

## 第1章（I） アワビ類漁業と資源管理・増殖の現状

### I-1 漁業および養殖業の現状

鴨志田正晃

アワビ類は、我が国の沿岸漁業において最も重要な磯根資源の一つであるが、1970年代以降、全国的に急速な減少傾向を示している。エゾアワビ (*Haliotis discus hannai*) では1970年代初めから、暖流系アワビ類3種（クロアワビ (*Haliotis discus discus*)、メガイアワビ (*Haliotis gigantea*)、マダカアワビ (*Haliotis madaka*)）では1980年代後半から減少傾向が見られ、1990年代以降はいずれの種も低水準で推移しており資源回復の兆しは見られていない（堀井ほか、2008）。ここでは、アワビ類漁業の現状を把握するため、漁法等、漁業者数の推移、日本における漁獲量の動向などについてとりまとめた。また、近年、外国から多くの天然や養殖アワビ類が輸入されており、日本のアワビ類の漁業や流通および消費に影響を及ぼしていることから、海外における養殖生産量の動向、海外における養殖業の現状、輸出入量の動向についてもとりまとめた。

#### I-1-1) アワビ類漁業の現状

##### ① 漁法等

アワビ類の漁法としては、海女（士）素潜り漁法、潜水器漁法、船上から箱眼鏡で海底を覗き、鈎、たも、鉾等を用いて採る磯見漁法などがある。一般的には、素潜り漁法または磯見漁法が多く、潜水器漁法は、採捕期間や場所を限定して行われる場合がほとんどである（青森県ほか、1990）。地先ごとに設定されている共同漁業権の区域内で漁業が行われている。漁業調整規則の禁漁期間は産卵母貝を保護するためにエゾアワビを漁獲している県では夏から秋としているのに対し、暖海性アワビ類を対象としている県では秋から冬に設定されていることが多い。太平洋北区では禁漁期間が比較的長い県が多く、宮城県、岩手県では3月1日から10月31日までの8ヶ月間、福島県や茨城県では10月から翌年4、5月までとなっている。暖海性アワビ類ではほとんどの県は産卵期に2～3ヶ月間の禁漁としているが、千葉県、和歌山県は9～2、3月と他の県に比べ長い。また、漁業調整規則以外に、漁協単位で操業日数、操業時間の制限などさらに厳しい制限が行われている地域がある。

##### ② 漁業者数の推移

アワビ類資源の回復および増殖を目指した活動を行うために設置されたアワビ研究会（水産研究・教育機構、都道府県の試験研究機関、大学等の全国のアワビ類の試験研究に携わる者で構成）で実施したアンケート結果によれば、青森県、千葉県、静岡県、三重県、島根県、山口県などで高齢化と後継者の不足により、漁業者数が減

少し地域ごとに大きな問題となっている（巻末資料2）。福島県では、1960年代にいわき市内に300人以上いた漁業者が2007年には133名と半数以下に減少し、漁獲量減少要因の一つであることが指摘されている（廣瀬、2008）。三重県では、1949年の漁業者数は6,109人であったが、2014年には1,049人と約1/6まで減少しており（図I-1-1）、60歳以上の高齢者の割合も7割を超え高齢化が進んでいる。茨城県では、1989年の144人から2013年には114人に（巻末資料3）、神奈川県城ヶ島における漁業者数は、視突漁（磯見漁法）では1980年代初めの55人前後から1998～2003年には26～28人に、潜り漁（素潜り漁法）では1973～81年の21～33人から2003年には6人にまで減少した（今井ほか、2006）。長崎県小値賀町の場合、漁期中の延人数は、1990年代の約3,000人・日から2004年以降は1,000人・日未満に減少している（堀井ほか、2011）。このように全国的にアワビ類漁業者は減少しており、その原因としては、アワビ類漁業者が漁獲対象としている磯根資源（アワビ類、ウニ類、海藻類など）の減少により漁業経営が成り立たなくなり後継者が不足していることが考えられる。

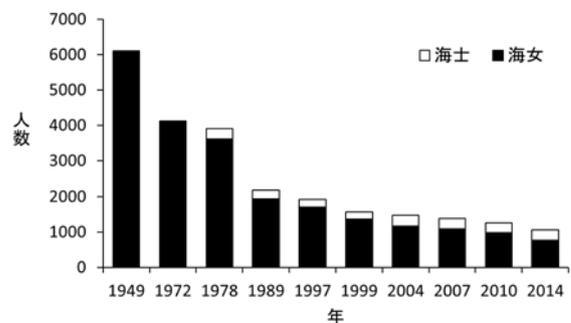


図 I-1-1. 三重県鳥羽・志摩における海女・海士の人数の推移

『目で見える鳥羽・志摩の海女』(2013, 海の博物館編), 『日本列島海女存在確認調査報告書』(2011, 海の博物館)より

##### ③ 日本における漁獲量の動向

全国のアワビ類4種（エゾアワビ、クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ）の種別の漁獲統計は整備されておらず、農林統計ではアワビ類として一括して漁獲量が計上されている。このため、ここではまず漁業・養殖業生産統計年報に基づいて海区ごとのアワビ類の漁獲量の推移をとりまとめた。次に、千葉県、神奈川県、三重県、石川県、山口県、長崎県の一部地域については、各県が

独自に種別もしくは銘柄別の漁獲量を集計しているため、種・銘柄別の漁獲量の動向についても引用し記述した。

全国のアワビ類の漁獲量は1970年の6,466トンを経済成長に急減し、1995年には1,980トンと2,000トンを割った。その後2007年までは2,000トン前後で推移していたが、2007年以降再び減少に転じ、2012年は1,200トン台まで減少した(図I-1-2)。

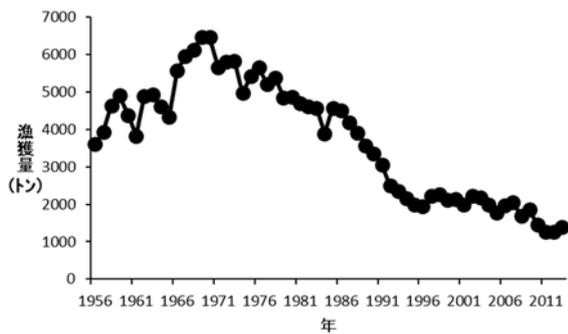


図 I-1-2. アワビ類の全国漁獲量の推移(1958~2015年,漁業・養殖業生産統計年報,農林水産省)

海域別にみると、北海道区、太平洋北区、日本海の青森県、秋田県は主にエゾアワビを漁獲している。これ以外の太平洋中区、日本海(山形~島根)、太平洋南区、瀬戸内海区、東シナ海区は主に暖流系アワビ類3種(クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ)を漁獲している。北海道区のエゾアワビの漁獲量は、1968年には783トンであったが、これ以降急減し、1995年には29トンまで減少した。2000年には100トン台まで回復したが、再び減少し、近年は、50~60トンで推移している(図I-1-3)。太平洋北区は、1978年までは1,000~2,500トンの範囲で変動していたが、1990年には319トンまで急減した。1998年には900トンまで増加し、2009年までは700~800トンで推移したが、2011、2012年は東日本大震災により一部の地域で漁業が行われなかった影響もあり400トン台まで減少した。日本海区(青森県、秋田県)は、1972年の33トンを経済成長として変動しながら減少し、1994年には9トンとなった。2008年には35トンまで増加したが、再び減少に転じ2013年には23トンとなった。日本海区(山形~島根)は、1980年代までは、150~300トンで変動していたが、1990年以降減少し1995年には74トンとなった。これ以降2006年には178トンまで増加したが、近年は100トンほどに減少している。太平洋中区は、1950年代は600~800トンで推移し、1966年には1,600トンまで増加、これをピークに急激に減少し2000年には235トンとなった。その後2007年には約300トンまで増加したが、再び減少し近年は200トン程度で推移している。太平洋南区は、1960~1970年代は200~

400トンで変動していたが、1986年に500トンまで増加、その後急激に減少し近年は60~70トンほどである。瀬戸内海区は、1965年の100トンから1987年に500トン近くまで増加したが、これをピークに急減し1994年には191トンとなり、近年の漁獲量は100トンほどである。東シナ海区は、1950年代に400トンほどで推移し、1971年に1,400トンまで増加、1991年までは1,000~1,400トンで変動していたが、1990年以降急激に減少し近年は200トン程度である(農林水産省,1958~2015)。

種別にみると、千葉県では、クロアワビの漁獲量は1972年に355トンとピークとなった後減少し、近年は50~100トンで横ばい、メガイアワビは、1975年に295トンとピークとなり、その後減少し、近年は20~60トンほどで横ばいである。マダカアワビは1969年に263トンとピークとなった後減少し、1991年以降は10トン未満ときわめて少ない状態である(図I-1-4;千葉県水産総合研究センター・千葉県水産情報通信センター,2015)。

神奈川県では一部の地域でクロアワビは2005年頃より増加傾向にあったが近年減少傾向に、メガイアワビは減少傾向、マダカアワビの漁獲量は非常に少ない状況である(図I-1-5)。

三重県(鳥羽市+志摩市)では、クロアワビの漁獲量は1966年の435トンを経済成長に減少し、近年は10~20トンで推移している。メガイアワビとマダカアワビの漁獲量(ほとんどがメガイアワビ)は1960年代に250トンほどであったが、1976年には54トンまで減少した。その後急激に増加し1986年に300トンとなったが、それ以降減少し近年は20トンほどである(図I-1-6)。

石川県の輪島市漁協では、マダカアワビとクロアワビを合わせた漁獲量(ほとんどがクロアワビ)は1986年の20トンから2014年には4トンに減少、メガイアワビは1~2トン程で推移している(図I-1-7)。

山口県のA市場では、クロアワビの取扱量は2003年の39.2トンから2014年には約1/2の20.5トンに減少、メガイアワビも2003年の7.7トンから2014年には2.1トンに減少している(図I-1-8)。

長崎県漁連のアワビ取扱量では、クロアワビは2005年の78トンから2012年には約1/2の37トンに減少、通称アカアワビ(ほとんどがメガイアワビ)は2005年の70トンから2012年には約1/4の18トンに減少している(図I-1-9)。

上記のように日本のアワビ類の漁獲量はエゾアワビ、暖流系アワビ類とも1970~1990年代に激減している。主にエゾアワビを漁獲している北海道区、太平洋北区、日本海区(青森県、秋田県)、主に暖流系アワビ類を漁獲している日本海区(山形~島根)は、1990年代後半から2000年代前半にかけて漁獲量が増加したが、近年は減少傾向にある。県別にみると、青森県(日本海北区)、秋田

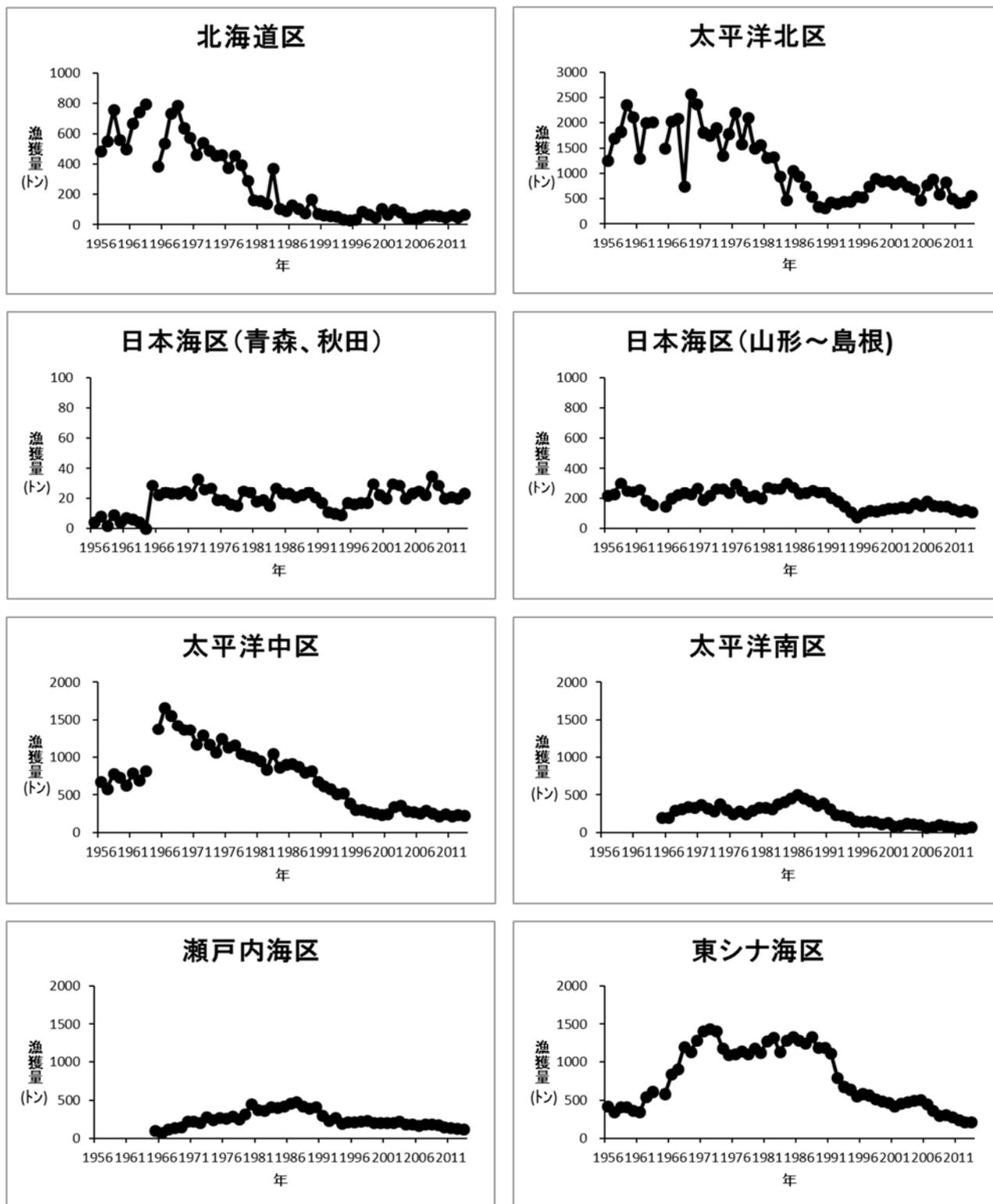


図 I-1-3. 海区ごとのアワビ類漁獲量の推移(1958～2015 年,漁業・養殖業生産統計年報,農林水産省)

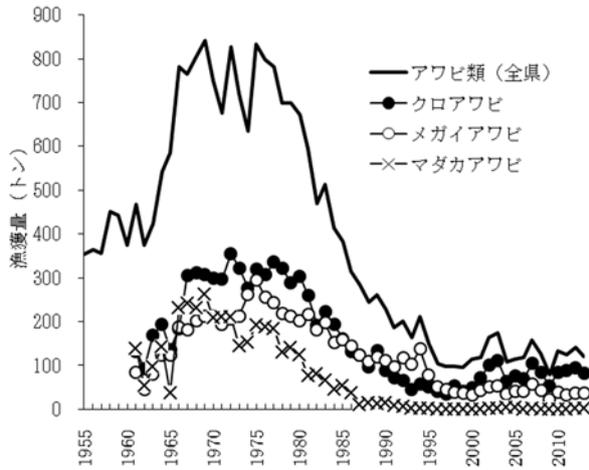


図 I-1-4. 千葉県アワビ類種類別漁獲量(全県アワビ類は漁業・養殖業生産統計から, 他は千葉県調べ) 平成 27 年漁海況旬報ちばより引用

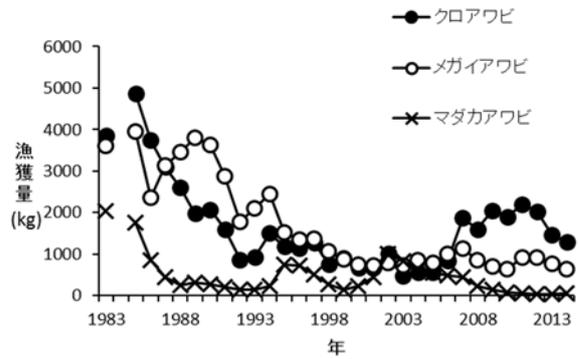


図 I-1-5. 神奈川県 A 漁協における種類別漁獲量の推移

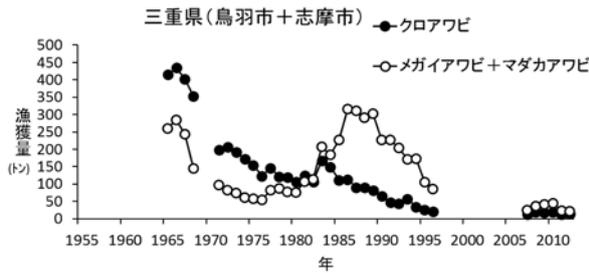


図 I-1-6. 三重県鳥羽市と志摩市のアワビ種類別漁獲量の推移

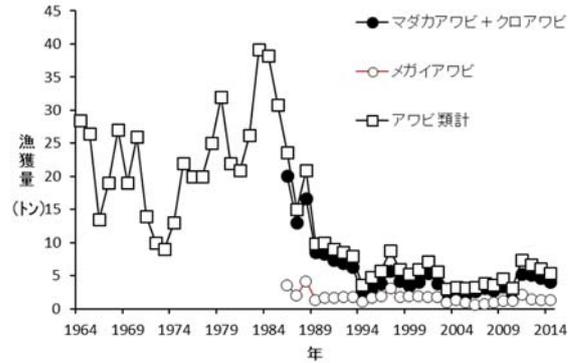


図 I-1-7. 石川県輪島市漁協におけるアワビ種類別漁獲量の推移

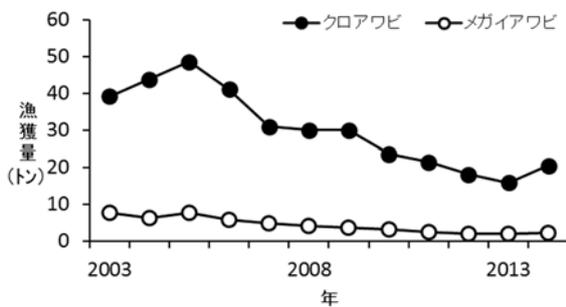


図 I-1-8. 山口県 A 市場におけるアワビ種類別取扱量の推移 資料：山口県 A 市場

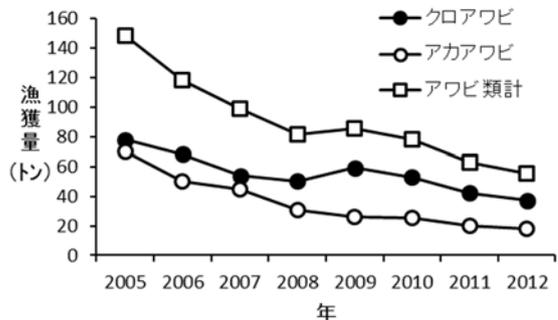


図 I-1-9. 長崎県漁連海区別アワビ類取扱量の推移

県、鳥取県では漁獲量の極端な減少は見られないが、その他の都道府県は概ね減少傾向にあり 1970～1990 年代以前の漁獲量に回復している都道府県は上記 3 県以外はみられない（巻末資料 4）。アワビ類の中でも特にマダカアワビの漁獲量については減少が著しく、1973 年には、平均漁獲量と組成比から千葉県で 248 トン、神奈川県で 23 トン、三重県で 64 トン、石川県で 13 トン、山口県で 71 トンと推定されたが（青森県ほか、1990）、近年は、長崎県の小値賀町での漁獲量を推定したところ 2010 年以降は漁獲がほとんどなく、壱岐市郷ノ浦町においても減少しており、長崎県下の広い範囲で資源の減少が懸念されている（清本ほか、2014）。千葉県でもマダカアワビの漁獲量は 1991 年以降、10 トン未満であり、神奈川県、三重県、石川県、山口県でも非常に少なくなっていると考えられる（図 I-1-4～I-1-8）ことから、マダカアワビの急速な資源の衰退は全国的なものである可能性が高く、早急な現状の把握と系統の保存を含めた保護方策の検討が必要である（清本ほか、2014）。

#### ④ 海外における漁獲量の動向

FAO Global Fishery and Aquaculture Statistics (1950～2013) (<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>, 2015 年 8 月 14 日) によると、近年における世界のアワビ類漁獲量は、オーストラリアが最も多い。1965 年の 400 トンから漁獲量は

急増し 1968 年には 8,000 トンを超えたが、その後急減し 1975 年には 3,000 トン台となった。その後増加に転じ 1984 年には 8,000 トンを回復したがその後再び減少し、近年は 4,000～5,000 トンで推移している（図 I-1-10）。次に多いのは日本で 1970 年の 6,466 トンをピークに減少し 2013 年の漁獲量は 1,395 トンである。3 番目はニュージーランドで近年は 800～1,000 トンで推移している。メキシコは、1960 年代には 17,000 トンを超える漁獲量があったが、その後急減し、近年は 500 トン以下に減少している。南アフリカの漁獲量は、1965 年に 4,000 トンを超えたが、その後減少し、近年は 100 トン台となっている。韓国の漁獲量は 1973 年の 2,390 トンから急減し、近年は 100 トン台となっている。アメリカの漁獲量は、1982 年の 2,644 トンをピークに 1997 年には 102 トンまで減少し、1998 年からカリフォルニア州では資源保護のため商業捕獲は禁止されている（小島、2005）。1980 年代中頃から 90 年代にかけてカリフォルニア州沿岸で野生のスルミアアワビ (*Haliotis cracherodii*) がキセノハリオチス症により大量死し、同州南部では同種の資源量の 90% 以上が消失したとされており、漁獲量の減少に影響したと考えられる。以上のようにオーストラリア、ニュージーランド以外のメキシコ、南アフリカ、韓国、アメリカでは、日本と同様に漁獲量の減少が著しい。

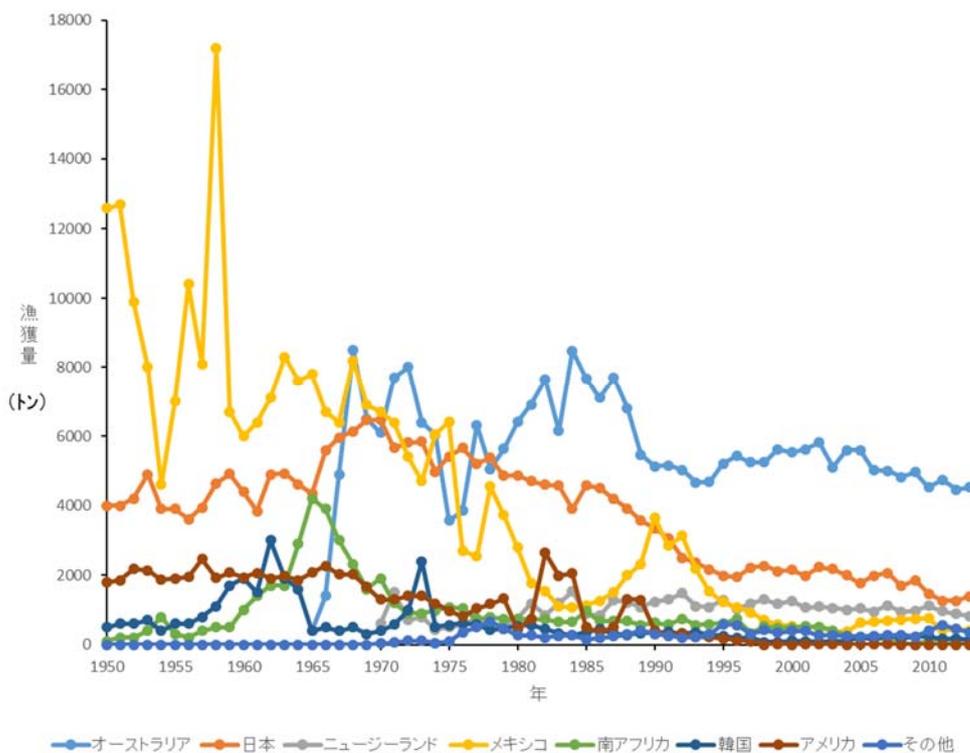


図 I-1-10. 世界のアワビ類漁獲量の推移  
(FAO Global Fishery and Aquaculture Statistics より)

## I-1-2) アワビ類養殖業の現状

### ① 海外における養殖生産量の動向

FAO Global Fishery and Aquaculture Statistics (1950～2013) (<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>, 2015年8月14日)によると、1970年代以前は、ほとんど養殖生産量はなかったが、2000年頃から急激に増加し始め、特に中国、韓国での生産量が多い。日本で開発された種苗生産技術が中国や韓国の養殖産業の基盤となったこと、世界中でアワビ天然資源量が減少し商品価値が高いアワビの養殖が注目され生産量の増大につながったと考えられている(原, 2010)。2013年の養殖生産量は、中国が110,380トン、韓国が7,479トンと他国に比べ桁違いに多い状況となっている(図I-1-11)。次いでチリが1,134トン、南アフリカが1,100トン、オーストラリアが724トン、アメリカが201トン、台湾が98トンとなっている(図I-1-12)。日本では、昔から養殖に取り組んではいるが、盛んではなく生産量は数トン以下で統計データもないのが現状である(原, 2010)。

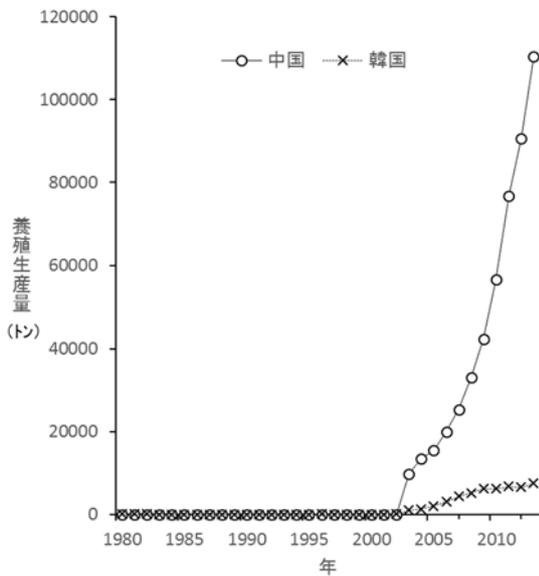


図 I-1-11. 中国と韓国のアワビ類養殖生産量の推移 (FAO Global Fishery and Aquaculture Statistics より)

### ② 海外における養殖業の現状

韓国では、2000年頃から海面生け簀を用いたエゾアワビ養殖が盛んとなった。餌料として生け簀近隣で養殖しているコンブやワカメを用いているのが特徴で、これら安価な餌料の利用と家族、親族を中心とした労働力によって低コストで大規模な養殖生産システムが確立されている。種苗生産業者と養殖業者の分業によるリスク分散、人工種苗を親とした飼いやすい種苗の使用など生産の効

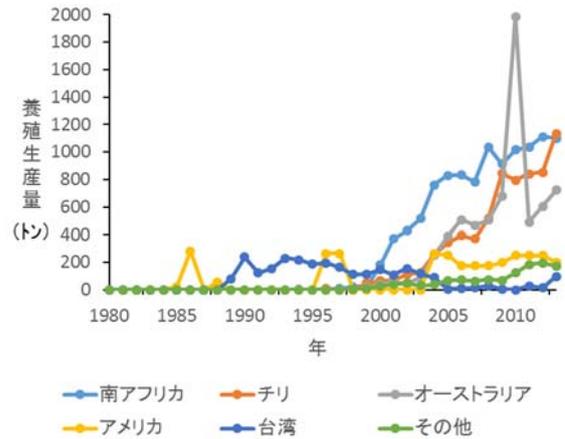


図 I-1-12. 世界のアワビ類養殖生産量の推移(中国, 韓国を除く) (FAO Global Fishery and Aquaculture Statistics より)

率が図られている(原, 2010)。日本への輸出量は統計的には1,500トン程度であるが、活アワビでないものを加えると2,000トンに近いとされている(山川・池田, 2014)。

中国では、韓国同様養殖コンブやワカメを餌料として北部で大規模な陸上養殖が展開され、近年は、南部の福建省の沿岸で養殖オゴノリを餌料として多段式養殖籠による大規模なエゾアワビ養殖が行われている(原, 2010)。天然の水温の変動に伴い養殖生け簀を移動させる方法がとられている。中国産の30mmサイズ種苗の単価は10円/個、韓国産は20～30円/個と日本の80円/個に比べかなり低コストで生産されている(山川・池田, 2014)。中国や韓国では、小さくて流通に適さない5～6cmの一口サイズアワビも販売されており、大型サイズだけでなく多様なサイズの流通により市場の拡大が進んだことにより、生産単価が抑えられ強い国際競争力を持ち、日本への輸出量も増加したと考えられている(原, 2010)。

南アフリカでは、地元のミダノアワビ(*Haliotis midae*)を陸上施設のネットゲージなどで飼育し餌料はコンブ類の大型海藻を用いている。施設は海水の流れを工夫し無駄の少ない合理的なシステムとなっている。チリでは、北部でアカネアワビ(*Haliotis rufescens*)とエゾアワビの陸上養殖、南部でアカネアワビの海中養殖が行われている。オーストラリアでは、ウスヒラアワビ(*Haliotis laevigata*)や養殖に適した交雑種を用いて、アワビ類に適した浅い水槽で流量を抑えた効率的なシステムで陸上養殖が行われている。オーストラリアでは海藻類が高価なため、配合飼料が主として給餌されている。アメリカでは、ハワイ沿岸の深層水を利用した大規模な陸上施設で「コナアワビ」の養殖が行われている。養殖種はエゾアワビで紅藻類のダルスを大量に培養し餌料として使用し

ている。この他、台湾、アイスランド、フランス、アイルランド、スペインなどで養殖が行われている（山川・池田，2014）。

### ③ 輸出入量の動向

世界市場では総生産量の約 70%が中国へ輸出されている。特に干鮑や缶詰製品は香港に輸出されてきたが、近年、中国市場でのアワビ類の流通が抑制され、世界的な市場に影響を与えている（山川・池田，2014）。

日本のアワビ類の輸入量は近年急激に増加し、輸入量で 2,000 トン、輸入金額で 60 億円に達しようとしている。輸入量は、日本国内の漁獲量に匹敵する。以前は、オーストラリアが主な輸入先であったが、近年韓国からの養殖エゾアワビの輸入量が急激に増加している。この他、オーストラリア産の養殖ウスヒラアワビ、チリ産の養殖アカネアワビの輸入量が多い。輸入されたアワビ類は 4,400～9,800 円/kg で販売されている（伊藤，2012）。

### ④ 日本における養殖業の現状

養殖用の種苗は、1980 年代後半に 700 万個ほど生産されていたが、その後減少し 2013 年には 200 万個を割っている。2004 年にはエゾアワビとメガイアワビのハイブリッド種苗の生産が始まり 40～50 万個生産されていたが、2013 年には 19 万個に減少している（図 I-1-13）。近年の養殖用種苗の割合は、エゾアワビが 8～9 割、エゾアワビとメガイアワビのハイブリッドが 1 割で、クロアワビ、メガイアワビの割合は非常に少ない（図 I-1-14）。養殖用エゾアワビ種苗は、北海道、岩手県、佐賀県、長崎県での生産数が多い。

このように日本では 1980 年代からアワビ類の養殖種苗の生産が行われているが、中国、韓国などに比べ盛んとはならなかった。中国・韓国で養殖の拡大に成功した

要因としては、コンブやワカメの養殖が盛んで、これら安価な海藻を安定的に餌料として使用できたこと、大規模な海面養殖法の導入による新しい生産システムの考案に加え、種苗生産業者と養殖業者の分業による生産事故からのリスク分散や資金回転率の効率化、飼いやすい種苗の導入など生産の効率化、多様なサイズでの流通による市場の拡大によってもたらされたと考えられている（原，2010）。これに対して日本での養殖では、流通している天然貝と同様な殻長 10 cm 程度まで成長するのが遅い（出荷まで 3～4 年かかる）、コンブ、ワカメ、カジメ等の天然あるいは養殖の海藻はあまり使われておらず、配合飼料主体で餌料コストが高い、漁場利用の制限により中国、韓国のような大規模な海面養殖が難しい、陸上養殖の場合には光熱水量費がかかり生産コストが高くなるといった問題があり、養殖が発展してこなかったと考えられる。今後、日本で養殖業が成立するためには、年間を通じてアワビ類に適した水温を維持でき、かつ、餌料としてアラメ、カジメなど安価な天然海藻あるいはコンブ、ワカメなどの養殖海藻が大量に確保できる海域での海面養殖、育種により成長が早く疾病にかかりにくいなど養殖の生産性を向上させる特質をもった種苗の開発、より小型サイズでも流通できる販路の確保等が必要となる。しかしながら、近年温暖化が進んだことにより、アワビ類の養殖に適した海域は限られてきており、夏季の水温を考慮すると太平洋中区、東北の太平洋岸、北海道などかなり限定されると思われる。さらに、餌料用の海藻を安定かつ大量に確保するためには磯焼けのない地域、あるいは海藻養殖が可能でアワビの餌料として供給できる地域に限られる。また、育種した種苗を利用する場合には、海面では、逃避した種苗が天然資源の多様性に影

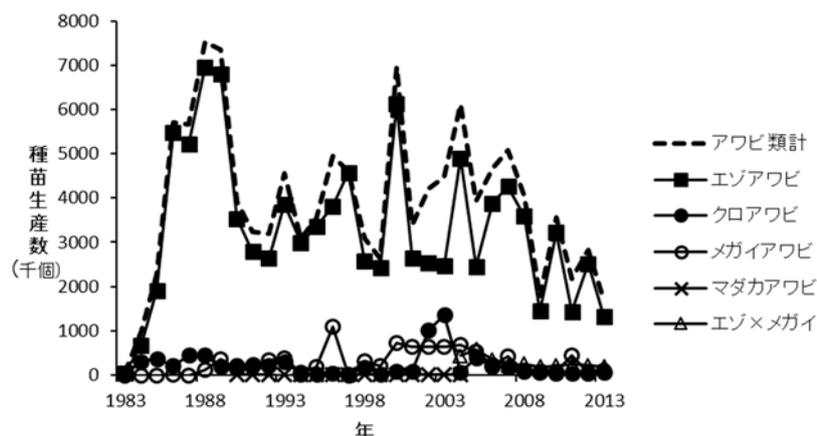


図 I-1-13. アワビ類養殖用種苗生産数の推移  
(栽培漁業種苗生産、入手・放流実績より)

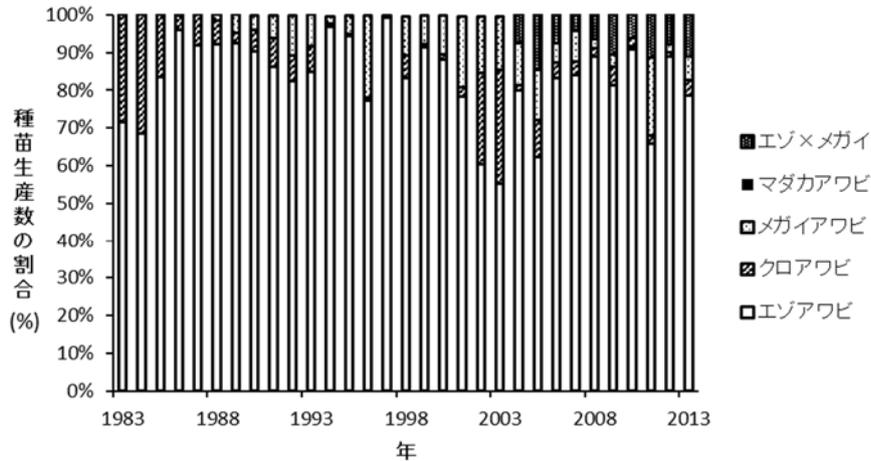


図 I-1-14. アワビ類養殖用種苗生産数の割合  
(栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績より)

響を与える恐れがあるため、避妊法の開発あるいは隔離された陸上養殖の検討が必要になる。近年陸上での閉鎖循環システムを利用した養殖が行われているが、光熱水費がかかることから、陸上での養殖を行う場合には、水位を極限まで低くするなど水の使用量を削減できる生産手法の開発、冬季の加温費を削減するための温排水の利用、低コストの電力を使用できる場所での養殖などが条件となる。安価な外国産種苗に対抗するためには、販路の開拓が必須であり、一口アワビの地元の宿泊施設、飲食店などでの利用、販売など販売戦略の検討が必要である。

#### 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。秋田県水産振興センター，1-118.
- 千葉県水産総合研究センター・千葉県水産情報通信センター（2015）アワビ類の漁獲動向。平成 27 年漁海況旬報ちば，52-53.
- 原 素之（2010）第 2 章日本に輸入される養殖水産物 アワビ。「養殖」臨時増刊号，55-59.
- 廣瀬 充（2008）福島県におけるアワビ栽培漁業と人工種苗放流効果。月刊海洋，40，507-511.
- 堀井豊充・清本節夫・中村慶幸（2008）五島列島小値賀町の素潜り漁業からみた暖流系アワビ類の資源変動要因。月刊海洋，40，495-499.
- 堀井豊充・清本節夫・中村慶幸（2011）五島列島小値賀町における暖流系アワビ類の再生産関係からみた過剰漁獲。黒潮の海洋研究，12，57-60.
- 今井利為・滝口直之・堀口敏宏（2006）城ヶ島におけるアワビ漁獲量減少要因の推定。神水セ研報，1，51-58.
- 伊藤 円（2012）貿易統計からみたアワビ類の輸入の現

状。静岡県水産技術研究所伊豆分場だより，328，18-22.

清本節夫・田川昌義・前田博謙・渡邊庄一・堀井豊充（2014）五島列島北部小値賀町におけるマダカアワビ漁獲量推定の試み。水産増殖，62（3），323-325.

小島 博（2005）クロアワビの資源管理に関する生態学的研究。徳島水研報，3，1-120.

農林水産省（1958-2015）漁業・養殖業生産統計年報。

山川 紘・池田吉用（2014）日本と海外におけるアワビの養殖産業。月刊養殖ビジネス，51（9），3-7.

## I-2 種苗生産と放流事業の現状

鴨志田正晃

アワビ類の人工種苗の大量放流事業が本格的に始まってから 30 年以上が経過し全国で毎年 2,000~3,000 万個の種苗が放流されているが、資源量が回復している地域はほとんどみられない。資源量が増加しない主な原因は天然稚貝発生量の低迷と考えられているが、現在行われている放流事業、種苗生産技術についても問題があるとされている（河村ほか，2008）。しかしながら、アワビ類の種苗生産技術や放流技術はほぼ完成されたとみなされており、新たな研究開発は活発には行われていないのが現状である。ここでは、全国の種苗生産数の推移、種苗生産の現状と問題点としてエゾアワビでは岩手県、暖流系アワビ類では長崎県の事例を基に、今後必要な技術開発課題をとりまとめた。また、アワビ類の種苗生産では筋萎縮症など重大な被害をもたらす疾病も報告されており放流事業を進めるうえで問題となることから、主な疾病の原因、発生状況、防疫対策等についてもとりまとめた。放流事業については、全国の放流数の推移、放流技術マニュアルとしてとりまとめられている代表的な放流手法や混入率、放流効果の現状をとりまとめるとともに

問題点を整理した。

### I-2-1) 種苗生産の現状

#### ① 種苗生産数の推移

1959年頃から県水産試験場でアワビ類の種苗生産が行われるようになり(都道府県水産試験場磯根資源調査研究グループ,1972),年々生産数は増加し,1980年代以降は2,500~3,500万個が放流用として生産されていたが,2004年から減少した(水産庁・(社)日本栽培漁業協会(水産総合研究センター),1985~2013)。これは,種苗の大型化に伴う生産数の減少と種苗生産予算の減額により栽培漁業センターの運営が厳しくなったことによると思われる。2011年からは東日本大震災の影響で岩手県,宮城県,福島県,茨城県の種苗生産施設が稼働しなくなったため1,500万個に減少した(図I-2-1)。種別の生産数

では,エゾアワビが最も多くアワビ類の50~60%,次いでクロアワビが20~40%,メガイアワビが10~20%を占めている。マダカアワビの割合は非常に少ない(図I-2-2)。エゾアワビ生産数は,1983年の1,500万個から徐々に増加し,2003年には2,200万個まで増加したが,これ以降1,500万個に,東日本大震災以降は岩手県,宮城県,福島県,茨城県の種苗生産施設が被災したため500万個にまで減少した。クロアワビ生産数は,1980年代は1,000万個ほど生産されていたが,近年は500万個ほどに減少している。これは,1980年代から筋萎縮症による大量死亡が発生し(中津川ほか,1988),特にクロアワビで感染しやすく被害が大きいことから,感染しにくいエゾアワビ,メガイアワビ(桃山ほか,1999)の生産にシフトしたためと考えられる。メガイアワビの生産量は,徐々に

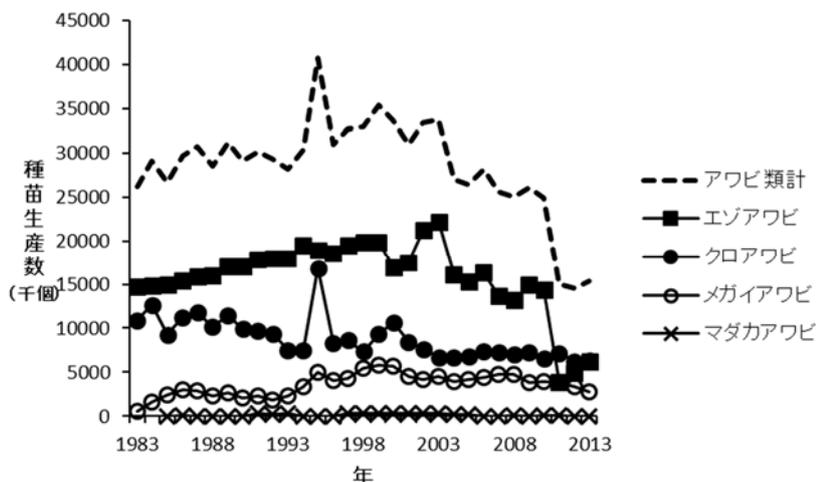


図 I-2-1. アワビ類放流用種苗生産数の推移(栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績より)

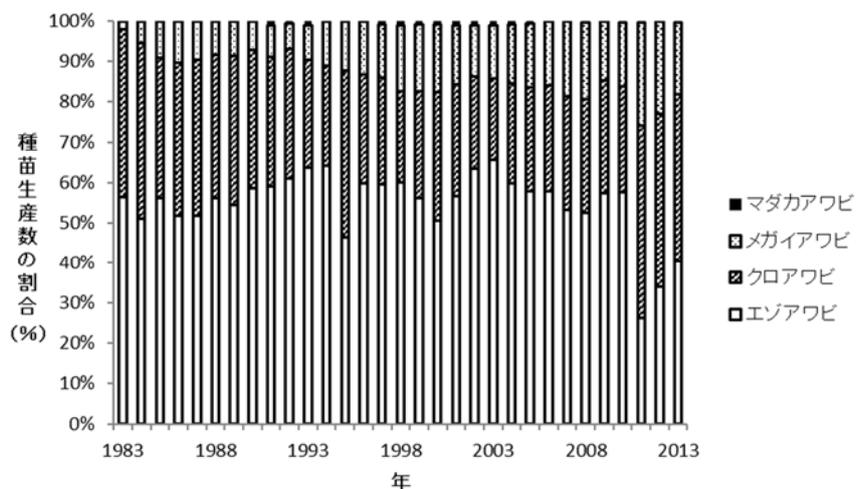


図 I-2-2. アワビ類放流用種苗生産数の割合(栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績より)

増加し 1995～2008 年までは約 500 万個が生産されていたが、それ以降減少し 2013 年は 270 万個となっている（図I-2-1）。種苗生産サイズは、エゾアワビでは、1980 年代に平均殻長約 20 mm が 2008 年には約 30 mm と大型化した。近年小型化している傾向にある。クロアワビは、平均殻長約 15 mm が近年は約 25 mm に、マダカアワビでは、30 mm 以上と大型化されている。メガアワビも近年大型化し、25 mm 程度のサイズとなっている（図I-2-3）。

をこうむったが、岩手県で平成 25 年度中に岩手県栽培漁業協会と漁協が所有する種苗生産施設 3 ヶ所の計 4 施設が復旧し、種苗生産を再開している。

エゾアワビの種苗生産数は 1980 年代には既に全国で 1,500 万個にのぼり、その後徐々に増加して 2000 年代には 2,000 万個を超えることもあったが、その後はやや減少に転じて、東日本大震災の直前では 1,500 万個程度であった（図I-2-1）。このようにエゾアワビの種苗生産については南方系の種類に比べて安定している。なお、エゾ

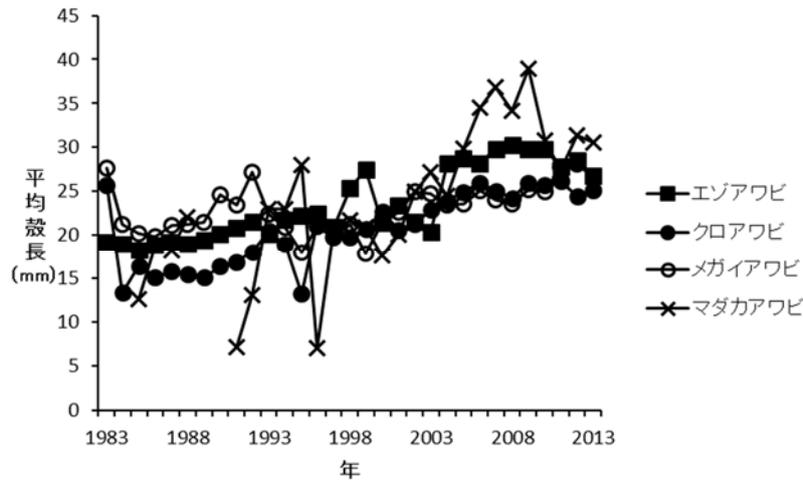


図 I-2-3. アワビ類放流用種苗の平均殻長(加重平均)の推移(栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績より)

## 引用文献

- 河村知彦・堀井豊充・高見秀輝（2008）アワビ栽培漁業の検証と展望—総論—. 月刊海洋, **40**, 485-489.
- 中津川俊雄・畑井喜司雄・窪田三朗（1988）筋萎縮を伴うアワビ稚貝の病理組織学的所見. 魚病研究, **23**, 203-204.
- 桃山和夫・中津川俊雄・由良野範義（1999）アワビ属稚貝の筋萎縮症による大量死. 魚病研究, **34**, 7-14.
- 水産庁・(社)日本栽培漁業協会(水産総合研究センター)（1985～2013）栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績(全国), (昭和 58 年度～平成 23 年度).
- 都道府県水産試験場磯根資源調査研究グループ（1972）磯根資源とその増殖 1—アワビ—. 水産増養殖叢書 24. 日本水産資源保護協会, 1-108.

## ② 種苗生産の現状と問題点

### ア) 岩手県におけるエゾアワビ種苗生産

#### 西洞孝広

エゾアワビの分布域である東北地方太平洋沿岸では、東日本大震災により大半の種苗生産施設が壊滅的な被害

アワビの種苗生産技術については、「栽培漁業技術シリーズ No.2 アワビ類の種苗生産技術」（大森ほか、1995）に詳しく解説されている。このように、エゾアワビの種苗生産技術については一定のレベルに達したとの認識から、最も生産個体数の多い岩手県においても、平成 6 年に県の栽培漁業センターから社団法人岩手県栽培漁業協会に生産業務が移行した後、大きな生産工程の見直し等は行われていない。しかし、種苗生産技術については、採苗板の作成状況により採苗率が変動する点や、珪藻飼育時の餌料不足、コペポダの大量発生や餌料に適さない藻類の繁茂等による大量へい死等が起きるなど、いまだ解決すべき課題は多いと考えられる。

種苗放流を前提とした種苗生産の大きな目的は、放流後に少しでも多くの個体が漁獲対象まで成長して漁獲されることにある。岩手県では、これまでの種苗放流事業において回収率の向上を主眼に置いて、生産コストよりも放流サイズを大型化させることを重視して事業を進めてきたが、東日本大震災後は特に漁協、漁業者の経済状態が悪化していることから、費用対効果を考慮した放流事業への転換を検討している。具体的には、岩手県において種苗生産事業を立ち上げた当初は、殻長 15 mm 程度

で種苗生産施設から出荷したものを漁協・漁業者が中間育成して 30 mm程度まで育てて放流する体制であったが、徐々に中間育成が行われなくなり、東日本大震災の直前には岩手県栽培漁業協会で 30 mm以上まで飼育したものを直接放流していた(図I-2-4)。しかし、より大きなサイズの種苗を生産・出荷することは、種苗生産のコスト増につながり、放流する漁協が買い取る種苗の単価も大きさに比例して高くなりその分負担は増えることになる。震災後はその負担を出来るだけ抑えることを主眼に、出荷・放流するサイズを殻長 25 mm程度まで引き下げて生産コスト削減を図る、費用対効果を重視した放流体制へ

貝は、成長に伴い行動範囲が広がり付着板から底面に降りていく個体の割合が増加し、配合飼料で飼育する頃になるとその割合はさらに増え、その結果として水槽内での稚貝の分布に偏りが大きくなり、すべての稚貝が万遍なく摂餌できるように餌を撒くことが困難になる。浮(1995)は、巡流水槽でアワビ類を飼育する際には、稚貝の摂餌行動特性を調べ、飼育方法を検討する必要性を指摘しており、エゾアワビにおいても、特に配合飼料による飼育時にはそれに合わせて巡流水槽の飼育システムを再検討することで、飼育の効率を高められる可能性がある。また、配合飼料だけでなく、針型珪藻や海藻類の幼

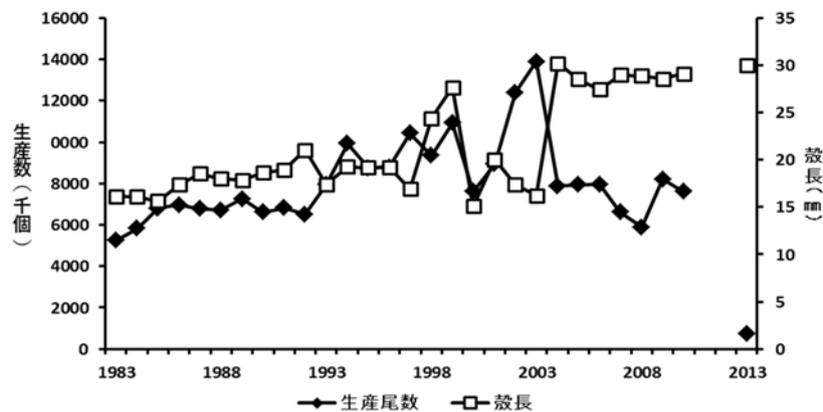


図 I-2-4. 岩手県におけるアワビ種苗生産数と殻長の推移

の転換を進めている。

また、生産コストの削減については、出荷サイズを下げるだけでなく、生産方法の見直しを行うことで、さらに引き下げられる余地が大きいと考えられる。この点については、震災後に実施している農林水産技術会議の先端技術展開事業によりアワビ種苗生産技術の改善、効率化に結び付く研究が行われており、その主な内容は「二次成熟卵による良質卵の採卵技術」と好適餌料である針型珪藻による採苗・飼育技術による種苗生産工程の改善を行うものとなっている。その詳細については、III-5 種苗生産技術の改善の項で紹介されている。

このほか、今後検討すべき課題としては次のi)～v)の項目が挙げられる。

#### i) 飼育施設の改良

岩手県でエゾアワビの種苗生産に用いられている水槽は、付着板に波板を用いる角型のかけ流し方式と、平板を用いる横長で両端が丸い形をした巡流式水槽が用いられており、このうち、後者が大半を占めている。巡流式水槽は、海水が効率よく動くことで平板の付着板上の珪藻の繁殖を促し、珪藻等を主餌料として摂餌する段階では非常に効率的であるが、大半の種苗生産施設ではそのまま配合飼料による飼育に移行している。エゾアワビ稚

芽等を利用した飼育方法を考案、普及する際には、それぞれの使用方法に最適な形への改良を行うことで成長速度の向上や作業の効率化が期待できるものと考えられる。

#### ii) ワカメ、コンブ等海藻類の餌料としての利用

通常の種苗生産においては、採苗から 3～4 ヶ月後まで珪藻飼育を行って殻長 5～10 mm程度まで達した後、配合飼料による飼育に移行する。この際、珪藻飼育期間の後半では、エゾアワビの摂餌量が急増することからしばしば餌不足によるへい死や成長不良が発生して問題となる。その解決策として、岩手県など東北地方の太平洋沿岸部で盛んに養殖されているワカメ、コンブの利用について今後検討されるべきと考える。これらの大型海藻類は、採卵用親貝飼育の餌として用いられているほか、岩手県で種苗放流事業が開始された当初に行われていた中間育成用の餌としても活用されていた。成長したワカメやコンブがエゾアワビ稚貝の餌としても有効なことは当然であるが、その配偶体や芽胞体もエゾアワビ稚貝にとって非常に良好な餌であり、その利用方法が確立されれば種苗生産の効率化に大きく寄与すると予想される。

#### iii) 飼育管理作業の効率化

東日本大震災後には、被災地域における人手不足が深刻化しているが、これはエゾアワビ種苗生産施設におい

ても同様の状況で、限られた人数で作業を行えるような作業の効率化が求められている。

このうち、放流用種苗として出荷する際の剥離および選別作業は、日常の管理作業において非常に大きなウェイトを占めており、最も効率化が求められるところである。

#### iv) 容器放流と連携した飼育装置の開発

放流後の生残率を左右する要因のひとつに放流方法があげられるが、現在、岩手県内では、一部の漁協において潜水放流を実施しているほかは、船上からのばらまき放流が主となっている。しかし、容器放流は放流時の外敵による被食を避けるなど放流後の生残率向上には有効と考えられ (Uchino et al., 2004), 岩手県内でも以前は一部の漁協において容器放流も行われていたが、放流後に容器を回収する手間がかかる他、容器からエゾアワビが海底に移るのに数日以上かかることが課題であった。この点については内野ほか (2005) や白藤ほか (2009) によって、透明な付着板を用いることで効率よくアワビ類を海底に移動させることができることが確認されている。これらの方法でも、放流前に一旦稚貝を付着板から剥離して放流容器に付け直す過程を経ており、その際に稚貝に対して大きなストレスを与えていると考えられることから、例えば、水槽で飼育に用いている付着板をそのまま海底に持ち込んで放流できるような仕組みを作ることで、手間をかけず、エゾアワビへのストレスをより少なくして放流できれば、放流後の生残率向上が期待できるものと考えられる。

#### v) 遺伝的多様性への配慮の必要性

漁場への放流を前提とした種苗生産においては、親魚数が少ないと遺伝子頻度の変化や、出現頻度の低い遺伝子が消失するなどの影響が現れる可能性があるなど、野生集団の遺伝的多様性に対する配慮の重要性が指摘されており (谷口, 1993), 岩手県における種苗生産では、出来るだけ多くの親貝を用いること、採卵に用いる親貝を天然から採取し、出来る限り毎年入れ替えること等の点で遺伝的多様性への配慮が意識されている。

アワビ類では、複数の親を用いた種苗生産において、各親が均等に寄与しているのか、あるいは一部の親の寄与度が高いなどの偏りがあるのか確かめられた事例は少なく、今後の研究により確認する必要がある。

また、震災前に一部の施設においては、種苗生産した種苗のうち成長の優れたものを選抜して飼育し、これを親として利用することも行われていたが、遺伝的多様性の低下が懸念されることから、その影響については十分調査した上で用いる必要がある。

#### 引用文献

大森正明・河原郁恵・石田享一 (1995) エゾアワビ種苗

生産技術の実際. 「アワビ類の種苗生産技術」(栽培漁業技術シリーズ No.2), 日本栽培漁業協会, 東京, 93-124.

白藤徳夫・西垣友和・八谷光介・和田洋蔵・竹野功璽 (2009) 透明波板放流器を用いたクロアワビ種苗の放流技術, 京都府立海洋センター研究報告, 31, 1-5.

谷口順彦 (1993) 遺伝学的諸問題. 「放流魚の健全性と育成技術」(北島 力編), 厚星社厚生閣, 東京, 63-74.

Uchino, K., T. Shimizu, T. Tanaka and T. Shibata (2004) Abalone resource decline and a recovery attempt in Chiba Prefecture, Japan. *J. Shellfish Research*, 23, 1219-1222.

内野加奈子・田中種雄・柴田輝和・清水利厚 (2005) 放流器システムの開発—透明付着板を用いた放流籠によるアワビ放流方法の効率化—, 千葉水研研報, 4, 55-64.

浮 永久 (1995) アワビ類の繁殖生理と種苗生産の組立て. 「アワビ類の種苗生産技術」(栽培漁業技術シリーズ No.2), 日本栽培漁業協会, 東京, 1-92.

#### イ) 長崎県における暖流系アワビ類種苗生産

##### 大橋智志

長崎県は、離島・半島地域が多く外洋に面した岩礁帯が連なる地形的特徴から、良好な磯根漁場が形成されており、漁業者の関心も高い。暖流系アワビ類 (クロアワビ, メガイアワビ, マダカアワビ) の漁獲量では 2006 年までは全国 1 位 (図 I-2-5) (九州農政局長崎農政事務所, 1990~2013), その後も西日本では上位の漁獲を記録するなど磯根資源に恵まれている。このため、漁業者はアワビ類の増殖に関心が高く、上記 3 種の種苗生産数、放流数においても長く全国 1 位の座にあった。

ここでは種苗生産の立場からこれまでの歩みを振り返り、現状を整理するとともに今後の展望について述べたい。

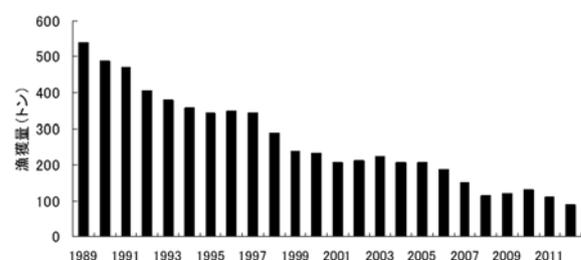


図 I-2-5. 長崎県におけるアワビ類漁獲量の推移

i) 長崎県における暖流系アワビ類種苗生産技術の経緯

本県のアワビ類種苗生産技術の開発は、1973年に長崎県水産試験場増養殖研究所で始まった。当時はエゾアワビで開発された採卵技術を応用してクロアワビを採卵し、海面筏に設置した大型ビニール水槽内に受精卵を投入する海面採苗方式で実験を行った。その後陸上採苗技術にも取り組み、1979年には長崎県栽培漁業センターから種苗配布が開始された。同様に長崎市や佐世保市の水産センターもクロアワビ種苗生産に取り組み、各地へ放流種苗が供給され、県内各地でも種苗生産および中間育成施設の設置が進められた(2017年2月17日時点計7機関が稼動)。種苗供給および中間育成の体制が整備されるに従い放流事業は拡大し種苗の需要は増大したが、1985年ごろからクロアワビ種苗生産の不調が表面化した。

ii) アワビ類種苗生産技術の改良

当時のクロアワビ種苗生産は産卵盛期とされていた11~12月に採卵し、自然発生する微細藻類を摂餌させて飼育する方法を用いていた。この方法はエゾアワビの種苗生産技術の応用で、微細藻類の発生状況によって成績が左右される。ところが、本県の種苗生産施設で発生する微細藻類は藍藻類などが混在するため餌料価値が低く、また、餌料として重要な珪藻類の生育も不安定であったため、需要の増大に伴う生産増には対応できなかった。そこで、長崎県水産試験場では、浮遊幼生の飼育上限とされている水温(24℃)期(当時は10月上旬)に前倒しする早期採卵と、着底初期稚貝が摂餌しやすい小型珪藻(30µm以下)が発生する珪藻の主体となるよう、種藻の

サイズ選別と照度調整を組み合わせる培養方法で初期飼育環境を改善した。さらに、微細藻類の増殖状況に稚貝の成長が左右されないよう、殻長3mmを超えた稚貝を剥離し、細断した塩蔵ワカメ等の人工餌料を給餌する飼育するシステムを開発した(図I-2-6)(藤井・四井, 1989; 前迫ほか, 1989; 大橋ほか, 1992)。

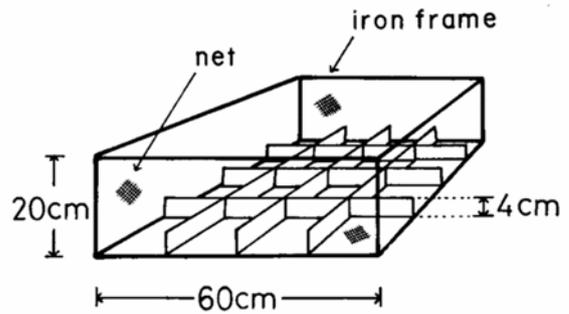


図 I-2-6. 剥離稚貝の給餌飼育装置

これらの改良によってクロアワビ種苗の生産効率は向上したが、小型稚貝の量産が可能になるとその後の給餌飼育中に発生する大量斃死現象が問題となった。この斃死現象は春先から初夏までの水温上昇期に顕著に発生する。斃死率は50~90%と高く、図I-2-7に示す消化盲嚢上皮細胞の壊死崩壊が、組織病理学的には主な病変として認められた(大橋・吉越, 1992)。

しかし、有効な対策が見つからず県内各地の中間育成

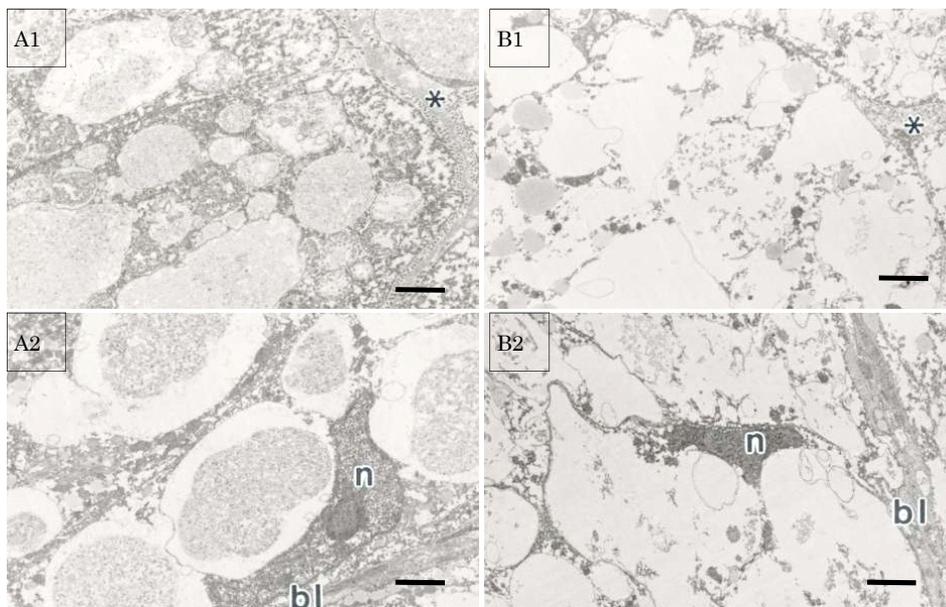


図 I-2-7.大量斃死したクロアワビ種苗に見られた消化盲嚢の変性

(電顕像)A; 正常な消化盲嚢 細胞先端の微絨毛が明瞭(A1)で消化空間が充実し(A1,2), 核小体が確認できる(A2) B; 変性が見られる消化盲嚢 細胞は疎構化し(B1,2)核濃縮が見られる(B2)

\* ; 微絨毛, n; 核, bl; 細胞基底部 Scale bar = 2 µm

施設で被害が発生したことから、エゾアワビを放流種苗として導入する対策が検討された。ただし、天然海域への放流を行う観点からは本来生息しない種類の導入は極力避けるべきと考え、1991年から長崎県水産試験場では、クロアワビに比較すると市場価格はやや劣るものの、長崎県の主な漁獲対象種であるメガイアワビの種苗生産技術開発に1991年から取り組んだ。当初クロアワビと同様の生産工程を想定していたが、クロアワビに比較すると産卵誘発処理への反応が不安定であるうえに、受精可能な時間が非常に短いなどの課題を有することが判った。また、親貝の成熟までの飼育状態も産卵誘発率や受精率の良否に関与していることが推察されるなど、メガイアワビに応じた技術開発が求められ、藤井らによって行わ

れた技術開発によってメガイアワビの種苗生産は安定した。また、メガイアワビ種苗は春先にクロアワビのような大量斃死を起こさず、飼育中の成長のばらつきも少ないことから種苗生産対象種として有望であると判断された(図I-2-8)(藤井, 1996)。これらの技術は県内各地のアワビ類種苗生産機関へ移転されてメガイアワビの生産数は順調に伸び、1996年には100万個を超えた。1996~2009年までの間は、長崎県で生産される種苗の30%以上がメガイアワビで占められた(図I-2-9)。さらに人工餌料の改良(大橋ほか, 2014)などの技術によって、これまで生産が不可能であった地域でも生産が安定するようになり、アワビ類種苗生産は全県下で一定の安定生産を維持できるようになった。

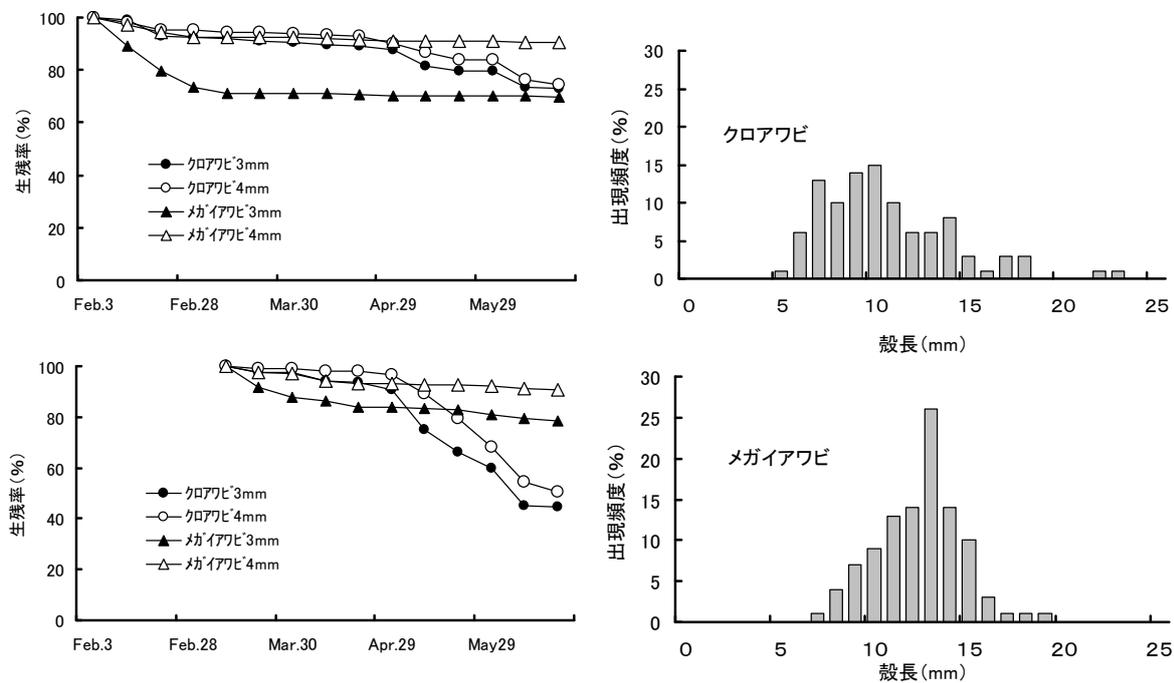


図 I-2-8. クロアワビとメガイアワビの給餌飼育における生残率の推移と実験終了時の殻長組成

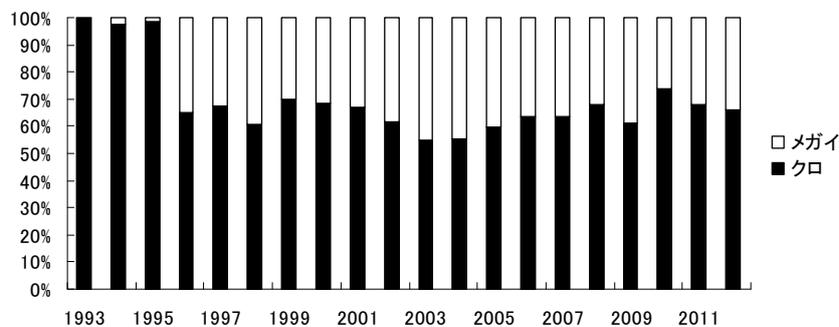


図 I-2-9. 長崎県におけるメガイアワビ、クロアワビ (放流種苗)の構成比の推移

### iii) 種苗生産技術の現状と問題点

生産技術が普及してすでに20年以上の歳月が流れた。1997～2010年までは両種の合計で長崎県内のアワビ種苗生産施設はほぼ年間約200万個以上の放流用種苗を供給していたが、その後の供給数は150万個前後に減少している。特にメガイアワビの生産は2009年以降減少傾向が著しく、50万個前後まで落ち込んでいる(図I-2-10)(水産庁・(社)日本栽培漁業協会(水産総合研究センター), 1995～2014)。

近年の県内種苗生産機関の給餌飼育における平均生残率の推移をみると、クロアワビは40～60%、メガイアワビは60～80%の範囲にあり、生産効率はほとんど変わっていない(図I-2-11)(長崎県アワビ種苗生産技術研究会, 1993～2012)。また、生産サイズは向上して目標サイズである殻長30mmを満たし、全国の放流数に占める割合も1997～2009年までは20%を占めていたが、その後は15%前後まで落ち込んでいる(図I-2-12)(水産庁・(社)日本栽培漁業協会(水産総合研究センター), 1995～2014)。

メガイアワビとクロアワビの生産コストはほとんど変わらないが、市場価格はクロアワビの方が高いため、種苗価格はこの差に準じてメガイアワビの方が低く設定されている。長崎県のアワビ類の漁獲の主体はメガイアワビ

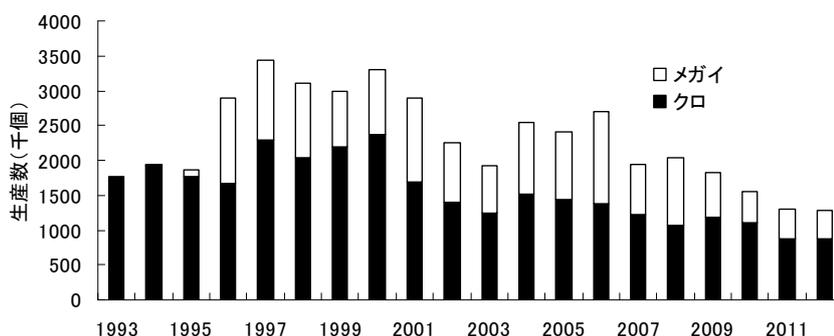


図 I-2-10. 長崎県におけるメガイアワビ、クロアワビ生産数(放流種苗)の推移

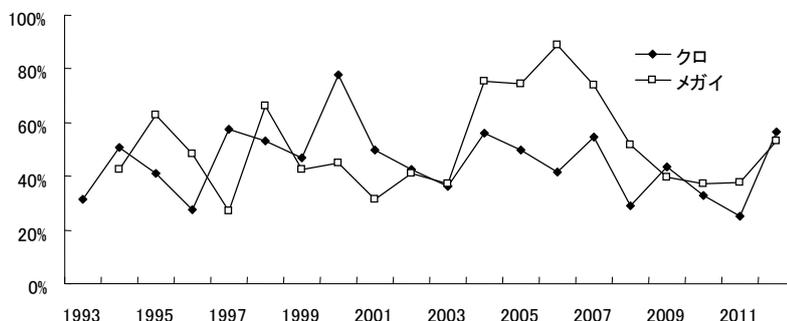


図 I-2-11. 長崎県におけるメガイアワビ、クロアワビ種苗の剥離から配布までの生残率の推移

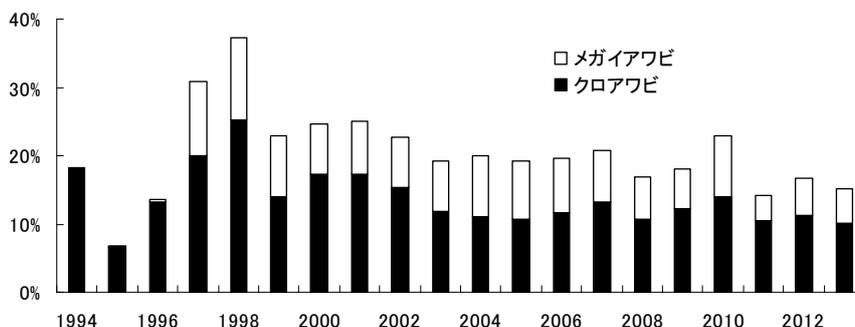


図 I-2-12. 全国のクロアワビ・メガイアワビ放流数に占める、長崎県の割合の推移

であることと、種苗価格が安く設定されたことが奏功して、メガイアワビ種苗の需要が維持されてきた。しかし、近年はメガイアワビの種苗要望数が減っている。これは、メガイアワビの漁獲激減が各地で報告され、回復が見込めないことに起因すると考えられる。その一方で、同様に減少傾向にあるとはいえ、一定の漁獲が維持されているクロアワビについては、増殖への期待が維持されており、限られた種苗購入予算の配分は、クロアワビに傾いているものと考えられる。全国の暖流系アワビ類の放流数からみて、種苗生産はこの20年間一定の水準を維持して継続されていると考えられるが、暖流系アワビ類の漁獲量は激減しており、資源の増殖という目標は達成されていない。これは温暖化による藻場消失の拡大によってアワビ類の増加が望めない自然環境が拡大していることに大きく関係する。

一方で、種苗価格は上昇している(図I-2-13)(長崎県アワビ種苗生産技術研究会, 1993~2012)。長崎県における種苗の入手単価は2000年以降上昇し、それまで1個40円前後であったものが100円前後まで上がっている。

ただし種苗生産機関では、大きな失敗があった年を除けば、もともと概ね100円前後の生産単価でアワビ類種苗を作っており、これはクロアワビ、メガイアワビの種の違いによる差は見受けられない。生産機関における生産単価は長年販売価格を上回っており、実態としては販売単価が生産単価と同等になったと表現してもよい。

ただこのことは、この20年の間に、メガイアワビの導入や飼育技術の開発は進んだものの、アワビ類種苗の単価を大幅に下げただけの生産効率の改善には至っていないことを示している。長崎県のアワビ類種苗生産機関の技術が高水準で非常に洗練されたものであることは、生産効率(生残率)の水準が維持されていることから明らかであるが、1990年代前半までにメガイアワビを中心に進められた技術開発の域を出ていないことも否めない。事実、前述の技術開発の過程で課題となったクロアワビの斃死現象については十分な解決策に至っていないし、この問題を回避するために選択したメガイアワビも、不順な水温などの悪い条件下ではクロアワビと同様な斃死現象が発生することが明らかになってきた(図I-2-14)(大

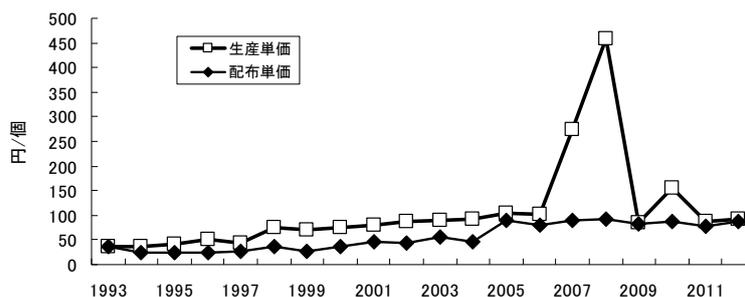


図 I-2-13. 長崎県におけるアワビ種苗生産単価と配布単価の推移の比較

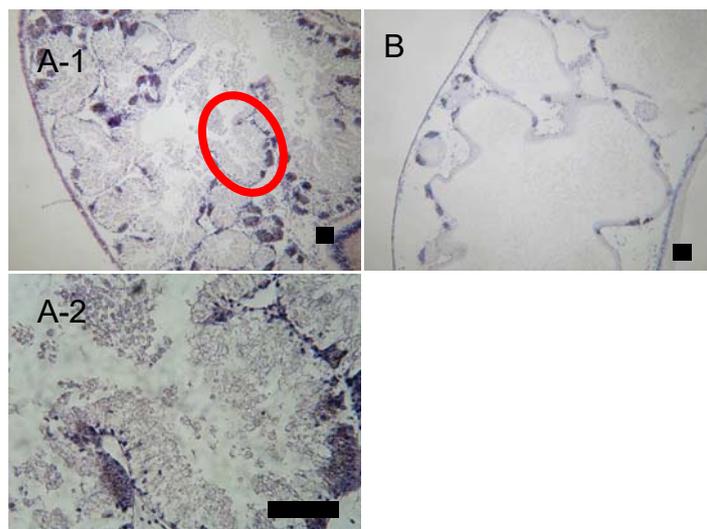


図 I-2-14. メガイアワビに見られた消化盲嚢の変性

A: 壊死崩壊中の消化盲嚢(A1)および精円内の拡大(A2)

B: 壊死崩壊が進行し上皮細胞がほとんど失われた消化盲嚢

Scale Bar=100 μm

橋, 未発表)。また, これらの斃死現象は, 病理組織学的な変性等は把握することができても, その発生機序が明らかでないために防除技術が確立されていない。他の感染症対策などと共に, これらの斃死要因の制御を可能にすることは, 今後人工種苗の大量放流をアワビ類資源管理の施策として進める上では必須の課題と言えよう。

これらの未解決, あるいは技術が未熟であることから発生する課題は, 種苗生産機関の努力で解決される問題ではなく, 研究機関が中心となって技術革新を推進すべきものと考えらる。

#### iv) 種苗生産技術の今後の展望

現在のアワビ類種苗は, 生産にかかる経費とそれを放流する際に支払われる経費がやっと同水準となり, 受益者負担や費用対効果といった経済行為の理念に近づいたと言えよう。しかし, 漁獲物としてのアワビ類の価格から考えると, 1個100円近い種苗価格は, 経済行為として成り立ちにくいと考えざるを得ない。アワビ類生産技術の開発国でありながら, アワビ類養殖が発展しないのも, 経済的理由が大きい。併せて近年の漁場・アワビ類資源環境の悪化は, 「放流による増加」そのものを再検討しなければならない局面も産んでおり, 放流用アワビ類種苗は, 質と量の両面において非常に高い要求を満たさなければならない。これまでは「より安くより良質な種苗の安定大量供給」といった漠然とした目標を掲げていれば良かったが, これからは経済効果の出る価格・質が高い精度で求められることになる。種苗生産現場はその存亡をかけて対応を考える時にあると言えよう。種苗価格の大幅な引き下げや養殖行為を可能にするには, クロアワビやメガイアワビの斃死現象の解決に併せて, これまで当然と考えてきた生産工程の改革がどうしても必要である。それにはアワビ類のさらに詳細な生理・生態の知見の解明とその応用の作業が必須であると考えている。だからこそ, 生態的特徴といった別な視点からの知見が, これまでの生産体制の大幅な見直し, 例えば放流適正サイズの見直しや, 放流規模や放流適地の選択による必要放流個数の増加等を可能にすることを期待する。例えば, 暖流系アワビ類はエゾアワビと異なり成長の抑制が夏季の高水温下で生じるなどの相違がある。にもかかわらず, エゾアワビの知見の応用で, 望ましいとされる殻長30mm以上の放流サイズ種苗に早く到達させるため, 成長を重視する飼育技術の改良が進められてきた。しかし, 生理・生態的特性等に要因があると推測される夏季の大量減耗は, 未だに大きな課題となって残っており, エゾアワビの生産成績と比較されて苦しむ生産機関は少なくない。そもそも, 暖流系アワビ類の種苗が放流サイズまで成長するのに, どのくらいの期間で成長するのが適正なのか, どのような生理・生態的特徴を持ってこのステージを生活するのか, また, その特徴はどのように考慮す

べきか, といった基本的な知見は未だに明らかでない。これらの知見の裏付けなく, 安全にクリティカルピリオドを通過することは難しい。

これらの現状の技術では解決に至っていない生産阻害要因の克服には, 明らかになりつつあるエゾアワビなどの初期生態の知見が大きく貢献することと思われる。知見の集積は難しく容易ではないが, エゾアワビと同様に暖流系アワビ類においても, 解明が進むことを期待するところである。

一方で, 従来の栽培漁業といった枠組みだけではなく, 養殖による生産・増産技術への脱却もひとつの方向として存在する。種苗から市場製品に至るまでを人工管理してアワビ類を生産することで, 産卵による資源添加と漁獲圧の抑制が期待できる。ただ, 長期の飼育が必要なアワビ類の養殖は, 現在の飼育技術では経済行為として成立しにくい。やはり, 技術的な革新なくして将来展望はないと考える。

いずれの種苗生産機関も同様と想像するが, 長崎県内のアワビ類種苗生産機関においても思うように成果を得られず, そのうえ漁獲の激減にさらされて, 存続意義を問われ厳しい現状にあるところが多い。さらに大型藻類群落の消失が各地から報告され, 天然アワビ類資源そのものの存在が危うい状況にあることも事実である。それでも, 藻場回復などに携わる漁業者から最初に聞こえる希望魚種はアワビ類である。これは, 漁業者のアワビ類資源回復への強い要望と期待の現れであると考えている。我々は何らかの手段でこれらの期待に応えなければならない。

#### 引用文献

- 藤井明彦・四井敏雄 (1989) 殻長3mmサイズのクロアワビ稚貝の給餌飼育. 長崎水試研報, 15, 13-16.
- 藤井明彦 (1996) クロアワビとメガイアワビ稚貝の給餌飼育における生残と成長の相違. 長崎水試研報, 22, 27-30.
- 九州農政局長崎農政事務所 (1990~2013) 第37-60次長崎農林水産統計年報.
- 前迫信彦・四井敏雄・藤井明彦 (1989) クロアワビ稚貝の越夏餌料. 長崎水試研報, 15, 17-20.
- 長崎県アワビ種苗生産技術研究会 (1993~2012) 平成5-24年度長崎県アワビ種苗生産技術研究会資料.
- 大橋智志・藤井明彦・鬼木 浩 (2014) 殻長0.5mm-3mmの食植性有用介類初期種苗用配合餌料およびその配合餌料の給餌方法 (特許第5565604号).
- 大橋智志・前迫信彦・四井敏雄 (1992) クロアワビ稚貝の陸上水槽用の改良飼育装置における安全収容密度. 長崎水試研報, 18, 39-41.
- 大橋智志・吉越一馬 (1992) 給餌飼育中に発生したクロ

アワビ稚貝の大量斃死に関する病理学的研究（予報）. 長崎水試研報, 18, 33-38.

水産庁・(社)日本栽培漁業協会(水産総合研究センター)  
(1995~2014)平成5~24年度栽培漁業種苗生産,  
入手・放流実績(全国).

### ③ 疾病

#### 三輪 理

病気の中には微生物や寄生虫による感染症以外にも環境の悪化や栄養(餌料)に起因するものがあるが、ここでは既知の(病名のついた)アワビ類の感染症で重要と考えられるものについてのみ記述する。

#### ア) 筋萎縮症

我が国のアワビ種苗生産における最も重要な疾病であり、死亡率が90%を超えることもある。病貝は摂餌量が低下し、付着力が弱くなる。また身の萎縮が見られ、これが病名の由来である(中津川, 1991)。さらに貝殻の縁にしばしば欠けたような部分(欠刻)が観察される(図I-2-15)。また貝殻の内側が褐色に着色することもある。病貝の組織磨砕液を用いて感染実験を行うと、感染体は220 nmのフィルターは通過するが、100 nmは通過しないことからウイルスが原因として疑われている(中津川, 1990; 桃山, 2000)。そのため、これまで原因ウイルスを見つけようという努力がなされてきたが(Nagai et al., 1998; Otsu and Sasaki, 1997; Nakatsugawa et al., 1999), いまだに病原体は特定されていない。本疾病に罹患することが確認されているのはクロアワビ, エゾアワビ, マダカアワビであり, メガイアワビはこの病気にはかからない(桃山ほか, 1999)。またトコブシ類で本疾病が報告された例はないようである。本疾病に罹患すると健康な貝では見られない異常な細胞の集塊が軟体部の様々な組織に出現し, 特に神経組織内に顕著に見られるのが特徴である(図I-2-16)。本疾病の診断は, 上に述べたような見た目の症状と細胞の観察によるしかなく, 病原体が特定されていないため症状が顕著でないと確定診断は困難である。本疾病は春の水温上昇期に発生する。12°Cでいどから見られはじめ, 25°Cを超えると終息する(中津川ほか, 1988)。最も重篤になりやすい水温は18°C前後であり(桃山, 2000), 5, 6月が発生のピークになる(中津川, 2006)。従って飼育水の加温による治療が可能であると考えられる(中津川, 1991)。若齢貝ほど本疾病に罹患しやすく(中津川・桃山, 1999)。殻長1 mmほどの稚貝でも感染による大量死の例がある。治療法はなく予防が重要である。通常の施設や養殖に使用する器具類の殺菌などの防疫措置に加え, 飼育海水や餌料培養に紫外線照射海水を用いることで防除可能であるという(中津川, 2006)。

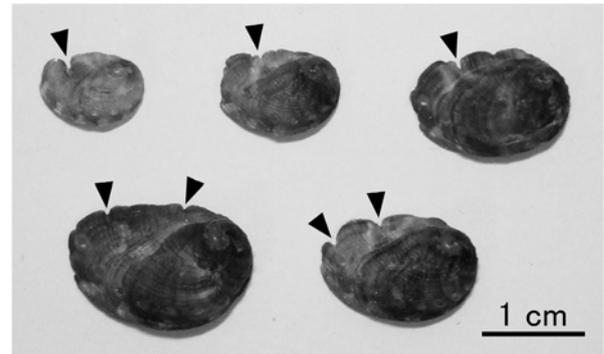


図 I-2-15. 筋萎縮症に罹患したクロアワビの殻欠刻が見られる(矢頭).

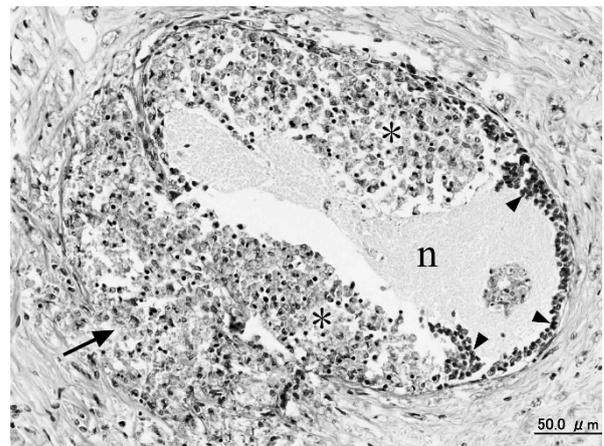


図 I-2-16. 筋萎縮症に罹患したマダカアワビの腹足神経断面の病理組織象 通常神経線維(n)があるべき部分に異常な細胞塊(米印)が見られる。細胞塊は神経組織の外側にもみられる(矢印)。矢頭で示すあたりに見られる点々は正常な神経細胞核。

#### イ) アワビヘルペス性神経節炎

アワビヘルペスウイルス (AbHV) によって起こる。この病気は 2003 年の 1 月に台湾で養殖トコブシ (*Haliotis diversicolor supertexta*) に大被害を与え (Chang et al., 2005), さらに 2005 年 12 月から 2006 年 5 月にかけてオーストラリアのビクトリア州において養殖および野生のウスヒラアワビアワビ (*H. laevigata*) およびアカアワビ (*H. rubra*) に甚大な被害を与えた (Hooper et al., 2012)。ただし, 両国で検出されたヘルペスウイルスが全く同一か否かは不明である。おそらく我が国のフクトコブシもこの疾病に感染すれば被害を受けるものと推測されるが, 日本の他のアワビ類が感染し被害をうけるかどうかは不明である。発症した貝は身が萎縮し, 縁辺部が内側にカールする。また歯舌が突出し, 粘液の過剰分泌, 光からの逃避行動がなくなる, 基板への付着力の低下, などが起こるが, 特に症状が明らかでない場合もある。本ウイルスの主たるターゲットは神経細胞であり, 神経組織に炎症が起こる (Hooper et al., 2012)。感染した神経細胞の核にはヘル

ペスウイルスに特徴的な変性がみられ、電子顕微鏡によって核内にウイルス粒子が認められる。本ウイルスは病原性が強く、感染は海水を介して起こり、実験感染においても自然感染でも稚貝から成貝まで90%以上の死亡率が観察されている (Corbeil et al., 2010)。本ウイルスは-80°Cの凍結でも活性を保つ。消毒方法に関しては詳しい情報はないが、通常の塩素やヨード剤による消毒が可能であると考えられる。PCR と呼ばれる分子生物学的な診断法が開発されており、確定診断が可能である。本疾病はOIE\*1のリスト疾病であり、我が国でも法律規則の改正によって、2016年から新たに輸入防疫対象疾病および特定疾病\*2に指定されている。

#### ウ) キセノハリオチス症

本疾病は米国ではウィザリングシンドロームと呼ばれており、細胞内寄生細菌キセノハリオチス (*Xenohaliotis californiensis*) の感染によって引き起こされる。本疾病は1980年代中頃から90年代にかけてアメリカ合衆国カリフォルニア州沿岸で野生のスルミアアワビ (*Haliotis cracherodii*) に大量死をもたらし、同州南部では資源量の90%以上が消失した。本疾病は他に同国に産するアカネアワビ (*H. rufescens*) やシロアワビ (*H. sorenseni*) にも強い病原性を有する。キセノハリオチスはアワビの食道後部の消化管上皮細胞内に寄生し、細胞内に集塊を形成する (図I-2-17)。本菌は *in vitro* で培養することはできない。本菌は海水を介して、または感染貝の糞を未感染の貝が摂食することによって感染する場合が多いと考えられる。重度に感染したアワビ類は十分に栄養が吸収できなくなり、身が顕著に萎縮して死んでいく。被害を受けたアワビ類は比較的低温の海水に適応した種であり、海水温が18°C以上になると疾病が発生する (Friedman et al., 2000, 2002; Moore et al., 2000)。感染から発症までには通常は3ヶ月から半年以上の期間がかかる。従って発症が顕在化するのは1歳以上の貝であることが多い。確定診断はPCRによって行う。近年我が国でもクロアワビにおいて本菌の感染事例が報告された (Kiryu et al., 2013)。本疾病はOIEのリスト疾病であり、2011年の我が国での病原体発見は直ちにOIEに報告されるとともに、ガイドラインが作られて防疫措置が講じられた。その後本菌はメガイアワビやフクトコブシ等からもしばしば検出されている。しかし日本では菌が検出されても米国のアワビで見られるような身が顕著に萎縮して死んでいくような病気の貝は見つかっていない。フクトコブシのキセノハリオチスはクロアワビやメガイアワビのものとは遺伝子型が異なっており、宿主特異性がある。つまりフクトコブシのキセノハリオチスはクロアワビやメガイアワビには感染せず、クロアワビやメガイアワビのものはフクトコブシには感染しない。増養殖研究所でクロアワビとメガイアワビを用いて1年以上にわたって行われた感染実験

では細菌は明らかに感染するものの、米国で見られるような病気は起こらないことがわかった。ただ感染群の生存率がわずかに対照群より劣る場合があり、本菌の感染がアワビに対し何らかの負担になっている可能性はある。いずれにせよこれらの観察から本菌は我が国のアワビ類に対する病原性はかなり弱いものと考えられ、2016年にガイドラインは撤廃された。また、中国、台湾、タイのトコブシ (*H. diversicolor supertexta*) からも本菌が検出されているが、やはり病気の発症報告はない (Wetchateng et al., 2010)。また、2006年にアイスランドおよびアイルランドにおいて養殖アワビから本菌が検出され、OIEに通報されるとともにそのアワビ群は殺処分されたが、このときも病気の発生や死亡はなかったという (McGladdery, 2011)。なお本菌に感染した貝はオキシテトラサイクリンによって除菌することが可能であるが、現在水産用医薬品として認可を受けた製品はなく、種苗も含めて食用にされる可能性のある貝にこのような抗菌薬を使用することはできない。



図I-2-17. キセノハリオチスに感染したメガイアワビの食道後部の病理組織象

上皮組織内に *Xenohaliotis californiensis* の菌体の集塊が複数見られる(矢印)。

#### エ) フランシセラ症

この疾病も細胞内寄生細菌であるフランシセラ属の細菌 (*Francisella haliotica*) によって引き起こされる。種苗生産施設においてメガイアワビやクロアワビに大量死をもたらすことがある。本菌はアワビ体内の大型の食細胞内で増殖する (図I-2-18)。クロアワビとメガイアワビに病原性を持ち、実験感染では菌液に浸漬感染させた場合、1~2ヶ月でほぼ100%の死亡率を示した (Kamaishi et al., 2010)。本菌の増殖温度範囲は8~25°Cである。病貝は日中にもかかわらずシェルターから這い出し、水面近くのタンク壁面に集まるようになる。基質に対する付着力は低下し、やがてはがれ落ちて死亡する。本症によって種苗生産現場で80%以上の死亡率がみられること

もある。本菌はユーゴン培地 (Kamaishi et al., 2010) を用いることによって分離・培養が可能であるが、PCRによる検査も可能である (Kamaishi et al., 2010)。感染経路などは未だに不明であり、防除法なども体系的な検討はされていない。

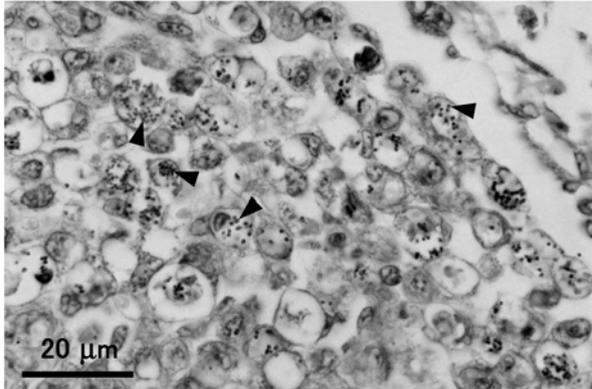


図 I-2-18. フランシセラ症に感染したクロアワビ体腔に形成された食細胞の集塊  
いくつかの細胞の食胞内に原因細菌である *Francisella halotica* の菌体が点々と観察される(矢頭).

#### オ) ビブリオ病

*Vibrio harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. carchariae*, *V. furnissii* などさまざまなビブリオ属細菌がアワビ類の病原体となり得る (図I-2-19)。これらのうち前4者は分子遺伝学はかなり近縁で分類は困難である。ビブリオ病は世界中の養殖アワビ類で報告されており、ほとんどの場合、高水温、外傷、麻酔、飼育水の塩分濃度の増加などのストレス要因が背景となっている (McGladdery, 2011)。稚貝で起こることが多く juvenile vibriosis (若齢ビブリオ病) とも呼ばれる。場合によってはビブリオ属以外の細菌と混合感染を起こしている例もある。感染によってしばしば肉眼的に観察可能な水疱ないし膿疱が腹足に生じるが、症状が見られない事もある。ヨーロッパのセイヨウトコブシ (*Haliotis tuberculata*) を用いた実験によると、*V. harveyi* はアワビの鰓付近の皮膚に付着してから体内に侵入し、接触後3時間で体液中に多くの細菌が検出されるようになったという (Cardinaud et al., 2014)。我が国のトコブシでの発生報告 (Nishimori et al., 1998) によると、病貝はシェルターから這い出し、付着力が弱まり死んでゆく。病貝の腹足には1~3mmの白点が見られたという。この例では6月から8月にかけてが発症のピークで累積死亡率15%を記録し、すべての病貝からは *V. carchariae* が純培養的に分離され病原体であると判断された。*V. furnissii* (= *V. fluvialis* biotype II) の感染症に関しては McGladdery (2011) は “blister disease” (水疱症) として他のビブリオ病とは別の疾病として記載しているが、やはり腹足に膿疱を生じることが大きな

特徴であり、本質的に他のビブリオ属細菌による感染症と大きな違いはないものと思われる。本菌による疾病は中国の大連市付近の養殖場でのエゾアワビにおける発生事例が報告されているのみである (Li et al., 1998)。疾病は夏季の高水温時に天然貝から養成した稚貝に起こり、死亡率が90%を超える場合もあったという。ただし *V. harveyi* と異なり、実験感染では、健康貝を単に菌液に浸漬しただけでは感染せず、腹足に人為的に小さな切り傷を付けた場合にのみ感染したという。このことは、貝をハンドリングによって傷をつけることが大きなリスク要因になることを示している。*V. furnissii* によるアワビの細菌性膿疱症は2016年から輸入防疫対象疾病および特定疾病に指定されている。

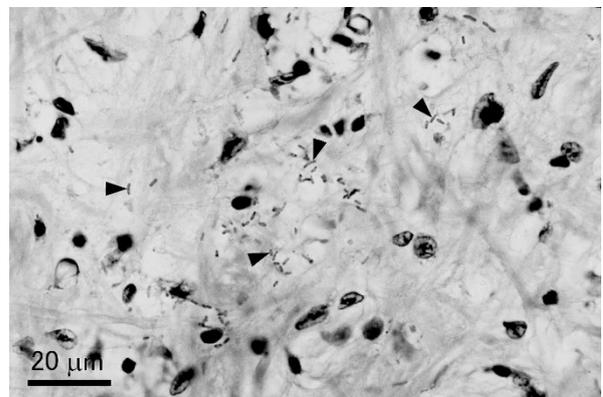


図 I-2-19. ビブリオ病と診断されたエゾアワビ腹足の病理組織象  
*V. harveyi* と考えられる多数の短桿菌が見られる(矢頭).

#### カ) パーキンサス感染症 (原虫)

本項の記述は全て Liggins and Upston (2010) に基づく。1990年代からオーストラリアのニューサウスウェールズ州沿岸500kmにわたってアカアワビ (*Haliotis rubra*) およびウスヒラアワビ (*H. laevigata*) の大量死が起こり、毎年80トン、金額にして300万ドルの被害を生じた。一部の地域では1990年代から2000年代にかけてアワビ資源の95%が消失したという。瀕死貝からはパーキンサス属の原虫 (寄生体) が検出され、重篤に寄生を受けた貝では多くの組織が障害を受けている様子が観察された。また、被害を受けた場所や時期において特に共通した環境要因は見いだされなかった。このようなさまざまな調査により、原因はパーキンサス属原虫による感染症であると判断され、寄生体は *Perkinsus olseni* あるいは当該種の病原性の高い系群、または他の *Perkinsus* 属原虫と考えられるが、完全には同定されていない。

#### キ) 防疫対策

アワビ類の疾病に関する知見は少ない。増養殖研究所

に寄せられる不明病の診断依頼でもアワビ類はかなりの割合を占めるが、顕微鏡観察によっても明らかな病変が認められない場合も多く、たとえ病変が観察されたとしても原因が不明なものが大半である。また、肉眼的症状も特徴的なものは多くない。日中シェルターから這い出す、互いに重なり合う、付着力が低下する、などは原因が異なると思われる多くの死亡事例で共通してみられる。おそらく未発見のウイルスや細菌による疾病がまだまだ存在すると思われる。また、先に述べたようにこれまで確認されている数少ない細菌性疾患に対しても現在のところ認可された水産用医薬品は存在しない。ウイルスや原虫に関しては治療法がないので、アワビ類の感染症に対する対策は予防が大原則となる。飼育水槽ごとに使用する器具を替える、機材の消毒、施設への出入り時の手足の消毒などはもちろん、コストがかかるが、使用する海水（餌料培養に使うものも含めて）をすべて紫外線殺菌装置を通したものにするのは筋委縮症に限らず効果があると考えられる。また、水温や塩分濃度を常に監視することも重要であろう。これらの環境要因が背景にあるのではないかと疑われる不調がしばしばみられるからであるが、特に塩分濃度はモニターしていない場合がほとんどであり、原因としてある程度確信をもって推定するにはデータがない。感染症を防ぐうえでもう一つ重要なのは、極力外部から新たにアワビや他の軟体動物を導入しない、ということである。既知の疾病は検査できるが、上述のようにアワビ類には未知の疾病が数多く存在すると思われ、これらを検査で排除することはできない。アワビに限らず、現在の我が国の水産動物の疾病の蔓延はひとえに種苗の人為的な移動によるものであるといつてよい。外部から新たに種苗等を導入することは疾病を持ち込むことと同義であると考えべきである。

\*1 OIE：国際獣疫事務局。フランスのパリに本部がある国際組織で、国際間で家畜や水産動物の防疫に関する規則を定めている。現在日本を含め180ヶ国が加盟している。特に危険な病気はOIEによってリスト化され「リスト疾病」と呼ばれる。未発生の加盟国でリスト疾病が発生した場合は、その国は直ちにOIE本部に通報する義務がある。

\*2 輸入防疫対象疾病および特定疾病：我が国では原則としてまだ国内にまん延していない水産動物の病気のなかで特に重要なものを水産資源保護法に基づく「輸入防疫対象疾病」および持続的養殖生産確保法に基づく「特定疾病」に指定しており、規則によって前者は輸入時の防疫、後者は国内での防疫対策がなされている。両者に指定された病気は同一であり、2016年現在24疾病が指定されている。OIEのリスト疾病と共通するものも多い。

## 引用文献

- Cardinaud, M., A. Barbou, C. Capitaine, A. Bidault, A. Dujon, D. Moraga and C. Paillard (2014) *Vibrio harveyi* adheres to and penetrates tissues of the European abalone *Haliotis tuberculata* within the first hours of contact. Appl. Environ. Microbiol. **80**, 6328-6333.
- Chang, P., H., S.T. Kuo, S.H. Lai, H.S. Yang, Y.Y. Ting, C.L. Hsu and H.C. Chen (2005) Herpes-like virus infection causing mortality of cultured abalone *Haliotis diversicolor supertexta* in Taiwan. Dis. Aquat. Org., **65**, 23-27.
- Corbeil, S., A. Colling, L.M. Williams, F.Y.K. Wong, K. Savin, S. Warner, B. Murdoch, N.O. I Cogan, T.I. Sawbridge, M. Fegan, I. Mohammad, A. Sunarto, J. Handlinger, S. Pyecroft, M. Douglas, P.H. Chang and M.ST. J. Crane (2010) Development and validation of a TaqMan PCR assay for the Australian abalone herpes-like virus. Dis. Aquat. Org., **92**, 1-10.
- Friedman, C.S., K.B. Andreev, K.A. Beauchamp, J.D. Moore, T.T. Robbins, J.D. Shields and R.P. Hedrick (2000) “*Candidatus Xenohaliotis californiensis*” a newly described pathogen of abalone, *Haliotis* spp., along the west coast of North America. Int. J. Syst. Evol. Microbiol., **50**, 847-855.
- Friedman, C.S., W. Biggs, J.D. Shields and R.P. Hedrick (2002) Transmission of withering syndrome in black abalone, *Haliotis cracherodii* Leach. J. Shellfish Res., **21**, 817-824.
- Hooper, C., R. Slocombe, R. Day and S. Crawford (2012) Leucopenia associated with abalone viral ganglioneuritis. Aust. Vet. J., **90**, 24-28.
- Kamaishi, T., S. Miwa, E. Goto, T. Matsuyama and N. Oseko (2010) Mass mortality of giant abalone *Haliotis gigantea* caused by a *Francisella* sp. bacterium. Dis. Aquat. Org., **89**, 145-154.
- Kiryu, I., J. Kurita, K. Yuasa, T. Nishioka, Y. Shimahara, T. Kamaishi, M. Ototake, N. Oseko, N. Tange, M. Inoue, T. Yatabe and C.S. Friedman (2013) First detection of *Candidatus Xenohaliotis californiensis*, the causative agent of withering syndrome, in Japanese black abalone *Haliotis discus discus* in Japan. Fish Pathol., **48**, 35-41.
- Li, T., M. Ding, J. Zhang, J. Xiang and R. Liu (1998) Studies on the pustule disease of abalone (*Haliotis discus hannai* Ino) on the Dalian coast. J. Shellfish Res., **17**, 707-711.
- Liggins, G.W. and J. Upston (2010) Investigating and managing the Perkinsus-related mortality of blacklip abalone in NSW. Industry & Investment NSW-Fisheries Final Report Series No. 120, ISSN 1837-2112.
- McGladdery, S.E. (2011) Chapter 20. Shellfish diseases (viral,

- bacterial and fungal) In: Fish diseases and disorders Vol. 3: Viral, bacterial, and fungal infections. 2<sup>nd</sup> ed., P. T.K. Woo and D.W. Bruno eds., CABI, Wallingford, UK.
- 桃山和夫 (2000) アワビの筋萎縮症病原体の性状に関する検討. 魚病研究, **35**, 179-184.
- 桃山和夫・中津川俊雄・由良野範義 (1999) アワビ属稚貝の筋萎縮症による大量死. 魚病研究, **34**, 7-14.
- Moore, J.D., T.T. Robbins and C.S. Friedman (2000) Withering syndrome in farmed red abalone *Haliotis rufescens*: Thermal induction and association with a gastrointestinal rickettsia-like prokaryote. J. Aquat. Anim. Health, **12**, 26-34.
- Nagai, T., T. Nakatsugawa, T. Nishizawa and K. Muroga (1998) Primary culture of hemocytes from Japanese black abalone *Nordotis discus discus*. Fish Pathology, **33**, 147-148.
- 中津川俊雄 (1990) 筋萎縮を伴うクロアワビ稚貝の疾病の伝染性. 魚病研究, **25**, 207-211.
- 中津川俊雄 (1991) 筋萎縮症罹病クロアワビ稚貝の加温処理事例. 魚病研究, **26**, 157-158.
- 中津川俊雄 (2006) 筋萎縮症. 新魚病図鑑. 畑井喜司雄・小川和夫編. 緑書房, 東京.
- 中津川俊夫・畑井喜司雄・窪田三郎 (1988) 筋萎縮を伴うアワビ稚貝の病理組織学的所見. 魚病研究, **23**, 203-204.
- 中津川俊雄・桃山和夫 (1999) 筋萎縮症原因体に対するクロアワビの年齢別感受性. 魚病研究, **34**, 215-216.
- Nakatsugawa, T., T. Nagai, K. Hiya, T. Nishizawa and K. Muroga (1999) A virus isolated from juvenile Japanese black abalone *Nordotis discus discus* affected with amyotrophy. Dis. Aquat. Org., **36**, 159-161.
- Nishimori, E., O. Hasegawa, T. Numata and H. Wakabayashi (1998) *Vibrio carchariae* causes mass mortalities in Japanese abalone *Sulculus diversicolor supertexta*. Fish Pathol., **33**, 495-502.
- Otsu, R. and K. Sasaki (1997) Virus-like particles detected from juvenile abalones (*Nordotis discus discus*) reared with an epizootic fatal wasting disease. J. Invertebr. Pathol., **70**, 167-168.
- Wetchateng, T., C.S. Friedman, A.W. Nathan, P-Y. Lee, P.H. Teng, S. Sriurairattana, K. Wongprasert and B. Withyachumnarnkul (2010) Withering syndrome in the abalone *Haliotis diversicolor supertexta*. Dis. Aquat. Org., **90**, 69-76.

## I-2-2) 放流事業の現状

鴨志田正晃

### ① 種苗放流数の推移

アワビ類の放流事業が本格的に開始されたのは 1970 年代からであるが、統計データとしてとりまとめられているのは 1983 年からである。2013 年には 34 都道府県で種苗放流が実施されている。全国のアワビ類放流数は 1983 年に約 1,700 万個体であったが、徐々に増加し 2000 年には 3,000 万個体となった。その後減少し、2003～2010 年までは 2,500 万個体程度を維持していたが、2011 年に東日本大震災で東北太平洋岸の県の種苗生産施設が被災したために 1,200 万個体まで減少した (図I-2-20)。地域別に見ると、北海道区ではエゾアワビが 1991 年のピーク時に約 200 万個体放流されていたが、その後減少し近年は 60 万個体程度で維持されている。太平洋北区では、エゾアワビが 1983 年に 800 万個体ほど放流されていたが、徐々に増加し 2000 年には 1,300 万個体でピークとなり、その後減少し 2010 年には 1,100 万個体に減少した。2011 年以降は東日本大震災で岩手県、宮城県、福島県、茨城県の種苗生産施設が被災したために 150 万個体まで激減した。日本海区 (青森県、秋田県) では、エゾアワビが 1980 年代に 30 万個体ほど放流されていたが、その後急増し 1991 年には 100 万個体でピークとなり近年は約 80 万個体が放流されている。太平洋中区では暖流系アワビ類 (クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ) が 2000 年のピーク時に約 500 万個体放流されていたが、その後減少し近年は約 300 万個体が放流されている。日本海区 (山形～島根) では、1996 年のピーク時に約 270 万個体が放流されていたが、2013 年には約 120 万個体まで減少している。太平洋南区では、ピーク時の 2000 年に約 220 万個体が放流されていたが、その後減少し 2013 年には約 80 万個体となった。瀬戸内海区では、ピーク時の 2000 年に約 180 万個体が放流されていたが、2013 年には約 100 万個体まで減少した。東シナ海区ではピーク時の 1999 年に約 480 万個体が放流されていたが、その後減少し 2013 年には約 230 万個体となった (図I-2-21) (水産庁・(社) 日本栽培漁業協会 (水産総合研究センター), 1985～2013)。以上のように各海域とも 1990 年～2000 年にかけて放流数が減少しているが、これは放流種苗の大型化に伴う生産数の減少と種苗生産予算の減額、放流効果が見られないことによる漁業者の購買意欲の低下などにより栽培漁業センターの運営が厳しくなったことによるものと思われる。

エゾアワビは、過去には北海道、東北 (太平洋岸は福島県まで、日本海岸は秋田県まで) に分布する (都道府県水産試験場磯根資源調査研究グループ, 1972) とされていたが、生息域以外でも放流が行われ、2013 年においても日本海区、瀬戸内海区、東シナ海区の一部の県で種苗が放流されている。

### ② 放流手法

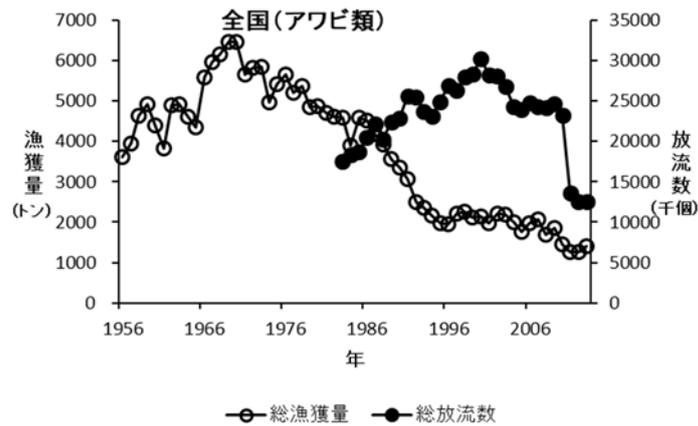


図 I-2-20. 全国のアワビ類の放流数と漁獲量との関係(漁業・養殖業生産統計年報,栽培漁業種苗生産,入手・放流実績より)

放流事業において放流効果を高めるためには、放流種苗の生残率の向上と良好な成長が得られることが必要である。このためには、種苗の放流時期、放流サイズ、放流場所、放流密度などを考慮した放流手法の開発が必要であり、放流マニュアルを作成し、漁業者への指導を行っている県もある(長崎県総合水産試験場, 2006; 三重県水産研究所, 2013)。以下にアワビ種苗放流マニュアル(青森県ほか, 1990)をもとに一般的な放流手法を概略した。しかし現状では、技術の劣化等によりマニュアルどおりの放流が行われていない事例も多く放流効果が向上しない要因として問題となっている。

#### ア) 放流時期・サイズ

放流後の種苗の生残を高めるためには、餌料生物が豊富で、害敵生物の出現量が少なく、かつ、不活発な時期に捕食されにくいサイズの種苗を放流する必要がある。害敵としてはカニ、ヒトデ、タコ(小島, 2005)、魚類などが挙げられるが、出現種類や活動時期は海域により異なることから、それぞれの海域の状況に応じて放流時期、サイズを決めることが必要とされている。放流種苗の生残率は放流サイズが大型なほど高くなり殻長 40 mm 以上で一定となることから放流サイズは 30 mm 以上が望ましいとされている(井上, 1976)が、秋田県での放流事例のように良好な餌料条件が整った場所では殻長 10~20 mm サイズの放流も可能とされている(青森県ほか, 1990)。長崎県では、クロアワビは費用対効果を考えると害敵の少ない 12 月に殻長 20 mm での放流、もしくは、2~3 月に殻長 25 mm 以上で放流することが最適、メガイアワビは殻長 30 mm 以上で放流効果が高いとしている(長崎県総合水産試験場, 2006)。殻長 30 mm 以上で放流されている種苗の割合は都道府県により異なるが、全国平均でみるとエゾアワビ、クロアワビ、メガイアワビとも約 60%ほどである(図I-2-22)。

#### イ) 放流適地

放流場所の環境条件は放流後の生残、成長、移動に大きな影響を与える。害敵生物が高密度に生息する場所は、上記のように捕食される可能性が高まることから避けるべきであり、食害による減耗を防止するために小型転石帯のある隠れ場の多い場所が適地とされている。アワビ類は成長するにつれより大きな基質を選択する傾向があり、成長段階に応じた住み場があることも必要である。また、放流種苗が餌料として利用可能な海藻が繁茂している場所であることも必要である。

#### ウ) 放流密度と放流量

放流密度は種苗の生残と成長に大きく影響する。放流量は植食動物の摂餌量と餌料海藻の再生産を妨げない供給量とのバランスを考慮して決められる。放流種苗に有効な餌料海藻があること、漁獲サイズまでの成長を保証する餌料海藻が必要量存在することが放流条件となる。放流漁場における環境収容力の指標として肥満度が使用できる可能性が示唆されている(秋田県, 1988~1990)。

#### エ) 放流方法

一般的に用いられる放流方法として、潜水により転石等の間隙に放流する方法、放流箱や付着器に付着させて放流する方法、船上から直まきする方法がある。福岡県でこの方法による比較試験を行ったところ、付着器、放流箱、潜水、船上直まきの順となり、剥離をせずに付着器等に付けたまま運搬し放流する方法が種苗にストレスを与えず有効であるとしている。長崎県では、潜水放流と船上からの直まき放流で、放流後の発見率を比較した結果、潜水放流の発見率は直まき放流の約 2.5 倍となり、直まき放流は食害による減耗が大きいのとしている(長崎県総合水産試験場, 2006)。

#### ③ 放流貝の混入率

種苗放流後、生残した個体は天然貝に混獲して漁獲される。漁獲物中に占める放流個体の割合を混入率と呼ぶ。放流種苗が大量に生き残るあるいは、再生産量が少ない

場合には混入率が高くなり、遺伝的多様性の維持に影響することが懸念されるので放流計画の策定に当たっては配慮が必要である。

岩手県では、2005年度のエゾアワビの混入率は、県南

部A地区で47.9%、県北部B地区で35.1%で、1998～2005年の間では、A地区の混入率は経年的に増加傾向であるのに対し、B地区は2005年を除くと減少傾向を示したとしている（武蔵ほか、2006）。

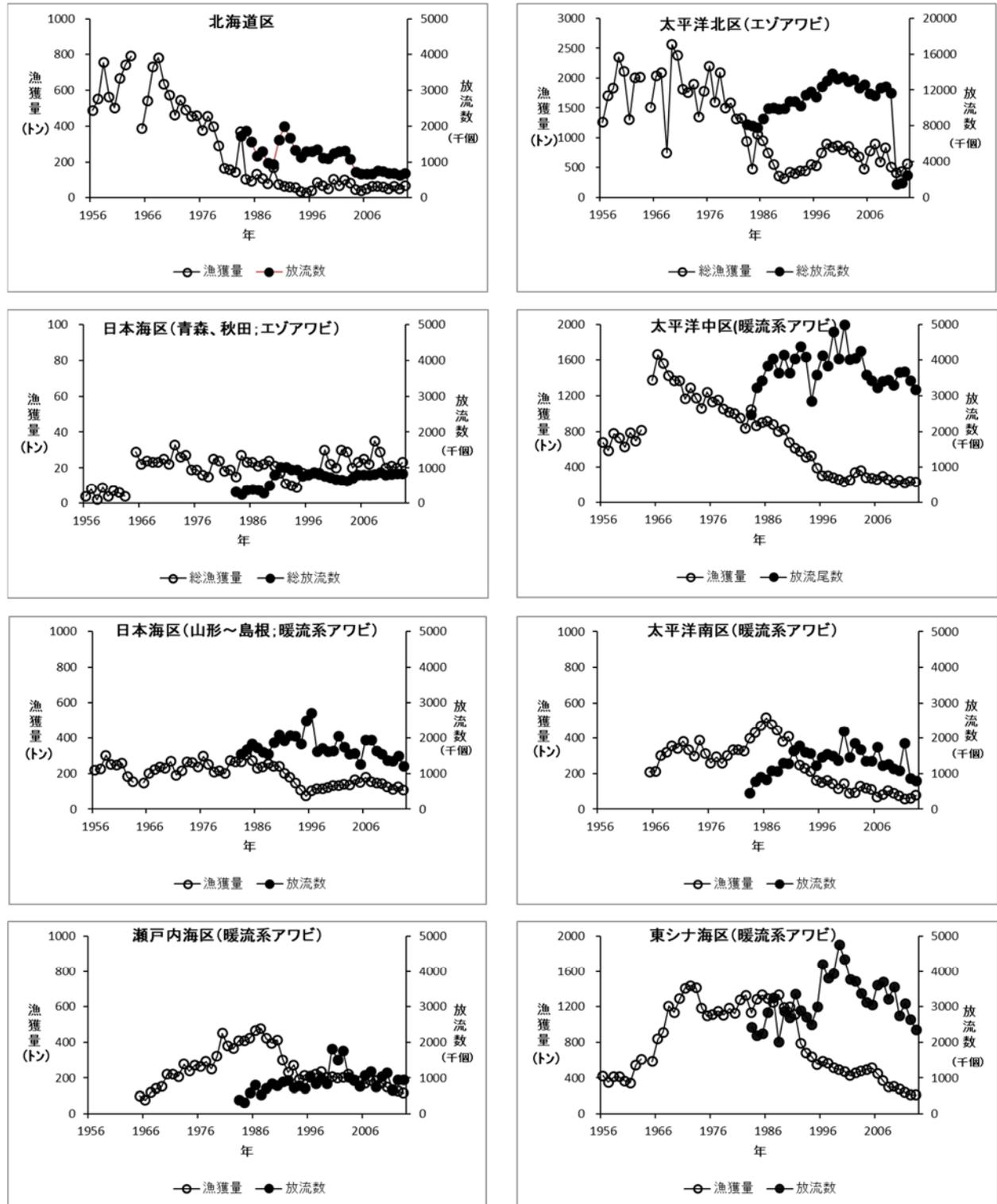


図 I-2-21. 海区ごとのアワビ類の放流数と漁獲量の関係  
(漁業・養殖業生産統計年報,栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績より)

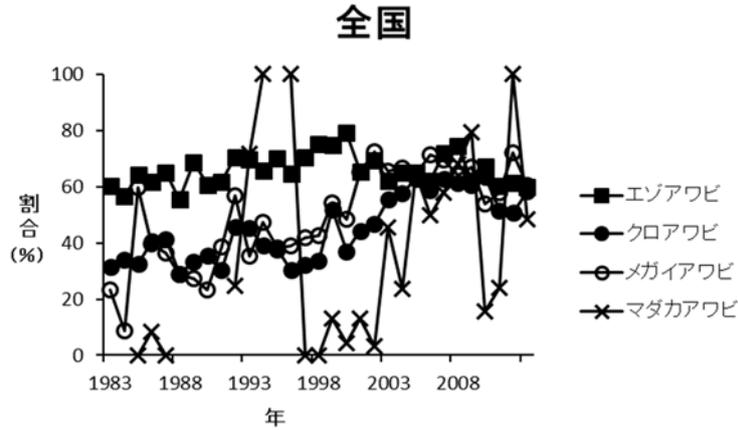


図 I-2-22. 30mm 以上で放流されている種苗の割合(栽培漁業種苗生産、入手・放流実績より)

福島県の各地先におけるエゾアワビの混入率は 1992 年には 60～90%と非常に高かったが、その後低下傾向が続き 2007 年は 30～70%となっている(廣瀬, 2008)。千葉県では、クロアワビ漁獲物に占める放流貝の割合は、一般漁場 3 地先(東安房 1, 鴨川市 1, 新勝浦市 1)では 0.5～28.6%, 放流貝を集約的に管理する東安房漁協本所の輪採漁場では 84%と高くなっている(千葉県水産総合研究センター・千葉県水産情報通信センター, 2013)。

神奈川県城ヶ島では、1987～1990 年まではクロアワビの混入率が 61～73%, メガイアワビが 40～68%, マダカアワビが 8～53%で、1991 年以降は 3 種とも概ね 90%以上に増加した(今井ほか, 2006)が、2013 年にはクロアワビの混入率は約 50%にまで低下した。混入率が低下した要因として禁漁区の設定により親貝密度が高くなり、再生産量が増加して天然貝の割合が高くなったのではないかと推測している(未発表)。

鳥取県では、網代漁協、田後漁協、赤碕町漁協、淀江漁協、夏泊漁協で市場調査を実施し、クロアワビの混入率は、それぞれ 43.8%, 44.4%, 57.4%, 70.6%, 12.2%で漁協によりばらつきが認められた。夏泊漁協の混入率が低い要因の一つとして再生産が他の海域に比べ高いことが挙げられている(米村・山田, 1999)。

福岡県筑前海のクロアワビでは、1985 年の混入率 49.3%をピークに徐々に減少し、筋萎縮症の影響で放流数が減少したことにより 1997 年には 0.5%まで低下した。その後、筋萎縮症対策により健全種苗を放流してからは 2000 年に 13.9%, 2004 年には 21.2%と増加している(秋本ほか, 2006a)。このほか、秋田県では 2015 年度の県南部での混入率は約 19%, 茨城県では 2009～2011 年度的那珂湊の混入率は 45～61%, 富山県では、2010～2014 年度の 5 年間において混入率は、滑川が 33.5～43.1% (平均 38.0%), 魚津が 19.1～46.2% (平均 32.7%), 静岡県

のクロアワビの混入率は天然漁場で 1～14%, 造成漁場で 66～82%, メガイアワビの混入率は天然漁場で 6～40%, 造成漁場で 77～93%, 三重県の造成漁場では混入率は 9 割以上, 和歌山県のメガイアワビの混入率は 60%以上, 兵庫県の日本海側では混入率は 10%前後とされている(巻末資料 2)。

#### ④ 種苗放流効果

岩手県の 1998～2001 年放流群の回収率は、県南部 A 地区で 4.0～8.6%, 県北部 B 地区で 5.2～26.2%, 投資効果(生産金額/放流経費)は、A 地区で 0.96～5.11, B 地区で 0.67～2.41 としている(武蔵ほか, 2006)。

福島県のエゾアワビでは、回収率の調査を開始した 1992 年には 15%ほどでその後上昇し 1997～1999 年には 20%を超えたが、これ以降減少し近年は 10%前後で推移している。また、経済効果指数(放流種苗の購入経費に対する放流貝の漁獲金額の割合)は、1992 年には 5.3 でその後上昇し 1997 年には 7.8 と最高値となったが、これ以降低下し 2006 年には 2.8 となっている。回収率向上の対策として放流種苗の質、放流方法の改善が有効としている(廣瀬, 2008)。

千葉県では、よく管理された漁場での放流種苗の回収率は 8.8%であり(坂本ほか, 1986), 毎年 167 万個体(約 5,051 kg)の種苗を放流し、約 50 トン(回収率 8.8%, 1 個平均重量 333g), 4 億円(平均単価 8,000 円/kg)の放流貝を回収していると試算している。漁業者による投資は約 6.5 倍となって回収され、他の栽培対象種に比べても効果は高いとしている(清水, 2008)。

三重県では 1992～2003 年に放流された種苗について市場調査を実施し、放流 2 年後から再捕が始まり、3～4 年に再捕のピークを迎え 4 年後までに全再捕個体の約 8 割が漁獲され、回収率はクロアワビで 0.6～7.3%, メガイアワビで 1.4～15.8%, 経済効果指数はクロアワビで

0.2～2.5, メガイアワビで 0.6～4.8 であり, 好事例では費用対効果を上回っている。また, 放流年や漁場による差が大きく, クロアワビよりもメガイアワビで回収率が高い傾向にあるとしている (竹内・松田, 1999; 阿部・松田, 2008; 竹内ほか, 2010)。

神奈川県城ヶ島で放流後の回収状況について調査した結果では, マダカアワビ, メガイアワビが放流 3 年後, クロアワビが 4 年後から漁獲加入し, クロアワビ 1991～1995 年放流群の回収率は 3%, メガイアワビ 1992～1996 年放流群の回収率は 9%, マダカアワビ 1992～1993 年放流群の回収率は 22%と推定されている。1991 年以降放流数の減少以上に漁獲量が減少していることから放流効果の低下が懸念されている (今井ほか, 2006)。

鳥取県では, 市場調査によりクロアワビは放流 4 年後から 5 才貝として漁獲され始め, 8 才頃までに漁獲されつくすことから回収率を推定し, 0.8～12.3%と海域により差が見られた。秋に殻長 22mm で放流するよりも, 春に殻長 30mm で放流したほうが回収率は高く, 良い事例では水揚げ金額が種苗購入費を上回るとしている (米村・山田, 1999)。

徳島県では, 1980～1999 年生産群の回収率を調査し, 2～4 歳で 92～99%が回収され, 回収率は 6～50%と年級群により異なった。1980～1988 年までの回収率は約 20%あったのに対し, 1989 年以降は 10%以下に低下し, その要因としてマダコ発生量の増加による食害が挙げられている (小島, 2008)。

福岡県の筑前海における 1980～1986 年度放流群のクロアワビ 30mm 種苗の回収率は 27.6%, 経済効果指数は 7.9 であったが, 1987～1990 年度放流群は, 4.4%, 1.6 と低く, 放流群により効果に差があり, 原因として放流種苗の活力低下と大時化による砂の堆積等が挙げられている (太刀山ほか, 2001)。また, 筋萎縮症対策によりクロアワビ健全種苗を生産し放流したところ, 3～4 歳までの回収率が 19.4%, 投資効果は 2.5 であり, 健全種苗を放流することにより高い投資効果が得られ (秋本ほか, 2006a), メガイアワビを福岡県藍島地先に放流した事例では, 2 歳貝から漁獲され始め, 回収率は 10.05～35.71%と推定され, 投資効果は 1.77～6.40 と高く, 栽培対象種として有効としている (秋本ほか, 2006b)。

長崎県の放流効果調査の結果では, 2001 年平戸市でのメガイアワビ放流群の回収率は 5% (渡邊ほか, 2007), 2006 年の平戸市中野地区での回収率が 14.2%, 経済効果 (水揚げ金額/費用) は 2.0, 平戸市度島地区の回収率が 8.1%, 経済効果は 0.72 とされている (戸澤ほか, 2011)。また, クロアワビ 2003 年度平戸市放流群の回収率が 1%を切る事例があり, 近年の水温変化や餌料環境の悪化等の影響により成長・生残が悪化していると考えられている (渡邊ほか, 2009)。

このほか, 秋田県では 2015 年度の経済効果指数は 0.8 と低迷, 新潟県では 2006 年放流群の回収率は約 16%とされている (巻末資料 2)。

## ⑤ 放流事業の現状と問題点

以上のように, 回収率は, 岩手県, 福島県, 千葉県, 神奈川県, 新潟県, 三重県, 鳥取県, 徳島県, 福岡県, 長崎県などでは 10%を超え, 費用対効果も 1 を超える事例がみられており一代回収型の放流事業としては成功している地域がある。しかし, 全国で年間 2,000～3,000 万個の放流種苗が放流されているものの, 1970～1990 年代以前の漁獲量に回復している都道府県は青森県 (日本海北區), 秋田県, 鳥取県と事例は少ない。これら 3 県に共通しているのは放流前の漁獲量が 20 トン以下と少ないことであり, 仮に 20 万個規模の放流を行い体重 200g で 10%回収できれば, 4 トンの漁獲となり, 漁獲量の増加は顕著となる。上記 3 県の 1990 年代の漁獲量増加時期は, 三陸沿岸でエゾアワビ資源量が増加した時期にあたり同様に加入量が増加したことも一因と考えられるが, もととの資源の少ない海域では, 放流による漁獲量回復も可能と考えられる。しかしながら, 資源量の多い海域では, 漁獲量を回復するためには大量の種苗放流が必要であり, 漁業者の負担金が減少している中で種苗購入経費を考慮すると大量放流による漁獲量増大は現実的には困難である。また, 大量放流は混入率の増加につながり, 遺伝的多様性の低下が懸念されることから適正放流量の検討が必要である。これまでは, 回収率の向上を目的に事業が進められてきた感があるが, 放流種苗の回収率の向上を目的とした場合, 天然貝も同時に漁獲され乱獲に陥る危険性がある。今後は, 資源管理と漁場管理, 種苗放流を組み合わせて再生産による資源増大を図っていくことが必要である。

また, 近年は, 福島県, 神奈川県, 徳島県, 福岡県, 長崎県などで回収率の低下が見られており, その要因として温暖化, 磯焼けなど環境の変化と, 放流種苗の質, 放流技術の劣化などが挙げられている。温暖化により食害生物種や餌料環境が以前に比べ変化していると考えられ, 現在の環境に対応した適正放流サイズ, 放流手法の検討が必要である。また, 放流技術の劣化への対策として漁業者の指導体制の整備が必要である。

## 引用文献

- 阿部文彦・松田浩一 (2008) アワビ類資源増大技術開発調査事業. 平成 19 年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告, 9-11.
- 秋本恒基・太刀山 透・林 宗徳・深川敦平・後川龍男・佐藤博之 (2006a) 筑前海における健全クロアワビ種苗の放流効果. 福岡水海技学研報, 16, 9-15.
- 秋本恒基・太刀山 透・林 宗徳・深川敦平・後川龍男・

佐藤博之 (2006b) 藍島地先におけるメガイアワビの放流効果. 福岡水海技セ研報, **16**, 17-22.

秋田県 (1988) 昭和 62 年度放流漁場高度利用技術開発事業調査報告書, 1-75.

秋田県 (1989) 昭和 63 年度放流漁場高度利用技術開発事業調査報告書, 1-75.

秋田県 (1990) 平成元年度放流漁場高度利用技術開発事業調査報告書, 1-79.

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. 秋田県水産振興センター, 1-118.

千葉県水産総合研究センター・千葉県水産情報通信センター (2013) アワビ類の漁獲動向. 平成 27 年漁海況旬報ちば, 52-53.

廣瀬 充 (2008) 福島県におけるアワビ栽培漁業と人工種苗放流効果. 月刊海洋, **40**, 507-511.

今井利為・滝口直之・堀口敏宏 (2006) 城ヶ島におけるアワビ漁獲量減少要因の推定. 神水セ研報, **1**, 51-58.

井上正昭 (1976) アワビの種苗放流とその効果—種苗の放流効果. 日本水産学会編水産学シリーズ 12. 恒星社厚生閣, 東京, 9-25.

小島 博 (2005) クロアワビの資源管理に関する生態学的研究. 徳島水産研報, **3**, 1-119.

小島 博 (2008) クロアワビの資源変動と栽培漁業の研究課題. 月刊海洋, **40 (9)**, 512-516.

三重県水産研究所 (2013) アワビ種苗放流マニュアル平成 24 年度改定版, 1-27.

武蔵達也・遠藤 敬・佐々木律子 (2006) アワビ種苗放流効果の向上に関する研究. 岩手県水産技術センター年報, 32-35.

長崎県総合水産試験場 (2006) アワビ放流の手引き, 1-28.

坂本 仁・石田 修・松岡達行 (1986) 千葉県川口地先禁漁区におけるクロアワビの放流効果. 水産増殖, **34 (1)**, 25-30.

清水利厚 (2008) 千葉県におけるアワビ栽培漁業の現状と展望. 月刊海洋, **40 (9)**, 517-523.

水産庁・(社)日本栽培漁業協会(水産総合研究センター) (1985~2013) 栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績(全国) (昭和 58 年度~平成 23 年度) .

竹内泰介・松田浩一 (1999) 栽培漁業に関する総合研究. 平成 10 年度三重県科学技術振興センター水産技術センター事業報告, 39-42.

竹内泰介・松田浩一・徳沢秀人・山川 卓 (2010) 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. 水産海洋研究, **74 (1)**, 20-32.

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. 福岡水海技セ研報, **11**,

29-32.

都道府県水産試験場磯根資源調査研究グループ (1972) 磯根資源とその増殖 1—アワビ—. 水産増養殖叢書 24. 日本水産資源保護協会, 1-118.

戸澤 隆・村瀬慎司・松村靖治・宮崎隆徳 (2011) 磯根生産性向上技術開発事業. 平成 22 年度長崎県総合水産試験場事業報告, 37-38.

渡邊庄一・松村靖治・鈴木洋行・光永直樹 (2007) 磯根生産性向上技術開発事業. 平成 18 年度長崎県総合水産試験場事業報告, 50-53.

渡邊庄一・村瀬慎司・松村靖治・鈴木洋行 (2009) 磯根生産性向上技術開発事業. 平成 20 年度長崎県総合水産試験場事業報告, 42-44.

米村進司・山田英明 (1999) 栽培漁業定着推進調査, アワビ. 平成 10 年度鳥取県水産試験場年報, 110-113.

## I-3 資源評価と資源管理の現状

### I-3-1) 漁業調整規則による禁漁期間, 殻長制限, 自主的な資源管理の取り組み

#### 堀井豊充

アワビ類漁業は, 漁法が比較的容易であることから漁獲の影響を受けやすく, 乱獲に陥りやすい(青森県ほか, 1990)。このためほとんどの都道府県で漁業調整規則によって禁漁期, 漁獲可能殻長, 漁法が制限されるとともに, 漁業協同組合が定める第一種共同漁業権行使規則でさらに厳しい制限が定められている場合が多い。

参加制限 (Limited entry) として, 一般的にアワビ類の採捕は第一種共同漁業権を管理する漁業協同組合の組合員に限られている。さらに, 正組合員と准組合員との間に操業日数などに差を設けている場合もあり, 様々な方法で着業者数が抑制されている。

投入量規制 (Input control) としては, 操業日数 (開口日, 口開け日とも呼ばれる) および操業時間の制限が一般に行われている。都道府県漁業調整規則の多くでは産卵期前後に禁漁期間が設定されており, エゾアワビが漁獲対象となっている海域では夏~秋季, 暖流系アワビ類が漁獲対象となっている海域では秋~冬季に禁漁期間が設定されている場合が多い。しかし多くの漁業協同組合では操業日を漁業調整規則の範囲内でより厳格に制限しており, 例えば岩手県では調整規則上は操業可能期間は 11~2 月の 4 ヶ月間に及ぶが, 実際の開口日は 10 日以内といった地区も多い。また操業時間についても厳しく定められており, 例えば「鉤取り」では箱メガネで海底を覗き込み始める時刻であったり, 潜水漁業では入水時刻などが操業開始時刻として定められたりしている。また一般に操業終了時刻も定められている。

技術的規制 (Technical control) については, 一般に漁業調整規則で殻長制限が導入されており, 制限殻長は,

北海道が 6.5 cm と比較的小さく、その他の都道府県は概ね 9～10 cm に設定されており、千葉県は 12 cm で最大である。エゾアワビは暖流系アワビ類と比較して成長が遅くまた最大殻長も小さいことから、高緯度域ほど制限殻長が小さい傾向にある。また地域の実情や特徴に応じてアワビ類採捕の漁法が決められており、潜水漁業でも給気器の使用が禁止されていたり、またウェットスーツやフィンの着用が禁止されている地域もある。

産出量規制 (Output control) については明文化された規定を設けている地域は少ないが、福島県いわき市では 1 人 1 日 20 個の個別割り当て規制 (IQ) が定められている。またアワビ類の価格決定にあたって、操業月の前月に仲買業者に予定水揚量を示した上で入札が行われる地域があり、この場合は総漁獲量規制 (TAC など) が行われるのと同様の効果をもたらす場合もある。

この他、密漁監視など、地域の実情に応じて様々な管理方針が導入されている。

#### 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。秋田県水産振興センター、1-118。

### I-3-2) 岩手県北部 A 地区のエゾアワビ漁業への DeLury 法の適用例

堀井豊充

DeLury 法 (DeLury, 1947, 1951) は漁期の進行にともなう CPUE (努力量あたり漁獲量) の低下傾向から初期資源量 ( $N_0$ ) および漁獲効率 ( $q$ ) を推定する方法であり、アワビ類への適用例として松宮 (1983), 平山ほか (1989) などがある。一般に推定精度が劣るとされているが (田中, 1985), 年齢構成に関するデータが得られない場合の推定手法として用いられる。ここでは、岩手県北部 A 地

区のエゾアワビを対象とした潜水漁業に DeLury 法を適用して資源の評価を試みた。なお研究にご協力いただいた漁業関係者との申し合わせにより、密漁防止の観点から、結果の公表にあたって漁業地区名は匿名とし、さらに漁獲量や資源量等についても実数ではなく相対値で示している。

#### ① A 地区におけるエゾアワビ漁業の概要

A 地区ではエゾアワビを主として潜水漁業 (素潜り) により採捕しており、漁期は 11～12 月、操業日数は年による変動があるものの 10 日間前後である。また資源増殖のために稚貝の放流事業が実施されており、各年において、漁獲物に占める放流貝の割合が調べられている。

1999～2013 年の漁獲量の推移を図 I-3-1 に示した。漁獲量はゆるやかな増加傾向にあり、さらに放流貝の占める割合は 30～40% 程度となっている。また漁獲開始日からの CPUE の推移を図 I-3-2 に示した。CPUE は操業期間が進むにしたがって徐々に低下する傾向にあり、DeLury 法による資源量および漁獲率の推定が可能であると考えられる。

#### ② 資源量および漁獲率の推定方法

方法として、Akamine et al. (1992) による DeLury 法の最尤推定法を用いた。

すなわち DeLury の第 2 モデルから得られる初期資源量および漁獲効率推定値を初期値とし、尤度関数である  $Y = \sum ((C_t - N_t * p)^2 / N_t * p * (1 - p))$  (ここで  $p$  は漁獲率) を最小とする初期資源量  $N_0$  および漁獲効率  $q$  を同時に推定する。計算には Microsoft 社の表計算ソフト Excel のアドイン Solber を用いた。

ここで漁期は 2 ヶ月以内と短期間であることから漁期中の自然死亡は無いものと仮定し、さらに計算対象とした 1999～2013 年では操業方法が大きく異なることから、漁獲効率  $q$  はこの期間で一定と仮定し、各年の Y 値の合計が最小となる  $q$  および各年の資源量  $N_0$  を同時

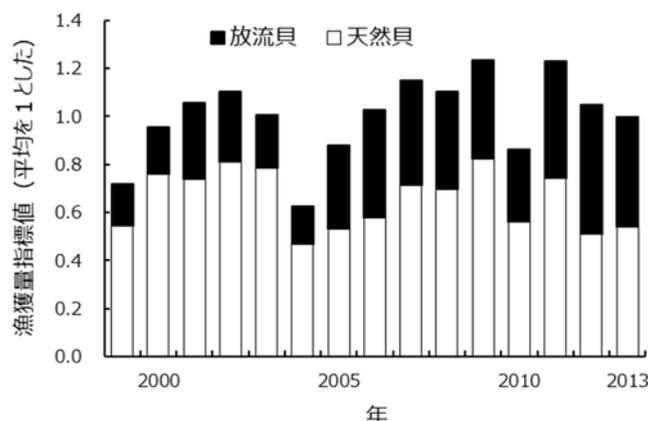


図 I-3-1. 岩手県北部 A 地区の潜水漁業によるエゾアワビ漁獲量の推移 (1999～2013 年、期間の平均を 1 とした相対値で示した)

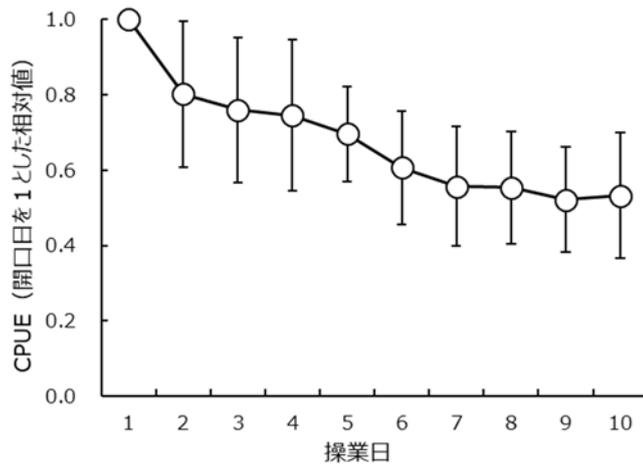


図 I-3-2. 岩手県北部 A 地区のアワビ潜水漁業における操業日と CPUE との関係 (1999~2014 年, 開口日を 1 として相対値で示した)

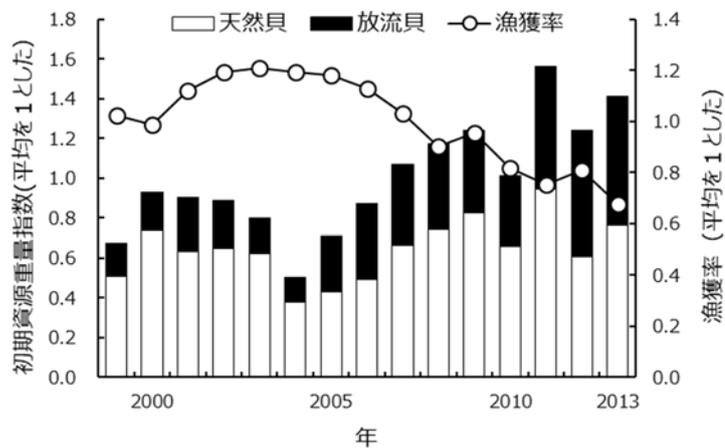


図 I-3-3. A 地区における資源量および漁獲率の推移(期間平均を1とした相対値で示した, 1999~2013 年)

に推定した。

### ③ 資源の評価

1999~2013 年の天然貝および放流貝の初期資源量と各年の漁獲率の推定結果を図 I-3-3 に示した。天然貝の資源量は 2000 年から 2004 年にかけて一旦低下したが、その後は回復傾向に転じており、2007 年以降は中位水準で安定的に推移している。また放流貝の資源量も天然貝と同様に 2004 年前後で落ち込んだが、その後は増加傾向に転じ、2011 年以降は高い水準で推移している。また漁獲率は 2003 年頃をピークに減少傾向にあり、資源量と漁獲率の変動はおおむね逆相を示している。

上述のように、A 地区では資源量および漁獲率は近年安定した水準にあり、また漁獲率の増加傾向も認められないことから持続的な漁業が行われているものと推察される。一方、2011 年に発生した東日本大震災により、岩手県内の放流用エゾアワビ稚貝生産施設は全て破壊され、

同年から 2014 年まで、放流数は大幅に低下した。図 I-3-4 に A 地区における放流数と放流貝資源量の推移を示した。放流貝の資源量は 5~6 年前の放流数とよく対応していることから、放流中断の影響は 2016 年以降で徐々に顕在化するものと考えられる。短期的な影響は避けられないものの、現在の漁獲率の維持により資源の早期回復を図る必要がある。

### 引用文献

- Akamine T., H. Kishino and K. Hiramatsu (1992) Non-biased interval estimation of Leslie's removal method. Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., **42**, 25-39.
- DeLury, D.B. (1947) On the estimation of biological populations. Biometrics, **3**, 145-167.
- DeLury, D.B. (1951) On the planning of experiment for the estimations of fish populations. J. Fish. Res. Bd. Can., **8**,

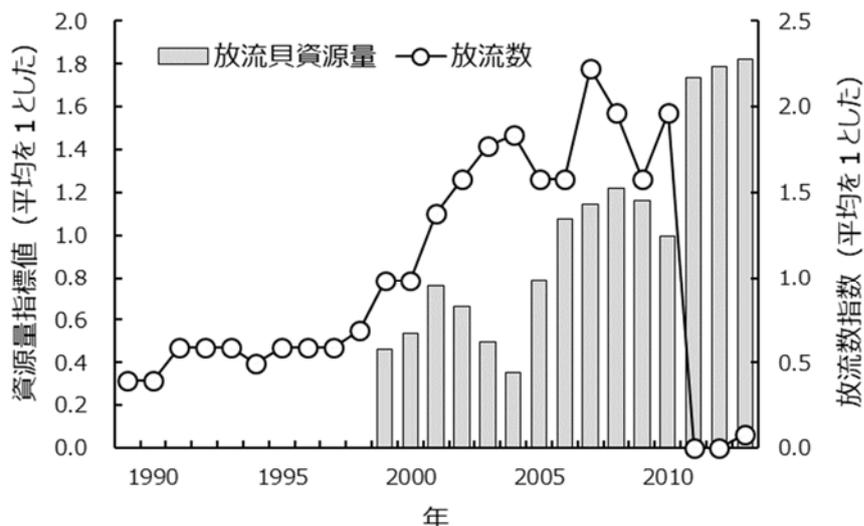


図 I-3-4. A 漁場における放流貝資源量と放流数の推移(期間平均を1とした指標値で示した, 1999~2013年)

281-307.

平山信夫・山田作太郎・菊地 弘・山田潤一(1989) DeLury法の修正とアワビ採捕漁業への応用, Nippon Suisan Gakkaishi, **55** (3), 409-416.

松宮義晴(1983) 沿岸水産生物の資源評価. 水産資源の解析と評価—その手法と適用例, 石井丈夫編, 水産学シリーズ46, 恒星社厚生閣, 東京, 115-129.

田中昌一(1985) 水産資源学総論. 恒星社厚生閣, 東京, 381pp.

(久之浜, 四倉, 豊間, 薄磯, 江名, 中之作, 永崎, 下神白, 小浜および勿来) でエゾアワビを対象に浅海岩礁域で行われている。福島県漁業調整規則により, 禁漁期間は10月から4月とされ(漁期は5~9月), 殻長9.5cm以下のエゾアワビの漁獲が禁止されている。漁獲はウェットスーツ着用の潜水によって行われ, 福島県内14ヶ所のエゾアワビ漁場のうち6ヶ所ではスキューバ潜水, 他の漁場では素潜りにより行われている。また, 漁業協同組合ごとに定められる漁業権行使規則では, 潜水以外による採捕の禁止や採鮑(さいぼう)組合と呼ばれる漁場ごとに組織された任意団体への加入等を定めている。

福島県における近年のエゾアワビ漁獲量は, 1992年は21トンと近年では最低であったが, その後, 1999年にかけて徐々に増加し, 1999年の漁獲量は45トンとなった(図I-3-5)。2000~2006年は24~39トンで推移し, 減少傾向にあったが, それ以降22~28トンと大きな変動は

### I-3-3) 福島県における資源管理

平川直人  
堀井豊充

#### ① 漁業と資源管理

福島県のアワビ漁業は県北部の相双地区4ヶ所(新地, 原釜, 磯部および鹿島)と県南部のいわき地区10ヶ所

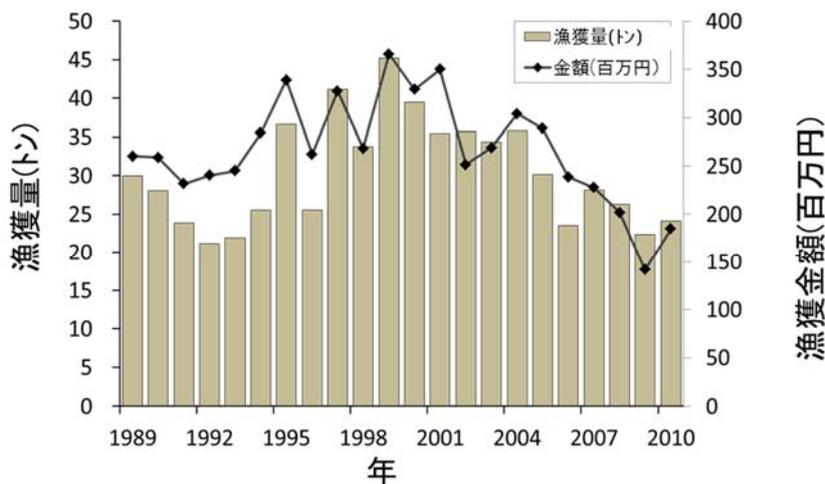


図 I-3-5. 1989~2010年における福島県のアワビ漁獲量(トン)と漁獲金額(百万円)

ない。この間の漁獲金額は、1.4～3.7 億円となっており、多様な漁業が営まれている福島県沿岸漁業にとってエゾアワビは重要な漁獲対象資源の一つとなっている。

福島県いわき地区の多くの採鮑組合では、漁業者 1 人が 1 日に漁獲できるエゾアワビ個体数を制限する個別割当 (Individual Quota ; 以下, IQ) 方式を漁業者が自主的に採用し、その資源管理が行われている。一日あたりの IQ は採鮑組合によって異なるが、近年では採鮑組合の多くが 20 個としている。このため、1999～2010 年におけるいわき地区の漁獲量 (C) と努力量 (E, 漁業者数と出漁日数の積) の関係は

$$C=5.8 \cdot E \cdot 10^{-3} \cdot 4.4 \quad (r^2 = 0.95)$$

で近似され、努力量の増加に伴い、漁獲量は線形的に増加する (図 I-3-6)。

IQ による資源管理は本来、漁業者間の先取り競争を抑制し、合理的な資源利用と漁家収入の安定が期待される (山川, 2009)。しかし、この実現には対象資源に対する精度の高い資源評価とそれに基づく漁獲量の設定が必要となる。いわき地区における IQ は慣習的に漁業者間の合意で決定されるものであり、資源量の変動は考慮されていない。このため、資源増加時には、増えた資源を利用しきれない非効率的な漁獲となり、資源減少時には、乱獲によるさらなる資源減少を招く恐れがある。また、IQ 管理下における漁獲量の変動は資源状態を示す指標にならないばかりでなく、CPUE をもとにした資源状態の把握も困難とする。そこで本稿は、IQ によりエゾアワビの資源管理を行ういわき市下神白 (しもかじろ) 採鮑組合 (以下、下神白) を対象に、エゾアワビ年齢査定方法の検討、年齢別漁獲個体数の算出および資源量推定を行い、IQ 管理下におけるエゾアワビの資源状態の把握とその有効性について検討した。

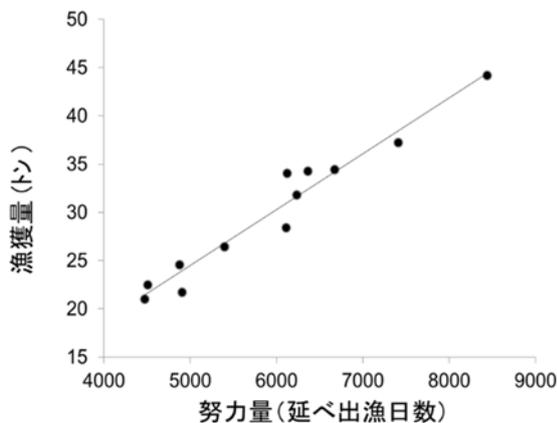


図 I-3-6. 1999～2010 年における福島県いわき地区の努力量(延べ出漁日数)と漁獲量の関係

## ② 資源量推定

### ア) 年齢査定

エゾアワビの年齢は一般に貝殻に刻まれる輪紋をもとに透過光や焼き殻法などによって査定される。福島県で漁獲されるエゾアワビは、年齢形質となる貝殻の障害輪が非常に不明瞭であったため、年齢を調べるのが困難とされてきた。そこで、貝殻輪紋による年齢査定を簡便に行う方法として、エゾアワビの貝殻を酢酸溶液に浸漬し、貝殻表面の殻皮を剥離し輪紋を計測する方法を考案した (平川ら, 未発表)。

殻皮剥離後の貝殻は緑色層と紅色層からなる輪紋様形質が確認された (図 I-3-7)。この輪紋が年齢形質として妥当な形質か判断するため、エゾアワビの貝殻酸素安定同位体比をもとに貝殻形成時の水温を推定し、輪紋間の水温変動を確認した。酸素安定同位体比分析に用いる試料は貝殻縁辺部から螺塔部にかけて成長線に沿って 2 mm 間隔で貝殻表面から真珠層以浅の貝殻を採取した。この試料から得られた酸素安定同位体比をもとに貝殻形成時の水温を推定し、輪紋の年齢形質としての妥当性を検討した。

酸素安定同位体比を用いた貝殻形成時の推定水温と貝殻輪紋の対応を検討した結果、緑色層は水温が極小値から極大値に変化する時期 (冬季～夏季)、紅色層は水温が極大から極小に変化する時期 (夏季～冬季) に形成されていた。酸素安定同位体により推定された貝殻形成時の水温変動は、標本採集地点の水温と同様の変動を示しており、緑色層と紅色層からなるアワビ貝殻輪紋は年齢形質として有効であると考えられた。また、緑色層と紅色層の 1 対を年齢とすることで年齢査定が可能となった。



図 I-3-7. 酢酸溶液によって、殻皮を剥離したアワビ貝殻

イ) 資源量推定

漁獲物の年齢査定結果をもとに下神白におけるエゾアワビの Age-length-key を作成し、1992～2010 年における下神白の年齢別漁獲個体数を推定した。さらに、推定された年齢別漁獲個体数に漁獲物調査によって得られた放流個体の混入率を乗じ天然・放流別年齢別漁獲個体数を算出した。算出された 1992～2010 年における下神白の年齢別漁獲個体数は天然個体が 9.5～25.8 千個、放流個体が 8.7～29.5 千個であった (図I-3-8)。1992～1998 年までは 4 歳個体の漁獲割合は 3.6～14.8%と その割合が高かったが、その後は 1.0%以下で推移した。1998 年以降の

主漁獲対象個体の年齢は 6 歳であった。

天然・放流別年齢別漁獲個体数をもとに、VPA により 1992～2010 年の下神白エゾアワビの天然と放流の資源個体数 (4 歳以上) をそれぞれ推定した。なお、VPA による資源量推定に用いる自然死亡係数  $M$  は年齢査定結果で得られた最高齢 (12 歳) をもとに田中の式 (1960) によって算出した。VPA による資源個体数推定の結果、下神白における天然資源個体数は 49.5～112.9 千個で推移し、2002 年以降減少傾向にあった (図I-3-9)。また、放流個体の資源個体数は 48.1～130.6 千個で資源個体数が推移し、2005 年以降資源個体数は増加傾向にあった。

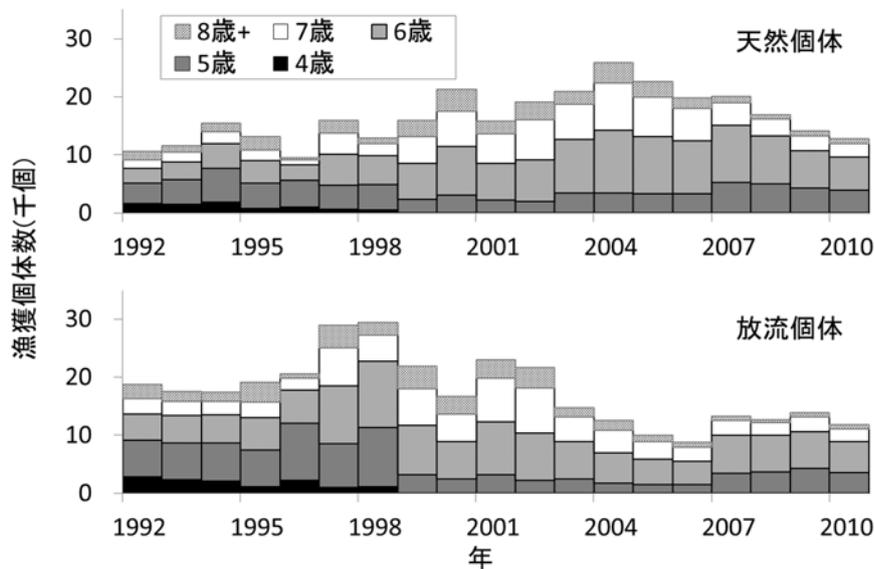


図 I-3-8. 1992～2010 年における福島県いわき市下神白の年齢別アワビ漁獲個体数  
上段は天然個体、下段は放流個体の年齢別漁獲個体数を示す

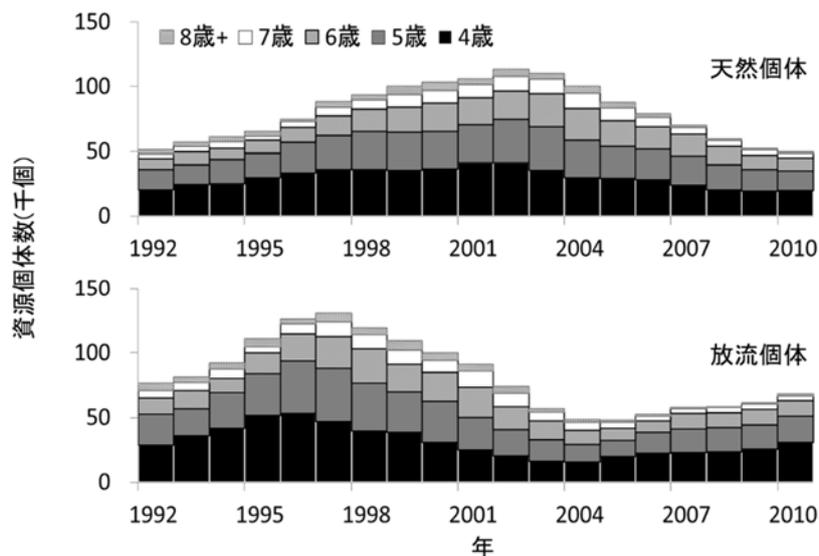


図 I-3-9. VPA により推定された 1992～2010 年における福島県いわき市下神白地区天然・放流別年齢別アワビ資源個体数  
上段は天然個体、下段は放流個体の資源個体数を示す

1992年以降の下神白におけるエゾアワビ天然・放流個体の資源変動は、年齢別漁獲個体数の変動と同様に、天然資源減少期には放流個体が増加し、天然個体減少期には放流個体が増加していた。VPAによって推定された漁獲係数は図I-3-10のように推移した。天然・放流個体ともに4歳個体の漁獲係数は0.1以下と低かったのに対し、5～8歳の漁獲係数は高齢個体ほど高かった。下神白地区では漁獲個体数をIQにより制限しているため、漁業者は漁獲重量が最大となるよう大型個体を選択的に漁獲する。このため、高齢個体ほど漁獲係数が高くなったものと推察された。

### ③ IQ管理の有効性

下神白地先におけるエゾアワビ漁業では1人1日あたりの漁獲個体数を20個に制限するというIQシステムが漁業管理方式として導入されてきた。ここでは、VPAによる資源量推定で得られた年々の年齢別資源量および漁獲係数の各値を基に、経験的に定められた制限数量(20個)について2010年時点の資源状態における妥当性を評価した。

まず成熟年齢および漁獲加入年齢をともに4歳とし、年々の親貝資源量と加入個体数の関係から1992～2006年における再生産成功率を計算した。すなわち、親資源量(SSB)は1992～2006年、また4歳加入個体数は1996～2010年の値となる。ここで、親貝資源量および加入個体数ではそれぞれ $53\pm 13\%$ および $47\pm 14\%$ の高い割合を放流個体が占めている。再生産関係のプロットについて、親貝資源については天然個体と放流個体の繁殖力には差が無いと仮定して両者を込みとし、一方加入個体数につ

いては天然のみとした場合と両者を込みにした場合の2種を仮定し、それぞれの分布を現状のF( $F_{\text{current}}$ )で持続的となる再生産成功率(RPS)と比較した。

再生産関係のプロットについて、 $F_{\text{current}}$ に対応したRPSを示す直線とあわせて図I-3-11に示した。 $F_{\text{current}}$ が持続的となるRPSは2.10(個/kg)であったが、2つの再生産関係におけるRPSは加入個体数を天然個体のみとした場合と天然・放流個体を込みにした場合でそれぞれ $0.91\pm 0.16$ および $1.86\pm 0.69$ (個/kg)であった。天然個体と放流個体の相互作用が無いという条件下において、実際の再生産関係は前者であり、また「みかけ上」の再生産関係が後者となる。前者(天然個体のみ)のRPSは $F_{\text{current}}$ に対応したRPSを大きく下回ることから、現在の漁獲圧は天然の再生産関係においては持続的ではなく、乱獲の状態にあるといえる。一方で、後者(天然個体と放流個体)についてみると、見かけ上のRPSは $F_{\text{current}}$ に対応したRPSと大差ない。すなわち、現在の放流規模を将来も維持するという前提下においてのみ $F_{\text{current}}$ は持続的であり、漁業者数や再生産関係が大きく変動しない限り、経験的に定められた制限数量(20個)は妥当なものであると評価された。

### ④ 震災後のエゾアワビ漁業

福島県の沿岸漁業は、2011年に発生した福島第一原子力発電所事故の影響によって、事故から5年が経過した現在も操業自粛を余儀なくされている(2016年3月末現在)。事故直後から、福島県沿岸では水産物の放射性物質検査が継続され、徹底した安全の確認が実施されてきた。その結果、事故直後から放射性物質の汚染がない種、時

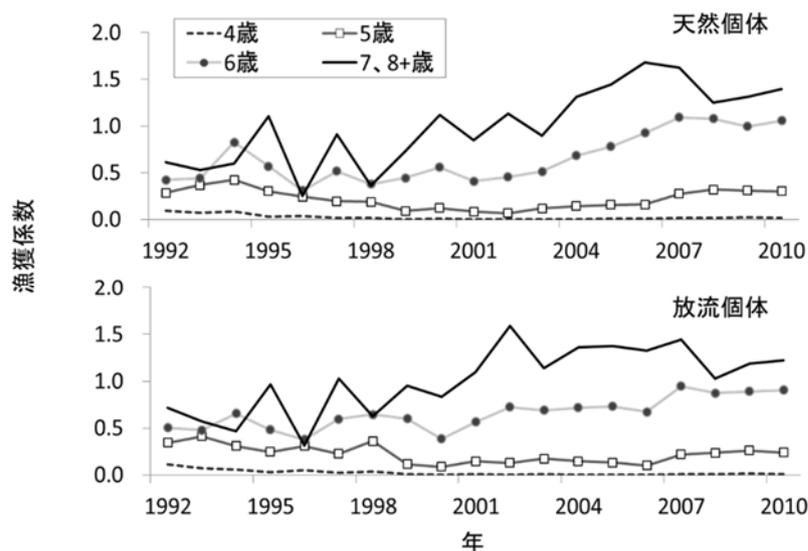


図 I-3-10. VPAにより推定された1992～2010年における福島県いわき市下神白地区天然・放流別年齢別アワビ漁獲係数  
上段は天然個体、下段は放流個体の漁獲係数を示す

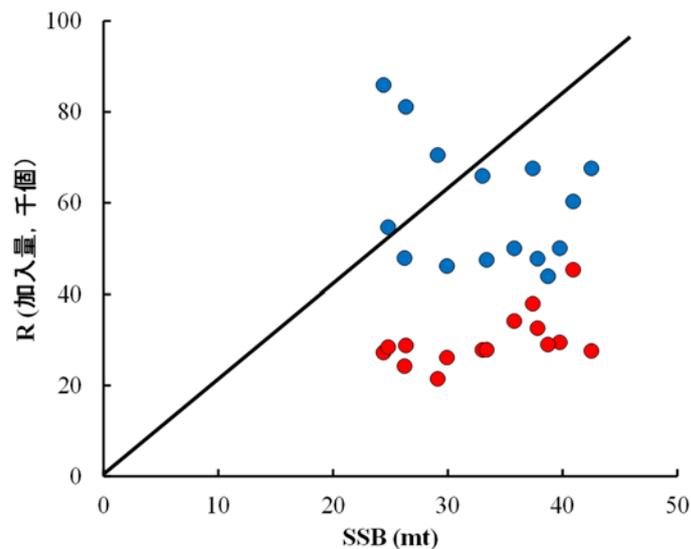


図 I-3-11. 福島県いわき市下神白地区におけるエゾアワビの再生産関係

● :SSB(天然個体+放流個体)–R(天然個体)の関係

● :SSB(天然個体+放流個体)–R(天然個体+放流個体)の関係

直線は現状の F(Fcurrent) 下で持続的となる RPS(2.10)を示す

間経過とともに放射性物質濃度が低下した種が確認されている。また、操業自粛の長期化は、漁業者の離職や地域経済の衰退を招くことになり、漁業の早期再開を望む声が多く挙げられた。これらの事から、安全が確認されている種を対象とした限定的な操業である試験操業が2012年6月から実施され、現在に至っている。試験操業は小規模な操業と全国的な販売を試験的にを行い、漁業再開に向けた基礎情報を得ることを目的としている。これまでに築地をはじめとした全国の市場に試験操業で漁獲された水産物が出荷されている。試験操業開始時にはタコ類と貝類の3種（ミズダコ、ヤナギダコおよびシライトマキバイ）に漁獲は限られていたが、その後、十分な安全確認のもと試験操業対象種は徐々に拡大され、現在73種となっている（2016年3月末現在）。エゾアワビの試験操業は2014年からいわき地区で開始され、相双地区は2016年漁期以降の試験操業実施に向け協議が行われている。このように、少しずつではあるが福島県水産業は復興に向け、着実な前進を続けている。

福島県では1977年から県内で生産されたエゾアワビ人工種苗の放流が行われており、1983年以降は50～80万個の種苗放流が行われてきた。漁獲物に対する放流個体の割合は漁場によって異なるが3～7割となっており、福島県のエゾアワビ漁業は強く栽培漁業に依存してきた（廣瀬，2008）。東日本大震災によって、福島県のエゾアワビ種苗生産施設は壊滅的な被害を受け、いまだ復旧に至っていない。2013年から国の支援を受け、国立研究開

発法人水産総合研究センター増養殖研究所南伊豆庁舎の施設で生産されたエゾアワビ種苗の福島県沿岸での放流が始められているが、その数は震災以前の1割程度と十分な数ではない。エゾアワビ放流種苗の漁獲加入は、放流の3～4年後であり震災による種苗放流停止の影響は、2015年以降のエゾアワビ資源に大きく影響するものと考えられる。

震災以前の福島県のエゾアワビは、前述の通り、努力量の増減に応じて、漁獲量が線形的に増加するほどの資源量を有しており、深刻な資源減少を招く状況ではなかった。これは、漁業者の高い資源管理意識のもと、IQによる慣習的なエゾアワビ資源管理が機能していたものと考えられる。福島県のエゾアワビは、震災以降の操業自粛によって、一時的には資源量が増加しているものと考えられる。しかし、操業の自粛や種苗放流の停止などエゾアワビ漁業を取り巻く状況は大きく変化している。安定したエゾアワビ漁業を継続していくためには、精度の高い資源量推定のもと、資源状態に応じた適切な漁獲個体数を算出し、これを漁獲個体数の決定に反映させていくことが必要となる。今後の本格的なエゾアワビ漁業再開に向けて、資源状態に応じた適切な漁獲個体数を決定する資源管理の仕組みづくりを働きかけるとともに、操業自粛によって一時的に増加したエゾアワビ資源に対して過剰な漁獲が行われることがないようその動向を注視して行く必要がある。

## 引用文献

- 廣瀬 充 (2008) 福島県におけるアワビ栽培漁業と人工種苗放流効果. 月刊海洋, **40**, 507-511.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, **28**, 1-200.
- 山川 卓 (2009) 日本型漁業管理と IQ/ITQ. 日水試, **75**, 1083-1084.

### I-3-4) 千葉県器械根における資源管理

中丸 徹

#### ① 漁場特性

関東南部海域に 30 m の等深線を引くと、房総半島東岸で特徴的に、ひときわ沖合まで張り出す、入り組んだ線が現れる (図I-3-12)。この線で囲まれた海域が器械根である。器械根は千葉県いすみ市の沖合 5~20 km, 水深 50 m 以浅の海域に展開する水深 15~30 m の暗礁群で、面積は 3,750,000 m<sup>2</sup>とされる (野中ほか, 1991)。呼称は、潜水器船により発見され、その直後に多数の潜水器船が集まったことに由来する。海底はケスタ地形を呈し、緩斜面~稜線~急崖部が列状に幾重にも連なり、急崖部下には転石や堆砂がみられる (海上保安庁水路部, 1986)。ケスタ地形は、岩礁を構成する砂岩泥岩互層が緩く傾斜しているために、差別浸食により生じたと考えられている (海上保安庁水路部, 1986)。器械根のアワビ類漁業における主な対象種であるマダカアワビの生息場所として、ケスタ地形を考察すると、転石下から殻長約 60 mm の個体を発見した例があることから、急崖部下の転石は稚貝の生息場所になると考えられる。また成貝は表出する性質があることから、緩斜面~稜線~急崖部を広く利用することができると考えられる。すなわち器械根では、マ

ダカアワビの稚貝から成貝までの生息場所が連続し、広く展開していると考えられる。操業はヘルメット式潜水器で、潜水士は海底を歩きながら、表出したマダカアワビやメガアワビを探索・採捕する。

器械根はマダカアワビ、メガアワビを主体とするアワビ類に加え、イセエビ、サザエといった他の磯根資源の好漁場でもあり、現在は夷隅東部漁業協同組合の共同漁業権漁場として管理されている。千葉県のイセエビ漁獲量がピークとなった 2001 年、全国漁獲量 1,486 トン、千葉県漁獲量 396 トンのうち、同漁協漁獲量が 100 トンを占めたことから見ても、磯根漁場としての規模の大きさがうかがえる。

#### ② 歴史と漁獲量の推移

器械根は今から 130 年前の 1885 年に、地元の潜水器船により発見され、千葉県はもとより、茨城県、東京府、神奈川県、静岡県から潜水器船が集まった (大場, 1995)。1918 年から 1939 年は、資本を有する会社組織が区画漁業権を得て、採鮑事業を行った。1939 年から 1994 年 (禁漁前年) までは、地元および近隣の漁業組合 (後に漁業協同組合) の自営による操業が行われた。

この間のアワビ類漁獲量は、1886 年 (発見翌年) の 750 トンがピークとなった (図I-3-13)。この量は、平成 25 年の全国アワビ類漁獲量 1,395 トンの半分以上に相当する。その後は急激に減少し、発見から 5 年後の 1890 年には 4 トンまで落ち込んだ。処女資源量は、発見から 6 年間で獲りつくされるまでの合計漁獲量 1,300 トン程度と考えられ (田中・橋本, 2006)、生息密度は平均体重を 500 g と仮定すると 0.67 個体/m<sup>2</sup>となる。1891 年から 1954 年は資料がない年が多いが、3~82 トンの間で推移した。1955 年以降は 57 トンから徐々に増加し、最初のピークから

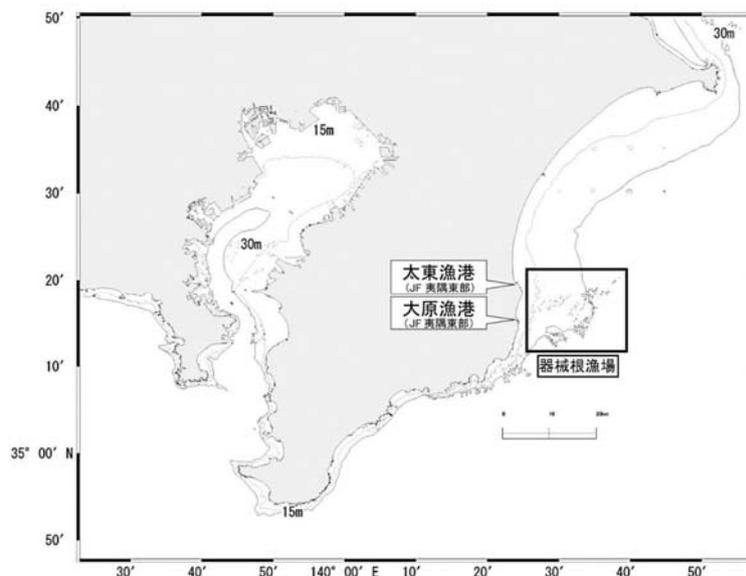


図 I-3-12. 器械根漁場図

83年後の1969年に166トンとなり、第2のピークを迎えた。1978年に100トンを下回ってからは減少の一途をたどり、1994年の2トンを最後に禁漁となった。1961年以降の漁獲量を種類別に見ると、1980年代前半まではマダカアワビが大半を占めた(図I-3-14)。それ以降はメガイアワビの割合が徐々に増加し、1990年と1994年(禁漁前年)はメガイアワビの割合がマダカアワビを上回った。マダカアワビ漁獲量のピークは1969年の178トン、メガイアワビ漁獲量のピークは1979年の17トンであった(1969年にマダカアワビがアワビ類より多いのは用い

た資料が異なるため)。

1960年代後半からのアワビ類資源の増加は、器械根ばかりでなく、沿岸域における素潜り漁での主漁獲対象であるクロアワビでも同時に認められることから(石田・坂本, 1986)、1960年前後にアワビ類資源全般に共通した再生産を助長するような、何らかの環境変化があったものと推察された(田中・橋本, 2006)。

### ③ 禁漁期間中の資源管理に関する動き

#### ア) 資源管理組織

1996年(禁漁2年目)に漁業権者である地元漁業協同

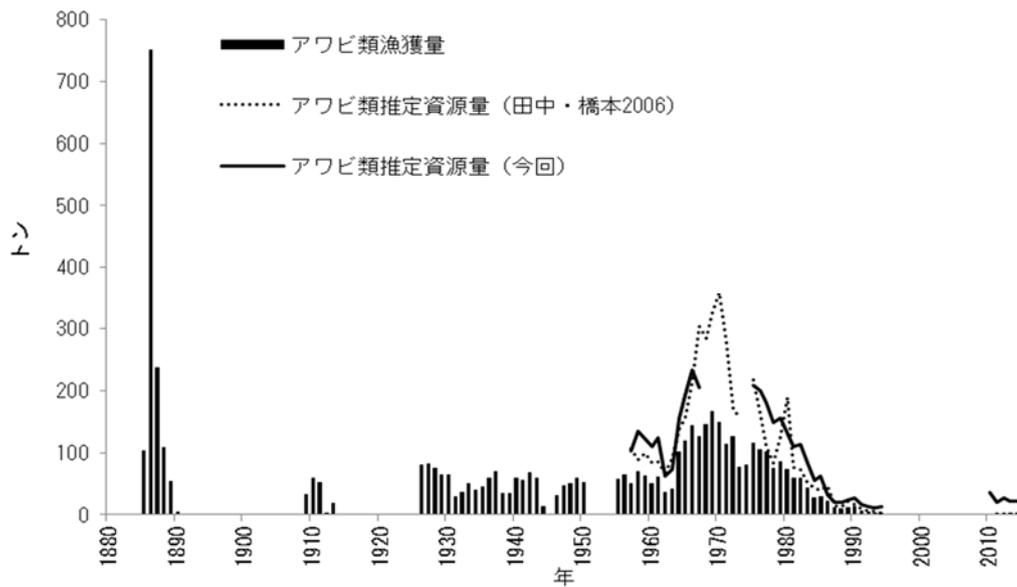


図 I-3-13. 1885～2014 年の器械根におけるアワビ類漁獲量(2011～2012 年は採捕量)および推定初期資源量 1885～1950 年, 1968～1972 年, 1974 年の漁獲量は大場(私信)による。その他の年の漁獲量は千葉県調べ。

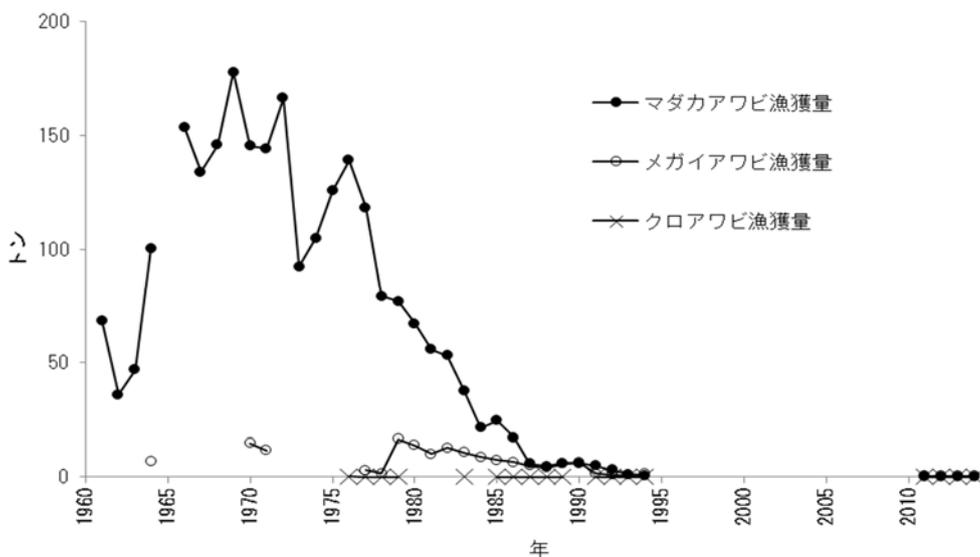


図 I-3-14. 1961～2014 年の器械根におけるアワビ類種類別漁獲量(2011～2012 年は採捕量)

組合と、入漁権者である近隣漁業協同組合の間で、「器械根アワビ資源回復及び回復後の行使に関する覚書」が締結された。その中で「資源回復の効率的な実施のための具体策及び操業再開等の操業に関する事項等」を検討することを目的に、「器械根資源管理協議会」（以下、協議会）が組織された。協議会の構成員は漁業権者である地元漁業協同組合および入漁権者である近隣漁業協同組合で、オブザーバーとして県、関係市町村、財団法人千葉県水産振興公社（2012年から公益財団法人）が置かれた。会議は毎年開催され、種苗放流、資源量調査、操業再開等について検討された。

#### イ) 種苗放流

1998年から2014年の間に、禁漁前の好漁場へマダカアワビ種苗を合計134千個体、メガイアワビ種苗を合計679千個体放流した。マダカアワビ種苗の一部に標識して放流したところ、殻長49mmで放流した個体が、1,799日後（4.9年後）に殻長145mmで採捕され、放流貝の成長と生残が確認された。またメガイアワビでは、集中的に放流した海域において、天然貝（90～178mm）の密度が0.007個体/m<sup>2</sup>（4個体/600m<sup>2</sup>）であるのに対し、放流貝（140～156mm）の密度が0.013個体/m<sup>2</sup>（8個体/600m<sup>2</sup>）となり、種苗放流による生息密度の増加が確認された。しかし放流貝を取り上げるような操業は行われておらず、両種の放流貝回収率は明らかにされていない。

#### ウ) 分布密度調査

1989、1998、2008年に千葉県が、2003年に千葉県水産振興公社が、5年ごとにスクーバ潜水による分布密度調査を行った。アワビ類の分布密度は、1989年（禁漁6年前）は0.020個体/m<sup>2</sup>、1998年（禁漁4年目）は0.006個体/m<sup>2</sup>と低下した。2003年は0.010個体/m<sup>2</sup>と増加に転じたものの、2008年は0.008個体/m<sup>2</sup>と増加せず、禁漁が続いた。

#### エ) CPUE調査

禁漁を継続しても資源の回復が見られないことについて、協議会では、分布密度調査によるアワビ類の発見率が実操業より低いのではないかと、との意見があった。スクーバ潜水による分布密度調査では、安全確保のために、調査点ごとに基点となる潜行索や調査ラインを設置し、その周囲しか調査できない制約があった。それに対してヘルメット潜水では、海底の潜水士が船上作業者に指示しながら、アワビ類の分布状況に応じて根を渡り歩くことができた。そこで2010～2012年はヘルメット潜水器を用いて、より広域的に、操業に準じた形でアワビ類を採捕する調査を行った。アワビ類潜水器漁船は地元から無くなっていたため、県内で唯一残ったアワビ類潜水器漁船を近隣漁協から用船しての調査となった。3年間で250点（潜水回数）を調査した結果、アワビ類CPUEは10.8～18.2kg/人/時間で、1989～1994年（禁漁6年前～禁

漁前年）と同程度であった。この年代の資源量はDeLury法により3～21トンと推定されることから（田中・橋本，2006）（図I-3-13）、2010～2012年の資源量は3～21トンと評価された。2010年は調査経費を外部から獲得したため、採捕物はすべて放流し、利益を生じさせない措置をとった。2011、2012年は地元漁協が、自営事業に準じた形で採捕と販売を行って調査経費に充てたところ、利益が生じる結果となり、関係漁業者の間で操業再開への期待が高まった。

#### ④ ABCを根拠としたTACの設定による試験操業

##### ア) 資源量の推定

2012年の調査後に、アワビ類潜水器漁業の技術伝承や後継者育成の必要性および、漁協の経営改善につながるの期待から、操業の実施が検討された。しかし推定資源量は3～21トンで、安定した生産を継続する資源量の目安とされる100トン（田中・橋本，2006）に達しておらず、資源管理の観点からは禁漁の継続が推奨された。

操業再開について慎重な議論が交わされる中、国立研究開発法人水産総合研究センターへ資源量推定や操業再開の考え方に関する助言を依頼した。田中・橋本（2006）が行ったDeLury法による資源量推定では漁獲効率が年により変わり、問題となる禁漁前（1989～1994年）の推定資源量は3～21トンとばらつきが大きく、禁漁により資源が回復しているのかどうかの判断が難しかった。禁漁前の1隻当たり潜水士数は1955～1961年の3人から、1986～1994年の6人へと徐々に増加したため、漁獲効率もそれに応じて徐々に高くなったと考えられる。しかし1隻当たり潜水士数が同じ年代では、漁獲効率は一定とみなすことができる。そこでDeLury法の計算を次のように工夫した。禁漁前各年の初期資源量と漁獲効率を変数とし、1隻当たり潜水士数が同じ年代では、漁獲効率は一定であると仮定し、部分尤度（Akamine et al., 1992）が最小となるよう各変数を決定した。2010～2012年のCPUE調査では漁獲圧が低く、DeLury法が適用できないため、1隻当たり潜水士数が調査時と同じ3人である1955～1961年の漁獲効率と、2010～2012年の各年の努力量および漁獲量の関係から、各年の初期資源量を推定した。その結果、禁漁前年の1994年は12.5トン、2010～2012年の平均値は28.2トンとなり（図I-3-13）、禁漁期間中に資源量は年間5%の割合で微増していると考えられた。

##### イ) ABCを根拠としたTACの設定

資源は微増しているとの評価が得られたため、安定した生産を継続する資源量に回復するまで待つのではなく、漁獲量に制限を設けて微増した資源を利用する考え方にシフトし、ABCを根拠としたTACによる試験操業の実施が決まった。県は資源の年間増加量に安全率0.8を乗じた値をABCとして提案し、協議会は県が提案したABCの20%を採り残すようにTACを設定して操業する

体制が整った。漁期は2ヶ月間に制限し、TACが未消化でも操業を打ち切った。

### ウ) その他の資源管理措置

千葉県海面漁業調整規則で定められたアワビ類の制限殻長は、全国最大の12cmである。試験操業ではより厳しく、制限殻長の努力目標をマダカアワビでは18cm以上、メガイアワビでは16cm以上とした。また親貝場として、2010～2012年の調査でCPUEが高かった海域、すなわち成貝が比較的高密度に分布し、浮遊幼生の供給源として機能していると期待される海域に、半径200mの禁漁区を3ヶ所設け、毎年1ヶ所ずつ順番にマダカアワビ種苗を放流することにした。

### エ) 試験操業結果

2013、2014年のアワビ類漁獲量はそれぞれ746kg (TAC810kg)、628kg (TAC710kg)となり、両年ともにTACを消化することができない、厳しい結果となった(図I-3-15)。アワビ類CPUEは、2010年の18.2kg/人/時間から2014年の9.1kg/人/時間へと、2分の1の水準まで低下した。特にマダカアワビCPUEは、2010年の9.4kg/人/時間から2014年の2.9kg/人/時間へと、3分の1の水準まで低下した。

2年間でアワビ類を漁獲した185地点のうち98地点において、成貝の主要餌料と考えられるカジメの分布状況を潜水士が4段階(一、十、井、井井)で評価したところ、一および十は0地点、井は93地点、井井は5地点となり、藻場の減少はみられなかった。

### ⑤ まとめ

2011、2012年のCPUE調査から、1995～2012年の18年間の禁漁期間中に、アワビ類資源量は年間5%の割合で微増したことがわかった。またそれに続く2013、2014

年の試験操業から、最近4年間は減少傾向であることがわかった。マダカアワビでは卓越年級群の存在が知られており(藤井ほか、1970)、禁漁期間中の器械根でも卓越年級群が発生した可能性がある。このような資源変動は漁獲圧(CPUE調査および試験操業の漁獲圧は無視できるほど低い)や磯焼けがない条件下で生じたことから、他の要因が資源の増減に大きな影響を及ぼしたと考えられた。

禁漁が長期化する中、近年実施したCPUE調査とそれに続く試験操業は、禁漁を継続するだけでは知ることができない資源の変化を明らかにした。また試験操業では、ABCを根拠としたTACや、より厳しい漁期および殻長の制限といった、一歩踏み込んだ資源管理措置を実施した。副産物として、2015年7月に、この試験操業で採捕される器械根のマダカアワビ(殻長18cm以上のもの)とメガイアワビ(殻長16cm以上のもの)が、いすみ市から「いすみブランド」に認定されるなど、地域振興の材料を提供した。

その一方でアワビ類CPUEが年々低下したことにより、2015年の試験操業におけるTACは前年の710kgより少ない660kgになった。試験操業では採捕物を販売して用船等の経費に充てるため、資源の減少によりTACが少なくなると、継続が困難になる。

器械根は130年間の歴史の中で、漁獲量のピークが2回あった。1回目は処女資源時であり、2回目はそれから83年後のことであった。将来、2回目のピークをもたらした「アワビ類の再生産を助長するような何らかの環境の変化」がおり、3回目のピークが訪れる可能性を意識しながら、資源状況のモニタリングを継続することは重要である。すでに操業は資源管理のルール下にあり、

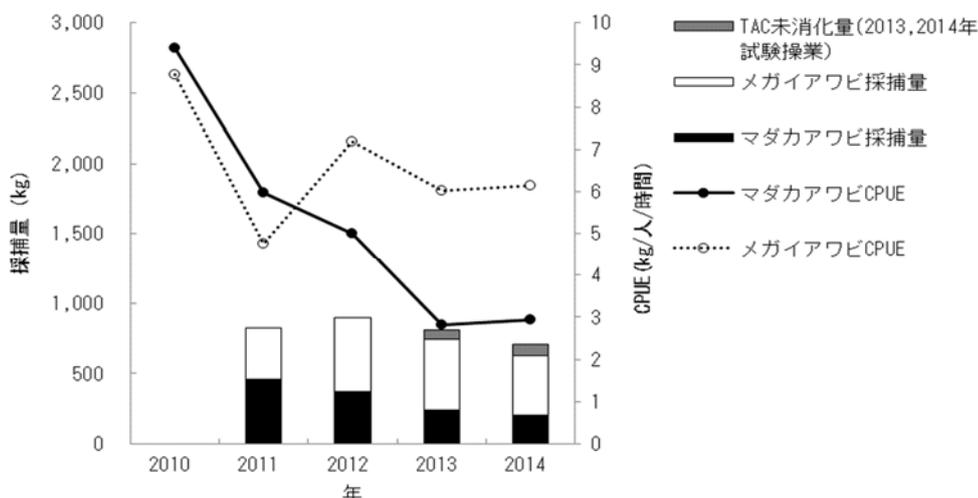


図 I-3-15. 2010～2014年に器械根で実施したCPUE調査および試験操業の結果

資源が低位でも安定した利用ができるよう、TACを見極めていくことが大切である。

#### 引用文献

Akamine, T., H. Kishino and K. Hiramatsu (1992) Non-biased interval estimation of Leslie's removal method. *Bulletin of Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory*, **42**, 25-39.

藤井泰司・中原民男・小川嘉彦・角田信孝（1970）沖合礁—山口県見島沖八里ヶ瀬—に生息するマダカの漁業生物学的特性. *水産増殖*, **18**, 69-80.

石田 修・坂本 仁（1986）千葉県川口地先におけるクロアワビ資源の研究. *水産増殖*, **33**, 213-223.

海上保安庁水路部（1986）5万分の1沿岸の海の基本図 海底地形地質調査報告 太東崎. 1-55.

野中 忠・田中栄次・山川 紘・山田作太郎・長谷川 彰（1991）潜水器導入後の漁獲記録から見たアワビ資源に関する一考察. *東京水産大学論文集*, **26**, 69-78.

大場俊雄（1995）「房総アワビ漁業の変遷と漁業法」*崙書房*, 千葉, 1-236.

田中種雄・橋本加奈子（2006）機械根アワビ資源の変遷. *千葉水産研報*, **1**, 119-132.