

# 宮津市養老地区潜水漁法におけるクロアワビの資源管理

篠原義昭

Fisheries management of diving fishing for disk abalone *Haliotis discus discus* stock in Yoro, Miyazu city, Kyoto Prefecture

Yoshiaki Shinohara

The initial stock abundance and catch rate of the disk abalone *Haliotis discus discus* of Yoro, Miyazu City, Kyoto Prefecture were estimated using the DeLury method for stock assessment during the 2018 open season of diving fishing. In addition, a fisheries management method based on value per recruit (VPR) and the percent spawning per recruit (% SPR) analysis was assessed. The initial population was estimated to be 2,660–3,100 individuals, and the catch rate was calculated to be 0.73–0.85. When the shell length restriction changed from 100 mm, which is the present restriction, to 135.3–142.8 mm, it was estimated that the VPR was maximized and 1.45–1.56 times higher than the present. Additionally, % SPR changed from 12.3–12.8% to 41.9–59.4%, increasing beyond the overfishing level.

キーワード: クロアワビ, 潜水漁法, 資源管理

京都府沿岸でのクロアワビ (*Haliotis discus discus*) 漁業は、船上からの水視 (見突き) 漁法を主体としながらも、近年では素潜りによる潜水漁法が増加傾向にある。これは、漁獲量の増加を目的にしたものであるが、潜水漁法の単位操業時間あたりの漁獲効率は水視漁法に比べて非常に高いと指摘されており (篠原, 2018)、適切な漁獲管理がなされていない場合には、若齢個体を中心とした不合理な漁獲や資源状態の悪化を引き起こす恐れがある。したがって、アワビ資源を持続的に利用するためには、潜水漁法によるアワビ漁獲の実態を把握し、科学的根拠に基づく適切な管理手法を実施することが重要である。

丹後半島東岸に位置する京都府宮津市養老地区 (Fig.1) は、南北に約 7 km の海岸を有し、同海域の天然および人工の転石帯でのクロアワビの漁獲が盛んである。同地区では、2006 年から漁期 (7-8 月) を限定して潜水漁法が導入された。その結果、京都府漁業協同組合統計資料によれば導入以前には 100-300 kg 程度であった年間の漁獲量が導入後には 600-1,000 kg に急増し (Fig.2)、クロアワビ資源への過剰な漁獲圧が懸念されている。

そこで本研究では、養老地区のクロアワビに対する潜水漁をモデルとし、DeLury 法による資源評価を行うとともに、VPR (Noranartragoon et al., 2011) および %SPR (松宮, 1996) の解析結果から、適切な管理手法について分析を行った。

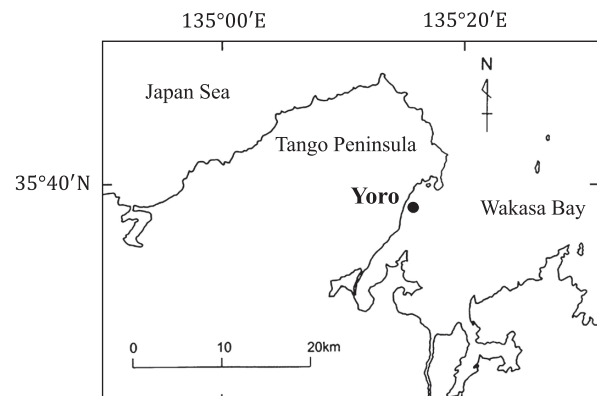


Fig. 1 Map of Yoro (●) where disk abalones *Haliotis discus discus* are caught by dive fishers.

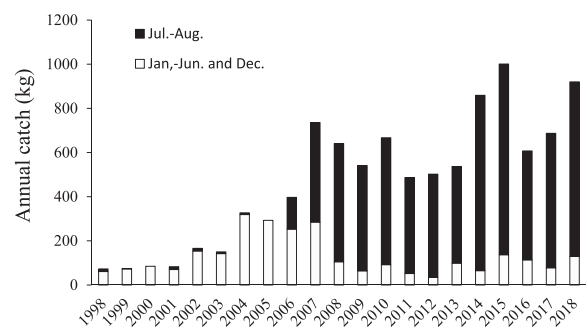
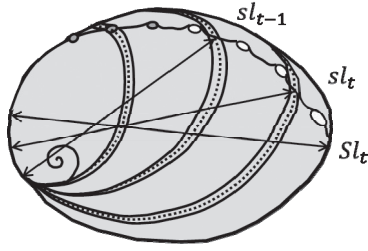


Fig. 2 Transition of annual catch of abalone at Yoro. Black bars represent extracted catch from July to August, which is the period that diving fishing is allowed. From 2006 when diving fishing was first allowed, annual catch increased suddenly.



**Fig. 3** The shell of disk abalone *Haliotis discus discus* showing axes of measurement.  $Sl_t$  indicates the shell length of  $t$ -year-old abalone, and  $sl_t$  denotes ring formation length of  $t$ -year-old abalone.

## 材料と方法

### 資源量、漁獲率および成長式の推定

京都府宮津市養老地区における 2018 年の潜水漁業は、7 月 1 日から 8 月 12 日の期間に行われた。同地区の全ての潜水漁業者に、パンチングによるクロアワビの日別の漁獲個体数と各個体の殻長の記録を依頼した。漁期は 1 ヶ月半と短いことから、漁期中のクロアワビの自然死亡、逸散や加入は非常に少ないと考えられる。そこで、2 人以上が操業した日の 1 人 1 日あたりの漁獲個数とその日までの累積漁獲個数の関係から、DeLury 法第 1 の方法に従って、初期資源量を推定し、総漁獲個数から漁獲率  $E$  を推定した。なお、同海域では主に冬期の水視漁法によってもクロアワビが漁獲されているが、その漁獲量は全体の 1 割程度と非常に少ないため (Fig.2)、本研究では水視漁法による漁獲の影響は無視して分析を行った。

VPR および %SPR による解析に必要な Age Length Key (以下、ALK) を作成するため、2018 年 7 月 2 日から 8 月 10 日に当海域で漁獲されたクロアワビ 43 個体を購入し、殻長 ( $Sl$ ) をノギスにより mm 単位で測定するとともに、それぞれの個体について年齢査定を行った。なお、年齢は殻に形成される輪紋数から判別し、輪紋の判読は久門ら (2011) に従い、軟体部を除去したのち、藤本 (1967) の方法により、付着物を除去した貝殻に電球の光を透過させて行った。

当海域におけるクロアワビの成長については、久門ら (2011) が von Bertalanffy 式を用いて報告している。しかし、von Bertalanffy 式はアワビ類への当てはまりが悪く (野中ら, 1969; 藤井ら, 1970; 藤田・女供, 1970; 鐵ら, 1974; 田中・田中, 1980; 松石, 1995)、松石ら (1995) は、von Bertalanffy 式よりも、S 字カーブ型のロジスティック式や Gompertz 式のほうがより当てはまるとした。そこで本研究では ALK 作成に用いた 43 個体のクロアワビを用いて、成長

式の推定を行った。小島 (1976) の方法により、螺頂部側の貝殻周辺部から各輪紋の中心線までの長さ ( $sl_t - sl_{t-1}$ ) を測定した (Fig.3)。当海域のクロアワビについては、産卵盛期が 11 月であること、輪紋は 9 月から形成されはじめ、翌年の 1 月頃までには形成が終了することが明らかとなっている (久門, 2012)。すなわち、輪紋の中心線の形成時期が産卵盛期と概ね一致し、は  $t + 0$  ヶ月歳時の殻長となる。成長式の推定には von Bertalanffy 式 (1) と、ロジスティック式 (2) および Gompertz 式 (3) の 3 式を用いた。それぞれの式を以下に示した。

$$Sl_t = Sl_{\infty}[1 - e^{-k(t-c)}] \quad (1)$$

$$Sl_t = \frac{Sl_{\infty}}{1 + e^{-k(t-c)}} \quad (2)$$

$$Sl_t = Sl_{\infty} \exp[-e^{-k(t-c)}] \quad (3)$$

なお、 $Sl_{\infty}$  は理論上の最大殻長、 $k$  は成長速度、 $c$  は成長の開始時点を表すパラメータである。各パラメータは、Microsoft Excel のソルバーを用いて、最小二乗法により探索した。最適な成長式は AIC (Akaike, 1973) により選択した。

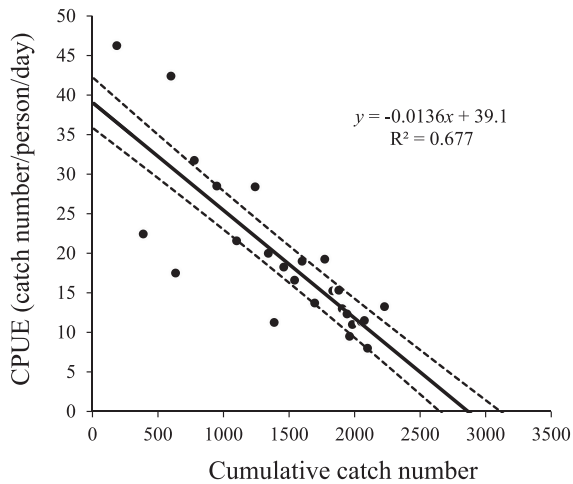
年齢別の漁獲加入率については、久門 (2011) の結果から、漁獲開始年齢である可能性が高い 3 歳および 4 歳を対象とした。今回調べた個体の殻長は全て京都府の調整規則により規定される制限殻長の 100 mm 以上であるため、実際の殻長組成は不明である。そこで、漁期中における両年齢群の平均殻長と分散から正規分布を仮定することにより、両年齢群中で殻長 100 mm 以上の個体が占める割合をそれぞれ求めた。それぞれの年齢群の平均殻長には、本研究で求めた成長式を用いた。 $t$  には、両年齢それぞれに 8.5 ヶ月分にあたる 0.7 を加算した値を用いた。分散については、3 歳貝では  $sl_3$ 、4 歳貝では  $sl_4$  の分散値を用いた。

### VPR, %SPR 解析

VPR は次式により表すことができる。

$$VPR = \frac{1}{N_t} \sum_{t=1}^{\lambda} W_t C_t P_t \quad (4)$$

ここで  $W_t$  は  $t$  歳の個体重量 [g] である。久門 (2011) に従って  $W_t$  と殻長  $Sl_t$  の関係を (5) 式で表した。殻長は本研究で求めた成長式から算出した。 $C_t$  は年齢別の漁獲個体数であり (6) 式で、 $P_t$  は年齢別の単価 [円/g] であり、単価と殻長の関係式は篠原ら (2018) により (7) 式で表すことができる。また、 $N_t$  は  $t$  歳の資源個体数であり、(8) 式で表わされる。本研究では 1 歳の資源量として 1 を与えた。



**Fig. 4** The relationship between cumulative catch number and CPUE (catch number/person/day). Solid line is regression line, and broken lines are 95% confidence intervals of regression line.

$$W_t = 7.69 \times 10^{-5} S_{l_t}^{3.10} \quad (5)$$

$$C_t = N_t Q_t \frac{F}{F+M} (1 - e^{-F-M}) \quad (6)$$

$$P_t = 6.22 \times 10^3 \text{LN}(S_{l_t}) - 2.31 \times 10^4 \quad (7)$$

$$N_t = \frac{N_{t-1}}{e^{F+M}} \quad (8)$$

なお、 $Q_t$  は本研究で求めた  $t$  歳の漁獲加入率である。自然死亡係数  $M$  には 0.20 を便宜的に用いた。自然死亡係数は正確な値が得られにくいパラメータの 1 つされており、考察で与えた係数の妥当性について検討する。 $F$  は漁獲係数であり、前述の資源量推定から得られた漁獲率  $E$  を、 $M=0.20$  のもと、漁獲係数に変換した値を用いた。

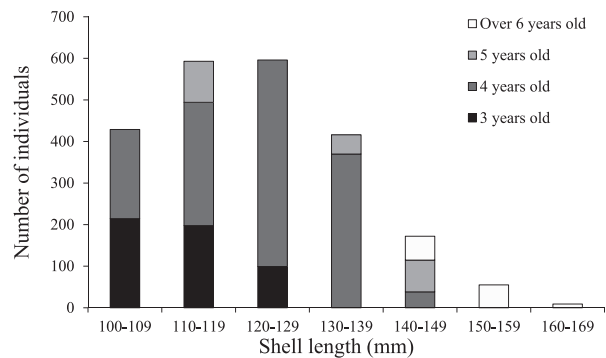
SPR とは、一定の加入量が与えられたとき、任意の漁獲開始年齢および漁獲係数のもとで、その年級から一生を通して産まれる卵の総数である。また %SPR とは、漁獲がないとき ( $F=0$ ) に得られる最大の SPR 値に対する SPR の割合 [%] であり、経験的に %SPR が 30-40 を上回れば、再生産関係が持続的であると判断することができる。SPR の算出にはクロアワビの年齢と産卵数の関係を求める必要がある。クロアワビにおいては体重と生殖腺重量は比例することから (清水, 2000), SPR の値は (5), (8) および (9) 式で表わすことができる。

$$\text{SPR} = \sum_{t=t_m}^{\lambda} N_t \times W_t \quad (9)$$

ここで  $t_m$  は成熟年齢である。京都府におけるクロアワビの生物学的最小形は調査されていないが、そ

**Table 1** The age – length key for the disk abalone *Haliotis discus discus* from July to August 2018 along the shore of Yoro.

Range of shell length (mm)	Number of samples	Age (years)							
		3	4	5	6	7	8	9	10+
100–109	7	57.1	42.9						
110–119	6	33.3	50.0	16.7					
120–129	6	16.7	83.3						
130–139	9		88.9	11.1					
140–149	9		22.2	44.4	11.1	22.2			
150–159	5				20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
160–169	1								100.0



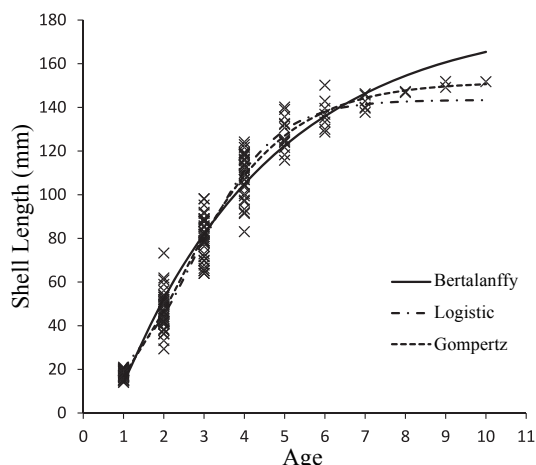
**Fig. 5** Shell length and age distributions of all disk abalones *Haliotis discus discus* caught at Yoro during the 2018 open season of diving fishing.

の殻長は、千葉県では雄 55 mm 雌 62 mm (千葉県, 1980), 淡路島では雄 60 mm 雌 68 mm (兵庫県, 1980), 徳島県で雄 51 mm 雌 54 mm (小島・湯浅, 1993), 長崎県で雄 47 mm 雌 48 mm (清本他, 2003) とされている。概ね 60 mm 程度になると成熟すると考えられるため、久門 (2011) に従って、成熟年齢は産卵期に殻長が 60 mm 以上に達する 3 歳とした。%SPR の解析においても、VPR と同様に  $M=0.20$ ,  $N_j=1$ ,  $\lambda=10$  とした。

## 結 果

### 資源量、漁獲率および成長式の推定

漁期中に計測された総個体数は 2,270 個体であった。2 人以上が操業した日の 1 人 1 日あたりの漁獲個数と、その日までの累積漁獲個数の関係を Fig.4 に示した。実線は回帰直線 ( $R^2=0.677, p<0.05$ ), 破線は回帰直線の 95% 信頼区間である。DeLury 法第 1 の方法に従って推定された初期資源量は 2,873 個体であり、信頼区間から推定される初期資源量の下限値と上限値は 2,660 個体と 3,100 個体であった。計測された個体数が 2,270 個体であったことから、漁獲率  $E$  は 0.79 (0.73-0.85) と推定された。



**Fig. 6** Cross marks show the relationship between ring formation length and age of ring pattern formation for 43 disk abalones *Haliotis discus discus* caught at Yoro from July to August 2018. Solid, dash-dot chain, and broken lines are regression lines (fitted by von Bertalanffy, logistic, and Gompertz growth functions, respectively, using least squares method).

計測された全てのクロアワビの殻長組成と、年齢査定によって作成したALKをTable1に、分解した年齢組成をFig.5に示した。3歳および4歳が全漁獲物の85%程度を占めた。

成長式として推定した3式をFig.6に、各式のパラメータおよびAICの値をTable2に示した。3式のうち、Gompertz式のAICの値が最も小さくなったことから、本研究では当海域のクロアワビの成長式にはGompertz式を用いることとする。

漁期における年齢別の漁獲加入率について述べる。Gompertz式による3.7歳の平均殻長は101.4mm、4.7歳の平均殻長は122.4mmであった。また $L_3$ の分散は13.6、 $L_4$ の分散は13.8であったことから、漁獲加入率は、3歳で0.56、4歳で0.95と推定された。これにより、以降4歳群以上の年級群は全て漁獲加入しているものとして、論述することとした。

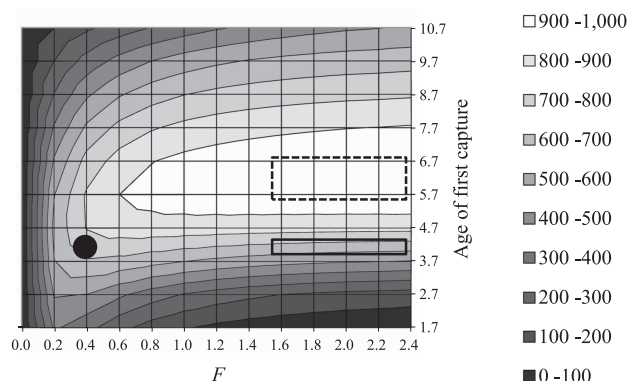
### VPR, %SPR 解析

DeLury法で求めた漁獲率 $E$ は0.73-0.85と推定された。自然死亡係数 $M=0.20$ の関係から、漁獲係数 $F$ は1.54-2.35となる。さらに3歳の漁獲加入率 $Q_3=0.56$ 、 $Q_{4-10}=1$ を与えることで現状のVPRは $F=1.54$ のとき673.1円、 $F=2.35$ のとき624.4円と推定された。

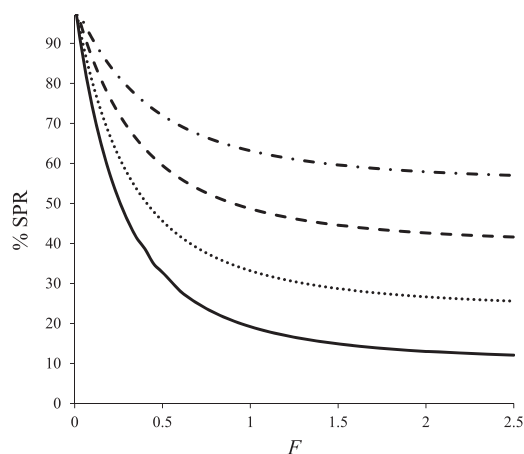
次に等漁獲金額曲線をFig.7に示した。現在の漁獲開始年齢は3-4歳の間にあるため、図中の実線の□印の範囲内が現状点にあたる。漁獲係数を現状の1.54-2.35に固定した場合、漁獲金額を最大化する漁

**Table 2** Estimated parameters of growth functions and AIC values fitted by von Bertalanffy, logistic, and Gompertz growth functions using least squares method.

Growth function	Parameters			AIC
	$Sl_{\infty}$	$k$	$c$	
Bertalanffy	181.5	0.2604	0.6916	1371
Logistic	143.4	1.005	2.779	1329
Gompertz	151.8	0.6471	2.254	1317



**Fig. 7** Isopleth diagram of value (catch amount) per recruit (VPR) by  $M$  (natural mortality coefficient) = 2.0. Solid-line square is the present situation where first capture shell length is 100 mm, and  $F$  (fishing mortality coefficient) is 1.54 – 2.35, estimated by DeLury method. Broken-line square is the most efficient point when  $F$  is fixed at 1.54 – 2.35. Solid circle is the most efficient point when the first capture shell length is fixed at 100 mm.



—  $SL < 100$  mm restriction      --- Age at first capture: 5 years old  
 ..... Age at first capture: 4 years old      - · - · - Age at first capture: 6 years old

**Fig. 8** Percent spawning per recruit curves (% SPR) of the disk abalone *Haliotis discus discus*. Dot, broken, and dash-dot chain lines show relationships between % SPR and  $F$  (fishery mortality coefficient) for the first capture at 4, 5, and 6 years old, respectively, and the 100-mm-shell-length restriction (solid line).

獲開始年齢は、図中の破線の□印にあたる5.7-6.7歳 (SL: 135.3-142.8 mm) の範囲内と推定された。この場合、VPRは980.8-999.3円に高まり、現状の1.45-1.56倍の漁獲金額が期待された。また制限殻長を100 mmに固定した場合、最大の漁獲金額となる $F$ は図中の●印の0.54であった。これは漁獲率に換算すると、現状の約半分である38%であり、期待される漁獲金額は751.4円で現状の1.12-1.20倍であった。

制限殻長を100 mmとした場合および漁獲開始年齢を4.7歳、5.7歳、6.7歳とした場合の任意の $F$ に対する%SPRをFig.8に示した。 $F$ が推定下限値の1.54のとき、制限殻長が100 mmおよび漁獲開始年齢が4.7歳の場合には、%SPRはそれぞれ12.8と28.5と30を下回り、乱獲状態にあることが示された。一方で漁獲開始年齢を5.7歳および6.7歳にすると%SPRはそれぞれ44.4と59.4となり、双方ともに資源を持続的に利用できる状態となった。また $F$ が推定上限値の2.35のとき、制限殻長が100 mmおよび漁獲開始年齢が4.7歳の場合には、%SPRはそれぞれ12.3と25.9と30を下回り、乱獲状態となった。漁獲開始年齢を5.7歳および6.7歳にすると%SPRはそれぞれ41.9と57.2となり持続的な状態となった。また、制限殻長が100 mmでVPRが最大となる $F$  (0.54) での%SPRは30.5となった。この値は漁獲開始年齢を高めた場合に比べて小さいが、30を上回り資源を持続的に利用できる範囲内となった。

## 考 察

DeLury法により推定された2018年漁期前の初期資源量は2,660-3,100個体、漁獲率は0.73-0.85と推定された (Fig.4)。DeLury法では資源量が過少推定 (漁獲率が過大推定) される危険性を持つことが指摘されている (清水, 1983; 能勢1988)。能勢 (1959) はDeLury法および標識放流法の2つの手法で東京湾北部のマハゼ (*Acanthogobius flavimanus*) の資源量を推定しており、DeLury法により推定された資源量の信頼上限値が標識放流法で推定された資源量に近い値となったことを報告している。このことから、資源量は概ね信頼上限値にあたる3,100個体で、漁獲率 (漁獲係数) は0.73 (1.54) 程度であったと考えている。また同海域のクロアワビの漁期前の初期資源量と漁獲率は2010年から2015年に継続して推定されており、それぞれ2,000-5,000個体および0.61-0.83の範囲であった (篠原, 2018)。清水 (2000) は、DeLury法を用いて千葉県のアワビ漁獲率を推定し、0.4-0.7の範囲内の地区が多いとしている。また小島ら (1978) は、徳島県阿部海域における約3ヶ月間の漁期での海士漁業の漁獲率を0.85-0.90と推定している。堀井ら (1991) は長崎県宇久島沿岸における潜水漁業の漁獲率に0.6を採用している。これ

らの報告からも本研究で推定された資源量や漁獲率は妥当な範囲内にあると考えられる。本研究では、VPRおよび%SPR解析に用いた自然死亡係数は0.20とした。漁獲物の年齢査定結果からは、当該海域のクロアワビの最高年齢は概ね10歳であり、仮に寿命を10歳とした場合には、田中・田内の方法から自然死亡係数は0.25が与えられる (田中, 1960)。ただし、クロアワビの寿命に関する報告はないものの、10歳以上であることは確かであることから、実際の自然死亡係数は0.25より小さいものと考えられる。また多くの文献では、アワビ類の自然死亡係数には0.20程度の値を与えている (堀井, 清水, 2012; 清水, 2000; 清水, 田中, 2001; 清水, 2009)。さらに完全加入する4-6歳の年齢組成の対数値と年齢 (Fig.6) との関係から得られる全減少係数 $Z(=F+M)$ は1.74であり、この値とDeLury法により推定された資源量の上限值で得られる漁獲係数 $F$ の1.54から算出される自然死亡係数 $M$ は0.19となる。これらの理由から本研究で与えた自然死亡係数は妥当であると結論づけた。

清水 (2000) は、千葉県のクロアワビ漁業のYPR解析から、最大の漁獲を与える漁獲開始殻長は120-140 mmと推定し、現状の制限殻長である120 mmが合理的であると結論づけている。福岡県大島海域においても最大の漁獲を与える制限殻長は122.5 mmであるとされている (井ノ口, 1990)。また徳島県阿部海域のクロアワビにおいても制限殻長を調整規則である90 mmから110 mmにすると漁獲量は1.6倍になることが試算されている (石橋, 小島, 1979)。さらに長崎県生月海域のクロアワビでも制限殻長は115-125 mmが望ましいとされている (堀井ら, 1991)。これらの報告はYPR解析により、最大の漁獲重量が得られる適正な漁獲開始年齢を明らかにしており、制限殻長を強化することで漁獲量が増加する点で本研究での解析結果と共通している。一方、本研究で最大の漁獲金額が得られる制限殻長は5.7-6.7歳にあたる135.3-142.8 mmの範囲内と示され (Fig.7)、他の報告に比べて大きい。これは、大型になるほど単価 [円/kg] が上昇するクロアワビで、VPR解析を実施したことによるものと考えられる。

最後に管理手法について検討する。本研究ではDeLury法による資源評価をもとにして、VPRおよび%SPRの解析により養老地区の潜水漁法における適切なクロアワビ資源管理方針について述べてきた。潜水漁法の高い漁獲率によって、加入直後の3-4歳貝が漁獲物のほとんどを占める一代採捕型に近い漁業となっており、%SPRが30を下回る過剰漁獲の状態にあることが示された。このような場合、仮に投石事業などによって地先の収容力を増強しても、再生産の悪化により加入量が少なくなれば、漁獲量が

急激に減少する事態に陥りかねない。したがって本研究で示したように、漁獲開始年齢すなわち制限殻長を引き上げる、あるいは漁獲率を減らす管理がクロアワビ漁業を持続的に行うためには必須となる。ただし、制限殻長はそのままだと、漁獲率を現在の半分程度の38%程度に抑えた場合の漁獲金額の増加量は少なく、より効果的な管理を行うためには制限殻長を引き上げることが望ましい。また京都府では、全ての海域においてアワビ類の制限殻長は100mmであり、潜水漁業が盛んな地域では非合理的な漁獲が行われている可能性が高く、同様の対策を講じる必要があると考えられる。

## 文 献

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of maximum likelihood Principle. In: B.N.Petrov, F.Csaki (eds), Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, 267-281, Akademiai Kiado, Budapest
- 石橋喜美子, 小島博. 1979. 徳島県海部郡産クロアワビ資源の研究 - III. 資源管理. 東海水研報, **98**: 72-89
- 井ノ口伸幸. 1990. 適正な漁獲サイズ (生残率, 成長量). アワビ種苗放流マニュアル, 青森県, 岩手県, 秋田県, 神奈川県, 福岡県. 9-11.
- 清本節夫, 林 育夫, 吉村 拓, 高木儀昌. 2003. クロアワビの成熟サイズについて - 浮消波堤の調査から -. 西海水研ニュース, **107**: 10-11
- 小島 博. 1976. 徳島県におけるクロアワビの生長に関する2,3の知見 - I 年齢形質と生長. 水産増殖, **23**. 61-66
- 小島 博, 中久喜昭, 谷本尚則, 石橋喜美子. 1978. 徳島県海部郡産クロアワビ資源の研究 - II. 海士漁業と資源特性値. 東海水研報, **93**: 45-62
- 小島 博, 湯浅明彦. 1993. 牟岐町海域におけるマダカアワビ・メガアワビの生態と海士漁業. 平成3年度徳島水試事業報告, 54-49
- 久門道彦, 山本圭吾, 道家章生. 2011. 京都府栗田海域におけるクロアワビの産卵期 (短報). 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, **34**: 1-4
- 久門道彦, 山本圭吾, 道家章生. 2012. 京都府宮津海域におけるクロアワビの成長 (短報). 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, **33**: 24-28
- 鐵 健次, 相良順一郎, 浜田サツ子, 田中弥太郎. 1974. 真鶴湾内放流マダカの成長について. 東海水研報, **77**: 7-19
- 篠原義昭, 道家章生, 西垣友和. 京都府におけるクロアワビの殻長と単価の関係 (短報). 2018. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, **40**: 9-12
- 篠原義昭. 2018. 京都府におけるクロアワビ資源管理事例 - 潜水漁法と天然資源に注目した VPR 型アプローチ. 豊かな海, **46**: 16-20
- 清水利厚. 1983. クロアワビの適正漁獲について. 千葉県水産試験場研究報告, **41**: 23-27
- 清水利厚. 2000. 制限殻長によるアワビの資源管理. 千葉水試研報. **56**: 15-20
- 清水利厚. 2009. アワビ3種の種苗放流効果. 千葉水総研報, **4**: 1-8
- 田中邦三, 田中種夫. 1980. 千葉県沿岸のクロアワビの年齢と成長について. 日水研報告, **31**: 115-127
- 田中昌一. 1960. 自然死亡係数と寿命の関係. 水産生物の Population Dynamics と漁業管理. 東海水研報, **28**: 162-168
- 田中昌一. 1985. 水産資源学総論. 恒星社厚生閣, 東京, 62-74
- 能勢幸雄. 1959. DELURY の資源量推定法の推定値に対する信頼区間について. 日本水産学会誌, **24(12)**: 953-956
- 能勢幸雄, 石井丈夫, 清水 誠. 1988. 水産資源学. 東京大学出版会, 東京, 167-170
- 野中 忠, 中川征章, 佐々木正, 松浦勝己. 1969. 静岡県沿岸の磯根資源に関する研究 - V 南伊豆におけるアワビの成長. 静岡水試研報, **2**: 41-48
- Noranartragoon P., Ueda Y., Hattori T., Matsuishi T. 2011. Value-per-recruit analysis of bighead thornyhead *Sebastolobus macrochir* caught off the Pacific coast of northern Honshu Japan. 2011. Fish.Sci., **77(4)**: 497-502
- 千葉県. 1980. 大規模増殖場開発事業調査総合報告書昭和54年度版 (安房地区). 1-79
- 兵庫県. 1980. 大規模増殖場開発事業調査総合報告書昭和54年度版 (南淡路地区). 1-52
- 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
- 藤田惣吉, 女供寿志. 1970. 岩手県におけるエゾアワビ. 増殖, **7**: 112-116
- 藤本 武. 1967. アワビ類の年齢査定の一方法について. 水産増殖, **15**. 19-25
- Beverton, R.J.H, Holt, S.J. 1956. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fishery Investigations, Series II, Volume XIX, 1-533
- 堀井豊充, 野口松治, 一丸俊雄. 1991. クロアワビの制限殻長に関する二, 三の考察. 長崎水試研報, **17**: 25-30
- 堀井豊充, 清本節夫. 2012. アワビ類の再生産関係に基づく資源管理. 日本水産学会誌, **78(6)**: 1224-1226
- 松石 隆, 斎藤和敬, 菅野泰次. 1995. アワビの成長曲線について. 北大水産彙報, **46(3)**: 53-62
- 松宮義晴. 1996. 水産資源管理概論 (水産研究叢書46). 日本水産資源保護協会, 東京, 57-65