

矢部川河口漁場におけるアサリ稚貝の出現とその動向

山田 京平・長本 篤^a・合戸 賢利・佐野 二郎
(有明海研究所)

有明海福岡県地先に流入する矢部川の河口漁場は、かつて地先のアサリ資源量の多くを占める重要な漁場であったが、近年底質の悪化等により、資源量が激減している。2015年に底質改善を目的として、覆砂を行ったところ、2015年秋以降稚貝が大量発生し、資源の増大が確認された。そこで本研究では、矢部川河口漁場におけるアサリの分布状況の推移を把握することを目的として、2016年6月～2021年7月にかけて定点調査を行った。その結果、殻長1mm以上の分布密度は、2016年～2017年にかけて緩やかに増加したものの、2018年以降は7月に大きな減耗がみられ、3～4月頃大きく増加する傾向が見られた。7月の大きな減耗要因としては、梅雨末期の大雨による泥の堆積や長期的な塩分低下によるものと考えられた。殻長1mm未満の初期稚貝は、春発生群、秋発生群とも安定して出現が確認される一方で、春発生群は2016年を除き、1mm以上への加入がほとんど見られず、2018年以降は秋発生群の加入が主体となる傾向が見られた。その要因として、7月の大雨で、着底後間もない春発生群が成長する前に逸散、あるいは斃死している可能性が示唆された。

キーワード：有明海、矢部川、アサリ、低塩分、初期稚貝、春発生群、秋発生群

有明海福岡県地先に流入する一級河川である矢部川の河口漁場は、かつてアサリ *Ruditapes philippinarum* の主要な生産漁場であり、特に2007～2008年頃は有明海福岡県地先のアサリ資源量の多くを占める非常に重要な漁場であった¹⁾。しかし、2012年の九州北部豪雨による泥の堆積等で漁場の底質が悪化し、資源量は激減した²⁾。

一方で、有明海福岡県地先では漁場の底質改善および二枚貝の増産を目的として、底質の悪化した漁場に砂をまく覆砂事業を実施している。特に2001年からは年間約100ha規模で覆砂事業を実施しており、覆砂を行った場所では底質改善効果が維持され、アサリが多数確認されるなど、一定の効果が得られている³⁾。

2014年7月に底質改善を目的として、矢部川河口漁場で覆砂による漁場造成を行ったところ、2015年秋以降に稚貝が大量発生し、資源の増大が見られている。

そこで、本報告では覆砂による底質改善後の矢部川河口漁場におけるアサリ稚貝の発生状況を継続して調査し、その出現傾向や成長を把握し、アサリ資源の動向と環境要因等の因果関係を把握することを目的とした。

方 法

1. アサリ分布調査 (1mm 以上)

有区20号の2014年に覆砂した場所において、アサリの着底稚貝の分布調査を行った。調査は2016年6月～2021年7月の間、概ね1～2月に1回の頻度で行った。試料は図1に示す5地点において塩ビパイプ(内径10cm、長さ10cm)を用いて表層10cmの底泥を2回、あるいは15cmの方形枠で1回採取し、目合い1mmの篩で選別した後、研究室に持ち帰り、生貝の計数、殻長の測定及び調査点毎のアサリ総重量の計量を行った。

2. 初期稚貝調査 (1mm 未満)

殻長1mm未満の稚貝(以下、初期稚貝)の分布状況を把握するため、アサリ分布調査時と同じ5地点で初期稚貝調査を行った。試料は、アクリルパイプ(内径34mm、長さ10cm)を用いて表層1cmの底泥を4回採取、混合したものを1試料とし、-30℃の冷凍庫で保存後、アサリ稚貝の同定、個体数の計数及び殻長の測定を行った。

^a現所属：水産海洋技術センター

3. 肥満度・成熟度調査

図1に示す有区20号の1地点において、成貝の肥満度調査を行った。調査はアサリ分布調査、初期稚貝調査時に行い、殻長20mm以上のアサリを20個体程度採取し、研究室に持ち帰り各部位を測定後、以下の式で肥満度⁴⁾を算出した。

$$\text{肥満度} = [\text{軟体部湿重量 } g / (\text{殻長 } cm \times \text{殻高 } cm \times \text{殻幅 } cm) \times 100]$$

また、2017年4月から肥満度の測定に併せて、群成熟度の測定を行った。群成熟度は安田⁵⁾の方法に従い、熟度を目視で3段階(1, 0.5, 0)に分け、その平均値を群成熟度として示した。

4. 環境調査

(1) 底質調査

上記調査に併せて底質調査を実施した。底質調査はアサリ分布調査、初期稚貝調査と同じ5地点で行い、アクリルパイプ(内径36mm、長さ30cm)を用いて、各調査点の任意の3点で表層5cmの底泥を採取し分析に供した。分析項目は中央粒径(MdΦ)、全硫化物、強熱減量、泥分率とした。

(2) 水質調査

漁場の水温、塩分を把握するために、水質調査を実施した。調査は図1に示す大牟田市地先において2016年6月～2021年7月まで毎日、満潮時に表層の海水を採取し、水温、比重を測定し、比重から換算式により塩分を求めた。なお、水質調査点は矢部川河口漁場から少し離れた大牟田地先にあるが、2016年6月～2021年7月に月1回実施した浅海定線調査で得られた矢部川沖水質調査点の底層の水温、塩分と大牟田地先の表層の水温、塩分をピアソンの相関検定を行ったところ、図2のように水温で $r=0.992$ 、塩分で $r=0.894$ と高い正の相関が見られ($p<0.01$)、両者の水温、塩分は同様の傾向を示すと考えられたことから、今回、大牟田地先の水温、塩分の連続データを用いた。

(3) 降水量

降水量については、気象庁ホームページより、柳川観測点の月別日最大降水量および月合計降水量のデータを用いた⁶⁾。

結 果

1. アサリ分布調査(1mm以上)

殻長1mm以上のアサリ分布密度について、各調査点の平均値の推移を図3に示した。調査期間中の分布密度は9～28,307個/m²の範囲で推移した。調査開始時の2016年6月には4,752個/m²と非常に多くのアサリの分布が見られ、

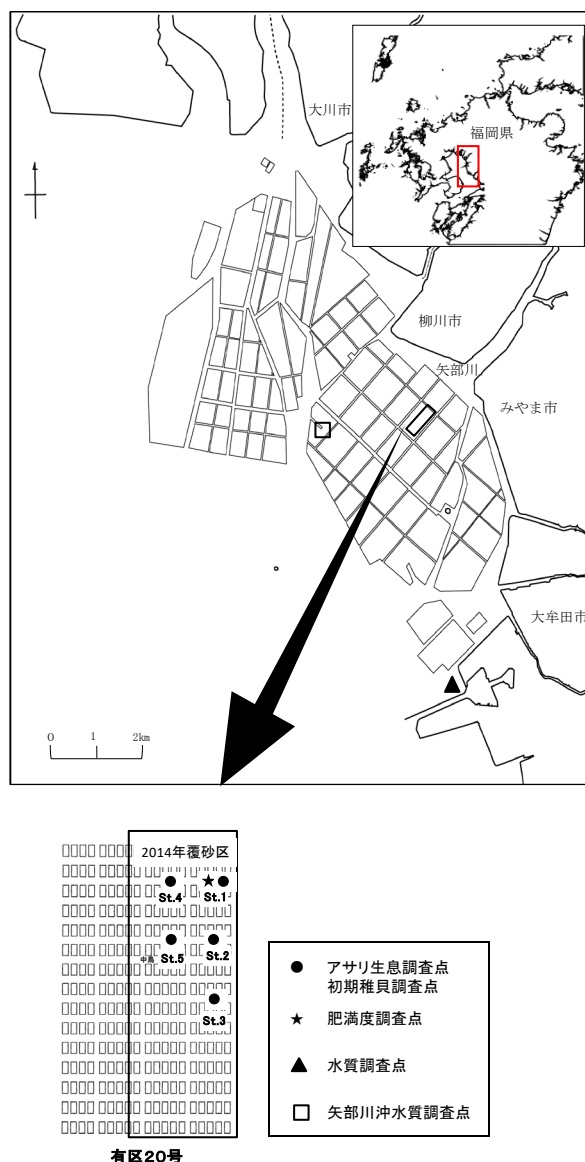


図1 調査地点図

8月には7,062個/m²に増加した。その後緩やかに減少したものの、2018年6月までは2,314個/m²と高密度の分布が見られた。しかし、2018年7月に375個/m²と大きく減少し、その後も、緩やかに減少し、2020年2月には35個/m²となった。一方で、2020年4月に多くの稚貝の加入が見られ、28,307個/m²の最大値となり、6月時点で15,956個/m²と高密度な状態で推移したが、7月には3,084個/m²と大きく減少し、8月には284個/m²となった。その後も緩やかに減少し、2021年1月には9個/m²まで落ち込み、最小値となった。しかし、2021年3月から稚貝の加入が再び見られ、4月には5,529個/m²まで回復し、その後、7月時点で2,151個/m²と多くの分布が見られた。

全体の傾向としては、2016年～2017年は緩やかに推移し、2018年以降は7月に大きく減少、3～4月頃大きく増加する傾向が見られた。

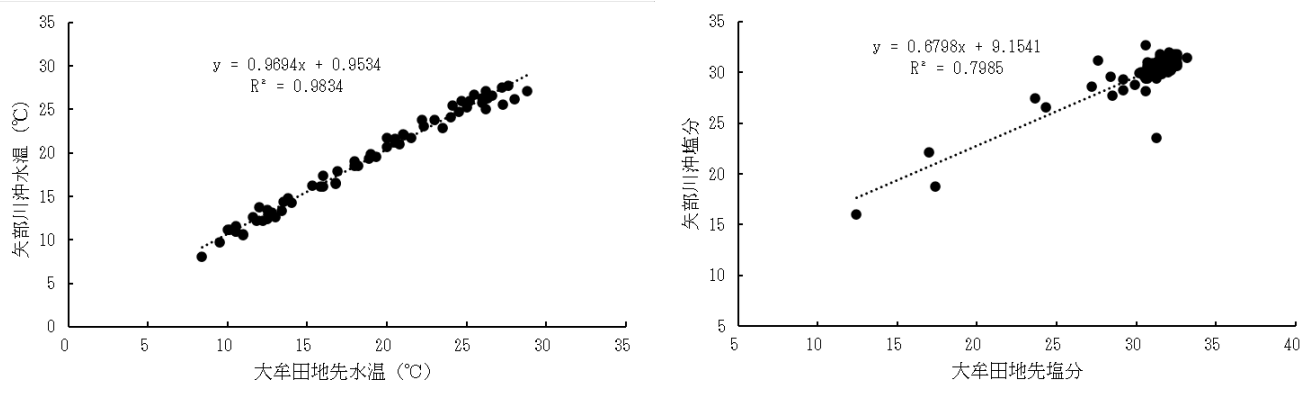


図2 大傘田地先と矢部川沖の水温及び塩分の関係

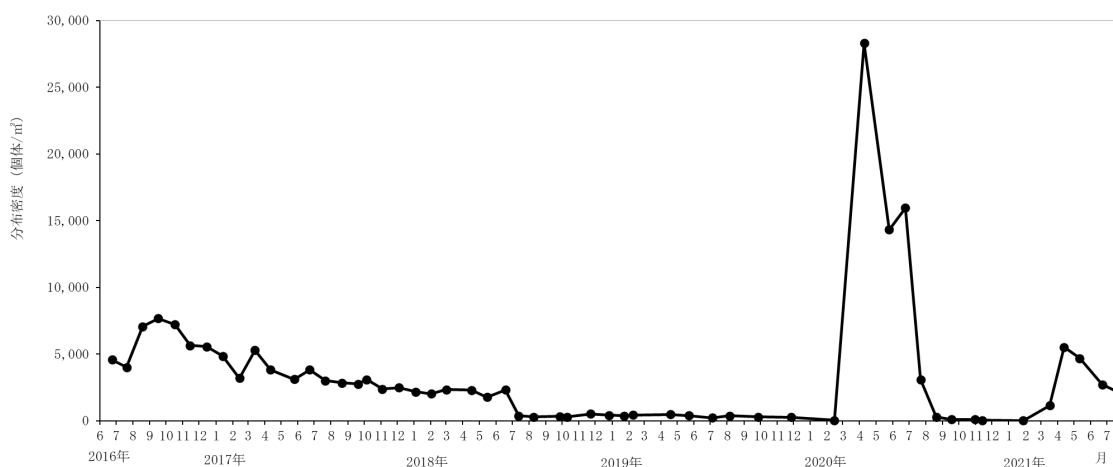


図3 アサリ分布密度の推移 (1mm以上)

各調査点のアサリ分布状況の推移を図4～6に示した。2016年6月～2018年6月の間は、いずれの調査点も概ね1,000個/m²以上のアサリの分布が見られたが、2018年7月に大きく減少し、st.1を除くと分布密度が1,000個/m²未満になり、特にst.5では10個/m²未満と著しく減少した。2020年2月にはst.3を除き、100個/m²未満となった。一方で、2020年4月にはst.1, 3で10,000個/m²以上、st.4, 5で1,000～10,000個/m²のアサリが出現し、2020年7月まで10,000個/m²以上の高密度の分布域が確認された。しかし、2020年7～8月にかけて大きく減少し、8月には全地点とも1,000個/m²未満となった。そして、2021年1月にはst.3を除き10個/m²未満とほとんどアサリが確認されなくなった。その後、2021年4月にst.1で10,000個/m²以上、st.2, 4で1,000～10,000個/m²のアサリが再び確認されるようになり、2021年7月にはst.1, 2で1,000～10,000個/m²の分布が確認された。

図7～8に全地点で確認されたアサリの殻長別分布密度を示した。調査開始時の2016年6月には18～20mmにモードが確認されたが、2016年8月には新たに4～6mmの春発生群が確認された。2017年6月には24～26mmと12～14mm

のモードへと成長が見られた。2017年8月には4～6mmの春発生群がわずかに確認されたがやがて消失した。2018年6月には、26～28mm、22～24mmへと順調な成長が見られ、12%が漁獲サイズ(30mm<)へと成長した。しかし、2018年7月にはアサリの大きな減耗が見られ、モードが見られた26～28mmの分布密度は143個/m²まで低下した。その後、春発生群の加入もなく推移し、2019年4月には34～36mmのモードへと成長し、漁獲サイズを中心とした組成となった。その後、秋発生群や春発生群の大きな加入もなく推移し、2020年2月には残存したアサリは30～38mmまで成長した。

一方で、2020年4月に2～6mmをモードとする秋発生群の大量の加入が見られ、2～4mmで11,125個/m²、4～6mmで14,437個/m²になった。これらの稚貝は6月には8～14mmのモードに順調に成長し、8～10mmで3,484個/m²、10～12mmで3,853個/m²、12～14mmで3,279個/m²になった。しかし、7月には大きな減少が見られ、10～12mmで854個/m²、12～14mmで688個/m²、14～16mmで409個/m²となり8月には10～12mmで71個/m²、12～14mmで71個/m²、14～16mmで27個/m²まで減少し、2021年1月には、22～24mm

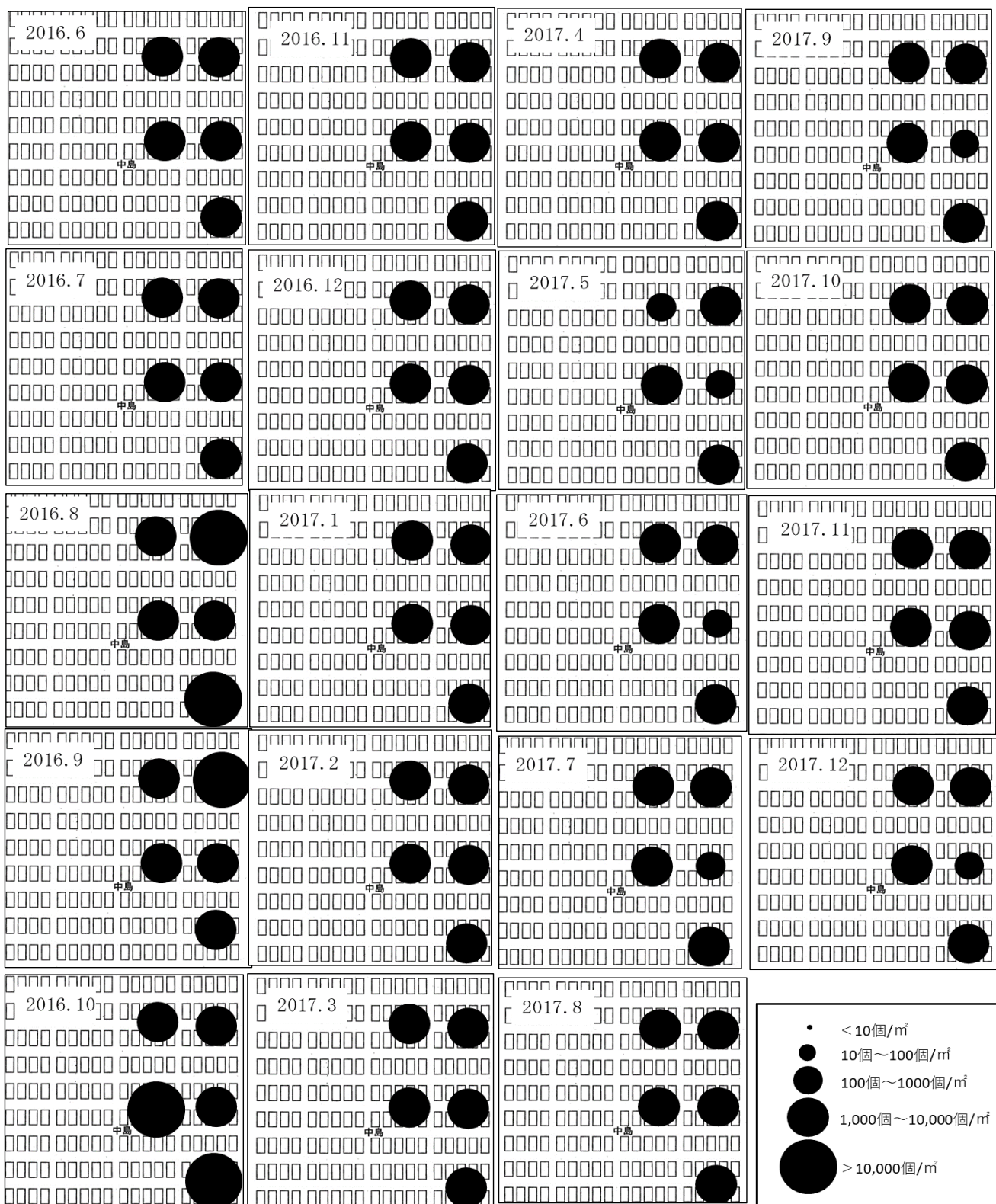


図4 2016年6月～2017年12月のアサリ分布図 (1mm以上)

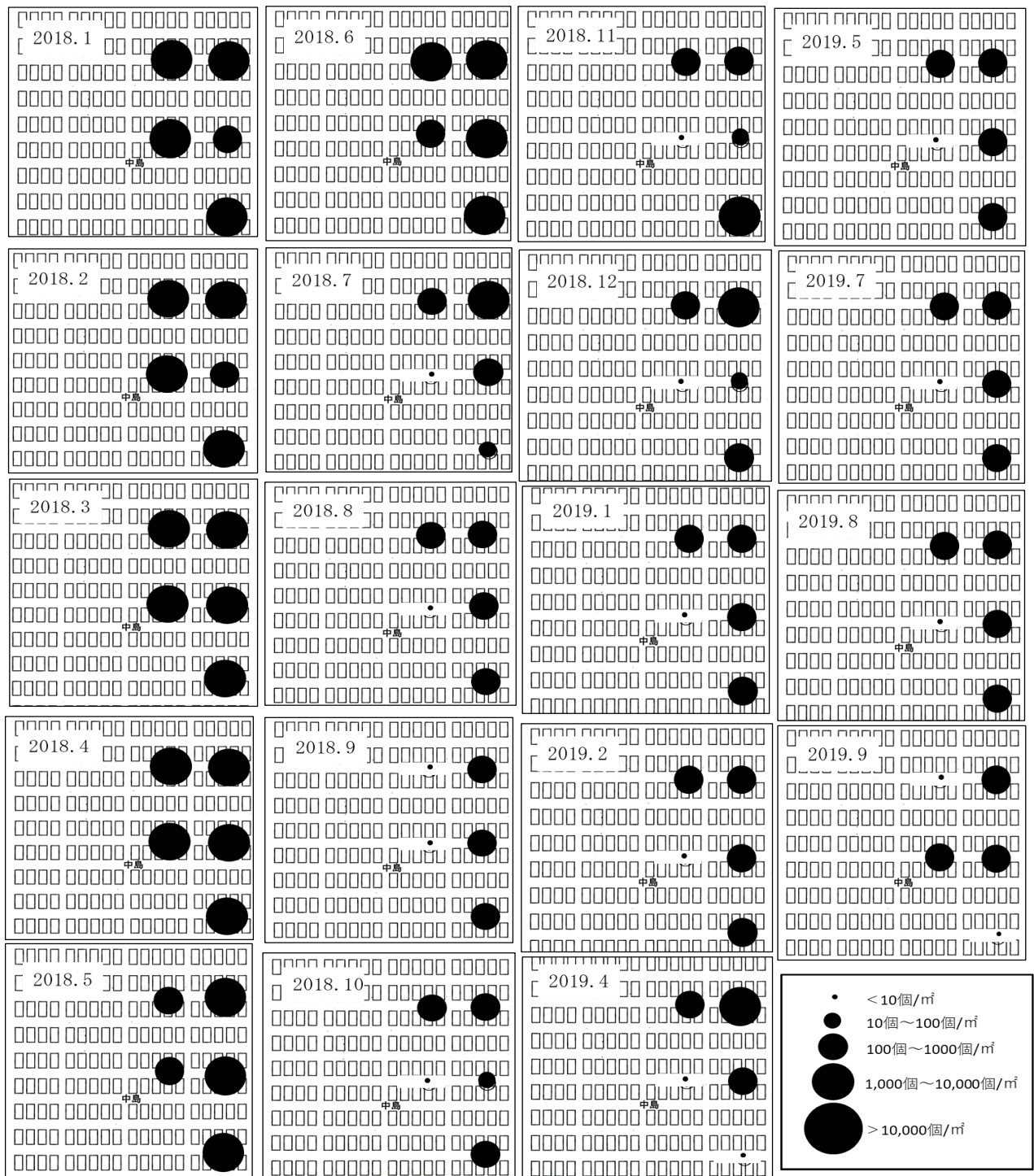


図5 2018年1月～2019年9月のアサリ分布図（1mm以上）

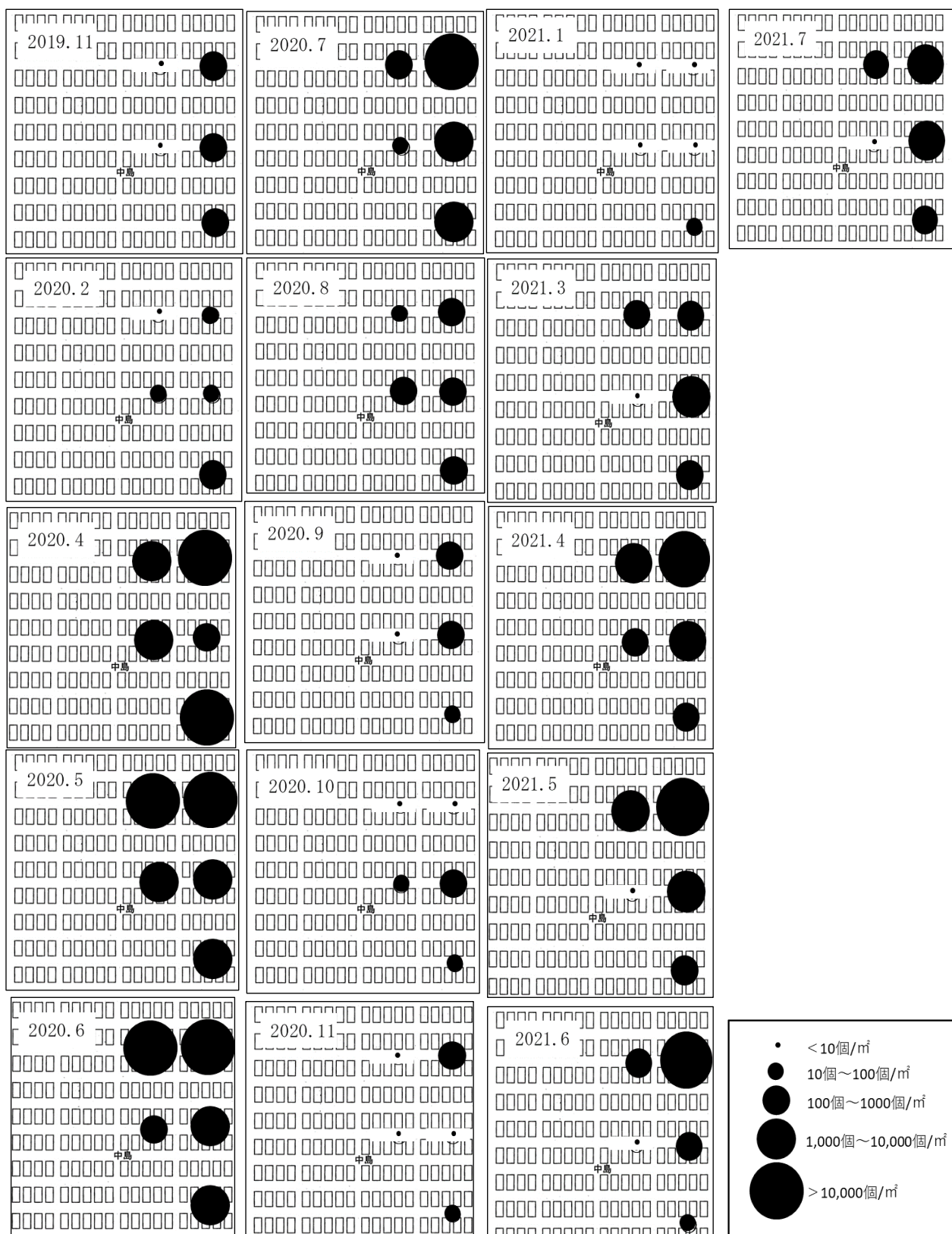


図6 2019年11月～2021年7月のアサリ分布図（1mm以上）

のアサリが9個/m²確認されたのみであった。一方で、2021年3月には4~6mmをモードとする秋発生群の加入が見られはじめ、4月には2~4mmで1,776個/m²、4~6mmで2,617個/m²と高密度に出現し、7月には12~16mmのモードに成長した。

2. 初期稚貝調査 (1mm未満)

初期稚貝の分布密度について、各調査点の平均値の推移を図9に示した。初期稚貝の分布密度は0~251,967個/m²の範囲で推移し、2019年11月に最大の251,967個/m²となった。10,000個/m²以上の初期稚貝が確認されたのは、2016年6月の33,280個/m²、2017年5月の10,965個/m²、6月の37,963個/m²、7月の12,507個/m²、2018年6月の16,915個/m²、2018年11月の40,718個/m²、12月の57,303個/m²、2019年11月の251,967個/m²、2020年2月の52,840個/m²、6月の18,844個/m²、2021年1月の14,546個/m²、3月の10,138個/m²であり、概ね春季は4~7月に出現し、特に6月に多く、秋季は10~1月に出現し、特に11月、12月に多い傾向が見られた。

3. 肥満度・成熟度調査

肥満度の推移を図10に示した。肥満度は概ね3~5月の春季に高く、冬季に低下する傾向が見られた。資源が減耗する可能性があると考えられる肥満度12以下⁴⁾になったのは、2016年11月~2017年1月、2017年12月~2018年2月、2019年12月であった。

次に、群成熟度の推移を図11に示した。群成熟度は概ね4~5月の春季および9~10月の秋季に高く、春期は6~7月、秋季は11~12月にかけて低下した。

4. 環境調査

(1) 底質調査

底質調査の結果を図12に示した。

中央粒径値(MdΦ)は調査開始時から2018年6月まで0.6~1.7とアサリの生息に適した2以下⁷⁾の基準値を維持していた。しかし、2018年7月に発生した西日本豪雨により、漁場に泥の堆積が見られ(図13)、MdΦが3.9とアサリの生息に不適とされる3を上回った⁷⁾。その後、2019年5月まで2.6~3.6の範囲で推移したものの、泥の堆積は徐々に減少し、1年後の2019年7月にはMdΦ1.7と基準値以下に回復し、その後良好な底質環境を維持した。

強熱減量も同様の傾向を示し、2018年6月まで2.0~4.9で推移していたが、西日本豪雨後の2018年7月

に5.5になり、その後2019年5月まで4.1~5.9の間で推移し、2019年7月には2.7まで低下し、2019年7月以降は1.4~4.0の間の低い値で推移した。

全硫化物も同様の傾向を示し、2018年6月まで0.01~0.13mg/g乾泥で推移し、西日本豪雨後の2018年7月に0.14mg/g乾泥と上昇し、2019年5月まで0.14~0.42mg/g乾泥の範囲で推移し、特に2018年8月~2019年5月はアサリの生息に適した0.2mg/g乾泥の基準値を上回った⁷⁾。2019年7月には0.16mg/g乾泥まで回復し、その後0.00~0.16mg/g乾泥と低い値で推移した。

泥分率も同様の傾向を示し、2018年6月まで5.9%~19.7%で推移していたが、西日本豪雨後の2018年7月に51.0%と上昇し、その後2019年5月まで28.1~51.7%の範囲で推移し、2月を除きアサリの生息に適した30%の基準値を上回った⁸⁾。2019年7月には12.5%まで回復し、その後3.5~20.6%とアサリの生息に適した30%以下で推移した。

(2) 水質調査

水質調査の結果を図14,15に示した。

水温については2016年(6月~)は11.0~31.2°C、2017年は7.0~31.5°C、2018年は6.0~31.5°C、2019年は9.5~31.0°C、2020年は8.2~30.0°C、2021年(7月)は7.4~29.0°Cで推移した。

塩分については2016年は10.7~33.1で推移し、7月15日に10.7の最低値となった。2017年は16.1~33.2で推移し、九州北部豪雨後の7月9日に16.1の最低値となった。2018年は6.9~33.2で推移し、西日本豪雨後の7月8日に6.9の最低値となった。2019年は16.5~33.6で推移し、7月24日に16.5の最低値となった。2020年は3.7~32.8で推移し、7月12,13日に3.7と最低値となった。2021年は23.7~34.4で推移し、6月5日に23.7と最低値となった。塩分10を下回ったのは、2018年7月8日~9日、2020年7月8日、9日、11~17日、29日であった。

(3) 降水量

調査期間中の柳川観測点の月合計降水量を図16に示した。降水量は11.5~1,145mmの範囲で推移し、2020年7月に1,145mmの最大値となった。図17に柳川観測点の月別の日最大降水量を示した。日最大降水量は6~292mmの範囲で推移し、2020年7月6日に292mmの最大値となった。

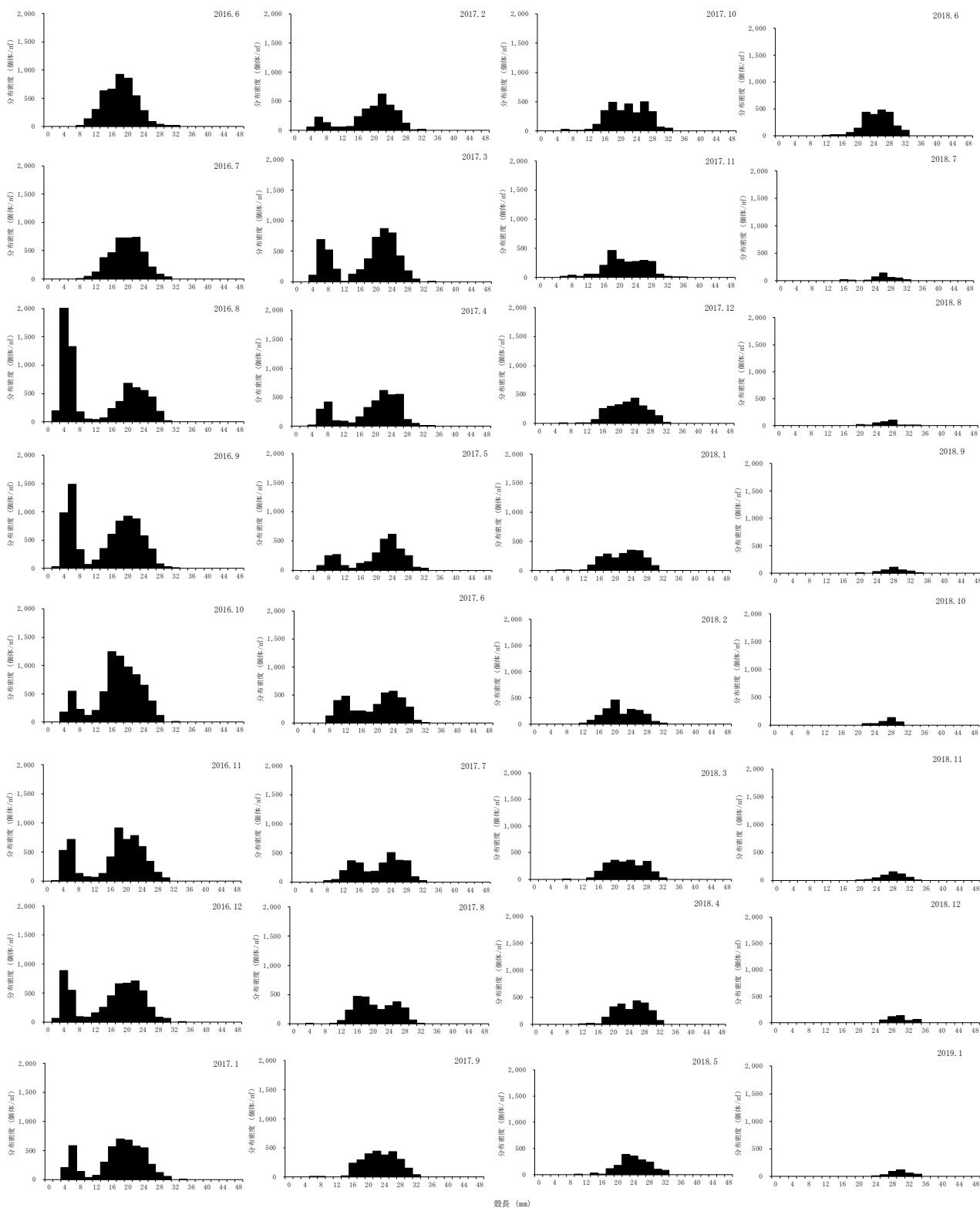


図7 殻長別分布密度 (2016年6月~2019年1月)

矢部川河口漁場におけるアサリ稚貝の出現とその動向

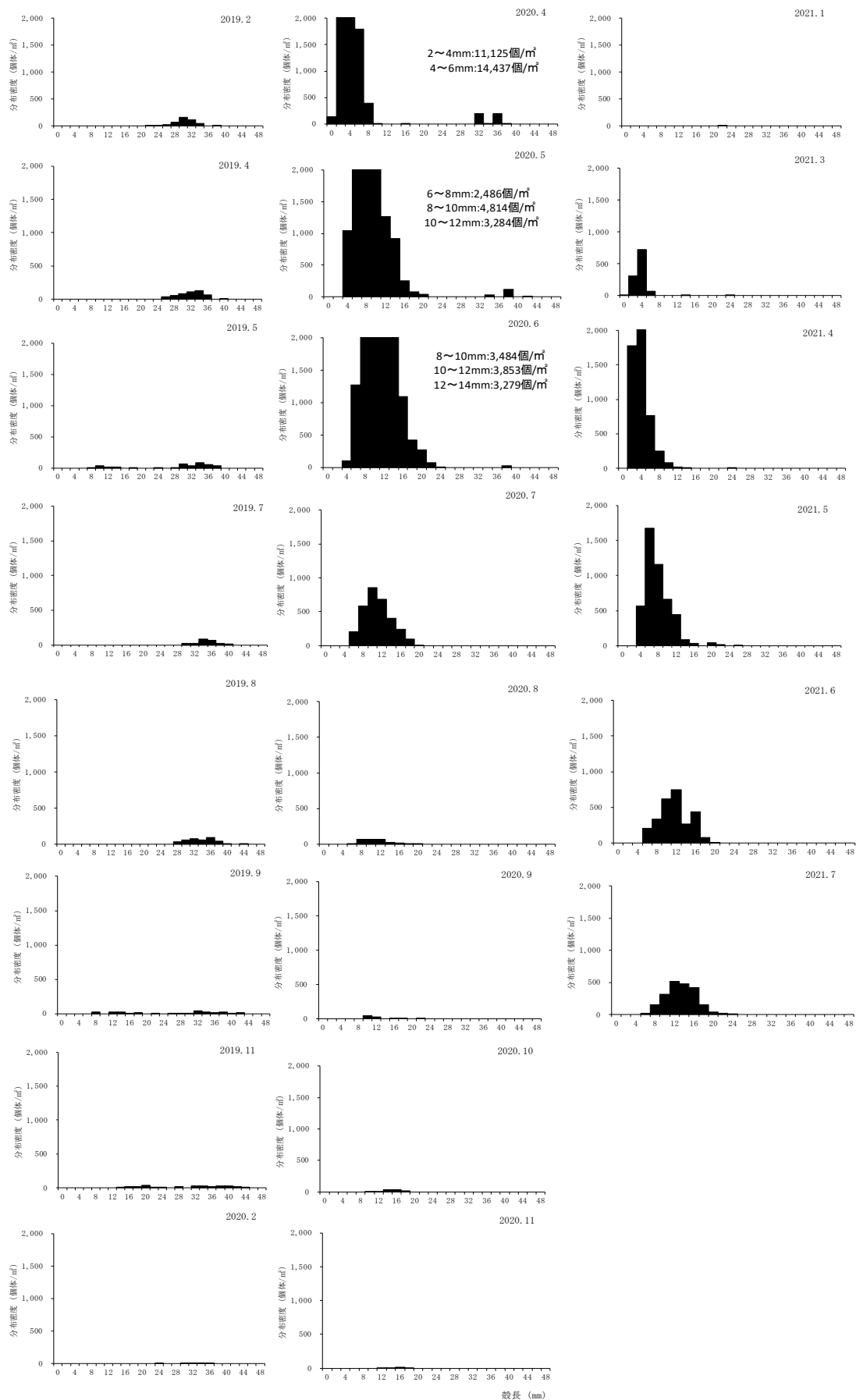


図8 殻長別分布密度 (2019年2月~2021年7月)

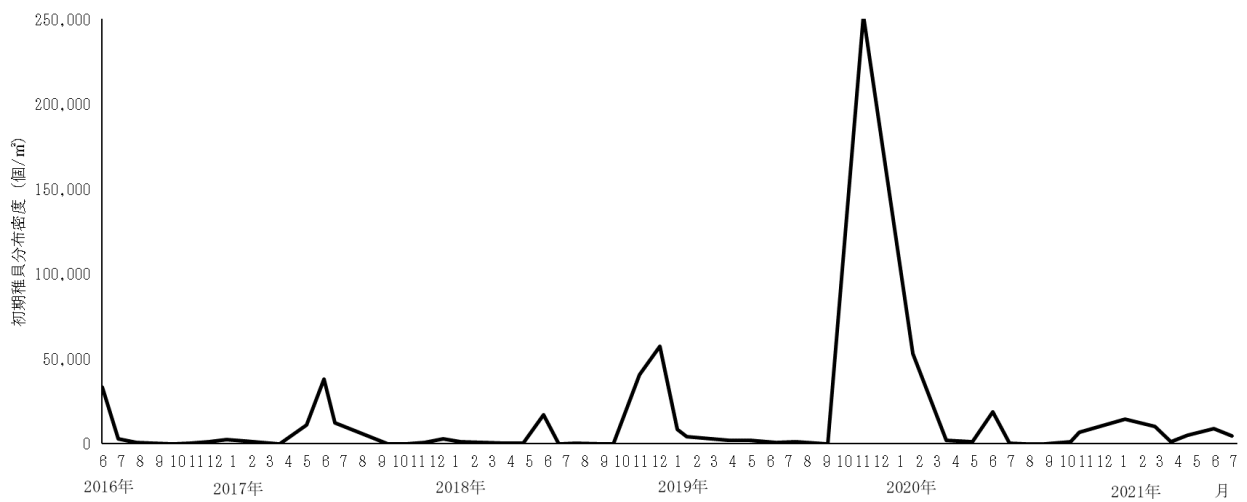


図9 初期稚貝（1mm未満）分布密度の推移

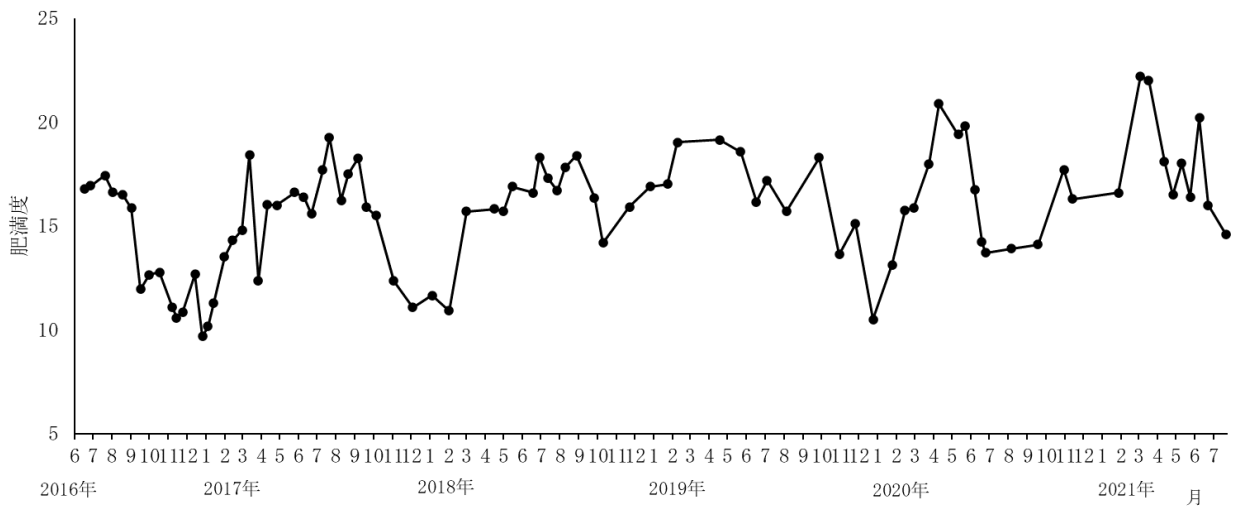


図10 肥満度の推移

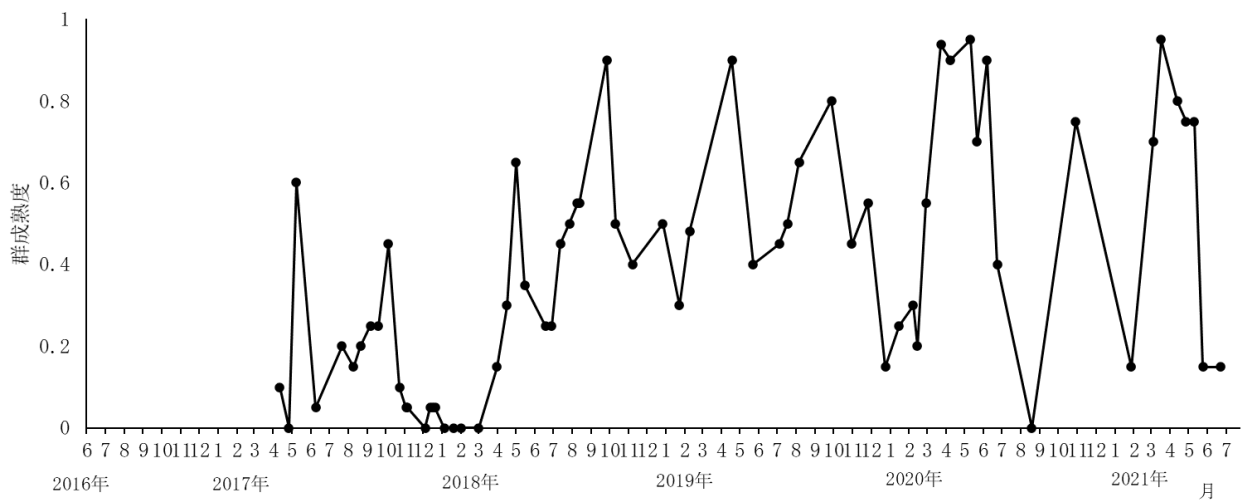
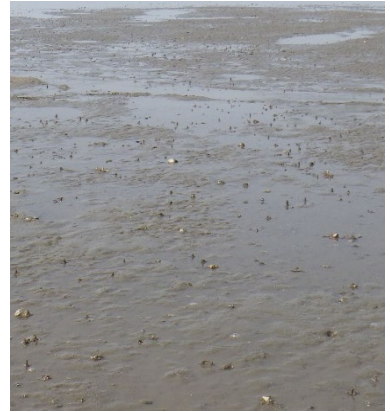
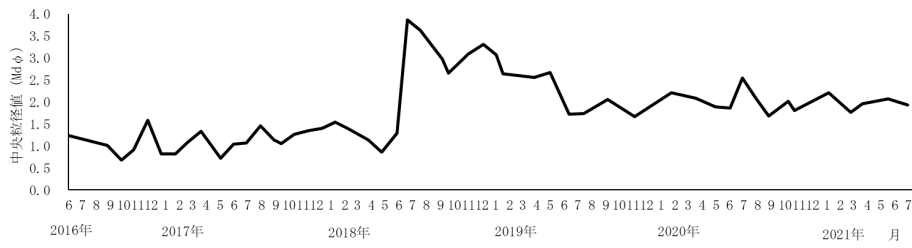
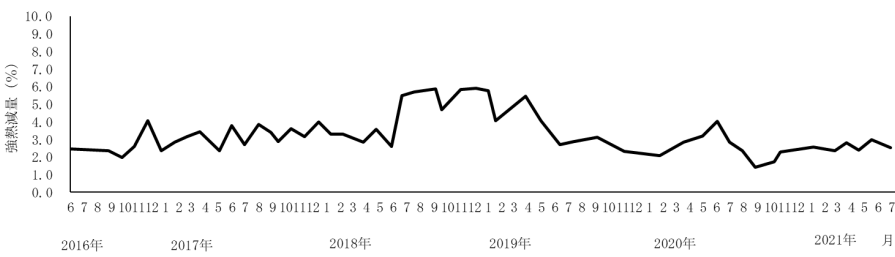


図11 群成熟度の推移

矢部川河口漁場におけるアサリ稚貝の出現とその動向



豪雨前 (2018年6月)



豪雨後 (2018年7月)

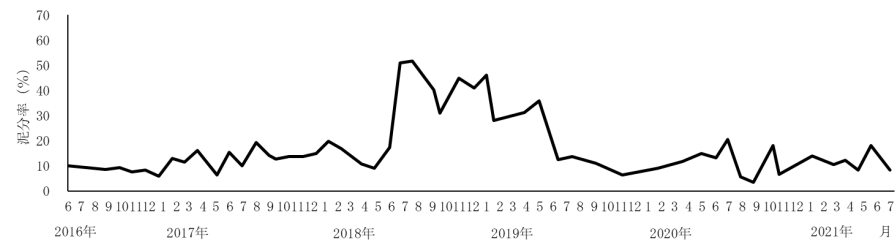
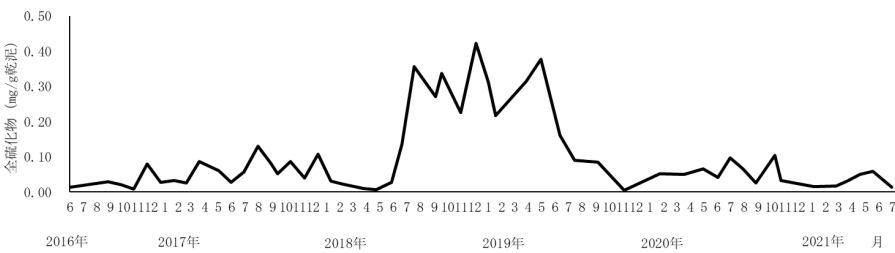


図 12 底質調査結果 (中央粒径値・強熱減量・全硫化物・泥分率)

図 13 西日本豪雨後漁場に堆積した泥

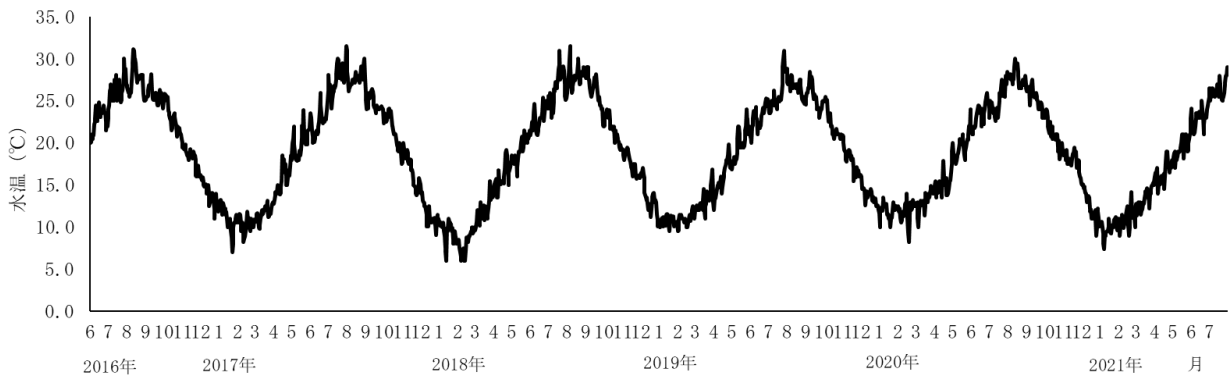


図 14 漁場の水温の推移

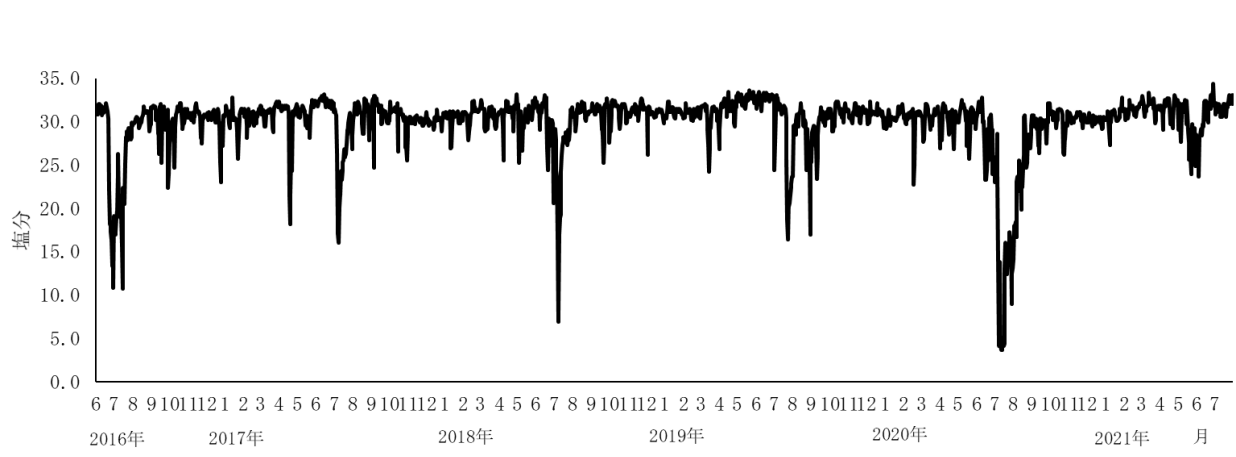


図 15 漁場の塩分の推移

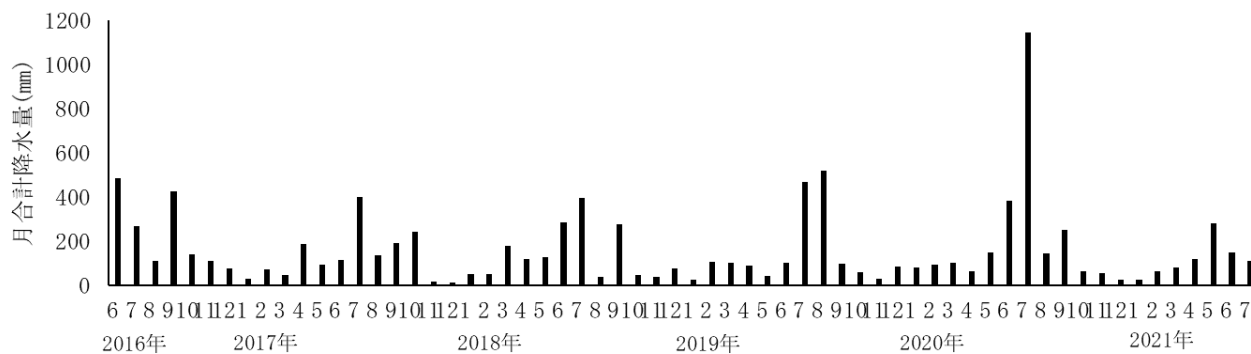


図 16 調査期間中の月合計降水量

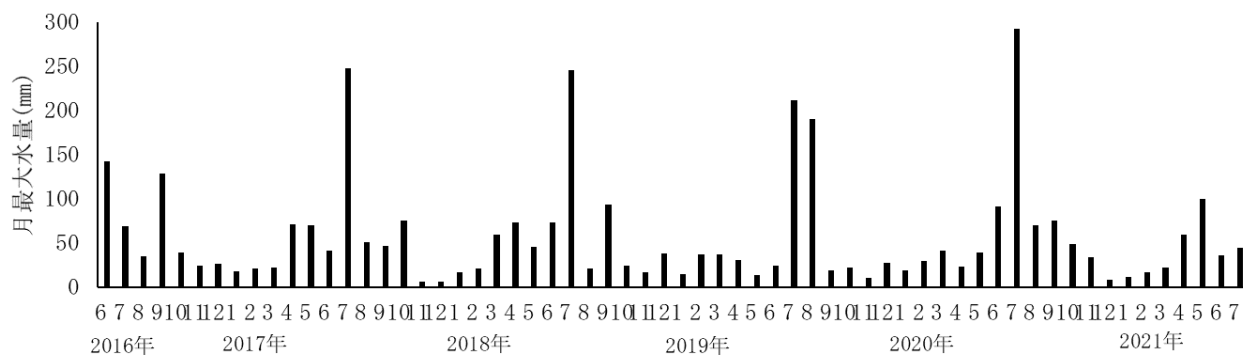


図 17 調査期間中の7月の日最大降水量

考 察

調査期間中、矢部川河口域の1mm以上のアサリの分布は、9~28,307個/m²の範囲で大きく変動した。

大きな減耗が見られたのは、主に2018年7月と2020年7~8月であった。2018年7月の減耗要因としては、2018年7月に発生した西日本豪雨により、漁場に泥が堆積し、中央粒径値が3を超えるなど、底質が一時的にアサリの生息に不適な環境になったことが考えられた⁷⁾。

一方で、2020年の梅雨末期の大雨時には、西日本豪雨時のような、泥の堆積は確認されず底質は良好な状態であったが、連日続いた大雨により、漁場の塩分が満潮時でも3.7まで低下した。さらに、低塩分状態は長期にわたって継続し、満潮時に10を下回る状態が7月11~17日の約1週間程度、20を下回る状態が7月8日~8月6日の約1ヶ月程度継続した。松田らは、塩分10の飼育水で36時間暴露したところ、48時間後に約4割が斃死したと報告したように⁹⁾、2020年7月の生息密度の減少は低塩分状態に長期間さらされることでアサリが大量斃死したことにより生じたものと考えられる。

1mm以上のアサリ分布密度の大きな増加は2016年8月、2020年4月、2021年4月に見られた。殻長組成をみると2016年8月には4~6mmをモードとする2016年春発生群、2020年4月には2~6mmをモードとする2019年秋発生群、2021年4月に

は2~4mmをモードとする2020年秋発生群の加入が見られた。春発生群については、2016年以降ほとんど加入が見られず、2019年以降は秋発生群の加入が主体となっている傾向が見られた。

一方で、1mm未満の初期稚貝で見ると、10,000個/m²以上の発生は、2016年6月、2017年5月、6月、7月、2018年6月、11月、12月、2019年11月、2020年2月、6月、2021年1月、3月であり、1mm以上の稚貝の加入につながっていない年についても1mm未満の初期稚貝が発生していた。そこで初期稚貝とその後の稚貝の加入状況をわかりやすく示すために、図18に着底後間もない初期稚貝の分布密度と過去の報告より着底後1~5ヶ月頃と想定される¹⁰⁾殻長1~6mmの稚貝の分布密度を同一グラフに示した。

春発生群については、2016年春には6月に33,280個/m²の初期稚貝の発生が見られた2ヶ月後の8月に2,303個/m²の1~6mm稚貝が確認されており、着底直後の初期稚貝が成長し1mm以上の稚貝へ加入したと推察された。一方で、2017年春、2018年春、2020年春にはいずれも5月あるいは6月に10,000個/m²以上の初期稚貝が見られたものの、その後の1~6mm稚貝の出現は確認されておらず、1mm以上に成長する前に減耗したことが推察された。

秋発生群については、漁場に泥の堆積が見られた2018年秋には、初期稚貝の発生が見られたものの、その後1~6mm稚貝の出現は確認されなかった。一方で、2019年秋には11月に251,987個/m²の高密度の初期稚貝が発生し、5ヶ月後の2020年4月には25,701個/m²の高密度の1~6mm稚貝が確認された。さらに2020

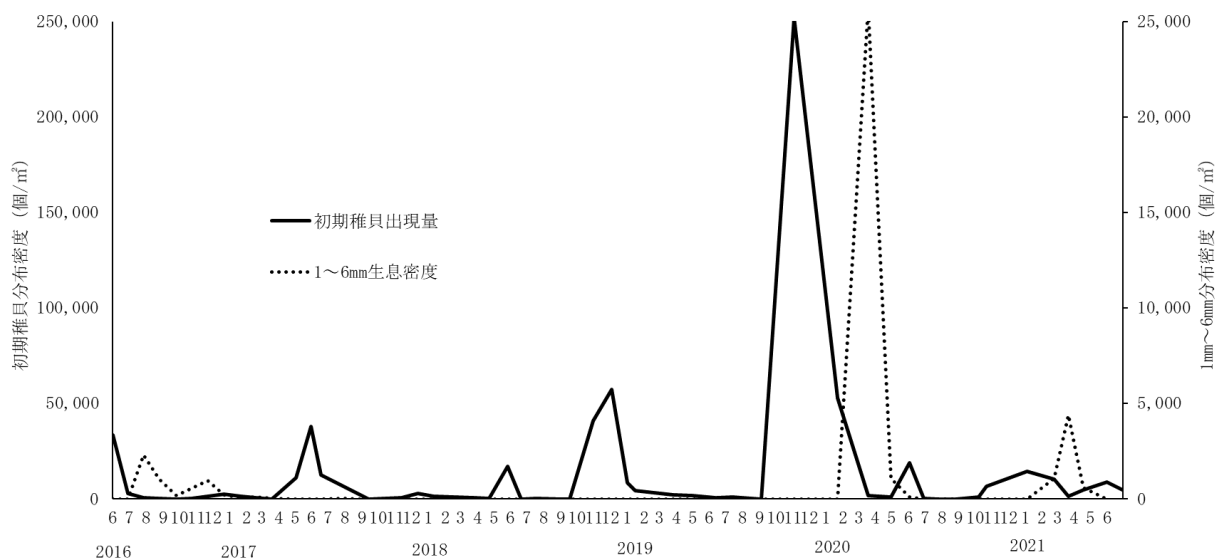


図18 初期稚貝（1mm未満）と1~6mm稚貝の分布密度

年秋には 2021 年 1 月に 14,546 個/m² の高密度の初期稚貝が発生、3 ヶ月後の 4 月には 4,393 個/m² の稚貝の発生が確認されており、比較的順調に 1~6mm 稚貝へと加入していた。

以上のことから、秋発生群はアサリの生息に適した底質環境の条件下で着底すれば、大きく減耗することなく成長し、1mm 以上の稚貝の加入につながると推察された。

図 19 に漁場に泥の堆積が生じた 2018 年を除いた初期稚貝の分布密度とその後の 1~6mm 稚貝の分布密度の年変動を春秋別に比較したものを示した。2016~2020 年の 4 カ年の秋(10~翌年 1 月)の初期稚貝の分布密度とそれが 1~6mm に成長する翌年 3~5 月の分布密度を比較すると、初期稚貝の発生が多いときは 1~6mm 稚貝の分布密度も高くなる傾向が見られるが、春(4~7 月)の初期稚貝の分布密度とそれが 1~6mm に成長する 7~9 月の分布密度についてはその傾向は見られなかった。これはすなわち、秋発生群は比較的安定して初期稚貝から 1mm 以上の稚貝へ成長するが、春発生群は初期稚貝から 1mm 以上の稚貝へ成長する過程で何らかの要因で減耗していると考えられた。

この減耗要因として、春発生群は初期稚貝が 5~6 月に多く着底しているため、着底後間もないうちに近年頻発する大雨の影響を受けることが考えられた。特に、2017~2020 年は日最大降水量が 200mm を超えており、7 月に激しい降雨があることで、5~6 月に着底した春発生群の逸散、斃死が起こっている可能性が示唆された。アサリは初期稚貝期に強い付着能力を持つ足糸を形成させ、砂粒子に付着しているとされているが⁴⁾、まとまった雨が降ると河口域では流速が強まり、表面の砂粒子ごと流出してしまう可能性が考えられた。また、潜砂できるようになる数 mm 程度に成長した稚貝であっても、殻長の 2 倍程度と小型個体では深く潜れないため⁴⁾、稚貝が発生しやすい滞筋部であれば強い流速により洗掘され、沖へと流されてしまうことが考えられた。また、小型個体の方が低塩分の影響を受けやすく、殻長 0.3mm の初期稚貝が淡水に 6 時間冠水すると全滅したという報告もあるため^{7,11)}、大河川の河口域に位置する本漁場では、まとまった降水時には河川水が大量に流れ込むことで、著しく低塩分になり、初期稚貝の斃死が起こった可能性が示唆された。

稚貝の発生場所については、st.1 や st.2 などの滞側に多く発生しやすい傾向が見られた。西沢らは愛知県矢作川河口域において、アサリ浮遊幼生は下げ潮

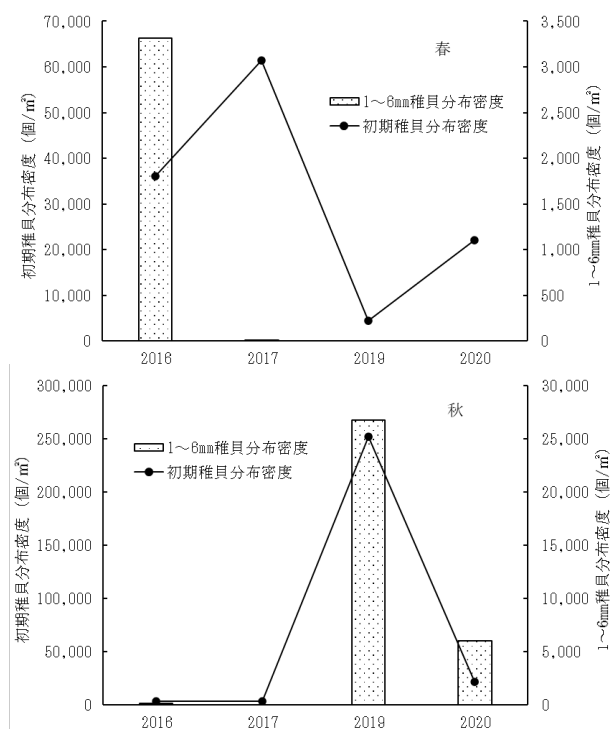


図 19 初期稚貝 (1mm 未満) と 1~6mm 稚貝の分布密度の関係

時でも塩分の高い底層に分布し、上流に向かう流れに乗ることで、河口部に滞留し着底する可能性を示唆したが¹²⁾、本調査を行った矢部川河口域でも同様のメカニズムで高い塩分を好む浮遊幼生が滞筋に滞留しており、滞筋に着底しやすくなることが考えられた。

このように、矢部川河口漁場はアサリ稚貝が発生しやすい漁場であるが、前述のように大雨時に減耗するリスクが非常に高い漁場でもある。この対策として、秋発生群については、7 月の大雨前の 6 月には大半が 10mm を超えることから、漁業者による 5mm 目合いのネットをつけたじょれんを使った移植により、安全な漁場への移植を行っている(図 20)。2020 年は 6 月に矢部川河口漁場から約 185t、2021 年は 6 月に約 100t の稚貝を大雨の影響を受けにくい、河口から離れた漁場に移植し、移植先の漁場では順調な成長が見られている。一方で、春期発生群は 6 月には 1mm 未満~数 mm であり、移植作業に用いている 5mm 目合いのネットを通過してしまうため、じょれんを用いた移植は不可能である。長本らが開発したアサリ稚貝育成装置は殻長 1mm の稚貝を比較的高い歩留まりで中間育成できるため¹³⁾、今後はこの装置を用いて着

底直後の稚貝を採取し、安全な漁場で中間育成した後、大雨の影響を受けにくい安全な漁場へ放流することも検討する必要がある。

肥満度・成熟度調査の結果では、2016年、2017年、2019年冬期に減耗が起きる可能性があると考えられる肥満度12以下の値が見られた⁴⁾。しかしながら、1mm以上の分布密度を見ると、冬期に大きな減少は見られないことから、冬期の肥満度の低下はそれほど大きな減耗要因ではないと推察された。一方で、産卵期である春期や秋季に肥満度や成熟度が高く、その後低下していたことから、矢部川河口漁場に生息している母貝が産卵を行っている可能性が示唆された。特に、調査開始時の2016年6月から西日本豪雨が発生する前の2018年6月までは、20mm以上の母貝の分布密度が比較的高かったことから、海域全体としても非常に重要な母貝団地となっていた可能性があると考えられた。

以上のことから、矢部川河口域はアサリにとって非常に重要な着底場、かつ産卵場であると考えられる。移植放流をすることは、稚貝を安全な漁場へ退避することに加え、移植元に残された稚貝の密度調整にもつながり、移植元の生残や成長の向上も期待される。移植の目安とされる生息密度は一般に2g程度の稚貝で2,000個/m²とされているが¹⁴⁾、本調査ではそれを上回る生息密度もしばしば見られている。したがって、今後も豪雨前の退避に加え、移植元の生残・成長の向上のためにも、7月の豪雨前に安全な漁場へ移植放流を行い、海域全体としてアサリの母貝量を増やしていくことが重要であろう。

文 献

- 1) 中村光治, 杉野浩二郎, 吉田幹英. 福岡県有明海域におけるアサリ及びサルボウ資源量調査. 福岡県水産海洋技術センター事業報告 2007: 244-247.
- 2) 長本篤, 金澤孝弘, 松本昌大, 廣瀬道宣, 秋元聡. 福岡県有明海域におけるアサリ及びサルボウ資源量調査. 福岡県水産海洋技術センター事業報告 2012: 150-154.
- 3) 内藤剛, 筑紫康博: 有明海浅海域における覆砂効果. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2004; 14: 125-1.
- 4) 青木伸一ら. 改善のための具体的対策手法. 「干潟生産力改善のためのガイドライン」. 水産庁, 東京. 2008.



図20 移植(上)および放流(下)風景

- 5) 安田治三郎, 浜井生三, 堀田秀之. アサリの産卵期について. 内海区水産研究所研究報告 1945; 20: 277-279.
- 6) 国土交通省気象庁. 過去の気象データ検索. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2021年11月4日閲覧
- 7) 沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成指針 ヒラメ・アサリ編(増殖場造成計画指針編集委員会編). 全国沿岸漁業振興開発協会, 東京, 1996; 123-304.
- 8) 阿久津孝夫, 山田俊郎, 佐藤仁, 明田定満, 谷野賢二. アサリの生息と底質の硬度, 粒度との関係について. 開発土木研究所月報 1995; 503: 22-30.
- 9) 松田正彦, 平野慶二. アサリの低塩分曝露後の影響について. 長崎県水産試験場研究報告 2019; 44: 7-13.
- 10) 林宗徳: 有明海におけるアサリの成長. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1993; 1: 151-154.

- 11) 池末弥, 松本直:アサリの生態学的研究-I. 沈着初期アサリの低比重並びに高温に対する抵抗力. 有明海研究報告 1956 ; 3 : 16-23.
- 12) 西沢正, 日向野純也, 田口浩一, 伊藤寛. 三河湾におけるアサリ稚貝の分布量と底質および流れとの関係. 水産工学 1995 ; 32 (2) : 137-143.
- 13) 長本篤, 濱崎稔洋, 篠原直哉, 的場達人. 有明海におけるアサリ稚貝育成装置の開発. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2019 ; 29 : 1-7
- 14) 入江章, 相島昇, 岩渕光伸, 今給黎悟, 山下輝昌. アサリ資源有効利用のための分布量調査. 福岡県有明水産試験場研究業務報告 1988:49-53.