

묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 소화기관과 먹이생물

백 현 민* · 송 호 복

강원대학교 자연과학대학 생명과학부

Digestive Apparatus and Food of the Korean Bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae)

Hyun-Min Baek* and Ho-Bok Song

Division of Life Sciences, College of Natural Science, Kangwon National University, 200-701 Chunchon, Korea

The digestive apparatus and food of the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer*, from the upper reaches of the Hongcheon River were investigated by examining their gill rakers, pharyngeal teeth, and digestive-tube contents. Gill rakers of the first arch were relatively few (17 to 21, mean = 19) and short (mean = 0.36 mm, SD = 0.035). The 2nd to 5th pharyngeal teeth were well developed, while the first tooth was poorly developed. Gill rakers and pharyngeal teeth were completely formed early in life. The digestive tube was long and arranged in many coils. The digestive-tube contents of Korean bitterling mainly consisted of phytoplankton and detrital microorganisms.

Key words : *Acheilognathus signifer*, pharyngeal teeth, gill raker, feeding organisms

서 론

식성 (food habits)에 대한 연구는 대상어류의 먹이생물을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 먹이선호도 및 섭식 습성, 소화기관과 먹이생물 (feeding organisms)의 관계 등 여러 가지 종에 대한 정보를 취득할 수 있다. 나아가 먹이생물은 동서어류 간의 서식지 분리 (habitat segregation)와 경쟁에 중요한 생물학적 요인 (biotic factor)으로 작용하므로 복잡한 구조로 이루어진 어종들 간의 관계를 이해하는데 도움이 된다. 소화기관의 일종인 인두치 (pharyngeal teeth)와 새파 (gill raker)는 어류의 식성

과 밀접하게 관련되어 있으며, 특히 인두치는 잉어과 어류에 발달하고, 계통적 또는 분류학적인 형질로도 이용된다 (Aoyagi, 1957; Kobayashi and Maeda, 1961; 양, 1963; Chu, 1985).

잉어과 (Cyprinidae)의 납자루아과 (Acheilognathinae)에 속하는 묵납자루, *Acheilognathus signifer*는 Berg (1907)가 함경남도 풍동에서 채집하여 기재한 한국 고유종으로 한강수계를 포함하여 그 이북지역인 임진강, 대동강, 압록강, 성천 및 회양 등에 분포한다 (內田, 1939). 같은 아과 (subfamily)의 다른 종들이 하천의 중·하류에 주로 서식하지만 *A. signifer*는 중·상류 지역에 서식한다. 그러나 돌과 자갈로 이루어진 하상보다 빨과 모래의 비율이 높고, 하천 변에 수초가 무성한 정수역을 선호하는 특징이 있으며 산란숙주로 이용하는

*Corresponding author: bitterling@empal.com

이때에는 작은말조개, *Unio douglasiae sinuolatus*이다 (백, 2005).

본 종에 대한 연구는 연령과 성장(백 등, 2002), 성 성숙과 산란시기(백 등, 2003), 산란행동(Baek et al., 2004) 등이 있고, 소화기관과 식성에 대한 연구로는鈴木伸洋과 田(1989)이 *A. signifer*의 인두치에 대하여 보고한 것과 内田(1939)이 잡식성임을 시사한 것 이외에는 찾아볼 수 없었다. 그 밖에 납자루아과의 식성에 관한 연구로는 송(1994)이 의암호에 서식하는 *A. yamatsutae*, Przybylski(1996)가 폴란드산 *Rhodeus sericeus amarus*, Solomon et al.(1985)이 일본산 *R. ocellatus ocellatus*의 식성에 대하여 각각 보고한 바 있다.

본 연구는 한국 고유종인 *A. signifer*의 생태학적 연구의 일환으로 인두치(pharyngeal teeth), 새파(gill raker), 소화관 등의 구조와 식성을 규명함과 동시에, 최근 무분별한 개발과 오염에 의해 개체수가 급격히 감소하고 있는 *A. signifer*의 보호와 보존을 위한 생물학적 자료로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

묵납자루의 먹이생물과 소화기관에 대해 조사, 연구하기 위해 2003년 3월부터 2003년 11월까지 북한강 수계의 홍천강 상류인 내촌천(N: 37° 48' 10", E: 128° 05' 14")에서 월별로 투망(망목 5×5 mm)과 죽대(망목 2×2 mm)를 이용하여 채집하였다. 소화관 내용물의 토출을 막기 위해 채집 즉시 탄산수로 질식시킨 후 10% 포르말린으로 고정하였다.

소화기관의 형태와 구조를 알아보기 위해 첫 번째 새공과 인두치를 떼어 1% Karnovsky's fixative로 고정한 후 0.05 M cacodylate buffer로 각 20분씩 3회, 1% osmic

acid로 2시간 처리하고 세척 후 ethanol 탈수 과정과 amyl acetate 용액을 거쳐 critical point dryer로 건조시켰다. 이를 gold coating(POLANON SC-7620) 후 scanning electron microscope(ZEISS LEO-1420VP)로 관찰하면서 촬영하였다. 또한 전장 70~88 mm 범위의 10개체를 대상으로 새파의 수, 길이 및 새파 사이의 간격을 마이크로미터를 이용하여 계측하였다.

소화관 내용물의 조사를 위해 월 별로 20개체(체장 40 mm 이상)를 임의로 선택한 후 소화관을 절개하여 핀셋과 침봉을 이용하여 잘게 파쇄하고 증류수를 첨가하여 총 부피가 30 mL가 되게 한 후 1 mL를 취하여 광학현미경하에서 정(1993)에 의거하여 동정, 분류하였다. 또한 성어와 미성어의 소화관 내용물의 차이를 알아보기 위해 미성어(당년생, 체장 30 mm 이하의 개체)를 2003년 8~9월에 걸쳐 뜰채를 이용하여 채집하였고, 임의로 30개체를 선택한 후 성어와 동일한 방법으로 먹이생물을 조사하였다.

결 과

1. 소화기관의 기능과 구조

1) 새파(gill raker)

첫 번째 새공(gill arch)의 새파 수는 17~21개(평균 19개) 정도로 적은 편이었으며, 새파의 길이는 280~430(평균 360±35) mm이고(Table 1), 새파 간의 간격은 130~210(평균 160±15) mm로 새파 길이의 0.44배이었다(Table 2, Fig. 1). 새파의 아래쪽은 굵고, 끝으로 갈수록 가늘어지며, 그 끝 뾰족하였다. 이 때 아래쪽의 2/3 지점에서 수평으로 휘다가 다시 반대쪽으로 꼬여 올라가 새엽 방향으로 S자형으로 굽어져 있었다(Fig. 2). 새

Table 1. Length of gill rakers of *Acheilognathus signifer* in upper reaches of the Hongcheon River

Total (body) length (mm)	No. of measurement										Mean ± SD of individuals (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
70 (57)	0.33	0.35	0.34	0.30	0.34	0.28	0.32	0.35	0.40	0.33	0.33±0.032
72 (60)	0.34	0.33	0.36	0.32	0.35	0.36	0.34	0.31	0.33	0.35	0.34±0.017
72 (58)	0.36	0.32	0.30	0.30	0.43	0.32	0.31	0.32	0.37	0.41	0.34±0.046
73 (61)	0.32	0.35	0.34	0.36	0.35	0.33	0.37	0.32	0.34	0.35	0.34±0.016
73 (59)	0.42	0.30	0.34	0.35	0.35	0.35	0.33	0.36	0.32	0.36	0.35±0.032
74 (61)	0.35	0.37	0.36	0.35	0.33	0.36	0.38	0.34	0.37	0.36	0.36±0.015
75 (61)	0.33	0.35	0.33	0.36	0.35	0.35	0.36	0.39	0.40	0.40	0.36±0.026
79 (64)	0.35	0.34	0.33	0.32	0.36	0.33	0.37	0.34	0.36	0.50	0.36±0.052
80 (65)	0.40	0.43	0.40	0.40	0.38	0.36	0.37	0.39	0.38	0.40	0.39±0.020
88 (73)	0.34	0.38	0.41	0.42	0.41	0.40	0.39	0.39	0.40	0.36	0.39±0.024
Total individuals = 10	Total mean ± SD										0.36 ± 0.035

Table 2. Distance between gill rakers of *Acheilognathus signifer* in upper reaches of the Hongcheon River

Distance between gill rakers (mm)	No. of measurement										Mean±SD of individuals (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
70 (57)	0.15	0.14	0.14	0.18	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.17	0.16±0.015
72 (60)	0.15	0.18	0.16	0.15	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.18	0.16±0.012
72 (58)	0.18	0.17	0.15	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16±0.012
73 (61)	0.16	0.17	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.19	0.15	0.13	0.17±0.018
73 (59)	0.15	0.16	0.16	0.14	0.15	0.18	0.17	0.18	0.16	0.15	0.16±0.013
74 (61)	0.16	0.15	0.17	0.16	0.15	0.18	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16±0.009
75 (61)	0.16	0.15	0.15	0.18	0.18	0.17	0.15	0.2	0.15	0.18	0.17±0.018
79 (64)	0.14	0.17	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.16	0.19	0.21	0.17±0.020
80 (65)	0.14	0.15	0.17	0.16	0.15	0.16	0.15	0.18	0.16	0.15	0.16±0.012
88 (73)	0.16	0.17	0.20	0.18	0.19	0.17	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17±0.014
Total individuals = 10	Total mean±SD										0.16±0.015

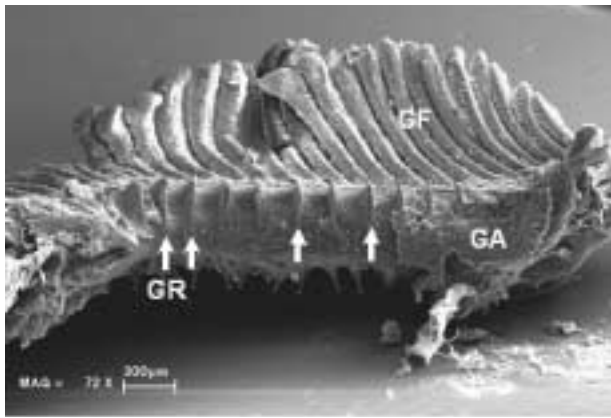


Fig. 1. Scanning electron micrographs of first gill arch in Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (GA: gill arch, GF: gill filaments, GR: gill rakers).

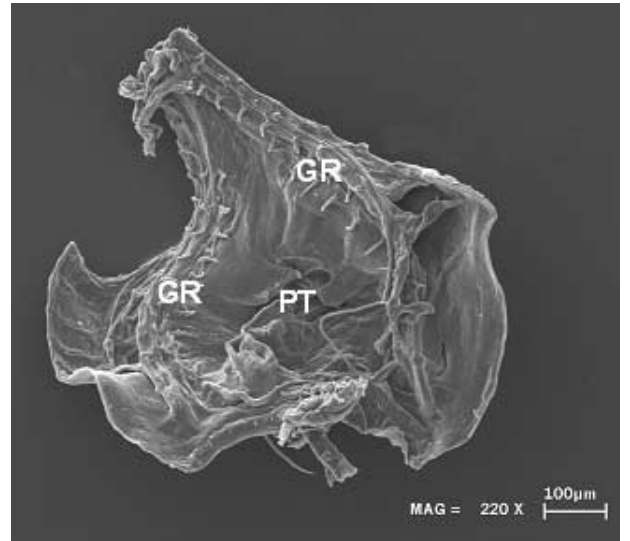


Fig. 3. Scanning electron micrographs of digestive organs in Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (GR: gill rakers, PT: pharyngeal teeth).

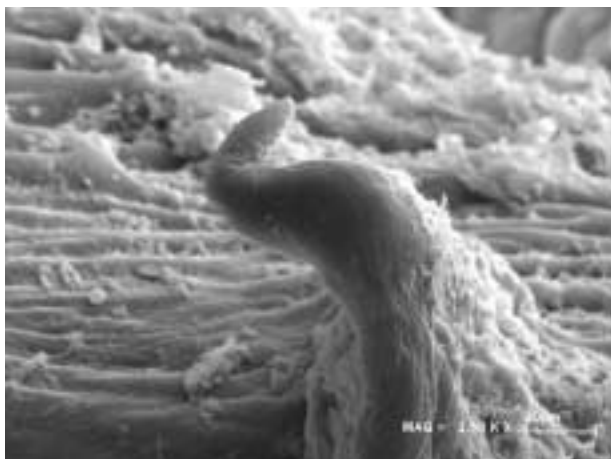


Fig. 2. Scanning electron micrographs of gill raker in Korean bitterling, *Acheilognathus signifer*.

파는 물과 함께 구강으로 들어온 먹이를 거르는 역할을 하므로 외부섭식에 필수적이며 체장 20 mm 이하의 작은 개체에서도 그 형태가 완전하여 생활사의 초기에 형성되었다 (Fig. 3).

2) 인두치 (pharyngeal teeth)

본 종의 치식은 500~005였으며 인두골상에 1열로 배열하였다. 제1치가 가장 작았고 그 다음은 제2치, 나머지 3, 4, 5치는 1, 2치보다는 크고 서로의 크기는 비슷하였다. 저작면 (chewing area)은 안쪽이 파여 있는 형태로 제1치는 저작면의 발달이 매우 미약하나 제2, 3, 4, 5치의 저작면은 발달되어 있었다 (Fig. 4). 인두치 역시 새파



Fig. 4. Scanning electron micrographs of pharyngeal teeth in Korean bitterling, *Acheilognathus signifer*.

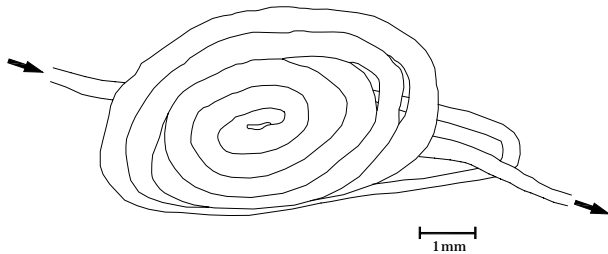


Fig. 5. Morphology of digestive-tube in Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (body length, 30.5 mm).

와 마찬가지로 체장 20 mm 이하의 작은 개체에서도 그 형태가 완전하고, 골화된 것으로 관찰되어 섭식과 관련된 소화기관은 생활사의 초기에 완전히 형성되는 것으로 판단되었다 (Fig. 3).

2. 소화관의 형태

본 종의 소화관은 일반적인 잉어과 어류와 같이 뚜렷한 위 (stomach)의 형태를 구별할 수 없었고, 식도부터 항문까지 일정한 굵기의 원통형이었다. 소화관의 길이는 체장의 3.63 ± 0.12 배로 매우 길었으며, 식도에서 연결되어 항문쪽으로 길게 배열되다가 한번 접히고, 시계방향으로 5회 정도 감긴 후 항문쪽으로 연결되어 있었다 (Fig. 5).

3. 먹이생물

묵납자루의 식성을 알아 보기위해 월별로 채집한 개

체를 대상으로 소화관 내용물을 조사한 결과 식물성플랑크톤의 일종인 부착조류를 주로 섭식하였으며, 그 중 규조류의 비율이 가장 높았다. 식물성플랑크톤 이외에 원생동물, 갈따구 유충, 식물의 씨앗, 육상곤충 등도 소화관 내용물에서 관찰되었다.

춘계에는 주로 *Fragilaris construens*와 부착성 규조류인 *Navicula cryptocephala*, *Navicula viridis*, *Nitzschia linearis* 등의 비율이 높았다. 그 이외에 *Dactylococcopsis fascicularis* 등의 남조류와 *Chlorella vulgaris*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Scenedesmus longispina* 등의 녹조류가 발견되었지만 규조류에 비하여 비율이 낮아 춘계에는 주로 규조류가 주요한 먹이 생물이었다. 하계에는 춘계에 낮은 비율로 나타났던 *Oscillatoria tenuis*, *Phormidium tenue* 등의 남조류가 높은 비율로 나타나고 녹조류인 *Chaetophora elegans*의 비율이 높았다. 하계에는 남조류, 규조류, 녹조류를 골고루 섭식하였고, 식물성플랑크톤 이외에 갈따구 유충, 식물의 씨앗, 육상곤충 등이 관찰되었다. 추계에는 규조류의 비율이 높아져 춘계와 비슷한 양상을 보였으며 *Navicula cryptocephala*, *Navicula viridis*, *Nitzschia linearis*는 4~11월까지 높은 비율로 관찰되어 주목되었다 (Table 3).

하계인 7~8월에 출현한 체장 30 mm 이하의 당년생 개체군의 위 내용물 조사결과 규조류와 녹조류를 주로 섭식하여 성어의 하계 위 내용물과 유사하였으며 미성어와 성어간의 식성차이는 발견하지 못하였다 (Table 3).

본 종은 주로 유속이 느린 하천의 저층에서 서식하며 바위나 수생식물, 하천 바닥에 부착하는 조류와 저질에서 서식하는 소형동물을 섭식하여 초식성이 강한 잡식성으로 볼 수 있었다.

고 찰

일반적으로 새파 (gill raker)의 모양과 수는 어류의 식성과 관련이 깊으며, 비교적 작은 먹이를 섭식하는 경우에는 새파의 수가 많으며, 가늘고 긴 특징을 가지는 반면 비교적 큰 먹이를 섭식하는 어류는 새파의 수가 작고 짧으며 굵은 특징을 가지고 있다 (Keast, 1978). *A. signifer*의 먹이생물은 주로 식물성플랑크톤으로 조사되었으나 새파의 모양이 짧고 굵으며, 그 수가 적은 특징이 있어 일반적으로 알려진 초식성 어류의 새파 모양과 수에서 차이가 있었다. 이는 *A. signifer*가 섭식하는 먹이가 식물성플랑크톤 뿐만 아니라 기타 저질의 소형동물 등도 섭식하는데 따른 형태적 적응으로 판단된다. 특히 본 종의 새파는 새엽쪽으로 S자 형태로 휘어져 있었

Table 3. Digestive-tube contents of Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* in upper reaches of the Hongcheon River

Food items	Month	Adult fish								Young fish	
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Aug.	Sep.
Cyanophyceae*											
<i>Dactylococcopsis fascicularis</i>		+		+	+					+	
<i>Merismopedia elegans</i>				r		+		+			+
<i>Oscillatoria tenuis</i>			r	+++	++	++	+			+	
<i>Phormidium tenue</i>			r	++	++	++	+			+	+
Bacillariophyceae*											
<i>Melosira italica</i>		+				+	r				
<i>Cyclotella comta</i>			+		+	+		+	+		+
<i>Tabellaria fenestrata</i>			+	+	+	+	+	++		+	
<i>Meridion circulare</i>			+	r		+	+				
<i>Diatoma elongatum</i>								+			+
<i>Diatoma vulgare</i>			+		+	+		+	+	+	
<i>Fragilaria construens</i>		+++	++		+	+	+				
<i>Fragilaria intermedia</i>			+					+	+	++	+
<i>Fragilaria crotonensis</i>				+	+			+			++
<i>Fragilaria capucina</i>		+	+		+		+		+	+	+
<i>Synedra ulna</i>		+			+		+		+		+
<i>Achananthes linearis</i>				+				+		+	
<i>Achnanthes brevipes</i>			+						+	+	+
<i>Cocconeis placentula</i>		r	r	+		r	+		+	+	+
<i>Stauroneis anceps</i>								+			r
<i>Pinnularia appendiculata</i>		+		+		+		r			
<i>Navicula cryptocephala</i>		+	++	+	+	+	+	++	++	+	+
<i>Navicula exigua</i>			+	+		+	+	+	+	+	
<i>Navicula viridis</i>		+++	++		++	+		++	++	+	+
<i>Gomphonema acuminatum</i>		+		+		+			+		
<i>Gomphonema constrictum</i>		+	+	+			+	+			+
<i>Gomphonema olivaceum</i>			++	+		r			+		
<i>Cymbella turgida</i>		+			+	+		+	++	++	+
<i>Cymbella gracilis</i>		+	+					+		+	+
<i>Cymbella ventricosa</i>		+	+		+		+		+	+	r
<i>Cymbella tumida</i>		++			+					+	r
<i>Cymbella aspera</i>		+		+		+	+		+	+	
<i>Ephemia turgida</i>					+				+	+	++
<i>Eunotia acus</i>				r	+			r		+	+
<i>Nitzschia linearis</i>		+	++	+	+	++	++	+	++	++	++
<i>Nitzschia palea</i>		+	+	+			+		+		
<i>Surirella elegans</i>					+	+		+			
Chlorophyceae*											
<i>Chlorella vulgaris</i>		+			r	+	+			+	+
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>			+	r							r
<i>Scenedesmus longispina</i>		+		+	+			+		r	+
<i>Scenedesmus obliquus</i>								r		+	r
<i>Urothrix aequalis</i>			+		+	+					
<i>Horridium subtile</i>			+		+	+	r	r		+	++
<i>Chaetophora elegans</i>					+++	++		r			
<i>Closterium intermedium</i>						r				+	
<i>Staurastrum gracile</i>		+		r			r	r		r	
Protozoa**											
<i>Euglypha</i> sp.				r							
<i>Paramecium</i> sp.						r	r				
Diptera**											
<i>Chironomus</i> sp.		r	+	+	+	++	+	+	+	+	+
Others**											
Plant seed					r	r				r	
Sand and mud			+	+		+++	+	+	+		
Terrestrial insect					r	r	r				

* r: rare, +: 50~100 cells, ++: 101~500 cells, +++: above 501 cells.

** r: 1~10 individuals, ++: 11~20 individuals, +++: above 20 individuals.

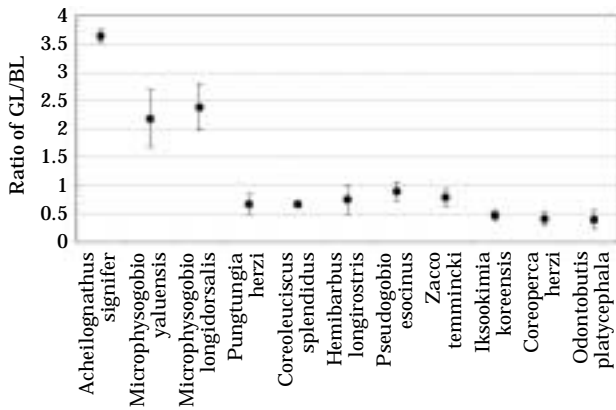


Fig. 6. Relationship between gut length/body length in sympatric species.

데, 이는 안쪽으로 들어온 먹이가 밖으로 빠져나가지 않게 효과적으로 걸리게 하는 기능을 하는 것으로 사료된다. 송(1994)은 의암호에 서식하는 *A. yamatsutae*의 식성에 대하여 보고하면서 동·식물 플랑크톤을 모두 섭취하나 주된 먹이생물은 식물성플랑크톤으로 식성이 초식성에 가깝다고 보고한 바 있으며, 새파의 특징은 그 수가 적고 매우 짧다고 보고하여 본 종의 새파와 매우 유사하였다.

인두치는 어류의 식성과 밀접한 관련이 있으며 인두치의 저작돌기는 잉어과 어류의 경우 초식성이 강할수록 인두치 교합면의 면적이 증가하는 경향성을 보인다고 보고된 바 있다(鈴木伸洋과 田, 1989). 교합구가 축소형인 *A. signifer*는 인두치의 형태와 식성이 잡식성으로 나타나 기존의 보고와 비교적 잘 일치하고 있다. 국내에 분포하는 납자루아과에서 교합구가 발달한 *A. yamatsutae*, *A. rhombeus*, *Acanthorhodeus macropterus*, *A. gracilis*는 초식성으로, 교합구가 *A. signifer*와 같이 축소형인 *A. limbata*, *R. uyekii*, *R. suigensis*는 잡식성으로 보고된 바 있다(鈴木伸洋과 田, 1989).

소화관은 어류가 주로 섭식하는 먹이의 종류에 따라 다르게 나타나며, 일반적으로 초식성 어류는 위와 장의 구분이 다소 불분명하고, 장이 길며 굴곡이 심한 반면 육식성일수록 위와 장이 뚜렷이 구분되고, 장이 짧고 직선의 형태를 나타낸다(Welton et al., 1991). 본 종의 경우에는 위와 장의 구분이 명확하지 않고, 장의 길이가 체장의 약 3.6배로 매우 길어 일반적으로 초식성 어류에서 나타나는 소화관의 특징을 보여주고 있었다. 본 조사에서 묵납자루와 동서하는 어류의 체장에 대한 장의 비율을 조사한 결과 부착조류를 먹이원으로 하는 초식성 어류인 *Microphysogobio longidorsalis*, *M. yaluensis*는 $2.18 \pm 0.501 \sim 2.38 \pm 0.409$ 로 나타났고, 수서곤

충을 주된 먹이원으로 이용하는 어류인 *Pungtungia herzi*, *Coreoleuciscus splendidus*, *Hemibarbus longirostris*, *Pseudogobio esocinus* 등은 $0.67 \pm 0.054 \sim 0.90 \pm 0.169$ 로 나타났다. 특히 수서곤충을 주된 먹이원으로 이용하는 *Iksookimia koreensis*의 경우 0.47 ± 0.088 로 체장에 비해 장의 길이가 매우 짧았다. 역시 육식성어류인 *Odontobutis platycephala*와 *Coreoperca herzi*는 $0.40 \pm 0.169 \sim 0.42 \pm 0.108$ 로 장의길이/체장의 비율이 매우 낮은 값으로 나타나 일반적으로 알려진 식성과 장의 길이의 관계와 전반적으로 일치하였다(Fig. 6).

Przybylski (1996)는 *R. sericeus amarus*의 식성에 관하여 작은 개체(22~36 mm)와 큰 개체(50~75 mm)로 나누어 보고 한 바 있다. 큰 개체와 작은 개체 간에 유의한 식성차이가 있었으며 작은 개체는 주로 깔다구 유생(chironomid larvae)을 섭식하였고, 큰 개체는 바닥의 유기 퇴적물이나 수생식물 및 조류(algae)를 주로 먹었으며, 성장하면서 먹이전이(feeding shift)를 한다고 하였다. 그러나 *A. signifer*의 미성어와 성어는 성장에 따른 먹이생물에 큰 차이가 없었다.

Solomon et al. (1985)은 일본산 *R. ocellatus ocellatus*는 주로 규조류(diatoms), 갑각류(crustaceans), 녹조류(green algae) 및 저질의 유기물을 주로 섭식하는 잡식성으로 보고한 바 있으며, Okada (1959)는 *A. longipinnis*, *A. rhombeus*, *A. lanceolatus*, *Pseudoperilampus types* 등이 식물성플랑크톤 및 동물성플랑크톤, 저질의 유기물을 섭식하는 잡식성으로 보고한 바 있다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 납자루아과의 어류는 주로 플랑크톤이나 저질의 소형동물 및 유기물 등을 섭식하는 잡식성으로 추정할 수 있었다.

본종은 조개에서 탈출한 후 수표면 근처에서 단세포성 수생생물을 섭식하지만 점차 성장하면서 소화기관이 발달하고, 입의 크기가 커지며, 영양능력이 확보되면 저층으로 이동하여 저질에 있는 돌이나 수생식물의 표면에 부착조류 및 바닥과 저질의 소형동물 섭식한다. 성어의 위 내용물에서는 모래와 진흙입자가 발견되었지만 미성어의 위 내용물에서는 거의 발견되지 않았다. 이는 성어의 경우 하천의 바닥에서 섭식을 하지만 미성어는 저층이 아닌 수표면 근처의 수중식물 주변에서 그 표면에 붙은 먹이를 주로 섭식하므로 모래나 진흙이 위 내용물에서 발견되지 않는 것으로 미소서식처의 환경이 반영된 결과로 판단된다.

적 요

묵납자루에서 첫 번째 새궁(gill arch)의 새파 수는

17~21개 (평균 19개) 정도로 적은 편이었으며, 새파의 길이는 280~430 (평균 360±35) mm이었다. 새파 간의 간격은 130~210 (평균 160±15) mm이었다. 인두치의 저작면은 안쪽이 파여 있는 형태로 제1치는 저작면의 발달이 매우 미약하나 제2, 3, 4, 5치의 저작면은 발달되어 있었다. 인두치와 새파는 생활사의 초기에 완전히 형성되었다. 소화관의 길이는 체장의 3.63±0.12배로 매우 길었으며, 식도에서 연결되어 항문쪽으로 길게 배열되다가 한번 접히고 시계방향으로 5회 정도 감긴 후 항문으로 연결되어 있었다. 목납자루는 주로 식물성플랑크톤의 일종인 부착조류를 주로 섭식하였으며 그 중 규조류의 비율이 가장 높았고, 그 이외에 원생동물, 갈따구 유충, 식물의 씨앗, 육상곤충 등도 소화관 내용물에서 관찰되어 초식성이 강한 잡식성으로 볼 수 있었다.

인 용 문 헌

- Aoyagi, H. 1957. General notes on the freshwater fishes of the Japanese Archipelago. Taishukan Shoten, Tokyo, 272 pp.
- Baek, H.M., H.B. Song and O.K. Kwon. 2004. Reproductive Behavior of the Korean Bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae; Acheilognathinae). Kor. J. Ichthyol., 16 : 201~209.
- Berg, L.S. 1907. Description of a new cyprinoid fish *Acheilognathus signifer* from Korea with a synopsis of all the Korean Rhodeina. Ann. Mag. Nat. Hist., 19 : 159~193.
- Chu, Y.T. 1985. Comparative studies on the scales and on the pharyngeal and their teeth in Chinese Cyprinids, with particular reference to taxonomy and evolution. Biol. Bull. St. John's Univ. (Shanghai) 2 : 1~225. pls.1~30.
- Keast, A. 1978. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperature lake. Env. Biol. Fish., 3 : 7~31.
- Kobayasi, H. and T. Maeda. 1961. On the pharyngeal bones and their teeth in Japanese Acheilognathid fishes (Cyprinidae). Bull. Jap. Society of Scientific Fisheries, 27 : 113~118.
- Okada, Y. 1959. Studies on the freshwater fishes of Japan. J. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie, 4 : 367~411.
- Przybylski, M. 1996. The diel feeding pattern of bitterling, *Rhodeus sericeus amarus* (Bloch) in the Wieprz-Krzna canal, Poland. Pol. Arch. Hydrobiol., 43 : 203~212.
- Solomon, G., M. Shimizu and Nose, Y. 1985. The feeding habits of rose bitterling in the Shin tone River. Bull. of the Jap. Soc. of Sci. fisheries, 51 : 711~716.
- Welton, J.S., C.A. Mill and J.R. Pygott. 1991. The effect of interaction between the stone loach *Noemacheilus barbatus* (L.) and *Cottus gobio* (L.) on prey and habitat selection. Hydrobiol. 220 : 1~5.
- 백현민 · 송호복 · 권오길. 2002. 홍천강 상류에 서식하는 목납자루, *Acheilognathus signifer*의 연령과 성장. 한국어류학회지 14 : 254~261.
- 백현민 · 송호복 · 권오길. 2003. 홍천강 상류에 서식하는 목납자루, *Acheilognathus signifer*의 성 성숙과 산란시기. 한국어류학회지 15 : 278~288.
- 백현민. 2005. 목납자루, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문. pp. 1~186.
- 송호복. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (잉어과)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문. pp. 1~181.
- 양홍준. 1963. 잉어과 어류의 인두골과 인두치 (제1보). 한국동물학회지 6 : 15~20.
- 정 준. 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적, 서울, pp. 1~496.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第一冊, 絲鰓類, 內鰓類. 朝鮮總督府水産試驗場. pp. 1~458.
- 鈴木伸洋 · 全祥麟. 1989. 韓國產납자루亞科 魚類의 咽頭齒와 咀嚼突起. 韓魚誌 1 : 83~92.

Received: January 5, 2005
Accepted: March 2, 2005