

## 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

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

(2020年12月28日受付, 2021年1月28日受理)

### Fluctuations of condition factor and decrease of the stock of Asari clam *Ruditapes philippinarum* during autumn and winter, at multiple fishing grounds, in Aichi Prefecture.

HATTORI Hirotake<sup>\*1</sup>, MATSUMURA Takaharu<sup>\*2</sup>, HASEGAWA Takuya<sup>\*3</sup>,  
SUZUKI Tomohiro<sup>\*2</sup>, KURODA Takuo<sup>\*4</sup>, WAKU Mitsuyasu<sup>\*5</sup>,  
TANAKA Kentaro<sup>\*6</sup>, IWATA Yasuhiro<sup>\*2</sup> and HIBINO Manabu<sup>\*3</sup>

**Abstract :** We investigated the individual density, biomass, condition factor and group maturity of Asari clams in multiple fishing grounds in Aichi prefecture, in autumn and winter, and analyzed the relationship between decrease of stock and those values. At the sampling station, Koromozaki and Rokujo tidal flats, where condition factor was low before decrease of stock, the individual density was remarkably decreased until early December. It was considered that the consumption of a large amount of energy for spawning could lead to death depending on the condition factor before the spawning season. There was a difference in the fluctuation of the condition factor at each station, and the higher the average condition factor throughout the survey period from autumn to winter, the higher the density of clams remaining. This strongly suggests that the resource formation of clams is related to the degree of condition factor. As the result of long-term fluctuations in condition factor in Isshiki tidal flat, the value in recent years have decreased significantly compared to the past. Decline of the primary production could be involved in the reduction of condition factor, and might be related to the decrease in resources of Asari clams in recent years.

**キーワード;**アサリ, 秋冬季, 減耗, 肥満度, 成熟度, 餌料環境

愛知県におけるアサリの漁獲量は直近のピークにあたる2008年には19,278トンであったが, 2014年頃から減少し, 2017年では1,635トンと2008年の1割以下

にまで大きく減少している。しかし, 漁獲量を愛知県沿岸の行政区分に応じて知多, 西三河及び東三河の3地区に区分してみると, 知多地区(2017/2008比:0.5%)

\*1 公益財団法人愛知県水産業振興基金栽培漁業部 (Aichi Prefectural Sea Farming Center, Konakayama, Tahara, Aichi 441-3618, Japan)

\*2 愛知県水産試験場 (Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagori, Aichi 443-0021, Japan)

\*3 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)

\*4 愛知県知多農林水産事務所 (Chita Agriculture, Forestry, and Fisheries Office of Aichi Prefectural Government, hannda, Aichi 475-0903, Japan)

\*5 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)

\*6 愛知県西三河農林水産事務所 (Nishimikawa Agriculture, Forestry, and Fisheries Office of Aichi Prefectural Government, Myoudaijihonmachi, Okazaki, Aichi, 444-0860, Japan)

及び西三河地区(同0.9%)では漁獲量が大きく減少しているのに対して、東三河地区(同91%)ではほぼ横ばいで推移しており、同じ愛知県内であっても漁獲量の動向は、地区間で異なっている(図1)。愛知県の三河湾奥部の豊川河口域にある六条潟では、毎年数千トン規模のアサリ稚貝が安定的に自然発生するため、漁業者はそれらの稚貝を各漁場に移植することで漁獲の安定を図っており、<sup>2)</sup>漁獲量が減少傾向となった2014年以降も以前と同様に各地区へアサリ稚貝の移植放流が進められている。しかし、近年では漁場に移植されたアサリ稚貝の生き残りが悪く、秋季から冬季にかけて減耗する事例が確認されている。<sup>3)</sup>

アサリが減耗する要因として、赤潮・苦潮、ツメタガイによる食害、<sup>4)</sup>カイヤドリウミグモの寄生、<sup>5)</sup>台風や秋冬季的波浪による洗堀<sup>6)</sup>などが推定されている。しかし、個々の要因だけでは秋冬季的減耗を説明しきれない場合がみられる。一方で、アサリの肥満度は栄養状態を表現する数値<sup>7)</sup>や活力指標<sup>8)</sup>として有用とされ、その変動は摂餌量により左右されることが室内実験で明らかにされている。<sup>9)</sup>蒲原ら<sup>10)</sup>及び芝ら<sup>11)</sup>はアサリ成長モデルを用いた解析から、餌料環境の悪化がその後のアサリの生残に影響を与えている可能性を指摘している。冬季の東京湾では、餌料環境の悪化によりアサリの肥満度が低下し、アサリがへい死する可能性が示唆されている。<sup>12, 13, 14)</sup>また、アサリ稚貝が極めて高密度に分布する六条潟では、しばしば秋季にアサリ稚貝の大量減耗が確認されており、曾根ら<sup>15)</sup>はその要因として、夏季から秋季にかけての相対的な餌料不足によってアサリの栄養状態が

悪化した状態で性成熟が進行し、産卵・放精することでアサリの活力がさらに低下して減耗に繋がる可能性を示唆している。

このように、アサリの肥満度や成熟状態の変化がその後のアサリの生残に及ぼす影響が指摘されているが、県内全体の漁獲量や資源量の減少について、アサリの生理状態と関連付けた調査事例はない。また、アサリ資源の減少要因について漁場間の比較を通じて検討することは、各地区で特性の異なるアサリと漁場環境の関係性を理解することにつながり、効果的な資源回復の方策を検討する上で必要不可欠である。そこで本研究では、知多地区(常滑地先、小鈴谷地先)、西三河地区(衣崎地先)、東三河地区(竹島地先、六条潟、福江湾)の各漁場において、秋冬季を中心にアサリの個体数密度、現存量、肥満度、成熟度の調査を行い、それらの動向を漁場別に明らかにするとともに、秋冬季減耗との関連を検討した。さらに主要漁場である西三河地区の肥満度の長期変動から、アサリの生理状態の変化と資源減少との関係性を解析した。

## 材料及び方法

### 個体数密度及び現存量の推移

調査は、図2に示した伊勢湾東岸の常滑地先の1点(St.1)及び小鈴谷地先の1点(St.2)、三河湾西部沿岸の衣崎地先の3点(St.3~5)、三河湾東部沿岸の竹島地先の3点(St.6~8)及び六条潟の1点(St.9)、三河湾南部に位置する支湾である福江湾の4点(St.10~13)の計13地点で行った。目視による各地点の底質については、St.1は粗砂から中礫、St.2は細砂、St.3~5は細砂、St.6

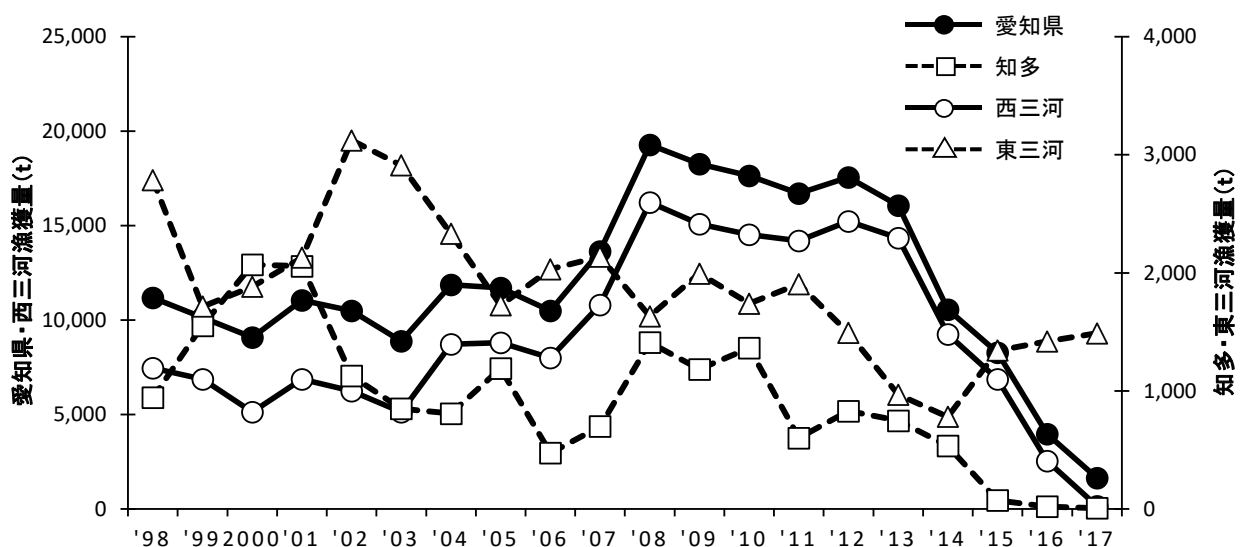


図1 愛知県における地区別のあさり類の漁獲量の推移<sup>1)</sup>

～8 は中砂, St. 9 は中砂, St. 10～13 は中砂から中礫で主に構成されており, 地盤高は DL-0.4m～DL+0.7m の範囲であった (表 1)。調査日や頻度は, 調査点によってそれぞれ異なるが, 各調査点とも概ね 2018 年 10 月から翌年 2 月までの期間を中心に毎月 1～2 回実施した (表 1)。なお, St. 2～5 においては, それぞれ 20m×20m の区域内に 2018 年 8 月～10 月の期間に六条潟で採捕したアサリ稚貝を移植し, その後の状況を追跡し, 他の調査点では, 稚貝の移植は行わなかった。稚貝移植は小鈴谷地先 (St. 2) では, 10 月 23 日に実施し, 衣崎地先 (St. 3～5) では, St. 3 には 9 月上旬から 10 月上旬の間に数回にわたって実施し, St. 4 には 8 月上旬, St. 5 には 9 月上旬に実施した。各調査点では, グラブ採泥器 (採泥面積 0.05m<sup>2</sup>), プラスチック製の円筒 (同 0.0004～0.004m<sup>2</sup>), 柱状採泥器 (同 0.003～0.005m<sup>2</sup>), 方形枠を用いた枠取り (同 0.0625m<sup>2</sup>) のいずれかにより 1～5 回採泥し, 1～5mm 目合いのフルイに残ったものを試料とした。試料からアサリを選別し, 個体数を計数して採泥面積で割ったものを個体数密度とした。また, St. 2～St. 5 及び St. 9 では調査日ごとのアサリの平均密度に平均湿重量を乗じて現存量を算出し, その他の調査点では試料ごとに湿重量を測定して現存量を求めた。

### 生理状態の把握

採取したアサリについて, 殻長, 殻高, 殻幅及び軟体部湿重量を測定し, 個体ごとの肥満度 (CF) を鳥羽・深山<sup>16)</sup>に基づき以下の式により算出した。

$$CF = SBWW / (SL \times SH \times SB) \times 10^5$$

なお, SBWW は軟体部湿重量 (g), SL は殻長 (mm), SH は殻高 (mm), SB は殻幅 (mm) である。

また, アサリの成熟状態を把握するため, 群成熟度を求めた。成熟状態は, 安田ら<sup>17)</sup>を参考に, 生殖巣の外観観察から次の 3 段階とした。

A: 生殖巣は著しく発達し, 斧足部全体にわたり乳白色で膨潤している。

B: 生殖巣は乳白色を呈するものの, 斧足部の全体には至らない, もしくは中程度であるもの。

C: 乳白色の生殖巣が視認できない, または視認できたとしても斧足部の半分以下。中腸線が皮膜を通して視認できる状態。

群成熟度はこれら 3 段階 (A, B, C) にそれぞれ 1, 0.5, 0 の数値を与え, 加算したものを平均して群成熟度とした。

### 海水中及び底泥表面のクロロフィル a の推移

主要漁場である西三河地区における調査点間の餌料環境を把握するために, St. 3～5 において 2018 年 9 月～

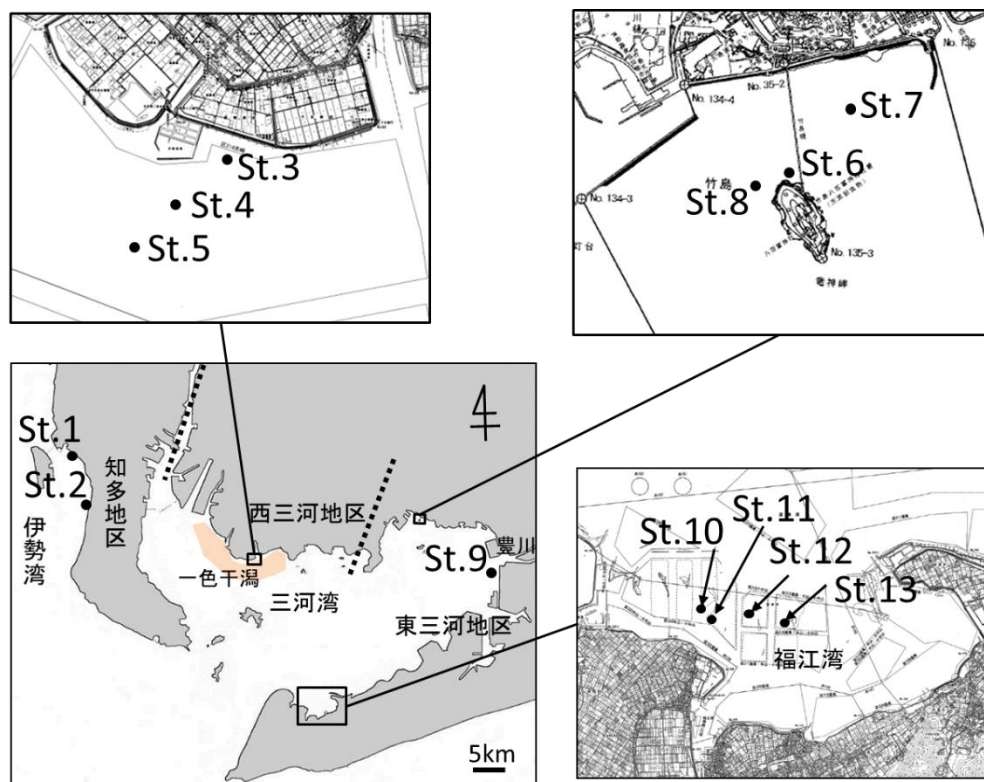


図 2 調査地点の位置 (常滑地先: St. 1; 小鈴谷地先: St. 2; 衣崎地先: St. 3～5; 竹島地先: St. 6～8; 六条潟: St. 9; 福江湾: St. 10～13)

2019年2月の各月1~2回、表層海水を採水するとともに底泥を採取し、それぞれに含まれるクロロフィル*a*（以下、Chl-*a*）を測定した。海水は容量500mlをガラス繊維濾紙（GF/F フィルター）でろ過し、濾紙をN,N-ジメチルホルムアミド（DMF）中に浸漬することにより抽出した溶液を試料とした。底泥は、各調査点につき9回、直径15mmのプラスチック製の円筒を用いて深さ1cmまで採取し、採取した底泥をDMF中に浸漬することにより抽出した溶液を試料とした。Chl-*a*の測定には蛍光光度計10-AU（ターナーデザイン社）を用い、水産総合研究センター東北区水産研究所（現水産研究・教育機構）による「日本周辺海域における低次生態系モニタリングにおける蛍光法によるクロロフィル*a*分析マニュアル」に基づきHolm-Hansen法により測定した。

### 肥満度の経年変動

主要漁場である西三河地区における肥満度の経年変動を明らかにするために、本研究で調査を行った衣崎地先（St.3~5）を含む一色干潟において腰マンガにより採捕されたアサリについて、1998年から1999年、及び2006年から2018年までの期間において、各月1回程度、アサリの肥満度を測定した。供試した試料の採捕場所は異なる場合もあるが共通して腰マンガ漁場（地盤高D.L.約-0.3m）において採捕されており、一色干潟におけるアサリの状況を経年的に把握するために同じ地点として整理した。

## 結 果

### 個体数密度、現存量及び生理状態の推移

常滑地先、小鈴谷地先、衣崎地先、竹島地先、六条潟及び福江湾のアサリの個体数密度、現存量、肥満度、群成熟度の推移をそれぞれ図3~8に示した。

常滑地先（St.1；図3）

個体数密度は8月28日に最大の747個/m<sup>2</sup>となり、現存量は3,051g/m<sup>2</sup>であった。その後、個体数密度、現存量ともに緩やかに減少し、11月22日の個体数密度は256個/m<sup>2</sup>、現存量は1,319g/m<sup>2</sup>となった。その後、増減しながら、個体数密度は648~272個/m<sup>2</sup>、現存量は2,616~1,930g/m<sup>2</sup>で推移した。平均肥満度は、8月28日は12.3であったが徐々に低下し、10月23日には11.5となり、その後顕著に低下し11月22日には最低値の9.5を示した。その後、平均肥満度は同水準（9.6~9.7）で推移した後、2月22日には12.4まで上昇した。群成熟度は、8月28日から9月26日にかけて0.15と低い値であったが、10月23日に0.6のピークを示した後、低下した。

小鈴谷地先（St.2；図4）

10月25日の個体数密度は610個/m<sup>2</sup>、現存量は736g/m<sup>2</sup>であった。その後、個体数密度、現存量ともに緩やかに減少し、12月27日の個体数密度は295個/m<sup>2</sup>、現存量は406g/m<sup>2</sup>となった。その後、個体数密度、現存量ともに増加し、2月21日には個体数密度は440個/m<sup>2</sup>、現存量は913g/m<sup>2</sup>となった。平均肥満度は10月25日には16.1であったが、11月20日には著しく低下して最低値の10.1を示した。その後、徐々に上昇して2月21日には14.8となった。群成熟度は10月25日には0.93と非常に高い値を示したが、11月20日には0.02と著しく低下し、以降低い値で推移した。

表1 各調査点において調査を実施した日と底質の概況

| 調査点名  | 調査年月日 |       |    |    |    |      |       |       |       |       |      | 底質(目視) | 地盤高D.L.<br>(m) |       |      |
|-------|-------|-------|----|----|----|------|-------|-------|-------|-------|------|--------|----------------|-------|------|
|       | 2018年 |       |    |    |    |      | 2019年 |       |       |       |      |        |                |       |      |
|       | 4月    | 5月    | 6月 | 7月 | 8月 | 9月   | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月   |        |                |       |      |
| St.1  |       |       |    |    | 28 | 26   | 23    | 22    | 20    | 21    | 22   | 粗砂~中礫  | +0.2           |       |      |
| St.2  |       |       |    |    |    |      | 25    | 20    | 27    | 24    | 21   | 細砂     | ±0             |       |      |
| St.3  |       |       |    |    |    |      |       | 15,31 | 16,30 | 17    | 11   | 5      | 細砂             | +0.2  |      |
| St.4  |       |       |    |    |    |      |       | 7,26  | 15,31 | 16,30 | 17   | 11     | 5              | 細砂    | -0.3 |
| St.5  |       |       |    |    |    |      |       | 7,26  | 15,31 | 16,30 | 17   | 11     | 5              | 細砂    | -0.3 |
| St.6  |       |       |    | 27 | 10 | 7,26 | 9,25  | 5,22  | 5,21  | 9,25  |      |        | 中砂             | +0.5  |      |
| St.7  |       |       |    | 27 | 10 | 7,26 | 9,25  | 5,22  | 5,21  | 9,25  |      |        | 中砂             | +0.5  |      |
| St.8  |       |       |    | 27 | 10 | 7,26 | 9,25  | 5,22  | 5,21  | 9,25  |      |        | 中砂             | ±0    |      |
| St.9  | 17    | 11,31 | 21 | 20 | 29 | 27   | 29    | 15,26 | 20    | 28    | 25   | 中砂     | -0.4           |       |      |
| St.10 |       |       |    |    |    |      |       | 25    | 11,27 | 13    | 4,25 | 8,22   | 19             | 中砂~細礫 | +0.6 |
| St.11 |       |       |    |    |    |      |       | 25    | 11,27 | 13    | 4,25 | 8,22   | 19             | 粗砂~中礫 | +0.6 |
| St.12 |       |       |    |    |    |      |       | 25    | 11,27 | 13    | 4,25 | 8,22   | 19             | 中砂~中礫 | +0.7 |
| St.13 |       |       |    |    |    |      |       | 25    | 11,27 | 13    | 4,25 | 8,22   | 19             | 粗砂~中礫 | +0.7 |

衣崎地先 (St. 3~5 ; 図 5)

St. 3 では、10 月 15 日から 11 月 30 日の個体数密度は 512~252 個/m<sup>2</sup>、現存量は 843~335g/m<sup>2</sup>の間で推移していた。しかし、12 月 17 日には個体数密度、現存量ともに急激に減少し、個体数密度は 16 個/m<sup>2</sup>、現存量は 21g/m<sup>2</sup>となった。平均肥満度は 10 月 15 日には 11.1 であったが、その後徐々に低下し、11 月 16 日 (9.6) から同月 30 日 (9.4) まで 10 を下回る期間が続いた。12 月 17 日には上昇し、2 月 5 日には 12.9 を示した。群成熟度は 10 月 15 日にピークである 0.7 を示した後、低下傾向を示し、12 月 17 日以降は 0 であった。

St. 4 では、9 月 7 日の個体数密度は 292 個/m<sup>2</sup>、現存量は 337g/m<sup>2</sup>であった。その後の期間中、個体数密度は概ね 100~200 個/m<sup>2</sup>、現存量は概ね 200~400g/m<sup>2</sup>の水準で

推移し、2 月 5 日の個体数密度は 196 個/m<sup>2</sup>、現存量は 401g/m<sup>2</sup>であった。平均肥満度は 9 月 7 日には 11.6 であったが、翌調査の 9 月 26 日には 14.7 まで上昇した。その後徐々に低下し、11 月 30 日に最低値の 9.0 を示した後、再び上昇に転じ、2 月 5 日には 14.6 を示した。群成熟度は 9 月 7 日以降、急上昇し、10 月 15 日にはピークの 0.81 を示した。その後、著しく低下して 11 月 30 日に 0.01 を示した後は低水準で推移した。

St. 5 では、稚貝移植終了後の初めての調査である 9 月 26 日の個体数密度は 1,076 個/m<sup>2</sup>、現存量は 2,771g/m<sup>2</sup>であったが、10 月 15 日には個体数密度、現存量ともに急減し、個体数密度は 420 個/m<sup>2</sup>、現存量は 625g/m<sup>2</sup>となった。その後の個体数密度、現存量に急激な変化は見られなかったが、いずれも減少傾向を示し、2 月 5 日の個体数

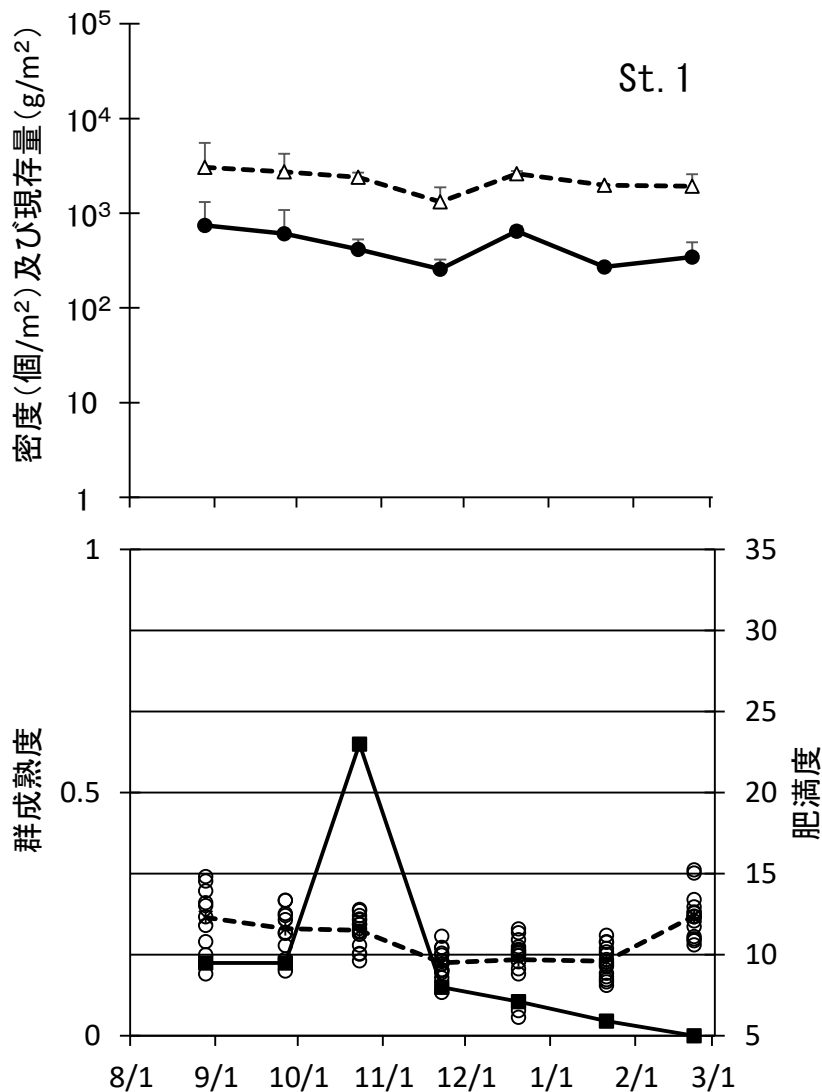


図 3 常滑地先 (St. 1) のアサリの個体数密度 (●)、現存量 (△)、群成熟度 (■) 及び肥満度 (○) (バーは標準偏差, 下図の破線は肥満度の平均値を示す)

密度は184個/m<sup>2</sup>、現存量は331g/m<sup>2</sup>となった。平均肥満度は、10月31日には15.4を示していたが、翌調査の11月16日には著しく低下し10.5を示した。その後は同様の値(10.0~11.1)で推移した後、2月5日には14.0まで上昇した。群成熟度は9月7日には0.07と低い値であったが、その後、急激に上昇し10月15日及び同月31日には最高値の0.97を示した。その後、11月16日には急激に低下して0.07と低い値を示し、以降も低い値で推移した。

竹島地先 (St. 6~8 ; 図 6)

St. 6 の個体数密度、現存量ともに7月27日から9月26日にかけては高い値を示し、個体数密度は3,106~4,301個/m<sup>2</sup>、現存量は4,514~8,219g/m<sup>2</sup>で推移した。その後、ともに増減しながら概ね減少傾向を示し、1月25日の個体数密度は702個/m<sup>2</sup>、現存量は2,070g/m<sup>2</sup>となった。平均肥満度は、8月10日の13.0から10月25日の

17.8と徐々に上昇し、11月初旬に一旦低下したものの再び上昇し、1月9日には23.6を示した。群成熟度は9月7日から10月25日にかけて上昇して0.97のピークを示し、以後は著しく低下した。

St. 7 の7月27日の個体数密度は3,026個/m<sup>2</sup>、現存量は2,377g/m<sup>2</sup>であり、その後緩やかな増加傾向を示し、10月25日の個体数密度は4,540個/m<sup>2</sup>、現存量は8,816g/m<sup>2</sup>となった。しかし、その後、いずれも減少して11月22日の個体数密度は1,513個/m<sup>2</sup>、現存量は2,341g/m<sup>2</sup>となった。以後は、ほぼ横ばいで推移し、1月25日の個体数密度は1,885個/m<sup>2</sup>、現存量は3,708g/m<sup>2</sup>であった。平均肥満度は7月27日に14.4であり、10月9日には12.4となり若干低下したが、それ以降上昇に転じ、1月25日には21.5を示した。群成熟度は11月5日にピークの0.83を示した後、著しく低下した。

St. 8 の個体数密度は7月27日に最大の17,919個/m<sup>2</sup>

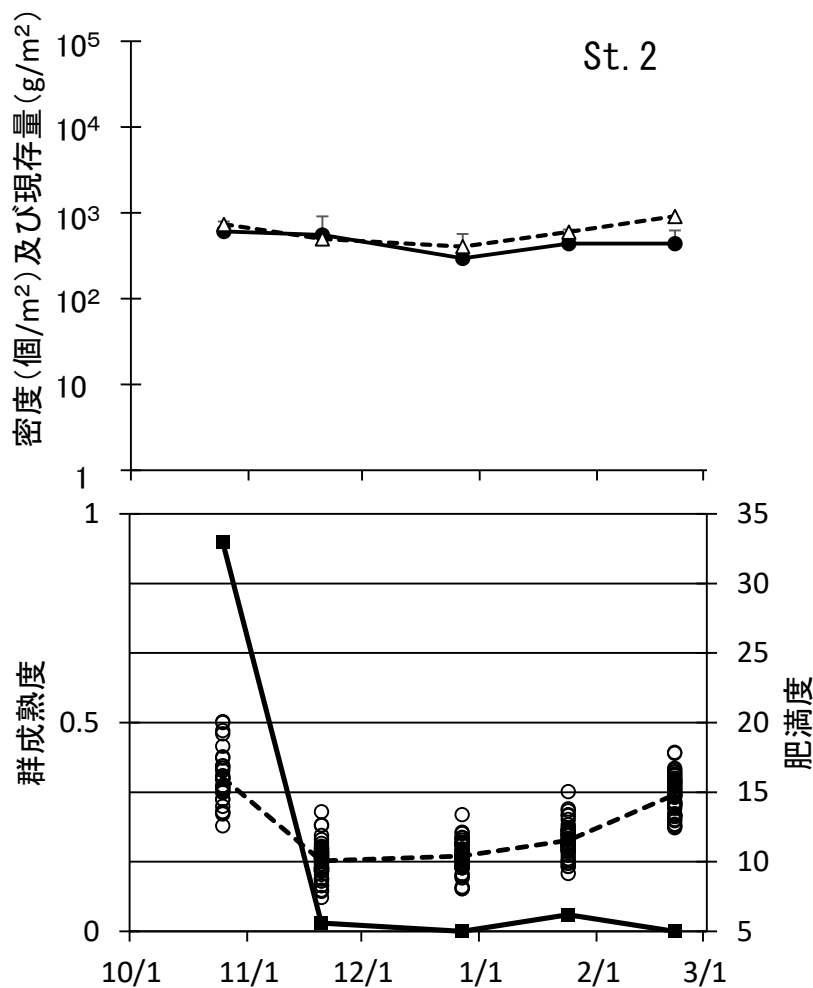


図4 小鈴谷地先 (St. 2) のアサリの個体数密度 (●)、現存量 (△)、群成熟度 (■) 及び肥満度 (○) (バーは標準偏差、下図の破線は肥満度の平均値を示す)

となり、現存量は14,600g/m<sup>2</sup>であった。その後、個体数密度及び現存量は顕著に減少し、9月26日の個体数密度は676個/m<sup>2</sup>、現存量は891g/m<sup>2</sup>となった。その後、個体数密度は1,500個/m<sup>2</sup>前後、現存量は3,000g/m<sup>2</sup>前後のほぼ横ばいで推移した後、12月21日に再び減少し、1月25日の個体数密度は665個/m<sup>2</sup>、現存量は1,793g/m<sup>2</sup>となった。平均肥満度は、増減は見られるものの7月から1月にかけて増加傾向であり、期間中の最低値は8月10日の12.1、最高値は1月9日の19.9であった。群成熟度のピークは10月25日の0.97であった。

六条潟 (St.9 ; 図7)

個体数密度は5月11日に最大の12,320個/m<sup>2</sup>となり、現存量は283g/m<sup>2</sup>であった。その後、個体数密度は減少傾向を示し、10月29日には5,360個/m<sup>2</sup>となり、その後もさらに顕著に減少し、11月15日には1,560個/m<sup>2</sup>、12月20日には400個/m<sup>2</sup>となった。現存量は、7月20日に最大の2,779g/m<sup>2</sup>となった後、減少し、9月27日には321g/m<sup>2</sup>となったが、再度増加して10月29日には2,724g/m<sup>2</sup>となった。しかし、その後、急激に減少し、11月15日には99g/m<sup>2</sup>、1月28日には34g/m<sup>2</sup>となった。平均

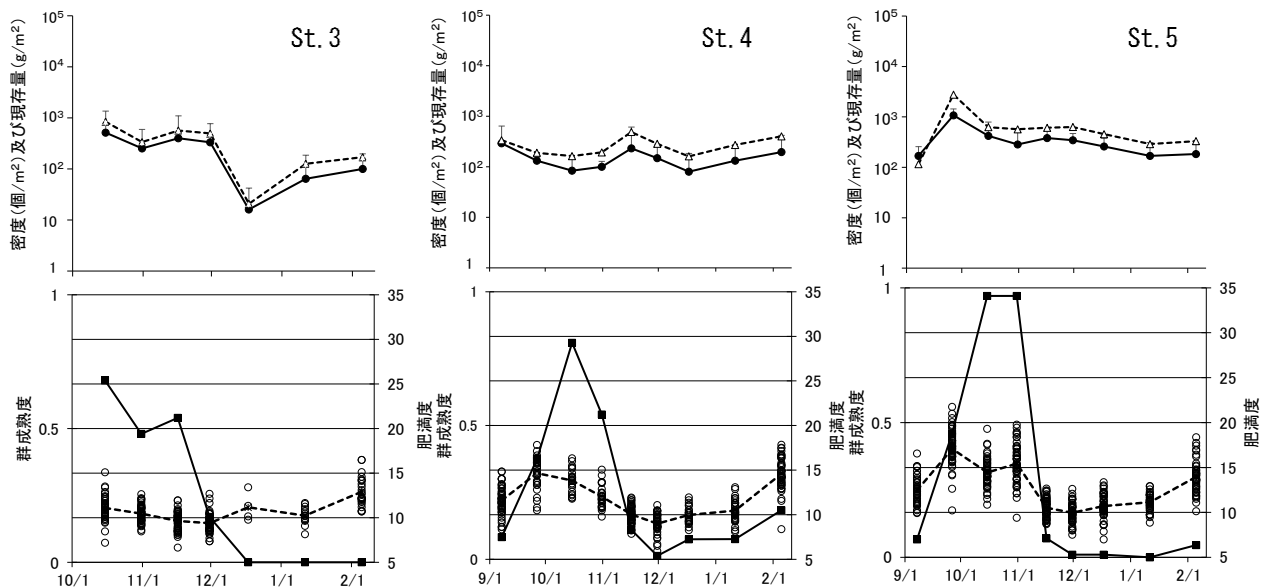


図5 衣崎地先 (St.3-5) のアサリの個体数密度 (●), 現存量 (△), 群成熟度 (■) 及び肥満度 (○) (バーは標準偏差, 下図の破線は肥満度の平均値を示す)

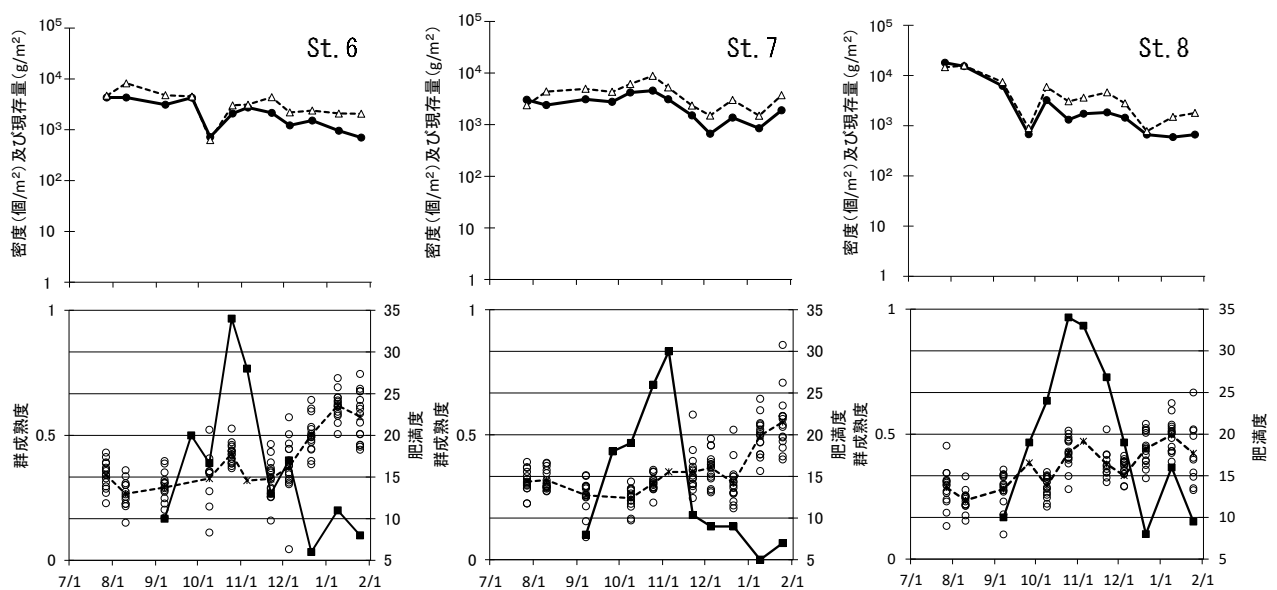


図6 竹島地先 (St.6-8) のアサリの個体数密度 (●), 現存量 (△), 群成熟度 (■) 及び肥満度 (○) (下図の破線は肥満度の平均値を示す)

肥満度は、5月31日には22.2であったが、その後低下を続け、9月27日には最低値の10.5を示した。その後、上昇に転じ10月29日には14.4、12月20日には22.8を示した。群成熟度は10月29日に最高値の0.97を示した後、著しく低下し、12月20日には0.13となった。

福江湾 (St. 10~13 ; 図 8)

St. 10の個体数密度は10月11日に最大の6,929個/m<sup>2</sup>となった。その後減少し、11月13日に3,327個/m<sup>2</sup>となり、以後は3,000個/m<sup>2</sup>程度で推移した。現存量は9月25日が最大の17,346g/m<sup>2</sup>であった。その後減少し、11月13日に7,633g/m<sup>2</sup>となり、以後は10,000g/m<sup>2</sup>程度で推移した。平均肥満度は調査開始時から終了時にかけて上昇傾向であり、調査期間中の最低値は9月25日の14.0、最

高値は2月19日の20.6であった。群成熟度は9月25日から10月27日にかけて上昇し、10月27日にピークの0.68を示した後、著しく低下し、12月4日に0を示した。

St. 11では、個体数密度、現存量ともに10月27日に最高値を示し、個体数密度は1,354個/m<sup>2</sup>、現存量は6,121g/m<sup>2</sup>であった。その後、いずれも減少傾向を示し、2月19日の個体数密度は407個/m<sup>2</sup>、現存量は2,114g/m<sup>2</sup>であった。平均肥満度はSt. 10と同様に期間を通じて上昇傾向であり、最低値は11月13日の16.0、最高値は2月19日の22.0であった。群成熟度は、10月11日にピークの0.70を示した後、徐々に低下し、12月4日に0に近い値となって以後、同様な値で推移した。

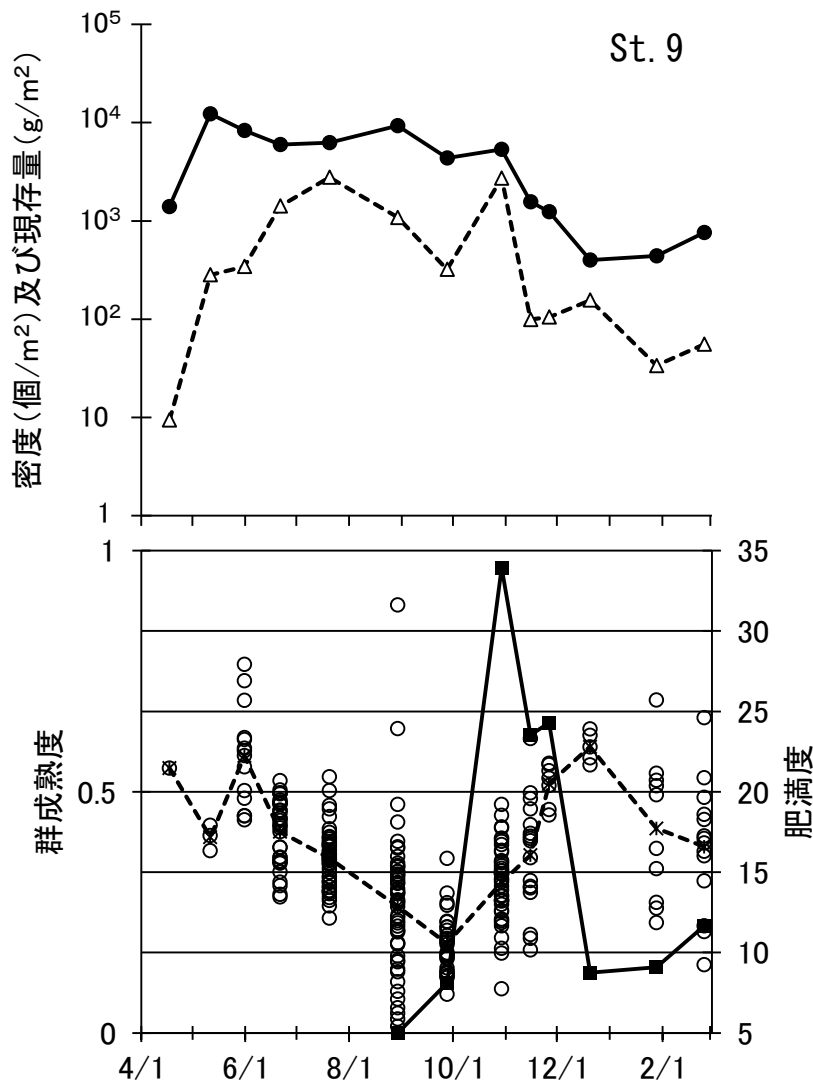


図7 六条潟 (St. 9) のアサリの個体数密度 (●), 現存量 (△), 群成熟度 (■) 及び肥満度 (○) (下図の破線は肥満度の平均値を示す)



St. 12 では、個体数密度、現存量ともに9月25日に最高値を示し、個体数密度は8,362個/m<sup>2</sup>、現存量は23,797g/m<sup>2</sup>であった。その後、いずれも減少傾向を示し、

12月25日の個体数密度は2125個/m<sup>2</sup>、現存量は6,386g/m<sup>2</sup>となり、以後、いずれも同水準で推移した。平均肥満度は先の2地点と同様に上昇傾向を示し、最低値は9月25

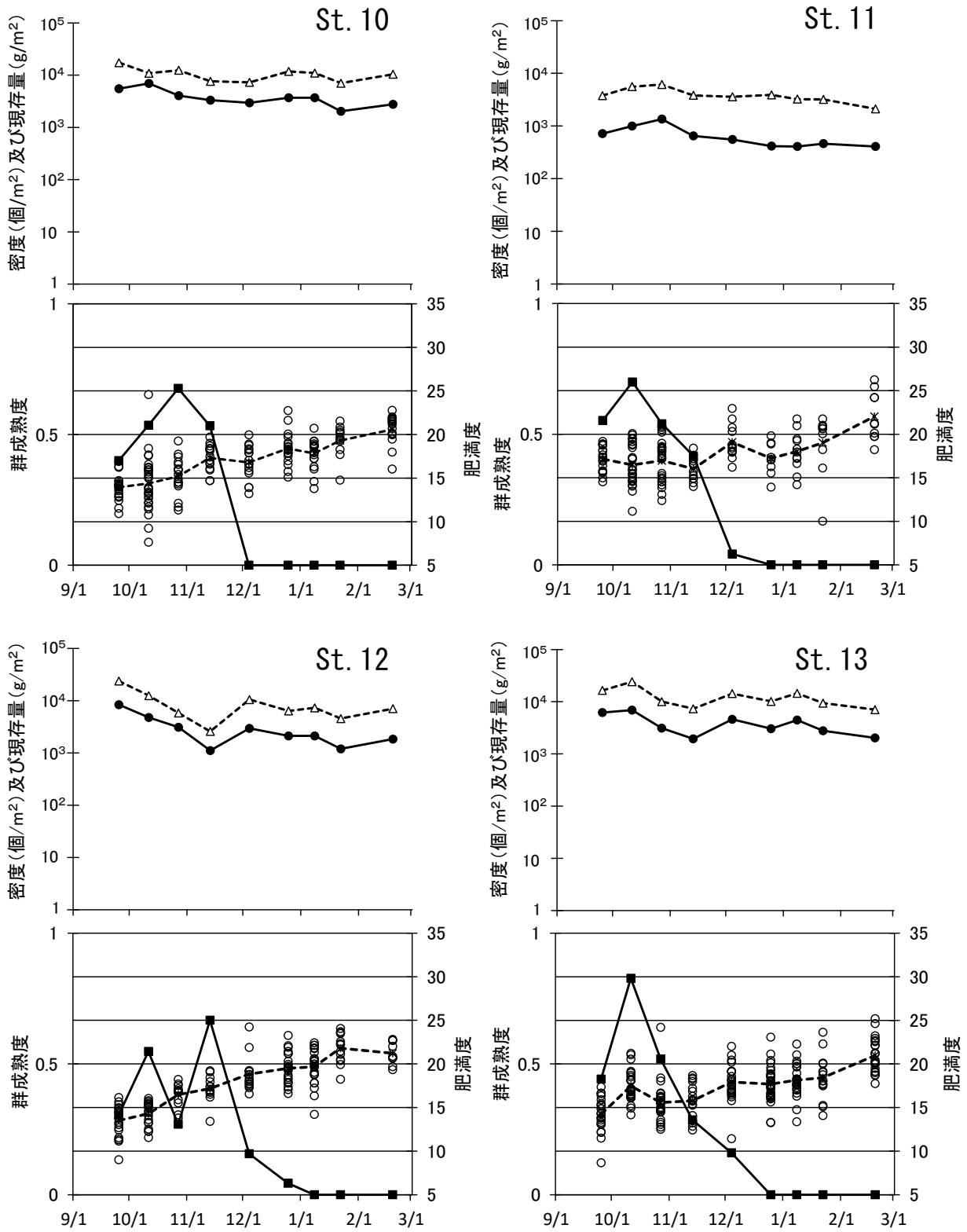


図8 福江湾 (St. 10-13) のアサリの個体数密度 (●), 現存量 (△), 群成熟度 (■) 及び肥満度 (○) (下図の破線は肥満度の平均値を示す)

日の13.5, 最高値は1月22日の21.8であった。群成熟度は変動しながら11月13日にピークの0.67を示した後, 低下し, 1月8日に0を示した。

St.13では, 個体数密度, 現存量ともに10月11日に最高値を示し, 個体数密度は6,929個/m<sup>2</sup>, 現存量は24,227g/m<sup>2</sup>であった。その後, いずれも増減を繰り返しながら減少傾向を示し, 2月19日の個体数密度は2,033個/m<sup>2</sup>, 現存量は7,042g/m<sup>2</sup>となった。平均肥満度は他の3点と同様に上昇傾向が継続し, 最低値は9月25日の14.2, 最高値は2月19日の21.0であった。群成熟度は10月11日に0.83のピークを示した後, 低下し, 12月25日以降は0であった。

### 海水中及び底泥表面のChl-aの推移

2018年9月から2019年2月までの衣崎地先のSt.3~5における海水中と底泥表面のそれぞれのChl-aの推移を図9に示した。海水中のChl-aは, いずれの調査点においても同様の傾向を示し, 9月7日, 10月31日及び2月5日以外は, 概ね1μg/L以下の低い値であった。一方, 底泥表面のChl-aは, いずれの調査点においても, 9月から12月にかけて徐々に増加する傾向が見られた。また, Chl-aの変動要因を把握するため, 地点間および調査月を要因とした二元配置分散分析を行ったところ, 底泥表面のChl-aには地点間で有意な差がみられ, 潮間帯のSt.3よりも潮下帯のSt.4及びSt.5で高かった(two-way

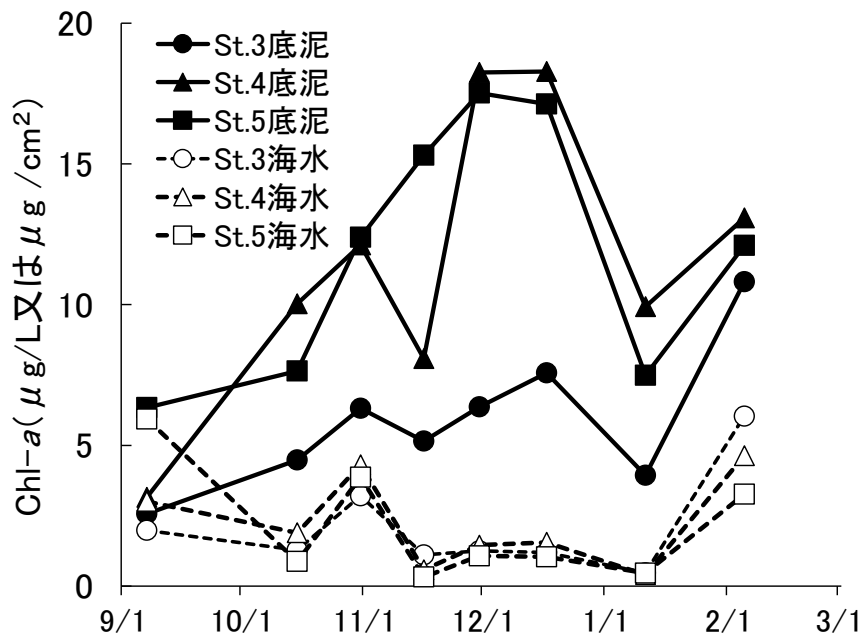


図9 St.3~5における海水中のChl-a (μg/L) と底泥表面のChl-a (μg/cm<sup>2</sup>)

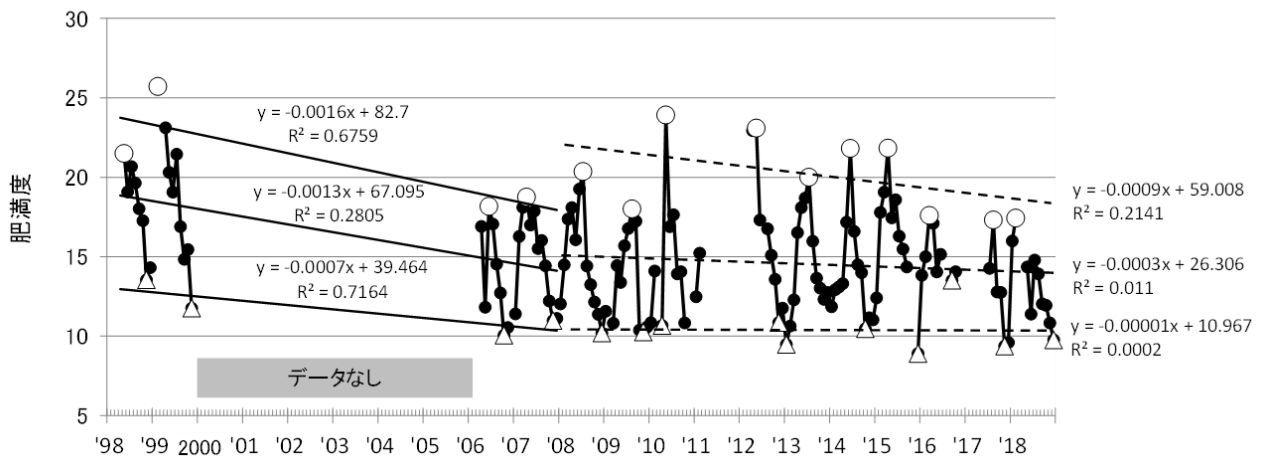


図10 西三河地区の一色干潟で採捕されたアサリの肥満度の長期変動

○; 年最大値 △; 年最小値 実線; 1998~2007年の回帰直線 破線; 2008~2018年の回帰直線  
回帰直線は上から順に年最大値, 全データ, 年最小値を対象とした

ANOVA,  $P < 0.01$ ).

### 肥満度の長期変動

1998年から2018年（ただし、2000年から2005年の期間はデータなし）において、一色干潟で採捕されたアサリの平均肥満度の推移を図10に示した。平均肥満度は季節的に大きく変動し、春から夏にかけて最大となり、夏以降低下し、秋から冬に最小となる点は各年に共通した。期間を直近の10年（2008年～2018年）とそれ以前の10年（1998年～2007年）に分けて、全データ、年最大値及び年最小値のそれぞれについて直線回帰した。全データを対象とした回帰には、両期間とも経年的な有意な低下傾向が認められた（ $P < 0.01$ ）。最大値の回帰には、標本数が少ないために統計的には有意ではないものの（両期間とも  $P = 0.18$ ）、同様に経年的に低下している傾向がみられた。最小値の回帰には、最大値と同様に標本数が少なく統計的には有意ではないものの（ $P = 0.15$ ）、1998年～2007年の期間では低下する傾向が見られたのに対し、2008年～2018年の期間ではほぼ横ばいに推移した（ $P = 0.97$ ）。

### 考 察

#### 肥満度及び群成熟度の変動とアサリの減耗

本研究では、県内の6つの地先（13地点）で個体数密度、現存量、肥満度、群成熟度の調査を行った。その結

果、個体数密度及び現存量については、衣崎地先及び六条潟において、12月上旬を中心に顕著な減少が見られたのに対し、常滑地先及び小鈴谷地先では大きな減少は見られず、竹島地先及び福江湾では他の地先に比べて高い値を維持していた。一方、肥満度については、個体数密度及び現存量の顕著な減少が見られた衣崎地先及び六条潟のほか、常滑地先及び小鈴谷地先においては9月～11月に最低値を示したのに対し、竹島地先及び福江湾では他の地先に比べて高い値を維持しており、さらに調査期間中に上昇する傾向もみられた。群成熟度は全ての地先において同様な変動を示し、10月中旬から11月中旬に最高値を示した後、低下した。個体数密度及び現存量の急激な減少が見られた地点と見られなかった地点では、肥満度と群成熟度の関係に違いが見られた。以下においてそれらの詳細について検討する。なお、個体数密度と現存量は同様の推移を示したため、以下の記述では個体数密度のみとした。

群成熟度の変動から各調査点におけるアサリの産卵期を推定し、産卵始期及び産卵終期の個体数密度の変化を表2に示した。なお、産卵期は安田ら<sup>17)</sup>の報告に準じ、群成熟度が最高値を示した日（産卵放精（以下、産卵という。）始期）から下降後横ばいあるいは最低値を示した日（産卵終期）までとした。いずれの調査点のアサリについても、産卵は10月中旬以降に始まり、12月中には終

表2 各調査点における産卵始期及び産卵終期の個体数密度の変化

| 地区  | 調査点   | 個体数密度(個/m <sup>2</sup> ) |         | 増減割合<br>(b/a:%) | 産卵期間<br>(始期～終期) |
|-----|-------|--------------------------|---------|-----------------|-----------------|
|     |       | 産卵始期(a)                  | 産卵終期(b) |                 |                 |
| 知多  | St.1  | 416                      | 256     | 62              | 10/23-11/22     |
|     | St.2  | 610                      | 555     | 91              | 10/25-11/20     |
| 西三河 | St.3  | 512                      | 16      | 3               | 10/15-12/17     |
|     | St.4  | 84                       | 148     | 176             | 10/15-11/30     |
|     | St.5  | 352                      | 344     | 98              | 10/31-11/30     |
| 東三河 | St.6  | 2,091                    | 1,516   | 72              | 10/25-12/21     |
|     | St.7  | 3,106                    | 1,513   | 49              | 11/5-11/22      |
|     | St.8  | 1,314                    | 665     | 51              | 10/25-12/21     |
|     | St.9  | 5,360                    | 400     | 7               | 10/29-12/20     |
|     | St.10 | 4,062                    | 2,957   | 73              | 10/27-12/4      |
|     | St.11 | 996                      | 554     | 56              | 10/11-12/4      |
|     | St.12 | 1,109                    | 2,125   | 192             | 11/13-12/25     |
|     | St.13 | 6,929                    | 3,050   | 44              | 10/11-12/25     |

了していた。全調査点のうち、St. 3 (衣崎地先) 及び St. 9 (六条潟) では産卵期間中に個体数密度が顕著に減少し、産卵終期の個体数密度は産卵始期の数%となった。

St. 3 における肥満度の推移をみると、調査を開始した10月15日の時点で肥満度は11.1と既に低い状態であり、その後もさらに低下が続き、11月中旬から下旬にかけては10を下回っていた(図5)。肥満度はアサリの栄養状態を表現する数値<sup>6)</sup>であるとともに活力指標でもあり、肥満度8~12では身入りが悪くアサリの活力が低い状態で、肥満度8以下となると身入りが非常に悪く餓死する可能性がある状態とされている。<sup>8)</sup> 養殖マガキでは成熟

や産卵により多大なエネルギーを消費するとともに生理活性が低下し、場合によっては死に至ると報告されており、<sup>18)</sup> アサリを含む二枚貝類では成熟・産卵に相当のエネルギーを消費する可能性が推定される。また、アサリは潮汐流や波浪等に伴う砂の流動や浸食、堆積に対して定位や潜砂、這い上がりの行動を起こすことが知られており、<sup>19)</sup> それらの運動にもグリコーゲン等のエネルギーを消費している。実際に、同一の摂餌量とした実験下では、潜砂運動によりアサリの肥満度が低下することが報告されている。<sup>14, 20)</sup> これらのことから、St. 3のアサリは定位等に要するエネルギーが必要であるうえに、多大

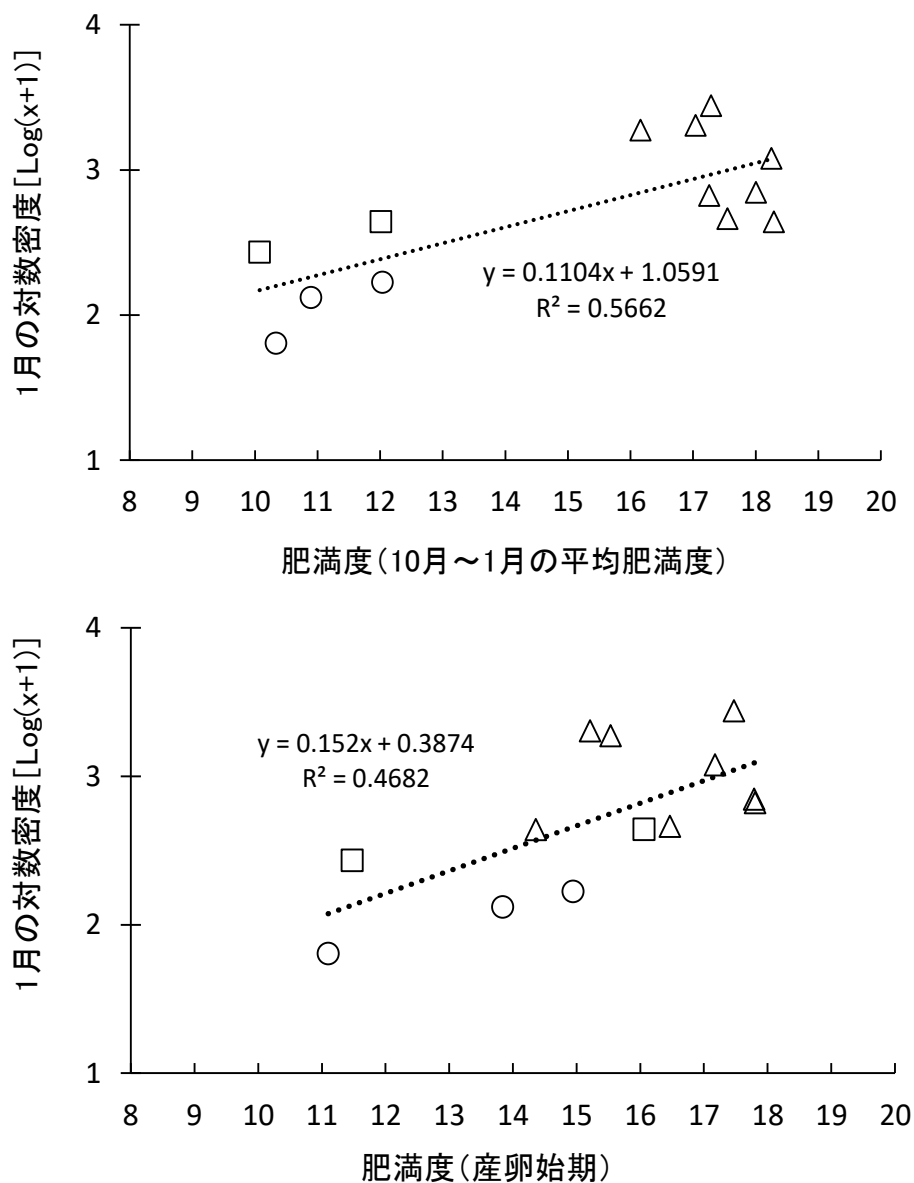


図 11 全調査地点における1月の個体数密度の対数値と10月~1月の平均肥満度(上)及び産卵始期の肥満度(下)の関係(□; 知多地区 ○; 西三河地区 △; 東三河地区)

なエネルギーを消費する産卵期間中に、すでに活力が低い状態であったと考えられる。また、St. 3と同様に産卵期の個体数密度が顕著に減少したSt. 9(六条潟)においても、個体数密度が急減する前には群成熟度のピークが確認されており、産卵前(9月下旬)には肥満度が最低値(10.5)を示していた(図7)。曾根ら<sup>15)</sup>は、六条潟において低栄養状態のまま成熟産卵することにより、秋季にアサリが大量へい死する可能性を示唆している。本研究の結果から、六条潟(St. 9)に加え、漁場であるSt. 3においても同様に栄養状態が悪化している中で成熟産卵し、その後の活力低下により減耗した可能性が考えられた。

一方、St. 3と同地区であるSt. 4及びSt. 5ではSt. 3のような急激なアサリの減耗が見られなかった(図5, 表2)。St. 3, 4, 5において肥満度が最低値を示した11月30日時点の肥満度はそれぞれ9.4, 9.0, 10.0であり前述の活力指標では同レベルにあったが、産卵始期である10月15日の肥満度はそれぞれ11.1, 13.8, 14.4であり、St. 4及びSt. 5の肥満度はSt. 3のアサリに比べて1.2~1.3倍高かった。肥満度は摂餌量が多いほど上昇することが室内実験により明らかになっており、<sup>9)</sup> 餌料環境は肥満度が変動する重要な要因のひとつである。St. 3~5における底泥表面のChl-*a*はSt. 3に比べてSt. 4, 5で高かった(図9)。アサリは潮汐流や波浪によって懸濁した底生性微細藻類を摂餌することが知られている。<sup>21)</sup> これらのことから、St. 4, 5ではSt. 3に比べて餌料条件が良かったために放流後から産卵までの間に肥満度が上昇(図5)し、産卵前の肥満度が比較的高く推移したことによりSt. 3のような個体数密度の急減が見られなかった可能性が考えられる。さらに、St. 4には8月上旬、St. 5には9月上旬、St. 3には9月上旬から10月上旬にかけて稚貝移植しており、その間に六条潟の肥満度は大きく低下しているため(六条潟肥満度(図7); 8月下旬12.9, 9月下旬10.5)、時期によって移植元の稚貝の生理状態も大きく異なっていた可能性が考えられる。以上のことから、六条潟で採捕された稚貝は移植時期と移植先の餌料環境によって、その後の栄養状態が変動し、成熟産卵等に伴う活力低下により減耗につながる可能性があると考えられた。なお、St. 4及びSt. 5ではSt. 3のような個体数密度の急減は見られなかったものの、個体数密度は過去の水準(522~681個/m<sup>2</sup>)<sup>22)</sup> と比べて低位であり、主要漁場であった西三河地区の漁獲量の低迷を反映したものであった。

調査期間を通じて肥満度が上昇傾向であった竹島地先(St. 6~8)においては、調査点により時期は異なるもの

の肥満度の低い時期と個体数密度が減少する時期は概ね一致していたが、産卵始期から終期にかけての増減割合はSt. 3やSt. 9に比べれば高いことに加え(表2)、肥満度は期間を通じて比較的高く、減少後の個体数密度も高く推移した(図6)。また、竹島地先と同様に調査期間を通じて肥満度が高かった福江湾(St. 10~13)では、調査期間中の個体数密度は概ね2,000~3,000個/m<sup>2</sup>の高い値を維持しており、秋冬季の減耗は確認されなかった(図8)。アサリが高密度で分布すれば、その海域での個体群を維持するのに必要な餌料の必要量も多くなると予想される。また、群成熟度の変動から他地先と同様に秋冬季に成熟産卵もしており、それに伴って多大なエネルギーが消費されていたと推定される。それにも関わらず、他地先で見られた晩秋から初冬の肥満度低下は見られず、調査期間中の肥満度が上昇した点から、植物プランクトン量や底質等の環境条件が他地先に比べて良好であった可能性が推測される。

常滑地先(St. 1)及び小鈴谷地先(St. 2)の個体数密度は、多少の変動は見られたものの、急激な減少は確認されなかった。St. 1では11月22日から1月21日までの約2か月間、St. 3と同様に肥満度が10を下回っていた(図3)。St. 1の産卵期は10月23日から11月22日であることから(表2)、産卵後に肥満度が低くなったことになる。St. 1では礫主体である底質がアサリの定位に有効に働いたと同時に、産卵後のエネルギー消費が潜砂等の最低限の基礎代謝に限られたことにより死亡に至らなかった可能性が考えられる。また、St. 2では産卵前である10月下旬の肥満度が比較的高かったため、生残が良好であったと考えられた。

肥満度は季節変動や地域差があることが知られており、同時期に国内6地点のアサリの肥満度を追跡した事例では、肥満度がピークとなる時期や肥満度の水準が地域により異なる結果が得られている。<sup>23)</sup> 本研究においても、同一県内又は湾内であっても地先または地点ごとに、肥満度の変動には大きな差が見られた。

肥満度と個体数密度の関係を解析するために、各調査点において調査期間の共通した10月~1月の肥満度の平均値、及び産卵始期の肥満度をそれぞれ抽出し、以後の個体数密度が安定した1月調査時の個体数密度の対数値との関係について図11に示した。10月~1月の平均肥満度と1月の個体数密度の関係では、肥満度が高い地点ほど残存する個体数密度が高くなる傾向があった(図11上; *Pearson*の積率相関係数:  $r=0.752$ , 無相関検定:  $P<0.01$ )。さらに産卵始期の肥満度についても、1月の個体数密度と正の相関が認められ(図11下; *Pearson*の積率

相関係数： $r=0.684$ ，無相関検定： $P<0.01$ ），アサリ資源形成にはアサリの肥満度が関係していることが示唆され、とくに産卵始期のアサリの栄養状態が重要であると考えられた。なお、それぞれの関係において回帰式を求めたところ、有意な回帰係数（回帰分析， $P<0.01$ ）が得られた（図 11）。これらのことから、主要漁場であった西三河地区では、肥満度が低いことにより秋冬期の生残率の低下や密度水準の低位を招き、資源形成に結び付いていないことが明らかになり、近年の漁獲量の低迷に繋がっていると考えられた。逆に東三河地区では肥満度が高いことにより高い資源量（漁獲量）を維持できている可能性が示唆された。

伊勢・三河湾における年代別の Chl-*a* の水平分布を整理した資料によると、Chl-*a* は竹島地先を含む湾奥部で高く、一色干潟近辺では近年低水準になってきており（愛知県における海域環境改善の取組と課題. 中央環境審議会水環境部会総量削減専門委員会（第 3 回）資料；環境省，<https://www.env.go.jp/council/09water/y0920-03b.html>，2020 年 12 月 26 日），年代や地区によって基礎生産水準が異なると考えられる。アサリの肥満度や生残条件をより詳細に明らかにするためには、竹島や福江湾のように個体数密度が高く推移する地点において、波浪や餌料等との環境条件を関連づけ、詳細に検討していく必要があると考えられた。また、本研究では知多地区においては、秋冬季の減耗が確認されなかったが、知多地区では西三河地区と同様に漁獲量が低迷している（図 1）。芝ら<sup>11)</sup>は小鈴谷地先における減耗について、アサリ成長モデルを用いて春季にも餌料不足による生理的死亡の可能性を指摘している。今後は周年の調査を通じて漁獲量と肥満度、餌料環境との関連を引き続き検討していくことが必要である。

#### 肥満度の長期変動と餌料環境の変化

一色干潟で採捕されたアサリの肥満度には、1998 年以降減少傾向が見られた（図 10）。三河湾における栄養塩類や Chl-*a* には、長期的に顕著な減少傾向が見られており、<sup>24)</sup> 利用できる餌の量の減少に伴って肥満度が低下している<sup>9)</sup> 可能性が考えられる。一方で、肥満度の各年の最大値及び最小値、全データについて、1998 年から 2007 年はその全てにおいて減少傾向が見られたのに対し、2008 年から 2018 年では最大値及び全データには緩やかな減少傾向が見られるものの、最小値ではほとんど減少傾向が見られなかった（図 10）。アサリ成長モデルを用いた解析では、餌料環境の悪化によって肥満度がアサリの生存限界を下回る可能性を指摘している。<sup>10, 11)</sup> これらのことは、アサリには肥満度の生存限界が存在し、それを下

回った個体は死亡していくため、2008 年から 2018 年の経年変動において見かけ上の最低値に変化がみられない可能性が考えられる。2014 年以降、漁獲量が急減した西三河地区のアサリ漁業者からは近年、年が明けるとアサリがいなくなるという話をしばしば聞くようになった。秋冬季の一色干潟では北西風が卓越し波浪による海底の攪乱も激しくなるため、アサリにとってはそれに耐えられるだけの活力が必要となるが、秋冬季に肥満度 10 を下回る期間が長く続いており、漁獲量が減少し始めた 2014 年頃から、漁場における個体群の最低肥満度が生存限界の閾値を下回る割合が拡大した可能性も考えられる。本調査期間中でも St. 3 においては、実際にアサリの減耗も発生した（図 5）。アサリの定位や成熟産卵等に要する基礎代謝を含めたエネルギー消費は従来から行われていることであることから、肥満度の長期的な減少にはベースとなる餌料環境の悪化が関与しており、<sup>24)</sup> 近年の資源減少にも関係している可能性が考えられた。

以上から本研究では、漁場において秋冬季のアサリの減耗が確認され、その要因として肥満度が十分ではない中、成熟産卵により活力不足が増長し、自然死亡率が増大している可能性を示唆した。また、主要漁場である西三河地区の長期データから、肥満度が低下している傾向が見られ、近年の資源減少と関連している可能性が考えられた。近年では、秋冬季の栄養塩類を添加するため試験的な広域流域下水道の管理運転が行われており<sup>25)</sup>、餌料環境の改善には栄養塩管理を含め干潟の保全や物質循環の正常化なども含めて長期的に検討していく必要がある。一方で、アサリの肥満度を高めるために、適正密度で稚貝を移植し相対的な餌料環境の改善を図ること<sup>22)</sup> や、低い餌量下でもアサリが生残しやすい礫場<sup>26)</sup> や碎石覆砂<sup>27)</sup> 等の活用を並行して進めていくことが、喫緊のアサリ資源対策として重要であると考えられた。また、稚貝移植については、移植時期を考慮するなどして移植元のアサリの生理状態に配慮して進めていくべきであると考えられた。

#### 要 約

アサリの漁獲動向が異なる愛知県内の各地区において、アサリの個体数密度、肥満度等の調査を行った結果、衣崎地先及び六条潟において、12 月上旬を中心に急激な減耗が確認された。減耗前の肥満度は極めて低く、産卵後に減耗したことから、この時期の減耗は、成熟産卵によるエネルギー消費により活力不足が増長することによって生じる可能性が高いと考えられた。また、各調査点の肥満度の水準と個体数密度には有意な正の相関があるこ

とが確認され、アサリの資源形成には肥満度が関係していることが示唆された。さらに、西三河地区の一色干潟における肥満度の経年変動には低下傾向が認められ、近年の資源減少と関係している可能性が考えられた。

## 謝 辞

漁場での調査にあたっては、各地先の漁業協同組合並びに漁業関係者の皆様にご協力をいただいた。また、海水中及び底泥表面のクロロフィル *a* の分析には国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所の石樋由香氏にご協力をいただいた。各氏に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 東海農政局 (1998-2017) 東海農林水産統計年報。
- 2) 蒲原 聡 (2014) 愛知県豊川河口域に発生するアサリ稚貝の移植. 豊かな海, 33, 44-51.
- 3) 服部宏勇・中嶋康生・川村耕平・伏屋 満 (2017) 腰マンガ漁場のアサリ資源管理について. 平成 28 年度水産業改良普及事業実績報告書, 51-54.
- 4) 瀬川直治・服部克也 (1997) 伊勢湾小鈴谷干潟におけるツメタガイによるアサリの食害, 愛知県水産試験場研究報告, 4, 41-48.
- 5) 村内嘉樹・岡本俊治・平井 玲・宮脇 大・山本直生・日比野学・川村耕平・原田 誠・岡村康弘・服部克也 (2014) 知多半島東岸におけるカイヤドリウミグモの生活年周期とアサリへの寄生動態に及ぼす水温の影響, 水産増殖, 62 (2), 183-190.
- 6) 鳥羽光晴 (2015) アサリの資源回復をめぐるこれまでとこれから—アサリ資源の減少に対する危機感や、回復への熱意を失わずに—, 豊かな海, 36, 57-63.
- 7) 鳥羽光晴・夏目 洋・山川 紘 (1992) 東京湾産アサリの成熟と産卵に関する二、三の知見, 水産工学, 29, 47-53.
- 8) 水産庁 (2008) 干潟生産力改善のためのガイドライン, 水産庁, 東京, pp206.
- 9) 鳥羽光晴 (1989) アサリの水槽飼育での性成熟過程における摂餌量の重要性, 水産増殖, 37 (1), 63-69.
- 10) 蒲原 聡・芝 修一・市川哲也・鈴木輝明 (2018) 伊勢・三河湾のアサリ増殖環境. 月刊海洋, 50 (9), 409-414.
- 11) 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.
- 12) 柿野 純・鳥羽光晴・兼子昭夫・深山義文 (1992) 東京湾木更津地先における冬季のアサリへい死の特徴, 千葉水試研報, 50, 21-30.
- 13) 柿野 純・古畑和哉・長谷川健一 (1995) 東京湾盤洲干潟における冬季のアサリのへい死要因について, 水産工学, 32 (1), 23-32.
- 14) 柴田輝和・柿野 純・村上亜希子 (1997) 冬季の漁場における砂の流動に対するアサリの定位性ならびに餌料量・運動量とアサリの活力との関係, 水産工学, 33 (3) 231-235.
- 15) 曾根亮太・和久光靖・石田俊朗・宮脇 大・山田 智 (2019) 六条潟におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の秋季減耗要因について, 水産海洋研究, 83, 252-259.
- 16) 鳥羽光晴・深山義文 (1991) 飼育アサリの性成熟過程と産卵誘発. 日水誌, 57, 1269-1275.
- 17) 安田治三郎・浜井生三・堀田秀之 (1954) アサリの産卵期について. 日水誌, 20, 277-299.
- 18) 森 勝義・今井丈夫・豊島清明・臼井 格 (1965) 松島湾におけるカキの大量斃死に関する研究IV, 性成熟及び産卵に伴うカキの生理活性と糖原量の変化, 東北水研報, 25, 49-63.
- 19) 櫻井 泉・瀬戸雅文 (1999) 海底地形の変化に対するアサリ稚貝の行動特性, 北水試研報, 54, 41-46.
- 20) 慶野英生・杉山清泉・西沢 正・鈴木輝明 (2005) 冬季波浪時におけるアサリの潜砂行動とエネルギー消費過程に関する実験的研究. 日本水産工学会誌, 42, 1-7.
- 21) 沼口勝之 (2001) 潮汐に伴うアサリ漁場底層水中の植物色素量と懸濁粒子量の変化, 日水誌, 67 (2), 209-216.
- 22) 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所 (2012) ノリ色落ち対策に寄与する二枚貝増養殖技術ガイドライン. 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所, 三重県, pp203.
- 23) 松本才絵・淡路雅彦・日向野純也・長谷川夏樹・山本敏博・柴田玲奈・秦 安史・櫻井 泉・宮脇 大・平井 玲・程川和宏・羽生和弘・生嶋 登・内川純一・張成年 (2014) 日本国内 6 地点におけるアサリの生殖周期, 日水誌, 80 (4), 548-560.
- 24) 蒲原 聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也 (2018) 三河湾における栄養塩の低下. 愛知水試研報, 23, 30-32.
- 25) 蒲原 聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也・石田俊朗・宮脇 大・鈴木智博 (2019) 2017 年から 2018 年の三河湾における 2 ヶ所の広域流域下水道の

冬季リン管理運転が湾奥部の水質に与えた影響. 愛知水試研報, 24, 1-13.

- 26) 竹山佳奈・佐々真志・梁 順普・渡辺啓太・齋藤輝彦 (2016) 地盤環境を考慮したアサリ成育場の新たな維持・管理手法の開発と現地試験による実証. 土木学

会論文集 B3 (海洋開発) 72 (2), I\_1093- I\_1098.

- 27) 日比野学・松村貴晴・服部宏勇・長谷川拓也・阿知波英明・石樋由香・三輪正毅 (2021) 三河湾におけるアサリの漁場造成手段としての砕石覆砂の効果と環境要因との関連. 愛知水試研報, 26, 17-30.