

제주도산 소라 *Turbo (Batillus) cornutus* Lightfoot, 1786의 자원평가 및 관리방안 연구

권대현, 장대수, 이승종, 구준호, 김병엽

국립수산과학원 아열대수산연구센터

Stock Assessment and Management of Turban shell, *Turbo (Batillus) cornutus* Lightfoot, 1786 in Jeju Coastal waters, Korea

Dae-Hyeon Kwon, Dae-Soo Chang, Seung-Jong Lee, Jun-Ho Koo and Byung-Yeob Kim

Subtropical Fisheries Research Center, NFRDI, Jeju 690-192 Korea

ABSTRACT

Samples of *Turbo (Batillus) cornutus* Lightfoot, 1786 in Jeju Island were collected from September 2009 to May 2010. Population ecological parameters and stock assessment of the turban shell were determined, based on the length and age composition data from 2000 to 2009 and ecological parameters. Instantaneous coefficient of total mortality (Z) of turban shell was estimated to be 2.2062/year. The estimated instantaneous coefficient of natural mortality (M) was 0.874/year. The age of turban shell at its first capture (t_c) was 2.636 year. Yield-per-recruit were estimated under harvest strategies that based on F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{35\%}$, and $F_{40\%}$ was 10.44 g, 1.87 g, 6.53 g and 7.46 g.

Key words: Turban shell, Natural mortality, Fishing mortality, Yield-per-recruit

서론

소라, *Turbo (Batillus) cornutus* Lightfoot, 1786 는 연체동물 문 복족 강 소라 과에 속하는 종으로서, 대미난류의 영향을 받는 우리나라, 일본, 중국, 대만 등의 연안해역에 분포한다. 조간대로부터 수심 20 m 내외의 암초지역에 서식하고, 우리나라의 경우는 남해안과 울릉도 등에서도 부분적으로 분포하지만 제주도에 주로 분포한다. (NFRDI, 1999).

본 종은 자웅이체이고, 육안으로 보아 생식선이 백색이면 수컷이고, 녹색이면 암컷이다. 식용으로 가치 높고 내해에 사는 것은 가시가 짧거나 없는 개체도 있지만 제주도산 소라는 전반적으로 외해에 접하여 남해안산보다 가시가 크다 (Yoo, 1995).

제주도산 소라는 1970년대 초반부터 대일수출이 이루어지면서 지역 특산 전략상품으로 중요한 위치를 차지하여 왔다. 과도한 어획 영향으로 연간 어획량이 급감함에 따라 1991년

10월부터 수산관련 연구·행정·지도기관과 수협이 공동으로 자원량 회복을 위한 자율적 TAC (Total Allowable Catch) 제도를 실시하여 우리나라 최초 자원관리의 성공적 사례를 보여준 것이다 (Chang, 2002).

우리나라에서 소라에 대한 연구로는 서식장의 해양환경 (Lee and Lee, 1984) 연구가 있으며, 자원생물학적 연구로는 생식소 및 연체부의 칼로리 함량비교 (Lee and Lee, 1979), 생식소 주기에 관한 조직학적 연구 (Lee and Lee, 1984), 정자의 미세구조 (Lee, 1984) 등의 연구가 있다. 생태특성에 있어서는 상대성장 (Hwang and Chung, 1979), 표지방류를 통한 성장 (Chung, 1983) 과 각고조성을 이용한 성장 (Chang and Chung, 2001) 의 연구가 있다.

자원평가 및 관리에 관한 연구로는 Chung (1983)이 소라 종묘구의 효과와 자원분석에 관하여 연구한 결과가 있으며, 가입특성과 자원관리 (Chang et al., 1999) 및 제주도산 소라의 자원평가 (Chang et al., 2002)에 관한 연구가 있다.

본 연구는 제주도산 소라의 어획통계자료와 자원생태학적 특성치 및 기타생물자료를 이용하여 소라자원의 자원평가를 수행하고 합리적 관리방안을 위한 생물학적 허용량을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

Received September 29, 2010; Revised October 15, 2010; Accepted November 15, 2010

Corresponding author: Kwon, Dae-Hyeon

Tel: +82 (64-750-4362) e-mail: dhkwon@nfrdi.go.kr

1225-3480/24366

재료 및 방법

1. 어획자료

본 연구에서 소라 어획자료는 2000-2009년 동안의 제주도 100개 어촌계에서 매월 조금 시에 채취한 양을 직접 조사한 어획량자료를 활용하였다.

2. 자원생태학적 특성

자원생태학적 특성치를 추정하기 위한 소라 표본은 2009년 9월부터 2010년 5월까지의 월 1-2회 제주 마을어장에서 어획된 개체들의 각고측정자료를 이용하였다.

성장특성치: 성장특성치들은 Yoo *et al.* (2009) 에 의해 추정된 값들을 이용하였다. 즉, 이론적 극한 각고 L_{∞} 는 11.03 cm, 성장계수 K 는 0.356/year, 각고가 0일 때의 이론적인 연령 t_0 는 -0.309 year이다.

생산율 (S): 생산율은 각 연령별 어획개체수를 이용하였다. 생산율의 추정에는 어획률 곡선법 (Edser, 1908), Jackson 방법 (1939), Heincke 방법 (1913), 평균연령사용법 (Ricker, 1975) 및 Chapman and Robson 방법 (1960) 의 5가지 방법을 사용하였다.

순간자연사망계수 (M): 순간자연사망계수는 Alverson and Carney 방법 (1975), Rikhter and Efanov 방법, Roff 방법 및 Alagaraja 방법으로 추정하였다.

순간어획사망계수 (F): 순간어획사망계수는 순간전사망계수에서 순간자연사망계수를 제외한 값으로 구하였다.

어획개시연령 (t_c): 어장가입연령 (t_r) 은 Rho (1974) 의 결과를 이용하였으며 산란 후 소라의 치폐가 형성되어 착저하는데 소요되는 6.2일을 연령으로 환산하였다. 어획개시연령 (t_c) 은 채집한 표본의 체장조성자료에 성장특성치를 적용하여 Pauly (1984) 의 방법으로 추정하였다.

3. 적정어획사망계수와 적정어획개시연령의 추정

1) Beverton and Holt에 의한 추정

소라의 적정어획사망계수와 적정어획개시연령은 Beverton and Holt (1957)의 가입당생산량 모델식을 사용하였다.

$$\frac{Y}{R} = F \exp\{-M(t_c - t_r)\} W_{\infty} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n \exp\{-nK(t_c - t_0)\}}{F + M + nK} \cdot [1 - \exp\{-(F + M + nK)(t_L - t_c)\}]$$

여기서, Y/R 은 가입당 생산량, $U_0 = 1, U_1 = -3, U_2 = 3, U_3 = -1$ 이며, W_{∞}, K, t_0 는 성장식의 계수, M 은 순간자연사

망계수, F 는 순간어획사망계수, t_r 는 어장가입연령, t_c 는 어획개시연령, t_L 는 최대연령을 나타낸다.

2) $F_{0.1}$ 에 의한 추정

$F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 생산량 곡선 기울기의 10%에 해당하는 순간어획사망계수를 의미하는데, Beverton and Holt (1957) 의 가입당생산량 모델식을 순간어획사망계수에 대해서 미분하여 다음 식을 구한 후, 그 결과의 10%에 해당하는 값으로 $F_{0.1}$ 을 구하였다.

$$\left[-\frac{d(Y/R)}{dF} \right] F = 0.0 = e^{-M(t_c - t_r)} W_{\infty} \left[\frac{1}{M} \cdot (1 - e^{-M(t_L - t_c)}) + \frac{-3e^{-K(t_c - t_0)}}{M+K} \cdot (1 - e^{-(M+K)(t_L - t_c)}) + \frac{3e^{-2K(t_c - t_0)}}{M+2K} \cdot (1 - e^{-(M+2K)(t_L - t_c)}) + \frac{-e^{-3K(t_c - t_0)}}{M+3K} \cdot (1 - e^{-(M+3K)(t_L - t_c)}) \right]$$

3) 가입당 산란자원량 모델에 의한 추정

아래와 같은 가입당 산란자원량 모델식을 이용하여 주어진 가입연령에 대해서 어획이 전혀 없을 때 ($F = 0$) 의 산란자원량을 기준으로 하여, 그 산란자원량의 30%, 35% 및 40%를 유지할 수 있는 순간어획사망계수의 값 $F_{30\%}, F_{35\%}$ 및 $F_{40\%}$ 를 각각 추정하였다.

$$\frac{SP}{R} = m_i \cdot \exp\{-M(t_c - t_r)\} W_{\infty} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n \exp\{-nK(t_c - t_0)\}}{F + M + nK} \cdot [1 - \exp\{-(F + M + nK)(t_L - t_c)\}]$$

여기서, SP 는 산란자원량을 의미하며 이 식에 사용된 연령별 성숙비 (m_i)를 제외한 모든 값들은 위의 Beverton and Holt 모델식과 동일한 것을 사용하였다. 군성숙연령은 Chang (2002) 의 자료를 이용하였으며, 위의 식에서 사용된 성숙비는 1세 0.0, 2세 1.0, 3세 1.0, 4세 1.0, 5세 1.0, 6세 1.0으로서 2세 이상은 완전성숙연령으로 간주하였다.

결 과

1. 어획동향

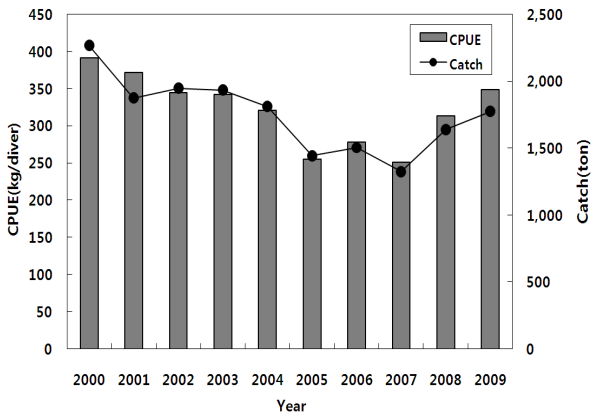


Fig. 1. Annual catches of *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea

제주도에서 소라의 어기별 (매년 9월-익년 5월) 어획량 변동을 살펴보면 (Fig. 1), 연간 평균 생산량은 1,754톤이었으며, 2000년에 2,269톤을 기록한 이후 점차 감소하여 2007년에 1,326톤이었으며, 2009년에는 1,776톤으로 증가경향을 보이고 있다. 해녀 1인당 단위노력당어획량 (kg/인) 은 2000년에 391.95 kg/인에서 2007년에 251.18 kg/인이었으나 낮아졌다가 2009년에 348.62 kg/인으로 증가하였다.

2. 자원생태학적 특성치

1) 생산율의 추정

소라의 성장계수를 이용하여 추정된 어획물의 연령조성으로 추정된 생산율 (S) 은 0.062-0.129/year의 범위를 나타내었다 (Table 1, 2). 생산율 추정 방법 중 Heincke 방법에 의한 생산율을 추정치가 가장 높은 값을 보였으며, 분산 값은 Heincke 방법에 의한 결과가 상대적으로 크게 나타났기에 Heincke 방법에 의한 추정값인 0.1107을 소라의 생산율로 결정하였다. 이를 순간자연사망계수로 환산하면 2.2011/year이었다.

2) 순간자연사망계수 및 순간어획사망계수

순간자연사망계수는 Rikhter and Efanov 방법으로 추정된 값 (0.8743 /year) 을 선정하였다. 순간자연사망계수 (M) 추정에 사용된 파라미터와 추정된 순간자연사망계수의 값은 Table 3과 같다. 순간어획사망계수 (F) 는 1.3268/year로 추정되었다.

3) 어획개시연령의 추정

어장가입연령은 0.017세를 적용하였다. Pauly의 방법에 의해 소라의 어획개시연령 (t_c) 를 추정하였다. 어획개시연령은 2.636세로 나타났다.

Table 1. Age composition of *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea

Age (year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ratio (%)	0.0	25.4	66.3	7.4	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0

Table 2. Estimates of survival rates of *T. (B.) cornutus* using mean age composition for by five different methods.

Methods	S	Z	Var (S)	Parameters
Catch-curve	0.1294	2.0447	NA	i: age
Jackson	0.1107	2.2008	NA	Ni : number of individuals at age i
Heincke	0.1107	2.2011	0.000032	T: average age
Average age	0.5618	0.5765	NA	
Chapman and Robson	0.5292	0.6364	0.000038	

Table 3. Estimated instantaneous coefficient of natural mortality (M) of *T. (B.) cornutus* by four methods and their input data

Methods	Estimated M	Input data
Alverson and Carney	0.5473	$T_m = 8$ year, $K = 0.356$ /year
Rikhter and Efanov	0.8743	$T = 1.72$ year
Roff	1.4633	$L_T = 3.39$ cm, $K = 0.356$ /year, $L_\infty = 11.03$ cm
Alagaraja	0.5756	$T_m = 8$ year

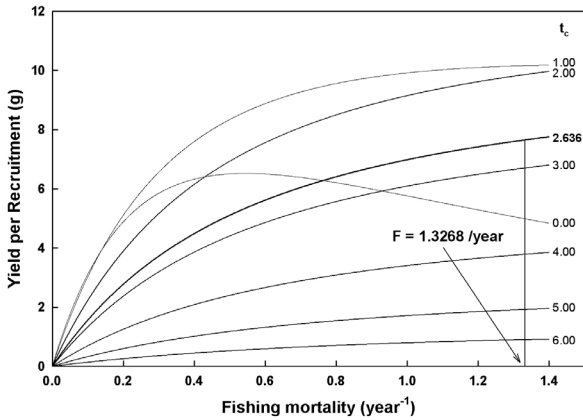


Fig. 2. Yield per recruit curves of *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea. Y/R against fishing mortalities (F) for various ages at first capture (t_c).

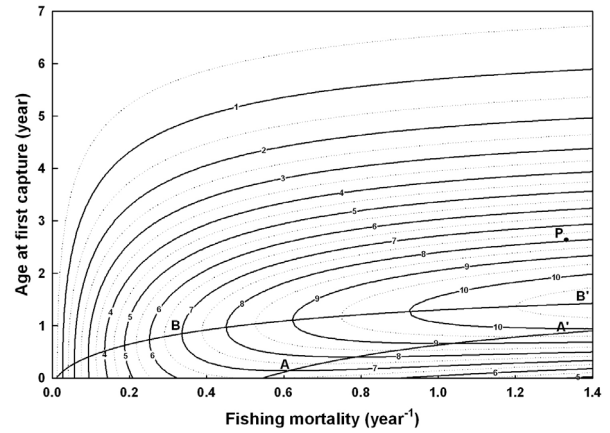


Fig. 4. Yield isopleths for *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea. P represents the current state of mortality (F) and ages at first capture (t_c), AA' and BB' represent maximum yield per recruit by age at first capture and fishing mortality.

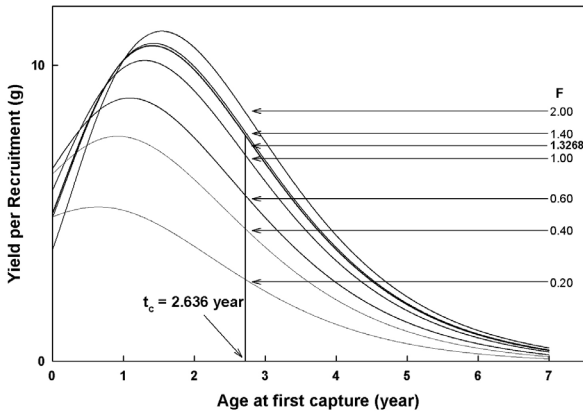


Fig. 3. Yield per recruit curves of *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea. Y/R against ages at first capture (t_c) for various fishing mortalities (F).

3. 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령

1) Beverton and Holt에 의한 추정

Beverton and Holt 모델을 사용하여 순간어획사망계수에 대한 가입당생산량 곡선을 어획개시연령별로 보면 (Fig. 2.), 현재의 어획개시연령 ($t_c = 2.636$ 세) 을 기준으로 현재의 순간어획사망계수 ($F = 1.3268/\text{year}$) 는 가입당생산량이 최대가 되는 F_{\max} ($3.848/\text{year}$) 보다 낮은 것으로 나타났다. 한편 현재의 어획사망계수를 그대로 유지한다면 어획개시연령을 1.00세로 낮추어야 한다.

또한, 어획개시연령에 대한 가입당생산량곡선을 어획사망계수별로 나타내면 (Fig. 3), 최근의 순간어획사망계수 ($F = 1.3268/\text{year}$) 를 기준으로 가입당생산량이 10.67 g으로 최대치가 되는 어획개시연령은 1.40세였다. 현재의 어획개시연령을 유지한다면, 어획사망계수를 1.40으로 높여야 한다.

어획개시연령과 순간어획사망계수간의 상호변화에 따른 가입당생산량의 변동을 검토하기 위하여 등어획량 곡선을 확인하였다 (Fig. 4). 그림에서 곡선 AA'는 주어진 어획개시연령 (t_c) 을 따라 최대의 가입당어획량을 산출하는 점들을 연결한 선으로, 현재의 어획개시연령 (P) 은 최대치를 연결한 곡선의 좌상변에 놓여 있으나, 자원의 지속적 최대이용을 위해서는 점 P가 하부로 이동될 수 있도록 어획개시연령을 낮춰야 한다. 한편 곡선 BB'는 주어진 순간어획사망계수에 따라 최대 가입당어획량을 산출하는 점들을 연결한 선으로 현재의 순간어획사망계수 값은 오른쪽 하부에 놓여 있으므로 적정수준에 비해 높은 것으로 분석되었다.

2) $F_{0.1}$ 에 의한 추정

Beverton and Holt 모델을 순간어획사망계수에 대해 미분한 수식을 이용하여 추정한 1세부터 7세까지의 $F_{0.1}$ 값과 F_{\max} 값을 비교하였다 (Table 4). $F_{0.1}$ 은 계산한 기율기의 10%에 해당하는 F 값을 찾기 위하여 F 값을 반복 대입하여 $F_{0.1}$ 값을 추정한 결과로 2세에서 24.98 g으로 가장 높은 가입당어획량을 나타내고 있다. 이 때 가입당어획량은 F_{\max} 의 경우, 어획개시연령이 3세에서 가장 높은 값인 8.34 g을 나타내고 있다.

3) 가입당 산란자원량 모델에 의한 추정

가입당산란자원량 모델식을 이용하여 주어진 가입연령에 대해서 어획이 없을 때의 산란자원량을 기준으로 하여, 그 산란자원량의 35% 및 40%를 유지할 수 있는 순간어획사망계수를 구한 결과 (Table 4, Fig. 5), 가입당산란자원량은 어획개시연령이 2세까지 증가할수록 늘어나지만 3세 이후부터 오히려 감소

Table 4. Yield and spawning biomass per recruit of *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea under harvest strategies on F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{35\%}$ and $F_{40\%}$

Age at first capture	F_{max}	$F_{0.1}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$	Y/R (g)		SB/R (g)	
					F_{max}	$F_{0.1}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$
1	1.602	0.126	0.100	0.100	10.19	3.64	0.00	0.00
2	> 3.00	0.119	1.017	0.835	11.69	2.58	9.03	10.32
3	> 3.00	0.116	1.240	1.012	9.19	1.51	5.28	6.03
4	> 3.00	0.113	1.427	1.163	5.58	0.77	2.71	3.10
5	> 3.00	0.111	1.640	1.341	2.95	0.36	1.25	1.43
6	> 3.00	0.108	2.031	1.671	1.44	0.15	0.51	0.59
7	> 3.00	0.105	3.282	2.726	0.67	0.05	0.16	0.18

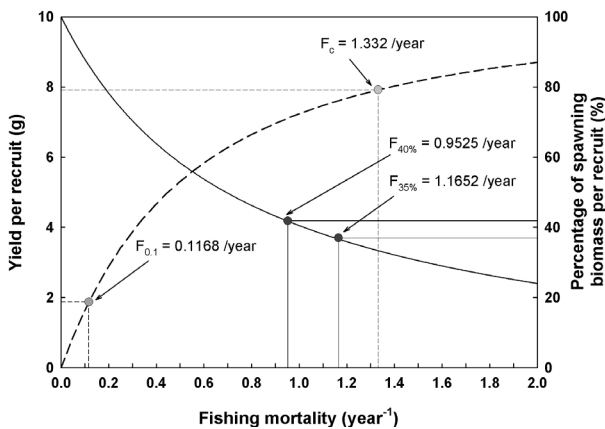


Fig. 5. Yield and spawning biomass per recruit against the fishing mortality of *T. (B.) cornutus* in coastal waters of Jeju Island, Korea.

소하는 경향을 나타내었다. 추정된 $F_{35\%}$ 및 $F_{40\%}$ 값은 모두 어획개시연령 2.636세에서 9.03 g, 10.32 g으로 가장 높은 가입당산란자원을 나타내었다.

고찰

제주도산 소라에 대한 어획량의 변동추세를 보면 2000년 이후부터 최근까지 지속적인 감소 추세를 보였다가 2007년 이후 증가추세를 보이고 있다. 단위노력당어획량의 변화에서도 2007년 이후 증가하는 경향을 보이는 것으로 증가의 징후를 확인할 수 있다.

제주도산 소라 자원은 최근 3 개년 (2007-2009년) 의 자원을 평균한 값인 5,060 톤을 이용하여 생물학적 허용어획량 수준의 순간어획사망계수 (F_{ABC}) 는 Zhang *et al.* (2000)의 방법에 의하여 추정되었다. 소라는 해저에 정착하여 생활하므로 이동성이 적은 저서자원으로 산란자원을 40% 수준으로 유지할 수 있는 생물학적 기준점 $F_{40\%}$ 를 (0.9525/year), $B_{40\%}$ (4,037 톤) 을 사용하였다. 이 값으로 소라의 자원상태인 $B/B_{40\%}$ 의 값은 0.48로 $\alpha-1$ 범위 사이에 있으므로 2b단계 정

보수준에 해당하였다. 따라서 $F_{ABC} \leq F_{40\%}$ 이므로 $F_{ABC} = 0.1168$ 로 결정하였다. 앞에서 추정된 순간자연사망계수 ($M = 0.8743/year$) 을 이용하여, 소라의 생물학적 허용어획량 (ABC) 은 1,703톤으로 추정되었다.

Yoo *et al.* (2008) 의 연구결과에 의하면 제주도의 소라의 자원은 순간자연사망계수는 0.323/year, 어장가입연령은 0.55 세, 어구가입연령은 2.17 세였다. 소라는 발생 후 유생시기를 거친 후 해저면에 착저하여 마을어장을 포함한 가용어장에 이입하게 되어 본 연구에서는 치패로서 해저면에 착저하는 시기를 어장가입연령으로 환산하였다. 그리고 제주 소라의 포획금지크기인 7 cm 이하의 소라개체는 규정의 홍보와 어업인의 자발적인 자원보호 노력으로 비교적 잘 준수되고 있는 과정에 있다. 본 연구에서는 기존 연구에서의 자원생태학적 특성치보다는 최근의 자원 조사결과를 통하여 평가자료로 활용하였다. 제주도산 소라에 대해서 TAC 제도를 도입하여 실시한지 10년이 지나는 시점에서 소라의 자원관리제도와 어업인의 자율적인 자원보호 노력이 잘 조화된 결과를 도출하기 위한 관련 기관간의 보다 많은 협력이 요구되고 있는 시점에서 현 소라의 자원상태를 확인하고자 본 연구가 수행되었다.

본 연구에서는 제주도산 소라의 자원의 어느 정도 적정 수준에서 자원상태가 유지되고 있어 자원의 적절한 관리를 위해서는 어획강도를 현재보다 감소시키고, 어획개시연령을 증가시켜야 하는 필요성이 제기되고 있지만 2007년 이후 증가되는 노력당어획량의 추이를 계속 검토하면서 생물학적 허용어획량 설정이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

요약

본 연구에서는 제주도산 소라의 자원생태학적 특성치인 생존율, 순간자연사망계수 및 순간어획사망계수, 어획개시연령을 추정하였으며, 직접 조사를 통한 자원을 확인하였다. 생태학적 특성치 추정을 위한 표본은 2009년 9월부터 2010년 5월까지의 자료를 활용하였다. 순간전사망계수는 2.2062/year로 추정되었으며, 순간자연사망계수는 0.8743/year로 추정되었

다. 어구가입연령은 2.636 세로 추정되었다. 소라 자원을 가입 당어획량 모델에 적용시킨 결과, 현재의 순간어획사망계수, 어획개시연령에서의 가입당생산량은 7.92 g으로 추정되었다. 따라서 현재의 순간어획사망계수를 그대로 유지한다면 어획개시연령을 2세에 맞추어야 하고, 현재의 어획개시연령을 유지한다면 순간어획사망계수를 0.2보다 낮은 수준으로 낮추어야 한다. $F_{0.1}$ 의 경우, 1세에서 2.58 g으로 가장 높은 가입당생산량을 나타내고 있다. 또한 가입당산란자원량 모델을 이용하여 생물학적 관리기준인 $F_{40\%}$ 의 값을 현재의 어획상태를 고려하여 추정하였다. F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{35\%}$, 및 $F_{40\%}$ 에서의 가입당생산량은 10.44 g, 1.87 g, 6.53 g and 7.46 g으로 추정되었다.

감사의 말씀

본 연구는 국립수산물품질관리원 (제주연안어업자원조사 RP-2010-FR-010) 의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

Alverson, D.L. and Carney, M.J. (1975) A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *Journal de Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **36(2)**: 133-143.

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(2)**: 1-533.

Chang, D.S. (2002) Studies on the stock assessment and management of the turban shell, *Batillus cornutus* in Jeju coastal waters, Korea. *Doctor thesis. Department of Marine Biology Graduate School, Jeju National University*, 94p. [in Korean].

Chang, D.S. and Chung, S.C. (2001) Shell growth pattern of the top shell, *Batillus cornutus* in the coastal Jeju Island. *Journal of Korean Society of Fisheries Resources.*, **3**: 9-15 [in Korean].

Chang, D.S., Chung, S.C., Lee, D.W., Ha, D.S. and Kim, D.G. (1999) Recruitment characteristics and stock assessment of topshell, *Batillus cornutus* in Jeju Island. *Bulletin of National Fisheries Research Development Institute of Korea*, **57**: 27-34 [in Korean].

Chang, D.S., Park, Y.C. and Chung, S.C. (2002) Stock Assessment of the top shell, *Batillus cornutus* in Jeju Island. *Bulletin of National Fisheries Research Development Institute of Korea*, **61**: 22-33 [in Korean].

Chapman, D.G. and Robson, D.S. (1960) The analysis of catch curve. *Biometrics*, **16**: 354-368.

Chung, S.C. (1983) A study on the growth of Jeju Island's turban shell, *Turbo cornutus*. *Bulletin of Marine Resources Research Institute of Jeju University*, **7**: 71-75 [in Korean].

Edser, T. (1908) Note on the number of plaice at each

length in certain samples from the southern part of the North Sea, 1906. *Journal of the Royal Statistical Society*, **71**: 686-690.

Heincke, F. (1913) Investigations on the plaice. General report. I. Plaice fishery and protective measures. Preliminary brief summary of the most important points of the report. *Rapports P-V. Réunion de Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **16**: 1-67.

Hwang, H.J. and Chung, K.O. (1979) A Study on the growth of the top shell, *Turbo cornutus* (Solander). *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **22**: 45-53 [in Korean].

Jackson, C.H.N. (1939) The analysis of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, **8**: 238-246.

Lee, J.J. (1983) Histological Study on the Reproductive Cycle of Jeju Island's turban shell *Batillus cornutus*. *Bulletin of Marine Resources Research Institute of Jeju University*, **7**: 29-51.

Lee, J.J. (1984) The Fine Structure of Differentiating Spermatozoa in the Turban Shell, *Turbo cornutus*. *Bulletin of Marine Resources Research Institute of Jeju University*, **8**, 53-64 [in Korean].

Lee, J.J. and J.Y. Lee. (1979) Calorific Content Change in the Gonad and Meat of *Turbo cornutus* Sorander. *Bulletin of Marine Resources Research Institute of Jeju University*, **3**: 17-22 [in Korean].

Lee, J.J. and K.W. Lee. (1984) On the Growth of Released Turban Shell, *Turbo cornutus* and Environments of its Habit. *Bulletin of Marine Resources Research Institute of Jeju University*, **8**, 31-40 [in Korean].

NFRDI. (1999) Commercial Molluscs from the Freshwater and Continental Shelf in Korea, *Koodeuk Press*, p. 192. [in Korean].

Pauly, D. (1984) Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte*, **2**, 9-10.

Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, **191**: 382 pp.

Rho, Y.G. (1974) Studies on the seedlings production of the top shell, *Turbo cornutus* Solander. *Bulletin of National Fisheries Research Development Agency of Korea*, **22**: 42-65 [in Korean].

Yoo, J.S. (1995) Korean shells in colour. *ILJISA, Seoul*. p. 196. [in Korean].

Yoo, J.T., H.S. Sohn, Y.J. Lim, Y.M. Choi, and D.S. Chang. (2009). Jeju coastal fisheries, survey of fisheries resources. *2008 Technical Report of National Fisheries Research & Development Institute (Fisheries Resource)*, 127-156. [in Korean].

Zhang, C.I., Lee, J.B. and Baik, C.I. (2000) A study on the stock assessment methods incorporating ocean environment factors. *Journal of Korean Society of Fisheries Resources*, **3**: 16-28. [in Korean].