

## 태화강의 어류군집에 대한 병원체 모니터링

김진도\* · 양 현<sup>1</sup> · 조용철 · 김이청<sup>2</sup> · 조미영<sup>3</sup>

국립수산과학원 내수면양식연구센터, <sup>1</sup>생물다양성연구소  
<sup>2</sup>국립수산과학원 자원조성단, <sup>3</sup>국립수산과학원 수산생물방역과

## Monitoring of Pathogens and Characteristics of Fish Community in the Taewha River

Jin-Do Kim\*, Hyun Yang<sup>1</sup>, Yong-Chul Cho, Yi-Cheong Kim<sup>2</sup> and Mi-young Cho<sup>3</sup>

Inland Aquaculture Research Center, NFRDI, Jinhae 645-806, Korea

<sup>1</sup>Institute of Biodiversity Research, Jeonju 561-211, Korea

<sup>2</sup>Fisheries Resources Enhancement Center, NFRDI, Busan 619-705, Korea

<sup>3</sup>Aquatic Life Disease Control Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

**Abstract** – The pathogens and community structure of the fishes in Taehwa river were investigated from March 2007 to January 2009. During the study period, 3,504 individuals belonging to 35 species, 17 families and 9 orders were collected. The numerically dominant and subdominant species were *Opsarichthys uncirostris* (relative abundance 39.7%) and *Hemibarbus labeo* (relative abundance 30.9%). There were five Korean endemic species (20.8%) including *Squalidus chankaensis tsuchigae*, *Zacco koreanus*, *Cobitis hankugensis*, *Coreoperca herzi*, *Odontobutis platycephala*. The large fishes like *Hemibarbus labeo* or *Opsarichthys uncirostris* were gathered around the Samho bridge, sampling site 2 according to a season. The reaction to which two kinds of fish pathogenic virus is all negative and no fish pathogenic bacteria was isolated from 220 individuals. The fish pathogenic parasite not present variously with 7 species. Especially, *Trichodina* sp. was detected monthly and the infective density was high. But it is considered that temporary overcrowding of fish is not influenced mass mortality causing diseases in the specific site of river.

**Key words** : monitoring, fish pathogen, community, Taewha River

### 서 론

우리나라 하천에 서식하는 한국 고유어종 및 토착어 종들은 여울과 소가 반복되는 하천의 특성을 이용하여 서식하고 산란하는 특성을 갖고 있다(전 1980). 따라서 서식환경의 점진적인 변화는 일부 민감한 어류의 개체 수 및 종 다양성을 감소시키거나 개체군의 집단이동을

야기 시키고, 급격한 변화가 일어났을 경우 전체 서식어 종에 대한 집단 폐사가 발생하기도 한다(김 1995). 최근 국내 일부 하천은 도시화와 기후 변동에 의한 강우량의 영향을 받아 유수량이 불규칙하게 되어 수심, 수온, 수질 등의 변화가 심하여져 (한국수자원공사 2007) 하천내에 서식하고 있는 어류에 불리하게 작용을 하고 있어 어류를 이용한 하천의 건강성 평가 연구가 주목 받고 있다(안 등 2001; 서 등 2006; 서 등 2008).

자연수계에서 서식하는 어류는 질병에 항상 노출이 되어 있으나, 원인 병원체의 밀도가 극히 낮아 발병이

\* Corresponding author: Jin-Do Kim, Tel. 055-540-2727, Fax. 055-546-6292, E-mail. jdkim@nfrdi.go.kr

잘 되지 않으며 하천이나 호소 등에서 발생하는 질병에 대해서는 대량폐사가 일어나는 경우를 제외하고는 주목되지 않고 있다(Wurtsbaugh and Tapia 1988). 그러나 자연산의 어류를 실험적으로 다양한 병원체에 노출시켰을 경우, 대부분의 어류가 병원체에 대한 감수성이 있는 것으로 보고되고 있으며(Bucke 1980), 밀식, 수온, 저산소 등의 환경의 변화가 생물이 가지고 있는 항상성을 파괴하게 되어 이로 인한 감수성이 증가할 수 있다는 관점이 대두되고 있다(Snieszko 1974; Bucke 1993).

자연 수계에서 어류 질병 감염에 대한 보고로는 갈수기의 하천에서 Redtail barb에서의 백점충의 대량 발생(Maceda-Veiga *et al.* 2009)이 있고 국내에서는 자연산 송어의 *Myxobolus* sp. 감염증(김 등 2003), 남해안 지역에서 트롤 어획된 개체의 *Pseudomonas*속 세균과 *Proteus*속 세균의 감염(이 등 2006) 등이 있으나, 하천이나 호소에 서식하는 어류의 질병 발생에 의한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구는 2006년 동절기에 태화강에 서식하던 누치의 대량 폐사가 일어나 사회적 문제가 제기되었던 태화강 유역의 어류 군집에 대한 병원체의 출현을 주기적으로 모니터링함으로써 하천내 서식하는 어류의 건강성을 진단하는 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 어류의 군집 및 생태조사

어류 군집의 조사는 2008년 8월부터 2009년 1월까지

3회를 실시하였으며, 성장기인 여름과, 월동을 위한 이동기인 가을, 그리고 월동기인 겨울로 구분하여 조사하였다. 조사지점은 누치의 대량폐사가 일어난 삼호교를 중심으로 상류와 하류의 각 1개 지점을 선정하여 3개 지점을 조사하였다.

어류군집의 조사를 위한 채집은 각 조사지점별로 수심 등의 조건이 달라, 수심 1.5m 이하인 조사지점 1과 2에서는 투망(망목 5×5 mm)과 족대(망목 3×3 mm)를 사용하여 채집하였으며, 수심 2m 이상인 조사지점 3은 삼각망(유도망 15 m, 망목 20×20 m)을 24시간 설치하여 채집하였다. 정량적인 조사를 위하여 투망은 20회, 족대는 30분을 기준으로 채집하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정하여 계수하고 각 개체에 대하여 전장, 체장, 체중을 측정 후 대부분 방류하였으며, 사진촬영 및 표본제작에 사용할 소수 표본은 10% 포르말린에 고정하였다. 어류의 동정은 김(1997), 김 등(2002), 김 등(2005)에 따랐다.

### 2. 어류의 질병 모니터링

어류의 질병모니터링은 2007년에서 2008년까지 2년간 총 20회 실시하였다. 3개 조사지점으로부터 투망 및 자망으로 채집된 어류를 육안적으로 판단했을 때, 병적인 증상을 나타내는 개체만을 대상으로 어종과 크기를 조사하였다. 현장에서 해부학적 증상을 확인한 후, 각 개체의 체표 및 아가미 조직 일부를 떼어내어 슬라이드 표본을 제작하였다. 제작된 표본은 광학현미경하에서 검정하여 어류 병원성 기생충의 감염여부를 확인, 동정하

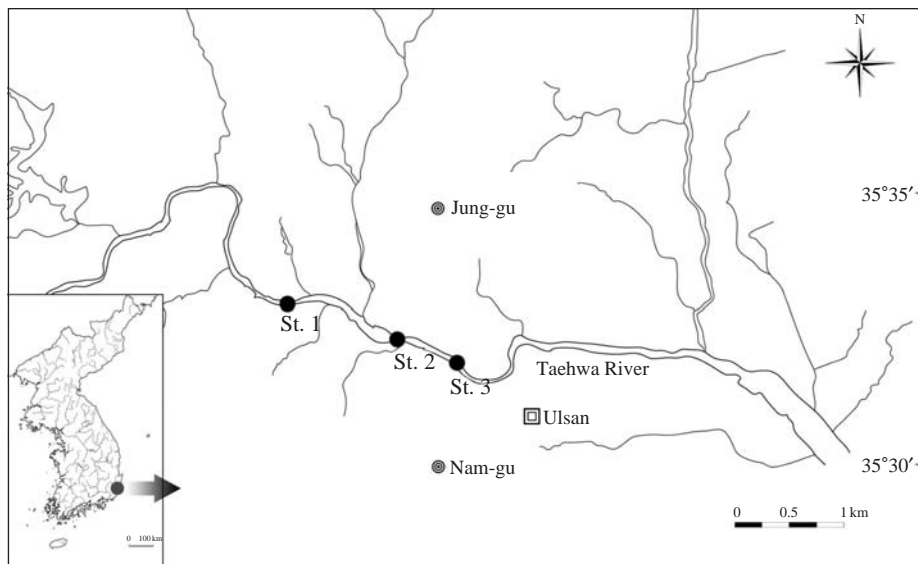


Fig. 1. Map showing the studied stations in the Taehwa River.

였으며(전 2006), 어류 병원성 세균의 분리를 위해 시험어의 복부를 절개한 후, 비장과 신장, 아가미 및 체표의 조직 일부를 Tryptic Soy Agar 및 Cytophaga Agar에 접종하여 연구소로 운반하였다. 또한 어류 병원성 바이러스 감염여부를 확인하기 위하여 어류 각 개체의 비장, 신장 조직의 일부를 1.5 mL tube에 pooling하여 취해 드라이아이스가 든 용기에 넣어 연구소로 운반하였다(국립수산과학원 2005; OIE 2006). 어류 병원성 바이러스 감염 여부에 대해서는 잉어과 어류의 바이러스로 알려져 있는 SVC(Spring viraemia of carp) 및 KHV(Koi herpesvirus disease) 2종의 바이러스 primer set를 사용하여 RT-PCR을 실시하였다(Gilad *et al.* 2002). 어류 병원성 세균의 확인을 위해서는 현장에서 집중된 배지를 27°C에서 24~48시간 배양한 후, 순수 분리하였다. 순수 분리된 균은 각종 생리생화학적 검사를 실시한 후, API20E kit(BioMerix, Spain)를 주로 사용하여 균을 동정하였다(국립수산과학원 2005; 이 등 2006; OIE 2006).

## 결과 및 고찰

### 1. 전체 어류상

3개 조사지점에서 채집된 어류는 모두 총 9목 17과 35종이었으며, 이들 중 잉어과 어류가 14종으로 가장 다양하였으며, 이는 양(1980)의 조사보다 1종이 많고 장 등(2001)의 조사보다는 8종이 적게 채집되었다. 고유종은 참물개, 참갈겨니, 기름종개, 꺾지, 동사리 등 5종으로서 이는 장 등(2001)에 의한 조사에서의 9종보다 적은 수로서 전체 어종의 20.8%로 비교적 낮은 서식률을 나타내었다(Table 1). 개체수에서 우점종은 끄리(1,391개체, 39.7%), 다음으로 누치(1,083개체, 30.9%)였으며, 생체량에서는 누치(214,178.5 g, 54.1%), 끄리(104,693 g, 26.2%)의 순으로 나타났다(Table 1, Fig. 2). 이는 하천의 정비 및 수량의 변화 등으로 인한 미소서식지가 감소하여 먼저 충식성인 누치가 증가하고, 이어서 육식성인 끄리가 증가한 서 등(2008)의 결과와 유사하게 나타났다. 또한 외래도입종이며 내성종인 블루길과 배스가 3개 조사지점 모두에서 채집되어 주목되었다.

### 2. 조사지점별 어류의 군집 특성

조사지점 1에서는 은어와 민물검정망둑을 제외한 모든 어종이 순수담수어종들이었으며, 개체수에 있어 우점종은 참물개, 끄리, 피라미 등의 순으로 나타났다. 참갈겨니, 돌고기, 꺾지, 동사리 등 주로 하천의 중상류에 서식하는 어종이 출현한 것으로 보아 본 지점의 하천형이

**Table 1.** The numbers of collected fishes from each station in Taewha river

Species	Stations			Total	RA**
	1	2	3		
<i>Anguilla japonica</i>			5	5	0.1
<i>Coilia nasus</i>			1	1	0.03
<i>Konosirus punctatus</i>		3	470	473	13.5
<i>Carassius auratus</i>		5	71	76	2.1
<i>Cyprinus carpio</i>		1	11	12	0.3
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>			2	2	0.1
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	11	1		12	0.3
<i>Hemibarbus labeo</i>	3	675	405	1,083	30.9
<i>Pungtungia herzi</i>	1			1	0.03
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae*</i>	49			49	1.4
<i>Tribolodon hakonensis</i>			6	6	0.2
<i>Opsarichthys uncirostris</i>	22	74	1,295	1,391	39.7
<i>Zacco platypus</i>	20	4		24	0.7
<i>Zacco koreanus*</i>	8			8	0.2
<i>Culter brevicauda</i>			1	1	0.03
<i>Erythroculter erythropterus</i>			3	3	0.09
<i>Hemiculter eigenmanni</i>			4	4	0.1
<i>Cobitis hankugensis*</i>		4		4	0.1
<i>Cobitis hankugensis-longicorpa</i> Complex	3			3	0.1
<i>Silurus asotus</i>			2	2	0.1
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	1	4		5	0.1
<i>Oncorhynchus keta</i>		1		1	0.03
<i>Mugil cephalus</i>		21	42	63	1.8
<i>Coreoperca herzi*</i>	11			11	0.3
<i>Lateolabrax maculatus</i>			107	107	3.1
<i>Lepomis macrochirus</i>	4	7	26	37	1.1
<i>Micropterus salmoides</i>	8	75	13	96	2.7
<i>Trachurus japonicus</i>			3	3	0.1
<i>Caranx sexfasciatus</i>			1	1	0.03
<i>Odontobutis platycephala*</i>	4			4	0.1
<i>Acanthogobius flavimanus</i>			4	4	0.1
<i>Rhinogobius brunneus</i>	5	2		7	0.2
<i>Tridentiger brevispinis</i>	1	2		3	0.1
<i>Channa argus</i>		1		1	0.03
<i>Takifugu niphobles</i>			1	1	0.03
Numbers of species	15	16	21	35	
Numbers of individuals	151	880	2,473	3,504	

\*: Korean endemic species; \*\*: Relative abundance (%)

중상류 수역에 해당함을 알 수 있었다(Table 1).

조사지점 2는 하류성 어종인 누치와 배스, 끄리의 순으로 우점하였으며, 양측회유성인 송어, 은어, 민물검정망둑 등이 출현하여 기수역과 인접한 하류수역의 특성을 나타내었다(Table 1, Fig. 3). 누치의 출현개체수는 8월에 비하여 10월에 약 15배로 증가하였으며, 1월에도 10월에 비해 약 2배 증가하였다. 이는 누치가 태화강에서의 월동을 하기위한 하류수역의 수량이 감소하여 부분적으로 폐쇄된 웅덩이가 형성된 수심이 비교적 깊은 곳으로 이동하는 특성을 나타내었다. 이와 같은 어류 군집의 변화는 하상정비, 미소서식지의 축소 등에 기인되었을 것

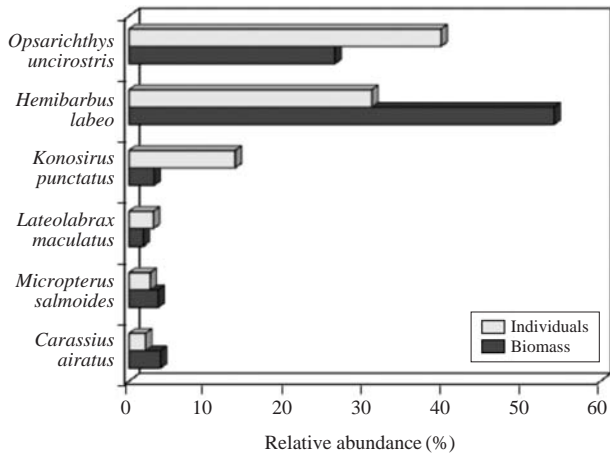


Fig. 2. The relative abundance of collected fishes from 3 sampling sites in Taewha River (RA > 2.0).

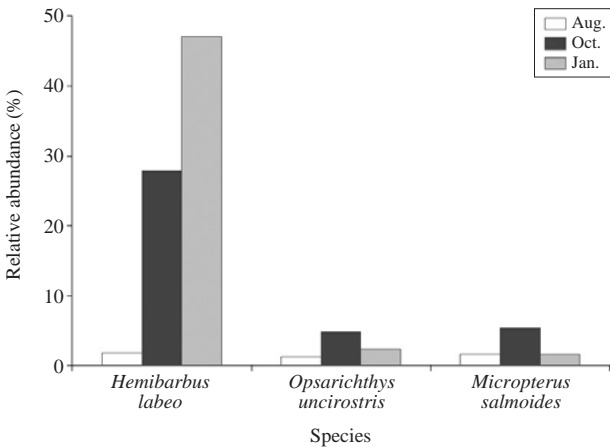


Fig. 3. The seasonal changes of collected fishes from sampling site 2, Samho bridge.

으로 생각된다(손과 변 2005).

조사지점 3은 기수역에 나타나는 어류인 웅어, 전어, 뱀장어, 송어, 점농어, 전갱이 등의 어종이 출현하여 기수역의 특성을 나타내었다(Table 1). 누치는 8월에 비해 10월에는 약 2배 정도 감소하였다가 1월에도 감소하였다. 끄리의 경우, 약 3배 정도로 감소하였다. 특히 1월에는 3개체만 출현하여 급격히 감소하였다. 따라서 누치와 끄리는 월동을 위해 삼호교 부근으로 이동함을 알 수 있었다. 조사지점별 어류군집의 특성을 살펴보면, 태화강내의 약 2km의 거리내에 위치한 3개 조사지점은 매우 짧은 구간임에도 불구하고 기수역, 하류역 및 중상류수역으로 구분되는 특성을 나타내었다. 특히 누치나 끄리와 같은 대형인 개체군이 하류 및 기수역에 해당되는 삼호

교 인근 수역에 대량으로 출현하였다.

### 3. 어류 병원체의 모니터링

조사기간 중 병원체의 검출을 위해 채집된 대부분의 어류가 외부 증상이 비교적 양호하였다. 따라서 이들 중 건강한 개체는 검사대상에서 제외하였으며, 병적인 증상을 나타낸 개체만을 대상으로 병원체 검출에 사용하였다. 병원체가 검출된 총 220마리의 어류 중 누치가 77마리로 전체의 35%를 차지하여 가장 많았으며, 다음이 배스, 송어, 끄리의 순으로 증상을 나타내었다(Fig. 4). 이는 어종의 수보다는 개체수가 많을수록 병원체에 대한 노출이 쉽게 일어나는 것으로 판단할 수 있었다(김 등 2004). 2007년도와 2008년도에 제공된 실험어 모두에서 조사대상 바이러스인 2종의 바이러스인 KHV와 SVC의 primer에 대한 반응은 모두 음성으로 나타났다. 이들 두 바이러스에 관한 자연수계에서의 어류 병원성 바이러스에 관해서는 현재까지 보고된 바 없으나, 양식어류에 있어서는 많은 보고가 되고 있다. 제공된 실험어 220개체 중 11개체에서 세균이 분리되었으나 어류에 병원성이 있다고 알려진 세균은 분리되지 않았다. 이는 현재의 태화강의 환경이 어류에 세균성 질병 발생을 일으키지 않는 양호한 조건을 유지하고 있음을 알 수 있었다. 만일 어떤 환경적 요인에 의해 특정 어류에 세균성 질병이 만연한다면 그 전염력의 수준에 따라 대량 폐사에 이를 수도 있을 것으로 생각된다. 하천에 서식하는 어류의 질병에 대한 매월 지속적인 모니터링을 한다면 자연수계 내에서 일어날 수 있는 대량폐사를 예측하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다(Gray et al. 2002).

### 4. 기생충성 질병의 확인

제공된 실험어 220개체로부터 검출된 기생충의 종류는 총 7종으로 비교적 다양하게 나타나지 않았으며, 모두 자연수계 또는 양식어류에서 흔히 검출되는 종들이었다. 그 중 가장 많이 검출된 기생충은 트리코디나충이었다(Fig. 5). 이들의 현미경 시야당 마리수는 1~10마리로서 어류를 치사시킬 수 있는 밀도는 아니었으며, 감염 어류의 물리적인 손상 및 점액의 이상분비 외에는 특이한 병리학적인 외부 증상이 나타나지 않았다(Aguilar et al. 2005; 박 등 2009). 그러나 이들 기생충이 어류에 잠재적으로 감염되어 있다가 갈수기의 수질환경변화 등으로 인해 대량증식될 경우, 어류를 폐사에 이르게하거나, 어류 병원성 세균의 이차감염에 의한 폐사의 경우를 배제할 수 없을 것으로 생각된다(Wurtsbaugh and Tapia

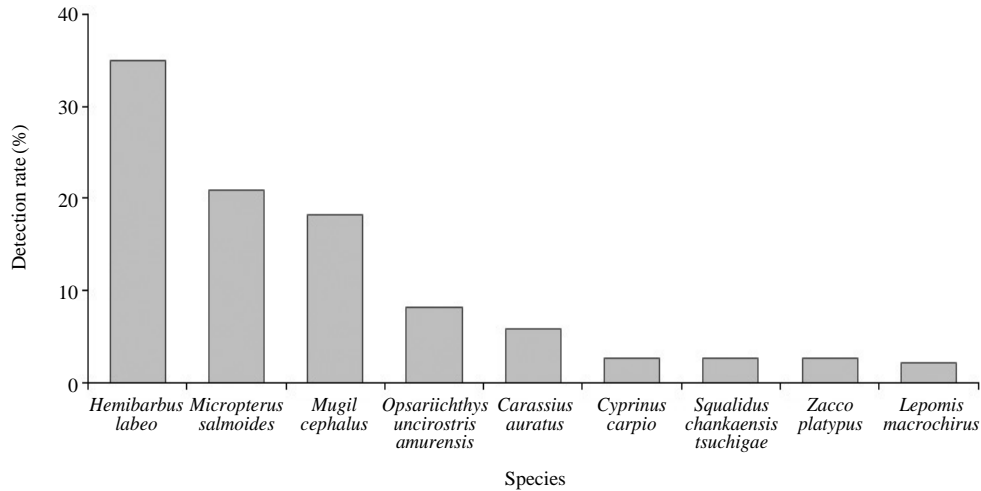


Fig. 4. The pathogen detection rates of collected fishes from 2007 to 2008.

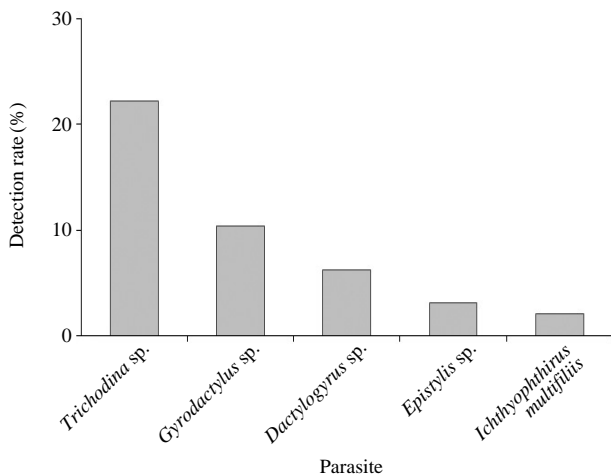


Fig. 5. Detection rate of parasites from the fishes including pathological changes.

1988; Glozan *et al.* 2006; Magalhaes *et al.* 2007). 트리코디나충은 조사기간중 매월 검출이 되었으며 특히 기수성 어류인 송어에서 검출이 잘 되었다. 그 감염률도도 현미경 시야당 최고 10마리로서 다른 어종에 비하여 높은 편이었으나, 이 또한 송어를 폐사시킬만한 수준은 아니었다. 다만 타 어종으로의 전염될 가능성은 있을 것으로 생각되었다(김 등 2003; Glozan *et al.* 2005). 10월 이후 조사어류로부터의 기생충 검출률이 낮아지기 시작하여 11월 이후에는 검출이 되지 않았다. 따라서 어류질병학적인 관점에서 본다면 2006년의 동절기에 대량폐사된 바 있는 누치의 경우, 그 원인이 질병에 의한 폐사라고 보기는 어려우나, 폐사 당시의 일시적 수량의 부족, 기온 하강에 의한 저수온의 지속, 좁은 수역내에서의 어류의

과밀서식 등으로 생리적으로 약한 개체가 먼저 폐사하기 시작하여 그 폐사체들에 의한 수질 악화 및 오염으로 수생균이 번식하여 건강한 개체에도 영향을 주었을 것으로 생각된다(김 등 2004). 이는 당시 조사된 일부 개체로부터 아가미 및 체측의 환부에 심하게 감염된 수생균이 확인된 바 있으며, 이들 수생균은 과밀로 인한 개체간의 접촉의 기회가 많아져 수생균 감염이 대량발생함으로써 이차적인 폐사가 일어났을 가능성이 높다고 생각된다(미발표). 따라서 저수온기에는 기생충의 대량증식은 불가능하여 기생충 감염에 의한 대량 폐사는 없을 것으로 생각되나 건강한 어류에 있어서도 생길 수 있는 물리적 상처 또는 기생충 감염 이후의 환부에 수생균이 착생할 가능성이 있을 것으로 생각된다.

## 적 요

2007년 3월부터 2009년 1월까지 울산 태화강에 서식하는 어류의 군집 구조 및 병원체에 대하여 조사하였다. 그 결과 태화강의 3개 조사지점으로부터 채집된 어류는 모두 총 9목 17과 35종이었으며 개체수로서의 우점종은 끄리로서 39%였으며 다음으로 누치가 30.9%였다. 한국고유종은 전체의 20.8%로서 참물개, 참갈겨니, 기름종개, 꺾지, 동사리의 5종이었다. 누치와 끄리와 같은 대형 어류가 조사지점 2인 삼호교 인근 수역에 계절에 따라 모여들었다.

220개체의 어류에 대한 2종의 어류 병원성 바이러스에 대한 반응은 모두 음성으로 나타났으며, 어류에 병원성이 있다고 알려진 세균은 분리되지 않았다. 어류 병원

성 기생충은 총 7종으로 다양하게 나타나지는 않았다. 특히 트리코디나충은 매월 검출이 되었으며 그 감염 밀도도 비교적 높은 편이었다. 그러나 하천의 일정지점에서 일시적인 어류 과밀현상은 질병에 의한 대량폐사에 직접적인 영향을 주지는 않을 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 환경부지정 울산지역환경기술개발센터 수탁연구사업(태화강에 서식하는 어류의 생태 및 질병 모니터링) 및 국립수산물과학원(수산생물 질병 모니터링 및 진단연구, RP-20078-AQ-000)의 지원에 의해 작성되었으며, 연구에 협조하여 주신 울산시 태화강 관리단의 직원 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 국립수산물과학원. 2005. 국립수산물과학원 수산생물질병진단지침서. 229pp.
- 김익식, 이무근, 박경희, 정성주, 오명주. 2003. 자연산 송어 (*Mugil cephalus*)의 *Myxobolus* sp. 감염증. *한국어병학회지*. 16:31-38.
- 김익수. 1995. 한국 위기 담수어류의 서식현황과 보존. '95 한국생태학회, 한국어류학회 공동 심포지움 강연록. pp. 31-43.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편 (담수어류). 교육부. 629pp.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사. 465pp.
- 김익수, 최 윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사. 서울, 613pp.
- 김정호, 박성우, 박찬일, 오명주, 정성주, 허민도. 2004. 어패류의 감염증과 기생충. 428pp.
- 류석환. 1993. 태화강의 수질오염 특성에 관한 연구-황학적 산소요구량과 염소이온 농도-. *한국환경과학회지*. 2:291-297.
- 박명애, 김호열, 최희정, 지보영, 조미영, 이덕찬. 2009. 남해지역 자연산 해산어의 *Trichodina* 감염현황. *한국어병학회지*. 22:163-166.
- 서진원, 임인수, 김호준, 이해근. 2008. 울산 하천 및 강에서의 어류서식 현황 및 8개 대표종의 이화학적 수질 내성 범위. *한국육수학회지*. 41:283-293.
- 서진원, 임인수, 이홍수. 2006. 이화학적 수질 항목과 관련된 어류 분포. *한국상하수도학회, 2006공동 추계 학술발표회 논문집*. pp.71-75.
- 손영목, 변화근. 2005. 미호천의 어류상과 어류군집 동태. *한국어류학회지*. 17:271-278.
- 안광국, 엄동혁, 이성규. 2001. 생물보전지수 (Index of Biological Integrity)의 신속한 생물평가 기법을 이용한 갑천 수계의 평가. *한국육수학회지*. 19:261-269.
- 양홍준. 1980. 태화강의 어류상에 관하여. *경북대학교 논문집*. 29:419-424.
- 이덕찬, 조미영, 차승주, 박신후, 박명애, 김진우. 2006. 2006년 6월에 트롤어법으로 어획된 남해안 자연산 어류에 대한 질병 모니터링. pp. 215-226.
- 장민호, 최기룡, 주기재. 2001. 울산지역 (가지산) 상류하천의 어류군집. *한국육수학회지*. 34:239-250.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. *중앙대학교 학위 청구논문*. pp.1-90.
- 전세규. 2006. 어류 기생충학. *한국수산신문사*. 335pp
- 한국수자원공사. 2007. 낙동강 하구 일원의 어류 서식현황 및 이동특성 조사. 123pp.
- Aguilar A, MF Alvarez, JM Leiro and ML SanMartin. 2005. Parasite populations of the European eel (*Anguilla anguilla* L) in the Rivers Ulla and Tea (Galicia, northwest Spain). *Aquaculture* 249:85-94.
- Bucke D. 1980. Experimental and naturally occurring furunculosis in various fish species: a comparative study. pp. 82-88. In *Proceedings of 3rd COPRAQ Fish Diseases meeting Munich. 1979* (Ahne W ed.). Life Sciences 1980. mSpringer. Berlin.
- Bucke D. 1993. The significance of diseases and anomalies in wild salmonids. *Fisheries Res.* 17:209-217.
- Gilad O, S Yun, KB Andree, MA Adkison, A Zlotkin, H Bercovier, A Elder, RP Hedrick. 2002. Initial characteristics of koi herpesvirus and development of a polymerase chain reaction assay to detect the virus in koi, *Cyprinus carpio* koi, *Dis. Aquat. Org.* 48:101-108.
- Glozlan RE, S St-Hilaire, SW Feist, P Martin, ML Kent. 2005. Biodiversity-disease threat to European fish, *Nature* 435: 1046.
- Gozlan RE, EJ Peerer, M Longshaw, S St-Hilarie and SW Feist. 2006. Effects of microbial pathogens on the diversity of aquatic populations, notably in Europe. *Microbes and Infection*. 8:1358-1364.
- Gray WL, L Mullis, SE LaOatra, JM Groff and A Goodwin. 2002. Detection of Koi herpesvirus DNA in tissues of infected fish. *J. Fish Dis.* 25:171-178.
- Maceda-Vega A, H Salvado, D Vinyoles and A De Sostoa. 2009. Outbreak of *Ichthyophthirius multifiliis* in Redtail Barbs *Barbus haasi* in a Mediterranean Stream during Drought. *J. Aquatic Animal Health* 21:189-194.
- Magalhaes MF, P Beja, IJ Schlosser and MJ Collares Pereira. 2007. Effects of multi-year droughts on fish assemblages of seasonally drying Mediterranean streams. *Freshwater Biology* 52:1494-1510.
- OIE. 2006. Manual of Diagnostic tests for aquatic animals. pp.

67-268.

Snieszko S. 1974. The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *J. Fish Biol.* 6:197-208.

Wurtsbaugh WA and RA Tapia. 1988. Mass mortality of fishes in Lake Titicaca (Peru-Bolivia) associated with the proto-

zoan parasite, *Ich.* *Transaction of the American Fisheries Society.* 117:213-217.

Manuscript Received: June 3, 2010

Revision Accepted: July 26, 2010

Responsible Editor: Min-Ho Jang