

海水導入による二枚貝中間育成場計画手法の開発

水産工学研究所水産土木工学部

足立久美子・日向野純也

木元 克則・鈴木 誠治

調査期間 平成5年度～8年度

緒 言

近年、沿岸域における資源管理型漁業推進の一環として、漁業資源量の増大を図るために、種々の有用水産生物の種苗生産・放流事業が行われている。さらに、放流生物の生残性を高めることを目的として、放流サイズの大型化や天然馴致のための中間育成が行われるようになった。その手法は、対象生物により様々に試みられ、確立されたものもあるが、多くは今後の手法開発を待っている状況である。

開放性砂浜域に生息し、北日本を中心に漁獲されているウバガイや、おもに鹿島灘で漁獲されているチョウセンハマグリなどの二枚貝についても中間育成が試みられ、これまでに陸上における中間育成や、静穏域における垂下式中間育成等の手法が開発されてきた。しかし、前者は餌料の確保において、後者は動揺による逸散や静穏域の確保、管理上の手間などから大量育成が困難である等の多くの問題を抱えている。

開放性砂浜域に生息する二枚貝の場合、潜砂性であり、餌料は植物プランクトンを中心とした海水中の有機懸濁物である。したがって中間育成には、①海水中の天然餌料の有効利用、②自然により近い形で生息できる砂床の確保、③管理の容易さの3点を満足する方法として、砂浜の汀線近くに素掘池(図1)や囲い池を設け、池内に海水を導入する手法が最も有効であると考えられる。

しかし砂浜域の餌料環境や対象二枚貝の餌料要求等の生物学的知見が乏しく、計画手法の確立には至っていない。そこで本調査は、砂浜域における一次生産力や餌料の大きさ・質等の餌料生物環境に及ぼす物理環境の影響を評価することにより、中間育成場造成の適地を選定すること、また砂浜性貝類の餌料要求特性を明らかにすることにより、稚貝収容量や必要な海水導入量等の推算手法を検討し、中間育成場造成計画策定のための指針とすることを目的としている。

調査の前半期には、砂浜域の餌料環境評価や二枚貝の摂餌特性試験等を中心に行い、また後半期には、茨城県平磯漁港内の砂浜の汀線近くに囲い式の人工池を設置し、二枚貝の中間育成試験を行った。本課題は、将来的には砂浜における素掘池方式の施設の開発を目標としているが、大がかりな現地試験は困難なことから、囲い池による中間育成試験のなかで、貝の摂餌特性、適地選定や施設配置計画のための海域の餌料評価、収容力等について検討することとした。

調査方法

1. 餌料環境評価(5～6年度)

砂浜域の餌料環境を評価するため、汀線域で海水を採取し、植物プランクトン現存量(クロロフィルa量)および植物プランクトンのサイズ分布の時間変動を調べた。また水温・塩分・栄養塩濃度等の測定を行うとともに、試水中の粒子を光学顕微鏡により観察した。クロロフィルaの分析は、試水を孔径 $1.2\mu\text{m}$ のグラスファイバーフィルターで濾過し、フィルター上に捕捉された粒子中の色素をアセトン抽出したのち分光法により測定した。植物プランクトンのサイズ分布は、100, 60, 20, $1.2\mu\text{m}$ のメッシュで分画した試水中のクロロフィルaを測定して求めた。

調査は、茨城県の鹿島灘砂浜海岸で以下のように行った(図2)。

①鹿島灘砂浜海岸の運輸省港湾技術研究所波崎海洋研究施設(HORS)において、汀線部と棧橋先端部

(水深約5m)の表層および底層の海水を採取し、クロロフィルa量およびサイズ分布を測定した。時間変動を捉えることを目的とし、4年度に行った調査も含めて3年間で約500日のサンプリングを行った。サイズ分布の測定は週1回程度の頻度で行った。

②鹿島灘砂浜海岸(大洗海岸～波崎海岸)汀線部のクロロフィルa分布調査を行った。空間分布を捉えることを目的とし、4年度に行った調査も含めて計8回行った。また波崎漁港整備予定地のポケットビーチと開放的な海岸におけるクロロフィルaの比較も行った。

2. 二枚貝の餌料選択性試験(6年度)

ウバガイ(殻長16～24mm)による摂餌試験を行った。培養餌料の摂餌特性については水試等による報告例があるが、自然な海水を用いた実験例は少ない。ここでは自然な海水を用い、摂餌選択性があるかどうか調べた。海水中の粒子を100 μ mのフィルターで分画し、分画別にウバガイによる摂餌試験を行った。濾過海水1 ℓ 中に各分画の粒子を懸濁させ、植物プランクトンが沈降しない程度に弱いエアレーションをした状態でウバガイを入れ、15～24時間後に試水中に残った粒子数を、100 μ m以下についてはコールターカウンターにより、100 μ m以上については顕微鏡観察により計数した。比較のためウバガイの入っていない試水についても同様の操作をした。水温は約15 $^{\circ}$ Cであった。

3. 漁港内の囲い池におけるウバガイの中間育成試験(7～8年度)

茨城県水産試験場と共同で、茨城県平磯漁港内の砂浜汀線近く(図3)に、水面に鉄板で囲った「囲い池」式の二枚貝中間育成施設を設置し、ウバガイの中間育成試験を行った。

施設の外觀および壁面断面形状を図4に示す。この方式では、鉄板の囲いに通水孔を設け、港内の海水の導入により餌料を確保し、海底の砂面で大量に貝を育成することを目的としている。そのなかで施設の

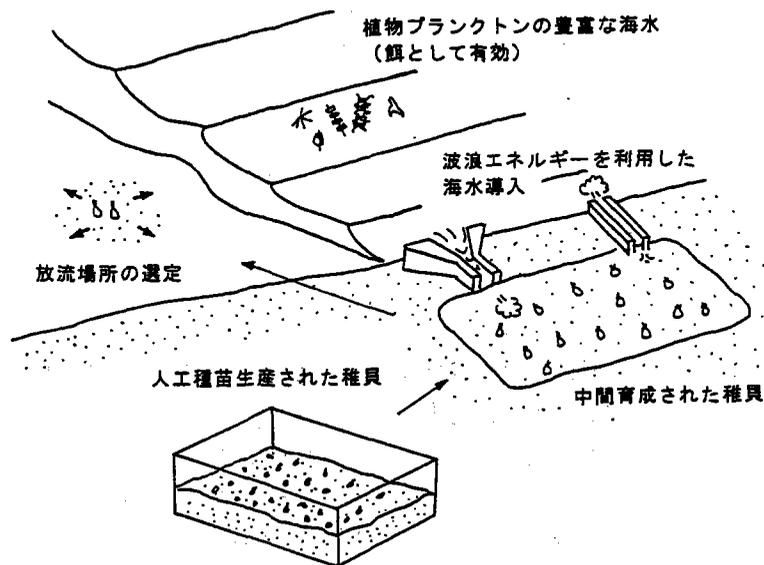


図1 海水導入による二枚貝中間育成手法概念図

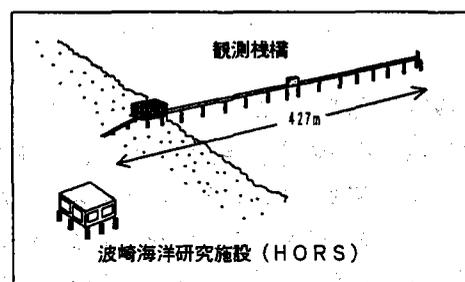
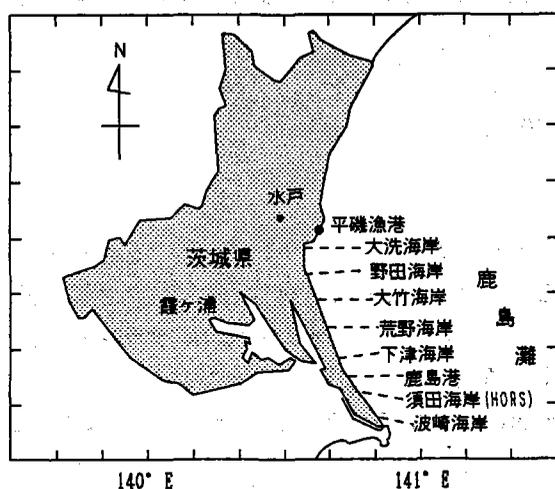


図2 調査海域

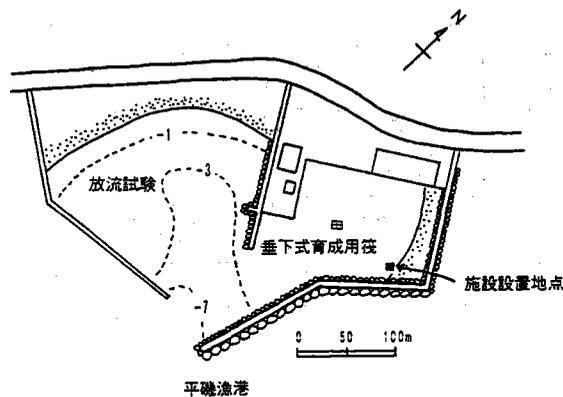


図3 二枚貝中間育成施設の設置位置

設計法と貝の収容力について検討するため、囲い池内外の海水交換量を推定するとともに餌料環境について調査した。また、夏季の干潮時に池内で水温が上昇する恐れがあるため、水温の長期モニタリングを行った。

ウバガイは7年度には7月4日に囲い池内に47万8千個体収容され、9月19日に回収された。また8年度には施設が2基設置され、6月25日に1号池、2号池にそれぞれ40万個体、10万個体が収容され、9月7日に回収された。この育成期間中に、以下の項目について調査を行った。

水温：囲い池内外の海底面付近に温度センサーを設置し、約3ヶ月間連続測定した。

水位：小型圧力変換器を塩ビパイプに取り付け、囲い池内外に設置し、水位変化を圧力変化として感知する方法により、水位を1秒間隔で測定した。1回の調査につき8時間ずつ、様々な潮位において平成7年には計7回、平成8年には計5回行った。

クロロフィルa：平成7年には、囲い池内外の海表面水を期間中に計10回採水し、クロロフィルaを測定した。平成8年には漁港内外の餌料量の比較、池内の底層水の採取、サイズ別クロロフィルaの測定等も行った。

流速：1995年9月8日に、干潮時、上げ潮時、満潮時の計3回、池内外の通水孔付近の流速を測定した。また満潮時には池の中央部において、流速の鉛直分布を測定した。流速測定には電磁流速計を用い、各測点につき1秒間隔で3分間計測し、解析に供した。さらにウラン色素による流れの可視化を行った。

囲い池の形状

囲い池（図4）は縦横2.8×2.8m、（水表面積7.84㎡）高さ1.5mの鉄板製で、下部30cmは砂中に埋設しており、最満潮時に水没する程度の高さとなっている。耐波性向上のため、側面と上面を等辺山形鋼で固定してある。池の周辺は、大潮の干潮時には干出するが、内部は外部よりも若干地盤高が低くなっている。なお、8年度には鉄板高さを1.8mとし、7年度より2～3m沖側に2基設置した。天井部は、満潮時における越波の打ち込みによる内部の攪乱を軽減するため、消波装置（ヘチマロン）で覆われている。

壁面の上部には直径10cm、下部には直径5cmの通水孔が各面に4段×2列ずつ、それぞれ合計32ヶ設けてある。通水孔の断面積は上部で計0.251㎡、下部で計0.063㎡であり、総断面積は0.314㎡である。

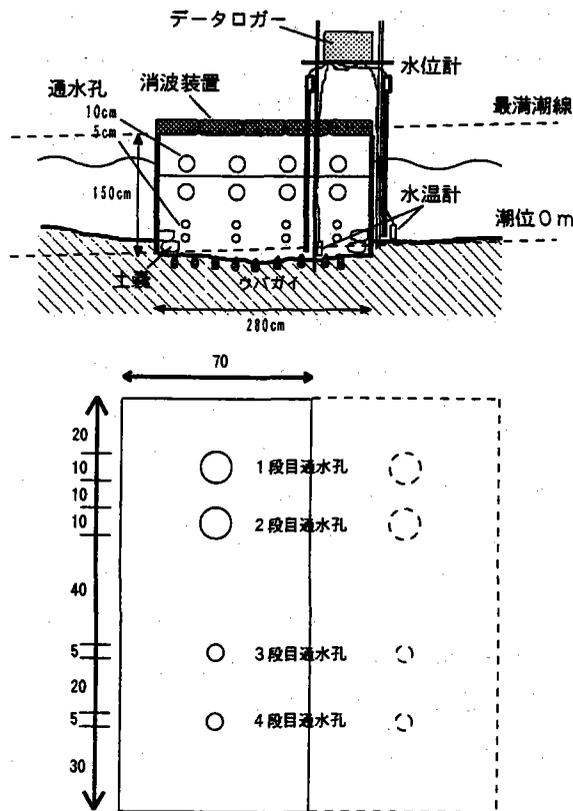


図4 中間育成施設の外観と壁面断面図
(単位：cm)

この通水孔の断面積は、以下の考え方により決定した。すなわち、囲い池を閉鎖性の湾に置き換え、湾口の形状と湾内外の水位差から海水交換量を求める図および式¹⁾を用い、海水交換が最適となる通水孔断面積を求めた。ここで、池内外の水位差を生じさせる振動成分のうち、波浪はある程度抑制し、港内振動成分による海水交換量はできるだけ減少しないようにした。これは、干潮時における池内部の波浪流による攪乱を防止することと、また池の面積がより大きい場合には、波浪よりも波長の長い振動成分の方が海水交換には有利であることから、今後の実用化を考えて、港内振動による海水交換をねらいにしたためである。したがって、水位変動の諸元として平磯漁港における港内振動の想定値（周期 100秒，振幅0.1m）を用い、通水孔の断面積を計算した。

図5は、湾内外の潮位差比と湾の形状の関係についての数値計算結果を示したものである。海水交換に最適な断面積は、湾内外の水位差比（ ζ'/ζ ）が0.95～0.98程度の場合であることがわかっているので、図から、

$$\left(\frac{S}{CA}\right)^2 \frac{\zeta}{gT^2} = 0.04 \sim 0.07 \dots(1)$$

となる。これを囲い池に置き換えると、

- S : 池の表面積 (7.84m²)
- C : 流量係数 (0.6)
- g : 重力加速度 (9.8 m/s²)
- T : 波の周期 (100 s)
- ζ : 池外の波の振幅 (0.1m)
- ζ'/ζ : 池内外の水位差比

となる。(1)式にこれらの値を代入すると、最適な通水孔断面積Aは、0.05～0.07m²となる。そこで、中潮時の通水孔面積がこの範囲内になるよう、壁面の下半部に直径5cmの孔を32ヶ設け、断面積を0.063m²とした。高潮時には、越流した水を排除するためと、波浪流による池の底面の攪乱の心配が少ないことから、上半部にはさらに直径10cmの通水孔を32ヶ設けた。ただし実際には、通水孔部に海藻や魚類侵入防止のための仕切網を取り付けており、そのため有効断面積は小さくなっている。

調査結果

1. 砂浜域の餌料環境

1) HORSにおける植物プランクトン量の変動

図6に、HORS汀線部における平成4～6年の3年間の植物プランクトン量（クロロフィルa）の時間変動を示す。クロロフィルaは、平成5年には0.6～22.4μg/l、6年には0.5～25.1μg/lと、ほぼ同

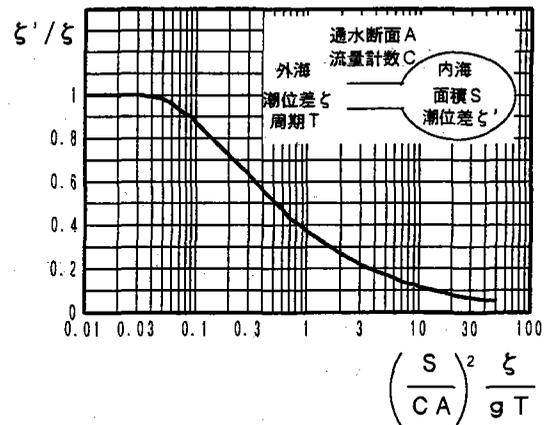


図5 閉鎖性湾の形状と湾内外の水位差比との関係

レベルで推移した。汀線部における平均値は、4年には $9.5 \mu\text{g}/\text{l}$ 、5年には $4.8 \mu\text{g}/\text{l}$ 、6年には $4.6 \mu\text{g}/\text{l}$ となり、4年に比べると、5～6年は現存量レベルがやや低かった。また棧橋先端部（水深約5m）よりも汀線部の方が植物プランクトン量が多い傾向にあった。4月下旬～5月にかけてクロロフィルa量が非常に多い期間が1ヶ月程度持続しており、春季ブルーミングであると判断された。また8～9月と12月頃に、クロロフィルが長期にわたり低下する傾向があり、この間の餌料不足に注意する必要があると考えられた。夏季の低クロロフィルaは栄養塩の枯渇が原因であると推測された。植物プランクトン量の激しい短期変動は、波・流れ・風・河川の大増水等の海象・気象の急変にともなって起きていた。

顕微鏡観察によると、植物プランクトンの多くが浮遊性珪藻類であったが、プランクトンの他に糞塊やデトライタス等が多くみられる時期もあった。

HORSにおける底質サンプリングや平成5年8月に行ったHORS周辺海域調査の結果、5年にはウバガイやヒメバカガイなどの二枚貝が大量に発生し、その後順調に成長していることから、これらによる摂食圧によって5年以降に植物プランクトン現存量がやや少なくなった可能性が考えられる。

2) 植物プランクトンのサイズ別現存量の変動

図7に、汀線部および棧橋先端部底層の海水についてサイズ分画したクロロフィルa量の変動を示す。汀線部においては $60 \mu\text{m}$ 以下の小型プランクトン量が全体の50%以上を占め（クロロフィルa換算）、稚貝にとって有効な餌料が多く存在することが示唆された。汀線部と棧橋先端部底層で比較すると、先端部底層の方が大きいサイズの比率が大きかった。冬季から春季にかけてはやや大きいサイズが多く、特に春季ブルーミングの時期には、 $20\sim 60 \mu\text{m}$ のものが

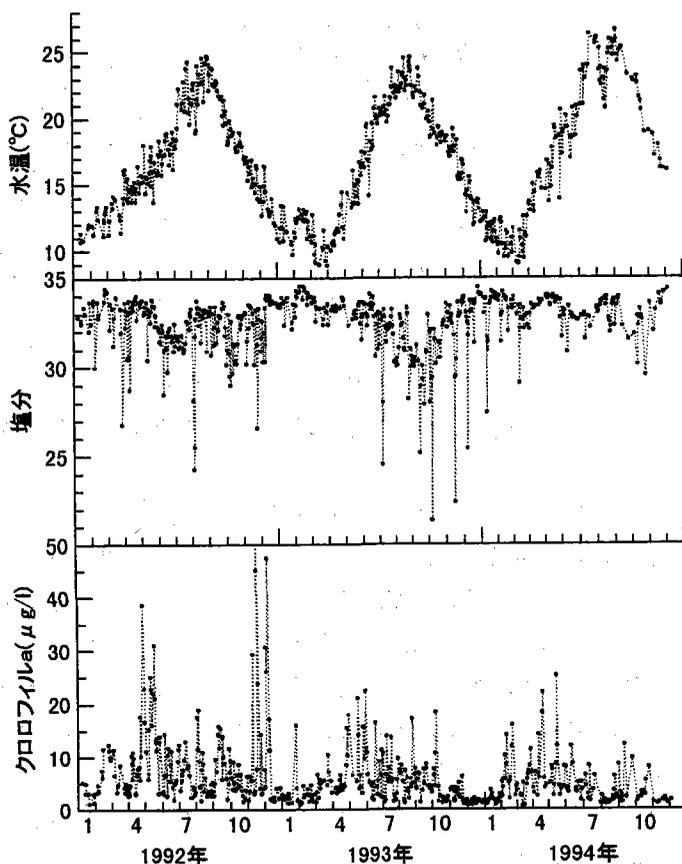


図6 HORS汀線部における水温・塩分・クロロフィルaの変動（1992～1994年）

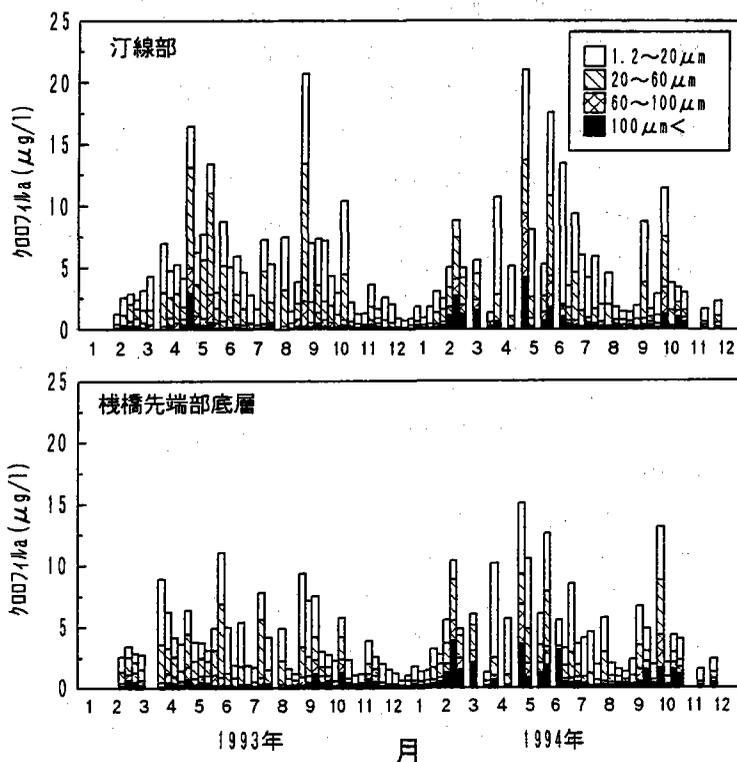


図7 HORS汀線部および棧橋先端部底層におけるサイズ別クロロフィルaの変動（1993～1994年）

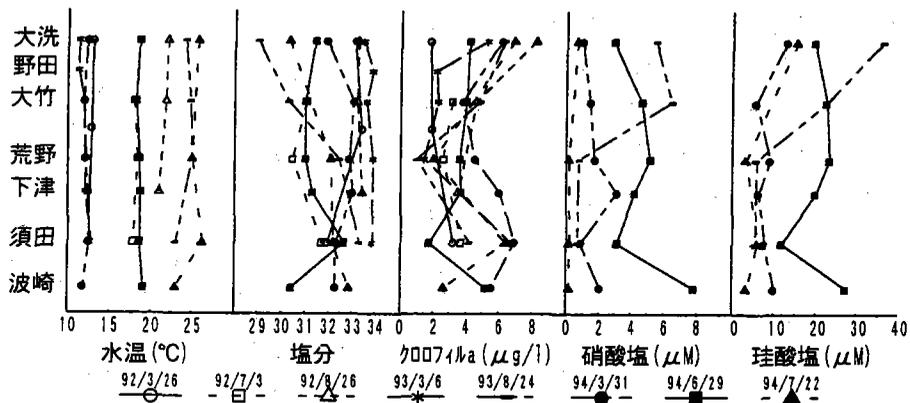


図8 鹿島灘汀線部における水温・塩分・クロロフィルa・栄養塩濃度の分布

非常に多かった。夏季にはやや小型化すると考えられた。

3) 鹿島灘砂浜海岸におけるクロロフィルa 空間分布

図8に、鹿島灘砂浜海岸全域でのクロロフィルa 分布を示す。クロロフィルa は灘の南北両端部で大きく、中央部で小さい傾向がみられた。両端部の海岸は、砂粒径の細かい広い遠浅な海岸であるのに対し、中央部は砂粒子が粗く、やや急勾配な海岸である。両端部はそれぞれ那珂川および利根川河口に近接しているが、両河川水とも海域に流入後、南下する傾向があるといわれており、河川水の影響が少ない南部の方がやや高塩分、低栄養塩であった。しかし須田海岸(HORF)では栄養塩濃度がやや低かったにもかかわらず、クロロフィルa のレベルは高く、河川水の影響のみでなく、砂浜の形状が低次生産性に関連することが示唆された。

4) ポケットビーチと開放域でのクロロフィルa の比較

完全に開放的な海域(HORS)と両側を防波堤で遮られた半閉鎖的な海域(波崎漁港北側のポケットビーチ)の植物プランクトン量の比較を試みた。しかし平成6年途中より、ポケットビーチに隣接する波崎漁港と利根川を結ぶ水路が掘削され、ポケットビーチへの利根川河川水の影響が大きくなったため、7月で調査を中断した。それまでのデータからは、開放域とポケットビーチのクロロフィルa には特に大きな違いはないようであった。

2. ウバガイによる植物プランクトン摂餌選択性実験

図9に、100 μ m以下の植物プランクトンの摂餌選択性についての実験結果の例を示す。これは、殻長16mmと24mmのウバガイに24時間摂餌させたケースで、摂餌後に試水中に残留した粒子の粒径分布を示している。16mmウバガイの場合、粒径による残留率の差が比較的小さかったのに対し、24mmウバガイの場合には粒径が大

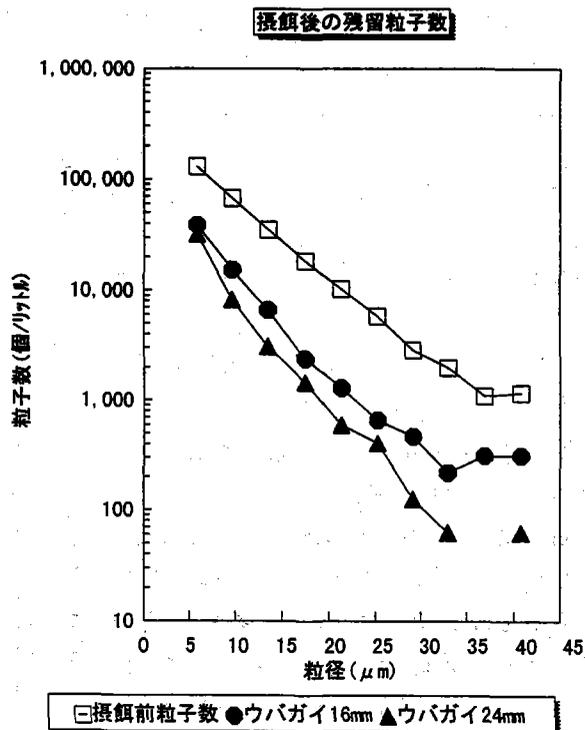


図9 ウバガイによる植物プランクトン摂餌試験結果の例(100 μ m以下の粒子のコルターカウンターによる計数)

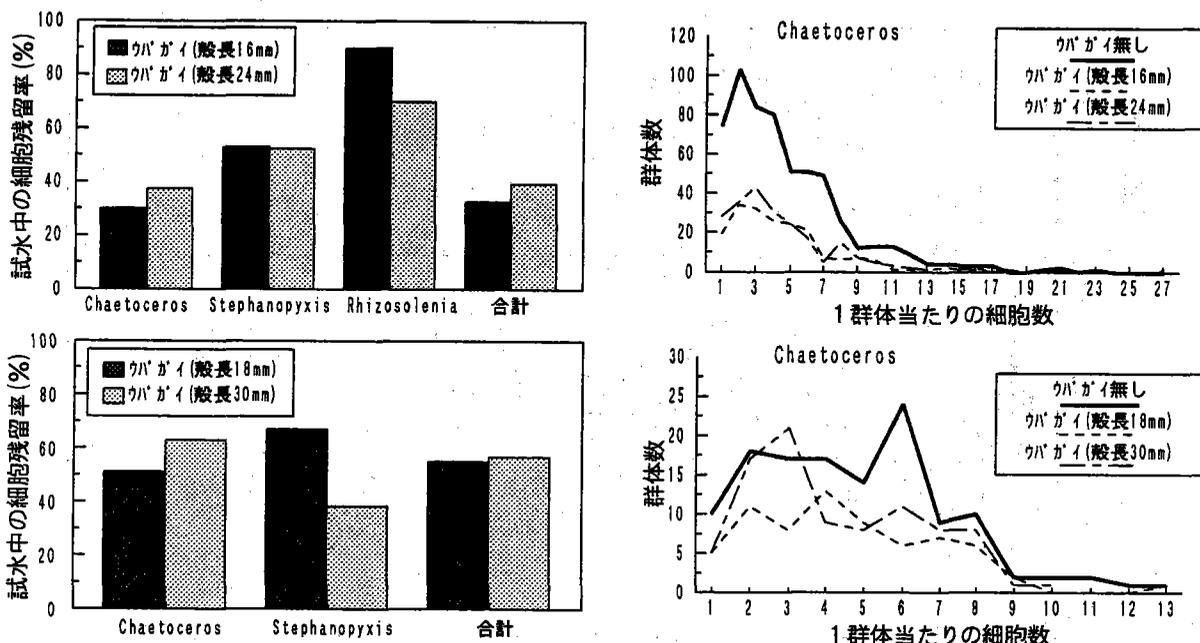


図10 ウバガイによる植物プランクトン摂餌試験結果の例（100 μ m以上の粒子の顕微鏡観察による計数）

きいほど残留率が小さくなっており、貝の大きさによる摂餌サイズの偏りがみられた。

図10に、100 μ m以上の結果の例を示す。左図は大型植物プランクトンの種類による摂餌選択性を、摂餌後の細胞残留率で示したものである。同じ群体性プランクトンでもやや小型の *Chaetoceros* はよく摂餌されたのに対し、非常に大型である *Stephanopyxis* は残留率が大きかった。優占種の *Chaetoceros* については、1群体当たりの細胞数により摂餌のされ方が異なるか調べたが(右図)、顕著な違いはみられなかった。なお、細胞の大きさは *Chaetoceros* が幅20~100 μ m、長さ20~50 μ m/1細胞で、*Stephanopyxis* が幅100~150 μ m、長さ80~200 μ m/1細胞程度であった。

以上の結果から、貝のサイズにより餌料の種類やサイズが異なる可能性が考えられ、中間育成サイズの貝による摂餌選択性について、さらに検討する必要がある。

3. 漁港内におけるウバガイの中間育成試験

囲い池設置期間中、数回にわたり台風が付近を通過したが、池の変形、破損等の被害は全くなく、池の形状を維持できた。ただし漁港内全域に砂が堆積する傾向にあったため、囲い池周辺の地盤高が高くなり、下部の通水孔が砂中に埋没することがあった。

1) 水温

図11に、平成7年の囲い池内外の水温測定結果を示す。育成期間中、水温は7年には19~29 $^{\circ}$ C、8年には16~27 $^{\circ}$ Cの間で変化した。盛夏時には、日中に大潮干潮位となり、池内の水位が低くなるため一時的に高水温になるが、池天井部の消波装置が遮光効果を有していたため、予想されたほどの水温上昇は起こらなかった。しかし7年には半日以上にわたり、水温が26 $^{\circ}$ C以上となる例が数回見られた。この高水温がウバガイにダメージを与えたかについては明らかでないが、この間の大量へい死は見られなかった。池内外で比較すると、水温変化に位相のずれがみられたが、通常時には水温差は小さかった。8年には設置位置をずらし、最干潮時の水深を30cm程度確保したため、水温上昇はさらに防止できた。また、8年には8月頃から池内の水温変化が鈍くなった。これは7月中旬の台風通過後に大量の浮泥が堆積し、水温計が土中に埋まったためと考えられる。

2) 海水交流量の推定

囲い池内外で測定した水位データにより波浪解析を行った。得られたデータから、港内の1時間ごとの

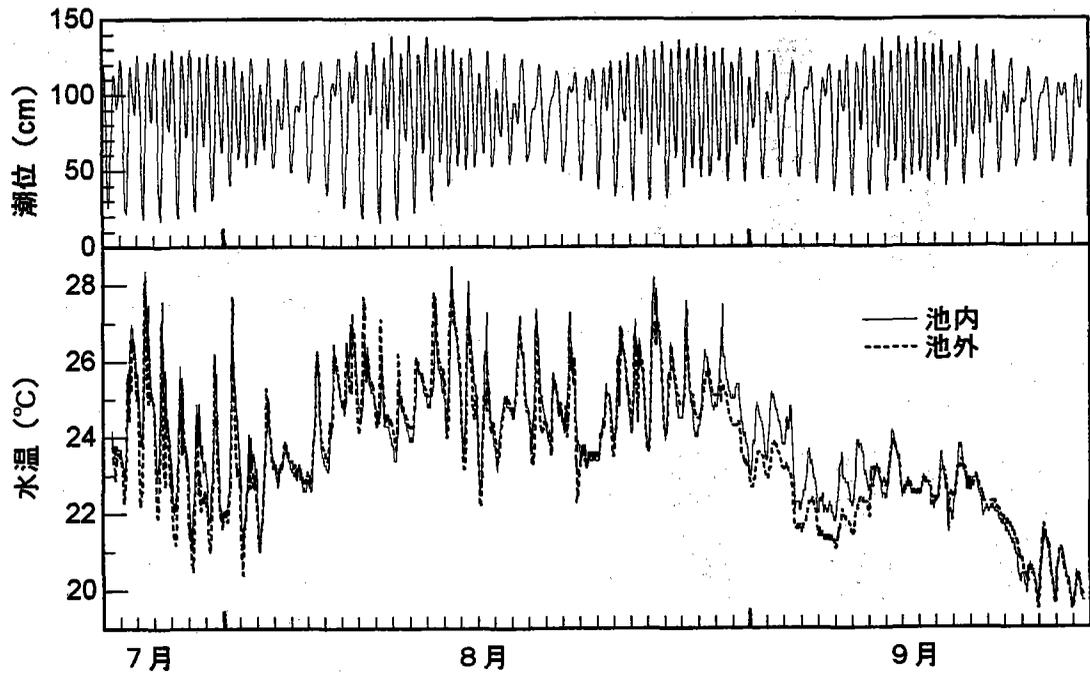


図11 囲い池内外の水温変動および潮位変動 (1995年7月25日～9月20日)

潮汐の4成分に分離した。波浪，港内振動，長周期波の周期は，それぞれ10秒前後，50～100秒，200～500秒程度で，波高はいずれも10cm以下と小さかった。さらに各成分の池内への波高伝達率，1時間当たりの積算水位変化量を求めた。

波浪成分と港内振動成分の，池内への波高伝達率の1時間平均値と潮位との関係を図12に示す。波高伝達率は，波浪，港内振動成分ともに干潮時に小さく，満潮時に大きい傾向がみられた。波浪成分は，干潮から潮位80cmまでは伝達率が10～25%と非常に小さいが，80cmを超えると急激に増大した。これは，壁面上部の直径10cmの通水孔が水面下になった場合，波浪を低減させる機能が低下したことによると考えられる。それに対し，港内振動成分の伝達率は，潮位40cm以下ではやや小さいが，それ以上では潮位の影響が少なくなり，おおよそ50～100%の範囲内であった。ただし平成8年については，8月以降に最下部の通水孔が砂

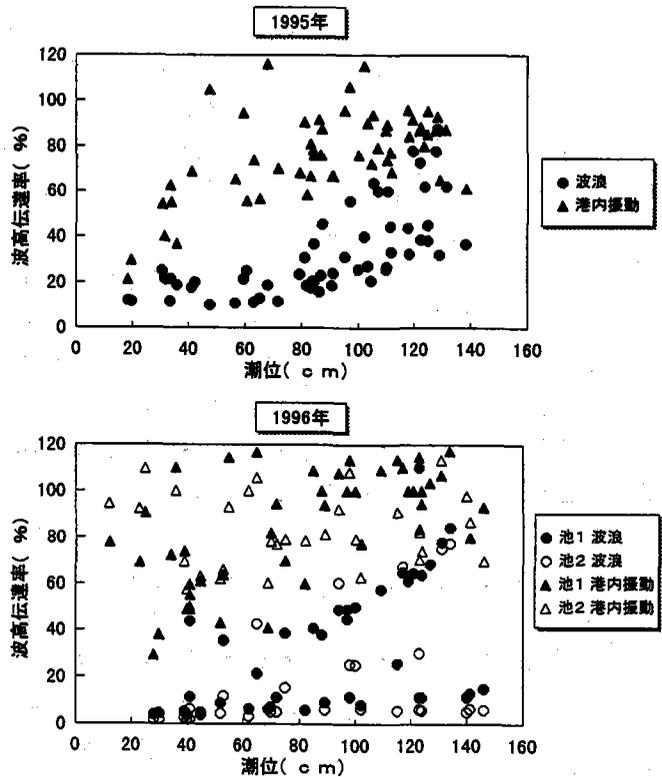


図12 囲い池内への波高伝達率

の堆積により埋没したことから，波浪成分の伝達率が非常に小さくなった。200秒以上の長周期波は100%前後で潮位の影響は小さかった。これらの結果から，池内への波浪成分の伝達を低減させ，港内振動を取り入れるという当初の目的は，満潮時以外には達成されていると考えられた。

解析で得られた波高伝達率を理論値と比較した。ただし、平成8年には下部通水孔がどの時点で砂中に埋まったかが不明で、通水孔面積の推定が困難なため、平成7年のデータのみを使用した。波高伝達率 (ξ' / ξ) は理論的には(2)式により表される²⁾。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\xi'}{\xi} &= \left(\frac{(1 + 4K^2)^{1/2} - 1}{2K^2} \right)^{1/2} \\ K &= \frac{4}{\beta} \left(\frac{S}{CA} \right)^2 \frac{\xi}{gT^2} \\ \beta &= 0.763 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

(2)式において、重力加速度 g 、池表面積 S 、 β は定数であり、通水孔断面積 A は潮位によって変化する。周期 T と池外波高 ξ は波浪解析で得られた値を代入し、波高伝達率を求め、実測値と比較した。このとき、流量係数 C を0.15とした場合に最も実測値との相関がよかった。図13に、仮定の流量係数 C を0.15としたときの波高伝達率の理論値と実測値との関係を示す。港内振動でややばらついているが、よい相関がみられる。

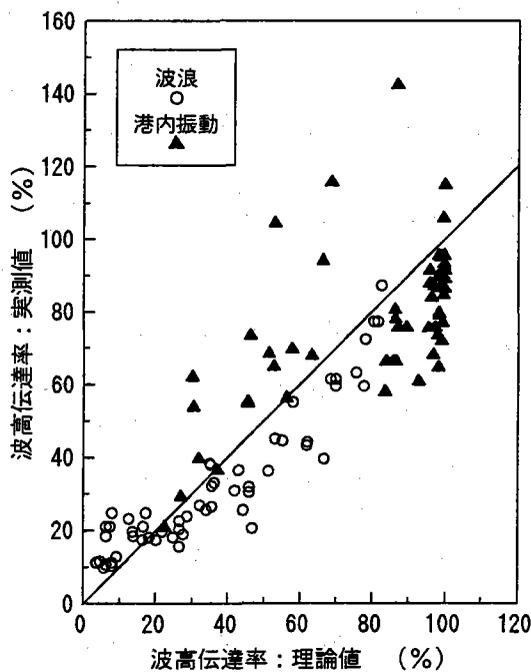


図13 波高伝達率：実測値と理論値の比較
(流量係数 C : 0.15)

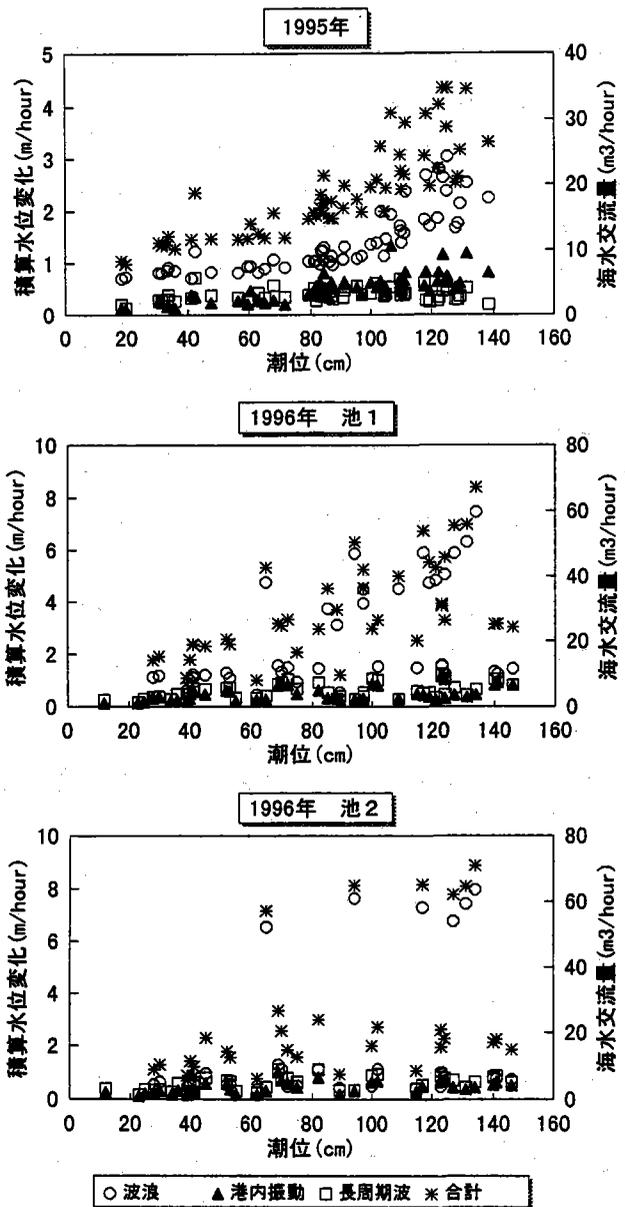


図14 囲い池内外の水位変化量と海水交換量

しかし、設計時には流量係数を0.6としていたので、4倍もの差があったことになる。その原因としては、実際には通水孔に3.6mm目合いのネットが張られており、有効断面積が約50%になっているが、その分を計算に入れていないことと、ネットの存在により摩擦抵抗が生じ、通水孔の通過流速を低減させていることによると考えられる。しかし、それでも実測値による流量係数は小さく、この係数やネットのメッシュの効果については、水槽実験等による検討が必要である。

図14に、池内の1時間当たりの水位変化量と潮位との関係を示す。水位変化量は波浪成分によるものが非常に大きかった。これは波浪成分の波高伝達率は小さいが、周期が短く繰り返し回数が多いためである。したがって池内の水位変化は波浪成分の波高伝達率により大きく左右され、満潮時で大きく、干潮時で小さい結果となった。

波浪成分による水位変化量は平成7年の結果では、最大で3.1m/hour、最小で0.7m/hourと見積もられた。8年には、7月中は前年よりも波高が大きいこともあり、8m/hour前後と大きかったが、8月以降には波浪伝達率が低下したのに伴い、潮位に係わらず海水交流が悪くなった。海水交流量は、2年間の最大で70m³/hour、最小で6.2m³/hourであった。海水交流量と潮位には正の相関関係がみられるので、1日当たりの海水交流量を概算したところ、約400m³となった。

3) 囲い池内外の流速

池の外側では振幅10～60cm/secの壁面に沿った振動流が卓越していた。内部の通水孔付近では、外側の水位が上昇すると、海水は上段の直径10cmの通水孔から、振幅40cm/sec前後の噴流として流入しており、非常に流速が大きかった。海水の流入は他の同段の通水孔でも同時に起こっていた。また干潮時には上段の通水孔は水面上にあり、下段の直径5cmの通水孔から海水が出入りしていたが、流速の振幅は10cm/sec前後であった。満潮時の池中央部における流れは、水面から水深70cmまでは池の中央方向に、水深90cmから底面までは外側方向に卓越しており、上下で流向が逆転していた。流速振幅は水面近くで15cm/sec、底面上10cmでも5cm/sec程度あり、底面近くでも流れが存在することがわかった。

ビニールチューブを通してウラン色素を通水孔周辺に注入し、色素の拡散状況を観察した。噴流として池内に流入した色素は徐々に池内の中央に拡散した。また池外に流出するときも噴流状態であり、流出した色素は壁面に沿った振動流によって運ばれて拡散した。

以上より、池外の水位が上昇して池内外の水位差が大きくなると、水面近くの通水孔部で池内部への噴流が生じ、海水が流入する、また池外部での水位が下降すると海水は流出し、速やかに壁面に平行な波浪流に運び去られることが明らかになった。

したがって、池の内外を交流している海水のほとんどが交換されているものと推察された。

4) ウバガイの育成試験結果²⁾

ウバガイの育成試験に関しては茨城県水産試験場が担当した。

平成7年には、7月4日に囲い池内に放流され、9月19日に回収された。育成員の成長経過と殻長組成変化を図15に示す。囲い池に放流したウバガイの人工種苗478千個（平均殻長2.8mm）のうち、回収できた生貝の個体数は107千個体で、回収率22%、平均殻長は10.4mmであった。成長率は、平磯漁港内で同時に行われた垂下式中間育成試験によるものとほぼ同じであった。死貝は72千個体回収され、平均殻長は6.3mmであったが、3mm前後のものが非常に多く初期の段階で死亡したと考えられた。また本試験では約10万個/m²と非常に高密度に放流されたため、成長にともなう高密度化によるへい死が生じたことが考えられた。貝の成長経過をみてみると、囲い池では8月頃に成長の停滞がみられた。

平成8年には、1号池に10万個体、2号池に40万個体（平均殻長2.5mm）を收容して比較試験を試みたが、回収できた生貝数は1号池で2500個のみ、2号池ではほとんど回収できなかった。これは、7月中旬に大型台風が沖を通過した際に貝が池外に吸い出されたか、大量の浮泥が池内に侵入して稚貝が埋没したためと考えられる。

なお、平成7年には食害生物としてキセワタガイが出現したが、8年にはとくにみられなかった。

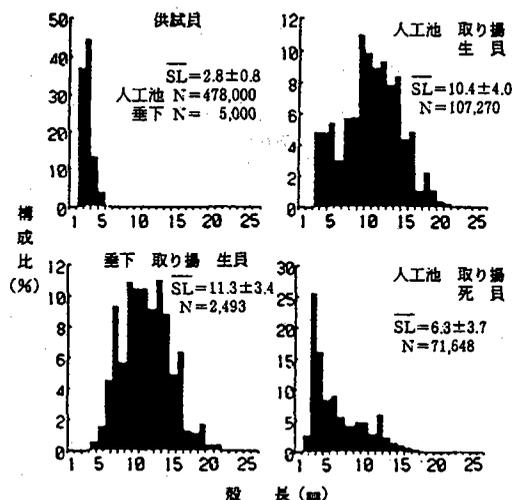
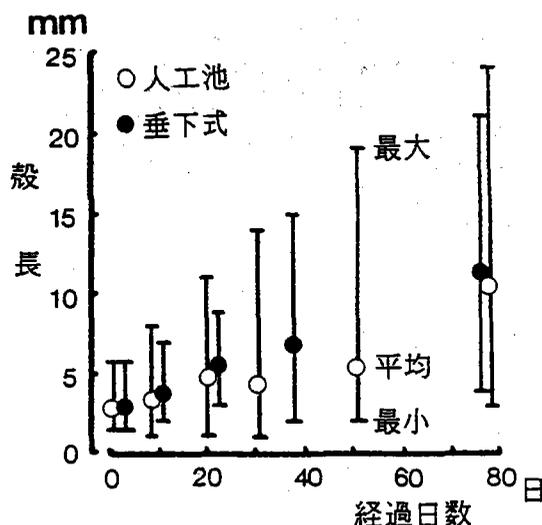


図15 中間育成されたウバガイの成長経過 (左図) および殻長組成変化 (右図)

5) クロロフィル a 量

表1に、平成7年における池内外のクロロフィル a 量測定結果を示す。8月下旬には池内外で1 μ g/l前後となり、かなり少なかった。これはHORSにおける餌料環境調査の結果と一致しており、夏季に植物プランクトン量が少なくなる傾向は、鹿島灘全体で通常みられる現象であると考えられる。池外のクロロフィル a に対する池内のクロロフィル a の比は、干潮時に小さく満潮時に大きい、またクロロフィル a 量が少ない場合には、小さくなる傾向がみられ、

海水交流の小さな時間帯に貝の摂餌により低下したと考えられたが、50%以下にはならなかった。しかし採水の頻度が少なかったため、一時的な枯渇状態が存在した可能性がある。本試験では池内でのウバガイの収容密度が非常に大きく、8月頃のウバガイの成長停滞は、餌料不足が原因であることは十分に考えられる。

図16に平成8年における漁港内外、池内外のクロロフィル a 量測定結果の例を示す。漁港内外のクロロフィル a を比較すると、港内では港外の1~5倍高く、港内で植物プランクトン生産が行われていると考えられた。池内でのクロロフィル鉛直分布は、ウバガイが生残していた1号池では海底面直上で小さくなる傾向がみられたのに対し、生貝を回収できなかった2号池では鉛直的に差がなかった。クロロフィルのサイズ分布には特に差がみられず、優占している小型のプランクトンが餌として有効に利用されていると考えられた。

表1 囲い池内外のクロロフィル a 量 (1995年)

採水日	時刻	潮位 (cm)	池外chl. a (μ g/l)	池内chl. a (μ g/l)	池内/池外 (%)
1995. 7. 25	9:40	28	8.58	5.82	67.8
8. 1	13:30	45	2.46	1.92	78.0
8. 8	9:20	30	3.41	1.71	50.1
8. 14	13:00	43	9.19	11.23	122.2
8. 24	9:30	34	1.76	0.97	55.1
8. 30	13:00	57	1.41	1.13	80.1
9. 8	10:00	34	6.77	4.84	71.5
	12:00	60	4.20	3.37	80.2
	15:30	120	7.69	6.19	80.5

考 察

砂浜域の汀線部に池を設け、自然エネルギーにより池内に海水を導入することによって二枚貝を粗放的に中間育成する手法の開発を目指し、砂浜海岸汀線域における餌料環境特性、二枚貝の摂餌特性を把握す

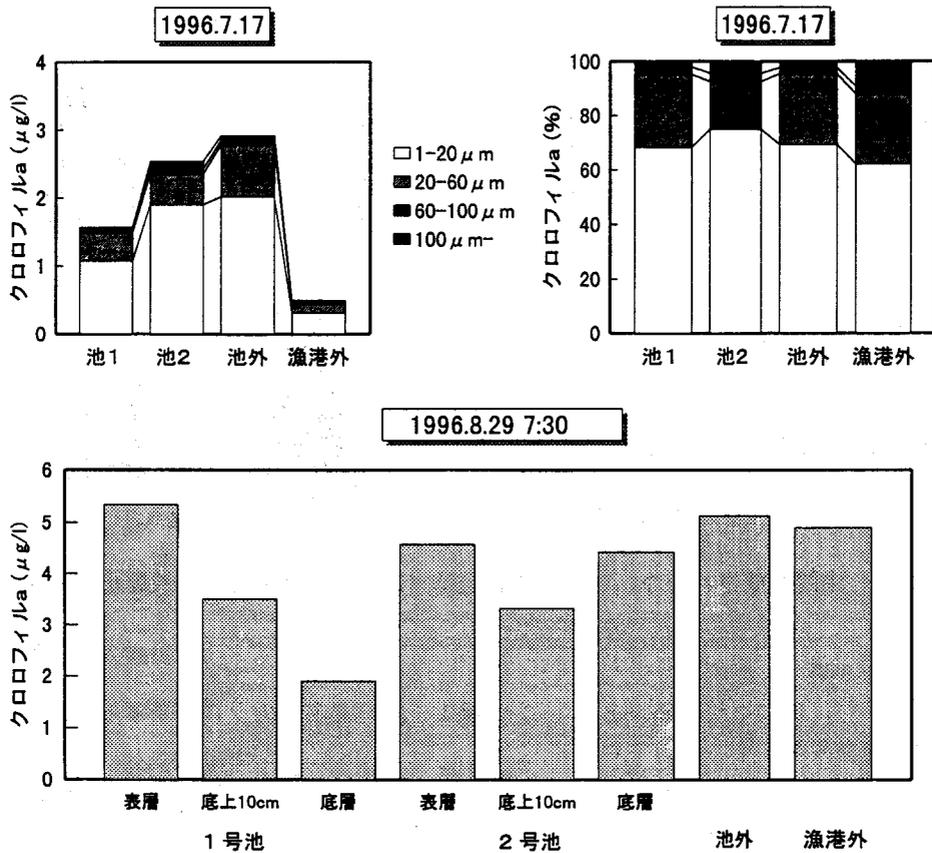


図16 漁港内外および囲い池内外におけるクロロフィル a の測定例 (1996年)

るとともに、漁港内の汀線部において囲い池によるウバガイの中間育成試験を行った。

本調査により、二枚貝の中間育成手法として、砂浜に自然の海水を導入し、貝を育成する方法の有効性が示された。

餌料環境調査の結果から、砂浜の汀線域の餌料環境は良好であり、質的にも稚貝が利用しやすいものであると考えられた。特に、沖合水より汀線付近の海水が質・量ともに餌料としてより有効である、また生産性のより高い緩勾配な砂粒子の細かい海岸の利用が有効であると考えられた。ただし8月頃と11~12月にかけて、植物プランクトン量は少なくなる傾向がある。ウバガイを殻長2mmから10mmまで育成する場合、7月~9月が中間育成の期間となるため、餌料不足に注意する必要がある。

さらに、漁港内の泊池も餌料となる植物プランクトン量は多く、砂面を利用できるようであれば、二枚貝の中間育成に適していると考えられた。

漁港内の囲い池における中間育成試験では、安価で耐久性のある池の設置ができた。ここでは、波浪による池内の海水の過度な動揺を抑制しながら良好な海水交換を確保することに成功した。囲い池の内外で、1日当たり約400 m^3 の海水が交流していると見積もられ、また交流量の大半は交換されているものと推定された。しかし施設設計の点で改善の余地があることが明らかになった。特に池内への浮泥の堆積への対策および食害に対する対策が必要である。

貝の收容密度と餌料量の関係については、平成8年の比較試験に失敗したため良好な結果が得られなかった。そこで餌料環境について、過去の知見を踏まえて検討してみる。

高島ら³⁾がウバガイの濾水量を餌料の種類別・濃度別に測定した結果、濾水量は餌料濃度が低いほど大きくなる傾向にあった。実験結果から、自然海水の餌料量レベルでは、殻長3mmのウバガイの濾水量は4ml/個体/hr、殻長14mmでは120ml/個体/hr程度と推測される。これらから、10mm稚貝では40ml/個体/hr程度

と考えられる。ウバガイ50万個体の濾水量は3mm稚貝で $2\text{m}^3/\text{hr}$ 、10mm稚貝で $20\text{m}^3/\text{hr}$ となる。50万個体の貝が一日中摂餌していると仮定すると、3mm稚貝では $48\text{m}^3/\text{day}$ 、10mm稚貝では $480\text{m}^3/\text{day}$ の海水を濾過することになる。また、潮位によって海水の交換量は変化するが、これまでに得られた最小値は $6.2\text{m}^3/\text{hr}$ であった。この量は3mm稚貝では155万個体、10mm稚貝では最小で15万5千個体の濾水量に一致する。

中村⁴⁾らが発電所港内の懸濁物量・粒状有機炭素量・クロロフィルa等を測定した結果、全懸濁物中に占める無機粒子の割合が非常に大きく、さらに、現場の懸濁物濃度を初期値とした濾水量測定結果から、懸濁物濃度が大きいと濾水量が減少することを指摘している⁵⁾。

本調査においては、池内の植物プランクトン量が極端に小さくなったケースがなかったことや、海水交換量・濾水量の推定結果より、常に海水交換量が濾水量を上回っていたと推測される。しかし実際には8月中に貝の成長が停滞していた。このことは、海水中にシルトなどの無機懸濁物が多く含まれていたために濾水量が抑制され、クロロフィルaの低下する8月には、貝は成長に必要な餌料量を確保できなかったことを示唆している。したがって貝の餌料環境としては、全懸濁物量に占める有効餌料量の割合が高いことも必要であると考えられる。

今後は、餌料要求量からみた海水交換量の条件を設定し、適正な収容密度の算定や施設計画を考える必要がある。さらに、面積確保のため素掘り池方式の施設計画に発展させる必要がある。

摘 要

- ①砂浜性二枚貝を粗放的に大量に中間育成する手法として、汀線部に池を設け、自然エネルギーにより海水を導入して餌料を確保する方法について検討した。そのため、砂浜域の餌料環境評価と摂餌試験を行った。また漁港内の砂浜汀線部に囲い池を設置し、ウバガイの中間育成試験を行った。
- ②砂浜域の汀線部の餌料環境は良好である。とくに緩勾配で砂の細かい広い砂浜海岸の利用が有効と考えられる。
- ③漁港内に安価で耐久性のある囲い式の中間育成池を設置できた。
- ④囲い池の側面に通水孔を設け、内部の波浪による過度の攪乱を抑制しつつ良好な海水交換を確保できた。
- ⑤ウバガイの中間育成試験で、約10万個体の貝が10mmサイズまで育成できた。
- ⑥適正収容密度の算定には至らなかった。
- ⑦荒天時の池内への浮泥堆積防止および食害生物の侵入防止のための対策が必要である。

謝 辞

本調査を進めるにあたり、現地調査においてお世話になりました運輸省港湾技術研究所漂砂研究室の皆様は厚く御礼申し上げます。また、漁港内の二枚貝中間育成試験は茨城県水産試験場浅海増殖部と共同で行った。現場へ何度も足をお運び下さった長谷川一磨場長に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 全国沿岸漁業振興開発協会編：閉鎖性湾の海水交流・交換，沿岸漁場整備開発事業施設設計指針，pp411，1993。
- 2) 谷村明俊ら：漁港内の人工池における二枚貝の中間育成試験 2. ウバガイの育成試験結果，水産工学研究所技報，19，11-14，1997。
- 3) 高島葉二・児玉正碩：異なる餌料藻種・餌料濃度による二枚貝の飼育試験と濾水量の変動，茨城県水産試験場研究報告，30，109-113，1992。
- 4) 中村義治ら：ウバガイ飼育現場現場の底面環境特性，水産増殖，38，3，259-267，1990。
- 5) 中村義治ら：ウバガイ稚貝の呼吸量と濾水量測定，水産増殖，38，3，269-274，1990。