

금강의 용담댐에서 대청댐까지 서식하는 감돌고기 (*Pseudopungtungia nigra*)의 서식범위 및 물리적 서식지 평가

Evaluation of habitat range and physical habitat of black shinner (*Pseudopungtungia nigra*) from Yongdam to Daechong Dam in Geum River

허준욱^{1*} · 김경훈²

¹군산대학교 교수, ²생물모니터링센터 대표이사

Jun Wook Hur^{1*} and Kyung Hoon Kim²

¹Professor, Aquaculture and Aquatic Science major, Kunsan National University, Korea

²CEO, Bio-Monitoring Center, Korea

Received 17 September 2019, revised 23 September 2019, accepted 23 September 2019, published online 31 December 2019

ABSTRACT: In this study, a fish survey was conducted to investigate the habitat status of black shinner (*Pseudopungtungia nigra*) designated as endangered species level from the lower part of Yongdam Dam to the upper part of Daechong Dam. Biodiversity analysis was performed on the basis of the number of fish emerged, and biological health and physical habitat environment were quantitatively analyzed using collected *P. nigra*. According to the survey, the habitat range of *P. nigra* was found from Banguri-myeon, Buri-myeon, Geumsan-gun, downstream of Yongdam Dam. The biodiversity analysis results of all species appeared to be low in overall dominance index and relatively high in species diversity and uniformity index. In addition, *P. nigra* collected in this study was confirmed to have normal growth and nutritional status by the full-length-weighted relativities and condition factor. The physical habitat environment of *P. nigra* was 0.3 - 0.6 m in depth, 0.3 - 0.7 m/s in flow rate, and bed materials showed high frequency of occurrence in the range of cobbles (64.0 - 256.0 mm) to boulders (>256.0 mm). These results are expected to be used as data for habitat restoration and management in the future as basic data on the spatial range and preferred physical habitat environment of *P. nigra* in Geumgang.

KEYWORDS: Geum River, Habitat range, Physical habitat, *Pseudopungtungia nigra*

요약: 금강의 용담댐 하류부터 대청댐 상류 구간을 대상으로 멸종위기 1급으로 지정된 감돌고기의 서식 실태를 파악하고자 어류조사를 실시하였다. 출현된 어류의 개체수를 기준으로 생물다양도 분석을 실시하였고, 채집된 감돌고기를 이용하여 생물학적 건강성 및 물리적 서식환경을 정량적으로 분석하였다. 조사결과에 따르면 감돌고기의 서식범위는 용담댐 하류부터 대청댐 상류 가덕교 700 m 하류 지점까지 서식이 확인되었다. 전체 출현종의 생물다양도 분석결과는 전체적으로 우점도 지수가 낮았고, 상대적으로 종 다양도 및 균등도 지수가 높아 어류군집이 안정된 것으로 평가되었다. 또한 본 연구에서 채집된 감돌고기는 전장-무게 상대성장률 및 비대지수 (CF) 분석결과 정상적인 성장 및 영양 상태로 확인되었다. 감돌고기의 물리적 서식환경은 수심 0.3 - 0.6 m, 유속 0.3 - 0.7 m/s, 하상재로는 호박돌 - 전석의 범위에서 높은 출현빈도로 나타났다. 이와 같은 결과는 금강에서 감돌고기의 공간적인 서식범위와 선호하는 물리적 서식환경에 대한 기초자료로서 향후 서식지 복원 및 관리를 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어: 금강, 서식 범위, 물리적 서식지 평가, 감돌고기

*Corresponding author: junwhur@kunsan.ac.kr, ORCID 0000-0002-5241-0920

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

금강은 전라북도 장수군 장수읍 수분리의 신무산 (896.8 m) 동쪽 계곡에서 발원하여 충청남도과 전라북도의 도계를 이루는 서천군과 군산시 사이의 하구언에서 서해로 유입하는 강이다. 유로 연장 397.3 km, 유역면적 9912.2 km²인 한국 6대 하천 중 하나이며, 남한에서는 낙동강, 한강에 이어 3번째로 긴 강이다. 금강으로 유입되는 주요 지류는 정자천, 주자천, 무주남대천, 초강천, 봉황천, 영동천, 보청천, 갑천, 미호천, 유구천, 지천 및 논산천 등이 있다.

우리나라의 하천에 서식하는 담수어류는 61종의 고유종을 포함하여 215종이며, 이 중에서 외국에서 도입되어 정착한 어류는 12종으로 알려져 있다 (Son and Song 2006). 금강에 서식하는 어류는 16목 37과 139종으로 잉어과가 36%로 50종이 출현하는 것으로 보고하였으며 (Son and Song 2006), 1992년 연구에서는 18과 70종이 출현하는 것으로 보고하였다(An et al. 1992).

감돌고기(*Pseudopungtia nigra*)는 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어류이며, 우리나라 금강, 웅천천 및 만경강에 분포하는 고유종이다. 최근 감돌고기는 하천의 교란과 오염으로 서식지 및 개체수가 감소하고 있다. 환경부는 1998년 멸종위

기종으로 지정하여 법적으로 보호하고 있다. 감돌고기에 대한 연구는 분포, 서식지 및 먹이생물 등의 생태(Jeon 1977), 초기 발생(Hong et al. 1991), 돌고기와 자연잡종(Kim et al. 1991), 산란습성 및 초기 생활사(Lee et al. 2004), 깍지산란장을 이용한 탁란(Kim et al. 2004) 및 서식지에 대한 멸종관련(Kang et al. 2001) 생태학적 연구가 진행되었다. 최근에는 환경부는 웅천천 등에서 감돌고기 종자생산 및 방류하는 복원 사업을 진행하였다(Ministry of Environment 2015).

본 연구에서는 금강수계중 금강 본류 (용담댐 하류 - 대청댐 상류)에서 감돌고기의 서식 범위 및 감돌고기 채집 지점의 유속, 수심 및 하상재료에 대한 물리적 서식 조건 자료를 얻고자 조사하였으며, 이를 기초로 하여 개체 및 군집의 생태적 자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사지점

금강의 용담댐 하류 (충청남도 금산군 부리면 방우리)부터 대청댐 상류 (충청북도 옥천군 동이면 청마리) 구간까지 12개의 지점을 선정하여 조사를 수행하였다 (Fig. 1 및 2). 조사지점은 5개의 정점지점과 7개의 추가

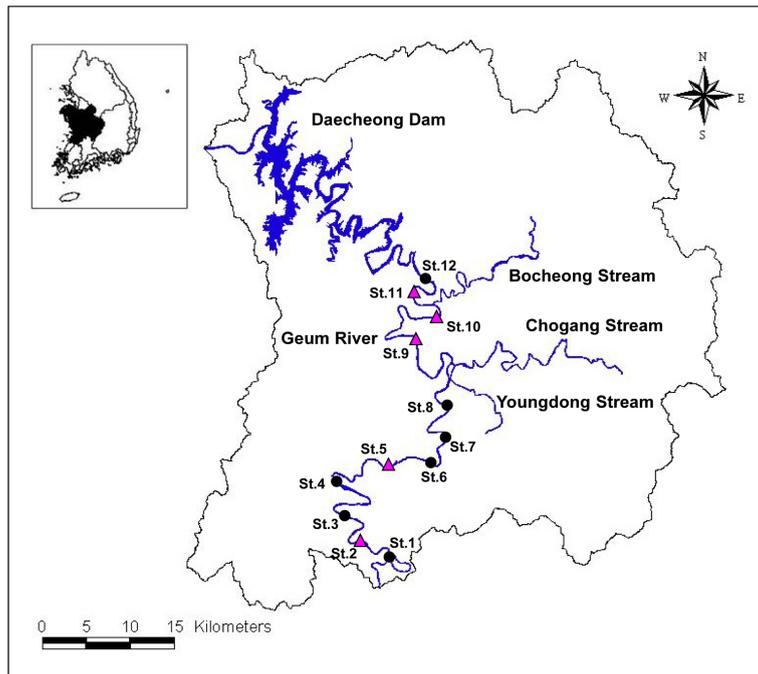


Fig. 1. Location map of survey sites of Geum river.

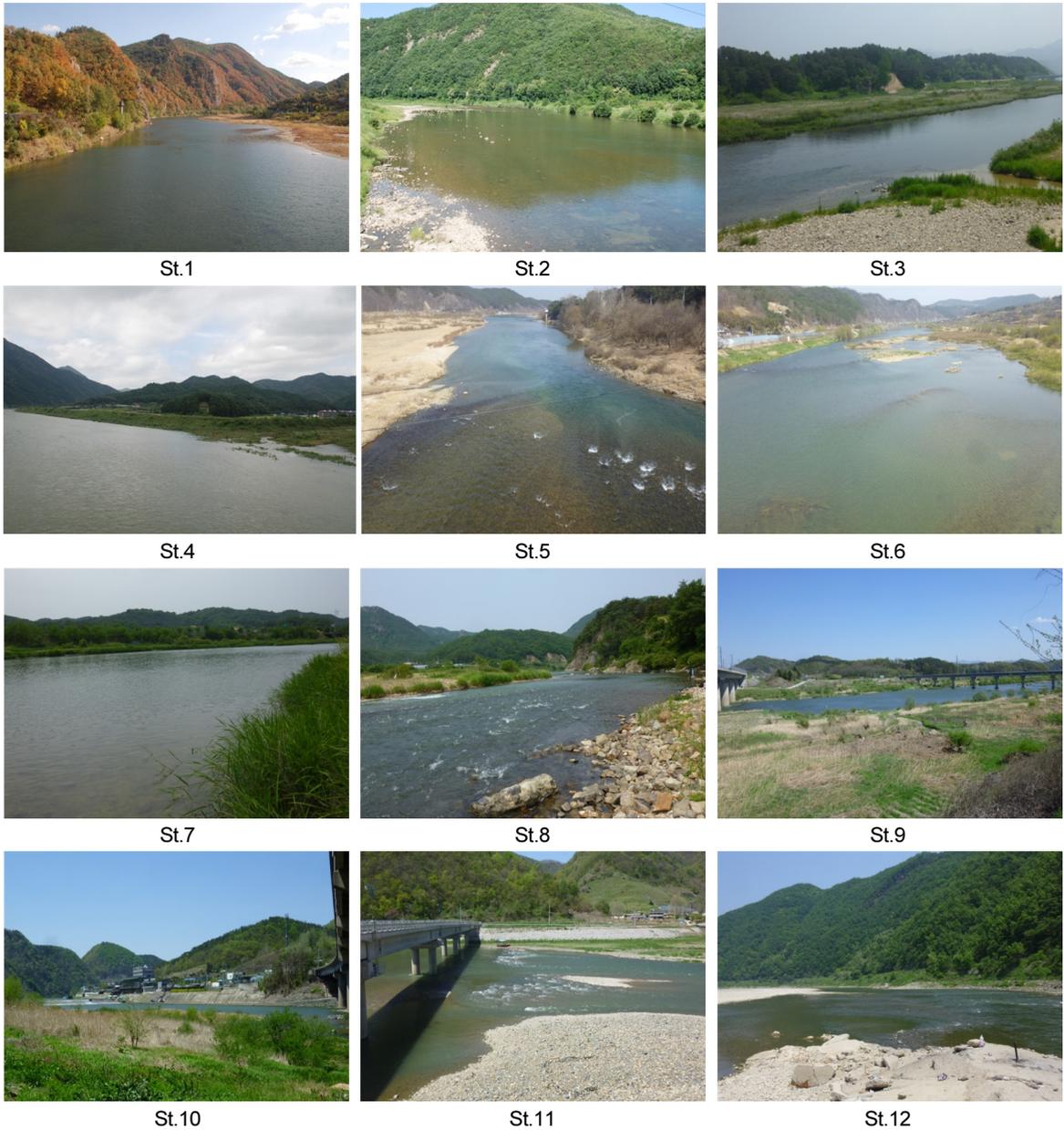


Fig. 2. Photo of survey sites.

지점으로 구분하였으며, 정점지점의 경우 전체 어류상 및 감돌고기의 상대풍부도를 산출하는 것을 목적으로 하였고, 추가지점은 전체적인 어류상 보다는 감돌고기의 서식 유무에 초점을 두고 모니터링 하였다. 각 조사 지점에 대한 행정구역명은 다음과 같다.

St.1 : 충청남도 금산군 부리면 방우리
(N 36 00'54.67", E 127 37'01.95")

St.2 : 충청북도 영동군 부리면 수통리 수통대교
(N 36 03'40.72", E 127 35'42.93")

St.3 : 충청남도 금산군 부리면 평촌리 무지개교
(N 36 04'40.10", E 127 34'08.30")

St.4 : 충청남도 금산군 제원면 천내리 제원대교
(N 36 06'39.54", E 127 34'01.74")

St.5 : 충청북도 영동군 양산면 호탄리 호탄교
(N 36 07'48.76", E 127 38'42.35")

- St.6 : 충청북도 영동군 양산면 봉곡리 봉곡교
(N 36 07'47.70", E 127 40'58.99")
- St.7 : 충청북도 영동군 양강면 구강리 구강교
(N 36 09'02.48", E 127 42'10.37")
- St.8 : 충청북도 영동군 심천면 기호리 금호교
(N 36 11'19.17", E 127 42'20.99")
- St.9 : 충청북도 옥천군 이원면 백지리 이원대교
(N 36 14'25.20", E 127 40'11.12")
- St.10 : 충청북도 옥천군 동이면 조령리 금강4교
(N 36 16'44.63", E 127 41'40.47")
- St.11 : 충청북도 옥천군 청성면 합금리 청마교
(N 36 18'13.48", E 127 39'48.49")
- St.12 : 충청북도 옥천군 동이면 청마리 가덕교
(N 36 18'30.77", E 127 41'29.61")

2.2 현장조사

2.1.1 정점조사

정점지점에 대한 조사는 2012년 3월부터 11월까지 4회 조사를 실시하였다. 어류의 채집은 정량화된 Catch Per Unit Effort (CPUE)를 위해 조사지점 기준 상류 및 하류 각각 200 m의 구간에서 60분씩 실시하였으며, 소(pool), 여울(riffle) 및 흐름이 있는 곳(run)을 모두 포함하여 조사하였다. 하천특성에 따라 어류의 채집은 투망(망목, 6 × 6 mm) 및 족대(망목, 4 × 4 mm)를 사용하였다. 투망으로 채집은 정량적 조사를 수행하기 위하여 지점별로 15 - 20회씩 동일하게 투척하였으며, 족대는 하천 좌우안 수초와 호박돌 주변에서 채집하였다. 감돌고기가 채집된 장소에서는 투망 및 족대 채집 지점에서 포획 후에 유속계를 사용하여 유속(m/s) 및 수심(m)을 기록하였으며, 하상구조는 Woo (2004)의 기준에 따라 확인하였다. 현장에서 채집된 어류는 동정이 가능한 종은 현장에서 확인한 후 방류하며, 채집된 어류 중에서 분류 및 동정이 모호한 표본은 10% 포르말린 용액에 고정하여 연구실로 운반한 후 동정하였다. 어류상 및 우점도 분석을 위해서 채집어류의 출현 개체수에 따라 상대풍부도를 분류하였으며, 이를 근거로 하여 우점종(dominant species) 및 아우점종(subdominant species)을 확인하였다. 어종의 동정은 Kim and Kang(1993), Kim and park(2002)의 문헌을 참고하였으며, 분류체계는 Nelson(1994)의 방법으로 정리하였다..

2.2.1 서식범위 조사

조사지점에서 감돌고기가 서식하는 범위를 알아보기 위하여 최하류 지점(St.12)부터 최상류 지점(St.1)까지 올라가면서 감돌고기 모니터링을 실시하였다. 각 지점을 기준으로 상류 및 하류에 추가지점을 선정하였으며, 지점별로 2회(5월 및 9월) 실시하였다. 감돌고기 채집 방법은 정점 조사와 동일하게 투망 및 족대를 이용하였다. 정점 조사와는 다르게 전체 어류상 보다는 감돌고기 서식의 유무에 초점을 맞추어 모니터링하였으며, 감돌고기 서식이 확인되면 다음 조사 지점으로 이동하여 조사를 실시하였다.

2.3 생물다양도

어류상(fish fauna) 및 우점도 분석을 위해서 채집어류의 출현 개체수에 따라 상대풍부도를 분석하였으며, 이를 근거로 하여 우점종(dominant species) 및 아우점종(subdominant species)을 확인하였다. 군집분석(community analysis)은 어종(fish species)의 개체수를 기준으로 우점도(dominance index, DI), 종다양도(diversity index, H), 균등도(evenness, E) 및 종풍부도(richness, R)를 산출하였다. 산출 방법과 식은 다음과 같다.

우점도는 환경의 변화가 악화될수록 특정종의 우세를 나타낸다. 각 조사 지점의 어종별 개체 출현에 대하여 대상어종의 우점도를 산출하였다(Eq. 1) (McNaughton 1967).

$$D = n_i/N \quad (\text{Eq. 1})$$

(D: 우점도, N: 총 개체 수, n_i : 제 I번째 종의 개체수)

종다양도는 군집분석시 가장 많이 쓰이고 있으며, 풍부성을 지닌 종뿐만 아니라 보다 희귀성을 지닌 종까지 가치를 부여하는 방법으로 Margalef(1958)의 정보 이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (Pielou 1975)을 사용하여 도출하였다(Eq. 2).

$$H = -\sum P_i \ln P_i \quad (P_i = n_i/N) \quad (\text{Eq. 2})$$

균등도는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 표현되며, 각 다양도 지수는 군집 내 모든 종의 개체수

가 동일할 때가 최대가 되므로 결국 균등도 지수는 군집 내 종구성의 정도를 나타내는 것으로 Pielou (1975)의 Eq. 3을 사용하였다.

$$E = H'/\ln(S) \quad (\text{Eq. 3})$$

(E: 균등도, H': 다양도, S: 전체 종 수)

종풍부도는 군집 내에 존재하는 종의 수에 근거한 종의 밀도이다. 단위 지점별 종의 출현을 나타내며 이때 고려할 것은 전체종의 수(S)이다. 본 조사 시 각 조사 지점별 총 개체수와 총 종수의 값으로 기초로 하여 Margalef (1958)의 지수를 산출하였으며, Eq. 4는 아래와 같다.

$$R = (S-1)\ln(N) \quad (\text{Eq. 4})$$

(R: 풍부도, S: 전체 종 수, N: 총 개체 수)

2.4 생물학적 건강성

채집된 감돌고기는 전장 (mm), 체고 (mm) 및 무게 (g)를 현장에서 측정 한 후에 즉시 방류하였다. 전장과 체고는 1 mm까지 계측하였으며, 무게는 휴대용 전자 저울을 이용하여 0.1 g까지 계량하였다. 감돌고기의 생물학적 건강성 평가를 위해 길이-무게 상대성장식 및 비만도 (condition factor, CF)를 산출하여 활용하였다. 어체에 대한 길이 (mm)-무게 (g)의 상관관계 및 어류의 전장과 체중을 이용한 개체군의 평가 시 사용되는 유용한 Eq. 5와 같다. 이때 매개변수 b값이 3.0보다 크면 길이에 비해 비대하다는 것을 의미하고, 반대로 b값이 3.0보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않다는 것으로 고찰하였다.

$$TW = a TL^b \quad (\text{Eq. 5})$$

(TW=total weight (g), TL=total length (mm), a와 b=parameters)

Index of well-being에 해당하는 fulton-type의 비대 지수 (condition factor, CF)를 알아보는 Eq. 6과 같다.

$$CF = TW/TL^3 \times 10^5 \quad (\text{Eq. 6})$$

2.5 물리적 서식지 평가

채집된 감돌고기에 대한 생물학적 측정 자료와 물리적 서식지 측정 자료를 정리하여, 감돌고기의 크기에 대한 수심, 유속 및 하상재료에 따른 분포를 알아보았다. 또한 각 조사 하천에서 감돌고기가 제일 많이 출현하는 수심, 유속 및 하상재료를 평가하였다.

3. 결 과

3.1 조사지점의 서식지 특성

조사지점의 하천차수는 7차 하천부터 8차 하천까지였으며, 하폭은 최소 100 m부터 최대 300 m까지로 조사되었다. 조사지역은 직선구간과 만곡구간이 반복되어 수심 및 유속의 범위가 넓었다. 대부분의 지점에서 하천 중심부는 수심이 깊고 유속이 빨라 접근하기 어려웠다. 하상재료의 분포는 시기별로 큰 변동이 없었으며, 굵은자갈 및 호박돌의 비율이 높은 것으로 확인되었다 (Table 1).

3.2 정점조사

3.2.1 어류상 및 상대풍부도

정점지점에서 채집된 어류는 총 7과 30종 1,486개체였다 (Table 2). 과별 종수는 잉어과 (Cyprinidae)가 20종으로 가장 많이 출현하였으며, 동자개과 (Bagridae), 꺾지과 (Centropomidae), 동사리과 (Odontobutidae) 및 망둑어과 (Gobiidae) 어류가 2종씩 출현하였고 미꾸리과 (Cobitidae) 및 통가리과 (Liobagrusobesus) 어류는 각각 1종씩 채집되었다. 이와 같이 잉어과 어류가 출현율이 높은 것은 우리나라의 서해와 남해로 흐르는 하천들의 공통된 현상으로 이전에 보고하였던 많은 보고 자료와 유사하였다.

우리나라 고유종은 줄납자루 (*Acheilognathus yamatsutae*), 칼납자루 (*Acheilognathus koreensis*), 쉬리 (*Coreoleuciscus splendidus*), 꾸구리 (*Gobiobotia macrocephala*), 돌상어 (*Gobiobotia brevibarba*), 돌마자 (*Microphysogobio yaluensis*), 감돌고기 (*Pseudopungtungia nigra*), 중고기 (*Sarcocheilichthys nigripinnis morii*), 참중고기 (*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*), 물개 (*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니 (*Zacco coreanus*), 참

Table 1. Environment of survey sites

Station	Stream order	River width (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	*Substrate size (%)					
					1	2	3	4	5	6
St.1	7	150~200	0.3~1.5	0.0~0.3	0	0	10	30	40	20
St.2	7	130~180	0.2~1.0	0.0~0.6	0	0	20	30	40	10
St.3	7	100~120	0.5~1.0	0.2~0.7	0	10	20	40	20	10
St.4	7	170~250	0.5~1.3	0.0~0.4	0	20	30	20	20	10
St.5	8	200~230	0.4~1.5	0.3~1.0	0	30	20	40	10	0
St.6	8	180~230	0.5~2.0	0.2~0.7	0	30	10	20	30	10
St.7	8	200~270	0.3~1.2	0.0~0.5	0	10	0	40	30	20
St.8	8	160~210	0.2~0.9	0.3~1.5	0	0	10	30	40	20
St.9	8	240~300	0.5~1.5	0.5~1.0	0	20	0	30	30	20
St.10	8	170~250	0.2~1.6	0.3~2.0	0	20	0	30	30	20
St.11	8	200~230	0.4~1.8	0.0~1.5	0	50	10	10	30	0
St.12	8	180~230	0.5~2.0	0.5~2.0	0	20	0	20	30	30

* Substrate size : 1 (silt, Si, <0.062 mm), 2 (sand, Sa, 0.062 - 2.0 mm), 3 (fine gravels, Fg, 2.0 - 16.0 mm), 4 (coarse gravels, Cg, 16.0 - 64.0 mm), 5 (cobbles, Co, 64.0 - 256.0 mm), 6 (boulders, Bo, >256.0 mm)

Table 2. The list and individual number of collected fishes in survey sites

Species		St.2	St.5	St.9	St.10	St.11	Number	RA(%)
Cyprinidae	<i>Acheilognathus intermedia</i>		5		28	25	58	3.9
	<i>Acheilognathus rhombeus</i>			16	24	4	44	3.0
	^o <i>Acheilognathus yamatsutae</i>	4		2	9		15	1.0
	^o <i>Acheilognathus koreensis</i>	20	14	12	5		51	3.4
	<i>Hemibarbus labeo</i>		2	3	3	14	22	1.5
	^o <i>Coreoleuciscus splendidus</i>	65	48	42	2	7	164	11.0
	<i>Hemibarbus longirostris</i>	6	4	2	10	15	37	2.5
	^o <i>Gobiobotia macrocephala</i>	2	4				6	0.4
	^o <i>Gobiobotia brevibarba</i>	10	2				12	0.8
	^o <i>Microphysogobio yaluensis</i>	16	14	10	1	4	45	3.0
	<i>Pseudogobio esocinus</i>		3	2		30	35	2.4
	<i>Pungtungia herzi</i>	30	18	15	12	14	89	6.0
	^o <i>Pseudopungtungia nigra</i>	41	20	27	15	18	121	8.1
	^o <i>S. nigripinnis morii</i>	1			1		2	0.1
	^o <i>S. variegatus wakiyae</i>	7		3	1		11	0.7
	^o <i>S. chankaensis tsuchigae</i>		4		5	6	15	1.0
	<i>Zacco platypus</i>	74	136	102	45	70	427	28.7
	<i>O. uncirostris amurensis</i>				3	4	7	0.5
	^o <i>Zacco koreanus</i>	80	32	33		8	153	10.3
	<i>Erythroculter erythropterus</i>				1	1	0.1	
Cobitidae	^o <i>Iksookimia koreensis</i>	9	11	5	3	28	1.9	
Bagridae	^o <i>Pseudobagrus koreanus</i>			5		5	0.3	
	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>			1	3	2	6	0.4
Liobagrusobesus	^o <i>Liobagrus mediadiposalis</i>	7	2			9	0.6	
Centropomidae	<i>Siniperca scherzeri</i>				1	2	3	0.2
	^o <i>Coreoperca herzi</i>	18	7	13	2	4	44	3.0
Odontobutidae	^o <i>Odontobutis platycephala</i>	9	6	3	1	2	21	1.4
	^o <i>Odontobutis interrupta</i>			2			2	0.1
Gobiidae	<i>Rhinogobius brunneus</i>	6	5		8	10	29	2.0
	<i>Tidentiger brevispinis</i>					24	24	1.6
Number of family		6	6	5	6	5	7	
Number of species		18	19	19	22	19	30	
Number of individual		405	337	298	183	263	1,486	

* ° : Korean endemic species

* RA : relative abundance

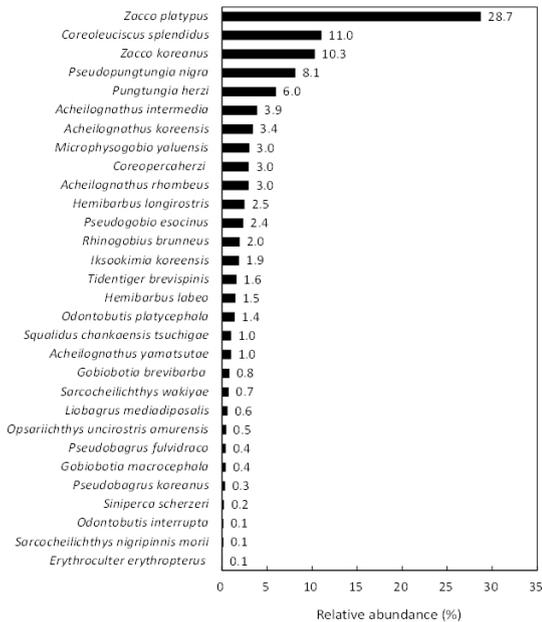


Fig. 3. Relative abundance of collected fish in survey sites.

종개 (*Iksookimia koreensis*), 눈동자개 (*Pseudobagrus koreanus*), 자가사리 (*Liobagrus mediadiposalis*), 꺾지 (*Coreoperca herzi*), 동사리 (*Odontobutis platycephala*) 및 얼룩동사리 (*Odontobutis interrupta*) 등 6과 17종 704개체가 채집되어 47.4%의 고유화 빈도를 나타냈으며, 외래어종은 출현하지 않았다. 환경부에서 멸종위기 야생생물로 지정된 어종은 감돌고기 (1급), 꾸구리 (2급) 및 돌상어 (2급) 3종이 확인되었다. 전체 어종 중 피라미 (*Zacco platypus*)가 427개체 (27.8%)였고, 쉬리는 164개체 (11.0%)가 채집되어 각각 우점종과 아우점종으로 나타났다. 그 외에 참갈겨니가 153개체 (10.3%), 감돌고기 121개체 (8.1%), 돌고기 (*Pungtungia herzi*) 89개체 (6.0%), 납자루 (*Acheilognathus lanceolatus*) 3.9%, 납지리 (*Acheilognathus rhombeus*) 3.0%, 꺾지 (3.0%)순으로 조사되었다 (Fig. 3).

3.2.2 생물다양도

금강의 조사정점에서 출현한 어류군집에 대한 생물다양도 분석결과 우점도 지수는 0.20 - 0.40의 범위로 St.2에서 가장 낮았고, St.5에서 가장 높은 것으로 나타났다. 우점도 지수와 상반된 지수인 종 다양도 지수는 2.14 - 2.48의 범위로 St.5에서 가장 낮았고, St.11에서 가장 높은 것으로 확인되었다. 군집 내 종 구성의 정도

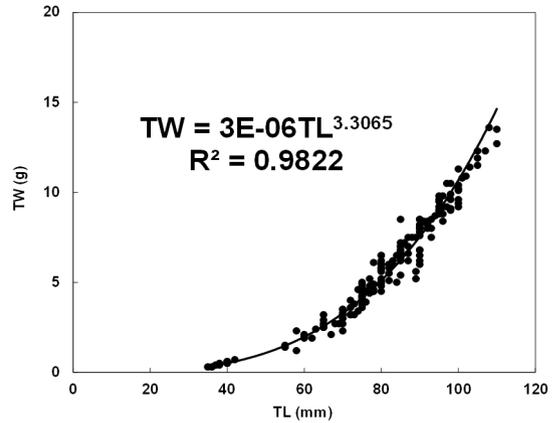


Fig. 4. Length-weight relative growth of *Pseudopungtungia nigra*. TL : total length, TW : total weight.

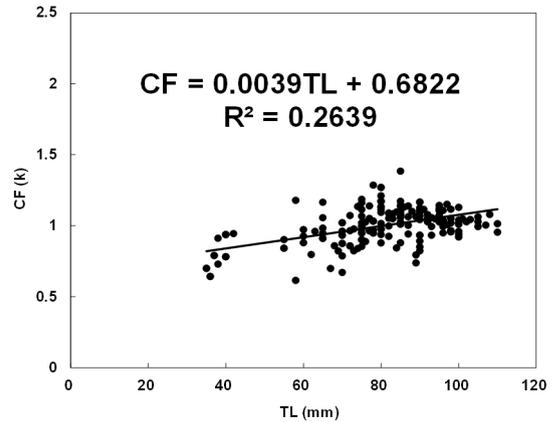


Fig. 5. Condition factor of *Pseudopungtungia nigra*. CF : condition factor, TL : total length.

를 나타내는 균등도 지수는 지점별로 0.73 - 0.84의 범위를 보였으며, St.11에서 가장 높았고, St.5에서 가장 낮게 나타났다. 군집 내 종의 밀도를 나타내는 풍부도 지수의 범위는 2.83 - 4.03이었으며, St.10에서 가장 높게 나타난 반면 St.2에서 가장 낮은 값을 보였다 (Table 3).

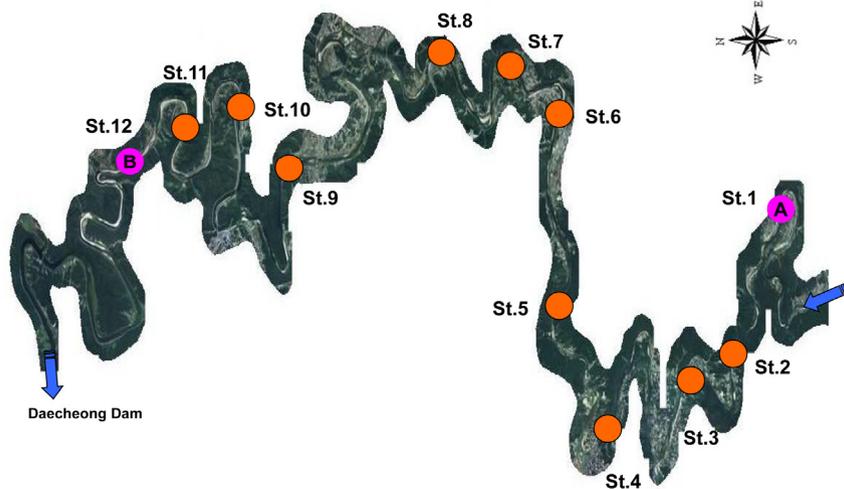
3.2.3 생물학적 건강성

조사 지점에서 출현한 감돌고기의 생물학적 건강성 평가는 개체의 크기 (전장 및 체고, mm) 및 무게 (g)를 측정하여 비만도 및 전장-무게의 상대성장식을 구하였으며, 그 결과는 Fig. 4 및 5와 같다.

감돌고기 183개체를 대상으로 전장 (total length, TL)의 범위는 35.0 - 110.0 mm였으며, 평균 80.0 ± 17.0 mm로 나타났다. 체중의 범위는 0.3 - 13.6 g이었으며, 평균 5.8 ± 3.1 g으로 다양한 크기의 어류가 채집되었다.

Table 3. Bio-diversity analysis of collected fish

Stations	Dominance index	Diversity index	Evenness index	Richness index
St.2	0.20	2.38	0.82	2.83
St.5	0.40	2.14	0.73	3.09
St.9	0.34	2.22	0.75	3.16
St.10	0.25	2.46	0.80	4.03
St.11	0.27	2.48	0.84	3.23
Average	0.29	2.34	0.79	3.27

**Fig. 6.** Habitat area of *Pseudopungtungia nigra*.

길이 (TL)-무게 (TW)의 경우, 상대성장식 $TW=3E-06TL^{3.3065}$ ($R^2=0.9822$) ($n=183$)의 식을 나타냈으며, 매개변수 b값이 3.3065로 양호한 상태를 보였다. 매개변수 값이 3.0보다 크면 길이에 비해 비대하다는 것을 의미하고, 반대로 b값이 3.0보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않다는 것을 의미한다. 따라서 본 조사에서 나타난 감돌고기는 3.0보다 크기 때문에 길이에 비하여 비대함을 알 수 있다.

Index of well-being에 해당하는 fulton-type의 비만도 (condition factor)를 분석한 결과, 최소 0.62부터 최대 1.38까지 다양한 영양 상태를 확인하였으며, 전체 평균은 1.00 ± 0.13 으로 나타났다. 또한 추세선의 기울기 값이 양의 값을 나타내어 개체가 성장함에 따라 비만도가 증가하는 것을 확인하였다.

3.3 서식범위 조사

본 연구의 조사구간에서 나타난 감돌고기의 서식범

위는 하류구간의 경우 대청댐 상류인 충청북도 옥천군 동이면 청마리 가덕교 700 m 하류지점에서 서식이 확인되었다. 이보다 하류는 대청댐 영향으로 물의 수심이 깊어지고, 유속이 느려지는 호수와 유사한 하천 형태를 보여주고 있어 채집되지 않았다. 본 지점을 최하류로 상류로 올라가면서 감돌고기의 서식을 확인하였는데 각 지점마다 서식하고 있는 것으로 나타났다. 최상류 지점인 충청북도 금산군 부리면 방우리 채집 지점에서도 감돌고기 서식이 확인되었다. 따라서 금강에서는 대청댐 상류인 가덕교 700 m 하류 지점까지 감돌고기가 서식하는 것으로 조사되었다 (Fig. 6).

3.4 물리적 서식지 평가

본 연구에서 채집된 183개체의 감돌고기에 대한 서식지 평가를 위해 채집된 어류의 크기, 채집장소의 수심, 유속 및 하상재료 등을 기록하여 서식지 평가에 이용하였다. 수심 (D)과 유속 (V)의 상관관계식은 $V=$

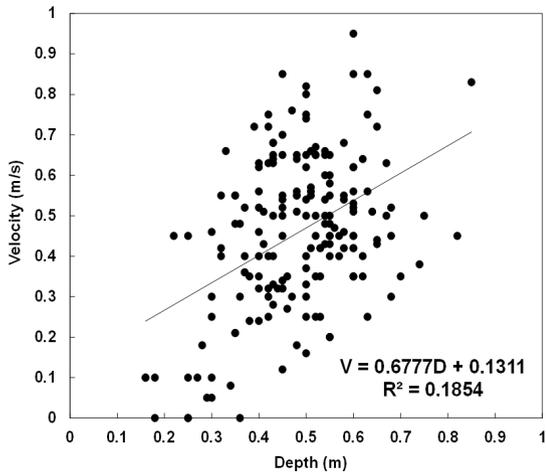


Fig. 7. Correlation of *Pseudopungtungia nigra* Depth and Velocity. D : depth, V : velocity.

0.6777D+0.1311 ($R^2=0.1854$)이었다. 전체적으로 유속이 빨라질수록 수심이 깊어지는 것으로 나타났다 (Fig. 7). 실제로 감돌고기 작은 개체는 9월에 하천의 중간부분보다는 좌안과 우안의 수심이 얇고 유속이 느린 곳에서 10마리 내외로 군집을 이루면서 서식하고 있었다. 이보다 큰 개체는 하천의 중심 또는 그 주변에 몇 마리씩 무리를 지어 생활하고 있는 것으로 확인되었다.

크기에 대한 수심의 분포는 직선식인 $D=0.0048TL+0.0969$ ($R^2=0.4541$)로 나타났다 (Fig. 8a). 이는 전장이 커질수록 감돌고기는 수심이 깊은 곳에 많이 서식하고 있음을 알 수 있었다. 수심별 감돌고기의 출현율은 최소수심이 0.16m이었으며, 가장 깊은 곳은 0.85m였다. 수심이 더 깊은 곳에서 감돌고기가 살지만, 본 조사에서 투망 및 족대로 채집을 하였기 때문에 이 보다 더 깊은 곳에서는 통계로 정리를 하지 못하였다. 가장 많은 출현율을 보인 수심은 0.5 - 0.6 m로 59개체가 채집되어 32.2%를 차지하였다. 다음으로 0.4 - 0.5 m의 수심에서 56개체 30.6%가 출현하였고, 0.3 - 0.4 m의 수심에서는 29개체로 15.8%의 출현율을 나타냈다. 따라서 수심 0.4 - 0.7 m에서 144개체가 채집되어 전체의 78.7%의 출현율을 나타내었다 (Fig. 9a).

크기에 대한 유속의 분포는 직선식인 $V=0.0063TL-0.0401$ ($R^2=0.3058$)로 나타났다 (Fig. 8b). 이는 전장이 커질수록 감돌고기는 유속이 빠른 곳에 많이 서식하고 있음을 알 수 있었다. 유속별 감돌고기의 출현율은 최소 0m/s로부터 최대 0.95 m/s에서 출현하는 것으로

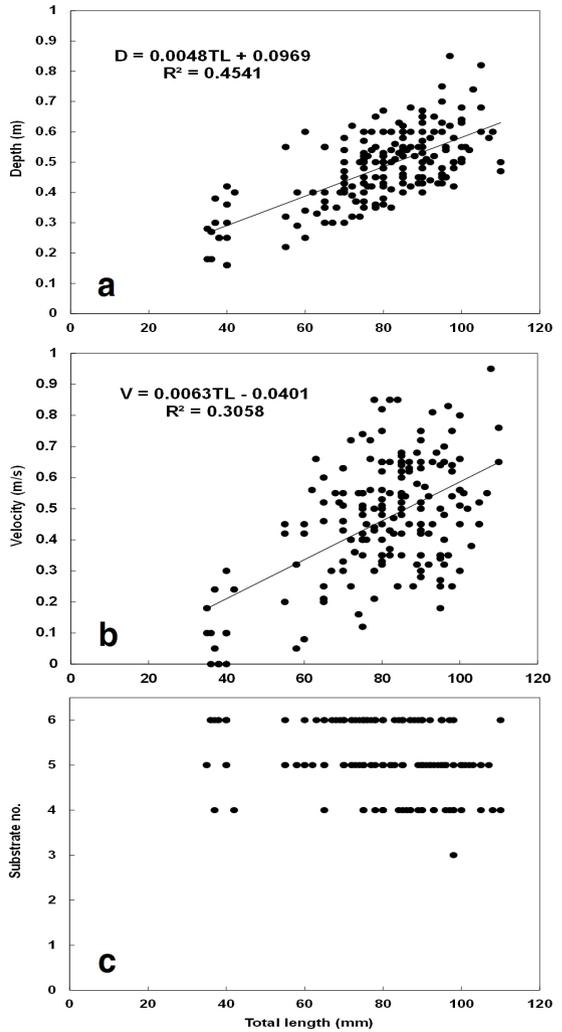


Fig. 8. Physical distribution characteristics of *Pseudopungtungia nigra*. D : depth, TL : total length, V : velocity.

확인되었다. 가장 많은 출현율을 보인 유속의 범위는 0.4 - 0.5 m/s로 39개체가 채집되어 21.3%의 비율을 보였다. 그 외에 0.5 - 0.6 m/s에서 32개체 및 17.5%, 0.3 - 0.4 m/s에서 31개체 및 16.9%, 0.6 - 0.7 m/s에서 28개체 및 15.3%가 출현하였다. 따라서 감돌고기가 주로 출현한 유속의 범위는 0.3 - 0.6 m/s로 130개체가 채집되어 71.0%의 출현율을 나타내었다 (Fig. 9b). 유속의 서식 범위는 수심과는 약간 다르게 그 분포 범위가 아주 넓게 나타난 특징을 보여주고 있다. 감돌고기는 어린 개체들은 유속에 견딜 수 있는 내성 범위가 좁겠으나, 큰 개체들은 산란 및 먹이를 먹기 위해서 하천 가장자리 전석(바위) 또는 호박돌이 있는 아주 유속이 느린 곳에

Table 4. Physical habitat range of *Pseudopungtungia nigra*

Factor	Range	Individual	*RA(%)
Depth (m)	0.3 - 0.6	144	78.7
Velocity (m/s)	0.3 - 0.7	130	71.0
*Substrate size	5 - 6	154	84.2

* RA : relative abundance

* Substrate size : 1 (silt, Si, <0.062 mm), 2 (sand, Sa, 0.062 - 2.0 mm), 3 (fine gravels, Fg, 2.0 - 16.0 mm), 4 (coarse gravels, Cg, 16.0 - 64.0 mm), 5 (cobble, Co, 64.0 - 256.0 mm), 6 (boulders, Bo, >256.0 mm)

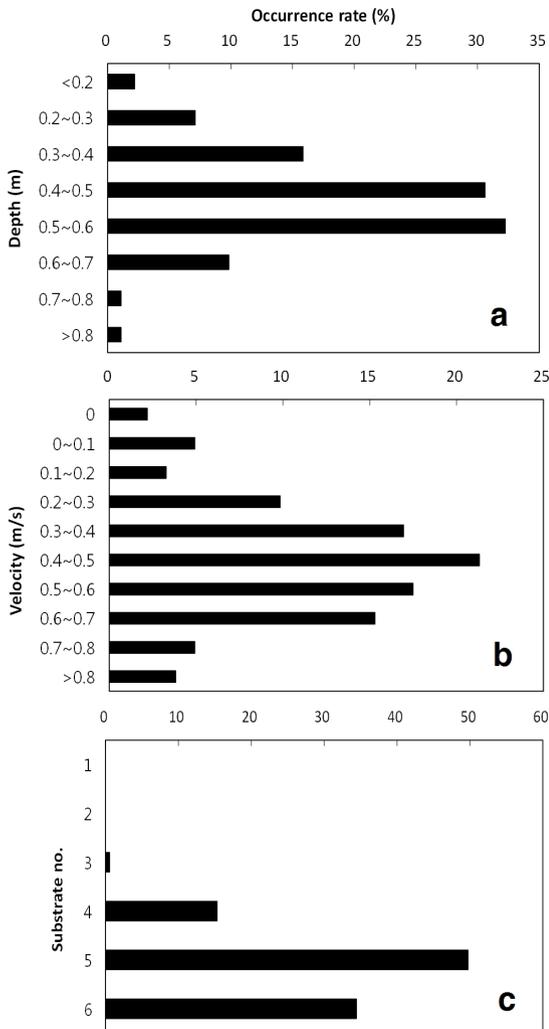


Fig. 9. Physical habitat of *Pseudopungtungia nigra*.

서도 많이 생활을 한다. 이러한 이유로 감돌고기 유속 범위는 넓게 분포되는 것으로 판단된다. 또한 감돌고기는 여울의 아래 부분과 다음 여울 사이에 많이 분포하는 것으로 나타났다.

감돌고기가 채집된 하상재료는 실트(silt, Si, <0.062

mm), 모래(sand, Sa, 0.062 - 2.0 mm), 가는자갈(fine gravels, Fg, 2.0 - 16.0 mm), 굵은자갈(coarse gravels, Cg, 16.0 - 64.0 mm), 호박돌(cobbles, Co, 64.0 - 256.0 mm) 및 전석(boulders, Bo, >256.0 mm)으로 분류하였으며, 현장조사시 채집 장소에서 가장 많이 분포하는 하상재료의 종류를 번호로 기록하였다. 따라서 실트와 모래는 포함되어 있으나 가장 눈에 띄게 분포하는 하상재료만을 기록한 것이다. 조사결과, 굵은자갈, 호박돌 및 전석에 주로 분포하고 있었다. 호박돌(5번)에서 가장 많은 91개체 49.7%가 출현하였으며, 전석(6번)에서 63개체 34.4%가 출현하였고, 가는자갈(3번) 및 굵은자갈(4번)에서는 29개체 및 15.8%의 출현율을 보였다(Fig. 8c 및 9c).

이상의 결과에서 하천의 물리적 서식조건인 수심, 유속 및 하상재료에 대하여 감돌고기가 높은 출현율을 보이는 서식범위는 수심 0.3 - 0.6 m, 유속 0.3 - 0.7 m/s, 하상재료는 호박돌 - 전석으로 요약된다(Table 4).

4. 고찰

감돌고기는 금강, 만경강 및 웅천천에만 분포하며 하상이 바위와 돌로 구성된 수역에 서식하는 고유종으로(Kim et al. 2005), 하천 개발로 인한 교란으로 개체수가 줄어들어 1998년에 환경부 멸종위기 야생생물 1급으로 지정되어 보호받고 있는 종이다. 본 연구에서는 금강의 용담댐 하류부터 대청댐 상류까지 12개의 지점을 선정하여 어류군집에서 감돌고기의 분포와 공간적 서식범위 그리고 물리적인 서식지 특성을 통계적으로 분석하였다.

조사지점의 서식환경은 하천차수(Strahler 1952)의 경우 상류 7차 하천부터 봉황천 합류 이후 8차 하천까지이며, 하천의 폭은 최소 100 m에서 최대 300 m로 나타났다. 직선부와 만곡부가 이어져 여울과 소가 반복되

는 계류의 특징을 보여주고 있었다. 하천 중심부는 수심이 깊고 유속이 빨라 감돌고기의 밀도가 낮았고, 수변부 및 개방형 소등을 중심으로 개체밀도가 높았다. 하상재료는 호박돌 및 굵은자갈의 비율이 높았으며, 지점별로 큰 차이는 나타나지 않았다.

전체 채집된 감돌고기는 183개체로 정점지점 조사에서 121개체 및 추가지점 조사에서 62개체가 확인되었다. 감돌고기의 전체 상대풍부도는 8.1%로 피라미(27.8%), 쉬리(11.0%), 참갈겨니(10.3%) 다음으로 많은 개체가 출현하였으며, 그 중에서 충청북도 영동군 부리면 수통리에 위치한 St.2에서 가장 많은 41개체가 채집되었다. 정점조사 결과에서 생물다양도 지수는 우점도 지수 0.20 - 0.40, 종 다양도 지수 2.14 - 2.48, 종풍부도 지수 2.83 - 4.03, 균등도 지수 0.73 - 0.84의 범위로 나타나 대부분의 지점에서 우점도 지수가 낮았고, 종 다양도 지수 및 균등도 지수 등으로 판단할 때 어류군집이 안정된 것으로 평가되었다.

감돌고기의 생물학적 건강성은 전장-무게 상대성장식 $TW=3E-06TL^{3.3065}$ ($R^2=0.9822$), ($n=183$)에서 매개변수 b 값이 3.3065로 정상적인 성장상태로 나타났으며, 비만도는 평균 1.00 ± 0.13 및 그래프의 추세선 기울기가 양의 값을 나타내어 개체가 성장함에 따라 비대지수(CF)가 증가하는 경향을 보였다.

본 연구에서 나타난 감돌고기의 서식범위는 대청댐 상류인 가덕교 700 m 하류까지 감돌고기가 서식하는 것으로 확인되었다. 최근 하천 공사 등으로 감돌고기가 서식할 수 있는 서식지가 감소되고 있지만 본 연구결과로 판단할 때 서식지의 종적 연결성이 유지되고 있는 것으로 보여진다. 감돌고기는 Mori (1935)에 의해 금강수계에서 채집된 개체를 통해 처음 기재 및 보고된 바 있으며, 이후 감돌고기의 분포에 관한 연구는 주로 수계 및 하천중심의 분포특성 및 현황에 대하여 수행한 바 있다(Jeon 1977, Lee et al. 2016). 따라서 금강에 서식하는 감돌고기의 서식범위에 대한 구체적인 자료는 학술 및 관리적인 측면에서 활용가치가 있을 것으로 사료된다. 또한 본 조사지역 상류와 지류에 대한 추후조사가 필요할 것으로 판단된다.

감돌고기의 물리적 서식환경은 수심 0.16 - 0.85 m, 유속 0 - 0.95 m/s, 하상재료는 굵은자갈 - 전석의 범위로 확인되었다. 감돌고기가 출현한 평균 수심은 0.48 m였으며, 가장 높은 출현율을 보인 구간은 0.3 - 0.6 m로

전체 183개체 중 144 개체가 출현하여 78.7%의 출현율로 확인되었다. 유속의 경우 0.3 - 0.7 m/s 구간에서 130개체가 출현하여 71.0%의 출현율을 보였으며, 평균 유속은 0.46 m/s로 나타났다. 하상재료는 호박돌(cobbles, 64.0 - 256.0 mm)에서 49.8%로 가장 높았고, 전석(boulders, >256.0 mm)은 34.4% 확인되어, 호박돌 및 전석에서 84.2% 이상의 출현율을 보였다. Park et al. (2009)의 연구에서 금강에 서식하는 감돌고기의 물리적 서식환경은 수심 0.3 - 0.9 m (평균 0.5 m), 유속 <0.9 m/sec (평균 0.4 m/sec)로 보고한 바 있어, 본 연구결과와 비교 시 매우 유사한 것으로 나타났다.

감돌고기의 전장은 최소 35 mm부터 최대 110 mm까지의 개체가 출현하였으며, 70 - 90 mm의 범위에서 56.8%로 가장 높은 출현율로 확인되었다. 크기에 따른 수심과 유속의 분포는 개체의 크기가 증가함에 따라 대체로 수심이 깊고 유속이 빠른 곳을 선호하는 것으로 조사되었다.

최근 멸종위기종에 대한 국가적 차원에서 복원을 위한 노력이 많이 시행되고 있다. 무엇보다도 현재 어류가 서식하는 조건을 장기적으로 교란시키지 않는 것이 중요하리라 판단되며, 복원을 위한 대상종의 충분한 연구 및 조사가 선행되어야 할 것이다. 금강은 감돌고기가 서식하기에 좋은 수환경과 조건이 갖추고 있다. 이러한 환경을 잘 유지하기 위해서는, 물리적 및 이화학적 교란과 배스와 블루길 등 생태계 교란생물의 개체수 증가로 발생하는 생물적 교란 등을 최소화 하는 것이며, 관리주체를 비롯한 사회적 관심이 필요하리라 생각된다.

References

- An, K.G., Hong, Y.P., Kim, J.K. and Choi, S.S. 1992. Studies on zonation and community analysis of freshwater fish in Kum river. Korean Journal of Limnology 25: 99-122.
- Jeon, S.R. 1977. Ecological studies on the *Pseudopungtungia nigra* from Korea. Korean Journal of Limnology 10: 33-46.
- Kim, I.S. and Kang, E.J. 2002. Coloured fishes of Korea. Academy Publishing Co. Ltd.
- Kim, I.S. and Park, J.Y. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing Co. Ltd.
- Kim, I.S., Choi, S.H., Lee, H.H. and Han, K.H. 2004. Brood parasite of Korean Shiner, *Pseudopungtungia nigra* in the Keum River, Korea. Korean Journal of

- Ichthyology 16: 75-79.
- Kim, I.S., Choi, Y. and Shim, J.H. 1991. An occurrence of intergeneric hybrid cross, *Pungtungia herzi* × *Pseudopungtungia nigra* from the Ungcheon River. Korean Journal of Limnology 3: 42-47.
- Kim, I.S., Choi, Y., Lee, C.L., Lee, Y.J., Kim, B.J. and Kim, J.H. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd. pp. 613.
- Kim, J.K., Hong, Y.P., An, K.G. and Choi, S.S. 1991b. Studies on early embryonic development of *Pseudopungtungia nigra*, Korean endemic species. Korean Journal of Limnology 24: 129-136.
- Lee, H.H. 2005. Feeding and spawning ecology of the *Pseudopungtungia nigra* in the upper stream of the Keum River, Korea. 전북대학교 대학원 석사학위 논문 54 pp.
- Lee, S.H., K.H. Han, S.M. Yoon, D.S. Hwang, D.J. Yoo, C.L. Lee, I.S. Kim and Y.M. Son. 2004. Early life history and spawning behavior of *Pseudopungtungia nigra*. Korean Journal of Ichthyology 16: 309-316.
- Lee, S.J. and G.K. An. 2016. Distributions of endangered fish species and their relations to chemical water quality-ecological stream health in Geum-River watershed. Korean Journal of Environment and Ecology 30: 986-995.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in Ecological Theory. Chicago 1-111.
- Mcnaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of california grassland, Nature 216: 168-169.
- Ministry of Environment. 2009. Study of restoration and proliferation of *Pseudopungtungia nigra*. Ministry of Environment, 1-44.
- Ministry of Environment. 2015. Endangered freshwater fish monitoring and follow-up management. Ministry of Environment.
- Mori, T. 1935. Description of three new cyprinoids (Rhodeina) from Chosen, Japan. Zool 47: 559-574.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the world. John Wiley and Sons, New York. 1-600.
- Park, S.Y., J.K. Kim, I.H. Go. 2009. Evaluation of eco-hydrological changes in the Geum River considering dam operations : II. hydraulic fish habitat condition analysis. Journal of Korea Water Resources Association 42: 407-414.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological Diversity, Wiley, New York 1-165.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688 pp.
- Son, Y.M. and Song, H.B. 2006. Freshwater fishes of Geum River, Korea. Jisung Publishing Co. Ltd. pp. 239.
- Strahler, A.N. 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, Geological Society of America Bulletin 63: 1117-1142.
- Wentworth, C.K., 1922, A scale of grade and class terms for clastic sediments: The Journal of Geology 30: 377-392.
- Woo, H.S. 2004. River hydraulics. Changmoon Publishing Co. Ltd. 362-363.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌. 朝鮮總督府水産試験場報告 6: 1-460.