

# 가입당생산량 (yield-per-recruit) 모델을 이용한 제주 동부연안 오분자기류 (*Haliotis diversicolor*)의 어업관리

고준철\*, 유준택, 최영민<sup>1</sup>, 김재우<sup>2</sup>, 임양재

국립수산과학원 제주수산연구소, <sup>1</sup>국립수산과학원 자원연구과,  
<sup>2</sup>국립수산과학원 정책홍보과

## Fisheries Management of an Abalone *Haliotis diversicolor* in the Eastern Coastal Waters of Jeju Island using Yield-per-recruit Model

Joon-Chul Ko\*, Joon-Taek Yoo, Young-Min Choi<sup>1</sup>,

Jae-Woo Kim<sup>2</sup> and Yang-Jae Im

*Jeju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju-do, 690-192, Korea*

<sup>1</sup>*Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea*

<sup>2</sup>*Fisheries Economics & Public Affairs Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea*

### ABSTRACT

We studied the management policy for *Haliotis diversicolor* fisheries in the coastal area of Sungsanpo using Yield-per-recruit model from 2004 to 2006. The age at first capture ( $t_c$ ) and fishing mortality ( $F$ ) annually estimated during the study period decreased and increased, respectively. The maximum yield-per-recruit in 2004 was increased by increasing  $t_c$  from the 2.012 year of current  $t_c$  to 2.7 year or increasing  $F$  from the 0.574/year of current  $F$  to 0.800/year, and that in 2005 was increased by increasing  $t_c$  from the 1.946 year of current  $t_c$  to 2.5 year or increasing  $F$  from the 0.578/year of current  $F$  to 0.880/year. In 2006, the maximum yield-per-recruit was increased by increasing  $t_c$  from the 1.926year of current  $t_c$  to 3.1year or decreasing  $F$  from the 1.088/year of current  $F$  to 0.810/year. Further, although the current  $F$  in 2004 and 2005 was lower than the estimated  $F_{MAX}$ , that in 2006 was higher than the estimated  $F_{MAX}$ . These results indicate that the likelihood of growth overfishing with increasing catch of smaller *H. diversicolor* in 2006 was greater than in 2004 and 2005. As action that could prevent growth overfishing in fisheries management of *H. diversicolor*, increasing for the current  $t_c$  could be a more appropriate policy because the artificial decrease of the number of woman divers related  $F$  is actually difficult.

**Key words:** Jeju, *Haliotis diversicolor*, fisheries management, yield-per-recruit

### 서론

오분자기류 (*Haliotis diversicolor*)는 복족강 (Gastropoda) 원시복족목 (Archaeogastropoda) 전복과 (Haliotidae)에 속하며, 최대각장이 8-12 cm 정도의 소형전

복류의 하나이다 (Onitsuka, 2006). 한국의 제주 연안, 일본의 혼슈 중부 이남, 중국 남부 및 대만에 주로 서식하며, 필리핀과 인도네시아 등의 아열대 지역의 일부에서도 국소적으로 서식하는 것으로 알려져 있다(Geiger, 1999).

제주에서 오분자기류는 대표적인 지방 특산음식인 “해물 뚝배기”의 주재료로서 수요가 증가하고 있으며, 각장 2 cm 전후의 치패를 종묘 방류한 후 약 3년 이내에 어획이 가능한 크기까지 성장하고 (Kim and Chung, 1985), 다른 전복류에 비해 서식수심이 얕아 (Yoo, 2000) 비교적 쉽게 어획될 수 있기 때문에 최근에 어민들 사이에서 종묘방류 대상 종으로서의 선호도가 높아지고 있다.

Received June 23, 2008; Revised July 20, 2008; Accepted July 29, 2008

Corresponding author: Ko, Joon-Chul

Tel: +82 (017) 691-5719 e-mail: kjc3410@naver.com  
1225-3480/24210

오분자기류는 주로 해녀들의 나잠어업에 의해 어획되어지는 데, 제주도에서의 오분자기류 연간 어획량 변동을 보면 1997년을 정점으로 지속적인 감소 추세를 보이고 있으며, 2006년 어획량은 12 ton 으로 10년 전에 비해 1/10 이하 수준까지 급감하여 자원관리의 필요성이 시급히 요구되어지고 있다 (Fig. 1).

지금까지 오분자기류에 관한 연구로는 오분자기의 번식 및 초기생태에 관한 연구 (Onitsuka, 2006), 오분자기의 산란생태에 관한 연구 (Oba, 1964; Lee and Lee, 1982), 오분자기의 연령과 성장 (Kim and Chung, 1985) 등이 있을 뿐, 본 자원의 효율적인 이용관리를 위한 자원관리학적인 연구는 거의 전무한 실정이다.

최근, Kawamura (2007)는 참전복 (*Haliotis discus hannai*)의 자원량 변동은 자연상태에서 각각 3-4 cm의 치패량 변동에 기인하고 있음을 보고하면서, 본 종을 포함한 전복류의 자원량 감소는 자연상태에서의 치패량이 매우 낮기 때문이라고 지적하였다. 이는 전복류의 자원량 증가를 위해서는 치패의 보호관리 측면에서의 어업관리 필요성을 시사한다.

어업관리에 관한 연구에 있어서 가입당생산량 (Yield-per-recruit) 모델은 성장남획의 억제제를 통하여 가입자원에서 얻을 수 있는 어업수익의 최대화를 관리목표로 하고 있으며 (Matsumiya, 1996), 성장남획의 지표로서 널리 이용하고 있다 (Ye, 1998; Jones and Wells, 2001; Hart, 2003; Yamashita, 2004; Yasue et al., 2005; Kvamme and Bogstad, 2007).

본 연구는 오분자기류 치패에 대한 최근의 어획강도의 변화를 조사하고, 성장남획의 지표인 가입당생산량 모델을 사용하여 오분자기류 치패의 보호관리 측면에서의 적정 어획관리 수준을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 자료

제주도의 연도별 오분자기류 어획량은 제주도에서 매년 발간하는 해양수산현황의 주요 어종별 생산량 자료 (1993-2006년)로부터 인용되어졌다.

본 연구는 다른 어촌계에 비해 과거 오분자기류 어획량 및 조업 해녀수 등의 위관자료가 체계적으로 정리 보관되어져 있는 성산포 마을어장을 대상으로 실시되어졌고, 2004년부터 2006년까지 해녀들에 의해 어획된 오분자기류 중 약 3 kg을 표본으로서 매월 구입하여 실험실로 운반한 후, Vernier calliper로 각장 (SL)을 0.1 mm 단위까지, 전자저울로 전중량 (TW)을 0.1 g 단위까지 측정하였다.

현재 제주도 성산포에서 어획되는 오분자기류는 오분자기 (*Haliotis diversicolor supertexta*)와 마대오분자기

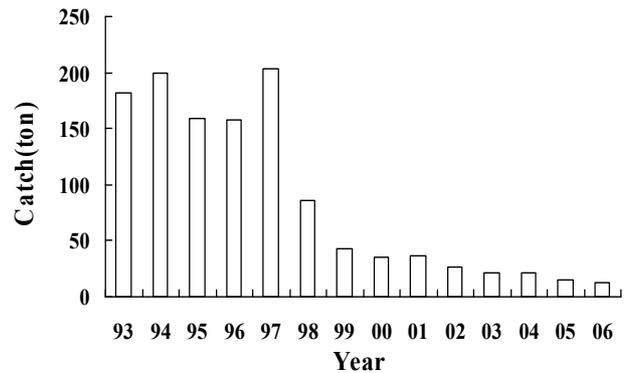


Fig. 1. Time series of catch of *Haliotis diversicolor* in the coastal waters of Jeju Island, 1993-2006.

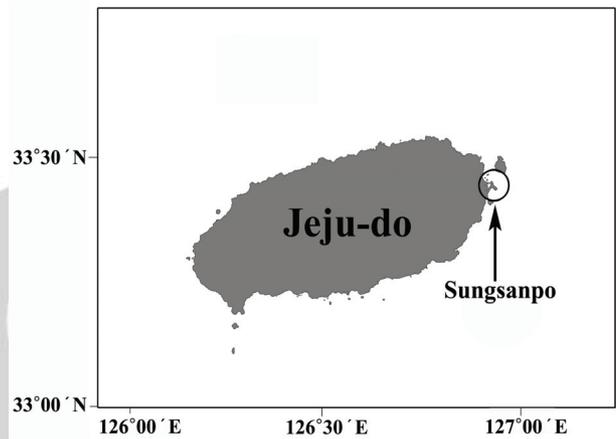


Fig. 2. Sampling area of *Haliotis diversicolor* in Jeju Island.

(*Haliotis diversicolor diversicolor*)로 분류되어지고 있으나, 이 두개 아종의 분류학적 구분은 명확하지 않고 (Onitsuka, 2006), 심지어 Geiger (1999)는 오분자기와 마대오분자기를 동종으로 취급하고 있다. 따라서, 본 연구에서도 오분자기와 마대오분자기를 구분하지 않고 모두 오분자기류로 표기하였다.

## 2. 자원생태학적 특성치

### 2-1. 성장계수

성장계수는 Kim and Chung (1985)에 의해 보고된 자료로부터 인용하였다. von Bertalanffy의 성장식에 의해 구해진 이론적 최대각장 ( $L_{\infty}$ )은 8.31 cm, 순간성장계수 (K)는 0.195/년, 각장이 0일 때의 이론적 연령 ( $t_0$ )은 -0.463세, 이론적 최대체중 ( $W_{\infty}$ )은 79.2 g 이었다.

### 2-2. 성장률 및 사망계수

성장률 (S)은 Kim and Chung (1985)에 의해 보고된 오분자기류의 연령조성을 이용하여 어획물 곡선법으로 추정하였

다. 순간자연사망계수 ( $Z$ )는 생장을 추정치를 이용하여 식 (1)에 의해 계산하였다.

$$Z = -\ln S \quad (1)$$

순간자연사망계수 ( $M$ )는 Zhang and Megrey (2006)의해 보고된 식 (2)으로 추정하였다.

$$M = \frac{\beta K}{e^{K(0.44t_{\max} - t_0)} - 1} \quad (2)$$

여기서  $K$ 는 von Bertalanffy 성장계수,  $t_{\max}$ 는 최대연령,  $\beta$ 는 각장-전중 관계식으로부터 추정되었다. 순간어획사망계수 ( $F$ )는 위 식들에서 구한 순간자연사망계수와 순간자연사망계수를 이용하여 식(3)에 의해 추정하였다.

$$F = Z - M \quad (3)$$

### 2-3. 어획개시연령

어획개시연령 ( $t_c$ )은 오분자기류 각장조성 자료와 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 추정하는 체장 변환 어획물 곡선법 (Pauly, 1984)을 적용하여 추정하였다. 이 방법에서는 완전가입연령 이상에 해당하는 연령조성 자료를 직선회귀시킨 후 순간자연사망계수 ( $Z$ )를 식 (4)로 추정하였다.

$$\ln \frac{C}{\Delta t} = c - Z(t + \frac{\Delta t}{2}) \quad (4)$$

여기서,  $C$ 는 실제 어획체중,  $t$ 는 연령,  $\Delta t$ 는 각 체장 계급에 해당되는 연령간의 차,  $c$ 는 상수를 나타낸다. 위 식에 의해 추정된  $Z$  값을 식 (5)에 대입하여 기대어획체중 ( $CT$ )를 구하였다.

$$CT = \Delta t e^{c - Zt} \quad (5)$$

그리고,  $S$ 는 식 (6)에 의해 계산하였다.

$$S = \frac{C}{CT} \quad (6)$$

이렇게 계산된  $S$  값을 식 (7)에 대입하였다.

$$\ln \left( \frac{1}{S} - 1 \right) = T_1 - T_2 t (L_1 + L_2) \quad (7)$$

여기서  $L_1$ 과  $L_2$ 는 각장이며  $T_1$ 과  $T_2$ 는 상수이다. 이에 따라  $T_1$ 과  $T_2$ 를 추정하여 식 (8)에 의해 어획개시연령 ( $t_c$ )을 추정하였다.

$$t_c = \frac{T_1}{T_2} \quad (8)$$

### 2-4. 가입당생산량 모델에 의한 적정어획사망계수 및 적정어획연령 추정

오분자기류의 적정어획사망계수와 적정어획연령을 구하기 위해서 Beverton and Holt(1957) 모델을 식 (9)과 같이 사

용하였다.

$$\frac{Y}{R} = F W_{\infty} \exp^{-M(t_c - t_r)} \quad (9)$$

$$\sum_{n=0}^3 \frac{U_n \exp^{-nK(t_c - t_0)}}{F + M + nK} (1 - \exp^{-(F + M + nK)(t_L - t_c)})$$

여기서, 가입당생산량 ( $Y/R$ )은  $U_0=1, U_1=-3, U_2=3, U_3=-1$ 이며  $W_{\infty}, K, t_c$ 는 von Bertalanffy 성장식의 매개변수들이며,  $M$ 은 순간자연사망계수,  $t_r$ 은 어장가입연령,  $t_c$ 는 어획개시연령,  $t_m$ 은 최고연령이다.

$F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 생산량 곡선에 대한 기울기의 10%가 되는 기울기에 해당하는 어획사망계수로서 Beverton and Holt 모델식을 순간어획사망계수에 대해 미분하여 식 (10)을 구한 후, 그 결과의 10%에 해당하는 값으로  $F_{0.1}$  값을 추정하였다.

$$\frac{d(Y/R)}{dF} = W_{\infty} \exp^{-M(t_c - t_r)} \sum_{n=0}^3 \left\{ \frac{U_n \exp^{-nK(t_c - t_0)}}{(F + M + nK)^2} \right. \quad (10)$$

$$\left. \left[ \frac{M + nK - \exp^{-(F + M + nK)(t_L - t_c)}}{M + nK - F(t_L - t_c)(F + M + nK)} \right] \right\}$$

## 결 과

### 1. 연도별 어획량 및 CPUE 변동

2002년부터 2006년까지 성산 마을어장에서 어획된 오분자기류 어획량 변동을 보면, 2004년에 2,299.0 kg을 정점으로 감소하기 시작하여 2005년에 1,688.8 kg, 2006년에 1,345.2 kg으로 가장 낮았다. CPUE의 경우는 2004년에 44.0 kg/해너 이상으로 증가하여 2005년에 44.5 kg/해너 로 가장 높았고, 2006년 들어 33.9 kg/해너 로 감소하였다 (Fig. 3).

### 2. 연도별 각장조성 변화

오분자기류의 연도별 각장범위 (평균각장)의 경우 2004년, 2005년, 2006년에 각각 2.6-7.8 cm (4.6 cm), 2.6-8.2 cm (4.4 cm), 2.6-7.6 cm (4.2 cm)로 점차 소형개체의 어획이 증가하고 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 2004년에는 각장 4.5 cm를 중심으로 모드를 이루고 있었으나, 2005년과 2006년에는 각장 4.0 cm를 중심으로 모드를 이루고 있었다 (Fig. 4).

### 3. 연도별 오분자기류의 상대성장

어획물 곡선법에 의한 성장율과 식 (2)에서의  $\beta$  값을 구하는데 필요한 오분자기류의 각장 (SL)과 전중량 (TW)과의 관계식을 연도별로 추정한 결과, 2004년은  $TW=0.1837 SL^{2.8303}$  ( $R^2=0.8324$ ), 2005년은  $TW=0.1229 SL^{3.0705}$  ( $R^2=0.9229$ ),

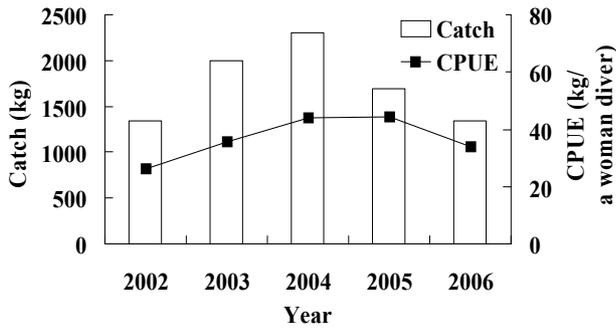


Fig. 3. Annual changes in catch and CPUE of *Haliotis diversicolor* in the coastal area of Sungsanpo, 2002-2006.

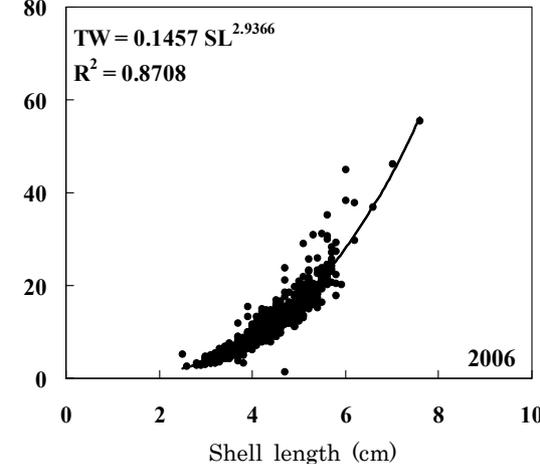
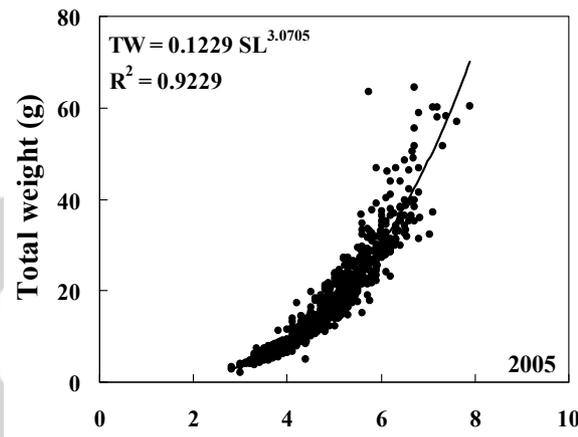
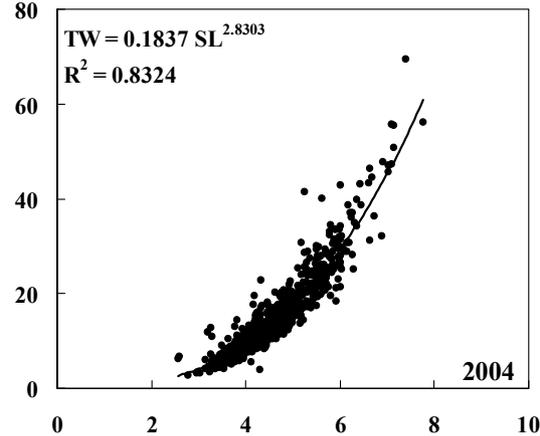


Fig. 5. Length-weight relationships of *Haliotis diversicolor* collected in the coastal area of Sungsanpo from 2004 to 2006.

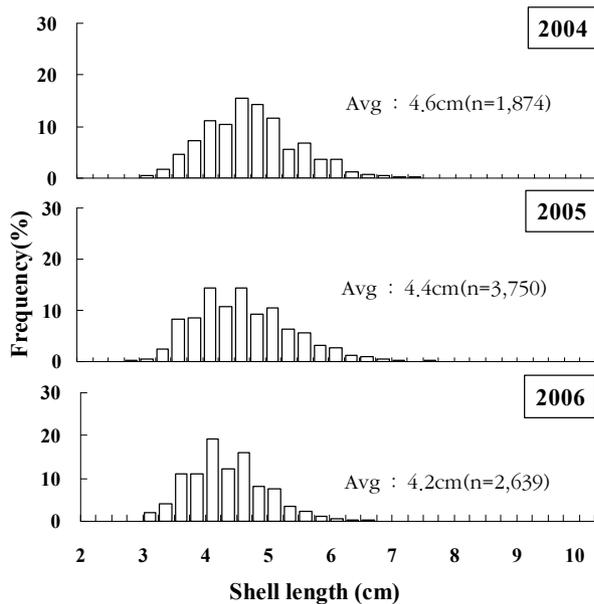


Fig. 4. Length frequency distribution of *Haliotis diversicolor* collected in the coastal area of Sungsanpo in each year.

2006년은  $TW=0.1457 SL^{2.9366}$  ( $R^2=0.8708$ )로 추정되었다 (Fig. 5).

#### 4. 연도별 어획개시연령의 변화

Pauly 방법에 의해 추정된 어획개시연령 ( $t_c$ )의 연도별 변화를 보면 (Fig. 6), 2004년, 2005년, 2006년에 각각 2.012세, 1.946세, 1.926세로 추정되었으며 2006년 어획개시연령이 2004년에 비해 약 0.086세 낮아진 것으로 나타났다. 이와 같이  $t_c$ 가 점차 낮아진다는 것은 소형개체에 대한 어획강도가 점차 높아가고 있음을 의미하고 있다.

#### 5. 가입당 생산량 모델에 의한 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령의 추정

Beverton and Holt (1957) 모델로 오분자기류의 적정어획사망계수 ( $F$ ) 및 적정어획연령 ( $t_c$ )를 추정하는데 필요한 모수를 연도별로 Table 1에 나타냈다. 오분자기류의 어장가입연령 ( $t_r$ )에 관해서는 정보를 얻을 수 없어서 표본 중 최소각고에

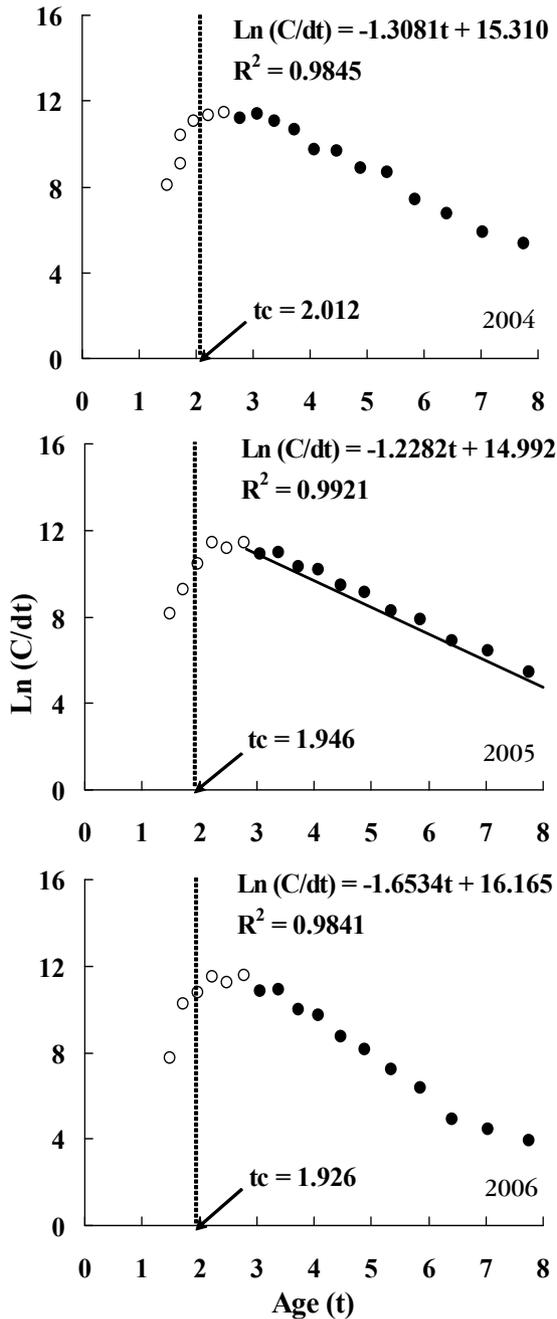


Fig. 6. Estimation of the resultant ogive of *Haliotis diversicolor* from a length-converted catch curve analysis using the Pauly (1984) method in each year.

대하여 von Beralanffy 성장식으로 역추정한 연령을 사용하였다. 순간 어획사망계수 ( $F$ )는 2004년의 0.574/year에 비해 2006년에 1.088/year로 높아졌고, 생산율 ( $S$ )은 점차 감소하였다.

### 5-1. 연도별 어획개시연령 및 순간어획사망계수에 대한 가입당생산량 변동

어획개시연령 ( $t_c$ )을 0.5-7.5세, 순간어획사망계수 ( $F$ )를 0.2-1.2/year의 범위에서 단계적으로 변화시킨 각각의 값에 대한 가입당생산량 ( $Y/R$ )의 변화를 Fig. 7에 나타냈다.

2004년의 경우 현재의  $t_c$ 와  $F$ 가 각각 2.012세와 0.574/year이었고, 이때의 가입당생산량은 2.417 g이었다.  $F$  값을 현재의 0.574/year을 유지하면서  $t_c$ 를 2.7세로 높일 때, 가입당생산량은 2.511 g으로 증가하였고, 그 이상으로  $t_c$ 를 높이면 가입당생산량은 오히려 감소하였다. 또한, 현재의  $t_c$ 에서  $F$ 를 0.800/year로 높이면 최대 가입당생산량인 2.458 g을 얻을 수 있었다. 그러나,  $t_c$ 와  $F$ 를 높였을 때의 이들 최대 가입당생산량은 현재수준에 비해 각각 3.9%와 1.7% 증가하는 것에 불과하다.

2005년의 경우 현재의  $t_c$  값인 1.946세와  $F$  값인 0.578/year에서 가입당생산량은 2.115 g이었다. 현재의  $F$ 에서  $t_c$ 를 현재의 1.946세에서 2.5세로 높이면, 최대 가입당생산량인 2.177 g을 얻을 수 있었고, 현재의  $t_c$ 를 유지하면서  $F$ 를 0.880/year으로 높일 때 2.171 g의 최대 가입당생산량을 얻을 수 있었으나, 현재수준의 가입당생산량에 비해 큰 차이는 없었다.

2006년의 경우 현재의  $t_c$  값인 1.926세와  $F$  값인 1.088/year에서 가입당생산량은 2.281 g이었고, 현재의  $F$  값을 0.810/year까지 낮출 경우 최대 가입당생산량인 2.304 g을 얻을 수 있었다. 또한, 현재의  $F$ 를 유지하면서  $t_c$ 를 현재의 1.926세에서 3.1세로 높이면, 최대 가입당생산량인 2.571 g을 얻을 수 있었고, 현재보다 12.7%의 생산량 증대를 기대할 수 있었다.

### 5-2. 등생산량 곡선

오분자기류 어획량이 가장 적었던 2006년의 어획개시연령 ( $t_c$ )과 순간어획사망계수 ( $F$ )의 상호변화에 의한 가입당생산량 변화를 검토하기 위해 등생산량 곡선을 Fig. 8에 나타냈다. 곡선 AA'는 주어진  $t_c$ 의 변화에 따라 최대의 가입당생산량을 산출하는 점을 연결한 선으로  $t_c$ 는 AA' 곡선의 우하변에 위치해 있으므로 자원의 지속적 최대이용을 위해서는 점 P를 위쪽으로 이동시켜야 한다. 한편 BB'는  $F$ 의 변화에 따라 최대 가입당생산량을 산출하는 점들을 연결하는 적정 어획곡선으로 현재의  $F$  값은 BB' 곡선의 우하변에 놓여 있으므로 적정 어획수준에 비해 높은 것으로 판단되어진다.

### 5-3. 연도별 $F_{0.1}$ 과 $F_{MAX}$ 의 추정

각 연도별 현재의 어획개시연령 ( $t_c$ )과 어획사망계수 ( $F$ )에 따른  $F_{0.1}$ 과  $F_{MAX}$ 의 추정치를 Table 2에 나타냈다. 2004년

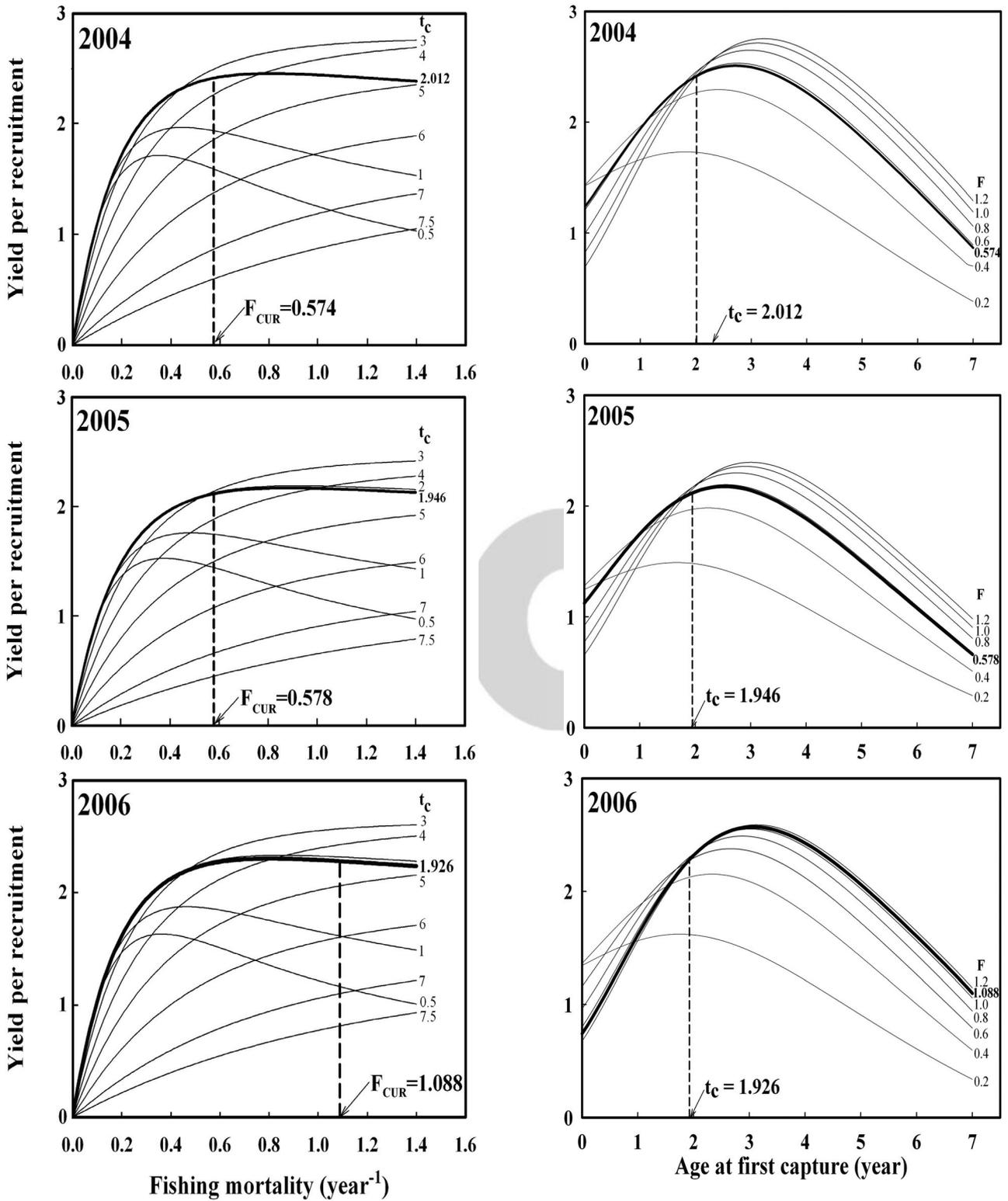


Fig. 7. Yield per recruit curves with different fishing mortality ( $F$ ) and different ages at first capture ( $t_c$ ) in each year.

Table 1. Estimation of ecological parameters of *Haliotis diversicolor* in each year

Ecological Parameters	Values		
	2004	2005	2006
$F$	0.574/yr	0.578/yr	1.088/yr
$M$	0.435/yr	0.472/yr	0.451/yr
$W_{\infty}$	79.2/yr	79.2/yr	79.2/yr
$t_c$	2.012/yr	1.946/yr	1.926/yr
$t_r$	0.11/yr	0.11/yr	0.11/yr
$t_{max}$	8.5/yr	8.5/yr	8.5/yr
$K$	0.195/yr	0.195/yr	0.195/yr
$t_0$	-0.463/yr	-0.463/yr	-0.463/yr
$Z$	1.009/yr	1.050/yr	1.539/yr
$S$	0.365/yr	0.350/yr </td <td>0.215/yr</td>	0.215/yr

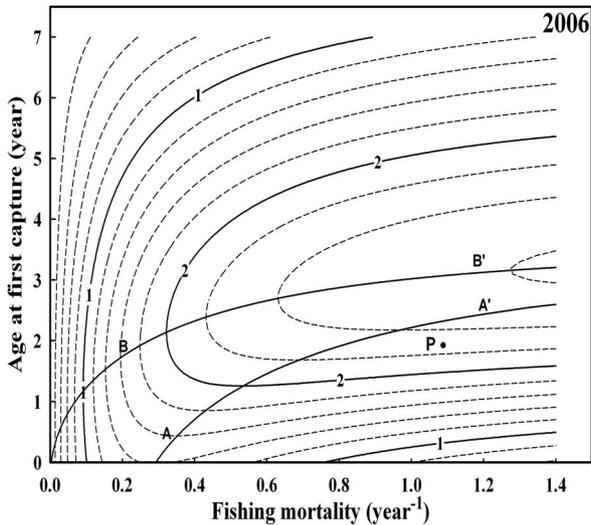


Fig. 8. Yield isopleths for *Haliotis diversicolor* in 2006. P represents the current state of fishing mortality ( $F$ ) and age at first capture ( $t_c$ ).

도의 경우 현재의  $F$  값은 0.574/year로서 추정된  $F_{0.1}$  인 0.430/year에 비해 높았지만,  $F_{MAX}$  인 0.807/year 보다는 낮았으며, 2005년의 경우도 현재의  $F$  는 0.578/year로서 추정된  $F_{0.1}$  인 0.444/year에 비해 높고,  $F_{MAX}$  인 0.882/year보다 낮게 나타났다. 그러나 2006년에는 추정된  $F_{0.1}$  (0.427/year) 과  $F_{MAX}$  (0.804/year)값보다 현재의  $F$  (1.088/year)가 높게 나타났다. 따라서, 최근에 들어 오분자기류에 대한 어획압력이 높아지고 있음을 알 수 있었다.

고 찰

Kawamara (2007)는 전복류의 자원량 감소원인은 자연에서의 치패량이 매우 낮기 때문이라고 보고하였고, Onitsuka

(2006)은 자연에서 전복류의 치패량을 높일 수 있는 어장관리 및 자원관리의 필요성을 언급하였다. 특히, 오분자기류는 다른 전복류에 비해 서식수심이 얕아 비교적 쉽게 어획할 수 있는 어종으로서 치패에 대한 어획강도가 높아 자원량 증가를 위해서도 오분자기류 치패의 보호관리 측면에서의 어업관리가 절실히 요구되어 지고 있는 실정이다.

수산자원생물에 대한 자원관리의 주요 방안으로 어업규제를 들 수 있는데 이는 어업행위로 이행되기 때문에 (Zhang and Lee, 2002), 어업관리를 위해서는 개체군 역학과 관련된 자원학적 특성치를 추정하여 자원을 진단한 후 적절한 어획관리가 이루어져야 한다. 따라서, 본 연구는 오분자기류에 대한 자원학적 특성치를 추정하여 자원상태를 진단하였고, 성장남획 지표인 가입당 생산량 (Y/R) 모델을 이용하여 적정어획개시연령 및 적정어획사망계수를 제시하였다.

2004년과 2005년의 경우 어획개시연령 ( $t_c$ )과 순간어획사망계수 ( $F$ )를 높였을 때 얻을 수 있었던 최대 가입당 생산량은 현재수준에 비해 소폭 증가한 것에 불과하였고 (Fig. 7), 현재의  $F$  값이 남획의 위험을 줄일 수 있는 자원보존 차원에서의 관리 방안의 하나로서 주목받고 있는  $F_{0.1}$  (Zhang and Lee, 2002) 보다는 약간 높았으나,  $F_{MAX}$  보다는 낮았기 때문에 2004년과 2005년도의 자원상태는 비교적 양호했던 것으로 판단되어진다. 그러나, 2006년에 들어서는  $t_c$  를 올리고  $F$  를 감소시켜야만 최대 가입당 생산량을 얻을 수 있었고 (Fig. 7, 8), 현재의  $F$  값이 추정된  $F_{MAX}$  보다도 높았다. 2006년에서의 결과를 종합해보면, 소형개체의 어획이 증가하고 있는 성장남획의 현실을 반영해주고 있는 것으로 볼 수 있으며 (Radtke, 2003), 이러한 최근의 성장남획이 어장관리가 비교적 잘 이루어지고 있는 성산포 마을어장에서 이루어지고 있다는 것은 다른 어촌계도 비슷한 실정일 것으로 추측되어진다.

Table 2. Values of  $F_{0.1}$  and  $F_{MAX}$  estimated in the current age at first capture( $t_c$ ) and fishing mortality( $F_{CUR}$ ) in each year

year	Values			
	$t_c$	$F_{CUR}$	$F_{0.1}$	$F_{MAX}$
2004	2.012	0.574	0.430	0.807
2005	1.946	0.578	0.444	0.882
2006	1.926	1.088	0.427	0.804

따라서, 현 시점에서 오분자기류 자원의 적정한 어업관리를 위한 기술적 규제으로써 조업해녀수의 인위적 감소가 어렵기 때문에 적정어획개시연령을 현재의 1.926 세 (각장 3.1 cm)에서 3.1세 (각장 4.2 cm)로 높이는 방안을 강구해야 할 것으로 판단되어진다.

본 연구에서 사용된 성장매개변수는 Kim and Chung의 1985년 자료로부터 인용되어졌고, 최근 수온상승 등 서식처 환경이 바뀌어져서 추정된 자원학적 특성치에 오차가 있을 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 본 연구의 목적은 정확한 오분자기류의 자원학적 특성치를 추정하는 것이 아니라, 연도별로 오분자기류의 자원상태를 비교하여 자원을 진단하고 적정한 어업관리 방안을 제시하는 것에 있다. 하지만, 금후 성공적인 자원관리를 위해서는 오분자기류의 연령과 성장매개변수의 재검토는 필요하다.

본 연구는 오분자기류의 어업관리에 대하여 가입당생산량 모델을 사용하여 검토하였으나, 재생산과 관련된 가입관리에 관해서는 검토가 이루어지지 않았다. 자원을 유지하는데 필요한 산란자원량에 대한 남획의 가능성(가입남획)도 고려해야 하지만, 오분자기류의 가입량과 산란자원량과의 관계 등 재생산 기구에 관한 정보는 매우 적어서 우선적으로 성장남획에 대한 검토가 이루어졌다. 향후, 오분자기류의 재생산기구의 규명을 통해 가입남획에 대한 연구 또한 필요할 것이다.

근년에 들어 산란자원량과 어획사망계수의 관리기준치 ( $F$ ,  $F_{MSY}$ ,  $B$ ,  $B_{MSY}$  등)로부터 자원상태 (남획 여부)를 판단할 수 있는 규칙을 정하여 어획을 제어하고자 하는 예방적 접근 (Precautionary Approach)에 의한 관리방책이 제안되어지고 있다 (Restrepo *et al.*, 1998). 오분자기류의 경우도 위에 언급한 관리기준치를 추정하고 예방적 접근에 의한 관리방책이 제안되어 어획규제가 이루어져야만 될 것이며, 이를 위해서는 체계적인 연구가 계속 수행되어 이를 토대로 보다 과학적이고 합리적인 어업관리 방안이 마련되어야 할 것이다.

### 요 약

조사기간 동안 오분자기류의 각장조성은 2004년 이후 소형 개체의 어획비율이 증가하였고, 연도별로 어획개시연령 ( $t_c$ ) 및 순간어획사망계수 ( $F$ )를 추정된 결과,  $t_c$  는 2006년에 1.926 세로 2004년에 비해 약 0.09세 낮아진 반면,  $F$  는 2006년

에 1.088/year로 2004년에 0.574/year보다 크게 높았다. 가입당생산량 (Yield-per-recruit)모델을 사용하여  $t_c$  와  $F$  의 변화를 연도별로 조사한 결과, 2004년의 경우 현재의  $F$  값인 0.574/year을 유지하면서  $t_c$  를 2.7세로 높이거나, 현재의  $t_c$  값인 2.01 세에서  $F$  를 0.800/year로 높이면 최대 가입당생산량을 얻을 수 있었고, 2005년의 경우 현재의  $F$  값인 0.578/year에서  $t_c$  를 2.5세로 높이거나, 현재의  $t_c$  값인 1.946 세에서  $F$  를 0.880/year으로 높일 때 최대의 가입당생산량을 얻을 수 있었다. 반면, 2006년의 경우 현재의  $F$  값인 1.088/year에서  $t_c$  를 3.1세로 높이거나, 현재의  $t_c$  값인 1.926세에서  $F$  를 0.810/year로 낮추면 최대 가입당생산량을 얻을 수 있었다. 또한, 연도별  $F_{0.1}$  과  $F_{MAX}$  를 추정해 본 결과, 2004년과 2005년에 비해 2006년에 추정된  $F_{0.1}$  (0.427/year)과  $F_{MAX}$  (0.804/year) 모두 현재의  $F$  (1.088/year) 보다 낮게 나타났다. 따라서, 이들 결과를 종합해보면 2006년에 들어 성장남획의 징후는 뚜렷하였고,  $F$  와 관련된 조업 해녀수의 인위적 감소는 힘들기 때문에  $t_c$  를 3.1 세 (각장 4.2 cm) 로 높이는 방안을 강구해야 할 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

이 논문은 국립수산물과학원 제주수산연구소 (RP-2008-FR-017)의 지원에 의해 수행되었습니다.

### REFERENCES

Beverton, R.J.H. and Holt, S.J. (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Fishery investigations. Series II. *Marine Fisheries*, Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, **19**: pp. 533.

Caddy, J.F. and Mahon, R. (1995) Reference points for fisheries management. *FAO Fisheries Technical Paper*, **347**: 1-75.

Geiger, D.L. (1999) A total evidence cladistic analysis of the *Haliotidae* (gastropoda: vetigastropoda). Ph.D. dissertation, *The University of Southern California*. pp. 1-375.

Hart, D.R. (2003) Yield-and biomass-per-recruit analysis for rotational fisheries, with an application to the Atlantic sea scallop (*Placopecten magellanicus*). *Fisheries Bulletin*, **101**: 44-57.

- Jones, C.M. and Wells, B.K. (2001) Yield-per-recruit and analysis for black drum, *Pogonias cromis*, along the East Coast of the United States and management strategies for Chesapeake Bay. *Fisheries. Bulletin*, **99**: 328-337.
- Kvamme, C. and Bogstad, B. (2007) The effect of including length structure in yield-per-recruit estimates for northeast Arctic cod. *ICES Journal of Marine Science*. **64**: 357-368.
- Kim, J.W. and Chung, S.C. (1985) On the growth of Abalones, *Sulculus diversicolor diversicolor*(Reeve) and *S. diversicolor aquatilis* (Reeve), in Cheju Island. *Bulletin of the Marine Resource Research Institute Cheju National University*, **9**: 39-50.
- Kawamura, T. (2007) Stock management and enhancement of abalone species based on their ecological characteristics. *Kaiyo monthly*, **9**: 240-247.
- Lee, J.J. and Lee, C.K. (1982) Gametogenesis, reproductive cycle and inducing spawning of the Abalone, *Sulculus diversicolor aquatilis*(Reeve). *Bulletin of the Marine Resource Research Institute Cheju National University*, **6**: 9-25.
- Matsumiya, Y. (1996) An introduction to stock management, Tokyo, Japan Fisheries Resource Conservation Association. Nissho Publishing. Company, Tokyo, pp. 77.
- Onitsuka, T. (2006) Studies on the reproduction and early life ecology of *Haliotis diversicolor* at Nagai in Sagami Bay. Degree Thesis, Tokyo University, Japan. pp. 1-155.
- Oba, T. (1964) Studies on the propagation of an Abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* Lischke-I. One the spawning habits. *Bulletin Japan Society Science Fisheries*, **30**: 742-748.
- Pauly, D. (1984) Length converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics(Part II). *ICLARM Fishbyte*, **2**: 9-10.
- Restrepo, V.R., Thompson, G.G., Mace, P.M., Gabriel, W.M., Low, L.L., MacCall, A.D., Methot, R.D., Powers, J.E., Taylor, B.L., Wade, P.R., and Witzig, J.F. (1998) Technical guidance on the use of Precautionary Approaches to implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum *NMFS-F/SPO-31*, pp. 54.
- Yasue, N., Utsumi R. and Moriyama A. (2005) Optimum management policy and evaluation of the prohibition of fishing for shirasu fisheries using Y/R. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **71**: 791-796.
- Ye, Y. (1998) Assessing effects of closed seasons in tropical and subtropical penaeid shrimp fisheries using a length-based yield-per-recruit model. *ICES Journal of Marine Science*, **55**: 1112-1124.
- Yoo, S.K. (2000) Culture in shallow sea. Guduck. Publications, Busan, Korea, pp. 287-349.
- Zhang C.I. (1991) Fisheries resources ecology. Woosung Publications, Seoul, Korea. pp. 327-341.
- Zhang, C.I. (1996) A study on the stock assessment and management implications of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. 1. Estimation of population ecological characteristics of the hairtail. *Trichiurus lepturus* Linne in Korea waters. *Journal of Korean Fisheries Society*, **25**: 567-577.
- Zhang, C.I. and Lee, S.G. (2002) Fisheries Management. Sejong. Publications, Busan, Korea, pp. 500.
- Zhang C.I and Megrey, B.A. (2006) A revised alverson and carney model for estimating the instantaneous rate of natural mortality. *Transactions of the American Fisheries Society*, **135**: 620-633.

КСІ