



2004~2017년 충청도 및 전라도 지역 양식 뱀장어, *Anguilla japonica*의 질병 감염현황

김대현 · 이희건* · 임병성* · 박성우†

군산대학교(연구원) · *군산대학교(학생) · †군산대학교(교수)

Present Status of Diseases Detected from Cultured Eel, *Anguilla japonica* in Chungcheong and Jeolla Provinces during 2004~2017

Dae-Hyun KIM · Hee-Geon LEE* · Byeong-Seong LIM* · Sung-Woo PARK†

Kunsan National University(researcher) · *Kunsan National University(student) ·

†Kunsan National University(professor)

Abstract

Disease survey was conducted to be used as the basic data for disease prevention measures for eel, *Anguilla japonica*, cultured in Chungcheong and Jeolla provinces during 2004~2017 and the status of the infected diseases was analysed.

Nine kinds of eel pathogens and three kinds of environmental diseases were detected: bacterial disease 41% (*Edwardsiella* sp., *Aeromonas* sp., *Flavobacterium* sp.), viral disease 27% (infectious pancreatic necrosis virus, anguillid herpes virus-1, viral endothelial cells necrosis of eel), parasitic disease 22% (*Pseudodactylogyrus* sp., *Ichthyophthirius* sp., *Trichodina* sp.), and environmental disease 10%.

In this study, *Edwardsiella* sp., AngHV-1, *Pseudodactylogyrus* sp. were confirmed as the major infectious bacterial, viral, and parasitic pathogens in cultured eel, respectively.

Key words : Eel, *Anguilla japonica*, Diseases

I. 서론

국내에서 뱀장어는 상업적 중요한 담수 양식어 종으로서 순환 여과식 양식법에 의해 대량으로 양식되고 있다. 국내 뱀장어 양식장에서는 국내산 뱀장어(*Anguilla japonica*), 동남아산 뱀장어(*Anguilla bicolor*), 유럽산 뱀장어(*Anguilla anguilla*), 북미산 뱀장어(*Anguilla rostrata*) 등을 양식하고 있지만, 주로 국내산이 가장 많이 양식되고 있다.

뱀장어는 오메가-3 지방산(DHA, EPA) 함량이 높고 비타민 A도 많아서 하루 권장 섭취량(600 µg)의 2배나 들어있어 보양식 및 강장식품으로 이용되고 있다. 이러한 소비로 2005년부터 2017년까지의 국내 뱀장어의 생산량은 2012~2014년 치어의 수가 줄어 생산량이 줄어든 것을 제외하고 꾸준히 증가하였다(Korean Statistical Information Service, 2018). 이렇게 늘어나는 소비량을 맞추기 위해 양식장 내에서 고밀도로 사육하거나, 치어의 부족을 보충하기 위하여 뱀장어의 완전양식

† Corresponding author : 063-469-1884, psw@kunsan.ac.kr

* 본 연구는 군산대학교 수산과학연구소의 연구비 지원에 의한 대어민 질병 상담업무의 일환으로 수행되었습니다.

기술개발 연구에 매진을 하고 있다. 그러나 이러한 고밀도 양식과 사육관리 부주의에 의한 사육 환경악화 등으로 인해 여러 가지 질병들이 발생하여 폐사가 발생하는 경제적 손실이 초래되고 있다.

뱀장어에 발생하는 세균성 질병의 주요 병원균으로는 *Edwardsiella tarda* (Wakabayashi and Egusa, 1973; Hah et al., 1984; Chen and Kou, 1992; Joh et al., 2011), *Listonella anguillarum* (Austin and Austin, 1999), *Vibrio vulnificus* serovar E (Hoi et al., 1998; Austin and Austin, 1999), *Aeromonas hydrophila* (Hah et al., 1984; Yoo et al., 1990), *Pseudomonas anguilliseptica* (Wakabayashi and Egusa, 1972; Michel et al., 1992; Haenen and Dvvide, 2001; Berthe et al., 1995) 등이 있다.

바이러스성 질병으로 Rhabdovirus, Birnavirus 그리고 Anguillid herpesvirus-1 (AngHV-1) 등이 있으나, 국내에는 AngHV-1가 빈번히 발병되는 사례가 보고되었다(Kim et al., 2012; Park et al., 2012).

기생충성 질병으로는 부레선충, 트리코디나, 백점충, 포자충, 믹시디니움, 아가미 흡충 및 피부 흡충에 관해 보고되었다. 환경성 질병으로는 암모니아 및 아질산 중독증, 기포병 등이 보고되어 있다(Chun. and Yang., 1991; Yang. and Cho., 1996, Kim and Park, 2016).

본 논문에서는 뱀장어 양식장의 질병 예방대책의 기초자료로 활용하기 위하여 2004년부터 2017년까지의 전라도와 충청도의 일부 뱀장어 양식장에서 발생하는 질병들의 동향을 파악하였으며, 감염되는 질병의 현황을 파악하여 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료

2004년~2017년 총 35건의 전라도와 충청도 일원의 뱀장어 양식장에서 질병에 감염된 뱀장어 각 5~10마리를 시료로 사용하였다. 병어는 산소포장의 방법을 이용하여 살아있는 상태로 실험실로 운반하여 시료로 사용하였다.

<Table 1> Oligonucleotide primers used in PCR amplification for the detection of eel virus

Viral diseases	Primer sets	PCR condition	Product size (bp)	Reference
European eel herpesvirus (EEHV)	5'-ACATTTGCGCGACCATCCTC-3' 5'-CGGTCTCATCGCAGGGTCTC-3'	94°C (5') [94°C (1') 60°C (1') 72°C (2')] 72°C (5'), 35cycles	402	Chang (2002)
Anguillid herpesvirus (AnHV-1)	5'-GTGTCCGGCCTTTGTGGTGA- 3' 5'-CATGCCGGGAGTCTTTTTGAT- 3'	94°C (10') [94°C (30'') 65°C (45'') 72°C (1')] 72°C (7'), 40cycles	394	Frans Rijsewijk (2005)
Birnavirus	1st nested PCR 5'-AGAGATCACTGACTT CACAAGTGAC-3' 5'-TGTGCACCCACAGGAA AGATGACTC-3' 2st nested PCR 5'-CAACACTCTTCCCAT G-3' 5'-AGAACCTCCAGTGT CT-3'	95°C (4') [95°C (1') 48°C (1') 72°C (1')] 72°C (10'), 30cycles	168	Kitamura (2000)

2. 질병 검사

실험실로 운반된 병어들은 우선 육안적으로 기본적인 외부 증상과 내부증상을 확인하였다. 세균의 경우 병어의 환부 및 내부 장기의 일부를 tryptic soy agar (TSA, Difco, USA) 등의 세균 분리용 배지에 접종하여, 25°C에서 24-48시간 동안 배양한 후 발육한 집락을 순수분리 하였다.

특정 colony를 생성하는 원인균은 SS agar 또는 cytophaga medium 등의 선택배지에 따로 배양하였다. 우점적으로 동일한 colony가 100 colony forming unit(CFU) 이상 분리된 균을 주 원인균으로 분류하였다. 분리된 균은 형태학적 및 생화학적 특성을 조사한 후 API 20E kit와 API 20NE kit (BioMeriux, France)를 사용하여 생화학적으로 동정하였다. 생화학적 동정을 바탕으로 specific primers를 사용하여 유전학적인 동정 또한 진행하였다.

바이러스 질병검사는 환부, 간, 신장, 비장 등 내부 장기조직에서 DNA 및 RNA를 extraction kit(Bioneer, Takara)를 사용하여 분리한 다음 PCR을 진행하였다. PCR 실험에 사용한 진단용 primer set 와 조건은 <Table 1>과 같다. PCR 생성물은 1.5% agarose gel (Bioneer Co, KOR)을 이용한 전기영동(100 V)후 생성된 밴드를 확인하였다. 일부 PCR 생성물은 PCR purification kits (Quagen, Germany)를 사용해 정제하여 miGenome Research Institute (Kunsan National University, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 genetic analysis (ABI 3130 XL, Applied Biosystems, Foster city, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 획득된 염기서열은 NCBI 유전자은행의 염기서열 비교를 통하여 유사성이 높은 종과 비교 분석하였다.

기생충의 감염 유무는 피부의 점액 및 아가미, 내부 장기를 절취하여 광학현미경으로 검경하였다. 또한 병리조직학적진단이 필요한 경우에는 병변이 있는 조직, 간, 비장, 신장, 아가미, 근육 및 소화관을 10%중성포르말린에 고정하여

상법에 따라 파라핀 조직표본을 만들었다. 5 μm의 조직 절편은 Meyer's HE염색, PAS염색 등 병변조직에 맞는 염색을 진행 후 광학현미경으로 검경하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구에서는 2004-2017년까지 감염성 질병 발생 의심이 되는 총 35건의 뱀장어 시료검사에서 최소 1종 이상의 병원체가 확인되었다(Table 2). 병어의 외부증상으로는 체색의 변화, 체표나 지느러미의 출혈, 발적, 부식, 궤양 등이 나타났다. 내부증상으로는 아가미의 울혈 및 출혈, 내부 장기인 간, 신장, 비장에서 출혈, 울혈 및 괴사가 일어나는 등 복합적인 증상들을 나타내는 경우도 있었다.

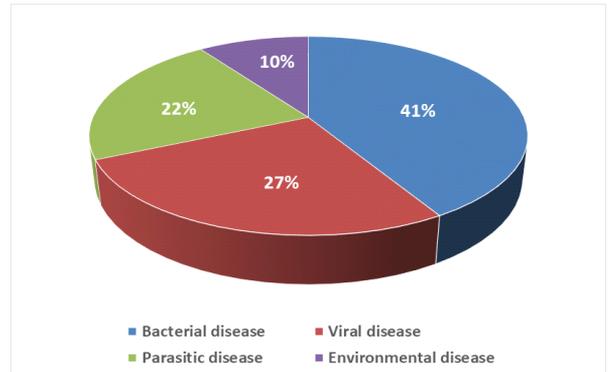
병어에서의 병원체 검사 결과 총 9종의 감염성 질병과 3가지 이상의 환경성 질병이 확인되었다. 연구기간 발병한 각각의 감염성 질병의 감염은 세균성 질병 17건 (41%), 바이러스성 질병 11건 (27%), 기생충성 질병 9건 (22%), 그 외 환경성 질병 4건 (10%)로 나타났다([Fig. 1]).

세균성 질병의 병원체는 *Edwardsiella* sp., *Aeromonas* sp. 와 *Flavobacterium* sp. 가 총 17건 중 각각 8건, 6건, 3건으로 47%, 35.2%, 17.6% 순으로 검출되었다([Fig. 2]).

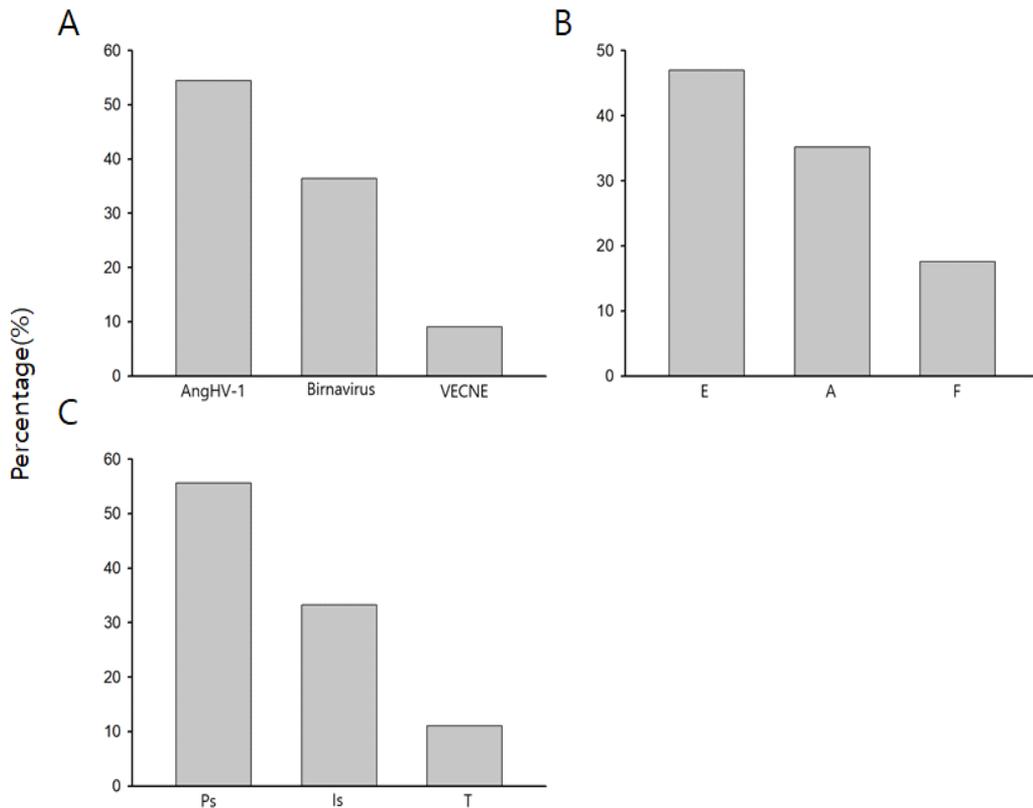
가장 많이 검출된 병원체는 *Edwardsiella* sp.로 외부증상은 복부 체표와 뒷지느러미에 심한 울혈과 다수 형성된 출혈반점과 항문부분이 발적과 종창이었다. 내부증상으로는 간장과 신장에 화농병소 형성되어 악취가 나는 등의 주된 증상으로 기존의 보고된 증상과 일치하였다(Hah et al., 1984; Alcaide et al., 2006; Joh et al., 2013). 감염이 심한 병어에서는 궤양 증상을 보이거나 복부 팽만 및 복수가 축적되는 경우도 존재하였다. 선택배지인 SS agar에서 발육한 집락은 중앙부가 흑색인 집락을 형성하여 H₂S를 생성하는

특징을 바탕으로 검출 유무를 파악하였다.

Aeromonas sp.의 대표적인 증상으로는 지느러미가 붉게 발적되어 기적 병이라 불리는 특징적인 증상이 있으며, 미병부 체표면에 궤양, 괴사되는 증상들이 보고되어있다(Hah et al., 1984; Esteve et al., 1993; Penders & Stobberingh, 2008; Yi et al., 2013). 본 연구에서도 *Aeromonas* sp.에 감염된 병어는 지느러미에 특징적인 증상이 나타났으며, 항문이 발적 되거나 비장조직이 연화되는 현상도 나타났다.



[Fig. 1] Infection rate of pathogens detected in cultured eel during 2004 ~ 2017



[Fig. 2] Prevalence of viral (A), bacterial (B) and parasitic (C) pathogens detected from diseased eel in this study

*: A; *Aeromonas* sp., AngHV-1; Anguillid herpesvirus-1, E; *Edwardsiella* sp., F; *Flavobacterium* sp., Is; *Ichthyophthirius* sp., Ps; *Pseudodactylogyrus* sp., T; *Trichodina* sp., VECNE; viral endothelial cells necrosis of eel.

<Table 2> Diseases isolated or detected form diseased eel in this study

Year	Month	Place	Water temperature (°C)	Infectious pathogen
2004	March	Yeonggwang	29	E, A
	April	Gochang	27~28	En
	May	Iksan	28	Bimavirus
	June	Gochang	27	E
	October	Gochang	26	Bimavirus
	November	Hampyeong	26.5	Ps
2005	May	Gochang	NT	Bimavirus
	October	Gochang	20~22	Bimavirus
2006	March	Gochang	NT	AngHV-1
2007	September	Buan	27	F
	November	Naju	28~29	En
2008	January	Naju	27~28	Ps, En
	March	Buan	27	E, Ps
	July	Hampyeong	29	A
	October	Gimje	NT	VECNE
2011	September	Gokseong	27~31	E, A
2012	June	Iksan	NT	F
	December	Gangjin	NT	AngHV-1, Ps
2013	July	Janghang	28	AngHV-1
	July	Jeongeup	26	AngHV-1, Ps
	December	Gochang	NT	En
2014	July	Gochang	28	E
	September	Gochang	28	AngHV-1
2015	March	Suncheon	28	E
	November	Wanju	29.5	Is
	November	Juonjeup	28	A
2016	November	Wanju	29.5	Is
	October	Nonsan	33.5	A
2017	February	Gimcheon	26.5	AngHV-1
	March	Cheongju	28	E
	April	Buyeo	24.5	F
	May	Seocheon	29	T
	September	Iksan	28~29	A
	December	Wanju	28	Is
	December	Incheon	28	E

NT: not tested.

Pathogens: A; *Aeromonas* sp., AngHV-1; Anguillid herpesvirus-1, E; *Edwardsiella* sp., En; Environmental agent, F; *Flavobacterium* sp., Is; *Ichthyophthirius* sp., Ps; *Pseudodactylogyrus* sp., T; *Trichodina* sp., VECNE; viral endothelial cells necrosis of eel.

Flavobacterium sp.의 경우는 두드러지게 검출되며 아가미나 체표에 감염되어 지느러미와 아가미지는 않았지만, 주로 고수온의 담수어에 발생하며 아가미나 체표에 감염되어 지느러미와 아가미가 부식이 되는 증상이 나타난다(Suomalainen et

al., 2005; Kubilay et al., 2008). 본 연구에서도 *Flavobacterium* sp.의 검출은 지느러미, 아가미 부식을 주 증상의 기준으로 선택배지인 cytophaga medium에 배양하여 검출 유무를 확인하였다.

연구 기간 동안 검출된 모든 세균성 질병 병원체는 gram 염색 후 선택배지에서 배양 및 생화학적 검사를 진행하여 병원체를 동정하였다. 대부분의 병어에서 병원성 세균들이 분리가 되었지만, 복합 감염 및 2차 감염의 가능성이 있어 주된 증상을 바탕으로 다른 병원체에 비해 우점종을 분리하여 확인하였다.

바이러스성 질병의 발병은 총 11건이 확인되었다. 원인 바이러스로는 AngHV-1 (Anguillid herpesvirus-1) 6건으로 54.5%, Birnavirus (IPN) 4건으로 36.4%, 바이러스성 혈관내피괴사증 (viral endothelial cells necrosis of eel, VECNE)이 1건으로 9%로서 AngHV-1의 검출이 가장 높게 나타났다.

AngHV-1의 주된 증상은 가슴지느러미, 아가미 뚜껑 및 복부의 체표에 출혈이 있으며, 심할 경우 아가미 새변 끝부분이 괴사가 일어난다고 보고되었다(Kim et al., 2012; Park et al., 2012). 연구 기간 동안 AngHV-1에 감염된 병어에서는 다른 부분 보다는 특히 아가미에서의 증상이 보고되어진 증상과 동일한 증상들을 나타내었다.

Birnavirus감염 개체의 증상으로는 아가미가 종창 및 울혈, 점액의 과다분비, 신장과 간장에 울혈이 나타나는 것으로 보고되어있다(Varvarigos et al., 2011). 본 연구의 Birnavirus감염 개체도 동일한 증상이 나타났으며, 기존의 보고와 다른 점은 부분적으로 피부의 주름이 생기는 특이한 증상도 나타났다.

바이러스성 혈관내피괴사증 (VECNE)의 증상을 보인 병어 또한 검출되었다. VECNE의 증상으로는 아가미 중심 정맥 유동에서의 울혈 및 출혈과 혈관의 기능장애가 나타난다고 보고되었다(Egusa et al., 1989; Inouye et al., 1994; Okazaki et al., 2015). 본 연구 기간 동안 아가미의 울혈 증상뿐

만 아니라 아가미뚜껑과 지느러미에 출혈이 나타났으며, 배지느러미에도 출혈이 나타나는 증상도 있었다.

이러한 증상들을 바탕으로 바이러스 질병은 기본적인 육안적 진단으로 분류 후 specific primer를 사용하여 PCR을 통해 분자생물학적 진단을 내렸다. 단, VECNE의 경우 조사시점에서는 분자생물학적 진단법이 확립되지 않았기 때문에, 선행 연구들의 사례를 통한 육안적 진단과 병리조직학적 방법만으로 진단을 실시하였다.

연구 기간 동안 뱀장어에서 Birnavirus의 검출 보다는 AngHV-1의 검출이 많음이 확인되었다([Fig. 2]). 그러나 전체적인 바이러스 질병의 검출 빈도는 해가 지날수록 줄어드는 경향이였다. 이는 실뱀장어 가격의 폭등으로 양식장 내에서 사육밀도를 낮추었으며, 사육 온도를 고온으로 맞추어 사육하여 바이러스 병원체의 발병을 억제하는 등 수온관리에 예전보다 더 세심히 주의를 기울인 결과라고 판단된다.

기생충성 질병의 병원체는 총 9건이 검출되었다. 검출된 병원체는 *Pseudodactylogyrus* sp., *Ichthyophthirius* sp., *Trichodina* sp. 로 각각 5건, 3건, 1건이 검출되었다([Fig. 2]).

가장 많이 검출된 *Pseudodactylogyrus* sp. 는 주로 뱀장어의 아가미를 표적으로 하는 흡충으로 아가미의 상피세포를 증생시켜 유착 및 괴사를 일으켜 호흡 곤란의 주원인이 되는 기생충이다(Denmark, 1987). 검출된 병어에서도 동일한 증상이 발견되었다.

백점충 (*Ichthyophthirius* sp.)은 병어의 표면이나 아가미에 미세한 흰점을 나타내는 섬모충으로 해산어와 담수어에 동일한 증상을 나타낸다. 심할 경우 안구에도 흰점이 관찰된다. 이러한 백점충의 감염은 체표와 아가미에 점액을 과다 분비시켜 호흡곤란을 일으켜 폐사를 일으킨다(Leão et al., 2006). 본 연구에서는 주로 실뱀장어에서 *Ichthyophthirius* sp.이 검출되었으며, 감염 개체는 먹이 섭취에는 이상이 없지만, 호흡 곤란 증상으로

로 폐사가 일어나는 등 보고된 증상과 비슷하게 나타났다.

Trichodina sp.는 아가미와 체표면에 기생하는 섬모충으로, 외부적인 증상이 거의 없을 때도 있지만(Madsen et al., 2000), 일반적인 증상으로는 체표와 아가미의 점액이 과다 분비되어 호흡곤란을 유발하게 된다. 본 연구에서 *Trichodina* sp.가 검출된 병어에서는 점액의 과잉분비 뿐만 아니라 전신에 출혈 반점이 생기며, 피부가 벗겨지고 꼬리가 부식되는 등의 다른 병원체와의 혼합감염으로 인한 증상이 발견되기도 하였다.

기생충성 질병의 병원체는 외부적인 증상을 바탕으로 현미경을 이용하여 검사를 진행하였으며, 확인된 기생충들은 형태학적인 외형으로 분류하였다. 감염된 병어들은 대량폐사로 이어지진 않았으나, 다른 병원체의 2차 감염이 유발되는 것으로 추정된다.

뱀장어의 환경성 질병으로는 아질산 중독, 암모니아 중독, gas병 등이 있다(전 & 양, 1991; 양 & 조, 1996; Kim & Park, 2016). 연구 기간 중 환경성 질병은 4건으로 gas병, 아질산 중독이 각각 1건씩, 변폐사료로 인한 수질악화 1건, 그 외 영양성 질병인 변폐사료로 인한 지방축적과 같은 증상을 나타내는 질병 1건이 확인되었다.

Gas병이 발생한 병어의 경우 산소가 과포화된 환경에서 사육되어 발병되었으며, 아가미에 빈혈과 새변이 유착되는 증상이 나타났다. 아질산 중독으로 판별된 병어는 간의 울혈증상 및 퇴색이 되어 폐사가 일어나는 증상이 나타나거나, 뚜렷하게 황달 증상을 나타내는 병어도 보였다.

변폐 사료로 인해 지방축적이 일어난 병어의 경우는 체표가 희게 퇴색되고 무기력하여 사육지의 표층에 떠다니는 증상을 보였다. 또한 내부적으로는 간에 지방 방울이 형성되는 특징적인 증상과 울혈, 비장의 종대, 장염 증상들이 나타났다. 이러한 증상을 보인 병어들의 폐사의 주원인으로는 아가미 점액 과다 분비 및 유착으로 인한 호흡 곤란을 들 수 있다. 대다수의 환경성 질병

에 감염된 병어들의 1차적인 원인은 수질 악화로 인하여 발병되었다고 추정된다. 수질 악화의 주원인은 변폐된 사료와 사료찌꺼기 및 오물의 비수거로 인한 오염과 사육환경의 관리 미흡이라 판단된다.

기존의 2000~2010년의 뱀장어의 감염성 질병 병원체 검사를 진행한 연구에서는 *Pseudodactylogyrus* sp., Birnavirus, *Edwardsiella* sp.의 감염률이 높다고 보고되었다(Kim et al., 2011). 그러나 본 연구에서 검출된 병원체의 감염 발병 현황에서는 바이러스성 질병에서는 AngHV-1가 Birnavirus보다 많이 발견되었다. 그 외 세균성 질병에서는 *Edwardsiella* sp., 기생충성 질병은 *Pseudodactylogyrus* sp.가 많이 발병하는 동일한 결과가 나왔다. 따라서 이러한 결과를 종합하면 현재의 양식 뱀장어의 주요 감염성 질병의 원인 체로는 Birnavirus보다 감염률이 높은 AngHV-1, *Edwardsiella* sp., *Pseudodactylogyrus* sp.이라 판단된다.

어류의 감염성 질병의 대책으로는 세균성 질병과 기생충성 질병은 검출함과 동시에 치료 방책인 온도조절, 항생제 사용, 수질개선을 통하여 어류의 폐사를 줄일 수 있지만, 바이러스성 질병의 경우는 증상이 발생함과 동시에 폐사가 이루어져 치료방책이 미흡하기 때문에 초기에 예방하는 방책이 가장 좋은 대책이라 판단된다.

본 연구 결과는 전라도와 충청도의 일부 양식장에서 발병한 병어를 대상으로 조사한 결과이다. 따라서 국내의 뱀장어 양식의 총괄적인 지표로 판단을 내리기 보단 단적인 결과의 지표로 판단된다. 그러나 국내 주요 뱀장어 생산지인 전라도와 충청도의 양식장에서 발생할 수 있는 감염성 질병의 예방 대책에 기초적인 자료와 매년 발생하는 뱀장어의 질병의 발병 동향을 파악할 수 있는 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Alcaide E, Herraiz S and Esteve C(2006). Occurrence of *Edwardsiella tarda* in wild European eels *Anguilla anguilla* from Mediterranean Spain. *Dis. Aquat. Org.*, 73(1), 77~81.
- Austin B and Austin DA(1999). Vibrionaceae representatives. In: *Bacterial fish pathogens*, 3rd ed. Springer, London, 270~276.
- Berthe F, Michel C and Bernardet JF(1995). Identification of *Pseudomonas anguilliseptica* isolated from several fish species in France. *Dis. Aquat. Org.*, 21, 151~155.
- Chang PH, Pan YH, Wu CM, Kuo ST, and Chung HY(2002). Isolation and molecular characterization of herpesvirus from cultured European eels *Anguilla anguilla* in Taiwan. *Dis. Aquat. Org.* 50(2), 111~118.
- Chen JD and Kou GH(1992). Studies on bacteria distribution in pond cultured eels. *COA Fish.*, 10, 25~42.
- Chun SK, Kim YG, Kim EB and Kim JY(1989). Studies on a Nematode, *Anguillicola crassa* Parasitic in the Air Bladder of the Eel. *J. Fish Pathol.*, 2:1~18.
- Chun SK and Yang HC(1991). On the Histopathological Changes and Methemoglobinemia to Nitrite Toxicity in the Culture Farms of Eel, *Anguilla japonica*. *J. Fish Pathol.*, 4:1~13.
- Denmark FC(1987). *Pseudodactylogyrus* infections in eel: a review. *Dis. Aquat. Org.*, 3, 51~57.
- Egusa S, Tanaka M, Ogami H and Oka H(1989). Histopathological observations on an intense congestion of the gills in cultured Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Fish Pathol.*, 24, 51~56.
- Esteve C, Biosca EG and Amaro C(1993). Virulence of *Aeromonas hydrophila* and some other bacteria isolated from European eels *Anguilla anguilla* reared in fresh water. *Dis. Aquat. Org.*, 16(1), 15~20.
- Haenen OLM and Dvvidse A(2001). First isolation and pathogenicity studies with *Pseudomonas anguilliseptica* from diseased European eel *Anguilla anguilla* (L.) in The Netherlands. *Aquaculture*, 196, 27~36.
- Hah YC, Hong SW, Oh HB, Fryer JL and Rohovec JS(1984). Isolation and characterization of bacterial pathogens from eels (*Anguilla japonica*) cultured in Korea. *Kor. J. Microbiol.*, 22(1), 41~48.
- Han JJ, Kim YG, and Park SW(2000). Monogenean Trematodes from *Cyprinus carpio* and *Misgurnus anguillicaudatus* Studies on Monogenean Trematodes Classification from Cultured Freshwater Fishes in Korea. *J. Fish Pathol.*, 13, 75~86.
- Hoi L, Dalsgaard I, DePaola A, Siebeling RJ and Dalsgaard A(1998). Heterogeneity among isolates of *Vibrio vulnificus* recovered from eels (*Anguilla anguilla*) in Denmark. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64, 4676~4682.
- Inouye K, Miwa S, Aoshima H, Oka H and Sorimachi M(1994). A histopathological study on the etiology of intense congestion of the gills of Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Fish Pathol.*, 29, 35~41.
- Joh SJ, Ahn EH, Lee HJ, Shin GW, Kwona JH and Park CG(2013). Bacterial pathogens and flora isolated from farm-cultured eels (*Anguilla japonica*) and their environmental waters in Korean eel farms. *Vet. Microbiol.*, 163, 190~195.
- Joh SJ, Kim MJ, Kwon HM, Ahan EH, Jang H and Kwon JH(2011). Characterization of *Edwardsiella tarda* isolated from farm-cultured eels *Anguilla japonica* in Korea. *J. Vet. Med. Sci.*, 73, 7~11.
- Kitamura SI and Suzuki S(2000). Occurrence of marine birnavirus through the year in coastal seawater in the Uwa Sea. *Marine biotechnology*, 2(2), 188~194.
- Kim DH and Park SW(2016). Jaundice in cultured eel (*Anguilla japonica*). *JFM SE.* 28(6), 1573~1580.
- Kim HJ, Yu JH, Kim DW, Kwon SR and Park SW(2012). Molecular evidence of anguillid herpesvirus-1 (AnHV-1) in the farmed Japanese eel, *Anguilla japonica*, Temminck and Schlegel, in Korea. *J. Fish Dis.*, 35: 312~319.
- Kim WS, Ok HN, Kim DH, Kim HY and Oh MJ(2011). Current status of pathogen infection in cultured eel *Anguilla japonica* between 2000 and 2010. *J. Fish Pathol.*, 24(3), 237~245.
- KOSIS(Korean Statistical Information Service): <http://kosis.kr/index/index.do>

- Kubilay A, Altun S, Diler Ö and Ekici S(2008). Isolation of *Flavobacterium columnare* from cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry in Turkey. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 8(1), 165~169.
- Leão T, Cairrão P, Calado A and Mateus TL(2006). *Ichthyophthirius multifiliis* - a review. *Fish & Shell. Immunol.*, 20, 137~151.
- Madsen HC, Buchmann K and Møllergaard S(2000). *Trichodina* sp.(Ciliophora: Peritrichida) in eel *Anguilla anguilla* in recirculation systems in Denmark: host-parasite relations. *Dis. Aquat. Org.*, 42(2), 149~152.
- Michel C, Bernardet JF and Dinand D(1992). Phenotypic and genotypic studies of *Pseudomonas anguilliseptica* strains isolated from farmed European eels (*Anguilla anguilla*) in France. *Fish Pathol.*, 27, 229~232
- Okazaki S, Manabe H, Omatsu T, Tsuchiaka S, Yamamoto T, Chow S, Shibuno T, Watanabe K, Ono S, Kuwada H and Mizutani T(2015). Detection of Japanese eel endothelial cells infecting virus (JEECV) in the Japanese eel *Anguilla japonica* (Temminck & Schlegel), living in natural habitats. *J. Fish Dis.*, 38(9), 849~852.
- Okazaki S, Yasumoto S, Koyama S, Tsuchiaka S, Naoi Y, Omatsu T, Ono S and Mizutani T(2016). Detection of Japanese eel endothelial cells-infecting virus in *Anguilla japonica* elvers. *J. Vet. Med. Sci.*, 78(4), 705~707.
- Park SW, Jung EB and Kim DW(2012). Outbreak of Anguillid herpesvirus-1 (AngHV-1) infection in cultured shortfin eel (*Anguilla bicolor*) in Korea. *J. Fish Pathol.*, 25(3), 151~158.
- Penders J and Stobberingh EE(2008). Antibiotic resistance of motile aeromonads in indoor catfish and eel farms in the southern part of The Netherlands. *Int. J. antimicrobial agents.* 31(3), 261~265.
- Rijsewijk F, Pritz-Verschuren S, Kerkhoff S, Botter A, Willemsen M, van Nieuwstadt T and Haenen O(2005). Development of a polymerase chain reaction for the detection of Anguillid herpesvirus DNA in eels based on the herpesvirus DNA polymerase gene. *J. Virol. Met.* 124(1-2), 87~94.
- Suomalainen LR, Tiirola MA and Valtonen ET(2005). Influence of rearing conditions on *Flavobacterium columnare* infection of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J. Fish Dis.*, 28(5), 271~277.
- Varvarigos P, Vendramin N, Cappellozza E and Bovo G(2011). First confirmation of herpes virus anguillae (HVA) and infectious pancreatic necrosis (IPN) virus infecting European eels *Anguilla anguilla* farmed in Greece. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 31, 101~111.
- Wakabayashi H and Egusa S(1973). *Edwardsiella tarda* (*Paracolobactrum anguillimortiferum*) associated with pond-cultured eel disease. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fisheries*, 39, 931~936.
- Yang HC and Cho JK(1996). Histopathological study of acute toxicity of ammonia to the eel, *Anguilla japonica* in high temperature and pH levels. *J. Fish Pathol.*, 9, 147~155.
- Yi SW, You MJ, Cho HS, Lee CS, Kwon JK and Shin GW(2013). Molecular characterization of *Aeromonas* species isolated from farmed eels (*Anguilla japonica*). *Vet. microbiol.*, 164(1-2), 195~200.
- Yoo HS, Kwon BJ, Yoon YD, Park JM and Choi SH(1990). Characteristics of *Aeromonas hydrophila* isolated from fresh water fishes in Korea. *Res. Rep. RDA* 32(1), 63~73.

• Received : 14 May, 2019

• Revised : 05 June, 2019

• Accepted : 05 June, 2019