

クロアワビの適正漁獲について

The estimation of optimum catch of Japanese Black
Abalone (*Nordotis discus discus* (REEVE)).

清水利厚

Toshiatsu SIMIZU

The population dynamics of the Japanese Black Abalone supporting shellfish the collecting fishery ("Ama" fishery) in Pacific coast of middle Japan (Chikura-machi, Chiba-ken) were analyzed using the catch statistics and fishing effort of the whole from 1966 to 1978.

Population parameters were estimated according to the mathematical models.

The results were;

Annual Recruitment (R) = 25302kg,

Catchability coefficient (q) = 0.0003967/day.

The optimum catch was estimated as 4kg/man/day.

はじめに

アワビは外海岩礁地帯の漁獲対象生物として古くから重要な位置を占め、その増殖研究の歴史も古い。近年では人工種苗生産技術が長足の進歩をとげた。しかしこれらの研究は生物学的側面に重点がおかれ、アワビ資源の動態に関する知見は乏しい。その原因の第一は漁獲統計の不備にある。すなわち現在それらについて得られるものは毎年の漁獲量ぐらいのもので、努力量はたいてい不明である。漁獲量は資源の大きさの一つの目安を与えるが、漁獲の強さによって大きく変わり得るからあまりよい目安とならない。漁獲の強さは漁獲努力量によって与えられ、漁獲量を努力量で除した値、すなわち努力当り漁獲量(CPUE)はかなり良い

資源量の目安となると考えられる。

千葉県安房郡千倉町七浦漁業協同組合*では、1966年(昭和41年)以降の水揚伝票が保存されているので、この資料をもとにしてアワビ類漁獲量の永年変動を示し、クロアワビに関する資源特性値を推定し適正漁獲量を検討した。

方 法

七浦漁業協同組合の個人別「鮑水揚伝票」から毎年のアワビ類漁獲量および延出漁人数を集計した。この漁業組合では白間津と大川の2部落がそれぞれの地先を独立に漁場行使しているが、それらを合計してある。また毎年1回以上禁漁区を解禁するが、この時の漁獲量と出漁人数も合算した。この漁獲量を延出漁人数で

* 昭和54年より千倉町南部漁業協同組合

除してCPUEとした。

クロアワビの年ねんの加入量と漁獲能率を求めるため次のモデルを考えた。すなわち資源が定常状態にあるとき、漁獲量を Y_T とし漁獲努力量を X_T とすると、CPUEの逆数すなわち X_T/Y_T と努力量 X_T との間に次の関係が成り立つ。¹¹

$$\frac{X_T}{Y_T} = \frac{M}{q} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{R} X_T \dots (1)$$

ここに、 R は加入量で M は自然死亡係数、 q は漁獲能率である。

X_T と X_T/Y_T の回帰係数から R と M/q が推定される。

次に $M=0.2899$ ($S=0.7\sim 0.8^2$)の平均)を与えて q の第一次近似値を推定し全減少係数 $Z_T (=qX_T + M)$ を計算する。続いて平衡漁獲量 \bar{Y}_T と実際の漁獲量 Y_T の比を

$$\frac{\bar{Y}_T}{Y_T} = \frac{1}{(1 - e^{-Z})(1 + e^{-Z} + e^{-2Z} + e^{-3Z} + \dots)}$$

から求め、これを補正項として年ねんの漁獲量 Y_T に乗じて \bar{Y}_T の第一次近似値を求める。そして \bar{Y}_T の第一次近似値と X_T との回帰関係から R と M/q の第二次近似値を求める。以下これと同様の手順をくり返して第 n 次近似値と第 $(n+1)$ 次近似値との差がほとんどなくなるところで計算をやめ、 R と q の推定値とした³⁾。

さらに資源量と適正漁獲について、 q と M 、 X_T とから年ねんの漁獲率 f を

$$f = \frac{Y_T}{P_0} = q X_T \frac{1 - e^{-Z}}{Z} \dots (2)$$

として求めて⁴⁾年ねんの漁獲量を除いて資源量 P_0 を求めた。 n 年の初期資源量を P_n として $P_{n+1} - P_n$ と Y_n の和を自然増加量として求め⁵⁾努力当り漁獲量との関係を $x-y$ 平面上にプロットしてシグモイド曲線理論⁶⁾により適正漁獲を検討した。

結 果

漁獲量と努力量、CPUEの経年変化

七浦漁業協同組合では例年アワビ漁期を4月15日から8月31日までの4.5ヵ月間と定めている。漁は裸あまによる潜水漁法によって極く沿岸域で行われるため、操業は気海象に左右され易く、風浪やうねりの発生、透明度の低下等によって出漁不能となる。裸体であるため水温の低い漁期始めには体温保持回復のため暖をとる回数が増え、盛漁期である夏と比較して1日の操業回数が $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{4}$ であるという。年間の出漁日数は表1に示すように85~113日、平均96.2日である。

1966年以降のあまによるアワビ類漁獲量と漁獲努力量、クロアワビのCPUEを表2と図1に示す。

平均年間漁獲努力量は5009人日でアワビ類の平均漁獲量は33.5トンである。このうちクロアワビが70%を占めメカイアワビが25%でマダカアワビは5%に過ぎない。

クロアワビ漁獲量は1967年の28.1トンを最高に1978年では19.8トンである。メカイアワビも1967年に最高の11.8トンが漁獲され、1978年では5.7トンである。マダカアワビの漁獲量は1969年の3.4トンが最も多く、1978年にはわずかに0.6トンであった。漁獲量の変動係数はクロアワビが最も小さく13.0%でメカイアワビは24.5%でマダカアワビでは54.0%にもなる。全体的にはアワビ類の漁獲量は漸減傾向にあり、その間漁獲努力量もまた減少傾向を示していた。

クロアワビCPUEの変動のリズムはクロアワビ漁獲量のそれとよく一致している。一方クロアワビ漁獲量と努力量の間では努力量が増加している時は漁獲量が減少し、漁獲量が増加している時には努力量が減少するという傾向を示し両者の変動リズムは対称的である。

しかしクロアワビ漁獲量と努力量の間には相関が認められない($r=0.01$)。これは努力量を増やしても漁獲量の増えない年があること、または漁獲量の少ない年には努力量を増して補っていることを示している。メカイアワビとマダカアワビでは努力量が増えると漁獲

表1 アワビ漁出漁日数 (七浦漁協)

年 月	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	平均
4	11	11	10	9	8	12	11	12	11	11	10	10	5	10.1
5	20	22	18	24	19	24	25	20	24	24	20	24	18	21.7
6	16	25	26	27	15	20	15	22	18	23	18	17	18	20.0
7	22	25	18	28	24	18	17	25	22	21	20	26	21	22.1
8	23	23	18	25	23	19	21	24	20	22	25	20	23	22.0
9											4			0.3
年計	92	106	90	117	89	93	89	103	95	101	97	97	85	96.2

量も増大する傾向にあり,相関係数はそれぞれ $r=0.72$,
 $r=0.68$ であった。

表2 アワビ類漁獲量と漁獲努力量, CPUEの経年変化 (七浦漁業協同組合).

年	漁獲量 kg			漁獲努力量 (人日)	クロアワビ CPUE kg/人/日
	クロアワビ	メカイアワビ	マダカアワビ		
1966	23,350	11,607	1,581	5,187	4.69
1967	28,147	11,811	2,408	5,286	5.32
1968	25,051	11,200	2,762	—	—
1969	24,428	10,736	3,363	5,960	4.10
1970	23,599	9,119	1,833	5,798	4.07
1971	24,158	7,822	1,363	5,100	4.74
1972	27,065	8,333	1,034	4,648	5.82
1973	20,933	7,634	698	5,198	4.03
1974	16,733	9,111	1,169	5,361	3.12
1975	22,698	7,808	1,055	4,864	4.67
1976	25,828	6,340	908	4,635	5.57
1977	21,327	5,168	908	3,741	5.70
1978	19,184	5,731	595	4,325	4.44
平均	23,269	8,648	1,548	5,009	

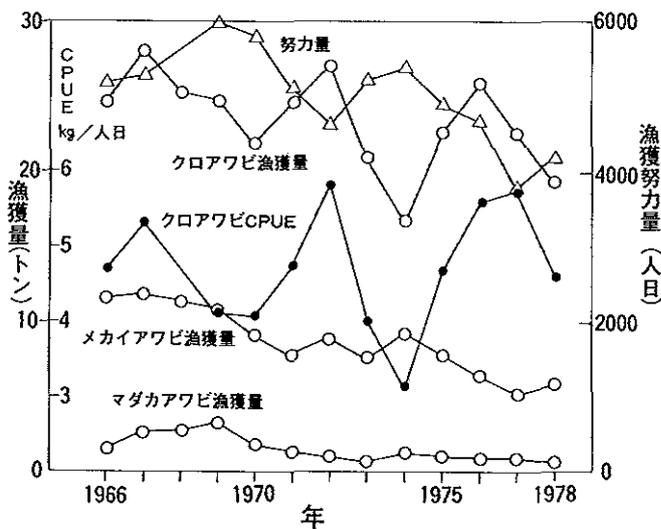


図1 アワビ漁獲量と漁獲努力量, CPUEの経年変化 (七浦地先)

資源解析

七浦地先の漁獲アワビのうち70%を占めるクロアワビについて以下解析する。

図2に漁獲努力量とCPUEの関係を示す。両者は相関があり($r=-0.62$),最小自乗法で回帰直線を求めると

$$\frac{Y_T}{X_T} = 8.764 - 0.8135X_T$$

となった。

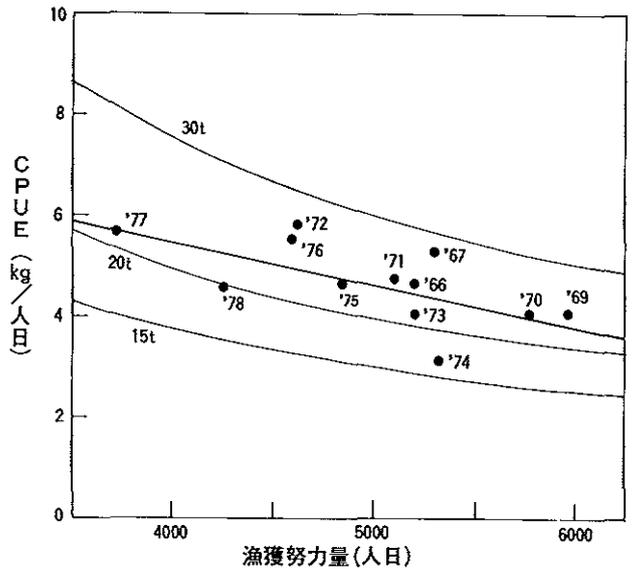


図2 クロアワビの漁獲努力量とCPUEの関係 (七浦地先, 図中の曲線は等漁獲線, 添字は西暦年)

漁獲努力量とCPUEの逆数との関係を図3に示す。回帰分析により相関係数($r=0.57$)は有意で,回帰式は

$$\frac{X_T}{Y_T} = 0.02733 + 0.03839X_T$$

となる。

(1)式により

$$R = 26052$$

$$\frac{M}{q} = 712.0$$

と求まる。

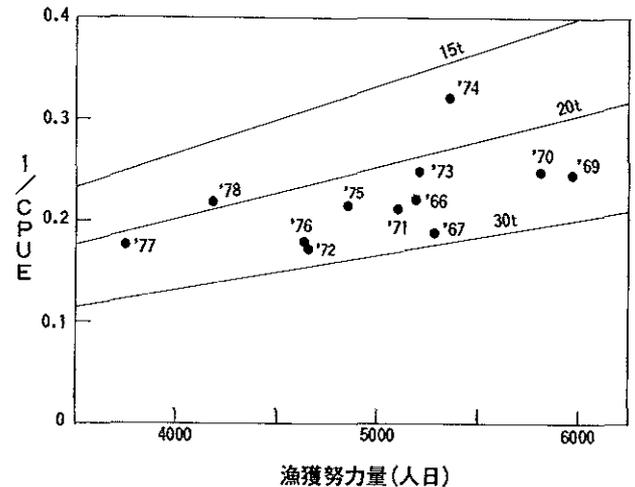


図3 クロアワビの漁獲努力量とCPUEの逆数の関係 (七浦地先, 図中の直線は等漁獲線, 添字は西暦年)

続いて $M=0.2899$ を用いて反復計算を行った。表3に示すとおり4回の反復計算で推定値が収束した。

これから,年ねんの加入量 R は25,302kgであり,漁獲能率 q は 3.967×10^{-4} と推定される。

表3 クロアワビの資源特性値.
(七浦地先, 1966-1978.) $M=0.2899$

反覆計算 次数	R	M/q	q
1	26,052	712.0	$4,072 \times 10^{-4}$
2	25,479	766.0	$3,782 \times 10^{-4}$
3	25,302	730.8	$3,967 \times 10^{-4}$
4	25,302	730.8	$3,967 \times 10^{-4}$

上で求めた q と $M (=0.2899)$, X_T とから各年の漁獲率 f を(2)式により計算して資源量を推定した。結果を表4に示す。漁獲率は0.695から0.828の間で資源量は、20.8トンから35.5トンの間であった。

表4 クロアワビの資源量 P (kg) と漁獲率 f (七浦地先)。

年	P	f
1966	30,717	0.793
1967	35,282	0.738
1968	29,499	0.828
1970	28,729	0.821
1971	30,654	0.788
1972	35,527	0.762
1973	26,389	0.793
1974	20,877	0.802
1975	29,292	0.775
1976	33,940	0.761
1977	30,702	0.695
1978	35,848	0.742

ある年とその翌年の漁期初めの資源量をそれぞれ P_n , P_{n+1} とし、新たに資源に加入してくる量を A 、個体の成長による増重量を G 、自然死亡量を D 、漁獲量を Y とすると、

$$P_{n+1} - P_n = A + G - D - Y$$

と表わされる⁵⁾。これから自然増加量 (加入+成長-自然死亡) は年ねんの資源変化量と漁獲量の和といふことができるので、これを前年の単位努力当り漁獲量 (CPUE) に対比させたものが図4である。

今これに原点をとおる放物線をあてはめると、

$$y = -15.37x(x - 8.042)$$

となり図中の曲線となる。この曲線はCPUEが4kg位のところで自然増加量が最大になることを示している。すなわち、七浦地先のクロアワビ資源はCPUEを4kg程度に維持するように漁獲するとき最も自然増加量が大きくなり、この自然増加分だけを漁獲していれば最

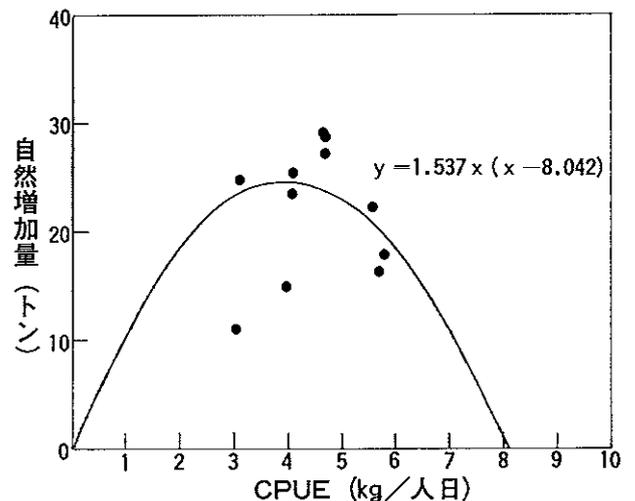


図4 クロアワビのCPUEと翌年までの自然増加量の関係 (七浦地先)

大の持続可能な漁獲量が期待できることになる。

考 察

1966年以来あまの人数に変化はない。したがって努力量の多い年は1人当りの出漁回数が多いことになる。このことはクロアワビ漁獲量の少ない年にはあま一人ひとりが努力量を増やして漁獲収入を確保していることを示そう。また一部の漁獲能力の高いあまがクロアワビ資源の少ない年にはメカイアワビやマダカアワビをねらって、クロアワビより水深の深い、したがってより高度の潜水能力を必要とする沖根漁場へ向うのではないだろうか。クロアワビでは努力量と漁獲量に相関がなく、メカイアワビとマダカアワビで相関があるのはその表われと考えられる。これはまた沖根の利用率が低いことも示している可能性がある。今後さらに検討しなくてはならない。

今回求めた資源量と漁獲能率をDe Lury法で推定した値⁷⁾と比較すると表5のとおりとなる。漁獲能率 q はほぼ等しい値を示した。資源量はDe Lury法での値が小さくその比は1977年、1978年とも0.81である。本報告では毎年一定量の加入が漁期初めにありと仮定した。De Lury法では漁期中に加入も自然死亡もないと仮定している。しかしクロアワビは漁期と成長期が重なり、成長⁸⁾に伴ない連続的に加入があると考えられる。またアワビは漁獲された後石の下や岩の割れ目などから漁獲対象外の資源が移動して加入がおこる⁹⁾。加入が無視できないとDe Lury法では過大推定されるので補正が必要となる。漁獲能率 q は漁期中気象など自然条件の変化により漁獲の成功率が変わることによって変化するし、漁期初めと盛漁期とで1日当りで

表わされた努力量が質的变化することによっても変化する。漁獲能率が変化するとDe Lury法では過小推定となる¹⁰⁾。

表5 クロアワビの資源量 P (kg)と漁獲能率 q の比較(七浦地先)。

年	De Lury法 ⁷⁾		本報告	
	P	q	P	q
1977	24,760	3.796×10^{-4}	30,702	3.967×10^{-4}
1978	21,050	3.111×10^{-4}	25,848	3.967×10^{-4}

自然増加は加入、成長、死亡の3要素を含んでおりそれぞれの要素の変化を考えると全体を一括として取り扱うことには無理が生じる。例えば加入量を考えてその年の資源量よりむしろ加入群の生れた年の資源量に依存するとするならば、3~5才で漁獲対象の12cm以上⁸⁾となるクロアワビの加入量は生まれ年に対比されるべきである。経年的には大型アワビが少なくなって年齢組成が変化していると思われるが、同一資源量でも年齢組成が著しく異なる場合には自然増加量は異なってくる。¹¹⁾ 加入が年ねん一定であるものとしたが、浮游幼生量に変動がある¹²⁾ように、浮游幼生量の変動ほどではないにせよ加入量も変動するものと考えた方がより現実的かも知れない。

1975年以降CPUEは4kgを超えている。今後も同じ状態が継続すると加入量の減少から資源量の減少を招くことになると考えられる。このことはさらに追跡、検討が必要である。また、アワビは地先ごとあるいは浦ごとに成長や産卵時期が異なるなど生物学的特性や資源特性値が異なることが知られている。したがって各地先でそれぞれ適正漁獲の値は異なっていると予想され、ここで得られた結果を他地区に直接適用することはできない。さらに上記のようなクロアワビに関する資源特性値の推定と適正漁獲の検討に際しての諸種の問題も残されている。本報告は資源解析の第一段階であり今後他地区についても検討し、より精密な解析を進める必要がある。

要 約

1966年から1978年までの千葉県千倉町・七浦漁業協同組合の個人別「鮑水揚伝票」を資料としてクロアワビに関する資源特性値を推定し適正漁獲を検討した。

漁獲努力量とCPUEの逆数との関係から加入量 R は25,302kg、漁獲能率 q は 3.967×10^{-4} と推定された。これらの値を基にして資源量を推定し年ねんの自然増加

量を求めて前年のCPUEに対比させて適正漁獲(自然増加量が最大になる漁獲)をCPUEで4kgと推定した。ただし地先によるアワビ資源の特性の多様さから、この結果を他地先に直接適用することはできない。

文 献

- 1) 土井長之(1962):カムチャッカ西海岸のタラバガニの資源診断. 東海区水産研究所研究報告 33. 11-19.
- 2) 都道府県水産試験場磯根調査研究グループ(1972): 磯根資源とその増殖—アワビ. 水産増養殖叢書 24 日本水産資源保護協会 東京 1~108.
- 3) 須田 明(1970): 主として漁獲努力量・資源量のデータを用いて近似的にポピュレーションのパラメーターを推定する方法. 遠洋水産研究所研究報告 3. 1~14.
- 4) 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.
- 5) Russel, E(1931): Some theoretical considerations on the "over fishing" problem. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 6 (1) 3~20.
- 6) Schaefer, M. B(1957): A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Int. Amer. trop. tuna Comm.* 11 (6) 246-285.
- 7) 石田 修(1980): クロアワビのストック量. 昭和52・53年度大規模増殖場開発事業調査結果報告書(安房地区: クロアワビ). 68-69.
- 8) 田中邦三・田中種雄(1979): 千葉県沿岸のクロアワビの年齢と成長について. 昭和54年度日本水産学会春季大会講演要旨.
- 9) 井上正昭(1972): 漁獲によって減少したアワビ資源の回復について. 水産増殖 20 (3) 161~171.
- 10) Baraaten, D. O(1969): Robsters of the De Lury Population estimator. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 26 339-355.
- 11) Tanaka, S(1957): Relation between Baranov's Mathematical Model and Sigmoid Curve. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 23 (1) 12~17.
- 12) 田中邦三・田中種雄・石田 修(1980): 千葉県沿岸のクロアワビ稚貝場の流況と稚貝沈着. 昭和52・53年度大規模増殖場開発事業調査結果報告書(安房地区: クロアワビ) 33-44.