

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「生物資源の持続可能な生産・利用に資する研究」

研究課題名「生物遺伝資源と分子遺伝学を利用した養蚕研究基盤構築」

採択年度：平成 27 年度/研究期間：6 年/相手国名：ケニア共和国

終 了 報 告 書

国際共同研究期間*1

平成 28 (2016) 年 10 月 3 日から令和 4 (2022) 年 3 月 31 日まで

JST 側研究期間*2

平成 27 (2015) 年 6 月 1 日から令和 4 (2022) 年 3 月 31 日まで
(正式契約移行日 平成 28 年 4 月 1 日)

*1 R/D に基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた該年度末

研究代表者： 亀田 恒徳

農業・食品産業技術総合研究機構・グループ長

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

研究題目・活動	2015年度 (10ヶ月)	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
研究題目 ：生物遺伝資源と分子遺伝学を利用した養蚕研究基盤構築							
研究項目 1. クワのジーンバンク構築							
1-1 クワ遺伝資源の収集		← 遺伝資源コレクションの構築 →					
1-2 遺伝資源の特性評価		← 特性情報の集積 →					
1-3 DNAによるタイピング		← 全塩基解析・分子マーカー解析 →					
1-4 遺伝資源の管理体制構築		← 遺伝資源管理体制の確立 →					
1-5 特性データの管理体制の整備		← 特性データの管理体制構築 →					
研究項目 2. クワの品種育成							
2-1 現有品種の地域適応性の調査		← 各地域での圃場整備と栽培評価 →					
2-2 主要養蚕地域に適合した既存品種・系統の選抜		← 地域適合系統を選出 →					
2-3 交配による新品種の開発		← 交配・選抜品種の系統化 →					
2-4 主要地域における標準的な栽培法の策定		← 生産設備の整備と栽培試験 →				栽培法策定	
研究項目 3. カイコの品種育成							
3-1 系統選抜と選抜系統の特性評価		← 育種目標に関するQTLの解明とマーカー作出 →				← 安定交雑系統の作出 →	
						← 新品種の作出 →	
3-2 NSRCにおける繭及び生糸生産体制の確立		← 生産設備の整備と技術移転 →				← 生産システムの実証 →	
研究項目 4. 野蚕遺伝資源の特性解明							

4-1 在来野蚕の収集と生態解明	←	生息既知の野蚕の生態調査	→						
4-2 野蚕の遺伝的多様性の評価				←	遺伝子解析・DNA バーコーディング	→			
4-3 フィブロイン遺伝子の同定と塩基配列解読	←				遺伝子同定・配列解読				→
4-4 野蚕繭糸の物性評価				←	繭糸の物性解析	→			
4-5 シルク素材への加工性検討と素材評価	←				成形・加工の検討				→

(2) 中間評価での指摘事項への対応

6つの指摘や要望事項などを6項目にまとめ、対応やその結果などを下記に記載した。

①「養蚕研究基盤」の内容整理と研究活動の強化

養蚕研究基盤として、クワ・カイコ・野蚕の分子生物学研究のためのサンプリングまでを行える環境を NSRC (National Sericultural Research Centre) の新飼育棟内に整えるために、現地での物品購入を進めた。その先の実験工程である PCR や電気泳動については、設備が充実している KALRO (Kenya Agricultural & Livestock Research Organization) Mwea (ムウェア) の研究所を活用することで両研究所および担当研究者間で調整済みである。日本でクワ品種のゲノムシーケンスから系統解析を行って博士の学位を取得した職員が、NSRC に保存されているクワ遺伝資源の系統解析を手始めに、分子生物学研究を担当する予定である。

良質なクワ葉の安定的供給は、今後養蚕研究を進めていくうえで必須になるので、栽培法の技術移転を進めてきたところである。さらにそれら一連の手法をマニュアル化して、ケニア国内でのクワ栽培技術の定着を図る。クワ育種に関しては、多収性、耐病性などの一般的な育成目標に留まらず、収穫能率が高く大量飼育に向く条桑収穫に適合する品種を育成することで、農家段階での繭生産の国際競争力向上をねらう。

シルクの素材解析および成形加工を行う、“生体分子研究室”を NSRC 内に創設し、必要な本邦調達機器の輸送を行った。この研究の推進には、日本でシルクの新素材開発を研究して博士の学位を取得した職員、および修士号を取得した非常勤職員があたる。

②ケニアの在来クワ品種の遺伝的特性及び栽培特性の評価とジーンバンク構築に向けた活動の強化

ケニアに現存するクワには、アジア大陸起源で人為的に持ち込まれた栽培種とアフリカ大陸のみに自生しているアフリカグワ (*Morus mesozygia*) の2タイプが存在する。栽培種には、古く移入されたと推定される在来品種と、1970年代以降に持ち込まれた導入品種がある。在来クワは在来品種とアフリカグワが該当する。

在来品種の遺伝的特性の解析には、農研機構ジーンバンクに保存されているアフリカ原産とされる品種‘エンブ’ (*M. sp.*、英語表記‘Enbu’) を材料に用いた。各国由来品種との分子系統樹解析ではインド産の品種との近縁性が推定され、全塩基配列を決定しての既報の *M. notabilis* 配列との比較によって‘エンブ’に特異的な遺伝子が確認された。ケニア在来品種全体についての系統的位置付けと遺伝子の特異性の解明は、日本で学位を取得したケニア研究者を中心とした今後の解析に期待される。

新規の在来品種を得るため、栽培種 94 個体をケニア国内から収集したが、形態的特徴から大部分が NSRC に保存されている品種と同一であると推定された。中間評価を受け、改めてケニアの在来品種について文献・資料の調査と植物学者からの情報収集を行なったが、新たな知見は得られなかった。ケニアで新たな在来品種のさらなる収集は極めて難しいものと判断された。

一方、アフリカグワは、クワ属中で栽培種群からもっとも遺伝的に離れているという報告もあり、世界的に見てもこれまでほとんど栽培調査等が行われておらず、新規遺伝資源として研究する価値が高い。最終年度に NSRC にアフリカグワ約 20 点を収集できた。ケニア研究者による形態的特性、栽培的特性、さらには、技術移転を進めている分子生物学の手法による遺伝学的特性の解析を行うことで、ケニアのクワジーンバンクは独自性の高いものになることが期待される。

③製糸実験棟と飼育実験棟の整備および稼働状況

日本から輸送した製糸機械類が NSRC に到着し、2019 年度に製糸実験棟への設置作業ならびにボイラーとの配管作業が完了した。これにより、ケニアにおいて繭検定等の繰糸作業を行うための基盤が整った。また、2021 年度には製糸機械の予備部品と生糸検査用の備品の輸送も完了した。今後は日本で研修を受けた製糸担当者がケニアにおいて製糸業務を続けることで技術を向上させ、生糸品質を高めていくことが課題である。現在は主に NSRC で飼育したカイコ繭について繭検定や繰糸作業を行なっている。さらに、近年では新たに養蚕を始めた農家や企業からの繰糸依頼も来ており、今後その需要は増えると思込まれる。飼育実験棟は、着工後からコロナ禍により日本人専門家も業務調整員も渡航できない状況が続き、必要備品の設計や購入が滞っていたが、2021 年 4 月から業務調整員の駐在が再開されたため、遠隔で連絡を取りつつ物品調達が始まった。飼育実験棟でのカイコとエリサンの飼育は、旧飼育室の器材を移動して 2021 年 1 月に開始した。

④遺伝資源へのアクセス許可取得の加速化

遺伝資源の日本国内への持ち込みに関しては農研機構とケニア野生生物公社 (KWS) との間で契約交渉を続けてきたが、プロジェクト開始から 3 年半が経過した時点でも合意に至ることができていなかった。当時、ケニアからの留学生がケニアから日本に遺伝資源をサンプルとして持ち込んで博士課程の研究テーマにする計画であった。しかし、この時点で博士課程は 3 年目に入っており、留学生の日本国内での研究時間が残り少ないことに加え、半年後にはケニアに戻って自国で研究ができることが考えられた。そこで農研機構としては、そのまま生物多様性条約にもとづく契約交渉を続けるよりも、留学生がケニアに戻ってから日本と同じ実験環境で自国の遺伝資源を研究できるようにすることの方がプロジェクトの目標達成の確率が高くなると判断した。農研機構としては、NSRC の実験環境や技術移転により一層の支援をすることをケニア側に約束することを前提として、生物多様性条約に関する交渉を取り止め、本プロジェクトで計画していた日本への遺伝資源導入の中止を決定した。その後、NSRC に生体分子研究室が整備され、日本側はこの研究室に導入する分析機器を本邦調達により支援した。研究の進捗もインターネットを駆使して把握し、必要な助言を行いながら技術移転に努めた。

⑤SDGs ビジネス案件化調査と高品質シルク量産モデルの設計

JICA の 2019 年度中小企業・SDGs ビジネス支援事業-案件化調査として、興和株式会社による「ケニア養蚕農家の管理体制確立及び養蚕業の再興に関する案件化調査」が採択された。その後、コロナ禍による渡航制限などの影響もあり実施は見送られたものの、現在、本プロジェクトの人材やネットワークで興和株式会社を支援して遠隔で対応できる調査を中心に下準備を進めている。それに基づいて、高品質ケニアシルクの量産体制モデルを設計し、SDGs 事業及び調査の基本的な枠組みを策定した。量産体制モデルは、本プロジェクトのカウンターパートである NSRC が養蚕農家に蚕種を提供し、農家から繭を買い上げて生

糸を生産するものである。NSRC による農村への働きかけを、すでに進めており、6 か所の農村で桑の栽培と蚕の飼育が始まり、2021 年 2 月までには、合計 120 kg の生繭が生産された。ただし、繭の買取は進まず、今後、案件化調査によるモデル事業の施行による進展が期待される。

⑥日本での学位取得者や技術移転を受けたケニア人スタッフの正規雇用への働きかけ

NSRC 所長を通じて、KALRO 本部の Director Crop Systems、Deputy Director General Crops Division、および Director General に対して人材雇用の交渉をしている。若手研究者の雇用機会を妨げている制度上の課題があると NSRC 所長は考えており、その課題を克服する方法を見つけ出すことを約束してくれている。また、若手研究者に日本に留学する機会を与えて、修士号や博士号が付くことで、採用される確率を上げるという活動も行なっている。ABE イニシアティブや Agri-Net などの JICA 奨学金事業に積極的に応募をしている。2021 年 11 月に所長が交替し、カイコ部門で唯一残っていた技術継承者がいなくなったが、同時にカイコ担当として常勤職員が KALRO Kabete (カベテ) から異動してきた。当該職員を含む新規のカイコ担当者には、プロジェクト終了までの数ヶ月間、このまま渡航できない可能性を考慮して、これまでに共有してきたパワーポイントなどの資料を用いて、遠隔で技術移転を行なった。

(3)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

2019 年度末から新型コロナウイルスの感染拡大によって渡航ができなくなり、現地で行う計画の多くは、メールなどで連携を図りながらケニア人スタッフのみによって行われた。このため、プロジェクト期間を 2022 年 3 月末までに延長した。クワやカイコの系統選抜、製糸機器の点検や追加部品の設置など、日本人専門家が現地で行う予定であった活動全てが、メールや SNS など連絡をとりながら、現地スタッフにより行われた。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト (公開)

(1)プロジェクト全体

・成果目標の達成状況とインパクト等

本プロジェクトの目標は、未利用あるいは十分に利活用されていないケニアのクワ、カイコ、野蚕の利活用による農業／産業振興である。具体的には、ケニアの栽培・自生クワを調べ、ケニアの気候に最適なクワ品種の選定と、更なる品種育成を行う。また、日本で育種されたシルク生産性の高いカイコ品種からケニアの環境に適したカイコの育種を行い、ケニアで継代されてきた病気に強いカイコ品種との交配による雑種強勢の効果を調査してケニアに適したカイコの実用品種を創り出す。さらに、ケニア在来の野蚕から新たなシルク素材としての利用価値を見出すことである。これらを通して、ケニア独自の研究開発を先導するような研究者を擁する蚕糸研究所という研究基盤と、高品質のケニア産シルクや蚕種が量産できる技術基盤が構築されることである。そして、この研究所を拠点にした生産農家や民間企業への技術移転等の社会実装が行われることである。

プロジェクトの評価指標として掲げた、NSRC で育種したカイコ系統による 2 万粒の卵から生繭 36kg の収量については、未だ農家規模の大量飼育用の設備が整っていないため、この規模の飼育を行っていないが、1 繭あたり 1.8g となる。NSRC で育種しているいずれの系統もたびたびこの繭重を超える成績を出している。この繭重成績は、適切な飼育密度や給桑量など飼育技術は重要であるが、クワの葉質に大きく影響を受けており、クワの栽培管理の重要性が明らかになった。同様に生糸の格付けでは 5A レベルを指標としている。これまでの成績では、2A から 4A であり 5A には至っていないが、4A は十分に優れた品質であり 2020 年度からは NSRC でケニア人スタッフによる繰糸でこの値を出したことは特筆に値する。また、カウンターパートとの共同研究による原著論文と学会発表数は、原著論文 3

件、学会発表は 24 件と、報告書提出時点で目標の 20 件を超えた。

プロジェクトの開始から終了報告書提出時に至るまで、PDM や Monitoring sheet の計画に沿って活動を行ってきた。しかしながら、延長した最終年度である 2021 年度も、2020 年度に続きコロナ禍のために渡航できない状況が続いている。専門家が現地へ渡航してプロジェクトを完了させることはできなかったが、これまでの現地での指導をもとに、引き続き遠隔で指示を出し、共有した結果を一緒に検討することで、完了に向けて収束させた。以下に研究題目別の全体的な達成状況を記述した。

研究題目 1：クワのジーンバンク構築

クワの特性調査を行うためのマニュアルを完成させ、調査時に漏れなく記入できるようエクセルのシートも作成した。ケニアではこれを用いて、圃場での特性調査を行っている。2016 年度から 2018 年度にかけて、ケニア国内のクワ遺伝資源の収集が予想を上回るペースで進み 94 系統収集に成功した。これら全てについて同定作業が終了し、目標数の 30 をクリアした。うち新規遺伝資源は 13 系統だった。特筆すべき成果は、2021 年 10 月に Kakamega (カカメガ) からアフリカグワ (*M. mesozygia*) 実生がカウンターパートにより採集され、現在 9 個体が生存していることである。合わせて現在少なくとも 22 の新規クワ個体が収集され、今後 NSRC でアフリカグワの詳細な解析が進めば、かなりインパクトのある論文になると期待できる。また、日本に留学したケニア人大学院生が、アフリカ原産とされている品種 ‘Enbu’ を含む農研機構保存のクワ遺伝資源 56 品種の ddRAD-seq によるゲノムワイドな SNP 解析により系統樹を作成し、系統関係の分析を行なった。この成果は 2019 年に論文化された。さらに、‘Enbu’ の全ゲノム情報をロングリードで解読してさらなる高精度化を試み、N50 値について、中国のクワ (*M. notabilis*) のゲノム情報を約 4 倍上回る大幅な改善を達成した。

研究題目 2：クワの品種育成

NSRC の所在地である Thika (ティカ) に加え、KALRO の地域研究所のある Kakamega と Kibos (キボス) の計 3 カ所における地域適応性試験では、11 品種が選定され、各地に挿木苗が定植され 2019 年 10 月より、特性調査や収量調査が行われた。2020 年度からは、各地の情報をケニアと日本で共有し、それに基づいて日本人専門家が圃場管理や調査の時期などのアドバイスをを行い、NSRC のスタッフおよび現地のスタッフによって管理と調査が行われた。調査の結果、各品種で地域差は見られなかった。ケニアでよく栽培されている ‘Enbu’ や ‘Thailand’ より収量の高い品種も見られ、これを利用することで、生産性の向上が期待できる。しかし、Kakamega では降雹の被害、Kibos と Thika ではコナカイガラムシの被害があり、これらの被害程度は品種によって異なっていた。以上のことから、収量などで選定された 1 品種を栽培するのではなく、いずれの地域も収量の高い複数品種を組み合わせることで、災害発生時の危険回避の点からも有利であると判断された。各地に適した新品種の交配による開発では、7 種類の交配組み合わせから 130 個体が得られ、性状解析から優良な 3 個体が選抜された。これらから増殖された挿木苗が 2022 年 1 月に各地に定植され、その後系統選抜へと進む予定である。さらに 2 度目の交配も行われ、約 1000 本の実生苗から 159 本が育苗の段階で選抜され、これらは、更なる選抜のために 2021 年 11 月に圃場に定植される予定である。それぞれの地域に適した栽培マニュアルについては、これまでに剪定、収穫、施肥などを書面またはカウンターパートに実地で指導してきたので、それらをまとめることで、マニュアルとする予定である。最後に、Kakamega で降雹により枝条が折損する被害が発生したと連絡を受けた際には、直ちに調査をするよう指示を出し、被害程度の品種間差のデータを得ることができた。アクシデントが起きた際にも、手をこまねいて見ているのではなく、これを貴重なデータを得る好機として、見事に品種間差を明らかにした。これをケニア人スタッフが教訓として捉えてくれることを期待するところである。

研究題目 3：カイコの品種育成

プロジェクトの評価指標の 1 つである蚕種 2 万粒から生繭 36kg の収量については、上に書いた通り、1 繭あたり 1.8g を超える成績をいずれの NSRC 育種系統においてもたびたび

得ている。繭重・繭層重・繭層歩合といった繭生産には、適切な飼育密度や給桑量など飼育技術は重要であるが、全ての系統の継代ごとの繭調査の結果から、クワの質に大きく依存しており、クワの栽培管理の重要性が明らかになった。また繰糸試験での解じょ率と繭糸長から計算される繭格の試験はこれまでたびたび行なってきたが、生糸の格付け試験は、大量の繭を必要とするために、育種のための少量多種類飼育では交配親を選抜する目的の繭調査のために 200 個の繭を切ってしまうため、頻繁に生糸試験を行うことができなかった。その中で出したこれまでの成績では、4A を示すときがあった。まだ 5A 格の生糸を得るには至っていないが、十分に優良な生糸と言える。これらのうち 2020 年度以降は、NSRC でケニア人スタッフにより繰糸されたものであり、4A 格の生糸も得ている。繰糸者の技術の向上が生糸格の向上にもつながるので、更なる技術の向上により 5A 格の生糸を得ることが期待できる。

さらに、研究題目 3 では、蚕糸研究・技術基盤を NSRC に構築するためのインフラ整備の主要部分である製糸実験棟と飼育実験棟の建設と内部整備および稼働までを達成しなければならない。

【製糸実験棟】2019 年 3 月に完成し、日本から輸送した繰糸機や繭乾燥機など製糸機器一式が 7 月に到着、同月に渡航した日本人専門家の指示により設置が完了し、9 月にはそれらの機械を用いた製糸研修が製糸担当のケニア人スタッフに対して行われ、10 月には彼らが来日し、農研機構でも製糸研修が行われた。その後はケニア人スタッフにより NSRC の繭および NSRC から幼虫を配布した農家や企業で生産された繭の繰糸が行われ、繭や生糸の成績を出す繰糸試験も行われている（図 1）。2020 年 12 月に、繭乾燥機の温度が上昇して調節できない旨の連絡が来たので、繰糸担当の日本人専門家が早急に検査・対処方法について図解入りで返信した。その後、オンラインで状況を映しながら日本から指示を出して無事に機械の調整が行われた。ボイラーシステムを含め各種繰糸・糸検査機器の維持管理では、人材の確保が引き続き問題である。なお、2021 年に、製糸機械の予備部品と、小節や糸ムラなどの程度を評価するセリプレーン検査の見本プレートなど生糸検査用の備品の輸送も完了した。

【飼育実験棟】2019 年末に工事契約が行われ、2020 年から建設予定地の整備が始まり、2020 年 9 月 30 日付で建設完了、10 月 12 日に NSRC への引き渡しが行われた（図 1）。コロナ禍により、3 月末以降は調整員も含め日本人スタッフが現地へ渡航できない状況が続いたので、工事の様子や建設中の建物を確認できないままに、半年間の保証期間も過ぎた。旧飼育室の飼育機材等を新棟に搬入し、2021 年 1 月から新棟での飼育を開始した。しかし、これまでの飼育棚を用いた小規模な飼育は可能であるが、今後の社会実装のためには、大規模飼育装置やインキュベーター、加湿器等、必要な機械や資材を整備する必要があった。2021 年 3 月末に 3 代目の業務調整員が渡航し、やっと新棟の機材調達・製作が始まった。しかし、多くの飼育資材が既製品として見つからず、実物を見たことのない現地の所長と業務調整員、一方既製の候補品やスチールやステンレスの受注製作による試作品を写真でしか見ることのできない日本の専門家の間で、メールの往復により仕様を検討しながら進めているため、非常に効率が悪い。大量飼育のための条桑育飼育台や回転蒔を掛けるための竿やフックの試作品も同様に設計の段階から進めているが、実物を確認できないままに判断して試験飼育を行って仕様を検討し、予算執行に間に合うように追加発注しなければならない、という問題は深刻である。一方で、研究所内の道路を挟んで東西に建った製糸実験棟と飼育実験棟のインパクトは大きく、立ち寄った人々からは絶賛され、養蚕も製糸の設備も持つ ICIPE (International Centre of Insect Physiology and Ecology: 国際昆虫生理・生態学センター) の職員からも、素晴らしい設備だとの感想を聞いた。2020 年 3 月末に、副大統領も招待して製糸実験棟の落成式を行う予定であったが、コロナ禍により予定が立たなくなった。飼育実験棟についても同様の希望があり、ケニア政府や KALRO 上層部に対しても本プロジェクトを印象付けることができ、合わせて蚕糸業のケニアにおける将来性と人材補充の必要性を訴える良い機会であったが、非常に残念である。プロジェクト終了までに渡航できないことが確定したので、新たに購入した飼育資材の使用法や実

験飼育等の引き継ぎはオンラインで行った。



図 1. 製糸実験棟と飼育実験棟

(A)製糸実験棟内に製糸機器が整備され、繰糸機の前で作業をする繰糸担当者。(B)飼育実験棟の南棟(左)と北棟(右)。(C)飼育実験棟内の1部屋。新しい飼育機材が製作された。

研究題目 4：野蚕遺伝資源の特性解明 ケニアに生息する 3 種の代表的な野蚕である、ゴノメタ、アナフェ、アゲマから 2021 年 11 月までに、7 つの DNA バーコーディング用サンプルを取得することができた。2016、17 年度には、ケニアに生息している野蚕と比較的近縁の日本に生息する絹糸昆虫の絹糸タンパク質遺伝子の同定が行われ、その一部は知財化に至った。NSRC に分子生物学研究のためのサンプリングまでを行える環境を整えるために、現在遠隔で機器や試薬の準備を進めている。その先の PCR や電気泳動などについては、KALRO Mwea の研究所を活用するよう両研究所および担当研究者間で調整済みである。DNA バーコーディングの実験操作や配列解析などについて日本で指導を受けたケニア人ポスドクは 2021 年 9 月末まで NSRC で、本プロジェクトの現地コンサルタントであったが、契約が終了したことで NSRC を離れ、ICIPE に復職し、Capacity Building 部門で働いている。ICIPE でも野蚕研究を行っており、当該研究者は長く ICIPE の養蚕部門で研究を行ってきたので、今後も連携してこの研究を進められる可能性もある。また、日本でクワの分子生物学を修め、系統解析によって博士号を取得した研究者が、唯一分子生物学の技術を持っているので、今後クワの研究を進めながら、当該野蚕の DNA バーコーディングを行うか、他の研究者か学生を指導しながら行うことも可能であろう。実際に保存されている野蚕 DNA の精製を行うにはまだ時間がかかるので、それまでにさらにサンプルを充実させる時間は十分にある。ゴノメタやアナフェは、これまでに研究されてきたヤマユガ科とは離れた種であり、その繭や幼虫の形態や幼虫の生態も非常に特徴的であることから、シルクの物性解明とともに繭を作る鱗翅目昆虫の分子系統学に重要な知見をもたらすだろう。これらのシルクタンパク質遺伝子の塩基配列やここから予測されるアミノ酸配列解析も同時に行う予定である。ケニアでも飼育されている野蚕であるエリサンとゴノメタについては、卵から成虫まで屋内で飼育する技術の確立を目指した。新築した飼育実験棟の中には野蚕飼育

用スペースも確保し、屋内飼育の実証実験が今後も続けられていく。これらの野蚕が作るシルクについては物理化学的な性状解析が可能になり、エリサンでは、シルクの可溶化、フィルム創成まで研究が進んだ。詳細は題目別の項に後述するが、本プロジェクトを通して、ケニアの野蚕シルクのユニークな物性が明らかになり、またエリサンシルクの新たな加工用途の可能性が示された。

・プロジェクト全体のねらい

プロジェクト全体のねらいは、農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）生物研が蓄積してきた遺伝資源管理手法をケニアに導入して遺伝資源管理システムを確立するとともに、最先端の分子遺伝学的手法を利用したクワとカイコの品種育成を行い、持続的な養蚕発展のための遺伝資源管理と品種育成を通じた研究基盤を確立することである。具体的には、1) ケニアにおけるクワのジーンバンクシステムを構築し、2) ケニアの環境に適応したクワ品種の育成、および、3) カイコ品種の育成を行う、とともに、4) 野蚕糸の特性解明と特異遺伝子の単離を行うことを目的とする。これらの研究成果ならびに研究の過程における技術移転とキャパシティー・デベロップメントにより、ケニアにおける養蚕技術の飛躍的向上を図り、高品質生糸の生産を可能にすることを目指す。これらのねらいは、プロジェクト終盤を迎えほぼ達成しつつあるが、プロジェクト終了後は、ケニア国内での養蚕農家や企業への普及、すなわちクワや蚕種の配布、栽培や飼育指導、繭の試験繰糸、生糸の生産が持続されることが重要である。また、これまで日本で学んだ研究者が国際誌や国際学会で蚕糸研究の成果を発表してきた。今後もこれらの研究者が中心となって、NSRC から研究成果を継続して発信していけるよう、連絡を取りつつ助言を惜しまないつもりである。

・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性

地球規模で解決すべき問題には、緑地や生物多様性の保全がある。近年石油資源の枯渇が危惧されており、石油由来の化学繊維は、マイクロプラスチックを特に水圏生態系に放出していることでも問題になっている。このため、ごく最近になり、シルクやコットンなどの天然繊維が再び求められている。一方で、シルクを生産する養蚕業は、現在中国・インド・ウズベキスタン・ベトナム・タイなどが主要生産国だが、世界の約半分の生産量を占める中国が、この5年でその生産量を三分の一に落としている。これは戦後の日本と同様、工業化が進み、賃金コストの上昇により養蚕農家が減少しているためである。このような中で、東アフリカのケニアやウガンダでは、養蚕を振興し絹生産を輸出産業に育てようとしている。しかし、アフリカの気候風土に適したカイコや餌となるクワの育種は行われていなかった。蚕糸科学研究の長年の歴史を持つ日本がケニアの養蚕振興のニーズに応じて、ケニアに適したクワ・カイコ品種と栽培・飼育技術を創出し、加えてケニア在来の野蚕という未利用の遺伝資源に注目してその生物学のおよびシルクの物性や加工技術を含めた研究基盤を構築することは、ケニア農家の収入の向上、生物資源の保全に繋がるユニークな課題である。この研究期間を通して、Nature Communications や Biomacromolecules といった世界トップレベルの学術誌に研究成果が掲載され、日本で博士・修士の学位を取得したケニア人スタッフによるクワ品種のゲノム解析による1塩基多型マーカーの創出と分子系統解析、エリサンシルクの物性解明とシルクフィブロインフィルムの性状解析などの研究成果が国際誌に3報掲載された。これら日本で教育を受けたスタッフが中心となって、引き続きNSRCでのケニア在来クワ品種の系統解析やこれまでに研究されていない野蚕シルクの素材研究を継続するための準備も整いつつあるので、今後もクワ・カイコ・野蚕シルクの材料科学の分野で、独創性・新規性に富むケニア発の研究成果の発信が期待できる。

・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等

研究運営体制に関しては、プロジェクト開始から一貫して NSRC の研究者・人材の不足は深刻であり、特にカイコ部門では、技術移転が困難な状況であった。カイコ部門の研究者は所長の 1 名のみで、プロジェクトの最初から雇用されていた飼育経験のある日雇いの労働者 2 名のうち 1 名は 2021 年 2 月帰宅途中の事故により手術後も体調が回復しないのを機に退職した。もう 1 名は養蚕を開始した企業で飼育の専門家として採用された。NSRC にとっては痛手であるが、各地にクワ圃場と飼育施設を新設して養蚕業を広く展開しようとしている企業に、ケニアでは非常に貴重である飼育のノウハウを持つ人材を送り込めたことは大きな技術移転の成果である。唯一 NSRC に残っていた養蚕の技術継承者である所長が 2021 年 10 月に交代した。プロジェクトの成否に関わる深刻な問題であるが、同時にカイコ担当として常勤研究者 1 名が NSRC に異動してきた。当該職員を含む新規のカイコ担当者には、2021 年 12 月からプロジェクト終了までの数ヶ月間、このまま渡航できない可能性を考慮して、これまでに共有してきたパワーポイントなどの資料を用いて、遠隔で技術移転を行ったが、現場で一度も指導できていない不安は残る。新任の所長は、園芸学・栽培学が専門で、前任地の Kakamega の研究所がクワの適応性調査試験地に選定されていることから、2017 年 7 月から約 1 ヶ月間行われた日本での最初の短期研修に参加している。このことから新所長はクワの栽培管理について事前の知識があり、着任後もクワの特性調査に参加するなど、研究状況を早く理解しようと努めている。NSRC を離れた前所長や、本プロジェクトで農研機構の特別研究員に続き JICA の現地コンサルタントとして NSRC で活動を行なったケニア人研究者は、引き続きカイコチームのメーリングリストに残って、助言を行なってくれている。

日本人研究者の人材育成では、3 人の若手研究者が本プロジェクトに参加していたが、ポスドクであった研究者の就職が決まり 2020 年 12 月末で退職した。今後は、ケニアと日本の総合調整役を担ってきた経験も活かされると期待する。製糸と野蚕の若手研究者 2 名は引き続き活発に研究を進めている。製糸担当者は、日本で採用されたケニア人ポスドクが日本で研究している際に繰糸、繭・糸検定の研修を中心になって行い、ケニアの繰糸実験棟にある機器の故障にも遠隔で迅速に対応している。分子生物学、生化学のバックグラウンドを持つことから、野蚕の担当者は農研機構で研究を行っていたケニア人博士前期課程大学院生への技術指導も分担しており、若手研究者の育成は順調に進んだ。

人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)では、2020 および 21 年度にコロナ禍により日本人専門家が渡航できず、現地での活動の大きな部分を占めるカウンターパートへの実地指導が不可能になった。しかし、これまでの指導やメール、添付書類での説明を通して、ケニア側スタッフだけで栽培管理、飼育、繰糸、調査などが行えるようになった。しかし、最終的な目標である、ケニア側での自律的な技術・研究基盤の維持と発展が継続して行えるようになるには、専門家が現地で最終的な技術移転をする必要性を痛切に感じる。

ケニア側は、昨年度クワの分子系統解析の研究で博士の学位を取得して帰国した研究者が、クワのジーンバンクにおける各種クワの特性調査、地域適応性や交配等によって作出されたクワの特性調査や選抜などを中心になって行っている。彼女はこれらの調査や圃場管理の進捗報告を定期的に行い、日本人専門家との緊密な連携を維持している。懸案となっていたプロイディアナライザーは、日本でケニア人ポスドクや大学院生を含めて当該機器の利用研修を 2020 年 12 月に済ませ、2022 年 1 月にドイツからケニアに到着し、現地での取り扱い研修も行われた。またケニアの茶業研究所の所属で、上記研究者と同時期に来日し、野蚕シルクの成形加工と物性解明で博士の学位を取得した研究者は、NSRC への異動後、下記の修士取得号取得研究員と共にシルクの材料科学の研究室創設を進めている。日本の修士課程に進学したケニア人若手研究者 2 名のうち 1 名は、筑波大学の博士前期課程を 2021 年 3 月に修了して帰国した。彼は、薬物を体内で標的組織・器官に安全に運ぶドラッグデリバリーシステムにおけるキャリアーとしてのシルク利用について研究し、シルクのナノ粒子化に成功した。この成果により修士研究発表会では「Outstanding Presentation Award」を受賞し、論文の作成も順調に進んだ。帰国後は NSRC で Research Assistant (非常勤)として勤務し、上述の日本で学位を取得した職員とともにシルクの材料科学の研究

室の創設作業を行っていたが、さらなる研修の機会を得て、2021年8月から12月まで、韓国で蚕糸科学の研修を受けた。研究に必要な本邦調達の機器類もNSRCに到着し、研究を開始できる環境が整った。もう1名は、ABEイニシアティブの研修生として来日し、新潟大学で日本語研修などの研究生期間を経て2020年4月に博士前期課程に入学した。クワの生育過程や加工工程における外的要因が葉に含まれる成分に与える影響を栄養学の観点から研究し、2022年3月に修士号を取得して帰国した。2021年度5-6月には彼女の現在の研究に関連するクワ果実の調査なども盛り込んだクワ研修をつくばで行った。これら修士の学位を取得した1名および在学中の1名は、KALROの常勤職員ではないため、NSRCでの養蚕事業や研究を継続して発展させていくためには、帰国後の彼らの適切な処遇が肝要である。

ジョモケニヤッタ農工大学(JKUAT)のSchool of Biomedical Sciencesの生化学課に所属する学部学生2名が、2020年も引き続き卒論研究を行い、チーフアドバイザーがアナフェおよびゴノメタの素材化に関するテーマの設定、研究計画などの指導を行った。9月に研究を終え卒業し、うち1名は「ゴノメタシルクの水溶液化とフィルム作製」でJKUATをトップ(ファーストクラス)で卒業した。当該者は修士課程を日本で学びたいとの希望があり、日本側としても歓迎であることから、彼の意向に沿って、JICAのAgri-Netプログラムへの応募を行なっている。無事日本で修士課程に入学することができれば、本プロジェクトは2021年度で終了するが、引き続き日本とケニアの間でのシルクの材料科学の研究交流が継続することが期待される。

(2) 研究題目1:「クワのジーンバンク構築」(リーダー:山ノ内 宏昭)

①研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する成果目標の達成状況とインパクト

「1-1 クワ遺伝資源の収集」

NSRCに新しい遺伝資源圃場を設置した。既設の遺伝資源圃場では異品種の混入があったため、本来の品種である株を同定し、その株から穂木を採集して挿木による再増殖を行なった。現在、新しい遺伝資源圃場への植付けを完了している。

2014年のフィービリティスタディ(FS)の結果を元にクワ(*M. spp.*)遺伝資源の収集候補リストを作成し、ケニア側に提示して情報共有した。このリストのうち採集可能と判断された7個体の採集に成功した(2016年度に4個体、2017年に3個体)。SATREPS開始後に新たに発見した個体を含む全収集個体数は、2016年度には38個体、2017年度は18個体、2018年度は42個体で、合計で98個体であった。このうち94個体は増殖に成功し、既に圃場に植付けられている。それらに対する形態的特徴に基づいた2回の同定作業によって、69個体は既存の遺伝資源のいずれかと同一であり、13個体は新規遺伝資源であると判定した。残りの12個体は新規遺伝資源が重複していたものであった。

SATREPS開始後に新たに取り組んだ既存遺伝資源へのコルヒチン処理による新規倍数体作出(図2-1)に関しては、6品種で形態的特性から区分キメラのない倍加したとみられるシュートを選出することができた。

アフリカグワ(*M. mesozygia*)についてもKakamegaに存在することが確認され、ケニア人スタッフによってNSRCに実生約20個体が収集された(図2-2)。



図 2-1. コルヒチン処理法の指導状況



図 2-2. アフリカグワ実生

「1-2 遺伝資源の特性評価」

遺伝資源用の調査マニュアルを作成し、ケニア人スタッフとたびたび協議しながら修正し、ケニア側と共有した。特性評価については、一部の品種では旧遺伝資源圃場で行なった。新たに設置した遺伝資源圃場においては、プロジェクト終了までには調査に至らなかったものの、現地のスタッフはプロジェクト期間に栽培技術や特性調査の手法について習熟したため、今後より正確なデータ収集が期待される。

調査方法の習得のため、ケニア人スタッフの短期研修が2017年から茨城県つくば市の農研機構において行われた。温室では遺伝資源の挿木増殖法、接木増殖法に関する実習、圃場では特性調査と収穫調査に関する実習などを行った。また、日本のクワ研究に関する講義やディスカッションの場を設けた年度もあった。2017年度には短期研修生6人に加え長期滞在者2人も参加し、2018年度には短期研修生4人、2019年度には短期研修生2人、2021年度には短期研修生1人の計15名が参加した。

日本で行っているクワ育種を推進するにあたって重要な形質や副産物に関する研究については、‘Embu’で問題になっている葉の皺などの形質や、果実の形質を研究するため、関連する変異体を農研機構の遺伝資源センターから配布を受けてポット個体を育成し、これを用いて遺伝解析を行なった。新たに見出した葉身が極端に細い形質を持った変異系統‘細葉’の交雑実験を行い、潜性の単一遺伝子に支配されることが推定され、この結果は日本育種学会で公表した。また、葉身が極端に縮れる突然変異品種‘66-21-M’（図2-4）に野生型品種の花粉を受粉させたところ、得られたF1個体で変異形質（極端に縮れる）と野生型形質（ほとんど縮れない）の個体が1:1に分離し、この変異形質は顕性の単一遺伝子に支配されている可能性が示唆された。



図 2-3. 農研機構での短期研修風景



図 2-4. 変異品種‘66-21-M’（右）及びその元品種‘一ノ瀬’（左）

「1-3 DNA によるタイピング」

2016年度から、農研機構に保存されているクワ品種‘Enbu’の次世代シーケンサー(NGS)による全ゲノム解読をPacBioRSによるロングリード(平均約10Kb)を中心に、Illumina HiSeqによるショートリード(150bp)を併用して開始し、Dovetail Genomics社のシカゴメソッド等による拡張・改良を進め、最終的に約350Mbの全ゲノム配列情報を2018年度までに決定した。これは、フローサイトメトリーで推定した346Mbとほぼ一致した。N50値(高いほど、より長い配列が占める割合が多くなりゲノム配列の精度向上に寄与する)は1.46Mbであり、中国産のクワ(*M. notabilis*)のゲノム配列情報のN50(390Kb)を約4倍上回る大幅な改善を達成した。ゲノム配列の完全性を評価した結果、植物で広く保存された1440遺伝子の95.07%をカバーし、高い完全性が確認された。更に、全ゲノム配列情報から35,483の遺伝子を予測し、これらのうち、32,404遺伝子がNCBI-nrデータベースの既知の遺伝子と相同性を示し、8,456遺伝子が代謝に関連するKO(KEGG Orthology)タームに関連付けられることがわかった。更に‘Enbu’と*M. notabilis*の遺伝子配列情報を比較した結果、‘Enbu’で特異的に存在する遺伝子は、植物と病原菌との相互作用等に関連する可能性があることがわかった。

上述の全ゲノム解読と並行して、クワ56品種について、NGSを用いたddRAD-seqによるゲノムワイドなSNP解析を実施した。この結果、50品種間以上で共通して確認された15,605か所のゲノム領域上(各300bp前後)に47,839のSNPマーカーを同定し、2,229のマーカーを選抜して、54品種を対象に系統樹を作成した(図2-5)。作成した系統樹から以下の知見を得た。1)アフリカ原産とされているクワ品種である‘エンブ’(‘Enbu’)はインドで育成されたインドグワ(*M. indica*)の2品種(‘V-1’、‘S-54’)との単系統性が確認され、共通の遺伝的背景をもつ可能性が示唆された。2)タイ在来のシャムグワ(*M. rotundiloba*)の単系統性、およびシャムグワとインドグワ2品種(‘S-36’、‘K-2’)との単系統性が確認された。3)日本の在来種では、相互に地理的に隔離されたハチジョウグワ(*M. kagayamae*、伊豆諸島産)とシマグワ(*M. acidosa*、南西諸島産)についてそれぞれ単系統性が確認され、同じく日本在来種であるヤマグワ(*M. bombycis*、日本本土等産)の一部でこれら2種のいずれかとの単系統性を示す品種が確認された。以上から、これらの品種は中国からの導入種(カラヤマグワ:*M. alba*、およびログワ:*M. latifolia*)による雑種化が進んでいない可能性が示唆された。4)カラヤマグワとログワの各品種と種間雑種、および、ヤマグワの“3”の単系統に含まれなかった品種では、明確な単系統性が確認されず、日本国内においてこれらの雑種化が進んでいることが示唆された。5)系統樹と葉の形態データの関係を分析した結果、LTR(leaf tip ratio:葉身長に対する葉先長の割合)は、“3”の単系統に含まれた品種は他と比較し有意に高く、雑種化の程度の指標となる可能性が示唆された。

上述の2,229個のSNPデータからクワ品種判別に利用可能なマーカー候補の探索を行い、‘Enbu’を含む33品種について、各品種に特異的に存在する可能性があるSNPマーカー候補をそれぞれ1つ以上特定した。また、複数品種の判別が可能なSNPマーカー候補の組み合わせを探索した結果、‘Enbu’を含む13品種の判別が可能と見込まれる8個のSNPマーカー候補を特定した(8個のSNPマーカーの遺伝子型の組み合わせにより13品種のいずれであるかを判別可能)。更に、ケニアにおけるクワ品種の判別に有用と見込まれるSNPマーカーについて検討した結果、‘Enbu’、インドグワおよびシャムグワにおける計9品種の判別用の7個のSNPマーカーを選抜した(表2-1)。7個のマーカーのうち、1マーカー(M10191)は‘Enbu’の判別に、3マーカー(M15484、M31620、M32774)はシャムグワ4品種(‘Noi’、‘Keekai’、‘Bai Poe’、‘Poe’)の判別に、残り3マーカー(M23749、M50612、M59474)はインドグワ4品種(‘V-1’、‘K-2’、‘S-36’、‘S-54’)の判別に利用する。これらのうち、マーカーM15484はシャムグワに特異的(単独で種判別に利用可能)と見込まれる。選抜した各SNPマーカーについて、シーケンス解析用プライマーを設計し、DNAタイピングによる検証を進め、検証後のマーカー情報をプロジェクト終了直前にケニア研究者に提供した。

長期滞在ケニア研究者である Muhonja 氏への指導は 2017 年度から 2018 年度まで行われた。クワゲノム解析を実際に分担してもらうため、ゲノミクスに関する書籍を用いた学習、分子進化学、ゲノム解析、バイオインフォマティクス等に関する指導を行なった。さらに、植物のゲノム解読プロジェクトおよび ddRAD-seq に関する 6 つの論文のセミナーを行ない、クワ 56 品種の ddRAD-seq ライブラリの構築および ddRAD-seq による系統解析、クワのゲノム解析を共同で進めた。一部の研究成果について、Muhonja 氏が筆頭著者として 2019 年度に原著論文(GENE 誌)および国際学会での口頭発表 (The 25th International Congress on Sericulture and Silk Industry: 第 25 回国際養蚕委員会大会) により公表した。Muhonja 氏はこれらの成果をもって 2019 年度に博士号を取得した。

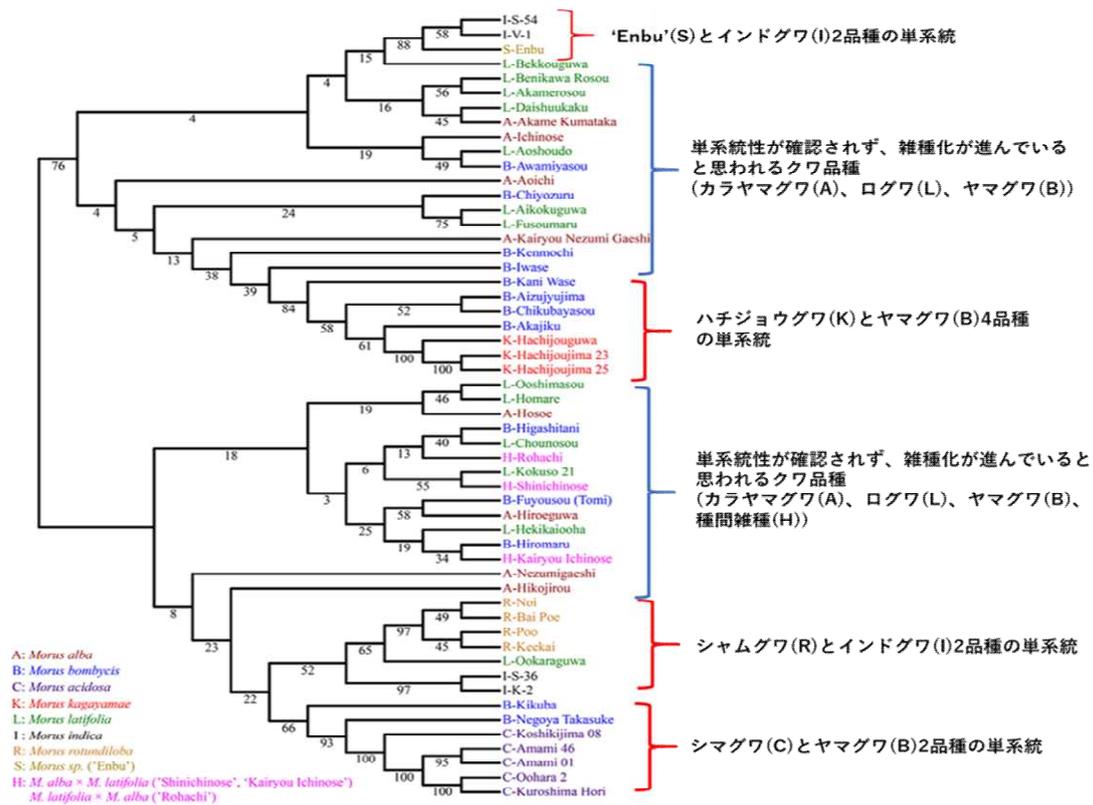


図 2-5. 近隣結合法によるクワ 54 品種の系統樹

No	marker ID	<i>M. sp</i>	<i>M. rotundiloba</i>				<i>M. indica</i>			
		Enbu	Noi	Keekai	Bai Poe	Poo	V-1	S-36	K-2	S-54
1	M10191	A	C	C	C	C	C	C	C	C
2	M15484	C	T	T	T	T	C	C	C	C
3	M31620	A	G	A	G	A	A	A	A	A
4	M32774	C	T	T	C	C	C	C	C	C
5	M23749	C	C	C	C	C	C	A	A	C
6	M50612	G	G	G	G	G	T	T	G	G
7	M59474	G	G	G	G	G	G	G	G	A

表 2-1. クワ 9 品種判別用の 7SNP マーカーにおけるアليل一覧

赤文字は該当品種でのみ確認された特異的アليلを示す。7 マーカーのアليلの組み合わせは各品種間で異なり、ddRAD-seq 解析を行ったクワ 54 品種の中でユニークとなる。

「1-4 遺伝資源の管理体制構築」

新遺伝資源圃場への植付けが完了した。さらに、外周にフェンスの設置が終了し、野生小型偶蹄類によるクワへの食害がなくなった（図 2-6）。日本人専門家からの指導により施肥や栽培管理法が改善され、良好な生育を示している（図 2-7）。



図 2-6. 新設されたフェンス



図 2-7. 新遺伝資源圃場での生育状況

「1-5 特性データの管理体制の整備」

データ保存用のパソコンを決定し、エクセルファイルに採集地、採集年月日等の情報の入力を進めている。遺伝資源関連のデータの一般公開についてはケニア側には慎重な考え方もあり、プロジェクト期間内での公開は行われなかった。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

ケニア NSRC 圃場でのジーンバンク構築は日本に招聘した KALRO 職員のうち、2017 年に 6 名、2018 年に 4 名、2019 年に 2 名、2021 年に 1 名の短期研修員に、また 2017 年に 2 名の長期研修員に対して、日本においてクワ遺伝資源の増殖と特性調査に必要な方法を実習した。さらにケニアにおいても適宜実習を行い、特に 2018 年からは日本人専門家により栽培管理についての指導も含め、カウンターパートである NSRC および KALRO 職員へ継続的に指導を行なった。また、日本国内では 2021 年にケニア人留学生に対してプロイディアナライザーによるクワの倍数性解析法に関する研修を民間企業に依頼し実施した。プロイディアナライザーによる解析は、コルヒチン処理による倍数体の効率的な選抜、さらに新規収集遺伝資源の倍数性確認のために必要な技術である。

さらに日本で指導を受けた Linah Muhonja 氏が東京大学大学院新領域創成科学科先端生命科学の博士課程を終え、博士（生命科学）の学位を取得して帰国し、現地での指導に当たっている。

③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2018 年から新たな遺伝資源創出法としてコルヒチン処理による倍数性系統作出法を導入した。作出された倍数性系統は交雑育種における交配母本として利用できるだけでなく、ケニアの在来品種よりも大きな果実を着生する系統が得られていることから、果実用品種としての活用という新たな展開も期待できる。

2020 年からは COVID-19 の影響で日本とケニアの往来がほぼ不可能になり、日本人専門家による現地の確認とその状況を受けて直接現場で指導するということが全くできないという状況が生じた。また、ケニア人スタッフもケニア国内での行動が制限され、自宅待機となる期間もあった。このことによって、2020 年度当初は圃場の管理やクワの収穫について適切な時期を逸するなど問題が起きた。

これを解決するため、日本とケニアのスタッフ間でメールや SNS、ウェブ会議によって、主に NSRC のケニア人スタッフからの現地の状況の報告を受け、日本人専門家が指示やアドバイスをこなうという体制を構築した。8 月以降には、ケニア人スタッフからクワ関係全般について頻繁に報告書がメールの添付ファイルとして送られてきており、日本ケニア両スタッフで情報が共有できている。「1-2 遺伝資源の特性評価」に関わる栽培管理や特性調査等については、それまでに実施された日本での研修と現地での日本人専門家の指導により習得した技術、およびケニア側からの報告を受けての日本人専門家からの適切なアドバイスによって、ケニア人スタッフのみで実施している。このような状況から、日本人専門家が現地に赴かなくてもメール等を利用して方針や方法を具体的にアドバイスすれば、ケニア人スタッフだけでもある程度のレベルで栽培管理や調査ができる習熟度に達していることが示唆された。

「1-1 クワ遺伝資源の収集」について、最終的な収集目標数の目安を示すべきであるという観点から、2020 年にケニアの在来品種の記録等がないかを改めて調査した。独自に行った文献調査では、東アフリカに大航海時代にイギリス等から養蚕用に導入された記録以外は在来品種の記録は確認できなかった。ケニア人スタッフを通じてケニア国立博物館の複数の植物学者に問い合わせをしたが、知見は得られなかった。結果的にケニアの在来品種の記録は見つけられなかった。なお、ケニア国立博物館の複数の植物学者から、クワ科ではないが ‘Giant yellow mulberry’ という果樹を紹介されたので、果実用クワ品種育成時の対照として利用するため、ケニア人スタッフによって NSRC に導入した。

なお、農研機構のジーンバンクに現存するクワ品種 ‘エンブ’ (‘Enbu’) は、ケニアで栽培されている ‘Embu’ と同一品種であると推定されていたが、形態的特性を詳細に観察した結果、NSRC に保存されている ‘Thika’ である可能性が高いと推測された。

さらに、ケニアで保存されているクワ品種のうち、来歴不明とされていた ‘Unknown-2’ は農研機構で保存しているインドの育成品種である ‘S-34’ と形態的に酷似しており、‘S-36’ などと同時にケニアへ導入された可能性が高いと思われる。‘Ichinose’ は日本の ‘一ノ瀬’ に形態的には類似しているが、‘一ノ瀬’ と比較して挿木発根性が極めて良好であり、休眠性はほとんど認められない。このことから、‘Ichinose’ は ‘一ノ瀬’ と非休眠性のクワとの交雑実生由来の別の品種であると推測される。同じく日本から導入されたとされる ‘Kikuha’ は国内で保存されている ‘菊葉’ とは形態的に全く異なる。‘Kikuha’ と形態的に同一とみられる個体がケニア国内で複数収集されていることから、古い時代に ‘Embu’ と同様な経緯でケニアに持ち込まれた別の在来品種と入れ替わってしまったものと考えられる。

④研究題目 1 の研究のねらい (参考)

本課題では、ケニア国内に存在するクワ遺伝資源を収集するとともに特性情報を集積し系統的に整理して「クワのジーンバンク」を管理できる体制を構築することを目標としている。

⑤研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

ケニア国内からのクワ遺伝資源収集については、2014 年の FS の結果等に基づき、ケニア人スタッフと共に現地で枝の採集を行った。採集したサンプルは挿木などにより増殖し、圃場に植え付けて、形態的特性から既に NSRC で保存されている品種と同一か否かを判定した。希少種であるアフリカグワについては、Kakamega に存在する個体をケニア人スタッフが収集した。

既存のクワ遺伝資源の特性調査はマニュアルを作成したうえで、現場でケニア人スタッフへの指導を行った。COVID-19 によって日本人専門家が渡航できなくなっからは、両国間でメールや SNS、ウェブ会議などによる情報交換を行い、必要に応じて指示やアドバイスをするという体制を構築した。

さらに国内では次世代シーケンサーを用いてアフリカ原産とされるクワ品種 ‘Enbu’ の全

ゲノム配列情報を決定するなど、分子生物学的手法によるクワの遺伝解析を実施した。

(3) 研究題目 2:「クワの品種育成」(リーダー: 山ノ内 宏昭)

①研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

「2-1 現有品種の地域適応性の調査」

ケニア側から提供された Thika、Kakamega、Kibos の 3 カ所における近年 10 年間の降水量と気温のデータの分析の結果、Thika は乾期の雨量が極めて少なく、Kibos は最も平均気温が高い、Kakamega は温暖で多雨である等の特徴が認められた。これらの結果を基に、地域適応性試験に供試する NSRC に既存の品種として、ケニア在来品種の ‘Embu’、‘Ithanga’、‘Limuru’、‘Thika’、インド由来品種 ‘Kanva-2’、‘S-36’、‘S-54’、‘V-1’ およびその他の ‘Unknown-2’、‘Thailand’、‘Ichinose’ を選出した。Thika、Kakamega、Kibos の 3 カ所で栽培試験のための挿木増殖 (図 3-1) を NSRC (Thika) においてケニア人スタッフがを行い、各試験地に挿木苗を配布して定植した。雨量の少ない時期がある NSRC には灌漑施設を整備した。

試験で正確な結果を阻害する要因として、NSRC では草食哺乳類とシロアリの被害が後を絶たない状況であった。そこで、草食哺乳類への対応はフェンスの設置、シロアリについては殺虫剤散布と蟻塚の除去で解決した。また、Kakamega ではデバネズミの甚大な被害が認められたことから、遮断溝の設置、殺鼠剤投与などの対応を行った。Kibos と Thika ではコナカイガラムシの被害が認められたが、殺虫剤の散布や降雨による脱落で被害を抑えることができた。これらのことにより、3 試験地とも栽培試験が計画どおり実施できる環境が整えられた。ただし、Kakamega では、深刻な状況とはならなかったものの、デバネズミ被害が再発したことから、殺鼠剤を常備しておくなどの対策が必要である。

2020 年からは COVID-19 の影響を受け、日本人専門家が現地で直接指導することができなくなった。しかし、現地での特性調査や収量調査は、NSRC のスタッフが Thika、Kakamega、Kibos の 3 試験地で直接得た情報をメールや SNS で日本側と共有した。これをもとに日本人スタッフがメールやウェブ会議でのアドバイスをを行い、それに基づいて NSRC のスタッフが中心になって、各試験地の現地スタッフも含めたケニア人スタッフのみで進められている (図 3-1)。2020 年度当初は適切な管理時期を逸するなど問題があったが、同年度の後半には前述したように両国のスタッフで状況が共有できるようになり、調査および管理が順調に遂行されている。



図 3-1. ケニア NSRC での挿木による育苗

「2-2 主要養蚕地域に適合した既存品種・系統の選抜」

日本での活動として、ケニア人スタッフへの短期研修を行い、挿木または接木による増殖法、ポット栽培のクワあるいは挿木や接木による交雑法、果実の稔性度合いの測定法、果実からの採種法、播種法、実生苗の初期段階の育成法などのクワ育種技術を実地研修した。なお、ケニア現地でも日本人専門家による指導を行った。

前項にも記述のある既存品種の地域適応性試験では、2019年からは全ての試験地で日本人専門家の指導の下に、ケニア人スタッフによる形質調査や収量調査を開始した(図3-2)。まだ調査の回数が少ないため、断定的には言えないが、いくつかの傾向が認められた。3試験地のデータともケニアで現在最も普及している品種の‘Embu’と‘Thailand’の収量が低い傾向にあった。‘Embu’以外の在来品種も収量は全体的に低く、高収量の品種はほとんどが導入品種かその後代と推測されるものであり、‘Ichinose’、‘S-36’、‘S-54’、‘Unknown-2’などが多収品種候補である。‘Ichinose’はいずれの試験地でも葉量が上位4品種の中に入っていた。今回供試した品種のうち収量が最も少なかったのは‘Limuru’で、‘Embu’がそれに次ぐ低収量となった場合が多かった。さらに、在来品種は収葉量が少ないだけでなく、節間が長いといった特性も認められており、カイコ飼育用としての特性が全般的に低いと判断された。ケニアでの養蚕用に適した品種としては、‘Ichinose’、‘Unknown-2’(‘S-34’)、‘S-36’、‘S-54’、‘V-1’が選定された。

なお、クワ品種の特性発現の地域間差については、当初想定していたよりも少ない傾向にあるとみられる。



図3-2. 現有品種の地域適応性試験の状況
NSRC(Thika)(左)、Kakamega(中央)、Kibos(右)での収量調査の作業状況

Kakamegaにおいては、収量調査直前の段階で、降雹による葉及び枝条先端部が折損する著しい被害を受けたが(図3-3)、これによって降雹の被害程度の品種間差のデータが得られた。‘Limuru’、‘Unknown-2’、‘Thailand’の被害が特に大きく、‘Ithanga’の被害は相対的に小さかった。Kakamegaでは降雹は珍しくはないということから、この地域に適応する品種を選定する際には、降雹に対する被害程度の違いも基準のひとつとして考慮すべきであろう。



図 3-3. Kakamega における降雹被害

「2-3 交配による新品種の開発」

最初の交配では、雄親は ‘Thailand’ とし、雌親にはケニア在来品種、インドからの導入種及び ‘Ichinose’ を用いた 7 組合せの交配を計画した。当初はポット植えの交配母樹を育成してからの交配を予定していたが、日本国内で実施している挿木交雑（図 3-4）を試みたところ容易に種子が得られた。このことから、挿木交雑法はケニアでも利用可能なことが証明された。2016 年度の挿木交雑で得られた種子を 9 月に連結プラグに播種した。その後順調に発芽、生長したため（図 3-5）、直径約 20cm のビニールポットに移植して枝を 1 m 以上に伸長させた。生育が劣る、または側枝が多い個体を除外した後、各個体につき木化した枝の基部から 5 本ずつ穂木を調整し、挿木を行った。驚くべき事に、177 個体のうち 176 個体で 100% の挿木活着率を示した（全挿木 885 本のうち 884 本が活着）。この挿木苗を地域適応性試験と同じ 3 か所の試験地に配布して個体選抜試験を開始した。選抜のポイントとしては、収量性、耐病性などの一般的な形質だけでなく、現行の摘葉収穫と比較してクワ収穫からカイコ飼育までの作業能率の向上が期待できる条桑育への適性も重視した。

最初の交雑組合せのうち、‘Kanva-2’ と ‘S-54’ の後代では節間が短く、中型葉で枝条の揃いが良いといった条桑育に適する形質を有する個体が多いことが観察された。その後も観察を続け、優れた特性を示した 3 個体が選抜された（図 3-6）。一方、‘Embu’ や ‘Thika’ の後代では節間が長いなど好ましくない形質の個体が多く、優良個体は見あたらなかった。

選抜された 3 個体について増殖して系統化し、次のステップに進むための準備を行った。この作業は日本人スタッフとの協議ののちケニア人スタッフのみで遂行された（図 3-7）。増殖された 3 系統は 2022 年 1 月から 3 か所の試験地に対照品種とともに植付けて、系統選抜試験を開始する予定である。

また 2 回目の交配では、雄親を ‘Unknown-2’ とし、初回より雌親を絞り込んで 4 組合せとしたものの、播種～育苗した交雑実生を 1,000 本以上として育種規模の拡大を図った。さらにポットによる育苗段階で形質不良の個体の淘汰を 2 回実施し、圃場への移植は 159 個体まで絞り込んだ。これらの交雑実生による個体選抜試験は NSRC の圃場のみで実施し、2021 年 11 月に植付けを終了した。ポット育苗中の 2 回目の不良個体淘汰以降は、上述と同様な協力体制によって、全ての作業がケニア人スタッフによって遂行されている。

育種に関わる交雑、実生の育成等の方法については、ケニア人スタッフを日本に招いて実地研修を行った。なお、この研修については全て研究題目 1 のそれと同時に実施した。ケニア現地でも日本人専門家により随時指導を行った。



図 3-4. クワの挿木による開花
 左: 'Embu' 開花し柱頭が露出している。
 右: 雄品種 'Thailand' 開花し葯から花粉を放出している。
 この花粉を雄品種の柱頭に人為的に交配する。



図 3-5. クワの実生



図 3-6. 選抜された 1 系統(K2-16)



図 3-7. 交雑実生の初期選抜
 2 回目の交配の実生。ケニア人スタッフにより実施。

「2-4 主要地域における標準的な栽培法の策定」

各試験地の圃場における土壌調査の結果、NSRC と Kakamega は強酸性であることがわかった。これら 2 試験地の圃場では 10 アール当たり 200kg の石灰を年 2 回に分けて投入して酸度矯正を行う方針とした。Kibos の試験圃場はアルカリ性であるため、石灰の投入は控えることとした。また、これまでケニアでは施肥は堆肥のみとすることがほとんどであった。しかし、土地生産性向上のためには肥料三要素（窒素:N、リン酸:P₂O₅、カリウム:K₂O）の必要な量をバランスよく施与することが重要であるため、2018 年度からケニアで入手可能な化成肥料（N:17%、P₂O₅:17%、K₂O:17%）を 10 アール当たり 100kg 投入したところ、クワの生育状態が見違えるほど改善された（図 3-8）。この結果を踏まえて、前述の化成肥料に加え、窒素量の調整のために尿素を追肥し、10 アール当たりの成分量で N:30kg、P₂O₅:15kg、K₂O:15kg となるように年 4 回に分けて施肥する計画を立案し、各試験地で実証的に施行し

ているところである。施肥の改善によって、leaf spot 病の発生が減少するという現象も認められている。一方、コナカイガラムシの発生については多肥栽培により誘引された可能性も示唆され、今後検討すべき課題のひとつとなっている。



図 3-8. 3 要素を含む化学肥料(N:17%, P₂O₅:17%, K₂O:17%)の施肥前(左)と施肥後(右) Kakamega

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究題目 1 に記述した短期研修において、クワの増殖法、交雑法、採種法、播種法、実生苗の育成法などの育種技術についても実地研修を行なった。また、ケニア研究者へのクワ病害の病原菌分離などに関するトレーニングを日本で行った。

さらに、NSRC において挿木交雑をケニア人スタッフと共に行った。この過程で挿木法、花粉採取法、人為交雑法、種子の採取法などの技術移転を図った。その後も、現地で個体選抜の重要なポイント、収量調査における詳細な手法などについて随時指導を行った。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

Kakamega の圃場ではデバネズミによる食害が多発することが認められた。この対策として、殺鼠剤の利用が有効であったが、再発することがあるので殺鼠剤の常備が必要である。同じく Kakamega においては降雹の被害があったが、被害程度の品種間差のデータが得られており、クワ品種を適切に選定すれば、降雹被害を軽減できる栽培体系が構築できる可能性が示唆された。

④研究題目 2 の研究のねらい (参考)

本課題では、ケニア国内数地域の環境条件を考慮して育種目標を設定し、地域目標毎に選抜を行って地域適合品種候補を数系統程度作出することを目標としている。

⑤研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

既存クワ品種の地域適応性試験については、ナイロビ近郊の Thika、西部地域の Kakamega 及び Kibos の 3 か所の試験地で実施した。試験には ‘Embu’、‘Thika’、‘Ithanga’、‘Limuru’、‘Kanva-2’、‘S-36’、‘S-54’、‘V-1’、‘Unknown-2’、‘Ichinose’ 及び ‘Thailand’ の 11 品種を供試し、挿木苗を植付けた。調査方法は現地で日本人専門家が指導するとともに、国内においても短期研修の一環として実習を行った。試験圃場の栽培管理については、ケニア人スタッフが中心となってマニュアルを作成し、現地での実証を進めた。

交雑育種法による新品種の育成については、1 回目は挿木交雑、2 回目はポット植え株を用いた交雑を行った。1 回目の交雑で得られた実生苗はビニールポットで育苗し、そこから得られた枝を利用して挿木増殖し、地域適応性試験と同じく 3 か所の試験地で個体選抜試験を実施した。2 回目の交雑では規模拡大を図って 1 回目の 5 倍以上となる約 1,000 本の実生苗を育成したが、選抜効率を上げるためにポット植え段階での不良形質個体の淘

汰を進めた。各試験地に既に植付けられている実生苗の生育状況から、特性の発現に地域間差はあまりないことが明らかになったため、2回目の個体選抜試験は Thika のみで実施した。

(4) 研究題目 3 : カイコの品種育成 (リーダー : 山本 公子)

①研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

2016 年度には、生産性における QTL 解析や選抜用マーカー作出に用いるために、繭の生産性に対して対照的な 2 品種を用いて、連鎖地図が作製された (図 4-1)。用いられた品種は、大きな繭を作る"日 01"と、農研機構の統合ゲノムデータベース構築でゲノム解析や連鎖地図作製に用いられ、多くの研究者が標準品種として使用する、体が小さく繭も紡錘形で小さい"大造"である。2017 年度からは、繭の生産性に関わる QTL 解析が上記のカイコ品種を用いて開始された。その結果、連鎖していた第 1 染色体上に幾つかの QTL マーカーを同定した。第 1 染色体は、Z 染色体と呼ばれる性染色体であり (ヒトはオスヘテロの XY 型であるのに対して、カイコはメスヘテロの ZW 型であり、性染色体構成はオス;ZZ、メス;ZW である。)、ここへの連鎖は雌雄差を現している可能性が示唆された (図 4-2)。

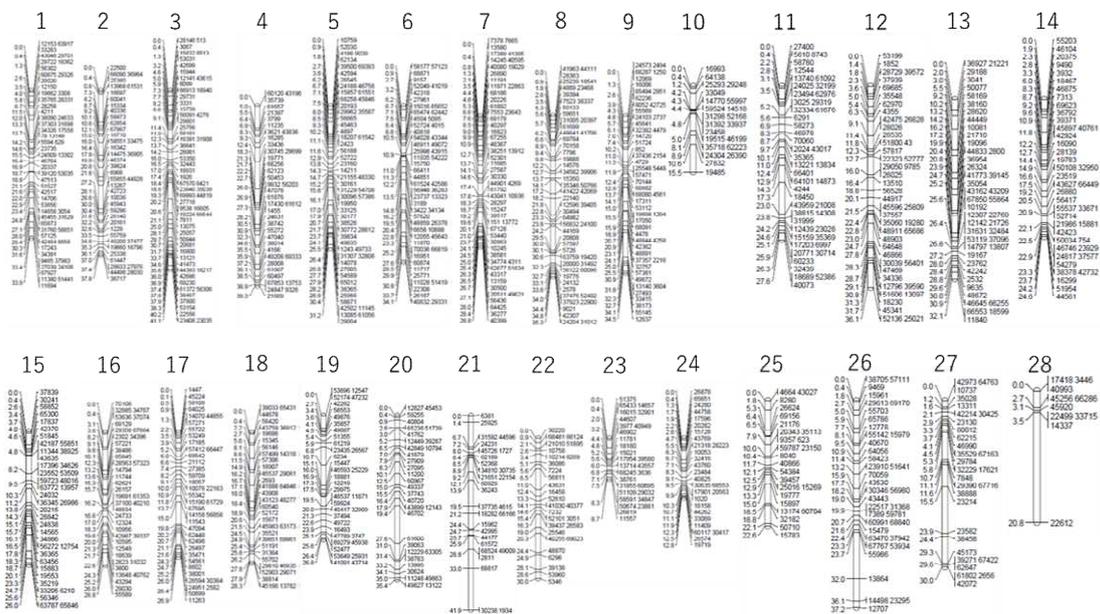


図 4-1. 大造と日 01 による連鎖地図

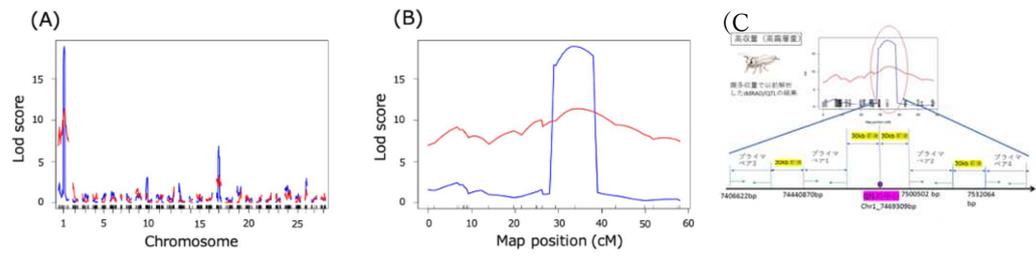


図 4-2. 繭重における QTL 解析と責任領域周辺のマーカー

(A)全染色体 28 本での結果 (B)(A)で得られた結果による染色体番号 1 の領域の拡大図 (C)責任領域の中央を中心として同定した SNP マーカーのためのプライマー設計

2016、17 年度にかけて、強健性に関わる QTL 解析のために、養蚕業では世界中で甚大な被害を引き起こしているカイコ核多角体病ウイルス (BmNPV) に対して、いくつかの品種を用いた感受性比較試験が行われた。これにより、QTL 解析で用いるための抵抗性品種と感受性品種が選定された。2018、19 年度に BmNPV 抵抗性の QTL 解析を行った。その結果、第 4 染色体との連鎖が認められたが、連鎖の程度は低く、複数の因子が関与していることが示された (図 4-3)。しかしながら、この抵抗性はその他の病原性微生物に対する抵抗性とは無関係で、BmNPV に特化した抵抗性であった。すなわち、多くの病原微生物に総じて強い、という特徴ではなかった。また、地球温暖化が懸念される中で強健性に関わる重要な性質である高温耐性についても QTL 解析を行なったが、連鎖する領域は得られなかった (図 4-4)。なお、BmNPV 抵抗性に関して、日本の農家で最も飼育されている品種である錦秋鐘和は非常に強く、ICIPE で継代されてきた系統である ICIPE I および II も比較的強いが、錦秋鐘和には及ばなかった。すなわち、錦秋鐘和由来である NSRC の系統に対して ICIPE の系統を交配育種によって導入する必要はない、と結論された。また、世界中の研究者が協力して行なったカイコゲノムアノテーションの結果および東大と遺伝研が新たに行った高精度のゲノムシーケンスデータを加えることで、農研機構のカイコ統合ゲノムデータベース KAIKObase の改訂作業が、この QTL 解析を担当している日本人スタッフらによって始まり、この成果は 2021 年に公表された。発現遺伝子予測の精度が向上し、ゲノムの contig や scaffold がさらに繋がって長くなり、より正確な配列情報を提供できるようになった。

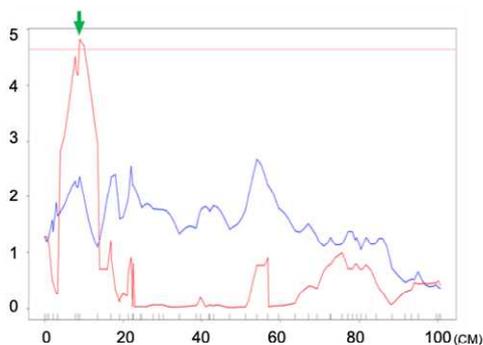


図 4-3. BmNPV 抵抗性における第 4 染色体の QTL 解析
赤: 因子が複数あるとして計算した場合 青: 因子が単数であるとして計算した場合
16cM 辺り(緑矢印)に抵抗性を示す因子があることが示唆される。

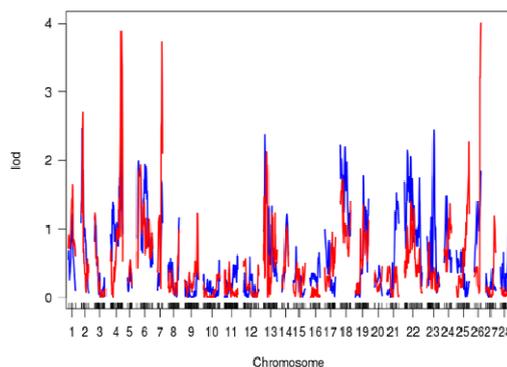


図 4-4. 高温耐性における QTL 解析
特定の連鎖している染色体は見られない。

2020 年度には、これまで NSRC で選抜育種を行って、毎世代ごとに繭調査を行ってきた KSK (日本の四元交雑品種: [錦 x 秋] x [鐘 x 和] の後代) および ATK (日本の四元交雑品種: [朝 x 日] x [東 x 海] の後代) と、ICIPE から分譲を受けた ICIPE I および II の世代毎の繭重・繭層重・繭層歩合を比較した。繭層歩合については変動なく維持されているが、繭重と繭層重は代を重ねるごとに漸減した後安定する、という近交弱勢の一般的な経過よりもむしろ、その時々飼育環境に左右されていた。また、餌となるクワの質は非常に重要で、良く施肥管理された実験区のクワを与えた際には、朝日東海当代である第 1 世代を上回る好成績を示した。KSK、ATK とともに目標の 1 生繭あたり 1.8g を超える時はたびたびあり、平均 1.8g 以上の繭重を維持することは可能ではないかと期待できる。一方で、繭生産性を上げるには餌となるクワの品質管理が非常に重要であることが示唆された。病気や孵化しなかった、などのアクシデントで 2020 年以降 KSK の 2 系統が失われた。また ICIPE II が繭の形から 2 種類に分けて維持されていたが、両者ともにほとんどが卵型で差がないため、両

方を混ぜて 1 つにするか、最近の成績の良いものを選び、他方を廃棄するようカウンターパートと相談している。また、2018 年度末に新たに錦秋鐘和が持ち込まれ、現在も維持されているので、2021 年 11 月時点で NSRC で選抜育種を継続している系統は、KSK と ATK 各 3 系統、ICIPE I と ICIPE II の計 8 系統である。

2020、21 年度に、現有のケニアのカイコ系統の間で、生産性や強健性における雑種強勢の有無を調べた。これは、計画されていた高生産性の交雑系統（本プロジェクトで選抜育種されてきた日本の交雑品種由来の KSK や ATK 系統）と強健性に優れていると予想されるケニアの系統（ICIPE I や II）との間での交雑と戻し交雑を繰り返して強健性を導入する育種の可能性を検討するためである。先に書いたように、BmNPV に対する抵抗性では、ICIPE の両系統よりも錦秋鐘和の方が優れていた。NSRC でこれらを継代している間にも、ICIPE の系統の卵・幼虫期間が他に比べてそれぞれ 1 日程度短いのみで、特に大きな発育や強健性の差は見られなかった。しかし、これらの交雑によって顕著な雑種強勢が認められれば、NSRC で今後農家や企業に提供する商業飼育用の蚕種としては非常に有利である。そこで、KSK と ATK、ICIPE I および II の 4 種類の間でそれぞれ雌雄正逆の交雑を行なった F1 を飼育して調査した。その結果、有意な雑種強勢効果は得られなかった。これは、錦秋鐘和も朝日東海も日中間の交雑種であり、親品種を作るための優良な元の系統は日、中それぞれの中でも限られており遺伝的に近い関係にあること、ICIPE I も II もインドから持ち込まれたカイコ由来であるが、来歴には日本の交雑種が入っており、日本の交雑種由来である KSK と ATK との間で遺伝的な隔たりが少ないことが原因であった。養蚕業の定着している国では普通に行われている二元交雑や四元交雑は、まだ飼育の技術や経験が浅く担当スタッフも少ない NSRC で、親系統や選抜育種系統を維持しつつ交雑を作製して配布事業を行う煩雑さや、交配・種取り、即浸・冷浸・越年卵などの蚕種の保管業務における系統の取り違い等の危険性を考慮すると、当面は現有の系統を選抜しながら維持しつつ、それらを配布事業に用いることが持続性のある最良の方法であると判断した。なお、これら交雑卵の飼育、幼虫や繭の強健性・生産性調査および 2・3 度目の交雑実験では、交配・採卵もすべてケニア人ポスドクとケニア人スタッフのみによって実行された。

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

飼育に関わるマニュアル等は 2019 年度に現地ですべて作成して飼育担当者へ説明し、印刷したものを飼育室引き出しのフォルダーに収納してきた。それらは、インキュベーターの浸酸処理の方法、各濃度浸酸液の調整方法、越年卵・冷浸卵・即浸卵の各種保護方法と原理、各蚕期越年卵の温度移行予定表、蚕座紙・防乾紙からの各飼育容器のサイズに合わせた切り出し方法、幼虫や繭調査の記入シートなどである。2020、21 年度の飼育では通常の選抜・維持に加えて交配実験が加わり、2020 年 3-4 月、8-9 月期と 2021 年 7-8 月期にそれぞれ、23、34 および 16 区画が通常飼育に加わった。限られたスペースで少量多区画を余分に飼育するため、ケニア側で工夫して、中央に仕切りをつけた木枠を 20 台ほど作製し、1 枚の蚕箔を 2 区画に分けて飼育した。上蔭も回転蔭のボール蔭を木枠内に横置きに固定して同様に行った（図 4-5）。しかし 2021 年の 3 回目の交雑実験では日本から送った飼育資材が届き、使い方も写真で送ったので、これを用いて 1 蚕箔に 4 区分のトレイで飼育、上蔭を行なった。現地で直接指導できないために困ったこととして、幼虫の雌雄鑑別があった。交配実験区では、5 齢起蚕で雌雄別の体重測定を行うことにした。現地では、蛹の雌雄鑑別は行っていたが、幼虫の雌雄鑑別ができる現地スタッフが 1 人もいなかった。4 月初旬で日本ではまだカイコの飼育時期ではなかったため、実物を使って写真撮影を行うことができない。そこで、シリコンゴムでできたカイコの模型を使って、鑑別する際の指の位置などを同僚に写真に撮ってもらい、幼虫の鑑別部位の模式図と共に現地に送り、現地からは、いくつかのカイコの鑑別部位の写真が送られてきたが、雌雄が判断できるほど鮮明な写真は数枚しかなく、それらに対して判断をつけて返信した。現地に専門家がいたら、実際にやって見せて指導でき、確認も容易であったので残念であるが、2 度目の交配実験からは問題なくケニア人スタッフのみで鑑別を行うことができた。大きな問

題として、飼育の指導を行なったケニア人スタッフは、若いテクニカルアシスタント、飼育経験の長い日雇いスタッフ、ICPIPE で長年養蚕やシルク・テキスタイルを専門に扱っていた農研機構のケニア人ポスドク、そして最近では唯一残っていた、優秀な技術移転対象者であった所長も異動で研究所を去り、飼育経験者が 1 人もいなくなってしまった。保存卵の温度管理など非常に心配な状況である。現在は繰糸の担当者が飼育も兼任している。一方、所長人事とほぼ同時期に異動してきた職員がカイコ担当になったので、彼らには、2月にパワーポイントなどを用いて、オンラインで養蚕の講義を行った。

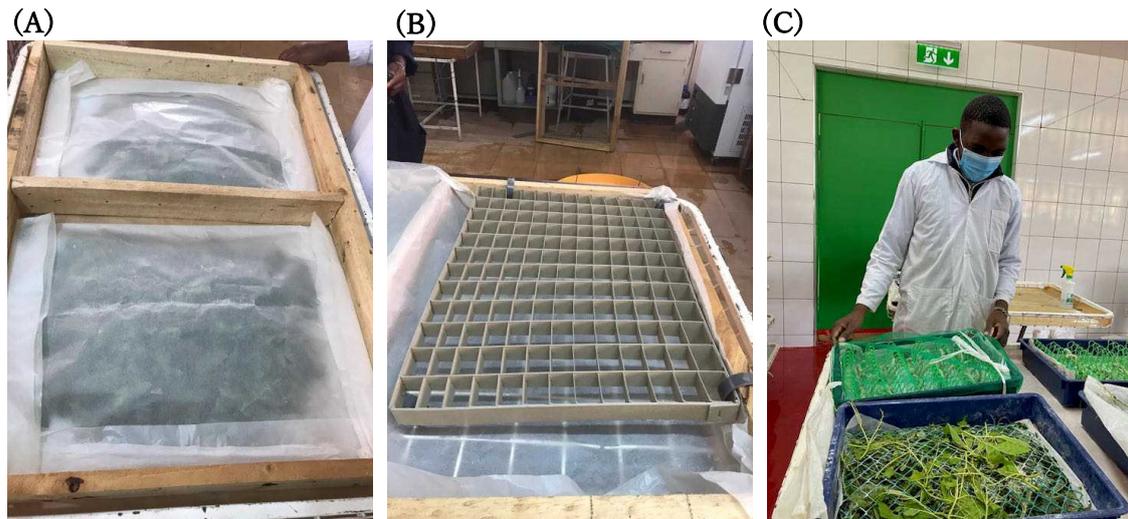


図 4-5. 大量の交雑実験区の飼育を行うための工夫

(A) 蚕箔を木枠で二分した。(B)木枠内に回転族用の段ボール箔を設置し、大量の交雑区の上簇幼虫が混ざらないように工夫。(C) 3 回目の交雑実験では、日本から輸送した飼育資材から、飼育トレイとトレイ内に置ける箔、上簇中のカイコが逃げて混ざらないようトレイを入れる網袋を使用し、1 蚕箔に 4 区の飼育と上簇が可能になった。

③研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

まだ NSRC のカイコ部門に人材、経験ともに力を付けなければいけないが、新たに養蚕業を始めようという企業が現れたり、この分野に出資を行う投資家やアドバイザーが現れたり、養蚕に興味を持ち、現在を好機と捉えているビジネス関係者がケニアに複数いることは、NSRC が今後重要なプレイヤーになる可能性がある。そのためにも KALRO は NSRC に人材を確保して、安定した飼育と蚕種製造、飼育指導が行えるだけの力をつけてほしい。飼育経験者が全て去ってしまい専門家も直接指導できない現在の状況は、養蚕の技術とカイコ系統の継承の両方に非常に危険である。一方で、飼育技術を最も習得した旧所長は、異動先の研究所に蚕糸研究を加えることに意欲を持っているので、KALRO 内に新たな蚕糸研究の拠点が増えることを期待したい。

④研究題目 3 の研究のねらい (参考)

強健性と生産性を重点目標にカイコの育種を進め、日本の交雑種に匹敵する生産性とケニア在来品種並の強健性を有する品種を作出することを目標としている。

⑤研究題目 3 の研究実施方法 (参考)

連鎖地図の作製には、大造と日 01 品種を用いた。繭の生産量、BmNPV 抵抗性、高温耐性の QTL 解析や選抜マーカーの同定には、あらかじめ実験で得られた、値の大きく異なる 2 品種・系統をそれぞれ用いた。QTL 解析の方法は以下の通りである。

1. 比較するカイコ系統からゲノム DNA を抽出し ddRAD-seq を行い、得られたデータを参

照ゲノムデータにマッピングする。

2. マッピングしたデータを用いて、genotype データを取得する。
3. 2. で取得したマーカーデータを用いて連鎖地図を作成する。
4. 連鎖地図のデータと量的形質データを入力データとして QTL 解析を実施して責任領域を決定する。

NSRC の繭成績の推移と交雑実験には、NSRC で選抜・継代されてきた KSK、ATK、ICIPE I および ICIPE II の各系統を用いた。交雑では、雌雄を逆にした正逆交雑も行い、同じ系統同士を掛け合わせたものを対照区とした。生産性については、5 齢起蚕の雌雄個体別の体重、繭重、繭層重、繭層歩合、産卵数を計測し、強健性については、5 齢起蚕で雌雄の頭数を合わせ、吐糸営繭した頭数を比較した。

(5) 研究題目 4：野蚕遺伝資源の特性解明（リーダー：行弘 研司）

在来野蚕の収集と生態解明については、主にゴノメタについて調査を行っている（ケニア側が採集や調査、日本側は指導・助言）。本種はアフリカのサバンナ地域に主に生息する鱗翅目カレハガ科に属する大型絹糸虫である。その繭からは、カイコのシルクより野趣に富み、ヤママユガ科の野蚕のシルクよりも洗練されたシルクが得られる。本種の利用は衣料素材にとどまらず、他の工業材料としての利用開発を目指している。そのためには「供給の安定」と「品質の安定」の 2 つの「安定」を確保する必要がある。野外での繭の採集では環境の変動により供給が安定しない。さらに、乱獲が加わるとゴノメタの遺伝的多様性が失われ、そこから生じる近交弱勢による障害がゴノメタの集団に決定的なダメージをあたえ、供給の確保ができなくなる。供給の安定を確保するために半野外飼育法（野外で木にネットをかけて飼育する方法）、および全屋内飼育法という 2 種類の飼育手法の導入を試みた。もう一つの「安定」である「品質の安定」については、異なるゴノメタ種が作る繭の混在を防ぐことによって、その安定を確保する。そこで、まずは、何種類のゴノメタがケニアに生息しているかを正確に把握することが、品質安定化の第一歩と考えた。種の多様性を調べるのに有効となるのが DNA バーコーディングによる種の判別である。これと同時に野蚕の遺伝的多様性の評価についても DNA バーコーディングが有用な技術となる。

また、DNA バーコーディング技術をケニア側が習得し、今後将来にわたって DNA バーコーディングによるモニタリングができることでゴノメタの多様性維持が可能になる。たとえば、何らかの原因である地域で半野外飼育しているゴノメタの多様性低下が確認された場合、その地域に野外から個体を導入して多様性を回復させるという手段が取れる。このように、多様性度の評価は生物多様性を維持しつつ継続的遺伝資源を利用する上で欠かせない。さらに、DNA バーコーディング技術の習得は効率的な飼育法の確立にも役立つ。すなわち、ゴノメタは種類ごとに餌になる植物が異なっているので、DNA バーコーディングで種類が判別できれば、最適な植物を与えることができ飼育効率が向上する。

シルクの加工・物性評価に関する研究では、ゴノメタ、アナフェといったケニア在来野蚕の他に、エリサンやミノムシといった日本とケニアの双方に生息している野蚕に注目した。これらの野蚕から得られるシルクについて加工技術と加工によって成形されたシルク素材の物性について研究を行った。農研機構に長期派遣された 2 名のケニア人学生（東京農工大学博士課程および筑波大学修士課程）は、エリサンシルクの新たなフィルム成形技術に関する研究（つくば医工連携フォーラムにて研究奨励賞を受賞）、および未分解セリシンシルクのナノ粒子化（筑波大の修士発表会で優秀発表賞を受賞）について研究を行った。

また、農研機構の特別研究員であったケニア人研究者がケニアで活動中にゴノメタから無機物の付着を伴わない透明な繊維の回収技術を開発した。繭を作り始めて間もないゴノメタ幼虫の吐糸口からシルクを強制的に引き出して電動巻取り機で採糸することでシュウ酸カルシウムやトゲの付着がない無色透明なゴノメタのシルク繊維を得ることに成功した。

知財化も積極的に進めている。ミノムシのシルクの塩基配列を知財化したいが、それだけでは特許要件を満たせない。そこで、塩基配列の解読後、その遺伝子配列をカイコに遺

伝子組換え技術で遺伝子導入を行い、ミノムシのフィブロインのタンパク質を含む組換えカイコシルクの作製に成功し、糸物性が向上することを見出した。こうした成果を含めて特許を出願し、日本のみならず米国も含めた権利化を 2021 年度中に果たした。

①研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

2016 年度はケニアに生息している野蚕のモデルとして、国内で入手可能なヤママユガ科およびミノガ科の幼虫および繭糸を対象として国内研究を実施した。エリサン (*Samia ricini*) はヤママユガ科に属し、養蚕が容易な野蚕として知られ、ケニア国内でも農家での養蚕が行われている。そこで、まずは国内で系統維持されているエリサン 3 品種を試料にして、ミトコンドリア COI の DNA バーコーディングを行った。また、同時に日本在来野蚕であるシンジュサン (*Samia cynthia*) についても既報の配列 (Yoshido et al. 2013) について同様の解析を行ったところ、14 塩基分の地域差があることがわかった。一方、シンジュサンと形態的には類似しているが別種とされているエリサンは、COI 塩基配列で 24 塩基分の違いがあり、この違いはシンジュサンの 2 亜種間の 2 倍に相当した。このようにして得られたエリサンとシンジュサンの系統関係をもとに、ケニアで現在飼育されているエリサンの位置づけが可能となる。

2017 年度においては、ケニア在来野蚕の探索に関しては、ゴノメタの繭糸の特性を明らかにするため、Mwingi (ムインギ) の農家にゴノメタの飼育を依頼し、数百頭のゴノメタを実験用に得た。また、生物多様性条約に基づいて、ケニアの生物遺伝資源を日本国内に持ち込むための法手続きも別途進めて地域住民説明会を開催した。さらに、2016 年度の結果に加え、本研究所内で系統維持されている系統のうち昨年度解析したエリサン 3 品種 (BlueBlack, Shimizu, Yellow) に加え、残り 3 品種 (Blue, TD, Todai) を試料にして、ミトコンドリア COI の DNA バーコーディングを行った。また、同時に日本在来野蚕であるシンジュサンについて奄美大島とつくばの試料を得て DNA を調製し、COI 断片を増幅し同様の解析を行った。解析の結果以下のことがわかった (図 5-1)。

- 1) エリサン 6 品種は 656 塩基サイト中 3 か所で変異がある 2 つのハプロタイプに分けられた (1. Shimizu, TD Todai, 2. Blue, BlueBlack, Yellow)。また、インドアッサム地方に由来するシンジュサンの配列が、先の 2 ハプロタイプと極めて近縁であることがわかった。
- 2) 国内のシンジュサンは吉戸らの報告 (Yoshido et al. 2011) により COI 塩基配列上の塩基変異により、東西に分けられるとされていたが、2016 年度に解析した 3 サンプルはいずれも既知の西日本型に分類された。
- 3) エリサンはシンジュサンとかなり遠い関係にあり、西日本型と 656 塩基サイト中 26 か所で、東日本型は 27 か所で塩基の置換が生じていた。
- 4) 韓国由来のシンジュサンの配列は、東日本型と同じグループに属するが両者間に 7 塩基置換が生じており、かなり遠い関係であった。これに対して広東省由来の *S. wangi* (JN278720) は東日本型との違いは 1 塩基置換のみであった。

また、国内で得られる 4 種のヤママユガ科昆虫シンジュサン、ヒメヤママユ、オオミズアオ、エリサンの絹糸腺前部区画、中部区画および後部区画から RNA を抽出し、イルミナ HiSeq4000 およびイルミナ HiSeq2500 によるシーケンス解析を行い、ショートリード配列を獲得した。

エリサンのシルクタンパク質 (フィブロイン) を未分解 (高分子量) のまま抽出し、フィルム化する新規加工プロセスを開発した。高分子量フィブロインで作製したフィルムは、従来のカイコフィブロインフィルムでは必須の不溶化処理を行うことなく、水に不溶性のフィルムが得られた。得られたフィルムは、従来の不溶化処理済みフィルムとは異なる分子構造を有しており、新たな機能性フィルムとして有望な素材が創製できた (以上の研究結果に対して、つくば医工連携フォーラムにて研究奨励賞を受賞)。

2018 年度においては、

- 1) 新規に行った国内のシンジュサンの 656 塩基長の COI 配列の比較においては、27

個の塩基置換がエリサンの2つのハプロタイプとともにも近縁な日本産のシンジュサンのハプロタイプ (Spw1 : AB775192, AB775193 Yoshido et al. (2015)) との間で生じていた。Spw1 と近縁の5ハプロタイプ (Spw2~6) を含む一連の配列の多くは奄美大島を含む西日本由来であり、例外的につくば産のものも含まれた。

2) 東日本由来のシンジュサンのCOI部分塩基配列はどれも同じハプロタイプ (SpE) であった。SpE と SpW6 との間には1塩基置換が生じていた。西日本のシンジュサンに比べ東日本のものが多様性を欠いていることと両方で塩基レベルで多様性が生じていることにより、東日本タイプが最近西日本以外から東日本に侵入し、生息範囲を拡大したことを示唆する。SpE と近縁な配列は中国産のものに見られた。

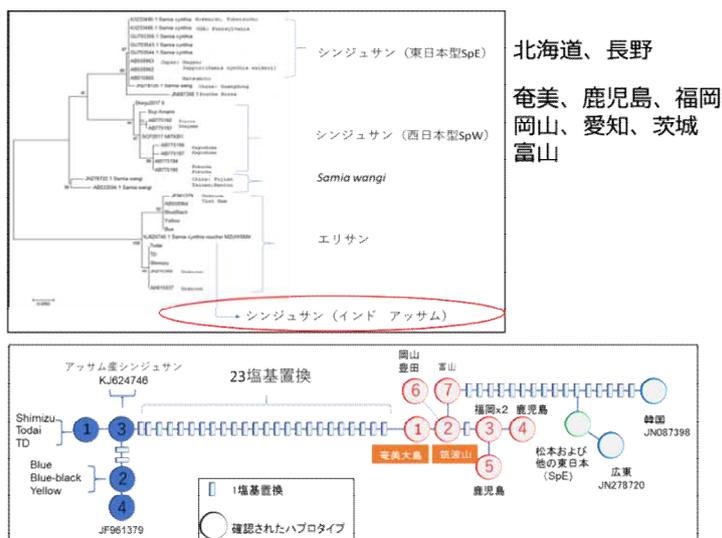


図5-1ミトコンドリア COI 塩基配列に基づくエリサンとシンジュサン類の分子系統関係 (上図)とミトコンドリア COI 塩基配列に基づくエリサンおよび日本国内のシンジュサンの最節約ネットワーク図(下図)

COIに加えて核遺伝子であるCADとフィブロインについてエリサン6品種とシンジュサン2サンプルに対してタイピングを行った。両遺伝子についてエリサンおよびシンジュサンで内部変異は検出されなかったが、CADではエリサン、シンジュサン間で7塩基置換、フィブロインでは、12塩基置換とシンジュサン側で2アミノ産残基に相当する6塩基にまたがる欠失が確認された。また、Yoshido等(2011)が作出したプライマーを用いシンジュサン第7染色体上のキチナーゼ遺伝子をエリサン6品種について増幅し変異を解析したところ、図5-2に示すように、3つのクラスター(1. Shimizu, 2. Blue, BlueBlack, Yellow, 3. TD, Todai)に区割りできた。

Samia cynthia ScChi-h gene for chitinase
(2431-3302) on 7th chromosome

[22222333]
[55679012]
[27517224]
[78931514]
#S_cynthia	TAAACCTT
#20180209-2_D11_Shimizu	CCG.GTCC
#20180209-2_D12_BlueBlackT..
#20180216-1_C07_YellowT..
#20180216-1_C08_BlueT..
#20180216-1_C09_TD	...TSTYC
#20180216-1_C10_Todai	...TGTCC

図 5-2 第 7 染色体上のキチナーゼ遺伝子の部分配列に基づきつくエリサンおよび日本国内に生息するシンジュサンの分類

繭糸を構成する絹タンパク質遺伝子の単離・同定では、日本で解析可能な複数種の野蚕の絹タンパク質について、それらをコードする遺伝子の塩基配列を解析している。その中で、ミノムシのフィブロインの塩基配列については、塩基配列の解読後、その遺伝子配列をカイコに遺伝子組換え技術で遺伝子導入を行い、ミノムシのフィブロインのタンパク質を含む組換えカイコシルクの作製に成功した。この成果は特許出願し、現在公開されている。

また、次の日本国内に生息するヤマユガ科野蚕、エリサン、シンジュサン、ヒメヤマユ、オオミズアオ、オナガミズアオ、エゾヨツメについて絹タンパク質を合成する組織である絹糸腺の役割の異なる 3 つの部分、前部・中部・後部絹糸腺における遺伝子発現解析を、次世代シーケンサーを用いて開始した。

野蚕繭糸の加工（新素材開発）についても、将来、ケニア国内での、ケニア人による、自主的なシルク新素材開発ができるようになることを目指して、若手ケニア人研究者の育成を長期研修として日本国内で行った。農研機構において維持されてきたエリサンを用いて、エリサンのシルクタンパク質（フィブロイン）を未分解（高分子量）のまま抽出し、フィルム化する新規加工プロセスを開発した。高分子量フィブロインで作製したフィルムは、従来のカイコフィブロインフィルムでは必須の不溶化処理を行うことなく、水に不溶性のフィルムが得られた。得られたフィルムは、従来の不溶化処理済みフィルムとは異なる分子構造を有しており、新たな機能性フィルムとして有望な素材が創製できた（以上の研究結果に対して、つくば医工連携フォーラムにて研究奨励賞を受賞）。このように野蚕の素材化について、着実に成果を出しつつある。ケニア在来種に関しては今後さらに検討する必要がある。

2019 年度においては、在来野蚕の収集と生態解明を主にゴノメタについて調査を開始した（ケニア側が採集や調査、日本側は指導・助言）。まずは、何種類のゴノメタがケニアに生息しているかを正確に把握することが、品質安定化の第一歩と考え、DNA バーコーディングを行う準備を始めた。2017 年度から継続してきた、生物多様性条約に基づいてケニアの生物遺伝資源を日本国内に持ち込むための対応は、法手続きに既に長期間が経過していた。プロジェクトの残り時間を考えると、そのまま手続きを続けるよりも、ケニア遺伝資源の国内持ち込み計画を撤回してケニア国内でケニア人が研究できる体制を整える方を優先すべきと判断した。

シルク素材への加工性検討と素材評価については、前年度に引き続いて農研機構において維持されてきたエリサンを用いて、エリサンのシルクタンパク質（フィブロイン）の未分解（高分子量）フィルム化に関する研究を行った。同程度の高分子量フィブロインで作製した水溶液キャストフィルムは水に可溶になることから、両者の違いはフィルム中での

分子の秩序性に関係していることが分かった。この知見は、今後のシルクの素材化に大きく貢献するものである。また、天然エリサン繊維の構造と物性の解析手法を習得し、天然繊維を理解し、新たな発見もした。こうして得られた加工法と自然理解に関する成果は、2報の国際論文として発表することができた。

また、日本国内における日本人若手研究者による野蚕研究も、本プロジェクトの中で大きく進展している。ミノムシの1種、オオミノガの幼虫（ミノムシ）の糸の構造と物性に関する研究については、ミノムシ糸の物性が世界最強と言われているクモの糸に勝ることがわかり、さらに、強さのメカニズムを解明した。この結果が Nature Communications から2019年4月1日に発表された。同時に、プレス発表を行い、SATREPSの成果として、アピールした。さらに、オオミノガについて絹糸腺部位ごとの遺伝子発現の特性を次世代シーケンサーを用いて解析し、2020年度に論文として投稿発表した。この過程で、若手研究者の著しい成長が見られている。

知財化も積極的に進めている。ミノムシのシルクの塩基配列を知財化したいが、それだけでは特許要件を満たせない。そこで、塩基配列の解読後、その遺伝子配列をカイコに遺伝子組換え技術で遺伝子導入を行い、ミノムシのフィブロインのタンパク質を含む組換えカイコシルクの作製に成功し、糸物性が向上することを見出した。こうした成果を含めて特許を出願した。

ゴノメタの繭はシュウ酸カルシウムで塗り固められ、さらに指で触れると刺さる多数のトゲで覆われているため、繭から夾雑物のないシルクの糸を得ることが難しい。シュウ酸カルシウムを化学的に取り除いて繭から糸を取る方法が提案されているが、化学的処理がゴノメタシルクを分子レベルで破壊し繊維としての物性を低下させる。そこで本プロジェクトではゴノメタシルクの繊維としての潜在能力を知るところを目的として、繭を作り始めて間もないゴノメタ幼虫の吐糸口からシルクを強制的に引き出して電動巻取り機で採糸した。こうすることで、シュウ酸カルシウムが付着していない透明な糸を採糸することができた。さらに、巻取り速度を4~220mm/sec範囲で変動させたところ、巻取り速度が上昇することで弾性率および破断強度が向上することが分かった。巻取り速度220mm/secでは弾性率18GPa、破断強度540MPaに達し、ゴノメタシルクが繊維として優れた物性を引き出せる可能性を持っていることが示唆された。

2021年度においては、NSRCでゴノメタの飼育が開始された。これまでは、Mwingi地区の農家に飼育を依頼していたため、生育特性等の調査は十分ではなかったが、今回の飼育の開始より、より詳細な観察が可能になり、大量飼育法の開発につながるものと期待される。ゴノメタのシルク素材化研究では、繭を精練する前に行う前処理の最適条件を検討した。溶媒の種類や濃度を変えて、繭に含まれる夾雑物の減少量を測定して、最適条件を決定した。この最適前処理を行った後に炭酸ナトリウムによるアルカリ精練を行うと精練効率が向上した。シュウ酸カルシウムとトゲで覆われたゴノメタ繭では、こうした夾雑物の高効率で穏やかな条件で除去する工程を見つけ出すことが実用化にとって重要である。

②研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

DNAタイピングができるケニア研究者の育成も進めている。2019年11月から、学位を有するケニア人研究者を農研機構の特別研究員として採用し、遺伝子研究設備が充実している環境で技術指導を行い、その後、同年12月下旬から、日本からの派遣としてケニアに行き、ゴノメタの採取と組織サンプル調製を開始した。

2020年度の実施計画におけるDNAタイピングに関わる技術移転についてはケニア滞在中に当初想定していたゴノメタに加えてギョウレツケムシ科のアナフェおよびヤママユガ科アゲマのサンプルを入手した。両種とも複数の地域からサンプルを得ており遺伝的多様性の評価の進捗に貢献することが期待される。

ケニア人特別研究員の再来日後、今後ケニアで得られると期待されるDNA配列データの

解析に関わる研修として、DNA シーケンサーから得られた塩基配列データの解析に供するためノイズ等を除去するなどの編集、編集された配列データを用いた相同性探索による種同定などの研修を実施した。

2020 年度の実施計画にある DNA タイピングに関わる一連の技術移転については、初期段階は達成されたが、コロナウイルス流行に伴う渡航制限および現地でのロックダウンにより DNA バーコーディングの現地野蚕類への適用は滞っており、2021 年度の課題となった。ケニア人特別研究員と NSRC 所長が KARLO の Kabete 研究施設において 3 種の野蚕の組織サンプルから DNA を抽出し、それを鋳型とした PCR を行い目的とするミトコンドリア COI と思われる断片を増幅した。

野蚕繭糸の加工（新素材開発）については、将来、ケニア在来野蚕に由来するシルクについては、ケニア国内にて、ケニア人によって、自主的にシルク新素材開発ができるようにすることを目指している。昨年度まで、若手ケニア研究者の育成を目的とした長期研修を日本国内で行い、2020 年 3 月に東京農工大で博士学位を取得した。帰国後、NSRC にシルク素材を研究する研究室を立ち上げ（図 5-3）、日本で学んだ技術をケニアで実践する取り組みを開始した。ゴノメタやアナフェのシルクの素材加工について、JKUAT の学生と共に研究を行った。今後、さらに高度な研究を行うためには、構造解析を行うための FT-IR 分析装置や、力学物性を測定するための引張試験機が必要であると考え、本邦調達による NSRC の施設整備を進めている。分析機器は 2021 年 10 月に輸送を完了して NSRC に導入された。



図 5-3. シルクの新素材開発を行うために NSRC 内に新設された生体分子研究室

③研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2019 年度に DNA バーコーディングの対象としてアナフェは NSRC 構内に食樹が自生しており、それらの樹においてアナフェ幼虫の群れが確認され、異なる生息域に由来する個体間

の遺伝的差異の検討が可能となったが、ゴノメタ については、その飼育地のある Mwingi と近接した地点で形態的な差異を示す、種が未詳の材料が得られた。この場合は、種同定という DNA バーコーディングの本来の役割を發揮するとともに、両者の近縁性の検討も行え、材料開発へのシーズになるかもしれない。

④研究題目 4 の研究のねらい（参考）

本課題は以下（1）（2）および（3）を目標としている；（1） ケニア在来野蚕を網羅的に探索し、それらの繭糸の特性を明らかにする、（2） 繭糸を構成する絹タンパク質遺伝子を単離・同定する、（3） 野蚕繭糸をフィルムやスポンジ、チューブなどに加工した場合の加工性や物性についても評価し、非繊維材料としての利用可能性を探る。

⑤研究題目 4 の研究実施方法（参考）

DNA バーコーディングの実施方法について：DNA レベルの遺伝的多様性評価がケニア国内で行える環境作りが必要になる。そこで、DNA バーコーディングをもとにした DNA タイピングを行える施設として、①実験設備が比較的整っている JKUAT、②SATREPS イネプロジェクトの拠点として整備された KALRO Mwea の研究施設、③分析機器が比較的充実している KALRO カベテ (Kabete) の研究施設、の 3 箇所を候補にした。これらの候補地のうち第一候補は機材が比較的充実している Mwea である。さらに、NSRC 内の実験環境も充実させて、それに合わせて NSRC に重心を移す方向で検討した。

シルクの加工・物性評価に関する研究について：ゴノメタ、アナフェといったケニア在来野蚕の他に、エリサンやミノムシといった日本とケニアの双方に生息している野蚕に注目した。これらの野蚕から得られるシルクについて加工技術と加工によって成形されたシルク素材の物性について研究を行った。

II. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1)プロジェクト全体

コロナ禍を含むいくつかの要因によって、製糸実験棟および飼育実験棟の建設と整備に遅れが見られたものの、技術移転は進んでおり、プロジェクト目標が概ね達成する見込みとなっている。しかしながら、特に飼育実験棟の建設は遅れたため、プロジェクト終了までに機材の整備とそれに伴う技術移転を急ピッチで進めている最中であり、気が抜けない状況にある。

カウンターパートである NSRC の中核を担う人材は年齢が高く、また、若手の人材は移動が激しい不安定な雇用状態にあり、現状のままではプロジェクトで移転した技術が組織として残るか不安な面が見られる。しかしながら、ケニア農業省は「National Policy for Development of Sericulture」を制定し、その中には蚕糸研究機関として Institute の設立を掲げている。つまり、蚕糸研究機関が現在の Centre から Institute に格上げとなる。これにより、現状よりも従事する研究者の確保が期待できるので、ケニア側には是非このまま進めていただくことを希望する。

コロナ禍では日本人専門家がケニアに渡航できないため、遠隔での技術移転に頼らざるを得ず、これは効率性が高いとは言い難かった。そこで、ICIPE を退職となった優秀な人材を農研機構の研究員として雇用し、本邦で技術移転を実施した。そして、コロナ禍が沈静化したタイミングで JICA の雇用に切り替えて NSRC に派遣し、技術移転の担い手となってもらった。こうした JICA と農研機構のフレキシブルな対応により、コロナ禍における技術移転の効率化が実現した。

NSRC を通じて、技術指導および蚕種や苗木などのプロジェクト成果物をケニア国内企業のみならず中国との合弁企業に対して提供した。これにより、当該プロジェクトはケニアの蚕糸業にインパクトを与えてきた。一方で、本邦の企業にもプロジェクトを紹介し、数

社がケニアシルクの販売に関心を示した。特に興和株式会社は SDG s 事業案件化調査の受注が決まり、ケニアシルクのバリューチェーン構築に向けて準備を進めている。

上記の SDG s 事業案件化調査と、それに続く、案件実施により当該プロジェクト成果の社会実装が期待される。それには、NSRC が技術移転された桑の種苗、蚕種、生糸などの製造技術の水準を保つとともに大量生産体制を構築する必要がある。また、ある程度、製品を意識したシルクの加工技術も開発する必要がある。今後、こうした生産技術を開発することで、技術移転した基礎技術も活用され、発展的に継承されることが期待できる。

ケニアに生息する野蚕の遺伝資源の国外への持ち出しに対するケニア政府の保護対策は予想以上に厚く、交渉は難航した。そこで、当初は本邦で予定していた分析をケニア国内で進めるように方針を転換した。その後、必要な設備や機材の見通しも立ち、長い目で見れば、ケニアでの遺伝子情報解析技術の自立発展性にとって追い風となる。

プロジェクトで供与した設備と資材のうち最も大きな製糸実験棟と飼育実験棟の建設および繰糸機等の設置は、主にそれらの手続きの複雑さゆえに実施が遅れた。単独の無償資金協力などであれば、通常、建設や機材輸送の専門コンサルタントが張り付いて全てを統括するが、そうした専門の人材が不在で複雑な手続きを進めるために予想以上の時間を費やした。特に SATREPS は JICA と農研機構という異業種間の共同事業であるため、一方の団体にとっては当然過ぎて説明が必要なことすら頭に上らない事象が、一方にとっては言われない限り全く分からないということがある。そのため、手続きにかかるコミュニケーションが非効率になり、異業種間のコミュニケーションには細心の注意を払う必要が実感された。

(2) 研究題目 1 : 「クワのジーンバンク構築」

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

ケニアは携帯電話の普及率が高く、活動地域のほぼ全土で電波状況が良く、通信料が比較的安価である。また、スマートフォンの通信アプリの中で WhatsApp の普及率が高い。そのため、現場の写真等が欲しい時など WhatsApp をインストールしたスマートフォンでグループ通信して写真と情報を交換する方がケニア人にとっては負担なく続けられるようである。

(3) 研究題目 2 : 「クワの品種育成」

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

研究題目 1 に同じ

(4) 研究題目 3 : 「カイコの品種育成」

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

直接の技術移転先である NSRC のカイコ担当者がプロジェクト開始当初から所長以外に職員がおらず、頻繁に入れ替わる学部卒のテクニカルアシスタントが飼育を担当しているが、定着しないので、技術の継承が行われないことが一番の問題である。コロナ禍で専門家が渡航できない中で、2020、21 年度には交雑実験が計画されていた。時間が限られる中での計測は大変な作業量となるが、農研機構雇用のケニア人ポスドク (2021 年 4 月から 9 月は、JICA 現地コンサルタントとして雇用) がケニアに滞在していたので、所長とポスドクが主導して実験を終えることができた。また、日雇いとして飼育を担当していた 2 名が 2020 年度中に退職した。うち 1 名は新たに養蚕を始めた企業で、飼育経験者として働いているの

で、社会実装の実績となったが、肝心の NSRC で所長以外に最も長く働いていた飼育経験者がいなくなった。これらの克服のための工夫としては、農研機構雇用のケニア人ポストドクが、農研機構のコロナ対策でケニアに渡航できない状況となったため、JICA の現地コンサルタントへと雇用を変更することで、渡航できない日本人専門家に代わり、現地での実験を遂行したことである。しかし、2021 年 9 月末には JICA の契約も切れ、11 月には所長も交代して、完全に飼育の技術継承者がいなくなった。これに対しては、雇用の安定しない非常勤ではなく、プロジェクト開始に伴って、研究計画に従った KALRO での適切な人員配置が必須である。

・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

プロジェクト採択条件または開始にあたっての CRA か JRA など、カウンターパート側（今回の場合 KALRO）に、プロジェクトを遂行するための人員配置を適宜迅速に行うことを強く守らせる条項が必要。

(5) 研究題目 4：「野蚕遺伝資源の特性解明」

・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

当初、本プロジェクトは、ケニア政府の新たな農業輸出品としての養蚕事業に対する強い関心から始まった。我々日本人研究者は、そのケニア側の関心に応えるためにプロジェクトを開始し、ケニア側の研究者に接した。課題 4 では、シルク素材を開発できる研究者の育成が求められた。特殊な装置や技術が必要な研究であるため、すでに研究環境が整っている日本に留学して経験を蓄積する方が効率的だと考え、日本の大学院に博士課程もしくは修士課程の学生として留学できる道を作った。研究の技術と論文を書く技術は十分に教育できた。しかし、日本で得た経験を母国ケニアに戻ってから活かすということが十分にできていない。その原因には幾つかある。最も大きいのは新型コロナウイルスの影響である。渡航規制によって日本人研究者がケニアに渡航できなくなり、また、入国規制がかかる前に帰国できるように配慮した JICA による安全措置で緊急帰国したケニア人学生に対して、ケニアに帰国してからの研究活動へのアドバイスができずに終わってしまったことが原因の一つ。また、ケニア NSRC の研究室整備が遅れたことも原因の一つ。シルク素材研究に必要な機器類を日本から輸送する計画がコロナの影響でかなり遅れてしまった。これらの問題解決には時間がかかるが、修士号を日本で取得した 2 名の学生が常勤職員またはインターンとしての採用に向けて、所長が KALRO に申請中であり望みは捨てていない。今後も共同研究が続けられる体制を作らなければ SATREPS 終了とともにケニアでのシルク素材研究も止まってしまうことが懸念される。日本人研究者のケニアへの渡航規制は今後もしばらく続くだろう。そこで今後は JICA の留学生支援事業を積極的に活用する。NSRC でシルク素材開発に携わる若手研究者が日本に留学する機会を作ることで、両国間の研究者同士の交流を SATREPS 以後も維持することを目指している。留学生が鎧（かすがい）になってケニアの研究者とつながり、NSRC での研究活動も一緒に取り組めるようにする。

・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

課題 4 はケニア在来野蚕昆虫というケニアの遺伝資源を扱うことになるので、生物多様性条約に対する慎重さが求められた。本プロジェクトでは共同研究開始後に遺伝資源の持ち出しに関する手続きを開始したが、関係者との調整に想定以上の時間がかかり、結果的に締結には至らなかった。今後、遺伝資源を扱う類似プロジェクトにおいては、SATREPS 開始前に締結の見通しを立てておく、見通しが立ってからプロジェクトを開始するなどの対策があってもいいのかもしれない。生物多様性条約は今も刻々と変わっている。変化に対応できるプロジェクト運営が求められる。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

- プロジェクトで育成をしたクワとカイコを 6 か所の農村に配布することで、農家による養蚕が始まり、2021 年 2 月までには合計 120 kg の生繭が農家で生産された。
- ケニアのアパレルメーカーである Tosheka Textiles に対してエリ蚕飼育とエリシルク加工の技術支援を実施し、同社はエリシルクを原料とした製品を実用化している。
- 生糸メーカーを目指して設立されたケニア企業 Silk Origin に対してクワ苗木の提供、蚕種の提供、技術支援などを行い、同企業は 2021 年 6 月には 20 万頭のカイコを飼育し、生繭 316kg が生産できるようになった。
- 中国企業の出資で設立された China-Africa Modern Silk Industrial Park に対してプロジェクトで育成したクワ苗木を供給した。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- 2019 年度 SDGs 事業案件化調査として興和株式会社による「養蚕農家の管理体制確立及び養蚕業の再興に関する案件化調査」が採択され、プロジェクトの成果が高品質ケニアシルクの量産につながるように同調査の準備を進めている。
- 現在、ケニア農業畜産漁業省で策定を進めている政策書「National Policy for Development of Sericulture」に対して提言を行った。
- 上記政策書に含まれる National Sericulture Research Centre (NSRC) の Institute への組織的な格上げに向けて、NSRC と Apiculture Research Institute との統合が検討されている。
- 日本の企業がケニアのアパレルメーカーである Tosheka Textiles と協力し、日本向けエリシルク製品の共同開発に向けて準備を進めており、プロジェクトとしても側面支援を行っている。

Ⅳ. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 新菱冷熱工業株式会社が、本 SATREPS に合わせて、ケニア向け仕様として開発した養蚕機械「自動毛羽取り収繭装置 MayuClear®」が研究拠点の NSRC で使用された。その成果が 2019 年 9 月 4 日にプレスリリースされた。日刊工業新聞や建設工業新聞に掲載された。
- 2019 年 8 月 28 日に横浜で開催された TICAD7 での「STI for SDGs についての日本アフリカ大臣対話」（文科省主催）において、本 SATREPS 課題が、日アフリカの共同研究事例として紹介された。
- 本プロジェクトで行った野蚕研究の一部が Nature Communications 誌に掲載され（2019 年 4 月）、公開日に合わせて記者発表し、化学工業新聞など数社の新聞に掲載された。また、それに端を発して、複数の雑誌社からの寄稿依頼や、子供新聞などからの依頼がその後も続いた。
- JST フェア 2018（東京ビックサイト 2018 年 8 月 30、31 日）にて本プロジェクトに関する成果展示を行った。
- 日本からケニアに製糸機械を輸送することに関する内容が新聞報道された（信濃毎日新

聞（2017年6月3日 朝刊 27面）「岡谷から線系機、ケニアへ」

●短期研修の様子が新聞で報道された（信濃毎日新聞（2017年9月22日 朝刊 39面）ケニア人短期研修員の視察に関する記事）

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2019	Linah Muhonja, Hiroaki Yamanouchi, Ching-chia Yang, Seigo Kuwazaki, Kakeru Yokoi, Tsunenori Kameda, Hideki Sezutsua, Akiya Jourakuc*, Genome-wide SNP marker discovery and phylogenetic analysis of mulberry varieties using double-digest restriction site-associated DNA sequencing, Gene, 2019, 726, 144162	https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.144162	国際誌	発表済	
2019	Kelvin O. Moseti, Taiyo Yoshioka, Tsunenori Kameda*, and Yasumoto Nakazawa* Aggregation State of Residual α -Helices and Their Influence on Physical Properties of S. c. ricini Native Fiber, Molecules, 2019, 24, 3741	doi:10.3390/molecules24203741	国際誌	発表済	
2019	Kelvin O. Moseti, Taiyo Yoshioka, Tsunenori Kameda,* and Yasumoto Nakazawa*, Structure Water-Solubility Relationship in α -Helix-Rich Films Cast From Aqueous and 1,1,1,3,3,3-Hexafluoro-2-Propanol Solutions of S. c. ricini Silk Fibroin, Molecules, 2019, 24, 3945	doi:10.3390/molecules24213945	国際誌	発表済	

論文数 3件
 うち国内誌 0件
 うち国際誌 3件
 公開すべきでない論文 0件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2017	Taiyo Yoshioka, Tsunenori Kameda, Kohji Tashiro, Noboru Ohta, Andreas K. Schaper, Transformation of Coiled α -Helices into Cross- β -Sheets, Biomacromolecules, 2017, 18, 3892-3903	10.1021/acs.biomac.7b00920	国際誌	発表済	分野トップレベルの雑誌に掲載
2018	Taiyo Yoshioka, Tsunenori Kameda, X-ray Scattering Analyses Quantitatively Revealed Periodic Hierarchical Structure of Polyalanine β -sheet and Non-polyalanine Amorphous Domains in <i>Antheraea assamensis</i> (Muga) Silk, J. Silk Sci. Tech. Jpn., 2019, 27, 95-101	https://doi.org/10.11417/silk.27.95	国内誌	発表済	
2018	Yoshioka, T., Tsubota, T., Tashiro, K., Jouraku, A., Kameda, T., A study of the extraordinarily strong and tough silk produced by bagworms, Nature Communications, 2019, 10, 1469	https://doi.org/10.1038/s41467-019-09350-3	国際誌	発表済	分野トップレベルの雑誌への掲載(プレスリリース)
2019	Taiyo YOSHIOKA, Tsunenori KAMEDA, Hexagonal Packing of Nanofibrils in <i>Bombyx mori</i> Silk Revealed by Small-angle X-ray Scattering Analysis, J. Silk Sci. Tech. Jpn., 2020, 28, 127-133	https://doi.org/10.11417/silk.28.127	国内誌	発表済	
2020	Takuya Tsubota, Taiyo Yoshioka, Akiya Jouraku, Takao K Suzuki, Naoyuki Yonemura, Kenji Yukuhiro, Tsunenori Kameda, Hideki Sezutsu, Transcriptomic analysis of the bagworm moth silk gland reveals a number of silk genes conserved within Lepidoptera. <i>Insect science</i> , 2020, 0, 1-16	DOI: 10.1111/1744-7917.12846	国際誌	発表済	
2020	Taiyo Yoshioka, Tsunenori Kameda, Hexagonal Packing of Nanofibrils in <i>Bombyx mori</i> Silk Revealed by Small-angle X-ray Scattering Analysis, J. Silk Sci. Tech. Jpn., 2020, 28, 127-133	https://doi.org/10.11417/silk.28.127	国内誌	発表済	
2020	Ching-chia Yang, Kakeru Yokoi, Kimiko Yamamoto, Akiya Jouraku, An update of KAIKObase, the silkworm genome database, Database, 2021, baaa099	10.1093/database/baaa099	国際誌	発表済	
2021	Taiyo Yoshioka, Fumiko Yukuhiro & Tsunenori Kameda, A study of ladder-like silk foothold for the locomotion of bagworms Scientific Reports, Vol.11, , Article number: 16657 (2021)	https://doi.org/10.1038/s41598-021-95809-7	国際誌	発表済	
2021	亀田恒徳, NGUKU Evelyn Kamene, ゴノメタ吐糸口から強制的に巻き取ったシルクの構造と物性、「野蚕-新素材シルクの研究開発」2021年12月, 87号, pp.5-6		国内誌	発表済	

論文数 9件
 うち国内誌 4件
 うち国際誌 5件
 公開すべきでない論文 0件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
著作物数				0件	
公開すべきでない著作物				0件	

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2016	Kenji Yukuhiro,Hideki Sezutsu,Takuya Tsubota,YokoTtakasu, Tsunenori Kamda and Naoyuki Yonemura, Insect Silks and Cocoons: Structural and Molecular Aspects. in "Extracellular Composite Matrices in Arthropods", Springer pp515-555		書籍	発表済	昆虫の絹タンパク質研究の最前線に関する総説
2016	行弘研司, SATREPSによるケニアの在来野蚕の調査, 昆虫DNA研究会ニューズレター, 2016, 26号, p27-28		会報	発表済	ケニア在来野蚕の紹介
2017	Tsunenori Kameda, Silk from new sources - Food for thought (Interview), Indian Silk, February-April 2018, Vol.8 (56 old), No.10-12, p.20-21		雑誌	発表済	
2018	木内信, カイコ育種と遺伝資源利用の海外展開, 蚕糸・昆虫バイオテック, 2018, 87(2), p89-90		雑誌	発表済	
2019	亀田恒徳, 行弘研司, 木内信, SATREPS ケニア養蚕プロジェクトとケニアにおける野蚕利用の現状, 日本野蚕学会報「野蚕」, 2020, No84, p6-7		会報	発表済	
2021	門野敬子, ケニアでカイコを飼う, 蚕糸・昆虫バイオテック, 2021, 90(3), p127-128		雑誌	発表済	
著作物数				6件	
公開すべきでない著作物				0件	

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国内学会	横井 翔(農研機構・生物機能利用研究部門)、次世代シーケンサーやゲノム情報を利用した利用した昆虫研究、2017年度生命科学系学会合同年次大会、2017年12月6日	招待講演
2017	国内学会	横井 翔・上樂 明也・桑崎 誠剛・岡田 英二・飯塚 哲也・亀田恒徳・山本 公子(農研機構・生物機能利用研究部門、JST/JICA-SATREPS)、ddRAD-seq/QTL解析による、繭多収量性に関与するゲノム領域の探索、蚕糸・昆虫機能利用学術講演会、名古屋大学、2018年3月20日	口頭発表
2017	国際学会	Muo Kasina (NSRC, Kenya), Makoto Kiuchi (NARO, Japan), Mary Musyoki (NSRC, Kenya), Joseph Mulwa (NSRC, Kenya). Yearlong performance of Eri (Samia ricini) silkworms in Kenya. 8th International Conference on Wild Silk Moths, Guwahati, India, Jan. 22-24, 2018	口頭発表
2017	国内学会	Kelvin O. Moseti (KALRO, 東京農工大)、吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、中澤靖元(東京農工大)、Water-stable Samia cynthia ricini Silk Gland Fibroin Films for Biomedical Applications、つくば医工連携フォーラム2018、茨城県つくば市、2018年1月26日	ポスター発表
2018	国際学会	Kelvin O. Moseti (KALRO, 東京農工大)、吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、中澤靖元(東京農工大)、Fabrication and Characterization of Transparent, Flexible and Water-insoluble, Non-mulberry Silk Fibroin Films、The Fiber Society's Spring 2018 Conference、タワーホール船堀(東京)、2018年6月12日	口頭発表
2018	国内学会	Kelvin O. Moseti (KALRO, 東京農工大)、吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、中澤靖元(東京農工大)、Fabrication of Transparent, Flexible and Water-insoluble, Non-mulberry Silk Fibroin Films、平成30年度繊維学会年次大会、タワーホール船堀(東京)、2018年6月13日	口頭発表
2018	国内学会	Kelvin O. Moseti (KALRO, 東京農工大)、吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、中澤靖元(東京農工大)、Solvent- and drawing-dependent transitions in silk gland fibroin materials、つくば医工連携フォーラム2019、つくば市(茨城県)、2019年1月17日	ポスター発表
2018	国内学会	勾坂 晶・奥野正樹・宮本和久・村上理都子・田中博光・渡部賢司(農研機構)・Mary Mwari(ケニア国立蚕糸研究セ)・Everlyn Nguku (ICIPE)・Muo Kasina(ケニア国立蚕糸研究セ)・亀田恒徳(農研機構)、カイコ核多角体病ウイルス(BmNPV)のケニア産カイコ品種ICIPE I, IIの体内における増殖特性、平成31年度蚕糸・昆虫機能学術講演会、東京農工大学(東京)、2019年3月23日	口頭発表
2018	国内学会	奥野正樹・勾坂 晶・宮本和久・村上理都子・渡部賢司(農研機構)・Mary Mwari(ケニア国立蚕糸研究セ)・Everlyn Nguku (ICIPE)・Muo Kasina(ケニア国立蚕糸研究セ)・亀田恒徳(農研機構)、ケニア産カイコ品種ICIPE IIのカイコ核多角体病ウイルス抵抗性に関する遺伝特性調査、平成31年度蚕糸・昆虫機能学術講演会、東京農工大学(東京)、2019年3月23日	口頭発表
2018	国内学会	奥野正樹・勾坂 晶・宮本和久・村上理都子・渡部賢司(農研機構)・Mary Mwari(ケニア国立蚕糸研究セ)・Everlyn Nguku (ICIPE)・Muo Kasina(ケニア国立蚕糸研究セ)・亀田恒徳(農研機構)、Bombyx mori nucleopolyhedrovirus経口接種に対するケニア産カイコ品種ICIPE 特性、第63回日本応用動物昆虫学会大会、筑波大学(つくば)3月26日	口頭発表
2019	国内学会	亀田恒徳、吉岡太陽、K.O.Moseti、素材化に適した未知未利用シルクの探索、日本繊維学会、6月6日	口頭発表
2019	国内学会	Kelvin O. Moseti, Taiyo YOSHIOKA, Tsunenori KAMEDA, Yasumoto NAKAZAWA (2019) A mild dissolution strategy for cocoon silk from the non-mulberry silkworm, Samia cynthia ricini. 令和元年度繊維学会年次大会 (タワーホール船堀、東京)(2019/06/05-07)	口頭発表
2019	国内学会	小山 朗夫、山ノ内 宏昭、奥野 正樹、亀田 恒徳、Eluid Gatambia, Muo Kasina ケニア共和国におけるクワ栽培の現状と今後の発展方向 第66回日本シルク学会研究発表会 p19 2019. 11	口頭発表
2019	国際学会	Ritsuko Murakami (National Agriculture and Food Research Organization), Masaki Okuno (National Agriculture and Food Research Organization), Aki Sagisaka (National Agriculture and Food Research Organization), Kenji Watanabe (National Agriculture and Food Research Organization), Kazuhisa Miyamoto (National Agriculture and Food Research Organization), Muo Kasina (National Sericulture Research Centre), Tsunenori Kameda (National Agriculture and Food Research Organization)、Responses of susceptible silkworm strain to Bombyx mori nuclear polyhedrosis virus by inoculation with Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae and Nosema bombycis. The 25th International Congress on Sericulture and Silk Industry, Tsukuba Japan, 19th-22nd November 2019	口頭発表

2019	国際学会	Aki Sagisaka (National Agriculture and Food Research Organization), Masaki Okuno (National Agriculture and Food Research Organization), Kazuhisa Miyamoto (National Agriculture and Food Research Organization), Ritsuko Murakami (National Agriculture and Food Research Organization), Hiromitsu Tanaka (National Agriculture and Food Research Organization), Kenji Watanebe (National Agriculture and Food Research Organization), Hideki Sezutsu (National Agriculture and Food Research Organization), Muo Kasina (National Sericulture Research Centre), Tsunenori Kameda (National Agriculture and Food Research Organization), Functional analysis of a BmTetraspanin, which is increased in the gene expression in response to Bombyx mori nucleopolyhedrovirus (BmNPV) infection, The 25th International Congress on Sericulture and Silk Industry, Tsukuba Japan, 19th-22nd November 2019	口頭発表
2019	国際学会	Muhonja L, Yamanouchi H, Yang CC, Kuwazaki S, Yokoi K, Kameda T, Sezutsu H, Jouraku A, Phylogenetic analysis of mulberry varieties based on genome-wide SNP data using double-digest restriction site-associated DNA sequencing, The 25th International Congress on Sericulture and Silk Industry, Tsukuba Japan, 19th-22nd November 2019	口頭発表
2019	国際学会	Peter M. Munguti, Derya Aytemiz Gultekin, Hidetoshi Teramoto, Sokaku Ichikawa, Tsunerori Kameda, Development of Silk Nanoparticles from Sericin Silk Protein, Aiming at Novel Drug Delivery System by Nanotechnology, The 25th International Congress on Sericulture and Silk Industry, Tsukuba Japan, 19th-22nd November 2019	ポスター発表
2019	国際学会	Yamanouchi H. Variation of mulberries (<i>Morus</i> spp.), The 25th International Congress on Sericulture and Silk Industry, Tsukuba Japan, 19th-22nd November 2019	口頭発表
2021	国内学会	小山 朗夫、山ノ内宏昭、亀田恒徳、Eliud Gatambia、Linah Muhonja、Muo Kasina ケニア共和国における保存クワ品種の栽培特性 第68回日本シルク学会研究発表会（長野県岡谷市） 2021. 11. 19	口頭発表
2021	国内学会	Everlyn NGUKU、亀田恒徳 High-speed reeling of silk thread directly from the spinneret of the African wild silkmoth <i>Gonometa postica</i> 第68回日本シルク学会研究発表会（長野県岡谷市） 2021. 11. 19	口頭発表
2021	国際学会	MOSETI, K., MUGENDA, J., KASINA, M., KARIUKI, D., KAMEDA, T. AQUEOUS SILK FIBROIN PROCESSED FROM THE AFRICAN WILD SILKMOTH, <i>Gonometa postica</i> , SILK FOR POTENTIAL USE AS A BIOMATERIAL 24th African Association of Insect Society (AAIS) (アディスアベバ大学 エチオピア) 2022.3.21-25	口頭発表
2021	国際学会	EVERLYN KAMENE NGUKU and TSUNERORI KAMEDA ARTIFICIAL REELING OF GONOMETA SILK FIBERS 24th African Association of Insect Society (AAIS) (アディスアベバ大学 エチオピア) 2022.3.21-25	口頭発表
2021	国際学会	MUNGUTI PETER MUINDI, TSUNERORI KAMEDA, HIDETOSHI TERAMOTO, SOSAKU ICHIKAWA, MUO KASINA PREPARATION OF NANOPARTICLES FROM SILK SERICIN 24th African Association of Insect Society (AAIS) (アディスアベバ大学 エチオピア) 2022.3.21-25	口頭発表
2021	国内学会	亀田 恒徳・Everlyn NGUKU ゴノメタ吐糸口から強制的に巻き取ったシルクの構造と物性 日本野蚕学会第26回大会(オンライン) 2021. 11. 27	口頭発表

招待講演 1 件
口頭発表 20 件
ポスター発表 3 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2015	国内学会	吉岡太陽(農研機構), 田代孝二(豊田工大), 亀田恒徳(農研機構), 高速時分割放射光X線回折測定より明らかにした家蚕とタサール蚕破断挙動の決定的な相違点より考察するシルクの構造と伸縮特性の関係性, 日本野蚕学会第21回大会, 東京農業大学グリーンアカデミー(東京), 2015/11/28.	口頭発表
2015	国内学会	山本公子(農研機構), 飯塚哲也(農研機構), 中島健一(農研機構), 上樂明也(農研機構), 宮本和久(農研機構), 行弘研司(農研機構), 山ノ内宏昭(農研機構), 吉岡太陽(農研機構), 木内信(農研機構), 亀田恒徳(農研機構), ゲノム情報を利用したカイコ育種の試み, 第38回日本生化学会大会合同大会, 神戸ポートアイランド(兵庫), 2015/12/01.	ポスター発表

2016	国内学会	吉岡太陽(農研機構), 亀田恒徳(農研機構), 田代孝二(豊田工大), シルク繊維の引張り過程における構造変化と力挙動の関係, 第65回高分子年次大会, 神戸国際会議場(兵庫), 2016/05/25.	ポスター発表
2016	国内学会	吉岡太陽(農研機構), 亀田恒徳(農研機構), 田代孝二(豊田工大), 応力ひずみ曲線の異なる二種類のシルクの延伸時構造変化の比較から考えるシルクの構造と物性の関係性, 平成28年度繊維学会年次大会, タワーホール舟堀(東京), 2016/06/08.	口頭発表
2016	国内学会	行弘研司・瀬筒秀樹・鮫島真一・横山 岳・三田村敏正 日本列島に生息するテンサンの系統関係—ミトコンドリアCOI遺伝子上の塩基多型にもとづく解析結果— 日本野蚕学会第22回大会 岩手県盛岡市 2016年10月28日	口頭発表
2016	国内学会	行弘研司・瀬筒秀樹 ヤマムガ科絹糸虫フィブロインのC末側における保存性について 日本野蚕学会第22回大会 岩手県盛岡市 2016年10月28日	口頭発表
2016	国内学会	行弘研司・瀬筒秀樹・鮫島真一・横山 岳・三田村敏正 日本列島に生息するヤマムコの系統関係—ミトコンドリア COI 遺伝子上の塩基多型にもとづく解析結果— 日本蚕糸学会第87回大会学術講演会 茨城県つくば市 2017年3月22日	口頭発表
2017	国内学会	行弘研司・瀬筒秀樹・鮫島真一・横山岳・三田村敏正 日本列島に生息するヤマムコの地理的分化 第14回昆虫DNA研究会研究集会 千葉県千葉市千葉県立中央博物館 2017年5月13日	口頭発表
2017	国内学会	亀田恒徳(農研機構), 吉岡太陽(農研機構), 田代孝二(豊田工大), Andreas K. Schaper(ドイツ Marburg大学), クロスβシート構造を持つ素材をシルクで作ります, 第64回日本シルク学会, 茨城県つくば市, 2017年5月18日	口頭発表
2017	国内学会	吉岡太陽(農研機構), 亀田恒徳(農研機構), 田代孝二(豊田工大), Andreas K. Schaper(ドイツ Marburg大学), ホーネットシルクの素材化における特異な構造形成, 平成29年度繊維学会年次大会, 東京, 2017年6月7日	口頭発表
2017	国内学会	亀田恒徳(農研機構), 吉岡太陽(農研機構), ホーネットシルクの素材化と利用, 平成29年度繊維学会年次大会, 東京, 2017年6月7日	口頭発表
2017	国内学会	青木敬生(東京農工大), 亀田恒徳(農研機構), 吉岡太陽(農研機構), 中澤靖元(東京農工大), 組織工学材料への応用を目指した野蚕シルクフィブロインフィルムの構造-物性解析, 平成29年度繊維学会年次大会, 東京, 2017年6月8日	ポスター発表
2017	国際学会	亀田恒徳(農研機構), 吉岡太陽(農研機構), Fibrous Silk with Coiled Coil Superstructure Produced by the Larvae of Hornets and Its Application to Useful Materials, The 7th Alpbach Workshop on: Coiled-Coil, Fibrous and Repeat Proteins, アルプバッハ(オーストリア), 2017年9月6日	口頭発表
2017	国内学会	行弘 研司, 梶浦 善太, 瀬筒 秀樹, 鮫島 真一, 三田村 敏正, 横山 岳 日本列島に分布するヤマムコ 日本列島に分布するヤマムコ (Antheraea yamamai) 2亜種の遺伝的変異 日本遺伝学会第89回大会 岡山県岡山市北区津島中111岡山大学津島キャンパス 2017年9月13日	口頭発表
2017	国内学会	行弘研司, 梶浦善太, 瀬筒秀樹, 鮫島真一, 三田村敏正, 横山岳 ヤマムコ (Antheraea yamamai) 亜種間の遺伝的多様性 日本野蚕学会第23回大会 東京都世田谷区桜丘1-1-1 東京農業大学 2017年10月7日	口頭発表
2017	国内学会	横井翔(農研機構・生物機能利用研究部門), 次世代シーケンサーやゲノム情報を利用した利用した昆虫研究, 2017年度生命科学系学会合同年次大会, 2017年12月6日	招待講演
2017	国際学会	Tsunenori Kameda and Taiyo Yoshioka (NARO, Japan). Fibrous silk with coiled coil superstructure produced by the larvae of hornets and its application to useful materials. 8th International Conference on Wild Silk Moths, Guwahati, India, Jan. 22-24, 2018	口頭発表
2017	国際学会	Taiyo Yoshioka and Tsunenori Kameda (NARO, Japan). Synchrotron X-ray analysis revealed a decisive structural difference between Bombyx mori and Muga silks resulting in the different mechanical property. 8th International Conference on Wild Silk Moths, Guwahati, India, Jan. 22-24, 2018	口頭発表
2017	国内学会	吉岡太陽(農研機構), 亀田恒徳(農研機構), アミロイド線維様・コイルドクロスβ-シートから成る新しいシルク素材, つくば医工連携フォーラム2018, 茨城県つくば市, 2018年1月26日	ポスター発表
2017	国内学会	横井翔・上樂明也・桑崎誠剛・岡田英二・飯塚哲也・亀田恒徳・山本公子(農研機構・生物機能利用研究部門, JST/JICA-SATREPS), ddRAD-seq/RTL解析による, 繭多収量性に関与するゲノム領域の探索, 蚕糸・昆虫機能利用学術講演会, 名古屋大学, 2018年3月20日	口頭発表

2017	国内学会	奥野正樹(農研機構・SATREPS)、宮本和久(農研機構)、勾坂晶(農研機構)、村上理都子、渡部賢司(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、ケニア産カイコ2品種におけるBombyx mori nucleopolyhedrovirusの経口接種に対する感受性特性調査、平成30年度 蚕糸・昆虫機能利用学術講演会—日本蚕糸学会第88回大会— 名古屋大学大学院生命農学研究科 2018/3/20	口頭発表
2017	国内学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、放射光X線を用いた力学挙動と構造変化の同時測定により分かってきたシルクラシさのポイント、平成30年度蚕糸・昆虫機能利用学術講演、名古屋大学(愛知)、2018年3月20日	口頭発表
2018	国内学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、シルクはなぜ強くて伸びるのか?放射光X線解析で分かってきたシルクラシさ、第65回日本シルク学会研究会、群馬大学(群馬)、2018年4月27日	口頭発表
2018	国際学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、田代孝二(豊田工大)、Structural change and its effect on the mechanical property of silk induced by tensile deformation、The Fiber Society's Spring 2018 Conference、タワーホール船堀(東京)、2018年6月12日	口頭発表
2018	国内学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、シルクの力学特性における階層構造の役割、平成30年度繊維学会年次大会、タワーホール船堀(東京)、2018年6月13日	口頭発表
2018	国際学会	山ノ内宏昭(農研機構)、Chimerism in mutant woody crops、FAO/IAEA International Symposium on Plant Mutation Breeding and Biotechnology、オーストリア(ウィーン)、2018年8月30-31日	ポスター発表
2018	国内学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、田代孝二(豊田工大)、放射光X線解析から分かってきたシルクの高タフネス性発現における階層構造の役割、第67回高分子討論会、北海道大学(北海道)、2018年9月13日	招待講演
2018	国際学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)、Relationships between protein amino acid sequence, hierarchical structure and mechanical deformation behaviour of Antheraea assamensis (Muga) silk、The 6th Asia-Pacific Congress of Sericulture and Insect Biotechnology (APSERI-2019)、マイソール(インド)、2019年3月3日	口頭発表
2018	国内学会	奥野正樹、勾坂晶、宮本和久、村上理都子、Mary Mwari(NSRC)、Everlyn Nguku(Icipe)、Muo Kasina(KALRO)、亀田恒徳、ケニア産カイコ品種 ICIPE IIのカイコ核多核体病ウイルス抵抗性に関する遺伝特性調査、日本蚕糸学会第89回大会、東京農工大小金井キャンパス、H31年3月22日・23日	口頭発表
2018	国内学会	勾坂晶、奥野正樹、宮本和久、村上理都子、Mary Mwari(NSRC)、Everlyn Nguku(Icipe)、Muo Kasina(KALRO)、亀田恒徳、カイコ核多核体病ウイルス(BmNPV)のケニア産カイコ品種 ICIPE IIの体内における増殖特性、日本蚕糸学会第89回大会、東京農工大小金井キャンパス、H31年3月22日・23日	口頭発表
2018	国内学会	吉岡太陽(農研機構)、亀田恒徳(農研機構)ミノムシの糸の産業利用の可能性、日本蚕糸学会第89回大会、東京農工大小金井キャンパス、H31年3月22日・23日	口頭発表
2018	国内学会	亀田恒徳、いろいろな昆虫が作るシルクから新素材—ミノムシやスズメバチのすごいシルク—、スーパーコンポジット研究会、第10回討論会、3月14日	招待講演
2019	国際学会	亀田恒徳、ケニア養蚕普及支援によるSDGsへの貢献、筑波会議、10月	口頭発表
2019	国際学会	Tsunenori KAMEDA and Taiyo YOSHIOK, Silk Materials from Various Insects, INTERNATIONAL SILK CONFERENCE2019, トレント、イタリア、7月14日	口頭発表
2019	国内学会	坪田拓也、吉岡太陽、上樂明也、鈴木菅保、米村真之、行弘研司、亀田恒徳、瀬筒秀樹、オオミノガ絹糸腺におけるトランスクリプトーム解析、令和2年度蚕糸・昆虫機能利用学術講演会、信州大学、長野県(2020/03/06-07)	口頭発表
2019	国内学会	吉岡太陽、亀田恒徳、坪田拓也、上樂明也、田代孝二、ミノムシの糸の強さの解明、令和元年度繊維学会年次大会(タワーホール船堀、東京)(2019/06/05-07)	口頭発表
2019	国際学会	Taiyo YOSHIOKA, Tsunenori KAMEDA (2019) Why is bagworm silk so strong and tough? Frontiers in Silk Science and Technologies -Toronto Innovation Conference on Materials Engineering 2019 (3rd TICME Conference 2019) (2019/6/12-15) (Univ. of Trento, Italy)	口頭発表
2019	国際学会	Taiyo YOSHIOKA, Tsunenori KAMEDA (2019) Relationship between hierarchical structure and mechanical property of bagworm silks. Mini-International Symposium on Fibrous and Bio-based Materials in Tokyo 2019 (2019/4/25) (Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, Tokyo)	口頭発表

2019	国際学会	Taiyo YOSHIOKA, Tsunenori KAMEDA (2019) Relationships between protein amino acid sequence, hierarchical structure and mechanical deformation behavior of <i>Antheraea assamensis</i> (Muga) silk. The 6th Asia-Pacific Congress of Sericulture and Insect Biotechnology (APSERI-2019) (2019/4/2-4) (Mysore, India)	ポスター発表
2019	国際学会	Tsunenori KAMEDA, Taiyo YOSHIOKA, Norihiko FUKUOKA, Akimune ASANUMA (2019) Development of cutting-edge technologies for using bagworm silk in industrial applications. The 6th Asia-Pacific Congress of Sericulture and Insect Biotechnology (APSERI-2019) (2019/4/2-4) (Mysore, India)	口頭発表
2019	国際学会	Taiyo YOSHIOKA, Tsunenori KAMEDA (2019) Strongest and toughest new silk: Bagworm silk! The 6th Asia-Pacific Congress of Sericulture and Insect Biotechnology (APSERI-2019) (2019/4/2-4) (Mysore, India)	口頭発表
2019	国内学会	吉岡太陽, 亀田恒徳 (2019) 強くタフなシルクを与えるアミノ酸配列の条件. 第68回高分子討論会 特定テーマ 生体機能”超越”のためのポリマーサイエンス 依頼講演 (福井大学, 福井)(2019/09/25-27)	招待講演
2019	国内学会	吉岡太陽, 亀田恒徳 (2019) ミノムシシルク. 第68回高分子学会年次大会(大阪府立国際会議場, 大阪) (2019/5/29-31) (パブリシティ賞受賞)	口頭発表
2019	国内学会	吉岡太陽, 亀田恒徳 (2019) ミノムシの糸の産業利用の可能性. 平成30年度蚕糸・昆虫機能利用学術講 (名古屋大学, 愛知) (2019/03/22-23)	招待講演
2020	国内学会	産業に有用な機能性タンパク質をシルクで作る(2020) 化学工学会, オンライン (11/20)	招待講演
2020	国内学会	上樂明也, 桑崎誠剛, 楊静佳, 山本公子, 飯塚哲也, 岡田英二, 宮本和久, 木内信, ddRAD-seq によるカイコの系統解析, 令和3年度蚕糸・昆虫機能利用学術講演会, オンライン) (2021/03/19)	口頭発表

招待講演	6	件
口頭発表	34	件
ポスター発表	6	件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1	P2018-546315	2017/10/16	遺伝子組換えミノムシ絹糸	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構	中国、香港、欧州、日本、韓国、米国	なし	特許第6990413号				米村真之・飯塚哲也・中島健一・坪田拓也・鈴木誉保・瀬筒秀樹・亀田恒徳・吉岡太陽	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門	PCT/JP2017/037327
No.2													
No.3													

国内特許出願数 1 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1	PCT/JP2017/037327	2019/4/17	Recombinant Bagworm Silk	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構	米国	なし	US 11,220,529 B2	2022/1/11	登録		米村真之・飯塚哲也・中島健一・坪田拓也・鈴木誉保・瀬筒秀樹・亀田恒徳・吉岡太陽	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門	P2018-546315
No.2													
No.3													

外国特許出願数 1 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2017	2018/1/26	研究奨励賞	Water-stable Samia cynthia ricini silk gland fibroin films for biomedical applications	Kelvin O. Moseti	つくば医工連携フォーラム2018	1.当課題研究の成果である	相手国側からの留学生が当課題研究内容にて受賞
2019	2019/11/19	Lois Pasteur Award	An outstanding sericobiotechnologist with more than 30 years of experience in silkworm research.	Keiko Kadono-Okuda	International Sericultural Commission	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2020	2021/3/25	Outstanding Presentation Award of Student Workshop in University of Tsukuba	Development of Silk Nanoparticles for a Potential Delivery System by Using Intact Sericin	MUNGUTI PETER Muindi	筑波大学	3.一部当課題研究の成果が含まれる	相手国側からの留学生が当課題研究内容にて受賞

3 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2017	2017/6/3	信濃毎日新聞	岡谷から繰糸機、ケニアへ	27面(地域)		
2017	2017/9/22	信濃毎日新聞	高原調(コラム欄名)	39面(第一社会面)		

2 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2016	2017/3/22	「ケニアで野蚕 来た！見た！触れた？」	筑波産学連携支援センター 本館3階 B会場(日本)	50人	公開	2016年12月の現地調査で観察することができた2種の非ヤマムギ科野蚕の紹介
2016	2017/3/22	なぜ、今、ケニアで養蚕？	筑波産学連携支援センター 本館3階 B会場(日本)	50人	公開	ケニアの経済事情、気候風土と、養蚕に期待する理由、適合性等について
2016	2017/3/22	ケニア養蚕プロジェクトについて	筑波産学連携支援センター 本館3階 B会場(日本)	50人	公開	SATREPSについてと、本研究プロジェクトの中身、状況、計画について
2016	2017/3/22	ケニアのクワと改良への試み	筑波産学連携支援センター 本館3階 B会場(日本)	50人	公開	SATREPSプロジェクトでのクワジーシバンク構築、クワ選抜・育種についての現状と計画について
2016	2017/3/22	ケニアでの進行状況	筑波産学連携支援センター 本館3階 B会場(日本)	50人	公開	土壌調査について
2016	2017/3/22	製糸の現状と今後 in ケニア	筑波産学連携支援センター 本館3階 B会場(日本)	50人	公開	NSRCおよびICIPEの製糸体制の今と今後について
2018	2018/8/30	養蚕革命！東アフリカで高品質シルクを開発	東京ビッグサイト西3ホール(日本)	50人	公開	JSTフェアにて本プロジェクトの概要および得られたデータなどについて紹介
2020	2020/10/30	ケニアでカイコを飼う	一財大日本蚕糸会蚕業技術研究所会議室(日本)	25人	公開	ケニアおよびNSRCの紹介と、本プロジェクトの概要とそのうちのカイコ育種課題について
2020	2020/12/21	Flow Cytometry & Mulberry Breeding	Online	20人(8人)	非公開	ケニアと日本のプロジェクトメンバーに対して、倍数性と作物育種の概要を一般作物とクワで説明、核型分析の原理と概要を解説

9件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2016	2017/2/17	First Project Technical Committee (PTC) meeting for the 'project for development of sericulture research by applying biological resources and molecular genetics in the republic of Kenya	30人	主要メンバーの自己紹介、プロジェクトの背景、進捗状況、本年の計画
2018	2018/6/26	1ST Sericulture Project Steering Committee (PSC) Meeting	30人	・プロジェクトの進捗報告 ・カウンターパートファンドについて ・人材について
2018	2019/2/7	Second Project Technical Committee (PTC) meeting for the 'project for development of sericulture research by applying biological resources and molecular genetics in the republic of Kenya	30人	プロジェクトの進捗状況
2021	2021/10/29	Third Project Technical Committee (PTC) meeting for the 'project for development of sericulture research by applying biological resources and molecular genetics in the republic of Kenya	33人	プロジェクトの進捗状況と終了までに完了すべき項目の進め方について。
2021	2022/3/2	Second Project Technical Committee (PTC) meeting for the 'project for development of sericulture research by applying biological resources and molecular genetics in the republic of Kenya	20人	プロジェクトの総括

5件

JST成果目標シート

研究課題名	生物遺伝資源と分子遺伝学を利用した養蚕研究基盤構築
研究代表者名 (所属機関)	亀田 恒徳 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)
研究期間	H27採択(平成28年4月1日～令和4年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ケニア共和国／ケニア農業・畜産研究機構、ジョモ・ケニアツタ農工大学

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 海外からの養蚕技術協力要請などに応える人材の育成 日本企業へのクワや絹などの生産物の供給
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 分子遺伝学を利用した木本植物および昆虫の育種技術の開発・確立
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ケニアにおける野蚕等アフリカ在来の生物遺伝資源へのアクセス カイコ、野蚕等の新規有用遺伝子(群)の知財獲得
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ジーンバンクシステム構築や養蚕技術研究開発・指導に関わる研究者の人材育成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 国際交流を通じた国内の養蚕関連技術水準の維持・向上 東アフリカのリーダー格であるケニアとの交流強化
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> クワおよびカイコの育種マニュアル クワの遺伝的多型に関する論文 カイコのQTL解析に関する論文 アフリカ在来野蚕の探索と野蚕絹の分子遺伝学的評価に関する論文

上位目標

技術革新によりケニアにおける養蚕が振興し、海外輸出が可能な高品質シルクの生産が可能となって農家の所得が向上するとともに外貨獲得に貢献する。

ケニアの自然環境および栽培・飼育環境に適応したクワおよびカイコの新品種が育成され、繭の生産性と品質が大幅に向上する。

プロジェクト目標

クワジーンバンクの構築と地域に適合したクワおよびカイコの新品種素材を作出し、高品質シルク生産技術の研究基盤を確立する。

