

異なる水温下（22，24，26，28℃）で
飼育したアワビ類 3 種の成長の差異

駒澤 一朗・工藤 真弘・杉野 隆

Growth of Three Abalone Species Reared Under
Different Water Temperatures of 22, 24, 26, and 28℃

Ichiro Komazawa, Masahiro Kudo, and Takashi Sugino

伊豆大島から三宅島に至る伊豆諸島北部海域に生息する主なアワビ類には、クロアワビ *Haliotis discus discus*、メガイアワビ *Haliotis gigantea*、マダカアワビ *Haliotis madaka*、フクトコブシ *Haliotis diversicolor diversicolor* の 4 種がある。このうちマダカアワビの漁獲量はごくわずかで残りの 3 種が漁獲の中心を占めているが、これらアワビ類の漁獲量は近年減少傾向にある。このため、著者らはこれらアワビ類稚貝を養殖することにより漁家収入の向上を図り、さらには天然資源への漁獲圧力を緩和することも視野に入れて、一連の陸上養殖技術の開発研究に取り組んでいる。そして、上記 3 種のアワビ類に不稔性アナアオサと配合飼料を給餌し、前者よりも後者の餌料価値の高いことをすでに明らかにした¹⁾。

アワビ類の陸上養殖を行うにあたっては、飼育水温が成長に与える影響が大きいと考えられる。また近年、海洋深層水の有効利用方策として、低水温の海洋深層水と表層水を混合してアワビ類の成長に適した水温に調温し、養殖する試みが各地の海洋深層水研究所において試みられている²⁾。伊豆諸島海域では、現在深層水の開発研究が進められており³⁾、著者らはこのような海洋深層水の利用も考慮に入れて、アワビ類の養殖適水温について検討したので報告する。なお、今回は 22℃、24℃、26℃、28℃ の各水温下で飼育実験を行った。

材料と方法

供試貝および実験区の設定 供試貝は伊豆大島に

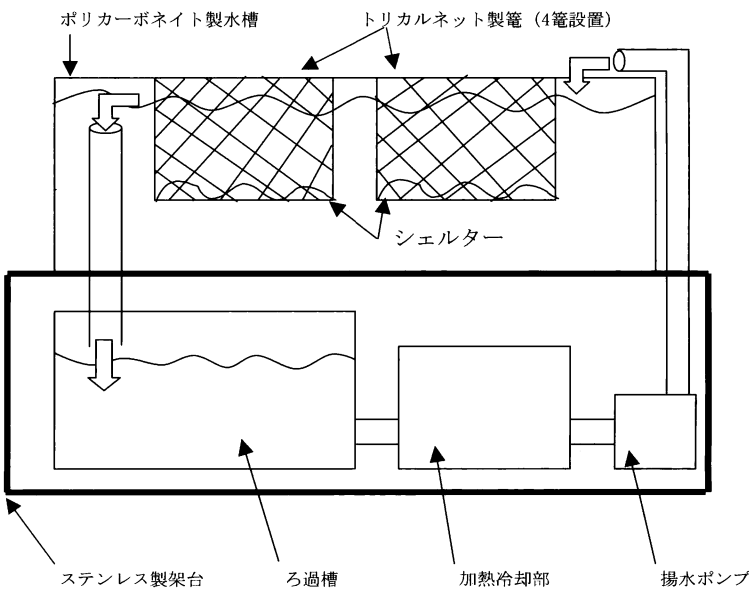


図 1 飼育実験に用いた加熱冷却器付き閉鎖式循環ろ過水槽

ある東京都栽培漁業センターにおいて1997年に採卵、ふ化したクロアワビ(11月採卵),メガイアワビ(12月採卵),八丈島産親貝由来フクトコブシ(9月採卵 以下,「八丈系フクトコブシ」と記す),伊豆大島産親貝由来フクトコブシ(8月採卵 以下,「大島系フクトコブシ」と記す)の3種2系統の稚貝を用いた。各種類には各々の飼育水温として22℃, 24℃, 26℃, 28℃の4区を設け,合計16区を設定した。実験開始時の供試貝の平均殻長は36.0~42.3mm,平均体重は6.2~9.1gであった(表1)。

供試貝は採卵後,東京都栽培漁業センターの巡流水槽で飼育し,実験開始直前に東京都水産試験場大島分場(以下,「大島分場」と記す)に移送した。東京都栽培漁業センター飼育期間中(1997年8月下旬~1999年9月中旬)の最低水温は1999年2月下旬の14.2℃,最高水温は1997年8月下旬の27.4℃,平均水温は20.1℃であった。

飼育方法 大島分場の屋内飼育棟に設置した加熱冷却器付き閉鎖式循環ろ過水槽(図1,アース製,以下「加熱冷却水槽」と記す)を4槽使用し,22℃区,24℃区,26℃区,28℃区の4水温区を設けた。これに付着基盤として底面に黒色塩化ビニル製シェルターを配置したトリカルネット製の籠(40×25×H23cm,目合5mm,水深13cm)を1槽当たり4籠設置し,供試貝を1籠当たり20個体(底面積当たり収容密度200個/m²)収容した。加熱

冷却水槽は,ステンレス製の架台(156×51×H55cm)の上部にポリカーボネイト製の水槽(内寸147×67×H45cm,水深27cm)をのせたもので,架台の下部にはろ材としてウール製マット,サンゴ砂を入れたろ過槽(60×49.5×H30cm),加熱冷却部および揚水ポンプが収められている。ポリカーボネイト製の水槽からオーバーフローで下部のろ過槽に流れ落ちた海水は,加熱冷却部で調温されて揚水ポンプで上部の水槽に戻る仕組みになっている。

各水槽は,月曜日および金曜日に飼育水を全て排水後,水槽と籠を流水で洗浄し残餌を除去した。その後,水温を調節した砂ろ過海水に飼育水を交換した。餌料にはアワビ用配合飼料(殻長10~40mm用)を用い,給餌は土,日曜日を除く毎日行った。給餌量は飽食量(翌朝,少量の残餌が出る量)とした。また,給餌の前には,水槽底に沈殿した残餌等をサイホンで吸い出し清掃した。毎日8時30分頃に,各水温区の水温を防水型デジタル温度計(佐藤計量器製作所 MODEL SK-250WP)で測定した。飼育実験期間は1999年9月29日から2000年3月3日までの157日間とした。

実験開始前の海水温は約23℃で,各水温区の設定水温に移行するために1日に2℃ずつ加温,または冷却を行い,3日目に全区とも設定水温に達した。実験開始日は最初の加温,冷却を開始した1999年9月29日とした。

測定方法, 標識 原則として約2ヶ月に1回,月の後

表1 伊豆諸島産アワビ類の飼育結果。殻長日間成長量, 増重率は, 実験終了時の生残個体の平均値

種類	設定水温 (℃)	個体数 (個)		平均殻長±標準偏差 (mm)		殻長日間成長量 (μm/日)	平均体重±標準偏差 (g)		増重率 (%)	生残率 (%)
		99. 9. 29	00. 3. 3	99. 9. 29	00. 3. 3		99. 9. 29	00. 3. 3		
クロアワビ	22	20	18	39.5 ± 1.5	48.6 ± 1.7	57.0	8.4 ± 1.3	15.0 ± 1.9	80.1	90.0
	24	20	19	39.1 ± 2.1	46.2 ± 2.2	43.6	8.5 ± 1.1	12.9 ± 1.6	47.5	95.0
	26	20	20	40.0 ± 2.5	45.6 ± 2.4	35.9	8.8 ± 1.7	12.2 ± 2.1	39.6	100.0
	28	20	15	39.9 ± 2.1	44.0 ± 1.8	24.7	8.7 ± 1.8	10.8 ± 1.8	24.0	75.0
メガイアワビ	22	20	20	42.3 ± 2.0	54.2 ± 2.2	76.0	9.1 ± 1.4	16.5 ± 2.4	83.2	100.0
	24	20	20	40.5 ± 1.7	51.9 ± 2.0	72.6	7.7 ± 1.2	15.2 ± 1.8	98.7	100.0
	26	20	20	41.0 ± 3.2	50.7 ± 3.2	62.0	7.8 ± 1.9	13.4 ± 2.1	75.1	100.0
	28	20	17	41.0 ± 2.6	46.4 ± 3.0	34.1	8.0 ± 1.6	10.8 ± 2.5	36.6	85.0
八丈系フクトコブシ	22	20	20	38.1 ± 2.4	46.5 ± 3.0	53.7	7.4 ± 1.5	16.0 ± 3.6	117.6	100.0
	24	20	20	38.5 ± 2.7	49.8 ± 3.2	72.0	7.9 ± 2.0	18.1 ± 4.0	134.4	100.0
	26	20	20	37.7 ± 2.4	49.7 ± 3.1	76.6	7.1 ± 1.6	17.2 ± 3.2	149.4	100.0
	28	20	20	36.7 ± 2.4	47.4 ± 2.7	68.5	6.7 ± 1.5	15.2 ± 2.9	133.8	100.0
大島系フクトコブシ	22	20	19	36.8 ± 2.3	45.6 ± 3.1	55.6	6.8 ± 1.5	14.0 ± 3.5	105.6	95.0
	24	20	19	37.3 ± 1.6	46.8 ± 3.2	61.2	7.1 ± 1.2	15.5 ± 3.1	117.6	95.0
	26	20	20	36.7 ± 2.6	47.3 ± 3.6	67.4	6.5 ± 1.4	15.2 ± 3.6	135.2	100.0
	28	20	19	36.0 ± 1.6	45.7 ± 2.1	62.6	6.2 ± 0.8	13.8 ± 1.6	126.1	95.0

表2 各水温区の最高, 最低, 平均水温

設定水温(℃)	最低水温(℃)	最高水温(℃)	平均水温±標準偏差(℃)
22	20.8	22.4	21.8 ± 0.3
24	22.5	24.5	24.0 ± 0.3
26	23.6	26.4	25.7 ± 0.5
28	27.1	28.6	27.9 ± 0.3

半ごろに合計4回, 供試貝を2-フェノキシエタノール200ppm溶液で麻酔後剥離し, 全個体の殻長と体重を測定した。測定日は付表1~4に示した。また, 供試貝には番号を打刻したダイモテープ片を接着剤(東亜合成GEL10)で殻表に固定して個体標識とした。

成長量 殻長の日間成長量と体重の増重率については, 全実験期間を通じて生残した個体についてのみ算出した。

結 果

生残率 実験開始時および終了時の平均殻長, 体重と個体別の殻長の日間成長量の平均値, 個体別の増重率の平均値, 生残率を表1に, 実験期間中の各水温区の最低, 最高, 平均水温を表2に, 実験期間中の生残率の推移を図2に示した。各水温区の最低, 最高, 平均水温は22℃区が20.8, 22.4, 21.8℃, 24℃区が22.5, 24.5, 24.0℃, 26℃区が23.6, 26.4, 25.7℃, 28℃区が27.1, 28.6, 27.9℃であった。

クロアワビ: 各水温区とも実験開始時から11月の測定日(以下, 「11月」と記す)にかけては, 斃死がなかった。その後, 1月にかけて24℃区で1個体, 28℃区で5個体が斃死し, 1月から実験終了時にかけて22℃区で2個体が斃死した。実験終了時の生残率は22, 24, 26, 28℃区の順に, 90.0, 95.0, 100, 75.0%であった。

メガイアワビ: 22, 24, 26℃区の3水温区では, 実験期間中の斃死は皆無であった。28℃区は11月から1月にかけて3個体が斃死し, 実験終了時の生残率は85.0%であった。

八丈系フクトコブシ: すべての水温区で斃死はなかった。

大島系フクトコブシ: 各水温区とも実験開始時から11月にかけては, 斃死がなかった。その後, 1月にかけて22, 24, 28℃区でそれぞれ1個体が斃死した。実験終了時の生残率は22, 24, 26, 28℃区の順に, 95.0, 95.0, 100, 95.0%であった。

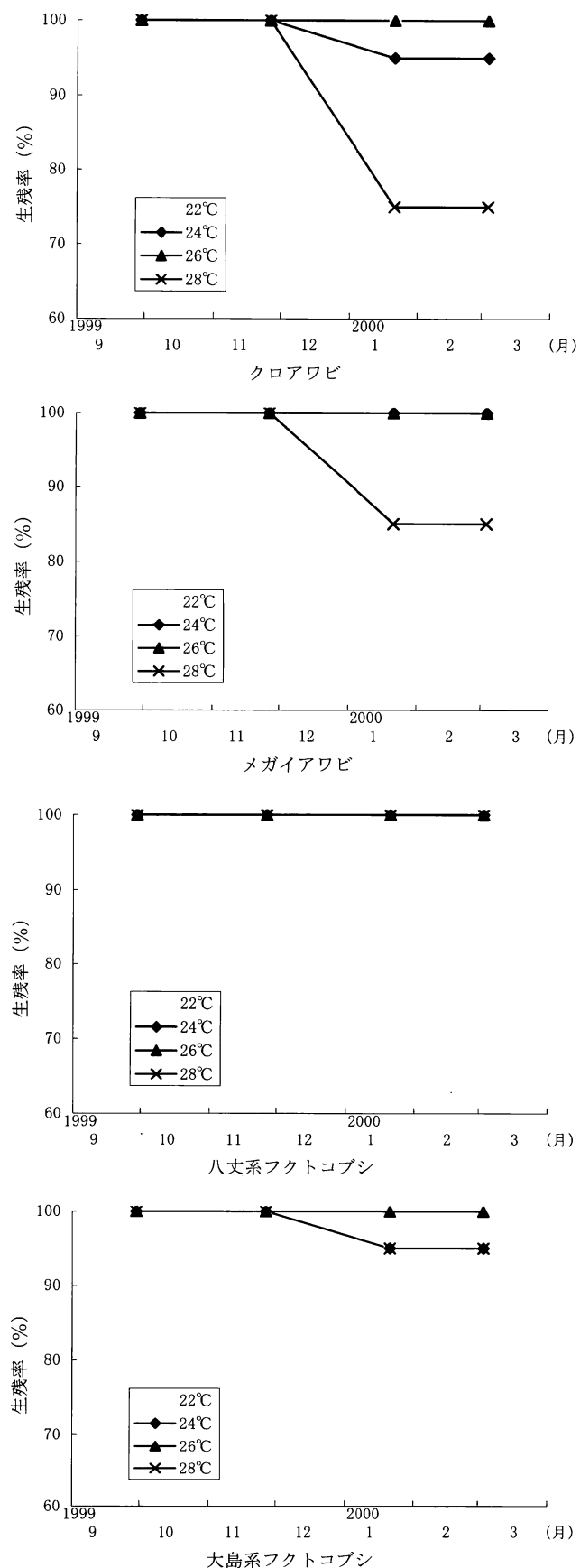


図2 実験期間中の生残率の推移

殻長の成長経過 実験期間中の殻長の推移を図3に示した。同一種内の各水温区の平均殻長について実験開始時に分散分析を行った結果、有意水準5%で有意差は認められなかった。

クロアワビ: 実験開始時の各水温区の平均殻長は39.1～40.0mmであった。その後、11月には殻長の大きいものから22, 26, 24, 28℃区の順となり1月には22, 24, 26, 28℃区の順となった。実験終了時の平均殻長は22, 24, 26, 28℃区の順に、48.6, 46.2, 45.6, 44.0mmであった。

メガイアワビ: 実験開始時の各水温区の平均殻長は40.5～42.3mmであった。その後、11月には殻長の大きいものから22, 26, 24, 28℃区の順となり、1月には22, 24, 26, 28℃区の順となった。実験終了時の平均殻長は22, 24, 26, 28℃区の順に、54.2, 51.9, 50.7, 46.4mmであった。

八丈系フクトコブシ: 実験開始時の各水温区の平均殻長は36.7～38.5mmであった。その後、11月には殻長の大きいものから24, 26, 22, 28℃区の順となり、1月には24, 26, 28, 22℃区の順となった。実験終了時の平均殻長は22, 24, 26, 28℃区の順に、46.5, 49.8, 49.7, 47.4mmであった。

大島系フクトコブシ: 実験開始時の各水温区の平均殻長は36.0～37.3mmであった。その後、11月には殻長の大きいものから26, 24, 22, 28℃区の順となり、1月には26, 24, 28, 22℃区の順となった。実験終了時の平均殻長は22, 24, 26, 28℃区の順に、45.6, 46.8, 47.3, 45.7mmであった。

殻長の日間成長量 個体別に求めた殻長の日間成長量の水温区別の平均値(以下、「日間成長量」と記す)を図4に示した。

クロアワビ: 日間成長量は、22℃区が57.0 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、24℃区が43.6 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、26℃区が35.9 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、28℃区が24.7 $\mu\text{m}/\text{日}$ と、水温が高くなるに従って低下した。

メガイアワビ: 日間成長量は、22℃区が76.0 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、24℃区が72.6 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、26℃区が62.0 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、28℃区が34.1 $\mu\text{m}/\text{日}$ と、水温が高くなるに従って低下した。

八丈系フクトコブシ: 日間成長量は、22℃区が53.7 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、24℃区が72.0 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、26℃区が76.6 $\mu\text{m}/\text{日}$ 、28℃区が68.5 $\mu\text{m}/\text{日}$ と、26, 24, 28, 22℃区の順に成長が良かった。

大島系フクトコブシ: 日間成長量は、22℃区が55.6 $\mu\text{m}/\text{日}$

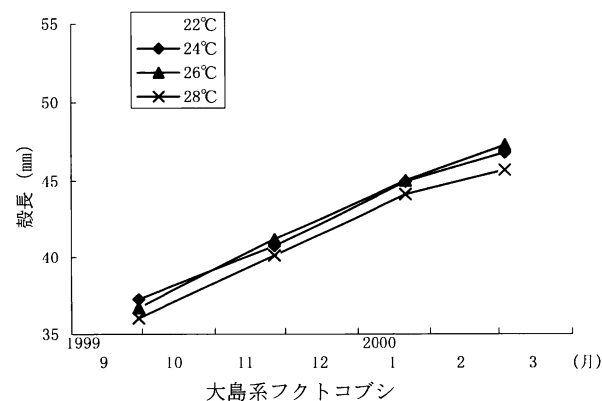
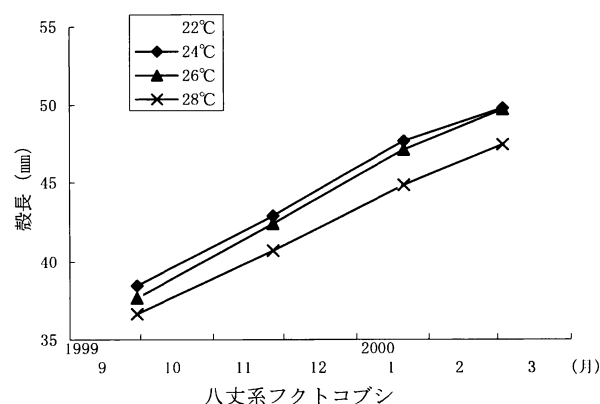
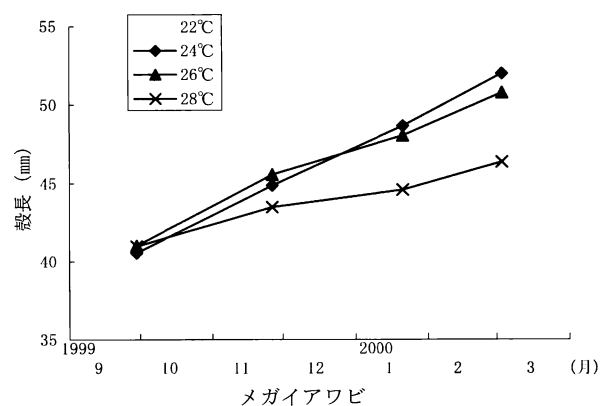
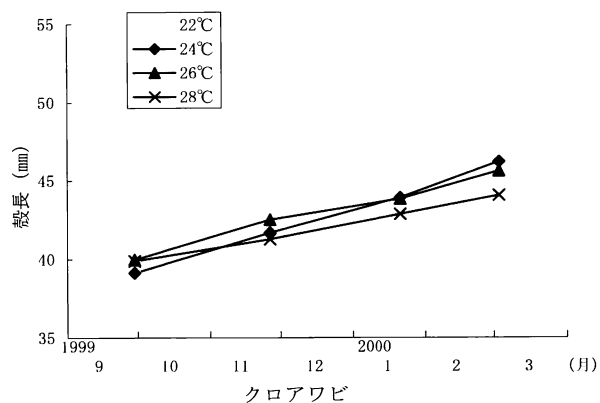


図3 実験期間中の殻長の推移

m/日、24℃区が61.2 μ m/日、26℃区が67.4 μ m/日、28℃区が62.6 μ m/日と、26, 28, 24, 22℃区の順に成長が良かった。

同一種内の各水温区の日間成長量の平均値について有意水準5%で分散分析を行った結果、クロアワビ、メガイアワビ、八丈系フクトコブシについては有意な成長差が認められ、大島系フクトコブシについては有意な成長差は認められなかった。

体重の増加経過 実験期間中の体重の推移を図5に示した。

クロアワビ：実験開始時の各水温区の平均体重は8.4～8.8gであった。その後、11月には体重の大きい方から22, 26, 24, 28℃区の順となり、1月には22, 24, 26, 28℃区の順となった。実験終了時の平均体

重は22, 24, 26, 28℃区の順に、15.0, 12.9, 12.2, 10.8gであった。

メガイアワビ：実験開始時の各水温区の平均体重は7.7～9.1gであった。その後、11月には体重の大きい方から22, 24, 26, 28℃区の順となり、1月も同様であった。実験終了時の平均体重は22, 24, 26, 28℃区の順に、16.5, 15.2, 13.4, 10.8gであった。

八丈系フクトコブシ：実験開始時の各水温区の平均体重は6.7～7.9gであった。その後、11月には体重の大きい方から24, 26, 22, 28℃区の順となり、1月も同様であった。実験終了時の平均体重は22, 24, 26, 28℃区の順に、16.0, 18.1, 17.2, 15.2gであった。

大島系フクトコブシ：実験開始時の各水温区の平均体重は6.2～7.1gであった。その後、11月には体重の大

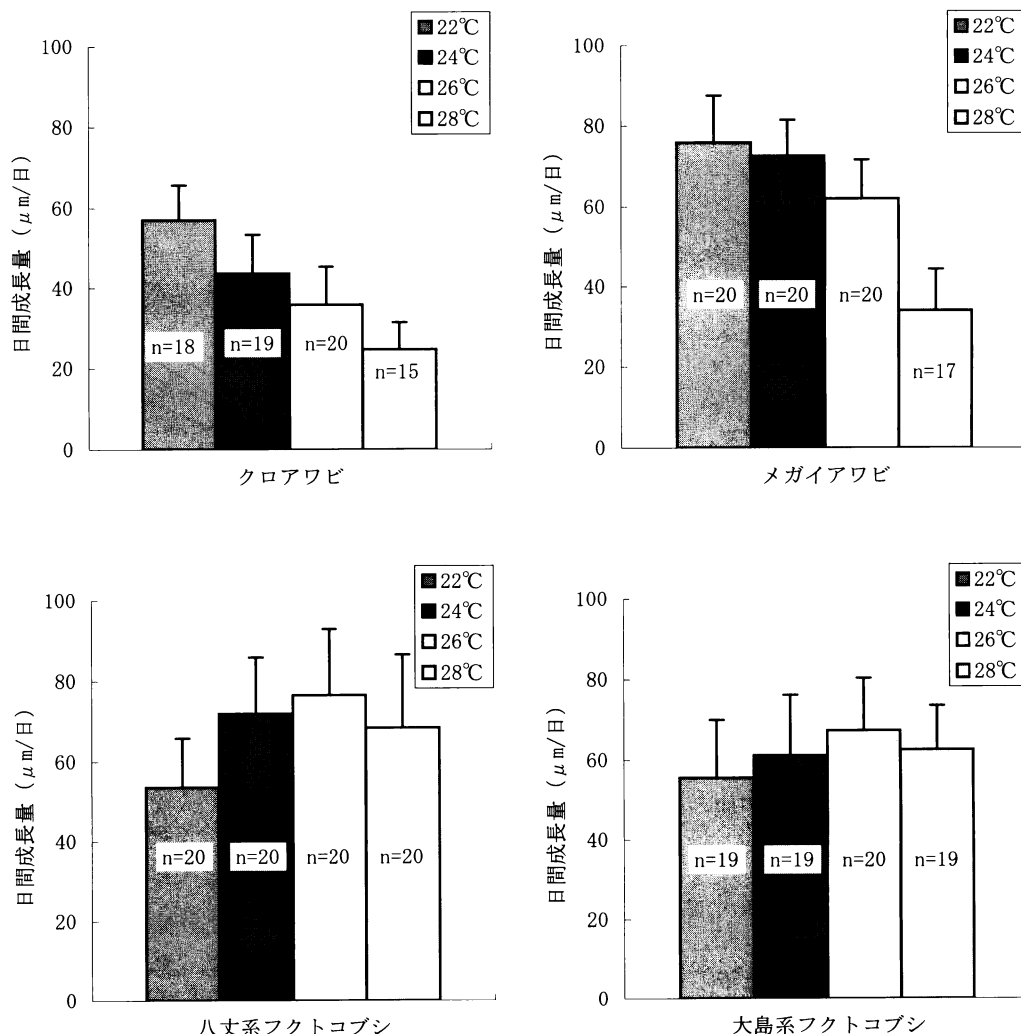


図4 実験終了時における殻長の日間成長量の平均値

きい方から26, 24, 22, 28℃区の順となり, 1月も同様であった。実験終了時の平均体重は22, 24, 26, 28℃区の順に, 14.0, 15.5, 15.2, 13.8gであった。

増重率 個体別に求めた増重率の水温区別の平均値(以下, 「増重率」と記す)を図6に示した。

クロアワビ: 増重率は, 22℃区が80.1%, 24℃区が47.5%, 26℃区が39.6%, 28℃区が24.0%と, 水温が高くなるに従って低下した。

メガイアワビ: 増重率は, 22℃区が83.2%, 24℃区が98.7%, 26℃区が75.1%, 28℃区が36.6%であり, 大きい方から24, 22, 26, 28℃区の順となった。

八丈系フクトコブシ: 増重率は, 22℃区が117.6%, 24℃区が134.4%, 26℃区が149.4%, 28℃区が133.8%であり, 大きい方から26, 24, 28, 22℃区の順となった。

大島系フクトコブシ: 増重率は, 22℃区が105.6%, 24℃区が117.6%, 26℃区が135.2%, 28℃区が126.1%であり, 大きい方から26, 28, 24, 22℃区の順となった。

同一種内の各水温区の増重率の平均値について有意水準5%で分散分析を行った結果, クロアワビ, メガイアワビ, 大島系フクトコブシについては有意な成長差が認められ, 八丈系フクトコブシについては有意な成長差は認められなかった。

考 察

生残率は, クロアワビの22, 24, 26℃区で各々90.0%以上であったが, 28℃区では75.0%と他の水温区よりも低かった。メガイアワビにおいても22, 24, 26℃区が生残率は100%であったが, 28℃区では85.0%と低く, クロアワビと同様の傾向が認められた。一方, 八丈系フクトコブシではいずれの水温区も生残率は100%, 大島系フクトコブシでは, いずれの水温区も95.0%以上と, 水温による生残率への影響は認められなかった。成長については, クロアワビで殻長, 体重ともにいずれの測定日においても22℃区が他の水温区を上回り, 28℃区が最も小さかった。また, 22℃区に対する24, 26, 28℃区の成長量は, 殻長の日間成長量が各々0.8倍, 0.6倍, 0.4倍, 増重率が各々0.6倍, 0.5倍, 0.3倍と水温が上がるに従って成長量が低下した。メガイアワビでも, 殻長, 体重ともいずれの測定日においても22℃区が他の実験区を上回り, 28℃区が最も小さかった。22℃区に対する24, 26, 28℃区の殻長の日間成長量は各々, 1.0倍, 0.8倍, 0.5倍と22℃区と24℃区で差がな

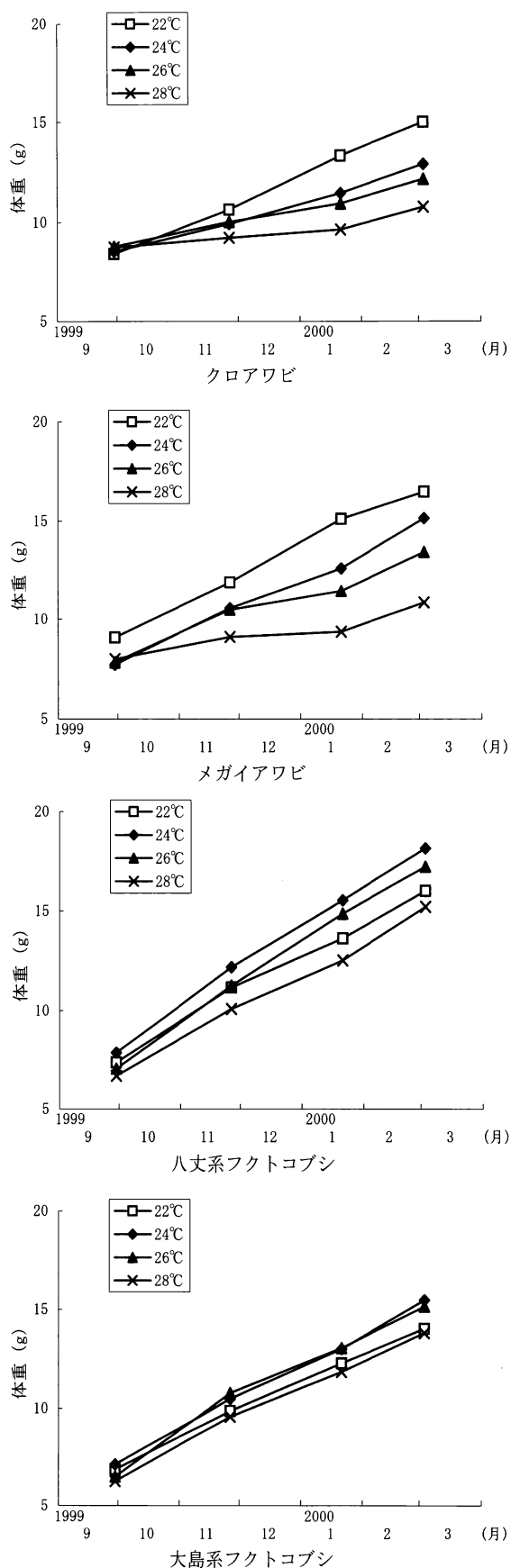


図5 実験期間中の体重の推移

く、24℃よりも水温が上がるに従って成長量が低下した。また、増重率は大きい方から24, 22, 26, 28℃区の順となった。

以上の生残率および成長経過から、22～28℃の水温帯においては、クロアワビで22℃、メガイアワビで22～24℃の範囲に養殖適水温があると考えられる。八丈系および大島系フクトコブシについては明瞭な成長差は認められなかったが、八丈系フクトコブシ、大島系フクトコブシとも26℃で最も成長が良く、22℃で最も成長が悪かったことから26℃付近に養殖適水温があると考えられる。

今回、著者らは22～28℃の水温範囲において実験を行った。しかし、クロアワビ、メガイアワビの2種については、22℃以下の水温に養殖適水温がある可能性も考えられたので、上記2種について、今後22℃以下の水温における水温と成長の関係を明らかにする必要がある。

要 約

1) 伊豆大島において、1997年に採卵、ふ化したクロアワビ、メガイアワビ、八丈島産親貝由来フクトコブシ、大島産親貝由来フクトコブシの4種類の稚貝を用い

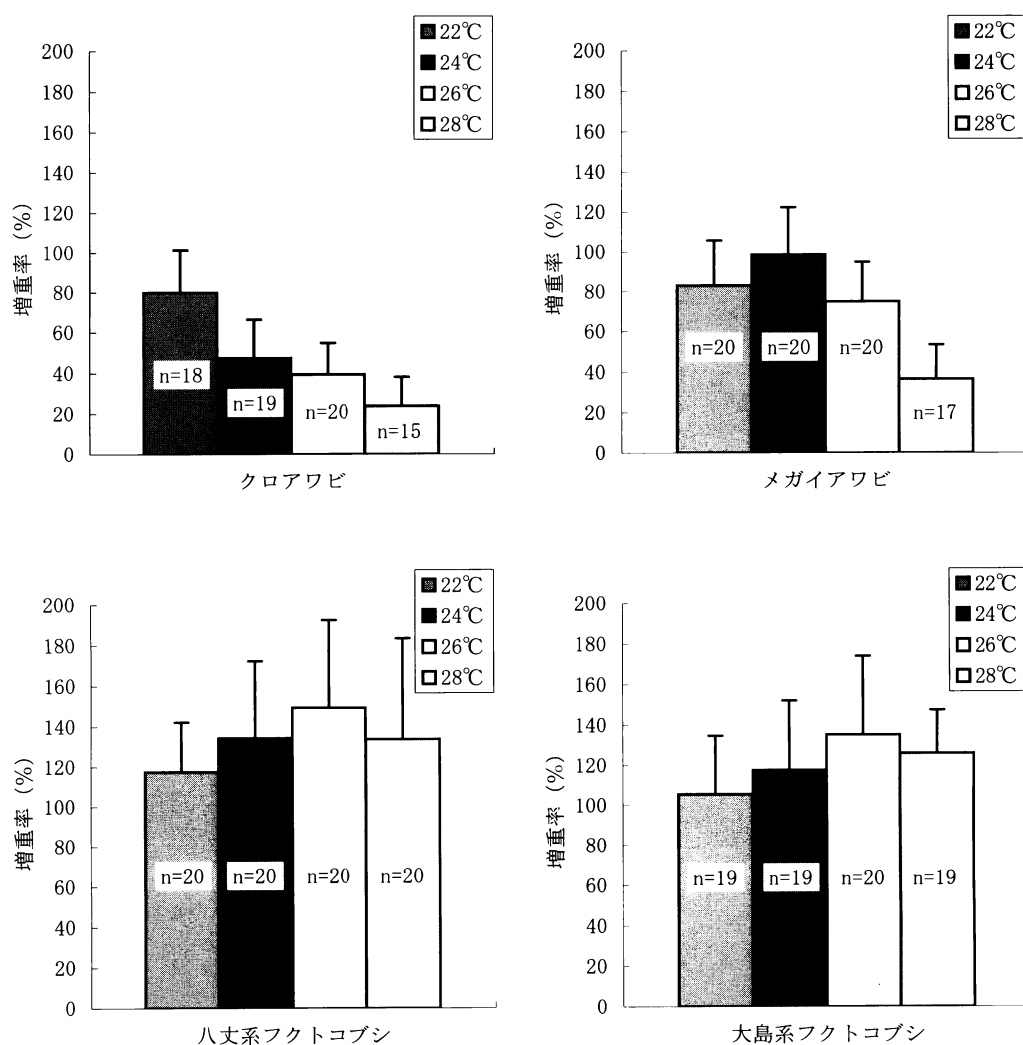


図6 実験終了時における増重率の平均値

て、1999年9月から2000年3月までの157日間の飼育により、22, 24, 26, 28℃の各飼育水温下における成長比較実験を行なった。

2) 生残率はクロアワビでは28℃区75.0%, 22℃区90.0%, 24℃区95.0%, 26℃区100%, メガイアワビでは28℃区が85.0%で、その他の3実験区は100%であった。フクトコブシでは八丈系は4実験区すべてで100%, 大島系は22, 24, 28℃区で95.0%, 26℃区で100%であった。

3) 殻長の日間成長量と増重率からみた成長は、クロアワビでは22℃, 24℃, 26℃, 28℃の順に良好で、メガイアワビでも殻長の日間成長量は同様ではあったが、増重率は24℃, 22℃, 26℃, 28℃の順となった。同様にフクトコブシの成長は八丈系では26℃, 24℃, 28℃, 22℃の順に、大島系では26℃, 28℃, 24℃, 22℃の順に良好であった。

4) 22～28℃の水温帯における各種類の養殖適水温は、フクトコブシで26℃、クロアワビで22℃、メガイアワビで22～24℃の範囲にあるものと思われる。

謝 辞

本研究の実施にあたり、終始御指導をいただいた東京都水産試験場の村井衛資源管理部長、米沢純爾副参事研究員および飼育について終始御協力いただいた同試験場大島分場の山田兼喜智、笹本光敏、目沢康生の各氏に感謝する。また、本稿の校閲を賜った東京都水産試験場大島分場の青木雄二分場長と加藤憲司主任研究員にも厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 駒澤一朗・工藤真弘・杉野隆 (2004) 伊豆諸島産アワビ類に対する不稔性アナアオサと配合飼料の餌料価値の比較. 東京水試調査研報, (213) : 44-52
- 2) 中島敏光 (2000) 21世紀の資源, 海洋深層水を利用する, 魚介類の飼育. 養殖, 37(9) : 74-79.
- 3) 東京都水産試験場 (2003) 海洋深層水の試験採水. 水産試験場事業成果速報平成14年版: 222.

付表 1 クロアワビの測定日ごとの平均殻長、平均体重、生残率

測定年月日	22℃区			24℃区			26℃区			28℃区		
	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)
99. 9. 29	20	39.5	8.4	100.0	20	39.1	8.5	100.0	20	40.0	8.8	100.0
99.11.26	20	43.2	10.6	100.0	20	41.7	9.9	100.0	20	42.5	10.0	100.0
00. 1. 21	20	46.2	13.3	100.0	19	43.9	11.5	95.0	20	43.8	10.9	100.0
00. 3. 3	18	48.6	15.0	90.0	19	46.2	12.9	95.0	20	45.6	12.2	100.0
												75.0
												75.0

付表 2 メガイアワビの測定日ごとの平均殻長、平均体重、生残率

測定年月日	22℃区			24℃区			26℃区			28℃区		
	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)
99. 9. 29	20	42.3	9.1	100.0	20	40.5	7.7	100.0	20	41.0	7.8	100.0
99.11.26	20	47.3	11.9	100.0	20	44.9	10.6	100.0	20	45.6	10.5	100.0
00. 1. 21	20	50.9	15.1	100.0	20	48.7	12.6	100.0	20	48.0	11.4	100.0
00. 3. 3	20	54.2	16.5	100.0	20	51.9	15.2	100.0	20	50.7	13.4	100.0
												85.0
												85.0

付表 3 ハ丈系フクロコブシの測定日ごとの平均殻長、平均体重、生残率

測定年月日	22℃区			24℃区			26℃区			28℃区		
	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)
99. 9. 29	20	38.1	7.4	100.0	20	38.5	7.9	100.0	20	37.7	7.1	100.0
99.11.26	20	41.5	11.2	100.0	20	42.9	12.2	100.0	20	42.4	11.3	100.0
00. 1. 21	20	44.4	13.6	100.0	20	47.7	15.5	100.0	20	47.1	14.9	100.0
00. 3. 3	20	46.5	16.0	100.0	20	49.8	18.1	100.0	20	49.7	17.2	100.0
												100.0
												100.0

付表 4 大島系フクロコブシの測定日ごとの平均殻長、平均体重、生残率

測定年月日	22℃区			24℃区			26℃区			28℃区		
	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)	個体数 (個)	平均殻長 (mm)	平均体重 (g)	生残率 (%)
99. 9. 29	20	36.8	6.8	100.0	20	37.3	7.1	100.0	20	36.7	6.5	100.0
99.11.26	20	40.5	9.9	100.0	20	40.7	10.5	100.0	20	41.2	10.8	100.0
00. 1. 21	19	43.4	12.3	95.0	19	45.0	13.0	95.0	20	45.0	13.1	100.0
00. 3. 3	19	45.6	14.0	95.0	19	46.8	15.5	95.0	20	47.3	15.2	100.0
												95.0
												95.0