

図 13 モデルにより計算された瀬戸内海全域の低次生態系要素の表層濃度（左：冬季，右：夏季，上から DIN，DIP，PON，植物プランクトン，動物プランクトン）

課題番号：I-2) -I-①

課題名：水質環境や餌料環境と小型魚類生産量との因果関係の評価

① 燧灘

水産研究・教育機構 水産技術研究所  
米田道夫，中村政裕  
水産研究・教育機構 水産資源研究所  
河野悌昌，高橋正知  
香川県水産試験場  
西岡俊洋，宮川昌志，高砂 敬，吉田 誠

【背景・目的】

瀬戸内海の有用魚類複数種において、近年、漁獲量の減少や低迷が顕著になっている。瀬戸内海の代表有用種であるカタクチイワシでは、当該系群全体の資源水準は中位で、動向は減少傾向と評価されている（河野・高橋 2022）。しかし、灘や湾によってその状況は異なり、特に燧灘のカタクチイワシでは加入量の低迷が顕在化しており、2014年にはシラス（仔魚）が全く漁獲されないという異例の不漁に陥った。このような現象は、生息域の物理・生物環境、対象種の生物特性や生活史が湾や灘によって異なることに起因しているのではないかと考えられるが、その詳細は不明である。カタクチイワシをはじめ、多くの魚類は動物プランクトンを餌として利用していることから、栄養塩等の水質環境が小型魚類の生産量に及ぼす影響を評価するには、動物プランクトンを介した水質環境と対象種の生産量の因果関係を明らかにすることが重要である。そこで、本課題では、燧灘およびその周辺海域での海洋環境調査およびカタクチイワシなどの卵仔魚調査や成熟・産卵調査を進め、過去の調査結果と比較しながら、海洋環境と加入豊度との関連性を検証する。これにより、プランクトン食性魚を主体とした小型魚類の生産量に及ぼす環境条件の影響を評価するための基盤作りを行う。今年度は、燧灘におけるカタクチイワシを含むプランクトン食性魚種の漁獲量（加入量）の低迷と栄養塩等の水質環境の変化に関する因果関係のシナリオ作成を進め、小型魚類の資源管理に資する基盤情報を提示する。まず、燧灘における海洋環境調査および小型魚類の卵仔魚などの調査結果から、カタクチイワシ仔魚の餌料環境と加入量の動向を調べた。次に、カタクチイワシの餌料調査等の結果から、カタクチイワシ親魚の餌料環境と低次生産環境の関係を調べた。さらに、カタクチイワシの加入水準に基づいて、加入量とボンゴネット調査による日間生残率の関係を調べるとともに、生態モデルを利用して、初期生残に及ぼす海洋環境の影響および母性効果についての検証を行った。最後に、これまでの成果を統合して、燧灘の小型魚類の生産性に及ぼす貧栄養化等の影響についての因果関係を考察した。

【方法】

(1) 燧灘におけるカタクチイワシ仔魚、餌料環境および加入量の動向

2002～2005年、2015～2022年5～6月において、丸特ネットなどを用いたカタクチイワシ卵仔魚調査、ノルパックを用いた餌料環境調査などを行った。仔魚の餌料環境を年代間で比

較するため、ノープリウス密度、仔魚密度、および仔魚 1 尾当たりノープリウス幼生数を求めた(Fujita et al. 2021)。仔稚魚の発生月別漁獲加入尾数（加入尾数）を推定するため、漁獲された仔稚魚の耳石日齢解析から各発育段階の平均体長（体重）と日齢を求め、仔稚魚の漁獲量から各発生月の総個体数を推定した(Fujita et al. 2021)。

## (2) カタクチイワシ親魚の餌料環境と低次生産環境の関係

2001～2019 年 5～7 月に実施されたノルパックネット調査において採取されたカイアシ類 8 種について、種毎に現存量を標準化した後、R パッケージの Superheat を用いてヒートマップを作成した(Yoneda et al. 2022)。また、現存量の変動傾向を調べるため、クラスター分析によりグループ分けした。海洋環境調査で得られた栄養塩類、クロロフィル a、表層水温、塩分についてもカイアシ類と同様に値を標準化した後、Superheat を用いてヒートマップを作成し、それぞれの変動傾向をグループ分けした。さらに、グループ分けされたカイアシ類について、カイアシ類全現存量に占める割合の変動傾向を混合効果モデルにより解析した。

## (3) カタクチイワシの初期生残に及ぼす影響評価

2001～2005 年（加入高水準期）および 2016～2020 年（加入低水準期）の 5～6 月において、ボンゴネットによるカタクチイワシ仔魚調査を行った。調査毎に仔魚の体長組成を求め、成長・生残過程を追跡するとともに、Zenitani et al. (2007)に従って各調査年の 5 月と 6 月の日間生残率を求めた。

初期生残に及ぼす環境要因の影響及び母性効果を調べるため、Zenitani et al. (2011)および Zenitani & Kono (2012)により開発されたカイアシ類とカタクチイワシ仔魚の関係を考慮した Individual Based Model (IBM)を用いて日間生残率を求めた。想定したシナリオの年代は加入高水準期（2000s, 2001～2005 年）と加入低水準期（2015s, 2015～2020 年）である。IBM のパラメータ設定には、Fujita et al. (2021)および Yoneda et al. (2022)で示された環境条件や生物特性などを引用した。①水温について、2001～2015 年および 2016～2020 年の 4～8 月における表面水温とユリウス通日の関係を 3 次関数式によりそれぞれ求めた。②摂餌開始体長について、2005～2006 年と 2015～2016 年における卵サイズと水温の関係式、飼育実験で求められた摂餌開始体長と卵サイズの関係式、①の水温の関係式から、2000s と 2015s における摂餌開始体長とユリウス通日の関係を推定した。③仔魚の餌密度の割合について、2002～2005 年と 2016～2019 年の 5～6 月における仔魚 1 尾当たりノープリウス幼生数を求めるとともに、2016～2019 年の仔魚密度については給餌実験による飢餓耐性を考慮した（低給餌由来の仔魚の半数生存時間は高給餌由来の 0.89）。さらに、親魚の主要な餌である *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*, *Paracalanus parvus* について、2001～2005 年と 2015～2019 年の 5～6 月における総現存量を比較した。④初期成長率について、2001～2005 年と 2015～2019 年の 5～6 月における雌親魚の相対肥満度、給餌実験に用いた雌親魚の相対肥満度および高・低給餌由来の仔魚の成長率に基づいて設定値を検討した。

## 【結果】

### (1) 燧灘におけるカタクチイワシ仔魚、餌料環境および加入量の動向

2020～2022 年 5, 6 月の仔魚密度は 2015～2019 年よりも低くなったが、2002～2005 年に比べると高かった (図 1a)。一方、2020～2022 年 5, 6 月のノープリウス幼生密度は、2002～2005 年および 2015～2019 年に比べて最も低かった (図 1b)。2020～2022 年の仔魚 1 尾当たりのノ

ープリウス幼生数について、5月では2015～2019年よりも高くなったが、2002～2005年に比べると5、6月ともに約40%に留まっていることが示された(図1c)。これらのことから、カタクチイワシ仔魚の餌料環境は2015年以降から低水準で推移していることが示唆された。カタクチイワシ仔魚の漁獲尾数について、5、6月発生群は2014年以降から低位で推移していることが示された(特に5月発生群、図2)。なお、2014年から続くカタクチイワシの不漁を受けて、2020年からシラス(仔魚)を対象とした漁獲は行われていないため、2020年以降における仔魚の漁獲尾数の推定値には留意する必要がある。近年(2021～2020年)では、休漁日を適宜設けて操業日数を減らすことにより、カエリや小羽(稚魚)などより成長した個体を主体的に漁獲することで、総漁獲量(共販量)を維持するという方針に転換しつつある(西岡、私信)。

### (2) カタクチイワシ親魚の餌料環境と低次生産環境の関係

カイアシ類8種の現存量の変動傾向について、クラスター分析の結果から2つのグループに分けられた(図3a)。グループ1には *Oncaea scottodicarloi*, *Calanus sinicus*, *Oithona similis*, *Corycaeus affinis* が、グループ2には *Microsetella norvegica*, *Paracalanus parvus*, *Centropages abdominalis*, *Acartia omorii* がそれぞれ選択された。これらのヒートマップから、2013年を境に前者は減少傾向、後者は増加傾向を示すことが判明した。一方、環境要因の変動傾向についてもクラスター分析から2つのグループに分けられた(図3b)。グループ1には  $\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $\text{PO}_4$ , 表面水温が、グループ2には DIN, クロロフィル a, 塩分がそれぞれ選択された。これらのヒートマップから、最近年(2013年以降)では前者は増加傾向、後者は減少傾向であることが示された。カイアシ類8種の全現存量は2005年まで  $20\text{mgC}/\text{m}^3$  を超える高い年が認められたが、2006年以降では  $10\sim 15\text{mgC}/\text{m}^3$  を推移していた(図4a)。一方、全現存量に占めるグループ1(カイアシ類4種)の現存量の割合は2001年から減少していることが判明した。混合効果モデルの推定値から、2001年では48%であったが、2019年には13%にまで低下した。カイアシ類の現存量に及ぼす水温の影響から、グループ1に区別された *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*, *Oithona similis* は2000年代まで低水温帯で現存量が高かったが、その後、減少し続け、最近年では低水温帯でも現存量が低位であった(Yoneda et al. 2022)。一方、グループ2の *Paracalanus parvus* では水温  $24^\circ\text{C}$  前後で現存量が高く、最近年では増加していることが示された。また、グループ2の *Microsetella norvegica* は水温  $25^\circ\text{C}$  前後の盛夏～秋に多く出現することが知られている(Uye et al. 2002)。これらのことから、グループ1は冷水性、グループ2は温水性のカイアシ類で構成されていることが示唆された。カタクチイワシ親魚の摂餌選択性などの解析から、*Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*, *Paracalanus parvus* が産卵期(5～7月)の主要な餌として利用されていることが示された(Yoneda et al. 2022)。以上のことから、カタクチイワシの加入に重要な5～6月(低水温期)における親魚の餌が継続的に減少していると考えられた。

### (3) カタクチイワシの初期生残に及ぼす影響評価

2016～2019年5～6月におけるボンゴネット調査から、孵化仔魚はいずれの調査時でも数多く出現したが、体長が大きくなるにつれて出現割合が急激に減少し、特に5月では体長7mm(約2週齢)を超える個体の出現がほとんどなかった(図5)。2001～2005年および2016～2020年5、6月の加入尾数とボンゴネット調査に基づいた日間生残率の関係には有意な正の相関が認められた(図6)。このことから、加入尾数は孵化後数週間までの生残率に強い影響

を受けることが示された。

IBMによる初期生残の検証を進めるため、水温(図7a)および摂餌開始体長(図7b)とユリウス通日の関係を調べたところ、いずれも2000s(加入高水準期)と2015s(加入低水準期)で違いが認められ、2015sでは水温が高く、摂餌開始体長が小さくなっていることが示された。2015sの仔魚の餌密度は2000sに比べて約60%であること、親魚の主要な餌の現存量も約63%に留まることが示された。2015sの燧灘の雌魚の相対肥満度は2000sの約86%であった。一方、給餌実験における低給餌の相対肥満度は高給餌の86%であり、低給餌由来の仔魚の成長率は高給餌由来の約76%であった。以上のことから、IBMにおける仔魚の餌密度を60~100%、仔魚の成長率を80%(2015s)と100%(2000s)にそれぞれ設定した。ボンゴネット調査に基づく日間生残率の95%信頼区間は0.73~0.94(2000s)および0.20~0.43(2015s)であった(図8左)。2000sにおける日間生残率は餌の量が低下するにつれて低くなったが、餌の量が60%でもボンゴネット調査に基づいた2015sの日間生残率まで低下することはなかった(図8右)。一方、高水温化、仔魚の小型化、成長率の低下を考慮した2015sの日間生残率は、2000sに比べて、餌料条件に対する応答が大きくなり、同じ餌の量でも日間生残率は低くなった。2000sと2015sを想定したIBMによる日間生残率の推定値は0.97と0.23であり、ボンゴネットによる日間生残率とほぼ一致した。IBMによる2015sの日間生残率は2000sに比べて信頼区間が大きくなったが、ボンゴネット調査に基づいた2015sの日間生残率の変動係数(CV=53%)も2000s(CV=18%)に比べて約3倍に広がっていた。このことから、IBMに基づく2015sの日間生残率はおおむね妥当な推定範囲ではないかと考えられた。

#### (4) 5か年のまとめ

本事業の5か年で得られた成果の一部はFujita et al. (2021)およびYoneda et al. (2022)で公表された。これらの成果に基づいて、燧灘のカタクチイワシ加入低迷と低次生産環境との因果関係の概念図を示したのが図9である。近年では栄養塩の中でもDINの低下が顕著になっており、特に、降雨の影響が少ない5~6月(産卵盛期、低水温時期)における植物プランクトン(クロロフィルa)が減少していると考えられた。このような影響により、低水温帯において出現割合の高かった餌のカイアシ類が急激に減少しており、このことが雌親魚の肥満度の低下を招いていると考えられた。さらに、当該海域では4~6月において昇温の早期化が認められており(餌が少ない中で水温が高くなる状況)、これが低次生産環境の生産性の低下を助長している可能性があると考えられた。一方、高水温化はカタクチイワシの産卵の活発化(総産卵数の増加)に寄与しているが、雌親魚の肥満度低下と高水温化により産卵盛期の卵が小型化していることが示された。卵~仔魚期の生残指数は過去と現在で変わらないこと、反時計回りの残差流により卵~仔魚は燧灘東岸に偏在することなどから、最近年では発育初期において餌を巡る種間競争がより激しくなっていると考えられた。さらに、餌環境の悪化に伴う母性効果により、仔魚の飢餓耐性が低くなり、成長も遅くなっていることが示唆された。これらの複合的な要因により、初期減耗がより大きくなり、カタクチイワシの加入量の低迷を招いていると考えられた。燧灘では春~初夏に産卵期を迎える他の動物プランクトン食性魚(コノシロやサヨリ)の漁獲量(漁獲努力量)も2000年代以降低迷しており、卵・仔魚調査から長い産卵期を持つカタクチイワシが優占種になっていることが示された。このことから、春~初夏における低次生産環境の変化は、カタクチイワシのみならず、同時期に産卵期を迎える他の動物プランクトン食性魚の生産性にも影響を及ぼしていると考えられた。

【参考文献】

- Fujita T, Yamamoto M, Kono N, Tomiyama T, Sugimatsu K, Yoneda M. Temporal variations in hatch date and early survival of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in response to environmental factors in the central Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Oceanogr.* 30, 527-541, 2021.
- 河野悌昌, 高橋正知. 令和 3(2021) 年度カタクチイワシ瀬戸内海系群の資源評価. 令和 2 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 127pp, <http://abchan.fra.go.jp/digests2021/index.html>, 2022
- Uye S, Aoto I, Onbé T. Seasonal population dynamics and production of *Microsetella norvegica*, a widely distributed but little-studied marine planktonic harpacticoid copepod. *J. Plank. Res.* 24, 143-153, 2002.
- Yoneda M, Fujita T, Yamamoto M, Tadokoro K, Okazaki Y, Nakamura M, Takahashi M, Kono N, Matsubara T, Abo K, Guo X, Yoshie N. Bottom-up processes drive reproductive success of Japanese anchovy in an oligotrophic sea: A case study in the central Seto Inland Sea, Japan. *Prog. Oceanogr.* 206, 102860, 2022.
- Yoneda M, Kitano H, Tanaka H, Kawamura K, Selvaraj S, Ohshimo S, Matsuyama M, Shimizu A. Temperature- and income resource availability- mediated variation in reproductive investment in a multiple-batch-spawning Japanese anchovy. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 516, 251–262, 2014.
- Zenitani H, Kono N. Daily growth rate model of Japanese anchovy larvae *Engraulis japonicus* in Hiuchi-nada Sea, central Seto Inland Sea. *Fish. Sci.* 78, 1001-1011, 2012.
- Zenitani H, Kono N, Tsukamoto Y. Relationship between daily survival rates of larval Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) and concentrations of copepod nauplii in the Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Oceanogr.*, 16, 473-478, 2007.
- Zenitani H, Kono N, Tsukamoto Y. Simulation of copepod biomass by a prey-predator model in Hiuchi-nada, central part of the Seto Inland Sea: does copepod biomass affect the recruitment to the shirasu (Japanese larval anchovy *Engraulis japonicus*) fishery? *Fish. Sci.* 77, 455-466, 2011.

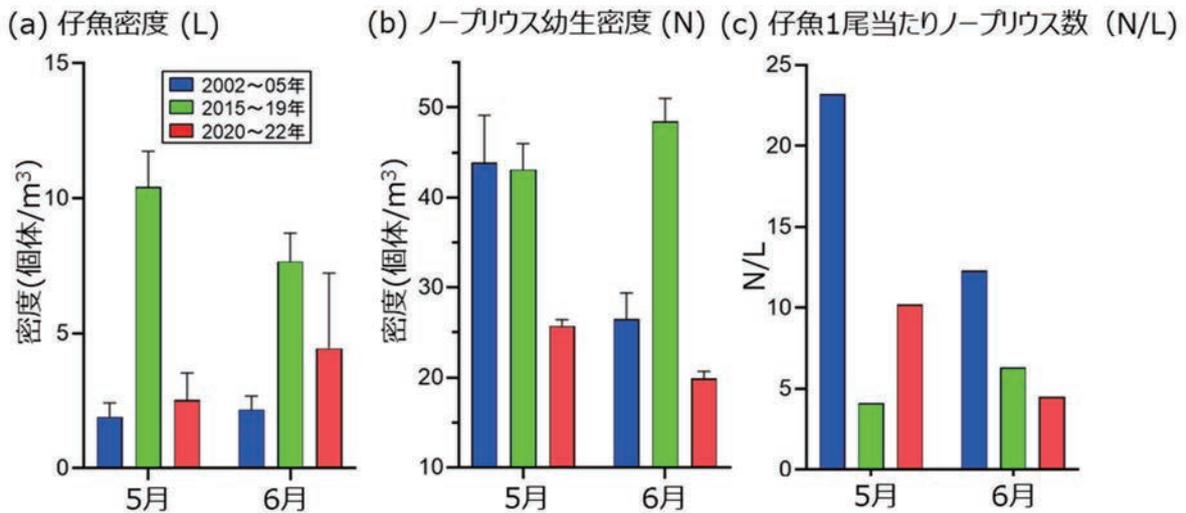


図1. 各採集期間(5, 6月)におけるカタクチイワシ仔魚密度(a), ノープリウス幼生密度(b)および仔魚1尾当たりのノープリウス幼生数(c, ノープリウス密度/仔魚密度). 平均±標準誤差.

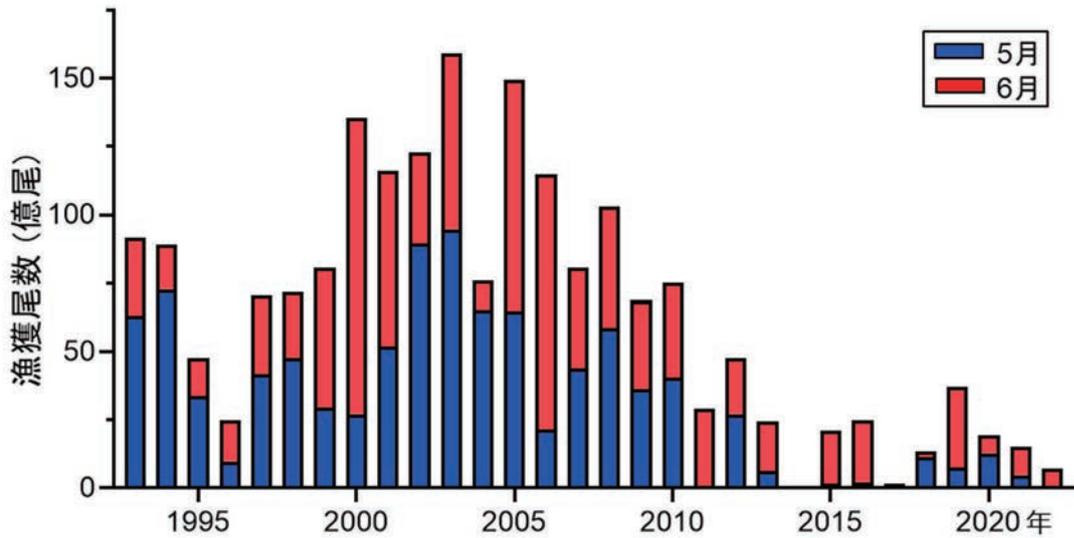


図2. カタクチイワシ仔稚魚5月, 6月発生群の漁獲(加入)尾数の経年変化 (1993~2022年). 2020年以降, シラス(仔魚)を対象とした漁獲なし.

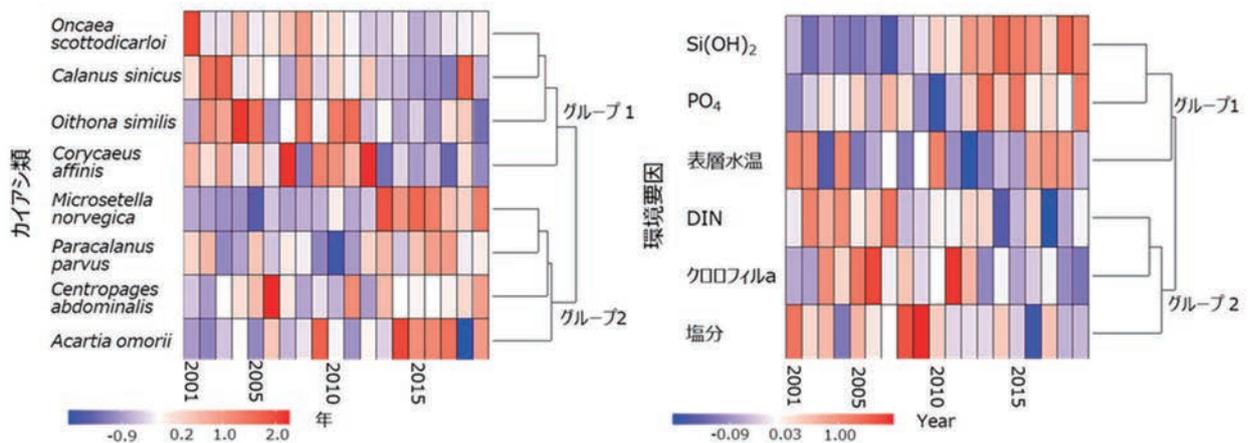


図3. 2001~2019年5~7月におけるカイアシ類(a)および環境要因(b)の長期変動(ヒートマップ)および変動傾向に基づくクラスター分析の結果.

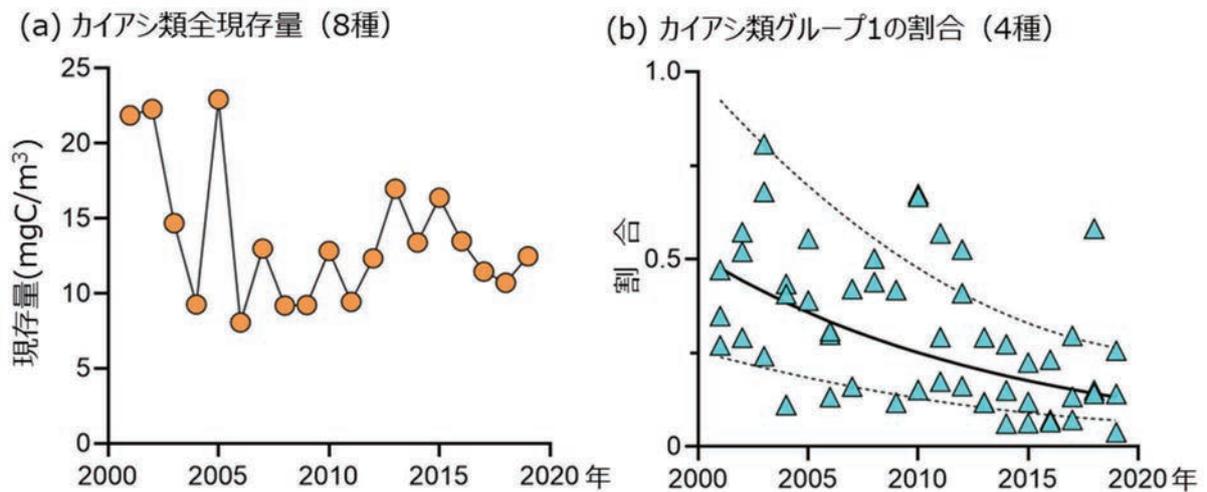


図4. 2001~2019年5~7月におけるカイアシ類全現存量(a)および全現存量に占めるカイアシ類グループ1現存量の割合の変化(b). 混合効果モデルによる推定値(直線)および95%信頼区間(破線)を示す.

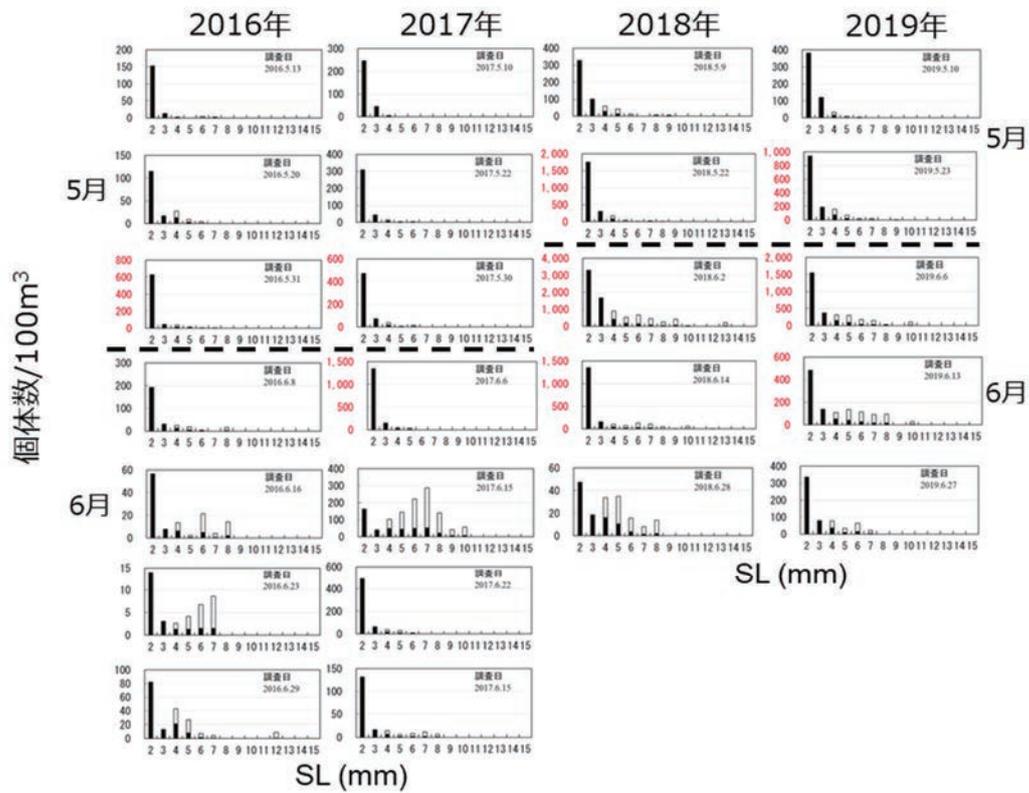


図5. 2016～2019年5～6月のボンゴネット調査におけるカタクチイワシ仔魚の体長組成.

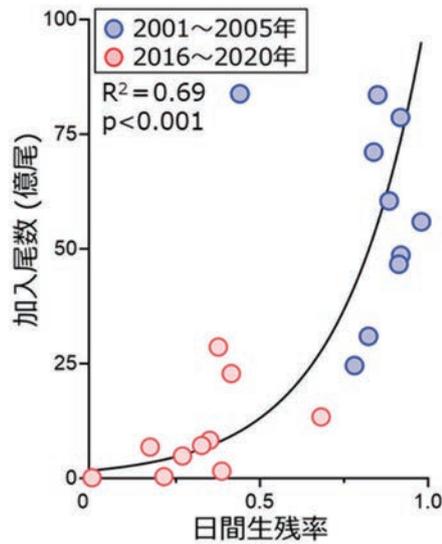


図6. 加入尾数と日間生残率の関係 (2001～2005年 = 加入高水準期, 2016～2020年 = 加入低水準期) .

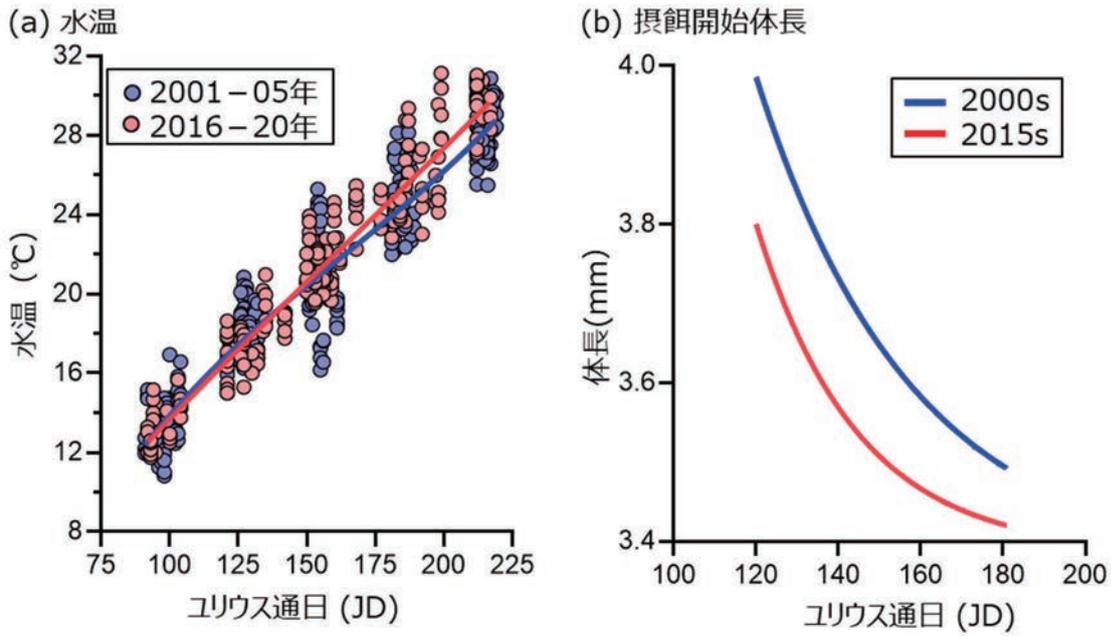


図7. 加入水準に基づいた水温（左）および摂餌開始体長（右）とユリウス通日の関係.

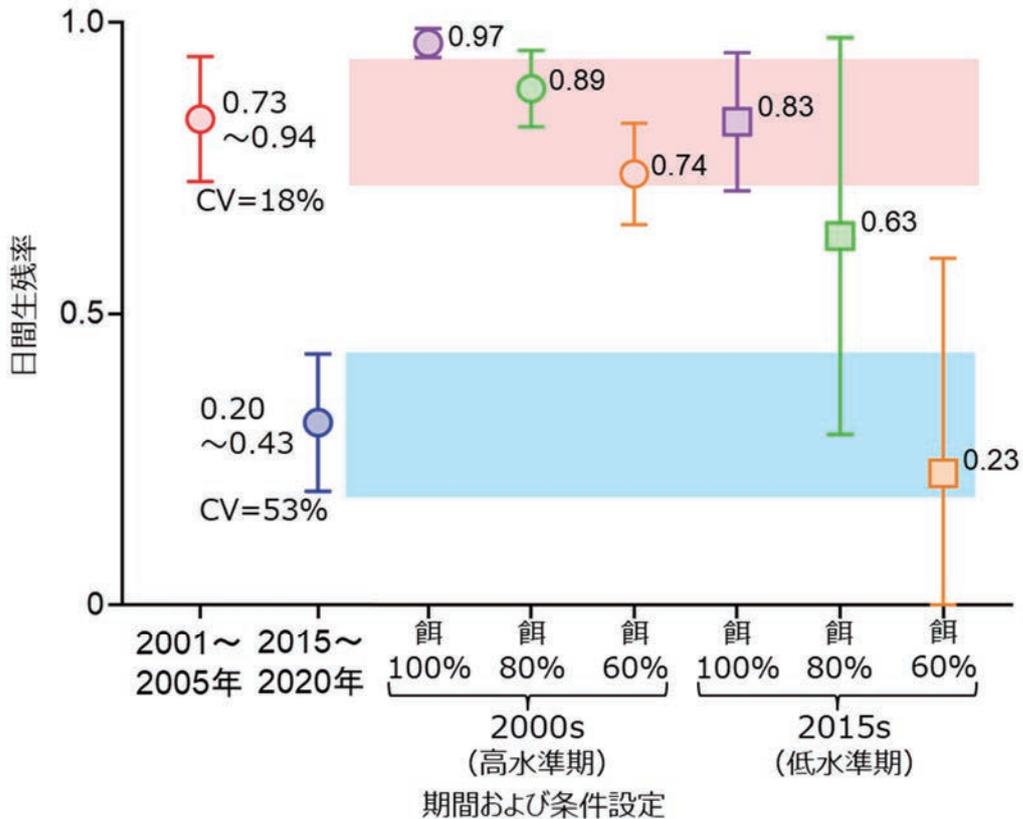


図8. ポングネット採集に基づく日間生存率（左）および加入高・低水準期を想定した日間生存率に及ぼす餌料条件の影響（右, IBM推定）. 平均±95%信頼区間. 数値は各シナリオの平均値.

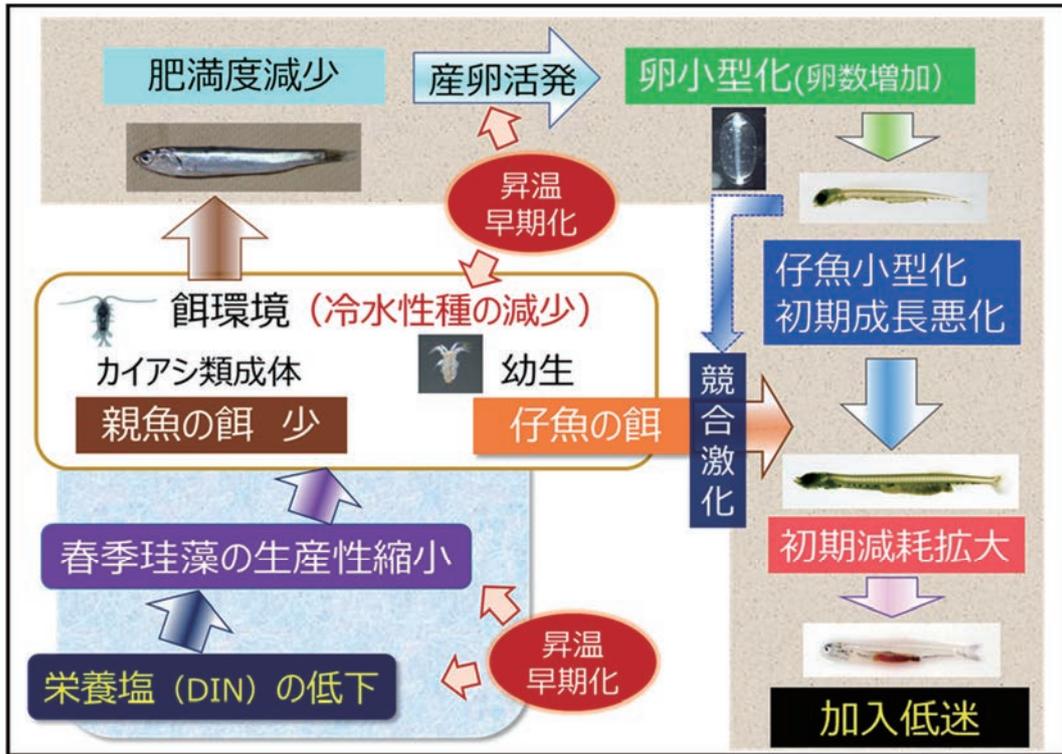


図9. カクチイワシの加入低迷と低次生産環境の因果関係における概念図.

課題番号：I-2) -I-②

課題名：水質環境や餌料環境と小型浮魚生産量との因果関係の評価

②備讃瀬戸

一般社団法人 全国水産技術協会

シニア技術専門員 横山雅仁

技術専門員 畑 恭子

技術専門員 池田宗平

調査協力員 小山悠人

調査協力員 持田史佳

### 【背景・目的】

瀬戸内海の有用魚類複数種において、近年、漁獲量の減少や魚価の低迷が顕著になっている。瀬戸内海の代表的な有用種であるイカナゴは、冬から春にかけて漁獲され、水温が高くなる初夏から晩秋にかけて砂底に潜って夏眠をする。このイカナゴは瀬戸内海において近年記録的な不漁が続いており、その原因として高水温や栄養塩の減少が疑われているがそのメカニズムや対応策については明らかとなっていない。

イカナゴをはじめ、多くの魚類は動物プランクトンを餌料として利用していることから、栄養塩等の水質環境が小型浮魚生産量に及ぼす影響を評価するには、動物プランクトンを介した水質環境と対象種の生産量の因果関係を明らかにすることが重要である。そこで、本課題では、備讃瀬戸のイカナゴをモデルケースとして、生態系モデルを構築して、栄養塩管理によるイカナゴ資源の回復の可能性を検討することを最終目的とする。

前年度はイカナゴの生活史モデルを構築する前段階として、流動サブモデルおよび水質サブモデルの構築を実施した。令和4年度は流動サブモデルおよび水質サブモデルの精度向上に加えて、イカナゴ生活史サブモデルを構築した後、季節別管理運転などによる感度解析を実施した。

### 【方法】

#### (1) モデルの構築

備讃瀬戸における流動サブモデル、水質サブモデル、そしてイカナゴ生活史サブモデルを構築した。再現性の検証は2009年および2019年を対象に実施した。

#### (2) 感度解析

(1) で構築したモデルを用い、表1に示す条件設定で2019年をベースとした感度解析を実施した。

### 【結果】

#### (1) モデルの構築

##### (1) -1 モデルの概要

構築したモデルの構成を図 1 に示す。本モデルは大きく①流動サブモデル、②水質サブモデル、③イカナゴ生活史サブモデル（丸尾ほか 2020, 2022, 図 2）、に分けて構築を行った。構築したモデルの平面格子分割および鉛直層分割を図 3 に示す。計算期間は 2008 年 10 月 1 日～2009 年 12 月 31 日および 2018 年 10 月 1 日～2019 年 12 月 31 日としてモデルの構築を行った。

流入負荷量については、一級河川は水文水質データベースから得られた流量および水質データから LQ 式を推定して算定（図 4）、その他河川および一部の事業所は環境省から提供頂いた汚濁負荷量調査結果から算定した（図 5, 図 6）。

## (1) - 2 モデルの再現性

2019 年におけるモデルの再現性の検証例を図 7 に示す。イカナゴの体重については過小評価傾向であったが、体長については概ね再現性が良好であった。

## (2) 感度解析

### (2) - 1 計算条件

感度解析の計算を実施した各ケース（表 1）のうち、case03～case06 での岡東浄化センター、香東川浄化センター、および鴨部川浄化センターからの T-N 濃度および NH<sub>4</sub>N 濃度を図 8 に示す。case03～case05 では冬季（11 月～3 月）で各ケースにおける各浄化センターの T-N 濃度を 25mg/L、case06 では冬季（11 月～3 月）で 3 か所のセンターの T-N 濃度を 30mg/L としている。なお、T-N 濃度が 30mg/L とは、香東川浄化センターおよび鴨部川浄化センターへの流入濃度と同程度であるため、未処理水を排水しているような条件設定となっている。

case07～case08 での施肥および海底耕耘の条件を図 9 および図 10 に示す。施肥については『令和 2 年度漁場環境改善推進事業「栄養塩から見た漁場生産力回復手法の開発」成果報告書』を参考に、海底耕耘については『平成 31 年度漁場環境改善推進事業「栄養塩から見た漁場生産力回復手法の開発」成果報告書』を参考に、それぞれ設定した。

case09 の兵庫県からの T-N 負荷量を 2 倍とした条件を図 11 に示す。下水処理場や河川を区別せず一律 2 倍としている。

### (2) - 2 感度解析結果

各感度解析ケースの case02 からの表層 DIN の増減を図 12 に示す。変化の大きい case06 と case09 について表層 DIN、表層 Chl.a、および底層動物プランクトンについての case02 からの増減を図 13 および図 14 に示す。case06 については、DIN が沖合で 0.001mg/L～0.003mg/L 程度の増加傾向、Chl.a が東側沖合で 0.01μg/L～0.03μg/L 程度の増加傾向および西部の一部沿岸では最大 0.04 程度の減少傾向、動物プランクトンが沖合で 0.001mgC/L～0.002mgC/L 程度の増加傾向が見られた。case09 については、備讃瀬戸内では DIN および動物プランクトンが増加傾向、Chl.a は減少傾向が見られた。この減少傾向については、播磨灘側で動物プランクトンが急激に増え、動物プランクトンが備讃瀬戸へ侵入し、備讃瀬戸内での動物プランクトンの捕食量が増加した結果だと考えられる。

case02 を 100%としたときのイカナゴの体重・体長の増加割合を図 15 に示す。case09（兵庫県 2 倍）の増加割合が最も大きく、次いで case06（3 センター 30mg/L）の増加割合が大き

い結果となった。case07, case08（施肥＋海底耕耘）の変化は顕著には見られず、イカナゴに対しては局所的な対策だけでは不十分であることが考えられる。

ノリの生産量の増加割合を局所的対策（case07, case08）と大局的対策（局所的対策以外）で分けて図 16 に示す。施肥に加えて、冬季に海底耕耘を実施することでより効果が得られた。特に香川県の区画漁業権での影響が大きい傾向が見られた。

基礎生産量・動物プランクトンの摂餌量の増加割合を図 17 に示す。case01 では管理運転することで、基礎生産量は 0.1%、摂餌量は 0.4%増加し、case06 では 3 センターで管理運転をすることで、基礎生産量は 0.3%、摂餌量は 1.0%増加した。case09 では兵庫県からの T-N 負荷量を 2 倍にすることで、基礎生産量は 1.4%、摂餌量は 2.9%増加した。

## (2) - 3 感度解析のまとめ

感度解析結果のまとめを以下のとおり示す。

- ・ 表層 DIN について、兵庫県からの T-N 濃度を 2 倍にしたときが最も影響範囲が広く、次いで 3 センターで T-N 濃度を 30mg/L とした時の影響範囲が広がる傾向が見られた。
- ・ センター別にみると、岡東浄化センターの T-N 濃度を 25mg/L としたケースと香東川浄化センターの T-N 濃度を 25mg/L としたときの影響範囲が広がった。
- ・ イカナゴの体重・体長については、下水処理場からの負荷量に伴って増加する傾向が見られた。
- ・ ノリの生産量については、施肥・海底耕耘による効果が見られており、特に香川県側での効果が大きく出る傾向が見られた。

## 【参考文献】

丸尾哲平, 市川哲也, 田口浩一, 橋口晴穂, 今尾和正, 反田實. 大阪湾・播磨灘における低次生態系モデルと結合したイカナゴ生活史モデルの開発. 海洋理工学会令和 2 年度秋季大会, 2020.

丸尾哲平, 反田實, 田口浩一, 市川哲也, 橋口晴穂, 今尾和正. 大阪湾・播磨灘におけるイカナゴ生活史モデルの開発-低次栄養段階生態系モデルとの結合-. Journal of Advanced Marine Science and Technology Society, Vol. 27, No. 1, pp. 15-30, 2022.