

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（2016–2021年）について

九州大学 大学院農学研究院 野村 久子、馬場 多聞、高須 啓志
名古屋大学 農学国際教育研究センター 伊藤 香純
東京農業大学 国際食料情報学部 国際農業開発学科 夏秋 啓子
東京大学 大学院新領域創成科学研究科 鷗家 綾香
国立研究開発法人理化学研究所 環境資源科学研究センター 関 原明、徳永 浩樹
国際熱帯農業センター 農業生物多様性研究領域 石谷 学

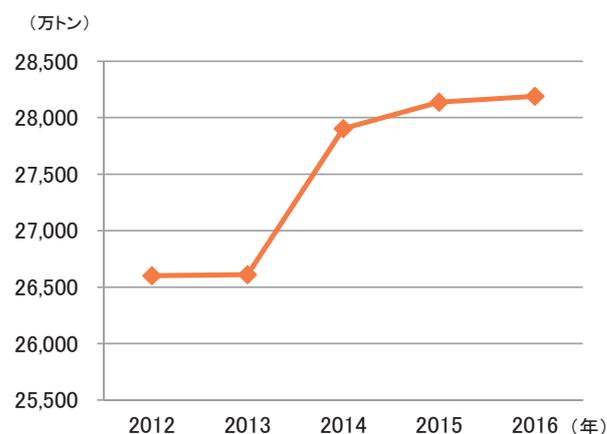
【要約】

2016年度に始まった独立行政法人国際協力機構（JICA）/国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）地球規模課題対応国際科学技術協力事業（SATREPS）「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（2016–2021年）」プロジェクト（研究代表者：九州大学 大学院農学研究院 高須啓志）は、大メコン圏における戦略作物であるキャッサバの持続的生産のために、持続的害虫管理技術に基づいた健全種苗の普及モデルを構築することを目標としている。これまで、キャッサバの病気や害虫、種苗生産、普及について、ベトナムやカンボジア、タイにおいてさまざまな研究活動を続けてきており、2018年度には折り返し地点を迎える。残された時間の中で最大限の成果を挙げるができるよう、国内外の機関の連携を深めていきたい。

はじめに

熱帯・亜熱帯地域で栽培されるキャッサバ (*Manihot esculenta* Crants) の総生産量は、この30年の間に倍増した。その理由の一つは、タイからラオス、カンボジア、ベトナムに広がる大メコン圏における生産量が急増したところに求められる。食用や飼料、加工原料、バイオエタノールの原料として用いられるキャッサバは、大メコン圏の小規模生産者にとって重要な換金作物となっており、関連産業においては多くの雇用を生み出している。

図1 世界のキャッサバ総生産量



資料：FAO 2016より作成

注：一部FAOによる推測値を含む。

表 各国のキャッサバ生産量

(単位：万トン)

順位	国名	生産量
1	ナイジェリア	5713.4*
2	タイ	3116.1
3	ブラジル	2108.3
4	インドネシア	2074.5
5	ガーナ	1779.8
6	コンゴ	1467.8*
7	ベトナム	1104.5*
8	カンボジア	1020.7*
9	アンゴラ	998.1*
10	モザンビーク	910.0

資料：FAO 2016より作成

注：*はFAOによる推測値。

しかし、2009年には外来害虫であるキャッサバコナカイガラムシ (*Pseudococcidae*) がタイへ侵入し、タイ国内のキャッサバ生産量を約30%減少させた。その後、ベトナムやカンボジア、ラオスへも同害虫の被害は拡大した。また、近年では大メコン圏でキャッサバてんぐ巣病 (Cassava Witches' Broom) が頻発しており、キャッサバの生産性を著しく低下させている。さらには、*Sri Lankan cassava mosaic virus* (SLCMV) というウイルスが、2015年5月にカンボジア北東部のラタナキリ州で確認され、2016年に報告されて以降、2017年3月には中央部のコンポントム州で、同年7月にはベトナム東南部のタイニン省で、そして8月にはカンボジアのコンポントム州に隣接するクラチエ州とストゥントレン州で、それぞれ発生している (図2)。日本で消費される食用・工業用でん粉の約8割が大メコン圏からもたらされているため、こうした被害は日本へも影響を及ぼすこととなる。

大メコン圏における病害虫被害の拡大の原因としては、病害虫感染苗が広域において移動していることが挙げられる。大メコン圏では、アジア開発銀行などの支援によって「経済回廊」の整備が進み、人や物の流通が急増している。それに伴って病害虫感

染苗がますます広がるようになれば、キャッサバ生産への影響も拡大することが予想される。しかし東南アジアでは、害虫管理技術が未発達の状態であり、高度な知識を持つ現地の専門家も不足している。

以上の状況に鑑みて、本プロジェクトでは、大メコン圏で広域的に発生している病害虫に関する課題に対して、日本の先端技術や知見を導入し、新たな害虫管理技術と健全種苗の普及モデルを構築することで、キャッサバの持続的な生産に寄与することを目指している。以下では、本プロジェクトの現状と今後の方向性について紹介する¹⁾。

図2 SLCMVの発生地域と普及の対象地域



注：紫色はSLCMVの発生地域、緑色は普及の対象地域。

1. プロジェクト対象地域の概要と国外機関との連携状況

本プロジェクトでは、大メコン圏のうち、ベトナムとカンボジア、タイを対象にしている (図3)。タイではすでにキャッサバコナカイガラムシに対する生物的防除が2009年の大発生以降に実施されているが、ベトナムやカンボジアではそうした防除はほとんど行われていない。キャッサバてんぐ巣病や、モザイク病を引き起こすSLCMVについては、どの国においても十分な対策が採られているとは言い難い。

図3 大メコン圏とプロジェクト対象国



注：緑色がプロジェクト対象国。

(1) ベトナム

2003年には日越共同イニシアチブが開始され、2009年には日ベトナム経済連携協定（EPA）が発効されるなど、日本とベトナムのつながりは近年ますます強固なものとなっている。わが国の国別援助方針（2012年12月）には、「成長・競争力強化のためのエネルギーの安定供給および省エネルギーの推進、社会・生活面の向上と貧困削減、農村・地方開発を支援」とある。本プロジェクトでは、バイオエタノールの主要な原料であるキャッサバ生産の持続性を強化し、かつ、ベトナムで第二の換金作物であるキャッサバの病害虫のまん延を防ぐことでキャッサバ生産者に利益をもたらすことを目的としており、わが国の援助方針に沿う。

本プロジェクトでは、以下のベトナム側の機関と連携している。まず、ベトナム北部のハノイに所在する農業遺伝学研究所（AGI）は、国際熱帯農業センター（CIAT）や国際ポテトセンター（CIP）などの国際農業研究協議グループ（CGIAR）の地域事務所を設け、幅広い共同研究を実施している。AGIは参加研究機関であるCIATと共にキャッサバ

分子育種国際共同ラボ（ILCMB）を2012年に設立し、本プロジェクトの拠点となっている。国立研究開発法人理化学研究所（以下「理化学研究所」という）は設立当初からILCMBのコアグループとして参加し、ILCMBの活動を通して形質転換や重イオンビーム照射技術などを用いてキャッサバの分子育種を推進している。また、植物防疫研究所（PPRI）は、ベトナムの植物病害虫管理研究の中心である。

また、ベトナム南部のドンナイ省に所在するフロック農業研究センター（HLARC）は、キャッサバ育種と栽培の研究拠点である。80ヘクタールの圃場^{ほじょう}を有し、研究実績も多いため、種苗管理や育成、病害虫の野外試験に適している。ホーチミン市のノンラム大学（NLU）は、ベトナム南部の農学教育研究の中心である。

これらの研究機関の研究者の多くは、日本をはじめとした海外諸国で学位を取得している。しかし、ベトナムの病害虫対策の政府機関である植物防衛局の体制はいまだ脆弱であり、効率的な技術普及法の開発が望まれる。

(2) カンボジア

わが国はトップドナーとして、経済インフラや人材育成、農業・農村開発を重点分野としてカンボジアに対する支援を続けている。カンボジアでは、現金収入をもたらすキャッサバ栽培が急激に拡大しているが、政府機関・研究機関において栽培技術の普及などは行われていない。本プロジェクトは、わが国の援助方針のうち、農業・農村開発の重点分野である商品作物の栽培促進などへ寄与するとともに、同国が最重要課題としている人材育成に寄与するものである。

本プロジェクトでは、カンボジア西部の一大キャッサバ生産地であるバツタンバン州とパイリン州を対象とした。バツタンバン州に所在するバツタンバン大学（UBB）には、日本外務省支援による

キャッサバ種苗普及センターが設置されており、本プロジェクトで有効活用できる。カンボジアにおける病害虫対策を含めた栽培技術の開発と人材育成の強化を、UBBを中心にして実施する。

(3) タイ

タイは、ASEAN共同体に向けて中核的な役割を担うとともに、大メコン圏の発展の鍵となる国である。国別援助方針（2012年12月）には、「戦略的パートナーシップに基づく双方の利益増進および地域発展への貢献の推進」とある。本プロジェクトでは、キャッサバ栽培を先駆けて行ってきたタイにおける栽培技術などをベトナムとカンボジアへ効率的に移転することを目指している。

タイではキャッサバの栽培技術こそ進んでいるものの、2009年のキャッサバコナカイガラムシの大発生からも分かるように、病害虫対策面にはいまだ不安が残り、また、病害虫管理の専門家も少ない。本プロジェクトで協働するラヨン畑作研究センター（RYFCRC）は、1970年代からCIATと協力してキャッサバ育種プログラムを進めており、品種改良や持続的な栽培技術の開発に従事している。

2. 本プロジェクトの構成

本プロジェクトでは、四つのサブチーム（ST：Sub Team）に分かれて、国内外の機関が連携しつつ、それぞれの課題に取り組んでいる。

(1) ST1：病害の同定とモニタリングシステムの確立（国内機関：東京農業大学、東京大学）

大メコン圏におけるキャッサバてんぐ巣病やSLCMVの発生生態を調査するとともに、それらの病原や媒介者を同定し、画像やインターネットを利用したモニタリングシステムや検出・診断法を開発・普及する。

(2) ST2：キャッサバコナカイガラムシの防除と持続的害虫管理技術の確立（国内機関：九州大学）

ベトナムとカンボジアにおいて、キャッサバコナカイガラムシの天敵である寄生蜂を放飼し、防除する。また、持続的害虫管理技術の確立のために、キャッサバ加害害虫・天敵生物の同定法と生態知見を含めたキャッサバ害虫フィールドガイドを作成する。

(3) ST3：キャッサバ種苗管理体制の構築（国内機関：理化学研究所）

各国にストック種苗生産のための種苗管理センターを設立する。ストック種苗とは、本プロジェクトで設けた基準を満たす網室や隔離圃場で生産された苗を指す。生育中に目視による病害虫防除や出荷前の遺伝子診断（PCR法）を行い、SLCMVに感染しているかどうか調べることで、健全性を高める。また、病害虫進入時のバックアップ用に、優良品種を組織培養苗として無菌的に保存する。さらにはタイの栽培技術をベトナムとカンボジアへ導入し、効率的なストック種苗の生産を目指す。また将来的なキャッサバ栽培の向上に向け、有望育種材料の導入や新規育種技術の開発を行っている。

(4) ST4：健全種苗と持続的な生産方法の社会展開（国内機関：名古屋大学、九州大学）

ベトナムとカンボジアにおいて社会展開の成果・インパクトを定量的・定性的に計測・分析する方法を確立するとともに、ベースライン調査を実施する。種苗管理技術パッケージの社会的展開を産（民間企業・生産者）を通じて行い、展開前後のデータを分析し、成果・インパクトを評価する。また、学（高等教育機関）や官（現地政府機関）の人材育成を行う。

3. 本プロジェクトの現状

(1) ST1

ア. 病害発生調査

以下に示すように、ベトナム南西部ならびにカンボジア東部における調査によって、モザイク病の発生と拡大を確認し、病原であるSLCMVを同定した(図2)。

- ー2016年5月 中国の研究者がカンボジア・ラタナキリ州での発生を報告
- ー2016年8月 ST1がカンボジア・ラタナキリ州での拡大を確認²⁾
- ー2017年3月 ST1がカンボジア・コンポントム州での発生を確認
- ー2017年5月 ST1がベトナム・タイニン省での発生を確認。病原ウイルスを同定³⁾
- ー2017年7月 ST1がカンボジア・クラチエ州ならびにストゥントレン州での拡大を確認。ベトナム・タイニン省での拡大を確認

キャッサバてんぐ巣病については、タイにおいてNested PCR法でファイトプラズマを検出することに成功した⁴⁾。

加えて、ベトナムやカンボジアに複数のモニタリングサイトを設定し、両国でのキャッサバてんぐ巣病やSLCMVの発生状況と被害程度を調べている。モニタリングシステムの構築のため、情報通信技術 (ICT) を利用した予備的モニタリングも実施している。

イ. モザイク病 (CMDs) およびてんぐ巣病 (CWBs)病原の検出および同定

各国の研究機関においてCMDsおよびCWBs病原の検出および同定ができるようになることを目指して、PCR法をはじめとした検出技術の技術移転を行っている。簡易検出技術の開発も検討している。

ウ. CMDsおよびCWBs病原の伝搬法、特に媒介虫の解明

伝搬法や媒介虫に関する情報を基に、防除技術の確立に結び付ける努力を行っている。

エ. 病害モニタリングシステムの構築、情報蓄積および共有

病害発生地域を参加国間で共有し、各国の研究機関において診断を行い、各種防除を実行できるよう、モニタリングシステムの構築を進めている。

(2) ST2

ア. 害虫被害状況調査

キャッサバを加害する害虫類や天敵類を調査し、形態やCO I (シトクロムオキシダーゼサブユニット I) などによる分子系統解析に基づいて種・系統を分類している。主要害虫と天敵については、HLARCで生育し、その生態を調べている。今後は、害虫類や天敵類の種・系統の同定法と生態を害虫フィールドガイドブックとしてまとめ、一般生産者へ普及する予定である。

イ. キャッサバコナカイガラムシの生物的防除

ベトナムとカンボジアにおいて、キャッサバコナカイガラムシの発生地域を特定するとともに、本書の天敵である寄生蜂をタイから導入し、放飼する。さらには、害虫の個体群動態を調査し、蜂の有効性を評価しつつ、さらなる機能の向上を目指す。

ウ. 害虫個体群調査と予察法の開発

キャッサバコナカイガラムシおよび他の主要害虫の個体群動態の調査を進めている。また、キャッサバコナカイガラムシや天敵を生育し、その生活史特性の解明を続けている。

(3) ST3

ア. 病害虫フリーキャッサバの生産

各国の種苗管理体制の現状を把握し、ベトナムのAGIおよびHLARCやカンボジアのUBBでキャッサバの優良品種の組織培養苗を有事の際のバックアップとして保存する。さらに対象地域に網室や隔離圃場を設けて、ストック種苗の生産を進めている。キャッサバの品種判定に用いるディスクリプタの作成も同時に行っている。

イ. 有望育種材料の導入およびその選抜

CIATなどで開発された有望系統を各国の研究機関へ導入している。各系統の比較評価を行い、有望品種の選抜を順次進める。さらには育種を加速するために、開花までの期間を短くする技術開発に向けた基礎研究を行う。開花関連遺伝子を操作した遺伝子組み換え体の作出や開花誘導に関わる環境要因の調査を進めている。

ウ. タイキャッサバ栽培技術の移転

タイにおけるキャッサバの栽培技術や普及方法をベトナムとカンボジアに導入する。実証試験を重ね、最終的には種苗管理技術パッケージとして構築することを目指す。

(4) ST4

ア. 社会展開の成果およびインパクトの計測・評価方法の確立と実施

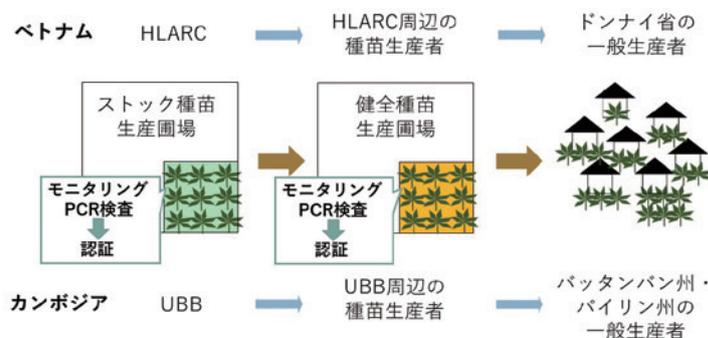
ベトナムとカンボジアにおいて、一般生産者の生計調査を行い、社会展開の成果やインパクトを計測する方法を検討している。健全種苗を配布後、同内容の生計調査を再度行い、成果やインパクトを評価する。

イ. 市場を通じた生産者への展開

2017年度に行なったベースライン調査の結果、カンボジア西部においては種苗に特化した生産者は存在せず、また、苗の流通が限られていることを明らかにした⁵⁾。一般生産者の多くが前サイクルから保存していた苗や近隣から入手した苗を使い回すため、一度感染苗が流入すると、局所的に一気に病気が広がる可能性がある。そのため、市場を通じた健全種苗の普及モデルを至急に開発する必要がある。

今後の展開として、ベトナム南部では健全種苗の供給元であるHLARCとその周辺に所在する生産者が、カンボジア西部ではUBBと民間企業がそれぞれ協働し、一般生産者へ苗を普及する体制づくりを行い、市場を通じた健全苗の普及モデルを構築していく(図4)。

図4 普及モデル



ウ. 人材育成を通じた高等教育機関と現地の政府機関への展開

NLUとUBBにおいて、研究成果を学生への講義

に活用し、また、学生のインターンシップやフィールド実習を行う。

おわりに

近年の大メコン圏では、キャッサバをめぐる経済活動がますます加速している。本稿を執筆している2018年4月3日には、香港系の企業Green Leader社がカンボジア東部の20カ所にでん粉製造工場を建設することを発表した⁶⁾。キャッサバの安定的・持続的な生産は、今後の大メコン圏の経済発展のためには必要不可欠である。

2018年4月、本プロジェクトは3年目を迎えた。2018年度にはカンボジアとベトナムの研究機関で育てたストック種苗を種苗生産者に配布し、苗を増殖し、4年目以降に一般生産者へ健全種苗が行き渡ることを目指す。これまでの間に検討されてきた病害虫モニタリングシステムを種苗生産者と共に実施し、各者へ便益が還元される持続可能な普及モデル

の構築へ向けて突き進んでいく。

こうしたモデルが社会実装され、プロジェクト終了後も継続して機能していくためには、モニタリングシステムの開発や人材育成など、解決すべき多くの課題が残されている。本モデルが大メコン圏におけるキャッサバの持続的な生産に寄与し、一般生産者や種苗生産者の生計向上に加えて、大メコン圏の経済発展、さらにはキャッサバ加工品を輸入する周辺諸国の持続的な成長が実現するよう、力を尽くしていきたい。

[謝辞]

本稿は、地球規模課題対応国際科学技術協力事業 (SATREPS)、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) / 独立行政法人国際協力機構 (JICA) の支援を受けたものである。

参考資料

- 1) Tokunaga, et. al.において英語でプロジェクトの現状と課題についてまとめている。
- 2) Uke, A. (東京大学), Seb, V. (UBB), Iv, P. (GDA, Cambodia), Ugaki, M. (東京大学) and Natsuaki, K.T. (東京農業大学), Spread of Sri Lankan cassava mosaic virus in Cambodia, 平成29年度日本植物病理学会大会 (岩手県盛岡市), 2017年4月28日。
- 3) Uke, A. (東京大学), Hoat, T.X. (PPRI), Quan, M.V. (PPRI), Liem, N.V. (PPRI, Vietnam), Ugaki, M. (東京大学), and Natsuaki, K.T. (東京農業大学), First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infecting cassava in Vietnam, 平成30年度日本植物病理学会大会 (兵庫県神戸市), 2018年3月25日。
- 4) Moonjuntha, P. (RYFCRC), Maneechoat, P. (PPRDO: Plant Protection Research and Development Office), Kositcharoenkul, N. (PPRDO), Wongtiem, P. (RYFCRC), Natsuaki, K.T. (東京農業大学), Detection and classification of Candidatus Phytoplasma associated with cassava witches' broom disease in Thailand, 平成30年度日本植物病理学会大会 (兵庫県神戸市), 2018年3月25日; Moonjuntha, P. (RYFCRC), Maneechoat, P. (PPRDO), Kositcharoenkul, N. (PPRDO), Wongtiem, P. (RYFCRC), Natsuaki, K.T. (東京農業大学), Detection and classification of Candidatus Phytoplasma associated with cassava witches' broom disease in Thailand, 国際植物病理学会議 (ボストン), 2018年7月予定。
- 5) 馬場多聞 (九州大学), 野村久子 (九州大学), 仲谷彩 (名古屋大学), 伊藤香純 (名古屋大学), 「カンボジアにおけるキャッサバの苗の流通と課題」日本国際地域開発学会2017年度秋季大会 (高知県高知市), 2017年12月2日。
- 6) <http://www.khmertimeskh.com/50298851/un-pact-seals-pledge-for-cassava-industry/> (2018年4月3日 最終アクセス)
- 7) Hiroki Tokunaga, Tamon Baba, Manabu Ishitani, Kasumi Ito, Ok-Kyung Kim, Ham Huy Le, Hoang Khac Le, Kensaku Maejima, Shigeto Namba, Keiko T. Natsuaki, Dong Van Nguyen, Hy Huu Nguyen, Nien Chau Nguyen, Vu Anh Nguyen, Hisako Nomura, Motoaki Seki, Pao Srean, Hirotaka Tanaka, Bunna Touch, Hoat Xuan Trinh, Masashi Ugaki, Ayaka Uke, Yoshinori Utsumi, Prapit Wongtiem, Keiji Takasu. Sustainable management of invasive cassava pests in Vietnam, Cambodia and Thailand, In Drs. Makie Kokubun and Shuichi Asanuma, (eds.) *Crop Production under Stressful Conditions: Application of Cutting-edge Science and Technology in Developing Countries*, Springer, forthcoming