

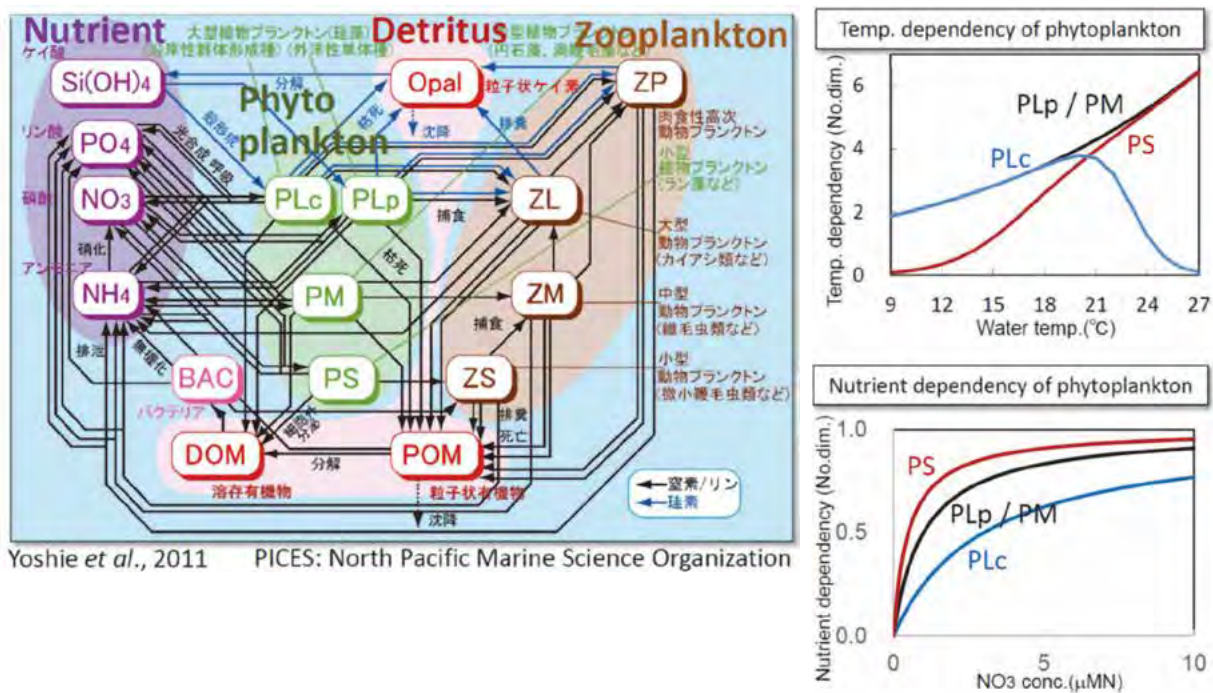


図1 海洋低次生態系モデル eNEMURO の概略と植物プランクトンの温度・栄養塩依存性

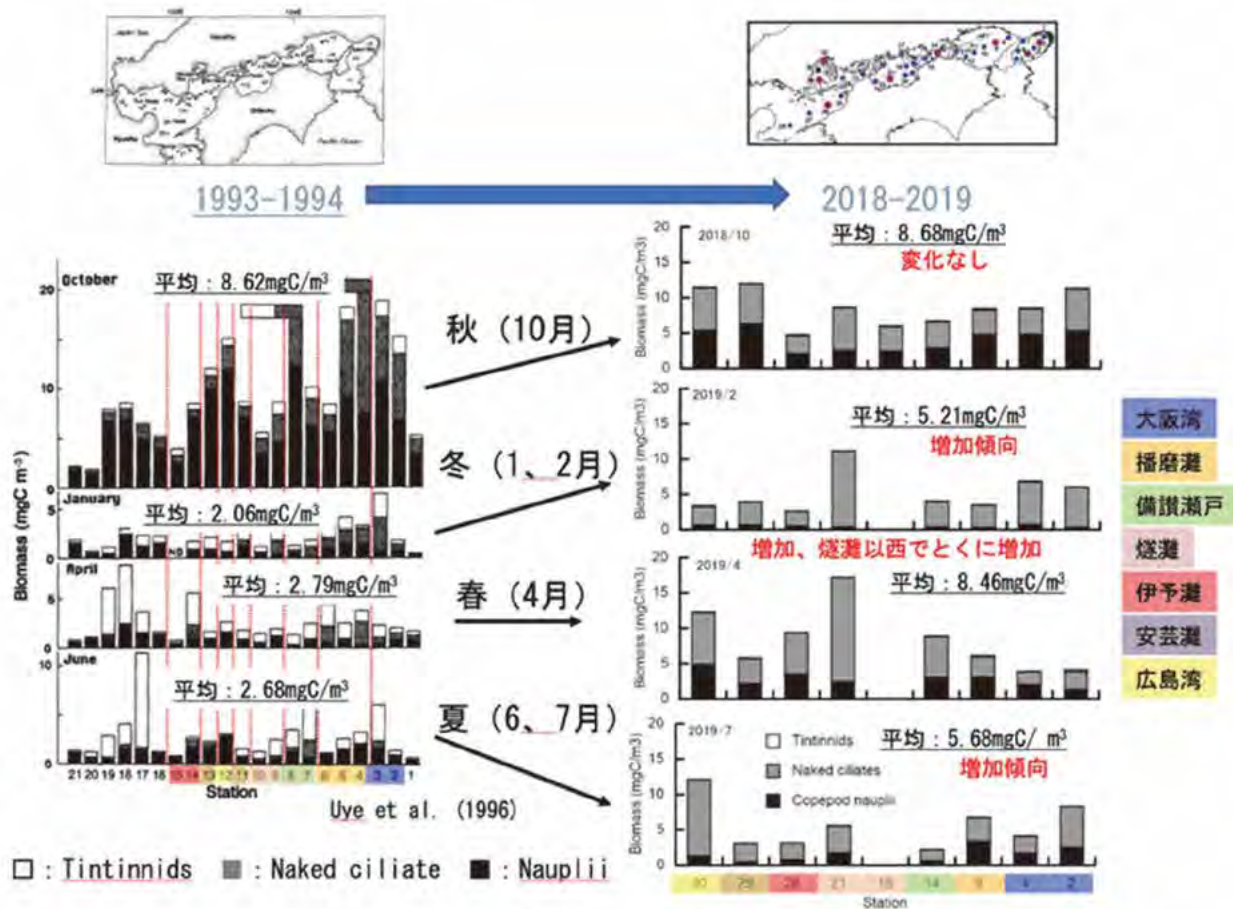


図2 1990年代と2010年代末の微小動物プランクトン現存量の比較

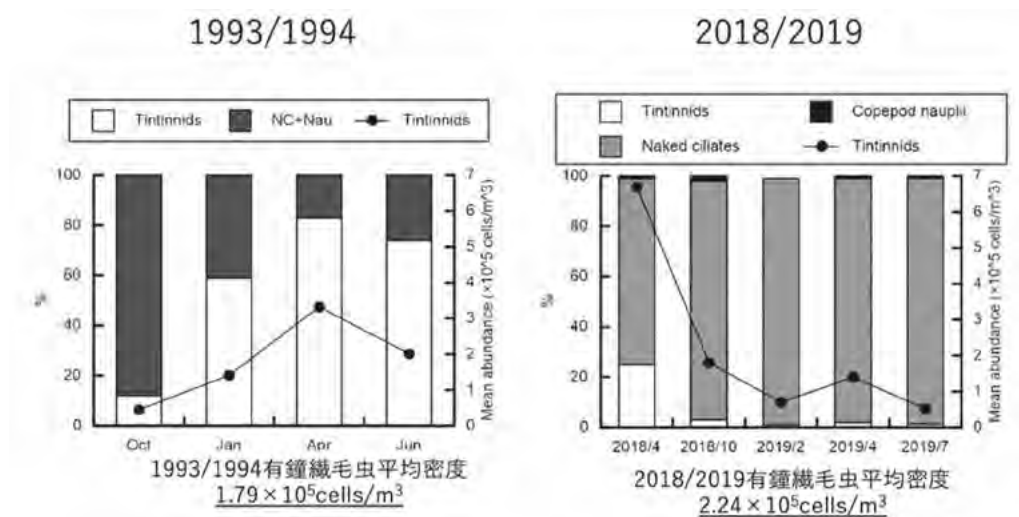


図3 1990年代と2010年代末の微小動物プランクトンの組成と現存量の比較

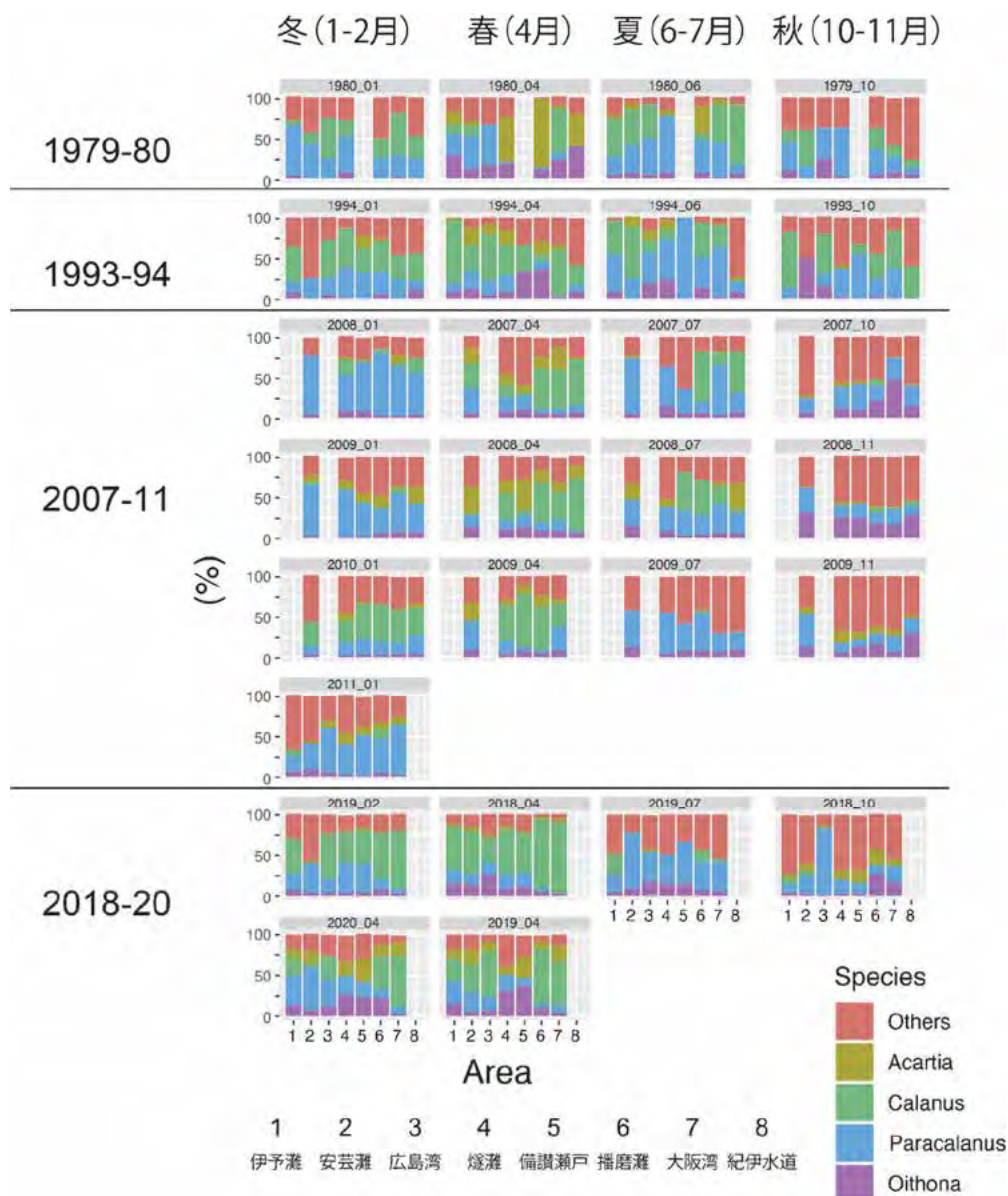


図4 4つの年代(1979~1980年:80年代, 1993~1994年:90年代, 2007~2011年:2000年代末, 2018~2019年:2010年代末)のメソ動物プランクトンの組成の比較

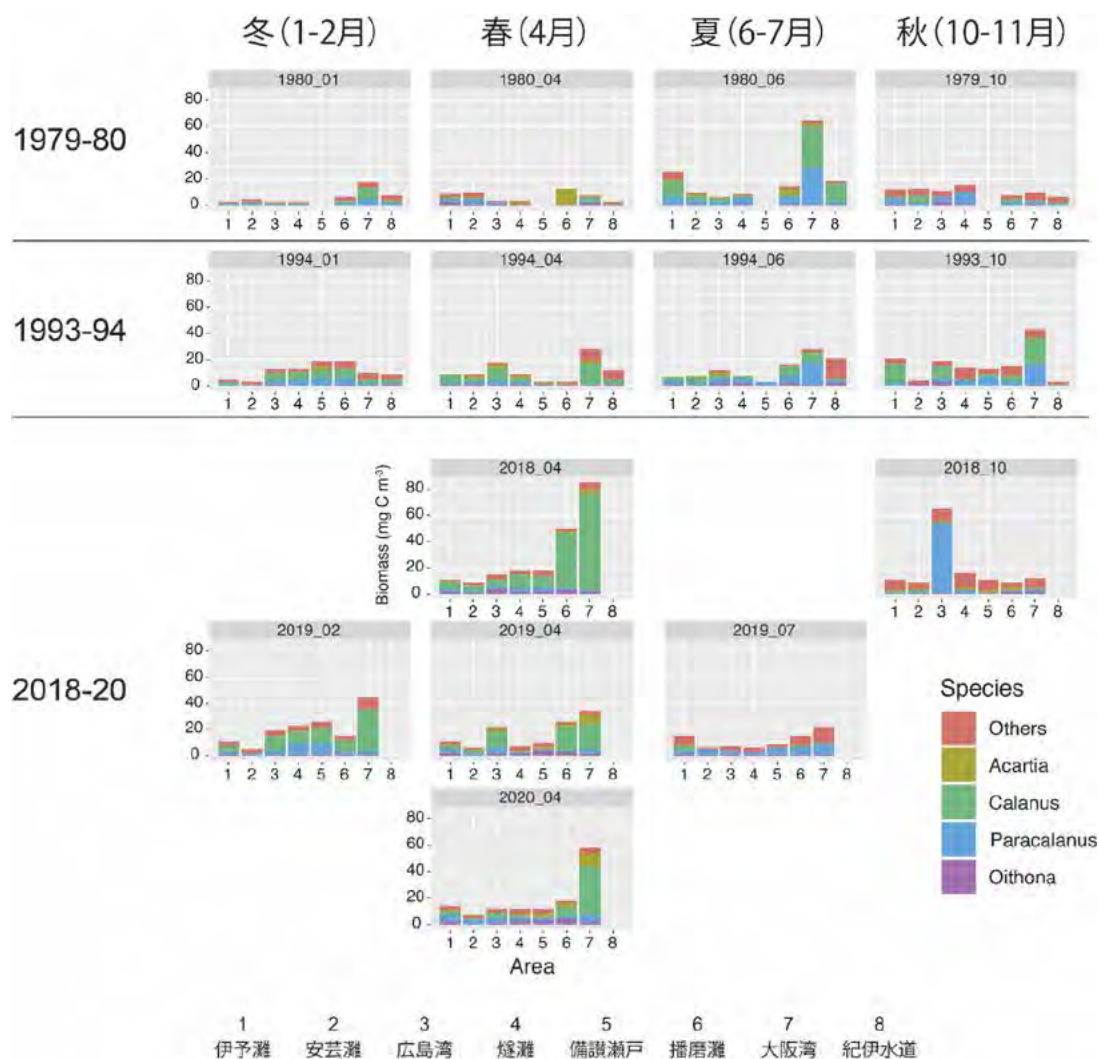


図5 3つの年代（1979～1980年：80年代，1993～1994年：90年代，2018～2019年：2010年代末）のメソ動物プランクトンの組成と現存量の比較

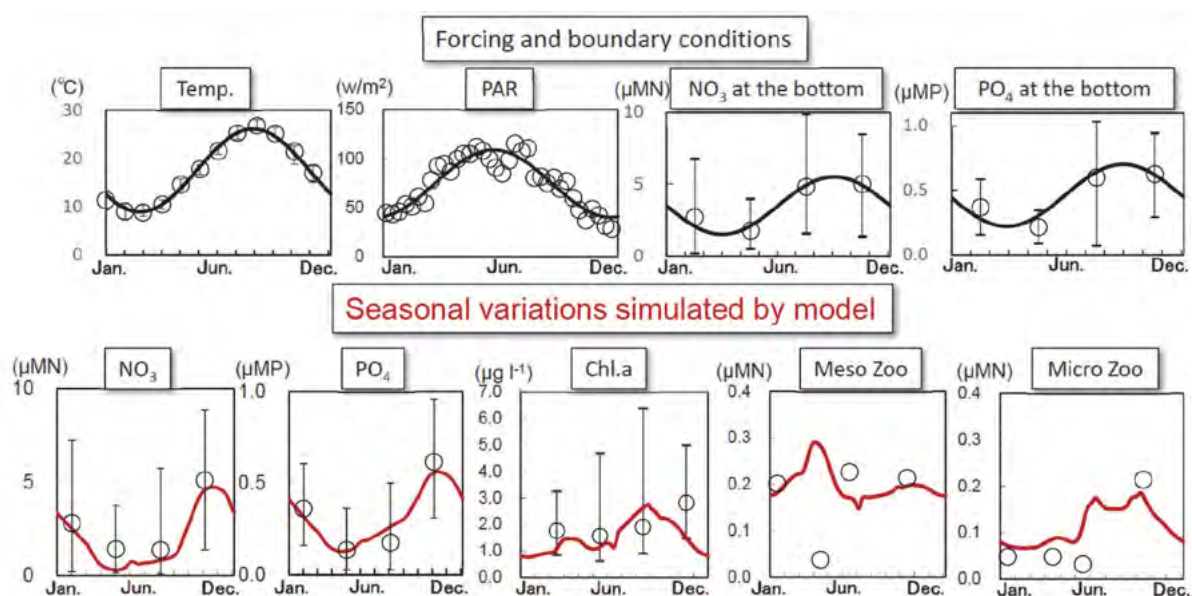


図6 生態系モデルの境界条件と再現された低次生態系構成要素の季節変化

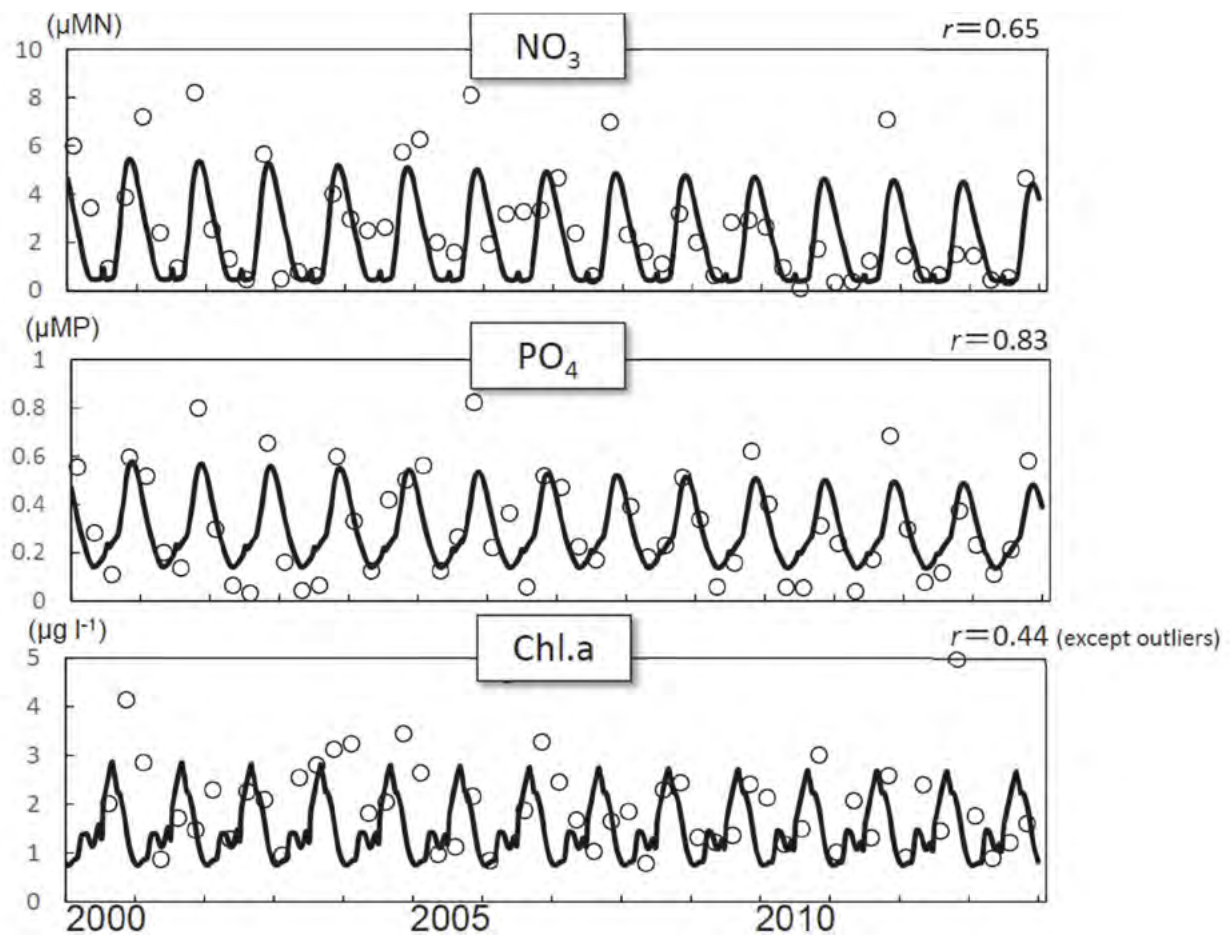


図7 生態系モデルにより再現された栄養塩と Chl.a 濃度の経年変化

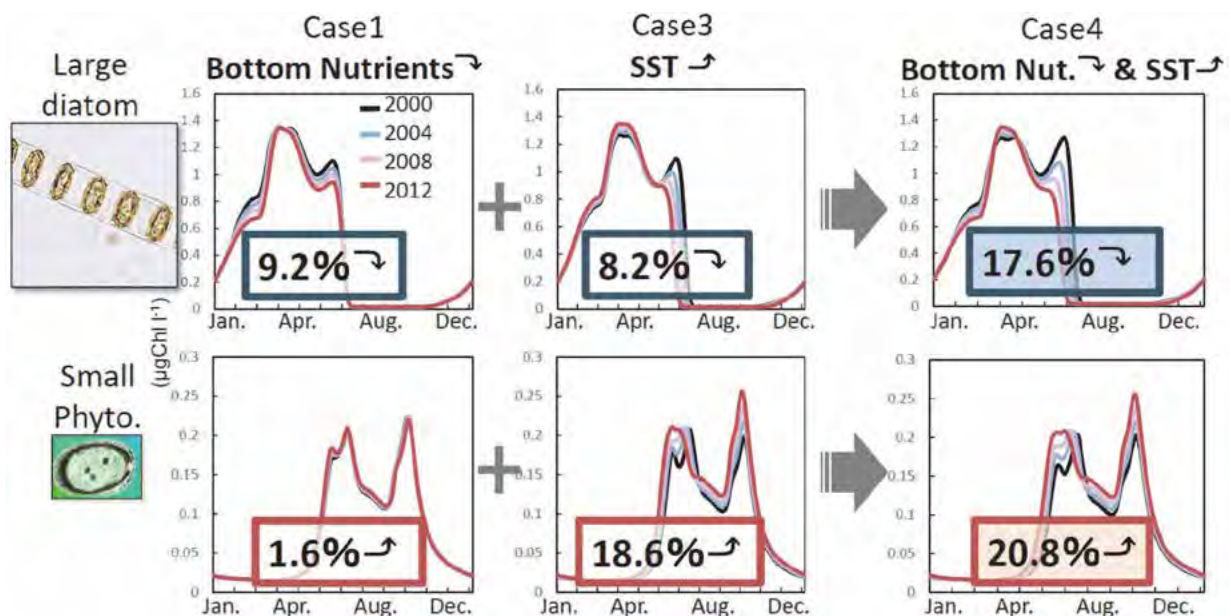


図8 モデルにより推定された栄養塩供給減少と水温上昇に伴う大型珪藻および小型植物プランクトンの応答

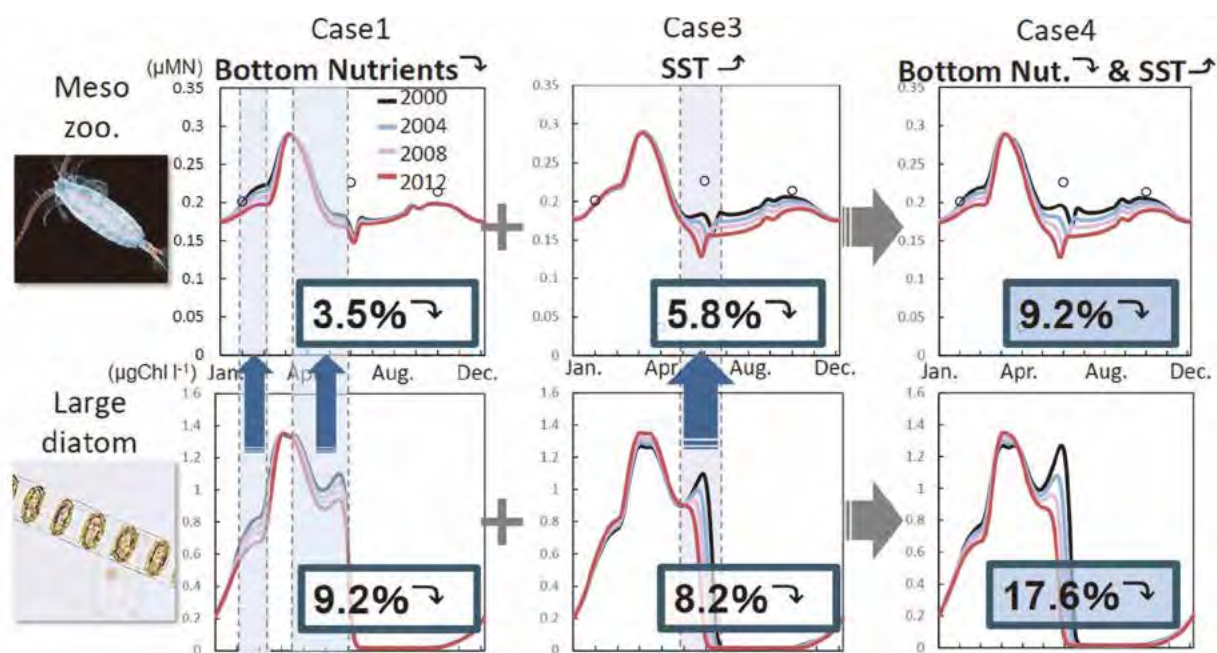


図9 モデルにより推定された栄養塩供給減少と水温上昇に伴うカイアシ類および大型珪藻の応答

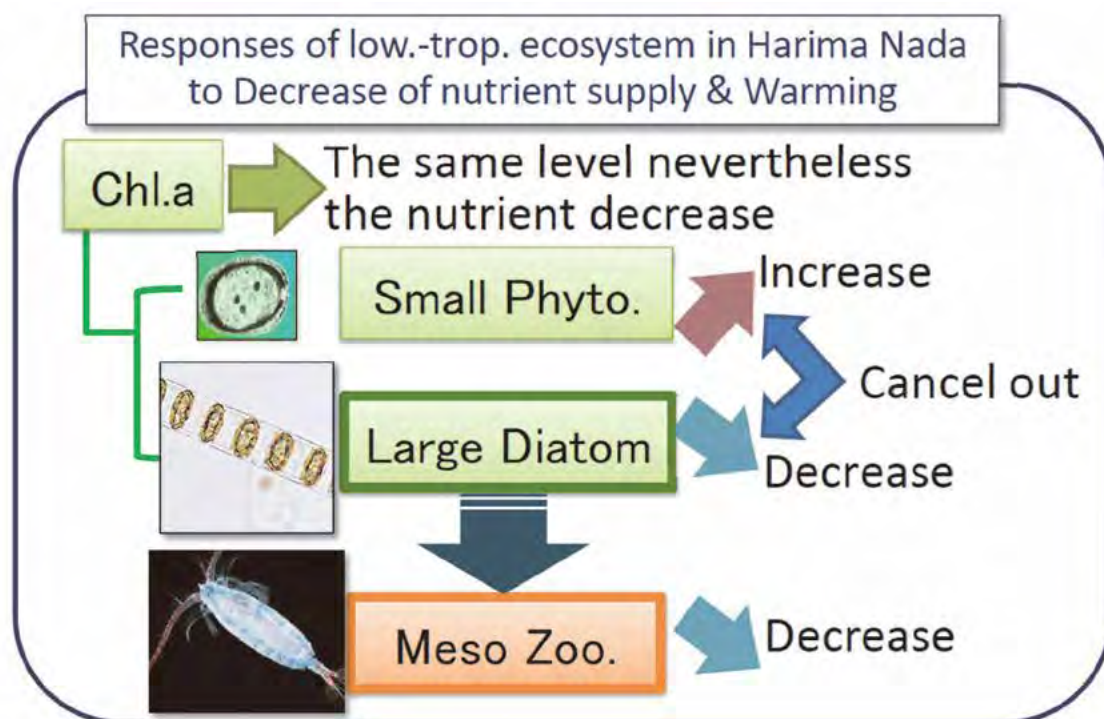


図10 モデルにより推定された栄養塩供給減少と水温上昇に伴う低次生態系応答の概略

課題番号：2) -イ

課題名：水質環境及び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

山本昌幸，西岡俊洋，宮川昌志

【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 2021）。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、まず、燧灘の餌料環境およびカタクチイワシ卵仔魚等の調査を行い、過去約 20 年間の動向と比較した。次に、これまでに得られた燧灘におけるカタクチイワシの加入低迷と低次生産環境の因果関係について、燧灘東部海域における海洋環境の調査結果に基づいて、栄養塩、クロロフィル a、カイアシ類などの低次生産環境の動態を調べた。最後に、漁獲量統計や産卵調査の結果に基づいて、プランクトン食性魚等の漁獲動向や産卵状況を調べた。

【方法】

(1) 燧灘における海洋環境調査およびカタクチイワシの産卵・生物調査

2021 年 4～9 月において、CTD や採水などによる海洋環境（水温、動物プランクトン）調査、丸特ネットなどを用いたカタクチイワシ卵仔魚調査などを行った。また、漁獲された雌親魚の肥満度の月別変化、耳石の日齢査定結果などに基づいた仔稚魚の発生日別漁獲尾数を推定した。肥満度は次式により求められた：肥満度＝ $\text{卵巣除去体重} \times 10^6 / \text{SL}^3$ 。1994～2021 年において 6 月に採集された雌親魚について、一般化線形モデル（GLM）を用いて肥満度の動向を調べた。仔稚魚の発生日別漁獲加入尾数（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）。各月の総産卵数の推定について、河野・銭谷（2008）に従って、卵発生と水温の関係や卵期の生残率（0.6）などを考慮して求めた。

産卵から加入までの初期生残指数として、産卵量当たり加入尾数（RPE, 10^{-3} ）を次式により求めた（Fujita et al. 2021）： $RPE = \text{加入尾数} / \text{総産卵数}$ 。さらに、2001～2005 年（豊漁年）および 2016～2021 年（不漁年）の初期生残（約 2 週齢）について、ボンゴネット採集による調査を実施し、Zenitani et al.（2007）に基づいて、仔魚の日間生残率をそれぞれ推定した。加入尾数と日間生残率の関係について、GLM を用いて解析した。

(2) カタクチイワシの加入低迷と低次生産環境との因果関係（低次生産環境の動向）

2001～2019 年 4～8 月に実施された海洋環境調査に基づいて、栄養塩およびクロロフィル a 濃度の動態を線形混合効果モデル（LMEM, 採集月＝ランダム効果）により調べた。なお、栄養塩（溶存無機態窒素（DIN）、リン酸（ PO_4 ）、ケイ酸（ $Si(OH)_4$ ））は表層、20m、底層、クロロフィル a は表層からそれぞれ採取されたデータを解析に用いた。さらに、塩分と水温関係における DIN とクロロフィル a 濃度を調べるため、データを次式により標準化した：標準値＝（観察値－平均）／標準偏差。さらに、DIN とクロロフィル a 濃度に及ぼす水温と塩分の影響を一般化加法モデル（GAM）により調べた。ノルパックネットにて採取されたカイアシ類について、カタクチイワシ親魚の摂餌選択性などの結果から *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*, *Paracalanus parvus* を選定し、それらの現存量に及ぼす水温の影響における経年変化を GAM により調べた。なお、カイアシ類各種の炭素重量（ mg/m^3 ）は Uye（1982, 1991）に基づいて推定した。

(3) プランクトン食性魚等の漁獲・産卵の動向

1981～2017 年における燐灘と大阪湾のプランクトン食性魚 4 種 5 項目（カタクチイワシ、シラス、アジ類、サバ類、イカナゴ）の漁獲動向を調べた。なお、魚類の食性判別は多々良（1981）に従った。漁獲量は魚種毎に標準化（上述）した後、GAM を用いてそれぞれの動向を調べた。次に燐灘の香川県沿岸で漁獲されたカタクチイワシ（チリメン、カエリ）、コノシロ、サヨリ、サワラについて、漁獲努力量（CPUE＝漁獲量/隻数）の経年変化を GAM により調べた。なお、燐灘のコノシロは、筋肉の炭素・窒素安定同位体比の分析結果から、カタクチイワシと同じ栄養段階であることが示されている（銭谷ほか 2013）。また、サヨリについて、サヨリ 1 才魚の CPUE は同じ年に発生したカタクチイワシの加入量と有意な相関があることが報告されている（山本 2007）。さらに、1996～2019 年の 5、6 月に実施された産卵調査に基づいて、カタクチイワシ卵の出現割合を調べるとともに、2019 年に採取された卵、仔魚の魚種別割合（プランクトン食性魚のみ）を調べた。

【結果】

(1) カタクチイワシの肥満度、餌料環境、加入量、初期生残の動向

雌親魚の肥満度は 1994 年以降減少しており、過去 3 年間（2019～2021 年）はいずれも低位であった（図 1a）。2021 年 4～8 月のカイアシ類密度は、2019、2020 年および過去 20 年間の平均に比べて、最も低く推移した（図 1b）。加入の主群である 5、6 月発生群は、2010 年以降低迷しており、2021 年の加入尾数は過去 10 年間（2012～2021 年）で 4 番目に低かった（図 2）。一方、産卵数当たり加入尾数は、年変動が大きいものの、2010 年までは高位（平均 27.53）

で推移したが、2014 年以降は極めて低位（平均 0.42）で推移し、2021 年 5、6 月の平均は 0.48 であった（図 3a）。加入尾数と初期生残率（ボンゴネット調査）の関係には有意な正の相関が認められた（ $R^2=0.48$ ）。しかし、2001～2005 年と 2016～2021 年の間には明確な違いが認められ、後者は加入尾数および日間生残率ともに低かった（図 3b）。以上の結果から、燧灘のカタクチイワシの加入量は依然として低位で推移していることが明らかになった。このことは、初期生活史における餌を巡るコホート内競争の激化によって仔魚の生残が減少していること（Fujita et al. 2021）、親の餌環境が悪化することに伴い卵質が低下し、仔魚の成長が悪化すること（Yoneda et al. 投稿中）などにより、カタクチイワシの初期減耗が以前よりも拡大していることに起因しているためではないかと考えられた。

2001～2021 年におけるカタクチイワシの銘柄別漁獲量から、2021 年の総漁獲量は過去 21 年間で最も低く、特に、チリメンやカエリに加えて、大羽の漁獲量の減少が顕著であった（図 4）。燧灘で採取されたカタクチイワシの体長組成から、大羽の被隣体長は経年的に減少していること、産卵数の長期変動解析から 10～11 月の産卵量が近年増加していること（米田 未発表データ）が示されていることから、近年の大羽の多くは夏～秋に発生した群であると推察される。このため、今後は夏～秋における海洋環境やカタクチイワシの産卵・初期生残の動向にも着目しながら、燧灘のカタクチイワシの生産量に及ぼす低次生産環境の影響を考慮していく必要があると考えられた。

(2) カタクチイワシの加入低迷と低次生産環境との因果関係（低次生産環境の検証）

2001～2019 年において DIN は経年的に減少していることが明らかになった（ $p<0.001$, 図 5a）。一方、 PO_4 は 2001 年以降有意に増加していたが（ $p<0.001$, 図 5b）、 $Si(OH)_4$ には有意な増減は認められなかった（ $p>0.05$, 図 5c）。クロロフィル a 濃度は年変動が比較的大きかったが、有意な増減は認められなかった（ $p>0.05$, 図 5d）。クロロフィル a と栄養塩との関係を調べたところ、クロロフィル a と DIN との間に有意な正の相関が認められた（ $p<0.05$ ）。

4～8 月の塩分と水温の関係における DIN とクロロフィル a 濃度を調べたところ、6～8 月に認められる低塩分時（28～31‰）においていずれも増加する傾向が認められた（図 6）。一方、4～5 月には DIN およびクロロフィル a とともに低位であった。そこで、DIN とクロロフィル a 濃度に及ぼす水温と塩分の影響の有無を調べたところ、いずれも両者に有意な影響を受けていることが判明したが、その影響度合いは DIN とクロロフィル a において異なっていた（図 7）。DIN は塩分よりも（ $p<0.05$ ）水温に対して強い影響を受け（ $p<0.001$ ）、20℃以上で濃度が高くなったが、26℃以上では急激に減少した。クロロフィル a は 20℃前後で小さなピークをもつドーム型の水温応答を示したが（ $p<0.05$ ）、塩分 32‰以下において急激に増加した（ $p<0.001$ ）。以上のことから、燧灘における植物プランクトンの生産は降雨（梅雨や台風）に伴う陸域負荷の影響を強く受けていることが示唆された。

カイアシ類 3 種類の現存量に及ぼす水温の影響における経年変化を調べた結果、*Calanus sinicus* と *Corycaeus affinis* は低水温帯で、*Paracalanus parvus* は高水温帯で現存量が高いことが示された（図 8）。しかし、*Calanus sinicus* の現存量は 2000 年代前半には 20℃以上でも高かったが、経年的に減少し、2010 年以降は調査した全水温範囲（15～27℃）で低位であった。肉食性である *Corycaeus affinis* の現存量は 2010 年までは 20℃以上において高かったが、その後は高水温帯で現存量の減少が認められ、2015 年以降では低水温帯でも現存量が減少した。一方、*Paracalanus parvus* の現存量の占める割合はカイアシ類の中で最も高く（約 50%）、2001

～2019 年において、20～27℃の高水温帯で現存量が比較的高いまま推移した。以上の結果から、低水温期である 5 月を中心に出現する *Calanus sinicus* と *Corycaeus affinis* は経年的に減少しているが、6～7 月の高水温期で出現する *Paracalanus parvus* の現存量は比較的安定していることが示唆された。

以上の結果に基づいて、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、特に低次生産関係について再検討した結果が図 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、梅雨や台風時期に入る前の 5～6 月前半における植物プランクトン（珪藻）の生産性が縮小していると考えられる。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カイアシ類の減少を招いていることが示唆される。さらに、当該海域では過去 26 年間の 4～6 月において昇温の早期化が認められており（Fujita et al. 2021）、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。このような低次生産環境の変化が、カタクチイワシの産卵・初期生態特性に負の影響を及ぼすことにより（米田ほか 2020）、加入の低迷に至っていると推察された。

(3) プランクトン食性魚等の漁獲・産卵の動向

1981～2017 年におけるプランクトン食性魚の総漁獲量において、燧灘では 95%がカタクチイワシ、大阪湾では 69%がカタクチイワシ、23%がイカナゴでそれぞれ占められていた。プランクトン食性魚の総漁獲量は、いずれの海域でも 1980 年代にピークを示した後、90 年代にかけて急激に減少し、2000 年代以降低位で推移した（図 10a, d）。一方、カタクチイワシ（シラス含む）の総漁獲量は 90 年代後半以降において両海域で相違が認められた（図 10b, e）。燧灘では 2000 年代にやや増加した後、減少しているのに対して、大阪湾では緩やかに増加していた。イカナゴは両海域ともに類似した傾向を示し、いずれも 1980 年以降減少していることが示された（図 10c, f）。カタクチイワシの総漁獲量における海域間の相違は生活史パターンの違いに影響している可能性がある。燧灘のカタクチイワシは全生活史を当該海域で全うすると考えられており（Fujita et al. 2021）、加入量の低迷が漁獲量の減少につながっていると考えられる。一方、大阪湾のカタクチイワシは外海（太平洋）との往来があることが報告されている（高尾 1990）が、近年では冬季の高水温化の影響（Yamamoto et al. 2020）により大阪湾内で越冬していることが漁獲量の増加に起因しているかもしれない。

燧灘のカタクチイワシ（シラス・チリメン）の CPUE は 2003 年以降減少の一途を辿った（図 11a）。コノシロとサヨリの CPUE は 1999～2002 年に急激に減少した後、低位で推移した（図 11b）。サワラの CPUE は 1999～2003 年に急激に減少し、2007 年まで低位で推移したが、2008 年以降、CPUE は増加した（図 11c）。これは同期間において瀬戸内海におけるサワラの加入量が増加していることと一致している（片町・山本 2021）。

燧灘で採取された 5、6 月のカタクチイワシ卵の出現割合は経年的に大きく変化していることが示された（図 12）。1990 年代後半～2000 年代後半におけるカタクチイワシ卵の出現割合は概ね 25～75%であったが、2010 年以降では 80～90%に上昇した。2019 年に採取された卵と仔魚の魚種別出現割合を調べた結果、カタクチイワシが他の魚種を圧倒しており、卵では約 92%（2 番目のコノシロは約 7%）、仔魚では約 98%（2 番目のアジ類は約 2%）であった（図 13）。以上のことから、コノシロやサヨリのプランクトン食性魚の生産量は、カタクチイワシの春季発生群と同様に、経年的に減少していることが示され、上述した餌料条件を含む低次生産環境の変化がその一因ではないかと考えられた。一方、サワラ仔稚魚の生残は餌生

物であるカタクチイワシやコノシロ仔稚魚の豊度に影響を受けることが知られている (Shoji & Tanaka 2005)。燧灘におけるカタクチイワシの産卵量が経年的に増加している一方で、加入量(チリメン・カエリ)と産卵量の間に認められた負相関(卵は多いが、仔稚魚が少ない; Fujita et al. 2021)の一因にはサワラによる捕食圧が影響しているかもしれない。カタクチイワシは、春～初夏に産卵期を迎えるコノシロやサヨリとは異なり、春～秋の長期間にわたって産卵を継続することが知られている(河野・銭谷 2008)。カタクチイワシの夏～秋の加入状況は不明であるが、春～夏において性成熟を開始する中羽や産卵群の主体である大羽が常に漁獲されていること(図4)により、結果として、近年ではカタクチイワシの卵仔魚が優占することになったのではないかと考えられた。

【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.
- 片町太輔, 山本圭介. 令和 2 (2020) 年度サワラ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, 1-40.
<http://www.abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202059.pdf>, 2021.
- 河野悌昌, 高橋正知. 令和 2 (2020) 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, 1-125.
<http://www.abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202025.pdf>, 2021.
- 河野悌昌, 銭谷 弘. 1980～2005 年の瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵量分布. 日水誌, 74, 636-644, 2008.
- Shoji J, Tanaka M. Distribution, feeding condition, and growth of Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) larvae in the Seto Inland Sea. *Fish. Bull.*, 103, 371-379, 2005.
- 高尾亀次. 瀬戸内海におけるカタクチイワシの回遊・産卵. 水産技術と経営, 3, 9-17, 1990.
- 多々良薫. 基礎生産と漁獲量との関係ー漁業による基礎生産の利用ー(瀬戸内海におけるモデル計算). 南水研報, 13, 111-133, 1981.
- Uye S. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 38, 149-158, 1982.
- Uye S. Temperature-dependent development and growth of the planktonic copepod *Paracalanus* sp. in the laboratory. *Bull. Plankton Soc. Japan Spec.*, 627-636, 1991.
- Uye S. Why does *Calanus sinicus* prosper in the shelf ecosystem of the Northwest Pacific Ocean? *ICEN J. Mar. Sci.*, 57, 1850-1855, 2000.
- 山本昌幸. 瀬戸内海燧灘東部におけるサヨリ *Hyporhamphus sajori* の体長とカタクチイワシ加入量から予測されるサヨリの CPUE. 日水誌, 73, 1090-1095, 2007.
- Yamamoto M, Omi H, Yasue N, Kasai A. Correlation of changes in seasonal distribution and catch of red sea bream *Pagrus major* with winter temperature in the eastern Seto Inland Sea, Japan (1972-2010). *Fish. Oceanogr.* 29, 1-9, 2020.
- 米田道夫, 中村政裕, 河野悌昌, 高橋正知, 山本昌幸, 西岡俊洋, 宮川昌志. 2) -イ 水質環境及び餌料環境と小型魚類生産量との因果関係の評価. 令和 2 年度漁場環境改善推進事

業のうち栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査報告書, 水産庁, 東京. 71-79, 2021.

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.

銭谷 弘, 河野悌昌, 亘 真吾, 塚本洋一. 瀬戸内海燐灘におけるクラゲ・クシクラゲ類, 浮魚類の栄養段階:炭素・窒素安定同位体比による評価. 水産海洋研究, 77, 68-82, 2013.

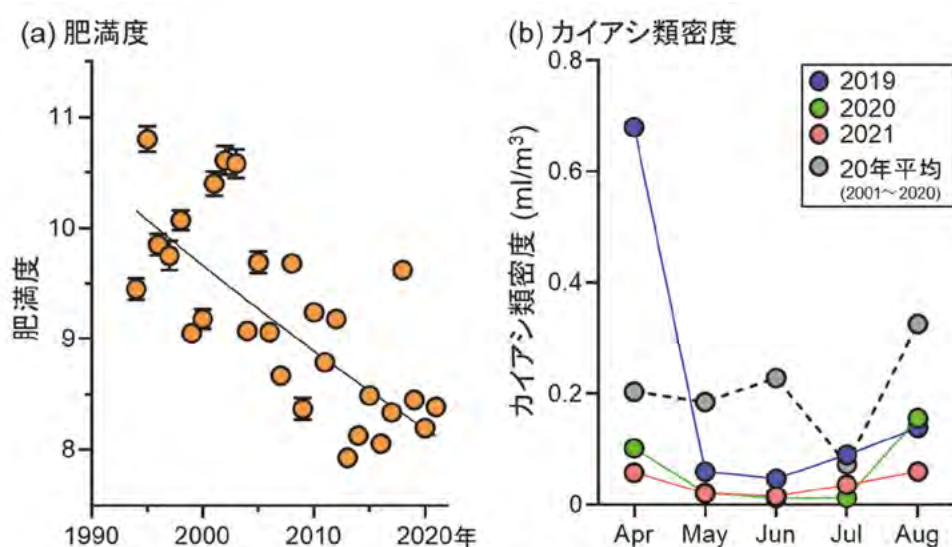


図1. カタクチイワシ雌親魚の肥満度の経年変化(a, 1994～2021年; 6月) およびカイアシ類密度の月別変化(b)

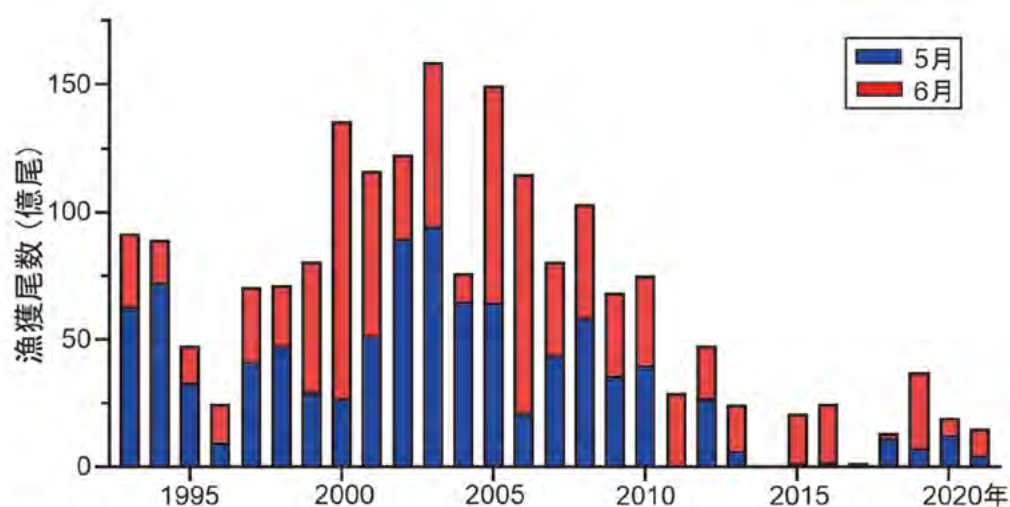


図2. カタクチイワシ仔稚魚5月、6月発生群の漁獲(加入)尾数の経年変化(1993～2021年)

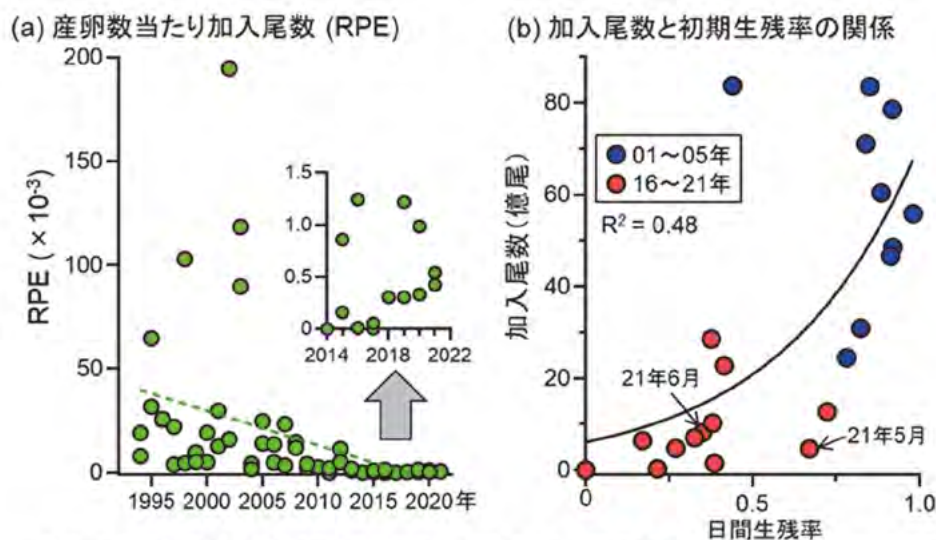


図3. カタクチイワシの初期生残指数: (a) 産卵数当たり加入尾数の経年変化 (1993~2021年; 5, 6月), (b) 加入尾数と初期生残率の関係 (2001~2005年, 2016~2021年; 5, 6月)

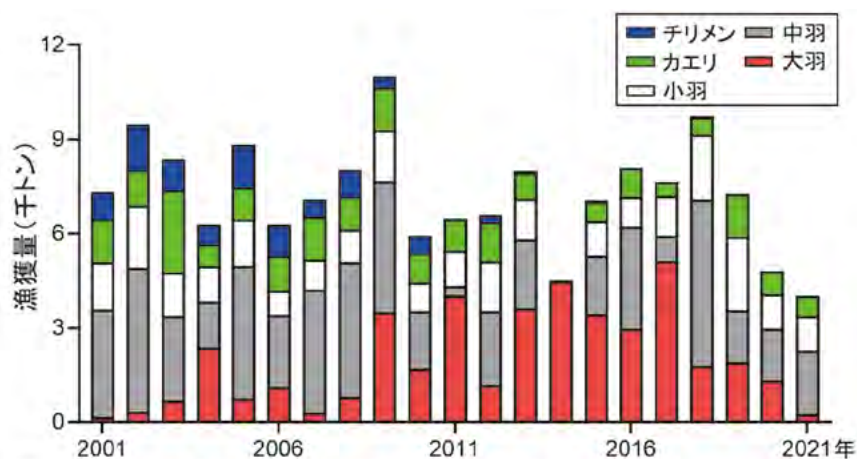


図4. カタクチイワシの銘柄別漁獲量の経年変化 (2001~2021年)

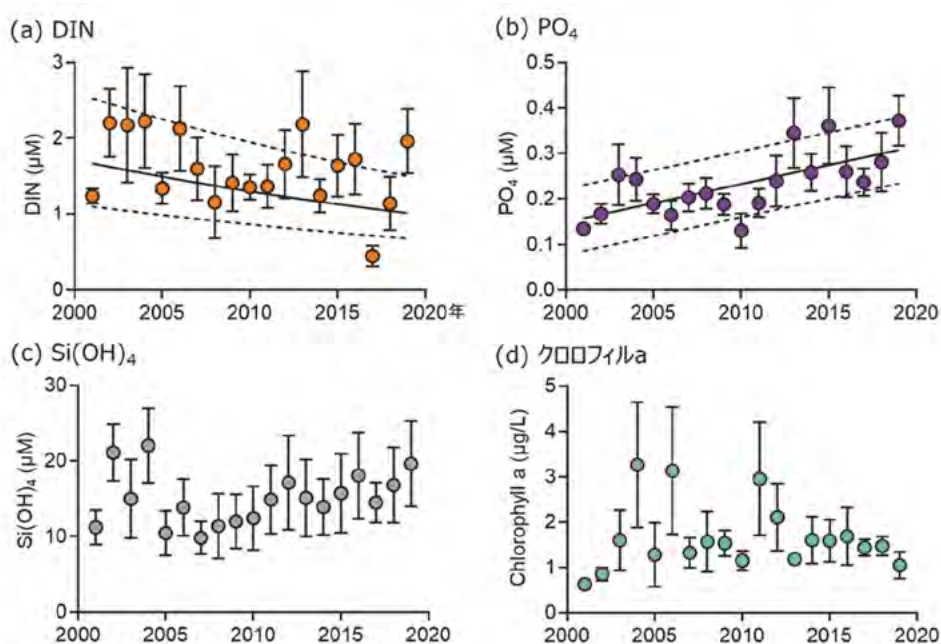


図5. 燧灘東部海域における栄養塩 (a~c) とクロロフィルaの経年変化 (2001~2019年4~8月, LMEM). (a) DIN, (b) PO_4 , (c) $Si(OH)_4$; 破線=95%信頼区間.

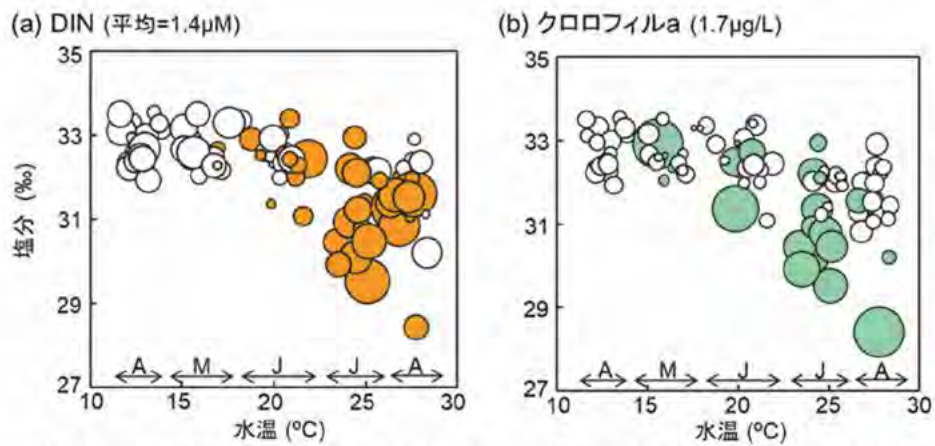


図6. 塩分－水温関係におけるDIN(a)とクロロフィルa濃度(b)の月別変化 (2001～2019年; 4～8月). データは標準化した値: 標準値=(観察値-平均)/標準偏差; 正の値=橙, 薄緑, 負の値=白.

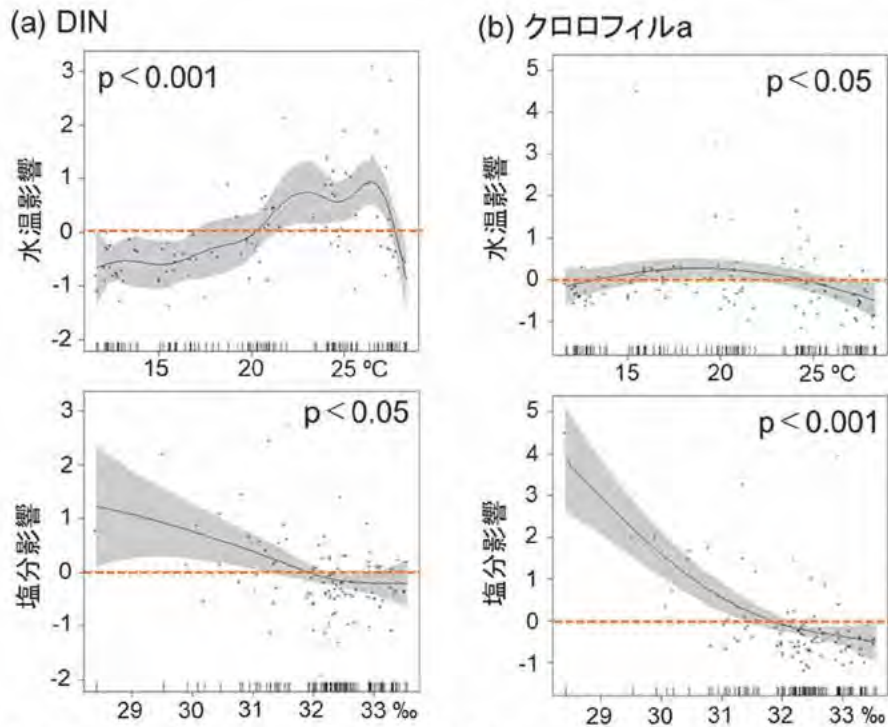


図7. DIN (a)とクロロフィルa濃度(b)に及ぼす水温(上)と塩分(下)の影響 (GAM). 灰色の陰=95%信頼区間

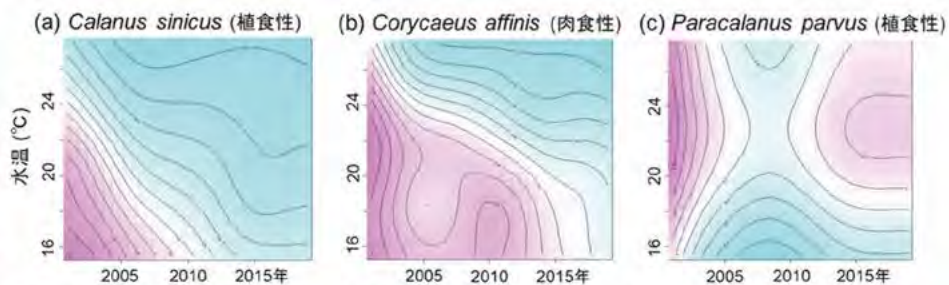


図8. カイアシ類現存量に及ぼす水温影響の経年変化 (GAM). 桃～白～水色=高位～中位～低位.



図9. カタクチイワシの加入低迷と低次生産環境の因果関係(更新)

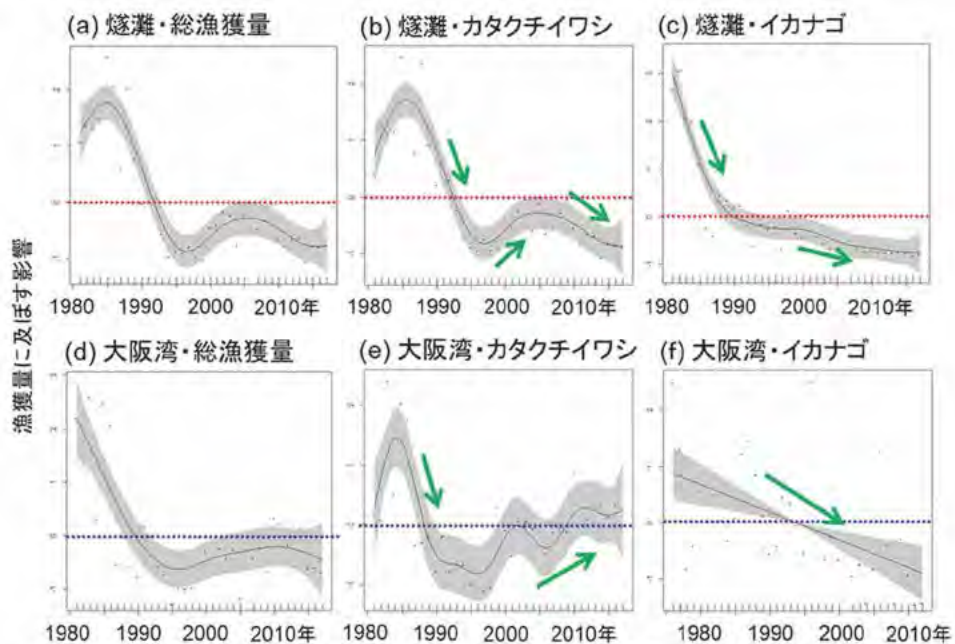


図10. 燧灘と大阪湾におけるプランクトン食性魚漁獲量の経年変化(1981~2017年, GAM). 灰色の陰=95%信頼区間.

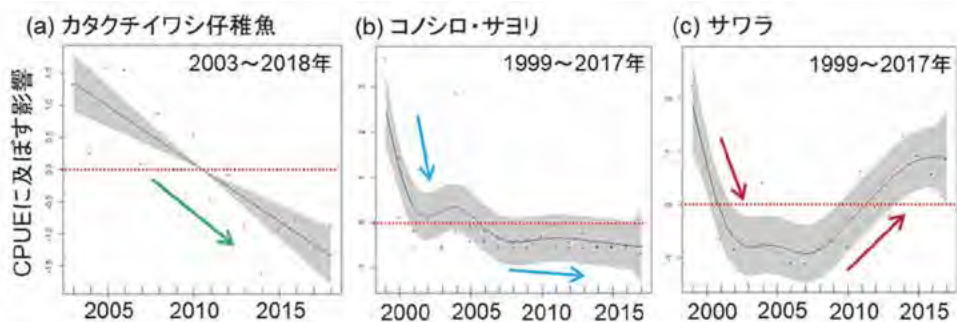


図11. 燧灘におけるカタクチイワシ仔稚魚、コノシロ・サヨリ、サワラの漁獲努力量(CPUE)の経年変化. 灰色の陰=95%信頼区間.

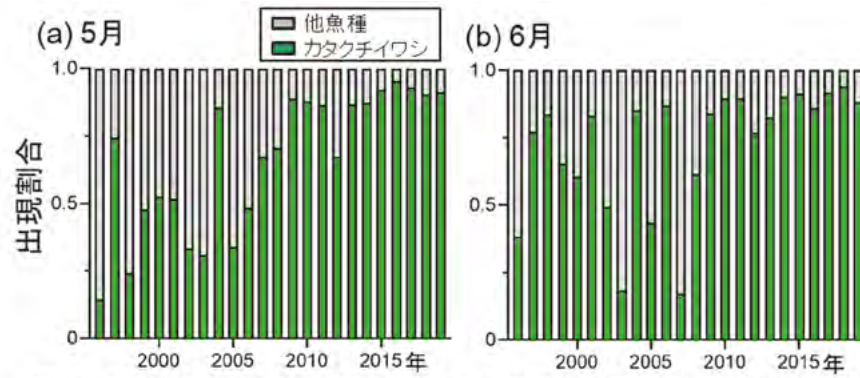


図12. 燧灘のカタクチイワシと他魚種における卵の出現割合の経年変化 (1996～2016年; 5月、6月).

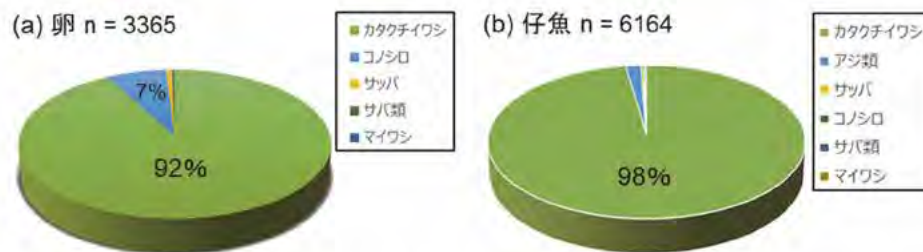


図13. 2019年の燧灘における卵と仔魚の魚種別割合 (プランクトン食性魚のみ).

課題番号：2) -イ

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 水産技術協会
シニア技術専門員 福田雅明
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

【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にできていない。

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。

【方法】

(1) 既往データの収集

モデルの構築に必要な環境データを収集した。

(2) モデルの構築

備讃瀬戸のイカナゴモデルの構築を行う前段階として、流動サブモデルおよび水質サブモデルを構築した。

【結果】

(1) 既往データの収集

モデル構築のために収集したデータ（表 1）の内、各河川の流域面積を示したものを図 1 に示す。また、気象データに関して収集した地点を図 3 に示す。

河川流量については、一級河川は水文水質データベースのデータを使用した。一級河川以外の河川流量については、最寄りの一級河川流量と、河川流量観測所の流域面積と河川全体の流域面積との比から算定してモデルの入力データとした。

流入負荷量については、水文水質データベースや公共用水域水質測定結果から収集した水質濃度（図 2）を元に一級河川の流入負荷量を算定した。

開境界の水温および塩分については、図 4 に示すような九州大学応用力学研究所が開発したデータ同化モデルである DREAMS_MH を使用した。DREAMS_MH ではメッシュサイズが粗く、燧灘～播磨灘の淡水流入の精度に懸念があるため、時系列変化は DREAMS_MH をベースとし、広域総合水質測定結果の開境界付近のデータとの誤差を勘案したデータを算定した（図 5）。

開境界の潮位変動については、図 6 に示す地点の調和定数を使用し、再現性検証では高松および宇野の実測潮位と比較した。

開境界の水質に関しては、図 7 に示すような広域総合水質測定結果を元に設定した。

（2）モデルの構築

（2）- 1 モデルの概要

構築したモデルの構成を図 8 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（図 9）、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 11 に示す。計算期間は 2008 年 12 月～2010 年 1 月とし、再現対象期間は 2009 年 1 月～12 月としてモデルの構築を行った。

（2）- 2 流動サブモデルの再現性

流動サブモデルの再現性について、潮位、潮流楕円、水温および塩分の時系列変化の比較結果を図 12～図 15 に示す。

潮位、水温および塩分に関しては、再現性は良好である。潮流楕円に関しては、再現性は概ね良好であるが、602 地点については水平格子の地形表現等の影響により、まだ課題が残る結果となっている。

（2）- 3 水質サブモデルの再現性

水質サブモデルの再現性について、T-N および DIN の時系列変化の比較結果を図 16 に示す。T-N および DIN とともに定量的な再現性としてはまだ課題が残る結果となっている。

（2）- 4 モデルに関する今後の課題

今後構築する粒子をイカナゴと見立てた計算では、流動サブモデルの影響が大きいことが予想されるため、流動サブモデルについては、潮流楕円で一部、再現性に課題が残っている点を解消する必要があると考えられる。これについては、潮流楕円の課題となっている地点を含むイカナゴの産卵場周辺について可変格子を適用することで、水平解像度を部分的に細かくする方法を検討する。水質サブモデルに関しては、引き続きデータ収集を行い、流入負荷量の精査および植物・動物プランクトンの種類およびパラメーターを設定する。

今後は、今年度構築したモデルに加えて、丸尾ら 2020 を参考として粒子をイカナゴと見立てた粒子追跡モデルを水質サブモデルと結合したモデルを構築する。

【参考文献】

- ・ 肥後竹彦, 高杉由夫, 田辺弘道, "瀬戸内海全域の潮流について", 中国工業技術試験所報告 No.12(1980).
- ・ 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.

表 1 収集データの概要

※: 肥後竹彦, 高杉由夫, 田辺弘道, 1980, "瀬戸内海全域の潮流について", 中国工業技術試験所報告 No.12.

調査名等	収集データ項目										収集期間	提供元
	調和定数	潮流楕円	河川流量	流域面積	気温	相対湿度	雲量	全日射量	降水量	風向・風速		
日本沿岸 潮汐調和定数表	●										-	海上保安庁(平成4年2月刊行)
瀬戸内海全域の潮流観測	●	●									1942年～1978年	肥後ら1980※
河川流量			●								2008年度～2010年度	国土交通省 水文水質データベース
流域メッシュ				●							2009年時点	国土交通省 国土数値情報
各気象台およびAMeDAS					●	●	●	●	●		2008年度～2010年度	気象庁
MSM-GPV										●	2008年度～2010年度	一般財団法人 気象業務支援センター

調査名等	収集データ項目											収集期間	提供元
	水温	塩分	溶存酸素	クロロフィルa	COD	全窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	全リン	無機態リン		
DREAMS_MH	●	●										2008年度～2010年度	九州大学応用力学研究所
広域総合水質測定	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2008年度～2010年度	水環境総合情報サイト(環境省)
公共用水域水質測定	●				●	●				●		2008年度～2010年度	
各河川の水質	●				●	●				●		2008年度～2010年度	国土交通省 水文水質データベース

