Korean J. Malacol. 28(2): 109-116 2012

완도 영흥지선 연안의 천연 바지락 자원에 대한 연구

조상만, 이종화

군산대학교 해양과학대학 해양생명과학과

Study on natural short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*, stocks in Yeongheung coast of Wando Island, Korea.

Sang-Man Cho and Jong Hwa Lee

Department of Aquaculture and Aquatic Science, Kunsan National University, 558 Deahakro Kunsan, Jeonbuk 573-701, Republic of Korea

ABSTRACT

In order to understand the effect of introduction of oyster rack culture on natural short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*, stock, we investigated the status of natural clam stock prior to introduction of oyster rack culture at Yeongheung Coast of Wando Island. The growth equation of the clam was estimated as: L_t = 61.46· (1 -$e^{-0.172(t+0.155)}$) from ring radius composition of shell. Instantaneous coefficient of total mortality and natural mortality were calculated as: 2.4087/year and 0.478/year, respectively. The age at first capture was estimated to be 2.55 year. The total biomass was estimated to 3.23 ton in the bed (0.8 ha). Applied by these parameters, the annual recruit biomass and the current yield per recruit (Y/R) was corresponded to 114.7 individuals/m^2 and 92.0 g/m^2, respectively. Maximum sustainable yield (MSY) was estimated 0.77 ton/year which was close to annual catches, 0.74 ton/year, in the area.

Key Words: Oyster rack culture, *Ruditapes philippinarum*, Stock assessment.

서 론

허베이스피리트호 원유 유출사고에 의해 서해안의 간석지 어장복원 프로그램의 일환으로 수평망식 굴 (*Crassostrea gigas*) 양식이 활성화되기 시작되어, 2010년까지 약 20개소에 30 여 ha에서 양성되고 있다 (Kim, 2010). 수평망식 굴 양식이 새로운 대안 산업으로 성장하기 위해서는 수용력평가에 의한 적정시설규모 (Jeong *et al*., 2009) 및 판로확보 등 다양한 문제가 산재해 있다.

수평망식 굴 양식은 2-5시간 노출선에 철재 등의 소재로 구조물을 설치하고 플라스틱 재질의 양성망에 개체굴 종패를 수용하여 상품크기까지 양성하는 양식법으로 프랑스를 비롯한 유럽 및 미국 등지에서 널리 실시되고 있다 (James, 1987; Moore and Moore, 2010).

기후온난화와 어촌 인력환경 변화 등의 환경변화에 대처하기 위한 대안산업으로 각광받고 있지만, 조간대에 인위적인 자원량 증가에 따른 연안 생태계의 변화 (Nugues *et al*., 1996) 및 환경변화 (Newell, 1988) 를 예측할 수 있다. 굴 양식이 연안환경에 미치는 순기능도 존재하지만 분이나 위분을 통한 유기물 축적의 증가 (Newell, 1988) 등에 의해 저서성동물의 성장 및 번식에도 직접적 영향을 미칠 수 있다.

바지락은 간석지 지역과 수심 10 m 이내의 사니질 지역에 분포하며 입수관을 통해 수중의 입자성유기물을 섭취하는 것으로 알려져 있다 (Yoo, 1976). 바지락은 우리나라 조간대에 가장 광범위하게 분포하고 있는 어업자원 중 한 종이고, 대부분의 마을 공동어장에서 수익사업으로 양식되고 있는 종이다. 따라서 수평망식 굴 양식에 의한 연안 간석지의 환경변화를 가장 보편적으로 연대기적 평가를 가능하게 할 수 있는 종으로 판단된다.

Received: May 29, 2012 ; Accepted: June 4, 2012
Corresponding author: Sang-Man Cho
Tel: +82 (63) 469-1839 e-mail: gigas@kunsan.ac.kr
1225-3480/24432

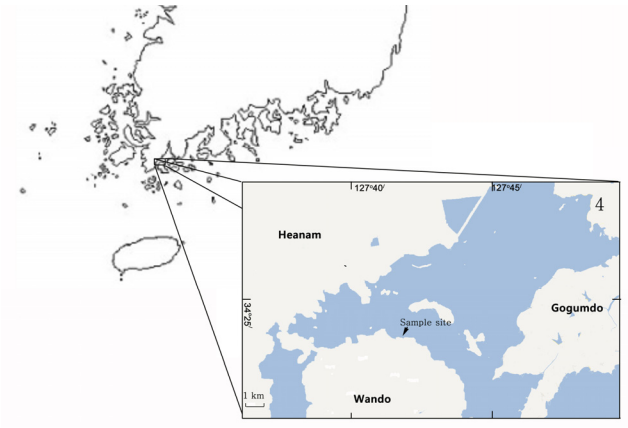

Fig. 1. Map of sampling site. Arrows indicate the sampling area for the study.

따라서 이 연구에서는 수평망식 굴 양식의 도입에 이후 조간대 어업자원이 입게 될 영향에 의한 자원동태학적 변화를 모니터링 하고자 하였다. 어느 해역에서 현존하는 자원량은 그 어장에서 일어나는 자연적이거나 인위적인 현상을 포함하고 있는 연대기적 의미를 지니므로, 현장에서 채취한 시료를 조사하여 얻은 자원생물학적 특성치에서 자원동태학적인 특성을 파악할 수 있을 것으로 기대하였다. 또한 인위적으로 종묘방류에 의한 양식장의 경우 인위적으로 조절 가능한 변수가 많아 실제적인 영향을 판단하기 매우 어려운 실정이다. 따라서 종패 씨뿌림이 이뤄지지 않고 있는 지역을 대상으로 자원량 평가를 하고자 하였다.

재료 및 방법

바지락 표본을 채집하기 위하여 전라남도 완도군 군외면 영흥지선의 간석지에서 (Fig. 1) 2011년 3월부터 2012년 2월까지 매월 5개 정점에서 채집을 실시하였다. 샘플채집은 50 × 50 cm의 방형구를 사용하여 방형구내 깊이 10 cm 이내에 서식하는 전 개체를 망목 3 mm 채에 걸러 채취하였다.

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

바지락의 성장은 각 연령군의 평균 각장자료를 이용하여 von Bertalanffy (1938) 성장식을 추정하였고, 체장-체중 상관관계는 최소자승법으로 산정하였다. 이상의 자료로 체중성장식은 아래와 같이 산정하였다.

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

이때 t = 연령, L_t = 연령 t일 때 각장, L_∞ = 이론적 최대체장, W_∞ = 이론적 최대체중, k = 성장계수, t_0= 각고 0일 때 이론적 연령을 각각 나타나낸다.

바지락 자원의 감소는 초기 개체수 (N_0) 의 시간에 따른 변화는 어획개시 전까지는 자연사망요인 (M) 만 작용하고 (식 1), 어획개시 이후는 자연사망 (M) 과 어획사망 (F) 에 의한 합력이 작용하게 되어 사망계수는 보다 커지게 된다. 따라서 시간 t 이후의 자원량의 변동은 식 (1) 과 같이 나타낼 수 있다.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-(M+F)\cdot t} \quad (1)$$

그러나 여러 가지 이유로 인하여 0세군의 치패수는 어획개시 연령군의 개체수보다 많지 않기 때문에 어획개시 전 자연사망계수를 정확하게 산정하는 것은 어렵다. 따라서 여기서는 자연사망계수는 Alverson and Carney (1975) 와 Alagaraja (1984) 의 방법에 따라 산정하여 평균값을 취하였다.

$$M = \frac{3k}{e^{(0.38 \times t_d)} - 1} \quad (2)$$

$$M = \frac{\ln(0.01)}{T_m} \quad (3)$$

여기서 k는 von Bertalanffy 성장식의 성장계수이고, t_d는 최고 연령, T_m은 자연수명에 해당한다. 한편 순간어획사망계수 (F) 는 식 (4) 와 같이 추정하였다.

$$F = Z - M \quad (4)$$

어획개시 연령은 추정법에 따른 오차를 최소화하기 위하여 두 가지 방법으로 산정하고 그 평균값을 적용하였다. 먼저 가입량으로부터 자연사망계수를 적용한 감소계수와 전사망계수의 회귀직선이 일치하는 지점을 산정하였다. 조사어장으로 연간 가입하는 바지락 개체수는 식 (5) 와 같이 산정하였다.

$$R = P \times r_3 \times e^{3M} \quad (5)$$

여기서 P는 조사어장의 바지락 개체의 평균 밀도이고 (indiv./m^2), r_3는 조사된 채집된 총 개체에서 3세군이 차지하

는 비율이고, M은 자연사망계수이다. 식 (2)와 (3) 으로부터 추정된 자연사망계수를 대입하여 가입량을 산정하여 3세군 이전까지 직선회귀선을 구하고, 3세군 이후 연령별 자원량에 대한 회귀직선을 구하여 두 회귀선의 교차점으로 산정하였다. 한편 Zhang *et al*. (1999) 의 방법에 따라 식 (10) 과 같이 연령조성과 조성비를 통해 산정하는 산정하였다.

$$t_c = \frac{t_a + P_a + t_b \cdot P_b}{P_a + P_b} \quad (6)$$

이때 t_a와 P_a는 우점연령군의 연령과 조성비에 해당하고, t_b와 P_b는 가장 어린 연령군의 연령과 조성비에 해당한다.

어획이 이루어지고 있는 어느 시점 t에서 바지락 자원의 현존량을 B_t라고 하면, 현존하는 자원량은 식 (7) 과 같이 개체수와 중량을 곱한 값에 해당하고 이는 다시 평균밀도 ($\overline{D}$) 에 평균중량 ($\overline{w}$) 및 서식면적 (A) 을 이용하여 추정할 수 있고, 분산은 식 (8) 과 같은 delta method를 이용하여 추정하였다.

$$B_t = N_t \times W_t = \overline{D} \times \overline{w} \times A \quad (7)$$

$$Var(B) = A^2(\overline{w^2} \cdot Var(\overline{D}) + \overline{D^2} \cdot Var(\overline{w}) \quad (8)$$

바지락의 최대 지속적 생산량은 (MSY) 는 Cadima (Troadec, 1977) 의 방법에 따라 식 (9) 과 같이 추정하였다.

$$MSY = 0.5 \cdot M \cdot B_0 \quad (9)$$

한편 연간 어획량은 어구에 의한 선택적 가입에 따른 어획생산량은 현존하는 자원량 B_t에 어획률 (f) 을 곱한 값이 된다. 또한 어획은 연중 정해진 어기 동안 지속적으로 이뤄지므로, 총 어획생산량은 어기 동안의 각 시점별 어획량을 전부 합한 값이 되므로 이는 어획개시 연령 (t_c) 부터 최고연령 (t_d) 까지의 각 연령군의 합에 해당하므로, 조사대상 마을어업 어장의 바지락 총어획량 (Y) 을 추정하였다.

$$Y = \sum_{t=t_0}^{t_d} f \cdot N_t \cdot W_t = \int_{t_0}^{t_d} F \cdot N_t \cdot W_t \cdot dt$$

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

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

(단, $n = 0,1,2,3$ 일 때 $A_n = 1, -3, 3, -1$) (10)

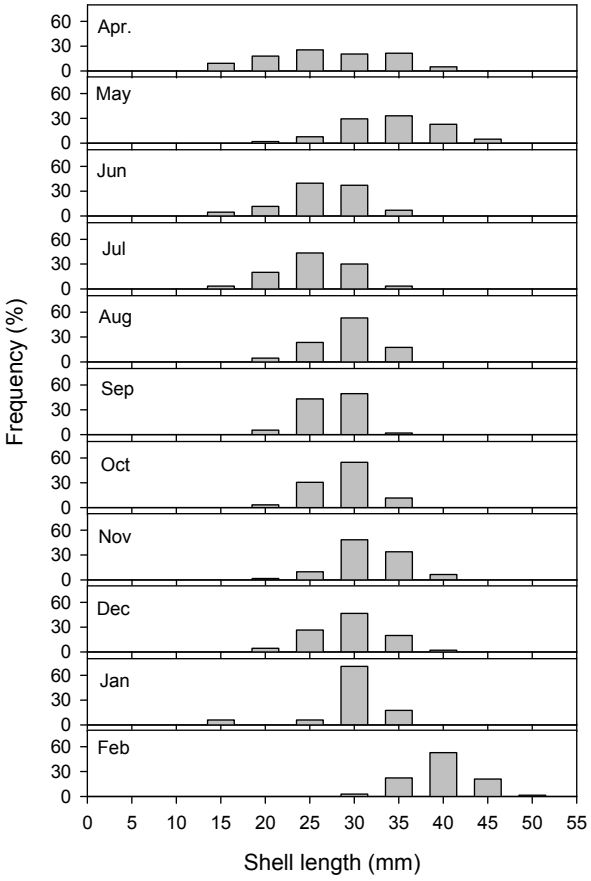

Fig. 2. Monthly variation in size-frequency distribution of *R. philippinarum* from Yeongheung coast at Wando Island, Korea.

공동어장내 적정 어획사망계수와 적정어획개시연령은 가입량당 생산량 모델 (Beverton and Halt, 1957) 을 적용하여 추정하였다.

결 과

조사해역의 바지락의 평균 밀도를 조사하기 위하여 해역을 구분하고 난수표에 따라 임의로 샘플을 추출하여 50 × 50 cm 방형구를 이용하여 개체밀도 조사를 실시한 결과는 총 3,567개체가 채집되었고, 월별 크기별 분포양상은 Fig. 2와 같다. 정점당 채집된 개체수는 2-89 개체의 범위로 평균 19 ± 18 indiv./0.25m^{2}로 조사지점에 따른 편차가 크게 나타났다.

이들 개체의 연령사정은 패각의 윤문을 이용하였고, 이의 적합성은 윤문군별 각장-윤경 간의 관계를 상관관계를 비교하였다. 각 윤경은 인접한 윤경과 확연히 구분되고 각장이 커짐에 따라 윤경도 크게 나타났으며 각장과 윤경 사이에는 직선적인

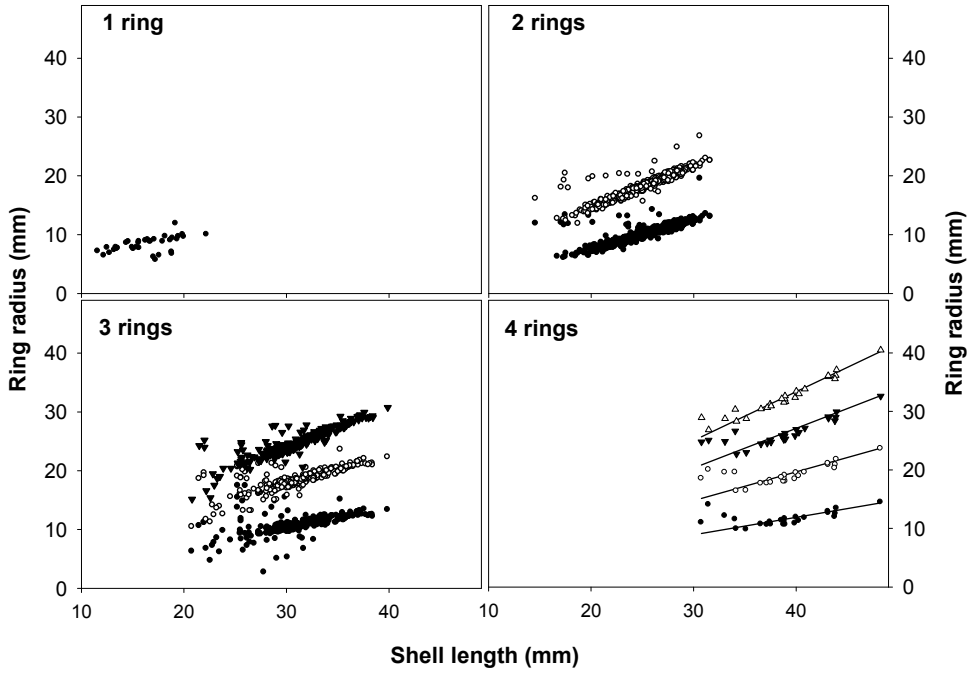

Fig. 3. Relationship between shell length and ring radius of *Ruditapes phiippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando, Korea.

관계를 보여 윤문 사이에 대응성이 있는 것으로 조사되었다 (Fig. 3).

위와 같이 연령 사정한 바지락 개체군의 연급군별 크기 및 분포는 Table 2 및 Fig. 4와 같고, 최대 연령은 4세에 불과하였고, 가장 출현율이 높은 연령은 2세로 56.1%가 출현하였다. 이들 연륜의 평균 윤경을 연령별 각장으로 간주하고 조사해역의 바지락의 성장식을 산정하였다 (Fig. 5). 각장 자료로부터 유추한 바지락 패각의 각장 성장식은 아래 식 (11) 과 같다 (P = 0.0010).

$$L_t = 61.46 \bullet (1 - e^{-0.172(t+1.55)}) \qquad (11)$$

한편, 이를 각장 성장자료를 중량에 대한 성장자료로 환산하

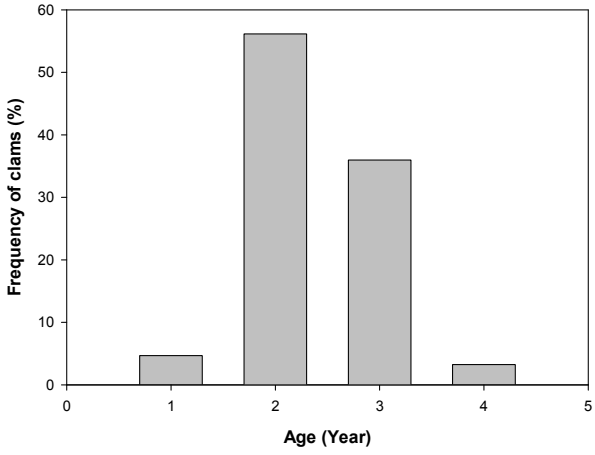

Fig. 4. Year class composition of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea.

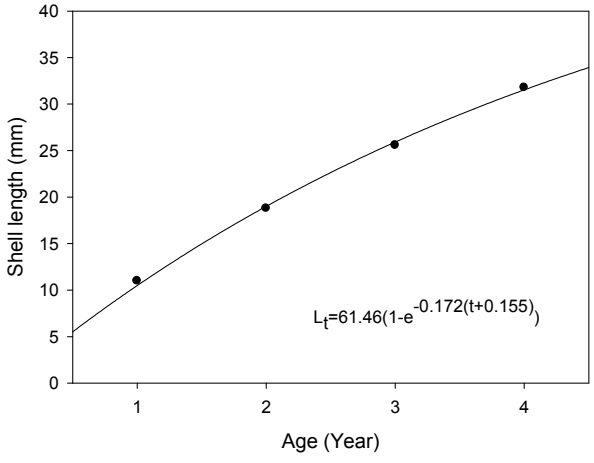

Fig. 5. The von Bertalanffy growth curve of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea.

Table 1. Mean ring radius of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea

Ring group	Radius of ring (mm)			
	r_1	r_2	r_3	r_4
1	8.3			
2	10.1	18.2		
3	10.8	18.4	24.8	
4	11.6	19.2	26.4	32.4
Mean	12.6	19.8	26.2	31.8
STD	0.8	0.9	0.7	0.6

Table 2. Estimated variables of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea

Variables	Value	Unit	Remark
Fishing mortality (F)	1.931	-	
Natural mortality (M)	0.478	-	
Recruit biomass (R)	608.8	g/m^2	
Maximum weight (W_∞)	44.75	g	
Maximum Age (t_d)	10.55	Yr.	
Age at first capture (t_c)	2.55	Yr.	
Recruit age (t_r)	0	Yr.	
Age at shell length 0 (t_0)	-0.1549	Yr.	
Growth coefficient (k)	0.172	-	

기 위해 최소 자승법에 의해 각장-전중량 상관식을 산출한 결과 전중량은 각장의 약 2.8926 승에 비례하였다 ($TW = 0.0003\ SL^{2.8926}$; $P < 0.0001$, Fig. 6). 이를 대입하면 최대 전중량은 44.75 g으로 산정되었다.

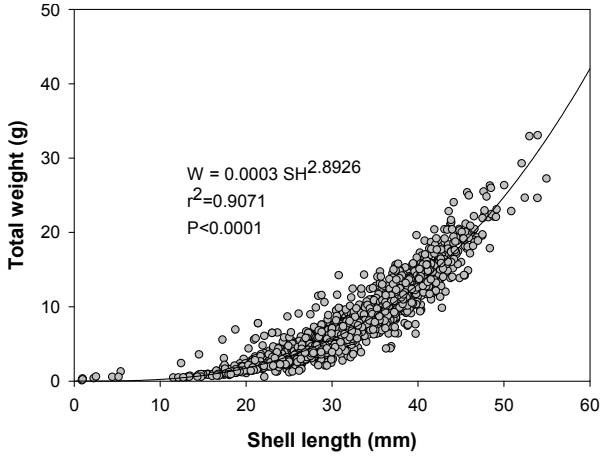

Fig. 6. Relationship between shell length and total weight of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea.

조사대상 어장의 바지락 자원의 전사망계수 추정을 위한 연령별 도수분포표를 보면, 2세군 이후 급격한 개체수 감소가 관찰되지만, 일반적인 바지락 종패의 채취사이즈를 고려하여 3세군 개체부터 전사망계수를 추정하였다 (Fig. 7, Z = 2.409/year). 한편 자연사망계수를 연급군별 출현빈도로는 추정하기 어려워 두 가지의 서로 다른 방법으로 산정한 결과, 각각 0.520과 0.437로 추정되었고, 우리 연구에서는 이들의 평균값을 취하였다 (M = 0.478/year).

통상 어류의 어획개시 연령은 망목시험을 통해 추정하지만 (Zhang, 1991), 바지락은 어획물의 체장조성으로부터 판단할 수 있다. 주로 바지락은 각장 2-3cm 내외 크기부터 어획이 이뤄지고 있고 다양한 추정방법이 있다. 조사어장으로 가입되는 연간 바지락 개체수는 약 114.7 indiv./m^2로 추정되었고, 이를 3세군까지 회귀직선을 구한 결과, 전사망계수와의 회귀직선의 교차점은 2.99년으로 추정되었다. 한편, 식 (6) 의 연령조성과 조성비를 적용하면 어획개시연령은 2.11 년으로 산정되어 측정치에 따른 오차가 컸다. 따라서 우리 연구에서는 이 두 값의 평균값인 2.55 년을 어획개시 연령으로 간주하였다.

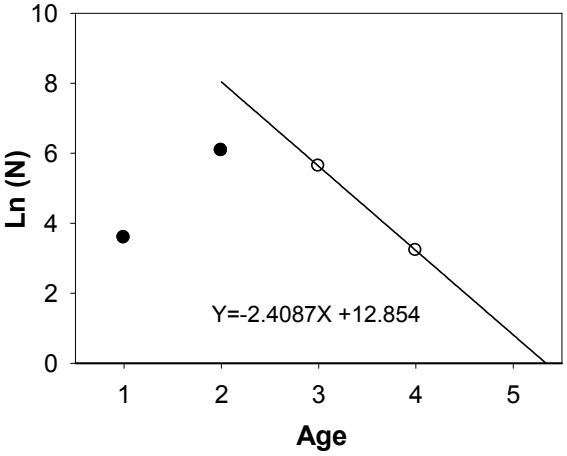

Fig. 7. Estimation of total mortality by selective ogive of frequency of year class of *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea. Closed and open circles indicates the data used and non-used for the estimation, respectively.

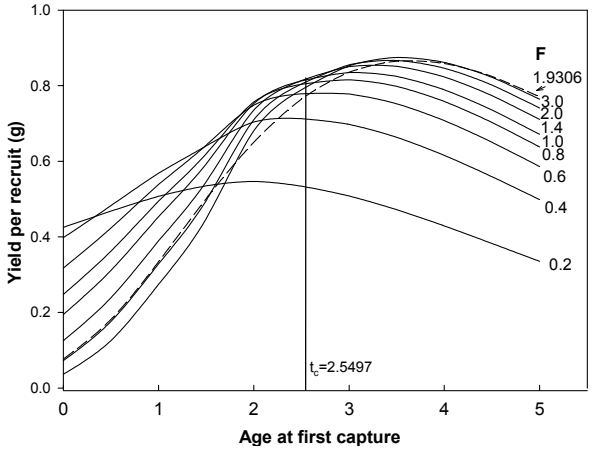

Fig. 8. Variation of yield per recruit curves (Y/R) of *Ruditapes philippinarum* against age at first capture (t_c) captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea. The vertical and the dashed curvilinear line indicate the current fishing mortality and the current age at capture, respectively.

바지락 자원의 평균밀도는 76 indiv./m^2였고 (분산 = 340.8, 표준편차 = 18.5), 평균 중량은 5.31 g (분산 = 9.9, 표준편차 = 3.2) 이었다. 한편 조사면적은 0.8 ha로 이를 적용하여 자원량을 추정하면 약 3.23 ton에 해당하였고, 지속적 최대생산량 (MSY) 은 0.77 ton/yr에 해당하였다.

가입량당 생산모델에 대입할 각각의 파라메터를 (Table 2) 식 (8) 에 적용하여 단위면적당 생산량을 추론하면 약 92.0 g/m^2이었고, 전체 어장에서는 연간 0.74 ton이 생산되는 것으로 산정되었다. 이는 최대지속적인 생산량 (MSY) 0 .77 ton

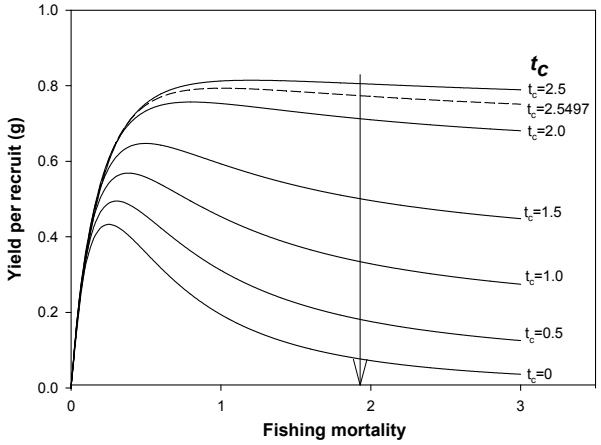

Fig. 9. Variation of yield per recruit curves (Y/R) of *Ruditapes philippinarum* against fishing mortality captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea. The vertical and the dashed curvilinear line indicate the current age at first capture and the current fishing mortality, respectively.

과 근접한 수준이었다.

조사어장의 바지락 어획실태를 알아보기 위해 가입당 생산량 (Y/R) 과 어획개시연령과의 관계는 Fig. 8과 같다. 현재의 어획개시연령과 어획사망계수를 적용하여 최대 가입당 생산량 (Y/R) 은 어획사망계수 (Z) 1.01에서 단위 면적당 0.79 g이 생산되었다. 한편 현재의 어획사망계수 1.9306을 적용할 경우 0.77g으로 큰 차이가 없었다. 한편 어획개시연령 (t_c) 에 대한 순간어획사망계수와 가입당 생산량 (Y/R) 의 관계는 Fig. 9와 같다. 현재의 현재의 어획강도를 유지한다는 가정하에 어획개시연령을 3.65세로 설정할 경우 0.87g으로 최대생산을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 이는 현재의 0.77g보다 12% 증산을 이룰 수 있는 것으로 나타났다. 이들 어획개시연령과 순간어획사망계수의 상호관계에 의한 가입당 생산량의 등어획량 곡선은 분포도는 Fig. 10과 같다. 헌재의 어획패턴은 최적 어획모델에 매우 이격된 것으로 어획개시연령을 다소 늦춤으로써 최대 생산을 올릴 수 있을 것으로 평가되었다. 이를 위해서는 어획개시연령은 3세로 상향할 필요가 있고, 어획강도는 현재보다 낮출 필요가 있는 것으로 조사되었다.

고 찰

갯벌 어업 자원량의 변동은 다양한 요인에 의해 지배되고, 근래 들어 갯벌에서 인간활동이 증가함에 따라 이러한 요인들은 보다 복잡해지고 있다. 이러한 인간활동은 어업이나 레크레이션 및 기타 개발의 목적으로 환경적 요인의 변화를 가져오게 됨으로써 어업자원 생태학적 적응에 순기능 및 역기능을 담당하게 된다. 어업자원의 연대기적 변동은 자원관리를 위한 지표

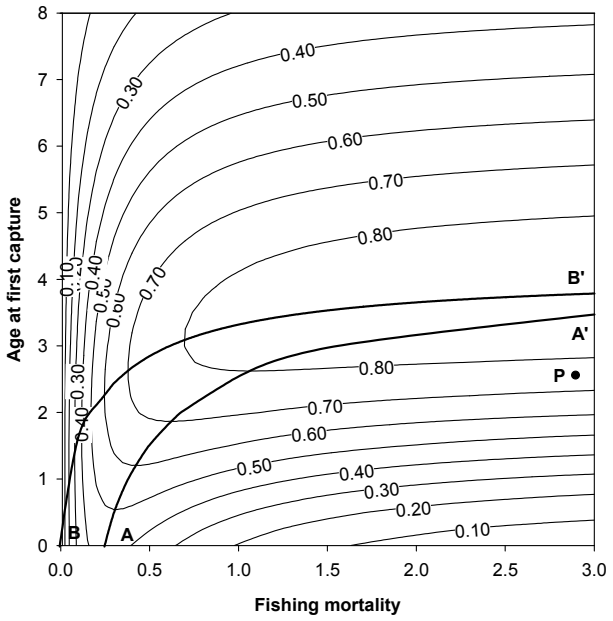

Fig. 10. Yield isopleths for *Ruditapes philippinarum* captured from Yeongheung coast at Wando Island, Korea. P indicates the current fishing intensity.

로 활용될 수 있지만, 나아가 인간활동에 의한 자원의 변동경향을 측정할 수 있는 지표가 될 수도 있을 것이다. 따라서 이 연구는 완도 영흥해역에 수평망식 굴양식시설을 도입하기 전에 바지락 자연개체군의 자원생태학적 특성을 파악하여 향후 양식을 위해 대량의 굴 (*C. gigas*) 유입에 따른 바지락 자원의 변동을 모니터링하기 위한 사전조사를 하였다.

조사지역의 바지락의 연령분포는 1-4세로 조사되었고, 다른 연구에 비해 연령분포가 협소하였다 (Cho and Jeong, 2007; Jo *et al*., 1995; Kim and Zhang, 1999). 이러한 연령분포의 차이의 원인은 명확하지는 않지만, 기존의 보고는 대부분 양식장에 인위적인 자원조성이 이뤄지는 지역임에 비해 우리 조사해역은 별도의 자원조성 노력이 이뤄지지 않는 해역이 큰 차이라고 할 수 있다. 또한 바지락 양식장으로 지정되지 않아, 인근 주민에 의해 매우 높은 강도의 어업이 이뤄지고 있는 점도 이러한 차이를 나타내는 중요한 이유가 될 수 있을 것이다.

영흥해역의 바지락의 이론적 최대 체장은 61.46 mm로 다른 연구에서 제시한 범위 내였다 (Cho *et al*., 2008; Jo *et al*., 1995). 보다 객관적인 사망계수를 추정하기 위하여 우리 연구에서는 여러 가지 사망계수를 추정하여 평균값을 취하였다. 각기 방법에 의해 추정된 사망계수는 조금씩 상이하고, 이러한 계수의 차이는 자원의 변동을 오인할 수 있는 소지가 있다. 따라서 보다 객관적인 자원변동을 조사하기 위해서는 다양한 방법적 접근법을 동시에 시도하는 것이 보다 객관적인 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단하였다.

연안 생태계에 분포하는 자원은 여러 가지 요인에 의해 초기 가입 이후 그 수가 점차 감소하게 되고, 어획개시 전에는 질병, 먹이부족, 포식 등 자연적 요인에 의해 주로 지배되지만, 어획이 개시된 이후에는 인위적인 어획에 의한 사망이 매우 큰 비중을 차지한다. 종묘를 방류하는 양식장의 경우 초기 가입량의 대부분은 종묘 살포량에 의해 결정되지만, 자연개체군은 초기 가입량을 명확하게 파악하기 어려워 연급군의 변동패턴만으로 어획개시 전 자연사망계수를 추정하는 것은 어렵다. 따라서 자연사망계수는 어획개시 이후의 연급군별 빈도변화를 통해 추정한 전사망계수 (Z) 로부터 유추하는 것이 일반적이다.

이 연구에서 전사망계수는 어획개시 이후의 연급분별 자원변동 특성을 이용하여 산정하였다 (Pauly, 1984). 한편 자연사망계수는 자원의 특성치로부터 직접적 산정이 어려워 Alverson and Carney (1975) 와 Alagaraja *et al*. (1984) 의 방법으로 추정하여 이들의 평균값을 취하여 오차를 최소화하고자 하였다.

조사어장의 초기 가입량은 약 114.7 indiv./m^2로 약 608.8 g/m^2가 어장으로 가입되는 것으로 추정되었다. 이는 다른 해역의 가입량에 비해 매우 낮은 값으로 이는 이 해역은 다른 연구와 달리 자연개체군을 대상으로 하였고, 자연 어장임에도 불구하고 이 어장에서는 5세군 개체가 채집되지 않는 등 체계적으로 관리가 이뤄지지 않아 상대적으로 가입량이 적은 것으로 나타났다 (Cho and Jeong, 2007).

한편 어획개시 연령 또한 어획강도를 산정하는 중요한 변수가 된다. 이 연구에서는 이에 정확하게 산정하기 위해서는 어획개시연령을 정확하게 산정하는 것이 중요하다. Zhang *et al*. (1999) 의 방법과 가입 이후 개체군의 변동 추세선과 어획 이후 추세선의 교점을 이용하는 방법을 병행하여 실시한 결과, 각기 2.11세와 2.99세가 나왔다. 그러나 이 수치는 실제 현장에서 인근 주민들에 의해 채취되는 크기와 다소 차이가 있어, 이들의 평균값을 취하였다.

이상의 자료로부터 산정한 조사대상 어장의 바지락 어획실태를 조사한 결과 (Fig. 10), 해역의 어획강도가 상당히 높은 것으로 나타났다. 보다 지속적인 생산을 위해서는 어획강도를 낮추고 어획개시 연령을 3세 부근으로 높이는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 그러나 조사 어장은 어촌계의 공동어장으로 지정되어 있지만, 바지락 종패를 살포하고 있지 않아 인근 주민에 의해 자유로이 어획되고 있는 것을 감안하면 어획강도를 줄이는 것은 쉽지 않을 것으로 판단된다. 한편 장기간의 모니터링을 위해서는 이러한 인위적 변수의 변화가 적을수록 효과를 극대화할 수 있으므로 수평망식 굴양식시설 도입에 따른 연안 자원변동에 미치는 영향을 파악하기에는 최적의 조건으로 판단된다.

연안 어장의 생산력은 다양한 환경요인에 의해 지배 받게 되며, 이러한 자연적 요인을 세분화하여 판단하는 것은 무척 어려운 일이다. 그러나 자원학적인 동태를 살피는 것은 자연사망계수로 단일화하므로 자원의 변화추세를 모니터링에 보다 적합할 것으로 판단된다. 특히 굴과 같은 여과섭식성 이매패류의 대량 유입은 대량의 유기입자를 여과섭식하므로 수질의 변화를 초래하고 이들의 배설물은 저서생물의 먹이원이 됨으로 생태계 전반에 미치는 영향이 클 것으로 기대된다 (Newell, 1988). 실제 Lin *et al*. (2009) 은 연안해역의 굴양식장을 철거하였을 경우, 식물플랑크톤 군집이 안정되고 저서성 어류군집이 증가하는 것으로 보고하고 있다. 어느 해역에 외래생물의 대량 유입은 그 해역의 생태계 변화를 초래하게 되고, 특히 대상 어장처럼 폐쇄된 해역에 대량의 생체량이 인위적으로 유입될 경우에는 그 영향이 더욱 클 것이다. 따라서 보다 안정적인 바지락의 자원보존 또는 인근 바지락 양식장의 생산성 향상을 위해서는 인위적인 시설 도입 이후 지속적인 모니터링은 필수적이고, 이는 연안 간석지의 효율적인 이용을 도모하는데 중요한 데이터를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 말씀

이 연구는 농림수산식품부 수산실용화기술개발 사업에 의해 이루어진 것이며, 현장조사에 적극 협조하여 주신 영흥어촌계원 여러분께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

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.

Beverton, R.J.H. and Halt, S.J. (1957) On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Investigations. Series II (United Kingdom)*, 19: 1-533.

Cho, S.-M., Jeong, W.-G. and Lee, S.J. (2008) Ecologically Sustainable Management of Short-necked Clam, *Ruditapes philippinarum*, on the Coast of Yeongi at Tongyeong, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **24**: 189-197. (In Korean)

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. (In Korean)

James, P.S.B.R. (1987) Oyster culture - Status and prospects. *CMFRI bulletin,* **38**: 75-78.

Jeong, W.G., Cho, S.M. and Lee, S.J. (2009) Studies for the sustainable management of oyster farms in Pukman Bay, Korea: Estimation of carrying capacity from food availability. *Fisheries and Aquatic Sciences*, **12**: 118-129.

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 Coast*al 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.G. (2010) Status of cultural technologies in Western intertidal zone, Korea (Oyster rack culture). Symposium for development of strategies in aquaculture on the western coast of Korea, Taean, pp. 53.

Lin, H.-J., Shao, K.-T., Hsieh, H.-L., Lo, W.-T. and Dai, X.-X. (2009) The effects of system-scale removal of oyster-culture racks from Tapong Bay, southwestern Taiwan: model exploration and comparison with field observations. *ICES/CIEM International Council for the Exploration of the Sea*, **66**: 797-810.

Moore, T.O. and Moore, J.D. (2010) Status of the fisheries report and update through 2008. In: Game CDoFa (ed). California Department of Fish and Game, pp. 21

Newell, R.I.E. (1988) Ecological change in Chesapeake Bay: are they the result of overharvesting the American oyster, Crassostrea virginica? In: Lynch MP, Krome EC (eds) Understanding the Estuary: Advances in Chesapeake Bay Research. Chesapeake Research Consortium, Edgewater, MD., pp. 638

Nugues, M.M., Kaiser, M.J., Spencer, B.E. and Edwards, D.B. (1996) Benthic community changes associated with intertidal oyster cultivation. *Aquaculture Research*, **27**: 913-924.

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

Troadec, J.-P. (1977) Methods semi-quantitatives devaluation FAO fisheries circular FAO Fisheries Circular, pp. 131-141

von Bertalanffy, L. (1938) A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquries on Growth Laws. Ⅱ). *Human Biology*, **10**: 181-213.

Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. pp. 129, Iljisa. Seoul.

Zhang, C.I. (1991) Fisheries Resources Ecology. pp. 399, Woosung Publ. Seoul.

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)