

# 멸종위기 어류 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala* (Pisces: Cyprinidae)의 서식환경과 연령, 섭식생태

고명훈 · 송하윤 · 방인철\*

순천향대학교 자연과학대학 해양생명공학과

**Habitat Environment, Age and Feeding Ecology of the Endangered Species, *Gobiobotia macrocephala* (Pisces: Cyprinidae) in the Seom River, Korea by Myeong-Hun Ko, Ha-Yoon Song and In-Chul Bang** (Department of Marine Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea)

**ABSTRACT** Habitat environment, age and feeding ecology of *Gobiobotia macrocephala* were investigated to provide baseline data for ecological characteristics and recovery in the Seom River at Heung-ho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from 2010 to 2011. *G. macrocephala* inhabited 10~40 cm in water depth, 8~20 cm bottom size and 40~120 cm/sec in current velocity, and pebble floor were factors to be important for inhabit density. Age group of *G. macrocephala* in May estimated from the standard length indicated that the 28~42 mm group is 1 year old, the 43~58 mm group is 2 years old, the 59~69 mm group is 3 years old and the 69~85 mm group is more than 4 years old, and the female was 4~10 mm larger than the male. *G. macrocephala* did mainly feeding with nocturnal fishes between 00 h to 06 h, and they fed mainly Trichoptera (57.7%), Diptera (26.0%) and Ephemeroptera (16.3%). And their small juvenile fed mainly Ephemeroptera and Diptera, however, they ate mainly Trichoptera while growing to adult fish.

**Key words** : Endangered fish, *Gobiobotia macrocephala*, habitat environment, age, feeding ecology

## 서론

잉어과(Cyprinidae) 어류는 북아메리카와 아프리카, 유라시아에 널리 서식하며 220속 2,420종이 보고되었고, 이중 모래무지아과(Gobioninae) 어류는 유라시아에만 11속이 서식하는 것으로 알려졌다(Nelson, 2006). 우리나라의 잉어과 어류는 6아과 35속 74종이 보고되었고, 이중 모래무지아과에 속하는 꾸구리속(*Gobiobotia*) 어류는 공통적으로 4쌍의 입수염을 가지며 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala*, 돌상어 *G. brevibarba* 및 흰수마자 *G. nakdongensis* 3종이 서식하고 있다(김 등, 2005).

이중 꾸구리는 우리나라 고유종으로 임진강과 한강, 금강 중·상류 지역의 자갈과 돌이 깔린 여울지역에 서식하는 저

서성 소형어류이다. 특히 꾸구리는 돌상어와 더불어 빠른 여울에 적응한 독특한 생태적 특징을 가지는 것으로 알려졌으며, 독특하게도 눈에 피막이 있어 광도에 따라 피막이 개폐되는 특징을 보인다(김 등, 2005, 김과 박, 2007). 하지만 최근 대형댐 건축과 하천공사, 환경오염 등으로 인해 개체수가 급감하고 있으며, 이러한 원인으로 환경부는 멸종위기종 II급으로 지정하여 법적 보호를 하고 있다(환경부, 2005). 최근 멸종위기에 처한 어류들에 대해 관심이 높아지면서 여러 가지 복원 연구가 시도되고 있으며(환경부, 2006, 2009), 꾸구리에 대한 복원연구도 2010년부터 진행되고 있다(국토해양부, 2010).

꾸구리에 대한 생태학적 연구는 최와 백(1972)의 강원도 영월군 동강에서 산란 및 생활사와 최 등(2004)의 강원도 여주군 남한강에서 이루어진 식성 분석만 보고되었을 뿐 많은 연구가 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 멸종위기에 처한 꾸구리의 서식환경과

\*교신저자: 방인철 Tel: 82-41-530-1286, Fax: 82-41-530-1638,  
E-mail: incbang@sch.ac.kr

연령, 섭식생태 등을 연구하여 꾸구리의 생태학적 특징을 밝히고 복원의 기초자료를 확보하고자 하였다.

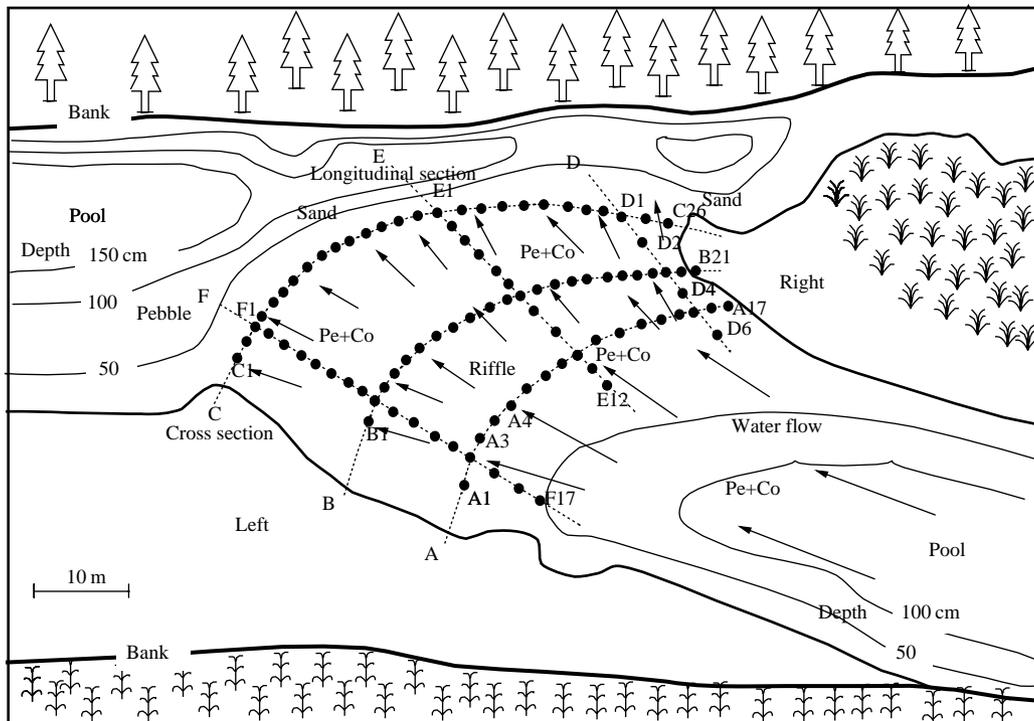
### 재료 및 방법

조사는 2010년 3월부터 2011년 2월까지 한강 지류인 섬강에서 꾸구리가 많이 서식하고 있는 지역(고 등, 2011)인 강원도 원주시 부론면 흥호리 일대의 섬강에서 이루어졌고, 매달 14~16일 사이에 정기적인 조사를 실시하였다. 서식지의 기온과 수온, 이화학적 환경요인인 전기전도도(Conductivity)와 용존산소량(DO), pH는 디지털온도계(T-250A, ASAHI, Japan)와 수질측정기(YSI 556MPS, YSI, USA)를 사용하여 매달 12시를 기준으로 측정하였다. 꾸구리의 채집은 원주지방환경청의 포획허가(허가번호 제2010-07)를 받은 후 실시하였으며, 채집은 투망(망목 7×7 mm)과 족대(망목 4×4 mm) 등을 사용하였고, 치어의 채집은 망목 1×1 mm인 족대와 뜰채를 제작하여 사용하였다. 채집된 개체는 대부분 현장에서 체장과 체중 등을 마취제 MS-222(Sindel, Canada)로 마취하여 측정 후 방류하였으며 일부 식성 및 생식소조사가 필요한 개체만 10% 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 옮겨 분석하였다. 성장도와 연령추정은 매달 채

집된 개체를 근거로 체장빈도분포법(Ricker, 1971)에 따랐으며 산란기를 기준으로 연령을 구분하였고, 체장과 체중을 조사하여 체중성장식을 작성하였다. 5월에 채집된 개체의 암·수 구분은 마취제로 마취한 후 복부를 살짝 압박하여 정맥 및 난자의 모습을 확인하여 구분하였다.

물리적 서식환경 조사는 산란기 및 장마가 끝나고 서식지가 안정된 9월부터 10월 사이에 실시하였다. Fig. 1과 같이 꾸구리가 서식하고 있는 여울부 지역에서 연령별 선호 지역을 알아보기 위하여 5 m 간격으로 세로 3줄, 가로 3줄로 방형구를 총 90개 지점을 선정하여 1 m<sup>2</sup>당 출현개체수와 서식환경인 수심과 유속, 하상입자 등을 조사하였다. 연령구분은 10월의 체장분포에 따라 당년생, 1년생 및 2년생 이상으로 구분하였으며, 하상구조는 Cummins(1962)의 기준을 적용하였고, 수심과 유속은 유속계(FP101, Global Water 800-876-1172, USA)를 사용하여 측정하였다. 하상입자 크기는 1 m<sup>2</sup>당 임의의 10개의 자갈과 돌을 측정하여 평균값을 사용하였다. 연령별 수심, 유속 및 하상크기의 통계적 유의성은 SPSS 12.0을 사용하여 다변량분산분석(MANOVA)을 실시한 후 LSD test를 수행하였다. 가설검정을 위한 유의 수준은 P=0.05로 설정하였다.

섭식시간대 조사는 섭식활동이 활발한 4월 15~16일에 만 1일 동안 3시간 간격으로 8회에 걸쳐 각각 3개체(60~80



**Fig. 1.** An investigation area of habitats environment and investigation subway line (A-F) of *Gobiobotia macrocephala* in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea. Cross section of study area: A (17 station), B (21 station), C (26 station), longitudinal section of study area: D (6 station), E (12 station), F (17 station). Arrow: water flow, Bottom structure: S: sand (0.1~2 mm); G: gravel (2~16 mm); Pe: pebble (16~64 mm), Co: cobble (64~256 mm).

mm)씩 채집하여 섭식양을 조사하여 추정하였다. 위 내용물은 4월에 채집된 개체인 당년생(체장 31~40 mm), 1년생(체장 41~55 mm), 2년생(체장 56~65 mm), 3년생 이상(체장 66~75 mm)과 7월에 채집된 당년생 치어(체장 15~30 mm) 등 5개 그룹을 선정하여 해부현미경과 광학현미경 상에서 관찰하였으며, 윤(1995)과 원 등(2005)에 따라 분류·동정하여 계수 및 습중량을 계산하였다. 먹이생물은 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)를 Pinkas *et al.* (1971)의 방법으로 계산하여 백분율로 환산하여(% IRI) 비교하였으며, 성장별 먹이변화를 조사하였다.

$$IRI = (N + W) \times F_i$$

(N: 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율, W: 먹이생물 전체 습중량에 대한 백분율,  $F_i$ : 각 먹이생물의 출현빈도)

## 결 과

### 1. 서식환경

#### 1) 수온변화 및 수질환경

기온과 수온은 3월에 3.2°C와 5.7°C로 낮았으나 이후 급격히 상승하여 5월에 기온 22.5°C, 수온 21.0°C를 보였고 7월에 기온 30.5°C, 수온 28.3°C로 가장 높았다. 이후 9월까지 약간씩 감소하여 기온 27.0°C, 수온 24.9°C를 보였고 이후 급격히 하락하였는데 11월에 기온 5.0°C, 수온 9.5°C였으며, 1월에 기온 -3.5°C, 수온 0.2°C로 가장 낮았다. 기온이 수온보다 낮은 달은 11월부터 3월까지 였다(Fig. 2). 전기전도도(Conductivity)는 130~224  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 나타났으며 모내기철인 5월부터 장마기간인 7월까지 178~224  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 비교적 높았고 2월과 3월이 130~137  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 비교적 낮았다. DO는 8.56~14.50 mg/L의 범위로 나타났으며 봄과 겨울이 낮았고, 여름이 비교적 높게 나타났다. pH는 7.48~9.00으로

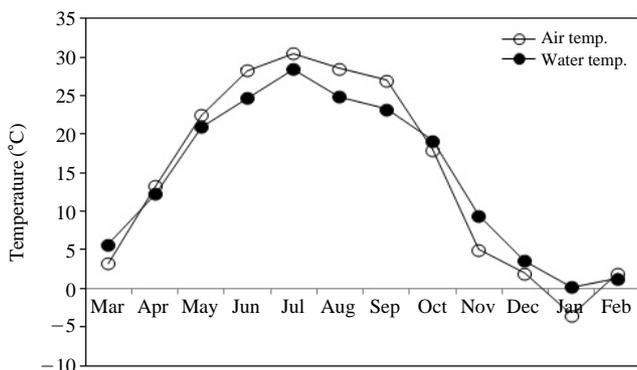


Fig. 2. Monthly changes in the air and water temperature in the Seom River at Heunggho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from March 2010 to February 2011.

나타났으며 계절에 따라 변동이 비교적 심하였다.

### 2) 물리적 서식환경

#### (1) 미소분포

본 연구지역은 섬강 하류에 위치하고 있으며 하폭 180~200 m, 유폭 100~110 m이고 수심은 30~80 cm이다. 여울을 중심으로 위와 아래는 소(pool)가 형성되어 있었으며, 여울은 폭이 60~80 m이고 50 m 이상 이어져 있었으며, 수심 10~40 cm로 비교적 낮고 균등하였다. 유속은 50~150 cm/sec로 빠르고, 하상은 대부분 자갈(pebble)과 돌(Coble)이 쌓여 있었다. 여울 위의 소는 수심 30~100 cm로 하상은 자갈과 돌로 이루어져 있었고, 유속은 50 cm/sec로 비교적 느렸으며, 여울 아래의 소는 수심 20~150 cm로 모래와 자갈로 이루어져 있었으며, 유속은 정체되어 있거나 20 cm/sec 이하로 느렸다(Fig. 1).

서식지의 지역별 출현밀도는 Fig. 3과 같으며 이 지역의 물리적 환경은 Fig. 4와 같이 나타났다. 꾸구리는 자갈과 돌이 깔리고 유속이 빠른 여울지역에만 서식하고 있었으며, 여울부의 상중하에 따른 출현밀도는 상부(A줄)가 3.2±2.07 개체/m<sup>2</sup>, 중부(B줄) 7.2±5.00개체/m<sup>2</sup>, 하부인 하부(C줄) 6.23±4.34개체/m<sup>2</sup>로 중부와 하부가 상부보다 2배 이상 높은 비율로 서식하고 있었다. 꾸구리가 특히 많이 서식한 지역은 공통적으로 중앙지역보다는 약간 가장자리 지역이었는데, 특히 중부(B줄)의 B19~B21과 하부(C줄)의 C2~C14는 각각 15.7±5.03개체/m<sup>2</sup>, 9.4±3.91개체/m<sup>2</sup>로 그 외 지역의 4.8±3.02개체/m<sup>2</sup>보다 2~3배 높게 나타났다. 이들 지역은 다른 지역에 비해 수심과 유속 하상입자에서 큰 차이를 보이지 않았지만 자갈층 수가 3~4층으로 다른 지역의 1~2층보다 높게 나타났다.

세로줄 중 우측(D줄)은 6.2±5.00개체/m<sup>2</sup>, 중앙(E줄) 7.4±6.07개체/m<sup>2</sup>, 좌측(F줄) 6.6±4.23개체/m<sup>2</sup>의 서식 개체수를 보였으며 공통적으로 상부지점에서 하부지점으로 갈수록 보다 많은 개체가 서식하고 있었다. 특히 중앙의 E줄을 살펴보면 여울 상부인 E8~12는 2.0±2.00개체/m<sup>2</sup>, 중부인 E4~E7은 9.3±3.77개체/m<sup>2</sup>, 하부인 E1~E3은 14.0±5.29개체/m<sup>2</sup>로 하부로 갈수록 급격히 증가하는 것을 볼 수 있었다. E줄의 유속과 하상크기는 하류로 갈수록 조금씩 높아지는 경향을 보였으나 수심은 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 자갈층은 상부에 1~2층이었지만 하류로 갈수록 층수가 높아져 중부에 2~3층, 하부에 3~4층을 형성하고 있어 차이를 보였다.

#### (2) 연령별 서식양상

연령별 서식양상을 알아보기 위하여 수심, 유속 및 하상을 비교하였다(Fig. 5). 연령별로 조사한 개체수는 당년생(30~44 mm) 343개체, 1년생(45~56 mm) 168개체, 2년생 이상

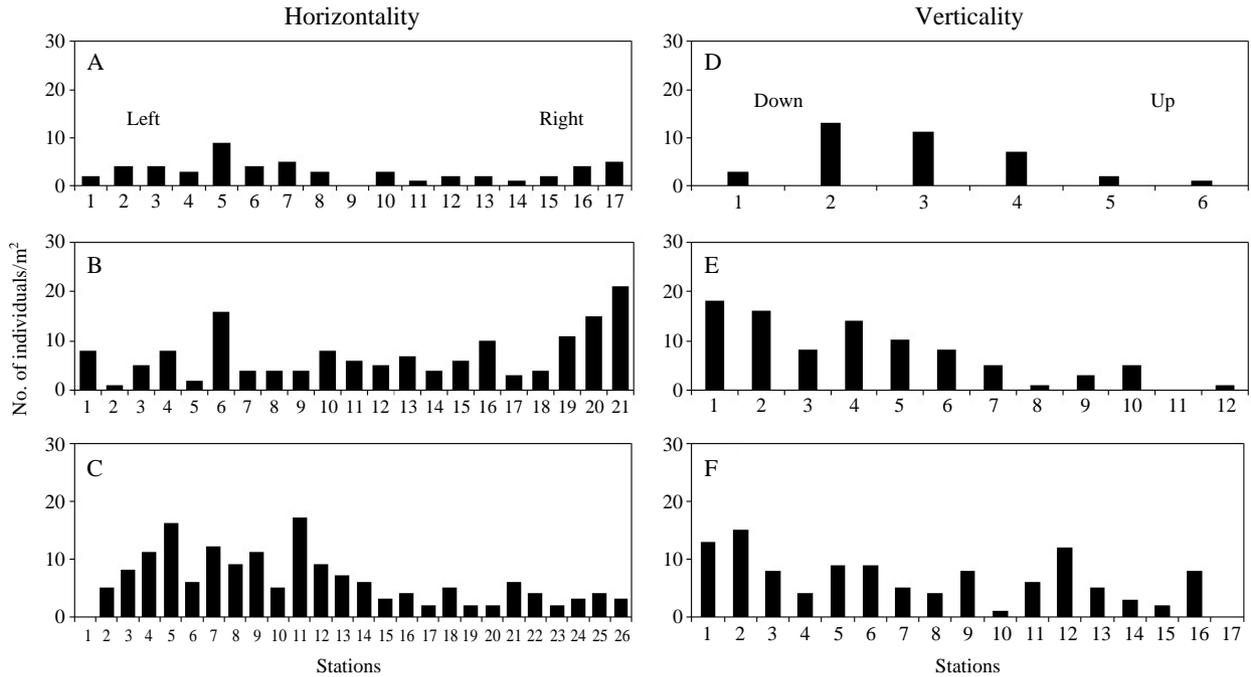


Fig. 3. Distribution of according to stake net capture in stations (1 m<sup>2</sup>) of *Gobiobotia macrocephala* in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea.

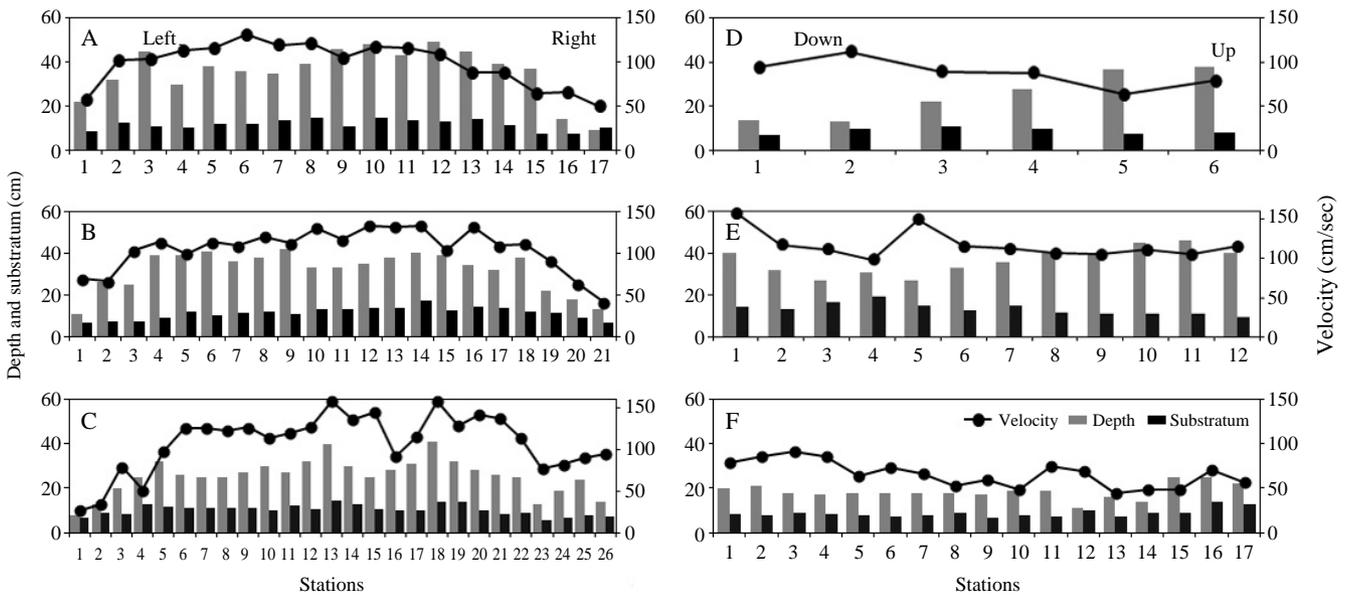


Fig. 4. Depth, substratum and velocity according to stations in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea.

(57~85 mm)이 54개체였다.

수심은 당년생과 1년생, 2년생 모두 0~50cm대에 서식하고 있었으며 90% 이상이 10~30 cm 대에 서식하였고, 평균 수심은 당년생이 27.5±9.79 cm, 1년생 26.0±9.30 cm, 2년생 이상 26.3±8.63 cm이었으며 연령별로 유의한 차이를 보

이지 않았다(p>0.05).

유속은 당년생과 1년생, 2년생 대부분이 40~140 cm/sec 대에 분포하였으며 90% 이상이 40~120 cm/sec대에 서식하였고, 연령별 평균 유속은 당년생 100.0±30.09 cm/sec, 1년생 93.4±27.52 cm/sec, 2년생 이상 101.3±29.36 cm/sec로

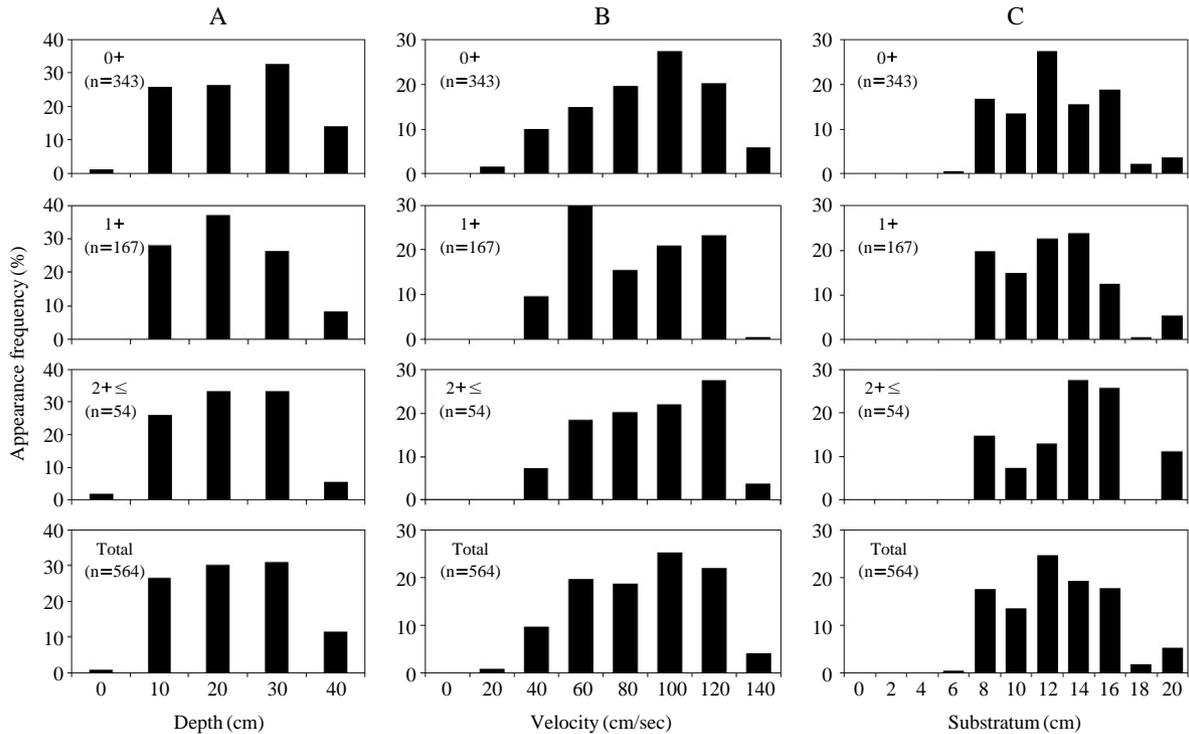


Fig. 5. Appearance frequency of depth (A), velocity (B) and substratum (C) by age of *Gobiobotia macrocephala* in the Seom River at Heungghori, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea.

당년생과 1년생은 약간의 차이를 보였으나 ( $p < 0.05$ ), 당년생과 2년생 이상, 1년생과 2년생 이상은 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

하상입자 크기는 연령별 모두 8~20 cm대에 대부분 서식하고 있었고, 연령별 하상입자 크기는 당년생  $10.9 \pm 2.67$  cm, 1년생  $10.6 \pm 2.76$  cm, 2년생 이상  $12.0 \pm 3.44$  cm 였으며 당년생과 1년생은 유의한 차이를 보이지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), 당년생과 2년생 이상 ( $p < 0.05$ ), 1년생과 2년생 이상 ( $p < 0.01$ )은 유의한 차이를 보였다.

따라서 대체적으로 연령군에 있어서 수심과 유속은 차이가 없었으나 하상입자 크기에서는 2년생 이상이 당년생과 1년생보다 입자가 큰 하상에 서식하는 것으로 나타났다.

## 2. 성장 및 연령추정

매월 채집된 개체들의 체장빈도는 Fig. 6과 같이 나타났다. 당년생 치어는 7월에 처음 채집되었고 크기는 체장  $18 \sim 34$  ( $25.9 \pm 3.23$ ) mm 였으며, 이후 8월에 체장  $26 \sim 38$  ( $33.0 \pm 2.44$ ) mm, 9월에 체장  $30 \sim 42$  ( $36.5 \pm 3.17$ ) mm, 10월에 체장  $28 \sim 44$  ( $38.9 \pm 3.23$ ) mm로 급격히 성장하였다. 그러나 월동기인 11월부터 이듬해 2월까지 체장  $28 \sim 46$  mm, 거의 성장을 하지 않았다. 1년생 이상의 어류들도 4월부터 10월까지 비교적 빠른 성장을 보였으나 월동기에는 거의 성장을 하지

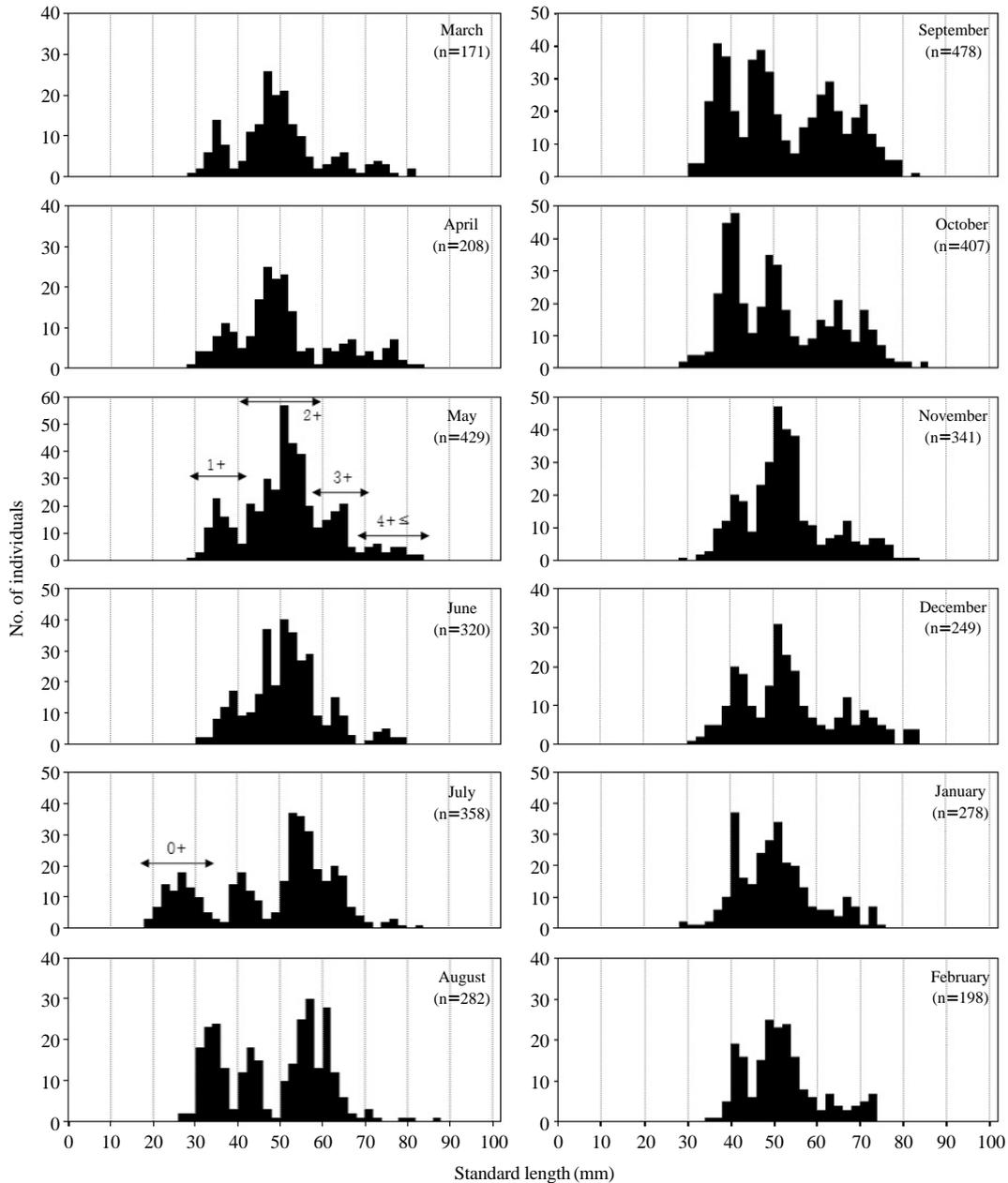
않았고, 연령이 높아지면서 성장은 점차 둔화되었다. 산란기가 시작되는 5월의 개체를 근거로 연령을 추정하여 보면 만 1년생은 체장  $28 \sim 42$  mm, 만 2년생은 체장  $43 \sim 58$  mm, 만 3년생은 체장  $59 \sim 68$  mm, 만 4년생 이상은 체장  $69 \sim 85$  mm로 추정되었다. 또한 암·수를 구분하여 보면 만 1년생은 생식소가 성숙하지 않은 치어 (juvenile) 였으며 암컷은  $43 \sim 85$  mm, 수컷은  $43 \sim 75$  mm로 암컷이 수컷보다 빠른 성장을 보이며 4~10 mm가 더 컸다 (Fig. 7).

조사기간 중 가장 큰 개체는 암컷으로 체장 86.2 mm, 체중 10.2 g 이었으며, 체장과 체중과의 관계식은 Fig. 7과 같이  $y = 1E - 06x^{3.5881}$  ( $R^2 = 0.9676$ )로 지수 성장식을 보였다 (Fig. 8).

## 3. 섭식생태

### 1) 섭식시간대

꾸구리의 섭식시간대를 알아보기 위하여 4월 15~16일에 3시간 간격으로 체장 60 mm 이상의 개체를 각각 3개체씩 채집하여 섭식 양을 조사하여 추정하였다 (Fig. 9). 기온은 15시에 최고  $14.8^\circ\text{C}$ , 최저는 06시에  $0.1^\circ\text{C}$ 로 매우 큰 일교차 ( $14.7^\circ\text{C}$ )를 보였지만 수온은 최고가 15시에  $12.9^\circ\text{C}$ , 최저가 06시에  $8.7^\circ\text{C}$ 로 비교적 낮은 변화폭 ( $4.2^\circ\text{C}$ )을 보였다. 섭식양은 09시에  $0.03 \pm 0.025$  g를 보이고 이후 21시까지  $0.01 \sim 0.04$  g로 낮은 섭식양을 보였으나 24시에  $0.08 \pm 0.108$  g



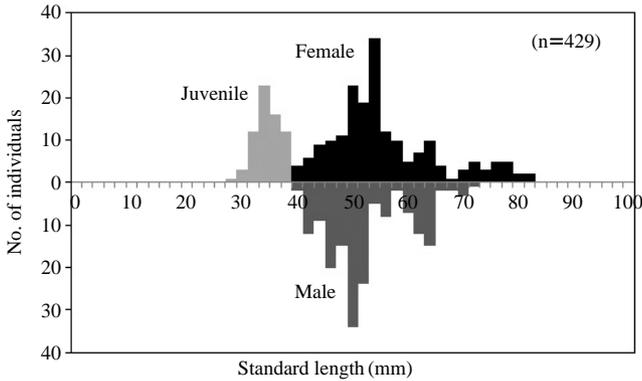
**Fig. 6.** Standard length frequency distribution of *Gobiobotia macrocephala* in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from March 2010 to February 2011.

로 급격히 높아졌으며 다음날 03시에  $0.11 \pm 0.078$  g로 최고치를 보였고 06시에  $0.05 \pm 0.011$  g로 다소 낮아지는 경향을 보였다. 따라서 꾸구리는 섭식시간대가 자정부터 새벽까지로 주로 야간에 섭식하는 야행성 어류로 추정되었다.

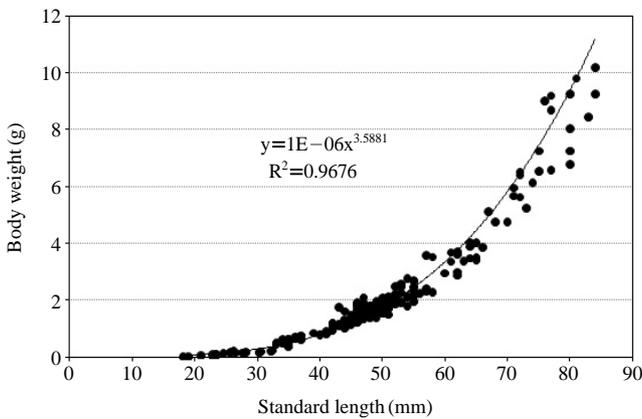
2) 위 내용물 조성

꾸구리의 위 내용물을 연령별로 조사한 결과 Table 1과 같이 수서곤충이 주요 먹이생물이었다. 먹이 구성에 있어 개체수는 파리목(Diptera)의 깔다구류(*Chironomus* spp.)가

45.5%로 가장 높았으며 그 다음으로 날도래목(Trichoptera)의 줄날도래과(Hydropsychidae)의 *Hydropsyche* spp.가 31.8%, 하루살이목(Ephemeroptera)의 납작하루살이과(Heptageniidae)가 8.0%, 꼬마하루살이과(Baetidae)의 애호랑하루살이 *Baetis tuberculata* 5.7% 순으로 나타났다. 습중량에 있어서는 날도래목의 줄날도래과 *Hydropsyche* spp.가 68.7%로 매우 높게 나타났고 그 다음으로 하루살이목의 납작하루살이과가 13.8%, 파리목의 깔다구류 7.0% 등의 순으로 나타났다. 빈도에 있어서는 날도래목의 줄날도래과 *Hydropsyche*



**Fig. 7.** Standard length frequency distribution by sex of *Gobiobotia macrocephala* in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea, May 2010.

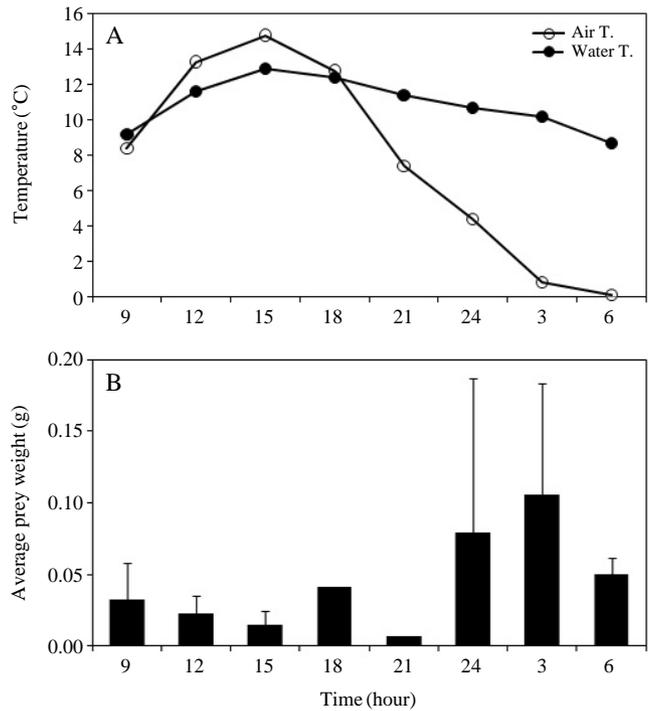


**Fig. 8.** Relationship between standard length and body weight of *Gobiobotia macrocephala* (n=197) in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea, 2010.

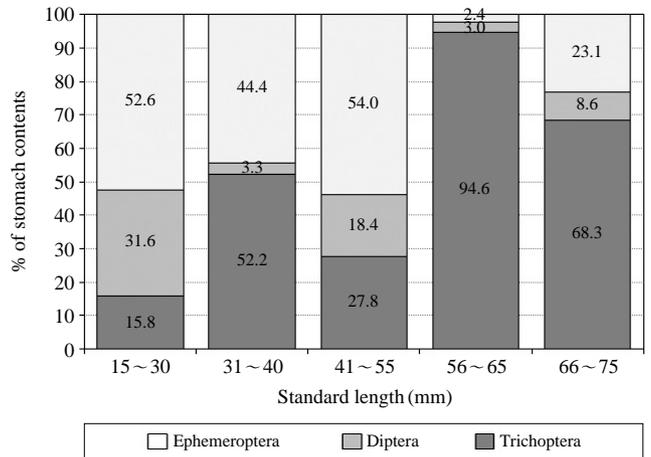
spp. 68.0%로 가장 높았고 그 다음으로 파리목의 깔다구류 40.0%, 하루살이목의 납작하루살이과가 24%, 꼬마하루살이과가 12.0% 등의 순으로 나타났다. 먹이생물의 개체수와 습중량, 빈도를 포함한 상대중요성 지수 (IRI)로 계산한 결과 날도래목이 57.7%로 가장 높았으며, 그 다음으로 파리목 26.0%, 하루살이목 16.3% 순으로 높게 나타났다.

3) 성장에 따른 먹이 조성 및 크기 변화

성장에 따른 먹이변화(습중량)를 조사한 결과 Fig. 10과 같이 나타났다. 당년생 치어 (15~30 mm)는 하루살이목이 52.6%로 가장 높았고 파리목 31.6%, 날도래목 15.8% 순으로 나타났고, 31~40 mm의 당년생 치어는 날도래목의 비율이 높아져 52.2%로 가장 높았고 하루살이목이 44.4%, 파리목이 3.3%로 나타났다. 1년생 (41~55 mm)은 하루살이목이 54.0%로 가장 높았고 날도래목 27.8%, 파리목 18.4% 나타났으며, 2년생 (56~65 mm)과 3년생 (66~75 mm) 이상에서는 날도래의 비율이 각각 94.6%, 68.3%로 매우 높아진 경



**Fig. 9.** Change temperature (A) and prey weight (B) of *Gobiobotia macrocephala* by time (hour) in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from 14~15 April 2010.



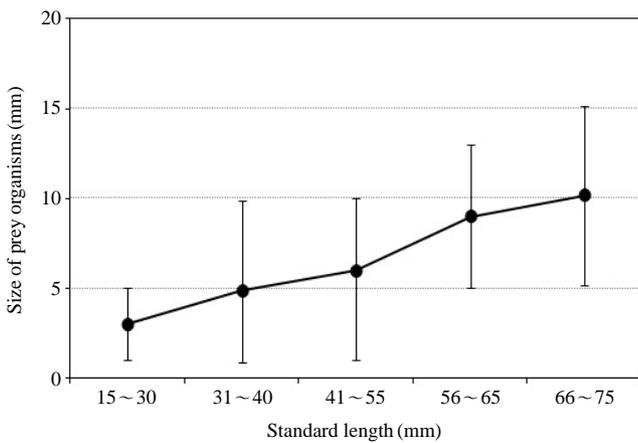
**Fig. 10.** Ontogenetic changes in composition of stomach contents by weight of *Gobiobotia macrocephala* (n=25) in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from 2010.

향을 보였으며 하루살이목과 파리목의 비율은 낮아졌다. 따라서 크기가 작은 당년생 치어는 크기가 작은 하루살이류와 깔다구류를 주로 섭식하지만 성장하면서 크기가 큰 날도래류를 주로 섭식하였다.

성장에 따른 먹이 크기를 조사한 결과 Fig. 11과 같이 15~30 mm의 당년생 치어는 평균 3.0(범위 1~5) mm, 31~40

**Table 1.** Composition of the stomach contents of *Gobiobotia macrocephala* (n=25) by frequency of number, weight, occurrence and index of relative importance (IRI) in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from April 2010

Scientific name	Number	Number (%)	Weight (g)	Weight (%)	Occurrence (%)	IRI	IRI (%)
Ephemeroptera	15	17.0	0.270	23.3	48.0	1937	16.3
Baetidae							
<i>Baetis tuberculata</i>	5	5.7	0.020	1.7	12.0		
Heptageniidae							
Unid.	7	8.0	0.160	13.8	24.0		
Unid.	3	3.4	0.090	7.8	12.0		
Diptera	45	51.1	0.093	7.99	52.0	3075	26.0
Chironomidae							
<i>Chironomus</i> spp.	40	45.5	0.082	7.0	40.0		
Simuliidae							
<i>Simulium</i> spp.	2	2.3	0.002	0.2	8.0		
Unid. spp.	3	3.4	0.009	0.8	8.0		
Trichoptera	28	31.8	0.796	68.7	68.0	6835	57.7
Hydropsychidae							
<i>Hydropsyche</i> spp.	28	31.8	0.796	68.7	68.0		
Total	88	100.0	1.159	100.0	100.0	11847	100.0



**Fig. 11.** Ontogenetic change in sizes of prey organisms of *Gobiobotia macrocephala* (n=25) in the Seom River at Heungho-ri, Buron-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea from 2010. Circles and bars represent the mean and range.

mm의 당년생 치어는 4.9(1~10)mm로 나타났다. 1년생(41~55mm)은 6.0(1~10)mm, 2년생(56~65mm)은 9.0(5~13)mm, 3년생 이상(66~75mm)은 10.2(5~15)mm로 나타나 성장하면서 먹이 크기가 급격히 커졌다.

### 고찰

멸종위기종 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala*의 최근 분포 조사 결과 임진강과 한강, 금강 중류지역에 서식하고 있고, 이중 한강의 섬강에 가장 많은 개체가 서식하는 것으로 보고된바 있으며(국토해양부, 2010), 섬강에서는 주로 자갈과 돌이 깔린 중·하류 지역인 원주시 문막읍과 부론면 일대에

주로 서식하고 있으며 특히 본 연구 지역인 원주시 부론면 일대가 가장 큰 개체군을 형성하여 서식하는 것으로 보고되었다(고 등, 2011).

본 지역에서 꾸구리가 주로 서식하는 물리적 환경은 수심 10~40cm, 하상입자 크기 6~20cm의 유속 40~140cm/sec로 빠른 여울지역이었으며 여울 상부 보다는 하부에 보다 많은 개체가 서식하고 있었다. 또한 서식조건이 유사하더라도 자갈층이 많이 쌓여 있는 곳에 보다 많은 개체가 서식하고 있어 자갈층의 층수도 중요한 요인으로 판단되었다. 근연종인 돌상어 *G. brevibarba*는 주로 수심 0~50cm, 유속 40~150cm/sec, 하상입자 크기 4~40cm의 빠른 여울에 서식한다고 보고한 바 있으며(최, 2002), 본 연구에서도 마찬가지로 수심과 유속에서는 대체로 비슷하였으나 하상입자는 꾸구리 서식지 보다는 큰 곳이었다. 또한 꾸구리는 수심과 유속, 하상에 있어서는 연령별로 거의 차이를 보이지 않았으나 돌상어(최, 2002)는 연령별로 유속과 하상, 수심에 있어 뚜렷이 구분된다고 보고하여 차이를 보였다. 최(2002)는 돌상어와 꾸구리가 혼서하는 곳에서 두 종의 유속 및 서식지역 등에 차이가 난다고 언급한 바 있어, 두 종의 서식지 특징 및 분리를 명확히 밝히기 위해서는 추후 두 종 모두 높은 비율로 혼서하는 지역에서 정밀한 서식지 분석이 필요하다고 판단된다.

꾸구리의 성장과 연령에 관한 연구는 최와 백(1972)이 생활사를 연구하면서 간단히 언급하였는데, 부화 후 2달 후에는 전장 30mm로 성장하고 1년생은 전장 50~60mm, 2년생 80~90mm, 3년생 이상은 100mm 이상으로 성장한다고 보고하였다. 본 연구에서는 산란 후 2개월 후인 7월에 채집된 개체가 체장 18~34(25.9±3.23)mm로 나타나 최와 백(1972)의 결과와 유사하였으나 만 1년생이 체장 28~42mm,

만 2년생 체장 43~58 mm, 만 3년생은 체장 59~68 mm, 만 4년생 이상은 체장 69~85 mm 이상으로 추정되어 1년생 이상의 개체들에서는 차이를 보였다. 또한 유연종인 돌상어의 연령은 5월을 기준으로 만 1년생이 체장 35~50 mm, 만 2년생이 체장 50~85 mm, 만 3년생 체장 85~105 mm로 추정되어(최, 2002) 꾸구리의 연령군과 비슷하였으나 크기는 돌상어가 10~20 mm가 더 컸다. 암·수 크기는 꾸구리의 암컷이 수컷보다 4~10 mm가 더 큰 것으로 나타나 수컷이 더 큰 돌상어(최, 2002)와 차이를 보였다. 일반적으로 잉어과 어류에서는 암컷이 수컷보다 큰 성장을 보이는 종은 거의 없으나 미꾸리과(Cobitidae) 어류에서는 일반적인 특징으로 보고된바 있다(김, 1978; 김과 이, 1984; 김과 고, 2005; 김 등, 2006; 변, 2007; 최와 변, 2009; 고와 박, 2011).

꾸구리의 섭식시간대는 3시간 간격으로 조사한 결과 00~06시까지 높은 섭식량을 보여 주로 자정에 섭식하는 야행성 어류로 추정되었다. 꾸구리는 특이하게도 눈에 피막이 있어 광도에 따라 피막이 개폐되는 특수기관을 갖고 있는데(김 등, 2005; 김과 박, 2007), 이는 야간에 보다 수서곤충을 쉽게 섭식할 수 있게 진화한 결과로 판단된다. 어류의 정확한 섭식시간대를 알아보기 위해서는 주기적인 시간대에 조사를 하여야 하기 때문에 아직까지 많은 연구가 이루어지지 않고 있는데, 현재까지 연구된 사례는 메기목의 환경부 멸종위기종인 통사리 *Liobagrus obesus*와 꼬치동자개 *Pseudobagrus brevicorpus*의 경우 2시간 간격으로 섭식시간대를 조사한 결과 통사리는 00~06시 사이에, 꼬치동자개는 17~04시 사이에 주로 수서곤충을 섭식하는 야행성 어류로 보고된 바 있다(환경부, 2006). 그러나 환경부 멸종위기종 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*는 스킨다이빙을 통하여 관찰한바 주간에 섭식활동을 하여 수서곤충을 섭식하며 특히 14~16시에 가장 활발한 섭식행동을 하는 것으로 보고된바 있으며(환경부, 2006), 주로 수서곤충과 동물성플랑크톤을 먹는 미꾸리과(Cobitidae) 어류인 왕종개 *Iksookimia longicorpa*와 줄종개 *Cobitis tetralineata*, 참종개 *I. koreensis*, 점줄종개 *C. lutheri*는 섭식개체수를 통하여 주요 섭식대가 낮인 주행성 어류로 밝혀진바 있다(김과 고, 2005; 김 등, 2006; 고 등, 2009).

꾸구리의 주요 먹이생물(상대중요성 지수, IRI)은 수서곤충의 날도래목(Trichoptera)이 57.7%로 가장 높았고 그 다음으로 파리목(Diptera) 26.0%, 하루살이목(Ephemeroptera) 16.3%로 나타나 경기도 여주시의 남한강에 서식하는 꾸구리의 먹이생물인 파리목 45.1%, 날도래목 32.2%, 하루살이목 22.6%(최 등, 2004)와 비교하여 볼 때 날도래목의 비율이 22.5%가 높았으나 파리목과 하루살이목의 비율은 각각 19.1%, 6.3% 낮아 차이를 보였다. 이러한 먹이생물 구성비의 차이는 서식지역의 차이로 인해 기인한 것으로 판단된다. 근연종인 돌상어의 먹이생물은 파리목이 53.2%로 가장

높고 그 다음으로 하루살이목이 39.9%, 날도래목 7.0% 등의 순으로 보고한바 있어(최 등, 2001) 주요 먹이생물 항목은 유사하였으나 구성비에 있어서는 꾸구리 보다는 대체적으로 파리목과 하루살이목이 더 높으나 날도래목은 낮아 차이를 보였다. 꾸구리의 성장에 따른 먹이생물 변화는 최(2004)의 연구 결과와 유사하게 크기가 작은 당년생 치어에서는 파리목과 하루살이목을 주로 섭식하였으나 성장하면서 이들의 비율은 줄어들고 크기가 큰 날도래목의 비율이 증가하였다.

## 요 약

멸종위기종 꾸구리의 생태학적 특징과 복원의 기초자료를 확보하기 위하여 서식환경과 연령, 섭식생태를 2010년부터 2011년까지 강원도 원주시 부론면 흥호리에서 조사를 실시하였다. 꾸구리의 서식조건은 수심 10~40 cm, 유속 40~120 cm/sec, 하상입자 크기는 8~20 cm였고, 자갈층의 층수가 서식밀도의 중요한 요인으로 작용하였다. 연령은 5월을 기준으로 만 1년생 체장 28~42 mm, 만 2년생은 체장 43~58 mm, 만 3년생은 체장 59~68 mm, 만 4년생 이상은 체장 69~85 mm로 추정되었으며 암컷이 수컷보다 4~10 mm가 더 컸다. 섭식시간대는 00시부터 06시 사이에 주로 섭식하여 야행성 어류로 판단되었고, 위 내용물은 날도래목(Trichoptera) 57.7%, 파리목(Diptera) 26.0%, 하루살이목(Ephemeroptera) 16.3% 순으로 높았으며, 크기가 작은 당년생 치어는 하루살이목과 파리목을 주로 섭식하였지만 성장하면서 크기가 큰 날도래목을 주로 섭식하였다.

## 인 용 문 헌

- 고명훈·박종영. 2011. 만경강 삼천에 서식하는 점줄종개 *Cobitis lutheri*의 성장과 산란생태. 한국어류학회지, 23: 158-162.
- 고명훈·박종영·김수환. 2009. 만경강에 서식하는 참종개 *Iksookimia koreensis*와 점줄종개 *Cobitis lutheri*의 서식환경과 섭식생태. 한국어류학회지, 21: 253-261.
- 고명훈·문신주·방인철. 2011. 섬강의 어류군집 및 멸종위기종 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*)와 돌상어(*Gobiobotia brevivarba*)의 서식현황. 한국하천호수학회지, 44: 144-154.
- 국토해양부. 2010. 4대강 수계 멸종위기어종 증식 및 복원. 순천향대학교, 아산, 489pp.
- 김익수. 1978. 전주천 참종개 *Cobitis koreensis*의 생태. 한국생태학회지, 2: 9-14.
- 김익수·고명훈. 2005. 섬강에 서식하는 왕종개 *Iksookimia longicorpa*(Cobitidae)의 생태. 한국어류학회지, 17: 112-122.
- 김익수·고명훈·박종영. 2006. 줄종개 *Cobitis tetralineata*(Pisces; Cobitidae)의 개체군 생태. 한국생태학회지, 29: 277-286.

- 김익수 · 박종영. 2007. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 467pp.
- 김익수 · 이완욱. 1984. 백천에 서식하는 참종개 *Cobitis koreensis* KIM 개체군의 형태와 생태. 한국생태학회지, 7: 10-20.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한 국어류대도감. 교학사, 서울, 615pp.
- 변화근. 2007. 내린천에 서식하는 새코미꾸리 *Koreocovitis rotundicaudata* (Cobitidae)의 생태. 한국어류학회지, 16: 299-305.
- 원두희 · 권순직 · 전영철. 2005. 한국의 수서곤충. (주)생태조사단, 서울, 415pp.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사, 서울, 262pp.
- 최기철 · 백윤걸. 1972. *Gobiobotia macrocephalus* Mori의 생활사. 한국육수학회지, 5: 45-57.
- 최재석. 2002. 돌상어, *Gobiobotia brevibarba* Mori (Cyprinidae)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문, 춘천, 103pp.
- 최재석, 권오길, 박정호, 변화근. 2001. 홍천강에 서식하는 돌상어 (*Gobiobotia brevibarba*)의 식성. 한국어류학회지, 13: 230-236.
- 최재석 · 장영수 · 이광렬 · 권오길. 2004. 남한강에 서식하는 꾸구리 (*Gobiobotia macrocephala*)의 식성. 한국어류학회지, 16: 165-172.
- 최준길 · 변화근. 2009. 연곡천에 서식하는 북방종개 *Cobitis pacifica* (Cobitidae)의 생태적 특성. 한국하천호수학회지, 42: 26-31.
- 환경부. 2005. 야생동 · 식물보호법. 법률 제7457호(시행규칙 제2조).
- 환경부. 2006. 멸종위기에 처한 한국특산어류의 종 보존과 복원 및 증식기술개발. 군산대학교, 군산, 537pp.
- 환경부. 2009. 멸종위기어류 미호종개의 유전 다양성 분석, 인공 증식 및 생태계 복원기술 개발에 관한 연구. 순천향대학교, 아산, 506pp.
- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Amer. Midl. Nat'l., 67: 477-504.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, pp. 139-143.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. Calif. Dep. Fish Game Fish/Bull., 152: 1-105.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.