

三重県国崎地先におけるクロアワビとメガイアワビの種苗放流効果

竹内泰介¹, 松田浩一^{2†}, 徳沢秀人³, 山川 卓⁴Stocking efficiency of juvenile abalones, *Haliotis discus discus* and *H. gigantea*, on the coast of Kuzaki, MieTaisuke TAKENOUCI¹, Hirokazu MATSUDA^{2†}, Hideto TOKUZAWA³ and Takashi YAMAKAWA⁴

Twelve groups of juvenile abalones of each *Haliotis discus discus* and *H. gigantea* were released in three fishing grounds (Yoroizaki, Nagama and Aramishita) off Kuzaki, Toba City, from 1992 to 2003 to examine the effects of species, release season and fishing ground on recapture rate and economic efficiency. To estimate the stocking efficiency exactly, release of juveniles in each fishing ground was conducted every three years. Four groups released and recaptured in the same fishing ground were easily separated from each other by using the analysis of shell length frequency data sets because the peak in the distribution of shell length for each group was obviously observed. The abalones were recaptured 2–7 years after release by Ama divers. As a trend, recapture rate of *H. gigantea* (mean=5.5%) was higher than that of *H. discus discus* (mean=3.5%), although not significant (Mann-Whitney *U*-test). Mean recapture rates of groups released in spring (3.8% for *H. discus discus* and 3.5% for *H. gigantea*) tended to be higher than those of groups released in fall/winter (0.7% for *H. discus discus* and 2.5% for *H. gigantea*), but also not significant (*t*-test). Recapture rate and economic efficiency for abalones released in the Nagama fishing ground were significantly higher than those in the other grounds both for *H. discus discus* and *H. gigantea* (ANOVA). Mean economic efficiency indices for the releases of juveniles were 1.4 and 1.8 for *H. discus discus* and *H. gigantea*, respectively, showing that release of juveniles is economically efficient. The present study indicates that choices of species, release time and fishing ground are important for effective release of juvenile abalones.

Key words: abalone, economic efficiency, *Haliotis discus discus*, *Haliotis gigantea*, recapture rate

はじめに

アワビ類は、沖縄県を除いて、外洋に面した都道府県の沿岸の岩礁域で漁獲される水産生物であり、単価が高いことから、海女などによる潜水漁業や鉤などを用いる磯見漁業の重要な漁獲対象種となっている（青森県ほか、1990）。このため、アワビ類の安定生産に向けた資源維持、増殖の

ための種々の取り組みが長年行われてきた（たとえば、井上、1976；堀井、1998；小島、2005）。近年はアワビ類の漁獲量が全国的に大きく減少しており（河村、2002；長谷川、2003；松田ほか、2004）、これらの取り組みはいっそう重要となっている。特に、生産された種苗を放流し、成長した後に漁獲する栽培漁業は、移動性が小さいというアワビ類の特性によって、放流した地先で効率的な再捕が期待できるなどの観点から、全国各地で推進されている（小島、1994）。

日本におけるアワビ類の人工種苗を用いた栽培漁業は、1960年代前半から精力的に実施された種苗の大量生産技術の開発を経て、1970年代後半から本格的に実施され、1978年度には約800万個体の人工種苗が放流された。その後も放流数は増加を続け、2006年度の放流数は、寒流系のエゾアワビ *Haliotis discus hannai*、暖流系のクロアワビ *H. d. discus*、メガイアワビ *H. gigantea*、マダカアワビ *H. madaka* の大型アワビ類の合計で約2,500万個体に達している（水産庁ほか、1980–2008）。これらアワビ類の種苗放

2009年2月24日受付、2009年9月29日受理

¹ 三重県農水産商工部水産資源室

Fisheries Resources Office, Department of Agriculture, Fisheries, Commerce and Industry, Mie Prefectural Government, Koumeicho, Tsu, Mie 514–8570, Japan

² 三重県水産研究所

Mie Prefecture Fisheries Research Institute, Hamajima, Shima, Mie 517–0404, Japan

³ 三重県栽培漁業センター

Mie Fish Farming Center, Hamajima, Shima, Mie 517–0404, Japan

⁴ 東京大学大学院農学生命科学研究科

Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113–8657, Japan

† matsuh07@pref.mie.jp

流は、井上 (1976) などによって示された好適な放流条件と、青森県など5県によってまとめられた「アワビ種苗放流マニュアル」(青森県ほか, 1990) を基本として、各都道府県や漁業協同組合の独自の工夫が加えられて実施されている。

放流種苗の再捕状況に関する調査も、放流事業の拡大とともに各地で実施されているが(由良野ほか, 1982; 田内, 1984; 太刀山・二島, 1993; Hamasaki and Kitada, 2008 など)放流後の稚貝の成長には個体差が大きく、放流の2, 3年後から5~6年間の長期にわたって再捕されるために(太刀山・二島, 1993), 種苗が複数年で連続して放流されている地区においては、再捕された放流貝の放流年を特定することが困難となる。したがって、放流した種苗が漁獲により再捕される割合(以下、回収率とする。生涯回収率と呼ばれる場合もある)を放流群ごとに正確に算出するには困難を伴う。

漁獲された放流貝の放流年を特定するには、貝殻にある輪紋数の確認、標識の装着が有効とされている(青森県ほか, 1990)。アワビ類の殻にあり直接観察できる輪紋は年齢形質になるとされているが(石田ほか, 1982; 小島, 2005), 輪紋数を正確に読み取るには熟練を要するうえに、1年に2本以上の輪紋が形成される疑輪の存在も報告されている(井上・大場, 1980; 米山, 1991)。また殻の表面に多くの付着物がある個体では読み取りが困難であるため、迅速な調査が求められる産地市場において、多くの漁獲物の輪紋数を短時間に確認することは容易でない。標識の装着に関しても、標識の購入にコストがかかり、また装着のために多くの労力や時間が必要であることから、多くの種苗に対して装着することは難しい。このため、再捕された放流貝の放流年を特定し、放流群ごとに正確に回収率を算定するための簡便な手法の開発が求められている。

黒潮、対馬暖流の影響を受ける海域では、暖流系の大型アワビ類3種が生息している(小島, 2005)。これらの海域における2006年度のアワビ類種苗の放流数は、クロアワビ650万個体、メガイアワビ391万個体、マダカアワビ2万個体(水産庁ほか, 2008)であり、クロアワビとメガイアワビの2種が主に放流されている。放流種苗の種を選択は主に、漁業者による要望や種苗生産の難易性、地先の漁獲物構成などに基づいて行われており、必ずしも再捕状況や経済効果など実際の種苗放流による効果の高低を精査したうえで決められているわけではない。神奈川県三浦半島の沿岸に放流されたマダカアワビはクロアワビより初期生残率が高く、放流種としてマダカアワビのほうが適しているとされている(滝口, 2002)。また、井上ほか(1985)は、クロアワビとメガイアワビの漁場内での分布の違いを調査し、クロアワビより漁獲が容易な場所に生息するメガイアワビが放流用種苗として適当であると報告している。このようにアワビ類種苗の放流効果は種によって異なるこ

とが報告されており、それぞれの放流海域に適した種を選択が重要と考えられる。三重県ではクロアワビとメガイアワビが種苗生産され、放流されているが、これまでこれらの放流効果を詳細に調査し、比較されたことがなく、また全国的にも同一海域にクロアワビとメガイアワビの人工種苗を同じ条件で放流し、再捕状況を比較した調査事例はほとんどないため、放流用種苗の選択を行うための基本的な知見が不足している。

本研究では、アワビ類の栽培漁業をより効果的に推進するための基礎資料を得ることを目的として、三重県鳥羽市国崎地先の3つの漁場を実験漁場として用い、漁場別に3年に1度クロアワビとメガイアワビ種苗を同時に放流する試験放流を、1992年から12年間にわたって実施した。種苗の放流後には、実験漁場から漁獲されてきたアワビ類の市場調査を行い、3年に1度の放流と殻長組成の解析を組み合わせることでそれぞれの種で正確な再捕状況の把握を試みた。併せて、漁場別にも再捕状況を明らかにし、アワビ類種苗の再捕に及ぼす種と漁場の影響を検討した。また、放流を行った12年間で12群の放流のうち9群の種苗放流時期は、三重県の各地で一般に行われている春季としたが、3群については秋冬季とし、種苗の再捕に及ぼす放流時期の影響を検討した。さらにこれらの結果をもとに、種苗放流による経済効果の評価を試みたので、それらの結果を報告する。

材料と方法

調査漁場と種苗放流の概要

鳥羽市国崎地区では漁場を7つに区分し、大型アワビ類を対象として順次漁獲を行う「輪採」を実施するとともに、それぞれの漁場における操業を年間3~5回程度にとどめること、1日当たりの操業時間を2時間とすること、漁獲の制限殻長を三重県漁業調整規則で定められている10.6 cmを上回る11.0 cmとすることなど、徹底した資源管理が実施されている(後藤, 1965)。

当研究では国崎地区における7カ所の輪採漁場のうち、荒見下(あらみした)、長間(ながま)および鎧崎(よろいざき)の3漁場を調査漁場として選定した(Fig. 1)。荒見下漁場は比較的小さな岩礁が散在し、岩礁と岩礁の間には転石が多く見られる比較的起伏が小さい漁場で、沖に向かってなだらかな傾斜で次第に深くなり、海岸から300 mで水深は約7 mとなる。鎧崎漁場は転石が少なく、起伏が大きい漁場で、漁場の中央部で海岸から約100 mの位置に大きな岩礁がある。海岸と岩礁の間の最深部は水深6 m程度であり、また岩礁の沖側は急な傾斜になっている。長間漁場は、鎧崎漁場と荒見下漁場の中間の特徴を有する漁場であり、中規模の岩礁が散在し、岩礁と岩礁の間は転石帯となっている。各漁場における海藻類の繁茂状況に関する調査は行っていないが、アワビ類種苗の放流時における

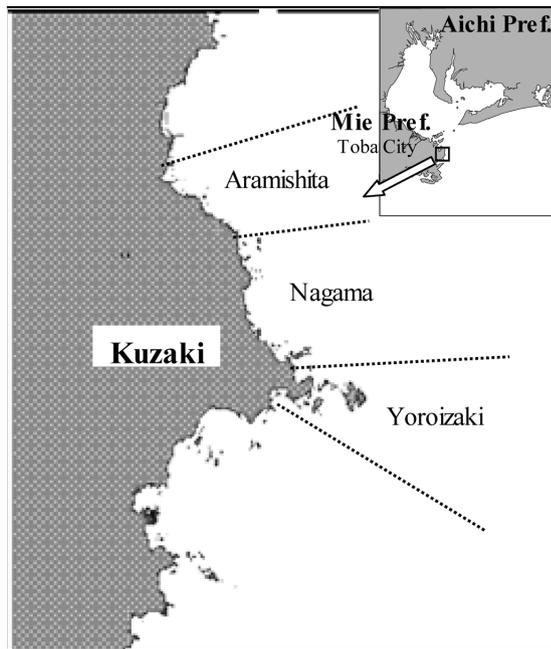


Figure 1. Map showing three fishing grounds (delimited by the dotted lines) near Kuzaki in Toba City, Mie Prefecture, where juvenile abalones were released.

目視による観察からは、いずれの漁場でもアワビ類の主要な餌料であるサガラメもしくはカジメが岩礁に繁茂していた。これらの海藻類の繁茂量は、岩礁が発達する荒見下漁場で多く、鎧崎漁場で少ない傾向が見られ、この傾向は研究期間中に大きく変化することはなかった。

井上 (1976) や「アワビ種苗放流マニュアル」(青森県ほか, 1990) では、アワビ類種苗の好適な放流場所として、餌料となる海藻類が豊富な浅海域であり、基質が複雑で隠れ場所が多い小型転石帯であること、成長に応じて大きな基質に生息場所を移動できるように岩礁などが付近に存在することとされている。したがって、この研究で試験放流を行った3つの漁場では、放流に最も適した漁場は荒見下漁場と考えられ、長間漁場、鎧崎漁場の順に条件からはずれる。種苗の放流は、いずれの漁場でも水深2~3mの水深帯で行うようにしたが、荒見下漁場と長間漁場ではその水深帯が相当に広がっているのに対し、鎧崎漁場では比較的狭く、水深5mより深い水深帯に放流された種苗も少なくなかった。

種苗の放流は、それぞれの漁場で3年に1回の頻度で行うように設定し、1992年から2003年までの各年においていずれかの1漁場で放流がなされるように輪番で実施した (Table 1)。ただし、2000年には放流は行わず、その代わりに2001年1月に放流したことから、2001年の放流は1月と12月の2回 (2漁場) となった。1992-1998年、2002-2003年の放流時期は4-5月の春季とし、1999、2001年の放流時期は11-1月の秋冬季とした。

Table 1. Scheme of release of juvenile abalones at Kuzaki.

Year	Release time		Release ground		
	Month		Yoroizaki	Nagama	Aramishita
1992	April		○	—	—
1993	April		—	○	—
1994	April		—	—	○
1995	April		○	—	—
1996	April		—	○	—
1997	May		—	—	○
1998	May		○	—	—
1999	November		—	○	—
2001	January		—	—	○
2001	December		○	—	—
2002	May		—	○	—
2003	May		—	—	○

○: release, —: no release

放流した種苗は三重県栽培漁業センターにおいて生産、中間育成されたクロアワビとメガイアワビの稚貝で、殻長の平均はすべての放流群でおおむね35mmであった。春季放流群の種苗は、採卵からおよそ1年半が経過したものであり、秋冬季放流群の種苗は春季放流群より若干成長が遅く、採卵から約2年が経過したものであった。放流方法は、海女の素潜りおよび調査員のスキューバ潜水によって海底の岩の隙間などに数個体ずつ付着させる手撒き放流とした。各放流群の放流個体数はクロアワビとメガイアワビそれぞれ1万個体である。なお、種苗放流の直前には海女に依頼してヤツデヒトデを中心としたヒトデ類の駆除を実施した。

市場調査

種苗の再捕状況を把握するための市場調査は、1992年に放流した種苗が水揚げされ始めた1994年から開始した。市場調査での放流貝と天然貝の識別は、殻の螺頂部の表面の付着生物を金ブラシ等で除いたうえで、放流種苗に特有なグリーンマーク (殻の螺頂部の緑色) の有無を目視によって判定することで行った。調査では、水揚げされたクロアワビとメガイアワビそれぞれを、天然貝、放流貝、および殻の螺頂部の表面が欠損し天然貝と放流貝の判別がつかなかった判別不能貝に識別した後に、デジタルノギスを用いて0.1mmの精度で殻長を測定した。

調査は原則として、調査対象とした3漁場のすべての漁獲日に、水揚げされた全個体を対象として行った。ただし調査期間中の数回の調査については、人員の不足などの理由から全個体の調査を行うことができなかったため、これらのときには、種ごとに200個体のみを調査し、調査を実施した個体のデータから全体の放流貝の個体数および殻長組成を推定した。調査は2006年まで継続したが、全漁獲

日のうち調査を実施できなかった1日（1995年5月7日で、長間漁場での漁獲日）については、その年に同じ漁場で別の日に漁獲された天然貝と放流貝のデータを用いて算定した放流貝の割合と殻長組成をもとに、調査できなかった日の放流貝の漁獲量を用いて再捕個体数および殻長組成を推定した。

調査したアワビ類のうち、殻の螺頂部の表面が付着生物の穿孔等によって劣化していたために、天然貝と放流貝の判別がつかなかった判別不能貝の割合は、クロアワビで1.5%、メガイアワビで2.4%であった。これら判別不明貝については、以下に記すように、5mmの階級幅で作成した殻長分布の各階級内において判別が可能であった天然貝と放流貝の割合を用いて、判別不能貝中の天然貝と放流貝を案分した。

回収率、経済効果指数の算定

放流した種苗の回収率と経済効果指数は、クロアワビとメガイアワビそれぞれで放流群ごとに算定した。同一漁場における放流群の分離は、まず測定した殻長データを調査年ごとにまとめて、5mmの階級幅で区分した殻長分布を作成したうえで、その殻長組成の解析により行った。解析は、対象群の経時的な成長を仮定して複数の年のデータを一括解析する Yamakawa and Matsumiya (1997) の方法に従い、最尤法で行った。この方法では、個別の調査回ごとのデータ解析によるよりも、より多くのデータを集積したうえでの推定が可能となるため、より安定的で精度の高い推定が可能である。なお、この手法の概要や適用例については山川 (1997) で詳しく説明されている。

解析にあたっては、①各放流群の殻長組成は正規分布に従う、②各放流群の殻長はフォン・ベルタランフィの成長式 (1) に従って経時的に増大する、③年級群ごとの成長速度の違いを想定して、フォン・ベルタランフィ式の成長係数 K および原点を表す t_0 の値は、年級群ごとに独立に与える、④放流時の殻長が35mmとなるように成長式に制限を加える、⑤クロアワビとメガイアワビそれぞれの極限殻長 L_∞ は、国崎地区の天然貝の成長解析から得られた値である169.3mm、173.1mm（三重県、1994）にそれぞれ固定する、⑥殻長の標準偏差 σ は、漁場と種によって変化するが、年齢にはよらずに一定である、⑦アワビ類は、国崎地区における漁期のほぼ中間時期の6月1日にすべてが漁獲される、⑧アワビ類の孵化の時期は、便宜上、毎年11月1日とする、と仮定した。

$$L = L_\infty [1 - \exp\{-K(t - t_0)\}], \quad (1)$$

ここで、

- L : アワビ類の殻長 (mm)
- L_∞ : 極限殻長 (mm)
- K : 成長係数 (パラメーター)
- t : 孵化後の時間 (年)

t_0 : 成長式の原点 (パラメーター)

なお、国崎地区ではアワビ類の漁獲制限殻長が11cmに設定され、それより小さな個体の漁獲は禁じられている。したがって、制限殻長を含む年級群では殻長組成が正規分布に従うという仮定が当てはまらないことから、当研究では以下に示すロジスティック式に従う漁獲選択曲線を導入し、漁獲選択の影響による殻長の偏りを是正して殻長組成の解析を行った。ただし、多くの水揚げがあるときには漁協の職員によって行われる制限殻長の確認が不十分となり、これより小さな漁獲物も若干引き取られることがあるため、調査結果には11cmより小さな殻長のアワビ類が見られている。

$$S(L) = \frac{1}{1 + \exp\{\alpha(1 - L/\beta)\}}, \quad (2)$$

ここで、

$S(L)$: 殻長 L の個体に対する漁獲選択率

L : アワビ類の殻長 (mm)

α, β : パラメーター (β は50%選択殻長)

である。パラメーター α, β は、クロアワビ、メガイアワビの種ごとに推定し、同一の漁場では操業年によらず一定と仮定した。

フォン・ベルタランフィの成長式 (1)、および漁獲選択曲線の式 (2) におけるパラメーターの推定は、表計算ソフト MS-Excel ((株) マイクロソフト) を用いてアドインツールの “Solver” で非線形最適化により一括して同時に行った。

種苗の回収率は、各年の放流個体数 (種ごとに1万個体) に対する複数年にわたって漁獲される総再捕個体数の割合とし、次式により算定した。

$$X_i = \sum_n R_{i+n} / N \times 100, \quad (3)$$

ここで、

X_i : i 年放流群の回収率 (%)

R_{i+n} : i 年放流群の $i+n$ 年における漁獲個体数 ($n \geq 2$)

N : 放流個体数 (すべての群で1万個体)

である。ただし、2001年1月と12月の放流群は個別に算定した。

種苗放流による経済効果は、太刀山・二島 (1993) の手法を一部改変した経済効果指数として次式により放流群ごとに推定した。

$$C_i = \sum_n (W_{i+n} \times P_{i+n}) / (N \times s), \quad (4)$$

ここで、

C_i : i 年放流群の経済効果指数

W_{i+n} : i 年放流群の $i+n$ 年における漁獲重量 (kg)

P_{i+n} : i 年放流群の $i+n$ 年における漁獲物の単価 (円・ kg^{-1})

N : 放流個数 (1万個体)

s : 放流種苗単価 (45円・個体 $^{-1}$)

である。漁獲物単価 (P_{i+n}) はクロアワビ、メガイアワビで異なることから、1年間に市場調査を行ったすべての日 (年間4-14日) のそれぞれの種の単価を漁業協同組合の漁獲日報から抽出し、その年の種ごとの平均値を計算して求めた。なお、国崎地区では天然貝と放流貝は区別して扱われてはならず、それぞれの単価に差異は見られない。また、水揚げされたアワビのサイズに基づく銘柄区分も行なわれていない。種苗単価 s は、いずれの放流群も三重県栽培漁業センターが生産した殻長30-40mm程度の種苗の統一的な販売単価の45円である。種苗単価45円に放流個体数の1万個を乗じた45万円が直接的な種苗放流経費であり、この種苗放流経費と等しい水揚げがあった場合は経済効果指数が1となる。

各放流群 i の放流後 n 年における漁獲重量 (W_{i+n}) は、殻長組成の解析による年級群分離によって得た、5mmの階級幅で表した各階級にある各放流群の個体数と、次式に示す国崎地区におけるクロアワビとメガイアワビそれぞれの殻長-湿重量関係式 (5), (6) (三重県, 1994) を用いて求めた。漁獲重量を求めるに際しては、殻長の階級幅の中央値 (たとえば、85-90mmの階級幅では87.5mm) をその階級における代表殻長とし、その代表殻長を用いて求めた湿重量に、その階級にある個体数をかけて湿重量を求め、すべての階級の湿重量を加えて総漁獲重量とした。

$$\text{クロアワビ: } B=4.47 \times 10^{-5} L^{3.24}, \quad (5)$$

$$\text{メガイアワビ: } B=2.10 \times 10^{-5} L^{3.37}, \quad (6)$$

ここで、

B : 個体湿重量 (g),

L : アワビ類の殻長 (mm)

である。

統計検定

種苗の種と放流時期の違いによる回収率の差、および種間の経済効果指数の差の検定は、まず F 検定による各データ間の等分散性の検定を行い、等分散性が確認できた場合には t 検定を用いて、等分散性が確認できなかった場合にはマン・ホイットニーの U 検定を用いて行った。また、3つの漁場間における種苗の回収率の差と経済効果指数の差は、パートレット検定によって各漁場間の値に等分散性が確認できたことからANOVAを用いて検定した。さらに、ANOVAによって有意差が認められたときには、シェッフェの多重比較検定によって有意差のある漁場の組み合わせを検討した。各検定においては、 $P < 0.05$ のときに有意差があるものと判断した。

結果

調査漁場におけるアワビ類の漁獲動向

調査期間中の各漁場での操業回数は、年間3回から5回 (平均は、鎧崎漁場で年間3.6回、長間漁場で4.1回、荒見下漁場で4.2回)、それぞれの操業に参加した海女と海士の合計人数はおおむね50~70名であり、調査期間中にやや減少傾向が見られたものの、漁獲努力量に大きな変化はなかった。調査した3漁場における天然貝と放流貝のクロアワビとメガイアワビそれぞれの調査年ごとの漁獲個体数の推移をFig. 2に示した。天然貝の漁獲個体数は種間および漁場間で類似した変動様式を示した。すなわち、市場調査を開始した1994年以降、両種ともすべての漁場で天然貝の漁獲個体数は減少傾向を示し、2000-2001年に最低値を示した。その後は増加傾向に転じ、2004-2005年には調査期間中で最多となった。放流貝の漁獲個体数の動向としては、各漁場への放流を3年に1回としたことからそれぞれの漁場において概ね3年ごとに漁獲の多い年が見られた。また、2004年以降は放流貝の漁獲個体数が増加する傾向が見られ、特にメガイアワビでその傾向が顕著であった。

放流種苗の回収率と経済効果指数

調査期間中に漁獲されたクロアワビとメガイアワビ放流貝の年ごとの殻長組成と、その解析により分離した各放流群の殻長分布をFig. 3とFig. 4にそれぞれ示した。また、フォン・ベルタランフィの成長式 (1) と殻長の標準偏差、および漁獲選択曲線の式 (2) のパラメーターの推定結果をTable 2に示した。各漁場での放流を3年に1回としたものの、各放流群の漁獲時の殻長に大きな幅があり、連続する2つの放流群の間に殻長範囲の重なりが見られたが、殻長組成の解析を組み合わせることで、放流群の分離・特定を確実に行うことができた。

各放流群の再捕は、放流の2年後から始まり、放流の3-4年後にピークを迎え、4年後までの間に全再捕個体の約8割が漁獲された。その後、放流の5-7年後で再捕は終了した。

放流群の分離結果に基づいて推定した各放流群の回収率をTable 3に示した。クロアワビとメガイアワビの3漁場を合わせた回収率は、一部の再捕途上の放流群も含めてクロアワビで $3.5 \pm 2.4\%$ (平均 \pm SD, 以下同じ)、メガイアワビで $5.5 \pm 4.8\%$ であり、それぞれの種の回収率に5%水準での統計的な有意差は見られなかったものの ($P=0.260$)、クロアワビよりメガイアワビで回収率が若干高い傾向が見られた。特に、2001年の冬以降に放流したメガイアワビの回収率は高く、回収が完全には終了していない暫定的な値であるが、2001年12月に鎧崎漁場へ放流した群の回収率は15.8%、2002年に長間漁場へ放流した群の回収率は13.0%であり、いずれも10%を越す値となっている。

すでに放流種苗の再捕が終了していると考えられる2001年1月までに放流した群の回収率を用いて、異なる放

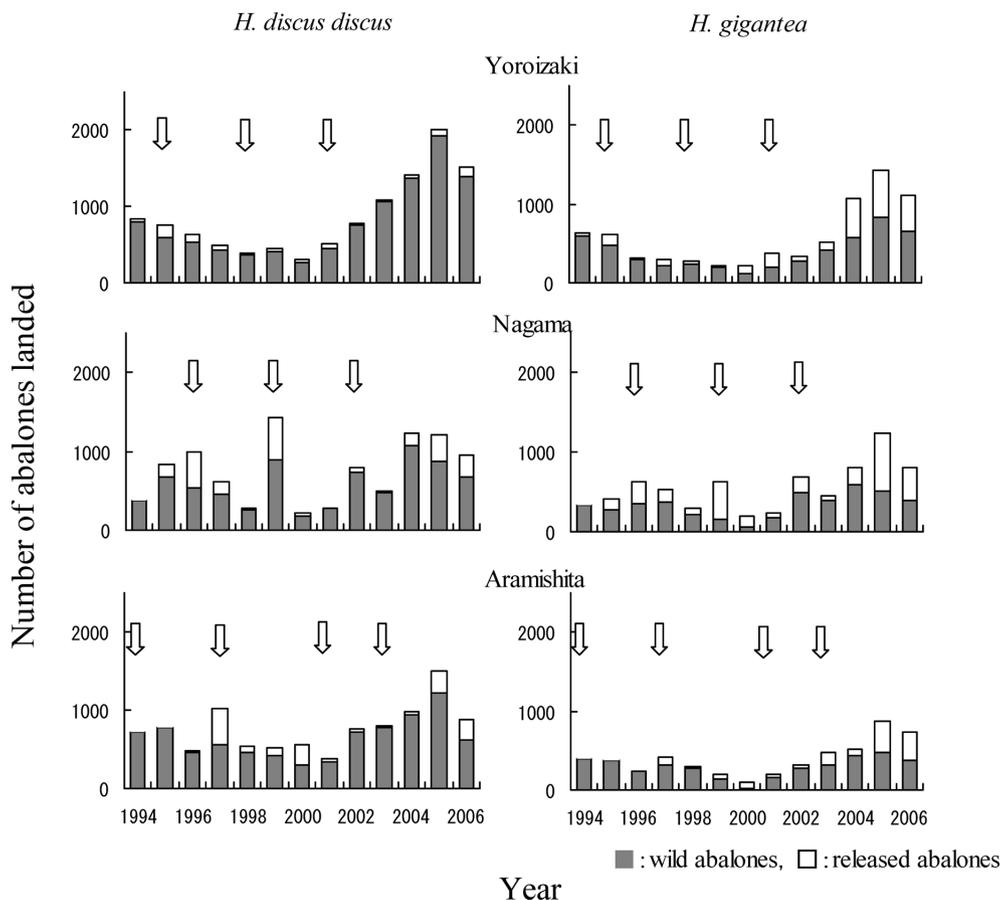


Figure 2. Annual changes in the numbers of wild and released abalones landed at the Kuzaki Fishery Market. Arrows indicate the years of release. Release in 1992 at Yoroizaki and in 1993 at Nagama was not indicated in the graph.

流時期の回収率を比較すると、クロアワビの春季放流群で $3.8 \pm 2.2\%$ 、秋冬季放流群で $0.7 \pm 0.1\%$ 、メガイアワビの春季放流群で $3.5 \pm 2.4\%$ 、秋冬季放流群で $2.5 \pm 0.5\%$ であり、ともに春季放流群と秋冬季放流群の間で5%水準での統計的有意差は見られなかったものの（クロアワビ $P=0.093$ 、メガイアワビ $P=0.298$ ）、春季放流群で回収率がやや高い傾向が見られた。

春季放流群のうち、すでに再捕が終了している放流群の回収率を用いて漁場間の回収率を比較すると、クロアワビ、メガイアワビともに漁場間で回収率に有意差が認められ（クロアワビ $P=0.009$ 、メガイアワビ $P=0.011$ ）、クロアワビでは長間漁場の回収率が鎧崎漁場の回収率より高く、メガイアワビでは長間漁場の回収率が鎧崎漁場と荒見下漁場の回収率より高かった。

Fig. 5に調査期間中のクロアワビとメガイアワビの年ごとの平均入札単価を示した。1995年の平均単価はクロアワビで $10,401 \text{ 円} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、メガイアワビで $8,006 \text{ 円} \cdot \text{kg}^{-1}$ と調査期間中で最も高く、その後徐々に低下したが、2004年以降は上昇傾向が認められた。調査期間を通じて、クロアワビ

の平均単価はメガイアワビよりおおむね2割程度高かった。

Fig. 6に、放流群ごとの経済効果指数を示した。クロアワビの経済効果指数は12放流群中7放流群で、メガイアワビでは12放流群中6放流群で1を上回り、平均値でもクロアワビで1.4、メガイアワビで1.8と1を上回った。春季に放流し、すでに再捕が終了している放流群の経済効果指数を漁場間で比較すると、クロアワビ、メガイアワビともに漁場間で有意差が見られ（クロアワビ $P=0.024$ 、メガイアワビ $P=0.007$ ）、クロアワビでは長間漁場の経済効果指数が鎧崎漁場のそれより高く、メガイアワビでは長間漁場が他の2漁場よりも高かった。また、クロアワビとメガイアワビの比較では、経済効果指数に有意差は見られなかった（ $P=0.285$ ）。

考察

放流効果に及ぼす種や放流年、放流時期など放流条件の影響を詳細に検討するためには、放流群ごとに放流効果の算定を確実に行うことが必要である。当研究では、3年に1回の放流と殻長組成の解析を組み合わせた手法によってア

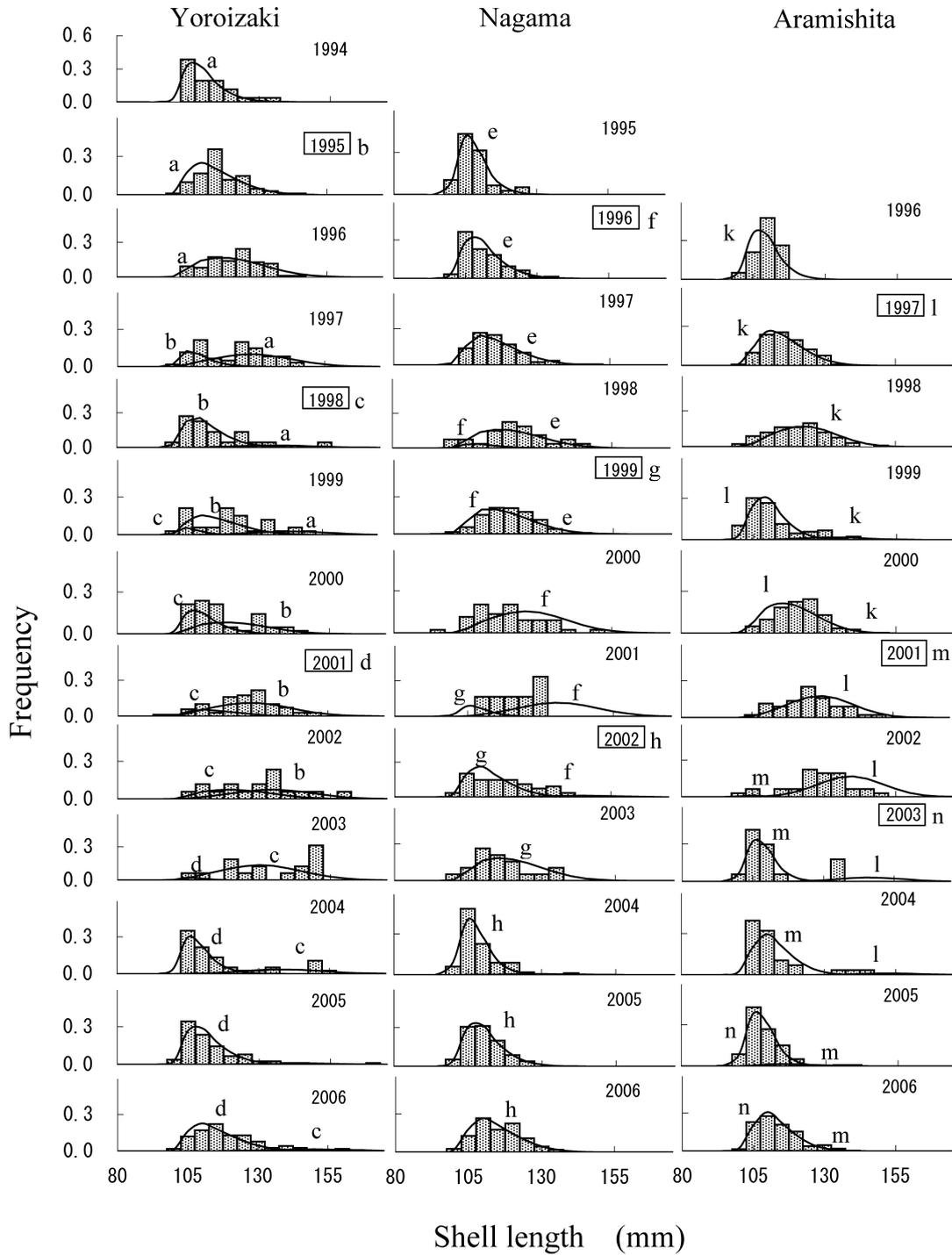


Figure 3. Shell length frequencies and estimated release group compositions of *H. discus discus* recaptured in the three fishing grounds at Kuzaki. Same superscript letters in each column denote identical release groups. Years enclosed in the rectangles indicate the years of release, and the subscript letter to the right of each rectangle corresponds to the group released in the year. The group ‘a’ at Yoroizaki was released in 1992, the group ‘e’ at Nagama was released in 1993, and the group ‘k’ at Aramishita was released in 1994.

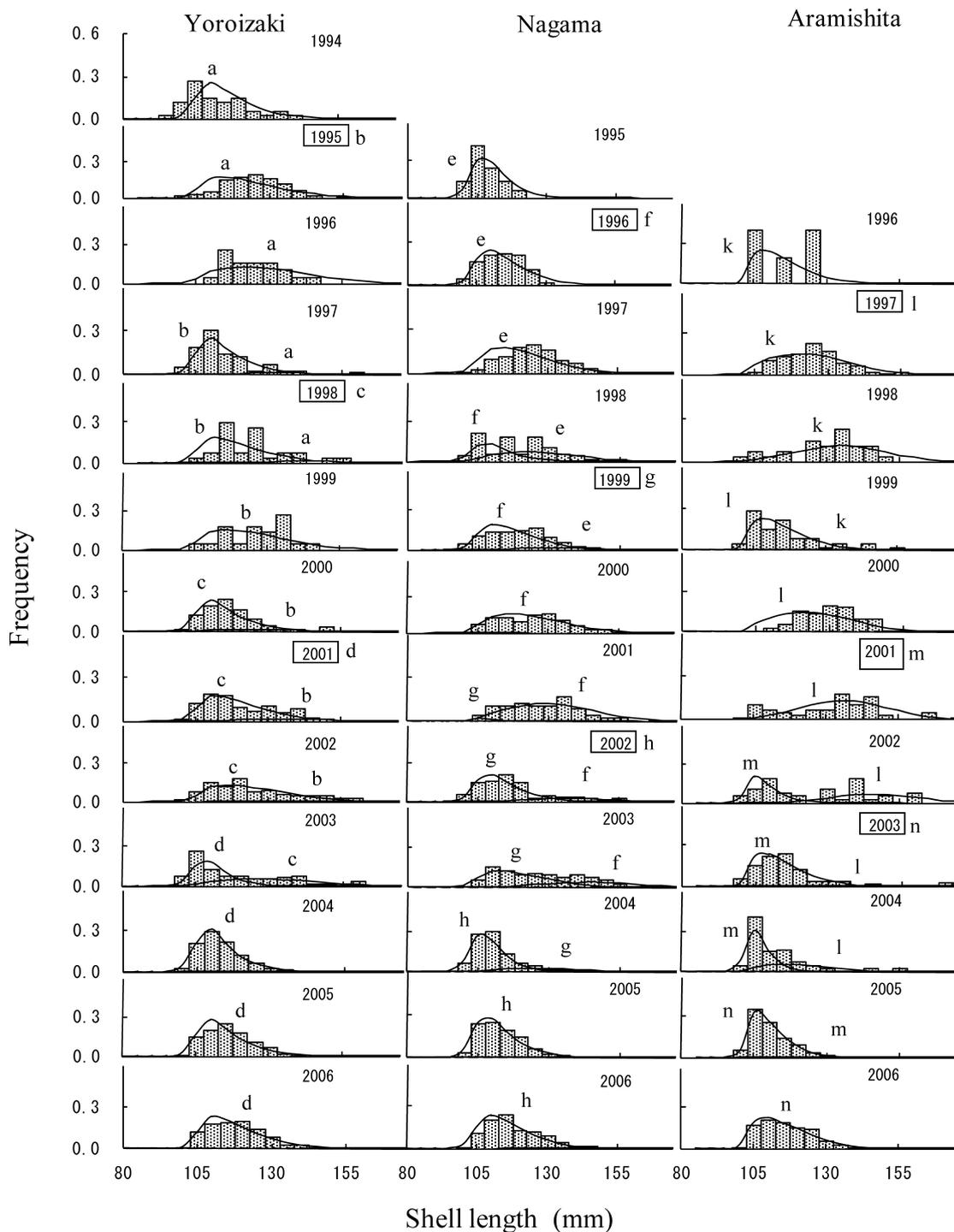


Figure 4. Shell length frequencies and estimated release group compositions of *H. gigantea* recaptured in the three fishing grounds at Kuzaki. Same superscript letters in each column denote identical release groups. Years enclosed in the rectangles indicate the years of release, and the subscript letter to the right of each rectangle corresponds to the group released in the year. The group 'a' at Yoroizaki was released in 1992, the group 'e' at Nagama was released in 1993 and the group 'k' at Aramishita was released in 1994.

Table 2. Estimated parameter values by using the multiple shell length frequency analysis applied to landing data of recaptured abalones (*H. discus discus* and *H. gigantea*) released in the three fishing grounds at Kuzaki from 1992 to 2003.

Fishing ground	Release		von Bertalanffy growth curve				Standard deviation σ (mm)		Fishing selectivity curve			
	Month	Year	<i>H. discus discus</i>		<i>H. gigantea</i>		<i>H. discus discus</i>	<i>H. gigantea</i>	<i>H. discus discus</i>		<i>H. gigantea</i>	
			K	t_0	K	t_0			α	β	α	β
Yoroizaki	Apr.	1992	0.247	0.562	0.259	0.627	14.4	19.9	72.6	107	54.4	108
	Apr.	1995	0.201	0.348	0.218	0.466						
	May	1998	0.255	0.593	0.219	0.468						
	Dec.	2001	0.166	0.689	0.131	0.360						
Nagama	Apr.	1993	0.194	0.308	0.208	0.416	13.7	16.6	64.7	107	53.4	107
	Apr.	1996	0.289	0.698	0.235	0.539						
	Nov.	1999	0.275	1.24	0.234	1.12						
	May	2002	0.184	0.238	0.168	0.154						
Aramishita	Apr.	1994	0.272	0.649	0.329	0.814	11.5	15.3	61.0	107	76.7	106
	May	1997	0.311	0.756	0.339	0.834						
	Jan.	2001	0.209	0.977	0.266	1.23						
	May	2003	0.240	0.535	0.240	0.559						

Table 3. Recapture rates for *H. discus discus* and *H. gigantea* released in the three fishing grounds at Kuzaki.

Fishing ground	Release Month Year	Yoroizaki				Nagama				Aramishita			
		Apr. 1992	Apr. 1995	May 1998	Dec. 2001*	Apr. 1993	Apr. 1996	Nov. 1999	May 2002*	Apr. 1994	May 1997	Jan. 2001	May 2003*
<i>H. discus discus</i>		2.7	1.4	0.9	2.0	6.0	5.9	0.8	7.3	5.6	4.2	0.6	5.1
<i>H. gigantea</i>		1.8	1.5	3.9	15.8	6.5	7.1	2.8	13.0	1.4	2.0	2.1	7.9

*: Groups that was still being recaptured as of the end of 2006.

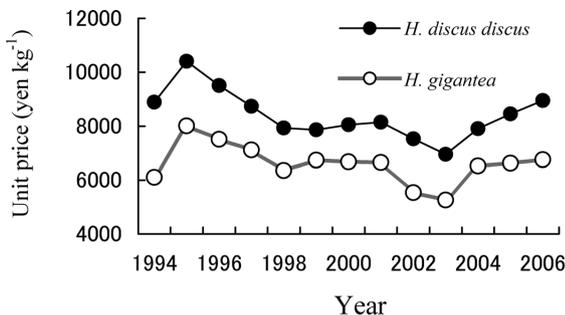


Figure 5. Changes in the unit price of *H. discus discus* and *H. gigantea* at Kuzaki Fishery Market.

ワビ類種苗の放流効果の正確な算定を試みた。同一漁場で3年に1回種苗を放流する場合でも、連続する2つの放流群の殻長範囲に重なりが見られるものの、各放流群の殻長のピークは確認できることから、各年級群の殻長のピークの推移を、年を追って追跡することで、殻長組成の解析に

よる各放流群の分離を行うことができた。同一漁場へ毎年種苗放流を行った場合には各放流群の殻長のピークが不明瞭となり、放流群の分離を正確に行うことは困難になると思われるが、3年に1回の放流と殻長組成の解析を組み合わせることで、回収率の算定の精度を相当に高めることが可能と考えられる。

また、今回の調査では、ほとんどすべての漁獲日で調査を実施したが、すべての漁獲日で調査を実施することは労力的に大きな負担であった。今後より多くの漁場において放流効果を調査するには、解析精度は低下するものの、すべての漁獲日で調査を実施するのではなく、調査は一部の漁獲日にとどめ、調査を行った日のデータを用いて異なる放流群の組成を解析し、その結果に基づいて調査を行わなかった日の漁獲重量から全体の放流群の組成を推定することが必要であろう。特に、大まかな放流効果を算定する場合には、この方法でも有効と思われる。ただし、漁獲日のうち調査を行った日の割合が高いほど、また調査した個体

数が多いほど、正確な解析が可能である。

今回の解析結果からは、一部の例外を除いて3年に1回の放流では放流年の異なる2つの放流群が漁獲対象となること、放流貝の漁獲は放流の2年後から始まり、その後

1-2年後にピークを迎え、放流後5-7年で終了することが明らかになった。その他の海域での調査例でも放流の2-3年後に漁獲が始まり、その後5年程度漁獲が続くのが一般的とされている（青森県ほか，1990；太刀山・二島，1993）。したがって、アワビ種苗の放流効果を完全に把握するには、放流後2年目から漁獲物調査を開始し、5年間程度継続する長期的な取り組みが不可欠である。ただし、放流後の4年間で全再捕個体の約8割が漁獲されることから、大まかな回収率の算定は放流後の2-4年間の3年間の調査でも可能であろう。

当研究において国崎地区の3漁場でクロアワビとメガイアワビ種苗の試験放流を12年間にわたって実施したところ、再捕が終了していない群も含めての種苗の回収率はクロアワビで0.6-7.3%（平均3.5%）、メガイアワビで1.4-15.8%（平均5.5%）と放流群によって大きく変動した。回収率が大きく変動したのは、クロアワビでは放流漁場によって、メガイアワビでは放流漁場と放流年によって回収率に大きな差が生じたことが主な原因となっている。これまでに実施された他県におけるアワビ類の放流効果調査では、種苗の回収率はクロアワビで1.6-56.7%、メガイアワビで1.6-15.6%の値が報告されている（Table 4）。それぞれの調査で放流条件や回収率の算定方法に違いが見られるものの、当研究での回収率はクロアワビでは若干低い傾向があり、メガイアワビでは同程度であった。

種苗コストに対する放流貝の漁獲金額の比を示す経済効果指数についても、当研究ではクロアワビで0.2-2.5、メガイアワビで0.6-4.8と回収率の変動に合わせて大きく変動したが、平均値はそれぞれ1.4、1.8と1を上回り、種苗放流における一応の経済的有効性が確認できた。しかしな

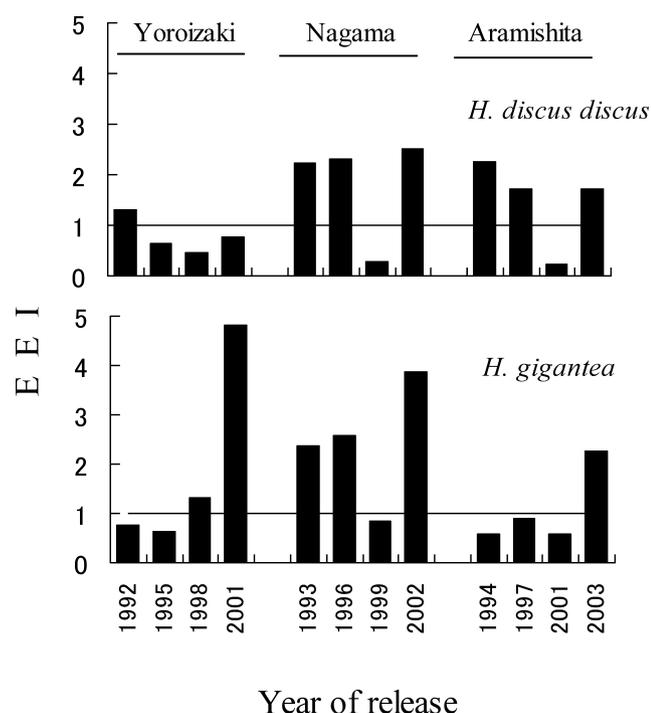


Figure 6. Economic efficiency index (EEI) for release of *H. discus discus* and *H. gigantea* in the three fishing grounds at Kuzaki. The solid lines indicate the profit and loss break-even point (EEI=1).

Table 4. A list of published release-recapture studies of abalones (*H. discus discus* and *H. gigantea*).

Location Prefecture (District)	Time of release	Size at release (mm)	Number of release (individuals)	Recapture rate (%)	Reference
<i>H. discus discus</i>					
Aichi (Shinoshima)	1972-1983	26.3	6,000-32,900	1.6-13.9	Yanagisawa et al. (1988)
Yamaguchi (Udakyou)	1974-1978	27-32	6,300-45,092	17.3	Yurano et al. (1982)
Kanagawa (Nagai)	— (around 1980)	—	—	3.52	Tauchi (1984)
Kanagawa (Kamoi)	— (around 1980)	—	—	0.97	Tauchi et al. (1984)
Fukuoka (Oshima)	1980-1990	30	10,000-80,000	3.1-56.7	Tachiyama et al. (2001)
Tokushima (Abe)	1981-1991	8-40	34,000-180,000	6.0-49.6	Kojima (2005)
Mie (Kuzaki)	1992-2003	35	120,000	0.7-7.3	Present study
<i>H. gigantea</i>					
Shizuoka (Iruma)	1979 (November)	17±4.5	20,000	5.8	Aoyama et al. (1986)
Kanagawa (Matsuwa)	1983-1984	31-46	1,000-1,880	1.6-2.5	Kanagawa Prefecture (1988)
Shizuoka (Shitaru)	1995	—	14,000	6.1	Shizuoka Prefecture (2003)
Shizuoka (Shirahama)	1995	—	53,000	1.7	Shizuoka Prefecture (2003)
Mie (Kuzaki)	1992-2003	35	120,000	1.4-15.6	Present study

—: no data

がら、実際にはアワビ類の栽培漁業を行うには輸送費や漁場の管理費など間接的な費用が必要であることから、「アワビ種苗放流マニュアル」(青森県ほか, 1990)では栽培漁業を有効に行うための経済効果指数は2以上が目安とされている。当研究で得られた経済効果指数の全放流群平均値では、クロアワビ、メガイアワビともに若干この目安値を下回ったが、春季放流群ですでにすべての再捕が終了している1998年までの放流群の経済効果指数を漁場別に集計すると、長間漁場のクロアワビで2.3、メガイアワビで2.5、荒見下漁場のクロアワビで2.0と2以上の経済効果指数が得られた。これらの漁場ではアワビ類の栽培漁業を行うことの経済的有効性は大きい。この結果は、アワビ類の栽培漁業を実施するにあたっては、放流漁場と放流する種の選択を適切に行うことで、効果的に栽培漁業を実施できることを示している。

また、今回の調査で試験放流を行い再捕された放流貝のうち、クロアワビで47%、メガイアワビで41%は殻長が115mm以下の個体であり、制限殻長を超えて間がない個体の再捕が多かった。種苗の放流による経済効果指数を大きくするためには、できるだけ大きく成長し重量を増した放流貝を再捕することが必要であり、制限殻長をさらに大きく設定して漁獲することで、経済効果指数も今回の値よりも大きくすることが期待でき、経済効果をプラスにできる漁場が増える可能性がある。山川(1995)は、国崎地区のアワビ類の制限殻長を10.6cmから12.0cmへ引き上げることで、漁獲重量は約1.2倍になると試算しており、種苗放流による経済効果を高めるためには、今後、制限殻長を大きくするなどの漁業管理を導入することが必要であろう。

前述のように、当研究では国崎地区の隣接した3つの漁場を用いて試験放流を行ったところ、回収率は漁場間で大きく異なり、長間漁場で最も回収率が高く、荒見下漁場、鎧崎漁場の回収率を上回る結果となった。鎧崎漁場で回収率が劣ったのは、井上(1976)などによって提示されている好適な放流場所の条件を鎧崎漁場が満たしていなかった

ことが原因であった可能性が高いと考えられるが、3漁場の中で放流適地の条件を最も満たしていると考えられた荒見下漁場の回収率が長間漁場より劣った要因は明らかでない。アワビ類の種苗の放流効果に影響を及ぼす要因は、すみ場、餌料、水質、他の生物との競合関係などの多岐にわたり、これらの要因による複合的な結果と考えられている(太刀山ほか, 2001)。したがって、長間漁場で回収率が最も高くなったのは、水深や海底地形、転石の多寡以外の要因が関係していたと推測され、これら以外の要因も考慮に入れて種苗放流に適した漁場を選択することが必要と考えられる。しかしながら、多くの要因を同時に調査することは困難であり、また各要因の複合的な影響を明らかにすることは実際には困難である。このため、放流漁場の選択にあたっては、種苗放流を行った漁場での放流効果調査を実施し、得られた放流効果のデータによってその漁場での放流の適否を判断することが現実的であろう。

2001年12月以降に放流した群では回収が終了していないため、多くの場合ではそれらの群の回収率を含めずに放流効果に影響を及ぼす要因の検討を進めたが、2001年12月以降に放流したメガイアワビの放流群では明らかに高い回収率を示し、暫定的な数値であるが2001年12月に鎧崎漁場へ放流した群の回収率は15.8%、2002年に長間漁場へ放流した群では13.0%となっている。2001年12月以降に放流した群の再捕が始まったのは2003年以降であり、この時期には天然貝の漁獲個体数も大きく増加していることから、回収率の増大と天然貝の漁獲個体数の増加とは何らかの関連があることが推察される。それを確認するために、調査漁場とした3漁場すべてで調査を行った1996年以降の放流貝の漁獲重量と天然貝の漁獲重量の関係を図示した(Fig. 7)。当研究では、3つの漁場で種苗放流し、各漁場での放流は3年に1回としたため、漁場ごとでは放流貝の漁獲が多い年が3年ごとに現れ、放流貝の漁獲量と天然貝の漁獲量の関係を適切に示すことはできないため、各年の3つの漁場の値を合わせて示した。3漁場を1つの漁場として考えると毎年放流していることになり、放流貝の漁獲量

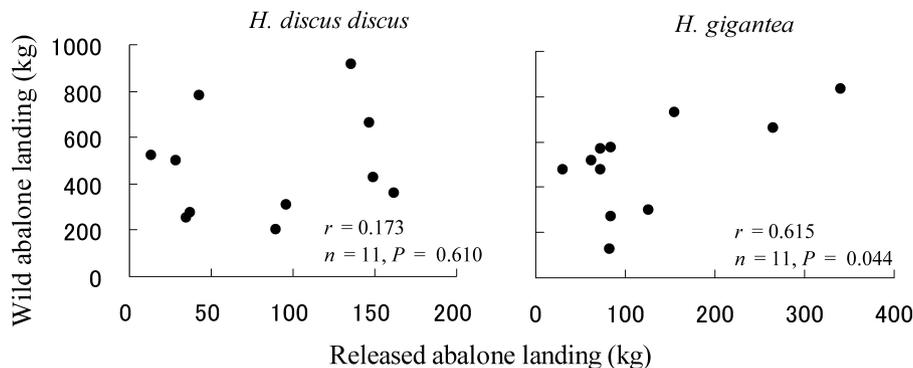


Figure 7. Relationship between the landings of released and wild abalones from 1996 to 2006 from the three fishing grounds at Kuzaki.

と天然貝の漁獲量の関係を適切に示すことができる。図からは、クロアワビでは放流貝の漁獲量と天然貝の漁獲量には相関が見られないが、メガイアワビでは、放流貝の漁獲量が増えると天然貝の漁獲量も増えるという関係が見られている。このことは、メガイアワビに関しては当研究で最も漁獲量が多くなったときであっても、国崎地区の漁場には環境収容力に余裕があることを示唆している。

天然貝の漁獲量の増減と放流貝の回収率の高低が関連していることは、太刀山ほか (2001)、小島 (2005)、Hamasaki and Kitada (2008) でも報告されている。天然貝の漁獲量と放流貝の回収率が同調する要因として、太刀山ほか (2001) は大時化の有無、小島 (2005) ではアワビ類の食害生物であるマダコの資源量の増減が考えられている。これらの要因に関して国崎地区での影響を検討すると、国崎地区でのタコ類とアワビ類の漁獲量 (三重県漁業地区別統計表による) の関係では、調査期間中でアワビ類の漁獲量が増加傾向を示した2002年以降にはタコ類の漁獲量も増加傾向を示していた (Fig. 8)。したがって、国崎地区では天然貝、放流貝の増減にタコ類資源の増減が関与している可能性は小さいと考えられる。また大時化の有無に関しては、大時化によって砂の堆積、転石の移動、海藻の流失など磯漁場の環境が悪化し、アワビ類資源に悪影響を及ぼすことが推察されている。大時化の定義は曖昧であるが、仮に大時化の発生に関係する指標として台風の接近数を取り上げると、東海地方に接近した台風数が2004年には10 (気象庁ホームページ「気象統計情報」) と近年になく多かつたにもかかわらず (1992–2006年の平均値は3.4)、国崎地区のアワビ類漁獲量はその後も増加傾向を示した。このことから、大時化の有無についても国崎地区のアワビ類資源の増減の要因とは考えにくい。天然のアワビ類資源量や放流種苗の回収率を変動させる要因として、タコ類、時化以外には、ヒトデ類やカニ類などアワビ類稚貝を捕食する生物の関与 (干川, 2003; 小島, 2005) や、アワビ類の餌料となる海藻類の生育状況 (河尻ほか, 1981) が報告されている。また近年、暖流系大型アワビ類の資源量が大洋規模の気候変動の影響を直接的、間接的に受けている可能性が高いことが報告されており (早川ほか, 2007)、国崎地区のアワビ類資源量にもその影響が及んでいる可能性も考えられる。今後、国崎地区におけるアワビ類の天然貝の資源量と放流貝の回収率を増減させる原因を明らかにするには、これらの要因についても検討する必要がある。

種苗の放流時期に関して、「アワビ種苗放流マニュアル」では、放流に適した時期を判断する要因として、害敵生物の量と活力、アワビ類種苗の活力、種苗の生産単価を挙げ、地区によってこれらの要因を勘案して決定するのが適当とされており、一般的には暖流系アワビ類種苗の放流に適した時期として、食害生物が少ない冬季から春季が適当とされている (Hamasaki and Kitada, 2008)。当研究において、

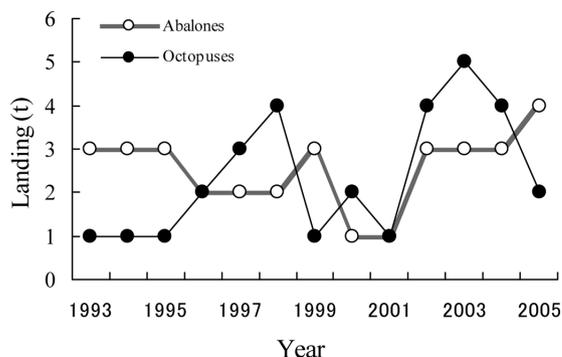


Figure 8. Annual landings of abalones and octopuses at the Kuzaki Fishery Market.

秋冬季 (11–1月) と4–5月の春季に種苗放流を行い、すでに再捕が終了している群の回収率でそれぞれの放流時期の回収率を比較したところ、両時期の間で統計上の有意差は見られなかったものの、いずれの種においても秋冬季放流群のほうが春季放流群より回収率は低い傾向が見られた。特にクロアワビの秋冬季放流群の回収率は0.7%と相当に低かった。しかし、2006年の時点ではまだ再捕は終了していない2001年12月に放流したメガイアワビでは、暫定的な数値ではあるが回収率が15.8%もの高率を示している。この事例は、秋冬季に放流した種苗の回収率が必ずしも低くなるとは限らず、条件によっては高い回収率になることもあり得ることを示すが、どのような条件であれば秋冬季の放流でも高い回収率になるのかは不明であり、また、秋冬季に放流を行う場合には、種苗のサイズを30mm以上とすると、春季に種苗放流するより長期間の中間育成が必要となり、中間育成のコストも大きくなる。これらのことから、現時点ではアワビ類の種苗の放流時期としては秋冬季より春季のほうが適当と考えられる。ただし、今回の放流実験で秋冬季に放流した群は、春季に放流した群より種苗生産過程における成長が遅かったものであり、このことが秋冬季放流群の回収率が低くなった可能性は否定できない。このため、今後は成長が速い群を用いて秋冬季に放流する実験を行うなど、秋冬季放流の是非はさらに検討する余地があるものと思われる。

クロアワビとメガイアワビの放流効果を他県の放流効果調査結果 (Table 4) で比較すると、メガイアワビよりクロアワビで高い回収率を示す場合が多くなっている。しかしながら、これまで同一漁場において同一条件で放流を行い、両種の放流効果を比較した事例はほとんど見られない。当研究では、種による放流効果の違いを検討するためにクロアワビとメガイアワビ種苗を同数ずつ同時に同じ漁場で放流したところ、メガイアワビの回収率はクロアワビより高くなる傾向が見られた。また、前述のように2001年12月以降に放流されたメガイアワビ種苗では、回収率が相当に高くなっている。井上ほか (1985) は、比較的大型の転石

を組み合わせて造成した漁場に生息するアワビ類資源のうち、実際に漁獲が可能な資源量はクロアワビで5%程度、メガイアワビでは50%程度と報告しており、同量のアワビが生息している場合にはクロアワビのほうがメガイアワビより漁獲量が少なくなるとしている。このため、井上ほか(1985)は種苗放流をより有効に漁業生産へ導入するにはメガイアワビが適当であろうと述べている。これらのことから判断すると、クロアワビよりメガイアワビのほうが種苗放流を効果的に行うことができると考えられる。ただし、クロアワビはメガイアワビより浅所に分布し(神奈川県, 2000; 小島, 2005)、高齢の漁業者でも漁獲が可能であること、またメガイアワビより高値で取引されていることから、クロアワビの放流に関して漁業者からの要望は依然根強いものがある。他県の報告(Table 4)ではクロアワビで50%を超える回収率も報告されていることから、放流条件によってはクロアワビでも高い放流効果を得ることが可能と考えられ、クロアワビを放流する場合の好適な条件を今後、検討する必要がある。

謝 辞

この研究は、三重県水産研究所と三重県栽培漁業センターのアワビ類の担当者によって共同で計画され、調査が行われてきたもので、著者らはこの研究を引き継ぎ継続してきた。研究の立案など研究の立ち上げに尽力された元三重県水産研究所長西村守央氏、元同研究所総括研究員辻ヶ堂諦氏をはじめとして、これまでにこの研究に関わった多くの担当者に感謝いたします。また、この研究のための漁場を提供してくださり、調査にも積極的に協力いただいた鳥羽磯部漁業協同組合国崎支所の職員および漁業関係者のみなさまに感謝いたします。

引用文献

- 青森県・岩手県・秋田県・神奈川県・福岡県(1990)アワビ種苗放流マニュアル(放流漁場高度利用技術開発事業), 1-118.
- 青山雅俊・佐々木正・河尻正博・野中 忠(1986)南伊豆町入間地先におけるメガイ種苗の放流効果. 静岡水試研報, **21**, 7-17.
- 後藤和夫(1965)村落構造. 愛知大学総合郷土研究所紀要, 特輯号, 27-50.
- Hamasaki, K. and S. Kitada (2008) The enhancement of abalone stocks: lessons from Japanese case studies. *Fish Fish.*, **9**, 243-260.
- 長谷川雅俊(2003)南伊豆地域におけるアワビ密漁量の推定. 静岡県水試研報, **30**, 11-14.
- 早川 淳・山川 卓・青木一郎(2007)アワビ類およびサザエ資源の長期変動とその要因. 水産海洋研究, **71**, 96-105.
- 堀井豊充(1998)アワビ・サザエ素潜り漁業における資源管理に関する研究. 長崎水試研報, **24**, 117-156.
- 干川 裕(2003)エゾアワビ人工種苗に対するヒトデ類3種およびヨツハマガニの捕食(室内実験). 北水試研報, **64**, 121-126.
- 井上正昭(1976)アワビ類の種苗放流とその効果. 「種苗の放流効

- 果—アワビ・クルマエビ・マダイ」日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-25.
- 井上正昭・大場忠道(1980)アワビの成長と年齢形質としての輪紋について. 神奈川水試研報, **1**, 107-113
- 井上正昭・田内 大・近山通正(1985)アワビ属種苗の放流効果に及ぼす種々の特性. 水産増殖, **32**, 193-198.
- 石田 修・田中種雄・坂本 仁・大場俊雄(1982)千葉県太海, 天面地先のアワビ類の輪紋形成と成長. 千葉水試研報, **40**, 27-26.
- 神奈川県(1988)昭和62年度放流技術開発事業報告書, 1-55.
- 神奈川県(2000)平成10年度浅海域複数種放流技術開発事業報告書(磯根グループ). 神1-神20.
- 河尻正博・佐々木正・影山佳之(1981)下田市田牛地先における磯焼け現象とアワビ資源の変動. 静岡県水試研報, **15**, 19-31.
- 河村知彦(2002)アワビ類—資源の現状と研究の動向—. 月刊海洋, **34**, 467-469.
- 小島 博(1994)アワビの放流事業の現状と問題点, 今後の方向. 月刊海洋, **290**, 485-489.
- 小島 博(2005)クロアワビの資源管理に関する生態学的研究. 徳島県農林水産総合技術センター水産研究所研報, **3**, 1-119.
- 松田浩一・福田雅明・滝口直之(2004)太平洋南部海域. 定着性水産生物の生産に影響を及ぼす沿岸浅海域の環境変動の影響評価へのアプローチ. 月刊海洋, **36**, 49-53.
- 三重県(1994)平成5年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書(地域重要資源). 33-46.
- 静岡県(2003)平成14年度資源増大技術開発事業報告書(地先型定着性種(暖水域)グループ. 静1-静32).
- 水産庁・日本栽培漁業協会・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(1980-2008)昭和53年度-平成18年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績(全国)—資料編—. 全国豊かな海づくり推進協会, 東京.
- 太刀山透・二島賢二(1993)筑前海におけるアワビの種苗放流効果. 福岡県水海技センター研報, **1**, 129-136.
- 太刀山透・深川敦平・福澄賢二(2001)筑前海におけるクロアワビの放流効果. 福岡県水海技センター研報, **11**, 29-32.
- 滝口直之(2002)神奈川県城ヶ島におけるクロアワビ及びアマダカワビ人工種苗の死亡率の差異. 神水研研報, **7**, 75-81.
- 田内 大(1984)長井におけるクロアワビの成長, 年令組成, 生残率, 再捕率を推定する試みとその結果. 神奈川県水試研報, **6**, 7-21.
- 田内 大・金杉佐一・近山通正(1984)鴨居におけるクロアワビの成長, 年令組成, 生残率, 再捕率. 神奈川県水試研報, **6**, 51-55.
- 山川 卓(1995)地域重要資源調査(アワビ). 平成6年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書, 三重県, 21-36.
- 山川 卓(1997)4. 体長組成法. 「水産動物の成長解析」(赤嶺達郎・麦谷泰男編), 水産学シリーズ115, 恒星社厚生閣, 東京, 39-51.
- Yamakawa, T. and Y. Matsumiya (1997) Simultaneous analysis of multiple length frequency data sets when the growth rates fluctuate between years. *Fish. Sci.*, **63**, 708-714.
- 柳沢豊重・吉村憲一・河合秀登・水野宏成(1988)愛知県篠島におけるクロアワビ稚貝放流と漁獲の変化. 栽培技研, **17**, 37-48.
- 米山純夫(1991)伊豆大島におけるメガイアワビの輪紋形成. 水産増殖, **39**, 181-188.
- 由良野範義・角田信孝・大内俊彦(1982)クロアワビ種苗放流効果調査. 昭和55年度山口県外海水試事報, 53-56.