

## 한강 하구에 서식하는 수산생물의 법정전염병 및 기생충 감염 조사

김진희 · 송준영<sup>1</sup> · 이정호<sup>1</sup> · 허준욱<sup>2</sup> · 권세련 · 권준영\*

선문대학교 수산생명의학과, <sup>1</sup>국립수산과학원 내수면양식연구센터,  
<sup>2</sup>군산대학교 해양생명응용과학부 해양생명과학전공

**Investigation of Reportable Communicable Diseases and Parasites in Aquatic Organisms Living in the Estuary of the Han River.** Jin Hui Kim (0000-0002-1512-0318), Jun Young Song<sup>1</sup> (0000-0001-8485-0878), Jung-Ho Lee<sup>1</sup> (0000-0002-2236-3748), Jun Wook Hur<sup>2</sup> (0000-0002-5241-0920), Se Ryun Kwon (0000-0002-4656-2143) and Joon Yeong Kwon\* (0000-0001-8485-0878) (Department of Aquatic Life Medical Sciences, Sunmoon University, Asan 31460, Republic of Korea; <sup>1</sup>Inland Aquaculture Research Center, National Institute of Fisheries Sciences (NIFS), Changwon 51688, Republic of Korea; <sup>2</sup>Faculty of Marine Applied Biosciences, Aquaculture and Aquatic Science major, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea)

**Abstract** The estuary of the Han River constantly suffers from pollutants and pathogenic microorganisms which could cause serious damage to aquatic organisms living there. Despite of this potential risk, it is hard to find any reliable scientific reports on the status of reportable disease infection to the organisms living in this area. In this study, cyprinid fish and crustaceans in Jeonryu-ri, a region of the Han River estuary, were investigated for the infection by representative reportable communicable diseases (SVC, spring viraemia of carp; KHVD, koi herpesvirus disease; EUS, epizootic ulcerative syndrome; WSD, white spot disease) and parasites. Peripheral fish and primary freshwater fish were observed in Jeonryu-ri with cyprinid caught most frequently. Crustaceans were mostly marine species. No positive bands to any of the reportable diseases were produced in any of the fish and crustacean examined in this study by PCR. No trace of *Clonorchis sinensis*, a liver fluke potential threat to human health, was detected in any of fish samples. However, many fish were infected by metacercaria of other flukes, and other various parasites such as nematode, cestode, copepod, monosite and acanthocephalan. These results suggest that important aquatic organisms in the Han River estuary is not seriously polluted yet. However, it is important to keep monitoring the diseases since the water quality in this region is constantly changing, and devastating influence of infectious diseases is unpredictable. Further, it is required to expand monitoring area toward upstream and increase the number of fish for examination.

**Key words:** Han River, reportable communicable disease, parasite

## 서 론

조석, 파랑 및 하천 유량의 영향을 모두 받는 기수역은 수

질오염 저감, 홍수 조절, 서식지 제공 등의 역할을 하기 때문에 경제적 가치가 매우 크다(McLusky, 1981). 그런데 우리나라 주요 기수역의 하나인 한강 하구는 개발에 따른 환경 파괴, 갯벌 매립에 의한 조간대 상실, 군사용 철책에 의한 생태적 단절 등의 어려움을 겪고 있다(Park, 2004). 또한 인구의 밀집, 연안지역의 폐수 증가, 강우쓰레기 및 병원성 미생물의 유입으로 이 곳 생태계의 건전성은 지속적인 위협을 받

Manuscript received 7 September 2019, revised 7 November 2019, revision accepted 8 November 2019  
\* Corresponding author: Tel: +82-41-530-2284, Fax: +82-41-530-2917, E-mail: jykwon@sunmoon.ac.kr

고 있다. 하구로 유입되는 오염원으로 인한 용존산소 감소, 암모니아 독성, 부영양화 등에 인한 수질 악화는 어류 개체군 및 수서동물에게 여러 가지 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 어류의 집단 폐사를 초래하기도 한다(Matthews and Berg, 1997; Shili *et al.*, 2002; Foss *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2013). 그리고 다양한 바이러스, 세균, 기생충 등도 어류 집단 폐사의 직접 또는 간접적인 요인으로 작용할 수 있다.

상류의 양식장 및 낚시터에서 자연수계로 사육수 유입, 관상어의 무단 방류 등으로 인해 하구역은 항상 법정전염병 병원체 유입의 위험에 노출되어 있다. 우리나라에서는 수산생물에 큰 피해를 입힌 사례가 있거나 입힐 가능성이 있는 질병을 ‘수산생물법정전염병’으로 지정하여 관리 및 감시하고 있다. ‘수산생물질병관리법’에서 정의하는 수산동물전염병은 어류 전염병 8종, 패류 전염병 5종, 갑각류 전염병 7종이다. 이 중 잉어봄바이러스병(Spring viraemia of carp, SVC)은 살처분 대상 질병으로 1998년에 중국 베이징에서 영국으로 수출된 잉어에서 검출되었고(Stone *et al.*, 2003), 미국, 캐나다 등에서 추가로 보고되었다(Goodwin, 2002; Dikkeboom *et al.*, 2004; Garver *et al.*, 2007). 국내에서는 2016년 경상북도 경산에서 처음 보고되었으며, 감염된 향어(Leather carp, *Cyprinus carpio nudus*)에서 SVCV (Spring viraemia of carp virus)가 분리되었다(Kim *et al.*, 2018). 잉어허피스바이러스병(Koi herpesvirus disease, KHVD)은 국내에서 1998년 발병하여 큰 피해를 입힌 사례가 있고(Lee *et al.*, 2012), 인근 국가인 일본에서도 자연산 잉어에서 검출된 사례가 있다(Fujioka *et al.*, 2015). Fabian *et al.* (2013)과 Minamoto *et al.* (2009)는 과거 발병 이력이 있는 곳에서 채집된 어류와 환경수에서 KHV (Koi herpesvirus) genome이 존재하는 것을 확인하였고, 이를 KHV가 전파될 수 있는 원인 중 하나로 제안하였다. 또한 플랑크톤과 담수 홍합(*swan mussels*, *Anodonta cygnea*), 갑각류(scud, *Gammarus pulex*)에서도 KHV가 검출되었다(Kielinski *et al.*, 2010; Minamoto *et al.*, 2011). 국내에서는 발병 사례가 없으나 제2종 수산생물 전염병으로 분류된 유행성괴양증후군(Epizootic ulcerative syndrome, EUS)은 어류에 감염되면 체포 괴양 등의 증상과 함께 폐사를 유발하는 질병이다(Callinan *et al.*, 1995). 흰반점병(White spot disease, WSD)은 해수, 기수 및 담수의 모든 십각목에 감수성이 있으며, 1993년 우리나라 대하 양식에 큰 피해를 입힌 사례가 있다(Park *et al.*, 1998). 2007년에는 미국의 루이지애나 주의 가재 양식장 3곳에서 발병된 이후, 인근 유역에서 채집된 자연산 가재에서도 흰반점병바이러스(White spot syndrome virus, WSSV)가 검출되었다(Baumgartner *et al.*, 2009).

법정전염병 이외에 담수어류에 존재하는 기생충은 어체

의 건강에 해를 입힐 뿐만 아니라 폐사로 이어질 수 있고 나아가 이를 날 것으로 섭취하는 인체에도 감염될 수 있다(Park *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2011). 특히, 공중보건과 관련된 간흡충은 낙동강 유역의 누치(*Hemibarbus labeo*), 물개(*Squalidus japonicus Koreanus*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*) 외 여러 담수어류에서 metacercaria 형태로 발견되었으며(Lee, 1968; Choi, 1976), 충청북도 증원군 달천강의 담수어류에서도 간흡충 및 *Metagonimus miyatai* 감염이 확인되었다(Yu *et al.*, 1994). 간흡충 이외에도 아가미에 기생하는 기생충은 호흡 곤란을 일으켜 폐사에 이르게 할 수 있으며(Langdon *et al.*, 1985), 체포에 기생하는 기생충은 염증이나 점액의 과다분비를 초래하고 2차 감염의 원인이 될 수 있다(Holzer *et al.*, 2006).

이상과 같이 자연수계에 서식하는 어류의 법정전염병 및 기생충 감염 정도는 해당 수계 생태계의 건전성을 나타내는 정량적 자료가 될 수 있다. 한강 하구에서 전류리는 유일하게 어업활동이 가능한 곳이므로 병원체의 존재 여부를 파악하는 것은 건강한 생태계 유지 뿐만 아니라 수산 자원의 관리라는 측면에서도 중요하다. 따라서 본 연구에서는 한강 하구 서식 생물의 질병 취약성 및 전염병 발생 가능성 평가를 위한 기초 자료를 얻고자 한강 하구 전류리에서 어류 및 갑각류를 채집하여 생물상을 살펴보고, 잉어과 어류를 대상으로 KHVD, SVC, EUS, 갑각류를 대상으로 WSD 등의 법정전염병 병원체 유무를 검사하였다. 또한 간흡충을 포함한 기생충성 질병의 감염 가능성도 함께 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 시기 및 생물 채집 방법

조사지점인 한강 하구 전류리(N 37°41'54", E 126°39'46")에서 2016년 3월부터 11월까지 총 4회(5월, 7월, 9월, 10월)에 걸쳐 어류와 갑각류를 채집하였다(Fig. 1). 어류의 채집은 수심이 깊은 조사 지점의 특성에 맞게 정치망(망목 5×5 mm)을 사용하여 실시하였다. 정치망은 유도망을 이용하여 유도된 어류를 통발로 투입시켜 포획하는 방법으로 설치 후 24시간 후에 포획된 어류를 수거하였다. 갑각류 채집은 통발을 이용하였으며, 채집된 어류 및 갑각류는 아이스박스과 기포기를 이용하여 살아있는 상태로 연구실로 운반하였다.

### 2. 법정전염병 조사

채집된 수산생물 중 잉어과 어류는 전장, 체고, 체중, 갑

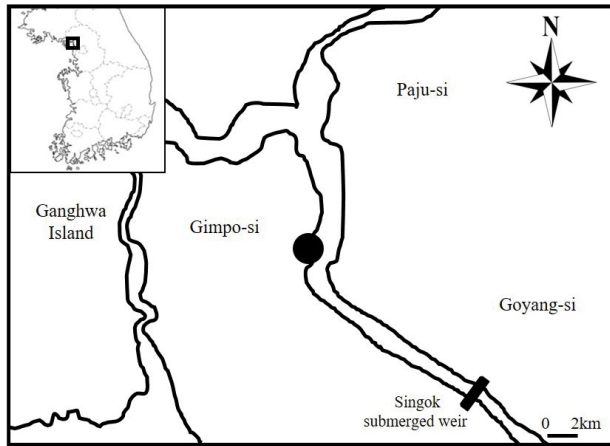


Fig. 1. Map showing the sampling site (●).

각류는 전장, 두흉갑고, 체중을 계측하고 임상검사를 통해 질병 증상의 유무를 확인하였다. 법정전염병 진단은 질병 별 주요 감염 조직을 이용하였는데, SVC와 KHVD는 아가미와 신장, EUS는 근육, WSD는 두흉갑 아래의 피하 조직에서 각각 핵산을 추출하여 PCR 검사를 실시하였다. 이 때 각 조직별로 어류는 3마리씩 pooling하여 5그룹, 갑각류는 3마리씩 pooling하여 3그룹을 대상으로 질병 감염 여부를 검사하였다. 각 조직은 PCR 검사를 위한 핵산 추출 전까지  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다. RNA 추출은 TRIsure (Bioline, USA), DNA 추출은 High Pure PCR Template Preparation Kit (ROCHE, Germany)를 이용하여 각 제조사의 지침에 따라 진행하였다. EUS와 KHVD는 Promega사의 Go Taq green mastermix, SVC의 경우 BIONEER사의 Rocketscript RT-PCR kit와 Hotstart PCR kit, WSSV는 Takara사의 EX Taq을 이용하여 각 제조사의 매뉴얼에 따라 PCR을 수행하였다. 법정전염병 검사를 위한 primer set 및 PCR 조건은 국립수산과학원의 병성감정지침에 따라 Mun *et al.* (2018)이 사용한 것을 동일하게 적용하였다.

### 3. 기생충성 질병 조사

체표, 구강, 아가미 뚜껍의 내벽, 점액, 지느러미의 기생충 감염 여부는 개체의 외부를 육안으로 관찰하여 조사하였으며 내장 표면, 장간막, 체강 내 기생충의 존재 여부는 해부하여 조사하였다. 특히 지느러미는 슬라이드 글라스로 긁어 생리식염수가 들어있는 샤페에 넣어 관찰하였으며 아가미 좌우 두 번째 새변을 잘라 슬라이드 글라스 사이에 넓게 펼쳐 현미경으로 검정하였다. 조사 대상 개체에서 발견된 기생충은 모두 분리하여 생리식염수에 담근 후 현미경으로 다시 관

Table 1. The list and number of fishes collected in in the estuary of the Han River

Species	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	Total
Engraulidae					
<i>Coilia nasus</i>	60				60
Clupeidae					
<i>Konosirus punctatus</i>	7	1			8
Cyprinidae					
<i>Cyprinus carpio</i>				1	1
<i>Carassius auratus</i>	4	9	2	4	19
<i>Carassius cuvieri</i>	1				1
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>			4	3	7
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>			2		2
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>				5	5
<i>Pseudorasbora parva</i>			3		3
<i>Hemibarbus labeo</i>			2		2
<i>Abbottina rivularis</i>			1	3	4
<i>Hemiculter leucisculus</i>	3				3
<i>Hemiculter eigenmanni</i>			7	1	8
<i>Erythroculter erythropterus</i>				2	2
Mugilidae					
<i>Mugil cephalus</i>	3	15			18
<i>Chelon haematocheilus</i>	5		5	18	28
Lateolabracidae					
<i>Lateolabrax maculatus</i>		10			10
Centrarchidae					
<i>Micropterus salmoides</i>				7	7
Gobiidae					
<i>Tridentiger brevispinis</i>		6			6
<i>Tridentiger bifasciatus</i>			6	10	16
<i>Acanthogobius flavimanus</i>			15	8	23
<i>Synechogobius hasta</i>	1	1			2
Number of family	5	5	3	4	7
Number of species	8	6	10	11	22
Number of individual	84	42	47	62	235

찰하였다.

또한 간흡충의 감염 여부를 확인하기 위해 Mun *et al.* (2018)에 보고된 방법대로 근육을 소화시킨 후, 소화액 침전물에 metacercaria가 있는지 조사하였다. Metacercaria가 발견된 소화액 침전물의 경우에는 High Pure PCR Template Preparation Kit (ROCHE, Germany)를 이용하여 제조사의 지침에 따라 DNA를 추출한 후, 간흡충의 retrotransposon을 표적으로 하는 primer set를 이용하여 PCR 검사를 실시하였다(Cho *et al.*, 2013). 이 primer sets는 예상 PCR product의 크기가 929 bp인 RT5-1 (5'-ACTTCATCGAGTCATTGGTTCGT-3')과 RH3 (5'-CGTACTGT AACGGTTTGTGCA-3'), 그리고 product 크기가 1349 bp인 Int5-2 (5'-GGACATGCTAACTTCCCTCTCA-3')와 Int3-1 (5'-CCCAGGATGTCAGATCCTT-3')이다.

## 결 과

### 1. 어류상 및 상대 풍부도

한강 전류리에서 채집된 어류는 총 7과 22종 235개체였다(Table 1). 과(family)별 출현 종(species) 수는 잉어과(Cyprinidae) 어류가 12종으로 가장 많았으며, 다음으로 망둑어과(Gobiidae) 어류가 4종 출현하였고, 송어과(Mugilidae) 어류는 2종이었다. 그 외 멸치과(Engraulidae), 청어과(Clupeidae), 농어과(Lateolabracidae), 검정우럭과(Centrarchidae)는 각각 1종씩 확인되었다. 과별 개체 수 분포는 전체 235개체 중 멸치과 어류가 60개체로 가장 많이 채집되어 25.5%를 차지하였다. 다음으로 잉어과 어류가 57개체로 24.3%의 비율을 보였고, 망둑어과 47개체 (20.0%), 송어과 46개체 (19.6%), 농어과 10개체 (4.3%), 청어과 8개체 (3.4%), 검정우럭과 7개체 (3.0%) 등이 뒤를 이었다(Fig. 2). 출현 어류의 상대 풍부도(relative abundance, RA)를 살펴보면(Fig. 3), 웅어(*Coilia nasus*)가 총 60개체로 25.5%를 차지하여 우점종으로 나타났고, 아우점종은 가송어(*Chelon haematocheilus*)로 11.9% (28개체)를 차지하였다. 그 외는 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*) 23개체 (9.8%), 붕어(*Carassius auratus*) 19개체 (8.1%), 송어(*Mugil cephalus*) 18개체 (7.7%), 민물 두줄망둑(*Tridentiger bifasciatus*) 16개체 (6.8%), 점농어(*Lateolabrax maculatus*) 10개체 (4.3%) 등의 순으로 확인되었다. 조사 지점에서 출현한 어류 중 주연성 어류는 웅어, 전어(*Konosirus punctatus*), 송어, 가송어, 점농어, 문절망둑 및 풀망둑(*Synechogobius hasta*) 7종으로 나타났으며,

나머지 종은 일차 담수어로 확인되었다.

갑각류는 총 3종이 채집되었으며, 해산종으로 분류되는 밀새우(*Exopalaemon carinicauda*)가 상대 풍부도 70.6% (60개체)로 우점하였고, 참게(*Eriocheir sinensis*)가 전체의 16.5%로 아우점하였다. 또한 말뚝게(*Hiromantes dehaani*)가 채집되었다(Fig. 4).

### 2. 법정전염병 감염현황

잉어과 어류와 갑각류를 대상으로 법정전염병 검사를 실시하였고, 검사에 이용된 개체에 대한 정보는 Table 2에

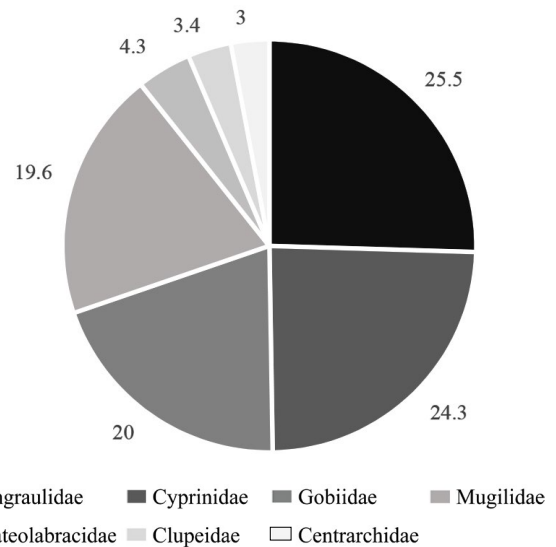


Fig. 2. Composition (%) of fish family sampled from the Han River estuary.

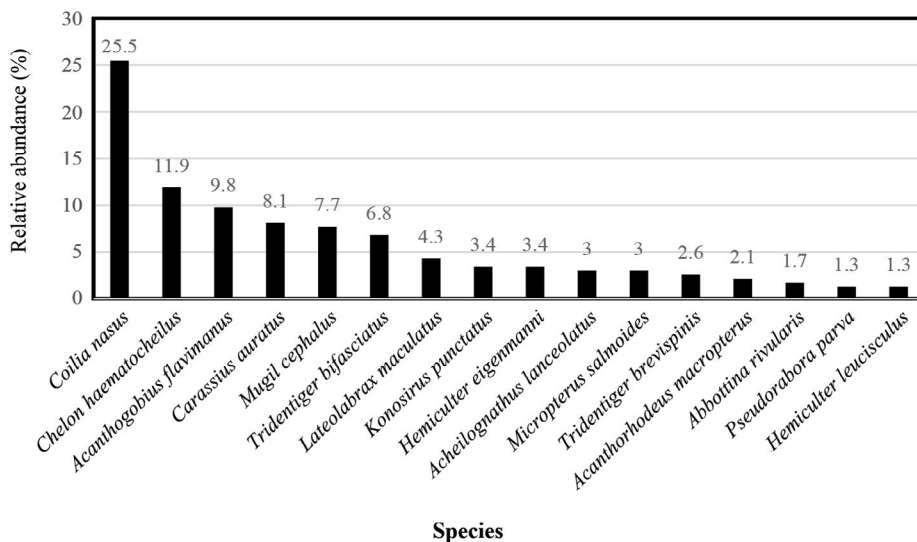


Fig. 3. Relative abundance (%) of fish species sampled from the Han River estuary.

나타내었다. 검사를 실시한 어류에서 SVC의 증상인 체표 출혈, 지느러미 기저부 출혈, 출혈성 복수, 근육 지방 조직

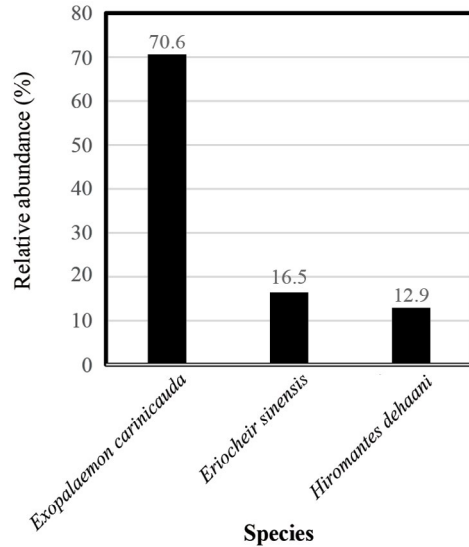


Fig. 4. Relative abundance (%) of crustacean species sampled from the River estuary.

의 국소적 출혈 등이 관찰되지 않았고, KHVD의 증상인 새변의 부식 및 융합, 신장 또는 간 비대, 점상 또는 국소 출혈, EUS의 증상인 피부 궤양도 관찰되지 않았다. 갑각류에서도 WSD의 증상인 외골격의 흰반점이 관찰되지 않았다. 이상과 같이 검사한 개체 모두에서 내·외부의 질병 증상은 확인되지 않았다. 또한 법정전염병의 specific primer를 이용한 PCR 및 RT-PCR 결과에서 각 질병의 병원체 DNA가 검출된 개체는 없었다(Table 3).

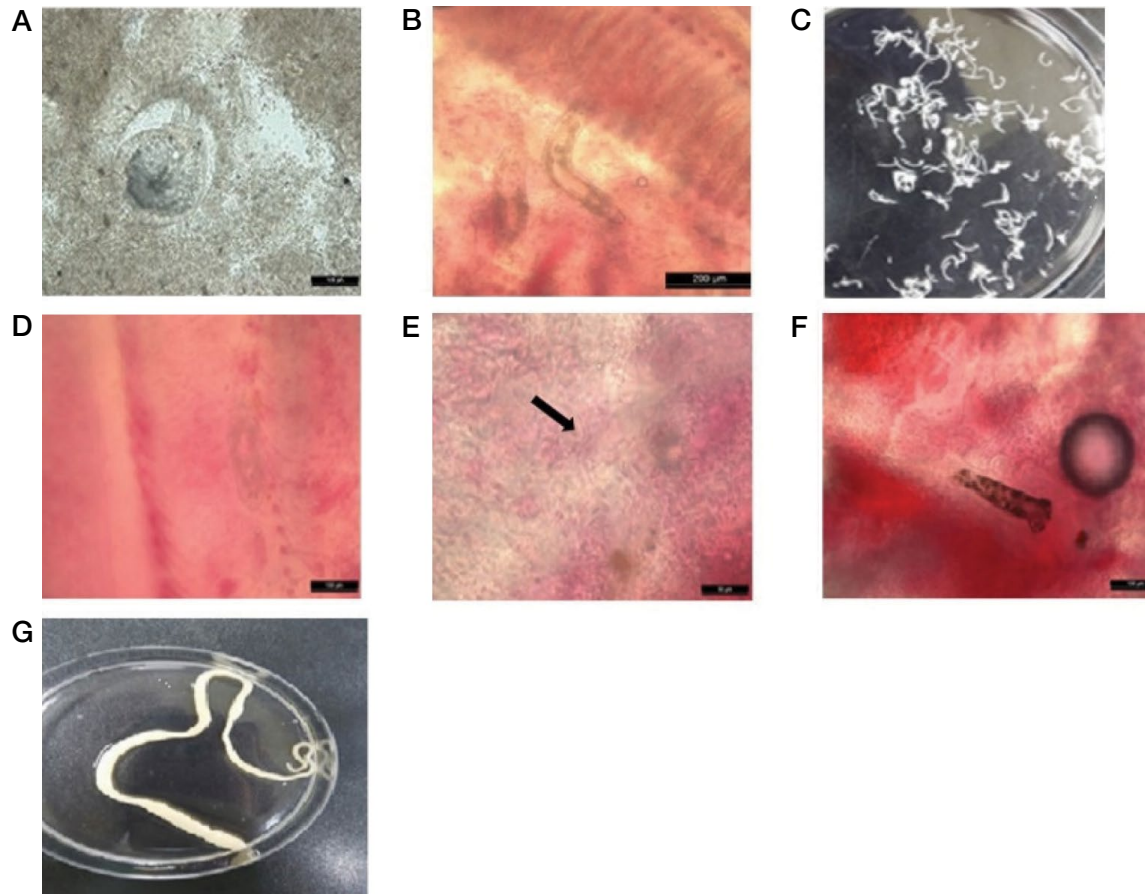
### 3. 기생충 감염현황

한강 전류리에서 채집된 잉어과 어류에서 다양한 기생충이 관찰되었다(Fig. 5). 다수의 붕어와 잉어에서 1차부터 4차조사 전체에 걸쳐 *Dactylogyrus* sp.가 관찰되었다. 한편 2차 조사 때 채집된 붕어의 장에서 다수의 nematode가 관찰되었고, 3차 조사 때 잉어의 아가미에서 *Trichodina* sp.가 일부 확인되었다. 4차 조사 시기에 잉어의 아가미에서 copepod, 버들매치(*Abbottina rivularis*)의 복강 내에서 cestode가 관찰되었다. 간흡충을 조사하기 위해 근육 소화액을 관찰한 결과, 2차 조사 시기에 붕어에서 안점이 존

Table 2. Fishes and crustaceans investigated to detect reportable communicable diseases in the estuary of the Han River

Date of sampling	Species	Number	Mean total length (cm)	Mean weight (g)
2016.05.10	Crucian carp ( <i>Carassius auratus</i> )	2	30.1	322.2
	Crucian carp ( <i>Carassius cuvieri</i> )	2	31.1	488.7
	Sharpbelly ( <i>Hemiculter leucisculus</i> )	3	15.7	27.9
	Ridgetail prawn ( <i>Exopalaemon carinicauda</i> )	9	8.16	3.36
2016.07.05	Crucian carp ( <i>Carassius carassius</i> )	9	21.3	266.3
	Ridgetail prawn ( <i>Exopalaemon carinicauda</i> )	7	7.45	2.9
	Chinese mitten crab ( <i>Eriocheir sinensis</i> )	2	6.3	5.95
2016.09.09	Common carp ( <i>Cyprinus carpio</i> )	1	10.4	14.2
	Crucian carp ( <i>Carassius carassius</i> )	1	12.4	32
	Slender bitterling ( <i>Acheilognathus lanceolatus</i> )	4	7.3	5.0
	Steed barbel ( <i>Hemibarbus labeo</i> )	2	11.6	12.7
	Korean sharpbelly ( <i>Hemiculter eigenmanni</i> )	2	12.4	12.3
	Korean spined bitterling ( <i>Acanthorhodeus gracilis</i> )	3	7.7	8.7
	<i>Pseudorasbora parva</i>	2	7.6	4.0
	Chinese mitten crab ( <i>Eriocheir sinensis</i> )	7	1.18	2.0
<i>Hiromantes dehaani</i>	2	2.4	8.4	
2016.10.07	<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	5	8.2	7.6
	Chinese false gudgeon ( <i>Abbottina rivularis</i> )	1	9	6.6
	Common carp ( <i>Cyprinus carpio</i> )	1	19.1	97.7
	Crucian carp ( <i>Carassius carassius</i> )	2	14.8	60.75
	Slender bitterling ( <i>Acheilognathus lanceolatus</i> )	4	7.8	5.9
	Steed barbel ( <i>Hemibarbus labeo</i> )	1	11.3	13.2
	Korean sharpbelly ( <i>Hemiculter eigenmanni</i> )	1	16	26.5
Chinese mitten crab ( <i>Eriocheir sinensis</i> )	9	4.75	5.58	
Total number		81		





**Fig. 5.** Metacercaria (A) isolated from *Carassius carassius*. *Dactylogyrus* sp (B) and nematode (C) isolated from *C. carassius*. *Dactylogyrus* sp (D), *Trichodina* sp (E), copepod (F) isolated from *Cyprinus carpio*. Cestode (G) isolated from *A. rivularis*.

**Table 3.** Summary of detection results for reportable communicable diseases and parasites in the estuary of the Han River

Date of sampling	Reportable communicable diseases				Parasites
	SVC <sup>1</sup>	KHVD <sup>2</sup>	EUS <sup>3</sup>	WSD <sup>4</sup>	
2016.05.10	0/8	0/8	0/8	0/9	<i>Dactylogyrus</i> sp
2016.07.05	0/9	0/9	0/9	0/9	<i>Dactylogyrus</i> sp, Nematode, Metacercaria
2016.09.09	0/15	0/15	0/15	0/9	<i>Dactylogyrus</i> sp <i>Trichodina</i> sp
2016.10.07	0/15	0/15	0/15	0/9	Cestode, Copepod, <i>Dactylogyrus</i> sp

<sup>1</sup>SVC, spring viremia of carp. <sup>2</sup>KHVD, koi herpesvirus disease. <sup>3</sup>EUS, epizootic ulcerative syndrome. <sup>4</sup>WSD, white spot disease.

재하는 metacercaria가 발견되어 분리하였다. 그러나 분리된 metacercaria로부터 핵산을 추출하여 간흡충 검출용

primer로 PCR을 실시한 결과 간흡충 DNA 증폭이 관찰되지 않았다(data not shown).

## 고찰

한강 하구 전류리의 수서 생태계는 다양한 방역상 위험에 노출되어 있음에도 불구하고 법정전염병 감염 여부를 기준으로 볼 때 아직까지도 생태계 건전성을 유지하고 있는 것으로 보인다.

본 연구에서는 한강 전류리 지역에 대한 네 차례의 조사에서 총 7과 22종 235개체가 채집되었으며 우점종이 응어, 아우점종이 가송어였다. 이 연구의 결과는 이전에 한강 하류 일대에서 선행되었던 Park *et al.* (1997)과 Moon *et al.* (2011)의 결과와 약간의 차이를 보인다. Park *et al.* (1997)의 연구는 1988~1989년에 수행한 결과로서 한강하류인 탄천 유입지부터 신곡 수중보에 이르는 구간의 2개

의 정점에서 실시되었으며, 보고된 어류는 5과 13종이었다. 정점1에서 우점종은 누치, 아우점종은 붕어였으며, 정점2에서 우점종은 살치(*Hemiculter leucisculus*), 아우점종은 붕어로 확인되었다. Moon *et al.* (2011)은 2009년에 수행한 결과로서 신곡 수중보 하류부터 산남습지까지의 구간 중 3개 정점에서 조사를 실시하였다. 출현한 어류는 15과 38종으로 우점종은 누치, 아우점종은 붕어였고, 그 밖에 가승어, 웅어, 피라미 순으로 출현하였다. 또한, 납자루(*Acheilognathus lanceolatus*), 가시납지리(*Acanthorhodeus gracilis*), 큰납지리(*Acanthorhodeus macropterus*), 버들매치, 치리(*Hemiculter eigenmanni*), 문절망둑 등 6종은 본 연구에서는 출현하였으나 선행 연구에서는 출현하지 않았다. 이러한 차이는 조사 지점 및 시기, 채집 횟수의 차이에서 비롯되었을 것으로 생각된다. 한편, 선행연구와 본 연구 결과를 종합해 보면 한강 하구는 담수어, 해수어, 주연성 어류가 모두 서식하는 등 기수역의 어류상 특징이 잘 유지되고 있다.

생태적 가치가 높은 한강 하구의 어류와 갑각류를 전염성 질병으로부터 보호하기 위해 법정전염병인 SVC, KHVD, EUS, WSD의 감염여부를 조사하였으나 다행스럽게도 본 연구에서 채집하여 분석한 어류와 갑각류로부터는 병원체가 검출되지 않았다. 병원체가 검출되지 않는 이유는 다양하지만, 질병 검사 방법의 문제는 아닌 것으로 생각된다. 본 연구에서는 병원체의 DNA 또는 cDNA에 대한 PCR 분석이 정상적으로 이루어졌는지 판단하기 위하여 각 질병 병원체의 양성체 DNA를 함께 검사하였고, 양성체를 이용한 PCR 분석에서 모두 정상적으로 증폭된 DNA 밴드를 얻을 수 있었기 때문이다. 다음 요인으로 질병 병원체에 노출된 적은 있으나 발병하지 않아서 검출이 되지 않았을 가능성이 있다. 특히 KHV는 잠복감염 상태일 때 바이러스 핵산 농도가 매우 낮아 검출한계 이하인 것으로 여러 논문에서 밝혀진 바가 있다(Gilad *et al.*, 2004; Bercovier *et al.*, 2005; Bergmann *et al.*, 2009; Rathore *et al.*, 2012). 마지막으로 검사한 개체 수가 부족했기 때문일 수 있다. 개체군 내의 극소수만 감염되어 있을 경우, 서식하는 모든 어류가 아닌 일부만 채집하여 검사를 진행하면 감염개체가 잡힐 확률이 낮을 것이다. 한강 하구는 해수의 침투 범위 및 담수 유입량에 따라 수질이 크게 달라질 수 있으며, 담수와 해수의 혼합과정에서 발생한 수층 내의 오염물이 가라앉아 퇴적물 오염이 심각하다(Park, 2004). 따라서 본 연구 결과에서 법정전염병이 검출되지는 않았으나, 만약 아주 낮은 농도의 병원체라도 존재한다면 물리적·화학적 환경 인자들이 스트레스 요인으로 작용하여 숙주의 생체 방어능력을 떨어뜨릴 때 질병을 유발할 수 있다.

기생충 감염 조사 결과, 아가미와 복강 등에서 *Dactylogyrus* sp., nematode, *Trichodina* sp., copepod, cestode가 관찰되었고 근육에서 metacercaria가 발견되었다. 이전에 소양호와 금강에서 실시된 조사에서는 붕어에서 copepod, 피라미(*Zacco platypus*)에서 copepod, metacercaria, 꼬리(*Opsariichthys uncirostris*)에서 *Dactylogyrus* sp., nematode, copepod, 강준치(*Erythroculter erythropterus*)에서 *Dactylogyrus* sp., 눈볼개(*Squaliobarbus curriculus*)에서 *Dactylogyrus* sp., nematode, copepod가 발견된 사례를 보아 우리나라 하천의 잉어과 어류는 비슷한 종류의 기생충에 감염되어 있는 것을 알 수 있다(Mun *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2018). 기생충에 의한 폐사는 드물지만 섬강(강원도 횡성군)의 피라미에서 심각한 리굴라 촌충(*Ligula intestinalis*)의 감염이 확인되었고(Shin *et al.*, 2016), 2016년 대구 칠곡보에서 강준치가 집단 폐사한 원인이 리굴라 촌충에 의한 장기의 압박 때문이었음이 확인된 바 있다(Shon *et al.*, 2016). 그러나 본 연구에서는 리굴라 촌충(*L. intestinalis*)이 관찰되지는 않았다. 또한 간흡충의 metacercariae는 다양한 어종에 감염되어 분포하고 있다(Cho *et al.*, 2013; Park, 2013; Jeon *et al.*, 2018). 본 연구에서 관찰된 metacercaria는 PCR 결과를 통해 간흡충의 metacercaria가 아닌 것을 확인하였지만 담수어류가 여러 흡충류의 제 2 중간숙주 이므로 이번 연구에서 나온 metacercaria가 어떤 종인지 확인할 필요가 있다.

결론적으로, 한강 하구 전류리 수서 생태계는 법정전염병 감염 여부를 기준으로 볼 때 아직까지는 생태계 건전성을 유지하고 있는 것으로 보인다. 그러나 조사 방법 및 규모의 한계를 고려할 때 한강 하구의 생물을 질병으로부터 보호하여 생태계를 잘 보존하기 위하여는 조사 지점 및 조사 횟수를 늘리고 법정전염병뿐만 아니라 유입 가능성이 존재하는 다른 질병도 조사 대상에 포함시키는 등 조사 범위를 확대할 필요가 있을 것으로 판단된다. 본 조사 결과는 한강 하구 전류리의 건강도 파악 및 수산생물의 질병 관리 체계 확립을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다.

## 적 요

한강 하구는 오염물질과 병원성 미생물의 유입 및 확산 가능성으로 인해 이곳에 서식하는 수산생물에 피해가 발생할 수 있다. 하지만 지금까지 이 지역 서식 생물에 대한 법정전염병 병원체 감염 여부가 조사된 자료는 찾아보기 힘들다. 본 연구에서는 한강 하구 전류리에 서식하는 수산생물 중 잉어과 어류와 갑각류를 대상으로 법정전염병(잉

어봄바이러스병, SVC; 잉어허피스바이러스병, KHVD; 유행성궤양증후군, EUS; 흰반점병, WSD) 및 기생충의 감염 여부를 조사하였다. 전류리 유역에서 채집된 어류는 잉어과 어류가 가장 많았으며 주연성 어류와 일차 담수어가 같이 관찰되었고, 갑각류는 해산종이 채집되었다. 채집된 잉어과 어류와 갑각류에 대해 PCR을 이용한 법정전염병 검사 결과 이들 질병에 감염된 개체는 없었다. 기생충성 질병 검사 결과 공중보건상 위협요인인 간흡충이 검출되지는 않았지만 일부 어류에서 다른 흡충류의 metacercaria와 nematode, cestode, copepod, 단생충 및 구두충 등의 감염을 확인할 수 있었다. 이상의 결과는 아직 한강 하구가 주요 수산생물 전염병 병원체에 심각하게 오염되지 않았음을 의미한다. 그러나 한강의 수질 상태는 지속적으로 변화하고 수서 생태계에 대한 전염병의 파괴력은 예측하기 힘들 정도로 위험하므로, 지속적인 방역 노력이 진행되어야 할 것이다. 이를 위해 조사 지역을 전류리뿐만 아니라 이곳보다 상류로 확대하고 조사 개체 수를 늘려서 질병모니터링을 실시할 필요성이 제기된다.

**저자정보** 김진희 (선문대학교 수산생명의학과 대학원생), 송준영 (국립수산과학원 내수면양식연구센터 연구사), 이정호 (국립수산과학원 내수면양식연구센터 연구관), 허준욱 (군산대학교 해양생명융합과학부 해양생명과학전공 교수), 권세련 (선문대학교 수산생명의학과 교수), 권준영 (선문대학교 수산생명의학과 교수)

**저자기여도** 개념설정: 권준영, 자료 수집 및 분석: 김진희, 원고 초안작성: 김진희, 원고 교정: 모든 저자, 편집: 김진희, 권준영. 모든 저자는 논문 결과에 동의하였으며, 출판된 최종본을 검토하고 동의하였습니다.

**이해관계** 이 논문은 이해관계가 없습니다.

**연구비** 본 논문은 국립수산과학원의 수산생물방역프로그램 개발·운영(R2019058)의 지원으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Baumgartner, W.A., J.P. Hawke, K. Bowles, P.W. Varner and K.W. Hasson. 2009. Primary diagnosis and surveillance of white spot syndrome virus in wild and farmed crawfish (*Procambarus clarkii*, *P. zonangulus*) in Louisiana, USA. *Diseases of Aquatic Organisms* **85**: 15-22.
- Bercovier, H., Y. Fishman, R. Nahary, S. Sinai, A. Zlotkin, M. Eynor, O. Gilad, A. Eldar and R.P. Hedrich. 2005. Cloning of the koi herpesvirus (KHV) gene encoding thymidine kinase and its use for a highly sensitive PCR based diagnosis. *BMC Microbiology* **5**(1): 13.
- Bergmann, S.M., H. Schütze, U. Fischer, D. Fichtner, M. Riechardt, K. Meyer, D. Schrudde and J. Kempter. 2009. Detection of koi herpes virus (KHV) genome in apparently healthy fish. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* **29**: 145-152.
- Callinan, R.B., J.O. Paclibare, M.G. Bondad-Reantaso, J.C. Chin and R.P. Gogolewski. 1995. *Aphanomyces* species associated with epizootic ulcerative syndrome (EUS) in the Philippines and red spot disease (RSD) in Australia: preliminary comparative studies. *Diseases of Aquatic Organisms* **21**: 233-238.
- Cho, P.Y., B.K. Na, K.M. Choi, J.S. Kim, S.H. Cho, W.J. Lee, S.B. Lim, S.H. Cha, Y.K. Park, J.H. Pak, H.W. Lee, S.J. Hong and T.S. Kim. 2013. Development of a polymerase chain reaction applicable to rapid and sensitive detection of *Clonorchis sinensis* eggs in human stool samples. *Pathogens and Global Health* **107**: 253-259.
- Choi, D.W. 1976. *Clonorchis sinensis* in Kyungpook province, Korea: 2. Demonstration of metacercaria of *Clonorchis sinensis* from fresh-water fish. *The Korean Journal of Parasitology* **14**: 10-15.
- Dikkeboom, A.L., C. Radi and K. Toohey-Kurth. 2004. First report of spring viremia of carp virus (SVCV) in wild common carp in North America. *Journal of Aquatic Animal Health* **16**: 167-178.
- Fabian, M., A. Baumer and D. Steinhagen. 2013. Do wild fish species contribute to the transmission of koi herpesvirus to carp in hatchery ponds?. *Journal of Fish Diseases* **36**: 505-514.
- Foss, A., T. Vollen and V. Oiestad. 2003. Growth and oxygen consumption in normal and O<sub>2</sub> supersaturated water, and interactive effects of O<sub>2</sub> saturation and ammonia on growth in spotted wol fish (*Anarhichas minor* Ólafsson). *Aquaculture* **224**: 105-116.
- Fujioka, H., K. Yamasaki, K. Furusawa, K. Tamura, K. Oguro, S. Kurihara, S. Seki, S. Oshima and M. Imajoh. 2015. Prevalence and characteristics of Cyprinid herpesvirus 3 (CyHV-3) infection in common carp (*Cyprinus carpio* L.) inhabiting three rivers in Kochi Prefecture, Japan. *Veterinary Microbiology* **175**: 362-368.
- Garver, K.A., A.G. Dwirow, J. Richard, T.F. Booth, D.R. Beniac and B.W. Souter. 2007. First detection and confirmation of spring viraemia of carp virus in common carp, *Cyprinus carpio* L., from Hamilton Barbour, Lake Ontario, Canada. 2007. *Journal of Fish Diseases* **30**: 665-671.
- Gilad, O., S. Yun and F.J. Zagnutt-Vergara. 2004. Concentrations of a koi herpesvirus (KHV) in tissues of experimentally infected *Cyprinus carpio* koi as assessed by real-time TaqMan PCR. *Diseases of Aquatic Organisms* **60**: 179-187.
- Goodwin, A.E. 2002. First report of spring viremia of carp virus



- (SVCV) in North America. 2002. *Journal of Aquatic Animal Health* **14**: 161-164.
- Haslouer, S.P. 1983. Natural and pollution caused fish kills in Kansas during 1979~1980. *Transactions of the Kansas Academy of Science* **86**: 136-143.
- Holzer, A.S., C. Sommerville and R. Wootten. 2006. Molecular studies on the seasonal occurrence and development of five myxozoans in farmed *Salmo trutta* L. *Parasitology* **132**: 193-205.
- Jeon, S.W., J.W. Hur, J.Y. Song, B.Y. Jee, J.H. Lee, J.Y. Kwon and S.R. Kwon. 2018. Infestation status of *Clonorchis sinensis* metacercariae in cyprinid fish from four artificial lakes in South Korea. *Journal of Marine Life Science* **3**: 96-100.
- Kielpinski, M., J. Kempter, R. Panicz, J. Sadowski, H. Schütze, S. Ohlemeyer and S.M. Bergmann. 2010. Detection of KHV in freshwater mussels and crustaceans from ponds with KHV history in Common Carp (*Cyprinus carpio*). *The Israeli Journal of Aquaculture* **62**: 28-37.
- Kim, M.J., S. Lee, G.I. Godahewa, J.Y. Hwang, J.S. Seo, S.D. Hwang and J. Lee. 2018. Complete genome sequence and phylogenetic analysis of spring viremia of carp virus isolated from leather carp (*Cyprinus carpio nudus*) in Korea in 2016. *Archives of Virology* **163**: 2917-2919.
- Kim, S.Y., J.W. Hur, S.J. Cha, M.A. Park, H.S. Choi, J.Y. Kwon and S.R. Kwon. 2018. Community analysis and pathogen monitoring in wild cyprinid fish and crustaceans in the Geum river estuary. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**: 248-253.
- Langdon, J.S., N. Gudkovs, J.D. Humphrey and E.C. Saxon. 1985. Deaths in Australian freshwater fishes associated with *Chilodonella hexasticha* infection. *Australian Veterinary Journal* **62**: 409-413.
- Lee, J.Y., K.Y. Lee, S. Lee, J. Choi, S.J. Lee, S.M. Jung, M.S. Jung and B. Kim. 2013. Recovery of fish community and water quality in streams where fish kills have occurred. *The Journal of Ecology and Environment* **46**: 154-165.
- Lee, N.S., S.H. Jung, J.W. Park and J.W. Do. 2012. In situ hybridization detection of koi herpesvirus in paraffin-embedded tissues of common carp *Cyprinus carpio* collected in 1998 in Korea. *Fish Pathology* **47**: 100-103.
- Lee, J.T. 1968. Studies on the metacercariae from fresh water fishes in the Kum-Ho river. *The Korean Journal of Parasitology* **6**: 77-99.
- Matthews, K.R. and N.H. Berg. 1997. Rainbow trout responses to water temperature and dissolved oxygen stress in two southern California stream pools. *Journal of Fish Biology* **50**: 50-67.
- McLusky, D.S. 1981. *The Estuarine Ecosystem*, John Wiley and Sons, New York.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature* **216**: 168-169.
- Minamoto, T., M.N. Honjo, K. Uchii, H. Yamanaka, A.A. Suzuki, Y. Kohmatsu, T. Iida and Z. Kawabata. 2009. Detection of cyprinid herpesvirus 3 DNA in river water during and after an outbreak. *Veterinary Microbiology* **135**: 261-266.
- Minamoto, T., M.N. Honjo, H. Yamanaka, N. Tanaka, T. Itayama and Z. Kawabata. 2011. Detection of cyprinid herpesvirus-3 DNA in lake plankton. *Research in Veterinary Science* **90**: 530-532.
- Moon, B.R., S.L. Jeon, M.S. Hyun., J.S. Hwang and J.K. Choi. 2011. A study on fish fauna and fish habitat- Downstream of Singok submergered weir in Han river estuary. *Journal of Environmental Impact Assessment* **20**: 757-764.
- Mun, S.H., J.W. Hur, S.J. Cha, S.D. Hwang, M.H. Son, J.Y. Kwon and S.R. Kwon. 2018. Monitoring pathogen infection of freshwater cyprinid fish and crustacean in Soyang lake in 2016. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**: 47-53.
- Park, C.W., J.S. Kim, H.S. Joo and J. Kim. 2009. A human case of *Clinostomum complanatum* infection in Korea. *The Korea Journal of Parasitology* **47**: 401-404.
- Park, G.S. 2004. Salinity distribution and ecological environment of Han river estuary. *Journal of Korean Wetlands Society* **6**: 149-166.
- Park, G.S. and Y.C. Lee. 1997. Comparison of water quality and fish community between dry and wet season in the lower Han river, Korea. *Yellow Sea Research* **7**: 43-53.
- Park, J.H., Y.S. Lee, S. Lee and Y. Lee. 1998. An infectious viral disease of penaeid shrimp newly found in Korea. *Disease of Aquatic Organisms* **34**: 71-75.
- Park, M.A., J.S. Seo, S.H. Jung, H.J. Choi, E.J. Jeon, B.Y. Jee, W.O. Lee, S.H. Woo and E.H. Lee. 2011. Infection of *Clinostomum complanatum* (Rudolphi, 1814) in spotted barbell gudgeon (*Squalidus multimaculatus* Hosoya et Jeon). *Journal of Fish Pathology* **24**: 161-166.
- Park, M.G. 2013. Parasite infection states of Korean freshwater fish- implications of climate change for parasitism as intermediate host. *Korean Journal of Nature Conservation* **7**: 99-108.
- Pielou, E.C. 1975. *Ecological Diversity*. (Ed. By J. Wiley and Sons). Wiley, New York.
- Rathore, G., G. Kumar, T.R. Swaminathan and P. Swain. 2012. Koi Herpes Virus: A review and risk assessment of Indian Aquaculture. *Indian Journal of Virology* **23**: 124-133.
- Shin, J.K., B.G. Kang and S.J. Hwang. 2016. Infestation Characteristics of Parasite (*Ligula intestinalis*) in Abdominal Cavity of *Zacco platypus* in the Small Stream of Korea. *The Journal of Ecology and Environment* **49**: 215-227.
- Shili, A., E.B. Trabelsi and N. Ben Maïz. 2002. Seasonal dynamics of macro-algae in the South Lake of Tunis. *Journal of Coastal Conservation* **8**: 127-134.
- Shon, W.M., B.K. Na, S.G. Jung and K.H. Kim. 2016. Mass death of predatory carp, *Chanodichthys erythropterus*, induced by plerocercoid larvae of *Ligula intestinalis* (Ces-

- toda: Diphyllbothriidae). *The Korean Journal of Parasitology* **54**: 363-368.
- Stone, D.M., W. Ahne, K.L. Denham, P.F. Dixon, C.T.-Y. Liu, A.M. Sheppard, G.R. Taylor and K. Way. 2003. Nucleotide sequence analysis of the putative spring viraemia of carp virus and pike fry rhabdovirus isolates reveals four genogroups. *Diseases of Aquatic Organisms* **53**: 203-210.
- Yu, J.R., S.O. Kwon and S.H. Lee. 1994. Clonorchiasis and metagonimiasis in the inhabitants along Talchongang (River), Chungwon-gun. *The Korean Journal of Parasitology* **32**: 267-269.