KOREAN JOURNAL OF ICHTHYOLOGY, Vol. 36, No. 3, 240-252, August 2024
ISSN: 1225-8598 (Print), 2288-3371 (Online). DOI: https://doi.org/10.35399/ISK.36.3.4

Received: June 25, 2024
Revised: July 11, 2024
Accepted: August 5, 2024

# 금강 상류역의 천연기념물 어름치의 복원 평가 및 보전방안

*송하윤 · 곽영호 · 홍창기 · 권수정 · 김정배 · 이완옥*[1,*]

국립수산과학원 중앙내수면연구소, [1]한국민물고기보존협회

**Evaluation on the Restoration and Conservation of Natural Monument Species, *Hemibarbus mylodon* (Pisces: Cyprinidae: Gobioninae) in Geumgang River Upstream Area** ***by Ha-Yun Song, Yeong-Ho Kwak, Chang-Gi Hong, Su-Jeong Gwon, Jeong-Bae Kim and Wan-Ok Lee***[1,*] (Inland Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Geumsan-gun 32762, Republic of Korea; [1]The Korean Association for Conservation of Freshwater Fish, Daejeon 35200, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The distribution status of the nature monument species, *Hemibarbus mylodon*, was investigated from 2021 to 2024 in Geumgang River and Mujunamdae Stream (a tributary of the Geumgang River). In 2021 to 2023, five individuals from Gemgang River upstream were collected by Geumsan-gun, Chungchangnam-do. In 2021 to 2024, 1,592 induviduals juvenile from seven sites were collected by surveying 15 sites from Mujunamdae Stream. The main habitat of juvenile was about 0.3~1.5 meters water deep, 0.14~0.16 meters per second in the middle-upper stream of rock and sand bottom with slow rapids and pools. The age groups for *H. mylodon* estimated by the frequency distribution of total length in after spawning season (May) to October indicated the 10~65 mm is 0-year old, 75~90 mm is 1-year old group. In addition, over the 120 mm group is 2-years old, the 190~250 mm is more than 3-years old group. In 2024, we identified 35 spawning place from six sites were sites were collected by surveying 15 sites. Spawning place at the river bottom were top of the rapids, 30~60 cm (mean 48.2 cm) water deep, and the place was covered with stone and gravel, water velocity was 0.13~0.34 (mean 0.25 m/sec) meter per second. The spawning place size of the gravel piles was as follows: length 35~48 cm (mean 40.7 cm), width 25~37 cm (mean 34.5), and height 5~12 cm (mean 8.6 cm). Thus, *H. mylodon* reintroduced to Mujunamdae Stream has successfully settled down and increase in abundance within the natural habitat.

**Key words:** *Hemibarbus mylodon*, Geumgang River, Mujunamdae Stream, Natural monument, Regional distribution

## 서 론

어름치 *Hemibarbus mylodon*는 잉어목 (order: Cypriniformes), 잉어과 (family: Cyprinidae), 모래무지아과 (sub family: Gobioninae)에 속하는 고유종으로 한강, 임진강, 예성강, 금강에만 제한적으로 서식하고 있으며 (Kim, 1997; Kim and Park, 2007), 하천 중·상류의 물이 맑은 곳에 서식하고 산란은 여울부에 웅덩이를 파고 잔자갈로 수정란을 보호하는 산란탑을 쌓는 독특한 생태적 특징을 가지고 있다 (Choi and Baek, 1970).

어름치는 환경변화에 따른 서식지 축소로 멸종위협이 증가되어 1972년 금강 어름치 서식지인 충청북도 옥천군 이원면 일대가 천연기념물 제238호로 지정되었으나 지속적인 개체수 감소로 1987년 어름치 종 자체가 천연기념물 제259호로 지정되었고 (Choi, 1987; CHA, 2014) 최근 환경부 지정 멸종위기 II 급으로 지정되어 법적으로 보호하고 있다 (ME, 2022).

그러나 위와 같은 법적보호 조치에도 불구하고 금강 어름치는 1971년 전라북도 무주읍 내도리에서 1개체가 채집된 이

저자 직위: 송하윤(해양수산연구사), 곽영호(박사 후 인턴연구원), 홍창기(해양수산연구사), 권수정(연구원), 김정배(해양수산연구관), 이완옥(한국민물고기보존협회 회장)
*Corresponding author: Wan-Ok Lee Tel: 82-42-483-4414, Fax: 82-42-483-4412, E-mail: wanok2@gmail.com

**Table 1.** The release records of the *Hemibarbus mylodon* in Hangang and Geumgang Rivers, Korea from 2003 to 2023

| Years | Stations location | Number of release individuals | Length (cm) | Remark |
|---|---|---|---|---|
| 2003 | Daecha-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 1,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2004 | Daecha-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 3,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2005.08 | Daecha-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 10,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2006.08 | Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 5,000 | 5~7 | Mujunamdae Stream |
| 2007.08 | Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 10,000 | 5~7 | Mujunamdae Stream |
| 2008.08 | Yongban-ri, Iwon-myeon, Okcheon, Chungcheongbuk-do | 10,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2009.08 | Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 5,000 | 4~6 | Mujunamdae Stream |
| 2010.08 | Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 3,000 | 4~6 | Mujunamdae Stream |
| 2010.09 | Guseongpo-ri, Hwachon-myeon, Hongcheon-gun, Gangwon state | 3,000 | 4~6 | Hongcheongang River |
| 2011.09 | Guseongpo-ri, Hwachon-myeon, Hongcheon-gun, Gangwon state | 5,000 | 4~6 | Hongcheongang River |
| 2012.09 | Guseongpo-ri, Hwachon-myeon, Hongcheon-gun, Gangwon state | 3,000 | 4~6 | Hongcheongang River |
| 2013.06 | Yongban-ri, Iwon-myeon, Okcheon, Chungcheongbuk-do | 3,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2014.09 | Yongban-ri, Iwon-myeon, Okcheon, Chungcheongbuk-do | 5,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2015.09 | Yongban-ri, Iwon-myeon, Okcheon, Chungcheongbuk-do | 5,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2016.08 | Yongban-ri, Iwon-myeon, Okcheon, Chungcheongbuk-do | 5,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2017.07 | Myeong-ji Buk-myeon, Gapyeong-gun, Gyeonggi-do | 500 | up to 20 | Gapyeong Stream |
| 2018.08 | Sinchon-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do | 100 | 30 | Geamgnag River |
| 2020.10 | Sinchon-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do | 2,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2021.08 | Sinchon-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do | 5,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2022.08 | Sinchon-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do | 5,000 | 5 | Geamgnag River |
| 2023.07 | Bangwoo-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do | 1,000 | up to 10 | Geamgnag River |
| 2023.08 | Sinchon-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do | 5,000 | 5 | Geamgnag River |

후 전혀 확인되지 않아 지역절멸(regionally extinct) 된 것으로 알려져 있다(Choi, 1987). 지난 2003년부터 천연기념물 어름치의 복원을 위한 연구가 진행되어 서식지 특성 및 생태, 유전학적 연구 등이 진행되었으며(ME, 2006; Bang *et al*., 2007, 2008; Lee *et al*., 2008; Ko *et al*., 2017), 인공종자 생산기술이 개발된 이후, 금강 어름치 복원을 위한 인공종자 방류가 재도입(reintroduction) 개념으로 2005년부터(ME, 2006) 2023년까지 금강 상류지역인 전라북도 무주군, 충청남도 금산군 및 천연기념물 제238호로 지정된 충청북도 옥천군 용방리 일대의 어름치 서식지에 방류한 바 있다.

위와 같이 지역적으로 절멸한 종의 복원을 위한 보전이입(conservation translocation)은 생물체의 보전을 목적으로 방사하는 것을 뜻하며, 보전이입은 종의 역사적 서식범위(indigenous range) 내외의 방사를 모두 포함한다(IUCN, 2013). 또한 이를 통한 개체군 복원(population restoration)은 서식범위 내에서의 보전이입을 뜻하며, 원래의 서식범위에서 절멸된 생명체를 다시 인위적으로 이동시켜 방사하고 보전대상 종을 서식범위 내에서 재서식시키는 것을 목표로 하고 있다(IUCN, 2013).

어름치 재도입을 위한 방류는 2003년에 시험방류 1,000마리를 시작으로 2004~2009년(CHA, 2009) 및 2010년까지 전라북도 무주군 남대천과 금강 본류 일대에 치어 35,000마리를 방류하였으며, 2008년 및 2013년에서 2016년까지 4년간 충청북도 옥천군 어름치 서식지에 치어 28,000마리를 방류하였다. 이후 2018년부터는 2009년에 산란탑이 확인된 바 있는 무주군 관내 금강 상류지역과 인접한 금산군 관내의 금강 상류 지역에 성어 100마리 방류를 시작으로 2023년도까지 치어 18,000마리를 방류하였다(Table 1). 금강 수계 어름치 복원을 위해 치어를 방류한 이후, 단편적으로 수행한 사후 모니터링을 통해 2009년에 남대천 하류지역에 산란탑이 발견되어 부분적인 복원 성공으로 평가한 바 있으나(CHA, 2009) 장기모니터링을 통한 분포조사 등 후속 연구가 진행되지 않아 정확한 복원 성공 여부를 평가할 수 없었으며, 충청북도 옥천군에 방류한 어름치는 세대교번을 확인할 수 있는 산란탑 및 성어가 확인되지 않아 정착에 실패한 것으로 평가한 바 있다(CHA, 2021).

멸종위기종인 묵납자루 *Acheilognathus signifer*와 가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa*의 경우 복원사업을 통해 서식지에 재도입하였으나 적절하지 못한 조사지점 선정 및 채집방법으로 인해 실패한 사례로 보고된 바 있으나 멸종위기종의 독특한 서식지 특성을 고려한 조사장소 선정과 적절한 채집방

법을 이용한 정밀모니터링으로 완전성공(묵납자루) 및 부분성공(가는돌고기)한 복원사업으로 재평가된 바 있다(Ko *et al*., 2019; Han *et al*., 2020).

2019년부터 충청남도 금산군 부리면 금상 상류 수역에서 어업인의 어획물에 어름치 성어 및 준성어가 혼획되고 있어 어름치 복원성과 평가와 더불어 향후 진행될 어름치 방류와 적정 방류지 선정에 필요한 기반자료 확보를 위한 정밀조사가 요구되었다.

따라서 본 연구는 최근까지 금강 상류 지역에 복원을 목적으로 재도입한 어름치의 복원 성공 여부를 검증하기 위해 2021년부터 2024년까지 당년생 치어와 산란탑 분포조사를 통한 직접조사 및 현지 어업인의 어름치 혼획 여부를 조사하는 간접조사를 병행하여 금강 상류지역의 어름치의 서식현황을 파악하여 재도입한 어름치 복원사업의 성공 여부를 평가하고 향후 보전방안에 대한 논의를 하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사정점

어름치는 문화재청 지정 천연기념물에 포함되기 때문에 금강 내 어름치 복원을 위한 국가지정문화재현상변경 허가(제2022-1431호, 제2023-1625호) 및 방류 후 사후모니터링 계획 따라 조사를 실시하였다.

본 연구의 조사지점은 금강 본류 수역 및 무주남대천으로 구분되어 조사를 수행하였으며, 충청남도 금산군 제원면에서 부리면에 해당하는 금강 상류 지역에서 내수면 어로어업 활동 중, 혼획되는 어름치를 대상으로 간접조사를 수행하였다. 직접적인 현장조사는 아래와 같이 금강 수계 내에서 어름치 개체군이 안정적으로 유지되고 있는 무주남대천 15개 정점(Fig. 1)을 대상으로 상류지역부터 금강 본류와 합수되는 지점까지 서식지 특징과 수중보의 위치를 고려하여 0.5~3.0 km 간격으로 선정하였다.

St. 1: 전라북도 무주군 설천면 창덕리 672 무명교(36°59′31″N, 127°49′03″E)
St. 2: 전라북도 무주군 설천면 소천리 1479 신촌농2교(36°00′20″N, 127°47′43″E)
St. 3: 전라북도 무주군 설천면 소천리 1411 남악교(36°00′41″N, 127°47′29″E)
St. 4: 전라북도 무주군 설천면 청량리 1398-46 무명교(36°00′44″N, 127°46′02″E)
St. 5: 전라북도 무주군 설천면 청량리 442-2 남대천교(36°00′56″N, 127°45′31″E)
St. 6: 전라북도 무주군 설천면 청량리 1398-5 (36°01′32″N, 127°45′33″E)
St. 7: 전라북도 무주군 설천면 길산리 1-8 용강교(36°01′37″N, 127°44′57″E)
St. 8: 전라북도 무주군 설천면 길산리 820 신용강교(36°01′49″N, 127°44′13″E)
St. 9: 전라북도 무주군 설천면 길산리 512-9 수중보(36°01′45″N, 127°43′39″E)
St. 10: 전라북도 무주군 설천면 기곡리 기곡농교(36°01′04″N, 127°43′05″E)
St. 11: 전라북도 무주군 무주읍 장백리 92-1 수중보(36°01′38″N, 127°43′08″E)
St. 12: 전라북도 무주군 무주읍 장백리 471-5 하장백교(36°01′11″N, 127°42′07″E)
St. 13: 전라북도 무주군 무주읍 장백리 775 수중보(36°01′11″N, 127°41′40″E)
St. 14: 전라북도 무주군 무주읍 오산리 1089 오산농교(36°00′53″N, 127°41′26″E)
St. 15: 전라북도 무주군 무주읍 대차리 1584 서면교(36°00′09″N, 127°37′18″E)

### 2. 금강 본류 어름치 분포현황 모니터링

충청남도 금산군 제원면에서 부리면에 해당하는 금강 본류 수역의 어름치 모니터링은 2021년 3월부터 2024년 5월까지 해당 지역의 다슬기 형망어업인 및 내수면어업 허가자의 협조를 통해 어로어업 중, 혼획된 어름치를 수시 확보하였고 혼획된 어름치는 사진촬영 및 전장, 체장, 무게를 측정한 후 방류하였다.

### 3. 무주남대천 어름치 분포현황 모니터링

무주남대천 모니터링은 어름치 치어의 무늬가 뚜렷하게 나타나는 2021년 6월에서 2023년 6월까지 15개 정점을 대상으로 족대(망목, 5×5 mm)와 뜰채(망목, 1×1 mm)를 이용하여 1시간 어류를 채집하였으며, 어름치로 분류한 개체는 개체수를 기록한 후 즉시 방류하였다.

### 4. 전장빈도 및 연령추정

조사정점 중 어름치 치어의 서식밀도가 가장 높게 나타난 St. 10번 지점(전라북도 무주군 설천면 기곡리)에서 개체군 성장을 측정하기 위해 2023년 5월, 6월, 8월, 10월에 채집한 치어를 대상으로 마취제(MS-222)를 사용하여 마취한 후 전장을 측정한 뒤 방류하였다. 또한 본 연구를 통해 수집한 모든 어름치의 체장자료를 이용하여 전장빈도분포도를 작성하여 성장도와 연령을 추정하였다(Ricker, 1971).

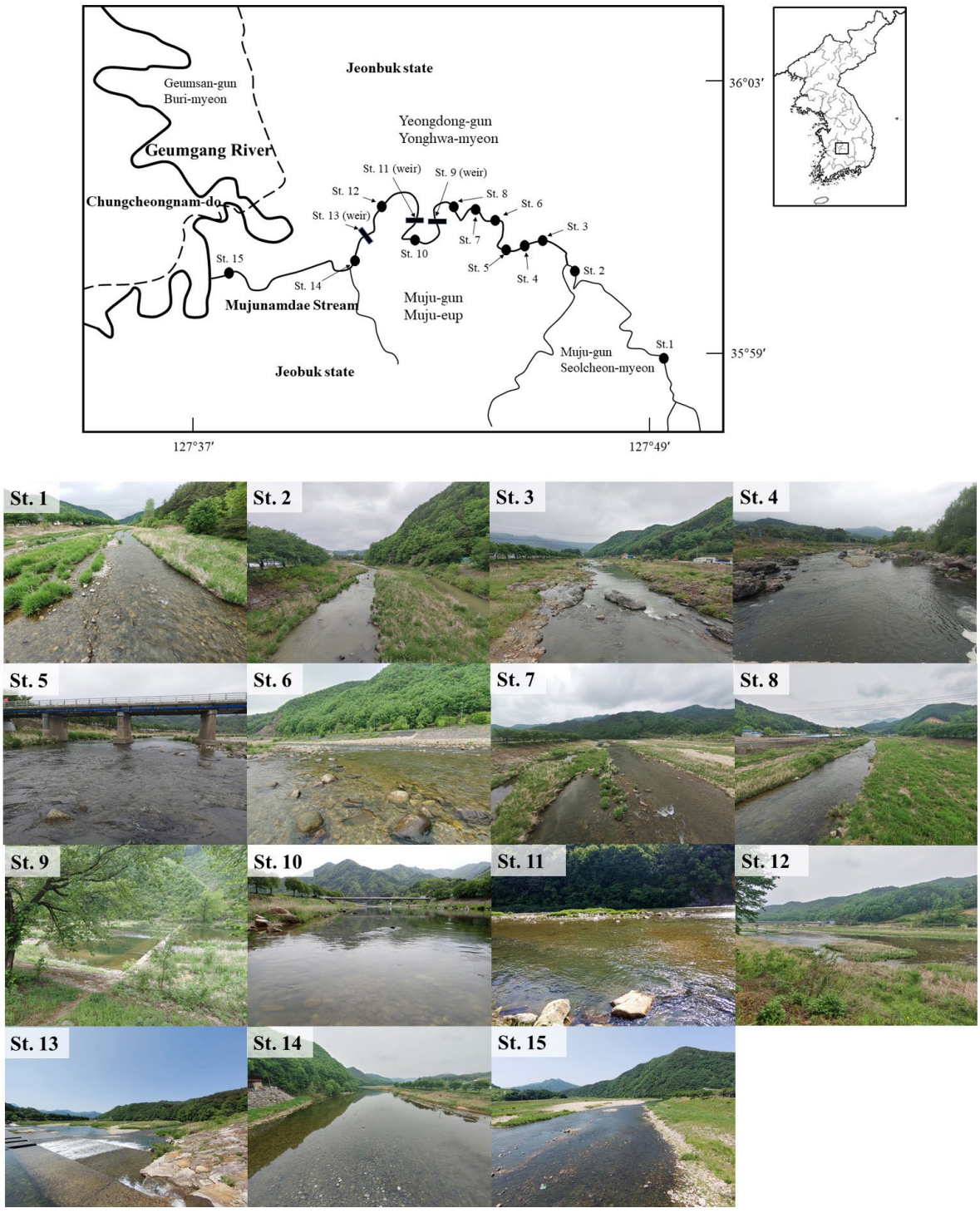


**Fig. 1.** Monitoring stations of *Hemibarbus mylodon* in the Mujunamdae Stream, Geumgang River, Muju-gun, Jeonbuk state, Korea from 2021 to 2024.

### 5. 미소서식지 환경

서식지 조사는 당년생 개체가 20개체 이상 지속적으로 포획한 무주남대천의 3개 정점(St. 10, 13, 15)을 대상으로 수환경이 비교적 안정되는 2023년 10월에 각 1회 실시하였다. 수문학적 요인으로 하폭, 유폭, 수심, 유속 등을 조사하였으며, 하폭과 유폭은 거리측정기(Bushnell Yadage pro, Japan)를 사용하여 측정하였고 수심과 유속은 줄자 및 디지털 유속계

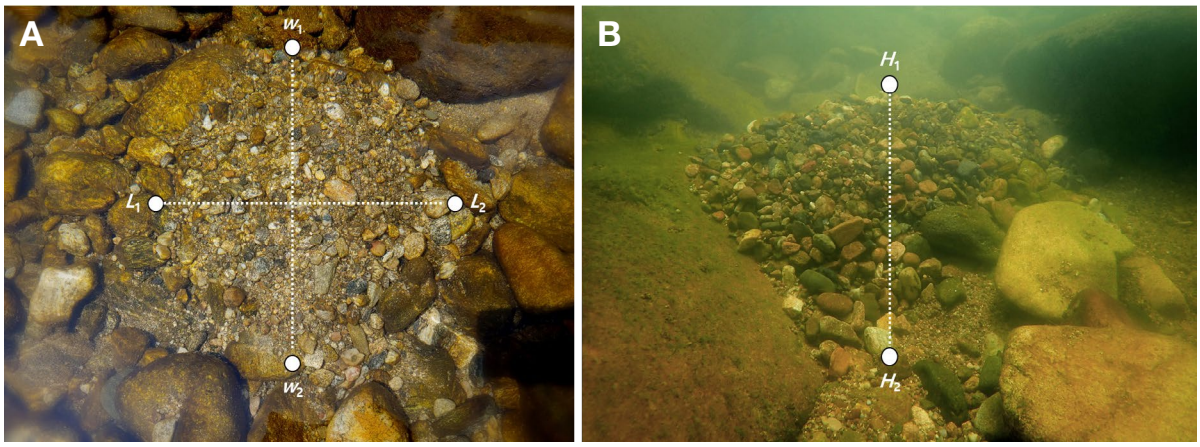


**Fig. 2.** Measurements between each landmark for spawning place (St. 10) of *Hemibarbus mylodon* used in this study. Length, L1 to L2; Width, W1 to W2; Height, H1 to H2.

(Flow Probe 3.7-6, Global Water., USA)를 사용하였다. 하천형태와 하상구조는 각각 Kani (1944) 및 Cummins (1962)의 방법으로 구분하였다. 이화학적 요인은 수질측정기 (MPS-556, USA)를 사용하여 수온, DO, pH, 염도 (salinity), 전기전도도 (conductivity)를 측정하였다.

### 6. 어름치 산란탑 조사

어름치 산란탑 조사는 무주남대천 어름치 모니터링 장소와 동일한 정점을 대상으로 주 산란기인 2024년 4월 26일, 4월 30일, 5월 10일에 총 3회 육안관찰을 통해 조사정점별 산란탑의 위치와 개수를 확인하였다. 또한 산란탑 밀도가 가장 높았던 St. 10에서 무작위로 10개의 산란탑을 대상으로 유속과 수심 등의 물리적 환경요인과 수온을 측정하였으며, 유속은 디지털 유속계를 사용하여 최대, 최소 및 20초간 평균 유속을 측정하였다. 수심은 산란탑 바닥면에서 수면까지의 깊이를 측정하였으며, 산란탑의 크기 측정은 줄자를 이용하여 가로길이 (length), 세로길이 (width) 및 높이 (height)를 측정하였다(Fig. 2).

## 결 과

### 1. 금강 본류 어름치 분포현황 모니터링

2021년 3월부터 2024년 5월까지 충청남도 금산군 금강 본류 수역에서 내수면 어업 활동 중 혼획된 어름치는 총 5개체로 2021년 2개체, 2022년 2개체, 2023년 1개체였으며 (Fig. 3), 2024년에는 혼획 신고가 없었다.

2021년은 만 3년생 이상으로 추정되는 전장 246.4 mm, 체장 205.1 mm, 전중량 173.3 g이며, 혼인색과 추성이 뚜렷하게 나타난 수컷 개체가 (Fig. 3-A) 3월 31일에 금산군 부리면 평촌리에서 다슬기형망조업 중 혼획되었다. 또한 10월 11일에 3월에 혼획되었던 지점에서 500 m 하류인 제원면 금성리에서 만 2년생으로 추정되는 전장 137.4 mm, 체장 112.5 mm, 전중량 26.7 g인 개체가 혼획되어 서식이 확인되었다.

2022년과 2023년은 6.8 km 상류지역인 금산군 부리면 수통리 인근에서 2022년 4월 27일에 전장 213.0 mm, 204.0 mm의 2개체와 6월 18일에 전장 200 mm 내외로 추정되는 1개체 혼획되었다 (Fig. 3-B). 따라서 금강 상류지역인 충청남도 금산군 제원면 금성리에서 금산군 부리면 수통리에 이르는 약 10 km 구간에서 어름치 성어개체가 서식하고 있는 것으로 확인되었다 (Fig. 3-C).

### 2. 무주남대천 어름치 분포현황 모니터링

2021년에는 6월에 조사정점 St. 10을 대상으로 1회 조사를 실시하여 2021년 62개체의 서식을 확인하였고, 2022년 6월에 St. 10에서 447개체, St. 15에서 8개체의 서식을 확인하였다. 2023년도에는 St. 8에서 22개체, St. 9에서 14개체, St. 10에서 891개체, St. 11에서 77개체, St. 12에서 20개체, St. 13에서 34개체, St. 15에서 17개체의 서식을 확인하여 총 1,071개체의 서식을 확인하였다. 따라서 2021년부터 2023년까지 무주남대천에서 15개 정점 중 7개 정점 (약 46.7%)에서 총 1,592개체의 당년생 치어의 서식을 확인할 수 있었다 (Table 2).

### 3. 전장빈도 및 연령추정

금강 어름치 개체군의 성장을 추정하기 위해 2021년부터 2023년 10월까지 수집된 모든 어름치 개체의 전장측정자료를 이용하여 전장빈도 분포도를 작성하였다 (Fig. 4). 당년생 치어는 5월에 10~17 mm, 6월 초 10~25 mm, 6월 중순 17~37 mm 내외로 성장하였으며, 장마가 끝나고 서식환경이 비교적 안정된 8월에는 27~45 mm로 성장하였다. 한편 10월에는 당년생

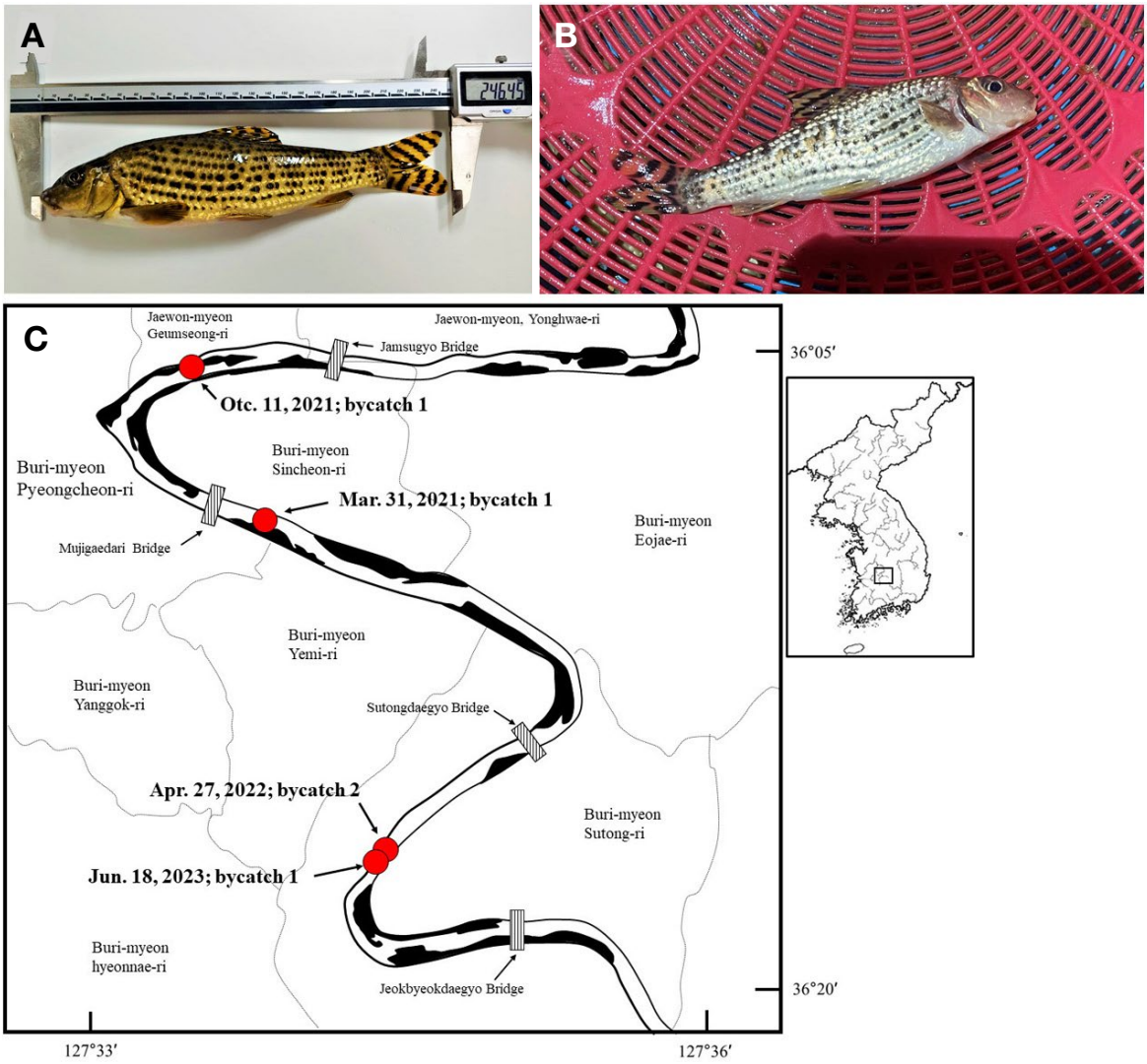


**Fig. 3.** Photos of collected natural brood-stock of *Hemibarbus mylodon* in Geumgang River, Korea from 2021 to 2023. A: collected in Mar. 31, 2021; B: collected from Jun. 18, 2023; C: The map of bycatch point from up-stream of Geumgang River, Geumsan-Gun, Chungcheongnam-do, Korea.

으로 추정되는 전장 62 mm 개체와 만 1세로 추정되는 74~87 mm 범위의 2개의 체장 구간으로 구분되었다(Fig. 4A~E). 한편 금강 본류에서 확인된 어름치의 체장은 246 mm (n = 1)와 204~213 mm (n = 2), 120 mm (n = 1)의 3개의 체장 구간으로 구분되었다(Fig. 4F).

### 4. 미소서식지 환경

어름치 당년생 치어가 50개체 이상 확인되는 3개 지점(St. 10, 13, 15)을 대표서식지로 선별하여 미소서식지 환경을 조사하였다. 조사결과 하폭은 80~235 m, 유폭 40~135 m, 수심은 0.3.1~1.5 m, 유속은 0.14~0.16 m/s로 나타났고 하천형은 대부분 평지형(Bb type)으로 하상은 주로 모래(sand), 굵은모래(gravel), 자갈(pebble)의 비율이 높았으며, 조사당일의 조사정점별 수온은 15.9~17.6°C, 용존산소는 9.80~10.41 mg/L, pH는 8.35~8.91로 나타났다(Table 3). 조사정점 중 수중보는 St. 13에 위치하였고 St. 15는 조사정점에서 50 m 하류에서 남대천과 금강 본류가 합류되는 지점 주변에서는 치어가 발견되지 않았고, 남대천 방향으로 상류지역에서 제한적으로 관찰되었다. 또한 당년생 치어는 주로 유속이 느린 수심 0.2~0.5 m, 하천 바닥에 모래가 깔려있는 수중보 인근 및 큰 바위 주변에서 5~20개체 내외의 소규모 무리를 지어 먹이활동을 하는 것이 관찰되었고 당년생 치어가 관찰되는 미소서식지에는 공통적으로 하천 바닥에 모래가 깔려 있었다(Fig. 5).

### 5. 어름치 산란탑 조사

어름치 산란탑은 2024년 4월 26일 조사 시 St. 10에서 10개,

**Table 2.** Historical collected record of monitoring of *Hemibarbus mylodon* in Mujunamdae Stream, Geumgang River, Korea from 2021 to 2024

| NO. stations | Stations location | Number of Spawning place (2024) | Number of collected individuals (Offspring, 0-years old) | | | Remark |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2021 | 2022 | 2023 | |
| 1 | Jangduck-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | | unknown bridge |
| 2 | Socheon-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | | Sincheonnong2-gyo |
| 3 | Socheon-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | | Namak-gyo |
| 4 | Cheongnyang-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | | unknown bridge |
| 5 | Cheongnyang-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | | Namdaecheon-gyo |
| 6 | Cheongnyang-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | 4 | | | | stream |
| 7 | Gilsan-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | 5 | | | | Yonggang-gyo |
| 8 | Gilsan-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | 5 | | | 22 | Sinyonggang-gyo |
| 9 | Gilsan-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | 3 | | | 14 | weir |
| 10 | Gigok-ri, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeonbuk state | 10 | 62 | 447 | 891 | Gigoknong-gyo |
| 11 | Jangback-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | 8 | | | 77 | weir |
| 12 | Jangback-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | 20 | Hajangback-gyo |
| 13 | Jangback-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | 34 | weir |
| 14 | Osan-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | | | | | Osannong-gyo |
| 15 | Daecha-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk state | | | 8 | 17 | Seomyeon-gyo |

**Table 3.** Habitat characteristics of *Hemibarbus mylodon* from juvenile monitoring stations in Mujunamdae Stream, Geumgang River, Korea from October, 2023

| Environmental factors | | St. 10 | St. 13 | St. 15 |
|---|---|---|---|---|
| River type[1] | | Aa-Bb | Bb | Bb |
| River width (m) | | 80 | 160 | 235 |
| Water width (m) | | 45~60 | 135 | 40~55 |
| Water depth (m) | | 0.3~1.5 | 0.6~1.0 | 0.6~1.5 |
| Water velocity (m/s) | | 0.14 | 0.16 | 0.16 |
| Bottom substratum (%)[2] | M | – | – | – |
| | S | 20 | 20 | 20 |
| | G | 30 | 30 | 10 |
| | P | 30 | 40 | 20 |
| | C | 20 | 10 | 40 |
| | B | – | – | 10 |
| Water temperature (°C) | | 15.9 | 17.4 | 17.6 |
| DO (mg/L) | | 10.26 | 10.41 | 9.80 |
| pH | | 8.38 | 8.35 | 8.91 |
| Salinity (‰) | | 0.08 | 0.07 | 0.08 |
| Conductivity (μs/cm) | | 158.8 | 150.1 | 159.4 |
| Etc | | | Weir | |

[1]: Kani (1944), [2]: M: Mud (~0.1 mm), S: Sand (0.1~2 mm), G: Gravel (2~16 mm), P: Pebble (16~64 mm), C: Cobble (64~256 mm), B: Boulder (>256 mm) by Cummins (1962).

St. 11에서 11개를 발견하였고, 4월 30일 조사에서는 St. 6에서 4개, St. 7에서 5개, St. 8에서 5개, St. 9에서 3개를 발견하였다. 5월 10일 조사에서 St. 11에서 3개의 산란탑을 추가로 조사기간 중 발견한 산란탑은 6개 조사정점에서 총 38개였으며, 본 연구에서 관찰한 산란탑의 밀도가 비교적 높은 장소는 St. 10과 St. 11로 무주군 설천면 기곡리 일대의 무주남대천으로 나타났다(Table 2).

조사정점 St. 10을 대상으로 수온, 유속, 수심 등 환경조사와 산란탑의 규모를 측정한 결과, 수온은 17.1°C, DO는 9.67 (mg/l), 전기전도도는 109.5 (μs/cm)로 측정되었다. 또한 산란탑은 수심 30 cm~60 cm (평균 48.2 cm), 유속 0.1~0.34 m/sec (평균 0.25 m/sec)인 여울 상부에서 산란탑이 발견되었으며, 하천 중앙부가 아닌 수변부에 유속을 감쇄할 수 있는 돌 또는 바위가 있었다. 산란탑의 가로길이는 35~48 cm (평균 40.7 cm), 세로길이 25~47 cm (평균 34.5 cm), 높이 5~12 cm (평균 8.6 cm)로 자갈과 굵은 모래로 쌓아 올린 원형 또는 타원형의 형태였다 (Table 4, Fig. 6).

## 고 찰

어름치를 포함한 멸종위기종은 1989년부터 지정되어 법적으로 보호받고 있으며, 담수어류는 1996년 24종을 대상으로 첫 지정된 이후, 2024년 현재 29종의 담수어류를 지정하여 보호하고 있다(ME, 1996, 2022). 또한 멸종위기 담수어류의 생태계내 복원을 위해 2002년부터 복원연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 미호종개 *Cobitis choii* 등 13종을 대상으로 인공종자 생산기술 개발 및 서식지내 재도입(re-introduction)을

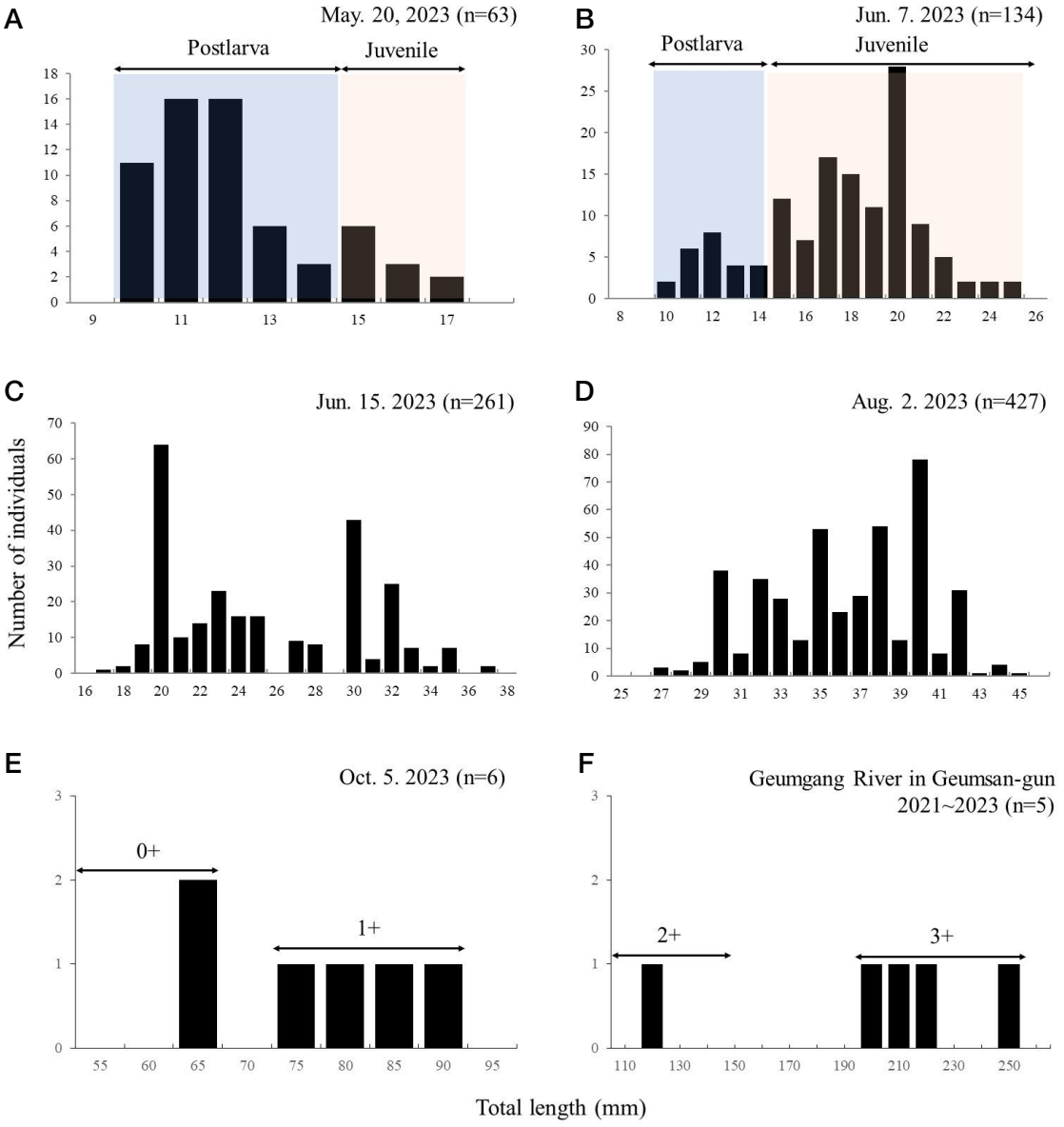


**Fig. 4.** Total length frequency distribution of *Hemibarbus mylodon* in the Mujunamdae Stream and Geumgang River, Korea from 2021 to 2023. A~E, Mujunamdae Stream; F, Geumgang River.

통한 복원 연구가 수행된 바 있다(Ko *et al*., 2019; ME, 2005, 2006, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2011b, 2012, 2013, 2014, 2016, 2018; MLTM, 2010, 2011, 2012; CHA, 2012; WPOE, 2017, 2018).

그러나 국내에서 인공종자의 재도입으로 방류를 수행한 멸종위기종의 복원 성공사례는 많지 않은 것으로 보고되었으며, 특히 안정적으로 개체군 크기가 유지되고 지속적으로 후대가 생산되는 성공적인 복원사례로는 웅천천의 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*, 만경강 퉁사리 *Liobagrus obesus*, 낙동강 지류인 남강에 재도입한 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis* (ME, 2018), 오대산의 열목어 *Brachymystax lenok tsinlingensis* (WPOE, 2017), 흑천의 묵납자루 *A. signifer* (Ko *et al*., 2019)의 5종이 대표적이며, 2011년과 2012년에 조종천에 방류한 가는돌고기 *P. tenuicorpa*는 부분성공(partically successful)으로 평가하였다(Han *et al*., 2020).

어름치는 1999년 국립수산과학원 중앙내수면연구소에서 인공종자생산기술 개발을 시작으로 환경부 차세대 핵심기술개발사업(ME, 2006) 등의 복원연구와 사단법인인 민물고기보존협회가 (주)에스오일의 지원을 받아 2001년부터 현재까지 금강과 한강 수계인 홍천강, 가평천에 종 복원과 서식지 확대를 목적으로 총 22회 92,600개체의 치어, 준성어 및 성어의 방류를 지속해 오고 있다. 특히 1970년대 이후 금강에서 지역절멸

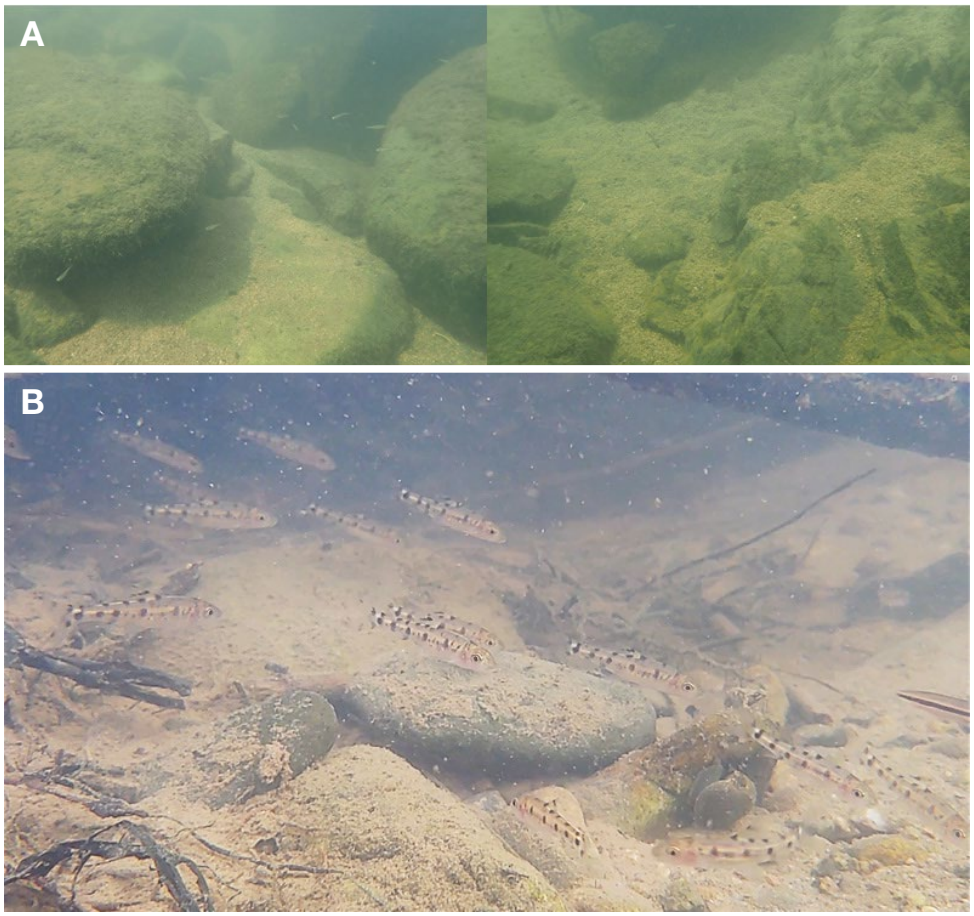


**Fig. 5.** Underwater photography of microhabitats for juvenile of *Hemibarbus mylodon*. A: underwater photography of bottom structure for microhabitats; B: A shoal of juvenile.

한 어름치를 복원하기 위해 2003년부터 2010년까지 전라북도 무주군 무주읍 대차리의 금강 상류지역과 무주남대천 일대에 7회에 걸쳐 전장 4~7 cm 내외의 치어 36,000개체를 방류하였고, 천연기념물 제238호로 지정된 충청북도 옥천군 용방리 일대의 금강 어름치 서식지에 2008년 치어 10,000개체의 방류를 시작으로 2013년에서 2016년까지 5회 28,000개체를 방류하였다. 이후 2018년부터 2023년까지 충청남도 금산군 부리면 신촌리와 방우리에 치어방류 5회 17,000개체 및 30 cm 내외의 성어 100 개체를 1회 방류하여 금강 지역의 어름치 방류는 총 18회 81,100 개체의 치어 및 성어가 방류되었다.

금강에 어름치를 재도입한 후, 2007년 모니터링을 통해 무주일대에서 산란탑이 발견되고 2009년 충청남도 금산군 제원면 일대에서 5월경에 산란탑 1개가 발견되어 부분복원에 성공한 것으로 평가한 사례가 있으나(CHA, 2009), 이후 장기적인 모니터링을 통해 세대교번 확인 및 분포역에 대한 후속연구가 이루어지지 못한 한계점이 있었다. 또한 총 28,000마리의 치어가 방류된 옥천군의 어름치 서식지를 대상으로 실시한 모니터링 결과, 서식지를 포함하는 상·하류 15 km 구간 내에는 어름치의 서식을 확인하지 못하여 추후 어름치 서식지 전체 구간에 대한 정밀조사의 필요성을 강조하였다(Okcheon, 2017; CHA, 2021).

Ko *et al*.(2019)는 멸종위기종의 방류 후 모니터링은 적정한 조사지점 선정 및 채집도구 선택에 따라 모니터링 결과에서 큰 차이를 보인다고 제안한 바 있다. 어름치는 상대적으로 개체수가 풍부한 한강 및 임진강 수계 내에서는 삼각망, 자망 등 어로어업에 의한 혼획여부 조사 및 투망, 족대를 이용한 직접조사 모니터링이 효과적일 것으로 판단할 수 있으나, 지역 절멸 후 재도입한 옥천군의 금강 어름치 서식지에서 이루어진 모니터링 조사(Okcheon, 2017; CHA, 2021)는 상대적으로 적은 서식개체수로 인해 하천조사 기본방법인 투망과 족대를 이용한 어류상 조사와 잠수 조사를 병행한 모니터링 방법으로는 개체군 정착여부와 복원성과를 판단하기 곤란하였을 것으로 판단된다.

반면 본 연구에서 이용한 산란시기의 산란탑 조사와 더불어 당년생 치어 포획조사는 기존의 조사방법에 비해 효과적으로 모니터링을 수행할 수 있었으며, 특히 5월 이후 전장 10

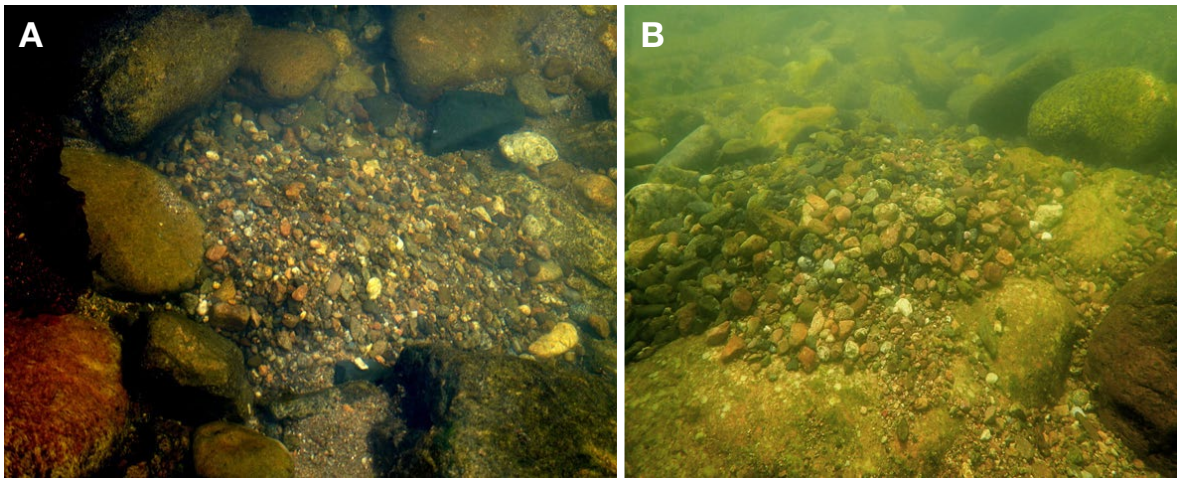


**Fig. 6.** Gravels piled up at the Spawning place by *Hemibarbus mylodon*. Out of water photography (A) and underwater photography (B).

**Table 4.** Physicochemical and hydrological factors measured from 2024 at the Spawning place (St. 10) in the Mujunamdae Stream, Geumgang River, Korea

| Environmental factors | Stations | | | | | | | | | | Mean |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Spawning place 1 | Spawning place 2 | Spawning place 3 | Spawning place 4 | Spawning place 5 | Spawning place 6 | Spawning place 7 | Spawning place 8 | Spawning place 9 | Spawning place 10 | |
| Water depth (minimum, m) | 0.45 | 0.42 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.54 | 0.44 | 0.27 | 39.20 |
| Water depth (maximum, m) | 0.50 | 0.52 | 0.49 | 0.47 | 0.40 | 0.47 | 0.56 | 0.60 | 0.49 | 0.32 | 48.20 |
| Height of Spawning place (cm) | 5 | 10 | 9 | 12 | 10 | 12 | 16 | 6 | 5 | 5 | 9.00 |
| Water velocity (minimum, m/s) | 0.30 | 0.15 | 0.40 | 0.34 | 0.21 | 0.40 | 0.34 | 0.37 | 0.49 | 0.30 | 0.33 |
| Flow velocity (maximum, m/s) | 0.10 | 0.06 | 0.21 | 0.15 | 0.34 | 0.27 | 0.15 | 0.06 | 0.21 | 0.10 | 0.17 |
| Flow velocity (mean, m/s) | 0.20 | 0.12 | 0.30 | 0.24 | 0.27 | 0.30 | 0.21 | 0.30 | 0.34 | 0.20 | 0.25 |
| Length of spawned place (cm) | 44 | 40 | 42 | 45 | 40 | 38 | 35 | 35 | 48 | 40 | 40.70 |
| Width of spawned place (cm) | 35 | 30 | 30 | 33 | 25 | 40 | 35 | 45 | 47 | 25 | 34.50 |
| Water temperature (°C) | | | | | | | | 17.1 | | | |
| DO (mg/L) | | | | | | | | 9.67 | | | |
| pH | | | | | | | | 7.21 | | | |
| Salinity (‰) | | | | | | | | 0.05 | | | |
| Conductivity (μs/cm) | | | | | | | | 109.5 | | | |

mm 이상, 50 mm 내외의 당년생 치어는 6월부터 10월까지 유속이 느리고 수심 0.1~0.5 m 내외로 바닥에 모래가 깔려있는 수중보 인근 및 큰 바위 주변에 소규모 무리를 지어 먹이활동을 하는 것이 지속적으로 관찰되어 어름치의 서식여부와 함께 세대교변을 확인할 수 있었다. 따라서 어름치의 방류 후 모니터링 및 복원성과 평가를 위한 조사는 산란기인 4월 말에서 5

월 초에 산란탑 조성 여부 확인과 6월 이후 당년생 개체의 분포와 성장상태의 모니터링을 함께 실시하는 것이 적합하였다.

Choi and Baek (1970)의 연구에서 어름치의 산란은 수온이 16.5~18.0°C에 이르는 4월 말에서 5월 초에 수심 42~62 cm, 유속 0.28~0.36 m/sec 내외의 여울 바닥에 가로길이 40~58 cm, 세로길이 22~35 cm, 높이 5~18 cm의 돌과 자갈로 구성된 산란탑을 만들어 산란하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 수온이 17.1°C 내외에 이르는 4월 말과 5월 초에 산란탑이 집중적으로 관찰되었고, 수심과 유속 또한 Choi and Baek (1970)의 연구와 동일한 환경조건에 산란탑이 위치하였으며, 산란탑의 세로길이, 가로길이 및 높이 또한 이전의 연구와 동일하였다. 따라서 어름치는 하상이 교란되지 않아 자갈과 모래가 풍부한 수심 30~60 cm 내외이며, 평균 유속이 0.25 m/sec 내외의 조건이 갖춰진 여울 상부지역에 산란하는 것으로 나타나 향후 어름치 복원을 위한 종자방류는 위와 같은 환경조건이 갖춰진 지역 또는 인근에 방류하는 것이 적절하였다.

어름치는 부화 후 14일이 경과하면 평균 전장 13.5 mm의 후기자어기 (postlarva), 부화 후 21일 전후하여 평균 전장 14.8 ± 0.42 mm의 치어기 (juvenile)로 이행하며 (Ko *et al*., 2017), 어름치 부화자어는 근연종인 누치 *H. labeo*와 외형적으로 유사하나 흑색소포 분포 및 발달에 따른 형태적 차이가 발생하고 치어기 이후에는 체측 표면의 검은색 반문이 다르게 나타나 구분이 가능하다 (Ko *et al*., 2017; Park and Han, 2024). 본 연구에서도 어름치 후기자어는 미병부 중앙의 흑색소포 발달 유무를 기준으로 어름치와 누치 자어구분이 가능하였으며, 5월 20일 및 6월 7일 조사에서 후기자어와 치어가 동시에 확인되어 무주남대천에 서식하는 어름치는 4월 말에서 5월 중순에 걸쳐 산란하는 것으로 확인되었다. 또한 전체 연구기간 중 채집된 개체는 Choi and Baek (1970)의 전장분석에 따른 연령분포로 볼 때, 당년생은 17~62 mm, 만 1세는 100 mm 이하, 만 2세는 200 mm 이하, 만 3세 이상은 200 mm 이상으로 성장하였다.

본 연구를 통해 어름치의 산란탑, 당년생 및 만 1세까지의 연령군이 무주남대천에서 많은 개체가 확인되어 안정적인 세대교번을 확인하였으나, 직접 산란에 관여하는 만 2세와 만 3세 이상의 어미 개체는 금강 본류에서 소수 확인되어 추후 무주남대천에 서식하는 만 2세 이상의 어미개체군 서식개체수 추정을 위한 잠수조사와 정치망 등 어구를 사용한 추가 모니터링이 필요하였다.

2003년부터 시작된 금강 어름치 복원을 위한 인공적인 치어의 방류 결과로 전라북도 무주군과 충청남도 금산군 일대의 금강 상류 지역에서 성어가 혼획되어 서식이 확인되었고, 특히 무주남대천은 2016~2018년에 덕유산국립공원의 어류상과 군집구조 연구를 통해 무주남대천의 지류하천인 원당천에서 어름치의 서식을 지속적으로 확인한 바 있다 (Yun and Park, 2021). 또한 본 연구에서도 무주남대천 일대에서 어름치 개체군이 2021년부터 2024년 현재까지 안정적으로 서식함이 확인되어, 현재 금강 상류 지역에는 무주남대천 하류에서 상류지역인 원당천까지 약 35 km 구간에서 어름치 개체군의 재도입 노력이 성공한 것으로 확인되었다.

국외의 '지구적 재도입 관점'의 기준에 따라 도입된 종들의 평가는 매우성공 (highly successful), 성공 (successful), 부분성공 (partially Successful) 및 실패 (failure)로 구분하고 있으며, 도입 후 매우성공으로 평가된 호주에 서식하는 rainbowfish (*Melanotaneia* sp.)의 경우 다음과 같이 5가지의 성공지표 (success indicators)를 제시하고 있다 (Soorea, 2018). 1. 도입된 집단은 어미 집단 내에 존재하고 있는 유전적 다양성을 유지하기에 충분한 수로 생존하고, 2. 도입된 집단은 성숙할 때까지 생존하고 성공적으로 산란하며, 3. 야생에서 산란된 자손 (wild spawned offspring)이 새로운 서식지 내에서 성공적으로 정착한다. 4. 도입된 개체군이 풍부하게 증가하며 (populations increase in abundance), 5. 잠재적으로 서식 가능한 전체 범위로 분산된다 (Unmark, 2016; Unmack and Hammer, 2016; Soorea, 2018).

금강에 재도입된 어름치는 1. 장기간 원 서식지에서 다양한 친어로부터 많은 수의 치어를 방류하였기에 유전적 다양성을 유지하기에 충분한 수가 서식하고 있으며, 2. 2016년부터 2024년까지 산란탑과 당년생 개체군이 지속적으로 모니터링되어 안정적인 세대교번이 확인되었고, 3. 무주남대천 하류에서 상류인 원당천까지 약 35 km 구간의 모든 수역에서 관찰되어 넓은 범위에 성공적인 정착과 풍부한 개체군이 서식하고 있어 매우성공으로 평가하였다.

성공적으로 정착한 금강 어름치의 종 보존을 위해서는 서식범위와 개체 수 변동 파악을 위한 지속적인 모니터링과 함께 멸종위기 야생생물 3종 (어름치, 감돌고기, 돌상어)이 서식하고 있지만, 도로공사 등의 지속적인 토목공사로 인해 물리화학적 교란 요인에 노출되어 있는 무주남대천을 보호할 수 있는 야생생물 보호구역 또는 특별보호구역으로 반드시 지정하여 보호할 필요가 있다.

## 요 약

2021년부터 2024년까지 금강과 무주남대천에서 천연기념물종인 어름치 *Hemibarbus mylodon*의 분포현황을 조사하였다. 2021년부터 2023년까지 충청남도 금산군의 금강 상류에서 5마리를 채집하였다. 2021년부터 2024년까지 무주남대천 15개의 정점을 조사하여 7개 정점에서 치어 1,592개체를 채집하여 서식을 확인하였다. 치어의 주요 서식지 특성은 유속이 완만한 여울 또는 소 (pool)가 형성된 무주남대천 중상류 지역으로 하천바닥에 암석과 모래가 깔린 수심 0.3~1.5 m, 유속

0.14~0.16 m/s로 나타났다. 산란 후 5월부터 10월까지 전장빈도분포법을 이용해 추정한 어름치 연령군은 체장 10~65 mm는 0세, 75~90 mm는 만 1세 연령군으로 추정하였다. 120 mm 이상 그룹은 2세, 190~250 mm 이상 그룹은 3세 이상으로 추정하였다. 2024년에는 무주남대천 15개의 조사 정점 중 6개 정점에서 총 35개의 어름치 산란탑을 확인하였다. 어름치 산란장소는 여울이 시작되는 여울 상부로 수심은 30~60 cm (평균 48.2 cm)로 돌과 자갈로 덮여 있었으며, 유속은 0.13~0.34 m/sec (평균 0.25 m/sec)였다. 산란탑의 크기는 길이 35~48 cm (평균 40.7 cm), 폭 25~37 cm (평균 34.5 cm), 높이 5~12 cm (평균 8.6 cm)로 나타났다. 따라서 무주남대천에 재도입된 어름치는 성공적으로 자연서식지내 정착 및 개체수가 증가하였다.

## 사 사

본 연구는 2024년도 국립수산과학원 수산연구사업 (R2024011)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 본 논문의 질적 향상을 위해 도움 주신 두 분의 심사위원께 감사드립니다.

## REFERENCES

Bang, I.C., Y.H. Lim, Y.S. Cho, S.Y. Lee and Y.K. Nam. 2007. Survey of expressed wequence tags from tissue-specific cDNA libraries in *Hemibarbus mylodon*, an endangered fish species. Aquacult, 20: 248-254.

Bang, I.C., Y.A. Lee and W.O. Lee. 2008. Cytogenetic analysis of three *Hemibarbus* species (Cypriniformes) from Korea. Aquacult, 21: 259-264.

CHA (Cultural Heritage Administration). 2009. Habitat status basic research of natural monument fish. Institute of Biodiversity, pp. 37-59.

CHA (Cultural Heritage Administration). 2012. Culture and restoration research of natural monument, *Hemibarbus mylodon*. Soonchunhyang University, Asan, 48pp.

CHA (Cultural Heritage Administration). 2014. Natural monument designation. Retrieved from http://www.cha.go.kr. version (09/2014).

CHA (Cultural Heritage Administration). 2021. Comprehensive survey of Natural Monument (Animal) Habitats (1st). Korea Institute of Environment Ecology, pp. 133-144.

Choi, K.C. and Y.K. Baek. 1970. On the life-history *Gonoproktopterus mylodon* (Berg). Korean J. Limnol., 3: 21-33.

Choi, K.C. 1987. Nature of Chungcheongnam-do Province, Freshwater fishes Edition. Chungcheongnam-do Education committee, pp. 67-68.

Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Amer. Midl. Nat'l., 67: 477-504. https://doi.org/10.2307/2422722.

Han, H.S., W.S., Choi and M.H. Ko. 2020. Has the restoration project of *Pseudopungtungia tenuicorpa* (Pisces: Cyprinidae) in the Jojongcheon Stream, Hangang River failed?. Kor. J. Ichthyol., 36: 48-57.

IUCN. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, 72pp.

Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects. In: Furukawa, J. (ed.). Insect I. Kenkyu-sha, Tokyo, Japan, pp. 171-317.

Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 37, Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, 329pp.

Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 467pp.

Ko, M.H., H.L. Kim, S.Y. Park and I.C. Bang. 2017. Egg development and early life history of the natural monument species *Hemibarbus mylodon* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. Kor. J. Ichthyol., 29: 101-108.

Ko, M.H., H. Yang and I.C. Bang. 2019. Recovery success and habitat status of the reintroduced endangered species, *Acheilognathus signifer* (Pisces: Cyprinidae: Acheilognathinae). Kor. J. Ichthyol., 31: 67-76.

Lee, Y.A., Y.E. Yun, Y.K. Nam and I.C. Bang. 2008. Genetic diversity of endangered fish *Hemibarbus mylodon* (Cyprinidae) assessed by AFLP. Aquaculture, 21: 196-200.

ME (Ministry of Environment). 1996. Natural environment conservation act (No. 13254).

ME (Ministry of Environment). 2005. Species conservation, restoration and development of propagation tecnique for the endangered endemic species among the freshwater fishes from Korea. Gunsan University, Gunsan, 537pp.

ME (Ministry of Environment). 2006. Studies on the genetic diversity, artificial propagation and restoration of a threatened national monument Fish *Hemibarbus mylodon*. Soonchunhyang University, Asan, 520pp.

ME (Ministry of Environment). 2009a. Development of genetic diversity analysis, culture and ecosystem restoration techniques for endangered fish, *Iksookimia choii*. Soonchunhyang University, Asan, 537pp.

ME (Ministry of Environment). 2009b. Culture and restoration research of *Pseudobagrus brevicorpus*. Inland Culture Research Center, National Institute of Fisheries Science, 75pp.

ME (Ministry of Environment). 2010. Culture and restoration of endangered species in the major rour river drainages. Institute of Biodiversity Research, Jeonju, 86pp.

ME (Ministry of Environment). 2011a. Development of culture techniques and construction of monitoring system for released seedlings of endangered fish *Koreocobitis naktongensis*. Soonchunhyang University, Asan, 250pp.

ME (Ministry of Environment). 2011b. Culture and restoration research of endangered freshwater fish (four species include

*Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, 359pp.

ME (Ministry of Environment). 2012. Culture and restoration research of endangered freshwater fishes (five species including *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, 269pp.

ME (Ministry of Environment). 2013. Post-monitoring of culture and restoration research of endangered Freshwater Fish. Soonchunhyang University, Asan, 204pp.

ME (Ministry of Environment). 2014. Monitoring of endangered freshwater fish and a study on the post-management Plan. Halla University, Wonju, 402pp.

ME (Ministry of Environment). 2016. A study on the establishment of master plan of endangered freshwater fish. Kumoh National Institute of Technology, Gumi, 379pp.

ME (Ministry of Environment). 2018. A study on conservation plan of endangered freshwater fish (*Pseudobagrus brevicorpus*). Soonchunhyang University, Asan, 204pp.

ME (Ministry of Environment). 2022. Conservation and management laws of wildlife (amendment of enforcement regulations) (Law No. 10977).

MLTM (Ministry of Land & Transport and Maritime Affairs). 2010. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages. Soonchunhyang University, Asan, 489pp.

MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2011. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages II. Soonchunhyang University, Asan, 363pp.

MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2012. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages III. Soonchunhyang University, Asan, 423pp.

Okcheon County. 2017. Research on Habitat monitoring and Conservation management of *Hemibarbus mylodon*, 141pp.

Park, J.M. and K.H. Han. 2024. Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the *Hemibarbus labeo* from Wicheon Stream, Nakdong-gang-River. Kor. J. Ichthyol., 36: 10-19.

Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.

Soorae, P.S. 2018. Global Reintroduction Perspectives: 2018. Case studies from around the globe. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group, Gland, Switzerland and Environment Agency, Abu Dhabi, UAE. 286pp.

Unmack, P.J. 2016. Update on saving Running River Rainbowfish. Fishes of Sahul 30(3): 1025-1032.

Unmack, P.J. and M.P. Hammer. 2016. Burdekin rainbowfish on the verge of disappearing from the Running River! Fishes of Sahul 29(4): 933-937.

WPOE (Wonju Provincial Office of Environment). 2017. Culture and restoration research of endangered wildlife (*Brachymystaxlenok tsinlingensis*). Kangwon Univeristy, Chuncheon, 45pp.

WPOE (Wonju Provincial Office of Environment). 2018. Culture and restoration research of endangered wildlife (*Rhodeus pseudosericeus*) (Second year). Kangwon Univeristy, Chuncheon, 45pp.

Yun, S.W. and J.Y. Park. 2021. Fish Fauna and Community Structure in the Deogyusan national Park, Korea. Kor. J. Ichthyol., 33: 126-141.