

## 오대산 일대에 서식하는 열목어와 산천어의 식성

윤희남 · 김기동 · 전용락 · 이중효 · 박영준\*

국립환경과학원 자연자원연구과

**Stomach Contents of the Manchurian Trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) and River Salmon (*Oncorhynchus masou masou*) in the Odae Mountain, Gangwondo by Hee-Nam Yoon, Ki-Dong Kim, Yong-Lak Jeon, Jung-Hyo Lee and Young-Jun Park\*** (Nature Conservation Research Division, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-170, Korea)

**ABSTRACT** This study was performed to find out stomach contents of cold water fish such as Manchurian trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) and River salmon (*Oncorhynchus masou masou*) in the Odae mountain area. Field survey was carried out 3 times by each season from May to October 2012 along the Gyebang stream and the Yangyang-Namdae stream at north-west mountain slope and north-east mountain slope of the Odae mountain area respectively. The result of digestive track analysis showed that food species of Manchurian trout were total individuals of 645 including 5 orders, 23 families, 39 species of benthic macroinvertebrates and 11 taxa of terrestrial insects. And each IRI (Index of Relative Importance, %) value of food species by Manchurian trout was terrestrial insects 37.0%, Trichoptera 36.4%, Ephemeroptera 20.0%, Diptera 3.9%, Plecoptera 2.7%, and Gordea <0.1%. While the River salmon fed on 1,186 individuals covering 4 orders, 20 families, 33 species of benthic macroinvertebrates and 6 taxa of terrestrial insects including arachnid. Also IRI values by River salmon were terrestrial insects including arachnid 2.7%, Ephemeroptera 52.9%, Trichoptera 27.9%, Diptera 9.4%, and Plecoptera 7.0% respectively. With these results, we might say that both Manchurian trout and River salmon is carnivorous fish which display the feeding preference to terrestrial insects and benthic macroinvertebrates. As a results we could find out that the two kinds of cold water fish preferred similar habitat types and liked same order of food species in same season, however the compositions of food species for Manchurian trout and River salmon were considerably different.

**Key words :** Stomach contents, *Brachymystax lenok tsinlingensis*, *Oncorhynchus masou masou*, Gyebang Stream, Yangyang-Namdae Stream, IRI

### 서 론

전 세계적으로 연어과 어류는 11속 66종이 분포하며, 한반도에 서식하는 연어과 어류는 *Thymallus arcticus jaluensis*, *Brachymystax lenok tsinlingensis*, *Oncorhynchus keta*, *O. gorbusha*, *O. masou masou*, *Hucho ishikawai* 등 총 5속 9종으로 알려져 있다(김, 1997). 그러나 연어과 어류 중 우리나라에 분포하며 일생을 담수에서만 서식하는 종은 *B. lenok*

*tsinlingensis*와 *O. masou masou*뿐이다. 한국산 열목어는 Li (1984)와 전(1987)에 의하여 유문수, 측선 비늘수, 새파수, 체측반문 및 성숙도 등의 차이에 의하여 *B. lenok*의 아종인 *B. lenok tsinlingensis*로 보고되었으며, 북한, 만주, 시베리아 등에 분포하고 우리나라에서는 강원도, 충청북도 및 경상북도의 일부에 분포한다(김, 1997; 김과 박, 2007). *B. lenok tsinlingensis*의 서식지 중 경상북도 봉화군 소천면 낙동강 상류 유역은 열목어서식지의 남방분포한계선으로 천연기념물(제74호)로 지정되었으며, 개체군과 개체수가 적어 야생동식물보호법시행규칙(2012. 5. 31)에 따라 환경부지정 멸종위기야생동식물II급으로 지정되었다. *O. masou masou*는

\*Corresponding author: Young-Jun Park Tel: 82-32-560-7579,  
Fax: 82-32-560-4102, E-mail: aquatic@korea.kr

송어의 육봉형으로 바다로 내려가지 않고 담수역에서 일생 동안 서식하는 어류로 일본, 알래스카, 러시아 등에 분포하나, 우리나라에는 경상북도 울진 이북의 동해로 흐르는 하천에만 서식하는 것으로 알려져 있어 그 분포가 제한적이다(김, 1997; 김과 박, 2007). 또한 *B. lenok tsinlingensis*와 *O. masou masou*는 물이 맑고, 여름에도 수온이 20°C 이상으로 올라가지 않는 산간계류에 매우 제한적으로 분포하는 대표적 냉수성어류로 최근 환경오염과 남획, 기후변화에 따른 수온상승 등으로 이들의 개체수가 격감되고 있다(국립생물자원관, 2011). 우리나라에서 *B. lenok tsinlingensis*와 *O. masou masou*가 자연적으로 공생하는 하천은 없으며, 최근 들어 지방자치단체에서 이루어지는 산천어 축제와 산천어 양식장에서 탈출한 개체들이 하천으로 이입되어 서식지 교란을 일으키고 있는 실정이다.

*B. lenok tsinlingensis*와 *O. masou masou*에 대한 연구로는 변 등(1995)에 의하여 *B. lenok tsinlingensis*의 먹이선택습성에 대해 일부 밝혀진 사례가 있으나, 이들에 대한 개체군의 특징 및 동태 등에 대한 생태 전반적인 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 백두대간보호지역 중 강원도 중부지역에 해당되는 오대산을 중심으로 기온 변화가 비슷한 동일 위도에 자연 분포하는 냉수성어류인 *B. lenok tsinlingensis*와 *O. masou masou*의 서식환경과 먹이 생물을

밝힘으로써, 기후변화에 따른 냉수성 어류의 보존과 증식방안 등에 활용될 기초자료를 분석하기 위해 수행되었다.

## 연구 방법

### 1. 조사지점 및 조사 시기

열목어와 산천어의 채집 지점은, 백두대간 보호지역에 속하는 향로봉에서 선자령 구간 중 계절에 따른 기온변화가 비슷한 위도(N 37° 51'~N 37° 53')에 위치한 강원도 홍천군 내면 명계리의 계방천과 강원도 강릉시 연곡면 삼산리의 양양남대천에 해당된다. 각 하천별로 상류로부터 하류 사이 3km 구간 내에서 1km 간격으로 서식지 유형에 따라 각각 3개씩 조사지점을 선정하여, 2012년 5월부터 10월까지 겨울을 제외한 봄(5월), 여름(8월) 그리고 가을(10월)의 3회 조사를 수행하였다(Fig. 1).

### 2. 조사방법

#### 1) 서식지 환경요인 측정

조사지점의 하천생태계에 영향을 미칠 수 있는 환경요인을 분석하기 위하여 GPS (Garmin etrex vista C), 거리측정기

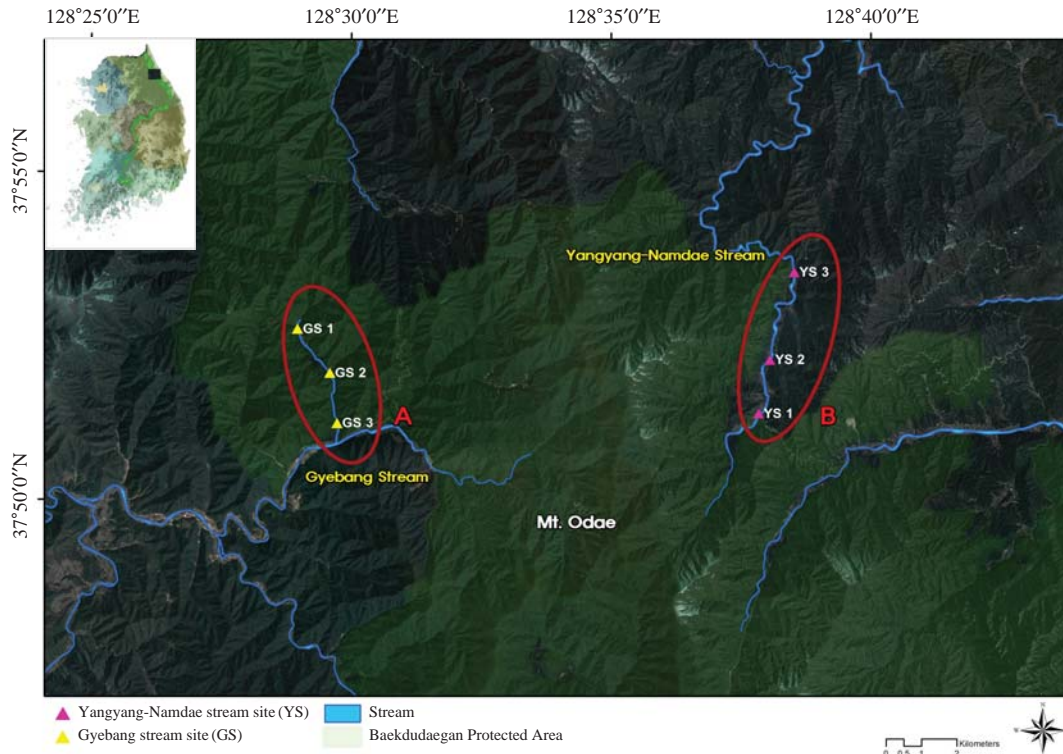


Fig. 1. Study area of *Brachymystax lenok tsinlingensis* habits (A) and *Oncorhynchus masou masou* habits (B) with sampling sites in Gyeongbong stream and Yangyang-Namdae stream.

(Bushnell, US/pinseeker)와 스테인리스 자, 유속계 (Geipacks Flowmeter MFP51) 등을 이용하여 고도, 하폭, 유수폭, 수심, 유속 등의 물리적 환경요인을 측정하였고, 육안으로 하상재료의 조성비를 확인하였다. 또한, 다항목수질측정기 (Eutech PCD650)를 사용하여 기온, 수온, pH, DO, 전기전도도 등 이화학적 환경요인을 측정하였다. 현장에서 측정한 물리적, 이화학적 환경요인을 채집된 열목어 및 산천어의 개체수와 상호 비교하여 출현 개체수와 서식지 사이의 상관관계를 해석하였다.

2) 어류의 채집

어류의 채집은 투망(망목 5×5 mm)과 족대(망목 3×3 mm) 등을 이용하였으며, 계절별로 동일한 구간내의 동일한 조사지점에서 1시간에 걸쳐 채집을 실시하였다. 채집된 어류는 현장에서 종을 동정하고 개체수를 기록한 뒤, 소화관 내용물 조성 분석을 위한 개체를 제외하고는 모두 방류하였다. 어종의 동정은 Uchida (1939), 전 (1980, 1983, 1989), 김 등 (1985), 김과 강 (1993), 김 (1997) 등에 따랐으며, 학명의 적용과 어류목록의 배열순서 등은 Nelson (2006)의 분류 체계를 따랐다.

3) 소화관내용물 조성 분석

채집된 어류 중 열목어와 산천어는 환경부 및 홍천군과 양양군의 허가를 받아 체장 90 mm 이상인 개체를 대상으로, 각 조사지점별로 1회 조사당 2개체씩, 총 3회 조사에 걸쳐 36개체 (6지점×2개체×3회)를 포획하여, 채집 즉시 위 내용물의 출토를 막기 위해 10% 포르말린용액에 고정하고 실험실로 운반하여 전장과 체장, 체중, 먹이생물을 조사하였다. 소화관 내용물은 위를 절개하여 먹이생물을 꺼낸 후 해부현미경 (Olympus SZ-4) 상에서 관찰하고, 권 등 (1993), 윤 (1995), Merritt and Cummins (1996), 원 등 (2005)에 따라 분류하고 동정하였다. 소화정도에 따라 동정이 가능한 먹이생물에 대해서는 종류별로 크기를 측정하고 개체수를 계수하였으며, 이후 전자저울을 이용하여 습중량을 0.01 mg 단위

까지 측정하였다. 위 내용물의 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도 (%F), 개체수비 (%N) 그리고 습중량비 (%W)로 나타내었으며, 다음 식 (허 등, 2012)을 통하여 구하였다.

$$\begin{aligned} \%F &= A_i/N \times 100 \\ \%N &= N_i/N_{total} \times 100 \\ \%W &= W_i/W_{total} \times 100 \end{aligned}$$

여기서,  $A_i$ 는 위 내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 열목어 또는 산천어의 개체수이고,  $N$ 은 먹이를 섭식한 열목어 또는 산천어의 개체수,  $N_i$ 는 해당먹이생물의 개체수,  $W_i$ 는 개체 습중량,  $N_{total}$ 은 전체 먹이개체수,  $W_{total}$ 은 전체 습중량을 나타낸다.

소화관 내용물의 상대적 구성 비율을 구하기 위하여 계산된 출현빈도 (%F), 개체수비 (%N)와 습중량비 (%W)를 이용하여 먹이생물의 상대중요성지수 (index of relative importance, IRI)를 아래의 식 (Pinkas *et al.*, 1971)을 이용하여 구하였다. 또한 이를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비 (IRI, %)를 구하였다.

$$\%IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

각 먹이 항목에 대한 선호도를 알아보고자 Ivlev (1961)의 식을 이용하여 먹이선택지수 (selectivity index)를 산출하였다.

$$E = (r_i - p_i) / (r_i + p_i)$$

E: 먹이선택 지수,  $r_i$ : 위 내용물에서  $i$ 라는 먹이항목의 양,  $p_i$ : 서식환경에 있어서  $i$ 라는 먹이 항목의 양.

결 과

1. 서식지 환경 특성

조사지점의 물리적 환경요인 측정 결과는 Table 1과 같

Table 1. Physical environmental factors of sampling sites in Gyebang stream and Yangyang-Namdae stream

Stream (Species)	Sites	Number of individuals	Elevation (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	Velocity (m/s)	*Structure of riverbed (%)				
							B	C	P	G	S
Gyebang stream ( <i>B. lenok tsinlingensis</i> )	GS.1	10	726	4~5	20~40	0.32	20	30	30	20	0
	GS.2	26	665	5~6	20~120	0.46	30	40	20	10	0
	GS.3	5	637	9~10	20~30	0.38	10	20	60	10	0
	Mean	-	676	6.2	21.6	0.39	20	30	37	13	0
Yangyang-Namdae stream ( <i>O. masou masou</i> )	YS.1	20	438	5~6	20~40	0.39	30	30	30	10	0
	YS.2	39	403	6~8	30~150	0.61	10	40	30	20	0
	YS.3	35	339	10~11	30~50	0.64	20	30	40	10	0
	Mean	-	394	8.1	33.1	0.55	20	33	33	14	0

\*B: Boulder (> 256 mm), C: Cobble (64 ~ 256 mm), P: Pebble (16 ~ 64 mm), G: Gravel (2 ~ 16 mm), S: Sand (0.1 ~ 2 mm) (Cummins, 1962)

다. 채집된 열목어와 산천어의 조사지점별 개체수와 물리적 환경요인을 비교한 결과, 열목어는 수심 20~120 cm, 유속 0.46 m/sec, 하상재료 조성은 B:C:P:G:S=30:40:20:10:0으로 호박돌과 암반이 주를 이루며 자갈과 잔자갈이 깔린 여울과 깊은 소가 함께 나타나는 GS.2 지점에서 가장 많은 개체가 출현하는 것으로 나타났다. 또한 산천어는 수심 30~150 cm, 유속 0.61 m/sec, 하상재료 조성은 B:C:P:G:S=10:40:20:10:0으로 호박돌이 주를 이루며 자갈, 잔자갈과 암반 등이 깔린 여울과 깊은 소가 함께 나타나는 YS.2 지점에서 가장 많은 개체가 출현하는 것으로 나타났다.

조사지역의 계절별 이화학적 환경요인 측정결과는 Table 2와 같다. 채집된 열목어와 산천어의 계절별 개체수와 이화학적 환경요인을 비교한 결과, 열목어는 기온 15.8°C, 수온 9.9°C, 용존산소 12.70 mg/L, pH 6.54, 전기전도도 82.36 mS/m인 가을철에 가장 많은 개체가 출현하였고, 산천어 역시 기온 15.1°C, 수온 10.0°C, 용존산소 13.40 mg/L, pH 6.55, 전

기전도도 48.42 mS/m인 가을철에 가장 많은 개체가 출현하였다.

## 2. 동서출현종 현황

열목어의 서식지인 계방천(A지역)에서 서식이 확인된 어류는 총 2목 2과 2종 682개체였다. A지역의 우점종은 상대 풍부도 94.0%를 나타낸 금강모치였으며, 아우점종은 상대 풍부도 6.0%를 나타낸 열목어로 나타났다. 산천어의 서식지인 양양남대천(B지역)에서 서식이 확인된 어류는 총 2목 3과 4종 389개체였다. B지역의 우점종은 상대 풍부도 52.7%를 나타낸 버들개였으며, 아우점종은 상대 풍부도 24.0%를 나타낸 산천어로 나타났다(Table 3).

계절별 동서어종의 변화를 상대 풍부도로 도시한 결과, 열목어와 산천어 모두 여름에 상대 풍부도가 증가하는 것으로 나타났다. 반면, 열목어의 동서어종인 금강모치와 산천어의

Table 2. Chemical environmental factors of sampling sites in Gyebang stream and Yangyang-Namdae stream

Stream (Species)	Seasons	Number of individuals	Air temperature* (°C)	Water temperature* (°C)	pH*	Do* (mg/L)	Conductivity* (mS/m)
Gyebang stream ( <i>B. lenok tsinlingensis</i> )	Spring	7	20.9	13.7	7.94	11.43	73.80
	Summer	14	21.9	15.7	6.82	9.88	58.81
	Autumn	20	15.8	9.9	6.54	12.70	82.36
	Mean	—	—	13.10	7.10	11.34	71.66
Yangyang-Namdae stream ( <i>O. masou masou</i> )	Spring	25	11.3	10.2	7.14	11.77	44.61
	Summer	32	26.4	17.4	6.40	10.14	37.27
	Autumn	37	15.1	10.0	6.55	13.40	48.42
	Mean	—	—	12.5	6.70	11.77	43.43

\*Mean value of 3 sampling sites by each season

Table 3. Seasonal variation of fish species composition in Gyebang stream and Yangyang-Namdae stream from spring to autumn in 2012

Species (Korean name)	Gyebang stream					Yangyang-Namdae stream					Remarks***
	Sp*	Su*	Au*	Total	R.A (%)**	Sp*	Su*	Au*	Total	R.A (%)**	
Cypriniformes 잉어목											
Cyprinidae 잉어과											
<i>Rhynchocypris steindachneri</i> 버들개						96	33	76	205	52.7	
<i>Rhynchocypris kumgangensis</i> 금강모치	162	98	381	641	94.0						En
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니						21	31	35	87	22.4	En
Balitoridae 종개과											
<i>Orthrias toni</i> 종개						2		1	3	0.8	
Salmoniformes 연어목											
Salmonidae 연어과											
<i>Brachymystax lenok tsinlingensis</i> 열목어	7	14	20	41	6.0						Th
<i>Oncorhynchus masou masou</i> 산천어						25	32	37	94	24.0	
Species	2	2	2	2		4	3	4	4		
Number of Individuals	169	112	401	682		144	96	149	389		

\*Sp: Spring, Su: Summer, Au: Autumn

\*\*R.A: Relative abundance

\*\*\*Remarks: En (Endemic species of Korea), Th (Threaten species)

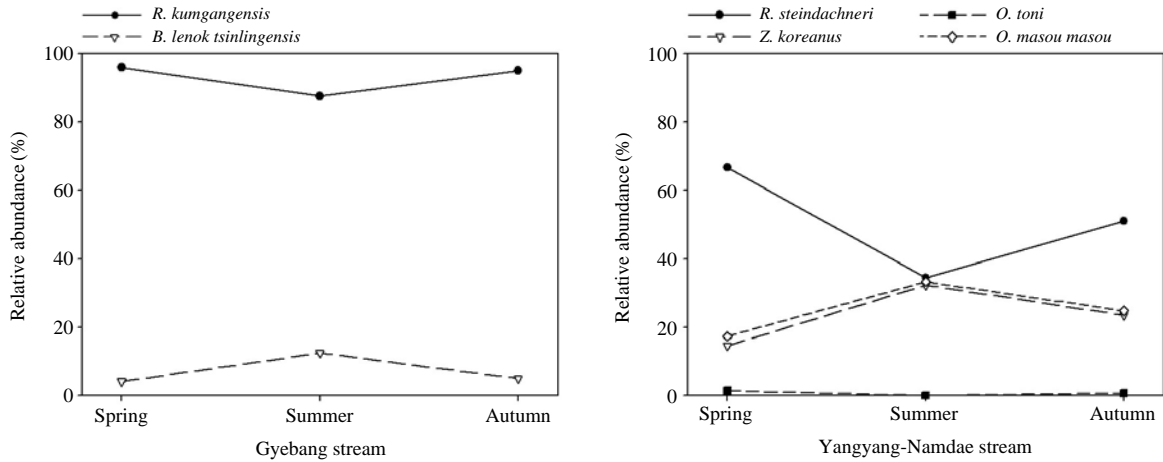


Fig. 2. Seasonal variations of relative abundance in composition of each species at the study area.

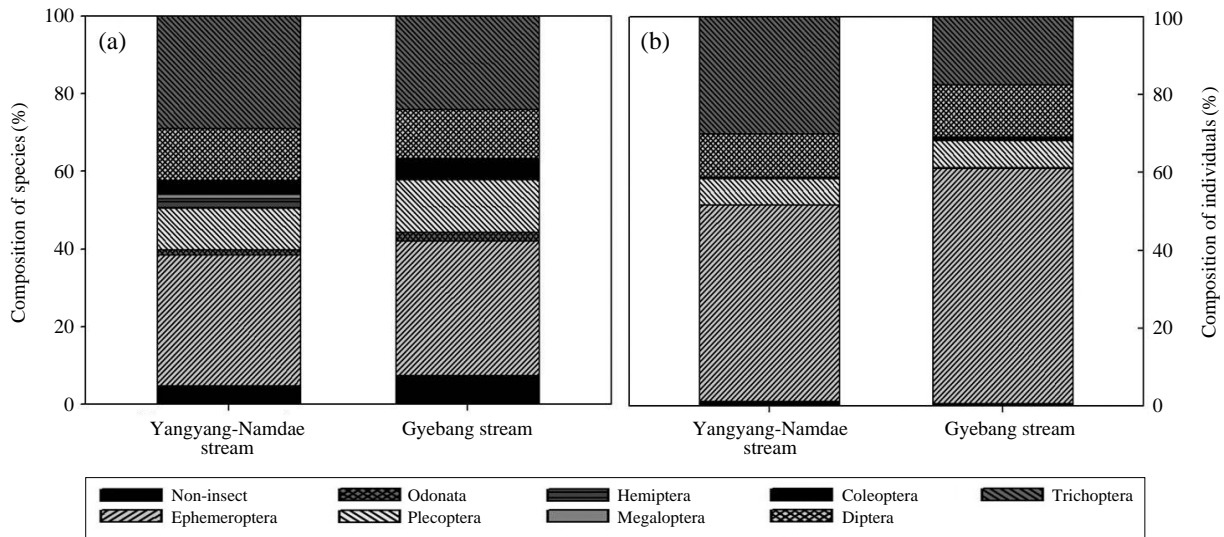


Fig. 3. Composition of (a) species and (b) individuals of benthic macro invertebrates in Yangyang-Namdae stream and Gyebang stream.

동서어종인 버들개의 경우 상반되는 결과를 나타냈으며, 산천어의 동서어종인 참갈겨니는 산천어와 계절별 개체수 변화 경향성이 유사한 것으로 분석되었다(Fig. 2).

### 3. 저서성대형무척추동물상

열목어의 서식지인 계방천에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 4문 5강 12목 41과 83종 2,411개체로 조사되었다. 저서성대형무척추동물의 종구성을 살펴보면, 비곤충류 4종이 출현하였고, 수서곤충은 하루살이목 28종, 잠자리목 1종, 강도래목 9종, 노린재목 2종, 뱀잠자리목 1종, 딱정벌레목 3종, 파리목 11종 그리고 날도래목 24종으로 총 79종이 출현하여 전체분류군의 95.2%를 차지하고 있었다. 개체수

현존량의 경우 비곤충류가 27개체 1.1%로 나타났으며, 수서곤충은 하루살이목 1,219개체 50.6%, 날도래목 726개체 30.1%, 파리목 267개체 11.1% 그리고 강도래목 158개체 6.6%의 순으로 전체분류군의 98.9%를 차지하는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

산천어의 서식지인 양양남대천에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 5문 6강 11목 39과 95종 2,543개체로 조사되었다. 저서성대형무척추동물의 종구성을 살펴보면 비곤충류 7종이 출현하였고, 수서곤충은 하루살이목 33종, 잠자리목 2종, 강도래목 13종, 딱정벌레목 5종, 파리목 12종 그리고 날도래목 23종으로 총 88종이 출현하여 전체분류군의 92.6%를 차지하고 있었다. 개체수 현존량의 경우 비곤충류가 15개체 0.6%로 나타났으며, 수서곤충은 하루살이목 1,537개체

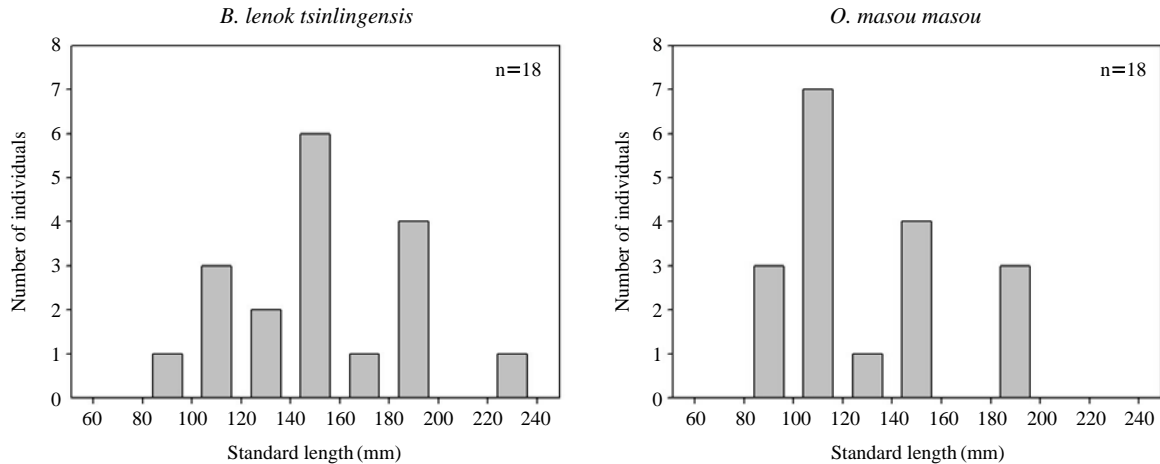


Fig. 4. Standard length frequency of *Brachymystax lenok tsinlingensis* and *Oncorhynchus masou masou* in Gyeongang stream and Yangyang-Namdae stream from May 2012 to October 2012.

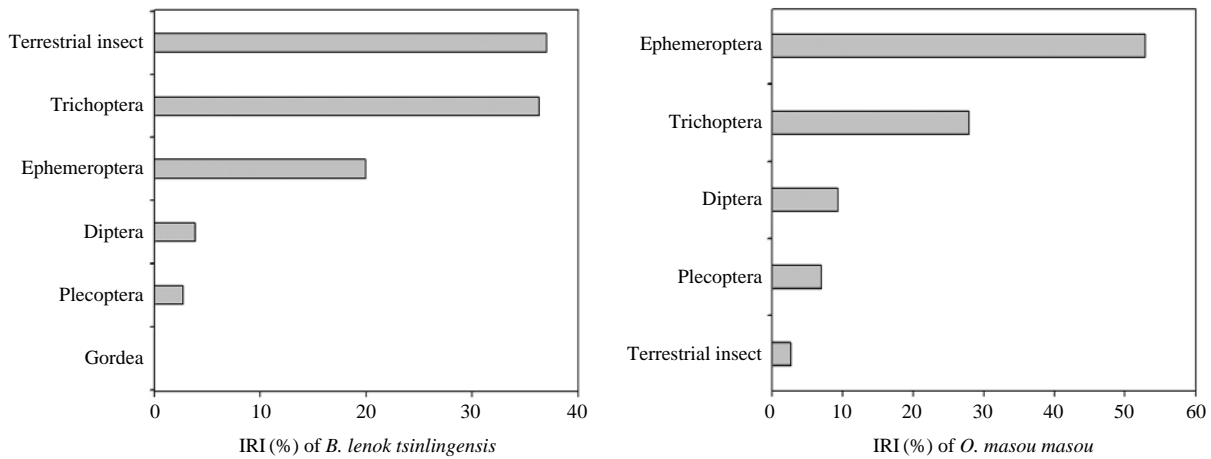


Fig. 5. Stomach contents composition of *Brachymystax lenok tsinlingensis* and *Oncorhynchus masou masou* by index of relative importance (IRI %).

60.4%, 날도래목 443개체 17.4%, 파리목 339개체 13.3% 그리고 강도래목 175개체 6.9%의 순으로 전체분류군의 99.4%를 차지하는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

#### 4. 소화관 내용물 조성

먹이생물 분석을 위해 사용된 열목어와 산천어는 체장이 90 mm 이상인 개체들로 조사지역별로 각각 18개체 (지역별 6개체 × 3계절)였으며, 열목어의 최대크기는 222 mm (체중 173 g)이었고, 산천어는 196 mm (체중 117 g)이었다(Fig. 4). 열목어는 18개체 모두에서 먹이생물이 관찰되어 공복률은 0%로 나타났으며, 먹이생물 수는 저서성대형무척추동물 5목 23과 39종과 거미류를 포함한 육상곤충류 11분류군으로 총 645개체 (열목어 1개체 당 평균 36개체)였다. 상대중

요성지수비 (IRI, %)는 육상곤충이 37.0%로 가장 많이 섭식된 것으로 나타났으며, 다음으로는 저서성대형무척추동물인 날도래목 (Trichoptera) 36.4%, 하루살이목 (Ephemeroptera) 20.0%, 파리목 (Diptera) 3.9%, 강도래목 (Plecoptera) 2.7%, 연가시목 (Gordea) 0.1% 이하 순으로 나타났다. 산천어 역시 18개체 모두에서 먹이생물이 관찰되어 공복률은 0%로 나타났으며, 먹이생물 수는 저서성대형무척추동물 4목 20과 33종과 거미류를 포함한 육상곤충류 6분류군으로 총 1,186개체 (산천어 1개체 당 평균 66개체)였다. 상대중요성지수비는 저서성대형무척추동물인 하루살이목이 52.9%로 가장 많이 섭식된 것으로 나타났으며, 다음으로는 날도래목 27.9%, 파리목 9.4%, 강도래목 7.0%, 육상곤충류 2.7% 순으로 나타났다(Fig. 5).

열목어가 섭식한 먹이생물중 주요한 먹이생물의 종 구성

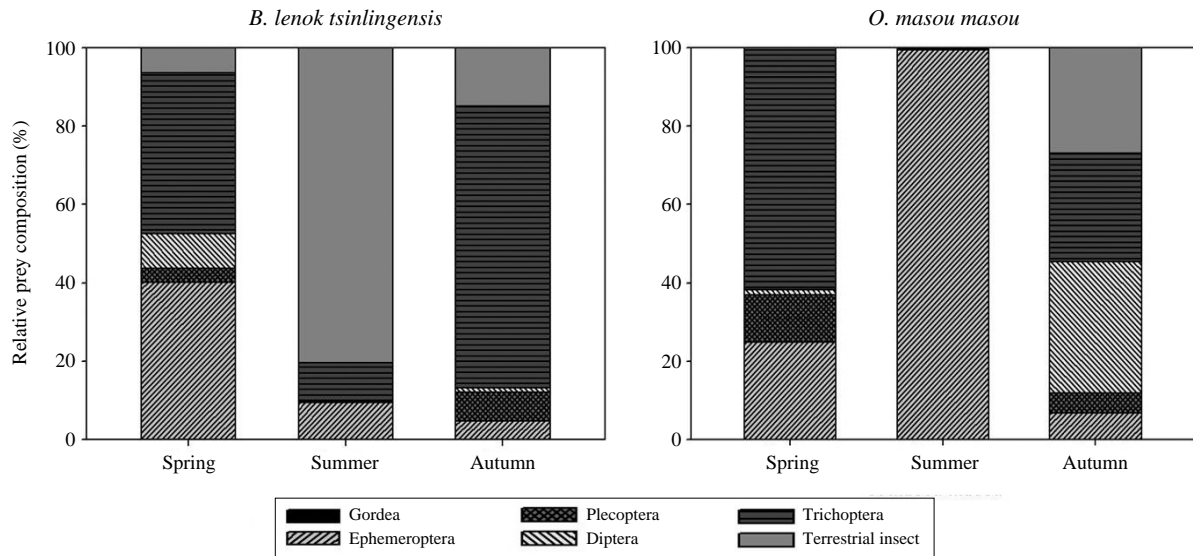


Fig. 6. Seasonal variation of food species of *Brachymystax lenok tsinlingensis* and *Oncorhynchus masou masou* by IRI (%).

은 육상곤충인 메뚜기류, 날도래목의 띠무늬우묵날도래 (*Hydatophylax nigrovittatus*), 하루살이목의 두점하루살이 (*Ecdyonurus kibumensis*) 순으로 나타났다. 메뚜기류는 출현빈도 44.4%, 개체수비 2.2%, 습중량비 36.5%, 상대중요성지수비 32.6%로 분석되었으며, 띠무늬우묵날도래는 출현빈도 33.3%, 개체수비 24.2%, 습중량비 6.9%, 상대중요성지수비 19.7%로 나타났고, 두점하루살이는 출현빈도 44.4%, 개체수비 10.4%, 습중량비 2.1% 상대중요성지수비 10.5%를 보였다. 그 외에 거미류 0.2%, 연가시 (*Gordius aquaticus*), 알락하루살이 (*Ephemerella dentata*), 몽땅하루살이 (*Ecdyonurus bajkovae*), 줄날도래 (*Hydropsyche kozhantschikovi*), 클레멘스물날도래 (*Rhyacophila clemens*), 네모집날도래 KUb (*Gorodes KUb*), 수염치레날도래 (*Psilotreta locumtenens*)는 0.1% 미만의 매우 적은 양으로 나타났다 (Appendix 1). 산천어가 섭식한 먹이생물 중 주요한 먹이생물의 종 구성은 하루살이목의 애호랑하루살이 (*Baetiella tuberculata*), 날도래목의 가시우묵날도래 (*Neophylax ussuriensis*)로 나타났다. 애호랑하루살이는 출현빈도 33.3%, 개체수비 50.8%, 습중량비 10.4%, 상대중요성지수비 38.7%로 분석되었으며, 가시우묵날도래는 출현빈도 33.3%, 개체수비 1.9%, 습중량비 19.4%, 상대중요성지수비 13.5%를 보였다. 그 외에 거미류 0.2%, 육상곤충 중 개미류는 상대중요성지수비가 0.1% 미만으로 매우 적게 나타났다 (Appendix 2).

소화관 내용물 조성을 이용하여 각 먹이항목에 대한 먹이 선호도를 알아보고자 저서성대형무척추동물의 목별 개체수비를 바탕으로 먹이선택지수 (selectivity index)를 산출하였다 (윤 등, 2007). 산출결과, 열목어는 연가시목 0.00, 강도래목 -0.46, 날도래목 -0.50, 하루살이목 -0.65, 파리목 -0.73

순으로 연가시목, 강도래목, 날도래목의 먹이선택지수가 상대적으로 높게 나타났다. 산천어는 하루살이목 -0.18, 강도래목과 날도래목이 각각 -0.34, 파리목이 -0.44 순으로 하루살이목, 강도래목, 날도래목의 먹이선택지수가 상대적으로 높게 나타났다 (Appendix 1, 2).

### 5. 계절에 따른 먹이조성의 변화

열목어와 산천어의 계절변화에 따른 식성변화를 확인하기 위하여, 계절별로 6개체씩 채집된 열목어와 산천어의 먹이생물 조성을 상대중요도지수 (IRI)로 계산하고 이를 백분율 (%)로 나타내었다 (Fig. 6).

열목어 먹이생물의 계절별 IRI (%)는, 봄철에 날도래목 41.4%, 하루살이목 40.2%, 파리목 8.8%, 육상곤충류 6.4%, 강도래목 3.6% 순으로 나타나 주요 먹이생물은 날도래목과 하루살이목으로 나타났다. 여름철에는 육상곤충류 80.4%, 날도래목 9.9%, 하루살이목 9.4% 순으로 나타났으며, 강도래목, 파리목, 연가시목 등의 IRI (%)는 1% 미만으로 나타나 주요 먹이생물은 육상곤충류로 확인되었다. 가을철에는 날도래목 71.8%, 거미류를 포함한 육상곤충류 15.0%, 강도래목 7.3%, 하루살이목 4.8%, 파리목 1.1%로 나타나 날도래목이 주요 먹이생물인 것으로 분석되었다. 산천어 먹이생물의 계절별 IRI (%)는 봄철에 날도래목 61.3%, 하루살이목 24.8%, 강도래목 12.2%, 파리목 1.2%, 육상곤충류 0.5%로 나타나 주요 먹이생물은 날도래목으로 확인되었다. 여름철에는 하루살이목이 99.4%로 먹이생물의 대부분을 차지하였고, 강도래목, 파리목, 날도래목, 육상곤충류는 1% 미만에 불과하였다. 가을철에는 파리목 33.6%, 날도래목 27.7%, 거

미류를 포함한 육상곤충류 26.9%, 하루살이목 6.8%, 강도래목 5.0%로 나타나 가을철의 주요 먹이생물은 파리목과 날도래목, 거미류를 포함한 육상곤충류로 확인되었다. 열목어와 산천어 먹이생물의 계절별 IRI(%)를 상호 비교한 결과, 봄철에는 열목어와 산천어 모두 날도래목과 하루살이목을 주로 섭식하는 것으로 분석되었으나, 여름철에는 열목어가 육상곤충류를 주로 섭식한 반면, 산천어는 하루살이목을 위주로 섭식하는 것으로 나타났다. 가을철에 열목어는 날도래목을 주로 섭식한 반면, 산천어는 파리목과 날도래목, 거미류를 포함한 육상곤충류 등 다양한 먹이를 섭식한 것으로 나타났다. 따라서 열목어와 산천어 모두 계절별 중요 먹이원 구성에 있어 많은 차이를 보이는 것으로 확인되었다(Fig. 6).

열목어와 산천어의 계절별 먹이생물의 종별 IRI(%)를 비교한 결과, 열목어의 경우 봄철에는 날도래목에 속하는 가시우묵날도래(35.4%)와 하루살이목에 속하는 개똥하루살이(23.4%)를 중요먹이로 섭식한 것으로 나타났다. 그러나 여름철에는 육상곤충류 중 메뚜기류(80.4%)를, 가을철에는 날도래목에 속하는 띠무늬우묵날도래(58.0%)를 중요먹이로 섭식한 것으로 나타났다. 반면 산천어의 경우 봄철에는 날도래목에 속하는 가시우묵날도래(36.4%)와 네모집날도래 KUb(19.1%)를 중요먹이로 섭식한 것으로 나타났으며, 여름철에는 하루살이목에 속하는 애호랑하루살이(98.4%)를, 가을철에는 파리목에 속하는 깔따구류(30.9%)와 날도래목에 속하는 수염치레날도래(21.8%), 거미류를 포함한 육상곤충류 중 벌류(11.1%)를 중요먹이로 섭식한 것으로 나타났다. 따라서 열목어와 산천어는 같은 시기에 같은 목의 먹이를 중요먹이생물로 섭식하였다 하더라도 그 종 구성에 있어서는 서로 많은 차이를 보이는 것으로 확인되었다(Appendix 3).

## 고 찰

계방천과 양양남대천 수역에 서식하는 열목어와 산천어는 호박돌이 주를 이루며 자갈, 잔자갈, 암반 등이 깔린 여울과 깊은 소가 함께 나타나는 곳을 선호하는 것으로 확인되었다. 그리고 열목어 서식지의 여름철 수온은 15.7°C, 산천어 서식지의 여름철 수온은 17.4°C이며, 열목어와 산천어 서식지의 용존산소 값은 각각 9.88~12.70 mg/L, 10.14~13.40 mg/L로 나타나 두 종 모두 용존산소가 풍부하고 수온이 낮은 곳을 선호하는 냉수성어종이라는 최 등(1990)의 보고와 일치하는 결과를 확인할 수 있었다.

열목어 소화관 내용물 조성 분석에 의한 먹이생물의 상대성중요도지수(IRI, %) 분석결과, 열목어는 산천어와 같이 저서성대형무척추동물인 날도래목과 하루살이목 등도 중요

먹이로 섭식하였으나, 산천어에 비해 육상곤충 선호경향이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 열목어는 하루살이목과 날도래목, 파리목을 주로 섭식한다는 변 등(1995)의 보고와 다소 차이를 보이고 있는데, 이는 서식환경, 채집시기, 채집개체수, 먹이생물의 동정가능 여부, 채집환경 등의 차이에 따른 것으로 판단된다. 또한 먹이선택지수를 분석한 결과 역시 강도래목을 제외한 먹이생물의 상대성중요도지수와 유사한 결과를 보이는 것으로 확인되었다. 강도래목이 높은 먹이선택지수를 보인 이유는, 먹이선택지수의 경우 섭식된 먹이생물의 목별 개체수비를 사용하여 산출되기 때문에 실제 서식개체수가 다른 목에 비해 상대적으로 적은 경우에도 높은 값을 보이는 경향을 따른 것으로 판단된다.

열목어와 산천어의 주요 먹이생물을 계절별로 종 수준까지 분류하여 비교한 결과, 열목어는 봄철에 날도래목 중 가시우묵날도래와 하루살이목 중 개똥하루살이를, 여름철에 육상곤충 중 메뚜기류를, 가을철에는 날도래목 중 띠무늬우묵날도래를 주로 섭식하였다. 산천어는 봄철에 날도래목 중 가시우묵날도래와 네모집날도래 KUb를, 여름철에 하루살이목 중 애호랑하루살이를, 가을철에는 파리목 중 깔따구류와 날도래목 중 수염치레날도래, 거미류를 포함한 육상곤충 중 벌류를 주로 섭식하여 열목어와 산천어의 계절별 중요 먹이 구성에도 많은 차이가 있음을 확인하였다. 열목어와 산천어가 봄철에 가시우묵날도래를 중요먹이로 섭식하는 것은, 가시우묵날도래가 산간계류나 소규모 하천과 같은 유수역에 주로 서식하여 열목어와 산천어의 서식지와 중복되며, 여름철에 성충으로 우화하기 때문에 우화전인 봄철에 쉽게 섭식할 수 있는 먹이로 서식하기 때문인 것으로 생각된다. 이외에도 띠무늬우묵날도래, 수염치레날도래, 네모집날도래 KUb 등의 날도래목에 속하는 수서곤충을 주로 섭식하였는데, 이들 중 역시 수온이 낮은 산간계류내의 정수역에 주로 서식하는 종으로 이러한 서식지 역시 열목어와 산천어의 서식지에 포함되기 때문인 것으로 판단된다(윤, 1988).

열목어는 여름철에 하천변보다는 초지와 산지에 주로 서식하는 육상곤충인 메뚜기류를 중요먹이로 섭식한 것으로 확인되었는데, 섭식한 메뚜기류를 관찰한 결과 모두 연가시에 감염된 것을 확인할 수 있었다. 연가시는 숙주의 행동을 조절함으로써, 감염된 숙주인 메뚜기류를 원래의 서식지에서 벗어나 물가로 이동하도록 유도하고 물에 빠져죽게 한 후, 숙주로부터 빠져나온다(Biron *et al.*, 2005). 그러므로 여름철의 열목어는 이렇게 연가시에 감염되어 물에 빠진 메뚜기류를 섭식한 것으로 여겨지며, 여름철에 채집된 열목어의 위 내용물 중 연가시는 숙주에서 빠져나온 것으로 열목어가 연가시를 먹이생물로 직접 섭식하지는 않은 것으로 판단된다.

열목어와 산천어는 최근 하천주변의 지나친 개발로 인해



서식지가 파괴되어 개체수가 감소하고 있는 실정이며, 수온이 20°C 이하인 계곡 상류에 제한적으로 서식하므로 지구 온난화에 따른 멸종위험에 쉽게 노출될 것으로 예상되고 있어 서식지 보호를 위한 노력이 필요하다(국립생물자원관, 2011). 또한 최근 들어 무지개송어양식 및 산천어축제, 무지개송어축제와 같이 서식하천을 달리하는 연어과 어류의 인위적 도입 및 방류가 지속되고 있어 열목어와 산천어의 서식지가 영향을 받을 것으로 생각된다. 생태적 지위(ecological niche)가 유사한 종들은 대부분 동일 장소에 함께 서식하지 않으며, 동일 장소에 서식하는 경우에도 한정된 자원을 이용하기 위하여 활동 시간, 공간, 먹이원 등 자원(resource)을 적절히 분할함으로써 중간 경쟁을 피하기 위한 생태적 분리현상을 나타낸다(Hardin, 1960; Nilsson, 1967; Sale, 1969). 그러나 생태적 분리현상은 같은 하천에서 오랜 시간 동안 경쟁을 통해 이루어지는 현상으로, 짧은 시간에 도입된 연어과어류들이 열목어나 산천어에게 어떠한 영향을 미치는지에 대한 구체적인 연구 역시 절실히 필요하다. 본 연구결과는 이러한 향후의 연구를 위한 일차원적 접근이 될 것이며, 외적인 영향이 서식지 유형에 따라 공생하는 생물들 간의 먹이 및 서식활동에 미치는 영향을 파악하는 데 필요한 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

## 요 약

강원도 오대산 일대에 서식하는 열목어와 산천어의 식성을 분석하기 위해 계방천과 양양남대천에서 2012년 5월부터 2012년 10월까지 봄, 여름, 가을로 나누어 채집조사를 수행하였다. 열목어와 산천어의 소화관 내용물을 실내에서 분석한 결과, 열목어의 먹이생물 수는 저서성대형무척추동물 5목 23과 39종과 육상곤충류 11분류군을 포함하여 총 645개체(열목어 1개체 당 먹이생물 평균 36개체)로 나타났고, 먹이생물의 IRI(Index of Relative Importance, %)는 육상곤충류 37.0%, 저서성대형무척추동물인 날도래목(Trichoptera) 36.4%, 하루살이목(Ephemeroptera) 20.0%, 파리목(Diptera) 3.9%, 강도래목(Plecoptera) 2.7%, 연가시목(Gordea) 0.1% 이하 순으로 나타났다. 산천어의 먹이생물 수는 저서성대형무척추동물 4목 20과 33종과 거미류를 포함한 육상곤충류 6분류군으로 총 1,186개체(산천어 1개체 당 먹이생물 평균 66개체)였으며, 먹이생물의 IRI(%)는 거미류를 포함한 육상곤충류 2.7%, 하루살이목 52.9%, 날도래목 27.9%, 파리목 9.4%, 강도래목 7.0% 순으로 나타났다. 분석결과, 열목어와 산천어 모두 육상곤충류와 저서성대형무척추동물을 두루 섭식하는 강한 육식성어류로 나타났다. 연구결과, 유사한 서식환경을 선호하는 열목어와 산천어는 같은 시기에 같은 먹이의 먹이를 중요먹이로 섭식하는 것으

로 분석되었으나, 먹이원 구성 중에 있어서는 서로 많은 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

## 사 사

본 연구는 2012년 국립환경과학원에서 시행한 “백두대간 생태계 정밀조사”의 일환으로 수행되었다.

## 인 용 문 헌

- 국립생물자원관. 2011. 한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집(어류). 국립생물자원관, pp. 74-159.
- 권오길 · 박갑만 · 이준상. 1993. 원색한국패류도감. 아카데미서적, 401pp.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감(담수어류). 교육부, 37: 354-370.
- 김익수 · 강언중. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적, 477 pp.
- 김익수 · 박종영. 2007. 한국의 민물고기. 교학사, pp. 274-290.
- 김익수 · 이금영 · 양서영. 1985. 한국산 황어 아과 어류의 계통분류학적 연구. 한국수산과학회지, 18: 381-400
- 변화근 · 조규송 · 최재석 · 박정호 · 최준길 · 손영목 · 전상린. 1995. 열목어(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)의 먹이선택 습성. 한국육수학회지, 28: 279-287.
- 원두희 · 권순직 · 전영철. 2005. 한국의 수서곤충. 생태계조사단, 415pp.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감 제30편 동물편(수서곤충류). 문교부, 840pp.
- 윤일병. 1995. 수서곤충 검색도설. 정행사, 262pp.
- 윤희남 · 김종명 · 배양섭 · 채병수. 2007. 남한강 지류에 서식하는 통가리(*Liobagrus andersoni*)의 식성. 한국어류학회, 19: 236-245.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 대학원 박사학위청구논문, 91pp.
- 전상린. 1983. 한국산 미꾸리과 어류의 분포와 검색에 관하여. 상명여자대학교 논문집, 11: 289-321.
- 전상린. 1987. 한강 *Brachymystax lenok*(연어과)의 학명의 재검토. 한국육수학회지, 20: 113-116.
- 전상린. 1989. 한국산 황어속, 연준모치속 및 버들치속(황어아과) 어류의 검색과 분포. 상명여자대학교 기초과학연구소 논문집, 3: 17-36.
- 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목. 1990. 원색 한국담수어도감. 향문사, pp. 154-160.
- 허성희 · 남기문 · 박수면 · 정재목 · 백근욱. 2012. 통영주변해역에 서식하는 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*)의 식성. 한국어류학회지, 24: 77-83.
- Biron, D.G., L. Marche, F. Ponton, H.D. Loxdale, N. Galeotti, L. Renault, C. Jolt and F. Thomas. 2005. Behavioral manipulation in a grasshopper harboring hairworm; a proteomics approach. Proceedings. Biological sciences. The Royal Society, 272: 2117-2126.

- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Am. Midl. Nat.*, 67: 477-504.
- Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science*, 131: 1292-1297.
- Ivlev, V.W. 1961. *Experimental Ecology of the Feeding of Fishs*. Yale Univ. Michigan Press 1, pp. 19-26.
- Li, S. 1984. Discussion on the geographical distribution of the salmonid fishes in China. *Chinese J. Zool.*, 1: 34-37.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3th ed. Kendall/Hunt Publishing Company Dubuque, Iowa, 862pp.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world* (Fourth edition). John Wiley & Sons, Inc., 601pp.
- Nilsson, N.A. 1967. Interactive segregation between fish species. In: Gerking, S.D. (ed.), *The Biological Basis of Freshwater Fish Production*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 259-313pp.
- Pinkas, L., M.S. Oilphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. *Calif. Dep. Fish Game Fish/Bull.*, 152: 1-105.
- Sale, P.F. 1969. A suggested mechanism for habitat selection by juvenile manini *Acanthurus triostegus sandvicensis* Streets. *Behaviour*, 35: 27-44.
- Uchida, K. 1939. The Fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Even-tognathi. *Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen*, 6. 458pp. (In Japanese)

**Appendix 1.** Stomach contents composition of *Brachymystax lenok tsinlingenens* according to number of frequency, wet weight, occurrence and index of relative importance in the Gyeong stream (2012)

Species	Korean name	Number of individuals	Number (stomach contents)	Selectivity index	%F	%N	%W	IRI	IRI (%)
Phylum Nematomorpha	유선형동물문								
Class Gordioida	연가시강								
<b>Order Gordea</b>	<b>연가시목</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.00</b>	<b>5.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>2.0</b>	<b>+</b>
Family Gordiidae	연가시과								
<i>Gordius aquaticus</i>	연가시	1	1	0.00	5.6	0.2	0.2	2.0	+
Phylum Arthropoda	절지동물문								
Class Insecta	곤충강								
<b>Order Ephemeroptera</b>	<b>하루살이목</b>	<b>675</b>	<b>141</b>	<b>-0.65</b>	<b>250.0</b>	<b>21.9</b>	<b>8.2</b>	<b>1050.5</b>	<b>20.0</b>
Family Ameletidae	피라미하루살이과								
<i>Ameletus montanus</i>	멧피라미하루살이	2	4	0.33	22.2	0.6	0.3	20.5	0.4
Family Baetidae	꼬마하루살이과								
<i>Baetiella tuberculata</i>	애호랑하루살이	4	2	-0.33	16.7	0.3	0.1	6.8	0.1
<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이		32		44.4	5.0	1.2	271.7	5.2
Family Ephemerellidae	알락하루살이과								
<i>Cincticostella levanidovae</i>	민하루살이	205	5	-0.95	5.6	0.8	0.3	5.7	0.1
<i>Drunella aculea</i>	뿔하루살이	111	1	-0.98	5.6	0.2	0.8	5.2	0.1
<i>Drunella triacantha</i>	삼지창하루살이	161	10	-0.88	44.4	1.6	0.6	94.8	1.8
<i>Ephemerella dentata</i>	알락하루살이	62	1	-0.97	5.6	0.2	0.2	1.9	+
<i>Serratella setigera</i>	범꼬리하루살이	11	2	-0.69	11.1	0.3	0.3	6.3	0.1
Family Ephemeridae	하루살이과								
<i>Ephemera separigata</i>	가는무늬하루살이	3	9	0.05	16.7	1.4	1.7	52.4	1.0
Family Heptageniidae	납작하루살이과								
<i>Ecdyonurus bajkovae</i>	몽땅하루살이	2	1	-0.33	5.6	0.2	0.0	0.9	+
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	두점하루살이	89	67	-0.14	44.4	10.4	2.1	554.3	10.5
<i>Epeorus pellucidus</i>	부채하루살이	5	6	0.09	22.2	0.9	0.3	26.4	0.5
Family Leptophlebiidae	갈래하루살이과								
<i>Paraleptophlebia chocolata</i>	두갈래하루살이	20	1	-0.90	5.6	0.2	0.5	3.6	0.1
<b>Order Plecoptera</b>	<b>강도래목</b>	<b>119</b>	<b>44</b>	<b>-0.46</b>	<b>72.2</b>	<b>6.8</b>	<b>2.5</b>	<b>144.5</b>	<b>2.7</b>
Family Nemouridae	민강도래과								
Nemouridae sp.	민강도래류	20	3	-0.73	11.1	0.5	0.2	7.6	0.1
Family Perlodidae	그물강도래과								
<i>Stavsolus japonicus</i>	그물강도래붙이	28	16	-0.27	11.1	2.5	0.3	30.4	0.6
Family Perlidae	강도래과								
<i>Kamimuria coreana</i>	한국강도래	25	19	-0.14	22.2	2.9	0.7	80.3	1.5
Perlidae sp.	강도래류	1	2	0.33	5.6	0.3	1.1	8.0	0.2
Family Chloroperlidae	녹색강도래과								
<i>Sweltsa nikkoensis</i>	녹색강도래	45	4	-0.84	22.2	0.6	0.2	18.3	0.3
<b>Order Diptera</b>	<b>파리목</b>	<b>159</b>	<b>25</b>	<b>-0.73</b>	<b>55.6</b>	<b>3.9</b>	<b>3.7</b>	<b>204.5</b>	<b>3.9</b>
Family Tipulidae	각다귀과								
<i>Antocha</i> KUa	명주각다귀 KUa	26	3	-0.79	5.6	0.5	1.3	9.8	0.2
<i>Tipula</i> sp.	각다귀류	1	2	0.33	11.1	0.3	0.8	12.5	0.2
Family Chironomidae	깔따구과								
Chironomidae sp.	깔따구류	132	20	-0.74	38.9	3.1	1.6	182.1	3.5
<b>Order Trichoptera</b>	<b>날도래목</b>	<b>793</b>	<b>261</b>	<b>-0.50</b>	<b>233.3</b>	<b>40.5</b>	<b>38.1</b>	<b>1914.2</b>	<b>36.4</b>
Family Stenopsychidae	각날도래과								
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	수염치레각날도래	22	3	-0.76	22.2	0.5	2.3	61.0	1.2
Family Arctopsychidae	곰줄날도래과								
<i>Arctopsyche ladogensis</i>	곰줄날도래	47	3	-0.88	16.7	0.5	1.7	36.5	0.7
Family Hydropsychidae	줄날도래과								
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래	3	1	-0.50	5.6	0.2	0.1	1.5	+
<i>Hydropsyche orientalis</i>	동양줄날도래	289	3	-0.98	16.7	0.5	0.5	16.8	0.3
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	꼬마줄날도래	75	1	-0.97	5.6	0.2	0.5	3.7	0.1
Family Rhyacophilidae	물날도래과								
<i>Rhyacophila bilobata</i>	두잎물날도래	7	2	-0.56	5.6	0.3	0.5	4.6	0.1
<i>Rhyacophila clemens</i>	클레멘스물날도래	7	1	-0.75	5.6	0.2	0.2	2.1	+
<i>Rhyacophila narvae</i>	무늬물날도래	10	2	-0.67	11.1	0.3	0.5	9.4	0.2
<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	민무늬물날도래	2	1	-0.33	5.6	0.2	0.4	3.1	0.1
<i>Rhyacophila retracta</i>	용수물날도래	3	3	0.00	11.1	0.5	0.8	13.5	0.3

Appendix 1. Continued

Species	Korean name	Number of individuals	Number (stomach contents)	Selectivity index	%F	%N	%W	IRI	IRI (%)
Family Glossosomatidae	광택날도래과								
<i>Glossosoma</i> KUa	광택날도래 KUa	76	28	-0.46	33.3	4.3	3.2	251.9	4.8
Family Goeridae	가시날도래과								
<i>Goera japonica</i>	일본가시날도래	27	18	-0.20	11.1	2.8	2.0	52.9	1.0
Family Limnephilidae	우묵날도래과								
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>	띠무늬우묵날도래	7	156	0.91	33.3	24.2	6.9	1037.5	19.7
<i>Nothopsyche</i> KUa	갈색우묵날도래 KUa	8	17	0.36	22.2	2.6	1.2	84.7	1.6
Family Uenoidae	가시우묵날도래과								
<i>Neophylax ussuriensis</i>	가시우묵날도래	95	20	-0.65	16.7	3.1	16.7	330.4	6.3
Family Lepidostomatidae	네모집날도래과								
<i>Goerodes</i> KUb	네모집날도래 KUb	40	1	-0.95	5.6	0.2	0.3	2.5	+
Family Odontoceridae	비수염날도래과								
<i>Psilotreta locumtenens</i>	수염치레날도래	75	1	-0.97	5.6	0.2	0.2	2.1	+
<b>Terrestrial animal</b>	<b>육상동물</b>		<b>173</b>		<b>122.2</b>	<b>26.8</b>	<b>47.3</b>	<b>1949.4</b>	<b>37.0</b>
Class Arachnida	거미강								
Order Araneae	거미목								
Araneae sp.	거미류		1		5.6	0.2	1.4	8.4	0.2
Class Insecta	곤충강								
Order Dermaptera	집게벌레목								
Dermaptera sp.	집게벌레류		1		5.6	0.2	0.6	4.4	0.1
Order Orthoptera	메뚜기목								
Orthoptera sp.	메뚜기류		14		44.4	2.2	36.5	1716.7	32.6
Order Hemiptera	노린재목								
Hemiptera sp.	노린재류		1		5.6	0.2	1.5	9.2	0.2
Order Coleoptera	딱정벌레목								
Coleoptera sp.	딱정벌레류		3		16.7	0.5	1.3	29.3	0.6
Family Chrysomelidae	앞벌레과								
<i>Chrysomela vigintipunctata</i>	버들앞벌레		2		5.6	0.3	0.6	5.3	0.1
Order Hymenoptera	벌목								
Hymenoptera sp.	벌류		1		5.6	0.2	1.1	7.0	0.1
Family Ichneumonidae	맴시벌과								
<i>Ichneumonidae</i> sp.	맴시벌류		3		11.1	0.5	1.0	16.8	0.3
Family Formicidae	개미과								
<i>Formica japonica</i>	곰개미		5		5.6	0.8	1.4	11.9	0.2
Formicidae sp.	개미류		2		11.1	0.3	1.1	15.5	0.3
Order Trichoptera	날도래목								
Family Odontoceridae	비수염날도래과								
<i>Psilotreta</i> sp.	수염치레날도래류(성충)		140		5.6	21.7	0.8	124.9	2.4
Total			645			100.0	100.0	5265.0	100.0

**Appendix 2.** Stomach contents composition of *Oncorhynchus masou masou* according to number of frequency, weight, occurrence and index of relative importance in the Yangyang-namdae stream from 2012

Species	Korean name	Number of individuals	Number (stomach contents)	Selectivity index	%F	%N	%W	IRI	IRI (%)
Phylum Arthropoda	절지동물문								
Class Insecta	곤충강								
<b>Order Ephemeroptera</b>	<b>하루살이목</b>	<b>1125</b>	<b>782</b>	<b>-0.18</b>	<b>244.4</b>	<b>65.9</b>	<b>29.7</b>	<b>2790.8</b>	<b>52.9</b>
Family Baetidae	꼬마하루살이과								
<i>Baetiella tuberculata</i>	애호랑하루살이	28	603	0.91	33.3	50.8	10.4	2042.8	38.7
<i>Acentrella gnom</i>	깨알하루살이	31	2	-0.88	5.6	0.2	0.4	3.0	0.1
<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이	13	75	0.70	27.8	6.3	2.1	235.2	4.5
<i>Baetis ursinus</i>	방울하루살이	10	2	-0.67	5.6	0.2	0.3	2.5	+
Family Ephemerellidae	알락하루살이과								
<i>Cincticostella levanidovae</i>	민하루살이	111	2	-0.96	5.6	0.2	1.0	6.3	0.1
<i>Cincticostella tshernovae</i>	떡하루살이	344	35	-0.96	22.2	3.0	5.0	176.5	3.3
<i>Drunella aculea</i>	빨하루살이	155	8	-0.90	16.7	0.7	4.5	86.8	1.6
<i>Drunella triacantha</i>	삼지창하루살이	144	19	-0.77	38.9	1.6	0.6	85.4	1.6
<i>Ephemerella dentata</i>	알락하루살이	1	5	0.67	11.1	0.4	1.6	22.7	0.4
<i>Serratella setigera</i>	범꼬리하루살이	64	2	-0.94	5.6	0.2	0.4	3.2	0.1
Family Ephemeridae	하루살이과								
<i>Ephemerella separigata</i>	가는무늬하루살이	2	4	0.33	11.1	0.3	0.1	5.4	0.1
Family Heptageniidae	납작하루살이과								
<i>Ecdyonurus kibumensis</i>	두점하루살이	22	2	-0.83	11.1	0.2	0.5	7.6	0.1
<i>Epeorus pellucidus</i>	부채하루살이	89	15	-0.71	22.2	1.3	1.4	59.4	1.1
Family Leptophlebiidae	갈래하루살이과								
<i>Paraleptophlebia chocolata</i>	두갈래하루살이	111	8	-0.87	27.8	0.7	1.3	54.0	1.0
<b>Order Plecoptera</b>	<b>강도래목</b>	<b>132</b>	<b>65</b>	<b>-0.34</b>	<b>105.6</b>	<b>5.5</b>	<b>8.4</b>	<b>369.8</b>	<b>7.0</b>
Family Nemouridae	민강도래과								
Nemouridae sp.	민강도래류	2	15	0.76	33.3	1.3	1.1	79.7	1.5
Family Perlidae	강도래과								
<i>Kamimuria coreana</i>	한국강도래	77	30	-0.44	33.3	2.5	2.8	176.4	3.3
<i>Oyamia nigribasis</i>	진강도래	26	16	-0.24	22.2	1.3	3.0	97.2	1.8
<i>Paragnetina flavotincta</i>	강도래불이	19	1	-0.90	5.6	0.1	0.5	3.5	0.1
Family Chloroperlidae	녹색강도래과								
<i>Sweltsa nikkoensis</i>	녹색강도래	8	3	-0.45	11.1	0.3	0.9	12.9	0.2
<b>Order Diptera</b>	<b>파리목</b>	<b>264</b>	<b>103</b>	<b>-0.44</b>	<b>88.9</b>	<b>8.7</b>	<b>12.3</b>	<b>493.7</b>	<b>9.4</b>
Family Tipulidae	각다귀과								
<i>Antocha</i> KUa	명주각다귀 KUa	30	19	-0.22	27.8	1.6	0.9	69.5	1.3
<i>Tipula</i> sp.	각다귀류	36	1	-0.95	5.6	0.1	1.3	7.5	0.1
Family Chironomidae	깔따구과								
<i>Chironomus</i> sp.	깔따구류	181	74	-0.42	33.3	6.2	2.0	276.0	5.2
Family Simuliidae	먹파리과								
<i>Simulium</i> sp.	먹파리류	3	8	0.45	16.7	0.7	7.5	136.8	2.6
Family Blepharoceridae	멧모기과								
<i>Phylorus</i> KUa	멧모기 KUa	14	1	-0.87	5.6	0.1	0.6	3.8	0.1
<b>Order Trichoptera</b>	<b>날도래목</b>	<b>379</b>	<b>187</b>	<b>-0.34</b>	<b>205.6</b>	<b>15.8</b>	<b>39.1</b>	<b>1473.2</b>	<b>27.9</b>
Family Stenopsychidae	각날도래과								
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	수염치레각날도래	16	2	-0.78	5.6	0.2	0.9	5.9	0.1
<i>Stenopsyche bergeri</i>	연날개수염치레각날도래	23	13	-0.28	33.3	1.1	2.5	120.1	2.3
Family Hydropsychidae	줄날도래과								
<i>Hydropsyche orientalis</i>	동양줄날도래	214	16	-0.86	33.3	1.3	2.3	121.6	2.3
Family Rhyacophilidae	물날도래과								
<i>Rhyacophila bilobata</i>	두잎물날도래	9	3	-0.50	16.7	0.3	0.5	11.9	0.2
Family Glossosomatidae	광택날도래과								
<i>Glossosoma</i> KUa	광택날도래 KUa	8	4	-0.33	22.2	0.3	0.9	28.1	0.5
Family Uenoidae	가시우목날도래과								
<i>Neophylax ussuriensis</i>	가시우목날도래	17	23	0.15	33.3	1.9	19.4	710.0	13.5
Family Lepidostomatidae	네모집날도래과								
<i>Goerodes</i> KUb	네모집날도래 KUb	68	97	0.18	16.7	8.2	6.6	246.5	4.7
Family Sericostomatidae	털날도래과								
<i>Gumaga</i> KUa	털날도래 KUa	3	10	0.54	11.1	0.8	1.6	27.6	0.5
Family Odontoceridae	바수염날도래과								
<i>Psilotreta locumtenens</i>	수염치레날도래	21	19	-0.05	33.3	1.6	4.4	201.7	3.8

Appendix 2. Continued

Species	Korean name	Number of individuals	Number (stomach contents)	Selectivity index	%F	%N	%W	IRI	IRI (%)
<b>Terrestrial animal</b>	<b>육상동물</b>		<b>49</b>		<b>72.2</b>	<b>4.1</b>	<b>10.5</b>	<b>144.8</b>	<b>2.7</b>
Class Arachnida	거미강								
Order Araneae	거미목								
Araneae sp.	거미류		3		16.7	0.3	0.3	8.6	0.2
Class Insecta	곤충강								
Order Ephemeroptera	하루살이목								
Ephemeroptera sp.	하루살이류 (성충)		7		5.6	0.6	0.5	6.1	0.1
Order Orthoptera	메뚜기목								
Orthoptera sp.	메뚜기류		4		22.2	0.3	0.6	20.8	0.4
Order Hymenoptera	벌목								
Hymenoptera sp.	벌류		31		16.7	2.6	1.2	63.7	1.2
Family Formicidae	개미과								
Formicidae sp.	개미류		2		5.6	0.2	0.1	1.3	+
Order Trichoptera	날도래목								
Family Odontoceridae	바수염날도래과								
<i>Psilotreta</i> sp.	수염치레날도래류 (성충)		2		5.6	0.2	7.8	44.3	0.8
Total			1186			100.0	100.0	5272.3	100.0

+: less than 0.1%

**Appendix 3.** Index of relative importance (%) of *Brachymystax lenok tsinlingensis* and *Oncorhynchus masou masou* from spring, summer, autumn

Species	Korean name	<i>B. lenok tsinlingensis</i>			<i>O. masou masou</i>		
		Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
Phylum Nematomorpha	유선형동물문						
Class Gordioida	연가시강						
Order Gordea	연가시목		+				
Family Gordiidae	연가시과						
<i>Gordiusa quaticus</i>	연가시		+				
Phylum Arthropoda	절지동물문						
Class Insecta	곤충강						
Order Ephemeroptera	하루살이목	40.2	9.4	4.8	24.8	99.4	6.8
Family Ameletidae	피라미하루살이과						
<i>Ameletus montanus</i>	멧피라미하루살이	2.8					
Family Baetidae	꼬마하루살이과						
<i>Baetiella tuberculata</i>	애호랑하루살이		0.1		0.3	98.2	2.3
<i>Acentrella gnom</i>	깨알하루살이					+	
<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이	23.4	0.1	0.2	0.1	1.0	2.1
<i>Baetis ursinus</i>	방울하루살이					+	
Family Ephemerellidae	알락하루살이과						
<i>Cincticostella levanidovae</i>	민하루살이			+		+	
<i>Cincticostella tshernovae</i>	떡하루살이				11.9		
<i>Drunella aculea</i>	뿔하루살이	0.6			4.6		
<i>Drunella triacantha</i>	삼지창하루살이	2.2	0.7		4.5	+	0.2
<i>Ephemerella dentata</i>	알락하루살이		+			+	1.7
<i>Serratella setigera</i>	범꼬리하루살이	0.8			0.2		
Family Ephemeridae	하루살이과						
<i>Ephemera separigata</i>	기느무늬하루살이			3.4	0.1		0.6
Family Heptageniidae	남작하루살이과						
<i>Ecdyonurus bajkovae</i>	몽땅하루살이	0.1					
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	두점하루살이	9.0	8.4	0.8	0.1	+	
<i>Epeorus pellucidus</i>	부채하루살이	0.9	0.1		0.2	0.1	
Family Leptophlebiidae	갈래하루살이과						
<i>Paraleptophlebia chocolata</i>	두갈래하루살이	0.4			2.8		
Order Plecoptera	강도래목	3.6	0.2	7.3	12.2	+	5.0
Family Nemouridae	민강도래과						
Nemouridae sp.	민강도래류	1.0			1.6		4.4
Family Perlodidae	그물강도래과						
<i>Stavsolus japonicus</i>	그물강도래붙이			1.8			
Family Perlidae	강도래과						
<i>Kamimuria coreana</i>	한국강도래			5.5	6.0	+	0.3
<i>Oyamia nigribasis</i>	진강도래				4.0	+	
<i>Paragnetina flavotincta</i>	강도래붙이				0.2		
Perlidae sp.	강도래류		0.2				
Family Chloroperlidae	녹색강도래과						
<i>Sweltsa nikkoensis</i>	녹색강도래	2.6			0.3		0.3
Order Diptera	파리목	8.8	0.1	1.1	1.2	0.3	33.6
Family Tipulidae	각다귀과						
<i>Antocha KUa</i>	명주각다귀 KUa	1.1			0.5	0.1	
<i>Tipula</i> sp.	각다귀류	0.4		0.3	0.4		
Family Chironomidae	깔따구과						
<i>Chironomus</i> sp.	깔따구류	7.3	0.1	0.8	0.3	+	30.9
Family Simuliidae	먹파리과						
<i>Simulium</i> sp.	먹파리류					0.2	2.7
Family Blepharoceridae	멧모기과					+	
<i>Phlorus KUa</i>	멧모기 KUa					+	
Order Trichoptera	날도래목	41.1	9.9	71.8	61.3	0.3	27.7
Family Stenopsychidae	각날도래과						
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	수염치레각날도래	0.7		2.7	0.6		
<i>Stenopsyche bergeri</i>	연날개수염치레각날도래				1.4	+	5.5
Family Arctopsychidae	곰줄날도래과						
<i>Arctopsyche ladogensis</i>	곰줄날도래	0.5	+	0.6			
Family Hydropsychidae	줄날도래과						
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래						

Appendix 3. Continued

Species	Korean name	<i>B. lenok tsinlingensis</i>			<i>O. masou masou</i>		
		Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
<i>Hydropsyche orientalis</i>	동양줄날도래		+	0.7	0.9	0.2	
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	꼬마줄날도래		0.1				
Family Rhyacophilidae	물날도래과						
<i>Rhyacophila bilobata</i>	두잎물날도래			0.5	0.4	+	
<i>Rhyacophila clemens</i>	클레멘스물날도래			0.2			
<i>Rhyacophila narvae</i>	무늬물날도래			1.0			
<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	민무늬물날도래			0.3			
<i>Rhyacophila retracta</i>	옹수물날도래	0.3		0.4			
Family Glossosomatidae	광택날도래과						
<i>Glossosoma</i> KUa	광택날도래 KUa	2.6	9.8	0.3	0.6	+	0.3
Family Goeridae	가시날도래과						
<i>Goera japonica</i>	일본가시날도래			4.5			
Family Limnephilidae	우묵날도래과						
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>	띠무늬우묵날도래	0.6		58.0			
<i>Nothopsyche</i> KUa	갈색우묵날도래 KUa	0.7		2.4			
Family Uenoidae	가시우묵날도래과						
<i>Neophylax ussuriensis</i>	가시우묵날도래	35.4			36.4		
Family Lepidostomatidae	네모집날도래과						
<i>Goerodes</i> KUb	네모집날도래 KUb	0.3			19.1		
Family Sericostomatidae	털날도래과						
<i>Gumaga</i> KUa	털날도래 KUa				1.8		
Family Odontoceridae	바수염날도래과						
<i>Psilotreta locumtenens</i>	수염치레날도래		+		0.1	+	21.8
Terrestrial animal	육상동물	6.4	80.4	15.0	0.5	+	26.9
Class Arachnida	거미강						
Order Araneae	거미목						
Araneae sp.	거미류			1.0		+	0.2
Class Insecta	곤충강						
Order Ephemeroptera	하루살이목						
Ephemeroptera sp.	하루살이류(성충)				0.5		
Order Dermaptera	집게벌레목						
Dermaptera sp.	집게벌레류			0.5			
Order Orthoptera	메뚜기목						
Orthoptera sp.	메뚜기류		80.4	3.7			5.4
Order Hemiptera	노린재목						
<i>Hemiptera</i> sp.	노린재류			1.1			
Order Coleoptera	딱정벌레목						
Coleoptera sp.	딱정벌레류	0.4	+	0.4			
Family Chrysomelidae	잎벌레과						
<i>Chrysomela vigintipunctata</i>	버들잎벌레	0.6					
Order Hymenoptera	벌목						
Hymenoptera sp.	벌류			0.9		+	11.1
Family Ichneumonidae	맴시벌과						
Ichneumonidae sp.	맴시벌류	1.9					
Family Formicidae	개미과						
<i>Formica japonica</i>	곰개미	2.8					
Formicidae sp.	개미류	0.6		0.3			0.4
Order Trichoptera	날도래목						
Family Odontoceridae	바수염날도래과						
<i>Psilotreta</i> sp.	수염치레날도래류(성충)			7.1			9.7
	총계	100	100	100	100	100	100

+: less than 0.1%