

高密度飼育による30mmサイズクロアワビの量産化

吉岡 武志・柴田 利治・永島 孝之
(栽培漁業公社)

Mass production by high-density breeding of 30mm size *Haliotis discus discus*

Takeshi YOSHIOKA*, Toshiharu SHIBATA and Takayuki NAGASHIMA
(Farming Fisheries Public Corporation)

本県におけるクロアワビの種苗生産は、県栽培漁業公社（以下、公社）において1979年の施設稼働当初から行われている。公社では'84年以降、筋萎縮症^{1,2)}とみられるへい死が毎年発生し、漁業者の要望個数を満たせない年があったが、'98年に紫外線照射海水を用いた飼育法の開発により、筋萎縮症の防疫が可能となり、安定した種苗生産ができるようになった³⁾。

公社で殻長10mmになった種苗は漁業者が購入後、県内3ヶ所の中間育成場（'94年以降は2ヶ所）で30mmまで飼育され、筑前海の各地先に放流されてきた。中間育成は海上小割式筏で行い、主に天然生海藻の餌を用いて約1年間飼育する集中管理体制をとっていたが、公社と同様に飼育中に大量へい死が発生して放流個体数が極端に減少する年もあり、栽培漁業の根幹に関わる大きな問題となった。天然海域における防疫は困難で、また中間育成管理者の高齢化、更にはその作業効率の低さ等から、管理の行き届く陸上水槽での中間育成体制確立の要望が強まるとともに⁴⁾、特に漁業関係者においては筋萎縮症フリーの種苗生産が可能となった公社における放流用種苗の生産要望が高まってきた。

しかし、公社における放流用種苗の生産能力は、飼育密度を上限の2,500個体/m²として見積もっても⁵⁾30万個体以下の生産しかできず、県内年間需要数の35~45万個体を満たすことはできない。そのため、毎年公社において放流用種苗の安定供給を行うためには、中間育成時の飼育密度が4,000個体/m²以上となる高密度飼育技術の確立が必要不可欠となっていた。

そこで本研究では、高密度飼育技術を確立するため、水産海洋技術センターと公社で共同開発したカゴ飼育法（特許申請中）を用い、公社の施設に適した中間育成手法の開発を行った。開発にあたっては、シェルターの形状や飼育密度の異なる飼育試験を行うことにより、高密度でしかも高成長が期待できる飼育方法を検討した。また試験中に、給餌に伴う残餌や排泄物等による飼育環境の悪化が問題となったため、好適な環境を維持するための給餌量抑制試験も併せて実施した。その結果、近年では毎年安定した生産が可能となったので報告する。

方 法

1. シェルター及び飼育密度の検討

飼育試験は、'00年7月4日から'01年2月5日にかけてシェルター3種類と飼育密度4段階の組み合わせによる計12区の設定で行った。

シェルターの形状や飼育密度の違いによる成長への影響を把握するため、毎月1回無作為に100個体抽出し、殻長測定を行った。ただし、8~9月の高水温期については、成長が見込めない⁶⁾ことと稚貝に余計な負担をかけないようにするため、殻長測定を行わなかった。生残率については、試験終了時に全数取り上げ各試験区毎に算出した。

また、試験終了時に高い成長がみられたシェルター（二重底型）についてのみ3月5日まで継続飼育し、その後の成長を観察した。

* 現研究部

供試貝は'99年秋に採卵した筋萎縮症フリーの稚貝で、試験開始時の平均殻長は24.6mm(標準偏差1.8mm)であった。

飼育には光を通す半透明FRP製水槽(1.5kℓ, D200×W100×H75cm)内にネトロン製のカゴ(D90×W95×H60cm)を2個吊し、その中にシェルターを入れ、稚貝が隠れ場として立体的に利用できるようにした(図1)。また、アワビが特定の場所に偏らないようにするため、飼育カゴの中央に仕切を設けた。

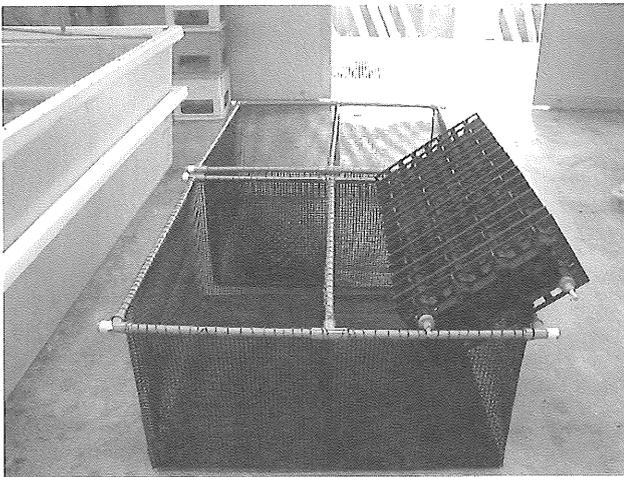


図1 飼育カゴ及びシェルター

飼育水には筋萎縮症の防疫に効果があると確認された紫外線照射海水(照射量 $3.4 \times 10^4 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$)を用い、注水量を500ℓ/h(12回転/日)とした。餌は配合飼料を用い、毎日1回飽食量を給餌した。飼育環境については、好適な状態を維持するため、全換水による底掃除を2～3日毎に行った。通気には通気穴を設けた長さ180cm、φ13mmの塩ビパイプを水槽長辺側の底面に設置し、170ℓ/分の通気を行った。

また、稚貝が昼間にシェルターの表面に出てくる等、異常な行動が見られた場合は、全排水の洗浄を行った後、注水量を1,000ℓ/h(24回転/日)に増やし、改善がみられるまで餌止めした。

試験に用いたシェルターは、二重底プレートを用いたもの1種類(二重底型)と塩化ビニル製平板をスリット状に並べたもの2種類(平板厚型、同薄型)の計3種類とした。各シェルターの特徴は、二重底型は形状が複雑で光が内部まで通りにくく、稚貝の隠れ場所が多い構造となっている(図2)。平板厚型は板厚2.0mmの丈夫な板を22mm間隔で設置し、稚貝の移動用としてカゴと接地する底面に直径5cm程度のアーチ状の穴を3ヶ所設

けた構造とした。一方、平板薄型ではアワビが狭い場所を好むことから板間隔を15mmと狭めて設置枚数を増やした。また、稚貝の移動用に板の中央付近に3cm穴を3ヶ所設けた形状とした。

なお、平板型の板間隔については、30mm稚貝の殻高が約10mmであること、稚貝が移動できる間隔であることを考慮し、平板厚型は稚貝2個体が、また平板薄型では1～2個体がそれぞれ背合わせで付着可能な間隔とした。1カゴ当たりのシェルターの収容数等を表1に示した。

表1 1カゴあたりのシェルター収容数等 (mm)

| 形状 | 材質 | サイズ | 板間隔 | 使用枚数 |
|------|--------|---------|-----|----------|
| 二重底型 | ポリエチレン | 400×200 | 45 | 17枚×2セット |
| 平板厚型 | 塩化ビニール | 390×220 | 22 | 21枚×4セット |
| 平板薄型 | 塩化ビニール | 430×230 | 15 | 29枚×4セット |

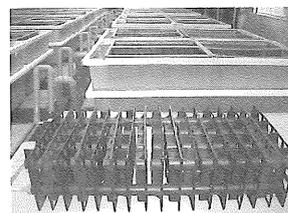


図2 二重底型

(特徴)

- ・構造が複雑
- ・光が内部に入り込みにくい

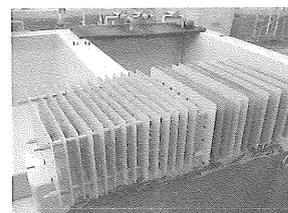


図3 平板厚型

- ・板が丈夫
- ・板間隔が22mmで稚貝が背合わせで2個体付着可

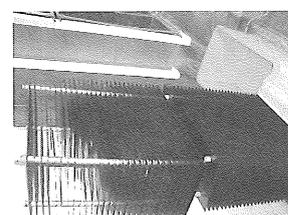


図4 平板薄型

- ・板が薄いため、稚貝の張付可能な面積が大きい
- ・板間隔が15mmで稚貝が背合わせで1～2個体付着可

飼育密度については、公社の現有施設における目標飼育密度が4,000個体/㎡以上であるため、試験ではこれを基準に、各シェルター毎に㎡当たり3,500個体(A区)、4,200個体(B区)、4,900個体(C区)及び5,600個体(D区)の4段階の試験区を設けた。

2. 給餌量抑制飼育試験

'99年採卵群の中間育成中において、稚貝のへい死や活力低下等がみられた（'00年7月，'00年11月から'01年1月）。その原因として過給餌による飼育環境の悪化が考えられたため、給餌量を抑制したところ、両者の場合とも異常がみられなくなったことから、給餌量の抑制措置に一応の有効性が認められた。しかし、給餌量を抑制した場合の稚貝に対する影響が明らかになっていないため、夏期及び秋期以降について給餌量を抑制した飼育試験を行い、成長や生残への影響を検討した。

(1) 7～9月期における給餌量の抑制飼育試験

'01年6月5日から翌年2月27日にかけて飼育試験を行った。供試貝は、'00年秋に採卵したもので、試験開始時の平均殻長は23.6mm（標準偏差2.0mm）であった。

使用したシェルターは、'00年の飼育試験で高成長・高歩留りが得られた二重底型とした。飼育密度は、給餌量抑制の影響が結果に反映されやすいように、収容密度の限界に近いと考えられる5,600個体/m²とした。

給餌量は表2のとおりとした。7～9月の給餌回数については、'00年の飼育試験において高水温期における連続給餌が飼育環境に悪影響を及ぼすことが考えられたため、飽食区は週3回、抑制区は週1回の給餌とした。また、給餌量については、1回の給餌で出来るだけ多くの稚貝に餌が行き渡るように、1回あたりの給餌量を'00年給餌量の2倍量（60g）とした。

なお、飼育方法については'00年の試験と同様とし、各試験区ともに2水槽（4カゴ）で行い、試験結果にはその平均を用いた。

表2 7～2月の給餌量(1週間あたり)

| 試験区 | 7～9月 | 10～2月 |
|-----|--------|--------|
| 飽食区 | 60g×3回 | 飽食量×5回 |
| 抑制区 | 60g×1回 | 飽食量×5回 |

(2) 10月以降における給餌量の抑制飼育試験

試験期間および供試貝については、7～9月期の給餌量抑制試験と同様とした。

試験には、実際に量産飼育を実施している31水槽の中から2水槽を選んで用いたため、二重底シェルター、収容密度4,700個体/m²での試験となった。

給餌量は表3のとおりとし、9月までは同じ条件で飼育を行った。10月以降は、飽食区では週5回飽食量を、抑制区にはその8割量を目安に給餌し、給餌量抑制による成長、生残への影響をみた。

表3 7～9月および10～2月の給餌量(1週間あたり)

| 試験区 | 7～9月 | 10～2月 |
|-----|--------|--------------|
| 飽食区 | 80g×2回 | 飽食量×5回 |
| 抑制区 | 80g×2回 | (飽食量×0.8)×5回 |

結 果

1. シェルターの形状及び飼育密度の検討

シェルターの形状効果を密度別にみたものを図5に示した。試験を開始した7月から高水温が続く10月初旬までは全ての試験区において成長に停滞がみられた。高水温期に成長が停滞することは従来から知られていた⁶⁾が、今回の飼育方法においても同様の結果となった。全ての試験区で11月以降に高成長となり、特に二重底型A、B区、平板厚型A区では日間成長が100μmを超える月もみられた。これを2月5日の測定結果で比較すると、全ての密度区において二重底型が最も良く、次いで平板厚型、平板薄型の順となった（p<0.01）。

また、シェルターの種類毎に整理したものを図6に示した。2月5日時点の平均殻長で比較すると、二重底型ではA、B区が34mm以上と最も良く、続いてC区の33.5mm、D区の32.7mmとなった。成長差は、A、B区の間では有意差は認められなかったが、A、B区とC区との間（p<0.01）及びC区とD区との間（p<0.05）において有意差が認められた。また、平板厚型ではA区が32.9mmとなり、B、C、D区と比較して高い成長となった（p<0.01）。B、C、D区は32mm程度で各々の殻長に有意差は認められなかった。平板薄型では、A区については7月に大量へい死が発生したため試験を中止したが、B、C、D区の殻長は31.0～31.4mmで、各試験区の殻長に有意差は認められなかった。

一方、生残率については、試験を中止した平板薄型A区を除くと11試験区中9区で99%を超えた。また最も飼育密度が高いD区においても97%を超えるなど、全ての区で極めて高い結果となった。

次に、各試験区の2月5日時点における30mm以上の割合を図7に示した。30mm以上の割合は、二重底型では全ての試験区で9割を越えたのに対し、平板厚型では8割を超えたものが3区（A、B及びC区）、平板薄型では全ての試験区で8割を超えることはなかった。また、平均殻長と30mm以上の割合との間に高い相関が認められたことから、飼育個体の8割以上が30mmを越す目安として、平均殻長が32mmを越えればよいことが分かった。

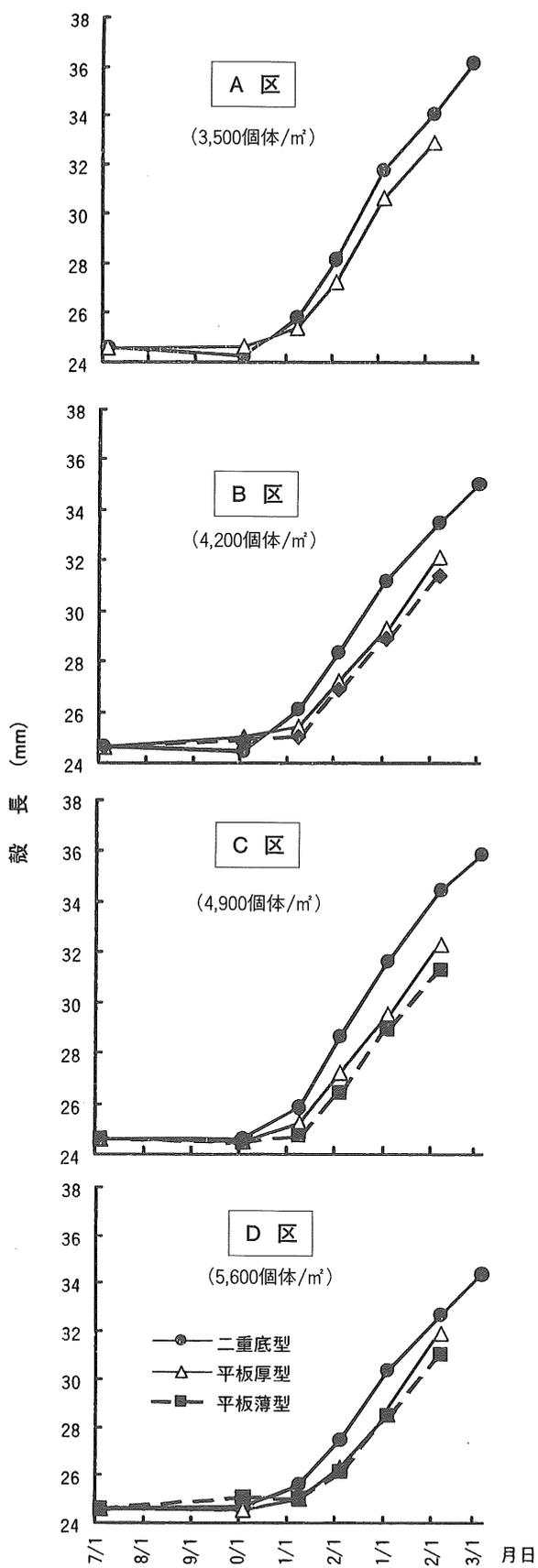


図5 密度別の殻長推移

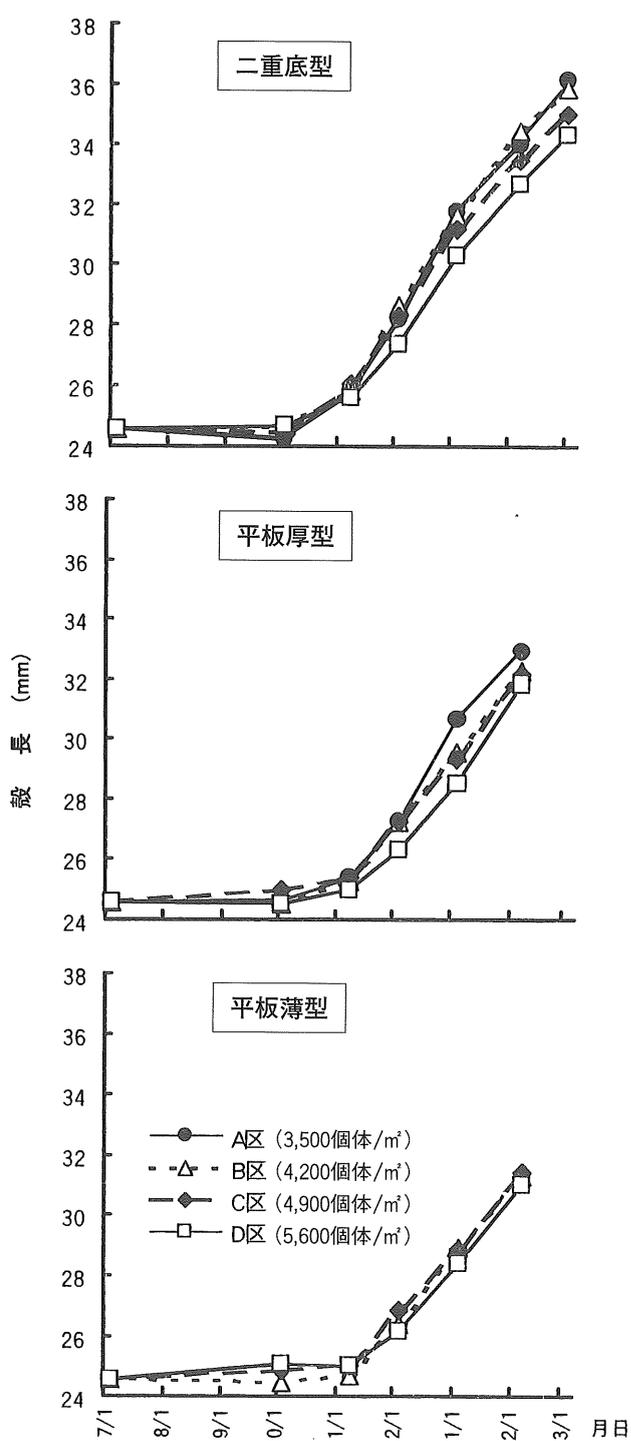


図6 シェルター別の殻長推移

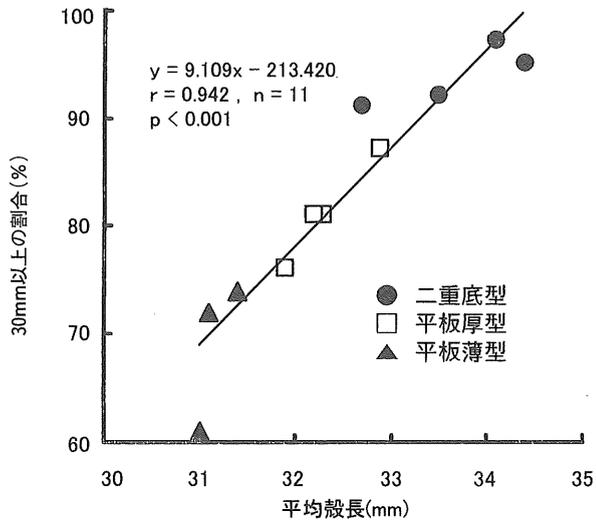


図7 試験区別の平均殻長と30mm以上の割合(2月5日)

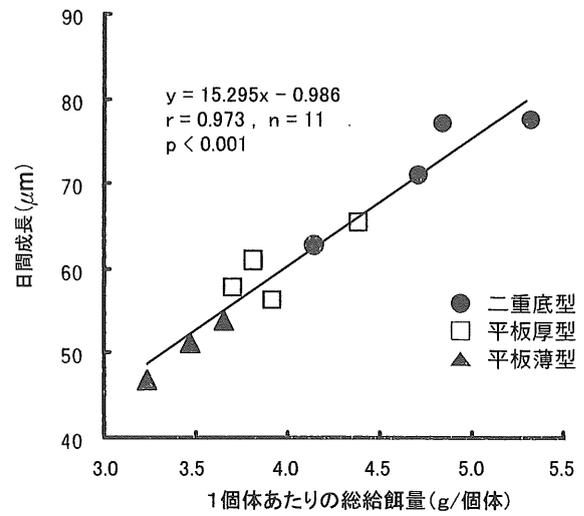


図8 1個体あたりの総給餌量と日間成長との関係(10~2月)

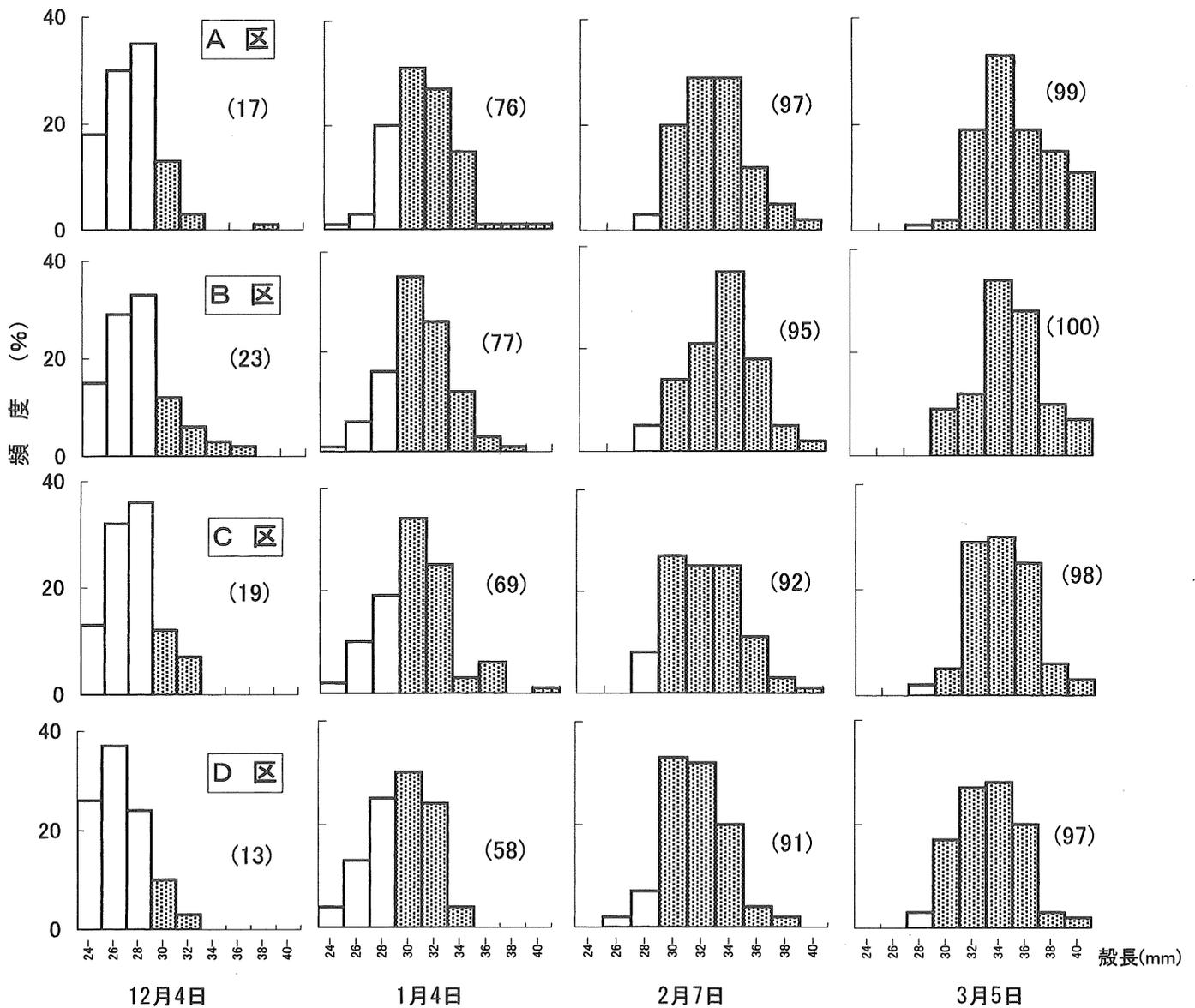


図9 二重底型シェルターにおける飼育密度・月別殻長組成
※()内は30mm以上の占める割合

成長がみられた10～2月における稚貝1個体あたりの総給餌量と日間成長との関係を図8に示した。総給餌量が多い区ほど高成長となり、両者に高い相関がみられた。

また、高い成長がみられた二重底型については、'01年3月まで飼育を続けた。12～3月の月別殻長組成を図9に示した。30mm以上が占める割合は、1月までは何れの試験区も80%には満たないが、2月以降は90%以上となった。また、成長がみられた'00年10月以降の日間成長量は63～79μmで、飼育密度との間で次の関係式が得られた(図10)。

$$y = -0.007x + 102.780 (r = -1.000)$$

ここで、 y : 日間成長(μm)

x : 収容密度(飼育個体数/m²)

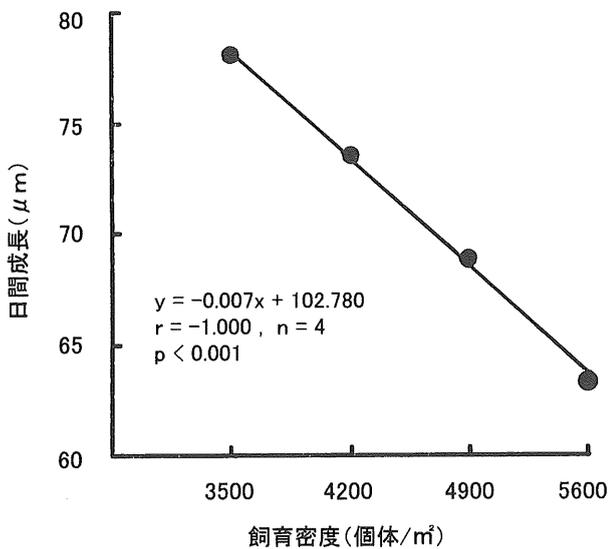


図10 10～3月の日間成長と飼育密度との関係

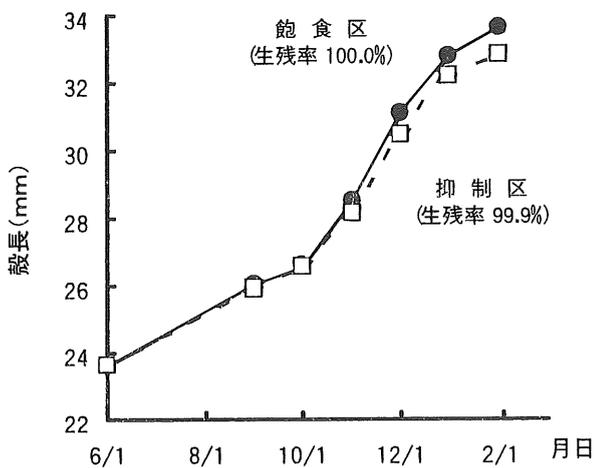


図11 給餌区別の殻長推移と試験終了時の生存率

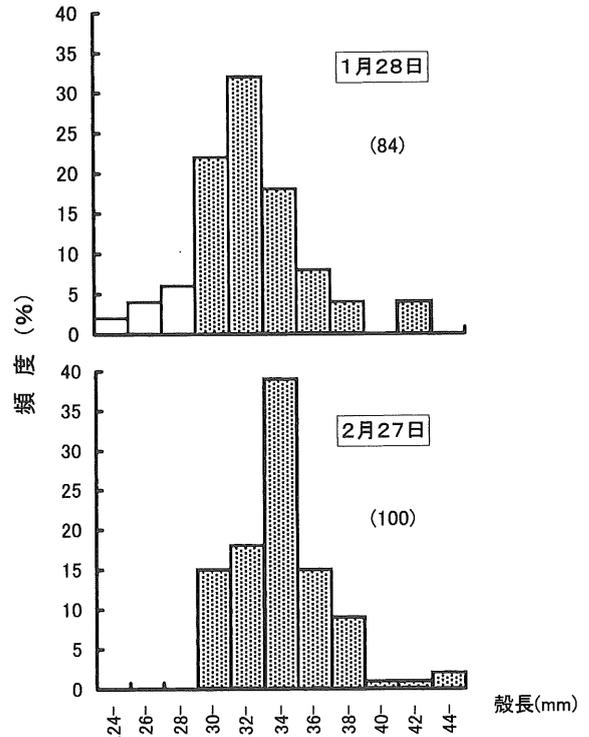


図12 抑制区における1～2月の殻長組成

※()内は30mm以上の占める割合

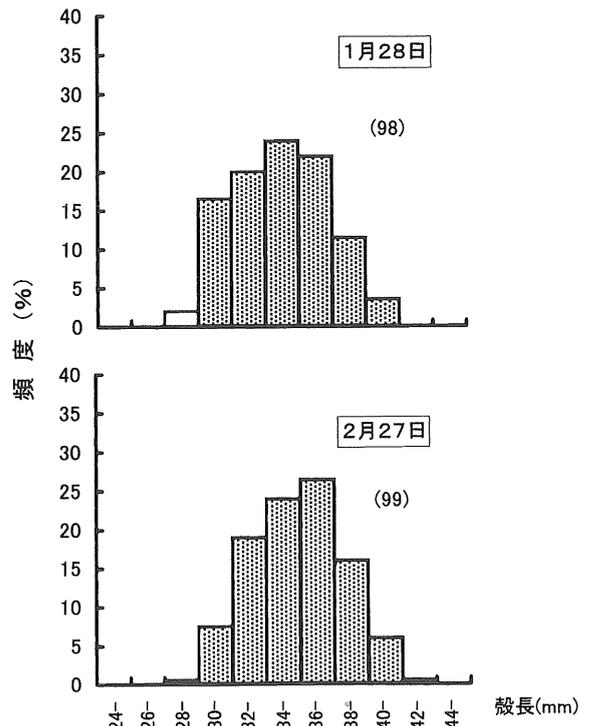


図13 餌食区における1～2月の殻長組成

※()内は30mm以上の占める割合

2. 給餌量抑制試験

(1) 7～9月期における給餌量抑制

飽食区と抑制区における成長を図11に示した。両区の殻長差は、成長期となる10月以降、日数の経過とともに拡大した。2月の殻長は飽食区が33.6mm、抑制区は32.8mmで両者の間に有意差が認められた($p < 0.01$)。生残率は両区とも99.9%以上と極めて高く、差はみられなかった。

(2) 10月以降における給餌量抑制

飽食区および抑制区における1～2月の殻長組成を各々図12, 13に示した。抑制区における平均殻長と30mm以上の稚貝が占める割合は、1月が33.3mm(84%)、2月は35.0mm(100%)となった。また生残率は99.9%と極めて高く、飼育期間中における稚貝の活力低下もみられなかった。

一方、飽食区では1月が33.9mm(98%)、2月は35.0mm(99%)となった。11月以降に飼育環境の悪化が原因とみられる稚貝の活力低下が不定期にみられたが、生残率は99.9%と非常に高かった。

2月の殻長は、いずれの試験区も35.0mmで両区との間に有意差は認められなかった。また、10～2月における総給餌量は、飽食区が25kg、抑制区は20kgで1.25倍の差があった。

関係式 $y = -0.007x + 102.780$ (図10) を用いた計算では2月27日時点での殻長は34.0mmとなるが、両区はそれよりも1mm高い成長となった。

また、抑制区と同じ条件で飼育した量産区(24万個体)においても、生残率は99.9%で飼育期間中における貝の活力低下はみられず、その95%以上が殻長30mmに達する結果となった。

考 察

公社における飼育は、二重底型シェルターを用い、注水量500 l/h (12回転/日)、通気量170 l/分、週2～3回の洗浄により、飼育密度5,600個体/m²までであれば30mm種苗の量産が十分可能であることが証明された。また給餌は、高水温期となる7～9月では週2～3回程度、成長期となる10～3月においては飽食量の8割程度の量で安定した生産ができることが明らかとなった。

さらに、飼育密度(x)と日間生長量(y)との関係式 $y = -0.007x + 102.780$ の利用により、必要な出荷数と出荷時期、出荷サイズにあわせた精度の高い計画生産が可能になるものと思われた。

一方、試験ではシェルターの形状によって成長に差が

出る結果となった。その原因として、給餌量が成長に大きく影響していることが明らかになった(図8)。給餌量に差が出た原因として、稚貝の摂餌活動のしやすさが影響していることが、稚貝のシェルターへの付着状況やシェルターの構造から考えられた。

試験期間中の目視観察によると、稚貝のシェルターへの付着状況は、高成長となった二重底型では全体に広く一様に付着していたが、最も低成長であった平板薄型ではシェルター下部の両端に幾重にも重なった状態で付着しており、シェルター壁面が有効に活用されていない状態となっていた。また、平板厚型については薄型同様にシェルターの両端に密集していたが、シェルター中央付近にもややまとまった稚貝が観察される等、薄型よりも広い範囲に付着していた。この付着範囲の広さは高い成長とよく対応しており、これは広く一様に付着するほど摂餌がしやすく高成長となるが、密集状態においては、密集内部にいる稚貝の摂餌行動が周囲の稚貝の行動に左右される等、前者と比較して摂餌しにくい状態にあることが成長に影響したものと考えられた。

このようにシェルター形状の違いによって付着状況が異なった原因として、クロアワビが夜行性で昼間は岩盤の溝や小穴等のわずかな隙間を好む⁷⁾ことが影響していると考えられた。つまり、アワビの習性から考えると、二重底型では窪みが多くシェルター内が暗い構造となっており、稚貝にとって好適な環境であったことが伺えた。また、平板型は複雑な凸凹がなく、シェルター内部も比較的明るいことから、稚貝は光を避けて下部両端に密集したものとされた。また、平板厚型が薄型に比べて密集度が低くなった理由としては、平板薄型は板が薄いため、稚貝の密集によって板が変形し、隙間が膨らんだ状態となったが、平板厚型は板が変形しないため、一ヶ所に集まる稚貝の数が制限され、薄型よりも広範囲に付着したものと推察された。

また、摂餌のしやすさをシェルターの構造からみると、平板型では給餌した餌は全てシェルターの底に落ちるが、二重底型はシェルター上部や内部の窪みに留まるものもあり、また底に落ちた餌についても平板型に比べて板間隔が広いこと、より多くの稚貝に餌が行き渡る構造であったことが伺えた。

これらのことから、二重底型シェルターはクロアワビの習性に適した構造となっており、また投餌した餌についても適度に分散される等、平板型と比較して摂餌しやすい環境にあったことが考えられ、このことが両者の給餌量差、成長差として現れたものと推察された。

今後、シェルターの改良や新たな開発を行っていく際

には、稚貝の摂餌機会の増大を図る工夫が必要であると考えられた。そのためには、稚貝が広くシェルターに付着すること、餌がシェルター上面や内部、底面に広く分散可能な構造であることが重要と推察された。また、稚貝の付着状況は光にも影響を受けることが示唆されたため、これについても十分に考慮していく必要があると思われた。

次に給餌量抑制による効果を見ると、7～9月における給餌量の抑制については、飽食区、抑制区のいずれも2月の平均殻長が32mmを越える結果となった。そのため、30mm種苗の年度内生産に限って考えた場合には、夏期における給餌量の更なる削減も可能であると考えられた。しかし、夏期における過度な給餌量の抑制が10月以降の成長に影響を及ぼす可能性も示唆されたため、この課題については引き続き検討する必要があると思われた。

一方、10月以降の給餌量抑制については、飽食区と抑制区で殻長に有意差がみられなかった。その原因として、稚貝の活力低下が成長に関与していることが推測された。つまり、飽食区は抑制区よりも1.25倍の餌を給餌したが、不定期に発生した活力低下によって成長に影響が出たものと考えられた。この時期における2割程度の給餌量抑制は、稚貝の健苗育成に高い効果があり、しかも餌料コストの削減にも期待できることが明らかとなった。

今後、適正給餌量についてもさらに検討していくことにより、より安定、高成長となる飼育が可能となるものと思われた。

要 約

- 1) 福岡県栽培漁業公社の施設において、中間育成時の飼育密度が4,000個体/㎡以上となる高密度飼育技術を確立するため、水産海洋技術センターと公社で共同開発したカゴ飼育法を用いて試験を行った。
- 2) 飼育試験は'00年7月4日から'01年2月5日にかけて、シェルター3種類と飼育密度4段階の組み合わせによる計12区を設定し、成長や生残について比較、検討を行った。
- 3) 公社における飼育では、二重底型シェルターを用い、給水量500l(12回転/日)、通気量170 l/分、週2～3回の洗浄により、飼育密度5,600個体/㎡までであれば30mm種苗の安定的な量産が十分可能であることが証明された。

- 4) 給餌量については、高水温期となる7～9月には週2～3回の給餌を、成長期となる10～3月においては飽食量の8割量を週5回給餌することにより、安定した生産ができることが分かった。
- 5) 飼育密度(x)と日間生長量(y)との関係式 $y = -0.007x + 102.780$ の利用により、必要な出荷数と出荷時期、出荷サイズにあわせた飼育密度の設定等、精度の高い計画生産が可能になるものと思われた。
- 6) 夏期における過度な給餌量抑制が10月以降の成長に影響を及ぼす可能性が示唆されたため、その影響について今後検討していく必要があると思われた。
- 7) 今後シェルターの改良や新たな開発を行っていく際には、稚貝の摂餌機会の増大を図ることが重要であると推察された。そのためには、稚貝が広くシェルターに付着すること、また餌がシェルター上面や内部、底面に広く分散可能な構造になることが必要であると推察された。また、稚貝の付着状況は光にも影響を受けることが示唆されたため、これについても十分に考慮していく必要があると思われた。

文 献

- 1) 中津川俊雄：クロアワビの筋萎縮症に関する研究。京都府立海洋センター研究論文，5，61(2000)
- 2) 桃山和夫・中津川俊雄ら：アワビ属稚貝の筋萎縮症による大量死。魚病研究，34(1)，7-14(1999)
- 3) 柴田利治・筑紫康博ら：給水の紫外線消毒によるクロアワビ筋萎縮症の予防。水産増殖，50(2)，227-232(2002)
- 4) 太刀山透・深川敦平ら：資源増大技術開発事業(クロアワビ)。平成12年度福岡県水産海洋技術センター事業報告，19-23(2002)
- 5) 中本崇・柴田利治ら：紫外線照射海水を用いたクロアワビ中間育成試験について。平成11年度福岡県栽培漁業公社事業報告書，34-38(2001)
- 6) 猪野峻：アワビの摂餌と成長。日本水産学会誌，11巻，5/6号，171-174(1943)
- 7) 内場澄夫・大隈迎ら：大規模増殖場開発事業調査Ⅱ。昭和52年度福岡水産試験場研究業務報告，55-76(1979)