

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

次世代の食糧安全保障のための養殖技術研究開発 (2012年5月～2017年5月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：岡本 信明 (東京海洋大学 特任教授)

2. 2. 相手側研究代表者：Varin TANASOMWANG

(タイ国農業協同組合省水産局 シニアアドバイザー)

3. 研究概要

世界の人口増加に伴い、養殖産業への期待は年々高まっている。国連食糧農業機構 (FAO) によると、2030年までに4000万トンの水産物の増産が必要とされている。東南アジアは養殖魚介類の世界的な生産地であり、地球規模での食糧安全保障の観点から、この地域での養殖増産は重要な課題である。

本研究のねらいは、生産者の生産意欲向上が期待される、社会ニーズの高い魚介類の産業化への応用技術を確立、つまり次世代型養殖システムの構築を行うことで、世界の新たな食料庫を東南アジアに創出することにある。具体的には、(1) DNA マーカーを開発することにより養殖魚として有用な形質を発現する家系の開発と維持を可能にし、(2) 借り腹技術を利用することにより育種にかかる時間を大幅に短縮し、(3) 養殖場で問題となる微生物感染症に対する新規ワクチンの開発により養殖生産の低下を防ぎ、(4) 新たに増産される魚介類の産業化に貢献する魚粉に代わる代替飼料を開発し、さらに、(5) 養殖魚介類生産過程において危惧される有害因子の簡易検出同定法の確立により増産される魚介類の品質保証を可能にすることを目的としている。この5つの項目について総合的に研究を行うことで、それぞれの成果の相乗効果で生産性・経済性を安定させることがねらいである。

4. 評価結果

総合評価 (A+：所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できる)

本プロジェクトではDNAマーカー育種、借り腹技術、感染症防除、代替飼料、危険因子検出の5つの研究題目を、両国あわせて100名以上の研究者が参加する体制で実施した。研究題目の中には当初の目標を達成できなかったものも一部あるが、特筆すべき成果を得た研究題目もあったため、総合して、所期の計画をやや上回る取り組みとして評価される。

特筆すべき成果としては、エビ感染症 EMS/AHPND (early mortality syndrome/ acute

hepatopancreatic necrosis disease)の迅速診断法の開発が挙げられる。この研究は当初計画にはなかったものの、プロジェクト開始後に相手国のタイ国を含む東南アジアや中国のエビ養殖場にてEMS/AHPNDが猛威を振っていた状況を重く受け止め、急遽研究計画に加えたものである。

研究の結果、感染症の原因菌 *Vibrio parahaemolyticus* のゲノムを解読し、原因遺伝子の特定、迅速診断法を確立したことは、科学的にも技術的にもインパクトが高い成果である。この診断法はタイ国政府だけでなく国際獣疫事務局 (OIE) の標準検査法にも採用された。今後タイ国を含む東南アジアでのエビ養殖業の復活に資することで水産業への貢献や国際社会における研究成果の認知度の向上が期待される。

また、本邦での研修あるいは現地での指導により、多くのタイ国研究者の技術力向上に貢献したことで、プロジェクト終了後もタイ国自身で社会実装を進められる基盤を構築できた。日タイの若手研究者の交流にも力を入れ、継続的な研究ネットワークも構築できたと評価でき、今後さらなる社会実装に向けた継続的な取り組みにつながると期待できる。

感染症予防についてはティラピアのレンサ球菌感染症の原因菌である *Streptococcus agalactiae* の不活化ワクチンの開発には成功し、その市販に向けて民間企業との連携も取りつつあることから、所期の目標に設定した他の魚種・病原体についても研究の進展が期待できる。また、生産物の安全性に係る危険物の除去技術については、汚染物質であるマラカイトグリーンの検出法の開発には至ったもののその防除法の確立には至らず、所期の目標には達しなかった。しかし、借り腹技術についてはレシピエント種の決定と生殖細胞の移植、代替飼料については飼料の開発・栄養学的解析と給餌試験の実施までを行い、所期の目標を達成した。加えて、複数の DNA マーカーを開発して魚類のゲノム育種技術開発の先鞭をつけたことや EMS/AHPND 診断法の開発、人材育成への大きな貢献を踏まえると、所期の計画を上回り、大きな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

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

水産養殖は今後、世界の食料生産において重要な位置を占めると考えられる。その中で、水産養殖業の振興のための技術開発を目的として5つの研究題目について総合的に研究を進め、その全てにおいて一定の成果をあげて養殖技術全体のレベルアップに貢献した。それぞれの成果は具体的な課題の解決に資するものであり、インパクトは極めて高いと評価できる。

例えば、マーカー育種に関しては、社会的ニーズの高い高級魚類のスズキ類、ハタ類、クルマエビ類のそれぞれについて DNA マーカーを開発し、ハタ類では成長に関連する DNA マーカーを、ブラックタイガー（ウシエビ）では white spot syndrome virus (WSSV) 耐性形質に関連する DNA マーカーを開発した。これらの成果は既存の飼育集団から優良形質を保有している親魚候補の選抜やそれに続く育種を可能とする基盤技術であり、科学的・技術的インパクトは極めて高い。また、大型魚類であるジャイアントグルーパーおよびメコンオオナマズの早期生産のための借り腹技術の研究結果についても、生殖細胞系列の移植技術や代理親魚作出の実現に向けた基盤技術と

してインパクトは高い。

さらに、エビ感染症 EMS/AHPND の診断法を開発し、タイ国政府のみならず国際獣疫事務局 (OIE) の標準検査法として採用されたことも、実用面でのインパクトは極めて高いと評価される。

魚粉の代替飼料についても、開発した代替飼料の養殖業者への普及活動がプーケット県およびタラーン郡で開始されているなど、今後の実用化に向けた取り組みが期待できる。

一方で、ハタ類の感染症防除のためのワクチン開発、養殖池の危険因子であるマラカイトグリーン及びその代謝産物の検出技術と養殖池からの除去技術の開発については、一定の成果はあげたものの、基盤技術の確立には至らず、今後の研究の発展が期待される。

【国際社会における認知、活用の見通し】

本プロジェクトの目的は「持続的な養殖漁業のための技術研究開発」という世界的に極めて関心が高い事項であり、今回の画期的な成果は世界的な認知を受けるものであると言える。

個々の研究題目の成果としては、やはりタイ国のエビ養殖における感染症の迅速診断法を確立し、EMS/AHPND の国際標準検査法に採用されたことは特記すべき成果であり、国際社会における認知度は高いと言える。この診断法は既に実用化されており、今後もこの手法が基盤となり、同様の感染症防除のために技術の活用がなされると考えられる。

また、マーカー育種において、ハタ類で開発した高成長形質の DNA マーカーについても、国際的に活用されうると期待される。

他の基盤技術においても、学会発表が 120 回、原著論文の発表は 81 編に達しており、研究者の積極的なアプローチもあって、成果の活用の見通しは大きい。今後、国際的にも次世代の水産養殖研究の先導的役割を果たしていくものと期待される。

【他国、他地域への波及】

EMS/AHPND 診断法は国際的にも標準検査法として採用されたことから、他国、他地域へ波及すると考えられる。

研究対象とした魚種と開発された技術を考慮すれば、今回の成果はタイ国だけでなく他の国・地域でも応用可能な汎用性があり、成果が幅広く波及していくことが期待される。

さらに、これからの養殖業で重要となる、魚類のゲノム育種技術の開発に先鞭をつけたことなど、波及に必要な科学的基盤は構築できたと言え、日本への波及効果は高い。しかし、本研究成果を受け入れるにはその地域の技術レベルが問われるため、波及には継続的な研究成果の蓄積が必要となる。

【国内外の類似研究と比較したレベルや重要度】

例えばハタ類の連鎖地図の作成など、世界的に初めて成し遂げられた成果も複数有り、その成果の重要性は極めて高い。エビの感染症 EMS/AHPND 診断法の重要性は言うまでもなく、DNA マーカーに基づくゲノム育種と選抜の方法も極めて高いレベルに達したと言える。

借り腹のように技術の確立に相当の時間がかかる研究にも今後の研究の展開を見通せる成果が得られており、独創性に富んだ研究は群を抜いていると評価できる。未だ稚魚作出には至ってい

ないものの、本技術は借り腹に限らず生殖細胞の長期保存といった重要な研究に繋がることも期待される。

代替飼料についても遺伝子発現解析による評価法の開発など研究レベルは高く、またワクチンによる感染症防除、それに危険因子の除去技術についても、基盤技術の確立にまでは至っていないが、類似研究に比べてレベルは高いと言える。

総合して研究のレベルは高く、養殖業にとって今後乗り越えなければならない重要な課題に取り組んだことは高く評価される。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

アジア、ひいては世界の食料基地を目指すタイ国にとって本課題は極めて重要であり、タイ国側の熱意も高く、相手国ニーズの充足に与えるインパクトは極めて高い。特に EMS/AHPND 診断法によってエビ感染症拡大を防止し、壊滅寸前のタイ国のエビ養殖業を救ったことは、現地のニーズに非常に合致した成果と評価できる。5つの研究題目の成果は、次世代型水産養殖産業の実現ニーズに応える基盤技術としてインパクトが高い。

また、今後のタイ国の養殖業の活性化に寄与する人材育成がなされたものと考えられる。

【課題解決、社会実装の見通し】

5つの研究題目間で達成度に差はあるものの、多くの技術開発を成し遂げ、技術移転、人材育成、広報も十分に行われており、社会実装に向けて着実に進んでいると言える。EMS/AHPND 診断法が国際獣疫事務局（OIE）の標準法に採用されるなど、個々の開発技術の現場での活用の見通しは大きい。

一方で、次世代型水産養殖産業の実現に至るまでは、今後も相当の基盤研究および実用化に向けた研究が必要である。特に産業面では代替飼料や食品としての安全性の問題は重要である。前者については、今後現地での実用化の見通しは大きい。一方で、後者については有害物質防除法が確立されていないことから、社会実装の見通しとしては特に明確とはいえないと考えられ、より一層の取り組みが必要である。

5つの研究題目間で達成度に差があるため、それぞれの具体的な社会実装の形が明示されるにはなお時間を要する。今後それぞれの題目の社会実装の実現に向けて戦略を練る必要がある。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

人材育成の面では、タイ国側研究者の参加メンバーは100名以上と非常に積極的に参画し、それぞれが技術をマスターし技能を高めた。研究交流によって日タイ双方の若手研究者が育成されたことから、今後の継続的発展が大いに期待できる。

さらに相手国単体で見ても、プロジェクト期間中のタイ国側による約2億円の投入実績、研究体制の整備、機材整備の実績等から、継続的発展の見通しは極めて高いと言える。さらに、水産養殖の課題へのタイ国の認識の向上も今後の活動に大きく貢献するだろう。

なお、継続的に発展していくためには人材育成は重要であるため、今後も人材育成に力を入れていくことが期待される。また、タイ国水産局の継続的なコミットメントに加え、日本側の共同研究等による継続的な支援が重要と思われる。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

既に EMS/AHPND 診断法がタイ国水産局の標準法として活用されているなど、一部の成果については政策への反映はできている。他の基盤的成果がすぐには産業化に結びつくとは言えないが、技術移転、人材育成が十分に行われている状況から、産業化に向けた実用技術開発の研究が今後も発展していく見込みは高い。

ただし、今後研究成果の展開や利活用に向けた活動が持続していくためにはさらなる工夫が求められる。

4－3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

日本への貢献はこれからの課題であり、特に社会・水産業への貢献は社会実装ができるかどうかにかかっている。タイ国からの安全な養殖物の持続的な供給は、食料輸入大国である日本にとっても大きな恩恵となる。現時点で EMS/AHPND 診断法の結果エビ養殖が復活の傾向にあることは、輸出先としての我が国のニーズの充足に対する貢献が大きいと言える。

ただし、技術的な面では、借り腹技術など日本でも応用可能な新規の知見、技術開発があった。また、EMS/AHPND 診断法の開発は日本のプレゼンスの向上にも貢献した。

【科学技術の発展】

(1) 高級魚の成長や耐病性等の優良形質の DNA マーカー選抜手法、(2) レシピアント魚類の選択と生殖細胞系列の至適移植時期の判定技術等の借り腹技術の基盤技術開発、(3) エビ感染症の PCR 検出法の開発と実用化、などは次世代型水産養殖技術の開発に向けた科学技術の発展として高く評価される。両国の科学技術の発展を促す成果を挙げたのはもちろんのこと、借り腹研究などの分野で世界をリードする研究代表機関の評価を一段と高くする発展がなされたと言える。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

若手研究員を4年5ヶ月に亘って相手国水産局クラビ研究所に長期派遣したり、多数の准教授、助教、研究員を派遣して若手研究者の交流に力を入れたり、国際会議で発表させたりと、人材育成は十分に行われた。また、市民講座を東京海洋大学若手研究者だけで運営させる等の育成努力もなされるなど、日本人人材の育成は高く評価される。本プロジェクトに参画した若手研究者が今後グローバルに活動していくことが大いに期待される。

【知財の獲得や、国際標準化への取り組み、生物資源へのアクセスや、データ入手手法】

ジャイアントグループの借り腹提供魚であるタイガーグループの成長形質に関連する DNA マーカーについて日本で特許申請を行い、タイ国でも申請準備中であるなど、知財獲得に努めた。また、EMS/AHPND 診断法が国際獣疫事務局 (OIE) により国際標準法として採用されるなど、国際標準化への取り組みも進められた。しかし、この国際標準化は地球規模での成果の波及に向けた端緒でしかなく、今後の更なる取り組みが期待される。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

発表論文数は 81 編に及び、量・質ともに多く、高いと評価される。また、国際シンポジウムの積極的な開催や啓発プログラムの実施も高く評価される。EMS/AHPND 検査法やマラカイトグリーン ELISA 検査キットの開発など、学術論文以外の成果物も多く見られた。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

タイ国側から 100 名を超える積極的な研究参加があり、東京海洋大学で博士号を取得した研究者がタイ国水産局で活躍する等、タイ国との間では技術的ネットワーク及び水産養殖関連研究者のネットワークが構築された。その中には、大学だけでなく、他分野や産業庁の研究所も含まれる。

一方で、国際シンポジウムなどの人的ネットワークの構築に資する機会を複数設けたものの、東南アジア諸国に対してはプロジェクトの活動紹介だけに留まり、いまだにタイ国以外への人的ネットワークの波及は見られていない。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

本プロジェクトは 5 つの研究題目から成り、研究体制としても日本側で 3 研究機関、相手国側で 5 研究機関、そして相手国の共同研究者だけで 100 名を超える大所帯でのプロジェクトであった。タイ国側の大学の貢献が分かりづらい点はあるものの、研究代表者のリーダーシップと研究補佐のマネジメントの連携によって、プロジェクト推進体制は上手く機能していたと評価される。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

プロジェクト開始直後に発生したエビ感染症 EMS/AHPND の問題を急遽研究題目に取り入れ、有用な検査法を迅速に開発・実用化したことから、状況変化への的確な対処に関しては極めて高く評価される。

また、研究代表者はプロジェクト実施期間の大部分を通じて学長の要職にあったが、補佐役を置き、そのサポートによってプロジェクトの運営は円滑であった。研究代表者の意識は高く、そのリーダーシップによって 100 名を超す研究メンバーの共通認識形成に尽力し、5 つの研究題目をまとめあげた。

【成果の活用に向けた活動】

様々なレベルのワークショップ、研究成果の公表、現地での広報活動などが十分になされ、成果の活用への熱意と実績が示されている。これらの活動の結果、EMS/AHPND の診断法が国際獣疫事務局（OIE）の標準検査法に採用され、タイ国のエビ養殖生産量が回復しつつあるなど、成果の活用に向けた活動は高く評価される。その一方で、EMS/AHPND 診断法以外の研究題目の成果の活用・社会実装については、さらに検討することが求められる。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

情報発信については積極的に行われたと高く評価される。国際誌に 81 編の論文公表を行い、シンポジウム、ワークショップ等を数多く開催して成果の情報発信を行った。特にエビの EMS/AHPND 対策については 2014 年にプレスリリースを行い、その後もプロジェクトの活動が多くメディアに取り上げられ、高いインパクトを残した。さらに、2015 年度に水産養殖関連の他の SATREPS 課題をまとめて国際シンポジウムを開催したことは、研究者間の交流の促進の面からも高く評価される。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

人材、機材、予算のいずれも効率よく活用された。タイ国水産局研究所に研究機器が設置され、その利用により現地での研究が進展した実績があり、今後も導入機材の活用が見込まれる。また、予算についてはタイ国側から高額の予算配分を引き出したことが多くの成果に繋がったと評価される。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

1) 本プロジェクトの中で多くの成果が得られたものの、水産養殖産業の実現に至るには、借り腹技術の実用化、感染症予防技術、代替飼料の決定と生産、さらには危険因子の検出と除去による養殖環境の清浄化と維持保全など、解決すべき課題はまだ多く残されている。世界の食料問題、特にタンパク質資源の供給の観点から、今後科学技術がこの分野に貢献することが大いに期待されている。その意味で、本プロジェクトを通じて育成された日本人材と相手国人材が引き続き実用技術開発に向けて協働で取り組むことを期待する。

2) 引き続き5つの研究題目に取り組むことで総合的な養殖技術の底上げ／向上を行い、その技術の他地域への普及の仕組みを整えていただきたい。

3) 本プロジェクトの当初の基本的な構想として、得られた研究成果の実用化、すなわち産業化はニーズに応じて民間企業等が取り組むこととした。実際にプロジェクト期間中に連携を行った企業が複数存在したため、その効果はあったと言える。一方で、プロジェクト期間中に社会実装の道筋を明確にすることが求められる SATREPS プロジェクトとしては、5つの研究成果を統合した産業化のモデル実証まで実施することに対する期待もあった。

今後研究成果を社会に加速的に実装するためには、これまでプロジェクトに参加した研究者とは異なる視点でその役割を果たすコーディネータの参画が必要と思われ、今後先導的に育成されることを期待したい。

以上

JST成果目標シート

研究課題名	次世代の食糧安全保障のための養殖技術研究開発
研究代表者名 (所属機関)	岡本 信明 (国立大学法人東京海洋大学)
研究期間	H23採択(平成24年5月25日～平成29年5月24日)
相手国名/主要相手国研究機関	タイ王国/ 水産局(DOF)、カセサート大学(KU)、チュラロンコン大学(CU)、ワライラック大学(WU)

付随的成果	
日本政府、社会、産業への貢献	地球規模における安心安全な養殖魚介類の供給を実施するための技術移転を進めることができた。 ワクチンや代替飼料の産業化のための基盤を構築した。
科学技術の発展	分子育種マーカーと借り腹技術を連携させ育種にかかる時間の短縮化するための技術基盤を構築した。 魚介類のゲノムワイドな遺伝子発現プロファイリング技術による魚介類の免疫、生理、代謝メカニズムの解明の技術基盤の確立をした。
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	分子育種マーカー(特許1件申請) 新規ワクチン(動物用医薬品メーカーと協議中) 魚介類感染症の診断法(エビのEMS/AHPND診断法が国際スタンダードに採択) 生物資源アクセス許可をタイ政府より取得
世界で活躍できる日本人人材の育成	学生や若手研究員の国際会議での研究成果発表の推進した。 学生や若手研究員をタイに派遣し、国際感覚の育成を行った。
技術及び人的ネットワークの構築	タイ国内で水産養殖に関連する研究を実施している研究者のネットワークを構築することができた。 タイを中心とした東南アジア諸国との連携構築のために、国際会議において、活動を紹介した。
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	プロジェクトの共同研究成果(タイ研究者との共著)を学術論文として22編発表した。

◎ = 重点的に取り組む項目

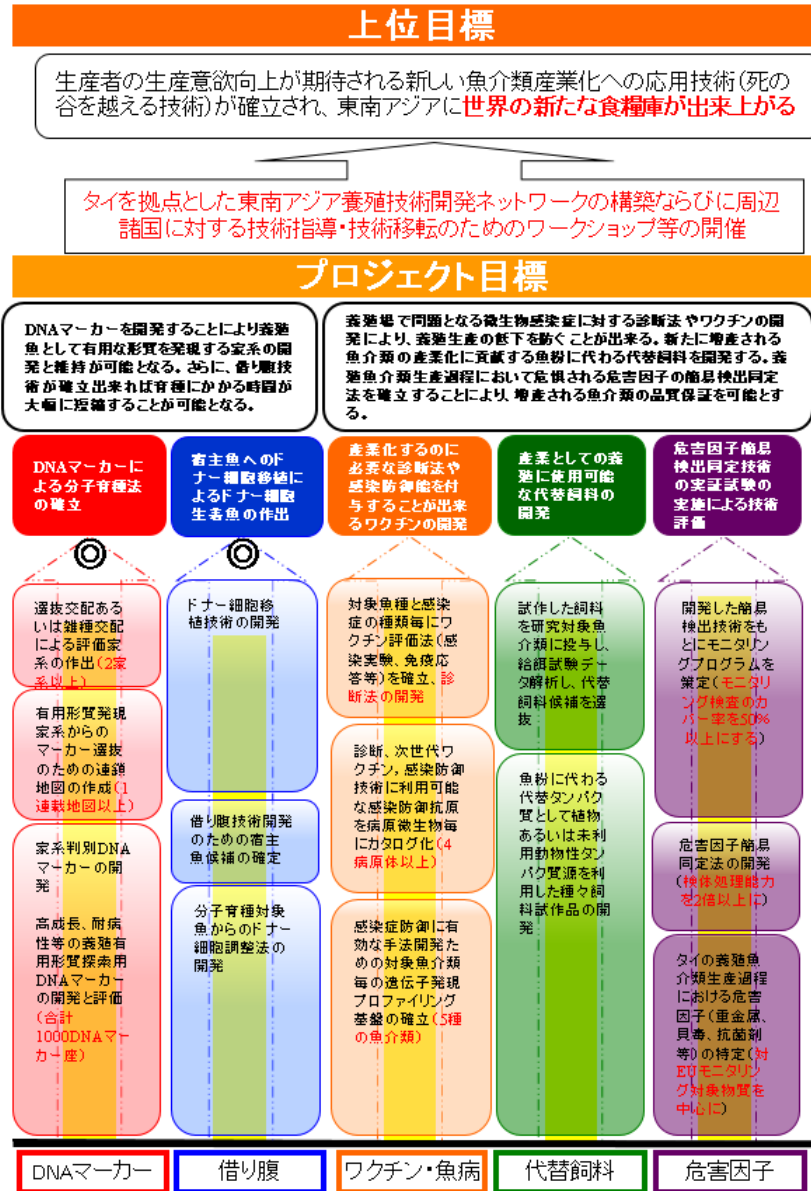


図1 成果目標シートと達成状況(2017年5月時点)