

2000~2010년 우리나라 양식산 뱀장어, *Anguilla japonica*의 병원체 감염현황

김위식 · 옥하나* · 김도형* · 김흥윤* · 오명주*†

전남대학교 수산과학연구소, *전남대학교 수산생명의학과

Current status of pathogen infection in cultured eel *Anguilla japonica* between 2000 and 2010

Wi-Sik Kim, Ha-Na Ok*, Do-Hyung Kim*, Heung-Yun Kim* and Myung-Joo Oh*†

The Fisheries Science Institute, Chonnam National University, Yeosu 556-901, Korea

*Department of Aqualife Medicine, College of Fisheries and Ocean Science,
Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

Disease survey was conducted to investigate the cause of high mortality in 23 farms of eel, *Anguilla japonica*, during the period from 2000 to 2010. Seven kinds of fish pathogens were confirmed in the tested fish, which included: *Pseudodactylogyrus* sp. (infection rate: 65.5%, 19/29 samples), aquabirnavirus (ABV, 62.5%, 15/24 samples), *Edwardsiella* sp. (44%, 11/25 samples), anguillid herpesvirus 1 (AngHV1, 16.7%, 2/12 samples), *Heterosporis* sp. (10.3%, 3/29 samples), *Vibrio* sp. (8%, 2/25 samples), *Trichodina* sp. (3.4%, 1/29 samples). The rate of single infection was 44.8% (13/29 samples), while 62.1% (18/29 samples) showed mixed type of infection with 2 to 5 different pathogens. The most predominant mixed infection were *Pseudodactylogyrus* sp.-*Edwardsiella* sp. (10.3%, 3/29 samples), *Pseudodactylogyrus* sp.-ABV (10.3%, 3/29 samples), *Edwardsiella* sp.-ABV (6.9%, 2/29 samples). Infection by the above infectious parasites, bacteria and virus was confirmed in tested eels of juvenile to adult sizes that were cultured at 25-30°C in almost the examined farms.

Key words : Survey, Eel, *Anguilla japonica*, Fish pathogens, Infection

뱀장어, *Anguilla japonica*는 우리나라의 주요 담수 양식 어종 중의 한 종으로서 그 생산량이 2005년에는 5,775톤을 유지하다가 2007년에는 10,557톤으로 약 1.8배 증가되었으나 2008년 이후로는 6,500~8,000톤 수준의 생산량이 유지되어지고 있다 (어업생산통계 시스템, 2011). 이러한 생산량의 변동에 미치는 주요

요인으로는 질병으로 인한 대량 폐사와 종묘 입식량의 변동을 생각해 볼 수 있다.

국내에서 발생하는 뱀장어 질병으로는 감염성 질병인 아가미흡충증, 등여웁병, 선충증, 예로모나스병, 에드워드병, 아가미부식병 등이 보고되어 있으며 (전, 1988; 전 등, 1989; 한 등, 2000; Joh *et al.*, 2007), 비감염성 질병으로는 암모니아 및 아질산 중독증 등이 보고되어 있다 (전과 양, 1991; 양과 조, 1996). 이와 같이 뱀장어 양식장에서는 기생충성 및 세균성

† Corresponding Author : Myung-Joo Oh
Tel : +82-61-659-7173
E-mail : ohmj@chonnam.ac.kr

질병뿐만 아니라 사육 수질 악화에 따른 질병들이 발생되고 있다.

양식장을 대상으로 한 역학조사는 질병의 원인뿐만 아니라 발생, 분포 및 경향을 파악할 수 있으므로, 질병의 예방 및 방역대책을 수립하는 데 중요한 정보를 제공하며, 또한 외래 질병의 발생을 감시하고 자국 내 특정 질병에 대한 무병지역을 증명할 수 있는 기초 자료로도 활용될 수 있다. 현재까지 국내에서 뱀장어 질병에 대한 역학조사는 매우 제한적이며, 연구범위도 소수의 양식장을 대상으로 짧은 기간 동안 수행되었기 (전, 1988; 손 등, 2009) 때문에 조사 결과를 질병 예방 및 방역에 활용하는 데에는 한계가 있다.

본 연구는 뱀장어에서 발생하는 질병에 대한 예방 및 방역대책을 수립하기 위한 기초 자료를 제공할 목적으로 2000년부터 2010년까지 양식 현장에서 발병이 의심되는 뱀장어를 대상으로 질병 검사를 실시하여 병원체의 감염현황을 분석한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시료 채집

2000년 7월부터 2010년 8월까지 전라남도 및 전라북도에 위치한 11개 지역 (전라남도: 여천, 순천, 벌교, 나주, 영광, 곡성, 함평, 강진, 장흥 및 완도, 전라북도: 고창) 의 지수식양식장에서 사육 중이던 뱀장어에서 감염성질병 발생에 의한 것으로 의심되는 폐사 (폐사율: 10% 이상) 가 발생한 23개소 양식장의 뱀장어를 대상으로 29건의 시료 채취를 실시하였다 (Fig. 1과 Table 1). 각각의 양식장에서 힘없이 유평하는 뱀장어를 5~10마리 채집하여 냉장상태로 신속히 운반한 후 질병 검사를 실시하였다.

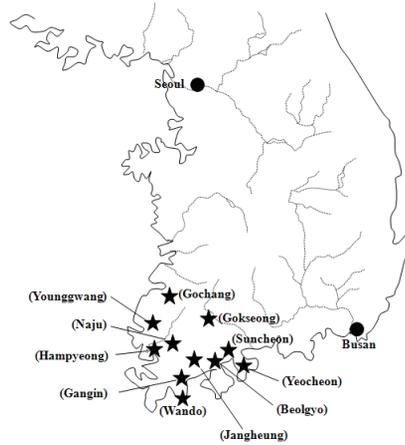


Fig. 1. Sampling location of diseased eel.

질병 검사

채집된 시료를 대상으로 외부 및 내부 증상을 관찰하였고, 각종 장기의 액침표본을 제작하여 광학현미경으로 기생충 검사를 실시하였다. 특정장기의 액침표본 관찰에서 시야당 100마리 이상의 동일 기생충이 관찰되고, 이러한 부위가 해당 장기에서 광범위하게 발견되어진 경우 해당 기생충의 감염으로 판단하였다. 세균 검사는 비장, 신장 및 간 조직을 무균적으로 채취하여 brain heart infusion (BHI, Difco), Salmonella- Shigella (SS, Difco) 및 thiosulfate citrate bile sucrose (TCBS, Difco) 한천평판 배지에 도말한 후, 25°C에서 5일간 배양하여 세균을 분리하였고, 동일한 콜로니가 우점적으로 100 colony forming unit (CFU) 이상 분리되었을 때는 해당 세균에 의한 감염으로 판단하였다. 분리된 세균은 상법에 따라 생화학 실험을 실시하여 동정하였다. 바이러스 검사는 신장과 비장 조직을 hanks' balanced salt solution (HBSS, Gibco) 으로 1:9(0.5g/ 4.5 ml) 가 되게 처리하여 마쇄하고, 그 마쇄액을 0.45µm syringe filter로 여과하여 바이러스 분리용 시료로 제작하였으며, 해당 시료는 fathead minnow caudal trunk cell line (FHM) 과 Chinook salmon embryo cell line

(CHSE-214)에 접종하여 20°C에 배양하면서 세포변성 효과 (cytopathic effect, CPE)를 관찰하였다. CPE가 확인된 well의 배양 상층액은 항 aquabirnavirus (ABV) polyclonal 항체를 이용하여 96 well plate상에서 중화반응을 실시하여 1000 TCID₅₀의 바이러스가 중화되는지를 확인하였으며, 또한 배양 상층액 200µl로부터 RNA extraction kit (Bioneer, Korea)를 사용하여 RNA를 분리한 후 Suzuki *et al.* (1997)에 의해 디자인된 marine birnavirus (MABV, ABV) 검출 primer를 사용하여 reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)을 실시하여 해당 바이러스의 관련성을 검토하였다. PCR 반응은 95°C에서 5분간 pre-denature시킨 후, 95°C에서 1분간 denature, 50°C에서 1분간 annealing, 72°C에서 1분간 extension 반응을 30cycles를 진행시키고, 72°C에서 5분간 post-extension하였다. Anguillid herpesvirus 1 (AngHV1, 이전 명칭: herpesvirus anguillae, HVA)의 감염유무를 확인하기 위하여, 아가미, 신장 및 비장조직으로부터 DNA extraction kit (Bioneer, Korea)를 사용하여 DNA를 분리한 후, AngHV1 검출용 primers (HVAPOLVPSD 5'-GTGTCGGGCCTTTGTGGTGA-3', HVAPOLOOSN 5' CATGCCGGGAGTCTTTTGTAT-3')를 사용하여 PCR을 실시하였다 (Rijsewijk *et al.*, 2005). 반응조건은 94°C에서 5분간 pre-denature시킨 후, 94°C에서 30초간 denature, 65°C에서 45초간 annealing, 72°C에서 1분간 extension 반응을 40cycles를 진행시키고, 72°C에서 7분간 post-extension하였다. PCR 증폭 산물은 1.5% agarose gel을 이용하여 확인하였고, gel purification kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 정제 후 ABI PRISM

dye terminator sequencing chemistry (Applied Biosystems, USA)를 사용하여 염기서열을 분석하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 2000~2010년까지 감염성질병 발생에 의한 것으로 의심되는 폐사가 발생한 23개소 양식장의 병든 뱀장어를 대상으로 총 29건의 병원체 검사를 실시하였다 (Table 1). 대부분의 병어는 체표나 지느러미의 출혈이 관찰되었고, 간의 울혈 또는 비장 및 신장이 비대되어 있었다. 경우에 따라서는 체표 궤양, 항문 발적 등의 외부 증상과 아가미 빈혈 및 울혈, 장출혈, 간 농창 등의 내부 증상도 관찰되었다. 병원체 검사 결과, 총 7종 (기생충 3종: *Pseudodactylogyrus* sp., *Heterosporis* sp., *Trichodina* sp., 세균 2종: *Edwardsiella* sp., *Vibrio* sp., 바이러스 2종: ABV, AngHV1)의 병원체 감염이 확인되었다 (Table 1). 기생충, 세균, 바이러스의 감염률은 각각 69% (20/29 시료), 44% (11/25 시료), 62.5% (15/24 시료)로 나타났다. 병원체의 감염률은 *Pseudodactylogyrus* sp. (65.5%, 19/29 시료), ABV (62.5%, 15/24 시료), *Edwardsiella* sp. (44%, 11/25 시료), AngHV1 (16.7%, 2/12 시료), *Heterosporis* sp. (10.3%, 3/29 시료), *Vibrio* sp. (8%, 2/25 시료), *Trichodina* sp. (3.4%, 1/29 시료) 순으로 높게 나타났다. 이상의 결과, 뱀장어 양식장에서는 *Pseudodactylogyrus* sp., ABV 및 *Edwardsiella* sp.에 의한 감염이 만연하고 있음이 확인되었고, 그 밖에도 감염률은 낮으나 AngHV1, *Heterosporis* sp., *Trichodina* sp. 및 *Vibrio* sp.에 의한 감염도 확인되었다.

Table 1. The result of isolation and detection of pathogen from diseased eel

Place	Year	Month	Farm	Clinical signs	Water temperature (°C)	Mean fish weight (g)	Pathogen detection rate % (detection no./ total no.)				Infectious pathogens
							Parasite	Bacterium	Virus		
									Aquabirnavirus	AngHV1	
Beolgyo	2000	October	BG1	NT	27	180	*80% (4/5)	0% (0/5)	100% (5/5)	NT	H, A
Gangjin	2009	January	GJ1	a, b, g, n	26	180	0% (0/5)	0% (0/4)	83% (5/6)	0% (0/6)	A
	2010	June	GJ2	b, f, i, m	29	55	100% (4/4)	100% (4/4)	100% (3/3)	NT	Ps, E, A
Gochang	2000	July	GC1	NT	28	60	0% (0/5)	100% (5/5)	NT	NT	E
	2001	December	GC1	b, g, h, n, o	25	254	20% (1/5)	0% (0/3)	100% (3/3)	50% (1/2)	Ps, A, AH
	2001	December	GC2	g, j, o	25	173	0% (0/5)	100% (4/4)	100% (4/4)	NT	E, A
	2001	December	GC3	a, b, c, g, h, l, m, n, o	25	240	80% (4/5)	100% (4/4)	NT	NT	Ps, E
Gokseong	2000	December	GS1	a, c, g, h, n, o	25	80	100% (5/5)	0% (0/3)	100% (5/5)	NT	Ps, A
	2001	January	GS2	c, d, g, h, n	25	40	0% (0/5)	100% (3/3)	100% (5/5)	NT	E, A
	2001	January	GS3	b, g	26	37	100% (4/4)	100% (3/3)	0% (0/5)	NT	Ps, E
	2001	October	GS4	b, e, g, h, k, n	NT	174	0% (0/4)	0% (0/3)	100% (3/3)	0% (0/3)	A
	2001	November	GS5	b, e, h	28	163	100% (5/5)	0% (0/3)	100% (5/5)	0% (0/5)	Ps, A
Hampyeong	2008	August	HP1	NT	31	49	80% (4/5)	0% (0/3)	0% (0/5)	NT	Ps
Jangheung	2010	February	JH1	a	NT	120	100% (7/7)	0% (0/5)	0% (0/5)	50% (1/2)	Ps, AH
Naju	2001	May	NJ1	a, b, h, k, n, o, p	28	178	**100% (4/4)	*100% (4/4)	100% (4/4)	0% (0/4)	R, H, E, V, A
Suncheon	2000	October	SC1	a, b, k	26	140	0% (0/6)	NT	100% (5/5)	NT	A
	2000	November	SC1	a, g, k, l, n, o	27	153	100% (4/4)	0% (0/4)	100% (4/4)	0% (0/5)	Ps, A
	2000	November	SC2	b, g, i, n, o	26	NT	100% (4/4)	100% (5/5)	NT	NT	Ps, E
	2000	December	SC1	b, c, g, i, m, n, o	25.5	78	0% (0/5)	NT	100% (4/4)	NT	A
	2001	February	SC1	h, c, d, g, h, m, n, o	27	252	0% (0/5)	100% (4/4)	0% (0/5)	NT	E
	2001	March	SC1	g, h, i	NT	137	100% (5/5)	NT	0% (0/5)	NT	Ps
	2010	August	SC2	p	30	NT	**100% (5/5)	0% (0/5)	0% (0/7)	0% (0/5)	Ps, H
Yeocheon	2002	March	YC1	NT	30	217	20% (1/5)	*100% (4/4)	100% (4/4)	0% (0/4)	Ps, E, V, A
	2002	January	YG1	NT	NT	37	100% (3/3)	NT	NT	0% (0/2)	Ps
	2002	January	YG2	a, b, c, d, e, g, h, j, n, o	NT	73	***100% (5/5)	0%	100% (3/3)	0% (0/3)	Ps, T, A
Yeong-gwang	2003	December	YG3	a, c, d, g, n	NT	38	20% (1/5)	0% (0/3)	0% (0/5)	NT	Ps
	2007	January	YG4	i, n, o	30	27	20% (1/5)	0% (0/3)	NT	NT	Ps
	2007	February	YG5	a, b, g, i, n, o	28	42	100% (5/5)	0% (0/3)	NT	NT	Ps
Wando	2010	June	WD1	a, b, m	28	NT	0% (0/5)	100% (3/3)	0% (0/3)	0% (0/2)	E
							54.3% (76/140)	47.8% (43/90)	58.5% (62/104)		

NT: not tested.

Clinical signs: hemorrhages of skin (a), fin (b), intestine (c), vent (d), bladder (e) and gills (f); congested liver (g) and gills (h); ulcer of skin (i); pale gills (j) and liver (k); expanded abdomen (l); liver abscess (m); enlarged spleen (n) and kidney (o); unevenness of trunk (p).

Parasite: ^{no mark} *Pesudodactylogyrus* sp. infection.

* *Heterosporis* sp. infection.

** Co-infection with *Pesudodactylogyrus* sp. and *Heterosporis* sp.

*** Co-infection with *Pesudodactylogyrus* sp. and *Trichodina* sp.

Bacterium : ^{no mark} *Edwardsiella* sp. infection.

* Co-infection with *Edwardsiella* sp. and *Vibrio* sp.

Virus: aquabirnavirus (ABV) was identified by culture isolation using FHM and CHSE-214 cells, neutralization test and PCR and AngHV1 was identified by PCR.

Pathogens: Ps; *Pesudodactylogyrus* sp., H; *Heterosporis* sp., T; *Trichodina* sp., E; *Edwardsiella* sp., V; *Vibrio* sp., A; ABV, AH; Anguillid herpesvirus 1.

국내 뱀장어 양식장에서 발생하는 감염성 질병으로는 아가미흡충증, 등여웁병, 선충증, 에로모나스병, 에드워드병, 아가미부식병 등으로 기생충성 및 세균성 질병이 주를 이루고 있다 (전, 1988; 전 등, 1989; 한 등, 2000; Joh *et al.*, 2007). 본 연구의 결과에서는 기존에 보고된 기생충 및 세균의 감염뿐만 아니라 ABV와 AngHV1의 감염도 확인되었다. Eel virus European (EVE, ABV) 은 저수온기에 사육되는 뱀장어에 아가미신염을 일으켜 질병을 유발하는 원인병원체로 알려져 있으며 (Wolf, 1988; 전, 1996), AnHV1은 뱀장어의 가슴지느러미, 아가미뚜껑 및 복부 피부의 출혈과 새변의 괴사를 일으켜 질병을 유발하는 바이러스로 보고되어 있다 (Sano *et al.*, 1990; Davidse *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 1999; Haenen *et al.*, 2002). 본 연구의 결과만으로는 ABV와 AngHV1가 뱀장어의 대량폐사와 관련되어 있음을 밝히기는 어려우나, 62.5%의 양식장에서 ABV의 감염이 확인됨으로 겨울철 저수온기에 가온이 용이하지 못한 양식장에서는 ABV가 대량폐사에 관여할 가능성이 높을 것으로 예상되어 그 주의가 요구된다. 또한 AngHV1의 경우는 ABV에 비하여 감염률은 낮게 나타났으나 (본 연구에서는 2곳의 양식장에서만 확인됨) 본 바이러스는 어체 내에서 잠복 감염될 수 있으며, 오염된 물을 통해 어체 내에 감염되어 질병을 유발할 수 있으므로 (Nieuwstadt *et al.*, 2001; Hangalapura *et al.*, 2007), 감염어 및 사육수의 이동 등에 의해 다른 양식장으로 바이러스가 확산될 수 있어 그 주의가 요구된다.

병원체의 단독 및 혼합감염 양상을 분석한 결과, 단독 및 혼합감염률은 각각 44.8% (13/29 시료) 와 62.1% (18/29 시료) 로 나타났다 (Table 2). 단독감염률은 기생충, 세균 및 바이러스가 각각 20.7% (6/29 시료), 10.3% (3/29 시료), 13.8% (4/29 시료) 로 나타났다. 혼합감염의 경우, 기생충-세균의 혼합감염이 10.3% (3/29 시료), 기생충-바이러스의 혼합감염이 24.1% (7/29 시료), 세균-바이러스의 혼합감염이 6.9% (2/29 시료), 기생충-세균-바이러스의 혼합감염이 10.3% (3/29 시료), 기생충-기생충의 혼합감염이 3.4% (1/29 시료) 로 나타났다. 혼합감염률은 *Pesudodactylogyrus* sp.-*Edwardsiella* sp. (10.3%, 3/29 시료), *Pesudodactylogyrus* sp.-ABV (10.3%, 3/29 시료), *Edwardsiella* sp.-ABV (6.9%, 2/29 시료) 순으로 높게 나타났다. 이상의 결과에서 뱀장어 양식장에서는 병원체의 단독감염보다 혼합감염이 만연하고 있음이 확인되었다. 전(1988) 은 1980년 중반에 병든 뱀장어를 대상으로 행한 병원체 검사에서 세균에 의한 단독감염뿐만 아니라 세균-세균에 의한 혼합감염을 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 세균-세균의 혼합감염을 비롯해 2~5종의 병원체에 의한 혼합감염이 확인되었다. 병원체의 혼합감염의 경우, 질병 발생 초기에 적절한 치료가 이루어지지 않을 경우 대량 폐사로 이어지는 경우가 있으므로, 이러한 질병에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 병어 진단 시 다각적인 분석을 통한 정확한 원인 파악이 요구되며, 또한 정확한 진단 결과를 토대로 한 적절한 처방이 필요할 것으로 판단된다.

Table 2. Infection type of pathogens in diseased eel

Type of infection	Pathogens	Case of infection*	Infection rate (infected sample no./ total sample no.)	
Single infection	Parasite	Ps	20.7% (6/29)	
	Bacterium	E	10.3% (3/29)	44.8% (13/29)
	Virus	A	13.8% (4/29)	
Mixed infection	Parasite+Bacterium	Ps + E	10.3% (3/29)	10.3% (3/29)
		Ps + A	10.3% (3/29)	
		H + A	3.4% (1/29)	
	Parasite+Virus	Ps + AH	3.4% (1/29)	24.1% (7/29)
		Ps + T + A	3.4% (1/29)	
		Ps + A + AH	3.4% (1/29)	62.1% (18/29)
	Bacterium+Virus	E + A	6.9% (2/29)	6.9% (2/29)
	Parasite+Bacterium +Virus	Ps + H + E + V + A	3.4% (1/29)	
		Ps + E + V + A	3.4% (1/29)	10.3% (3/29)
		Ps + E + A	3.4% (1/29)	
Parasite+Parasite	Ps + H	3.4% (1/29)	3.4% (1/29)	

*: Ps; *Pseudodactylogyrus* sp., H; *Heterosporis* sp., T; *Trichodina* sp., E; *Edwardsiella* sp., V; *Vibrio* sp., A; ABV, AH; Anguillid herpesvirus 1.

발생연도, 발생지역, 사육수온 및 어체중에 따른 병원체의 감염 양상을 분석한 결과 (Table 3), 발생연도별 분석에서는 기생충 감염의 경우 2009년을 제외한 모든 년도에서 나타났으며, 세균과 바이러스의 감염은 각각 2003년, 2007~2009년 및 2003년, 2008년을 제외한 연도에서 나타났다. 지역별로는 기생충의 감염은 완도를 제외한 모든 전라도 지역에서 나타났고 세균 또는 바이러스의 감염은 함평을 제외한 모든 전라도 지역에서 나타났다. 수온별로는 25~30°C의 수온범위에서 기생충, 세균 및 바이러스의 감염이 확인되었으나, 31°C에서는 세균과 바이러스의 감염은 나타나지 않았다. 체중별로는 100~150g을 제외하고는 10~300g의 체중에서 기생충, 세균 및 바이러스

의 감염이 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 분석하면, 2003~2008년 및 함평 지역에서 사육되는 뱀장어에서는 세균과 바이러스 감염이 확인되지 않으나, 기생충, 세균 및 바이러스의 감염은 조사된 대부분의 지역에서 나타나며, 수온 25~30°C 범위에 사육되고 있는 뱀장어 치어를 비롯한 성어에서도 나타나는 것으로 확인되어, 뱀장어 양식장에서의 병원체의 감염은 질병 발생연도, 발생지역, 사육수온 및 어체중과 연관성을 특별히 관계 지을 수 없었다. 그러나 본 연구에서는 연도, 지역, 사육수온 등에 따라 질병 검사에 사용한 시료의 수에 한계가 있으므로 조사결과 는 병원체의 감염 양상을 대표한다고 판단하기는 어려울 것으로 생각된다.

Table 3. Infection rates of pathogens by year, place, water temperature and fish weight

		Infection rate % (infected sample no./ total sample no.)		
		Parasite	Bacterium	Virus
Year	2000	57.1% (4/7)	40% (2/5)	100% (5/5)
	2001	60% (6/10)	66.7% (6/9)	66.7% (6/9)
	2002	100% (3/3)	50% (1/2)	66.7% (2/3)
	2003	100% (1/1)	0% (0/1)	0% (0/1)
	2007	100% (2/2)	0% (0/2)	NT
	2008	100% (1/1)	0% (0/1)	0% (0/1)
	2009	0% (0/1)	0% (0/1)	100% (1/1)
	2010	75% (3/4)	50% (2/4)	50% (2/4)
Place	Beolgyo	100% (1/1)	0% (0/1)	100% (1/1)
	Gangjin	50% (1/2)	50% (1/2)	100% (2/2)
	Gochang	50% (2/4)	75% (3/4)	100% (2/2)
	Gokseong	60% (3/5)	40% (2/5)	80% (4/5)
	Hampyeong	100% (1/1)	0% (0/1)	0% (0/1)
	Jangheung	100% (1/1)	0% (0/1)	100% (1/1)
	Naju	100% (1/1)	100% (1/1)	100% (1/1)
	Suncheon	57.1% (4/7)	50% (2/4)	50% (3/6)
	Yecheon	100% (1/1)	100% (1/1)	100% (1/1)
	Yeonggwang	100% (5/5)	0% (0/4)	33.3% (1/3)
Water temperature (°C)	25~25.5	50% (3/6)	60% (3/5)	100% (5/5)
	26	50% (2/4)	66.7% (2/3)	33.3% (1/3)
	27	66.7% (2/3)	33.3% (1/3)	66.7% (2/2)
	28	60% (3/5)	60% (3/5)	66.7% (2/3)
	29	100% (1/1)	100% (1/1)	100% (1/1)
	30	100% (3/3)	33.3% (1/3)	50% (1/2)
	31	100% (1/1)	0% (0/1)	0% (0/1)
	Weight (g)	10~50	85.7% (6/7)	33.3% (2/6)
50~100		60% (3/5)	50% (2/4)	100% (4/4)
100~150		66.7% (2/3)	0% (0/1)	66.7% (2/3)
150~200		57.1% (4/7)	28.6% (2/7)	100% (7/7)
200~250		100% (2/2)	100% (2/2)	50% (1/2)
250~300		50% (1/2)	50% (1/2)	50% (1/2)

NT : Not tested.

본 연구의 결과는 단적으로나마 뱀장어 양식장에서 발생하는 병원체의 감염현황을 나타내므로 뱀장어 질병에 대한 예방 및 관리를 위한 대책 수립에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 특히, 병원체의 단독감염뿐만 아니라 혼합감염의 빈도가 높게 나타나며, 기존에 보고된 병원체 이외에도 새로운 병원체들의 감염이 확인되므로 이에 대한 예방 대책이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

2000~2010년까지 감염성질병 발생에 의한 것으로 의심되는 폐사가 발생한 23개소 양식장의 병든 뱀장어를 대상으로 총 29건의 병원체 검사를 실시하였다. 총 7종의 병원체 감염이 확인되었고, 병원체의 감염률은 *Pseudodactylogyrus* sp. (65.5%, 19/29 시료), aquabirnavirus (ABV, 62.5%, 15/24 시료), *Edwardsiella* sp. (44%, 11/25 시료), anguillid herpesvirus 1 (AngHV1, 16.7%, 2/12 시료), *Heterosporis* sp. (10.3%, 3/29 시료), *Vibrio* sp. (8%, 2/25 시료), *Trichodina* sp. (3.4%, 1/29 시료) 순으로 높게 나타났다. 병원체의 감염은 단독감염 (44.8%, 13/29 시료) 보다 혼합감염 (62.1%, 18/29 시료) 이 높게 나타났으며, 혼합감염의 경우 2~5종의 병원체가 복합적으로 감염되어 있었다. 혼합감염률은 *Pseudodactylogyrus* sp.-*Edwardsiella* sp. (10.3%, 3/29 시료), *Pseudodactylogyrus* sp.-ABV (10.3%, 3/29 시료), *Edwardsiella* sp.-ABV (6.9%, 2/29 시료) 순으로 높게 나타났다. 기생충, 세균 및 바이러스에 의한 감염은 조사된 대부분의 지역에서 나타났으며, 수온 25~30°C 범위에 사육되고 있는 뱀장어 치어를 비롯한 성어에 이르기까지 무차별적으로 발생하는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 수산기술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Davidse, A., Haenen, O.L.M., Dijkstra, S.G., van Nieuwstadt, A.P., van der Vorst T.J.K., Wagenaar, F. and Wellenberg, G.J.: First isolation of herpesvirus of eel (*Herpesvirus anguillae*) in diseased European eel (*Anguilla anguilla*) in Europe. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol., 19:137-41, 1999.
- Haenen, O.L.M., Dijkstra, S.G., Tulden, P.W., Davidse, A., van Nieuwstadt, A.P., Wagenaar, F. and Wellenberg, G.J.: Herpesvirus anguillae (HVA) isolations from disease outbreaks in cultured European eel, *Anguilla anguilla* in the Netherlands since 1996. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol., 22:247-257, 2002.
- Hangalapura, B.N., Zwart, R., Engelsma, M.Y. and Haene, O.L.M.: Pathogenesis of *Herpesvirus anguillae* (HVA) in juvenile European eel *Anguilla anguilla* after infection by bath immersion. Dis. Aquat. Org., 78:13-22, 2007.
- Joh, S.J., Kwon, Y.K., Kim, M.C., Kim, M.J., Kwon, H.M., Park, J.W., Kwon, J.H. and Kim, J.H.: *Heterosporis anguillarum* infections in farm cultured eels (*Anguilla anguilla*) in Korea. J. Vet. Sci., 8:147-149, 2007.
- Lee, N.S., Kobayashi, J. and Miyazaki, T.: Gill filament necrosis in farmed Japanese eel, *Anguilla japonica* (Temminck and Schlegel), infected with *Herpesvirus*

- anguillae*. J. Fish Dis., 22:457-463, 1999.
- Nieuwstadt, A.P., Dijkstra, S.G. and Haenen, O.L.M.: Persistence of herpesvirus of eel *Herpesvirus anguillae* in farmed European eel *Anguilla anguilla*. Dis. Aquat. Org., 45:103-107, 2001.
- Rijsewijk, F., Pritz-Verschuren, S., Kerkhoff, S., Botter, A., Willemsen, M. van Nieuwstadt, T. and Haenen, O.: Development of a polymerase chain reaction for the detection of *Anguillid herpesvirus* DNA in eels based on the herpesvirus DNA polymerase gene. J. Virol. Methods, 124:87-94, 2005.
- Sano, M., Fukuda, H. and Sano, T.: Isolation and characterization of a new herpesvirus from eel. In Perkins, F.O. and Cheng, T.C., editors. In Pathology in Marine Sciences. Academic Press, New York. pp 15-31, 1990.
- Suzuki, S., Hosono, N. and Kusuda, R.: Detection of aquatic birnavirus gene from marine fish using a combination of reverse transcription and nested PCR. J. Mar. Biotechnol., 5:205-209, 1997.
- Wolf, K.: Eel virus European. In Wolf, K., editor. Fish viruses and fish viral diseases. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA. pp. 46-50, 1988.
- 손맹현 외 19명: 뱀장어 양식표준지침서, 국립수산물과학원 양식관리과, 2009.
- 양한춘, 조재관, 고수은: 고 pH에서 뱀장어에 미치는 암모니아 급성독성의 병리조직학적 연구. 한국어병학회지, 9:147-155, 1996.
- 어업생산통계시스템: <http://fs.fips.go.kr/main.jsp>, 2011.
- 전세규, 김영길, 김을배, 김종연: 뱀장어 부레에 기생하는 선충 *Anguillicola crassa*에 관한 연구. 한국어병학회지, 2:1-18, 1989.
- 전세규, 양한춘: 참장어 (뱀장어) *Anguilla japonica* 양어장에서 아질산 증독에 의한 Methemoglobin증과 병리조직학적 변성. 한국어병학회지, 4:1-13, 1991.
- 전세규: 담수산 양식어류의 질병. 한국수산신보사, 1996.
- 전세규: 양식어류의 세균성질병의 진단과 대책. 한국어병학회지, 1:5-30, 1988.
- 한정조, 박성우, 김영갈: 한국산 담수어에 기생하는 단생 흡충류에 관한 연구 1. 뱀장어 및 메기의 단생흡충. 한국어병학회지, 13:75-86, 2000.

Manuscript Received : August 24, 2011

Revised : November 30, 2011

Accepted : December 2, 2011