

한국 남해안 개조개 *Saxidomus purpuratus*의 자원평가

김영혜, 권대현, 장대수, 김종빈, 김성태, 류동기¹

국립수산과학원, ¹군산대학교

Stock Assessment of Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* in the Southern Coastal Waters of Korea

Yeong Hye Kim, Dae Hyeon Kwon, Dong Woo Lee, Dae Soo Chang, Jong Bin Kim, Seong Tae Kim and Dong Ki Ryu¹

National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902 Korea

¹School of Marine life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-360 Korea

ABSTRACT

Population ecological parameters and stock biomass of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby), in the southern coastal areas of Korea were determined based on the fishery data from the Divers Fisheries Cooperative and other available biological data. Instantaneous coefficient of total mortality (Z) of purplish Washington clam was estimated to be 0.7479/year. The estimated instantaneous coefficient of natural mortality (M) was 0.2012/year. From the values of Z and M, the instantaneous coefficient of fishing mortality coefficient (F) for the recent years was calculated to be 0.4578/year. The age of purplish Washington clam at its first capture (t_c) was 2.7506 year. Yield-per-recruit and spawning biomass-per-recruit were estimated under harvest strategies that bases on F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{35\%}$ and $F_{40\%}$ were shown as 81.60 g, 61.68 g, 115.07 g and 131.51 g, respectively. The acceptable biological catch (ABC) was estimated to be about 1,404 metric tons.

Keywords: Purplish Washington clam, Natural

mortality, Fishing mortality, Age at first capture, Yield-per-recruit, Spawning biomass-per-recruit, Acceptable biological catch.

서론

개조개, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) 는 백합목 백합과에 속하는 종으로 우리나라, 일본 및 중국 대륙 연안까지 넓게 분포하고, 조간대부터 수심 40 m의 모래나 자갈이 섞인 진흙에 서식한다 (Min, 2004).

지금까지 한국 연근해의 개조개 자원에 대한 연구는 생식세 포 및 산란시기에 관한 연구 (Kim, 1969, 1971; Chung and Kim, 1994; Chung *et al.*, 1999; Ahn, 2001; Kim *et al.*, 2001) 가 많이 이루어져 있고, 식품가공학적 연구 (Jung, 1992; Oh *et al.*, 1998) 는 꾸준히 이루어지고 있는 실정이다. 생태에 관한 연구는 Kim *et al.* (2001) 에 의해 남해안에 분포하는 개조개의 어획량 변동과 상대성장에 관한 연구, Zhang *et al.* (2004) 에 의한 거제 연안산 개조개의 자원생태학적 연구가 있다. 일본의 경우, 유치패의 인공 사육하에서의 형태적 특징에 관한 연구 (岸岡 等, 1996), 성숙도에 관한 연구 (井手尾 等, 1996) 가 있으며, 중국은 생물학적인 기초 연구보고 (Wei *et al.*, 1982) 가 있을 뿐이다.

우리나라 개조개 생산량은 연평균 약 4,000 톤 정도가 어획되어지며, 부산, 마산, 남해 지역을 중심으로 한 경남 남해안 생산량이 전국 생산량의 약 75% 이상을 차지하고 있을 만큼 연안어업의 중요한 소득원이며, 경제적으로 중요한 종이다. 그

Received December 17, 2006; Revised May 4, 2007; Accepted June 8, 2007

Corresponding author: Kim, Yeong Hye
Tel: +82 (51) 720-2297 e-mail: yhkim@nfrdi.re.kr
1225-3480/23105

© The Malacological Society of Korea

러나 개조개의 어획량은 1997년까지는 8,637 톤으로 비교적 높은 수준을 나타내었으나 2000년 이후부터 지속적으로 급격히 감소하고 있는 상태이다 (National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI), 2006). 이와 같이 개조개 자원의 지속적인 감소에 따른 체계적이고 효율적인 관리방안을 수립하기 위해서는 개조개 자원에 대한 적정 어획량, 적정어획개시연령, 적정노력수준 등 정확한 정보를 축적하여야만 한다.

따라서 본 연구는 개조개자원에 대한 어획통계자료와 자원생태학적 특성치 및 기타생물자료를 이용하여 개조개자원의 자원평가를 수행하고 아울러 적정어획을 위한 관리 매개변수를 추정하여 개조개 자원의 효율적인 관리를 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

1. 어획자료

본 연구에서 개조개 어획량 자료는 지역별 잠수기 수협 어획량자료와 해양수산부 어업생산통계시스템 (MOMAF, <http://fs.fips.go.kr>) 데이터베이스를 활용하였다. 개조개 어획물의 크기는 2001년부터 2002년까지 잠수기 수협 (여수, 부산, 마산, 삼천포) 에서 각각 0.1 cm 까지 측정된 자료를 사용하였다.

잠수기어업의 조업구역은 강원도 연해를 제 1구, 경상북도 연해를 제2구, 부산광역시, 울산광역시 및 경상남도 연해를 제 3구, 전라남도 연해를 제 4구, 인천광역시, 경기도, 충청남도 및 전라북도 연해를 제 5구로 지정하고 있다 (수산자원보호령 17조 1항, 별표 12, 2003. 08. 27 개정). 그러나 잠수기조업 구역에 대한 구별이 변경되었음에도 불구하고 최근까지도 부산광역시-경상남도 연해를 제 1, 2구, 전라도, 충청도연해를 제 3, 4구로 관례적으로 부르고 있다.

2. 자원생태학적 특성

성장 계수: 성장계수는 Kim *et al.* (2003) 에 의해 추정된 다음 식을 이용하였다.

$$L_t = 125.57(1 - e^{-0.2523(t + 0.05367)})$$

생산물 (S): 생산물은 각 연령별 어획개체수를 이용하였다. 생산물의 추정에는 어획물곡선법 (Edser, 1908), Jackson 방법 (1939), Heincke 방법 (1913), 평균연령사용법 (Ricker, 1975) 및 Chapman and Robson 방법 (1960) 의 5 가지 방법을 사용하였다 (Zhang, 1991).

순간어획사망계수 (F): 순간어획사망계수는 표본개체군에서 최고의 조성비 (P_x) 를 나타내는 우점연령군 (x_b) 과 이보다 연령이 높은 연령군의 연령조성 자료를 사용하여 다음의 식으로

구하였다.

$$F = -\ln\left(\frac{\sum_{x=x_b+1}^{\infty} p_x}{\sum_{x=x_b}^{\infty} p_x}\right)$$

순간자연사망계수 (M): 순간자연사망계수는 자원으로의 가입이후의 자연사망을 의미하며 이입과 이출을 고려하지 않았다. 순간자연사망계수의 추정에는 Alverson and Carney (1975) 방법, Alagaraja (1984) 방법 그리고 Chapman and Robson 방법 (1960) 으로 추정된 생산물 ($S = e^*$) 값에서 변환하여 추정된 순간자연사망계수의 값에서 순간어획사망계수를 제하여 구한 값으로 추정하였다.

어획개시연령 (t_c): 일반적으로 어류 자원의 어획개시연령은 망목시험을 통하여 추정하는 방법이 가장 효율적이다 (Zhang, 1991). 그러나 패류의 경우는 이 방법의 적용이 불가능하므로, 채취한 표본의 연령조성에서 우점연령군의 연령과 조성비를 각각 t_b 와 P_b , 이보다 1세 어린 연령군의 연령과 조성비를 각각 t_a 와 P_a 라 하여 어획개시연령 (t_c) 을 다음의 식을 사용하여 추정하였다 (Zhang *et al.*, 1999).

$$t_c = \frac{t_a \cdot P_a + t_b \cdot P_b}{P_a + P_b}$$

3. 자원량

개조개의 연도별 자원량을 추정하기 위하여 Pope (1972) 의 연급군분석 (Cohort analysis) 을 사용하였다. 연급군분석 모델에 의한 연령별 자원미수의 추정식은

$$N_t = N_{t+1}e^M + C_t e^{\left(\frac{M}{2}\right)}$$

N_t : t 연령의 미수

M : 자연사망계수

C_t : t 연령의 어획미수

이며, 최종 연령군에 대해서는

$$N_t = C_t \frac{(F_t + M)}{F_t} \quad \text{또는} \quad N_t = \frac{C_t (F_t + M)}{[F_t (1 - e^{-(F_t + M)})]}$$

F_t : t 연령군의 어획사망계수 이다.

4. 적정어획사망계수와 적정어획개시연령의 추정

1) Beverton and Holt에 의한 추정

개조개의 적정어획사망계수와 적정어획개시연령은 Beverton

$$\frac{Y}{R} = F \exp\{-M(t_c - t_r)\} W_{\infty} \sum_{n=0}^3 \frac{Un \exp\{-nK(t_c - t_0)\}}{F + M + nK}$$

$$\cdot [1 - \exp\{-(F + M + nK)(t_L - t_c)\}]$$

and Holt (1957)의 가입당생산량 모델식을 사용하였다.

여기서, Y/R은 가입당 생산량, $U_0 = 1, U_1 = -3, U_2 = 3, U_3 = -1$ 이며, W_∞, K, t_0 는 성장식의 계수, M은 순간자연사망계수, F는 순간어획사망계수, t_r 는 어장가입연령, t_e 는 어획개시연령, t_L 는 최대연령을 나타낸다.

2) $F_{0.1}$ 에 의한 추정

$F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때 생산량 곡선 기울기의 10%가 되는 기울기에 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.

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

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

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

여기서, SP는 산란자원량을 의미하며 이 식에 사용된 연령별 성숙비 (mi) 를 제외한 모든 값들은 위의 Beverton and Holt 모델식과 동일한 것을 사용하였다. 위의 식에서 사용된 성숙비 (mi) 는 1 세 0.094, 2 세 0.257, 3 세 0.533, 4세 0.601, 5 세 0.692 6 세 1.0으로서 6 세 이상은 완전성숙연령으로 간주하였다.

결 과

1. 어획동향

우리나라 개조개 어획량 변동을 살펴보면 (Table 1), 연간 평균 생산량은 4,411 톤이었으며, 그 중 1, 2구 잠수기수협이 전체 생산량의 75%를 차지하였으며, 3, 4구 잠수기수협이 약 1,000 톤 내외를 어획하였다. 1995-1999년까지는 7,000-8,000 톤에서 변동을 보였으며, 1997년에 8,637 톤으로 가장 많이 생산되었다. 그러나 2000년 이후 최근까지 생산량이 현저히 감소하여 6,000 톤 내외를 어획하였다. 2001년의 어획은 6,051 톤으로 전년도에 비해 5% 감소하였고, 2002년에는 3,765 톤, 2003년에는 4,869 톤, 2005년 어획량은 3,800 톤으로 전년도에 비해 약 17% 감소한 것으로 나타났다. 개조개는 부산, 마산, 통영, 남해, 삼천포, 여수 등의 여러 지역의 잠수기 어업에 의해 어획되고 있지만 주로 부산, 마산 및 여수에 의해 전체 어획량의 70-90%가 어획되고 왔다. 최근 들어 마산

Table 1. Annual catches of *Saxidomus purpuratus* at branches of Divers Fisheries Cooperative in the southern coastal waters of Korea.

Year	1 and 2 Gu					total	3 and 4 Gu	Total
	Busan	Masan	Tong-yeong	Nam-hae	Samchunpo		Masan	
1995	2,272	2,181	12	.*	.*	4,465	2,758	7,223
1996	2,309	2,721	3	.*	.*	5,033	3,347	8,380
1997	2,213	2,076	25	898	870	6,082	2,555	8,637
1998	2,213	1,438	226	774	653	5,304	1,776	7,080
1999	3,144	1,751	119	835	1,088	6,937	1,086	8,023
2000	2,265	1,793	87	461	720	5,326	1,035	6,361
2001	1,943	1,121	11	641	928	4,644	1,407	6,051
2002	1,078	2,484	96	498	851	2,730	1,035	3,765
2003	1,526	682	102	407	818	3,536	1,333	4,869
2004	1,594	504	55	512	802	3,469	1,096	4,565
2005	1,290	329	34	394	884	2,931	869	3,800

Data source: Divers Fisheries Cooperatives, * : no data, unit = mt.

Table 2. Age composition of *Saxidomus purpuratus* in the southern coastal waters of Korea.

Age (year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ratio (%)	0.70	5.30	10.30	31.00	26.28	20.00	4.50	2.40	0.21	0.01

Table 3. Estimates of survival rates of *Saxidomus purpuratus*, using mean age composition for three years by five different methods.

Methods	S	Z	Var (S)	Parameters
Catch-curve	0.2775	1.2820	NA	i: age N _i : number of individuals at age i T: average age
Jackson	0.6328	0.4576	NA	
Heincke	0.2654	1.3264	0.00007	
Average age	0.5361	0.6234	NA	
Chapman and Robson	0.5174	0.6589	0.00004	

Table 4. Estimated instantaneous coefficient of natural mortality (M) of *Saxidomus purpuratus* by three methods and their input data.

Methods	Estimated M	Input data
Alverson and Carney	0.4706/year	K = 0.2523, t _{max} = 10 year
Alagaraja	0.4605/year	T _m = 10 year
M = Z - F	0.2012/year	Z = 0.6589, F = 0.4578

Table 5. CPUE (catch per unit effort; mt/vessel) of *Saxidomus purpuratus* in the southern coastal waters of Korea from 1995 to 2005.

Year	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CPUE	59.2	69.3	55.0	42.7	48.9	42.5	36.7	34.2	31.6	30.2	26.8

및 통영의 어획비율이 감소하는 반면, 남해, 삼천포는 어획비율이 증가된 것으로 나타났다. 지소별 어획비율을 보면, 부산 28.6%, 여수 27.5%, 마산 17.1%, 삼천포, 남해, 통영 순으로 비중이 높았다.

2. 자원생태학적 특성치

1) 생산율의 추정

개조개 표본 윤경으로부터 추정된 어획물의 연령조성은 Table 2를 이용하여 추정된 생산율 (S) 은 0.2775-0.6328의 범위를 나타내었다 (Table 3). 생산율 추정치 방법 중 Heincke 방법에 의한 생산율 추정치가 가장 높은 값을 보였으며, 부산 값은 Heincke 방법에 의한 추정 값이 상대적으로 크게 나타났기에 Chapman and Robson 방법에 의한 추정 값인 0.5174를 개조개의 생산율로 채택하였다.

2) 순간어획사망계수 및 순간자연망계수

추정된 순간어획사망계수 (F) 는 0.4578/year으로 추정되었으며, 순간자연사망계수 (M) 추정에 사용된 파라미터와 추정된 순간자연사망계수의 값은 Table 4와 같다. 순간자연사망

계수는 Chapman and Robson 방법으로 추정된 생산율 (S = e^{-F}) 값에서 변환하여 추정한 순간전사망계수 값 0.6589/year에서 순간어획사망계수 값 0.4578/year을 제하여 추정하였으며, 그 결과 순간자연사망계수 값은 0.2012/year이었다.

3) 어획개시연령의 추정

Table 2의 연령조성자료를 사용하여 개조개의 어획개시연령 (t_b) 을 추정하였다. 우점연령군 (t_b) 은 3 세, 그 조성비 (P_b) 는 31.00%이었으며, 1 세 어린 연령군 (t_a) 는 2 세, 그 조성비 (P_a) 는 10.30%이었다. 그 결과, 어획개시연령은 2.7506 세로 나타났다.

3. 자원량

개조개에 대한 잠수기 어업의 위판척당어획량 (Catch per Unit Effort, CPUE) 을 보면, 변동의 폭은 다소 크지만, 1996년 69.3 톤/척의 최고치를 나타낸 후 점차 감소하여, 2005년 26.8 톤/척으로 나타났다 (Table 5). Pope 모델에 적

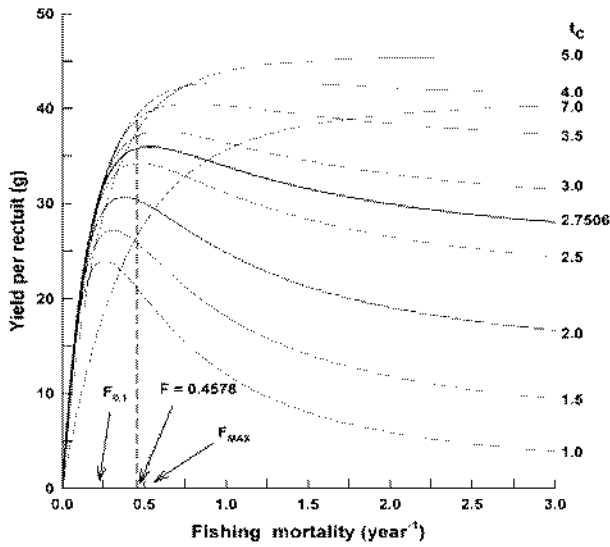


Fig. 1. Yield per recruit curves of *Saxidomus purpuratus* in the southern coastal waters of Korea. Y/R against fishing mortalities (F) for various ages at first capture (t_c).

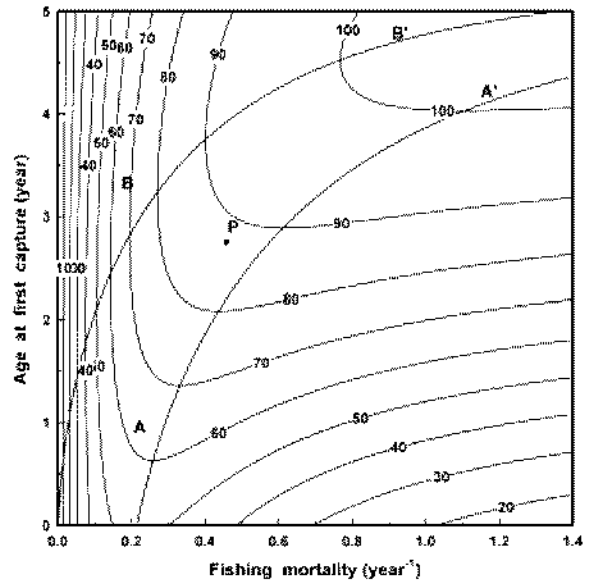


Fig. 3. Yield isopleths for *Saxidomus purpuratus* in the southern coastal waters of Korea. P represents the current state of fishing mortality (F) and age at first capture (t_c).

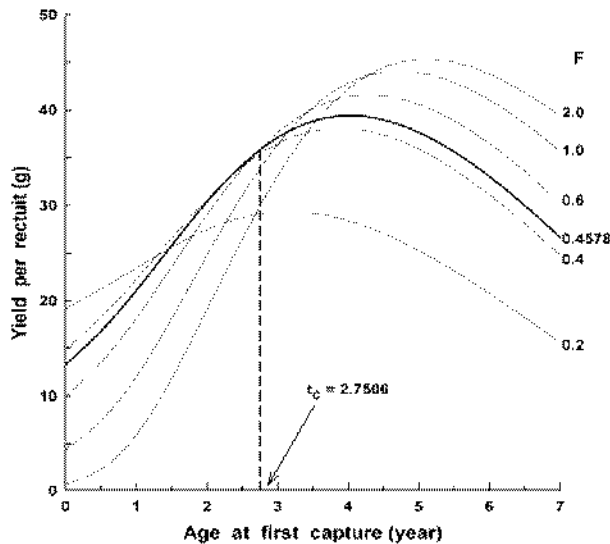


Fig. 2. Yield per recruit curves of *Saxidomus purpuratus* in the southern coastal waters of Korea. Y/R against the age at first capture (t_c) for various fishing mortalities (F).

용하여 추정된 개조개의 자원량은 8,362 톤으로 추정되었다.

4. 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령

1) Beverton and Holt에 의한 추정

Beverton and Holt 모델을 사용하여 순간어획사망계수에

대한 가입당생산량곡선을 어획개시연령별로 보면 (Fig. 1), 현재의 어획개시연령 ($t_c = 2.7506$)을 기준으로 현재의 순간어획사망계수 ($F = 0.4578$)는 가입당생산량이 최대가 되는 $F_{max} (=0.58)$ 보다 다소 낮은 것으로 나타났다. 한편 현재의 어획사망계수를 그대로 유지한다면 어획개시연령을 4세 이상으로 높여야 한다.

또한 어획개시연령에 대한 가입당생산량곡선을 어획사망계수별로 나타내어 보면 (Fig. 2), 최근의 순간어획사망계수 ($F = 0.4578$)를 기준으로 가입당생산량이 80.89 g으로 최대치가 되는 어획개시연령은 2.7506세였다. 현재의 어획개시연령을 유지한다면, 어획사망계수를 0.2보다 낮은 수준으로 낮추어야 한다.

어획개시연령과 순간어획사망계수간의 상호변화에 따른 가입당생산량의 변동을 검토하기 위해 등생산량 곡선을 구하였다 (Fig. 3). 그림에서 곡선 AA'는 주어진 어획개시연령 (t_c)을 따라 최대의 가입당생산량을 산출하는 점들로 연결한 것으로, 현재의 어획개시연령 (P)은 최대치를 연결한 곡선의 좌상변에 놓여 있으나, 자원의 지속적 최대이용을 위해서는 점 P가 위쪽으로 이동될 수 있도록 어획개시연령을 높여야 한다. 한편 곡선 BB'는 주어진 F 값에 따라 최대 가입당생산량을 산출하는 점들을 연결한 것으로서 현재의 F 값은 우하변에 놓여 있으므로 적정수준에 비해 높은 것으로 분석되었다.

Table 6. Yield and spawning biomass per recruit of *Saxidomus purpuratus* in the southern coastal waters of Korea under harvest strategies on F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{30\%}$, $F_{35\%}$, and $F_{40\%}$.

Age at first capture	F_{max}	$F_{0.1}$	$F_{30\%}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$	Y/R (g)					SB/R (g)							
						F_{max}	$F_{0.1}$	$F_{30\%}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$	F_{max}	$F_{0.1}$	$F_{30\%}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$			
2	0.4226	0.2194	0.3679	0.3097	0.2627	72.81	65.69	50.64	59.09	67.53								
2.7506	0.5758	0.1766	0.4352	0.3640	0.3073	81.60	61.68	98.63	115.07	131.51								
3	0.6433	0.1686	0.4593	0.3836	0.3234	84.17	60.04	108.25	126.29	144.34								
4	1.0844	0.1476	0.5673	0.4712	0.3955	92.14	52.19	108.35	126.41	144.46								
5	2.8775	0.1346	0.7008	0.5802	0.4858	96.12	43.02	129.05	150.56	172.07								
6	>3.000	0.1251	0.8820	0.7292	0.6099	96.44	33.37	100.11	116.80	133.48								
7	>3.000	0.1175	1.1645	0.9627	0.8053	92.10	23.91	71.73	83.68	95.63								
8	>3.000	0.1110	1.7088	1.4142	1.1840	84.51	15.06	45.18	52.71	60.24								
9	>3.000	0.1052	3.3150	2.7483	2.3044	75.36	7.06	21.17	24.70	28.23								

2) $F_{0.1}$ 에 의한 추정

Beverton and Holt을 순간어획사망계수에 대해 미분한 식을 이용하여 추정한 3세부터 9세까지의 $F_{0.1}$ 값과 F_{max} 값을 비교해 보았다 (Table 6). $F_{0.1}$ 은 계산한 기율기의 10%에 해당하는 F 값을 찾기 위하여 F 값들을 반복 대입하여 $F_{0.1}$ 값을 추정한 결과, $F_{0.1}$ 의 경우, 2세에서 65.69 g으로 가장 높은 가입당생산량을 나타내고 있다. 이때 가입당생산량은 F_{max} 의 경우, 어획개시연령이 5 세에서 가장 높은 값인 96.12 g을 나타내고 있다.

3) 가입당산란량에 모델에 의한 추정

가입당산란자원량 모델식을 이용하여 주어진 가입연령에 대해서 어획이 전혀 없을 때의 산란자원량을 기준으로 하여, 그 산란자원량의 30%, 35% 및 40%를 유지할 수 있는 순간어획사망계수를 구한 결과 (Table 6), 가입당산란자원량은 어획개시연령이 5 세까지 증가할수록 증가하지만 5 세 이후부터 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 추정된 $F_{30\%}$, $F_{35\%}$ 및 $F_{40\%}$ 값은 모두 어획개시연령 5 세에서 129.05 g, 150.56 g, 172.07 g으로 가장 높은 가입당산란자원량을 나타내었다.

고 찰

남해안 개조개에 대한 어획량의 변동추세를 보면 2000년부터 최근까지 지속적인 감소 추세를 벗어나지 못하고 있는 것으로 나타났다. 한편 개조개의 자원 수준을 반영해주는 잠수기어업의 적당 어획량의 변화에서도 2005년의 값은 26.8 톤으로 10년 전인 1995년에 비해 약 45%에 불과한 것으로 나타나 자원의 감소 징후를 느낄 수 있다.

남해안 개조개 자원의 최근 3 개년 ('03-'05년) 의 자원량 (B) 을 평균한 값인 8,362 톤으로 이용하였다. 또한 생물학적

허용어획량 (ABC; acceptable biological catch) 수준의 순간어획사망계수 (F_{ABC}) 는 Zhang *et al.* (2000) 의 방법에 의거하여 구하였다. 개조개는 이동성이 적은 저서자원이므로 산란자원량을 40% 유지시킬 수 있는 생물학적 기준점 $F_{40\%}$ (0.3073/year), $B_{40\%}$ (2,014 톤) 을 사용하였다. 이로부터 개조개의 자원상태는 $B/B_{40\%}$ 의 값은 0.58로 $\alpha-1$ 범위 사이에 있으므로 2b단계 정보수준에 해당되었다. 따라서 $F_{ABC} \leq F_{40\%}$ 이므로 $F_{ABC} = 0.1766/year$ 으로 결정되었다. 이미 구한 순간자연사망계수 ($M = 0.2901/year$) 을 이용하여, 개조개의 생물학적허용어획량 (ABC) 은 다음과 같이 추정되었다.

$$ABC = F_{ABC} \cdot B \cdot \frac{1}{M + F_{ABC}} \cdot [1 - \exp\{- (M + F_{ABC})\}] = 1,230 \text{ mt}$$

NFRDI (2006) 의 연구결과에 의하면, 개조개 남해안의 자원량은 8,661 톤으로 추정되었으며, 순간어획사망계수 (F) 는 0.491/year, 순간자연사망계수 (M) 는 0.31/year, 어획개시연령 (t_0) 는 2.7 세로 추정되었다. 생물학적 기준점에 의한 어획사망계수는 $F_{0.1}$ 에 의한 방법에서 $F_{0.1} = 0.308/year$, 가입당산란자원량모델에서 $F_{30\%} = 0.496/year$ $F_{35\%} = 0.410/year$, $F_{40\%} = 0.343/year$ 으로 추정되었다. 개조개의 생물학적 기준점별 생물학적허용어획량 (ABC) 는 $F_{0.1}$ 추정 값의 경우 1.929 톤, $F_{30\%}$ 추정 값은 3.719 톤, $F_{35\%}$ 추정 값은 2.997 톤, $F_{40\%}$ 추정 값은 2.251 톤이었다.

본 연구와 NFRDI (2006) 의 연구결과를 비교하여보면, 순간자연사망계수를 제외한 순간어획사망계수 등을 포함한 자원 생태학적 특성치는 거의 비슷한 수준으로 나타났다. 그러나 $F_{0.1}$ 에 의한 순간어획사망계수는 본 연구의 경우 $F_{0.1} = 0.1766/year$ 인데 비해 NFRDI (2006) 은 $F_{0.1} = 0.308/year$ 으로 높은 값을 나타내고 있다. 자원량 (B) 은 본

연구결과인 8,362 톤 보다 NFRDI (2006) 의 연구 결과가 10.906 톤으로 높게 나타났다. 가입당산란자원량모델에서의 순간어획사망계수 값은 비슷한 수준으로 나타났다. 산란자원량을 40% 유지시킬 수 있는 생물학적 기준점 $F_{40\%}$ 일 때의 생물학적허용어획량은 본 연구의 1,230 톤보다 NFRDI (2006) 의 연구가 2,251 톤으로 높게 추정되었다. 이와 같은 연구결과 의 차이는 자원생태학적 특성치, 자원량, 생물학적허용어획량 의 추정에 있어서 어획량 자료, 자원생태학적 특성치 추정 방법 및 자원량 추정기간 등에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구 및 NFRDI (2006) 의 연구결과에서 추정된 생물학적 허용어획량 (ABC) 은 최근 어획량보다 낮은 수준이므로, 따라서 남해안 개조개 자원은 과도하게 어획되고 있는 상태이므로 개조개 자원의 적절한 관리를 위해서는 어획강도를 현재보다 감소시키고, 어획개시연령을 증가시켜야 할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 남해안 개조개의 자원생태학적 특성치인 생산율 ($S = 0.5174$), 순간자연사망계수 ($M = 0.2012/\text{year}$) 및 순간어획사망계수 ($F = 0.4578/\text{year}$), 어획개시연령 ($t_0 = 2.7506$ 세), 자원량 ($B = 8.362$ 톤) 을 추정하였다. 갯장 어 자원을 가입당생산량모델에 적용시킨 결과, 현재의 순간어획사망계수 ($F = 0.4578/\text{year}$), 어획개시연령 ($t_0 = 2.7506$ 세) 에서의 가입당생산량은 80.89 g으로 추정되었다. 따라서 현재의 순간어획사망계수를 그대로 유지한다면 어획개시연령을 4 세 이상으로 높여야 하고, 현재의 어획개시연령을 유지한다면 순간어획사망계수를 0.2 보다 낮은 수준으로 낮추어야한다. $F_{0.1}$ 의 경우, 2 세에서 65.69 g으로 가장 높은 가입당생산량을 나타내고 있다. 또한 가입당산란자원량모델을 이용하여 생물학적 관리기준인 $F_{40\%}$ 의 값을 현재의 어획상태를 고려하여 추정하였다.

감사의 말씀

본 연구는 국립수산물과학원 (연근해 주요어업자원평가 RP-2007-FR-001) 의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

Ahn, S.H. (2001) Annual reproductive cycle of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) (Bivalvia: Veneridae) in Sacheon Bay, Korea. MS Thesis, Pukyung National University. 35 pp. [in Korean]
 Alagaraja, K. (1984) Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian Journal of Fisheries*, **31**: 177-280.
 Alverson, D.L. and Carney, M.J. (1975) A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *Journal du 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.
 Chapman, D.G. and Robson, D.S. (1960) The analysis of catch curve. *Biometrics*, **16**: 354-368.
 Chung, E.Y. and Kim, B.S. (1994) Histological and ultrastructural studies on gonadal development and germ cell development of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). *Bulletin of Coastal Research, Kunsan National University*, **6**(1): 1-15. [in Korean]
 Chung, E.Y., Kim, Y.M. and Lee, S.G. (1999) Ultrastructure of germ cell development and reproductive cycle of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). *The Yellow Sea*, **5**: 51-58.
 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 du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **16**: 1-67.
 Jackson, C.H.N. (1939). The analysis of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, **8**: 238-246.
 Jung, B.C. (1992) Freeze denaturalization of squid and butter clam actomyosin. MS Thesis, National Fisheries University of Busan. 50 pp.
 Kim, A.Y. (1969) Studies on the gametogenesis and breeding season of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). *Publications of Marine Laboratory, Busan Fisheries College*, **2**: 27-36. [in Korean]
 Kim, A.Y. (1971) Ecological studies on the propagation of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby), *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **4**(3/4): 92-93. [in Korean]
 Kim, S.K., Park, K.Y., Jang, G.N., Kim, D.J. and Seo, H.C. (2001) Studies on the ecological aspect and gametogenesis of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in the Yellow Sea area. *Bulletin of National Fisheries Research Institute of Korea*, **59**: 152-158. [in Korean]
 Kim, Y.H., Ryu, D.K., Chang, D.S., Kim, J.B. and Kim, S.T. (2003) Age and growth of purplish Washington clam (*Saxidomus purpuratus*) in Jinhae Bay, Korea. *Journal of Korean Fisheries Society*, **36**(5): 495-499. [in Korean]
 Kim, Y.H., Ryu, D.K., Lee, D.W., Chang, D.S., Kim, J.B., Kim, S.T. and Kwon, D.H. (2006) Morphological analysis among populations of purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* in the Korean waters. *Korean Journal of Malacology*, **22**(1): 23-26. [in Korean].
 Min, D.K., Lee J.-S., Koh D.-B. and Je J.-G. (2004)

Stock Assessment of *Saxidomus purpuratus*

- Mollusks in Korea (revised supplementary edition). 566 pp. Min Molluscan Research Institute. Seoul. [in Korean]
- National Fisheries Research and Development Institute (2006) Stock Assessment and Fishery Evaluation Report of Year 2007 TAC-based Fisheries Management in the Adjacent Korean Waters. 230 pp. Yaemoonsa, Busan. [in Korean]
- Oh, K.W., Heu, M.S. and Park, H.Y. (1998) Taste compounds and reappearance of functional flavoring substances from low-utilized shellfishes, *Journal of Korean Fisheries Society*, **31**(6): 799-805 [in Korean].
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin*, **9**: 65-74
- Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, **191**, 382 pp.
- Wei, L.P., Shu, Y.F., Han, Y.P. and Yu, Z.Y. (1982) A preliminary survey on the biology of *Saxidomus purpuratus*. *Journal of Fisheries, China*, **6**(1): 1-8.
- Zhang, C.I. (1991) *Fisheries Resource Ecology*. 399 pp. Woosung Publishing Co., Seoul, Korea. [in Korean].
- Zhang, C.I., Lee, M.W. and Yoon, S.K. (1999) Estimation of population ecological characteristic of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore, Korea. *Journal of Korean Society of Fisheries Resources*, **2**: 24-31. [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]
- Zhang, C.I., Yoon, S.C., Lee, S.K. and Choi, J.W. (2004) A population ecological study of purplish washington clam (*Saxidomus purpuratus*) in adjacent waters of Geoje island. *Journal of Korean Society of Fisheries Resources*, **6**(2): 126-139 [in Korean].
- 岸岡正伸, 井手尾寛, 立石健 (1996) ワチムラサキガイ, *Saxidomus purpuratus* 幼稚貝の人工飼育下における形態的特徴. 山口縣内海水産試験場報告, **25**: 16-19.
- 井手尾寛, 岸岡正伸, 立石健 (1996) ワチムラサキガイの成熟度調査-I. 山口縣内海水産試験場報告, **25**: 35-38.