

Final Research Report of the Environment Research and Technology Development Fund

## 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

研究区分 : 環境問題対応型研究（一般課題）

研究実施期間 : 2022（令和4）年度～2024（令和6）年度

課題番号 : 1-2203

体系的番号 : JPMEERF20221003

研究課題名 : トップダウンによる生態系機能を活用した新たな干潟管理手法の提案：水産資源回復と生物多様性保全の両立を目指して

Project Title : Proposal for a New Management Technique Using Top-down Controls of Tidal Flat Ecosystem: Balancing Fisheries and Biodiversity Conservation

研究代表者 : 山口 敦子

研究代表機関 : 長崎大学

研究分担機関 : 熊本大学、鹿児島大学

キーワード : 有明海、食物網、生態系モデル、板鰈類、トップダウン効果

注：研究機関等は研究実施期間中のものです。また、各機関の名称は本報告書作成時点のものです。

令和7（2025）年11月



## 目次

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 .....	<b>1</b>
研究課題情報 .....	<b>3</b>
<基本情報> .....	3
<研究体制> .....	3
<研究経費の実績> .....	4
<研究の全体概要図> .....	5
1. 研究成果 .....	<b>6</b>
1. 1. 研究背景 .....	6
1. 2. 研究目的 .....	6
1. 3. 研究目標 .....	6
1. 4. 研究内容・研究結果 .....	8
1. 4. 1. 研究内容 .....	8
1. 4. 2. 研究結果及び考察 .....	8
1. 5. 研究成果及び自己評価 .....	14
1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献 .....	14
1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価 .....	15
1. 6. 研究成果発表状況の概要 .....	16
1. 6. 1. 研究成果発表の件数 .....	16
1. 6. 2. 主要な研究成果発表 .....	16
1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動 .....	16
1. 7. 國際共同研究等の状況 .....	17
1. 8. 研究者略歴 .....	18
2. 研究成果発表の一覧 .....	<b>18</b>
(1) 産業財産権 .....	19
(2) 論文 .....	19
(3) 著書 .....	19
(4) 口頭発表・ポスター発表 .....	20
(5) 「國民との科学・技術対話」の実施 .....	20
(6) マスメディア等への公表・報道等 .....	30
(7) 研究成果による受賞 .....	31
(8) その他の成果発表 .....	31
権利表示・義務記載 .....	<b>31</b>

Abstract

## 研究課題情報

&lt;基本情報&gt;

研究区分 :	環境問題対応型研究（一般課題）
研究実施期間 :	2022（令和4）年度～2024（令和6）年度
研究領域 :	統合領域
重点課題 :	【重点課題4】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用 【重点課題16】大気・水・土壤等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究
行政ニーズ :	(5-11) 干潟生態系機能の把握と活用：閉鎖性海域の新たな管理手法の開発
課題番号 :	1-2203
体系的番号 :	JPMEERF20221003
研究課題名 :	トップダウンによる生態系機能を活用した新たな干潟管理手法の提案：水産資源回復と生物多様性保全の両立を目指して
研究代表者 :	山口 敦子
研究代表機関 :	長崎大学
研究分担機関 :	熊本大学、鹿児島大学
研究協力機関 :	

注： 研究協力機関は公開の了承があった機関名のみ記載されます。

&lt;研究体制&gt;

サブテーマ1 「高次捕食者から捉える生態系構造とトップダウン効果を活用した干潟管理手法の検討」

&lt;サブテーマリーダー（STL）、研究分担者、及び研究協力者&gt;

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	長崎大学	大学院総合生産科学研究科	教授	山口敦子	
分担者	長崎大学	大学院総合生産科学研究科	特任研究員	古満啓介	2022年7月1日 ～2025年3月31日

注： 研究協力者は公開の了承があった協力者名のみ記載されます。

サブテーマ2 「低次生態系におけるベントス群集」

&lt;サブテーマリーダー（STL）、研究分担者、及び研究協力者&gt;

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	熊本大学	くまもと水循環・減災研究教育センター	教授	嶋永元裕	
分担者	熊本大学	くまもと水循環・減災研究教育センター	教授	逸見泰久	
分担者	熊本大学	くまもと水循環・減災研究教育センター	准教授	山田勝雅	

注： 研究協力者は公開の了承があった協力者名のみ記載されます。

#### サブテーマ3 「魚類の生息場としての物理環境場とその変化」

<サブテーマリーダー (STL)、研究分担者、及び研究協力者>

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	鹿児島大学	学術研究院理工学域工学系	准教授	齋田倫範	
分担者	鹿児島大学	学術研究院農水産獣医学域水産系	准教授	久米 元	

注： 研究協力者は公開の了承があった協力者名のみ記載されます。

#### <研究経費の実績>

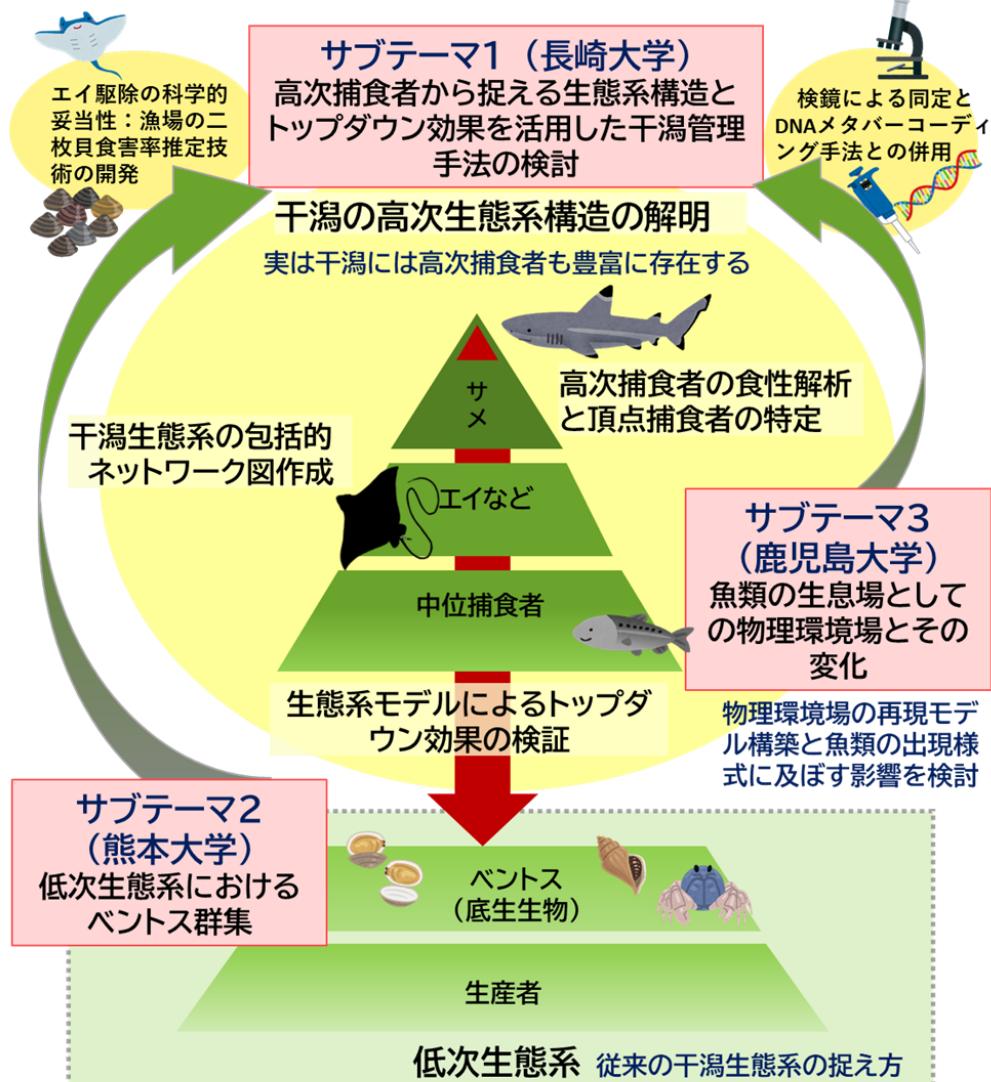
年度	直接経費（円）	間接経費（円）	経費合計（円）	備考（自己充当等）
2022	29,230,000	8,769,000	37,999,000	
2023	29,230,000	8,769,000	37,999,000	
2024	29,221,539	8,766,461	37,988,000	
全期間	87,681,539	26,304,461	113,986,000	

注： 環境研究総合推進費の規定する研究経費の支援規模を超えた額は自己充当等によるものです。

## &lt;研究の全体概要図&gt;

課題番号 1-2203

**トップダウンによる生態系機能を活用した新たな干潟管理手法の  
提案: 水産資源回復と生物多様性保全の両立を目指して**

**3年間の研究目標**

**頂点捕食者の管理・保全に基づく生態系機能を  
活用した新たな管理施策の提案**  
水産資源回復と生物多様性保全の両立を目指す

## 1. 研究成果

### 1. 1. 研究背景

近年、閉鎖性水域では二枚貝生産量の低迷に代表される干潟の生物生産機能の低下が著しい。とりわけ日本の約4割の干潟が集中する有明海では深刻で、2002年に施行された有明海・八代海の再生にかかる特別措置法に基づき、水質環境の改善に加え、二枚貝の捕食者（ナルトビエイ）駆除が行われてきた。20年以上に及ぶエイの駆除事業により、エイの個体数は減少したが、二枚貝は増えることなく更なる減少傾向にあり、未だ再生の兆しはない。これは、背後に複雑な生態系ネットワークが存在することを強く示唆するもので、現状の水質改善と二枚貝類増養殖に代わる新たな干潟管理手法の必要性を示すものである。

ナルトビエイは、2000年頃から有明海をはじめ西日本を中心に急増したと考えられたが、本種に関する情報は全分布域を通じてほとんどなかった。代表者は2001年より調査を開始し、エイが増加した要因として温暖化による冬季の生残率向上に加え、捕食者（サメ類）が減少した可能性があること、エイの特異な繁殖戦略、すなわち発生初期の胚が長期に及び休眠することで環境に応じて出産時期をコントロールしていること、エイの出現は水温と塩分等の物理環境に規定されていること、本種が実は南方系の種ではなく未記載種であり、新たな学名の付与が必要な東アジアの希少種であること等、多くの新知見を明らかにしてきた。また研究の過程で、この干潟域は、有明海の内外から来遊するサメ・エイ類を含め魚類（高次捕食者）の種数・生物量ともに豊富で、生物多様性の面からも重要な海域であることを明らかにした。地球上の全生物の中で両生類に次いでサメ・エイ類に絶滅の危機が高まっているため、IUCN（国際自然保護連合）ではサメ・エイ類に関する科学的知見の蓄積が急務とされている。

代表者は、有明海・八代海等特別措置法に基づき環境省に置かれた有明海・八代海等総合調査評価委員会の委員として、10年ごとにまとめられる最新の委員会報告（2017年）に「エイの増加は、頂点捕食者の減少に端を発したトップダウンによる生態系構造の変化であり、物理環境の変化も複合的な要因である」との仮説とその検証の必要性を記載した。有明海では実際に、エイの捕食者として知られるシュモクザメ類など、全てのサメ類が絶滅危惧種と評価されるほど減少している。米国では頂点捕食者であるラッコを保護した結果、食物網を通じてウニが減少、ケルプが回復した。これは生態系のトップダウン効果を活用した成功事例である。生態系を理解しないまま「捕食者の駆除」に委ねる現状の施策では二枚貝の回復を期待できない。過去に、干潟生態系の頂点捕食者としてサメ・エイ類までを捉えた先行研究はなく、また、世界各地で構築された海洋生態系モデルの中で、未だ生態系構成種の実データに基づく食物網の定量的な解析が行われた先行研究も知る限りはない。

このような背景の中、現状の管理手法にかわり、生物多様性の保全も生物生産性の確保も可能とするような、新しい視点による干潟管理手法が求められている（行政要請テーマ：干潟生態系機能の把握と活用：閉鎖性海域の新たな管理手法の開発）。そこで、行政ニーズに応えつつも学術的にも新規性の高い科学研究として本課題の立案に至った。

### 1. 2. 研究目的

本研究では、干潟の水産資源の確保と生物多様性保全の基盤となる生態系機能の活用を図るため、研究対象としての困難さから、これまで著しく知見が欠けていた高次捕食者（主にサメ・エイ類）に着目した。従来の干潟管理手法の考え方を刷新し、3年間の研究期間内に「全栄養段階の包括的な干潟生態系ネットワーク構造（実データに基づく食物網：生物相互の定量的な関係を含むもの）を明らかにした上で、頂点捕食者等の管理・保全に基づくトップダウン・コントロールにより生物生産性の確保、生物多様性保全の両立を図るための生態系機能を活用した新たな管理施策を提案する」ことを目的とした。

なお、研究は3つのサブテーマで構成する：サメ・エイ類等の高次捕食者からの全栄養段階を含めた生態系の包括的なネットワーク解析と生態系モデル（サブテーマ1）、二枚貝以外のベントスにも着目した低次生態系の群集構造把握（サブテーマ2）、魚類の生息場としての物理環境場とその変化（サブテーマ3）。これらは、重点的に取り組むべき課題（重点課題）として、④環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用および、⑯大気・水・土壤等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究に対応する課題であり、行政要請テーマ：干潟生態系機能の把握と活用：閉鎖性海域の新たな管理手法の開発、に資するものである。

### 1. 3. 研究目標

<全体の研究目標>

研究課題名	トップダウンによる生態系機能を活用した新たな干潟管理手法の提案：水産資源回復と生物多様性保全の両立を目指して
-------	--

全体目標	<p>本研究では、干潟の水産資源（アサリ等）の確保と生物多様性保全の基盤となる生態系機能の活用を図るため、これまで知見が欠けていた高次捕食者（主にサメ・エイ類）の存在と生息状況を明らかにした上で頂点捕食者を特定する。中位捕食者（小型魚類）から低次消費者（ベントス）、生産者までの捕食・被食の関係を検鏡による胃内容物解析とDNAメタバーコーディングによる手法を併用することで、定性的かつ定量的に解析し、全栄養段階を含めた干潟生態系の包括的な食物網ネットワーク図を作成する。干潟生態系の水環境（物理環境場：主に水温と塩分）を再現するモデルを作成し、水温や塩分等の変化に伴う生態系構造の過去から現在への変化、そして将来の海水温上昇等の変化の影響を検証・予測する。既存の生態系モデルを活用し、干潟生態系のkeystone種（サメ・エイ類、小型魚類、ベントスからそれぞれ1種以上が想定される）を明らかにするとともに、頂点捕食者の増加（or減少）がトップダウンにより二枚貝の増加（or減少）に結びつくかどうかを過去～将来の時系列で再現する。また、食害による真の影響を科学的に評価するため、安定同位体比分析を用いて二枚貝類食害率を見積もる。今後は複数のkeystone種に加え、頂点捕食者の管理・保全に基づくトップダウン・コントロールによる生態系機能を活用した新しい管理施策を提案する。</p> <p>【アウトプット】干潟に豊富なサメ・エイ類が生息することを初めて明示でき、それら頂点捕食者からの全栄養段階を含めた包括的な生態系ネットワーク図（捕食・被食の定量的な関係に基づくもの）を示すことができる。大型サメ類等の頂点捕食者の減少は世界共通事象であると指摘されており、生態系への影響について関心が高まっている中、干潟の頂点捕食者の増加（or減少）がトップダウンにより二枚貝の増加（or減少）に結びつくかどうかを過去～将来の時系列で再現する初の科学的知見を得ることができる。また、水温や塩分等の物理環境場を生態系レベルでの検討に組み込み、過去から現在、そして将来の気候変動に対する生態系機能の変動を予測した新規の知見として成果をまとめ、国内外に発信できる。</p> <p>【アウトカム】我が国の法律に基づき、藻場・干潟域の再生方策のツールとして有用資源（二枚貝等）の捕食者を有害動物と捉え、絶滅危惧種であっても科学的根拠・正当性を示すことなく「捕食者の駆除」を行ってきた。本研究の成果は、これまでと真逆の発想により「捕食者を守る」ことで、健全な生態系機能を取り戻し、二枚貝等の水産資源も回復させるという考え方に基づく新たな環境政策を進めるための科学的基盤として利用可能である。環境省の閉鎖性海域における再生方策と生物多様性保全等の検討に直ちに利用可能であり、希少な生物の絶滅を回避した上で、生態系の視点に基づく包括的な管理・保全対策を実施することが可能となる。</p>
------	---

## &lt;サブテーマ1の研究目標&gt;

サブテーマ1名	高次捕食者から捉える生態系構造とトップダウン効果を活用した干潟管理办法の検討
サブテーマ1実施機関	長崎大学
サブテーマ1目標	まず、干潟生態系の高次捕食者（栄養段階3以上と定義）の存在（種組成および分布・生息状況）とその多様性を明らかにする。各種ごとの食性について、検鏡による手法とDNAメタバーコーディング手法を併用して定量的に解析し、栄養段階を算出するとともに、頂点捕食者を特定する。サブテーマ2によるベントス、サブテーマ3の中位捕食者（小型魚類）に関する研究成果も取り込み、高次捕食者を中心とした干潟生態系の包括的ネットワーク（食物網：生物相互の定量的な関係を含むもの）図を作成する。サブテーマ3で得られる物理・化学環境場の変化に伴う生態系構造の過去から現在、そして将来の変化の検証・予測結果も取り入れ、既存の生態系モデルを活用して、頂点捕食者を含めた干潟生態系の各栄養段階の生物の中からkeystone種を複数種明らかにするとともに、頂点捕食者の増加（or減少）がトップダウンで食物連鎖を通じて

	<p>段階的にエイの減少（増加）、二枚貝の増加（or減少）に結びつくかどうかを過去～将来の時系列で再現する。一方で、エイ類による漁業被害の程度を安定同位体比分析により定量的に示す方法を開発し（既に予備実験を実施しており目標達成の見込みを得ている。）、エイ類が実際にどこの漁場の、あるいは漁場外の貝類を漁期内に何%食べたのかを特定する。この結果に基づき、エイ類が有用二枚貝に与える影響を見積もり、エイ類駆除の科学的根拠・正当性について検討しておく。この成果は、今後の環境政策検討に重要な資料となる。最終年度には、全サブテーマの成果に基づき、閉鎖性水域における干潟の新たな管理・保全手法を提案する。</p> <p>（安定同位体比分析：捕食性動物の体内の炭素や窒素の同位体は主に餌生物に由来し、採食履歴を反映する指標として用いられている。）</p>
--	---

## &lt;サブテーマ2の研究目標&gt;

サブテーマ2名	低次生態系におけるベントス群集
サブテーマ2実施機関	熊本大学
サブテーマ2目標	干潟域に生息するμmサイズのマイオベントスから数10cmのメガベントスまでを広く対象とし、分布状況を野外調査および既存の調査結果に基づき明らかにする。ここでは栄養塩やプランクトン類を取り込む一方で高次捕食者等の餌資源となる多様なベントス群集の干潟生態系における役割の全貌を解明することを目指す。なお、野外での採集調査では検鏡による同定に加えて、DNAメタバーコーディングによる手法を用いることとし、主要な種のうちDNAの塩基配列が未登録の種、及び未記載種については形態分類体系の確立後、塩基配列を決定、データベース上に登録する。これにより、消化が進んだ魚類の胃内容物についてもメタバーコーディング法による種の同定を効果的に行うことが可能となる。

## &lt;サブテーマ3の研究目標&gt;

サブテーマ3名	魚類の生息場としての物理環境場とその変化
サブテーマ3実施機関	鹿児島大学
サブテーマ3目標	<p>有明海および八代海における塩分・水温等の分布をモデルにより再現し、移動能力の高い魚類（サメ・エイ類から小型魚類まで）の生息場としての水環境を評価する。特に、外海域と干潟を往来する高次捕食者や、生活史のあるステージで干潟域へ輸送され、優占種となる小型魚類等にとって、干潟域への外海水の侵入と河川からの淡水供給のバランス、および両者の混合の過程で形成される塩分分布は、その動態を規定する大きな要因となる。それが、干潟生態系での頂点捕食者の交代や生態系構造の変化をもたらすという観点から、サブテーマ1で明らかになる高次捕食者およびkeystone種と、それらの過去からの分布状況、および本調査により解明されるその好適物理環境の変化を検証する。</p> <p>あわせて、干潟域を重要な生息場とするとともに、干潟生態系の食物網の要として高次捕食者とベントスをつなぐ栄養段階中位の捕食者であり、干潟の優占種である小型魚類に着目し、食性解析を検鏡とDNAメタバーコーディング手法を併用して行う。成果はサブテーマ1の解析に取り入れる。</p>

## 1. 4. 研究内容・研究結果

## 1. 4. 1. 研究内容

この研究課題では、生物生産性（水産資源）と生物多様性の確保を図るために、頂点捕食者から小型魚類・

ベントスまでの全栄養段階を含めた干潟生態系の網羅的な食性解析をもとに、包括的な食物網ネットワーク図を作成し、Ecopath with Ecosim（以下、EwE）による生態系モデルを構築することに加え、干潟生態系の高次捕食者や小型魚類の分布を決定づける水環境（物理環境場）の再現モデルを作成する。それらを統合的に活用して、環境変化に伴う生態系構成種の過去～将来の変化とあわせて頂点捕食者（サメ類）の存在がトップダウン効果により間接的に二枚貝の増加に結び付くことを検証するものである。

サブテーマ1では、徹底したフィールド調査による高次捕食者の生物量の推定、生態解明と採集時の物理観測データ、検鏡とDNAメタバーコーディング手法を併用した定量的な食性解析に基づき、EwEを用いた生態系モデル構築を行うとともに、高次捕食者を中心とした干潟生態系の構造を明らかにし、栄養段階の算出、頂点捕食者とkeystone種の特定を行った。サブテーマ2と3による知見も順次取り込みながら全栄養段階の包括的ネットワーク図を作成した。高次捕食者から食物網を通じて生態系全体を把握し、全サブテーマからの結果を総括して、環境変化に伴う生態系構造の変化の予測と検証を行い、サメやエイなどの捕食者の個体数の変化が食物連鎖を通じて間接的にもたらす生態系構造の変化について、特に二枚貝の動態に着目して検証した。以上をとりまとめ、頂点捕食者とkeystone種の管理に伴うトップダウン効果を活用し水産資源の確保と生物多様性保全を両立する新しい干潟管理手法の検討を行った。

サブテーマ2では低次生態系におけるベントス群集の機能解明を主な課題とし、底生生物の全サイズ分画（メイオベントスからメガベントスまで）の生息分布域を包括的に網羅して底生環境と水環境パラメーターとの関連性を解析し、ベントス群集の成立・維持プロセスを解析した。また主要な種のうちDNAの塩基配列が未登録の種の塩基配列を決定、データベース上に登録した。

サブテーマ3では、有明海の水温や塩分等の水平・鉛直分布を数値シミュレーションモデルにより再現するモデルを構築し、サブテーマ1と連携して、外海域と干潟を往来する高次捕食者や、生活史のあるステージで干潟域へ輸送される中位捕食者（小型魚類）等の魚類の出現様式に及ぼす影響の解明を行った。また、主として栄養段階が低いプランクトン食性の魚類を含む小型魚類を対象に、検鏡とDNAメタバーコーディング手法を併用して食性を解析した。

#### 1. 4. 2. 研究結果及び考察

本課題全体としては、頂点捕食者から小型魚類・ベントスまでの全栄養段階を含めた干潟生態系の構成種、各種の生息状況、生物量、生態学的知見を網羅的に明らかにし、高次捕食者の定性・定量的な食性解析の結果をもとにEwEによる有明海生態系モデルを構築した上で包括的な食物網ネットワーク図を作成した。頂点捕食者（スマツキザメとアカシュモクザメ）、keystone種（アカエイとナルトビエイ、スマツキザメ、アカシュモクザメ）が特定できた。また、頂点捕食者やkeystone種の採集時の観測値に基づき、物理環境場（水温と塩分）の再現モデルとともに統合的に解析し、環境変化に伴う過去から将来の高次捕食者の変化を予測した。その結果、水温上昇は、keystone種の資源量に変化をもたらし、卓越種の交代があったものの、生態系の同じ機能群の生物量としては大きな変化は見られなかった。頂点捕食者の生物量には水温上昇による大きな変化はなかった。一方、塩分の変化の影響は大きく、将来的な塩分の変化はkeystone種の変動を通して生態系全体に影響を与えることが示唆された。

以上のように、塩分の変化は水温以上に、高次捕食者の増減に大きな影響を与えることが明らかになった。また、頂点捕食者に対する漁獲圧を軽減して保護することで、トップダウン効果が発揮され、食物網を通じて間接的に貝類の確保につながることを生態系モデルにより検証できた。加えて、頂点捕食者を保護し、keystone種であるアカエイ、ナルトビエイ等を適切に管理することで生物多様性を確保し、生物生産性が同時に確保できる可能性も示された。

安定同位体比分析を指標にナルトビエイによる二枚貝の食害実態を推定する手法を確立した。漁業被害はこれまで想定されていたものよりはるかに小さく、食害を過大評価している可能性が示された。

以上、これまで見過ごされてきた高次捕食者を含め、守るべき生物多様性・生態系の姿を可視化することができた。また、これまで着目されてこなかった塩分変動の重要性が初めて示された。すべての成果を統合すると、水産資源を確保するための施策として、捕食者の駆除一辺倒ではなく、保全や適切な管理の必要性を踏まえ、トップダウン・コントロールによる生態系機能を活用した新たな管理施策への転換を提案する。本成果は、行政要請ニーズに直接応えるものとして、環境省が推進する有明海・八代海等の閉鎖性海域における再生方策と生物多様性保全等の検討に直ちに活用可能であり、実際に既に有明海・八代海等総合調査評価委員会等で知見が活用された。今後、希少生物の絶滅を回避した上で、生態系の視点に基づく包括的な管理・保全対策を実施するための基盤を構築できた。

#### サブテーマ1の研究成果について

サブテーマ1では、有明海およびその周辺海域での徹底したフィールド調査と高次捕食者生物の採集、同定、生物測定等を行い、以下を明らかにした。

### (1) 干潟生態系の高次捕食者（サメ・エイ等）の種組成・分布・生息状況とその多様性

有明海から350種近くの魚類を標本に基づき記録することができ、種の多様性が高い海域であることを明らかにした。なお、今回、そのうちの3割以上が初記録となるほか、分類学的検討が必要な種や、未記載種の存在も明らかにした。中でもアカエイ類の分類学的な問題解決が急務であったため、初記載以来130年以上にわたりアカエイと同一種とされてきた隠蔽種「アリアケアカエイ」の存在とその識別の方法を明らかにし、新たな学名*Hemitrygon ariakensis*を付与するための記載を行った（成果番号6）。また、本課題遂行中に周辺海域で希少なサメ類（ハチワレ、メガマウスザメ）を採集したため出現報告をまとめた（成果番号2、3）。有明海では他の類似の内湾では例をみないほど多くのサメ・エイ類を認めており、そのうち95%が絶滅危惧種に相当した（IUCN）。中でも最も深刻絶滅寸前（CR）にランクされているアカシュモクザメについては生態的に重要な知見を得た（成果番号30）。そのほかのサメ・エイ類や硬骨魚類についても分布、季節別の生息状況、種組成、生態などを明らかにした。

EwEによる生態系モデル構築には、各機能群の食性だけでなく個体群成長率についての情報も必要である。そのためには個体レベルの平均的な成長

（成長曲線）を知る必要があり、成長曲線を推定するためには年齢査定を行う必要がある。魚類の年齢査定にはいくつかの方法があるものの、現在では耳石切片を作成・観察する方法が正確性の観点から主流となっている。しかしながら、トラフグを含むフグ科魚類の耳石は小さく歪であることから耳石切片による年齢査定は不可能であるとして行われてこなかった。本研究では、試行錯誤の末にフグ科魚類の耳石切片作成技術を確立できたため、トラフグの年齢と成長を精度よく推定することに成功した。天然由来のトラフグの最高齢は12歳であった。本成果は世界のフグ科で初の成功例となった（成果番号1）。



図1 本研究で明らかにした有明海の板鰓類

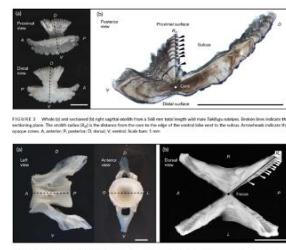


図2 トラフグの年齢形質（左、成果1より転載）と放流・天然個体（右）

マナガツオについても同様で、本研究によりマナガツオ科を通じて年齢査定に成功した初の事例となった（成果番号4）。研究により、雌は最高14歳、雄は9歳であること、資源として重要な1kg以上の個体のはほとんどは雌であること、雌は雄より大きく成長し、体重は雄の約3倍に達することなどを明らかにした。加えて、加入量が多い年は初期成長が悪化する「負の密度効果」を確認した。

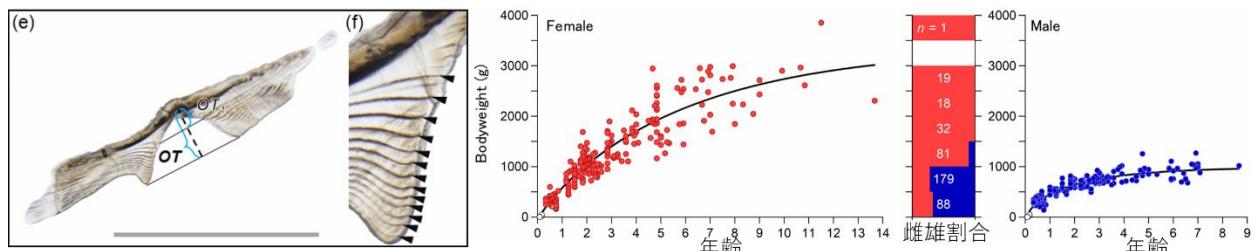


図3 マナガツオの耳石切片（左）と年齢と成長解析の結果（右）（成果4より転載）

### (2) 高次捕食者の胃内容物の定性・定量的解析

全種のうち主要な魚類66種の胃内容物を採集・分析した。アカエイなどが、食性の多様度が高く様々な餌生物を利用可能なジェネラリスト食性であった一方、ナルトビエイやマナガツオはスペシャリスト食性であることがわかった。アカエイに関しては、有用な漁業資源である一方、ナルトビエイとともに二枚貝を食害すると考えられ、駆除も行われている。しかし、本研究の結果、アカエイが二枚貝を選択的に食べることはなく、胃内容物からはほとんど見られなかった一方で、魚類や甲殻類などを広く摂食することが分かった。サメ類は硬骨魚類や頭足類等に加え、エイ類にとっての捕食者であることもわかった。また、サイズを問わず、有明海の多くの魚類は、甲殻類、中でもエビ類（特にコエビ下目）または、アミ類（フクロエビ上目）を主要な餌としていることがわかった。これらの多くは餌をめぐる競合関係にある。有明海では水柱中にもアミ類が豊富に存在しており、有明海の多くの魚類にとって利用しやすい（食べやすい）餌が豊富にあるこ

とが、有明海の豊かさを支えている理由の一つであると推定できた。

全体的にみて、66種もの食性解析結果については、その多くで個別に国際誌に掲載できるレベルで研究を行っており、これから一種ずつ順に論文化する予定である。学会やシンポジウムでは口頭でアカエイ、ナルトビエイ等について発表したほか、魚類の食性に関する招待講演を行った（成果番号18、21、28）。なお、安定同位体比分析による食性解析も試みたことがあるが、栄養段階を推定できたとしても、何を食べていたかを特定することは困難である。有明海のように多様性の高い海域では類似の栄養段階のものも多いため、本課題の趣旨に合わせて胃内容物を直接解析することにより（ただし、高い技術に基づく高精度な分析であることが前提となる）、実証的な食物網を導き出すことに重点を置いた。

また、積極的なアウトリーチ活動を通じて国民との対話を重ね、速やかな成果の発信に努めてきた。そのうちの一つが一般や小・中・高校生、漁業者らへの講演活動である。研究者でなくとも手に取りやすいカレンダー等の制作・配布も行った（成果番号12、14、127、129、130など）。

### （3）生態系モデルの構築と干潟生態系の包括的な食物網ネットワーク分析

有明海のフィールドで取得してきた食性等の知見に基づき、有明海生態系の構成種を主として食性の類似度を参考に機能群を区別し、各種の生態や食性、生息状況、バイオマス等の知見に基づき、生態系モデリングソフトウェアEwEにより有明海生態系モデルを構築した。その結果、生物機能群相互の定量的な関係を含む食物網ネットワーク図が得られた。最も栄養段階が高かったサメ類（TR4.2以上）を頂点捕食者とし、生態系を安定化させ生物多様性を保持するために必要なkeystone種として、アカエイ、スミツキザメ、アカシュモクザメ、トビエイ類を特定した。一方、同様に生態系に対して大きな影響を与えるものの生物量が大きいStructuring種は、エビ類、アミ類などであった。これらは上位の捕食との関わりが強く、いずれも捕食者の餌生物として重要な機能群である。

### （4）エイによる二枚貝の食害率推定手法の開発

有明海再生方策の一環として、エイが食べる二枚貝類はすべて漁場由来とみなして食害量を見積もり、駆除事業が行われている。この20年以上、ナルトビエイを集中的に駆除して大幅に減少させたにもかかわらず、二枚貝は増えていない。そこで、安定同位体比分析を用いて、エイが食べた貝のうち有用二枚貝の比率を定量化する二枚貝の食害率推定の手法を確立した。それらの結果に基づき、漁業被害を過大評価している可能性を示した。

エイの食害問題に関しては、様々な事情を抱える現場との調整が必要である。漁業者や県の担当者らに対して、より包括的な科学的見積もりが必要であるため、当初計画になかった追加の研究を実施した。それらの結果に基づき、今後は現状を見直し、新たな施策立案と適切な方向性の再設定を要する。

### （5）トップダウン・コントロールによる生態系への影響

構築した生態系モデルをもとに検証したところ、頂点捕食者を保護すると、食物網を通じて間接的に貝類資源の確保につながることを検証できた。また、頂点捕食者の動態は生態系下位の一次生産者にまで広く影響が及んだことから、同時にトップダウン効果も示すことができた。

サメ・エイは大型で試料の確保もデータの取得も困難で、種の分類にも高度な知識が必要となるなど試験研究の難易度が高く、国内では大型の沿岸性サメ類について公的な試験研究やデータはほとんど存在しない。また国外を含めても、海洋でのトップ～ボトムまでの全栄養段階の捕食・被食の関係を網羅した上で栄養カスケード効果を観察した例はなかった。本研究は、頂点捕食者の保護の効果を初めて科学的に提示したものともいえる。

次に、フィールドでのサメ・エイ類等の魚類採集時に観測してきた水温や塩分等のデータを基に検討したところ、多くの高次捕食者にとって、塩分が厳密に出現の制限要因となっている可能性を見出すことができた。また、塩分の変化はkeystone種の変動を通じて、生態系全体に影響を与える可能性が示唆された。以上のように、本研究の結果は、水温以上に塩分が、魚類の生息域に変化をもたらし、さらには干潟生態系の変化をもたらす可能性があることを示唆した。

### （6）干潟生態系の新たな管理手法の提案

本研究の結果、頂点捕食に加え、keystone種であるサメ・エイ類等を適切に管理することで生物多様性を確保し、生物生産性も同時に確保できる可能性も示された。駆除されている多くのサメ・エイ類が絶滅危惧種である点も重要である。そこで、本課題では、捕食者の駆除一辺倒ではなく、保全あるいは適切に管理することで水産資源の確保と生物多様性保全を両立する、トップダウン・コントロールによる生態系機能を活用した新しい干潟管理施策への転換を提案する。

研究を進める中で、現行の施策に対する問題と新たな科学的知見の重要性を認識し、3つの観点から追加の研究を行った。現在一般的に行われている生態系への意図的な介入、すなわち特定の種の添加および除去が、生態系や構成生物に予期せぬ影響を及ぼす可能性について、生態系機能の観点から検討を加えた。

①添加の例：再生方策の一環として行われているトラフグ人工種苗放流の効果と、トラフグ資源への影響を評価した。種苗由来のトラフグは、天然由来の個体に比べて生涯を通じて成長が悪く寿命も短いことから、個体群の長期的な安定性に対してはむしろ悪影響を及ぼす可能性があることを示した（成果番号1）。

②除去の例：二枚貝保護を目的として行われたエイの駆除事業がエイの生態に与えた影響を明らかにした（成果番号5）。ナルトビエイ個体群管理のための最も基礎的な情報である成長と年齢構造については、駆除開始初期に代表者が明らかにしたが（Yamaguchi et al. 2005）、その後もモニタリングおよびサンプルの収集を継続していた。近年、ナルトビエイの個体密度は大幅に減少したため、個体群の成長と年齢構造に何らかの変化が生じていると予想し解析を行った。25年間に及ぶ調査期間を3つに分割したところ、予想通り、成長の変化が示された。この理由としては、個体数減少による種内競争の低下や、餌となる二枚貝の種の変遷による栄養状態の変化などが考えられるが、これらの検証については今後の課題とした。

本研究の結果は、過度な漁獲を受けて生物量が変化した前後の年齢と成長の長期変化を明らかにしたサメ・エイ類では初めての事例となった。実際の管理施策を講じる際には、これらのkeystone種であるサメ・エイ類の生態学的知見や精度の良いバイオマス推定値だけでなく、漁獲量や駆除量を把握する仕組みを構築することが必要である。それらに基づき資源解析に関する研究を進め、各種の適切な漁獲管理方策を講じることが次の課題となる。

今後は水産資源と捕食者のような1対1の関係だけでなく、生態系レベルでの評価・検討を行うことが不可欠であり、漁業者や有明海にかかる研究者らへの、これらの知識や考え方の普及を行うことも重要である。また、本課題の成果を広く伝え、生物・生態系の過度な単純化を見直したうえで、一般に急速に伝わっている「サメ・エイ類=厄介者」とする考え方を改めることも期待される。今後は、アカエイやナルトビエイ等を具体的にどのような水準や指標で管理するかについて引き続き研究を進めていくことが必要である。

Yamaguchi, A., Kawahara, I., Ito, S., (2005). Occurrence, growth and food of longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum*, in Ariake Sound, Kyushu, Japan. Environmental Biology of Fishes **74**, 229–238.  
<https://doi.org/10.1007/s10641-005-0217-0>

③ 環境変化の影響評価：経済価値の最も高い魚類であるマナガツオを対象に、環境変化がその生態や資源動態に及ぼす影響を評価した。その結果、繁殖地の塩分濃度がマナガツオ加入量の主要な制約要因である（底層塩分が低い年ほど加入量が多い）可能性を示すことができた。また、個体群の持続可能性を確保するためには、河口域らしい環境および成育場の保全が極めて重要である（成果番号4）。

今後、沿岸域の人為的開発や里海としての利活用を進めるにあたっては、河口域の本来の自然環境を維持し、海洋構造に大きな変化を生じさせないよう十分に配慮するとともに、生態系機能を損なわず、資源の持続性を確保する取り組みが求められる（<https://www.nagasaki-u.ac.jp/ja/science/science415.html>）。

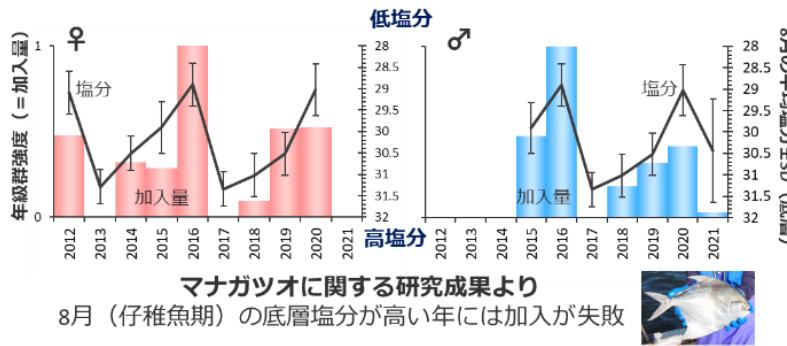


図5 マナガツオの加入量と塩分との関係

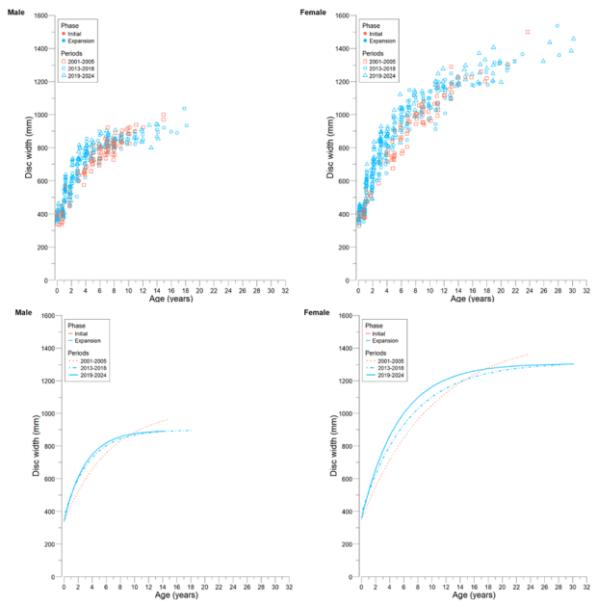


図4 ナルトビエイの成長の変化。(上)実際のデータと(下)成長モデル(成果5より転載)

サブテーマ1の最後に、現在の有明海再生方策に対し、ごく最近、有明海生態系に見られた変化を取り上げ、目指すべき再生への道筋について考察を加えた。

### サブテーマ2の研究成果について

サブテーマ2では、対象域のペントス群集の内、最もサイズの小さいメイオペントス(μmスケール)に関しては、線虫類が卓越する泥質海底としては典型的なメイオペントス相が観察された一方（成果番号7）、底魚の仔稚魚の主要な餌となる底生カイアシ類に関しては、堆積物の粒径など底質よりも海底直上の水質（水温・塩分）に強く影響を受ける可能性が示された。メイオペントス全体の年間生産量は1年間平均約6.3 gC/m<sup>2</sup>程度、うち4.7 gC/m<sup>2</sup>が、より大型の生物に摂食される可能性について概算された。

マクロペントス、メガペントスに関しては、有明海では、文献情報などとの比較から、過去約20年間でペントス群集は種数も個体数も減少傾向にあり、群集構造は水温と塩分に影響を受けることを示す一方、マクロペントスの捕食者・被食者としての食物網における機能を定量評価した結果、フクロエビ類やエビ類など高次捕食者によく食べられていた群が高い割合を占め、サブテーマ1の結果を支持する結果となった。また、過去30年間で90種の出現記録がなされてきたが、本研究によりそれを超える、209種のマクロ・メガペントス種が記録され、本研究によって未記録だった甲殻類や多毛類を中心とする種、151種が新たに記録された。また、マクロペントスの群集構造は、メイオペントスと同じく海底直上の水質（水温・塩分）に強く影響を受ける可能性が示された。マクロペントスの年間生産量は1年間平均約7.73 gC/m<sup>2</sup>であった。マクロペントス出現種を被食性機能群構造に分類した結果、被食有用種は重量ベースで約30%であったことから、7.73 gC/m<sup>2</sup>のうち、2.31 gC/m<sup>2</sup>が、大型の生物（魚類等）に主要に摂食されると概算された。

また、魚のエサ資源となる主要種のうちDNA塩基配列が未登録な複数の種（サメハダハマアミなどのアミ類3種、タイリクドロクダムシ、クダオソコエビ、ソコシラエビ）のミトコンドリアCOI領域の配列を解明し、データベースに登録したことで、DNAメタバーコーディングによる魚類の胃内容物解析における種の同定精度の向上に貢献できる。

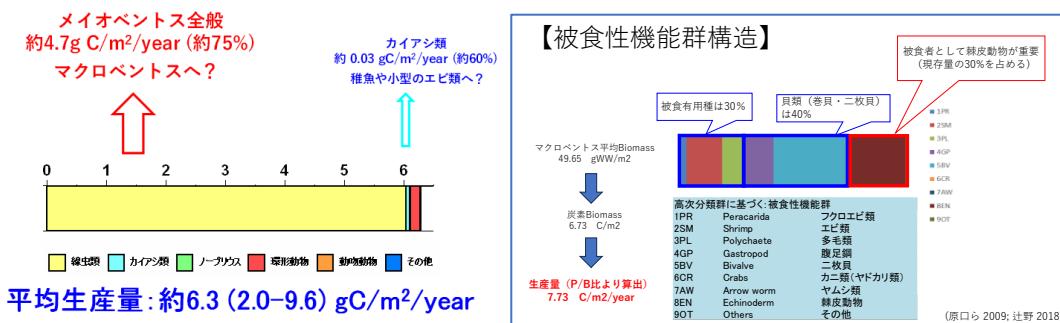


図6 メイオペントスの年間生産量(左)とマクロペントスの年間生産量(右)

### サブテーマ3の研究成果について

サブテーマ3では、小型魚類の食性解析を実施した。消化管内容物の光学顕微鏡による検鏡結果から、シログチの仔魚はカイアシ類を、稚魚はドロクダムシ科のヨコエビを主要な餌として利用していることを確認した。また、消化管内容物のDNAメタバーコーディング解析から、コノシロの仔魚はカイアシ類を、稚魚はカイアシ類以外の甲殻類の浮遊幼生を主要な餌として利用していることを確認した。消化管内容物の光学顕微鏡及び電子顕微鏡による検鏡結果から、コノシロは稚魚期以降、成長に伴い食性を変化させ、動植物プランクトンを主な餌として利用していることを明らかにした。

加えて、干潟生態系の水環境を再現するための物理モデルを構築し、塩分・水温分布の再現計算を実施した。得られた塩分・水温分布については、サブテーマ1に提供することでサブテーマ間での連携を図った。また、構築した物理モデルを利用して、サブテーマ1により得られた大型魚類の多くの種の出現の基準となる高塩分の水塊に着目し、有明海における高塩分水塊の挙動の基本的な傾向を明確にした。また、小型魚類（シログチ）の仔魚の輸送を模擬した粒子追跡計算を実施し、夏季～秋季の出水パターンによって年ごとに変化する海水密度分布が湾奥の成育場方向への仔魚の移動に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

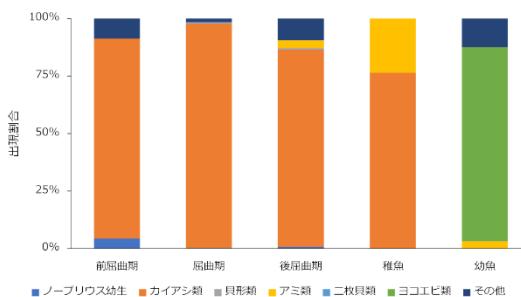


図7 シログチ仔稚魚の消化管内容物組成

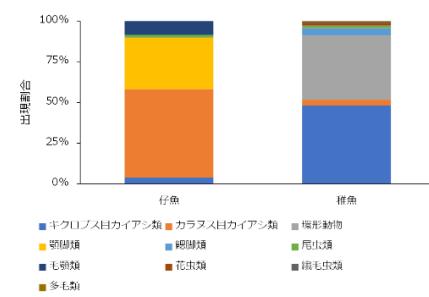


図8 コノシロ仔稚魚の消化管内容物組成

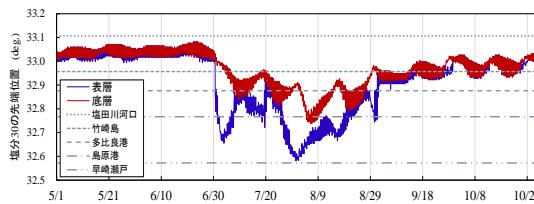


図9 高塩分水塊の北端位置の計算結果の例

(左図：2009年、右図：2019年)

## 1. 5. 研究成果及び自己評価

### 1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献

#### <得られた研究成果の学術的意義>

本研究では、有明海生態系を対象に、魚類・ベントス・高次捕食者を含む生態系全体の構造を実証的に可視化した点で極めて革新的である。従来の海洋生態系研究では不十分であった、実際の捕食・被食関係を、現場調査に基づいて徹底的かつ高度な経験と技術に基づき把握したことにより、頂点捕食者から一次生産者までを結びつけた俯瞰的な食物網モデルを提示することができ、海洋生態系研究を大きく前進させた。特にサメ・エイ類等の多様な高次捕食者の存在を明らかにした上で、現場での食性調査や生態研究に基づき、頂点から植物プランクトンまでの俯瞰的な食物網ネットワークを示す実証的なモデルを得られた点で学術的な意義は大きい。本課題では頂点捕食者であるサメの動態が一次消費者であるプランクトンやデトリタスまで影響する、トップダウン効果を初めて再現できた点も特筆すべき成果である。

加えて、有明海において多種多様な魚類が生息することを科学的根拠となる標本とともに明らかにした。多くの種の生態学的知見とともに、標本を揃えた状況で、多様性を把握できる枠組みを整えた例は国内の類似の内湾でも見当たらない。また、ベントスについても多様なサイズ画分を網羅的に把握することで新たなリストを示すことができた。今後は種、あるいは群衆レベルで重要かつ貴重な学術資料としてあらゆる形で利用され得る。

また、沿岸におけるサメ・エイ類の分布と出現制限要因を、長年にわたるフィールド研究の蓄積に基づき明らかにしたことでも独創的な研究成果である。特に、これまで注目されなかった塩分という環境因子を高次捕食者の行動制限要因として特定したことは、沿岸生態学に新たな視点を導入した。長年にわたり繰り返し漁船に乗船することで同時に収集してきた生物・物理観測データから、沿岸のサメ・エイ類の分布や出現の制限要因を明らかにし、また魚類の再生産の成功にこれまで注目されなかった塩分という環境因子の影響を示唆できたのも独創的な研究成果として新たな視点を与えることができた。国際的に見ても、沿岸域ではサメ・エイ類の観測データを取得する仕組みがなく、国内外を通じて初めての知見となる。

本研究により、有明海が世界的にも重要なサメ・エイ類の生息地であることを科学的に示した上で希少種の「駆除」から「保全」への政策転換を支持する先導的な知見も提供した。今後の国際的な枠組みに対する多くの独創的かつ先導的な研究成果が得られており国内外の環境、資源、生物、生態系等の多様な研究分野での新たな展開が期待できる。また、沿岸モニタリングに関する新たな指針としても利用可能である。以上のように、本研究は生物生産性の確保と生物多様性保全の両立を効果的に図るために新規の科学的基盤となり、今後は先導性の高い研究として、国内外への大きな波及効果をもたらすものと期待する。

## &lt;環境政策等へ既に貢献した研究成果&gt;

- ① 環境省の「有明海・八代海等総合調査評価委員会」と「海域環境再生方策検討作業小委員会」での検討に活用。代表者（山口）が小委員会で本課題にかかる説明を行い、本委員会での資料としても活用された。
- ② 環境省の第5次レッドリスト公表および「海洋生物レッドデータブック」出版にあたり、絶滅のおそれの評価対象種のうち、魚類分科会（山口）、甲殻類分科会・その他の無脊椎動物分科会（逸見）でそれぞれ担当している種のチェックシート作成を行った。各種の絶滅の恐れの評価に際し、本研究での魚類（サブテーマ1）およびベントス（サブテーマ2）に関する成果を活用した（令和8年度公表予定）。
- ③ 環境省「今後の里海づくりのあり方検討会」において（2024年度の第1回～3回）、本課題による生態系管理に関する知見を活用して議論を行うとともに（山口）、「今後の里海づくりのあり方に関する提言（2025年3月）」をまとめた。
- ④ IUCN（国際自然保護連合）の世界100か国以上の専門家と共にGlobal Status Report of sharks, rays, and chimaerasを代表者（山口）が分担執筆（Asia, Japan sectionを第一著者として執筆。本研究サブテーマ1の成果を活用して有明海のサメ・エイ類や生態系に関して言及）
- ⑤ 2030年グローバルターゲットの1つである30by30目標への貢献を視野に、全球的なサメ・エイ類の生物多様性保全に資する地域を特定するためのIUCNのISRA(Important Shark and Ray Area)プロジェクトにおけるワークショップ（2024年1月、インドネシア開催）が開催された。代表者はサブテーマ1に基づくサメ・エイ類の生活史や成育場、生息状況に関する成果を用いて科学的な議論を行い、有明海全域（1627.67km<sup>2</sup>）、および有明海一天草灘コリドー（3892.75 km<sup>2</sup>）がサメ・エイ類の生物学的に重要な生息地あるいは回廊として機能していることが科学的レビューを経て認められ、重要海域（5520.42 km<sup>2</sup>）として指定された。

\*IUCN（国際自然保護連合・スイス）によるレッドリストは、種に関する豊富で有用な情報提供により、生物多様性のニーズを政策等に組み込むための手段として国際的に活用。多国間の環境協定により採択される決定の参考情報として、ワシントン条約（CITES）や移動性野生動物種保全条約（CMS）などの国際条約の附属書改訂にも使用されるため、国内外で注目されている。

\*30by30目標…30陸と海の30%以上を健全な生態系として効果的に保全しようとする目標

## &lt;環境政策等へ貢献することが見込まれる研究成果&gt;

- ① 環境省「有明海・八代海等総合調査評価委員会」等への貢献…上記委員会のR8年度報告書作成（10年ごとに作成する報告書）に向けた再生評価と再生方策検討にかかる議論ならびに委員会報告の執筆。
- ② 閉鎖性海域の新たな水環境管理・再生手法…トッププレデターの保全・管理に基づく生態系機能の把握と活用、トップダウンによる生態系機能を活用した新しい水環境管理手法（生態系モニタリング技術）、新たな不搅乱採泥器やそりネットを用いたベントス群集網羅的調査による長期観測の提案、駆除事業のモニタリングと評価、ナルトビエイによる二枚貝の食害率と漁業被害の見積もりなど、各種委員会等を含めた環境政策の立案等への貢献。
- ③ 生物多様性条約にかかる保全戦略への貢献—国内・国際…環境省版レッドリスト作成とレッドデータブック執筆等への貢献、IUCNでの絶滅の恐れの評価とレッドリスト作成、国際基準の保全政策立案
- ④ 環境省が今後進める今後の里海づくりへの貢献
- ⑤ 気候変動適応策への貢献…物理環境の変化が生態系構造・機能にもたらす影響の予測

## 1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価

<全体達成状況の自己評価> · · · ·

2. 目標を上回る成果をあげた

<サブテーマ1達成状況の自己評価> · · · ·

2. 目標を上回る成果をあげた

<サブテーマ2達成状況の自己評価> · · · ·

3. 目標どおりの成果をあげた

<サブテーマ3達成状況の自己評価> · · · ·

3. 目標どおりの成果をあげた

## 1. 6. 研究成果発表状況の概要

## 1. 6. 1. 研究成果発表の件数

成果発表の種別	件数
産業財産権	0
査読付き論文	9
査読無し論文	2
著書	3
「国民との科学・技術対話」の実施	36
口頭発表・ポスター発表	100
マスコミ等への公表・報道等	23
成果による受賞	2
その他の成果発表	2

## 1. 6. 2. 主要な研究成果発表

成果番号	主要な研究成果発表 (「研究成果発表の一覧」の査読付き論文又は著書から10件まで抜粋)
1	Ogino, Y. and Yamaguchi, A. (2022). Reduced lifetime fitness (growth, body condition, and survivability) of hatchery-reared tiger pufferfish <i>Takifugu rubripes</i> compared to wild counterparts. <i>J. Fish Biol.</i> 101, 1270–1284. <a href="https://doi.org/10.1111/jfb.15199">https://doi.org/10.1111/jfb.15199</a>
4	Ogino, Y. and Yamaguchi, A. (2025). Growth and year-class dynamics of the Japanese silver pomfret <i>Pampus punctatissimus</i> : Correlation between salinity and recruitment. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> , 323, 109440. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109440">https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109440</a>
5	【受理済み】 Wang, Y. J., Ogino, Y., Furumitsu, K. and Yamaguchi, A. Changes in growth of the Naru eagle ray <i>Aetobatus narutobiei</i> in Ariake Bay, based on over two decades of monitoring under fishing pressure. <i>Fisheries Research</i> .
6	【受理済み】 Furumitsu, K. and Yamaguchi, A. Redescription of <i>Hemitrygon akajei</i> with description of the cryptic stingray species <i>Hemitrygon ariakensis</i> sp. nov. from the Northwest Pacific. <i>Ichthyological Research</i> .
7	嶋永元裕・逸見泰久・山田勝雅・島崎英行・前中昭代 (2025). 有明海湾奥部のメイオベントス群集の空間変異と関連する環境要因. <i>Laguna (汽水域研究)</i> 32, 51–58. <a href="https://www.jstage.jst.go.jp/article/laguna/32/0/32_51/_article/-char/ja">https://www.jstage.jst.go.jp/article/laguna/32/0/32_51/_article/-char/ja</a>

注：この欄の成果番号は「研究成果発表の一覧」と共通です。

## 1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動

本研究課題での成果普及活動として「国民との科学・技術対話」を36件行ったほか、「マスメディア等へ

の公表・報道」は23件あった。

国民との科学・技術対話については、特に小・中学生や高校生への講義が多く、イベントでは講義を行うだけでなく、実際に有明海の魚類等の標本に触れる機会を作り、野外で活動を行うなどして子供たちと対話をする時間を十分設けた。

マスメディアでの報道については、エイと二枚貝の食害の問題を取り上げた全国レベルでのニュースや番組が多く（12件）、科学的な検証と監修、出演（コメント等）に際しては、エイが何を食べているのか、なぜ河口や干潟に集まるのか、駆除すべきか？といった疑問に答え、本研究の成果からその実態や解決策について解説した。NHKの「ダーウィンが来ちゃった！スペシャル版」では、同様に、アカエイがなぜ河口に集まるのか？貝を食べるためではないか？とする疑問に答える番組が制作され、監修、協力、出演（コメント）を行った。NHK・Eテレの「ギョギョっと魚★スター」では、「エイ」、「シログチ」、「クロホシイシモチ」などの放送回で監修を担当し、科学的知見の提供や台本の修正を行った。特に「シログチ」の回では、有明海のシログチをめぐる食う一食われるの関係を番組内でも直接紹介した。また、エイの食害問題について、一般に誤解されている側面については、科学的な研究成果から、正しい知見の普及に努めた。これらの件数の多くから、メディアを通じてエイと貝の食害問題が、国民の大きな関心事であることがうかがえ、メディアを通じて効率的・効果的に国民との対話を重ね、さらに本研究課題にフィードバックして生かした。

特に重要なものは、本研究成果を一般向けに分かりやすく説明することを目的としたカレンダーの制作である。いずれも本研究で採集した魚類の標本写真を使用して、4県それぞれの地先を代表する魚がまんべんなく出現するように工夫した。代表者が企画・立案、解説の執筆などすべてを先導した。長崎大学が保有する歴史貴重資料「グラバー図譜（博物画）」の活用と合わせて歴史など人文社会系も融合させた企画として、多くの分野に关心を持つ一般の幅広い年齢層に成果を届けることに成功した。大いに好評であったことから、長崎大学・学長定例記者会見に同席し、カレンダーをメディアに配布して本研究成果を説明する機会を得た（成果番号169）。また、関連して実施した講演会（成果番号130）には、会場とオンラインあわせて200名以上が参加した。

### 1. 7. 国際共同研究等の状況

#### <国際共同研究の概要>

エイによる二枚貝食害の評価手法を検討する過程で、板鰓類の数理解析を専門とするメキシコのFernando Marquez-Farías教授（Autonomous University of Sinaloa）との共同研究に至り、ナルトビエイが各種貝類を摂餌する確率を推定した。現在はとりまとめて論文として投稿するための準備中である。今後は更に解析を進め、ローカルな課題をグローバルな視点で解決するため、Fernando Marquez-Farías教授は自らのプログラムで来日して長崎大学に半年間在籍し、有明海のフィールドで共同研究することになった（2025年4月～11月まで長崎大学で受け入れ）。今後は学生を含めた研究交流の拡大を視野に入れている。

#### <相手機関・国・地域名>

機関名（正式名称）	（本部所在地等）国・地域名
Autonomous University of Sinaloa	メキシコ・シナロア州

注：国・地域名は公的な表記に準じます。

## 1. 8. 研究者略歴

&lt;研究者（研究代表者及びサブテーマリーダー）略歴&gt;

研究者氏名	略歴（学歴、学位、経歴、現職、研究テーマ等）
山口敦子	研究代表者及びサブテーマ1リーダー 東京大学大学院農学生命科学研究 博士後期課程修了 博士（農学） 現在、長崎大学 総合生産科学研究科 教授 環境省：有明海・八代海等総合調査評価委員会小委員会委員、中央環境審議会総量削減専門委員会委員、絶滅のおそれのある野生生物の選定・評価検討会委員、長崎県環境審議会・会長、ほか国土交通省などの委員を務める。 専門は魚類学・水産資源学、研究テーマは魚類の生物・生態学や環境・生態系影響など 受賞歴：日本水産学会奨励賞など
嶋永元裕	サブテーマ2リーダー 東京大学大学院理学系研究科 博士課程修了 博士（理学） 熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター 准教授を経て、 現在、熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター 教授 主に海洋微小生物の群集生態学を研究
齋田倫範	サブテーマ3リーダー 九州大学大学院工学府海洋システム工学専攻博士後期課程修了 博士（工学） 九州大学大学院工学研究院環境都市部門学術研究員、鹿児島大学大学院理工学研究科助教を経て、現在、鹿児島大学学術研究院理工学域工学系准教授 九州河川技術懇談会委員 専門は環境水理学、海岸工学、研究テーマは河川・沿岸海域における物質輸送

## 2. 研究成果発表の一覧

注：この項目の成果番号は通し番号です。

## (1) 産業財産権

成果番号	出願年月日	発明者	出願者	名称	出願以降の番号
				特に記載する事項はない。	

## (2) 論文

&lt;論文&gt;

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
1	2022	Ogino, Y. and Yamaguchi, A. Reduced lifetime fitness (growth, body condition, and survivability) of hatchery-reared tiger pufferfish <i>Takifugu rubripes</i> compared to wild counterparts. <i>Journal of Fish Biology</i> , 101: 1270–1284	1	有
2	2023	山口敦子・鶴留司・永光萌衣・川久保晶博・古満啓介. 東シナ海と九州北西岸におけるオナガザメ科ハチワレ <i>Alopias superciliosus</i> の出現記録と繁殖に関する知見. 日本板鰓類研究会, 58: 51-59	1	無
3	2025	山口敦子・古満啓介・荻野義視・中村雅之・折居 巧・Chi-Ju Yu. 長崎県対馬沖からのメガマウスザメ <i>Megachasma pelagios</i> の記録. 日本板鰓類研究会会報, 59: 6-11	1	無
4	2025	Ogino, Y. and Yamaguchi, A. Growth and year-class dynamics of the Japanese silver pomfret <i>Pampus punctatissimus</i> : Correlation between salinity and recruitment. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> , 323, 109440. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109440">https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109440</a>	1	有
5	2025	【受理済み】 Wang, Y. J., Ogino, Y., Furumitsu, K. and Yamaguchi, A. Changes in growth of the Naru eagle ray <i>Aetobatus narutobiei</i> in Ariake Bay, based on over two decades of monitoring under fishing pressure. <i>Fisheries Research</i> .	1	有
6	2025	【受理済み】 Furumitsu, K. and Yamaguchi, A. Redescription of <i>Hemitrygon akajei</i> with description of the cryptic stingray species <i>Hemitrygon ariakensis</i> sp. nov. from the Northwest Pacific. <i>Ichthyological Research</i> .	1	有
7	2025	嶋永元裕・逸見泰久・山田勝雅・島崎英行・前中昭代 (2025). 有明海湾奥部のメイオベントス群集の空間変異と関連する環境要因. <i>Laguna (汽水域研究)</i> 32, 51–58. <a href="https://www.jstage.jst.go.jp/article/laguna/32/0/32_51/_article/-char/ja">https://www.jstage.jst.go.jp/article/laguna/32/0/32_51/_article/-char/ja</a>	2	有
8	2025	Kume, G., Oba, H., Kodama, M., Shigemura, T., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T., Azuma, T. and Kobari, T. Growth, mortality, and predatory impact on mesozooplankton of chub mackerel <i>Scomber japonicus</i> larvae in an upwelling system, southern Japan. <i>Continental Shelf Research</i> , 285: 105399	3	有
9	2025	Kume, G., Minagawa, A., Shiozaki, K., Jinno, S., Hirai, J., Ichinomiya, M., Komorita, T., Kodama, M., Habano, A. and Kobari, T. Analyses of gut content and isotopic composition of Anguilliformes leptocephali near southern Japan. <i>ICES Journal of Marine Science</i> . 82: fsaf065	3	有

10	2025	Kume, G., Takahira, H., Kodama, M., Anraku, K., Kotani, T., Hirai, J. and Kobari, T. Analyses of gut contents and stable isotopes of Japanese eel <i>Anguilla japonica</i> glass eels and elvers from an estuary in southern Japan. <i>Marine Biology</i> . 172: 132	3	有
11	2025	Moritoshi, E. H., Matsumoto, H., Matsuoka, M., Dewa, S. and Kume, G. Intraspecific variation in sexual pattern of red-belted anthias, <i>Pseudanthias rubrizonatus</i> . <i>Journal of Fish Biology</i> . 107: 886-901	3	有

## (3) 著書

&lt;著書&gt;

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
12	2022	山口敦子. ナルトビエイ、ヤジリエイほか. 環境省レッドリスト・データブック. 第5次レッドリストの公表は令和8年度の予定	1
13	2024	Yamaguchi, A. and Tanaka, S. Japan. in Jabado, R.W., Morata, A.Z.A., Bennett, R.H., Finucci, B., Ellis, J.R., Fowler, S.L., Grant, M.I., Barbosa Martins, A.P. and Sinclair, S.L. (eds.). The global status of sharks, rays, and chimaeras. Gland, Switzerland: IUCN. Pp. 1685-1698.	1
14	2025	山口敦子. グラバー図譜カレンダー2025「干潟の海の魚たち」長崎大学.	1

## (4) 口頭発表・ポスター発表

&lt;口頭発表・ポスター発表&gt;

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
15	2022	山口敦子. トップダウンによる生態系機構を活用した新たな干潟管理手法の提案に向けて. NPOみらい有明・不知火、特別講演会	1	無
16	2022	山口敦子. エイの胚休眠は驚きのサバイバル術. 日本動物学会シンポジウム「あつまれ！多様な生殖・繁殖戦略」・招待講演	1	無
17	2023	山口敦子. トーマス・A・グラバー（倉場富三郎）が遺した魚類図譜に見る長崎の自然誌と水産業の発展. 第7回長崎学研究発表会・招待講演	1	無
18	2023	山口敦子・米田丈伸・古満啓介. アカエイ <i>Hemitrygon akajei</i> は多様な餌を摂食するジェネリスト. 令和5年度日本水産学会春季大会	1	無
19	2023	山口敦子・荻野義視・久米元・古満啓介. 有明海の多様な環境と魚類相～生態系アプローチに基づく海域の再生に向けて. 日本魚類学会2023年度年会	1	無
20	2023	原康二郎・古満啓介・山口敦子. 東シナ海におけるモヨウカスベの生活史特性. 日本魚類学会2023年度年会	1	無
21	2023	Yamaguchi, A. and Furumitsu, K. Survival strategies reveal rarity of Naru eagle ray, <i>Aetobatus narutobiei</i> : Exploring new ecosystem conservation measures through top-down control of elasmobranchs. Indo-Pacific Fish Conference 2023	1	有
22	2023	Wang, Y.-J. and Yamaguchi, A. Stock status analysis for Naru eagle ray, <i>Aetobatus narutobiei</i> based on long-term monitoring of the predator control program. 2023	1	無

		年度水産海洋学会研究発表大会		
23	2023	Wang, Y.-J.・荻野義視・古満啓介・山口敦子. Stock status for Naru eagle ray, <i>Aetobatus narutobiei</i> based on long-term monitoring data and vertebral samples. 東京大学大気海洋研究所 共同利用研究集会「板鰓類シンポジウム2023」	1	無
24	2023	山口敦子. サメ・エイ類の生物科学研究から海の生態系保全へ. 東京大学大気海洋研究所 共同利用研究集会「板鰓類シンポジウム2023」	1	無
25	2023	原康二郎・古満啓介・山口敦子. 東シナ海におけるモヨウカスベとメダマカスベの食性比較. 東京大学大気海洋研究所 共同利用研究集会「板鰓類シンポジウム2023」	1	無
26	2024	Yamaguchi, A. and Furumitsu, K. The remarkable survival strategies of Naru eagle ray, <i>Aetobatus narutobiei</i> for surviving restricted habitats against their vulnerability to intense fishing pressure: insights from our long-term biological studies. The 12th International Fisheries Symposium.	1	有
27	2024	Wang, Y.-J., Ogino, Y., Furumitsu, K. and Yamaguchi, A. Temporal change in growth for Naru eagle ray <i>Aetobatus narutobiei</i> on 23-year vertebral sample. The 12th International Fisheries Symposium.	1	有
28	2024	山口敦子. 魚の食べ物と進化, 国立遺伝学シンポジウム「海と生命情報から学ぶ脊椎動物の多様性とその分子基盤」、招待講演（2024年12月）	1	無
29	2025	小倉将聖・古満啓介・山口敦子. アカエイの妊娠に伴う子宮絨毛の組織学的变化について. 令和7年度 日本水産学会春季大会.	1	無
30	2025	Yamaguchi, A., Ogino, Y., Hara, K. and Furumitsu, K. First evidence of nursery grounds for the scalloped hammerhead shark, <i>Sphyrna lewini</i> , in the Northwest Pacific based on their occurrence, age and size distributions, and growth analysis. 2025 Joint Conference of the 12th Indo-Pacific Fish Conference.	1	有
31	2025	Wang, Y.-J., Ogino, Y., Furumitsu, K. and Yamaguchi, A. Growth, age distribution and population status of the Naru Eagle Ray <i>Aetobatus narutobiei</i> in Ariake Bay, Japan. 2025 Joint Conference of the 12th Indo-Pacific Fish Conference.	1	有
32	2022	吉野健児・山田勝雅・金谷弦・岡本海・多田雄哉・田中正敦・逸見泰久・山元恵. 水俣湾における底生生物を中心とする食物網構造と水銀汚染経路. 日本地球惑星科学連合2022年大会.	2	無
33	2022	山田勝雅・北口晃陽・逸見泰久. 国内最大面積の干潟（九州：荒尾干潟）における底生生物群集の集合規則とその空間スケール依存性. 日本地球惑星科学連合2022年大会.	2	無
34	2022	嶋永元裕. 九州閉鎖系内湾の干潟・潮下帯の生態系と水棲生物群集. 日本水処理生物学会第58回年次大会（招待講演）	2	
35	2022	宮本康・山田勝雅・山本智子. 沿岸域・汽水域生態系における人間活動の影響を歴史生態学で評価する. 2022年度日本プランクトン学会・日本ベンチス学会合同大会.	2	無

3 6	2023	小森田智大・中村双葉・田中智己・一宮睦雄・山田勝雅・金谷弦・吉野健児. 八代海南部海域（水俣湾）における植物プランクトンの基礎生産量と沈降フラックスの季節変化. 日本地球惑星科学連合2023年大会.	2	無
3 7	2023	本田陸斗・山北剛久・山田勝雅・山下奈々・小森田智大. 緑川河口干潟におけるエイ類によるアサリへの捕食量の定量的評価. 日本地球惑星科学連合2023年大会.	2	無
3 8	2023	山田勝雅. 有明海湾奥部潮下帯のマクロベントス相：群集構造は数十年でどのように変化したか？2023年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会.	2	無
3 9	2023	石動谷夏実・凌千恵・山田勝雅・逸見泰久. 同所的に生息する二種のヤドカリの種間相互作用. 第70回日本生態学会.	2	無
4 0	2024	山田勝雅・森武凌・小森田智大・逸見泰久. 八代海の干潟に生息するヘナタリの局在分布パターンと食性：生息場環境と競合種に柔軟に対応できる種？日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会.	2	無
4 1	2024	山平茜莉・飯盛時生・逸見泰久・山田勝雅. アマモ場とコアマモ場の生態的構造と機能：魚類群集の利用様式の違い. 日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会.	2	無
4 2	2024	飯盛時生・山平茜莉・逸見泰久・山田勝雅. 八代海におけるアマモ場の葉上動物群集構造の違い：泥場と砂場. 日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会.	2	無
4 3	2024	岩崎敬二・逸見泰久・木村妙子・佐藤慎一・中山聖子・風呂田利夫. 日本の海産外来種問題の100年. 日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会	2	無
4 4	2024	Abe, H., Kanaya, G., Nakaoka, M., Suzuki, T., Taru, M., Kimura, T., Koga, T., Hamaguchi, M., Henmi, Y., Kishimoto, K., Ueno, R. and Aoki, M. Long-term changes of intertidal macrozoobenthic communities at each site in the tidal flat survey of the Monitoring Sites 1000 Project in Japan. The 5th Asian Marine Biology Symposium.	2	無
4 5	2024	Kanaya, G., Kishimoto, K., Henmi, Y., Hamaguchi, M., Koga, T., Kimura, T., Taru, M., Suzuki, T., Nakaoka, M., Abe, H., Ueno, R. and Aoki, M. Spatiotemporal changes in macrozoobenthic community structure at ten tidal flats along the Japanese coast, using data from the Monitoring Sites 1000 Project from 2008 to 2022. The 5th Asian Marine Biology Symposium.	2	無
4 6	2024	Yamada, K., Komorita, T. and Henmi, Y. Community structure of benthic infauna at tidal flats ecosystem of Ariake Bay, Kyushu, Japan. The 5th Asian Marine Biology Symposium.	2	無
4 7	2024	Isakari, T., Yamahira, A., Henmi, Y. and Yamada, K. Effect of sediment on the epifaunal community structure in eelgrass beds: comparison between mud and sand in Yatsushiro Bay, Kyushu, Japan. The 5th Asian Marine Biology Symposium.	2	無
4 8	2024	Yamahira, A., Isakari, T., Henmi, Y. and Yamada, K. Differences in habitat structure and ecological function	2	無

		between two seagrass habitats ( <i>Zostera marina</i> and <i>Z. japonica</i> ) in terms of fish utilization patterns in Yatsushiro Bay, Kyushu, Japan. The 5th Asian Marine Biology Symposium.		
4 9	2024	谷遙也・佐伯龍弥・嶋永元裕・山田勝雅・前中昭代. 令和2年7月豪雨以降の球磨川河口域における底生カイアシ類群集構造の時空間変異. 日本甲殻類学会 第62回函館大会.	2	無
5 0	2025	金谷弦・阿部博和・仲岡雅裕・鈴木孝男・多留聖典・木村妙子・古賀庸憲・浜口昌巳・逸見泰久・岸本和雄・上野稜子・青木美鈴. モニ1000調査データを用いた干潟ベントス群集の時空間変動解析. 第72回日本生態学会.	2	無
5 1	2025	山平茜莉・飯盛時生・逸見泰久・吉野健児・山田勝雅. 八代海の海草藻場における魚類群集構造の時空間変動パターン. 第72回日本生態学会.	2	無
5 2	2025	飯盛時生・山平茜莉・逸見泰久・山田勝雅. 八代海の海草藻場に生息する葉上動物の群集構造の時空間変動とその変動要因. 第72回日本生態学会	2	無
5 3	2025	青柳陽花・本田陸斗・小森田智大・逸見泰久・山田勝雅. 緑川河口干潟におけるアサリの個体群変動要因の解明. 第72回日本生態学会.	2	無
5 4	2025	寺田大晟・山田勝雅・逸見泰久・伊藤紘晃・吉野健児・中田晴彦・田中源吾・嶋永元裕. 白川河口干潟における底生生物群集構造の空間変異. 第72回日本生態学会	2	無
5 5	2025	山田勝雅・逸見泰久・吉野健児・嶋永元裕. 有明海湾奥部潮下帯泥場における底生生物群集構造の空間変異. 第72回日本生態学会.	2	無
5 6	2022	Moritoshi, E., Matsumoto, H., Matsuoka, M., Sunobe, T., Dewa, S. and Kume, G. Growth, maturation, and primary male development of protogynous <i>Pseudanthias rubrizonatus</i> in Kagoshima Bay, Japan. Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists 2022. (ポスター発表)	3	無
5 7	2022	Minagawa, A., Kobari, T., Hirai, J., Jinno, S., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T. and Kume, G. Feeding ecology of leptocephali in the Satsunan area, southern Japan. Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists 2022. (口頭発表)	3	無
5 8	2022	Moritoshi, E., Matsuoka, M., Sunobe, T., Dewa, S. and Kume, G. The impact of social structure and female population density on mating behaviour and sexual pattern, protogynous <i>Pseudanthias rubrizonatus</i> . Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists 2022. (口頭発表)	3	無
5 9	2022	石丸嶺央・久米元・福田隆二・中村啓彦・仁科文子・小針統. 東シナ海黒潮における動物プランクトンの脂肪酸組成. 2022年度日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会.	3	無
6 0	2022	盛満彩加・久米元・小玉将史・一宮睦雄・小森田智大・福田隆二・中村啓彦・仁科文子・小針統. 黒潮域亜表層水の混合によって励起された植物プランクトンの増殖. 2022年度日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会.	3	無
6 1	2022	小関茜・安樂和彦・岡村いつき・林綾乃・小谷知也・久米元・脇谷量子郎. ニホンウナギ(シラス	3	無

		ウナギ) の分光視感度. 令和4年度日本水産学会秋季大会. (口頭発表)		
6 2	2022	大庭嘉起・小針統・重村太一・塩崎一弘・一宮睦雄・小森田智大・久米元. 北部薩南海域におけるマサバ仔魚の成長と摂餌要求量. 令和4年度日本水産学会秋季大会. (ポスター発表)	3	無
6 3	2022	加藤晋作・小針統・久米元. 鹿児島湾におけるイワハダカ仔稚魚の出現様式と食性. 令和4年度日本水産学会秋季大会. (ポスター発表)	3	無
6 4	2022	皆川暁慶・小針統・平井惇也・神野智・塩崎一弘・一宮睦雄・小森田智大・久米元. 薩南海域におけるウナギ目レプトセファルス幼生の食性. 2022年度日本魚類学会年会. (口頭発表)	3	無
6 5	2022	森年エマ日向子・松岡翠・久米元・出羽慎一・須之部友基. アカオビハナダイにおける雌の密度が配偶システムと性様式に与える影響. 2022年度日本魚類学会年会. (口頭発表)	3	無
6 6	2022	Manako, Y., Kobari, T., Ichinomiya, M. Komorita, T., Habano, A., Azuma, T. and Kume, G. Protein synthetases activity of fish larvae appearing in the Kuroshio and its neighboring waters. PICES-2022 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無
6 7	2022	Moritoshi, E., Matsuoka, M., Kume, G., Dewa, S. and Sunobe, T. The reproductive ecology and social structure of red-belted anthias <i>Pseudanthias rubrizonatusis</i> in different-sized groups. PICES-2022 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無
6 8	2022	Minagawa, A., Kobari, T., Hirai, J., Jinno, S., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T. and Kume, G. The food source of anguilliform leptocephali in the Satsunan area, southern Japan. PICES-2022 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無
6 9	2022	Oba, H., Kobari, T., Shigemura, T., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T. and Kume, G. Growth and food requirement of chub mackerel <i>Scomber japonicus</i> larvae in the northern Satsunan area, southern Japan. PICES-2022 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
7 0	2022	Kato, S., Kobari, T. and Kume, G. Distribution and feeding habits of skinnycheek lanternfish <i>Benthosema pterotum</i> larvae and juveniles in the Kagoshima Bay, southern Japan. PICES-2022 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
7 1	2022	Murata, G., Kume, G., Nakamura, H., Nishina, A. and Kobari, T. Copepod community determined with metabarcoding analysis represents advection of with coastal waters to the Kuroshio. PICES-2022 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
7 2	2022	Kusano, T., Kume, G., Azuma, T. and Kobari, T. How to adapt larval growth of widely appearing fish to food availability in the Kuroshio? PICES-2022 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無
7 3	2022	Komorita, T., Ichinomiya, M., Kobari, T., Kume, G., Kako, S., Habano, A., Arita, Y. and Makino, F. Temporal changes of micoplankton community after the inflow of the Kuroshio branch current in the Northern Satsunan region, southern Japan during mixing period. PICES-2022 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無

7 4	2022	久米元. 魚類の産卵場, 成育場としての鹿児島湾口部の重要性. 第8回 南九州水産海洋研究集会 黒潮が南九州の水産業にもたらす恵み. (口頭発表)	3	無
7 5	2022	久米元・小針統・小玉将史・塩崎一弘・一宮睦雄・小森田智大・平井惇也. 魚類の産卵場および成育場としての北部薩南海域の重要性. 東京大学大気海洋研共同利用集会 黒潮生態系とその変動を駆動する物理・化学・生物過程. (口頭発表)	3	無
7 6	2022	小針統・久米元・中村啓彦・仁科文子・堤英輔・一宮睦雄・小森田智大・郭新宇・吉江直樹・長井健容・齊藤宏明・平井惇也. 水産資源を支える黒潮生態系の食物網構造と栄養動態. 東京大学大気海洋研共同利用集会 黒潮生態系とその変動を駆動する物理・化学・生物過程. (口頭発表)	3	無
7 7	2022	山口琴音・山田やよい・木村克也・津田裕一・久米元・小針統. カツオ仔稚魚の成長および餌生物の海域間比較. 水産海洋学会 2022年度九州沖縄地区合同シンポジウム. (口頭発表)	3	無
7 8	2022	谷口綾音・一宮睦雄・小森田智大・東隆文・牧野文洋・久米元・小針統. 北部薩南海域の春期ブルームにおける動物プランクトンのエネルギー経路. 水産海洋学会 2022年度九州沖縄地区合同シンポジウム. (口頭発表)	3	無
7 9	2022	中谷颯人・一宮睦雄・小森田智大・東隆文・牧野文洋・小玉将史・久米元・小針統. 薩南海域に来遊するブリ稚魚の餌料源. 水産海洋学会 2022年度九州沖縄地区合同シンポジウム. (口頭発表)	3	無
8 0	2023	後藤慎之介・久米元・小玉将史・中谷颯人・津田周平・幅野明正・牧野文洋・東隆文・小針統. 2022年2,3月に薩南海域に来遊したモジャコ <i>Seriola quinqueradiata</i> の成長. 2023年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
8 1	2023	大庭嘉起・小針統・重村太一・塩崎一弘・一宮睦雄・小森田智大・久米元. 北部薩南海域におけるマサバ仔魚の成長と摂餌量. 2023年度日本魚類学会年会. (口頭発表)	3	無
8 2	2023	松本悠・森年エマ日向子・松岡 翠・出羽慎一・須之部友基・久米元. 鹿児島湾に生息するアカオビハナダイの年齢と成長. 2023年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
8 3	2023	加藤晋作・小針統・久米元. 鹿児島湾におけるイワハダカ仔稚魚の食性. 2023年度日本魚類学会年会. (口頭発表)	3	無
8 4	2023	城山宗士・小針統・塩崎一弘・一宮睦雄・小森田智大・小玉将史・久米元. 北部薩南海域におけるカタクチイワシ仔魚の出現状況と摂餌量. 2023年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
8 5	2023	高比良広樹・小針統・小玉将史・安樂和彦・小谷知也・久米元. 鹿児島県川内川におけるシラスウナギの食性. 2023年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
8 6	2023	Komorita, T., Ichinomiya, M., Kobari, T., Kume, G., Kako, S., Habano, A., Arita, Y. and Makino, H. Microplankton community succession after the inflow	3	無

		of the Kuroshio Current at the mouth of Kagoshima Bay. Japan Geoscience Union Meeting 2023.		
8 7	2023	Kobari, T., Yamaguchi, K., Yamada, Y., Yamashita, M., Kume, G., Kumura, K., Tsuda, Y. and Kiyofuji, H. Zooplankton prey of skipjack tuna larvae and juveniles in the western North Pacific Ocean based on metabarcoding analysis. PICES-2023 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無
8 8	2023	Ishimaru, R., Kume, G., Nakamura, H., Nishina, A. and Kobari, T. Lipid acids contents of zooplankton community in the Kuroshio and its neighboring waters. PICES-2023 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
8 9	2023	Morimitsu, A., Ichinomiya, M., Kume, G., Komorita, T. and Kobari, T. Feeding impacts of micro- to mesozooplankton on phytoplankton community in the Kuroshio and its neighboring waters. PICES-2023 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
9 0	2023	Taniguchi, A., Kobari, T., Kume, G., Ichinomiya, M., Komorita, T. and Hirai, J. Metabarcoding analysis on trophic sources of mesozooplankton during spring phytoplankton bloom in the coastal waters neighboring the Kuroshio. PICES-2023 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
9 1	2023	Kato, S., Kobari, T. and Kume, G. Feeding habits of skinnycheek lanternfish <i>Benthosema pterotum</i> larvae, metamorphosing larvae, and juveniles in the Kagoshima Bay, southern Japan. PICES-2023 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
9 2	2023	Oba, H., Kobari, T., Shigemura, T., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T. and Kume, G. Growth and predatory impact on mesozooplankton of chub mackerel <i>Scomber japonicus</i> larvae in the northern Satsunan area, southern Japan. PICES-2023 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
9 3	2023	Ichinomiya, M., Komorita, T., Kume, G. and Kobari, T. Bloom formation of colony-forming harmful diatom <i>Thalassiosira diporocyclus</i> in the Kagoshima Bay and its significance as prey for some copepods. 20th International Conference on Harmful Algae. (口頭発表)	3	無
9 4	2023	Kume, G., Minagawa, A., Jinno, S., Hirai, J., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T., Habano, A., Kodama, M. and Kobari, T. The food sources of Anguilliformes leptocephali in the Kuroshio Current and adjacent waters. Indo-Pacific Fish Conference 2023. (口頭発表)	3	無
9 5	2023	Moritoshi, E., Sunobe, T., Matsuoka, M., Matsumoto, H., Dewa, S. and Kume, G. Early gonadal development, maturation and sex change in diandric protogynous red-belted anthias, <i>Pseudanthias rubrizonatus</i> . Indo-Pacific Fish Conference 2023. (ポスター発表)	3	無
9 6	2023	Moritoshi, E., Sunobe, T., Matsuoka, M., Dewa, S. and Kume, G. The effect of group size on mating system and sexual pattern of red-belted anthias, <i>Pseudanthias rubrizonatus</i> , Kagoshima Bay, Japan. Indo-Pacific Fish Conference 2023. (口頭発表)	3	無
9 7	2024	Kobari, T., Manako, Y., Hara, A., Yamanoue, K., Tanonaka, R., Azuma, T., Wang, Y.-C., Kodama, M. and Kume, G. Community structure of ichthyoplankton associated with advective mixing of the Kuroshio and	3	無

		its neighboring waters. 7th International Zooplankton Production Symposium. (ポスター発表)		
9 8	2024	Kobari, T., Taniguchi, A., Kume, G., Kodama, M., Ichinomiya, M., Komorita, T. and Hirai, J. Trophic sources and pathways toward fish larvae under spring phytoplankton bloom in the neighboring waters of the Kuroshio. 7th International Zooplankton Production Symposium. (口頭発表)	3	無
9 9	2024	Kume, G., Oba, H., Shiroyama, S., Shigemura, T., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T., Kodama, M., Azuma, T. and Kobari, T. Predatory impacts on mesozooplankton of small pelagic fish larvae in the northern Satsunan area, southern Japan. 7th International Zooplankton Production Symposium. (招待講演)	3	無
1 0 0	2024	Kume, G., Minagawa, A., Jinno, S., Hirai, J., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T., Habano, A., Kodama, M. and Kobari, T. The diet of Anguilliformes leptocephali in the Kuroshio Current and adjacent waters. 7th International Zooplankton Production Symposium. (ポスター発表)	3	無
1 0 1	2024	Hanamatsu, S., Kume, G., Kobari, T., Azuma, T., Makino, F. and Yasuma, H. Acoustic survey of skinnycheek lanternfish ( <i>Benthosema pterotum</i> ) in Kagoshima Bay, Japan. 12th International Fisheries Symposium 2024. (ポスター発表)	3	無
1 0 2	2024	Kume, G. Early life history of small pelagic fish in the Kuroshio and adjacent water, southern Japan. Meeting of the ICES Working Group on Atlantic Larvae and Egg Surveys (WGALES). (口頭発表)	3	無
1 0 3	2024	岡村いつき・安樂和彦・小関茜・濱夏海・小谷知也・久米元. 川内川感潮区間におけるニホンウナギ(シラスウナギ期)の来遊と移動. 令和6年度日本水産学会秋季大会. (ポスター発表)	3	無
1 0 4	2024	Kobari, T., Tsutsumi, E., Kume, G., Nishina, A., Nakamura, H., Sumoto, H., Endo, H., Kodama, M., Sakuno, Y., Kako, S. and Yamashiro, T. Ocean forecast for fishermen: Information technology of smartification to explore fishery grounds of natural seeds for yellowtail farming using ocean big data. PICES-2024 Annual Meeting. (口頭発表)	3	無
1 0 5	2024	Ichinomiya, M., Komorita, T., Kume, G. and Kobari, T. Bloom formation of colony-forming harmful diatom <i>Thalassiosira diporocyclus</i> in the Kagoshima Bay and its significance as prey for some copepods. PICES-2024 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
1 0 6	2024	Takahira, H., Kobari, T., Kodama, M., Anraku, K., Kotani, T. and Kume, G. Feeding habits of Japanese glass-eels, <i>Anguilla japonica</i> , in the Sendai River, southern Japan. PICES-2024 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
1 0 7	2024	Goto, S., Kobari, T., Kodama, M., Nakatani, H., Tsuda, S., Habano, A., Makino, F., Azuma, T. and Kume, G. Growth and diet of juvenile yellowtail ( <i>Seriola quinqueradiata</i> ) in the Satsunan area, southern Japan. PICES-2024 Annual Meeting. (ポスター発表)	3	無
1 0 8	2024	Kume, G., Oba, H., Kodama, M., Shigemura, T., Shiozaki, K., Ichinomiya, M., Komorita, T., Azuma, T. and Kobari, T. Growth, mortality, and predatory impact on mesozooplankton of Scomber spp. larvae in the	3	無

		northern Satsuman area, southern Japan. PICES-2024 Annual Meeting. (口頭発表)		
109	2024	矢澤宏太郎・安間洋樹・久米元・東隆文・牧野文洋・小針統. 鹿児島湾におけるイワハダカの音響生物量推定. 2024年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
110	2024	高比良広樹・小針統・小玉将史・安樂和彦・小谷知也・久米元. 鹿児島県川内川におけるシラスウナギの食性. 2024年度日本魚類学会年会. (口頭発表)	3	無
111	2024	後藤慎之介・小針統・小玉将史・中谷颯人・津田周平・幅野明正・牧野文洋・東隆文・久米元. 薩南海域に来遊したブリ稚魚の成長と食性. 2024年度日本魚類学会年会. (口頭発表)	3	無
112	2024	西原改・小針統・小玉将史・安樂和彦・小谷知也・久米元. 耳石輪紋解析による川内川におけるシラスウナギの来遊及び成長パターンの推定. 2024年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
113	2024	大澤明紀・小針統・一宮睦雄・小森田智大・小玉将史・久米元. 北部薩南海域におけるマイワシ仔魚の出現状況. 2024年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無
114	2024	井上登允・山口敦子・大塚太郎・小針統・小玉将史・久米元. 有明海及び八代海におけるコノシロの食性. 2024年度日本魚類学会年会. (ポスター発表)	3	無

## (5) 「国民との科学・技術対話」の実施

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
115	2022	放送大学・面接授業 「魚類の自然誌と海の生態系保全（集中講義）」（長崎学習センター、2022年5月14～15日）にて講義、研究内容と成果紹介、履修者との対話（20名）	1
116	2022	FMヨコハマ 「守ろう!私たちの綺麗な海」に2週間にわたり出演、本課題の成果を含めたサメ・エイ類の生態や生態系について対談した（2022年6月20日～30日放送）	1
117	2022	高校生対象オープンラボ「サメ博士になろう」（主催：長崎大学、2022年7月16日、長崎大学、60名）にて講演と実習、高校生・保護者との対話	1
118	2022	長崎大学水産ミュージアム見学・講演会（2022年8月12日、代表者が立ち上げたミュージアムにて、島根県の高校生・教職員70名）にて標本をもとに成果を紹介・対話	1
119	2022	高大連携授業「サメ・エイ学入門」（主催：長崎県、2022年9月14日、長崎県立大村高校、約50名）	1
120	2022	ワクワク交流バスツアー「海・魚類・水産業の研究について」（主催：NPO法人山田・館浦地区まちづくり運営協議会・長崎大学日本教育研究会、2022年10月15日、長崎大学水産ミュージアム、小・中・大学生・保護者約50名）にて講演・成果紹介・参加者との対話	1
121	2022	講演会「サメの胎仔を中心に」主催：長崎大学地域文化研究会、2022年11月25日、オンライン、20名）にて講演	1
122	2023	長崎大学水産ミュージアム見学・講演会（2023年3月8日、長崎大学水産ミュージアム、若狭高校海洋科学科約70名）にて標本をもとに成果を紹介	1

123	2023	根石小学校職員研修会（2023年5月23日、オンライン、20名）にて 講師として研究成果を紹介	1
124	2023	産学官民で達成するSDGs・リレートーク&ディスカッション「高等 等教育の役目・大学での学び」（主催：認定NPO法人日本BPW連 合会、2023年5月27日、約100名）にて研究内容の説明・参加者との 議論	1
125	2023	高校生対象オープンラボ「海と魚・サメ研究の世界へようこそ～見 て・触れて・学んでみよう」（主催：長崎大学、2023年7月15日、 長崎大学、約50名）にて講演と実習、高校生・保護者との対話	1
126	2023	島根大学エスチュアリー研究センター講演会「有明海の漁業の現状 と多様な魚類からなる豊かな生態系を紐解く」（主催：島根大学、 2023年10月14日、招待講演）	1
127	2024	「海のいきものと私たちとのフカ～いつながりを知ろう！おさかな 博士のサメ・エイ研究より」長崎大学生涯教育センター講演会 (2024年8月)、小・中・高校生とその保護者約90名	1
128	2024	山口敦子。六大学教養教育代表者会議「水産ミュージアム見学・解 説」（2024年10月）	1
129	2024	山口敦子。「生態系アプローチに基づく海の環境と生物多様性～ 未来の地球へつなぐために」秋田県立男鹿海洋高校 創立20周年記 念講演、招待講演（2024年11月）	1
130	2024	山口敦子。グラバー図譜カレンダー5周年記念講演会「干潟の海の 魚たち」（2024年12月）	1
131	2025	山口敦子。水産ミュージアムでのプロジェクト解説、国立研究開発 法人 日本科学技術振興機構 国際青少年サイエンス交流事業安全・ 安心で持続可能な東シナ海ブルーフードの最先端科学技術に関する 日中交流、JST国際青少年サイエンス交流事業（2025年1月）	1
132	2022	鹿児島県立甲南高校SSH事業（2022年7月、鹿児島大学、6名）にて 研究室での取り組み紹介・対話	3
133	2022	令和4年度第1回宇検村やけうちっ子環境学習世界自然遺産博士講座 (2022年8月、鹿児島大学、3名)にて研究室での取り組み紹介・対 話	3
134	2022	出前講義「魚類の知られざる多様な生態について」（2022年9月、 鹿児島県立武岡台高校、約60名）にて魚類の生態について、最新の 研究成果を交えつつ講義・対話	3
135	2022	出前講義：鹿児島県立武岡台高等学校（2023年1月）	3
136	2022	出前講義「魚類の知られざる多様な生態について」（2023年1月、 宮崎県立宮崎海洋高校、約50名）にて魚類の生態について、最新の 研究成果を交えつつ講義・対話	3
137	2022	京都市立西京高等学校SSH事業（2023年3月、鹿児島大学、1名）にて 研究室での取り組み紹介・対話	3
138	2023	鹿児島県立甲南高校SSH事業（2023年7月、鹿児島大学、6名）にて 研究室での取り組み紹介・対話	3
139	2023	令和5年度第2回宇検村やけうちっ子環境学習世界自然遺産博士講座 (2023年7月、鹿児島大学、3名)にて研究室での取り組み紹介・対 話	3
140	2023	南九州市立大丸小学校（2023年7月、鹿児島大学、3名）にて研究室 での取り組み紹介・対話	3
141	2023	奄美市立住用小学校（2023年7月、鹿児島大学、1名）にて研究室で の取り組み紹介・対話	3
142	2023	南九州市立大丸小学校（2023年9月、鹿児島大学、3名）にて研究室 での取り組み紹介・対話	3
143	2023	出前講義「海洋に係る特別講義」：（2023年9月、東京都立大島海 洋国際高等学校、約60）にて魚類の生態について、最新の研究成果 を交えつつ講義・対話	3

144	2023	鹿児島県立国分高等学校SSH事業（2023年11月、鹿児島大学、7名）にて研究室での取り組み紹介・対話	3
145	2023	出前講義「海洋に係る特別講義」：（2023年11月、東京都立大島海洋国際高等学校、約60）にて魚類の生態について、最新の研究成果を交えつつ講義・対話	3
146	2023	出前講義「海洋に係る特別講義」：（2023年12月、東京都立大島海洋国際高等学校、約60）にて魚類の生態について、最新の研究成果を交えつつ講義・対話	3
147	2024	鹿児島県立甲南高校SSH事業（2024年7月、鹿児島大学、4名）にて研究室での取り組み紹介・対話	3
148	2024	南九州市立大丸小学校（2024年7月、鹿児島大学、3名）にて研究室での取り組み紹介・対話	3
149	2024	南九州市立大丸小学校（2024年9月、鹿児島大学、3名）にて研究室での取り組み紹介・対話	3
150	2024	鹿児島県立国分高等学校SSH事業（2024年11月、鹿児島大学、1名）にて研究室での取り組み紹介・対話	3

## (6) マスメディア等への公表・報道等

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
151	2022	NHK Eテレ（2022年4月放送、ギョギョッとサカナ★スター、「エイ」監修）	1
152	2022	NHK Eテレ（2022年9月放送、ギョギョッとサカナ★スター、「アオリイカ」監修）	1
153	2022	フジテレビ（2022年9月13日放送、めざましエイト、「川などに「エイ」出没相次ぐ刺されると“命の危険”…貝類の食害も」）	1
154	2022	FNNプライムオンライン（2022年9月13日放送、「川などに「エイ」出没相次ぐ刺されると“命の危険”…貝類の食害も」）	1
155	2022	TBSテレビ（2022年9月14日放送、Nスタ、「アカエイ」）	1
156	2022	CBCテレビ（2022年9月14日放送、ゴゴスマ、「いったいなぜ？全国各地でエイの目撃情報相次ぐ」）	1
157	2022	テレビ朝日（2022年9月30日放送、【羽鳥慎一モーニングショー】、「“危険なエイ”多摩川に毒針刺され『電流突き抜ける衝撃』…“アサリ爆食”被害も」）	1
158	2022	神戸新聞（2022年10月4日、「運河に大量侵入してきた「エイ」に注意を水質が改善された証だが…漁業者を悩ませる理由」）	1
159	2022	NHK（2022年10月9日放送、兵庫県のニュース、「兵庫運河で“ナルトビエイ”目撃相次ぐ尾に毒針漁協対策へ」）	1
160	2022	神戸新聞（2022年10月14日、「水質改善が裏目に…神戸・兵庫運河で「ナルトビエイ」目撃相次ぐ狙いは増えたアサリやカキ」）	1
161	2022	テレビ朝日（2022年10月19日放送、スーパーJチャンネル、「【Jの追跡】エイの生態について」）	1
162	2022	NHKニュースWeb（2022年10月21日、「ナルトビエイが出現！神戸の運河にナゼ？」）	1
163	2022	読売新聞（2022年11月23日、「神戸や東京の沿岸部でエイの群れ、養殖のアサリなど食い荒らす…地域資源に活用も」）	1
164	2023	NHK Eテレ（2023年2月放送、ギョギョッとサカナ★スター、「シログチ」監修）	1
165	2023	BS-TBS 釣り百景（2023年6月1日放送、「春のショアソルトゲーム有明海・八代海で多魚種を狙う」魚類相についてコメント）	1
166	2024	NHK（2024年4月放送），ダーウィンが来ちゃった！スペシャル，「川にエイの大群が！？」	1

167	2024	毎日新聞（2024年4月）女性学者の歩みに敬意	1
168	2024	NBC（2024年4月）新窓をあけて九州「魚と私」	1
169	2025	長崎大学定例記者会見（2025年1月）、グラバー図譜カレンダーと本研究、有明海の魚について説明	1
170	2025	NCC長崎文化放送（2025年2月）、対馬市に現れた幻のサメ「メガマウスザメ」研究のため長崎大学に運び込まれる	1
171	2025	長崎大学 ニュース（Research）（2025年2月）、長崎県初 幻のサメ「メガマウスザメ」を水産学部・山口敦子教授が調査	1
172	2025	西日本新聞（2025年2月）、メガマウスザメ、長崎で初確認 生態は謎、長崎大で解剖調査、	1
173	2024	NHKギョギョッとサカナスター：クロホシシモチ、取材協力	3

## (7) 研究成果による受賞

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
174	2024	PICES-2022 Best Poster Presentation Award (2022) Gakuto Murata, Gen Kume, Hirohiko Nakamura, Ayako Nishina, Toru Kobari. Copepod community determined with metabarcoding analysis represents advection of with coastal waters to the Kuroshio	3
175	2024	水産海洋学会論文賞（2024）小針統・中谷颶人・後藤慎之介・津田周平・牧野文洋・東隆文・小森田智大・一宮睦雄・小玉将史・久米元. 薩南海域に来遊するブリ稚魚の餌料源	3

## (8) その他の成果発表

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
176	2022	山口敦子. ボラ. 長崎大学Choho79号, 17-18.	1
177	2022	山口敦子. 卷頭言「海の生態系を知ることは人と地球を守ること」. 月報 岡崎の教育, 8月号: 1.	1

## 権利表示・義務記載

特に記載する事項は無い。

この研究成果報告書の文責は、研究課題に代表者又は分担者として参画した研究者にあります。  
 この研究成果報告書の著作権は、引用部分及び独立行政法人環境再生保全機構（ERCA）のロゴマークを除いて、原則的に著作者に属します。  
 ERCAは、この文書の複製及び公衆送信について許諾されています。

**Abstract****[Project Information]**

Project Title : Proposal for a New Management Technique Using Top-down Controls of Tidal Flat Ecosystem: Balancing Fisheries and Biodiversity Conservation

Project Number : JPMEERF20221003

Project Period (FY) : 2022-2024

Principal Investigator : Yamaguchi Atsuko

(PI ORCID) : ORCID0000-0002-0884-8634

Principal Institution : Nagasaki University  
Nagasaki City, Nagasaki, JAPAN  
Tel: +81-95-819-2822  
E-mail: y-atsuko@nagasaki-u.ac.jp

Cooperated by : Kumamoto University, Kagoshima University

Keywords : Ariake Bay, food web, ecosystem model, elasmobranchs, top down control

**[Abstract]**

This study focused on apex predators (primarily sharks and rays), a largely overlooked group. We aimed to elucidate the food-web network structures based on comprehensive and empirical data covering all trophic levels and to propose new management measures that utilize ecosystem functions through top-down control based on apex predator management and conservation. Based on thorough field surveys, this study comprehensively clarified the species composition, distribution, biomass, feeding habits, and ecological properties of the Ariake Bay ecosystem, including all trophic levels from apex predators to small fish and benthic organisms. Based on these results, an ecosystem model was constructed using Ecopath with Ecosim based on functional groups, and a food-web network diagram was obtained. We identified apex predators including keystone and structuring species. Based on observational data collected during the sampling of top predators, we constructed species-specific TS diagrams and integrated them with a physical environment model (water temperature and salinity) to predict changes in top predators from the past to the future in response to environmental changes. The results showed that increased water temperature did not cause significant changes in the top predators or functional groups of the ecosystem. However, changes in salinity had a significant impact on the entire ecosystem through fluctuations in keystone species.

Ecosystem model simulations demonstrated that reducing fishing pressure on apex predators and enhancing their abundance can activate top-down control, indirectly promoting the stability of shellfish populations via food-web interactions. Furthermore, this study suggests that appropriate

apex predator and keystone species management could help maintain biodiversity and simultaneously ensure biological productivity. Using stable isotopic ratio analysis as an indicator, we developed a method to estimate the feeding damage caused by eagle rays on bivalves, to determine whether there is a scientific basis for eagle ray population control. Based on the findings of this study, we propose a shift to new management strategies that utilize ecosystem functions through top-down control, emphasizing the need to conserve or appropriately manage predators to protect ecosystems, including fishery resources.

This study was supported by the Environment Research and Technology Development Fund of the ERCA (JPMEERF20221003) funded by the Ministry of the Environment.