

# 욕지도 해역에 서식하는 굽은이랑새조개 자원 적정관리에 관한 연구

권태환<sup>1,2</sup>, 조상만<sup>2</sup>

<sup>1</sup>씨라인해양엔지니어링, <sup>2</sup>국립군산대학교 해양생명과학과, 수산과학연구소

## Stock Assessment and Resources Management of Marine Bivalve *Keenocradium buelowi* (Bivalvia, Cardiidae) in Yokji waters

Tae-Hwan Kwon<sup>1</sup> and Sang-Man Cho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sea Line Marine Engineering, Gangneung 25493, Korea

<sup>2</sup>Dept. Aquaculture and Aquatic Sciences and Fisheries Science Institute, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted to analyze the stock abundance and population dynamics of the bivalve *Keenocradium buelowi* inhabiting the coastal waters near Yokji Island, Tongyeong, and to propose appropriate management strategies. From May to December 2024, six dredge surveys were performed, and shell length, body weight, and age composition were analyzed using stock dynamic models. The instantaneous total mortality coefficient ( $Z$ ), natural mortality coefficient ( $M$ ), and fishing mortality coefficient ( $F$ ) were estimated as 0.982, 0.724, and 0.258 per year, respectively, while the age at first capture ( $t_c$ ) was 3.28 years. The mean density was 4.89 individuals/m<sup>2</sup> (192.3 g/m<sup>2</sup> in unit biomass), and the total stock biomass was estimated to be approximately 323.1 tons. The application of the Beverton-Holt model suggested that maximum yield could be achieved by reducing  $t_c$  to 2-2.5 years and increasing fishing mortality above 2.0; however, this approach could lead to overexploitation. For sustainable harvesting, maintaining  $t_c$  above 3.0 years and fishing intensity at 1.5 was found to be optimal, yielding an acceptable biological catch (ABC) of 198.1 tons. Although the *K. buelowi* stock in the Yokji waters is currently under low fishing pressure, significant natural mortality occurs due to the collapse of the thermocline after summer. Therefore, systematic management-based on the Fisheries Resources Management Act and the Fisheries Act-is required, including the designation of the area as a fisheries management zone, to ensure adaptive management in the face of future climate change.

**Keywords:** *Keenocradium buelowi*, stock assessment, ABC, Beverton-Holt model, Yokji Island

### 서론

자연발생적으로 서식하는 패류자원을 지속적이고 안정적으로 어획하기 위해서는 환경개선과 자원동태학적 관리방안도

함께 강구되어야 한다. 효과적인 자원관리를 위해서는 어느 시기에 어느 크기의 생물을 어획할 것인가를 결정하는 것이 매우 중요한 문제이다 (Cho and Jeong, 2007). 따라서 이들 자원의 관리를 위해서는 이들의 성장 및 연령분포 등을 바탕으로 자원동태학적 연구가 필요하다.

최근 인터넷에서 '노랑새조개'라는 명칭으로 여수 및 통영 등지에서 인터넷 거래가 활발하게 이뤄지고 있지만, 어획이 이뤄지는 어장에 대한 정보는 없어 어느 해역에서 어획이 이뤄지는지는 알 수 없다. 우리나라에서 굽은이랑새조개의 서식지는 완도, 포항 구룡포 및 통영 욕지도 해역이 보고되고 있지만 (MBRIS, 2025), 상업적 규모의 어장이 형성되는 곳은 남해-통영-욕지도 인근 해역일 것으로 추론된다. 그러나 굽은이랑새조개의 서식실태에 대한 조사는 국내는 물론 전세계적으

Received: November 13, 2025; Revised: December 01, 2025;  
Accepted: December 20, 2025

Corresponding author: Sang-Man Cho

Tel: +82 (63) 469-1839, e-mail: gigas@kunsan.ac.kr  
1225-3480/24912

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

로도 일본의 Seto inland sea에서 서식 실태 등에 관한 연구를 제외하고는 전무한 실정이다 (Kimura, 2000),

육지도 일대 해역은 외해로 연결되는 근해해역으로 국가적 차원에서 수산자원 탐사계획을 수립하지 않는 이상 광범위한 해역을 대상으로 자원분포를 조사하는 것은 매우 어렵다. 우리 연구는 육지도 수협 협조아래 관할 권역 내의 자원현황 파악 및 이들 자원의 효과적 관리를 위한 자료 확보 차원에서 조사를 진행하였다. 이를 통해 육지도 인근해역의 굽은이랑새조개의 서식실태를 파악하고 적정관리를 위한 자원특성을 파악하고자 하였다.

### 재료 및 방법

굽은이랑새조개의 자원량조사는 2024년 5, 6, 8, 9, 11, 12 월 6회에 걸쳐 형망조사를 실시하였다 (Fig.1). 형망은 가로 1,800 mm, 갈퀴 300 mm의 형망틀에 길이 3,400 mm의 그물을 단 채집기를 사용하였다 (그물눈 5절). 채집은 시속 1 km의 속도를 유지하며 예망하였고, 예망 이후 채집된 생물들은 현장에서 분류하여 실험실로 옮겨 Vernia callipers로 각장, 각고, 각폭을 0.1 mm 단위로 측정하였고, 전중량 및 육중량은 전자저울로 0.01 g 단위로 측정하였다. 자원동태학적 분석을 위한 연령사정은 패각의 성장륜을 이용하여 불투명대에서 투명대로 이행하는 부분을 윤문으로 간주하였다. 새조개 자원의 생산율 ( $S$ ) 과 순간전사망계수 ( $Z$ ) 는 자원의 감소는 초기 어장으로 가입된 이후 ( $N_0$ ) 시간에 따라 감소하는데, 어획 개시 전까지는 자연사망요인 ( $M$ ) 만 작용하고, 어획 개시 이후는 자연사망 ( $M$ ) 과 어획사망 ( $F$ ) 에 의한 합력이 작용하게 되어 전사망계수는 보다 증가하게 된다. 따라서 시간  $t$  이후 자원량의 변동은 식 (1) 과 같이 나타낼 수 있다.

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

생산율 ( $S$ ) 및 순간전사망계수 ( $Z$ ) 는 세가지 방법으로 추정하였는데, 첫째 연령별 체장 조성자료를 사용하여 Pauly (1984) 에 의한 어획물 곡선법으로 구하였다. 어획물곡선법에 의한 생산율 추정방법은 어획물의 연령조성 자료에서 연령  $i$  의 어획 개체수 ( $N_i$ ) 가 가장 높은 연령을  $i=0$  으로 치환한 뒤 이후 연령별 어획 개체수를 대수변환하여 연령별 어획개체수의 대수 ( $\ln N_i$ ) 와 연령 간의 관계를 직선회귀식에 의해 전사망계수를 추정하였다. 두 번째로는 평균연령이용법으로 전사망계수를 추정하였다 (Ricker, 1975).

$$S = \frac{\bar{X}}{1 + \bar{X}} \text{ 혹은 } = \frac{T}{\Sigma N_i + T}$$



Fig. 1. Sampling sites for *Keenocardium buelowi* for the stock assessment near Yokji waters, Tongyeong.

$$\text{여기서 } \bar{X} = \frac{\sum N_i \cdot T_i}{\sum N_i} = \frac{T}{N_i} \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $\bar{X}$  는 평균연령,  $N_i$  는 연령별 개체수,  $T$  는 전체 어획물을 구성하는 어체의 연령의 총합을 나타낸다. 세 번째는 어획이 개시된 이후 연령군들의 생산율을 변환하여 식 (3) 과 같이 추정하였다.

$$Z = -\ln(S) \dots\dots\dots (3)$$

순간자연사망계수 ( $M$ ) 는 어장으로 가입한 이후의 각 연령군의 자연적 개체수 감소를 나타낸다. 그러나 채집 과정에 여러 가지 이유로 인하여 어획개시 이전의 연령군의 개체수는 채집하기 쉽지 않기 때문에 어획개시 전 자연사망계수를 정확하게 산정하는 것은 매우 어렵다. 따라서 여기서는 Alvenson and Carney (1975) 와 Alagaraja (1984) 의 방법에 따라 자연사망계수를 추정하여 평균값을 취하였다.

$$M = \frac{3k}{e^{0.38 \times t_d} - 1} \dots\dots\dots (4)$$

$$M = \ln \frac{(0.01)}{T_m} \dots\dots\dots (5)$$

여기서  $k$  는 von Bertalanffy 성장식의 성장계수이고,  $t_d$  는 최고 연령,  $T_m$  는 연급군의 99%가 죽는 자연수명에 해당한다. 한편 순간어획사망계수 ( $F$ ) 는 식 (6) 과 같이 추정하였다.

$$F = Z - M \dots\dots\dots (6)$$

어장가입연령 ( $t_0$ ) 및 어획개시연령 ( $t_c$ ) 은 추정법에 따른 오차를 최소화하기 위하여 세가지 방법으로 산정하고 그 평균 값을 적용하였다. 첫 번째로는 어획물의 체장조성과 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 추정하는 Pauly (1984) 방법을 적용하여 표본의 체장조성 자료로부터 추정하였다. 이 방법에서는 완전가입연령 이상의 어획물의 연령조성을 연령에 대해 직선회귀시켜 구한 회귀계수 (순간전사망계수,  $Z$ ) 로부터 어획개시연령 ( $t_c$ ) 을 추정하였다.

$$\ln \frac{C}{\Delta t} = C - Z \left( t + \frac{\Delta t}{2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

여기서,  $C$ 는 실제 어획개체수,  $t$ 는 연령,  $\Delta t$ 는 각 체장계급에 해당되는 연령 간의 차,  $c$ 는 상수를 나타낸다. 위 식에 의해 추정된  $Z$  값을 식 (8) 에 대입하여 기대어획개체수 ( $CT$ ) 를 구하였다.

$$CT = \Delta t e^{c-Zt} \dots\dots\dots (8)$$

그리고, 는 식 (9) 에 의해 계산하였다.

$$S = \frac{C}{CT} \dots\dots\dots (9)$$

이렇게 계산된  $S$  값을 식 (10) 에 대입하였다.

$$\ln \left( \frac{1}{S} - 1 \right) = T_1 - T_2 t (L_1 + L_2) \dots\dots\dots (10)$$

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 (12) 에 의해 어획개시연령 ( $t_c$ ) 을 식 (11) 과 같이 추정하였다.

$$t_c = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots (11)$$

두 번째로는 개체 간의 성장차이 때문에 동시 출생군에 대해 어획이 시작되는 연령은 어느 범위를 가지고 있다. 따라서 채취한 굵은이랑새조개의 가장 어린 연령군의 연령 ( $t_a$ ) 과 조성비 ( $P_a$ ), 우점 연령군의 연령 ( $t_b$ ) 과 조성비 ( $P_b$ ) 를 활용하여 식 (12) 와 같이 추정하였다 (Zhang *et al.*, 1999).

$$t_c = \frac{t_a \times P_a + t_b \times P_b}{P_a + P_b} \dots\dots\dots (12)$$

세번째는 산정된 가입량으로부터 자연사망계수를 적용한 감소계수와 전사망계수의 회귀직선이 일치하는 지점을 산정하였다. 조사어장으로 연간 가입하는 굵은이랑새조개는 어획개시연령의 현존량에 자연사망계수를 적용하여 추정한 식 (13) 과 같이 산정하였다 (Cho *et al.*, 2008).

$$R = P \times r_4 \times e^{4M} \dots\dots\dots (13)$$

여기서  $P$ 는 조사어장의 바지락 개체의 평균 밀도이고 (개체 / $m^2$ ), 는 조사된 채집된 총 개체에서 4세군이 차지하는 비율이고,  $M$ 은 자연사망계수이다.

한편 굵은이랑새조개의 현존량 ( $B_t$ ) 은 어획이 이루어지고 있는 시점  $t$ 에서 식 (14) 과 같이 개체수와 중량을 곱한 값에 해당하고, 이는 다시 평균밀도 ( $\bar{D}$ ) 에 평균 중량 ( $\bar{w}$ ) 및 서식면적 ( $A$ ) 을 적용하여 추정할 수 있다. 한편, 현존량의 분산은 식 (15) 와 같이 delta method를 이용하여 추정하였다.

$$B_t = N_t \times w_t = \bar{D} \times \bar{w} \times A \dots\dots\dots (14)$$

$$Var(B) = A^2 \cdot (\bar{w})^2 \cdot Var(\bar{D}) + (\bar{D})^2 \cdot Var(\bar{w}) \dots\dots\dots (15)$$

굵은이랑새조개의 최대 지속적 생산량 (Maximum Sustainable Yield, MSY) 은 Cadima Troadec (1977) 의 방법에 따라 어획이 이뤄지고 있는 어장에 대한 식 (16) 과 같이 추정하였다.

$$MSY = 0.5 \cdot Z \cdot B_c \dots\dots\dots (16)$$

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, 총 어획생산량은 어기 동안의 각 시점별 어획량을 전부 합한 값이 되므로 이는 어획개시연령 ( $t_c$ ) 부터 최고연령 ( $t_d$ ) 까지의 각 연령군의 합에 해당하므로, 이를 합산하여 식 (17) 과 같이 총어획량 ( $Y$ ) 을 추정할 수 있다.

$$Y = \sum_{t=t_0}^{t_d} f \cdot N_t \cdot W_t = \int_{t_0}^{t_d} F \cdot N_t \cdot W_t dt \dots\dots\dots (17)$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_{t_0}^{t_d} F \cdot R \cdot e^{-M(t_0-t_r)} \cdot e^{-Z(t-t_0)} \cdot W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 \cdot dt \\
 &= F \cdot R \cdot W_{\infty} \cdot e^{-M(t_c-t_r)} \cdot \sum_{n=0}^3 \frac{A_n \cdot e^{-nk(t_c-t_0)}}{F+M+n \cdot k} \\
 &\quad \cdot (1 - e^{-(F+M+nk)(t_d-t_c)}) \\
 &\quad (\text{단, } n = 0, 1, 2, 3 \text{ 일 때, } A_n = 1, -3, 3, -1)
 \end{aligned}$$

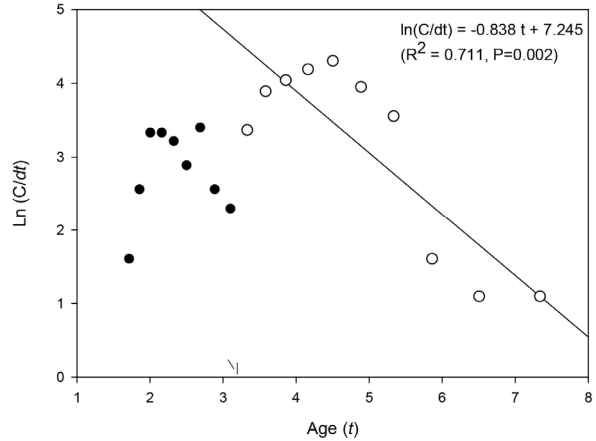
어장내 적정 어획사망계수와 적정어획개시연령은 가입량당 생산량모델 (Beverton and Holt, 1957) 을 적용하여 추정하였다. 한편,  $F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 생산량 곡선에 대한 기울기의 10%가 되는 기울기에 해당하는 어획사망계수를 의미하는데, Beverton and Holt 모델식을 식 (18) 과 같이 순간어획사망계수에 대해 미분하여 구한 후, 그 결과의 10%에 해당하는 값으로  $F_{0.1}$ 값을 추정하였다. 굽은이랑새조개의 생물학적 허용량 (Acceptable biological catch, ABC) 은 자원 목표 생산량에 해당하는 것으로 식 (19) 와 같이  $F_{0.1}$ 값을 적용하여 추정하였다.

$$\begin{aligned}
 &\frac{d(Y/R)}{dF} = \\
 &\exp(-M(t_c-t_r)) \cdot W_{\infty} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n(M+nK) \exp[-nk(t_c-t_0)]}{(F+M+nK)^2} \\
 &+ \frac{\exp[-(F+M+nK)(t_d-t_c)]}{(F+M+nK)^2} \\
 &\bullet (t_d-t_c)F_2 + (M+nK)(t_d-t_c) F - (M+nK) \dots (18)
 \end{aligned}$$

$$ABC = F_{0.1} B \frac{1}{(M+F_{0.1})} (1 - e^{-(M+F_{0.1})}) \dots (19)$$

**결 과**

채집된 굽은이랑새조개중 만 1세군은 없었으며, 만 2-5세군이 채집되었다. 채집된 개체의 각장은 31.8-68.9 mm (평균 52.3 ± 8.5 mm) 의 범위였고, 전중 5.6-84.7 g (평균 40.1 ± 17.6 g) 의 범위였다. 한편, 정점별 및 시기별 데이터를 통합하여 연령사정 결과, 이론적 최대 체장 ( $L_{\infty}$ ) 은 75.005 mm 였고, 성장계수 ( $k$ ) 는 0.363/year, 각장 0일 때 이론적 연령 ( $t_0$ ) 은 0.09394세였고, 최대 전중은 104.38 g이었다



**Fig. 2.** Estimation of the selection ogive of *Keenocardium buelowi* from a length covered catch curve analysis using the Pauly method (1984).

(Kwon *et al.*, 2025).

$$SL = 75.005 (1 - e^{-0.363(t-0.09394)})$$

$$(R^2 = 0.9980, P < 0.0001) \dots (1)$$

육지도 굽은이랑새조개의 자원특성치로서 순간전사망계수 ( $Z$ ) 는 평균연령을 이용하는 방법이 0.823/yr으로 가장 낮았고, 생산율추정치 (0.973/yr) 와 어획물곡선법 (0.9899/yr) 은 유사하였다. 자원변동을 파악하기 위한 순간전사망계수 ( $Z$ ) 는 이들의 평균인 0.9817/yr를 적용하고, 생산율 ( $S$ ) 은 0.375를 적용하였다. 순간자연사망계수 ( $M$ ) 는 Alverson and Carney (1975) 의 방법에 따라 0.744/yr, Alagaraja (1984) 의 방법에 따라 0.704/yr으로 산정되어 평균값인 0.724/yr으로 설정하였다. 최대 연령 ( $t_d$ ) 은 연령별 도수분포의 추세식의 X절편을 대입하여 6.54세로 추정되었다. 어획개시연령 ( $t_c$ ) 은 어획물 평균법이 3.41세로 다소 높았고, 연령조성물 회귀직선식을 이용한 산정과 Pauly에 의한 추정 (Fig. 2) 은 모두 3.21세로 산정되어 이들의 평균값인 3.28세를 적용하였다. 저연령 개체군의 포획이 전혀 이뤄지지 않아 어장 가입연령 ( $t_r$ ) 은  $t_0$ 를 고려하여 0.094세로 설정하였다.

2024년 5월부터 12월까지 조사한 굽은이랑새조개의 조사월별 단위밀도는 1.4-10.8 개체/m<sup>2</sup>의 범위였고, 정점별로는 3.44-6.33 개체/m<sup>2</sup>의 범위였고, 정점 간 유의한 밀도 차이는 없었다 ( $P = 0.458$ ). 모든 조사정점을 평균하여 해역을 평균 밀도는 4.89 개체/m<sup>2</sup> (중량 192.3 g/m<sup>2</sup>) 이었다. 이를 서식면적 168 ha에 적용하면 총 자원량은 323.1 톤으로 추정되었다 (Table 1). 한편 어획은 평균 각장 50 mm 이상의 개체에 대해

**Table 1.** Stock assessment of *Keenocardium buelowii* in Yokji waters, Tongyeong, Korea

Coast	Unit density (indiv./m <sup>2</sup> )	Unit biomass (g/m <sup>2</sup> )	Area (ha)	Standing stock (MT)	MSY (ton)	ABC (ton)	
						$F = 0.258, t_c = 3.31$	$F = 1.5, t_c = 3.0$
Yokji, Tongyeong	4.89 ± 4.2	192.3	168	323.1	158.6	175.7	198.1

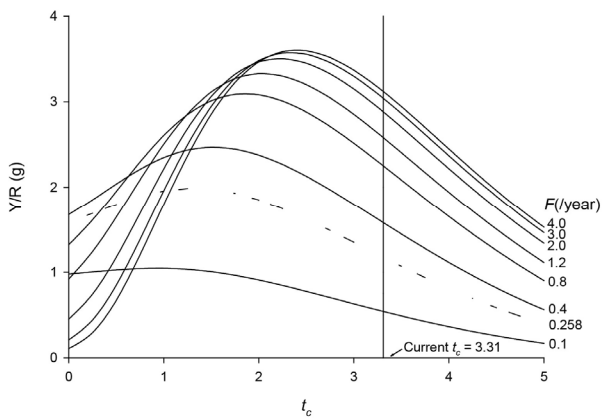
어획이 이뤄지므로, 4세군부터 어획이 이뤄지므로 이를 적용하면 가입량은 37.1 개체/m<sup>2</sup> (1,460.5 g/m<sup>2</sup>) 로 추정되었다.

욕지도해역의 굽은이랑새조개의 적정 어획강도 ( $F$ ) 와 적정 어획개시연령 ( $t_c$ ) 을 추정하기 위하여 이론적인 최대 체중 ( $W_\infty$ ) 104.38 g, 성장계수 ( $k$ ) 0.363/year, 각장 0일 때 이론적인 연령 0.094세, 어획개시연령 3.31세, 순간자연사망계수 ( $M$ ) 0.7240/yr, 순간어획사망계수 ( $F$ ) 0.258/yr, 최대 연령 ( $t_d$ ) 6.54세, 어장가입연령 ( $t_r$ ) 0.1세를 적용하여 Beverton and Holt (1957) 모델을 적용하였다. 순간어획사망계수 ( $F$ ) 를 달리하며 어획개시연령 ( $t_c$ ) 에 따른 가입당어획량 ( $Y/R$ ) 의 변동을 살펴보면, 어획사망계수가 증가할수록 가입당생산량이 꾸준히 증가하였고, 현재 어획사망계수 0.258/year은 적정 어획강도에 비해 매우 낮은 어획강도를 보여주고 있다. 현재의 어획강도 0.258/yr에서는 약  $t_c = 1.3$ 에서 가장 높은 생산량을 보이고 있고,  $F$ 를 4.0으로 높이면  $t_c = 2.6$ 에서 가장 높은 가입당 생산량을 나타내었다 (Fig. 4). 한편 어획개시연령 ( $t_c$ ) 과 어획사망계수 ( $F$ ) 에 따른 가입당 당어획량 곡선의 변화를 살펴보면 Fig. 5와 같다. P는 현재 욕지도 인근 해역에서 서식하는 굽은이랑새조개의 어획실태를 나타낸 것으로 굽은이랑새조개 자원이 적절하게 어획되지 못하고 있음을 나타내고 있다. 가입당어획량을 최대로 하기 위해서는 어획개시

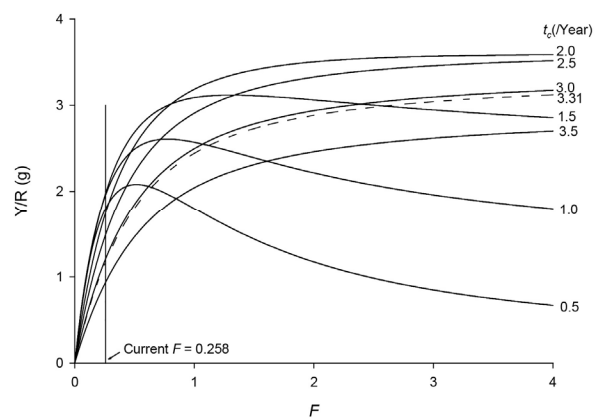
연령 ( $t_c$ ) 을 2-2.5세로 낮추고, 어획사망계수 ( $F$ ) 를 2.0 이상으로 높이는 것이 가장 높은 가입당생산량 ( $Y/R$ ) 을 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 욕지도 인근해역에 서식하는 굽은이랑새조개의 연간 자원량 ( $B$ ) 는 323.1 톤으로 추정되었다. 적정 어획 및 자연사망계수를 적용하여 생물학적 허용어획량 (ABC) 을 산정한 결과, 현재의 어획사망계수 ( $F = 0.258$ ) 와 어획개시연령 ( $t_c = 3.31$ ) 을 적용하면 생물학적 허용생산량은 175.7 톤, 어획사망계수 ( $F = 1.5$ ) 와 어획개시연령 ( $t_c = 3.0$ )을 적용하면 198.1 톤이 생산 가능한 것으로 나타났다 (Table 1).

**고 찰**

조사해역의 굽은이랑새조개 자원의 서식실태를 조사한 결과, 순간전사망계수 ( $Z$ ) 은 다소 낮은 편이지만, 자연사망계수 ( $M$ ) 는 높아 자원관리가 필요한 것을 보여주고 있다. 진해만 안골 바지락자원의 순간전사망계수는 1.77/yr (Kim and Zhang, 1999), 울산 태화강의 바지락은 1.171/yr (Choi *et al.*, 2011), 완도 군외면 영흥리 바지락은 2.409/yr (Cho and Lee, 2012) 으로 우리 결과보다 높았지만, 통영 연기해역 바지락은 0.991/yr (Cho *et al.*, 2008), 한산 진두해역 바지락은 0.861/yr (Cho *et al.*, 2008) 으로 우리 조사결과와



**Fig. 3.** Yield per recruit curve ( $Y/R$ ) of *Keenocardium buelowii* in Yokji waters against the age at first capture ( $t_c$ ) for various fishing mortalities ( $F$ ). (Arrow indicates the present first capture age, 3.31 year).

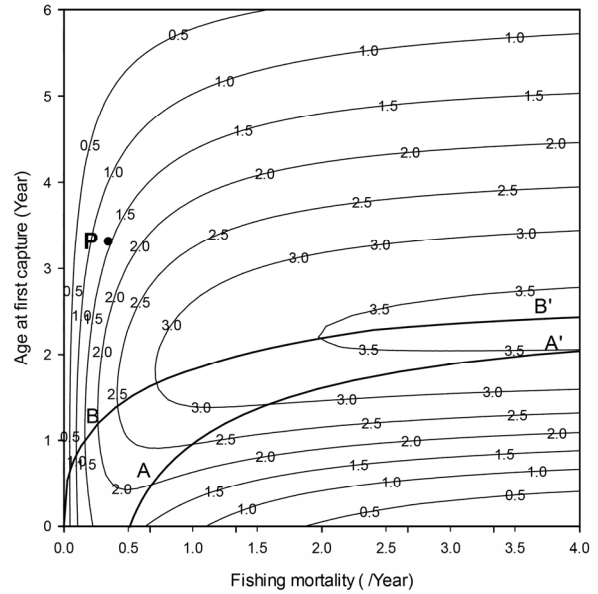


**Fig. 4.** Yield per recruit ( $Y/R$ ) curves of *Keenocardium buelowii* in Yokji waters against the fishing mortality ( $F$ ) for various ages at first capture ( $t_c$ ). (Arrow indicates the present fishing mortality, 0.258/yr).

비슷하였다 (Table 2). 이는 전자는 적극적인 어장관리를 통해 주기적인 어획이 이뤄지고 있는 어획강도가 높은 해역이고, 후자는 자연발생 개체군에 대해 한시적 어획이 이뤄지고 있는 해역이기 때문이다. 육지해역은 굽은이랑새조개에 대한 어업권이 설정되어 있지 않고, 자원관리가 되지 않는 자연 발생 자원에 해당하여 어획사망계수는 낮고 전사망계수는 높은 특징을 나타내고 있다.

한편 높은 전사망계수의 원인으로는 가을철 수온약층의 파괴와 함께 발생하는 저층 수온 상승을 원인으로 제시하였다. Kown *et al.* (2025)에 따르면 육지해역은 6월이후 표층 수온이 상승하면서 여름철이면 수온약층이 강하게 형성되고 표층은 약 26°C, 저층은 16°C의 수온분포를 보이다가, 가을철에 수온약층이 파괴되면서 전 수층이 약 21°C의 등수온층이 형성되는 것으로 보고되고 있다. 수온약층이 형성되는 시기 저층의 용존산소는 5-6 mg/L 이상의 안정적 환경을 유지하고 1.0 kn 이상의 비교적 빠른 조석류가 안정적으로 흐르고 있어 여름철 저산소에 의한 폐사는 없을 것으로 보고하고 있다. 굽은이랑새조개의 주 어획시기는 여름철임을 감안하고 주로 대형 개체가 고수온에 취약한 것을 고려하면 (Jeong and Cho, 2020), 여름이후 수온약층이 파괴되는 시기에 비교적 대형 개체의 폐사가 발생할 수 있다. 따라서 적정어획을 통해 대형 개체군을 수확한다면, 높은 전사망계수를 상쇄시킬 수 있을 것이다. 최근 기후변화에 따른 연안환경의 변화는 점차 토착성 이매패류 자원의 서식에 악영향을 미치고 있고, 굽은이랑새조개도 예외일 수 없다. 2024년 여름철은 열대야가 사상 최장기간 지속될 정도로 기록적인 폭염이 왔고, 이는 연안해역의 많은 이매패류 자원의 집단폐사를 유발하는 등 연안 어장환경이 악화되고 있다 (Soon and Zheng, 2019).

굽은이랑새조개 자원의 지속 가능성을 높이기 위해서는 슈아주기와 같은 밀도관리와 저질환경 개선작업이 반드시 필요하다. 비교적 긴 수명을 지닌 굽은이랑새조개는 어획이 거의 이뤄지지 않고 있음에도 어획개시연령 ( $t_c$ ) 이후 급격한 자원량의 감소가 나타나는 것은 수온약층이 파괴되는 시기에 대형



**Fig. 5.** A contour plot of yield per recruit ( $Y/R$ ) of *Keenocardium buelowi*. P indicates the current state of  $Y/R$  estimated from the fishing mortalities ( $F$ ) and the age at first capture ( $t_c$ ) in Yokji waters.

개체가 더 폐사에 취약하기 때문이다. 그러므로 여름철 어획 과정에 대형 개체를 선별적으로 어획을 한다면 자연사망계수 ( $M$ ) 중 일정 부분을 어획사망계수 ( $F$ )로 전환 가능하므로 자원조사를 통해 적정 어획강도를 유지하면 오히려 자원관리에 이점이 더 많을 것으로 판단된다.

육지해역의 굽은이랑새조개 자원의 최대 어획은  $F \leq 4.0$ 에서 최대 가입당어획량을 나타내었다 (Fig. 3). 현재의 어획강도 0.258은 강도는 정상적 어획이 이뤄지는 이매패류 양식장에 비해 매우 낮으므로 현실적으로 가능한 어획량 강도는 1.0-1.5 정도를 유지하며 약 2.5 g 이상의 가입당 생산량 ( $Y/R$ )을 목표치로 하는 것이 적정할 것으로 판단된다. 한편, 저질환경 개선작업은 폐사된 빈 패각에 대한 대책이 필요하

**Table 2.** Comparison of total mortality ( $Z$ ) and natural mortality ( $M$ ) in the coasts of Korea

Coast	Species	$Z$	$M$	References
Angol, Jinhae Bay	<i>Ruditapes philippinarum</i>	1.83	0.97	Kim and Chang, 1999
Tehwa river, Ulsan	<i>Ruditapes philippinarum</i>	1.171	0.545	Choi <i>et al.</i> , 2011
Yeongi, Tongyeong	<i>Ruditapes philippinarum</i>	0.991	0.494	Cho and Jeong, 2007
Yeongheung, Wando	<i>Ruditapes philippinarum</i>	2.409	0.478	Cho and Lee, 2012
Jindu, Hansan Isl.	<i>Ruditapes philippinarum</i>	0.861	0.243	Cho <i>et al.</i> , 2008
Yokji, Tongyeong	<i>Keenocardium buelowi</i>	0.981	0.724	This study

다. 자연발생적으로 진행된 폐사는 저질에 유기물 오염을 가중시키고, 저질에 쌓인 빈 패각은 저질조성을 변화시켜 서식환경을 악화시킬 수 있다. 저질에 쌓인 패각 잔재물은 초기 치패의 착저와 대형 개체의 저질 잠입을 방해함으로써 포식자에 취약한 환경을 조성할 수 있다. 이는 수산자원관리수역 지정을 통해 체계적인 관리가 필요한 이유이기도 하다. 수산자원관리수역 지정을 통해 어선수 및 어획시기 등 어획강도 조절을 통한 체계적 관리와 적극적 서식환경 개선 및 자원조성 사업 등을 통해 굽은이랑새조개 자원의 지속가능성을 높일 필요가 있다.

굽은이랑새조개는 주로 여름철에 회 등으로 식용하므로 상품 크기는 통상 50 mm 이상의 개체를 상품화되고 있다. 이는 약 3년 정도의 성장이 필요한 크기에 해당한다. 어획개시연령은 어획강도와 함께 생산량을 결정하는 중요한 요인이 된다. 형망에 의해 어획되는 종 특성을 고려하면 형망의 망목 선택성이 어획개시연령의 중요한 지표가 될 것이다. 따라서 형망어업의 망목규제를 통해 자원관리를 할 수 있으나, 현장에서는 자원량이 감소되면 망목을 줄여 오히려 생산량을 보완하고 있는 것으로 보고되고 있다 (Choi, 2017). 따라서 이러한 폐단을 막기 위해서는 수산자원관리수역 지정을 통해 어획강도 관리가 필수적이다. 형망어업의 어구선택성에서 망목 외에도 갈퀴 간격도 중요한 요소인 것으로 보고되고 있다. Park and Kim (2000) 은 동해안의 민들조개의 형망 어획 시 기준의 갈퀴 간격 12 mm를 16 mm로 늘려 자원보호, 연료절감 및 소형패 혼획을 저감을 기대할 수 있는 것으로 보고하였다.

어획개시연령 ( $t_c$ ) 에 따른 가입당생산량의 변화를 살펴보면, 현재 3.31세의 어획개시연령 ( $t_c$ ) 에서 가입당생산량이 3 세군 보다 낮았고, 이론적으로는  $t_c = 2$  에서 가장 높은 생산량을 나타내었다 (Fig. 4). 굽은이랑새조개의 생식소 발달과정에 대한 조직학적 관찰을 통한 연령별 산란가입 시기를 조사한 결과, 만 2세 이후는 모두 산란 가입하는 것으로 조사되었다 (Unpublished data).  $t_c = 2$  는 이론적인 적정 어획개시연령으로 보여지지만, 어장에 종패입식등과 같은 인위적 자원증강대책이 없는 경우 산란가입의 기회를 최대한 확보할 수 있어야 하므로  $t_c = 2$  는 산란가입에 의한 자원증식의 기회보장이 라는 측면에서 적절한 관리방안이 아닌 것으로 판단된다 (Fig. 5). 또한 굽은이랑새조개의 시장에서 선호하는 식용 방법을 고려하면 3세군의 크기가 적절한 것으로 판단된다.

## 결 론

조사해역의 굽은이랑새조개 자원의 지속 가능성을 높이기 위해서는 적절한 어획을 통한 밀도관리와 저질환경 개선 및 종패살포 등과 같은 적극적인 어장관리가 필요하다. 합법적

어획이 이뤄지지 않는 현 상황에도 비교적 높은 전사망계수를 나타내므로 여름철 적절한 어획을 통해 대형 개체를 선별적으로 어획하여 전사망계수의 상당 부분을 어획사망계수로 전환시킬 필요가 있다. 또한 저층에 쌓여 있는 빈 패각처리와 어획작업을 통한 경운 등을 통해 저질환경 개선작업이 필요하다. 따라서 육지인근 해역에 광범위하게 분포하고 있는 굽은이랑새조개 자원의 서식 실태에 대한 종합적인 조사가 필요하고, 조사결과를 바탕으로 적절한 해역에 대해 수산자원관리수역을 지정하여 적극적인 어장관리가 필요하다. 최근 기후변화에 따른 여름철 이상 기온이 증가하고 있는 추세를 고려하면 굽은이랑새조개 자원의 지속적 이용을 위해서는 즉각적인 조치가 필요하다.

## 사 사

우리 연구는 육지수산업협동조합의 지원아래 실시되었으며, 조사에 적극 협조해주신 수협 임직원 여러분께 감사드립니다.

## 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.J. (1975) A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *ICES Journal of Marine Science*, **36**: 133-143.
- Beverton, R.J. and Holt, S.J. (1957) On the dynamics of exploited fish populations. *In*: Holt S.J. (ed) Fisheries Investigations. H.M. Stationery Office, Great Britain, pp 533.
- Cho, S.-M. and Jeong, W.-G. (2007) Ecological Study of Shortnecked Clam *Ruditapes philippinarum* from the Jindo Coast of Hansan Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **23**: 25-30.
- 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. *The Korean Journal of Malacology*, **24**: 189-197.
- Cho, S.-M. and Lee, J.H. (2012) Study on natural short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*, stocks in Yeongheung coast of Wando Island, Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **28**: 109-116.
- Choi, J.-D. (2017) A study on the dredge fishery in Jeollabuk-do, Korea. Ph.D. thesis, Department of Fisheries Science, Kunsan National University, Gunsan, 123pp.
- Choi, Y.-M., Yoon, S.-C., Lee, S.-I., Kim, J.-B., Yang, J.-H., Yoon, B.-S. and Park, J.-H. (2011) The study of stock assessment and management implications of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Taehwa river of Ulsan. *The Korean Journal of Malacology*, **27**:

- 107-114.
- Jeong, W.-G. and Cho, S.-M. (2020) Growth comparison of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*, between different stocking times into tidal flat rack culture system. *The Korean Journal of Malacology*, **36**: 111-116.
- Kim, H. and Zhang, C. (1999) A population ecological study of short-necked clam, *Tapes philippinarum* in the adjacent waters of Jinhae. *Journal of the Korean Society of Fisheries Resources*, **2**: 32-43.
- Kwon, T.-H., Kang, J.-H., Lee, S.-H., Kim, J.-S. and Cho, S.-M. (2025) Study on the marine bivalve *Keenocardium buelowi* (Bivalvia, Cardiidae) in Yokji waters. 1. Growth. *The Korean Journal of Malacology*, **41**: 143-149.
- MBRIS, Marine Bio-Resource Information System (2025) *Keenocardium buelowi*. National Marine Biodiversity Institute of Korea (MABIK), Seocheon. Retrieved from <https://www.mbris.kr/en/obis/> on January 31, 2025.
- Park, H.-H. and Kim, S.-H. (2000) Tooth selectivity on venus clam (*Gomphina melanaegis*) dredge. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, **36**: 267-273.
- Pauly, D. (1984) Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (III: Conclusion). *Fishbyte*, **2**: 9-10.
- Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, **191**: 1-382.
- Soon, T.K. and Zheng, H. (2019) Climate change and bivalve mass mortality in temperate regions. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, **251**: 109-129.
- Troadec, J. (1977) Methodes semi-quantitatives d'evaluation. *FAO Circulaire Sur Les Pêches*, **701**: 131-141.
- Zhang, C., Lee, M., and Yoon, S. (1999) Estimation of population ecological characteristics of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **2**: 24-31.