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

沼 口 勝 之*

(1999年12月8日受付, 2000年11月6日受理)

中央水産研究所

Relation between Tide and Phytopigment, Suspended Solid Concentration of Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*, Farming Ground

Katsuyuki Numaguchi*

National Research Institute of Fisheries Science, Kanagawa 238-0316, Japan

Phytopigment and suspended solid concentrations in bottom seawater with tidal rhythm at estuary of a Manila clam *Ruditapes philippinarum* farming ground were investigated. Chlorophyll *a* in the bottom seawater increased at flood and high tide, and decreased at ebb and low tide. Fine particles in the bottom seawater had a high ratio of chlorophyll *a* and phaeo-pigments. Chlorophyll *a* in the sediment flux increased from flood to high tide, and decreased from ebb to low tide. Fine particles in the sediment flux had a high ratio of chlorophyll *a* and phaeo-pigments. These results suggest that phytoplankton and sediment are supplied mainly from offshore to the estuary with the tide during flood to high tide periods.

Phytopigment contents in the digestive diverticula of Manila clams increased rapidly from flood to high tide. These results indicate that algal diet of Manila clam may be supplied mostly during the flood to high tide period and Manila clam actively digest algal diets during these periods.

キーワード：アサリ漁場, 潮汐, 植物色素量, 懸濁粒子, 沈降粒子, 摂餌活動

日本沿岸域におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の主要な漁場は、河口域の干潟に形成されており、干潟域の環境の変化はアサリの成長や生残に大きな影響をおよぼしていることが知られている。¹⁻⁶⁾ アサリ漁場が形成されている干潟域では、潮汐により干出時と冠水時とがあり、潮汐がアサリの摂餌活動になんらかの影響をおよぼしている可能性があると考えられる。しかし、潮汐とアサリの餌料環境および摂餌活動との関係についての研究例は極めて少ない。

本研究では、アサリ漁場の餌料環境を明らかにする研究の一環として、アサリ漁場が形成されている干潟域において、潮汐に伴う底層水中の植物色素量、懸濁粒子量、沈降粒子量の変化およびアサリの摂餌活動について検討を行い、若干の知見が得られたので報告する。

材料および方法

調査場所と方法 調査地点は、熊本県菊池川河口の干潟域にある高道漁業協同組合所属のアサリ漁場監視塔で

ある (Fig. 1)。調査は大潮時の1989年10月30日 (月齢0.5日) 15時から10月31日 (月齢1.5日) 13時までの約22時間に、Table 1に示した各潮汐時に行った。各潮汐時には、レッドを付けた目盛りつきロープで水深を測定するとともに、海底直上水の水温と塩分を水温・塩分計 (Type MC5/2Model, Electronic Swichger Ltd, London, England) を用いて測定した。

底層水 底層水の採水は、底層の砂泥や懸濁物の巻き上げを防ぐように考案した底層採水器⁷⁾を用いて、Table 1に示した各潮汐時に約5 Lの底層水を採水した。なお、採水した底層水は海底から20 cm上層の海水である。

採水した底層水は約4℃に保冷して実験室に持ち帰った。底層水はよく混合して、2 Lずつに分け、1つは植物色素量の測定に、別の2 Lは底層水中の懸濁物重量の測定に用いた。

底層水中の植物色素量と懸濁物重量の測定は、海水中の懸濁物を以下の方法によりサイズ画分してから行っ

* Tel : +81-468-56-2887, Fax : +81-468-57-3075, E-mail : numaguti@nrifs-a.affrc.go.jp

た。内径 7.1 cm の塩化ビニール製円筒の底に、それぞれ 100, 10 μm のナイロン製プランクトンネットを張った 2 種類のフルイを用いて、試料海水を大きい目合いのネットから順次より小さい目合いのネットへとろ過し、それぞれのフルイ上に保持された粒子を、ろ過海水

で洗い流してあらかじめ重量を秤量した Whatman GF/C ガラス繊維ろ紙（粒子保持能 1.2 μm ）上に捕集した。また、10 μm の目合いを通過した試料中の粒子は GF/C ろ紙上にろ過して捕集した。以上の操作により、底層水中の懸濁物を $>100 \mu\text{m}$, 10~100 μm および 1.2~10 μm の 3 つのサイズに画分し、各画分の懸濁粒子に含まれるクロロフィル *a* 量とフェオ色素量を Strickland and Parson⁸⁾の方法により測定した。

別にサイズ画分をした懸濁物重量測定用の試料は、脱塩のために 0.9% ギ酸アンモニウム液で十分にろ紙を洗浄し、110°C で 24 時間乾燥した後に、電子天秤（ザウトリウス BP210D）で最小単位 10 mg まで秤量した。

沈降粒子 調査地点の沈降粒子量を測定するため、沼口⁷⁾のセジメントトラップを用いて沈降粒子を採集した。沈降粒子の採集瓶は口径 7.3 cm、高さ 16 cm、容量 1,060 mL（底面積 41.8 cm²）のポリ瓶を用いた。なお、海底から採集瓶の口までの高さは 20 cm になるように設定した。それぞれの採集瓶は Table 1 に示した各潮汐時にセジメントトラップに取り付け、それぞれ次の潮汐時に取り上げる操作を繰り返して行った。すなわち Table 1 の L1 に取り付けた採集瓶は F1 に取り上げ、別の採集瓶を F1 に取り付け H1 に取り上げるという操作を繰り返して行うことにより、各潮汐間に堆積する沈降粒子を採集した。

採集した沈降粒子は約 4°C に保冷して実験室に持ち帰った。沈降粒子はサイズ画分し、各サイズ粒子中の植物色素量と重量を以下の方法により求めた。沈降粒子採集瓶を静置して沈降粒子が採集瓶の底に十分に沈降してから上澄みの海水をサイフォンで静かに抜き取った。その後、採集瓶にろ過海水を加え、スターラーで十分に攪拌した。次に内径 7.1 cm の塩化ビニール製円筒の底に、それぞれ 300, 100, 50, 10 μm のナイロン製プランクトンネットを張った 4 種類のフルイを用い、先に用意した沈降粒子を含む海水を、大きい目合いのネットから順次より小さい目合いのネットへとろ過し、それぞれのフ

Fig. 1. Location of the study area. Dot with arrow shows the sampling station in the Kikuchi River estuary, Kumamoto Prefecture. Shaded area shows the tidal flat of the estuary.

Table 1. Sampling date, time and environmental factors at the sampling station of Manila clam farming ground

Date	Time	Tide	Abbreviation of tide	Depth (m)	Temperature (°C)	Salinity (PSU)	Sea condition
Oct 30 1989	15 : 25	Low tide	L1	1.1	21.9	23.6	calm
	18 : 50	Flood tide	F1	3.1	21.3	23.8	calm
	22 : 10	High tide	H1	4.0	21.4	24.0	calm
Oct 31 1989	0 : 50	Ebb tide	E1	1.7	21.1	24.1	calm
	3 : 35	Low tide	L2	0.5	19.7	21.6	calm
	6 : 40	Flood tide	F2	2.7	20.9	23.1	calm
	9 : 58	High tide	H2	4.5	20.9	23.0	weak wind wave
	13 : 00	Ebb tide	E2	3.1	N.D ¹⁾	N.D ¹⁾	heavy wind wave

¹⁾ ND indicates no determination

レイ上に保持された粒子を、ろ過海水で洗い流してあらかじめ重量を秤量した Whatman GF/C ガラス繊維ろ紙（粒子保持能 $1.2\ \mu\text{m}$ ）上に捕集した。また、 $10\ \mu\text{m}$ の目合いを通過した試料中の粒子は GF/C ろ紙上にろ過して捕集した。以上の操作により試料中の沈降粒子を $>300\ \mu\text{m}$, $100\sim300\ \mu\text{m}$, $50\sim100\ \mu\text{m}$, $10\sim50\ \mu\text{m}$, $1.2\sim10\ \mu\text{m}$ の 5 種類のサイズに分けた。それぞれのサイズに分離した沈降粒子は脱塩のために 0.9% ギ酸アンモニウム液で十分に洗浄した後に -80°C で凍結保存した。凍結した試料は、凍結乾燥機（フレキシ・ドライ FDX-1-84, セントラル科学貿易社製）で凍結乾燥した後、最小単位 10 mg まで秤量した。また、凍結乾燥した同試料は 90% アセトンで植物色素を抽出し Strickland and Parson⁸⁾ の方法により、各サイズの沈降粒子中のクロロフィル *a* 量とフェオ色素量を測定した。

アサリの消化盲嚢に含まれる植物色素量 調査地点のアサリの消化盲嚢内に含まれる植物色素量を測定するために、この調査を実施する 4 日前に調査地点付近で採集したアサリを実験室に持ち帰り、ほぼ同じ大きさのアサリ（殻長 $29.1 \pm 1.3\ \text{mm}$, 全重量 $4.32 \pm 0.87\ \text{g}$; $\bar{X} \pm \text{S.D.}$, $n=50$ ）150 個を選別した。選別したアサリは、籠の全面に格子状の穴が開き通水が可能なプラスチック製の野菜籠（ $36 \times 54 \times 17\ \text{cm}$ ）に収容した。用いた野菜籠の底には $100\ \mu\text{m}$ の目合いのネットを張り、砂を約 15 cm の厚さになるように入れた。供試貝を収容した野菜籠は流水式の 100 L 容のパンライト水槽（飼育水温約 20°C ）で、4 日間無給餌で蓄養した。なお、この実験では供試貝が完全に潜砂した状態のものを使用した。

実験材料を収容した野菜籠は調査開始時に海底に沈め、Table 1 に示した各潮汐時に籠を引き上げ、15 個体ずつのアサリを任意に取り出した。採集したアサリはドライアイスを入れた保冷庫で実験室に持ち帰り、開殻して解剖バサミで消化盲嚢部を切り出し、これをろ過海水で十分に洗った後、90% アセトン中ですり潰し、消化盲嚢に含まれている植物色素を抽出し、アサリ 1 個体当りのクロロフィル *a* 量とフェオ色素量を計測した。⁹⁾

結 果

この調査地点では、調査期間中に海底面が干出することとはなく、低潮時の最小水深は 0.5 m、高潮時の最大水深は 4.5 m で、潮汐の最大干満差は 4.0 m であった。調査時の海底直上水の水温は $19.7\sim21.9^\circ\text{C}$ 、塩分は 21.6 $\sim$ 24.1 PSU の範囲であった（Table 1）。調査時の海況は、10 月 30 日 15 時の調査開始時から 10 月 31 日 10 時までは晴天で波浪はほとんどなかったが、10 月 31 日 10 時以降は曇天に変わり風が吹き始め波浪が高くなった（Table 1）。

Fig. 2-A に各潮汐時の底層水中におけるサイズ画

分した懸濁物重量を示した。10 月 30 日 15 時（図中 L1）から 10 月 31 日 10 時（図中 H2）までの底層水 1 L 当りの懸濁物量は $13.8\sim24.0\ \text{mg}$ であったが、波浪が高くなった 10 月 31 日 13 時（図中 E2）の懸濁物量は $39.9\ \text{mg}$ と高い値になった。また、全調査時を通じたサイズ画分毎の懸濁物量の割合は $1.2\sim10\ \mu\text{m}$ サイズの粒子が最も多く（56%）、次いで $10\sim100\ \mu\text{m}$ （37%）、 $100\ \mu\text{m}$ 以上（7%）の順であった（Fig. 2-B）。

Fig. 3 に潮汐時毎の底層水中におけるクロロフィル *a* 量とフェオ色素量の変化を示した。クロロフィル *a* 量は満潮時（図中 F1, F2）と高潮時（図中 H1, H2）に多く、干潮時（図中 E1, E2）と低潮時（図中 L1, L2）に少なくなる傾向がみられた。また、フェオ色素量はクロロフィル *a* 量に比べると変動は少なく、クロロフィル *a* 量の増減傾向とは逆に満潮時に少なくなり、干潮時に多くなる傾向がみられた。

Fig. 4-A に各潮汐時の底層水中における各サイズ画分した懸濁物中に含まれるクロロフィル *a* 量を示した。また、全調査時を通じたサイズ画分毎の懸濁物中に含まれるクロロフィル *a* 量を Fig. 4-B に示した。底層水中

Fig. 2. Suspended solid concentration of the fractionated particles in the bottom seawater at each tidal period (upper). Ratio of the fractionated particles of suspended solids in the bottom seawater during the overall tidal period (lower). Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

Fig. 3. Changes in chlorophyll *a* and phaeo-pigments in the bottom seawater. Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

におけるクロロフィル *a* 量は、10~100 μm サイズ粒子中に最も多く (59%), 次いで 1.2~10 μm (32%), 100 μm 以上 (9%) の順であった。

Fig. 5-A に各潮汐時の底層水中における各サイズ画分した懸濁物中に含まれるフェオ色素量を示した。また、全調査時を通じたサイズ画分毎の懸濁物中に含まれるフェオ色素を Fig. 5-B に示した。底層水中におけるフェオ色素量は、1.2~10 μm サイズ粒子中に最も多く (59%), 次いで 10~100 μm (27%), 100 μm 以上 (14%) の順であった。

Fig. 6-A に各潮汐期間におけるサイズ画分した沈降粒子束を示した。なお、各潮汐時における沈降粒子束は、セジメント採集瓶の底面積 (41.8 cm^2) を基に 1 m^2 当り、単位時間に沈降した粒子量として表わした。沈降粒子束は干潮時から低潮時 (図中 E1-L2) にかけて最も多く 86.0 $\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ であった。また、全調査時を通じたサイズ画分毎の沈降粒子重量は 10~50 μm サイズ粒子で最も高く (37%), 次いで 1.2~10 μm (20%), 50~100 μm (16%), 300 μm 以上 (16%), 100~300 μm (11%) の順であった (Fig. 6-B)。

Fig. 7 に各潮汐時にセジメントトラップで採集された沈降粒子に含まれるクロロフィル *a* 量、フェオ色素量およびこれら両者を加算した量を植物色素量として示した。クロロフィル *a* 量は満潮時から高潮時 (図中 F1-H1, F2-H2) にかけて多く、高潮時から干潮時 (図中 H1-E1, H2-E2) にかけて少なくなる傾向がみられた。また、フェオ色素量はクロロフィル *a* 量に比べると変動は少ないが、ほぼ同様の傾向がみられた。

Fig. 4. Chlorophyll *a* contained in the fractionated particles of the suspended solids in the bottom seawater at each tidal period (upper). Ratio of chlorophyll *a* contained in the fractionated particles of suspended solids in the bottom seawater during the overall tidal period (lower). Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

Fig. 8-A に各潮汐時における各サイズ画分した沈降粒子に含まれるクロロフィル *a* 量を示した。また、全調査時を通じたサイズ画分毎の沈降粒子に含まれるクロロフィル *a* 量の割合を Fig. 8-B に示した。クロロフィル *a* 量は、10~50 μm サイズ粒子に最も多く (37%), 次いで 1.2~10 μm (27%), 50~100 μm (17%), 100~300 μm (10%), 300 μm 以上 (9%) の順であった。

Fig. 9-A に各潮汐時における各サイズ画分した沈降粒子に含まれるフェオ色素量を示した。また、全調査時を通じたサイズ画分毎の沈降粒子に含まれるフェオ色素量の割合を Fig. 9-B に示した。沈降粒子に含まれるフェオ色素量は 10~50 μm サイズ粒子に最も多く (36%), 次いで 1.2~10 μm (30%), 50~100 μm (14%), 300 μm 以上 (11%), 100~300 μm (9%) の順であった。

Fig. 10 に調査時におけるアサリの消化盲嚢内に含まれるクロロフィル *a* 量, フェオ色素量および両者を加算した量を植物色素量として, これらの変化を示した。実験開始時のアサリ 1 個体当りの消化盲嚢内に含まれるクロロフィル *a* 量は 0.07 μg , フェオ色素量は 2.79 μg と少なかったが, 両色素量とも満潮時から高潮時 (図中

F1-H1, F2-H2) にかけて急激に増加し, 第 1 回目の満潮時にはクロロフィル *a* 量は 1.82 μg , フェオ色素量は 11.6 μg になり, 第 2 回目の満潮時にはクロロフィル *a* 量は 7.0 μg , フェオ色素量は 24.5 μg にまで増加した。消化盲嚢内に含まれるフェオ色素量の変化とクロロフィル *a* 量の変化にはほぼ同様の傾向がみられた。また, アサリの消化盲嚢内に含まれるフェオ色素量は植物色素量 (クロロフィル *a* 量+フェオ色素量) の 77.8~97.6% と高い割合を占めていた。

考 察

本調査を行った熊本県菊池川河口域の干潟はアサリの分布域が広く, かつ生息量が多く漁業生産量も高い地域の一つである。¹⁰⁻¹²⁾ 沼口⁷⁾は, このアサリ漁場において大潮満潮時における底層水中の懸濁物をサイズ画分し, その重量と植物色素量を季節毎に調べ, 底層水中では 1.2~10 μm の微細な懸濁粒子の割合は全懸濁物重量の 33~66% を占めていること, また底層水中の全植物色素量のうち 52~65% が 1.2~10 μm の微細粒子に含まれ, 底層水中には植物由来の微細懸濁粒子の割合が多い

Fig. 5. Phaeo-pigment contained in the fractionated particles of the suspended solids in the bottom seawater at each tidal period (upper). Ratio of phaeo-pigment contained in the fractionated particles of suspended solids in the bottom seawater during the overall tidal period (lower). Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

Fig. 6. Sediment flux of the fractionated particles collected sediment trap during each tidal period (upper). Ratio of fractionated particles of the sediment collected sediment trap during the overall tidal period (lower). Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

Fig. 7. Changes in chlorophyll *a*, phaeo-pigment and phytopigment (chlorophyll *a* + phaeo-pigment) contained in the sediment collected in sediment trap during each tidal period. Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

ことを報告している。

今回の調査では、同アサリ漁場の底層水中における $1.2\sim 10\ \mu\text{m}$ サイズの懸濁粒子の割合は、全懸濁物重量の 56% (Fig. 2-B) と多く、底層水中のクロロフィル *a* とフェオ色素量も $1.2\sim 10\ \mu\text{m}$ サイズの懸濁粒子中に多く含まれていた (Fig. 4-B, Fig. 5-B) ことから、底層水中には植物由来の微細な懸濁粒子が多いことが再確認された。

底層水中の懸濁物量は各潮時の変化に比べて、波浪が高くなると著しく増加した (Fig. 2-A の E2) ことから、底層水中の懸濁物量は潮汐よりも波浪の影響の方がより大きいと考えられた。

底層水中のクロロフィル *a* 量は、満潮時と高潮時に多くなり、干潮時と低潮時に少なくなった (Fig. 3)。同様に沈降粒子に含まれるクロロフィル *a* 量も満潮時から高潮時にかけて増加し、干潮時から低潮時にかけて減少した (Fig. 7)。この原因は、満潮時に沖合海水が沿岸域に浸入することに伴って、沖合の植物プランクトンが沿岸域に補給されることによって底層水中や沈降粒子中のクロロフィル *a* が増加したと推測される。一方、底層水中のフェオ色素量は、クロロフィル *a* 量の増減傾向とは異なり満潮時に少なくなり、干潮時に多くなった (Fig. 3)。フェオ色素を含む懸濁粒子は、植物プランクトンが枯死したもの、あるいは海藻・海草が分解過程にあるものなど植物由来のデトリタスであり、これらのデトリタスは海底に沈降・堆積している。⁷⁾ 本調査で観察されたように、底層水中のフェオ色素量が干潮時に

Fig. 8. Chlorophyll *a* contained in the fractionated particles of the sediment collected in sediment trap during each tidal period (upper). Ratio of chlorophyll *a* contained in the fractionated particles of the sediment collected in sediment trap during the overall tidal period (lower). Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

増加したのは、海底に堆積した植物由来のデトリタスが他の潮汐と比べて干潮時の潮汐流によってより多く海底上に懸濁したためと考えられる。

海底上に設置したセジメントトラップに沈積する沈降粒子としては、生物由来のものとして上層からの植物プランクトン等の沈降物とともに、砂泥に付着する珪藻類および海底に沈積したデトリタスなどが考えられる。また、無機物としては海底の砂泥粒が考えられる。今回の調査ではセジメントトラップは海底上 20 cm に設置していたことから、セジメントトラップで採集された沈降粒子としては、海水中的植物プランクトンとともに潮汐流や波浪により巻き上がった後に再沈降して堆積するような砂泥に付着した珪藻類、海底に沈積したデトリタスおよび海底の砂泥粒などが考えられる。

この調査では、潮汐に伴う沈降粒子に含まれる植物色素量の変動パターン (Fig. 7) と、沈降粒子束の変動パターン (Fig. 6) とは異なっていた。その顕著な例として、波浪が高くなった 10 月 31 日 10 時以降の高潮時から干潮時 (Fig. 6 の図中 H2-E2) にかけては沈降粒子

Fig. 9. Phaeo-pigment contained in the fractionated particles of sediment collected in sediment trap during each tidal period (upper). Ratio of phaeo-pigment contained in the fractionated particles of the sediment collected in sediment trap during the overall tidal period (lower). Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

東が比較的高かったのに対して、その沈降粒子には植物色素量は著しく少なかった (Fig. 7 の図中 H2-E2)。これは、波浪が高くなった 10 月 31 日 10 時以降には 300 μm 以上の大きな粒子の割合が著しく多かった (Fig. 6 の図中 H2-E2) ことから考えて、波浪による強い流れにより海底の砂など無機物由来の大きな粒子がより多く巻き上げられた後に再沈降してセシメントラップに堆積したためと考えられる。

全調査時を通じた沈降粒子のクロロフィル *a* 量は、50 μm 以下の粒子に全粒子のクロロフィル *a* 量の 64% (Fig. 8-B) が、フェオ色素量は 50 μm 以下の粒子に全粒子のフェオ色素量の 66% (Fig. 9-B) が占めていた。このことは沈降粒子には 50 μm 以下のサイズの植物プランクトンとともに微細な植物由来のデトライタスが多いことを示している。

沼口⁹⁾は、アコヤガイの消化盲嚢内に含まれる植物色素量について検討を行い、アコヤガイに植物性の餌料プランクトンを給餌すると、植物プランクトンのクロロフィル *a* は貝の消化盲嚢内でフェオ色素に変化すること、

Fig. 10. Changes in the chlorophyll *a*, phaeo-pigment and phytopigment (chlorophyll *a*+phaeo-pigment) contents contained in the digestive diverticula of Manila clam, during each tidal period. Vertical line in the figure indicates the standard deviation. Abbreviations on the horizontal axis are the same as shown in Table 1.

また植物プランクトンの摂餌に伴って貝の消化盲嚢内のフェオ色素量が増加することを明らかにし、消化盲嚢内に含まれる植物色素量を測定することにより、貝が摂餌した植物由来餌料の摂餌の程度を知ることが出来ることを報告している。この調査において、潮汐に伴うアサリの消化盲嚢内に含まれる植物色素量を調べた結果、アサリ消化盲嚢内に含まれる植物色素量は満潮時から高潮時にかけて著しく増加していた (Fig. 10)。このことから、アサリの摂餌は満潮時から高潮時にかけて盛んに行われていると考えられる。前述したように、満潮時から高潮時にかけては底層水中のクロロフィル *a* (Fig. 3) や沈降粒子に含まれる植物色素量 (Fig. 7) が増加していたことから、この時間は餌料となる植物プランクトンや植物由来のデトライタスが最も多い時間帯に相当していたと考えられる。このようにアサリ漁場の餌料量が増加した時間とアサリの摂餌による消化盲嚢内の植物色素量が増加した時間とはよく一致していたことから、アサリは餌料が増加した時期に活発に摂餌活動を行っていると考えられる。Morton¹³⁻¹⁵⁾はカキ *Crassostrea gigas*, *Ostrea edulis* を用いて潮汐とカキの消化器官の細胞構造および消化活動との関係を調べた結果、カキの消化活動が潮汐リズムと関連があることを報告している。本調査においても、干潟域に形成されるアサリ漁場においては潮汐とアサリの摂餌活動との間には密接な関係があること

が示唆された。

謝 辞

本研究の一部は、農林水産省農林水産技術会議事務局の生態秩序（バイオコスモス）計画の一環として行ったものである。本調査を実施するにあたり、熊本県高道漁業協同組合および熊本県水産研究センターの職員の皆様に便宜を図っていただき感謝申し上げます。また、元養殖研究所大村支所の西田博文氏（現瀬戸内海区水産研究所）には試料採集の援助をしていただき厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 相良順一郎. 貝類の増養殖における干潟の利用について. 水産土木 1977; **13**: 17-20.
- 2) 飯倉敏弘. 浮遊・けん濁物質の移動からみた干潟の環境について. 水産土木 1977; **4**: 25-31.
- 3) 井上 泰. 干潟の生物生産. 水産土木 1977; **3**: 11-15.
- 4) 井上 泰. 山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について. 水産土木 1980; **16**: 29-35.
- 5) 沼口勝之. 菊池川河口域におけるアサリ漁場の餌環境とアサリの成長. 西海ブロック藻類・介類研究会報（西海区水産研究所）1992; **8**: 59-63.
- 6) 西沢 正, 日向野純也, 田口浩一, 伊藤 覚. 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**: 137-143.
- 7) 沼口勝之. アサリ漁場における底層水, セジメントおよび底泥のクロロフィル *a* とフェオ色素量. 養殖研報 1990; **18**: 39-50.
 - 8) Strickland JDH, Parsons TR. A practical handbook of seawater analysis. *Fish Res. Board. Can. Bull.* 1968; **167**: 185-194.
 - 9) 沼口勝之. 摂餌量の指標としてのアコヤガイ消化盲嚢に含まれるフェオフォチンの検討. 養殖研報 1985; **7**: 91-96.
 - 10) 河辺 博. 熊本県地先におけるアサリの分布と底質. 栽培技研 1985; **14**: 13-19.
 - 11) 深浦雄一. ハマグリとアサリの生息環境について. 西海区ブロック浅海開会議藻類・介類研究会報（西海区水産研究所）1985; **2**: 75-88.
 - 12) 平見哲朗. アサリ資源管理. さいばい（日本栽培漁業協会）1988; **46**: 31-34.
 - 13) Morton B. The diurnal rhythm and tidal rhythm of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *Biol. J. Linnean. Soc. Lond.*, 1971; **3**: 329-342.
 - 14) Morton B. A new theory of feeding and digestion in the filter-feeding lamellibranchia. *Malacologia* 1973; **14**: 63-79.
 - 15) Morton B. Feeding and digestion in bivalvia. In: Wilbur KM (eds.) *The Mollusca* Vol. 5, Academic Press, New York, 1983; 65-147.