

0. 要旨

本事業はタイにおいて、分子育種技術、借り腹技術¹、感染症防除技術、魚粉代替飼料、危害因子検出・低減技術の5つの領域で研究を行い、その相互補完によって新しい養殖技術を開発することを目的としたものである。これはタイの開発政策、開発ニーズ、および日本の援助政策に合致しており、事業の妥当性は高い。5つの領域すべてにおいて、計画に沿って研究成果があげられた。開発された技術は対象魚種で試され、共同研究の結果、研究者の能力向上、研究成果の公表も実現した。さらには、研究成果の実用化に向けた取組みが開始され、疾病診断サービスの実施、魚粉代替飼料の生産・販売といった社会実装も実現している。この他、流行していたエビの病気の診断法がいち早く開発されて国内外で承認されたり、農家・民間企業の科学リテラシーが向上したり、といった正のインパクトも複数確認された。よって、有効性・インパクトは高い。事業期間、事業費は成果に見合ったものであったと判断し、効率性は高いとした。持続性については、持続的で高品質な養殖技術の開発とその社会実装に向け、政策・政治的関与、制度・体制、技術、財務のすべてにおいて十分であり、高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



水産局での供与機材を使った研究の様子
(左：卓上型遠心分離機、右：窒素蒸発装置)

1.1 事業の背景

水産業はタイの基幹産業の一つであり、日本は輸出相手国として極めて重要なパートナ

¹ 親魚の養成方法が確立されている魚種を代理の親魚として、種苗生産を目指す魚種の配偶子を作り出す技術。

一であると同時に、タイが水産物の品質向上と安全性を高めることは、日本にとっても重要な課題であった。2000 年代初めまで水産物の主要生産品であった在来種のブラックタイガーは、生産性の低さと病気の大量発生リスク等により生産量が著しく減少し、外来種であるバナメイエビに取って代わられていた。バナメイエビについても魚病が大きな問題となっており、病気への耐性が強く成長の早い魚介類の育種技術の向上が重要となっていた。東南アジアにおける養殖の主流は、安価なティラピア、コイ、ナマズ、バナメイエビ等であったが、さらなる増産と輸出拡大を目指すためには、これらの安価な養殖種の量的拡大を目指すだけでは不十分であり、市場性が高い魚介類を対象とした新しい養殖システムを構築する必要があった。しかしながら、市場性の高い魚介類を対象とした飼料開発、種苗生産への民間企業の投資は、その負担が大きく進んでおらず、公的機関による主導が必要であった。このように、養殖事業者や農家の生産意欲を向上させ、養殖による生産性・経済性を安定化するための技術の開発が求められていた。

1.2 事業の概要

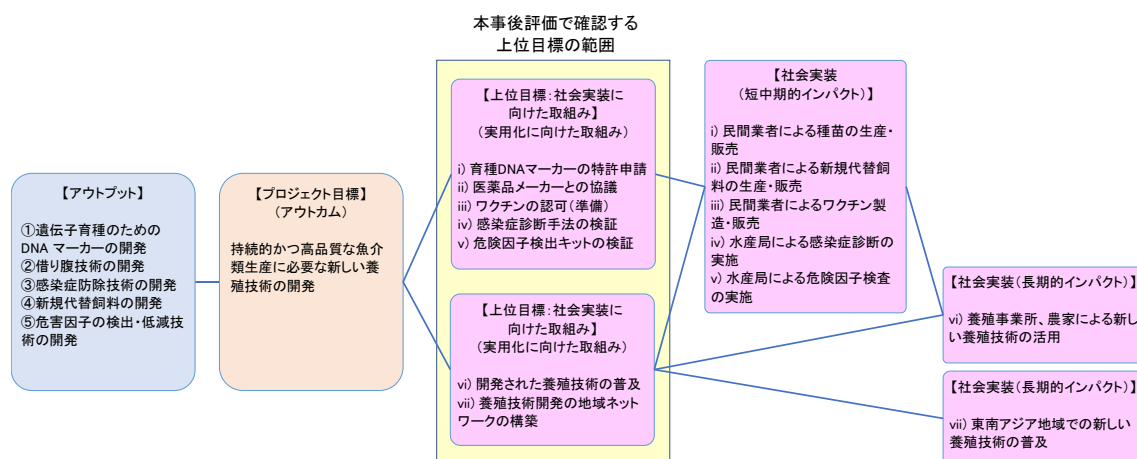
上位目標		設定なし。
プロジェクト目標		持続的かつ高品質な魚介類生産に必要な新しい養殖技術が開発される。
成果	成果 1	遺伝子育種のための DNA マーカーが開発される。
	成果 2	借り腹技術を利用した育種技術基盤が構築される。
	成果 3	魚介類感染症防除技術が開発される。
	成果 4	養殖用新規代替飼料が開発される。
	成果 5	養殖システムにおける危害因子を検出・低減させる技術が開発される。
日本側の事業費		408 百万円
事業期間		2012 年 5 月 ～ 2017 年 5 月
事業対象地域		バンコク、クラビ県、チョンブリー県、ペッチャブリー県、ソンクラーク県、ナコンシタラマート県、ナコンラチャシマー県
実施機関		農業協同組合省水産局、カセサート大学水産学部・理学部、チュラロンコン大学理学部、ワライラック大学農業工学研究所
その他相手国協力機関など		スラナリー工科大学 ²
わが国協力機関		東京海洋大学、国際農林水産業研究センター、水産研究・教育機構
関連事業		【技術協力】世界戦略魚の作出を目指したタイ原産魚介類の家魚化と養漁法の構築（2019 年～2024 年）

本事業では研究領域ごとに成果が 5 つ設定されていた。成果 1 は養殖に有用な形質に関

² スラナリー工科大学は協力機関としての位置付けであったが、事後評価では実施機関と同様に情報を確認し、分析する。

する DNA マーカーを開発し、そういった形質を持つ個体識別を選別して飼育する分子育種技術の開発である。成果 2 の借り腹技術は、成熟が早く丈夫な魚種のお腹を借りて別種の高級魚の卵を育てるもので、親魚の小型化と成熟期間短縮が可能となり、有用形質の選抜育種を可能にするものである。また、遺伝子資源の保存が可能になる。成果 3 はワクチンなどの感染症防除技術の開発であり、耐病性の高い家系作出（成果 1）と両輪となって養殖の魚病対策を狙ったものである。成果 4 の養殖用の新規代替飼料は、代替タンパク質を配合した飼料を開発し、天然資源である魚粉の使用を減らして生態系保全を狙うものである。成果 5 は食品としての安全性を確保するための飼料や養殖池中の危害因子の検出・低減技術の開発である。このように、商品価値が高くて（成果 1、成果 3）安全な品種（成果 5）を、より短期間・省スペースで産卵・飼育する（成果 2）ことで「高品質」な養殖生産を可能とする。また、魚粉利用に依存しないことで（成果 4）養殖生産を「持続的」なものとする。したがって、相互に関連する課題に対応するため、これらの要素が相互補完的に働くことで、プロジェクト目標の「持続的かつ高品質な魚介類生産に必要な新しい養殖技術が開発される」につながる。

上位目標は設定されていなかったが、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の終了評価報告書では、上位目標は「生産者の生産意欲向上が期待される新しい魚介類産業化への応用技術（死の谷を越える技術）が確立され、東南アジアに世界の新たな食糧庫ができあがる」と記載されていた³。SATREPS 事業では、研究者に対して事業期間に求められているのは「社会実装の道筋」を付ける段階までであることに鑑み、事後評価では、この目標の前半部分（応用技術の確立）に着目し、事業完了後に「社会実装への取組みが行われる」を上位目標として設定した。具体的には、研究成果の社会実装に必要な 7 項目を想定した。プロジェクト目標達成後の効果発現の道筋を下図のとおり整理した。



出所：評価者作成。

図 1 本事業の効果発現のロジック（成果～長期的インパクト）

³ 東京海洋大学（2017）「次世代の食糧安全保障のための養殖技術研究開発終了報告書」。

1.3 終了時評価の概要

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

プロジェクト目標は達成されたと判断された。計画された研究活動はほぼ予定どおりに進捗し、特筆すべき成果も報告された。タイ側研究者も研究に必要な先進の知識と技術を習得し、共同論文の執筆も進んだ。他方、9つの対象魚種のうちすべての技術開発が行われたのは1つであり、さらなる技術の統合・完成が必要であるとの指摘があった。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

JICAの終了時評価では上位目標の設定はなかった。社会実装の取組みが部分的に進められていることが報告された。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

以下の事項が提言された。

- (1) 「次世代の食糧安全保障のための養殖技術」の姿の明確化と共有
- (2) 研究項目ごとの進捗状況の把握と今後の社会実装の見通し
- (3) 知的財産権に関する議論
- (4) 事業実施により構築されたネットワークの活用
- (5) 研究成果の広報及び普及
- (6) 周辺国への技術支援

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

野口純子（一般財団法人国際開発機構）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2021年7月～2023年1月

2.3 評価の制約

新型コロナウイルスの感染拡大により、予定していた現地調査は中止し、現地調査補助員を通じた遠隔調査に切り替えることとなった。一部実施機関では施設内への立入りができず、対面でのヒアリング及び観察による情報収集ができなかった。このため、質問票に加えてオンラインでのヒアリングに切り替えて対応した。

3. 評価結果（レーティング：A⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

本事業とタイの開発政策との整合性は事前評価時から事業完了時まで一貫して高い。

「第10次国家経済・社会開発計画（NESDP）」（2007年～2011年）では、知識とイノベーションを基盤とした価値創造が開発に向けた戦略の一つとして掲げられていた。

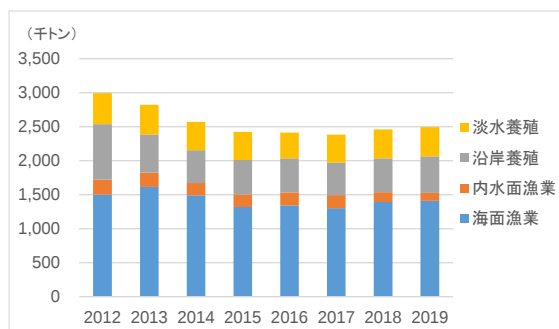
「第11次 NESDP」（2012年～2016年）では、収益性の高い養殖業の開発と養殖業の生産コストを削減する技術開発の重要性が言及されていた。「第12次 NESDP」（2017年～2021年）でも、生産・サービス分野の競争力強化のために、市場の需要に合った農家支援、持続的な漁業生産システム、生産工程における新技術・機材を利用した研究開発の実施が挙げられていた。加えて、タイ政府は「Kitchen of the world（世界の台所）」計画でも食料の増産と輸出産業化を目指すことを表明している。

水産分野の基本政策となる水産局の「戦略計画」（2009年～2012年）では、①養殖による生産量の増加、②養殖魚を活用した水産物の品質向上、③養殖による水産資源の増加、④養殖に関する研究開発の強化、が養殖分野における主要課題とされた。「戦略計画」（2013年～2016年）（2017年～2021年）でも同様であり、水産資源管理による漁業資源の持続性と多様性の維持といった視点が加わった。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

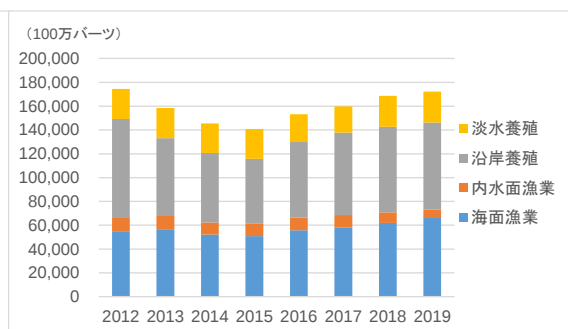
本事業とタイの開発ニーズとの整合性は事前評価時及び事業完了時ともに高い。

タイ国内の一人当たりの年間魚介類消費量は 33.7kg（2016年）であり、2012年から2016年まで前年比で平均して 11%増加していた⁶。その一方で、漁業・養殖生産量は2012年の299万トンから2017年の238万トンまで減少傾向にあった（図2）。同期間の養殖生産量は127万トン、88万トンであり、同様に減少していた。生産量全体に占める養殖生産の割合も同期間で43%から37%まで大きく減少していた。漁業・養殖生産金額で見



出所：Fisheries Statistics of Thailand 2019.

図2 タイの漁業・養殖生産量



出所：Fisheries Statistics of Thailand 2019.

図3 タイの漁業・養殖生産額

⁴ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁶ 水産局からの質問票回答。

ると、2012 年は 1,743 億バーツであったのが 2017 年は 1,597 億バーツであった（図 3）。同期間の養殖生産金額は 1,083 億バーツ、912 億バーツであり、全体の金額に占める割合はそれぞれ 62%、57%であった⁷。

漁業生産量が減少している一方で、輸出は増加していた（2012 年は 728 億バーツ、2018 年は 1,901 億バーツ）。国内消費量の増加に漁業生産が追いついていない状況でも輸出金額が増加していることから、タイの魚介類の輸出と国内消費の両方のニーズは大きなものであったと考えられる。特に、生産量、金額ともに減少傾向が大きかった養殖生産については、市場価値や耐病性を向上させることにより、高品質で効率的な漁業生産が求められていた。また、養殖を含む経済活動により、マングローブ、サンゴ礁、海草などの主要な生態系が脆弱化していることが指摘されていたことから、生態系の維持・改善を伴った養殖生産の必要があった。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

本事業と事前評価時における日本の援助政策との整合性は高い。

タイに対する協力の基本姿勢は、対話重視、相互利益等に特徴づけられるパートナーシップに基づく協力関係の構築であった。技術協力の重点分野の一つは「持続的成長のための競争力強化」となっていた。本事業は、タイの主要輸出品である魚介類の生産性と安全性の向上を目指したことから、同分野に合致していたと判断する。

以上より、本事業の実施はタイの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 有効性・インパクト⁸（レーティング：③）

3.2.1 有効性

3.2.1.1 成果達成度

（1）成果 1

DNA マーカー開発に関する研究はすべての対象魚種において行われた。特に大きな成果として、タイガーグルーパー（ハタ科の魚で、和名はアカマダラハタ）、ハイブリッドグルーパーの DNA マーカーがそれぞれ 11 個、2 個開発された。また、家系分析として、グルーパー類の有用な DNA マーカーから 9 つ遺伝子座が得られ、高成長形質の評価が進められた。タイガーグルーパー、ジャイアントグルーパー（ハタ科の魚で、和名はタマカイ）についてそれぞれ 183DNA マーカー、130DNA マーカーの示す遺伝子連鎖地図⁹が作成された。グルーパー類の遺伝子連鎖地図の作成は世界初の事例であり、大きな成果であった。これにより、タイガーグルーパーの 3 家系、ハイ

⁷ Ministry of Agriculture and Cooperatives of Thailand (2021) “Fisheries Statistics of Thailand 2019.”

⁸ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

⁹ 染色体上の遺伝子の位置を示した地図。

ブリッドグループの1家系が作出された。クルマエビ類についても、バナメイエビとブラックタイガーの家系分析用にDNAマーカーがそれぞれ7つ、5つ得られ、ブラックタイガーについては高成長・耐病性の家系が作出された。このほかにもアジアシーバスのDNAサンプルを用いて遺伝子座が同定され、低酸素耐性・バクテリア耐性・高成長形質を同定するための家系分析が行われた。

指標として設定された開発DNAマーカー数、作成連鎖地図の数、開発家系の数のいずれも計画を超えており、成果1は達成された。

(2) 成果2

借り腹技術はタイ側にとって新規の研究であった。成熟するまでに7～8年を必要とするジャイアントグループ¹⁰とメコンオオナマズ¹¹に対象を絞って、ドナー細胞調整法の構築、適切なレシピエント種の探索、移植操作及びその周辺技術（移植細胞追跡等）について研究が実施された。借り腹技術が確立できれば、親魚の小型化、成熟期間短縮による有用形質発現家系の選抜育種の効率化、生殖細胞凍結により遺伝子資源の保存が可能になる。本事業ではこのうち、ドナーとレシピエントとの組合せの範囲を明らかにすることが目指された。ジャイアントグループ（ドナー）とタイガーグループ（レシピエント）、メコンオオナマズ（ドナー）とカイヤン（レシピエント）の組合せについて細胞移植法とその周辺技術が開発された。

指標として設定されていた細胞移植法の確立、レシピエント種の開発、ドナー・レシピエントの関係の確立のいずれも達成されており、成果2は達成された。



屋内の研究用水槽（借り腹技術の研究）
（スラナリー工科大学）

(3) 成果3

成果3の感染症防除技術の研究では、グループ類、アジアシーバス及びクルマエビ類が対象とされた。ブラックタイガー及びクルマエビの2魚種でマイクロアレイ¹²が構築され、6魚種（ジャイアントグループ、タイガーグループ、アジアシーバス、ブラックタイガー、バナメイエビ、ナイルティラピア）の遺伝子カタログが作成された。また、耐病性を持つエビ類の遺伝子発現プロファイリングが得られ、ブラックタイガーの11種類の免疫遺伝子候補のカタログが作成された。さらに、腸炎ビブ

¹⁰ グルーパー類はメスとして性成熟した後オスに性転換を行うため、成長が遅いことが知られている。ジャイアントグループは成熟までに7～8年かかるが、同じハタ科のタイガーグループは2年程度で成熟する。

¹¹ 全長約200センチで希に300センチ、体重300キロまで成長する、世界最大の淡水魚の一つ。

¹² DNAマイクロアレイは細胞内の遺伝子発現量を測定するために、多数のDNA断片をプラスチックやガラス等の基板上に高密度に配置した分析器具のこと。

リオとホワイトスポット病原因ウイルス (WSSV) のワクチンが開発された。本事業開始後に、タイを含む東南アジアや中国のエビの養殖場で早期死亡症候群 (EMS) と言われる腸炎ビブリオ由来の急性肝臓壊死症 (AHPND) が発生し、大きな問題となった。急遽、タイ側からの要請を受けて、この病気へ対応する研究が本事業に加えられた。EMS/AHPND



グルーパー、アジアシーバスの飼育
(クラビ沿岸水産研究開発センター)

を引き起こす最新のゲノム解析が行われ、ポリメラーゼ連鎖反応¹³ (PCR) テストによる診断手順が開発された。この手順は 2014 年に水産局の標準手続きとして採用されたほか、2016 年 9 月に国際獣疫事務局 (OIE) の標準手法として採用された (コラム 1)。グルーパー類とアジアシーバスについては、多数の免疫関連遺伝子が同定された。ナイルティラピアについては、病原微生物ワクチン抗原候補 10 種が同定され、B 群溶血性レンサ球菌のワクチンが開発され、フィールド検証が実施された。

指標は、マイクロアレイの構築、免疫関連遺伝子カタログ化、ワクチン抗原候補のカタログ化、病原微生物のワクチンの開発、疾病防除管理法の開発であった。いずれも計画どおりか、それ以上の実績をあげており、成果 3 は達成された。

コラム 1 開発技術の迅速な採用に向けた工夫

タイはじめ東南アジア地域で EMS/AHPND が問題となってから、まずアリゾナ大学が病原微生物を特定し、それから診断法の開発競争がタイのマヒドン大学の研究グループ、台湾の成功大学の研究グループ、本事業の研究グループ (水産局と東京海洋大学) で始まった。検査方法の開発に成功したのは 3 グループがほぼ同時期であったが、その成果を公式に研究論文として発表したのは本事業の研究チームが先であった。本事業の研究チームは、競争相手に査読が回る可能性があること、時間をより要することから、投稿先を国際雑誌ではなく、日本の雑誌 (日本魚病学会の *Fish Pathology*) としたのが功を奏したといえる。OIE の水産部会は定期的に会合を開催し、各国から感染症発生状況について情報を収集している。EMS/AHPND は発生後、急速に世界に拡大したため、OIE はこれを指定感染症とした。OIE で EMS/AHPND の診断法について議論が行われ、3 グループ全ての診断法が標準法として採用された。

出所：東京海洋大学ヒアリング結果を基に作成。

(4) 成果 4

成果 4 の養殖用の新規代替飼料は、天然資源である魚粉使用を減らして生態系保全を狙ったものである。研究対象はバナナエビ、バナメイエビ、タイガーグルーパーであった。バナナエビの親魚の飼料が試作された。タンパク源の代替として複数の選択肢が選定され、給餌試験を経て試作飼料が開発された。バナメイエビの代替飼料は植物性タンパク質材料の最適な配合割合が設定された後、PCR 解析が行われた。タイガ

¹³ 薬液を用いて、検査したいウイルスの遺伝子を増幅させ検出させる検査方法。

ーグルーパーについても代替飼料が開発され、プロトタイプ（試作品）の評価が行われた。

指標である試作飼料と代替飼料が開発されたことから、成果 4 は達成された。

（5）成果 5

成果 5 は危害因子の検出・低減技術の開発であった。特に世界的に問題となっていたマラカイトグリーン¹⁴（MG）による汚染に対応するため、タイでは輸出対象魚介類について多大なコストと時間をかけて残留モニタリングが行われていた。しかしながら、国内流通用には十分ではなく、養殖池中の底泥への MG の蓄積が問題視されていた¹⁵。本事業では、飼料、飼育水、底泥からロイコマラカイトグリーン¹⁶（LMG）を検出するためのイライザ（ELISA）¹⁷検出法について検証が行われ、国際的な基準で実用可能であることが確認された。シーバスやタイガーグルーパーの養殖施設でのモニタリングの結果、同分析法は従来の検査法よりも 3 倍近いスクリーニング能力を発揮した。また、研究成果として、LMG の検出キットのプロトタイプが開発された。

指標である有害化学物質の検出キットプロトタイプ、化学物質汚染の低減技術の開発が行われたことから、成果 5 は達成された。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

プロジェクト目標「持続的かつ高品質な魚介類生産に必要な新しい養殖技術が開発される。」は終了時評価での判断同様、達成されたと判断する。上述のとおり、高成長・耐病性に関する DNA マーカーの開発により養殖に適した形質が明らかになり（成果 1）、成育期間を短縮させる借り腹技術の研究が進んだ（成果 2）。感染症診断・防除のための検査手法やワクチンが開発され（成果 3）、化学物質の検出・汚染低減の方法も開発されたことにより（成果 5）、食の安全を担保する飼育技術が強化された。さらには、魚粉を代替する飼料が開発されたことは（成果 4）水産資源の持続性につながる。これらの研究成果は相互補完し、相乗効果として養殖の品質と持続性を向上させるものである（プロジェクト目標）。終了時評価では、「次世代の食糧安全保障のための養殖技術」の姿の明確化と共有が提言されていた。事後評価で水産局、4 大学の研究者にこの定義を聞いたところ、食糧安全保障と本事業の研究の関連性、相互補完性について共通の理解を持っていたことを確認した。

プロジェクト目標の指標は、下表のとおり、①研究対象の魚種の数、②技術を習得した研究者の数、③研究成果が発表された文書の数、④研究成果が発表された会議等

¹⁴ 青緑色の有機色素で、かつて養殖で抗菌剤として広く使われていたが、発がん性が報告されてから使用が禁止された。地中に在留している MG による汚染が問題視されている。<https://www.jst.go.jp/seika/bt2018-10.html>（2022 年 1 月 10 日アクセス）。

¹⁵ JST 終了報告書, p.14.

¹⁶ マラカイトグリーンの代謝物。

¹⁷ 試料溶液に含まれる目的の抗原あるいは抗体を提供化する分析手法。ELISA は Enzyme Linked Immuno Sorben Assay の略。

の数であった。指標①については、終了時評価では、前述のとおり「すべての技術開発が行われた対象魚種は1つであり、さらなる技術の統合・完成が必要である」との指摘があったが、本事業の研究の申請の時点から各領域の研究発展に適した魚種が選定されており¹⁸、計画どおりの研究実績であった。指標②、③、④についても計画以上の達成度であった。

表1 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標：持続的かつ高品質な魚介類生産に必要な新しい養殖技術が開発される。	①新しい養殖技術が試される対象の魚介類の種類（少なくとも3種類）	達成 5つの研究領域で9種類（ジャイアントグルーパー、タイガーグルーパー、ハイブリッドグルーパー、アジアシーバス、ブラックタイガー、バナメイエビ、バナナエビ、ナイルティラピア、メコンオオナマズ）の対象魚種に対して新しい養殖技術の開発が試みられた。
	②新しい養殖技術を習得した研究者の数（少なくとも60%）	達成 終了時評価時点で93人のタイ側研究者のうち58人（62%）が本邦研修で先進の養殖技術を習得した。大半の研究者が習得・技術を活用し、継続する能力があると終了時評価で判断された。
	③学術論文、技術報告、指導教材、学会紀要、ニュースレターなどの数（少なくとも50）	達成 日タイ研究者の共同研究による論文は75編であった（うちタイ側研究者が筆頭著者となったのは35編）。技術報告、指導教材、ニュースレターは作成されていない。
	④研究成果を報告するワークショップ・セミナー等の開催数（少なくとも10回）	達成 研究成果を報告するセミナー11回、会議11回、シンポジウムやワークショップ等4回（計26回）が開催された。

出所：終了時評価報告書、水産局質問票回答。

以上より、プロジェクト目標は達成された。

3.2.2 インパクト

3.2.2.1 上位目標達成度

前述のとおり、本事業では上位目標は設定されていなかったため、事後評価ではプロジェクト目標で目指した養殖技術の開発に関する研究成果の社会実装に向けた取組みが行われることを上位目標として想定した。下表のとおり、本事業の研究成果に基づいて、社会実装に向けた取組みが開始されており、上位目標は達成されたと判断する。

①特許申請については、タイガーグルーパーの成長形質に関するDNAマーカーは知的財産として価値のあるもの、今後の産業に資するものと考えられ、日本側研究機関が中心となって特許申請が行われた。②民間企業との協議としては、ティラピアの

¹⁸ 東京海洋大学ヒアリング結果。JST向けの初年度の報告書から対象魚種は明記されている。

レンサ球菌ワクチンが開発され、事業期間中からフィールド検証とともに日本の動物用医薬品メーカーとの協議が開始された。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響から協議は中断されたが、同メーカーは後続の SATREPS 事業「世界戦略魚の作出を目指したタイ原産魚介類の家魚化と養漁法の構築」に参加しており、タイ側研究機関であるカセサート大学との関係は継続している。③のワクチン認可については、タイでは水産用ワクチンを承認するための規則がまだ設定されていないため、カセサート大学はそれに代わる業界基準（Good Manufacturing Practice: GMP）を満たす認証取得を目指している。④感染症診断手法の検証については、前述のとおり、本事業で開発された EMS/AHPND の診断法は水産局の標準手法となった。エビの個体だけでなく、研究施設の診断にも用いられている。同手法は、⑤危険因子検出キットとしても養殖池の水質や堆積物の検査にも活用されている。⑥開発技術の普及として主に、魚粉代替飼料の普及が民間企業や農家を対象として実施されている。プロトタイプの検証中に農家に提供されるケース、講義やセミナーの形で民間企業や農家に紹介されるケース、生産団体に試料作成方法が技術移転されるケース、等がある。大学が流通業者や農家に対して作成した飼料やワクチンを提供し、大規模な商用目的ではなく、研究の社会還元と研究資金の創出を図っているケースもある。⑦の地域ネットワークの構築に向けて、水産局は国際セミナーで研究成果を共有している。これらの取組みのうち継続中であるもの（②、⑥、⑦）は、実施機関が独自でまたは後続事業の中で継続されていることによる。



PCR テストによるエビの
EMS/AHPND の診断（水産局）

表 2 事後評価で想定した上位目標の達成度

項目	実績	関連成果
① 育種 DNA マーカーの特許申請	取組み継続中 2016 年、東京海洋大学、水産研究・教育機構は「成長性遺伝形質を有するアカマダラハタの識別方法」の国内特許を日本で出願し、登録完了済み。 2017 年、東京海洋大学と水産局は「成長性遺伝形質を有するアカマダラハタの識別方法」の国際特許を出願した。事後評価時点で審査請求前の段階。 2017 年、東京海洋大学と水産局は「成長性遺伝形質を有するアカマダラハタの識別方法」の台湾での特許を出願した。事後評価時点で拒絶対応中（特許付与に向けて修正対応中）。	成果 1
② 民間企業との協議	取組み継続中 2016 年からティラピアの B 型溶血性レンサ球菌感染症に対するワクチン市販化に向けて日本の動物用医薬品メーカーとの協議が開始された。COVID-19 の影響を受けて協議は中断しているが、同メーカーは後続事業に参加しており、タイでのワクチン販売を目指している。	成果 3
③ ワクチンの認可（準備）	取組み継続中 タイでは医薬品製造業で必要とされる基準（GMP: Good manufacturing	成果 3

項目	実績	関連成果
	Practice) に基づいた動物用ワクチン製造がまだ行われておらず、動物用ワクチンの公的登録制度がない。海外からのワクチンのみ登録される。カセサート大学の研究チームは、学部に GMP 部門を設立し、食品医薬品局 (FDA) の規定に従って魚類ワクチン登録に向けて FDA と連絡を取っている。研究チームは動物用ワクチン製造の GMP 認証取得に取り組んでいる。	
④感染症診断手法の検証	取組み完了 EMS/AHPND 診断法は水産局の標準手法として採用された。水産局のラボラトリーの診断マニュアルにエビの EMS/AHPND 診断法が加わった。	成果 3
⑤危険因子検出キットの検証	取組み完了 エビの EMS/AHPND 診断法は、エビの個体だけでなく、感染した個体の選別・疾病予防を目的として水質や堆積物の検査にも適用されている。これにより、個体感染を以前より防止できるようになった。	成果 5
⑥開発された養殖技術の普及	取組み継続中 - 事業期間中にプーケット県タラーン郡において、エビの魚粉代替飼料の養殖業者へ紹介が行われた。 - 事業完了後、農業研究開発機構 (ARDA) からの助成と後続事業で、チュラロンコン大学が rALFPm3 添加の飼料を生産している (商業用ではない)。 - 事業期間中に日本側研究者の助言を受けながら、カセサート大学はウボンラチャタニ大学と共同で、農家に魚のワクチン使用や抗生物質の環境・人体への影響に関する研修を行った。ウボンラチャタニ大学はその後ワクチン開発についての講義を実施するようになった。 - 水産局は社会実装に向けて以下のセミナーを実施した：①パンガー県沿岸養殖研究開発センター (CARD C) による、魚粉に代わるグルーパー代替飼料の生産方法 (2018 年～2019 年、チャイパッタナ財団対象)。グルーパーの市場は小さく民間企業は関心を示さないため、NGO へ技術移転を行った。②グルーパー養殖と飼料管理 (2018 年、プーケット県のグルーパー養殖農家対象)。③エビと周辺環境の EMS/AHPND 診断手法 (2018 年～2019 年、水産局ラボラトリー対象)。 - ワライラック大学は、2017 年、プロバイオティクス製剤を製造・販売するため事業部門を設立した。	成果 3、4
⑦養殖技術開発の地域ネットワークの構築	取組み継続中 2017 年 7 月に FAO 加盟国が集まる国際ワークショップでタイ政府としてエビ EMS/AHPND に関して情報共有を行った。 2021 年 12 月、「第 19 回魚類栄養・飼料シンポジウム」で以下の発表を行った：①アジアシーバスの無魚粉飼料、無魚油飼料の開発、②廃棄海洋魚のタンパク質加水分解物のバナナエビ飼料への応用。	成果 3、4

出所：終了時評価報告書、JST 終了報告書、水産局、カセサート大学、チュラロンコン大学、ワライラック大学、チョンブリーCARD C、東京海洋大学への質問票回答・ヒアリング結果。

以上のとおり、本事業の研究成果に基づいて、社会実装に向けた取組みは継続している。よって、想定した上位目標は達成されたと判断する。

3.2.2.2 事業効果の継続状況

(1) 研究成果の活用

本事業で実施された研究は 5 つの領域で継続されている (表 3)。また、新規に開始された研究もある。例えば、成果 1 の分子育種の研究で、ジャイアントグルーパー、タイガーグルーパーの遺伝子連鎖地図はそれぞれ 289 個、475 個の DNA マーカーが

らなるものが作成されるに至った¹⁹。成果 2 の借り腹技術の研究も継続されており、2019 年に移植したレシピエントのナマズからメコンオオナマズが誕生したことは大きな成果となった（後述）。成果 5 の危害因子の検出・低減技術については、ニフトフラン検出のフィールド検証、検出キットの量産に向けた研究が行われている。これらの研究成果に基づき、日本人研究者との共著も含め論文も複数発表されている。

表 3 研究の継続状況

プロジェクトの要約		事後評価時における継続状況
成果 1： 遺伝子育種のための DNA マーカー（成長、疾病/耐性、ストレスなどを含む）が開発される。	研究の継続状況	- グルーパーの分子育種の研究が東京海洋大学と水産局により継続されている。ジャイアントグルーパー、タイガーグルーパーについて、それぞれ 289 個、475 個の DNA マーカーからなる遺伝子連鎖地図が作成された。 - アジアシーバスについては、東京海洋大学と水産局により DNA マーカーの開発に向けた共同研究が継続されている。これまでに遺伝子情報の配列が複数特定された。家系評価の表現形質の選択と選定法が確立された。新たに解析用の家系が作出され、水産局のセンター3ヶ所で維持されている。共同研究に国立科学技術開発庁（NSTDA）下の国立遺伝子生命科学研究所（BIOTECH）も加わった。 ・エビ類については、ワライラック大学で研究が継続されていたが、施設（停電、ジェネレーター故障）の事故により、WSSV 耐性・高成長形質を持つブラックタイガー、パナメイエビが全滅した。しかしその後 2019 年、再び同形質を持つ個体が見つかり、飼育事業が継続されている。
	後続案件での研究実施状況	- アジアシーバスの耐病性等の有用形質検出のための分子マーカーの開発、パナナエビの遺伝的多様性の検証、耐病性分子マーカーの開発等に向けた研究が進められている。 - アジアシーバス、パナナエビの遺伝的多様性を確認するためのサンプリングと遺伝的多様性解析が継続されている。家魚化に向けて、耐病性等の有用形質検出のための分子マーカーの開発が計画されている。
	新規研究の実施状況	- 本事業で開発された分子育種技術は遺伝的に多様な稚魚（brooders）の選定に活用され、2020 年以降、水産局でパナナエビとシーバスの育種研究事業が実施されている。 - ブラックタイガーの分子育種技術を基に、パナメイエビ、ティラピア飼育の研究がワライラック大学により実施されている。
成果 2： 借り腹技術を利用した育種技術基盤が構築される。	研究の継続状況	- ジャイアントグルーパー、タイガーグルーパーのドナーとレシピエントの関係確立に向けた研究が東京海洋大学と水産局により継続されている。ジャイアントグルーパーは成熟までに 7、8 年要する魚種であり、雄は成熟した雌がさらに成長した後に性転換により得られるため、親魚の飼育・維持に時間を要している。 - メコンオオナマズについても東京海洋大学とスラナリー工科大学により研究が継続されている。2019 年、研究成果として、移植したレシピエントのナマズ（カイヤン）からメコンオオナマズを誕生させることに成功した。遺伝資源は水産局で保存されている。 - 借り腹技術の研究がスラナリー工科大学で継続されている。大学院生 2 名（博士・修士）が生殖細胞移植についての

¹⁹ 東京海洋大学ヒアリング結果。

プロジェクトの要約		事後評価時における継続状況
		論文を作成した。
	後続案件での研究実施状況	- アジアシーバスの遺伝的多様性・遺伝資源保存のための生殖細胞移植技術の開発、タイ産ナマズの生殖細胞技術改良、バナナエビ等の生殖細胞の保存、細胞移植技術の開発に向けた研究が進められている。 2021年3月までに、アジアシーバスのドナー個体の成熟段階及び移植に適したレシピエントの発生段階の同定、生殖細胞のレシピエント生殖腺への生着効率の検証を経て、生殖細胞移植系の基盤が構築された。 - ナマズとシーバスの精巣と卵巣の凍結保存に関する研究がスラナリー工科大学で行われている。
	新規研究の実施状況	- スラナリー工科大学では借り腹技術の研究成果を基に、生殖細胞の形成を特定する生殖細胞マーカーの研究を実施し、同テーマで論文を4本作成された。 - 本事業で得た技術、機材を活用して、ナマズの遺伝子編集や給餌に関する新たな研究プロジェクトが考えられている。
成果3： 魚介類感染症防除技術が開発される	研究の継続状況	- バナメイエビについては、2017年12月、東京海洋大学と東北大学発ベンチャー企業により、同大の医工学研究科の技術（デング熱等のヒトの感染症、PCRベースの検査手法）の技術を活用して養殖エビの感染症を遺伝子検査で早期に発見するキットが開発された。この過程で、水産局が現地で実際に調べるサンプルを用いて従来の検査結果との比較等を行った。産業化に向けて、インドネシア、フィリピン（販売代理店）で試験が行われていたが、COVID-19の影響で中断している。 - ナイルティラピアのワクチン開発に関して、東京海洋大学とカセサート大学により共同研究が継続されている。ナイルティラピアのワクチン開発に関して、日本の薬株式会社、タイの食品メーカー（CP、Betagro）とも連絡を取っている。 - 細菌性ワクチンの開発がワライラック大学で継続されている。 - エビの免疫学、抗菌ペプチドに関する研究がチュラロンコン大学で実施されている。
	後続案件での研究実施状況	- アジアシーバスの病原生物感染症病魚のためのワクチンとアジュバンド開発、ワクチン評価法の開発、バナナエビの耐病性研究のための遺伝子ツールの開発、クルマエビ類の微生物感染症に対する防除法の開発等に向けた研究が進められている。 - バナナエビのWSSVに対する生体防御反応を調べるための次世代シーケンサー実施のサンプル調整が行われた。エビ類のEMS/AHPNDの防除・治療を目的としたファージセラピー法の開発のため、養殖池から13のファージの分離が行われた。 - クルマエビの遺伝子のカタログ化が行われ、バナナエビの遺伝子のカタログ化が始まった。
	新規研究の実施状況	- 魚介類の感染症病原体の特性を明らかにし、疾病の検出・予防・制御のため、以下を含む研究がカセサート大学で実施されている：①淡水魚と海水魚の様々な疾病、②細菌性疾患を制御するための様々なタイプのワクチン、③細菌性疾患を検出するためのモジュール、④エビの疾病管理のためのプロバイオティクス。 - エビの新興感染症や飼育のための分子マーカーの研究がチュラロンコン大学と民間企業と共同で実施されている。

プロジェクトの要約		事後評価時における継続状況
成果４： 養殖用新規代替飼料 が開発される。	研究の継続状況	タイガーグループの魚粉代替飼料プロトタイプの評価が水産局により継続されている。
	後続案件での研究 実施状況	- アジアシーバスの出荷前栄養強化餌・給餌法の開発、バナナエビ等の全雌生産の基盤技術の開発、親エビの効率的な人工養成技術の開発に向けた研究が進められている。 - 飼料開発だけでなく、給餌法の開発への研究範囲が拡大された。2021年3月までに、アジアシーバスでは魚油を段階的に削減した飼料の成長への影響の研究が進められた。 - バナナエビの親エビの催熟飼料開発、仔エビ用飼料向けの新規タンパク源の検討、飼育法改良の研究が行われた。
	新規研究の実施状況	タイガーグループ親魚の魚粉代替飼料の開発に関する研究が水産局により実施されている。
成果５： 養殖システムにおける 危害因子を検出・軽減 させる技術が開発 される。	研究の継続状況	- カセサート大学により残留マラカイトグリーン、分解生成物、残留抗生物質の検出に関する研究が継続されている。また、危害要因の色素系検査に関して、日本の製菓企業研究所との研究交流が行われている。 - ニトロフラン類検出のフィールド検証、検出キットの量産に向けた研究がカセサート大学で実施されている。
	後続案件での研究 実施状況	NA
	新規研究の実施状況	クロラムフェニコール等、魚介類水産物に含まれる様々な化学物質の検出システムの拡張に関する研究がカセサート大学で実施されている。

出所：水産局、カセサート大学、チュラロンコン大学、ワライラック大学、スラナリー工科大学、東京海洋大学への質問票回答・ヒアリング結果、「世界戦略魚の作出を目指したタイ原産魚介類の家魚化と養魚法の構築」JST 令和２年度実施報告書。

(2) 研究者の能力向上

水産局と４大学は後続事業にも実施機関として参加しており、研究を継続している研究者も多い（表４）。上述のとおり、本事業の研究が継続されているほか、本事業の成果にもとづいて新規の研究が開始されている。

表４ 実施機関の研究者の継続状況

	関連する 成果	本事業に参加 した研究者	研究を継続し ている研究者	新入の研究者	後続事業に参加し ている研究者
水産局	1, 2, 3, 4, 5	66	36	44	74
チュラロンコン大学	4	3	6	5	2
カセサート大学	3, 5	7	3	6	16
ワライラック大学	1, 3	13	8	4	9
スラナリー工科大学	2	6	1	3	12

出所：水産局、チュラロンコン大学、カセサート大学、ワライラック大学、スラナリー工科大学への質問票回答・ヒアリング結果。

(3) 機材の活用・維持管理状況

本事業により供与された研究機材は、水産局と４大学で継続して活用されている。水産局では供与機材がリスト化されて管理されている。地方センターに設置された機

材については、毎年機材の状況と維持管理計画が水産局に報告される。事後評価時点で、地方センターに設置された PCR 装置 2 台のみ故障していたが、修繕費用が高いためこれらは修理せずに他の 4 台を活用し、支障なく研究を実施している。いずれの実施機関においても、供与機材は日々の研究で点検・活用されている。

3.2.2.3 その他のインパクト

本事業だけでなく、後続事業もあり、効果を切り離して考えることは難しいが、以下に述べるような正のインパクトが確認できた。なお、自然環境等への負のインパクトは報告されていない。住民移転・用地取得はなかった。

(1) 研究成果の社会実装の実現（正のインパクト）

上述の取組みの結果として想定される社会実装を短中期、長期で整理した（図 1）。下表のとおり、想定された社会実装の一部がすでに実現している。②の代替飼料や③のワクチンは、民間業者による大規模な商用生産を想定していたが、研究担当大学や水産局から技術移転を受けた NGO が小規模で商品を販売し、農家がその便益を受けている。④の感染症診断、⑤の危険因子検査については、既述のとおり、事業期間中に診断法が開発され、水産局が公式に全国展開していることから、この研究成果が早くから社会実装された。



本事業の成果に基づいて開発されたプロバイオティクス製剤（ワライラック大学）

表 5 社会実装の実現状況

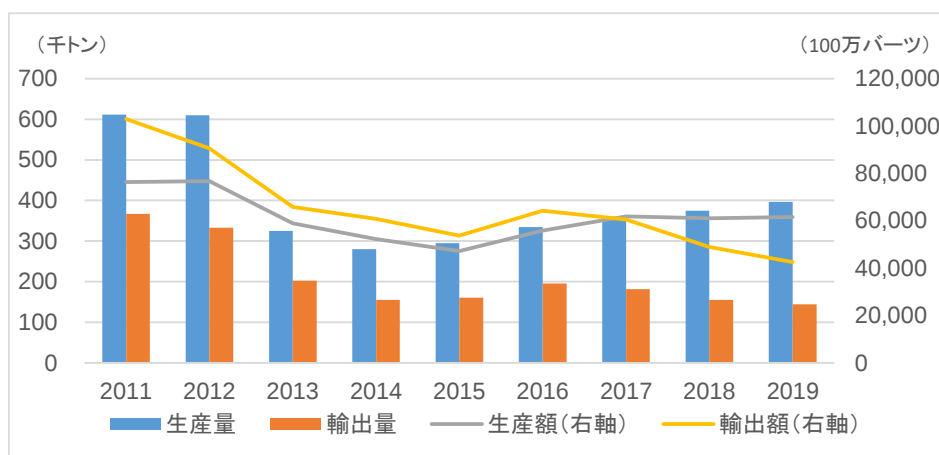
項目	取組み	実績
①民間業者による種苗の生産・販売	• 有用形質 DNA マーカーの開発（特許申請）	実現していない • 選択した形質を持った種苗を安定して得るためには時間を多く要するため、水産局ではその生産には至っていない。民間企業による生産についても同様である。
②民間業者による新規代替飼料の生産・販売	• 医薬品メーカーとの協議	一部実現している • NGO（チャイパッタナ財団）はグルーパーの魚粉代替飼料の生産を開始した（2019 年から組織再編、内部事情により製造・販売を中止）。
③民間業者によるワクチン製造・販売	• ワクチンの認可	一部実現している • ワライラック大学がエビのプロバイオティクス製剤を作成し、南部地域の販売業者 3 社、東部地域の販売業者 1 社に卸している。
④水産局による感染症診断の実施	• 感染症診断手法の検証	実現している • 水産局は養殖事業者、農家に対して年間 400 件の EMS/AHPND 診断を実施している。
⑤水産局による危険因子検査の	• 危険因子検出キットの検証	• 実現している • 水産局は EMS/AHPND 診断法を用いて、養殖池の水質や堆積物

項目	取組み	実績
実施		の検査を実施している。
⑥養殖事業者、農家による技術の活用	開発された養殖技術の普及	- 一部実現している - パンガー、プーケット、クラビ県のグルーパー養殖農家は魚粉代替飼料を NGO から購入し、利用していた。 - 南部地域、東部地域のエビ養殖農家は販売会社を通じてエビのプロバイオティクス製剤を購入、活用している。
⑦東南アジア地域での技術の普及	地域ネットワークの構築	実現していない

出所：水産局、カセサート大学、ワライラック大学、チャイパッタナ財団への質問票回答・ヒアリング結果。

(2) エビの疾病診断法の開発による正のインパクト

前述のとおり、本事業により EMS/AHPND の診断法が開発された。病気の発生後、エビ類の生産量は 2013 年に激減し、その後は徐々に回復しつつある（図 4）。病気発生後、迅速に研究活動が追加されたことで、早い段階での診断法開発につながった。また、水産局の主導により国全体で進められた。エビ類はタイの主要養殖産品であり、これらの取組みによって防がれた経済的損失は大きかったと考えられる。



出所：水産局提供データを基に作成。

図 4 エビの生産・輸出

水産局によると、EMS/AHPND の発生後は、養殖事業者や農家は以前よりも水質管理に投資を行うようになり、生産コストが大きくなったことで、国際的な競争力が下がっている。そのため、エビ養殖をやめる事業者や農家もあり、今後もエビ類の生産量は病気発生前の水準には戻らないだろうと推察されている²⁰。他方、EMS/AHPND の診断法が水産局主導により国全体で進められたことで養殖事業者・農家の科学リテラシーが向上したインパクトは特筆に値する（コラム 2）。

²⁰ 水産局ヒアリング結果。

コラム 2 養殖事業者、農家の科学リテラシーの向上

EMS/AHPND の診断手法の開発によるエビ生産は回復しつつあるが、以前のように戻らないと推察されている。他方、この診断手法の開発が全国的に進められたことで養殖農家の科学リテラシーが向上し、経営改善につながった。第一に、タイでは他国と異なり、EMS/AHPND の診断手法が国全体で進められたことにより、養殖農家の科学リテラシーが向上した。具体的には、養殖事業者や農家はそれまで病気流行が収まるのを待つばかりであったが、病気の原因がわかったことでそのリスク要因を回避するようになった。病気対応により収益性が下がることを理解した農家や業者は、品質改善やトレーサビリティや EMS 診断といった安全性という視点を加えて事業を継続するか、短絡的な収益を追うことなくエビ養殖をやめる（他魚種に変更する、または、異業種に転じる）かの経営判断を行うことにつながった。タイでは近隣他国と比較して、輸出までのトレーサビリティ制度が整備されている。安心さを伝えることでアメリカ向けの輸出につなげた業者もある（タイユニオン（タイの水産加工メーカー）等）。第二に、農家は EMS/AHPND を理解したことで民間養殖場での汚染を指摘することができるようになり、その情報は瞬時に行き渡った。この結果汚染対策が十分でない養殖場は事業継続ができなくなった。また、養殖事業の持続性を優先して、エビの過密養殖を避けたり、一部の養殖池を水質調整用の貯水池に変えたり、他魚種へ転作したりすることで、エビ養殖場の面積が減少した。このようにエビ生産量は年間 30 万トン前後で今後も推移すると予想されるが、養殖産業全体としての成熟度は高まり、タイは世界のエビ供給においても安定的な地位を維持すると見られている。

出所：水産局、日本の商社へのヒアリング結果を基に作成。

(3) 共同研究実施による正のインパクト

本事業を通じて研究者と民間企業とのネットワークが拡大した。例えば、ワクチン開発に関して大学は民間企業と共同研究を実施した。共同研究は、大学にとっては研究成果の実証、資金援助、民間企業の施設機材の利用という利点があり、民間企業にとっては先進技術の事業化の準備という利点があり、双方の関心が合致していた。本事業でも民間企業をセミナーに招待し、交流を促進した。別の例として、日本側研究者からワライラック大学に日本のセメント製造会社が紹介された。同社は水処理に関連する分野の資材開発・事業化、養殖池の環境改善の技術開発に取り組んでおり、大学は同社が養殖用水質安定資材²¹のフィールド検証を行った。その後、製品化され、タイ、台湾、中国で販売されている。

(4) 生物多様性に関する正のインパクト

事業完了時、メコンオオナマズ（ドナー）とカイヤン（レシピエント）の移植適合性が観察中であったが、事業完了後も日本側研究機関とスラナリー工科大学により借り腹技術の共同研究が継続され、カイヤンからメコンオオナマズが誕生した。その遺伝資源は水産局に保存されている。在来メコンオオナマズは国際自然保護連合の絶滅

²¹ 水質及び底質の改善を目的とする浄化剤（セラクリーン）。養殖池、ゴルフ場のほか、天然の湖沼や干潟の改善剤として使用される。同社 HP では、同製品施用により養殖エビの体重増と生存率向上の効果実証が説明されている。https://www.taiheiyo-cement.co.jp/service_product/ceraclean/cultivation.html（2022 年 4 月 10 日アクセス）

危惧種 IA 類 (CR) ²²に指定されていたが、同希少種の保全の強化につながった。

(5) 日本側若手研究者の育成

日本から多数の准教授、助教、研究員がタイに派遣された。タイ側研究員との交流だけでなく、国際セミナーでの発表を経験したことで、帰国後に市民講座を若手研究者だけで運営するなどの人材育成につながった。

本事業の実施により、プロジェクト目標として掲げられた持続的かつ高品質な魚介類生産に必要な新しい養殖技術の開発は達成された。上位目標として設定した社会実装に向けた取組みも開始されており、その結果として、疾病診断サービスの実施、魚粉代替飼料の生産・販売といった社会実装につながった。この他、正のインパクトも複数確認された。よって、有効性・インパクトは高い。

3.3 効率性 (レーティング : ③)

3.3.1 投入

投入要素別の計画と実績の比較は下表のとおりである。

表 6 投入実績

投入要素	計画	実績 (事業完了時)
(1) 専門家派遣	- 長期 業務調整員 (人数、人月の記載なし) - 短期 分子育種、借り腹技術、免疫学・ワクチン開発、代替飼料開発、危害因子分析、等 (人数、人月の記載なし)	- 長期 2 名 (66.37 人月) - 短期 17 名 (19.20 人月)
(2) 研修員受入	人数の記載なし	58 名
(3) 機材供与	実験室分析機器、DNA アナライザー、PCR 装置、高速液体クロマトグラフィー (金額の記載なし)	分子育種用の分析機器等、DNA アナライザー、PCR 装置、等 (約 160 万円)
(4) 在外事業強化費	金額の記載なし	約 60 百万円
日本側の事業費合計	合計 353 百万円	合計 408 百万円
相手国の事業費合計	金額の記載なし (カウンターパート人件費、プロジェクト事務所、実施機関の研究室と養殖用水槽、養殖池等の施設)	合計約 151 百万円 (カウンターパート配置 116 名、カウンターパート人件費、消耗品、分析用試薬、光熱費、専門家執務スペース (水産局)、実施機関の研究室)

出所 : JICA 提供資料、水産局質問票回答。

3.3.1.1 投入要素

日本からの研究者 (短期専門家) の派遣は 17 名であった。派遣は延べ 102 回派遣であり、一回の派遣日数は、大半は 1 週間程度であった。タイ側研究者の受入れは計 58 名 (延べ 68 回) と多かったが、既述のとおり、研究は計画どおりに進められてお

²² 国際自然保護連合のリストで CR は「絶滅寸前」と評価されている。

り、論文共同執筆も計画以上の 75 編あったことから、共同研究はスムーズに実施されたと判断する。本事業では 5 つの研究領域で 13 の研究グループが編成され、タイ側研究者も 116 名と多く、終了時評価では「複雑な実施体制による情報共有不足」があったと指摘された。しかしながら、毎年度全グループによる進捗報告会が開催され、研究者間のネットワークも生まれており、事後評価のヒアリングでもこの点は問題視されていなかった。供与機材は故障した PCR 装置 2 台を除いて、すべて活用されていることから、適切な選定が行われたと解釈できる。

タイ側からは 151 百万円の投入が行われたことから、パートナーシップに基づく事業実施であったといえる。

3.3.1.2 事業費

日本側の事業費は計画 353 百万円に対して、実績は 408 百万円であった。計画を超過した理由は、①研究の進展に伴って研究者派遣回数が増加したこと、②キックオフミーティングにタイ側研究者を招へいたこと、③DNA マーカーや免疫関連遺伝子の解析等に使用する試薬を現地購入から本邦調達に変更したこと、④業務支援要員を雇用したこと、等である。特に、2013 年初めに東南アジアで大きな問題となった EMS/AHPND に対して、タイ側より緊急対応を要請され、JICA 及び JST により検討が行われた。その結果、当初計画になかった EMS/AHPND に対応する共同研究が事業スコープに追加された。成果 3 の感染症防除技術に関連した活動追加であったため、PDM の改訂は行われなかった。しかし、2014 年度の予算が増額となっており、共同研究が開始されたことは JICA 及び JST の資料から確認できた²³。この研究活動により、翌年の 2014 年には毒素の遺伝子特定、PCR テストによる診断法の開発という成果につながった。よって、事業費は追加スコープの成果のために見合ったものであったと判断する。

3.3.1.3 事業期間

事業期間は、計画 60 か月（2012 年 3 月～2017 年 3 月）に対して実績も 60 か月（2012 年 5 月～2017 年 5 月）であり、計画どおりであった。

以上より、本事業は、事業期間については計画どおりであり、事業費は産出された成果に見合ったものであったと判断し、効率性は高い。

²³ JST 平成 25 年度実施報告書、JICA 提供資料、中間レビュー報告書。

コラム3 社会実装を後押しした日本人専門家の役割・貢献

本事業は研究成果の社会実装の一部として、開発されたワクチンや飼料の民間企業による生産を目指したものである。社会実装に向けた取組が早い段階から進んだ要因として、以下の二つの要因が挙げられる。第一に、本事業では実施機関による研究実施や情報共有だけでなく、民間企業も巻き込んで事業実施が進められた。具体的には、毎年度末にバンコクで公開型の研究成果会を実施し、この報告会には研究対象分野に関連するタイの企業と在タイの日本企業を招待していた。招待企業は日本側研究者、タイ側研究者がそれまでに協働関係があり、本事業内でも安心して共同研究ができる企業が選定されており、会議の中では事業の成果報告だけでなく、招待企業への開発技術の紹介という目的も兼ねていた。実際、関心を持った日本企業がタイの実施機関と研究中のワクチンの市販化に向けた協議を開始するに至り、後続事業に日本側協力機関として参加している。第二に、東京海洋大学は以前よりタイをはじめとして留学生を受け入れており、本事業の専門家であった日本側研究者は20年以上、元留学生との共同研究や交流を続けてきた。元留学生の多くは水産局、大学の水産関連研究科、民間企業の研究部門で主要な地位を得ている。彼らとのネットワークや信頼関係を基に本事業で研究活動をスムーズに進め、上記のように実施機関以外の組織も共同研究に巻き込むことに成功した。

出所：水産局、東京海洋大学へのヒアリング結果を基に作成。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 発現した効果の持続に必要な政策・政治的関与

持続的で高品質な養殖技術の開発とその社会実装はタイ政府の開発政策に後押しされている。政府の「Kitchen of the World」計画に基づいて「第12次NSDP」（2017年～2021年）では養殖産業の技術開発を通じ魚介類の増産を進める方針が打ち出されている。また、水産局の「戦略計画」（2017年～2021年）においても、4つの戦略目標が打ち立てられている：①生産性の向上と農家の強化、②付加価値のある水産物の品質開発、③持続可能な漁業と水産資源管理、④水産局の組織管理。①に関して、生産コスト削減に向けた研究開発・技術革新、②に関して付加価値を生み出すための研究開発・技術革新、③水産資源管理の効率化のための研究開発、④については職員の能力強化、国際的なネットワーク強化が目指されている。

よって、効果持続に必要な政策・政治的関与は確保されている。

3.4.2 発現した効果の持続に必要な制度・体制

各実施機関における養殖技術開発に関する研究部門の位置づけは明確であり、研究継続のための人員が確保されている（表7）。終了時評価では水産局内の人事異動が懸念されたが、事後評価で確認したところ、本部内での異動やセンター間での昇進目的の異動があるが、その際研究成果は出版物、報告書、マニュアル等にまとめられており、これまでに問題は生じていない。

水産局では、養殖関連の研究開発部門が5つある。社会実装に向けて、研究開発部門ごとに技術管理グループが設置されている。主な責任事項は各部門の研究成果の評価と社会実装に適した研究成果の選定である。さらに、養殖技術の普及、養殖場のデモンストラクション、パイロット事業、関係者の巻き込み等を行っている。社会実装を担当する

人員は15～20人であり、地方センターからの支援もあり、水産局は十分な人数と認識している。4つの大学についても研究グループは関連学部内に明確に位置付けられている。研究内容の拡大のためには研究者の人数が十分ではないと回答した大学もあったが、研究の継続状況、効果発現の状況から、問題はないと判断する。

表7 実施機関の研究体制

	研究担当の部署と人員
水産局	- 水産局は4クラスターで編成されており、このうち一つの養殖関連クラスターに以下の部署（人数）が設置されている。 ①内陸養殖研究開発部門（154人） ②沿岸養殖研究開発部門（124人） ③水産動物遺伝子学研究開発部門（34人） ④水生動物保健研究開発部門（27人） ⑤水生動物飼料研究開発部門（28人）
チュラロンコン大学	バイオ科学学部と海洋科学学部が養殖技術開発に関する研究を担当している。研究者を含む学術人員は10人。様々な研究トピックや魚種があるため、「人数は十分ではない」と認識している。
カセサート大学	- 水産学部養殖学科と理学部バイオ科学学科が合同で、疾病特性、病原菌分離・特性、疾病検出、疾病予防・管理、食品汚染化学物質の検出の5つの研究部門を運営している。それぞれに教員、研究者が3～5人いる。「人数は十分ではない」が、2022年度は博士の学生を2～3人増員する予定がある。 - 若者の関心を集めるため、奨学金や短期で修了できるファストトラックプログラムを用意している。
ワライラック大学	- 養殖技術センターが養殖の研究開発を担当している。教員4人、研究者5人で、「人数は十分である」。 - 大学が奨学金を提供しているが、修士課程の学生数が減少している。大学は国内他地域や外国からの学生を対象としたカリキュラムを作成する計画がある。
スラナリー工科大学	農業技術研究所の動物科学革新大学院に養殖バイオテクノロジープログラム（修士、博士課程）があり、ここが関連研究を実施している。担当教員3人、研究員5人が研究に従事し、持続的で質の高い養殖に向けた研究実施には「人数は十分である」。

出所：水産局、チュラロンコン大学、カセサート大学、ワライラック大学、スラナリー工科大学への質問票回答・ヒアリング結果を基に作成。

全ての実施機関は後続事業にも参加しているほか、それぞれ他研究機関と共同研究体制を敷いている。水産局は国内大学3校、国立科学技術開発庁と研究開発や普及に関する協定を締結しているほか、養殖農家や農協、タイ冷凍食品協会と共同事業を実施している。大学も国内の他大学や研究機関、海外の研究機関、民間企業と共同研究を実施している。例えば、スラナリー工科大学はフランスのボー大学国立農業食料環境研究所と養殖用飼料に関する共同研究を実施している。カセサート大学は民間企業と実施している共同研究の一つは、国家競争力強化のためのプログラムマネジメントユニット（PMUC）からの助成を受けている。この助成事業では、企業が研究後に研究成果の活用・事業化を約束する保証として研究費用総額の10%を負担することとなっている²⁴。

²⁴ PMUC (Program Management Unit for Competitiveness) は、タイ高等教育科学研究イノベーション政策協議会事務局（NXPO）の後援を受けて設立された研究助成機関で、研究成果の商業化を促進する狙いがある。研究機関のレベルに応じて助成を行っている。

以上のように、実施機関の制度・体制は十分であると判断する。

3.4.3 発現した効果の持続に必要な技術

既述のとおり、事業完了後も本事業の継続研究及び新規研究が全領域で継続されている。また、後続事業では分子育種、感染症防除、効率的な給餌・飼育、生殖細胞移植の4領域で共同研究が進められている。これらの領域はそれぞれ、本事業の成果1、成果3、成果4、成果2と共通する部分が多い。

水産局にとって借り腹技術の研究は本事業で初めての取り組みであり、専用の機材も必要となるため、「他領域と比較して高度な技術が求められるが、そのほかの領域では研究継続の技術は十分である」とのことである。水産局は本部の新入研究者を含む職員及び地方のセンターの研究者を対象としてセミナー、ワークショップ、OJTを通じて能力向上を図っている。4大学も、後続事業での研究に加えて、新入研究者へのOJTや他機関との共同研究を行っている。例えば、チュラロンコン大学では、後続事業や外部助成事業への参加の他、学内で研究グループ間の交流を行ったり、教員、学生、ポスドク研究員への短期研修を実施したりして研究技術の維持に努めている。

研究機材も前述のとおり、日常的に活用されている。

以上のように、研究実施状況及び機材活用状況から、実施機関の技術は十分であると判断する。

3.4.4 発現した効果の持続に必要な財務

水産局の養殖・水産に関する研究事業の予算は下表のとおりである。2017年に就任した局長は研究を重視しており、その予算は増加を続けている。このほかに外部研究機関への研究助成にも申請し、研究を実施している。本部及び地方センターでは年間活動計画が作成されており、ここに研究機材の修繕費用、消耗品購入が計上されている。

表8 水産局の研究予算

単位：パーツ						
	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年（計画）
収入	1,526,200	4,741,600	4,908,265	11,075,946	13,061,600	32,146,440
支出	1,526,200	4,741,600	4,908,265	7,024,697	NA	NA

出所：水産局質問票回答。

4大学からは詳細な財務データは得られなかったが、3大学は大学からの予算と研究助成を加えた研究予算は本事業完了後、ほぼ同じか微増の傾向にある。この予算で研究機材の維持管理が賄われている。チュラロンコン大学では2017年の研究予算は約800万パーツあったが、2021年以降は700万パーツに減少した。同大学によると、近年魚介類の疾病に関する基礎研究よりも、付加価値を高める応用研究がより重視されていること、政府はエビ養殖産業では民間セクターに頼る部分が多いことから、政府は民間企業から

の投資に期待をしているとのことである。ワライラック大学はプロバイオティクス製剤の販売から年間約 60 万バーツ（開発費の 40%）の収益を上げている。カセサート大学は民間企業を対象とした有償サービス（研究室での実験や調査）からの収入もある。

以上のとおり、厳密な財務データが得られなかった部分もあるが、研究実施状況、機材の活用状況から、実施機関の財務に問題はないと判断する。

以上より、本事業は、政策・政治的関与、制度・体制、技術、財務、いずれも問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業はタイにおいて、分子育種技術、借り腹技術、感染症防除技術、魚粉代替飼料、危害因子検出・低減技術の 5 つの領域で研究を行い、その相互補完によって新しい養殖技術を開発することを目的としたものである。これはタイの開発政策、開発ニーズ、および日本の援助政策に合致しており、事業の妥当性は高い。5 つの領域すべてにおいて、計画に沿って研究成果があげられた。開発された技術は対象魚種で試され、共同研究の結果、研究者の能力向上、研究成果の公表も実現した。さらには、研究成果の実用化に向けた取組みが開始され、疾病診断サービスの実施、魚粉代替飼料の生産・販売といった社会実装も実現している。この他、流行していたエビの病気の診断法がいち早く開発されて国内外で承認されたり、農家・民間企業の科学リテラシーが向上したり、といった正のインパクトも複数確認された。よって、有効性・インパクトは高い。事業期間、事業費は成果に見合ったものであったと判断し、効率性は高いとした。持続性については、持続的で高品質な養殖技術の開発とその社会実装に向け、政策・政治的関与、制度・体制、技術、財務のすべてにおいて十分であり、高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関などへの提言

(1) チャイパッタナ財団での内部事情により魚粉代替飼料の製造が 2 年前より中断している。南部地域でのグルーパーに対する消費者のニーズが高くないことから、再開の見込みは大きくないと思われる。グルーパー用の魚粉代替飼料開発の知識・技術は他の魚種の飼料にも適用できるものである。水産局に対して、代替飼料のマーケティング調査を継続し、本事業で得た知識・技術をよりニーズの高い魚種へ適用し、生産体制のある NGO や民間企業へ製造の働きかけを行うことを提言する。

(2) 本事業の研究成果に基づく新たな研究や、後続事業での研究が行われている。今後国際セミナーや学術論文を通じて研究成果を他国に発信し、東南アジア地域の養殖技術研究をけん引していくことを提言する。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

社会実装の素地のある研究機関、民間企業の巻き込み

事業期間中から社会実装に向けた取組が行われ、一部実現している。本事業では養殖技術の研究開発や普及を担当する水産局だけでなく、持続的かつ高品質な魚介類生産に必要な技術分野での研究を進めている大学も実施機関となった。水産局は政府機関であり、その指示により本事業で開発したエビの病気の診断法が全国的に広まった。また、公的な立場のため、民間企業とは直接事業を実施できないが、研究や普及機能を持つ地方センターが多くあり、本事業での研究成果（病気の診断、施設の検査等）を農家に直接波及することができた。一方、大学は民間企業と共同研究を進めることで、研究成果の実証だけでなく、将来の商業化に向けての協議を開始することができた。この共同研究は大学にとっては研究成果の実証、資金援助、民間企業の施設機材の利用という利点があり、民間企業にとっては大学の専門的な研究を事業化することに向けた準備という利点があり、双方の関心が合致していた。このように、SATREPS 事業では、社会実装の重要な担い手となる民間企業や事業化の経験のある大学を共同研究に巻き込むことで、事業期間中から社会実装に向けた取組を推進することが可能となる。

以上