

호산천에 서식하는 멸종위기종인 한독중개 *Cottus hangiongensis*의 섭식생태

백현민 · 심하식^{1,*} · 윤희남 · 송호복²

국립환경과학원 생태계조사단, ¹농업과학기술원 농업생물부, ²강원대학교 생명과학부

Feeding Ecology of Endangered *Cottus hangiongensis* in the Hosan Stream, Korea by Hyun-Min Baek, Ha-Sik Sim^{1,*}, Hee-Nam Youn and Ho-Bok Song² (Ecosystem Survey Team, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea; ¹Division of Life Sciences, ²College of Natural Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

ABSTRACT The feeding ecology of endangered *Cottus hangiongensis* was studied in the Hosan stream from September 2006 to August 2007 by collecting them seasonally. The stomach contents of *C. hangiongensis* consisted mainly of aquatic insects and Nematoda, small fish, fish eggs, snails (*Semisulcospira libertina*), and small stones were also observed. The main aquatic insects in the order of relative importance were Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera and Plecoptera. The most important prey items were Chironomidae sp.1 and *Hydropsyche kozhantschikovi*. Change in the main prey organisms by season were Trichoptera in the spring and the summer, Diptera in the autumn, and Plecoptera in the winter by ratio of dry weight.

Key words : *Cottus hangiongensis*, feeding ecology, index of relative importance

서 론

독중개 (Cottidae)과 어류는 전 세계에 약 70속 (genera) 300여종이 알려져 있으며, 이들은 대부분 북반구, 극지방의 바다와 연안에 분포하고, 담수역에 분포하는 종은 상대적으로 적은 편이다 (Nelson, 2006). 국내 독중개과 (Cottidae) 어류는 41종이 보고되었으며, 이중 담수역에서는 독중개, 한독중개, 참독중개 등 3종이 분포하는 것으로 알려져 있다 (전, 1987; 김 등, 2005). 한독중개 (*C. hangiongensis*)는 주로 동해안을 흐르는 하천에 국한되어 분포하며, 일본과 연해주 등지에도 서식한다 (Goto, 1981; 전, 1998). 최근에 하천의 토목공사, 골재채취, 하천정비, 오염, 남획 등으로 인하여 서식처가 축소되어 개체수가 현저히 줄어들고 있는 실정으로 환경부에서는 멸종위기동물 II급으로 지정하여 보호하고 있다.

어류의 섭식생태 연구는 해당 어류가 선호하는 먹이생물

종류를 밝히는 것 이외에 에너지분배, 성장, 섭식전략, 타종과의 먹이 경쟁, 소화기관의 구조와 기능 등 매우 다양한 생태적 특성을 이해하는 데 유용할 뿐만 아니라 멸종위기종의 경우에는 서식지 보전에도 큰 의미가 있다.

한독중개와 관련된 국내 연구로는 분류와 분포 (전, 1987, 1998)에 관하여 일부 있을 뿐 생태에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 멸종위기에 처한 한독중개의 섭식생태에 대하여 조사, 연구함으로써 생태적 특성을 파악하고, 나아가 본 종의 보호와 보전을 위한 기초 자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

한독중개의 소화기관과 식성에 대해 조사, 연구하기 위해 2006년 9월부터 2007년 8월까지 강원도 삼척시 원덕읍 호산리에 위치한 호산천 하구 (N: 37° 48' 10", E: 128° 05' 14")에서 계절별로 표본을 채집하였다. 이때 소화관 내용물의

*교신저자: 심하식 Tel: 82-55-350-1213, Fax: 82-55-353-3050, E-mail: papari@rda.go.kr

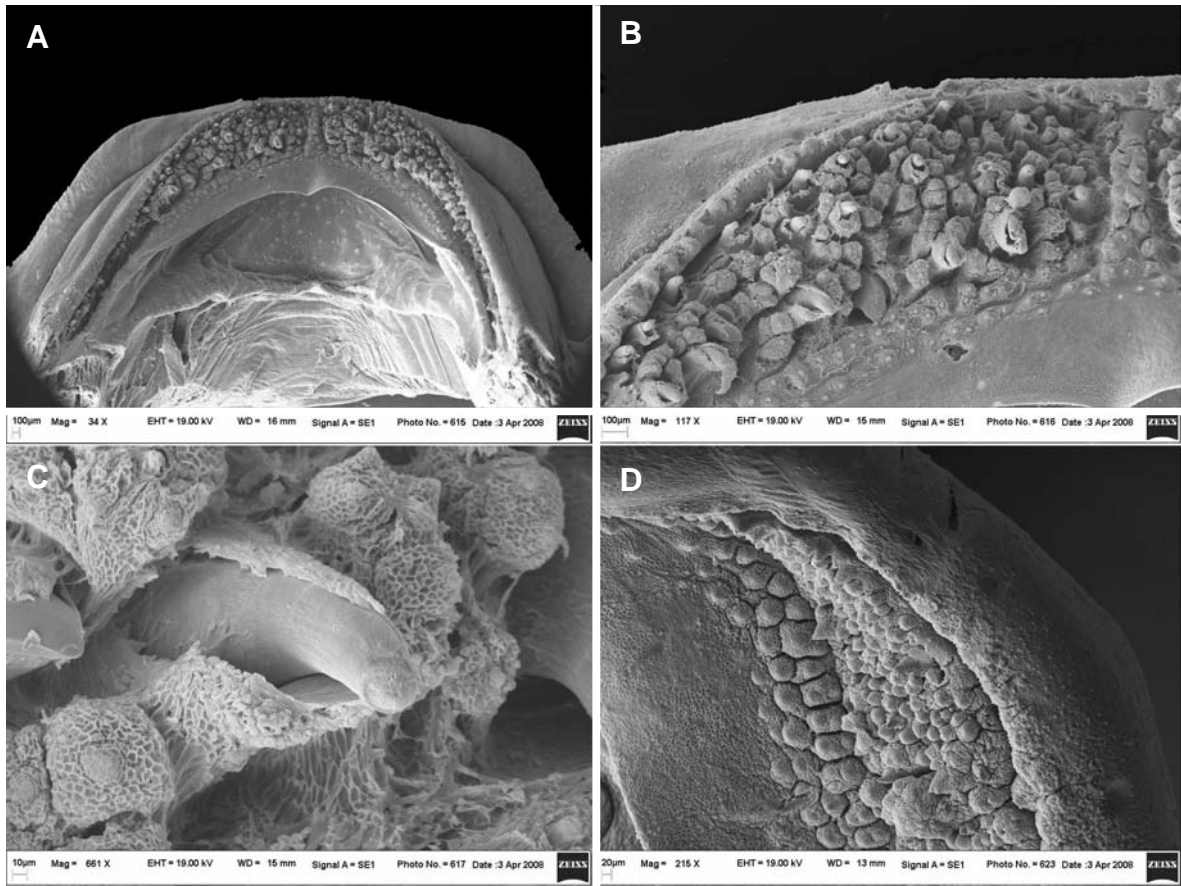


Fig. 1. The morphology of Premaxillary of *Cottus hangiongensis* A~C (body length=61.2 mm), D (body length=36.5 mm).

토출을 막기 위해 채집 즉시 탄산수로 질식시킨 후 10% 포르말린으로 고정하였다.

소화기관의 형태와 구조를 알아보기 위해 첫 번째 새궁과 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 성숙개체인 체장 60~87 mm 범위의 5개체, 미성숙개체인 체장 45 mm 이하 당년생 5개체를 대상으로 새पा의 수, 길이 및 새पा 사이의 간격을 1/20 mm 마이크로미터를 이용하여 측정하였다.

식성 조사를 위해 계절별로 채집한 개체의 소화관을 절개하여 해부현미경하에서 윤(1995)과 권(2001)에 따라 동정하였다. 그 후 중별로 건조기에 넣고 80°C에서 24시간 건조시킨 후 전자저울을 이용하여 0.1 mg 단위까지 건조량을 측정하였다.

위 내용물 분석은 각 먹이생물에 대한 출현빈도(FO%),

개체수비(N%) 및 건조중량비(W%)로 나타내었다. 출현빈도는 위 내용물 분석에 사용된 전체 한독중개의 개수체에 대한 해당 먹이생물이 발견된 한독중개의 개체수에 대한 백분비로 나타내었다. 먹이생물의 상대적중요성지수(index of relative importance, IRI=(N%+W%)×FO%)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

결 과

1. 소화기관의 형태와 특성

1) 이빨의 형태

본 종의 전상악골(premaxillary)은 비교적 잘 발달되었으며 이빨은 중앙을 중심으로 양쪽으로 분리되어 3~4열로 불규칙하게 배열되어 있고, 입술의 양쪽 끝으로 갈수록 1열로 배열되었다. 대부분의 이빨은 식도 방향으로 휘어져 있으며, 1열의 이빨(60~80 μm)에 비해 중앙부의 3~4열에 배열된 이빨(80~130 μm)이 비교적 더 날카롭고 크다(Fig. 1A, B, C). 당년생의 경우에는 전상악골의 형태는 성체와 유

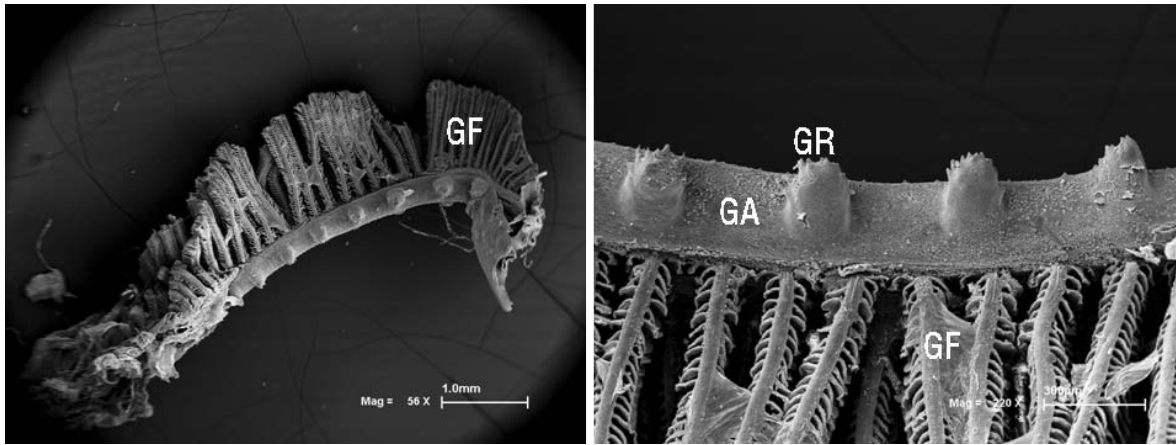


Fig. 2. Scanning electron micrographs of *Cottus hangiongensis* with first gill arch (GA: gill arch, GF: gill filaments, GR: gill raker).

Table 1. Number, length and interval of gill rakers of *Cottus hangiongensis* in the Hosan stream (AF: adult fish, YF: young fish)

No.	Body length (mm)	Number of gill raker	Length of gill raker Mean \pm SD (mm)	Interval of gill raker Mean \pm SD (mm)	Interorbital length (mm)	Age
1	87.1	8	0.51 \pm 0.099	0.51 \pm 0.122	6.55	AF
2	74.9	8	0.29 \pm 0.023	0.47 \pm 0.049	4.61	AF
3	61.2	8	0.29 \pm 0.023	0.34 \pm 0.126	4.16	AF
4	60.0	7	0.30 \pm 0.050	0.38 \pm 0.075	3.40	AF
5	60.5	8	0.24 \pm 0.105	0.34 \pm 0.079	4.04	AF
6	42.1	8	0.23 \pm 0.075	0.28 \pm 0.071	2.89	YF
7	42.9	7	0.14 \pm 0.035	0.18 \pm 0.041	3.11	YF
8	36.3	7	0.16 \pm 0.038	0.18 \pm 0.042	2.75	YF
9	36.6	8	0.18 \pm 0.026	0.23 \pm 0.125	2.38	YF
10	36.5	8	0.17 \pm 0.042	0.20 \pm 0.121	2.40	YF

사하나 이빨은 거의 발달되어 있지 않고, 뾰족한 돌기모양이 발달되어 있었다(Fig. 1D).

2) 새파 (gill raker)

아가미는 4쌍으로 첫 번째 새궁 (gill arch)의 새파 (gill raker)의 수는 7~8개로 적었다. 성숙개체의 새파의 길이는 0.24~0.51 mm (n=5), 미성숙 개체인 당년생은 0.14~0.23 mm (n=5)이었으며, 새파의 길이는 안경의 평균 6.9 \pm 1.30%이었다 (Table 1). 새파는 긴 타원형 모양으로 그 끝은 날카로운 가시모양의 돌기가 10~14개 정도씩 돌아있었다 (Fig. 2).

3) 소화관 (digestive tube)

본 종의 소화관은 식도로 이어지는 부분이 현저히 굵어져 둥근 Y자 모양을 이루고 있으며, 그 아래쪽에는 유문수 (Pyloric caeca)가 Y자 모양의 소화관을 감싸듯 둘러싸고 있다 (Fig. 3). 유문수는 4개로 2쌍으로 나눌 수 있으며, 긴 것의 길이는 짧은 것에 1.4배이다.

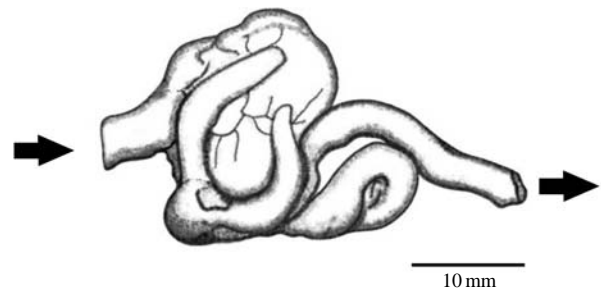


Fig. 3. Stomach and intestine of *Cottus hangiongensis*. Body length =96 mm.

2. 먹이생물

본 종의 먹이생물을 알아보기 위하여 계절별로 채집한 체장 31~104 mm의 64개체를 대상으로 소화관 내용물을 조사하였다.

소화관 내용물에서 확인된 먹이생물로는 곤충류가 대부분으로 수서곤충이 29종, 육상곤충 1종이 확인되었다. 그

Table 2. Stomach contents of *Cottus hangiongensis* in the Hosan stream

Stomach contents	Spring		Summer		Autumn		Winter		Total	
	N	N%	N	N%	N	N%	N	N%	N	N%
AQUTIC INSECT										
EPHEMEROPTERA										
Siphonuridae										
<i>Ameletus costalis</i>			1	0.5					1	0.1
Baetidae										
<i>Baetis thermicus</i>	3	0.5	15	6.8	86	25.4	6	4.2	110	8.4
<i>Baetiella japonica</i>	1	0.2			10	3.0	5	3.5	16	1.2
<i>Baetiella turberculata</i>			5	2.3	8	2.4			13	1.0
Heptageniidae										
<i>Epeorus latifolium</i>	5	0.8	31	14.1	3	0.9			39	3.0
<i>Paraleptophlebia chocoarata</i>			2	0.9					2	0.2
Ephemeridae										
<i>Ephemera</i> sp.			12	5.5	32	9.5	1	0.7	45	3.4
Ephemerellidae										
<i>Uracanthella rufa</i>			12	5.5			1	0.7	13	1.0
<i>Ephemerella keijoensis</i>	4	0.6	4	1.8			1	0.7	9	0.7
PLECOPTERA										
Perlidae										
<i>Oyamia nigribasis</i>							1	0.7	1	0.1
<i>Neoperla quadrata</i>							2	1.4	2	0.2
DIPTERA										
Tipulidae										
<i>Hexatoma</i> KUc	17	2.8					2	1.4	19	1.4
<i>Antocha</i> KUa	11	1.8	2	0.9	13	3.8	18	12.7	44	3.3
<i>Dicranota</i> KUa	1	0.2							1	0.1
Psychodidae										
<i>Psychoda</i> KUa	25	4.1							25	1.9
Simuliidae										
<i>Simulium</i> sp.			1	0.5	1	0.3	6	4.2	8	0.6
Chironomidae										
Chironomidae sp. 1 (White type)	450	73.1	103	46.8	121	35.8	91	64.1	765	58.1
Dolichopodidae sp.	1	0.2							1	0.1
Muscidae sp.	3	0.5							3	0.2
TRICHOPTERA										
Stenopsychidae										
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	5	0.8					2	1.4	7	0.5
Psychomyiidae										
<i>Psychomyia</i> KUa			8	3.6	2	0.6			10	0.8
Hydropsychidae										
<i>Aethaloptera</i> KUa			1	0.5	1	0.3			2	0.2
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	73	11.9	10	4.5	45	13.3	3	2.1	131	10.0
<i>Hydropsyche orientalis</i>	7	1.1			1	0.3			8	0.6
<i>Cheumatopsyche</i> KUb	1	0.2			11	3.3			12	0.9
Rhyacophilidae										
<i>Rhyacophila bilobata</i>			1	0.5	1	0.3			2	0.2
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	1	0.2	1	0.5					2	0.2
Glossosomatidae										
<i>Glossosoma</i> KUa	6	1.0	3	1.4	3	0.9	3	2.1	15	1.1
Hydroptilidae										
<i>Hydroptila</i> KUa	2	0.3	8	3.6					10	0.8
Others*										
Pleuroceridae										
<i>Semisulcospira libertina</i>						r				
Nematoda										
<i>Nematoda</i> sp.		++				++		r		
Terrestrial Insect		r								
Fish egg		+++				+++				
Fish						r				
Stone		+++		+++		+++		+++		
Plant Seed								r		

N: Individuals number of each food item, N%: Relative abundance (only include aquatic insects). *: 1~5 individuals, ++: 6~10 individuals, +++: above 11 individuals.

Table 3. Composition of the stomach of *Cottus hangiongensis* by occurrence, number, dry weight and index of relative importance (IRI)

Food items	FO%	N%	W%	IRI	IRI%
AQUATIC INSECT					
EPHEMEROPTERA					
				1074.9	6.3
Siphonuridae					
<i>Ameletus costalis</i>	1.6	0.1	0.3	0.5	*
Baetidae					
<i>Baetis thermicus</i>	35.9	10.0	5.6	902.1	4.2
<i>Baetiella japonica</i>	14.1	1.2	0.2	19.0	0.2
<i>Baetiella turberculata</i>	4.7	1.0	0.5	7.0	0.1
Heptageniidae					
<i>Epeorus latifolium</i>	21.9	3.0	0.4	73.5	0.9
<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	3.1	0.2	0.2	1.1	*
Ephemeridae					
<i>Ephemera</i> sp.	9.4	3.4	2.2	52.3	0.6
Ephemerellidae					
<i>Uracanthella rufa</i>	6.3	1.0	*	6.5	0.1
<i>Ephemerella keijoensis</i>	14.1	0.7	0.2	12.9	0.2
PLECOPTERA					
				48.2	0.6
Perlidae					
<i>Oyamia nigribasis</i>	1.6	0.7	0.1	0.1	*
<i>Neoperla quadrata</i>	3.1	0.2	15.2	48.1	0.6
DIPTERA					
				6171.5	76.3
Tipulidae					
<i>Hexatoma</i> KUc	14.1	1.4	15.4	235.8	2.9
<i>Antocha</i> KUa	35.9	3.4	2.2	202.9	2.5
<i>Dicranota</i> KUa	1.6	0.1	0.8	1.3	*
Psychodidae					
<i>Psychoda</i> KUa	3.1	1.9	0.9	8.9	0.1
Simuliidae					
<i>Simulium</i> sp.	9.4	0.6	0.3	8.4	0.1
Chironomidae					
Chironomidae sp. 1 (White type)	82.8	58.3	10.7	5713.1	70.7
Dolichopodidae sp.	1.6	0.1	*	0.2	*
Muscidae sp.	4.7	0.2	*	0.9	*
TRICHOPTERA					
				1352.9	16.7
Stenopsychidae					
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	7.8	0.5	26.0	206.9	2.6
Psychomyiidae					
<i>Psychomyia</i> KUa	12.5	0.8	3.7	56.2	0.7
Hydropsychidae					
<i>Aethaloptera</i> KUa	1.6	0.1	0.1	0.2	*
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	57.8	10.0	5.6	902.1	11.2
<i>Hydropsyche orientalis</i>	6.3	0.6	1.0	10.0	0.1
<i>Cheumatopsyche</i> KUb	7.8	0.9	4.2	39.5	0.5
Rhyacophilidae					
<i>Rhyacophila bilobata</i>	3.1	0.2	2.3	7.8	0.1
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	3.1	0.2	1.1	3.9	*
Glossosomatidae					
<i>Glossosoma</i> KUa	17.2	1.1	5.5	114.3	1.4
Hydroptilidae					
<i>Hydroptila</i> KUa	14.1	0.8	0.1	12.0	0.1

이외에 선충, 소형어류, 어류의 알, 다슬기 등이 조사되었다 (Table 2).

먹이생물 가운데 수서곤충의 상대적중요성지수비가 파리목 (Diptera)이 76.3%로 가장 높았고, 날도래목 (Trichoptera)

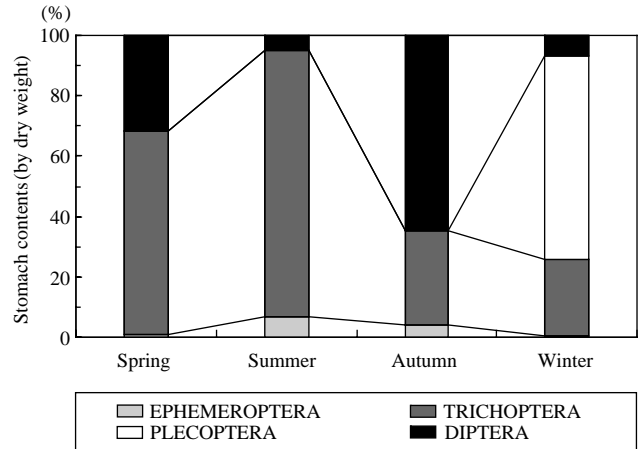


Fig. 4. Seasonal stomach contents by dry weight of *Cottus hangiongensis* in the Hosan stream. only include aquatic insects.

이 16.7%, 하루살이목 (Ephemeroptera)이 6.3%, 강도래목 (Plecoptera)은 0.6%로 가장 낮았다. 먹이생물의 종별 중요도를 보면 파리목 (Diptera)의 Chironomidae sp. 1 (White type)이 출현빈도가 82.8%, 상대적중요성지수비가 70.7%였고, 날도래목 (Trichoptera)의 *Hydropsyche kozhantschikovi*가 57.8%의 출현빈도에 상대적중요성지수비가 11.2%로 가장 중요한 먹이생물로 조사되었다. 그 이외에 하루살이목 (Ephemeroptera)의 *Baetis thermicus*와 파리목 (Diptera)의 *Antocha* KUa가 각각 출현빈도 35.9%로 비교적 높았으나 상대적중요성지수비는 4.2%와 2.5%로 낮은 편이었다 (Table 3).

건조 중량비에 따른 계절적 먹이생물의 변동으로서 봄에는 Trichoptera (67.6%)와 Diptera (31.6%)의 비율이 높았고, 여름에도 Trichoptera (87.8%)의 비율이 매우 높았고, Ephemeroptera (7.0%)와 Diptera (5.2%)는 상대적으로 낮은 비율로 나타났다. 가을에는 Diptera (64.8%)가 가장 비율이 높았고, 봄과 여름에 가장 비율이 높았던 Trichoptera는 31.4%로 낮았다. 겨울에는 Plecoptera가 67.2%로 가장 높았고, Trichoptera는 25.5%, Diptera는 6.9%로 나타났다 (Fig. 4).

고찰

어류의 소화기관은 먹이의 종류나 형태와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 육식성 어종은 새파의 길이가 짧고 간격이 비교적 넓으며 날카로운 특징을 지니고 있으며, 소화관의 길이가 짧는데 본 종은 이러한 소화기관의 특성을 잘 나타내었다. 한독중개의 이빨의 형태, 새파, 소화관 등의 소화기관은 대부분 독중개와 유사하였다. 한독중개는 첫 번째 새궁 (gill arch)의 새파 (gill raker) 수가

7~8개, 같은 속의 독중개 새파수는 5~7개로서(변 등, 1995) 1~2개 정도 많았고, 그 길이는 안경의 약 7% 정도로 유사하였다. 독중개는 한독중개보다 새파수가 적고, 새파 간격이 넓은 것으로 보아 더 강한 육식성 어종인 것으로 추정된다.

한독중개는 유속이 빠른 하천의 돌 밑에 매복하여 있으면서 수류에 의해 떠내려 오거나 돌 밑에 서식하는 수서곤충을 주로 섭식하였다. 특히 작은 돌조각으로 집을 짓는 날도래류의 경우에는 집 전체를 섭식하여 대부분의 개체의 소화관에서 작은 돌조각이 발견되어 주목되었다.

본 연구에서 가장 주요한 먹이생물은 깔따구(Chironomidae sp. 1)로 나타났는데 독중개속에 속하는 어종들이 깔따구류를 주된 먹이로 이용하는 점에서 본 연구결과와 일치하였다(Goto, 1981; Janssen *et al.*, 1990; Welton *et al.*, 1991; 변 등, 1995). 곤충류 이외에 소화관 내용물에서 확인된 다슬기, 소형물고기, 식물씨앗 등은 매우 희소하게 발견되었다. 물고기의 알은 봄과 가을에 여러 개체에서 확인되어 이 시기에 산란하는 물고기의 알을 섭식한 것으로 판단된다. Plecoptera는 주로 수온이 낮은 상류역에 분포하는 종으로 봄부터 가을까지는 한독중개의 소화관에서 발견되는 비율이 낮으나 겨울철에는 하구역까지 높은 밀도로 분포하면서 주된 먹이로 이용되어 겨울철에 소화관에서 높은 비율로 나타난 것으로 사료된다.

본 연구에서 한독중개의 수정란은 소화관 내에서 발견되지 않아 같은 속의 어종인 *C. poecilopus* (변 등, 1995), *C. gobio* (Marconato and Bisazza, 1988), *C. nozawae* (Goto, 1982) 등에서 보고된 filial-cannibalism은 확인하지 못하였다. 추후 이에 대한 면밀한 조사를 수행해야 할 것으로 판단된다.

요 약

호산천에 서식하는 멸종위기어종인 한독중개의 섭식생태에 대하여 2006년 9월부터 2007년 8월까지 계절별로 채집하여 조사, 연구하였다. 한독중개의 소화관 내용물에서 확인된 먹이생물로는 대부분이 수서곤충이었고 그 이외에 선충, 소형어류, 어류의 알, 다슬기 등이 조사되었다. 먹이생물로 이용되는 수서곤충의 상대적중요성지수비는 파리목

(Diptera), 날도래목 (Trichoptera), 하루살이목 (Ephemeroptera), 강도래목 (Plecoptera) 순이었다. Chironomidae sp. 1 (White type)과 *Hydropsyche kozhantschikovi*가 가장 중요한 먹이생물로 조사되었다. 건조 중량비에 따른 계절적 먹이생물의 변동으로서 봄과 여름에는 Trichoptera의 비율이 가장 높았고, 가을에는 Diptera, 겨울에는 Plecoptera가 가장 비율이 높았다.

인 용 문 헌

- 권오길 · 민덕기 · 이종락 · 이준상 · 제종길 · 최병래. 2001. 신원색한국패류도감. 민 패류박물관, 332pp.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류도감. 교학사, 서울, 616pp.
- 변화근 · 최재석 · 손영목 · 최준길 · 전상린. 1995. 치악산 계류에 서식하는 독중개 (*Cottus poecilopus* Heckel)의 식성. 한국어류학회지, 7: 128-134.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사, 서울, 262pp.
- 전상린. 1987. 한국산 독중개과 및 큰가시고기과 주연성담수어의 검색과 분포. 상명여자대학교 논문집, 14: 549-576.
- 전상린. 1998. 한국산 독중개와 한독중개(독중개과)의 검색과 분포. 상명대학교초과학연구소, 11: 1-16.
- Goto, A. 1981. Life history and distribution of a river sculpin, *Cottus hangiongensis*. Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ., 32: 10-21.
- Goto, A. 1982. Reproductive behavior of a river sculpin, *Cottus nazawae* Snyder. Japan. J. Ichthyol., 28: 453-457.
- Janssen, J., C. Sheryl and S. Pride. 1990. Feeding and orientation of mottled sculpin, *Cottus bairdi*, to water. Loyola University. Env. Biol. Fish., 29: 43-50.
- Marconato, A. and A. Bisazza. 1988. Mate choice, egg cannibalism and reproductive success in the river bullhead, *Cottus gobio* L. J. Fish Biol., 33: 905-916.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4nd. ed. John Wiley and Sons, 334pp.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Welton, J.S., A. Mill and John R. Pygott. 1991. The effect of interaction between the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) and *Cottus gobio* (L.) in prey and habitat selection. Hydrobiol., 220: 1-5.