

国名	持続的食料生産のための乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックスの開発
メキシコ合衆国	

I 案件概要

事業の背景	メキシコにおける園芸作物の主要生産地域の一つである南バハ・カリフォルニア州は、年間平均降水量が 150mm の乾燥地帯であり、この地域の農業生産は地下水を水源とする灌漑に依存していた。しかしながら、近年の過剰な取水により地下水位が低下し、一部地域では灌漑用水の不足が生じ始めていた。さらに、総溶解固形物が 1,500mg/l ² を超える地下水が、同州の水資源の約 19% を占め（国家水委員会、2010 年）、こうした地下水を農業用水として使用することによって、土壌の塩性化が進行していた。これらの地域では、持続的な食料生産の実現に向け、水資源の効率的利用および土壌塩性化の緩和策が求められていた。これらの課題に対応するため、すでに研究・実用化が進められていた「アクアポニックス」を発展させ、塩分濃度の高い水資源を効率的に利用できる乾燥地向けシステムを確立することが期待されていた。		
事業の目的	本事業は、南バハ・カリフォルニア州において、塩分を含む水を利用した養殖および栽培技術の確立により、それを利用した養殖・農業結合システムの開発を図り、もってメキシコの乾燥地域における水資源の効率的利用および土壌塩類化の改善に寄与することを目指す。		
	1. 想定された上位目標：なし 2. プロジェクト目標：塩分を含む水を利用した養殖・農業結合システムが構築される。		
実施内容	1. 事業サイト：南バハ・カリフォルニア州 2. 主な活動：①塩分を含む水を利用した養殖技術の確立、②塩分を含む水を利用した栽培技術（水耕および露地栽培）の確立、③養殖・農業結合システムに適した電源の最適化、④養殖・農業結合システムにおける衛生微生物学的安全性評価技術の確立、⑤塩分を含む水を用いた養殖と農業の結合技術の確立、⑥実証サイトにおける技術検証の結果をモデルシステムに反映させ、普及可能な要件を明らかにすること。 3. 投入実績 日本側 (1) 専門家派遣：14 人 (2) 研修員受入：26 人 (3) 機材供与：アクアポニックスシステム、分光光度計、イオンクロマトグラフィー装置、ヘリオス遺伝子銃システム、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）システム、ピックアップトラック、発電機、太陽光発電システム (4) 現地業務費：管理費		
	相手国側 (1) カウンターパート配置：55 人 (2) 施設・機材：事務室、実験室、実験機器、施設 (3) 現地業務費：光熱水費、研究者のメキシコ国内旅費および日当、維持管理費		
事業期間	(事前評価時) 2015 年 4 月～2020 年 3 月 (60 カ月) (実績) 2015 年 5 月 7 日～2020 年 5 月 6 日 (60 カ月)	事業金額 (日本側のみ)	(事前評価時) 373 百万円 (実績) 329 百万円
相手国実施機関	メキシコ北西部生物学研究センター（CIBNOR）		
日本側協力機関	国立大学法人鳥取大学、国立大学法人東京海洋大学		

II 評価結果

【留意点】

本 SATREPS 事業では、事業デザインにおいて、上位目標は設定されていなかった。そのため、本事後評価においては、終了時評価で想定された社会実装に向けた取り組みを、期待されたインパクトとして評価することとした。科学技術振興機構（JST）の事業完了報告書によると、本 SATREPS 事業の研究成果活用グループは、本 SATREPS 事業で開発された露地栽培結合型アクアポニックス技術をメキシコの南バハ・カリフォルニア州で普及するための要件について検討を行っていた。したがって、本事後評価では、本 SATREPS 事業で開発された露地栽培結合型アクアポニックス技術の普及状況を社会実装の一環として検証した。

1 妥当性/整合性
<妥当性> 【事前評価時のメキシコ政府の開発政策との整合性】 本事業は、事前評価時点におけるメキシコの開発政策と整合性が高い。メキシコ政府は、「国家開発計画」（2013 年）に基づき、「農業・漁業・食料開発プログラム」（2013 年～2018 年）を策定した。同プログラムでは、「水資源の利用効率の最大化」や「イノベーション・応用技術開発および普及サービスの改善」などを改革の柱として掲げ、農業、畜産業、漁業および養殖業における持続的な活動の促進に向けた戦略を示していた。 【事前評価時のメキシコにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、事前評価時点におけるメキシコの開発ニーズと整合性が高い。南バハ・カリフォルニア州は主要な農業生産地域

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。

の一つであり、乾燥した気候と灌漑への依存を特徴としていた。しかし、過去には地下水の過剰な取水により一部地域で地下水位の低下が生じ、灌漑用水の不足が発生していた。また、総溶解固形物が 1,500mg/l² を超える地下水が州の水資源の約 19% を占めており、こうした地下水を農業用水として利用することにより、土壌の塩類化などの問題を引き起こしていた。 【事業計画/アプローチの適切性】 本事業の計画/アプローチは適切である。本SATREPS事業で開発された技術の普及を促進するため、パイロットサイトにおいて社会的脆弱者層を対象とした研修活動²が実施された。 また、事業計画/アプローチに起因する課題は確認されなかった。 【評価判断】 以上より、本事業の妥当性は③³と判断される。
＜整合性＞ 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】 本事業は、事前評価時点の日本の「対メキシコ合衆国別援助方針」（2014年）と整合している。同方針には、「気候変動対策能力強化（科学技術協力の推進）」と題するプログラムが掲げられており、メキシコに対して、大気汚染、気候変動、森林減少などの生物多様性・環境分野の課題への対応能力を強化する支援を目的としていた。さらに、2013年には、日本およびメキシコ両国の首脳により、「日・メキシコ21世紀における戦略的グローバル・パートナーシップ強化のための共通ビジョンと行動計画」（日墨共同声明）が署名され、両国間の協力関係を一層強化することが確認された。 【JICA他事業・支援との連携/調整】 事前評価時および事業実施中において、本事業とJICAの他の事業との連携/調整は、明確に計画されていなかった。 【他機関との連携/国際的枠組みとの協調】 事前評価時および事業実施中において、本事業と他機関との連携/協調は、明確に計画されていなかった。 【評価判断】 以上より、本事業の整合性は②と判断される。
【妥当性・整合性の評価判断】 以上、本事業の妥当性及び整合性は③と判断される。
2 有効性・インパクト
【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】 事業完了時までに、プロジェクト目標は計画どおりに達成された。「乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックス技術マニュアル」（技術マニュアル）がスペイン語、英語および日本語で作成された（指標1）。CIBNORに実証モデルが設置され、地方自治体職員、農家、その他関係者を対象とした合計38回の展示および実証活動が実施されるなど、積極的な普及活動が行われた（指標2）。一方で、予算上の制約等により、農家での実証試験区は1か所のみの実施にとどまった（指標3）。 【事業効果の事後評価時における継続状況】 事後評価時点で、本事業の効果は継続している。主要な研究成果の多くは、引き続き活用されていた。具体的には、①塩分を含む水を利用した養殖技術、②塩分を含む水を利用した栽培技術（水耕および露地栽培）、③養殖・農業統合システムにおける電力供給システム、④同システムにおける微生物学的品質管理手法、⑤塩分を含む水を利用した養殖と農業の結合技術、⑥本SATREPS事業で作成された各種マニュアルが含まれる。これらのうち、③および④を除く成果は、現在も活用されている。一方で、③および④については、初期投資費用および運転・維持管理費が高額であったことから、その継続が困難であった。 本SATREPS事業で開発された研究成果の社会実装に向け、CIBNORは継続して複数の研究事業を実施している。具体的には、「塩水の最適利用と効率化のためのモデルー 一方向型アクアポニックス・農業システムの導入」や、「メキシコ・バハ・カリフォルニア・スル州における農村コミュニティの食料戦略としてのアクアポニックスシステムの管理・運営に関する技術移転および研修」などの研究が実施された。 本SATREPS事業で供与された施設および機材の活用状況については、アクアポニックスシステムや分光光度計などを含むすべての機材が、CIBNORの研究者により、継続的かつ効果的に使用されている。さらに、これらの施設および機材は、技術研修や研究滞在に参加する学生、および国内外の高等教育機関からの学術交流学生にも利用可能な形で提供されている。他方、本SATREPS事業の研究活動の一環として、2018年7月にバハ・カリフォルニア・スル州エヒード・サンフアン・デ・ロス・プラネスにおいて、CIBNORは協力農家との間で、アクアポニックスに関する共同活動を開始した。合意書によれば、アクアポニックスの活用目的を事業完了の18か月前に再評価することとされていたが、2022年11月に協力農家が協力関係の終了を通告し、敷地の長期占有を理由に、事業で設置した施設・機材の撤去および太陽光パネルの補償または譲渡を要求した。しかしながら、CIBNORは公的機関であるため、機材を譲渡することはできず、両者の間で交渉が継続している。このような中、2024年末から2025年初頭にかけて協力農家の活動再開に向けた取り組みが行われており、現在も合意形成に向けた追加協議が予定されている。 【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】 事後評価時点までに、上位目標は計画どおりに達成された。本SATREPS事業社会実装としては、露地栽培結合型アクアポニックス技術に関するガイドラインが一般公開されており、また本事業の研究成果を活用したワークショップを通じて普及が進められている。さらに、CIBNORを含む複数の機関が支援する、「カリブ地域における食料安全保障と福祉のための強靱な養殖事業」（2018年～2024年）の枠組みのもと、ドミニカ、グレナダ、セントクリストファー・ネイビス、トリニダード・トバゴなどの参加国向けに、本SATREPS事業で開発された技術を応用するための研修が実施された。 【事後評価時に確認されたその他のインパクト】 事後評価時点において、いくつかの正のインパクトが確認された。本SATREPS事業では、地域社会および生産者の環境的および社会経済的ニーズに合わせて、塩分を含む水を利用し、安全な食料を生産するための技術パッケージが開発された。これらの取組みは、競争力および持続可能性の向上に寄与し、自家消費、自営、雇用の機会創出を通じて、所得と生活水準の向上、さらには社会的結束の促進に繋がっている。また、本SATREPS事業は、塩分を含む水を効率的に管理・利用し、再生可能エネ

² 水産養殖およびアクアポニックス分野において、システムの構成要素や水循環の仕組みといった初心者向けの基礎的技術概念から、収穫管理に至るまでの内容を対象とした研修が段階的に実施された。

³ ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

ルギーを取り入れ、持続的な農業を支援する養殖・農業結合システムの導入を通じて技術的課題に対応するもので、すでに地域クラスターへの導入および拡大が可能な段階に達している。さらに、本SATREPS事業は、安全な食料生産、水資源管理、再生可能エネルギーの利用に関する情報と知見も生み出し、地域社会の生活の質の向上に寄与している。その成果として、養殖・農業セクターの国内総生産（GDP）および競争力の向上、国内外での学術論文の増加、専門家の育成、および教育教材の出版などが挙げられる。なお、研究能力の向上の面でも成果が見られ、本SATREPS事業に関連して30編を超える研究論文が発表され、3名の研究者が修士号、5名が博士号を取得した。

本事後評価において、本SATREPS事業による自然環境への負の影響は確認されなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは③と判断される。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績	情報源
プロジェクト目標 塩分を含む水を利用した養殖・農業結合システムが構築される	(指標 1) 技術マニュアル（スペイン語、英語、日本語）が作成される	達成状況（継続状況）：計画どおり達成（継続） (事業完了時) - 「乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックス技術マニュアル」が、スペイン語、英語および日本語で作成された。 (事後評価時) - 同技術マニュアルが継続して使用されている。	CIBNOR からの回答
	(指標 2) 養殖・農業結合モデルシステムの実証・展示が行われる	達成状況（継続状況）：計画どおり達成（継続） (事業完了時) - CIBNOR に実証モデルが設置され、積極的な普及活動が実施された。事業期間中には、地方自治体職員、農家、その他の関係者を対象として、合計 38 回の展示および実証が行われた。 (事後評価時) - 本事業の研究成果を活用し、「メキシコ-CARICOM-FAO 気候変動への適応と強靱性向上のための協力イニシアティブ」（2018 年～2024 年）の枠組みの下で、露地栽培結合型アクアポニックス技術の普及がワークショップを通じて進められた。 - 「カリブ地域における食料安全保障と福祉のための強靱な養殖プロジェクト」（2018 年～2024 年）は、CIBNOR、国立養殖・漁業研究所、国立養殖・漁業委員会の南南協力により実施され、本 SATREPS 事業で開発された技術を活用した研修プログラムが含まれていた。	CIBNOR からの回答
	(指標 3) 少なくとも 1 箇所の実証サイトにおいて養殖・農業結合システムが稼働する	達成状況（継続状況）：おおむね計画どおり達成（継続） (事業完了時) - 予算上その他の制約により、農家での試験区は 1 か所のみの実施にとどまった。 (事後評価時) - 事業完了後、別の地点において養殖・農業結合システムが新たに設置された。	CIBNOR からの回答

3 効率性

事業費及び事業期間は計画内に収まった（計画比：それぞれ 88%、100%）。事業費が計画内に収まった理由は、気温上昇やハリケーンなど気候変動に関連する外的要因により、一部の活動が中止または変更を余儀なくされたためである。ただし、これらの変更はアウトプットに影響を及ぼすものではなく、アウトプットは計画どおり産出された。

	事業金額（日本側の支出のみ、円）	事業期間（月）
計画（事前評価時）	373 百万	60 ヲ月
実績	329 百万	60 ヲ月
割合（%）	88%	100%

以上より、効率性は④と判断される。

4 持続性

【政策面】

「国家開発計画」（2025年～2030年）は、持続可能な社会の構築を目指す中長期的な政策枠組みとして位置づけられている。同計画では、社会的包摂、環境保全、地域格差の是正、食料安全保障、水資源管理といった国家的な優先課題が明確に示されている。これらの目標を具体的に実現するための仕組みとして、「国家戦略プログラム」（2025年～2030年）が設けられている。同プログラムは、国家開発計画の重点分野に対応する10のテーマ別プログラムで構成されており、本SATREPS事業と関連するものとしては「水」および「食料主権」が含まれている。したがって、政策面から見た本SATREPS事業の特性は高いと考えられる。

【制度・体制面】

CIBNORにはアクアポニックスに特化した研究部門が設置されており、技術スタッフ31名および研究者34名で構成され、事業実施時と同水準の人員数を維持している。当該部門では、本SATREPS事業の成果を基盤として、研究および現場活動を継続的に活用・発展させている。また、CIBNORはバハ・カリフォルニア・スル自治大学（UABCS）をはじめ、国内外の大学および研究機関と連携し、研究成果の普及を推進している。

研究施設および機材の運転・維持管理について、CIBNOR内の電子機器保全部門が、同機関のすべての研究機器および付属品（JICA供与分含む）、一部を除き維持管理が行われている。維持管理が難しい事例として、2021年に発生したハリケーンにより水耕栽培モジュールおよび土耕栽培モジュールがいずれも深刻な損傷を受け、現在も更新には至っていない。また、現地協力農家の敷地に設置された機材および施設についても課題があり、土地所有者がCIBNOR職員の立ち入りを許可していないため、保守作業の実施が不可能な状況となっている。 職員数は概ね十分と考えられるものの、機器の維持管理に関して課題を抱えており、その解決の見通しは現時点では立っていない。 【技術面】 CIBNORではアクアポニックスに関する研究事業を継続しており、これまでの取り組みを通じて知識および技術の向上を進めている。その結果、研究の質を高めるための持続的な改善プロセスが確立された。このプロセスの下、技術者および研究者は、研究活動のみならず、地域生産者への技術移転や研修の実施、さらには国内外の学術イベントへの参加を通じて、実践的な経験を積み重ねている。直近の例として、2025年11月には「第17回国際養殖栄養シンポジウム」の開催機関の一つを務める予定である。また、本事業完了後も日本人研究者との緊密な連携が維持されている。研究を一層発展させるため、CIBNORは2025年度のSATREPSプログラムに企画書を提出しており、採択された場合には、日本人研究者との協働の機会がさらに拡大し、中長期的にCIBNOR研究者の研究能力向上が図られることが期待されている。 これらの一連の活動は、CIBNOR職員にとってオン・ザ・ジョブ・トレーニング（OJT）のような実践的な学習の機会ともなっており、現場での経験を通じて知識を深め、技能を高める貴重な場となっている。以上より、技術面の持続性は高い。 【財務面】 CIBNORは毎年、一定額の予算を受け取っているものの十分とは言えない。「2. 有効性・インパクトの【事業効果の事後評価時における継続状況】」にて言及したとおり、機材の処遇を巡る補償問題により、協力農家に対する賠償金を支払えない状況が生じ、CIBNORが財政難に陥っていることを表している。また、ハリケーンの発生による研究機材の更新も、資金不足および機材費の更新に至っていない。一方、CIBNORの研究者は民間企業や海外の大学・研究機関からの資金支援を継続的に申請している。例えば、日本の研究者との連携の下、2025年度のSATREPSプログラムに共同研究提案書が提出されている。 【環境・社会面】 環境・社会面の問題は確認されず、対応策を講じる必要はなかった。 【評価判断】 以上より、制度・体制面および財務面に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は②と判断される。	5 総合評価 本事業は、塩分を含む水を利用した養殖・農業結合システムの構築というプロジェクト目標を達成し、研究成果を集約したアクアポニックス技術ガイドラインの策定および露地栽培結合型アクアポニックス技術の普及活動も実施された。持続性については、制度・体制面および財務面に課題が見られるが、社会実装に向けた取り組みには、政策的な後押しがあり、関係機関の研究能力の向上が継続的に図られている。 以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高い。
---	---

III 提言・教訓 実施機関への提言： - CIBNOR 内の電子機材は適切に維持管理されているものの、2022 年および 2023 年のハリケーンにより水耕栽培モジュールが深刻な損傷を受け、予算上の制約から修復されない。したがって、CIBNOR が自然災害の発生に備え、予防措置および緊急対応計画を策定することが推奨される。 - 土地所有者（協力農家）が一方的に CIBNOR との協力関係を終了したことにより、法的調停手続きが発生している。この問題は、契約書類の内容に曖昧な点があったことに起因するため、CIBNOR は今後の事業において同様の問題を防止するため、所有権・管理責任・運用責任を明確に定義した標準的な契約書雛形を事前に作成することが推奨される。 JICA への教訓： - 研究成果のうち、電源供給システムおよび微生物学的安全管理手法については、初期導入費および維持管理費が高額であったため、活用が継続されていない。研究成果の活用という観点からは、JICA は単に技術を開発するだけでなく、設計段階において、農家などの地域利用者が長期的かつ持続的に技術を運用できるようなコスト構造および維持管理の仕組みを併せて検討することが重要である。 - JICA は、所有権、管理責任および撤去条件を明確に規定した標準契約モデルを策定・共有し、各事業においてその活用を促進することが望まれる。こうした標準化の取り組みは、農業、水産、再生可能エネルギーといったさまざまな分野において、事業運営の透明性向上およびリスク低減に寄与する。
--