

## 伊勢・三河湾におけるマアナゴの資源動態と肥満度, 胃内容物組成及び餌料環境の変化

曾根亮太・日比野学・下村友季・鶴崎直文・横内一樹

(2021年10月29日受付, 2022年1月6日受理)

### Population dynamics, condition factor, stomach contents, and feeding condition of the common Japanese conger eel *Conger myriaster* in Ise-Mikawa Bay, Japan.

SONE Ryota <sup>\*1</sup>, HIBINO Manabu <sup>\*1</sup>, SHIMOMURA Yuuki <sup>\*2</sup>, UZAKI Naofumi <sup>\*1</sup> and YOKOUCHI Kazuki <sup>\*3</sup>

**Abstract :** To understand the decline factors of the common Japanese conger eel *Conger myriaster* stock in semi-closed bays, we investigated population dynamics, condition factor, stomach contents, and feeding condition of *C. myriaster* in Ise-Mikawa Bay. The fishing ground of *C. myriaster* caught by the small trawl fishery and the net pot fishery had been widespread and catch per unit effort (CPUE) for *C. myriaster* had been higher in the Bay in 2002-2004 and 2010-2012 (the high abundance period). Whereas the fishing ground had been shrunk considerably in 2018-2020 (the low abundance period) and CPUE for *C. myriaster* had been at a low level in the Bay in this period. The fishing ground was not found for the net pot fishery in the southern area of Ise Bay in 2018-2020. There were positive correlations between CPUE by small trawl fishery and condition factor (CF) of *C. myriaster*, and CF and stomach content index (SCI), respectively. CF and SCI were on a declining trend, respectively. The ratio of crustaceans in the stomach content of *C. myriaster* was on a declining trend from 2010 to 2020. The number of small crustaceans decreased mainly in the southern area of Ise Bay from 2010 to 2020. The number of macrobenthos, prey organisms of small crustaceans, also decreased in Ise-Mikawa Bay from 2008 to 2018. These results suggest that the lower condition factor of *C. myriaster* in Ise-Mikawa Bay was caused by feed intake reduction through the decline of the resource of prey organisms such as small crustaceans. In addition, this depression of the body condition of *C. myriaster* would affect the stock status of *C. myriaster* in Ise-Mikawa Bay. It was also implied that the decline of primary production from spring to autumn in the southern area of Ise Bay could cause the decline of the resource of prey organisms of *C. myriaster* in Ise Bay.

**キーワード:** マアナゴ, 肥満度, 胃内容物重量指数, 空胃率, 餌料環境, ボトムアップ効果

伊勢・三河湾においてマアナゴ *Conger myriaster* は主に小型底びき網漁業及びあなご籠漁業によって漁獲され、愛知県の重要水産資源である。愛知・三重両県による本海域における漁獲量は 2000 年頃までは 1,000 t 前後であり、全国有数の水揚げを誇っていたが、それ以降は減

少傾向を示し、近年では 200 t 台とピーク時の 1/5 程度となり、漁獲水準が極めて低下するとともに、本海域の資源量指標値である豊浜漁港小型底びき網の単位努力量あたりの漁獲量 (CPUE) も低水準で推移している (Fig. 1)。<sup>1)</sup>

<sup>\*1</sup> 愛知県水産試験場漁業生産研究所 (Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)

<sup>\*2</sup> 愛知県農業水産局水産課 (Fisheries Administration Division, Bureau of Agriculture and Fisheries, Aichi Prefectural Governmental Office, Sannomaru, Nakaku, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

<sup>\*3</sup> 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所 (Fisheries Resources Institutes, Japan Fisheries Research and Education Agency, Fukuura, Kanazawaku, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan)

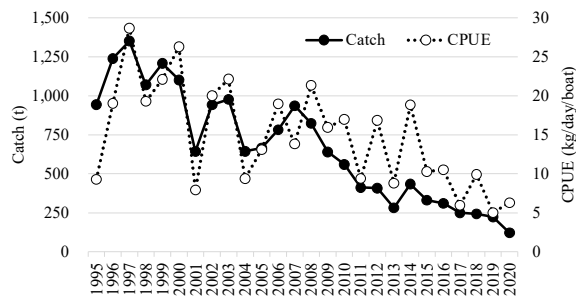


Fig. 1 Catch of *Conger myriaster* in Ise-Mikawa Bay and CPUE in Toyohama fishing port. <sup>1)</sup>

伊勢・三河湾のマアナゴは黒潮流域から葉形仔魚として接岸する来遊資源であり、<sup>1)</sup> 本資源水準は春季のイカナゴ漁業で混獲される「のれそれ（葉形仔魚）」漁獲量との関係性が高く、葉形仔魚の来遊量に影響を受けることが知られている。<sup>2)</sup> また、加入後の資源動態を左右する要因としては貧酸素水塊の影響があげられ、夏季に貧酸素水塊の縁辺部で漁獲されることにより漁獲効率が高まり、<sup>3, 4)</sup> 資源を圧迫することが考えられている。これらの課題に対して漁業者は網目拡大や再放流に取り組み、小型魚を保護することで成長管理を進めてきたが、<sup>5)</sup> 資源水準の低迷が続いている。

一方で、東京湾では葉形仔魚 CPUE や稚魚（メソアナゴ）CPUE とマアナゴ資源量指数に相関関係が認められているが、<sup>6)</sup> 葉形仔魚-メソアナゴやメソアナゴ-マアナゴ資源量指数との相関関係において、2000 年以降は相関関係が不明瞭になることが指摘されており、<sup>6, 7)</sup> この要因の一つとして来遊後の生残に影響を及ぼす内湾の基礎生産の低下が示唆されている。<sup>2)</sup> また、片山<sup>8)</sup> はマアナゴ全国漁獲量が仙台湾～常磐海域や九州北部の大陸棚漁場では安定している一方で、東京湾、伊勢・三河湾及び瀬戸内海ではいずれも減少していることを指摘している。これらのことから、本海域を含む内湾におけるマアナゴ資源の減少において、葉形仔魚の来遊量とは別の問題が生じている可能性が考えられる。

近年、伊勢・三河湾においては栄養塩やクロロフィル *a* 量の低下が指摘されており、<sup>9, 10)</sup> 低次生産が変化していると考えられる。低次生産の変化はマアナゴの餌料環境に影響を与え、資源水準を左右している可能性があるが、伊勢・三河湾においてマアナゴの餌料環境がどのように変化しているのかは明らかにされておらず、資源低迷要因の一つとして検証が必要と考えられる。

そこで、伊勢・三河湾におけるマアナゴの資源動向を把握するとともに、肥満度及び胃内容物組成の変化について約 10 年間のデータをもとに明らかにし、加えて餌料生

物関連データと比較し、マアナゴ資源低迷に関係する要因の検討を行った

## 材料及び方法

### 標本船調査

マアナゴの資源状況及び分布の変化を把握するため、2002 年から 2020 年にかけて小型底びき網漁船（5-6 隻）及びあなご罎漁船（3 隻）を標本漁家として、操業日誌の記録を依頼した。それぞれの漁法について、緯度・経度とも 2.5 分間隔に区切った漁場区画の単位努力量あたり漁獲量（CPUE、小型底びき網：kg/h/boat、あなご罎：kg/100traps）を集計し、2002-2004 年、2010-2012 年及び 2018-2020 年をそれぞれ資源量高水準期、中水準期及び低水準期の代表年とし、伊勢・三河湾で漁獲量の多くなる 4-9 月<sup>11)</sup> における月別漁場別 CPUE の 3 年間平均値を算出した。

### 肥満度・胃内容物組成

伊勢・三河湾におけるマアナゴの肥満度を把握するため、2002 年から 2020 年にかけて小型底びき網漁獲物から原則毎月選別前サンプルを入手し、全長、体重及び胃内容物重量を測定した。また、マアナゴの胃内容物組成を把握するため、2010 年 4 月以降のサンプルについては胃内容物の査定を行い、分類群別の湿重量を測定した。肥満度（Condition factor: CF）、胃内容物重量指数（Stomach content index: SCI）及び空胃率（Vacuity index: VI）はそれぞれ以下の（1）～（3）式により算出した。

$$CF = \frac{BW - SCW}{TL^3} \times 10^3 \quad (1)$$

$$SCI = \frac{SCW}{BW - SCW} \times 10^2 \quad (2)$$

$$VI = \frac{\text{空胃個体数}}{\text{全個体数}} \times 10^2 \quad (3)$$

ここで TL は全長 (cm)、BW は体重 (g)、SCW は胃内容物重量 (g) をそれぞれ示す。

### 餌料生物

胃内容物組成の査定結果から、主な餌料と考えられた魚類及び甲殻類の資源状況について検討した。餌料対象

となる小型浮魚類のイカナゴ *Ammodytes personatus* 及びイワシ類 (マイワシ *Sardinops melanostictus* 及びカタチイワシ *Engraulis japonicus*) については愛知県漁獲統計から漁獲量の推移を把握した。また、餌料と考えられた小型甲殻類のうちシャコ *Oratosquilla oratoria*, 小型クルマエビ類については伊勢湾小型底びき網の主要港である豊浜漁港の市場統計により漁獲量の推移を把握した。なお、小型クルマエビ類についてはサルエビ *Trachysalambria curvirostris* 及びアカエビ *Metapenaeopsis barbata* が含まれる「あかえび」銘柄の値を用いた。

漁獲統計や市場統計では把握できない他の餌料生物の動向については、愛知県水産試験場が伊勢湾を緯度・経度とも5分間隔に区切った15の調査区画 (Fig. 2 (a)) で年4回季節ごとに実施している試験操業 (漁場一斉調査) の採集物により資源状況の把握を行った。2010年夏季から2020年秋季の漁場一斉調査で得られたサンプルから餌料と考えられた小型甲殻類 (フタホシイシガニ *Charybdis bimaculata*, ケブカエンコウガニ *Carcinoplax vestita*, ヒメガザミ *Portunus hastatoides*, テッポウエビ属 Genus *Alpheus*) 及び小型底魚類 (ハゼ科 *Gobiidae*, ネズボ科 *Callionymidae*) について種または分類群ごとに個体数を計数し、単位曳網距離当たりの個体数の推移を把握した。

また、マクロベントスはマアナゴの餌料となるゴカイ類が含まれるとともに、これらの生物群は小型底魚類や小型甲殻類の餌料ともなる。このためマクロベントス個体数の推移を把握するために、環境省広域総合水質調査で年2回実施している底生生物調査 (<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, 2021年9月1日) のうち2008年から2018年にかけての伊勢・三河湾の6定点 (Fig. 2 (b); 測点

4, 10, 11, 27, 59, 61) におけるマクロベントス個体数密度を集計した。

## 結 果

### 標本船調査

小型底びき網及びあなご籠の標本船調査から、資源量高水準期 (2002-2004年), 中水準期 (2010-2012年) 及び低水準期 (2018-2020年) の月別漁場別 CPUE を Fig. 3 に示した。小型底びき網の CPUE はいずれの年代においても6-8月に CPUE が増加する傾向がみられたが、2018-2020年では他の年代と比べて6月の CPUE の増加が顕著ではなかった。また、小型底びき網の漁場分布を見ると、2002-2004年では期間を通して伊勢湾東部から中央部にかけて南北に広く漁場が形成され、三河湾にも漁場がみられ、2010-2012年でも同様の傾向であったが、伊勢湾の漁場がやや東部に縮小した。2018-2020年はそれまでの年代と比べると漁場が偏在しており、6月及び7月の伊勢湾では中部~北部に漁場が偏在し、8月の漁場は伊勢湾東部沿岸に集中していた。あなご籠の CPUE は2002-2004年では期間を通して CPUE が安定し、2010-2012年では4-7月まで CPUE が高い水準であったが、8月以降は大幅に低下した。また、2018-2020年はそれまでの年代と比較して、期間を通して CPUE が大幅に低下する傾向がみられた。あなご籠の漁場分布は2002-2004年では期間を通して伊勢湾全域及び三河湾に広く漁場が形成されていた。2010-2012年の4-7月は伊勢湾で広く漁場が形成されたが、8月以降は CPUE の低下に伴い、漁場は限定的となった。2018-2020年では期間を通して漁場が極端に縮小し、漁場は伊勢湾北部、東部沿岸及び三河湾に限定されていた。

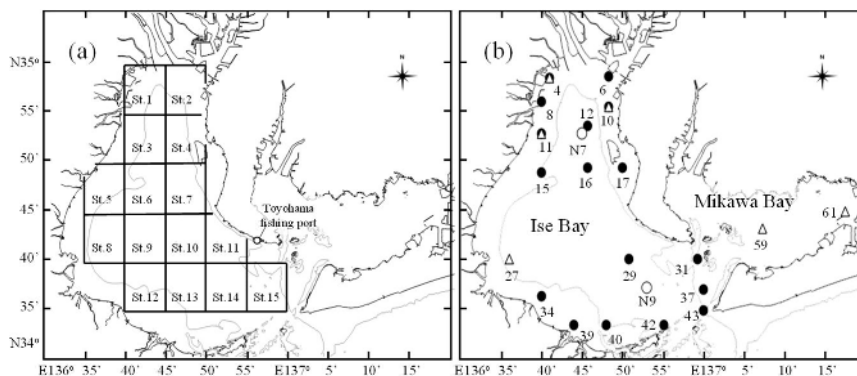


Fig. 2 Sampling stations of research trawl (a) and observation stations of water and bottom sediment quality (b; <https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, Sep 1, 2021) in Ise-Mikawa Bay.

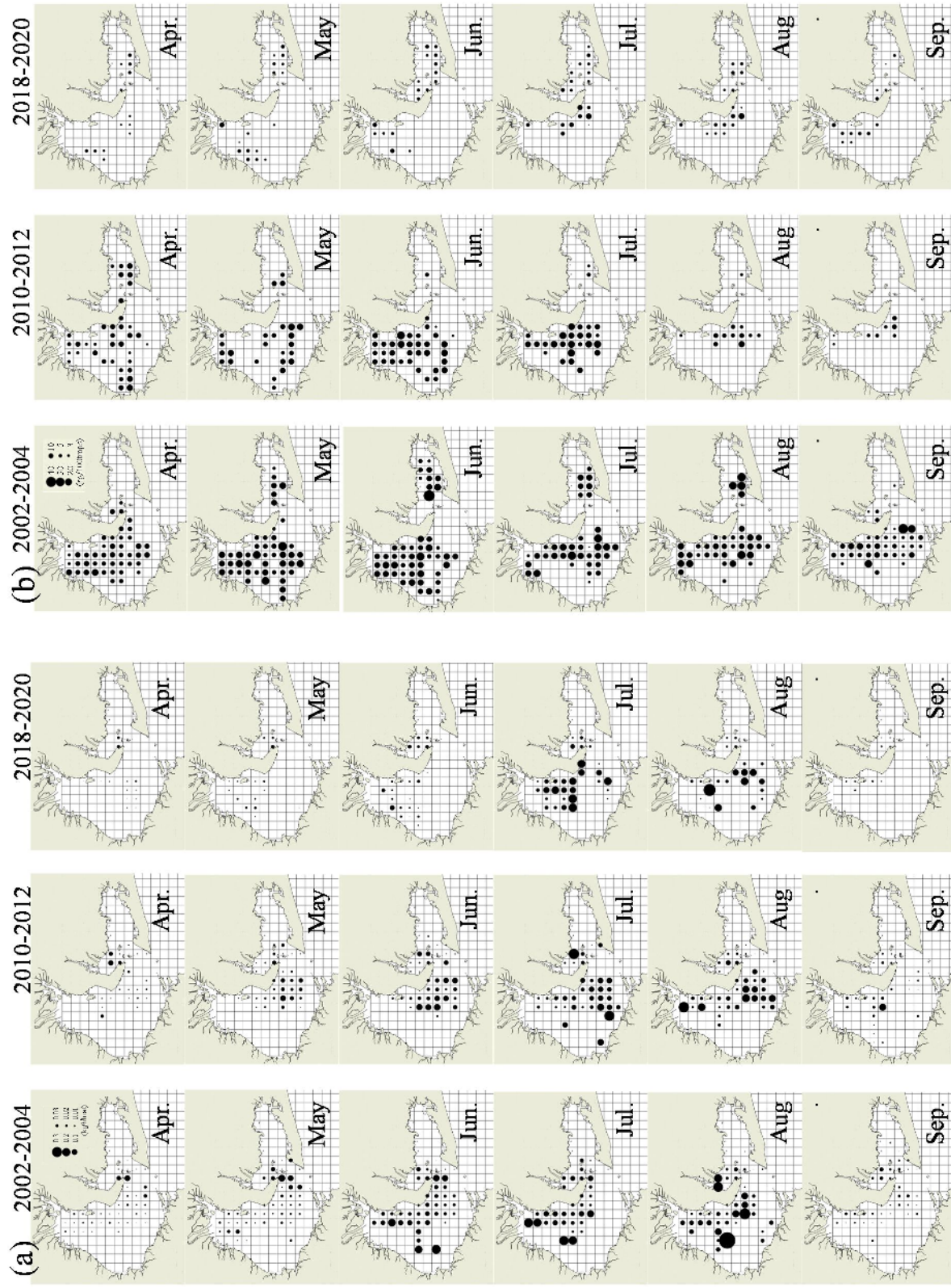


Fig. 3 Temporal and spatial distribution of average CPUE of *Conger myriaster* by the small trawl fishery (a) and the net pot fishery (b).

## 肥満度・胃内容物組成

小型底びき網で得られた個体の肥満度 (CF) 年平均値の推移を本海域の資源量指標値である豊浜漁港小型底びき網 CPUE とともに Fig. 4 に示した。CF と CPUE は長期的な減少傾向が類似し、有意な正の相関が見られた

(Pearson's correlation test,  $r = 0.62$ ,  $p < 0.01$ )。なお、2002-2020 年において全長の月平均値は 26cm~39cm で増減し、回帰直線の傾きから一定の傾向は見られなかった (傾き  $\alpha = 0.0018$ ,  $t$ -test:  $t = 0.53$ ,  $p = 0.59$ )。

胃内容物重量指数 (SCI) と CF の期間中の月平均値の推移及び月ごとにまとめた平均値を Fig. 5 に、空胃率 (VI) の経年変化を Fig. 6 にそれぞれ示した。SCI と CF には正の相関が見られた (Fig. 5 (a); Spearman's rank correlation test,  $r_s = 0.36$ ,  $p < 0.01$ )。月ごとの推移を見ると SCI は 4 月をピークに 3-6 月に高くなり、CF は 1 か月後の 5 月をピークに 4-7 月に高くなる傾向が見られた (Fig. 5 (b))。また、長期的には SCI は低下傾向であった (Fig. 5 (a))。VI は 20-48% の範囲であり、2015 年以降は 30% 以上となる年が多かった (Fig. 6)。Fig. 7 (a) には胃内容物組成重量比の経年変化を示し、このうち魚類及び甲殻類の内訳を Fig. 7

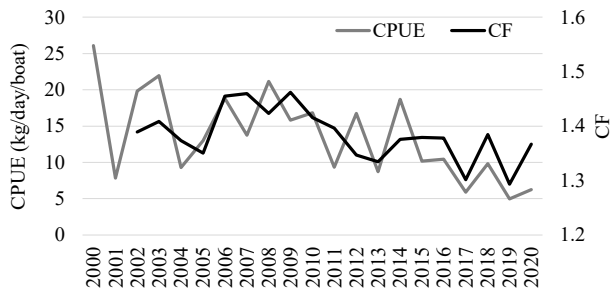


Fig. 4 Annual changes of condition factor (CF) and CPUE of *Conger myriaster* caught by the small trawl fishery in Ise Bay.

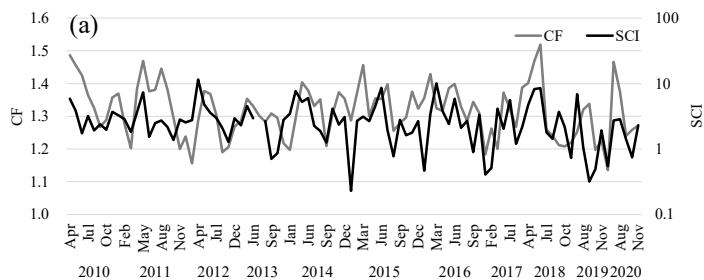


Fig. 5 Temporal changes of stomach content index (SCI) and condition factor (CF) of *Conger myriaster* caught by the small trawl fishery in Ise Bay. (a) monthly average (b) average SCI and CF during the study period in each month.

(b) 及び(c)にそれぞれ示した。胃内容物組成重量比は期間を通して魚類及び甲殻類が優占しており、長期的には甲殻類が減少し、魚類が増加する傾向にあった (Fig. 7 (a))。魚類ではハゼ科、イカナゴ、イワシ類、ネズッコ科が主な出現種であり (Fig. 7 (b))、ハゼ科の割合は 2015 年頃から増加傾向である一方、2010 年に 30% 以上の割合を占めていたイカナゴは 2015 年以降出現が見られなかった。また、イワシ類の割合は 2010-2018 年では 20% 以上であったが、2019 年以降低下した。ネズッコ科は 2014 年に最大 30% を占めるなど、2020 年を除き一定の割合を占めていた。甲殻類ではシャコ、小型クルマエビ類、テッポウエビ属、小型カニ類が主な出現種であり (Fig. 7 (c))、特にシャコは甲殻類における重量比で毎年 20% 以上の割合を占め、2015 年及び 2017 年では 50% 以上と高かった。小型カニ類及びテッポウエビ属の割合は増減があるが、小型カニ類は 2020 年に最大 41%、テッポウエビ属は 2012 年に最大 41% を占めるなど、期間を通していずれも重量比の高い分類群であった。小型クルマエビ類の割合は他の種と比べると大きくなかったが、2019 年はその割合が 60% と高かった。

## 餌料生物

Fig. 8 にはマアナゴの餌料生物となるイカナゴ及びイワシ類 (マイワシ及びカタクチイワシ) の県漁獲量及

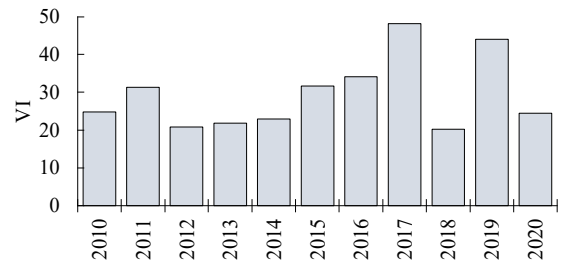
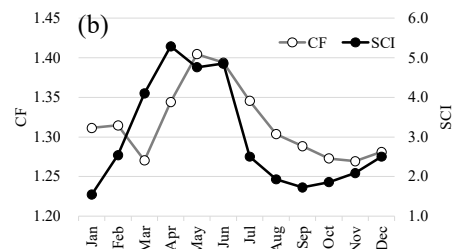


Fig. 6 Vacuity index (VI) of *Conger myriaster* caught by the small trawl fishery in Ise Bay.



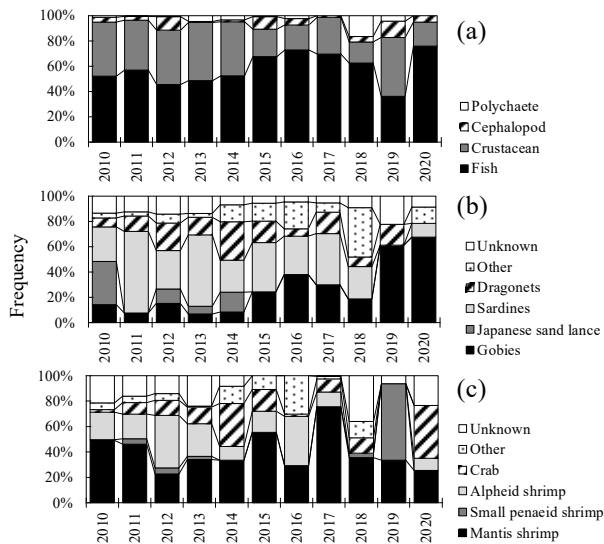


Fig. 7 Wet weight composition of prey organisms in stomach content of *Conger myriaster* caught by the small trawl fishery in Ise Bay. (a) All prey organisms (b) Fish of prey organisms (c) Crustacean of prey organisms

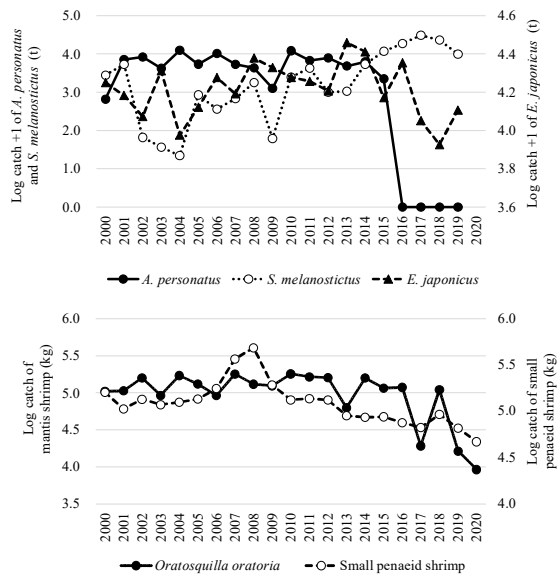


Fig. 8 Annual catch of Japanese sand lance *Ammodytes personatus* and sardines (*Sardinops melanostictus* and *Engraulis japonicus*) (above) in Aichi prefecture and catch of mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* and small penaeid shrimp in Toyohama fishing port (below).

びシャコ・小型クルマエビ類の豊浜漁港における伊勢湾小型底びき網漁獲量の推移を示した。イカナゴは2015年以降急激に漁獲量が減少し、2016年以降はイカナゴ船びき網漁業者が自主的禁漁措置をとっており、漁獲量がない。マイワシは2014年以降漁獲量が増加し、2017

年にピークを迎え、その後は減少した。一方、カタクチイワシはマイワシと比べると比較的安定していたが、2014年以降緩やかに減少している。小型クルマエビ類は2008年の漁獲量ピークを境に減少しており、2020年はピーク時の約1/10となった。シャコは2012年頃まで比較的安定していたが、2013年に漁獲量が急減し、それ以降は2017年、2019年及び2020年と極度の不漁年が出現した。2014年以降は不漁年以外でも減少傾向となった。

漁場一斉調査における小型甲殻類（フタホシシガニ、ケブカエンコウガニ、ヒメガザミ及びテッポウエビ属）及び小型底魚類（ハゼ科及びネズッコ科）の個体数の推移について、季節変動を抑え、長期傾向を見るために、海域別（北部：St. 1, 2, 3, 4, 7；中部：St. 5, 6, 8, 9, 10；南部：St. 11, 12, 13, 14, 15）に各分類群の単位曳網距離あたり個体数の5調査移動平均をFig. 9に示した。小型甲殻類全体の個体数は北部では2012-2014年及び2019-2020年頃に比較的多く、中部では2014-2016年頃及び2019-2020年頃に比較的多かった。南部では2013-2014年頃に個体数が多かったが、その後は低く推移した。小型甲殻類のうち割合の大きかったフタホシシガニの個体数は北部では水準が高く、比較的安定しており、中部では増減が大きかったが、傾向は横ばいであった。南部では2015年以降、やや減少傾向が見られた。ケブカエンコウガニ及びヒメガザミは各海域に共通して、2012-2014年及び2019-2020年に個体数が多い傾向であった。テッポウエビ属は2013-2014年頃の北部と南部で個体数が多かったが、その後は低く推移した。また、中部では期間を通して個体数が少なかった。小型底魚類のうちハゼ科は北部で比較的個体数が多く、北部では2018年以降、中部では2019年以降、個体数が増加した。南部では2015-2017年頃まで低水準であったが、2018年以降やや個体数が増加し、期間全体としては横ばいの傾向であった。ネズッコ科は2019年以降、各海域で個体数が増加する傾向が見られた。

マクロベントス個体数密度の年平均値の推移をFig. 10に示した。伊勢湾全体としては2014年まで個体数密度の水準が比較的高かったが、その後は低下傾向であった。伊勢湾奥部の測点4, 10及び11で個体数密度が高く、湾中央西部の測点27では低い傾向であった。三河湾では増減が大きく、傾向は不明瞭であったが、2013年にピークがあり、その後は比較的低水準であった。また、湾中央部の測点59よりも湾東部の測点61で個体数密度が高い傾向であった。

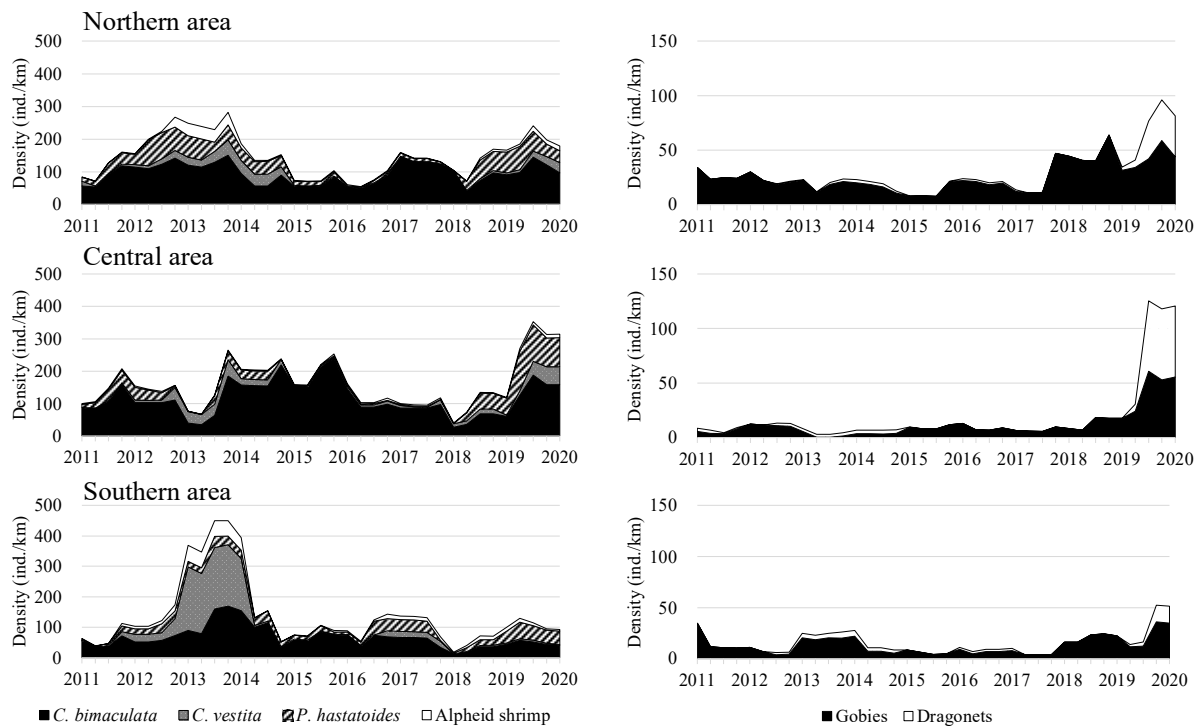


Fig. 9 5-seasons moving average of population density of small crab (*Charybdis bimaculata*, *Carcinoplax vestita*, and *Portunus hastatooides*), alpheid shrimp, gobies, and dragonets by research trawl in northern, central, and southern area of Ise Bay (Northern: St. 1, 2, 3, 4, 7; Central: St. 5, 6, 8, 9, 10; Southern: St. 11, 12, 13, 14, 15 (fig. 2 (a))).

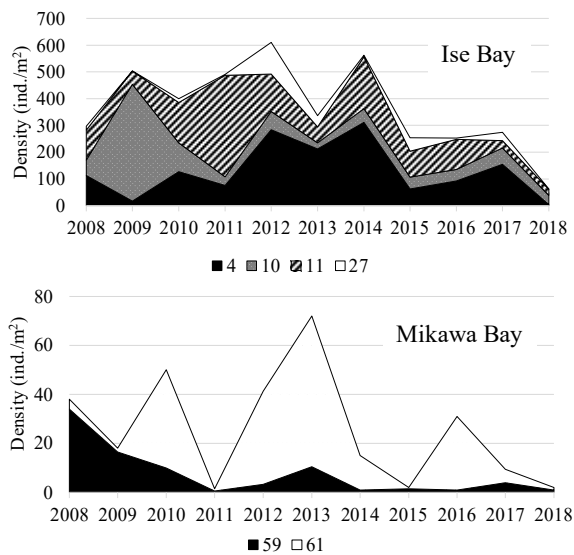


Fig. 10 Annual changes of population density of macrobenthos in Ise Bay (observation point no. 4, 10, 11, 27 (fig. 2 (b))) and Mikawa Bay (observation point no. 59, 61 (fig. 2 (b))) (<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, Sep 1, 2021).

### 考 察

関東以西黒潮域でのマアナゴ仔魚の出現時期は水温が $16^{\circ}\text{C}$ を下回る12~4月とされており、<sup>1,2)</sup>伊勢・三河湾海域では冬季から春季に葉形仔魚として来遊する。3月頃頃から変態して、底生生活に移り、<sup>1,3)</sup>この新規加入群が全長約25cm以上に達する秋季から順次漁獲加入し、冬季~翌春季以降の漁獲主体となる。仔魚が湾内に来遊した前年の10月に生まれたものと仮定すると、全長約40cmに達する1歳の夏季に湾口部へ移動し、満2歳になるころまでに雄の大部分は湾外へ移出し、雌でも満3歳を超えて湾内にとどまる個体は少ないものと考えられている。<sup>1)</sup>すなわち、本海域のマアナゴは0歳の春季に来遊着底した後、約1年半の間、内湾にとどまるため、その環境条件に影響を受ける。

標本船調査の結果から明らかになった各年代における漁獲状況をまとめると (Fig. 3), 資源量水準の高かった2002-2004年は小型底びき網、あなご籠ともに伊勢・三河湾に広く漁場が形成され、高いCPUEが得られる期間も長かった。2010-2012年においても小型底びき網・あなご籠ともに漁場は縮小したものの、依然として広い範囲で形成されていた。しかしながら、2018-2020年になると極端に漁場が縮小し、CPUEも低下した。小型底

びき網では6月にはまとまった漁獲が見られなくなり、7-8月でも局所的な漁場の配置となった。あなご籠においては漁場の縮小、CPUEの低下がより顕著で、漁場は伊勢湾北部、東部沿岸及び三河湾に限定され、伊勢湾南部の漁場が消失した。

マアナゴの資源状況と栄養状態との関係性を把握するため、肥満度及び胃内容物組成について調査を行った結果、肥満度と胃内容物重量指数及びCPUEと肥満度にはそれぞれ正の相関関係が見られた (Fig. 4, 5)。このことは本海域におけるマアナゴは良く摂餌できているほど肥満度が高くなり、それと同時に資源水準も高かったことを示している。また、肥満度及び胃内容物重量指数とも長期的に低下傾向を示し、空胃率も近年では30%を超える年が多くなっていた (Fig. 6)。これらのことから近年のマアナゴの資源の低迷は餌料環境の悪化による肥満度の低下と関連している可能性が考えられた。以下では、胃内容物組成と餌料生物の資源状況を対比して、餌料環境の変化について考察する。

胃内容物組成を分析した結果 (Fig. 7)、魚類や甲殻類が優占しており、日比野<sup>11)</sup>が示した通り、これらが重要な餌料であると考えられた。資源水準が低下した2015年以降とそれ以前を比較すると甲殻類の比率が減少し、魚類の比率が増加している。甲殻類のうちシャコは20%以上を占める重要な餌料生物であるが、2013年以降漁獲量が不安定となり、資源状況は極めて低水準となっている (Fig. 8)<sup>14)</sup>。また、小型カニ類やテッポウエビ属などの小型甲殻類についても伊勢湾南部では2015年以降個体数密度の減少が見られており (Fig. 9)、小型クルマエビ類についても近年は漁獲量が減少し (Fig. 8)、このうちの主要種であるサルエビの資源量減少が指摘されている。<sup>15)</sup> シャコやサルエビを始め、フタホシシガニ、ケブカエンコウガニ及びヒメガザミの小型カニ類<sup>16, 17)</sup>やテナガテッポウエビ<sup>18)</sup>などのテッポウエビ属は内湾に多く分布し、内湾への依存性が高い種であると考えられるが、これらの種の資源水準が伊勢湾南部を中心に減少しているため、胃内容物における甲殻類の割合が減少したと考えられた。一方、餌料生物としての魚類も必ずしも資源状況は良好ではなく、イカナゴは2010年では魚類のうち30%以上の割合を占める重要種であったが、深刻な資源量の減少により、<sup>19)</sup>2015年以降は胃内容物において出現が見られなくなった (Fig. 7 (b))。イワシ類については近年カタクチイワシの漁獲量が減少し、マイワシの漁獲量が増加している (Fig. 8) 一方で、胃内容物の魚類のうちイワシ類の割合は減少傾向にあった (Fig. 7 (b))。期間中胃内容

物の詳細な種判別は基本的に行っていないが、2020年においては胃内容物イワシ類のうち種判別が可能な個体は全てカタクチイワシであった。このことから、マイワシよりも餌料サイズに適しているカタクチイワシの方がマアナゴの餌資源として重要であり、カタクチイワシ資源の減少が、胃内容物のイワシ類の割合を減少させている可能性が推察された。一方で、ハゼ科は比較的資源水準が安定しており (Fig. 9)、他の餌料生物が低水準であるため、相対的に胃内容物組成で占める割合が高くなっている (Fig. 7 (b)) と考えられた。ネズッコ科については近年資源量が多く見られたが (Fig. 9)、胃内容物組成には反映されていなかった (Fig. 8)。ネズッコ科には多種が含まれるため、摂餌対象となるネズッコ科の資源状況を正確に把握できていない可能性があり、今後の課題の一つと考えられた。また、これらマアナゴの餌料生物の餌料となるマクロベントスについては、伊勢湾では2015年頃から個体数密度が減少し、三河湾では増減が大きいものの2014年頃から低水準で推移していた (Fig. 10)。以上のことから、餌料生物となる小型甲殻類や魚類、またその餌料生物のマクロベントスは2014-2015年頃から全体的に個体数密度が減少しており、このことが胃内容物重量指数の低下を招き、肥満度の長期的な減少傾向を引き起こしている可能性が考えられた。とりわけ、シャコをはじめとする生活史を内湾に依存する小型甲殻類の個体数密度が伊勢湾南部で減少しており、このことがマアナゴの漁場及び生息域の縮小につながっている可能性がある。

餌料生物及びマクロベントスの主要な変動要因の一つとしては貧酸素水塊の拡大が関連していると考えられるだろう。例えば三河湾のマクロベントス個体数密度の短期的な増減は夏季に形成される貧酸素水塊の影響が考えられる。一方、長期的な変動傾向として、伊勢湾では1950年代末期から貧酸素水塊が大規模化し、その状況が長期にわたって継続しているとされている。<sup>20)</sup> Fig. 11には伊勢湾南部のうち貧酸素化しやすい測点 (Fig. 2; 測点29, 39, 40)の底層溶存酸素濃度 (DO)の経年変化 (環境省広域総合水質調査 (<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, 2021年9月1日))を示した。本研究における餌料生物の主な解析期間である2010年以降の夏季平均DOは観測期間全体に比べて低かったとは断定できない。2006-2007年頃は現在よりもDOが低かったが、このときのマアナゴの肥満度は高く (Fig. 4)、餌料環境が良好であったと考えられる。このことから、貧酸素化だけでは餌料資源の減少を説明することはできない。一



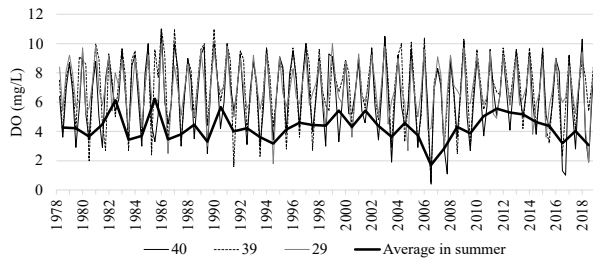


Fig. 11 Long-term changes in each observation points (no. 29, 39, 40 (fig. 2 (b))) and average in summer of dissolved oxygen concentrations in the bottom water layer in the southern part of Ise Bay (<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, Sep 1, 2021).

方、伊勢・三河湾では栄養塩やクロロフィル *a* の低下から基礎生産の低下が指摘されており、<sup>9, 10)</sup> このことがマアナゴ餌料生物などの低次栄養段階の生物生産に影響を及ぼしている可能性も考えられる。Fig. 12 には年 4 回行われている環境省広域総合水質調査から季節別の全窒素 (TN) 及び溶存態無機窒素 (DIN) の推移とともに、毎月行われている公共用水域水質観測からクロロフィル *a* (Chl. *a*) の季節平均値 (春: 4-6 月, 夏: 7-9 月, 秋 10-12 月, 冬: 1-3 月) の推移を伊勢湾北部及び南部 (Fig. 2 (b); TN・DIN 北部: 測点 4・6・8・10・11・12・15・16・17, TN・DIN 南部: 測点 29・31・34・37・39・40・42・43, Chl. *a* 北部: N7, Chl. *a* 南部: N9) についてそれぞれ示した (環境省広域総合水質調査及び公共用水域水質観測結果 (<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, 2021 年 9 月 1 日))。湾北部・南部ともにどの季節においても TN 及び DIN は低下傾向にあり、特に 2010 年代は低水準となっている。一方で、Chl. *a* は冬季は減少傾向は見られなかったが、春季から秋季にかけては湾北部・南部ともに 2000 年以降減少傾向が見られ、特に 2010 年代の湾南部における水準は低い。このことから湾全体の生産性は低下していると考えられるが、とりわけ湾南部における夏季を中心とした基礎生産の低下がマアナゴの餌料環境とも関連している可能性が考えられる。本海域におけるマアナゴは春季から夏季にかけて活発に摂餌し、肥満度が高くなるため (Fig. 5), <sup>11)</sup> 成長・生残の上で最も重要な時期と考えられる。したがって、マアナゴの成長・生残に重要な夏季を中心とした餌料環境が、資源水準の高い年代と比べて変化している可能性が

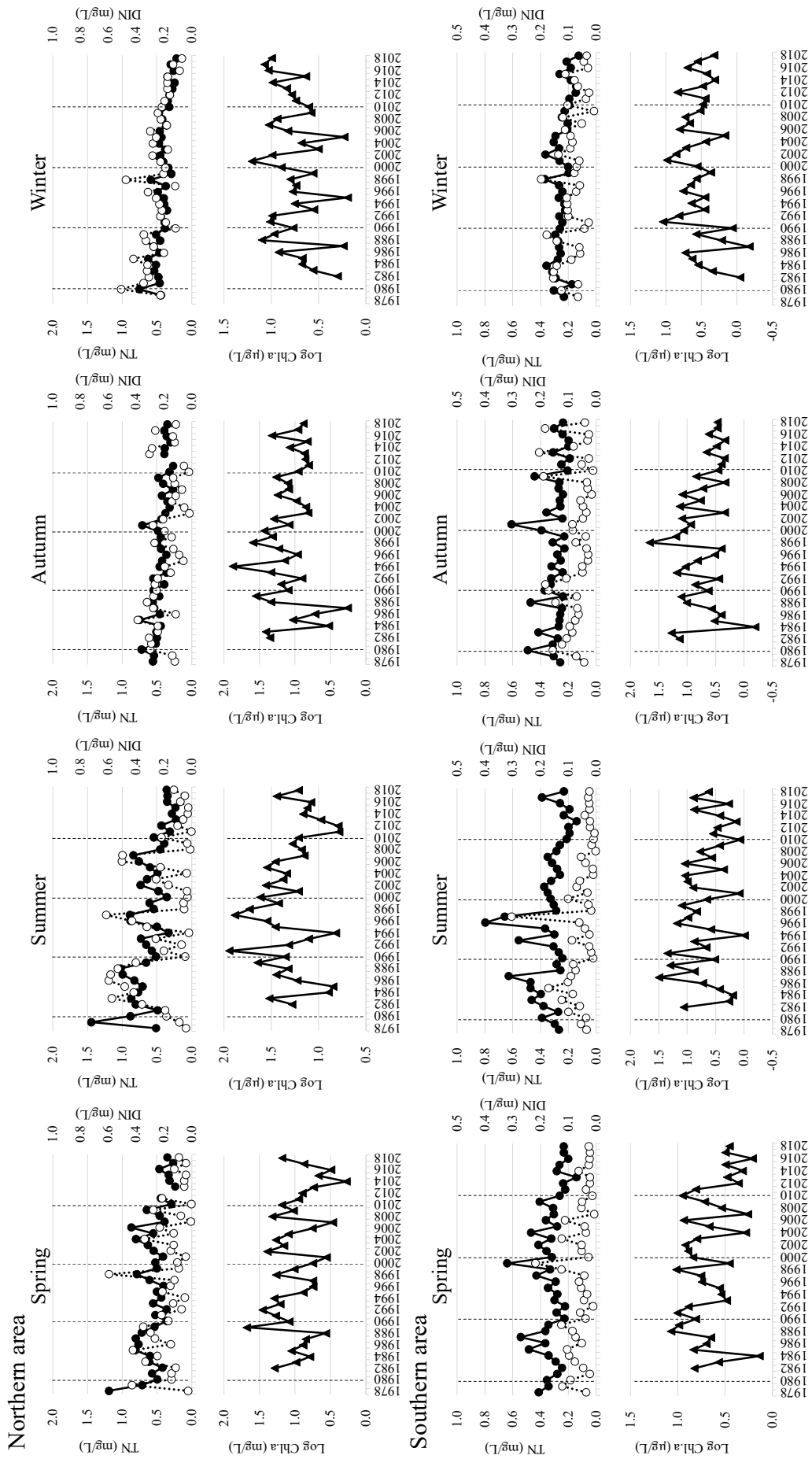
考えられた。

本研究では伊勢・三河湾におけるマアナゴの長期的な傾向として、主に伊勢湾南部での小型甲殻類等の餌料生物資源の減少に伴い、摂餌量が減少し、肥満度の低下を招き、資源量が減少している可能性を示した。近年の本海域への来遊量は不明であるため、資源減少については来遊量の減少も疑われるが、マアナゴの全国漁獲量においていずれの内湾漁場でも減少しているものの、大陸棚漁場では安定している状況<sup>8)</sup> を考えると、本邦海域への来遊量そのものが長期的に大きく減少しているとは考えにくい。東京湾ではマアナゴ餌料生物の減少<sup>21)</sup> や大阪湾では肥満度の低下傾向<sup>22)</sup> が示されており、餌料環境の悪化が内湾のマアナゴ資源の低迷に共通した要因として挙げられる。また、近年では伊勢・三河湾のアサリ<sup>23-26)</sup> や瀬戸内海播磨灘のイカナゴ<sup>27-29)</sup> においても餌料環境の悪化に伴う肥満度の低下と資源減少の関連が指摘されており、マアナゴに限らず高い基礎生産に依存する内湾性資源に共通した資源低迷要因の一つであると考えられる。

今後は低次生産から餌料生物を介したマアナゴ資源への影響をより定量的に把握するために、被捕食などの種間関係を考慮した生態系モデルなどによる解析が求められる。

## 要 約

伊勢・三河湾におけるマアナゴ資源低迷の現状把握を行うため、資源動向を把握するとともに、肥満度、胃内容物組成及び餌料生物の変化について調査した。小型底びき網及びあなご籠の標本船調査の結果から資源水準が良好であった 2002-2004 年及び 2010-2012 年においては湾内全域に広く漁場が形成され、単位努力量あたりの漁獲量 (CPUE) も高かったが、資源水準が低下した 2018-2020 年になると極端に漁場が縮小し、CPUE も低下した。特にあなご籠の漁場は伊勢湾北部、東部沿岸及び三河湾に限定され、伊勢湾南部での漁場形成が見られなくなった。一方、CPUE と肥満度及び肥満度と胃内容物重量指数にはそれぞれ正の相関関係が見られた。肥満度及び胃内容物重量指数は経年的にいずれも減少傾向を示した。また、胃内容物組成では甲殻類の割合が減少しており、小型甲殻類全般の個体数密度が伊勢湾南部を中心に減少していることや、それらの餌料生物ともなる湾内のマクロベントスの個体数密度も減少していた。以上のことから、小型甲殻類等の餌料生物資源の減少に伴いマアナゴの摂餌量が減少し、肥満度の低下を招き、資源量が減少している可能性が考えられた。また、餌料生物の減



**Fig. 12** Long-term changes of concentrations of total nitrogen (TN, solid circles), dissolved inorganic nitrogen (DIN, open circles) and chlorophyll-*a* (Chl. *a*, solid triangles) in surface layer in the northern (TN and DIN observation point: no. 4, 6, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17; Chl. *a* observation point N7 (fig. 2 (b))) and southern (TN and DIN observation point: no. 29, 31, 34, 37, 39, 40, 42, 43; Chl. *a* observation point N9 (fig. 2 (b))) area of Ise Bay (<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp>, Sep 1, 2021).

少については夏季を中心とした基礎生産力の低下との関連が考えられた。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、愛知県水産試験場漁業生産研究所の職員にはこれまでの資源調査にご協力いただいた。また、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所の澤山周平博士には本稿全般においてご助言を賜った。ここに期して深く感謝いたします。なお、本研究の調査は、水産庁委託事業「水産資源調査・評価推進委託事業」により実施された。

## 文 献

- 1) 横内一樹・澤山周平・山本敏博 (2021) 令和2 (2020) 年度マアナゴ伊勢・三河湾系群の資源評価。
- 2) 黒木洋明・児玉真史・丸山拓也・日比野学 (2016) 伊勢湾におけるマアナゴの生残と環境指標との関係解析の試み。マアナゴ資源と漁業の現状, 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所, 3, 97-98.
- 3) 日比野学・青山高士・松澤忠詩・谷光太郎 (2015) 伊勢湾における底層溶存酸素量の変化に伴う大型底生生物の小型底びき網への入網状況。水産海洋研究, 79 (4), 266-276.
- 4) 下村友季子・中村元彦 (2017) 網目拡大による効果の推定-マアナゴを事例として-。月刊海洋, 49 (9), 520-524.
- 5) 下村友季 (2019) マアナゴの生活史研究の最前線と資源管理-伊勢・三河湾-。月刊海洋, 51 (1), 44-47.
- 6) 田島良博・清水詢道 (2010) 東京湾におけるマアナゴの資源生態-漁況予測の現状と課題-。マアナゴ資源と漁業の現状, 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所, 2, 210-211.
- 7) 田島良博 (2016) 東京湾における餌料生物の動向とマアナゴ資源について。マアナゴ資源と漁業の現状, 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所, 3, 97-98.
- 8) 片山知史 (2016) 内湾域におけるマアナゴ漁獲量の低迷と内湾資源の中長期的変動。マアナゴ資源と漁業の現状, 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所, 3, 16-23.
- 9) 蒲原聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也 (2018b) 三河湾における栄養塩の低下。愛知水試研報, 23, 30-32.
- 10) 国分秀樹 (2019) 伊勢湾における栄養塩類と水産資源の長期変動。土木学会論文集 B2 (海岸工学), 75 (2), I\_1123-I\_1128.
- 11) 日比野学 (2016) 伊勢・三河湾におけるマアナゴの食性。マアナゴ資源と漁業の現状, 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所, 3, 101-102.
- 12) 黒木洋明 (2016) マアナゴの産卵場から沿岸域への仔魚回遊過程: 水温変化に対する応答。マアナゴ資源と漁業の現状, 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所, 3, 8-15.
- 13) 内田和良・片岡昭吉・高井徹 (1968) 伊勢湾におけるアナゴ科魚類の仔魚について。水産大学校研究業績, 17, 25-34.
- 14) 澤山周平・横内一樹・山本敏博 (2021) 令和2 (2020) 年度シャコ伊勢・三河湾系群の資源評価。
- 15) 荒木克哉・下村友季子・中村元彦 (2017) 伊勢・三河湾におけるサルエビ *Trachysalambria curvirostris* とアカエビ *Metapenaeopsis barbata* の生態と漁獲動向。黒潮の資源海洋研究, 18, 53-60.
- 16) 小嶋喜久雄・花淵靖子 (1981) 油谷湾におけるエビ・カニ類の生態学的研究-I。出現種および種組成の季節変化。西海区水産研究所研究報告, 56, 39-54.
- 17) 土井航・渡邊精一・清水詢道 (2004) 東京湾生物相モニタリング調査に出現したカニ類の多様性と分布。神水研報, 9, 13-18.
- 18) 安田治三郎 (1956) 内湾に於ける蝦類の資源生物学的研究 (II) 各論 各種類の生態に関する研究。内海区水産研究所研究報告, 9, 1-81.
- 19) 中村元彦・植村宗彦・林茂幸・山田大貴・山本敏博 (2017) 伊勢湾におけるイカナゴの生態と漁業資源。黒潮の資源海洋研究, 18, 3-15.
- 20) 羽生和弘 (2020) 伊勢湾の貧酸素水塊が湾奥部で大規模化した年代。三重水研報, 26, 53-66.
- 21) 田島良博・久保島康子 (2013) 東京湾生物相モニタリング調査-2 マアナゴ (*Conger myriaster*) の餌生物の動向について。神水セ研報, 6, 25-35.
- 22) 鍋島靖信 (2016) 2012年大阪湾におけるアナゴの壊滅的減少と気象・海況について (アナゴ減少の原因は何か)。マアナゴ資源と漁業の現状, 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所, 3, 143-145.
- 23) 蒲原聡・芝修一・市川哲也・鈴木輝明 (2018a) 伊勢・三河湾のアサリ増殖環境。月刊海洋, 50, 409-414.

- 24) 芝修一・姫野天領・吉田司・蒲原聡・田中義人・鈴木輝明 (2020) 個体成長モデルを用いた伊勢湾東部沿岸域におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* 資源の減耗要因の検討. 水産海洋研究, 84, 11-26.
- 25) 服部宏勇・松村貴晴・長谷川拓也・鈴木智博・黒田拓男・和久光靖・田中健太郎・岩田靖宏・日比野学 (2021) 愛知県内アサリ漁場における秋冬季のアサリ肥満度の変動と減耗. 愛知水試研報, 26, 1-16.
- 26) 蒲原聡・芝修一・鶴島大樹・鈴木輝明 (2021) 三河湾のアサリ *Ruditapes philippinarum* の成育と全窒素・全リン濃度の経年変化との関連. 水産海洋研究, 85, 69-78.
- 27) 橋口晴穂・西川哲也・魚住香織・古澤一思・森 敦史・今尾和正・反田 實 (2021) 播磨灘におけるイカナゴ当歳魚の胃内容物重量指数の経年的低下とその要因. 水産海洋研究, 85, 24-32.
- 28) Nishikawa T, Nakamura Y, Okamoto S, Ueda H. (2020) Interannual decrease in condition factor of the western sand lance *Ammodytes japonicus* in Japan in the last decade: Evidence for food-limited decline of the catch. Fisheries Oceanography, 29, 52-55.
- 29) Nishikawa T, Okamoto S (2021) Annual variation in condition factor of sand lance *Ammodytes japonicus* during the estivation period in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea, Japan. Regional Studies in Marine Science, 42, 101644.