

Original article

멸종위기종 남방동사리의 분포와 서식처 특성

박상현^{1,2} · 김정희^{1,*} · 백승호^{1,3} · 조현빈^{4,*}

¹주식회사 에코리서치, ²목포대학교 해양수산자원학과, ³충북대학교 환경공학과,
⁴부산대학교 환경·에너지연구소

Distribution and Habitat Characteristics of *Odontobutis obscura*, Endangered Species. Sang-Hyeon Park^{1,2} (0000-0001-6036-8489), Jeong-Hui Kim^{1,*} (0000-0003-2331-4232), Seung-Ho Baek^{1,3} (0000-0002-8280-8665) and Hyunbin Jo^{4,*} (0000-0001-8064-7880) (¹EcoResearch, Gongju 32588, Republic of Korea; ²Department of Marine Fisheries Resources, Mokpo National University, Mokpo 58554, Republic of Korea; ³Department of Environmental Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea; ⁴Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea)

Abstract In this study, the distribution and habitat characteristics of *Odontobutis obscura* were investigated. It is a freshwater fish species which belongs to the Class I Endangered species as specified by the Ministry of Environment of South Korea. Sampling was conducted in the Sanyang Stream watershed between April and August of 2016. The Sanyang Stream watershed includes the Sanyang and Gucheon Streams, and their tributaries. *Odontobutis obscura* was caught at every sampling site, except sites 1~3, which are located in the lower part of the Sanyang Stream. Its habitat range extended from the headwaters to the lower parts of the stream that were not impacted by the South Sea. Salinity was the major factor limiting the distribution of *O. obscura* in the Sanyang Stream watershed. All individuals of *O. obscura* were caught in areas where the substrate composition was over 50% gravel. Furthermore, the substrate composition seems to be the most important habitat factor affecting spawning of *O. obscura*. Ecological studies of *O. obscura* are scarce, and this study is the first to report a detailed distribution for the species. Further studies on the physiology and ecology of *O. obscura* are essential for establishing preservation strategies for this endangered species.

Key words: freshwater fish, endangered species, Odongobutidae, Geoje Island, Sanyang stream watershed

서론

멸종위기종(endangered species)은 개체수가 적어 절멸

할 위험이 높은 종을 의미하며, 많은 나라에서 멸종위기종을 보호하기 위해 법적으로 사냥, 낚시, 서식지 개발 등을 제한하여 보호하고 있다(KEI, 2011; MOE/NIER, 2016). 담수어류와 관계가 있는 보호종 관리는 천연기념물과 멸종위기종이 해당된다. 문화재청에서 천연기념물로 보호하는 생물 중에 담수어류는 2017년 12월을 기준으로 황쏘가리(*Siniperca scherzeri*), 어름치(*Hemibarbus mylodon*), 미호종개(*Cobitis choui*), 꼬치동자개(*Pseudobagrus bre-*

Manuscript received 22 February 2021, revised 6 April 2021,
revision accepted 15 April 2021
* Corresponding author: Tel: +82-41-853-3018, Fax: +82-41-853-3019
E-mail: ragman-k@hanmail.net
Tel: +82-51-510-3344, Fax: +82-51-853-0172
E-mail: prozeva@pusan.ac.kr

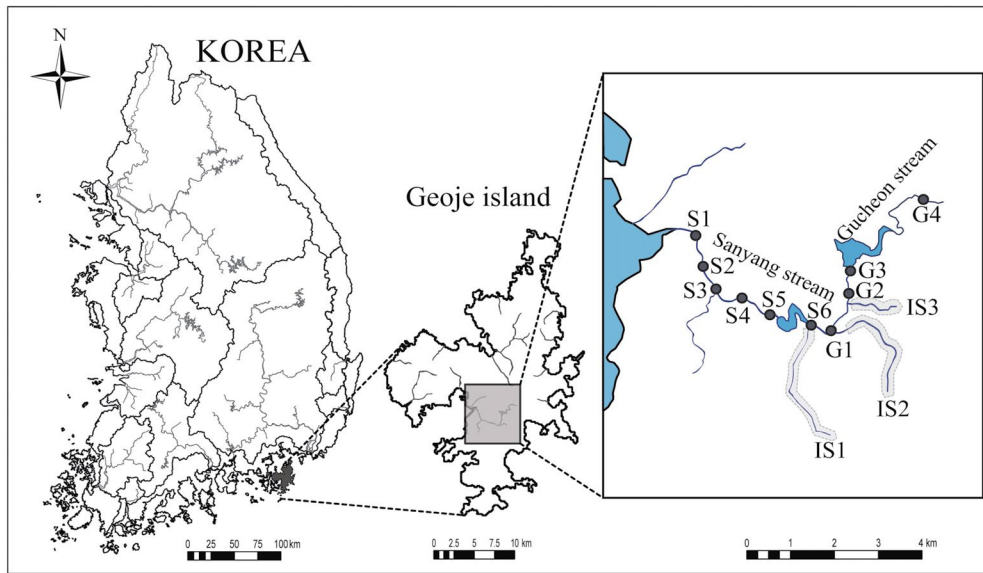


Fig. 1. The map describing study area and sampling sites.

vicorpus)를 포함한 4종과 무태장어 (*Anguilla marmorata*), 열목어 (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) 황쏘가리, 미호종개의 특정 서식지 5곳이 보호되고 있다. 환경부에서 보호종으로 지정하여 보호하는 멸종위기야생생물 담수어류는 2018년 1월 기준 I급이 11종, II급이 16종이다. 보호종의 지정은 분포지역이 협소하며, 교란으로 인하여 개체수가 지속적으로 감소하여 절멸의 위험이 있는 종을 대상으로 이루어지며, 국내에서 분포지역이 협소하게 나타나는 담수어류는 대표적으로 남방동사리 (*Odontobutis obscura*), 좁수수치 (*Kichulchoia brevifasciata*), 부안종개 (*Iksookimia pumila*), 임실납자루 (*Tanakia somjinensis*) 등이 있다 (Kim and Park, 2002; Kim and Park, 2012; Chae *et al.*, 2019). 이들 종의 경우 지사적인 특성으로 인하여 매우 제한된 수계에서만 서식이 이루어지며, 다른 종과 비교하여 교란에 취약하다 (Kim and Park, 2012). 특히 주요 서식지 내 교란이 지속될 경우 절멸할 가능성이 크기 때문에 자생한 분포역을 확인하여 보호하는 것이 매우 중요하다 (KEI, 2011; MOE/NIBR, 2016).

남방동사리는 중국, 일본, 한국에 서식하고 있는 동사리과 (Odontobutidae) 어류로 일생을 담수에서만 서식하는 1차담수어 (primary freshwater fish)이다 (Kim and Park, 2002). 남방동사리의 국내 보고는 1999년 Chae (1999)에 의해 이루어졌으며, 산양천에서 채집된 4개체의 남방동사리가 최초로 보고되었다. 이후 2013년 하천수생태계 건강성 평가의 구천천 조사지점에서 보고되었다 (MOE/NIER, 2013). 또한 거제도 분포 하천에 대한 어류군집 조사를 실

시한 Choi *et al.* (2009)의 결과에 의하면 산양천 일대에서만 남방동사리가 확인되었다. 하지만 Son and Song (1998) 등과 같은 1999년 이전의 조사결과는 남방동사리가 동사리로 표기되어 있을 가능성이 높아 이전 조사결과에 대한 재해석이 필요한 것으로 판단된다. 국제적으로 남방동사리는 분포 (Matsubara *et al.*, 2001), 유전적 다양성 (Sakai *et al.*, 1996, 1998, 1999), 자어의 발달 (Iwata *et al.*, 1988) 등과 관련된 연구가 제한적으로 진행되었다. 또한 이러한 연구의 대부분이 일본에서 이루어졌으며, 국내에서는 서식처 특성을 고려한 남방동사리의 상세한 분포에 대해 알려진 바가 없다.

따라서, 본 연구는 2009년 이후 남방동사리의 정밀분포 조사를 실시하여 현재의 분포현황을 정리하고 서식처 특성을 보고하고자 하였다. 이를 통해서 멸종위기종인 남방동사리의 보호에 도움이 되는 기초자료를 확보하고, 현재 남방동사리 개체군을 보존할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

남방동사리의 정밀 분포를 파악하기 위해서 남방동사리의 주요 서식 지역으로 알려진 산양천-구천천 일대에 대해 조사하였다 (Fig. 1). 산양천과 구천천의 경우 본류 구간이 포함되며, 조사는 0.5~1.5 km 간격으로 하류부터 상류까지 10개의 지점과 산양천-구천천으로 유입되는 3개 지류를

조사하였다. 멸종위기야생생물로 보호 중인 남방동사리는 “야생생물 보호 및 관리에 관한 법률” 제14조 제1항 및 동일 법 제13조 제2항의 규정에 따라 낙동강유역환경청으로부터 멸종위기종 포획·방사 허가서(2016-9호)를 발급 후 연구를 시행하였다.

조사는 2016년 4월과 8월 각각 1회씩 총 2회 실시되었다. 산양천-구천천 본류 구간은 각 지점의 100 m 구간에 대해 조사를 실시하였다. 3개 지류의 경우 산양천-구천천 유입부에서부터 하천별 최상류까지 도보로 이동하여 전 구간 조사를 실시하였으며, 이를 통해 남방동사리의 분포 한계선을 확인하였다(Appendix I). 또한 남방동사리뿐만 아니라 조사 지점에 서식하는 모든 어류를 조사하여 지점별 어류 군집구조 및 남방동사리의 동서어종을 확인하였다. 어류 채집은 투망(망목, 7×7 mm)과 족대(5×5 mm)를 이용하였으며, 지점의 규모에 따라 충분한 시간을 조사하여 해당 지점에 서식하는 모든 어종을 확인하고자 하였다. 채집된 어류는 Kim and Park (2002)을 이용하여 동정하고 채집된 장소에 방류하였으며, Nelson (2016)의 분류체계를 따라 정리하였다.

남방동사리의 서식지 특성을 파악하기 위해 수질 및 하상구조를 조사하였다. 기초 수질은 어류조사와 동일한 시기에 수온(water temperature), 용존산소(dissolved oxygen, DO), 수소이온농도(pH), 전기전도도(conductivity), 염도(salinity)를 현장에서 측정하였다. DO meter (YSI model no. 85, USA)를 이용하여 수온과 용존산소를 측정하였으며, 수소이온농도는 pH meter (Orion model no. 230A, USA), 전기전도도와 염도는 Conductivity meter (YSI model no. 30, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 하상구조 분류는 Cummins (1962)에 따라 조사하였다.

전체 조사 지점의 어류 군집을 이용하여 NMDS (non-metric multidimensional scaling) 분석을 실시하여 지점별 군집 유사도를 확인하였다. NMDS 분석은 similarity matrix의 지점들 간 최적의 관계를 나타낼 수 있는 two-dimensional ordination을 이용하였다(Field *et al.*, 1982). Similarity matrix는 지점별 채집된 개체수를 square-root-transforming 하고 각 pairwise assemblage에 대한 Bray-Curtis similarity index를 산정하였다. NMDS는 Primer 6 (Primer-E Ltd. Plymouth, UK)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

조사가 이루어진 산양천, 구천천 및 지류의 서식어종은 9과 24종으로 확인되었으며, 우점종은 참갈겨니(Relative

abundance, RA: 45.5%), 아우점종은 밀어(7.4%)로 나타났다(Table 1). 본 연구에서 산양천 수계의 상류부터 하류까지 전체 구간에 대해서 조사가 이루어졌다. 조사 결과 버들치, 참갈겨니와 같은 상류지역에 서식하는 잉어과 어종부터 해수의 영향을 받는 지역에 서식하는 송어과, 망둑어과 어종들이 채집되어, 하천 상류부터 하류까지 전체를 대변할 수 있는 어류군집 구조를 확인할 수 있었다.

국내 남방동사리의 분포는 산양천 수계 일대로 알려져 있으나, 수계 내에서의 정밀한 분포 연구는 보고된 바가 없다. Choi *et al.* (2009)의 연구는 산양천 일대에 대해서 2002년부터 2009년까지 조사한 결과, 총 14개체(연도별 1~6개체)의 남방동사리를 확인하였으며, 환경부의 “하천 수생태계 조사 및 건강성 평가”(MOE/NIER, 2013)에서도 구천천 1개 지점에서 남방동사리의 서식을 보고하는 등 일부 지점에 대한 서식 여부만 확인되었다. 본 연구에서 남방동사리는 산양천, 구천천과 주요 지천에 모두 서식하고 있음을 확인하였다(Table 1, Fig. 2). 특히, 산양천과 구천천으로 유입되는 3개의 주요 지천에서는 최상류까지 남방동사리의 서식이 확인되고 있었으며, 하류로는 산양천 하류인 S4 지점까지 서식이 확인되었다. 이처럼 남방동사리가 하천의 최상류에서 최하류까지 서식이 확인되고 있어 하폭, 유수폭, 수심, 기초 수질 등에 대한 선택성은 크지 않았다(Table 2). 다만, 본 조사에서 남방동사리가 가장 하류에 위치한 S1~S3 지점에서 서식이 확인되지 않았다. 이는 남방동사리가 1차 담수어(Sakai *et al.*, 1998)로 염분에 대한 내성이 분포 제한의 요인으로 판단되나 추가적인 조사가 필요하다. 현장 조사에서 S1~S3 지점은 염도가 0.1~0.2 psu로 높지 않았으나, 검정망둑, 꼭져구와 같은 주연어가 우점종 또는 아우점종으로 출현하여 염도의 영향을 받는 환경임을 알 수 있었다. 또한 이러한 특성 때문에, S1~S3 지점의 어류군집이 타 지점들과 군집유사도 40% 이상에서 구분되었다(Fig. 3). 반면, 2019년에 이루어진 Kim *et al.* (unpublished data)의 연구에 의하면, 본 조사에서 남방동사리가 출현하지 않은 S3 지점까지 남방동사리의 서식을 확인하여, 서식 한계선이 S2와 S3 지점의 사이에 있을 것으로 보고하고 있다. 이외 S3 인근의 유입천인 부춘천의 최상류까지 남방동사리의 서식이 확인되어 산양천 수계로 유입되는 모든 지천에 대해서 남방동사리가 서식하고 있을 것으로 추정되었다.

본 조사에서 채집된 남방동사리는 모두 돌을 서식처로 활용하고 있었다. 남방동사리가 채집된 모든 지점에 대해서 작은돌(cobble) 이상의 하상이 50% 이상을 차지하여, 하상구조가 서식에 있어 중요한 환경 요인으로 확인되었다(Fig. 2). 이는 남방동사리가 매복형 포식자이며, 돌 밑에

Table 1. Fish assemblage at study sites. RA indicated relative abundance (%).

Scientific name	Sanyang Stream						Gucheon Stream				IS1	IS2	IS3	Total	RA
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	G1	G2	G3	G4					
Cyprinidae															
<i>Carassius auratus</i>	1	4	1											6	0.7
<i>Pungtungia herzi</i>		13	3		4	2	4	3	5		8		5	47	5.5
<i>Squalidus gractlis majimae</i>							2	7	8		1			18	2.1
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>									5		32			37	4.3
<i>Zacco temmincki</i>		6									7			13	1.5
<i>Zacco koreanus</i>		3	24	23	28	22	32	52	33	38	51	49	33	388	45.5
<i>Hemiculter eigenmanni</i>		1												1	0.1
Cobitidae															
<i>Misgurnus mizolepis</i>		1												3	0.4
<i>Iksookimia longicorpus</i>				13	2	1	4	5	1	4	6	5	11	52	6.1
Siluridae															
<i>Silurus asotus</i>														1	0.1
Amblycipitidae															
<i>Liobagrus mediatiposalis</i>										4	1			5	0.6
Osmeridae															
<i>Hypomestus nipponensis</i>		1		1							7			9	1.1
<i>Plecoglossus altivelis</i>			1											1	0.1
Adrianchthyidae															
<i>Oryzias latipes</i>		2												2	0.2
Mugilidae															
<i>Mugil cephalus</i>		13												13	1.5
Odontobutidae															
<i>Odontobutis obscura</i>				1	2	3	5	3	2	2	20	15	9	62	7.3
Gobiidae															
<i>Chaenogobius urotaenia</i>	21	13	6	5										45	5.3
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	2			4										6	0.7
<i>Rhinogobius giurinus</i>	12													12	1.4
<i>Rhinogobius brunneus</i>		2	2			11				22	26			63	7.4
<i>Tridentiger obscurus</i>	35													35	4.1
<i>Tridentiger brevispinis</i>	1	6				6				9	6			28	3.3
<i>Luciogobius guttatus</i>	3													3	0.4
<i>Leucopsarion petersii</i>	2													2	0.2
Number of species	9	11	6	6	5	6	5	5	5	7	12	3	4	24	
Number of individuals	90	52	37	47	37	45	47	70	49	84	167	69	58	852	

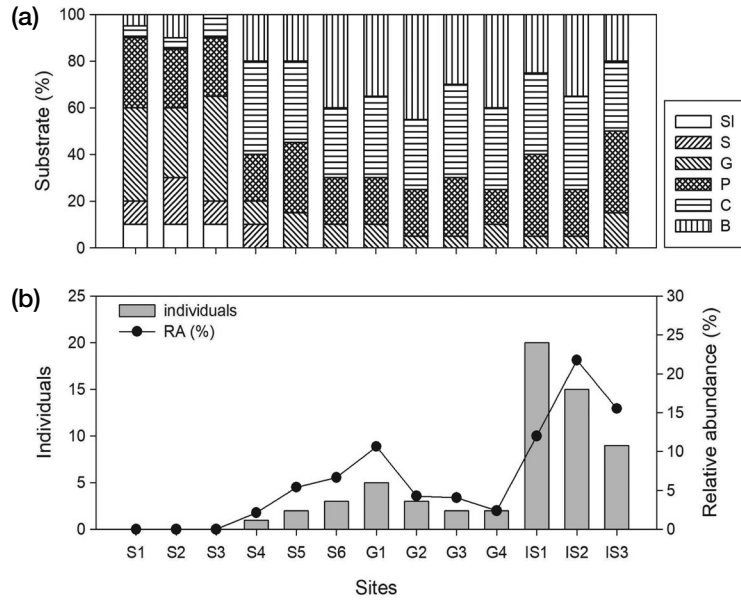


Fig. 2. Substrate composition (a) and number of individuals of *O. obscura* (b) at each sites (SI, silt; S, sand; G, gravel; P, pebble; C, cobble; B, boulder).

Table 2. Information of physical environment and water quality.

Site	Physical environment			Water quality					
	Stream width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Water temperature (°C)	DO (mg L ⁻¹)	pH	Conductivity (μs cm ⁻¹)	Salinity (psu)	
Sanyang Stream	S1	60~65	16~40	0.1~0.3	23.3	10.1	8.1	366.5	0.2
	S2	50~68	21~40	0.1~0.7	23.4	15.0	8.2	179.5	0.1
	S3	58~63	17~32	0.1~0.4	27.0	11.9	7.9	105.2	0.1
	S4	44~49	10~32	0.1~0.3	24.6	10.1	7.9	100.5	0.1
	S5	48~65	15~19	0.1~0.5	29.1	12.4	7.3	103.8	0.1
	S6	27~31	6~21	0.2~0.6	17.0	9.1	6.8	56.4	0
Gucheon Stream	G1	36~39	6~15	0.2~0.5	18.2	9.0	6.9	62.0	0
	G2	40~45	5~19	0.2~0.5	16.5	9.2	6.3	77.7	0
	G3	17~44	14~40	0.2~0.6	17.2	9.3	6.5	75.8	0
	G4	15~18	5~10	0.2~0.6	21.7	8.3	7.2	84.7	0
IS1	<30	<12	0.1~0.3	22.7	8.9	7.5	103.7	0	
IS2	<15	<5	0.1~0.4	20.2	8.9	7.4	70.2	0	
IS3	<15	<10	0.1~0.3	17.8	9.9	6.9	81.4	0	

알을 낳은 뒤 수컷이 알을 보호하는 산란습성과 관련이 있다(Kim and Park, 2002). 따라서 향후 남방동사리의 복원을 위한 대체서식처 마련 등에 있어서 하상을 가장 중요한 요인으로 생각해야 한다.

멸종위기종의 보전 및 보호를 위해서는 해당종에 대한 생태적 특성을 확인할 필요가 있다. 1999년 국내에 처음 기록된 남방동사리는 농어목 동사리과에 속하는 어종으로, 중국과 일본, 한국의 거제도 산양천 일대에 분포한다

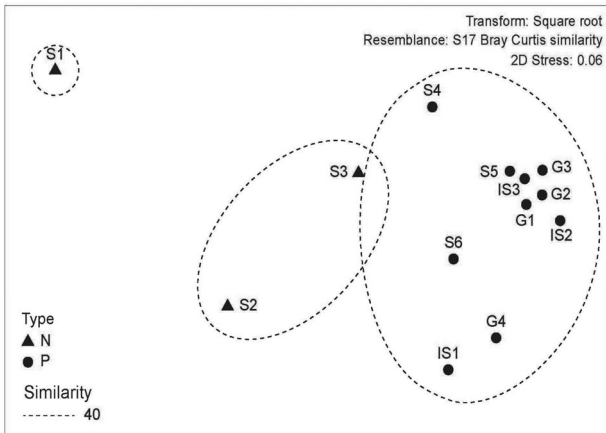


Fig. 3. Ordination of NMDS analysis with community similarity analysis between each sampling sites. Circles represent *O. obscura* present sites while triangle represent *O. obscura* absent sites.

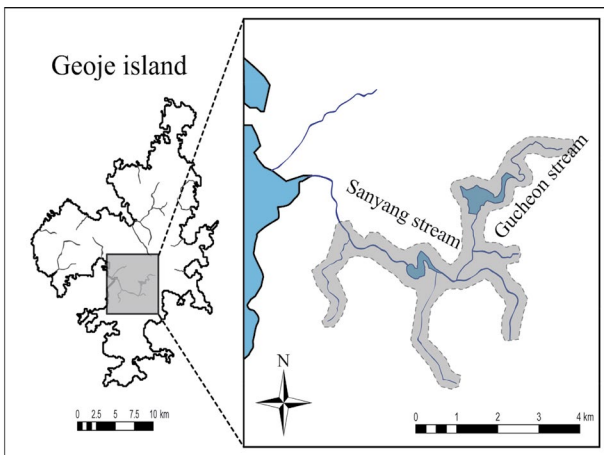


Fig. 4. The map describing the recommending protected area of the *O. obscura*.

(Chae, 1999). 여기서, 산양천 일대라 함은 본 연구의 결과에서 확인할 수 있듯이 산양천 수계(산양천, 구천천 및 유입지천) 전체를 포함한다. 남방동사리는 1차 담수어종으로 분류되며 저서성 어류로 돌 밑, 수변부, 수초지대에서 주로 서식하고 수서곤충이나 갑각류, 소형 어류를 섭식한다. 국내 서식하는 남방동사리의 전장은 약 14 cm 내외(Kim and Park, 2002)이며, 일본에서는 전장 17.5 cm까지 확인된 기록이 있다(Bauchot *et al.*, 1989). 또한, 중국에서 연구된 바에 따르면 산란기는 4월~6월 중순이며(Bangke *et al.*, 1999), 한국의 경우 7월까지 산란기로 보고되어 있다(Kim and Park, 2002). 산란시 하천 바닥의 큰 돌 밑에 알을 낳은 뒤 수컷이 알을 보호하고, 평균 $1,154 \pm 317$ 개의 알을

낳는 것으로 보고되었으며, 1년생부터 성적으로 완전히 성숙하고 3년생 이후부터는 성장이 느려진다(Bangke *et al.*, 1999). 한국에 서식하는 남방동사리는 일본의 서쪽에 서식하는 남방동사리와 유전적으로 동일한 계통으로 보고되었으며, 이는 과거 한반도와 일본 열도가 지리적으로 연결되어 있었다는 증거이기 때문에 생물지리학적으로 가치가 매우 큰 종이라고 할 수 있다(Chae, 1999). 반면, 국내에 서식하는 남방동사리의 연구가 매우 제한되어 있으며, 종을 보존 및 보호하기 위해 필수적으로 필요한 생리, 생태에 대한 기초 연구가 매우 부족하다. 따라서, 국내에 서식하는 남방동사리에 대해서 생리, 생태에 대한 연구가 반드시 이루어져야 한다.

남방동사리는 서식 지역이 매우 제한적이며 개체군의 크기 또한 크지 않기 때문에 환경부에서 멸종위기야생생물 1급으로 지정하여 보호하고 있다. 본 연구에서는 이러한 남방동사리가 산양천 수계에서 제한적으로 서식하는 것을 확인하였다. 이에 본 연구에서 남방동사리가 서식하고 있는 지역에 대해서 Fig. 4와 같이 주요 지천을 포함하여(IS1~3, 부춘천) 보호지역(습지보호구역, 야생생물보호구역)으로 설정하기를 제안한다. 이후 과학적인 연구를 통해서 남방동사리의 생리, 생태에 대한 자료를 확보하고, 이를 기반으로 구체적인 보전 전략을 마련할 필요성이 있다.

적 요

본 연구는 환경부 멸종위기야생생물 1급으로 지정되어 있는 남방동사리의 분포와 서식지 특성을 확인하였다. 조사는 남방동사리의 주요 서식지로 알려져 있는 산양천 수계(산양천, 구천천, 유입 지천)에서 이루어졌으며, 2016년 4월과 8월에 현장조사가 이루어졌다. 조사 결과 산양천 하류 S1~S3 지점을 제외한 전체 지점에서 남방동사리의 서식이 확인되었다. 서식 범위가 유입지천의 최상류에서 염도의 영향을 받지 않는 산양천 최하류까지이며, 남방동사리가 1차담수어이기 때문에 염도가 서식에 가장 큰 제한 요인이었다. 이외 서식처 및 산란처로 활용되는 하상구조가 중요한 요인으로 확인되었으며, 서식이 확인된 모든 지점에서 작은돌(cobble) 크기 이상이 50% 이상을 차지하였다. 남방동사리의 상세한 분포지역이 본 연구에서 처음 보고가 될 정도로 국내 서식하는 남방동사리에 대한 연구가 매우 부족하다. 따라서, 이러한 남방동사리의 보호 전략을 마련하기 위해서는 남방동사리의 생리, 생태에 대한 과학적인 연구가 이루어질 필요성이 있다.

저자정보 박상현 (주식회사 에코리서치 선임연구원, 목포대학교 해양수산자원학과 박사과정), 김정희 (주식회사 에코리서치 대표이사), 백승호 (주식회사 에코리서치 선임연구원, 충북대학교 환경공학과 박사과정), 조현빈 (부산대학교 환경·에너지연구소 연구교수)

저자기도 개념설정: 박상현, 김정희, 조현빈, 조사 및 채집: 조현빈, 자료분석: 박상현, 김정희, 백승호, 원고작성: 박상현, 김정희, 조현빈

이해관계 본 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R1C1C1009066).

REFERENCES

- Bangke, Z., X. Congxin, W. Mingxue and J. Hui. 1999. A Study on Feeding, Reproduction, Age and Growth of Dark Sleeper *Odontobutis obscura* in Bao an Lake. *Acta Hydrobiologica Sinica* **23**(4): 323-328.
- Bauchot, M.L., J.M. Ridet, M. Diagne and R. Bauchot. 1989. Encephalization in Gobioidi (Teleostei). *Japanese Journal of Ichthyology* **36**(1): 63-74.
- Chae, B.S. 1999. First record of odontobutid fish, *Odontobutis obscura* (Pisces: Gobioidi) from Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **11**: 12-16.
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. Freshwater fishes of Korea. LG foundation all rights reserved, Seoul, Korea.
- Choi, G.T., Y.H. Byun, H.K. Park and J.A. Won. 2009. A study on the characteristics of freshwater fish and distribution in Geo-je Island. The Korea Science Center & Museum Association.
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *The American Midland Naturalist* **67**(2): 477-504.
- Field, J.G., K.R. Clarke and R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* **8**: 37-52.
- Iwata, A., S.R. Jeon, N. Mizuno and K.C. Choi. 1988. Larval Development of a Gobiid Fish, *Odontobutis obscura obscura* in Comparison with That of *O. o. interrupta* and of *O. platycephala*. *Japanese Journal of Ichthyology* **35**(3): 371-381.
- KEI. 2011. Policy Measures for Conservation of National Red List Species in Korea. Korea Environment Institute (KEI), Seoul, Korea.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyo hak sa, Seoul, Korea.
- Kim, S.H. and J.Y. Park. 2012. Study on the Distribution and Habitat Characteristics of *Kichulchoia brevifasciata* (Cypriniformes: Cobitidae) from Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **24**(3): 234-241.
- Matsubara, H., H. Sakai and A. Iwata. 2001. A river metapopulation structure of a Japanese freshwater goby, *Odontobutis obscura*, deduced from allozyme genetic indices. *Environmental Biology of Fishes* **61**(3): 285-294.
- MOE/NIBR. 2013. Stream/River ecosystem survey and health assessment (IV). Ministry of Environment/National Institute of Biological Resources (NIBR), Incheon, Korea.
- MOE/NIBR. 2016. Endangered species investigation and management system improvement research. Ministry of Environment/National Institute of Biological Resources (NIBR), Incheon, Korea.
- Nelson, J.S. 2016. Fishes of the world. Wiley, New York, USA.
- Sakai, H., C. Yamamoto and A. Iwata. 1998. Genetic divergence, variation and zoogeography of a freshwater goby, *Odontobutis obscura*. *Ichthyological Research* **45**(4): 363-376.
- Sakai, H., H. Tsujii, Y. Tanaka, C. Yamamoto and A. Iwata. 1996. Genetic variability and differentiation of a freshwater goby *Odontobutis obscura* in Yamaguchi Prefecture. *Journal of National Fisheries University* **45**: 87-93.
- Sakai, H., Y. Tanaka, H. Tsujii, A. Iwata and I. Ikeda. 1999. Distribution pattern of two genetically different groups of *Odontobutis obscura* in the Takatsu River and its vicinity. *Japanese Journal of Ichthyology* **46**(2): 109-114.
- Son, Y.M. and H.B. Song. 1998. Freshwater Fish Fauna and Distribution in Kojedo, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **10**(1): 87-97.

Appendix I. Detailed information of the each sampling sites.

Sites	Address	Global Positioning System		
		Latitude	Longitude	
Sanyang Stream	S1	Sanchonje1gyo Dongbu-myeon Geoje-si	34°49'43.8"	128°36'12.9"
	S2	Omangcheongyo Dongbu-myeon Geoje-si	34°49'19.8"	128°36'19.0"
	S3	In front of Dongbu-middle school Dongbu-myeon Geoje-si	34°49'05.8"	128°36'26.8"
	S4	Dongsangyo Dongbu-myeon Geoje-si	34°49'01.1"	128°36'43.0"
	S5	Under part of Dongbu-Reservoir Dongbu-myeon Geoje-si	34°48'49.5"	128°37'12.8"
	S6	Upper part of Dongbu-Reservoir Dongbu-myeon Geoje-si	34°48'38.5"	128°37'40.2"
Gucheon Stream	G1	In front of Gilsonsikdang Dongbu-myeon Geoje-si	34°48'31.6"	128°37'55.7"
	G2	Upper part of Gucheonsamgeori Dongbu-myeon Geoje-si	34°48'56.1"	128°38'09.4"
	G3	Under part of Sudalsaengtae park Dongbu-myeon Geoje-si	34°49'18.7"	128°38'13.8"
	G4	Sangmun-dong Geoje-si	34°50'02.0"	128°39'10.8"
IS1	Yeondamsamgeori~Jayeonhyuyangnim Dongbu-myeon Geoje-si (Upper part of Sanyang Stream)	—	—	
IS2	Seodanggol Stream~Gucheon Stream Dongbu-myeon Geoje-si (Seodanggol Stream)	—	—	
IS3	Direction of Bukbyeongsan-ro Dongbu-myeon Geoje-si (Manggol Stream)	—	—	