

불갑천에 서식하는 큰납지리 *Acheilognathus macropterus* (Pisces: Cyprinidae)의 개체군 생태

김형수 · 김익수*

전북대학교 자연과학대학 생물학과

Population Ecology of Deep Body Bitterling, *Acheilognathus macropterus* (Pisces: Cyprinidae) in the Bulgapcheon Stream, Korea by Hyeong-Su Kim and Ik-Soo Kim* (Department of Biological Science, College of Natural Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)

ABSTRACT Population ecology of *Acheilognathus macropterus* was investigated at the part of the Bulgapcheon stream in Korea from March to November in 2006 and April in 2008. It mainly inhabited in slow water with sand and mud bottoms. The standard length of this population indicated that below 48 mm group is one year old, 48~58 mm group is two years old, 58~64 mm group is three years old and longer than 66 mm group is regarded over four years old. The sex ratio of the female to the male was 1 : 0.99. Spawning season from April to June with the water temperature in 15~20°C. The average number of eggs in ovary was 680 ± 209 . The matured egg size was 1.92×1.60 mm. Stomach contents were mainly phytoplanktons such as the genera *Navicular*, *Cymbella*, *Fragilaria*.

Key words : *Acheilognathus macropterus*, population ecology, Bulgapcheon stream, spawning season, deep body bitterling

서 론

잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae) 어류는 몸이 납작하고 체고가 높은 소형 담수어로서 전세계에 약 40여종이 알려져 있으며 그 가운데 *Rhodeus sericeus*와 *R. colchicus* 2종만 유럽-지중해 지역까지 분포하고 나머지 종들은 중국대륙, 시베리아남부, 북부베트남, 한국, 대만, 일본 등지에 주로 분포한다(Bogutskaya and Komlev, 2001). 본 아과 어류의 암컷은 산란시기에 발달하는 산란관을 이용하여 석패과(Family Unionidae)에 속하는 담수산 이매패의 새강내에 산란하는 독특한 습성을 가지고 있다(Uchida, 1939). 한국산 납자루아과 어류는 3속 15종이 분포하는 것으로 알려져 있었으나(김 등, 2005), Kim and Kim (2009)에 의해 *Acanthorhodeus*속의 주요 특징인 입수염길기와 등, 뒷지느러미 기조 선단의 형태가 *Acheilognathus*속에 포함된

다고 하여 기존의 3속에서 2속으로 정리된 바 있다.

큰납지리, *Acheilognathus macropterus*는 Bleeker(1871)가 중국 양쯔강에서 채집된 표본을 근거로 하여 처음으로 기재하였고 한국, 중국 및 베트남에 분포한다(김, 1997; Kottelat, 1998; Lin, 1998). 본 종에 대한 학명의 사용은 Jordan and Metz(1913)가 우리나라 해주에서 채집하여 *A. asumussi*로 기재한 후 Uchida(1939), Mori(1952), 정(1977) 및 김(1982)도 동일하게 적용하였다. 그러나 김(1997)은 표본을 확인하고 *A. asumussi*가 *A. macropterus*의 기재 내용과 잘 일치된다고 하여 선취권의 원칙에 따라 *A. macropterus*의 학명을 사용하였다.

한국산 납자루아과 어류에 대한 생태학적 연구는 목납자루의 생태학적 연구(백, 2005), 줄납자루의 생태학적 연구(송, 1994)와 깔납자루와 임실납자루의 생태와 종분화(양, 2004) 연구를 통하여 각 종에 대한 전반적인 생태적 연구가 수행된 바 있다. 그러나 다른 납자루아과 어류에 대한 연구는 매우 부족한 실정이며, 본 연구를 시행한 큰납지리에 대한 연구로도 Uchida(1939)가 보고한 형태기재 및 생활

*교신저자: 김익수 Tel: 82-63-246-8600, Fax: 82-63-246-8610,
E-mail: kim9620@chonbuk.ac.kr

사, Suzuki and Jeon (1989)의 난발생과 자어의 발육 및 치어의 표피상돌기에 관한 연구가 있을 뿐 자세한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

최근 하천 개발압의 증가와 물리화학적 오염원의 증가는 납자루아과 어류들에게 큰 위협 요인이 되고 있는 바 비교적 개체군이 큰 서해안으로 유입하는 불갑천에서 서식하는 큰납지리의 생태학적 특징을 조사하여 생물학적 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

본 종의 연구는 2006년 3월부터 11월, 2008년 4월에 전라남도 영광군 일대를 흐르는 불갑천에서 실시하였다(Fig. 1). 표본의 채집은 매월 20~25일 사이에 투망(망목, 5×5 mm), 족대(4×4 mm), 유인어망(3×3 mm)을 사용하였고 동소출현종의 동정 및 분류는 김과 박(2002)을 따랐다. 채집한 어류는 현장에서 전장, 체장, 산란관 길이를 dial caliper로 0.1 mm까지, 체중은 0.01 g까지 측정 후 방류하였으며 일부 개체는 10% formalin액에 고정하여 조사에 사용하였다. 기온과 수온은 20~25일 중 12~13시 경에 측정하였고

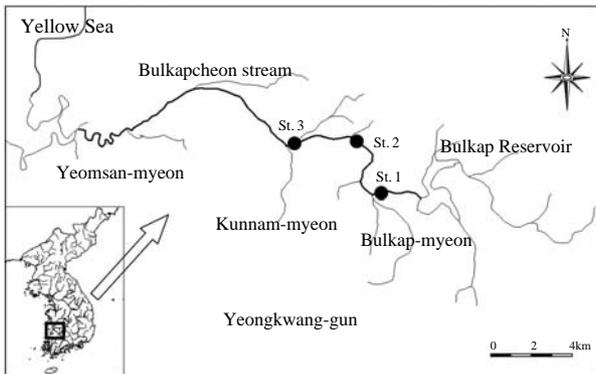


Fig. 1. Map showing the study sites of *Acheilognathus macropterus* in the Bulkapcheon stream, Jellanam-do, Korea. St. 1: Donggan-ri, Kunnam-myeon, Yeongkwang-gun; St. 2: Dojang-ri, Kunnam-myeon, Yeongkwang-gun; St. 3: Sunryong-ri, Bulkap-myeon, Yeongkwang-gun.

하천의 하상구조는 Cummins (1962)의 기준에 따라 판별하였다.

연령을 추정하기 위해 2006년 4월, 5월과 2008년 4월에 채집된 모든 개체를 대상으로 체장빈도분포법 (Ricker, 1971)을 이용하였다. 생식소성속도 (gonadosomatic index (GSI)=gonad weight/body weight×100)는 2006년 3월부터 11월까지 매달 암·수 10개체씩을 대상으로 조사하였고 산란관의 길이 변화는 산란관길이/체장 (ovipositor length (OL)/standard length (SL))의 비율로 나타내었다. 또한 월별로 평균 GSI값을 보이는 암컷 3개체를 대상으로 해부현미경 하에서 난정의 크기를 측정하여 월별 난정의 크기변화를 관찰하였으며 산란성기에 채집된 암컷을 체장별로 구분하여 포란수를 계수하였다. 소화관 내용물 조사를 위하여 채집 즉시 10% 포르말린으로 고정한 후 실험실로 옮겨와 소화관을 적출하여 그 내용물을 광학현미경상에서 조 (1993)와 정 (1993)에 따라 동정, 분류하였다.

결 과

1. 서식지 환경

본 연구를 실시한 불갑천은 서해안으로 흐르는 독립하천

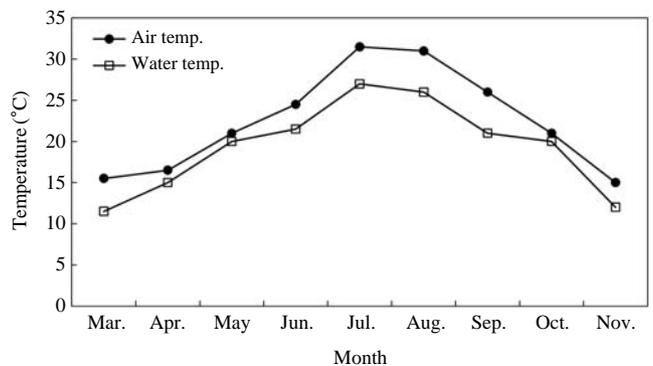


Fig. 2. Monthly changes in the air and water temperature in the Bulkapcheon stream, Jellanam-do, Korea from March to November in 2006.

Table 1. The environmental conditions and occurring frequencies of *Acheilognathus macropterus* at the studied sites in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from March to November in 2006

Site	Stream width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	Bottom structure (%)*					No. of individuals	RA (%)**	
				B	C	P	G	S			M
1	20~30	15~20	100~200	—	—	5	5	70	20	68	14.98
2	40~50	35~40	100~200	—	—	5	5	10	80	378	83.26
3	30~40	20~30	100~200	—	5	10	35	50	10	8	1.76

*Cummins (1962): B (bolder, >256 mm), C (cobble, 64~256 mm), P (pebble, 16~64 mm), G (gravel, 2~16 mm), S (sand, 0.1~2 mm), M (mud, 0.1 mm<).

**RA: Relative abundance

으로 인공적인 보가 많이 설치되어 있었고 수변부로 수중 식물이 자라고 있었다. 하천의 유폍은 20~50 m, 하폭은 15~40 m, 수심은 100~200 cm이었으며 인공적인 보로 인해 유속이 느려지고 하상은 모래와 썩은 대부분을 차지하고 있었다. 이에 보가 설치되어 있고 하상이 구분되는 3지점을 선정하여 하천크기, 하상구조에 따른 큰납지리의 출현 개체수를 비교하였다. 그 결과 큰납지리는 St. 2에서 가장

많은 개체수가 출현하였고 이 지점은 썩은 대의 비율이 80% 이상으로 높게 나타났는데 모래와 자갈의 비율이 높아지고 썩은 대의 비율이 낮아지면 큰납지리의 출현개체수는 감소하는 경향을 보였다(Table 1). 조사지점의 수온과 기온변화는 3월에 11.5°C와 15.5°C로 가장 낮았고 7월에 27°C와 31.5°C로 가장 높게 나타났다(Fig. 2).

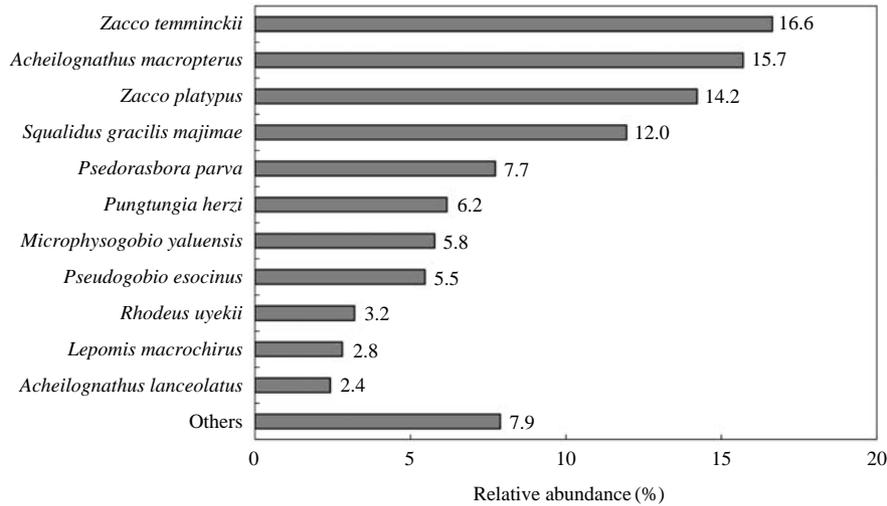


Fig. 3. Relative abundance of collected fishes in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from March to November in 2006.

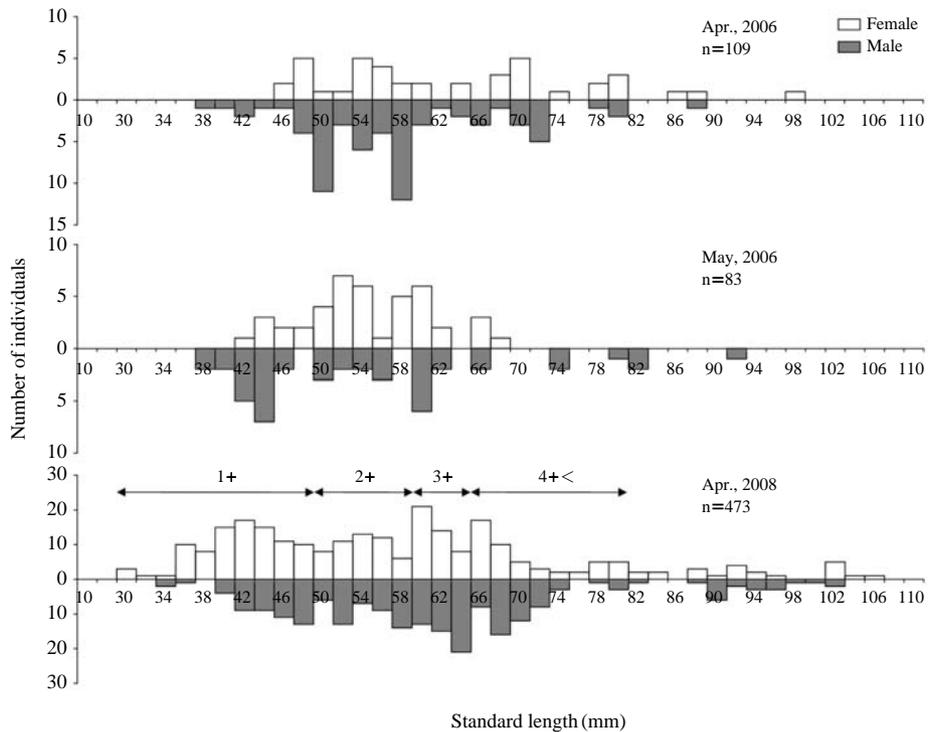


Fig. 4. Length frequency distribution of *Acheilognathus macropterus* in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from April to May in 2006 and April in 2008.

2. 동서출현종

조사 지점에서 출현하는 어종을 조사한 결과 채집된 어류 중 갈겨니 *Zacco temminckii* (상대풍부도 16.6%)가 우점종으로 출현하였고, 큰납지리 *A. macropterus* (15.7%), 피라미 *Z. platypus* (14.2%), 긴물개 *Squalidus gracilis majimae* (12.0%), 참붕어 *Pseudorasbora parva* (7.7%), 돌고기 *Pungtungia herzi* (6.2%), 돌마자 *Microphysogobio yaluensis* (5.8%), 모래무지 *Pseudogobio esocinus* (5.5%), 각시붕어 *Rhodeus uyekii* (3.2%), 블루길 *Lepomis macrochirus* (2.8%), 납자루 *A. lanceolatus* (2.4%) 순으로 조사되었다. 3개 지점에서 채집된 어류는 모두 3목 6과 24종이었으며, 한국 고유종은 7종으로 전체 채집어종의 29.1%로 나타났다(Fig. 3).

3. 연령추정

체장빈도분포법(Ricker, 1971)에 의해 큰납지리의 연령을 추정한 결과는 Fig. 4와 같다. 암컷은 산란기에 이르면 산란관이 길어지고 수컷은 보라색의 혼인색과 잘 발달된 추성이 나타나기 때문에 체장의 측정은 암수로 구분하여 조사하였다. 2006년 4월, 5월과 2008년 4월을 기준으로 하여 연령을 비교한 결과 암컷과 수컷의 체장은 비슷하였고, 만 1

년생이 체장 30~48 mm, 만 2년생이 48~58 mm, 만 3년생이 58~64 mm, 만 4년생 이상은 66 mm 이상으로 추정되었다. 채집된 개체 중 가장 큰 개체는 수컷이 102 mm, 암컷은 106 mm이었다.

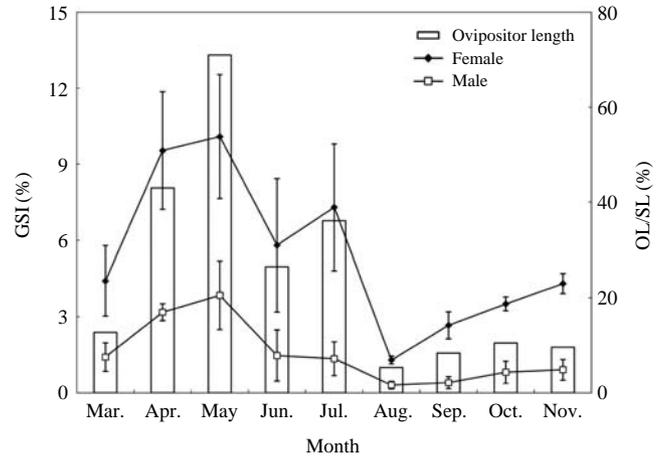


Fig. 5. Monthly change of gonadosomatic index of *Acheilognathus macropterus* (♀: 90, ♂: 90) in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from March to November in 2006. Vertical lines show SD.

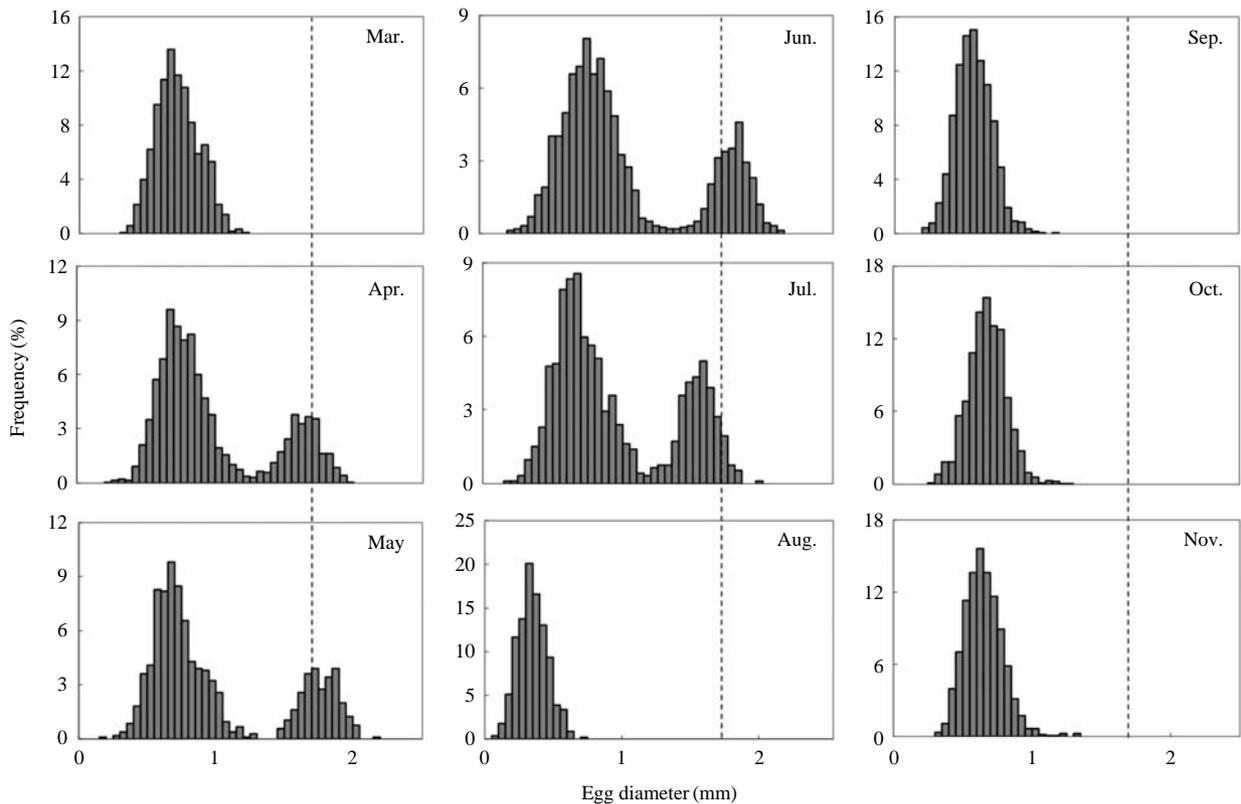


Fig. 6. Monthly variations of frequency distribution of egg diameter (the long axis) in the female of *Acheilognathus macropterus* in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from March to November in 2006.

4. 산란기 추정 및 특징

본 종이 성적으로 성숙하는 시기를 알아보기 위하여 매 달 채집된 일부 개체들을 대상으로 GSI를 조사한 결과 3월부터 증가하기 시작하여 5월(암: 10.0%, 수: 3.8%)에 가장 높게 나타났고 8월에는 급격히 감소하였다(Fig. 5). 난경의 월별 크기 변화를 측정된 결과 전체 포란수에서 성숙난으로 판단되는 1.7 mm 이상의 난경이 차지하는 비율이 4월 11%, 5월 21%, 6월 24%, 7월 6%로 나타났고 8월이면 성숙난은 모두 방출 및 흡수되어 1 mm 이하의 미성숙난만이 관찰되었으며 난은 9월부터는 다시 미세하나마 알의

크기가 커지는 경향을 보였다(Fig. 6). 이상의 결과로 볼 때 본 종의 산란은 4월과 6월 사이에 주로 이루어지는 것으로 추정되며 이 시기의 수온 범위는 15~20°C이었다(Fig. 2). 한편 본 종의 포란수 조사를 위하여 산란성기로 추정되는 4~5월에 체장 50~80 mm 사이의 GSI가 10.0% 이상으로 비교적 높은 성숙한 암컷 11개체의 알을 계수하고 그 크기를 조사하였다. 조사 개체의 평균 포란수는 680±209 (432~1,058)개이고 포란수는 개체가 큰 것일수록 많아지는 경향을 나타내었다(Fig. 7). 산란관이 길어진 9개체의 암컷을 대상으로 복부를 압박하여 성숙난을 채란한 경우 성숙난수는 156±121 (30~338)개로 조사되었고, 성숙난의 크기는

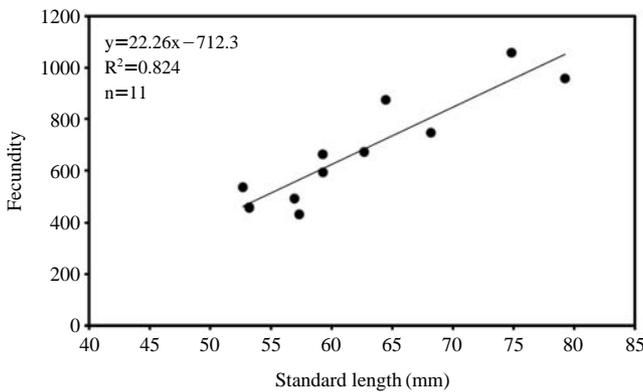


Fig. 7. Fecundity of individual females from the ovaries of *Acheilognathus macropterus* in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from April to May in 2006.

Table 2. The sex ratio of *Acheilognathus macropterus* investigated in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea from March to November in 2006 and April in 2008

Year	Month	Female	Male	Sex ratio (♀ · ♂)
2006	Mar.	6	6	1 : 1.00
	Apr.	42	67	1 : 1.60
	May	43	40	1 : 0.93
	Jun.	14	27	1 : 1.93
	Jul.	19	12	1 : 0.63
	Aug.	10	11	1 : 1.10
	Sep.	19	26	1 : 1.37
	Oct.	29	19	1 : 0.66
	Nov.	30	34	1 : 1.13
2008	Apr.	255	218	1 : 0.85
Total number		467	460	1 : 0.99

Table 3. Food composition of the stomach contents of *Acheilognathus macropterus* investigated in the Bulkapcheon, Jeollanam-do, Korea on July in 2006

Stomach contents	Standard length (mm)									
	34.0	36.0	41.3	43.1	55.1	56.6	60.8	63.7	69.1	69.8
Cyanophyceae										
<i>Oscillatoria</i>	+++	+	+		+	+	++	+	+	+
<i>Phormidium</i>	+						+	+	++	++
Bacillariophyceae										
<i>Melosira</i>		+	+		+	+	++	+	+	+
<i>Fragilaria</i>	+	++	+	++	++	+	++	++	+	+
<i>Synedra</i>	+	+	++	++	+	+	+	+	+	+
<i>Cocconeis</i>			+		+		+	+	+	
<i>Cymbello</i>	++	+	++	++	++	+	++	+	+	+
<i>Navicula</i>	++	+	+++	++	++	+	++	++	+	+
<i>Gomphonema</i>		+	+	+	+	+	+			
<i>Nitzschia</i>		+	+	+	+	+				
Chlorophyceae										
<i>Klebsormidium</i>		+	+	+	+	+	++			+
<i>Pediastrum</i>	+			+						
<i>Scenedesmus</i>	+	+	+	+		+		+		
<i>Staurastrum</i>	+	+	+	+			+	+		
<i>Spirogyra</i>	+	+	+	+	+			+	+	
Protozoa										
<i>Euglena</i>		+								
<i>Daphnia</i>	+									

+: rare, ++: common, +++: abundant

장경 1.92 ± 0.094 mm, 단경 1.60 ± 0.104 mm으로 나타났다.

5. 성비

본 종은 산란기가 되면 암컷은 산란관이 길어지고 수컷은 머리 부분에 작은 추성이 밀집하여 출현하고 몸 빛깔은 더욱 보라빛을 띠며 등지느러미 후연이 넓게 커지고 선명해지는 특징이 나타나서 암수의 구분은 육안으로 가능하였다. 그러나 만 1년생 이하의 개체들은 이차성징 및 혼인색의 발현이 미약하여 뚜렷하게 암수의 구분이 되지 않는 개체는 복강을 해부한 후 난소와 정소를 확인하는 방법으로 성을 구분하였다. 그 결과 조사 기간 중 암컷이 467개체, 수컷이 460개체가 채집되어 성비는 1:0.99로서 암컷과 수컷의 비율이 거의 유사하게 나타났다(Table 2).

6. 소화관 내용물

본 종의 식성을 알아보기 위해 7월에 채집한 개체군를 대상으로 체장별로 10개체씩의 소화관을 적출하여 소화관 내용물을 조사하였다. 동물플랑크톤은 거의 관찰되지 않고 주로 식물플랑크톤을 선호하였고 그 중 규조류의 비율이 가장 높았다. 출현빈도는 규조류 중 *Navicular*, *Cymbella*, *Fragilaria*속이 가장 많이 조사되었고 남조류인 *Oscillatoria* 속도 많이 관찰되었다(Table 3). 체장에 따른 소화관 내용물 구성은 작은 개체와 큰 개체 사이에 큰 차이점을 보이지 않아 개체가 성장함에 따라 뚜렷한 먹이 생물의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

고 찰

큰납지리는 유숙이 완만한 하천의 중하류수역에 주로 분포하며 빨과 모래로 이루어진 하상환경에서 주로 서식하고 있었다. 이와 같은 본 종의 특징은 우리나라의 납지리, 가시납지리와 유사한 서식생태를 보이고 있으나(Uchida, 1939), 하천 중상류의 유숙이 빠르고 바닥에 자갈이 많이 깔린 곳에 주로 서식하는 납자루(김, 1997), 유숙이 느리고 자갈이 겹겹이 쌓인 곳에 주로 서식하는 칼납자루와 하천 가장자리의 모래나 펄로 이루어진 수역에서 주로 서식하는 임실납자루(양, 2004), 빨과 모래의 비율이 높고 하천의 중상류 지역에 서식하는 목납자루(백과 송, 2005a)와는 차이를 보였다. 본 아과 어류는 서식지 선택과정에서 하상구조와 유속 등의 비생물적 환경 요인에 큰 영향을 받고 있는 것으로 판단되지만, 산란숙주로 이용하고 있는 담수산 이매패의 서식도 본 아과 어류들이 서식하는 데 있어 매우 중요한 생물학적 요인이 될 것으로 사료되어 추가적인 조사가 시행되어야 할 것이다.

본 종의 연령구조로 보아 암, 수 모두 4년생 이상 생존하는 것으로 추정되었으며 암컷과 수컷은 유사한 개체크기와 연령대를 보였다. Uchida (1939)는 본 종의 성장을 만 1년생은 전장 60~65 mm, 만 2년생은 76 mm, 만 3년생은 95 mm로 추정하였는데 이는 체장으로 환산하면 본 연구 결과와 유사하였다. 하지만 목납자루(백 등, 2002)의 경우 비늘을 이용한 연령 추정으로 만 1년생은 체장 40 mm 이하, 만 2년생은 45~50 mm, 만 3년생 이상은 55 mm 이상으로 추정하였고, 줄납자루(송, 1994)는 만 1년생이 전장 30~50 mm, 만 2년생이 50~70 mm, 만 3년생은 70 mm 이상으로 보고하여 큰납지리의 연령에 따른 체장은 다른 납자루아과 종들에 비하여 빠른 성장률을 보이고 있다고 생각된다.

납자루아과 어류는 산란기에 종마다 독특한 혼인색을 보이게 되어 쉽게 구별할 수 있다(김과 박, 2002). 우리나라 납자루아과 어류 중 납지리의 산란시기는 9~11월로 보고되어 있으나 다른 종들은 4~7월 사이라고 보고되어 있다(김, 1997). 줄납자루(송, 1994)의 산란성기는 5~6월이며 평균 포란수는 381 (289~514)개이며, 목납자루(백 등, 2003)는 완숙 및 산란기는 5~6월이고 포란수는 225 (141~314) 개라고 보고한 바 있다. 큰납지리는 4월에서 6월이 산란성기로 추정되었고 평균 포란수는 680 ± 209 (432~1,058)개로 다른 종에 비해 많은 난을 가지고 있었다. 그러나 일반적인 잉어과 어류인 붕어 200,000~400,000개, 잉어 100,000~300,000개, 피라미 920~2,500개에 비하면 납자루아과 어류는 매우 적은 포란수를 가지는 것인데 이는 잉어과 어류가 포식될 위험성이 높은 난과 자어 시기를 보내는 것에 비하여 납자루아과 어류는 담수산 이매패라는 안전한 곳에서 난과 자어 시기를 보내면서 포식될 위험성이 감소하여 많은 수의 알을 산란하지 않아도 되기 때문으로 사료된다(Aldridge, 1999). 난경은 장경 $1.92 (\pm 0.094)$ mm, 단경 $1.60 (\pm 0.104)$ mm로 나타났으며, Suzuki and Jeon (1989)의 결과와 유사하였고 칼납자루(4.35×1.76 mm), 목납자루($2.19 \pm 0.114 \times 1.85 \pm 0.080$ mm), 가시납지리 ($2.09 \pm 0.04 \times 1.26 \pm 0.02$ mm), 납자루 ($4.26 \sim 4.85 \times 1.46 \sim 1.55$ mm)보다는 작게 나타났다(Suzuki and Jeon, 1990a, b; 백 등, 2003; 김 등, 2011). 이와 같이 난의 크기가 일반적인 잉어과 어류들보다 다양하게 나타나는 것은 이매패안에 산란하는 특징을 가지고 있는 본 아과 어류들이 난의 생존율을 높이는 방향으로 진화하였고 이는 산란숙주로 이용하는 조개의 크기, 산란방식, 산란시기, 성숙난의 크기와 모양, 산란관 길이 등과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다(Smith *et al.*, 2001; Kitamura, 2005).

Marza (1938)는 어류의 난모세포 발달양식에 따라 동시발달형 (total synchronism), 난군동시발달형 (group synchronism), 비동시발달형 (asynchronism)의 세가지로 분류하였는데 큰납지리는 산란성기인 5월 암컷 내 난소에서 성장기인

난모세포부터 성숙난까지 여러단계가 존재하고 있어 다회 산란중에서 나타나는 비동시발달형에 속하였다. 이는 가지납지리 (Suzuki and Jeon, 1990a), 납자루 (Suzuki and Jeon, 1990b), 묵납자루 (백 등, 2003)에서 1회에서 그 이상의 다회 산란이 가능하다고 한 보고와 유사하였고, 큰납지리의 복부를 압박하여 채란한 평균 성숙란수가 156 ± 121 (30~338)개로 평균 포란수 680 ± 209 (432~1,058)개의 1/4 가량을 차지하고 있는 점도 다회 산란의 가능성이 높다고 생각된다. 큰납지리의 성비는 1:0.99로 암수의 비율이 매우 유사하게 나타났는데, 이는 1:0.78로 보고된 묵납자루 (백 등, 2003)와는 약간의 차이점을 보였다.

납자루아과 어류는 흡입을 통하여 바닥의 유기물질을 먹으며 섭식장소에 따라서 약간씩 차이를 보인다고 알려져 있다 (김, 1997; 김과 박, 2002). 큰납지리가 주로 서식하는 곳은 모래와 켄의 비율이 매우 높은 하천의 중하류로 대부분 유기물과 식물플랑크톤이 주를 이루었다. 이는 식물플랑크톤 중 규조류의 비율이 가장 높고 원생동물, 깔따구 유충 등을 섭식한다고 보고된 묵납자루와 유사한 결과를 보였다 (백과 송, 2005b).

요 약

큰납지리 *Acheilognathus macropterus*를 대상으로 2006년 3월~11월과 2008년 4월에 전남 영광군 불갑천 일대에서 생태적 특징을 밝히고자 조사하였다. 큰납지리는 물의 흐름이 느리고 바닥이 모래와 켄으로 이루어진 수역에서 대부분 서식하였다. 체장 48 mm 이하는 만 1년생, 48~58 mm는 만 2년생, 58~64 mm는 만 3년생, 66 mm 이상은 만 4년생 이상으로 추정되었고 암컷과 수컷은 체장에 있어서 차이점을 보이지 않았다. 성비는 1:0.99 (♀:♂)이었고, 산란시기는 4~6월로 추정되었으며 이 시기의 수온은 15~20°C 이었다. 평균 포란수는 680 ± 209 개였으며 난경은 1.92×1.60 mm으로 나타났다. 소화관 내용물을 조사한 결과 규조류의 *Navicula*, *Cymbella*, *Fragilaria*와 같은 식물플랑크톤이 주로 관찰되었다.

인 용 문 헌

김익수. 1982. 한국산 납자루아과 어류의 분류학적 연구. 생물학 연구연보, 5: 1-18.
 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편 (담수어류). 교육부, 613pp.
 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 465pp.
 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어 류대도감. 교학사, 615pp.

김치홍 · 이완옥 · 이종하 · 백재민. 2011. 고유종 칼납자루의 재생산 기초 연구. 한국어류학회지, 23: 150-157.
 백현민. 2005. 묵납자루 *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문, 186pp.
 백현민 · 송호복. 2005a. 묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 서식지 선택과 환경특성. 한국육수학회지, 38: 352-360.
 백현민 · 송호복. 2005b. 묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 소화기관과 먹이생물. 한국어류학회지, 17: 57-63.
 백현민 · 송호복 · 권오길. 2002. 홍천강 상류에 서식하는 묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 연령과 성장. 한국어류학회지, 14: 254-261.
 백현민 · 송호복 · 권오길. 2003. 홍천강 상류에 서식하는 묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 성 성숙과 산란시기. 한국어류학회지, 15: 278-288.
 송호복. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (잉어과)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문, 181pp.
 양 현. 2004. 칼납자루, *Acheilognathus koreensis*와 임실납자루 *A. somjinensis*의 생태와 종분화. 전북대학교 박사학위 논문, 100pp.
 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 729pp.
 정 준. 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적, 496pp.
 조규송. 1993. 한국담수동물플랑크톤도감, 아카데미서적, 389pp.
 Aldridge, D.C. 1999. Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels. Journal of Fish Biology, 54: 138-151.
 Bleeker, P. 1871. Mémoire sur les cyprinoïdes de Chine. Verh. Akad. Amsterdam, 12: 1-91, pls. 1-14.
 Bogutskaya, N.G. and A.M. Komlev. 2001. Some new data to morphology of *Rhodeus sericeus* (Cyprinidae: Acheilognathinae) and a description of a new species, *Rhodeus colchicus*, from West Transcaucasia. Proc. Zool. Inst., 287: 81-97.
 Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters. Amer. Midl. Nat., 67: 477-504.
 Jordan, D.S. and C.W. Mets. 1913. A catalogue of the fishes known from the water of Korea. Mem. Carn. Mus., 4: 1-56.
 Kim, H.S. and I.S. Kim. 2009. *Acanthorhodeus gracilis*, a Junior Synonym of *Acheilognathus chankaensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 55-60.
 Kitamura, J. 2005. Factors affecting seasonal mortality of rosy bitterling (*Rhodeus ocellatus kurumeus*) embryos on the gills of their host mussel. Popul. Ecol., 47: 41-51.
 Kottelat, M. 1998. Fishes of the Nam Theun and Xe Bangfai basins, Laos, with diagnoses of twenty-two new species (Teleostei: Cyprinidae, Balitoridae, Cobitidae, Coiidae and Odontobutidae). Ichthyol. Explor. Freshwat., 9: 1-128.
 Lin, R.D. 1998. Subfamily Acheilognathinae. In: Chen, Y.Y. (ed.), Fauna Sinica, Osteichthyes, Cypriniformes II. Beijing. Sci. Press, pp. 413-454, 504-506. (in Chinese)
 Marza, V.D. 1938. Histophysiology de l'Ovogenèse. Herman et Cie, Paris, pp. 1-81.
 Mori, T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Mem. Hyogo Univ. Arg., 1: 1-228.

- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.
- Smith, C., K. Rippon, A. Douglas and P. Jurajda. 2001. A proximate cue for oviposition site choice in the bitterling (*Rhodeus sericeus*). *Freshwater Biology*, 46: 903-911.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1989. Development of the bitterling, *Acanthorhodeus asmussi* (Cyprinidae) with note on minute tubercles on the skin surface. *Korean J. Ichthyol.*, 1: 73-82. (in Korean)
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1990a. Development of the bitterling, *Acanthorhodeus* (= *Acheilognathus*) *gracilis* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. *Korean J. Ichthyol.*, 2: 169-181. (in Korean)
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1990b. Development of *Acheilognathus lanceolatus* from Ungchon river, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 2: 77-87. (in Korean)
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyôsen (Korea). Part 1. Nematognathi and Eventognathi. *Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyôsen*. 6., 458pp. (in Japanese)