

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

ベトナム、カンボジア、タイにおけるキャッサバの侵入病害虫対策に基づく持続的生産システムの開発と普及

(2016年4月～2022年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：高須 啓志 (九州大学大学院農学研究院 教授)

2. 2. 相手側研究代表者：Le Huy Ham

(ベトナム社会主義共和国 農業遺伝学研究所 科学評議会 議長)

H. E. Sok Khorn

(カンボジア王国 国立バタンバン大学 学長)

Phatchayaphon Meunchang

(タイ王国 農業局・畑作物及び再生可能エネルギー作物研究所 所長)

3. 研究概要

本プロジェクトは、ベトナム、カンボジア、タイと日本の4カ国による共同研究であり、(1) キャッサバの主要病害であるキャッサバモザイク病 (CMD) とてんぐ巢病 (CWB) の検出技術と診断キットの開発、(2) 主要害虫であるキャッサバコナカイガラムシの天敵昆虫の増殖・放飼による生物的防除技術の開発とCMD媒介昆虫であるコナジラミ等の害虫のキャッサバ畑における個体群動態の解明、(3) 組織培養を利用したキャッサバ有用遺伝資源の保存と水耕・エアロポニックス栽培や組織培養等を利用した健全なキャッサバ苗の効率的生産システムの開発、交配育種のためのキャッサバ開花条件の解明、および一般農家に販売する健全種苗の生産システム (ストック種苗生産→健全種苗生産 (増産) →病害虫検査→販売) の開発と定着、そして(4) 健全種苗生産農家へのキャッサバ栽培管理技術の普及と一般農家への同技術の普及を目的としている。また、東南アジアでキャッサバ研究と生産をリードしているタイから、キャッサバ苗の組織培養、組織培養から土壌への順化技術、圃場での栽培管理技術等を、ベトナムとカンボジアに移転し、その適応性と有用性を確認して実用化を図ることも目的とする。健全種苗生産システムはベトナムとカンボジアのそれぞれのモデルサイトで実証することを目指す。

プロジェクトは下記の4つの研究題目で構成されている。

研究題目1：病害の同定とモニタリングシステムの確立

研究題目2：害虫個体群管理技術の確立

研究題目3：種苗管理体制の構築

研究題目4：健全種苗と持続的な生産方法の生産農家への普及

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、成果が期待できる)

東南アジアにおけるキャッサバの主要生産国であるベトナム、カンボジア、タイ3カ国にまたがるプロジェクトの運営の難しさを克服し、所期の計画に沿った取り組みによって有用な成果が得られ、成果を統合して健全種苗生産システムが開発された。ただし、プロジェクト1年目にカンボジアで最初に発見されたスリランカキャッサバモザイクウイルス (SLCMV) によるキャッサバモザイク病 (CMD) が当該3カ国でプロジェクト期間に急激に拡大・蔓延したため、CMD 抵抗性品種を用いた健全種苗生産が急務となったが、栽培可能な抵抗性品種がなかったため、健全種苗生産システムの効果は限定的であったことは否めない。また、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受けてプロジェクト期間を1年間延長したが、それでも計画通りの渡航や共同研究ができなかったことは残念である。

具体的な成果としては、研究題目1では、蔓延している CMD の病原体が SLCMV であることを突き止め、DNA 情報を使った検出技術 PCR 法と LAMP 法を開発し、現場での使用に適した乾式 LAMP 法に改良して技術移転を行った。さらにタバコナジラミ (*Bemisia tabaci*) が SLCMV の媒介虫であることを特定した。てんぐ巣病 (CWB) については病原体であるファイトプラズマ検出のため nested PCR 法と LAMP 法を開発した。研究題目2では、キャッサバ害虫・天敵フィールドガイド (ベトナム語、クメール語、英語)、キャッサバ病害虫画像診断システム「アグリショット・キャッサバ (ベトナム語、クメール語、タイ語、英語)」を開発して実用化を図った。また、キャッサバコナカイガラムシの生物的防除のためにサトイモおよびタロイモを使った天敵の大量増殖法を開発し、寄主体液摂取という新しい天敵の作用機作を発見した。研究題目3では、品種特定のためのディスクリプターの作成、水耕エアロポニックスや組織培養によるキャッサバ苗生産および圃場を使った健全種苗生産システムを開発した。また低温と低カリウム条件がキャッサバの開花促進に効果的であることを突き止めた。研究題目4では、1~3の個別技術を統合して、健全種苗生産農家の選定と圃場の病害虫モニタリング指導、一般農家への健全種苗の利用とモニタリング技術普及のための技術開発と普及活動を行った。このように、全体として健全種苗生産・モニタリングシステムによるキャッサバ栽培管理の方策が実証されたと言える。今後 CMD 抵抗性品種が育成されれば、このシステムの実用化が進むことが期待される。

なお、CMD 抵抗性品種の育成は当初の活動予定にはなかったものの、その重要性和緊急性を鑑みて中間評価後に取り組みを始めた。ベトナムとカンボジアが国際熱帯農業センター (CIAT) から抵抗性品種の分譲を受け、ベトナムの圃場で抵抗性の確認を行い、現在の奨励品種との交配を開始するところである。

その他、日本と相手国の若手研究人材がともに育成され、研究の中心メンバーとして経験を積んだこと、プロジェクト終了後も日本と相手国がそれぞれ競争的資金を得て育種や普及等の国際

共同研究が継続できること、さらに供与機材が確実に相手国機関の研究能力を向上させていることから、当該プロジェクト成果を持続的に展開する道筋を整備したという点において評価できる。また、研究成果は原著論文および口頭発表等によって世界に発信されており、CMD 抵抗性品種開発に向けた国際ネットワークが構築され活動が始まっている。

以上から、所期の計画と同等の取組みが行われ、成果が期待できると評価される。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

熱帯・亜熱帯地域において、キャッサバは主要な食用作物や工芸作物として今後も増産が期待されているが、本プロジェクトはベトナム・カンボジア・タイ・日本という4カ国による国際共同研究枠組みの下で、キャッサバの生産阻害要因の一つである病害虫の管理や健全種苗の生産管理体制の構築に取り組んだ。これは、国境を越えた病害虫の蔓延に対して国際的な科学技術協力がどう対応できるかという取り組みであり、地球規模課題解決へ貢献する研究として評価できる。

本プロジェクトで健全種苗化した HL-S12 (ベトナム)、KU 50 と Rayong 7 (カンボジア) は収量やデンプン含量等の品質に優れた品種であったが、SLCMV を病原体とする CMD への抵抗性がなかったため、残念ながら CMD 蔓延下では普及に移すことはできなかった。今後この品種を改良した CMD 抵抗性品種が開発され、その健全種苗化を行って社会に実装されれば、課題解決に与えるインパクトは高くなると期待される。

科学技術の発展という観点からみれば、前頁で挙げた研究題目1~3の基礎研究の成果の中には、世界で初めて明らかにしたものが多く、国際的に発表され、認知を受けている。プロジェクトで開発された病害検出技術や害虫管理技術の他地域への適用可能性については今後のさらなる検討が必要であるが、課題解決に貢献する基礎研究として一定の効果があることは事実であり、高く評価できる。

その一方で、ストック種苗と健全種苗の二段階生産による健全種苗生産方式は実用上重要な技術であるものの、世界に向けた成果の発信は遅れているので、速やかな公表を期待したい。

また、本プロジェクトの直接的な成果とは言い難いが、タイで2010年に、カンボジアではFAOにより2013年にそれぞれ放飼されたキャッサバコナカイガラムシの天敵寄生蜂(キャッサバコナカイガラムシトビコバチ)が現在も効果的に害虫防除の機能を果たしていることを本プロジェクトの圃場調査で確認できたことは、生物的防除の効果と有用性を示す証左であり、世界的にもインパクトを与えることができたとと言える。

4-2. 相手国ニーズの充足

相手国であるベトナム・カンボジア・タイにおいて、キャッサバは外貨獲得にも貢献するなど重要な農作物である。その安定生産と収量増にとって、プロジェクトの目標「キャッサバの病害虫管理及び健全種苗の管理・栽培のシステムモデルの構築」は極めて重要でニーズが高い。2017

年以降 CMD が蔓延した影響もあり、そのシステムモデルの構築を試みたものの、CMD 抵抗性品種がないため、有用性が十分に実証されたとは言いがたい。しかし、ストック種苗の生産と健全種苗の増殖、モニタリングシステムに関する病害虫検出技術等の要素技術・手法の開発が進んだことは確かで、その内容と今後の展開の可能性を考慮すると、相手国のニーズの充足に与えるインパクトは高いと評価できる。

一方で、社会実装の見通しは、CMD 抵抗性の実用品種の開発如何と言わざるを得ない。

ベトナムでは国を挙げて CMD 対策に取り組んでおり、抵抗性品種の育成に関して日本側研究者との共同研究を継続予定であることから、将来的な種苗生産システムの運用に期待できる。一方、カンボジアでは『国家キャッサバ政策（2020-2025）』が策定されるなど、相手国ニーズは高いものの、行政機関の本プロジェクト活動への関与は不十分であり、また、カウンターパート機関の国立バタンバン大学（NUBB）が同政策における科学技術研究の担い手としての役割・機能を維持できるかによって研究の継続性は変わってくると思われる。いずれにせよ、対象3カ国ともに CMD が重要な病害となっており、その対策は緊急を要する課題である。そうした背景から、本プロジェクト活動が現地で継続される見通しは高いと言える。

相手国の人材育成の面においては、JICA の長期研修と JICA 以外の留学生プログラムで計7名の学位取得や研修を進めた他、計8名の JICA 短期研修を行うなど、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の難しい状況の中でも相手国人材の育成を継続したことは高く評価できる。

タイは東南アジアにおけるキャッサバの研究拠点として、本プロジェクトでは特に CWB の病原体ファイトプラズマ検出技術の開発に貢献し、研究者人材も育成されたので、この拠点を核として、引き続き3カ国の連携のもとで共同研究がなされれば、今後の持続的発展も期待できる。

4-3. 付随的成果

本プロジェクトでは、前述のようなキャッサバ害虫・天敵フィールドガイド、SNS を利用した AI 病害虫画像診断アプリ「アグリショット・キャッサバ」の開発、天敵の大量増殖法マニュアル、キャッサバのディスクリプターの作成等、新技術開発の面で充実した付随的成果が得られた。こうしたプロジェクトで開発した新技術については知財の獲得が行われていないが、これは研究者や技術者による広範な活用を意図したものであり、今後さらなる技術的応用が期待される。

その他、プロジェクトの成果をまとめ、病害虫およびその管理方法の情報をリーフレットやポスター、T シャツ、TV、インターネット等を活用した「情報パッケージ」として提供したが、これらは農家の研修だけでなく技術普及に係る公的機関の職員研修にも活用できるものとして評価できる。

また、日本人若手研究者の育成の取り組みに関しては、プロジェクト期間後半は新型コロナウイルス感染症の感染拡大による影響があったと考えられるものの、3名の若手研究者が現地に長期滞在して経験を積み、短期ではあるが6名の若手研究者が現地に滞在したことは、彼らの今後の研究にとって有効であると言える。さらに、そのうち2名が研究職に就職したことは今後の国

際研究への貢献が期待できることから、日本人若手研究者の育成の実績は評価できる。

技術や人材のネットワークという観点でみれば、2021年11月末にCMD抵抗性品種の育成に関するオンライン国際シンポジウムを開催するなど、育種分野に関しては日本を含む4カ国だけにとどまらず、アフリカ、南米、欧米諸国にわたる国際的なネットワークができたことも大きな成果と言える。一方で、それがさらに確実に継続・展開する体制が構築されたとは言えない状況にあることから、プロジェクト終了後の連携継続に向けた研究者の努力が求められる。

4-4. プロジェクトの運営

プロジェクト開始当初は大きな問題ではなかったCMDが、2017年以降にカンボジア、ベトナム、タイの主要生産地に急激に蔓延し、二段階方式の健全種苗生産・モニタリングシステムが効果的に機能しない事態に陥った。また、2020年以降はNUBBのストック種苗生産圃場の洪水被害や新型コロナウイルス・パンデミックによる渡航制限の影響を受けた。それらの影響に対して、研究代表者のリーダーシップのもとで、抵抗性品種の育成研究の開始、遠隔会議による研究運営と指導、生産圃場の復興と再定植などの適切な対応が取られたことで、当初の基本的な目的・方法から外れることなく共同研究が実施されたプロジェクト運営は評価できる。

3カ国を対象とし、ベトナム4機関、カンボジア1機関、タイ1機関と日本5機関、合計11機関（国際機関CIATを除く）が参加する大きなプロジェクトで、各国での活動量を考慮してJICA業務調整員をベトナムとカンボジアにそれぞれ配置するなど運営体制には工夫が見られた。特に、研究代表者と業務調整員および各国のプロジェクトダイレクターとマネージャーを中心とした運営方針が功を奏し、所定の研究成果を挙げることができた。さらに、ベトナムとカンボジア両国には日本人若手研究者が中長期に滞在し共同研究を実施したことも効果的だったと言える。各サブ課題リーダー定期例会、各国JCCと年1回の4カ国JCCも予定通り実施され、ベトナムの業務調整員による週報、毎月のプログレスレポートによる研究者間での情報共有が密に図られた。このような活動が全体として一つの方向を向くのに役立ったと評価できる。

その一方で、各研究課題の成果を統合して、全体としての成果を明確に表現・発信するためのプロジェクトの推進体制は十分ではなかったと言わざるを得ない。それは、CMDが蔓延した影響もあると思われるが、プロジェクトで構築を目指した「キャッサバの病害虫管理及び健全種苗の管理・栽培のシステムモデル」の有用性が明確に示されていないことに現れている。

プロジェクトによる情報発信について言えば、国際誌、国内雑誌への共著論文、総説、書籍などの発表がなされ、また、国際学会、国内学会での発表等によって継続した発信がなされたことは確認されるが、以前から東南アジア諸国とは長い研究交流実績があった点を考慮すると、成果の公表にもう少し努力があっても良かったのではないと思われる。

効果的な人材の活用と機材の投入という視点からみると、日本での修士学位取得者8名、博士学位取得予定者2名（在学中）、他に日本での短期技術研修9名、現地技術研修63名に実施しており、いずれの研修員もラボでの研究や農家調査に参画している。機材についても、ベトナム南

部のキャッサバ主要生産地に位置するフロック農業研究センターに「キャッサバ病害虫診断ラボ」が新たに設置され、実験機材もニーズに応じて導入されたように、必要なところに適切に投入されよく活用されていると評価できる。

5. 今後の研究に向けての要改善点及び要望事項

以下について要望するとともに期待したい。

- ・ CMD の管理において重要なことは栽培農家によるキャッサバ圃場のモニタリングと罹病株の消却である。この重要性を説明し、啓発するための活動は技術普及上極めて重要であるので、カウンターパート研究者と連携しつつ継続してもらいたい。

- ・ CMD 抵抗性品種の育成は 3 カ国において急務であり、現行の実用品種との交配育種や分子育種手法を駆使して引き続き取り組んでいただきたい。一方で、現行の栽培品種を用いて健全種苗と化学資材（肥料、農薬）を用いた耕種的防除による病害発生抑制の可能性を見出すことも当面の課題として重要である。

- ・ 研究題目における個々の成果を振り返ると、プロジェクトの目標である「キャッサバの病害虫管理及び健全種苗の管理・栽培のシステムモデルの構築」に向けた統合はまだ十分に整理・表現できていない。各成果を活かして明確な「システムモデル」とするために、さらに、最終とりまとめにおける一段上の総括を求めたい。

- ・ 東南アジアのキャッサバ栽培で行われている自家育苗の伝統に対し、ベトナムおよびカンボジア各 1 カ所のセンターから健全種苗が提供され、育苗農家を経て栽培農家に種苗が提供されるという図式が、育苗センターの増加や育苗・販売農家の拡大の可能性も見据えつつ、対象地域内だけでなく地域を越えて発展できるという確証も加えてプロジェクトを締めくくっていただきたい。

- ・ 本プロジェクトが取り組んだ種苗生産・管理や抵抗性品種の育成に加えて、地域毎の作付体系に適応した栽培技術についてもその知見をとりまとめることによって、CMD 蔓延下においても少しでも収量減を防ぐための技術パッケージとして提言することができるのではないか。以上をふまえた上で各キャッサバ生産地域で必要とされている「持続的な生産性向上」のための戦略策定について、総合的な視点からの見直しを期待したい。

- ・ 3 カ国の中でカンボジアは行政機関によるキャッサバ栽培推進のための技術普及体制が十分とは言えないので、NUBB がストック種苗生産を含め健全種苗生産のモニタリングシステムについての技術指導が行えるように、また大学による病害虫診断サービスが中断しないように、共同研究等を通じて日本側研究者による NUBB への支援を継続してもらいたい。

- ・ 日本を含む 4 カ国のキャッサバ研究ネットワークが形成されたので、今後も定期的な会合を開くなど情報共有や本プロジェクトの成果の発信の基盤として活用していくことを希望する。

以上

JST成果目標シート

研究課題名	ベトナム、カンボジア、タイにおけるキャッサバの侵入病害虫対策に基づく持続的生産システムの開発と普及
研究代表者名 (所属機関)	高須 啓志 (九州大学大学院農学研究院)
研究期間	平成27年6月1日～令和3年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	ベトナム社会主義共和国/農業遺伝学研究所・植物防疫学研究所・フンロック農業研究センター・ノンラム大学 カンボジア王国/バタンバン大学 タイ/ラヨーン畑作物研究センター

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・日本へのキャッサバ生産物の安定的供給 ・日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	・東南アジア地域重視政策の日本の科学技術外交への貢献 ・今後の植物バイオマス研究へのフィードバック
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・MTAに基づく日本への病原微生物の導入(生物資源へのアクセスの確立) ・遺伝資源取り扱いに関する各国の共通認識の向上等
世界で活躍できる日本人人材の育成	・国際農業に貢献できる日本人若手研究者の育成(現地で研究するポスドク4名、大学院修士課程・博士課程学生8名)
技術及び人的ネットワークの構築	・大メコン圏キャッサバコンソシアム構築 ・相手国研究者の研修によるスキルアップ
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・キャッサバモザイクウイルスLAMP検出法 ・ストック種苗・健全種苗生産マニュアル ・キャッサバ噴霧式水耕栽培システム ・キャッサバ害虫・天敵フィールドガイド ・天敵の大量増殖法マニュアル ・キャッサバディスクリプター ・アグリシヨット キャッサバ(病徴画像診断システム)

上位目標

ベトナム、カンボジア、タイにおける病害虫管理および健全種苗の管理・栽培技術の導入によるキャッサバの持続的生産性向上

プロジェクト成果の各国行政機関とキャッサバ生産者への普及

プロジェクト目標

ベトナム、カンボジア、タイにおけるキャッサバの病害虫管理および健全種苗の管理・栽培のシステムモデルの確立

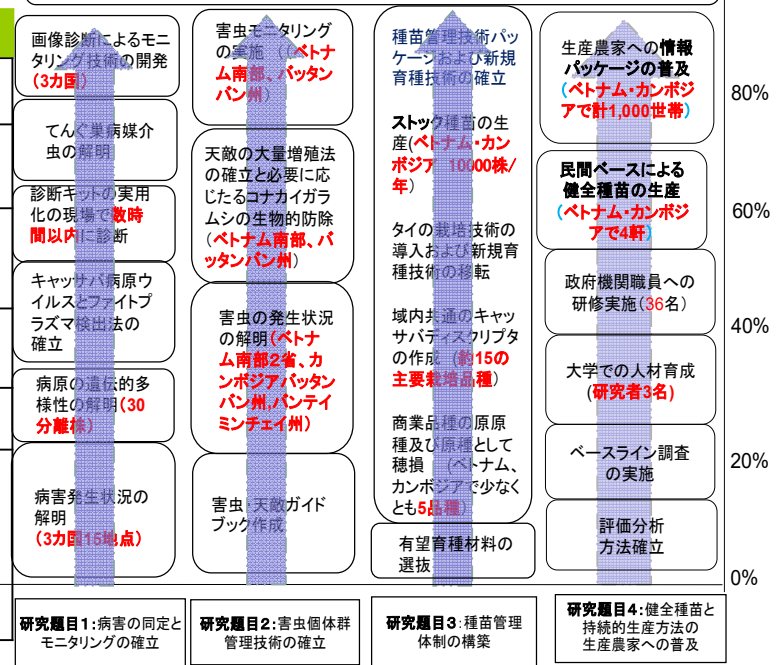


図1 成果目標シートと達成状況(2022年1月時点)