한국환경생태학회지 33(6): 677-685, 2019
Korean J. Environ. Ecol. 33(6): 677-685, December 2019
ISSN 1229-3857(Print) ISSN 2288-131X(Online)
https://doi.org/10.13047/KJEE.2019.33.6.677

어천 용천수에 서식하는 금강모치 *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae)의 생태 특성

변화근[2*]

Ecological Characteristics of *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) at the Spring Water in Eocheon Stream, Korea

Hwa-Keun Byeon[2*]

요 약

어천 용천수에서 금강모치(*Rhynchocypris kumgangensis*)의 생태적 특징 연구를 위하여 2017년 10월부터 2018년 9월까지 조사를 실시하였다. 수온은 10.2 ~ 14.3℃로 변화폭이 매우 적고 연중 15℃ 이하를 유지하였다. 공서종으로는 금강모치가 70.14%로 가장 풍부하였으며, 그 다음으로 둑중개(16.62%), 연준모치(*Phoxinus phoxinus*, 10.74%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 1.55%), 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*, 0.56%), 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 0.28%), 참종개(*Iksookimia koreensis*, 0.14%) 등 7종 이었다. 암수의 성비(female : male)는 1 : 0.91로 큰 차이는 보이지 않았다. 5~6월에 채집된 개체에 있어 전장이 40 mm 미만인 집단은 만1년생, 40~69 mm 집단은 만 2년생, 70~85 mm 집단은 만 3년생, 85 mm 이상은 만 4년생으로 추정되었고, 만 2년생 이상부터 성적 성숙이 이루어지기 시작했다. 산란시기는 5월부터 시작되어 8월 말에 끝났으며 산란 성기는 6월에서 7월로 추정되었다. 산란시기의 수온은 12.3~14.3℃ 이었고 산란 성기의 수온은 13.8~14.3℃ 이었다. 포란수는 평균 1,006개(664~1,666) 이었고 성숙란은 노란색 구형으로 직경이 1.34±0.17 mm 이었다. 전장-체중과의 상관관계식은 $BW = 0.00003TL^{2.77}$로 상수 a는 0.00003를, 매개변수 b는 2.77 이었고, 비만도 지수는 평균 K=1.04(0.65~1.48) 이었으며 기울기(Slope)에서 -0.0012로 음의 값을 나타내었다. 용천수에 서식하는 금강모치는 다른 서식지에 서식하는 금강모치에 비해 산란기간이 길었고, 포란수가 적었으며, 비만도는 낮았다.

주요어: 수온, 산란시기, 성비, 포란수, 전장-체중 상관관계, 비만도

ABSTRACT

We investigated the ecological characteristics of kumgang fat minnow (*Rhynchocypris kumgangensis)* in the Eocheon stream from October 2017 to September 2018. The water temperature was 10.2- 14.3℃ and remained below 15℃ during the year. The fishes in cohabitation with kumgang fat minnow were *Cottus koreanus* (16.62%), *Phoxinus phoxinus* (10.74%), *Rhynchocypris oxycephalus* (1.55%), *Oncorhynchus mykiss* (0.56%), *Zacco koreanus* (0.28%), and *Iksookimia koreensis* (0.14%%). The ratio of females to males was 1:0.91 and did not vary widely. The frequency analysis of total length indicated that the fishes with less than 40 mm in total length were one year old, those with 40 - 69 mm were two years old, those with 70 - 84 mm were three years old, and those with 85 mm or more were four years old for individuals collected in May through June. The

1 접수 2019년 10월 4일, 수정 (1차: 2019년 10월 24일), 게재확정 2019년 10월 25일
Received 4 October 2019; Revised (1st: 24 October 2019); Accepted 25 October 2019
2 서원대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju(28674), Korea(cottus@seowon.ac.kr)
* 교신저자 Corresponding author(cottus@seowon.ac.kr)

sexually mature fishes were over two years old. The spawning season was from late May to late August, and the water temperature was 12.5~14.5℃ during the period. The prosperous spawning season was from June to July, and the water temperature was 13.6 - 14.5℃ during the spawning period. The average number of eggs in the ovaries was 1,006 (664 - 1,666) per matured female, and the matured eggs were yellowish and spherical with a mean diameter of 1.34±0.17 mm. The length-weight correlation of *R. kumgangensis* was $BW = 0.00003TL^{2.77}$ with the constant a as 0.00003, b as 2.77, the average condition factor (K) as 1.04(0.65~1.48), and the slope as – 0.0012. The kumgang fat minnows inhabiting in the spring water had a longer spawning period, a fewer number of eggs in ovaries, and the lower condition factor (K) than those inhabiting other areas.

KEY WORDS: WATER TEMPERATURE, SPAWING SEASON, SEX RATIO, NUMBER OF EGGS IN THE OVARY, LENGTH-WEIGHT RELATION, CONDITION FACTOR (K)

서 론

금강모치(*Rhynchocypris kumgangensis*)는 잉어과(Cyprinidae) 버들치속(*Rhynchocypris*)에 속하는 어종이다. 국내에서는 과거에 버들치속에 대하여 *Moroco*의 속명을 사용하여 왔으며 일본, 중국, 유럽 등지에서는 *Phoxinus* 속으로 포함시켜 왔고 Howes (1985)는 이와 관련된 조사에서 대부분 한국산 버들치속은 Gunther (1868)가 기재한 *Rhynchocypris* (type species : *Rhynchocypris variegatus* = *Pseudophoxinus oxycephalus*)에 해당된다고 보고한 바 있어 현재에는 국내에서 *Rhynchocypris*로 따른다. Howes (1985)는 *Rhynchocypris* 속의 자손형질(apomorphies)로 문단돌기(fleshy rostral process), 특수한 후판(hypertrophied olfactory lamella)과 뾰족해진 후연(attenuated posterior border of the operculum) 등을 제시하였다. 금강모치는 Uchida (1939)가 압록강 상류(갑산), 북한강(회양), 금강산의 내금강 계류 등에서 채집된 표본을 *Moroco semotilus*와 비교하여 새로운 종인 *Moroco* sp.로 기재하였으나 Chyung (1977)은 본 종에 대해 *kumgangensis*이라는 종명을 붙였고 명명자를 Uchida로 하였다. Choi *et al*. (1990)도 본 종을 *Moroco kumgangensis* Uchida로 하였으나 이들 자료에는 분류학적 연구 내용이 없었다. 북한의 Kim (1980)은 국명을 금강모치, 학명을 *Phoxinus kumgangensis*로 기술하였다. 국내에서는 Howes (1985)의 분류학적 자료를 기초로하여 금강모치 학명을 *Rhynchocypris kumgangensis* (Kim)로 기재하였다(Kim, 1997). 금강모치에 대한 분류학적 연구 외에는 난의 특성(Gwak and Park, 2007), 초기발생에 대한 발생과 자어 성장(Song and Choi, 1997), 서식장소와 먹이 선택(Baek *et al*., 2002), 식성 특성(Choi *et al*., 2006), 서식지 생태서식 환경(Kim *et al*., 2013), 북한강에서 탁수의 의한 생태적 영향(Lee *et al*., 2008), 개체군 생태(Song, 2000) 등이 있다. 냉수성인 금강모치는 남한강 이북 수계와 금강 상류역인 무주구천동 계곡, 태화강 상류 지류 등에서만 제한적으로 분포하는 것으로 알려져 왔다(Kim, 1997; Byeon, 2016). 본 종은 여름에 수온이 25℃ 이하로 유지하는 낮은 수온에 적응된 냉수성 어종이나(Byeon, 2016; Kim *et al*., 2013; Song, 2000) 한여름 수온이 15℃ 이하로 매우 낮고 겨울에는 10℃ 이상을 유지하는 용천수에서 금강모치의 생태적인 연구는 이루어진 바 없다. 따라서 여름에도 수온이 15℃ 이하를 유지하는 용천수에서의 생태적인 특징인 서식지 환경, 공서종, 산란시기, 성비, 포란수와 난의 크기, 성장도 등을 조사하였으며 다른 일반적인 서식지의 생태적 특징과 비교분석하여 본 종의 자원 증식과 보전을 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

연구방법

본 조사는 강원도 정선군 화암면 호촌리(N 37°18′05.70″, E 128°50′10.62″)에서 2017년 10월부터 2018년 9월까지 실시하였다(Figure 1). 조사 수역은 남한강 어천 상류역에 위치한 수역으로 계곡형 하천이며 석회암 지대로 복류되는 구간이 많았고 평상시에는 건천화되어 있었으며 강우 시에만 물이 흐르며 복류구간 하방에서 용천수가 발생하였다. 어류의 채집은 투망(망목, 7 × 7 mm)과 족대(망목, 5 × 5 mm)을 사용하였고, 금강모치와 공서종의 종 동정은 Kim (1997)과 Kim *et al*. (2005) 등의 검색표를 이용하였다. 채집된 표본들은 현장에서 10% formalin에 고정하였다. 이화학적 환경요인의 조사를 위하여 유속, 수심, 하상구조 등의 물리적 환경요인과 기온과 수온, 용존산소(dissolved oxygen, DO), 전기전도도(electrical conductivity, EC), 수소이온농도(pH) 등의 화학적 환경요인을 측정하였다. 유속과 수심은 디지털유속계(FP-211)를 사용하여 측정하였고, 하상구조는 Cummins (1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다. 기온과 수온의 측정은 봉상 알콜 온도계를 사용하였고, DO, EC, pH는 수질측정기(LUTRON,

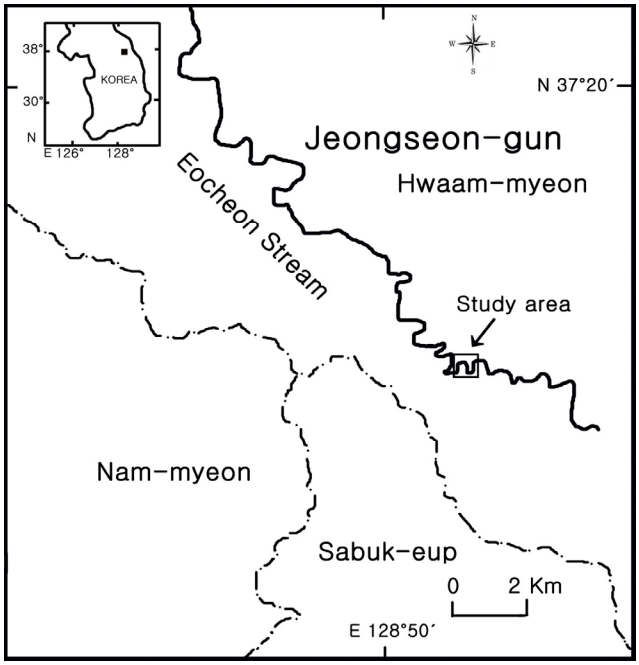

Figure 1. Map showing the sampling station of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream.

WA-2017SD)를 이용하여 측정하였다. 모든 측정은 매월 20~25일에 14시를 기준으로 실시하였다. 매월 채집한 전 개체를 해부 후 생식소를 확인하여 암·수를 구분하였고 체중(Weight. W)과 생식소의 무게(Gonad weight, G_w)는 0.01 g 단위까지 측정하여 생식소 중량지수(Gonadosomatic index(%) = $G_w/W\times100$, GSI)를 구하여 산란시기를 추정하였다(Miller, 1986). 성적으로 성숙하여 생식이 가능한 개체의 전장(Total length. T_L) 범위를 파악하기 위해 산란전이며 생식소 중량지수가 높은 4~5월에 채집한 개체의 전장을 1/20 mm vernier calipers를 사용하여 0.01 mm까지 측정하였다. 포란수(clutch size)를 조사하기 위하여 생식소 중량지수가 가장 높은 5, 6월에 채집한 표본 중 생식소 지수가 10.0% 이상이고 체장이 70 mm 이상인 15개체를 선택하여 난의 수를 계수하였다. 성숙난의 직경은 1/20 mm vernier calipers를 사용하여 0.01 mm까지 측정하였다. 본 종의 성장도 및 연령추정을 위하여 산란 성기로 추정되는 5~6월에 채집한 전 개체의 전장(Total length. T_L)을 1/20 mm vernier calipers를 사용하여 0.01 mm까지 측정하였고, Peterson method (Bagenal, 1978)에 의한 전장빈도분포(Total length frequence distribution)를 이용하였다. 주어진 환경의 차이에 따른 금강모치의 생육상태와 생식능력 정도를 파악하기 위해 전장-체중과의 상관관계(Total length-Weight relationship)와 비만도 지수(condition factor, K)를 산란시기인 5~6월에 채집된 개체를 대상으로 조사하였다. 전장-체중과의 관계는 Anderson and Gutreuter (1983)을 ($W=aT_L^b$(W : Weight, T_L : Total length, a, b : parameter)), 비만도 지수는 Anderson and Neumann (1996)을 ($K=W/T_L^3\times10^5$(W : Weight, T_L : Total length)) 따랐다.

결과 및 고찰

1. 서식지 환경

어천은 대덕산(1,310.2 m)에서 발원하며 유로 길이가 41.0 ㎞이며 정선군 애산리에서 남한강으로 합류하는 지방2급 하천이다(Kwater, 2007). 산간계류역인 상류역은 복류하천이며 평상 시에는 물이 하천 바닥으로 스며들어 건천화되어 있고 복류가 끝나는 지점에서 용승류가 발생한다. 복류수는 수온이 연중 큰 변화가 없이 낮은 수온을 일정하게 유지하며 투명도가 매우 높아 맑은 상태를 유지하며 용승류 발생 지점에는 소가 형성되어 있고 하방으로 급여울이 발달되어 있다. 조사 지점의 하폭은 20~60 m, 유폭은 5~12 m 이었고 우안에 도로가 위치하고 있었다. 용천수가 솟아나는 부분은 유폭이 넓고(12 m) 수심이 깊은(2.3 m) 소가 형성되어 있으며 소 하방으로 유속이 매우 빠른 급여울이 발달되어 있었고 수심은 얕았다. 하상구조는 바위(boulder, >256 mm), 큰돌(cobble, 64~256 mm), 조약돌(pebble, 16~64 mm), 자갈(gravel, 2~16 mm)로 구성되어 있었다. 여울부에는 바위와 큰돌이 풍부하였고 소 부위에는 자갈과 조약돌이 풍부하였다(Table 1). 유속은 0.21~1.53 m/sec로 용천수가 흘러나오는 곳은 수심이 깊은 소를 형성하고 평균 유속이 0.14±0.32 m/sec로 느렸으며 소와 이어지는 하방은

Table 1. The environmental conditions at the studied station of the Eocheon stream, 2018

Stream width (m)	36(20 ~ 60)
Water width (m)	8.2(5 ~ 12)
Stream velocity (m/sec)	0.54(0.21 ~ 1.53)
Bottom structure (%)※	B : C : P : G : S = 40 : 30 : 25 : 5 : 0
Stream type	Riffle, Pool

*Cummins (1962) : B(boulder, >256 mm), C(cobble, 256~64 mm), P(pebble, 64~16 mm), G(gravel, 16~2 mm), S(sand, 0.1~2 mm)

급여울을 형성하며 평균 유속이 1.37±0.1 m/sec로 매우 빨랐다. 금강모치는 소 보다 급여울에 다량 서식하고 있었다.

2017년 10월부터 2018년 9월까지의 기온과 수온의 월 변화는 Figure 2와 같다. 기온은 1월에 최저로 -6.2℃ 이었고 이후 지속적으로 상승하여 8월에 34.6℃까지 상승한 후 다시 감소하였다. 수온은 1월에 10.2℃로 가장 낮았고 이후 점진적으로 높아지기 시작하여 7월 말에 가장 높은 14.6℃ 이었다. 수온은 10.2~14.6℃로 월별 변화폭이 매우 적었고 연중 15℃ 이하를 유지하였는데 이는 지하로 이동하였던 물이 지표면으로 분출되는 용천수이기 때문에 수온 변화가 매우 적었다. 정선과 삼척지역의 석회암 동물 입구에서 흘러나오는 물과 인접한 하천의 용천수 수온과 유사한 상태를 유지하고 있었다(Byeon, 2019).

남한강 수계인 동대천 상류역 금강모치 서식지에서는 1월에 2.0℃ 이었고 8월에는 20.0℃ 상승하여(Song, 2000) 계절적 변화가 뚜렷하였으나 본 조사수역은 이에 비해 겨울에 수온이 매우 높았고 여름에는 수온이 낮은 상태를 유지하여 수온의 변화폭이 매우 적어 계절적 변화가 거의 없었다. 용존산소(DO)는 11.2~15.4 mg/L로 연중 매우 높은 상태를 유지하였는데 이는 깨끗한 수질과 낮은 수온을 유지하는 정선지역에 위치한 하천의 용천수의 특징이다(Byeon, 2019). 수소이온농도(pH)는 6.7~8.1로 월별 계절별 변화가 크지 않았으며 어류의 서식에 적합한 범위(6~8)를 나타내었다. 전기전도도(EC)는 324~458 ㎛hos/cm으로 다소 높았는데 이는 주변지역이 석회암지역으로 무기이온이 다량으로 용출된 원인으로 판단된다(Figure 2).

2. 공서어종

어천 상류역 용천수에 서식하는 금강모치의 공서종은 총 4과 7종 710개체가 채집되었다(Table 2). 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어류가 3종(48.9)으로 가장 다양하였고, 미꾸리과

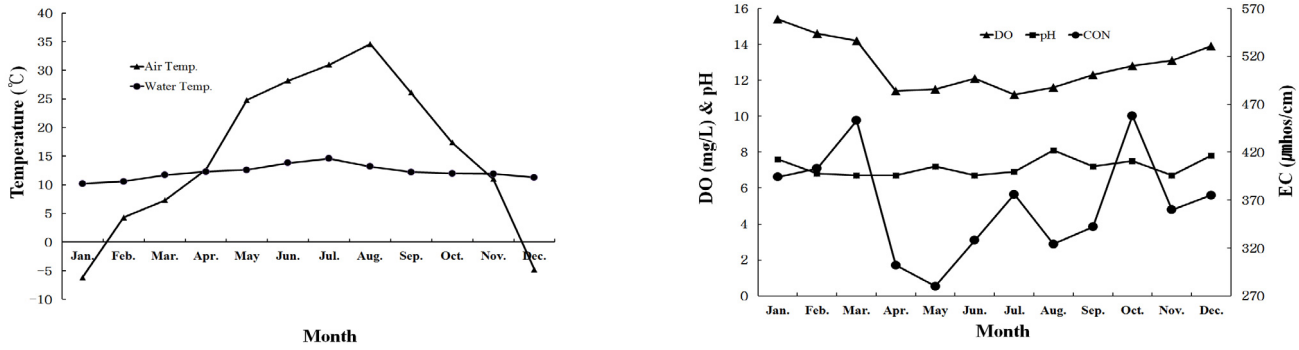

Figure 2. Monthly changes of the air and water temperature, DO, EC (CON) and pH at the Eocheon stream, from October 2017 to September 2018.

Table 2. The list and individual number of cohabitation fishes of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream

Species	Individual number	Relative abundance(%)
Cyprinidae (잉어과)		
Rhynchocypris oxycephalus (버들치)	11	1.55
※***Rhynchocypris kumgangensis* (금강모치)**	**498**	**70.14**
Phoxinus phoxinus (연준모치)	76	10.74
※*Zacco koreanus* (참갈겨니)	2	0.28
Cobitidae (미꾸리과)		
※*Iksookimia koreensis* (참종개)	1	0.14
Salmonidae(연어과)		
Oncorhynchus mykiss (무지개송어)	4	0.56
Cottidae (둑중개과)		
※*Cottus koreanus* (둑중개)	118	16.62

※ : Endemic species of Korea

(Cobitidae), 연어과(Salmonidae), 둑중개과(Cottidae)에 각각 1종(14.3%)이 출현하였다. 잉어과에 속하는 어류가 풍부하였는데 이는 한반도의 서해와 남해로 유입되는 하천에서 볼 수 있는 담수어류상의 공통된 특징과 일치하였다(Jeon, 1980). 총 7종의 담수어류 중에서 한국고유종은 금강모치, 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 참종개(*Iksookimia koreensis*), 둑중개(*Cottus koreanus*) 등 4종으로 고유종 빈도는 57.14%로 나타났다. 한반도 평균 고유종 빈도인 22.5%(Nam, 1996) 보다 높게 나타났다. 출현한 어종의 상대풍부도(Relative abundance)에 있어 금강모치가 70.14%로 가장 풍부하였으며 그 다음으로 둑중개(16.62%), 연준모치(*Phoxinus phoxinus*, 10.74%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 1.55%), 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*, 0.56%), 참갈겨니(0.28%), 참종개(0.14%%) 등으로 무지개송, 참갈겨니, 참종개 등은 1% 미만으로 매우 희소하였다. 금강모치 공서종에 대해 Song(2000)은 총 6과 15종을 기술하였는데 이에 비해 본 조사 수역에서는 공서어종이 매우 빈약하였다. 이는 용천수에 서식하는 냉수성인 연준모치와 동일한 결과로 용천수 수온이 매우 낮아 대부분의 어종은 서식지로 부적합하며 일부 어종만 서식이 가능하였기 때문인 것으로 생각 된다(Byeon, 2019).

3. 성비

암·수 구분은 생식이 가능하고 성적 성숙이 이루어지는 만 2년생 이상의 개체에서 수컷은 혼인색과 생식적돌기가 발달되어 쉽게 구분되며 해부하여 정소와 난소를 확인한 후 구별하였다. 조사 기간 동안 채집된 암컷은 441개체, 수컷은 402개체로 성비는 1 : 0.91(female : male)로 거의 동일하게 나타나 1 : 1에 가까운 성비를 보였다(Table 3). 금강모치 개체군에 있어 1 : 0.75로 암컷이 우세하다는 Song(2002)와 다소 차이가 있으나 암컷이 수컷 보다 다소 풍부하다는 결과는 일치하였다. 어천 용천수에 공서하는 연준모치 개체군에서도 암수 성비가 1 : 0.85로 보고되어 매우 유사한 편이었다(Byeon, 2019).

4. 성장도 및 연령추정

산란 성기인 6~7월에 채집된 개체의 전장을 측정하여 Peterson method (Bagenal, 1978)에 의한 전장빈도분포(Total length frequence distribution)를 이용하여 성장도와 연령을 추정하였다. 전장빈도분포에 있어 4개의 집단으로 나누어지며 전장이 40 mm 미만은 만1년생, 40~69 mm은 만 2년생, 70~84 mm은 만 3년생, 85 mm 이상은 만 4년생으로 추정되었다(Figure 3). Song (2000)의 결과와 비교하면 전장은 성별 및 연령별에 있어 큰 차이가 없었다.

5. 성적 성숙 연령 및 생식가능 전장범위

성적 성숙 연령과 생식가능 전장 크기를 확인하기 위해 산란시기 중 생식소 중량지수(GSI)의 평균지수가 높은 6~7월에 채집된 개체를 대상으로 전장별 생식소 중량지수를 비교하였다. 생식소 중량지수는 암컷(n=115)이 5% 이상을 넘는 개체에서 성숙난이 확인되었고 수컷(n=110)은 1.5% 이상이 되어야 정소가 성숙하여 혼인색을 나타났다. 생식가능 전정의 범위는 암컷이 56.7 mm(생식소 지수 8.8%) 이상, 수컷은 53.9 mm

Table 3. The number of sex ratio of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream

Month	Female	Male	Sex ratio
Jan.	28	21	1 : 0.75
Feb.	34	28	1 : 0.82
Mar.	27	31	1 : 1.15
Apr.	21	19	1 : 0.90
May	28	25	1 : 0.89
Jun.	76	62	1 : 0.82
Jul.	32	34	1 : 1.06
Aug.	49	52	1 : 1.06
Sep.	38	28	1 : 0.74
Oct.	42	38	1 : 0.90
Nov.	34	36	1 : 0.94
Dec.	32	28	1 : 0.88
Total	441	402	1 : 0.91

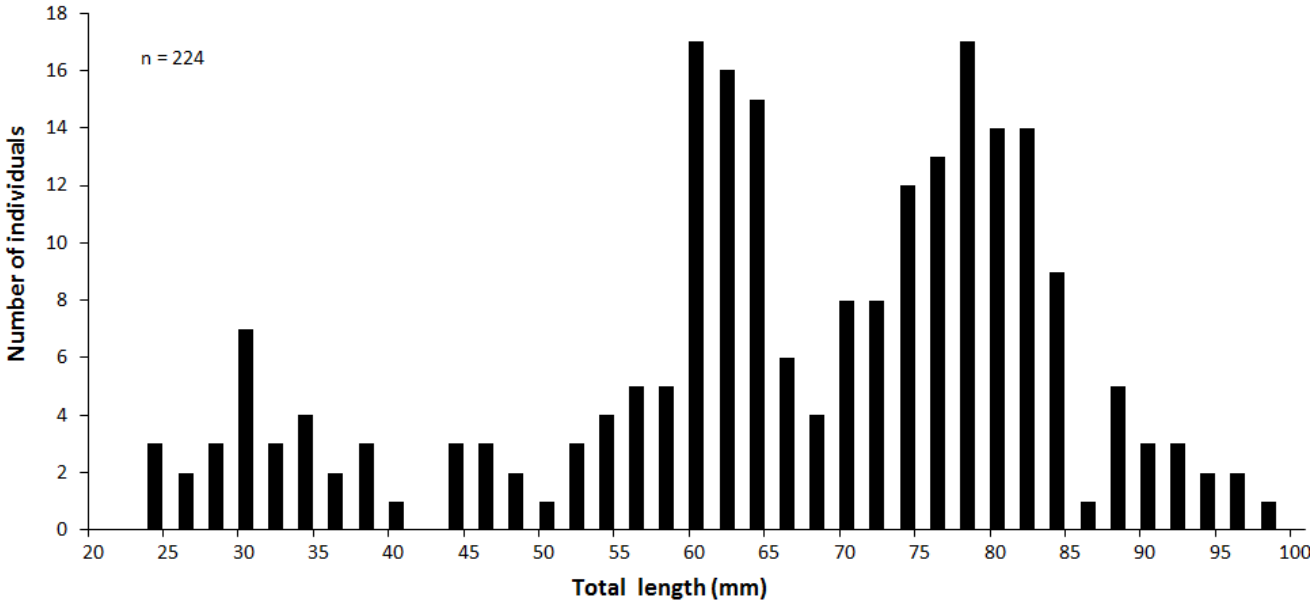

Figure 3. Length frequency distributions of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream from April to May 2018.

(생식소 지수 1.90%)로 나타나 암·수는 전장의 길이가 50 mm 이상이고 생식소 중량지수가 암컷은 5% 이상, 수컷은 1.5% 이상이 되어야 성적 성숙이 이루어졌으며 이들 개체에 국한하여 생식이 가능한 것으로 판단된다(Figure 4). 전장빈도분포로 추정한 연령에 근거하여 만 2년생(50~69 mm)부터 성적성숙이 이루어졌다. 암컷은 전장이 65 mm 이상, 수컷은 45~55 mm 이상부터 성적성숙이 이루어진다는 Song(2000)의 결과에 비해 본 조사 수역에서는 암컷이 보다 전장이 작은 상태에서 성적 성숙이 이루어지고 있었다. 낮은 수온이 빠른 성적 성숙에 영향을 미친 것으로 생각되나 보다 지속적인 조사를 통해 원인 분석이 필요한 것으로 판단된다.

6. 산란시기 추정

금강모치의 산란시기를 알아보기 위하여 매월(20~25일) 채집된 표본을 대상으로 평균 생식소 중량지수를 조사하였다

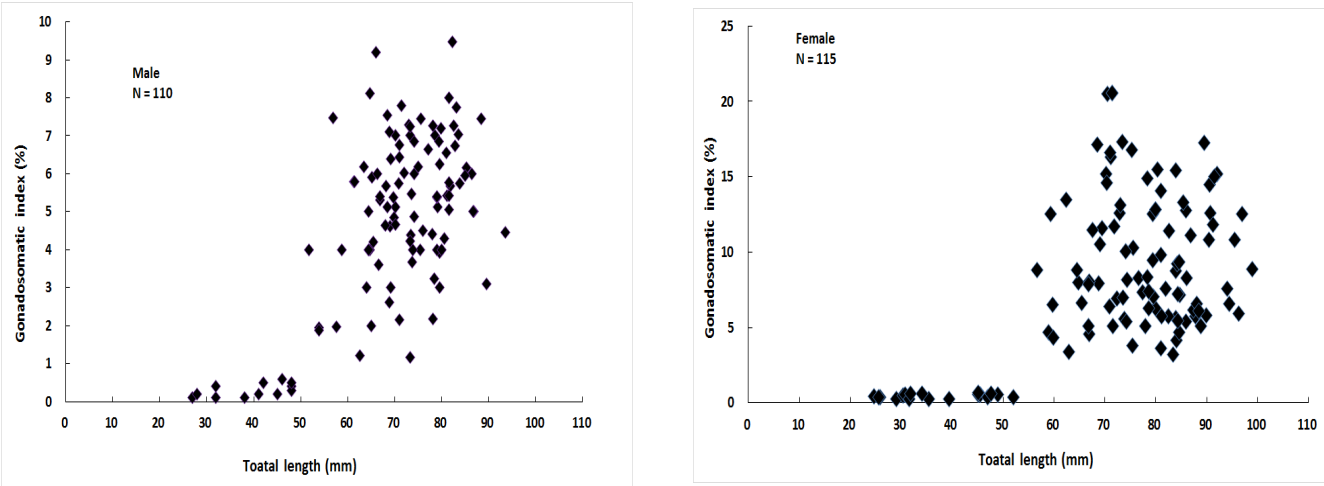

Figure 4. Change of gonadosomatic index with increasing of total length of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream from May to June 2018.

(Figure 5). 암·수 모두 2월부터 생식소지수가 급격히 증가하여 4월에 암컷은 12.50%, 수컷은 5.01%로 가장 높았으며 이후 감소하며 8월 말까지 다소 높은 수치를 유지하다가 급격히 감소하기 시작하며 9월에 최저치를 나타내었다. 따라서 본 조사 수역에서는 산란이 5월부터 시작되어 8월 말에 끝났으며 산란 성기는 6월에서 7월로 추정되었다. 산란시기의 수온은 12.5~14.5℃ 이었고 산란 성기인 6~7월의 수온은 13.6~14.5℃ 이었다. 산란이 끝난 암컷은 난소에 성숙란이 존재하지 않았고 생식소 지수는 4.0% 이하를 유지하므로 1회성 산란을 하는 어종으로 나타났고 8월 중순에 일부 암컷 개체는 난소에 성숙한 난을 다량 함유하고 있었고 생식소 지수는 8.0% 이상이었으며 수컷은 혼인색을 유지하고 있었다. 남한강과 북한강 상류에 서식하는 금강모치 산란시기는 4월초부터 5월 중순(수온 11~14℃)이며 산란 성기는 4월로(Song, 2000)로 본 조사 수역보다 산란기간이 빠르고 짧았다. 산란성기의 수온 14℃는 본 조사 수역과 동일하였다. 본 조사수역은 수온이 5월부터 12월까지 산란 가능한 수온인 11~14℃을 유지하였고 7월말에 14.2℃로 도달하였고 8월에도 15℃를 넘지 않아 산란의 최적 수온을 유지하고 있었다. 산란 최적의 수온을 오랜 기간 동안 유지하고 있어 어린 개체 일부가 5월 이후 성장하여 성적 성숙이 이루어진 후 8월에 산란을 하고 있어 산란기간이 길어졌다. 이러한 현상은 용천수에 서식하는 연준모치 개체군에서도 나타났다(Byeon, 2019). 온대지방에 서식하는 담수어류는 수온과 광주기 등의 계절적 변화의 영향에 의해 일정한 산란주기를 가지게 되고 환경변화에 따라 산란시기가 달라지기도 한다(Bye, 1984).

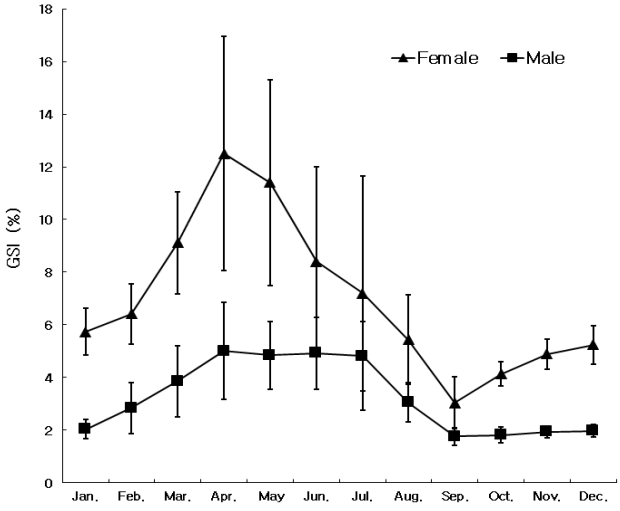

Figure 5. Monthly change of gonadosomatic index (GSI) of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream from October 2017 to September 2018.

7. 포란수 및 성숙난의 크기

포란수와 성숙난의 크기를 조사하기 위하여 생식소 중량지수가 가장 높은 6월에 채집된 암컷(n=15)을 대상으로 조사하였다. 암컷 전장의 범위는 75.5~96.3 mm 이었으며, 포란수는 664~1,666개로 평균 1,006개로 나타났다(Table 4). 전장과

Table 4. The Number of eggs from ovaries of *Rhynchocypris kumgangensis* at the Eocheon stream in June 2018

No.	Total length (mm)	Weigth(g)	GSI (%)	Egg number
1	75.5	4.50	17.33	730
2	78.4	5.23	14.91	664
3	80.3	6.19	15.51	780
4	81.0	6.61	14.07	912
5	82.6	6.13	11.42	714
6	83.9	5.91	15.40	943
7	83.9	6.04	8.77	676
8	90.4	9.29	12.59	824
9	90.6	10.58	14.46	1582
10	91.3	8.38	11.81	1046
11	91.5	6.53	15.01	896
12	92.0	8.44	15.17	986
13	94.4	9.30	8.56	1264
14	95.5	9.24	10.82	1666
15	96.3	9.16	10.90	1404
Average				1,006±326

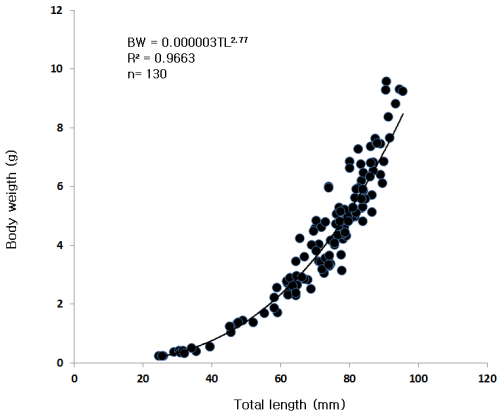

Figure. 6. Total length-weight relationship of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream from May to June 2018.

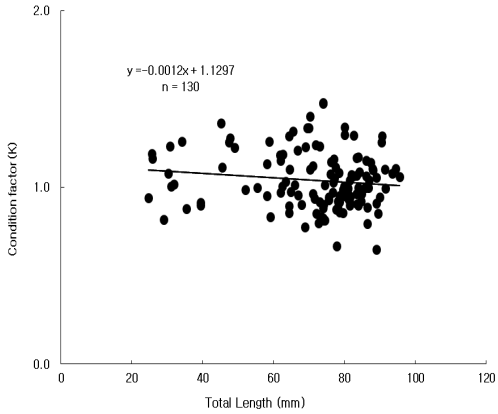

Figure 7. Condition factor (K) of *Rhynchocypris kumgangensis* in the Eocheon stream from May to June 2018.

체중이 증가할수록 포란수가 증가하였고 성숙란은 노란색을 띄고 원형으로 크기는 평균 직경이 1.34±0.17 mm 이었다. 동대천에 서식하는 금강모치의 성숙한 암컷의 전장 크기에서는 차이가 거의 없었으나 평균 포란수는 1,616개로 본 조사 수역보다 많았다(Song, 2000). 본 조사 수역은 수온이 낮게 유지되어 먹이 활동과 영양 상태에 악영향을 미쳐 생식능력이 다소 저하된 것으로 생각된다.

8. 전장-체중의 상관관계 및 비만도 지수

어류의 전장과 체중은 개체군의 변화, 어류자원의 관리, 생육상태, 건강성 등의 연구 분야에 폭넓게 이용되고 있다(Ecoutin *et al*. 2005; Nowak *et al*. 2009). 금강모치의 생육상태와 생식능력 정도를 파악하기 위해 산란시기인 2018년 4~5월에 채집된 개체를 대상으로 전장-체중과의 상관관계와 비만도 지수를 조사하였다. 전장-체중과의 상관관계식은 암·수가 $BW = 0.00003TL^{2.77}$로 상수 a는 0.00003를, 매개변수 b는 2.77 이었다(Figure 6). 일반적으로 개체군에 있어 매개변수 b가 3.0 보다 작으면 길이의 증가만큼 체중 증가가 일어나지 않아 비대하지 않으며 영양상태가 좋지 않음을 의미하고 3.0 보다 크면 반대로 길이에 비해 비대해 진다. 어천 용천수에 서식하는 금강모치는 길이 성장에 비해 체중이 비대 하지 않았다. 비만도 지수 분석결과 평균 K=1.04(0.65~1.48) 이었고 기울기(Slope)에서 -0.0012로 음의 값을 나타내어 개체의 길이가 커질수록 비만도는 감소하였다(Figure 7). 북한강 상류 계방천 서식하는 금강모치 개체군은 $BW = 0.000004TL^{3.20}$로 비만도 기울기는 0.0027, 남한강 상류 봉산천에서는 $BW = 0.000004TL^{3.21}$로 비만도 기울기는 0.0033, 태화강 상류에서는 $BW = 0.000002TL^{3.44}$로 비만도 기울기는 0.000002(Lee *et al*., 2008; Byeon, 2016)로 본 조사 수역의 금강모치 개체군은 다른 서식지에 서식하는 집단에 비해 길이 성장에 비해 체중의 증가가 낮았다. 이는 연중 수온이 15℃ 이하를 유지하고 있어 낮은 수온으로 인하여 길이 성장에 비해 체중의 증가가 잘 이루어지지 않은 원인으로 생각된다. Nowak *et al*. (2009)은 동일종에서도 지역적인 수온, 계절, 조사 시기에 따라 전장-체중 상관관계에 차이가 나타난다고 하였는데 용천수에서 금강모치의 비만도 감소는 낮은 수온에 의한 것으로 판단된다.

REFERENCES

Anderson, R.O. and R.M. Neumann(1996) Length, weight and associated structural indices. 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, Betheda, Maryland, pp. 283-300.

Baek, H.M., H.B. Song, H.S. Sim, Y.G. Kim and O.K. Kwon(2002) Habitat segregation and prey selectivity on cohabitation fishes, *Phoxinus phxinus* and *Rhynchocypris kumgangensis*. Korean J. Ichthyol. 14: 121-131. (in Korean with English abstract)

Bagenal, T.(1978) Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell Scientific, pp. 48-116.

Bye, V.J.(984) The role of environmental factors in the timing of reproductive cycle. Fish reproduction: Strategies and tactics, Academic Press, London, pp. 187-205.

Byeon, H.K.(2016) The first record on the *Rhynchocypris*

kumgangensis from Taehwa river, Korea. Kor. J. Env. Eco. 30: 745-750. (in Korean with English abstract)

Byeon, H.K.(2019) Ecological characteristics of *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) at the spring water in Eocheon stream. Kor. J. Env. Eco. 33: 256-265. (in Korean with English abstract)

Choi, J.S., K.Y. Lee, Y.S. Jang, J.H. Park and O.K. Kwon(2006) Feeding habit of *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) from the Hongcheon river, Korea. Korean J. Environ Biol. 24: 29-37. (in Korean with English abstract)

Choi, K.C., S.S. Choi and Y.P. Hong(1990) On the microdistribution of freshwater fish, *Coreoleuciscus splendidus* (Gobioninae) from Korea. Korean J. Ichthyol. 2: 63-76. (in Korean with English abstract)

Chyung, M.K.(1977) The fishes of Korea. Iljsa, 727pp. (in Korean)

Cummins, K.W.(1962) An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. The American Midland Naturalist, 67: 477-504.

Ecoutin, J.M., J.J. Albert and S. Trape(2005) Length-weight relationships for fish populations of a relatively undisturbed tropical estuary: The Gambia. Fisheries Research 72: 347-351.

Gunther, A.(1868) Catalog of the fishes in the British Museum. Catalogue of the physostomi, containing the families Heteropygii, Cyprinidae, Gonorhynchidae, Hyodontidae, Osteoglossidae, Clupeidae, Chirocentridae, Alepocephalidae, Notopteridae, Halosauridae, in B. Mus. V. 7: 1-512.

Gwark, J.Y. and J.Y. Park(2007) Structure of oocyte surface in two Korean minnow species, *Rhynchocypris kumgangensis* and R. oxycephalus (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol. 19: 16-23. (in Korean with English abstract)

Howes, G.J.(1985) A revised synonymy of the minnow genus *Phoxinus* Rafinesque, 1820(Teleostei : Cyprinidae) with comments on it,s relationships and distribution. Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Zool. V. 48: 57-74.

Jeon, S.R.(1980) Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Doctoral thesis of Chungang University, pp. 14-49. (in Korean with English abstract)

Kim, I.S.(1997) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education, 629pp. (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, 615pp. (in Korean)

Kim, L.T.(1980) A new species of genus *phoxinus* from D.P.R. of Korea. Science Report (North Korea). pp. 28-29. (in Korean with English abstract)

Kim, S.J., H.S. Noh, S.J. Hong, J.W. Kwak and H.S. Kim(2013). Impact of climate change on habitat of the *Rhynchocypris kumgangensis* in Pyungchang river. Korean J. Wetlands Research. 15: 271-280. (in Korean with English abstract)

Kwater(2007) A guidebook of river in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (in Korean)

Lee, J.Y., J.S. Choi, J.K. Kim, Y.S. Jang, K.Y. Lee and B.C. Kim(2008) Ecological Effects of Kumgang fat minnow (*Rhynchocypris kumgangensis*) on Turbid Water. Korean J. Env. Eco. 22: 184-191. (in Korean with English abstract)

Miller, P.J.(1986) Reproductive biology and systematic problems in Gbioidei fishes. Indo-Pacific Fish Biology, pp. 640-647.

Nowak, M., W. Popek, W. Jagusiak, S. Deptula, J. Popek, K. Tatoj, K. Kleczar and P. Epler(2009) Weight-length relationships for three fishes (*Leuciscus leuciscus, Phoxinus phoxinus, Salmo trutta*) from the Strwiaz River (Dniester River drainage). Arch. Pol. Fish. 17: 313-316.

Song, H.B and S.S. Choi(1997) Development of eggs and larvae of Korean fat minnow, *Moroco kumgangensis* (Cyprinidae). Korean J. Limnol. 30: 67-74. (in Korean with English abstract)

Song, H.B.(2000) Population ecology of fat minnow, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) in Korea. Korean J. Ichthyol. 12: 101-110. (in Korean with English abstract)

Uchida, K.(1939) The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Eventognathi, Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Tyosen. 6. 458pp. (in Japanese)