

フクトコブシ稚貝の成長に餌料と飼育籠 設置方式が与える影響

米山純夫*¹・木本 巧*²

Effects of Diet and Arrangements of Rearing Cages on the Growth of Juvenile Small Abalone *Haliotis diversicolor diversicolor*

Sumio Yoneyama and Takumi Kimoto

Abstract

Juvenile small abalone with 20 mm in approximate shell length were reared for one year on five diets, red alga *Gelidium amansii*, brown alga *Sargassum nipponicum*, dried *Laminaria* sp., artificial food and brown alga *Hypnea japonica*. The small abalone were also reared in four kinds of cage arrangements in a large tank, namely, setting on a beer case, piling up in four strata, hanging down and setting on the bottom of the tank. Growth of small abalone was most rapid, 20.1 mm/year, when it fed upon *G. amansii*, while those fed upon artificial diet and *Laminaria* were slow. Although *Hypnea japonica* promoted higher growth rate than *G. amansii*, it was only available from March to May when it was abundant in coastal waters. Small abalone grew best when reared in a cage setting on the bottom of the tank and the growth rates of those reared in other cage types were similar to each other. Increase of biomass per bottom space was greatest in the arrangement where cages were piled up. Survival rates were high in the groups which had the high growth rates.

伊豆諸島八丈島ではフクトコブシ *Haliotis diversicolor diversicolor* は最も重要な貝類資源であるが、その漁獲量は1973年に68tに達したあと大幅に減少し、近年は10t以下に低迷している。トコブシ養殖は落ち込んだ生産量を増加させるだけでなく、春から夏の漁期に限られるトコブシの供給を周年可能にし、また、漁獲制限殻長にかかわらず小型貝の出荷を可能にするなど、多くの利点を持っている。トコブシを含むアワビ類の養殖はカリフォルニア・台湾などで行われており、カリフォルニアでは、*H. rufescens*, *H. fulgens*, *H. corrugata* を陸上水槽と海中の籠で養殖し、¹⁾ その生産量は北米の全生産量の5%を占めている。²⁾ 台湾では1977年頃からトコブシ *H. diversicolor supertexta* の潮間帯養殖が始まり、その後陸上水槽でも養殖が行われるようになった。1976年以前は60t以下の漁獲量であったが、近年は養殖により1千tを越える生産を上げる

に至った。^{3,4)} この他養殖を目指した飼育試験例は多く、チリでは *H. rufescence*,⁵⁾ ニュージーランドでは *H. iris*,⁶⁾ タイでは *H. asimina*⁷⁾ について行われている。

日本では1983年頃から岩手県・宮城県などで陸上水槽を使った大規模なアワビ養殖が試みられたが、その後経営に行き詰まり、⁸⁾ 現在は北海道、岩手県、千葉県、佐賀県などで小規模に行われているに過ぎない。^{9-10,11)} かつての東北地方におけるアワビ類の陸上養殖では、出荷まで4年から4年半の経費をどう克服するかが問題であった。⁸⁾ 一方、八丈島の漁場におけるフクトコブシの成長をみると、孵化後1年で殻長41mm、2年で61mmと非常に速く、¹²⁾ 養殖により短時間で出荷サイズに成長させることも可能と考えられた。

伊豆諸島におけるフクトコブシの飼育はこれまで種苗生産用の母貝および採卵後放流までの稚貝を対象と

キーワード: トコブシ, 成長, 餌料, 飼育籠

所 属: *1 東京都水産試験場, *2 東京都水産試験場八丈分場

連絡先: 〒105-0022 東京都港区海岸 1-13-17

して行われており、また、漁場における海藻の餌料価値を明らかにするため、幾つかの餌料を用いた試験が行われてきたが、¹³⁾¹⁴⁾ 出荷サイズまでの養殖の試みは成されていない。そこで、伊豆諸島とりわけ八丈島においてトコブシ養殖技術を開発するため、餌料が成長に与える影響および飼育籠の設置方法が成長に与える影響について調査した。餌料としては、八丈島で入手し易いマクサ（テングサの一種）、タマナシモク、乾燥コンブ、配合飼料、カギイバラノリを用い、飼育籠の設置方法としては、底面設置、台上設置、垂下、4段重ねとした。

方法

東京都水産試験場八丈分場において1993年6月2日～1994年6月1日までの1年間、フクトコブシ稚貝を飼育した。1992年8月に伊豆大島の東京都栽培漁業センターで大島産トコブシ母貝から採卵し、1993年5月まで同センターで育成した個体を八丈島に輸送し供試した。

餌料試験では、マクサ *Gelidium amansii*、タマナシモク *Sargassum nipponicum*、乾燥コンブ（岩手県産）、配合飼料、カギイバラノリ *Hypnea japonica* を残餌が残る程度に投与した。配合飼料は八丈島輸送前に栽培センターで投与していたアワビ用ペレットを用い、マクサ・タマナシモク・カギイバラノリは八丈島周辺で採取し水槽中で蓄養したものを用いたが、これらの海藻は流水中でエアレーションを施しても次第に葉部の変色・脱落・枯死が起るため、1週間から10日毎に新たに海域から採取し、常に新鮮な藻体を投与した。タマナシモクは秋には枯死して漁場から採取できなくなるため、9月から12月の4ヶ月間はタマナシモクに換えてマクサを投与した。カギイバラノリは八丈島周辺では春季にのみ繁茂するため、3～5月の3ヶ月間のみ試験を行った。飼育容器としてはプラスチック籠（46×30×H16cm）を用い、底部の2ヶ所に幅12cmの帯状にセメントを塗り附着基盤とするとともに、籠中に瓦を置いてシェルターとした（図1）。各飼育籠は半屋外に設置した大型水槽（3×1.5×D1m）中のビールケース（37×45×H30cm）の上に置き、網蓋上に重りを乗せ飼育籠を安定させた。

飼育籠設置方式試験では底面・多段・台上・垂下の4種の設置方式を試み（図1）、このうち、水槽底面飼

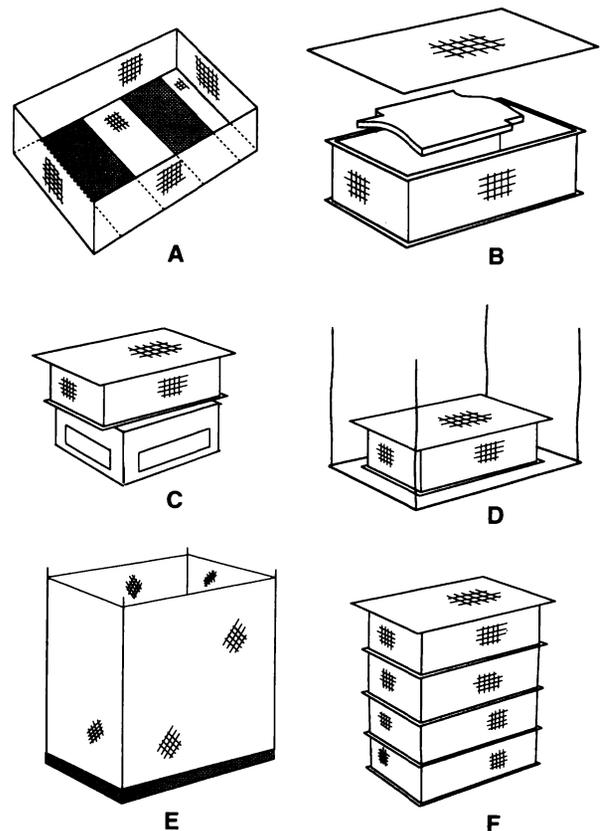


図1 飼育籠と設置方式。
A・B, 飼育籠; C, 台上設置
D, 垂下; E, 底面設置; F, 多段設置

育では65×50×H13cmのプラスチック板を餌料試験と同じ大型水槽の底面に設置し、板側面から水面上まで網を立ち上げフクトコブシ稚貝の逸散を防ぐと共に、板上に瓦4枚を敷きシェルターとした。多段飼育では餌料試験と同じプラスチック飼育籠を4段に重ね大型水槽に設置した。台上飼育では餌料試験と同様ビールケース上に飼育籠を置き、垂下飼育では水面下30cmに吊るした網板上に飼育籠を置いた。設置方式試験の餌料としてはタマナシモクを用い、タマナシモクの枯死する9～12月はマクサを投与した。

毎週3回隔日に小型ポンプによる水流の吹きつけと、サイホン吸引により籠中の残餌・糞を取り除き清掃した。半月に1回大型水槽中の水を落とし水槽内部を清掃すると共に、飼育籠を取上げて籠の内面・外面および瓦を清掃し、清掃終了後に各試験区の設置位置を変え、水槽中の位置が試験区間の成長の偏りをもたらすことを防いだ。注水量は毎分30ℓとし、エアレーショ

表1 フクトコブシの成長

(殻長 mm)

	マクサ	タマナシモク	干コンブ	配合飼料	カギイバラノリ	底面飼育	台上飼育	垂下飼育	多段1段	多段2段	多段3段	多段4段
固体数	39	35	25	10	37	33	35	33	33	35	35	32
1993. 6. 2	22.1	21.9	20.8	21.8		20.6	22.0	20.9	20.0	19.5	21.2	21.4
7. 2	23.3	22.6	21.7	23.9		22.4	22.6	21.8	21.0	20.1	22.3	21.9
8. 2	26.0	23.6	23.4	26.5		24.5	23.6	23.0	22.3	21.2	23.4	22.9
9. 1	28.7	24.8	24.7	28.1		27.2	24.8	24.4	24.1	22.8	25.0	24.2
10. 1	30.9	26.3	25.9	29.2		29.0	26.3	26.1	25.7	24.6	26.7	25.6
11. 1	33.2	28.9	27.5	29.9		31.4	28.9	28.8	28.7	27.4	29.6	27.8
12. 3	35.2	31.2	29.3	30.5		33.6	31.2	30.8	30.7	29.6	31.5	30.2
1994. 1. 4	37.1	33.5	30.4	31.0		36.0	33.5	32.9	32.8	31.8	33.5	32.6
2. 2	38.2	34.9	31.1	31.1		37.5	34.9	34.1	34.2	32.9	34.6	34.1
3. 3	39.2	35.7	31.5	31.2	35.4	38.1	35.7	35.0	34.7	33.7	35.2	34.9
4. 1	40.1	36.9	31.8	31.5	36.8	39.2	36.9	36.0	35.5	34.7	35.9	35.9
5. 2	41.1	37.9	32.0	31.7	39.0	40.2	37.9	37.1	36.3	35.6	37.0	37.1
6. 1	42.2	38.6	32.6	32.0	41.0	40.7	38.6	38.2	37.0	36.7	37.9	37.8
'93.6-'94.6	20.1	16.6	11.8	10.2		20.1	16.6	17.3	17.0	17.2	16.7	16.4
'93.6-'93.8	6.6	2.8	3.9	6.3		6.6	2.8	3.5	4.1	3.3	3.8	2.8
'94.1-'94.6	5.1	5.1	2.2	1.0		4.7	5.1	5.3	4.2	4.9	4.4	5.2
'94.3-'94.6	3.0	2.9	1.1	0.8	5.6	2.6	3.0	3.2	2.3	3.0	2.7	2.9

多段の1段目は最下段

ンは各飼育籠の間で行った。

飼育密度は 300個/m²を基準とし、底面飼育では80個体、籠飼育では40個体を収容した。供試員が斃死した場合は、別に飼育した同程度の殻長の個体を補給し、飼育密度を一定に保った。籠飼育では40個体全ての殻表に、底面飼育では80個体中40個体の殻表に No プレート貼付し、個体識別した。1ヶ月毎に籠を取上げ、トコブシの殻長を基盤に付着した状態のままノギスにて測定した。各月の平均殻長の算出に当たっては、飼育期間の途中に斃死した個体を除き、1年間生残した個体についてのみ集計した。

結果

餌料試験による成長を表1・図2に示した。配合飼料区は試験開始直後の6・7月には良好な成長を示したが、その後徐々に成長が衰え、1月以降の成長は非常に悪く、年間成長量は10.2mmと4種の中で最も悪かった。乾燥コンブ区は6～11月まではほぼ直線的な成長を示すが、12月から成長が大きく落ち込み、年間成長量は11.8mmと生海藻投与区に大きく劣った。タマナシモク区は、飼育開始当初の6～8月は4種餌料中最も成長が悪かったが、タマナシモクからマクサに餌料を変えた9～12月には良好な成長を示し、再びタマナシモクを投与した1～4月には成長量は低下するものの、マクサ投与とはほぼ同じ成長であった。本区の年間成長は配合飼料区・コンブ区に比べ有為に良かつ

表2 飼育フクトコブシの平均増重量

試験区	開始時重量	終了時重量	増重量
マクサ	1.30	9.67	8.37
タマナシモク	1.26	7.19	5.93
乾燥コンブ	1.08	4.28	3.20
配合飼料	1.25	4.30	3.05
底面飼育	1.05	8.09	7.04
台上飼育	1.26	7.19	5.93
垂下飼育	1.09	7.04	5.95
多段第1段	1.21	6.63	5.42
多段第2段	1.14	6.67	5.53
多段第3段	0.86	5.96	5.10
多段第4段	0.95	6.03	5.08

た ($p<0.01$)。マクサ区では試験を開始した6月の成長は1.28mm/月とやや劣るが、7月以後急速に成長し、12月以降やや鈍化する。年間成長は20.1mmと上記3種を有為の上回った ($p<0.01$)。カギイバラノリ区は3～5月のみの試験であったが、他の試験区の成長を大きく上回り、3ヶ月間で5.6mmとマクサ区の2倍近い成長を示した。試験期間中の増重量をみると(表2)、殻の成長と同様マクサ区が最大であった。

飼育籠の設置方式別の成長を表1、図3・4に示した。多段式飼育では、各段の間に有為な成長差はみられず、年間成長量は16.4～17.2mmであった。底面飼育、台上飼育、垂下飼育、多段飼育の年間成長を比較すると、底面飼育が20.1mmと他の飼育方式を2.9～3.7mm上回り、この違いは主として飼育開始後3ヶ月間の6～8月に生じている。台上飼育では飼育開始後約3ヶ月間の成長は他の飼育方式を下回るが、その

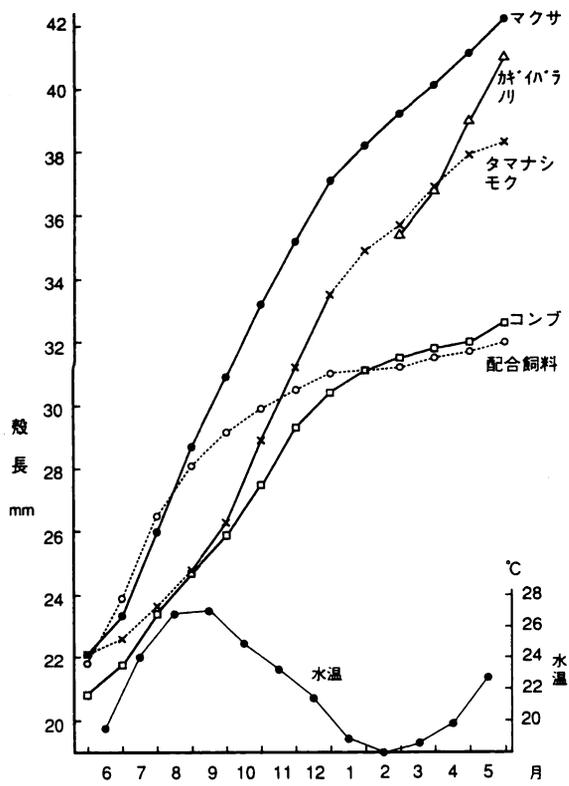


図2 5種餌料によるフクトコブシの成長
タマナシモク投与区の9～11月（実線部）はマクサを投与

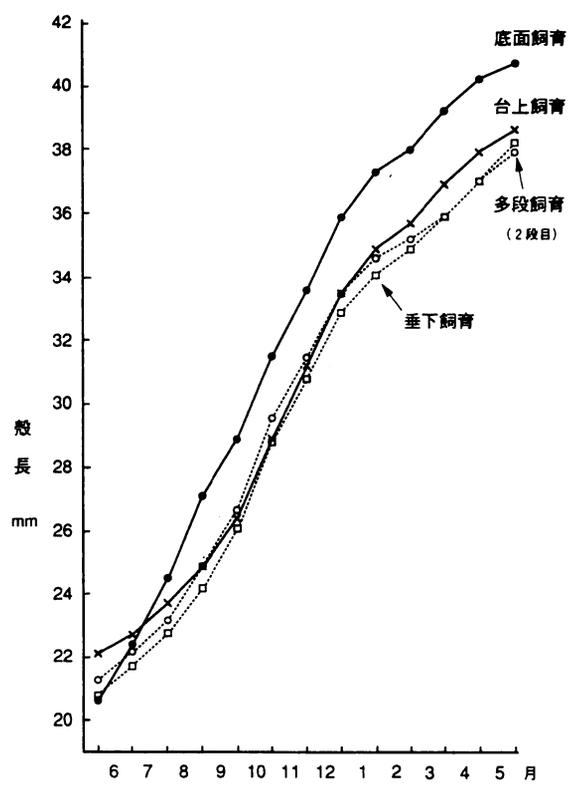


図3 飼育籠の設置方式とフクトコブシの成長

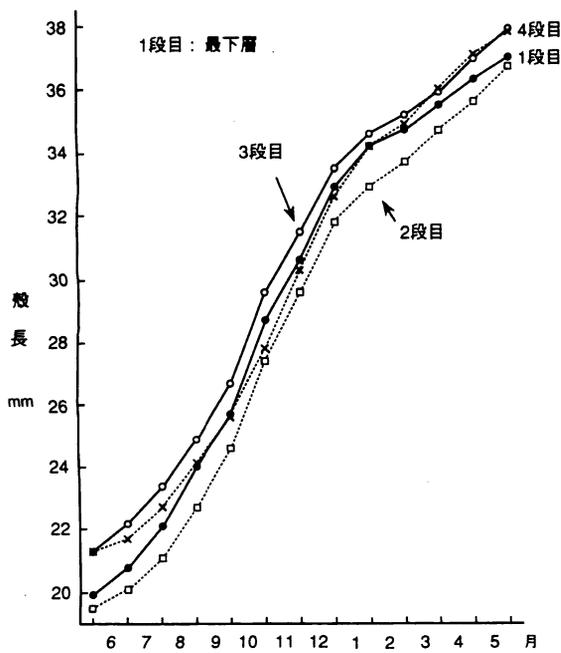


図4 多段飼育における各段の成長

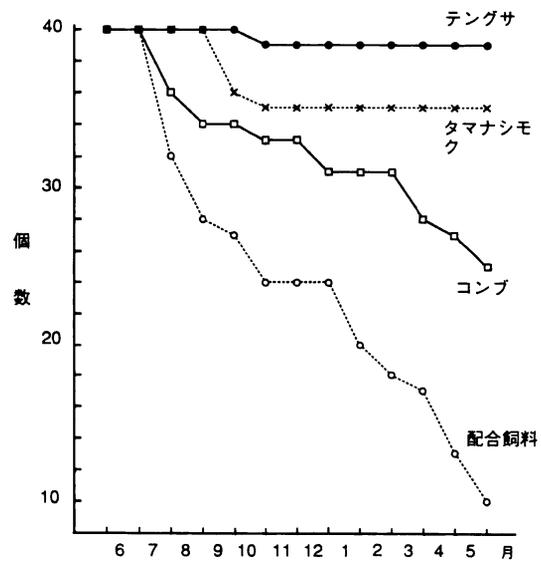


図5 餌料試験における生残数の推移

後回復し、年間成長量では、垂下飼育、多段飼育との間に有為な差はみられなかった。

月平均水温は、2月に18.0℃と最も低く9月に27.0℃と最高を示しており（図2）、水温が低下する1月から4月に成長の悪くなる傾向がみられた。各試験区の生残数の推移を図5に示した。マクサ投与区の年間斃死は僅か1個体、生残率は97.5%と良好で、タマナシモク投与区も87.5%と比較的良かった。これに対し、乾燥コンブ区では62.5%、配合餌料区では25.0%と両区の生残率は非常に悪かった。成長と生残率は比例し、成長の良い区ほど生残率も高かった。飼育籠設置方式試験の生残率は80.0~87.5%と各試験区の間大きな違いはみられなかった。

考 察

餌料海藻とアワビ類の成長の関係について、Chen¹⁵⁾はトコブシ *Haliotis diversicolor supertexta* にオゴノリ *Gracilaria sp.* とアオサ *Ulva sp.* および配合飼料を投与し、オゴノリの成長が最も良いとし、Stuartら¹⁶⁾はヘリトリアアワビ *Haliotis iris* に *Gracilaria chilensis*, *Ulva lactuca*, *Macrocyctis pyrifera* を投与し、3種混合投与もしくは *G. chilensis* の単独投与で成長が良いとした。菊地ら¹⁷⁾は20種の海藻を殻長20~28mmのエゾアワビに投与し、ワカメ・アラメにより良好な成長が得られるとした。伊豆諸島に多量に着生するマクサとタマナシモクの餌料価値については、大島で短期間の調査例があり、両餌料を単独投与したトコブシの1ヶ月間の成長はそれぞれ0.8mm, 1.0mmと良いものではなかった。¹⁴⁾しかし、漁場から採捕したトコブシの消化管内容物はテングサが主体であり、¹³⁻¹⁸⁾選択的にテングサを摂餌する傾向のみられることから、¹⁹⁾マクサを主体とするテングサの餌料価値は高いと推測された。本試験ではマクサ投与区で年間20.1mmの成長を示し、タマナシモク・乾燥コンブ・配合飼料区を上回り、マクサが優良な餌料であることが裏付けられた。マクサ投与区とタマナシモク投与区の成長を季節的に比較すると、6~8月はマクサ区で6.6mmであるのに対し、タマナシモク区は2.8mmとマクサ区の成長が大きく勝っていたが、1~5月は両区とも5.1mmと全く差がみられなかった。6~8月にのみマクサ区とタマナシモク区の成長に違いが生じた要因としては、両海藻の栄養成分の季節変化や、稚貝の成長

に伴う栄養要求の変化の可能性だけでなく、マクサ・タマナシモクの表面に付着する微小海藻の種・量が季節的に変化することも考慮する必要がある。アワビ稚貝の優良餌料である珪藻はテングサの表面に多量に付着し、¹⁹⁾水中では褐色を帯びることがある。伊豆諸島ではこの状態のテングサをヌマ付きと呼び例年晩夏に多くみられる。6~8月は珪藻の着生量が多い時期と考えられ、マクサ投与区で成長が良かった時期と一致する。今後藻体上の珪藻量とフクトコブシの成長との関係についても検討する必要がある。

カギイバラノリ区は投与した3ヶ月間についてみれば、マクサ区のほぼ2倍の成長を示し極めて餌料価値の高いことが分かる。しかしこの海藻は繁茂期間が3~5月と非常に短く、かつ着生水深が2~3m以浅と浅いため急深な伊豆諸島では分布域が限られ、着生量は少ない。このためトコブシ養殖の餌料としては補助的な役割に止まらざるを得ない。配合飼料区は、殻長27mm前後までは良好な成長を示すがその後急速に停滞しており、成長の進んだ貝に対する餌料価値は低いことが分かる。

垂下飼育と台上飼育の成長には差がなく、多少の籠の動揺は成長に影響を与えないことがわかる。しかし本試験の垂下飼育では籠の揺れは僅かで、海域の表層や中層の垂下条件を再現し得てはならず、この点についてはさらに検討する必要がある。4段飼育では各層間の成長に差はなく、また台上の単層飼育との間にも差はみられなかった。底面飼育は4段飼育の成長を上回っているが、籠底面積(0.138m²)当たりの年間生産量をみると(平均増重量と生残数から算出)、4段飼育では713gと底面飼育の197gを大きく上回ることから、養殖に当たっては水槽の深さを利用し籠を重ねることが有効と考えられる。

生残率についてみると、配合飼料投与区の生残率が特に悪かった。同区では2日置きに籠清掃時に残餌の周辺に黒い還元域が形成され、水質が悪化していることを示していた。成長の良い区ほど生残率は高かったが、前記の現象は、トコブシの成長が投与された餌料の栄養価だけでなく、餌料の投与による水質の変化にも影響されることを示唆している。

本試験によるフクトコブシ種苗の成長は、最も良いテングサ投与区および底面飼育区で年間20.1mm、月平均1.68mmであった。企業化されているアワビ類養

殖による成長をみると、カリフォルニアのアワビ養殖では2年半で殻長80mmに成長し²⁰⁾月平均成長量は2.6mm、台湾のトコブシ養殖では、孵化1年後に43mm、2年後に69mm、2年間の月平均成長量は2.9mmと本試験による成長を上回っている。²¹⁾ フクトコブシ養殖の事業化のためにはさらに飼育方法を改良する必要がある。

謝 辞

本調査の実施に際し、東京都水産試験場八丈分場の職員諸氏ならびに河合香、金川多恵美、岩崎英子の諸氏に多大の協力を頂いた。また本報告をまとめるに当たり岩手県水産技術センターの佐藤啓一氏には貴重な情報と文献を提供頂いた。ここに謝意を表す。

要 約

- 1) フクトコブシ稚貝(殻長約20mm)を餌料5種および飼育籠の設置方式4種により1年間水槽飼育し、成長を明らかにした。
- 2) 年間の殻長成長量はマクサ投与区で20.1mmと最も良く、次いでタマナシモク区、乾燥コンブ区、配合飼料区の順であった。
- 3) カギイバラノリは3~5月の繁茂期のみ飼育であったが、成長量は5.6mmとテングサの約2倍の成長であった。
- 4) 飼育籠の設置方式4種を比較すると、水槽底面に設置した籠による成長が最も良く、残る台上飼育、垂下飼育、多段飼育による成長には有為な差はみられなかった。
- 5) 餌料試験における生残率は、成長の良い区ほど高い傾向がみられた。

引用文献

- 1) Ebert, E. E. (1992). Abalone aquaculture: a North America regional review, in "Abalone of the World" (ed. by Shepherd, S. A., Tegner, Mia J., and Gunzman Del Proo, S. A.), Fishing News Books, London, pp. 570-582.
- 2) Leighton, D. L. (1989). Abalone (Genus *Haliotis*) mariculture on the North American Pacific coast. *Fishery Bulletin*, 87(3), 689-702.
- 3) Chen, H. C. (1989). Farming the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta*, in Taiwan, in "Handbook of culture of abalone and other marine Gastropods" (ed. by K. O. Hahn), CRC Press, Florida, pp. 265-282.
- 4) 楊鴻喜・丁雲源 (1990). 九孔陸上養殖法專輯, 台湾省水産試験場台南分所, pp. 1-45.
- 5) Owen, B., L. H. DiSalove, E. Ebert and E. Fonck (1984). Culture of the California red abalone *Haliotis rufescens* Swainson (1822) in Chile. *The Veliger*, 27(2), 101-105.
- 6) Tong, L. J. and G. A. Moss (1992). The New Zealand culture system for abalone, in "Abalone of the World" (ed. by Shepherd, S. A., Tegner, Mia J., and Gunzman Del Proo, S. A.), Fishing News Books, London, pp. 583-591.
- 7) Singhagraiwan, T. and M. Sasaki (1991). Growth rate of donkey's ear abalone, *Haliotis asinina* Linne, cultured in tank. *Thai Mar. Fish. Res. Bull.*, 2, 95-100.
- 8) 境一郎 (1990). アワビ養殖の現況と将来. 養殖, 27(2), 97-99.
- 9) 宮本建樹 (1994). アワビの養殖について. 北水試だより, 26, 7-13.
- 10) 玉井雅史 (1995). 沈設型養殖施設によるメガイアワビおよびマダカアワビの成長と生残率. 千葉水試研報, 53, 43-45.
- 11) 久保居善一 (1992). アワビ養殖に取り組んで. 漁村, 58(12), 32-38.
- 12) 東京水試 (1978). 八丈島のフクトコブシ増殖に関する基礎調査 II. 東京水試調査研究要報, 133, 1-101.
- 13) 東京水試 (1969). 昭和43年度指定研究磯根資源調査報告書. 東京水試調査研究要報, 69, 1-38.
- 14) 東京水試 (1984). 海藻のフクトコブシ稚貝に対する餌料効果試験. 東京水試昭和58年度事業報告, 64-66.
- 15) Chen, H. C. (1984). Studies on the aquaculture of small abalone *Haliotis diversicolor*, in Taiwan. TML Conference Proceedings, 1, 143-160.
- 16) Stuart, M. D. and M. T. Brown (1994). Growth and diet of cultivated blackfooted abalone *Haliotis iris* (Martyn). *Aquaculture*, 127, 329-337.
- 17) 菊省吾・桜井保雄・佐々木実・伊藤富夫 (1967). 海藻20種のアワビ稚貝に対する餌料効果. 東北水研報, 27, 93-100.
- 18) 西村和久 (1975). 伊豆諸島における貝類増殖に関する研究. 東京水試調査研究要報, 120, 1-67.
- 19) Takano, H. (1961). Epiphytic diatoms upon Japanese agar sea-weeds. *Bulletine of Tokai Regional Fisheries Research*

Laboratory 31, 289-274, Plate I-II.

20) Ebert, E. E. (1990). Growth and status of abalone aquaculture in California. *Journal of Shellfish Research.*, 14, 235-236.

21) Chen, H. C. (1984). Recent innovations in cultivation of edible Molluscs in Taiwan with special reference to the small abalone *Haliotis diversicolor* and the hard clam *Meretrix lusoria*. *Aquaculture*, 39, 11-27.