

# 섬진강에 분포하는 일본재첩 *Corbicula japonica*의 잠재어획가능량 추정

이재봉, 신영재<sup>1</sup>, 이종희<sup>1\*</sup>, 최영민, 이동우<sup>1</sup>, 차형기<sup>2</sup>

동해수산연구소 자원환경과, <sup>1</sup>국립수산과학원 자원관리과, <sup>2</sup>남서해수산연구소 아열대수산연구센터

## Estimation of potential fishery yield for *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea

Jae Bong LEE, Young Jae SHIN<sup>1</sup>, Jong Hee LEE<sup>1\*</sup>, Young Min CHOI, Dong Woo LEE<sup>1</sup> and  
Hyung Kee CHA<sup>2</sup>

Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung 210-861, Korea

<sup>1</sup>Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

<sup>2</sup>Subtropical Fisheries Research Center, Southwest Fisheries Research Institute, Jeju 690-192, Korea

### ABSTRACT

*Corbicula japonica*, belonging to Other Veneroida Family Corbiculidae, was distributed in the freshwater and brackish rivers, where was a sandy and shallow depth. Catch of *C. japonica* in the Seomjin River occupied at a large portion of the catch in Kyungnam Province, which was about 30% of total catch in Korea. *C. japonica* has little studied on biomass, scientific resources assessment and management, because of inaccurate catch report data in the Seomjin River. In this study, we conducted scientific and systematic approaches under data limited situation with application of the potential fishery yield system for sustainable fisheries resources management. Estimation system of the potential fishery yield was consisted of 5 tier system. We have used to tier 1 and 2 which were demanded higher level of information than the other tiers. The potential fishery yields were estimated 77.66ton for tier 1 using commercial fishery-dependent data, and 129.82ton for tier 2 with fishery-independent survey data.

**Keywords:** *Corbicula japonica*, Seomjin River, Potential Fishery Yield, Tier system

### 서 론

국내 백합목 (Veneroida), 재첩과 (Corbiculidae) 에는 일본재첩, 공주재첩, 참재첩, 얽은재첩 등이 있으며, 종에 따라 담수 또는 기수역에 서식, 분포하는 소형 이매패류로서 우리나라 대부분의 강과 기수역에 분포하며 사니질의 얇은 깊이에서 서식한다 (Jo *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2002; Ryu *et al.*, 2005; Han *et al.*, 2007). 지금까지 재첩류에 대한 연구로는 Park and Lee (1968), Jung (1977), Lee and Chung

(1980), Lee and Kim (1997), Kim and Yoo (2000a, b), Kim *et al.* (2002), Kwon *et al.* (2002), Rhy *et al.* (2005), Kim (2006), Han *et al.* (2007) 등 비교적 많은 연구가 있었으며, 연구지역인 섬진강 서식 재첩에 관한 연구로는 재첩의 생식주기 (Kim and Yoo, 2000a), 정자형성과정 (Kim and Yoo, 2000b) 등에 관한 연구가 선행되었다.

섬진강 및 하구역은 전라남도 광양시, 순천시, 여수시, 경상남도 남해군, 하동군 등 2개 도 5개 시군에 해당하는 지역으로서, 우리나라에 있는 주요 하구 중에서 한강 하구와 함께 유일하게 섬진강 하구에만 대규모 독이 없는 자연상태를 유지하고 있다. 과거에는 대부분의 민물과 바닷물이 만나는 강 하구에서 재첩을 쉽게 채취할 수 있었으나, 지금은 하구독으로 재첩이 많이 사라져 하구독이 없는 섬진강에서만 일부 채취되고 있는 실정이다 (Yoo, 2007). 하지만 산업단지 확장과 추가건설을 위한 매립 등 대규모 개발계획이 계속 추진되고 있어 웬

Received: May 1, 2012 ; Accepted: May 28, 2012

Corresponding author: Jong Hee Lee

Tel: +82 (51) 720-2297 e-mail: j.h.leigh@nfrdi.go.kr  
1225-3480/24430

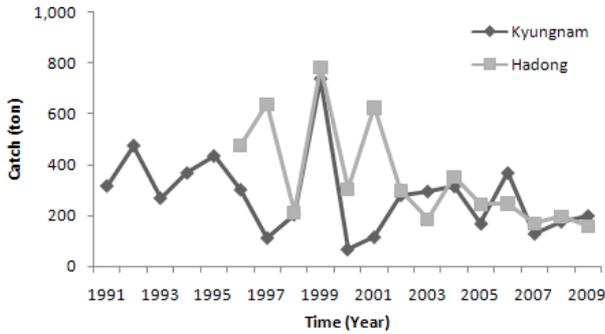


Fig. 1. Annual catch of *Corbicula japonica* in the Kyungnam and Hadong, Korea.

손의 위협을 받고 있는 하구역의 가치평가 등에 과학적 근거를 제공할 수 있는 섬진강에 분포하는 일본재첩의 자원역학적 연구의 필요성이 대두되고 있다.

연구지역인 섬진강은 우리나라 재첩 생산량의 약 30%를 차지하며, 경남지역에서 생산되는 재첩 어획량의 많은 부분을 차지하고 있다. 섬진강 재첩의 생산은 지역 내수면 어업에서 높은 경제적 비중을 차지하고 있으며, 1990년 후반이후로 재첩의 생산량이 지속적으로 감소하고 있는 실정이다 (Fig. 1). 현재 재첩에 대한 정확한 어획량자료가 보고되지 않아서 섬진강에서 서식하는 일본재첩의 자원량에 관한 연구가 이루어지지 않아 과학적인 자원평가 등에 관한 연구가 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이처럼 한정된 정보를 이용한 잠재어획가능량 추정시스템 (Shin, 2009) 을 이용하여 보다 과학적이고, 체계적으로 섬진강 일본재첩의 자원관리에 필요한 과학적인 근거 자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 및 측정방법

본 연구에서는 섬진강에 서식하는 일본재첩의 자원량을 추정하기 위하여 상업어획조사와 직접자원조사를 실시하였다. 상업어획조사는 하동군수산업협동조합의 어획량자료를 수집하였다. 체장조사를 위해서 샘플을 구입 실험실로 운반하여 각장 (SL, Shell length), 각고 (SH, Shell height) 와 각폭 (SW, Shell wide) 을 Vernier caliper micrometer로 0.01mm 단위까지 측정하였고, 전중 (W) 은 전자저울로 0.01g 단위까지 측정하였다. 직접자원조사는 하동군의 각 어업계가 포함된 섬진강으로 재첩형망어선의 조업이 가능한 두곡부터 남해고속도로 인근까지를 2009년 5월, 8월, 11월 및 2010년 2월까지 계절별로 총 4회의 조사를 수행하였다. 조사정점은 두곡어업계 1개 (st.1), 신비어업계 2개 (st.2-A와 B), 목도어업계 2개 (st.3-A와 B), 화목어업계 1개 (st.4), 남해고속도로 인근지역

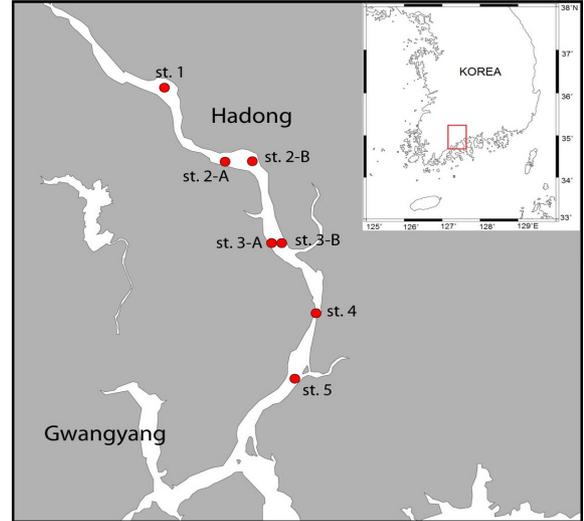


Fig. 2. Study area and stations of *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea.

1개 (st.5) 로 총 7개 정점에 대해 수행되었다 (Fig. 2). 조사에 사용된 선박은 1.23톤의 재첩형망어선(송림 2호)이며, 사용된 형망어구의 재원은 폭 123 cm, 높이 22 cm, bar의 간격은 범위 5.94-7.43 mm으로 평균 6.45 mm이며, bar의 길이는 1.8-2 cm이었다. 자루망은 PE재질로 길이는 320 cm로 망목크기는 11 mm를 사용하였다. 예망시간은 5-10분으로 두곡, 신비 및 목도에서는 5분간 예망하였으며, 화목과 남해고속도로 인근에서는 10분씩 예망하여 예인면적의 범위는 626-1803 m<sup>2</sup>이다. 채집된 시료는 양육하여 체를 사용하여 자갈 등의 이물질을 제거하고, 실험실로 운반하여 상업어획시료와 동일한 방법으로 측정하고 폐각의 내면 색 차이로 종 동정을 수행하였다 (Min et al., 2004).

### 2. 상업어획조사에 의한 간접자원량 추정방법

체장코호트분석법 (Jones model) 을 사용하여 식 (1) 과 같이 자원량을 추정하였다. 이 방법에 사용되는 자료는 체장그룹별 어획개체수, 이론적인 최대체장 ( $L_{\infty}$ ), 순간자연사망계수와 성장률의 비 ( $M/K$ ), 최대체장그룹의 어획비 ( $F/Z$ ) 등이다.

$$N_1 = \left\{ N_2 \left( \frac{L_{\infty} - l_1}{L_{\infty} - l_2} \right)^{\frac{M}{2K}} + C_{1,2} \right\} \left( \frac{L_{\infty} - l_1}{L_{\infty} - l_2} \right)^{\frac{M}{2K}} \quad (1)$$

다시 쓰면,  $N_1 = (N_2 X_L + C_{1,2}) X_L$ , 여기서

$X_L = \left( \frac{L_{\infty} - l_1}{L_{\infty} - l_2} \right)^{\frac{M}{2K}}$ ,  $N_1$ 과  $N_2$ 는 체장  $l_1$ 과  $l_2$ 에 대한 자원개체수를 나타내고,  $C_{1,2}$ 는 체장  $l_1$ 과  $l_2$ 구간에 대한 1년간 어

획개체수를 나타낸다. 여기서는 추정된 자원 개체수를 자원량으로 환산하기 위하여 각 체장 그룹의 중간 값에 해당하는 체중을 곱하여 자원량을 추정하였다. von Bertalanffy의 성장파라미터인 이론적인 최대체장 ( $L_{\infty}$ ) 및 성장계수 ( $K$ )는 식 (2) 을 이용해 추정하였다.

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (2)$$

여기서,  $L_t$ 는 연령  $t$ 의 체장,  $L_{\infty}$ 는 이론적 최대체장,  $K$ 는 성장계수,  $t_0$ 는 체장이 0일 때의 이론적인 연령을 나타낸다. 순간자연사망계수 ( $M$ ) 은 Zhang and Megrey (2006) 방법을 사용하였으며, 식 (3) 과 같다.

$$M = \frac{\beta K}{e^{K(t_{mb}-t_0)} - 1} \quad (3)$$

여기서,  $t_{mb} = C_i \times t_L$ 이고,  $C_i$ 는 계수로서, 저서어류는 0.44, 부어류는 0.302이며,  $t_L$ 은 관측되어진 최대 연령,  $K$ 는 von Bertalanffy 성장계수,  $\beta$ 는 체장-체중관계식으로부터 추정되었다. 최대 체장그룹의 어획비 ( $F/Z$ ) 는 0.5로 간주하였다.

### 3. 자원조사에 의한 직접자원량 추정방법

일본재첩의 자원량을 추정하기 위하여 선박의 위치와 선속(knot/hr)을 1분 단위로 GPS로 측정하였으며, 선속을 산술평균한 값에 예망시간을 곱하여 이동거리를 추정 하였다. 어선의 이동거리와 어획조사 시에 사용한 형망어구의 폭을 곱하여 실제 어업이 이루어진 소해면적을 산출하였다. 자원량 ( $B$ ) 은 소해면적당 평균밀도 ( $\bar{D}$ ), 평균중량 ( $\bar{W}$ ), 총서식면적 ( $A$ ) 및 어획률 ( $q$ : Catch ability) 을 이용하여 식 (4) 와 같이 추정하였다.

$$B = \frac{\bar{D} \times \bar{W} \times A}{q} \quad (4)$$

### 4. 생태학적 특성치 추정

이론적 최대체장 ( $L_{\infty}$ ), 성장계수 ( $K$ ) 와 체장이 0일 때의 이론적인 연령 ( $t_0$ ) 은 식 (2) 에서와 같이 von Bertalanffy (1938) 의 성장식을 사용하였다. 순간자연사망계수 ( $M$ ) 는 식 (3) 에서와 같이 Zhang and Megrey (2006) 방법을 적용하여 계산하였다. 생산율 ( $S$ ) 은 Chapman and Robson (1960) 방법을 사용하여 식 (5) 와 같이 계산하였다. 순간전사망계수 ( $Z$ ) 는 생산율로부터  $Z = -\ln S$ 를 계산하였다.

$$\hat{S} = \frac{T}{\sum N_i + T - 1} = \frac{\bar{X}}{1 + \bar{X} - \frac{1}{\sum N_i}} \quad (5)$$

여기서,  $N_i$ 는  $i$  연령일 때의 자원개체수,  $\bar{X}$ 는 평균연령, 그리고  $T = \sum i \cdot N_i$ 이다.

순간어획사망계수 ( $F$ ) 는 추정된 순간전사망계수에서 순간자연사망계수를 뺀 값을 사용하였다. 어장가입연령 ( $t_r$ ) 은 관측된 최소연령을 사용하였으며, 어구가입연령 ( $t_c$ ) 은 아래의 식 (6) 에 의하여 추정하였다.

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

여기서,  $t_a$ 와  $P_a$ 는 가장 어린 연령군의 연령과 조성비이며,  $t_b$ 와  $P_b$ 는 우점연령군의 연령과 조성비이다. 최대연령 ( $t_L$ ) 은 관측되어진 최고연령이다.

### 5. 적정어획사망계수

적정어획사망계수 ( $F_{PFY}$ ) 는 Zhang and Lee (2001) 가 제시한 생물학적허용어획량 (ABC) 추정방법을 변형하여  $F_{ABC}$ 를  $F_{PFY}$ 로 사용하였다. 여기서,  $F_{ABC}$ 는 ABC시의 순간어획사망계수이며,  $F_{PFY}$ 는 잠재어획가능량 (PFY) 시의 순간어획사망계수이다 (Table 1).  $F_{PFY}$ 를 추정하기 위하여 생물학적 기준점인  $F_X$ 와  $F_{X\%}$  및  $B_{X\%}$ 를 추정하였다.

$F_X$ 는 어획이 없을 때의 생산량 곡선의 기울기의  $X\%$ 가 되는 기울기에 해당하는 어획사망계수를 의미한다.  $F_X$ 값의 추정은 Beverton and Holt (1957) 의 가입당생산량모델을 순간어획사망계수에 대해 미분하여 어획이 없을 때 ( $F = 0$ ) 의 생산량 곡선의 기울기를 구하여 식 (7) 에서 구하였다. 기울기의  $X\%$ 에 해당하는  $F$ 값을 찾기 위하여  $F$ 값들을 반복 대입하여  $F_X$ 값을 추정하였다.

$$\begin{aligned} \frac{d(Y/R)}{dF} &= \exp[-M(t_c - t_r)] W_{\infty} \quad (7) \\ &\sum_{n=0}^3 \left( \frac{U_n (M+nK) \exp(-nK(t_c - t_0))}{(F+M+nK)^2} \right) \\ &+ \frac{U_n (M+nK) \exp(-nK(t_c - t_0))}{(F+M+nK)^2} \\ &\bullet ((t_L - t_c)F^2 + (M+nK) \\ &(t_L - t_c)F - (M+nK)) \end{aligned}$$

**Table 1.** Tier system for estimation of optimal fishing mortality to determine potential fishery yield (Modified from Zhang and Lee, 2001)

Tier 1. Information available : Reliable estimates of B, B <sub>MSY</sub> , F <sub>MSY</sub> and F <sub>X%</sub>	
1a)	Stock status : B/B <sub>MSY</sub> > 1 F <sub>PFY</sub> = F <sub>MSY</sub>
1b)	Stock status : α < B/B <sub>MSY</sub> < 1 F <sub>PFY</sub> = F <sub>MSY</sub> × (B/B <sub>MSY</sub> - α) / (1 - α)
1c)	Stock status : B/B <sub>MSY</sub> < α F <sub>PFY</sub> = 0
Tier 2. Information available : Reliable estimates of B, B <sub>X%</sub> and F <sub>X%</sub>	
2a)	Stock status : B/B <sub>X%</sub> > 1 F <sub>PFY</sub> = F <sub>X%</sub>
2b)	Stock status : α < B/B <sub>X%</sub> < 1 F <sub>PFY</sub> = F <sub>X%</sub> × (B/B <sub>X%</sub> - α) / (1 - α)
2c)	Stock status : B/B <sub>X%</sub> < α F <sub>PFY</sub> = 0
Tier 3. Information available : Reliable estimates of B and F <sub>0.1</sub>	
	F <sub>PFY</sub> = F <sub>0.1</sub>
where, α = 0.05	

여기서, W<sub>∞</sub>는 이론적 최대체중, K는 성장계수이고, M은 순간자연사망계수이다. t<sub>0</sub>는 체장이 0일 때 이론적 연령, t<sub>r</sub>는 어장가입연령, t<sub>c</sub>는 어구가입연령, 그리고 t<sub>L</sub>은 최고연령이다. U<sub>0</sub>=1, U<sub>1</sub>=-3, U<sub>2</sub>=3, 그리고 U<sub>3</sub>=-1이다.

체장구조를 이용한 아래의 식 (8) 을 적용하여 가입체장에 대해서 어획이 전혀 없을 때 (F = 0) 의 산란자원량을 기준으로 그 산란자원량의 X%의 자원량을 유지시킬 수 있는 순간어획사망계수인 F<sub>X%</sub>를 추정하였다.

$$X\% = \frac{\sum_{l=i}^{l_\lambda} B'_i \cdot m_i \cdot e^{G_i - (M + F_{X\%} \cdot S_i) \left( \frac{1}{K} \ln \left( \frac{L_\infty - l_i}{L_\infty - l_{i+1}} \right) \right)}}{\sum_{l=1}^{l_\lambda} B_i \cdot m_i \cdot e^{G_i - M \left( \frac{1}{K} \ln \left( \frac{L_\infty - l_i}{L_\infty - l_{i+1}} \right) \right)}} \quad (8)$$

if F=0,

$$B_i = B_{i-1} \cdot e^{G_{i-1} - M \Delta_{i-1}} = B_{i-1} \cdot e^{G_{i-1} - M \left( \frac{1}{K} \ln \left( \frac{L_\infty - l_{i-1}}{L_\infty - l_i} \right) \right)}$$

if F=X%,

$$B'_i = B'_{i-1} \cdot e^{G_{i-1} - (M + F_{X\%} \cdot S_{i-1}) \left( \frac{1}{K} \ln \left( \frac{L_\infty - l_{i-1}}{L_\infty - l_i} \right) \right)}$$

$$G_i = \ln \left( \frac{W_{i+1}}{W_i} \right)$$

여기서, B<sub>i</sub>는 어획이 없을 때 (F = 0) 의 체장그룹 i의 자원량이고, B'<sub>i</sub>는 어획이 있을 때 (F = X%) 체장그룹 i의 자원량이다. m<sub>i</sub>는 체장그룹 i의 성숙률, l<sub>i</sub>는 분석에 사용된 체장 그룹 i의 시작체장, l<sub>i</sub> + 1은 분석에 사용된 체장그룹 I + 1의 시작체장, 그리고 l<sub>λ</sub>는 마지막 체장그룹이다. F<sub>X%</sub>는 어획이 없을 때 산란자원량의 X%가 되는 순간어획사망계수이며, S<sub>i</sub>는 체장그룹 i의 선택비, 그리고 G<sub>i</sub>는 체장그룹 i의 성장률이다.

F<sub>X%</sub>수준에서의 자원량 (B<sub>X%</sub>) 은 아래의 식 (9) 에 의해 추정되었다.

$$B_{X\%} = B_C \times \frac{\frac{SB}{R} F_{X\%}}{\frac{SB}{R} F_C} \quad (9)$$

여기서, BC는 현재 자원량,  $\frac{SB}{R} F_{X\%}$ 는 FX%수준에서의 가입당산란자원량, 그리고  $\frac{SB}{R} F_C$ 는 현재 어획수준에서의 가입당산란자원량이다.

### 6. 잠재어획가능량 추정법

한 단위수역에 존재하는 생물들 중 현재 자원으로 이용되고 있거나 앞으로 이용 가능한 수산자원 생물종들에 대한 잠재어획가능량 (Potential Fisheries Yield) 은 가장 많은 정보가

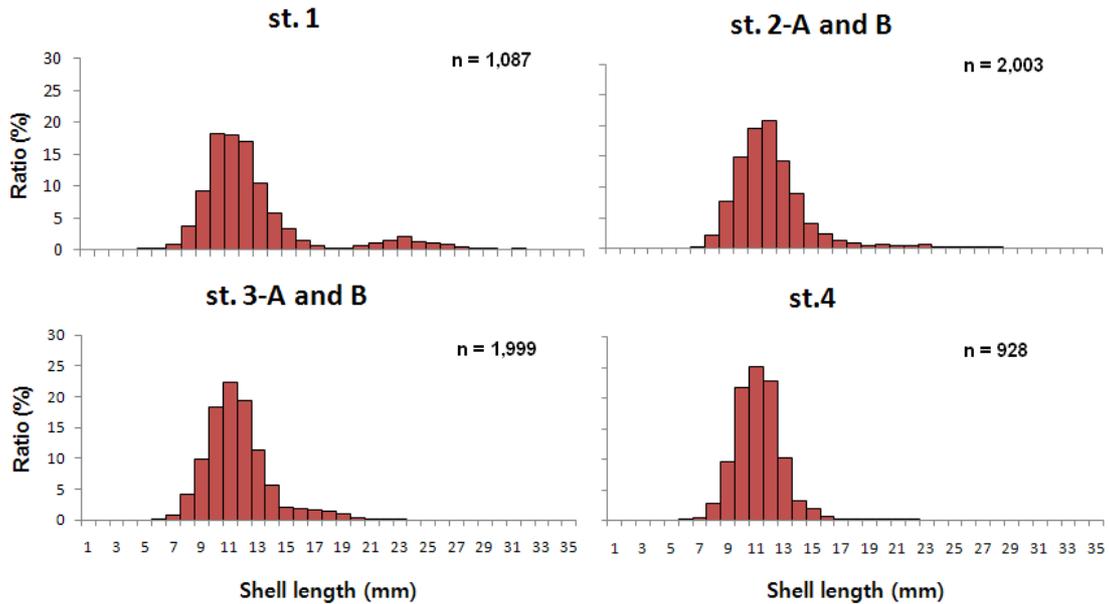


Fig. 3. Shell length composition of *Corbicula japonica* by station in the Seomjin River, Korea.

사용되는 1단계 수준부터 단지 어획량 자료만을 사용하는 5단계 수준으로 구분된다 (Shin, 2009).

수산자원의 잠재어획가능량 추정시스템 중 정보수준이 가장 높은 1단계에서는 상업어획조사에 의한 간접자원량 추정방법으로  $i$ 종의 자원량을 추정한다. 여기에 사용되는 자료는 체장 그룹별 어획량, 생태학적 특성치, 체장조성 자료이다. 먼저, 기술한 자료를 사용하여 Table 1에 제시된 잠재어획가능량 결정식의 단계별 적정어획사망률 추정방법을 통해  $i$ 종의 적정어획사망계수를 추정한다. 추정된 적정어획사망계수, 자원량과 순간자연사망계수를 이용하여  $i$ 종의 잠재어획가능량을 아래의 식 (10)에 의하여 추정한다.

$$PFY_i = \frac{B_i F_{PFY_i}}{M + F_{PFY_i}} (1 - e^{-(M + F_{PFY_i})}) \quad (10)$$

여기서,  $F_{PFY_i}$ 는  $i$ 종의 적정어획사망률, 그리고  $B_i$ 는  $i$ 종의 초기자원량이다.

잠재어획가능량 추정시스템 중 2단계는 1단계에서 사용되는 자료 중에서 생태학적 특성치, 체장조성 자료는 동일하게 사용되지만, 체장그룹별 어획량을 알 수 없는 경우에 사용하는 방법이다.  $i$ 종의 적정어획사망계수는 1단계와 동일한 방법으로 추정하지만, 자원량은 자원조사에 의한 직접자원량 추정방법에 의한 현장조사로부터 추정된 종별 밀도,  $i$ 종의 평균중량, 어장면적 및 어획률을 사용하여 계산한다. 이렇게 추정된 적정어

획사망계수와 자원량의 곱으로  $i$ 종의 잠재어획가능량을 아래의 식 (11)과 같이 추정한다.

$$PFY_i = \bar{B}_i \cdot F_{PFY_i} \quad (11)$$

여기서,  $\bar{B}_i$ 는  $i$ 종의 평균자원량이다.

## 결 과

### 1. 상업어획조사에 의한 간접자원량

일본제첩의 어획은 4월에 시작하여 12월까지 이루어지고 있으며, 특히 5-6월에 어획이 활발하였다. 7-8월은 집중호우로 인하여 조업일수가 줄어들어 어획량이 감소하며, 9월부터 어획량이 다시 증가하여 12월까지 어획이 이루어졌다. 하지만 2009년의 경우 4-8월까지 조업은 시작되었으나 어획량은 저조하였다. 9월부터 어획량이 증가하여 11-12월에 가장 많은 어획량을 보였다. 2009년 전체 어획량은 159,798 kg으로 체장코호트 분석에 사용하였다. 일본제첩의 체장조성자료는 손제첩의 자료와 직접자원조사의 자료를 합하여 총 6,624미의 각장 (SL) 자료를 사용하였다. 일본제첩의 체장분포는 5-41 mm 범위로 나타났으며, 주 모드는 9-11 mm로 나타났다 (Fig. 3). 체장코호트분석에 사용된  $M/K$ 는 2.283이며, 마지막 체장그룹의  $F/Z$ 는 0.5로 가정하여 자원량을 추정하였다. Jones model에서는 체장 구간별 자원개체수로 추정되기 때

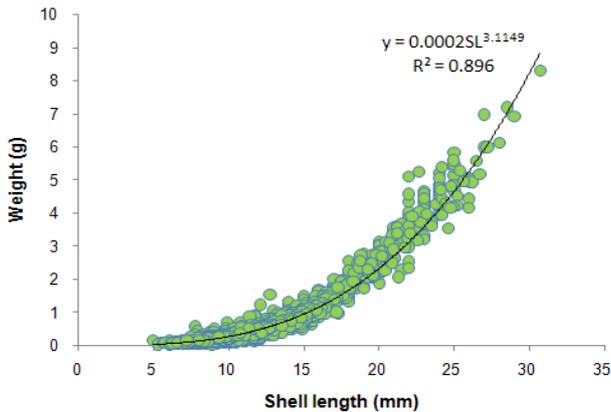


Fig. 4. Relationship between shell length and weight of *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea.

문에 여기에는 섬진강에서 채집한 일본재첩의 체장-체중 관계식  $W = 0.0002SL^{3.1149}$  을 이용하였다 (Fig. 4). 체장 중간 값에 해당하는 중량을 곱하여 추정된 자원량은 541.74 톤으로 추정되었다 (Fig. 5).

## 2. 자원조사에 의한 직접자원량

섬진강 일본재첩의 자원량을 조사하기 위하여 형망어구를 이용하여 2009년 5월, 8월, 11월과 2010년 2월에 총 4회에 걸쳐서 7개 정점에 대하여 자원조사를 실시하였다. 자원조사 결과 5월에는 정점별 어획 개체수는 st.2-B에서 36,101개체로 가장 많았으며, st.4에서 29개체, st.5에서는 어획되지 않았다. 8월에는 st.3-B에서 가장 많아서 56,378개체로 어획량은 10,777 g 이었으며, st.1에서는 16,994개체가 어획되어 st.3-B에 비하여 약 30% 이지만 어획량은 9,715 g으로 비슷하였다. 11월에는 1번 정점이 가장 많이 어획되어 514,181개체였으며, 어획량 또한 전체 조사 중 가장 많은 202,554 g이

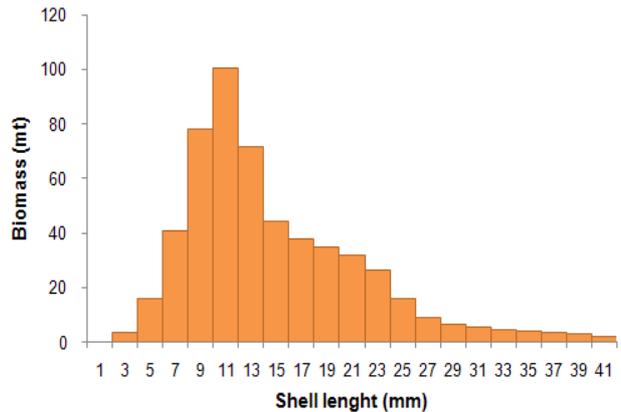


Fig. 5. Biomass of *Corbicula japonica* by shell length in the Seomjin River, Korea.

어획되었다. 2월에 역시 st.1에서 가장 많이 어획되어 89,522개체로 어획량은 31,277g이었다 (Table 2). 정점별 밀도로 5월에는 st.2-B에서 가장 높았으며, 8월에는 st.3-A와 B에서 높게 나타났다. 11월에는 st.1에서 전체 조사 중 가장 높은 475ind./m<sup>2</sup>로 나타났다. 자원량을 산출하기 위하여 월별 정점별 밀도를 산술평균하여 사용하였다. 직접조사에 의한 자원량은 월별 정점별 평균밀도, 평균중량, 정점별 면적 및 어획률을 이용하여 추정하였다. st.2와 st.3은 하동지역과 광양지역의 평균이다. 어획률은 Park (2006) 의 방법으로 추정한 결과 0.203이었다. 정점별 자원량으로 st.1이 655.81 톤으로 가장 많았으며, 다음으로 st.3이 61.51 톤, st.2가 16.43 톤, st.4가 2.48 톤으로 추정되었으며, st.5인 고속도로 인근 지역에서는 일본재첩이 어획되지 않았으며 자원이 없는 것으로 나타났다. 조사지역의 총 자원량은 736.24 톤으로 추정되어 st.1의 자원량이 월등히 높았다 (Fig. 6).

Table 2. A number of individual (N) and weight (W) of *Corbicula japonica* with stations by the dredge in the Seomjin River, Korea

Stations	May		Aug.		Nov.		Feb.	
	N	W	N	W	N	W	N	W
1	4,467	7,8545	16,994	9,715	514,181	202,554	89,522	31,277
2-A	6,597	5,074	14,011	5,201	102,870	43,547	9,950	2,785
2-B	36,101	20,242	8,989	3,830	12,576	4,324	6,064	2,229
3-A	3,623	3,518	36,883	7,963	60,558	20,072	14,792	4,837
3-B	2,828	2,300	56,378	10,777	179,756	60,002	31,562	9,583
4	29	30	2,384	509	5,672	2,711	34,508	10,011
5	0	0	0	0	0	0	0	0

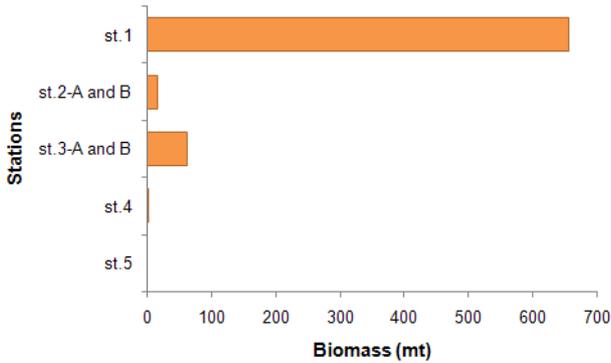


Fig. 6. Biomass of *Corbicula japonica* by station in the Seomjin River, Korea.

### 3. 섬진강 일본재첩의 생태학적 특성치

섬진강 일본재첩의 생태학적 특성치는 이론적 최대각장 ( $L_{\infty} = 48.98$  mm), 성장계수 ( $K = 0.204$ ), 각장이 0일 때의 이론적 연령 ( $t_0 = 0.317$  yr) 및 최대연령 ( $t_{max} = 10.29$  yr)의 자료를 기반으로 (Kwon *et al.*, 2002), 전사망계수 ( $Z$ )는 2.319/yr, 자연사망계수 ( $M$ )는 0.466/yr, 어장가입연령 ( $t_r$ )은 0.844세, 어구가입연령 ( $t_c$ )은 0.998세로 추정되었다 (Table 3). 섬진강 일본재첩의 잠재어획가능량 결정시의 적정어획사망계수 ( $F_{PFY}$ )는  $F_{40\%}$  수준을 근거로 하는 2b 단계에서 0.176/yr로 계산되었다 (Table 4).

### 4. 섬진강 일본재첩의 잠재어획가능량

섬진강 일본재첩의 잠재어획가능량은 어획량, 생태학적 특

성치 및 체장조성자료를 사용한 식 (10)에 의하여 77.66 톤으로 추정되었으며, 어획량자료를 사용하지 않고 직접조사, 생태학적 특성치 및 체장조성자료를 사용한 식 (11)에서의 잠재어획가능량은 129.82 톤으로 추정되었다 (Table 5).

## 고찰

본 연구해역에 서식하는 일본재첩 *Corbicula japonica*은 주로 기수역 및 기수호에 서식하는 것으로 잘 알려져 기수재첩으로도 불리는 종으로서, 내면은 옅은 보라색을 보였으며 패각의 끝부분은 대부분 짙은 보라색을 띠는 특징을 보였다. 내면의 색 차이는 재첩류의 종 동정에 주요한 분류형질이었으며 (Min *et al.*, 2004), 패각 내면의 전체가 보라색을 띠지만 패각의 끝부분은 황색을 띠는 공주재첩 *C. colorate*, 백색 혹은 옅은 황색을 띠는 재첩 *C. fluminea*, 패각 내면이 진한 보라색을 띠는 얇은재첩 *C. papyracea* 등과 본 연구의 대상종인 일본재첩은 뚜렷하게 구분이 되었다.

섬진강 일본재첩은 지역 내수면 어업에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 1990년대 후반부터 생산량은 지속적으로 감소하고 있다. 이는 서식환경의 변화, 과도한 어획에 따른 남획 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하였을 것으로 생각된다. 현재 집계되고 있는 섬진강 일본재첩의 생산량은 비계통자료에 의존하여 정확한 생산량을 산출하기에는 한계가 있으며, 해양수산통계상 섬진강 재첩의 생산량은 실제 생산량의 1/3-1/2 가량으로 보고되고 있는 것으로 추정된다. 이처럼 자원량 산출에 있어서 기본이 되는 자료의 부정확성은 섬진강 일본재첩의 적절한 관리를 더욱 어렵게 하는 요인으로 작용하게 된다. 따라

Table 3. Ecological characteristics of *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea.

$L_{\infty}$	K	$t_0$	Z	M	F	$t_r$	$t_c$	$t_{max}$
48.98 mm	0.204	0.317yr	2.319/yr	0.466/yr	1.852/yr	0.844yr	0.998yr	10.298yr

Table 4. Fishing mortality of potential fishery yields ( $F_{PFY}$ ) of *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea.

$F_{40\%}$	$B/B_{40\%}$	$T_{ier}$	$F_{PFY}$
0.210/yr	0.846	2b	0.176/yr

Table 5. Potential fishery yields of *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea

Tier	$F_{PFY}$ (yr <sup>-1</sup> )	Catch (mt)	Biomass (mt)	PFY (mt)
1 Estimation by commercial fishing research	0.176	159.80	541.74	77.66
2 Estimation by resources survey	0.176	-	736.24	129.82

서 본 연구에서는 수집된 자료의 한계로 인한 적절한 자원관리를 할 수 없는 곳에 적합한 자원평가 시스템인 잠재어획가능량 추정시스템을 적용하여 보다 과학적이고 체계적인 자원관리를 위한 자료를 제공하기 위하여 수행되었다.

잠재어획가능량을 산출하기 위해서는 먼저 정확한 수역의 면적을 알아야 한다. 본 연구에서는 섬진강에서 선행 연구된 Kim (2006) 의 자료를 사용하였다. 일본재첩의 전체 생산면적은 2,514,741 m<sup>2</sup>이며, 어업계 별로 두곡 (50.9%), 신비 (19.0%), 목도 (22.3%), 화목 (7.7%) 등으로 총 5개의 어업계로 9개 어촌계에서 일본재첩을 생산하고 있다. 본 조사에서는 하동군수산업협동조합의 어획량자료를 어업계의 구분 없이 전체지역에서 생산되는 어획량을 사용하였다. 하동군수산업협동조합의 어획량자료는 전체 어획량 자료가 아니므로 정확한 어획량 자료를 수집하기 위해서는 행정적인 처리가 수반 되거나, 상시 모니터링이 필요할 것으로 생각되어진다.

자원량 추정에 사용된 Kwon *et al.* (2002) 의 자료는 남대천 하구역에 서식하는 일본재첩의 성장파라메타들로 본 연구에서는 계군의 차이는 고려하지 않았다. 따라서 섬진강 일본재첩의 정확한 자원량 추정을 위해서는 이러한 생태학적 특성치에 관한 연구가 필요할 것이다. 또한 본 연구에서는 직접 자원조사에서 계절별 지역별 밀도의 차이는 종패살포는 고려하지 않았으며, 해당 지역의 어획 시기와 조사시기가 겹쳐서 상대적으로 밀도의 감소, 저질의 환경을 고려할 경우 집중호우로 인한 상류 일본재첩의 유실이 큰 영향으로 작용한 것으로 생각된다. 보다 정확한 사항들을 알기 위해서는 다양한 방법의 샘플링이 시행되어야 할 것이며, 지속적인 모니터링이 필요할 것이다.

섬진강 일본재첩의 사망계수로 순간전사망계수가 2.319/yr로 Kwon (2002) 이 추정된 남대천 하구역 일본재첩의 순간전사망계수 0.9679/yr에 비하여 높은 사망률을 보인다. 순간자연사망계수의 경우 0.466/yr로 Kwon (2002) 의 추정치 0.5007과 유사하다. 따라서 섬진강에서 일본재첩자원에 대한 어획의 영향이 크다 할 수 있다. 또한 체장조성을 비교해 보면, 본 연구에서는 9-13 mm에서 주 모드가 나타나고 있으나, 남대천 하구역에서는 15-30 mm의 크고 넓은 범위에서 주 모드가 나타난다. 이러한 상황들을 고려해 본 결과 섬진강 일본재첩에 대하여 어획이 과도하게 진행되고 있는 것으로 판단되었다.

본 연구해역에 서식하는 일본재첩의 서식밀도는 0-179개체/m<sup>2</sup>로 정점별로 큰 차이를 보였으며, Kim *et al.* (2002) 는 양양 남대천의 경우 2-464개체/m<sup>2</sup> 정도로 서식하는 것으로 보고하였다. 이는 서식환경과 생태의 차이로 인한 서식밀도의 차이와 동일 수역내에서도 저질 퇴적물 등 서식환경에 따른 수

용능력의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 특히, 섬진강 유역에서는 산업단지 확장과 추가건설을 위한 매립 등 대규모 개발계획이 계속 추진되고 있어 염분의 변화 등과 같은 서식환경의 변화로 인한 조사 지점별 차이를 보인 것으로 생각된다.

잠재어획가능량은 1단계 상업어획조사에 의한 추정법에서 77.66 톤으로 추정되었고, 2단계 자원조사에 의한 추정법에서 129.82 톤으로 추정 되었다. 하지만 상업어획조사에 의한 간접자원량 추정법에서 사용한 어획량 자료의 부정확성을 고려하여, 자원조사에 의한 직접자원량 추정치를 기초로 자원관리에 사용하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 본 연구는 2009년도 계절별 섬진강 일본재첩자원의 분포 및 서식 자원량을 조사한 결과를 종합적으로 살펴보았을 때, 섬진강 일본재첩자원은 강 하구역에서 남방 분포 한계를 나타냈으며, 서식자원량은 상류 지역 외에는 상대적으로 낮은 자원상태를 보였다. 따라서 섬진강 일본재첩자원에 대하여 체계적이고 지속적인 관리가 이루어져야 할 것이며, 보다 합리적인 내수면 어업관리 및 어업인의 주인의식이 요구된다.

## 요 약

일본재첩 (*Corbicula japonica*) 은 백합목 재첩과에 속하는 담수 및 기수역에 분포하는 소형 이매패류로서 사니질의 알은 수심에서 서식한다. 섬진강 일본재첩의 어획량은 우리나라 재첩 총 생산량의 약 30%를 차지하며, 경남지역 생산량의 대부분을 차지한다. 섬진강 일본재첩에 대한 정확한 어획 및 자원량에 관한 연구가 미미하여 과학적인 자원평가 및 관리방안 도출이 매우 열악한 실정이다. 본 연구는 섬진강 일본재첩에 대한 이용가능한 정보 및 자료가 부족한 상황에서 과학적이고 체계적인 자원관리방안을 도출하기 위하여 잠재어획가능량 산정의 5단계 체계를 구축하였다. 섬진강 일본재첩의 잠재어획가능량은 보다 높은 정보수준을 요구하는 1-2단계에서 산정하였다. 이에 섬진강 일본재첩의 잠재어획가능량은 상업어획조사에 의한 1단계 정보수준에서는 77.66 톤, 직접자원조사에 의한 2단계 정보수준에서는 129.82 톤으로 추정되었다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 연구과제인 동해연안 어업자원 및 환경생태조사(RP-2012-FR-025)의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

Beverton, R.J.H. and S.J. Holt, (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Fishery investigations, Series II, Marine Fisheries. Great Britain Ministry

- of Agriculture, *Fisheries and Food*, **19**: 533.
- Chapman, D.G. and D.S. Robson, (1960) The analysis of catch curve. *Biometrics*, **16**: 354-368.
- Han, G.B., E.J. Cha, and W.J. Lee, (2007) Distribution of *Corbicula* spp. in Sum-Jin River. *Environmental Research Institute, Kyungnam University*, **30**: 55-65.
- Jo, M.K., K.S. Byun and M.H. Jang, (1998) Distribution and ecology of Genus *Corbicula* in the North Kyungsang Province. *Journal of Aquaculture*, **11**(4): 581-592.
- Jones, R., (1981) The use of length composition data in fish stock assessment (with notes on VPA and cohort analysis). FAO, Rome, 60 pp.
- Jung, J.Y., (1977) Ecological study of brackish water clam, *Corbicula japonica* Prime from Nag Dong river. *National Freshwater Fish Hatchery of Fisheries Choeng-pyong, Korea*, **2**: 130-140.
- Kim, J.B., (2006) Environment management of *Corbicula fluminea* in the Seomjin river. Kyungnam University Master's thesis, 34 pp.
- Kim, J.H. and M.S. Yoo, (2000a) Spermatogenesis and sperm morphology in marsh clam, *Corbicula leana* (Prime). *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **33**: 171 - 175.
- Kim, J.H. and M.S. Yoo, 2000b. Reproductive cycle of marsh clam, *Corbicula leana* (Prime) in Hyongsan Estuary. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **33**: 184-191.
- Kim, W.K., C.S. Lee, J.Y. Lee, K.K. Baik and S.B. Kim, (2002) Environmental factors and population density of brackish water clam, *Corbicula japonica* on Namdae Stream in Yangyang, Gangwon. *Journal of Aquaculture*, **15**(1): 1-6.
- Kwon, D.H., Y.J. Kang, W.K. Kim, and C.S. Lee, (2002) Population dynamics of *Corbicula* (*Corbicula*) *japonica* Prime from Namdae Stream in Yangyang, Korea. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **35** (6): 686-695.
- Lee, J.S. and J.B. Kim, (1997) Systematic study on the genus *Corbicula* (Bivalvia : Corbiculidae) in Korea. *Korean Journal of Systematic Zoology*, **13**: 233-246.
- Lee, T.Y. and E.Y. Chung, (1980) Reproductive cycle of marsh clam, *Corbicula fluminea* (v. Müller). Publication of Institute of Marine Science. *National Fisheries University of Busan*, **12**: 47-54.
- Min, D.K., J.S. Lee, D.B. Koh and J.G. Je, (2004) Mollusks in Korea. Min Molluscan Research Institute. Hanguel Graphics Press. 566 pp.
- Park, H.W., (2006) A study on the ecosystem-based resource management system of self-regulatory community fisheries. Pukyong National University, Master's thesis, 61 pp.
- Park, S.W. and S.H. Lee, (1968) Analysis of the shell height frequencies on the flesh water cockle, *Corbicula elatior*, by means of probability graph. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **1**: 31-43.
- Ryu, D.K., E.Y. Chung and Y.H. Kim, (2005) Age and growth of the brackish water clam, *Corbicula japonica* Prime on the west coast of Korea. *Korea Journal of Malacology*, **21**(1): 57-64.
- Shin, Y.J., (2009) A method for estimating potential fishery yield in coastal waters. Pukyong National University, Master's thesis, 53 pp.
- Yoo, S.H., (2007) Measurement of the environmental value of the Seomjin river estuary. *Journal of Environmental Policy*, **6**(2): 1-25.
- Zhang, C.I. and J.B. Lee., (2001) Stock assessment and management implications of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationships between recruitment and the ocean environment. *Progress in Oceanography*, **49**: 513-537.
- Zhang, C.I. and B.A. Megrey, (2006) A revised Alvenson and Carney model for estimating the instantaneous of natural mortality. *Transactions of the American Fisheries Society*, **135**: 620-633.