

표지 및 재포획 방법 (Jolly-Seber Model)을 이용한 백곡천 미호종개 (*Cobitis choii*) 개체군 크기 추정

배대열 · 문운기 · 장민호¹ · 장규상² · 서정빈²
김원장² · 김재옥² · 김재구*

((주) 청록환경생태연구소, ¹공주대학교 생물교육과, ²한국농어촌공사 연구원)

Applying the Jolly-Seber Model to Estimate Population Size of Miho spine roach (*Cobitis choii*) in the Backgok Stream, Korea. Bae, Dae-Yul, Woon-Ki Moon, Min-Ho Jang¹, Kuy-Sang Jang², Jung-Bin Seo², Won-Jang Kim², Jae-Ok Kim² and Jai-Ku Kim* (Chungrok Environmental Ecosystem Research Institute, Anyang 431-070, Korea; ¹Department of Biology Education, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea; ²Department of Environmental Assessment, Korea Rural Research Institute, Ansan 426-908, Korea)

To estimate the population size of Miho spine roach (*Cobitis choii*), one of national monument species in Korea, multiple mark-recapture experiments (Jolly-Seber model) by VIE tagging were conducted in the upper region of the Backgok Stream located in the Kum-River system, Korea. Fish sampling was conducted at four different times from October 5 to October 26, 2011. A total of 335 sampling points were sampled, where the species was determined in 217. The population size was estimated to be 6,143 in this study. Compared to a previous report conducted by the Korean Ministry of Environment (2009), the population size of this species has decreased by 41%. The reasons for population decline are thought to be due to loss of microhabitat, sedimentation, water pollution. Consequently, a habitat restoration program is required to protect the microhabitat and recover the population size in this area.

Key words : mark-recapture, Jolly-Seber, VIE tagging, *Cobitis choii*, population size, microhabitat

서 론

어류 생태학에서 개체군의 크기를 정량적으로 파악하고, 서식 및 성장에 관련된 질적인 연구를 수행함으로써 유용한 정보를 얻을 수 있다. 어류 개체군 크기에 대한

정보를 통해 어족자원의 지속적인 생산관리가 가능하고 또한 어류 개체군 성장 및 서식특성에 대한 연구를 통해 생물서식환경을 평가하는 지표로 활용할 수 있다. 생물 서식지에서 개체군 크기가 작으면 근친교배 (Inbreeding)의 가능성이 증가하게 되며, 궁극적으로 유전자원 (Gene pool)이 감소하는 요인이 된다. 즉 개체군 내 근친교배 계수

* Corresponding author: Tel: 031) 478-3353, Fax: 031) 478-3350, E-mail: jaikim@kangwon.ac.kr

(Inbreeding coefficient)는 개체군 크기에 반비례하기 때문에 근친교배 가능성을 최소화 하기 위해서 효과적인 개체군의 크기 (Effective population size)를 결정하는 것은 매우 중요하다 (Kincaid, 1983; Simon *et al.*, 1986; Eknath and Doyle, 1990).

어류 개체군을 정량적으로 파악하기 위한 연구가 지난 1960년대 이후부터 다양한 방법을 통해 이루어졌다 (Robson and Regier, 1964). 개체군 규모를 추정하는 방법에는 크게 포획감소법 (Depletion method)과 개체표지 (Marking)를 통한 포획-재포획 (Capture-recapture) 방법이 있다. 포획감소법은 다시 폐쇄수역 (Closed system)에서 적용가능한 Leslie-DeLury 방법과 개방수역 (Open system)에 적합한 Zippin 방법으로 나누어진다. 한편 포획-재포획 방법은 개체군 내에서 이입과 이출이 없다는 가정하에 단일 표지 (Single marking)를 하는 피터슨법 (Peterson method)이 있고, 다중표지 (Multiple marking)를 하는 쉬나블법 (Schnabel method)이 있다. 반면 시간 변동에 따라 개체군의 변동을 고려하는 경우 줄리-시바법 (Jolly-Seber method)이 적용된다. Hightower and Gilbert (1984)는 줄리-시바법을 이용하여 저수지에서 큰입배스 개체군 크기를 추정을 위해 바 있다. 이러한 개체군 조사방법 들은 개체군의 특성과 대상수역의 여건에 따라 달리 적용되고 있다. 국내에서 어류 개체군 규모는 주로 피터슨법에 의한 평가가 이루어져 개체군 변동에 따른 전체적인 규모를 추정하기에는 한계가 있었다 (Korean Ministry of Environment, 2009; Ko *et al.*, 2012).

미호종개 (*Cobitis choui*)는 금강수계 미호천과 갑천 그리고 금강의 인근 수역에 제한적으로 분포하는 한국고유종 (Korean endemic species)이며, 환경부 멸종위기야생동물 I급이고, 서식지 훼손 및 개체군의 감소에 따라 천연기념물 제454호와 제533호(부여, 청양일대 미호종개 서식지)로 지정된 법정보호어종이다. 미호종개는 Kim and Son (1984)에 의해서 처음 *Cobitis choui* 기재되었으나 이후 *Iksookimia* 속으로 분류되었고 (Nalbant, 1993, 1994), Kim (2009)는 미호종개의 표피 반문배열과 뒷지느러미 연조수 차이를 통해 *Cobitis choui*로 다시 환원하였다. 그동안 미호종개의 서식 및 분포특성에 관한 많은 연구결과가 보고되었으며, 현재 이들의 분포구역이 매우 협소하고, 각종 수질오염 및 개발에 따라 서식지가 지속적으로 감소되고 있음을 공통적으로 지적하고 있다 (Kim and Park, 1997, 2002; Kim, 1998; Kim *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2003; Ko *et al.*, 2012).

Hong (2004)의 기록에 따르면 1985년부터 2004년까지 금강수계 본류와 지천 (갑천, 유구천, 미호천 등)에서 미호

종개는 총 28개 지점에서 확인된 바 있으나 서식빈도는 매우 낮은 것으로 보고하였다. 미호천 수계에서도 2000년대 이후부터 출현 개체수가 급감하고 있으며, 주 원인으로 수질오염과 하상교란에 따른 서식지 훼손 등에 따른 결과로 분석되고 있다 (Hong, 2004). 이에 따라 정부에서는 2005년부터 멸종위기종 복원을 위해 인공증식한 미호종개 치어를 백곡천 상류에 방류함으로써 생태계 복원을 위한 노력을 기울이고 있다 (Korean Ministry of Environment, 2009). 그러나 치어방류 사업이후 개체군 크기 변동, 성장 변화 등에 대한 평가 및 관리가 전혀 이루어지지 않고 있어 복원에 따른 성공여부를 확인할 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 백곡천에 치어 방류사업 이후 미호종개 개체군의 규모변동 및 서식환경의 적정성 여부를 판단하기 위하여, 정량적인 방법을 통해 전체 개체군 크기를 파악하였다.

재료 및 방법

1. 조사시기 및 지역

현장조사는 백곡저수지 유입하천인 백곡천 상류 상송교를 중심으로 상·하류 약 800m의 구간을 조사구간으로 설정하고, 조사구간별 특성에 따라 총 4개 구역으로 세분하였다 (Fig. 1), (Table 1). 미호종개 개체군 조사는 2011년 10월 5일 1차 조사를 한 후, 5~9일 간격으로 총 4회에 걸쳐 실시하였다. 채집된 개체의 표지 및 방류 그리고 재 포획의 일련의 과정은 3차 조사까지 반복적으로 이루어졌고, 4차 조사에서는 3차조사 때 표지한 누적된 개체

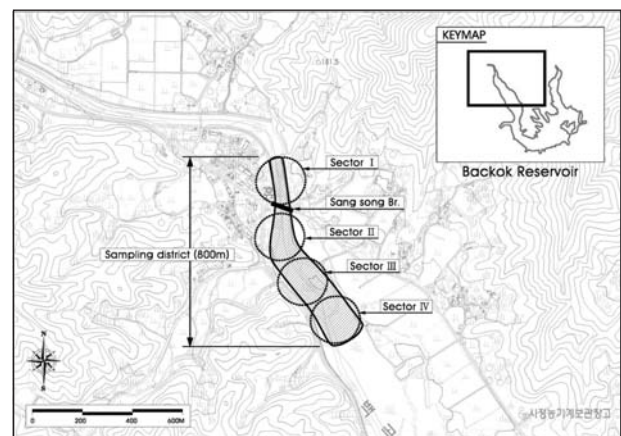


Fig. 1. Four sampling sectors divided by habitat characteristics in the upper Backgok Stream, Chungcheongbuk-Do, Korea.

Table 1. Four sampling sectors and GPS coordinates.

Classification	Districts	GPS coordinate
Upper	Sector I	Sangsong weir to Sangsong bridge N 36''52'58.0 ~ 36''52'53.1 E 127''22'47.5 ~ 127''22'48.3
	Sector II	Sangsong bridge to Gateball play ground N 36''52'53.1 ~ 36''52'47.0 E 127''22'48.3 ~ 127''22'47.7
Lower	Sector III	Gateball play ground to Fish sign board N 36''52'47.0 ~ 36''52'40.4 E 127''22'47.7 ~ 127''22'52.0
	Sector IV	Fish sign board to reservoir confluence N 36''52'40.4 ~ 36''52'34.2 E 127''22'52.0 ~ 127''22'55.7

군을 대상으로 채 포획만 실시하였다.

- 1차 조사: 2011. 10. 5
- 2차 조사: 2011. 10. 12
- 3차 조사: 2011. 10. 21
- 4차 조사: 2011. 10. 26

2. 어류 채집

미호종개 채집은 자체 제작한 족대(망목 1.0×1.0 mm)를 사용하여 미소서식지별로 채집하였다. 각 구역에서는 다시 10 m 간격으로 설정하여 하상이 모래인 곳에서 3인 1조가 되어 채집을 하고, 미호종개가 출현하는 지점의 GPS좌표를 확인하였다. 각 지점에서 채집된 모든 개체는 기포기가 설치된 수조에서 미호종개 개체수를 확인하였다.

3. 개체표지 및 방류

채집된 개체는 수조로 옮긴 후, 총 개체수를 확인하고 채집개체의 약 30~40%를 무작위로 선정하여 현장에서 마취제(Tricaine methane sulfonate)를 섞은 수조에 약 5 분간 넣어두어 마취하였다. 마취된 개체는 전장(Total length)과 무게(Weight)를 측정 후, 개체표지는 인젝터에 일정량의 형광물질(Visible Implant Elastomer, VIE)을 채운 후 어류의 등지느러미 부근의 근육에 형광물질을 주입하였다. 형광물질이 주입된 개체는 회복을 위해 다시 기포기가 장착된 수조로 옮긴 후 충분히 회복여부를 확인하고, 채집된 장소에 재방류 하였다. 각 조사구역별로 색상을 다르게 표지하였으며, 2회 이상 재포획 되는 개체는 색상을 달리하여 표지를 하여 개체간 서식지 이동을 파악하였다.

4. 개체군 규모산정

미호종개 개체군 크기는 줄리-시바 개체군 모델을 적

용하여 추정하였다(Jolly 1965; Seber, 1965). 본 모델은 개체군의 이동 및 표지(Marking)한 개체의 손실 등을 고려함으로써 Open population을 가정하는 방법으로 조사 지역 내 개체의 이동을 통한 이·출입을 고려하여 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$N_t = \frac{\beta_t \cdot C_t}{m_t}$$

$$\beta_t = \frac{K_t \cdot M_t}{R_t} + m_t$$

$$S_t = \frac{\beta_{t+1}}{\beta_t - m_t + M_t}$$

$$B_t = N_{t+1} - S_t \cdot (N_t - C_t + M_t)$$

여기서 N_t =time t에서 개체군 크기, C_t =time t에서 채집된 개체수, m_t =time t 동안 채집된 총 재포획 개체수(time t 이전에 표지 방류된 모든 개체대상), β_t =time t 직전에 표지된 개체수(time t에서는 포획되지 않고, time t 이후에 어떤 샘플에서 포획된 경우), K_t =time t 이후에 재포획된 개체의 합(time t 이전에 표지방류개체들 대상), M_t =time t=1과 n-1에서 표지 방류된 개체, R_t =time t에서 표지 방류된 개체의 재포획 수, S_t =time t와 t+1에서의 생존율, B_t =time t와 t+1 사이에 개체군 내 recruitment.

한편 개체군 크기에 대한 분산(variance)은 Seber (1973)에 따라 계산하고 유의수준 95%에서 신뢰구간을 제시하였다.

$$V(N_t) = N_t^2 \cdot \left[\frac{V(\beta_t)}{\beta_t^2} + \frac{m_t}{m_t^2} \right]$$

$$V(\beta_t) = (\beta_t - m_t)^2 \cdot \left(\frac{\beta_t}{\beta_t^2} + \frac{R_t}{R_t} \right) + m_t$$

95% 신뢰구간(Lower and upper confidence limit)= $N_t \pm 2 \cdot \sqrt{V(N_t)}$.

Table 3. Population size of *C. choi* in the lower reaches of the Backgok Stream with 95% confidence limit.

Sampling date	No. of marked and released (M_t)	No. of captured (C_t)	Recaptures of fish marked at time t (R_t)			No. of recaptured at time t (m_t)	Estimated coefficient		Avg. No. of pop. (N_t)	Survival S_t	Recruitment B_t	Variance and standard error			95% confidence limit	
			1 st	2 nd	3 th		K_t	β_t				$V(\beta)$	$V(N)$	$N \cdot SE$	Lower	Upper
11-10-5	106	276														
11-10-12	134	419	11			11	12	172	6,544	31%	1,272	2,747	7,879,021	2,807	930	12,158
11-10-21	189	524	7	8		15	7	93	3,243	0%	0	437	1,233,671	1,111	1,021	5,464
11-10-26		576	5	2	17	24										
Mean population size estimated									4,893					976	8,811	

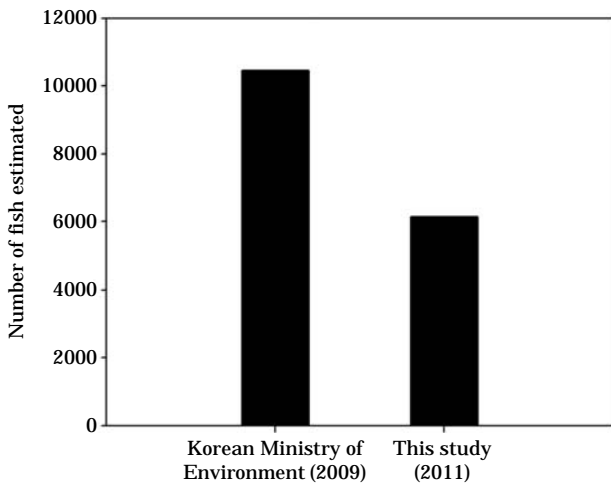


Fig. 3. Comparison of *C. choi* population size estimates of 2009 and 2011.

쳐 모니터링을 한 결과 평균 10,468개체가 서식하는 것으로 추정된 바 있으며 (Korean Ministry of Environment, 2009), 이는 본 연구결과와 비교해 볼 때 개체군의 크기가 약 41%정도가 감소한 상태이다 (Fig. 3). 미호종개 개체군 감소는 각종 수질오염 및 퇴적물증가에 따른 미소 서식지의 감소 때문으로 판단된다.

4. 이동거리 추정 (Moving distance)

각 구간별로 개체의 이동거리를 계산한 결과 50 m 이내 범위에서 이동한 개체는 10개체였고, 50~100 m 범위를 이동한 개체가 1개체였다. 그 외 100~300 m 이내 이동한 미호종개는 16개체였으며, 300 m 이상을 이동한 것도 4개체가 있었다 (Fig. 4). 개체 이동은 주로 하류 방향으로 이동하였고, 상류쪽으로 소상한 개체는 없었다. 조사 시기별로 개체의 평균이동거리를 계산한 결과 2011년 10월 12일 (2차 조사) 평균 64 m 이동하였고, 2011년 10월 21일 (3차 조사) 평균 이동거리는 219 m로 크게 늘어났으

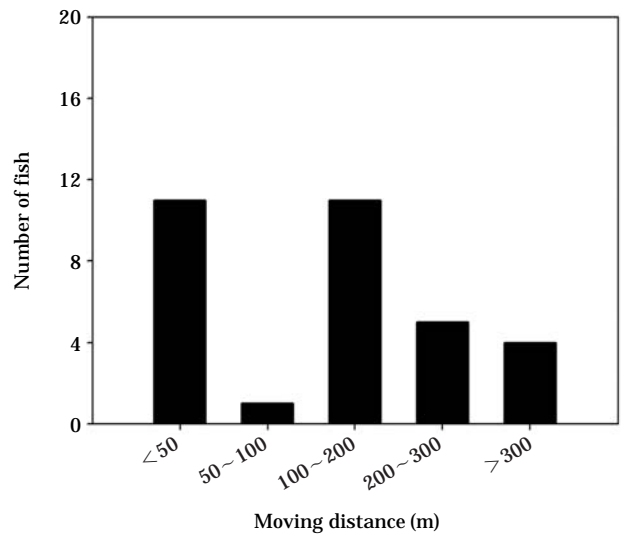


Fig. 4. Fish numbers within moving ranges. The ranges are divided by 5 stages based on experimental data.

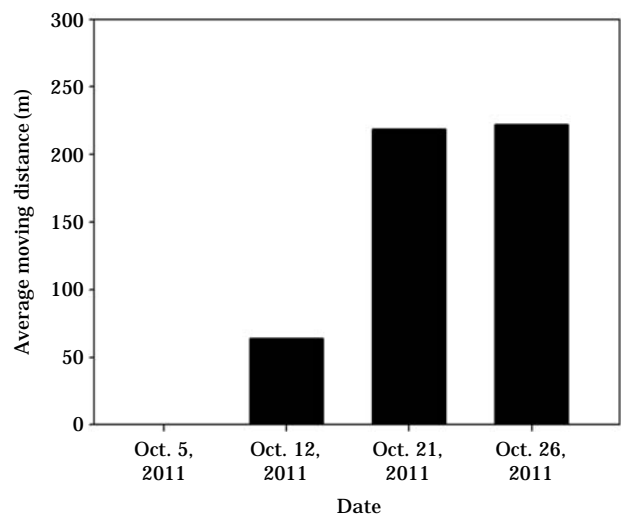


Fig. 5. Average migration distance of *C. choi* during experimental periods.

며, 2011년 10월 26일(4차 조사) 평균이동거리가 222 m 로 증가하였다(Fig. 5).

고 찰

미호종개 미소서식지를 좌우하는 가장 중요한 요인 중 하나는 하상을 구성하는 입자의 크기로서 USDS의 토성분류 기준에 따르면 매우 굵은 모래(입경 0.5~2.0 mm)에서 75% 이상이 발견되고, 0.1 mm 이하의 잔모래(Fine sand)나 실트질에서는 1% 이하가 발견된다고 보고한 바 있다(Hong, 2004). Korean Ministry of Environment (2009) 연구보고에 따르면 미호종개가 출현하는 하상의 입자크기는 0.6 mm 이하(굵은 모래)의 입자에서 주로 서식한다고 보고하고 있다. 본 조사에서도 미호종개 서식지의 하상구성은 잔모래(입경 0.2 mm 이하)의 비율이 80% 이상이고, 잔 자갈(입경 8.0 mm 이하)의 비율이 20% 이하로 서로 섞여있는 곳에서 주로 출현하였다. 이를 종합해 보면 잔 모래(입경 0.2 mm 이상)와 매우 굵은 모래(입경 2.0 mm 이하)에서 미호종개가 서식하는 것으로 확인되었다.

본 조사결과 미호종개 개체군의 크기는 하류역에서 약 4배정도 개체밀도가 높았다. 이는 하류역에 하폭이 넓어지면서 모래가 깔린 미소서식지가 많고, 안정된 서식환경을 제공하고 있기 때문으로 판단된다. 또한 하류역에서 개체밀도가 높은 것은 계절적 영향에 따라 어류의 이동과 관련이 있다. 수온이 하강하는 시기에 어류 개체군은 수심이 깊은 곳으로 이동하여 월동을 하기 때문에 하류로 이동하는 시기에 조사가 이루어져 밀도가 높게 나타난 것으로 예상 되었다.

백곡천 상류방향에 있는 상송보는 어류이동을 제한하는 원인이 되고 있다. 2010년 5월부터 2011년 1월까지 분기별 어류상 조사결과 보 상·하류간 출현어종의 차이를 보였으며, 보 상류에서 미호종개는 출현하지 않는 것으로 보고한 바 있다(미발표 자료). 상송보 하류에서 총 17종이 채집된 반면 상류역에서는 11종이 출현하였고, 상류 출현종은 하류에서도 모두 출현하였다. 이는 보가 설치 전부터 분포하였거나, 어도를 통해 소상하여 공통적으로 분포하는 것으로 판단된다. 그러나 미호종개를 포함하여 점줄종개, 메기, 빙어, 붕어, 왜매치 등 6종은 하류역에서만 서식하는 것으로 나타났으며, 이는 서식지 단절에 따른 영향으로 판단된다. 그 외 상류역의 하상이 주로 큰 돌과 자갈밭으로 이루어져 있어, 모래바닥을 선호하는 미호종개의 서식지로도 부적합한 것도 이유가 될 수 있다.

미호종개의 어도 이용 여부를 판단하기 위하여 어도내

조사를 수행한 결과 어도 입구부와 하단부 모래가 퇴적된 곳에서 미호종개 4개체가 발견되었으나, 어도 상단에서는 발견되지 않았다. 이는 어도 내 유속이 빠르고, 모래질 퇴적이 없으며, 바닥을 통한 이동공간이 협소하기 때문으로 여겨진다. 따라서 보 설치에 따른 서식지 단절로 인해 보 상류에서는 미호종개가 확인되지 않고 있지만, 향후 보가 제거되면 흐름의 변화에 따라 새로운 서식지 형이 창출되고, 미호종개가 서식할 수 있는 모래질이 퇴적됨으로써 상류에서도 미호종개 서식이 가능할 수 있을 것으로 예상된다.

미호종개의 이동거리를 분석한 결과 수온이 하강하는 시기에는 수심이 깊은 하류 쪽으로 이동하는 것으로 나타났다. 10월 초인 1차 조사때 이동거리는 평균 64 m였으나, 10월 말로 접어드는 시기에 이동거리가 200 m 이상으로 크게 증가하여 저수지 유입부까지 이동하였다. 저수지 유입부(4구역)에서 미호종개가 출현한 지점은 상류 지역과 달리 수심이 0.5 m 이상인 깊은 곳에서 집중적으로 발견되었고, 이는 계절변동에 따른 이동현상으로 설명될 수 있다. 따라서 미호종개는 동절기에는 수심이 깊은 저수지까지 이동하며 월동을 하고 이듬해에 하천으로 소상하는 경로를 가지는 것으로 판단되었다.

미호종개가 서식하는 보 하류 하천에서 어식성 어종인 메기의 출현 빈도가 높았으며, 특히 어류 산란기에는 호수로부터 하천으로 유입되어 백곡천 상류의 상송보 하류까지 소상하여 집단 서식하는 것으로 확인되었다. 보 하류의 미호종개가 출현하고 있는 지점에서 큰돌이나 자갈바닥에서 메기가 출현하고 있어 미호종개의 피식 가능성이 높을 것으로 사료된다. 내수면에서 어족자원 증식을 위해 저수지에 방류하고 있는 메기는 산란기에 일시적으로 상류 하천으로 소상하지만, 포식성이 강하기 때문에 미호종개를 포식하여 개체군 감소에 영향을 줄 것으로 우려되었다. 따라서 보호종이 서식하는 내수면 수역에서 메기와 같은 어식성 어종의 방류하는 것은 지양해야 할 것으로 판단된다.

적 요

금강수계 백곡천 상류에 서식하는 미호종개(국가 천연기념물)를 대상으로 형광물질 주입에 의한 다중표지-재포획법(줄리-시바모델 적용)으로 개체군 크기를 추정하였다. 총 어류조사지점은 335개였고, 그 중 미호종개가 출현 지점은 217개 였다. 본 연구에서 추정된 미호종개 평균 개체군 크기는 6,143개체였다. 이는 2009년 환경부에서 수

행한 미호종개 개체군 규모와 비교 했을때보다 41% 감소된 것이다. 백곡천에서 본 종의 감소는 미소서식지 훼손, 퇴적물, 서식환경의 악화 등의 영향으로 판단된다. 따라서 백곡천 본 종의 개체군 회복 미소서식지 보호를 위해 서식지복원 프로그램이 요구된다.

사 사

본 연구는 한국농촌공사에서 추진중인 백곡저수지 독높이기 사업 관련하여 2011년 9월 7일 문화재청으로부터 국가지정문화재 현상변경(미호종개 포획) 허가(천연기념물과-3793)를 받아 조사가 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- Eknath, A.E. and R.W. Doyle. 1990. Effective population size and rate of inbreeding in aquaculture of indian major carps. *Aquaculture* **85**: 293-305.
- Hightower, J.E. and R.J. Gilbert. 1984. Using the Jolly-Seber model to estimate population size, mortality, and recruitment for a reservoir fish population. *Transactions of the American Fisheries Society* **113**: 633-641.
- Hong, Y.P. 2004. The present status and conservation of the critically endangered species, *Iksookimia choii*, in Korea. p. 59-72. In: Symposium of the Ichthyological Society of Korea. (in Korean)
- Jolly, S.M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika* **52**: 225-247.
- Kim, I.S. 1998. Biodiversity and biogeography of freshwater fishes, order cypriniformes in Korea. Proceedings of the first international symposium on the geoenvironmental changes and biodiversity in the Northeast Asia. Seoul. 375-361. (in Korean)
- Kim, I.S. 2009. A review of the spined loaches, Family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **21**:7-28.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 1997. *Iksookimia yongdokensis*, a new cobitid fish (Pisces: Cobitidae) from Korea with a key to the species of *Iksookimia*. *Ichthyological Research* **44**: 249-256.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul. (in Korean)
- Kim, I.S., J.Y. Park, T.T. Nalbant. 1999. The far-east of the genus *Cobitis* with the description of three new taxa (Pisces: Ostariophysi, Cobitinae). *Travaux du Museum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"* **39**: 373-391.
- Kim, I.S., J.Y. Park, Y.M. Son and T.T. Nalbant. 2003. A review of the loaches, Genus *Cobitis* (Teleostomi: Cobitidae) from Korea, with the description of a new species *Cobitis hankugensis*. *Korean Journal of Ichthyology* **15**(1): 1-11.
- Kim, I.S. and Y.M. Son. 1984. *Cobitis choii*, A new cobitid fish from Korea. *Korean Journal of Zoology* **27**: 49-55. (in Korean)
- Kincaid, H.L. 1983. Inbreeding in fish populations used for aquaculture. *Aquaculture* **33**: 215-227.
- Ko, M.H., I.R. Lee and I.C. Bang. 2012. Distribution status and estimation of population size of the endangered species, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae) in Guem River, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **24**: 56-61. (in Korean)
- Korean Ministry of Environment. 2009. Development of genetic diversity analysis, culture and ecosystem restoration technique for endangered fish, *Iksookimia choii*. *KMOE 052-061-043*. (in Korean)
- Nalbant, T. 1993. Some problems in the systematics of genus *Cobitis* and its relatives (Pisces: Ostariophysi, Cobitidae). *Revue Roumaine Biologie-Biologie Animale* **38**: 101-110.
- Nalbant, T. 1994. Studies on loaches (Pisces: Ostariophysi, Cobitidae), I. An evaluation of valid genera of Cobitinae. *Travaux du Museum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"* **34**: 375-380.
- Robson, D.S. and H.A. Regier. 1964. Sample size in Peterson mark-recapture experiments. *Transactions of the American Fisheries Society* **93**: 215-226.
- Seber, G.A.F. 1965. A note on the multiple-recapture census. *Biometrika* **52**: 249-259.
- Seber, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Charles Griffin, London.
- Simon, R.C., J.D. McIntyre and A.R. Hemmingsen. 1986. Family size and effective population size in a hatchery stock of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **43**: 2434-2442.

(Manuscript received 30 May 2012,
Revised 26 August 2012
Revision accepted 4 September 2012)