資料２

有明海・八代海の魚類および生態系について
～これまでに明らかにしてきたこと

長崎大学　総合生産科学域（水産学系）／水産学部
山口　敦子

これまでの経緯

環境省 有明海・八代海等総合調査評価委員会

評価委員会は、2003年2月に第一回の委員会を開催。国及び関係県の調査結果に基づいて有明海及び八代海の再生に係る評価を行い、平成2006年12月に委員会報告を取りまとめ、主務大臣等に提出した。その後も現在まで継続的に評価を続けており、直近では2022年3月に中間とりまとめが提出されている。

2003年2月 7日　第 1回 有明海・八代海等総合調査評価委員会　開催

〜
- 2006年12月　有明海・八代海等総合調査評価委員会報告
- 2017年 3月　有明海・八代海等総合調査評価委員会報告

2022年3月24日　第49回　有明海・八代海等総合調査評価委員会　開催
- 中間とりまとめ（案）の提出

➡2025年度に３回目の評価委員会報告が予定

長崎大学・山口が行ってきた調査・研究および委員会内での検討

- 長崎大学・山口は、2003年の立上げ時から**評価委員会または小委員会の委員として**、水産資源にかかる問題のうち、主として魚類にかかる検討を行ってきた。
- 当初、魚類関連の問題点として、有明海の**①魚類漁獲量の減少**と**②エイ類増加の可能性**が指摘。しかし、有明海を俯瞰できるような魚類の研究はなく、要因を探るための過去の知見もデータ提供もほぼなく、何もわからない状況であった。
- そこで、自身の研究の一環として、魚類の漁獲データ収集、有明海全4県の現場へ赴いての水揚げや聞き取り調査などを行い、**問題点の抽出から始めて、検討すべき事項等を整理**し、2006年の委員会報告作成に向けて評価委員会に報告した（2005年）。
- 同時に、魚類の減少要因究明のため、**魚種ごとの生態解明**に着手。また、再生の検討には**環境変化が魚類に及ぼす影響**や、**生態系からの視点**が必要と考え、研究を開始した。

エイの動態と二枚貝にまつわる問題

ナルトビエイは1990年代後半頃から有明海（主として熊本県海域）に増加したと考えられ、2000年頃には貝の食害が疑われた。研究例も漁獲量等の記録はなく、エイの食性も生態も不明。増減を示す根拠もなかった。

山口（長崎大学）が行ってきた調査・研究および委員会に関わる検討

- 2001年から有明海4県の各海域で生態についての研究を開始。
- 2001年から県の各漁協が自主的な駆除を実施（熊本・松尾漁協では1995年頃～）。駆除に同行し、独自のモニタリング調査を開始。当初は関係各県や国に科学的データや知見を提供。また、単独での生物生態に関する調査も開始。
- ２，3年後から順次、駆除は事業化。各県（佐賀・長崎・福岡・熊本）それぞれの駆除事業に同行。漁業者と乗船しながら駆除量の計測と日報の作成、生物データ収集のためのベースを整え、全県で統一した方法について提案（水産庁、九州農政局へ）。
- 長期モニタリング調査は24年目、現在も継続中。

魚類および水産資源に関してこれまでに行ってきた検討（長崎大学・山口）

- **2006年の最初の委員会報告に向けた検討（2005年の委員会で発表）**

魚類（漁業資源）減少の指摘に対して…

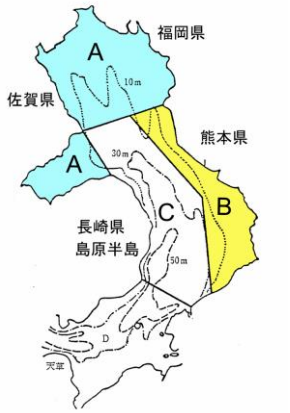
有明海の魚類に関する基礎知見と減少（or増加）要因解明のため、
過去の知見をまとめるとともに漁獲統計を収集し、整理・分析することとした。

また、山口による最新の研究成果を評価委員会内でのみ共有・検討の材料とした。

➡全漁獲量に対して底生魚類が占める割合が多く、それらの減少程度が大きいと推定

しかし、魚類に関する知見が著しく少なく、議論すらできなかった

2006年の委員会報告



	産卵場	産卵期	稚魚出現場所
クルマエビ	C	5-10月	A,B
ヒラメ	C	5-6月	
アカシタビラメ	A	6−8月	A（成魚より浅い）、着底は夏
コウライアカシタビラメ	C	3,4月	A,B
メイタガレイ	C	11～12月	
シログチ	C	6-8月	A
アカエイ	A,B	7, 8月	A,B

⇒過去の知見とあわせてまず、知見のある範囲で生活史の特徴について検討することにした。減少が著しい魚種に共通して、奥部の浅海域が成育場となっており、奥部の深場か中央部に産卵場があった。

主要魚種の生活史、各生活史ステージでの有明海の海域利用、産卵・成育場への輸送機構、産卵再生産戦略等の解明が必要

代表的な魚種については、生活史ステージに応じた生息海域等について明らかになりつつある

有明海の魚類の代表的な生活史・仔魚の輸送機構、再生産機構および成育場等の解明を順次行ってきた。図はシログチの例
（Yamaguchi et al., 2006, 山口ら 2008, Kume et a., 2015など）

魚類および水産資源に関してこれまでに行ってきた検討（長崎大学・山口の研究）

● **2006年の最初の委員会報告に向けた検討（2005年の委員会で発表）**

エイ類増加の指摘に対して…

生息するエイ類の種や分布状況、生態等について過去の知見はほぼなかった

二枚貝類への食害に関する実態については不明であった

● **2006年の最初の委員会報告に向けた検討（2005年の委員会で発表）**

有明海の魚類相について

①内田・塚原（1955）＝全域　74科　147種
②鷲尾ら（1996）＝湾奥部　59科　119種
③田北ら（2003）＝湾奥部　48科　87種

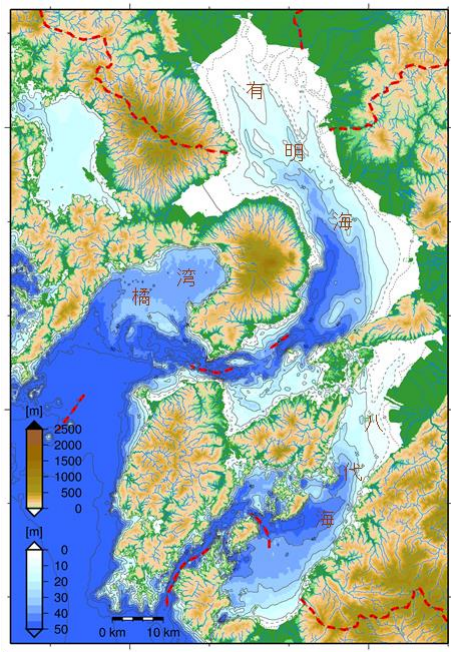
・定性的なのみで、定量的な研究はされていなかった
・湾奥部に研究が偏っていた
・ほとんどの研究で標本が残されていないため検討・検証ができない

エイ類の種組成、分布・生息状況、生態、貝類との関係などについての研究は進み、論文としてまとめたもの、今後まとめる予定の成果もある。同様に、長年の研究で魚類相についての知見も格段に増えた。現在成果をまとめている。

有明海および八代海の環境と魚類に関する知見

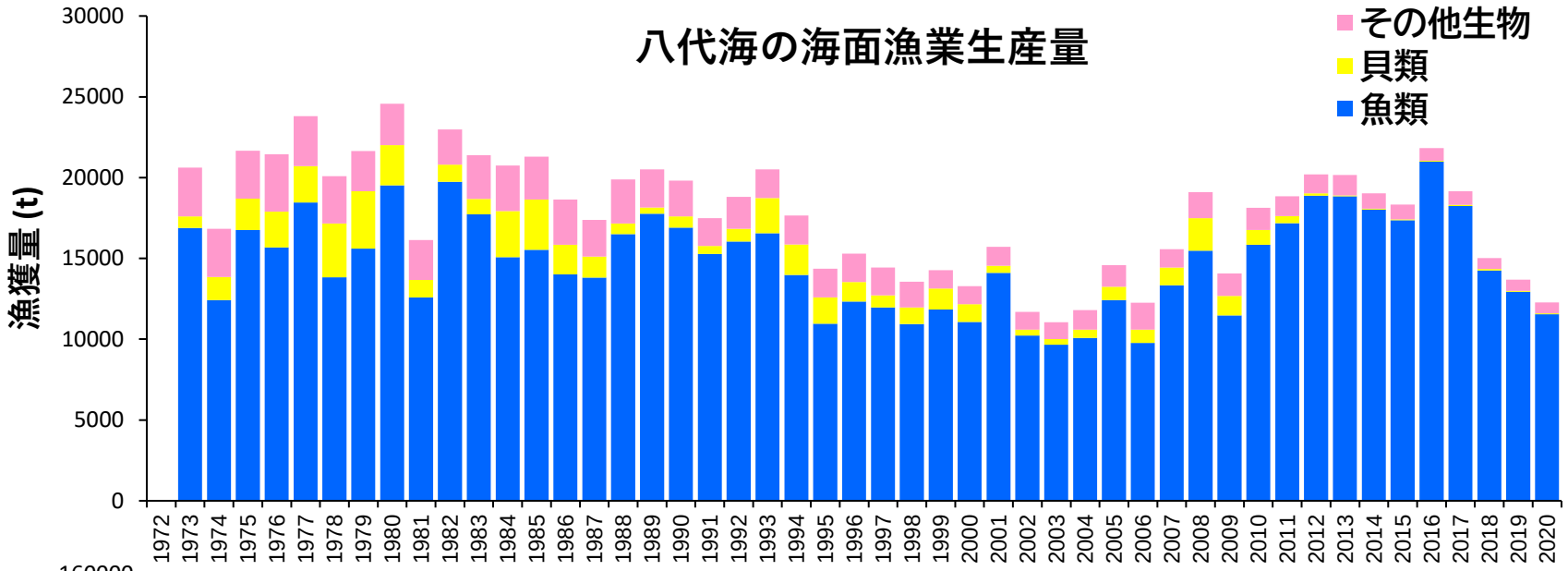
有明海と八代海の全貌を把握するための魚類に関する知見は非常に乏しかった。

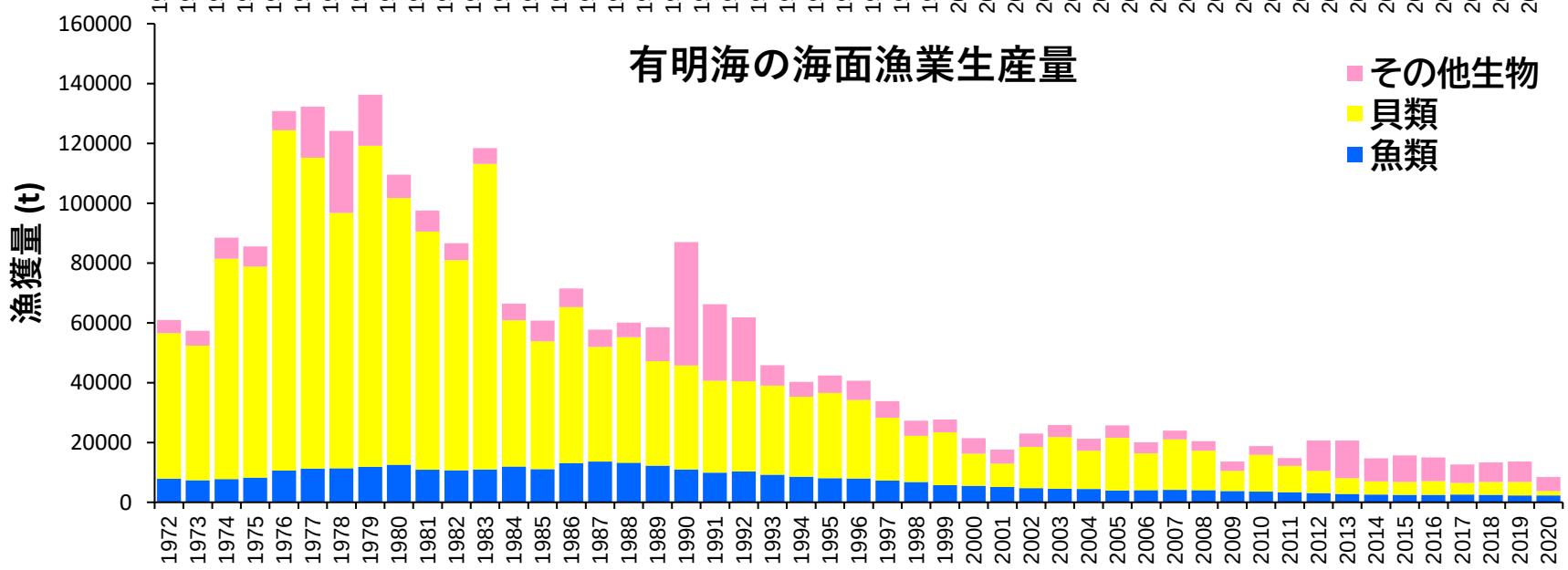
	有明海	八代海
総面積	1700km^2	1200km^2
平均水深（最深部）	20m（165m）	23m（89m）
干潟面積	20,713ha	4,085ha
干満差	6m	4m
河川数	112	47
河川流入面積	8,156km^2	2,971km^2



資料: 長崎大学 山口敦子

有明海および八代海の特徴





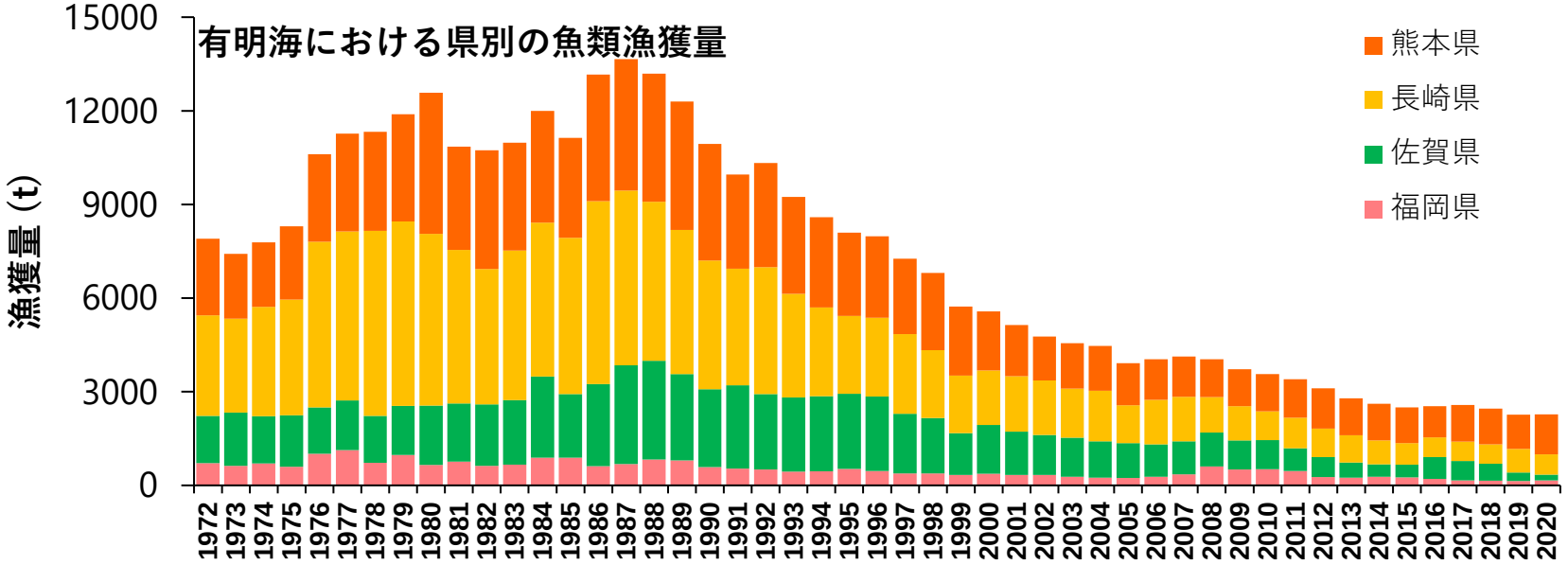
農林水産統計年報、海面漁業・養殖業生産統計をもとにグラフを作成した

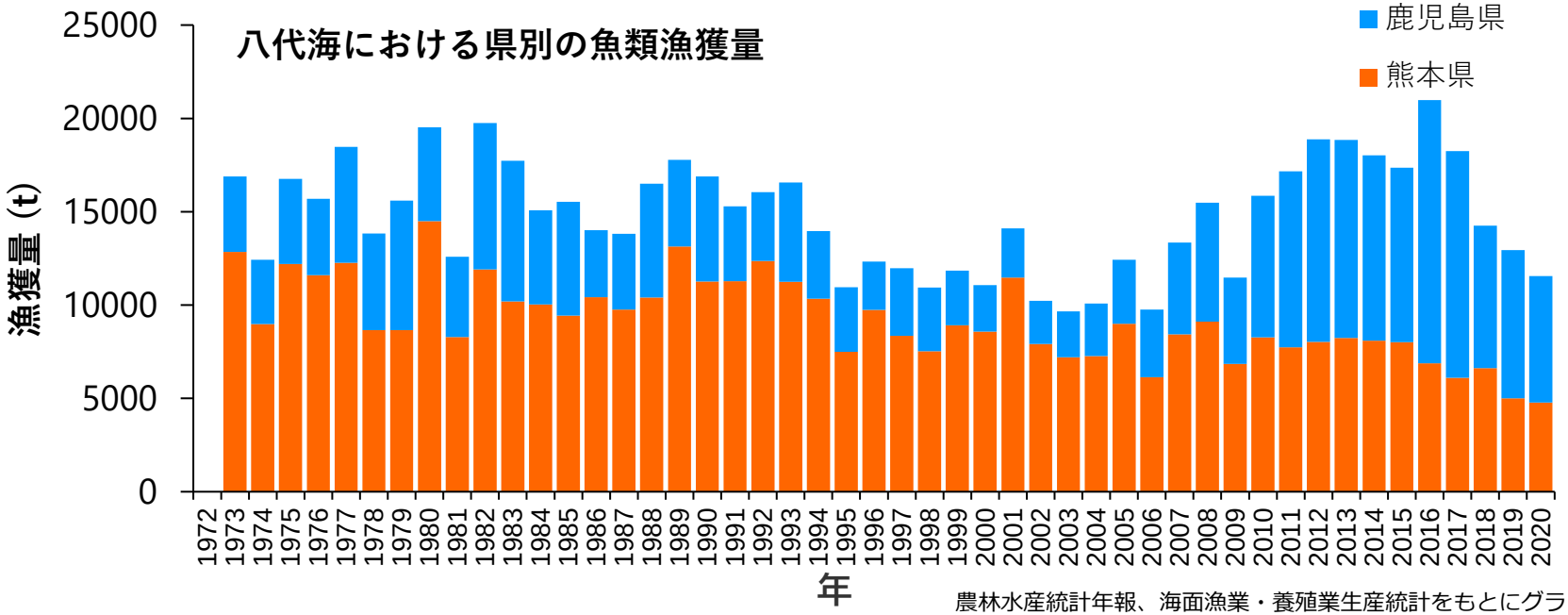
有明海・八代海の魚類漁獲量（海面漁業生産量）の推移

資料：長崎大学 山口敦子

① 有明海の魚類漁獲量では底生魚類の占める割合が多く、それらの減少程度が大きい。

② 八代海では、ニシン目をはじめとした浮魚類が多くを占める。





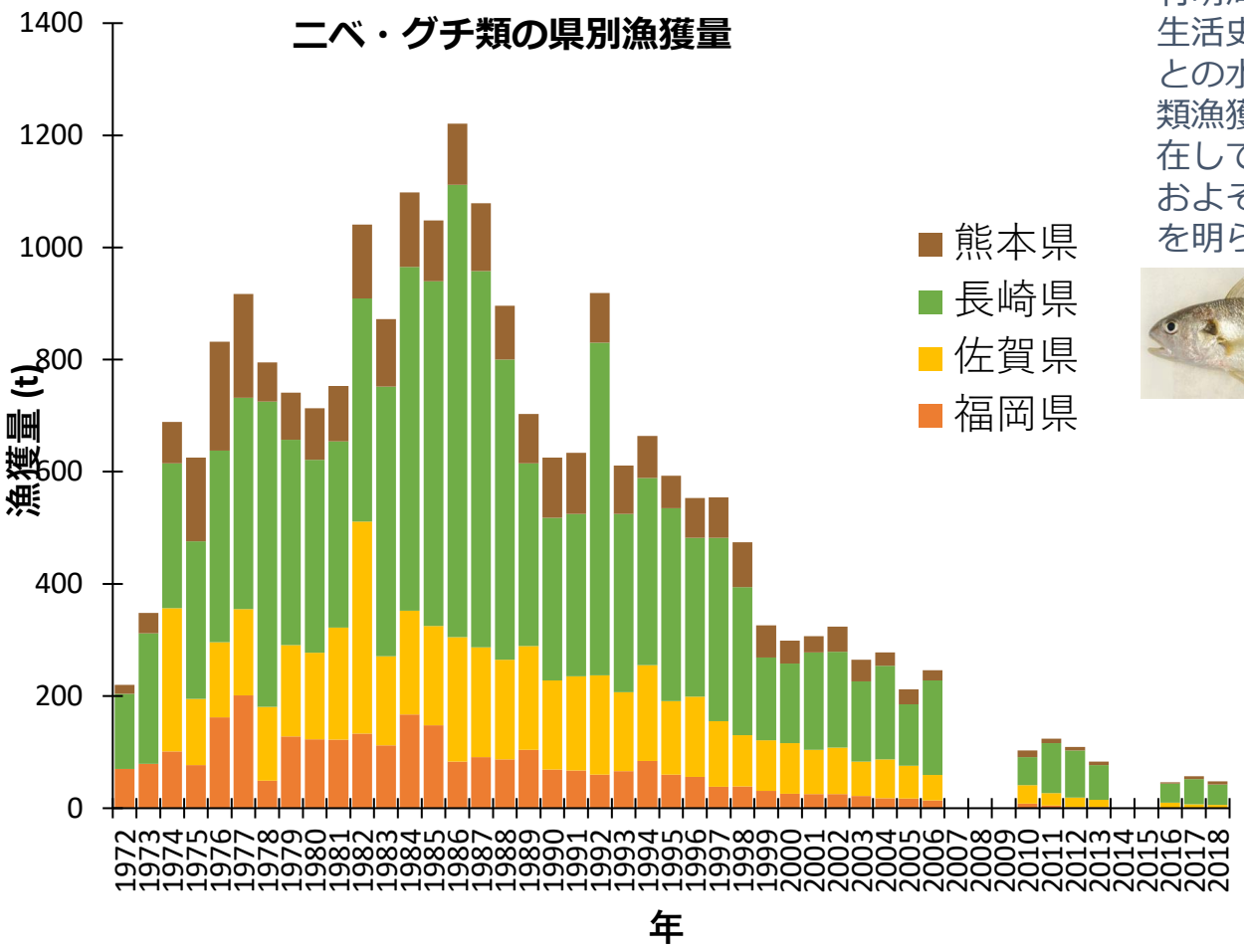
農林水産統計年報、海面漁業・養殖業生産統計をもとにグラフを作成した

有明海の主要な底生魚類の漁獲量

資料：長崎大学 山口敦子

漁獲量の推移をどう見ればよいか？漁獲統計を県別にまとめた理由

調査・研究項目：各県での水揚げ状況・聞き取り・フィールド採集・分布状況調査・各種の生態研究



農林水産統計年報および海面漁業・養殖業生産統計より作図したもの

二ベ・グチ類を例に

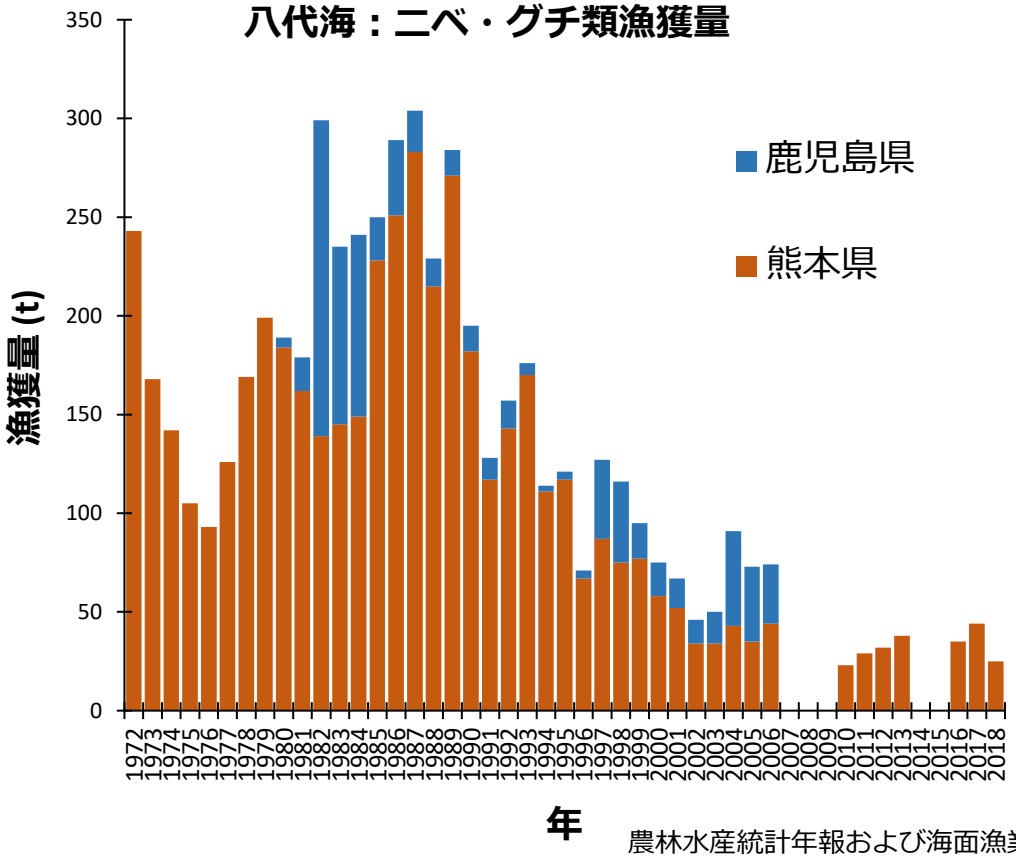
有明海での長期に及ぶ研究（海域別・生活史ステージ別の分布状況、漁協ごとの水揚げ状況）により、二ベ・グチ類漁獲量には、シログチとコイチが混在していることや、県別にみれば、おおよその種別漁獲量を把握できることを明らかにした。

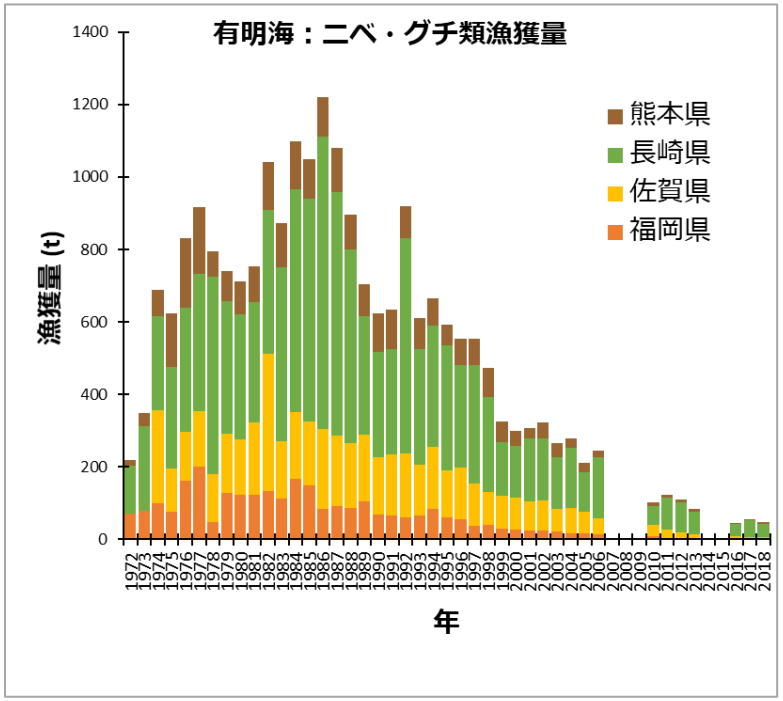
シログチ
地方名：シラグチ、イシモチ
有明海で最も優占する底生魚
有明海独特の再生産戦略（産卵場と成育場とが離れている）を持つ。

コイチ
有明海準特産種
地方名：アカグチ、キングチ
シログチよりも高価
海洋生物レッドリスト（環境省, 2017）
➡絶滅危惧IB類（EN）と評価

種別の漁獲統計データにはほとんどの場合、複数種が含まれている。内訳は不明。漁獲傾向を知るための追加の調査が必要。

八代海でも底生魚類は減少傾向



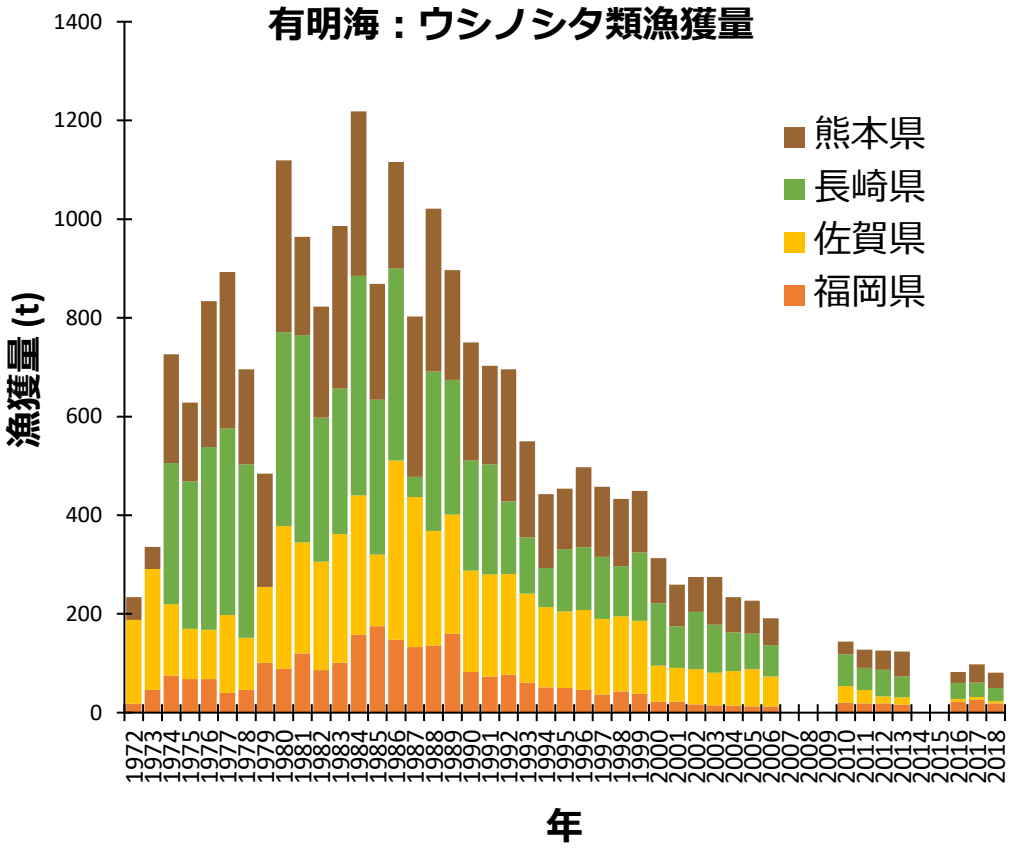


農林水産統計年報および海面漁業・養殖業生産統計より作図したもの

種別の漁獲統計データにはそれぞれ複数種が含まれているが、内訳は不明。八代海では有明海で行ったような調査を実施しておらず、正確にはいずれの種が減少しているのかは不明。

有明海の主要な底生魚類の漁獲量

資料: 長崎大学 山口敦子

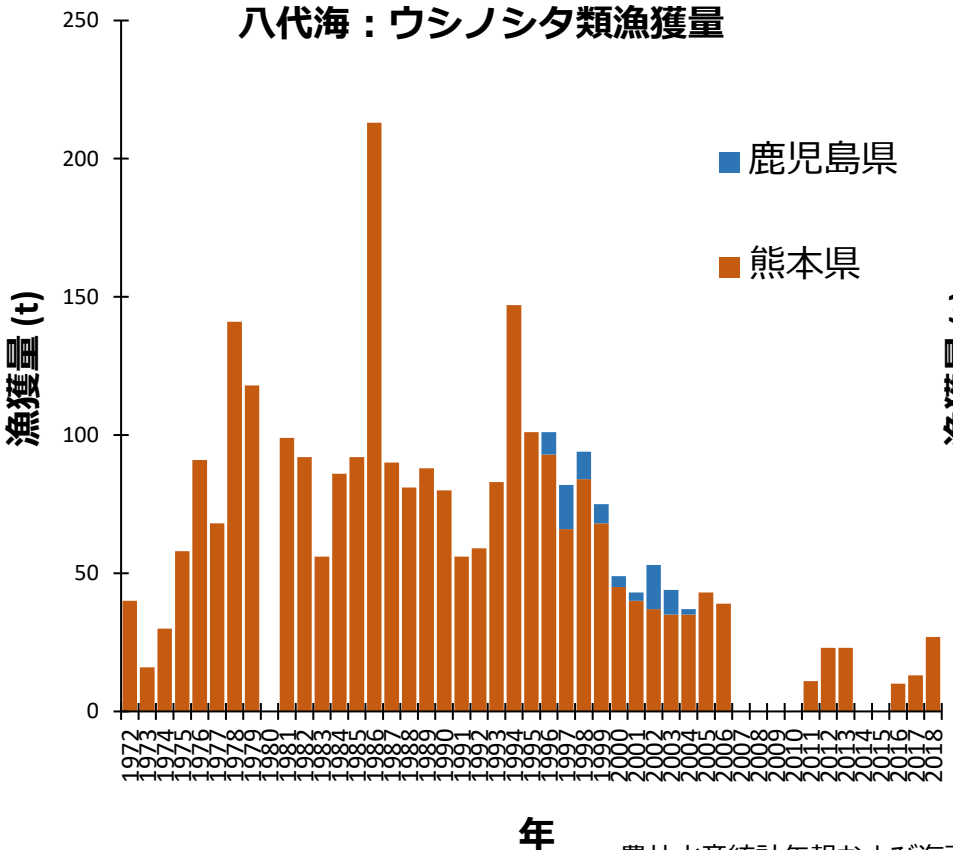


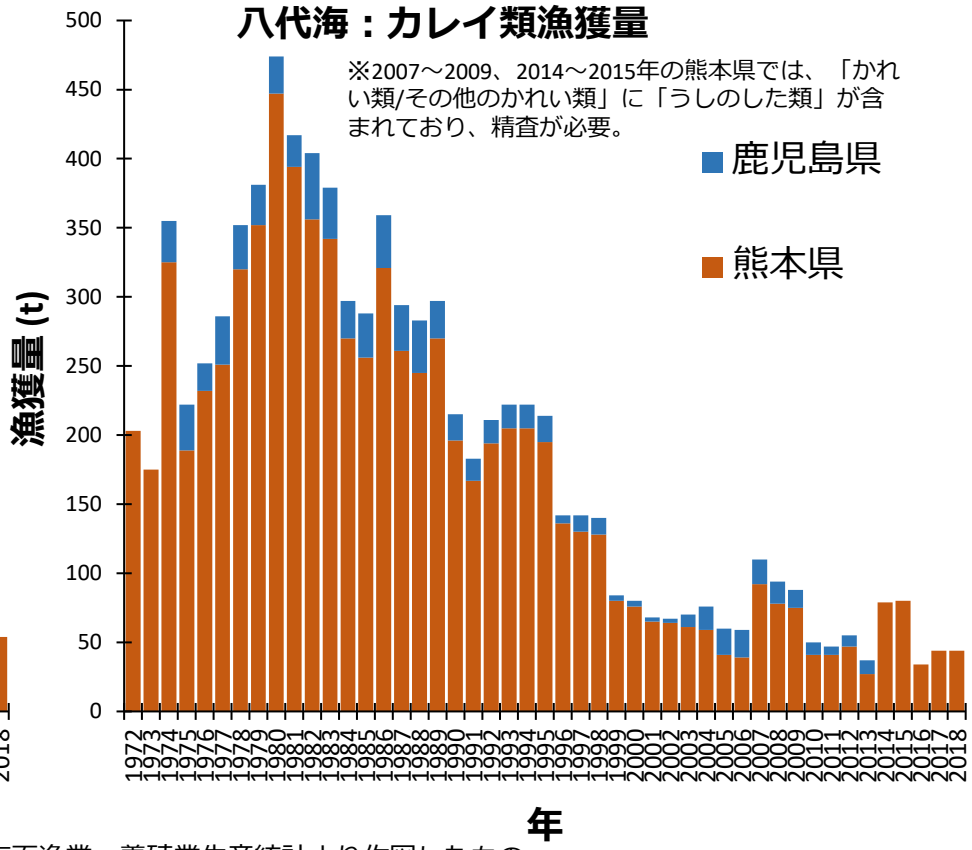
農林水産統計年報および海面漁業・養殖業生産統計より作図したもの

現在行っている長崎大学の調査研究により（市場での調査および生物生態調査）、シタビラメ類の漁獲量には最低６種が混在していることが判明している。
➡今後、漁協単位で水揚げデータと統計データ取得方法の詳細を調べて行けば、現在明らかになった海域別の分布や生態的知見に基づき、ある程度種別の傾向を把握できると推定

資料: 長崎大学 山口敦子

八代海でも底生魚類は減少傾向





農林水産統計年報および海面漁業・養殖業生産統計より作図したもの

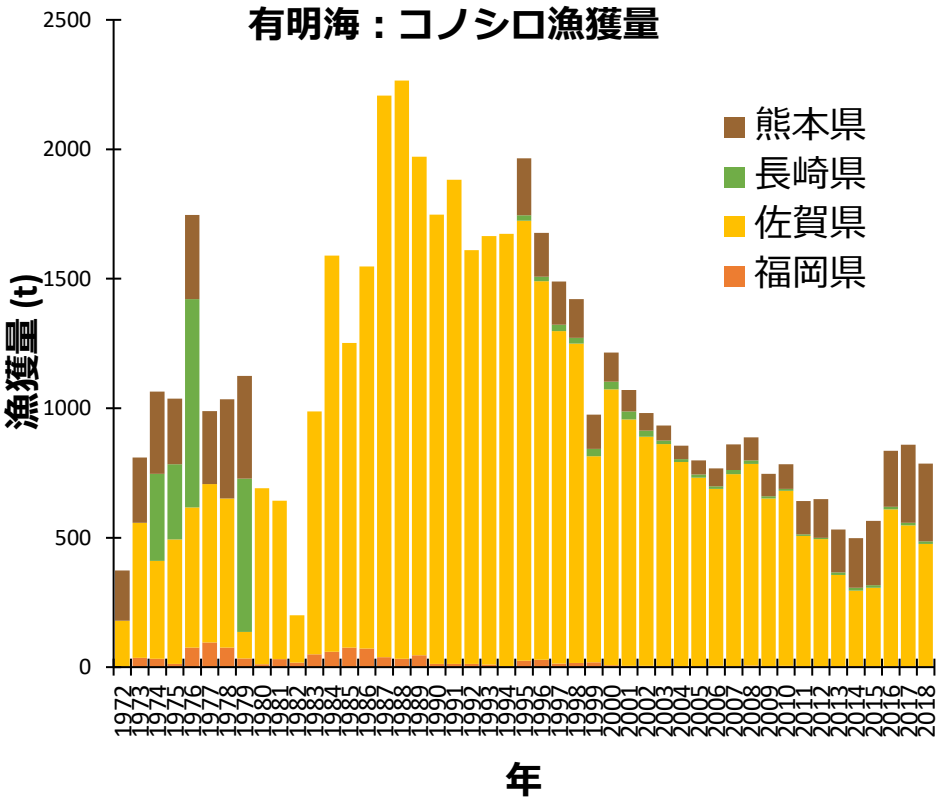
種別の漁獲統計データにはそれぞれ複数種が含まれているが、内訳は不明。八代海では有明海で行ったような調査を実施しておらず、正確にはいずれの種が減少しているのかは不明。

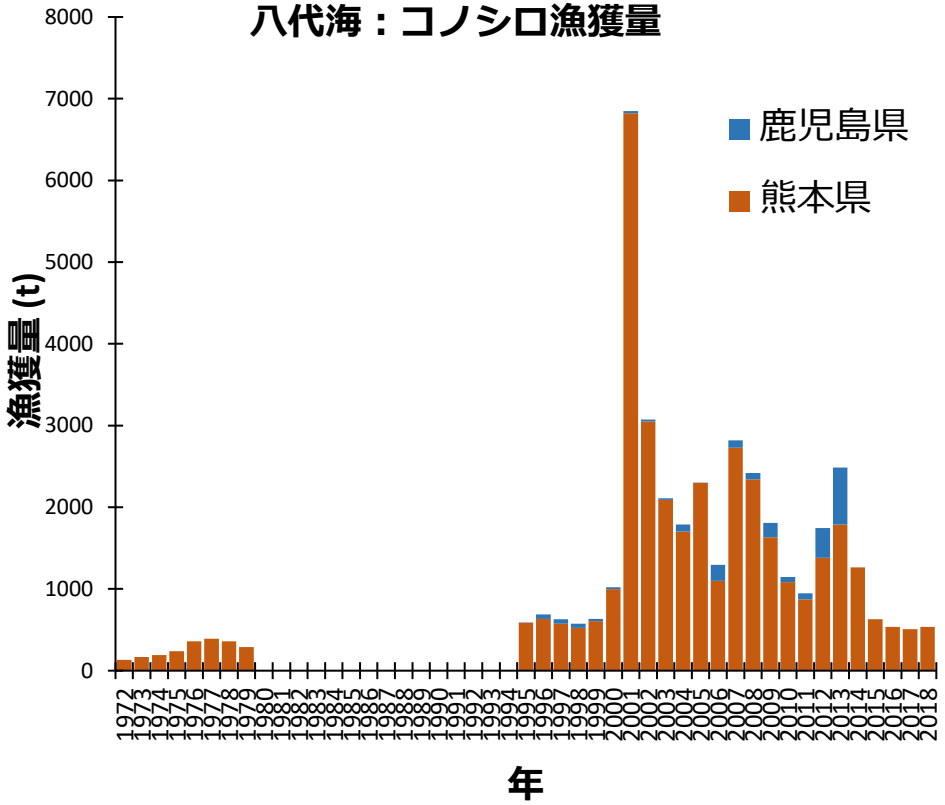
資料: 長崎大学 山口敦子

両海域で水産上重要な種・コノシロの漁獲量

1972年の福岡県、長崎県および1980～1994年の長崎県と熊本県ではコノシロ漁獲データは未公表。長崎県の1999年のデータは「海面漁業・養殖業生産統計 (東シナ海区及び九州)」（非公表）より

熊本県の1980～1994年のデータなし





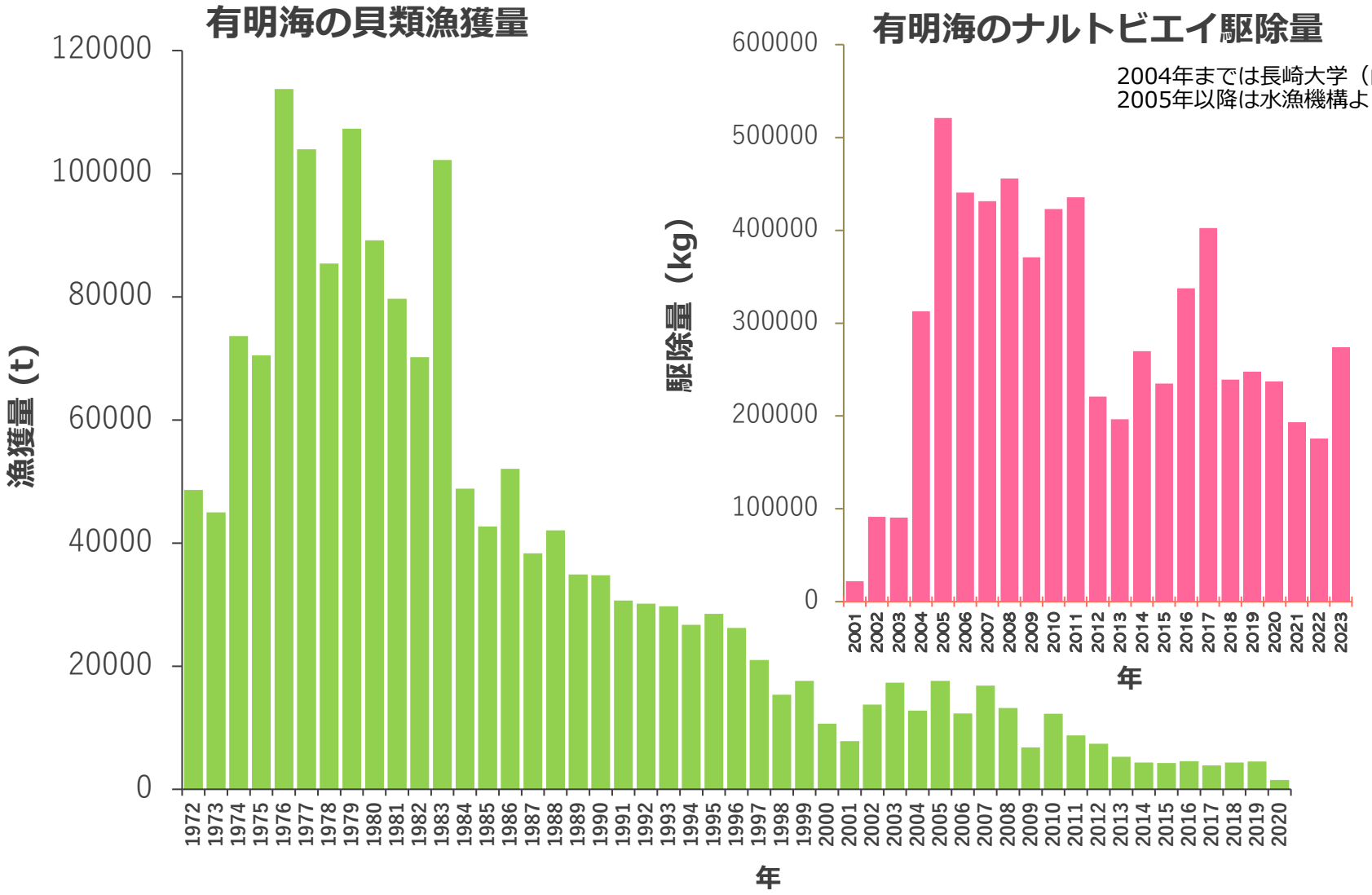
農林水産統計年報および海面漁業・養殖業生産統計より作図したもの

現在、コノシロの生活史や食性等の研究を実施中

資料: 長崎大学 山口敦子

貝類の漁獲量とエイ類の駆除量

貝類の漁獲量は



貝類の漁獲量については農林水産統計年報および海面漁業・養殖業生産統計より作図したもの

二枚貝食害問題とナルトビエイ研究の経緯

① 1990年代後半頃から有明海南部の漁業者がナルトビエイの増加を指摘

② ナルトビエイは、インド洋原産の**熱帯性種*Aetobatus flagellum*とみなされた**。そのため、温暖化の影響で急増し、夏になると日本（有明海）に来遊すると考えられたが、生物学的知見はなかった（世界的にもエイの研究報告例は乏しかった）。

③ 有明海各県で2001年頃から自主的な駆除、2003年からは本格的な駆除事業開始。現在は瀬戸内海も含め現在8県で駆除事業。

④ 2000年以前のナルトビエイの増減を知る公的なデータは存在せず、**増加したことを示す根拠はない**。少なくとも昔から有明海に生息していた（ヒアリング調査など）。エイによる捕食が貝の漁獲量減少をもたらしたと判断できる科学的知見もない。

⑤ 2001年～エイの生態調査手法を確立→ナルトビエイの食性・成長・回遊等の研究により、**貝類を専食**すること、**雌は雄に比べて長寿で大きく成長**、有明海の内外を季節的に回遊することなどを発表（Yamaguchi et al., 2005）

⑥ バイオロギングや生物生態調査の結果、外海の天草灘などが越冬場所であると推定（Yamaguchi et al., 2021でも言及）。

⑦ 長崎大学・山口らによる分類学的研究の結果、ナルトビエイは**新種かつ東アジアの特産種、希少種**であると判明→***Aetobatus narutobiei*, White, Furumitsu and Yamaguchi 2013**と命名（White et al., 2013）。

⑧ 19年間かかってナルトビエイの**繁殖生物学と生存戦略の解明**→ナルトビエイは成熟までに長い年数を要し、繁殖力が低い。生物学的には急に個体数を増やすないことはないと推定（Yamaguchi et al., 2019）。

⑨ ナルトビエイの食性調査を24年間継続中。資源となる貝類に対する潜在的な影響についての推定も実施中→今後それらの知見を論文にまとめて公表する予定

有明海におけるナルトビエイ駆除事業の長期モニタリング調査（長崎大・山口）

2001年から佐賀・長崎・福岡・熊本のナルトビエイ駆除事業に定期的に同行し、研究してきた

2001年、手探りの状態でナルトビエイの生態研究に着手、食性や分布・回遊など、資源尾数を把握するため標識放流調査を計画・実施

24年間経った今も専門的かつ科学的な調査を継続中

2024年現在、駆除による漁獲物、混獲物のモニタリング調査、食性の変遷や二枚貝の被害に対する知見など回遊、貝類漁場での行動特性による研究等から、ナルトビエイの摂食が貝類漁業に及ぼす影響について考察。食性に関してはYamaguchi et al., (2005）で一度発表したが、長期の研究成果を再度まとめる予定。

ナルトビエイの食性調査方法…ソーティング後に1つの破片ごとにまず形態学的に同定。特に貝殻は外に吐き出すため胃内容物タにはなく、同定は極めて難しい。重量、頻度の視点で食性を評価。COI 領域を対象としたメタバーコーディング解析による胃内容物のDNA 分析手法も併用して行っている。

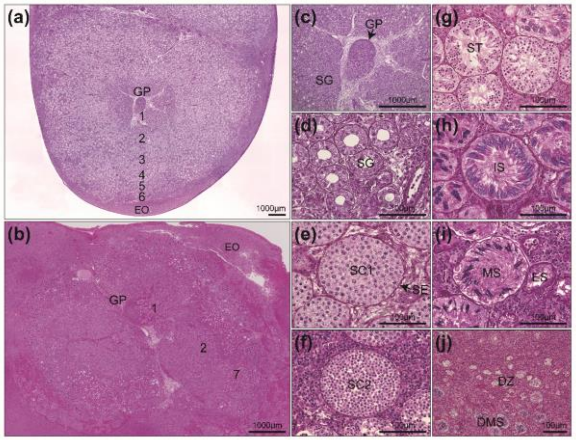
トビエイ目の再生産戦略

ナルトビエイの繁殖生物学と胚休眠およびその生存戦略（Yamaguchi et al., 2021）

ナルトビエイの生態的特徴（Yamaguchi et al., 2005、2021など）

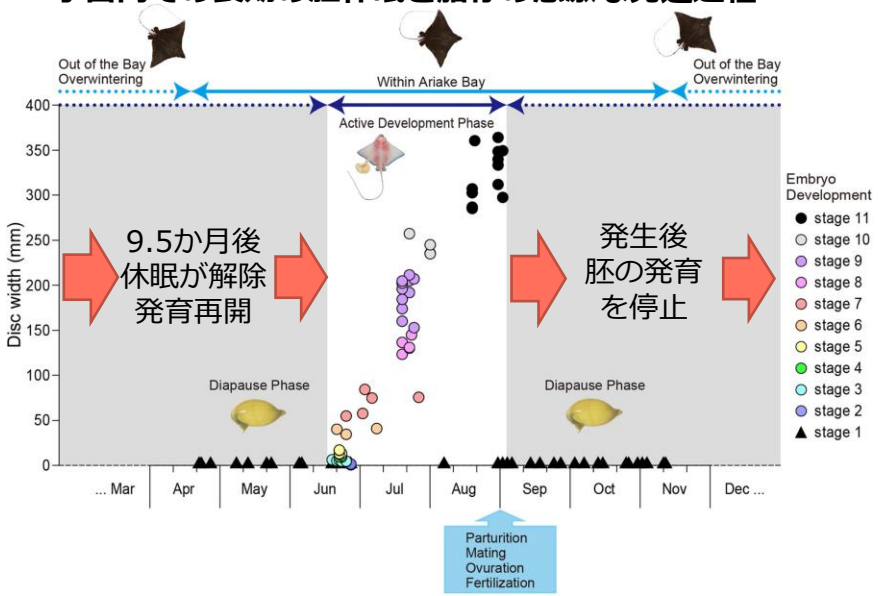
- メスはオスよりも著しく大きく成長（サイズでは1.5倍、体重では5倍以上）、長寿（2倍）
- メスの50%成熟年齢は6歳、100%は8歳
- 繁殖力（雌の1回あたり産仔数）は低い（１～６，平均３個体）
- 繁殖様式は脂質組織栄養型（子宮ミルク型）の胎生
- 交尾期は短く、精子貯蔵は考えにくい
- 妊娠期間は1年、ただし、胚発生の初期に長期（9.5ヶ月）の休眠期

オス精巣の組織学的観察



成熟ナルトビエイ雄の精巣の精子形成過程。精子の形成は精巣の各lobeの中央から排精管のある外側へ向かって放射状に進行している。精子は8月～10月に観察され、10月には退行精子の割合が多かった（Figure 4, Yamaguchi et al., 2021）。

子宮内での長期の胚休眠と胎仔の急激な発達過程



ナルトビエイの胚休眠と胎仔の発達を示したグラフ。円の色は胚発育段階 2～11 を表し、三角形は肉眼で確認できる胚のない子宮卵（stage 1）を示す（Figure 8を改変, Yamaguchi et al., 2021 ）。

休眠中の胚

Stage 3の胚

Yamaguchi et al., (2021)を改変

ナルトビエイの生存可能な環境条件は極めて厳しい（水温等、二枚貝が豊富な餌場、近くの外海にある越冬場など）
➡長期の胚休眠は、秋に生まれる幼魚だけでなく、親（雄、雌とも）にとっても有利な生存戦略。

環境研究総合推進費による研究課題の紹介と進捗について

課題番号：1-2203
体系的番号：JPMEERF20221003
研究実施期間：2022年度～2024年度

「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（長崎大学）

【研究体制】

サブテーマ１　テーマリーダー　山口敦子（長崎大学）
サブテーマ２　テーマリーダー　嶋永元裕（熊本大学）
サブテーマ３　テーマリーダー　齋田倫範（鹿児島大学）

資料: 長崎大学 山口敦子

研究背景、研究開発目的及び研究目標

【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41%の干潟が集中する有明海では深刻。
- 2000年頃から温暖化傾向➡ナルトビエイの増加？➡二枚貝生産量の減少？
  しかし、科学的な裏付けはない。
- 再生施策として水環境の改善に加え、捕食者（エイ）の駆除を長年にわたり実施。しかし、二枚貝の生産量は回復していない。エイ vs 二枚貝という単純な関係性だけでなく、複雑な食物網ネットワークが存在。
- 効果的な施策がなく、従来の管理（水質改善＋二枚貝の増養殖）に変わる**新たな手法の開発が必要**。

【研究開発目的】

本研究では、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**する。

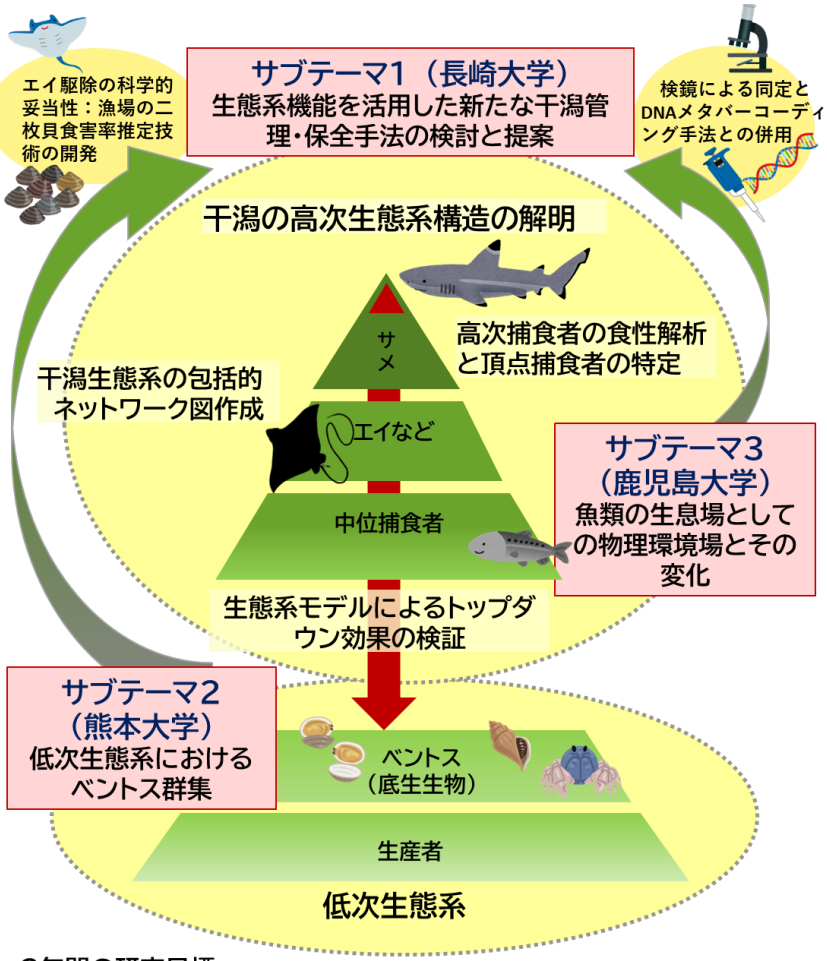
全栄養段階の包括的なネットワーク構造を明らかにし、頂点捕食者等の管理・保全に基づく**トップダウン・コントロール**により**生物生産性の確保と生物多様性保全を両立するための生態系機能を活用**した新たな管理施策を提案することを目的とする。

魚類やベントス等の知見を充実させて、全栄養段階を網羅した解析を行うこと、魚類の分布や交代を決定づける物理環境場の変化を加味してトップダウン効果を検証し、閉鎖性海域の新たな管理施策を提案することが**本課題の狙い**。

最終目標

閉鎖性海域の再生目標である**生物生産性**と**生物多様性の確保**を図るため、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。

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」



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して

サブテーマと研究体制

サブテーマ１（長崎大学）

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
代表者　山口敦子

サブテーマ２（熊本大学）

低次生態系におけるベントス群集
代表者　嶋永元裕

サブテーマ3（鹿児島大学）

魚類の生息場としての物理場とその変化
代表者　齋田倫範

主な研究内容
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（ST1）

研究内容

① 野外調査に基づく高次捕食者の生物学的基礎知見の収集と食性解析

② エイ類の二枚貝食害率推定

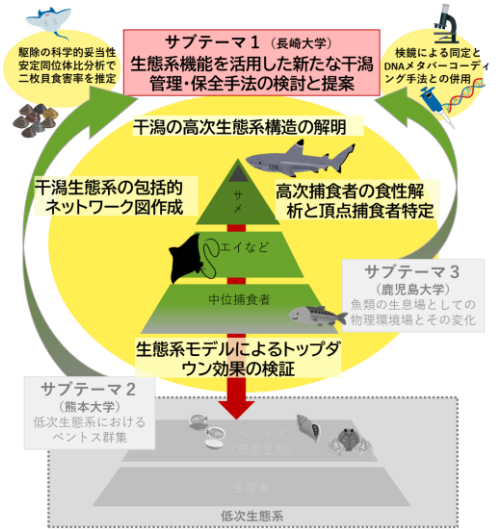
③ Ecopath with Ecosimを用いた生態系モデル構築

④ 包括的な食物網ネットワーク図の作成

⑤ トップダウン効果の再現・検証

⑥ 生物生産性確保と生物多様性保全を両立可能な

⑦ 生態系機能を活用した新しい干潟の管理・保全手法を提案



進捗状況

計120種以上、2500個体以上の魚類を採集し、分類学的な研究の上で、有明海に生息する種のリスト作成、標本作成と登録・保管に努めた。種の多様性を明らかにするだけでなく、根拠となる標本を残すことも重要。

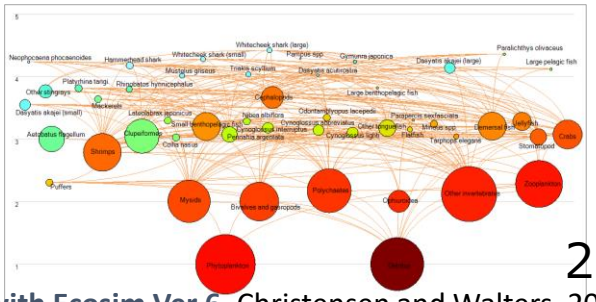
生態系モデル構築に必要となる各魚種の生活史や食性解析、生物量、分布状況、移動生態や季節回遊等の生態学的研究を行った。 現在までに、各種の生活史に加え、食性の定性・定量的解析により栄養段階の高い頂点捕食者およびkeystone種（重要種）の候補も絞りつつある。また、包括的な食物網ネットワーク図も出来ており、最終的な取りまとめまでには、生態系モデルによるトップダウン効果の再現・検証、物理環境場の変化が生態系構造の変化にもたらす影響評価・予測、干潟生態系の新たな管理手法の提案を行う予定である。

本プロジェクトで採集した魚種

板鰓類…サメ・エイ類１２種

硬骨魚類…トラフグ、シマフグ、コショウダイ、オニオコゼなど108種

有明海生態系の食物網ネットワーク図（現在更新中）



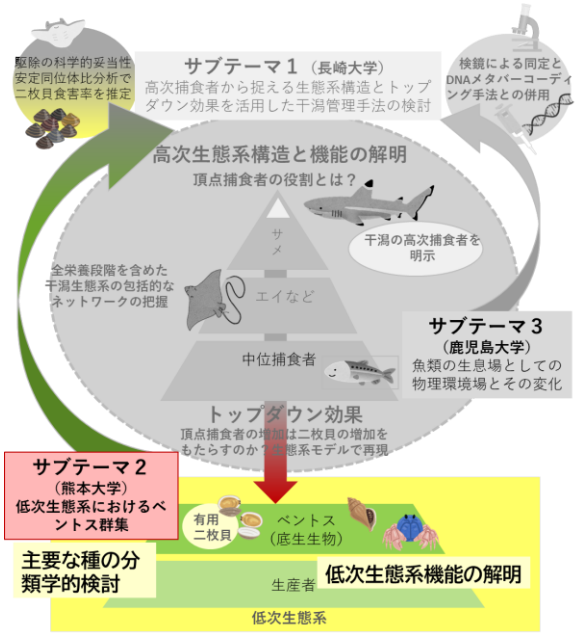
(Ecopath with Ecosim Ver 6, Christensen and Walters, 2004)

低次生態系におけるベントス群集（ST2）

研究内容

- **干潟におけるベントス群集の把握**
- **干潟生態系におけるベントスの機能の包括的評価**

底生生物(ベントス)の全てのサイズ分画(μmサイズのメイオベントスからmmサイズのマクロベントス、数10cm強のメガベントスまで）を対象とし、それらの生息分布域を、野外調査および既存の調査結果に基づき包括的に網羅する。群集組成の時空間変異パターンと、底生環境パラメター(堆積物環境、栄養源となる植物プランクトン・底生微小藻類・大型藻類を含む)、及びサブテーマ3で得られる水環境パラメターとの関連性を解析し、高次捕食者の餌生物としての役割など、ベントスが担う機能を評価する。

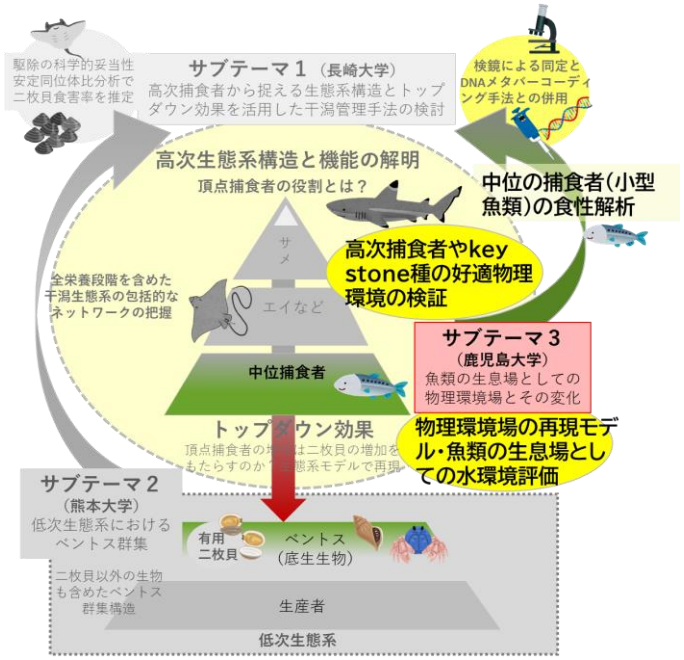


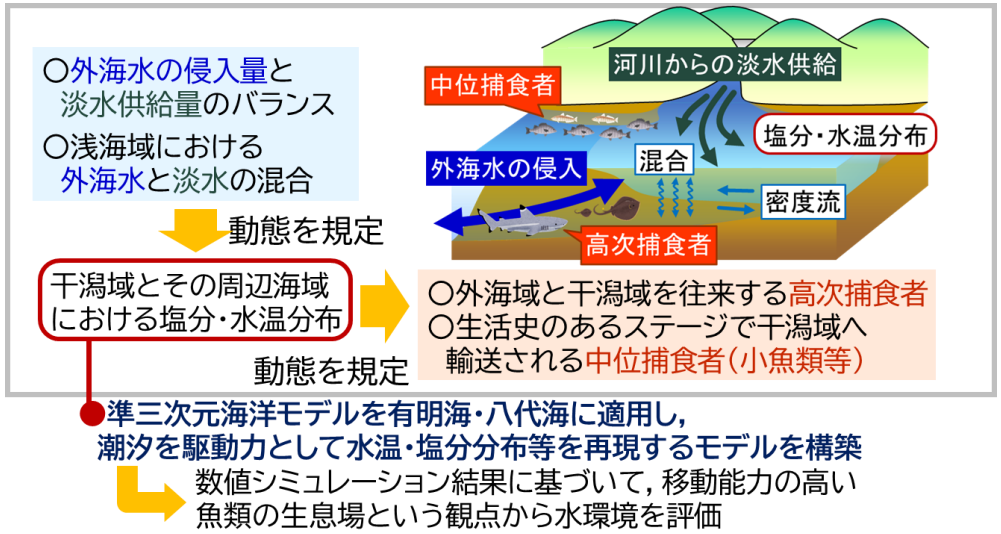
魚類の生息場としての物理環境場とその変化（ST3）

研究内容

- **干潟の物理環境場（水温・塩分）の再現モデル構築と　魚類の出現様式に及ぼす影響の解明**
- **中位栄養段階の小型魚類の食性解析**

外海水と河川水との混合過程で形成される塩分分布は、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て優占種となる小型魚類等の動態の規定要因となる。
　サブテーマ3では、数値モデルによる塩分・水温分布の評価結果から、サメ・エイ類から小型魚類までの好適物理環境の変化を検証する。また、干潟域を重要な生息場とする小型魚類に着目した食性解析を行う。当初年次計画に従い、前述の研究内容に関わる以下の活動を中心に実施。





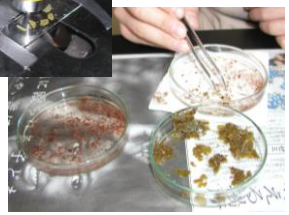
胃内容物分析と食性調査の方法

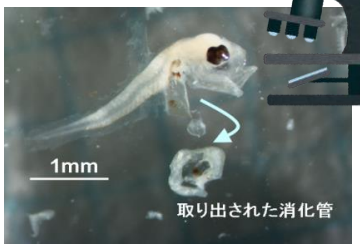
生物学的基礎データ収集と種ごとの食性解析

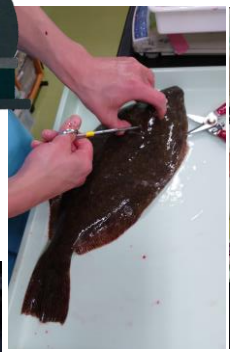
食性（定量および定性）解析の方法（Hyslop 1980 ほか）

採集方法：釣り、延縄や定置網のサンプルは使えない。刺網、底曳網等で採集。
生物測定後、胃か消化管全体を速やかに取り出しホルマリンorエタノール固定または冷凍。
研究室で内容物をソーティングし、餌生物を可能な限り低次の分類群まで査定、
0.001 g 単位で計量。消化物の扱いについては検討が必要。検鏡での同定に加え、必要に応じて餌生物のDNA解析を併用する。下記の指標を算出し、性別、サイズ、季節、場所などを考慮に入れて食性を解析する。

- **空胃率**（VI）
- **胃内容物重量指数**（FI）
- **平均重量百分率**（%W）
- **出現頻度**（%F）
- **体積（%V）**
- **個体数（%N）**
- **Ranking Index**（RI）
- **多様度指数**（H′）
- **栄養段階**（TL）







大型の魚類では、サンプリング後にフィールドで計測、解剖し、消化管など必要な試料を研究室に持ち帰る。硬骨魚類等については生鮮状態で魚体ごと研究室に持ち帰った後、測定・解剖等を行い、消化管内容物をソーティング、顕微鏡下で分析を行う。

底曳網に乗船し、全漁獲物の調査（全て買い取り研究室へ）

アカエイの食性解析結果

- 調べた個体数は741個体
- 調査海域は有明海全域（奥部から中央部が中心）
- 餌生物はエビ類やアミ類等の甲殻類や魚類など
- 同定できたものだけで約90項目の多様な生物
- 貝類は重量指標で全体の1%（貝殻含む）➡貝類への依存度は極めて低い。
- その他のアカエイ類4種からは貝類は出現していない。
- アカエイは有明海の魚類の中で最も餌の多様度が高いジェネラリスト

成果の一部を2023年の日本水産学会春季大会で口頭発表

現在はさらなる解析を加えて論文として取りまとめ中

種別に明らかにしてきた有明海での魚類の生態・再生産機構および成育場

長崎大学（山口）らによるこれまでの研究より

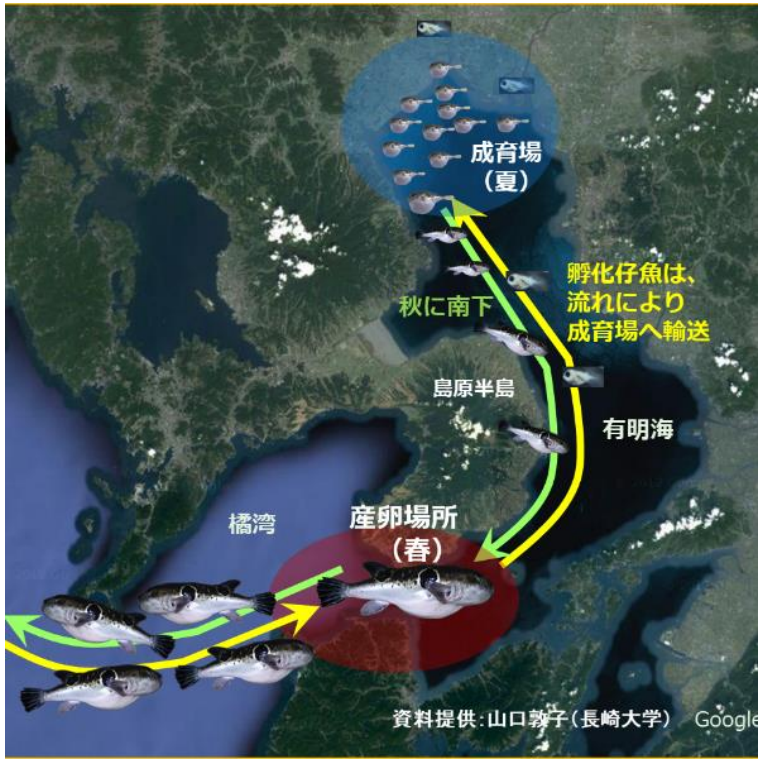
①有明海の環境に応じた独特の再生産戦略を持つ種

Yamaguchi et al., 2006、山口ら 2008, Kume et al., 2015など

②全生活史を有明海奥部に依存する種

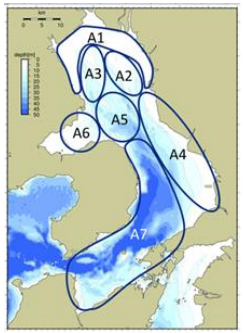
山口・久米 2004, Kume et al., 2015など

③外海から産卵のために回遊、有明海を産卵・成育場として利用する種



Yamaguchi and Kume 2009, Ogino and Yamaguchi, 2022など

有明海の魚類の生活史と海域利用のパターンが未解明であれば減少要因を明らかにすることは出来ないため、極めて重要な知見



生活史の各ステージにおける生息場について、評価委員会での海域区分を利用可能（右図）

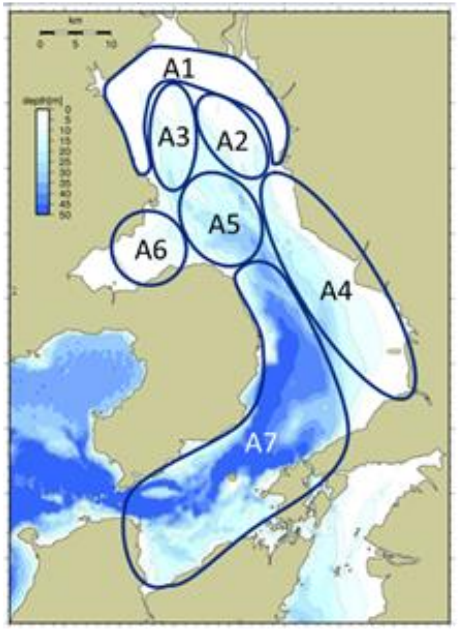
有明海において、近年資源量の減少が著しいシログチ、デンベエシタビラメ等の底魚魚類の仔稚魚の成育場である湾奥部の底質を含めた環境は極めて重要である。
そこで、資源減少要因を探るため、魚類資源と湾奥部環境特性（栄養塩や基礎生産量などを含む）との関連性についてデータ整理・分析を行うことは可能である。

シログチ等の卵・仔魚の輸送経路（Yamaguchi et al., 2006、山口ら 2008, Kume et al.，2015など）

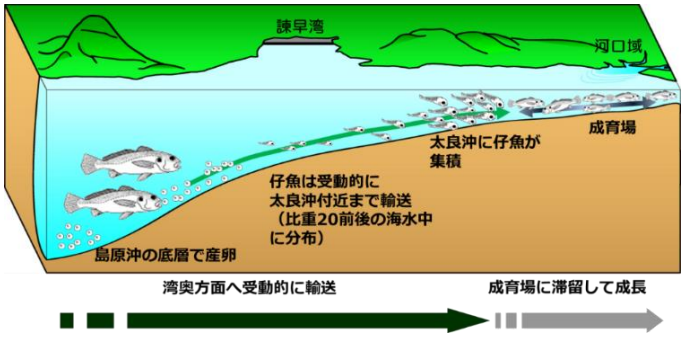
a. 産卵場はA7、卵はふ化・成長しながら湾奥部の西側（A7→A5→A3）を受動的に輸送されることが判明
b.仔魚は６月～９月に出現
c. 夏季にA5またはA3海域に密度フロントが形成、強化されるとフロントに仔魚が集積（生残への影響は未解明）
d. 仔魚がA3からA1海域へ到達するのは受動的ではなく、能動的な仕組みが存在する可能性
e. 仔魚の生残に及ぼす輸送の影響
f. 輸送経路上の 環境評価

シログチ等の成育場（Yamaguchi et al., 2006、山口ら 2008, Kume et al.，2015など）

a. 成育場は有明海奥部の干潟・河口域（A1とA6）
b. 仔魚が成育場へ達する仕組みは未解明
c. 成育場に滞在する7月～10月の水温、塩分等環境影響評価
d. 餌料環境の調査が必要



有明海の海域区分



シログチ卵・仔魚の輸送機構
（Kume et al.，2015を改変）

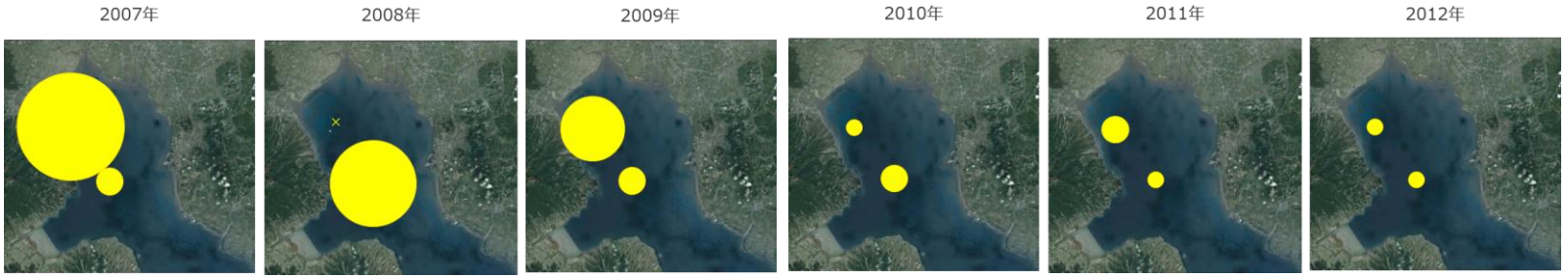
シログチの初期減耗に影響を及ぼす物理環境要因については現在も検討中

1. **水温・塩分**：シログチ仔魚の密度は、相対的に低温・高塩分の水塊で高い。
2. **貧酸素水塊の発生状況：**シログチ仔魚は、DOが2.7mg/lよりも低い時には出現していないため、そのDOが生存の閾値。それよりも低下するとシログチは回避するか、生残率が低下する可能性がある。また、間接的な影響として、餌の減少により仔魚が死亡する可能性もある。
3. **成育場の縮小：**A1およびA6海域の成育場としての機能評価
4. **その他の環境要因**として、風、台風、雨量、河川流量など。

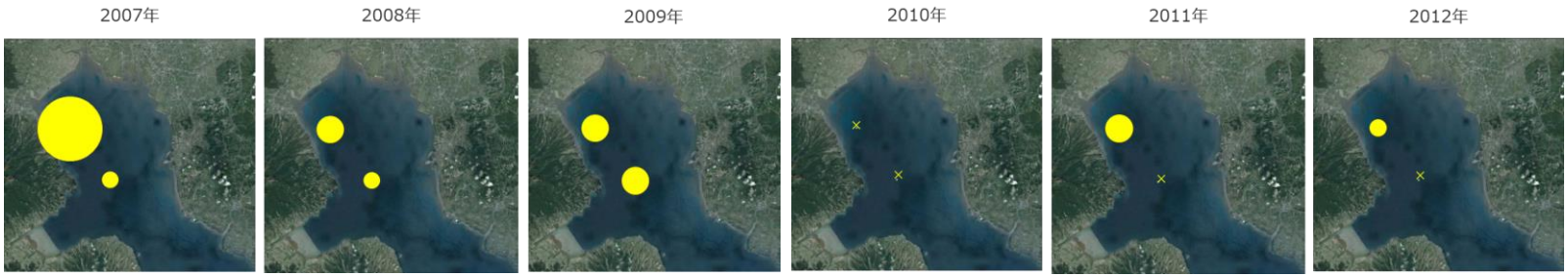
資料: 長崎大学 山口敦子

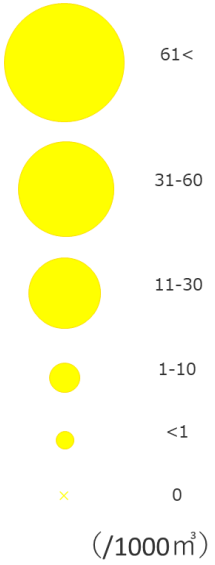
これまでに行った仔稚魚調査

輸送経路上の二べ科仔魚の分布密度（/1000㎥）の経年変化



デンベエシタビラメの分布密度（/1000㎥）の経年変化

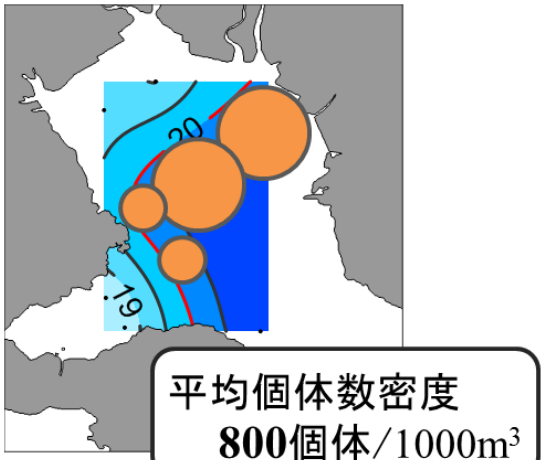




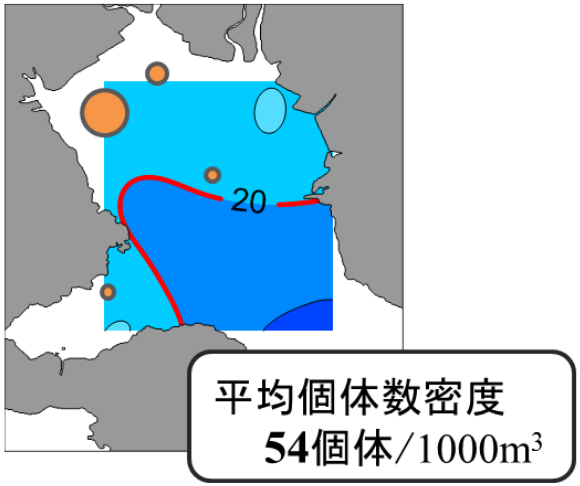
資料: 長崎大学 山口敦子

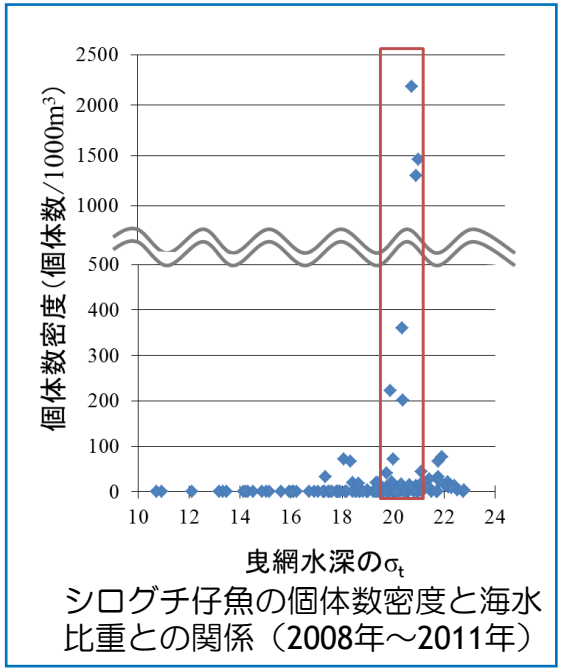
長崎大学　中田先生との共同研究

2008　9/7・11



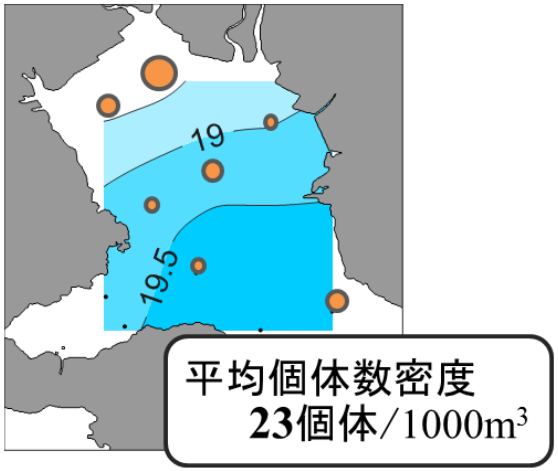
2009 9/11



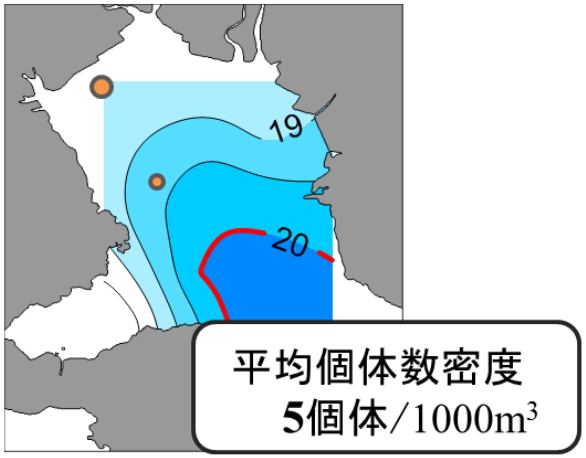


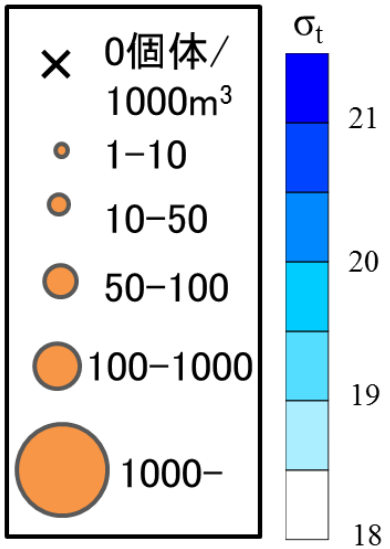
シログチ仔魚の個体数密度と海水比重との関係（2008年～2011年）

2010 9/27



2011 9/14





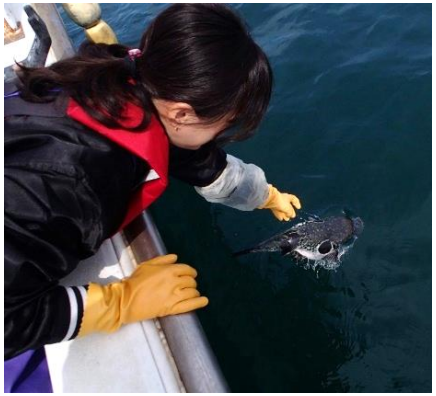
シログチ仔魚の個体数密度と海水比重の平面分布図（2008年～2011年）

これまでに明らかにした天然トラフグの生活史（有明海には最大の産卵・生育場）

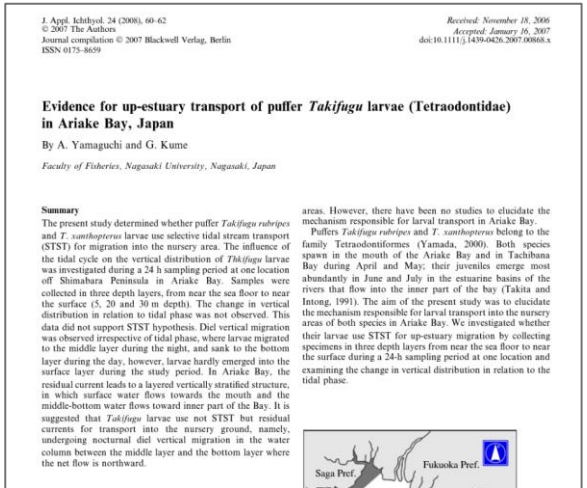
天然トラフグの生態は未解明。全体の漁獲量は減少。温暖化の影響は複雑。

トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の分布（水産庁資料）

有明海
東シナ海・日本海・瀬戸内海トラフグ系群の主要な産卵場の一つ。



仔魚は常に底層に分布することにより、北向きの残差流を利用して産卵場から湾奥部へと徐々に移動（Yamaguchi and Kume 2009）



J. Appl. Ichthyol. 24 (2008), 60–62
© 2007 The Authors
Journal compilation © 2007 Blackwell Verlag, Berlin
ISSN 0175-8659

Received: November 18, 2006
Accepted: January 16, 2007
doi:10.1111/j.1439-0426.2007.00868.x

Evidence for up-estuary transport of puffer *Takifugu* larvae (Tetraodontidae) in Ariake Bay, Japan

By A. Yamaguchi and G. Kume

Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki, Japan

Summary

The present study determined whether puffer *Takifugu rubripes* and *T. xanthopterus* larvae use selective tidal stream transport (STST) for migration into the nursery area. The influence of the tidal cycle on the vertical distribution of *Thkifugu* larvae was investigated during a 24 h sampling period at one location off Shimabara Peninsula in Ariake Bay. Samples were collected in three depth layers, from near the sea floor to near the surface (5, 20 and 30 m depth). The change in vertical distribution in relation to tidal phase was not observed. This data did not support STST hypothesis. Diel vertical migration was observed irrespective of tidal phase, where larvae migrated to the middle layer during the night, and sank to the bottom layer during the day, however, larvae hardly emerged into the surface layer during the study period. In Ariake Bay, the residual current leads to a layered vertically stratified structure, in which surface water flows towards the mouth and the middle-bottom water flows toward inner part of the Bay. It is suggested that *Takifugu* larvae use not STST but residual currents for transport into the nursery ground, namely, undergoing nocturnal diel vertical migration in the water column between the middle layer and the bottom layer where the net flow is northward.

areas. However, there have been no studies to elucidate the mechanism responsible for larval transport in Ariake Bay.

Puffers *Takifugu rubripes* and *T. xanthopterus* belong to the family Tetraodontiformes (Yamada, 2000). Both species spawn in the mouth of the Ariake Bay and in Tachibana Bay during April and May; their juveniles emerge most abundantly in June and July in the estuarine basins of the rivers that flow into the inner part of the bay (Takita and Intong, 1991). The aim of the present study was to elucidate the mechanism responsible for larval transport into the nursery areas of both species in Ariake Bay. We investigated whether their larvae use STST for up-estuary migration by collecting specimens in three depth layers from near the sea floor to near the surface during a 24-h sampling period at one location and examining the change in vertical distribution in relation to the tidal phase.

米粒よりはるかに小さいトラフグの耳石で年齢解析に成功

資料: 長崎大学 山口敦子

フグの仲間では初

有明海の再生方策でもある種苗放流の問題について
トラフグでの研究成果（Ogino and Yamaguchi 2022）

放流由来の適応度が低く、再生産失敗の原因となっている可能性。フグ類では世界で初めて耳石による年齢解析に成功し、脊椎骨による成長解析の精度についても言及。

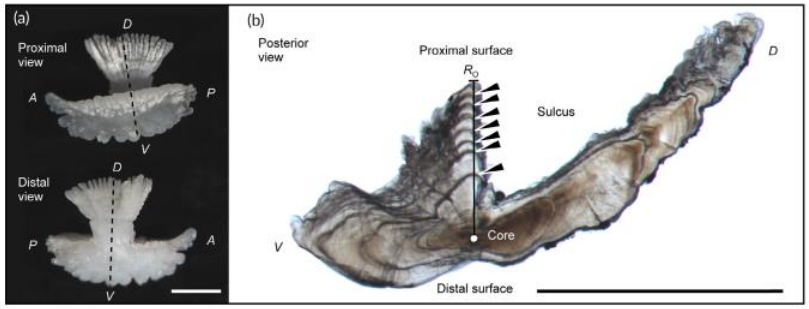
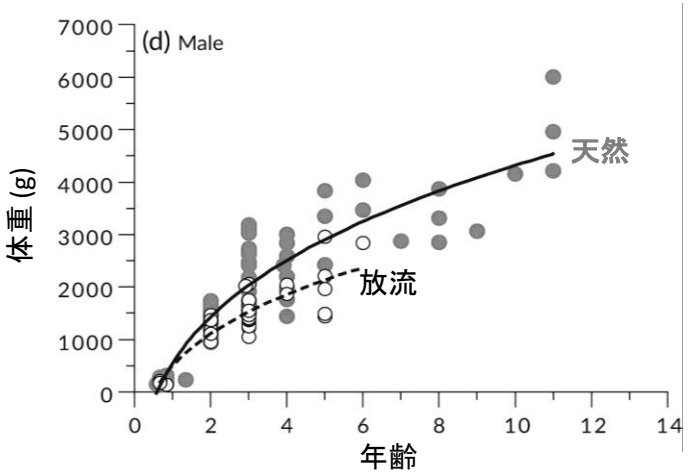
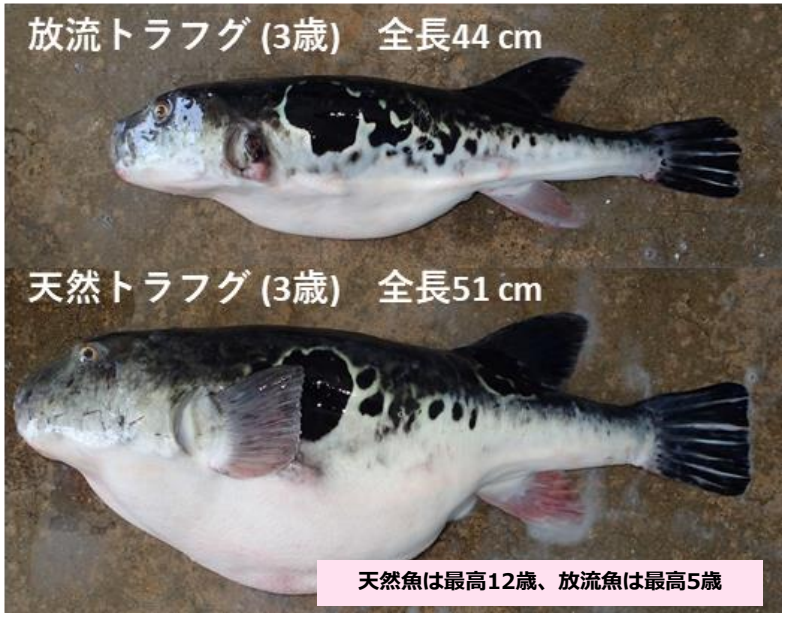


FIGURE 3 Whole (a) and sectioned (b) right sagittal otolith from a 568 mm total length wild male *Takifugu rubripes*. Broken lines indicate the sectioning plane. The otolith radius (R_O) is the distance from the core to the edge of the ventral lobe next to the sulcus. Arrowheads indicate the opaque zones. A, anterior; P, posterior; D, dorsal; V, ventral. Scale bars: 1 mm





天然魚は最高12歳、放流魚は最高5歳

Received: 9 March 2022 | Accepted: 29 July 2022
DOI: 10.1111/jfb.15199

REGULAR PAPER

FISH BIOLOGY

Reduced lifetime fitness (growth, body condition and survivability) of hatchery-reared tiger pufferfish *Takifugu rubripes* compared to wild counterparts

Yoshimi Ogino | Atsuko Yamaguchi

Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan

Correspondence
Atsuko Yamaguchi, Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo, Nagasaki, Nagasaki 852-8521, Japan.
Email: y-atsuko@nagasaki-u.ac.jp

Funding information
Nagasaki University Priority Research Subject Project (based on Medium-term Goals and Plans; Environment Research and Technology Development Fund of the Environmental

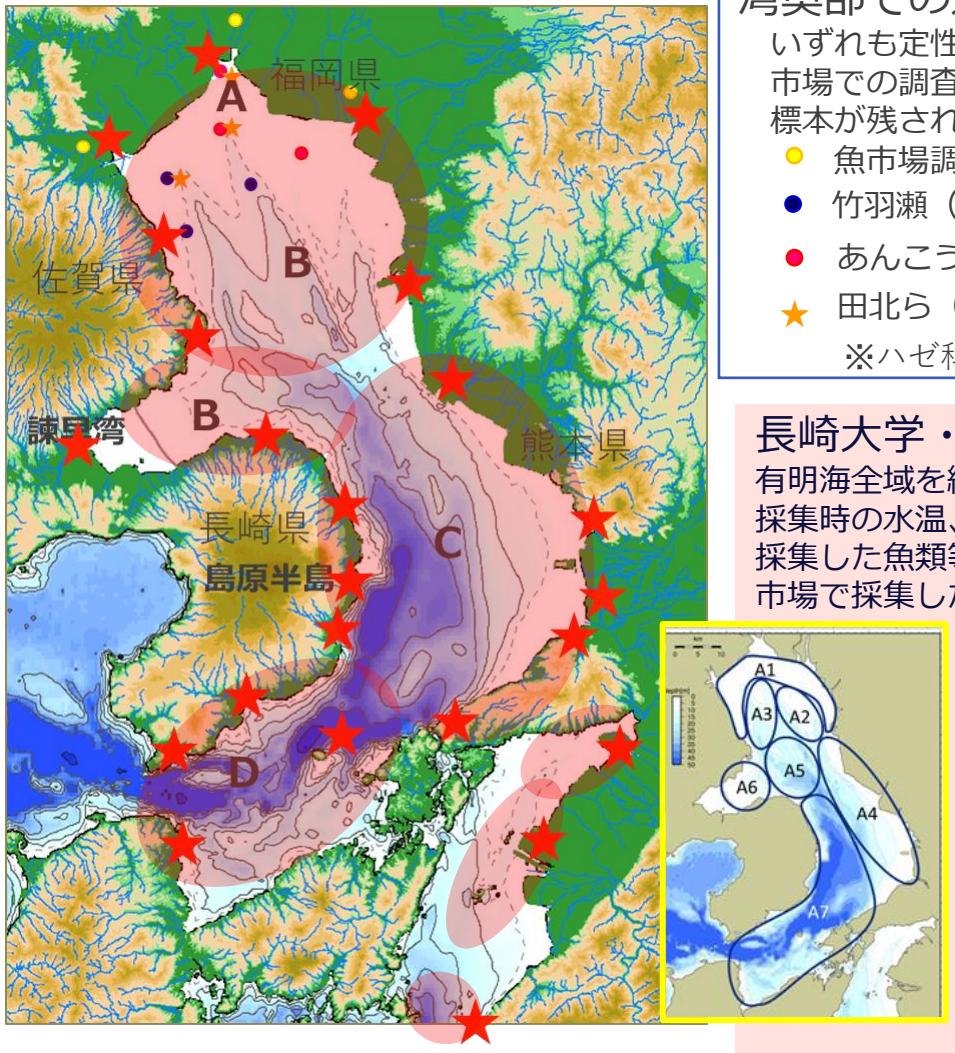
Abstract

Tiger pufferfish *Takifugu rubripes* (order Tetraodontiformes, family Tetraodontidae) is a highly exploited species and stocks continue to decline, although hatchery-reared juveniles have been released since 1965 for stock enhancement. To determine why the stock has not recovered through hatchery-release practices, this study investigated and compared the population characteristics of wild and hatchery-origin fish. The length–mass relationship showed that hatchery-origin fish were skinnier, with males weighing less than 90% of the mass of wild males of the same length. The hepatosomatic index tended to be lower in hatchery-origin fish. Age was estimated using the otolith-based method, and the estimates were more accurate and precise

トラフグは毒を保有する広域回遊魚
→年齢推定の精度が向上できたことで、、人工ふ化放流されたトラフグ稚魚の天然海域での適応度（成長、状態、死亡率）は、放流後の生涯を通じて野生魚よりも低いことがわかった。

有明海における魚類相の研究➡分布状況や種の多様性などの基礎的知見

（魚類の網羅的調査が特に難しい海域、2001年～2024年現在も実施中）



湾奥部での過去の魚類相研究

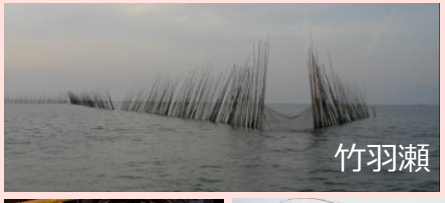
いずれも定性的な調査のみで、定量的な調査はなかった
市場での調査については、採集地が有明海ではない可能性のものもある
標本が残されていないため、精査できないものが多い

- 魚市場調査（内田・塚原1955、鷲尾ら 1996）
- 竹羽瀬（内田・塚原1955、鷲尾ら 1996 ）
- あんこう網（鷲尾ら 1996）
- ★ 田北ら（2003）の調査地

※ハゼ科魚類、ムツゴロウの分布など（深川ら1992など）

長崎大学・山口による研究

有明海全域を網羅するようサンプリング、中央部では定量調査
採集時の水温、塩分等の環境観測も実施。
採集した魚類等は、標本番号を付して長崎大学標本庫に登録・保管
市場で採集したものはコレクションに含めない



★本研究で調査の拠点とした（している）漁港
➡有明海のほぼ全水域を網羅できている

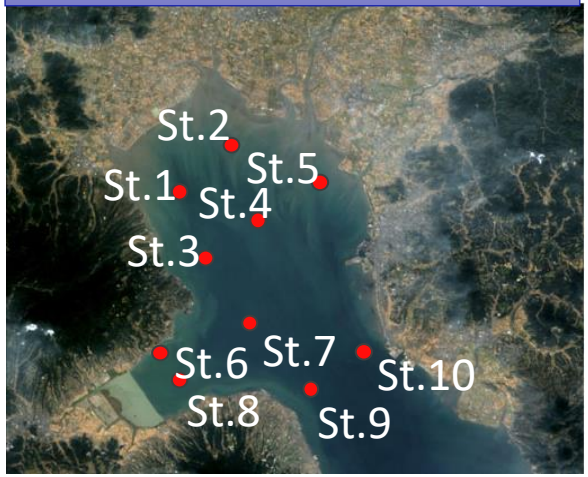
八代海の魚類について

資料: 長崎大学 山口敦子

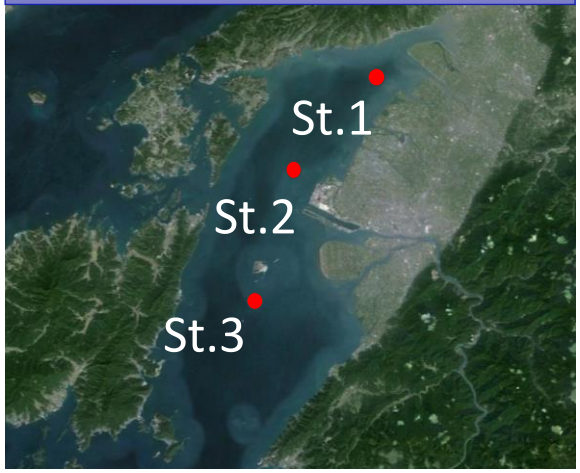
八代海奥部の仔稚魚の分布と生息密度：八代海奥部の成育場としての機能は？

・どのような種がどの時期にどの水域にどれくらい出現するか？
・八代海奥部のどの水域が有明海奥部に相当する海域なのか？

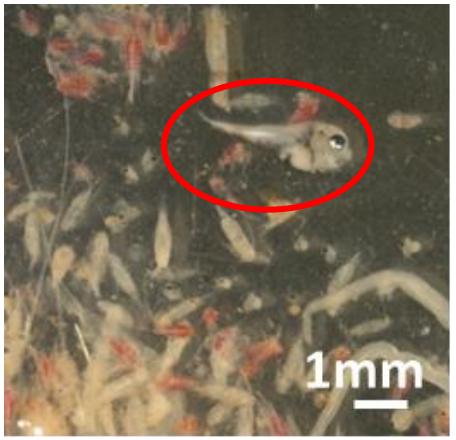
a)有明海奥部の定点



b)八代海奥部の定点



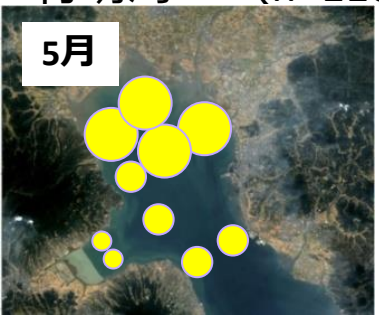
- **稚魚ネットによる採集**
- **物理環境の観測**
- **ソーティング**
- **仔稚魚の同定・計数**
- **個体数密度算出**

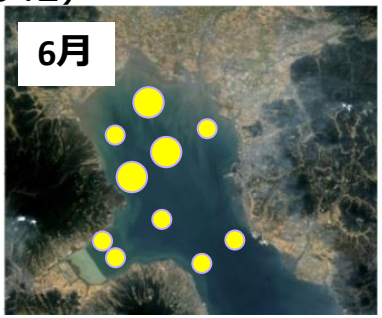


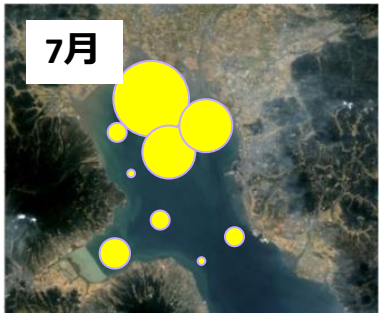
有明海と八代海での海域間比較：全仔稚魚の分布密度

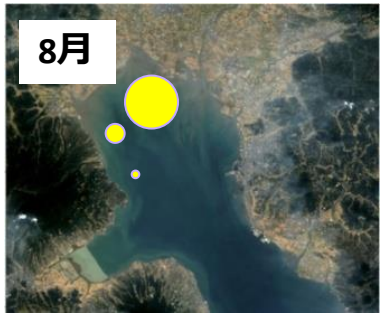
有明海　（n=11642）

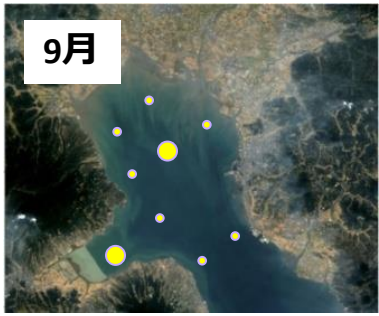
2012年



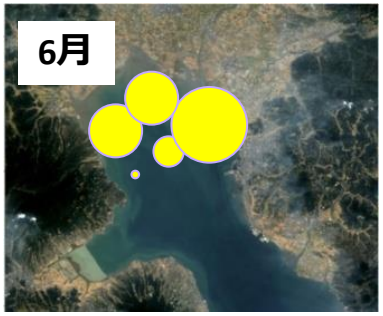


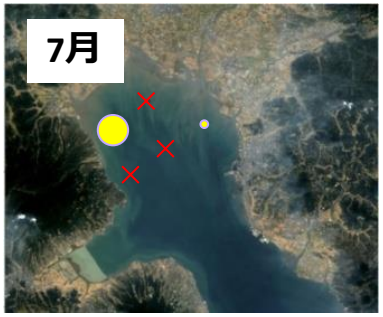


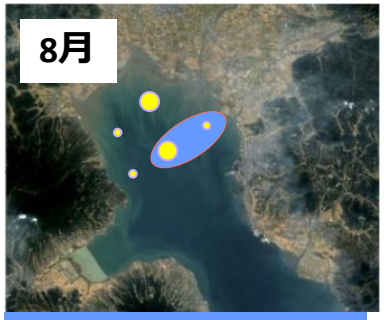


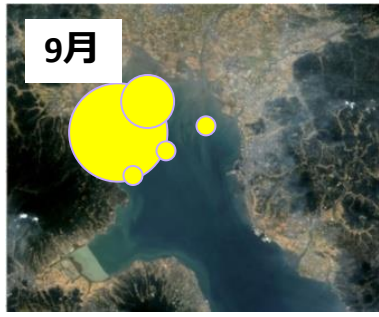


2013年





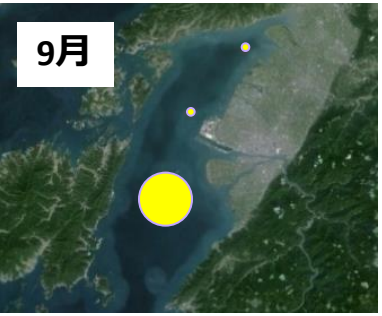


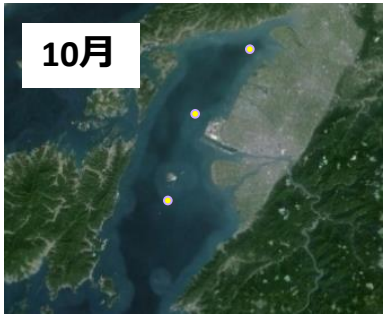


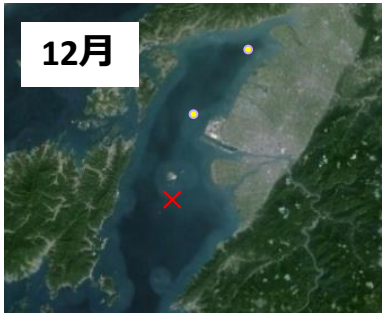
DOが3mg/l以下の定点

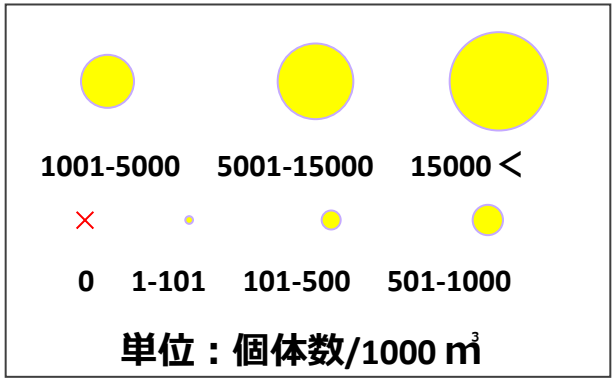
八代海　（n=474）

2013年





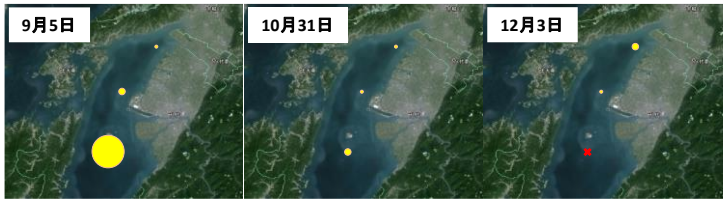




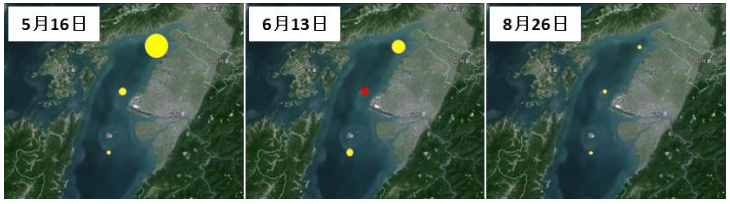
八代海における仔稚魚の分布密度

資料: 長崎大学 山口敦子

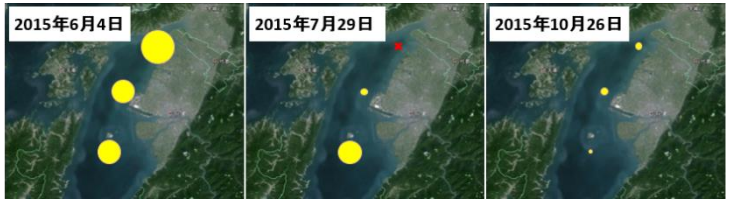
2013年度



2014年度



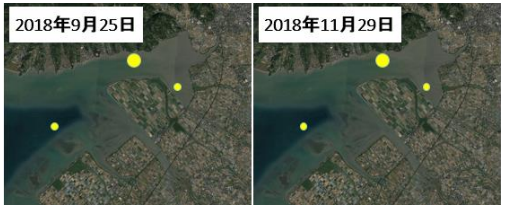
2015年度

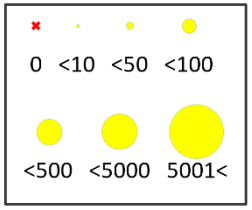


2016年度

2017年度

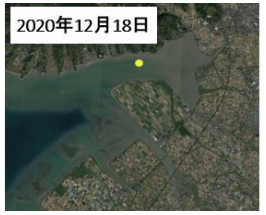
2018年度





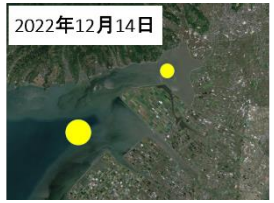
2019年度

2020年度

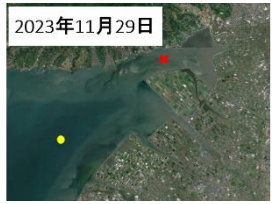


2021年度

2022年度



2023年度



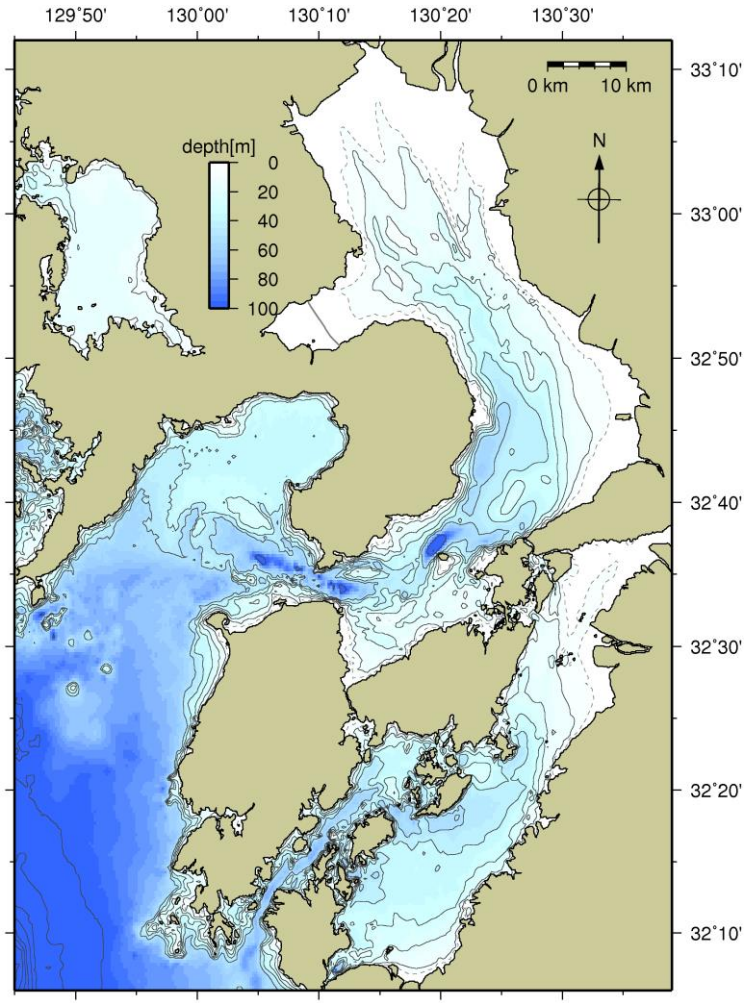
八代海奥部に出現した仔稚魚

有明海の優占種であるシログチやデンベエシタビラメの仔魚は八代海の奥部では採集されていない

八代海の魚類相と種組成および生態系構造と機能解明に向けて

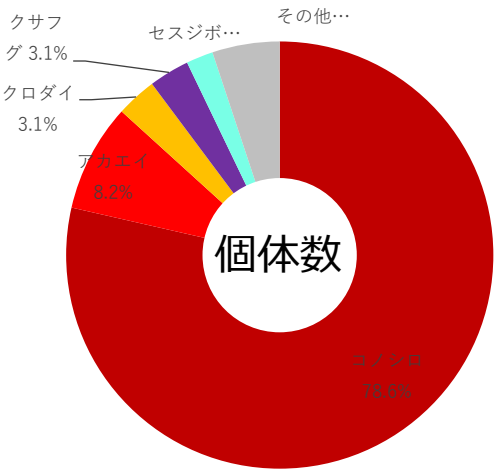
八代海奥部の干潟・浅海域を中心に

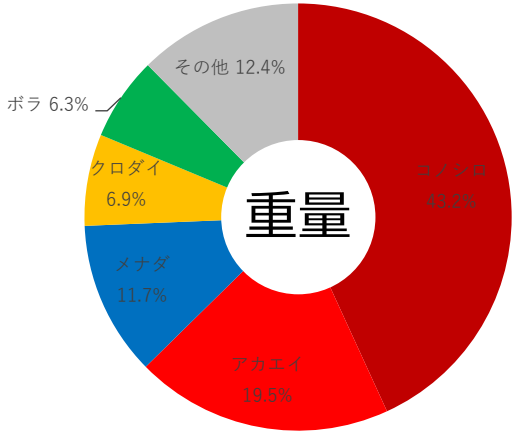
八代海に出現する魚類についても、種同定、測定、標本作成、魚類目録の作製を実施中



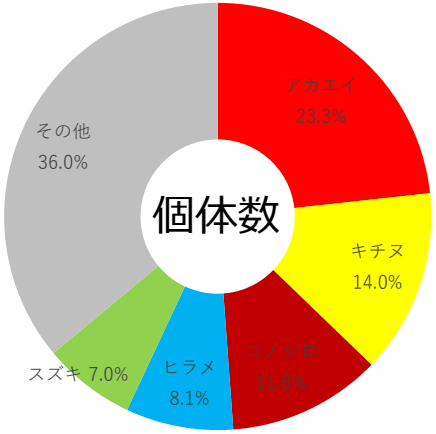
八代海の羽瀬網により2019, 2020年度に採集された魚類の個体数割合（左）と平均重量割合（右）

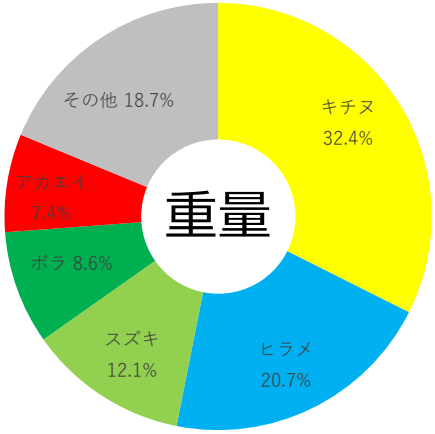
2019年度





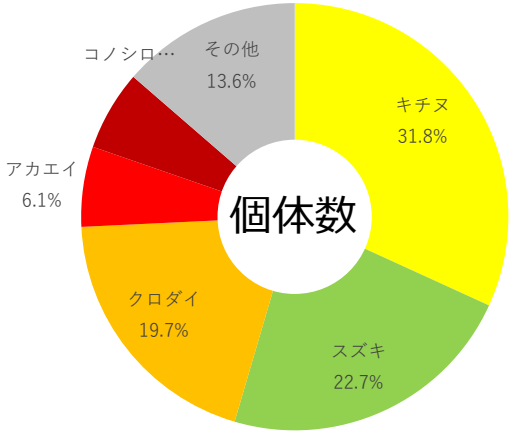
2020年度

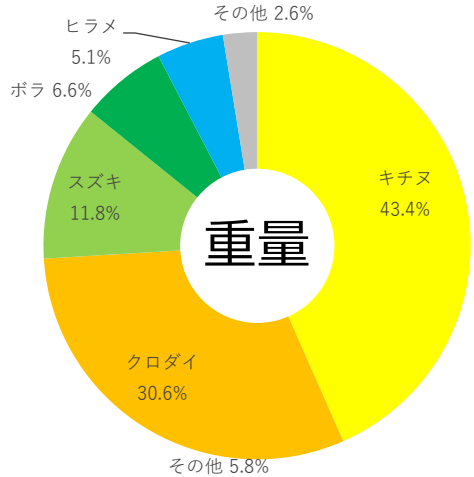




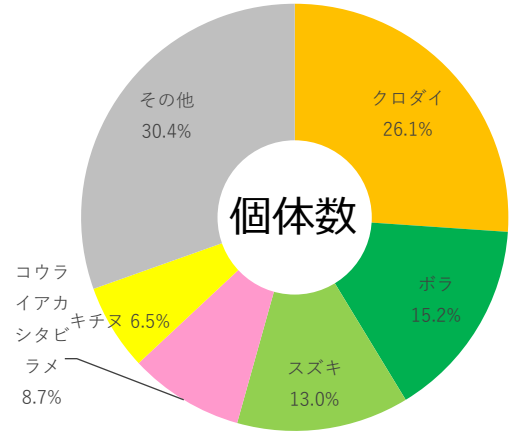
資料: 長崎大学 山口敦子

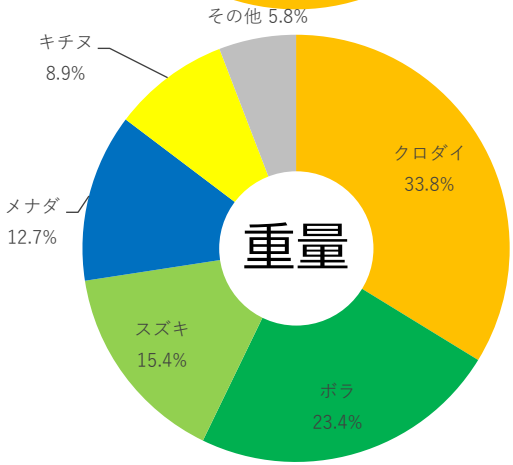
2021年度



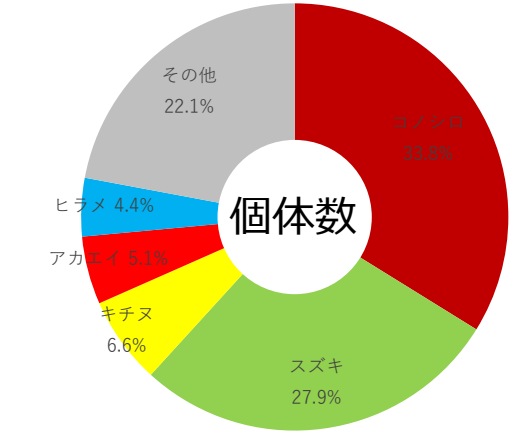


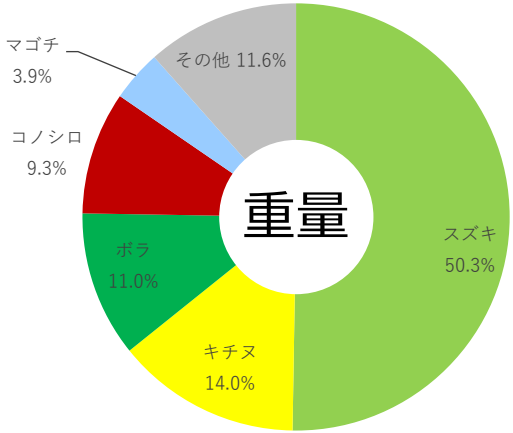
2022年度





2023年度





八代海奥部の魚類相に関する調査研究：有明海との比較（長崎大学）

八代海奥部で採集した魚類の種数（2013年～2023年現在までの調査）

17目55科73属91種

有明海奥部で採集した魚類の種数（2001年～2023年現在までの調査）

17目54科93属125種

八代海奥部のみで出現した種

ミナミホタテウミヘビ、サクラマス（降海型）等　計12種

有明海・八代海奥部はともに広大な干潟を擁するが、魚類生態系構造は異なる

板鰓類：有明海16種、八代海6種
ハゼ科：有明海23種、八代海5種
ネズッポ科：有明海4種、八代海1種
フグ科：有明海4種、八代海7種
ウミヘビ科：有明海0種、八代海2種