

# 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

## 研究課題別中間評価報告書

### 1. 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 (2016年10月～2021年10月)

### 2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：亀田 恒徳 (農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門  
新産業開拓研究領域 新素材開発ユニット ユニット長)
2. 2. 相手側研究代表者：Muo Kasina (ケニア 農畜産業研究機構 (KALRO)  
国立蚕糸研究センター (NSRC) センター長)

### 3. 研究概要

ケニアにはクワ、カイコ、野蚕など繭生産に資する貴重な生物資源が存在するが、ケニアの気候風土に適したクワ及びカイコの品種選定が行われておらず、品種育成や養蚕・蚕糸に関する技術全般も不足していることから、繭の品質・生産量ともに低水準にとどまっている。また、ケニア在来の野蚕を利用した新素材シルクの開発もほとんど進められていない現状である。本プロジェクトでは、日本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て現地の自然・飼育環境に適応したクワ及びカイコの新品種を育成することにより、繭の生産性と品質を海外輸出が可能なレベルに向上させ、ケニアにおける養蚕振興に貢献することを目標とする。

具体的には、下記4つの研究題目に取り組み、(1) ケニアに存在するクワ遺伝資源の収集とジーンバンクシステムの確立、(2) ケニア国内数地域の栽培環境に適応したクワ品種の育種及び栽培管理技術の確立、(3) 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カイコ品種の作出並びに飼育技術及び製糸技術の確立等を行うことにより、養蚕研究基盤の構築と養蚕技術の飛躍的向上を図り、安定した繭生産と高品質生糸の生産を可能にすることを旨とする。さらに、(4) ケニア在来野蚕の探索、繭糸の特性解明、繭糸を構成する絹タンパク質遺伝子の単離・同定並びに野蚕繭糸を用いたフィルム・スポンジ・チューブ等の加工物の試作及び物性評価を行うことにより、野蚕繭を利用した新素材開発を目指す。

研究題目1 クワのジーンバンク構築

研究題目2 クワの品種育成

研究題目3 カイコの品種育成

研究題目4 野蚕遺伝資源の特性解明

## 4. 評価結果

### 総合評価：A（所期の計画と同等の取組みが行われている。）

クワのジーンバンク構築においては、ケニア在来のクワ遺伝資源の収集及び評価がやや遅れているが、これまでにケニア各地で収集したクワから、少なくとも10系統が新規遺伝資源として同定された。

クワの品種育成においては、ケニア国内の異なる栽培環境に適したクワの地域適応性品種の選定に向けて、国内3カ所（中央部地域：ティカ、西部地域：カカメガ、キボス（キスム））で圃場整備を行い栽培試験が開始されたことから、特性調査や収量試験を実施できる態勢が整った。

カイコの品種育成においては、ケニア由来の品種（ICIPE I 及び ICIPE II）が耐病性に優れることを実証するとともに、日本の実用交雑品種を用いた高生産性の品種選抜も進められており、今後、強健性と高生産性を具備するカイコの交配育種が順調に進捗することが期待される。

野蚕遺伝資源の特性解明においては、ケニア在来野蚕品種の遺伝的多様性の評価に利用することを目指し、当面、日本国内で使用可能な品種を用いてDNAバーコーディングを実施している段階である。

ケニアの遺伝資源を利用した研究では、生物多様性条約及び名古屋議定書に関する国内法令に基づきアクセス許可を取得する必要があるが、許可申請と取得に多大な時間を要している。このため、ケニア在来クワ及び野蚕の収集と解析は遅れているが、2019年中にアクセス許可を取得できる見込がたったことから、今後これらの研究が精力的に進められることを期待する。

また、本プロジェクトがNSRCで試験的に生産している切り繭（乾燥した繭を切り開いて蛹を取り除いた繭殻）と生糸を、関心を示した複数の日本企業にサンプルとして販売したことは、社会実装に向けた取り組みの一つとして評価される。

以上の進捗状況から、初期の計画と同等の取組みが行われていると評価される。

### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究題目1では、ケニア国内の10地点から81個体のアフリカグワを含むクワ遺伝資源を収集し、その内10系統が新しい遺伝資源として同定された。同定作業は継続されており、今後も新しい遺伝資源の同定が見込まれる。

研究題目2では、ケニアに適したクワ品種の選抜において、農業生態条件が異なり、養蚕振興が可能と見込まれる3地域（ティカ、カカメガ、キボス（キスム））を選定し、土壌調査及び土壌改良を行うことによりクワの選抜試験圃場を整備した。これと並行してNSRCで地域適応性試験に供試する11品種を選定し、挿し木増殖した苗木を各試験地（ティカ、カカメガ、キボス）に配布して植え付けを完了しており、今後、各品種の定着を待ち、2019年度から地域適応性を評価する一次選抜試験を開始する予定である。また、ケニア在来クワの品種改良に有益なDNAマーカーの開発を目指し、クワ品種（Enbu）の全塩基配列の解読にも着手しており、先行研究に比べ解析精度を約10倍向上させることにも成功した。

研究題目3では、ケニア由来のカイコ（ICIFE I 及び ICIFE II）が強健性に優れることを実証するとともに、生糸の高い生産性と農家における飼育の容易さを目標として、日本の実用交雑品種による累代飼育により有用形質を有するF12世代の選抜（指標：繭層重、繭層歩合、繭の大きさ、繭層密度、発育の揃い等）まで進行しており、今後、年6回の飼育・選抜が可能なケニアの環境条件を十全に活用し、高い強健性と生産性を合わせ持つカイコの育種が迅速に進められる予定である。

研究題目4では、2019年中にケニア遺伝資源に対するアクセス許可を取得できる見込みが立ったことから、許可を取得した上でケニア在来野蚕の収集と本格的な特性評価が可能となった。

以上のことから、ケニア遺伝資源を利用した研究や日本で製造した製糸機械のケニアへの供与に遅れが生じているものの、研究題目1~3はほぼ計画通りに進められており、プロジェクト全体として順調に進捗していると判断される。

当初計画にない新たな展開としては、染色体倍加作用を示すコルヒチン処理により通常のクワ（2倍体）を比較的容易に倍加（4倍体）できることを見出したことが挙げられる。今後、4倍体クワを交配母本として3倍体の作出に成功すれば、単位面積当たりのクワ葉の生産量が増加した新品種の育種に利用できる可能性がある。さらに、3倍体では果実が肥大する可能性があり、クワの果樹利用というカイコ飼育以外でのクワ需要の創出に繋がることを期待される。

本プロジェクトでは、日本が持つ独自性及び質の高い蚕糸技術及び世界をリードする高精度なゲノム解析技術並びにケニア由来のクワ・カイコ等の遺伝資源を融合し、応用性の高い研究開発を実践している点に新規性がある。既にクワやカイコにおける高精度なゲノム情報も取得されはじめており、今後、これらゲノム情報を活用してケニアでクワやカイコの選抜・育種を推進するとともに、現地に導入する日本の高度な蚕糸技術と統合することにより、ケニアにおいて従来とは異なる、生産量・品質ともに優れた新たな蚕糸技術の構築及び蚕糸業の振興に貢献する可能性がある。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

本プロジェクトでは、両国の研究実施機関がほぼ1対1で構成されていることによる迅速な意思決定と実施が可能な研究体制を活かした研究活動が行われている。具体的には、3年目に、クワの栽培育種や野蚕の特性評価を行う研究者が日本からケニアに長期派遣され、現地で研究や栽培技術開発をリードする態勢が構築された。カイコの育種では、プロジェクト開始当初からこれまで現地で活動していた長期専門家が派遣終了となったが、これを補うため新たな研究者の参加を得ており、研究を継続するための態勢が維持される見込みである。

また、ケニアの野蚕を利用した研究がアクセス許可申請の影響で遅延する中、日本の野蚕をモデルとして用いた研究を進めるとともに、両国関係者が連携してアクセス許可の申請手続きを粘り強く進めた結果、2019年中に許可を取得できる見込みとなった。これまでプロジェクトへの関与が弱かったジョモケニヤッタ農工大学に関しては、同大学の実験設備を利用して野蚕（ゴノメタ）の遺伝的多様性評価の共同研究を行うことが決まり、野外から収集したゴノメタの研究を推

進できる態勢が整った。今後、この分野の研究の進展が期待される。

さらには、日本企業のニーズに敏感に対応し、研究成果の一部を社会実装に繋げる活動にも精力的に取り組んでいる。このように、研究代表者は、ケニア側の研究代表者と密に連携し、リーダーシップを発揮してチーム全体をよくまとめていると評価される。

今後は、カカメガとキボスでクワの現地適応性試験の生育調査が本格化することも考慮し、日本側の研究代表者及び共同研究者が自ら現地に出かけてケニア側の研究者や技術者を直接指導するとともに、これまで以上にケニア側の関与を引き出すことによって共同研究を加速的に推進することが求められる。

ケニア側への供与機材は、日本側研究者による技術指導を受けて実際に利用されており、研究の活性化に役立っている。なお、NSRC に竣工した製糸実験棟に導入予定の製糸機械一式は、特注品のため日本で製作されたが、ケニアへの輸出手続きの遅れから現地への運搬・搬入が遅れている。同機械は、繭から生糸を紡ぐために利用され、現地で生産される糸の品質検査を行うために必須の機械であるため、早期の導入と稼働が求められる。

#### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

今後、概ね所期の計画に沿って研究を進めることにより一定の成果が得られると推察される。一方、クワの育種においてはケニア側の研究人材が十分に充当されているが、カイコの育種については人材がまだ十分とは言えない。また、ケニアの在来クワ遺伝資源の収集および遺伝的特性と生育特性の評価については、明確なデータを取得した上で研究活動を強化することが求められる。野蚕の収集と遺伝的特性評価及び素材開発に資する物性評価についても、明確なデータを示しつつ、研究の加速化を図る必要がある。ケニア由来のカイコ (ICIPE I、ICIPE II) に関しては、標準品種を対照区として耐病性の評価を行うことが望ましい。コルヒチン処理による倍数体誘発を利用したクワの育種に関しては、ケニアではクワの果実に対する需要もあることから、クワ利用の多様化を狙う意味でも引き続き実施する意義があると考えられる。

本プロジェクトでは、日本の優れた蚕糸技術と日本が得意とする最先端の分子育種技術を用いて研究開発を推進することにより、将来、ケニアの蚕糸業の振興はもとより、日本の蚕糸技術の維持・発展にも大きく貢献することが期待される。本プロジェクトの成果に対する日本企業の期待は大きく、既に試験的に生産した切り繭と生糸の販売実績がある。これは、現在、国際市場で流通している世界水準の生糸の他にも新たな付加価値を持つシルクの需要があることの証であり、将来、本プロジェクトによる社会実装とケニアの蚕糸業の振興が実現すれば、世界のシルク市場にインパクトを与えることが期待される。特に、今後アクセス許可を取得してケニアの野蚕を用いた未知・未利用シルクの利用化研究を推進できれば、科学技術及び産業の発展に資する新発見及び新素材の獲得も期待される。

日本では、蚕糸業の衰退とともに優れた蚕糸科学・技術の継承が困難な局面にある。本プロジェクトでは、人数として多くはないものの、3名の日本人若手研究者が参加し、クワの栽培、カイコの病理、製糸、野蚕に係る研究に従事し、ケニアに赴いて共同研究を実施している。これら

若手研究者は、将来日本の蚕糸科学・技術を継承する人材として国際的に活躍することが期待される。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込み

本プロジェクトでは、博士課程2名、修士課程1名の留学生在が日本で学んでおり、今後、修士課程にもう1名の留学生を受け入れる予定である。また、ジョモケニヤッタ農工大学と野蚕に係る共同研究を実施することが決定したことから、今後、ケニア人大学生の参加も期待される。ケニア人研究者及びクワの栽培やカイコの飼育に係る技術研修は、日本での短期研修と帰国後の日本人研究者による実地研修により実施されており、相手国人材の技術習得と活用は着実に進んでいる。しかし、これらの相手国人材の多くが非正規雇用の職員であるという課題がある。非正規雇用の職員に依存した研究・業務執行体制では、クワ・カイコの遺伝的解析、生育特性評価、育種等を含む長期的な研究開発活動を伴うプロジェクトにとって、持続性・継続性の観点から懸念が残る。将来、ケニアで本プロジェクト成果が持続的に発展し、延いては蚕糸業の振興と定着に寄与するためにも、自立性・自主性を持ったケニア人研究者の育成と持続的な活動が必須である。プロジェクトとして正規雇用に向けた働きかけを行ってきたが、解決は容易ではないのが実情である。現在、相手国研究機関も研究者及び職員の雇用に関する問題を自分たちの課題として十分に認識しているため、今後の対応を注視する必要がある。正規雇用者が増えれば、本プロジェクトにおける人的ネットワークの構築並びに相手国研究機関及び研究者の自立性・自主性の向上に繋がることを期待される。

ケニアの現状と国際市場で通用する品質と生産量を確立するまでの道のりを考慮すると、本プロジェクトの研究成果を活用した蚕糸業の振興と定着には相当な時間を要することが予想される。一方、本プロジェクトでは、ケニアにおける養蚕研究基盤の構築を目標としていることから、NSRC が国内外の民間企業と連携して蚕糸のモデル事業を興し、ビジネスモデルを示すことが到達点のひとつであると考えられる。このモデル事業を拠点として、時間をかけて技術普及を実践していけば、本プロジェクトの成果を基とした養蚕研究及びモデル事業が持続的に発展していくものと期待される。

#### 5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

プロジェクトの後半では、下記の点に十分配慮して研究を進めていただきたい。

1. 「養蚕研究基盤」として今後何を整備していくのか、具体的な内容や条件を明確にしていきたい。その上で、プロジェクトが開発する品種や技術要素、養蚕研究基盤、さらにはNSRCとの協力関係を整理し、本プロジェクトにおける成果達成指標を具体的に設定して研究活動をさらに強化していただきたい。
2. クワジーンバンクの構築において、ケニアの在来クワ遺伝資源を包括的に収集して遺伝的特性及び栽培特性の評価を行い、遺伝的特性における新規性の有無を確認するとともに、

世界に公表できる質の高い特性データを整備できるよう、研究題目 1 の活動を強化してもらいたい。

3. ケニア側研究者及び技術者の育成と蚕糸技術の開発を確実に進めるために、製糸実験棟における製糸機械の導入と稼働及びカイコ飼育実験棟の整備を速やかに進めていただきたい。
4. 野蚕の収集と評価のための研究活動を加速化していただきたい。そのためには、生物多様性条約及び名古屋議定書に関するケニアの法令に基づき発行されるアクセス許可証を速やかに取得できるよう、引き続き関係機関と密に連携して対処していただきたい。
5. 民間連携を視野に入れてプロジェクト期間内に達成が可能で社会実装に直結しうる蚕糸モデル事業を設計し、その実現に向けた活動を実施していただきたい。
6. プロジェクト終了後の研究活動及び成果発展の持続性を確保するため、現在日本に留学している研究者を含めケニア側の研究者及び技術職員が一人でも多く正規雇用となるよう、研究機関及び所管省庁への働きかけを継続していただきたい。

以上

## 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～平成33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・ケニアッタ農工大学

### 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外からの養蚕技術協力要請などに応える人材の育成</li> <li>日本企業へのクワや絹などの生産物の供給</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
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"> <li>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</li> <li>カイコ、野蚕等の新規有用遺伝子(群)の知財獲得</li> </ul>
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際交流を通じた国内の養蚕関連技術水準の維持・向上</li> <li>東アフリカのリーダー格であるケニアとの交流強化</li> </ul>
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"> <li>クワおよびカイコの育種マニュアル</li> <li>クワの遺伝的多型に関する論文</li> <li>カイコのQTL解析に関する論文</li> <li>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</li> </ul>

### 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。

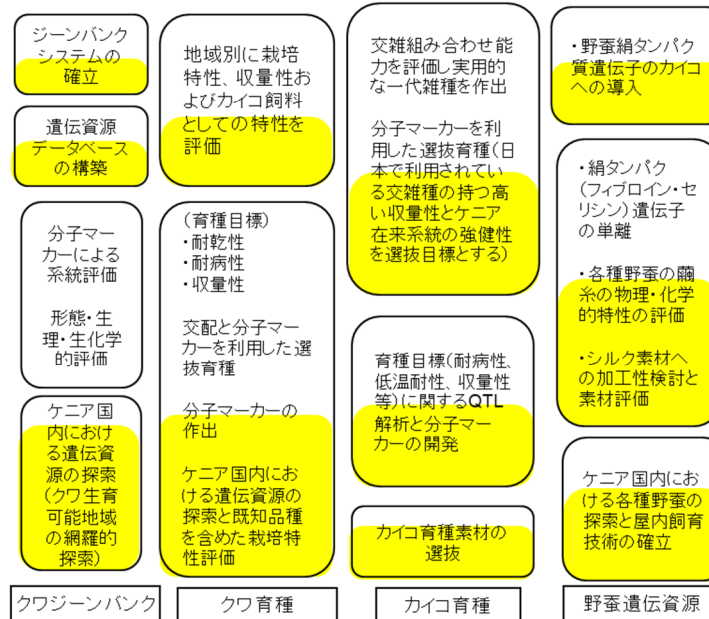


図1 成果目標シートと達成状況(2019年4月時点)