

飼育による大きさ別クロアワビ, メカイアワビの成長, 生残率, 生物体量の比較

石田 修 · 林 俊裕

Comparison of Growth, Survival Rate, and Biomass between *Nordotis discus* and *Nordotis sieboldii* with Different Shell Length by Feeding Experiment

Osamu ISHIDA, Toshihiro HAYASHI

キーワード：アワビ, 飼育

はじめに

クロアワビは, 密度を変化させて飼育すると, 生残率には大きな変化がないが, 成長率は高密度になるほど低下することが報告されている^{1,2)}。生物体量 (P) は, 個体数 (N) と平均個体重 (W) の積で求められ, 定められた容積の水槽内で飼育する場合には, このP値には一定の限界がある。従って, NまたはWのどちらかに重点をおくかによって飼育方法を変える必要があると考えられる。すなわち, 良好な成長を得ようとすれば飼育密度を低くさせることになる。

本報告では, 個体数を一定にさせて大きさ別にクロアワビ, メカイアワビの長期 (509日間) 飼育を行い, 成長, 生残率, 生物体量の比較を行い, 成長によって生じるシェルター面積に対する占有面積の割合に対応してこれらがどのように変化するかを検討した。

材料と方法

材料は, 1992年11月に採卵を行って養成飼育したクロアワビとメカイアワビを用いた。それぞれ殻長をそろえて1,000個体ずつ各4区に分けた。平均殻長と標準偏差は, クロアワビについては, 1区19±2mm, 2区24±2mm, 3区28±2mm, 4区33±4mmで, メカイアワビについては, 1区19±2mm, 2区23±2mm, 3区27±2mm, 4区34±4mmであった。測定個体数は, 各区200個体ずつとした。

FRP角型水槽 (4.5×1.5×H0.6m) に0.6×0.8×H0.2mのナイロンラッセル網 (目合1mm) を用いた籠を吊し, この籠一つずつにクロアワビ, メカイアワビをそれぞれ1,000個体ずつ入れた。シェルターは,

断面が半円の直径105mm, 長さ600mmの兩樋を利用し, 両側に直径45mmの円形の穴を3個ずつ合計6個開けた。これを一つの籠に5本入れ, 裏側面積を合計4,450cm²とした。

餌は, アラメ, カジメを残餌が出る程度に投与し, 飼育水は, 濾過海水を換水率で毎時0.6回転の流水として用い, さらに強いエアレーションを行った。水温は, 12~26℃で, 飼育期間は, 1994年1月26日~1995年6月19日までの509日間 (約1年半) であった。

アワビ貝殻の面積は, 上田・野中の式³⁾を用い, 占有率は, シェルター裏側面積に対する貝殻面積の割合とした。

成長係数 α は, $G = e^{\alpha}$ より求めた。ここで, G: 殻長倍率, 従って, $\alpha = \log_e G$ 。また, 死亡係数Mは, $S = e^{-M}$ から求めた。ここで, S: 生残率, 従って $M = -\log_e S$ 。

結 果

開始時, 154, 509日間の平均殻長, 平均個体重, 生残率, 生物体量の測定結果を表1に示した。

平均殻長および日間成長係数

クロアワビとメカイアワビの殻長の成長は, 図1に示したとおり, 509日間の飼育では, 1区においてクロアワビの39mmに対してメカイアワビ46mmと差があったものの他の2~4区においてはクロアワビとメカイアワビの差は小さかった。一方, 飼育開始時に小さかったクロアワビの19mm, および24mm群とメカイアワビの19mm, および23mm群の成長が大きかったクロアワビの28mm, および33mm群とメカイアワビの27mm, および34mm群の成長に追い付く傾向が認められた。

表1 試験結果

| 測定日 | 項目 | 1区 | | 2区 | | 3区 | | 4区 | |
|--------|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | クロアワビ | メカイアワビ | クロアワビ | メカイアワビ | クロアワビ | メカイアワビ | クロアワビ | メカイアワビ |
| 1994 | 平均殻長 (mm) | 19±2 | 19±2 | 24±2 | 23±2 | 28±2 | 27±2 | 33±4 | 33±4 |
| 1.26 | 平均体重 (g) | 1.0±0.3 | 0.9±0.2 | 1.9±0.4 | 1.4±0.3 | 3.0±0.6 | 2.6±0.5 | 5.3±2.2 | 5.2±1.8 |
| (0日) | 個体数 (n) | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| | 生物体量 (g) | 1,000 | 900 | 1,900 | 1,400 | 3,000 | 2,600 | 5,300 | 5,200 |
| 1994 | 平均殻長 (mm) | 26±6 | 27±5 | 31±5 | 31±4 | 34±4 | 34±4 | 38±5 | 38±6 |
| 6.29 | 平均体重 (g) | 2.4±1.7 | 2.5±1.5 | 4.4±2.3 | 3.3±1.9 | 5.6±2.0 | 5.1±2.2 | 8.3±3.8 | 7.9±4.1 |
| (154日) | 生残率 (%) | 85.6 | 52.4 | 93.0 | 88.6 | 95.0 | 94.2 | 98.2 | 98.4 |
| | 生物体量 (g) | 2,054 | 1,310 | 4,092 | 2,924 | 5,320 | 4,804 | 8,150 | 7,774 |
| 1995 | 平均殻長 (mm) | 39±9 | 46±8 | 43±7 | 44±7 | 44±6 | 42±6 | 44±6 | 45±6 |
| 6.19 | 平均体重 (g) | 9.3±6.2 | 13.0±6.7 | 12.2±5.4 | 11.9±6.2 | 13.1±5.3 | 10.2±4.3 | 12.5±5.4 | 12.0±5.3 |
| (509日) | 生残率 (%) | 51.6 | 28.8 | 56.1 | 50.4 | 62.2 | 87.2 | 75.6 | 88.8 |
| | 生物体量 (g) | 4,800 | 3,750 | 6,850 | 6,000 | 8,150 | 8,900 | 9,450 | 10,650 |

測定個体数 n=200

±: 標準偏差

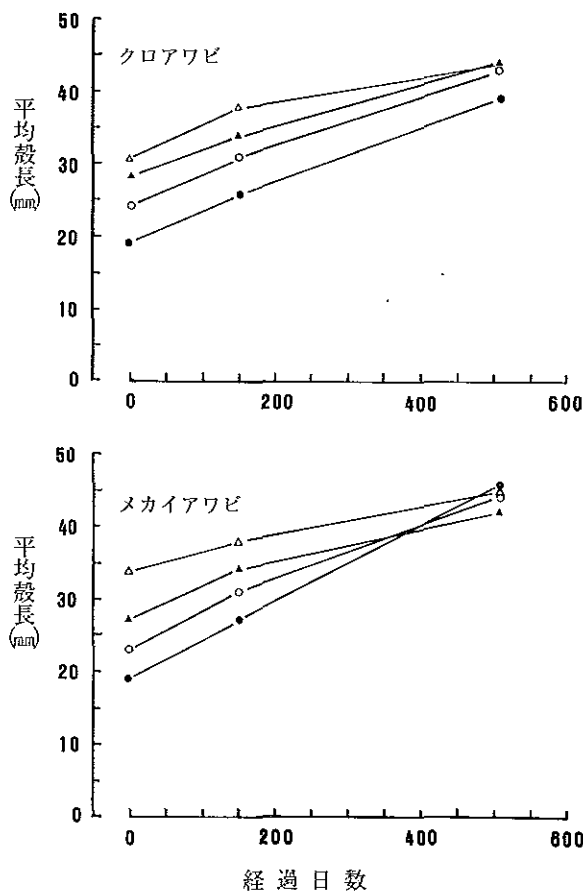


図1 クロアワビおよびメカイアワビの経過日数と平均殻長の関係

- ; 1区(19mm群)
- ; 2区(クロアワビ24mm群, メカイアワビ23mm群)
- △; 3区(クロアワビ28mm群, メカイアワビ27mm群)
- ▲; 4区(クロアワビ33mm群, メカイアワビ34mm群)

実験開始時の殻長と509日間の日間成長係数の関係は、図2に示したとおり、クロアワビでは殻長の増加につれて直線的に成長係数が小さくなった。一方、メ

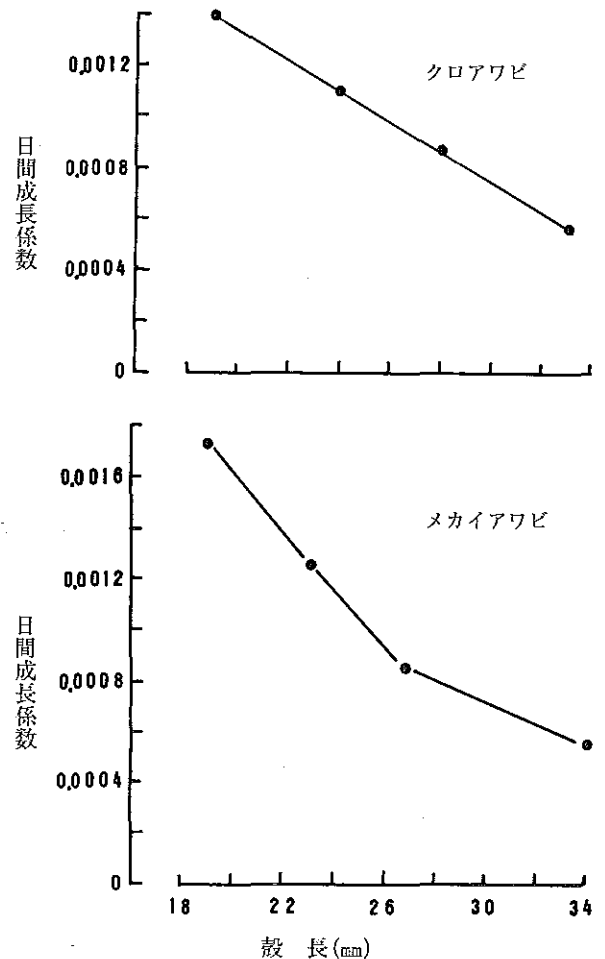


図2 実験開始時殻長と日間成長係数の関係

カイアワビでは、19~27mmまでは直線的に小さくなったが、34mmではやや鈍化した。

生残率

生残率は、図3に示したとおり、クロアワビ、メカイアワビとも殻長が小さいほど生残率が低下し、特に

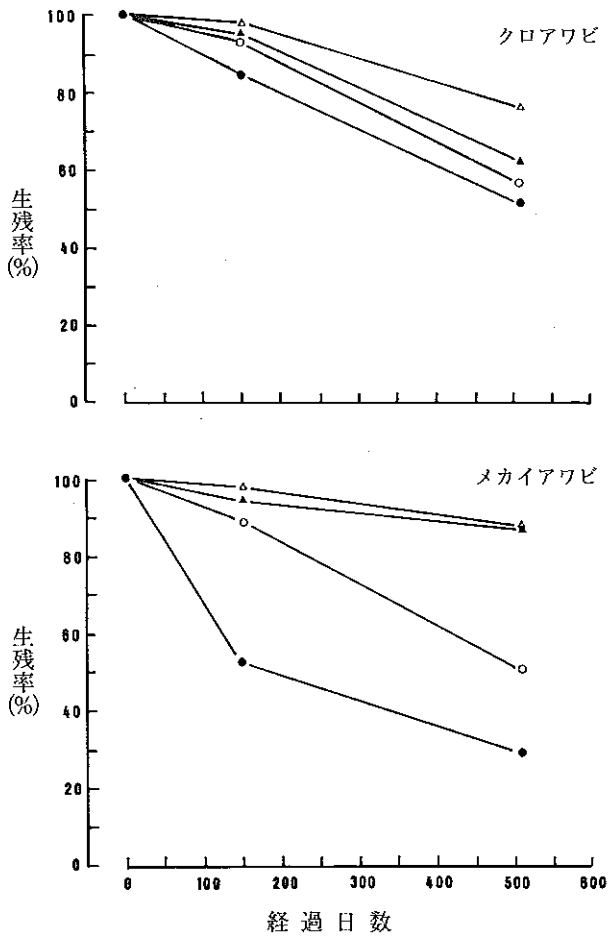


図3 生残率の変化

●; 1区, ○; 2区, ▲; 3区, △; 4区

メカイアワビでは殻長19mm, および23mm群の生残率が日数の経過につれて低くなった。

実験開始時の殻長と509日間の日間死亡係数の関係は、図4に示したとおりで、クロアワビでは殻長の増加につれて放物線を描いて減少するのに対して、メカイアワビでは27mmまでは直線的に減少し、27mm群と34mm群ではほとんど差がなくなった。

生残率は成長するにつれて高くなると考えられるが、同じ条件の水槽中で、この傾向が続くと仮定して日間死亡係数をもとに4年間の生残率を推定し、表2に示した。4年後の生残率が比較的高い殻長は、クロアワ

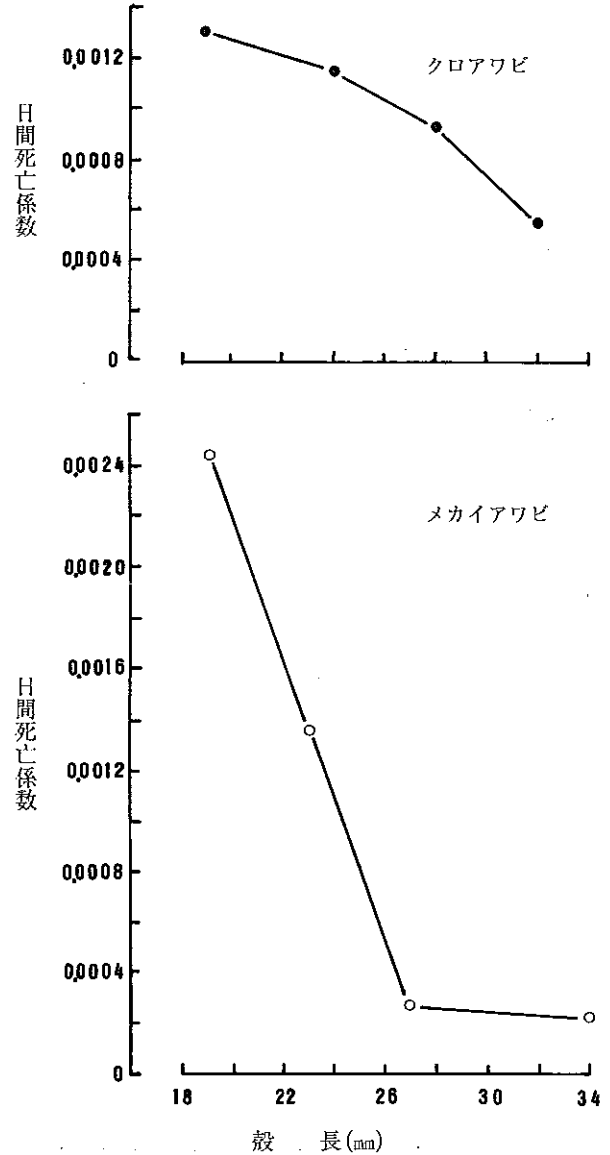


図4 クロアワビ、メカイアワビの開始時殻長と509日間飼育の日間死亡係数の関係

ビでは、33mm群で44.8%、メカイアワビでは27mm群で67.4%、34mm群で71.5%であった。

生物体量

生物体量は、図5に示したとおり、509日間飼育ではクロアワビ、メカイアワビとも殻長の大きい群の方が大きく、殻長の成長とは違って小さい殻長群が大き

表2 死亡要因を全て自然死亡として扱った場合の生残率(%)の推定

| 経過年数 | クロアワビ(殻長mm) | | | | メカイアワビ(殻長mm) | | | |
|------|-------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| | 19 | 24 | 28 | 33 | 19 | 23 | 27 | 34 |
| 0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1 | 62.2 | 66.0 | 71.2 | 81.8 | 40.9 | 61.1 | 90.6 | 91.9 |
| 2 | 38.7 | 43.5 | 50.7 | 66.9 | 16.7 | 37.3 | 82.1 | 84.5 |
| 3 | 24.1 | 28.7 | 36.1 | 54.8 | 6.8 | 22.8 | 74.4 | 77.7 |
| 4 | 15.0 | 18.9 | 25.7 | 44.8 | 2.8 | 13.9 | 67.4 | 71.5 |

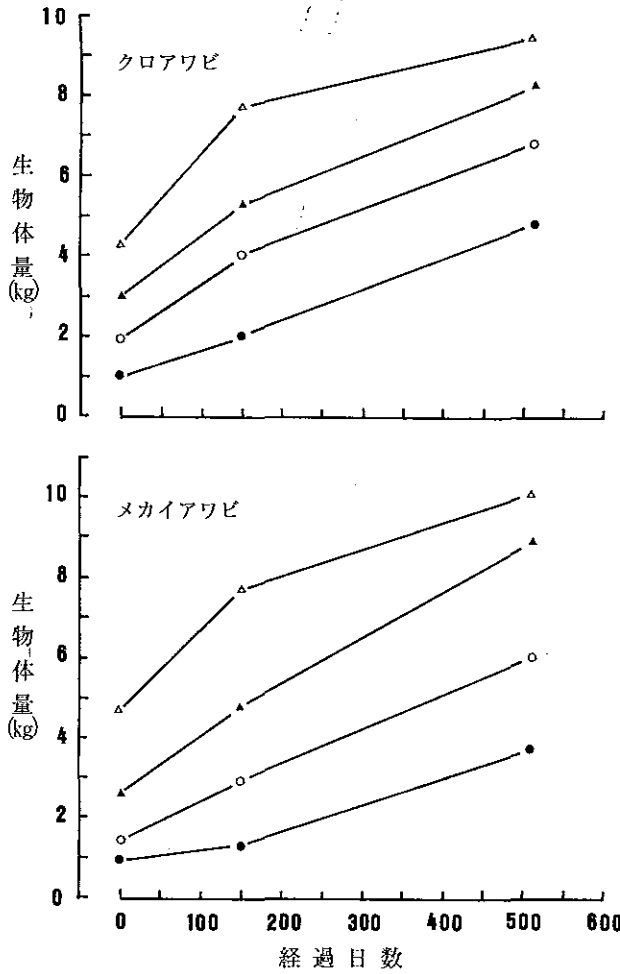


図5 生物体重の変化

●; 1区, ○; 2区, ▲; 3区, △; 4区

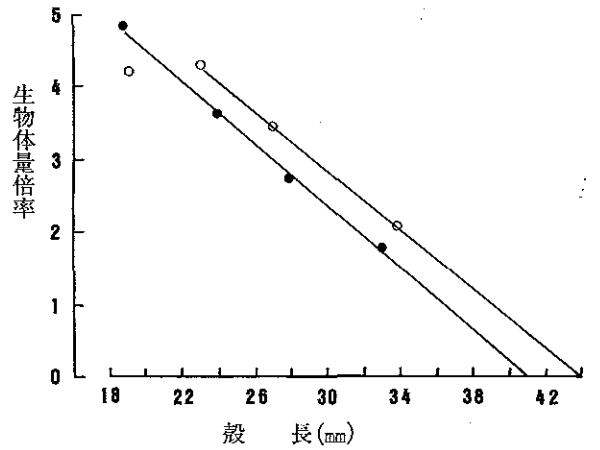


図6 実験開始時殻長と生物体重倍率の関係

●; クロアワビ, ○; メカイアワビ

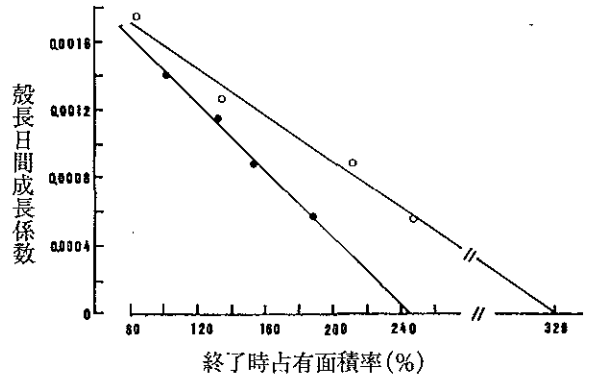


図7 実験終了時占有面積率と殻長日間成長係数の関係

●; クロアワビ, ○; メカイアワビ

表3 シェルター裏側面積に対する貝殻面積の割合(占有率 %)

| 経過 年数 | クロアワビ(殻長 mm) | | | | メカイアワビ(殻長 mm) | | | |
|----------|--------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|
| | 19 | 24 | 28 | 33 | 19 | 23 | 27 | 34 |
| 0 | 46 | 74 | 100 | 139 | 50 | 73 | 100 | 171 |
| 154 | 74 | 114 | 141 | 182 | 52 | 117 | 149 | 195 |
| 509 | 101 | 133 | 154 | 187 | 84 | 134 | 211 | 247 |

い殻長群に追い付くことはなかった。しかし、生物体重倍率は、図6に示したとおり、メカイアワビの最小群(19mm群)を除いて開始時殻長が小さい群ほど生物体重倍率は増加した。開始時殻長(SL)と生物体重倍率(GM)の関係式は下記のとおり求められた。ただし、メカイアワビは殻長23mm以上。

クロアワビ

$$GM = -0.216SL + 8.842 (r = -1.00)$$

メカイアワビ

$$GM = -0.204SL + 8.954 (r = -1.00)$$

占有率

占有率は、表3に示したとおりで、実験開始時には、クロアワビ、メカイアワビとも殻長28mm, 27mm群以下では100%以下で、クロアワビ33mm群で139%、メカイアワビ34mm群で171%であった。

509日間飼育後の占有率は、メカイアワビ19mm群の84%を除けばいずれも100%を越えた。メカイアワビの27mm, および34mm群では200%を越え、それぞれ211%, および247%であった。

実験終了時占有面積率(OA)と殻長の日間成長係

数 (α) の関係は、図7に示したとおりで、クロアワビ、メカイアワビとも終了時の占有面積率の増加につれて日間成長係数は減少した。関係式は次式で求められた。

クロアワビ

$$\alpha = -9.809 \times 10^{-6} OA + 0.002412 (r = -1.00)$$

メカイアワビ

$$\alpha = -6.928 \times 10^{-6} OA + 0.002278 (r = -1.00)$$

これらの式により、日間成長係数を0にする占有率は、クロアワビでは246%、メカイアワビでは329%と計算された。

考 察

有限の水槽面積を有効に利用する条件を知るために、飼育個体数を一定にして殻長別のクロアワビ、メカイアワビの成長、生残率、生物体量の関係を調べた。成長については、クロアワビ、メカイアワビとも飼育日数が長期(509日間)にわたると、小さい殻長群の成長が大きい殻長群に追い付く傾向が認められた。このことは、小さい個体ほど日間成長係数が大きいことによるが、この日間成長係数は、占有面積率の増加につれて減少するので、大きい個体群では、成長とともに棲息空間が相対的に減少することで成長が鈍化すると考えられ、このことが小さい殻長群に追い付かれる一つの要因であると考えられる。

一方、成長と占有面積の関係について、いつ追い付かれるかについては、ある大きさの個体が最大成長においてどの位の占有面積を要求するかなど遺伝的要因によるところが大きいと思われる。また、殻長の伸びについては、水流、波浪等の物理的環境要因の影響が大きいと思われ、さらに、単一の餌料を投与していることなどから、これらについての考慮が必要と考える。

クロアワビ28mm、および33mm群とメカイアワビ27mm、および34mm群をそれぞれ比較すると、いずれもメカイアワビの方が占有面積が大きいにもかかわらず、成長には大きな違いは認められなかった(表1、3)。このことは、メカイアワビにはシェルターの内側面だけでなく表面も有効に利用する行動様式の特徴があり、クロアワビに比べると密度の影響を受けにくいことによると考えられる。この差は、殻長と日間成長係数の関係(図2)において、メカイアワビの最大群の日間成長係数がクロアワビの最大群のように減少していないことにも現れている。また小池⁴⁾の報告にあるようにクロアワビよりメカイアワビの方が餌料効率が高いことも考えられる。

生残率については、クロアワビ、メカイアワビとも

殻長の大きい群の方が小さい群より生残率が高い傾向を示した。日間死亡係数で比較すると、メカイアワビは、大きさの増大につれての死亡係数の低下が27mmまではクロアワビより著しい(図4)。このことから、メカイアワビでは、成長に伴う生残率の向上がクロアワビより急激で、かつクロアワビより小さい殻長で安定した生残率に達すると理解された。

有限の水槽面積では、成長の増加が遺伝的な最大値には到達されないというある極限值が生ずるはずである。今回の実験でも殻長の増加につれて生物体量倍率が低下した(図6)。生物体量倍率をゼロに外挿した時の殻長は、両種とも40mm近傍で、この大きさでは死亡率が密度にそれほど影響されないと考えられる。よって、生物体量倍率の低下は、専ら占有面積率の増加に対する成長係数の低下によると理解された。

本実験条件のもとでは、占有率がクロアワビでは246%、メカイアワビで329%に達した時には、生物体量の増加が望めない極限值を迎えると予測される。従って、さらに生物体量の増加を得るためには、適切な時期において、密度を低くする措置を施せば良いと考えられる。またシェルターを高くして空間的に利用することも考えられる。

謝 辞

本文のまとめにご助言を賜った岡山大学理学部の白井浩子博士に感謝します。

要 約

- 1) 有限の水槽面積を有効に利用する条件を知るために、飼育個体数を1,000個として、大きさの異なるクロアワビ、メカイアワビを飼育した。クロアワビの平均殻長群を19mm, 24mm, 28mm, 33mm, またメカイアワビの平均殻長群を19mm, 23mm, 27mm, 34mmに分け、それぞれを0.6×0.8×H0.2mの網生け簀に收容し、アラメ、カジメを投与して509日間飼育を行い、成長、生残率、生物体量、および占有率を調べた。
- 2) クロアワビ、メカイアワビとも飼育日数が長期にわたると、小さい殻長群の成長が大きい殻長群に追い付いた。このことは、大きい殻長群の棲息空間が相対的に減少し、日間成長係数が減少することによると推定された。

一方、占有面積率がクロアワビよりメカイアワビの方が大きいにもかかわらず、成長が鈍化しないことは、メカイアワビの方がクロアワビよりシェルターの表面積を有効に利用して密度の制限要因

が小さくなるためと考えられた。

- 3) 生残率については、クロアワビ、メカイアワビとも殻長の大きい群の方が小さい群より高く、日間死亡係数曲線は、クロアワビでは、殻長の増加につれて放物線を描いて減少するのに対して、メカイアワビでは、殻長27mmまでは直線的に小さくなったが、27mmと34mm群とでは殆ど差がなくなった。
- 4) 生物体量倍率は、殻長に比例して減少するが、このことは、占有面積率が增大していくことによる成長の鈍化が大きく影響していると考えられた。

今回の実験条件において、生物体量が計算上極限值になる占有率は、クロアワビで246%、メカイアワビで329%と計算された。

文 献

- 1) 遠山忠次・佐藤秀一・水口啓子・金子信一 (1975) : アワビ稚貝の成長生残におよぼす飼育密度の影響について. 千葉水試研報, 34, 1-11.
- 2) 石田 修 (1993) : クロアワビの成長に及ぼす飼育密度の影響. 水産増殖, 41(4), 431-433.
- 3) 上田真範・野中 忠 (1993) : アワビの付着力. 水産増殖研究会報, (4), 34-37.
- 4) 小池康之・孫 振興・隆島史夫 (1988) : アワビ交雑種稚貝の摂餌と成長について. 水産増殖, 36(3), 231-235.