

담수산 어류 꺾지 (*Coreoperca herzi*)의 자원 평가 및 관리 방안 연구: 섬진강 중·상류 수계에서 꺾지의 자원량 및 잠재생산량 추정 (2)

장 성 현 · 류 희 성 · 이 정 호*

(대구대학교 생물교육과)

Stock Assessment and Management Implications of the Korean aucha perch (*Coreoperca herzi*) in Freshwater: (2) Estimation of Potential Yield Assessment and Stock of *Coreoperca herzi* in the Mid-Upper System of the Seomjin River. Jang, Sung Hyun, Hui Seong Ryu and Jung Ho Lee*(Department of Biology Education, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea)

The study sought to determine the efficient management of Korean aucha perch by estimating the potential yield (PY), which means the maximum sustainable yield (MSY) based on the optimal stock, in the mid-upper region of the Seomjin River watershed from August 2008 to April 2009. The stock assessment was conducted by the swept area method and PY was estimated by a modified fisheries management system based on the allowable biological catch. Also, the yield-per-recruit analysis (Beverton and Holt, 1957) was used to review the efficient management of resource, *Coreoperca herzi*. The age at first capture (t_c) was 1.464 age and converted body length was 7.8 cm. Concerning current fishing intensities, the instantaneous coefficient of fishing mortality (F) was estimated to be 0.061 year⁻¹; yield-per-recruit analysis estimated the current yield per recruit as 4.124 g with F and t_c . The fishing mortality of Allowable Biological Catch (F_{ABC}) based on the current t_c and F was estimated to be 0.401 year⁻¹, therefore, the optimum fishing intensities could be achieved at the higher fishing intensity for *Coreoperca herzi*. The calculated annual stock of *Coreoperca herzi* was 3,048 kg, the potential yield was estimated to be 861 kg with t_c and F_{ABC} at the fixed current level. Using yield-per-recruit analysis, if F and t_c were set at 0.643 year⁻¹ and 3 age, respectively, the yield per recruit would be predicted to increase 3.4-fold, from 4.12 g to 13.84 g.

Key words : *Coreoperca herzi*, allowable biological catch, yield per recruit, fisheries resources, stock assessment, potential yield, maximum sustainable yield

서 론

어족자원 관리에 대한 연구는 자원에 영향을 미치는 여러 생태학적 특성과 환경요인, 어업에 대한 반응 등을

파악하여 자원의 이용을 최적화하고 생태계의 지속가능성을 유지하는 데 그 목적이 있다. 어족자원의 합리적 이용과 적절한 자원관리를 위해서는 개체군 생태학적 특성치 및 자원량 추정, 가입당 생산량 등 많은 연구가 수행되어야 한다(Lee *et al.*, 2009).

* Corresponding author: Tel: 053) 850-6994, Fax: 053) 850-6999, E-mail: jungho@daegu.ac.kr

해양생태계는 자원평가의 기초자료인 개체군 생태학적 특성치 분석에 대한 연구뿐만 아니라(Kim *et al.*, 2007; Park and Kang, 2007; Seo *et al.*, 2007; Kwon *et al.*, 2009), 대상 어족자원의 자원량 및 최대 지속적 생산량(Maximum sustainable yield, MSY) 추정 등 활발하게 진행되고 있다(Choi *et al.*, 2004; Kwon *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2008). 그러나 담수생태계에 대한 어족자원의 연구는 매우 빈약한 실정이며, 담수생태계에서 어족자원에 대한 자원량 및 잠재생산량(Potential yield, PY) 평가에 대한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 최근에서야 내수면 어족자원의 관리방안 마련을 위해 꼭지 및 붕어 분류군을 대상으로 한 개체군 생태학적 특성치 추정 연구가 보고된 바 있다(Jang *et al.*, 2010).

따라서 본 연구는 담수생태계의 어족자원으로 중요한 꼭지자원에 대해 여러 생태학적 특성 및 가입당 생산량, 자원량, 어업에 대한 반응 등을 평가하여 꼭지자원의 지속적인 생산 및 효율적 관리방안을 제시하고자 하였다. 특히, 생물학적 허용어획량(Allowable Biological Catch, ABC)으로 간주되고 있는 잠재생산량 평가를 통하여 꼭지자원에 대한 적정 포획량 등과 같은 실질적이고 과학적인 관리기준의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 섬진강 중·상류 수계에 서식하는 꼭지 개체군의 자원량 및 잠재생산량을 추정하고자 2008년 8월과 9월, 10월, 2009년 4월 등 총 4회에 걸쳐 계절별 조사를 실시하였다(Fig. 1).

자원량은 울타리펜스(net, 30×30 mm)을 설치하여 조사수역을 제한한 다음 투망(10×10 mm)을 이용한 소해면적법(Swept Area method; Shin, 2009)을 사용하였으며, 잠수부를 이용한 전수조사를 병행 실시하였다. 어장 가입연령 및 어획개시연령 등 적정어획강도를 추정하기 위해 삼각망(30×30 mm)을 사용하였으며, 채집된 어류는 현장에서 전장과 체장(1 mm까지) 및 습중량(0.1 g까지) 등을 측정하였다. 연령사정을 위하여 이석을 적출하였으며, 각 이석에 대해 두 명의 관찰자가 연령사정을 실시하여 그 결과가 일치한 총 78개의 이석만을 연령사정에 사용하였다.

잠재생산량(Potential Yield: PY)은 일정한 단위수역에 서식하는 생물 중 현재 자원으로 이용하고 있거나 앞으로 이용할 잠재력이 있는 어족자원에 대한 생물학적 허용어획량(Allowable biological catch, ABC)의 한계로 정

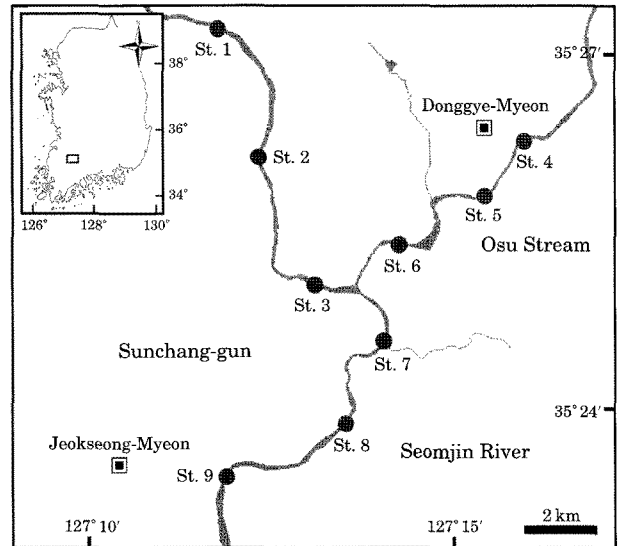


Fig. 1. Map showing the sampling sites in the mid-upper system of the Seomjin River.

의된다. 따라서 생물학적 허용어획량에 기초한 적정어획수준을 추정하기 위해 본 연구는 Zhang and Na (2006)가 제시한 어족자원 잠재력 추정 시스템을 수정·보완하여 본 연구에 활용하였다.

적정수준의 자원량 및 잠재생산량을 추정하기 위해서는 조사수역의 단위면적과 대상어종의 자원량 및 개체군 생태학적 특성치를 추정하는 연구가 필수적이다. 조사수역의 면적은 농촌용수종합정보시스템(<http://rawris.korio.co.kr>)의 자료를 토대로 산출하였으며, 계산된 대상 생태계 면적은 2,259,900 m²이었다. 자원의 성장과 사망을 나타내는 개체군생태학적 특성치에는 순간자연사망계수(M)와 순간어획사망계수(F), 순간전사망계수(Z), 생존율(S), von Bertalanffy의 성장매개변수 등이 포함된다. 본 연구에 사용되는 꼭지 자원의 개체군 생태학적 특성치는 본 저자가 선행연구를 통하여 보고하였으며(Jang *et al.*, 2010), 연구 결과, 이론적 최대체장(L_∞)은 19.68 cm, 성장계수(K)는 0.17 year⁻¹, 체장이 0일 때의 연령(t₀)은 -1.46 year, 생존율(S)는 0.666 year⁻¹, 순간자연사망계수(M)은 0.346 year⁻¹, 순간어획사망계수(F)는 0.061 year⁻¹, 순간전사망계수(Z)는 0.407 year⁻¹ 등으로 나타났다.

적정어획사망계수(F_{ABC})는 ABC(Allowable Biological Catch) 추정시스템을 통해 추정하였으며, 이 시스템은 이용 가능한 정보의 질적 수준에 따라 3단계로 구성되어 있다(Zhang and Lee, 2001). 본 연구의 꼭지 개체군의 적정어획사망계수(F_{ABC})는 ABC 추정시스템의 3단계에 속하며, 식(1)을 이용하여 산출하였다.

$$F_{ABC} = F_{0.1} \quad (1)$$

$F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 생산량 곡선에 대한 기울기의 10%에 해당하는 사망계수를 의미하는데, 적정 $F_{0.1}$ 값은 가입당생산량모델식(Beverton and Holt, 1957)을 순간어획사망계수에 대해 미분하여 식(2)을 구한 후, 그 결과의 10%에 해당하는 값을 $F_{0.1}$ 로 추정하였다.

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

여기서,

Y/R: 가입당 생산량

F: 순간어획사망계수

M: 순간자연사망계수

t_r : 어장가입연령

t_c : 어획개시연령

t_m : 관측되어진 최고연령

W_∞ : 이론적 최대체장

K: 성장계수

t_0 : 체장이 0일 때의 연령

U_n : 상수($U_0=1, U_1=-3, U_2=3, U_3=-1$)

어장가입연령(t_r)은 조사기간 중 체장조성에 나타난 최소체장(6.3 cm)을 von Bertalanffy 성장식에 대입하여 연령으로 환산하였다. 어획개시연령(t_c)은 망목시험을 통하여 추정하는 방법이 가장 효율적이지만(Zhang, 1991), 본 연구에서는 망목시험에 의한 자료사용이 불가능하였으므로 어획물의 체장조성과 von Bertalanffy 성장 매개변수를 사용하여 구하는 어획물곡선법(Pauly, 1984)으로 체장조성자료를 이용하여 추정하였다.

결과 및 고찰

섬진강 중·상류 수계에서 서식하는 각지 개체군의 체장조성 자료 및 von Bertalanffy 성장 매개변수를 바탕으로 한 어획물곡선법(Pauly, 1984) 등에 의해 추정된 어획개시연령(t_c)는 1.464세로 나타났다(Fig. 2).

어획개시연령은 조사 대상어구의 체장별선택성을 검토하는데 유용하며, 이를 통해 자원량 관리에서 망목선택 기준을 제시할 수 있는 주요한 변수가 된다. 그러나 본

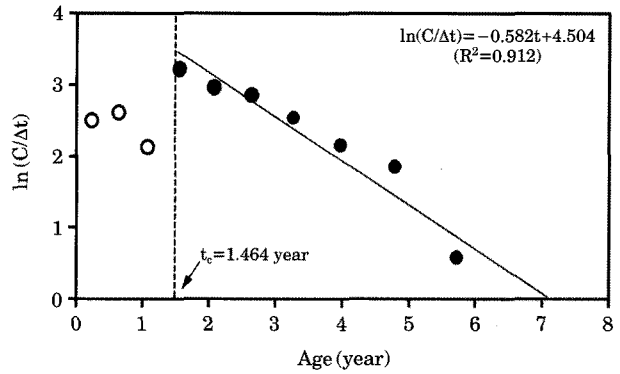


Fig. 2. Survivorship of the Korean aucha perch, *Coreoperca herzi* in the mid-upper system of the Seomjin River estimated from the catch curve method.

연구에서는 망목시험을 통한 자료가 없어 어획개시연령을 체장조성 자료를 기초로 한 어획물곡선법으로 추정하였으며, 이는 모든 연령에서 동일한 순간전사망계수를 가진다는 비현실적인 가정이 전제된다. 이와 같은 가정은 순간전사망계수를 구성하는 순간어획사망계수가 망목선택 단계에서는 완전가입 이후에 비하여 더 작고, 순간자연사망계수는 완전가입 이후보다는 망목선택 단계 이전에 더 높기 때문이다(Zhang, 1991). 따라서 체장조성 자료를 바탕으로 추정된 어획개시연령은 가입당생산량모델(Yield per recruit model)의 적절한 입력자료로 활용할 수 있으며, 추정된 연령은 추후 각지 자원의 효과적인 관리에 중요한 망목선택의 기준이 될 것으로 판단된다. 추정된 연령을 기초로 환산된 체장은 7.8 cm (BL)로 나타났다.

조사된 각지분류군의 현재 어획개시연령(t_c)은 1.464세, 순간어획사망계수(F)는 0.061 year^{-1} 등으로 나타났다. 따라서 ABC 추정시스템(Zhang and Lee, 2001)을 통한 적정어획사망계수(F_{ABC})는 0.401 year^{-1} 로 추정되었으며, 가입당생산량(Y/R)은 4.12 g로 나타났다. 가입당생산량모델은 초기 생활사 동안 수적으로 많은 어린 개체수를 어획하는 것과 생활사 동안 수적으로 적은 큰 개체수를 어획하는 것 간에 상보적 관계를 밝히는 방법이다(Oh and Hong, 2010). 본 연구에서 순간어획사망계수 및 어획개시연령, 가입당생산량 등의 관계는 Figs. 3, 4와 같다.

연구 결과, 현재 순간어획사망계수에 어획개시연령을 낮아질수록 가입당생산량이 증가하였으며, 현재 어획개시연령에 순간어획사망계수가 높아질수록 가입당생산량은 증가하는 것으로 추정되었다. 이와 같이 가입당생산량 곡선은 어획 사망률을 변화시키고 어획개시 연령을 증가시켰을 때 나타나는 생산량의 변화를 추정할 수 있다(Oh

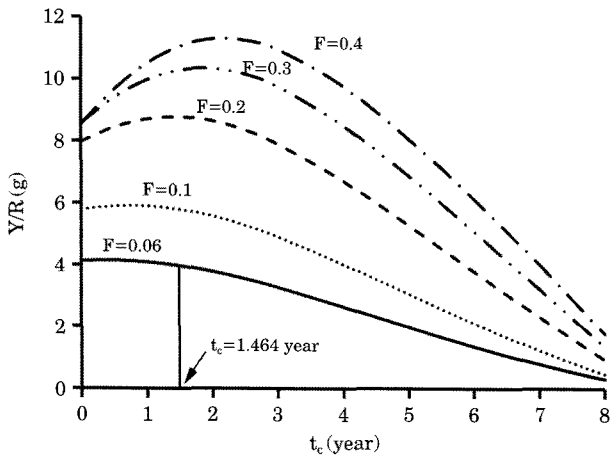


Fig. 3. Yield per recruit curve of the Korean aucha perch, *Coreoperca herzi*, in the mid-upper system of the Seomjin River. Y/R against the age at first capture (t_c) for various fishing mortalities (F) is depicted.

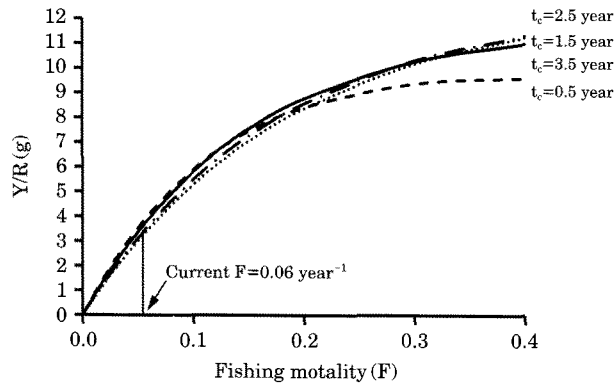


Fig. 4. Yield per recruit curve of the Korean aucha perch, *Coreoperca herzi*, in the mid-upper system of the Seomjin River. Y/R against fishing mortalities (F) for various the age at first capture (t_c) is depicted.

and Hong, 2010). 따라서 이를 통해 지속적인 어획의 원리 파악은 물론 최대 지속적 생산량을 추정하는데 효율적으로 설명할 수 있을 것으로 판단된다. 결과적으로 본 조사 수역에서의 현재 꺝지 자원에 대한 어획강도는 매우 낮은 상태인 것으로 추정할 수 있다. 일반적으로 가입당생산량을 최대화하는데 요구되는 것은 어획강도를 의미하는 순간어획사망계수와 어획개시연령이다. 섬진강 중·상류 수계의 꺝지 자원의 현재 어획개시연령을 유지하고 순간어획사망계수를 적정어획사망계수(F_{ABC}) 수준인 0.401 year^{-1} 로 높일 경우 최대 가입당생산량은 11.50 g 로 크게 증가하였다. 반면, 순간어획사망계수는 유지하면서 어획개시연령만을 증가시킬 경우 최대 가입당생산

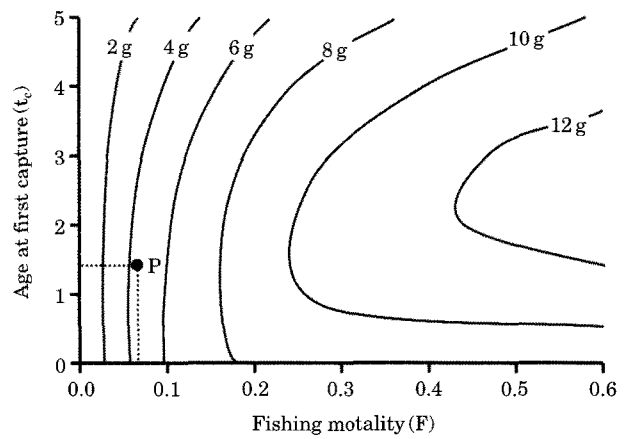


Fig. 5. Contour plot of yield per recruit of Korean aucha perch, *Coreoperca herzi*, in the mid-upper system of the Seomjin River (P indicates the current state of fishing mortality and age at first capture).

Table 1. Yield biomass per 1-year recruit of *Coreoperca herzi* in the in the mid-upper system of the Seomjin River under harvest strategies on F_{max} and $F_{0.1}$.

Age at first capture	F_{max}	$F_{0.1}$	Y/R (g) at	
			F_{max}	$F_{0.1}$
1	0.52	0.35	11.11	10.75
1.46	0.66	0.40	11.98	11.50
2	0.90	0.47	12.84	12.19
2.50	1.31	0.55	13.44	12.65
3	>2.00	0.64	13.84	12.88
4	>2.00	0.92	13.75	12.83
5	>2.00	1.64	12.60	12.32

량은 오히려 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 5).

가입당생산량모델을 이용하여 추정한 1세부터 5세까지 $F_{0.1}$ 값 및 F_{max} 값을 비교·분석하였다(Table 1). F_{max} 의 최대 가입당생산량은 어획개시연령이 3세 13.84 g 로 가장 높았으며, $F_{0.1}$ 의 경우에도 3세일 때 12.88 g 로 가장 높았다. 따라서 어획개시연령을 3세로 현재 어획강도를 0.643 year^{-1} 수준으로 높이면 가입당생산량의 증대를 기대할 수 있으며, 본 연구에서는 약 3.4배의 생산량 증대가 추정되었다.

섬진강 중·상류 수계에서 소해면적법을 통해 추정된 연간 꺝지의 자원량은 $3,048 \text{ kg}$ 으로 이를 현재 어획개시연령으로 $F_{0.1}$ 의 적정어획사망계수(F_{ABC}) 0.401 year^{-1} 을 적용한 잠재생산량은 861 kg 으로 추정되었다. 또한, 최대의 가입당생산량을 얻기 위해 어획개시연령을 3세로 하고 $F_{0.1}$ 에 해당하는 적정어획사망계수(F_{ABC}) 0.643 year^{-1}

을 적용할 경우, 추정된 잠재생산량은 1,244 kg로 약 70% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 결론적으로 섬진강 중·상류 수계 깍지 자원의 지속적인 최대 생산량을 유지하기 위한 관리는 어획개시연령을 3세로 하고 어획강도를 0.643 year^{-1} 로 유지하는 것이 가장 효율적인 방안으로 사료된다. 그러나 이와 같이 추정된 잠재생산량은 목표기준점이 아닌 한계기준점으로 사용되어야 하며 (Caddy and Mahom, 1995), 이를 어족자원관리에 있어서 목표수준으로 이용하게 되면 자원 고갈을 초래하게 될 것이다 (Zhang *et al.*, 1998).

깍지 (*Coreoperca herzi*)는 한반도 고유종으로 (Mori, 1936; Jeon, 1986), 주로 갑각류나 수서곤충을 먹으며, 2급수 이상 물이 맑고 자갈이 많은 하천의 중·상류역에서 서식한다. 또한, 육질이 우수하고 맛이 담백하여 식용 민물고기로서 상업적 가치가 높은 종이다 (Park *et al.*, 1997). 그러나 최근 하천 주변의 개발과 생활하수의 유입 등 수질오염으로 인한 서식지의 파괴로 인해 개체수가 크게 감소하고 있어 보존하기 위한 연구의 필요성이 높아지고 있다 (Gye *et al.*, 1997). 또한, 내수면양식업계에서는 새로운 어족자원으로 활용하기 위해 본 종의 생산성 증대를 위한 양식기술의 개발을 요청하고 있는 실정이다 (Park *et al.*, 1997). 그러나 이 종을 보존하고 상업적으로 이용하기 위한 연구가 요망되지만 깍지에 대한 관련 연구들은 부족하며, 특히 자원량 및 잠재생산량 평가에 대한 연구는 전무한 상태이다 (Jang *et al.*, 2010). 따라서 본 연구 결과를 통해 산출된 깍지의 잠재생산량을 섬진강 중·상류 수계의 깍지 자원에 대한 허용어획량으로 제시한다면 최대 지속적생산량을 유지하면서 어업을 할 뿐만 아니라 효율적인 자원 관리가 이루어질 것으로 판단된다. 본 연구는 담수생태계 어족자원의 어획량 한계 기준점 제시 및 관리에 관한 최초의 연구이다.

적 요

본 연구는 최적화된 자원량을 기반으로 최대 생산성을 얻을 수 있는 잠재생산량 추정을 통한 어족자원(깍지)의 효율적 관리방안을 모색하고자 하였다. 이를 위해 섬진강 중·상류 수계에서 2008년 8월부터 2009년 4월까지 계절별로 총 4회 조사를 실시하였다. 자원량 추정은 소해면적법(Swept Area method)을 이용하였으며, 잠재생산량은 생물학적 허용어획량(Allowable Biological Catch, ABC)에 기초한 어족자원 잠재력 추정시스템을 수정·보완하여 사용하였다. 또한, 깍지 자원의 효율적인 관리 방

안을 검토하기 위해 가입당생산량모델(Beverton and Holt)을 사용하였다. 연구결과, 어획개시연령(t_0)은 1.464 age로 나타났으며, 이를 제장으로 환산한 결과 7.8 cm (BL)로 확인되었다. 현재 어획강도를 나타내는 순간어획사망계수(F)는 0.061 year^{-1} 이었으며, 이를 기준으로 한 가입당 생산량(Y/R)은 4.124 g로 추정되었다. 어획개시연령(t_0)과 순간어획사망계수(F)를 기준으로 한 적정어획사망계수(F_{ABC})는 0.401 year^{-1} 로 추정되었는데 이는 현재 깍지 자원에 대한 어획강도가 매우 낮은 상태임을 시사한다. 깍지의 연간 자원량은 3,048 kg으로 나타났으며, 현재 어획개시연령과 적정어획사망계수를 (F_{ABC})를 바탕으로 한 잠재생산량은 861 kg으로 추정되었다. 가입당 생산량 모델을 사용하여 어획개시연령을 3 age로 어획사망계수는 0.643 year^{-1} 로 가정할 경우, 가입당 생산량은 현재의 4.12 g에서 13.84 g로 약 3.4배 증가될 것으로 예상되었다.

사 사

본 연구는 2010학년도 대구대학교 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 본 논문 작성에 도움을 주신 대구대학교 육수학 연구실원들께 감사 드립니다. 논문 교정에 수고를 아끼지 않으신 익명의 심사위원들께 깊은 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

- Beverton, R.J. 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 pp.
- Caddy, J.B. and R. Mahom. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper, No. 347. Rome, FAO. 83 pp.
- Choi, Y.M., C.I. Zhang, J.B. Lee, J.Y. Kim and H.K. Cha. 2004. Stock assessment and management implications of chub mackerel, *Scomber japonicus* in Korean waters. *J. Korean Soc. Fish. Res.* 6(2): 90-100.
- Gye, M.C., K.H. Jung and B.S. Yoo. 1997. Studies on the reproduction of *Coreoperca herzi* (Perciformes; Percichthyidae) in the streams flowing into Pukhan River. *Korean J. Environ. Biol.* 15(2): 201-205.
- Jang, S.H., H.S. Ryu and J.H. Lee. 2010. A study on the stock assessment and management implications of the

- Korean aucha perch (*Coreoperca herzi*) in Freshwater: (1) Estimation of population ecological characteristics of *Coreoperca herzi* in the mid-upper system of the Seomjin River. *Korean J. Limnol.* **43**(1): 82-90.
- Jeon, S.R. 1986. Studies on the key and distribution of serranid peripheral fresh-water fishes from Korea. *J. Sangmyung Univ.* **18**: 143-163.
- Kim, J.I., W.S. Yang, T.Y. Oh, Y.I. Seo, S.T. Kim, D.J. Hwang, E.H. Kim and S.B. Jeong. 2008. Acoustic estimates of anchovy biomass along the Tongyoung-Namhae Coast. *J. Kor. Fish. Soc.* **41**(1): 61-67.
- Kim, J.W., Y.H. Yoon, H.C. Shin, K.H. Lim, T. Toru, S.C. Park and G.W. Baek. 2007. Maturation and spawning of shuttles hopppfish *Periophthalmus modestus* in the mud plat of Suncheon Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* **40**(2): 79-83.
- Kwon, H.C., C.I. Zhang, Y.J. Shin, K.H. Kim, J.I. Kim and Y.I. Seo. 2009. Maturation and spawning of black seabream *Acanthopagrus schlegeli* in the southern sea of Korean. *Korean J. Ichthyol.* **21**(2): 93-99.
- Kwon, Y.J., D.Y. Moon, C.I. Zhang and J.R. Koh. 2007. Stock assessment of the southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* using the MULTIFAN-CL model. *J. Kor. Fish. Soc.* **40**(6): 367-373.
- Lee, S.I., J.H. Yang, S.C. Yoon, Y.Y. Chun, J.B. Kim and H.K. Cha. 2009. Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* in Korean waters. *Kor. J. Fish. Aqua. Sci.* **42**(5): 487-493.
- Mori, T. 1936. Studies on the geographical distribution of fresh water fishes in eastern Asia. Published by the Author, Keijo.
- Oh, C.W. and S.Y. Hong. 2010. Fisheries biology, assessment and management, 2nd edition. Kyobobook. 438 pp.
- Pauly, D. 1984. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the torpics (Part II). *ICLARM Fishbytem* **2**(3): 9-10.
- Park, J.T., K.H. Han, I.C. Bang and G.H. Chung. 1997. Life history of the Korean perch, *Coreoperca herzi*. *Bull. Mar. Sci. Inst., Yosu Nat'l Fish. Univ.* **6**: 49-57.
- Park, K.D. and Y.J. Kang. 2007. Age and growth Black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters. *Korean J. Ichthyol.* **19**(1): 35-43.
- Seo, Y.I., J.I. Kim, T.Y. Oh, S.K. Lee, S.T. Kim and H. Joo. 2007. Age and growth of the robust Tonguefish, *Cynoglossus robustus* in the southern sea of Korea. *Korean J. Ichthyol.* **19**(4): 324-331.
- Shin, Y.S. 2009. A method for estimating potential fishery yield in coastal waters. Pukyong national university master's thesis. Pusan. 53 pp.
- Zhang, C.I. 1991. Fisheries resource ecology. Useongsa. Seoul. 399 pp.
- 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 J.H. Na. 2006. A studies on estimating potential yield in inland fisheries. Proceeding of 2006 symposium for Fishery & Resource, p. 243-244.
- Zhang, C.I., Y.J. Kang, C.S. Park and M.H. Sohn. 1998. A study on the stock management if the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKAL) in Korean waters V. Stock assessment and management implications. *J. Korean Soc. Fish. Res.* **1**(1): 36-43.

(Manuscript received 4 March 2011,
Revision accepted 11 May 2011)