

통영 연기해역의 바지락자원 적정관리에 관한 연구

조상만, 정우건, 이상준

경상대학교 해양과학대학 해양산업연구소, 해양생명과학과

Ecologically Sustainable Management of Short-necked Clam, *Ruditapes philippinarum*, on the Coast of Yeongi at Tongyeong, Korea

Sang-Man Cho, Woo-Geon Jeong and Sang Jun Lee

Institute of Marine Industry & Department of Marine Biology and Aquaculture, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong, 650-160, Korea

ABSTRACT

In order to develop the sustainable ecological management, short-necked clams, *Ruditapes philippinarum*, were collected from Yeongi coast in Tongyeong, Korea. The growth of the clam was estimated as: $L_f = 68.08 \cdot (1 - e^{-0.145(t+0.324)})$ from ring radius composition of shell. Instantaneous co-efficiency of total mortality and natural mortality were calculated as: 0.991/year and 0.494/year, respectively. The age of the clams from the first capture was estimated to be 3.28. The total biomass was estimated to be 212 MT in the fisheries area (6.4 ha). Applied by these parameters, the annual recruit biomass and the current yield per recruit were calculated to be 649.5 individual/m² and 0.7 g/m², respectively. The current fishing intensity was much lower for maximum sustainable yield and acceptable biological catch. Although higher yield per recruit could be achieved by increasing fishing intensity, it is favorable to retain the current fishing intensity because of the unique fishing attitude on Yeongi coast in Tongyeong, Korea.

Key words: Sustainable ecological management, *Ruditapes philippinarum*, maximum sustainable yield, acceptable biological catch.

서 론

바지락은 간척지 지역과 수심 10 m 이내의 사니질 지역에 분포하며(Yoo, 1976), 일반적으로 바지락은 각장 3 cm 전후를 상품 크기로 알려져 있다. 통상 상품크기까지는 최소 2-3년 정도 소요되는 것으로 알려져 있다 (Cho and Jeong, 2007). 조사해역인 연기-해간도 해역은 통영반도와 거제도 사이를 흐르는 견내랑에 위치하고 있어, 조류 소통이 좋아 예로부터 다양한 해산물이 풍부하게 생산되는 곳이었다. 특히 해간도를 기준으로 동쪽으로는 견내랑으로 조류가 빠른 암초지역이 형

성되어 있고, 서쪽으로는 비교적 완만한 수심의 간척지가 발달하여 있어 다양한 수산물이 생산되었다. 특히 이 간척지에는 천연 바지락서식지가 형성되어 어촌계의 관리하에 매월 사리 때는 일반인에게도 입어를 실시하는 등, 어촌체험 상품으로도 인기를 얻고 있다. 그러나, 최근 통영시에서는 이 해역의 관광 자원 개발을 위하여 연기리와 해간도를 연결하는 연도교 가설을 고시함에 따라 어업피해조사의 일환으로 이 일대의 인근 연안의 자원량 조사를 실시하고자 하였다.

어느 해역의 현존하는 자원량은 그 어장에서 일어나는 자연적이거나 인위적인 현상을 포함하고 있는 연대기적 의미를 지니므로, 현장에서 채취한 시료를 조사하여 얻은 자원생물학적 특성치로부터 자원동태학적인 특성을 파악할 수 있을 것으로 기대한다.

이 연구는 통영과 거제사이를 가로지르는 견내랑의 남쪽입구에 위치한 연기마을의 마을 공동어업 구역 내에 서식하는 바지락 자원에 대한 조사의 일환으로, 성장 및 분포자료로부터

Received August 21, 2008; Accepted December 6, 2008
Corresponding author: Woo-Geon Jeong
Tel: +82 (55) 640-3101 e-mail: jwg@gun.ac.kr
1225-3480/24304

자원생태학적 파라미터를 산정하여, 연기해역의 자원의 관리 실패를 파악하고자 하였다. 나아가 안정적이고 지속적인 생산을 위한 자원관리 방안에 관해서도 논하고자 하였다.

재료 및 방법

바지락 표본을 채집하기 위하여 간조시에 경상남도 견내량의 남쪽 입구에 위치한 조사해역의 간석지에서 임의의 조사정점을 설정하고 2007년 3월부터 2008년 3월까지 계절별로 1회씩 4회 채집을 실시하였다(Fig. 1). 샘플채집은 50 × 50 cm의 방형구를 사용하여 방형구내 깊이 10 cm 이내에 서식하는 전 개체를 망목 3 mm 체에 걸러 채취하였다.

채집된 바지락은 실험실로 옮겨 각장 및 각고를 0.01 mm 단위로 측정하였고, 전중은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다. 바지락의 연령사정은 연륜을 이용하였고, 연륜의 적합성은 각장과 윤장간의 관계를 검토하였다(Kim and Zhang, 1999).

바지락의 성장은 Bertalanffy(1938) 성장식을 이용하여 추정하였다. 각장 자료는 각 연령군의 평균 각장자료를 이용하였고(Table 1), 식 (1)과 같이 산정하였다.

$$L_t = L_{\infty} \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)}) \tag{1}$$

체장과 체중 사이에 누승관계가 성립되므로 연령 t일 때 바지락의 체중(W_t)는 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$W_t = W_{\infty} \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)})^n \tag{2}$$

이때 t = 연령, L_t = 연령 t일 때 각장, L_∞ = 이론적 최대체장, W_∞ = 이론적 최대체중, k = 성장계수, t₀ = 각고 0 일 때 이론적 연령을 각각 나타낸다.

바지락 자원군의 자원량 변화는 다음의 모형과 같이 표현할 수 있다. 즉 초기 개체수를 N₀ 라고 하면, 시간 t 경과 후 개체수 N_t 는 식 (3)과 같이 표현할 수 있고, 여기서 1-d 는 생

존율을 의미하므로 생존율 S로 대체하고 양변에 대수를 취하면 식 (4)와 같다.

$$N_t = N_0 \cdot (1 - d)^t \tag{3}$$

$$\ln(N_t) = \ln(N_0) + \ln(S^t) \tag{4}$$

이 식은 경과시간 t에 대해서 개체수 N_t의 대수값은 직선화시키는 것을 나타내므로, ln(S)는 그 직선의 기울기 값에 해당하고, 이는 바지락 개체수의 감소속도를 의미하는 사망계수(Z)에 해당한다. 이때 사망계수는 (-) 값을 갖게 되므로, ln(S) = -Z로 두면, 시간 t일 때 개체수는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있고, 이를 사망계수 Z에 대해 정리하면 식 (6)과 같다.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-z \cdot t} \tag{5}$$

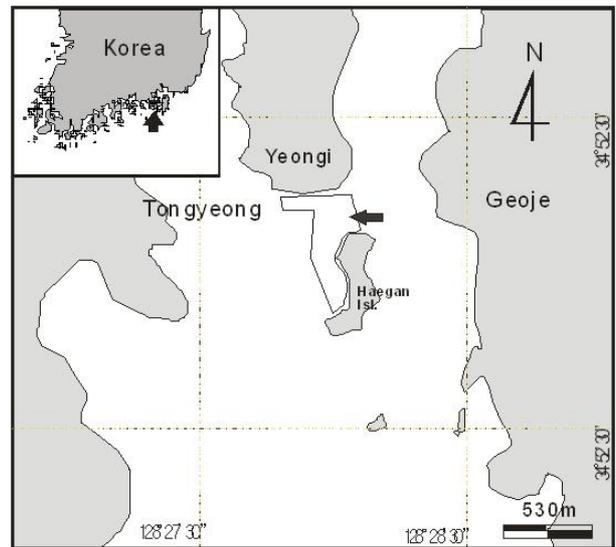


Fig. 1. Map of sampling site of *Ruditapes philippinarum* for the ecological sustainable management. Arrows indicate the sampling area for the study.

Table 1. Mean ring radius of *Ruditapes philippinarum* captured from the coast of Yeongi-ri at Tongyeong, Korea.

Ring group	Radius of ring (mm)					
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
1	14.3					
2	12.4	21.1				
3	12.4	20.3	27.2			
4	11.9	19.1	26.2	32.4		
5	12.4	19.2	25.8	31.1	35.8	
6	12.5	19.1	25.5	31.8	36.5	41.2
Mean	12.6	19.8	26.2	31.8	36.2	41.2
STD	0.8	0.9	0.7	0.6	0.4	-

$$Z = -\ln\left(\frac{N_t}{N_0}\right)/t \tag{6}$$

어획개시 전까지는 자원에 작용하는 사망요인은 모두 자연 사망요인(M)에 의한 것임으로, 어획개시 전까지의 개체수의 변동은 전사망계수(Z) 대신 자연사망계수(M)으로 대체하여 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-M \cdot t} \tag{7}$$

어획개시 후에는 자연사망(M)과 어획사망(F)에 의한 합력이 작용하게 되어 사망계수는 보다 커지게 된다. 따라서 시간 t 이후의 자원량의 변동은 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-(M+F) \cdot t} \tag{8}$$

위의 식 (8)에서 경과시간 t를 조사 당시의 치패연령 t_r 부터 어획개시연령 t_c 까지의 경과시간 $t_c - t_r$ 로 대체하고, 초기 개체수 N_0 를 조사 당시의 치패 개체수 R 로 대체하면, 어획개시 연령 t_c 에서의 개체수 N_c 는 식(9)와 같다.

$$N_c = R \cdot e^{M(t_c - t_r)} \tag{9}$$

위의 식 (9)에서 경과시간 t를 어획개시연령 t_c 로부터 현재 시점 t 까지 경과한 시간으로 대체하고, 초기 개체수 N_0 를 어획개시 당시의 개체수 N_c 로 대체하면 식 (10)이 된다.

$$N_t = R \cdot e^{-(M+F)(t_c - t_r)} \tag{10}$$

위의 식에 식 (9)를 대입하면, 어획개시 후 시점 t에서의 개체수 N_t 는 식 (11)이 된다. 이 식은 어획이 개시된 후의 개체수 변화를 추적하는 모형식이다.

$$N_t = R \cdot e^{-M(t_c - t_r) - F(t - t_0)} \tag{11}$$

그러나 여러 가지 이유로 인하여 0세군의 치패수는 어획개시 연령군의 개체수보다 많지 않기 때문에 어획자료로부터는 구할 수 없는 경우가 많다. 따라서 여기서는 자연사망계수는 Alvenson and Carney(1975)의 방법과 Alagaraja(1984)의 방법에 와 같이 에 따라 식 (12)와 (13)과 같이 산정하여 평균 값을 취하였다.

$$M = \frac{3k}{e^{k(0.38 \times t_d)} - 1} \tag{12}$$

$$M = \frac{\ln(0.01)}{T_m} \tag{13}$$

여기서 K는 von Bertalanffy 성장식의 성장계수이고, t_a 는 최고 연령, T_m 은 자연수명에 해당한다. 한편 순간어획사망계수(F)는 전사망계수에서 자연사망계수를 차감하여 추정하였다.

어획개시연령 산정은 가입량으로부터 자연사망계수를 적용한 감소계수와 전사망계수의 회귀직선이 일치하는 시점을 통한 산정과 연령조성과 조성비를 통해 산정하는 방법을 병행하여 실시하였다. 가입량에 자연사망계수를 적용하기 위하여 연 기해역의 연간 어장으로 가입하는 바지락 개체수는 식 (14)와 같이 산정하였다.

$$R = P \times r_3 \times e^{3M} \tag{14}$$

여기서 P는 조사어장의 바지락 개체의 평균 밀도(individual/m²)이고, r_3 는 조사된 채집된 총 개체에서 3세군이 차지하는 비율이고, M은 자연사망계수이다.

한편 연령조성과 조성비를 통한 산정은 Zhang et al.(1999)의 방법에 따라 식 (15)와 같이 산정하였다.

$$t_c = \frac{t_a \cdot P_a + t_b \cdot P_b}{P_a + P_b} \tag{15}$$

이때 t_a 와 P_a 는 우점연령군의 연령과 조성비에 해당하고, t_b 와 P_b 는 가장 어린 연령군의 연령과 조성비에 해당한다.

어획이 이루어지고 있는 어느 시점 t에서 바지락 자원의 현존량을 B_t 라고 하면, 현존하는 자원량은 식 (16)과 같이 개체수와 중량을 곱한 값에 해당하고 이는 다시 평균밀도(\bar{D})에 평균중량(\bar{w}) 및 서식면적(A)을 이용하여 추정할 수 있고, 분산은 식 (17)과 같은 delta method를 이용하여 추정하였다.

$$B_t = N_t \times W_t \tag{16}$$

$$= \bar{D} \times \bar{w} \times A$$

$$\text{Var}(B) = A^2(\bar{w}^2 \cdot \text{Var}(\bar{D}) + \bar{D}^2 \cdot \text{Var}(\bar{w})) \tag{17}$$

바지락의 최대 지속적 생산량(maximum sustainable yield; MSY)는 Cadima(Troadec, 1977)의 방법에 따라 식 (18)과 같이 추정하였다.

$$\text{MSY} = 0.5 \cdot M \cdot B_0 \tag{18}$$

한편 연간 어획량은 어구에 의한 선택적 가입에 따른 어획 생산량은 현존하는 자원량 B_t 에 어획률(f)을 곱한 값이 된다. 또한 어획은 연중 정해진 어기 동안 지속적으로 이뤄지므로, 총어획생산량은 어기동안의 각 시점별 어획량을 전부 합한 값이 되므로 이는 어획개시 연령(t_c)부터 최고연령(t_a)까지의 각 연령군의 합에 해당한다.

$$Y = \sum_{t=t_0}^{t_a} f \cdot N_t \cdot W_t \tag{19}$$

$$= \int_{t_c}^{t_a} F \cdot N_t \cdot W_t \cdot dt$$

위 식의 N_t 와 W_t 에 각각 식(11)과 식(2)를 대입하면 식 (20)과 같이 정리된다.

위 식에 따라 조사대상 마을어업 어장의 바지락 총어획량(Y)을 추정할 수 있다.

$$Y = \int_{t_0}^{t_d} F \cdot R e^{-M(t_c - T_c)} \cdot e^{-Z(t - t_0)} \cdot W_{\infty} (1 - e^{-k(t - t_0)})^3 \cdot dt$$

$$= F \cdot R \cdot W_{\infty} \cdot e^{-M(t_c - T_c)} \cdot \sum_{n=0}^3 \frac{A_n \cdot e^{-nk(t_c - t_0)}}{F + M + nk} \cdot (1 - e^{-(F + M + nk)(t_d - t_c)}) \quad (20)$$

(단, n = 0, 1, 2, 3일 때 A_n = 1, -3, 3, -1)

조사해역의 공동어장 내 적정 어획사망계수와 적정어획개시 연령은 가입량당 생산량 모델(Beverton and Hall, 1957)을 적용하여 추정하였다. 바지락의 생물학적 허용량(acceptable biological catch; ABC)은 자원 목표생산량에 해당하는 것으로 식 (21)과 같이 추정하였다.

$$ABC = F_{0.1} B \frac{1}{(M + F_{0.1})} (1 - e^{-(M + F_{0.1})}) \quad (21)$$

결 과

1. 성장

조사해역의 바지락의 평균 밀도를 조사하기 위하여 해역을 구분하고 난수표에 따라 임의로 샘플을 추출하여 50 × 50 cm 방형구를 이용하여 개체군 조사를 실시한 결과는 총 3,567 개체가 채집되었고, 평균 99 ± 78 individual/0.25 m²의 밀도분포를 나타내었다. 이들 개체의 연령사정이 적합한가를 알아보기 위하여 각 운문군별로 각장과 운경간의 관계를 비교한 것은 Fig. 2와 같다. 각 운경은 인접한 운경과 확연히 구분되고 각장이 커짐에 따라 운경도 크게 나타났으며 각장과 운경사이에는 직선적인 관계를 보여 운문사이에 대응성이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 이들 개체의 운문을 이용하여 연령사정한 바지락 개체군의 연급군별 분포는 Fig. 3과 같다. 이들 연륜의 평균 운경을 연령별 각장으로 간주하고 조사해역

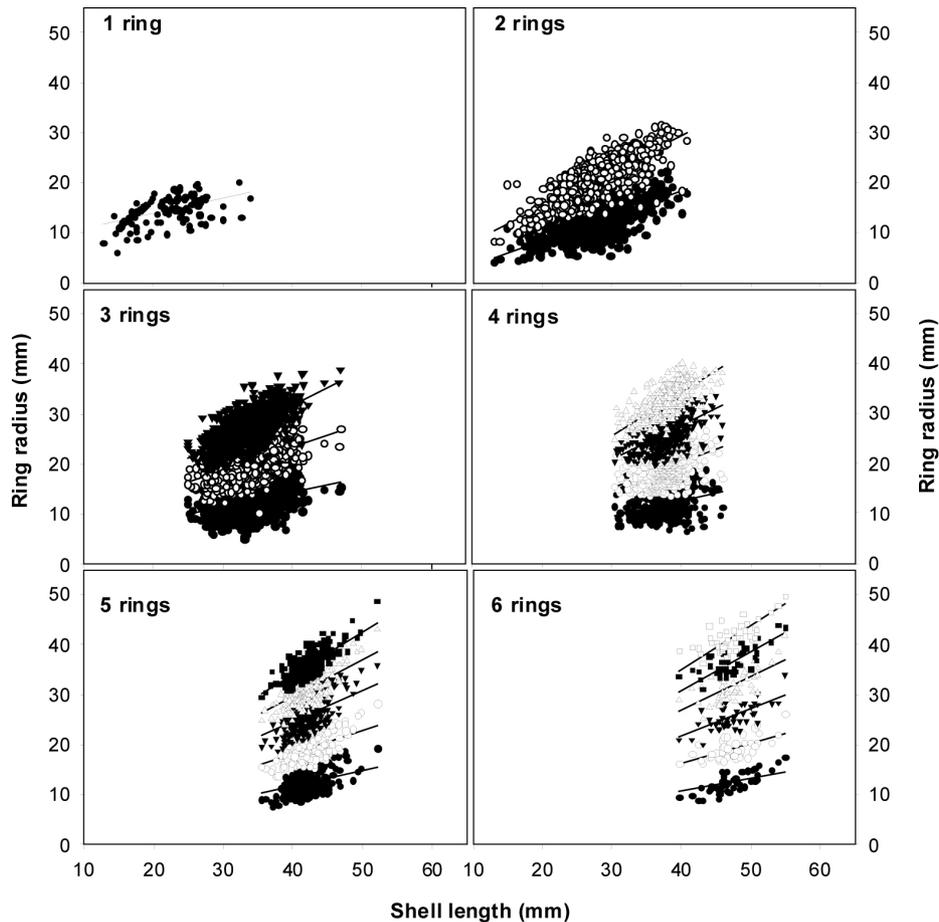


Fig. 2. Relationship between shell length and ring radius of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongi coast at Tongyeong, Korea.

의 바지락의 성장식을 산정하였다(Fig. 4). 각장 자료로부터 유추한 바지락 폐각의 각장 성장식은 식 (22)와 같다($p < 0.05$).

$$L_t = 68.08 \cdot (1 - e^{-0.145(t+0.324)}) \quad (22)$$

한편, 이를 각장 성장자료를 중량에 대한 성장자료로 환산하기 위해 최소 자승법에 의해 각장-전중 상관식을 산출한 결과 $n = 2.9878$ 로 유의한 상관관계를 얻었다($p < 0.001$)(Fig. 5). 이를 식 (2)에 대입하면 최대 전중은 59.93 g으로 산정되었다.

2. 사망계수 추정

조사대상 어장의 바지락 자원의 전사망계수 추정을 위해 연령별 도수분포표를 그려보면, Fig. 6과 같다. 3세 군이후 급격한 개체수 감소가 관찰되며 이를 직선회귀한 결과 전사망계수

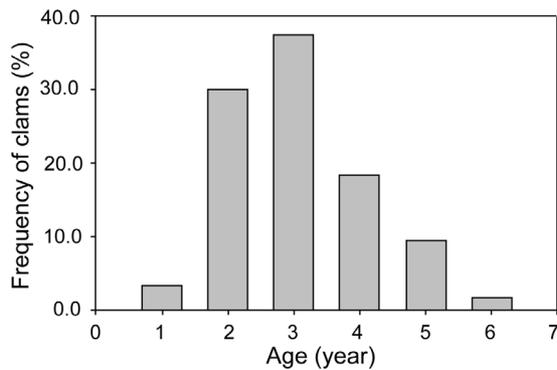


Fig. 3. Year class composition of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeonggi coast at Tongyeong, Korea.

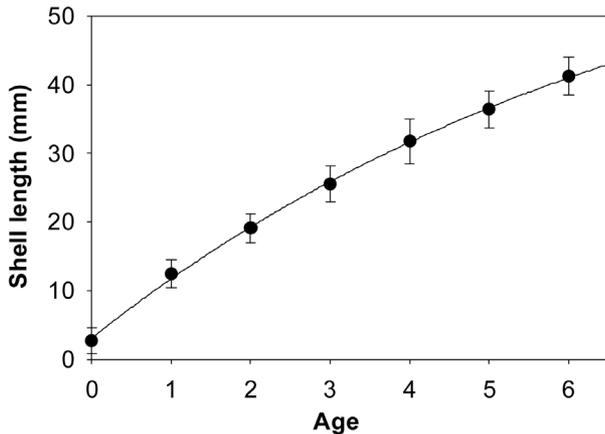


Fig. 4. The von Bertalanffy growth curve of *Ruditapes philippinarum* captured from the coast of Yeonggi coast at Tongyeong, Korea.

(Z)는 0.991/year로 나타났다. 한편 자연사망계수를 연령별 출현빈도로는 추정하기 어려워 두 가지의 서로 다른 방법으로 산정하여 평균값을 취하였다($M = 0.494/\text{year}$). 이상의 결과로부터 산정한 각각의 사망계수 Table 2와 같다.

3. 어획개시 연령

통상 어류의 어획개시 연령은 망목시험을 통해 추정하지만 (Zhang, 1991), 바지락은 어획물의 체장조성으로부터 판단할 수 있다. 주로 바지락은 각장 20-30 cm 내의 크기부터 어획이 이뤄지고 있다. 두 가지 방법으로 실시하였다. 식 (14)를 통해 산출한 연기 어장으로 가입되는 연간 바지락 개체수는 약

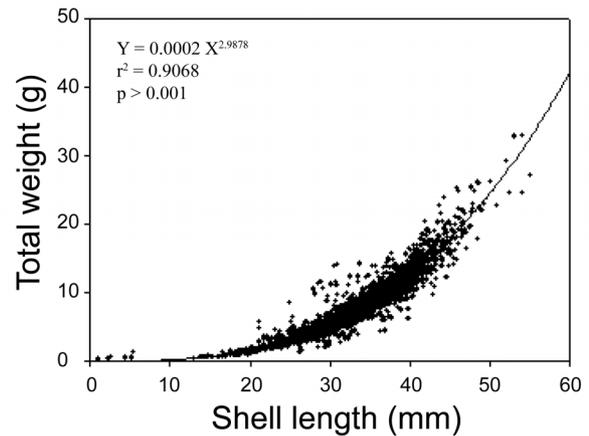


Fig. 5. Relationship between shell length and total weight of *Ruditapes philippinarum* captured from the coast of Yeongi-ri at Tongyeong, Korea.

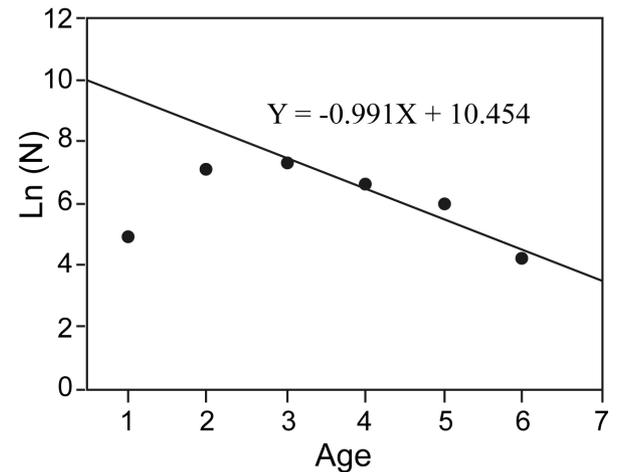


Fig. 6. Estimation of total mortality by selective ogive of frequency of year class of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeonggi coast at Tongyeong, Korea.

649.5 individual/m²였다. 여기에 자연사망계수를 적용하여 산정한 어획개시 연령은 3.58 년에 해당하였다. 여기에 Fig. 3의 연령조성과 조성비를 적용하면 어획개시연령은 2.98년에 해당하였다. 본 연구에서는 이 두 값의 평균값인 3.28을 어획개시 연령으로 간주하였다.

4. 자원량

바지락자원의 평균밀도는 396 ± 78.4 individual/m²였고, 평균 중량은 8.36 ± 4.7 g이었다. 한편 서식면적은 전체 마을 어업 면적 20 ha 중 6.4 ha가 실제 바지락이 어획되고 있는 해역으로 이를 적용하여 자원량을 추정하면 약 212 MT에 해당하였고, 지속적 최대생산량(MSY)은 52.37 MT/yr에 해당하였다.

5. 자원평가

이상의 관련식으로부터 산정한 파라미터들을 이용하여 가입량당 생산모델에 정리하고자, 정리하면 Table 3과 같다. 이를 식 (20)에 적용하여 단위면적당 생산량을 추정하면 약 456.7 g/m²에 달하는 것으로 조사되었고, 전체 어장에서는 연간 29.23 MT이 생산되는 것으로 산정되었다. 이는 최대지속적

Table 2. Estimated instantaneous coefficient of total mortality (Z), natural mortality (M) and fishing mortality (F) of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongi coast at Tongyeong, Korea.

Z	M	F
0.991	0.494	0.497

Table 3. Estimated variables of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongi coast at Tongyeong, Korea.

Variables	Value	Unit	Remark
Fishing mortality (F)	0.497	-	
Natural mortality (M)	0.494	-	
Recruit biomass (R)	649.5	g/m ²	
Maximum weight (W _∞)	59.93	g	
Maximum Age (t _d)	10.548	Yr.	
Age at first capture (t _c)	3.28	Yr.	
Recruit age (t _r)	0	Yr.	
Age at shell length 0 (t ₀)	-0.324	Yr.	
Growth coefficient (k)	0.145	-	

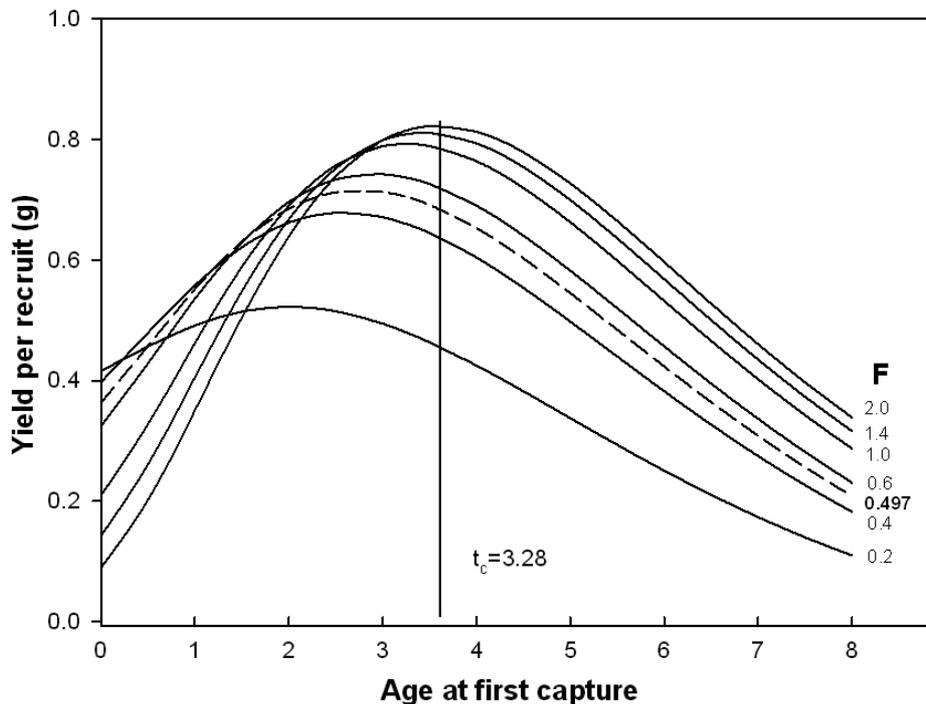


Fig. 7. Variation of yield per recruit curves (Y/R) of *Ruditapes philippinarum* against age at first capture (t_c) captured from Yeongi coast at Tongyeong, Korea. The vertical and the dashed curvilinear line indicate the current fishing mortality and the current age at capture, respectively.

인 생산량인 52.37 MT의 약 56% 수준에 달하는 것으로 조사되었다. 한편 해역의 생물학적 허용량(ABC)은 59.993 MT 이었다.

연기해역의 바지락 어획실태를 알아보기 위해 가입당 생산량 (Y/R)과 어획개시연령과의 관계는 Fig. 6과 같다. 수직선은 현재의 어획개시연령(t_c)인 3.28세이고, 이직선의 연장선을 따라 현재의 어획사망계수를 적용하면 가입당 생산량(Y/R)은 약 0.7 g으로 최고 생산량을 보이는 어획사망계수(Z) 2.0을 적용할 경우의 0.82 g의 85%에 불과하였다. 한편 어획개시연령 (t_c)에 대한 순간어획사망계수와 가입당 생산량(Y/R)의 관계는 Fig. 7과 같다. 현재의 어획개시연령은 거의 최대 생산량을 위한 어획개시연령에 근접하지만 어획강도가 현저하게 낮은 것으로 나타났다.

이들 어획개시연령과 순간어획사망계수의 상호관계에 의한 가입당 생산량의 등어획량 곡선은 분포도는 Fig. 8과 같다. 현재의 어획량은 다소 높은 어획량을 높일 수 있는 잠재력을 지니고 있는 것으로 평가되었다. 이를 위해서는 어획개시연령은 현재의 수준을 유지하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 그러나 어획강도는 현재의 0.4695에서 더 높일 수 있을 것으로 판단되었고, 최고 생산량은 $F = 2.4$ 에서 나타났다. 현재의 어획개

시연령 3.28세에 해당하는 $F_{0.1}$ 은 0.2492였고, 이는 현재의 어획사망계수에 적용하면 약 0.54 g으로 현재의 0.7 g에 비해 약 0.16 g 정도 낮았다.

바지락 자원의 목표생산량에 해당하는 생물학적 허용어획량 (ABC)은 약 37.244 MT으로 약 8 MT 정도의 증산가능성이 있는 것으로 조사되었다.

고 찰

어느 해역의 자원량의 변동은 다양한 요인에 의해 지배되고, 인간에 의한 어획이 없더라도 자연적으로 감소를 하게 된다. 그러나 인간에 의한 어획이 개시되면서 이러한 어획감소추세는 급격하게 변하게 되고 이러한 징후는 개체군의 연대기적 기록인 연령군의 분포에 급격한 변곡점을 생성하게 된다. 따라서 이러한 자원 연대기적 변화를 통해 수산자원의 변동에 대한 정보를 얻을 수 있고, 나아가 이러한 정보로부터 자원을 효율적으로 관리할 수 있는 자료를 얻을 수 있을 것이다.

패류의 경우 윤문을 통해 연령사정하는 것은 일반적인 방법으로 대부분의 패류자원 연구에서 윤문을 연령형질로 성공적으로 이용하고 있다(Kim *et al.*, 2001; Kwon, 2002a,b; Cho and Jeong, 2007). 우리 연구에서 바지락의 연령분포는

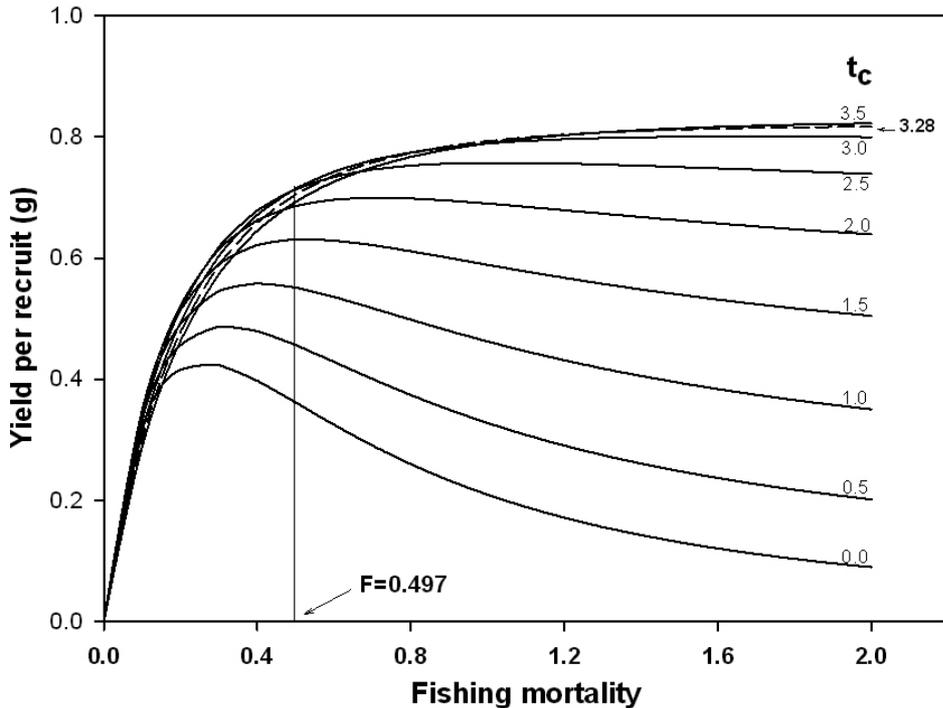


Fig. 8. Variation of yield per recruit curves (Y/R) of *Ruditapes philippinarum* against fishing mortality captured from Yeongi coast at Tongyoeng, Korea. The vertical and the dashed curvilinear line indicate the current age at first capture and the current fishing mortality, respectively.

1-6세로 조사되었고, 이는 많은 연구와 일치하였지만(Cho and Jeong, 2007), Kim and Zhang(1999)과 Jo *et al.*(1995)의 결과와는 다소 달랐다. 이러한 연령분포의 차이의 원인은 아직 명확하지는 않지만 서식환경의 차이에서 기인한 것으로 생각된다.

연기해역의 바지락의 성장식의 이론적 최대 체장은 60.08 mm로 Jo *et al.*(1995)의 73.36 mm보다는 작았고, 통영 한산도 진두연안(Cho and Jeong, 2007)의 48.8 mm보다는 다소 큰 것으로 조사되었다. 이러한 차이는 서식환경의 차이에서 기인하는 것으로 우리 조사해역은 통영한산도의 양식장에 비해 저질이 비교적 고르고 조류소통도 원활하였다. 또한 우리의 바지락 체장성장식의 결정계수 $r^2 = 0.9987$ 로 데이터에 매우 근접한 모델을 제시하였다($p < 0.0001$).

각종 사망계수를 추정하는 방법에 대해서는 여러 가지 방법이 제안되고 있지만, 각기 특성치가 조금씩은 상이하다. 이러한 사망계수의 특성치는 결국 자원변동에 대한 중요한 요소가 되므로 이들 특성치를 정확하게 측정하는 것은 무엇보다도 중

요한 요소라고 할 수 있다. 일반적으로 전사망계수(Z)는 어획 개시연령 이후의 각급 연령군의 변동으로 추정 가능하다. 그러나 어획사망계수(t_c)는 자연사망계수(M)를 산정하여 이로부터 추정하게 된다. 우리 연구에서는 두 가지 산정법을 병행하여 자연사망계수를 산정하였고(Alverson and Carney, 1975; Alagaraja, 1984), 이들 값의 평균값을 취하여 산정방법에 따른 오차를 최소화하고자 하였다.

연기해역의 초기 가입량은 약 649.5 individual/m²로 추정되었다. 이는 한산 진두해역의 382.1 individual/m²(Cho and Jeong, 2007) 보다 월등히 높은 값이었다.

연기 해역은 인위적인 종묘 살포를 하지 않는 천연생산력에 의존하는 해역으로, 이러한 높은 생산성은 지형적 특징에서 비롯된 것으로 생각된다. 조사대상 어장은 견내량의 남쪽 입구에 위치하고 있는 연기마을과 해간도 사이에 위치하고 있다. 어장을 기준으로 동쪽으로는 견내량으로 이어져 수심이 깊고 조류가 매우 빠른 반면 해간도와 연기마을에 사이의 협수로로부터 수심이 급격하게 낮아져 조류가 완만해지고 사니질의 저질을

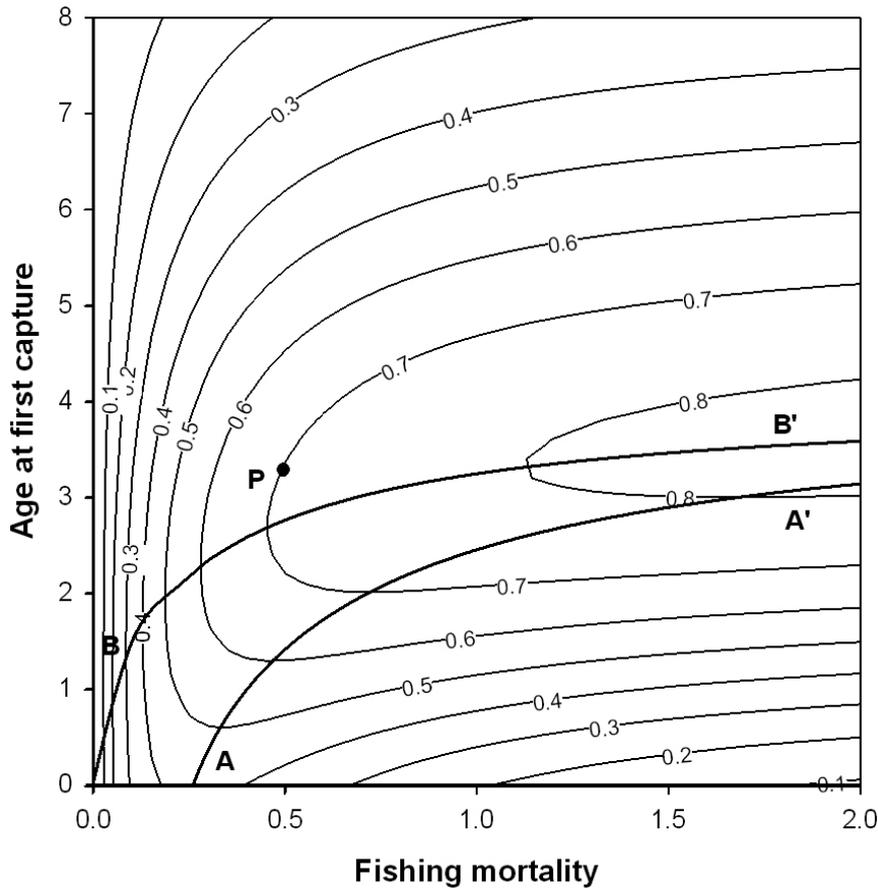


Fig. 9. Yield isopleths for *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongi coast at Tongyoeng, Korea. P indicates the current fishing intensity.

형성하고 있다. 이는 천연 종묘의 착지에 매우 적합한 환경으로 판단된다.

조사대상 어장의 바지락 어획실태를 조사한 결과, 아직 증산의 여력이 있는 것으로 조사되었다(Fig. 8). 그러나 연기해역의 어장관리 형태는 여타해역과 달리 총 6.4 ha의 어장면적 중 현지 어업인에 의해 집중 채취되는 면적은 약 1/3에 불과하고 나머지는 일반인에게 입어료를 받고 개방하고 있다. 일반인 입어는 매월 대조기에 2-3일간 실시하고 있고 이는 어촌계의 주요 수입원으로 책정되어 있다. 그러나 현지 어업인 관리 구역과 일반인 입어 구역 간의 어획강도의 차이가 확연하게 나타나, 현지 어업인 관리구역의 어획강도는 일반어업인 구역에 비해 훨씬 높은 것으로 조사되었다(data not shown). 따라서 현지 어업인에게 불하된 면적이 상대적으로 늘리거나, 일반인 입어일수를 늘리는 등 어획강도를 증가하는 것은 효과적인 어획강도를 통제하기가 어려울 것으로 판단된다. 이는 일반인의 입어는 거의 통제가 불가능하므로 계획적인 생산이 어렵고, 현지 어업인의 관리구역을 조금만 넓혀도 전체 어획강도가 매우 높아질 것이 우려되기 때문이다. 따라서 자원의 변동성을 고려하고 어획강도의 융통성을 고려하면, 다소 여분이 있는 잉여 생산여력은 완충 생산력으로 두고, 현재의 생산 수준을 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Alagaraja, K. (1984) Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian Journal of Fisheries*. **31**: 177-208.
- Alverson, D.L. and Carney, M.I. (1975) A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *ICES/CIEM International Council for the Exploration of the Sea*. **36**: 133-143.
- Bertalanffy von, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws). II. *Human Biology*. **10**: 181-213.
- Beverton, R.J.H. and Halt, S.J. (1957) On the Dynamics of Exploited Fish Populations. 533 pp. HMSO, London.
- Cho, S.M. and Jeong, W.-G. (2007) Ecological study of shortnecked clam *Ruditapes philippinarum* from the Jindu Coast of Hansan Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*. **23**:25-30.
- Jo, S.-G., Zhang, C.I. and Sohn, M.Y. (1995) The morphology and growth of cultured shortnecked clam, *Tapes philippinarum* on the tidal flat near Kunsan, Korea. *Bulletin of Coastal Research*. **7**: 35-45. [in Korean]
- Kim, H.J. and Zhang, C.I. (1999) A population ecological study of short-necked clam, *Tapes philippinarum* in the adjacent waters of Jinhae. *Journal of Korean Society of Fisheries and Resources*. **2**:32-43. [in Korean]
- Kim, Y.H., Chang, D.S. and Park, Y.C. (2001) Preliminary survey of age and growth of the short-necked clam, *Paphina undalata* (Born), in Kwangyang, Korea. *Korean Journal of Malacology*. **17**: 7-12. [in Korean]
- Kwon, D.H., Kang, Y.J. and Kim, D.H. (2002a) Estimation of growth parameters of *Corbicula (Corbiculina) papyracea* Heude from Chungpyeong. *Journal of Korean Fisheries Society*. **35**: 557-562. [in Korean]
- Kwon, D.H., Kang, Y.J., Kim, W.K. and Lee, C.S. (2002b) Population dynamics of *Corbicula (Corbicula) japonica* prime from Namde Stream in Yangyang, Korea. *Journal of Korean Fisheries Society*. **35**: 686-695. [in Korean]
- Troade, J.-P. (1977) Methods semi-quantitatives devaluation. In: FAO Fisheries Circular. 701.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. Iljisa, Seoul. pp. 129 pp. [in Korean]
- Zhang, C.I. (1991) Fisheries Resources Ecology. Woosung Publ., Seoul. 399 pp. [in Korean]
- Zhang, C.I., Lee, M.W. and Yoon, S.K. (1999) Estimation of population ecological characteristics of Sunset Shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo Shore, Korea. *Journal of Korean Society of Fisheries and Resources*. **2**: 24-31. [in Korean]