

봉화군의 어류상과 열목어(*Brachimystax lenok tsinlingensis*) 개체군의 특성¹

변화근^{2*}

The Characteristic of Fish Fauna and *Brachimystax lenok tsinlingensis* Individuals in the Bonghwa-gun, Korea¹

Hwa-Kun Byeon^{2*}

요 약

2010년 6월부터 2011년 5월까지 봉화군 7개 지점에서 어류상과 열목어 개체군 특징을 조사하였다. 조사 기간 동안 출현한 어종은 총 7과 15종 957개체 이었다. 출현한 어종 중 법적보호종에 속하는 종은 *Brachimystax lenok tsinlingensis*, *Koreocobitis naktongensis*, *Cottus koreanus* 등 3종 이었다. 고유종에 속하는 종은 *Microphysogobio yaluensis*, *Coreoleuciscus splendidus*, *Zacco koreanus*, *Cobitis hankugensis*, *K. naktongensis*, *Iksookimia longicorpus*, *Niwaella multifasciata*, *Liobagrus mediadiposalis*, *C. koreanus*, *Coreoperca herzi* 등 10종으로 고유화빈도가 66.7% 이었다. 우점종은 *Z. koreanus*(St. 1), *B. lenok tsinlingensis*(St. 3, 4, 5), *Rhynchocypris oxycephalus*(St. 2, 6, 7) 등 이었다. 열목어 전장과 체중의 관계식은 $BW = 0.000008TL^{3.02}$ 이었고 비만도는 평균 0.84 이었다. 전장이 80~180mm에 해당하는 개체는 만 1년생, 200~300mm는 만 2년생, 300mm 이상은 만 3년생 이상으로 추정되었다. 보호수역 내에서 열목어는 밀도는 100m² 당 평균 17 개체가 서식하는 것으로 조사되었고 보호수역 내에는 총 4,760개체가 서식하는 것으로 추정되었다.

주요어: 우점종, 길이-체중 관계, 건강도, 개체군 밀도

ABSTRACT

The fish fauna and characteristic of population of *Brachimystax lenok tsinlingensis* at the 7 stations in the Bonghwa-gun were investigated from June 2010 to May 2011. The collected species during the survey period were 15 species belong to 7 families. Protected species by the legal were *B. lenok tsinlingensis*, *Koreocobitis naktongensis*, and *Cottus koreanus*. Korean endemic species were *Microphysogobio yaluensis*, *Coreoleuciscus splendidus*, *Zacco koreanus*, *Cobitis hankugensis*, *K. naktongensis*, *Iksookimia longicorpus*, *Niwaella multifasciata*, *Liobagrus mediadiposalis*, *C. koreanus*, and *Coreoperca herzi*, which showed a ration of 66.7% in collected species. Dominant species were *Z. koreanus*(St. 1), *B. lenok tsinlingensis*(St. 3, 4, 5), and *Rhynchocypris oxycephalus*(St. 2, 6, 7). Length-weight relation in the population of *B. lenok tsinlingensis* was $BW = 0.000008TL^{3.02}$, and condition factor in the population was average 0.84. Frequency analysis of total length indicated that the group 80~180 mm in total length is represented by one-year-old individuals, the group 200~300 mm by two-year-old individuals, and the group over 300 mm by three-year-old individuals. The density of population was presumed average 17 individuals per 100m² and total

1 접수 2011년 10월 17일, 수정(1차: 2011년 11월 21일, 2차: 2011년 11월 30일), 게재확정 2011년 12월 1일

Received 17 October 2011; Revised(1st: 21 November 2011, 2nd: 30 November 2011); Accepted 1 December 2011

2 서원대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju(361-742), Korea(cottu@seowon.ac.kr)

* 교신저자 Corresponding author(cottu@seowon.ac.kr)

4,760 individuals in the reservation for *B. lenok tsinlingensis*.

KEY WORDS: DOMINANT SPECIES, LENGTH-WEIGHT RELATION, CONDITION FACTOR, POPULATION DENSITY

서론

열목어(*Brachymystax lenok*)는 시베리아, 연해주, 흑룡강, 송화강, 압록강, 두만강, 한반도 청천강, 대동강, 한강 등의 동북아시아에 분포되어 있는 육붕형 연어과(salmonidae) 어류이다(Mori, 1935; 1936; Li, 1984; Cheng and Zheng, 1987). 한반도에서는 압록강, 두만강, 동해로 유입되는 함경남도과 함경북도 수역, 청천강, 대동강, 한강, 낙동강, 섬진강 등의 하천에 분포하는 것으로 알려져 있다(Chyung, 1977; Choi *et al.*, 2002). *Brachymystax lenok* 남방한계 분포는 강원도 정선군 사북면 고한리 정암사 일대 남한강 상류역에 서식하는 개체군을 천연기념물 제 73호, 경상북도 봉화군 소천면 대현리 일대 낙동강 상류에 서식하는 개체군을 천연기념물 제 74호로 지정되어 있다. *Brachymystax lenok tsinlingensis*는 Berg(1948)가 압록강과 두만강에 분포하며 우레기(*Brachymystax coregonoides*)와 동일종으로 분류하였고 Jeon(1987)은 Li(1984)의 자료와 비교 검토한 결과 한강 상류에 서식하는 *Brachymystax lenok*는 유문수, 측선 비늘수, 새파수, 체측 반문 및 성숙도 등이 중국에 서식하는 *Brachymystax lenok lenok*와 다소 차이가 있으나 양자강과 황하의 지류에 서식하는 *Brachymystax lenok tsinlingensis*와 일치하여 한국산 열목어 학명을 *Brachymystax lenok tsinlingensis*로 사용하는 것이 타당하다고 하였다. 본 종은 수량이 풍부한 산간계류로 수질이 양호하고 여름에도 수온이 20℃ 이하를 유지하며 성어가 숨을 수 있는 수심이 2m 이상되는 깊은 소가 분포하며 용존산소가 항상 10 ppm 이상을 유지하는 곳에 서식한다(Choi *et al.*, 2002). 북한강에 서식하는 열목어의 식성과 먹이선택성에 관해 Byeon *et al.*(1995)이 조사하였다. 최근 들어 수질오염, 하천 정비, 고령지 농업으로 강우 시 탁수 발생, 남획 등으로 개체수와 서식지가 급격히 감소하였다.

낙동강 상류인 경북 봉화군 대현리 일대(24,288,323m²)에 서식하는 열목어 서식지를 1962년에 천연기념물 제 74호 지정하였지만, 보호수역으로 지정된 이후 서식실태에 대한 종합적인 조사가 전혀 이루어지지 않은 상태이다. 또한 최근 들어 보호구역 내에 위치한 민가에서 생활의 불편을 들어 보호구역 재설정에 대한 민원이 증대되고 있다. 따라서 보호수역 내와 인접한 수역에서 어류상, 열목어 분포 현황, 성장, 서식 개체군 크기 등 조사하여 체계적인 관리와

보전 대책 수립에 기초자료가 되고자 한다. 본 조사는 문화재청의 허가를 득한 후 실시하였다.

재료 및 방법

현장 조사는 2010년 6월 12~13일, 2010년 11월 6~7일, 2011년 5월 7~8일에 실시하였다. 조사 지점은 천연기념물 제 74호로 지정된 봉화군 석포면 대현리 일대 보호수역과 인접 수역에서 총 7개 지점을 실시하였다(Figure 1).

St. 1 : 경북 봉화군 소천면 고선리 고선계곡(인접수역), N36°59' 23.7", E128°57' 12.1"

St. 2 : 경북 봉화군 석포면 대현리 청호골(보호수역), N37°02' 56.5", E128°59' 39.6"

St. 3 : 경북 봉화군 석포면 대현리 백천계곡(보호수역), N37°04' 07.3", E128°57' 23.1"

St. 4 : 경북 봉화군 석포면 대현리 현불사(보호수역), N37°04' 03.6", E128°58' 50.9"

St. 5 : 경북 봉화군 석포면 대현리 현불사 하방(보호수역), N37°03' 43.1", E128°59' 44.5"

St. 6 : 경북 봉화군 석포면 대현리 태평교(인접수역), N37°03' 45.2", E129°02' 25.3"

St. 7 : 경북 봉화군 석포면 석포리 옥송정(인접수역),

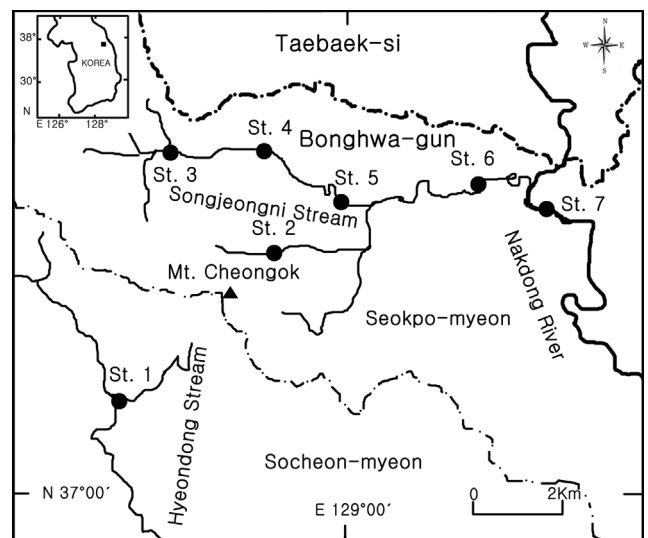


Figure 1. Map showing the studied stations

N37°03' 24.0", E129°02' 41.4"

1. 수환경 조사

평균 유속(수면폭), 평균 수심, 하상구조, 하안상태 등을 조사하였다. 유속과 수심은 줄자로 측정하였고, 하상구조는 Cummins(1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다.

2. 채집 및 동정

채집은 투망(망목 5mm×5mm)과 족대(망목 4mm×4mm)을 사용하였으며 채집된 표본들은 현장에서 측정 후 즉시 방류하였다. 채집한 어류의 동정과 분류체계는 Uchida(1939), Chyung(1977), Kim(1997), Choi, *et al.*(2002), Kim *et al.*(2005) 등의 검색표를 참고하였고 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다.

3. 어류의 군집분석

각 조사 지점의 어류 군집을 분석하기 위해 우점도 지수(McNaughton, 1967), 종다양성 지수(Margalef, 1958), 균등도(Pielou, 1966), 종풍부도(Margalef, 1958) 등을 산출하였다. 우점도는 각 조사지점별로 개체수 현존량에 의거하여 2종씩을 선정하였으며, 지수의 산출방법은 McNaughton's dominance index(DI)에 의거하였다(McNaughton, 1967)

4. 전장-체중 관계

주어진 환경의 차이에 따른 열목어의 생육상태와 생식능력 정도를 파악하기 위해 전장-체중 관계와 비만도를 산란 직후 인 5월에 채집된 개체를 대상으로 조사 하였다. 어류의 성장도와 비만도는 주어진 환경에서 어류의 건강 상태나 생식능력의 정도를 파악할 수 있으며 서식처 등급, 수질, 먹이 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 지표로 이용된다(Anderson and Gutreuter, 1983; Busacker *et al.*, 1990; Ney, 1993). 전장-체중 관계는 Anderson and Gutreuter(1983)을($W = aTL^b$ (W : weight, TL : Total length, a , b = parameter), 비만도는 Anderson and Neumann(1996)을($K = W/TL^3$, W = weight, TL = total length) 따랐다.

5. 전장빈도 분포

연령 추정을 위하여 5월에 채집한 전 개체의 전장을 Caliper (1/20 mm)로 측정하여 Peterson method(Bagenal,

1978)에 의한 전장빈도분포(Total length frequency distribution)를 이용하였다.

6. 개체군 밀도

서식밀도 조사는 일반적인 방법인 표지재포획법(mark-recapture)으로 실시하였다(Petersen, 1895). 재포획 방법의 원리는 다음과 같다. 1차 채집 시 채집된 어류 개체(n_1)를 각각 표지하여 개체군내로 방류한다. 2차 채집 시 채집된 어류 개체(n_2), 이 중 표지된 것을 M 이라 한다. 2차 채집 시 표지된 어류의 비율을 계산하면 전체 개체군에 있어 표지된 어류 개체군의 비율과 동일하다. 전체 어류 개체군의 어류 개체수를 N 이라 하면 $n_1 / N = M / n_2$ 이다. 따라서 전체 어류 개체군의 개체수를 추정하면 다음과 같다.

$$N = n_1 \cdot n_2 / M$$

결과 및 고찰

1. 각 조사 지점의 수환경

2010년 6월 12~13일에 측정 또는 관찰된 각 조사 지점에서의 수환경은 다음과 같다(Table 1). 수심은 10~200cm로 다양하였으며 여울의 수심이 10~30cm 이었고 소의 경우 수심은 100~200cm를 유지하였다. 고선계곡 상류역(St. 1)과 백천 계곡 상류역(St. 3)은 다른 지점에 비해 수심이 얕았고 백천계곡 소규모 지류인 청소골(St. 2)에서 가장 낮았으며 수심이 깊은 소의 분포도 없었다. 유속은 3~50m로 낙동강 분류역인 석포리(St. 7)에서 30~50m 다소 넓었고 그 외의 지점은 좁았다. 하상구조는 큰 돌(Boulder)과 작은 돌(Cobble)이 풍부하였고 조약돌(Pebble)과 자갈(Gravel)은 작은 비율로 분포하였다. 수변부는 대부분 암반이나 돌로 노출되어 있으며 낙엽활엽수림이 인접하여 하도를 수관

Table 1. Stream structures of the surveyed stations

Item / Station	Depth (cm)	Width (m)	Major bottom materials * (B : C : P : G : S)
1	10~50	5~15	2 : 4 : 3 : 1
2	10~20	3~4	5 : 3 : 1 : 1
3	30~100	7~10	5 : 3 : 2
4	30~150	10~20	4 : 3 : 2 : 1
5	20~100	10~15	4 : 3 : 2 : 1
6	50~150	15~20	5 : 3 : 2
7	50~200	30~50	3 : 3 : 2 : 2

* B: Boulder (>256 mm), C: Cobble (64~256 mm), P: Pebble (16~64 mm), G: Gravel (2~16 mm), S: Sand (0.06~2 mm)

으로 피복하고 있었다. 제방이 형성되어 있지 않았으며 수환경의 자연성이 매우 양호한 상태를 나타내고 있었으나 낙동강 상류인 석포리(St. 7)에는 하상에 유기물이 다소 퇴적되어 있었다. 본 조사 지점의 수환경을 열목어의 서식환경(Byeon *et al.*, 1995)과 비교 분석한 결과 St. 2은 수량이 매우 적고 수심이 1m 이상되는 소가 없어 서식지로 부적합한 것으로 생각되며 그 외의 조사지점은 열목어 서식지로 적합한 것으로 나타났다. 낙동강 상류인 St. 7은 갈수기의 경우 하상에 유기물이 다소 퇴적되므로 수질이 최적 상태가 아닌 것으로 생각된다.

2. 어류상

조사 기간 동안 출현한 어종은 총 7과 15종 957개체 이었다. 출현한 어종 중 법정보호종에 속하는 종은 열목어, 얼룩새코미꾸리(*Koreocobitis naktongensis*), 독중개(*Cottus koreanus*) 등 3종 이었다. 서식지가 천연기념물은 열목어 1종이었으며 조사 지점 중 수량이 매우 적은 소규모 산간계

류인 St. 2를 제외한 전 조사 지점에서 출현하였다. 멸종위기야생동·식물 I 급에 속하는 종은 얼룩새코미꾸리 1종이었으며 본 종은 낙동강 본류역 상류인 St. 7에서 1개체 출현하여 분포범위가 매우 제한적이었고 서식량이 또한 매우 적은 것으로 추정된다. 얼룩새코미꾸리 최근에 산청군, 고령군, 영천시 등 매우 제한된 곳에 소수 개체가 출현하는 것으로 알려져 있다(National Institute of Biological Resources, 2011). 출현한 봉화군 석포면은 낙동강 상류역(황지천)은 지금까지 알려진 분포역 중 가장 위도가 북쪽에 위치한 곳으로 확인되었다. 따라서 본 수역을 얼룩새코미꾸리 서식지로 관리 및 보전 대책마련이 시급하였다. 멸종위기야생동·식물 II 급에 속하는 종인 독중개는 열목어 보호수역 내에 국한되어 분포하였고 출현량은 희소하였다. 보호종인 독중개 서식지 중 백천계곡은 서해와 남해로 유입되는 수역 중 가장 남쪽에 위치하며(Byeon *et al.*, 2009) 낙동강 수계에서는 현재 유일하게 독중개가 서식하고 있다. 따라서 본 수역은 열목어와 함께 독중개 서식지로 생물 지리적으로 중요한 의미를 가지므로 독중개 개체군이 안정적으로 서식할

Table 2. A list and individual number of fishes collected at each station from June 2010 to May 2011

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7
Cyprinidae(잉어과)							
<i>Pungtungia herzi</i> (돌고기)					1	1	2
<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)							2
※ <i>Microphysogobio yaluensis</i> (돌마자)							4
※ <i>Coreoleuciscus splendidus</i> (쉬리)						2	23
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (버들치)	1	26		36	34	83	165
※ <i>Zacco koreanus</i> (참갈겨니)	59				1	82	103
Balitoridae(중개과)							
<i>Orthrias nudus</i> (대륙중개)				2	2	33	2
Cobitidae(미꾸리과)							
※ <i>Cobitis hankugensis</i> (기름중개)							3
※◇ <i>Koreocobitis naktongensis</i> (얼룩새코미꾸리)							1
※ <i>ksookimia longicorpa</i> (왕중개)							6
※ <i>Niwaella multifasciata</i> (수수미꾸리)						2	1
Salmonidae(연어과)							
<i>Brachymystax lenok tsinlingensis</i> (열목어)	19		78	67	51	15	9
Amblycipitidae(툭가리과)							
※ <i>Liobagrus mediadiposalis</i> (자가사리)			1	5	2	6	15
Cottidae(독중개과)							
※◇ <i>Cottus koreanus</i> (독중개)			5	5			
Centropomidae(찍지과)							
※ <i>Coreoperca herzi</i> (찍지)	1					1	
No. of family	3	1	3	5	4	6	5
No. of species	4	1	3	5	6	9	13
No. of individual	80	26	84	115	91	225	336

※ : Endemic species, ◇ : Endangered species

수 있도록 잘 보전해야 할 것으로 판단된다. 고유종(한국특산종)에 속하는 종은 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 기름종개(*Cobitis hankugensis*), 얼룩새코미꾸리, 왕종개(*Iksookimia longicorpa*), 수수미꾸리(*Niwaella multifasciata*), 자가사리(*Liobagrus ediadiposalis*), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 등 10종으로 고유화빈도가 66.7%로 매우 높았다. 이는 수환경이 매우 양호한 낙동강 중·상류역 여울이 조사 수역에 포함되어 있었기 때문이다. 일반적으로 한반도고유종의 존재는 해당 지역의 생물상을 특징짓는 기준이 되는 경우가 많은데(Jeon, 1980) 본 조사 수역은 낙동강 수계의 어류상 특징을 매우 잘 유지하고 있는 것으로 판단된다. 본 조사 수역에서 현재까지 정밀 어류 조사가 이루어지지 않은 상태이며 단편적으로 전국자연환경조사(Choi and Lee, 1999)에서 이루어진 결과와 비교한 결과 본 조사 수역에서 대륙종개(*Orthrias nudus*), 얼룩새코미꾸리, 왕종개, 수수미꾸리 등이 새로 출현하였다. 이는 낙동강 본류역인 St. 7(석포면 석포리) 수역이 주변지역 광산 개발이 중지되어 과거에 비해 수질이 회복되어 나타난 결과로 추정된다. 그러나 안정적인 서식지로 회복된 것인지에 대해서는 이들 어종의 개체군 동태 파악이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

3. 개체수 구성비

출현한 16종 중 개체수 구성비가 높은 어종은 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 36.1%), 참갈겨니(25.6%), 열목어(25.0%), 대륙종개(4.1%) 등이었으며 이들 어종이 본 조사 수역에 서식하는 대표적인 어종으로 판단된다. 이들 어종은 하천 상류역 중 수온이 낮고 수환경이 매우 잘 보전된 수역에 주로 우세하게 출현하는 어종이므로 본 조사 수역의 수환경은 비교적 양호한 것으로 생각된다. 개체수 구성비가 1.0% 이하로 희소종에 속하는 어종은 돌고기(*Pungtungia herzi*), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*), 돌마자, 기름종개, 얼룩새코미꾸리, 왕종개, 수수미꾸리, 꺾지 등이었다. 이들 어종은 하천 중류나 중·상류역 여울에 다량

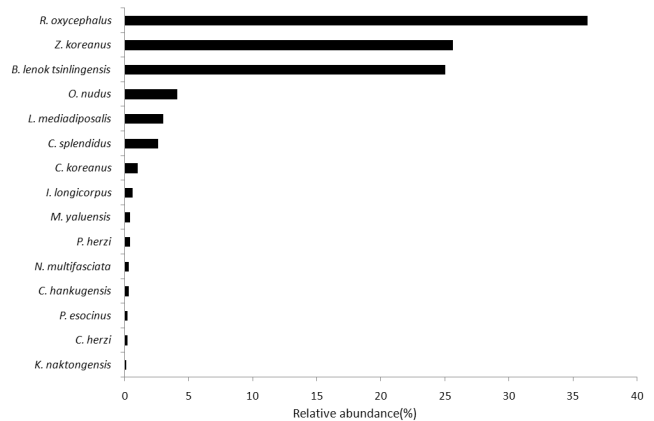


Figure 2. The relative abundance of fishes collected at each station from June 2010 to May 2011

서식하는 어종(Choi *et al.*, 2002) 이므로 본 조사 수역은 주로 하천 상류역 이므로 출현 개체수가 빈약한 것으로 생각된다.

4. 우점종

고선계곡(St. 1)에서는 참갈겨니가 우점종이었고 보호수역 내인 백천 계곡 석포면 대현리(St. 3, 4, 5)에서는 열목어가 우점종이었으며 보호수역 내 소규모 계류인 대현리 청호골(St. 2)에서는 버들치가 우점종이었다. 보호수역 밖에 위치한 대현리 태평교(St. 6)과 석포리 육송정(St. 7)에서는 버들치가 우점종이었다. 열목어 보호 수역 내인 St. 2에서 열목어가 우점종이 아니고 버들치가 우점종이었던 것은 수량이 매우 적은 소규모 산간계류이며 제방 축조와 하천 개수, 수변부 인접 지역 벌목 등, 농경지와 주택지 인접 등으로 인하여 열목어가 서식하기에 부적합한 수환경을 유지하고 있었기 때문이다. 각 조사 지점에서 출현한 아우점종은 열목어(St. 1), 독종개(St. 3), 버들치(St. 4, 5), 참갈겨니(St. 6, 7) 등이었다. 1999년도(Choi and Lee, 1999) 조사에서는 고선계곡에서는 본 조사와 동일하게 참갈겨니가 우점종이

Table 3. Dominant and sub-dominant species at each station from June 2010 to May 2011

Station	Dominant species	Sub-dominant species
1	<i>Zacco koreanus</i> 73.8%	<i>B. lenok tsinlingensis</i> 23.8%
2	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 100.0%	-
3	<i>Brachymystax lenok tsinlingensis</i> 92.9%	<i>Cottus koreanus</i> 6.0%
4	<i>Brachymystax lenok tsinlingensis</i> 58.3%	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 31.3%
5	<i>Brachymystax lenok tsinlingensis</i> 56.0%	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 37.4%
6	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 36.9%	<i>Zacco koreanus</i> 36.4%
7	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 49.1%	<i>Zacco koreanus</i> 30.7%

Table 4. Community analysis at each station from June 2010 to May 2011

Station / Item	Dominant	Diversity	Evenness	Richness
1	0.98	0.68	1.39	0.68
2	1.00	0.00	0.00	0.00
3	0.99	0.29	0.26	0.45
4	0.90	1.02	0.63	0.84
5	0.93	0.96	0.54	1.11
6	0.73	1.43	0.65	1.48
7	0.80	1.42	0.56	2.06

었고 백천계곡에서는 버들치가 우점종이어서 본 조사와 차이가 있었다. 이는 수환경의 변화로 현재에는 버들치 보다 열목어가 서식하기에 보다 양호한 상태로 변화된 것으로 생각된다. 태평교에서는 버들치가 우점종으로 본 조사와 동일하였고 낙동강 본류인 석포리 육송정에서 참갈겨니가 우점종으로 출현하여 본 조사와 차이가 있었다. 이는 1999년 이후 수질과 수환경이 참갈겨니 보다 버들치가 서식하기에 더욱 적합한 수환경으로 변화한 것으로 생각된다.

5. 군집분석

우점도 지수는 1.00(St. 2)에서 0.73(St. 6)으로 전 조사 지점에서 높았다. 이는 조사 수역이 하천 상류역에 위치하며 일부 종의 개체수가 다량으로 출현하였고 그 외의 종은 출현 개체수가 매우 빈약하였기 때문이다. 종다양도지수는 0(St. 3)에서 1.43(St. 6) 이었다. 전 조사 지점에서 종다양성 지수는 낮았는데 이는 하천 상류역의 어류군집 특성이다. 조사 지점 중 하류에 위치한 St. 6과 7일 다른 조사 지점에 비해 종다양성지수가 높았는데 이는 미소서식지가 상류에 위치한 지점에 비해 다양한 원인으로 판단된다. 균등도지수는 0(St. 2)에서 1.39(St. 1)로 낮았다. 종풍부도지수는 0(St. 2)에서 2.06(St. 7)으로 조사 지점 중 가장 하방에 위치한 지점에서 출현종이 가장 풍부하여 종풍부도가 높았다. 어류군집에 있어 우점도가 높고 종다양성지수, 균등도지수, 종풍부도지수 등이 낮았는데 이는 산간계류역에 있어서 일반적인 현상으로 Byeon(2003; 2004)과 Byeon and Ham (2010)의 결과와 일치하였다.

6. 열목어의 전장과 체중 관계

주어진 환경의 차이에 따른 열목어의 생육상태와 생식능력 정도를 파악하기 위해 2011년 5월에 채집된 개체에 대해 체장과 체중의 관계와 건강도(비만도) 조사를 한 결과는 Figure 3과 같다. 열목어 전장과 체중의 관계식은 $BW = 0.000008TL^{3.02}$ 로 상수 a는 0.000008을, 매개변수 b는 3.02

로 체중은 체장의 약 3.02 제곱승에 비례하는 것으로 나타났다. 일반적으로 개체군에 있어 매개변수 b가 3.0 보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않음을 의미하고 3.0 보다 크면 반대로 길이에 비해 비해하다는 것을 뜻한다 (Seo, 2005). Choi et al.(2006)도 매개변수 b가 3.0 이상일 경우 개체군의 성장이 비교적 양호한 것으로 판단하였다. 따라서 봉화군 석포면 백천계곡에 서식하는 열목어 개체군은 매개변수 b가 3.0 보다 크므로 영양상태가 비교적 양호한 것으로 판단된다. 열목어 개체군의 건강도는 평균 0.84(0.68~1.27)로 비교적 높았다. 백천계곡의 수환경은 열목어의 서식환경으로 매우 적합한 것으로 판단된다. 열목어 개체군의 비만도 기울기는 0.00002로 양의 값을 나타내고 있어 비교적 안정적인 개체군을 형성하고 있는 것으로 판단되나 매우 낮은 값을 유지하고 있었다. 이는 열목어가 성장함에 따라 체중 증가에 비해 전장 증가가 빨랐기 때문이다. 가평천에 서식하는 참갈겨니 개체군의 비만도 기울기

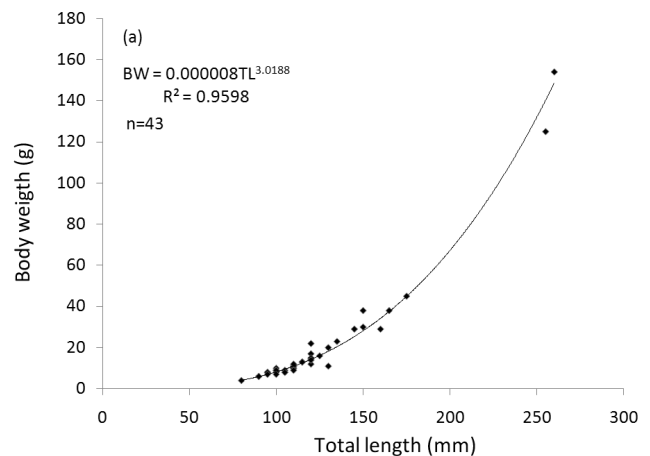


Figure 3. (a) Relationship between total length and body weight of *B. lenok tsinlingensis* sampled in the Baekchean valley stream at May 2010. (b) Condition factor (K) for *B. lenok tsinlingensis* population sampled in the Baekchean valley stream at May 2010

가 0.004(Choi et al., 2011a) 이었고 탄천에 서식하는 피라미 개체군의 비만도는 0.0027(Choi et al., 2011b)로 열목어보다 높은 값을 유지하고 있었다. 백천계곡에 서식하는 열목어 개체군이 참갈겨니와 피라미 개체군 보다 영양상태가 나쁜 것이 아니라 종의 특성상 체중 증가에 비해 체장 증가가 높았기 때문인 것으로 생각된다.

7. 전장빈도 분포

산란기인 2011년 5월에 채집된 개체를 대상으로 연령을 추정된 결과 Figure 4와 같다. 전장 분포가 크게 3개 집단으로 나누어 졌으며 전장이 80~180mm에 해당하는 개체는 만 1년생, 200~300mm는 만 2년생, 300mm 이상은 만 3년생 이상으로 추정된다. 본 조사 지역에서는 만 1년생 개체가 가장 풍부하였고 가장 광범위하게 분포하였다. 한강 수계에 분포하는 열목어의 성장에 대해 Choi et al.(2002)은 2년생은 200mm 내외, 3~4년이면 300mm를 이상으로 성장한다고 하는데 전장의 크기는 본 조사와 일치하였으며 봉화군에 서식하는 열목어의 성장은 한강 수계에 서식하는 개체군과 성장 속도가 동일하였다.

8. 열목어 개체군 밀도

보호수역에 분포하는 열목어에 대해 포획 및 재포획법에 의해 밀도 조사를 하였다. 보호 수역 밖에서는 서식개체수가 적어 재포획 시 표식한 개체가 채집되지 않아 밀도조사가 불가능하였다. 보호수역 내에서 열목어는 밀도는 1개체가 서식하는데 필요한 수역은 평균 5.9m²로 나타났다. 100 m² 당 평균 17 개체가 서식하는 것으로 조사되었고 보호수역에는 총 4,760개체가 서식하는 것으로 추정되었다.

9. 열목어 서식 실태

천연기념물 제 74호 열목어 서식지 보호 수역 내 대부분의 수역에서는 현재 열목어가 다량 서식하고 있는 것으로 조사 되었다. 보호 수역 중 수량이 매우 적고 주변지역이 민가와 농경지가 인접하여 있으며 제방공사가 이루어진 대현리 청호골에서는 열목어가 서식하고 있지 않았다. 수역 주변에 농경지와 민가가 위치하고 있지 않는 St. 3에서 가장 많은 개체수가 출현하였다. St. 3은 보호수역으로 인위적인 영향을 전혀 받고 있지 않으며 산란장, 치어 생육지역, 월동장소 등으로 이용되고 있는 것을 확인하였으며 매우 안정적인 서식장소를 형성하고 있었다. 보호수역 내인 St. 4과 5에서는 열목어가 비교적 풍부하게 서식하고 있으나 St. 3에 비해 출현량이 적었다. 수역 주변부에 부분별로 민가, 농경지, 사찰 등이 분포하고 있으며 이로 인해 부분별로 유기물이 유입되어 열목어 서식에 악영향을 미치는 사상체 부착조류가 다량 생육하고 있었다. 이들 수역에서도 산란장, 치어 생육, 월동 등이 이루어지고 있으나 산란수와 치어 생육 개체수는 St. 3에 관찰 및 출현 개체수를 비교한 결과 현저히 적었다. 수심이 깊은 소는 안정적인 월동장소로 많이 이용되고 있는 것이 2010년 11월 조사 시 확인되었다. 보호수역 밖인 고천계곡(St. 1)에서는 열목어가 출현하였으나 보호수역 내에 비해 출현량이 빈약하였다. 수환경이 열목어가 서식할 수 있는 조건을 유지하나 보호 수역에 비해 양호하지 못하였다. 보호수역 밖으로 St. 5의 하류인 St. 6에서 열목어가 출현하였으나 출현 개체수가 적었다. 낙동강 상류역 본류인 St. 7은 하상에 유기물이 다소 퇴적되어 있으나 열목어가 소수 출현하였다. St. 7 상방에 위치한 낙동강 상류역에서는 열목어가 서식하지 않으며 St. 7은 안정적인 열목어 서식지는 아니나 인접한 수역인 병오천과 송정리천 일대에

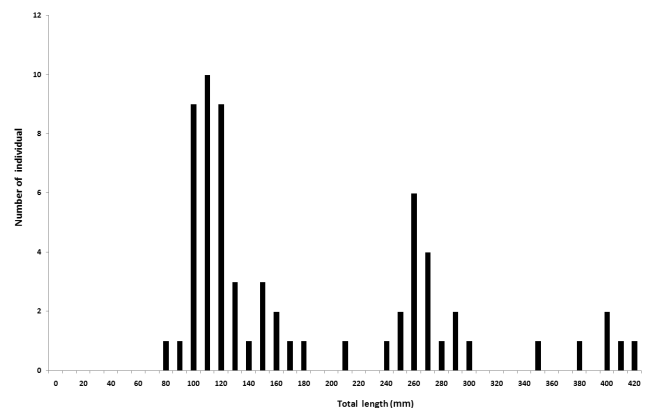
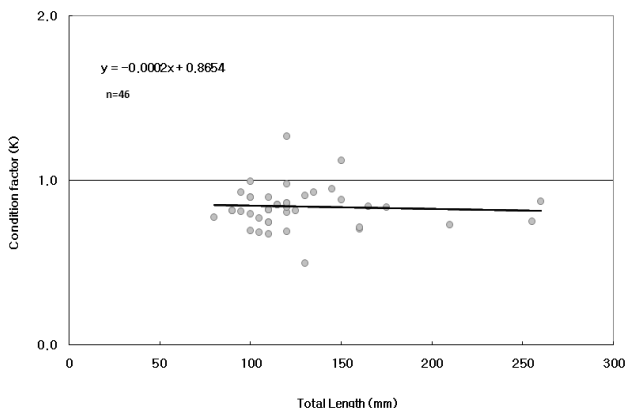


Figure 4. Length frequency distributions of *B. lenok tsinlingensis* sampled in the Baekchean valley stream at May 2010

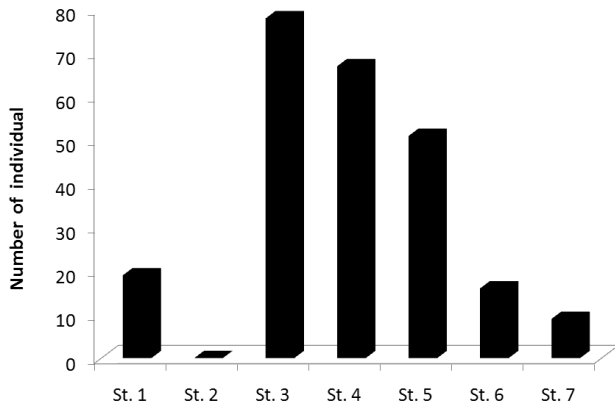


Figure 5. Distributions number of *B. lenok tsinlingensis* individual at each station from June 2010 to May 2011

서식하던 열목어 개체군에서 일부 개체가 유입되어 서식하는 것으로 확인되었다. 낙동강 상류역의 열목어 서식 현황에 대한 최근 기록은 백천 계곡에서 1999년 3개체, 고선동 계곡에서 2개체 이다(Choi and Lee, 1999). 고선동 계곡과 백천 계곡에서는 1999년 보다 서식 개체가 증가한 것으로 나타났다. 백천 계곡 하류역인 송정리천과 황지천 본류에서는 본 조사에서 서식지가 새로 추가되었는데 이는 폐광과 수질 개선으로 인해 수환경이 개선된 결과로 판단된다. 따라서 송정리천과 황지천의 열목어 서식 실태는 지속적인 조사를 통해 보전 및 관리 방안이 필요한 것으로 판단된다.

인용문헌

Anderson, R.O. and R.M. Neumann(1996) Length, weight and associated structural indices. Pages 447-482 in B.R. Murphy and D.W. Willis, editor. Fisheries Techniques, 2nd edition. American, pp. 447-482.

Anderson, R.O. and S.J. Gutreuter(1983) Length weight and associated structural indices. L. A. Johnson. Fisheries techniques. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, pp. 283-300.

Bagenal, T.(1978) Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Blackwell Scientific, pp. 48-116.

Berg, L.S.(1948) Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries I. II. III. Guide Fauna U. S. S. R. Nors. 27, 29, 30 : 1-466, 467-925, 927-1382.

Busacker, G.P., I.A. Adelman and E.M. Goolish(1990) Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 363-377.

Byeon, H.K. and Y.C. Ham(2010) Freshwater Fish Fauna of the Mt. Chilgap. Korean Journal of Nature Conservation 8(1): 45-54. (In Korean with English abstract)

Byeon, H.K.(2003) Freshwater Fish Fauna of the Mt. Cheondeung, Chungju-si. Korean Journal of Nature Conservation. 1(2-3): 67-80. (In Korean with English abstract)

Byeon, H.K.(2004) Freshwater Fish Fauna of the Mt. Gyemyeong, Chungju-si. Korean Journal of Nature Conservation 2(1-2): 79-87. (In Korean with English abstract)

Byeon, H.K., K.S. Cho, J.S. Choi, J.H. Park, J.K. Choi, Y.M. Son and S.R. Jeon(1995) Diet of Manchurian trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) at Jindong Stream. Korean J. Limnol. 28(3): 279-287. (In Korean with English abstract)

Byeon, H.K., K.S. Kim, H.Y. Song and I.C. Bang(2009) Morphological Variations and Genetic Variations inferred from AFLP(Amplified Fragment Length Polymorphism) Analysis of *Cottus populations*(Scorpaeniformes: Cottidae) in Korea. Korean J. Ichthyology 21(2): 67-75. (In Korean with English abstract)

Cheng, Q. and B. Zheng(1987) Systematic synopsis of Chinese Fishes(Vol. 1). Science Presss Beijing, China, pp. 62-65.

Choi, E.Y., J.W. Seo and J.S. Choi(2006) Length-weight Relation and von Bertalanffy's Growth Model of *Zacco koreanus* Population Distributed in the Tributaries of the Nakdong River. Korean J. Limnol. 39(2): 226-235. (In Korean with English abstract)

Choi, J. K., C. R. Jang and H. K. Byeon(2011a) The Fish Fauna and Population of *Zacco koreanus* in the Upper Region of the Gapyeong Stream. Korean J. Environment and Ecology 25(1): 65-70. (In Korean with English abstract)

Choi, J.K., C.R. Jang and H.K. Byeon(2011b) The Characteristic of Fish Fauna by Habitat Type and Population of *Zacco platypus* in the Tan Stream. Korean J. Environment and Ecology 25(1): 71-80. (In Korean with English abstract)

Choi, K.C, Jeon S.R., Kim I.S. and Y.M. Son(2002) Coloured Illustrations of The Freshwater Fishes of Korea. Hyangmunsa Press Co. Seoul. pp. 154-156. (In Korean)

Choi, K.C. and J.H. Lee(1999) The Second Natural Environment investigation of Korea(Bonghwa, Taeback). Ministry of Environment, pp. 341-377 (in Korean)

Chyung, M.K.(1977) The Fishes of Korea. Ilji-Sa, Korea, 727 pp. (In Korean)

Cummins, K.W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat. 67: 477-504.

Jeon, S.R.(1980) Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Doctoral thesis of Chungang Univ., pp. 14-49. (In Korean)

Jeon, S.R.(1987) Revision of scientific name of the manchurian trout, *Brachymystax lenok* (Pisces; salmonidae) from Han River, Korea. Korean J. Lim. 20(2) : 113-116. (In Korean with English abstract)

- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education. 518 pp. (In Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak. pp. 156-157. (In Korean)
- Li, S.(1984) Discussion on the geographical distribution of the salmonid fishes in China. Chinese J. Zool. 1 : 34-37. (In Chinese)
- Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. Gen. Syst. 3: 36-71.
- McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California grassland. Nature 216: 168-144.
- Mori, T.(1935) On the Geographical Distribution of Korea Salmonoid Fishes. Bull. Bigiog, Soc. Japan 6 : 1-9.
- Mori, T.(1936) Studies on the Geographical Distribution of Freshwater Fishes in Eastern Asia. pp. 3-21.
- National Institute of Biological Resources(2011) Red Data Book of Endangered Fishes in Korea. pp. 45-46. (In Korean)
- Nelson, J.S.(2006) Fishes of the world(4th ed). John Wiley and Sons, New York, 601pp.
- Ney, J.J.(1993) Practical use of biological statistics. Inland fisheries management of North American Fisheries Society. Bethesda, MD. USA, pp. 137-158.
- Petersen, C.G.(1895) The Yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German Sea. etc. Rept. Danish Biol. Sta. for 1895, 6 : 1-48.
- Pielou(1966) Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. Amer. Nat. 100: 463-465.
- Seo, J.W.(2005) Fish Fauna and Ecological Characteristics of Dark Chub(*Zacco temminckii*) Population in the Mid-Upper Region of Gam Stream. Korean J. Limnol. 38(2): 196-206. (In Korean with English abstract)
- Uchida, K.(1939) The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen, 6. 458 pp. (In Japanese)