

## 줄종개 *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae)의 개체군 생태

김익수 · 고명훈 · 박종영

전북대학교 자연과학대학 생물과학부, 전북대학교 부설생물다양성연구소

### Population Ecology of Korean Sand Loach *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae) in the Seomjin River, Korea

Kim, Ik-Soo, Myeong-Hun Ko and Jong-Young Park

Faculty of Biological Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea,

Institute for Biodiversity Research, Chonbuk National University

**ABSTRACT:** Population ecology of *Cobitis tetralineata* was examined at Churyeong Stream, Seomjin River, Korea. *C. tetralineata* inhabited on the sand bottoms with 10~20 cm/sec in current velocity, and 30~150 cm in water depth. This species was active on the sand during the daylight hours from March to October, but they hibernated in the inside of the sand during the winter season. Sex ratio of female to male was 1: 0.57, and female was 20~30 mm (TL) larger than male. The age group of *C. tetralineata* (female) population showed that the 20~40 mm group is 0+ years old, the 45~65 mm group 1+ years old, the 65~90 mm group 2+ years old, and the group longer than 90 mm over 3 years old. Males 13~14 months old after hatching had lamina circularis at the base of its pectoral fin as a secondary sexual character. And in its spawning season, lateral color pattern of male was changed as a sexual dimorphism. The spawning season may be from late June to middle July, 22~26°C water temperature. The average number of mature eggs in ovary was about 1,288±583(474~2,976), egg diameter was about 0.98±0.1 mm. *C. tetralineata* fed mainly on Chironomidae, Arcellidae, Branchioda and Algae. The feeding rate was the highest in April and September, but they did not feed in the winter.

**Key words:** *Cobitis tetralineata*, Feeding habits, Population ecology, Spawning season

#### 서 론

미꾸리과(Cobitidae) 어류는 유럽과 아시아 담수역에 널리 분포하는 저서성 어류로 전 세계에 16속 120여종이 알려져 있다(Nalbant 2002). 우리나라에 서식하는 미꾸리과 어류는 6속 16종이 알려졌는데 이 가운데 *Cobitis* 속에 속하는 어류 4종은 지리적으로 나뉘어져 분포한다(김과 박 2002). 한국 고유종인 줄종개, *Cobitis tetralineata*는 국내의 섬진강 수계에만 분포하는데, 처음에는 *Cobitis taenia*의 학명으로 불렸으나(Kim 1980) 체측반문 등의 차이로 일본산 *C. striata*와 잘 구별되어 독립된 종인 *Cobitis tetralineata*로 기재 발표하였다(Kim et al. 1999).

*C. tetralineata*에 관한 연구로는 점줄종개, *C. lutheri*와 *C. tetralineata*의 형태학적 특징(김과 이 1988), 정소 및 정자의 구조(김과 박 1996), 생식소 관한 형태학적 연구(박 1996)와 난막의 구조에 관한 연구(Park and Kim 1997) 등이 있으며, 생태에 관한 집중적인 연구는 없었다. 뿐만 아니라 우리나라 *Cobitis* 속 어류에 관한 연구도 *C. lutheri*의 반문반이(김과 정 1988)와 성비 및

자웅동체(Kim and Park 1992) 등의 연구만이 보고 되었다. 유럽의 경우 유연종인 *C. taenia*는 서식생태(Robotham 1977), 연령 및 번식생태(Robotham 1981, Bohlen 2000, 2003) 등의 생태학적 연구가 있고, 스페인산 *C. paludica*는 연령과 성장, 번식(Przybylski and Valladolid 2000, Oliva-Paterna et al. 2002) 등의 연구가 있으며, 체코의 *Cobitis* sp는 기질선택성(Slavik et al., 2000), 터키의 *Cobitis* 3종의 서식생태(Erk'akan and Ekmekci 2000) 등의 연구가 이루어져 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 섬진강수계에만 국한하여 분포하는 한국 고유종인 *C. tetralineata*의 생태를 조사하고 유연종과 비교 논의하고자 한다.

#### 재료 및 방법

연구는 2003년 3월부터 2004년 11월까지 섬진강 지류인 전라북도 순창군 추령천과 남원시 요천에서 실시하였다. *C. tetralineata*의 미세분포를 알아보기 위하여 추령천에 3~4 km 간격으로 12개의 지점(Fig. 1)을 선정하여 하천형태, 하상구조, 동소출현종 등을 봄, 여름, 가을로 나누어 조사하였다. 또한 표

\* Corresponding author; Phone: +82-63-270-3354, e-mail: kim9620@chonbuk.ac.kr

본의 채집은 매월 25~30일 사이에 하였고, 채집은 투망(망목 7×7 mm), 족대(4×4 mm), 뜰채(4×4 mm) 등을 사용하였으며, 치어의 채집을 위하여 망목 크기 1×1 mm인 족대와 뜰채를 제작하여 사용하였다. 동서출현종의 동정과 분류는 김과 박(2002)에 따랐다. 서식지의 이화학적 환경 요인인 기온과 수온은 전자수온계를, DO, Conductivity는 수질 측정기(Orion, Model 830)를 사용하여 매달 25~30일 사이 14시에 측정하고, 물리적 환경 요인인 유속은 Tachometer (Global water instrumentation)를 사용하였으며, 수심과 하상구조는 줄자를 이용하여 조사하였다. 하천 형태(River type)는 可兒(1944)의 방법을, 하상구조는 Cummins (1962)의 기준에 따랐다.

수중 관찰을 통하여 *C. tetralineata*의 미소 서식지 및 활동시기, 월동 서식지를 조사하였고, 일활동주기는 활동이 왕성한 하절기(2004년 8월 27일)에 수중관찰이 용이한 심전강 지류인 요천에서 2시간 간격으로 24시간동안 기온, 수온 등을 측정하고 20 m<sup>2</sup>에 출현하는 *C. tetralineata* 개체수를 조사하였다.

성장도와 연령추정은 전장빈도분포법(Ricker 1971)을 이용하여 2004년에 두달 간격으로 표본을 채집하여 dial caliper로 전장은 0.1 mm까지, 체중은 0.01 g까지 측정하여 추정하였다. 생식소 성숙도(gonadosomatic index (GSI)= gonad weight/body weight ×100)는 2003년부터 2004년까지 매월 조사하여 생식소 발달 및 산란성기를 추정하였다. 또한 산란성기에 채집된 암컷을 대상으로 포란수와 난경을 조사하였다.

섭식 행동은 2004년 4월부터 7월까지 전장에 따라 세 개의 그룹으로 나누어 수중에서 10개체씩 관찰하였고, 섭식중량(pre y weight)과 섭식 개체율(feeding individual rate)은 매달 성어 20여 개체를 조사하여 연중 섭식 변화를 알아보았다. 소화관 내용물의 조사는 어류를 계절별, 크기별로 채집하여 즉시 10% 포르말린으로 고정된 후 실험실로 옮겨 소화관을 적출 및 절개하여 해부현미경과 광학현미경상에서 수서곤충은 윤(1995), 동물성 플랑크톤은 조(1993), 담수조류는 정(1993)에 따라 분류 동정하여 계수 및 부피를 계산하였다.

## 결 과

### 서식지 특징

#### 1. 서식지 환경

추평천의 12지점을 선정하여 각 지점별 하천의 규모와 하상구조, *C. tetralineata*의 출현 개체수를 조사한 결과 Table 1과 같이 나타났다. St. 1, 3의 하천형태는 Aa-Bb형이었으며 자갈(16~64 mm)과 돌(64~256 mm)이 대부분을 차지하고 있었는데 *C. tetralineata*는 서식하지 않았다. St. 2, 4, 5, 6은 하천형태가 Bb형을 하고 있었고 자갈과 잔자갈(2~16 mm), 돌, 모래(0.1~2 mm) 등의 순으로 하상이 형성되었는데 이 지역에 *C. tetralineata*가 4.3~11.1% 로 높은 비율로 출현하였다. *C. tetralineata*의 미소 서식지를 조사한 결과 완만한 여울과 소(pool)가 반복되는 지역

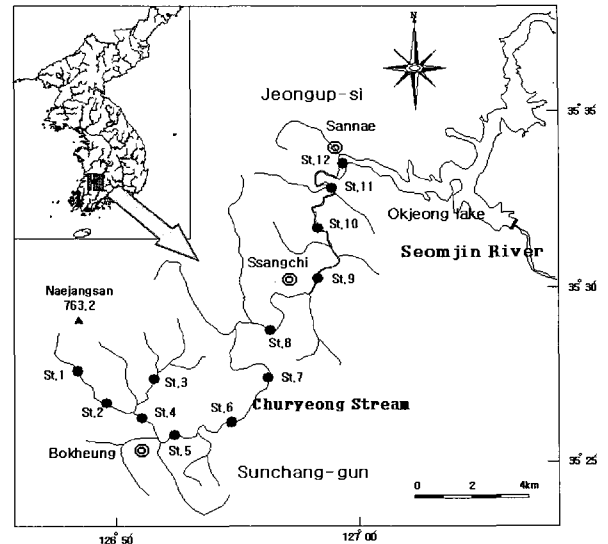


Fig. 1. A map showing the collection sites of *Cobitis tetralineata* in the Churyeong Stream, Jeollabuk-do, Korea.

St.1: Bongdeok-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.2: Banwol-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.3: Dongsan-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.4: Nongam-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.5: Nongam-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.6: Jupyong-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.7: Seokbok-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-gun, St.8: Dogo-ri, Ssangchi-myeon, Sunchang-gun, St.9: Unam-ri, Ssangchi-myeon, Sunchang-gun, St.10: Obong-ri, Ssangchi-myeon, Sunchang-gun, St.11: Maejuk-ri, Sannae-myeon, Jeongup-si, St.12: Neunggyo-ri, Sannae-myeon, Jeongup-si

의 소지역으로 하상이 모래인 곳에 대부분 서식하였으며 극히 일부만이 잔자갈과 자갈이 있는 곳에서 서식하였고, 유속은 0~20 cm/sec, 수심은 30~150 cm 내외인 곳에 서식하였다. 또한 *C. tetralineata*의 당년생 치어는 수심이 낮은 30 cm이하인 모래지역에 주로 서식하여 성어와 차이를 보였다. St. 7~12 지역의 하천 형태는 상류와 마찬가지로 대부분 Bb형을 하고 있었으나 자갈과 모래의 비율이 감소하였으며 일부 구간에서는 하천 공사가 이루어져 있어 St. 11을 제외하고는 매우 적게 채집되었다. St. 11은 5%만이 모래로 되어 있었지만 다수의 *C. tetralineata*들이 모래에 서식하고 있었다. 호수 상류지역인 St. 12에서는 필이 쌓인 일부지역에 소수의 *C. tetralineata*가 출현하였으나 수심이 깊어지면서 더 이상 관찰되지 않았다.

*C. tetralineata*가 다수 서식하는 본 연구지인 전라북도 순창군 북흥면에서 매달 수환경을 측정하였는데, 수온은 Fig. 2와 같이 1월이 3℃로 가장 낮게 나타났고, 7월이 28℃로 가장 높게 나타났다. DO는 조사기간 중 8.4~12.7 mg/L로 비교적 풍부하게 나타나고 Conductivity는 23~38  $\mu$ s/cm로 하천 상류지역의 특징이 잘 나타났다.

#### 2. 어류상

Table 1. The environmental conditions and occurring frequencies of *Cobitis tetralineata* and *Iksookimia longicorpa* at the studied stations in the Churyeong Stream, Jeollabuk-do, Korea, 2004

Station	River width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River type	Bottom structure (%)						<i>C. tetralineata</i>		<i>I. longicorpa</i>		Remarks
					M	S	G	P	C	B	No.	RA(%)	No.	RA(%)	
1	5~7	3~4	50~70	Aa-Bb	-	-	-	10	90	-	-	31	8.37		
2	7~10	3~4	50~100	Bb	-	5	5	10	60	20	11	4.82	35	15.40	
3	5~7	1~3	50~100	Aa-Bb	-	30	40	30	-	-	-	-	28	4.90	
4	20~30	3~5	50~70	Bb	-	10	10	40	40	-	37	5.51	105	15.60	
5	20~30	10~15	30~120	Bb	-	10	20	55	15	-	69	11.10	42	6.75	
6	20~30	7~10	30~70	Bb	-	10	5	50	30	5	35	4.43	39	4.94	
7	40~50	10~30	20~40	Bb	-	-	-	70	30	-	-	-	23	6.50	RCW
8	40~50	15~20	20~50	Bb	-	-	-	60	30	10	1	0.16	11	1.74	RCW
9	40~50	10~30	100~250	Bb	-	-	-	30	60	10	2	0.95	18	8.53	RCW
10	40~50	20~30	50~100	Bb	-	-	-	20	50	30	-	-	2	0.23	RCW
11	30~40	10~20	30~100	Bb	-	5	5	15	60	15	41	6.57	13	2.08	
12	150~200	150~180	100~500	Bc	90	-	-	-	-	10	5	0.05	-	-	In lake

River type: by Kani (1944), M: Mud (~0.1 mm), S: Sand (0.1~2 mm), G: Gravel (2~16 mm), P: Pebble (16~64 mm), C: Cobble (64~256 mm), B: Boulder (256 mm<) -by Cummins (1962), RCW: River conservation work, No.: Number of individuals, RA: Relative abundance.

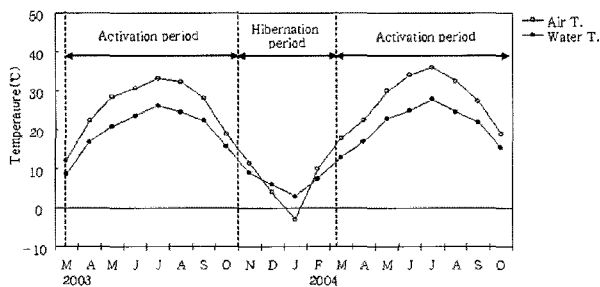


Fig. 2. Monthly changes in the air and water temperature in the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea from March 2003 to October 2004.

최상류 지역인 St. 1, 3의 출현어종은 5~6종으로 갈겨니, *Zacco temminckii* (상대풍부도 53.8%)가 우점종으로 출현하였고, 아우점종은 버들치, *Rhynchocypris oxycephalus* (21.3%)와 왕종개, *Iksookimia longicorpa*(11.8%)로 나타났으나 *C. tetralineata*는 출현하지 않았다. 상류 지역인 St. 2, 4, 5, 6(Fig. 3)에서는 13~19종이 출현하였으며 우점종은 공통적으로 *Z. temminckii* (30.5%)로 나타났고, 아우점종은 피라미, *Z. platypus* (17.7%)와 칼납자루, *Acheilognathus korensis* (15.8%), *I. longicorpa* (9.5%)로 조사되었다. 그 밖에 *C. tetralineata* (7.5%), 긴물개, *Squalidus gracilis majimae* (3.6%), 돌고기, *Pungtungia herzi* (3.3%), 동사리, *Odonotobutis platycephala* (2.3%) 등의 순으로 나타났다. 중류 지역인 St. 7~10은 14~23종의 어류가 출현하였고, 우점종은 *Z. platy-*

*pus* (31.7%), 아우점종은 쉬리, *Coreoleuciscus splendidus* (11.9%), *Z. temminckii* (11.1%)로 나타났으며, 그 밖에 *A. korensis* (7.7%), 치리, *Hemiculter eigenmanni* (7.2%), 은어, *Plecoglossus altivelis* (6.5%) 등이 출현하였다. 하류 지역인 St. 11~12은 13~23종의 어류가 출현하였고, 우점종은 *H. eigenmanni* (28.7%), 아우점종은 *Z. platypus* (19.7%), *P. altivelis* (12.3%)로 나타났으며, 그 밖에 참물개, *Squalidus chankaensis tsuchigae* (8.2%), 베스, *Microp-terus salmoides* (7.1%), 갈문망둑, *Rhinogobius giurinus* (4.8%) 등의 순으로 나타났다.

동소 출현종이며 같은 미꾸리과에 속하는 *I. longicorpa*는 추령천에서 *C. tetralineata*와 마찬가지로 중·상류지역에서 우세하게 출현하였다. 하지만 미소 서식지에 있어서 *I. longicorpa*는 모래지역이 아니라 자갈과 돌로 이루어진 곳에서 주로 서식하였고, *C. tetralineata*보다 상류까지 출현하였으며 하류에서도 대부분 더 높은 비율을 보였다(Table 1). 하류로 가면서 *I. longicorpa*가 *C. tetralineata* 보다 더 우세하게 출현한 원인은 추령천의 경우 상류에서 하류로 갈수록 모래의 비율이 낮아지고 돌의 비율이 높아지기 때문으로 판단된다. 정수역인 옥정호의 상류부 St. 12에서는 *I. longicorpa*는 서식하지 않았다.

**활동 시기**

*C. tetralineata*의 활동 시기는 연활동 주기와 일활동 주기로 나누어 조사하였다. 연활동 주기를 관찰한 결과(Fig. 2) 낮 수온이 8~10°C인 3월 중순부터 하천바닥에서 나와 활동하였다. 이

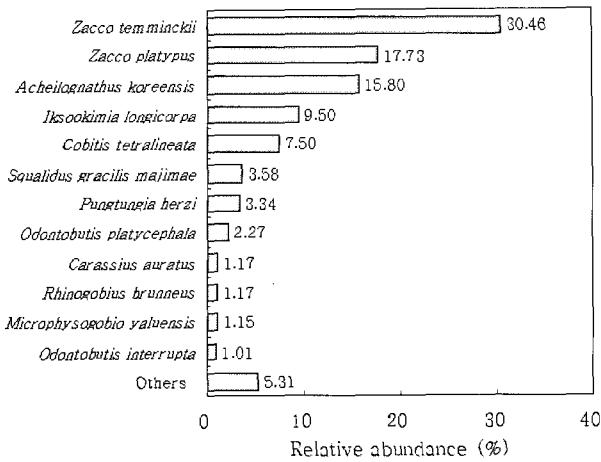


Fig. 3. Relative abundance of collected fishes in the upper Churyeong Stream (St. 2,4,5,6) at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea, 2004.

후 수온이 계속 증가함에 따라 활발한 활동을 보이다가 수온이 13°C 이하가 되는 10월 말경부터 하천 바닥으로 파고 들어가 월동하였다. 월동장소는 대부분 모래가 쌓인 수심 50~150 cm인 곳이었으나 전장 40 mm 이하의 당년생 치어는 대부분 수심이 30 cm 이하인 모래바닥이나 낙엽이 쌓인 곳에서 월동하였다.

일활동 주기는 2004년 8월 27일에 2시간 간격으로 출현 개체수를 조사한 결과 주행성 어류로 판단되었다(Fig. 4). 기온과 수온이 가장 낮은 6시에는 하천 바닥 위로 나와 있는 개체가 관찰되지 않았으나 일출 후 기온과 수온이 올라가면서 출현 개체수가 증가하여 12시부터는 대부분의 개체가 하천 바닥 위로 나와 있었다. 섭식행동을 보이는 개체는 10시 이후부터 관찰되었으며 14시까지 급격한 증가를 보이고 이후 일몰까지 지속되었다. 하지만 일몰 후에는 섭식 행동을 멈추었고 얼마 후 대부분의 개체가 모래 속으로 파고 들어가 은신하였다.

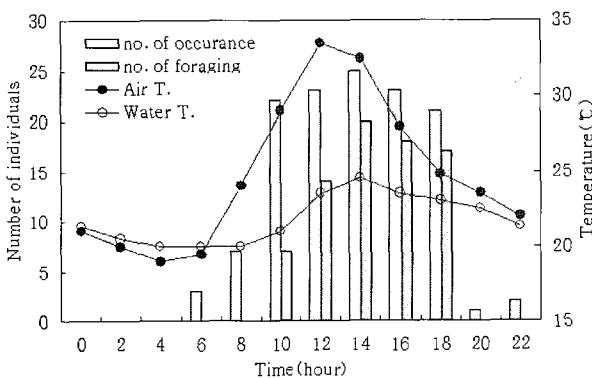


Fig. 4. Appearance frequency (20 m<sup>2</sup>) of *Cobitis tetralineata* at intervals of two hours of a day in the Yocheon Stream at Bokheung-myeon, Sikjeong-dong, Namwon-si, Jeollabuk-do, Korea from 27 August 2004.

성장도 및 연령 추정

전장빈도분포법(Ricker, 1971)에 의해 *C. tetralineata*의 성장도와 연령을 추정하였다. 11월 기준으로 연령을 보면(Fig. 5) 당년생(20~40 mm)은 암수가 구별되지 않았지만 부화 후 13~14개월 후에 수컷 가슴지느러미에 이차성장인 골질반(lamina circularis)이 형성되면서 암수가 구별되었다. 수컷은 1년생이 50~65 mm, 2년생 이상이 65 mm<으로 추정되었으며 100 mm를 넘지 못하였으나, 암컷은 1년생이 45~65 mm, 2년생이 65~90 mm, 3년생 이상이 90 mm<으로 추정되어 수컷에 비하여 암컷이 약 20~30 mm 정도 신장되어 보였다. 채집된 개체 중 가장 큰 개체는 121.4 mm였다. *C. tetralineata*의 당년생 치어는 7월 말에 20.0 ± 2.4 mm이었고 이후 성장을 하여 9월에 30.9 ± 4.8 mm, 11월에 34.5 ± 5.9 mm로 성장하였다. 하지만 이듬해 2월(34.0±2.8 mm)까지는 거의 성장을 하지 않다가 활동기가 시작되면서 급격한 성장을 보여 5월에 54.7 ± 6.3 mm, 9월에 61.7 ± 4.5 mm로 성장하였다. 이후 연령이 증가하면서 성장률은 점차적으로 둔화되는 경향을 보였다. 줄종개의 체중성장식(Fig. 6)은 수컷이  $W = 1E-06L^{3.4049}$  ( $R^2 = 0.9733$ ), 암컷은  $W = 2E-06L^{3.2699}$  ( $R^2 = 0.9795$ )로 나타나 암·수가 비슷하게 나타났지만 범위에 있어서는 차이를 보였다.

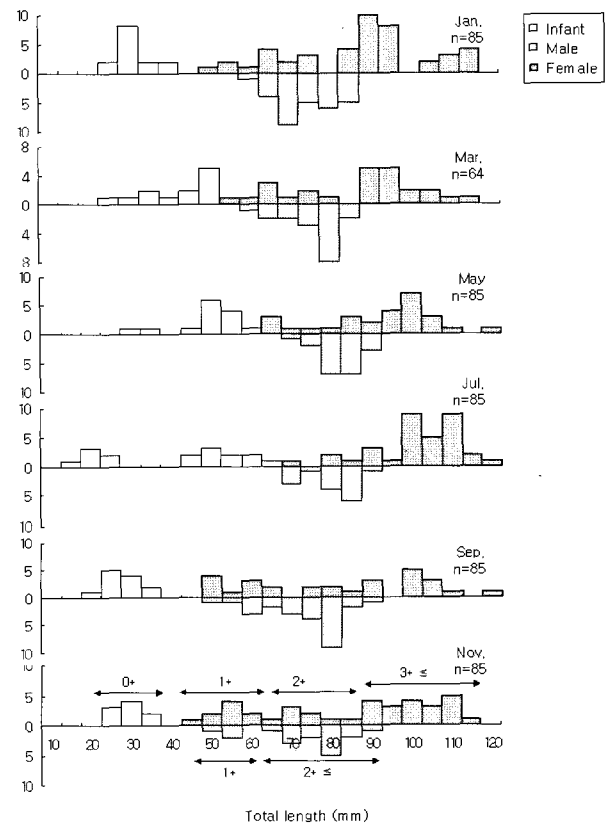


Fig. 5. Length frequency distribution of *Cobitis tetralineata* in the Churyeong Stream populaton at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea, 2004.

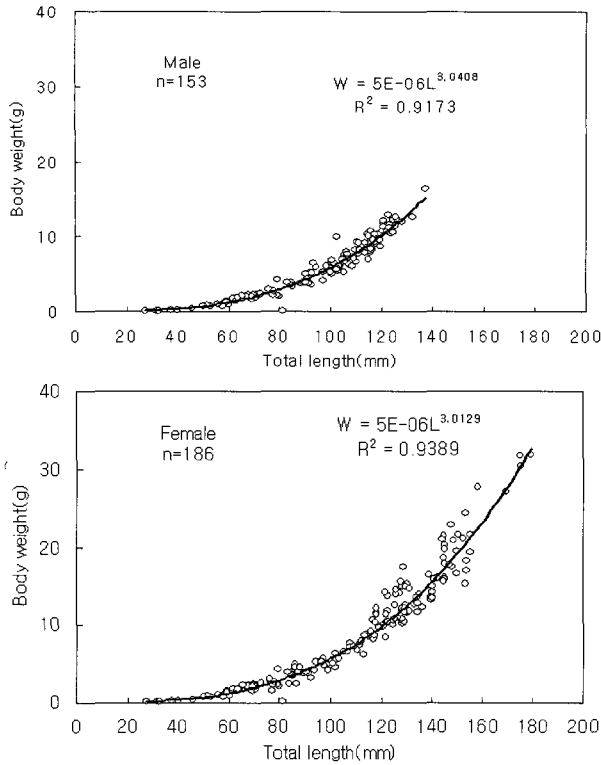


Fig. 6. Relationship between total length and body weight of *Cobitis tetralineata* in the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea.

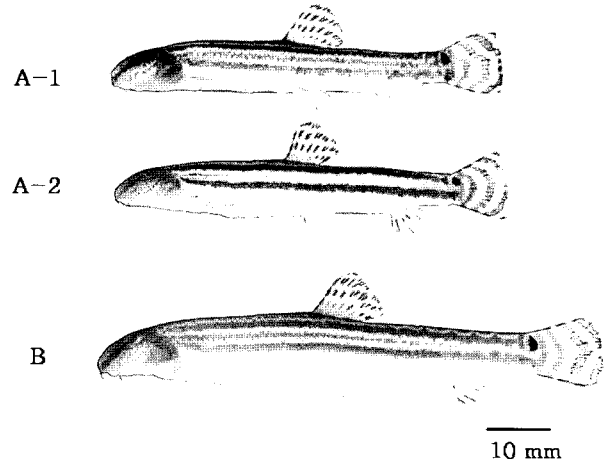


Fig. 7. Sex dimorphism of *Cobitis tetralineata* in lateral color pattern. A-1 : male (normal), A-2 : male (dimorphism), B : female

미 제 2기조에 골질반이 형성되어 암수가 구별되었다. 이러한 특징을 기준으로 채집된 498개체를 구별한 결과 암컷이 340개체, 수컷이 193개체로 1 : 0.57로 나타나 암컷이 수컷에 비해 높은 비율을 보였다(Table 2).

산란시기가 되면 산란에 참여하는 만 2년생 이상의 수컷은 대부분의 개체가 체측반문의 성적이형이 나타났는데(Fig. 7), Gambetta's zone 3이 점점 가늘어지다가 없어졌으며(Fig. 7. A-2), Gambetta's zone 2와 4는 두꺼워지면서 진해졌다. 이러한 현상은 5월(42.1%)부터 시작되어 6월(80.2%)에 가장 높게 나타났으며 이후 감소하여 8월(16.7%)까지 나타났다. 암컷은 거의 변화가 없었지만 6월과 7월에 10~15%로 일부 변화가 일어났다.

산란시기 및 산란기특징

1. 성비 및 성적이형

*C. tetralineata*는 부화 후 13~14개월 후에 수컷 가슴지느러

2. 산란시기

Table 2. Monthly change of gonad index and sex specific color pattern ratio in *Cobitis tetralineata* from the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea from 2003 to 2004

Month	2003~2004												Total	
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		
No. of investigated specimen	Female	12	20	30	24	58	40	30	8	39	25	47	7	340
	Male	7	13	20	14	23	17	15	8	27	18	26	5	193
Female	Dimorphism type*	-	-	-	-	-	15.0	10.0	-	-	-	-	-	
	Normal type	100	100	100	100	100	85.0	90.0	100	100	100	100	100	
Male	Dimorphism type	-	-	-	-	42.1	80.2	56.2	16.7	-	-	-	-	
	Normal type	100	100	100	100	47.9	19.8	43.8	83.3	100	100	100	100	
GSI (%)	Female	1.6	2.1	2.0	4.8	14.1	12.3	2.7	1.8	1.7	1.7	1.8	2.1	
	Male	0.5	0.8	0.9	1.1	2.3	2.3	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	

Dimorphism type\*: Gambetta's zone 3 disappear more than 30% and the wide of it decrease over 50%

생식소가 발달하는 *C. tetralineata* 개체들은 암·수 모두 만 2년생 이상으로 수컷은 75 mm 이상, 암컷은 80 mm 이상의 개체들이었다. 생식소성숙도의 변화를 조사한 결과 산란 후 8월부터 이듬해 3월까지의 생식소가 거의 발달하지 않았다(Fig. 8). 그러나 3월부터 생식소가 급격히 발달하여 GSI가 2003년에는 6월에, 2004년에는 5월에 가장 높게 나타났고 이후 급격히 생식소 성숙도가 감소하였다. 이러한 결과를 볼 때 산란성기는 6월에서 7월로 추정되었으며, 6월말부터 7월 중순까지 산란을 마친 개체가 집중적으로 채집되는 것으로 보아 이 시기가 *C. tetralineata*의 산란성기로 추정되었다. 이 시기의 수온은 22~26°C였고, 채집된 다수의 암컷들은 공통적으로 몸의 중앙 부위에 혈흔이 있었고 채색이 희미해져 있었으며 활동이 활발하지 못하였다.

산란 직전인 6월 초에서 중순 사이에 *C. tetralineata* 암컷을 채집하여 포란수(Fig. 9)와 난경을 측정하였는데 포란수는 1,288 ± 583(474~2,976)개로 나타났고, 전장이 증가함에 따라 포란수가 급격히 증가하였는데 연령별로 구분하여 보면 2년생은(n=11) 926±270개, 3년생(n=19) 1,249 ± 444개, 4년생 이상(n=5)은 2,236 ± 573개로 나타났다. 난은 구형으로 크기가 균일하였으며

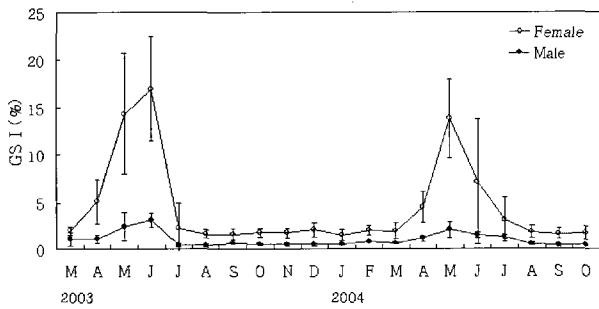


Fig. 8. Monthly change of gonadosomatic index of *Cobitis tetralineata* (♂140, ♀193) in the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea from 2003 to 2004. Vertical lines show SD.

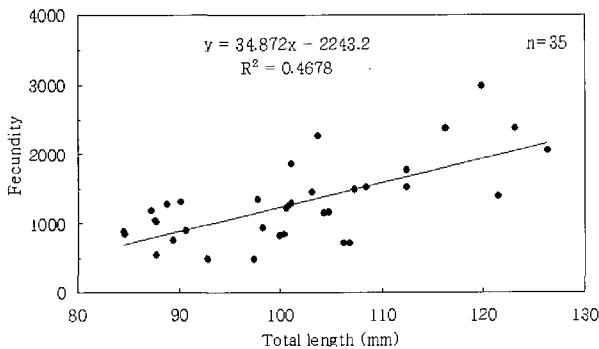


Fig. 9. Fecundity of *Cobitis tetralineata* in the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea from 2003 to 2004.

난경은 0.98 ± 0.1 mm(n=10)이었다.

섭식 행동과 소화관 내용물

1. 섭식 행동

*C. tetralineata*는 주행성 어류로 오전 10시경부터 해지기 전까지 섭식행동을 보였다(Fig. 4). 개체당 30분 동안 수중관찰을 통해 섭식행동을 알아본 결과 대부분 모래 위 표층을 훑듯이 전진하면서 먹이를 걸러먹었고, 일부 개체는 유기물 층을 집중적으로 파면서 먹이를 걸러먹었으나 표층에 국한하였다. 섭식 장소는 치어기와 성어기 모두 모래지역이었으며 일부 큰 개체는 돌 표면에서 섭식을 하기도 하였지만 시간투자율은 5% 미만이었다(Fig. 10). 어린개체는 시간의 95% 이상을 섭식하는데 사용하였지만, 개체가 커짐에 따라 유영시간과 주위를 경계하는 시간이 점점 증가하여 섭식에 투자하는 시간은 70% 안팎으로 머물렀다.

2. 소화관 내용물

*C. tetralineata*의 소화관 내용물을 동물성과 식물성으로 구분하여 비교하였다. 부피로 볼 때 동물성 먹이가 70.0%, 식물성 먹이가 30.0%를 차지하여 동물성 먹이를 더 선호하였다. 동물성 먹이(Fig. 11)는 수적인 면에서, 꽃병벌레류(Arcellidae)가 30.0%, 깔다구류(Chironomidae) 21.3%로 높게 나타났고, 윤충류(Plima) 12.4%, 물벼룩류(Branchioda) 10.4%, 요각류(Copepoda) 10.1% 등으로 나타났다. 반면 부피면에서 깔다구류가 60.4%로 가장 높게 나타났고 그 다음이 물벼룩류 7.5%, 꽃병벌레류 5.8%로 나타났으며 기타가 5% 미만이었다. 따라서 깔다구류는 수적인 면과 양적인 면에서 모두 중요한 먹이로 나타났다. 식물성 먹이(phytoplankton)는 규조류(Bacillariophyceae)의 *Cymbella*, *Synedra*, *Melosira*, *Cocconeis*, 남조류(Cyanophyceae)의 *Aphanocapsa*, 녹조류(Chlorophyceae)의 *Cosmarium* 등을 많이 섭식하였다.

계절에 따른 먹이 변화를 수적으로 조사한 결과 깔다구류는 여름에 특히 높은 비율로 나타났고, 꽃병벌레류는 봄과 가을에 많이 나타났으며, 윤충류는 다른 계절보다 가을에 높은 비율로

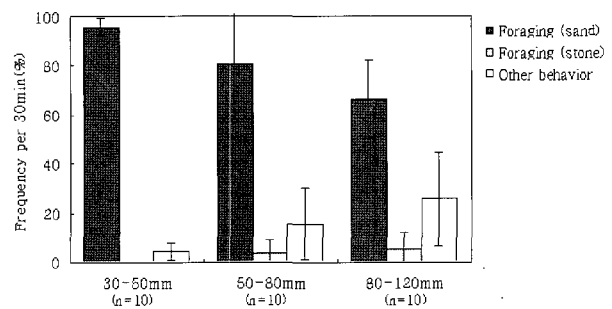


Fig. 10. Frequencies of foraging behaviors by *Cobitis tetralineata* in the Yocheon Stream at Sikjeong-dong, Namwon-si, Jeollabuk-do, Korea, 2004. Vertical lines show SD.

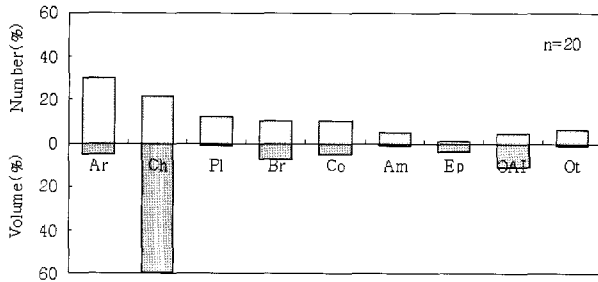
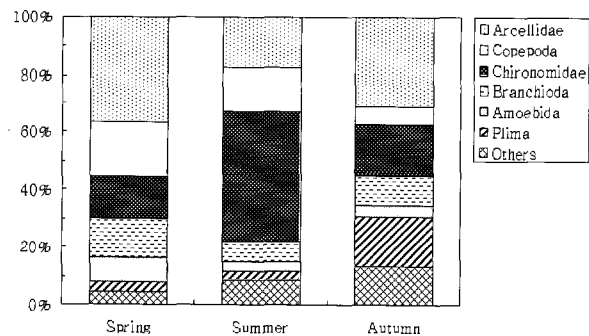
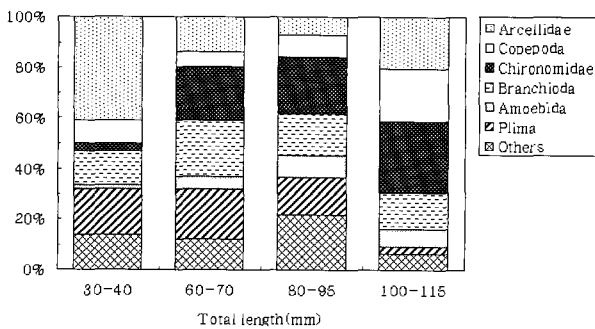


Fig. 11. Percentage of number and volume of animal prey taxa from the intestine of *Cobitis tetralineata* in the Yocheon Stream population at Sikjeong-dong, Namwon-si, Jeollabuk-do, Korea from January to November 2004. Ar: Arcellidae, Pl: Plima, Br: Branchiada, Co: Copepoda, Am: Amoebida, Ep: Ephemeroptera, OAI: Others aquatic insecta, Ot: Others

조사되었다(Fig. 12 A). 성장에 따른 먹이변화를 보면 치어기 때는 꽃병벌레류, 윤충류가 높게 나타났고, 성장함에 따라 이들의 비율은 낮아지고 깔다구류와 요각류가 급격히 증가하였으며 물벼룩류는 치어와 성어 모두 10~15%로 비슷한 비율로 조사되었다(Fig. 12 B).



A. Season (n=20)



B. Size (n=27)

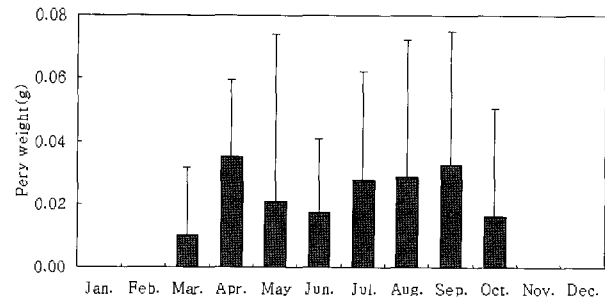
Fig. 12. Changes in feeding habits by season (A) and size (B) of *Cobitis tetralineata* in the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea from January to November 2004.

### 3. 연중 섭식 중량 변화와 섭식 개체율 변화

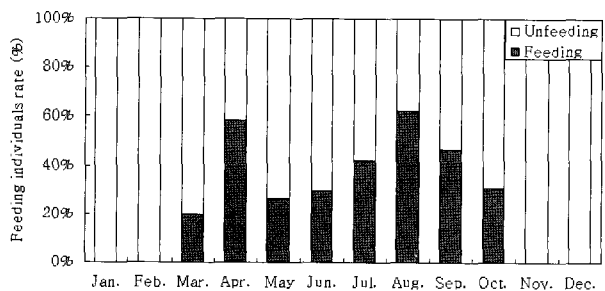
연중 섭식 중량과 섭식 개체율 변화를 알아보기 위하여 매달 조사한 결과 섭식중량 변화(Fig. 13 A)는 월동기인 11월부터 2월에는 전혀 섭식을 하지 않았고 이후 활동기인 3월부터 섭식을 하여 10월까지 섭식이 관찰되었다. 섭식량은 4월과 9월에 두 개의 정점을 보이며 높게 나타났고, 5월과 6월에 낮게 조사되었다. 섭식개체율(Fig. 13 B) 또한 섭식중량과 비슷하게 나타났다으며 섭식량이 높은 시기인 4월과 8월에 활발하게 섭식활동을 하였다.

### 고찰

*C. tetralineata*는 섬진강 추령천의 중·상류지역에 높은 비율로 출현하였으나 최상류나 하류로 갈수록 비율이 점점 감소하였다. 서식지는 유속이 느리거나 거의 정체된 곳으로 모래가 쌓인 곳에 주로 서식하고 있는데, 이러한 서식지 특징은 다른 *Cobitis*속 어류인 기름종개, *C. hankugensis*, *C. lutheri*, 북방종개, *C. pacifica*와 비슷한 경향을 보였다(김과 박 2002). 동소출현종인 *I. longicorpa*는 추령천에서 *C. tetralineata*와 마찬가지로 중·상류지역에서 우세하게 출현하였지만 *I. longicorpa*는 최상류까지 출현하고 *C. tetralineata*는 정수역의 호수 상류까지 서식하여 서식 범위에서 차이를 보였다. 미소서식지에 있어서도 *C. tetra-*



A. Prey weight



B. Feeding individuals rate

Fig. 13. Seasonal change of prey weight (A) and feeding individuals rate (B) of *Cobitis tetralineata* (n=226) in the Churyeong Stream at Bokheung-myeon, Sunchang-gun, Jeollabuk-do, Korea, 2004.

*lineata*는 하상이 모래이며 유숙이 느린 곳에 밀집하여 서식하였지만, *I. longicorpa*는 유숙이 *C. tetralineata*의 서식지 보다 비교적 빠르며 자갈과 돌로 이루어진 곳에서 서식하였다. 따라서 *C. tetralineata*와 *I. longicorpa*는 같은 저서성 어류로 생태적 지위가 비슷하지만 서로 다른 하상을 선택함으로써 서식지를 분리하여 종간 경쟁을 피하고 두 종 모두 공존할 수 있게 분화 적응한 것으로 생각된다. 이와 같은 서식지 분리 현상은 다른 여러 종류의 담수어류에서도 나타나는데 수온의 차이로 인한 연준모치, *Phoxinus phoxinus*와 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지 분리(백 등 2002), 유숙에 따른 돌상어, *Gobiobotia brevibarba*와 꾸구리, *Gobiobotia macrocephala*의 서식지 분리(최 2002), 포식자로 인한 *Microgobius gulosus*와 *Gobiosoma robustum*의 서식지 분리(Schofield 2003) 등이 보고되었다.

*C. tetralineata*의 활동은 주행성 어류로 수온이 13°C 이상인 3월 중순부터 10월말까지 바다 밖으로 나와 활동하였고, 11월부터 다음해 2월까지의 하천 바다 속으로 파고 들어가 월동하였다. 이러한 특징은 동소적으로 출현하는 *I. longicorpa*와 매우 유사하였고(김과 고, 2005), 유럽의 *C. taenia*의 경우(Bohlen 2003)도 3월부터 시작하여 10월까지 활동하고 이후에는 모래 속으로 파고 들어가 월동한다고 하여 연중 활동 주기가 *C. tetralineata*와 일치하였으나 수온이 11~14°C일 때 섭식 내용이 관찰되고 4~6°C일 때는 먹이 활동을 멈춘다고 하여 온도에서의 적응도는 차이를 보였다. 또한 *C. taenia*의 일활동주기는 Robbtham (1977)이 주행성으로 보고하였지만, 이후 Bohlen (2003)은 야행성이라 하여 의견의 차이를 보였다.

연령 조성에 있어서는 참종개, *I. koreensis* (김 1978), 부안종개, *I. pumila* (김과 이 1984), *I. longicorpa* (김과 고 2005)와 같이 3년생 이상이 나타나고 암컷이 수컷에 비해 전장이 크게 나타났지만, 연령대의 크기에 있어서는 차이를 보였다.

암수 구별은 수컷 가슴지느러미 제2기조 기부에 나타나는 골질반(lamina circularis)으로 쉽게 구별되었는데, 부화 후 13~14개월 이후부터 발달하기 시작하여 암수가 구별되었다. 이러한 골질반의 발달시기는 *I. longicorpa*와 일치하였다(김과 고, 2005). 성비는(♂/♀) 0.57로 수컷에 비하여 암컷이 우세하게 나타나 *C. lutheri* (김과 정 1988)의 0.65, *I. hugowolfeldi* (최 2003)의 0.60, *I. koreensis* (김 1978)의 0.75, *I. longicorpa* (김과 고 2005)의 0.65와 유사한 양상으로 나타났지만, *I. pumila* (김과 이 1984)의 1.02와는 차이를 보였다. 생식소 성숙도가 높은 5월부터 8월까지 *C. tetralineata* 수컷은 체측반문의 성적이형을 보였는데, 이러한 반문변이는 우리나라 미꾸리과의 *C. lutheri* (김과 정 1988)와 종개과 Balitoridae의 쌀미꾸리, *Lefua costata*에서 나타남이 보고되었고(김 1997), 외국의 경우 *C. palpudica*, *C. billineata*, *C. fahireae*가 산란시기에 반문의 변화가 보고되었다(Bohlen 2000). *C. lutheri*의 반문변이는 4월부터 나타나기 시작하여 6월에 99%로 정점을 이루고 9월까지 나타난다고 하여(김과 정 1988) *C. tetralineata*와 정점은 같은 6월로 나타났지만 출현기간과 비율에 있어서는 차이를 보였다. 이러한 반문변이의

원인은 성호르몬의 영향으로 생각되며 우리나라 *Cobitis* 속의 다른 어류에서도 이러한 현상이 나타나는지 추후 세밀한 연구가 필요하다고 생각된다.

생식소가 발달하는 시기는 4월부터였으며 정점은 2003년에는 6월, 2004년에는 5월에 정점을 보이고 이후 산란으로 인하여 급격히 감소하였다. 이후 생식소는 이듬해 3월까지 거의 발달하지 않았다. 동소 출현종인 *I. longicorpa*(김과 고 2005)는 5월에 정점을 보이고 산란 직후인 6월에 최소치(우: 0.7%, ♂: 0.3%)를 보였다. 이후 월동기가 시작되는 11월(우: 3.5%, ♂: 1.6%)까지 생식소가 발달하고 이후 발달이 멈추었다가 이듬해 3월부터 다시 급격히 발달한다고 하여 산란시기와 정점, 발달 단계에 차이를 보였다.

산란시기는 2003년에는 7월초부터 중순에, 2004년에는 6월 말부터 7월 중순으로 추정되어 *C. lutheri*(김과 정 1988)와 비슷한 시기에 산란을 하였으며, *I. koreensis*(김 1978) 6월, *I. pumila*(김과 이, 1984) 5월, *I. longicorpa*(김과 고 2005) 6월 보다 늦게 산란하였다. 산란시기에는 *C. tetralineata* 암컷의 중앙 부위에 혈흔이 나타나고 채색이 희미해져 있는 개체들이 다수 관찰되었는데 이는 유럽산 *C. taenia*의 수컷이 암컷의 몸통을 감싸고 골질반으로 복부를 눌러 산란을 유도한다는 결과를 볼 때(Bohlen 2003) 산란행동과 관련이 있는 것으로 추정된다.

생식소가 발달하는 개체는 만 2년생 이상의 개체였고, 연령에 따라 GSI와 포란수가 증가하는 것이 관찰되었는데 이러한 특징은 미꾸리과의 *I. koreensis* (김 1978), *I. pumila* (김과 이 1984), *I. longicorpa* (김과 고 2005)에서도 관찰되었다. *C. tetralineata*의 포란수는  $1,288 \pm 583(474 \sim 2,976)$ 개로 나타나 *I. koreensis* 1,271(986~1,683)개와 비슷하게 나타났지만 *I. pumila* 329(142~878)개, 일본산 *C. biwae*(岡田·清石 1937) 668(423~980)개 보다는 많게 나타나고, *I. longicorpa* 2,402  $\pm$  944(1,455~5,405)개 보다는 적게 나타났다. *C. tetralineata* 성숙년의 난경에 있어서는  $0.98 \pm 0.10$  mm로 나타나 *I. koreensis*  $1.10 \pm 0.08$  mm, *I. hugowolfeldi*  $1.11 \pm 0.09$  mm, *I. pumila*  $1.35 \pm 0.08$  mm, *I. longicorpa*  $1.32 \pm 0.12$  mm 보다 작았다.

미꾸리과 어류는 공통적으로 바닥의 유기 물질을 걸러 먹거나 섭식장소는 종마다 약간씩 차이를 보인다(김과 박 2002). *C. tetralineata*는 모래표층에서 대부분 먹이를 섭식하였고, 깔다구류가 가장 높은 비율로, 그 다음으로 꽃병벌레류, 물벼룩류, 요각류, 윤충류, 조류 순으로 나타났다. 동소 출현종인 *I. longicorpa*는 주된 섭식 장소가 돌표면이나 돌틈이었고, 소화관 내용물은 하루살이류(Ephemeroptera)와 깔다구류가 가장 높은 비율로 나타났으며, 그 밖에 윤충류, 물벼룩류, 꽃병벌레류, 조류가 나타난다고 하여 차이를 보였다(김과 고 2005). 일반적으로 하루살이는 돌이 있는 곳에 많이 서식하고, 깔다구류는 돌과 모래지역 모두 많이 서식하기 때문에 이런 소화관 내용물의 차이는 섭식 장소의 차이에 의해 달라진 것으로 생각된다.

계절에 따른 먹이 변화는 주변 환경의 먹이 생물의 조성 및 출현 양에 따라 계절 변화를 보인다(최 2002, 백 등 2002, 허와



곽 1997a, b). 또한 일반적으로 어류는 성장함에 따라 잠재먹이 (potential prey)의 범위가 커지고(Wootton 1976) 섭식장소 및 섭식방법이 달라짐에 따라 먹이의 변화를 가져온다고 알려져 있다(김 1996, Choi 2003). *C. tetralineata*도 계절에 따른 환경 변화로 인하여 먹이 생물이 변화하였는데 봄에는 꽃병벌레류와 깔다구류, 요각류가 높게 나타나고, 여름에는 깔다구류가, 가을에는 꽃병벌레류와 깔다구류, 윤충류가 높게 나타났다. 성장에 따른 먹이변화는 치어기 때 크기가 작은 꽃병벌레류, 윤충류 등을 주로 섭식하다가 성장하면서 깔다구류, 요각류와 같은 비교적 큰 먹이로 먹이 생물이 변화하였다.

*C. tetralineata*는 월동기인 11월부터 이듬해 2월까지 섭식을 하지 않았다. 하지만 3월부터 섭식량은 급격히 증가하여 4월에 정점을 이루었고 이후 다시 감소하여 6월에 낮은 수치를 보인 후 다시 증가하여 9월에 두 번째 정점을 이룬 후 다시 감소하였다. 이런 두 개의 정점은 산란과 월동대비로 인하여 섭식량이 증가한 것으로 보이며 5월과 6월에 감소한 것은 산란기와 우기로 인한 서식지 교란으로 판단된다. 동소 출현종인 *I. longicarpa* (김과 고 2005)도 섭식 중량 변화나 섭식 개체울에서 비슷한 경향을 보였다.

## 적 요

줄종개, *Cobitis tetralineata*의 생태를 섬진강 지류인 추령천에서 조사하였다. *C. tetralineata*는 하상이 모래이고, 유속이 10~20 cm/sec, 수심은 30~150 cm인 곳에 대부분 서식하였다. 활동은 낮에만 활동하는 주행성 어류로 3월부터 10월까지 활동하였고, 이후 11월부터 이듬해 2월까지의 바닷 속으로 파고들어 겨울하였다. 성비는 암컷과 수컷이 1 : 0.57로 나타났고, 암컷이 수컷보다 20~30 mm (TL)이 더 컸다. 줄종개(암컷)의 연령은 20~40 mm가 당년생, 45~65 mm가 1년생, 65~90 mm가 2년생, 90 mm 이상이 3년생 이상으로 추정되었다. 부화 후 13~14개월 이후에 수컷 가슴지느러미 제2기조에 골질반이 형성되어 암수가 구별되었으며, 또한 수컷은 산란시기에 반문변이가 일어났다. 산란시기는 수온이 22~26°C인 6월 말부터 7월 중순으로 추정되었고, 포란수는 1,288 ± 583(474~2,976)개, 난경은 0.98 ± 0.1 mm 이었다. 섭식은 주로 깔다구류, 꽃병벌레류, 물벼룩류, 조류 등을 섭식하였으며, 섭식률은 4월과 9월에 높게 나타났고 월동기에는 섭식하지 않았다.

## 인용문헌

- 김병직. 1996. 한국산 좁구굴치 *Hypseleotris swinhonis* (GÜ nther)의 생태와 생활사. 전북대학교 대학원 석사학위 논문. pp. 56.
- 김익수. 1978. 전주천 참종개 *Cobitis koreensis*의 생태. 한국생태학회지 2: 9-14.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 국정교과서(주), 연기. pp. 629.
- 김익수, 곽명훈. 2005. 섬진강에 서식하는 왕종개 *Iksookimia longicarpa*(Cobitidae)의 생태. 한국어류학회지 17(2): 112-122.
- 김익수, 박종영. 1996. 한국산 줄종개 *Cobitis lutheri*(미꾸리과)의 정소 및 정자의 구조. 한국어류학회지 8(1): 1-8.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사. pp. 465.
- 김익수, 이금영. 1988. 한국산 점줄종개(*Cobitis lutheri*)와 줄종개(*C. striata*)의 분류학적 연구. 한국동물분류학회지 4(2): 91-102.
- 김익수, 이완옥. 1984. 백천에 서식하는 참종개 *Cobitis koreensis* KIM 개체군의 형태와 생태. 한국생태학회지 7(1): 10-20.
- 김익수, 정만택. 1988. 한국산 점줄종개 *Cobitis lutheri*의 계절적 반문변이. 한국생태학회지 11(2): 77-82.
- 박종영. 1996. 한국산 미꾸리과(Cobitidae) 어류의 생식소에 관한 형태학적 연구. 전북대학교 대학원 박사학위 논문. 158 pp.
- 백현민, 송호복, 심하식, 김영진, 권오길. 2002. 연준모치 *Phoxinus phoxinus*와 금강모치 *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지 분리와 먹이선택. 한국어류학회지 14(2): 121-131.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. pp. 218.
- 정준. 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적. pp. 496.
- 조규승. 1993. 한국담수동물플랑크톤도감. 아카데미서적. pp. 389.
- 최은경. 2003. 남방종개 *Iksookimia hugowolfeldi* (Pisces, Cobitidae)의 생물학적 연구. 전북대학교 교육대학원 석사학위논문. pp. 42.
- 최재석. 2002. 돌상어, *Gobiobotia breviparba* Mori (Cyprinidae)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문. pp. 103.
- 허성희 · 광석남. 1997a. 베도라치(*Pholis nebulosa*)의 섭식. 한국어류학회지 9(1): 22~29.
- 허성희 · 광석남. 1997b. 광양만 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절변동. 한국수산자원학회지 30(5): 892-902.
- Bohlen J. 2000. Similarities and differences in the reproductive biology of loaches (*Cobitis* and *Sabanejewia*) under laboratory conditions. Folia Zool 49(suppl. 1): 179-186.
- Bohlen J. 2003. Spawning habitat in the spined loach, *Cobitis taenia* (Cypriniformes, Cobitidae). Japan Ichthyol 50: 98-101.
- Choi SH. 2003. A study on foraging behavior of four species in the genus *Pterogobio* (Pisces: Gobiidae), with note on speciation. Hiroshima University Doctoral thesis. pp. 162.
- Cummins KW. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am Midl Nat 67: 477-504.
- Erk'akan F, Ekmekci FG. 2000. Habitats of *Cobitis fahireae*, *Cobitis punctulata* and *Cobitis levantina* (Teleostei: Cobitidae) in Turkey. Folia Zool 49(suppl. 1): 193-198.
- Kim IS. 1980. Systematic studies on the fishes of the family Cobitidae(Order Cypriniformes) in Korea(1). Kor J Zool 23(4): 239-249.
- Kim IS, Park JY. 1992. Sex ratios and Hermaphroditism of *Cobitis lutheri*(Pisces, Cobitidae) from Korea. Korea. J Ichthyol 4(2): 72-76.
- Kim IS, Park JY, Nalbant TT. 1999. The far east of the genus *Cobitis* with the description of three new taxa (Pisces: Ostariophysii: Cobitidae). Trav Mus Nus Natl Hist Nat(Gragore Antipa). 39: 373-391.
- Nalbant TT. 2002. The tribe Cobitini: a monophyletic assemblage. II International Conference: Loaches of the genus *Cobitis* and related genera. P. 51. Programme & Book of abstracts. Sept. 9-13, 2002. Olsztyń. Poland.

- Oliva-Paterna FJ, Torralva MM, Fernandez-Delgado C. 2002. Age, growth and reproduction of *Cobitis paludica* in a seasonal stream. *J Fish Biol* 60: 389-404.
- Park JY, Kim IS. 1997. Egg Membrane in Five Cobitid Species of *Cobitis* (Pisces : Cobitidae). *Korean J Ichthyol* 9(1): 121-129.
- Przybylski M, Vallandolid M. 2000. Age and growth of *Cobitis paludica* in the Lozoya River (Central Spain). *Folia Zool* 49(suppl. 1): 129-134.
- Ricker WE. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. *IBP hand book* 3: 112-13.
- Robotham JWP. 1977. Feedings habits and diet in two populations of spined loach, *Cobitis taenia* (L.). *Freshwater Biol* 7: 469-477.
- Robotham JWP. 1981. Age, growth and reproduction of spined loach, *Cobitis taenia* (L.). *Hydrobiologia* 85: 129-136.
- Schofield, P.J. 2003. Habits selection of two gobies (*Microgobius gulosus*, *Gobiosoma robustum*): influence of structural complecity, competitive interactions, and presence of a predator. *J Exp Mar Biol Ecol* 288: 125-137.
- Slavik O, Mattas D, Jirinec P, Bartos L, Rebec J. 2000. Substratum selection by different size of spined loach *Cobitis* sp. *Folia Zool* 49(suppl. 1): 167-172.
- Wootton, R. J. 1976. *The biology of the sticklebacks*. Academic press, London. 387 pp.
- 可兒藤吉(Kani). 1944. 溪流昆蟲의 生態. 研究士, 東京.
- 岡田彌一郎・清石禮造, 1937. 日本淡水魚の仔魚と稚魚形態及び生態的研究 8. *水産研究誌*, 32(8): 549-554.  
(2006년 6월 1일 접수; 2006년 6월 27일 채택)