

# 새미(*Ladislabia taczanowskii*)와 독중개(*Cottus koreanus*)의 생태 특성<sup>1)</sup>

변화근<sup>2)</sup>

서원대학교 생물교육과

## I. 서론

새미(*Ladislabia taczanowskii*)는 2022년 12월에 신규로 멸종위기야생생물 II급으로 지정되었고, 독중개(*Cottus koreanus*)는 한국고유종으로 2005년 멸종위기야생생물 II급으로 지정된 후 2010년에 멸종위기종에서 해제된 다음 2022년에 멸종위기야생생물 II급으로 재 지정된 어류이다 (<그림 1> 참고). 새미와 독중개는 냉수성 어종으로 여름에 수온이 20℃ 이내를 유지하는 산간계류에 국한되어 서식하는 어종이며 국내에 서식하는 어종 중 기후온난화에 대해 매우 민감한 어종이다. 이들 어종을 보호하기 위해서는 각 종의 생태적 특징을 고려한 서식지 보전과 기후온난화가 민물고기에 미치는 악영향을 최소화할 수 있는 대책을 강구하여야 한다.

새미는 잉어목(Cypriniformes), 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어종이다. 본 종에 대해 Dybowski



새미



독중개

<그림 1> 새미와 독중개 사진

1) Ecological Characteristics of *Ladislabia taczanowskii* and *Cottus koreanus*.

2) BYEON, Hwa-Keun, Dept. of Biology Education, Seowon University., E-mail : cottus@seowon.ac.kr

(1869)가 바이칼호 동쪽에 위치한 Transbaikalien에서 채집한 표본을 신종 기재하였다. 한반도에서는 임진강, 한강, 압록강, 청천강, 대동강, 장진강, 동해로 유입되는 삼척오십천과 마읍천에 서식한다(Kim, 1997). 한반도 이외의 수역에는 아무르강(Amur river) 수계와 몽골(Mongolia) 등에 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 동해안으로 유입되는 강릉남대천과 연곡천에서는 1990년 이후 인위적으로 도입되어 서식하는 것으로 알려져 있다(Byeon and Oh, 2015). 새미는 북방 수계의 냉수성 어종으로 국내의 한강 수계 서식지가 가장 남쪽이며, 기후완난화로 기온과 수온이 상승하면 서식지는 더욱 축소될 가능성이 매우 높다. 본 종은 여름에도 수온이 20℃ 이내로 낮게 유지되고, 유속이 빠르며, 수질이 매우 깨끗한 산간계곡을 중심으로 서식한다. 국내에서는 하천정비와 수질오염 등으로 인해 서식지와 개체수가 급격히 감소하여 절멸위험 취약종(Vulnerable)으로 분류되어 있다(NIBR, 2019).

독중개과(Cottidae) 어류는 횃대목(Scopaeniformes)에 속하고 북반구에 광범위하게 분포하며, 지금까지 70속 300여 종이 보고(Nelson, 1984)되었다. 한국산 독중개과 어류는 지금까지 41종이 보고되어 있고(Kim, 1997), 이 중 담수산인 독중개 속은 참독중개(*Cottus czerskii* Berg), 독중개(*C. poecilopus* Heckel, *Cottus koreanus*), 한독중개(*C. hangiongensis* Mori)이며, 민무늬독중개(*Cottus pollux*)는 2022년에 신종으로 추가되었다(Yun et. al., 2022). 민무늬독중개는 경상북도 경주시에 위치한 호암천과 덕동천 상류역에 국한되어 분포한다. 담수산 독중개속(*Cottus*) 어류는 담수역과 해수역을 왕래하는 양측 회유형과 하천육봉형이 알려져 있다(Goto, 1990). 독중개와 한독중개는 형태적으로 매우 유사하고, 암·수에 따른 비비례 성장 차이가 있으며, 형태적으로 분류의 기준이 명확하지 않은데, 일반적으로 독중개 속에서는 난의 크기와 포란수 등 생태적인 특징이 종을 분류하는데 중요한 형질로 이용되고 있다(Goto, 1984; 변, 1996).

## II. 새미

### 1. 서식지 환경

현재 새미가 매우 풍부하게 서식하는 대표적인 서식지이며 남한강으로 유입되는 송천 상류역(강원도 평창군 대관령면 황계리)에서 새미의 생태적 특징 연구가 이루어졌다(Byeon, 2020). 조사 수역의 하폭은 9.7~21.3 m로 좁았으며, 유평은 평균 8.2 m이었고 수변부에 낙엽활엽수림이 잘 발달되어 있었으며, 부분별로 농경지가 인접하여 분포하였다(<그림 2> 참고). 수심은 31~148 cm이었고, 평균 46 cm로 다소 깊

였으며, 여울부 평균 유속이  $0.94 \pm 0.23 (0.51 \sim 1.39)$  m/sec으로 빨랐으며, 하상구조는 큰돌(boulder), 작은돌(cobble), 조약돌(pebble), 자갈(gravel), 모래(sand) 등이 40 : 30 : 10 : 10 : 10의 비율로 큰돌과 작은돌이 풍부하였다. 급여울이 광범위하게 분포하였고, 수심이 1~1.5 m인 소(pool)가 산재하여 있었으며, 새미 중 크기가 작은 개체는 여울에 주로 서식하고, 크기가 큰 개체는 소를 중심으로 서식하고 있었다. 조사 수역의 기온과 수온의 월 변화(3월에서 11월까지)에 있어 기온은 3월에 최저로  $-7.0^{\circ}\text{C}$ 이었고 이후 점진적으로 상승하여 8월에  $32.1^{\circ}\text{C}$ 로 최고에 달한 후 다시 감소하였다. 수온은 3월에  $4.6^{\circ}\text{C}$ 로 가장 낮았고 이후 지속적으로 상승하기 시작하여 8월에 가장 높은  $20.1^{\circ}\text{C}$ 이었다. 수온과 기온의 변화는 국내 하천의 일반적인 계절적 현상을 나타내고 있었고, 여름철에도 낮은 수온인  $20^{\circ}\text{C}$  이하를 유지하였다.



〈그림 2〉 새미의 서식지 전경

〈표 1〉 새미 서식지의 수환경 특징(송천, 2019년 4월)

Stream width (m)	15.8(9.7~21.3)
Water width (m)	8.2(4.2~15.6)
Water depth (cm)	46(31~148)
Stream velocity (m/sec)	0.94(0.51~1.39)
Bottom structure (%) <sup>*</sup>	B : C : P : G : S = 40 : 30 : 10 : 10 : 10
Stream type	Riffle, Pool

<sup>\*</sup> 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).

## 2. 성비

새미는 산란시기가 되면 이차 성장으로 수컷이 혼인색과 추성이 나타난다. 수컷의 혼인색으로 모 든 지느러미는 노란색인 밝은 오렌지색을 띠며, 첫 번째 지느러미살은 선홍색의 붉은색을 띠어 매우 화려한 색채를 나타낸다(〈그림 3〉 참고). 또한 등지느러미 중간 부위에 있는 검은색의 점무늬가 확대되고 진하고 선명해진다. 암·수 구분은 생식이 가능하고, 성적 성숙이 이루어지는 전장 70 mm 이상의 개체를 해부하여 정소와 난소를 확인한 후 구별하였다. 조사기간 동안 채집된 암컷은 325 개체, 수컷은 289개체로 성비는 1 : 0.89 (female : male)로 암컷이 다소 많았다. 조사한 월에 따라 암수의 구성비 차이가 많이 났는데, 이는 조사 수역 상방과 하방에 서식하던 암컷과 수컷 개체의 이동 비율이 달랐기 때문인 것으로 판단된다. 새미와 함께 공서하는 금강모치(*Rhynchocypris kumgangensis*)의 성비는 1 : 0.91(Byeon, 2019a), 연준모치(*Phoxinus phoxinus*)는 1 : 0.86으로 두 종 모두 암컷이 다소 많았다(Byeon, 2019b). 국내의 산간계류에 서식하는 잉어과 어류의 경우, 암컷이 수컷에 비해 개체수가 다소 많은 것이 일반적인 현상으로 나타났다.



새미 암컷



새미 수컷

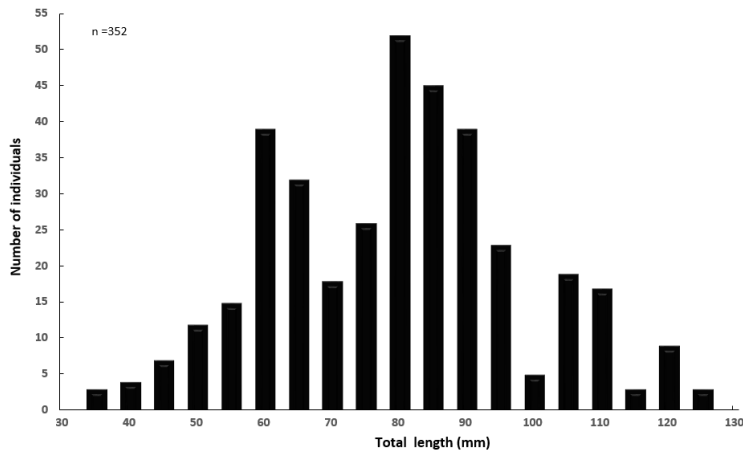
〈그림 3〉 새미의 이차 성장

### 3. 성장도 및 연령추정

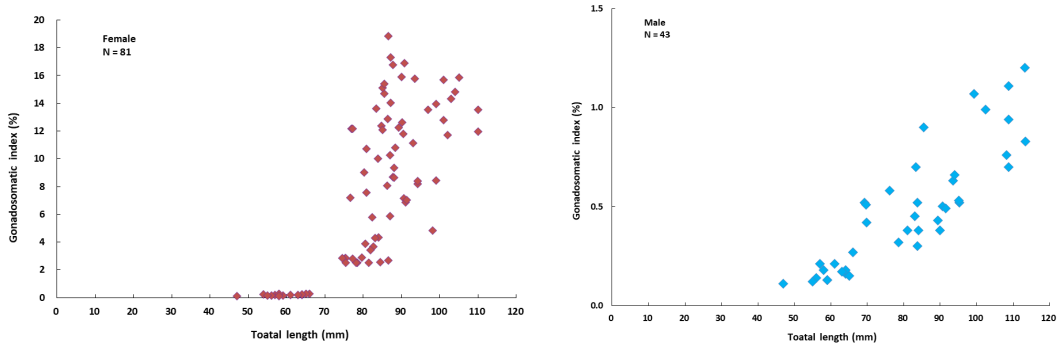
산란시기인 5~6월에 채집된 개체의 전장을 측정하여 Peterson method (Bagenal, 1978)에 의한 전장빈도분포(Total length frequency distribution)를 이용하여 연령을 추정하였다. 채집된 개체의 전장 범위는 38.3 mm에서 128 mm이었다. 전장빈도 분포에 있어 4개의 집단으로 나누어졌으며, 전장이 38~70 mm 미만은 만1년생, 70~100 mm은 만 2년생, 100~120 mm은 만 3년생, 120~128 mm은 만 4년생 이상으로 추정되었다. Kim (1997)은 부화 후 1년이면 40 mm, 2년이면 60~70 mm, 3년이면 100 mm, 4~5년은 120 mm로 추정한 바 있어 본 조사와 다소 차이가 있었다. 이는 조사 하천과 장소에 따라서 수온, 먹이원의 종류와 양의 차이가 있으며, 또한 조사 대상 표본의 채집 시기 차이 등에 따라 성장도에 있어 다소 차이가 발생한 것으로 판단된다. 전장이 120 mm 이상 성장하는 데는 4년 이상이 걸린다는 것은 일치하였다(〈그림 4〉 참고).

### 4. 성적성숙 연령 및 생식가능 전장범위

성적성숙 연령과 생식가능 전장 크기를 확인하기 위해 산란시기 중 생식소 중량지수(GSI)가 높은 5월에 채집된 개체를 대상으로 전장별 생식소 중량지수를 비교하였다(〈그림 5〉 참고). 산란시기에 성숙한 수컷은 이차 성징인 혼인색이 각 지느러미의 가장자리를 중심으로 짙은 선홍색을 띠며, 주둥



〈그림 4〉 새미의 전장빈도분포(송천, 2019년 5월과 6월)



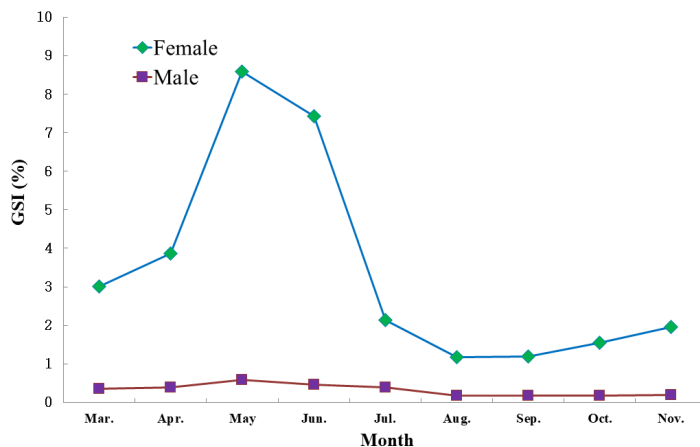
〈그림 5〉 새미 암컷과 수컷의 산란시기 생식소 성숙 지수(송천, 2019년 5월)

이에서 눈앞 머리 부분에 흰색의 추성이 나타나므로 미성숙 개체와 성숙 개체와의 구별이 용이하였다. 생식소 중량지수는 암컷(n=81)이 2.5% 이상을 넘는 개체에서 성숙란이 확인되었고, 수컷(n=43)은 0.3% 이상이 되어야 이차 성징이 나타나며 정소가 성숙하였다. 생식가능 전장의 크기는 암컷이 74.1 mm (생식소 지수 2.85%) 이상, 수컷은 78.2 mm(생식소 지수 0.58%) 이상으로 나타나 암컷은 70 mm, 수컷은 75 mm 이상 되어야 성적성숙이 이루어졌으며, 이들 개체에 국한하여 생식이 가능한 것으로 판단된다. 전장빈도 분포로 추정된 연령에 근거하여 만 2년생(70~100 mm) 개체부터 성적성숙이 이루어졌다. 공서하는 어종인 금강모치와 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*)는 만 2년생부터 성적성숙이 이루어져 성적성숙 연령은 새미와 동일하였다.

### 5. 산란시기 추정

암·수 모두 4월부터 생식소지수가 급격히 증가하여 5월에 암컷은 8.59%, 수컷은 0.58%로 가장 높았으며, 이후 다소 감소하기 시작하여 6월까지의 암컷 7.43%, 수컷 0.46%로 높은 수치를 유지하다가 7월 말부터 급격히 감소하였으며, 8월에 암컷 1.18%, 수컷 0.17%로 최저치를 나타내었다(〈그림 6〉 참고). 따라서 본 조사 수역에서는 산란이 5월부터 시작되어 8월에 끝났으며, 크기가 작은 소수의 개체는 8월까지 산란을 하며, 산란 성기는 6월에서 7월로 추정되었다. 산란이 끝난 암컷은 난소에 소량의 미성숙란이 존재하기도 하였으며, 생식소 지수는 2.0% 이하를 유지하였다. 6월에 채집된 개체 중 일부 암컷 성체는 난소에 성숙란이 없어 산란을 마친 것으로 판단되며, 7월 말에는 일부 어린 암컷이 성숙란을 가지고 있었다. 8월 말에는 성숙란을 가지고 있는 암컷이 없는 것으로 보아 산란이 마무리된 것으로 판단된다.

만 2년생의 작은 일부 개체들은 6월까지 성적성숙이 이루어지지 않았으며, 7월까지 성장한 이후 성적 성숙이 이루어져 늦은 8월에 산란하는 것으로 나타났다. 성적으로 성숙한 수컷은 이차 성징이 7월부터 일부 수컷에서 추성이 퇴화되어 매우 작은 크기로 감소하였고, 혼인색은 7월까지 유지된 후 8월에 각 지느러미 가장자리 끝부분에 국한되어 희미하게 퇴색되었다. 산란시기의 수온은 15.5~20.1°C이었고, 산란 성기인 6~7월의 수온은 15.8~17.2°C이었다. Kim (1997)과 NIBR (2019)에서는 산란시기를 6월 추정하여 본 조사 결과와 차이가 있었다. 새미의 산란 시기는 모든 개체가 짧은 기간에 이루어지지 않았으며, 어린 개체는 성장을 하면서 성적 성숙이 이루어져 Kim (1997)과 NIBR의 결과와 차이가 있었다. Kim (1997)과 NIBR (2019)의 결과는 산란 성기에 국한되어 표기된 것으로 생각된다. 잉어과에 속하는 공서어종인 참갈겨니(*Zacco koreanus*)는 5~6월, 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*)는 4~5월, 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*)는 5~6월, 금강모치는 5~8월로 참갈겨니, 쉬리, 버들치보다는 다소 늦으며 금강모치와는 중복되었다. 조사 시 산란장과 산란행동이 관찰되었으며, 산란장소는 소에서 여울이 시작되는 부분으로 모래와 자갈로 형성된 하천 바닥에 폭은 약 70 cm이었고, 길이는 약 150 cm의 크기로 산란장을 형성하였으며, 산란장의 수심은 20~50 cm이었다. 수컷이 산란장 내에서 꼬리지느러미를 세워 자갈 사이에 틈을 만들고 모래를 밀어내었다. 또한 수컷은 동종의 수컷이나 다른 어종의 침입을 방어하였다. 수컷이 산란장 내 꼬리지느러미로 자갈 사이에 틈을 만들 때 암컷이 수컷의 꼬리지느러미 부분으로 접근하여 산란을 하며 수컷은 방정을 한다. 한 개체의 수컷은 여러 마리의 암컷과 산란을 하며, 암컷 또한 여러 번 나누어 산란을 반복하였다. 수정란은 틈을 형성한 자갈 표면에 부착하였다.



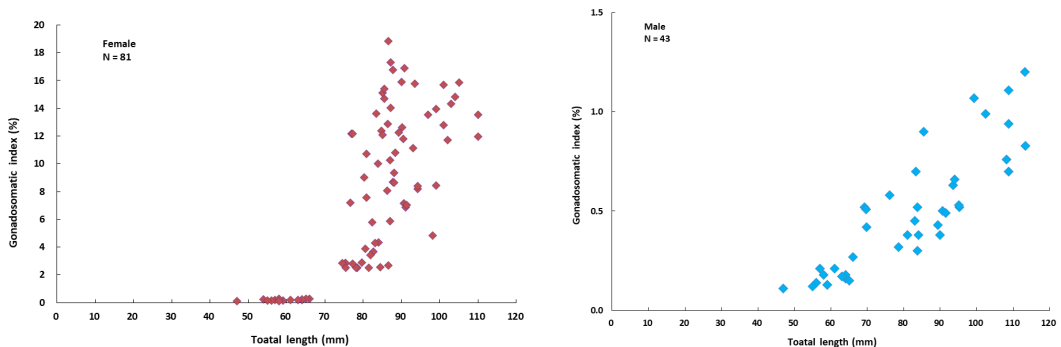
〈그림 6〉 새미의 월별 생식소지수(송천, 2019년 3월에서 11월)

## 6. 포란수 및 성숙란의 크기

포란수와 성숙란의 크기를 조사하기 위하여 생식소 중량지수가 가장 높은 5월에 채집된 암컷(n=15)을 대상으로 조사하였다. 조사한 암컷의 전장 범위는 80~109 mm이었으며, 포란수는 401~1,314개로 평균 821개로 나타났다(〈그림 7〉 참고). 전장과 체중이 증가할수록 포란수가 증가하였고, 성숙란은 짙은 노란색을 띄며 구형으로 크기는 평균 직경이  $1.62 \pm 0.02$  (1.43~2.01) mm으로 소란형이었다. 금강모치는 평균 포란수 1,006개, 성숙란 직경은  $1.34 \pm 0.17$  mm, 쉬리는 평균 포란수 1,690개, 배란 직후 난의 직경은  $1.94 \pm 0.10$  mm로 본 종의 포란수는 금강모치와 쉬리에 비해 적었고, 성숙란의 직경은 큰 차이가 없었다. 버들치는 성숙란 직경이 1.7~2.0 mm로 새미와 유사하였다.

## 7. 식성

먹이생물은 부착조류에 속하는 남조류(Cyanophyta), 녹조류(Chlorophyta), 규조류(Bacillariophyta)와, 수서곤충에 속하는 하루살이목(Ephemeroptera)과 파리목(Diptera) 등이었다(〈그림 8〉 참고). 식성은 잡식성이었으나 섭취한 먹이의 양이 90% 이상은 부착조류로 식물성으로 확인되었으며, 전장의 크기에 관계없이 부착조류를 다량 섭식하였다. 수서곤충은 개똥하루살이(*Baetis fuscatus*), 네점하루살이(*Ecdyonurus levis*), 참납작하루살이(*Ecdyonurus dracon*), 깔다구류(Chironomidae spp.) 등의 유충을 섭식하였다. 섭식량은 매우 적었으며 수서곤충을 섭식한 개체는 부착조류를 거의 섭식하지 않았으며, 전장의 크기가 커지면서 수서곤충의 섭식량과 섭식 빈도가 증가하였다(〈표 2〉 참고). 참갈겨니, 버들치, 금강모치 등은 주로 수서곤충을 섭식하므로(Kim, 1997) 본 종과 먹이 경쟁이 없이 동일한 장소에서 공서하고 있었다.



〈그림 7〉 새미 암컷과 수컷의 산란시기 생식소 성숙 지수(송천, 2019년 5월)





〈그림 8〉 새미의 위 내용물 사진

〈표 2〉 새미의 식성(송천, 2019년 5월)

Taxa	Total length (mm)		
	< 70	70~90	> 90
Attached algae			
Cyanophyta			
<i>Oscillatoria</i>	++	+++	+++
<i>Gloeotrichia</i>		+++	+++
Chlorophyta			
<i>Characium</i>			
<i>Scenedesmus</i>	+	+	+
<i>Ulothrix</i>	+++	+++	+++
<i>Hormidium</i>	+++	++	+++
<i>Stigeoclonium</i>		+	++
Bacillariophyta			
<i>Ankistrodemus</i>		+	
<i>Melosira</i>	+	+	+
<i>Cyclotella</i>	+	+	+
<i>Diatoma</i>	+	++	+
<i>Fragilaria</i>	+++	++	++
<i>Cocconeis</i>	+	+	+
<i>Synedra</i>	+	+	+
<i>Achnanthes</i>	++	+++	++
<i>Pinnularia</i>	+	+	+
<i>Navicula</i>	+++	+++	+++
<i>Gomphonema</i>	+	++	++
<i>Cymbella</i>	+++	+++	+++
<i>Nitzschia</i>	+	+	+
Insecta(Aquatic insects)			
Ephemeroptera			
<i>Baetis</i>			8
<i>Ecdyonurus</i>	4	11	47
Diptera			
Chironomidae	17	96	173

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

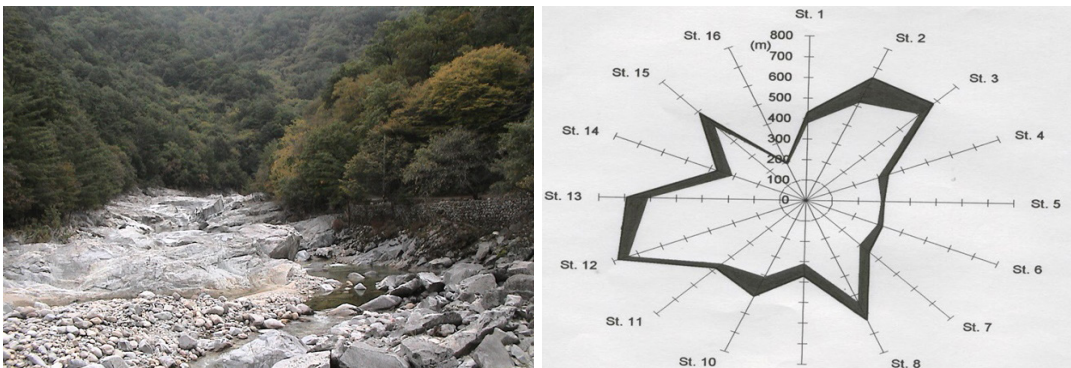
### Ⅲ. 독중개

#### 1. 서식지 환경

독중개는 상류수역 여울에 국한되어 분포하며, 하상구조는 대부분이 큰돌과 작은 돌로 이루어져 있으며, 수심은 얇고(25~80 cm), 유폭은 좁고(2.6~17.3 m), 유속은 빠른(0.5~1.25 m/sec) 상태를 유지한다. 주변임상은 2차림의 낙엽활엽수림대(신갈나무, 단풍나무 등)가 잘 발달되어 있고, 하천에 인접하여 갯버들이 풍부히 생육한다. 연중 수온은 1~20℃를 유지하며 용존산소(DO)는 항상 7 mg/L 이상을 유지하여야 한다. 전기전도도(Conductivity)는 24~142  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 매우 낮게 나타났다. 본 종이 주로 분포하는 곳은 해발고도 400~500 m가 되는 상류 수역에 분포한다(〈그림 9〉 참고).

#### 2. 성적 이형 및 이차 성징

성적으로 성숙한 독중개과 어류는 외부형태 특징에 따라 암수 구분이 가능하다. 성적 이형으로 수컷이 암컷에 비해 뒷지느러미 13~17번째 연조 길이, 배지느러미 및 가슴지느러미는 각각 4번째, 6~7번째 연조가 더 길고, 머리 길이 및 입폭도 더 크다. 뒷지느러미, 배지느러미, 가슴지느러미의 연조 길이에서 수컷이 암컷보다 길며, 특히 배지느러미에서 현저하였다. 이러한 특징은 성적성숙이 이루어지기 전에 발달하며, 연령이 높아질수록 현저해 진다. 이차 성징으로 수컷의 배지느러미 연조 길이는 암컷에 비해 더 길며 황색의 염주알 모양 반문이 연조를 따라 일직선 상으로 선명하게 나열되고, 등지느러미와



〈그림 9〉 독중개 서식지 전경과 분포역의 해발고도

꼬리지느러미 끝부분을 중심으로 주홍색이 강한 혼인색을 나타낸다. 추성(peal organ)은 나타나지 않고, 성적 성숙이 이루어지면 수컷에서만 생식유두(genital papilla)가 나타난다(<그림 10> 참고).

### 3. 성비

치악산 계곡에서 조사된 총 1,421 개체 중 수컷이 356 개체, 암컷이 1,065 개체로 암컷이 훨씬 더 많았으며, 성비는 0.3 : 1로 나타났다. 서식 개체군 밀도가 높아지면 수컷이 차지하는 비율이 낮아지는데, 암수 성비는 일부다처(polygyny)의 번식 특징과 개체군 밀도 변화에 대한 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

### 4. 성적성숙, 산란시기, 포란수

독중개는 암컷의 경우 체장이 70 mm 이상, 수컷은 80 mm 이상이 되어야 생식이 가능하여 암수 모두 만 2년생 이상이 되어야 성적성숙을 하였다. 산란시기는 3월 말에서 4월 초이며, 산란시기의 수온은 10℃ 내외로 낮았다. 독중개 산란이 이루어지는 수역에서는 주변산지에서 산벚나무 꽃이 피는 시기와 일치하였다. 암컷 한 개체가 가지고 있는 알의 수인 포란수(clutch size)를 조사하기 위하여 산란 직전인 4월초에 채집한 표본 중 생식소 성숙도가 16%를 넘고 체장이 65~100.5 mm 범위의 21개체의 포란수를 조사하였다. 포란수는 417~879개이었으며, 평균 744개 이었다. 체장이 큰 개체일수록 포란수가 증가하는데, 체장에 따른 포란수의 증가는  $EN = 13.2SL - 468.2(R = 0.89)$  이었다. 독중개속의 성숙란은 소란형(난경 2.0 mm 이하)과 대란형(난경 2.0 mm 이상)으로 나누어지



독중개 암컷



독중개 수컷



독중개의 생식유두(genital papilla)

<그림 10> 독중개의 암컷과 수컷의 성적이형 및 이차 성징

고, 생활형에 있어서 소란형은 양측회유형, 대란형은 하천육봉형으로 구분이 되며, 외부형태가 아주 유사한 개체군 간의 분류 형질로 이용되기도 한다(Goto, 1990). 본 종의 난 직경(egg size)은  $2.7 \pm 0.23(2.0 - 3.2)$  mm이었고 성숙란의 크기는 체장에 관계없이 일정하였다. 독중개의 성숙란 크기는 대란형에 속하며 하천육봉형의 특징을 가진다(〈그림 11〉 참고).

### 5. 산란행동과 세력권(Territory)

독중개는 이른 봄 하천 여울의 뜬돌 밑(open rock)에 산란을 하는 rock-nest spawners이다(Goto, 1987; Byeon, 1995). 산란장 공간은 약간 뜬 상태로 바닥에 자갈이 깔려 있고, 물이 흘러오는 방향으로 공간이 열려 있어야 한다. 산란장으로 이용되는 바위의 폭은 평균 62 cm이었고, 바위가 위치한 지점의 수심은 24.6 cm(22~29 cm)이었다. 산란장으로 이용되는 바위의 두께는 24 cm, 둘레는 2.0 m 그리고 물 가장자리에서의 거리는 2.1 m이다. 산란장의 위치는 하천 여울 가장자리에서 가까웠고, 수심이 얕으며 유속이 0.4~0.5 m/sec으로 느린 곳이다. 세력권 확보 후 방어행동(territory defending behavior)을 하며, 성숙한 암컷을 세력권내의 산란장으로 유도하여 산란행동(spawning behavior)과 함께 산란 및 방정을 하는 생식행동(reproductive behavior)을 한다. 세력권 방어행동으로 산란기에 성적으로 성숙하여 혼인색이 나타난 수컷은 산란하기에 적합한 하나의 바위(둘레 약 2 m)를 중심으로 반경 1 m 범위의 세력권을 형성하고, 산란장 바위 밑에서 성숙한 암컷이 세력권 주위로 접근하기를 기다린다. 세력권 내로 다른 종이나 동종의 수컷이 들어오면 맹열



〈그림 11〉 독중개의 수정란과 발안란

한 방어 행동을 한다. 본 종의 세력권 방어 행동은 입 벌리기(mouth opening), 돌진(chasing), 물어뜯기(biting) 등의 3가지 형태로 나타난다. 세력권 방어 행동시 먼저 아가미덮개를 세우고, 입을 크게 벌려 위협하며, 입을 더 작게 벌리는 수컷이 도망을 간다. 도망을 가지 않을 때는 상대방 머리 방향으로 빠르게 돌진하여 축출한다. 이때 몸의 접촉은 일어나지 않고 강한 수류를 일으켜 힘을 과시한다. 이러한 행동에도 도망가지 않으면 상대방의 머리를 물어 뜯는데, 약한 쪽 머리 부분의 체색이 회색 및 노란색으로 변하게 되면 싸움은 끝나게 된다. 본 종의 번식행동으로 수컷은 돌 밑에 구멍을 파고 산란 세력권을 형성하는데, 이때 다른 어종이나 성숙한 암컷 이외의 개체가 접근하게 되면 입을 크게 벌려 위협하고 다음 행동으로 물어뜯는다. 산란행동(spawning behavior) 관찰 결과, 23시부터 새벽 2시 사이에 걸쳐 주로 산란을 하였다. 암컷이 보이게 되면 수컷은 암컷 쪽으로 돌진하고, 재빨리 산란장으로 돌아와 유인한다. 수컷은 암컷을 밀어 올리며 몸을 격렬하게 요동치며 몸을 뒤집고, 등지느러미, 가슴지느러미, 꼬리지느러미를 퍼서 바위 표면으로 밀착시킨다. 암컷도 같은 행동을 취하며 암수가 거꾸로 나란히 위치한다. 그런 후 암컷은 바위 표면에 알을 낳는데, 3~4회 나누어 산란하고 알을 낳을 때는 입을 크게 벌리며 온 몸을 떠다. 이와 동시에 암컷 밑에 머리를 위치시킨 수컷은 입을 최대한 크게 벌리고, 아가미덮개를 세우고 모든 지느러미는 펼치며 약 10초 동안 몸을 가볍게 떠는데 이때 정액이 방출된다. 산란 직후 수컷은 처음의 위치로 돌아가고 산란장 바닥에 눕는다. 산란 후 수컷은 암컷을 적대시 하는 행동으로 입을 크게 벌여 위협하거나 물어뜯어 산란장로부터 쫓아낸다. 수컷은 단독으로 산란장에 남아 있으며 같은 방법으로 다른 암컷과 산란을 한다. 그런 후 수컷은 수정란이 부화될 때까지 산란장 안에 있으며, 산란장 안으로 접근하는 모든 침입자를 격퇴해낸다(parental care). 주변 환경의 먹이 부족으로 수정란을 먹이로 포식하고자 더 큰 수컷이 접근하게 되면 수정란을 지키기 위해 서로 머리에 손상을 입히는 싸움을 하며 결국 작은 개체가 죽는다. 접근한 개체가 더 클 때는 침입자가 수정란을 먹이로 이용한다. 수정란을 보호하고 있는 동안 수컷은 간혹 가슴지느러미로 수정란에 수류를 일으켜 산소공급을 원활히 하고 가끔 뒤집혀진 위치에서 몸을 옆으로 움직이며 뒷지느러미로 수정란의 표면을 깨끗이 한다.

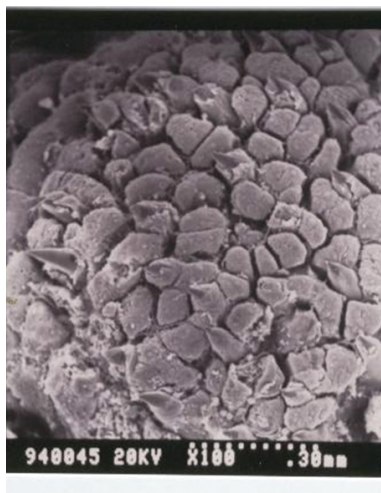
## 6. 식성

어류의 식성과 밀접한 관계가 있는 소화기관을 조사하였다. 본 종의 위와 장은 굽기와 형태에 있어서 뚜렷히 구별되는데, 위는 식도가 끝나는 부분부터 둥근 Y형으로 위가 충만하며 계란 모양으

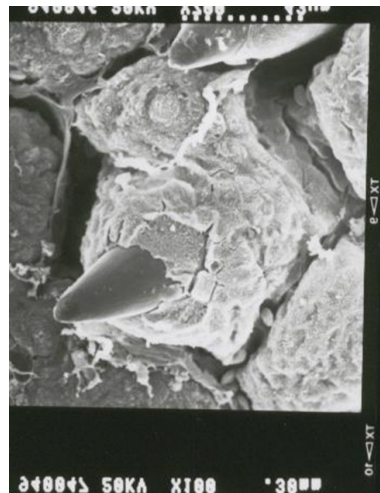
로 둥글게 된다. 장은 유문수(pyloric coeca)가 존재하는 부분의 아래쪽에서 시작되며, 위의 한쪽 면을 감싸며 2번 회전하여 항문과 연결된다. 절치골(premaxillary)은 잘 발달되어 있고, 인두치판(pharyngeal dentigerous plate)은 입 천장쪽에 형성되어 있으며, 인두치가 크게 잘 발달되어 있다 (<그림 12> 참고). 독중개 위 내용물 조사결과, 먹이 항목은 수서곤충(aquatic insects)인 하루살이목(Ephemeroptera), 잠자리목(Odonata), 강도래목(Plecoptera), 날도래목(Trichoptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 파리목(Diptera), 선충류(Nematoda), 치어(Teleostei), 어란, 육상곤충 등이었다. 육식성으로 식성에 있어서 계절적 차이는 뚜렷이 나타나지 않고 비슷하였으며, 육상곤충은 가을(9, 10, 11월)에 소량 출현하였고, 여름(6~8월)에 벼들치 치어가 소량 출현하였다. 수컷 80 mm 이상의 개체에서 본 종의 수정란이 위 내용물에서 조사되었는데, 이는 수컷이 수정란을 보호하고 있는 동안 먹이량이 부족하면 보호하고 있는 자신의 알을 먹는다(filial-cannibalism)는 사실을 의미한다.

## 7. 분포

독중개는 한국고유종으로 대부분 백두대간 서쪽에 광범위하게 분포한다. 백두대간 서쪽 수계에서는 한강 수계, 임진강 수계, 낙동강 수계(봉화군 소천면) 백두대간 동쪽 수계에서는 삼척시 이북에 위치한 삼척오십천, 주수천, 낙풍천, 양양남대천, 배봉천 수계이다. 근연종인 한독중개(*C. hangionsis*)

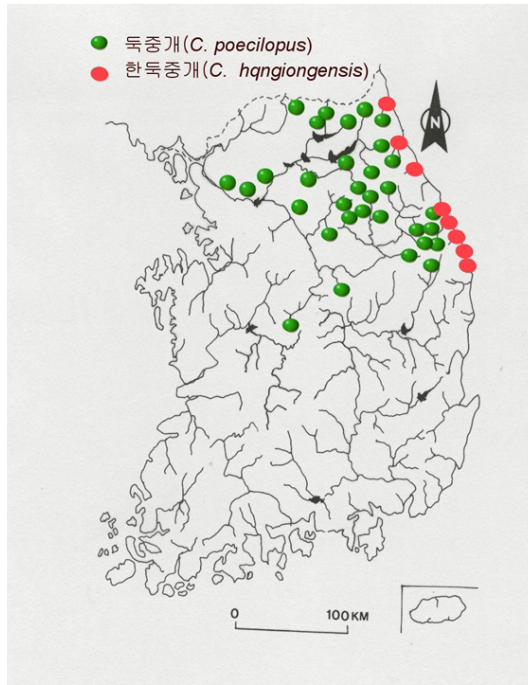


인두치판



이빨

<그림 12> 독중개의 인두치판과 이빨



〈그림 13〉 독중개와 한독중개의 분포지역

는 백두대간 동쪽 수계의 하류역에 제한적으로 분포한다(〈그림 13〉 참고). 동해로 유입되는 수역 중 남쪽인 경주시에 위치한 호암천과 덕동천 상류역에 독중개 서식지가 알려졌다(Byeon and Lee, 2017). 경주시에 분포하는 독중개는 유전적인 분석과 외부형태 차이에 의해 2022년에 일본에 분포하는 *Cottus pollux*로 민무늬독중개로 명명되었다(Yun et. al., 2022).

#### IV. 맺음말

새미와 독중개는 환경부에서 2022년 12월에 신규로 멸종위기야생생물 II급으로 지정된 어종이다. 새미 서식지는 유폭이 평균 8.2 m이었고, 수변부에 낙엽활엽수림이 잘 발달되어 있으며, 수심은 31~148 cm로 평균 46 cm로 다소 깊었으며, 여울부 평균 유속이  $0.94 \pm 0.23 (0.51 \sim 1.39)$  m/sec으로 빨랐다. 하상구조는 큰돌과 작은돌이 풍부하고 크기가 작은 개체는 여울에 주로 서식하고, 크기가 큰 개체는 소를 중심으로 서식한다. 수온은 여름철에도 20℃ 이하로 낮았다. 수컷의 혼인색으로 모든 지느러미는 노란색인 밝은 오렌지색을 띠며, 첫 번째 지느러미살은 선홍색의 붉은색을 띠어 매우 화려한 색채

를 나타낸다. 또한 등지느러미 중간 부위에 있는 검은색의 점무늬가 확대되고 진하고 선명해진다. 전장 범위는 38.3 mm에서 128 mm이었고, 전장빈도 분포에 있어 4개의 집단으로 나누어졌으며, 전장이 38~70 mm 미만은 만1년생, 70~100 mm은 만 2년생, 100~120 mm은 만 3년생, 120~128 mm은 만 4년생 이상으로 추정되었다. 생식가능 전장의 크기는 암컷은 70 mm, 수컷은 75 mm 이상으로 만2년생 이상이 되어야 성적성숙이 이루어졌다. 산란은 5월부터 시작되어 8월에 끝났으며, 크기가 작은 소수의 개체는 8월까지 산란을 하며, 산란 성기는 6월에서 7월로 추정되었다. 산란시기의 수온은 15.5~20.1°C이었고, 산란 성기인 6~7월의 수온은 15.8~17.2°C이었다. 포란수는 401~1,314개로 평균 821개로 나타났다. 먹이생물은 부착조류에 속하는 남조류(Cyanophyta), 녹조류(Chlorophyta), 규조류(Bacillariophyta)와, 수서곤충에 속하는 하루살이목(Ephemeroptera)과 파리목(Diptera) 등이었다. 식성은 잡식성이었으나 섭취한 먹이의 양이 90% 이상은 부착조류로 식물성으로 확인되었으며, 전장의 크기에 관계없이 부착조류를 다량 섭식하였다. 독중개는 상류수역 여울에 국한되어 분포하며, 하상구조는 대부분이 큰돌과 작은 돌로 이루어져 있고, 수심은 얇고(25~80 cm), 유폍은 좁고(2.6~17.3 m), 유속은 빠른(0.5~1.25 m/sec) 상태를 유지한다. 주변임상은 2차림의 낙엽활엽수림대(신갈나무, 단풍나무 등)가 잘 발달되어 있고 하천에 인접하여 갯벌들이 풍부히 생육한다. 연중 수온은 1~20°C를 유지하며, 용존산소(DO)는 항상 7 mg/L 이상을 유지하여야 한다. 전기전도도(conductivity)는 24~142  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 매우 낮게 나타났다. 본 종이 주로 분포하는 곳은 해발고도 400~500m가 되는 상류 수역에 분포한다. 성적이형으로 수컷이 암컷에 비해 뒷지느러미 13~17번째 연조 길이, 배지느러미 및 가슴지느러미는 각각 4번째, 6~7 번째 연조가 더 길고, 머리 길이 및 입폭도 더 크다. 뒷지느러미, 배지느러미, 가슴지느러미의 연조 길이에서 수컷이 암컷보다 길며 특히 배지느러미에서 현저하였다. 이러한 특징은 성적성숙이 이루어지기 전에 발달하며 연령이 높아질수록 현저해진다. 이차성징으로 수컷의 배지느러미 연조 길이는 암컷에 비해 더 길며, 황색의 염주알 모양 반문이 연조를 따라 일직선 상으로 선명하게 나열되고, 등지느러미와 꼬리지느러미 끝부분을 중심으로 주홍색이 강한 혼인색을 나타낸다. 추성(peal organ)은 나타나지 않고, 성적 성숙이 이루어지면 수컷에서만 생식유두(genital papilla)가 나타난다. 암컷의 경우 체장이 70 mm 이상, 수컷은 80 mm 이상이 되어야 생식이 가능하여 암수 모두 만 2년생 이상이 되어야 성적성숙을 하였다. 산란시기는 3월 말에서 4월 초이며, 산란시기의 수온은 10°C 내외로 낮았다. 독중개 산란이 이루어지는 수역에서는 주변 산지에 산벚나무 꽃이 피는 시기와 일치하였다. 포란수는 417~879개이었으며, 평균 744개이었다. 난 직경(egg size)은  $2.7 \pm 0.23(2.0 - 3.2)$  mm이었고, 성숙란의 크기는 체장에 관계없이 일정하였다. 독중개의 성숙란 크기는 대란형에 속하며, 하천육봉형의 특징을 가진



다. 먹이는 수서곤충(aquatic insects)인 하루살이목(Ephemeroptera), 잠자리목(Odonata), 강도래목(Plecoptera), 날도래목(Trichoptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 파리목(Diptera), 선충류(Nematoda), 치어(Teleostei), 어란, 육상곤충 등이었다. 육식성으로 식성에 있어서 계절적 차이는 뚜렷이 나타나지 않고 비슷하였으며 육상곤충은 가을(9, 10, 11월)에 소량 출현하였고, 여름에(6~8월) 버들치 치어가 소량 출현하였다. 수컷 80 mm 이상의 개체에서 수정란을 보호하고 있는 동안 먹이량이 부족하면 보호하고 있는 자신의 알을 먹는다(filial-cannibalism). 한국고유종으로 대부분 백두대간 서쪽에 광범위하게 분포한다. 백두대간 서쪽 수계에서는 한강 수계, 임진강 수계, 낙동강 수계(봉화군 소천면) 백두대간 동쪽 수계에서는 삼척시 이북에 위치한 삼척오십천, 주수천, 낙풍천, 양양남대천, 배봉천 수계이다. 근연종인 한독중개는 백두대간 동쪽 수계의 하류역에 제한적으로 분포한다. 기후온난화로 여름철 수온상승이 민물 어류에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 냉수성 어종인 새미와 독중개의 서식실태와 개체군의 생태적 변화를 장기적으로 정밀 조사하고 분석하는 것이 매우 중요한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- Byeon, H. K. 1996. Sexual dimorphism in a river sculpin (*Cottus poecilopus* Hechel) in Korea. Korean Journal of Ichthyology. 8: 14-21.
- Byeon, H. K. 2019a. Ecological characteristics of *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) at the spring water in Eocheon stream, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 33: 677-685.
- Byeon, H. K. 2019b. Ecological characteristics of *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) at the spring water in Eocheon stream, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 33: 256-265.
- Byeon, H. K. 2020. Ecological characteristics of techanovsky's gudgeon, *Ladislabia taczanowskii* in Songcheon stream. Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 34: 551-557.
- Byeon, H. K., Oh, J. K. 2015. Fluctuation of fish community and inhabiting status of introduced fish in Gangeungnamade stream. Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 29: 718-728.

- Byeon, H. K., Choi, J. S., Son, Y. M., Choi, J. K. 1995. Taxonomic and morphological characteristics in the Juvenile *Cottus* (Cottidae) fishes from Korea. Korean Journal of Ichthyology. 7: 128-134.
- Byeon, H. K., Lee, B. R. 2017. The population characteristics of first record on the *Cottus koreanus* from Hoam stream, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 31: 166-173.
- Dybowski, B. N. 1869. Vorläufige mittheilungen über die fishfauna des ononflusses und des ingoda in Transbaikalien. Verhandlungen der K.K. Zoologisch-botanischen Gesellschaft. Wien. 19: 945-958.
- Goto, A. 1981. Life history and distribution of a river sculpin, *Cottus hangiongensis*. Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ. 32: 10-21.
- Goto, A. 1984. Comparative ecology of young-of-the-year between two amphidromous species of *Cottus* in Hokkaido. 1. Upstream migration and growth. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 35: 133-143.
- Goto, A. 1987. Polygyny in the river sculpin, *Cottus hangiongensis* (Pisces : Cottidae), with special reference to male mating success. Copeia 1987: 32-40.
- Goto, A. 1990. Alternative life-history styles of Japanese freshwater sculpins revisited. Env. Biol. Fish. 28: 101-112.
- Kim, I. S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi. 629pp.
- Kim, I. S., Choi, Y., Lee, C. L., Lee, Y. J., Kim, B. J., Kim, J. H. 2005. Illustrated book of Korean fishes. KyoHak Publishing, Seoul. 615pp.
- Nelson, J. S. 1984. Fishes of the world. 2nd ed. John Wiley and Sons. 523pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2019. Red data book of republic of Korea volume 3. freshwater fishes. National Institute of Biological Resources, Incheon. 250pp.
- Yun, B. H., Kim, Y. H., Sung, M. S., Bang, I. C. 2022. First record of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollus* (Scorpaeniformes: Cottidae) from Korea. Korean Journal of Ichthyology. 34: 277-287.