

紀伊水道の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響解明

諏訪 剛・葦澤崇博・内田 廉（増養殖部）

目 的

近年、瀬戸内海のアサリやハマグリ生産量は減少しているが、和歌山県の干潟域でも同様である。浜口¹⁾は、アサリ・ハマグリ生産性低下の原因のひとつとして、海域の栄養塩の低下や冬季水温の上昇など環境変化による影響を考察している。

本課題では、和歌浦干潟（図 1）において二枚貝漁場周辺海域における栄養塩などの水質等環境調査を実施するとともに、アサリ等二枚貝を用いた飼育試験を実施し、海域の栄養塩動態や餌料環境、二枚貝の成長量等を把握し、海域の栄養塩環境が二枚貝の生産性に及ぼす影響を検討する。

なお、本調査は、令和 2 年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発「栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査」（水産庁委託）により実施した。

方 法

1. 水質等環境調査

2020 年 5 月～2021 年 2 月の期間、多項目 CTD (RINKO-Profiler, JFE アドバンテック株式会社) による水温、塩分の測定を行った。また、2020 年 5 月～2021 年 1 月の期間、採水・採泥サンプリングを実施し、自動分析機器 (SWAAT, BLTEC 株式会社) による栄養塩分析 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ (12～1 月は $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ を欠測)) 及び蛍光分光光度計 (FP-6500, 日本分光株式会社) による海水・干潟堆積物のクロロフィル *a* 分析 (5～6 月は欠測) に供した。海水の採水は、アサリの餌資源としての重要性が示唆されている底生性微細藻類²⁾の巻き上げを考慮し、上げ潮時の、水深 80cm に達した際の海底上約 1cm とした。干潟堆積物の採泥は表層 0～5mm で、既設の被覆網下の、アサリの飼育試験カゴ周辺から採取した。干潟堆積物のクロロフィル *a* 分析については、サンプルを 1.5g 秤量した後、滅菌海水を加え、上清と沈殿物に分けた。アサリの餌としての微細藻類はサイズ情報が重要と考えられている²⁾ため、海水及び干潟堆積物の上清は 0.2 μm , 2 μm , 10 μm , 20 μm の濾紙で濾過し、その濾紙から NN-ジメチルホルムアミドを用いて抽出したクロロフィル *a* 量を 0.2～2 μm , 2～10 μm , 10～20 μm , 20 μm 以上の分画に分けて測定した。沈殿物についてはそのままクロロフィル *a* 量を測定した。

微細藻類分析（組成、細胞密度）は、上記の方法で採取した海水と干潟堆積物（上清）について実施した。海水は 2020 年 3, 8, 10, 12 月分を分析した。3 月の海水は、今年度と同じ方法で採取した底層水に加え、この底層水を 20 μm のフィルターで濾した濾液、及び表層水の 3 種類を調べた。干潟堆積物（上清）は 5～12 月の毎月、分析した。

2. 二枚貝飼育試験

和歌浦干潟の既設の被覆網下に、2020 年 5 月に採苗したアサリ（以後、「1 年目アサリ」と表記）の殻長・殻付重量測定用として、アサリ 60 個体を収容したカゴ (520×365×305mm) を 4 個設置した。また別途、1 年目アサリの軟体部湿重量測定用として同内容のカゴを 4 個設置した。さらに、前年度の当該試験に供したアサリ (2019 年 4 月採苗の稚貝) を使用。以後、「2 年目アサリ」と表記) についても同内容のカゴを 4 個設置したが、こちらは



図 1 調査地

殻長・殻付重量測定用と軟体部湿重量測定用を兼ねた。カゴの上部には食害やアサリの流出防止のため上部網（目合い 4mm）を被せ、カゴ内の基質には篩（目合い 5mm）で夾雑物を除去した干潟の砂を使用した。

殻長・殻付重量は、各カゴからアサリ 20 個体、カゴ 4 個で合計 80 個体を無作為に抽出し、デジタルノギスで殻長、電子秤で殻付重量を測定した。測定したアサリは元のカゴへ戻した。軟体部湿重量は、各カゴからアサリ 2~3 個体、カゴ 4 個で合計 10 個体を無作為抽出により採取して水産試験場へ持ち帰り、デジタルノギスで殻長、殻高、殻幅を測定した後、メスで切開して取り出した軟体部をペーパータオルで水分除去して電子秤で計測した。軟体部湿重量の測定に用いたアサリの各個体データから各月の肥満度[軟体部湿重量 g/ (殻長×殻高×殻幅 cm) ×100]を算出した。

調査は 2020 年 5 月~2021 年 2 月の期間、実施した。2 月には 1 年目アサリの殻長・殻付重量測定用カゴについて生残個体を計数し、生残率を求めた。

アサリの餌料推定に資するため、アサリ軟体部、海水、干潟堆積物の炭素・窒素安定同位体比分析を実施した。検体は 2020 年 3, 8, 10, 11, 12 月, 2021 年 1 月に採取した（1 月はアサリ軟体部と干潟堆積物のみ）。アサリ軟体部は、軟体部湿重量の測定に供した 1 年目アサリの検体を用いた。ただし、3 月については前年度の飼育試験で軟体部湿重量を測定した 2 年目アサリに加え、新たに殻長 2mm 未満のアサリ稚貝を採取し調べた。海水と干潟堆積物は水質等環境調査と同じ方法で採取した。海水は、あらかじめ 450℃で 3 時間加熱処理したグラスファイバー濾紙（Whatman 社製 GF/F フィルター）で濾過し、その濾紙を検体とした。濾過した海水量は 12 月のみ 2L, その他は 1L である。以上の検体は、外部委託（委託先：昭光サイエンス株式会社）により炭素・窒素安定同位体比分析した。

結果及び考察

1. 水質等環境調査

水温、塩分、栄養塩濃度（NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P）の調査結果を図 2~7 に示した。

7 月は NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P で比較的高い値が観測されたが、同月の塩分は低塩分であった（図 3）。北村ら³⁾は、和歌浦干潟における降雨後の河川水流入による陸域からの栄養塩供給を考察しており、今回観測された 7 月の高栄養塩と低塩分は降雨の影響によるものと考えられる。また、12 月は NO₂-N と NO₃-N で、1 月は NO₂-N で比較的高い値が観測された。北村ら²⁾は和歌浦湾において降雨直後の一時的な栄養塩濃度上昇の他に、秋~冬季にも海水中の栄養塩が高くなる傾向を指摘している。、12 月と 1 月に観測された高栄養塩は、秋~冬季の和歌浦湾の栄養塩濃度上昇に影響を受けた現象と推察される。

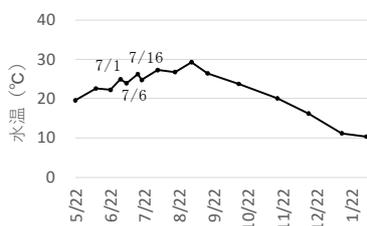


図 2 水温の調査結果

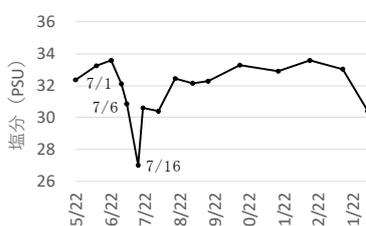


図 3 塩分の調査結果

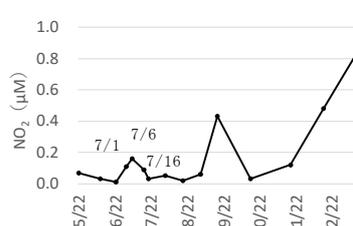


図 4 NO₂-N の調査結果

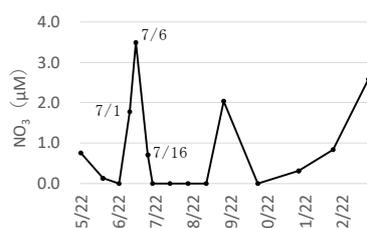


図 5 NO₃-N の調査結果

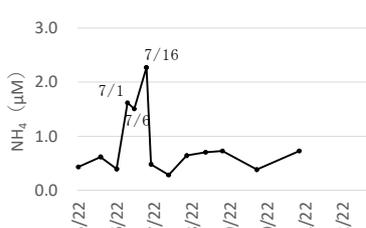


図 6 NH₄-N の調査結果

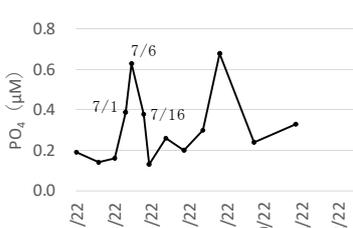


図 7 PO₄-P の調査結果

海水および干潟堆積物（上清+沈殿物）のクロロフィル a の調査結果を図 8～9 に示した。クロロフィル a は、海水は 9 月と 12 月、干潟堆積物は 8 月と 12 月に比較的多かった。

海水および干潟堆積物（上清）に含まれる浮遊性および底生性微細藻類の細胞密度を図 10～11 に示した。海水の微細藻類細胞密度（図 10）は、ほとんどが浮遊性微細藻類で占められた。

海水および干潟堆積物（上清）の、分画別クロロフィル a とその組成率を図 12～13 に示した。海水（図 12）は干潟堆積物（上清）（図 13）に比べ、20 μm 以上分画のクロロフィル a が目立った。一方、干潟堆積物

（上清）は 2～20 μm 分画のクロロフィル a が主体となった。これらの結果は北村ら²⁾でも報告されている。

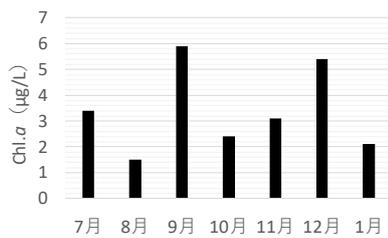


図 8 海水のクロロフィル a 調査結果

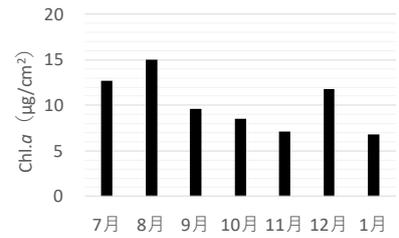


図 9 干潟堆積物（上清+沈殿物）のクロロフィル a 調査結果

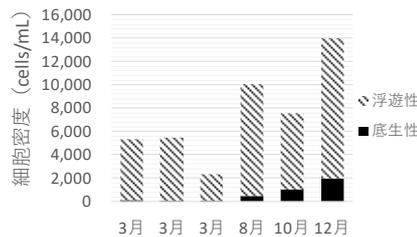


図 10 海水の浮遊・底生性微細藻類細胞密度

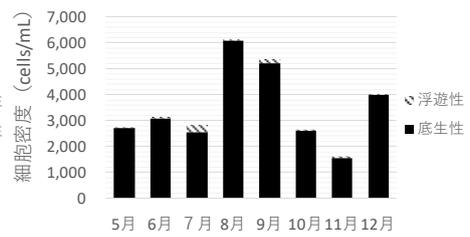


図 11 干潟堆積物（上清）の浮遊・底生

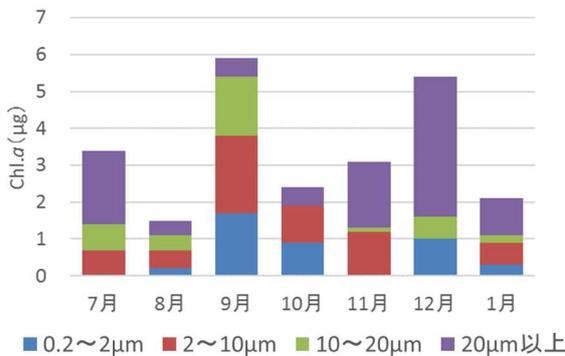


図 12 海水 1L 中の分画別クロロフィル a 量

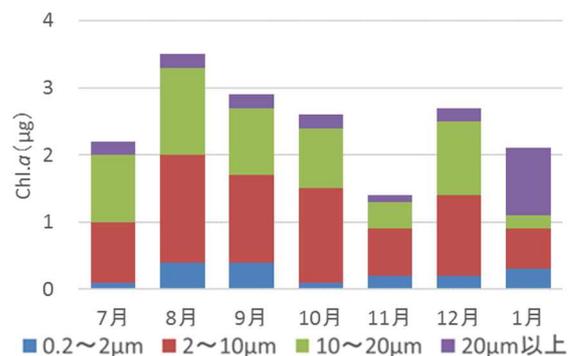


図 13 1cm² 当たり干潟堆積物（上清）中の分画別クロロフィル a 量

2. 二枚貝飼育試験

1 年目および 2 年目アサリの各月の殻長、殻付湿重量、軟体部湿重量および肥満度の調査結果を図 14～15 に示した。1 年目アサリの成長は急激であったが、2 年目アサリは穏やかであった。2 月調査時点の 1 年目アサリ飼育試験区の平均生残率は 57.5% であった。

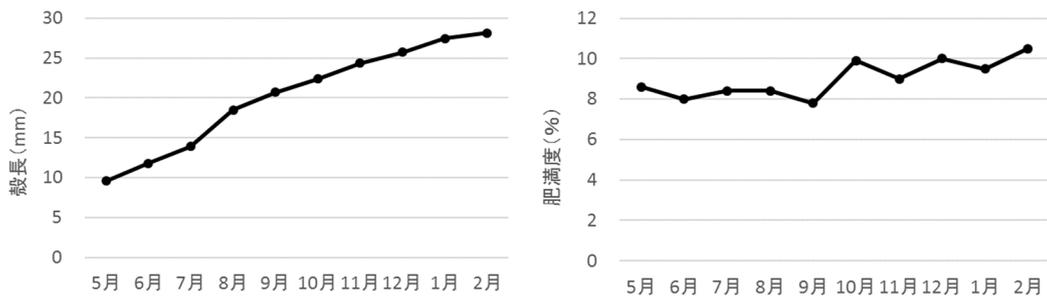


図 14 1年目アサリ飼育試験結果（左図：殻長，右図：肥満度）

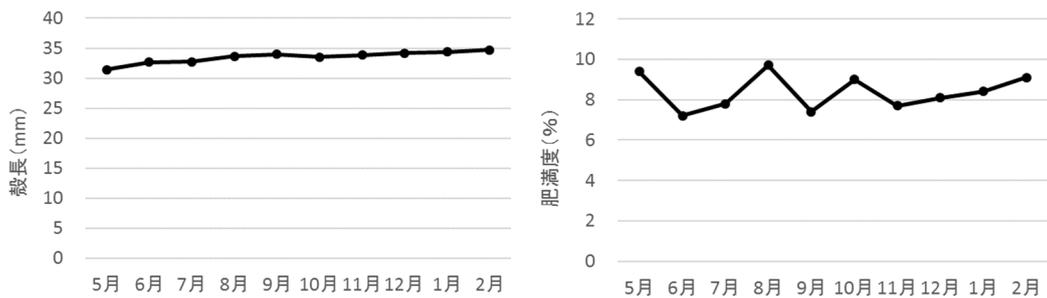


図 15 2年目アサリ飼育試験結果（左図：殻長，右図：肥満度）

炭素・窒素安定同位体比分析結果から $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップを作製し図 16 に示した。アサリ軟体部は、2020 年 3 月に採取された殻長 2mm 未満の稚貝が $\delta^{13}\text{C}$: -25.6‰, $\delta^{15}\text{N}$: 8.88‰ で、その他は $\delta^{13}\text{C}$: -18.3~ -15.8‰, $\delta^{15}\text{N}$: 8.54~9.51‰ であった。このことから、殻長 2mm 未満のアサリ稚貝とそれ以外のアサリは異なる餌を利用している可能性が示唆された。干潟堆積物は $\delta^{13}\text{C}$: -22.3~ -20.7‰, $\delta^{15}\text{N}$: 5.17~7.26‰ であった。海水は 12 月が $\delta^{13}\text{C}$: -22.0‰, $\delta^{15}\text{N}$: 8.06‰ であった。12 月以外の海水は検体水量の不足により $\delta^{15}\text{N}$ が 11‰ 以上の異常値を示したため、ここでは参考まで示すにとどめる。

金谷⁴⁾によると、日本沿岸域で報告された海水中の marine POM の $\delta^{13}\text{C}$ は -23.8~ -18.9‰ の範囲にあり、今回調べた 12 月の海水の $\delta^{13}\text{C}$ もこの範囲に入っている。同じく金谷⁴⁾によると、日本近海で報告された底生微細藻類の $\delta^{13}\text{C}$ は -20~ -11‰ とされている。 $\delta^{13}\text{C}$ についてアサリの濃縮係数を 0.6‰ とした場合⁵⁾、本調査での殻長 2mm 未満稚貝以外のアサリの、推定される餌料の $\delta^{13}\text{C}$ は -18.9~ -16.4‰ となる。この数値は、金谷⁴⁾が報告する $\delta^{13}\text{C}$ の底生微細藻類の範囲内に収まるが、marine POM の範囲からは概ね外れる。

一方、海水および干潟堆積物（上清）の分画別クロロフィル *a*（月間平均）と、1 年目アサリの軟体部湿重量（月間増加率）との関係を分析すると、干潟堆積物（上清）の 0.2~2 μm 分画および 20 μm 以上分画クロロフィル *a* で有意な相関 ($P < 0.05$) が認められた（図 17）。なお、干潟堆積物（上清）に含まれる微細藻類細胞密度を調査した結果（図 11）によると、ほとんどが底生性で占められていた。

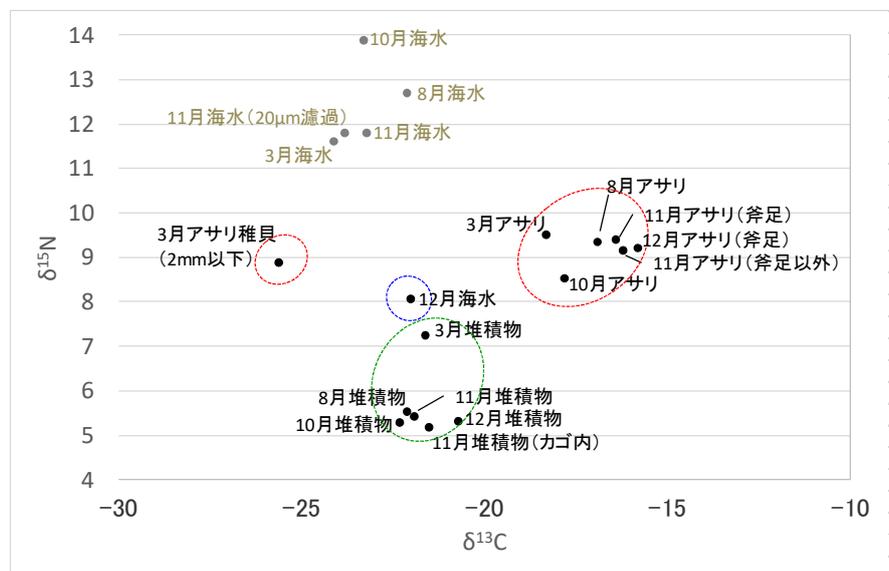


図 16 炭素・窒素安定同位体比分析結果

以上のことから、カゴの中で飼育したアサリにとって、再懸濁された底生性微細藻類が餌料として重要な役割を果たしている可能性が示唆された。底生性微細藻類のアサリ餌料としての重要性については北村ら²⁾でも考察されている。食害防止用の被覆網とアサリ流失防止用の上部網で囲まれたカゴの中は、堆積物が堆積しやすく、網の表面が着生基質になるため底生性微細藻類が豊富となり、そこで飼われているアサリにとって主要な餌料になっているのではないかと推察される。

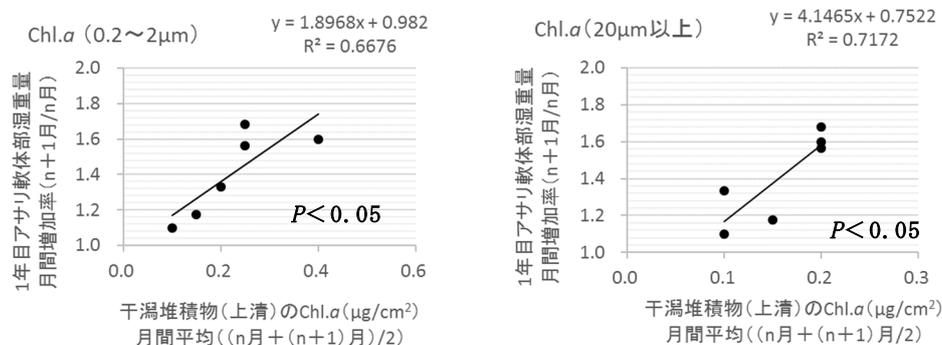


図 17 干潟堆積物（上清）の 0.2~2μm 分画（左図）及び 20μm 以上分画（右図）のクロロフィル a とアサリ軟体部湿重量の関係

文 献

- 1) 浜口昌巳（2011）一次生産の変化と有用種の関係（二枚貝）. 水産総合研究センター研究報告，独立行政法人水産総合研究センター，神奈川． 33-47.
- 2) 北村章博，森康雅，竜田直樹（2020）平成 31 年度漁場環境改善推進事業「栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査」報告書．国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所， 26-34.
- 3) 北村章博，森康雅，竜田直樹（2019）平成 30 年度漁場環境改善推進事業「栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査」報告書．国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所， 26-32.
- 4) 金谷 弦（2010）炭素・窒素安定同位体比測定法による大型底生度応物の餌資源推定—汽水域生態系への適用—. 日本ベントス学会誌， 28-40.
- 5) 石樋由香，松本才絵，渡部諭史，藤岡義三，長谷川夏樹，日向野純也（2017）コンテナ垂下養殖アサリの成長と餌料源．水産技術， 141-145.