

거제도 내 소하천의 담수어류군집 특성에 관한 연구

유수향 · 조윤정¹ · 박철우¹ · 김종욱¹ · 김재구¹ · 김수환*

국립생태원 생태안전연구실, ¹알파생태연구원

A Study on the Characteristics of Freshwater Fish Community in the Small Streams in Geogeumdo Island, Korea by Su-Hyang Yoo, Yun Jeong Cho¹, Cheol Woo Park¹, Jong Wook Kim¹, Jae Goo Kim¹ and Su Hwan Kim* (Division of Ecological Safety, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea; ¹Alpha Research Ecology Institute, Gimje 54370, Republic of Korea)

ABSTRACT The freshwater fish fauna for the whole water system of Geogeumdo Island was surveyed at a total 10 sites from March 2018 to February 2019. During the surveyed period, 13 species belonging to 5 families and 4 orders were collected. Cyprinidae (68.84%) and Gobiidae (18.21%) were the dominant family, and the dominant species was *Zacco temminckii* (53.71%), and the subdominant species was *Rhynchocypris oxycephalus* (10.78%). *Kichulchoia brevifasciata* (1.27%) that endangered species were found in this study, but the habitat was confirmed in one site in Sinpyeongcheon compared to previous literature. Three endemic species of Korea were found in this island such as *Iksookimia hugowolfeldi* (5.07%), *Liobagrus somjinensis* (2.99%) and *K. brevifasciata* (1.27%). According to analysis of fish community structure based on average diversity, evenness index, dominance and richness indices in Geogeumdo Island were 1.666, 0.649, 0.645 and 1.713, respectively.

Key words: Fish fauna, freshwater fish, Geogeumdo Island, Korea

서 론

우리나라 서·남해에는 많은 섬들이 내륙과 인접해 있으며, 이러한 섬은 내륙의 수계와 격리되어 다른 하천들과 합류되지 않은 독립된 수계를 가진다. 섬의 독립된 수계에 서식하는 담수어류는 내륙뿐만 아니라 인접한 섬들과 섬 내의 수계 간에도 서로 격리되어 있기 때문에 해당 섬의 생태에 대한 지리적 사건, 어류의 지리적 분포, 하천의 생태적 특성을 연구하는 기초자료로서 작용한다(Son and Song, 1998; Chae and Yoon, 2007). 또한 섬에 위치한 독립된 소하천의 경우 비교적 다른 대형 하천에 비해 하천의 길이가 짧으며 규모가 적은 지형적 특성을 지녀(Kim and Han, 2008), 오염물질의 유입과 하천개발 공사 등에 비교적 큰 변화가 나타난다(Park *et al.*, 2005; Bae and An, 2006). 그러나 산림지대에 위치한 소하천의 경우 멸종위기종과 고유종들의 적절한 서식지 역할을 하는 것으로

알려져(Haigh *et al.*, 2004; Wipfli *et al.*, 2007) 지속적 관리가 필요한 실정이다.

연구 대상지역인 거제도는 면적 64.98 km², 해안선 길이 54 km의 우리나라에서 열 번째 큰 섬으로, 전라남도 고흥반도 서남단 도양읍에서 약 2.3 km 지점에 위치하고 적대봉(592 m)과 용두봉(419 m)이 있으며 산림의 면적이 평야의 면적보다 넓어 비교적 짧은 유역의 독립된 수계를 지니고 있다. 거제도 적대봉 일대는 산림, 식생, 해양생태계가 공존하여 풍부한 생물 다양성을 보유하고 있으며 멸종위기 야생생물과 특정야생생물 서식으로 인해 생태·경관 보전지역으로 지정되었다(MOE, 2011). 또한 거제도 신평리에는 멸종위기 야생생물 I급인 좁수수치 *Kichulchoia brevifasciata*가 서식함이 보고되어(Kim and Park, 2012) 지속적인 서식처 보존과 관리를 위한 방안이 요구된다.

지금까지 도서지역 담수어류상에 관한 연구로는 거제도(Son and Song, 1998), 제주도(Kim, 2006), 여수반도와 금오열도(Chae and Yoon, 2007), 강화도(Choi and Lee, 2008), 남해도(Han *et al.*, 2016) 등이 있으며, 전국자연환경조사의 일환

*Corresponding author: Su Hwan Kim Tel: 82-41-950-5805, Fax: 82-41-950-6156, E-mail: ksh0814@nie.re.kr

으로 고흥군 및 거금도 일부의 어류상이 조사되었으나(MOE, 2011), 거금도 전 수계에 대한 조사가 이루어지지 않았다. 따라서 거금도의 전 수계에 서식하고 있는 어류상과 군집구조를 조사하여 수생태계 및 생물다양성의 보전·보호와 수생태계 복원을 위한 체계적인 관리방안에 대한 기초자료를 제공하고 자 한다.

조사 및 방법

1. 조사 기간 및 지점

거금도 내 소하천의 어류상과 군집구조에 대한 본 조사는 2018년 3월~2019년 2월까지 총 10개의 지점에서 계절별로 연 4회 시행되었으며(Fig. 1), 각 조사지점의 행정구역, 위도 및 경도는 다음과 같다.

- S1: 전라남도 고흥군 금산면 신촌리
(34°28'13.41"N 127°7'5.50"E)
- S2: 전라남도 고흥군 금산면 어전리
(34°26'53.46"N 127°7'22.28"E)
- S3: 전라남도 고흥군 금산면 석정리
(34°27'56.26"N 127°8'30.13"E)
- S4: 전라남도 고흥군 금산면 석정리
(34°28'25.46"N 127°9'43.46"E)
- S5: 전라남도 고흥군 금산면 신평리

- (34°27'52.16"N 127°11'46.27"E)
- S6: 전라남도 고흥군 금산면 신평리
(34°28'13.35"N 127°12'56.81"E)
- S7: 전라남도 고흥군 금산면 신평리
(34°27'7.97"N 127°13'9.27"E)
- S8: 전라남도 고흥군 금산면 오천리
(34°26'7.38"N 127°12'6.38"E)
- S9: 전라남도 고흥군 금산면 어전리
(34°26'57.12"N 127°9'26.17"E)
- S10: 전라남도 고흥군 금산면 어전리
(34°26'20.30"N 127°9'40.30"E)

2. 조사방법

어류 채집은 투망(망목 7×7 mm)과 족대(망목 4×4 mm)를 이용하였으며, 채집된 어류는 개체수를 기록한 후 대부분의 개체는 방류하였고, 현장에서 Kim and Park (2002)에 따라 동정하였으며, 분류체계는 Nelson (1994)의 방식을 따랐다. 그 중 동정이 어려운 일부 표본은 현장에서 10% formalin에 고정하여 실험실로 운반한 후 동정하였다. 어류군집의 분석은 각 지점에서 출현한 종수와 개체수를 기준으로 하여 우점도 지수(McNaughton, 1967), 종 다양도 지수(Shannon and Weaver, 1963), 균등도 지수(Pielou, 1966) 및 종 풍부도(Margalef, 1958) 등을 산출하였다.



Fig. 1. Map showing the studied sites in Geogumdo Island in Korea.

Table 1. A list and individual number of fishes collected at each sites in Geogeumdo Island

Scientific name	Site										Total	RA(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
CYPRINIFORMES												
CYPRINIDAE												
<i>Carassius auratus</i>		6							4	2	12	0.54
<i>Pseudorasbora parva</i>	14	48	22								84	3.80
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>				64	60	62	22	30			238	10.78
<i>Zacco temminckii</i>		30		70	2	122		472	154	336	1,186	53.71
COBITIDAE												
<i>Kichulchoia brevifasciata</i> *•						28					28	1.27
<i>Iksookimia hugowolfeldi</i> *								40	38	34	112	5.07
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	10	12	10			4		10		10	56	2.54
BELONIFORMES												
ADRIANICHTHYOIDAE												
<i>Oryzias latipes</i>		24									24	1.09
SILURIFORMES												
AMBLYCIPITIDAE												
<i>Liobagrus somjinensis</i> *					48	14				4	66	2.99
PERCIFORMES												
GOBIIDAE												
<i>Gymnogobius urotaenia</i>				6				4		8	18	0.82
<i>Tridentiger brevispinis</i>				4		16		46		68	134	6.07
<i>Rhinogobius giurinus</i>										18	18	0.82
<i>Rhinogobius brunneus</i>			46	40	2	38	14	42	14	36	232	10.51
No. individuals	24	120	78	184	112	284	36	644	210	516	2,208	
No. species	2	5	3	5	4	7	2	7	4	9	13	

RA: Relative abundance, *: Korean endemic species, •: Endangered species

결과 및 고찰

1. 종 구성과 출현율

이번 조사에서 출현한 어종은 총 4목 5과 13종이었으며, 총 개체수는 2,208개체였다(Table 1). 과별 어종의 구성을 보면 잉어과 Cyprinidae가 4종(상대풍부도: 68.84%), 망둑어과 Gobiidae가 4종(18.21%), 미꾸리과 Cobitidae가 3종(8.88%), 송사리과 Adrianichthyoidae와 통가리과 Amblycipitidae가 각각 1종(1.09%, 2.99%)이 출현하였다.

거금도 어류의 과별 상대풍부도는 거제도(Son and Song, 1998)와 보길도(Han et al., 2017)보다 잉어과 어류의 비율이 높았으며, 망둑어과 어류의 비율이 상대적으로 낮게 나타났다.(Fig. 2) 거제도와 보길도 섬의 조사횟수 및 섬 특성상 직접비교는 어렵지만 잉어과 어류의 상대풍부도가 높은 이유는 상대적으로 갈겨니 *Zacco temminckii*가 53.71%로 높게 출현하였으며, 서해와 남해로 흐르는 하천의 어류상에서 많은 수의 잉어과 어류가 우점현상을 보이는 것과 연관성을 유추할 수 있다(Han and An, 2013; Chae et al., 2015). 본 연구에서는 기수생태계를 보이는 거금도 소하천에서 망둑어과 어류의 상대풍부도가 다른 섬에 비해 낮게 나타났다. 기존의 연구에서도 거금도 내 출현 망둑어

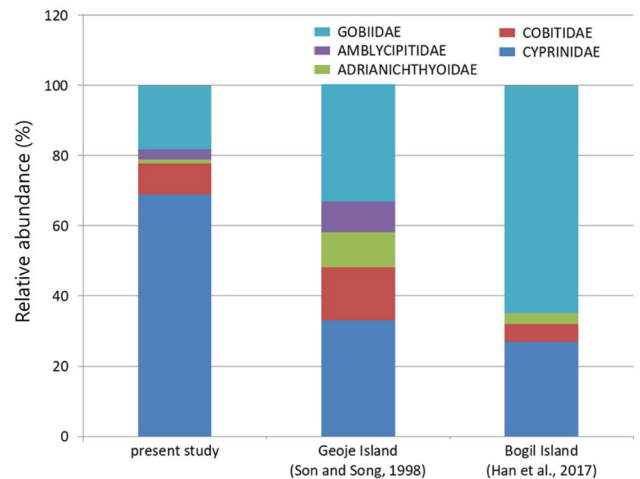


Fig. 2. Comparison of relative abundance with other Islands (Son and Song, 1998; Han et al., 2017).

과 어류가 매우 적었음을 확인할 수 있어 원 서식 종의 수가 매우 적었던 것으로 사료된다(MOE, 2005, 2011; Kim and Park, 2012). 또한 상대적으로 하천의 길이가 매우 짧고 닫힌 하구 형태가 상당수 영향을 미쳤을 가능성도 배제할 수 없을 것으로 판단된다(Han et al., 2016). 과거 거금도 연구와 비교했을 때 송사리

Table 2. Comparison of the results of previous reports and present study in the Geogeuomdo Island

	S1			S2			S3			S4			S5			S6			S7			S8			S9			S10					
	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	05	18	05	11	12	18	05	11	12	18	11	18	05	11	18	05	18	05	11	12	18		
CYPRINIFORMES																																	
CYPRINIDAE																																	
<i>C. auratus</i>			1	6	43	22																											
<i>P. parva</i>	3	14	48							14	64	72	79	0	60	20	12	0	62	73	22	30											
<i>R. oxycephalus</i>																																	
<i>Z. temminckii</i>			30							70			91	0	2	128	0	122	41	179	472	26	154	65	123	0	336						
<i>Z. koreanus</i>										47																							
COBITIDAE																																	
<i>K. brevifasciata</i>													35	24	0	8	14	0	28														
<i>I. hugowolffeldi</i>																																	
<i>M. anguillicaudatus</i>	46	10	19	12	1	10							8			4						9	40	8	38	20	44	0	34				
<i>M. mizotepis</i>													1												1								
OSMERIFORMES																																	
OSMERIDAE																																	
<i>P. altivelis</i>																																	
BELONIFORMES																																	
ADRIANICHTHYOIDEAE																																	
<i>O. latipes</i>			24																														
<i>L. somjinensis</i>													4	17	48	7	14					1											
AMBLYCIPITIDAE																																	
<i>L. somjinensis</i>																																	
PERCIFORMES																																	
GOBIIDAE																																	
<i>G. urotaenia</i>										6			25									4			1	4	0	8					
<i>T. brevispinis</i>										4			20			16												68			18		
<i>R. giurinus</i>																																	
<i>R. brunneus</i>										18	46	40	1	13	2	21	49	38	8	54	42	1	14	1	16	0	36						
No. of species	2	2	2	5	3	3	3	5	3	4	7	5	3	7	2	2	3	7	2	2	2	2	2	2	4	5	5	9					
No. of individuals	49	24	20	120	62	78	31	184	168	224	112	136	210	284	105	36	49	242	644	36	210	88	194	—	516								

*: Korean endemic species, ●: Endangered species
 References: ME (2005, 2011), Kim and Park (2012), present study (2018).
 It was changed *Liobagrus mediodiposalis* to *L. somjinensis*, because that is announced *L. somjinensis* in 2005.

리 *Oryzias latipes*가 본 연구에서 처음으로 확인되었으며, 미꾸라지 *Misgurnus mizolepis*와 회유성 어류인 은어 *Plecoglossus altivelis*는 본 연구에서 확인하지 못하였다(MOE, 2005, 2011; Kim and Park, 2012; Table 2).

각 종별로 출현한 지점 수(항존도)를 비교하여 보면 밀어 *Rhinogobius brunneus*가 총 10개 지점 중 8개 지점에서 출현하여 높은 빈도를 나타내었다. 그 다음으로는 갈겨니가 7개 지점, 미꾸리 *M. anguillicaudatus*는 6개 지점 순으로 나타났다. 그러나 쯤수수치는 S6 지점에서만, 송사리는 S2 지점에서만, 갈문망둑 *R. giurinus*은 S10 지점에서만 출현하였다. 쯤수수치의 동소종으로는 버들치 *Rhynchocypris oxycephalus*, 갈겨니, 미꾸리, 섬진자가사리 *Liobagrus somjinensis*, 민물검정망둑 *Tridentger brevispinis*, 밀어로 Kim and Park (2012)의 결과와 동일하게 나타났다. 거금도 전 수계 조사에서 출현한 13종 중 우점종은 갈겨니(53.71%)로 확인됐으며, 아우점종은 버들치(10.78%)로 조사되었다. 그 다음으로는 밀어(10.51%), 민물검정망둑(6.07%), 남방종개 *Iksookimia hugowolfeldi* (5.07%)의 순으로 나타났다. 또한, 각 지점별 우점종으로 나타난 어종들은 갈겨니, 버들치, 참붕어 *Pseudorasbora parva*, 밀어로 확인되었다. 이는 거금도 내 소하천은 그 길이가 매우 짧아 상류부에서 하류 일부까지 계류의 특성을 나타내고 있었으며, 이에 따라 갈겨니와 버들치가 우세한 것으로 사료된다.

본 조사에서 확인된 법정보호종은 멸종위기 야생생물 I급인 쯤수수치 1종이었으며, 한국고유종은 3종 206개체로 나타났다. 출현한 종들은 남방종개가 112개체(상대풍부도: 5.07%), 섬진자가사리 66개체(2.99%), 쯤수수치 28개체(1.27%)의 순으로 조사되었다. 거금도 전 수계의 한국고유종 상대풍부도는 9.33%로 전국 평균 28.8% (Kim et al., 2005)에 비해 낮게 나타났다. 본 연구에서 거금도 내 전 수계에서 외래어류는 확인되지 않았다. 기존 연구에서도 외래어류가 출현하지 않았던 점으로 볼 때 아직까지 거금도 내 외래어류는 유입되지 않은 것으로 보인다(MOE, 2005, 2011; Kim and Park, 2012). 거금도 내 포식성 어류가 상대적으로 낮은 수치를 보이기 때문에 외래어류의 유입은 토속어류 군집구조에 큰 영향을 미칠 것으로 보인다(Ko et al., 2008). 또한 멸종위기 야생생물의 서식이 확인된 만큼 외래생물의 유입을 철저히 방제해야 할 것으로 판단된다.

2. 군집분석

본 조사에서 거금도 전 수계에 대한 군집지수는 각각 다양도 지수는 1.666, 균등도 지수 0.649, 우점도 지수 0.645, 종 풍부도 지수 1.713으로 나타났다(Fig. 3). 다양도 지수는 S6 지점에서 1.563으로 가장 높았으며, S2 지점 1.415, S4 지점 1.262의 순으로 나타났다. 균등도 지수는 S1 지점이 0.980, S7 지점이

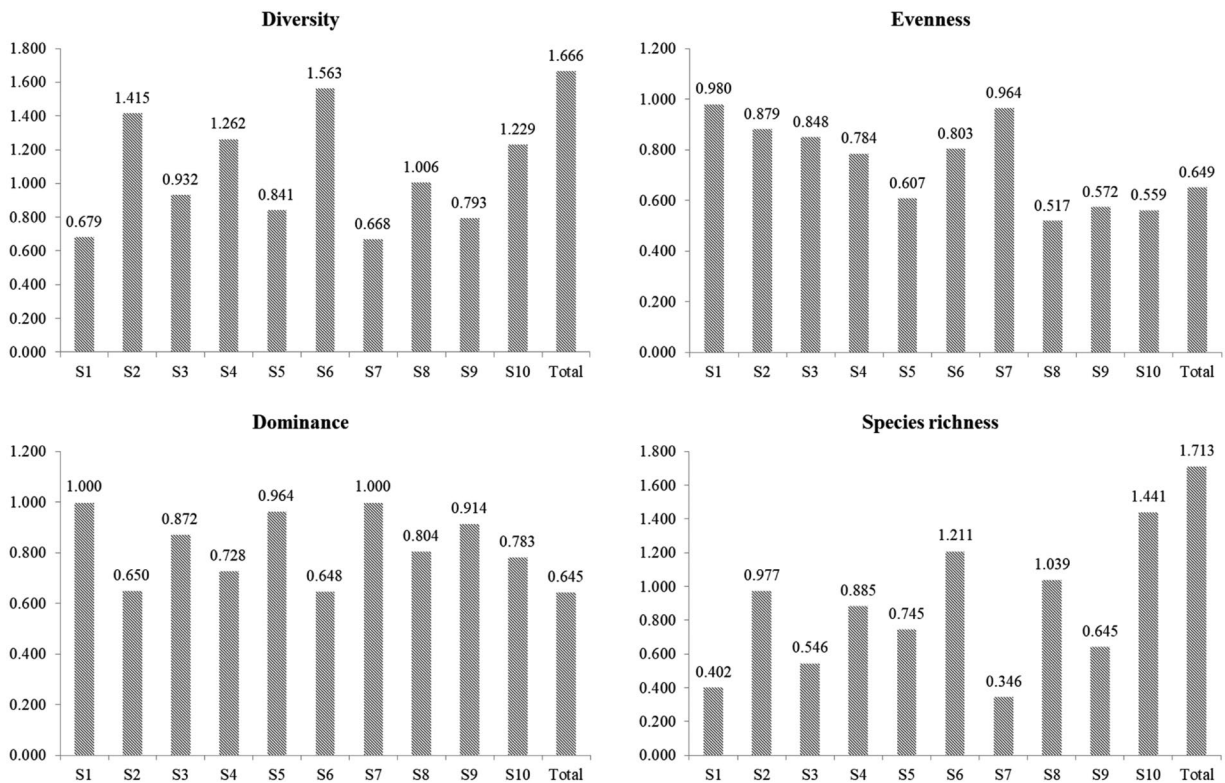


Fig. 3. Community indices at each site in Geogeumdo Island.

0.964, S2 지점이 0.879로 조사되었다. 우점도는 S1 지점과 S7 지점이 1.000으로 가장 높았으며 S9 지점이 0.914로 그 뒤를 이었다. 종 풍부도는 S10 지점이 1.441, S6 지점이 1.211, S8 지점이 1.039의 값을 보였다. 거금도의 종 다양도 지수(1.666)는 비슷한 섬 환경인 보길도(2.646), 돌산(2.119)보다 낮게 나타났으며, 금오도(1.208), 개도(0.706)보다는 높은 수치를 확인하였다 (Chae and Yoon, 2007; Han *et al.*, 2017). 이는 도서지방의 담수 어류 종 다양성이 해당 섬의 면적에 비례하고, 육지와와 거리와 반비례한다는 Gorman (1979)의 이론과 일치하는 것으로 판단된다. 거금도 내 비교적 종 다양도와 풍부도가 높은 S2, S6 지점 등은 거금도에서 비교적 큰 하천으로 다양한 어류 서식처를 보유하고 있기 때문에 이에 따라 다양한 어류가 서식하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 반해 하천의 길이가 매우 짧고 인가와 인접한 S1과 S7 지점은 서식지의 다양성이 떨어지고 오염원의 노출이 심해 종의 다양도 및 풍부도가 낮은 것으로 확인된다. 다양한 어류의 서식환경은 어류의 서식지와 산란장으로 이용되게 하여 종의 다양도가 높아지는 결과와 일치하였다 (Al-Chokhachy *et al.*, 2010).

3. 멸종위기 야생생물 잠수수치와 서식환경의 변화

본 조사에서 멸종위기 야생생물 I급인 잠수수치의 서식이 확인된 신평천의 S6 지점은 다른 거금도의 수계와 달리 하천의 규

모가 가장 크고 서식지의 다양성이 높았으며, 유속이 빠른 여울 부와 물의 흐름이 비교적 느린 소 부분이 반복하고 있었다. 다만 수년간 진행되고 있는 하천공사로 하상구조 및 하천의 형태가 심하게 변화하고 있었다. 제2차 전국자연환경조사(2005)에 따르면 홍연마을에서 명천교까지 총 3개 지점에서 53개체를 확인한 바 있으며, 하상 및 하천공사에 대한 언급은 없었다. 제3차 전국자연환경조사(2011)에 따르면 2개 지점에서 38개체를 확인하였으며 Kim and Park (2012)은 남천교 상·하류 10 m 구간에서 2회에 걸쳐 총 220개체를 확인하고 재포획 방법으로 추정된 개체군의 크기는 최소 518개체에서 2,418개체로 추정하였다. 또한 Kim and Park (2012)은 처음으로 하천공사에 의한 잠수수치 개체군이 위협에 노출되었다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 잠수수치의 서식이 확인된 지점에 대하여 홍연마을부터 명천교까지 2 km 구간에 전체 조사를 실시하였으며, 연간 4회 조사에서 비교적 물이 안정된 가을에 22개체를 확인하였고 이외 계절에서 6개체를 더 확인할 수 있었다. 기존의 연간 2회 조사의 개체수보다 연간 4회 조사에서 더 적은 수의 잠수수치가 확인되고 그 분포가 매우 좁아진 결과를 확인할 수 있었다 (Fig. 4). 장기간의 하천공사가 현재도 진행 중에 있으며, 잠수수치가 좋아하는 서식환경(MOE, 2005; Kim and Park, 2012; Ko and Bang, 2014)이 하상의 다짐공사로 인해 매우 딱딱한 하상으로 변화하였으며, 지속적인 탁수의 유입으로 인해 비교적 작은 크기의 잠수수치 아가미 호흡상피에 큰 영향을 미칠 수 있다고 사료된다



Fig. 4. The Habitat of *Kichulchoia brevifasciata* with changed environmental factors in Sinpyeong-ri, Geumsan-myeon, Goheung-gun, Korea. Circle, micro habitat of *K. brevifasciata* 2018.

(Lee *et al.*, 2008; You *et al.*, 2009)

좁수수치는 수심이 깊지 않고 바닥이 폭신한 모래와 자갈로 이루어진 소(pool) 부분에서 확인할 수 있었으며, 같은 미꾸리과 어류인 왕종개 *I. longicorpa*와 참종개 *I. koreensis*의 서식처 특성과 유사하였다(Kim and Ko, 2005; Ko *et al.*, 2009; Kim and Park, 2012). Kim and Park (2012)은 신평천 전체 하천에서 좁수수치를 확인하고, 남천교 지점에서만 220개체가 채집되어 가장 규모가 큰 개체군이 존재한다고 보고하였고, 제2차 전국자연환경조사(MOE, 2005)에서는 3지점, 58개체, 제3차 전국자연환경조사(MOE, 2011)에는 S5, S6 두 지점에서 총 38개체가 확인된 바 있다. 본 연구에서도 2 km 구간을 연간 4회 조사하였으나 S6 지점에서만 총 28개체의 좁수수치의 서식이 확인되어 과거보다 서식처와 개체수가 현저히 줄어들었다. 개체수의 감소보다 중요한 문제는 서식환경의 변화에 따라 좁수수치의 기존 서식이 확인된 지점에서 좁수수치의 서식을 확인할 수 없을 정도로 서식처의 감소가 즉각적인 반응을 보인 것에 있다고 판단된다. 2017년 재해위험지구 정비사업을 통해 신평천의 하폭확장과 제방 축적 등의 직접적인 교란이 발생하여 하상이 매우 견고해져 기존의 좁수수치 미소서식환경이 파괴되고, 탁수와 오수의 유입 등 개체수 감소의 요인들이 증가하고 있다. 이에 거금도 내 유일한 좁수수치 서식처인 신평천 개체군 동향에 대하여 지속적인 환경생태학적 모니터링과 실제적인 종 보존방안의 마련이 절실하다.

요 약

2018년 3월부터 2019년 2월까지 10개 지점의 거금도 전 수계 담수 어류상을 조사하였으며, 조사 기간 동안 4목 5과 13종이 채집되었다. 조사 결과 잉어과 Cyprinidae (68.84%)와 망둑어과 Gobiidae (18.21%)가 우세하였으며, 우점종은 갈겨니 *Zacco temminckii* (53.71%), 아우점종은 버들치 *Rhynchocypris oxycephalus* (10.78%)로 나타났다. 본 조사에서 멸종위기 야생생물 I급인 좁수수치 *Kichulchoia brevifasciata* (1.27%)가 출현하였으나 이전의 문헌과 비교하여 서식지가 줄어 신평천 일부 지점에서만 서식이 확인되었다. 또한 거금도의 한국 고유종으로는 남방종개 *Iksookimia hugowolfeldi* (5.07%), 섬진자가사리 *Liobagrus somjinensis* (2.99%), 좁수수치 *K. brevifasciata* (1.27%) 3종이 확인되었다. 군집지수를 분석한 결과 다양도 지수는 1.666, 균등도 지수 0.649, 우점도 지수 0.645, 종 풍부도 지수 1.713으로 나타났다.

사 사

본 연구는 국립생태원 “과제번호 NIE-법정연구-2019-09 생

태계교란생물모니터링” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Al-Chokhachy, R., B.B. Roper, T. Bowerman and P. Budy. 2010. A review of bull trout habitat associations and exploratory analyses of patterns across the interior Columbia River Basin. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 30: 464-480.
- Bae, D.Y. and K.G. An. 2006. Stream ecosystem assessment, based on a biological multimetric parameter model and water chemistry analysis. *Korean J. Limnol.*, 39: 198-208. (in Korean)
- Chae, B.S. and H.N. Yoon. 2007. Freshwater fish fauna of the Yeosu Peninsula and Geumo Islands, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 19: 225-235. (in Korean)
- Chae, B.S., S.K. Kim, Y.H. Kang, N.S. Heo, J.M. Park, H.U. Ha and U.W. Hwang. 2015. Ichthyofauna and fish community structure in upper reach of the Nakdong river, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 27: 162-132. (in Korean)
- Choi, J.S. and K.Y. Lee. 2008. Fish fauna in Ganghwado, Korea. *J. Environ.*, 5: 1-13. (in Korean)
- Gorman, M.L. 1979. Island ecology. Chapman and Hill, New York, p. 22-70.
- Haigh, M.J., L. Jansky and J. Hellin. 2004. Headwater deforestation: A challenge for environmental management. *Sci. Tech.*, 14: 51-61.
- Han, J.H. and K.G. An. 2013. Chemical water quality and fish community characteristics in the mid- to downstream reach of Geum river. *Korean J. Environ. Biol.*, 31: 180-188. (in Korean)
- Han, J.H., C.S. Park, H. Hwang and W.K. Paek. 2016. A Study on the Freshwater fish community in the small stream in Namhae Island, Korea. *Korean J. Environ. Ecol.*, 30: 730-744. (in Korean)
- Han, J.H., C.S. Park, K.G. An and W.K. Paek. 2017. Freshwater fish fauna and community structure of the small streams in Bogil Island, Korea. *Korean J. Environ. Ecol.*, 31: 72-80. (in Korean)
- Kim, B.J. 2006. Freshwater fishes including introduced species of Jeju Island, Korea. *Bull. Mar. Environ. Res. Inst., Cheju Natl. Univ.*, 30: 9-19. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyo-Hak Pub. Co., 465pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and M.H. Ko. 2005. Ecology of *Iksookimia longicorpa* (Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 17: 112-122. (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 Pub. Co. Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kim, I.J. and D.H. Han. 2008. A small stream management plan to protect the aquatic ecosystem. Korea Institute of Policy

- Evaluations, 167pp.
- Kim, S.H. and J.Y. Park. 2012. Study on the Distribution and habitat characteristics of *Kichulchoia brevifasciata* (Cypriniformes : Cobitidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 234-241. (in Korean)
- Ko, M.H., J.Y. Park and S.H. Kim. 2009. Habitat environment and feeding habitat of *Iksookimia koreensis* and *Cobitis lutheri* (Pisces: Cobitidae) in the Mangyeong River, Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 253-261. (in Korean)
- Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee. 2008. Feeding habits of an introduced largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrachidae), and its influence on ichthyofauna in the lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 36-44. (in Korean)
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2014. Spawning character and early life history of the endangered Korean dwarf loach, *Kichulchoia brevifasciata* (Teleostei: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 26: 89-98. (in Korean)
- Lee, J.Y., J.S. Choi, J.K. Kim, Y.S. Jang, K.Y. Lee and B.C. Kim. 2008. Ecological effects of Kungang fat minnow (*Rhynchocypris kumgangensis*) on turbid water. Kor. J. Env. Eco., 22: 184-191.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst., 3: 36-71.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. Nature, 216: 168-144.
- MOE. 2005. 2rd Natural environment survey (1997-2005). Ministry of environment (MOE). (in Korean)
- MOE. 2011. 3rd Natural environment survey (2006-2012). Ministry of environment (MOE). (in Korean)
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the world. Third edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, 600pp.
- Park, B.J., J.I. Shin and K.S. Jung. 2005. The evaluation of river naturalness for biological habitat restoration: I. Proposal of evaluation method, J. Korea Water Resour. Assoc., 38: 49-57. (in Korean)
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. J. Theoret. Biol., 13: 31-144.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illionis Press, Urbana, 125pp.
- Son, Y.M. and H.B. Song. 1998. Fish fauna and distribution on Kojedo. Korean J. Ichthyol., 10: 87-97. (in Korean)
- Wipfli, M.S., J.S. Richardson and R.B. Naiman. 2007. Ecological linkages between headwaters and downstream ecosystems: Transport of organic matter, Invertebrates, and wood down headwater channels. J. Am. Wat. Resour. Assoc., 43: 72-85.
- Yu, S.H., J.S. Kim, M.J. Shin, J.E. Lee and E.W. Seo. 2009. Effect of turbid water on fishes in the streams of Imha reservoir. J. Life Sci., 19: 1410-1416.