

国際科学技術共同研究推進事業

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「生物資源」

研究課題名「マリカルチャビグデータの生成・分析による

水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現」

採択年度：平成28年度/研究期間：6年/

相手国名：インドネシア共和国

## 終了報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

平成29年11月1日 から 令和4年10月31日 まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

平成28年6月1日 から 令和5年3月31日 まで

(正式契約移行日 平成29年4月1日)

\*1 R/Dに基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

\*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた該年度末

研究代表者：和田雅昭

公立はこだて未来大学・教授

# I. 国際共同研究の内容 (公開)

## 1. 当初の研究計画に対する進捗状況

### (1) 研究の主なスケジュール(実績)

研究題目・活動	2016年度 (10ヶ月)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度 (12ヶ月)
1. マリカルチャビッグデータの生成	養殖業・漁業情報入力システムの開発				養殖業・漁業情報の蓄積		
1-1 養殖業・漁業の情報化	社会経済データの所在調査 *1			社会経済データの蓄積 *1			
1-2 社会経済データの情報化							
1-3 海洋環境等の観測	多項目の海洋環境を観測するセンサーノードの開発				海洋環境データの蓄積		
1-4 データ入出力の標準化		三次元海底地形図の作成と技術指導 *2			海洋水産省に対する提言		
2. マリカルチャビッグデータの分析	DSSシステムの開発と機能拡張			DSSシステムの運用と保守			
2-1 DSSシステムの開発							
2-2 社会経済データの分析			マリカルチャの地域経済への波及効果分析と評価				
2-3 マリカルチャと海洋環境の関係分析	魚病・斃死と海洋環境の関係整理		魚病・斃死対策の検討と削減目標の達成				
	数値流体解析の準備と実施		数値流体解析の対象地域の拡大と技術移転				
		赤潮発生予測の解析手法開発		赤潮発生予測の目標達成			
	土地利用分析の実施		表土流出と沿岸環境・水質変化の因果関係の解明				
	海藻養殖と海洋環境の関係整理		海藻養殖の適地適作マップの作成と評価				
3. DSSシステムの活用と運用	教育コンテンツの調査						
3-1 教育・訓練システムの構築		教育・訓練講座の開発		教育・訓練講座の拡充・運用			
		教材の開発 *3					
3-2 DSSシステムの社会実装					実態調査		
				リーダー/トレーナー教育の実施			
				メンバ教育の実施			
				教育効果の評価			
		DSSシステムの試用		DSSシステムの社会実装と評価			
					制度化提言		

\*1 CPの体調不良による長期療養に加えて、リサーチパーミットの取得に時間を要したことにより2017年度の活動が制約されたため、計画を見直した。

\*2 当初計画よりも対象海域が増えたことに加えて、衛星画像を用いた水深推定に時間を要しているため、計画を見直した。

\*3 当初計画にはなかったDSSシステムの社会実装を推進するための教材を開発するため、計画を見直した。

注) 太矢印は研究期間の変更に伴い、計画を見直した。

(2) 中間評価での指摘事項への対応

指摘事項1：プロジェクトの中間時点において、それぞれの研究題目において、これまでに達成できたこと、達成できていないことをしっかり整理して、プロジェクト目標の達成に重要な研究テーマを選び、そしてそれに集中して研究開発をしていただきたい。また、終了時評価に際しては、日本のスマート水産産業を構成する①漁業者・養殖業者、②行政・研究機関、③加工業者および市場のそれぞれについて、インドネシアはどのように異なるのか、またそれをふまえたインドネシア版スマート水産産業はどうあるべきと考えるかを明らかにした上で、本プロジェクトの具体的到達点（最終ゴール）と、将来的にどう貢献しうるかを説明していただきたい。

研究代表者らのグループが取り組む日本版のスマート水産産業では、生産者が直接データを利活用しています。ここでの生産者は、海に出て魚介藻類を獲る、育てることに従事する人（従業者）を指します。そのため、インドネシアでも同様に従業者をターゲットユーザとしてデータの利活用を普及促進することを考えていましたが、中間評価までに実現することができませんでした。中間評価までにわかったことは、日本では生産者は経営者と従業者を兼ねていますが、インドネシアでは経営者と従業者は異なっており（雇用関係にあり）、データの利活用は経営者の視点で行われているということです。そのため、中間評価以降はターゲットユーザをオーナーやEX ワーカーに変更しました。

日本では、大学などの研究機関や航海計器・操業計器のメーカーが中心となり、ICT 漁業を社会実装してきた結果として、水産庁がスマート水産産業を推進するようになりました。漁法や地域による違いはありますが、少なからず初期投資が必要であり、水産庁は補助金等の制度を設け支援しています。一方で、インドネシアでは国がスマート水産産業を推進していく必要があると考えています。その際、日本とは異なり GPS プロッタや魚群探知機、自動給餌機等は導入されていないことから、初期投資が障害にならないよう、スマートフォンひとつでスタートできる仕組みを用意する必要があります。

指摘事項2：水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現のため、プロジェクトサイトごとに具体的な DSS システムの内容を明確にし、ビッグデータの分析ツールやアプリを作成し、デモンストレーションによって適用性を十分検証した上で公開し、相手国研究者に移転することが重要である。

各テストサイトにおける主な課題、ならびに開発したアプリとツールを表 1-1 に示します。いずれも相手国研究者が中心となり、デモンストレーションを実施しました。

表 1-1 テストサイトにける主な課題、ならびに開発したアプリとツール

テストサイト	主な課題	開発したアプリとツール
Sumatra 島 Lampung	赤潮	ALBOOM、ALGIES、数値流体解析、リモートセンシング
Java 島 Banyuwangi	漁船漁業	MICT-L、スマートダッシュボード
Bali 島 Perancak	漁船漁業	MICT-L、スマートダッシュボード
Bali 島 Gondol	魚類養殖業	EL-MARC、MICT-G、スマートブイ
Lombok 島 Seriwé	海藻類養殖業	EL-MARC、MICT-Q、数値流体解析

**指摘事項 3：**相手国研究者との協働が不十分であるので、プロジェクト内に取り込んで、日本側特に研究代表者のリーダーシップで現地で顔を合わせて議論し研究するなど、共同研究体制の構築を早々に図ってもらいたい。

2019 年 11 月の中間評価現地調査以降、新型コロナウイルス感染症による影響を受け、4 年次（2020 年度）と 5 年次（2021 年度）は渡航することができず、現地で議論することができませんでした。しかしながら、Zoom を活用したワーキンググループ、チームミーティング、合同定例会など、2 年間で 66 回の議論を実施し、共同研究体制の構築に努めました。

**指摘事項 4：**現地で実需者も交えて議論して現地の問題を把握し、その解決のために何をすべきかを明確にする必要がある。これまではビッグデータ中心の研究を実施してきたが、後半では、DSS システムを活用した場合、実際の水産養殖や漁業が持続的かつ安定的に営まれるのかどうか実証が必要である。それによって社会実装が可能となることを認識してもらいたい。

指摘事項 3 に重なりますが、現地で議論が実施できなかったことから、Zoom での議論となりました。中間評価以降は、漁業では海洋水産省、海藻類養殖業では仲買人、魚類養殖業と赤潮ではオーナー、教育では EX ワーカーを主な実需者として、議論を進めてきました。

**指摘事項 5：**プロジェクトが始まって 2 年半を経過したが、査読付き原著論文数が少ない。水質と赤潮発生との関係、降雨量と赤潮発生との関係、湾内海流の分析方法など複数の新しい研究成果について早めに論文を公表していただきたい。

中間評価以降、両国が協力して意識的に研究成果の公表に取り組んできました。2022 年 11 月末の時点で、2 本の原著論文が査読中です。また、ポストプロジェクトにおいても、主に海藻類養殖業と経済波及効果について研究成果を公表していく予定です。

**指摘事項 6：**プロジェクトが作出を予定している成果には、論文以外のもの、例えばマリカルチャに関するデータベース、新たな DSS システムなどがある。最終的なとりまとめでは、これらの成果のどこに新規性があるのかを具体的に分かりやすい形で呈示していただきたい。

日本のスマート水産業の国際横展開であることから新規性を主張することは難しいのですが、マリカルチャビッグデータの生成・分析により構築した DSS システムをプラットフォームとして、新たな展開が創出されることを期待していました。その成果として、LIPI（現 BRIN）の参画により、参加型の水質・気象観測システムである「ALBOOM」と、プランクトン判別のエキスパートシステムである「ALGIES」が

開発されました。また、開発した教育・訓練システムである「EL-MARC」は、研修を目的としたオンラインコースの開講だけではなく、海洋水産省や臨海研究所が所有する動画コンテンツ等の配信にも活用されており、ユーザ層が拡大しています。いずれも、プラットフォームの構築が CP の自発的な活動を促しました。加えて、CP が作成中の政策提言書も論文以外の成果になると考えています。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

新型コロナウイルス感染症の世界的感染拡大による渡航制限により、4年次(2020年度)、および5年次(2021年度)において専門家派遣、短期研修を実施することができず、計画とおりにプロジェクトを推進することが困難な状況に陥った。そのため、研究期間を1年間延長する必要が生じた。

## 2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

### (1) プロジェクト全体

本プロジェクトでは5つのテストサイトを選定しており、マリカルチャの高度化を目標として魚類養殖業(Bali 島 Gondol)、海藻類養殖業(Lombok 島 Seriwe)、漁業(Java 島 Banyuwangi、Bali 島 Perancak)、赤潮(Sumatra 島 Lampung)の課題解決に取り組んでいる(図1-1)。当初の研究計画では1年次から5年次まで、課題の把握、データの生成、データの分析、データの活用、システムの運用とそれぞれ年次目標を掲げ3年次までは概ね順調に推進できていたものの、新型コロナウイルス感染症による影響を受け、4年次と5年次は渡航することができず1年間の研究期間の延長を余儀なくされた。しかしながら、本プロジェクトでは2年次からテレビ会議システムを導入し定例会を開催していたことから、相手国との定期的な情報交換を実施することができた。そのため、遅延が生じたもののDSSシステム(Decision Support System)については5年次までにハードウェア面の整備を終えており、渡航が再開した6年次にはソフトウェア面の整備を進めることができた。DSSシステムの整備は2022年10月末までに完了している。一方、新型コロナウイルス感染症によるプラスの効果もみられ、eラーニングが日常的なものとなったことで、教育・訓練システムである「EL-MARC」が抵抗なく受け入れられるようになっている。また、CPが主体性に活動するようになり、5年次にはスマートフォンアプリを用いた参加型の水質・気象観測システムである「ALBOOM」と、プランクトン判別のエキスパートシステムである「ALGIES」の2つのシステムが運用を開始している。

キャパシティ・ディベロップメントについては、3名のCPを長期研修生またはSATREPS枠の国費留学生として受け入れ、1名が2021年3月に修士の学位を、1名が2022年3月に博士の学位を、1名が2022年9月に博士の学位を取得した。

また、日本においても2019年度からわが国の水産庁がスマート水産業の推進方策等について検討を行っており、本プロジェクトと同様にICTの導入とデータ連携による資源・環境・経営の持続性を目的としたスマート水産業の社会実装に取り組んでいる。本プロジェクトでは、水産庁が取り組む「水産業データ連携基盤」と「DSSシステム」の将来的な国際データ連携を見据え、データ入出力の標準化にも取り組んだ。これにより、6年次に開発した廉価版のセンサノードは両国で利用可能なセンサノードとなっている。水産業におけるICTの導入とデータ連携は、今後両国以外でも推進されることが見込まれ、本プロジェクトの成果は、セネガルやモーリタニアのタコ漁、フィリピンやベトナムの海藻類養殖業など、経営規模が類似するアフリカ諸国や東南アジア諸国に横展開できるものと考えている。

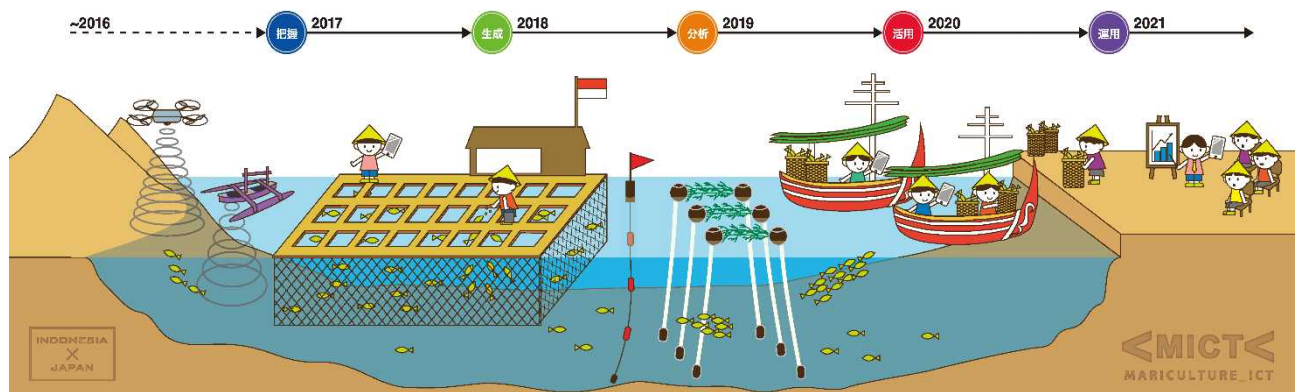


図1-1 本プロジェクトの概要と当初の研究計画

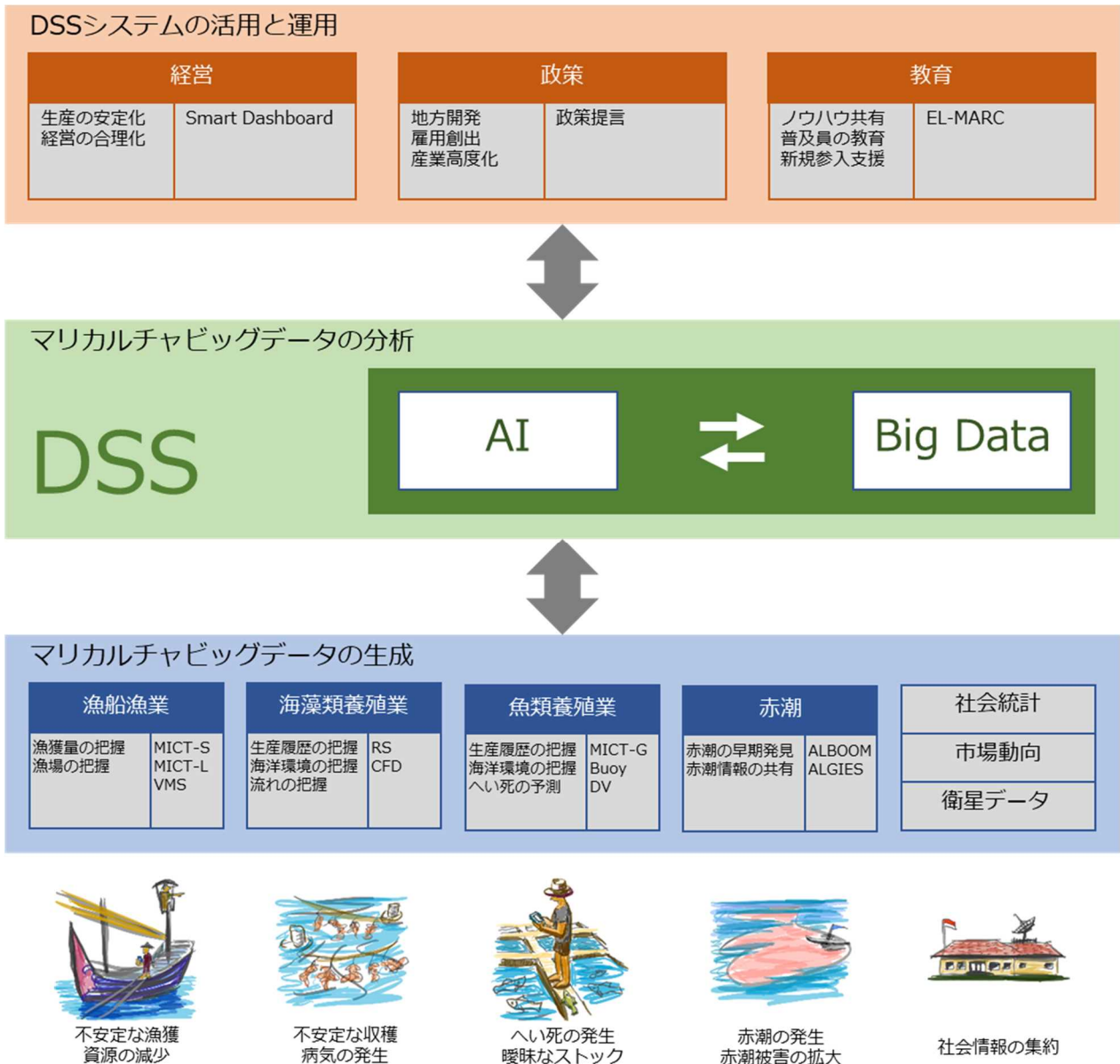


図 1-2 DSS システムによるデータ連携

(VMS: Vessel Monitoring System, RS: Remote Sensing, CFD: Computational Fluid Dynamics, DV: Data Viewer)

図 1-2 は本プロジェクトにおける取り組みと DSS システムによるデータ連携を図示したものである。漁業、海藻類養殖業、魚類養殖業、赤潮の課題に加えて教育を含めた 5 つの課題に取り組んでおり、IoT やスマートデバイスアプリ等を活用したマリカルチャビッグデータの生成が進んでいる。漁船漁業については、位置情報と漁獲情報を収集し、時空間で資源状況を評価することで、将来の TAC 制度の導入に備えた。海藻類養殖業については、適地適作マップを作成したものの海藻の死滅被害の発生等によりデータの蓄積が進まなかったことから十分な評価には至っておらず、ポストプロジェクトにおいても研究を継続したいと考えている。魚類養殖業については、環境情報と生産履歴を収集し、斃死予測をスタートさせた。また、赤潮については参加型の情報収集システムを構築し、早期対策による被害低減の仕組みを構築した。なお、これらの取り組みを生産性の向上に結び付けるためには、DSS システムの継続的



な運用による、更なるデータの蓄積と AI モデルの再構築が必要である。教育については、eラーニングによる魚類養殖技術、海藻類養殖技術のオンラインコースを開講し、EX ワーカーを中心に利用が広がっている。図 1-3 に 6 年次に Lampung で実施した魚類養殖業のオーナー 6 名へのインタビューの様子を示す。オーナーからは、DSS システムの活用により赤潮発生時における情報共有が迅速化され、被害低減に寄与しているとの話を聞くことができた。また、Gondol では、魚種別サイズ別の生残尾数がリアルタイムで確認できることから、市場動向と照らし合わせることで DSS システムを販売計画に役立てているという話を聞くことができた。このように、リアルタイムデータの活用が進んでいる。一方で、赤潮発生予測や斃死予測の活用は、ポストプロジェクトにおける取り組みと位置付けている。



図 1-3 Lampung でのオーナーへのインタビューの様子

DSS システムは個別の課題解決のためのデータ分析だけではなく、課題相互のデータ連携の役割を担っている。例えば赤潮の早期発見は魚類養殖業における生産の最適化に活用することができ、海藻類養殖業における生産履歴の把握は生産者の教育に活用することができる。5 年次には 7 名の CP による IT チームが形成され、ポストプロジェクトにおける持続的な DSS システムの運用に向けて技術移転が順調に進んでいる。

しかしながら、相手国では BRIN（研究革新庁）への研究機関の統合が図られ、PI を含む CP の半数以上が BRIN に異動したことにより、費用面では自助努力での DSS システムの運用体制が確立していない。そのため、海洋水産省が 2022 年 7 月に発表した「Smart Fisheries Village」プログラムにおいて、本プロジェクトの成果を活用していくことを提案しており、引き続き相手国との話し合いを必要としている。なお、Gondol では 2 つの魚類養殖業の経営体がランニングコストを自己負担し、DSS システムを継続して活用している。

2023 年 3 月末時点における達成状況は、研究題目 1「マリカルチャビッグデータの生成」が 97%、研究題目 2「マリカルチャビッグデータの分析」が 95%、研究題目 3「DSS システムの活用と運用」が 98% となっている。研究題目 1 では、国際標準化について、わが国の水産庁による水産業データ連携基盤の運用開始を待っている状況にある。研究題目 2 では、AI モデルの構築は終えているものの、評価と AI モデルの再構築はポストプロジェクトにおいて実施する計画である。また、研究題目 3 では、CP による Gondol 臨海研究所でのトライアルを残している。

## (2) 研究題目 1：「マリカルチャビッグデータの生成」

研究グループ A（リーダー：岡辺拓巳）

### ① 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

#### 研究活動 1-1 養殖業・漁業の情報化

養殖業の情報化では、Bali 島 Gondol における魚類養殖業を対象に、ストック管理と斃死の把握を目的として、生産履歴の収集に取り組んだ。暫定期間である 2016 年度にオーナー／マネージャへのインタビューを実施し（図 2-1 左）、毎日の作業と稚魚の入荷から成魚の出荷までの育成期間の作業を確認した。その結果、オーナーの情報ソースはマネージャからの日報であり、日報は SMS を用いたテキストベースの情報であることがわかった。そこで、マネージャによる日報の入力を省力化し、あわせてデータベースに生産履歴を蓄積するためのスマートデバイスアプリ「MICT-G」を開発した。MICT-G では、魚種別の生残尾数、斃死尾数、餌料種類、給餌量、出荷尾数、ならびに魚の平均体重や生簀の移動情報を入力することができる。



図 2-1 マネージャへのインタビュー（左）と開発したアプリ「MICT-G」（右）

1 年次以降もオーナー／マネージャへのインタビューを重ね、5 年次（2021 年度）には Web アプリとして MICT-G を完成させた（図 2-1 右）。また、入力機能に加えて、オーナーの販売戦略を支援するため、魚種別サイズ別の生残尾数であるストックや斃死尾数、給餌量等をグラフ表示する閲覧機能も実装している（図 2-2）。MICT-G は Gondol の 2 つの経営体で活用されている。

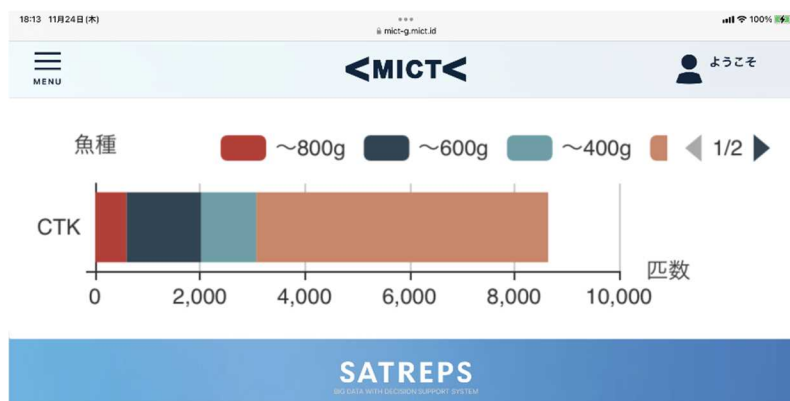


図 2-2 閲覧機能でのストック表示

漁業の情報化では、バリ海峡におけるイワシ巾着網漁業を対象に、漁獲統計のリアルタイム配信と漁場の可視化を目的として、水揚げデータと航跡データの収集に取り組んだ。バリ海峡には西岸の Bali 島 Pengambengan と東岸の Java 島 Muncar に主要な漁港があり、1 年次（2017 年度）はイワシ巾着網漁業のキャプテンを対象に、2 年次（2018 年度）には漁港事務所のスタッフを対象にインタビューを実施し、漁船上でキャプテンが漁獲データを入力するための「MICT-S」と、漁港で漁港事務所のスタッフが水揚げデータを入力するための「MICT-L」の2つのスマートデバイスアプリを開発した。また、3 年次にはボゴール農科大学が開発した VMS（Vessel Monitoring System）である「TREKfish」を、4 年次には米国 Globalstar 社の「SmartOne Solar」を導入し、航跡データを収集した。その結果、MICT-L と SmartOne Solar の組み合わせが、バリ海峡におけるワークフローに最も適した組み合わせであり、継続的な漁業情報の収集が可能であることを確認した。また、4 年次には MICT-L で収集した水揚げデータを表示するための TV アプリ「スマートダッシュボード」を開発し、漁港事務所での累積漁獲量等のリアルタイム配信を開始した（図 2-3）。



図 2-3 漁港事務所に設置したスマートダッシュボード（左）と累積漁獲量の表示（右）

さらに、収集した水揚げデータと航跡データを解析することで、漁場の可視化にも取り組んでおり（図 2-4）、漁場の季節変動を把握することができた。

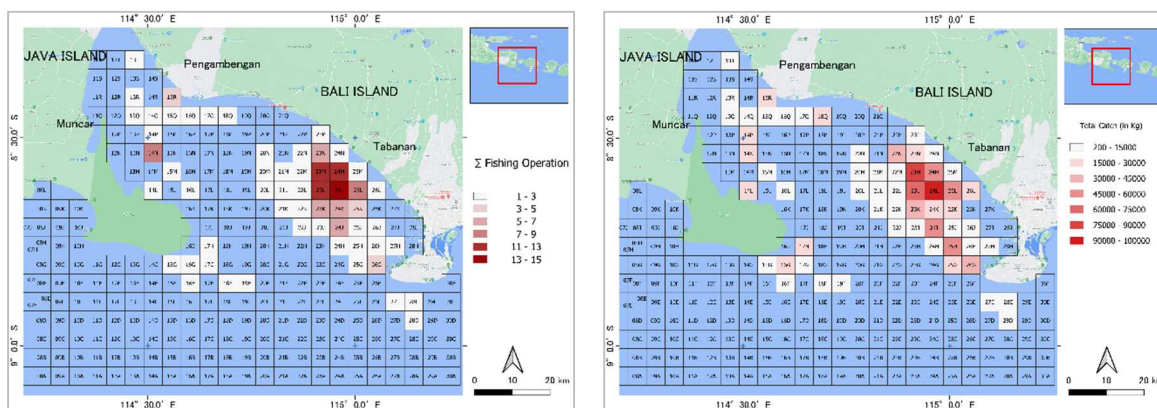


図 2-4 可視化した漁獲圧（左）と総漁獲量（右）

[©OpenStreetMap contributors]

## 研究活動 1-2 社会経済データの情報化

本研究活動は、CP が主体となり 1 年次（2017 年度）から実施する計画であったが、担当 CP の体調不良による長期療養に伴い開始が遅れ、3 年次（2019 年度）以降、SATREPS 枠の国費留学生（東京農業大学大学院博士後期課程）が担当している。

本研究活動では、マリカルチャ振興が地域経済にもたらす影響を分析するためのデータ取得と情報化に取り組み、1 次データとして、アンケート調査とヒアリング調査により、水産業従事者から表 2-1 に示すデータを収集した。なお、3 年次と 5 年次はオンサイトで、4 年次はオンラインで計 3 回の調査を行い、合計 141 の回答を収集することができた。図 2-5 にオンサイト調査を実施した地域とオンライン調査を実施した地域を示す。また、2 次データとして地方行政が集計した水産統計データ、ならびに産業統計データ、海洋水産省が集計した水産統計データを収集した（表 2-2）。収集したデータは研究活動 2-2 「社会経済データの分析」に提供している。

表 2-1 1 次データ収集のための調査概要

収集したデータ	調査期間（対象地域）	回答数
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経済波及効果推計用データ</li> <li>・ 水産業全体の平均的収益分析用データ（水産業と他産業の比較）</li> <li>・ マリカルチャ漁業者の収益分析用データ（雇用者と労働者の比較）</li> <li>・ 環境経済分析用データ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2020 年 2～3 月（バリ州）</li> <li>・ 2020 年 5～10 月（オンライン）</li> <li>・ 2021 年 10～11 月（ランブン州）</li> </ul>	141



図 2-5 オンサイト調査を実施した地域とオンライン調査を実施した地域

表 2-2 2 次データの概要

データ名（年度）	出典	目的
産業別投入産出表（2010）	Indonesia National Agency Statistics	マリカルチャの地域経済波及分析
地域名目 GDP（2010）	Badan Pusat Statistik (BPS)	マリカルチャの地域経済波及分析
魚種別漁業者年間所得（2020）	BPS, 海洋水産省 (MMAF)	漁業者の所得分析

### 研究活動 1-3-1 海洋環境の観測

本研究活動では、養殖海域の水質（水温、塩分、クロロフィル、濁度、溶存酸素、流向流速）、および気象（気温、湿度、気圧、雨量、風向風速）の観測による海洋環境の可視化と、研究活動 2-3「マリカルチャと海洋環境の関係分析」における斃死対策や赤潮発生予測への海洋環境データの提供を目的として、定点観測網を構築するセンサノードの開発に取り組んだ。

センサノードは日本側技術シーズのひとつであり、1年次（2017年度）に Bali 島 Penerusan 湾の魚類養殖生簀に1台のプロトタイプを設置し、主に通信の評価に取り組んだ。その結果、欠損率が目標とする3%以下に対して2.1%であることを確認したことから、2年次はプロトタイプをベースにソーラーパネルを用いた自立電源型のセンサノードを開発し（図 2-6）、Lombok 島 Seriwé 湾、Lampung 湾を含む5つの海域において水質の定点観測を継続的に実施している。なお、通信には衛星通信サービスである Iridium を選定している。

センサノードは毎正時に海洋環境を観測し、電子メールとして観測データを送信している。電子メールを受信し観測データを蓄積・配信する仮想サーバは、5年次に DSS データベースとして構築し、ポストプロジェクトに向けた運用を開始している。図 2-7 に Lampung 湾に設置したセンサノードで取得した観測データの日表示グラフを示す。グラフは日表示だけでなく、週表示、月表示にも対応している。また、6年次には CP が中心となり、移動平均など一次処理後のデータを表やグラフで表示し、観測データを CSV ファイルとしてダウンロードすることのできる Web アプリ「Data Viewer」を開発した。

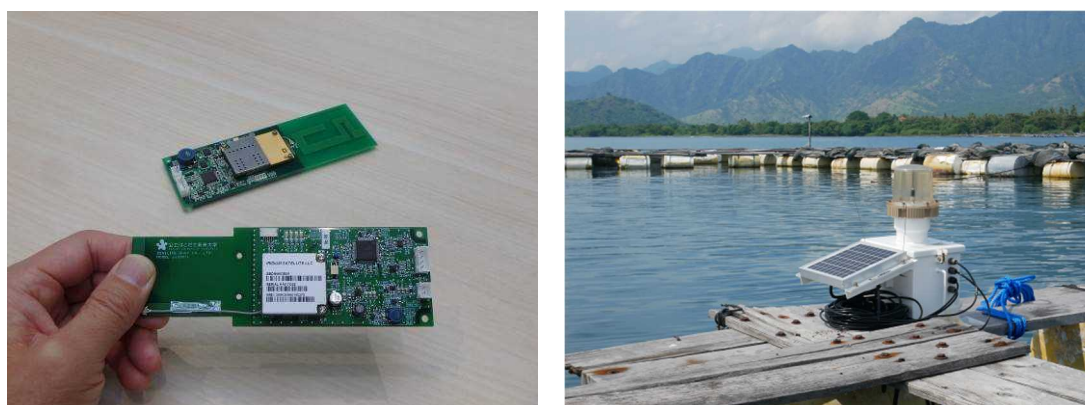


図 2-6 開発したセンサノードの制御基板（左）と Penerusan 湾の魚類養殖生簀に設置したセンサノード（右）

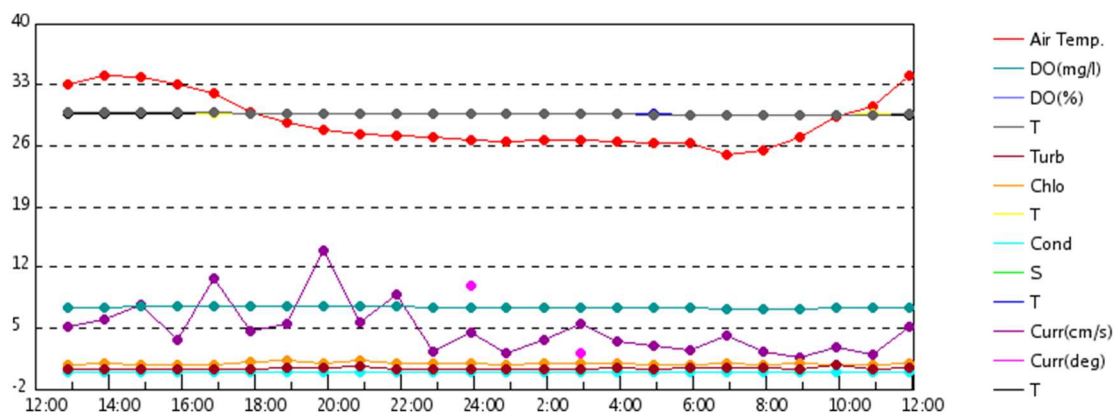


図 2-7 水質データの日表示グラフ（2022年7月9日12時～10日12時）

また、Lampung 臨海研究所では、Lampung 湾における赤潮の発生が降雨や風向に強く依存していると考えているとの情報を得たことから、2年次（2018年度）には、ウェザーステーションを用いた気象の定点観測を開始した。開発したセンサノードには、センサとの物理インタフェースに RS-485 を採用しており、同インタフェースを有するセンサであれば複数接続が可能であり、またソフトウェアの変更だけで、新たなセンサの接続も可能となる。表 2-3 に水質および気象の定点観測に用いているセンサの型式と観測項目を示す。

表 2-3 定点観測に用いているセンサ

型式	観測対象	観測項目
AEM-CAD (JFE Advantech)	水質	水温、流向、流速
ACTW-CAD (JFE Advantech)		水温、塩分
ACLW2-CAD (JFE Advantech)		水温、クロロフィル、濁度
AROW2-CAD (JFE Advantech)		水温、溶存酸素
WXT536 (VAISALA)	気象	気温、湿度、気圧、雨量、風向風速

以上のように、水質と気象を含む海洋環境データの収集と蓄積・配信が計画通りに進んでいる。一方で、定点観測網の拡大とポストプロジェクトにおける持続的な運用のためには、廉価版のセンサノードが必要となる。そこで、5年次に廉価版のセンサノードの開発に向けた検討を開始し、最終年度となる6年次（2022年度）は、汎用ボードコンピュータを用いたセンサノードの開発に取り組んだ（図 2-8）。汎用ボードコンピュータには相手国内でも入手することのできる「Raspberry Pi (<https://www.raspberrypi.org/>)」を選定しており、同様に相手国内で入手することのできる USB タイプの LTE 通信モジュールと組み合わせることでセンサノードを構築している。また、観測データの送信には、電子メールではなく IoT の分野で利用が広がっているメッセージプロトコル「MQTT」を採用した。これにより、送信データ量を削減することができる。なお、DSS データベースは新旧のセンサノードに対応しており、共通のフォーマットでダウンロードすることができる。Bali、Lombok、Lampung のすべてのセンサノードは、2022年10月までに廉価版のセンサノードへの入れ替えを完了している。図 2-9 に Lombok に設置した廉価版のセンサノードを示す。また、表 2-4 に各テストサイトにおける廉価版のセンサノードの設置状況を示す。



図 2-8 汎用ボードコンピュータ「Raspberry Pi」(左)と開発の様子(右)



図 2-9 Lombok に設置した廉価版のセンサノード

表 2-4 センサノードの設置状況

テストサイト	観測対象	緯度	経度
Lampung	水質	-	-
Lampung	水質	-	-
Lampung	気象	5. 534839 S	105. 257460 E
Gondol	水質	8. 186324 S	114. 823930 E
Gondol	水質	-	-
Gondol	気象	-	-
Lombok	水質	8. 892123 S	116. 508636 E
Lombok	気象	-	-

### 研究活動 1-3-2 三次元海底地形図の作成

本研究活動では、衛星画像を用いた費用対効果の高い水深推定手法により、Bali 島 Penerusan 湾、Lampung 湾、Lombok 島 Seruwe 湾を対象として、三次元海底地形図を作成した。作成した三次元海底地形図は、研究活動 2-3-2「数値流体解析による湾内海流状況の把握と汚濁物質拡散のシミュレーション」で活用されている。

Satellite Derived Bathymetry (SDB) は浅海域（およそ 10 m より浅い水深帯）の水深をマルチスペクトル衛星画像より推定する手法である。波長によって水中での光の減衰が異なる性質を利用し、既知の水深と同位置の画素の関係から回帰分析によって水深推定式を導出して、これを画像全体に適用する。既知の水深情報が必要となることから、小型の GPS 魚群探知機を用いた簡易的な深浅測量を実施した。3 つの湾でアウトリガーボートに機材を設置し、湾内の縦横断の水深データを取得した（図 2-10 左）。また、取得した水深に対して潮位補正を行うための潮位観測も同時に実施した（図 2-10 右）。なお、Penerusan 湾の深浅測量は、CP が主体となり実施している。



図 2-10 Seruwe 湾での深浅測量の航跡（左）と潮位観測に用いた水位計（右）

[地図データ：Google、TerraMetrics、Maxar Technologies]

水深推定の元データとなる衛星画像には、水平方向 6 m の空間分解能を持つ SPOT-6 と SPOT-7 によるマルチスペクトル画像を用いた。SDB では水蒸気や砕波の影響を大きく受けるため、可能な限り曇量が少なく、かつ波高の小さい時刻に撮影された画像を選択し、近赤外域バンドを用いて太陽光反射を補正して、青色と緑色の可視光域の情報を抽出した。Penerusan 湾における放射輝度比（青色と緑色の対数比）と水深との関係を図 2-11 に示す。各湾では、泥質を含む干潟のほか、サンゴ礁が広がるなど、浅海域の底質が多様で特徴が異なることから、3 つの湾に対してそれぞれ独立した水深推定式を導出した。そして、10 m より浅い海域の水深を推定し、10m よりも深い海域についてはインドネシア地理空間情報局が公開している 6sec グリッドを用いての水深データを用いて合成した。なお、三次元海底地形図は移動平均線や内挿により 10 m グリッドで作成している。

図 2-12 に、作成した三次元海底地形図を示す。Penerusan 湾は南北約 1 km×東西約 2.5 km、Lampung 湾は約 10km×約 6km、Seruwe 湾は約 6km×約 6km の範囲で、海底の詳細な起伏を表現することができている。魚類養殖業が盛んな Penerusan 湾は急勾配であり、海藻類養殖業が盛んな Seruwe 湾は緩勾配であることがわかる。



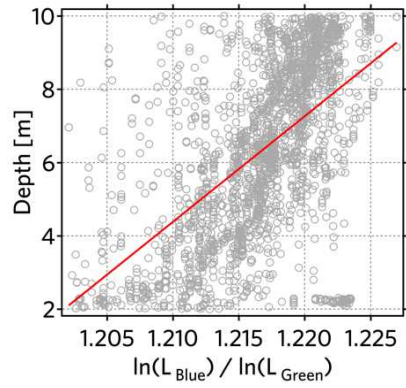


図 2-11 Penerusan 湾における放射輝度比（青色と緑色の対数比）と水深との関係

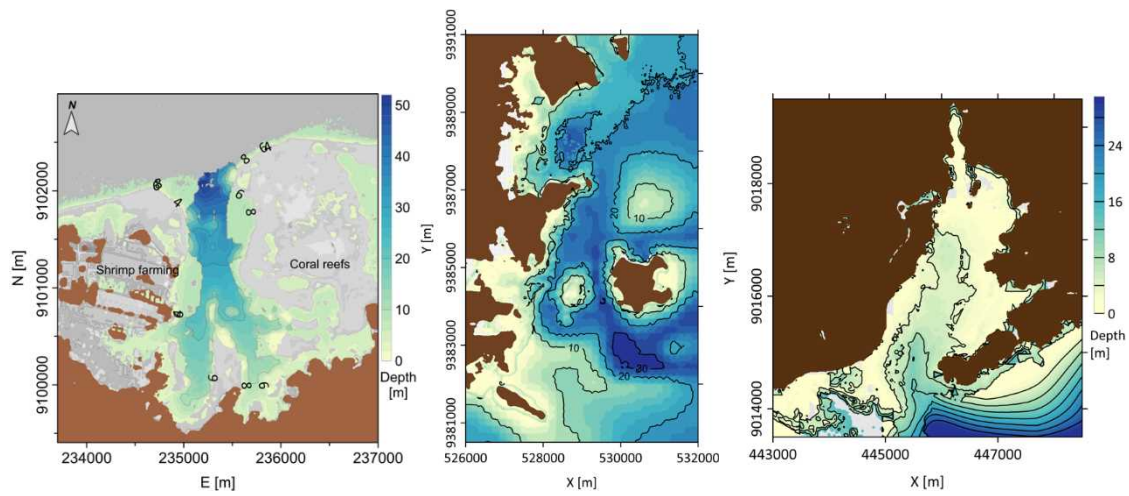


図 2-12 作成した三次元海底地形図：Penerusan 湾（左）、Lampung 湾（中央）、Seriwe 湾（右）  
 [陸域データ：DEMNAS (Badan Informasi Geospasial) ]

## 研究活動 1-4 データ入出力の標準化

本研究活動では、マリカルチャビッグデータの生成・分析をデータの収集と配信の視点から支援することを目的として、データ入出力の標準化に取り組んだ。日本では、2019年度から水産庁がスマート水産業を推進しており、2019年5月から「水産業の明日を拓くスマート水産業研究会」（研究会）が開催され、推進方策等について検討が行われた。研究会は「漁業・養殖業ワーキングチーム」、「流通・加工ワーキングチーム」、「連携基盤ワーキングチーム」の3つのワーキングチームにより構成され、研究代表者は連携基盤ワーキングチーム長として活動した。図 2-13 にスマート水産業の概念図を示す。

連携基盤ワーキングチームでは、全国に散在する水産業データの共有方法について、技術面からの検討にも取り組み、データそのものをひとつの大きなデータベースに集約するのではなく、データは散在したまま、散在するデータに対する共通のアクセス方法を定義することでビッグデータを生成する「API（Application Programming Interface）連携」を採用した。そこで、マリカルチャビッグデータにおいても5年次（2021年度）からデータ入出力の標準化をAPI連携により実現している。これにより、技術的には日本の水産業データ連携基盤とインドネシアのマリカルチャビッグデータの連携が可能となる。さらには、日本で開発したスマートデバイスアプリがインドネシアで利用できる、インドネシアで開発したセンサノードが日本で利用できる等、データだけではなくシステムの相互利用にも発展することから、両国におけるスマート水産業の推進と国際標準化へとつながる。研究活動 1-3-1「海洋環境の観測」で開発した廉価版のセンサノードは標準化対応しており、両国で利用可能なセンサノードとなっている。なお、DSSシステムでは、API Gatewayによりデータ入出力の標準化を実現している。

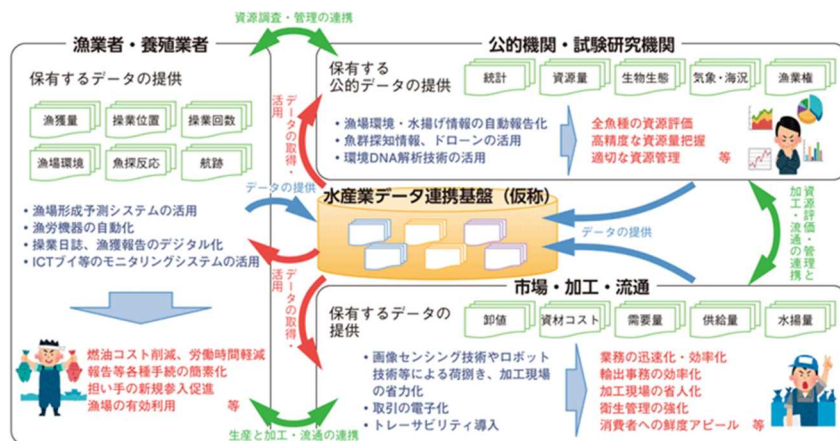


図 2-13 スマート水産業の概念図

[画像の出典：水産庁]

## ②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

公立はこだて未来大学大学院では、長期研修による 1 名の留学生を受け入れており、漁業の情報化に関する研究を指導し技術移転を行った。なお、2022 年 3 月に学位（博士）を取得している。また、5 年次（2021 年度）に 7 名の CP による IT チームが形成され、スマートデバイス用アプリ、センサノードの技術移転が順調に進んでいる。6 年次には短期研修による集中トレーニングを実施し、技術移転を完了した。

## ③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

Bali 島 Gondol において、養殖業の情報化に取り組んでいた 3 つの経営体のうち、インドネシア国営港湾会社（PELINDO）により管理・運営されていた 1 つの経営体が、同社の事業仕分けによりマリカルチャから撤退した。継続的な養殖業情報の収集のためにも、新たな経営体が容易に参加できる環境、すなわち横展開を支援する環境を整備しておく必要があり、ウェブアプリはその一環として開発している。

## ④研究題目 1 の研究のねらい（参考）

日本の技術シーズを移転し、インドネシアの養殖業・漁業におけるビッグデータの生成基盤を構築することに研究のねらいがある。費用対効果の高い海洋環境の観測は、とりわけ開発途上国でニーズが高く、情報量不足によって養殖業・漁業の低迷と環境破壊が進む沿岸域の改善には不可欠である。また、ユーザフレンドリなインタフェースを持つアプリは、オーナー／マネージャ／ワーカーから多様な情報を収集するために必須である。これらを世界に先駆けてインドネシアに実装することで、ICT を活用した水産業の振興、漁村の振興を多くの開発途上国に展開する。

## ⑤研究題目 1 の研究実施方法（参考）

養殖業の情報化では、ICT による海洋環境の観測に加えて、水温や溶存酸素といった動的な海洋環境データを取得する。また、海底地形図といった静的な海洋環境データの取得を高い費用対効果で実現する。漁業の情報化では、漁場、漁獲量などの情報を収集するためのツールをオーナー／マネージャ／ワーカーの参加型デザインにより開発する。さらに、既存の社会経済データや衛星リモートセンシングデータなどを収集し、マリカルチャビッグデータを生成することで、研究題目 2「マリカルチャビッグデータの分析」の基礎となる情報基盤を構築する。

(3)研究題目 2 : 「マリカルチャビッグデータの分析」

研究グループ B (リーダー : 丸岡晃)

①研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究活動 2-1 DSS システムの開発

本研究活動では、研究題目 1 「マリカルチャビッグデータの生成」 で収集した海洋環境データ等を蓄積・分析・配信する DSS システムの開発に取り組んだ。2 年次 (2018 年度) まではクラウドサービスを利用し、目的別のサーバを構築し運用することで DSS システムが提供する機能やサーバスペック等の評価を行った。CP との協議の結果、Bali 島 Perancak の IMRO (Institute for Marine Research and Observation) にオンプレミスサーバを導入することを決定し、3 年次 (2019 年度) にミッドレンジサーバを、5 年次にハイスペックサーバを順次導入し、目的別の仮想マシンを構築して、クラウドサービスからの移行を完了させた。さらに、6 年次には、負荷の高いシミュレーションを実施するためのワークステーションを導入した。図 3-1 に DSS システムの構成を、表 3-1 にサーバとワークステーションの仕様を示す。DSS システムはハイスペックサーバとミッドレンジサーバ、ワークステーションの 3 つのハードウェアと、仮想化ソフトウェアを用いて構築した複数の仮想マシンで構成され、仮想マシンは研究題目 1 「マリカルチャビッグデータの生成」 で収集したデータを蓄積するデータベース、研究題目 2 「マリカルチャビッグデータの分析」 を実行するエンジン、アプリケーション等に分類することができる。なお、ワークステーションは、主に研究活動 2-3-2 「数値流体解析による湾内海流状況の把握と汚濁物質拡散のシミュレーション」 で活用している。

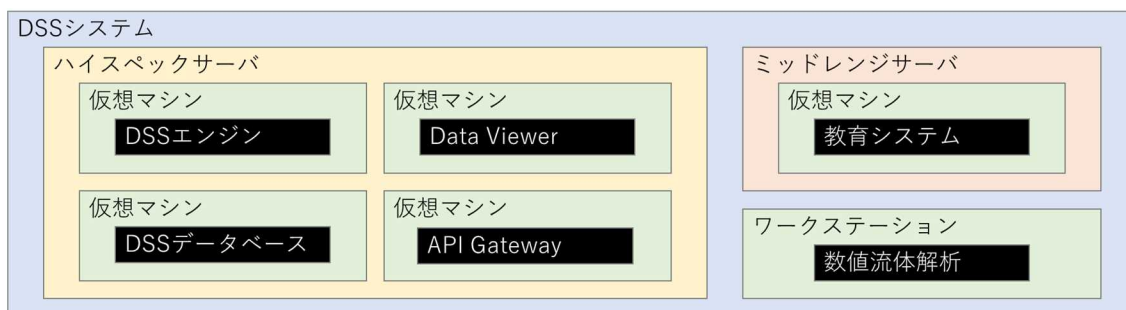


図 3-1 DSS システムの構成

表 3-1 サーバとワークステーションの仕様

	ハイスペックサーバ	ミッドレンジサーバ	ワークステーション
CPU	16 Core (2.8 GHz)	8 Core (2.1 GHz)	24 Core (2.1 GHz) × 2
GPU	Tesla T4 × 2	-	-
Memory	32 GB × 8	8 GB × 6	32GB × 8
Storage	1.6 TB (SSD) × 8	900 GB (HDD) × 3	4TB (HDD) × 5

DSS システムの保守/管理については、6 年次に実施した短期研修において技術移転を完了しており、IT チームのうち、主に CFR に所属する 2 名が担当している。また、CP によるシステムの構築も行われており、5 年次には赤潮の早期発見を目的とした参加型の水質・気象観測システム「ALBOOM」の運用が開始された。あわせて、相手国 IT ベンダによるシステムの構築も進めており、5 年次には e ラーニング

のオープンソースプラットフォームである「Open edX」を用いた教育・訓練システム「EL-MARC」の運用が開始された。6年次にはグラフを用いたデータ表示やダウンロードのためデータ配信システム「Data Viewer」の運用を開始した（図3-2）。

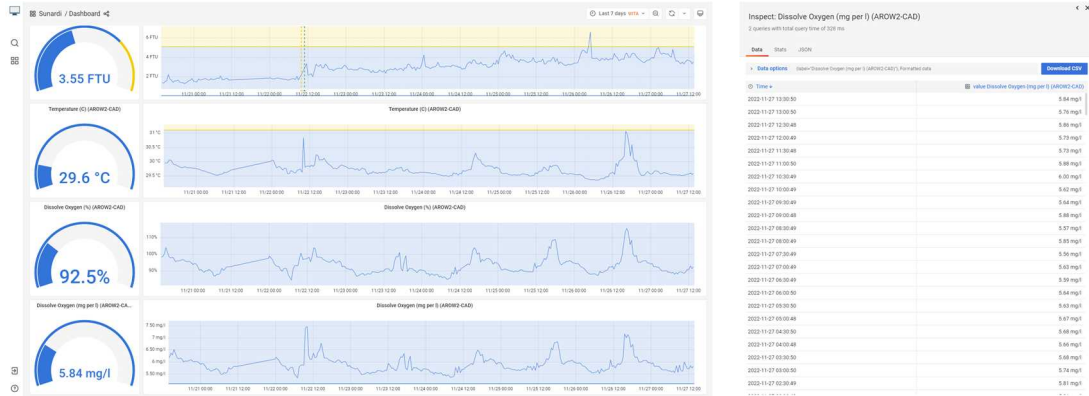


図3-2 Data Viewer で表示した7日間の水質グラフ（左）とダウンロードページ（右）

## 研究活動 2-2 社会経済データの分析

本研究活動では、マリカルチャが地域経済に及ぼす影響を分析し、政策提言につなげる知見を蓄積することを目的として、①マリカルチャの経済波及効果の分析、②マリカルチャの収益性分析、③マリカルチャに関わる環境経済分析と持続要因の分析に取り組んだ。

①マリカルチャの経済波及効果の分析では、研究活動 1-2「社会経済データの情報化」で収集した統計情報をもとに、Lampung 州と Bali 州の産業別投入産出分析を実施した。その結果、漁業において、Lampung 州では後方連関指数が 0.87、前方連関指数が 1.08 となり、Bali 州では後方連関指数が 1.18、前方連関指数が 0.96 となった。以上のことから、Lampung 州では漁業が地域経済に貢献していない状況であると示唆された[\*1]。対照的に、Bali 州では漁業は地域産業に貢献していると示唆された。また、産業連関分析では、Bali 州は逆行列係数が 2.298 と高い値で推計されたのに対し、Lampung 州は 1.085 と低かったことから、Bali 州では漁業の経済波及効果が高く、Lampung 州では低いことが示唆された[\*2]。このように、地域差が確認されたことから、政策において漁業振興を実施する場合には地域経済への影響を考査した振興策が必要であると結論づけられた。

②マリカルチャの収益性分析では、はじめに産業全体の収益性とマリカルチャの収益性を比較し、続けて、マリカルチャについて雇用主世帯と労働者世帯の収益性を比較した。家計支出を分析し生計状態をエンゲル係数で指標化して比較したところ、Bali 州は 40.5%、Lampung 州は 44.4%と推計された。このことから両地域ともに貧困状態ではないと推察された。また、マリカルチャの収益性は他産業よりも高いと推計された。次に、マリカルチャについて雇用主世帯と労働者世帯に分けて分析したところ、Bali 州、Lampung 州とも労働者世帯のエンゲル係数は 60%以上となり貧困状態にあると推測された。また、労働者の平均所得は地域ごとの最低賃金よりも低く、雇用者との格差が大きいことが示された。以上から、マリカルチャの収益性は高いものの貧困の解消には貢献していないことが示唆された。

③マリカルチャに関わる環境経済分析と持続要因の分析では、Lampung 州を対象として、漁業関係者へのアンケート調査による環境経済分析を実施した。Lampung 州では、エビ養殖のためマングローブが減少していることから、環境保全への支払意思額 (Willingness to Pay) についてデータを収集した。その結果、漁業者は 118,440 ルピアであるのに対して、エビ養殖業者は 220,500 ルピアと高かった。そこで、ロジスティック回帰により支払意思額を分析したところ、学歴が有意となった。以上から、エビ養殖業者の学歴が漁業者よりも高いことが、支払意思額が高くなった理由であると示唆された。すなわち、エビ養殖業者はマングローブの破壊に加担している一方で、環境保全の重要性を認識していると示唆された。次に、マリカルチャの持続要因を主成分分析により評価したところ、水質保全を含む環境保全、市場における魚価の安定、経済支援などが重要であり、海洋水産省や地域行政にとって優先的に取り組むべき課題であると示唆された。

\*1 [https://www5.cao.go.jp/keizai3/2018/0125nk/img/n18\\_5\\_b\\_3\\_05c.html](https://www5.cao.go.jp/keizai3/2018/0125nk/img/n18_5_b_3_05c.html)

後方連関指数は他産業に与える影響の大きさ、前方連関指数は他産業から受ける影響の大きさを表し、いずれも 1 よりも大きい場合に貢献していると判断できる。

\*2 <https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk11/documents/h27io-bunseki-chapter1.pdf>

### 研究活動 2-3-1 魚病・斃死と環境変化との因果関係の解明ならびに魚病・斃死対策のための検討

本研究活動では、Bali 島 Gondol で収集した養殖業情報と海洋環境データを用いて、斃死リスクを予測する AI モデルの構築に取り組んでいる。4 年次 (2020 年度) までは、主に深層学習 CNN (Convolution Neural Network) を用いて AI モデルの構築と評価を繰り返したものの、精度の向上を図ることができなかった。その原因として、センサの定期的なメンテナンスが実施されておらず、収集した海洋環境データに含まれているエラーデータのスクリーニングが必要であると考えられた。そこで、5 年次 (2021 年度) からは、全観測期間のデータ項目 (水温、塩分、クロロフィル、濁度、溶存酸素、潮流流速) について平均と標準偏差を計算し、平均±標準偏差×2 でしきい値を求め、異常データをスクリーニングしている。

次に、斃死データの度数分布より斃死リスクを 5 段階「低リスク (1)～高リスク (5)」に手動で分類して教師データを作成し、RF (Random Forest) を用いて斃死リスクを目的変数とする AI モデルを構築した。その結果、当日までの教師データを使用した場合、翌日の斃死リスクの正解率は 82%と高い正解率を示した。しかし、中リスク (3) の正解率は 50%未満と低く、課題が残った。この原因は、海洋環境に変化が生じたとしても、変化の度合いにより魚の体調に変化が生じるには数日程度のタイムラグがあるためではないかと予想した。そこで、スクリーニングした海洋環境データについて、周波数応答解析 FFT (高速フーリエ変換) で波形抽出し周期性を確認したところ、3 日または 7 日の卓越周期が認められることを確認した。以上のことから、海洋環境データは 3 日間の移動平均、あるいは 7 日間の移動平均として説明変数に取り入れる方法を検討した。また、CP と協議し、斃死リスクは教師データの度数分布を自動的に 5 段階に分類することとした。以上の目的変数、説明変数を使い RF を用いた AI モデルを構築した。

その結果、説明変数として 3 日間の移動平均を使った AI モデルでは、当日までの教師データを使用した場合、翌日ならびに 3 日後の正解率は 78.6%となった。表 3-2 は、連続して入力された 130 日間の斃死データを用いて、3 日後の斃死リスクを 10 分割交差検証により評価した際の混同行列である。正解率は斃死リスクの段階によってバラツキが見られるものの、130 日間のうち 102 日で斃死リスクを正しく予測することができた。しかし、実際は高リスク (5) であった計 24 日に対し、低リスク (1) と予測した結果が 2 日、中リスク (3) と予測した結果が 4 日あり、高リスクの正解率の向上が課題となった。高リスク (5) は、一時的かつ急激な海洋環境の変化により引き起こされている可能性が高いことから、移動平均を使った AI モデルでは予測が困難であると推察される。その対策として、高リスクに特化した AI モデル等、複数の AI モデルの組み合わせにより斃死リスクを予測することが有効であると考えられる。

表 3-2 AI モデルの評価 (10 分割交差検証)

		予測					正解率 (%)
		リスク (1)	リスク (2)	リスク (3)	リスク (4)	リスク (5)	
実 際	リスク (1)	32	3	1	0	0	0.89
	リスク (2)	2	26	8	0	1	0.70
	リスク (3)	0	0	14	0	1	0.93
	リスク (4)	0	0	5	13	0	0.72
	リスク (5)	2	0	4	1	17	0.71

本研究活動ではANN (Artificial Neural Network) やCNNなども検討し、最終的にRFを選択した。これは、RFでは説明変数の重要度を計算できることから、他の機械学習よりも事象を理解しやすいと考えたためである。図3-3は3日間の移動平均を使ったAIモデルについて、説明変数の重要度を割合で示したものであり、水温、濁度、塩分の順に重要度が高いことがわかった。

本モデルでは魚種、サイズや給餌量、餌の種類等は説明変数として用いていない。これは、魚種や入荷時期の異なる魚が同時期に育成されており、サイズによって餌の種類が異なる場合があること、斃死尾数はサイズ別には管理していないこと、給餌量は生簀単位では管理していないことから、説明変数としてAIモデルに取り込むことが困難であったためである。なお、AIモデルは、DSSエンジンが1日1回自動的に再構築している。

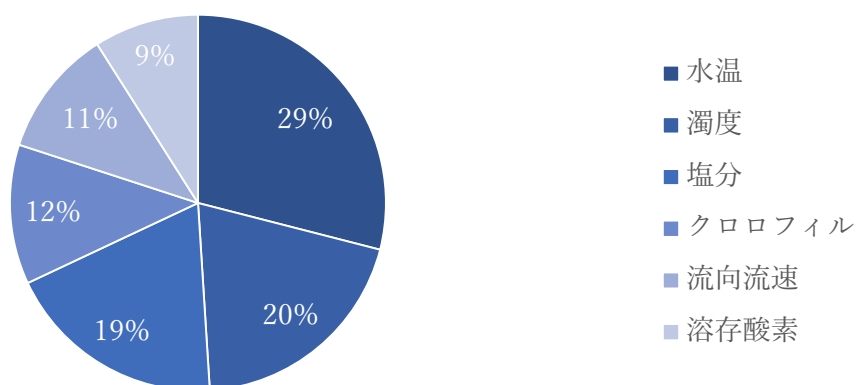


図3-3 説明変数の重要度



## 研究活動 2-3-2 数値流体解析による湾内海流状況の把握と汚濁物質拡散のシミュレーション

本研究活動で対象とする海域が広範囲に及び、テストサイトが小領域であっても外洋の流れ場が境界条件として必要になることから、流れ場を潮流として捉え、流体解析の数値モデルに2次元浅水方程式を適用することにした。また、汚濁物質拡散のシミュレーションには、移流拡散方程式を適用することにした。

潮流解析については、暫定期間である2016年度から既存の研究成果をベースにした安定化有限要素法による数値流体解析手法の開発に取り組み、外洋の境界条件を設定するためのネスティング手法の確立や、解析結果のコンパクト化のための流れ場全体の調和分解の導入等、改良を施してきた。その成果を論文誌「Sensors and Materials」に投稿し、2年次（2018年度）に採録された。この論文では、数値流体解析手法の提案に加えて、精度面の検証のために、数値流体解析結果と既存の海洋潮汐予測値（NAOTIDE：<https://www.miz.nao.ac.jp/staffs/nao99/>）との比較、および研究活動1-3-1「海洋環境の観測」で収集した流向流速データ（実測データ）との比較を行っており、いずれも概ね一致した結果が得られている。2年次（2018年度）までは海底地形データとして、フリーで取得可能なGEBCO\_2014 grid（30secグリッド）を用いていたが、3年次（2019年度）にアップデートされたGEBCO\_2019 grid（15secグリッド）とインドネシア地理空間情報局により公開されている6secグリッドを用いて、すべてのテストサイトにおける主要8分潮（M\_2、S\_2、N\_2、K\_2、K\_1、O\_1、P\_1、Q\_1）による潮流データベースの再構築を行った。図3-4に本研究活動で実施した全ネスティングメッシュ領域（LL領域、L領域、M領域、S領域（ターゲット））を示す。潮流データベースは、主要8分潮による調和分解されたデータで表現されているため、解析領域内の任意の座標・時間を指定して、潮位・潮流を抽出することができる。

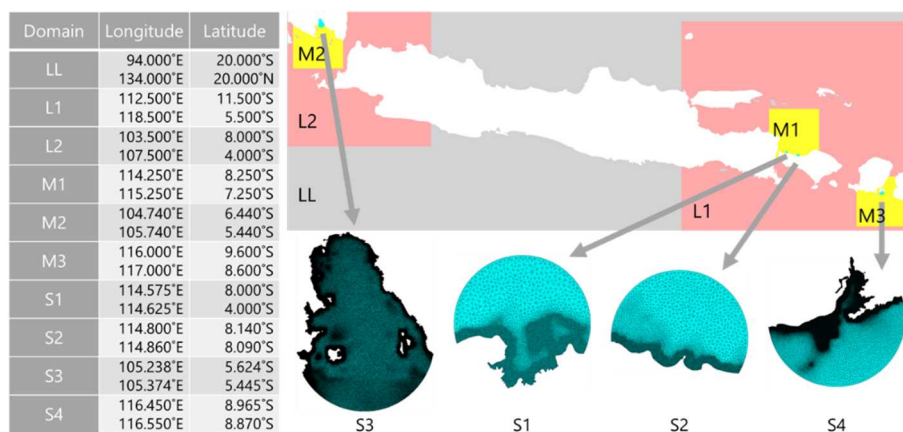


図3-4 ネスティングメッシュ領域

3年次（2019年度）以降は、潮流データベースを応用したデータ分析ツールの作成に取り組んだ。3年次は、Lampung湾を対象として湾口部から湾奥部に5つの基線を設け、各基線を通過する水交換量を把握するデータ分析ツールを作成した。このツールによりLampung湾では、湾奥部ほど水交換率が低く、過去に赤潮の発生が確認された海域では水循環状況が非常に乏しいことが確認された。4年次は、Lombok島Seriwe湾を対象として任意のグリッドにおける流れの出入りの積分平均値を参照することのできるデータ分析ツールを作成し、Seriwe湾の500mグリッドにおける水循環を定量化することができた。

5年次は、気象観測を実施している Lampung 湾を対象として風の影響を考慮した吹送流を数値流体解析に組み込んだ。吹送流は潮流から分離した定常流として扱い、潮流データベースと吹送流データの和によって風の影響を考慮した潮流場を再現することにした。そして、この流れ場を利用した移流拡散解析、および仮想粒子追跡による流れ場の可視化を行うデータ分析ツールを開発した。Lampung 湾の風向風速特性は、研究活動 1-3-1「海洋環境の観測」で収集した過去3年分の気象データの分析により、最も卓越する風向は乾季ではSW、雨季ではNであることを確認していることから、乾季・風向SW、および雨季・風向Nの吹送流解析によって吹送流データを得て、風の影響を考慮した潮流場における赤潮発生後の拡散シミュレーションを行った。図3-5は、乾季・雨季における卓越風向時の吹送流を仮想粒子追跡により可視化したものであり、季節ごとに異なる循環流の形成が確認できる。また、図3-6は、ある位置で赤潮が発生したと仮定し、24時間後の危険度指標 (alert index) の拡散を、季節ごとに可視化したものである。なお、危険度指標は0~1の範囲で評価しており、図は各位置における汚濁物質の濃度の最大値を可視化している。なお、シミュレーション結果の表示については、DSS サーバでの運用を考慮し、Google マップやGISへ容易にオーバーレイできるよう、出力データの軽量化を施している。

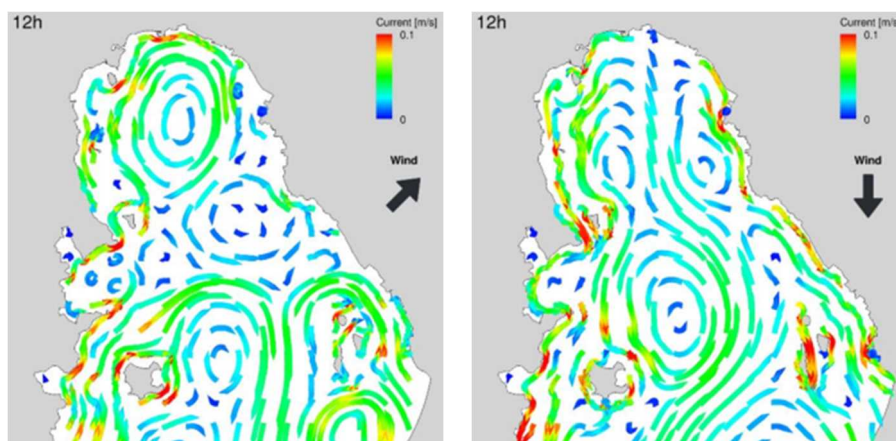


図 3-5 仮想粒子追跡による吹送流の可視化：乾季・風向 SW (左)、雨季・風向 N (右)

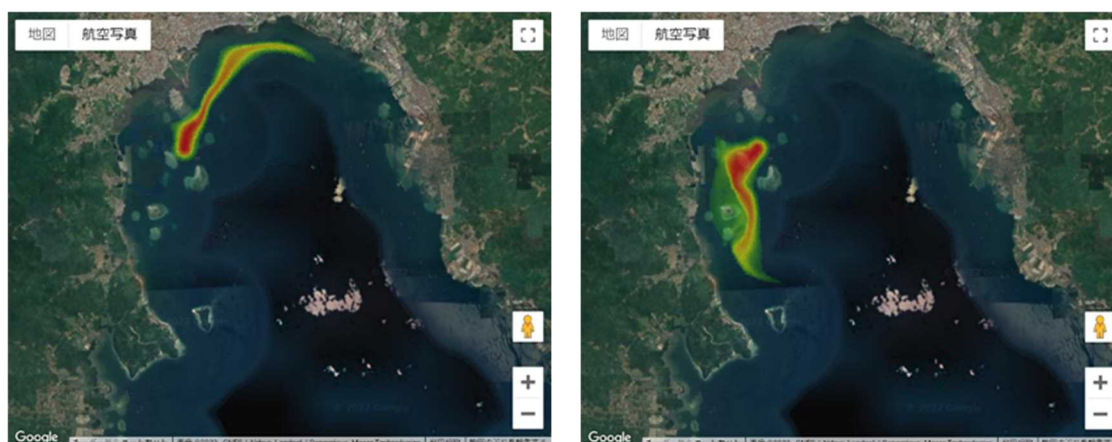


図 3-6 赤潮発生 24 時間後の危険度指標の可視化：乾季 (左)、雨季 (右)

[Google マップ, 画像©2022, CNES / Airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies]

渡航が再開された 6 年次には、拡散シミュレーションの技術移転を目的として、2022 年 7 月に短期研

修によるトレーニングを東京農業大学で、2022年9月に専門家派遣によるトレーニングを海洋水産省で実施することができた（図3-7）。これにより技術移転を完了している。



図3-7 トレーニングの様子：東京農業大学（左）、海洋水産省（右）

### 研究活動 2-3-3 赤潮発生の予測手法の開発

本研究開発では、海洋観測と気象観測の結果をもとに赤潮発生リスクを機械学習により推計する手法を検討した。Lampung 湾では 2012 年より大規模な赤潮が頻繁に観測されるようになったが、その原因は Lampung 湾の国際貿易港拡張工事における汚泥が湾全体に拡散したことが原因であると考えられている。一方、Lampung 臨海研究所でのヒアリングにより、大雨などが原因で農業由来の肥料成分を含む表土が湾に流出すると富栄養化が起これ、かつ翌朝が晴天であるとき（水温上昇と光合成に必要な日射量が十分なとき）に植物プランクトンが増殖し赤潮が発生するとの知見を得た。そこで、Lampung 臨海研究所の水質サンプリング調査の結果から、ブルーミングが起きる要因と赤潮に至るまでの条件を次のように整理した。

#### 1) 植物プランクトンのブルーミング要因

- 降雨による農業用肥料、生活排水の流入など、海水が富栄養化するとき
- 午前中が快晴であり、光合成が活発であるとき
- 水温が 29.2℃前後のとき（プランクトンの活性度が高まる時）
- 溶存酸素（DO）が 5.7～6.1mg/L のとき
- 海水塩分濃度が 29%程度のとき

#### 2) 赤潮に至る要因

- 午前中から午後 1 時ごろにかけて、無風であるとき
- 午前中から午後 1 時ごろにかけて、流れがほとんどないとき

以上のメカニズムから、海洋環境データのうちクロロフィルと前日までの積算降雨量、ならびに水質サンプリング調査の結果を用いた教師なし分類による AI モデルを構築し、海洋環境データが蓄積されている 2019 年以降の 261 日分のデータをクラスタ分類したところ、クロロフィルの高い（植物プランクトンのブルーミングがある）クラスタを自動分類できることがわかった。また、溶存酸素は観測値に異常値が多数見受けられるため、塩分は大きく変化することがないため、いずれも説明変数に適さないことがわかった。なお、2020 年 3 月 8 日、9 日と 4 月 29 日に赤潮が発生したが、当該期間はセンサーにトラブルが発生したことからデータが欠損しており、AI モデルの作成に遅延が生じた。しかし、クラスタ分析の結果から、赤潮発生の危険度は、気温、水温、風速、潮流、クロロフィルならびに積算降雨量により算出できると予測されることから、教師データをマニュアルで作成した。それぞれの指標（変数）の計算ルールを表 3-3 に示す。

表 3-3 機械学習による赤潮発生リスク推定のための教師データ作成ルール

指標（変数）	使用するセンサ	計算ルール
気温	ウェザーステーション	計算対象日の 5:00～13:00 の平均
風速	ウェザーステーション	
潮流	流向流速センサ	
水温	クロロフィルセンサ	
クロロフィル	クロロフィルセンサ	計算対象日の最大値
降雨量	ウェザーステーション	計算対象日の 48 時間前までの積算降雨量

このルールを適用した教師データを 100 個作成し、赤潮発生リスクを低リスク (level 0)、中リスク：クロロフィル濃度だけが低い場合 (level 1)、高リスク：クロロフィル濃度が高くその他の指標が赤潮発生メカニズムに合致する危険な場合 (level 2) の 3 段階に分類し、Random Forest (RF) を使用してリスクを推定する AI モデルを作成した。図 3-8 に各説明変数の重要度を示す。クロロフィル、降雨量、風速の順に重要度が高く、それぞれ 49.1%、25.2%、12.5%であった。今後は作成した AI モデルを DSS エンジンとして実装し、赤潮発生リスクを予測する。また、予測した赤潮発生レベルをダッシュボード等を用いて配信するとともに、AI モデルの精度を検証する予定である。

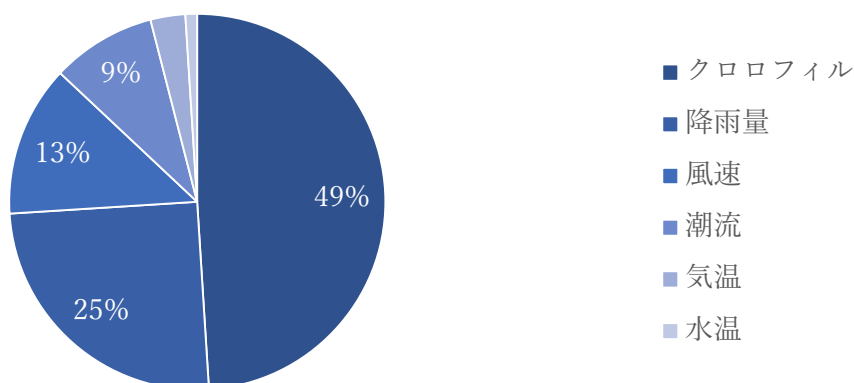


図 3-8 説明変数の重要度

また、CP が主体となり、スマートフォンアプリを用いた参加型の水質・気象観測システムである「ALBOOM」を開発した。ALBOOM は、赤潮の発生を確認した生産者や EX ワーカーが、①海面の写真、②海色等の水質の情報、③日照等の気象の情報、④地形等の環境の情報、⑤環境の写真、⑥位置情報を共有するためのアプリである (図 3-9)。一方、ALGIES は発生した赤潮が有害プランクトンであるか否かをプランクトンの専門家以外が Yes/No 形式の回答を繰り返すだけで暫定的に判別するためのアプリである (図 3-9)。これらのアプリを用いることにより、将来的には赤潮の早期発見と早期通報に結びつける計画である。

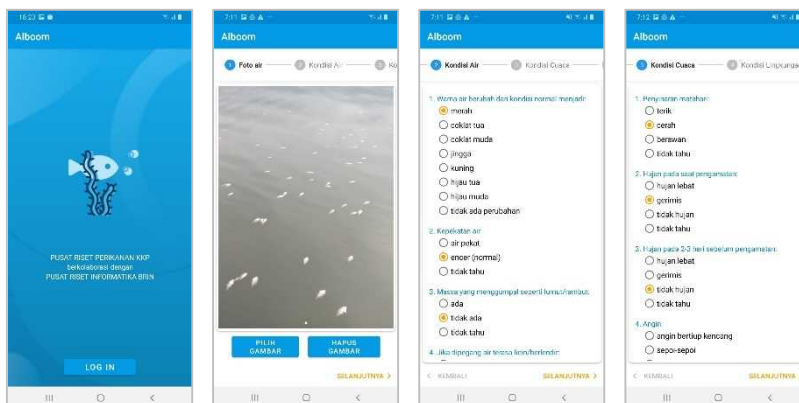


図 3-9 ALBOOM のスクリーンショット

#### 研究活動 2-3-4 衛星リモートセンシングと GIS を利用した土地利用分析

陸域から沿岸への表土や栄養塩の流出が湾内海水環境に及ぼすリスクを把握するため、Bali 島 Gondol を対象として衛星画像(Quick Bird, WorldView3)を用いた土地利用変化分析を行った。図 3-10 に Gondol の土地被覆分類結果を示す。その結果、流域における森林面積割合はおよそ 10 年間で 47%から 48%へ微増、農牧地面積割合は 50%から 46%へ微減していることが確認されたことから、Gondol では約 20 年間、河川への表土流出のリスクはほとんど変化していないと考えられる。なお、Gondol では畑地や市街地が拡大しているものの表土流出につながる急斜面の農地は見当たらないこと、水質調査は実施していないもののフィールドワークの際に見かけた河川は生活排水により汚濁していたことから、陸域から水域に汚濁物質が流出する可能性として、主に市街地からの生活排水が原因になると予測される。

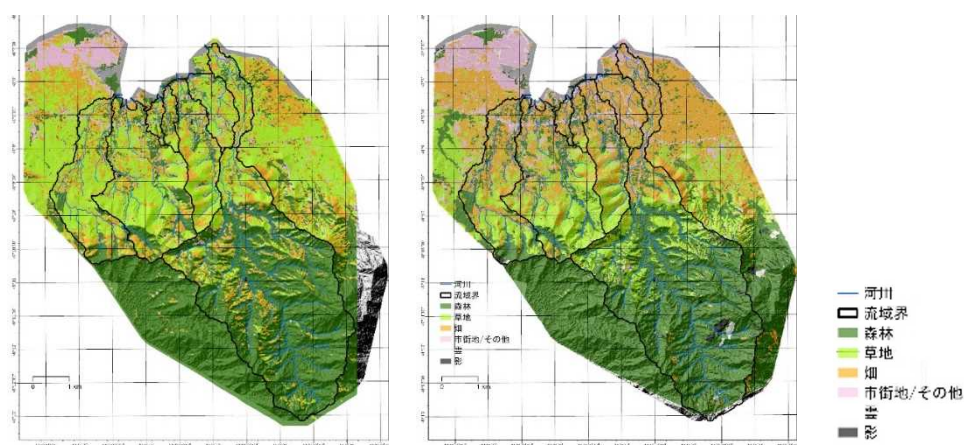


図 3-10 Gondol の土地被覆分類図：2008 年（左）および 2016 年（右）

一方、Lampung 湾ではエビ養殖によるマングローブ林の伐採や国際貿易港の拡張のため沿岸環境破壊の進行が、赤潮発生の原因となる水質悪化を引き起こしたと考えられている。そこで、2006 年と 2018 年の衛星画像 (Quick Bird, WorldView3) を使い赤潮発生が確認された Lampung 臨海研究所近傍を対象として土地被覆分類を行った (図 3-11)。2006 年にはエビ養殖がすでに行われていたことからマングローブ林伐採の進行は確認できなかったが、市街地が拡大していることが確認された。Lampung 湾では、陸域からの表土流出が赤潮発生のトリガーとなっていると予測されたことから、2 年次 (2018 年度) に CP による水質調査を実施したところ、採取したサンプルからは窒素・リンなどの農業由来の成分が検出された。

以上から、農業由来の富栄養化が赤潮発生に関係していると仮定し、3 年次に Ground Truth を実施するとともに WorldView3 の衛星画像を購入して衛星リモートセンシングによる土地利用分析を実施した。また、数値標高モデルとして AsterDEM を使った水文解析を実施し、降雨による流水リスクのある急傾斜の地形を抽出した。抽出された急傾斜の畑地と河川を可視画像に重ねたものが、図 3-12 (左) である。図中の矢印の畑地はバナナ畑で平均斜度は 20%以上と急勾配であり、畑地の農業者へのヒアリングから降雨時には少なからず表土流出があるとの情報を得た。そこで、河川に農業由来の物質 (肥料、表土など) が流出していることを確認するため、CP による定期的な水質サンプリングと分析を実施した。サンプリングを行った場所は、図 3-12 (左) に下三角形で示した河川の上流 2 ヶ所と下流 2 ヶ所の計 4 ヶ所である。

水質調査の結果をまとめた電気伝導度 (EC) と二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) の箱ヒゲ図を図 3-12 (右) に示す。畑地からの表土流出が疑われた上流 (Upstream) では EC は低く NO<sub>2</sub> もほとんど検出されていないが、市街地を経由した下流 (Downstream) で取得したサンプルからは高い EC と NO<sub>2</sub> が確認された。テストサイトの視察においても、サンプリングを行った河川は生活排水による汚濁が目視で確認できたことから、農業由来の物質よりも生活排水が湾に流出することで水質が悪化し、赤潮発生に強い影響を及ぼしている可能性が示唆された。

土地利用分析の結果から、Gondol および Lampung とともに農業由来の汚濁物質が湾に流出している可能性は否定できないものの、市街地の生活排水が湾の水質悪化の原因の一つになっているものと考えられる。

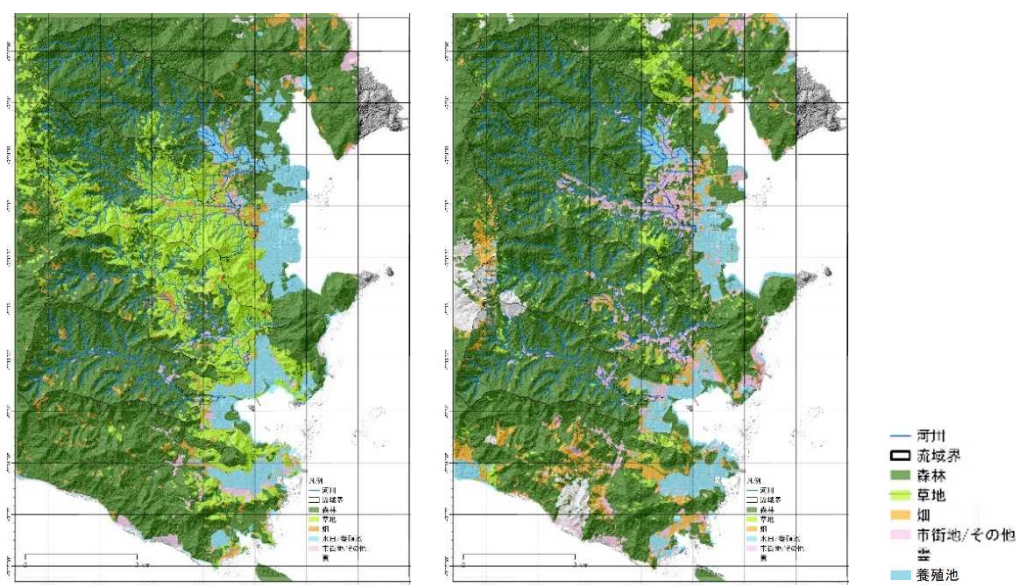


図 3-11 Lampung の土地被覆分類図：2006 年 (左) および 2018 年 (右)

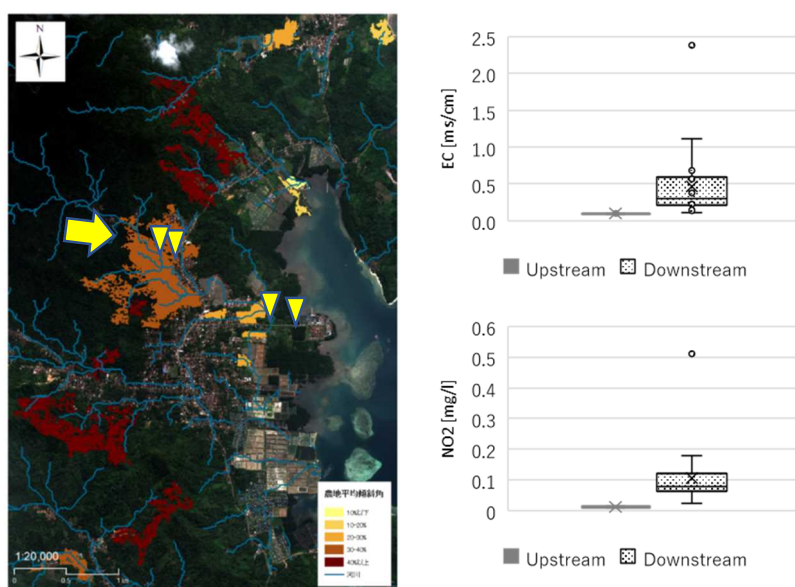


図 3-12 急傾斜の畑地と河川の抽出結果 (左) と水質調査結果 (EC、NO<sub>2</sub>) の箱ヒゲ図 (右)

### 研究活動 2-3-5 海藻養殖と海洋環境の関係整理、ならびに、海藻養殖における適地適作マップ作成のための技術開発

本研究活動では、Lombok 島 Seriwe 湾を対象として、フィールドワークとヒアリング調査を実施し、あわせて研究活動 1-3-1「海洋環境の観測」で取得した海洋環境データと衛星リモートセンシングで取得した空間情報を整理して海藻養殖の生産関数を作成し、適合度指標を用いた適地適作マップを作成した。

はじめに、Seriwe 湾における海面水温の空間分布を把握するため、NASA の Web サイトからダウンロードした 2019 年と 2020 年の LandSat8 画像（計 22 枚）を ArcGIS で解析し、Seriwe 湾に設置したセンサーノードで収集した水温データを用いて海面水温を計算した。次に、Lombok 島 Mataram の 2019 年と 2020 年の気象記録から月ごとの平均降雨量を計算し、5 月～9 月を乾季、10 月～4 月を雨季として海面水温を季節ごとに平均した。

ヒアリング調査の結果から、Seriwe 湾における一般的な養殖方法は Long Line であり、1 つの区画では長さ 50～100m のロープを幅約 1m の間隔で 25～50 本並べていることがわかった。Seriwe 湾の適地適作マップの作成にあたり、東西 5km×南北 6km の範囲を 500m グリッドで領域分割した。領域分割したグリッドに雨季・乾季の平均海面水温を属性データとして付加し、生産関数の説明変数として整理した。なお、区画サイズよりも大きなグリッドサイズを選択することで、生産者が特定されることを防いでいる。図 3-13 に計算した季節ごとの平均海面水温の分布を示す。図より、雨季の水温が平均で 2～3℃程度有意に高いこと、湾奥部は湾口部に比べて海面水温が高いこと等がわかった。

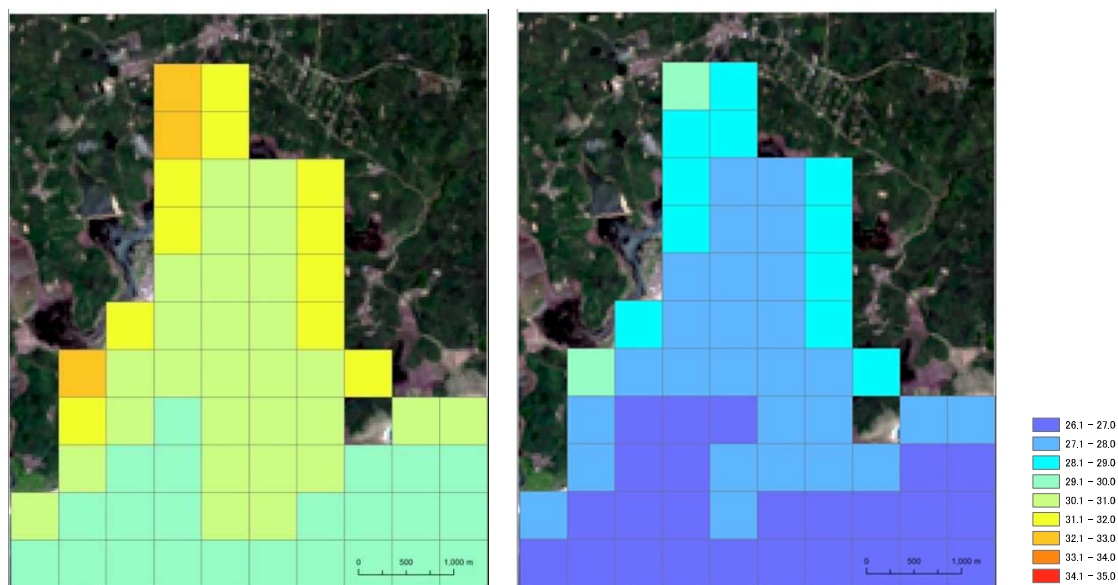


図 3-13 平均海面水温分布（単位：℃）：雨季（左）および乾季（右）

次にグリッドごとに平均水深、雨季・乾季の平均水循環流量を属性データとして整理した。利用した水深と水循環流量は、研究活動 2-3-2「数値流体解析による湾内海流状況の把握と汚濁物質拡散のシミュレーション」で利用した水深ならびに解析結果であり、水循環流量とは一つのグリッドに流入する流量を流体解析の結果より計算したものである。なお、定期的なヒアリング調査による生産データの収集を計画していたものの、2018 年 7 月と 8 月に Lombok 島で発生した大地震や新型コロナウイルス感染症



の影響、5年次に発生した感染症と考えられる海藻の死滅被害により、生産データの蓄積は進んでいない。これまでに蓄積したデータ数は2年次と4年次に実施したヒアリング調査で収集した103件と5年次に外部委託により収集した95件であり、スクリーニングの結果、雨季181件、乾季17件にとどまっている。

蓄積した生産データから湿潤重量の収穫量合計を計算し、これを積算したロープ長さで除して平均収量 (kg/m) を算出した。平均収量を目的変数とし、養殖季の平均海面水温、収穫月の平均積算降雨量、平均水深、平均水循環流量を説明変数とする回帰分析を実施し、生産関数を求めた。最も結果が良かった対数モデルでは、すべての説明変数が5%有意となり、平均水循環流量は0.1%有意と最も有意であった。しかし、修正決定係数は11%と低く、生産関数としての信頼性は低かった。その原因として、生産データが十分に収集できなかったこと、雨季・乾季の平均海面水温ではなく養殖期間ごとの積算水温を用いるべきであると考えられること、水質（栄養塩濃度など）が説明変数に含まれていないこと等が考えられる。このうち、生産データについて、外部委託による収集を支援するツールとして、Webフォーム「MICT-Q」を作成した（図3-14左）。MICT-Qの調査項目には、育成区画が含まれるグリッド、育成期間、収穫日、ロープの長さ等に加えて、病気の発生の有無も含まれている。2022年10月末までに91件の入力を確認しており（図3-14右）、外部委託による生産データの蓄積を進めることによって生産関数を更新することができるため、信頼性が改善されるものと期待している。

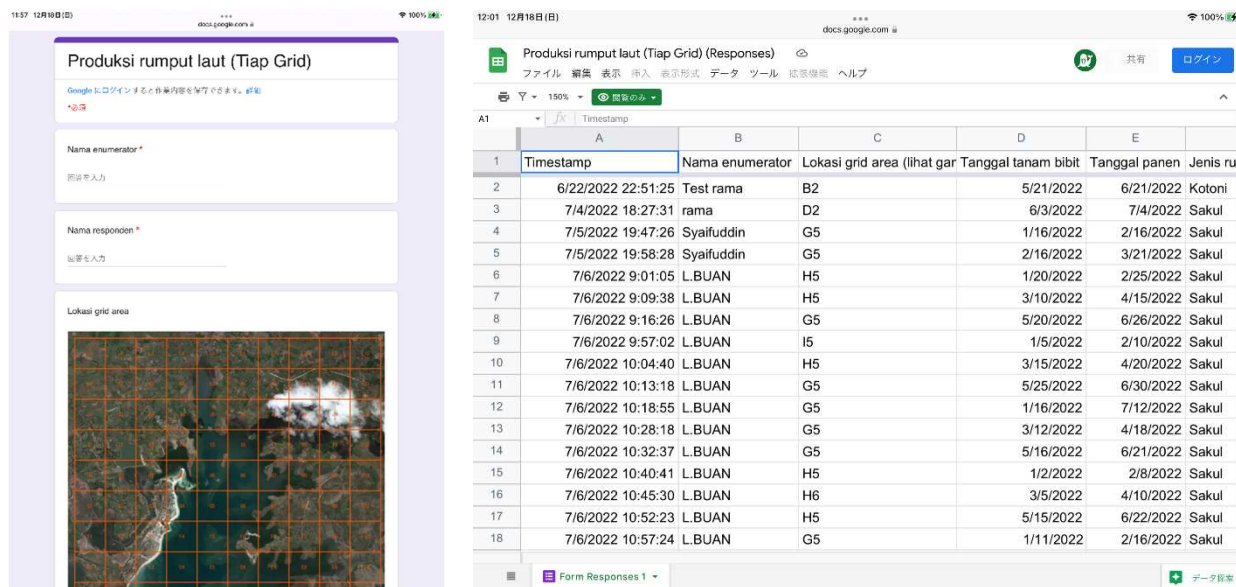


図 3-14 MICT-Q の調査項目（左）と調査結果（右）

図 3-15 に生産関数により算出した適合度指標を用いて 10 段階で評価した適地適作マップを示す。図から、水循環が良い海域ほど適合度が高いこと、雨季は平均海面水温が乾季より高く全体的に適合度が高いことなどが結論づけられた。なお、国際共同研究期間終了後（2023年3月）の自主渡航において実施したグループリーダーへのインタビューでは（図 3-16）、作成した適地適作マップが概ね実態を反映しているとのコメントを得ることができた。

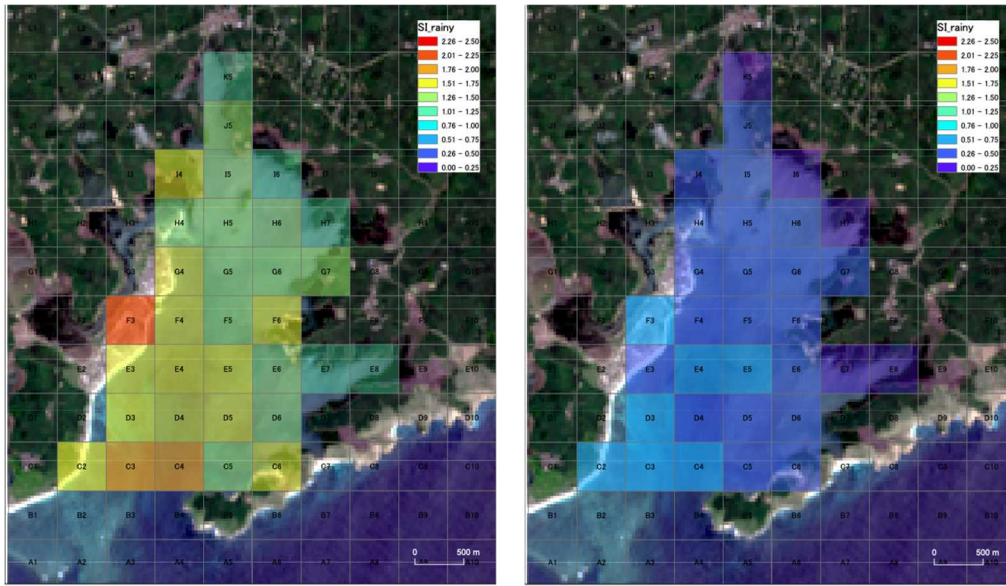


図 3-15 適合度指標を用いた適地適作マップ：雨季（左）および乾季（右）



図 3-16 グループリーダーへのインタビューの様子

## ②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

東京農業大学大学院では、長期研修による 1 名の留学生と SATREPS 枠の国費留学による 1 名の留学生を受け入れており、マリカルチャ振興の地域経済への影響に関する研究を指導し技術移転を行った。なお、長期研修による 1 名は 2021 年 3 月に学位（修士）を取得しており、国費留学による 1 名は 2022 年 9 月に学位（博士）を取得できる見込みである。また、6 年次には短期研修により数値流体解析ならびにデータサイエンスの技術移転を行った。

## ③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

3 年次（2019 年度）に画像処理や機械学習の知見を有する LIPI（インドネシア科学院）が CP に加わったことから、主に研究活動 2-3-3「赤潮発生の予測手法の開発」において、CP 主体のシステム開発が行われる等、取り組みが広がっている。

## ④研究題目 2 の研究のねらい（参考）

マリカルチャビッグデータの分析のねらいは、一義的にはビッグデータの分析手法の技術移転であり、インドネシアの養殖業・漁業への ICT 導入支援であるが、養殖技術を確立することで、養殖業振興による漁村への経済貢献と雇用創出を促進することが目標である。日本では水産庁がスマート水産業への移行を明言しており、水産業における ICT 利活用が急速に普及しつつある。一方、開発途上国における水産業での ICT 利活用は前例が乏しく、インドネシアにおいてビッグデータの生成と分析による持続可能な水産業を実現することにより、特に東南アジアの開発途上国に展開するための基礎を築くことができると考えている。

## ⑤研究題目 2 の研究実施方法（参考）

マリカルチャビッグデータの分析では、統計解析、AI などを組み合わせた分析アルゴリズムを開発し、分析結果を養殖業・漁業のオーナー／マネージャ／ワーカーにリアルタイムでフィードバックする。土地利用変化と沿岸環境変化の分析においては、10 年以上の長期的変化に着目し、衛星リモートセンシングと GIS による分析にて知見を蓄積する。沿岸域の数値流体解析では、潮汐残差流や沿岸流の流れ解析と汚濁物質拡散の解析をカップリングして分析するシミュレーション手法を使用する。社会経済分析では、社会統計データの経年変化について、統計解析手法と多変量解析手法をもとに分析する。

#### (4) 研究題目 3 : 「DSS システムの活用と運用」

研究グループ C (リーダー: 松村豊明)

#### ① 研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

#### 研究活動 3-1 教育・訓練システムの構築

本研究活動では、Bali 島 Gondol 臨海研究所と Lombok 臨海研究所の CP を中心にコースコンテンツの作成、普及指導員である EX ワーカーを中心にコースコンテンツの評価を推進してきた。5 年次 (2021 年度) までに、教育・訓練システムの構築を完了しており、6 年次に Lombok での最終トライアルを行ったのち、運用を開始している。

暫定期間である 2016 年度に Gondol 臨海研究所を訪問し、Gondol では学生、ならびに新規就業の生産者を対象とした研修を実施していること、研修には座学だけではなく実習も含まれており、短期/長期の複数のプログラムがあることがわかった。加えて、研修のためのテキストは Gondol 臨海研究所のスタッフが作成していることがわかった (図 4-1)。そこで、1 年次には Gondol 臨海研究所で行われている魚病をテーマにした研修をオンラインコースとして作成することとした。これにより、遠方の学生や生産者に対しても受講の機会を創出することができ、Gondol 臨海研究所の持つ知見を広く活用することができる。図 4-2 に作成したオンラインコースと受講トライアルの様子を示す。オンラインコースは 4 本の動画と修了テスト、アンケートで構成している。

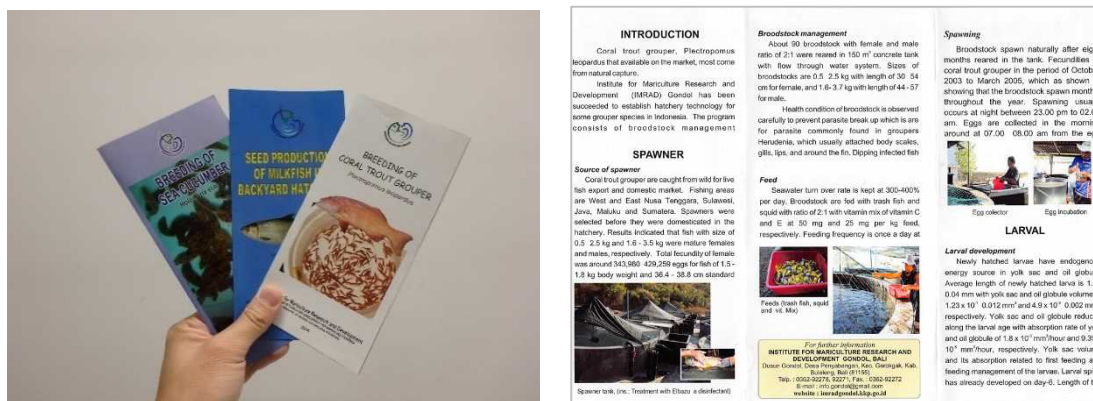


図 4-1 Gondol 臨海研究所で作成されたテキスト

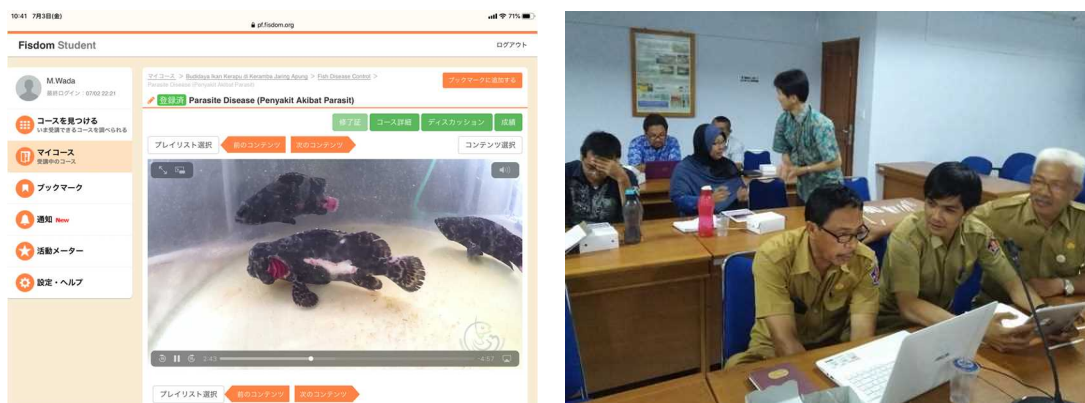


図 4-2 作成したオンラインコース (左) と受講トライアルの様子 (右)

また、アンケートの結果を参考に、新たなコースコンテンツのニーズを発掘し、2年次には海藻養殖をテーマとしたコースコンテンツを、3年次には Silver Pompano の養殖をテーマにしたコースコンテンツを、5年次には Grouper の種苗生産をテーマにしたコースコンテンツを作成した。作成したコースコンテンツの一覧を表 4-1 に示す。なお、1年次から4年次までは、既存の e ラーニングシステムである「Fisdom」を用いて、オンラインコースを開講した。

表 4-1 作成したコースコンテンツ

コース名	コースの目的	動画の数
Fish Disease Control	魚類養殖技術の取得	4 本
Seaweed Cultivation Longline Method	海藻養殖技術の取得	7 本
Culture of Silver Pompano in Floating Sea Cages	魚類養殖技術の取得	16 本
Grouper Hatchery	魚類養殖技術の取得	6 本

5年次にはポストプロジェクトにおける継続的な教育・訓練システムの運用に向けて、e ラーニングのオープンソースプラットフォームである「Open edX」を用いた教育・訓練システム「EL-MARC」を構築し（図 4-3）、Fisdom からの移行を完了させた。EL-MARC は DSS システムが提供するサービスのひとつとして位置づけられる。

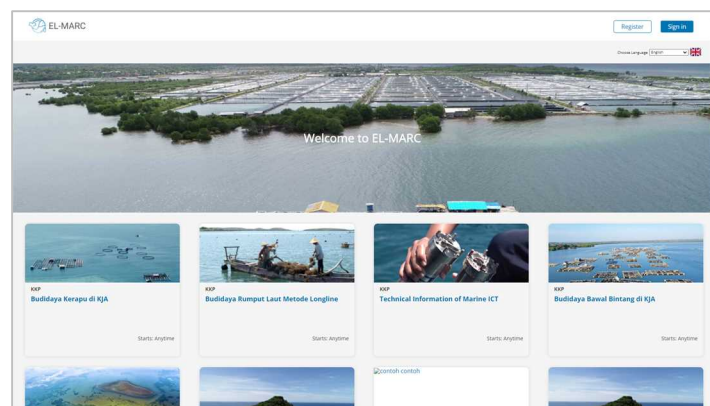


図 4-3 構築した教育・訓練システム「EL-MARC」(<https://el.mict.id/>)

6年次には、Lombok 島 Gunung Rinjani 大学において、生産者、EX ワーカー、教員、学生を対象とした受講の最終トライアルを実施し、運用開始に向けた準備を整えた。なお、修了テストに合格すると修了証が発行される仕組みとしており、Gondol 臨海研究所では、今後の短期／長期の研修において EL-MARC の修了証を受け入れの要件とすることを検討している。

EL-MARC は IT チームが保守／管理を担当しており、ポストプロジェクトにおいても自助努力によりコースコンテンツの拡充が図られる見通しである。また、研究題目 1「マリカルチャビッグデータの生成」、研究題目 2「マリカルチャビッグデータの分析」における技術移転にも活用する計画である。

### 研究活動 3-2 DSS システムの社会実装

本プロジェクトにおいて、研究題目 1「マリカルチャビッグデータの生成」と研究題目 2「マリカルチャビッグデータの分析」、ならびに研究活動 3-1「教育・訓練システムの構築」は、水産資源の持続可能な生産と安定供給を実現するための手段や道具であり、これらの手段や道具を活用することを目的として本研究活動では「DSS システムの社会実装」に取り組んだ。

DSS システムの社会実装にあたり、はじめに CP がスマート水産業への理解を深める必要がある。そこで、2 年次（2018 年度）には 2 回の短期研修を実施し、水産資源管理の成功事例である北海道留萌市と沖縄県石垣市を訪問して、スマート水産業の視察と生産者との意見交換を行った（図 4-4）。また、3 年次にも短期研修を実施し、北海道函館市を訪問している。



図 4-4 短期研修での視察の様子：北海道留萌市（左）、沖縄県石垣市（右）

次に、日本におけるスマート水産業の成功事例に倣い、システム開発のパートナーを設定した（表 4-2）。パートナーは各システムのユーザ候補者であり、開発の初期段階からユーザが参加することによりシステムの一時的な利用ではなく、持続的な利用につなげることができる。開発したシステムは MICT-S を除き利用が定着しており、ポストプロジェクトでは横展開を図る計画である。なお、MICT-S はデータ収集のみの機能でデータ配信の機能を有しておらず、パートナーに対してインセンティブを提示できなかったことが、定着しなかった原因であると考えられる。そのため、MICT-G、MICT-L にはグラフや表を用いて収集したデータを可視化する Viewer を用意している。また、マリカルチャビッグデータを配信するウェブサイトについては、CP が主体となり相手国 IT ベンダへのアウトソーシングにより Data Viewer として完成させた。

表 4-2 開発したシステムとパートナー

開発したシステム	用途	パートナー
MICT-G	魚類養殖業	Gondol のオーナー
MICT-S	漁業	Muncar のイワシ巾着網漁業のキャプテン
MICT-L	漁業	Muncar の漁港事務所のスタッフ
EL-MARC	教育・訓練システム	Gondol の EX ワーカー

さらに、DSS システムの社会実装では、システム利用の定着に加えて、政策提言・制度化提言も肝要となる。インドネシアでは、マリカルチャ振興を優先政策とする一方で、海洋環境の保全等、沿岸域の

総合的管理が課題となっており、6年次には本プロジェクトで学位を取得したCPがこれらに結びつく政策提言書の作成に取り組んでいる。また、バリ海峡ではイワシを対象とした漁獲可能量（TAC）制度の導入にマリカルチャビッグデータを活用する計画であり、同様に本プロジェクトで学位を取得したCPが政策提言書（FMP:LEMURU FISHERIES MANAGEMENT PLAN）の作成に取り組んでおり、FMPは2023年の制定を目指している。このように、キャパシティ・ディベロップメントの成果が政策に反映されようとしている。

図4-5にDSSシステムにおけるデータの入力から出力までの流れを示す。新たなデータソースやDSSエンジンを開発することにより、ポストプロジェクトにおいても比較的容易にDSSシステムを拡充することができ、活用地域や魚種・漁法等を追加することができる。また、EL-MARCでは修了テストに合格すると修了証が発行されることから、EXワーカーの専門分野やスキルを証明する資格証としての活用も検討されている。

5年次には本プロジェクトの成果である「スマートダッシュボード」、「ALBOOM」、「ALGIES」、「EL-MARC」の4本のトピックを含む100本のトピックで構成される「スマート水産業入門」を研究代表者が編著し出版した（図4-6）。また、6年次には、本プロジェクトの成果である「MICT project」、「MICT-G」、「Reaching sustainability」、「Smart tech mariculture」の4本のトピックを追加した英訳版の「Smart Fisheries」を出版した（図4-7）。これらの書籍はポストプロジェクトにおけるスマート水産業の普及推進やDSSシステムの拡充等に活用する計画であり、JICAの協力を得て相手国に100冊の英語版を送付することとしている。

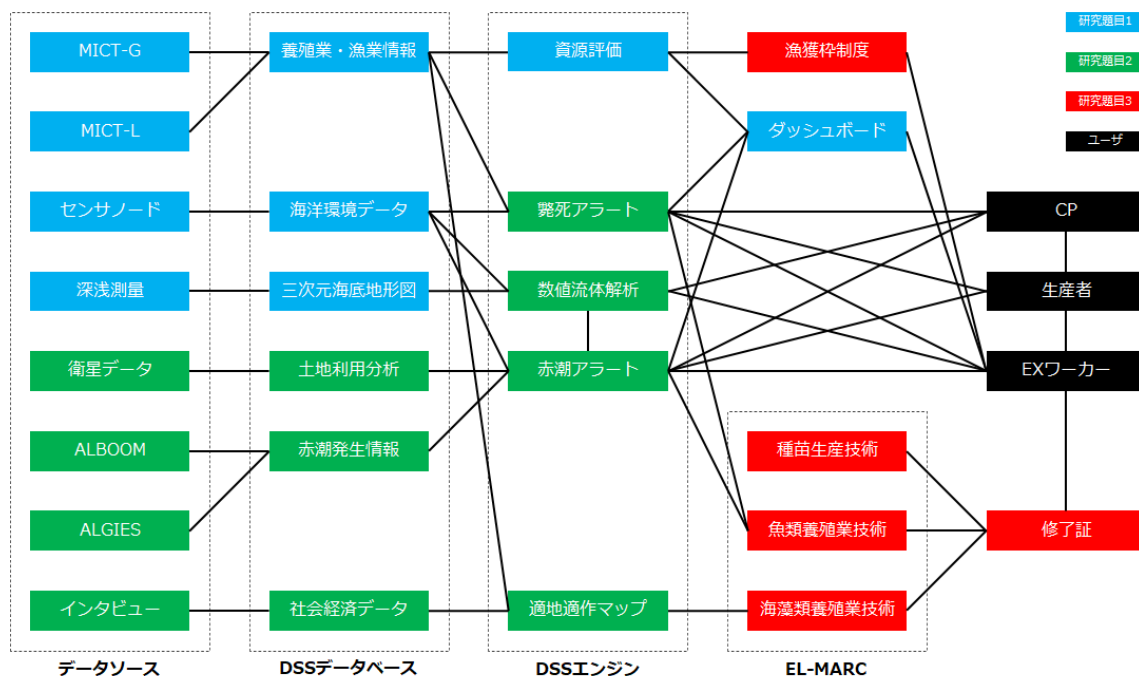


図 4-5 DSS システムにおけるデータフロー



図 4-6 スマート水産業入門のトピック

スマートダッシュボード (左上)、ALBOOM (右上)、ALGIES (左下) EL-MARC (右下)



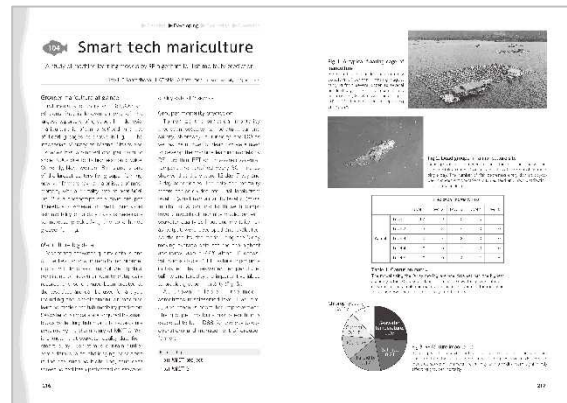
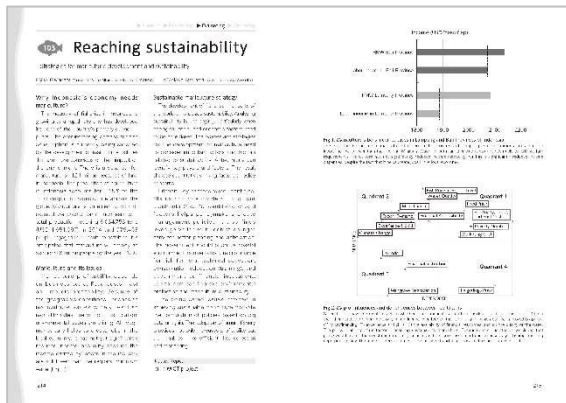
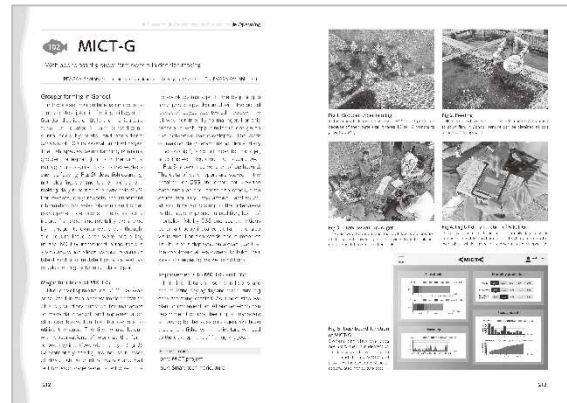
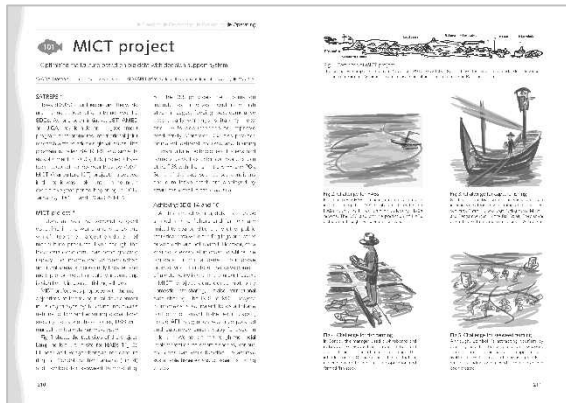


図4-7 Smart Fisheriesのトピック  
MICT project (左上)、MICT-G (右上)

Reaching sustainability (左下)、Smart tech mariculture (右下)

## ②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

EL-MARC による教育コースの開講と受講管理については、マニュアルを整備し、技術移転を完了している。また、CP による IT チームが形成されており、相手国 IT ベンダから必要に応じたサポートを受けることにより、自助努力により運営する体制が整っている。図 4-8 は相手国 IT ベンダによるシステムオリエンテーションの様子である。



図 4-8 相手国 IT ベンダによるシステムオリエンテーションの様子

## ③研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

COVID-19 によるプラスの効果として、オンライン教育が抵抗なく受け入れられるようになっている。また、EL-MARC の受講者として、当初計画していたオーナーやマネージャではなく、EX ワーカーを対象としたことで、課題となっていた利用促進を図ることができた。

## ④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

DSS システムの活用と運用のねらいは、オンライン教育プラットフォームを中心とした新たな教育システムの構築による漁村のグループライダーの育成とメンバ教育の実現である。DSS システムの社会実装を通じて、雇用の創出と漁村の開発に貢献し、養殖業・漁業の生産性向上と環境保全の両立を実現する持続可能な漁村の発展を目指す。

## ⑤研究題目 3 の研究実施方法（参考）

DSS システムの活用と運用では、アカウント管理やアクセスログ分析により利用状況を把握し、サービスの再構成や必要に応じたリソースの集中を図り、ポストプロジェクトに向けた社会実装に取り組む。

## II. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

### (1) プロジェクト全体

相手国では BRIN（研究革新庁）への研究機関の統合が進められており、CP のうち過半数の所属が CRA を締結した CFR から BRIN へと異動することとなった。そのため、ポストプロジェクトにおける自助努力による継続的な取り組みの計画について、最終年度の JCC で確認したものの、具体的な計画は示されなかった。また、相手国では前 PI の長期研修による離脱に伴い、2019 年度から現 PI による研究推進体制となっているが、十分な引継期間がなかったこと、引継直後から新型コロナウイルス感染症による国内外の渡航制限が生じたことなどが影響し、相手国内における横断的な指揮管理、意見集約が十分に行えていないように見受けられた。そのため、相手国 PI のリーダーとしての人材育成についても支援することが必要であると考えられた。最終年度は渡航再開によりオンラインでは限界のあった情報共有と意思疎通が改善されたことにより両国の良好なチームワークを築き上げることができた。ポストプロジェクトにおいても、可能な範囲での支援を継続していきたいと考えている。

### (2) 研究題目 1：「マリカルチャビッグデータの生成」

研究グループ A（リーダー：岡辺拓巳）

養殖業・漁業の情報化、ならびに海洋環境等の観測において、テストサイトの臨海研究所に所属する CP の役割と自主的な行動がポストプロジェクトにおける継続的な運用に極めて重要となるが、海洋水産省と臨海研究所との連携が十分にとれておらず、臨海研究所に所属する CP の理解と協力が十分に得られていないと感じられた。そのため、臨海研究所に所属する CP の自主的な行動を促す環境づくりについても検討する必要があると考えられた。

### (3) 研究題目 2：「マリカルチャビッグデータの分析」

研究グループ C（リーダー：丸岡晃）

海藻養殖情報の収集を目的として、テストサイトの Lombok において CP が実施したアンケート調査では、CP が目的外の調査項目を大量に追加したことから収集できた回答数が少なく、また継続的なアンケート調査への協力が得られないなどの弊害が生じた。さらに、収集できた回答についても信憑性に欠けるため、分析に活用することができなかった。アンケート調査の考え方にも文化の違いが表れた形となり、十二分な意識合わせの必要性を感じた。

### (4) 研究題目 3：「DSS システムの活用と運用」

研究グループ C（リーダー：松村豊明）

教育コースの作成については、動画を中心としたビジュアルデータを取り扱うことから、CP とのイメージ共有は比較的容易であった。しかし、インドネシアと日本では社会階層や雇用形態が異なることから、インドネシアの文化に応じた社会実装を進める必要がある。最終年度に取り組む政策提言、制度化提言については、本プロジェクトにおいて学位を取得した CP が主体となり、推進する体制を構築することができた。

### Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

#### (1) 成果展開事例

##### (1 年次)

- 2017 年度地域 IoT 実装推進事業（総務省）で福井県小浜市が実施した「鯖、復活」養殖効率化プロジェクトにおいて、本プロジェクトのうち養殖業の情報化のためのデジタル操業日誌の研究成果を社会還元した。

##### (2 年次)

- 本プロジェクトで開発したセンサノードの知見のうち、人工衛星を利用した通信技術を、沖縄県石垣島でマグロのパヤオ漁に活用した。
- 本プロジェクトで蓄積した養殖業の情報化の知見のうち、人工衛星を利用した通信技術を、島根県海士町でイワガキの養殖支援に活用した。

##### (3 年次)

- 本プロジェクトで開発したセンサノードの知見のうち、人工衛星を利用した通信技術を、沖縄県石垣島でマグロのパヤオ漁に活用した。
- 本プロジェクトで蓄積した養殖業の情報化の知見のうち、人工衛星を利用した通信技術を、島根県海士町でイワガキの養殖支援に活用した。
- 本プロジェクトで蓄積した養殖業の情報化の知見のうち、入荷・移動・棚卸・出荷の育成プロセスのワークフローを、沖縄県石垣島でヤイトハタの養殖支援に活用した。

##### (4 年次)

- 本プロジェクトで開発した VMS（船舶モニタリングシステム）を、沖縄県石垣市でまぐろはえ縄漁業に活用した。

##### (5 年次)

- CP が中心となって開発した「ALBOOM」（スマートフォンアプリを用いた参加型の水質・気象観測システム）を社会実装した。
- CP が中心となって開発した「ALGIES」（プランクトン判別のエキスパートシステム）を社会実装した。

#### (2) 社会実装に向けた取り組み

##### (1 年次)

- 研究題目 3 で開設した魚病を題材とした講座が、ゴンドル臨海研究所においてローカルリサーチャーの評価ポイントとして採用された。

##### (2 年次)

- 研究題目 3 において、教育・訓練システムの普及に向けて、現地大学との連携を検討している。

##### (3 年次)

- 研究題目 3 において、教育・訓練システムの普及に向けて、現地大学との連携を開始した。

##### (4 年次)

- 研究題目 1 において、海洋水産省とテストサイトにスマートダッシュボードを配備し、DSS システムの社会実装に向けてデータ配信を開始した。

(5年次)

- CPが中心となり、ALBOOMの社会実装に向けたオンラインワークショップを開催した。
- 上記ワークショップにおいて、研究参加者が招待講演を行った。

(6年次)

- CPが中心となり、ロンボク臨海研究所においてEL-MARCの社会実装に向けた最終トライアルを実施した。

#### IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

（1年次）

- 2017年6月28日に海洋研究開発機構東京事務所において開催されたAPECのワークショップ（Workshop on Marine Observation and Research Towards Evidence Based Sustainable Ocean Governance）において、研究代表者が本プロジェクトについて講演した。

（2年次）

- 研究代表者が2019年11月にXiamen（中国）で開催されるThe 8th Annual World Congress of Ocean-2019におけるスピーカーを依頼された。
- 研究代表者が2020年にSapporo（日本）で開催されるSymposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators 2020におけるキーノートスピーカーを依頼された。
- 研究代表者がゲストエディタとして情報処理（情報処理学会誌）で「水産業と情報処理」を特集し、3本の解説で本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者らがゲストエディタとしてSensors and Materialsで「Sensors and Applications for Fishery and Agricultural Industries」を特集し、3本の論文で本プロジェクトの成果を発表した。
- 研究代表者が主催する「マリンITワークショップ2018」において、3件の発表で本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者が主催する「マリンITワークショップ2019 いしがき」において、6件の発表で本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者がDenpasar（インドネシア）で開催された「The 1st International Seminar on Mariculture and its Biotechnology」で、本プロジェクトの成果を発表した。
- 研究代表者らがJakarta（インドネシア）で開催された「Kuliah umum SATREPS」において、本プロジェクトを紹介した。
- 日本語、ならびに、インドネシア語のリーフレットを作成し、広く配布した。

（3年次）

- 研究代表者が2019年11月にXiamen（中国）で開催されたThe 8th Annual World Congress of Ocean-2019において、スピーカーとして講演した。
- 研究代表者が主催する「マリンITワークショップ2019」において、9件の発表で本プロジェクトを紹介した。
- 第21回ジャパン・インターナショナル・シーフードショーに出展した。
- 研究代表者が「ケアリング・タウン・アワード（優しい街賞）」を受賞した。
- 国内研究機関（富士通）が主催する「富士通フォーラム2019」に出展した。
- 国内研究機関（富士通）のウェブサイトで、SDGsの取り組みとして本プロジェクトを紹介した。

（4年次）

- 研究代表者が2020年11月にTokyo（日本）で開催された東京サステナブル・シーフード・シンポジウムにパネリストとして参加し、本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者が2020年8月にオンラインで開催された国際漁業学会で本プロジェクトを紹介した。

（5年次）

- 研究代表者が函館市で開催された共創学会第5回年次大会において、「みらいの共創」と題した講

演を行い、本プロジェクトを紹介した。

- 研究代表者が編著者として、本プロジェクトのトピック 4 本を含む「スマート水産業入門」を出版した。

(6 年次)

- 第 24 回ジャパン・インターナショナル・シーフードショーに出展した。
- 総務省 MRA 国際ワークショップ 2023 において、研究代表者が本プロジェクトについて講演した。
- 研究代表者が編著者として、本プロジェクトのトピック 8 本を含む「Smart Fisheries」を出版した。

## V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

## VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

## VII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2018	Masaaki Wada, Katsumori Hatanaka, Mohamad Natsir, "Development of Automated Sea-Condition Monitoring System for Aquaculture in Indonesia," Sensors and Materials, Vol.31, No.3(2), pp.773-784, 2019.3	10.18494/ SAM.2019. 2199	国際誌	発表済	
2019	Achmad Zamroni, Subechanis Saptanto, Latifatul Rosyidah, Katsumori Hatanaka, "Socio-Economic Assessment of Grouper Fishermen and Their Perceptions on Mariculture Development in Buleleng District, Bali, Indonesia," The Journal of Social Sciences Research, Vol.5, Issue.12, pp.1777-1786, 2019.12	10.32861/j ssr.512.177 7.1786	国際誌	発表済	
2020	Firdaus M., Hatanaka K., Saville R., "Profitability analysis of mariculture as well as its impact on farmers' incomes and poverty alleviation: Insights from Lampung and Bali Provinces, Indonesia," AACL Bioflux, Vol.13, No.4, pp.2396-2409, 2020		国際誌	発表済	<a href="http://www.bioflux.com.ro/home/volume-13-4-2020/">http://www.bioflux.com.ro/home/volume-13-4-2020/</a>
2020	Mohamad Natsir, Regifiji Anggawangsa, Masaaki Wada, "CPUE Calculation and Visualization for Gillnet Fishery in BIWA Lake, Japan using Depth Sensor, GPS Position and Catch Data.," Global OCEANS 2020 Online Proceedings, 6 pages, 2020.10	10.1109/IE EECONF38 699.2020.9 389283	国際誌	発表済	
2020	Kojiro Inoue, Reagan Septory, Hatim Albasri, Masaaki Wada, "Mass Mortality Risk Prediction and Fish Loss Simulation in Mariculture.," Global OCEANS 2020 Online Proceedings, 6 pages, 2020.10	10.1109/IE EECONF38 699.2020.9 389204	国際誌	発表済	
2020	Mohamad Natsir, Waryanto, Masaaki Wada, "An attempt of digitalization Bali Strait purse seine capture fisheries data," International and National Symposium on Aquatic Environment and Fisheries, Vol.674, 8 pages on WEB-SITE, 2021.3	10.1088/17 55- 1315/674/ 1/012066	国際誌	発表済	
2021	Firdaus, M., Hatanaka, K., & Saville, R. (2021). Mangrove Forest Restoration by Fisheries Communities in Lampung Bay: A study based on perceptions, willingness to pay, and management strategy. Forest and Society, 5(2), 224-244.	10.24259/f s.v5i2.1200 8	国際誌	発表済	
2021	Foni A. Setiawan, Reny Puspasari, Lindung P. Manik, Zaenal Akbar, Yulia A. Kartika, Ika A. Satya, Dadan R. Saleh, Ariani Indrawati, Keiji Suzuki, Hatim Albasri, Masaaki Wada, "Ontology-assisted Expert System for Algae Identification with Certainty Factor," IEEE Access, 12 pages, 2021.10	10.1109/A CCESS.202 1.3123562	国際誌	発表済	
2021	Firdaus M., Hatanaka K., Saville R., Zamroni A., "A study on economic ripple effect and small-scale mariculture micro data: an insight of current evidence in Provinces of Bali and Lampung, Indonesia," AACL Bioflux, Vol.15, No.2, pp.691-706, 2022		国際誌	発表済	<a href="http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.691-706.pdf">http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.691-706.pdf</a>
2021	Mohamad Natsir, Romy Ardianto, Reny Puspasari, Masaaki Wada, "Application of ICT to Support Sustainable Fisheries Management: Bali Sardine Fishery, Indonesia," Journal of Information Processing, Vol.30, pp.422-434, 2022.5	10.2197/ip sjiip.30.422	国際誌	発表済	
2022	Firdaus M., Hatanaka K., Shimoguchi N. N., Saville R., Zamroni A., "Key actors in Indonesia's sustainable mariculture enterprises: the power and influence of actors in the case of mariculture in Lampung and Bali," AACL Bioflux, Vol.15, No.6, pp.2798-2812, 2022		国際誌	発表済	<a href="http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.2798-2812.pdf">http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.2798-2812.pdf</a>
2022	Saville R., Shimojima H., Muawanah, Puspasari R., Hatanaka K., Albasri H., Nugroho D., "A study on nutrients enrichment in waterways as a trigger factor of harmful algal blooms in Lampung Bay, Indonesia," AACL Bioflux, Vol.15, No.5, pp.2701-2708, 2022		国際誌	発表済	<a href="http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.2701-2708.pdf">http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.2701-2708.pdf</a>
2022	Saville R., Hatanaka K., Fujiwara A., Wada M., Puspasari R., Albasri H., Nugroho D., Muzaki A., "A mariculture fish mortality prediction using machine learning based analysis of water quality monitoring," IEEE/MTS OCEANS 2022	10.1109/O CEANS471 91.2022.99 77083	国際誌	発表済	
2022	Lindung Parningotan Manik, Hatim Albasri, Reny Puspasari, Aris Yaman, Shidiq Al Hakim, Al Hafiz Akbar Maulana Siagian, Siti Kania Kushadiani, Slamet Riyanto, Foni Agus Setiawan, Lolita Thesiana, Meuthia Aula Jabbar, Ramadhona Saville, Masaaki Wada, "Usability and acceptance of crowd-based early warning of harmful algal blooms," PeerJ 11:e14923, 2023.3	10.7717/pe erj.14923	国際誌	発表済	

論文数 14 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 14 件  
 公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2018	Akira Maruoka, "Depth-averaged Tidal Flow Simulation by Stabilized Finite Element Formulation in the Ocean Surrounding Indonesia," Sensors and Materials, Vol.31, No.3(2), pp.785-801, 2019.3	10.18494/ SAM.2019. 2198	国際誌	発表済	
2019	Ramadhona Saville, Hijiri Shimojima, Katsumori Hatanaka, "A Study of Spatial Land Use Analysis to Understand Red Tide Phenomenon in Lampung Bay, Indonesia," Proceedings OCEANS 2019 MTS/IEEE Marseille, 4 pages, 2019.6	10.1109/O CEANSE.2 019.886722 3	国際誌	発表済	

論文数 2 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 2 件  
 公開すべきでない論文 0 件



③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2018	リーフレット(日本語版)		リーフレット	発表済	
2018	リーフレット(インドネシア語版)		リーフレット	発表済	
2021	スマート水産業入門(トピック051, スマートダッシュボード)		書籍	発表済	
2021	スマート水産業入門(トピック091, EL-MARC)		書籍	発表済	
2022	Smart Fisheries(Topic051, Smart dashboard)		書籍	発表済	
2022	Smart Fisheries(Topic091, EL-MARC)		書籍	発表済	
2022	Smart Fisheries(Topic101, MICT project)		書籍	発表済	
2022	Smart Fisheries(Topic102, MICT-G)		書籍	発表済	
2022	Smart Fisheries(Topic103, Reaching sustainability)		書籍	発表済	

著作物数 9 件  
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2017	和田雅昭, "ICT漁業・養殖業の国際技術協力", Ocean Newsletter, 2018, No.420, pp.2-3		機関誌	発表済	
2018	畑中勝守, サフィル・ラマドナ, "水産ICTから水産クラウドへ", 情報処理, Vol.60, No.3, pp.210-213		学会誌	発表済	
2018	安井重哉, "漁業現場におけるパートナーとの共創", 情報処理, Vol.60, No.3, pp.214-217		学会誌	発表済	
2018	岡本誠, "インドネシア漁業者との共創", 情報処理, Vol.60, No.3, pp.218-221		学会誌	発表済	
2018	岡本誠, 安井重哉, 和田雅昭, "図を介した共創型デザイン1", 日本デザイン学会第65回春季研究発表大会概要集, pp.258-259		概要集	発表済	
2019	富士通, "インドネシアでの持続可能な水産業の実現を支援", 富士通の教育ビジョン-未来への学び-, pp.22		機関誌	発表済	<a href="https://www.fujitsu.com/jp/solutions/industry/education/vision/">https://www.fujitsu.com/jp/solutions/industry/education/vision/</a>
2019	富士通, "持続可能な水産業の実現に向けた支援", SDGsへの取り組み		ウェブサイト	発表済	<a href="https://www.fujitsu.com/jp/about/csr/sdgs/">https://www.fujitsu.com/jp/about/csr/sdgs/</a> <a href="https://www.fujitsu.com/global/about/csr/sdgs/">https://www.fujitsu.com/global/about/csr/sdgs/</a>
2022	Smart Fisheries(Topic104, Smart tech mariculture)		書籍	発表済	

著作物数 8 件  
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的, 対象, 参加資格等), 研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2017	目的: 魚類養殖技術の取得 コース名: Fish Disease Control 対象: 養殖業者、従事者、技術指導員、研究者 実施数: 1回(集合形式での実施数) 修了者数: 16	動画×4本 テスト アンケート	オンライン教育プラットフォーム(Fisdom)で実施する研修コース。受講後に発行される認定証は受講者の業績となる。
2018	目的: 海藻養殖技術の取得 コース名: Seaweed Cultivation Longline Method 対象: 養殖業従事者、技術指導員、研究者、大学教員 実施数: 1回(集合形式での実施数) 修了者数: 44	動画×7本 テスト×7本 アンケート	
2019	目的: 魚類養殖技術の取得 コース名: Culture of Silver Pompano in Floating Sea Cages 対象: 養殖業従事者、技術指導員、研究者、大学教員	動画×16本	
2021	目的: 魚類養殖技術の取得 コース名: Grouper Hatchery 対象: 養殖業従事者、技術指導員、研究者、大学教員	動画×6本	

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国内学会	新田哲也, “インドネシアにおける養殖業のICT化の検討”, マリンITワークショップ2018にいがた、新潟市、2018.3.2	口頭発表
2018	国内学会	井上航次郎, “機械学習を用いたGrouperの魚病・斃死の要因特定と予測モデルの開発”, マリンITワークショップ2018, 函館市, 2018.08.01	口頭発表
2018	国内学会	新田哲也, “インドネシアにおける養殖業のICT化 vol.2”, マリンITワークショップ2018, 函館市, 2018.08.01	口頭発表
2018	国際学会	Masaaki Wada, “ICT applications of future mariculture,” The 1st international seminar on mariculture and its biotechnology, Denpasar, 2018.11.14	招待講演
2018	国内学会	井上航次郎, “機械学習を用いたGrouperの魚病・斃死の要因特定と予測モデルの開発”, マリンITワークショップ2019いしがき, 石垣市, 2019.03.01	口頭発表
2018	国内学会	千葉裕之, “インドネシアの養殖業におけるEducation & Trainingに向けた取り組み”, マリンITワークショップ2019いしがき, 石垣市, 2019.03.01	口頭発表
2018	国内学会	新田哲也, “インドネシアにおける養殖業のICT化 vol.3”, マリンITワークショップ2019いしがき, 石垣市, 2019.03.01	口頭発表
2019	国内学会	モハマド・ナシール, “Bali Strait Sardine Fishery ICT-Based Catch Monitoring System”, マリンITワークショップ2019, 函館市, 2019.08.01	口頭発表
2019	国内学会	畑中勝守, “Remote sensing and land use analysis”, マリンITワークショップ2019, 函館市, 2019.08.02	口頭発表
2019	国内学会	藤原淳, “インドネシアにおける養殖業のICT化 vol.4”, マリンITワークショップ2019, 函館市, 2019.08.02	口頭発表
2019	国内学会	井上航次郎, “マリカルチャにおける養殖魚の斃死要因の特定と予測モデルの開発”, マリンITワークショップ2019, 函館市, 2019.08.02	口頭発表
2019	国際学会	モハマド・ナシール, “A Study of Visualizing the Resource Distribution In Bali Strait Using Smartphone Applications for Purse Seine Fishery”, 3rd International Conference for Applied Science, ホーチミンシティ, 2019.10.14	口頭発表
2019	国際学会	アルバスリ・ハティム・, “Prediction of Effluent Distribution from Large Scale Finfish Mariculture Net Cages in North Bali”, EcoAqua International Conference, ポゴール, 2019.10.28	口頭発表
2020	国際学会	モハマド・ナシール, “An attempt of digitalization Bali Strait purse seine capture fisheries data”, International and National Symposium on Aquatic Environment and Fisheries, オンライン, 2020.9	口頭発表
2020	国際学会	井上航次郎, “Mass Mortality Risk Prediction and Fish Loss Simulation in Mariculture”, Global OCEANS 2020, オンライン, 2020.10	口頭発表
2020	国際学会	モハマド・ナシール, “CPUE Calculation and Visualization for Gillnet Fishery in BIWA Lake, Japan using Depth Sensor, GPS Position and Catch Data.”, Global OCEANS 2020, オンライン, 2020.10	口頭発表
2020	国際学会	モハマド・ナシール, “Assessing Bali Sardine Stock Status Using Real-Time Electronic Catch Landing Data Recorder and Time Series Catch Database”, International Symposium on Aquatic Sciences and Resources Management 2020, オンライン, 2020.11	口頭発表
2021	国際学会	ラマドナ・サフィル, “A Study on Trigger Factor of Harmful Algal Blooms in Lampung Bay, Indonesia”, The 8th International Conference on Fisheries and Aquaculture (ICFA 2021), オンライン, 2021.8	口頭発表
2021	国際学会	マウラナ・フィルダウス, “A Study on Economic Ripple Effect and Small-Scale Mariculture Micro Data: An Insight of Current Evidence in Provinces of Bali and Lampung, Indonesia”, The 8th International Conference on Fisheries and Aquaculture (ICFA 2021), オンライン, 2021.8	口頭発表

2022	国際学会	サフィール・ラマドナ, "A mariculture fish mortality prediction using machine learning based analysis of water quality monitoring", IEEE/MTS OCEANS 2022, Hampton Roads, 2022.10	口頭発表
2022	国際学会	サフィール・ラマドナ, "A machine-learning-based mariculture fish mortality risk prediction", CIGR World Congress, 京都, 2022.12	口頭発表

招待講演 1 件  
口頭発表 20 件  
ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国際学会	Akira Maruoka, "Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation on marine environment in the oceansurrounding Indonesia," Workshop on Sensors and Applications for Fishery and Agricultural Industries, Tokyo, 2018.2.28	口頭発表
2017	国際学会	Masaaki Wada, "A study of optimizing mariculture based on IoT," Workshop on Sensors and Applications for Fishery and Agricultural Industries, Tokyo, 2018.2.28	口頭発表
2018	国内学会	岡本誠, "図を介した共創型デザイン1", 日本デザイン学会第 65 回春季研究発表大会, 大阪市, 2018.6.23	口頭発表
2018	国内学会	井上航次郎, "マリカルチャのための海洋環境の観測と評価", 平成30年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会、札幌市、2018.10.27	口頭発表
2020	国際学会	Katsumori Hatanaka, "Applications for Smart Fishery, International Joint Research Project between Indonesia and Japan", Joint Lecture Series with Monash University and University Network Webinar with Australian National University and Tokyo NODAI, Webiner (Bogor Agricultural University, Indonesia), 2020.07.09	招待講演
2020	国際学会	Ramadhona Saville, "Coastal Studies: A Hint for Brighter Future of Indonesian Coastal Areas", Madako University Tolitoli Seminar and Workshop: The Development of University Curriculum Based on Coastal Areas, Hybrid Webinar (Madako University Tolitoli, Indonesia), 2021.02.08	招待講演
2022	国際学会	サフィール・ラマドナ, "Shaping a better primary industry through smart technologies", SEAPPRO-ISSAAS, Bogor, 2022.11.03	招待講演

招待講演 3 件  
口頭発表 4 件  
ポスター発表 0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2019	2019/9/3	優しい街賞	持続可能な社会の為の行動 変革への貢献	和田雅昭	一般社団法人 アジア・パシ フィックABA ネットワーク	3.一部当課題研究の成果が 含まれる	
2019	2019/10/15	ベストプレゼンテーション 賞	A Study of Visualizing the Resource Distribution In Bali Strait Using Smartphone Applications for Purse Seine Fishery	モハマド・ ナシール	International Conference for Applied Science	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/8/20	Best presentation in "Precautionary Measures to Avoid Negative Effects" at ICFA 2021	A Study on Trigger Factor of Harmful Algal Blooms in Lampung Bay, Indonesia	サフィル・ ラマドナ	The International Institute of Knowledge Management (TIKM)	1.当課題研究の成果である	

3 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2016	2019/10/28	読売新聞	IT漁業次代へ出航	北海道特集(34面)	その他	一部当課題研究の紹 介が含まれる
2018	2019/9/1	研究応援	養殖業を分析し、安定した食 料生産を実現する	pp.36-37	1.当課題研究の成果である	
2018	2019/3/2	エフエム豊橋	ビッグデータでインドネシアの 水産業を支援		1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/1	北海道新聞	水揚げ予測ITで研究	新年号(3面)	3.一部当課題研究の成果が 含まれる	
2020	2020/10/1	国際開発ジャーナル	eラーニングで漁民の教材を 作成	10月号(p72-73)	3.一部当課題研究の成果が 含まれる	

5 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2017	2018/2/28	ワークショップ(Sensors and Materials)	東京都(日本)	25(4)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2017	2019/3/2	マリンITワークショップ2018にいがた	新潟市(日本)	40(4)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2018	2019/7/5	ニューメディア開発協会講演会	東京都(日本)	120	非公開	研究代表者が講演
2018	2019/8/2	マリンITワークショップ2018	函館市(日本)	47(1)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2018	2019/9/13	日本女性技術者フォーラム	東京都(日本)	25	非公開	共同研究者が講演
2018	2019/9/24	Kuliah umum SATREPS	ジャカルタ (インドネシア)	35	非公開	CPが主催の勉強会 研究代表者と共同研究者が講演
2018	2019/3/1	マリンITワークショップ2019いしがき	石垣市(日本)	64(4)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2019	5月15-17日	富士通フォーラム2019東京	東京都(日本)	総来場者数約23,300	公開	
2019	8月1-2日	マリンITワークショップ2019	函館市(日本)	89(5)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2019	8月6-7日	富士通フォーラム2019大阪	大阪市(日本)	総来場者数約3,800	公開	
2019	8月21-23日	フィッシュネクスト技術展	東京都(日本)	総来場者数33,572	公開	ジャパン・インターナショナル・シーフードショーとの同時開催
2019	8月22-23日	富士通フォーラム2019名古屋	名古屋市(日本)	総来場者数2,500	公開	
2019	2020/11/15	General lecture	ロンボク(インドネシア)	約200	非公開	Mataram Universtyでの講演
2019	2020/11/12	産総研北海道センターワークショップ in 函館	函館市(日本)	約250	公開	
2019	2020/1/23	北海道総合ICT水産業フォーラム交流会	函館市(日本)	101	公開	
2021	2021/10/28	General Lecture dan Training Workshop I	オンライン(インドネシア)	不明	非公開	相手国PIが主催のワークショップ
2021	2021/12/23	General Lecture dan Training Workshop II	オンライン(インドネシア)	不明	非公開	相手国PIが主催のワークショップ
2021	2022/3/5	マリンITワークショップ2022やまぐち	山口市(日本)	114	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2022	2022/5/31	APO Productivity Talk	オンライン	不明	公開	アジア生産性機構が主催するオンラインセミナー
2022	2022/8/2	マリンITワークショップ2022	函館市(日本)	43	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2022	8月24-26日	フィッシュネクスト技術展	東京都(日本)	不明	公開	ジャパン・インターナショナル・シーフードショーとの同時開催
2022	2023/3/17	総務省MRA国際ワークショップ2023	東京都(日本)	不明	公開	

22 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	2019/10/13	キックオフミーティング	32	
2017	2019/11/9	定例会	12	
2017	2019/12/8	定例会	13	
2017	2019/1/26	定例会	12	
2017	2019/2/22	定例会	13	
2018	2019/4/27	定例会	17	
2018	2019/5/14	Pre-JCC	50	
2018	2019/5/15	JCC	51	
2018	2019/5/23	定例会	17	
2018	2019/6/15	定例会	14	
2018	2019/7/6	定例会	15	
2018	2019/8/31	定例会	13	
2018	2019/10/12	定例会	22	
2018	2019/11/26	定例会	17	
2018	2019/12/15	定例会	15	
2018	2019/2/4	定例会	17	
2018	2019/2/26	定例会	9	
2018	2019/3/14	Pre-JCC	50	
2018	2019/3/15	JCC	60	
2019	2019/5/28	DSSミーティング	13	
2019	2019/5/29	定例会	22	

2019	2019/6/21	定例会	18	
2019	2019/6/27	DSSミーティング	13	
2019	2019/7/31	定例会、DSSミーティング	25	
2019	2020/9/5	定例会	18	
2019	2020/10/4	定例会	21	
2019	2020/11/8	定例会	20	
2019	2020/11/22	成果発表会(中間評価)	70	
2019	2020/12/25	DSSミーティング	9	
2019	2020/1/14	定例会	18	
2019	2020/2/6	定例会	17	
2019	2020/3/10	定例会	7	コロナ対策のためリーダーによる完全ネット会議
2020	2020/4/14	E&Tミーティング	8	
2020	2020/4/17	定例会	15	
2020	2020/4/30	定例会	17	
2020	2020/5/20	海藻養殖業WG	11	
2020	2020/5/22	魚類養殖業WG	18	
2020	2020/5/25	漁業WG	17	
2020	2020/5/29	赤潮WG	12	
2020	2020/5/29	E&Tミーティング	8	
2020	2020/6/2	全体WG	-	
2020	2020/6/3	定例会	16	
2020	2020/6/8	Joint Meeting	-	
2020	2020/6/12	E&Tミーティング	6	
2020	2020/6/15	E&Tミーティング	8	
2020	2020/6/18	漁業WG	8	
2020	2020/6/30	定例会	17	
2020	2020/6/30	海藻養殖業WG	8	
2020	2020/7/3	魚類養殖業WG	11	
2020	2020/7/7	赤潮JointWG	19	
2020	2020/8/5	定例会	17	
2020	2020/10/6	定例会	17	
2020	2020/11/20	魚類養殖業WG	10	
2020	2020/12/3	E&Tミーティング	4	
2020	2021/1/7	定例会	18	
2020	2021/2/8	E&Tミーティング	8	
2020	2021/2/12	Joint Meeting	-	
2020	2021/3/17	魚類養殖業JointWG	22	
2020	2021/3/17	ハイスペックサーバWG	8	
2020	2021/3/18	ハイスペックサーバWG	8	
2021	2021/4/7	ハイスペックサーバWG	-	
2021	2021/4/26	ハイスペックサーバWG	-	
2021	2021/4/28	ハイスペックサーバWG	-	
2021	2021/6/8	T1ミーティング	-	
2021	2021/6/11	T2ミーティング	-	
2021	2021/6/11	T3ミーティング	-	
2021	2021/6/14	リーダーミーティング	-	
2021	2021/7/6	PIミーティング	-	
2021	2021/7/19	T1ミーティング	-	
2021	2021/7/19	T3ミーティング	-	
2021	2021/7/23	T2ミーティング	-	
2021	2021/7/27	T1ミーティング	-	
2021	2021/7/29	リーダーミーティング	-	
2021	2021/8/3	リーダーミーティング	-	
2021	2021/8/4	T3ミーティング	-	
2021	2021/8/6	JCC	60	
2021	2021/8/13	ハイスペックサーバWG	-	
2021	2021/8/22	PIミーティング	-	
2021	2021/8/26	研究主幹との面談	13	
2021	2021/8/27	合同定例会	-	
2021	2021/9/3	定例会	15	
2021	2021/9/17	ハイスペックサーバWG	-	
2021	2021/9/24	合同定例会	-	
2021	2021/10/1	定例会	18	
2021	2021/10/7	T3ミーティング	-	
2021	2021/10/19	T2ミーティング	-	

2021	2021/10/20	T3ミーティング	-	
2021	2021/10/22	T1ミーティング	-	
2021	2021/10/29	合同定例会	-	
2021	2021/11/5	定例会	15	
2021	2021/11/24	DSSミーティング	-	
2021	2021/11/26	合同定例会	-	
2021	2021/12/3	定例会	16	
2021	2021/12/20	T1ミーティング	-	
2021	2021/12/21	T3ミーティング	-	
2021	2021/12/24	合同定例会	-	
2021	2021/12/27	定例会	15	
2021	2022/1/3	HPミーティング	-	
2021	2022/1/6	T2ミーティング	-	
2021	2022/1/11	T3ミーティング	-	
2021	2022/1/26	HPミーティング	-	
2021	2022/1/28	合同定例会	-	
2021	2022/2/3	T2ミーティング	-	
2021	2022/2/4	定例会	16	
2021	2022/2/16	HPミーティング	-	
2021	2022/2/16	T1ミーティング	-	
2021	2022/2/18	T1ミーティング	-	
2021	2022/2/18	T3ミーティング	-	
2021	2022/2/24	合同定例会	-	
2021	2022/3/1	T3ミーティング	-	
2021	2022/3/15	T1ミーティング	-	
2021	2022/3/16	定例会	15	
2021	2022/3/22	HPミーティング	-	
2021	2022/3/22	T2ミーティング	-	
2021	2022/3/23	合同定例会	-	
2022	2022/4/1	定例会	14	
2022	2022/4/11	T3ミーティング	-	
2022	2022/4/14	HPミーティング	-	
2022	2022/4/19	T2ミーティング	-	
2022	2022/4/19	T1ミーティング	-	
2022	2022/4/29	合同定例会	-	
2022	2022/5/6	終了時評価キックオフ会議・定例会	15	
2022	2022/5/20	HPミーティング	-	
2022	2022/5/25	T3ミーティング	-	
2022	2022/5/26	HPミーティング	-	
2022	2022/5/26	臨時ミーティング	-	
2022	2022/5/30	PIミーティング	-	
2022	2022/6/3	定例会	11	
2022	2022/7/6	T2ミーティング	-	
2022	2022/7/8	定例会	14	
2022	2022/7/12	T3ミーティング	-	
2022	2022/8/3	定例会	16	
2022	2022/8/4	T3ミーティング	-	
2022	2022/8/19	T2ミーティング	-	
2022	2022/8/19	T3ミーティング	-	
2022	2022/8/22	T1ミーティング	-	
2022	2022/8/30	PIミーティング	-	
2022	2022/8/30	定例会	13	
2022	2022/9/8	T1ミーティング	-	
2022	2022/9/9	T3ミーティング	-	
2022	2022/9/15	Pre-JCC	15	
2022	2022/9/16	JCC	22+オンライン	
2022	2022/10/20	定例会	14	
2022	2022/11/25	定例会	10	
2022	2022/12/16	定例会	8	
2022	2023/1/6	国内領域別評価会	18	
2023	2023/3/27	定例会	11	



# 成果目標シート

研究課題名	マリカルチャビッグデータの生成・分析による水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現
研究代表者名 (所属機関)	和田 雅昭 (公立はこだて未来大学 システム情報科学部)
研究期間	2017年度 ~ 2022年度
相手国名／主要相手国研究機関	インドネシア共和国／海洋水産省、科学院

## 上位目標

養殖業・漁業の高度化による世界の食料安全保障と途上国の地方開発の実現

インドネシアにおけるマリカルチャ・デベロップメントを支援

## プロジェクト目標

マリカルチャビッグデータの生成と分析による水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現。遠隔教育システムを活用したグループリーダーの育成とメンバー教育の実現。

## 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界の食料安全保障への寄与</li> <li>国民への水産物の安定供給</li> <li>日本企業による成果の事業化</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋環境の見える化 (達成)</li> <li>海洋におけるIoTの利用促進 (達成)</li> <li>マリカルチャビッグデータの基盤技術の確立</li> </ul>
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋環境ビッグデータの国際標準化</li> <li>水産資源の持続的利活用に資するセンシング手法と資源管理手法の確立</li> <li>気候変動の影響評価に関する知見の獲得</li> </ul>
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>若手研究者のグローバルな視点の養成</li> <li>海外研究者との共同研究の機会創出 (達成)</li> <li>グローバルな技術の習得</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICTを活用した遠隔教育技術 (達成)</li> <li>リーダーの育成とリーダー間および研究者間の人的ネットワーク構築</li> </ul>
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋環境保全のための政策提言書 (達成)</li> <li>IEEE(米国電気電子学会)への論文投稿(3本)</li> <li>持続可能な養殖業・漁業ガイドライン</li> <li>マリカルチャビッグデータ (達成)</li> <li>DSSシステム (達成)</li> </ul>

