

# 한국산 독중개 (*Cottus poecilopus* Heckel)의 성적 이형

변 화 근  
강원대학교 자연과학대학 생물학과

*Cottus poecilopus* Heckel의 성적 이형을 조사하기 위하여 치악산 계류에서 1993년 1월부터 1994년 4월까지 조사를 실시하였다. 연령별 암수의 체장 구성비에 있어서 수컷이 암컷 보다 다소 컸으며, 뒷지느러미, 배지느러미, 가슴지느러미의 길이와 입의 크기에 있어 수컷이 암컷보다 길다. 혼인색(nuptial color)과 생식적 유두(genital papilla)는 수컷에서만 존재한다. 암컷은 산란시 큰 수컷을 선호하며, 큰 수컷은 수정란을 보호하고 수류를 일으키는데 우세하며 수정란 생존에 유리하게 작용한다. 또한 큰 입은 산란장을 형성하거나 보호하는데 이점이 있다. 이러한 성적 형태의 차이는 본 종의 성적 선택의 결과에 의해 기인된 것으로 생각된다.

## 서 론

*Cottus poecilopus*는 횡대목(Scopaeiformes) 독중개과(Cottidae)에 속하는 어류이다. 독중개속(*Cottus*)에 속하는 어종은 전세계적으로 40여종이 보고되어 있고 북반구의 아한대에서 온대에 걸쳐 널리 분포하며(Scott and Crossman, 1985), 생활형에 따라 강하성(catadromous), 양측회유성(amphidromous), 호수육봉형(lacustrine land lock), 하천육봉형(flavial land lock)으로 구분되어 있다(Berra, 1981; Matsubara, 1979; Berg, 1965; Nelson, 1984; Yabe, 1985). 한국산 *Cottus poecilopus*는 남한에서 한강 및 금강 상류 수역에 분포하고 있는 하천 육봉형 담수어이다(田, 1987; 崔 등, 1989, 변 등, 1995b). 본 종은 여름에도 수온이 20℃ 이상 올라가지 않으며 성어가 숨을 수 있는 큰 돌이 많고, 물이 맑은 산간 계류에 주로 서식하고 있으며 한 개체의 수컷이 여러 개체의 암컷을 차례로 유인해서 산란하는 습성(polygyny)을 지닌 어류이다(변 등, 1995a). 돌 밑부분에 산란장을 형성하여 알을 낳고, 알덩어리는 색깔, 모양, 발달단

계가 다른 각각의 수정란 덩어리로 구성되어 있으며(변 등, 1995a), 주로 수서곤충의 유충을 섭식하는 것으로 알려져 있다(曁 등, 1993; 변 등, 1995c). 한반도산 *Cottus poecilopus*에 대한 이차성징에 관한 조사는 曁 등(1993)이 지느러미 색의 차이를 지적한 바 있다. 그러나 암수의 형태적 차이에 대한 조사 연구는 없었다. 한반도 동해안 각 하천과 일본에 서식하는 *Cottus hangiongensis*는 성적이형으로 수컷이 암컷 보다 체장이 더 크고, 입이 더 길며, 뒷지느러미가 더 긴 것으로 알려져 있다(Goto, 1984). 따라서 본 연구는 한반도산 *C. poecilopus*의 성적 형태의 차이를 체장의 크기에 따라 조사하였고, 산란체계(mating system)와의 관계를 규명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 시기 및 장소

*Cottus poecilopus*의 성적 이형을 조사하기 위한 현장 조사는 1993년 1월부터 1994년 4월에 걸쳐 강원도 원주군 소초면 학곡리 소재(신흥동 구룡

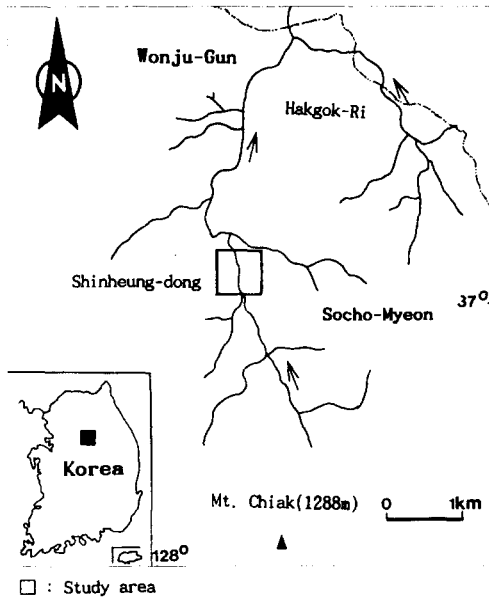


Fig. 1. Map showing the sampling sites of *Cottus poecilopus*. Arrow indicate the direction of water flow.

사 계곡) 남한강 상류의 치악산 계류에서 실시하였다(Fig. 1 참조).

### 2. 표본의 채집 및 환경 요인 조사

표본은 투망(망목; 5×5mm, 7×7mm), 족대(망목; 4×4mm, 1×1mm) 등을 사용하여 채집한 후 현장에서 10% 포르말린액으로 고정하였다. 조사 지소의 환경 요인에 대하여는 수심, 유속, 유폭, 하상구조, 주변입상 등을 조사하였으며 하천형태는 可兒(1944)에 따라 구분하였다. 유속은 먹물을 이용하여 현장에서 측정하였다. 하상구조는 육안으로 관찰하였으며 구분은 Cummins(1962)에 의거하였다.

### 3. 성적 이형과 이차성징

성적 이형을 조사하기 위해 체장, 가슴지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미 연조의 최대 길이, 두장, 입폭(mouth width) 등을 1/20mm dial caliper를 사용하여 측정하였다. 이차성징 조사에 있어서는 혼인색과 외부 형태의 관찰은 산란시기인 3~4월에 채집 즉시 현장에서 기록하였으며 생식유두

(genital papilla)는 주사전자현미경을 사용하여 관찰하였다. 촬영시 1% glutaraldehyde에 일차 고정하고 그 후 1% osmium으로 이차 고정하였으며 alcohol 탈수과정과 isoamylacetate 용액을 거쳐 임계점 건조기로 건조시켜 gold coating 후 주사현미경(Hitach S-2500)으로 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 조사수역의 개요

조사수역의 환경 요인은 Table 1에 나타난 바와 같다. 본 조사 수역은 행정구역상으로 강원도 원주군 소초면 신흥동 구룡사 계곡에 소재하며 지리적으로는 치악산의 북쪽 계류로 남한강 수계에 속하는 섬강 상류의 소지류에 해당한다. 수계의 총 연장은 12.3Km로 계곡의 횡단면은 완만한 V자형을 이루며 심곡부에서는 급류나 작은 폭포를 형성하기도 한다(Fig. 1). 조사기간 중 홍수기를 제외하고는 유량의 변화가 심하지 않았으며, 1993년 5월 조사시 수심은 얕고(30~80cm), 유속은 빠르며(0.7~1.3m/sec), 유폭은 2.6~5m로 좁은 편이다(Table 1). 하상구조는 주로 암반(Boulder), 큰돌(Cobble), 작은돌(Pebble) 등으로 이루어져 있고, 하천형은 주로 Aa형이며, 주변 입상은 낙엽활엽수림(신갈나무, 단풍나무 등)이 잘 발달되어 있고 하천에 인접하여 갯버들이 풍부하게 생육하고 있다.

### 2. 성적 이형과 이차성징

*Cottus poecilopus* 연령을 추정하는 방법으로는 체장빈도 분포(length frequency distribution)를 이용하는 Peterson법(Bagenal, 1978)을 사용하였

Table 1. Environmental factors of sampling station in Chiak streams in May 1993

River width(m)	4.2(2.6~5.0)
Water depth(cm)	48.9(30~80)
Water current(m/sec)	0.86±(0.5~1.3)
Status of river bed (*B : C : P : G : S)	B : C : P : G = 2 : 3 : 4 : 1
River type	Rapid
*B : Boulder(>256mm)	C : Cobble(64~256mm)
P : Pebble(16~64mm)	G : Gravel(2~16mm)
S : Sand(0.1~2mm),	(Cummins, 1962)

다. 특히 본 종은 1년에 1회 집중적으로 짧은 기간에 산란하고 성장이 빠르기 때문에 이 방법을 이용

하여 연령과 함께 성장을 조사하였다. 1993년 1월부터 12월까지 월별, 암수의 체장 빈도 조사 결과

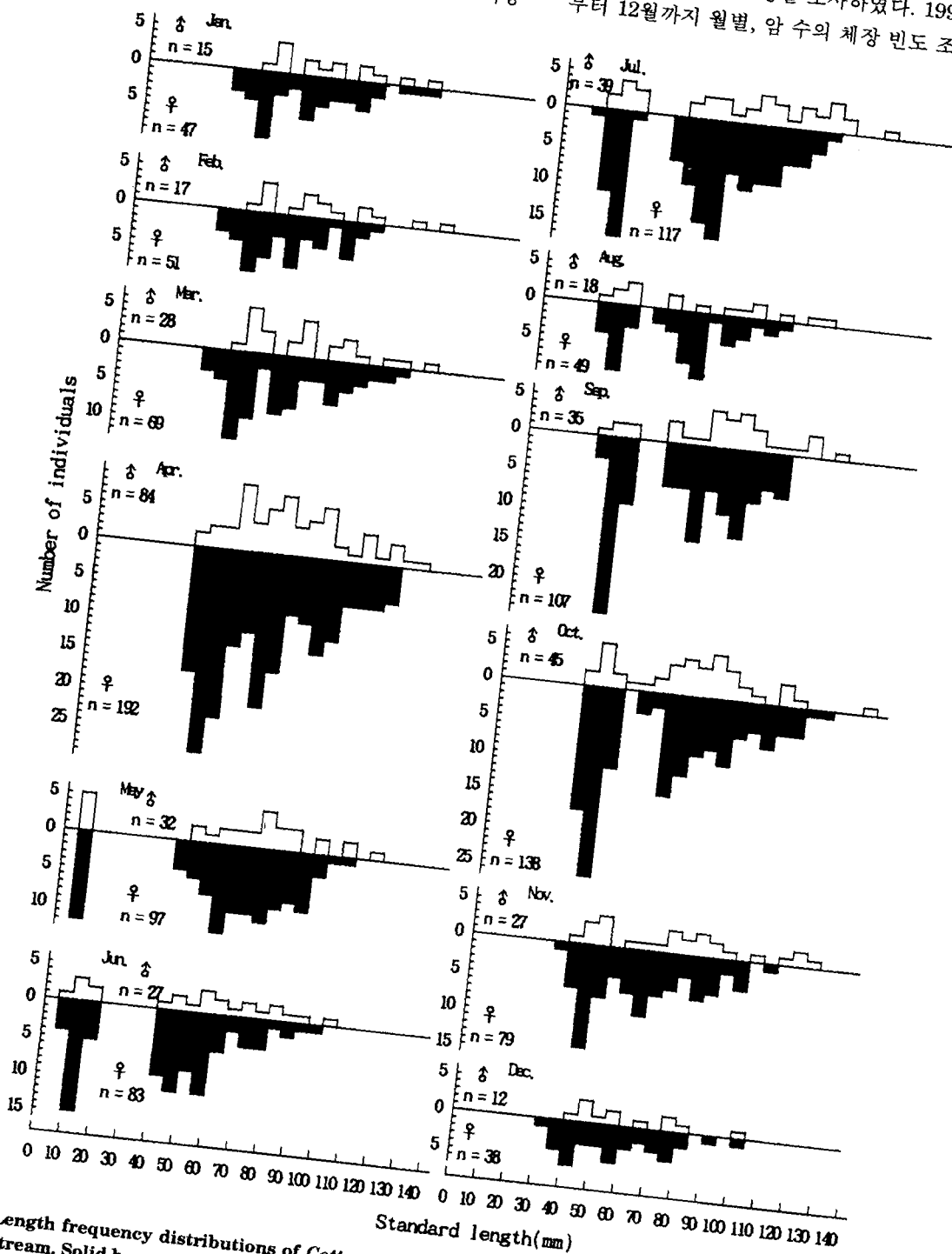


Fig. 2. Length frequency distributions of *Cottus poecilopus* from January to December 1993 at the Chiak stream. Solid bars : female, open bars : male

는 다음과 같다(Fig. 2). 체장빈도 분포는 4~5개가 정점을 이루어 4~5개의 무리로 나누어진다. 산란시기로 알려진 4월을 중심으로(변 등, 1995a) 수컷의 경우 40~55mm의 집단은 만 1년생, 55~70mm의 집단은 만 2년생, 70~90mm의 집단은 만 3년생, 90~110mm의 집단은 만 4년생, 110mm 이상은 만 5년생으로 추정되고, 암컷은 30~50mm의 집단은 만 1년생, 50~65mm의 집단은 만 2년생, 65~85mm의 집단은 만 3년생, 85mm 이상은 만 4년생으로 추정된다. 따라서 본 종은 연령별 암수의 체장 구성비에 있어서 수컷이 암컷 보다 다소 컸으며 이러한 현상은 독중개속 어류에 있어서 일반적인 현상과 일치한다(Goto, 1988, 1990). 월별 체장 빈도 분포에 있어서는 5월부터 15mm 이하의 개체가 출현하기 시작하여 9월에 약 40mm로

성장하는 무리는 당년생으로 판단되며 당년생이 이 시기에 출현한다는 것은 황 등(1993)의 보고와 일치한다.

성적으로 성숙한 독중개과 어류는 외부형태 특징에 따라 암수 구분이 가능하다. 즉 체장에 대한 백분율로 보면 수컷이 암컷에 비해 뒷지느러미 13~17번째 연조 길이(anal fin ray), 배지느러미(ventral fin ray) 및 가슴지느러미(pelvic fin ray)는 각각 4번째, 6~7 번째 연조가 더 길고, 머리 길이(head length) 및 입폭(mouth width)도 더 크다(Fig. 3~7). *C. poecilopus*의 뒷지느러미 연조 길이는 체장에 대해 암수가 다른 직선상의 상관관계를 갖는데 암컷은  $AFR=0.12SL - 0.76(R=0.91)$ , 수컷  $AFR=0.19SL - 4.17(R=0.91)$ 이었다(Fig. 3). 배지느러미는 암컷  $VFR=0.23SL - 2.25(R=0.96)$ ,

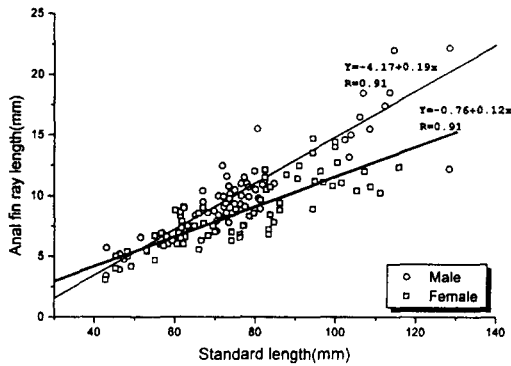


Fig. 3. Relative growth of the anal fin ray length vs. standard length of *Cottus poecilopus*.

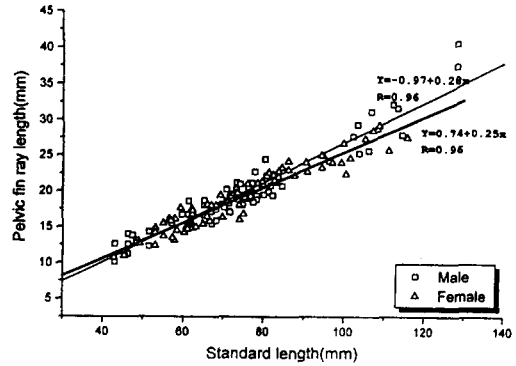


Fig. 5. Relative growth of the pelvic fin ray length vs. standard length of *Cottus poecilopus*.

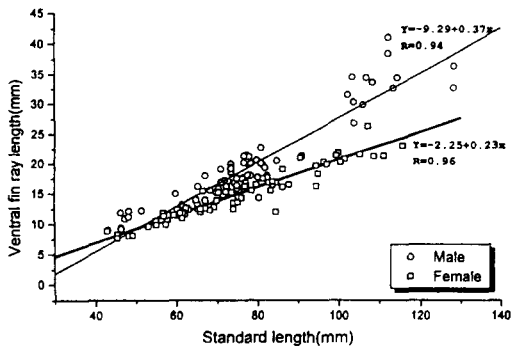


Fig. 4. Relative growth of the ventral fin ray length vs. standard length of *Cottus poecilopus*.

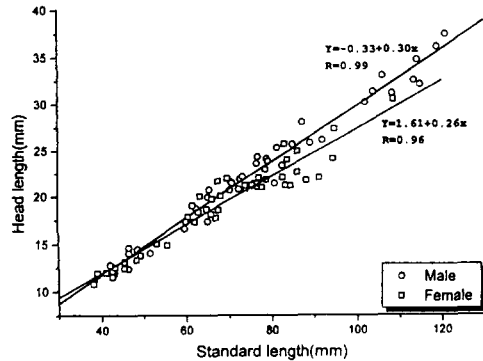


Fig. 6. Relative growth of the head length vs. standard length of *Cottus poecilopus*.

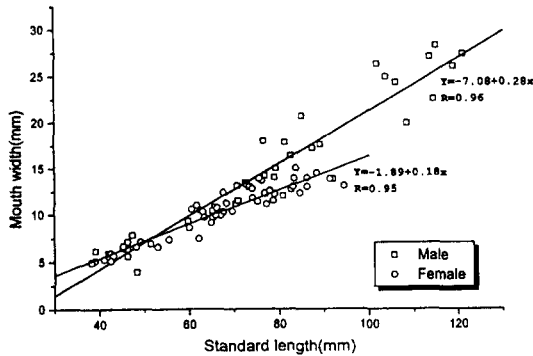


Fig. 7. Relative growth of the mouth width vs. standard length of *Cottus poecilopus*.

수컷  $VFR=0.37SL - 9.29(R=0.94)$ 이었고(Fig. 4), 가슴지느러미는 각각  $PFR=0.25SL + 0.74(R=0.96)$ ,  $PFR=0.28SL - 0.97(R=0.96)$ 이었다(Fig. 5). 체장에 대한 두장(head length)는 암컷  $HL=0.26SL + 1.61(R=0.96)$ , 수컷  $HL=0.3SL - 0.33(R=0.99)$ 이었고(Fig. 6), 입폭은 각각  $MW=0.18SL - 1.89(R=0.95)$ ,  $MW=0.28SL - 7.08(R=0.96)$ 으로 수컷이 암컷에 비해 크다(Fig. 7). 이상과 같이 뒷지느러미, 배지느러미, 가슴지느러미의 연조 길이와 입의 크기에 있어 수컷이 암컷보다 길며 특히 배지느러미, 뒷지느러미, 입폭에서 현저하였다. 이러한 특징은 성적 성숙이 이루어지기 전에 발달하며 연령이 높아질 수록 현저해진다. 독중개과에 속하는 *Gymnocanthus intermedius*, *Argyrocottus zanderi*, *Cottus amblystomopsis*, *Cottus nozawae* 등의 성숙한 수컷 배지느러미는 성숙한 암컷보다 크다는 것이 알려져 있고(Watanabe, 1960; Berg, 1932; Nakamura, 1963) 이는 *C. poecilopus*와 잘 일치하는 특징을 가진다. 본 종과 형태적으로 매우 유사한 *C. hangiongensis*는 수컷이 암컷에 비해 입이 더 크고, 뒷지느러미 연조의 길이가 더 기나 가슴지느러미와 배지느러미의 연조 길이는 암수 차이가 없다고 Goto(1984)는 보고하였는데 이는 본 종과 다른 점이다. *C. poecilopus*의 번식행동은 변 등(1995a)의 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다. 성숙한 수컷은 산란장(nest cavity) 바위 밑 공간에서 암컷을 유인한다. 그런 후 수컷은 암컷을 밀어 올리며 몸을 격렬하게 요동치며

몸을 뒤집고 등지느러미, 가슴지느러미, 꼬리지느러미를 펴서 바위 표면으로 밀착시킨다. 산란이 끝난 후 수컷은 암컷을 적대시 하는 행동으로 입을 크게 벌여 위협하거나 물어 뜯어 산란장로부터 쫓아낸다. 산란한 암컷을 몰아낸 후 수컷이 단독으로 산란장에 남아 있으며 같은 방법으로 다른 암컷과 산란을 한다. 번식행동을 끝낸 후 수컷은 수정란이 부화될 때까지 산란장 안에 머물며 수정란을 보호한다. 수정란을 보호하고 있는 동안 수컷은 간혹 가슴지느러미로 수정란 표면에 수류를 일으켜 산소공급을 원활히 하고 가끔 뒤집혀진 위치에서 몸을 옆으로 움직이며 뒷지느러미로 수정란의 표면을 깨끗이 한다. 암컷은 산란장에 수정란을 가지고 있는 보다 큰 수컷을 선호한다. 독중개과 어류는 산란행위가 끝나면 수컷 단독으로 산란 장소에 머물며 지느러미를 움직여 수류를 일으켜 수정란을 보호하는 습성과 지느러미 길이는 연관성을 가지는 것으로 알려져 있다(Sato and Kobayashi, 1953; Goto, 1981, 1984; 변 등, 1995a). 수컷의 큰 입은 그들의 산란장소를 지키고 보호하는데 유리하며 침입자와의 생존 경쟁에서 자리 차지 가능성이 높다고 본다. 이러한 현상은 Darwin(1888), Wilson (1975)이 동물의 성적선택(sexual selection)에 있어서 성내선택(intra-sexual selection)이라 하였으며 *C. poecilopus*는 번식행동에 대한 적응 현상으로 암수의 형태적 이형이 발달한 것으로 생각된다.

어류는 산란시기가 되면 2차성징으로 혼인색(nuptial color) 및 추성(peal organ)이 나타나는 경우가 있다. 독중개과 어류의 수컷에서는 혼인색이 나타나나 추성(peal organ)은 나타나지 않는 것으로 알려져 있다(Goto, 1984; 曹 등, 1993; 변 등, 1995a). 본 종은 성적 성숙이 이루어지면 수컷에서만 생식유두(genital papilla)가 나타나고 추성은 없었다(Fig. 8). 생식유두는 체장이 112.6mm인 수컷에 있어서 길이가 약 20 $\mu$ m인 생식유두가 외부로 돌출되어 있다. 산란시기에 수컷의 배지느러미 연조 길이는 암컷에 비해 더 길며 황색의 염주알 모양 반문이 연조를 따라 일직선 상으로 선명하게 나열되고 등지느러미와 꼬리지느러미 끝부분을 중심으로 진한 주홍색의 혼인색을 나타낸다

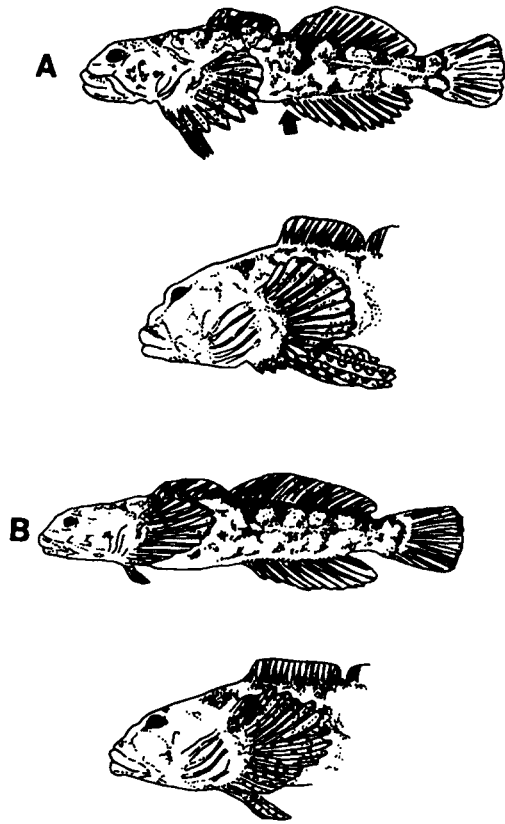
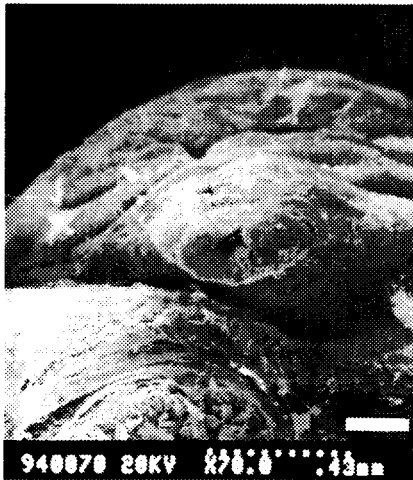


Fig. 8. Male and female adult specimens of *Cottus poecilopus*.  
A : male, 112.6mm SL. B : female, 97.4mm SL. Arrow indicates a genital papilla.



Genital papilla of *Cottus poecilopus*. Male, 112.6mm SL. Scales : 20 $\mu$ m.

(Fig. 8). 혼인색은 수온이 급격히 떨어지는 10월부터 나타나기 시작하여 산란 직전인 3월에 가장 뚜렷하나 산란이 끝나고 수온이 급격히 높아지면 혼인색은 사라진다. 암컷에 있어서는 뚜렷한 혼인색은 나타나지 않지만 산란기에는 복부가 급격히 팽배해진다.

### 인용문헌

- 邊和根·曹圭松·崔宰碩·金鍾泌. 1995a. 韓國産 독중개의 繁殖行動. 韓國陸水學會誌 28 : 191 - 198.
- 변화근·최재석·손영목·최준길. 1995b. 한국산 독중개속(*Cottus*)의 분류학적 재검토와 자어의 형태적 특징. 한국어류학회지, 7(2) : 128 - 134.
- 변화근·심하식·최재석·손영목·최준길·전상린, 1995c. 치악산 계류에 서식하는 독중개(*Cottus poecilopus* Heckel)의 식성. 한국어류학회지, 7(2) : 160 - 170.
- 田祥麟. 1987. 韓國産 독중개과 및 큰가시고기과 周緣性 淡水魚의 檢索과 分布. 祥明女子大學校 論文集 14 : 549 - 576.
- 曹圭松·邊和根·金鍾泌. 1993. 稚岳山 溪流에 棲息하는 독중개(*Cottus poecilopterus*)의 初期發生 및 生態. 韓國陸水學會誌 26 : 27 - 35.
- 崔基哲·田祥麟·金益秀·孫永牧, 1989. 韓國淡水魚分佈圖. 韓國淡水生物研究所, 30 - 124 pp.
- 可兒藤吉. 1944. 溪流昆蟲의 生態. 可兒藤吉全集, 思索社, 東京. pp. 5 - 17.
- Bagenal, T. B. and F. W. Tesch. 1978. Age and growth. pp. 101 - 136. in T. B. Bagenal(ed.). Methods for assessment of fish production fresh waters. Blackwell, Oxford.
- Berg, L. S. 1932. A review of the freshwater cottoid fishes of Pacific slope of Asia. Copeia 18 : 17 - 20.
- Berg, L. S. 1965. Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. Isr. Pro. Sci. Tran. (Translated from Russian). pp. 207 - 265.
- Berra, T. M. 1981. An Atlas of distribution of fresh water fish families of the world. Univ. Nebraska Press. pp. 120 - 126.
- Cummins K. W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters.

- Am. Midl. Nat., 67 : 477 - 504.
- Darwin, C. 1888. The descent of man and selection in relation to sex. 2 Vols. 2nd ed. John Murray, London. 1035 pp.
- Goto, A. 1981. A consideration of the adaptation and evolution of the freshwater sculpins. Biol. Sci. (Tokyo), 33 : 129 - 136.
- Goto, A. 1984. Sexual dimorphism in a river sculpin *Cottus hangiongensis*. Japan. J. Ichthyol. 31 : 161 - 166.
- Goto, A. 1988. Growth patterns, and age and size at maturity in females of the river - sculpin, *Cottus hangiongensis* in a natural river, with special reference to their life - history variation. Japan. J. Ichthyol. 36(1) : 90 - 97.
- Goto, A. 1990. Alternative life - history styles of Japanese freshwater sculpins revisited. Env. Biol. Fish., 28 : 101 - 112.
- Lowe - McConnell, R. H. 1978. Identification of fresh water fishes. pp. 48 - 83.
- Matsubara, K. 1979. Fish morphology and hierarchy (2nd ed.). Ishizake - Shoten. Tokyo. Japan. (1) : 1 - 790(2) : 791 - 1605. Pls. 1 - 135.
- Nakamura, M. 1963. Keys to the freshwater fishes of Japan fully illustrated in colors. Hokuryukan, Tokyo. 260 pp.
- Nelson, J. S. 1984. Fishes of the world. 2nd ed. John Wiley and Sons. 523 pp.
- Sato, S. and K. Kobayashi. 1953. Ecological studies on the fresh water cottoid fishes. I. Breeding habits of *Cottus hangiongensis* Mori. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 3 : 233 - 239.
- Scott, W. B. and E. J. Crossman. 1985. Freshwater fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can., 184 : 1 - 966.
- Scott, W. B. and E. J. Crossman. 1985. Freshwater fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 184 : 966.
- Watanabe, M. 1960. Fauna Japonica, Cottidae(Pisces). pp. 11 - 218.
- Yabe, M. 1985. Comparative osteology and myology of the superfamily Cottoidea(Pisces : Scorpaeniformes), and its phylogenetic classification. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 32 : 1 - 130.
- Wilson, E. O. 1975. Sociobiology : the New synthesis. Harvard Univ. Press, Cambridge. 697 pp.

## **Sexual Dimorphism in a River Sculpin(*Cottus poecilopus* Heckel) in Korea**

**Hwa-Kun Byeon**

Dept. of Biology, Kangweon National University, Chuncheon 200 - 701, Korea

The sexual dimorphism of river sculpin (*Cottus poecilopus* Heckel) was investigated samples were collected from the Chiak stream from January 1993 to April 1994. Sexual dimorphism in body size and some morphological characteristics were observed in this species ; males were larger in size and had a larger mouth, anal fin, ventral fin and pevic fin than females. Males have a genital papilla and nuptial color, but females do not. Females may mate preferentially with large males. Larger males could be superior in nest defense and fanning of eggs to smaller ones, thus resulting in higher survival of eggs. Similary, the larger mouth in males could be advantageous in acquiring and defending their nests. Such sexual dimorphism in this species may reflect to outcome of sexual selection.