

盤洲干潟における懸濁物質組成とアサリの餌料環境

Composition of Suspended Particulate Matter and Food Environment of Manila Clam,
Ruditapes philippinarum in Banzu Intertidal Sand Flat

児玉真史¹・渡部諭史²・鳥羽光晴³・片山知史⁴・中田薫⁵

Masashi KODAMA, Satoshi WATANABE, Mitsuharu TOBA, Satoshi KATAYAMA and Kaoru NAKATA

Tidal variability of biochemical composition (carbon and nitrogen stable isotopic ratios) and phytopigment content of suspended particulate matter (SPM) in the bottom water were investigated in Banzu Intertidal Sand Flat, Tokyo Bay, Japan and food environment with diet of manila clam, *Ruditapes philippinarum* were discussed. Biochemical composition of SPM showed large tidal variations and it was suggested that high tide periods were suitable food environment for clam. The results also indicated that phytoplankton which transported from offshore around high tide is important food source for clam. In addition, results of stable isotope analyses suggest that clam selectively intake SPM during high tide periods and assimilate selected components among those SPM.

1. はじめに

近年, 我が国におけるアサリ漁獲量は低迷が続き, 輸入アサリの増加とそれにともなう様々な社会問題を引き起こしている. アサリは有用水産資源であると同時に, 懸濁物食者として沿岸海域の重要な浄化機能を担っていることから, 国内の多くの内湾域において資源回復が強く望まれている. しかしながら, 食性をはじめとして生態に関しては依然として不明な点が多く, 資源回復策を講じるための知見は十分とは言えない. 近年のアサリ漁獲量の低迷には干潟の消失, 過剰漁獲など様々な要因が影響しているが(松川ら, 2008), 餌料環境も重要な要因の一つと考えられることから, アサリの食性・摂餌生態と成長・生理状態をあわせた解析によりこの点を明らかにしていく必要がある.

良く知られているようにアサリはろ過食者であり, 直上水中の懸濁物質を水管から取り込んで摂餌している. アサリの主な餌料源としては, 植物プランクトン, 底生微細藻類, デトリタス等が想定され, 顕微鏡観察による消化管内容物の解析や安定同位体比を用いた解析が広く行われている(例えば小池ら, 1992). その結果, これら餌料源候補の重要度は海域や季節によって異なることが明らかになっている. また, Kasaiら(2004)は直上水中の懸濁物質とアサリの安定同位体比の解析から, アサリには何らかの摂餌選択機能があることを指摘してい

るが, その詳細については不明である.

本研究では, 東京湾内のアサリ生息域において, アサリおよび餌料源候補である懸濁物質の組成を調べ, アサリの食性と水質環境との関係解明のための基礎情報を得ることを目的とした.

2. 材料と方法

東京湾内のアサリ生息域のうち, 千葉県盤洲干潟を対象とした. 小櫃川河口右岸側の久津間地区漁場内のStn. A(図-1)において, アサリの餌料源候補として冠水時の堆積物直上水中の懸濁物質(SPM)の組成の潮汐にともなう変化を以下の方法により調べた. Stn. Aにおいて2007年5月16日および8月27日から約2週間にわたって堆積物直上約5cmの高さにクロロフィル・濁度計(アレック電子製, COMPACT-CLW)を設置し, 直上水中のクロロフィル蛍光・濁度の連続計測を行った. 得られたクロロフィル蛍光値および濁度は, それぞれ別途計測した植物色素濃度(Chlorophyll-a+Phaeo.色素)およびSPM濃度との関係式を用いて植物色素濃度およびSPM濃度に変換した.

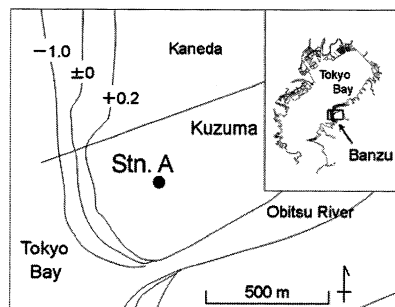


図-1 盤洲干潟における調査地点.

- | | | | |
|---|-----|------|-----------------------------|
| 1 | 正会員 | 博(工) | (独法) 水産総合研究センター中央水産研究所海洋生産部 |
| 2 | | 農博 | (独法) 国際農林水産業研究センター水産領域 |
| 3 | | 水産博 | 千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所 |
| 4 | | 博(農) | (独法) 水産総合研究センター中央水産研究所浅海増殖部 |
| 5 | | 農博 | (独法) 水産総合研究センター本部 |

また、2007年5月16日および同8月27日（いずれも大潮時）の上げ潮直後および満潮前に、入水口を堆積物直上約5cmに固定した手動ポンプで採水を行った。8月27日の観測時にはStn. Aの満潮時の表層水および約500m岸側の点においても同様の採水を行った。図-2に5月16日および8月27日のStn. Aにおける潮位の変動と採水時刻を示した。

採水により得られた試水は懸濁物質（SPM）をワットマンGF/Fフィルターに捕集し、デシケーター中の塩酸蒸気で脱炭酸カルシウム処理後、元素分析装置FLASH EA1112（サーモ電子社製）と質量分析計Finnigan MAT252からなるオンライン分析システムを用いて、懸濁態有機炭素・窒素（POC, PON）濃度および炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ）の測定を行った。また、N, N-ジメチルホルムアミド（DMF）抽出によりターナー蛍光光度計を用いて植物色素濃度（Chlorophyll-aおよびPhaeo.色素）の測定を行った。

さらに、2007年5月から9月にかけてStn. Aにおいてアサリ、0-1cmまでの表層堆積物（SOM）および底生微細藻類サンプルを適宜採取し、SPMと同じ分析システムを用いて有機炭素・窒素含量、（ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ）の測定を行っ

た。アサリは2007年6月25日および同9月10日に採取したもののうち、それぞれ9個体ずつ（平均殻長6月25日：34.5mm, 9月10日：11.1mm）の軟体部全体を切り出し、凍結乾燥・粉碎後、クロロホルム・メタノール混液（v/v=2:1）溶液で脱脂し分析に供した。

3. 結果および考察

(1) 潮汐にともなうアサリ餌料環境の変動特性

図-3および図-4に自動観測機器を用いて観測した潮位、SPM濃度、植物色素濃度および懸濁物質濃度に対する植物色素濃度の割合（Phy/SPM比）の時系列変化を示した。また、図-5にそれぞれの観測期間中の平均値の潮位との関係を示した。SPM濃度は5月16日～18日に明瞭にみられるように干潮前後で高濃度となる場合が多いのに対し、植物色素濃度は満潮前後で高濃度となっている。両者の変動特性を反映して、Phy/SPM比は干潮前後で低く、満潮前後で高い値となっている。ただし、8月は5月に比べてその傾向はやや不明瞭である。一般に無機懸濁物濃度が低い方がアサリのろ水活性は高くなることから（例えばTabataら, 2000）、SPM濃度が低く、含まれる植物色素の量・割合が高い満潮前後の方がアサリの摂餌に

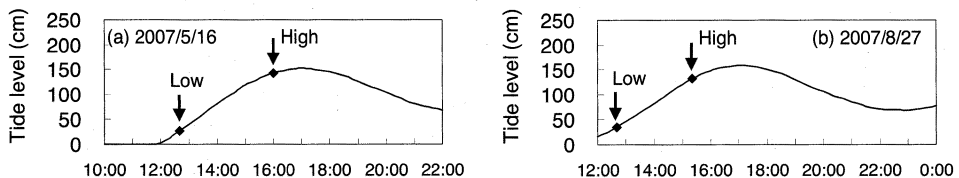


図-2 2007年5月16日、8月27日の盤洲干潟Stn. Aにおける潮位および採水時刻。

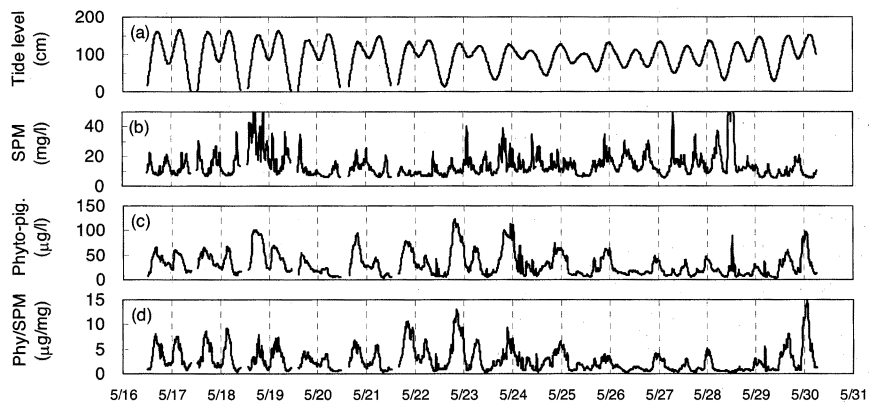


図-3 2007年5月の盤洲干潟Stn. Aにおける(a)潮位、(b)SPM濃度、(c)植物色素濃度および(d)SPMに対する植物色素量の割合（Phy/SPM比）の時系列変動。

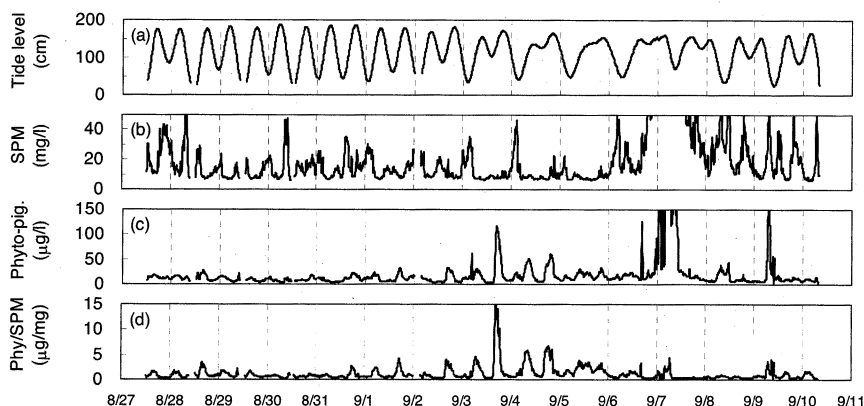


図-4 2007年8月の盤洲干潟Stn. Aにおける(a)潮位, (b)SPM濃度, (c)植物色素濃度および(d) SPMに対する植物色素量の割合 (Phy/SPM比) の時系列変動。

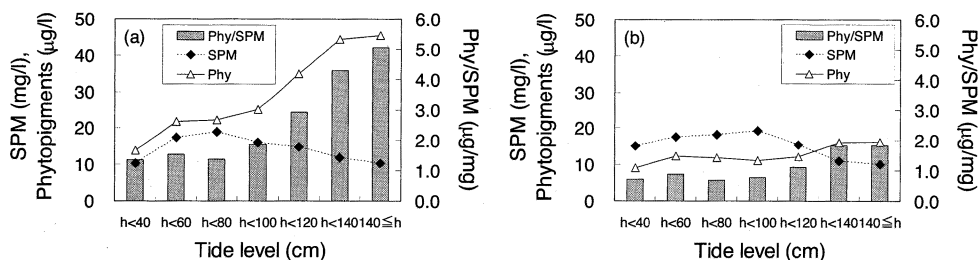


図-5 (a)2007年5月および(b)8月の盤洲干潟Stn. Aにおける潮位とSPM濃度, 植物色素濃度およびSPMに対する植物色素量の割合 (Phy/SPM比) の関係。いずれも約2週間の観測期間中の平均値。

とって好適な環境になっているものと推察される。

図-6にStn. AにおけるSPM, 表層堆積物 (SOM) およびアサリの炭素・窒素安定同位体比マップを示した。SPMの $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ の値はいずれの観測日においても潮汐とともに大きな変化がみられ, その値は, 上げ潮直後に比べて, 満潮前の方が $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ともに高くなっている。一方, SOMおよびアサリの同位体比の変動はSPMに比べて小さい。アサリの $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ は, いずれもSPMよりも高い値となっているが, 上げ潮直後よりも満潮前のSPMに近い値となっている。図-7に8月, 9月におけるStn. Aの表層堆積物, 底生微細藻類および表層, 周辺の点を含むSPMのC/N比と $\delta^{13}\text{C}$ を示した。SPMの値は広く分布し, 干潟上には様々な起源の有機物が存在していることがわかる。底生微細藻類の値は上げ潮直後のSPMに近いが, 表層堆積物は, SPMの中間的な値となっている。以上の結果と既往の報告 (Fry & Sherr, 1984) との比較から, 上げ潮直後のSPMは再懸濁された堆積物, 満潮前は沖合で生産された植物プランクトン由来の有機物を多く含んでいるものと考えられる。

(2) 懸濁物質の餌料価値の検討

図-8, 図-9にStn. Aにおいて採水観測により得られた上げ潮直後 (Low) ならびに満潮前 (High) におけるSPM濃度, 植物色素濃度, POC濃度およびC/N比を示した。また, 図-10にPhy/SPM比およびPhy/POC比 (有機炭素量に対する植物色素量の割合) を示した。SPM濃度は機器観測の結果と同様に5月, 8月いずれも満潮前の方が低くなっている。一方, 植物色素濃度は5月では満潮前に増加, 8月には低下しているが, 両者ともPhy/SPM比としては増加する傾向となっている。

上げ潮から満潮にかけてのPOC濃度は, 5月には若干の上昇, 8月には大幅な低下と異なった傾向であるが, Phy/POC比としてはいずれも上昇する結果となっている。上げ潮直後のSPMは5月, 8月いずれもPhy/POC比が低く, $\delta^{13}\text{C}$ の値が低いことから, 陸域由来の難分解性有機物 (セルロース等) を多く含んでいるものと考えられる。以上から, 5月, 8月いずれも満潮前の方がより餌料価値の高い有機物が多く存在していると考えられる。

図-11に8月27日のSPMの炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ と

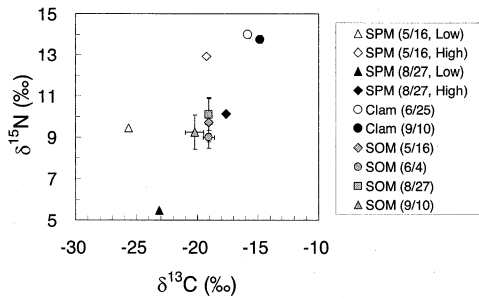


図-6 盤洲干潟Stn. Aにおける堆積物直上水中の懸濁物質 (SPM), アサリ (Clam) および表層堆積物 (SOM) の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ マップ。

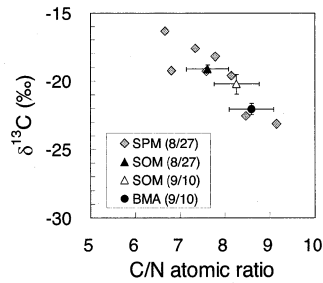


図-7 盤洲干潟Stn. Aにおける表層堆積物 (SOM), 底生微細藻類 (BMA) および懸濁物質 (SPM) の C/N- $\delta^{13}\text{C}$ プロット. ただし, SPMは表層水, 周辺の堆積物直上水を含む。

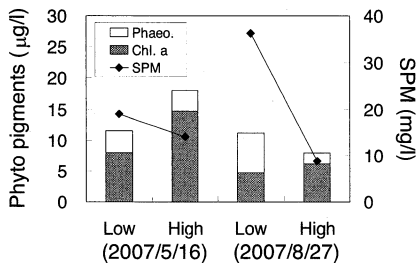


図-8 盤洲干潟Stn. Aにおける上げ潮直後 (Low), 満潮前 (High) の堆積物直上水中のChlorophyll-a濃度, Phaeo 色素濃度およびSPM濃度。

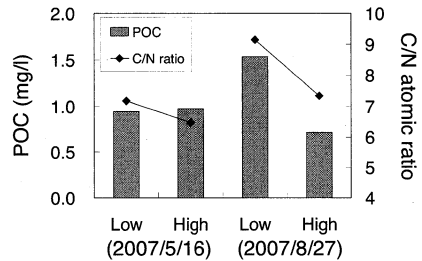


図-9 盤洲干潟Stn. Aにおける上げ潮直後 (Low), 満潮前 (High) の堆積物直上水中のPOC濃度およびC/N比。

Phy/SPM 比および Phy/POC 比の関係を示した。Phy/SPM 比, Phy/POC 比ともに $\delta^{13}\text{C}$ と正の相関があることから, $\delta^{13}\text{C}$ の値が大きい懸濁物質の方がアサリにとって餌料価値が高いと考えられる。

(3) アサリの食性と摂餌選択機構

Kasaiら (2004) は安定同位体を用いた解析から, アサリには摂餌選択機能があることを指摘し, 2つの仮説を提案している。その一つは餌を取り込んだ後の体内での選別であり, もう一つは潮汐にともなう摂餌活動の変化である。後者に関連して沼口 (2001) や荒川ら (2005) は, アサリが干潮前後よりも満潮前後に活発に摂餌していることを報告している。本研究で明らかになったように, 満潮前後にはSPM濃度が低く, 植物色素含有量も高い有機物が供給されており, この時間帯に摂餌活動を行うことはアサリにとっては効率的であると考えられる。

また, 本研究の安定同位体比に関する情報は, アサリの体内での選択的な同化を示唆している。一般にアサリの ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) は餌料の値からそれぞれおよそ1 ‰, 3 ‰上昇すると言われている。しかしながら, 本研究で

アサリの安定同位体比から推定される餌料の安定同位体比は, おおよそ $\delta^{13}\text{C} = -16\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 11\text{‰}$ であり, 本研究で得られた最も高い値である満潮前のSPMよりも高い。このことは, 満潮前後に取り込んだSPMの中でもより同位体比の高い有機物が選択的に同化されていることを示唆している。

前述のようにアサリが主要餌料を何に依存しているかは, 海域・季節によって異なっている。小池ら (1992) は, 盤洲干潟内でアサリの食性と成長を解析し, 底生珪藻が主要餌料であったことを報告している。一方, 本研究の結果は, アサリが沖合から流入する植物プランクトンに依存していることを示唆している。このことから, 小池らが調査を行った約20年前からアサリを支える基礎生産構造が変化している可能性があるが, 主要餌料を特定するためには, エンドメンバー等より詳細なデータの蓄積が必要である。

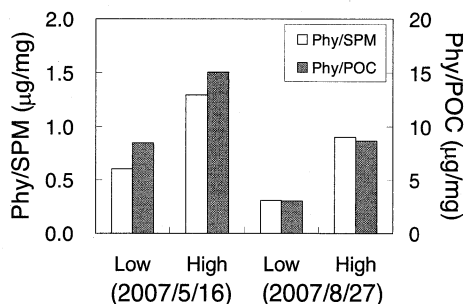


図-10 盤洲干潟Stn. Aにおける上げ潮直後 (Low), 満潮前 (High) の堆積物直上水中の懸濁物組成。

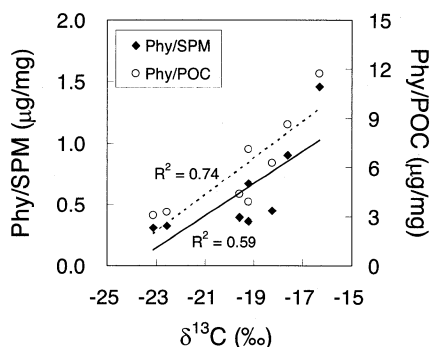


図-11 盤洲干潟における懸濁物質の $\delta^{13}\text{C}$ と Phy/SPM 比, Phy/POC の関係 (2007年8月27日)。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) アサリの餌料環境としては、直上水中の植物色素濃度が高く、無機懸濁物濃度が低い方が好適であると考えられるが、盤洲干潟において機器観測から推定された堆積物直上水中の懸濁物質 (SPM) に対する植物色素量の割合 (Phy/SPM 比) は潮汐による周期的な変動がみられ、満潮前後に高くなっていることから、この時間帯が好適な餌料環境であるものと推察された。
- (2) 大潮期の盤洲干潟における堆積物直上水中の SPM の炭素・窒素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は潮汐にともなって大きな変動がみられ、アサリの $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は満潮時の SPM の値に近いことが明らかとなった。
- (3) 堆積物直上水中の Phy/SPM 比および全有機炭素量に

対する植物色素量の割合 (Phy/POC 比) はいずれも上げ潮直後よりも満潮付近で高く、後者の時間帯に存在する SPM の方がアサリにとって餌料価値が高いと考えられた。

(4) SPM の $\delta^{13}\text{C}$ と Phy/SPM 比, Phy/POC 比の間には正の相関があり、 $\delta^{13}\text{C}$ が高い SPM の方がアサリに対する餌料価値が高いことが示唆された。

(5) 上記(1)～(4)から、アサリは直上水中の懸濁物質の餌料価値が高い時間帯に選択的に餌を取り込み同化している可能性が示唆された。

(6) 調査期間中の盤洲干潟におけるアサリは植物プランクトンを摂餌している可能性が強く示唆されたが、主要餌料を特定するためには、エンドメンバー等の詳細なデータの蓄積と解析が必要である。

謝辞：本調査を実施するにあたり、千葉県久津間漁業共同組合に便宜を図っていただいた。また、本稿をまとめるにあたり中央水産研究所海洋生産部物質循環研究室市川忠史室長に有益な助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。本研究の一部は、農林水産技術会議「先端技術を生かした農林水産研究高度化事業：アサリ初期稚貝の好適環境評価手法の確立」の一環として行ったものである。

参考文献

- 荒川純平・黒田伸郎・田中勝久・児玉真史 (2005) : 矢作川河口干潟域における大潮時のアサリ餌料環境, 2005年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, p. 334.
- 小池裕子・斎藤徹・小杉正人・柿野純 (1992) : 東京湾小櫃川河口干潟におけるアサリの食性と貝殻成長, 水産工学, 第29巻, pp. 105-112.
- 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の変化, 日本水産学会誌, 第67巻, pp. 209-216.
- 松川康夫・張成年・片山知史・神尾光一郎 (2008) : 我が国のアサリ漁獲量激減の要因について, 日本水産学会誌, 第74巻, pp. 137-143.
- Fry, B. and E. B. Sherr (1984): $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems, *Contribut. Mar. Sci.*, Vol. 27, pp. 13-47.
- Kasai, A., H. Horie and W. Sakamoto (2004): Selection of food sources by *Ruditapes philippinarum* and *Macra venneriformis* (Bivalva: Moluusca): determined from stable isotope analysis, *Fish. Sci.*, Vol. 70, pp. 11-20.
- Tabata, A., T. Morinaga and H. Arakawa (2000): Influences of concentration, particle-size and kind of inorganic suspended matter on feed caught by Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, *La mer*, Vol. 37, pp. 163-171.