

# 금강지류 두계천에 서식하는 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*)의 생태 특성<sup>1</sup> 변화근<sup>2\*</sup>

## Ecological Characteristics of *Microphysogobio yaluensis* in Dugye Stream of Geum River Basin, Korea<sup>1</sup>

Hwa-Keun Byeon<sup>2\*</sup>

### 요약

돌마자(*Microphysogobio yaluensis*)의 생태적 특징을 연구하기 위해 2021년 1월부터 12월까지 금강지류인 두계천에서 조사를 실시하였다. 본 종의 서식지 하상구조는 조약돌(pebble)과 자갈(gravel)이 풍부하였으며, 수심은 12~85cm로 평균 23cm로 얕았으며, 유속이  $1.03 \pm 0.34 (0.72 \sim 1.47)$  m/sec로 빨랐다. 암수 성비는 1 : 0.86이었다. 전장빈도분포도에 따른 연령은 여름(6~7월)기준으로 50mm 미만(30.4~49mm)은 만1년생, 50~69mm은 만 2년생, 70~92mm 이상은 만 3년생으로 추정되었다. 생식가능 전장의 크기는 6, 7월에 암컷과 수컷 모두 50mm 이상의 만2년생에서 성적성숙이 이루어졌다. 산란시기는 7월에서 8월(산란성기 7월)이고 수온은 25.8~28.2°C이었다. 성숙란은 노란색 구형으로 직경이  $0.52 \pm 0.16 (0.33 \sim 0.77)$  mm이고 포란수는 평균 2,593(1,343~4,672)개 이었다. 돌마자의 먹이생물은 하천 여울의 돌과 자갈에 부착하여 생육하는 부착조류(Attached algae)만 확인되었다. 식성은 식물성이었으며 부착조류인 남조류(Cyanophyta), 녹조류(Chlorophyta), 규조류(Bacillariophyta) 등을 섭식하였고 규조류와 녹조류에 속하는 종이 풍부하였다.

주요어: 서식지, 포란수, 산란시기, 식성

### ABSTRACT

This study investigated the ecological characteristics of *Microphysogobio yaluensis* at Dugye Stream of Geum River basin from January to December 2021. The river bed structure of this species' habitat was rich in pebbles and gravel. The water depth ranged from 12 to 85 cm with an average of 23 cm, which was shallow. The stream velocity was rapid at  $1.03 \pm 0.34 (0.72 \sim 1.47)$  m/sec. The ratio of females to males was 1:0.86. The age according to the total length-frequency distribution as of summer (June, July) indicated that the group with less than 50 mm (30.4-49 mm) in total length was one year old, the group with 50-69 mm was two years old, and the group over 70-92 mm was three years old. Both male and female fish sexually matured at 50 mm long and two years old in June and July. The spawning season was from July to August, and the water temperature was between 25.8°C and 28.2°C during the period. The prosperous spawning season was July. The matured eggs were yellowish and

1 접수 2022년 4월 8일, 수정 (1차: 2022년 6월 1일), 게재확정 2022년 6월 15일  
Received 8 April 2022; Revised (1st: 1 June 2022); Accepted 15 June 2022

2 서원대학교 생물교육과 교수 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju 28674, Korea (cottus@seowon.ac.kr)

\* 교신저자 Corresponding author: cottus@seowon.ac.kr

spherical with a mean diameter of  $0.52 \pm 0.16$  (0.33-0.77) mm, and the average number of eggs found in the ovaries of mature female fish was 2,593 (1,343-4,672). As for the food of *M. yaluensis*, only attached algae, which grow by attaching to stones and gravel of the stream rapids, were identified. The feeding habit of *M. yaluensis* was reported to be herbivorous, ingesting Cyanophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta. Also, the species belonging to Bacillariophyta and Chlorophyta were abundant in Dugye Stream.

**KEY WORDS: HABITAT, NUMBER OF EGGS IN THE OVARY, SPAWNING SEASON, FEEDING HABIT**

## 서 론

돌마자(*Microphysogobio yaluensis*)는 잉어과(Cyprinidae) 모래주사속(*Microphysogobio*)에 속하는 한국고유종인 소형 담수어종이다. 본 종은 Mori (1927)가 압록강에서 채집한 개체를 기준으로 하여 신종인 *Pseudogoio yaluensis*로 기재하였고 그 후 Uchida (1939)는 본 종을 *Microphysogobio*속 포함시켰으며 Banarescu와 Nalbant (1973)는 본 종에 관한 종의 특징과 분포에 관해 기술하였다. 돌마자의 학명 적용과 분류 형질이 국내에 서식하는 모래주사속(*Microphysogobio*) 어종 중 돌마자 이외 종의 외부형질과 유사하여 분류학적 혼란이 발생하였는데 1982년(Kim and Lee, 1982)과 1999년(Kim and Yang, 1999)에 돌마자와 모래주사의 종을 구분하는 분류 형질로 윗입술의 유두상소돌기의 수와 구엽(mental pad) 및 복부 비늘의 유무를 제시하였으며 학명 적용에 있어 *M. tungtingensis*는 *M. yaluensis*의 동일종으로 돌마자는 *M. yaluensis*로 적용하였다. 우리나라에는 현재 모래주사에 속하는 종은 돌마자(*M. yaluensis*), 모래주사(*M. koreensis*), 땡경모치(*M. jeoni*), 배가사리(*M. longidorsalis*), 여울마자(*M. rapidus*) 등 5종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim and Yang, 1999; Kim et al., 2005; Chae and Yang, 1999). 돌마자는 한국고유종으로 한강, 만경강, 영산강, 탐진강, 섬진강, 압록강, 대동강 등 동해로 유입되는 하천을 제외한 우리나라 전역에 풍부하게 분포하며 서식지에 따라 형태적 변이가 큰 것으로 보고되었다(Kim, 1997; Kim et al., 2005; Chae et al., 2019). 그 외 돌마자에 대한 연구는 생식세포 특성에 관해 정소 내 생식세포의 특징과 미세해부학적 구조(Kim et al., 2008; Kim et al., 2009)와 난자형성 과정(Kim et al., 2017)에 대한 연구, 분류학적 연구로 후각기관 구조 및 조직학적 특성(Kim et al., 2018), 발생에 대한 조사가 이루어졌다(Baek, 1978). 돌마자에 대한 분류, 분포, 생식세포, 발생 등에 관한 연구는 지속적으로 이루어져 왔으나 생태 전반에 관한 연구는 이루어지지 않은 상태이다. 한국고유종인 돌마자의 개체군 보호 및 어족자원 관리를 위해서 생태 전반에 대한 조사가 시급한 실정이다. 따라서 본 종이 다량으로 서식하는 금강 수계인 갑천으로 유입되는 두계천에서 돌마자의

서식지 환경, 성비, 연령, 산란시기, 포란수, 성숙난의 크기, 식성 등을 조사하여 본 종의 자원증식과 보전을 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

## 연구방법

현장 조사는 두계천 중류에 위치한 계룡시 두마면 두계리 154-1(두계교,  $36^{\circ}15'59.4''$  N,  $127^{\circ}16'44.5''$  E)에서 2021년 1월부터 2021년 12월까지 매월 실시하였다(Figure 1). 어류의 채집은 투망(망목, 6×6mm)과 족대(망목, 4×4mm)를 사용하였고, 채집된 표본들은 현장에서 10% formalin에 고정하였다. 돌마자 서식지의 기온, 수온, 수심, 하폭, 유폍, 유속, 하상구조 등을 5월에 측정하였으며 수온, 기온, 전기전도도, 용존산소(DO), pH 등은 매월 15~20일 14시를 기준으로 기온은 알콜봉상온도계, 수온, 전기전도도, 용존산소(DO), pH 등은 수질측정기(YSI 556MPS, USA)로 측정하였고, 수심과 유속은 디지털유속계(FP-211, USA)를 사용하여 측정하였다. 하폭과 유폍은 거리 측정용 망원경(Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)을 이용하였고 하상구조는 Cummins (1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 구분하였다. 채집된 모든 개체를 해부한 후 생식소를 확인하여 암 수를 구분하였으며 체중(Weight, W)과 생식소의 무게(Gonad weight,  $G_w$ )는 전자저울을 이용하여 0.01g 단위까지 측정하였다. 생식소 중량지수(Gonadosomatic index (%)) =  $G_w/W \times 100$ , GSI)를 구하여 산란시기를 추정하였다(Miller, 1986). 생식 가능한 개체의 전장(Total length) 크기를 확인하기 위해 산란전 개체에 대해 생식소 중량지수가 높은 6, 7월에 채집한 개체의 전장을 1/20mm vernier calipers를 사용하여 0.01mm까지 측정하였다. 포란수(clutch size)를 조사하기 위하여 생식소 중량지수가 가장 높은 7월에 채집한 표본 중 생식소 지수가 8.0% 이상이고 전장이 58mm 이상인 10개체를 선정하여 생식소 내의 난수를 계수하였다. 성숙난의 직경은 현미경용 마이크로메타(stage micrometer)를 사용하여 0.01mm까지 측정하였다. 본 종의 연령추정을 위하여 산란시기에 도달한 6~7월에 채집된 개체의 전장

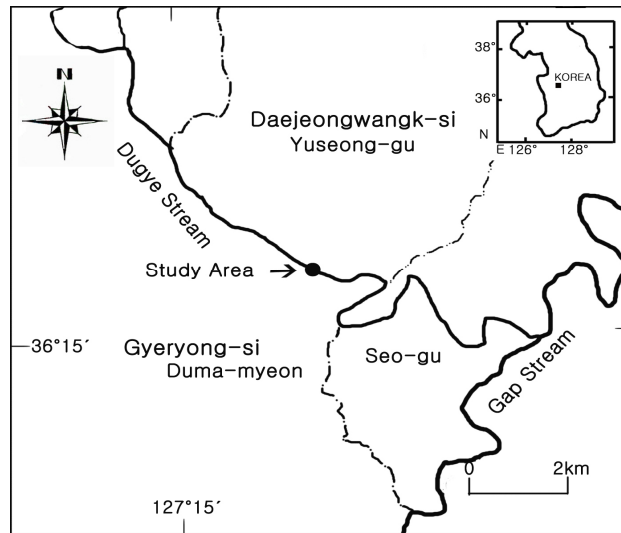


Figure 1. Map showing the sampling station of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream, Korea.

(Total length)을 측정하였고, Peterson method (Bagenal, 1978)에 의한 전장빈도분포(Total length frequency distribution)를 이용하였다. 본 종의 식성을 조사하기 위하여 먹이 활동이 왕성한 6월에 채집된 개체군을 대상으로 3단계(전장 30~49mm 미만, 50~69mm, 70~92mm)으로 나누어 각각 5개체씩 선택하여 소화관 내용물을 조사하였다. 소화관 조사 대상 개체는 먹이 섭취로 위가 충만한 개체에 국한하여 실시하였다. 위를 절개하여 위 내용물을 위상차현미경(Nikon, ECLIPSE Ci-L)을 사용하여 검경하였으며 소화관 내용물은 Mizuno (1976)와 Jeong (1993)의 도감에 의거하여 동정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 서식지 환경

두계천은 계룡산(845m)에서 발원하며 유로 길이가 21.4 km이며 대전광역시 서구 용촌동에서 금강 지류인 갑천으로 합류되는 지방2급하천이다(Kwater, 2007). 조사 수역의 하폭은 39~84m 이었고, 유폭은 평균 10.6m으로 다소 넓었고, 수변부에 농경지, 도로, 마을 등이 인접하여 분포하였다. 수심은 12~85cm로 평균 23cm로 얕았으며, 유속이  $1.03 \pm 0.34$  (0.72~1.47)m/sec로 빨랐으며, 하상구조는 큰돌(Boulder), 작은돌(cobble), 조약돌(pebble), 자갈(gravel) 등이 10 : 20 : 50 : 30으로 조약돌과 자갈이 풍부하였다(Table 1). 돌마자의 서식지는 유속이 빠르며 수심이 얕고 조약돌과 자갈이 풍부한 빠른 여울 구간에 여러 개체가 집단을 이루어 서식

하였다. 하상에는 사상체 녹조류와 남조류가 다량으로 생육하고 있지 않고, 유기물이 퇴적되어 있지 않으며, 양호한 수질을 유지하는 수역에 국한하여 서식한다. 돌마자는 긴물개와 서식지의 물리적인 특징이 유사하여 공서하는 경우가 많았다(Byeon, 2021a). 조사 수역의 기온과 수온의 월 변화에 있어 기온은 1월에 최저로  $-5.2^{\circ}\text{C}$ 이었고 이후 점진적으로 상승하여 8월에  $34.7^{\circ}\text{C}$ 로 최고에 달한 후 다시 감소하였다. 수온은 1월에  $4.5^{\circ}\text{C}$ 로 가장 낮았고 이후 지속적으로 상승하기 시작하여 8월에 가장 높은  $27.4^{\circ}\text{C}$ 이었다. 수온과 기온의 변화는 국내하천의 일반적인 계절적 현상을 나타내고 있었다. 조사기간 동안 전기전도도는  $121 \sim 199 \mu\text{mhos/cm}$ 로 비교적 양호하여 수체의 유기물 오염이 심하지 않은 상태를 유지하고 있었으며 용존산소는  $7.8 \sim 14.6 \text{mg/l}$ 로 풍부하였으며 pH는 6.8~7.8로 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하고 있었다.

### 2. 성비

돌마자의 암·수 구분은 생식이 가능하고 성적 성숙이 이루어지는 개체로 전장 50mm 이상의 개체를 해부하여 정소와 난소를 확인한 후 구별하였다. 조사기간 동안 채집된 암컷은 428개체, 수컷은 369개체로 성비는 1 : 0.86(female : male)으로 암컷 구성비가 다소 높았다(Table 2). 공서하는 잉어과 어류인 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*)는 1 : 0.73(Byeon, 2021)의 성비로 수컷이 암컷에 비해 개체수가 다소 높았다. 국내에 서식하는 잉어과(Cyprinidae) 어류의 경우 일반적으로 암컷이 수컷에 대한 성비가 높은 것과 일치하였다(Byeon, 2020).

Table 1. The environmental conditions at the studied station of the Dugye Stream, May 2021

Stream width (m)	58.3(39~84)
Water width (m)	10.6(5.9~21.2)
Water depth (cm)	23(12~87)
Stream velocity (m/sec)	1.03(0.72~1.47)
Bottom structure (%)※	B: C : P : G = 10 : 20 : 50 : 30
Stream type	Run and Pool

\*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) by Cummins (1962)

Table 2. The number of sex ratio of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream

Month	Female	Male	Sex ratio
Jan.	37	32	1 : 0.86
Feb.	28	26	1 : 0.93
Mar.	30	25	1 : 0.83
Apr.	42	34	1 : 0.81
May	47	36	1 : 0.77
Jun.	38	34	1 : 0.89
Jul.	39	36	1 : 0.92
Aug.	42	35	1 : 0.83
Sep.	35	37	1 : 1.06
Oct.	33	34	1 : 1.03
Nov.	28	19	1 : 0.68
Dec.	29	21	1 : 0.72
Total	428	369	1 : 0.86

### 3. 성장도 및 연령추정

산란 직전과 산란시기인 6~7월에 채집된 개체의 전장을 측정하여 Peterson method (Bagenal, 1978)에 의한 전장빈도분포(Total length frequency distribution)를 이용하여 연령을 추정하였다. 채집된 개체의 전장 범위는 30.4mm에서 91.5mm 이었다. 전장빈도분포에 있어 3개의 집단으로 나누어졌으며 전장이 50mm 미만(30.4~49mm)은 만1년생, 50~69mm은 만 2년생, 70~92mm 이상은 만 3년생으로 추정되었다(Figure 2). 이전 연구인 1939년에 낙동강 지류인 밀양강에서 채집된 개체를 기준으로 만 1년생이면 전장이 50~60mm, 2년이면 70~80mm, 3년이면 90~100mm까지 성장한다고 기술하여 본 조사보다 성장도가 다소 높았다(Uchida, 1939; NIBR, 2019). 본 조사 지점은 금강 수계이고 1939년 조사는 낙동강 수역 수계로 조사 수계의 차이로 인한 성장도 차이인지 아니면 과거 1939년도의 하천 수환경이 현재보다 양호하여 더 크게 성장한 것인지에 대한 추가적인 연구가 필요한 상황이다. 유사종인 모래주사는 만 1년이면 50~60

mm, 2년생이면 70~80mm, 3년생이면 90~100mm로 성장하고 배가사리는 만 1년이면 40~50mm, 2년생이면 60~90mm, 3년생 이상이면 100mm 이상이며 뿔꼬리모치는 만 1년이면 40~50mm, 2년생이면 60~70mm, 3년생이면 80~100mm(Kim, 1997; Kim *et al.*, 2005)로 성장하는 것으로 알려져 있는데 돌마자의 성장도는 뿔꼬리모치와 매우 유사하고 배가사리와 모래주사에 비해 다소 느렸다.

### 4. 성적성숙 연령 및 생식가능 전장범위

성적성숙 연령과 생식가능 전장 크기를 확인하기 위해 산란시기 직전인 개체 중 생식소 중량지수(GSI)가 높은 6, 7월에 채집된 개체를 대상으로 전장별 생식소 중량지수를 비교하였다. 2차 성징인 혼인색과 추성은 뚜렷이 나타나지 않으나 성숙한 수컷의 경우 가슴지느러미의 기조 중 가장 안쪽에 있는 불분지연조가 암컷에 비해 딱딱하고 잘 꺾이지 않게 변화하며 검은색을 띠는 특징이 있다. 생식소 중량지수는 암컷(n=79)이 5.0% 이상을 넘는 개체에서 성숙난이

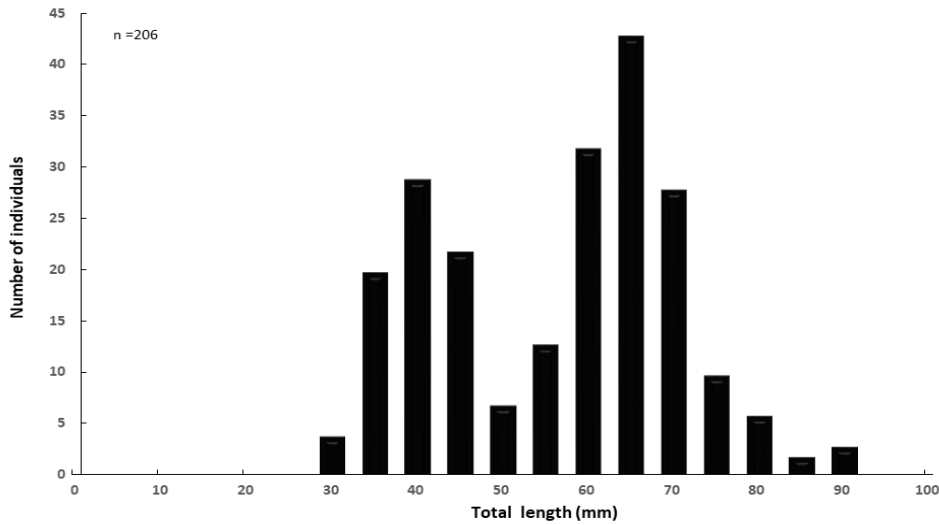


Figure 2. Length frequency distributions of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream from June to July 2021.

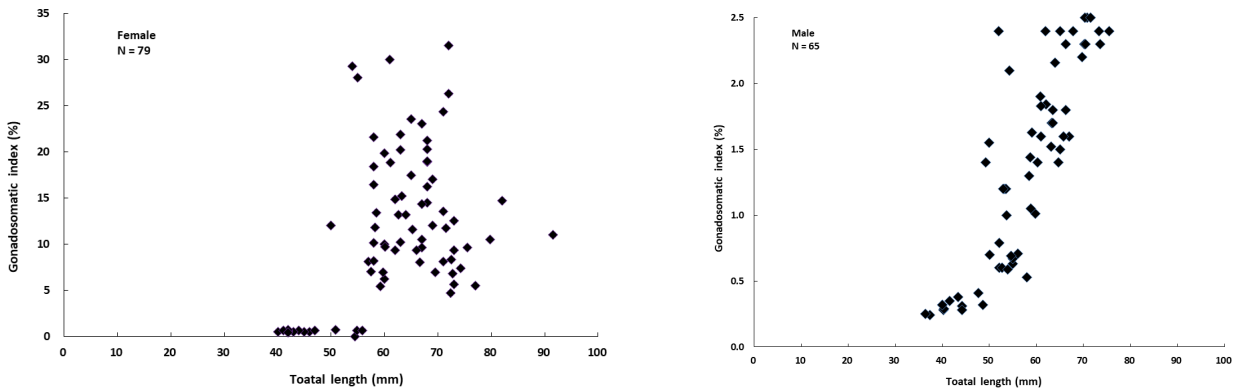


Figure 3. Change of gonadosomatic index with increasing of total length of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream from June to July 2021.

확인되었고 수컷(n=65)은 0.5% 이상이 되어야 정소가 성숙하였다. 생식가능 전장의 크기는 암컷과 수컷 모두 50mm 이상 되면 성적 성숙이 이루어졌으며 암컷은 50~60mm 개체 중 일부는 성적 성숙이 이루어지지 않았고, 수컷은 50mm 이상이면 모든 개체가 성적 성숙을 하였다(Figure 3). 전장 빈도분포로 추정된 연령에 근거하여 만 1년생(50mm 미만) 개체 중 성장이 빠른 일부 개체는 성적성숙을 하였으며 암컷과 수컷의 성적성숙이 시작되는 크기는 동일하였다. 본 종에 대해 Back (1978)은 암컷의 경우 5월에 45mm 개체부터 난이 성숙하는 것으로 기술하였는데 본 조사에서도 5, 6월에는 전장이 45~50mm인 개체 중 일부가 성숙난을 가지고 있었으며 산란시기인 7월이되면 이들 개체가 성장하여 50mm 이상되는 것으로 판단된다. 공서하는 유사종인 긴몰개는 암컷 50mm 이상, 수컷 60mm 이상되어야 성적성숙을 하므로 본 종과 다소 차이가 있었다(Byeon, 2021).

### 5. 산란시기 추정

돌마자의 산란시기를 확인하기 위하여 매월(15~20일) 채집된 개체를 대상으로 평균 생식소 중량지수를 조사하였다(Figure 4). 암·수 모두 4월부터 생식소지수가 급격히 증가하여 7월에 암컷은 18.06%, 수컷은 2.32%로 가장 높았으며 이후 급격히 감소하기 시작하며 8월 암컷 2.76%, 수컷 1.13%로 급격히 감소하였으며 9월에 암컷 1.37%, 수컷 0.51%로 최저치를 나타내었다. 6월까지의 모든 암컷의 난소에 성숙란을 가지고 있으며, 7월 3일부터 암컷의 일부 개체가 산란을 시작하고, 7월 15까지는 많은 개체가 성숙란을 가지고 있고, 7월 28에는 대부분 암컷이 산란하여 난소에서 성숙난이 사라졌다. 8월에는 매우 적은 수의 일부 개체만 성숙란을 가지고 있으며 9월이 되면 모든 암컷은 난소에 성숙난이 발견되지 않았다. 따라서 본 조사 수역에서 산란은 7월부터 시작되어 8월에 끝나는 것으로 확인되었다. 암

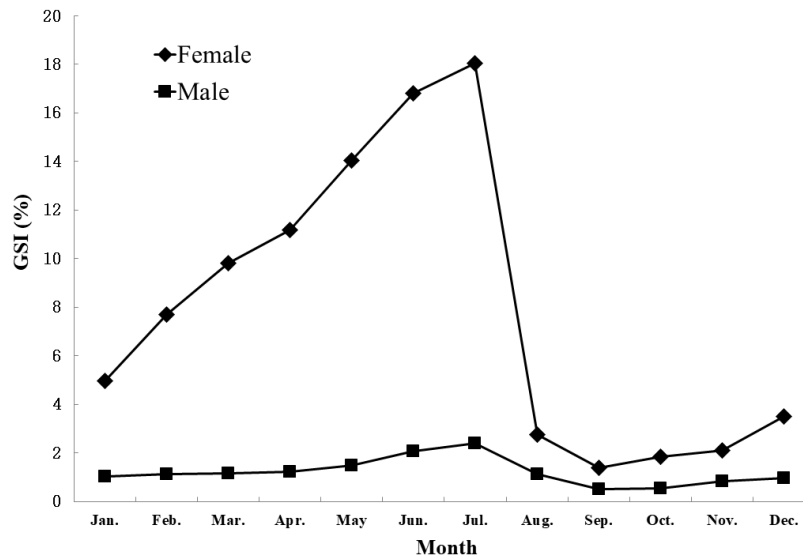


Figure 4. Monthly change of gonadosomatic index (GSI) of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream from January to December 2021.

Table 3. The Number of eggs from ovaries of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream from July 2021

No.	Total length (mm)	Weight(g)	GSI (%)	Egg number
1	57	1.88	12.23	1,343
2	58	2.37	24.05	2,513
3	59	2.61	13.41	2,334
4	61	2.93	15.20	2,870
5	63	3.29	15.20	2,840
6	65	3.63	11.57	2,870
7	69	3.58	9.50	2,651
8	73	3.89	12.25	2,984
9	77	5.13	9.84	3,693
10	85	7.18	11.70	4,672
Average				2,593

컷의 생식소지수는 8월에 급격히 감소하였으므로 산란이 7월에 집중적으로 이루어진 것으로 판단된다. 산란시기의 수온은 25.8~28.2℃이었다. 1978년 북한강 수역인 춘천시 금산리와 덕두원리에서 조사한 결과(Baek, 1978) 산란기는 5~7월이며 수온은 18~25℃로 본 조사에 비해 산란시기는 빨랐고 산란 시 수온도 다소 낮았다. 이는 조사 지역에 따른 차이인지 환경조건에 따른 차이인지는 명확하지 않아 지속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

## 6. 포란수 및 성숙난의 크기

포란수와 성숙난의 크기를 조사하기 위하여 생식소 중량

지수가 가장 높은 7월에 채집된 암컷(n=10)을 대상으로 조사하였다. 조사한 암컷의 전장 범위는 57~85mm 이었으며, 포란수는 1,343~4,672개로 평균 2,593개로 나타났다(Table 3). 전장과 체중이 증가할수록 포란수가 증가하였고 성숙란은 노란색을 띄며 구형으로 크기는 평균 직경이  $0.52 \pm 0.16(0.33 \sim 0.77)$ mm으로 소형이다. 북한강 수역에서 조사한 돌마자의 포란수는 전장이 63mm 개체에서 1,230개, 성숙난의 직경은 0.5mm(Baek, 1978)로 성숙난의 직경은 본 조사와 동일하였고 포란수는 본 조사에서 다소 많았다. 본 조사에서 포란수가 많았던 것은 암컷이 큰 개체가 많이 포함되어 있었고 또한 포란수 계수에 있어 난소에 있는 크기가 작은 알도 모두 계수하였기 때문인 것으로 판단된다. 국내에서

식하는 어류 중 개체 크기, 서식환경 등이 유사한 물개속(*Squalidus*)에 속하는 긴물개의 포란수는 평균 1,009개, 난의 직경은  $0.78 \pm 0.08 (0.57 \sim 0.83)$ mm, 물개(*Squalidus japonicus coreanus*)는 포란수가 1,871개이고 성숙난의 직경은  $0.64 \pm 0.03$ mm, 참물개(*Squalidus chankaensis tsuchigae*)는 포란수가 2,219개, 성숙난의 직경은  $0.85 \pm 0.04$ mm, 점물개(*Squalidus multimaculatus*)로 포란수가 1,395개 성숙난의 직경은  $0.67 \pm 0.24$ mm로 포란수는 참물개 유사하며 긴물개, 물개, 점물개 보다는 많았다(Byeon, 2012; Byeon and Yoon, 2016; Byeon, 2021a, 2021b).

## 7. 식성

먹이생물은 하천 여울부의 돌과 자갈에 부착하여 생육하는 부착조류(Attached algae)만 확인되었다(Table 4). 위 내용물에서 동물성 먹이가 전혀 발견되지 않아 식성은 식물성으로 확인되었다. 식물성인 부착조류는 남조류(Cyanophyta)에 8속, 녹조류(Chlorophyta) 15속, 규조류(Bacillariophyta) 16속 등 규조류와 녹조류에 속하는 종이 풍부하였으며 섭식량은

규조류가 60% 이상을 차지하였고 남조류는 10% 미만으로 적었다. 녹조류 중 *Scenedesmus*와 *Hormidium*, 규조류에서는 *Synedra*, *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Nitzschia* 등이 위 내용물에서 출현빈도와 출현량이 매우 높았다. 본 종은 크기에 관계없이 먹이 섭식 양상이 거의 동일하였다. 돌마자 식성은 부착조류와 수서곤충을 섭식하는 잡식성 어류(Uchida, 1939; Kim, 1997)로 기술하였는데 본 조사와 차이를 보였다. 국내에 서식하는 소형 잉어과 어류의 경우 잡식성이 경우 파리목에 속하는 깔다구류(Chironomidae spp.)을 다량으로 서식하는데(Byeon, 2012; 2021; Byeon and Yoon, 2016) 본 조사에서는 모든 개체에서 깔다구 유충이 발견되지 않았다. 입술에는 피질돌기 잘 발달되어 있어 부착조류를 섭식하기에 적합한 구조를 형성하고 있으며 식물성 어류의 전형적인 특징으로 소화관은 위가 발달되어 있지 않으며 소화관 직경이 매우 작고 여러 번 꼬여 있었으며, 소화관 길이가 전장보다 길었다. 따라서 돌마자는 입 모양, 소화관 특징, 위 내용물 분석 결과 등을 종합하여 분석 결과 식물성 먹이를 섭식하는 어류로 판단된다.

Table 4. Stomach contents of *Microphysogobio yaluensis* in the Dugye Stream June 2021

Taxa	Total length (mm)		
	30~49	50~69	70~92
<b>Attached algae</b>			
<b>Cyanophyta</b>			
<i>Chroococcus</i>		+	
<i>Gloeothece</i>	+		
<i>Dactylococcopsis</i>	+	+	+
<i>Merismopedia</i>	++	+	+
<i>Oscillatoria</i>	+	++	++
<i>Anabaena</i>	+	+	+
<i>Nostoc</i>	++	++	+++
<i>Gloeostrichia</i>		+	+
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Asterococcus</i>	++	+	++
<i>Gloeocystis</i>			+
<i>Pediastrum</i>	+		+
<i>Chlorella</i>	+		
<i>Oocystris</i>			+
<i>Ankistrodesmus</i>	+	+	
<i>Schroederia</i>			+
<i>Quadrigula</i>	+	+	
<i>Scenedesmus</i>	+++	++	++
<i>Ulothrix</i>	++	+	+

Taxa	Total length (mm)		
	30~49	50~69	70~92
<i>Hormidium</i>	+++	+++	+++
<i>Stigeoclonium</i>			+
<i>Closterium</i>	+		+
<i>Cosmarium</i>		+	
<i>Staurastrum</i>	+	+	++
Bacillariophyta			
<i>Meridion</i>		+	+
<i>Cyclotella</i>	+	+	++
<i>Diatoma</i>	+		
<i>Fragilaria</i>	++	++	+
<i>Synedra</i>	+++	+++	+++
<i>Rhoicosphenia</i>		+	+
<i>Achnanthes</i>	+++	+++	+++
<i>Cocconeis</i>	+++	++	++
<i>Stauroneis</i>		+	
<i>Gyrosigma</i>	+	+	
<i>Pinnularia</i>	+	+	
<i>Navicula</i>	+++	+++	+++
<i>Gomphonema</i>	++	+++	+++
<i>Cymbella</i>	+++	+++	+++
<i>Nitzschia</i>	+++	++	++
<i>Surinella</i>	++	+++	+

+: Rare, ++: Common, +++: Abundant

## REFERENCES

- Baek, Y.G.(1978) On the History of *Microphyogobio yaluensis* (Mori). Korean Journal of Limnology 11: 43-50. (in Korean with English abstract)
- Bagenal, T.(1978) Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell Scientific, pp.48-11.
- Banrescu, P. and T.T. Nalbant(1973) Pisces, Teleostei, Cyprinidae (Gobioninae). Das Tierreich. Lieferung 93. Walter de Gruyter, Berlin, 304pp.
- Byeon, H.K. and M.H. Yoon(2016) Ecology characteristics of *Squalidus chankaensis tsuchigae* (Cyprinidae) in Geum River, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 30: 888-895. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2012) Population ecology characteristics of *Squalidus japonicus coreanus* (Cyprinidae) in the Namhan River, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 26: 367-373. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2020) Ecology characteristics of Tachanovskys gudgeon, *Ladislabia taczanowskii* in Songcheon Stream, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 34: 551-557. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2021a) Ecological characteristics of Korean slender gudgeon, *Squalidus gracilis majimae* in Sinan Stream, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 35: 277-284. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2021b) Ecological characteristics of Korean Gudgeon, *Squalidus multimacultus* in Cheokgwa Stream, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 35: 601-608. (in Korean with English abstract)
- Chae, B.S. and H.J. Yang(1999) *Microphyogobio rapidus*, a new species of gudgeon (Cyprinidae, Pisces) from Korea, with revised key to soecies of the genus *Microphyogobio* from Korea. Korean Journal of Biology Science 3: 17-21. (in Korean with English abstract)
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park(2019) A Field Guide to the Freshwater Fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul,



- 355pp. (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 Naturlist 67: 477-504.
- Jeong, J.(1994) Illustration of the Freshwater alge of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 496pp.
- Kim, H.T., Y.J. Lee, H.S. Kim and J.Y. Park(2018) Structure and Histological Change of the Olfactory Organ in Korean Endemic Fish, *Microphysogobio yaluensis* (Cypriniformes, Cyprinidae). Korean Journal of Ichthyology 30: 161-166. (in English with Korean abstract)
- Kim, I.S. and G.S. Lee(1982) Systematic Studies on the Fishes of the Genus *Microphysogobio* in Korea. Korean Journal of Limnology 15: 33-40. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.S. and H. Yang(1999) A Revision of the Genus *Microphysogobio* in Korea with Description of a New Species (Cypriniformes, Cyprinidae). Korean Journal of Ichthyology 11: 1-11. (in English with Korean abstract)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education, 518pp. (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, J.G., D.H. Kim and D.S. Reu(2009) A Study on the Reproductive Cell in Testes of *Microphysogobio yaluensis*. Korean Journal of Microscopy 39: 245-252. (in English with Korean abstract)
- Kim, J.K., D.S. Reu and J.Y. Park(2017) Oogenesis of *Microphysogobio yaluensis* (Pisces: Cyprinidae) in the Korean Endemic Species. Korean Journal of Ichthyology 29: 252-257. (in English with Korean abstract)
- Kim, J.K., K.H. Kim and K.J. Hwang(2008) Anatomical Ultrastructure of Spermiogenesis and Spermatozoa of *Microphysogobio yaluensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Korean Journal of Ichthyology 20: 7-12. (in English with Korean abstract)
- Kwater(2007) A guidebook of river in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (in Korean)
- Miller, P.J.(1986) Reproductive biology and systematic problems in Gbioidei fishes. Indo-Pacific Fish Biology, pp.640-647.
- Mizuno, T.(1976) Illustrations of the freshwater plankton of Japan. Hoikusha Publishing, Tokyo, 265pp. (in Japanese)
- Mori, T.(1927) On the fresh water fishes from the Yalu River, Korea, with description of new species. J. Chosen Nat. Hist. Soc. 6: 54-70. (in Japanese with English abstract)
- NIBR(National Institute of Biological Resources)(2019) Red data book of Republic of Korea. Volume 3. Fresgwater fishes. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, 250pp.
- Uchida, K.(1939) The fish of Tyosen, Part 1. Nematognathi, Evenognathi. Bulletin. Fisheries. Experiment Station of The Government-General of Tyosen 6, Husan, 458pp. (in Japanese)