Economic success!



Work flow of the breeding project



Produce grafted seedlings of 100 candidate Plus Trees



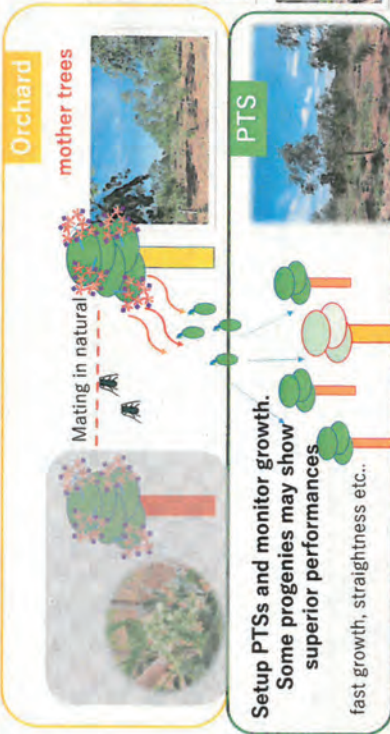
• Setup two orchards in Kitui and Kibwezi

A complex block containing a map of Kenya, a photo of an orchard, and a callout box:

- Callout box:** 100 clones, 30 stems/clone, 3,000 stems/orchard.
- Map:** Shows the locations of Kitui and Kibwezi in Kenya.
- Photo:** Shows a field with young trees.



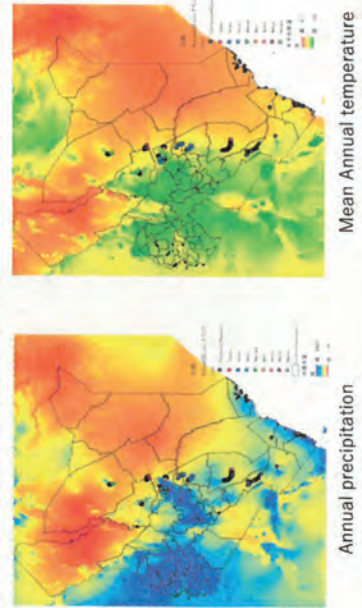
1.5yrs after setting up orchards, mother trees start seed production



Using seeds from Orchards... setting "Progeny Test Sites"

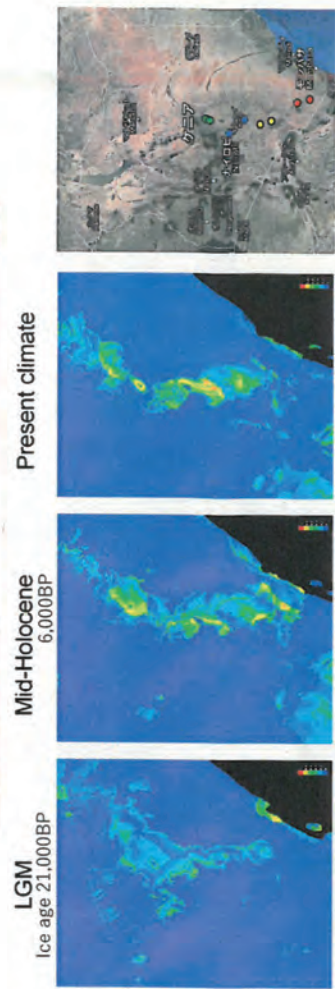
Kenya Climate

Climate data
19 candidate climate variables representing precipitation and temperature etc.



Simulate *Melia volkensii* distribution

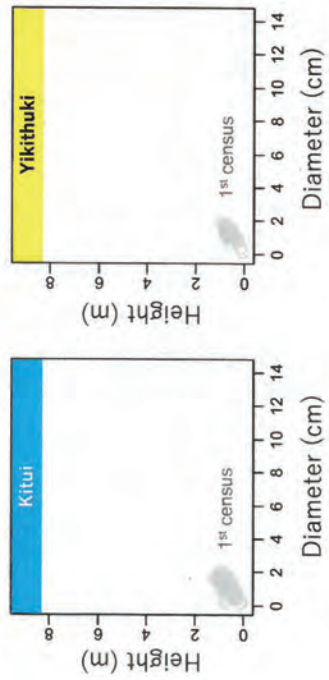
By using the climate data ...
Simulate the historical suitable habitats for *Melia*



Species distribution probability of *M. volkensii* in East Africa predicted from the Maxent analysis, for Last glacial maximum (LGM) (21,000 BP), Mid Holocene (6000BP) and Present (0 BP). Higher distribution probability is shown as warm color, while lower probability is as cold color. Note that the area shown as black color is not land area (Indian sea).

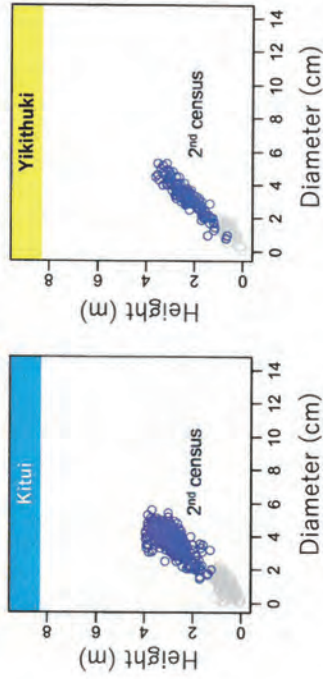
Checking the Height ~ Diameter relationship

About 1 month after planting



Each circle indicates each planted stem.

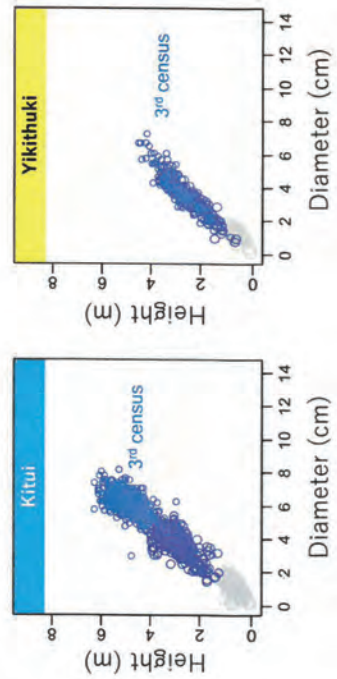
Checking the Height ~ Diameter relationship



Each circle indicates each planted stem.

Checking the Height ~ Diameter relationship

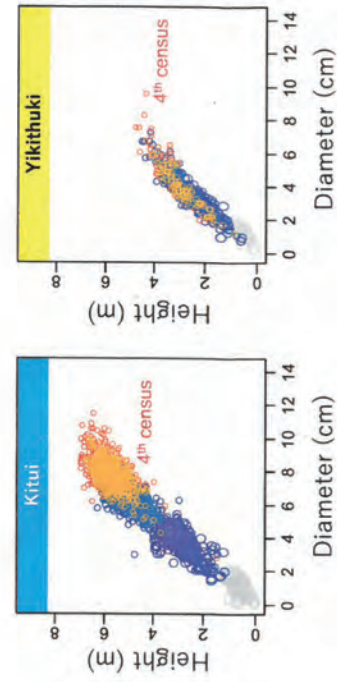
About 1 year after planting



Each circle indicates each planted stem.

Checking the Height ~ Diameter relationship

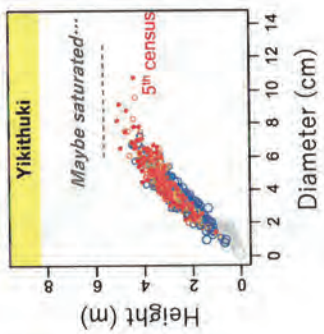
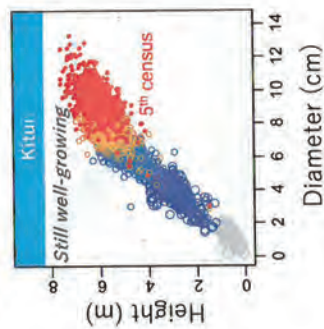
About 1 year after planting



Each circle indicates each planted stem.

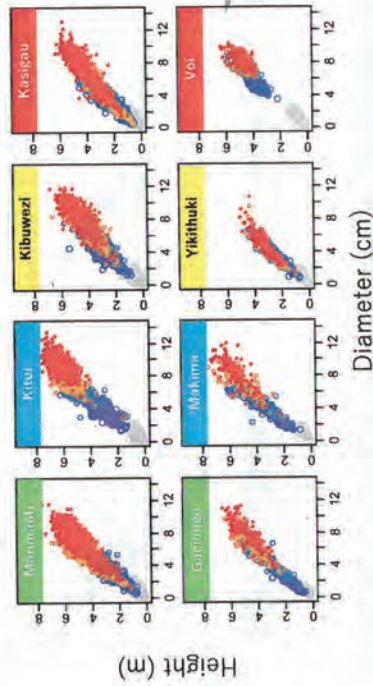
Checking the Height ~ Diameter relationship

About 2 years after planting



Each circle indicates each planted stem.

There is a large growth variation between sites

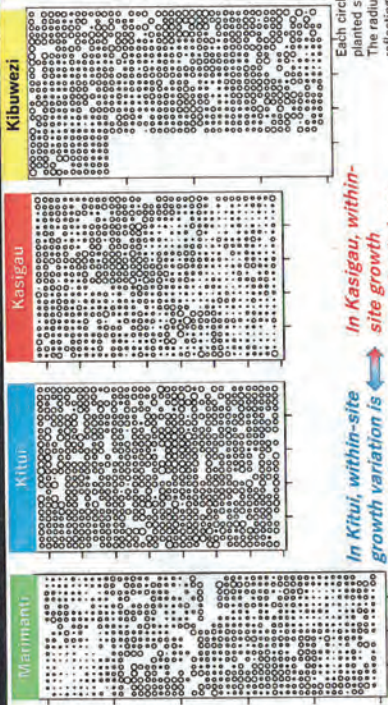


Within-site variation also affecting tree growth



Each circle indicates each planted stem.
The radius of circle is reflecting stem diameter.

Within-site variation also affecting tree growth

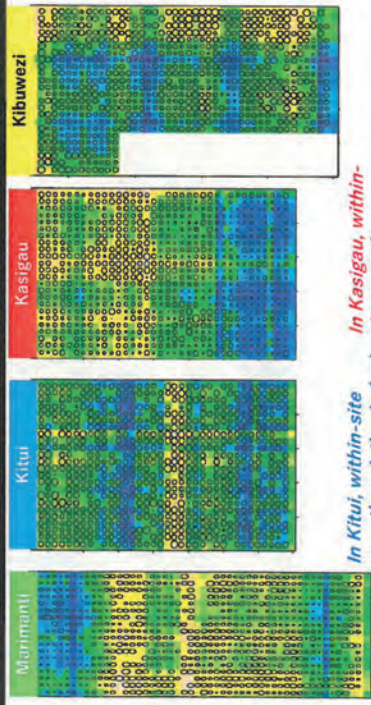


Each circle indicates each planted stem.
The radius of circle is reflecting stem diameter.

In Kitui, within-site growth variation is relatively low
In Kasigau, within-site growth variation is large

When evaluating the performances of families/progenies, we should treat carefully the within- and between-site environmental variation affecting growth.

Within-site variation also affecting tree growth

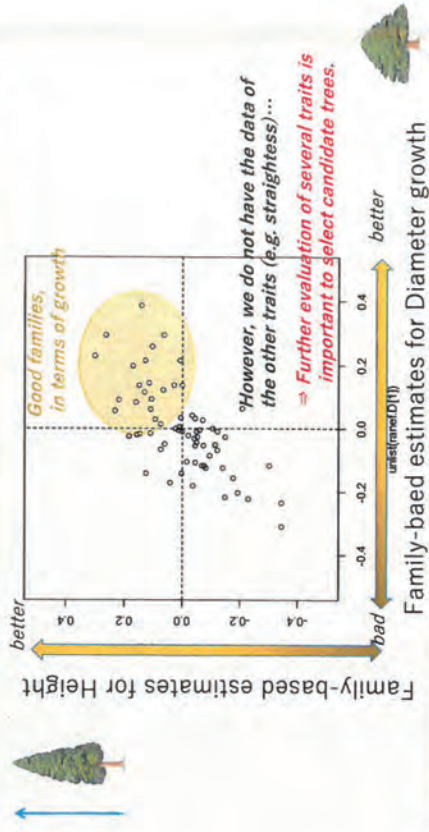


In Kitui, within-site growth variation is relatively low

In Kasigau, within-site growth variation is large

When evaluating the performances of families/progenies, we should treat carefully the within- and between-site environmental variation affecting growth.

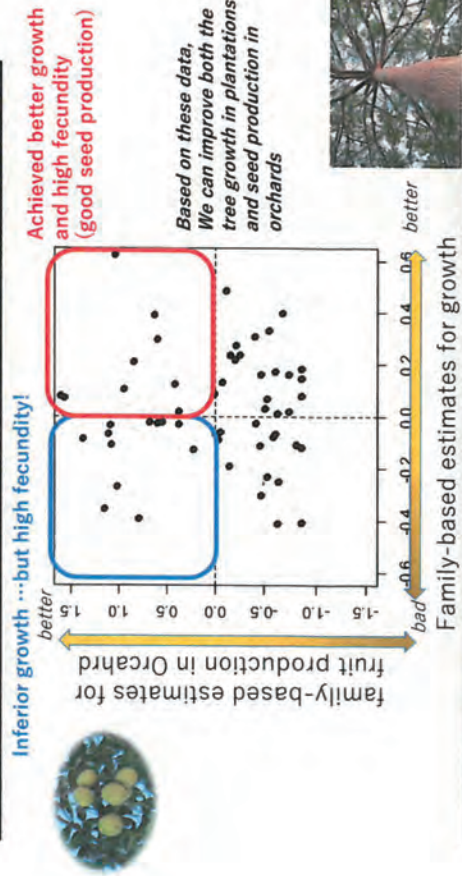
Estimate the genetic performance in growth



However, we do not have the data of the other traits (e.g. straightness)...
 => Further evaluation of several traits is important to select candidate trees.

Family-based estimates for Diameter growth

Estimate the genetic performance in Seed Production



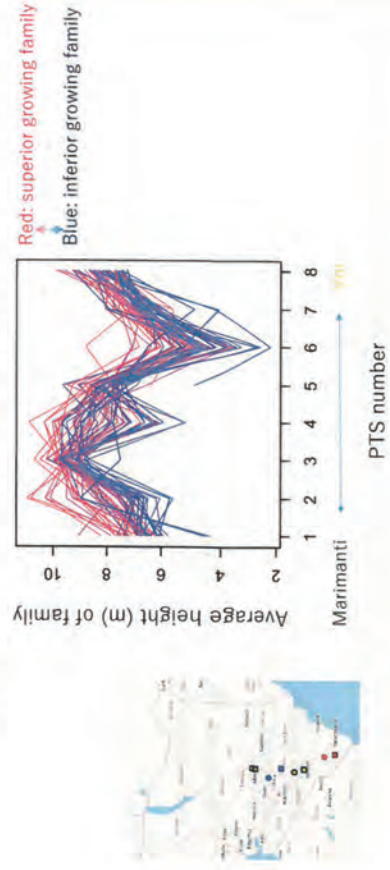
Inferior growth ...but high fecundity!

Achieved better growth and high fecundity (good seed production)

Based on these data, We can improve both the tree growth in plantations and seed production in orchards

Growth performance across sites

Based on the statistical analysis ... The progenies of "good" families always show faster growth.

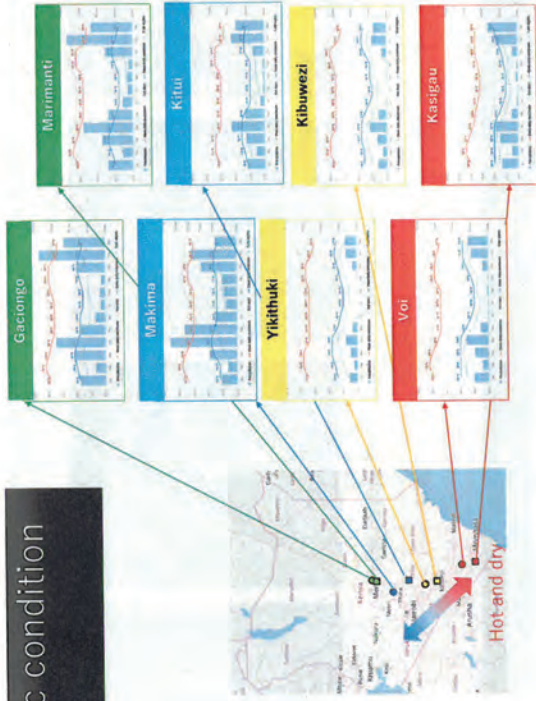


4 main-PTSs & 4 sub-PTSs were setup

Based on the climate data & genetic background (history) of *Melia*, we setup eight main/sub PTSs



Climatic condition of PTS

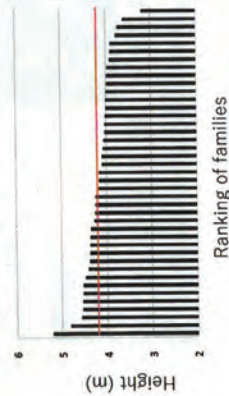


Checking the growth of *Melia* in Progeny test sites

1.5 years old after planting, there is a significant growth variation among families
 → Select "good" families/progenies, genetic improvement in next generation.

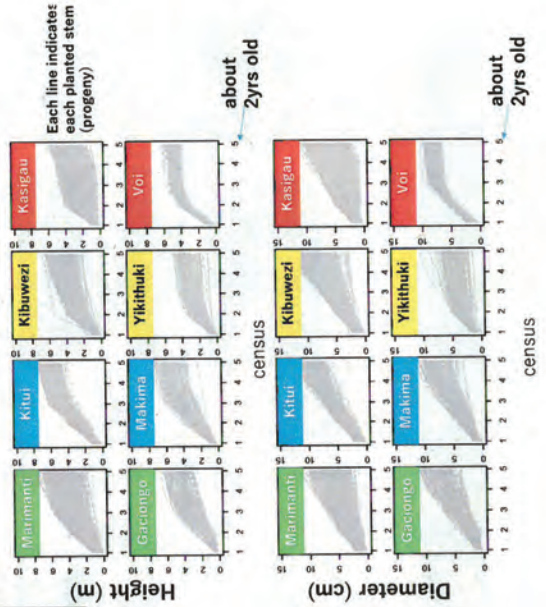


Feb. 2017

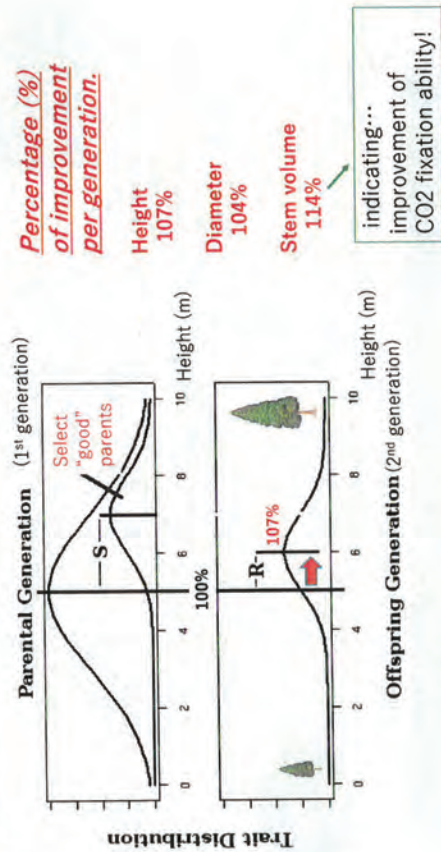


Checking the growth trend of progenies

Large between-sites variation in growth trends of progenies

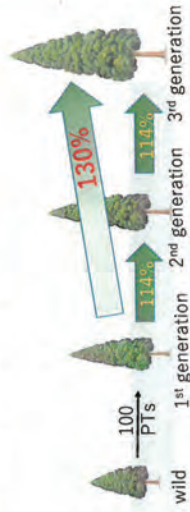


Genetic improvement from 1st to 2nd generation



Summary

- There was a significant growth variation among families, although there were large between- and within-site growth variation.
- Based on the breeding analysis, both performances of growth and seed production will be improved.
- The progenies of "good" families always show faster growth across sites.
- Genetic improvement per generation (from 1st to 2nd generation): volume 114%



General cycle of tree breeding



Thank you for your listening

Appendix 5-3-4 短期専門家の派遣（人工交配/第2世代）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|-----------|------|-----------------|
| 人工交配/第2世代 | 松下道也 | 2018.12.9～12.16 |
| 人工交配/第2世代 | 花岡 創 | 2018.12.9～12.16 |

1. 行程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|-----------|---|------|
| 12月09日(日) | 国内移動（→羽田空港） | |
| 10日(月) | 移動（羽田→ドーハ → ナイロビ→キツイ） | キツイ |
| 11日(火) | 採種圃・検定林の現状把握、人工交配 | キツイ |
| 12日(水) | 統計解析用プログラム講習セミナー開催 | キツイ |
| 13日(木) | 同上。セミナー終了後、ナイロビへ移動 | ナイロビ |
| 14日(金) | CADEPプロジェクト長期専門家と打合せ、 空港へ移動→空路移動（ナイロビ→ドーハ） | |
| 15日(土) | 移動（ドーハ → 成田 → 各自国内移動） | ※東京 |
| 16日(日) | 国内移動（羽田空港 → 北海道） | |

※花岡主任研究員は、翌日のフライトのため東京に宿泊

2. 出張の主たる目的：ケニア国における育種に係る研究開発能力の強化

- ① 検定林調査手法およびデータ管理手法の高度化
- ② メリア次世代作出のための人工交配・交配様式の研究能力の強化
- ③ 次代選抜に必須である検定林データ解析の能力強化のため育種統計セミナー実施

3. 出張の概要

3-1. Kitui(Tiva)検定林の現状把握

2017年渡航時に松下・花岡らよりケニア側カウンタムパート(C/P)に調査手法を説明した幹の曲がり度合いの形質測定について、2018年の検定林の定期調査において既に実施済みであることを確認した(図1-2)。また Kitui の検定林では、実生から養苗し種栽後3年経過した後代個体で既に果実が実っていることが確認でき、着果指数の評価についても既に実施されていることを確認した。以上より、ケニア国内において日本の検定林調査と同様の評価手法が技術移転により着実に定着しつつあることを確認した。

3-2. Kitui(Tiva)採種圃の現状把握

Kariuki氏とともに Kitui(Tiva)の Melia 採種圃の現状を確認した(図3)。2013年に母樹3000本規模の採種圃が設定されて以降、2015年に初めて開花・種子生産がスタートし

た。2016年には年間3回の採種がなされる状況であり、2017年にはほぼ全ての母樹で旺盛な開花・結実が認められた。2018年についても採種圃からの種子生産は増加傾向とされている。しかしながら、母樹の“台負け”(接ぎ木した上部に比べて、下部である台木の樹勢が劣る現象)や、一部の母樹については菌によると考えられる腐朽も認められた(断幹・整枝剪定実施した母樹で樹勢が弱っている印象を受けた)(図4)。これに對して、今後の採種圃の更新・次世代化について、ケニアにおける育種の進め方のロードマップと合わせて今後さらに検討していくべきと Kanuki 氏と議論した。具体的には、現行の採種圃水準を大きく減じないよう配慮しつつ、6ブロックある採種圃区画のうちの一部を段階的に優良系統に更新していく採種圃改良の方針等を改めて提案した。

アカシア(*Acacia tortilis*)について(図5)は、系統番号 A56 の家系などは成長も良く、樹形も通直性が高い傾向が観察され(図6)、形質の良し悪しの家系間差も育種的評価可能な段階が近づいており、Melia に引き続いて着実に前進していると考えられた。

3-3. Melia 人工交配及び交配様式の研究のための実施状況の確認

Melia volkensii のための人工交配技術確立のための研究のため、Kitui(Tiva)採種圃にて現地活動を実施した。2017年からの専門家渡航による技術移転の成果として、花粉収集、精選、人工交配処理そのものはケニア人 C/P によってある程度の水準で実施できていることを確認した。2018年の10～11月の開花期に実施された人工交配試験の途中経過を観察したところ、交配処理した母樹に未熟な果実が発達しつつあることを確認できた(図7-9)。いまだ人工交配試験による結果率(処理あたり果実が成熟する割合)は高くないものの、人工交配の実例が世界的にもほとんどないマホガニー(高級材)の間である Melia において、人工交配の可能性が示唆された試験結果は、熟帯・亜熱帯樹木の育種技術の発展において意義が大きいと考えられる。今後は、遺伝子解析も併せて、人工交配処理の成否を確認する予定である。DNA マーカーを用いた交配様式の推定については、前年度に採取した種子の発芽率が低く、解析に供試する十分な量の実生を得ることができなかったとのことであった。それゆえ、C/P である Omondi 氏と議論し、引き続き解析用試料を増やすための作業を進めることを確認した。

3-4. 育種評価に向けた統計解析用プログラムのセミナー（講習及び実技指導）

日時:2018年12月12日(水)9:00～18:00、12月13日(木)9:00～16:00

参加者:ケニアプロジェクト CADEP に参加する KEFRI 研究者ら 8名(別紙)

実施背景:

現在、育種分野を含む統計解析・作図・プログラミングやシミュレーションなど幅広い大規模データ解析を全て無料で実施できる解析ソフトウェア「R」が、世界中の研究者に愛用されている。しかし、このような研究開発のためのツールがケニアを含むアフリカ諸国では十分に普及しておらず、KEFRI では一部の研究者が高額な別の統計解析ソフトを購入

してデータ解析を実施しているという現状である。発展途上国では、無料で汎用的に利用できる統計解析手法の普及が、育種分野を含む研究開発の能力強化のために不可欠であると考え、松下・花岡らが中心となって R の基本的な使い方および統計解析手法についてのマニュアルを作成し、KEPRI 他で普及するための講習会開催を KEPRI 側に提示した(2017 年)。この提案に基づいて、講義およびソフトウェアを実際にインストールして操作するという実技指導を、今回二日間(わたって実施した(図 10-16))。

実施内容：(別紙資料参照)

今回の出張における講義・実習レベルを初級～中級コースと位置づけ、「統計解析のためのソフトウェアである R をインストールし、それを用いて実施可能なことを理解する。R の基本的な操作方法を習得するとともに、データの管理の適切な仕方を理解する。」ことを目的として講義・実習を実施した。初日は、まずインストール方法と基礎的な操作を説明し、引き続き幅広い研究支援での活用が期待されるデータ集計及び作図方法を説明し、実際に C/P 違が操作できるよう実技指導をした。二日目の講義・実習では、実際のケニア国内の検定林で調査整理されたデータを用いて、より実践的な内容を指導した。具体的には、検定林や採種園などで調査されるデータの適切なフォーマットについて改善前・改善後を比較しつつ解説し、今後の検定林データ管理技術力の高度化を図った。また CADEP 合同セミナー(2018 年 6 月開催)にて松下が発表した育種成果をまとめた統計解析および図の作成等について、C/P 自ら実際に取り組むという実践形式の実技指導を実施した。今回の講習には、ケニア森林研究所(KEPRI)の主たる研究者 8 名が参加し、KEPRI 幹部 Dr. Muturi 自ら実習を受講するなど、ケニア側の熱心な取り組みが印象的であった。次回渡航時には、より実践的な REML 推定等の育種統計解析の手法と育種の概念についても、ケニア側に技術移転する予定である。

4. 今後の課題や展望など

人工交配・交配様式研究：

途中経過段階とはいえ、人工交配処理した枝で幼果の発達が観察された結果は、*Melia* の人工交配技術確立にとってポジティブな第一歩と考えられる。しかし、人工交配を実施できる開花時期は限定され、適切な時期を逃さないように注意を払う必要がある。交配様式研究については、交配様式を推定するための解析試料の作成を引き続き行う必要がある。2019 年 2 月以降に、着果規模の大きい 10 母樹以上から可能な限り多くの種子を採取し、それらを発芽させて解析用の実生を得る予定である。1 母樹あたり 30 個体以上の実生を得ることができれば DNA 分析に着手する予定としたので、進捗等について丁寧なコミュニケーションをとり続ける必要がある。

育種のための統計解析等の能力強化

今回の出張では初級～中級レベルのセミナーを開催し、ケニア側に技術移転を実施した。

しかし、C/P のスキル定着状況を見極めつつフォローをすることは重要である。次回の渡航時には、上級コースの講義・実習を通じて、より実践的な REML 推定等の育種統計解析の手法と育種の概念について、ケニア側に技術移転する予定である

ケニアにおける育種能力強化の展望

検定林における調査実施およびデータ管理能力は向上しつつある。検定林では、*Melia* の樹高成長は頭打ちしつつあり、今後は肥大成長の追跡調査および幹曲がり・材質調査によるデータも蓄積される見通しである。2014・2015 年に設定した検定林では、2019・2020 年に植栽後 5 年次を迎えることになる。*Melia* の標準伐期が 15 年程度であることも考慮すると、ここが育種的な次世代選抜のための評価年次の候補と考えられる。また 2019 年度には、育種統計に基づく系統評価手法についてもケニア C/P の能力が強化される見通しである。これまでのプロジェクトを通じて取組まれてきた第一世代 *Melia* の採集収集、採種園設定、採種園産実生による検定林の設定および調査を経て、今後 2019～2020 年頃に育種統計による評価にもづく次世代選抜を実際にケニア側 C/P が実施することを通じて、一連の育種サイクルの道筋をケニア側に技術移転し、研究開発能力が強化される展望である。

5. 今回の出張の主たる面談者(※ プロジェクト実務担当の C/P を除く)

ケニア森林研究所(KEPRI)次長 G. Muturi 氏

ケニア森林研究所(KEPRI)キツイセンター所長 A. Luvanda 氏

CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高畑啓一氏

CADEP プロジェクト実務調整 本庄由紀氏

写真



図1. Kitul 採木林の様子

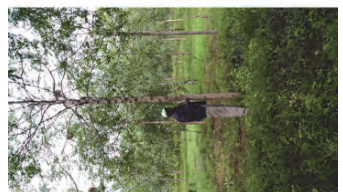


図2. Kitul 採木林の様子



図6. Kitul *Acacia tortilis* の様子



図7. 強剪受粉処理の経過観察



図3. Kitul の *Melia* 採種園の様子



図4. Kitul の *Melia* 採種園の様子

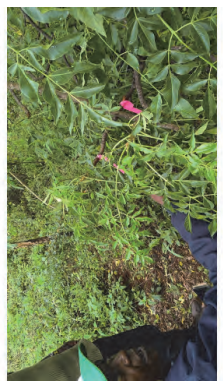


図8. 強剪受粉処理の経過観察



図9. 強剪受粉処理の経過観察



図5. *Kitul Acacia tortilis* の様子



図10. 統計解析セミナーの様子



図11. 統計解析セミナーの様子

R training course for beginner

2016.12.11 in RIKU
So HAMAKA
Michinari MATSUSHITA
Faculty of Education, Ritsumeikan University

Programs

- First Day:
 - 9:00- Introduction
 - 9:30- Basic operation of R
 - Calculation, vector, data frame
 - 13:00- Lunch time
 - 14:00- Practical training
 - Data handling, summary statistics, draw figure



図12. 統計解析セミナーの様子



図13. 統計解析セミナーの様子



図14. 統計解析セミナーの様子



図15. 統計解析セミナーの様子



図16. 統計解析セミナー参加者一同

What is R?

• R is free software environment for statistical computing and graphics.

What can R do??

What can R do?

• Example1: Calculation

You can use R as calculator.

What can R do?

• Example2: Data handling.

```

read.csv("data.csv")
#> # A tibble: 5 x 2
#>   x         y
#>   <dbl> <dbl>
#> 1  1.2  13.7
#> 2  1.5  14.4
#> 3  1.8  15.0
#> 4  2.1  15.8
#> 5  2.4  16.5

```

read.csv("data.csv")

First things to do in R: Read data into R and do simple calculations.

Batch-processing is easy.
Data handling is fast.

What can R do?

• Data visualization

You can draw high-quality figures.

read.csv("data.csv")

read.csv("data.csv")

R is useful to visualize your data. Enough quality to write paper.

What can R do?

- Statistical analysis

Examples of a single correlation analysis

```

> mtcars %>% summarise(
  GC12 = cor(mtcars$gear ~ mtcars$displacement)
)
#> # A tibble: 1 x 2
#>   GC12
#>   <dbl>
#> 1 -0.7087
  
```

You can carry out many kinds of statistical analysis.

```

> cor.test(mtcars$gear ~ mtcars$displacement)
data:  mtcars$gear, mtcars$displacement
Spearmanr = 0.7087, p-value = 0.0001111, n = 32
sample estimates:
Spearmanr
0.7087
  
```

Data analysis

R can treat all procedure of data analysis.

Today's goals.

Today's goals are....

- to learn basic operation of R
- to learn R language
- to learn frequently used "functions"

My example: Selection of 2nd generation plus trees

1. Download R (from CRAN)

2. Install R (for 64-bit)

3. Run R (to test)

4. R GUI (to use R)

R GUI: Press some of these as conditions for generation, and you can use them freely.

R GUI: Pressing values were calculated using default package of R

Let's start training!

Please open R. Double click this icon.

Let's use R!

This window is called "Console"

Today's training

R can treat all procedure of data analysis.

Why should you use R?

- R is "all in one package" for data analysis.
- A lot of statistical analysis are available. Researchers in all over the world are producing packages, and you can use them freely.
- Good repeatability. Since you write scripts, you can reuse it for same scheme of analysis.
- Free (No-charge tool).
- You can find many books and manuals. Many users sign up scripts in internet.

Let's calculate 1 + 2

Write 1 + 2 in console, then push enter key.

There are spaces, but R ignore these spaces.

Answer is shown here

"[1]" means "there is 1 answer".

Let's use R!

This window is called "Console"

Frequently used symbols for calculation

| symbol | mean | Example |
|--------|----------------|---------|
| + | addition | 1 + 2 |
| ^, ** | power | 2^3 |
| - | subtraction | 5-3 |
| * | multiplication | 2*4 |
| / | division | 6/3 |

(-2)
Most of them are same as excel.
(-2 * 4)
(-6 + 3)

$$1 + 2 \times 3$$

If enter key was pushed in the middle of the formula, R does not show answer.

```
[1] 7
[1] 7
[1] 7
[1] 7
```

This "-" means that "this function is incomplete".

Sentences written after "-" are ignored.

Variable

If you use "<-", you can assign numeric and/or formula to "letter".

```
x <- 1 + 3
y <- 2 * 4
z <- x + y
[1] 4
[1] 8
[1] 7
```

In this case, "x" is called variable.
Note: R can recognize capital and small letter.

Calculation is possible using variable

x is overwritten here!

```
> x <- 2
[1] 2
> y <- 3
[1] 3
> x + y
[1] 5
> x * y
[1] 6
> x - y
[1] -1
```

Exercises

Please calculate using R!

$$\frac{100 + 30}{13}$$

$$3^4 + 2^3$$

$$\frac{(2^2 - 1) \times 4}{3}$$

Vector

You can substitute multiple numeric to "letter" using "c()".

```
> x1 <- c(1,2,3,4,5)
> x2 <- c(1,3,5,7,9)
> x1 + x2
[1] 2 5 8 11 14
> x1 * x2
[1] 1 6 15 28 45
```

In this case, x1 and x2 are called "vector".

Calculation is possible for vector

Frequently used functions for vector

| Function | Mean | Example |
|----------|---------------------------|----------------------|
| mean() | Return mean | mean(c(1,2,3,4,5)) |
| sd() | Return standard deviation | sd(c(1,2,3,4,5)) |
| median() | Return median | median(c(1,2,3,4,5)) |
| min() | Return minimum value | min(c(1,2,3,4,5)) |
| max() | Return maximum value | max(c(1,2,3,4,5)) |
| sum() | Return summation | sum(c(1,2,3,4,5)) |
| range() | Return range | range(c(1,2,3,4,5)) |

Text editor

Text editor (R editor) is useful to write and leave scripts.

File → New script



If missing values (NA) are included, argument (na.rm=T) should be added.

```
> x3 <- c(2, 3, NA, 5, 6, 7, 9, NA, 10)
> mean(x3)
[1] NA
> mean(x3, na.rm=T)
[1] 6
> median(x3)
[1] NA
> median(x3, na.rm=T)
[1] 6
```

Answer

```

> x1 = c(1, 2, 3, 4, 5)
> y1 = c(2, 4, NA, 3, 10)
> mean(x1)
[1] 3
> mean(y1)
[1] NA
> median(x1)
[1] 3
> median(y1)
[1] NA
> sum(x1)
[1] 15
> sum(y1)
[1] NA
> x1 * y1
[1] 2 8 NA 12 15
[1] 2 8 NA 32 50

```

Data frame

- You can make "data frame" (table format)

```

> xydata = data.frame(x1 = x, y1 = y1)
> xydata
  x1 y1
1 1 2
2 2 4
3 3 6
4 4 8
5 5 10

```

Row names can be defined here

Column's label can be changed.

```

colnames(xydata) = c("x", "y")

```

All column's label were changed

```

names(xydata) = "y1"

```

A label in column 2 was changed to "y1"

```


names(xydata)[2] = "y1"

```

A label named "y1" was changed to "y"

Let's start practical training

- Please create "New Folder" on the desktop
- "File" → "Change directory" → select "New Folder"
- R can specify directory to save and read files.
- Example data set "iris" is used in this training course.



Access to data frame

```

> xydata[1,]
[1] 1 2
> xydata[,1]
[1] 1 2 3 4 5
> xydata["x1"]
[1] 1 2 3 4 5
> xydata[,2]
[1] 2 4 6 8 10
> xydata[1,2]
[1] 2
> xydata$x1
[1] 1 2 3 4 5
> xydata$y1
[1] 2 4 6 8 10

```

- Access to "first" row in "xydata".
- Access to "first" column in "xydata".
- Access to column named "x1" in "xydata".
- Access to row 1, column 2 in "xydata".
- Access to row named "x1" in "xydata".
- Access to row named "y1" in "xydata".

Calculation in data frame

```

> mean(xydata$x1)
[1] 3
> median(xydata$y1)
[1] 6
> xydata$x1 + xydata$y1
[1] 3 6 9 12 15

```

Mean of column "x1"

Median of column "y1"

x1 + y1

How to save (export) and read (import) data?


```

data("iris") #open example data
help("iris") #help is shown here
write.csv("iris", "irisdata.csv", row.names = F) #save example data
irisdata = read.csv("irisdata.csv") #read data file
head("irisdata") #check first six rows

```

Data format

- R can not open Excel (.xlsx) files.
- csv format (comma-separated format) is recommended to treat data in R.



Calculation using "apply" function

"apply" function returns a vector obtained by applying a function to margins of an array or matrix.

```

> apply(xydata, 1, mean)
[1] 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5
> apply(xydata, 2, mean)
x1 y1
3 6

```

Row direction

Function you want to apply.

Column direction

paste function can concatenate vectors after converting to character

```

> xydata$y1 <- paste(xydata$x1, xydata$y1, sep = ",")

```

```

x1 y1 xy
1 2 2
2 4 4
3 6 6
4 8 8
5 10 10

```

This function may be useful when original ID is created in data

Check data

```

> head(irisdata)
  Sepal.Length  Sepal.Width  Petal.Length  Petal.Width  Species
1            5.1           3.5           1.4           0.2  setosa
2            4.9           3.0           1.4           0.2  setosa
3            4.7           3.1           1.3           0.2  setosa
4            4.6           3.4           1.3           0.4  setosa
5            5.0           3.8           1.7           0.4  setosa

```

Five components are included.

- Species length
- Separation width
- Petal length
- Species

head() shows first six rows.

head(df, n) shows first n rows.

head() is data frame

Check data structure

How many rows?

How many columns?

```

> nrow(irisdata) # num. of row
[1] 150
> ncol(irisdata) # num. of column
[1] 5
> dim(irisdata) # num. of row and column
[1] 150 5

```

Summary statistics

```
> summary(iris)
   Sepal.Length   Sepal.Width   Petal.Length   Petal.Width   Species
 1.0e+00 1.5e+00 1.0e+00 1.0e+00 1.0e+00 1.0e+00
 Min.   4.300   2.000   1.000   0.100   setosa
 1st Qu. 5.400   2.800   1.600   0.400   setosa
 Median 6.300   3.400   4.350   1.300   setosa
 Mean   6.586   3.057   4.758   1.326   setosa
 Std. Dev. 1.765   1.103   1.765   0.763   setosa
 Max.   7.900   4.400   6.300   1.900   setosa
 Min.   4.300   2.000   1.000   0.100   versicolour
 1st Qu. 5.400   2.800   1.600   0.400   versicolour
 Median 6.300   3.400   4.350   1.300   versicolour
 Mean   6.586   3.057   4.758   1.326   versicolour
 Std. Dev. 1.765   1.103   1.765   0.763   versicolour
 Max.   7.900   4.400   6.300   1.900   versicolour
 Min.   4.300   2.000   1.000   0.100   virginica
 1st Qu. 5.400   2.800   1.600   0.400   virginica
 Median 6.300   3.400   4.350   1.300   virginica
 Mean   6.586   3.057   4.758   1.326   virginica
 Std. Dev. 1.765   1.103   1.765   0.763   virginica
 Max.   7.900   4.400   6.300   1.900   virginica
```

Minimum, maximum, 1st and 3rd quartile, mean, median are automatically calculated.
 1st quartile: a value of 25% from top
 3rd quartile: a value of 75% from bottom

Ratio of sepal length and sepal width are calculated and the results are binded to table

```
> iris %>% summarise(ratio_sepal_width = Sepal.Length / Sepal.Width)
# A tibble: 1 x 1
  ratio_sepal_width
  <dbl>
1 1.96105
```

The row expanded

Exercise

- Please calculate and combine "ratio_petal" (petal length/petal width).
- Check first six rows.

Check mean value of each species.

- tapply function is available.

```
> tapply(iris$Sepal.Length, iris$Species, mean)
[1] 6.586 6.177 5.829
[1] 4.758 4.350 4.350
[1] 1.326 1.300 1.300
```

Multiple patterns

```
# Remove rows that are not "setosa"
summary(iris)
# "setosa"
# "versicolour"
# "virginica"
summary(iris[iris$Species %in% "setosa",])
```

| Symbol | Mean |
|--------|--------|
| ~ | mean |
| | median |
| | or |

Sort

```
head(iris)
# Order() function return ranking of each data
order(iris$Sepal.Length)
# You can sort data following ranking
iris[order(iris$Sepal.Length), ]
# decreasing order
iris[order(iris$Sepal.Length, decreasing = T), ]
```

Sort: multiple condition

```
iris[order(iris$Sepal.Length, iris$Petal.Length, decreasing = T), ]
# Sepal.Length Petal.Length Species
1 4.3 0.1 setosa
2 4.7 1.5 versicolour
3 4.9 1.4 versicolour
4 4.6 1.3 versicolour
5 5.0 1.4 versicolour
6 5.4 1.7 versicolour
```

Multiple condition

```
# Small sepal, low petal, low species
iris[iris$Sepal.Length < 5 && iris$Petal.Length < 1.5 && iris$Species %in% "setosa", ]
# Small sepal, low petal, low species
iris[iris$Sepal.Length < 5 && iris$Petal.Length < 1.5 && iris$Species %in% "setosa", ]
```

Merge function

```
head(iris)
# Merge data1 and data2 easily.
# data1 and data2 are data frames.
# data1 and data2 have same columns.
# data1 and data2 have same rows.
# data1 and data2 have same columns and rows.
# data1 and data2 have same columns and rows.
```

How to extract data?

subset() function is used to extract data which satisfy conditional expression

```
> subset(iris, iris$Species == "setosa")
# Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
1 4.3 2.0 1.0 setosa
2 4.7 2.8 1.6 setosa
3 4.9 2.8 1.4 setosa
4 4.6 3.1 1.5 setosa
5 5.0 3.4 1.4 setosa
6 5.4 3.6 1.7 setosa
```

If there were no common labels in two data frames, you can define labels manually.

```

Example data frame
data1 <- data.frame(samp1e = irisdata$sepal.mean, spe = irisdata$species)
head(data1)
#In this case, col names to use merge are different
data2 <- merge(data1, data2, by.x="samp1e", by.y="sample")
head(data2)

```

Common column in data1
Common column in data2

If function

- Conditional branch can be set using if else function.

```

Example data
> example <- 10
Conditional expression Returns this if conditional expression is true Otherwise, return this
> if(example > 5){print("more than 5")}else{print("less than 5")}
[1] "more than 5"
This is a vector
If example is more than 5, it return "more than 5", otherwise return "less than 5"

```

Ifelse function

- Ifelse function can be apply to vector

```

Conditional execution Returns this if conditional expression is true Otherwise, return this
> ifelse(irisdata$sepal.length > 5, "more than 5", "less than 5")
[1] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[6] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[11] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[16] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[21] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[26] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[31] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[36] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[41] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[46] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[51] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[56] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[61] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[66] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[71] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[76] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[81] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[86] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"
[91] "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5" "more than 5" "less than 5"

```

Results can be combined to data frame

```

1. data1 <- irisdata[irisdata$sepal.length > 5, ]
2. data2 <- irisdata[irisdata$sepal.length <= 5, ]
3. results <- merge(data1, data2, by="sepal.length")
4. head(results)
#In this case, col names to use merge are different
data2 <- merge(data1, data2, by.x="sepal.length", by.y="sample")
head(data2)

```

This will be used to draw figure.

Data visualization

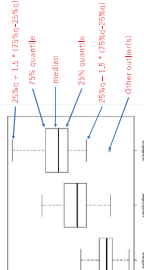
- Today we will draw
 - boxplot
 - histogram
 - scatter plot

Boxplot

```

boxplot(irisdata$sepal.length ~ irisdata$species)

```



Check other traits

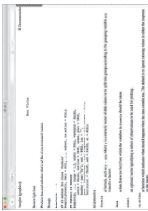
```

boxplot(irisdata$sepal.Width ~ irisdata$species)
boxplot(irisdata$petal.Length ~ irisdata$species)
boxplot(irisdata$petal.Width ~ irisdata$species)

```

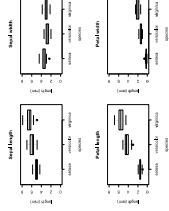
arguments

- Please check help file of boxplot (?boxplot)



You can set many arguments

Layout



If you want to make a x or y layout, par(mfrow=c(r,m)) is used
r: num. of rows
m: num. of columns

Please extract data in each species

```

dataset <- subset(irisdata, irisdata$species == "setosa")
dvers <- subset(irisdata, irisdata$species == "versicolour")
dv1rg <- subset(irisdata, irisdata$species == "virginica")
head(dset); head(dvers); head(dv1rg)

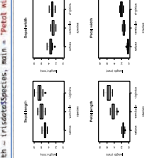
```

Common arguments were defined here

```

setosa <- subset(irisdata, irisdata$species == "setosa")
versicolour <- subset(irisdata, irisdata$species == "versicolour")
virginica <- subset(irisdata, irisdata$species == "virginica")

```



histogram

- hist() function is used.

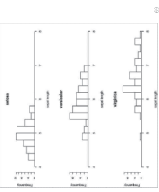
$$A \leq B < C$$

```
hist(dsetofSepal.Length, right = T)
```

$$A < B \leq C$$

Please check difference!

```
par(mfrow=c(3,2))
length, width, sepal, petal ~ "setosa", style = "sepals", col = "red"
hist(dsetofSepal.Length, width=0.8, right = T, main = "setosa", xlim = c("sepal.Length"))
hist(dsetofSepal.Length, width=0.8, right = T, main = "virginica", xlim = c("sepal.Length"))
```

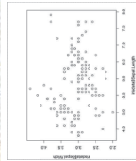


Range of x-axis is from 4 to 8
Range of each class is 0.2

Scatter plot

- plot() is used.

```
plot(irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width)
```



```
#Let's check pch and color!
xxx<- 1:20
yy<- rep(1,20)
plot(xxx,yy, col=xx, pch=xx)
```



Legend

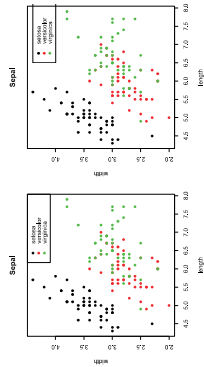
- Legend can be added to figure.

```
par(mfrow=c(2,2))
irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, col = irisdata$Species
plot(irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, col = irisdata$Species)
irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, pch = irisdata$Species
plot(irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, pch = irisdata$Species)
irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, col = irisdata$Species, pch = "x"
plot(irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, col = irisdata$Species, pch = "x")
irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, col = irisdata$Species, pch = "x", legend = TRUE
plot(irisdata$Sepal.Length, irisdata$Sepal.Width, col = irisdata$Species, pch = "x", legend = TRUE)
```

Position of legend's symbol: (60, 4.5)
Symbol: "x"
Color: "red"
All are 10

Reviews of today's training

- Today we did
 - calculations using R
 - vector and data frame operations
 - creation of figures



Reviews of today's training

- Data are treated as vector and/or data frame.
- Calculation is possible for vector and data frame. Calculated results can be combined for data frame.
- R can draw many kinds of figures. You can edit them if you add arguments in scripts.

Thank you very much

R training course
 -medium level class-

2018.2.13 in Kaji
 Michihito MATSUSHITA
 So HANAOKA

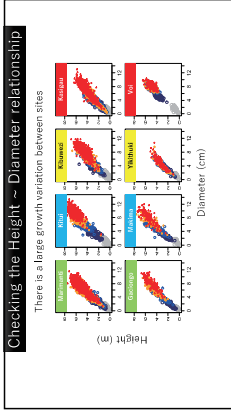
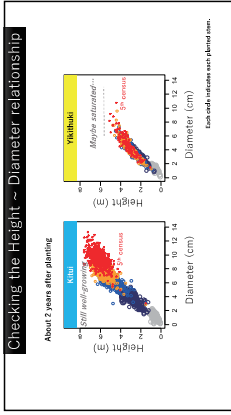
Faculty of Forestry, Kagoshima University, Kagoshima, Japan

• Second day [Medium-level class = practical course]

- Let's start practice... using the "real" PTS data of Kenya.
- Today's topics ...

0) INTRODUCTION

- 1) learn what is better way to manage data of PTS (e.g. Excel sheet).
- 2) draw informative figures to show the breeding results.
- 3) learn the way (coding) to run basic statistical analyses in R.



• Second day [Medium-level class = practical course]

- Let's start practice... using the "real" PTS data of Kenya
- Today's topics ...

0) INTRODUCTION

- 1) learn what is better way to manage data of PTS (e.g. Excel sheet).
- 2) draw informative figures to show the breeding results.
- 3) learn the way (coding) to run basic statistical analyses in R.

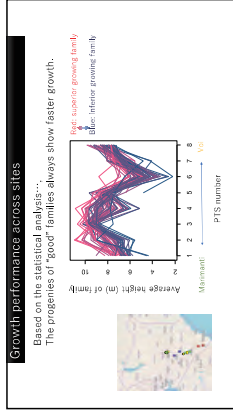
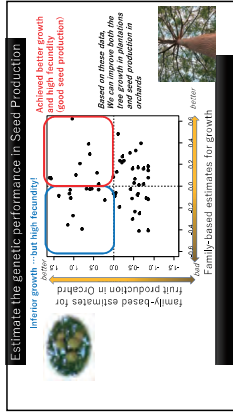
INTRODUCTION: Remember...
 presentation of Breeding results for CADEP meeting Jun,2018

Informative figures are important to show the impact of Breeding

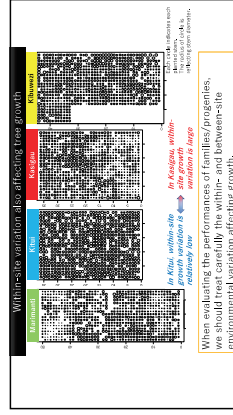
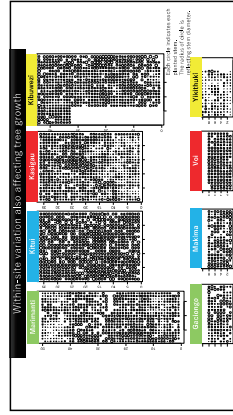
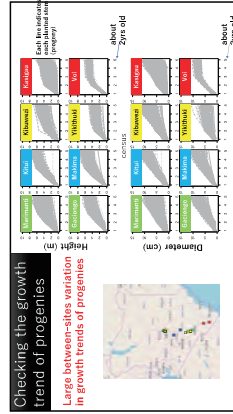
Joint Meeting for CADEP
 Component 4: Tree Breeding

Current results of Breeding of *Melia volkensii*.

© M. HANAOKA 2018. All rights reserved. For personal research use only.



4 main-PTSs & 4 sub-PTSs were setup based on the climate data & genetic background (history) of *Melia*, we setup eight main/sub PTSs



Let's learn the R coding to draw figures

You can draw informative figures easily and freely by using R!

• Second day [Medium-level class = practical course]

- Let's start practice... using the "real" PTS data of Kenya!
- Today's topics ...

0. INTRODUCTION

- 1) learn what is better way to manage data of PTS (e.g. Excel sheet).
- 2) draw informative figures to show the breeding results.
- 3) learn the way coding to run basic statistical analyses in R.

Compare the original data form in Excel and the imported form in R.

• "space (brank)", "parenthesis (/)", "in Excel are automatically convert to "period" - in R.

The important rule of data formats of PTS and Orchards ... for more convenient analyses later.

1) In case title (column name).
Do not use ... "space (brank)", "parenthesis (/)", "minus -", "plus +", "x", "slash / or back slash".

for example ...
DBH (cm) ⇒ DBH_Cm
DBH * Height ⇒ DBH_Hght
Trunk shape parameter... indicating slenderness

Good
"Under bar" is OK

But... first you need 'import' data into R.

Remember ...
How to read (import) data ?
Answer!
use the functions ...
`read.csv("dataPTS.csv")`
Or
`read.delim("clipboard")`
First you must copy the target region of data in Excel.
If you want to use the function read.delim()

But... first you need import data into R.

Let's use the function
`read.delim("clipboard")`
We treat example dataset of Kilifi PTS
First you must copy the target region of data in Excel.
If you want to use the function read.delim()

Old data form

The important rule of data formats of PTS and Orchards ... for more convenient analyses later.

2) In data.
also Do not use ... "space (brank)", "parenthesis (/)", "minus -", "plus +", "x", "slash / or back slash".

Before using the function "read.delim()" ... first you copy the target region of data in Excel.
The data region you copy in Excel will be imported into R.
We treat example dataset of Kilifi PTS

Check the data format ... By using the function "head()"

Let's use the function
`head("data_OLD")`
To check the data format.
But
the column name is not good!!

New data form in Excel (arranged by Matsushita)

Compare New and Old data form in Excel

1) Separate the information of clone numbers and origin this is because we want to treat a lot of clones as "integers"

Compare New and Old data form in Excel

2) Separate the planting position as "Col" and "Row".
If the information (Col and Row) are separated,
we will easily draw a figure of planting position map, using R function "plot".

Compare New and Old data form in Excel

3) Include PTS number, for Kiuri, I called Site01.
... I strongly recommend to set PTS numbers.
to easily manage much more PTS that will set in the future.

Combine two datasets

use the functions...
`rbind(data.Kiuri, data.Kaigaku)`
This function combine several dataset.

Check the mean values of trees in Two Sites x Blocks

use the functions...
`attach(data.two)`
This function allows you
to access each value of dataset.

Compare New and Old data form in Excel

4) Combine and rename the each-census data of Height and Diameter
1st census Ht01 and DG.01, ...
2nd census Ht02 and DG.02, ...

Compare New and Old data form in Excel

4) Combine and rename the each-census data of Height and Diameter
1st census Ht01 and DG.01, ...
2nd census Ht02 and DG.02, ...
You can handle various data sets with R format.
So, I will follow for detail 0). reading data (1 ~ 5). reading level at PTS (1-3).

Check the mean values of trees in Two Sites x Blocks

use the functions...
`lapply(DG.01, list(Site, Block), mean)`
This returns summarized values...
mean values of DG.01 is returned,
separately for each Block x Site.

Check the mean values of trees ... Sites x Clones

use the functions...
`lapply(DG.05, list(ClonNo, Site), mean)`
This returns summarized values...
mean values of DG.05 is returned,
separately for each ClonNo. x Site.

Then... Let's import NEW (enranged) data into R.

Lets use the function
`read.delim("clipboard")`
`data.Kiuri <- read.delim("...")`
`data.Kaigaku <- read.delim("...")`
... and so on

Check the dimension of datasets

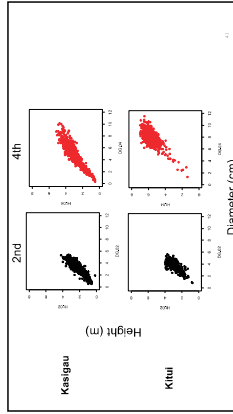
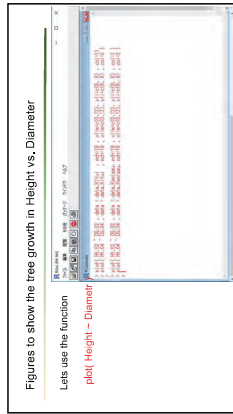
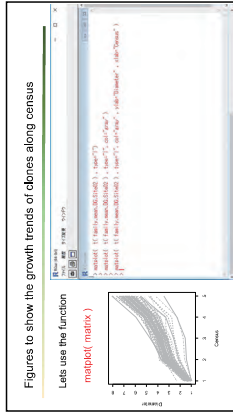
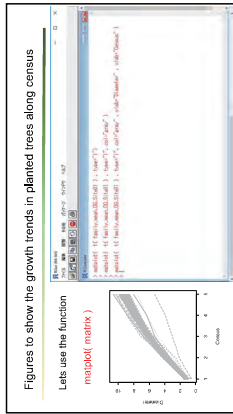
use the functions...
`dim(data.Kiuri)`
This returns
column = 16
row = 654
Number of stems planted in this PTS

Summarize the clone-mean Height & Diameter values at each census

use the functions...
`cbind(A, B, C, ...)`
This function "cbind" combine several vectors.

Second day [Medium-level class = practical course]

- Let's start practice... using the "real" PTS data of Kiuri!
- Today's topics ...
 - learn what is better way to manage data of PTS (for Excel read).
 - draw informative figures to show the breeding results.
 - learn the way (coding) to run basic statistical analyses in R.



• Second day [Medium-level class = practical course]

- Let's start practice... using the "real" PFS data of Kenya
- Today's topics ...
 - INTRODUCTION
 - learn what is better way to manage data of PFS (e.g. Excel sheet).
 - learn the way (coding) to run basic statistical analyses in R.
 - Analysis of Variance (ANOVA)
 - Linear Regression

Analysis of Variance: ANOVA (testing the means between sites)

use the functions...
`lm(y ~ x, data=...)`
`glm(y ~ x, data=...)`

Above functions do...
 or
 Generalized linear model

includes...
 ANOVA, ANCOVA
 linear regression ... etc.

Analysis of Variance: ANOVA (testing the means between sites)

use the functions...
`lm(y ~ x, data=...)`
`glm(y ~ x, data=...)`

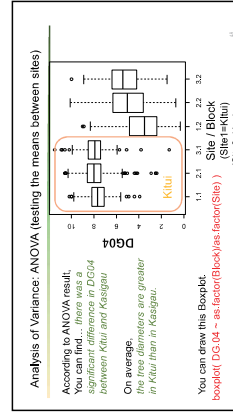
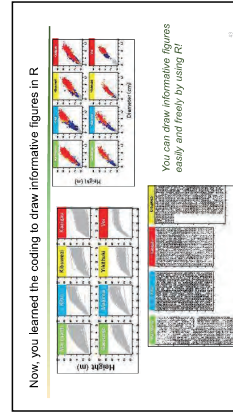
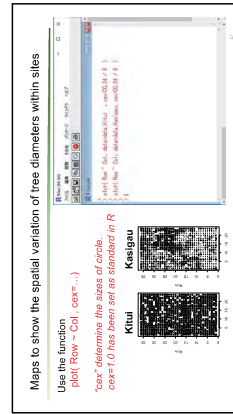
Indicates response variable while `x` indicates explanatory variables

In this analysis, we tested whether... Are mean values of Y(DG,04) different among X(sites)?

Analysis of Variance: ANOVA (testing the means between sites)

According to ANOVA result, You can find... significant difference in DG,04 between sites (Kituu vs. Kasigau)

Use the function `anova(model)`



• Second day [Medium-level class = practical course]

- Let's start practice... using the "real" PFS data of Kenya
- Today's topics ...
 - learn what is better way to manage data of PFS (e.g. Excel sheet).
 - draw informative figures to show the breeding results.
- learn the way (coding) to run basic statistical analyses in R.
 - Analysis of Variance (ANOVA)
 - Linear Regression

Appendix 5-3-5 短期専門家派遣（人工交配）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|------|-------|----------------|
| 人工交配 | 松下 通也 | 2019.8.18～8.25 |
| 人工交配 | 花岡 創 | 2019.8.18～8.25 |

1. 日程

| 日時 | 内容 | 宿泊 |
|----------|--|-----|
| 8月18日(日) | 移動(→羽田) | |
| 19日(月) | 移動(羽田→ドーハー→ナイロビ→キツイ) | キツイ |
| 20日(火) | 統計解析用プログラム講習セミナー開催 | キツイ |
| 21日(水) | 統計解析用プログラム講習セミナー開催 | キツイ |
| 22日(木) | 交配様式研究・人工交配及び第二世代選抜の打合せ Kitui 採種園・検定林の現状把握 | キツイ |
| 23日(金) | CADEP プロジェクト長期専門家と打合せ 空港へ移動→空路移動(ナイロビ→ドーハー) | |
| 24日(土) | 移動(ドーハー→成田→各自国内移動) | ※東京 |
| 25日(日) | 国内移動(羽田空港→北海道) | |

2. 出張の目的： ケニア国における青種に係る研究開発能力の強化

- 検定林調査手法およびデータ管理手法の高度化
- メリア世代作出のための人工交配・交配様式の研究能力の強化
- 次代選抜に必須である検定林データ解析の能力強化のため育種統計セミナー実施

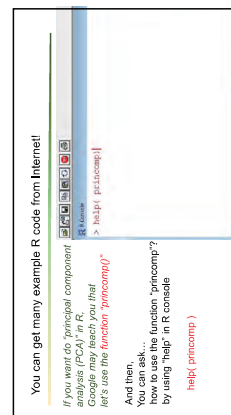
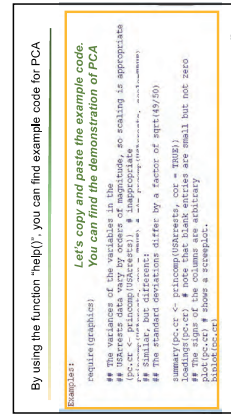
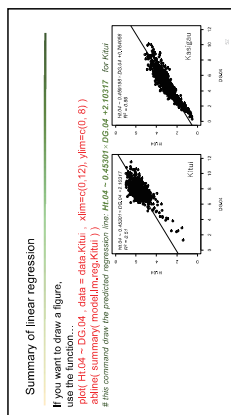
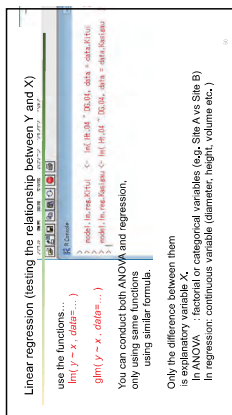
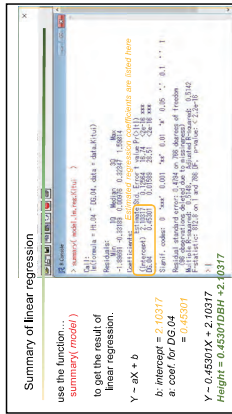
3. 出張の概要

3-1. Kitui(Tiva)検定林の現状把握

KEFRI 育種担当の Kariuki 氏に、検定林での調査実施状況(経過)について確認した。樹高および直径の測定に加え、幹の曲がり具合、着花・結実の程度についても指教評価が着実に実施されている旨の説明を受けた。また実施にあたっては、測定ミスに細心の注意を払い人選に留意していること、また調査の集中力を保つため暑い日中を避けて早朝～午前および夕方に測定を実施するよう心掛けているとのことであった。継続的な調査体制維持のため低コスト・省労力・高効率化に留意し改善しようとしている姿勢が確認でき、ケニア国内において日本の検定林調査と同様の評価手法が技術移転により定着しつつあることを確認した。

3-2. Kitui 採種園の現状把握

Kariuki 氏とともに Kitui の Melia 採種園の現状を確認した。2013年に100系統・母樹3,000本規模の採種園が設定され、2015年に初めて開花・種子生産がスタートした。2016年より年3回の採種がなされる状況であり、2017年にはほぼ全ての母樹で開花・結実が認めら



れた。今回2019年8月においては、かつてないほどに採種圃全体で満開の開花が認められた(写真)。農民や民間セクターの植林意欲の高まりを受け、*Melia* 優良種苗の需要がますます高まる中、Kitui および Kibwezi に設定された KEFRI 管理の2つの採種圃が、東アフリカの持続的森林管理に重要な役割を担っていることを確認した。

今後の採種圃の管理・次世代化について、育種の進め方と合わせて検討すべしと Kanuki 氏と議論した。KEFRI 管理の大規模採種圃 (Kitui・Kibwezi) だけでは、高まる種子需要をまかなえないため、民間セクターである Better Grobe や Komza と、KEFRI とで協定を結び、民間活用による種子生産能力強化の方向性とのことである。FTBC から、Kitui・Kibwezi ほど大規模でなくとも、小・中規模採種圃を各地に設定・管理するのを指導する役割と遺伝資源管理を KEFRI が主に担うのが良いのではと助言した。

3-3. Melia 人工交配及び交配様式の研究のための実施状況の確認

Melia volkensii では、自殖率(自分の花粉で種子結実する割合)がどの程度か? また近交弱勢(近縁なものの同士の交配によって生じた種子・実生の性能が、劣勢となること)が生じ得るのか? は未知である。自殖や近交弱勢の悪影響が大きい場合、採種圃産の種苗の性能を最大限に発揮できない可能性があるため、DNA メーカーを用いた *Melia* の交配様式の推定を進めている。Omondi 氏が Kitui の種子管理担当者らと協議し、種子サンプル取得の目的が立ったとの話であり、2020年6月頃には DNA 実験を終えて交配様式推定の解析に出入る目標を立てた。FTBC 側からは、解析に用いる家系統やサンプル数等の実験デザインを改めて指導するとともに、今回トレーニングを行なった解析ツール「R」を用いた遺伝子解析技術を紹介することなども行なった。

3-4. 育種評価に向けた統計解析用プログラミングのセミナー(講習及び実技指導)

参加者: ケニアプロジェクト CADEP に参加する KEFRI 研究者ら (別紙写真)

背景: 現在、育種分野を含む統計解析・作図・プログラミングなど幅広い大規模データ解析を無料で実施できる解析ソフトウェア「R」が、世界中の研究者に愛用されている。しかし、このような研究開発のツールが、ケニア含むアフリカ諸国では十分に普及しておらず、KEFRI では一部の研究者が高額な有料統計解析ソフトを購入してデータ解析をしている現状である。発展途上国では、無料で汎用的に利用できる統計解析手法の普及が、育種分野を含む研究開発の能力強化のために不可欠である。そこで松下・花岡らが中心となり、R の基本的な使い方および統計解析手法について、講習およびソフトウェア操作の実技指導を、前回2018年に引き続き、今回2日間にわたって実施した(写真)。

実施内容: (別紙資料 1.2 参照)

今回の出張における講習・実習レベルを中級コースと位置づけ、「林木育種・森林管理部・森林経営部門など、森林学の学問領域で使うであろうデータ集計技術や統計解析手法、作図能力の強化」を目的として講習・実習を実施した。初日は、まず前回渡航時の講義内容を復習するとともに、引き続き幅広い研究支援で活用が期待される基礎的な作図手法および統計手法等高度な作図手法や統計手法について講習するとともに、C/P 自ら実際にプログラム操作に取り組むという実践形式の実技指導を実施した。

今回の講習には、ケニア森林研究所(KEFRI)の主たる研究者らが参加し、KEFRI 幹部 Dr. Muturi 自ら実習を受講するなど、ケニア側の熱心な取り組みが印象的であった。今回まで、基礎～中級レベルのデータ整理・作図・統計解析について、一連の能力強化が実施できた

考える。次回渡航時には、実際に *Melia* 第二世代を選抜する育種スキームおよび育種統計解析手法について、ケニア側に技術移転する予定である。

3-5. Melia 第二世代選抜のための講習実施および打合せ

2019年度に設定後5カ年次を迎える *Melia* 検定林において、順調に成長・着花性のデータが蓄積されてきた現状から、2019年12月-2020年2月にかけて *Melia* 第二世代の選抜を進めることについて Kanuki 氏と合意した。今回、日本における林木育種の概要について、主に検定林の運用方法 [1 年あたり新規設定個数、1つの検定林あたり植栽規模(家系統検定苗数)、年間の調査労力、選抜年次の検討の仕方、多様性と選抜強度の検討の仕方など] を説明した(別紙資料 3 参照)。それを踏まえて、第二世代選抜の実施要領や検定林運用指針について、今後 Karuki 氏を中心に KEFRI 側で検討し、文書案を作成していく見通しであることを確認した。

4. 今後の課題や展望など 人工交配・交配様式研究:

交配様式研究については、種子を発芽させ、実生の葉試料から DNA を抽出し、DNA メーカーを用いた解析を実施する予定である。それぞれの段階で進捗等について丁寧なコミュニケーションをとり続ける必要がある。

育種のための統計解析等の能力強化

前回～今回の2回の統計講習セミナーを開催し、ケニア側に技術移転を実施した。しかし、C/P のスキル定着状況を見極めつつ今後もフォローをすることは重要である。次回の渡航時には、上級コースの講義・実習を通じて、より実践的な育種業務に資する統計解析手法と育種の概念についてケニア側に技術移転する予定である

ケニアにおける育種圃苗生産体制の強化の見直しおよび普及のための取り組み

本プロジェクトで優良種苗普及のコンボイネットを担当する長期専門家 齋藤克郎氏と打ち合わせを実施した。齋藤氏と KEFRI 側との打合せを通じて、以下①～③の情報が提供された。
①育種 *Melia* 種子の需要と供給のバランスの状況から、Kitui・Kibwezi の二カ所の採種圃に続いて、新たな採種圃の必要性について KEFRI 内及び PI の長期専門家らとの間で協議されている。②カウンティ(県)による採種圃運営は難しい状況であり、むしろ優良な民間セクターを認定し活用することで需要の高まりに対して種子生産能力を強化する方向性である。③農民の間で育種 *Melia* への期待がますます高まっている一方、在来種苗と比較して育種改良効果がどの程度か曖昧な点が普及と説明の際に課題となっている。④の課題に対しては、検定林解析を通じての育種効果が定量化出来次第、ガイドラインやマニュアルの形で育種の知見を幅広く橋渡しする意向であると説明した。

ケニアにおける育種能力強化の展望

ケニアにおける、検定林調査実施能力およびデータ管理能力は向上しつつある。2019年に設定後5年生を迎える検定林では *Melia* の樹高成長速度は鈍化しつつあり、*Melia* の標準伐期が15年程度であることも考慮すると、ここが育種の新たな世代選抜のための評価年次の候補と考えられる。2019年度内に、育種統計に基づく第二世代選抜を通じて系統評価手法についてケニア C/P の能力強化を実施する見通しである。これまでのプロジェクトを通じて、第一世代 *Melia* の探索収集、採種圃設定、採種圃産実生による検定林の設定および調査が着実に実施

されてきた。2019年～2020年に、*Melia* 第二世代の選抜を実際にケニア C/P が実施することで、一連の育種サイクルの道筋をケニア側に技術移転し、研究開発能力が強化される展望である。

5. 主な面談者

ケニア森林研究所 (KEFRI) 次長 Dr. Muturi

ケニア森林研究所 (KEFRI) 育種担当 Mr. Kariuki

ケニア森林研究所 (KEFRI) Dr. Omondi

CADEP プロジェクト森林普及 齋藤克郎氏

写真



Appendix 5-3-6 短期専門家の派遣（人工交配）

| | | |
|------|-------|-----------------|
| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
| 人工交配 | 松下 通也 | 2019.12.7～12.13 |

1. 日程

| 日時 | 内容 | 宿泊 |
|----------|--|------|
| 12月7日(土) | 移動(→成田空港) | |
| 8日(日) | 移動(成田→ドーナ→ナイロビ→キツイ) | キツイ |
| 9日(月) | 検定林データを聞いた優良次代 <i>Melia</i> 選抜の講義 | キツイ |
| 10日(火) | 検定林データを用いた優良次代 <i>Melia</i> 選抜の講義 | キツイ |
| 11日(水) | <i>Kitui</i> 検定林で、選抜した優良 <i>Melia</i> の確認及びマーク ナイロビ市内オフィスで、CADEP 長期専門家打合せ | ナイロビ |
| 12日(木) | データ整理 空港へ移動→空路移動(ナイロビ→ドーナ) | |
| 13日(金) | 移動(ドーナ→成田→国内移動) | |

2. 出張の目的： ケニア国における育種に係る研究開発能力の強化

- ① 検定林調査手法およびデータ管理手法の高度化
- ② メリア次世代作出のための人工交配・交配様式の研究能力の強化
- ③ 次代選抜に必須である検定林データ解析の能力強化のため育種統計セミナー実施

3. 出張の概要

3-1. ケニアにおける検定林調査の現状把握

KEFRI 育種担当の Kariuki 氏に、検定林での調査実施状況(経過)について確認した。樹高および直径の測定に加え、幹の曲がり度合いの指数評価、着花・結実の程度についても指数評価が着実に実施されている旨の説明を受けた。また、*Melia volkensii* では樹幹部の樹病が、採種圃及びプランテーションでも大きな問題となっていることから、樹勢の程度についても段階別の評価を加えることを提案した。調査実施にあたっては、測定ミスに細心の注意を払い人選に留意しており、また調査の集中力を保つため暑い日中を避けて早朝～午前および夕方方に測定を実施しており、データのチェックは複数名のプロバスタッフでチェットする体制とこのことであった。継続的な調査体制維持のため 低コスト・省労力・高効率化に留意し改善しようとしている姿勢が確認でき、ケニア国内において日本の検定林調査と同様の評価手法が定着しつつあることを確認した。

3-2. ケニアにおける採種圃の現状把握

Kariuki 氏とともに Kitui の *Melia* 採種圃の現状を確認した。2013 年に 100 系統・母樹 3,000 本規模の採種圃が設定され、2015 年に初めて開花・種子生産がスタートした。2016 年より年 3 回の採種がなされる状況であり、2017 年にはほぼ全ての母樹で開花・結



実が認められ、2018年の採集実績では、Kitui と Kibwezi の二つの採種圃でのNuts 収量が約 1,600kg に至ることである。また既にケニア国内にとどまらず周辺国にも Melia 種子購入の動きが広がってきているとのことであり、農民や民間セクターの植林意欲の高まりを受け、Melia 優良種苗の需要がますます高まる中、Kitui・Kibwezi に設定された採種圃が、東アフリカの持続的森林管理に重要な役割を担っていることを確認した。

今後の採種圃の管理・次世代化について、育種の進め方のロードマップと合わせて検討すべきと Kariuki 氏と議論した。KEFRI 管理の大規模採種圃 (Kitui・Kibwezi) だけではなく、高まる種子需要をまかなえないため、民間セクターである Better Grobe や Komza と、KEFRI とで協定を結び、民間活用による種子生産能力強化の方向性とのことである。既に Komaza と KEFRI との間で MoU 及び MoA が締結されたとのことであった。

今回 2019 年 12 月渡航時の育種評価の結果を反映して、成長や通直性、着花性などの育種圃(育種のパフォーマンスの評価値)が高いと推定されたクロマを優先的に民間セクターの採種圃(生産集団)に導入するよう KEFRI が主導してはと助言した。また、今回選抜した Melia 第二世代優良個体(3-3で後述)についても今後採種・接木増殖をし、第三世代用検定林を設定する種子を得るためにも優良な第二世代で構成される採種圃を設定する育種圃(育種の方向性)にあることをアドバイスした。

3-3. 検定林データを用いた優良な第二世代 Melia 選抜の実施

実施内容：(別紙資料参照)

Kitui の KEFRI 地域センターにおいて、Kenya 側担当 C/P である Kariuki 氏とともに、これまでに収集した検定林での調査データをもとに、最新の育種統計手法を講義しつつ、実際の選抜のステップを共に進めた。大まかな流れとして、以下のように選抜を進めた。

- ① 選抜のための育種理論および統計解析手法(ソフトウェアでプログラミン)の講義
- ② Melia volkensii における遺伝率(Heritability)の推定
- ③ 後方選抜(Backward selection)による第一世代(母親世代)の評価
- ④ 前方選抜(Forward selection)による次世代(検定林に植栽された子世代)の評価
- ⑤ 推定された育種圃にもとづいて、複数形質の改良を視野にいれた机上選抜実施
- ⑥ 管理可能な育種集団サイズや、育種分集団数、検定林数などの議論

① 選抜のための育種理論および統計解析手法(ソフトウェアでプログラミン)の講義
2019年8月までに実施した、フリーの統計解析ソフトウェア“R”を用いた実際の育種統計解析手法を講義した。実際に Kariuki 氏の PC 上で統計解析を再現できるようにプログラミンの能力強化を実施した。

② Melia volkensii における遺伝率(Heritability)の推定

メインおよびサブの検定林データの入力力が済んでいた 2015 年設定の 8 カ所の検定林データを用いて、樹高・直径・材積・幹曲がり・着果性・樹幹の健全性の 6 調査形質について、遺伝率を推定した。結果として、複数の形質において他の樹木種で報告されていると、遺伝率の 0.1 前後[0.06~0.28]の遺伝率が推定された。一般に遺伝率が極端に低い場合、育種の改良が困難であるが Melia volkensii では、複数の形質において十分に育種の改良が見込める水準と判断した。

③ 後方選抜(Backward selection)による第一世代(母親世代)の評価

後代(検定林に植栽された子供)の成長性データをもとに、第一世代(母親世代)の育種圃が推定され、この情報をもとに現行の Kitui・Kibwezi の大規模再主演入している母樹のなかでも特に種子生産性や苗木の成長や通直性の良い“グレートマザー”が推定可能となった。この評価情報をもとに、民間セクターの採種圃(生産集団)造成の際に特段おすすりできる母樹系統が明らかとなった。

④ 前方選抜(Forward selection)による次世代(検定林に植栽された子世代)の評価

植栽された検定林の中でも場所によりけり成長の良いところや悪いところがあるが、そのような空間的な環境影響を統計的に適切に補正したうえで、植栽されている後代個体の性能を評価した(育種圃の推定)。

⑤ 推定された育種圃にもとづいて、複数形質の改良を視野にいれた机上選抜実施

上記④のステップで推定された各形質の育種圃(育種性能)をもとに、複数形質の同時的な改良を視野にいれた選抜を以下のよう配慮のもと実施した。まず、ケニアにおける Melia volkensii の育種集団では、既に全国から選抜された時点で 100 系統(日本のスギでは約 3,800 第一世代精英樹)と絞られているため、第二世代選抜の際には、なるべく多様な母系が次世代に貢献できるように配慮した。各検定林設定の段階で、採種圃で着果していた 60~70 母系系にかざられており、幹の材積・通直性において育種圃で下位約 1/4 を除いた 50 母系系程度が次世代に貢献するよう配慮した。③の推定で育種圃評価が成績上位トップ4の母系系においては検定林あたり5個体の後代を選ぶよう設定し、以降育種圃のランキングにもとづいて、4個体、3個体、2個体、1個体…と選抜する後代数を傾斜配分した。母系系内での後代のうちの個体を選抜するかにおいては、優先する形質を1番:材積(成長性)、2番:幹の通直性、同2番:健全性、3番:着花/果性とし、それぞれの形質の育種圃の推定値がなるべく上位であり且つ平均を下回らないよう配慮した。最終的に、各検定林あたり植栽個体数のうち約 10%程度となる 85 個体前後の個体を優良な Melia 第二世代として机上選抜した。Kitui の検定林においては、机上選抜した個体を現地で確認し、着性良好なものにペンキでマークをした。今後のプロジェクト期間において、幹の材質(材密度や応力波伝搬速度)の評価等も考慮し、将来的には、各地域あたり 100 個体程度(ケニア全土で 400 個体程度)の優良な Melia 第二世代とするのが現実的に管理可能な育種集団サイズではないかと議論した。

⑥ 管理可能な育種集団サイズや、育種分集団数、検定林数などの議論

今回、日本における林木育種の概要について、各世代の育種集団における精英樹数や、分集団の考え方や、検定林の運用方法 [1 年あたり新規設定個所数、1つの検定林あたり植栽規模(家系数/検定苗数)、年間の調査労力、選抜年次の検討の仕方、多様性と選抜強度の検討の仕方等]について説明した。上記⑤で選抜した 100 個体程度で、ケニア内の各地域(Breeding region)ごとと第二世代採種圃を今後設定し、採種圃産の種苗により第三世代用の検定林を設定していく育種サイクルをアドバイスした。また今回の 4 年時データに基づく育種評価は、Melia の標準伐期 15 年(直径 30~40cm で伐採)の 1/3 程度であり、検定林における幹直径も平均 10cm を越えている状況(優良な個体では 4 年で直径 20cm を超える)であったことから、おおむね評価は妥当ではないかと判断するが、若齢時の評価が将来の収穫時評価とどの程度の相関であるか、引き続き現在の検定林の調査を継続することとを助言した。

4. 今後の課題や展望など

育種のための統計解析等の能力強化

今回までで、育種統計解析手法を一通り能力強化した次第であるが、プログラミングなどの定着度合いについては引き続きサポートをしていく必要があるだろう。

ケニアにおける育種種苗生産体制の強化の見直しおよび普及のための取り組み

本プロジェクト CADEP における優良種普及のコンポーネントとの連携において、これまで以下に進捗状況である。①優良 Melia 種子の需要増加と供給不足バランスの状況から、Kitui・Kibwezi の二カ所の採種園に続いて、新たな採種園の必要性について KEFRI 内及び PJ の長期専門家の間で協議されている。②カウンティ(県)による採種園運営は難しい状況であり、むしろ優良な民間セクターを認定し活用することで需要の高まりに対して種子生産能力を強化する方向性である。③農民の間で育種 Melia への期待がますます高まっている一方、在来種と比較して育種改良効果などの程度が曖昧な点が普及説明の際に課題となっている。④の課題については、KEFRI と民間セクターである Komaza との間で、MoU・MoA が締結されており、今回の解析によって判明した優良な Melia を用いた原種配布による地域採種園の設定支援が可能と考える。⑤の課題に対しては、今回の検定林解析を通じての育種効果について、ガイドラインやパンフレットの形で育種の知見を幅広く橋渡しする意向である。

ケニアにおける育種の展望

2010 年頃にスタートしたケニアとの育種分野における関わりを通じて、2 期の JICA プロジェクトの成果として、第一世代 Melia の採集収集、採種園設定、採種園産実生による検定林の設定および調査が着実に実施されてきた。Melia 第二世代の選抜を実際にケニア C/P が今回実施できたという現状から、一連の育種サイクルの通筋をケニア側に技術移転し、研究開発能力が着実に強化される実感を抱いている次第である。

5. 主な面談者

ケニア森林研究所 (KEFRI) 育種担当 Mr. Kariuki
 CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高畑啓一氏
 CADEP プロジェクト森林普及 齋藤克郎氏
 CADEP プロジェクトコーディネーター 本庄由紀氏

Progress of Breeding of *Melia volkensii* ~Report for Business trip 7~13th Dec 2019 ~

Dr. Michinari MATSUSHITA (FFPRI FTBC)

Index

1) Progress of breeding project of *Melia volkensii* .

~ From previous JICA Kenya Breeding project to CADEP-SFM ~

2) Business trip Activity (7~13th Dec 2019)

~ Capacity development for selecting "good" 2nd generation *Melia* ~

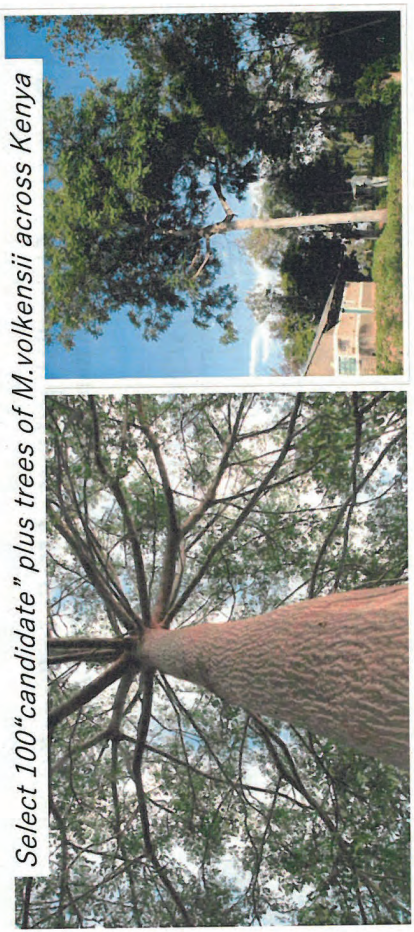
Progress of the breeding of *Melia volkensii*



Produce grafted seedlings of 100 candidate Plus Trees (1st generations)



Select 100 "candidate" plus trees of *M. volkensii* across Kenya



• Setup two orchards in Kitui and Kibwezi

100 clones (1st gen.)
30 stems/clone
3,000 stems/orchard

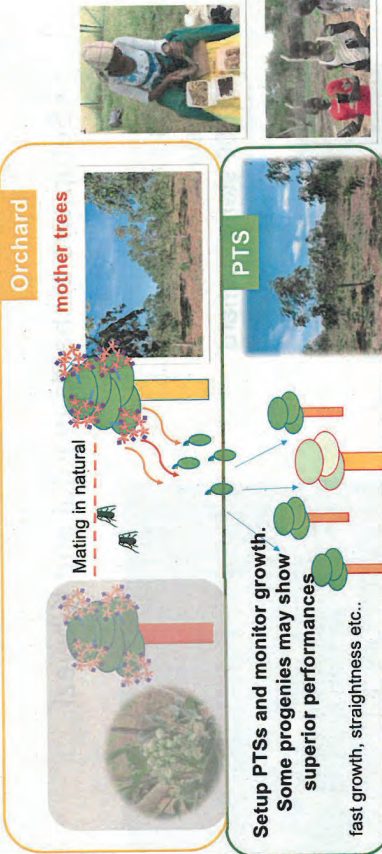




1.5yrs after setting up orchards, mother trees started seed production

Melia Nuts Production In Kitui and Kibwezi
From KEFRI Report

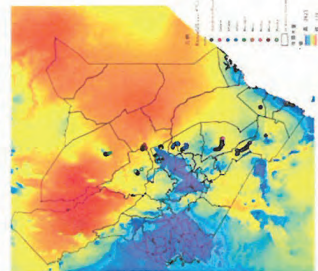
Total nuts production 1,600 kg !!



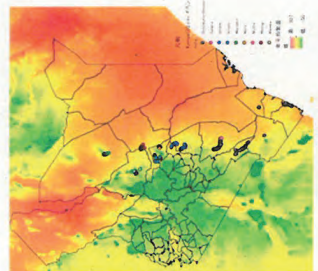
Climate of Kenya

from World Climate database (WorldClim)

19 candidate climate variables representing precipitation and temperature etc.



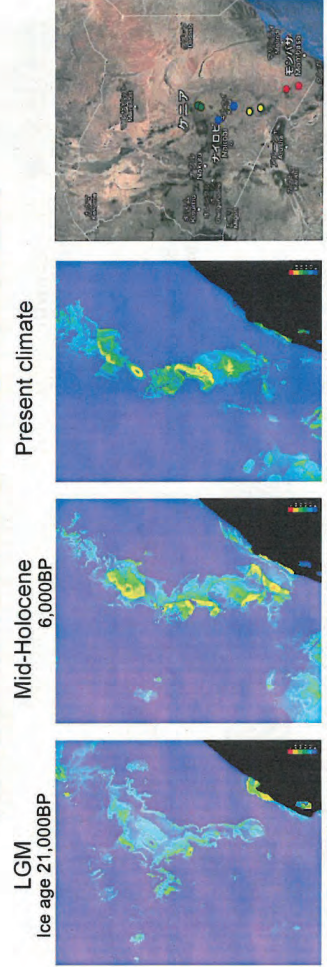
Annual precipitation



Mean Annual temperature

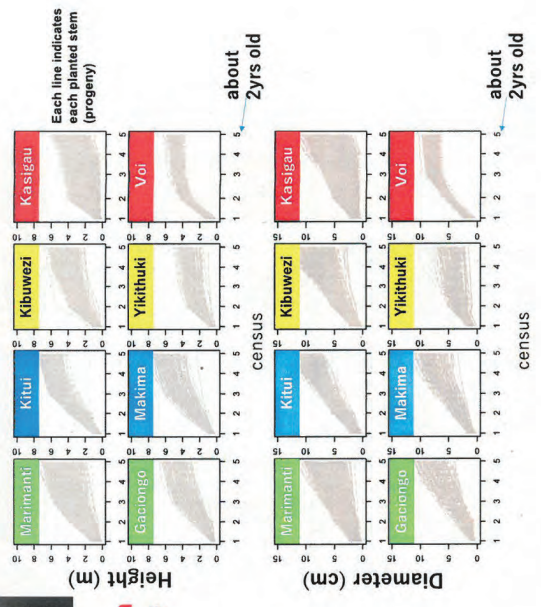
Simulation of Melia volkensii distribution range

By using the climate data ...
Simulate the historical suitable habitats for Melia



Species distribution probability of *M. volkensii* in East Africa predicted from the Maxent analysis, for Last glacial maximum (LGM) (21,000 BP), Mid Holocene (6000BP) and Present (0 BP). Higher distribution probability is shown as warm color, while lower probability is as cold color. Note that the area shown as black color is not land area (Indian sea).

Checking growth trends of progenies in PTSS



Large between-sites variation in growth trends of progenies

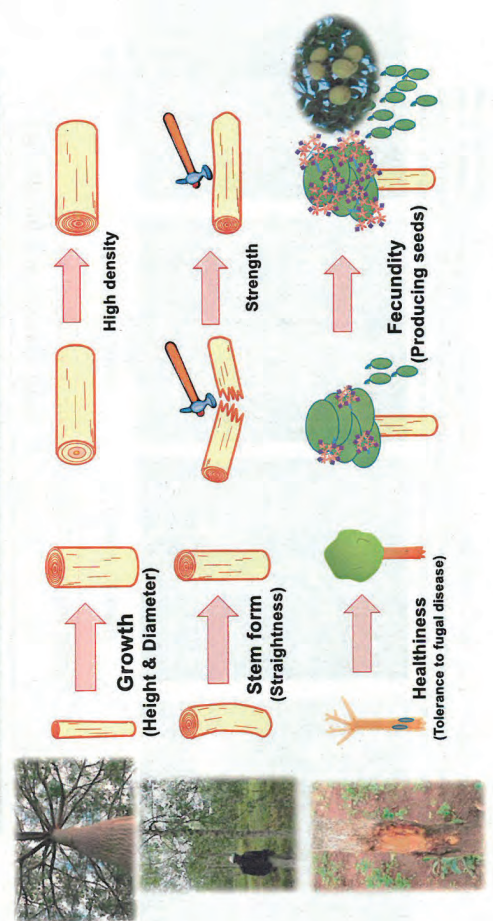


Setup of main- and sub-PTSS for Melia

According to climate data of Kenya and the distribution range of Melia, four eco-region were decided as the major breeding zones for Melia, and eight PTSS (Progeny Test Sites) were set in 2014/2015.

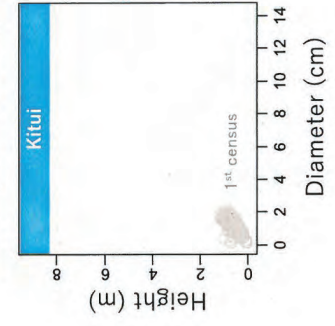


In PTSSs, several traits are measured.

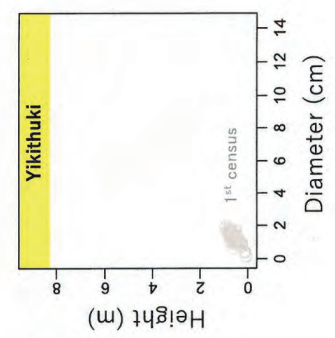


Checking the Height ~ Diameter relationship

About 1 months after planting

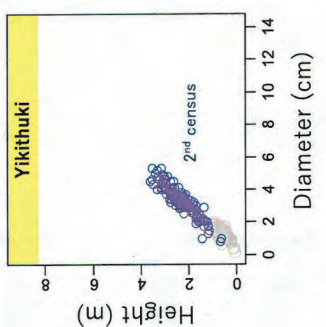
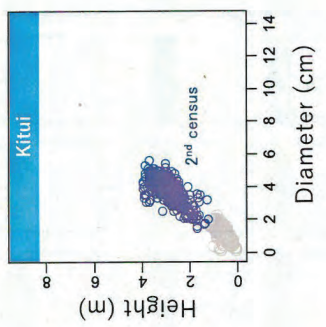


About 1 months after planting



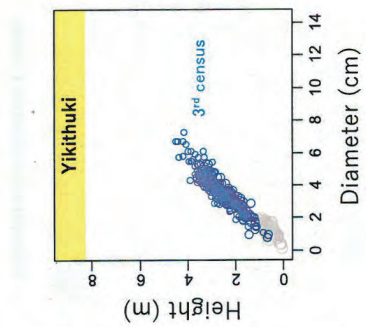
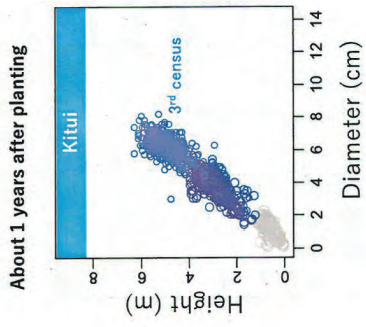
Each circle indicates each planted stem.

Checking the Height ~ Diameter relationship



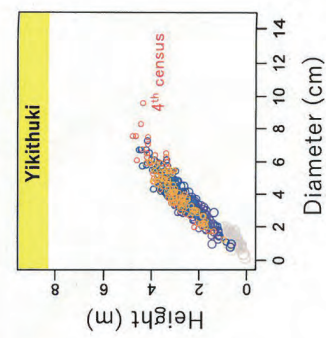
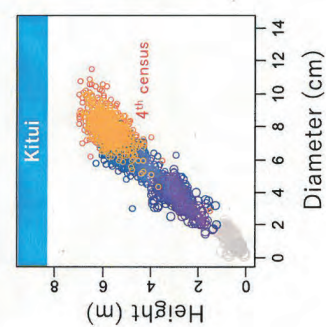
Each circle indicates each planted stem.

Checking the Height ~ Diameter relationship



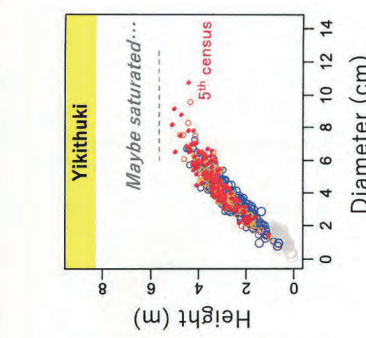
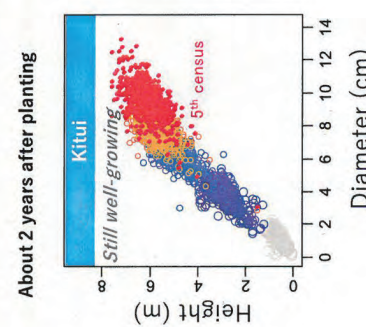
Each circle indicates each planted stem.

Checking the Height ~ Diameter relationship



Each circle indicates each planted stem.

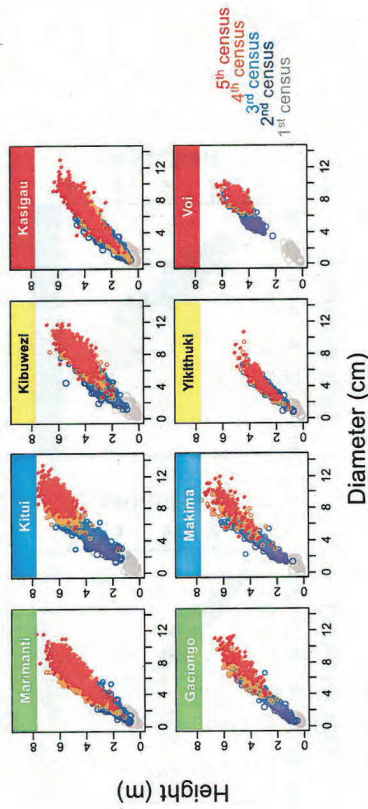
Checking the Height ~ Diameter relationship



Each circle indicates each planted stem.

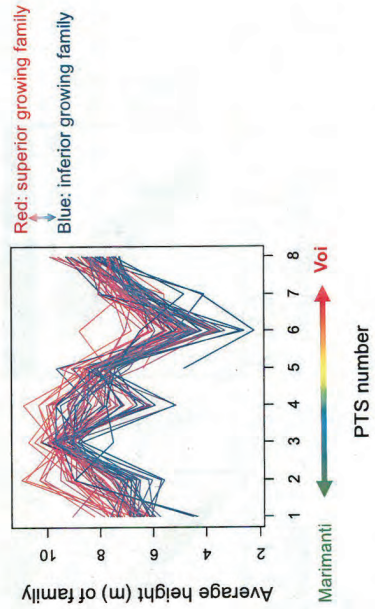
Checking the Height ~ Diameter relationship

There is a large growth variation between sites

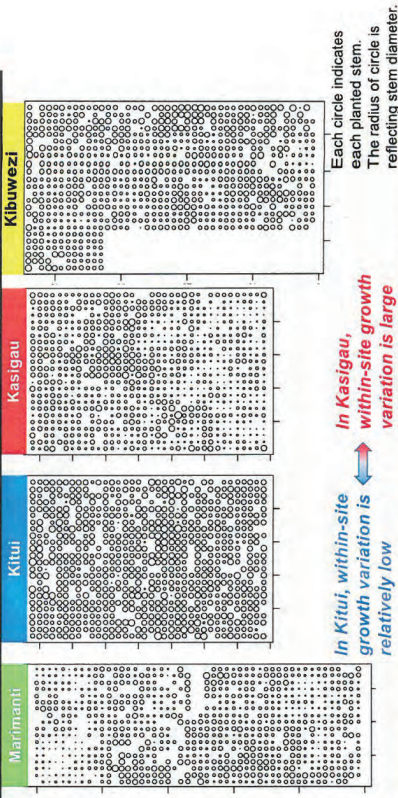


Growth performance across sites

Based on the result from PTS census...
The progenies of "good" families almost show faster growth rates across sites.



Within-site environmental variation affecting tree growth



When evaluating the performances of families/progenies, we should treat carefully the within- and between-site environmental variation that affects *Melia* growth.

To analyse data correctly for the selection of next generation, a "free" useful statistical software "R" has been trained.

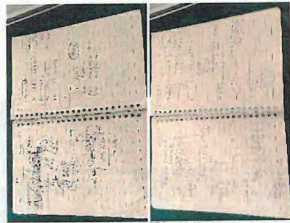
1st Training: Dec 2018



2nd Training: Aug 2019



Index



1) Progress of breeding project of *Melia volkensii*
 - From previous JICA Kenya Breeding project to CADE

2) Business trip Activity (7~13th Dec 2019)

- ~ Capacity development for selecting "good" 2nd generation *Melia* ~
- Lecture for the general theory and computation of Breeding analysis
- Estimation of Heritability
- Backward (for mother's performance) and Forward selection (for progenies' performance)
- Selection of 2nd gen. based on breeding values, considering improvement of multiple traits
- Scientific discussion for the future direction of *Melia* breeding (manageable breeding population size, the number of sub-populations, etc.)

Heritability estimation for *Melia volkensii*, based on four-years-old census data.

To obtain general trends in the heritability estimation for *Melia*, combining the all census data across Kenya (4 main- & 4 sub-PTSs set in 2015).

| Site | #01 | #02 | #03 | #04 | #05 | #06 | #07 | #08 | All |
|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N | 748 | 794 | 769 | 754 | 153 | 137 | 138 | 133 | 3626 |
| Diameter | Mean 12.9 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 11.6 | 10.4 | 8.6 | 10.3 | 10.6 |
| | Max 21.5 | 17.4 | 17.6 | 20.5 | 15.3 | 19.2 | 16.5 | 16.2 | 21.5 |
| SD | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.2 | 3.3 | 2.1 | 2.1 | 2.6 |
| Height | Mean 7.3 | 5.1 | 6.0 | 5.6 | 6.1 | 5.8 | 4.2 | 5.6 | 5.9 |
| | Max 9.9 | 7.5 | 8.9 | 8.2 | 7.8 | 10.8 | 6.2 | 7.9 | 10.8 |
| SD | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 0.8 | 0.6 | 1.7 | 0.8 | 0.9 | 1.3 |

Although there were large among- and within-site environmental variation, it is confirmed that there were significant genetic variations among families and relatively moderate-level heritability in *Melia*.

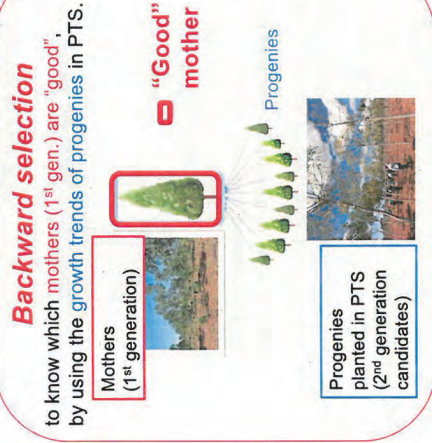
In the breeding analysis, "BreedR" package of R[®] were used to obtain Heritability and BLUP estimations.



SEs are shown in ().

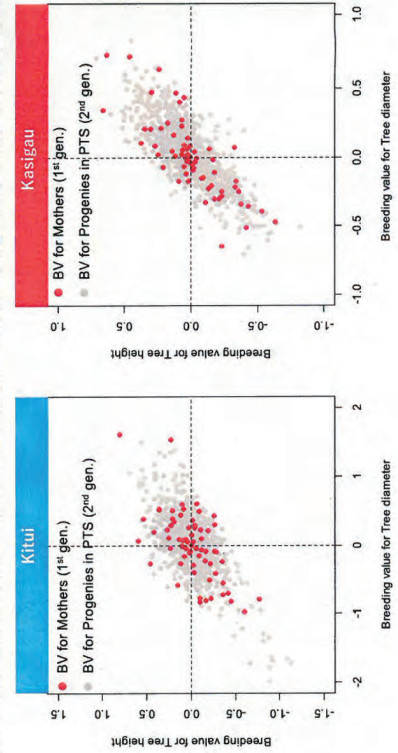
| | |
|-----------------|-------------|
| Stem volume: | 0.23 (0.05) |
| Tree height: | 0.28 (0.06) |
| Trunk diameter: | 0.16 (0.04) |
| Stem form: | 0.16 (0.04) |
| Fecundity: | 0.13 (0.04) |
| Healthiness: | 0.07 (0.03) |

Breeding analysis provides a robust estimation of genetic performance not only for mothers (1st gen.) but also for progenies (2nd gen.), correctly accounting for environmental variation.

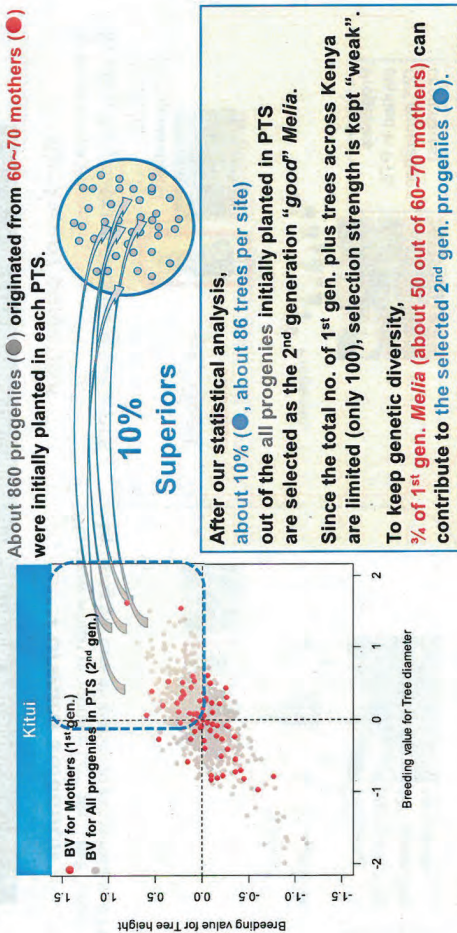


Breeding analysis provides a robust estimation of genetic performance not only for mothers (1st gen.) but also for progenies (2nd gen.), correctly accounting for environmental variation.

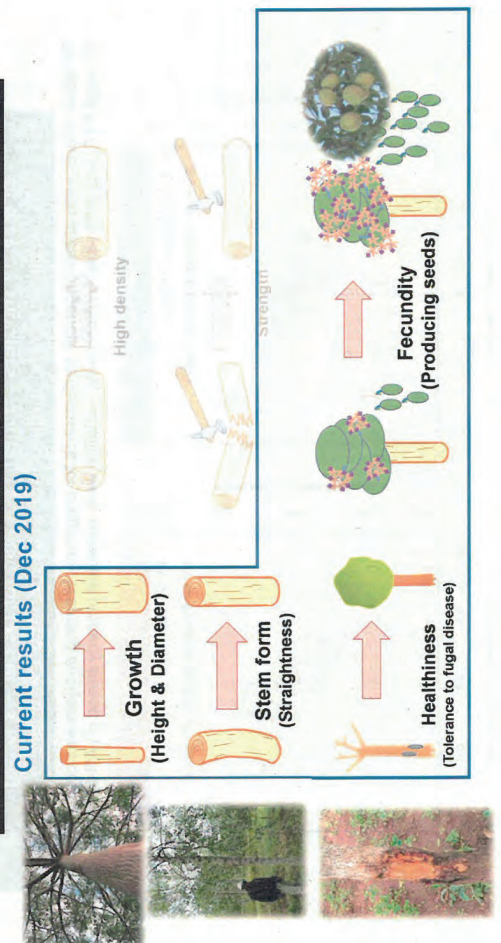
To obtain robust estimations of genetic performance for progenies, breeding analysis was conducted separately for each PTS, and within-site environmental variation were corrected properly based on AR spatial correction.



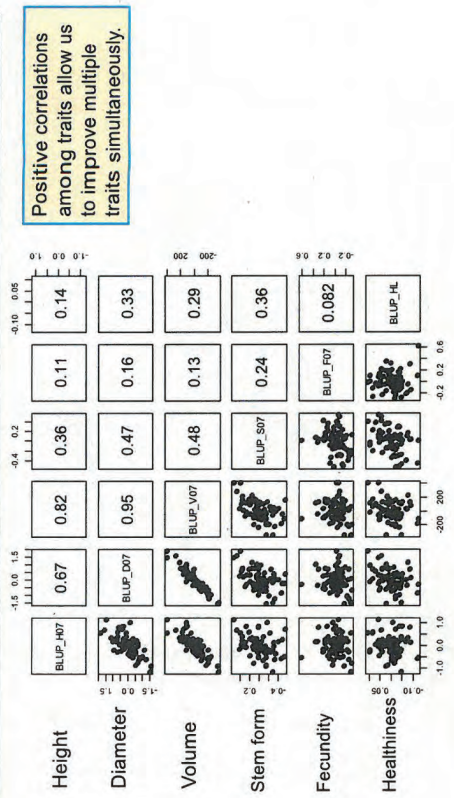
After getting the robust estimation of genetic performance by breeding analysis, top 10% progenies are selected as superior 2nd gen. *Melia*.



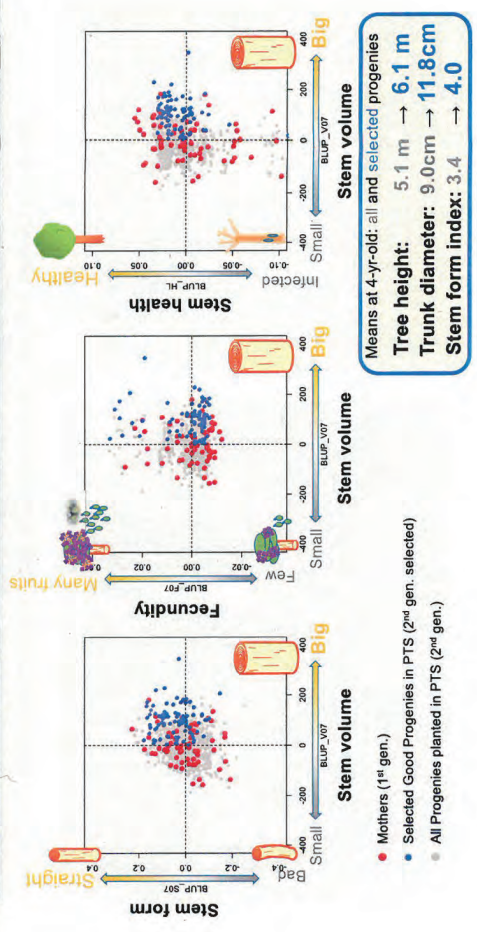
Several traits measured at PTS were analysed



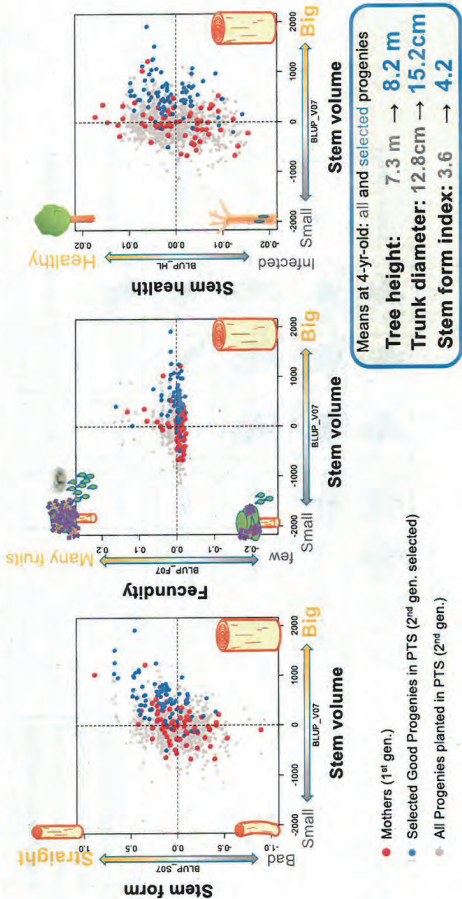
Based on the BV estimations for 1st generations (mothers), there were positive correlations among traits.



Multiple traits (Volume, Stem form, Fecundity and Healthiness) were considered to improve ~ Selection result for Kasigau PTS based on 4-years-old census~



Multiple traits (Volume, Stem form, Fecundity and Healthiness) were considered to improve
 ~ Selection result for Kitui PTS based on 4-years-old census~



- Mothers (1st gen.)
- Selected Good Progenies in PTS (2nd gen. selected)
- All Progenies planted in PTS (2nd gen.)

Several traits (Volume, Stem form, Fecundity and Healthiness) were considered to improve.
 ~ Selection result for Kitui PTS based on 4-years-old census~

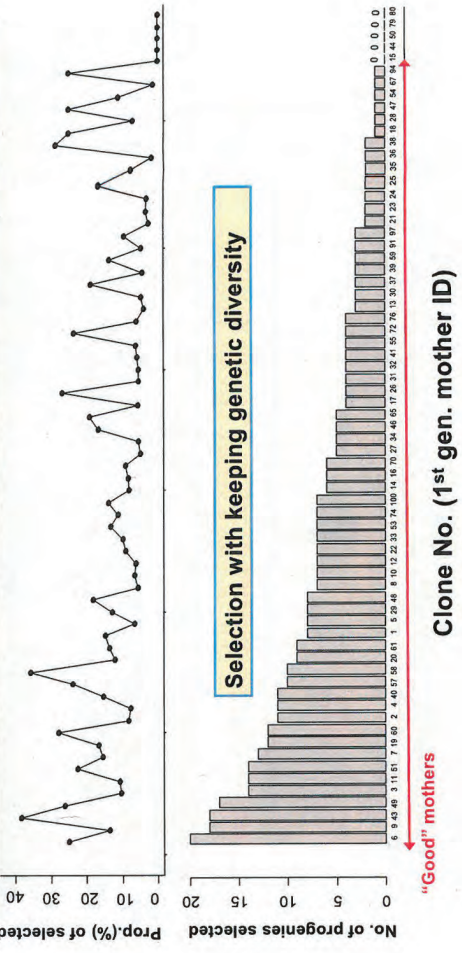
Marking "good" 2nd gen .progenies selected in Kitui 2015-PTS

The largest tree within the PTS achieves 20cm diameter in only 4 yrs

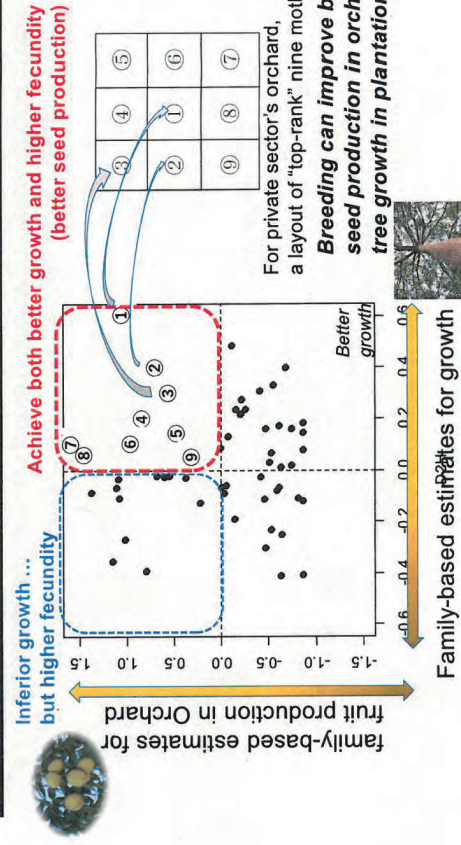


| PTS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |

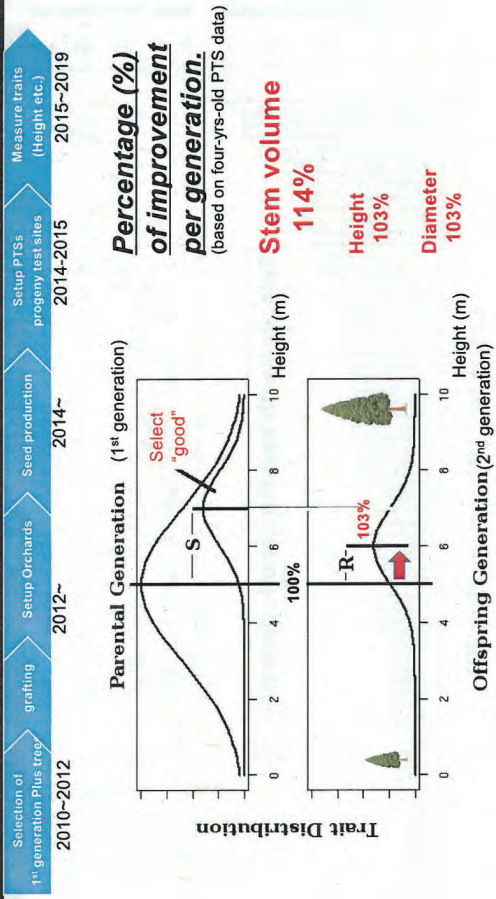
Out of 69 1st generation mothers for setting up PTSs across Kenya,
 64 mothers are keeping contribution to the selected 2nd generations



Based on the estimation both for Growth and Fecundity,
 the performance of current orchards can also be improved more.



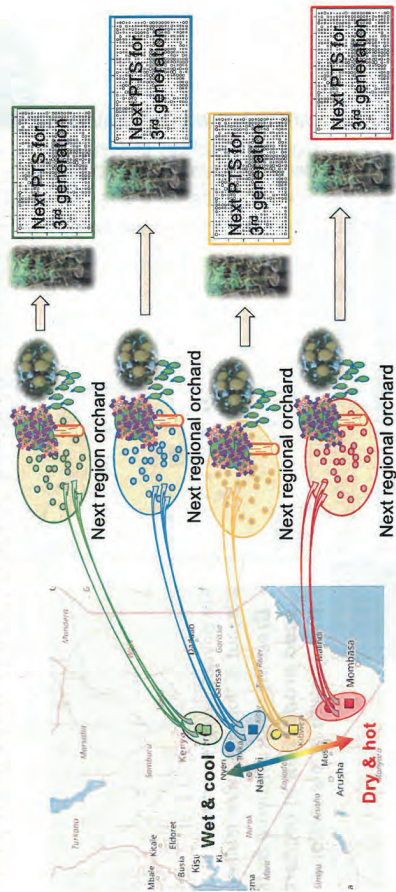
Genetic improvement from 1st to 2nd generation (Just 10 yrs progress)



Future images for Breeding of *Melia volkensii*.

~ from 2nd to 3rd generation ~

In each breeding region, setup next regional orchards comprised by 100 "new mothers" those selected as 2nd gen. *Melia* in each region.



Cycle of tree breeding for *Melia*



Current summary (var. Dec 2019)

- There were significant genetic variations among families in several traits of *Melia*, although there were large between- and within-site variation.
- The progenies of "good" families almost show faster growth across sites.
- Based on breeding analysis accounting correctly for environmental variation, it is confirmed several traits (volume, stem form, fecundity and healthiness) can be improved.
- About 10% out of the all progenies initially planted were selected as 2nd gen.
- To keep genetic diversity, about 1/3 of 1st gen. *Melia* (about 50 out of 60-70 mothers) contribute to the selected 2nd generation.
- Genetic improvement per generation (from 1st to 2nd generation): volume 114%



Topic of Meeting (Aug 2019)

1) Schedule and time span for next generation PTS.

- In Japan (cedar), main logging span (commercial): 30~50years
breeding span : 15 ~ 25yrs for 1st gen.
breeding span : 12 ~ 20yrs for 2nd gen.
- In Japan (cedar), census period for each PTS: 5yrs (~1,5,10,15,20-yrs.old)
each FTBC regional breeding region sets "new" PTSs: 2~4 sites/year.
- In Japan (cedar), the no. of PTS to test 1st gen. are about 30
the no. of PTS to test 2nd gen. are about 25~.

2) Areas, Blocks, and the no. of families/stems per PTS

- In Japan, 1440stems/PTS = 6 blocks x 240 stems/block
about 48 families/PTS, and 30 stems(offsprings) / family

3) How many families (mother) and offspring (2nd gen. candidates)?

Action plan (set at the meeting Aug 2019)

- 1) Setup general idea for Breeding (Schedule, Size, Number of PTSs etc.) in Kenya
when : ~ Dec. 2019
who : Kariuki-san , Omondi-san , Muturi-san
- 2) Selecting the 2nd generation candidates
when : ~ Feb .2020
who : Matsushita, Kariuki-san, Hanaoka-san, Miyashita-san
- 3) Confirm the 2nd generation *Melia*,
accounting for Growth, Stem form, Fecundity, Healthiness and also Wood property
when : ~August. 2020
who : Kariuki-san, Matsushita, Hanaoka-san, Omondi-san, Miyashita-san
- 4) Study for mating system of *Melia*: *checking selfing rates and inbreeding depression*
when : ~ Jun 2020 // Sep ~ Oct 2019, Feb 2020
who : Omondi-san, Hanaoka-san, Kariuki-san, Matsushita

Appendix5- 4-1~8

Dispatched short-term experts
(Component 4: Tree Breeding)

育種

【Tree Breeding】

Appendix 5-4-1 短期専門家の派遣（青種・作業監理）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|--------|--------|---------------|
| 育種（研究） | 宮下 久哉 | 2018.1.29～2.9 |
| 育種（増殖） | 橋本 光司 | 2018.1.29～2.9 |
| 育種（増殖） | 高倉 良紀 | 2018.1.29～2.9 |
| 作業監理 | 上澤上 静雄 | 2018.1.29～2.9 |

1. 日程

| 日時 | 内容 | 宿泊 |
|----------|--|------|
| 1月29日（月） | 移動（日立→羽田） | 宿泊 |
| 30日（火） | 移動（羽田→ドーハー→ナイロビ） キツイへ移動 | キツイ |
| 31日（水） | AM PM メリアさし木試験指導 メリア球果からの種子取り出しの効率化 | キツイ |
| 2月1日（木） | AM PM メリアさし木試験指導 アカシアつぎ木試験指導 | キツイ |
| 2日（金） | AM PM 樹高測定器試行 アカシア採種林等調査 | キツイ |
| 3日（土） | マキマ・サブ検定林調査、ナイロビへ移動 | ナイロビ |
| 4日（日） | 資料整理、資料作成 | ナイロビ |
| 5日（月） | KEFRI 林産研究所視察、CP打合せ | ナイロビ |
| 6日（火） | KEFRI CP打合せ、専門家打合せ | ナイロビ |
| 7日（水） | AM PM ケニア JICA 事務所報告 移動（ナイロビ→ドーハー） | ナイロビ |
| 8日（木） | 移動（ドーハー→羽田） | ドーハー |
| 9日（金） | 移動（羽田→日立） | |

2. 出張の目的

ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクトにおけるコンポーネント4（林木育種）において技術開発を計画しているメリア及びアカシアのクローン増殖について、メリアではさし木、アカシアではつぎ木に関する増殖技術の指導等をケニア森林研究所（KEFRI）C/Pで行う。また、メリア採種園、メリア検定林及びアカシア採種林の管理について、効率的な管理方法の検討を行う。

さらに、育種研究に関し今後の研究計画等について打合せを行う。

3. 出張の概要

3.1 メリアさし木試験指導（写真1～5）

昨年7月～9月に育種センターで実施したメリアと同属種である日本産センダン（*Melia*

azedarach) のさし木試験の結果をもとに、KEFRI キツイセンターにおいてメリアさし木試験の指導をKEFRI キツイセンターC/P（7名）、KEFRI キブエジサブセンターC/P（3名）に行った。

前期育種プロジェクトにおいては、当年枝を用いたさし木試験を行ったが発根は見られなかった。そこで、日本においてセンダンの萌芽枝を用いたさし木試験を試行した結果、40%程度の発根率を示したことから、メリアについても同様に萌芽枝を穂木としてさし木試験を行うこととした。メリアは乾季に葉を落とし雨季后に新芽を出すことから、当初適期である2017年11～12月に試験を行う計画であったが、大統領選挙等により短期専門家派遣が遅れた時期となったため、やや木化した枝を穂木として用いたさし木試験を行った。

センダンでのさし木試験では、採取した穂木を1日流水に入れ穂木の活力を回復させる行程が重要な条件であることが判ったことから、メリアでも同様に採取した穂木を流水に1日浸漬することをC/Pに資料を用いて詳細に説明した。さらに穂木は30cm以上、できれば50cm程度の長さが適していることが試行結果から判ったため、メリアにおいても同様の長さにするよう指導した。穂木の採取については、ティバのメリア採種園においてどのような枝が適しているかをケニア側C/Pに説明し、時期的にはやや遅くなっていたが萌芽枝に近い枝を2クローンから採取した。前期プロジェクトにおいて、C/Pにはつぎ木用の穂木の最適な採取方法を指導したことから、今回も穂木選定については理解が早く、また、特に指示を出していなかったがクワラーボックスと水を含んだ新聞紙を自ら用意するなど、穂木の取扱についてこれまでの指導の成果が現れていた。

さし木の実施については、前期プロジェクトにおいて試行したことから、短期専門家からの実演後はC/Pが穂木づくり、さし木試験を実施した。養苗は、屋外被陰下の発芽育苗用の小型ビニールハウスに静置することとし、毎日の灌水、1週間毎の写真撮影、1～2ヶ月後の発根状況調査を指示した。さし木の適期となる5月に育種センターから短期専門家を派遣し、再度さし木試験を指導する予定である。

なお、ケニアではこれまで育苗に使用してきたプラスチックバッグ（苗木用ポット、スーパールのレジ袋などもこれに該当する）の使用が全面的に禁止されたことから、今後は生分解性のポットを苗木用を使用することであった。さし木試験もこれまで大型の苗木用ポットを用いて実施していたが、今回はバケツを調達し苗木床として使用した。今後は、取り扱いが容易な径が小さいロングポットが適していることをC/Pに説明し調査を指示した。

3.2 アカシアつぎ木試験指導（写真6）

アカシアについてはこれまでクローン増殖技術が開発されていなかったため、クローン増殖を実施出来なかったが、今後優良系統の採種園造成が必要となることから、メリア同様つぎ木、さし木等のクローン増殖技術の開発に取り組みものである。

つぎ木に関しては、メリアでのつぎ木活着率が70～90%となっており、C/Pへのつぎ木の技術移転はすでに行われていると考えられる。今回は、アカシアのつぎ木について、穂木の選定及び調整方法を中心に指導した。短期専門家の実演では、キツイ苗圃に植栽された5年生のアカシアから適切な穂木を採取しつぎ木を試行した。C/Pからは、アカシアは穂木がメリアに較べて細くて柔らかいため、慎重な取扱が必要と積極的に意見が出され、C/Pが適期に試みることをとした。

3.3 メリア球果（ナッツ）からの種子取り出しの効率化（写真7～9）

堅牢なナッツから種子を取り出す方法としてナイフを用いてナッツを割り種子を取り出ししているが、種子の破壊も多く獲得率も50%程度と推測されている。今回日本製クムリ器

を用いて効率的な種子取り出しについて検討を行った。乾燥が進んだ堅果を用いたことから、予想以上にナッツが堅かくかなりの程力が必要であった。そこでC P Pと検討し、採種圃から採取直後のフルーツの状態での使用が効果的であると考え、今後取り組むこととした。

3. 4 レーザー樹高測定器の試行 (写真1 0)

これまでは8 m測距での樹高測定が可能であったが、植栽してから3年が経過し、樹高が高くなったことから測距での測定が難しくなることを予想した。そこで、検定林調査の効率化を図るため、レーザー樹高測定器の導入についてC P Pとともに検討した。屋外での測定であることから遮光メガネを用いて実習を行ったが、レーザー光の照射点が小さく確認が困難であり、今後改良の必要があることをC P Pと確認した。

前期プロジェクトにおいては、日本で使用している樹高測定器(パーテックス)の使用に關して講習会を3回開催したが、技能取得が難しい機種であった。今回は簡易な樹高測定器を試行したが、上述のように照射点の確認に集中力が必要であった。樹高測定に關しては、パーテックスを取り扱えることが可能な者についてさらに指導を行い、プロジェクト担当者全体ではなく一部の者限定となってしまうが、技術移転を図ることを検討しなければならぬ。

3. 5 現地調査

キツイのメリア採種圃、メリア検定林及びアカシア採種圃、マキマのメリアサブ検定林の調査、視察を行った。

I キツイサイト

○メリア採種圃 (写真1 1)

すでに乾季に入っているがまだほとんどの個体が葉を残していた。2017年11月に採種圃全体で徹底的に除草を実施したとのことであった。その後乾季となり、視察時にそれほど雑草の繁茂は見られなかった。

○アカシア採種圃 (写真1 2、1 3)

(2015年12月植栽_樹高: 2~5m、2016年4月植栽_樹高: 1~4m)

順調に成長しており樹幹が立ち始めた個体も多く観察出来た。系統による樹形や成長の差も生じており、今後どのような施業(間伐、整枝・剪定等)を行うかC P Pとともに検討することとした。

II マキマ・メリアサブ検定林

○メリア検定林 (写真1 4)

(2015年12月植栽_樹高: 4~8m、DBH: 4~10 cm)

樹高に差が生じ始めている。検定林全体では、概ね良好な生長である。風の強い場所である一方で、林縁に植栽された個体は、やや風害を受けているように見受けられた。雨季には樹冠下で豆類を栽培しているが、乾季とたたため地表は少し雑草がある程度で管理も適切に行われている。

III K E F R I 林産研究所附属木材加工工場視察 (写真1 5~1 8)

K E F R I 林産研究所は、ナイロビ北部カウラ(写1 5)にあるケニア森林公社(K F S)の敷地に隣接しており、ケニア産木材を利用した主に家具を試験製造する木材加工工場を持っている。主な樹種は造林された25年生程度の外来のヒノキ属樹種で、直径30~45 cm程度の材が最近導入されたドイツ製材機により加工されている。

また、様々な樹種や廃材を利用した木炭製造試験(炭窯は日本からの援助)も行われている。

3. 6 育種研究

Dr. Ndufa キツイセンター所長と、メリア採種圃及びメリア検定林における、幹密度と強度に關する材質調査について打合せを行った。メリア採種圃については、植栽後5年を経過し肥大成長が進んでいることから、第2回目の調査時期について検討した。メリア検定林については、プロジェクト期間内の調査が可能かも含めて、今後の肥大成長の過程を窺いしながら検討していくことを確認した。

Ms. Nellie 林産研究所副所長と、メリアの年輪解析及び静的試験の取りまとめについて打ち合わせを行った。また、Dr. Ndufa 所長との打合せ結果を踏まえた、今後の材質調査のスケジュールについて検討した。万能試験機を扱う技師のMr. Dominic氏が今年定年退職するため、退職するまでに新規採用を行い、採用者を工学等の研修に派遣し、さらにMr. Dominic氏からも機器操作の指導を受けよう計画している旨を説明された。

Mr. Kariuki K E F R I 育種担当と、検定林調査データの解析結果の検討及び今後の育種戦略について打ち合わせを行った。植栽2年次(4回の生長期を経過した段階)の解析結果を用いて、初期成長段階での樹高成長と肥大成長に關して、他の広葉樹種における知見を参考に意見交換を行った。また、検定林調査方法について、芽かきを終了したことを考慮した調査スケジュールを検討した。さらに、これまでの次代検定の結果を踏まえた今後の育種戦略の作成について検討した。

4. J I C A 事務所報告

天目石次長及び小此木プロジェクト担当に出張の概要を報告した。とくに採種圃や検定林等の管理については、警備員のケニア側負担、除草作業の効率化等により経費負担を削減することをケニア側と検討している旨を報告した。次長からは、ケニア側予算は計上、配算、執行の3つの壁があり、実際にK E F R I が執行できるまで不透明であることから、K E F R I への継続した予算手当の要請が必要であるというコメントが出された。また、来年度はJ I C A 予算が非常に厳しい状況であることから、短期専門家派遣を含め効率的な事業実施の要請があった。

5. 今後の課題等

○1月期検定林調査の実施

これまで検定林生長量調査については年2回K E F R I 側の予算で実施されてきたが、今ケニア会計年度(2017年7月~2018年6月)は大統領選挙等に政府予算が割かれ、K E F R I の予算が大幅に削減されたことから、調査に係る予算(旅費)についてプロジェクトに約50万Kshの支援要請が出ている。2015年に植栽した検定林において、植栽後3年目の重要な調査となることから、高野チームとも相談し、プロジェクトから30万Kshを支出することとし、K E F R I 側から残りの予算を確保するよう要望した。調査は、当面プロジェクトから支出する30万Kshの予算で早急に開始することとした。

なお、検定林調査については調査方法の効率化及び年1回の調査等によりコストを削減することでC P Pと調整を行った。

○採種圃等管理

採種圃及び各検定林等の維持管理については、今年度はプロジェクトから毎月50万Ksh(約55万円)、年間600万Kshの予算により実施されている。来年度は大幅な予算削減が求められていることから、採種圃等管理責任者のキツイセンター所長Dr. Ndufaと育種コンポーネント副マネージャーMr. Kariuki 及び高野チームとともに維持管理費削減につい

て打合せを行った。警備員経費が全体の35%程度を占め最も負担が大きいため、ケニア側の予算措置を要望するとともに、来年度の維持管理について予算計画を作成するよう要請し、3月に高野チーフと再度検討することとなった。除草についても大きな負担となっていることから、時期、回数、除草方法等について効率化する具体的方策を検討する必要がある。来年度はCPとともに現地検討を実施する予定である。

○角斤改変

昨年の大統領選挙ことのない内閣も刷新され、KEFRI、KFSの所属する環境天然資源省が環境森林省(Ministry of Environment and Forestry)に名称が変更されることとなった。森林が省名に明記されたことから、ケニア側のプロジェクトへのさらなる支援を期待したい。

6. 主な面談者

- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター長 Dr. James Ndufa
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Auka
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Kyalo
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キブエジサブセンター Mr. Pius
- ケニア森林研究所 (KEFRI) 育種担当 Mr. Jason Kariuki
- ケニア森林研究所 (KEFRI) 林産研究所 Ms. Nellie Oduor
- JICA ケニア事務所次長 天目石慎二郎氏
- JICA ケニア事務所企画調査員 小此木陽子氏
- JICA ケニア事務所 Senior Programme Officer Mr. John N. Ngugi
- CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高野憲一氏
- CADEP プロジェクト地域協力専門家/業務調整 本庄由紀氏



写真1 適正なさし木穂木選定についての指導
(メリア採種園)



写真2 穂木調整の様子
(キツイセンター内実験室)



写真3 穂木の流水処理
(キツイセンター内実験室)



写真4 CPによるさし木試験
(ピニールポットが法令により使用禁止となったことからハケツをさし木床として使用)



写真5 発芽育苗用小型ピニールハウス
(湿度保持は可能、種子発芽に利用している)



写真6 アカンアツき木増殖指導
(爪切りによるとげ、枝葉除去)



写真7 メリア球果（ナッツ）
（3～6個の種子が入っている）



写真8 クルミ割り器によるナッツ割



写真9 従来のナッツ割の様子
（専任の技術者により種子分離、この作業員は推定70%程度の獲得率、他の作業員は獲得率が低い）



写真10 レーザー樹高測定器の試行



写真11 キツイーメリア採種圃
（葉が落ちていない個体が多い）



写真12 キツイーアカシア実生採種林
（2015年12月撮影）



写真13 キツイーアカシア実生採種林
（2016年4月撮影）



写真14 マキマーメリアサブ検定林
（2015年12月撮影）



写真15 KEFRI 林産研究所木材加工工場
（製炭試験器（日本からの技術提供））



写真16 木材加工工場
（ヒノキ材によるベッドフレームの製作）



写真17 ドイツ製製材機(WOOD-MIZER)
（水平・垂直両方向の加工が可能）



写真18 ヒノキ材ストックヤード
（造林後35年程度で芯腐れが発生）

Appendix 5-4-2 短期専門家の派遣（青種・作業監理）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|--------|--------|----------------|
| 青種（増殖） | 橋本 光司 | 2018.4.17～4.25 |
| 作業監理 | 上澤上 静雄 | 2018.4.17～4.25 |

1. 日程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|----------|---|------|
| 4月17日（火） | 移動（日立→羽田） | |
| 18日（水） | 移動（羽田→ドーハ→ナイロビ） キツイへ移動 | キツイ |
| 19日（木） | メリアさし木試験指導 | キツイ |
| 20日（金） | AM メリアさし木試験指導、検定林データ収集 PM メリア検定林、アカシア採種林調査 | キツイ |
| 21日（土） | AM キブエジへ移動 PM メリア採種園、アカシア採種林調査 ナイロビへ移動 | ナイロビ |
| 22日（日） | AM 資料整理 PM 専門家打合せ | ナイロビ |
| 23日（月） | AM KEFRI CP 打合せ、専門家打合せ PM 移動（ナイロビ→ドーハ） | |
| 24日（火） | 移動（ドーハ→羽田） | 東京 |
| 25日（水） | 移動（羽田→日立） | |

2. 出張の目的

ケニア国特設的森林管理能力強化プロジェクトにおけるコンポーネント4（林木育種）において技術開発を予定しているメリアのさし木増殖技術の指導等を行うとともに、今年2月に実施したメリア及びアカシア検定林の調査データを入手する。

3. 出張の概要

3.1 メリアさし木試験指導（写真1～7）

本年1月に実施したメリアさし木試験は、探種の適期を少し過ぎていたことから残念ながら発根は見られなかった。メリアのさし木の適期については日本での「梅雨ざし」と同じ条件として、本格的な雨期が始まってから1ヶ月後が探種の適期と判断されている。今年は例年より1ヶ月ほど早く3月上旬から本格的な降雨が観測されていることから、5月に予定していたメリアさし木試験を4月下旬に行うこととし、今回キツイセンターにおいて苗畑担当C Pに技術指導を行った。

ティバのメリア採種園では、雨期に入りメリアの成長も順調で探種には適期であったことから、今回は10クローンから採種しさし木試験（1クローンあたり10本のさし木）を行うこととした。昨年整枝・選定したメリアでは樹冠上部に最適な当年枝があることから、高枝

鋏を使って探種を行った。さし木は前回と同様50cm程度の穂木を採取し、穂木の上部に葉を一對残して長さ40cmに調整し、1日流水に浸漬して活力を回復させた後さし木を行った。採種したクローンは次のとおりである。

（クローンNO.18, 25, 34, 44, 45, 47, 56, 58, 67, 98）

さし木手法についてはこれまでも指導してきたことから、実演後はC P全員により穂木づくり、さし木を実施した。さし木ポットは袋かけをして適度な湿度を保つようにしキツイ苗畑の寒冷紗下で養苗することとし、適度の灌水、1週間毎の写真撮影、1～2ヶ月後の発根状況調査を指示した。

今回のさし木試験では、これまでで最も適したさし木の採取ができたと考えられる。前回の試験では流水に1日浸漬したことによる穂の活力の回復は顕著ではなかったが、今回は具体的に確認されたことから、ある程度の発根が期待できるものと思われる。新芽の成長は、例年10月下旬から始まる次の雨期後にも期待できることから、今回の試験結果を踏まえさし木の適期となる11月中～下旬に青種センターから短期専門家を派遣し、さし木マニュアル作成を含め再度さし木試験を行うこととした。

なお、ケニアではプラスチックバグ（スーパーパーのレジ袋、苗木ポットなど）の使用が全面的に禁止されたことから、今回は深さ30cm程度の育苗ポットを持参しさし木床として使用した。キツイセンターに残っている大型の苗木ポットも使用したが、今後購入ができればなることからさし木床に用いるポット調達についても検討が必要である。

3.2 現地調査

ティバのメリア採種園、検定林及びアカシア採種林、キブエジのメリア採種園、アカシア採種林の調査、視察を行った。

I ティバサイト

○メリア採種園（写真8）

雨期に入り下草も1mほどとなり、まもなく草刈を始める予定である。

○メリア検定林（写真9、10）

2014年植栽検定林では直径が15cmを超えているものもあり樹冠も広がっている。2015年植栽検定林では上長成長も良好で強風による曲がりも補正されている。検定林内の下草の繁茂は採種園に較べてかなり少ない。植栽年が2～3年遅いが植栽密度の影響も大きいものと考えられる。

○アカシア採種林（写真11）

順調に成長しており樹幹が立ち始めた個体も多い。草刈を開始していたが、10人で10日間の作業予定（2.5ha）とのことである。

II キブエジサイト

○メリア採種園（写真12、13）

今年の降雨量は例年よりかなり多いとのこと、下草もキツイサイトより少ないもの50cm以上に成長しており、まもなく草刈を始める予定である。キブエジでは25人で12日間の草刈作業（11ha）が必要で、キツイではこれ以上に人工が必要とのことである。

○アカシア採種林（写真14）

樹高に差が生じているが、概ね良好な生長である。ティバサイトのアカシア採種林より少し成長が遅くなっている。

4. 今後の課題等

○採種園管理

今年のように降雨量が長く続く場合の草刈については、最適な時期及び頻度

写真

について草の繁茂状況を把握しながら適切な管理を行う必要がある。管理費削減の観点からも草刈方法、頻度等について引き続きCPと検討していくこととしたい。

○育種研究に係る予算

苗木による耐乾薬性試験やメリア人工交配試験に係るDNA分析等育種研究に係る予算が今後必要となるが、これらの予算についてはプロジェクトの現地活動費からの支出は困難なので、林木育種センターが持つ委託費から振り替えて支出することとし、その概算を計上するよう担当CPに依頼した。

○メリア、アカシア増殖試験

今回のメリアさし木試験は最適さし木種が確保できたことから、30%以上の養分を期待している。今回の結果を踏まえ次の雨期である11月頃に再度さし木試験を行う予定である。アカシアの増殖試験についても11月にさし木、つぎ木試験を行うこととしたい。

○メリア、アカシア検定林調査データ

今年2~3月に実施された検定林調査データ(野帳)を入手したので、非常勤職員によりExcelファイルに入力しデータ解析を行う予定である。

○合同調整委員会(JCC)の開催

7月中旬にJCCが開催されることから、短期専門家(作業監理)2名を派遣する予定で、この中で検定林調査結果等を成果として発表することとしたい。なお、JICA地球環境部から担当課長らの出席も予定されているとのことである。

○KEPRI 所長退任

KEPRI 所長 Dr. Chikamai は5月までの任期であったが早期退任となり、現在所長不在となっている。後任所長の入選は公募により行われており、現在KEPRI 首席次長 Dr. Njuguna、KEPRI 次長 Dr. Muturi (林木育種コンポネントマネージャー)、KEPRI キツイセンター所長 Dr. Ndufa (林木育種サイトマネージャー)らが応募しているとのことで、5月以降に決定される予定である。

6. 主な面談者

- ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター Mr. Auka
- ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター Ms. Floza
- ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター Ms. Florence
- ケニア森林研究所 (KEPRI) キツイセンター Ms. Meli
- ケニア森林研究所 (KEPRI) 育種担当 Mr. Jason Kariuki
- ケニア森林研究所 (KEPRI) 育種担当 Mr. Paul
- CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高野憲一氏
- CADEP ブリジエクト地域協力専門家/業務調整 本庄由紀氏



写真1 適正なさし木種木選定についての指導 (メリア採種圃)



写真2 高枝鉋による種木採取の様子 (メリア採種圃)



写真3 種木の調整 (キツイセンター内試験室)



写真4 流水浸漬(1日)後の種の様子 (種が水を吸い上げ活かも回復)



写真5 さし木手法指導 (ポットは日本から持参したもの)



写真6 CPによるさし木 (1ポットに5本のさし木)



写真7 さし木苗
(キツイ苗畑の寒冷紗下で養苗)



写真8 ティバ-メリア採種園
(下草は1m程度)



写真9 ティバ-メリア検定林
(2014年12月植栽)



写真10 ティバ-メリア検定林
(2015年12月植栽)



写真11 ティバ-メリア実生採種林の草刈
(2015年12月植栽、タワーから撮影)



写真12 キブエ-メリア採種園
(新芽の成長は良好)



写真13 キブエ-メリア採種園
(下草は50cm程度)



写真15 CPとの打合せ (右から Mr. Kariuki, Mr. Kamondo, Dr. Omondi, Mr. Paul, KEFRI 本部会議室)



写真14 キブエ-メリア実生採種林
(2015年12月植栽、タワーから撮影)

Appendix 5-4-3 短期専門家の派遣（育種・作業監理）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|--------|--------|----------------|
| 育種（研究） | 宮下 久哉 | 2018.7.30～8.10 |
| 作業監理 | 上澤上 静雄 | 2018.7.30～8.10 |

1. 日程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|----------|---|------|
| 7月30日(月) | 移動（日立・津山→羽田） | 宿泊 |
| 31日(火) | 移動（羽田→ドバイ→ナイロビ） キツイへ移動 | キツイ |
| 8月1日(水) | AM ピロデイン測定の指導 PM メリア検定林にて材質調査 | キツイ |
| 2日(木) | メリア検定林にて材質調査 | キツイ |
| 3日(金) | メリア検定林にて材質調査 | キツイ |
| 4日(土) | メリア植林地視察 (Better Globe Forestry) | キツイ |
| 5日(日) | 資料整理、資料作成 | キツイ |
| 6日(月) | AM アカシア実生採種林の間伐に関する現地検討 PM バーテックス樹高測定指導 KEFRI Drylands Eco-region Research Programme KituiにてCP打合せ(Ndufa 所長) | キツイ |
| 7日(火) | AM ナイロビへ移動 PM KEFRI Forest Products Research Centre Karura (KEFRI 林産研究所)にてCP打合せ(Nellie 副所長) | ナイロビ |
| 8日(水) | AM CADEP 専門家打合せ PM 移動（ナイロビ→ドバイ） | ドバイ |
| 9日(木) | 移動（ドバイ→羽田） | 羽田 |
| 10日(金) | 移動（羽田→日立・津山） | |

2. 出張の目的

ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクトにおけるコンポーネント4（林木育種）において、メリアの材質特性を把握するため、強度及び密度について材質調査を実施する。また、アカシア実生採種林の間伐について実施時期及び方法をCPと協議し、今後の育成管理計画を検討する。さらに、育種研究について今後の研究計画等を

CPと打合せする。

3. 出張の概要

3.1 メリアの材質調査（写真1～3）

メリアプラサツリーの材質特性に関する後代検定を行うため、メリア次代検定林において、材質調査を実施した。調査対象検定林は、ティバに2014年及び2015年に造成した2箇所とした。材質調査は、強度及び密度について実施した。調査方法は、立木状態での非破壊の測定方法にて行った。測定機器は、前期プロジェクトで導入したツリーゾン及びピロデインを用いた。ツリーゾン及びピロデインによる測定では強度の評価、ピロデインによる測定では密度の評価を行う。また、メリアプラサツリークロームの材質特性を評価するため、ティバのメリア採種園において、ピロデインによる測定を実施した。

材質調査を開始するにあたり、CPは2014年6月以来4年ぶりの調査であったので、調査前にKEFRI キツイセンターのCP6名に対して、測定機器の使用方法について指導を行った。CPは、準備段階で配置図、野帳板、腐朽防止用のトップジンペースト等を、指示前から用意していた。前回の材質調査において、2,600本の調査を行ったことから、材質調査に対して十分な知識と経験を取得できていることが伺えた。今回の調査では、調査における各自の担当を①測定者②野帳記入者③測定後の樹体保護のためにトップジンを塗布する者、といった3つに分けて行うこととした。調査前の指導では、機器の操作方法やトップジンの塗布方法等について説明し、担当以外の作業でもお互いに声掛けしながら進めるように、作業について全員の意思統一を図った。

続いて、ティバのメリア次代検定林にて、ツリーゾン及びピロデインの測定を行った。ツリーゾンの測定は短期専門家がを行い、ピロデイン測定はCPが行った。ツリーゾンの測定は、1時間あたり40本のペースであった。ピロデイン測定は1時間あたり80本のペースであった。出張時のケニアは、乾季でありまた1番寒い時期であったが、正午には気温が高くなりまた直射日光による日焼けおよび林内での調査移動距離が長いことから、体力の消耗が激しかったため、長時間の野外作業を避けて1日4時間程度の調査とした。CPは、始業時間前にもかかわらず自主的にキツイセンターに集合し、暑い時間での作業を避けることに努めた。

今回の出張では、メリア次代検定林における測定は終了したが、メリア採種園での測定は終わらなかった。そのため、CPに残りの測定（キプエジサイトを含む）を依頼した。今回の測定データは、日本でPC入力し、EメールにてCPへデータを送付することとした。未調査分の採種園の測定データは、ケニアにおいてもPC入力するが、測定後直ちに野帳をスキャンして日本にEメールにてデータを送付することも確認した。

なお、効率的な樹高測定を行うためバーテックスによる樹高測定方法をCPへ指導したが、測定者による測定値の違いが大きいこと、測竿による測定が可能な樹高であることなどから、検定林調査はこれまでどおり測竿で行うこととした。

3.2 アカシア実生採種林の間伐による改良（写真4～6）

2015年12月及び2016年4月に造成したアカシア実生採種林について、KEFRI キツイセンター所長 Dr. Ndufa 氏と間伐に採種林改良に関する打合せを行った。2015年12月

に造成した採種林については、定期調査が予定されていることから枝打ち及び下草の刈り払いを実施していた。アカシアは水平方向へ枝を張りやすいため、垂直方向への樹幹誘導を目的として枝打ちを行っており、枝条の整理も実施し林内はきれいに整備されていた。

2015年12月に造成した採種林は、ほぼすべての植栽木が自立しており支柱による指示の必要がなくなっている状態であった。また、2018年2月の出張時と比較して、一斉にアカシアが自立したように感じるほど、予想より生長が早く前回とは全く違った様相を呈していた。

Ndufa 所長との打ち合わせでは、2015年12月に造成した採種林は2019年8月から11月の期間に、2016年4月に造成した採種林は2020年8月から11月の期間に間伐する方向で検討することを確認した。間伐は、植栽木の成長がよいことから、点状ではなく列状で行うことを説明した。ただし間伐については、KEFRHQ_Muguga の Mr. Kariuki 青種担当と打合せをしてから正式に決定することを伝えた。なお、8月7日から Kariuki 青種担当がキツイセンターに赴き、メリア次代検定林及びアカシア実生採種林の定期調査を実施する予定である。

なお、アカシア採種林では数家系において鞘が確認された。植栽後2年で開花・結実が確認されたのは予想より早いが、今後発芽試験により種子の充実度等の確認が必要である。

3. 3 青種研究に関する打合せ

Dr. Ndufa キツイセンター所長と、メリアの材密度とバイオマスマ量に関するに研究結果の取りまとめについて打合せを行った。また、メリア採種園及びメリア検定林における材質調査について打合せを行った。2015年に造成したメリア検定林については、強度の測定がプロジェクト期間内可能かどうか、今後の肥大成長の過程を観察しながら検討していくことを確認した。

Ms. Nellie 林産研究所副所長と、メリアの年輪解析及び静的試験の取りまとめについて打合せを行った。また、Dr. Ndufa 所長との打合せ結果を踏まえた、今後の材質調査のスケジュールについて説明した。万能試験機を扱う技師の Mr. Dominic 氏が今年定年退職するため、退職するまでに新規採用を行い、採用者を大学等の研修に派遣し、さらに Mr. Dominic 氏からも機器操作の指導を受けるように計画している旨を説明された。

3. 4 民間セクターによるメリア植林地の視察 (写真7~14)

ツリゾンニックによる調査を早めに終了することができたことから、Ndufa 所長と民間セクターメリア植林地の視察を行った。キツイセンターから北に80kmに位置する Lake Kiambere (キアンベア湖)の湖畔に Better Globe Forestry Ltd. が2006年12月よりメリアの植林を開始し現在約300haを造成している。植林には、The Tana and Athi Rivers Development Authority (タナ・アティリバー開発公社)が用地提供及び支援を行っている。

(参照：<https://www.betterglobe.com/published.aspx/Public/KiamberePilot>)

これまでに、CADEP 専門家 (林木青種センターを含む)、KEFRI の CP 及び KFS の CP が

数回視察に訪れており、昨年からはキツイセンターのメリア採種園産の種子を購入している。

今回の訪問では苗畑主任から苗木生産を中心に説明を受けた。BGF では、自らが植栽したサイトから母樹を決めて種子を採取し、ナッツ殻から種子の取り出し、ピニールトネル内での発芽、発芽した毛苗の生分解性ポットへの移植、苗木の育成、植栽、といった一貫した植林活動が出来る体制を整えていた。ケニアではプラスチックバッグの使用が法律で禁止され、苗木生産用バッグも使用できなくなることから、BGF では中国から生分解性ポットを直輸入している (1個 4ksh、約4.4円、プラスチックバッグの倍以上)。同行した KEFRI キツイセンターの Ndufa 所長も参考のため持ち帰っていた。BGF でのメリアの苗木生産量は2017年120万本で主に契約農家等へ配布している。今回の訪問時には、季節雇用を含めて約60名が苗畑で働いていた。

BGF が植栽したメリア林は、成林していた場合や不成績造林地となっていた場合を見ることが出来た。植栽年にかかわらず、植栽場所によって成長や生存率に大きな影響がみられた。風衝被害や日照条件による被災、土壌水分量による差など、これまでに見聞きしていたメリア植林において起こっていた問題をすべて観察することが出来た。そうした中でも、すでに300ヘクタールものメリアの植林を成功させていることから、今後のプロジェクト活動において、メリア植林の成功モデルとして BGF との連携は重要になってくると考えられる。

BGF のサイトまでは、キツイセンターから BGF の事務所がある Mwingi まで舗装路を100km移動し、その後道案内の職員に同行して貰いラフロードを進む。Mwingi まで1時間30分掛かり、さらにラフロードを1時間30分程掛るので、移動に3時間を要する。ラフロードが長いので、移動に大変渡れるのだが、一見の価値があるサイトであった。

4. CADEP 専門家との打合せ

高畑チーフアドバイザーに、今回の出張の概要を説明した。材質調査は、キツイセンターの協力により順調に進み、採種園での未調査分も CP に依頼した。アカシア実生採種林の間伐については、アカシア採種林の成長も想定以上であり、キツイセンターによる育成管理も適切であったことを伝えた。課題となったプロジェク経費の運用について、とくに採種園、採種林及び検定林の育成管理は、警備員の見直しや除草作業の効率化によって経費の削減を図ることを検討しているが、プッシュカッターの購入といった新たなアイデアが出されたので、今後もケニア側の負担要請とともに日本側でも経費削減に向けたアイデア出しをケニア側とともに検討することを確認した。

5. 今後の課題等

○KEFRI 所長の交代

2期6年 KEFRI 所長を勤めた Ben Chikamai 氏が勇退し、The Network for Natural Gums and Resins in Africa の Executive Secretary に就任した。出張時には後任の所長が決まっておらず、5か月もの空席の状態となっている。Dr. Jane Njuguna, Dr. Gabriel Muturi, Dr. James Ndufa (ほか1名) が KEFRI からの候補者であり、出張の前週に面接を受けていた。

写真

Dr. Jane Njuguna は Pathologist であり、KEPRI の Ag (Adjutant general) Director である。メリア採種圃に病虫害被害が発生したときに、キツイまで出張して貰い、病理片の採取と解析を行い、FFPRI の佐橋短期専門家とともに対処方法を提案して貰った。なお、Dr. Gabriel Muturi はケニア側のプロジェクトリーダーであり、Dr. James Ndufa はキツイセンターの所長（プロジェクト現場責任者）である。

6. 主な面談者

- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター所長 Dr. James Ndufa
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Auka
- ケニア森林研究所 (KEFRI) 林産研究所副所長 Ms. Nellie Oduor
- Better Globe Forestry, Mwingi Office, Mr. Kamuwongo
- CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高畑 啓一 氏
- CADEP プロジェクト森林普及専門家 齋藤 克郎 氏
- CADEP プロジェクト地域協力専門家/業務調整 本庄 由紀 氏



写真1 ピロディン測定方法指導



写真2 ピロディン測定方法指導



写真3 ツリーソニック測定



写真4 アカシア採種林・検定林
(2015年12月植栽、樹高3~5m)



写真5 アカシア採種林・検定林施業
方法等打合せ



写真6 綱を付けているアカシア



写真7 Better Globe Forestry Mwingi
事務所



写真8 メリアナツツ殻からの種子
採取



写真9 メリア発芽床（ビニールシ
ートでカバーしている）



写真10 発芽苗のポットへの移植
（殺菌剤を使用）



写真11 生分解性ポット（中国製）



写真12 メリア苗木の順化



写真13 BGFメリア植林地（最も生長
の良い植林地、2008年植栽、直径
18cm、樹高13m）



写真14 BGFメリア植林地（生長があ
まり良くない、2015年？植栽）

Appendix 5-4-4 短期専門家の派遣（育種・作業監理）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|--------|-------|----------------|
| 育種（研究） | 宮下 久哉 | 2019.7.30～8.10 |

1. 日程

| 日時 | 内容 | 宿泊 |
|----------|---|------|
| 7月29日(月) | 移動(津山→羽田) | 宿泊 |
| 30日(火) | 移動(羽田→ドバイ→ナイロビ) キツイへ移動 | キツイ |
| 31日(水) | メリアおよびアカシアのクロウン増殖指導 | キツイ |
| 8月1日(木) | アカシア実生採種林の間伐に関する現地指導 メリアおよびアカシアのクロウン増殖指導 | キツイ |
| 2日(金) | コンボ2とコンボ4との連携に関する打合せ メリアおよびアカシアのクロウン増殖指導 | キツイ |
| 3日(土) | ナイロビへ移動 CADEP 専門家打合せ(ナイロビ市内) | ナイロビ |
| 4日(日) | CADEP 専門家打合せ(ナイロビ市内) 資料整理 | ナイロビ |
| 5日(月) | KEPRI_Forest Products Research Centre_KaruraにてC P P打合せ(Nellie 所長) KEPRI HQ_KaruraにてCADEP 専門家打合せ | ナイロビ |
| 6日(火) | KEPRI HQ_MugugaにてC P P打合せ(Dr. Ndufa) CADEP 専門家打合せ(ナイロビ市内) | ドバイ |
| 7日(水) | 移動(ナイロビ→ドバイ) 移動(ドバイ→羽田) | 羽田 |
| 8日(木) | 移動(羽田→津山) | |

2. 出張の目的

ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクトにおけるコンボーンネント4（林木育種）において計画している、アカシア実生採種林の間伐について実施時期及び方法をC P Pと協議し、今後の育成管理計画を検討する。また同じくコンボーンネント4で技術開発を計画している、メリアおよびアカシアのクロウン増殖方法について講義し、メリアについてはさし木を、アカシアについてはつぎ木に関する増殖技術の指導をC P Pに行う。さらに、育種研究に関する今後の研究計画等についてC P Pと打合せを行う。

この他、コンボーンネント2との連携を図るために、関係者と協議を行う。

3. 出張の概要

3. 1 アカシア実生採種林の間伐（写真1）

2015年12月及び2016年4月に植栽したアカシア実生採種林について、KEPRI 育種担当 Kariuki 氏および Tiva フィールド長の Auka 氏等と間伐に関して協議した。Tiva の現地には、コンボーンネント2の齋藤長期専門家とナシヨナル・スタッフの Osindi 氏も同行した。

現況として、2016年4月に植栽した採種林は、ほぼすべての植栽木が自立しており支柱による支持の必要がなくなっている状態となっており、2015年12月植栽分と合わせ、プロジェクトで造成したアカシア実生採種林について成林化することを達成した。

C P Pとの協議において、2015年12月に造成した採種林は2019年11月末までに、2016年4月に造成した採種林は2020年10月から11月の期間に間伐することとした。間伐方法は、植栽木の成長が良好なことから、点状ではなく列状で行うこととした。また、列の方向は対角線とすることとした。各系統4本ボックス植えの各プロット2本を伐つて2本を残すこととなる。

なお、これまでに調査してきた成長データはまだ電子化されておらず、Kitui センターの Damaris 氏に入力することを依頼した。

また、2018年8月にも観察された鞘が確認出来たが、数家系のみであり、まだ全体のな着果は認められなかった。

3. 2 メリアおよびアカシアのクロウン増殖

3. 2. 1 メリアのさし木（写真2）

林木育種センター関西育種場で実施したメリアと同属種である日本産センダン (*Melia azedarach*) のさし木試験の結果を基に、Kitui センターにおいてC P P6名を対象に指導を行った。参加者は、Kariuki 氏、Auka 氏、Kyalo 氏、Frouza 氏、Merry 氏、Kishiti 氏である。なお、コンボーンネント2の齋藤氏と Osindi 氏も参加した。

今回も、前回2018年8月と同様に萌芽枝を穂木としてさし木試験を行うこととした。2019年3-4月の雨季に伸長し、やや木化した枝を対象に、あら穂の長さを50cmとして採穂した。採穂にあたっては、成長の良好な3クロウンを用いることとした。採穂を始める前に、テイバのメリア採種圃において、どのような枝が適しているかをC P Pにあらためて説明した。前期プロジェクトにおいて、C P Pにはつぎ木用の穂木の採取方法を指導したことから、今回も穂木選定については理解が早く、また、クーラーボックスと水を含んだ新聞紙を用意し、適切に穂木を取り扱うことが出来ていた。

また、前処理として今回も前回および前々回2018年1月と同様に、採取した穂木を1日流水に入れ穂木の活力を回復させる行程を行った。

さし木床は、深さ40cmの底穴構造の育苗コンテナを用いることとした。まず底辺に粒径5mm程度の砂を一層敷き詰めることとし、砂利置き場からふるいをういて砂を選別した。選別した砂は、水で数回洗い、最後に殺菌剤を投与した。さし木の用土は、オールドココピート、砂、軽石の3種類とした。軽石は、鹿沼土の代替として想定している。

なお、軽石は、事前および出張中に調達を指示していたが、土や石等を用意していたことから、再々度調達を指示したところ、ナイロビに移動後の8/5月に Kariuki 氏がナ

イバジャ湖周辺で圃場に成功し、大中小の径の大きさが異なる3種類を入手出来た。Kariuki氏が送られてきた写真を見る限りでは、大が鹿沼土の細粒に近いように見え、中が軽石を用いたさし木は、8/9金に前週と同じ系統を用いてKariuki氏が実施することとした。その後、8/23付けのメールで、Kituiセンターでのさし木を実施した写真を送付していただいた。

さし木の実施については、インタン3名（ジョモケニヤッタ農工大学）も加わり、短期専門家からの実演後はCPが穂木づくり、さし木試験を実施した。

育苗コンテナは、ガラス温室内の作業棚の中段に静置することとし、灌水は1日6回、時間は1分程度で、用土の表面が乾くことがないように注意することをKituiセンター育苗主任のKyalo氏に依頼した。

3. 2. 2 アカシアのつぎ木 (写真3)

アカシアについては、これまでクローン増殖技術が開発されていなかったため、クローン増殖を実施出来なかったが、今後実生採種林における優良系統を用いたクローン採種圃の造成が必要となることから、メリア同様クローン増殖技術の開発に取り組みものである。

つぎ木に関しては、メリアでのつぎ木活着率が70~90%となっており、CPへのつぎ木の技術移転はすでに行われていると考えられる。そこで今回は、アカシアのつぎ木について、穂木の選定及び穂木の仕立て方を中心に指導した。

メリアのさし木と同様に、KituiセンターにおいてCP6名を指導対象とし、さらにコンポーネント2の齋藤氏とOsindi氏も参加した。

採種は、成長の良好な3家系を用いることとした。採種を始める前に、Tivaのアカシア実生採種林において、どのような枝が適しているかをCPに説明した。メリアの採種と同様に、クラーボックスと水を含んだ新聞紙を用意し、適切に穂木を取り扱った。

さらに、メリアと同様に、前処理として採取した穂木を1日流水に入れ穂木の活力を回復させる行程を行った。

台木は、事前に育成を指示しており、苗高30-40cm程度に成長していた。

穂木づくりにおいては、爪切りや剪定鋏を用いてトゲを除去した。

上記のとおり、既にメリアでつぎ木を実施していることから、CP自らつぎ木テープ、系統表示ラベルおよびビニール袋を事前に用意していた。

つぎ木は、Kitui センター育苗に静置し、寒冷紗にて日覆いした。灌水は、朝夕の1日2回程度とし、基本的にはメリアのつぎ木と同様の取り扱いの良いことをKitui センター育苗主任のKyalo氏に説明した。

今回の出張において、今後アカシアの育苗を進めていく上で重要なアカシアの実生採種林からの優良個体の選抜とクローン増殖を、間伐方法の検討とつぎ木増殖の指導を通じて、CPに意識付けすることが出来たと考えられる。

3. 3 育種研究に関する打合せ

Kariuki 育種担当と、メリア及びアカシアの今後の育種戦略について打合せを行った。アカシアについては、今後のアカシア実生採種林の育成管理及び優良個体の選抜につい

て意志統一を図った。メリアについては、コンポーネント2とのミーティングが今回計画していた第2世代選抜の試行の予定日に入らなかったため、試行が実行出来なかったことから、次回出張時にTivaの検定林で成長と材質が良かった個体について、現地での形状や害虫被害がないことを確認してから選木し、その個体を伐期に近い10年生まで追跡調査することを合意し、今回は合意形成のみとした。

Nellie 木材研究所長と、メリアの年輪解析及び静的試験の取りまとめについて打合せを行った。また、今後の材質調査のスケジュールについて説明した。万能試験機を扱う技師のDominic氏が2019年3月をもって定年退職されたため、後継の技師を新規採用し育成していることを説明された。なお、Nellie氏は、2019年2月に副所長から所長に昇格されたようである。

Ndufa 元キツイセンター所長と、メリアの材密度とバイオマス量に関するに研究結果の取りまとめについて打合せを行った。また、Nellie氏との打合せ結果を踏まえ、メリア採種圃及びメリア検定林における材質調査について打合せを行った。メリア第2世代選抜に向け、メリア検定林の成長を観察しながら検討していくことを確認した。なお、Ndufa氏は、2019年3月にMugugaに異動されたそうだが、役職は未定だそうである。

3. 4 コンポーネント2とコンポーネント4との連携に関する打合せ (写真4)

出席者は、Muguga 本部からMuturi氏 (KEPRI 副所長) とKariuki氏、Muguga シードセンターからKamondo氏、キブウェジからMusyoki氏とMuchiri氏、Kitui からKigwa氏、コンボ2の齋藤氏とOsindi氏、宮下の9名が出席した。なお、事前に齋藤専門家から前週に実施された1回目の連携に関する打合せについてブリーフィングを受けてから打合せに臨んだ。

「2.5.6 改良メリア種苗へのアクセス改善」に対応して、今後の改良メリア種苗の適切な管理方法について議論を開始した。Tiva採種圃種子においては、前育種プロジェクトにおける改良メリア種子の配布・流通体制の整備の一環としてKituiセンターにImproved Melia seed distribution unit が設置され、種子の保存体制が整えられている。2019年のKibwezi採種圃における球果収集は、Kitui センターからKyalo氏が2回出張したのみであるとの報告があった。Kitui とKibwezi では成熟時期が少ずれるといった課題があることと、「2.5.3 選択した農家に対する改良メリア種苗に関する支援」に関連した系統毎の収集が可能であるかどうかといったことも課題であり、Muturi氏からKibweziに研究者を再配置する必要があるとの発言があった。しかし、Musyoki氏からMuturi氏に氏が2018年10月から着任したとの意見があった。続いて、Muturi氏から、採種圃種子の収集が最も重要であり今後systematicにする必要があるのではないかと、フルーツが多量に採種圃から現行の木をゆすってフルーツを落とす方法は捨てるフルーツが多いとの指摘があり、Muchiri氏から成熟度合いのモニタリングとコレクティングのタイミングを合わせて収集を実施するべきとの意見があった。

次に、採種圃の管理について、Muturi氏から重要な課題であるとの提起があった。新年度の予算執行が始まったことで、下刈りの頻度や時期等をコスト面から考えなければならぬとMuturi氏が提案した。さらにMusyoki氏からアカシア実生採種林の枝打ちも重要であるとの補足があった。Muturi氏から除草剤をまく試験区画を作りコスト試算を検討して

はどうかという意見があった。日本での下刈り方法について Muturi 氏から宮下に質問があったので、肩掛け式の刈り払い機が安価ではあるが、Tiva 採種園及び Kibwezi 採種園は平坦地であることから初期費用は掛かるが乗用式刈り払い機の利用も検討してはどうかと意見した。さらに、Musyoki 氏からキブウェジでは一定のガイドライン（マツチの持ち込み禁止、禁煙等）を設けて、周辺住民に採種園内での草刈りを認めることでコストを抑えながら下刈りを実施しているとの発言があった。住民にとっては草丈が高くなると草刈りマシンセンターが働かないが、一定期間草丈を高いまま放置することで結果を促す効果もあると考えるとのことであった。住民による草刈りを認める方式を Tiva でも試験的に導入し、効果やコストを調べることとした。

次に、メリア苗の販売について議論となり、まず始めに改良メリア苗木の価格は 50 シリングとの報告があった。Kamondo 氏からシードセンターでは青種による改良苗と一般苗とは区分けして取り扱っているとの報告もあった。種子の需要への対応として、農家や BGF 及び KOMAZA 等の各需要者の需要量をあらかじめ把握し、それに基づいて需要者毎の販売量（割り当て）を決めるべきという意見が Muturi 氏からあった。齋藤専門家から、コンボ一ネット 2 に 5,000 本を用意するよう Kyalo 氏に依頼したが、7 月 26 日の KEFRI 本部で行われたコンボ 2・4 の連携に関する打ち合わせにおいて、担当者間で苗木生産の依頼を行うのではなく、CADEP から KEFRI の責任者に対して依頼を行うべきとの方針となったことが報告された。これに関して Muturi 氏から、プロジェクトからのメリア種苗の提供依頼は Luvanda KEFRI ツツイセンター所長に対して行うべきとの方針が示された。なお、現時点ではコンボ一ネット 2 で必要とする苗木の本数が明らかになっていないが、最低 5,000 本は確保してほしいとの依頼があった。現状で、Kibwezi の苗畑に 1,500 本の苗木があり、これを CADEP 用に確保しておくことが確認され、残りの 3,500 本については種子が確保できるかどうかを確認することとなった。これに関連して、2 箇所のメリア採種園において種子生産量は莫大であり、1. 誰が採種するか・出来るのか、2. 誰が苗木を大量生産出来るのか、といった課題の提起があり、費用負担が 1 番の問題であるとの認識が一致した。

次に、発芽率について議論となり、今年発芽率が低かったと Kigwa 氏が報告した。種子を販売した 2 つの女性グループから発芽率が 10% 以下だったとの報告を受けると同時に種子代金の払い戻しを請求された。販売した種子の一部が播種されずに残っていたため、KEFRI で発芽試験を行ったところ、やはり発芽率が低かった。このため、女性グループに代金払い戻しが必要であるとの結論となった。播種の方法が悪かったのかあるいは種子の品質が悪かったのかを検証する必要があるといった意見があり、Musyoki 氏からは Kibwezi の篤農林家の Kituku 氏の所では発芽率が高かったことで技術やノウハウを知っているファミリーの場合では発芽率が低下しなかったとの報告があった。Kamondo 氏からはメリアの種子は採種後 3 か月程度で発芽率が急減するか、採種後 5~6 か月で発芽率が上昇する傾向があるとの報告があった。ただし、1 回の事例にすぎないとした意見が Kamondo 氏、Kigwa 氏及び Muturi 氏からあった。また、系統を混ぜているので、系統別の発芽率は判らないとの発言が Musyoki 氏からあった。次に、種苗生産量の増産について議題となり、Kibwezi の苗畑では 30 万本の生産能力があるとの報告が Musyoki 氏からあった。Kitui についても同じ生産能力であるとの報告が Kigwa 氏からあった。これらに対し

て、Muturi 氏から、KEFRI の役員会 (Board) で承認された Work Plan においては、トータルで 100 万本の改良メリア苗木を生産する計画であることが報告された。Musyoki 氏から「いつものことだが聞いている」との意見があった。Muturi 氏から、森林被覆率 10% に向けて、KFS、KEFRI および Water Tower に資金が供出されることになったとの説明があった。

なお、改良メリアの種苗生産を増大するため、Kariuki 氏から、もう 1 箇所メリア採種園を KEFRI が作るべきと提案があり、設計及び経費積算を Kariuki 氏が担当することとなった。

最後に、Post CADEP を考えなければならぬと、Muturi 氏から提起があった。さらに Muturi 氏から能力開発から実践に向けての取組が必要との提案があった。これらは、Government Officer さらには Private Sector、Company (BGF や KOMAZA)、Poor Farmer が対象であると説明した。これに対し、齋藤専門家から以下の観点が見られた。

- ・ 少し前までは、JICA は Post CADEP の可能性はないとしており、CADEP をもってケニアにおける森林分野の協力は終わりにするとの方針であったが、最近は少し変化が見られており、必要な課題・分野に対しては協力を継続する可能性を示唆している。
- ・ しかし、協力を継続するべきか否かは、まず第一にケニア側の意向・方針が重要である。ケニアが JICA の協力を必要としているのか、必要とするのであれば具体的に何に対する協力がいいのかを明確に示す必要がある。
- ・ JICA も本分野やアフリカ/ケニアに対する協力方針を持っており、それとケニア側の要望が合致することが重要。今後、両者のすり合わせを行っていく必要がある。今回の打合せに関しては、次の 2 点について合意した。1. 今後はコンボ一ネット 2 に協力し改良メリア種子を配布する、2. KEFRI がメリア採種園を 1 箇所作る方向で設計と経費積算を行う。

4. 今後の課題等

○KEFRI の予算執行状況

2019 年 1 月に実施予定であったメリアおよびアカシの成長調査は、予算不足により未実施であった。2019 年 6 月の年度末に予算が付いたため、メリア採種園の除草が実施された。

2019 年 7 月に実施予定のメリアおよびアカシの成長調査は、8 月に実施する予定と Kariuki 氏から説明を受けた。

5. 主な面談者

- ケニア森林研究所 (KEFRI) コンボ一ネットマナージャー Dr. Gabriel MUTURI
- ケニア森林研究所 (KEFRI) 育種担当 Mr. Jason KARIUKI
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Samuel AUKA
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Ezekiel KYALO
- ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Bernard KIGWA
- ケニア森林研究所 (KEFRI) シードセンター Mr. Bernard KAMONDO
- ケニア森林研究所 (KEFRI) 木材研究所 Ms. Nellie ODUOR

ケニア森林研究所 (KEFRI) 本部 Dr. James NDUJIA
 JICA ケニア事務所次長 天目石 慎二郎 氏
 JICA ケニア事務所企画調査員 小此木 陽子 氏
 CADEP プロジェクトチーフアドバイザー 高畑 啓一 氏
 CADEP プロジェクト森林普及専門家 齋藤 克郎 氏
 CADEP プロジェクト地域協力専門家/業務調整 本庄 由紀 氏
 CADEP Component 2, Project Officer, Mr. Abednego OSINDI

写真1 アカシア実生採種林の間伐に関する打合せ



左：2015年12月植栽、右：2016年4月植栽



配置図を見ながらCPと協議

写真2 メリアのさし木



ケースに網を張り粒径の大きい砂を敷く



押し床用の砂も複数回洗浄する



オールドコピートは前日から
水に浸漬して十分に吸水させる



カリウキ氏が入手した Pumice



メリアの採穂



系統毎に束ね、流水に浸漬



あら穂作り(厚い手袋が必要)



系統毎に束ね、流水に浸漬



挿し穂作りの指導



さし木の実演による指導



爪切りを使用してトゲを取り除く



カリウキ氏によるつぎ木の実演

写真3 アカシアのつぎ木



アカシアの採穂



系統毎に濡れた新聞紙に包む



つぎ木の実施



系統ラベルを挿し寒冷紗の下に静置

写真4 コンポーネント2とコンポーネント4との連携に関する打合せ



中央に齋藤専門家

中央が宮下

Appendix 5-4-5 短期専門家の派遣（増殖）

| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
|------|-------|-----------------|
| 作業監理 | 小林 大樹 | 2019.11.21～12.1 |
| 増殖 | 高倉 良紀 | 2019.11.21～12.1 |
| 増殖 | 古本 良 | 2019.11.21～12.1 |

1. 日程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|-------------------|---|------|
| 11月21日(木) 午後 | 移動(日立→羽田) 移動(羽田→ドーハ) | 機中泊 |
| 22日(金) 午前 午後 | 移動(ドーハ→ナイロビ) CADEP 専門家との打合せ(増殖試験内容等の説明) | ナイロビ |
| 23日(土) | 資料準備、資材準備 | ナイロビ |
| 24日(日) | 検定林視察(ナイロビ→マキマ・サブ検定林→マ リマンティ検定林→キツイ) | キツイ |
| 25日(月) 午前 午後 | CP 打合せ(KEFRI) (増殖試験内容等の説明) 8月実施のさし木結果の確認、試験準備。 | キツイ |
| 26日(火) 午前 午後 | さし木の作成。 メリアさし穂の採取。 | キツイ |
| 27日(水) 午前 午後 | 簡易温室の設置。 メリアさし付け。 | キツイ |
| 28日(木) 午前 午後 | 遠心式加温器の動作確認。 メリアとり木の実施。アカシアつぎ穂の採取、つ ぎ木の実施。 | キツイ |
| 29日(金) 午前 午後 | 簡易温室の温度を確認、白寒冷紗の設置。 CP 打合せ(KEFRI) (今後の管理、調査方法) | ナイロビ |
| 30日(土) | 移動(キツイ→ナイロビ) | 空港待機 |
| 12月1日(日) 午前 午後 | 移動(ナイロビ→ドーハ) 移動(ドーハ→成田) 移動(成田→帰着地) | |

1 出張の目的

JICAプロジェクト「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト(林木育種コ
ンポーネント)」に係る打合せ、検定林等の状況視察及びクローム増殖指導等。

出張の概要

1-1 マキマ・サブ検定林 Makima sub-PTS (2015年12月植栽)

日曜日のため管理人は不在であった。下刈は完了していた。植栽木の大きさは、大きい個
体で DBH20 cm、樹高 8m ほどになっている(写真1)。

成長調査は1か月前に実施し、データ入力も完了しており、電子ファイルを松下通也氏へ
メールで送信するとのことであった。

地際の薄腐れ(写真2)は、新たな被害は発生していないことを確認した。下刈作業(録に
よる表土の掘返しによる除草)による損傷から腐れが入っている可能性を再度、指摘した。

シロアリによって倒壊したブエンス(写真 3)については、外周に有軌鉄線を使った柵を新設する対策がとられていた。



写真1



写真2



写真3

1-2 マリマンティ検定林 Marimanti PTS (2014年12月、2015年12月植栽)
 主要道路を分岐してからの未舗装路で、豪雨による雨裂が多数発生している。敷カ所の橋で越流し、対向車との離合に時間を要した。舗装道路は建設中で、完成の用途は不明である。
 下刈は未実施であったが、今後実施予定とのこと。2014年植栽木(写真4)の大きさは、大きい個体でDBH20cm、樹高8mほどで、マキマ・サブ検定林と同じくらい。実際の灌漑れ被害は見当たらないが、降雨時に検定林内へ水が流れ込み、流路と滞水地ができる場所(写真5)では植栽木の成長は悪い。倒れた植栽木が数本あり、支持根となる太い根がなく(写真6)、根腐れの原因かもしれない。

2015年植栽木(写真7)の大きさは、大きいものでDBH16cm、樹高7mほどだが、斜めに倒れたような植栽木が数本見受けられ、2014年植栽木同様根腐れが原因かもしれない。



写真4



写真5



写真6



写真7

ティバ検定林 Tiva PTS (2014年12月、2015年12月植栽)

2014年植栽木(写真8)の大きさは、大きい個体でDBH25cm、樹高8mほど、2015年植栽木(写真9)は、DBH20cm、樹高8mほどになっている。雨水の流入による成長阻害は見られないが、地際の灌漑れ被害や幹の高さ1m以内付近に胴腐れ様の被害(写真10)が散見される。5月の出張時にはあまり気にならなかった(写真には写っていない)が、樹幹の成長に伴い目立つようになっただけかもしれない。この被害について、原因が不明で、KEFRI側は大きい問題であると認識を持っており、被害部分を削り取る(写真11)対処法を試行中である。(原因菌の同定を行っている)(宮下氏によると、以前調査しており常在菌が原因であるとの報告書を作成しているとのこと。)

林内には倒れた植栽木が数本あり、支持根となる太い根がなく、根腐れが原因かもしれない。KEFRI側も、主根の発達がない、という認識を持っている。



写真8



写真9



写真10



写真11



写真12

1-3 メリアさし木試験の結果の確認

2019年8月に宮下久哉氏の指導で実施したメリアのさし木試験結果(写真13)を確認した。生き残っているさし穂にはカルスが形成されている。芽が吹き始めており(写真14)、展葉したさし穂(○)もあった。2019年11月25日時点における、用土・反復(①、②)ごとの穂木の生存数は次のとおり。

軽石 ①13本 ②17本
 川砂 ①4本 ②6本
 コロベート ①3本 ②11本

いくつかの穂木を抜き取って観察したところ、カルスの形成は確認したが、発根はまだ見られなかった。そのため、継続して育苗することとした。



写真13



写真14

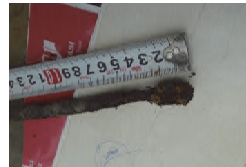


写真15

1-4 メリアアサシ木試験の追加実施

日本から持ち込んだ「遠心式加湿器」と「ロックウール」と「ロクウール」を利用したさし木を試行する。遠心式加湿器は、回転するプロペラでミストを発生させて噴霧する機器で、もともとは牛舎等の冷却に用いられている機械である。JIRCIS 熱帯・島嶼研究拠点（石垣市）では、遠心式加湿器を利用したさし木床で熱帯果樹等のさし木を行っている。西表熱帯林育種技術園でも同様の育苗施設を試作して運用中である。ロックウールは園芸分野で用いられている資材である。今回持ち込んだものはバラのさし木用で三辺が5cmのもので、KEFRI 苗畑にある育苗トレイのサイズに適合する。

利用した資材、機材は次のとおり。

- 遠心式加湿器（日本から持ち込み。100W稼働品）（写真16左）
- 100V変圧器、延長コード（キツイにて現地調達）（写真16右）
- ホース30m、二又水道（キツイにて現地調達）
- 簡易温室、被覆ポリシート、白寒冷紗（KEFRI 苗畑にある既存のものを利用）
- さし木床箱（KEFRI 苗畑にある苗木運搬用のトレイを利用）（写真17）
- さし木用土として

- ・ロックウール（日本から持ち込み）（写真24）
- ・川砂（2019年8月試験と同じもの）（写真18）
- ・軽石（2019年8月試験と同じもの）（写真19）
- ・ココピート（2019年8月試験と同じもの）（写真20）



写真16

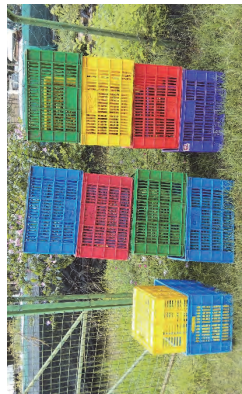


写真17



写真18



写真19



写真20

今回の試行の概要は次のとおり。

表. 2019年11月実施さし木試験の条件まとめ

| 加湿器 | さし木用土 | 總づくり | 母樹数 | 発根促進剤 (IBA) | さし付け本数 | 反復 |
|-----|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|--------|----|
| あり | ロックウール 川砂 軽石 ココピート | 剪定鋏 手で割く | 無作為 混合 | 有 無 | 10 | 2 |
| 処理数 | 4 | 2* | 1 | 2 | 10 | 2 |

さし木床の数；床土4×總づくり1×IBA有無2×母樹数1×反復2=16床

さし木の総本数；床土4×總づくり1×IBA有無2×母樹数1×さし数10×反復2=160本

*總づくりについては、試験の簡素化のため2種類を混ぜて1種類として扱った。

簡易温室を KEFRI キツイ 苗畑にある会議室と倉庫の間に設置（写真25、26）した。遠心式加湿器の電源をこの会議室からとり、変圧器を室内に置いた。現地調達した電源コードを使って、加湿器の電源コードを延長した。苗畑の水道から、加湿器に必要な水をとった。その際に蛇口を二又にし、30mのホースを簡易温室まで伸ばした。簡易温室にさし木床、遠心式加湿器を設置後、透明ポリシートで被覆した。通気性を確保するため、底面は被覆しなかった。日射による温度上昇を防ぐため、遮光率30%の白寒冷紗を二重にして、天井部を覆った。遠心式加湿器は24時間稼働させたこととした。



写真21



写真22



写真23



写真24



写真25



写真26

總づくりは「手で割く方法」と「剪定鋏による調整」の2種類（写真21）とした。母樹は無作為混合で1母樹とした（まず初めに加湿器の効果を観察するため）。発根促進剤（IBA）は発布の有無の2処理（写真22）で、反復は2回とした。各処理区のさし数は10本（写真23）とした。

今後の管理について、加湿器の稼働状態とさし床の乾燥状態を適宜観察することとし、水が不足していれば、手で灌水することとした。また、簡易温室内の温度が40℃を超える場合は、被覆ポリシートの壁面上部に縦に切れ込みを入れて通気性を高めることにより、温度上昇をおさえることとした。試行は6か月続けることとし、3か月後に各床からさし穂2本を抜き取り、カルスの形成状態などを観察する予定とした。

1-5 メリアアのとりの木 (air layering, marcotting) 試験の実施

メリアアについて、これまでのさし木試験の結果がかんばしくないことから、とり木によるクローン苗の増殖を試みた。

テイバの採種圃の採種木を無作為に選び、24本の枝にとり木を実施した。

とり木方法は次のとおりである。

- ・剥皮部分の上部にIBAを塗布する。
- ・透明ポリエチレンチューブで覆い、ココピートを充てん(写真28)する。
- ・直射による温度上昇を防ぐために、アルミホイルで被覆(写真29)する。



写真27



写真28



写真29

とり木について、KEPRI側のスタップは他樹種で実施経験があり、手順の詳細は彼らに任せ、アルミホイルで遮熱する方法は初めてのようであった。なお、KEPRI側スタップは「marcotting」という用語を用いていた。

今後の管理については、次のことを確認した。

- ・1〜2週間後にココピートの状態を確認し、乾燥していれば給水する。
- ・アルミホイルが風等によって外れていれば、あらたにアルミホイルで被覆する。
- ・2か月後を目途に発根状態を確認する。

1-6 アカシア (*Acacia tortilis*, 異名 *Vachellia tortilis*) つぎ木試験の実施

アカシアのつぎ木について、これまで試したことのない「袋つぎ」を実施する。

袋つぎは、台木の切断部分の樹皮を絞るように強く押さえることにより、袋状の隙間に種木をさしこむつぎ木方法である。日本ではクワ(兼蚕用)、ケヤキ、カラマツ、カツラ等の樹種で実施されている。手法としては容易であるが、つぎ木後の観察を怠ると、種木の活着と台木の萌芽を見間違えることがあるので注意が必要である。

今回は、テイバの採種圃において母樹を無作為に混合で採種し、出荷後の残苗 (*Acacia tortilis*) を台木として用いた。16本のつぎ木を実施した。

袋つぎの方法は次のとおりである。

- ・台木を掘り取り、簡単に水洗い(写真30)する。
- ・地際(ルートカラー、root collar)で切断する。根側を台木(写真31)とする。
- ・種木の葉をすべて除去し、元をクサビ形にける(写真32)。
- ・切断した木口の樹皮を絞るように指で強く抑え、材部と樹皮の間に隙間をつくる。

・種木を台木の材部と樹皮の隙間にさしこむ(写真33)。

・つぎ木テープを巻く。つぎ木部分だけでなく、種木全体を覆う(写真34)。

・台木を植えなおす(写真35)。

・寒冷紗の下に置く(写真36)。



写真30



写真31



写真32



写真33



写真34



写真35



写真36

つぎ木用の使い捨てナイフ、つぎ木テープはKEPRI側が所有している。なお、台木として用いた残苗は根の発達が悪く、台木としての状態は良くなかった。また、アウカ氏は、別種のアカシア (*Acacia poliacantha*) の台木を用いて、割りつぎを3本試行した。

今後の管理等については、次のように申し合わせた。

- ・通常の育苗管理を行う。
- ・2020年1月にKEPRIへ出張する者に、活着の確認を依頼する。
- ・今後のつぎ木試験のため、新たな台木を生産する。

1-7 アカシア (*Acacia tortilis*, 異名 *Vachellia tortilis*) 採種圃の間伐

2019年11月28日現在、未実施(写真37、38)であった。KEPRIは、2020年1月〜2月の乾季に実施することであった。また、採種圃において昆虫類の幼虫(毛虫)による葉の食害が発生しているとの報告があった。家系により食害の程度が異なるようである。



写真37



写真38

日本においても、メリアとアカシアの増殖試験等を行うために、種子をケニアから日本へ持ち出すことができるかを否かを JICA ケニアと KEFRI へ問い合わせた。
JICA ケニア側からは、関係部局へ必要な手続きについて問い合わせる旨の回答を得た。KEFRI 側からは、必要な家数、種子数と日本側が要求する検疫方法についての情報を求められた。詳細はメールで連絡する旨を返答した。

3-9 採種圃管理の件費の未支払いについて
11月25日と29日午前の KEFRI との打合せにて、採種圃の管理や草刈り等の労働者の賃金支払い手続きの確認を要請したところ、29日午後に KEFRI のカリウキ氏から JICA ケニアの本庄氏へ連絡があり、JICA からケニア側へ振り込まれた賃金用資金を確認したとの連絡があった。今後は、手順どおり支払い手続きが進むことを期待する。

2 今後の課題等
2-1 マキマ・サブ検定林 Makima sub-PTS
計画通りの管理、調査を行う。
下列の様に植栽木への損傷に注意するとともに、実際の灌漑れ被害の経過観察を行う。

2-2 マリマンティ検定林 Marimanti PTS
計画通りの管理、調査を行う。

2-3 ティバ検定林 Tiva PTS
計画通りの管理、調査を行う。
下列の様に植栽木への損傷に注意するとともに、胴腐れ様の被害に対して行っている割り取り処理の経過観察を行う。

2-4 メリアさし木試験 (2019年8月実施)
発根するまで継続的に観察する。育成管理方法は KEFRI 苗圃の方法に従う。

2-5 メリアさし木試験の追加実施
今回実施した遠心式加湿器を用いたさし木試験を6か月間続けることとし、中間結果として3か月後に各床から2本を抜き取り、カサの形成状態などを観察する予定とした。
今回の試行が失敗した場合、次の事項を検討する。

- ・穂木が干からびて枯れた場合は、穂木の長さを小さくすることや乾季に採種して実施する。
- ・穂木が加温で腐って枯れた場合は、簡易温室の通気性をさらに高める、あるいは広い場所でする。2020年1月以降はガラス温室(5.8m×8m)の使用が可能になる見込みである。
- ・実施時期を変える。例えば、雨季の終わりや乾季に行く。
- ・今回の試行が成功した場合は、量産化を図るために次の事項を検討する。
- ・ケニアの電圧(240V)で稼働する遠心式加湿器をさがす。
- ・より大きい温室や農業用ハウスで試行する。

2-6 メリアのとり木 (air layering, marcotting) 試験
発根については、透明ポリエチレンチューブを外さなくとも、目視で確認できる。そのため、2か月後を目途に発根状態の確認を KEFRI 側に依頼する。
今回の試行が失敗した場合、次の方法を検討する。

- ・剥皮部分が再生していた場合は、剥皮幅をより広くする。
- ・とり木部分が枯れた場合は、剥皮幅や時期を変えて実施する。

・剥皮幅について、幅を太さの1/2にすることを、剥皮せず針金で縛るだけにすること
を試行する。また、時期については、乾季の終わり(葉芽が動き始める直前)や新芽の
成長が完了した時期に実施する。

今回の試行が成功した場合は、さし木によるクローン増殖の代替案として、とり木と根ざし
の組み合わせによるクローン増殖を検討してもよいかもしれない。
それに必要な確認事項は次のとおり。

- ・検定林で選抜した個体(次世代)で、とり木が実施できるか。
- ・とり木苗を移植し、根ざしに必要な太さの根が採れる時期はいつごろになるか。

*花岡氏ほかによる成果で、メリアの根ざし増殖ができていることは確認済み。

Hanaoka, S., Ohira, M., Matsushita, M., & Kariuki, J. (2016). Optimizing the size
of root cutting in *Melia volkensii* Gürke for improving clonal propagation and
production of quality planting stock. African Journal of Biotechnology, 15(29),
1551-1558.

2-7 アカシア (*Acacia tortilis*, 異名 *Vachellia tortilis*) つぎ木試験
つぎ木試験を継続するため、台木の育成を KEFRI 側へ要請した。

袋つぎの結果は1か月程度で判明するため、2020年1月に KEFRI へ出張する者に、活着の
確認を依頼する、あるいは KEFRI 側に確認と報告を依頼する。
今回の試行が失敗した場合は、次の方法を検討する。

- ・乾季の終わりに、台木に灌水することにより、自然状態より早く台木の成長を開始させ
ることができないか。
- ・乾季の終わりに落葉した状態の穂木を採り、灌水により成長を開始させた台木につぎ木
することができないか。

上記の方法は、日本で落葉広葉樹のつぎ木を実施するときに行う方法に着想を得たもので
ある。日本では、落葉時期(寒い時期)に芽吹きのための養分をため込んでおく状態の穂木
を採って、冷蔵庫に貯蔵しておき、暖かくなってきた時期(春先)に芽吹いた台木へ貯蔵し
ていた穂木をいれている。ケニアでは、乾季に採取した穂木を貯蔵しておくことは、おそら
くできないが、人工灌水で台木の方をより早く成長開始させ、芽吹きのための養分をため込
んでいる状態の穂木を、成長を早めに開始させた台木につぎ木を試みるべきかもしれない。

2-8 アカシア (*Acacia tortilis*, 異名 *Vachellia tortilis*) 採種圃の間伐

2020年1月から2月の乾季に実施予定。結果をメールで確認する。

2-9 メリアとアカシアの種子の入手について
JICA ケニア側が得た情報を確認する。必要な家数、種子数と日本側が要求する検疫方法
について、詳細を KEFRI 側へメールで連絡する。

2-10 採種圃管理の件費の未支払いについて
今後は、手順どおり支払い手続きが進むことを期待する。

3 主な面談者

ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター長 Dr. Luvanda
ケニア森林研究所 (KEFRI) 育種担当 Mr. Kariuki
ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Ms. Maingi
ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Ms. Munyao
ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Auka
ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Mr. Kyalo
ケニア森林研究所 (KEFRI) キツイセンター Ms. Mwangi
CADEP プロジェクトチームアドバイザー 高畑啓一氏

Appendix 5-4-6 短期専門家の派遣（育種）

| | | |
|------|-------|---------------|
| 担当分野 | 氏名 | 派遣期間 |
| 育種 | 宮下 久哉 | 2020.1.31～2.9 |
| 作業監理 | 小林 大樹 | 2020.1.31～2.9 |

1 日程

| 日 時 | 内 容 | 宿泊 |
|----------------|--|------|
| 1月31日(金) 午後 | 移動(茨城県日立市→成田) 小林 移動(岡山県津山市→成田) 宮下 | 成田市 |
| 2月1日(土) | 移動(成田→パリ→ナイロビ) | 機内 |
| 2日(日) 午前 午後 | 資料準備、 CADEP 専門家との打合せ | ナイロビ |
| 3日(月) 午前 午後 | 関係者協議 (KEFRI 本部、木材研究所) 移動(ナイロビ→キツイ) | キツイ |
| 4日(火) 午前 午後 | CP 打合せ (KEFRI キツイセンター) クローン増殖試験の結果確認 アカシア採種林間伐、増殖打合せ (TIVA) | キツイ |
| 5日(水) 午前 午後 | クローン増殖 | キツイ |
| 6日(木) 午前 午後 | クローン増殖 | キツイ |
| 7日(金) 午前 午後 | CP 打合せ (KEFRI キツイセンター) 移動(キツイ→ナイロビ) CADEP 専門家との打合せ 移動(ナイロビ→アムステルダム) | 機内 |
| 8日(土) | 移動(アムステルダム→成田) | 機内 |
| 9日(日) | 移動(成田→茨城県日立市) 小林 移動(成田→岡山県津山市) 宮下 | 機内 |

2 出張の目的

ケニア国持統的森林管理のための能力開発プロジェクトにおけるコンポーネント4（林木育種）において計画している、アカシア実生採種林の間伐及び材質調査についてCPと協議し、今後の実施計画を検討する。また、メリアおよびアカシアのクローン増殖について、2019年8月および11月に実施した試験の結果を確認するとともに、アカシアについてはつぎ木に関する増殖技術の指導をCPに行う。さらに、今後の試験方法についてCPと協議を行う。

3 出張の概要

3-1 アカシア実生採種林の間伐

2020年1～2月の乾季に実施するとしていたアカシア実生採種林(2015年12月植栽)の間伐は未実施であった。再度TIVAにおいてKEFRI側CPと5月～6月に列状で実施することを確認するとともに、間伐木の材質調査(3-2)について協議(写真1)した。

実生採種林の成長は旺盛で、一部では樹冠がうっ閉し林床に光が入らなくなっているところ(写真2)も見受けられる。



写真1 CPとの協議 (KITUI センター)



写真2 アカシア実生採掘園

3-2 アカシア材質調査

ナイロビにおいて、Dr. Ndafa 氏 (KEPRI 本部)、Ms. Nellie 氏 (KEPRI 木材研究所) とアカシアの材質調査の手法について検討を行った。続いて、KITUI センターにおいて、Mr. Kariuki 氏ら KEPRI 側 CP と協議を行った。

材質形質は、材密度 (Wood Density) を測定することとした。材密度を測定し、幹重量 (Weight of Stem) や枝重量 (Weight of Branches) から 1 本あたりの炭素貯蔵量 (Carbon Stock) を推定して、炭素隔離 (Carbon Sequestration) の評価を行う。これらの研究成果については、植林活動における炭素固定能 (Green Carbon) の推定に対してデータを提供し、Component 間の協力の一環とすることを目的とした。

CP との協議の結果、材質調査は以下の手順で進めることとした。

- ① アカシア実生採掘園の成長データから、成長量 (大、中、小) に応じ 10 本ずつ (計 30 本) の調査対象木を選定し、地際から 50cm の位置に印をつける。なお、成長データは、2020 年 2 月に実施予定の最新のデータを用いることとした。
- ② 調査対象木について、ピロディン陥入量の測定、生長錐を用いたコアサンプリングの採取および円板の採取を行う。採取したコアサンプリングおよび円板の材密度を測定し、ピロディン陥入量、コアサンプリングの材密度実測値および円板の材密度実測値の相関を検討して、調査対象樹種 (今回はアカシア) における関係性を明らかにする。これらの結果を基にアカシアにおけるピロディンを用いた材密度の推定の有効性を検討し、材密度の簡易推定法の確立に取り組み。
- ピロディンは、一定のバネの力で樹幹にピンを打ち込みその陥入量を測定する機器であり、傾斜地においても立木の状態で短時間で多くの個体を測定することが出来る非破壊的測定機器である。林木音種分野においては、調査の対象個体数が数百から数千となることから、材密度の簡易的な推定方法として、ピロディンを用いた測定が採用されている。「気候変動への適応のための乾燥地樹種育成プロジェクト」においても、ピロディンを導入し、メリアにおける材密度の評価に用いている。
- ③ 調査対象木について、枝を採取し、KEPRI 木材研究所において製炭する。製炭後に収量を測定し、アカシアにおける炭の収量を評価する。Nellie 氏から、枝の採取はアカシアが Re-sprout するように剪定している、現場での実際の長さに合わせてほうが良い、とのアドバイスを受けた。

- ④ 1 本あたりの炭素貯蔵量 (Carbon Stock) を推定するため、地下部バイオマス量の測定として、根系の調査を行う。調査には、メリアにおいても調査を担当した Ndafa 氏と Aika 氏に協力を依頼した。

3-3 クローン増殖

3-3-1 メリアさし木試験

8 月に実施したガラス温室 (改修工事開始後はピニール温室に移動) における林業用高苗コンテナを使用したさし木試験個体中、1 本 (ココビート、発根利なし) に発根 (写真 3) を確認した。また汎用コンテナを使用した試験個体にもカルスの肥大 (写真 4) が見られたことから、この 2 本を苗木ポットに移植 (写真 5) した。葉を付けている他の個体は当面様子を見ることとし、どちらもピニール温室 (写真 6) に静置して育成管理することとした。



写真3 発根した試験個体



写真4 肥大したカルス



写真5 苗木ポットに移植した試験個体



写真6 設置したピニール温室

11 月に実施した小型ピニール温室 (写真 7) におけるさし木試験は、半数ほどがまだ葉を付けていた (写真 8) が、上段よりも下段に設置した方が葉を付けている本数は少なかった。

設置した遠心式加湿器 (写真 9 左) は問題なく稼働しており、温室内の温度は最高 36℃、最低 19℃ (写真 9 右) と当初想定していた温度に保たれているが、温室内は水滴がしたたり、下部には水たまりができてきえるなど過湿状態であったと推測される。また、砂、軽石 (Pumice) の層は堅く縮まっていた。

さし穂を引き抜いてみると、上部に葉を付けているが基部は全てが腐朽 (写真 10) していた。



写真7 小型ピニール温室内の過湿の状況



写真8 さし穂の葉の状況 (右側は雑草)



写真9 遠心式加湿器と温度計



写真10 引き抜いたさし穂

これらの結果から、8月実施の試験では可能性のある個体は2本のみであったが、農業用育苗コンテナでココピートを使い発根が確認されたこと、11月実施の試験では、過湿状態（加湿器の能力に比べビニール温室が小さすぎた）になり基部が腐朽したこと、砂と軽石（Pumice）の培地は灌水により堅く縮まってしまうことから、今後のさし木試験には用いないこととした。

CPとの協議の結果、さし木試験は、今後、以下の条件で進めることとした。

- ① 農業用育苗コンテナでココピートを使用。
 - ② ビニール温室内に保管し、1回/日の灌水を行う。（ガラス温室の改修終了後は、ガラス温室を使用）。
- さらに、さし穂の採取時期による発根率の違いを検証するため、毎月さし木試験を行うこととした。また、系統別の発根率に差異が生じるかどうかについても検証するため、採穂系統を固定し供試することとした。供試本数は、毎回、系統あたり9本を実施することとした。対象系統は、2019年12月に松下主任研究員とKariuki氏が検定林データを統計解析した結果を基に、成長が優れている15系統を選定した。
- 今後、さし木試験は、毎月第4週に実施することとし、初回は2月24日の週として2021年1月までの期間に取り組みすることとした。

3-3-2 アカシアつぎ木試験

11月の試験は試行的に袋つぎを行ったが、全て台木とも枯れていた。また、新たな台木の生産をCPに依頼していたが、降雨による苗床の冠水により播種は行われていなかった。

再度、KITUI センターにあるアカシア属の苗木を使い、以下のとおり試験を実施した。

- ① 台木は、*Acacia tortilis*(12本)、*Acacia gerrardii*(28本)を使用
- ② つぎ穂は、採種林の4系統から10本ずつ採取し、一晚流水処理(写真11)
- ③ 袋つぎは台木ごと枯れてしまったことから、割つぎを実施(写真12)
- ④ ついだ苗木はビニール袋をかけ、苗床の寒冷紗下に保管(写真13、14)とした。また、再度、今後のつぎ木用台木の生産を依頼した。



写真11 つぎ穂採取と流水処理



写真12 CPによるつぎ木



写真13 つぎ木後ビニール袋で被覆



写真14 苗床設置後寒冷紗で被覆

3-3-3 メリアとり木試験

11月に実施したメリアのとり木試験は、実施した全ての枝に葉を付けており、一部は花を付けて(写真15)いた(11月時点では既に実を付けていた)。このうち2本のビニールを外し中の状態を観察したところ、カルスの形成(写真16)が見られたことから再度被覆を戻し、もう少し観察することとした。

全ての枝が葉を付けていることから剥皮部が回復していることも考えられる(写真17)が、1ヶ月後(3月初旬)に再度中の様子を観察し、発根が確認出来たら切り取ってポットに移植する。発根がなければ被覆を戻し、もう1ヶ月様子を見ることとした。

また、Auka氏(2月1日付けでキブエジに移動)により、KIBWEZIにおいても剥皮幅をもう少し広くして再度試験を行うこととした。



写真15 花を付けた枝



写真16 剥皮部より基部にカルスを形成



写真17 剥皮部が回復している

今後の課題等

3-2 アカシア実生採種林の間伐と材質調査

2015年12月植栽のアカシア実生採種林の間伐は、当初2019年11月末までに終了する予定であったが、1~2月に延期され、今回再度の延期となった。KEFRIからは、乾季の実施の方が望ましい(今回の雨季は10月から始まり2月中旬でもまだ雨が降っている)ことから未実施となったとの説明であった。樹高が高くなってきており樹冠も閉じ出していることから、うっ閉して枝が枯れ上がる前に間伐を行う必要がある。

材質調査については、Dr. Nufa氏(KEFRI本部)、Ms. Nellie氏(KEFRI木材研究所)と協議の上手法を検討し、KITUIセンターのCPに指示をしたところであるが、間伐の実施前に短期専門家派遣し、再度念押しと指導が必要である。

3-3 クローン・増殖

4-2-1 メリアさし木試験

これまで何度も試験が繰り返されたが、カルスの形成、少量の発根が見られただけで成功はない。今回、1本のみではあるが充分な発根が認められ、発根に至るまでには長期(今回は5ヶ月)を要することが分かった。

今後の試験では、今回と同様の温度・湿度の再現が重要であり、さし木の採取時期も増殖に関係する可能性があることから、同じ施設(ピニール温室)で毎月、さし木試験を行うこととした。

わずかに1本の発根が、半ば諦めかけていたようなKITUIセンターのCPのややる気を取り戻した様に感じた。

4-2-2 アカシアつぎ木試験

11月実施の袋つぎも失敗に終わっている。次の方法を検討する。

- ・乾季の終わりに、台木に灌水することにより、自然状態より早く台木の成長を開始させることができないか。
- ・乾季の終わりに落葉した状態の穂木を採り、灌水により成長を開始させた台木につぎ木することができないか。

また、つぎ木試験を継続するため台木の生産をKEFRIに要請していたが、今年は雨季が長く続き雨が多いため苗床が冠水して播種が出来ないとの回答であった。

4-2-3 メリアとり木試験

2ヶ月後、実施した全ての枝に葉を付けておりカルスの形成も見られたことから、観察を継続することとした。今回は、実施後ずっと雨期が続いており水分管理にあまり注意を払う必要がなかったが、乾季の場合頻繁に水分チェックを行う必要がある。

また、さし木同様カルスの確認により、Auka氏が自発的にKIBWEZIでも試験を行うなど、CPのややる気が上がっているように思われる。

4-2-4 試験施設

キツイセンターのガラス温室の改修工事(写真18)は、まだ続いていた。自動灌水装置、自動開閉の屋根・窓は設置済であったが、電気配線・給水タンク(写真右側のコンクリートブロック上に設置予定)を今後設置すること。

本ガラス温室を増殖試験に使用することができれば、温度・湿度を適切に保つことができると期待している。CPによると、3月中には完成することのこと。



写真18 改修工事中のガラス温室

4-2-5 採種圃管理の件費の未払いとKEFRIの人事異動

採種圃の管理や草刈り等の労働者の賃金支払い手続が遅れていることから、適正な事務処理を行うことをKEFRI側に申し入れた。本件については、11月にも申し入れており今回は二度目となる。採種圃・検定林管理の現場責任者であり、労賃等支払の担当者でもあるAuka氏がKIBWEZIに転勤になったことから、コンポーネント4のアシスタントマネージャーであるKariuki氏に再度念を押しした。

これまで長期にわたりKITUIセンターに勤務し、各種調査等の経験が豊富なAuka氏の転勤は、残すところ1年となったプロジェクトにとっても大きな痛手である。

幸い、KITUI、KIBWEZI間の道路は改修がほぼ終わり、車で1時間半程度であること、Auka氏の家族がKITUIに住んでいることから、採種圃・検定林の管理に手を貸してくれるようお願いした。

本件については、CADEPの高畑チーフアドバイザーにも報告した。

5 主な面談者

ケニア森林研究所 (KEFRI)

本部 (育種担当)

Mr. Jason Kariuki

Dr. James Ndufa (元キツイセンター所長)

Ms. Nellie Othor

Mr. Benjamin Mutula

Mr. Albert Luwanda

Mr. Samuel Auka

Mr. Ezekiel Kyalo

Ms. Damaris Munyao

Ms. Frouza M. Maingi

Ms. Mary Mwangi

高畑 啓一 氏

齋藤 克郎 氏

本庄 由紀 氏

CADEP プロジェクトチーフアドバイザー

CADEP プロジェクト森林普及

CADEP プロジェクト地域協力/業務調整

Appendix 5-4-7 国内業務報告書

| | | |
|------|-------|---------|
| 担当分野 | 氏名 | 期間 |
| 作業監理 | 小林 大樹 | 2021. 8 |

メリアさし木増殖の試行について

1 背景

さし木による *Melia volkensii* のクローン増殖は、採種園におけるつぎ木の台負け対策として重要な技術であり、プロジェクト期間中 FTBC の短期専門家ケニアに渡航した際に KRRRI スタッフとともに試験を実施してきたが、実用可能な技術の開発には至っていない。さらに、世界的な新型コロナウイルスの感染拡大により、短期専門家がケニアへ渡航できないこと、ケニア国内におけるナイロビ地域と地方との移動制限などにより 2020 年 3 月よりケニアにおけるクローン増殖の研究は中断している。

2020 年 8 月からケニアにおける増殖試験の代替措置として、国内において以下のとおりさし木増殖の試行を行った。

2 さし木増殖の試行

林木育種センター（日立市）において 2020 年 8 月から 2021 年 5 月までの間に 3 回の試行を行った。なお、本さし木試行に使用した穂木は、2016 年に根ざし試験（花岡氏）により増殖し温室内に保管してあった苗木から採取した。

2-1 採取部位、穂木採取苗木の硬化処理（灌水の停止）による試行（2020 年 8 月 20 日実施）

さし木増殖における、①穂木の採取部位による発根性、②穂木採取前の苗木の硬化処理（灌水を中断）による発根性を探るため、以下のとおり試行を行った。本試行に使用した穂木（写真 1）は、育種センターにおいて展示用に使用していた大苗（写真 2、3）から採取した。

| | | |
|--------|--|----------------------|
| グループ 1 | : 19 本 | 灌水を 2 ヶ月間中断した採穂木から採取 |
| グループ 2 | : 20 本 | 毎日灌水を行っていた採穂木から採取 |
| 穂木の長さ | : 約 20cm | |
| 穂木の養生 | : 穂木の活力を回復させるため、採取後 24 時間流水に浸した | |
| さし床 | : 鹿沼土細粒 | |
| 灌水方法 | : 平日（2 回/日） 午前中：手動灌水、午後：自動灌水 週末・休日（4 回/日） 9 時、11 時、13 時、15 時：自動灌水 | |
| 発根促進剤 | : オキシベンロン粉剤を塗布 | |



写真 1 採取したさし穂（穂長：約 20cm）



写真 2 採穂苗木 1
灌水を 2 ヶ月間中断
根元径：32mm 長：200cm



写真 3 採穂苗木 2
灌水を継続
根元径：22mm 長：200cm

さし木試験 2020年8月20日実施

| No. | 灌水 | 部位 | 元径 | 備考 | 6週間後(9/30) |
|-----|----|----|--------------|-----|------------------|
| 2 | 無 | 枝2 | 6 mm | | 発根 1 カルス 1 その他 小 |
| 3 | 無 | 枝3 | 11 mm | | ○ |
| 9 | 無 | 枝2 | 10 mm | | ○ |
| 17 | 無 | 幹4 | 28 mm | | ○ |
| 18 | 無 | 幹5 | 30 mm | | ○ |
| 19 | 無 | 幹6 | 28 mm | | ○ |
| 20 | 有 | 枝先 | 6 mm | | 小 |
| 22 | 有 | 枝3 | 12 mm | | 小 |
| 23 | 有 | 枝先 | 5 mm | 穂芽枝 | ○ |
| 26 | 有 | 枝先 | 6 mm | | 小 |
| 30 | 有 | 枝先 | 6 mm | 穂芽枝 | ○ |
| 36 | 有 | 幹4 | 22 mm | | 小 |
| 37 | 無 | 幹元 | 32 mm 長145mm | | 大 |
| 13 | | | | | 3 6 6 |

表 1 6 週間後の状況
(変化のあったもののみ)



写真 4 6 週間後の状況



写真 5 発根・カルスの状況

2-2 採取部位、穂木採取苗木の硬化処理（灌水の停止）による試行（2020年10月8日実施）

前回の試行（8月実施）では、様々な部位でカルスの形成が見られたことから、前回と同じ方法により再度試行を行った。

- グループ1 : 24本 灌水を4ヶ月間中断した採穂木から採取
- グループ2 : 23本 毎日灌水を行っていた採穂木から採取
- 穂木の長さ : 約15cm
- 穂木の養生 : 穂木の活力を回復させるため、採取後24時間流水に浸した
- さし床 : 鹿沼土細粒
- 灌水方法 : 平日（2回/日） 午前中：手動灌水、午後：自動灌水
週末・祝日（4回/日） 9時、11時、13時、15時：自動灌水
- 発根促進剤 : オキシベロン粉剤を塗布

灌水を中断した穂木は、さし付け1週間後から葉を付け始め、4週間後（写真6）には24本中23本が出葉（うち4本は4週間後までに落葉）した。その後徐々に葉を落とし、21週間後（写真7）に葉を付けていたものは5本であった。灌水を継続していた穂木は、2週間後から葉を付け始め、4週間後までに23本中15本が出葉し7週間後に22本が出葉した。その後徐々に葉を落とし、21週間後に葉を付けていたものは8本であった。

21週間後まで葉を付けていた13本の内、1本No.22（灌水中断、根元から3番目の幹部、根元径31mm）（写真8）が発根していたが、他のものはカルスの形成も認められなかった。



写真6 4週間後

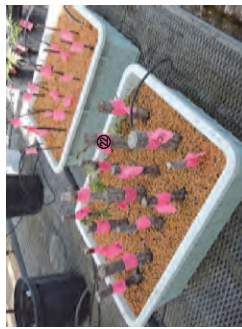


写真8 発根の状況

2-3 穂木採取後の乾燥による試行（2021年3月16日実施）

これまで採穂した穂木は、流水に24時間浸し活力を回復してからさし木を行っていたが、これまでの2回の試行では灌水を中断していたものでもほとんどどの穂木から出葉していたことから、採取後の穂木を乾燥させて穂木の活性を探ることとした。試行の概要は以下のとおりである。

- グループ1 : 15本 24時間陰干し
- グループ2 : 17本 流水により24時間養生
- 穂木の長さ : 約15cm
- さし床 : 鹿沼土細粒
- 灌水方法 : 平日（2回/日） 午前中：手動灌水、午後：自動灌水
週末・祝日（4回/日） 9時、11時、13時、15時：自動灌水
- 発根促進剤 : オキシベロン液剤（原液）に数秒浸漬



写真9 挿し種の採取箇所（○=乾根、○=発根）

穂木は、根元径6～8mm、苗木長30～92cmの小さな苗木から採取した（写真9）。採取後、グループ1は直射日光を避けて乾燥させ、グループ2は流水に浸した。さし付け1週間後から葉を付け始め、3週間後（写真10）までに31本が出葉した。その後、徐々に葉を落としたが、10週間後（写真11）でも28本が（かうじて）葉を付けていた。

10週間後（写真11）を確認したところ、3本が発根（写真12）していた。3本とも陰干しを行ったもので、部位は根元（No.20）、根元から2番目（No.16、22）であった。その他の挿し穂ではカルスの形成も確認できなかった。

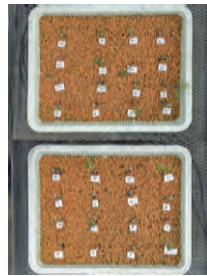


写真10 さし付け3週間後



写真11 さし付け10週間後



写真12 さし付け10週間後

3 試行の結果

3 回のさし木の試行で穂木として使用した根ざし増殖による苗木は、長期間ポットで養生されていたため成長が抑圧され均一なものではなく、またサンプル数は少ないが、以下のことが確認された。

さし木を成功させるための有用な結果は得られていないが、以下のことが確認された。

- ① 2m程度までの苗木を採穂木として使用した場合、どの部位でも発根の可能性はある。
- ② 穂木を乾燥（1日陰干し）させても穂木の活性は低下しない（発根の可能性は不明）。なお、さし木試行に使用した苗木の根は、展示や今後の増殖試験のために再度根ざしによる増殖を行い育苗中である。

4 今後の方向

これまでの試行では全て鹿沼土（細粒）を培土として行ったが、ケニアで入手することができないため、ケニアで使用しているココロビート（2019年8月の試験で1本発根）を培土としたさし木試験が必要である。

Appendix 5-4-8 国内業務報告書

| 担当分野 | 氏名 | 期間 |
|------|--------|-------------|
| 育種 | 宮下 久哉 | 2021. 8. 30 |
| 育種 | 武津 英太郎 | 2021. 8. 30 |

特性表による採種圃改良（検定林データによる後方選抜）に関する KEFRI へのレクチャータ
2021年8月30日（月）10:00 a.m.-12:00(Japan time: 16:00-18:00)

当方：武津（講義）、宮下（講義）、稲本、山田、高濱、小林、稲永

先方：Dr. Ndufa (Comp4 Manager), Kariuki (C/P), Kamond (C/P), Okeyo (Assistant Regional Director KEFRI Kibwezi), Okul (Tree Breeder, DERP Kitui), Dr. Luvanda (Regional Director DERP Kitui)

会議様式：オンライン

1. Introduction

- ・参加者紹介
- ・Background（高濱）

2. Plus tree trait table for Rogueing (Dr. Fukatsu)

- ・ Selection of plus and inferior trees based on data of growth and fruit production
- ・ The tree growth data
- ・ Drawing line at border of inferior trees

○武津さんへの質問

(Kariuki) 検定林は、採種圃からの種と母樹からのための2のソースがあるが、検定林の結果（ゲイン）に違いはあるか。

→（武津）考慮していなかった。

(Kariuki) 2つのソースの検定林の結果をそのまま採種圃の間伐の選定に使用していいのか。

→（武津）考慮していなかった。

(Kariuki) 採種圃に検定林でテストしていない樹種があるがどのように扱うのか。

→（武津）それについては検討が必要である。

(Ndufa) 検定林の結果（ゲイン）は、検定林毎で違いはなかったのか。それを一つで扱っても良いのか。→（武津）サイトが違っても系統間に高い相関性があった。ただし、サイト間でゲインの量は異なっている。

(Komondo) データの取扱はクローン毎に違うのか？

3. Observation of fruit production for preparation of Rogueing (Dr. Miyasita)

- ・ Observation of fruit production

- ・ Estimation of trees which have no fruit production
- ・ Method of measure of fruit production

○宮下さんへの質問

(Kariuki) 2019年に採種圃の改良について部分的に行うなどのレコメンドがあったが、各採種圃の6ブロックで何ブロック間伐して、何ブロックの残すのか。4ブロック間伐し、2ブロック残すなど、検定林データから得られた所見はあるか。

→（宮下）生産種子のパフォーマンスが改良されるので、6ブロック全て実施をお勧めする。系統が少なくなってしまうことについても、系統保存林分を別に造ることもあり、心配が小さい。検定林にある72クローンからは成長性を、採種圃の検定林に植栽されていない28クローンについては、種子生産能力などを観察して選定する必要がある。

(Okeyo) 採種圃で2022年8月に着花、9月～10月に着果の調査を行う。その結果をもって改良伐採対象木を選定すればいいのでは。← そのように調査し、その後（2023年）に改良を行うことではない。

(Ndufa) 採種圃の間伐は、種の生産と成長とのバランスに考慮する必要があるが、どのように間伐による改良を行うのか（改良を行う区画の割合は）。→（宮下）種子量の少ない系統を除去すれば生産量は影響小さいので、6ブロック全て実施をお勧めする。

(Vakentor) 着花と樹高・材積は負の相関のように見えるが、間伐を行う場合に優先的にどちらを選んではいけないのか。←（武津）負の相関というより相関が弱い状況（資料 P22）なので、両方を勘案して選べば良いのではないか。これは検定林の結果なので、種子については採種圃のデータを使用する方が良い。

4. Discussion

- ・ Method of rogueing
- ・ Schedule of rogueing

(Kariuki) 種子生産のデータを基にシステマティックに間伐を行うべきである。

(Komondo) 次期プロジェクトでは2つの採種圃を造成やプラスツリー候補木の選定などの計画があり、間伐を行う場合は業務量を考慮する必要がある。

(Ndufa) 強度の改良を行うと遺伝的多様性は低下すると思うが、お勧めの改良強度は。採種圃の状況を見て決める必要がある（採種圃の写真を提示）。

(高濱) 来年、種子生産の調査を行い、それに基づき再来年に間伐を行う方向で進めたい。（稲本）6ブロックの間伐を行うことに賛同する。また、着花調査を行い、成長と着果のパフォーマンスを見ながら選定することに賛同する。更に、追加のプラスツリー候補木について探索することにも賛同する。

5. A.O.B

(Ndufa) ガイドラインの原稿を今週中に提出する。また、PMUは9月3日、JCCは8日から延期されて開催されるが、PCR等の説明がある。

(高濱) ガイドラインの原稿をお願いしたい。PMU, JCCの資料を作成し共有する。

Lecture of Rogueing of Melia seed orchard by KEFRI and FTBC
 Component 4: Tree Breeding
 Capacity Development Project for Sustainable Forest Management in Kenya

Date: 30th August 2021

Time: 10:00 a.m.

Venue: Online meeting

Agenda

1. Introduction
 - Background
2. Plus tree trait table for Rogueing (Dr. Fukatsu)
 - Selection of plus and inferior trees based on data of growth and fruit production
 - The tree growth data
 - Drawing line at border of inferior trees
3. Observation of fruit production for preparation of Rogueing (Dr. Miyashita)
 - Observation of fruit production
 - Estimation of trees which have no fruit production
 - Method of measure of fruit production
4. Discussion
 - Method of rogueing
 - Schedule of rogueing
5. A.O.B

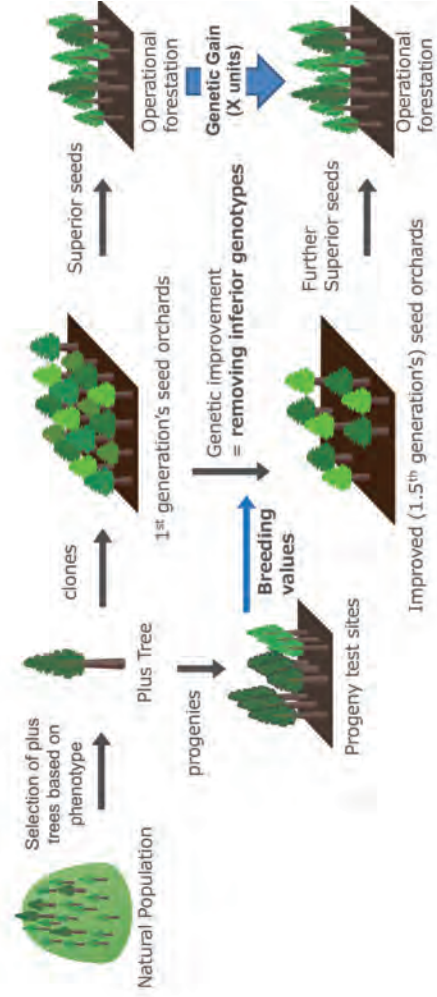
Genetic improvement of seed orchards of *Meria volkensii* based on the information obtained from progeny tests

August 30, 2021
 Eitaro FUKATSU

Copyright © 2021 by FTBC, FFPRI, JAPAN

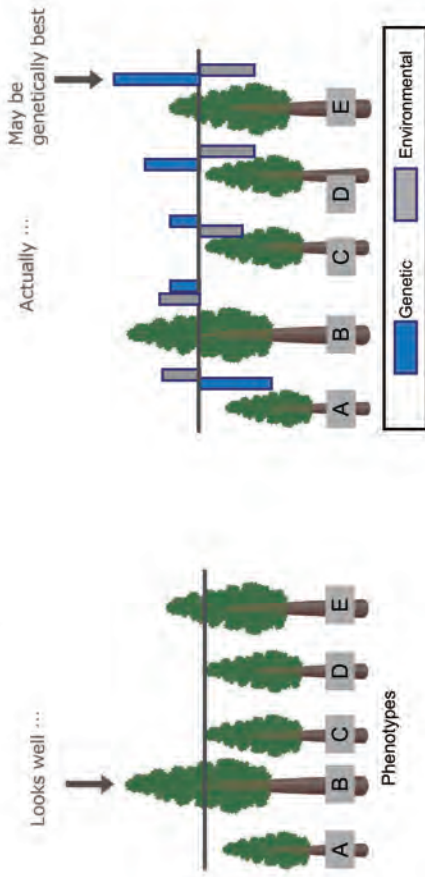
Outline

Using breeding values, the genetic gain by genetic improvement of seed orchards can be estimated.



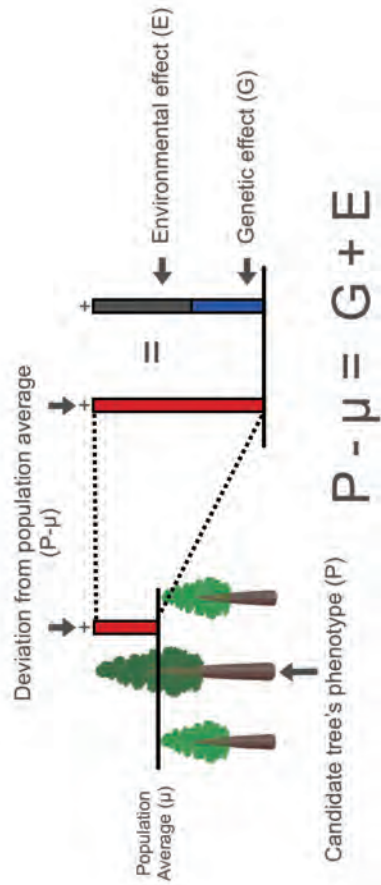
One could not know genetic effects directly from phenotypes, but want to know...

- Prediction of breeding value
- Estimation of genetic gain by selection
- Simulation of genetic improvement of seed orchards of *Meria volkensis*



Phenotype of a tree

Phenotype is composed of genetic and environmental effects



Breeding value

Breeding value is a part of genetic effects

Breeding value is "Property of a particular individual in reference to a particular population. Sum of the additive effects of an individual's alleles" (Lynch and Walsh 1998).

$$P = \mu + G + E$$

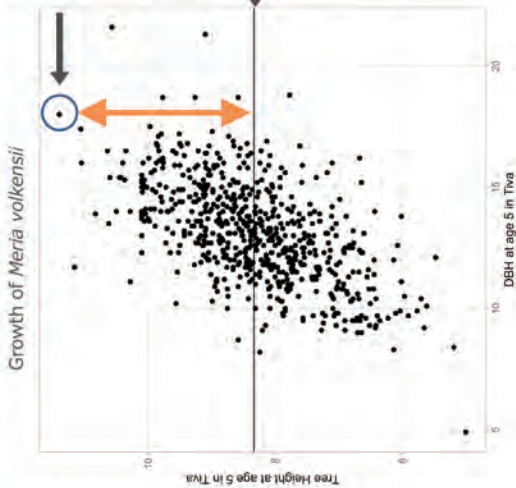
$$\downarrow$$

$$G = A + I$$

A: Breeding value, the portion of genetic effect that is transmitted to progenies
 I: non-additive effect, the portion of genetic effect that is specific to the genotypes

For the evaluation of seed orchards, not genotypic value, but breeding value is important.

Phenotype of *Meria volkensii*



Example of tree height

$$P - \mu = 11.4\text{m} - 8.33\text{m} = 3.06\text{m}$$

We can't know breeding value of this tree.
We could predict (estimate) that.

Population Average (μ) = 8.33m

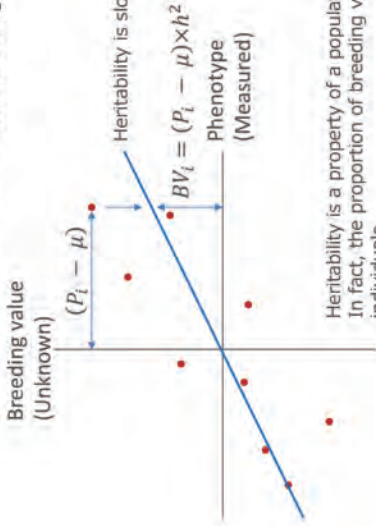
How to predict breeding values

Breeding values are predicted using heritability

If there is no information for individuals in a population, except for its phenotypic value, Breeding value of a individual is:

$$BV_i = (P_i - \mu) \times h^2$$

You must bring heritabilities from somewhere...



Heritability is a property of a population, all individuals were regressed equally. In fact, the proportion of breeding values to phenotype are different among individuals.

Heritabilities

Heritabilities is a property of a population

Heritability is the fraction of the phenotypic variance that is accounted for by the variance among breeding values of trees in the reference population (White et al. 2007)

Phenotype is divided into components

$$P_i = \mu + A_i + I_i + e_i \quad \text{For tree } i$$

Variance of phenotypes also divided into variance components

$$Var(P_i) = Var(\mu) + Var(A_i) + Var(I_i) + Var(e_i)$$

For a population

=Zero
(μ is constant)

$$\rightarrow \sigma_P^2 = \sigma_A^2 + \sigma_I^2 + \sigma_e^2$$

Narrow-sense individual heritability (h_i^2) are estimated from variance components

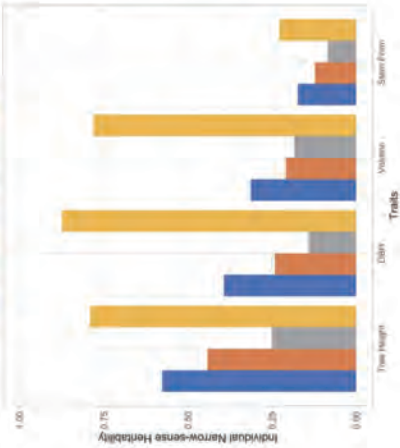
$$h_i^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_I^2 + \sigma_e^2}$$

Heritabilities of *M. volkensii*

The heritabilities are high in the population of plus trees in *M. volkensii*

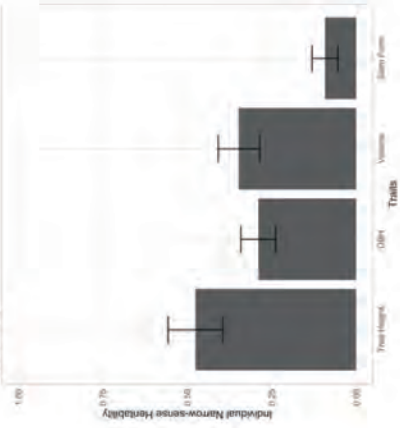
Heritabilities in each site

Site: ■ Katsube ■ Kawanai ■ Harumoto ■ Tiba

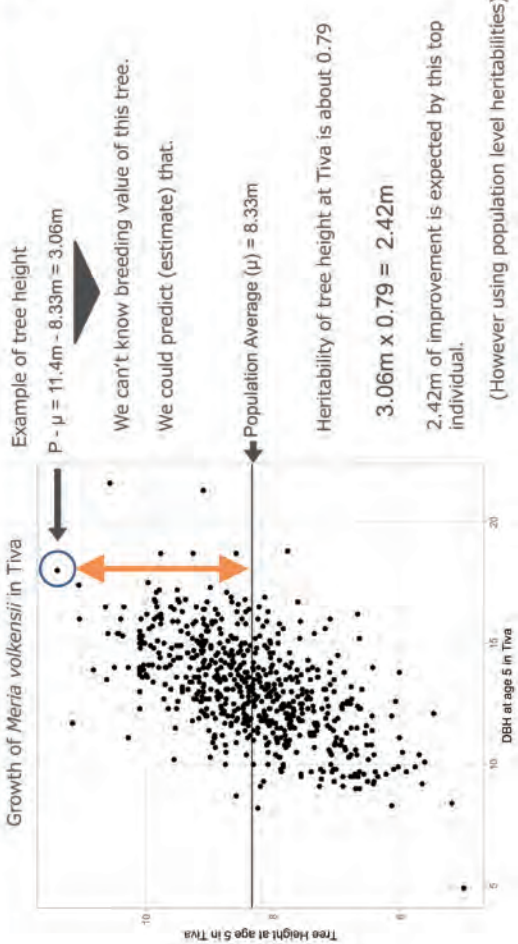


Heritabilities across sites

(a) Heritability



BLUP of random effect in Mixed effect model is more preferable prediction of breeding value



The deviation of average of progenies from population mean is good estimator of breeding values

$$BV_{f(i)} = 2 \left(\frac{\sum_{j=1}^n y_{ij} - n\mu}{n} \right) h_f^2$$

h_f^2 is family heritability

However, n is different among families in practical progeny tests

Number of measured trees at age 5 of M. volkensii in 4 main progeny tests for each plus tree.

| clone | ind_num |
|-------|---------|
| No. 1 | 33 |
| No. 2 | 101 |
| No. 3 | 107 |
| No. 4 | 118 |
| No. 5 | 83 |

Available amount of information is different

The precision is different among parent

Using means and common heritability is not appropriate ...

How to predict breeding values

Using progeny test, breeding values are predicted more precisely.

When phenotypic values of progenies by open pollination are available:

$$y_{ij} = \mu + 0.5 (BV_{f(i)} + BV_{m(i)}) + e_{ij}$$

Mean of n trees in same family

$$\frac{\sum_{j=1}^n y_{ij}}{n} = \mu + 0.5 (BV_{f(i)} + BV_{m(i)}) + \frac{e_{ij}}{n}$$

Assumption with random mating with all male parents

$$= \mu + 0.5BV_{f(i)} + \frac{e_{ij}}{n}$$

$$\frac{\sum_{j=1}^n y_{ij} - n\mu}{n} = 0.5BV_{f(i)} + \frac{e_{ij}}{n}$$

If n is large adequately, average deviation of progenies of parent i is half of breeding value

Use BLUP

BLUP is preferable for breeding value

Use BLUP (Best linear unbiased predictor)

BLUP of breeding value is:

- a) Regress ("Shrink") to average according to its heritabilities
- b) Regress to average according to its quality of data (number of tested progenies, for example)
- c) Can be used directly to calculate genetic gain.

BLUP could be obtained using mixed linear model and mixed model equations (Henderson 1973):

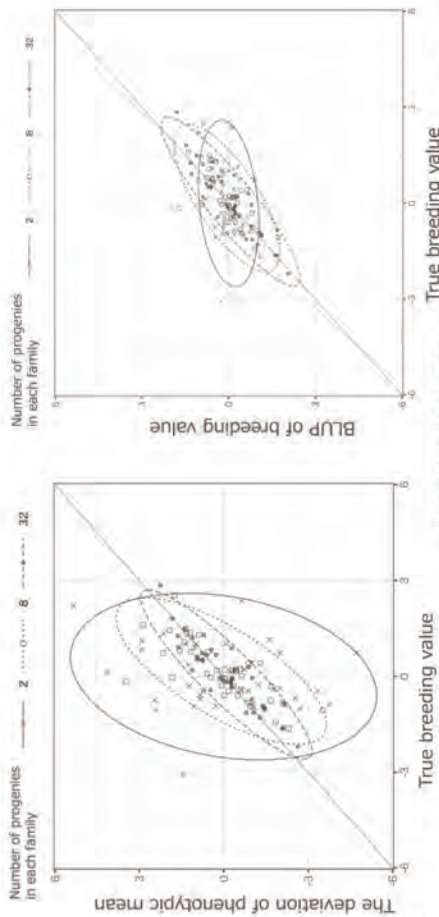
There are many softwares that calculate BLUP

- "breedR" in R
- "lme4" in R
- ASReml
- etc.

The regression (shrinkage) of BLUP of breeding value

BLUPs shrink to population average according to the number of tested progenies

In average of phenotype (left), the family with small number of progenies shows higher value, whereas BLUP showed smaller values



From Simulated data

The plus tree table based on breeding values

We now compiling (mainly) breeding values of several traits of *M. volkensii* as plus tree trait table.

By Kariuki san, and FTBC

| Clone | Stem Volume* m ³ | Tree Height* m | DBH** cm | Stem Form* index | Fruits** rate | Fungal Disease** rate | Measured Tree*** number | | | | |
|--------|--------------------------------|-------------------|-------------|---------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|------|-------|------|-----|
| No. 6 | 0.024 | 1 | 1.300 | 1 | 0.351 | 1 | 0.10 | 0.07 | 57 | | |
| No. 9 | 0.021 | 2 | 0.748 | 9 | 1.924 | 2 | 0.318 | 2 | 0.13 | 0.01 | 111 |
| No. 7 | 0.021 | 3 | 0.655 | 13 | 2.069 | 1 | 0.210 | 7 | 0.10 | 0.07 | 52 |
| No. 43 | 0.017 | 4 | 0.686 | 11 | 1.475 | 4 | 0.115 | 13 | 0.12 | 0.16 | 21 |
| No. 49 | 0.016 | 5 | 0.768 | 8 | 1.423 | 5 | 0.250 | 3 | 0.13 | 0.04 | 45 |
| No. 51 | 0.014 | 6 | 1.209 | 3 | 0.994 | 9 | 0.026 | 24 | 0.18 | 0.16 | 36 |
| No. 48 | 0.012 | 7 | 1.232 | 2 | 0.778 | 14 | -0.045 | 33 | 0.00 | 0.17 | 18 |
| No. 29 | 0.012 | 8 | 0.379 | 17 | 1.307 | 7 | 0.237 | 6 | 0.19 | 0.02 | 46 |
| No. 53 | 0.011 | 8 | 0.939 | 5 | 0.813 | 11 | -0.049 | 35 | 0.10 | 0.29 | 20 |
| No. 11 | 0.011 | 10 | 0.322 | 21 | 1.366 | 6 | 0.096 | 16 | -0.22 | 0.01 | 100 |
| No. 3 | 0.010 | 11 | 0.650 | 14 | 0.825 | 10 | 0.247 | 5 | 0.07 | 0.01 | 107 |
| No. 40 | 0.009 | 12 | 0.772 | 7 | 0.655 | 15 | 0.132 | 11 | 0.18 | 0.13 | 48 |
| No. 57 | 0.009 | 13 | 0.380 | 16 | 1.057 | 8 | -0.004 | 28 | 0.03 | 0.03 | 29 |
| No. 46 | 0.009 | 14 | 0.674 | 12 | 0.559 | 18 | -0.050 | 36 | 0.00 | 0.21 | 11 |
| No. 4 | 0.006 | 15 | 0.249 | 22 | 0.790 | 13 | 0.184 | 8 | 0.17 | 0.04 | 118 |

Continue

- Prediction of breeding value
- **Estimation of genetic gain by selection**
- Simulation of genetic improvement of seed orchards of *Meria volkensii*

Estimation of genetic gain

Estimation of genetic gain using breeding values

BLUP of breeding values are directly used to calculate genetic gain.
The merit of using BLUP

Classically, genetic gain were estimated using following formulae:

$$G = i \cdot h \cdot \sigma_A$$

i is selection intensity, h is square root of heritability,
 σ_A is square root of genetic variance.

This method is assumed "truncation selection" only



Estimation genetic gain using breeding value is straightforward:

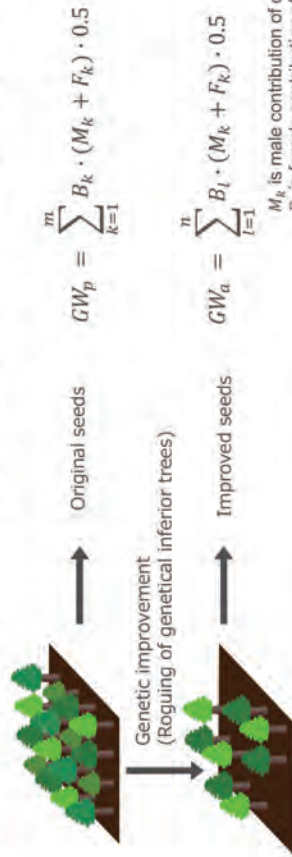
When you select m individuals from n individuals, the genetic gain by selection is:

$$G_a = \frac{\sum_{k=1}^m B_k}{m} - \frac{\sum_{l=1}^n B_l}{n}$$

B_k is breeding values of selected individuals,
 B_l is breeding values of pre-selected individuals
 G_a is genetic gain by selection in this breeding populations.

Estimation of genetic gain at seed orchard

Contribution as parents should be included for the estimation of gain at seed orchards



$$G_a = G_{W_a} - G_{W_p}$$

M_i and F_i are determined by fecundity, number of trees, etc

M_k is male contribution of clone k ,
 F_k is female contribution of clone k

$$\sum_k M_k = 1, \sum_k F_k = 1$$

(no pollen from outside is assumed)

$$G_a = \frac{\sum_{k=1}^m B_k}{\pi} - \frac{\sum_{l=1}^n B_l}{\pi}$$

If no information about M_i and F_i , genetic gain at seed orchards is

Contents

- Prediction of breeding value
- Estimation of genetic gain by selection
- Simulation of genetic improvement of seed orchards of *Meria volkensii*

Genetic gain of *Meria volkensii* by selection of top clones

About 16% genetic gains were estimated for stem volume by top 50 % selection

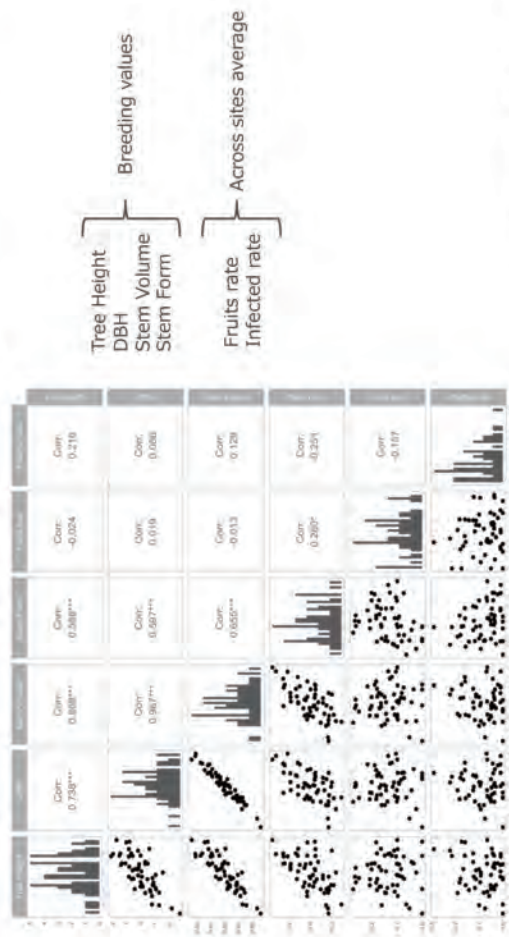
Using
 4 main progeny site
 2644 progeny trees from 55 plus trees
 Measurement data at 5 year of age after planting
 Estimate genetic gain =>

Selection of top 50% of plus trees (28 plus trees from 55 plus trees) of *Meria volkensii* for each trait

| Trait | Genetic Gain | General Mean | Relative Genetic Gain |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tree Height | 0.56 m | 7.56 m | 7.42 % |
| DBH | 0.78 cm | 11.9 cm | 6.52 % |
| Stem Volume | 0.0085 m ³ | 0.0490 m ³ | 17.40 % |
| Stem Form | 0.12 | 3.52 | 3.47 % |

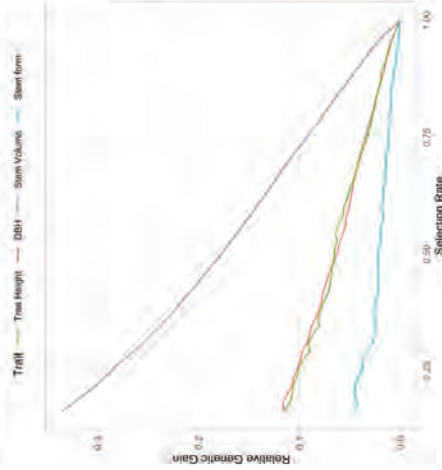
Genetic correlation among traits

Stem form and growth could be improved simultaneously



The balance of genetic gain and seed production must be considered

Genetic gain by selection based on stem volume



If top 9 clone in stem volume were selected (remaining 45 clones were removed) from seed orchards, stem volume would be improved about 33.4%

Simultaneously,

Tree Height: 12.9% (0.97m)
Stem form: 7.0% (0.24 units)

would be improved



Seed production would be decrease until the maturing of supplemental planting trees.

- The breeding unit according to the gradient of environment.
 - The seed orchard / breeding population should be divided?
- The collection of data
 - The system for collecting the data of seed production, wood properties, etc.
 - Which trait is required for future breeding of *M. vorkensii*?
- The management of data
 - Appropriate management system of collected data is important for continuous breeding.

Genetic improvement of seed orchards *M. vorkensii*

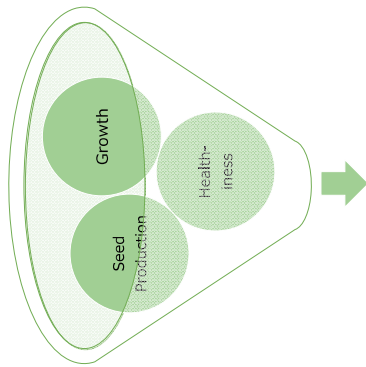
Several points that should be considered

- How to treat non-tested plus trees.
 - Expectation of breeding value of non-tested plus tree is zero.
 - Not collection seed from non-tested trees is one option.
- The incorporation of seed production data.
 - Seed orchard's data is preferable
 - Calculate genetic worth using only seed production data
(Contribution as male parents is difficult? Using genetic marker or counting male flowers?)
- How to consider other traits
 - Probably, growth is most important.
 - How to balance between growth and other traits, like wood properties

$$GW_d = \sum_{k=1}^n B_k \cdot (M_k + F_k) \cdot 0.5$$

Observation of fruit production for preparation of Rogueing

Selection (Draft)

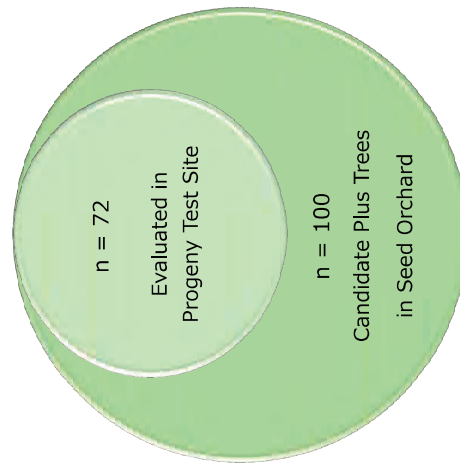


1. Inferior clones based on Plus tree trait table
→ for improved melia seed/seedlings
2. Observation of Fruit production in each trees (July 2022)
→ small effect on seed production
3. Checking the Healthiness in each trees (July 2022)
→ remove diseased tree

Observation of Seed production

| | |
|-------------------------|--|
| Fruit collection period | |
| How many trees | |
| Method | Evaluation by score 3 : many, 2 : middle, 1 : few, 0 : none |

Number of CPTs evaluated in the PTS



28 CPTs could not collected seed in 2014 and 2015
How many clones are currently product seed?

Appendix 6 コンポナーネット4／広報関連情報

| 年月日 | 媒体 | 内容 | 筆者・掲載元 |
|--------------------------|---|--|--------|
| 2017年10月30日 | 北海道森林管理局(森林技術・支援センター)主催平成29年度技術開発成果発表会 | ケニア共和国における <i>Melia volkensii</i> 育種の紹介 | 花岡創 |
| 2018年1月 | 林木育種情報 | 「ケニアの林木育種プロジェクト」新たなステージへ | 育センHP |
| 2019年2月13日 | ポスター (ポスターをPDFファイルでいただいています) | 北海道地域研究報告会という森林総研の成果報告会 | 花岡創 |
| 2019年9月 | IUFRO 研究会「21st International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium」 | Improvement of Seed Orchard according to the Progeny Test through Nondestructive Wood Property Testing on Tree Breeding Project in Kenya | 宮下久哉 |
| 2019年10月 | IUFRO 研究会「The 4 th IUFRO Seed Orchard Conference 2019」 | Breeding for Drought Tolerance and Establishment of Clonal Seed Orchards of <i>Melia volkensii</i> in Drylands of Kenya | 宮下久哉 |
| 2019年11月 | 林木育種情報 | ケニアの林木育種プロジェクトの現状 | 育センHP |
| 2020年4月 | 森林遺伝育種 | 国際会議「21 st International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium」に参加 | 宮下久哉 |
| 2020年4月 | 森林遺伝育種 | 国際学会「IUFRO Seed orchard Conference」への参加報告 | 宮下久哉 |
| 2020年4月 | 林野庁情報誌「林野」 | ケニアにおける林木育種プロジェクト | 林野庁HP |
| 2020年7月 | 林木育種の現場から | ケニア郷土樹種メリア (<i>Melia volkensii</i>) の根ざし増殖に取り組んでいます | 育センHP |
| 2020年8月(日) 2018年8月(英) | 冊子 | 林木育種センターパンフレット(日・英) | 育センHP |
| 2021年9月 | IFURO World Day ポスター掲示(ウェブ) | Suggestion for genetic resources management of <i>Melia volkensii</i> in Kenya | 花岡創 |

ケニアにおける林木育種プロジェクト

■プロジェクトの概要

林木育種センターでは、気候変動適応策に資するため、国際的な技術協力や共同研究を通して林木育種技術の開発や技術移転を行っています。これらの取組を行っている国の一つであるケニアでは、国土の約八割が乾燥地・半乾燥地であり、平成二十二年時点で七%であった森林率を令和四年までに十%へ引き上げる政府目標を定めています。

林木育種センターでは、平成二十四年から平成二十八年まで国際協力機構（JICA）の技術協力「気候変動への適応のための乾燥地耐性育種プロジェクト」を通じて、耐乾燥性を有する郷土樹種である *Melia volkensii*（以下「メリア」） *Acacia tortilis*（以下「アカシア」）を対象として、カウンターパートであるケニア森林研究所と協力して、乾燥地耐性育種に取り組んできました。

プロジェクトでは、メリアについて

つぎ木を用いた二箇所のクローン採種園や八箇所の次代検定林を、また、アカシアについても二箇所の実生採種林をそれぞれ設置するなどを通じて、林木育種を進める上で必要な基盤を整備しました（図1）。

平成二十八年から、このプロジェクトはJICA技術協力「ケニア持続的森林管理のための能力開発プロジェクト」の育種コンポーネントに引き継がれ、林木育種センターでは、引き続き、ケニア森林研究所とともに林木育種に取り組んでいます。

■メリア採種園等の改良

メリアは、銘木マホガニーや日本のセシランの仲間の郷土樹種で、ケニアでは主に建材や家具材として利用されています。前プロジェクトでは、ケニア全土からメリア精英樹候補木を選び、つぎ木増殖した母樹を植栽して、優良な種子を生産するための採種園を造成しました（写真1）。本プロ

ジェクトでは、次代検定調査結果を基に、※断幹及び整枝剪定や、間伐による劣勢個体の除去を行い、採種園の改良を進めています。



写真1 たわわに実るメリアの果実

■メリア第二世代の選抜

採種園産の苗木を用いて造成されたメリア次代検定林で植栽後4年間の樹高等を測定して統計解析を行った結果、成長の優劣等の系統による違いが明らかになりました（図2）。この結果を基に、当初、本プロジェクトでの達成は見込まれていなかった材積成長、幹の通直性、樹病への耐性等、複数の望ましい特性を兼ねる優良なメリア第二世代個体を、育種開始からわずか7年で選抜することができました（写真2）。また、統計解析の結果、育種を進めると、世代あたり十%以上の成長の改良が見込まれると試算されました。



図1 採種園、検定林、採種林の位置図

※断幹 樹高成長を抑制し、下枝を充実させ、その枝から果実（球果、種子）や種木を採取しやすい樹形をつくるために、樹幹を任意の（作業しやすい）高さで切断すること。

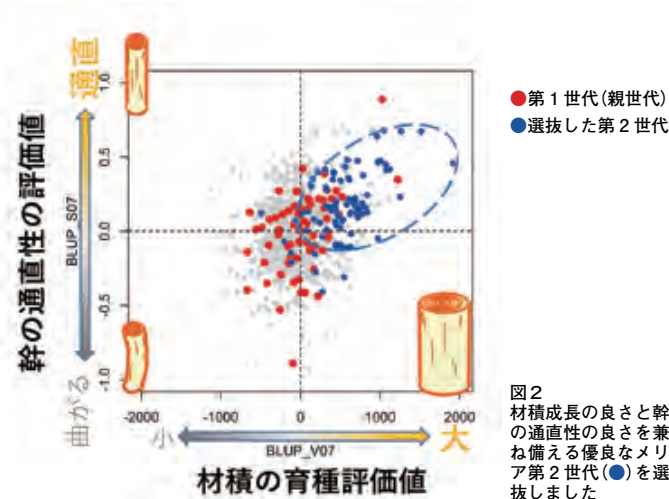


図2
材積成長の良さと幹の通直性の良さを兼ね備える優良なメリア第2世代(●)を選抜しました



写真2 選抜した優良な第2世代のメリアにペンキでマーキングをしました。評価の高い個体では植栽後4年で幹の直径が20cmに達しています



写真3 発根したメリアのさし木

増殖技術の研究開発

メリアのつぎ木増殖技術は、前プロジェクトでほぼ確立されましたが、クローン増殖により苗木を効率的に増やすことが出来るさし木技術については、まだ実用レベルには至っていません。このため、様々な育苗条件を変えた試験を進め、発根までを確認することが出来ました(写真3)。また、アカシアについても、つぎ木によるクローン増殖技術の開発に取り組みんでいます。



写真4
アカシア採種林
左の樹高が高い方が平成27年12月、右が平成28年4月に植栽。間伐により採種林を改良する予定です

アカシア採種林の改良

アカシアは、乾燥した地域でも成長に優れ、主に家畜飼料や薪炭材として利用されています。プロジェクトで造成したアカシアの採種林は、検定林の役割も持っています。優良な種子を得るため実生苗の検定を行い、劣勢個体を間伐することで、採種林の改良を図ることとしています(写真4)。

今後の取組

本プロジェクトを通じて改良される優良メリアの種子及び苗木は、在来のものに比べて成長が早く材質も優れているため、年々増加する需要に、種苗の供給が追いつかない程の人气となり、民間企業も強い関心を示すなど、ケニア国内では高く評価されています(写真5)。



写真5 農地に植えられた改良メリア

このため、より成長や材質に優れた次世代メリアを生み出すための育種を引き続き進めるとともに、プロジェクトを通じてケニア政府や郡政府、民間企業等による優良種苗の生産を支援し、東アフリカにおける持続可能な森林経営の実現に貢献していくこととしていきます。

Appendix 7: 成果品一覧 (Guidelines)

| P.O. Number | ガイドライン名 | 執筆者 | 内容 |
|-------------|---|---|---|
| 4-1-2 | Genetic Performance and Plus Tree Traits Table for <i>Melia volkensii</i> in the Drylands of Kenya (メリア・ヴォルケンシンの遺伝的能力とプラスツリー特性表) | Jason Kariuki Eitaro Fukatsu Michinari Matsushita James Ndufa Bernard Kamond | JICA委託業務「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト」(2017-2021)の実施結果を元に作成したメリア・ボルケンシンの遺伝的能力とプラスツリーの特性表に関する出版物である。本特性表には、樹高、直径、木材性質及び種子の生産などの林業上の重要な特性の育種価値のリストが記載されている。この特性表は、研究者が間伐や採種園の改良などの育種活動を計画することを支援する。また、農民や採種園管理者などのメリアの需要者が使用する採種園の種子(子世代)の特性や特徴の情報を与え、改良メリアの普及を促進することが期待される。 |
| 4-1-4 | Manual for Establishing and Managing <i>Melia volkensii</i> Seed Orchards in Kenya (メリア・ヴォルケンシンの採種園設置及び管理マニュアル) | Jason Kariuki Hisaya Miyashita James Ndufa Bernard Kamond | JICA委託業務「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト」(2017-2021)の実施結果を元に作成したメリア・ボルケンシンの採種園の設置及び管理に関する出版物である。本特性表には、プラス木候補木の選定、クローン採種園の設置、採種園管理及び種子収集などが記載されている。このマニュアルは、採種園管理者へ採種園の効果的な管理方法について追加的情報を与える。 |
| 4-1-5 | Guideline on Clonal Propagation of <i>Melia volkensii</i> (メリア・ヴォルケンシンのクローン増殖ガイドライン) | Jason Kariuki Hisaya Miyashita Taiki Kobayashi James Ndufa Bernard Kamond | JICA委託業務「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト」(2017-2021)の実施結果を元に作成したメリア・ボルケンシンのクローン増殖に関する出版物である。本マニュアルには、接ぎ木とその他のクローン増殖などクローンをどのように作成するかが記載されている。このマニュアルは、研究者や採種園管理者へ採種園や原種維持林の造成に必要なクローン増殖について情報を与える。 |
| 4-2-2 | Breeding Strategies, Mating Systems and Future Perspective of Indigenous Tree Species Improvement in Kenya : A Case Study of <i>Melia volkensii</i> (郷土樹種の育成戦略、交配様式及び改良の見通し：メリア・ヴォルケンシンのケーススタディ) | Michinari Matsushita So Hanaoka Stephen Omondi Jason Kariuki Leonida Cherotich James Ndufa | JICA委託業務「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト」(2017-2021)の実施結果を元に作成したケニアにおける郷土樹種の育成戦略、交配様式及び改良の見通しに関する出版物である。本出版物は、交配様式、受粉タイプ、人工交配などどのように研究を進めるのかが記載されている。この出版物は、研究者や採種園管理者へ交配様式や次世代種子生産のための人工交配などの追加的情報を与える。 |
| 4-3 | Guidelines for Establishment and Management of <i>Acacia tortilis</i> Seed Stands in Kenya (アカシア・トルテリス採種園の設置及び管理のガイドライン) | Jason Kariuki Hisaya Miyashita Taiki Kobayashi James Ndufa Dorothy Ochieng Josephine Wanjiku | JICA委託業務「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト」(2017-2021)の実施結果を元に作成したアカシア・トルテリス採種園の設置及び管理に関する出版物である。本マニュアルは、プラスツリー候補木の選定、採種園(検定林)の設置・管理などが記載されている。本マニュアルは、採種園管理者へ採種園の効果的な管理方法について追加的情報を与える。 |