

第5章 資源変動要因の解析と放流効果 および資源管理の検討

南方系アワビの漁獲量は、1970年代からの20年間は、3,000～3,500トンで比較的安定していたが、1990年代に入ると減少し、1999年には1,193トンに激減した。徳島県海部郡阿部漁協の最重要な資源であるクローアワビは、わが国の南方系アワビの漁獲量に類似する変動が認められ、両者の漁獲量の変動は共通する要因によると考えられる。阿部地先のクローアワビ資源を適正に管理するためには、漁獲量の変動および1990年代における資源の減少と資源回復を遅らせる要因を明らかにする必要がある。そこで、本種の漁業と生態学的な特性に基づいた新たな資源評価法を提案するとともに、資源管理の根拠となる資源特性値を明らかにし、管理方策を検討した。

第1節 海士漁業と資源性状

徳島県の海士漁業は、クローアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ、トコブシならびにサザエを漁獲対象とする。これらの腹足類は、第1章で詳述したようにそれぞれ主な生息水深が異なり、すみ場の形態も異なる(猪野 1952, 宇野 1967, 野中ら 1969a, 1969b)。海士は素潜りにより、海中でこれらを、探索・発見・剥離の一連の行動により漁獲する。

南方系アワビの素潜りによる海士漁業は、複数の漁獲対象種の中から事前に標的種を選択し(堀井 1998)、資源量の相対的な豊富さ(小島ら 1978)、経済的価値(Matsumiya & Matsuishi 1981)にもとづいて個々の海士の随意的な判断による操業を特徴とする。標的種が異なると操業水深が異なるので、漁期中の種組成は変化する。しかし、操業水深と種組成の関係やクローアワビの垂直分布と操業水深の関係について十分に明らかにされてない。

徳島県の方言で海士が「あじろ」と呼ぶアワビの蛸集場所が存在することは、クローアワビが集中分布することに一致する。本種のCPUE(単位努力量あたり漁獲量)は、海士が「あじろ」を選択的に操業すること(野中ら 1969c, 井上 1972a)や1日の操業時間や漁獲の成功度に大きな影響を及ぼす天候や海象(小島・石橋 1985)ならびに岩礁の隙間など海士が漁獲し難い場所に生息している潜在資源(井上ら 1985)などによって

影響されると考えられる。本節では、クローアワビのCPUEと資源量に比例関係が成立する否かを検討する。

材料と方法

海士漁業の操業実態を明らかにするために、1978年から1999年までの各漁期に阿部漁業協同組合所属の海士漁業を行なう約100経営体(家族単位)から9～25経営体を抽出し、操業日誌の記帳を依頼した。漁期は、1979年の6月下旬からの解禁を除いて、通常7月から解禁して、9月下旬に終漁となる。標本日誌には操業日ごとに経営体の操業者数、操業水深、操業時間、クローアワビとアカアワビの漁獲した個体数と重量、トコブシとサザエの重量が記録される。アカアワビとは、徳島県由岐地方でメガイアワビとマダカアワビを同一銘柄として区別せずに販売するので、これらを示す方言である。漁業組合の集荷は家族単位に行われる。操業水深の、多くは範囲が記入されたが、主な操業水深のみを記入する場合もあった。操業日誌に記入された操業水深の範囲は均等に利用したものとし、水深1m幅の頻度分布から日別操業水深の平均値を推定した。操業時間の記載漏れが稀にあったが、これらは集計から省いた。

阿部漁業協同組合は日別種類別漁獲重量を記録している。この資料によりクローアワビとアカアワビの日別漁獲重量割合(%)を計算した。

海士漁業は潜水作業であるため、個人の経験(学習)や体力により操業能力が著しく異なることが想定される。多数の海士の経験談によれば、特にクローアワビは視覚により確認できる個体が少なく、漁獲技術を必要とする。クローアワビと他の資源との関係を知るためにも、標本経営体ごとに種別の年間漁獲量を調べた。

結 果

1. 阿部地先の漁獲量変動

1978年から1999年における海士漁業の操業日数、標本経営体(家族)の抽出数、クローアワビ、アカアワビ、トコブシ、サザエの漁獲重量を表5-1-1に示した。クローアワビ漁獲量は7.3トン(1996年)から24.6トン(1984年)の範囲で変動し、この間の平均漁獲量は18.4トンで、変動係数は49.3%であった。クローアワビの漁獲量変動を詳細に見るため図5-1-1に本種の漁獲量を示した。1978～1990年にはほぼ14～25トンの漁獲量を維持しており、15トン以下に減少したのは

表5-1-1 阿部地先における海士漁業の操業日数、標本日誌抽出数
(経営体数) クロアワビ、アカアワビ、トコブシおよびサザエの漁獲重量

調査年	操業日数	標本日誌数 (経営体数)	クロアワビ 漁獲量 kg	アカアワビ 漁獲量 kg	トコブシ 漁獲量 kg	サザエ 漁獲量 kg
1978	57	11	19,519	3,969	4,546	31,979
1979	52	9	20,362	5,988	5,628	16,454
1980	51	12	23,022	5,713	4,439	10,625
1981	52	10	18,376	4,432	3,694	4,759
1982	38	9	15,393	4,329	2,86	4,738
1983	55	19	24,243	7,344	6,388	10,447
1984	56	25	24,635	4,018	3,800	12,955
1985	53	15	14,961	6,041	6,493	15,669
1986	42	19	18,704	8,147	4,597	38,465
1987	44	20	20,937	9,036	4,868	33,328
1988	44	20	16,342	6,522	6,334	36,425
1989	37	19	13,848	6,597	4,17	36,255
1990	35	20	18,235	12,303	4,16	37,437
1991	29	20	11,186	6,464	2,667	31,247
1992	33	20	8,719	5,269	3,121	24,135
1993	35	20	8,543	3,843	3,589	8,977
1994	42	19	8,856	6,970	4,392	10,760
1995	38	20	8,050	2,759	6,018	7,700
1996	40	20	7,260	4,050	7,238	17,155
1997	28	20	8,643	3,484	4,586	14,164
1998	41	20	11,809	4,896	4,101	11,108
1999	26	20	7,478	1,879	2,346	3,043

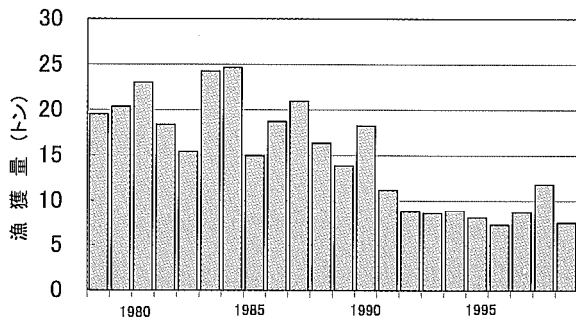


図5-1-1 阿部地先における1978～1999年のクロアワビ漁獲量

1985年と1989年の2回のみであり、連続することはなかった。それに対して1991年以降は漁獲量が著しく低下し、10トンを超えたのは1991年と1998年だけであった。

アカアワビの漁獲量は1.9トン(1999年)から12.3トン(1990年)の範囲で、平均値は6.1トン、変動係数は37.2%であった。トコブシは2.3トン(1999年)から7.2トン(1996年)の範囲で、平均値は4.6トン、変動係数は32.9%であった。サザエの漁獲量は3.0トン(1999年)から38.5トン(1986年)で変動幅が大きく、平均値は27.2トン、変動係数は58.5%であった。

個々の経営体が、どの様に資源を利用しているかを把握するため、例として1980年、1985年、1990年、1995年ならびに1999年の標本として抽出した各経営体(家族)が年間に漁獲した種の重量組成(%)を図

5-1-2に示した。いずれの年でもクロアワビを中心に漁獲する技術の高い経営体とサザエやアカアワビを主要な漁獲対象とする経営体が存在した。1989年から足ヒレの使用が認められて、効率的により深所へ潜水することが可能になったことに関連して、1990年以降のアカアワビの比率が全体的に増加した。特に、クロアワビに対する依存度が低い経営体は、アカアワビへの依存をより高める傾向を示した。1985年と1995年にはトコブシの割合が高い経営体が含まれた。両年のトコブシの漁獲量は6トン台であったのに対し、1980年と1990年は4トン台、1999年には3トン台に減少し、経営体のトコブシへの依存度は漁獲量の多寡とほぼ一致する傾向を示した。

2. 漁期中の操業水深の変化

全操業期間の中で、漁獲対象種の変遷を推定するため、1980、1990、1999年漁期の解禁日から5日目、11日目から15日目、21日目から25日目の各期間に分けて操業水深の経日変化を図5-1-3、図5-1-4、図5-1-5に示した。なお、1980年は足ヒレの使用は禁止されており、1990年は足ヒレの使用が認められてから2日目、そして、1999年はウェットスーツの着用が認められてから2日目に相当する。

解禁日の操業水深は、どの年も5m以浅に集中し、その中心は2～4mであった。2～5日目にかけては操業範囲が徐々に水深5～9mまでの深所へ拡大してい

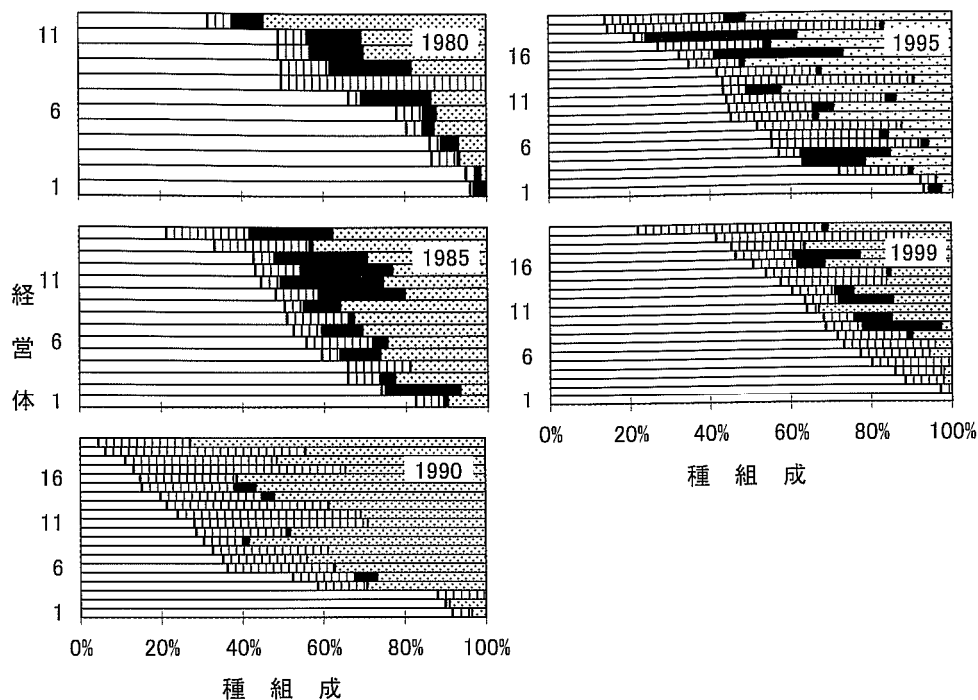


図5-1-2 1980年, 1985年, 1990年, 1995年, 1999年の経営体による年間漁獲重量の種類組成の比較
 横軸は, 種の重量組成 (%) で, 左から順にクロアワビ (白), アカアワビ (縦縞), トコブシ (黒), サザエ (打点) を示す

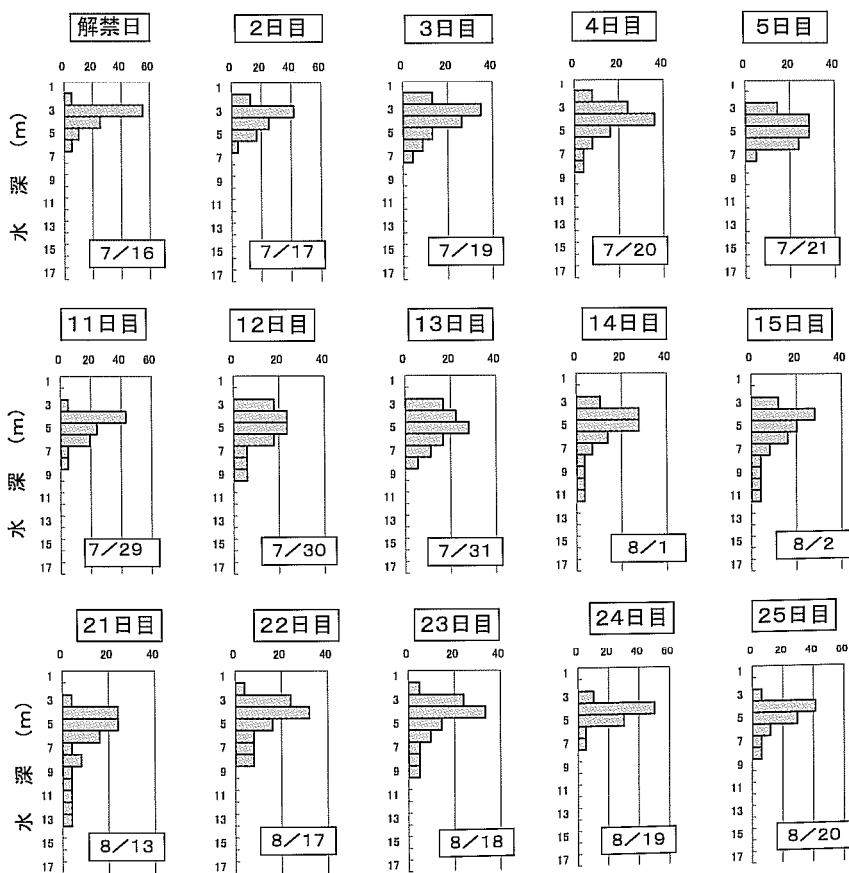


図5-1-3 1980年の解禁日から5日目(上段), 11日目から15日目(中段) および21日目から25日目(下段)における操業水深の頻度分布

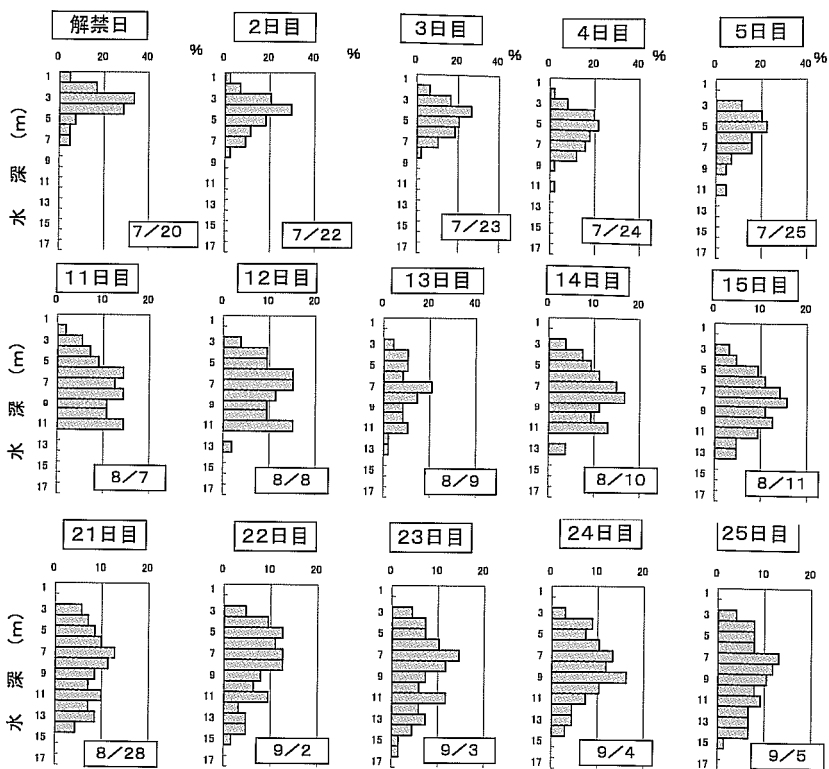


図5-1-4 1990年の解禁日から5日目（上段）、11日目から15日目（中段 および21日目から25日目（下段）における操業水深の頻度分布

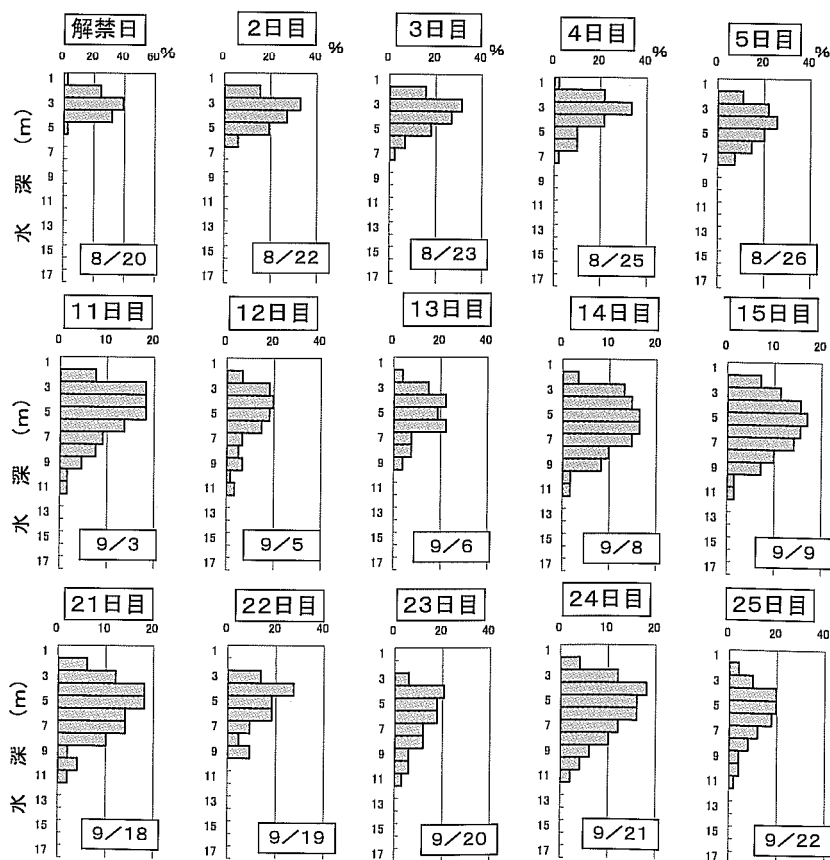


図5-1-5 1999年の解禁日から5日目（上段）、11日目から15日目（中段）および21日目から25日目（下段）における操業水深の頻度分布

くが、主な操業水深はなお5m以浅であった。11～15日目における操業範囲は、足ヒレ未使用の1980年には主に水深3～6mであったが、足ヒレを使用するようになった1990年には5～10m、1999年には5～7mの深所へ拡大した。21～25日目には、1980年の操業範囲が水深3～7mであったのに対し、1990年には2～15mに拡大し、足ヒレの使用が深所での操業を可能にしたことを示した。1999年の同じ期間には操業範囲は水深2～7mであり、水深10m以深の利用は激減した。いずれの年でも、解禁日には水深5m以浅で操業し、日を追って深所へ操業範囲を拡大することは共通していた。

1978年から1989年および1990年から1999年にかけて

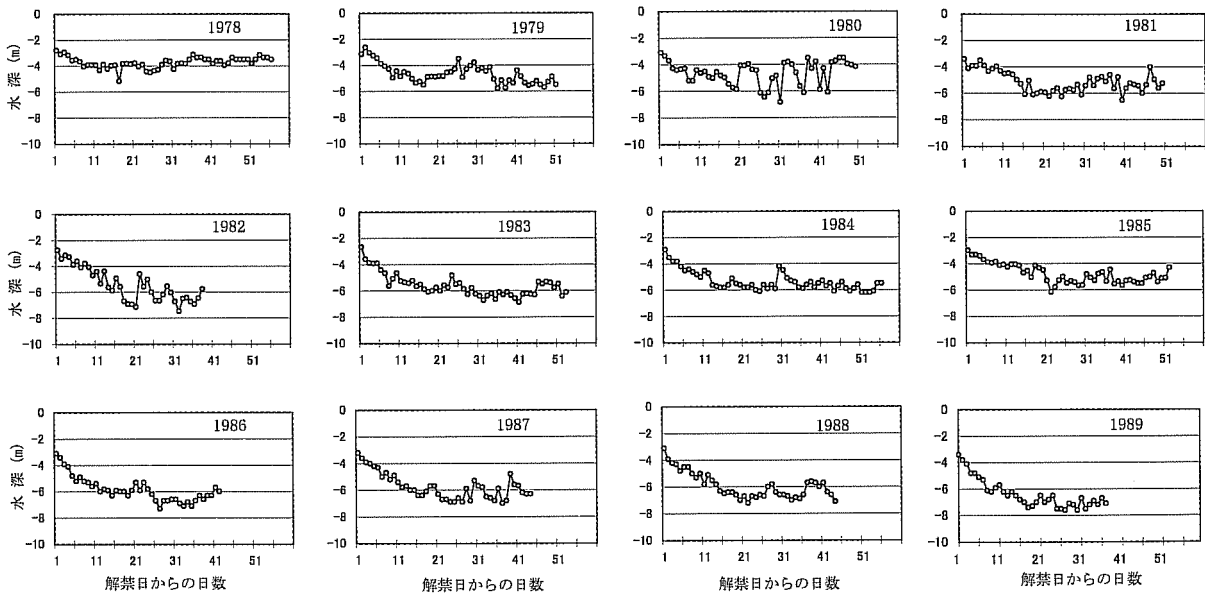


図5-1-6 1978年から1989年における操業水深の平均値の変化

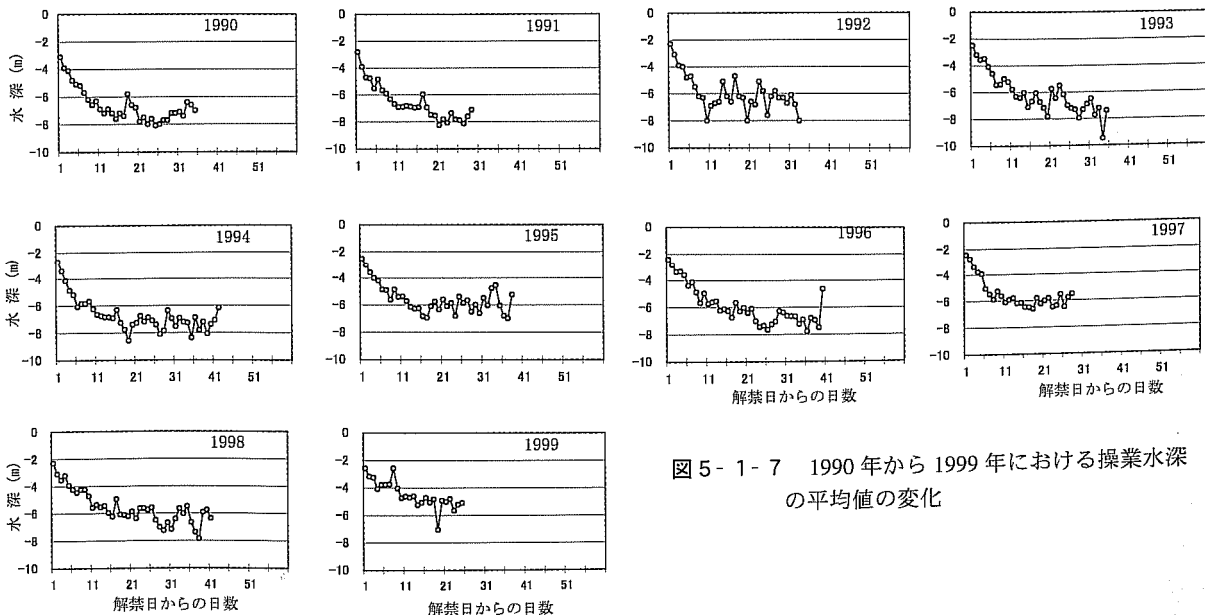


図5-1-7 1990年から1999年における操業水深の平均値の変化

3. 操業水深と漁獲されるアワビの種組成の関係

1978年から1989年および1990年から1999年までの平均操業水深とクロアワビとアカアワビの日別の漁獲重量の比率(%)を、それぞれ図5-1-8および図5-1-9に示した。クロアワビの比率は、平均操業水深が浅いほど高く、多くの年が5mで70%程であった。クロアワビの漁獲量が多い1985年以前に比べ、アカアワビの漁獲量が増加した1986年以降は操業水深が深くなる傾向が認められた。1989年以降には足ヒレが使用されて潜水深度が増し、水深が7m以上になるとアカアワビの比率が上昇した。しかし、アカアワビの

漁獲量が4トン未満の1995年、1997年ならびに1999年には操業は浅所へ縮小した。

4. 休漁期間とCPUEの回復

1980年、1985年、1990年ならびに1995年のクロアワビのCPUE(kg/人・時間)の漁期中の変化および4日以上以上の休漁期間を図5-1-10に示した。この4年間で、4日間の休漁期間は4回、5日間が4回、6日間が1回であった。1985年と1995年には11日間の休漁がそれぞれ1回あった。休漁は荒天による場合が多かった。CPUEは休漁直前および再開直後に1~2日間低

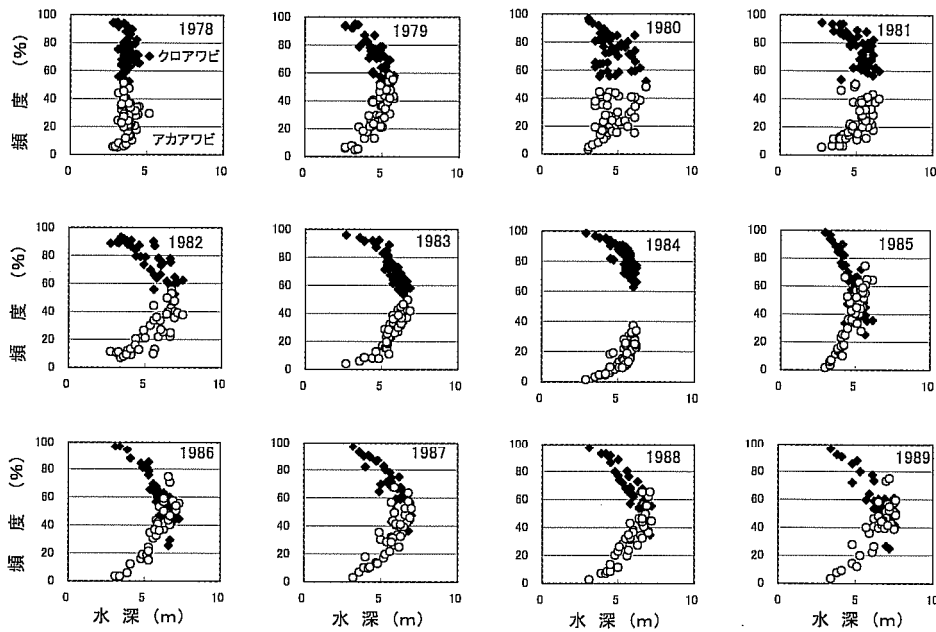


図5-1-8 阿部地先における日別の操業水深の平均値とクロアワビ(黒菱形)とアカアワビ(白丸)の種類組成(重量,%) (1978~1989年)

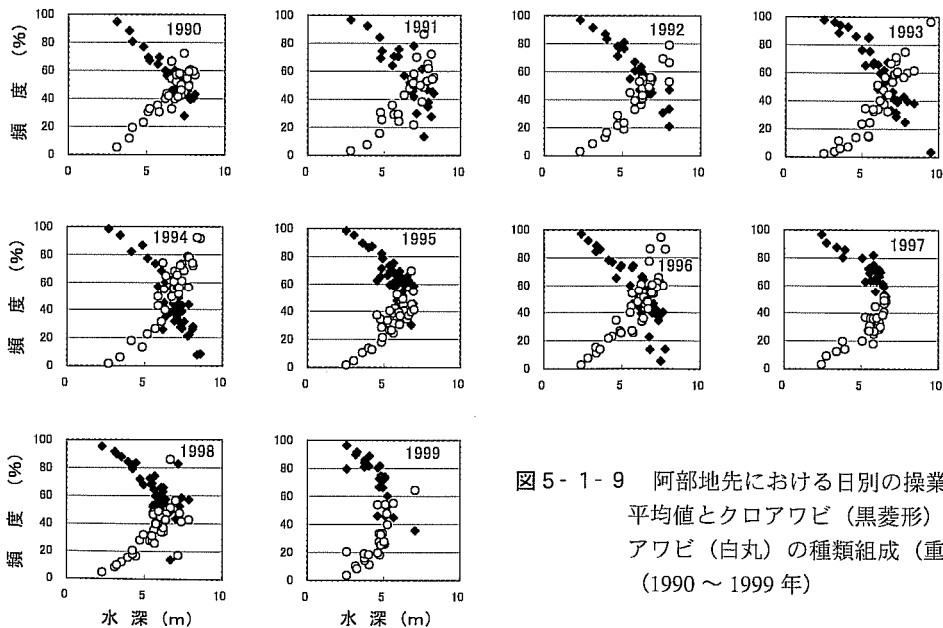


図5-1-9 阿部地先における日別の操業水深の平均値とクロアワビ(黒菱形)とアカアワビ(白丸)の種類組成(重量,%) (1990~1999年)

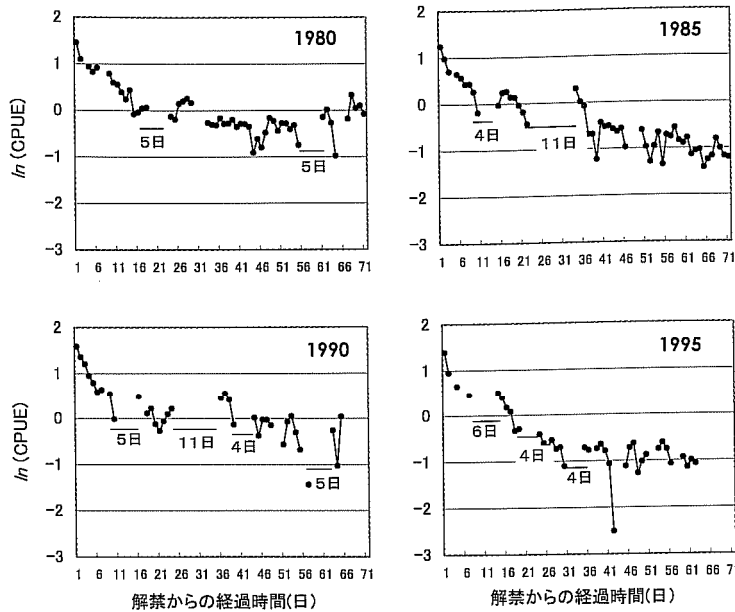


図5-1-10 阿部地先における4日以上の休漁後のCPUE(kg/人・時間)の対数値の変化

下する場合があった。CPUEは4日から6日間の休漁後に、休漁前の水準に戻るが多かった。11日間の休漁の場合、再開から3日間のCPUEは明らかに休漁前の水準を超えた。

考 察

海士は漁獲対象とする種類のアワビを選択的に漁獲する。種ごとの漁獲量はその種の資源量の多寡に影響される。足ヒレの使用は、深所での操業を可能にし、深所に生息するアカアワビの漁獲の増大をもたらした。このように、南方系アワビの種別の漁獲量は、資源量の多寡だけでなく操業水深によっても左右されることが明らかになった。

南方系アワビは、生息水深が互いに重複するが、種固有の生息密度の高い水深帯がある(第3章第1節参照)。岩礁の隙間を必要とするクロアワビが、主に転石域で密度が高く、露天で生活するメガイアワビやマダカアワビの生息水深が深い方へ偏ることは磯浜の海底構造(西村1974)に対応した結果であると考えられる。種による生息水深の相違がどのような機構で生じたかについては今後の研究課題である。

アワビは、特定の場所に蟠集し(井上1972a, 伏見・佐々木1977), いわゆる「あじろ」を形成する。海士は「あじろ」を熟知し(野中ら1969c), アワビの密度が相対的に高い場所から順に選択して操業する(井上1972a)とされる。標的種の選択と操業場所(堀井1998)は徳島県においても事前に決められている(小

島未発表)。阿部地先では南方系アワビの垂直分布(第3章第1節参照)から操業水深が5mまではクロアワビを標的種としているが、5m以深ではマガタアワビとメガイアワビからなるアカアワビを標的種とする。また、解禁当初は、多くの海士が市場価格が最も高いクロアワビを標的種とするが、クロアワビの密度低下にともなう経済的損失を補うため(Matsumiya & Matsui 1989), メガイアワビやマダカアワビへと標的種を転換する。

このような操業形態は、クロアワビの漁獲努力量を評価する上で次の2つの問題点があることを示唆する。すなわち、1) 漁場内での漁獲努力量の分布がランダムでないこと、2) クロアワビと他のアワビ類は同時に漁獲されるので、クロアワビに対する漁獲努力量を把握するには補正が必要となることである。したがって、漁獲努力量当り漁獲量(CPUE)がクロアワビの資源量に比例するとの前提を検討する必要があることを示している。

これまでCPUEは、クロアワビの資源解析において中心的な役割を果たしていた(小島ら1978, 小島・石橋1985, 田中1988, Matsumiya & Matsui 1989)。しかし、本種の生息分布の構造(第3章第5節参照)と漁業との関係は次のように要約される。1) 平均操業水深が5mに達するまでと5m以深とでは、標的種が異なる。2) 岩礁域の隙間で生活するクロアワビは漁獲不可能な場所に潜在資源(井上ら1985)として存在し、少なくともその一部は漁期中に顕在化して漁獲可能な資源と

なる。3) 海士は「あじろ」と呼ぶ密度の高い場所を経験的に熟知していて、随意的に操業する。これらのことから本種の CPUE は資源量に比例せず、CPUE に基づく資源評価法は成立しないと判断できる。同時に、方形枠調査法による採集個体数は正しい生息密度を反映しないと考えられる。クロアワビの顕在資源の割合は、石詰め人工魚礁の解体調査により、4～5% (井上ら 1985) あるいは 28% (今井ら 1988) と著しく低く、海底構造により潜在資源が如何に多いかを示している。「あじろ」における漁獲後の顕在資源の回復は、海底形状の複雑さが影響を及ぼし、隠れ場が多い複雑な海底であるほど回復が速い (井上 1972a, 1972b, 1972c) と報告されている。本研究によって、漁期中に休漁期間が 11 日あれば潜在資源の一部が顕在資源となる可能性が示された。また、クロアワビは、危険を察知すると速やかに岩の割れ目などに逃避することもしばしば観察される。こうしたことから、クロアワビ資源は、漁期中でも CPUE に大きな影響を及ぼす潜在化と顕在化の転換があることを示している。したがって、CPUE に依らない新たな資源評価法の構築が必要であると考えられる。

清本ら (1994) は超音波発信器によりクロアワビの発見率が 50% 近く向上し、潜在資源を含む本種の行動の解析が可能であることを示した。クロアワビの行動を明らかにすることは本種の資源を適正に評価するために必要な今後の重要な課題である。

第 2 節 資源評価法の構築と人工種苗の放流効果

前節において、クロアワビの資源評価には CPUE に依らない新しい評価法の構築が必要であることが示された。

調査を行った阿部地先および阿部漁業協同組合における本種の漁業の特性は、1) 本種の分布水深は浅く、移動範囲が狭いので漁業権内ですべての個体群が漁獲対象となること、2) 人工種苗の放流による資源補強など、資源保護に対する海士の意識が高く、漁獲殻長下限が正確に守られていること (小竹 1976, 小島・山中 1983)、3) アワビ類の漁獲に対する規制が厳しく、海士漁業以外に採捕が禁止されていること (小島・山中 1983)、4) 年輪により過去の満年齢殻長と漁獲年齢がわかること、5) 漁業管理が厳しく守られていると同時に、単価が高いため販売が厳格に管理され、正確な日別漁獲統計が残されていること (小島・石橋 1985) で

ある。こうした諸特性により、漁獲量の統計資料の信頼性は高いと考えられる。クロアワビの年級群による漁獲量の変動、人工種苗の回収率の動向、放流効果の判定など資源評価に関わる諸条件は、長期にわたる漁獲統計資料から年齢別漁獲個体数を推定し、資源と漁獲との関係を明らかにすることで可能になると考えられる。

アワビ類の放流効果については、井上 (1976) が実験的に証明した。しかし、大量放流にもとづく回収率や経済効果に関しては、1980 年代後半から幾つか報告されてはいるが未だ事例が少なく (武市 1988, 柳澤ら 1988, 太刀山ら 1993)、十分な科学的根拠を得ていないのはいい難い。生産されたクロアワビ人工種苗は、放流から回収が終了するまでに 7 年ないし 8 年を要し、長期間の調査が必要となることが事例報告の少ない大きな理由となっている。そのため、放流種苗の回収率の年変動や回収率と天然資源の年変動との関係など多くの課題が未解明なままに残されている。

ここでは、阿部地先において 1981 年から 1991 年までに放流されたクロアワビ人工種苗の各年級群の回収率の年変動や回収率と天然資源の動態との関係など、長期にわたる漁獲個体の測定資料、標本船調査資料、日別種別漁獲統計から放流効果を検証した。また、天然貝と放流貝について、年級群の生涯漁獲個体数に依る新しい資源解析法を提案した。さらに、潜在資源を考慮して推定した漁獲率にもとづいた新しい解析法の評価について検討した。

材料と方法

解析に用いたのは阿部漁協に保存されている種毎の日別漁獲統計、標本経営体の日誌 (表 5-1-1 参照) ならびに漁獲されたクロアワビの抽出調査にもとづく年齢と殻長の資料である。阿部漁協では、経営体 (家族) ごとに水揚げしたアワビを順次、銘柄別に秤量した後、8kg ずつ出荷籠に詰めている。通常、出荷に至るまで 2～3 時間を要するので、第 1 回のお荷籠のクロアワビを最初の抽出標本として測定が終了した時点で次の出荷籠の個体の測定へと出荷を終えるまで順次繰り返した。クロアワビは、天然産と人工種苗に判別し、年輪法によって年齢を査定し、(第 3 章 1 節参照)、殻長を記録した。その際、最初の籠では 2 歳以降の年輪径と漁獲時殻長を測定し、次の籠からは年輪数、最外部の年輪径、ならびに漁獲時殻長を測定した。漁獲

した年ごとの操業日数、年齢、殻長の測定に要した日数、解禁日から平均操業水深が5mに達するまでの日数(第1期)と操業水深が5mに達してから終漁まで(第2期)の各漁獲個体数、天然貝と放流貝の測定個体数を表5-2-1に示した。また、人工種苗の生産年別・サイズ別の放流個体数を表5-2-2に示した。殻色が緑色で天然貝から容易に識別できる放流貝については、放流時、満年齢時および漁獲時の殻長を測定した。なお、若齢時の殻表面が *Cliona lobata* の汚損により剥離したため人工種苗か天然産か明らかでない個体がまれにみられたが、これらは天然貝に含めた。解禁(1979年までは6月下旬の大潮、1980年からは7月上旬の大潮)から終漁(9月24日)まで、毎漁期に決まった曜日に調査を計画したが、しばしば荒天により調査日は変更された。

操業日のクロアワビの漁獲個体数は、阿部漁協の漁獲重量の合計値を、標本日誌から計算したクロアワビの平均個体重量で除した値とした。阿部地先において、水深5mまではクロアワビがもっとも優占し、それ以下はアカアワビ、特にメガアワビが優占する(第3章5節参照)。操業水深による漁獲物の種組成をみても、水深5mまでは70%がクロアワビが占めるが、5mを超えるとアカアワビの割合が急増し、それを狙う海士が増加する。したがって、平均操業水深が5mに達

するまでとそれ以降の2層に分けてクロアワビの漁獲個体数を推定した。本報告では、ある属性の比率に関する推定平均をスネディガーら(1972)の示した式を応用し、次式を用いた。

$$p_{st} = \sum W_h p_h \quad (h = 1, 2)$$

ただし、 $W_h = N_h/N$,

$$p_h = n_h/n_h$$

ここで、 p_{st} はある属性の比率の推定平均、 W_h はh層の重みで、 N_h はh層内で漁獲されたクロアワビの個体数、 N は漁期中に水揚げされたクロアワビの総個体数である。 p_h はh層内における調査した属性(r)の標本比率、 n_h はh層内における属性rを備えた個体の側定数、 n_h はh層内における総測定個体数である。天然産および人工種苗由来の年齢別漁獲個体数は、それぞれの属性を備えたクロアワビ比率の推定平均値と総漁獲個体数の積とした。

次に漁獲率の推定方法について述べる。ある漁獲年j年に、その年の漁期直前におけるi歳の個体群は、漁獲殻長下限に達していない個体とその下限を越え漁獲対象となる個体からなる。翌j+1年の漁期直前にはi+1歳の個体群は、漁獲殻長未達の個体とこの1年間に成長により新たに漁獲対象となった個体と前年漁期の

表5-2-1 1978年から1999年における阿部漁協の操業日数、クロアワビの調査日数、第1期(解禁日から操業水深の平均値が5mに達するまで)および第2期(操業水深の平均値が5mに達してから終漁まで)の漁獲個体数と天然貝・放流貝の年齢・殻長の調査個体数

漁獲年	操業日数	調査日数	第1期			第2期			
			解禁から水深5mまでの日数	漁獲個体数	天然貝調査数	放流貝調査数	漁獲個体数	天然貝調査数	放流貝調査数
1978	57	8	16	85,538	439		50,025	502	
1979	52	7	14	83,860	334		59,465	428	
1980	51	6	8	68,956	149		84,746	589	
1981	52	5	14	70,165	201		49,255	434	
1982	38	6	11	53,551	300		41,239	310	
1983	55	8	7	47,525	211	14	100,559	610	9
1984	56	8	9	58,490	235	36	88,741	575	57
1985	53	8	16	58,504	185	27	33,286	527	52
1986	42	8	5	42,760	88	24	73,157	673	80
1987	44	8	6	48,497	116	15	66,495	521	62
1988	44	10	7	34,052	280	98	49,880	1,381	208
1989	37	8	5	26,479	156	73	43,907	868	255
1990	35	7	4	29,997	121	119	58,376	724	364
1991	29	9	4	21,775	298	208	34,678	679	189
1992	33	10	6	21,241	345	220	22,938	199	81
1993	35	5	6	22,465	231	62	28,969	606	171
1994	42	6	4	31,326	141	55	29,805	550	184
1995	38	5	7	24,472	91	50	20,676	401	164
1996	40	7	8	20,305	178	89	20,747	475	100
1997	28	4	5	14,987	118	38	37,285	430	98
1998	41	7	10	35,724	346	62	35,148	648	11
1999	26	5	13	34,545	309	115	9,599	184	70

表 5-2-2 阿部地先に放流されたクロアワビ人工種苗の生産年別サイズ別個体数

生産年	殻 長			合 計
	<20mm	20-30mm	>30mm	
1980	50,000	50,500	10,000	110,500
1981	0	30,000	15,000	45,000
1982	0	24,000	10,000	34,000
1983	0	34,000	0	34,000
1984	0	71,000	0	71,000
1985	0	75,000	10,000	85,000
1986	13,500	134,500	10,000	158,000
1987	0	95,000	15,000	110,000
1988	0	100,000	15,000	115,000
1989	10,000	150,000	20,000	180,000
1990	0	150,000	30,000	180,000
1991	10,000	153,000	10,000	173,000
1992	0	60,000	26,000	86,000
1993	0	123,000	0	123,000
1994	30,000	52,500	33,000	115,500
1995	0	131,500	5,200	136,700
1996	0	52,000	59,100	111,100
1997	0	77,200	27,000	104,200
1998	0	43,000	0	43,000

取り残しの個体とからなる。j+2 年以降の漁期直前の漁獲対象個体群は、j+1 年漁期直前個体群と同様に成長して加入した個体群と取り残し個体群とからなる。こうした関係から漁獲年 j 年の i 歳個体群は次式で示される。

$$G_{i,j} = G_{i,j} + \sum_{k=1}^n B_{i+k,j} \quad (k = 1, 2, \dots, m)$$

$$B_{i+k,j} = C_{i+k,j} / s^k$$

ここで、 $G_{i,j}$ はある年級群の i 歳の j 年漁期直前個体数、 $C_{i,j}$ は j 年漁期における i 歳の漁獲個体数、 $B_{i+k,j}$ は i+k 歳で漁獲された個体数 ($C_{i+k,j}$) の j 年漁期直前に i 歳の復元個体数、 s^k は i 歳から i+k 歳までの生残率である。i+m 歳は漁獲の最高年齢である。

$G_{i,j}$ は漁獲殻長下限に達していない個体も含むが、漁獲対象となる個体数は次式で示される。

$$N_{i,j} = Q_i \times G_{i,j}$$

ここで、 $N_{i,j}$ は j 年漁期直前の i 歳の漁獲対象個体数、 Q_i は i 歳個体数のうち漁獲殻長下限を越えた個体数の割合 (利用度) を示す。j 年漁期直前の全漁獲対象個体数は次式で示される。

$$N_j = \sum_{i=\min}^{\max} N_{i,j}$$

ここで、 N_j は j 年漁期直前の全漁獲対象個体数、min は

漁獲の最少年齢、max は最高年齢をあらわす。クロアワビの寿命は明らかにされていないが、それぞれ各年級の漁獲された最高年齢を寿命に準じるとして扱った。漁期中の自然死亡個体数が漁獲個体数に比べ無視できるほど少なければ、漁獲率 (E_j) は次式で示される。

$$E_j = C_j / N_j$$

ここで、 C_j は j 年における漁獲個体数を示す。

次に漁獲対象の個体数の割合 (Q_i) の推定方法について述べる。j 年漁期に漁獲された i 歳を含む同一年級群は i+1 歳以降、寿命まで漁獲される。j 年漁期直前の i 歳の殻長はそれぞれ i+1 歳から寿命までの i 歳時殻長組成をそれぞれ推定し、各年齢について j 年の漁期直前の殻長組成について生残率を考慮して復元し、i 歳時の殻長組成とした。それぞれ各年級の年齢について復元した殻長組成に占める漁獲殻長下限を超えた個体の割合を Q_i (利用度) とした。クロアワビの寿命は明らかにされていないので、本研究では各年級群の最高年齢を寿命に準じて扱った。アワビの生残率は、生活史の初期に極めて低く、成長にともなって急激に上昇し、成熟期には安定して高くなる (井上 1976, Shepherd & Breen 1992)。調査水域でのクロアワビの生残率は明らかにされていないので、井上 (1976) に準じて 0.7 ~ 0.8 とした。

本研究においては、得られたクロアワビのある年級群が漁獲された総個体数を生涯漁獲個体数と呼ぶ。

結 果

1. 漁獲の年齢組成

1978 年から 1999 年の漁期に阿部地先で漁獲された天然産と放流由来のクロアワビの年齢組成を表 5-2-3 に示した。天然貝の年齢は 2+ 歳から最高 9+ 歳で構成され、多くの漁獲年での最高年齢は 7+ 歳であり、2+ ~ 7+ 歳までの累積百分率は 99 ~ 100% であった。また、2+ 歳の比率は 5 ~ 48% で年による変動が著しく、3+ 歳では 19 ~ 62%、4+ 歳で 9 ~ 32% であった。22 年間の調査で、もっとも比率の高い年齢は、2+ 歳が 3 回、3+ 歳が 18 回ならびに 4+ 歳が 1 回出現した。したがって、2+ 歳から 4+ 歳までの累積割合は 84 ~ 96% で、これらの 3 年齢群が漁獲主群を形成した。回収された放流クロアワビは、まれに 7+ 歳個体が漁獲されたが、多くの年で上限は 6+ 歳であった。最初に放流された 1980 年級群は 1987 年漁期には 6+ 歳となる。1987 年か

表 5-2-3 1978～1999年に漁獲された天然貝と放流貝の年齢組成(%)および放流貝の混獲率

漁獲年	天然貝 漁獲年齢									合計	放流貝 漁獲年齢							混獲率 (%)
	2+歳	3+歳	4+歳	5+歳	6+歳	7+歳	8+歳	9+歳	2+歳		3+歳	4+歳	5+歳	6+歳	7+歳			
1978	20.57	48.95	23.66	5.59	1.23	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1979	14.39	61.85	18.17	5.05	0.45	0.10	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1980	15.99	57.11	22.91	2.76	0.96	0.28	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1981	16.71	49.38	2.49	5.98	0.96	0.48	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1982	37.99	34.04	20.23	6.62	0.94	0.19	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1983	25.05	54.39	10.38	5.49	1.24	0.47	0.00	0.00	97.02	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98		
1984	39.90	32.80	12.85	2.15	1.15	0.34	0.10	0.00	89.29	1.26	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	10.71		
1985	11.17	55.92	15.91	4.40	0.86	0.36	0.00	0.00	88.63	1.29	4.33	5.75	0.00	0.00	0.00	11.37		
1986	47.57	23.14	9.99	3.02	1.34	0.25	0.08	0.00	85.39	5.04	8.66	0.83	0.08	0.00	0.00	14.61		
1987	16.58	53.28	11.65	5.65	1.46	0.30	0.10	0.00	89.02	2.90	5.75	2.13	0.20	0.00	0.00	10.98		
1988	19.38	27.38	25.46	6.14	2.60	0.74	0.00	0.00	81.70	4.62	7.96	4.94	0.70	0.07	0.00	18.30		
1989	14.57	43.82	8.80	5.16	1.33	0.11	0.06	0.00	73.84	6.97	16.09	2.81	0.22	0.06	0.00	26.16		
1990	14.08	26.66	13.73	3.96	1.88	0.44	0.30	0.00	61.07	8.98	23.34	5.38	1.11	0.12	0.00	38.93		
1991	6.82	33.17	19.58	7.89	1.95	1.15	0.21	0.00	70.77	6.17	15.21	6.54	1.18	0.14	0.00	29.23		
1992	16.30	18.51	17.66	8.29	3.60	1.45	0.27	0.17	66.26	2.36	20.39	7.86	2.96	0.17	0.00	33.74		
1993	12.01	47.30	12.55	3.07	2.85	0.51	0.07	0.00	78.36	3.76	12.75	4.47	0.43	0.22	0.00	21.64		
1994	11.85	39.65	14.84	4.41	1.72	0.80	0.13	0.00	73.40	3.36	17.37	4.94	0.86	0.00	0.07	26.60		
1995	12.90	34.16	14.80	4.21	0.71	0.71	0.00	0.00	67.49	8.44	17.75	5.91	0.24	0.08	0.08	32.51		
1996	14.74	35.76	16.95	5.27	1.81	0.00	1.09	0.00	74.72	0.19	18.50	5.59	0.81	0.19	0.00	25.28		
1997	17.77	43.37	11.91	4.79	1.80	0.14	0.00	0.00	79.78	2.26	9.85	5.89	1.82	0.27	0.14	20.22		
1998	4.68	51.39	23.42	4.46	1.87	0.26	0.00	0.00	85.09	2.10	9.20	3.03	0.45	0.13	1.00	14.91		
1999	7.22	23.82	31.98	7.68	0.90	1.19	0.00	0.00	72.78	1.32	17.28	7.63	0.71	0.09	0.18	27.22		

ら1999年漁期における6+歳までの年齢組成割合の累積値は99～100%で、漁獲量全体に占める割合(混獲率)は11～39%であった。

1978年から1999年におけるクロアワビの漁獲量と漁獲年齢の平均値および2+歳～4+歳の出現頻度を図5-2-1に示した。漁獲量は1983年以降減少し、漁獲年齢の平均値は3～3.5歳で、やや上昇する有意な負の相関が認められた(p<0.05)。年齢別に見ると年変化は大きいのが、2+歳貝の減少傾向と4+歳貝の増加傾向が

顕著に認められた。

2. 発生年級ごとの漁獲個体数と生涯漁獲個体数

天然産クロアワビの年齢ごとの漁獲個体数を表5-2-4に示した。2+歳貝の漁獲個体数は3,200個体(1999年)から58,700個体(1984年)と18倍の差で大きく変動した。3歳では10,500個体(1999年)から88,600個体(1979年)の範囲で、その差は8倍であった。4+歳貝では、6,200個体(1989年)から35,200個体(1980年)で約6倍、5+歳では1,600個体(1993年)から8,100個体(1983年)で5倍の差が認められた。

天然産クロアワビは、前述のとおり、2+歳から7+歳の個体が漁獲個体数の99%以上を占めた。そこで、1978年から1999年漁期において、1978年に2+歳であった1975年級群から1999年漁期に7+歳で漁獲された1991年級群までの生涯漁獲個体数を推定し、図5-2-2および付表1に示した。17年級群の生涯漁獲個体数は、1988年級群の21,500個体がもっとも少なく、1975年級群の160,600個体がもっとも多く、その差は7.5倍であった。1975～1983年級群の生涯漁獲個体数は、1978年級群の72,000個体および1982年級群の57,000個体を除くと100,000個体以上であったのに対し、1984～1991年級群では、もっとも漁獲された1985年級群の生涯漁獲個体数で66,000個体であり、1988年級群は21,500個体と著しく減少した。1988年級群が2+歳および3+歳であった、それぞれ1991年および1992年の漁獲量は、前後の年に比べ著しく減少した

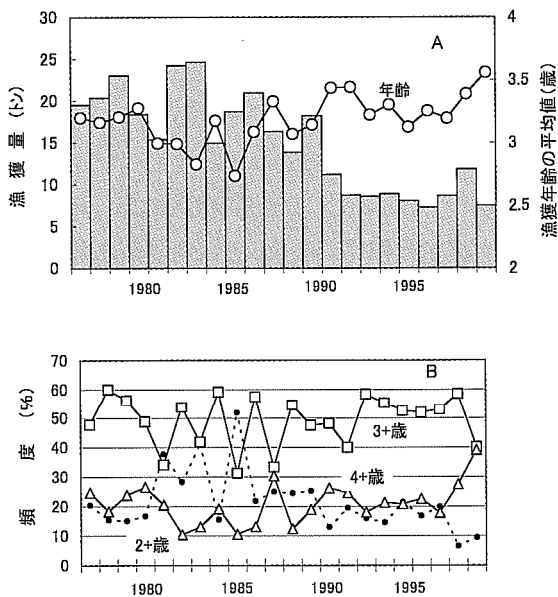


図 5-2-1 クロアワビの漁獲量 (A: 棒グラフ) と漁獲年齢の平均値 (A: 丸) および 2+歳 (黒丸)、3+歳 (四角)、4+歳 (三角) の出現頻度の年変化 (B)

表 5-2-4 阿部地先における 1978～1999 年漁期の天然産クロアワビの年齢別漁獲個体数

漁獲年	漁 獲 年 齢 (歳)								総漁獲 個体数
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	
1978	27,891	66,357	32,068	7,575	1,672	0	0	0	135,563
1979	20,629	88,641	26,041	7,235	641	139	0	0	143,325
1980	24,581	87,775	35,209	4,235	1,470	432	0	0	153,702
1981	19,961	58,968	31,632	7,140	1,144	576	0	0	119,420
1982	36,008	32,263	19,175	6,276	889	179	0	0	94,790
1983	37,090	80,549	15,369	8,123	1,836	699	0	0	143,665
1984	58,746	48,298	18,917	3,165	1,695	497	140	0	131,458
1985	10,256	51,328	14,603	4,036	793	333	0	0	81,350
1986	55,147	26,824	11,577	3,498	1,548	291	97	0	98,982
1987	19,070	61,270	13,393	6,497	1,681	342	114	0	102,367
1988	16,262	22,980	21,371	5,156	2,181	624	0	0	68,574
1989	10,256	30,841	6,195	3,631	935	78	39	0	51,975
1990	12,444	23,560	12,137	3,504	1,663	393	268	0	53,969
1991	3,848	18,723	11,052	4,456	1,100	652	120	0	39,951
1992	7,200	8,176	7,803	3,665	1,591	642	120	75	29,273
1993	6,180	24,328	6,455	1,579	1,465	261	37	0	40,305
1994	7,242	24,240	9,071	2,695	1,053	487	81	0	44,869
1995	5,823	15,423	6,682	1,901	320	320	0	0	30,468
1996	6,051	14,682	6,958	2,164	745	0	76	0	30,675
1997	9,288	22,673	6,223	2,503	943	71	0	0	41,701
1998	3,316	36,424	16,596	2,455	1,328	185	0	0	60,303
1999	3,188	10,514	14,116	3,389	396	527	0	0	32,129

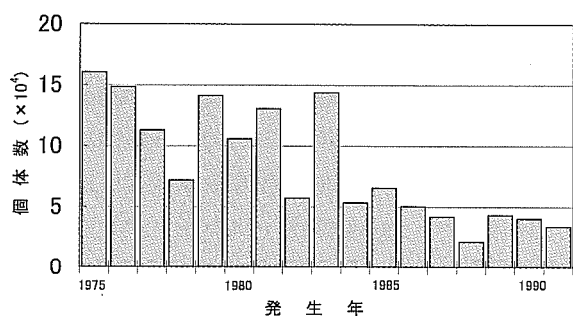


図 5-2-2 阿部地先における 1975～1991 年級の天然産クロアワビの生涯漁獲個体数

(図 5-1-1)。生涯漁獲量が多かった 1983 年以前の年級群で、生涯漁獲量が少なかった 1978 年および 1982 年級群が 2+～3+歳となった、それぞれ 1981～1982 年および 1985～1986 年の漁期には前後の年に比較して漁獲量が減少した(図 5-1-1)。生涯漁獲個体数が 100,000 個体を越えた 1983 年級群が 2+歳, 3+歳となった 1986～1987 年漁期には漁獲量が回復した(図 5-1-1)。阿部地先では、漁獲量は 3+歳群がもっとも多く、加入量が漁獲量の年変動を引き起こす直接の原因であることが分った。

1983 年から 1999 年にかけて回収された放流クロアワビを、年級群ごとに表 5-2-5 および付表 2 に示した。放流クロアワビは 2+歳から回収され、7+歳まで漁獲された。2+～6+歳の累積値が 99% 以上を占めるので、1999 年に 6+歳で漁獲された 1992 生産年級までの累積漁獲量を生涯回収個体数とする。1980～1991

表 5-2-5 阿部地先における 1983～1999 年漁期の放流クロアワビの年齢別漁獲個体数

漁獲年	漁 獲 年 齢 (歳)						総漁獲 個体数
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	
1983	4,419	0	0	0	0	0	4,419
1984	1,857	13,917	0	0	0	0	15,773
1985	1,184	3,978	5,278	0	0	0	10,440
1986	5,838	10,036	965	97	0	0	16,935
1987	3,334	6,611	2,451	228	0	0	12,625
1988	3,878	6,682	4,147	588	63	0	15,358
1989	4,906	11,328	1,981	156	39	0	18,411
1990	7,938	20,622	4,754	983	107	0	34,404
1991	3,482	8,584	3,691	664	80	0	16,502
1992	1,042	9,008	3,474	1,308	75	0	14,981
1993	1,935	6,559	2,297	224	114	0	11,129
1994	2,055	10,621	3,022	523	0	41	16,262
1995	3,812	8,015	2,669	110	37	37	14,680
1996	76	7,597	2,295	333	76	0	10,377
1997	1,181	5,150	3,079	949	141	71	10,571
1998	1,488	6,523	2,147	319	93	0	10,569
1999	585	7,628	3,369	314	38	81	12,015

年に生産された放流貝の生涯回収率(以下、単に回収率とする)を表 5-2-6 に示した。回収率は 6%(1989 年生産)から 50%(1983 年生産)の範囲にあり、生産年による大きな変化が認められた。回収率が 10% 以下に低下した 1989～1991 生産年級群は放流個体数が多く、これらの放流貝が 2+～3+歳で漁獲された 1992～1996 年は天然産クロアワビの漁獲量が低下した年である。すなわち回収率は低いものの放流個体数が多く、天然産クロアワビの資源量の減少により混獲率が 22～34% に上昇したことを示している(表 5-2-3 参照)。

表5-2-6 放流貝の生涯回収率(%)
1999年漁期に6+歳で回収された1992年
以前の生産年級群について示す。

生産年	放流数	回収 個体数	生涯 回収率 (%)
1980	110,500	23,711	21.46
1981	45,000	7,091	15.76
1982	34,000	14,299	42.05
1983	34,000	16,859	49.59
1984	71,000	13,060	18.39
1985	85,000	20,699	24.35
1986	158,000	30,682	19.42
1987	110,000	20,256	18.41
1988	115,000	15,347	13.34
1989	180,000	10,879	6.04
1990	180,000	15,699	8.72
1991	173,000	13,489	7.80

3. 年齢による漁獲対象割合(利用度Q)の変化

天然貝および放流貝の成長が年級群により異なれば、同一年齢であっても漁獲対象個体数の割合が異なる。1986年までの漁獲の殻長下限は88mmで、1987年以降は90mmである。このため、1986年までは殻長85～90mmに含まれる個体数の2/5を漁獲対象として扱った。年間生残率を0.7および0.8とした場合に天然産クロアワビの2+～4+歳の利用度(漁獲殻長下限を超えた個体の割合)を年級群別に表5-2-7に示した。生残率を0.7とした場合、2+歳の利用度の平均値は32%であるが、その範囲は19～49%で年変動が大きかった。3+歳の利用度の平均値は92%、範囲は86～98%であった。4+歳の利用度の平均値は99%、範囲は97～100%であった。生残率を0.8とした場合には、生残率を0.7とした場合に比べ、多くの年級群と年齢群で利用度が高くなると推定された。

放流クロアワビの2+歳から4+歳の利用度を表5-2-8に示した。生残率を0.7とした場合、2+歳の利用度の平均値は22%で、年によりその範囲は8～44%と大きく変動した。3+歳の利用度の平均値は84%で、その範囲は81～93%であった。4+歳の利用度の平均値は99%、範囲は97～100%であった。生残率を0.8とした場合、0.7に比べて、利用度が高く推定される年齢群が多かった。2+～4+歳の放流個体の利用度は、天然産同一年級群の同一年齢に比べて低く見積られた。

4. 漁獲率

潜在資源を含めた天然産クロアワビの漁獲対象個体数の推定値および漁獲率を表5-2-9に示した。漁獲対象個体の推定値は年間生残率を0.7および0.8とした漁期直前の個体数である。漁獲率は漁期直前の潜在資

表5-2-7 天然産クロアワビの2+歳から4+歳貝の利用度

(漁獲殻長下限を超えた個体の割合:%) 1986年以前の殻長下限は88mm、1987年以降は90mm、年間生残率は0.7および0.8とした。

生存率 発生年級	0.7			0.8		
	2+歳	3+歳	4+歳	2+歳	3+歳	4+歳
1975	18.9	87.4	99.0	22.4	88.7	98.9
1976	23.3	90.0	99.4	25.5	91.2	99.3
1977	31.6	92.3	99.7	35.2	92.7	99.7
1978	35.1	95.4	100.0	39.7	95.9	100.0
1979	35.9	95.6	100.0	40.2	96.3	100.0
1980	40.8	95.1	99.7	45.1	96.3	99.8
1981	47.4	96.6	100.0	55.4	96.7	100.0
1982	27.8	95.4	99.9	28.8	96.0	99.9
1983	48.3	97.5	99.5	53.6	98.1	99.7
1984	49.3	95.0	99.6	52.5	95.9	99.7
1985	36.0	95.0	99.7	38.7	95.5	99.8
1986	33.6	93.5	99.9	36.1	94.1	99.9
1987	38.1	89.4	98.5	47.3	92.7	99.2
1988	19.4	85.8	97.2	28.0	89.7	98.1
1989	20.2	87.0	99.1	26.6	90.6	99.5
1990	15.3	89.4	97.2	21.9	92.4	97.7
1991	21.2	90.0	98.7	29.6	94.3	99.3
平均	31.9	92.4	99.2	36.9	93.9	99.4

表5-2-8 放流クロアワビの2+歳から4+歳貝の利用度
(漁獲殻長下限を超えた個体の割合:%) 1986年以前の殻長下限は88mm、1987年以降は90mm 年間生残率は0.7および0.8とした。

生存率 発生年	0.7			0.8		
	2+歳	3+歳	4+歳	2+歳	3+歳	4+歳
1980	18.6	81.4	98.1	24.7	82.4	98.1
1981	26.4	84.6	100.0	29.4	85.9	100.0
1982	9.0	93.1	100.0	9.8	93.8	100.0
1983	34.3	85.3	97.6	37.4	86.1	98.1
1984	34.3	85.8	98.2	37.1	87.3	98.3
1985	25.3	63.9	100.0	27.2	67.0	100.0
1986	21.1	93.0	100.0	22.6	93.9	100.0
1987	44.2	87.3	99.1	47.7	88.2	99.1
1988	10.7	87.9	100.0	10.6	89.0	100.0
1989	8.4	82.3	100.0	9.4	83.5	100.0
1990	12.5	83.8	98.0	13.9	85.2	98.2
1991	13.1	83.0	97.1	14.9	84.5	97.3
平均	21.5	84.3	99.0	23.7	85.6	99.1

源を含む漁獲殻長下限を超えた個体数に対する漁獲個体数の比率とした。漁獲率は生残率0.7では45～66%、および生残率0.8で51～70%と推定された。

一方、放流クロアワビについて生残率を0.7および0.8としたときの漁獲率を表5-2-10に示した。漁獲率は生残率0.7で58～84%および生残率が0.8で59～87%と推定された。放流貝は天然貝に比べ漁獲率が高かった。

考 察

クロアワビの資源評価には、生息分布の構造と漁業

表 5-2-9 阿部地先における天然産クロアワビの年生残率を 0.7 および 0.8 のときの漁獲率の変化(1978～1994 年漁期) 個体数の単位は $\times 10^3$ 個体

漁獲年	漁獲 個体数 (C)	生残率 (S=0.7)		生残率 (S=0.8)	
		漁獲対象 個体数 (I)	漁獲率 E(=C \times 100/I)	漁獲対象 個体数 (I)	漁獲率 E(=C \times 100/I)
1978	135.6	206.8	65.6	202.2	67.0
1979	143.3	241.6	59.3	225.4	63.6
1980	153.7	253.5	60.6	237.4	64.7
1981	119.4	198.7	60.1	184.5	64.7
1982	94.8	185.0	51.2	172.8	54.8
1983	143.7	218.3	65.8	205.9	69.8
1984	131.5	205.4	64.0	197.7	66.5
1985	81.3	147.5	55.2	132.4	61.5
1986	99.0	196.4	50.4	181.6	54.5
1987	102.4	184.3	55.5	168.7	60.7
1988	68.6	125.0	54.9	113.0	60.7
1989	52.0	114.8	45.3	102.2	50.9
1990	54.0	108.2	49.9	100.8	53.6
1991	40.0	72.6	55.0	68.8	58.0
1992	29.3	57.5	50.9	55.5	52.7
1993	40.3	65.2	61.8	64.5	62.5
1994	44.9	68.7	65.3	67.2	66.7

表 5-2-10 放流クロアワビの年間生残率が 0.7 および 0.8 のときの漁獲率の変化(1983～1994 年漁期) 個体数の単位は 10^3 個体

漁獲年	漁獲 個体数 (C)	生残率 (S=0.7)		生残率 (S=0.8)	
		漁獲対象 個体数 (I)	漁獲率 E(=C \times 100/I)	漁獲対象 個体数 (I)	漁獲率 E(=C \times 100/I)
1983	4.4	6.6	67.2	7.5	59.1
1984	15.8	20.4	77.4	19.7	80.2
1985	10.4	12.4	84.1	12.0	87.0
1986	16.9	23.8	71.2	22.6	75.0
1987	12.6	21.8	57.9	20.4	62.0
1988	15.4	24.3	63.1	21.9	70.0
1989	18.4	26.2	70.2	24.9	74.0
1990	34.4	46.5	73.9	44.6	77.2
1991	16.5	21.6	76.6	20.3	81.4
1992	14.9	18.8	79.3	18.1	82.3
1993	11.1	16.2	68.9	15.3	72.6
1994	16	20	81.0	19.3	84.4

の特性により CPUE を用いない新たな資源評価法が必要であることを前節において明らかにした。クロアワビの漁獲資料として漁獲努力量統計と漁獲統計がある。努力量は、海象・気象(小島・石橋 1985)、漁具・漁法の変化(Tegner 1989)、複数種の漁獲など多くの要因が関係するので直接利用するには問題がある。一方、阿部漁協の漁獲統計は、1) クロアワビは単価が高いため自家消費がほとんどない、2) 販売管理が厳密に実施されている、3) 資源管理規定に基づいた操業が行われている(小島・山中 1983) ことから信頼性が高いと判断される。

阿部地先における天然産クロアワビの全漁獲量の中では、2⁺～4⁺歳群は 88～96% を占めるもっとも主要な漁獲対象群である。2⁺～7⁺歳群まで含めると全漁獲量の 99～100% に達した。放流貝においては 2⁺～

6⁺歳群で全漁獲量の 99～100% を占めた。これらのことから、本種の年級群の多くが天然個体では 7⁺歳を、放流個体では 6⁺歳をそれぞれ最高年齢として漁獲されると判断された。

漁獲量と漁獲年齢の平均値の間には負の相関が認められた。このことは、漁獲殻長下限が守られているので、漁獲量の減少が加入量の減少によることを示唆する。各漁期の年齢別漁獲個体数を把握すれば加入量の年変動を明らかにできると考えられた。

年齢別漁獲個体数は、本研究では漁獲統計資料、漁獲貝の年齢組成ならびに操業日誌から推定された。推定に際しては、平均操業水深が 5m に達するまでとそれ以深へ拡大する 2 層に分け、個体数を推定した。なぜならば、平均操業水深が 5m に達するまでは多くの海士がそこに多く生息するクロアワビを標的種とする

が、5mを超えると本種の生息密度が低く、多くの海士が標的種をアカアワビに切り替えることによる。標的種の変化する水深は、阿部地先では水深5mで起こるが、千葉県（猪野 1952, 田中・田中 1980）や長崎県（掘井 1998）では南方系アワビの垂直分布が異なり、変化する水深は水域により異なる。

1978～1999年の調査は、1975～1991年級群の17年級群について7⁺歳を最高年齢として生涯漁獲個体数を推定した。潜在資源と顕在資源の相互転換と自然死亡および漁獲による個体数減少により8⁺歳以上の漁獲量は1%以下に減少するので、7⁺歳の潜在資源量は7⁺歳までの漁獲量に比べ無視できるほど少なくなると考えられる。したがって、生涯漁獲個体数は潜在資源と顕在資源の両者を合わせた値と考えることができる。天然産クローアワビの生涯漁獲個体数はもともと少ない1988年級群が2.1万個体、もともと多い1975年級群が16.1万個体で、その差は7.6倍であった。1983年級群までは10万個体以上漁獲された年級群が多く、その後2～6万個体に減少した。本研究は潜在資源を考慮しているため、潜在資源を無視したCPUEによる資源評価モデルに比べて漁獲率は小さくなると考えられる。天然貝の漁獲率は、生残率を0.7とすれば0.45～0.66、生残率を0.8とした場合は0.59～0.87と推定された。

CPUEを用いるDeLury-Leslie型の解析で阿部地先での本種の漁獲率は0.85以上に推定されている（小島・石橋 1985）。しかし、本研究の潜在資源を考慮した新たな解析法により漁獲率の推定値は明らかに小さくなることが確かめられた。CPUEを用いるモデルでは、*H. rubra*でも「あじろ」で漁獲するため、CPUEと資源量の比例定数となる漁獲能率 q が過大推定となるので漁獲率は過大となる（Prince 1992）。年級群の年齢別漁獲個体数は、潜在資源量を考慮した優れた資源解析データであると考えられる。

放流種苗の回収率は、エゾアワビが17～22%（武市 1988, 太刀山ら 1993）、クローアワビが8～38%（柳澤ら 1988, 太刀山ら 1993）などと報告されている。本研究では15年級群にわたるクローアワビの回収率は6～50%であり、年級群間で大きな差があることが分かった。放流サイズの範囲は殻長8～40mmと広いが、多くは殻長20～30mmであり、同様な回収率が期待されたにもかかわらず、年級群により大きく異なることは、種苗に関する放流条件に差がなくとも回収率が異なる

ことを示唆する。放流サイズなど種苗に関する放流条件以外の要因を明らかにすることが今後の課題である。

これまでアワビの成長の研究から漁獲殻長下限と年齢との関係が報告されている（酒井 1962d, 小島ら 1977, 市来 1980, 田中・田中 1980）。しかし、年級群を漁獲殻長下限を基準に、それ以上に成長した個体数の割合、すなわち利用度として調べた報告はない。クローアワビの利用度は2⁺歳で19～49%（平均32%）、3⁺歳で86～97%（平均92%）、4⁺歳で97～100%（平均99%）であるので、3⁺歳で多くの個体が漁獲殻長下限に成長し、4⁺歳ではほぼ漁獲資源として加入を完了すると判断された。年級群による2⁺歳の利用度の年変化は、今後、生息環境や生息密度の年変動と成長の関係などから明らかにすることが期待される。

第3節 資源量変動要因の解明と

放流群の再生産関与

前節においてクローアワビの年級群にもとづく新しい資源解析法を用いた結果、発生量が年により大きく変動すること、年級群ごとの生涯漁獲個体数、潜在資源を含めた漁獲率を明らかにした。そして、漁獲量が年級群の加入量変動に依存していることを数値として示した。これらの解析から、本種の発生年級群の規模がどのように制御されているのか、加入量変動の要因を明らかにすることが次の課題となる。

一般的に、加入量は、親資源の密度に依存する関係にある場合と親資源の密度と無関係にその時の環境条件により決定される場合とがあるとされる（松宮 1996）。アワビ類の加入量は、*H. rubra*について密度依存（Prince *et al.* 1978 1988b）と密度独立（McShane & Smith 1991）が、*H. laevigata*について密度独立（Shepherd 1990）とRicker型再生産曲線（Shepherd & Partington 1995）と多様な再生産関係が報告されている。今後、再生産関係の成立要因について、さらに知見の蓄積が必要である。

クローアワビは岩礁域の隙間で生活するので正確な生息密度が推定できない。したがって親子関係についてはこれまで解析例がまったくなかった。親世代と子世代を量的に把握し、親子関係を明らかにするには新たな方法の検討が必要となる。また、クローアワビの漁獲量は1990年代に入って激減した。こうした急激な漁獲量の減少が起こる要因として環境変動が関わる可能性が指摘されている（McShane 1995）。しかし、1990年

代のクロアワビの加入量変動と環境変動との関わりについては明らかにされていない。

アワビの人工種苗は、自然死亡率が著しく高い時期に陸上水槽で飼育され、資源補強が可能となる大ききで放流される。そして、毎年同じ大ききで放流すれば、類似する回収率を得ることが期待された。しかし、前節で示したとおり回収率は年により著しく異なっている。放流貝の生残率がどの程度の変動をとまうかについて天然資源の変動要因とも合わせて検討することは、種苗放流によって計画的な資源の維持、増大を図るために重要である。

さらに放流種苗は、前章で述べたとおり、天然群と同様に2⁺歳から漁獲が開始され、6⁺~7⁺歳まで漁獲されるので、再生産に寄与していると考えられる。しかし、人工種苗の再生産に関する調査はなされないまま、放流事業が強められている。クロアワビ資源の回復にとって人工種苗放流による再生産への関与を明らかにすることは緊急な課題である。

材料と方法

ここでは前節で述べた1978~1999年の漁獲クロアワビの資料を用いて推定した天然貝の1977~1991年級群および放流貝の1980~1991年級群の年齢別個体数を解析資料として用いた(付表1および付表2)。産卵親貝の個体数の推定方法については1980年産卵群を例として表5-3-1に示した。本種の産卵群は、殻長70mm以上、年齢満3歳以上の個体により産卵主群が形成される(第3章2節および第4章第4節参照)。このことから、1981年以降に漁獲された1977年級群とそれ以前の発生年級群が1980年の産卵に関与した年級群と考えることができる。1980年漁期直前に存在した個体数を復元するため、本種の年間生残率を0.7(井上1976)とした。また、阿部漁業協同組合の漁期(7~9月)はクロアワビの産卵期(11~12月)前であるので、1980年の産卵群(産卵を11月1日とする)は1981年漁期直前(7月1日)までの8ヶ月間に自然死亡により減少する。この間の生残率は、自然死亡率に季節変化がないと仮定して、0.788とした。

表5-3-1 1980年産卵群の推定方法

- 1) は1973~1980年に発生年級の1981~1989年における漁獲個体数のうち、3⁺歳以上の産卵に関わった親貝を実線で囲った斜字体で示した。1980年級群から放流貝が含まれる。
- 2) は上表の斜字体で示す個体数の1981年漁期直前の復元個体数。
- 3) は子世代の指数で1980年級の生涯漁獲個体数斜字体。子世代は全て天然貝である。

1) 漁獲年の発生年別漁獲量

発生年	漁 獲 年								
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1980			41,509	62,214	19,880	3,595	1,681	624	39
1979		36,008	80,549	18,917	4,036	1,548	342		
1978	19,961	32,263	15,369	3,165	793	291	114		
1977	58,968	19,175	8,123	1,695	333	97			
1976	31,632	6,276	1,836	497					
1975	7,140	889	699	140					
1974	1,144	179							
1973	576								

2) 1980年産卵群の1981年漁期直前の復元個体数

発生年	1981年漁期直前から漁獲されるまでの生残率						合計
	1.000	0.700	0.490	0.343	0.240	0.168	
1977	58,968	27,393	16,578	4,943	1,389	578	109,848
1976	31,632	8,966	3,746	1,448			45,792
1975	7,140	1,270	1,426	409			10,245
1974	1,144	255					1,399
1973	576						576
							合計 167,860

3) 子世代の指数(生涯漁獲個体数)

発生年	漁 獲 年										合 計
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	
1981				58,746	51,328	11,577	6,497	2,181	78	268	130,675
1980			37,090	48,298	14,603	3,498	1,681	624	39		105,831
1979		36,008	80,549	18,917	4,036	1,548	342	0			141,400
1978	19,961	32,263	15,369	3,165	793	291	114				71,956

また、子世代は各年級の生涯漁獲個体数とした。

親世代の個体数（産卵群）と子世代の指数（生涯漁獲個体数）の比を、本報告では再生産効率と呼ぶことにする。再生産効率は1個体の親から漁獲が期待される子世代の個体数を示している。

子世代の加入量変動に関する解析は、水温資料のある1980年級群から1991年級群までの12年級群について水温と子世代の指数の相関係数を調べた。アワビの生残率は成長にともない減少するとされる（井上1976, Shepherd & Breen 1992）ので、環境要因が子世代の指数に大きな影響を及ぼすのは発生から稚貝期の初期と考えられる。そこで、産卵から浮遊期・匍匐生活初期（11～12月）、初期稚貝期（1月）、水温が年間最低となる稚貝期（2～3月）ならびに成熟期（9～10月）に区分して環境要因との関係を調べた。環境要因として、9月～翌年3月の徳島県水産試験場が毎日午前10時に測定している日和佐町沿岸の表層水温、気象庁の資料にもとづく同町における雨量、海上保安庁水路部の資料による月の前半と後半における室戸岬および潮岬から黒潮流軸までの距離を用いた。水温は、旬平均値を用いた。また、捕食圧の高い外敵であるタコの漁獲量（第3章第4節）とクロアワビの漁獲量との関係を検討した。

結 果

1. 親子関係

1977年級群から1991年級群の親世代の個体数（総親貝個体数）、子世代の指数（発生年級群の生涯漁獲個体

数）、再生産効率ならびに産卵群のうち放流貝の割合を表5-3-2に示した。親世代の個体数は、15年間で最大27万個体（1979年）、最少6万個体（1991年）で、4.5倍と大きな差が認められ、1986年以降急激な減少傾向を示した。最初の放流貝は1983年の産卵期に3歳となり、1984年以降の産卵期には3歳以上の放流貝が存在した。産卵に関与した放流貝は1.4万個体（1984年）から4.6万個体（1989年）と推定された。放流貝の産卵群に占める割合は、1987年までは9～16%であったが、1988年に21%となり、1989～1991年には天然産親貝の減少にともなって割合は30%近くまで上昇した。親世代の個体数と子世代の指数の関係を図5-3-1に示した。子世代の指数は親世代の個体数に応じて増加する傾向を示し、図5-3-1に示した子世代の指数（Y）と親世代の個体数（X）との関係は次式の回帰直線で示され、有意な正の相関が認められた（ $p < 0.05$ ）。

$$Y = 0.423X + 0.698 \quad (r=0.530)$$

1977年から1991年における再生産効率の年級群による変化を図5-3-2に示した。再生産効率の平均値は 0.42 ± 0.21 で、1981年級群と1983年級群の再生産効率は0.93と0.81で平均値の上限の0.63より大きく上回った。これに対して1988年級群の再生産効率は0.15で平均値の下限の0.21を著しく下回った。すなわち、多くの発生年級群は親世代の産卵群個体数の規模あるいは密度に依存し、資料の得られた年では10回の

表5-3-2 天然および放流由来の親貝総個体数（ $\times 10^3$ ）、生涯漁獲個体数、再生産効率、ならびに総親貝数に対する放流由来の親貝の割合

産卵年	天然親貝 ($\times 10^3$)	放流親貝 ($\times 10^3$)	親貝総数 ($\times 10^3$)	生涯漁獲数 ($\times 10^3$)	再生産効率	放流貝の割合 (%)
1977	221.5		221.5	113.0	0.510	
1978	262.3		262.3	72.0	0.274	
1979	269.0		269.0	141.4	0.526	
1980	213.0		213.0	105.8	0.497	
1981	143.1		143.1	130.7	0.913	
1982	202.4		202.4	57.1	0.282	
1983	153.6	27.5	181.1	143.9	0.795	15.2
1984	156.4	14.5	170.9	53.5	0.313	8.5
1985	125.1	20.8	145.8	65.6	0.450	14.2
1986	185.7	21.4	207.1	50.5	0.244	10.3
1987	113.2	21.6	134.8	42.0	0.311	16.0
1988	113.3	29.9	143.3	21.5	0.150	20.9
1989	109.7	45.8	155.5	43.3	0.279	29.5
1990	88.0	26.5	114.6	40.4	0.353	23.2
1991	59.8	24.1	83.9	34.0	0.405	28.7

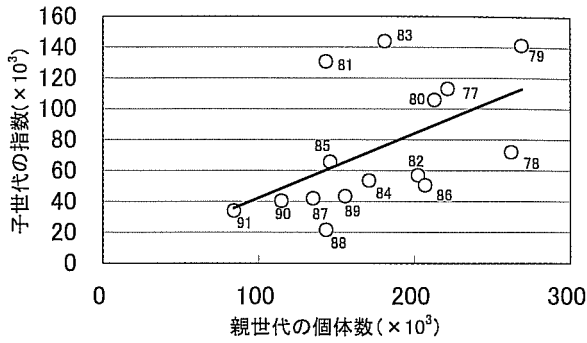


図 5-3-1 クロアワビの親子関係 親世代の個体数は産卵年の3歳以上の総個体数, 子世代の指数は発生年級の生涯漁獲個体数

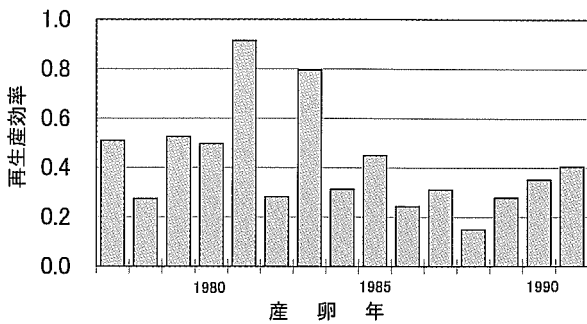


図 5-3-2 1977年級群から1991年級群の再生産効率の変化

産卵期のうち7回程は再生産効率が0.21～0.63の範囲で、3回程良い年と悪い年があることを示した。また、再生産効率から、資源量を維持するためには少なくとも生涯の間に2回以上産卵の機会を与える必要があると判断される。

2. 資源量変動の要因

子世代の指数(加入量)の変動に影響を与える環境要因を明らかにするため、1980年級群から1985年級群の成熟期(9月)から稚貝期(3月)までの沿岸表層水温、雨量ならびに黒潮流軸までの離岸距離を図5-3-3に、1986年級群から1991年級群については図5-3-4に示した。9月～12月の水温はほぼ26℃から15℃へ下降した。1984年の12月の水温は16～17℃と高めに推移し、1月に入ってから15℃へ下降した。1月から3月にかけての水温は13～16℃の範囲で大きく変動した。再生産効率が平均値よりはるかに高い0.93の1981年と0.81の1983年における2～3月の水温は15℃以下に下降している日が多かった。これに対して、再生産効率が0.15と著しく低い1988年同月の水温は15℃以下の日数が少なかった。水温観測地付近の2～3月の水温と雨量の間に相関は認められず、

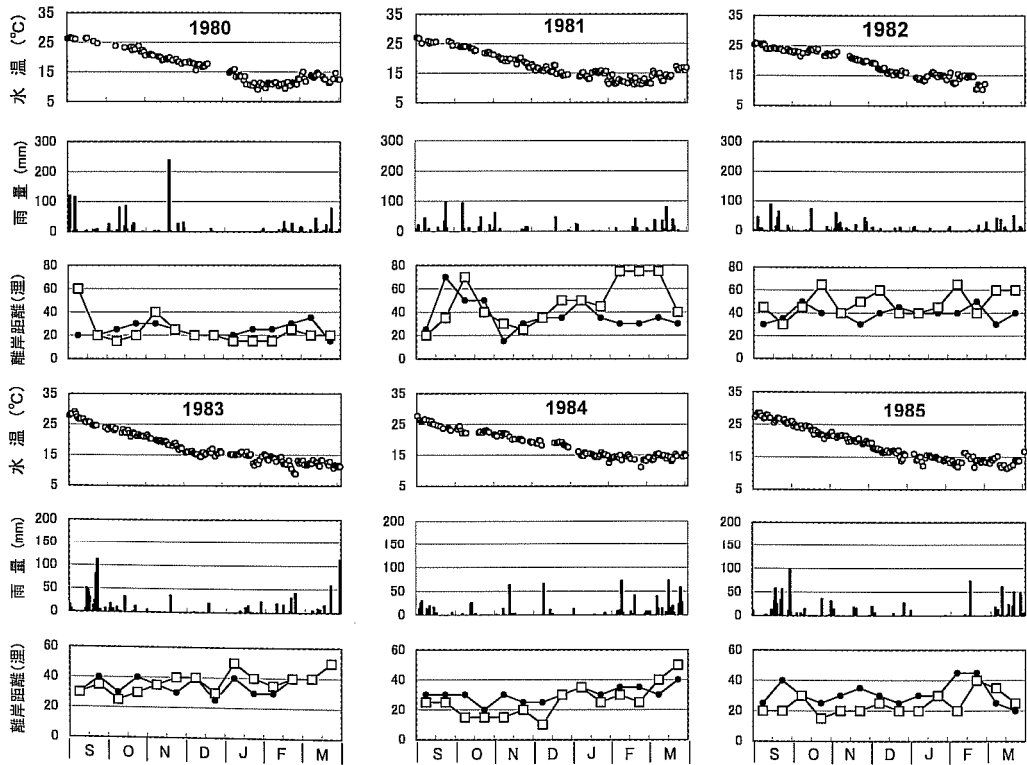


図 5-3-3 1980年から1986年9～3月の水温(上)・雨量(中)・黒潮離岸距離(下) 水温は日和佐町地先表層, 雨量は日和佐町(mm/24時間), 黒潮離岸距離は月の前後半の室戸岬(丸)および潮の岬(四角)から南へ流軸までの距離

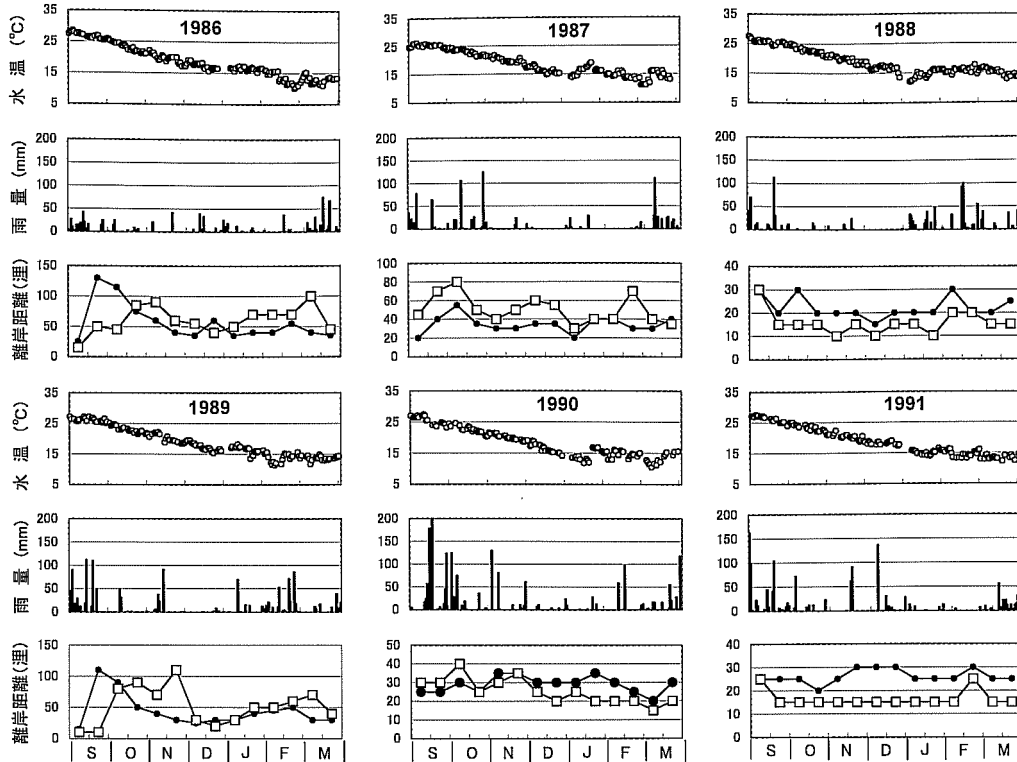


図5-3-4 1986年から1992年9～3月の水温(上)・雨量(中)・黒潮離岸距離(下) 記号との説明は図5-3-3参照

天候が水温に及ぼす直接的な影響は明らかでない。また、9月から翌年3月の間の黒潮流軸までの離岸距離は、1988年、1990～1991年に室戸岬で離岸、潮岬で接岸傾向を示したほかは、両岬とも年変動が大きく、明瞭な季節変化は認められなかった。このように、沿岸水温と雨量および黒潮流軸の離岸距離との間には直接的な関係は認められなかった。

水温と再生産との関係を知るために、成熟期(9～10月)、産卵・着底初期(11～12月)、初期稚貝期(1月)ならびに稚貝期(2～3月)における、積算水温指数と子世代の指数(生涯漁獲個体数)の関係について図5-3-5に示した。相関係数は11月と12月の産卵・着底初期に $r=0.633$ 、2月と3月の稚貝期に $r=0.694$ で、いずれも有意な負の相関が認められた($p>0.05$)。しかし、成熟期と初期稚貝期にはいずれも有意な相関は認められなかった。

3. 放流貝回収率と生涯漁獲個体数の変動

クロアワビの天然貝の生涯漁獲個体数と放流貝回収率の関係を図5-3-6に示した。これら両者の関係には有意差が認められなかった($p>0.05$)が、生涯漁獲量の多い年級群に対し、同じ年に生産された放流種苗

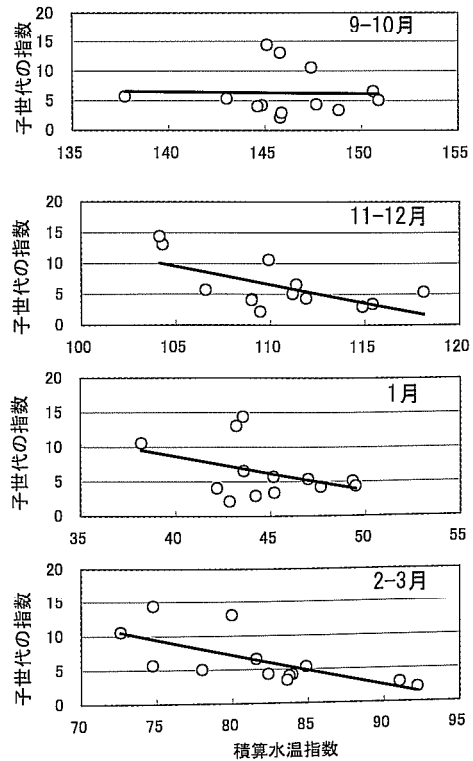


図5-3-5 成熟期(9-10月)、産卵・着底期(11-12月)、初期稚貝期(1月)ならびに稚貝期(2-3月)の積算水温指数と子世代の指数の関係水温は日和佐町地先における旬ごとの水温平均値の積算値、子世代の指数は1980-1992年級の生涯漁獲個体数。

の回収率が高くなる傾向が認められた。このことは、天然貝と放流貝とに対して同じ死亡要因が関与する可能性を示している。

殻長 30 ~ 109mm のクロアワビにとって最大の捕食者であるマダコは、図 5-3-7 に示すとおり、その漁獲量が多い年にはクロアワビの漁獲量が減少する有意な負の相関が認められた ($p < 0.05$)。

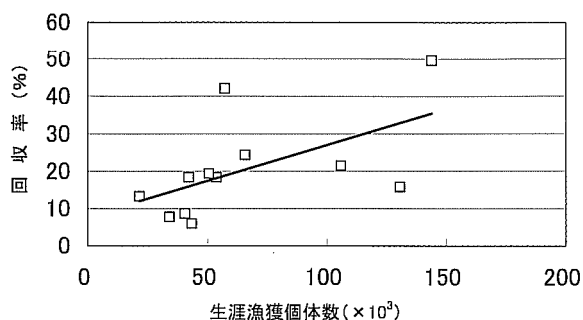


図 5-3-6 阿部地先の天然産クロアワビの生涯漁獲個体数と放流クロアワビの回収率の関係

1980 ~ 1991 年級の天然産クロアワビの生涯漁獲個体数と 1980 ~ 1991 年級のクロアワビの回収率をそれぞれ対応させた。

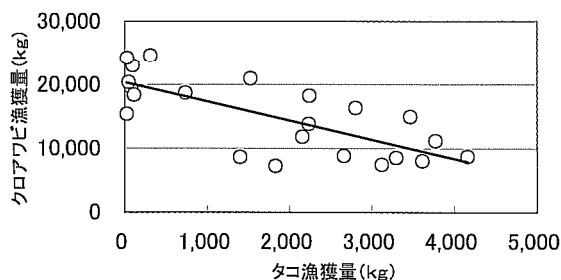


図 5-3-7 1978 ~ 1999 年の阿部地先のタコ漁獲量とクロアワビ漁獲量の関係

タコ漁獲量の大半はマダコでテナガダコなどが僅かに混獲される。

考 察

クロアワビは潜在資源が存在するので、本研究では産卵年の 3 ~ 7 歳までの産卵個体数を復元して親世代の個体数とした。また、産卵年の年級群の生涯漁獲個体数を子世代の指数とした。これらの比較によって親子関係を検討した。クロアワビの親子関係には比例関係が認められ、密度依存の関係が基本的に存在すると判断された。漁獲量の多い 1978 ~ 1983 年の資源を構成した 1975 ~ 1986 年級群の生涯漁獲個体数は 5 万 ~ 17 万個体で、ほぼ 10 万個体以上の年級群が多い。10 万個体の生涯漁獲個体数を確保するには平均的に約

22 万個体の親世代の個体数を必要とすることが示された。

1 個体の親から期待される漁獲個体数を示す再生産効率率は平均的に 0.42 ± 0.21 で、漁獲年齢の平均が 3 歳台なので資源を安定的に維持するため 1 個体が 2 回以上産卵に関わるよう漁獲開始年齢を少なくとも 1 歳引き上げる必要があることが分る。また、再生産効率は 1981 年と 1983 年には $0.8 \sim 0.9$ と高く、1988 年には 0.15 と著しく低下した。

次に、クロアワビ資源が環境要因の変動によりどのような影響を受けるかを検討した。生涯漁獲個体数と水温との関係は、産卵および着底期 (11 ~ 12 月)、稚貝期 (2 ~ 3 月) の水温が高ければ生き残りに対してマイナスに、低ければプラスに作用することが分った。1990 年代初めのクロアワビ資源の著しい減少は、1988 年 11 月から 1989 年 3 月の高水温に関連し、1988 年級群の極端な再生産効率の低下による加入量の減少によることが明らかになった。このように、本種の加入量は基本的には親資源と密度依存的な関係にあるが、発生から数ヶ月間の環境変化により加入量は変動することが示唆された。着底初期の捕食者として扁形動物、線形動物、環形動物などが推定され (Shepherd & Breen 1992)、*H.rubra* の初期減耗に密度効果に関係すると報告されている (McShane 1991)。しかし、原因を明確に示したのは、Sasaki & Shepherd (2001) がエゾアワビについて、着底初期稚貝が摂食に適する珪藻の不足する場所で殻長 $450 \sim 500 \mu\text{m}$ から餓死による激しい減耗が起こるとする観察だけである。クロアワビに関する初期減耗の原因についても今後解明する必要がある。

千葉県では殻長下限が 120mm で主に 4 ~ 5 歳で漁獲される (石田・坂本 1986)。千倉町川口地先では本種の資源量が発生初期の水温に左右されて 4 年後のクロアワビの資源量に影響すると報告されている (田中 1988)。

第 2 節で述べたとおり、徳島県では漁獲殻長下限が 90mm なので、3⁺歳が漁獲の主体をなしている。したがって、ある年級群の再生産が漁獲によって影響を受けるのは 3 年から 5 年後の 2⁺ ~ 4⁺歳になってからである。例えば、1988 年級群が 2⁺ ~ 4⁺歳に達した 1991 ~ 1993 年における漁獲量が 9 ~ 11 トンとそれ以前の 14 ~ 25 トンに比べて著しく低下した原因として、1988 年級群の著しく低い再生産効率が指摘される。

クローワビは漁獲殻長下限が厳守されているが、特に1回だけ産卵した3歳貝に強い漁獲圧が加えられることを示している。このように本種は漁獲量および資源量が漁獲開始年齢の影響を強く受ける。漁獲開始年齢および漁獲の主要年齢の構成について再生産管理の観点から再検討が必要であることが指摘される。

推定された潜在資源を含む漁獲対象となる資源は、1978～1990年には14.1～25.4万個体であったが、1991年には9.4万個体、1992年には7.6万個体に減少した。アワビ類種苗の大量放流事業は、天然資源を補強することが期待されている（関・佐野1998）。しかし、クローワビの放流貝の回収率は6～50%で、8.3倍の差があり、その効果について検討が必要である。アワビ類種苗の回収率あるいは生残率は、1) 放流方法（柳澤ら1988）、2) 放流殻長（井上1976）、3) 放流場所の選択（Seki & Taniguchi 2000）、4) 捕食者（Tegner & Butler 1985）によって変化することが報告されている。阿部地先では1981年から水深3m以浅の転石域へほぼ1歳のクローワビ種苗が毎年継続して放流されているので、1)～3)による影響は受けないと判断される。

捕食者は放流貝のみならず天然産クローワビの死亡にも関わっている。殻長30mm程までクローワビに対してはカニが主たる捕食者である。マダコは放流直後の稚貝を貝殻に穿孔せずに捕食し（小島未発表）、殻長109mmまでのクローワビにとって最も甚大な被害を及ぼす。マダコの貝殻に対する穿孔率は放流個体においては天然個体の1.8倍高く、放流貝の大きな死亡要因であると示唆される（第3章第4節参照）。

放流クローワビの回収率には天然産クローワビの生涯漁獲個体数とほぼ比例関係が認められ、放流貝の死亡数は密度独立的であった。このことは、本種の放流貝と天然貝のいずれにも同じ死亡原因が関与している可能性を示唆する。放流貝と天然貝の共通の死亡原因としてマダコの捕食の可能性を明らかにするために、マダコの漁獲量とクローワビの漁獲量との関係を求めると、両者には有意な逆相関が認められた。1987年まで多獲されることが稀であったマダコが1988年以降に2.2～4.2トンの高水準を維持した。すでに、タコ類の発生年にはクローワビに著しい被害を招くことが知られている（徳島県水産試験場1940）。さらに、斃死した本種の貝殻調査により天然貝に比べ放流貝がマダコの被害を受けやすいことが示唆された。したがって、

放流貝の回収率の低下にマダコの捕食が関わっていると判断される。

以上のように、1歳以降の生残率の年変動に及ぼすマダコの食害以外の要因は明確にできなかった。他の減耗要因についても、今後解明する必要がある。

第4節 資源管理との方策

前節において、1) クローワビの親子関係は、密度依存的关系が認められること、2) 本種の再生産効率の解析結果から、個体の産卵機会を増やす必要があること、3) 11月から3月の水温が低いと稚貝期の生残率に正の影響を与え、高いと負の影響を与えること、4) 天然貝の資源量が減少すると、放流貝資源の再生産への関与が高まると考えられること、5) 1990年代の漁獲量減少と放流貝回収率の低下は同じ要因によると考えられること、6) マダコは本種資源の減少に関連するが、その影響は放流貝の方がより強く受けることを明らかにした。これらのことから、クローワビの再生産を保障しつつ資源を有効に管理するには、環境変動による加入量の減少を考慮するとともに、個体当りの産卵機会を増加させる必要があると判断される。そのためには、親貝個体数や産卵量を資源管理の目標値としてどの程度確保すべきかが今後の課題となる。

漁獲努力量は、親貝密度を直接低下させる働きをする。海士漁業は、漁獲対象の探索・発見・剥離・漁獲の一連の行為を素潜りで目視により行うので、天候・海象・海況の状態により漁獲の成功率が異なる。さらに、阿部地先では、クローワビの他に、メガイアワビ、マダカアワビ、トコブシ、サザエが同時に漁獲対象となる。こうしたことから、クローワビに対する漁獲努力量は、操業に携わった人数や時間など直接数値として現れる漁獲努力量をそのまま対応させると過大となるので努力量の数値化には補正を必要とする。また、足ヒレ使用やウエットスーツの着用は、海士漁業の効率化を促進すると考えられるが、こうした操業条件の変更がクローワビ資源にどのような影響を及ぼすのか具体的な解析はなされていない。操業条件の変更は資源利用の効率化を目的とするので資源管理に大きく関わってくる問題である。

海産資源動物に対して、乱獲を回避し、次世代の維持を考慮する資源管理モデルとして、加入当り産卵量の解析（SPR型またはEPR型と呼ばれる。本報告ではSPR型とする）が多く用いられている（松宮1996）。

SPR 解析は、アワビについても漁獲殻長下限や漁獲開始年齢を検討することが資源診断や資源回復の有力な解析法である (Shepherd *et al.* 1995a)。これまで、殻長下限や禁漁期による産卵管理の考え方は、経験的、観念的な理解に基づくものであった。このことは、クロアワビの産卵量に関する研究や、放流貝の再生産に関する評価、総産卵数とその年級群の漁獲量との関係などが明確にされていなかったことによる。ここでは、阿部地先を例として、漁獲殻長下限を引き上げることによる産卵総量の増加と放流貝による産卵量増加への寄与について検討し、資源管理に関する具体的な数値目標を挙げることを目的とした。

材料と方法

徳島県由岐町阿部地先における 1978～1999 年の漁期 (6 月下旬から 7 月下旬に解禁, 9 月下旬に終漁) におけるクロアワビに対する補正努力量を推定した。海士の多くは漁期を通して経済的価値の高いクロアワビおよびメガイアワビとマダカアワビの総称であるアカアワビを主な漁獲対象とする。本研究ではクロアワビとアカアワビは同じ重量を漁獲するのに同じ努力量が必要であるとして資源管理目標値を得るための解析を行った。

標本船日誌から、操業日ごとのアワビ (クロアワビおよびアカアワビ) の 1 人・1 時間当たり漁獲量 (CPUE, kg/人・時間) を計算し、同じ操業日のアワビ漁獲量 (漁獲統計資料, kg) を除した値をアワビの漁獲努力量とした。クロアワビの漁獲努力量は、操業日ごとのアワビの漁獲努力量とアワビ漁獲量に占めるクロアワビ漁獲量の重量比率の積とした。なお、本研究で用いる CPUE は、“操業日に漁獲可能な場所にいるクロアワビ資源のうち、より漁獲量の多い複数の「あじろ」の顕在資源量の平均値に比例する値”とした。

阿部漁協では 1989 年より足ヒレを使用するように

なり、1998 年からはウエットスーツを着用するようになった。こうした操業条件の変化が海士漁業に大きな変化をもたらし、クロアワビ資源に影響を及ぼしたと考えられる。足ヒレのクロアワビ資源に及ぼした影響を解析するため使用前の 4 年間 (1985～88 年) と使用後の 4 年間 (1989～92 年) の解禁日から 5 日目までのクロアワビの CPUE (kg/人・1 時間) を表 5-4-1 に示した。また、ウエットスーツ着用効果の解析に用いた着用前の 3 年間 (1995～97 年) と着用後の 2 年間 (1998～99 年) の解禁日から 5 日目までの CPUE (kg/人・時間) を表 5-4-2 に示した。これらの資料について共分散分析により、操業日と CPUE の回帰直線の減少係数および解禁日から 3 日目の CPUE の差について検定した。なお、解禁から 5 日目までは、ほとんどの海士がクロアワビを標的種とする期間に相当する (図 5-1-6, 図 5-1-7 参照)。

次に、漁獲努力量と関係のある漁獲係数 F の推定方法について述べる。全ての個体が漁獲殻長下限を超えたクロアワビの年級群について、i 年の漁期直前の個体数を N_i 、(i+1) 年の漁期直前の個体数を N_{i+1} とすれば N_{i+1}/N_i は生残率 S を示す。クロアワビは移動範囲が狭く、すでに成長による加入が完了した年齢群について扱うので、 N_i と N_{i+1} の差は自然死亡と漁獲による。これらの関係に指数モデル (能勢 1973) が成立すれば次の関係式で示される。

$$(1) \quad N_i/N_{i+1} = S_i = \exp(-Z_i)$$

$$(2) \quad Z_i = F_i + M_i$$

天然産クロアワビの 3+ 歳が漁獲殻長下限 (90mm) を超える個体数の割合は 92% 以上 (範囲 87～98%) であるが、ここでは全ての個体が 3+ で漁獲対象となるとした。人工種苗の成長は、放流時の影響を受け、

表 5-4-1 足ヒレ使用の前後の解禁から 5 日間のクロアワビ CPUE (kg/人・時間) の変化

漁獲年	使 用 前				使 用 後			
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
漁獲量 (ト)	15.1	18.7	20.9	16.3	13.8	18.2	11.1	8.7
解禁日	3.45	4.61	3.91	4.55	3.67	4.87	3.58	3.31
2 日目	2.64	4.47	3.48	2.69	2.63	3.78	2.84	2.40
3 日目	1.96	3.13	2.95	3.50	2.85	3.10	2.29	1.72
4 日目	1.82	2.66	1.82	2.92	1.93	2.50	1.76	1.72
5 日目	1.64	2.20	2.36	1.55	1.36	1.99	1.90	1.40

表 5-4-2 ウエットスーツ着用の前後の解禁から 5 日間の CPUE (kg / 人・時間) の変化

漁獲年	着用前			着用後	
	1995	1996	1997	1998	1999
漁獲量 (ト)	8.1	7.3	8.6	11.7	7.4
解禁日	3.96	3.25	2.90	5.26	4.93
2 日目	2.54	2.87	2.81	4.57	3.85
3 日目	1.89	2.41	1.95	3.63	3.91
4 日目	1.58	1.69	1.69	3.93	4.16
5 日目	1.59	1.60	1.78	2.78	3.76

3+歳で漁獲殻長下限を超えた割合が 64～93% と年変動が大きいので、天然産 3+歳貝と 4+歳貝の漁期直前資源の比を生残率とした。例えば、1978 年漁期直前に 3+～6+歳であった 1971～1974 年級は 1 年後に 4+～7+歳である。これらの年級は 7+歳まで漁獲されるとして、漁獲された貝から 1978 年漁期直前個体数 (N78) および 1979 年漁期直前個体数 (N79) を復元した。個体数の復元に際してこれらの貝の年間生残率 S は 0.7 (自然死亡係数 M=0.357) とした (井上 1976)。

本種の産卵量管理に必要な知見を得る目的で %SPR 解析を行った。解析は天然群だけで構成される第 1 期 (1978～1981 年) および産卵群に放流貝を含む第 2 期 (1992～1999 年) に分けて実施した。漁期直前の 2+歳～8+歳の年齢組成の平均値および満年齢時の産卵数の平均値を表 5-4-3 に示した。クロアワビの殻長と産卵数の間に次の関係式が成立する。

$$\ln (F) = 4.858 \ln (L) - 17.512$$

ここで、F は産卵量 (× 10⁴ 粒)、L は殻長 (mm) である。殻長 50mm から 100mm については第 3 章第 2 節によるが、殻長 100mm から 160mm については石田・田中 (1983) によった。

表 5-4-3 第 1 期 (1978～1981 年) と第 2 期 (1992～1999 年) の漁獲の年齢組成 (%) および産卵数

年齢	第 1 期 (1978～1981 年)		第 2 期 (1992～1999 年)	
	漁獲年齢組成 (%)	産卵数 (× 10 ⁴)	漁獲年齢組成 (%)	産卵数 (× 10 ⁴)
2	16.9	0.0	15.2	0.0
3	54.3	47.8	52.1	48.2
4	22.8	132.2	23.7	134.6
5	4.8	242.7	6.2	242.0
6	0.9	357.6	2.1	346.3
7	0.2	462.0	0.7	434.6
8	0	549.2	0.1	503.5

クロアワビの産卵数は、殻長 70mm を越えると増大する。産卵群は 3 歳以上で形成され、3 歳以上の全ての個体が再生産に関わるとした。また、解析に用いた von Bertalanffy の成長式および殻長・体重関係式のパラメーターを表 5-4-4 に示した。3+歳で全ての個体が漁獲殻長下限 (90mm) に達し、最高年齢を 8+歳とし、自然死亡係数 (M) は年齢間、年度間の差がなく、0.357 (生残率 0.7) とした。漁獲量の平均値は、第 1 期が 20.3 トン、第 2 期が 8.3 トンであった。

表 5-4-4 第 1 期 (1978～1981 年) および第 2 期 (1992～1999 年) の von Bertalanffy 成長式および殻長・体重関係のアロメトリー式のパラメーター

パラメータ	1978～1981 年	1992～1999 年
von Bertalanffy 成長式 *1		
L _∞	14.61cm	14.05cm
k	0.348	0.396
t ₀	-0.653	-0.802
アロメトリー式 *2		
a	0.077	0.077
b	3.267	3.267

*1: $L_t = L_{\infty} (1 - \exp(-k(t - t_0)))$

*2: $W = aL^b$

%SPR の計算には徳島県水産試験場所有の資源解析プログラム (KK 日本 NUS 製) を用いた。

現在の漁獲殻長下限を 90mm とする産卵量と漁獲殻長下限を 95mm、ないし 100mm へ引き上げた場合に増加する産卵量について 1977 年の産卵期から 1991 年の産卵期の 3 歳以上の復元した殻長組成にもとづいて推定した。殻長下限を引き上げた場合に増加する産卵量を計算するには、産卵期 (11～12 月) が漁期 (7～9 月) の約 4 ヶ月後なのでこの間の生残率 s は 0.888 とした。

ある年の産卵に加わった個体数および産卵数の推定は、産卵年以降に漁獲された個体から復元した。1985 年の産卵群の復元例を表 5-4-5 に示した。1985 年の産卵群は 1982 年級 (3 歳) および 1982 年級以前の年級群により構成されていた。1982 年級は 7+歳 (1987 年漁期) まで漁獲され、他の年級群についても 7+歳まで漁獲された。漁獲個体数は本章第 2 節で推定した値を用いた (付表 1, 2)。また、復元に際し、年間生残率を 0.7 とし、個体数と同時に殻長組成を復元した。

漁獲されたクロアワビの満年齢時殻長は年輪法により推定した。また、雌雄には成長差がなく (小島 未発表)、雌雄比を 1:1 とし、親個体数の半数を雌とした。

表 5-4-5 阿部地区における天然産クロアワビの1985年産卵群の歳長組成

産卵年齢*1 漁獲年	3歳					4歳					5歳			6歳		7歳		合計	
	1986	1987	1988	1989	1990	1986	1987	1988	1989	1990	1986	1987	1988	1986	1987	1986	1987		
漁獲個体数*2	26,824	13,393	5,156	935	393	11,577	6,497	2,181	78	3,498	1,681	624	1,548	342	291				
復元個体数*3	34,034	24,275	13,351	3,458	2,078	14,688	11,777	5,648	290	4,437	3,046	1,615	1,964	620	369				
歳長50~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	173	639	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	941
60	346	319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	665
65	1,900	1,278	778	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,956
70	6,910	3,194	1,555	288	416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,364
75	9,502	6,708	2,592	576	416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,794
80	7,429	4,472	2,463	865	831	699	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,856
85	3,973	4,472	2,074	1,153	416	1,049	0	389	0	123	0	0	0	0	0	0	0	0	13,649
90	1,900	1,278	1,94	0	0	2,098	302	389	0	90	0	95	0	0	0	0	0	0	8,007
95	1,382	1,597	1,037	0	0	3,497	302	1,753	0	123	0	190	0	0	0	0	0	0	10,262
100	346	319	518	576	0	3,672	604	1,655	290	370	381	190	0	0	0	0	0	0	8,540
105	0	0	0	0	0	2,448	1,208	779	0	863	1,904	95	0	0	0	0	0	0	7,296
110	173	0	130	0	0	699	3,926	195	0	1,726	0	285	151	0	0	0	0	0	7,284
115	0	0	130	0	0	350	3,020	389	0	740	0	190	302	0	0	0	0	0	5,120
120	0	0	0	0	0	0	1,510	0	0	493	762	95	755	0	0	0	0	0	3,615
125	0	0	0	0	0	175	906	0	0	0	0	475	302	0	123	0	0	0	1,981
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302	620	0	0	0	0	922
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	0	123	0	0	0	274
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	0	0	0	123
145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*1産卵年齢は1985年産卵期における年齢を示す。3歳から7歳はそれぞれ1982年生年級から1978年生年級を示す。

*2漁獲個体数は付表1および2

*3ここでの復元個体数は漁獲された個体が、年生残率を0.7として1985年に生息していた個体数として換算した個体数を示す。ただし、1985年の産卵期(11-12月)は1986年漁期(7-8月)の8月前なのでこの間の生残率は0.788としたる

1978年から1999年の漁獲個体数資料を用いて1978年から1991年の産卵群個体数および産卵量を推定した。ここでは、産卵量は殻長に從属し、前述の殻長と産卵量の関係に年変動がないものとして扱った。また、産卵期(11~12月)は漁期(7~9月)より約8ヶ月前なのでこの間の生残率は0.788(M=0.238)とした。

結 果

1. 漁獲努力量

1978年から1992年のクロアワビの漁獲対象資源量、漁獲量、努力量および漁獲率を表5-4-6に示した。漁獲対象資源量は天然貝で57.5~253.5×10³個体、放流貝で6.6~46.5×10³個体で1991年以降10万個体以下となった。努力量は5.1~17.2×10³人・時間で、1990年代には1980年代前半の1/3に減少した。

クロアワビの漁獲努力量と漁獲率(本章第2節参照)の関係を図5-4-1に示した。1978~1989年には漁獲率は努力量に対して比例関係が認められた。それに対し、1990~1994年には漁獲努力量は減少し、年による差が少ないにもかかわらず、漁獲率は年により大きく異なり、高い値を示した。

2. 漁法の変化がクロアワビ資源に及ぼす影響

足ヒレの使用前(1985~88年)および使用後(1989~92年)の解禁日から5日目までのクロアワビCPUE(kg/人・時間)および回帰直線を図5-4-2に示した。両回帰直線の傾きおよび3日目のCPUEのいずれも有意な差は認められなかった(p>0.05)。すなわち、足ヒ

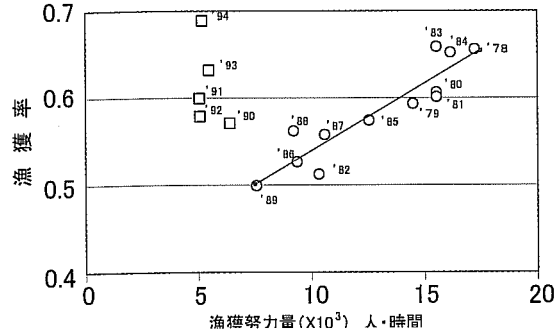


図5-4-1 漁獲努力量と漁獲率の関係

漁獲努力量はアワビ類の日別漁獲量を標本船日誌のアワビ類CPUEで除した努力量にアワビ類漁獲量に占めるクロアワビ漁獲量の重量比を乗じた補正努力量の年間累積値

レの使用はクロアワビの漁獲に影響を及ぼさなかったと判断された。

ウエットスーツの未着用年(1995~97年)および着用年(1998~99年)の解禁日から5日目までのCPUE(kg/人・時間)とそれぞれ回帰直線を図5-4-3に示した。回帰直線の傾きには有意な差が認められなかった(p>0.05)。3日目のCPUEは着用年が未着用年に比べて有意に大きかった(p<0.05)。未着用年の2.3kg/人・時間に対して、着用年は4.1kg/人・時間であり、ウエットスーツの着用により約1.8倍の漁獲能力の向上がもたらされた。

3. 漁獲係数

1978年から1995年の各漁期における3歳以上の個

表5-4-6 クロアワビの漁獲対象資源量、漁獲量、努力量および漁獲率

漁獲年	漁獲対象資源 (個体数)			漁獲量 (個体数)			努力量 × 10 ³ 人・時間	漁獲率
	天然貝 × 10 ³	放流貝 × 10 ³	合計 × 10 ³	天然貝 × 10 ³	放流貝 × 10 ³	合計 × 10 ³		
1978	206.8		206.8	135.6		135.6	17.2	0.656
1979	241.6		241.6	143.3		143.3	14.5	0.593
1980	253.5		253.5	153.7		153.7	15.5	0.606
1981	198.7		198.7	119.4		119.4	15.5	0.601
1982	185.0		185.0	94.8		94.8	10.3	0.512
1983	218.3	6.6	224.9	143.7	4.4	148.1	15.5	0.659
1984	05.4	20.4	225.7	131.5	15.8	147.2	16.2	0.652
1985	147.5	12.4	159.9	81.3	10.4	91.8	12.6	0.574
1986	196.4	23.8	220.2	99.0	16.9	115.9	9.4	0.527
1987	184.3	21.8	206.1	102.4	12.6	115.0	10.6	0.558
1988	125.0	24.3	149.3	68.6	15.4	83.9	9.2	0.562
1989	114.8	26.2	141.0	52.0	18.4	70.4	7.6	0.499
1990	108.2	46.5	154.7	54.0	34.4	88.4	6.4	0.571
1991	72.6	21.6	94.1	40.0	16.5	56.5	5.1	0.600
1992	57.5	18.8	76.3	29.3	14.9	44.2	5.1	0.579

体数、翌年の4+歳以上の個体数、生残率、全減少係数 Z_i 、ならびに漁獲係数 F_i を表5-4-7に示した。漁期直前の3+歳以上の個体数は1978年から1995年にかけて減少傾向を示し、1980年の 212×10^3 個体から1992年の 47×10^3 個体へと18年間で1/4に減少した。生残率は1983年の0.232 ($Z_i=1.459$) から1986年の0.389 ($Z_i=0.944$) の範囲で変動し、生残率の平均は 0.316 ± 0.048 ($Z_i=1.163 \pm 0.152$) と推定される。Mについては一定の0.357 ($s = 0.7$) としたので、 F_i は Z_i に類似した変動を示し、最大は1983年の1.102、最小は1986年の0.587、平均は 0.806 ± 0.152 と推定された。

こうした F_i の変動要因として、1) クロアワビおよびアカアワビの豊度、2) 累積漁獲努力量の変化、3) 操業日数の変化が挙げられる。そこで、アワビ類の漁獲量に占めるクロアワビの割合と漁獲係数 F の関係を

表5-4-7 1978～1995年における阿部地先の天然産クロアワビの年間生残率、全減少係数 Z および漁獲係数 F

漁獲年	3+歳以上 個体数	4+歳以上 個体数	年間 生残率	全減少 係数 Z	漁獲 係数 F
1978	174,603	46,851	0.268	1.316	0.959
1979	206,699	58,802	0.284	1.257	0.900
1980	211,994	58,012	0.274	1.296	0.939
1981	167,860	47,881	0.285	1.254	0.897
1982	112,763	37,787	0.335	1.093	0.736
1983	159,534	37,071	0.232	1.459	1.102
1984	121,098	33,871	0.280	1.274	0.917
1985	123,277	36,529	0.296	1.216	0.859
1986	98,724	38,422	0.389	0.944	0.587
1987	146,352	44,138	0.302	1.199	0.842
1988	89,222	25,837	0.290	1.239	0.882
1989	89,621	33,322	0.372	0.989	0.632
1990	86,448	31,446	0.364	1.011	0.654
1991	69,394	23,303	0.336	1.091	0.734
1992	47,134	17,499	0.371	0.991	0.634
1993	51,123	18,899	0.370	0.995	0.638
1994	60,622	16,095	0.265	1.326	0.969
1995	52,632	19,590	0.372	0.988	0.631
平均	114,950	34,742	0.316	1.163	0.806
標準偏差	52,715	13,081	0.048	0.152	0.152

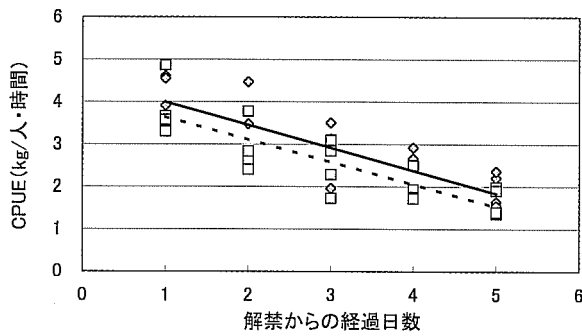


図5-4-2 足ヒレの使用によるクロアワビのCPUE(kg/人・時間)の変化

菱形は足ヒレ使用前(1985-1988年)、四角は足ヒレ使用后(1989-1992年) 実線は足ヒレ使用前のCPUEの回帰直線、点線は使用后年の回帰直線

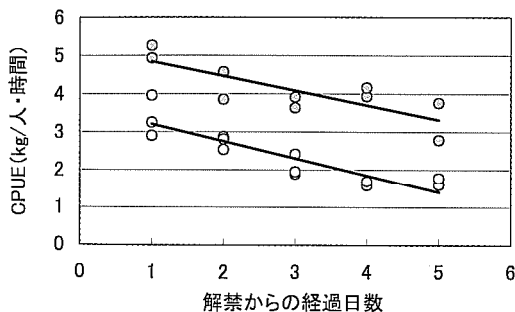


図5-4-3 ウエットスーツ着用によるクロアワビのCPUE(kg/人・時間)の変化

白丸はウエットスーツ着用前(1995-1997年)、黒丸はウエットスーツ着用後(1998-1999年)

図5-4-4に示した。クロアワビの漁獲量が相対的に多ければ、 F が高くなると想定されたが、アカアワビの比率が高くとともクロアワビへの依存度の高い年があることが示された。

漁獲努力量と F の関係を図5-4-5に示した。相関係数 r は0.714 (自由度は16) で有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$)。また、操業日数と F の関係を図5-4-6に示した。両者の相関係数 r は0.849 (自由度は16) で有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$)。漁獲努力量は絶対量ではないので、直接的な努力量を表わさないが、操業日数は漁獲行為を直接示す漁獲努力量である。操業日数と F_i の回帰直線は次式で示された。

$$F_i = 0.0138t + 0.1989$$

ここで、 t は操業日数を示す。阿部地先では1日当りで F がほぼ0.014変化すると推定される。

4. %SPR 解析

1978～1981年(第1期)と1992～1999年(第2期)の等産卵資源量曲線(%SPR)を、それぞれ図5-4-7および図5-4-8に示した。%SPRの現状は第1期が19%で $F=0.83$ 、第2期が26%で $F=0.63$ であった。産卵量は前者が642億粒、後者が344億粒で、1990年代には1980年前後の54%の水準までに低下したことを示した。漁獲殻長下限90mmを現行のままにして

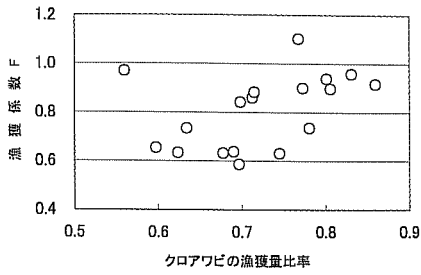


図5-4-4 クロアワビの漁獲量比率（クロアワビ漁獲量/アワビ類漁獲量）と漁獲係数の関係

図5-4-4 クロアワビの漁獲量比率（クロアワビ漁獲量/アワビ類漁獲量）と漁獲係数の関係

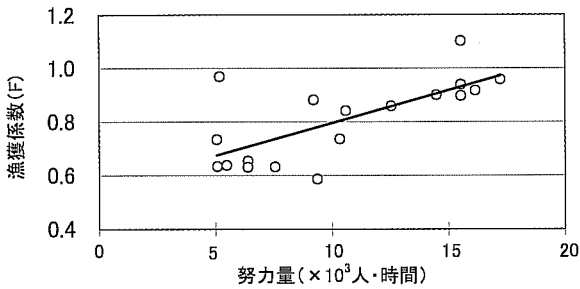


図5-4-5 1978年から1995年における累積基準化努力量と漁獲係数(F)の関係

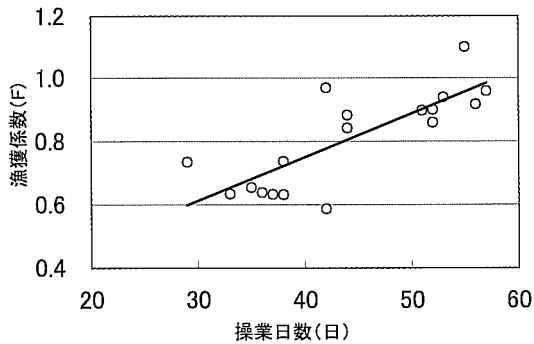


図5-4-6 1978年から1995年における操業日数と漁獲係数(F)の関係

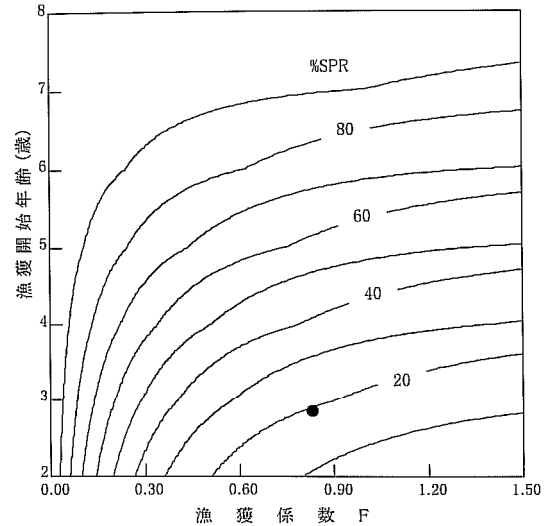


図5-4-7 1978～1981年(第1期)のクロアワビの等産卵資源量曲線。黒丸は現状の%SPRを示す。

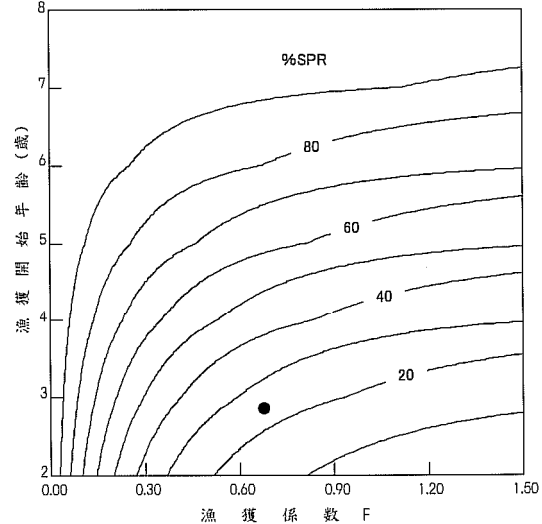


図5-4-8 1992～1999年(第2期)のクロアワビの等産卵資源量曲線。黒丸は現状の%SPRを示す。

5. 産卵管理

%SPR 解析では漁獲殻長下限未満の3歳貝が含まれていない。また、年級による加入量変動および漁獲係数の年変動が考慮されていない。そこで、1978年から1991年の産卵期の産卵数を詳しく調べるため雌の復元体長組成に基づいて解析した。天然貝と放流貝の産卵個体数(雌)および総産卵数を表5-4-8に示した。天然貝の雌個体数は1978年の 147×10^3 個体に比べ、1991年には22%の 33×10^3 個体に減少した。放流貝の雌個体数は年により異なるが、産卵主群である3～5歳貝が含まれる1985年から1991年には $12 \sim 26 \times 10^3$ 個体と推定された。産卵群に占める放流貝の割合は、1985年から1988年以降には10～21%で、1989年か

%SPRを40%とするには第1期ではFを56%減らし、0.37とすれば達成できる。第2期についてはFを40%減らして0.38となる。Fが1日当たり0.014変化するとすれば、第1期に操業日数の平均値から33日減じて20日に、第2期では操業日数の平均値から18日減らして17日に短縮する必要がある。現在のFをそのままにして漁獲開始年齢を引き上げて%SPRを40%にするには、第1期および第2期ともに現行の開始年齢2歳8ヶ月から1歳引き上げ、殻長で示すと100mmとすればほぼ達成できると推定された。

表 5-4-8 阿部地先における 1978～1991 年の天然産、放流由来の産卵雌個体数（3 歳以上）および産卵数の年変化

産卵年	雌 個 体 数			産 卵 数		
	天然貝 × 10 ³	放流貝 × 10 ³	合 計 × 10 ³	天然貝 × 10 ³	放流貝 × 10 ³	合 計 × 10 ³
1978	147.0		147.0	909.5		909.5
1979	151.1		151.1	1080.3		1080.3
1980	119.2		119.2	1014.1		1014.1
1981	78.9		78.9	761.2		761.2
1982	112.4		112.4	956.0		956.0
1983	85.9	33.1	119.0	803.2	127.5	930.7
1984	86.5	8.2	94.7	769.5	51.3	820.9
1985	68.5	11.7	80.2	748.9	46.5	795.4
1986	102.3	12.0	114.4	1010.6	74.4	1085.0
1987	62.1	12.1	74.2	829.5	96.6	926.1
1988	62.3	16.8	79.1	614.8	98.6	713.4
1989	60.7	25.6	86.3	663.8	122.7	786.5
1990	48.1	14.7	62.8	590.6	122.2	712.9
1991	33.1	13.4	46.5	412.1	103.8	515.9
平均	87.0	16.4	97.6	797.4	93.7	857.7
標準偏差	35.5	7.9	30.7	187.7	30.2	158.4

ら 1991 年には 23～30% に上昇した。天然貝の総産卵数は 1978～1987 年には 750 億粒から 1080 億粒と推定された。1988～1991 年には 664 億粒以下に減少し、1991 年には 412 億粒と推定された。放流貝の総産卵数は 1985 年以降増加傾向を示し、1987～1991 年の総産卵数推定値はほぼ 100 億粒であった。天然貝の産卵数の減少に伴い 1989～1991 年の放流貝の産卵数は、総産卵数の 16～20% に達すると推定された。

産卵個体数（雌）と総産卵数の関係を図 5-4-9 に示した。総産卵数は雌個体数が 10 万個体以下では急激な増加傾向を示すのに対し、10 万個体を超えると増加傾向は緩やかになるので、雌個体数の対数値に対して総産卵数を回帰させて次式を得た。

$$E = 414.29 \ln(N_f) - 1019.8 \quad r=0.744$$

ここで、E は総産卵数（億粒）、 N_f は 3 歳以上の雌の個体数（× 10³）である。11 万個体の雌が 927 億粒を産卵すると推定される。産卵数とその卵から発生し、漁獲対象となった個体数（生涯漁獲個体数）の関係を図 5-4-10 に示した。両者には有意な相関は認められなかった（ $p>0.05$ ）が、回帰直線は次式で示された。

$$Y = 0.127E - 35.71$$

ここで、Y は生涯漁獲個体数（× 10³）、E は総産卵数（億粒）である。この関係が両者の平均的な関係で

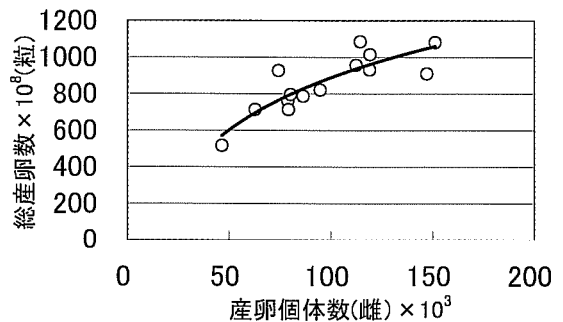


図 5-4-9 クロアワビの産卵個体数（雌）と総産卵量の関係。産卵群は 3 歳以上の個体

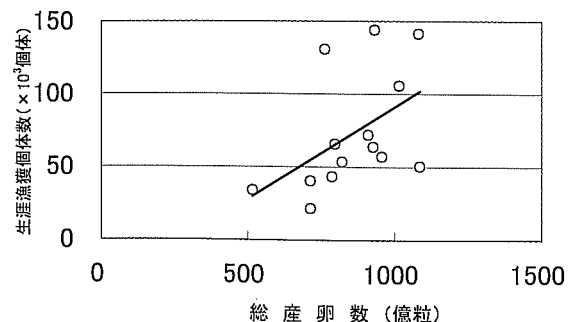


図 5-4-10 総産卵数とその卵に由来する生涯漁獲個体数の関係
直線は $Y=0.127X-35.708$

あるとすれば、産卵数 1 億粒で 127 個体が漁獲されると考えられる。

総産卵数の増加対策として漁獲殻長下限を現行の 90mm から 95mm および 100mm に引き上げた場合の、

天然貝の産卵雌個体および総産卵数の増加量を表5-4-9に示す。産卵個体(雌)は、1978～1986年には95mmおよび100mmで、それぞれ8～22×10³個体(8～16%)および14～41×10³個体(17～33%)増加するが、1987年以降には、それぞれ2～6×10³個体(6～9%)および5～12×10³個体(9～19%)増加すると推定された。また、産卵量は殻長下限を95mmおよび100mmへ引き上げると、1978～1986年には、それぞれ63～180億粒(8～17%)および132～404億粒(18～37%)増加するが、1987～1991年には、それぞれ19～48億粒(4～6%)および49～117億粒(11～15%)増加すると推定された。

放流貝の漁獲殻長下限の引き上げにともなう産卵数の変化を表5-4-10に示した。放流量が年により異なるので変動が大きく、一定の傾向は認められなかった。1985年以降について殻長下限を95mmないし100mmに引き上げると、それぞれ1.2～3.7×10³個体(9～19%)および2.2～6.4×10³個体(20～44%)が増加すると推定された。一方、同じ期間の産卵量は95mmないし100mmまで引き上げると、それぞれ10～32億粒(13～26%)および21～65億粒(31～53%)増加すると推定された。

1978～1991年の漁獲貝の殻長下限を90mm、95mmならびに100mmとした場合の雌親貝個体数の変化を図5-4-11に示した。雌親個体数は、殻長下限を100mmとすれば1986年以前には1981年ならびに1985

年を除き11万個体を超えた。しかし、1987年以降は、殻長下限を100mmとしても雌親個体数は11万個体以下で、特に1991年には5.5万個体に著しく減少した。

1978～1991年の漁獲殻長下限の引き上げにともなう総産卵数の変化を図5-4-12に示した。漁獲殻長下限を100mmとすれば、1978～1987年には総産卵数の推定値は927億粒を越えた。しかし、1987～1991年の総産卵数は、1989年を除き、殻長下限を100mmとしても927億粒以下で、特に1991年には600億粒と著しく減少した。

考 察

クアワビの親子関係は、親個体群の密度低下が子世代の個体数を減少させる密度依存の関係が示された(本章第3節参照)。1988年の再生産効率の著しい低下は子世代の個体数を激減させ、その後の年級群の再生産効率が平年値に戻っても、親貝資源量の低下が資源回復の阻害要因となったと推定される。したがって、クアワビの資源管理には親貝資源量の水準をどこまで高めるか、どのように親貝資源量の水準を回復させるかが重要な課題となる。

親貝資源量の水準を高める方法の一つとして漁獲努力量の制限が考えられる。多くの年で漁獲量が20トンを超えた1978～1989年には漁獲努力量と漁獲率は比例関係にあったが、漁獲量が8トン前後に減少した1990～1999年には漁獲努力量が少ないにもかかわらず

表5-4-9 天然産クアワビの漁獲の殻長下限(現行90mm)の95mmと100mmに引き上げた場合の産卵個体数(3歳以上)および産卵数の増加と増加率
生残率は0.7とした。

産卵年	雌増加個体数		産卵増加量		雌増加率		産卵量増加率	
	(×10 ³) 95mm	(×10 ³) 100mm	(×10 ³) 95mm	(×10 ³) 100mm	(%) 95mm	(%) 100mm	(%) 95mm	(%) 100mm
1978	12.4	24.9	104.6	246.3	8.5	16.9	11.5	27.1
1979	21.6	41.2	180.4	403.9	14.3	27.2	16.7	37.4
1980	18.3	33.9	154.0	331.7	15.4	28.4	15.2	32.7
1981	12.9	26.1	108.0	258.1	16.4	33.1	14.2	33.9
1982	11.7	20.4	98.0	196.5	10.4	18.1	10.2	20.6
1983	13.9	27.1	115.	266.2	16.1	31.5	14.4	33.1
1984	13.7	25.5	116.8	251.7	15.8	29.5	15.2	32.7
1985	7.5	13.5	62.8	131.9	10.9	19.8	8.4	17.6
1986	15.4	26.9	130.0	261.2	15.0	26.3	12.9	25.8
1987	5.6	11.6	48.2	116.7	9.1	18.7	5.8	14.1
1988	5.1	9.4	44.7	93.8	8.2	15.1	7.3	15.3
1989	3.4	7.9	29.3	80.7	5.5	13.0	4.4	12.2
1990	3.2	6.6	27.8	66.8	6.6	13.8	4.7	11.3
1991	2.1	4.8	18.8	48.7	6.5	14.4	4.6	11.8
平均	10.5	20.0	88.5	196.7	11.3	21.8	10.4	23.3
標準偏差	6.1	11.1	50.4	108.4	4.0	7.2	4.5	9.6

表 5-4-10 放流クロアワビの漁獲殻長下限（現行 90mm）の 95mm と 100mm に引き上げた場合の産卵
 個体数（3歳以上の雌）および産卵数の増加とそれらの増加率
 生残率は $s=0.7$ とした。

産卵年	雌増加個体数		産卵増加量		雌増加率		産卵量増加率	
	($\times 10^3$) 95mm	($\times 10^3$) 100mm	($\times 10^3$) 95mm	($\times 10^3$) 100mm	(%) 95mm	(%) 100mm	(%) 95mm	(%) 100mm
1983	1.2	1.5	10.6	13.9	3.8	8.3	8.3	10.9
1984	2.7	5.4	22.4	53.2	32.5	43.6	43.6	103.6
1985	1.2	2.2	9.8	20.8	10.4	21.1	21.1	44.7
1986	2.3	3.9	19.8	38.3	19.0	26.6	26.6	51.5
1987	1.7	3.1	14.3	29.8	13.9	14.8	14.8	30.8
1988	1.5	3.3	12.9	34.1	8.8	13.1	13.1	34.5
1989	3.7	6.3	32.3	61.7	14.5	26.3	26.3	50.3
1990	2.8	6.5	24.5	65.3	19.1	20.0	20.0	53.5
1991	1.7	3.2	14.6	32.2	12.6	14.1	14.1	31.0
1992	1.6	2.9	14.1	29.1	15.5	23.8	23.8	49.0
平均	2.0	3.8	17.5	37.8	15.0	28.7	21.2	46.0
標準偏差	0.8	1.7	7.1	17.0	7.7	16.4	9.9	24.1

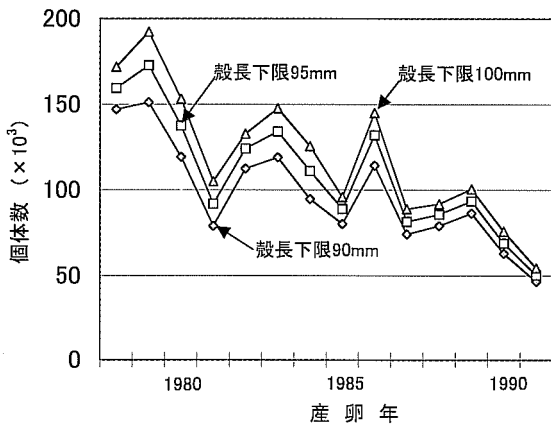


図 5-4-11 1978 から 1991 年における漁獲殻長下限の引き上げに伴う雌親個体数の変化。
 現行の漁獲殻長下限 90mm を 95mm, 100mm に引き上げた場合の個体数を示す。1983 年以降は放流具を含む。

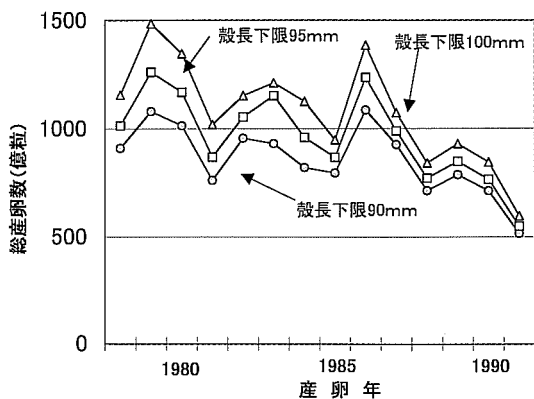


図 5-4-12 1978 から 1991 年における漁獲殻長下限の引き上げに伴う産卵量の変化。
 現行の漁獲殻長下限 90mm を 95mm, 100mm に引き上げた場合の産卵総数を示す。1983 年以降は放流具を含む。

ず漁獲率が高くなった。これらのことは、「あじろ」で効率的な漁獲を行う海士漁業の特性によると考えられ、1990～1999 年には「あじろ」におけるクロアワビ漁獲対象資源の密度低下が示唆される。

努力量は漁具・漁法の変化による影響を受ける。足ヒレの使用は、生息水深の浅いクロアワビ資源にはほとんど影響が認められなかったが、今回解析の対象とはしなかった生息水深の深いアカアワビ資源には大きな影響があったのかも知れない。ウエットスーツの着用は、未着用に比べクロアワビに対する漁獲能力が 1.8 倍強化されることが明らかになった。ウエットスーツは体温保持に優れ、同一操業時間内に潜水作業時間を長くする効果がある（複数の海士 私信）ためであろう。漁獲努力量の内容の変化がアワビ類資源に与えた影響の数値化は可能であり、漁獲努力量制限の際に留意する必要がある。

漁獲係数 F と補正努力量あるいは操業日数との関係は有意な相関を示した。漁獲係数と操業日数の関係はより相関が高く、阿部地先では操業 1 日当たり漁獲係数 F が 0.014 変化すると推定された。

乱獲の回避と次世代資源を考慮する %SPR（加入当たり産卵量）解析は、%SPR を現状の 20% から 40% にするには、現行の漁獲殻長下限 90mm を維持した場合、上述の操業日数と漁獲係数 F の関係から操業日数を大幅に短縮して 20 日前後とする必要性が示された。また、同じ産卵量の増加の効果は、漁獲開始年齢を現行の 2 歳 8 ヶ月から 1 歳引き上げる、あるいは漁獲殻長下限を 100mm とすることでほぼ達せられる。クロ

アワビの成長低下防止や再生産効率の解析結果から漁獲開始年齢の引き上げによる資源管理が妥当であることが明らかとなった。

これまで、アワビの %SPR としては *H. rubra* が 50% (Nash 1992), *H. laevigata* では乱獲の影響が個体群規模に応じて異なるので、個体群規模が大きければ 40%, 小さな場合には 50% (Shepherd *et al.* 2001a) などが資源量の維持に必要であると提唱されている。根付資源では 30 ~ 40% が妥当 (松宮 1996) とする考えもあるが、アワビ類は成長の場所間の差と加入量の変動が大きいと考えられることから大きめに設定される (Nash 1992, Shepherd *et al.* 2001a)。しかし、%SPR が 48% であった *H. rufescens* および 51% であった *H. corrugata* のいずれも資源の崩壊が生じた (Tegner *et al.* 1989)。%SPR 型解析では加入の不成功を生じる産卵量水準が示されないことが欠点であると指摘されている (McShane 1995)。%SPR 型解析は漁獲開始年齢 (漁獲殻長下限) や漁獲圧力に関する有意義な情報が得られるが、本解析だけで資源管理を行うには限界があることを示している。

1970 年代後半から 1980 年代の漁獲量を支えた 1975 ~ 1985 年級群の生涯漁獲個体数は 6 ~ 15 万個体で、20 トンの漁獲には各年級群の生涯漁獲個体数が 10 万個体以上となる必要性が示された。雌親の個体数および総産卵数と生涯漁獲個体数との関係から、各年級が 10 万個体漁獲されるには、11 万個体の雌親の個体数、および 927 億粒の総産卵数が資源管理の目標値となる。漁獲殻長下限を 100mm とすれば 1978 ~ 1986 年の雌親個体数は、1981 年 (10.5 万個体)、ならびに 1985 年 (9.6 万個体) を除くと 11 万個体以上になると推定された。1978 年以降は 10 万個体以下となっており、1991 年には 5.5 万個体に減少した。また、漁獲殻長下限を 100mm とした場合の総産卵数は、1978 ~ 1987 年にはすべての年で 927 億粒を超えると推定された。しかし、1988 年以降には、1989 年を除くと、漁獲殻長下限を 100mm に引き上げても 927 億粒以下で、特に 1991 年には 600 億粒と推定された。資源減少により漁獲殻長下限を引き上げても管理目標値に達しないことと、すでに漁獲殻長下限を 100 ~ 120mm としている千葉県や長崎県においても 1990 年代には漁獲量が著しく減少している (水産庁：漁業・養殖業生産統計年報) ことから、漁獲殻長下限の引き上げは必要条件であるが、十分条件を満たしていないことを示している。

成熟年齢に達した放流貝が、産卵群に占める個体数の割合は 1985 ~ 1988 年には 9 ~ 21%, 1989 ~ 1991 年には 23 ~ 30% に増加した。放流クロアワビの割合が増加することは天然貝の減少に起因し、本種の集団構造を解明することが必要なことを示している。Gaffiney *et al.* (1996) は、アカネアワビ *H. rufescens* の継代飼育の親貝から生産された種苗が遺伝的多様性を縮小させ、放流後の移動範囲など生態学的根拠に基づく近親交配の促進の要因となることを指摘した。エゾアワビの加入には、気候と海況条件によって地先型分散と広域型分散の 2 型とがあることが知られている (Sasaki & Shepherd 1995, 佐々木 2001)。また、エゾアワビの天然集団に近交係数の高い集団が存在すること (Fujino 1978a, 1978b, 藤尾ら 1986) は、海岸地形や海底形状が小集団形成に関与することを示していると考えられる。また、同所的に生息する *H. laevigata* と *H. rubra* は、前者が広域遺伝集団を形成するのに対し、後者は沿岸域に沿って多数の遺伝集団に分かれるので、それぞれ異なる資源管理方策が提案されている (Shepherd & Brown 1993)。生態学的に種間差が認められる南方系アワビの集団構造の解明は、放流技術の向上や資源集団の管理に必要な緊急性の高い課題である。

クロアワビの「あじろ」は、本種の漁獲の場である一方、再生産の場としても重要である。「あじろ」の親貝密度の低下は資源回復を阻害する要因となる。クロアワビの資源増加に最低限必要な「あじろ」における生息密度の閾値は明らかでない。他のアワビを参考にすれば、*H. laevigata* では 0.15 ~ 0.2 個体/m² 以下になると再生産による加入量が激減することが報告されている (Shepherd & Partington 1995)。また、流れの激しい岩礁域で放出されたアワビの精子は直ちに拡散するが、精子濃度が 1.5×10^4 /ml 以下では受精率が 50% 以下になる (菊池・浮 1974c)。*H. laevigata* の雌雄間の距離が 1.6 m 離れると受精率が 50% 以下に低下することが知られている (Babcock & Keesing 1999)。これらの報告を参照すると、阿部地先で 1989 年級群以降の再生産率の回復にもかかわらず資源回復が認められない原因として、「あじろ」における親貝の生息密度の低下が再生産能力を低下させている可能性を示唆している。

「あじろ」はクロアワビの再生産構造の基本単位と考えることができる。再生産能力の回復には、人為的に管理された「あじろ」として産卵保護のための禁漁区

の設定が望まれる。また、ここではクロアワビの成長や生残率、成熟過程など生物学的・生態学的な調査により資源変動をモニタリングすることが可能である。潜在資源の動態を明らかにし、「あじろ」保護区の規模と親貝密度を決める研究は今後の重要課題となろう。また、放流貝は資源補強、再生産補強、ならびに保護区の代替漁場の資源造成がその役割として可能である。

第5節 考 察

南方系アワビは、種によって主な生息水深を異にする分布構造が認められる。また、南方系アワビの分布様式は集中分布で（井上 1972a, 伏見・佐々木 1977）、それぞれ種が蝟集する場所を海士は「あじろ」と呼び、生息密度の高い場所から順次操業する（井上 1972a）。阿部地先のクロアワビは、主に水深 5m 以浅に分布する単価の最も高い種で、解禁当初に多く漁獲される。操業の平均水深が 5m に達するまでは漁獲の約 70% 以上を占め、平均が 5m 以深になるとアカアワビの比率が増加すると共にクロアワビも漁獲される。海士は標的種を決めて操業する（掘井 1998）が、資源豊度（小島・石橋 1985）や種による経済的価値の差（Matsumiya & Matsuishi 1989）が標的種の選択を左右する。

生活史を通して岩礁域の隙間を必要とするクロアワビは、漁獲不能な潜在資源（井上ら 1985）を含んでいると考えられる。クロアワビの CPUE は、漁期中に 5～6 日の休漁期間であれば休漁前のレベルに戻る程度であるが、11 日の休漁では休漁後の CPUE は明らかに高くなった。このことは漁期中にも潜在資源と顕在資源が相互に転換することを示唆する。このようなクロアワビの行動は CPUE による資源解析法の成立条件を満たさず、方形枠調査法も資源量を正しく反映しないことを示す。

本研究では、新たな資源解析法として年齢別漁獲個体数、年級群の生涯漁獲個体数にもとづく資源特性値について検討した。阿部漁協ではアワビの漁業管理、販売管理が厳しく行われ、単価が高いクロアワビは自家消費がほとんどなく、種苗放流などクロアワビの増殖が積極的におこなわれている（小島・山中 1983, 小島 1985）。そのため漁獲統計資料の信頼性は高い。

クロアワビは殻色から天然貝と放流貝の識別、年輪法による年齢、過去の満年齢時殻長を知ることができる。そこで日別漁獲個体数を、解禁後操業水深の平均値が 5m に達するまでとそれ以降の 2 期に分け、各期

の漁獲個体数と天然貝あるいは放流貝の年齢別漁獲個体数の比率の積を年齢別漁獲個体数とした。生涯漁獲個体数は、潜在資源と顕在資源が相互に転換すること、各年級の 8⁺歳以上の漁獲個体数が著しく少ないので 7⁺歳の潜在資源は無視できること、により潜在資源を考慮した数値である。同時に年級毎の年齢別殻長組成を推定した。また、生残率を 0.7～0.8 とした年齢別の復元殻長組成から漁獲率、年齢別の利用度を推定した。

Prince (1992) は、*H. rubra* が CPUE を用いる資源解析法では、「あじろ」で効率的に漁獲するので漁獲効率 q を過大推定することとなり、資源量が過小推定されるので漁獲率は過大となることを示した。本研究の新たな資源解析法では天然貝の漁獲率は、生残率 0.7 で 50～66%、生残率 0.8 で 51～70% となり、同じ地先での CPUE に基づく DeLury 型解析法による漁獲率 86～94%（小島・石橋 1985）に比べ、明らかに小さくなった。放流貝の漁獲率は生残率 0.7 で 58～84%、生残率 0.8 で 59～87% であった。放流貝の主な放流水深は約 1m で、大半が浅い水域に生息するので、浅い水域での本種に対する漁獲圧が高いことを示している。天然貝の利用度は、生残率 0.7 で 2⁺歳 15～49%、3⁺歳 86～98%、4⁺歳 97～100%、生残率 0.8 で 2⁺歳 22～55%、3⁺歳 89～98%、4⁺歳で 98～100% と推定された。放流貝の利用度は、生残率 0.7 で 2⁺歳 8～44%、3⁺歳 64～88%、4⁺歳 97～100%、生残率 0.8 で 2⁺歳 9～48%、3⁺歳 67～94%、4⁺歳 97～100% であった。2⁺歳の利用度が年級群により大きく異なることは、年級群による殻長組成の差が大きいことを示している。放流貝の成長は、天然貝に比べて遅く、放流年により大きく異なることが示唆される。天然貝では 3⁺歳でほぼ漁獲殻長下限を超えると推定された。

クロアワビの親子関係は、潜在資源が存在するため解析が困難であったが、生涯漁獲個体数を用いることで解析できることが本研究によって明らかにされた。すなわち、ある年の 3 歳以上の個体数を親とし、その年級群の生涯漁獲個体数を子世代の指数とした。親子関係は、基本的に密度依存の関係が認められ、子世代が 10 万個体漁獲されるには親世代の個体数が 22 万個体以上必要であると推定された。子世代の指数を親の個体数で割った値、すなわち 1 個体の親から期待される子世代の漁獲個体数を示す再生産効率の平均値が 0.42 ± 0.21 であった。資源維持には親が 2 回以上産卵機会を持つことが必要条件であるので、現在の漁獲開

始年齢（2歳8ヶ月）を少なくとも1歳引き上げることが必要であると判断された。

1981年および1983年の再生産効率は0.7を越えたが、1988年には0.15と著しく低下した。再生産効率が高い年は11月（産卵期）から翌年3月までの水温が低く、再生産効率が低い年は同じ期間の水温が高かった。積算水温と子世代の指数の関係は11～12月および2～3月には有意な逆相関が認められたことから、1990年代の資源減少は1988年の環境変動による再生産効率の低下が契機となったと判断された。この年級群が産卵主群および漁獲主群となる1991～1993年の個体数は激減している。また、漁獲が行われる「あじろ」における個体数の減少は、再生産効率の上昇にもかかわらず、再生産能力を低下させるので、資源回復を阻害した原因であると判断される。

放流貝の回収率（生涯漁獲個体数）が6～50%と年変動が大きかったことは、放流サイズと生残率の関係以外の要因が関与していることを示唆した。放流貝の回収率は天然貝の生涯漁獲個体数と比例関係が認められるので、放流後にも天然個体群と共通の要因によって変動すると考えられる。死亡率の年変動要因の一つに捕食圧の高いマダコが関わっていると考えられたが、天然貝に比べ放流貝の被害が大きいと推定された。回収率が変動すると、種苗放流による単純な計画生産が困難である。放流貝の生残率の年変動とその要因の解明は、天然貝と同時に研究する必要があることが指摘された。

クローワビの漁獲率は1978～1989年には補正漁獲努力量と比例関係が認められたが、1990～1994年には努力量の減少にもかかわらず高かった。資源量が減少した場合、「あじろ」に蟄集するクローワビを効率的に漁獲する海土漁業の特性が強くなり、努力量を多少減らしても資源を確実に減少させることが明確となった。足ヒレの使用は生息水深が浅いクローワビ資源への影響は少なかったが、ウエットスーツの着用は漁獲効率を1.8倍に増加させ、漁具や副漁具の変化がアワビ資源に大きく影響することを明らかにした。また、漁獲係数Fは補正漁獲努力量および操業日数のいずれとも有意な相関が認められ、阿部地先では操業日数について、1日の操業で漁獲係数Fがほぼ0.014変化すると推定された。

乱獲を回避し、次世代の資源確保を図る目的でSPR（加入当たり産卵量）に基づく%SPR解析を行い、現

在の%SPRが20%程であることが示された。%SPRを40%にするには、現行の漁獲殻長下限（90mm）をそのままとすれば、操業日数を約20日に短縮するか、漁獲開始年齢を1歳引き上げ3.8歳、あるいは殻長下限で示すと100mmにする必要があると判断された。再生産効率からも殻長を100mmにすることが適切であると判断された。

1979～1990年の漁獲量は14～25トン（平均、19.1±3.6トン）で、あった。この期間に漁獲の中心年齢である3+歳を構成した1975～1986年級群の生涯漁獲量は、72～161（平均、114±37）×10³個体であった。1991～1999年の漁獲量は8～11トン（平均、9.1±1.2トン）で、3+歳を構成した1987～1991年級の生涯漁獲個体数は37～62（51±10）×10³個体であった。資源量から判断して、1980年代の漁獲量に回復させることは、生涯漁獲個体数を100×10³個体以上に保つことが年級群の管理目標値であると判断された。

1978～1991年の3歳以上の雌個体数は15万個体から5万個体へ減少した。放流雌貝は1985～1991年に1～3万個体で、1985～1988年には雌親貝の11～20%の割合であったが、1989～1991年には24～30%を占めた。天然貝の総産卵数は1978～1987年には750～1,080億粒、1989～1991年には660億粒以下に減少し、1991年の推定値は410億粒であった。放流貝の総産卵数は1985年以降増加し、1989～1991年には約100億粒に至り、この間には総産卵数の14～20%に達すると推定された。総産卵数と生涯漁獲個体数との関係から、総産卵数が927億粒で生涯漁獲個体数が10万個体に達することが示された。また、産卵量が1億粒で平均的に127個体の漁獲量が期待されると考えられた。産卵親貝個体数と総産卵数との関係から、親貝（3歳以上）が22万個体（雌11万個体）で約927億粒を産卵すると推定された。

漁獲殻長下限を100mmとすれば、1978～1987年には、毎年総産卵数が927億粒を越えていたと推定された。1988～1991年には漁獲殻長下限を100mmに上げたとしても、1989年（929億粒）を除いて、目標値以下であったと推定された。特に、1991年には600億粒に過ぎず、漁獲殻長下限の引き上げだけでは資源回復は不十分であると判断された。また、1990年代における南方系アワビ資源量の全国的な減少は、クローワビの漁獲殻長下限が100～120mmである県においても同様に認められているので、漁獲殻長下限の引き上げ

だけの対応では不十分である。1990年代におけるクロアワビ資源の減少は、環境変動を原因とする再生産効率の著しい低下を引き金とし、親貝密度の低下が資源増加の阻害要因であると判断された。

クロアワビの再生産構造の基本単位である「あじろ」は、浜から岬への移行部の転石域に形成される。人工種苗の再生産補強効果が認められるので、繁殖保護を目的とする禁漁区を設定し、計画的に放流する人為的

に管理された「あじろ」を整備することも資源回復に有効な手段と考えられる。「あじろ」における親貝の密度や面積、地先の遺伝集団の解析と多様性の保全、放流貝の遺伝的多様性の確保などが今後の研究課題である。また、こうした繁殖保護区において自然死亡や成熟状態などクロアワビ資源のモニタリングを行う必要があるだろう。