

# 港湾技術資料

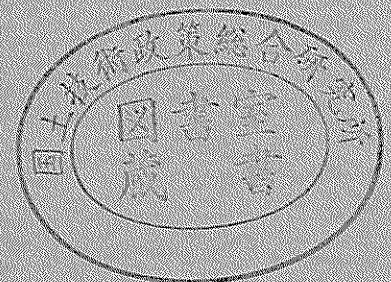
TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 844 Sep. 1996

盤洲干潟（小櫃川河口付近）における  
アサリによる濾水能力分布調査

細	川	恭	史
木	部	英	治
三	好	英	一
桑	江	朝	比
古	川	恵	呂
			太

運輸省港湾技術研究所



# 目 次

要旨 .....	3
1. はじめに .....	5
2. 盤洲干潟での現地調査 .....	5
2.1 調査目的 .....	5
2.2 調査箇所 .....	5
2.3 調査項目及び方法 .....	6
2.4 調査結果および考察 .....	6
3. アサリの濾水量実験 .....	11
3.1 実験目的 .....	11
3.2 間接法を用いたアサリの濾水量実験 .....	11
3.3 実験結果と考察 .....	14
3.4 直接法によるアサリの濾水量実験 .....	15
3.5 実験結果と考察 .....	18
4. 干潟におけるアサリの海水濾水量分布 .....	19
4.1 方法 .....	19
4.2 結果と考察 .....	20
5. おわりに .....	20
参考文献 .....	20

# 盤洲干潟（小櫃川河口付近）におけるアサリによる濾水能力分布調査

細川 恭史 \*  
木部 英治 \*\*  
三好 英一 \*\*  
桑江 朝比呂\*\*  
古川 恵太 \*\*\*

## 要 旨

干潟には多くの生物が生息しているとともに浄化機能があるといわれている。干潟に生息する生物の現存量を調査し、浄化機能を定量的に評価する必要がある。干潟の生息生物の中でも生息密度が高く、四季を通じて生息するアサリを取り上げた。アサリは呼吸運動により海水中の浮遊懸濁物をエラで濾過する作用がある。濾過により、エラに集められた粒子は、体液によって固められ沈積させる。懸濁物除去は重要な浄化作用である。そこで、アサリによる浄化能力を濾水量で比較検討することとした。まず、①盤洲干潟のアサリの生息分布を調査した。次いで、②アサリの濾水量を間接法、直接法で算出し、両方の結果を比較した。さらに、③アサリの個体の濾水量と個体密度分布から、盤洲干潟におけるアサリによる濾水能力の分布を試算した。

上記の調査結果、①岸側の高潮帯では春から夏季に小型の個体が高密に見られるが、大型の個体は沖で多い傾向があった。アサリの大きさによって生息場所が異なるとともに季節的変化があると判断された。②アサリの濾水量実験から水温別・アサリのサイズ別の濾水量を得た。③盤洲干潟では中低潮帯でのアサリの濾水量が大きく、夏季から秋季には1日に干潟面1m<sup>2</sup>あたり海水を2～3m<sup>3</sup>濾過すると推定された。

キーワード： アサリ、干潟、マクロベントス、濾水量、東京湾

---

\* 海水浄化研究室長  
\*\* 海水浄化研究室  
\*\*\* 海洋環境部主任研究官

# Distribution of Areal Filtration Rate of Short-necked Clam in Coastal Tidal Flat

Yasushi HOSOKAWA\*

Eiji KIBE\*\*

Eiichi MIYOSHI\*\*

Tomohiro KUWAE\*\*

Keita FURUKAWA\*\*\*

## Synopsis

On Japanese coastal tidal flats, short-necked clam (*Ruditapes philippinarum*) is one of the most dominant species. This bivalve shell is said to have high ability of the filtration for suspended organic particles as a suspension feeder. High purification ability can be expected at the area of high apparent-filtration-rate by high population density of the clam. So, the apparent-filtration-rate of the short-necked clam in a tidal flat was estimated.

Banzu Tidal Flat in the Tokyo Bay was selected for the observation of the density distribution of macrobenthos. Short-necked clam was most common and dominant here. Population density for each size fraction was observed in the intertidal zone. Density is low in winter. In June, larger individuals among 2-3cm shell length are dominant with relatively lower density at the lower (deeper) station, while small shells under 1cm shell length are dominant with higher density at the higher (shallower) station.

Filtration rate of a individual shell per unit hour was observed by the filtration experiments for suspended particles. Filtration rate is changed by the water temperature and the shell size. Direct measurement of the filtration velocity was also tried by using the Laser type anemometer. Above the opening of the filtration cylinder of a shell, temporal change and spatial distribution of the current was monitored. Estimated filtration rate from the observed velocity is a little smaller than, but similar to, the filtration rate from the particles filtration experiments.

Integrated filtration rate for a certain size-fraction group can be calculated using a) population density for this size-fraction and b) filtration rate per an individual for the same size-fraction. Sum of the filtration rate over all size-fraction gives apparent-filtration-rate per unit area at the station in the tidal flat. Due to the low density and low temperature, areal filtration rate is 1/4~1/6 lower in February than that in June. In June, stations near M.W.L. and L.W.L. show high apparent-filtration-rate per unit area. Maximum rate reaches to 2 ~ 3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d in June. It is understood that the maintenance of good environment condition for M.W.L. and L.W.L. (including the prevention from anaerobic sediment or anoxic "Aoshio" attacks) is more important for the enhancement of the biological filtration activity in inter tidal flats.

---

\* Chief, Environment Purification Laboratory, Marine Environment Division

\*\* Member, Environment Purification Laboratory, Marine Environment Division

\*\*\* Senior Research Engineer, Marine Environment Division

## 1. はじめに

干潟は、多種多様の生物の産卵・生育・生息の場所として知られている。そこに生息しているゴカイやカニ、二枚貝等の底生生物は、海底に堆積しているデトリタス（生物体の破片、死骸、排泄物）などの有機物や水中のプランクトンなどの有機懸濁粒子を餌として生物活動をしている。このような働きが、干潟域の土壌や流入してくる海水を浄化するといわれている。本研究では、干潟における重要な生物の一つである、懸濁物食者 (suspension feeders) の二枚貝を取り上げた。栗原 (1988) によると二枚貝による浄化作用は、①海水中の有機物の濾過と濾過有機物を同化産物としてストックすること。②沈降しにくい微粒子を強制的に沈降させること。③過剰な有機物は偽糞として堆積させ、堆積食者 (deposit feeders) に食物を与えることであるとしている。これらの作用は二枚貝の呼吸作用によるものである。二枚貝は、入水管から海水を導入し、エラで海水中の酸素を取り込む。その際に、植物プランクトンなどの有機懸濁物質をエラで濾すことにより摂餌し、糞を出水管から排泄する。無機物（泥粒子）や過剰な有機物は餌として摂餌せず、体液で固め、偽糞として排出する。排出された糞や擬糞は粒径が大きく底泥上に堆積し、再懸濁しにくくなるといわれている。

干潟には多種の二枚貝が生息している。とりわけアサリ (*Ruditapes philippinarum*) は、本邦沿岸の多くの地域でみることができる。東京湾では年間約8,000トン（平成6年）漁獲されている。アサリを漁獲することにより海の有機物を陸へと移送でき、陸からの流入負荷とは逆方向の物質循環ルートとなる。アサリは、干潟に生息するマクロベントス（1 mm ふるい目を通さない大型の底生生物）の中でも濾水量が大きく、高密度に生息していることから大きく浄化作用に寄与していると考えられる。そこでアサリの調査地点ごとの濾水量を算出する事により、内湾干潟の面積あたりの浄化能力の一つとしてまとめた。

## 2. 盤洲干潟での現地調査

### 2.1 調査目的

各調査地点の環境条件の違いとベントスの分布の様子を概観した。特にベントス群集中におけるアサリの占める割合を調べた。また、アサリのサイズの分布を殻のサイズと湿重量とで調べ、アサリの占める重要さを検討する。相良 (1981) によるとアサリは広い範囲の水温・塩分

変動に耐えて生息できるため、アサリの生息分布に対し、水温・塩分が制限要因になることは少ないとされている。また、生息場所の底質についても、砂泥質であれば泥の含有率に左右されずに生息できるとされている。

### 2.2 調査箇所

調査場所として典型的な内湾干潟のひとつである盤洲干潟干潟をとりあげた。盤洲干潟は、図-1に示す東京湾の東側に位置する。面積は311ヘクタールで、東京湾におけるアサリの主生産地となっている。干潟全体の環境条件は一律でないと考えられたが、本調査における調査箇所としては、小櫃川左岸側を選んだ。調査対象の干潟において標高別（高・中・低潮帯）の調査地点を図-2に示すように

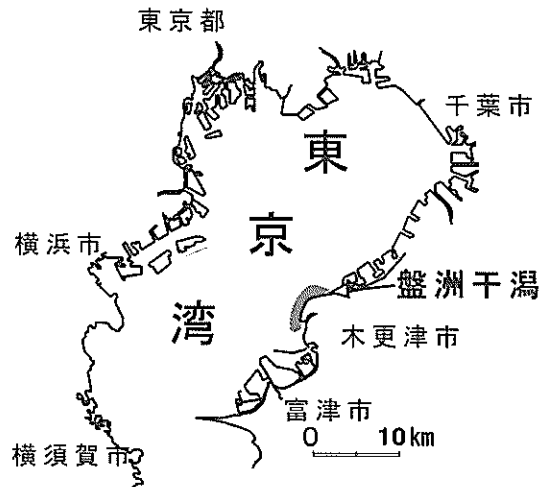


図-1 盤洲干潟位置図

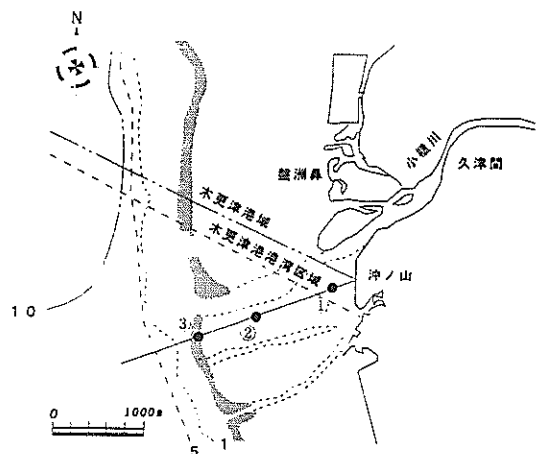


図-2 調査位置図

設けた。調査地点は岸から沖方向に向かって測線を設け、st.1 (高潮帯)、st.2 (中潮帯)、st.3 (低潮帯) の調査地点を設けた。

## 2. 3 調査項目及び方法

### 1) 気温・泥温

気温は近郊の木更津气象台で観測された最高・最低・平均気温のデータを整理した。泥温は、成貝のアサリが生息していると考えられる深さの泥面下5cmの位置で、干出時にアルコール温度計を用いて測定した。

### 2) 地盤高と水没時間

地盤高は、図-2に示す調査地点st.1とst.3の延長上の護岸の天端を基準点とし、護岸からst.3までの約1.2kmを干出時に20m間隔でレベル測量をした。さらに、測量の結果から算出した各調査地点の地盤高と、調査日の潮位を小糸川河口地先の君津製作所製品岸壁の潮高表(1996, 1997)を用いて、各地点の1日の水没時間を算出した。

### 3) 土質調査

直径10cm長さ10cmの亚克力パイプを3本つなげ、干潟泥内に貫入させた。次に上部を密閉型の蓋で密閉し、次にその周辺をパイプ下端まで掘り、底蓋をした。この方法でサンプリングし、泥の性状を乱さないように実験室に持ち帰った。柱状泥を0~5cm, 5~10cm, 10~20cmの深さごとに分けた。各深さごとの粒度分布、シルト・粘土含有率、強熱減量、乾燥密度試験を行った。粒度分布は、水ふるい法で1000, 500, 300, 250, 180, 150, 108, 75 $\mu$ mの粒径にふるいかけた。75 $\mu$ m以下の粒度は粒度測定装置(コールター社製のマルチサイザー、アーチャーは400 $\mu$ mを使用した。)で8.29 $\mu$ mごとの粒子のサイズと個数を測定した。シルト・粘土含有率は、75 $\mu$ mのふるいを通過した泥水をよく攪拌しながら100mlもしくは50mlを採水し、工場排水試験法(1993)の懸濁物質の測定方法に従って測定した。ろ紙は、ガラスフィルター(Whatman GF/C ポアサイズ1.2 $\mu$ m)を使用した。強熱減量は、土質試験法(1979)に基づき、110 $^{\circ}$ Cで乾燥させその後、マッフル炉で800 $^{\circ}$ Cで2時間加熱し、重量の減少量を測定した。乾燥密度は、土質試験法(1979)に基づき、ピクノメーターを用いて測定した。

### 4) マクロベントス量

干潟泥面に50cm $\times$ 50cmの方形枠を設置し、枠内の深さ20cmまでの底泥を1mm目の篩いにかけて、篩上に残った生物の種と個体数を調べた。アサリを含めたマクロベントス量の調査は、1993年12月から1994年8月までの4回測定した。

### 5) アサリの個体数と大きさ及び湿重量

50cm $\times$ 50cmの枠内から採取したアサリの個体数を調べた。各アサリの殻長・殻幅・殻高をノギスを用いて測定し、殻付きの湿重量を測定した。二枚貝の殻長・殻幅・殻高は、図-3のように原色日本貝類図鑑(吉良, 1983)で定義されている。アサリの測定は、1995年2月から1996年3月まで実施した。この期間は、個体数を中心に調べたものの他のマクロベントスの湿重量を測定していない。

## 2. 4 調査結果および考察

### 1) 気温・泥温

図-4に、調査月の平均気温と各調査地点での泥温を

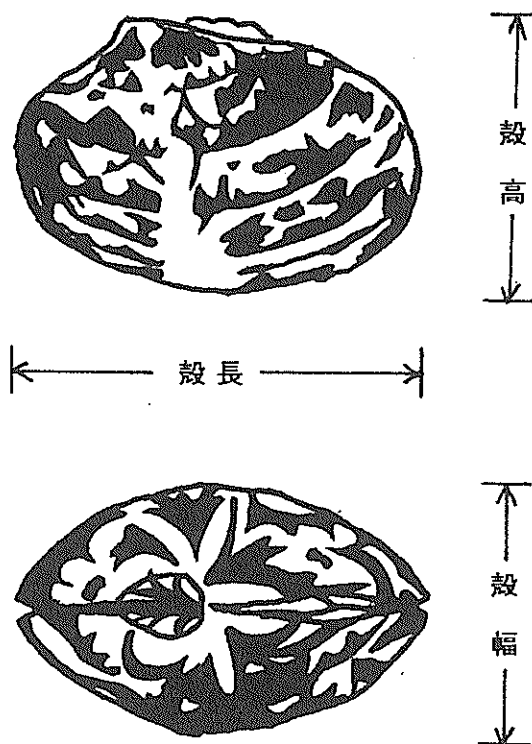


図-3 貝類部分の名称

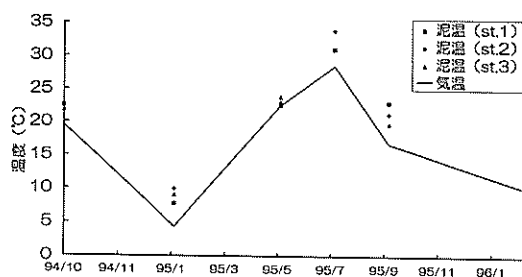


図-4 平均気温と泥温

示した。泥温は、各調査地点とも平均気温より高い値を示した。これは、冬の時期は間隙水または地下水の影響で平均気温より高い値を示し、夏は、直射日光の影響と考えられる。各調査地点での差はあまりなく、干潟の干出時の最高泥温は33.8℃を示し、最低泥温は7℃で、平均泥温は19.7℃であった。したがって、アサリのの息には殆ど問題がないことが確認できた。

## 2) 地盤高と水没時間

図-5に、護岸(岸沖距離0m)からst.3までの1995年2月と1995年6月の地盤高を示した。東京湾平均海面T.P.+110cmを地盤高0.0mとした。全体的に2月から6月にかけて堆積傾向があることが分かる。護岸からst.1までは大きな変動はなく、沖に向かうほど差が大き

くなり、最高約0.3mの堆積が見られた。これは、冬に季節風の影響で削られた底泥面に土砂が再堆積したものと考えられる。表-1に、1995年2月から1996年3月までの各調査地点での地盤高と一日の水没時間を示した。1995年6月のst.1とst.3では水没時間で5.1時間の差が見ら

表-1 地盤高と水没時間

1995年2月		1995年6月		
地盤高(m)	水没時間(h)	地盤高(m)	水没時間(h)	
st.1	-0.12	12.7	-0.08	15.2
st.2	-0.37	18.1	-0.26	16.7
st.3	-0.91	29.5	-0.79	20.3

1995年10月		1996年3月		
地盤高(m)	水没時間(h)	地盤高(m)	水没時間(h)	
st.1	-0.07	14.0	-0.07	11.9
st.2	-0.25	16.3	-0.27	13.8
st.3	-0.77	20.6	-0.58	17.5

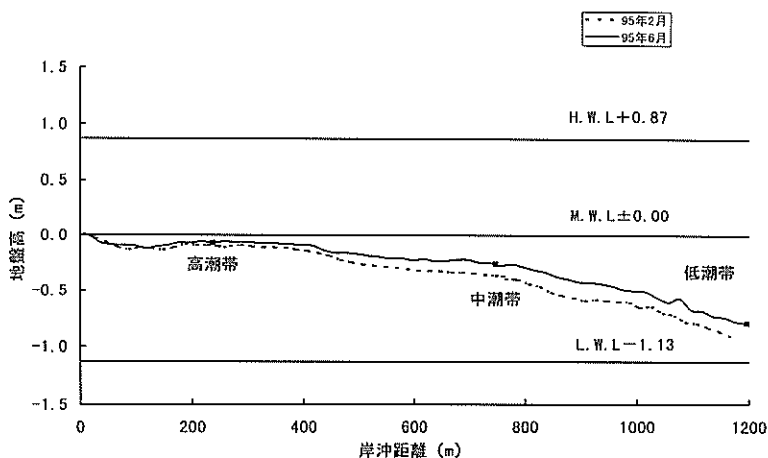


図-5 95年2月と95年6月の測量結果

表-2 土質試験結果

		D <sub>10</sub> μm	D <sub>50</sub> μm	シルト・粘土含有(%)	強熱減量(%)	乾燥密度
st.1	0~5cm	116	192	2.21	2.15	2.73
	5~10cm	111	191	3.50	2.16	2.66
	10~20cm	110	193	4.01	1.96	2.61
	平均	112	192	3.43	2.06	2.65
st.2	0~5cm	127	200	0.85	1.87	2.72
	5~10cm	119	192	2.50	1.90	2.73
	10~20cm	128	206	0.78	1.66	2.66
	平均	126	201	1.23	1.77	2.69
st.3	0~5cm	119	193	1.42	2.02	2.70
	5~10cm	122	200	2.24	2.27	2.71
	10~20cm	130	208	1.47	2.90	2.66
	平均	125	202	1.65	2.52	2.68

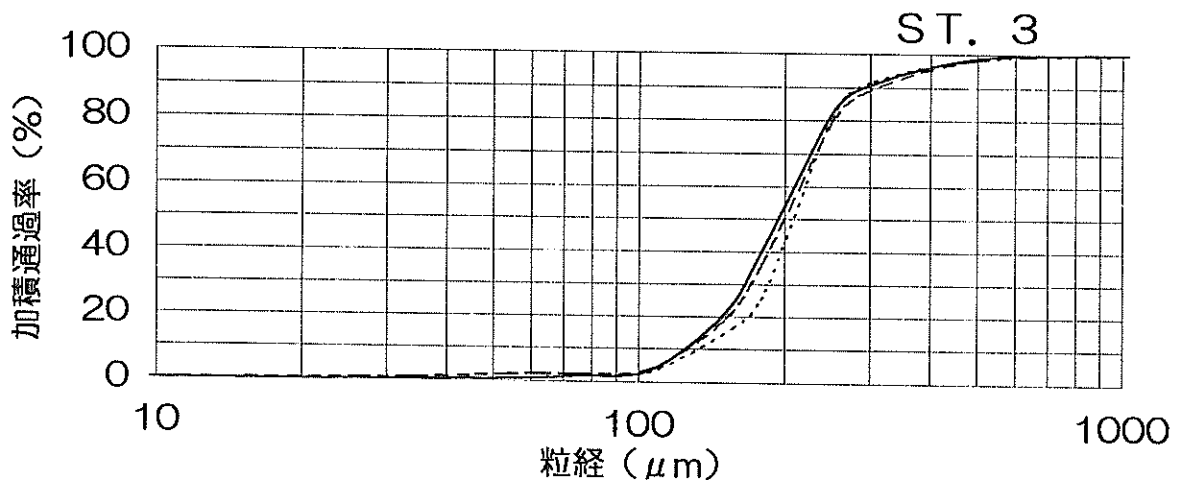
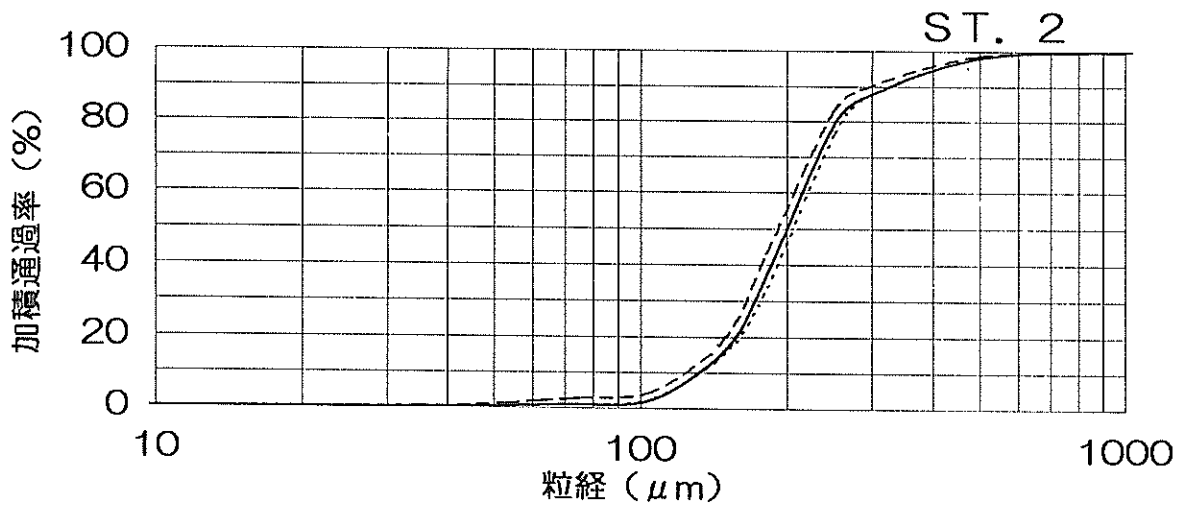
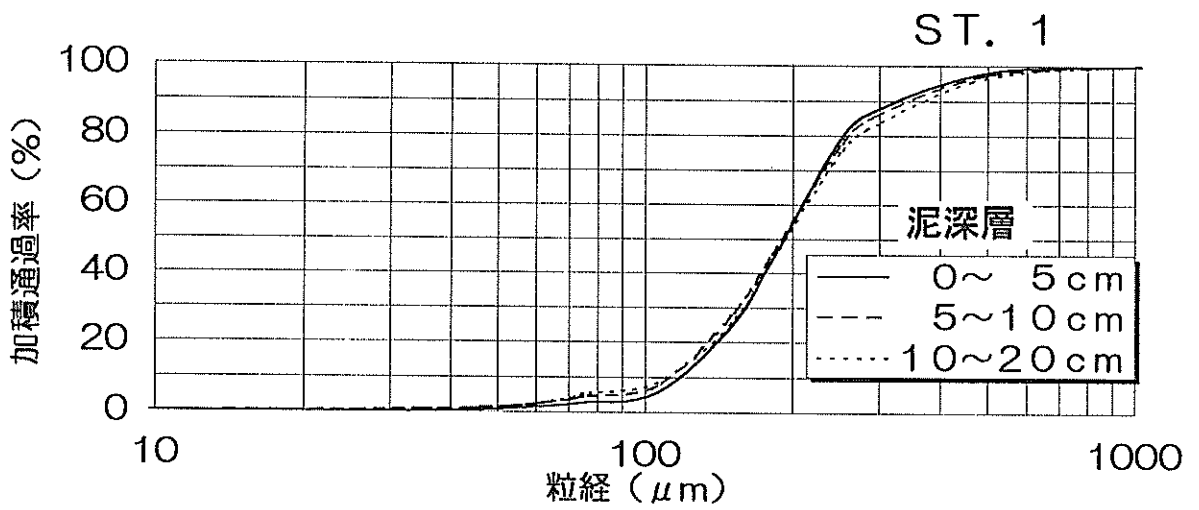


図-6 各調査地点の粒度分布図



れた。アサリは、干出時に閉じ呼吸作用しないと考えると、水没時間はアサリの一日あたりの濾水量に大きな影響を与えると思われる。

### 3) 土質試験

図-6に、各調査地点での深さごとの粒度分布図を示した。各地点とも深さ20cmまでの粒径の大きな変化がないことが分かる。表-2に、各調査地点での $D_{10}$ 、 $D_{50}$ 、シルト含有率、乾燥密度、強熱減量を示した。各調査地点とも中央粒径が190から200 $\mu\text{m}$ の砂質である。シルト・粘土含有率、強熱減量とも、0.78~4.01%、1.66~2.90%の範囲であった。秋山・松田(1974)の報告による、他の干潟での強熱減量と粘土含有率を表-3に示す。他の干潟と比べると比較的低い値を示した。各調査地点で

表-3 干潟の強熱減量と粘土含有率(秋山・松田, 1974)

調査箇所	強熱減量(%)	粘土含有率(%)
石狩川河口	3.9	18.1
高瀬川河口	0.9	1.9
一宮川河口	2.9	13.6
葛西三枚洲	4.5	29.6
汐川干潟	6.7	18.8
木曾川河口	2.7	24.6
浜甲子園干潟	1.5	5.8
千鳥浜干潟	1.9	4.2

のシルト・粘土含有率はst.1で3.43%、st.2で1.23%、st.3で1.65%となり、st.1でやや大きかった。

### 4) マクロベントスの湿重量

1993年12月、94年3月、94年6月、94年8月にマクロベントスの湿重量の分布を調べた。図-7に、各調査地点でのマクロベントスとアサリの湿重量を示した。季節変化に関しては、春から夏にかけて増加傾向がある。湿重量では、沖側にアサリを含め多くのマクロベントスが生息している。st.3では、93年12月に0.9kg/m<sup>2</sup>のアサリが生息していた。水産資源保護協会(1992)の報告によると多いところで1~2.5kg/m<sup>2</sup>ぐらいの生息量が見られることがある。全マクロベントスの中で、アサリは湿重量で常に30~80%を占め、おおむね卓越した主要種であることがわかる。

### 5) アサリの個体数と大きさ及び湿重量

表-4に、1995年2月、95年6月、95年10月、96年3月に採取した優占3種の個体数(ind./0.25m<sup>2</sup>)と個体数の割合(%)を示した。春先を除き、おおむね2~7割をアサリが占めている。盤洲干潟では個体数でもアサリが優占していることが分かる。表-4のアサリの個体数を見ると1995年2月から95年6月にかけてst.1では6倍、st.2では10倍にも増加している。図-7でも、94年の3月から8月にかけて湿重量の増加が見られる。内藤(1993)の報告では、東京湾でのアサリの産卵期は3月

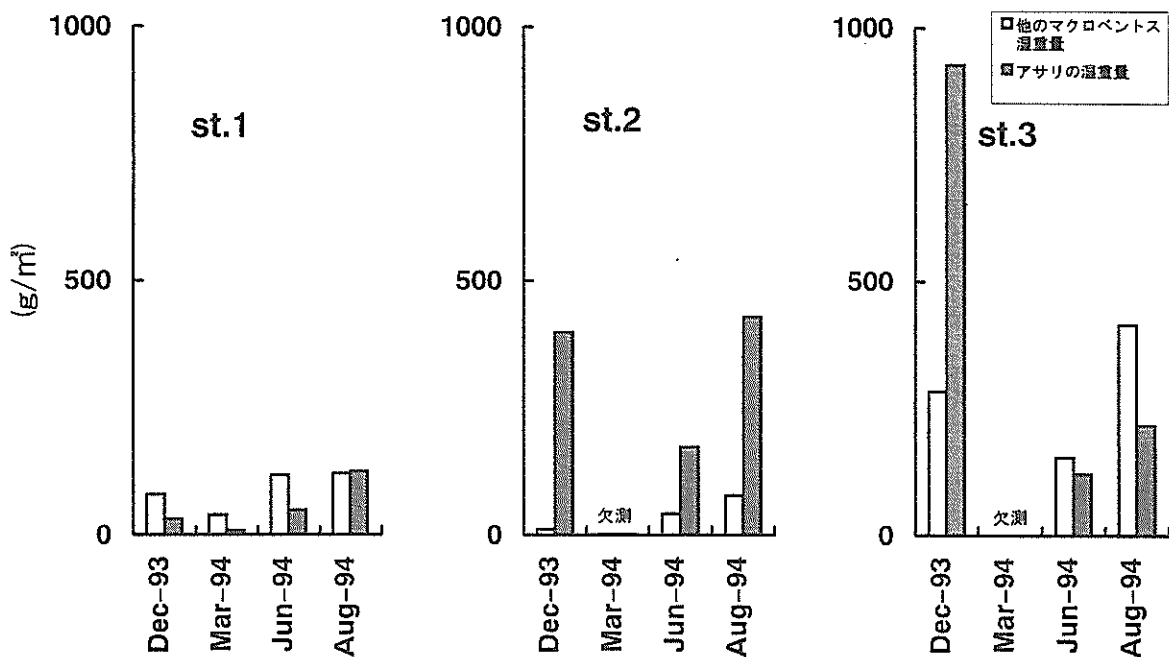


図-7 アサリと他のマクロベントス湿重量 (g/m<sup>2</sup>)

表-4 優占3種の個体数と個体数の割合

95年2月			
st.1	種	個体数(0.25m <sup>2</sup> /ind.)	個体数の割合(%)
st.1	ウミニナ	102	53
	アサリ	63	33
	多毛類	18	9
	その他	9	5
	総個体数	192	100
st.2	シオフキガイ	70	42
	アサリ	64	39
	多毛類	25	15
	その他	7	4
	総個体数	166	100
st.3	アサリ	78	68
	シオフキガイ	18	16
	多毛類	11	10
	その他	7	6
	総個体数	114	100

95年6月			
st.1	種	個体数(0.25m <sup>2</sup> /ind.)	個体数の割合(%)
st.1	ウミニナ	383	34
	アサリ	364	33
	多毛類	168	15
	その他	197	18
	総個体数	1112	100
st.2	アサリ	792	67
	フタバシラガイ	314	27
	多毛類	23	2
	その他	53	4
	総個体数	1182	100
st.3	アサリ	103	54
	シオフキガイ	30	16
	クマ目	28	15
	その他	29	15
	総個体数	190	100

95年10月			
st.1	種	個体数(0.25m <sup>2</sup> /ind.)	個体数の割合(%)
st.1	多毛類	9	30
	アサリ	6	20
	ウミニナ	6	20
	その他	9	30
	総個体数	30	100
st.2	アサリ	5	33
	紐形動物門	4	27
	多毛類	3	20
	その他	3	20
	総個体数	15	100
st.3	アサリ	85	80
	シオフキガイ	11	10
	多毛類	6	6
	その他	4	4
	総個体数	106	100

96年3月			
st.1	種	個体数(0.25m <sup>2</sup> /ind.)	個体数の割合(%)
st.1	多毛類	50	50
	アサリ	21	21
	ウミニナ	11	11
	その他	18	18
	総個体数	100	100
st.2	多毛類	44	79
	アサリ	4	7
	シオフキガイ	2	4
	その他	6	11
	総個体数	56	100
st.3	シオフキガイ	64	39
	多毛類	61	37
	アサリ	23	14
	その他	15	9
	総個体数	163	100

下旬から7月上旬とある。95年6月は、産卵期の後の調査であったため、稚貝の個体数が増加したのだけと考えられる。st.1ではアサリ、ウミニナ、多毛類が各季節を通じて出現していた。一方、st.2・3では、アサリ、シオフキガイなどの二枚貝で占められており、ウミニナなどの巻き貝の生息が少なかった。標高差での生物相の違いを見ることができた。

図-8に、殻長に対して殻幅、殻高、湿重量の関係を示した。3つの図はいずれも、種々の調査地点、種々の季節で採取した364個のアサリのデータを1枚のグラフ上にプロットしたものである。殻幅、殻高、湿重量について最小二乗法で関係式を求めた。切片を0とした関係式を次式に示す。

$$y_1 = 0.7109x \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$y_2 = 0.4512x \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$y_3 = 0.0003x^3 - 0.0354x \quad \dots\dots\dots(3)$$

$x$  : 殻長 (mm)

$y_1$  : 殻幅 (mm)

$y_2$  : 殻高 (mm)

$y_3$  : 殻付き湿重量 (g)

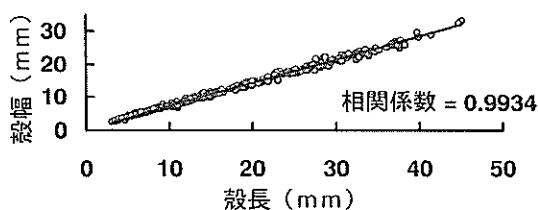
相関係数は、0.98以上の値で、殻長に対して高い相関がある。そこで、アサリのサイズを表すのに殻長を使用した。

表-5に干潟の単位面積 (m<sup>2</sup>) あたりアサリの殻長別個体数を示した。各季節とも小さなサイズ(殻長2 cm以下)の個体はst.1, st.2などの高・中潮帯側で多く見られる。図-9・10・11・12に各調査月の出現割合を示した。6月期では調査地点別にサイズ別での出現傾向に差があることが確認できる。つまり、沖側の低潮帯では大型の個体が生息し、岸側の高・中潮帯では小型の個体が多く生息している。st.2では、殻長1 cm以下の分画の他に、殻長1.5~2.5cm分画と殻長3 cm以上の分画とで小さ

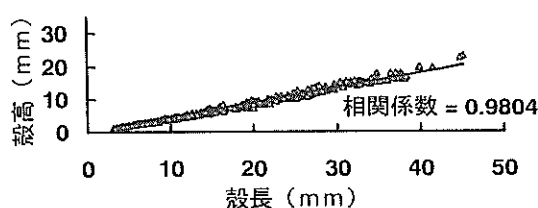
表-5 アサリの殻長別個体数 (ind./m<sup>2</sup>)

		殻長 0~5mm	殻長 5~10mm	殻長 10~15mm	殻長 15~20mm	殻長 20~25mm	殻長 25~30mm	殻長 30~35mm	殻長 35~40mm	総個体数
Feb-95	st. 1	0	53	187	12	0	0	0	0	252
	st. 2	0	45	21	157	33	0	0	0	256
	st. 3	71	66	29	29	50	54	8	4	312
Jun-95	st. 1	26	951	475	80	0	0	0	0	1532
	st. 2	1378	1517	29	108	54	0	54	29	3168
	st. 3	10	43	54	75	134	64	32	32	412
Oct-95	st. 1	0	0	12	12	0	0	0	0	24
	st. 2	0	0	40	0	0	0	0	0	40
	st. 3	0	27	44	88	112	20	24	24	340
Mar-96	st. 1	61	0	23	0	0	0	0	0	84
	st. 2	0	7	7	0	0	0	0	2	16
	st. 3	0	7	0	28	21	12	5	5	92

アサリの殻長と殻幅の関係



アサリの殻長と殻高の関係



アサリの殻長と湿重量の関係

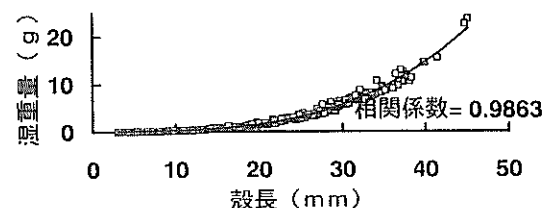


図-8 アサリの殻長・殻幅・殻高・湿重量の関係図 (n=364個)

なピークが見られる。春に新規に加入した稚貝と、既に生長した貝とによる分布構成と思われる。

### 3. アサリの濾水量実験

#### 3.1 実験目的

個体数の大きさや温度により、アサリの濾水量がどのように変化するか検討する。

#### 3.2 間接法を用いたアサリの濾水量実験

##### 1) 実験方法

間接法は、アサリの生息する水槽内に懸濁粒子を添加し、アサリの呼吸運動により添加した粒子が減少する様子から濾水量を算定する方法である。ここでは、エラで濾し分けられる粒子サイズについては、捕捉率100%で捕捉されると仮定している。懸濁濃度の測定は、粒度測定装置(コールター社製マルチサイザー、アパチャーは200 μmを使用した。)を使用した。測定で得られた粒子の径と個体数記録から粒子の全体積を算出する方法をとった。すなわち各粒径の分画ごとの平均粒径と粒子数とから各分画の体積を求め、それらの総和を求めた。

実験に用いた海水は、研究所前面の久里浜湾より採取後、メンブレンフィルター(ポアサイズ0.45 μm)で濾過して使用した。温度は4, 10, 15, 20℃に設定した。実験装置自体を恒温庫内に納めることで恒温に保った。実験水槽に注ぎ込まれた濾過海水は、スターラーによる攪拌とエアリフトによる循環を行いながら実験水温になるように、恒温庫内に半日から1昼夜放置した。懸濁粒子を添加してから5分待って、粒子がよく攪拌されてから、採水を開始した。開始時、10, 30, 60, 120, 180minに水槽水(20mℓ程度)をサンプリングした。

##### 2) 実験装置

装置は図-13のように高さ250mm、直径134mmの透明なアクリル円筒製で、水槽部と水槽水を攪拌する攪拌機部及び水槽水を循環させる循環部から構成されている。試水容量は3.00ℓである。水槽部はステンレス製のネット(2mmメッシュ)と、ナイロン製のプランクトンネット(NGG54)で3層に区切られている。ステンレス製ネットは、アサリを保持している。ナイロン製ネットは、貝の排泄糞を保持している。実験中に懸濁粒子の沈降や濃度勾配が起こらないように、水槽水を最下層で緩やかに攪拌している。攪拌には、懸濁粒子の磨耗や破壊をおさえるために、細胞培養用のフロート攪拌子型のスターラーを使用している。また、水槽水は外部チューブを伝

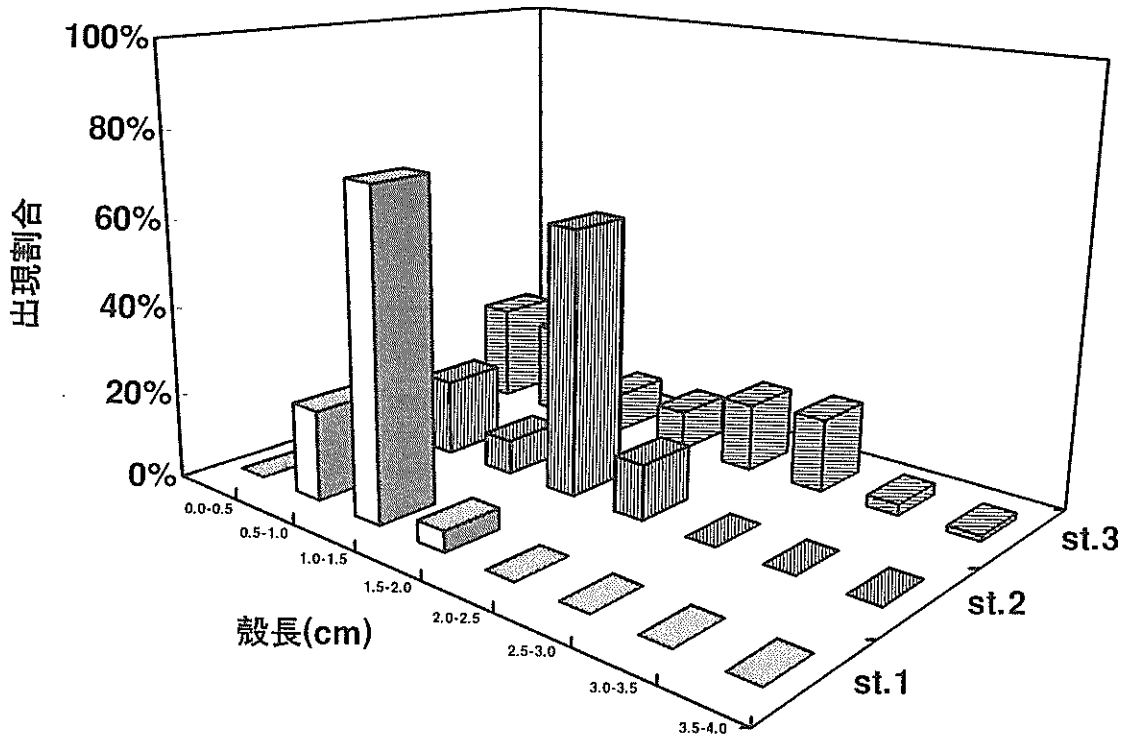


図-9 95年2月期の大きさ(殻長)別出現割合

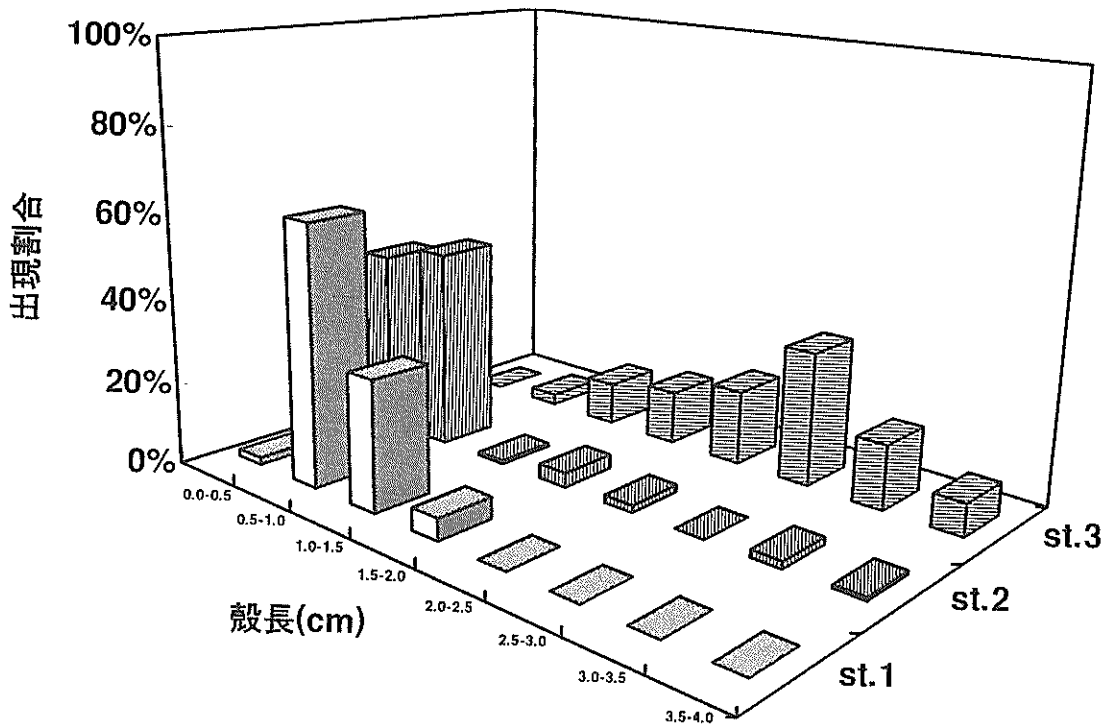


図-10 95年6月期の大きさ(殻長)別出現割合

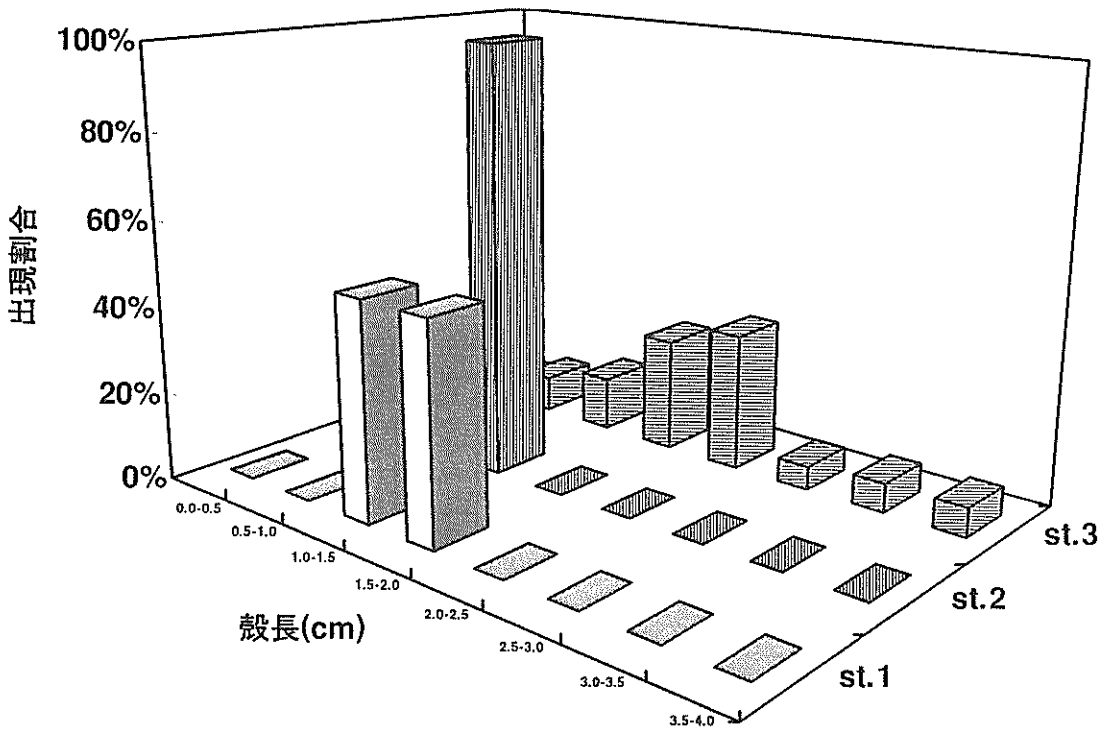


図-11 95年10月期の大きさ(殻長)別出現割合

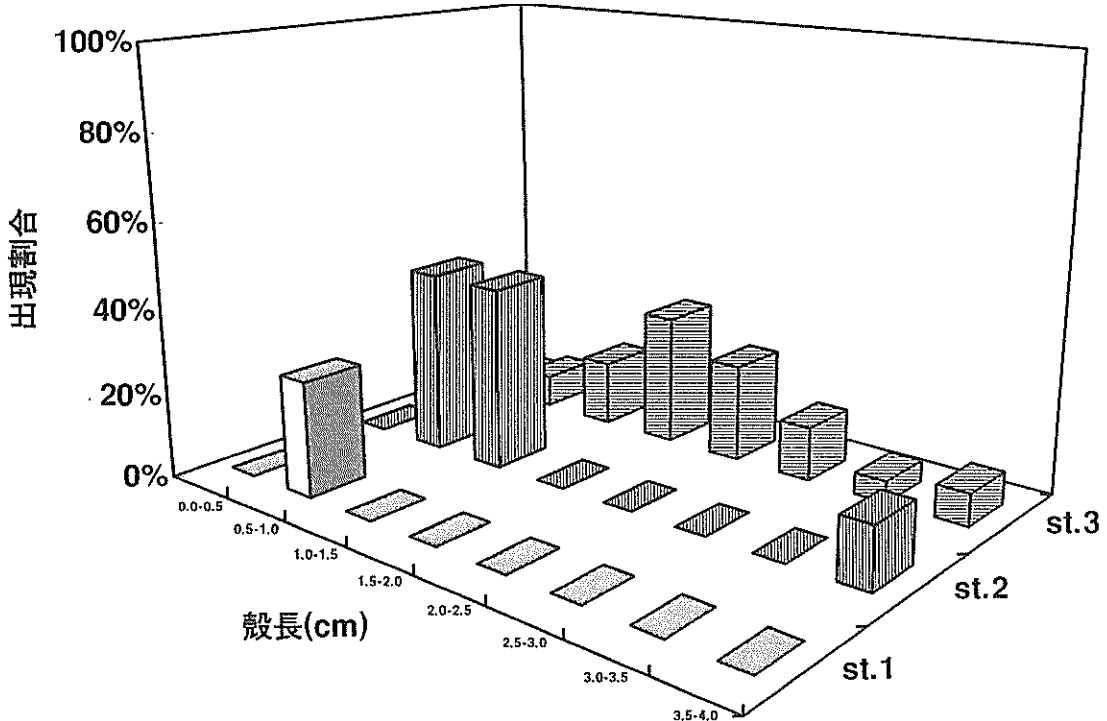


図-12 96年3月期の大きさ(殻長)別出現割合

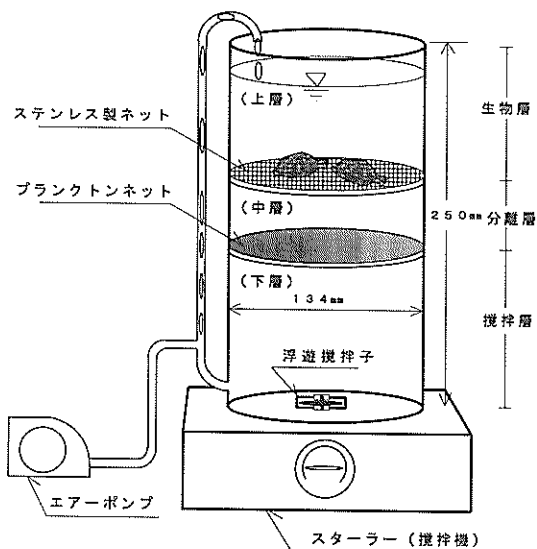


図-13 濾過実験装置

いエアリフト方式で下層から上層へ循環している。後述する実験に用いた粒子径、懸濁濃度条件では、充分混合されていた。

### 3) 実験に使用した懸濁物

盤洲干潟泥を75 $\mu\text{m}$ の篩で裏ごしし、ふるいを通過した、シルト・粘土質の土粒子を使用した。測定する粒径の範囲は、殻長25mmのアサリを3個体を用いてプレ実験を行い選定した。図-14に、プレ実験の結果を示す。安定して粒子体積が減少している区間をアサリが濾別する粒径とした。図-14からアサリの濾別する粒径は8.27~29.3 $\mu\text{m}$ までの範囲とした。この範囲を4.13 $\mu\text{m}$ ごとに6分画して分画ごとに粒子個体数を測定している。アサリのサイズによって濾別粒子の範囲が少し変化する可能性もあるが、粒径分布での粒子の占める割合が小さく数 $\mu\text{m}$ 程度の範囲を広げても殆ど算定濾水量には影響しなかった。このプレ実験以降、懸濁粒子の添加後5分間待って、採水開始時とした。また、沈殿などのアサリの呼吸作用以外の要因で変化する可能性もあり、この影響を除くためにBL水槽(アサリを入れない水槽・プランク水槽)で同時に懸濁粒子体積を測定している。使用した懸濁粒子の粒径の体積分布と粒径の個数分布を図-15に示す。グラフ上の折れ線は、累積値を示している。殆どの粒子が8 $\mu\text{m}$ ~30 $\mu\text{m}$ の範囲内である。中央標準粒径は、粒子体積分布で15 $\mu\text{m}$ 前後、粒子個数分布では7 $\mu\text{m}$ 前後である。土粒子の乾燥密度は、2.61であった。

### 4) 実験に用いたアサリ

基本的に盤洲干潟の現地調査で採取したアサリを使用

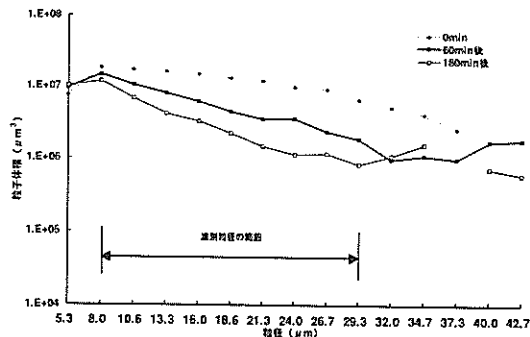
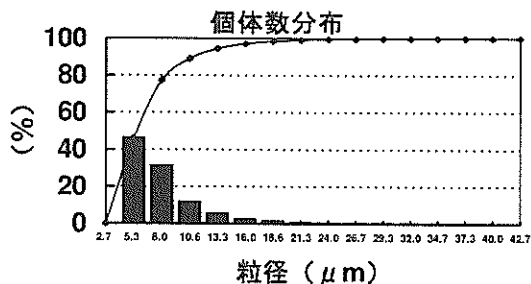
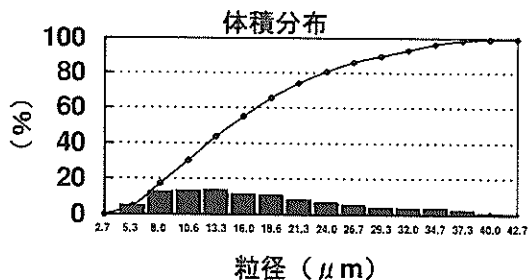


図-14 粒径別の経時変化



個体数分布



体積分布

図-15 懸濁粒子の個体数分布図と体積分布図

した。採取後、殻長・殻高・殻幅・湿重量について測定を行い、大きさごとに分類した。殻長15mm以下の一部アサリについては、横浜港金沢八景の人工海浜で採取したアサリを用いた。

### 5) 実験ケース

水温について4、10、15、20 $^{\circ}\text{C}$ の4ケースを選んだ。アサリの大きさについては、殻長10、15、20、25、30、35、40mmの7種類とした。殻長に対して $\pm 1\text{mm}$ 以内のサイズ幅のものを使用した。つまり、10mmの殻長グループには、殻長9mm~11mmの個体が含まれる。

## 3.3 実験結果と考察

懸濁粒子の粒子体積の減少の様子を図-16に示す。図-16では、時間に対して粒子体積の自然対数をプロッ

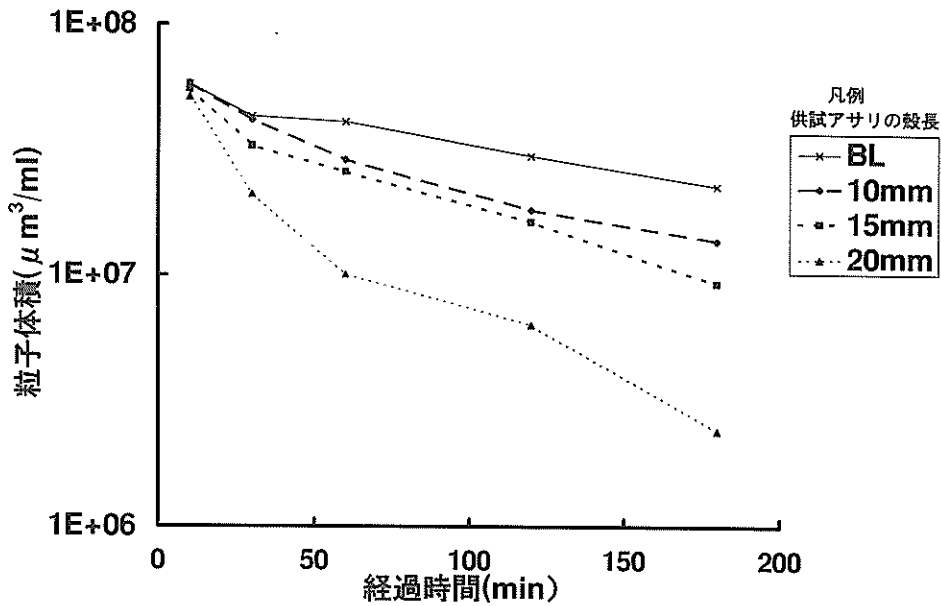


図-16 懸濁粒子の経時変化 (水温20°C, 3個体)

トしてある。アサリの濾過作用により、片対数グラフ上で直線的な減少が読みとれる。BL水槽での減少値によりアサリの濾過による正味の減少値を求めた。この減少の勾配から、時間当たりの減少率を求めた。この減少率に水槽水の容積(3.00ℓ)を乗ずると、アサリによる濾過水量が求めることができる。こうして、各実験条件ケースごとにアサリの1個あたりの1時間当たりの濾水量(ℓ/h/ind.)が算出できる。

図-17に、各実験設定水温での殻長別個体あたりの濾水量を示した。殻長40mm、水温20°Cでは平均濾水量は1.05ℓ/h/ind.になった。4°Cでは0.20ℓ/h/ind.であった。水温の影響が大きく、サイズが大きいものほど水温に影響されることが分かる。20°Cと15°Cのアサリは、水管と足を伸ばして潜砂動作をし、活発に活動していた。10°Cと4°Cでのアサリは、水管を殻の外に出さずに、殻を少し開けた状態で呼吸運動をしていた。見た目でも濾水量の差があると確認できた。図-18に、殻長別湿重量当たりの濾水量を示した。水温20°Cでは個体の大きさに関係なくほぼ同等の濾水量となった。低い水温では小さいアサリほど高い濾水量を得た。中村(1993)は、アサリの濾過水量と湿重量と水温との関係を次式で示している。

$$Q_w = 0.085t^{1.25}W^{-0.78} \dots\dots\dots(4)$$

- $Q_w$  : 濾水量(ℓ/h/g)
- $W$  : 殻付の個体重量(g)
- $t$  : 水温(°C)

今回用いたアサリについて上式にあてはめ、個体あた

りの濾水量を算出してみた。図-19は、各実験水温での実験で得られた濾水量と上式による算定濾水量とを比較したものである。エラーバーは、標準誤差を示している。4°Cにおいては、殻長の小さなアサリの濾水量が算出式と比較して高い値、一方、15°Cと20°Cにおいては、低い値を示した。

### 3.4 直接法によるアサリの濾水量実験

#### 1) 実験目的

水管の直上での吸込流速を直接測定し濾水量の算定を行う。間接法によって求められた濾水量と比較する。

#### 2) 実験方法

非接触型の流速測定装置であるレーザー流速計を用いた。流速測定位置にレーザー光をあてることでその位置の流速を測定できる。アサリを実験水槽で2日間程度、馴致させた。馴致期間中は、エアリフトで水槽水の循環と酸素供給を行った。水槽水は、少しずつ自然海水と交換した。アサリが潜砂し水管を伸ばし呼吸を開始したのを確認後、入水管の中心と想定される箇所の直上にレーザーの交点をあわせ流速を測定した。アサリは、殻まで潜砂し水管の出入り口を砂面まで出す習性があるため、アサリ周辺の砂を静かに掘り水管が砂面より上になるようにした。アサリの入水管の直径(d)は、レーザーの光を水管の端から端に水管と平行に動かし、動かした距離からもとめた。入水管の形状を真円と仮定して、直径より断面積(A)を算出した。測定した流速を用いてアサリの濾

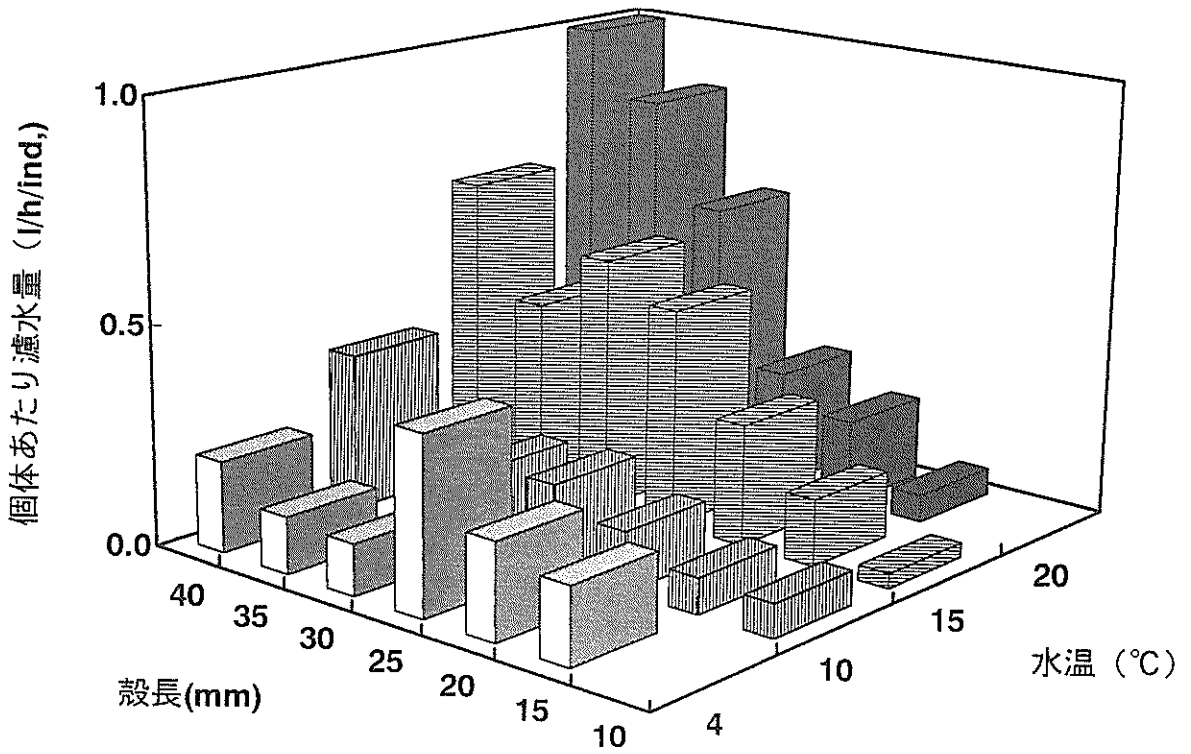


図-17 殻長別個体あたりの濾水量

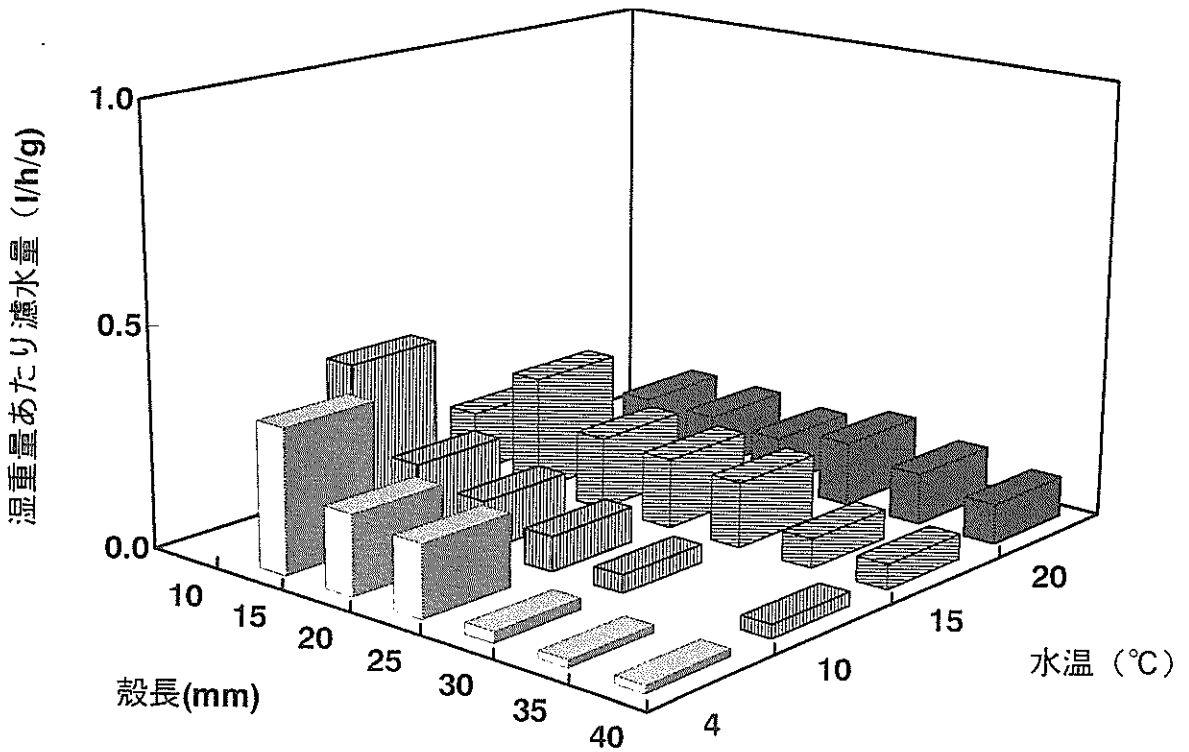


図-18 殻長別湿重量あたりの濾水量



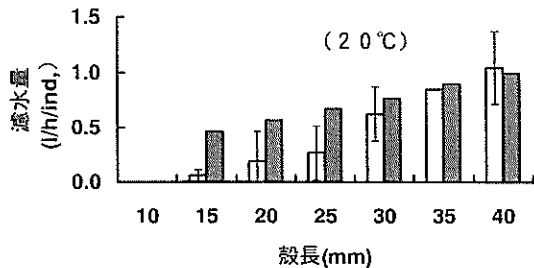
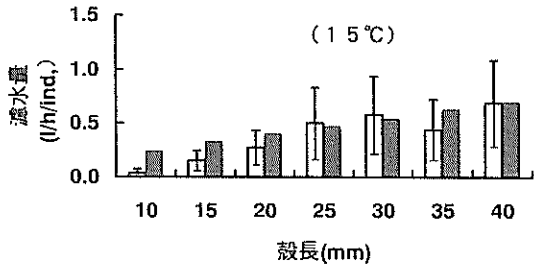
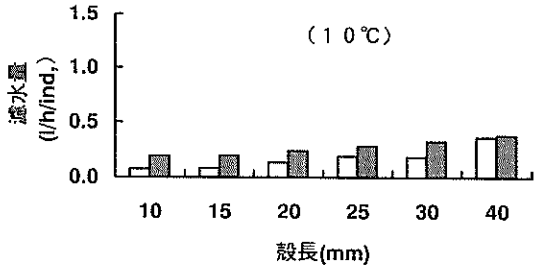
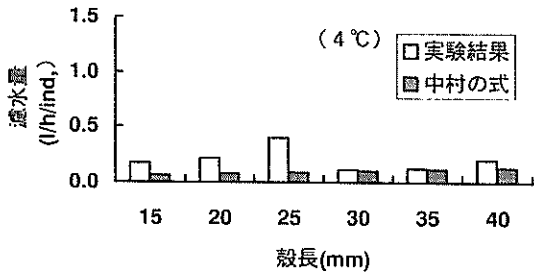


図-19 殻長別の濾水量

水量とした。アサリは盤洲干潟で採取した殻長33mmものを使用した。水温は20°Cであった。1時間おきに5秒間の計測を3回くり返し、計42時間にわたって計測する。短時間測定と連続して数分間測る長時間測定とを行った。アサリは、通常潜砂して水管を砂面と同じ高さに伸ばし呼吸を行うが、測定時には、アサリが潜砂した後も水管を砂面より上に伸ばして呼吸を行っていた。水管を砂面より上に伸ばす原因としては、一般的に、①水槽内の水の流れがない。②餌が不足している。③酸素が不足している。の要因が考えられるが、測定中の溶存酸素は、5mg/lであったので、①または②によるものと考えられる。

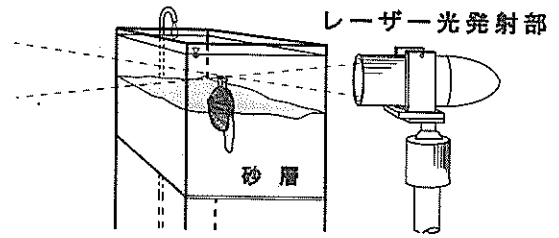


図-20 実験装置の概略図

表-6 レーザー流速計の仕様

FLOWLITE	DANTEC 製
後方散乱方式 一次元のレーザー流速計	
発光体	He-Ne
レーザー出力	10mv
誤差	4%
最大Hz数	800Hz
焦点距離	160mm

### 3) 実験水槽

実験水槽の概略を図-20に示す。実験水槽は、高さ250mm幅150mm奥行10mmの透明なアクリル製の水槽を用いた。ナイロン製のプランクトンネット (NGG54) で水槽を上層と下層に分けた。上層部には盤洲干潟で採取した砂を深さ6cm敷き、アサリを入れた。エアリフトによって海水の循環と酸素供給を行った。流速測定中はエアリフトを止め、静止水の中で吸込み流速を測定した。

### 4) 使用した流速計

表-6に示す一次元レーザー流速計を用いた。レーザー流速計は、本体のレンズ部分から2本のレーザー光が出される。その2本のレーザー光の交点で、流速値が求められる。高精度で校正を必要としない非接触形式の流速計であるため、アサリの水管直上の水の流れをアサリの呼吸運動を妨げることなく測定できる。データは、800Hzでサンプリングした。短時間測定では5秒間、800Hzでサンプリングした後、4000個の測定値を平均し、その時刻の流速とした。これを3回くり返した。長時間測定では、アサリが水管を動かすことによりレーザー光の交点が後述の代表流速の測定点から外れるまでの連続測定をした。

### 5) 測定位置

アサリの水管径は直径3.12mmであった。そこで、まず水管直上での、開口面に垂直方向の流速分布を調べた。

水管の片端から開始し、0.3mm おきに測点を設け、他端まで3回計測した。図-21に、結果を示す。エラーバーは、標準誤差を示している。1.2mmの位置は欠測である。水管の中心部(1.5mmの位置)で吸込み方向の流速が最も速く12.9mm/sであった。両端部(0.0mmと3.0mmの位置)では4mm/sと6mm/sであった。中心部と端部では、2.2~3.2倍の差があることがわかった。水管のまわりでは、図-22のような流速分布になっていると思われる。つまり、両端では水管に対して横方向の成分を持つ接近流が発生していると思われる。そこで、水管の開口部中心での吸い込み流速を代表流速とした。水管に周辺海水が吸込まれていると思われるが、ここでは水管開口部の全面を代表流速値で一様に海水が通過すると仮定した。求められた代表流速と水管の断面積とをかけあわせ、濾水量とした。

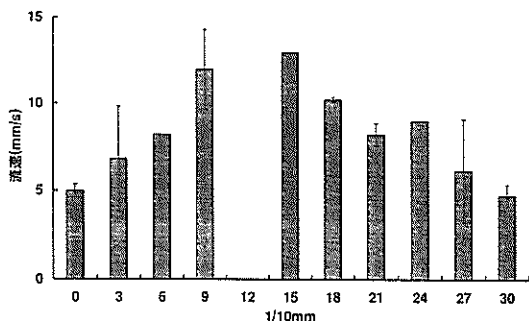


図-21 水管開口幅方向の流速分布図

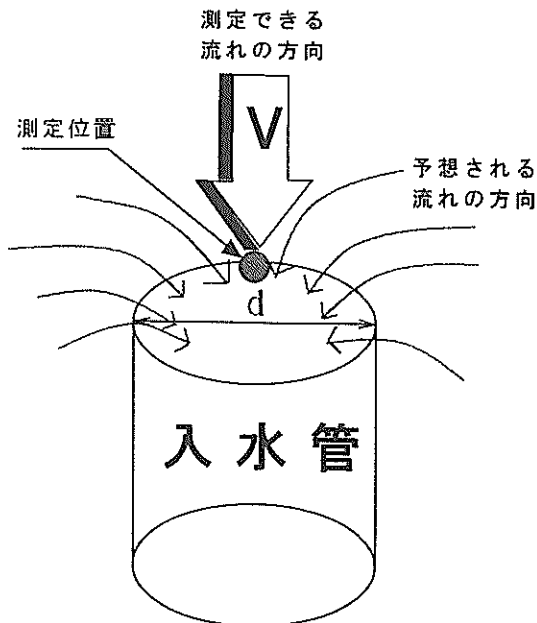


図-22 水管まわりの予想流速分布

### 3.5 実験結果と考察

#### 1) 短時間測定

図-23に、短時間測定の流れを示す。毎時、3回の測定の平均を■印で示し、最小値と最大値とを棒で結んで示した。各回の平均流速(■印)は、0.0mm/s~16mm/sまでばらついている。求められた28個の平均流速をさらに算術平均し、40時間の平均流速7.3mm/sの値をえた。

5月29日の午前7時の測定値などでは、平均流が0.0mm/sの値を示している。これは完全にアサリが潜砂し、殻を少しだけ開け、水管を殻の外に出していないため、水管直上での測定が不可能であったためである。この状態ではアサリが「休息」しているものと考えられる。測定期間中のビデオ撮影記録からは、長い時間「休息」している状況は見られなかった。

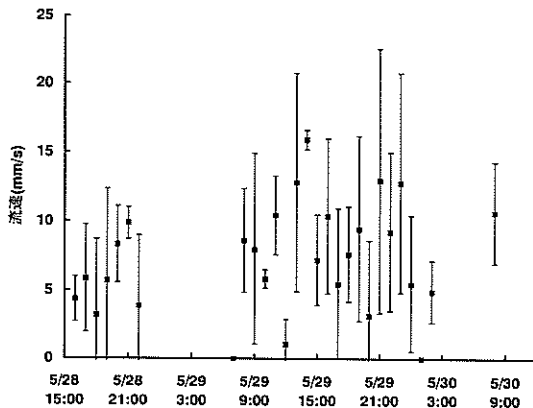


図-23 短時間測定結果

#### 3) 長時間測定

長時間測定の結果を図-24に示す。ここでも800Hzでサンプリングした。10個ずつのデータの平均値を求めた。つまり80個/sのデータを継続的にプロットしたものである。アサリは水管を一定位置に長く停止させ呼吸するのではなく、水管の方向を変えながら呼吸を行っていることが観察によってわかった。しかし、何度も測定を試すうちに1度だけ水管を8分近く動かさず呼吸をしていたので連続測定ができた。速い流速の時間と遅い流速の時間が交互にくり返している様子がわかる。速い流速の継続時間は、1分程度であり、流速値は5~15mm/s程度である。アサリが、約1分の周期で吸水をくり返す動作が確認できた。測定時5分から6分と6分から約6分40秒にかけての比較的安定した流れについて平均流速を求

めると、前者では10mm/sとなり後者では3 mm/sの結果が得られた。

#### 4) 濾水量の比較

次式を用いて流速値から吸い込み量を求めた。

$$Q_i = 9 \cdot 10^{-4} \pi d^2 \cdot v$$

$Q_i$  : 個体あたりの濾水量 (ℓ/h/ind.)

$v$  : 水管直上の流速 (mm/s)

$d$  : 水管の直径 (mm)

短時間測定ケースでの40時間に平均流速7.3mm/sからの濾水量は0.20ℓ/h/ind.となる。最小値0.001 ℓ/h/ind., 最大0.44ℓ/h/ind.が求められる。平均濾水量は、実験水温20℃, 殻長30mmに対して間接法で求められる濾水量0.77ℓ/h/ind.とオーダーが同じであるが、1/4程度低い値である。

長時間測定ケースのうち、速い時の流速10mm/sから、前述の方法で吸い込み濾水量に換算すると0.30ℓ/h/ind.となる。遅い流速に対しては0.086ℓ/h/ind.程度であった。速い流速と遅い流速の継続時間がほぼ同じとして両者を平均すると0.19ℓ/h/ind.となる。短時間測定ケースで得た値 (0.20ℓ/h/ind.) と似た値である。

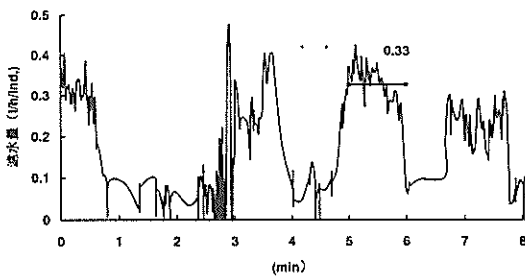


図-24 長時間測定結果 (殻長30mm, 水温20℃)

直接法で求めた平均濾水量は、間接法に比べ小さい値となった。この原因として2つのことが考えられる。一つとしては、図-22に示すようにレーザー流速計が一方方向の流速しか測定できないことである。あるいは、アサリの水管直上での測定であるため、水管周辺からの水の流れ込み流速が正確には測定できないことである。直接法で濾水量を正確に求めるには、水管内の流速分布を計り、水管内の断面積を得る必要がある。もう一つは、砂層を敷かない間接法では、アサリの濾水速度が生理的に昂進するかも知れないことである。

アサリの呼吸運動は、1分単位の速い流れと遅い流れが交互にくり返し、また、一日のうちには「休息」した時と大きな呼吸量の時がある事がわかった。間接法による実験は、数時間にわたっているため、こうした変動は十分に平均化されていると思われる。今後、直接法における測定精度の改善が必要だと思われる。

## 4. 干潟におけるアサリの海水濾水量分布

### 4.1 方法

アサリの水温・大きさ別の濾水量は以上により測定できた。そこで、現地調査で得られた各調査地点でのアサリの大きさ別個体数密度と水没時間とから各調査地点の単位面積あたりのアサリの濾水量を算出した。表-7に、間接法の実験で得られた殻長別での個体あたり濾水量と調査で得られた殻長別の生息個体密度を示した。0~10mmの殻長分画の濾水量は、殻長0mmでは、濾水量を0ℓ/h/ind.とし、殻長10mmの濾水量との和を2で割った値を代表濾水量とした。他の殻長分画でも同じ算出法で代表濾水量を算定した。2月期には水温を10℃, 6月

表-7 単位面積あたりの濾水量

95年2月(10℃)

サイズ (mm)	各サイズの代表濾水量 (ℓ/h/ind.)	個体数密度		
		st.1(ind./m <sup>2</sup> )	st.2(ind./m <sup>2</sup> )	st.3(ind./m <sup>2</sup> )
0~10	0.04	53	45	137
10~15	0.08	187	21	29
15~20	0.11	12	157	29
20~25	0.16	0	33	50
25~30	0.19	0	0	54
30~35	0.23	0	0	8
35~40	0.32	0	0	4
濾水量(ℓ/h/m <sup>2</sup> )		18	26	32

95年10月(20℃)

サイズ (mm)	各サイズの代表濾水量 (ℓ/h/ind.)	個体数密度		
		st.1(ind./m <sup>2</sup> )	st.2(ind./m <sup>2</sup> )	st.3(ind./m <sup>2</sup> )
0~10	0.02	0	0	27
10~15	0.05	12	0	44
15~20	0.13	12	40	88
20~25	0.23	0	0	112
25~30	0.45	0	0	20
30~35	0.87	0	0	24
35~40	1.07	0	0	24
濾水量(ℓ/h/m <sup>2</sup> )		2	5	98

95年6月(15℃)

サイズ (mm)	各サイズの代表濾水量 (ℓ/h/ind.)	個体数密度		
		st.1(ind./m <sup>2</sup> )	st.2(ind./m <sup>2</sup> )	st.3(ind./m <sup>2</sup> )
0~10	0.02	997	2895	53
10~15	0.09	475	29	54
15~20	0.21	80	108	75
20~25	0.39	0	54	134
25~30	0.54	0	0	64
30~35	0.51	0	54	32
35~40	0.57	0	29	32
濾水量(ℓ/h/m <sup>2</sup> )		79	148	143

98年3月(10℃)

サイズ (mm)	各サイズの代表濾水量 (ℓ/h/ind.)	個体数密度		
		st.1(ind./m <sup>2</sup> )	st.2(ind./m <sup>2</sup> )	st.3(ind./m <sup>2</sup> )
0~10	0.04	61	7	7
10~15	0.08	23	7	0
15~20	0.11	0	0	28
20~25	0.18	0	0	21
25~30	0.19	0	0	12
30~35	0.23	0	0	5
35~40	0.32	0	0	5
濾水量(ℓ/h/m <sup>2</sup> )		4	1	12

表-8 見かけ濾水量

1995年2月

	st. 1	st. 2	st. 3
一日の水没時間(h)	12.7	16.1	20.5
濾水量(l/h/m <sup>2</sup> )	18	26	32
見かけ濾水量(l/m <sup>2</sup> /day)	230	420	660

1995年6月

	st. 1	st. 2	st. 3
一日の水没時間(h)	15.2	16.7	20.3
濾水量(l/h/m <sup>2</sup> )	79	148	143
見かけ濾水量(l/m <sup>2</sup> /day)	1200	2500	2900

1995年10月

	st. 1	st. 2	st. 3
一日の水没時間(h)	14.0	16.3	20.6
濾水量(l/h/m <sup>2</sup> )	2	5	96
見かけ濾水量(l/m <sup>2</sup> /day)	28	82	1980

1995年3月

	st. 1	st. 2	st. 3
一日の水没時間(h)	11.9	13.8	17.5
濾水量(l/h/m <sup>2</sup> )	4	1	12
見かけ濾水量(l/m <sup>2</sup> /day)	48	14	210

期は15℃, 10月期は20℃, 3月期は10℃の値を用いた。表-7に示すように、まず、①各サイズで毎に個体あたりの濾水量と個体数密度とを掛け合わせた。次いで、②全サイズについて加え合わせて、その場所のm<sup>2</sup>あたりの濾水量値としている。更に、③水没時間だけ濾過作用が生起するとして、水没時間を乗じ1日あたりの濾水量を算定したのが表-8である。

#### 4.2 結果と考察

表-8を見ると、2月期では、230~650l/m<sup>2</sup>/day程度、6月期では1200~2900l/m<sup>2</sup>/dayに達する。10月期では28~1900l/m<sup>2</sup>/dayで3月期では、48~210l/m<sup>2</sup>/dayが算出できた。6月期に大きな濾過作用が現れている。これは水温の影響はあるものの、アサリの主に個体数の増加による影響が大きい。低潮帯では殻長20~30mmの個体数増加によるところが大きい。アサリの濾過による、海水の浄化作用の維持、増加のためには、中・低潮帯での生息環境の維持が重要である。特に溶存酸素の維持が大切だと推定される。

#### 5. おわりに

ここでは、干潟の中でよく見られるアサリをとりあげ、その濾水量を求めることにより干潟面積当たりの見かけの濾過作用の分布や季節変化を見積もった。アサリ以外のベントスの役割や関与はここでは取り扱っていない。

他の懸濁物食性ベントスとも比較する必要がある。また、長期的な栄養塩の固定については、濾過速度のみではなく二枚貝の同化作用についても検討する必要がある。干潟では多種多様な生物が相互に関与し合って生活をしているため、二枚貝の排泄した糞や擬糞が他の生物に、どのような影響があるかも重要な研究課題であろう。

本研究では、江川漁業協同組合・久津間漁業協同組合には、現地調査の同意・協力とアサリの提供をしていただき、千葉県木更津港湾事務所より護岸天端高や護岸設計断面などの資料提供をしていただいた。アサリの生態に関しては、千葉県水産試験場のり貝類研究室の柴田輝和氏に貴重な助言をいただいた。ここに記して、各関係諸氏に深く感謝いたします。

(1996年6月28日受付)

#### 参考文献

- 1) 新日本製鐵(株)君津製鉄所：君津毎時潮高表，(1996)，(1997)
- 2) 土質工学会：土質試験法，新日本印刷，(1979)
- 3) 日本工業規格協会：工業排水試験法 (JISK01029)，(1993)
- 4) 小倉紀雄：東京湾，恒星社厚生閣，(1993)
- 5) 秋山章男・松田道夫：干潟の観察ハンドブック，今泉誠文社，(1974)
- 6) 相良順一郎：アサリ・ハマグリ の生理生態，海洋と生物13, Vol.3-No.2, pp.102-105(1981)
- 7) 中村充：生態系を活用した海底質の改良技術，ヘドロ, No.58, pp.17-24, (1993)
- 8) 栗原康：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，pp.85-98, (1988)
- 9) 山室真澄：懸濁物食性二枚貝と植物プランクトンを通じた窒素循環に関する従来の研究の問題点，日本ベントス学会誌, Vol.42, pp.29-38, (1992)
- 10) 柿野純・中田喜三郎：東京湾盤洲干潟におけるアサリの生息と波浪の関係，水産工学, Vol.28 No.1, pp.51-55, (1991)
- 11) 岩井保・林勇夫：基礎水産動物学，恒星社厚生閣，(1990)
- 12) 小池祐子・齊藤徹・小杉正人・柿野純：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, Vol.29 No.2, pp.105-112, (1992)
- 13) 宮崎一老：二枚貝とその増殖，(1957)
- 14) 倉茂英二郎・松本文夫：アサリの生態研究，特に環境要素について，水産学集成, pp.611-655, (1957)

- 15) 吉良哲明：原色日本貝類図鑑，保育社，(1983)
- 16) 日本水産資源保護協会：漁場保全機能定量化事業報告書，(1992)
- 17) 内藤新語：主要貝類の産卵時調査，千葉県水試内湾分場概往事報，昭和5年度，pp.21-23，(1930)

港湾技研資料 No.844

1996.9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所

印 刷 所 阿部写真印刷株式会社

Edited by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan.

Copyright ©(1996)by P.H.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。