

海洋生物資源確保技術高度化 成果概要

プログラムディレクター (PD)

西田 睦

海洋生物資源確保技術高度化 事業概要

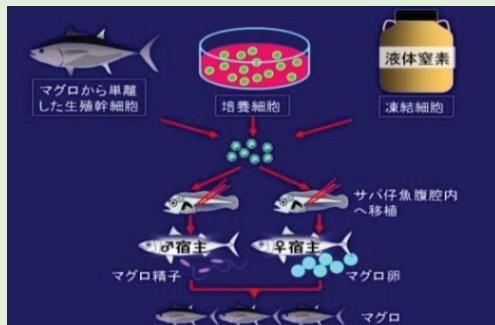
背景・課題

- 気候変動や乱獲等による海洋生物資源の枯渇が懸念され、例えばクロマグロについては中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）において国際的に厳しい漁獲制限が要求されるなど、世界的でも有数の消費量となっている我が国の海洋生物資源の確保に関する問題意識が高まっている。
- 第5期科学技術基本計画、第3期海洋基本計画においても、**食料の安定供給や海洋生態系の総合的な理解の重要性が明記**されている。
- **海洋生物の生態や資源量変動については、複雑で不明な点が多く、海洋生物資源の確保にとって、それらの解明が課題**となっている。
- そこで、**海洋生物資源の新たな生産手法の開発や海洋生態系の構造・機能の解明を行うための研究開発を実施し、海洋生物資源の持続的・効率的な利用に資する科学的知見を提供**することを目指す。

課題概要

① 生殖幹細胞操作によるクロマグロ等の新たな受精卵供給法の開発 代表研究者：東京海洋大学 吉崎悟朗

- ・ マグロ類など多くの**水産資源が世界的に減少**。資源量を守りながら持続的に利用するため、**増養殖技術の高度化**が重要。
- ・ **マグロ類は、親魚が大型**であるため、養成管理にかかる労力、コスト、スペースが大きい。
- ・ **小型で養成管理が容易なサバ科（近縁種）にマグロ類の精子、卵を作らせる（代理の親魚にする）**ことで、**マグロ類の効率的な生産技術を確立**
- ・ **個体として生み出せる状態の資源を大量に保存するために、代理の親魚に移植するマグロ類の細胞を培養・保存する技術を確立**



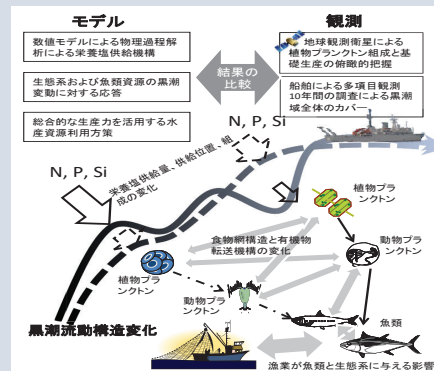
代理親魚（サバ）を用いたクロマグロ生産手法の概略

- ・ **資源量や優良品種の保護に資することに加えて、親魚の成育期間が短くなることで品種改良の高速化も実現**
- ・ 同様の技術はマグロ類以外にもフグ、ブリ、ニジマス等広く応用が可能

低コストで安定した海洋生物資源供給の実現

② 我が国の魚類生産を支える黒潮生態系の変動機構の解明 代表研究者：（国研）水産研究・教育機構 高橋素光

- ・ **黒潮域**は多くの魚類の産卵場や生育場として好適であり、**日本の漁業生産とその変動の鍵**となる海域。
- ・ 黒潮の流れの変動や、それが**食物連鎖を経て最終的な漁獲対象になる生物の資源量に影響を与えるメカニズム**には未解明の部分が多い。
- ・ 黒潮域における生物資源量を適正に評価、予測し、持続的により多くの漁業生産をあげるために、食物連鎖の底辺までを含む**生態系全体の理解に基づく漁業管理**が必要



観測とモデル構築による黒潮生態系の変動機構の解明

- ・ **船舶や人工衛星等を駆使した観測によって黒潮生態系の構造と機能を解明し、定量的な評価、予測を可能にする数値計算モデルを構築**

多様な生物からなる黒潮生態系全体の生産力の持続的な利用への貢献

海洋生物資源確保技術高度化 主な成果①

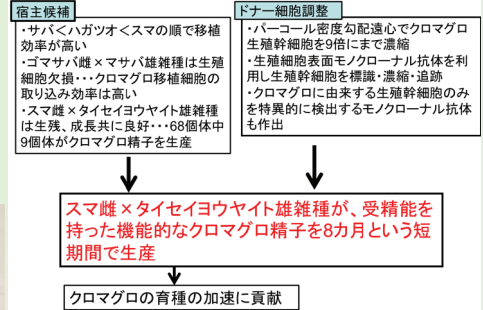
①生殖幹細胞操作によるクロマグロ等の新たな受精卵供給法の開発 代表研究者：東京海洋大学 吉崎悟朗

クロマグロを生産する小型代理親魚の作出

- クロマグロの卵・精子のもとになる生殖幹細胞の濃縮・精製技術を確立し、移植効率を約20倍改善
- マサバとゴマサバの雑種が不妊、かつクロマグロの生殖細胞を成長させる能力があることを発見（特許取得）
- 代理親魚の有力候補であるサバ科スマの完全養殖に成功
- 高生残、高成長などの代理親魚適性を持つ、**スマ雌とタイセイヨウイト雄の雑種から、完全なクロマグロ精子を生産。**

移植用生殖幹細胞の試験管内培養と凍結保存

- ニジマスにおいて、**試験管内で培養している生殖細胞から**、代理親魚への移植を介して機能的な卵・精子を生産し、**ニジマス個体の作出に成功。**（他の生物を含め、マウスのES細胞、iPS細胞に続いて世界3例目。Nature Research Communications Biologyに掲載。）
- 長期凍結保存した精巣からニジマス個体を作り出すことに成功（米国科学アカデミー紀要）、更に丸ごと長期凍結保存したニジマスから次世代のニジマス作成に成功（Nature Scientific Reportsに掲載、複数の全国紙により報道）

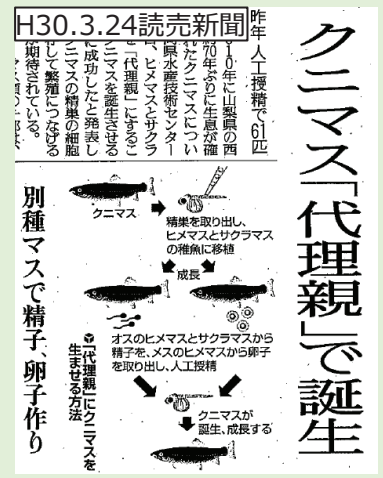


代理親技術移転 代理親魚を利用した遺伝的多様性の創出

- プリ・トラフグ・アマゴ・アユ・ニジマスの市場出荷を目指して、**民間企業・自治体・大学に技術指導**
- クニマス・各種メダカ・イワナ・ムサシトミヨの種保存を目指して、自治体・大学に技術指導
- ニベ科・メダカ・ホタテガイの生殖細胞の研究のために、大学に技術指導

不妊宿主の作出と代理親魚としての利用

- クロマグロの卵・精子のもとになる生殖幹細胞の濃縮・精製技術を確立し、移植効率を約20倍改善
- マサバとゴマサバの雑種が不妊、かつクロマグロの生殖細胞を成長させる能力があることを発見（特許取得）



革新的な増養殖技術の確立による、低コストで安定した海洋生物資源供給の実現

海洋生物資源確保技術高度化 主な成果②

②我が国の魚類生産を支える黒潮生態系の変動機構の解明 代表研究者：(国研)水産研究・教育機構 高橋素光

人工衛星を用いた植物プランクトンの基礎生産力推定

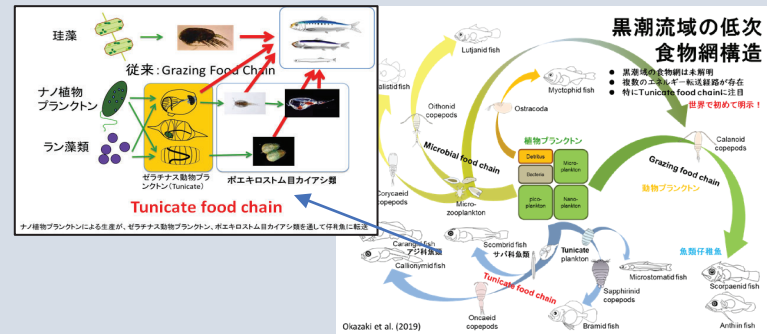
- 沿岸域や親潮域では珪藻類の光合成速度が高いが、黒潮域ではハプト藻類の光合成速度が高いことを明らかに。

主要カイアシ類の分布推定モデルの開発

- 黒潮北縁域におけるカイアシ類の種多様性は従来考えられていたよりも高く生物量も多いことを示し、魚類稚子にとって好適な餌環境が沿岸域だけでなく黒潮北縁域にまで広がっていることを初めて明らかに。

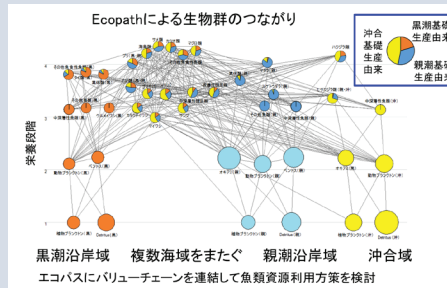
黒潮流域の低次食物網構造の解明

- 黒潮域で、Grazing Food Chainに加えて、ナノ植物プランクトンを起点とする食物連鎖構造を明らかにし **Tunicate Food Chain**と命名。

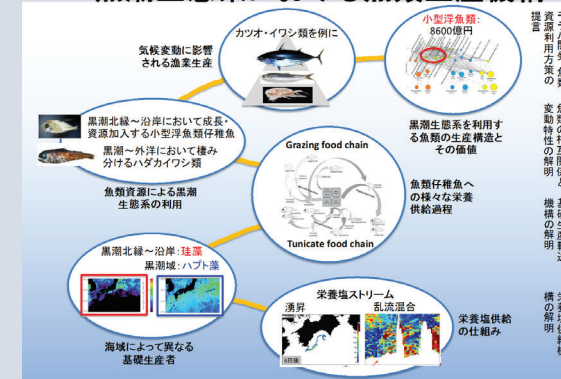


魚類生産の由来解明

- 生態系モデルにより日本周辺海域における水産資源の生産に**黒潮域における生物生産が約2～3割寄与**し、ウルメイワシはほとんどが黒潮由来であることを解明。



黒潮生態系における魚類生産機構



黒潮生態系における魚類生産機構の解明

- 黒潮が陸棚に沿って流れることにより、栄養塩が表層へ持ち上げられる様々な仕組みを明らかに。
- 黒潮域では主にハプト藻が、その内側では珪藻が増殖し、これら様々な植物プランクトンから動物プランクトンを経て魚類仔稚魚へとつながる栄養供給過程を把握。
- 魚類仔稚魚は様々な餌生産過程による様々なサイズの餌生物を利用しながら成育。
- 魚類回遊モデルと生態系モデルを用いて、気候変動によってカツオやイワシ類の来遊量や現存量が変化することや、黒潮生態系を起源とする小型浮魚類資源の流過程も含めた生産額が8600億円に上ることが初めて明らかに。

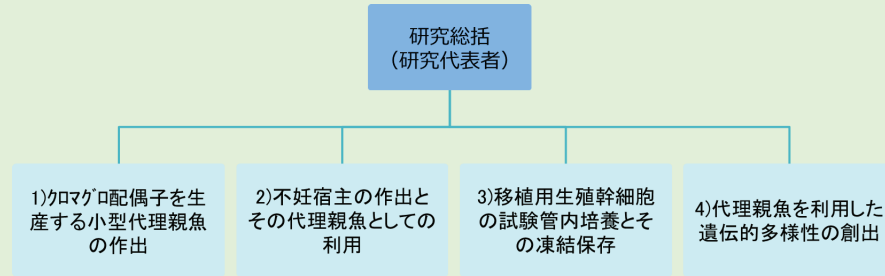
多様な生物からなる黒潮生態系全体の生産力の持続的な利用への貢献

海洋生物資源確保技術高度化 研究実施体制・計画

① 生殖幹細胞操作によるクロマグロ等の新たな受精卵供給法の開発 代表研究者：東京海洋大学 吉崎悟朗

○研究実施体制

研究代表者（研究総括）のほか、学内博士研究員、産学連携研究員、実験補助員、学生を各担当業務に配置。



○研究実施計画

研究開発項目	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H28 年度	H29 年度	H30 年度	R1 年度	R2 年度
1)クロマグロ配偶子を生産する小型代理親魚の作出	各種宿主への生殖細胞移植とその飼育実験(海洋大)									
2)不妊宿主の作出とその代理親魚としての利用 ・ 三倍体作出と妊性解析 ・ 不妊魚の宿主利用	三倍体宿主の作出と特性解析(海洋大)									
3)移植用生殖幹細胞の試験管内培養とその凍結保存 ・ 生殖細胞凍結 ・ ニジマス生殖細胞培養 ・ マグロ生殖細胞培養	不妊宿主への生殖細胞移植とその飼育実験(海洋大)									
	生殖細胞凍結実験(海洋大)									
	ニジマス生殖細胞培養とその移植実験(海洋大)									
4)代理親魚を利用した遺伝的多様性の創出 ・ ニジマス細胞混合移植	マグロ生殖細胞培養実験(海洋大)									
	ニジマス細胞混合移植(海洋大)									

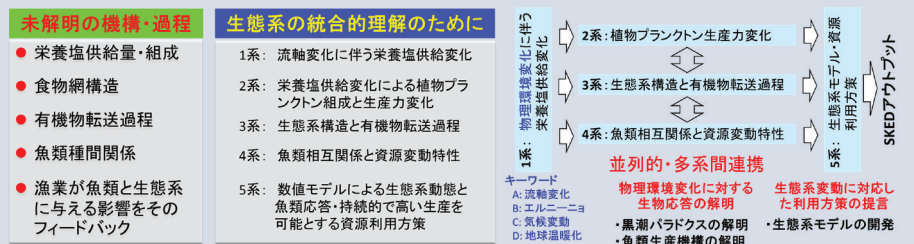
○10年の研究期間を活かした取組・成果

- ・ 仮説を立ててから成果が現れて説の可否が検証されるまで **長い期間を必要とする研究**（1サイクルあたり3～5年）。
- ・ 10年間で十分に活用し、細胞を移植した仔魚を成魚まで育て、その次世代を確認するまでの一連の調査を、**研究開発期間内に並行し繰り返し試行**できたことで、小型サバ科魚類によるマグロ精子生産や、凍結細胞・試験管内培養細胞からニジマス個体を作り出すことに成功した。

② 我が国の魚類生産を支える黒潮生態系の変動機構の解明 代表研究者：(国研)水産研究・教育機構 高橋素光

○研究実施体制

東京大学、東京海洋大学、北海道大学、鹿児島大学、東京農工大学より、物理、化学、生物、魚類、資源解析学など **学際的研究チームを組織**。



・ 人事異動に伴う研究代表者交代が二度あったが、交代後も **前任が参画し研究開発を補佐**したり、**後任を次席的なリーダー**として以降の計画・予算案作成や中間評価会議に参加させるなどして円滑に体制移行できるよう工夫。

【研究代表者】

齊藤 宏明 (H23～25)、山田 陽巳 (H26～27)、高橋 素光 (H28～R2)

○研究実施計画

一課題一	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/R1	R2
黒潮パラドクスの解明(1～3系)	黒潮横断観測・衛星観測									
	黒潮横断観測									
	栄養塩供給モデル開発									
	混合層フロント数値モデル開発									
魚類生産機構の解明(2～4系)	植物・動物プランクトン分布解析									
	仔稚魚分布・食性・成長解析									
	動物プランクトン分布モデル開発									
	仔稚魚の成長応答モデル開発									
生態系モデルの開発(1～5系)	回遊・生態系モデル開発のためのデータ・情報収集									
	多魚種回遊モデル開発・個体群動態モデル開発									

○10年の研究期間を活かした取組・成果

- ・ 主に前半は観測を集中。後半でデータをまとめ、モデルに落とし込んだ。
- ・ 海洋や資源の数年～数十年周期の変動に対し、**10年の研究開発期間を活かして、様々な生態系反応における仮説を検証**できた。(エコパスでの蛇行による魚類生産変化等)

海洋生物資源確保技術高度化 アウトリーチ、人材育成等

① 生殖幹細胞操作によるクロマグロ等の新たな受精卵供給法の開発
代表研究者：東京海洋大学 吉崎悟朗

アウトリーチ活動

査読付き論文数（IF合計）：88（IF合計:212.563）
 国際学会招待講演：38回
 国内学会招待講演：33回
 特許：11件
 市民講座等、一般向け講演：25回
 高校生向け講演：27回
 著書：12冊（分担・共著）
 一般書：
 サバからマグロは産まれる!?（岩波書店）2014年
 五大誌での報道：28回
 ニュース、科学番組での紹介：24回
 海外報道：17回

人材育成

・学生の積極的参加促進
 修士論文40 卒論37 博士論文7

・就職先
 大学助教7名、博士研究員3名、水総研1名、地方水試9名、民間
 養殖関連研究・技術職12名、他民間研究職9名（食品、製薬等）

産業・経済活動の高度化

・水産試験場等への技術移転（115件）
 ・民間3社との共同研究

② 我が国の魚類生産を支える黒潮生態系の変動機構の解明
代表研究者：（国研）水産研究・教育機構 高橋素光

研究発表・教育成果

国内シンポジウム：3
 （2015年3・12月、2016年12月）
 国際シンポジウム：1
 （2018年11月）

査読論文：95

書籍：16
 受賞：7

教育：	論文	報	就職先	人
	卒論	42	公務員	10
	修論	29	大学 (大学院進学含む)	16
	博論	5	民間	47



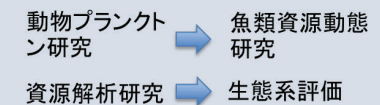
・学術横断的研究組織の中で研鑽

2011年11月SKEDキックオフミーティング（塩釜）



自らの専門分野における気づきを高めると共に、海洋生態系の全体像を俯瞰的に把握する能力を飛躍的に高めることが可能

例) 若手研究者の成長



開始当初は動物プランクトン研究や資源解析研究が専門だった若手が、10年間の学際研究を経て、現在では魚類の資源動態研究や生態系評価に幅を拡げて研究を展開するとともに、次世代の若手を育成。

海洋生物資源確保技術高度化 プログラム全体の運営について

- プログラムディレクター（PD）が、研究開発課題ごとに開催される運営委員会に（基本的に年2回）同席ないしオンラインで参加し（都合で参加ができない場合はプレゼンテーション資料により）、研究の進捗や計画の点検を行った。各研究開発課題への助言を行うとともに、事務局と相談しつつ、進捗状況等に応じた予算配分を実施した。
- 2年目の終了時や中間の節目などには、外部評価委員会による進捗状況の確認と、各研究課題の問題点、解決策、今後の研究計画の見直し等の助言を得た。
- PDは、西田が全研究期間を通して担当したが、このことにより、各研究開発課題の経緯や問題点などを継続的にケアすることができた。
- 海洋生態系や海洋資源生物の変動メカニズムの解明や、海洋資源生物の育種に関する研究は、対象の本質からして、数年単位の実施期間では短すぎることは明らかである。本プログラムの実施期間は10年間であった。種々の予想外の変化やアクシデントを乗り越えて、両課題が上述のようによい成果を挙げる上で、この10年という実施期間は非常に有効であった。