

홍천강 상류에 서식하는 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae)의 식성

최재석* · 이광열 · 장영수 · 박정호 · 권오길

강원대학교 자연과학대학 생물학과

Feeding Habit of *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) from the Hongcheon River, Korea

Jae seok Choi*, Kwang yeol Lee, Young su Jang, Jung ho Park and Oh kil Kwon

Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701

Abstract - We investigated the feeding habits of *Rhynchocypris kumgangensis* in Hongcheon River of Saenggokri, Seoseokmyeon, Hongcheongun, Gangwon-do, Korea from April 2002 to March 2003. The fish is korean endemic species upper streams in Korea. It was ascertained that *R. kumgangensis* is a carnivore and consumes mainly Ephemeroptera, Diptera, Terrestrial insects and Trichoptera. The most important prey was chironomids: *Chironomus* sp. Their feeding habits changed according to growth. Small fish fed mainly on small prey organisms such as Diptera, while larger fish fed much more on Ephemeroptera and Terrestrial insects. There were also seasonal changes in the relative proportion of their food items.

Key words : *Rhynchocypris kumgangensis*, Hongcheon River, feeding habit

서 론

금강모치 (*Rhynchocypris kumgangensis*)는 잉어목 (Cypriiformes), 잉어과 (Cyprinidae), 황어아과 (Leuscinae), 버들치속 (*Rhynchocypris*)에 해당하는 소형 담수어종으로 북한 일대와 한강 상류지역 및 금강 상류의 일부지역에 분포하며, 수온이 낮고 용존산소가 풍부한 산간계류에 서식하는 한국 고유종 (Uchida 1939; 정 1977; 최 등 1990; 김과 강 1993; 김 1997; 김과 박 2002)으로 수질오염에 민감할 뿐 아니라 생태학적으로 주목 받는 어종이다.

지금까지 수행된 본 종에 대한 연구로는 Uchida (1939)에 의해 미기록종으로 발표된 이래 김리태 (1980)에 의

해 신종으로 기재 되었으며 정 (1977), 최 등 (1990), 김 (1997)에 의해서 분류학적인 논의가 이루어졌다. 그리고 강 (1986)에 의한 골격에 관한 연구, 이 등 (1987)에 의한 한국 및 일본산 버들치속 (잉어과) 어류 4종의 핵형분석에 관한 연구, 서 (1989)에 의한 금강모치 (*Moroco* sp.)의 지리적 변이 및 종분화에 관한 연구, 송과 최 (1997)에 의한 난발생과 자어의 성장에 관한 연구, 송 (2000)의 개체군 생태에 관한 연구, Kim (2002)의 한국산 *Rhynchocypris*속의 골격비교 분석에 관한 연구, 백 등 (2002)에 의한 연준모치와 금강모치의 서식지 분리와 먹이선택에 관한 연구가 있다.

수중생태계에서 상위 소비자의 위치에 있는 어류는 이동성이 크고 유속 · 하상 · 수질 · 수온 등의 물리 화학적인 서식지 환경의 변화에 민감하게 반응하는 동물군

*Corresponding author: Jae seok Choi, Tel. 011-373-9747, Fax. 033-251-3990, E-mail. gobiobotia@hanmail.net

이다(손 등 1997). 최근 들어 개발과 오염의 범위가 점차 확대 되면서 자연 환경의 파괴가 급속도로 진행되어 야생 동·식물의 서식지가 없어지거나 좁아지고 있으며 제한된 수역에서 서식하고 있는 담수어류의 경우는 서식처의 교란으로 인하여 멸종위기에 직면하는 경우가 많다(김 1995). 이러한 원인으로 하천의 최상류역에 분포하는 어종 중의 하나인 *R. kumgangensis*는 생존에 커다란 영향을 받고 있다.

어류에 대한 식성연구는 그 어류가 속해 있는 생태계의 기능적인 면을 이해하기 위한 기초자료가 되고 있으므로(허와 박 1997), 상류수역에서 우점종으로 출현하는 어종의 하나인 *R. kumgangensis*의 월별, 계절별, 그리고 연령별에 따른 식성을 밝힘으로서 하천상류 생태계를 이해하고 보존하는데 기여하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 *R. kumgangensis*의 서식밀도가 비교적 높은 북한강의 지류인 홍천강 상류, 강원도 홍천군 서석면 생곡리에서 2002년 4월부터 2003년 3월까지 매월 하순 오전 11시부터 오후 2시 사이에 실시하였다(Fig. 1). 채집도구는 족대(망목 4×4 mm)를 사용하였다. 채집된 표본은 소화관의 내용물의 토출을 막기 위해 95% 알코올로 질식시킨 후, 현장에서 10% 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다.

소화기관의 조사는 체장이 50~70 mm의 개체를 대상으로 소화관 및 아가미를 떼어내어 해부현미경하에서 관찰·sketch하였다. 또한 아가미를 관찰한 후 첫 번째 새궁의 새파수(gill raker)를 계수하였고 각각의 길이를

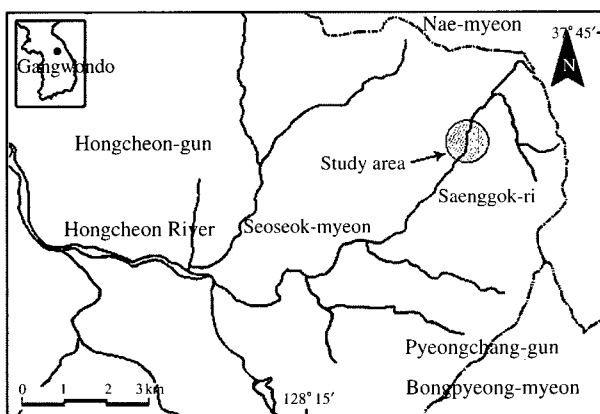


Fig. 1. Map showing the study area in Hongcheon River, Korea. Station : Saenggokri, Seoseokmyeon, Hongcheongun, Gangwon-do, Korea.

측정하였다.

소화관의 내용물은 월별로 채집된 개체군의 체장에 따라 3단계(35 mm 미만, 35~65 mm, 65 mm 이상)로 구분하여 조사하였다. 소화관 내용물은 개체별로 Petri-dish에 펼친 후 해부현미경(×10, ×20, ×40, ×80)하에서 관찰하였고 윤(1995)에 따라 동정하였다. 그리고 먹이생물은 종류별로 구분하여 개체수를 계수하였고 건조기에 넣고 80°C에서 24시간 건조시킨 뒤 0.01 g 단위까지 건조중량을 측정하였다. 소화관 내용물의 분석결과는 전체 먹이생물 중 차지하는 개체수비, 건조중량비 그리고 각 먹이생물에 대하여 출현빈도(frequency of occurrence)로 나타내었다. 각 먹이생물의 출현빈도수(Fi)는 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$Fi = Ai/N \times 100$$

여기서, N: 조사된 총 어류의 개체수

Ai: 위 내용물 중 i 먹이생물이 발견된 어류의 개체수

먹이생물의 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

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

여기서, N: 먹이생물 총 개체수의 백분율

W: 먹이생물 중 건조중량의 백분율

Fi: 각 먹이생물에 대한 출현 빈도수

결 과

*R. kumgangensis*의 식성을 조사하기 위해 조사지역의 어류상, 본 종의 소화 기관, 식성 등을 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 어류상

조사지역에서 확인된 어종은 3종이었으며, 우점종은 *R. kumgangensis*였고 독중개(*Cottus poecilopus poecilopterus*), 참중개(*Iksookimia koreensis*)의 순으로 나타났다(Fig. 2). 이와 같이 출현 어종이 적게 나타난 것은 본 조사지역이 상류의 극히 제한된 수역이기 때문이다. 또한 본 지역에 서식하는 어종을 미소서식지 별로 보면 *R. kumgangensis*는 소(pool)에서 주로 헤엄치는 유영성 어류이며, 독중개(*C. poecilopus*)와 참중개(*I. koreensis*)는 하천 바닥(bottom)의 돌이나 바위틈 혹은 모래에 서식하는

저서성 어류로 *R. kumgangensis*와 서식하는 환경이 다르기 때문에 중간 먹이경쟁이 매우 낮을 것으로 판단된다.

2. 소화기관

어류의 식성과 매우 밀접한 관계가 있는 소화기관을 조사하였다. 위와 장은 먹이의 저장과 소화, 흡수 등이 이루어지는 기관으로 어종에 따라 여러 가지 형태로 나타난다.

본 종은 잉어과에 속하는 어종으로 위가 없으며(박 등 1995) 소화기관은 식도가 끝나는 부분에서 2회 굴곡하여 항문과 연결된다. 장은 초식성 일수록 길고 굴곡이 심하며 육식성 일수록 짧고 직선적인 형태를 가지는데(Welton et al. 1991), 본 종의 장은 굵고 짧으며 체장 65 mm 이상인 개체에 있어서 장이 시작되는 부분은 직경이 2.5~3.5 mm였다(Fig. 3).

아가미는 4쌍으로 구성되어 있으며 각 아가미궁에는 2쌍의 새판(gill lamellae)이 있다. 첫 번째 새궁(gill arch)의 새엽(gill filaments) 수는 한쪽의 경우 48~52개이고 새파(gill raker) 수는 7~9개로 길이는 0.30~0.52 mm였다. 새파 사이의 간격은 새파 길이의 약 1~2배였으며 끝은 날카롭게 변형되어 있었다(Fig. 4). 또한 인두치는 2열이었다.

3. 소화관 내용물 조성

조사기간 동안 채집된 *R. kumgangensis*의 개체수는 모

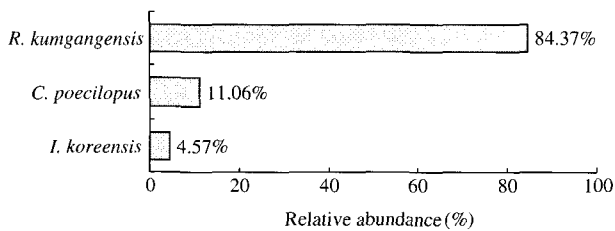


Fig. 2. Relative abundance of fish species collected at the study area.

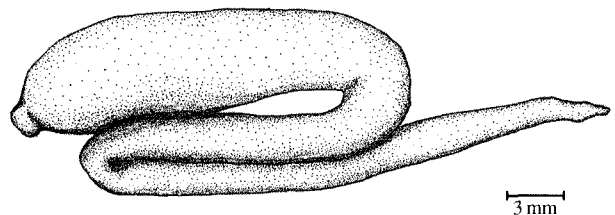


Fig. 3. Stomach and intestine of *R. kumgangensis* (standard length of fish 81.4 mm).

두 572개체였으며, 이들의 체장은 13~88 mm의 범위였다. 본 종은 입이 머리의 앞쪽에 위치하고 있으며 주둥이 끝은 뾰족한 모양을 하고 있다. 또한 실험실 및 야외에서 관찰 결과, 대부분 육안으로 먹이를 확인하고 섭식하였다. 소화관 내용물 분석에 사용된 표본은 체장 13~88 mm사이의 450개체였다. 그 중 35개체(7.78%)가 공복인 것으로 나타났으며 주로 겨울철에 공복인 개체가 많았다. 이는 겨울철에 수온 저하로 인하여 본 종의 활동력이 감소한 결과라 생각된다.

소화관 내용물을 분석한 결과 육상곤충(Terrestrial insects)과 함께 7목 22과 25속의 저서성대형무척추동물이 확인되었고, 먹이 생물은 1,522개체였으며 건조중량은 9.12g이었다. 먹이 생물로는 하루살이목(Ephemeroptera) 6과, 날도래목(Trichoptera) 8과, 파리목(Diptera) 4과, 강도래목(Plecoptera) 1과, 물지렁이목(Archiloligochaeta) 1과, 연가시목(Gordea) 1과, 단각목(Amphipoda) 1과 및 육상곤충(Terrestrial insects)으로 나타났다. 그 외 소수 개체에서 수서곤충을 섭식하는 과정에서 같이 먹었을 것으로 추정되는 모래와 녹조류와 규조류, 식물의 조각(낙엽)이 발견되었으나 먹이항목에는 포함시키지 않았다.

목별로 보았을 때 가장 중요한 먹이생물은 먹이의 상대중요성지수(%IRI)가 43.52%로 가장 높게 나타난 Diptera로서 총 먹이생물 개체수(%N)의 56.11%와 건조중량(%W)의 7.48%를 차지하였고 61.64%의 출현빈도(%FO)를 보였다. Diptera 다음으로는 Ephemeroptera로 먹이생물 개체수의 32.98%, 건조중량의 21.81%로 나타났으며 52.84%의 출현빈도를 보였다. 상대중요성지수비는 32.15%로 나타났다. Terrestrial insects는 먹이생물 개체수의 7.75%, 건조중량의 58.60%, 출현빈도는 25.00%, 먹이의 상대중요성지수비는 18.42%로 나타났다. 그리고

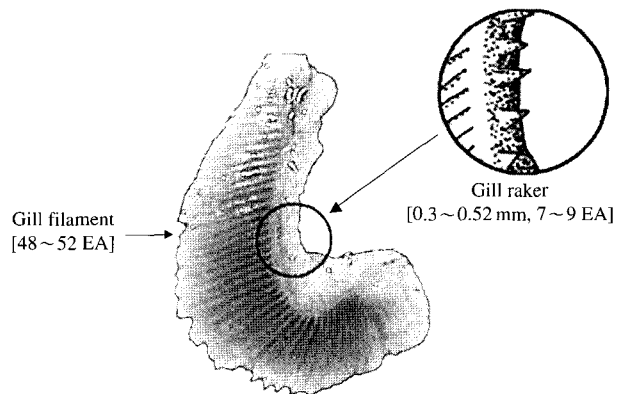


Fig. 4. Morphological character of first gill arch of *R. kumgangensis*.

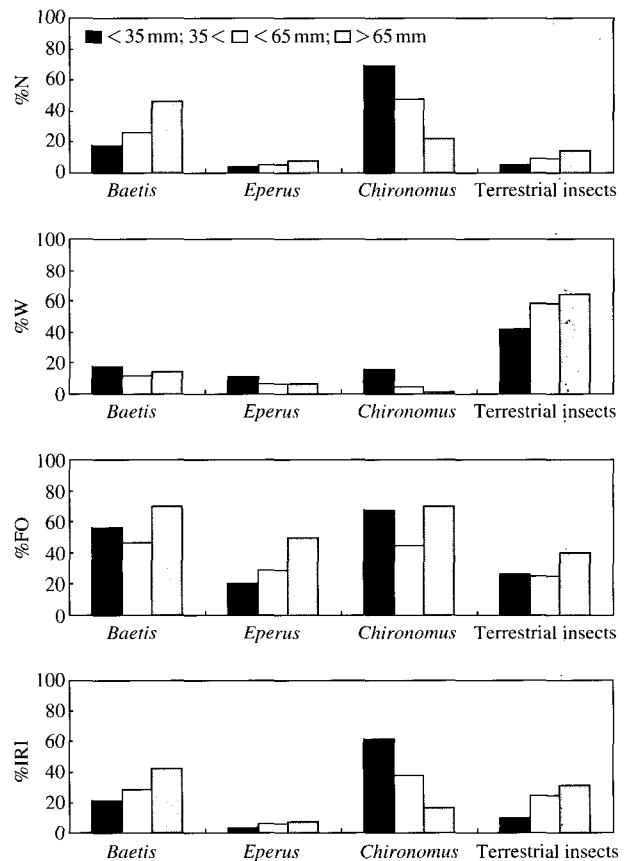
Table 1. Percent composition of the gut contents of *R. kumgangensis* by frequency of occurrence, number, dry weight and index of relative importance

Prey organism	%N	%W	%FO	%IRI
Insecta				
Ephemeroptera	32.98	21.81	52.84	32.15
Ameletidae				
<i>Ameletus</i> sp.	0.20	0.07	1.67	0.01
Baetidae				
<i>Baetis</i> sp.	24.24	12.54	51.67	25.75
<i>Baetiella</i> sp.	2.56	0.68	8.33	0.37
Potamanrhidae				
<i>Potamanthus</i> sp.	0.26	0.14	0.56	<0.01
Heptageniidae				
<i>Eperus</i> sp.	4.99	7.25	26.67	4.42
<i>Cinygmula</i> sp.	0.07	0.08	0.56	<0.01
<i>Ecdyonurus</i> sp.	0.33	0.66	2.22	0.03
Leptophlebiidae				
<i>Choroterpes</i> sp.	0.13	0.18	0.56	<0.01
Ephemerellidae				
<i>Drunela</i> sp.	0.20	0.21	1.67	0.01
Plecoptera				
Leuctridae				
<i>Rhopalopsale</i> sp.	0.07	0.20	0.56	<0.01
Trichoptera	2.83	10.09	41.25	5.92
Hydropsychidae				
<i>Hydropsyche</i> sp.	1.45	6.17	8.33	0.86
Rhyacophiloidae				
<i>Rhyacopila</i> sp.	0.26	0.82	2.22	0.03
Glossosomatidae				
<i>Glossosma</i> sp.	0.07	0.20	0.56	<0.01
Limnephilidae				
<i>Asynarchus</i> sp.	0.07	0.16	0.56	<0.01
Lepiostomatidae				
<i>Goerodes</i> sp.	0.53	1.45	2.78	0.07
Sericostomatidae				
<i>Gumaga</i> sp.	0.07	0.19	0.56	<0.01
Odontoceridae				
<i>Psilotreta</i> sp.	0.13	0.36	0.56	<0.01
Leptoceridae				
<i>Ceraclea</i> sp.	0.26	0.75	0.56	0.01
Diptera	56.11	7.48	61.64	43.52
Chironomidae				
<i>Chironomus</i> sp.	55.12	6.44	55.00	45.88
Simuliidae				
<i>Simulium</i> sp.	0.66	0.56	2.22	0.04
Tipulidea	0.00	0.00	0.56	<0.01
<i>Tipula</i> sp.	0.07	0.48	0.56	<0.01
Limnoniinae				
<i>Antocha</i> sp.	0.26	0.14	1.67	<0.01
Others				
terrestrial insects	7.75	58.60	25	18.42
Archioligochaeta				
Naididae				
<i>Chaetogaster limnaei</i>	0.20	1.23	1.11	0.02
Gordea				
Gordiidae				
<i>Gordius aquaticus</i>	0.07	0.46	0.56	<0.01
Amphipoda				
Gammaridae				
<i>Gammarus</i> sp.			0.56	

<0.01 : less than 0.01%

Trichoptera는 먹이생물 개체수의 2.83%, 건조중량의 10.09%, 출현빈도는 41.25%, 먹이의 상대중요성지수는 5.92%로 나타났다(Table 1). 따라서 본 종은 하천상류에서 유속이 느린 소의 중층을 유영하면서 수서곤충인 Diptera, Ephemeroptera 그리고 Terrestrial insects 등을 주로 섭식하는 식충성 어종임을 알 수 있었으며, 이는 수서곤충과 갑각류를 섭식하는 것으로 보고된 김(1997)의 기재와 다소 차이가 있었다.

먹이의 상대중요성지수(%IRI)가 1% 이상으로 나타난 먹이 생물은 깔다구류(*Chironomus* sp.), 꼬마하루살이류(*Baetis* sp.), 육상곤충류(Terrestrial insects), 납작하루살이류(*Eperus* sp.) 등의 순이었다(Table 1, Fig. 5). 특히 위내용물 중 가장 많이 출현한 먹이 생물은 *Chironomus* sp.로 총 먹이생물 개체수(%N)의 52.12%, 건조중량(%W)의 6.44%, 출현빈도(%FO)는 55.00%, 먹이의 상대중요성지수(%IRI)는 45.88%를 보여 본 종에 있어서 가장 중요한 먹이인 것으로 나타났다. *Chironomus* sp. 다음으

**Fig. 5.** Size-related variations in the importance of the main prey species of *R. kumgangensis*, based on three length classes considered. %N=percentage by number, %W=percentage by the dry weight, %FO=percent frequency of occurrence and %IRI=percent Index of Relative Importance.

로 중요한 먹이는 *Baetis* sp.로 먹이생물의 개체수의 24.24%, 건조중량의 12.54%, 출현빈도는 51.67%, 먹이의 상대중요성지수는 25.75%로 나타났다. 그리고 Terrestrial insects는 먹이생물의 개체수의 7.75%, 건조중량의 58.60%, 출현빈도는 25.00%, 먹이의 상대중요성지수는 18.42%로 나타났다 (Table 1). 먹이의 상대중요성지수가 1% 이상 나타난 주요 먹이생물을 종합하면 먹이생물 개체수의 92.10%와 건조중량의 84.83%를 차지하였고 먹이의 상대중요성지수는 98.52%로 나타났다.

4. 성장에 따른 먹이 변화

성장에 따른 먹이 변화를 알아보기 위해 체장을 3단계 (35 mm 미만, 35~65 mm, 65 mm 이상)로 구분하여 위 내용물을 분석한 결과, 체장이 작은 35 mm 미만인 집단에서 발견된 먹이생물의 종류는 모두 13종류였으며, 이 중 Diptera가 먹이의 상대중요성지수(%IRI)가 61.35%로

가장 높게 나타났다. 그리고 본 집단에서는 *Chironomus* sp.가 가장 중요한 먹이생물로 확인 되었다. 그러나 체장이 35~65 mm인 집단에서는 먹이 생물의 종류가 19종류로 크게 증가하여 본 종은 이 집단에서 좀 더 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 나타났다. 그리고 Diptera의 먹이의 상대중요성지수가 33.88%로 35 mm 미만의 집단에 비하여 27% 이상 감소되었으며 상대적으로 Ephemeroptera는 41.85%로 약 13% 이상 증가하였다. 또한 Terrestrial insects과 Trichoptera의 먹이의 상대중요성지수가 각각 21.02, 3.26%로서 11%와 3% 이상씩 증가하였다. 먹이의 상대중요성지수가 1% 이상인 먹이생물 중 *Chironomus* sp., *Baetis* sp., Terrestrial insects 및 *Eperus* sp.의 출현빈도나 먹이의 상대중요성지수에서 뚜렷한 증감의 변화를 보였다. 체장 35~65 mm의 집단에서는 본 종은 효율적인 섭식활동을 위해 크거나 무게가 작은 *Chironomus* sp.의 섭식을 줄이고 먹이의 크기와 무게가 수십 배 이상인 *Baetis* sp.나 Terrestrial insects를 더욱 선호하는 것으로 나타났다. 체장 65 mm 이상인 집단에서는 8종류의 먹이 생물이 출현하여 먹이 항목은 줄었으나 먹이의 상대중요성지수는 Ephemeroptera이 47.88%, Terrestrial insects이 26.35%, Diptera가 14.88% 그리고 Trichoptera가 10.88% 등으로 나타나 35~65 mm인 집단과 비슷한 양상을 나타내었다 (Figs. 5, 6).

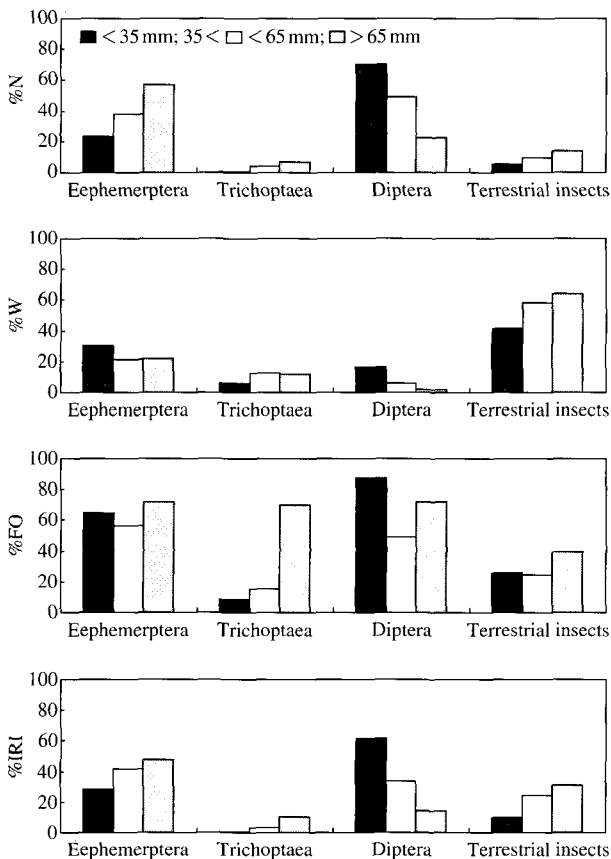


Fig. 6. Size-related variations in the importance of the main groups of prey of the *R. kumgangensis*, based on three length classes considered. %N=percentage by number, %W=percentage by the dry weight, %FO=percent frequency of occurrence and %IRI=percent Index of Relative Importance.

5. 월별 먹이 변화

Fig. 7은 *R. kumgangensis*의 월별 먹이의 변화를 먹이의 상대중요성지수(%IRI)에 따라 나타낸 것이다. 본 종은 하천 상류에 분포하는 Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera와 수면으로 떨어지는 Terrestrial insects를 주로 섭식하였으며, 월별로 이들 먹이생물이 차지하는 비율이 조금씩 다르게 나타났다. 11~4월에는 Ephemeroptera가

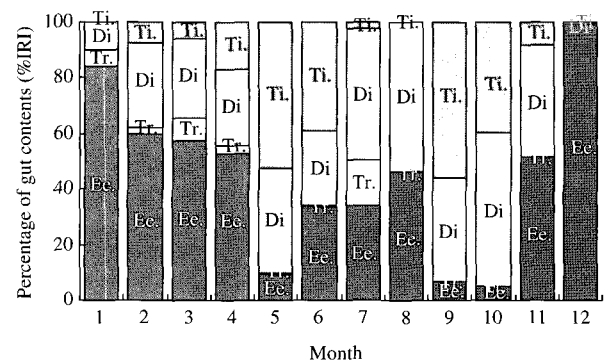


Fig. 7. Seasonal changes in prey items of *R. kumgangensis* (Ee.: Ephemeroptera, Tr.: Trichoptera, Di.: Diptera, Ti.: Terrestrial insects).

Table 2. Seasonal variation of gut contents of *R. gumgangensis* collected in the studied area

Prey organism	Months											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Insecta												
Ephemeroptera												
Ameletidae												
<i>Ameletus</i> sp.	1	1		1								
Baetidae												
<i>Baetis</i> sp.	15	9	11	98	29	59	26	20	12	32	37	21
<i>Baetiella</i> sp.	11	2	21	5								
Plecoptera												
<i>Potamanthus</i> sp.			1		2						1	
Heptageniidae												
<i>Eperus</i> sp.	18	10	15	13	1	7		1	3	2	4	2
<i>Cinygmula</i> sp.			1									
<i>Ecdyonurus</i> sp.			1	2						1		1
Leptophlebiidae												
<i>Choroterpes</i> sp.			1						1			
Ephemerellidae												
<i>Drunela</i> sp.			2								1	
Plecoptera												
Leuctridae												
<i>Rhopalopsale</i> sp.							1					
Trichoptera												
Hydropsychidae												
<i>Hydropsyche</i> sp.	4	2	4		1		10		1			
Rhyacophilidae												
<i>Rhyacopila</i> sp.			1				3					
Glossosomatidae												
<i>Glossosma</i> sp.				1								
Limnephilidae												
Lepiostomatidae												
<i>Goerodes</i> sp.			2	5								1
Sericoxomatidae												
<i>Gumaga</i> sp.			1									
Odontoceridae												
<i>Psilotreta</i> sp.			1			1						
Leptoceridae												
<i>Ceraclea</i> sp.				4								
Diptera												
Chironomidae												
<i>Chironomus</i> sp.	19	17	31	67	89	77	50	40	65	333	51	
Simuliidae												
<i>Simulium</i> sp.		1		5			3			1		
Tipulidae												
<i>Tipula</i> sp.					1							
Limnophiliinae												
<i>Antocha</i> sp.							4					
Others												
terrestrial insects		2	3	8	20	22	2		20	24	4	13
Amphipoda												
Gammaridae												
<i>Gammarus</i> sp.						1						
Annelida												
Naididae												
<i>Chaetogaster limnaei</i>							1		2			
Gordea												
Gordiidae												
<i>Gordius aquaticus</i>							1					

본 종의 주요 먹이생물로 이용되었고, 5~10월에는 Terrestrial insects와 Diptera가 주요 먹이생물로 이용되었다. 특히 겨울철인 12월과 1월에는 Ephemeroptera의 먹이의 상대중요성지수가 80% 이상으로 나타났다. 수서곤충이 우화하기 시작하는 시기인 2~4월에는 Ephemeroptera의 먹이의 상대중요성지수는 50~60%로 감소된 반면 Terrestrial insects (5~15%)와 Diptera (30%)의 먹이의 상대중요성지수는 겨울철에 비하여 각각 증가했다. 본 종의 산란 시기인 5월에는 Terrestrial insects의 먹이의 상대중요도지수는 50% 이상으로 나타났다. 7~8월의 소화관 내용물 구성은 모래와 더불어 Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera와 Terrestrial insects를 소량 포함하였다. 먹이의 상대중요성지수로 보면 Ephemeroptera와 Diptera가 80% 이상 나타났으며 Trichoptera와 Terrestrial insects는 각각 10% 미만과 5% 미만으로 아주 적게 나타났다. 그 이후 9~10월에는 Terrestrial insects와 Diptera의 먹이의 상대중요도지수가 90% 이상으로 다시 높게 나타났다. 이와 반대로 겨울철로 접어들면서 Terrestrial insects와 Diptera의 섭식 비율이 줄어들고 하천 상류에 많이 분포하는 Ephemeroptera를 주로 섭식하는 것으로 나타났다.

고 찰

*R. kumgangensis*는 하천의 최상류수역에 서식하며 Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera와 Terrestrial insects 등을 주로 섭식하는 식충성 어류이다. 식충성 어류의 계절적 먹이 변화는 먹이생물의 생활사, 어류의 서식 수층 및 포획 능력 등이 주된 원인이 된다(Wootton 1990). 또한 어류의 식성은 다른 어종과의 먹이 경쟁, 소화 기관의 형태와 밀접한 관계가 있다(변 등 1995).

지금까지 국내에서 보고된 다른 어종과 소화기관을 비교해 보면 초식성에 속하는 잉어과(Cyprinidae)의 붕어(*Carassius auratus*)는 새파수가 66~88개(남 등 1989)로 본 종과 매우 큰 차이를 보였으며, 육식성인 열목어(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)는 12~20개(변 등 1995), 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*)는 새파수가 11~13개(최 등 2001), 꾸구리(*G. macrocephala*)는 7~8개(최 등 2004)로 본 종과 커다란 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 종이 식충성임을 알 수 있었고, 다른 식충성 및 육식성 어종들과 새파수에서 약간의 차이를 보이는 것은 먹이에 따른 환경적응의 결과라 생각된다(최 등 2004). 한편 새파의 크기에 있어서 *B. lenok tsinlingensis*는 1~4 mm이고 새파 사이의 간격은 새파 길이의 약

1/3이었으며(변 등 1995), *G. brevibarba*는 0.50~0.72 mm였고 새파 사이의 간격은 새파 길이의 약 1/2였으며(최 등 2001), *G. macrocephala*는 0.25~0.40 mm였고 새파 사이의 간격은 새파 길이의 1~2배이었다(최 등 2004). 따라서 본 종은 *B. lenok tsinlingensis*와 *G. brevibarba*보다는 새파의 길이가 작았으며, *G. macrocephala*와 거의 비슷하였다.

성장에 따른 먹이 변화는 체장 35 mm 미만인 어린 집단에서 Diptera 중 크기와 무게가 작은 *Chironomus* sp.를 주로 섭식하는 것으로 보이며, 점차 성장함에 따라 먹이의 크기나 중량이 상대적으로 큰 Ephemeroptera와 Terrestrial insects를 주로 섭식하는 것으로 나타났다. 실제로 Ephemeroptera의 먹이의 상대중요성지수(%IRI)는 성장함에 따라 증가하여 체장 65 mm 이상의 집단에서는 47.88%를 나타내어 Ephemeroptera는 본 종이 성장하는데 매우 중요한 먹이 생물이라고 생각된다. 그리고 Terrestrial insects와 Trichoptera도 성장함에 따라 출현빈도와 먹이의 상대중요성지수가 증가하는 것으로 보아 Ephemeroptera와 더불어 *R. kumgangensis*의 성장에 중요한 먹이 생물이라고 생각된다.

또한 *R. kumgangensis*의 먹이의 계절적 변화를 살펴보면 해빙기에 들어선 2월부터 4월까지 Ephemeroptera의 먹이의 상대중요성지수가 50% 이상으로 나타나 가장 중요한 먹이생물이었으며, 3, 4월로 갈수록 점차 Terrestrial insects의 먹이의 상대중요성지수가 높아지는 것으로 나타났다. 해빙기가 시작되는 2월 하순에 섭식한 Terrestrial insects의 대부분은 수서곤충의 성충이었다. 이는 얼음이 녹기 시작하는 이 시기에 일부 수서곤충이 우화를 시작하고, 우화한 성충은 얼음에 막혀 날아가지 못하거나 낮은 기온으로 인하여 활동하지 못하고 수체로 떨어져 *R. kumgangensis*가 쉽게 섭식할 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 본격적인 산란철인 5월과 6월에는 Terrestrial insects와 Diptera를 주로 섭식하는 것으로 나타났다. 특히 이 시기에 Terrestrial insects의 먹이의 상대중요성지수가 높은 이유는 수체를 덮고 있는 나무로부터 많은 Terrestrial insects가 떨어지며 교미를 마친 Terrestrial insects도 상당량 수체로 떨어지기 때문인 것으로 판단된다. 이 시기의 육상곤충의 크기는 수서곤충의 성충보다 수배에서 수십 배가 된다. 여름철인 7, 8월에 Terrestrial insects의 섭식율이 급격히 떨어지는 것은 집중 호우(국지성 호우 및 태풍) 이후에 주로 조사를 하였기 때문인 것으로 판단된다. 더욱이 본 조사시기에는 유량이 늘어나거나 탁수가 흘러 조사에 많은 어려움이 있었다. 즉 탁수발생으로 인한 어류의 시야 감소 및 하천주변에 서식하는 육상곤충의 소실 등은 포식활동에

많은 영향을 끼친 것으로 생각된다. 따라서 본종의 개체들은 주변에 가장 많이 서식하고 손쉽게 포식할 수 있는 Ephemeroptera와 Diptera를 주로 섭식하는 것으로 나타났다.

가을철인 9, 10월에는 봄철인 5, 6월과 비슷한 양상을 보이며 Terrestrial insects와 Diptera의 먹이의 상대중요성지수가 다시 높게 나타난다. 대부분의 동물들은 겨울철을 지내기 위해 가을에 많은 에너지를 축적한다. 특히 *R. kumgangensis*는 효율적인 에너지 축적을 위하여 활동성이 강한 Ephemeroptera의 섭식을 줄이고, 크기는 작으면서 활동성이 약한, 그리고 주변에 가장 많이 분포하는 Diptera를 다량 섭취하거나, 가을철에 낙엽과 함께 떨어지는 Terrestrial insects를 섭식함으로써 많은 에너지를 축적하는 것으로 생각된다. 계절이 가을에서 겨울로 바뀌면 Terrestrial insects의 먹이의 상대중요성지수는 떨어지고, 물속에서 쉽게 구할 수 있는 Ephemeroptera의 먹이의 상대중요성지수가 증가하여 겨울철에는 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. Diptera의 경우 계절에 관계없이 거의 일정한 먹이중요도를 보였는데, 이는 Diptera가 하천에 많이 분포하는 수서곤충이며 크기가 작고 활동성이 약하기 때문에 섭식하기 용이하고, 또한 주로 어린 개체에서 가장 많이 그리고 지속적으로 섭식하기 때문인 것으로 생각된다.

또한 백 등 (2002)은 규조류와 녹조류를 먹이원으로 이용한다고 하여 잡식성인 것으로 표현하였으나, 본 실험의 결과, 녹조류와 규조류가 위 및 장에서 모래와 함께 발견되었으며 소화가 되지 않은 상태로 위를 지나 배설강에 까지 분포하는 것으로 보아 주된 먹이원 즉 에너지원으로 이용되지 않는 것으로 판단된다. 더욱이 본 종의 장은 길이가 짧으므로 규조류나 녹조류를 소화하기는 어려울 것으로 생각된다. 또한 일부 개체에서는 규조류와 녹조류, 그리고 모래로 이루어진 Chironomidae의 집이 위에서 다량 발견되었다. 이는 수서곤충을 섭식하는 과정에서 함께 섭식된 것으로서 잡식성어종으로 분류되는 근거가 되고 있었다. 그러나 본 *R. kumgangensis*는 육상곤충과 수서곤충을 주로 섭식하는 식충성 어종으로 판단되었다.

적 요

강원도 홍천군 서석면 생곡리에서 2002년 4월부터 2003년 3월까지 하천의 상류수역에 서식하는 한국 특산종인 *R. kumgangensis*의 식성에 대하여 조사하였다.

*R. kumgangensis*는 주로 Ephemeroptera, Diptera, Terre-

strial insects와 Trichoptera를 섭식하는 식충성 어류로 밝혀졌다. 주요한 먹이생물은 깔다구류(*Chironomus* sp.)였다. 크기가 작은 개체군에서는 Diptera와 같은 작은 크기의 먹이를 섭식하고, 성장함에 따라 Ephemeroptera와 Terrestrial insects 같은 크기가 큰 먹이로의 먹이 전환이 일어난다. 또한 계절의 변화에 따라 먹이항목의 상대적 비율이 변화한다.

참 고 문 헌

- 강언중. 1986. 韓國産 금강모치 *Moroco kumgang* UCHIDA (Pisces, Cyprinidae)의 骨格에 關한 研究. 전북대학교 이학석사학위 청구논문. pp. 1-36.
- 김익수. 1995. 한국의 위기 담수어류의 서식현황과 보존. 한국담수생태계의 특성과 어류상. pp. 31-50.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감. 제37권 동물편(담수어류). 교육부. pp. 263-264.
- 김익수, 강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적. 서울. pp. 21-450
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사. pp. 172-173.
- 김리태. 1980. 조선산 버들치속의 1신종에 대하여. 생물학 2: 27-29.
- 남명모, 양홍준, 서보근. 1989. 영남지역산(嶺南地域産) 붕어 *Carassius auratus* (Linnaeus)의 형태적 변이. 한국어류학회지. 1:54-63.
- 백현민, 송호복, 심하식, 김영건, 권오길. 2002. 연준모치, *Phoxinus phoxinus*와 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지 분리와 먹이 선택. 한국어류학회지. 14:121-131.
- 변화근, 조규승, 최재석, 박정호, 최준길, 손영목, 전상린. 1995. 열복어(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)의 먹이선택 습성. 한국어류학회지. 28:279-288.
- 서재화. 1989. 금강모치(*Moroco* sp.)의 지리적 변이 및 종분화에 관한 연구. 인하대학교 이학석사 학위 청구논문. pp. 1-33.
- 손영목, 송호복, 변화근, 최재석. 1997. 팔당호 어류군집 동태. 한국어류학회지. 9:141-152.
- 송호복, 최신석. 1997. 금강모치(*Moroco kumgangensis*)의 난 발생과 자어의 성장. 한국어류학회지. 30:67-74.
- 송호복. 2000. 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae)의 개체군 생태. 한국어류학회지. 12:101-110.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 서울. pp. 7-260.
- 이금영, 장선일, 윤명자, 소준노, 전상린, 강영희, 板井隆彦, 君塚芳輝. 1987. 한국(韓國) 및 일본산(日本産) 버들치속(잉어과) 어류 4종의 핵형분석(核型分析). 한국어류학회지. 20:49-60.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색한국담수어도감.

- 향문사. 서울. pp. 64-65.
- 최재석, 변화근, 권오길. 2001. 홍천강에 서식하는 돌상어 *Gobiobotia brevibarba* (Cyprinidae)의 식성. 한국어류학회지. 13:230-236.
- 최재석, 장영수, 이광열, 권오길. 2004. 남한강에 서식하는 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala* (Cyprinidae)의 식성. 한국어류학회지. 16:165-172.
- 허성희, 광석남. 1997. 베도라치 (*Pholis nebulosa*)의 식성. 한국어류학회지. 9:22-29.
- Kim YH. 2002. A study on the osteomorphology of the genus *Rhynchocypris* (Cyprinidae) from Korea. Department of Biology. Kunsan National University, 65pp.
- Pinkas L, MS Oliphant and ILK Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bomito in California waters. Calif. Dep. Fish Bull. 152:1-105.
- Uchida K. 1939. The Fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Eventognathi, Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Tyosen. 6. 458p. (In Japanese).
- Welton JR, CA Mill and JR Rygott. 1991. The effect of interaction between the stone loach *Noemacheilus barbatus* (L.) and *Cottus gobio* (L.) prey and habitat selection. *Hydrobiologia* 220:1-5.
- Wootton RJ. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. 34pp.
- Manuscript Received: June 22, 2005
Revision Accepted: September 12, 2005
Responsible Editorial Member: Inn-Sil Kwak (Yosu Univ.)