

섬진강에 서식하는 모래주사 *Microphysogobio koreensis*의 산란 미소서식 환경

윤승운 · 김재구 · 김현태 · 박종성 · 김치홍¹ · 이용주² · 박종영*

전북대학교 자연과학대학 생명과학과 · 생물다양성연구소, ¹국립수산과학원 중앙내수면연구소, ²전주교육대학교 과학교육과

Spawning Microhabitat of *Microphysogobio koreensis* (Pisces: Cyprinidae) in the Seomjin River, Korea by Seung-Woon Yoon, Jae-Goo Kim, Hyun-Tae Kim, Jong-Sung Park, Chi-Hong Kim¹, Yong-Joo Lee² and Jong-Young Park* (Faculty of Biological Science and Institute for Biodiversity Research, College of Natural Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea; ¹Central Inland Fisheries Research Institute, Cheongpyeong-ri Cheongpyeong-myeon Gapsong-gun, Gyeonggi-do 477-816, Korea; ²Department of Science Education, Jeonju National University of Education, Jeonju 560-757, Korea)

ABSTRACT *Microphysogobio koreensis*, an endemic Korean freshwater fishes belonging to Cyprinidae, is protected as a 2nd grade of endangered fishes by the ministry of the Environment. For this species, the study on the spawning microhabitat including structure of streambed and spawning grounds was carried out. The streambed that this species mainly lives consists of boulders, cobbles, and pebbles, the so-called Bb type, with a depth of 0.3 to 1.0 m and a rapid velocity of 0.5 ± 0.2 m/sec. But the main spawning grounds where the spawning is actually occurring, is relatively shallower, 0.4 ± 0.1 (0.4~0.6) m depth, and faster, 0.8 ± 0.1 (0.6~0.9) m/sec velocity, whereas the region that the fertilized eggs are attached are rather slowest to 0.4 m/sec. The spawning starts at a water temperature of 20°C in earlier May, laying their eggs on the cobbles' or boulders' surface or in between them. In particular, with a wide range of streambed structures, natural spawning grounds' environments may let the fertilized eggs not be swept from rapid current and secure efficient dissolved oxygen. The individuals, however, do not appear at the grounds any more after the spawning season, and it is expected that they may move into deeper water such as Lakes or lower streams.

Key words : *Microphysogobio koreensis*, endangered species, spawning microhabitat, spawning grounds, Korea

서 론

국내의 모래주사속(*Microphysogobio*) 어류는 총 5종이 보고되어 있으며 그 중 모래주사 *Microphysogobio koreensis*는 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae)에 속하는 소형 담수어류로, 섬진강과 낙동강 수계에 서식하는 한국고유종이다(김과 박, 2002). 모래주사는 서식처가 매우 제한적이

고 그 개체 수 또한 적어 멸종위기 야생동·식물 II급으로 지정되어 보호받고 있다(환경부, 2005). 국내 분포하는 모래주사속 어류의 생태에 관한 연구는 배가사리 연구(허 등, 2010)에서 일부 제한적으로 다루었을 뿐 모래주사에서는 진행된 바 없다. 모래주사에 관한 연구 또한 모래주사속 어류의 재검토(Kim and Yang, 1999), 버들매치속과 모래주사속 어류의 분자계통학적 연구(Kim and Bang, 2010) 및 난발생과 초기생활사에 관한 연구(김 등, 2012a) 등 일부에서만 진행된 바 있다.

최근 멸종위기 어류의 종 보존 및 개체군 복원을 위해 인

*Corresponding author: Jong-Young Park Tel: 82-63-270-3344, Fax: 82-63-270-3362, E-mail: park7877@jbnu.ac.kr

공중식 기술을 이용한 자치어 생산에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는데(서 등, 2006; 송 등, 2009; 고 등, 2011; 고 등, 2012), 효율적인 인공증식 기술 개발을 위해서는 대상종의 난 발생 등 초기생활사 분야 뿐 아니라 이들의 서식환경에 관한 연구가 반드시 필요하다. 특히 산란장의 하상구조 및 유속 등의 환경 특성은 수정란의 부화 및 자치어의 생존과 밀접하게 관련된 요소 중 하나이다(Wootton, 1998). 따라서 본 연구에서는 멸종위기 종 모래주사의 산란장 미소서식 환경에 대한 연구를 실시하여 종 보존 및 서식처 복원을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

실시하였다. 포획된 어류는 현장에서 동정 및 개체 수를 확인한 후 바로 방류하였고 어류의 동정은 김과 박(2002)에 따랐다.

서식처 특성을 조사하기 위해서 유폭 및 하폭 측정은 위성지도, 유속은 유속계(Global Water, FP-101), 수심과 하상구조물들은 줄자를 이용하였다. 또한 월 평균 수온, pH, DO 등의 수질 특성은 수질측정망 자료를 이용하였으며(물환경정보시스템, 2012), 산란장의 하상구조는 수중 촬영 장비(Sony, 420TVL CCD 6LED Outdoor Camera IP68)를 이용해 녹화(Sony, DCR-TRV900)한 후 분석하였다(Cummins, 1962).

재료 및 방법

모래주사의 포획은 전라지방환경청의 허가(2011-05)를 통해 이루어졌으며, 전라북도 임실군 신평면 덕암리 일대에서 2012년 3월부터 11월까지 투망(망목 7×7mm)을 이용하여

결과 및 고찰

1. 서식처 환경

전라북도 임실군 신평면에 위치한 모래주사의 자연산란장은 옥정호로 유입되는 섬진강 본류에 위치하고 있다(Fig.

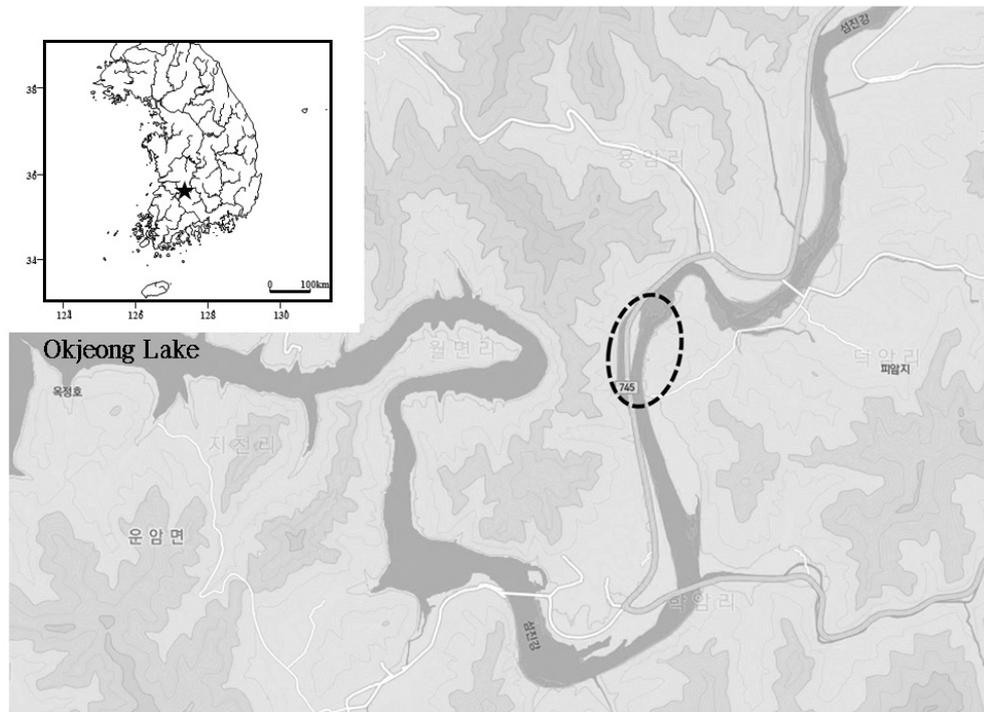


Fig. 1. Map showing the study site of *Microphysogobio koreensis* in the Seomjin River, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun, Jeollabuk-do, Korea.

Table 1. The environmental conditions at the study site in the Seomjin River

River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	River type*	Bottom structure (%)**				
				B	C	P	G	S
100~200	17~26	0.3~1.0	Bb	10	30	30	20	10

*River type: by 可兒 (1944)

**Cummins (1962): B (boulder, >256 mm), C (cobble, 256~64 mm), P (pebble, 64~16 mm), G (gravel, 16~2 mm), S (sand, <2 mm)

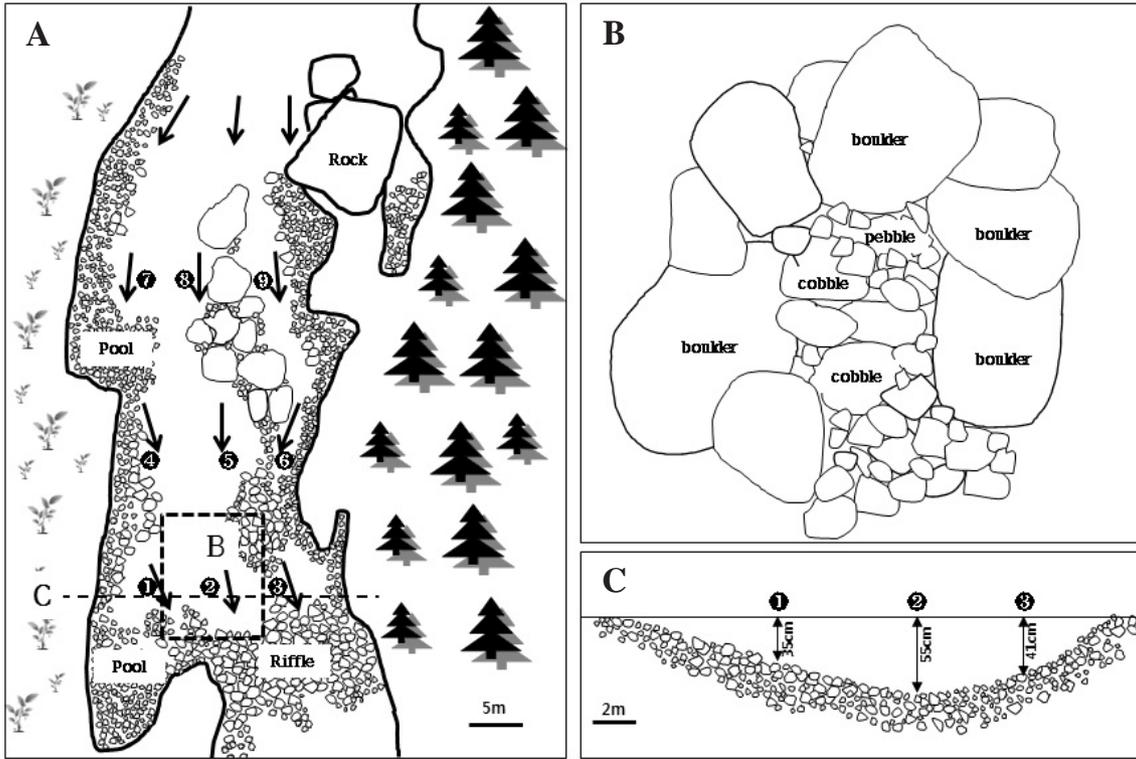


Fig. 2. The diagram showing the microhabitat of *Microphysogobio koreensis* at the study site in Seomjin River, Korea. A, Structure of spawning area. arrows, waterflows. B, Streambed of the main spawning grounds. C, Cross section of the main spawning grounds. The numbers in parenthesis indicate study sites designed for investigation of microhabitat's structure.

Table 2. Water velocity and water depth at the study site in Seomjin River, Korea

Fig. 2.	Water velocity (m/s)	Water depth (m)
1	0.61	0.35
2	0.78	0.55
3	0.86	0.41
4	0.27	0.77
5	0.42	0.93
6	0.47	0.75
7	0.22	0.50
8	0.33	0.81
9	0.64	1.00
Mean	0.51±0.225	0.67±0.231
(Range)	(0.22~0.86)	(0.35~1.00)

1). 하폭은 100~200 m 정도로 넓었고, 유폭은 17~26 m로 하폭에 비해서 좁았으며 (Table 1), 하천 형태는 비교적 긴 소 끝에 여울이 위치하고 있는 Bb형을 띠었다. 서식처의 수심은 약 0.3~1.0m 정도이며, 왼쪽은 자갈로 이루어진 넓은 평지가 형성되어 있는 반면에 오른쪽은 숲이 울창한 산지로 둘러싸여 있다. 하천의 구조 또한 왼쪽은 완만하고 오른쪽은 상대적으로 경사진 형태를 보였다(Fig. 2A, 2C). 총 9지점을 선정하여 유속을 확인한 결과 0.5±0.2 m/sec의 값을

보였으며 (Fig. 2A, Table 2), 전반적으로 양측면의 유속이 하천 중심의 유속보다 느리게 나타났다. 반면 3번 지점의 경우 여울과 근접해 있는 관계로 빠른 유속을 보였다. 하상구조는 큰돌 (boulder), 작은돌 (cobble), 자갈 (pebble), 잔자갈 (gravel), 모래 (sand)가 각각 10, 30, 30, 20, 10%의 비율로 이루어져 있었다 (Table 1).

서식처의 수질 특성을 분석한 결과, 수온은 3월까지 10°C 이하의 값을 보이다가 점차 상승하여 5월이 지나면서 20°C에 도달한 이후 9월까지 20°C 이상을 유지하였다 (물환경정보시스템, 2012). 모래주사의 산란은 수온이 20°C가 되는 5월 초에 관찰되었으나 산란기가 지나자 산란이 활발하게 이루어졌던 동일한 장소에서도 모래주사의 서식이 거의 확인되지 않았는데, 상류에 보들이 설치되어 있어 소상하기 어렵게 되어, 산란 후 댐호나 하천 하류의 수심이 깊은 곳으로 이동하여 생활 할 가능성이 높을 것으로 사료되었다. 이는 산란 후 겨울철 수심이 얇은 곳으로 이동하여 월동하는 얼룩새코미꾸리 (홍 등, 2011), 서식처를 선정한 후 산란하고 생활하는 독중개 (변 등, 1995), 서식처 주변에 산란장을 형성하는 통사리 (김 등, 2012b)와는 다른 이동 패턴을 보여주었다. DO의 경우 수온이 낮은 겨울철 높은 값을 보이다가 수온이 상승한 여름철 낮아지는 전형적인 하천에서의 변화

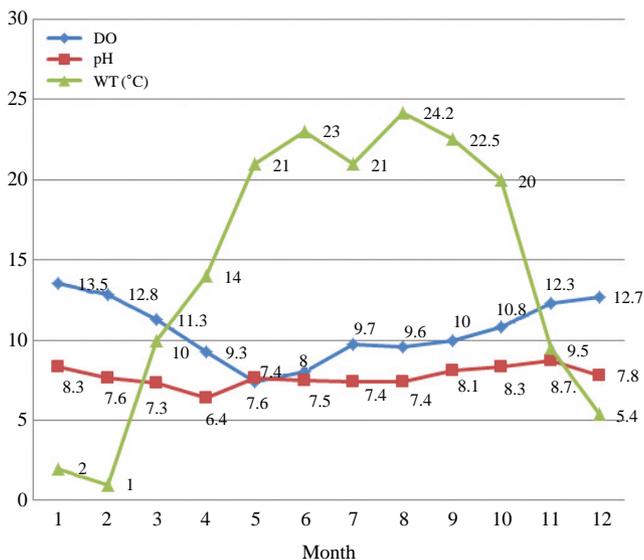


Fig. 3. Monthly changes on the characteristics of water quality at the study site in Seomjin River, Korea.

양상을 나타내었다(Fig. 3).

서식처 특징 중, 200 m 상류에 설치되어 있는 보는 어느 정도 수량조절의 역할을 함으로써 평상시 서식처 환경을 유지시키고 있었으나, 장마기간 많은 비가 올 경우 쉽게 범람하여 그 기능을 상실하였다. 모래주사 성어의 경우 산란기 이후 산란장을 떠나기 때문에 하천 범람에 직접적인 영향을 받을 가능성이 낮지만, 부화 후 일정기간 용존산소가 풍부한 산란장 주변에서 성장할 것으로 보이는 자치어의 경우 급작스런 수량 증가는 자치어의 생존에 큰 영향을 끼칠 수 있다(Wootton, 1998). 따라서 하천 범람으로부터 자연산란장을 보존하기 위한 대안이 필요하다.

2. 산란장 특성

모래주사의 산란이 관찰된 총 5개 지점의 공통적인 하상 구조를 분석하였다(Fig. 2B). 하상은 주로 큰돌과 작은돌 및 자갈로 구성되어 있었고, 바닥층은 모래로 깔려있었다. 산란

Table 3. The list and individual number of collected fishes at the study site in Seomjin River, Korea

Species	2012. 3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	RA
Cyprinidae											
* <i>Acheilognathus koreensis</i>	2	2	11	2	3	4				24	1.78
* <i>Acheilognathus majusculus</i>		2	4	3	1	6		1		17	1.26
<i>Pseudorasbora parva</i>		1				1				2	0.15
<i>Pungtungia herzi</i>		2	4	2	4	10	2	8	8	40	2.96
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>			1	1	1					3	0.22
* <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	2	3	3			6	1	2	2	19	1.41
* <i>Squalidus gracilis majimae</i>	2		2	1	5	2	5	1	3	21	1.55
* <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	18	21	22	38	24	33	11	8	3	178	13.18
<i>Hemibarbus labeo</i>	4	4		6		3	5	3	3	28	2.07
<i>Hemibarbus longirostris</i>	2	5	4	2	2	2	4	5	2	28	2.07
<i>Pseudogobio esocinus</i>	5	5	10	11	5	2	4	3	3	48	3.55
* <i>Microphysogobio koreensis</i>	3	5	25	13	5	3	2	3	1	60	4.44
* <i>Microphysogobio yaluensis</i>	11	21	31	38	11	2	5	3	3	125	9.25
* <i>Zacco koreanus</i>	21	18	33	25	28	30	11	8	1	175	12.95
<i>Zacco platypus</i>	41	38	51	60	29	39	28	44	32	362	26.79
* <i>Hemiculter eigenmanni</i>	3	7		11		2	4	2	5	34	2.52
<i>Cobitis tetraliniata</i>	1		2	3	3	1	1	2	3	16	1.18
Siluridae											
<i>Silurus asotus</i>			1							1	0.07
Bagridae											
* <i>Pseudobagrus koreanus</i>	5		11	7	10	5		4	5	47	3.48
Centropomidae											
* <i>Coreoperca herzi</i>				1			1			2	0.15
<i>Siniperca scherzeri</i>		1		1		1				3	0.22
Centrarchidae											
° <i>Lepomis macrochirus</i>	1	2	3	4	4		2	1	2	19	1.41
° <i>Micropterus salmoides</i>	2	5	2	3	2	1	6	2	3	26	1.92
Odontobutidae											
* <i>Odontobutis platycephala</i>		3	2	3	5		4	3	1	21	1.55
Gobiidae											
<i>Tridentiger brevispinis</i>	10	11	5	7	3	2	5	8	1	52	3.85
No. of individuals	133	156	227	242	145	155	101	111	81	1351	
No. of species	17	19	20	22	18	20	18	19	18	25	

*: endemic species, °: introduced species, RA: Relative abundance

장은 몇 개의 큰 돌이 주변을 둘러싸고 있었고, 그 사이에 넓고 편평한 작은돌과 자갈이 채워진 형태였다. 실제로 산란 직후 바닥 안쪽에 놓여 있는 돌을 뒤집어 관찰하면 돌 표면에 붙은 점착성 수정란을 확인할 수 있었다. 한편, 전체적인 산란장의 수심은 0.4 ± 0.1 (0.4~0.6) m로 상대적으로 낮았으며, 유속은 평균 0.8 ± 0.1 (0.6~0.9) m/sec로 주변 지점에 비해 빨랐다. 그러나 실제 산란이 이루어져 수정란이 부착되는 산란장 안쪽 바닥의 유속은 0.4 m/sec로 급격하게 느려져 큰 차이를 나타냈다. 부모로부터 산란장 보호를 받지 않는 어류들은 다량의 산란이 이루어지는 반면에 포식 확률이 높은 단점을 가지고 있으며, 때문에 수정란이 포식되지 않도록 돌의 밑면이나 돌 틈 사이에 산란하는 경우가 많은 것으로 보고된 바 있다(Moyle and Cech, 1996). 본 조사에서 확인된 모래주사의 산란장은 큰돌로 둘러싸인 형태의 하상구조로 나타났는데, 수정란에 직접적인 물살이 닿지 않게 함으로써 수정란이 휩쓸려나가 포식되는 것을 방지하는 역할을 할 것으로 생각된다. 산소공급은 수정란의 부화에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나로 작용하는데(Wootton, 1998), 모래주사 산란장의 경우 유속이 빠른 지점에 위치함으로써 수정란에 산소를 공급하는데 큰 이점을 가질 것으로 생각된다.

3. 모래주사의 서식 밀도 및 동소종

2012년 3월부터 11월까지 조사지점에서 관찰된 동소종을 분석하였다(Table 3). 총 25종의 어류가 확인되었으며 그 중 한국고유종은 13종, 외래도입종은 2종이 출현하였다. 피라미 *Zacco platypus*가 가장 많은 수 포획되어 우점종으로 나타났다. 참갈겨니 *Zacco koreanus*가 아우점종으로 확인되었다. 모래주사의 경우 총 60개체가 포획되어 4.44%의 상대포부도를 나타냈는데, 이는 산란기인 5~6월에 실시한 산란장 위주의 조사로 인한 결과로 판단된다. 한편 외래도입종 중 배스 *Micropterus salmoides*가 일부 확인되었는데 비록 그 수는 적었으나 대부분 30 cm 이상의 성체로 조사지점에서 최상위 포식자의 위치에 해당될 것으로 생각되었다. 배스는 담수에서 강한 탐식성 육식어종으로 알려져 있으나(Godinho *et al.*, 1997; Azuma and Motomura, 1998; Yodo and Kimura, 1998; NFRDI, 2007), 모래주사 개체군 크기의 감소에 직접적인 영향을 끼치는지에 대해서는 검증된 바가 없다. 그러나 무작위 포식 과정 중 섭식될 가능성이 있으므로 모래주사 개체군 보호를 위한 배스의 개체수 조절 대책이 필요해 보였다. 한편 동소종 중 모래주사의 근연종인 돌마자 *Microphysogobio yaluensis* 또한 많은 수 확인되었는데, 모래주사의 산란장을 지속적으로 관찰한 결과 형태적으로 매우 유사함에도 불구하고 돌마자와 함께 유영하는 장면은 확인 할 수 없었다. 따라서 돌마자는 산란 시기 또는 장소

등 모래주사와는 다른 산란 생태를 가질 것으로 사료된다.

요 약

잉어과에 속하는 모래주사 *Microphysogobio koreensis*는 현재 환경부에 의해 멸종위기종 2급으로 지정되어 보호받고 있는 고유종이다. 본 연구에서는 모래주사의 산란장 하상구조 등의 산란 미소서식 환경을 조사하였다. 이들의 산란 서식처는 큰돌, 작은돌, 자갈, 잔자갈 등으로 구성된 Bb type이며, 수심은 약 0.3~1.0 m, 유속은 빠른 0.5 ± 0.2 m/sec로 나타났다. 실제로 산란이 일어나는 산란장은 수심이 0.4 ± 0.1 (0.4~0.6) m로 얇은 반면에 유속은 0.8 ± 0.1 (0.6~0.9) m/sec로 빨랐으나 수정란이 부착되어 있는 장소는 오히려 0.4 m/sec로 느렸다. 산란은 수온이 20°C가 되는 5월 초에 이루어졌으며, 자갈 표면이나 틈 사이에 알을 낳는다. 이러한 산란장의 특성은 수정란이 휩쓸려 나가지 못하게 하는 기능과 함께 산소공급을 원활하게 하는 역할을 할 것으로 생각된다. 그러나 산란시기 이후에 모래주사들은 이 산란장에서 거의 출현하지 않는 특징을 보여 모래주사 개체들은 산란 후 댐호나 수심이 깊은 하류로 이동하는 것으로 추정된다.

인 용 문 헌

- 고명훈·김우중·박상용·방인철. 2011. 멸종위기 어류 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala*의 난발생 및 초기생활사. 한국어류학회지, 23: 198-205.
- 고명훈·박상용·방인철. 2012. 가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa*의 난발생 및 초기생활사. 한국어류학회지, 24: 48-55.
- 국립수산과학원. 2007. 외래 위해어종의 생태조사 및 관리방안 연구(1차년도). NFRDI, 81 pp.
- 김익수·박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 465 pp.
- 김치홍·윤승운·김재구·김현태·박종성·박종영. 2012a. 멸종위기종 모래주사 *Microphysogobio koreensis*의 난발생 및 초기생활사. 한국어류학회지, 24: 160-166.
- 김형수·양 현·홍양기. 2012b. 만경강 수계 고산천에 서식하는 통사리의 자연산란장 특성. 한국어류학회지, 24: 183-190.
- 물환경정보시스템. <<http://water.nier.go.kr/waterMeasurement/selectWater.do>>. (2012).
- 변화근·조규송·최재석·김종필. 1995. 한국산 독중개의 번식행동. 한국어류학회지, 28: 191-198.
- 서원일·한경호·윤성민·김춘철·황성연·이성훈·이충렬·손영목·김익수. 2006. 통사리(*Liobagrus obesus*)의 초기 생활사. 발생과생식, 10: 41-45.
- 송하윤·양 현·조은미·신현철·방인철. 2009. 멸종위기에 처

- 한 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae)의 난 발생 및 자치어 형태 발달. 한국어류학회지, 21: 247-252.
- 환경부. 2005. 야생동 · 식물보호법. 법률 제7457호(시행규칙 제 2 조).
- 허준욱 · 박진우 · 이상욱 · 김정근. 2010. 한강수계에서 배가사리 *Microphysogobio longidorsalis*의 물리적 서식지 평가. 한국수자원학회 2010년도 학술발표회 논문집. 한국수자원학회, pp. 977-981.
- 홍양기 · 양 현 · 방인철. 2011. 자호천에 서식하는 멸종위기어류 얼룩새코미꾸리의 서식환경과 번식, 섭식생태. 한국어류학회지, 23: 234-241.
- Azuma, M. and Y. Motomura. 1998. Feeding habits of largemouth bass in a non-native environment: the case of a small lake with bluegill in Japan. Environ. Biol. Fishes, 52: 379-389.
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters. Am. Midl. Nat., 67: 477-504.
- Godinho, F.N., M.T. Ferreira and R.V. Cortes. 1997. The environmental basis of diet variation in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibbosus*, and largemouth bass, *Micropterus salmoides*, along an Iberian river basin. Environ. Biol. Fishes, 50: 105-115.
- Kim, I.S. and H. Yang. 1999. A revision of the genus *Microphysogobio* in Korea with description of a new species. Korean J. Ichthyol., 11: 1-11.
- Kim, K.Y. and I.C. Bang. 2010. Molecular phylogenetic position of *Abbotina springeri* based on nucleotide sequences of *RAG1* gene. Korean J. Ichthyol., 22: 273-278.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech. 1996. Fishes: An Introduction to Ichthyology (3rd ed). Prentice Hall Press, New Jersey, 590 pp.
- Wootton, R.J. 1998. Ecology of teleost fishes (second edition). Chapman and Hall, 386pp.
- Yodo, T. and S. Kimura. 1998. Feeding habits of largemouth bass *Micropterus salmoides* in lakes Shorenji and Nishinoko, Central Japan. Nihon Suisan Gakkaishi, 64: 26-28. (in Japanese)
- 可兒藤吉. 1944. 溪流性昆虫の生態. 古川晴男編(昆虫), 上卷. 研究社, 東京.