

2001–2016년 까지 바이러스성출혈성패혈증바이러스 (viral hemorrhagic septicemia virus)의 국내 검출 동향 분석

장민석 · 김종오* · 오명주 · 김위식†

전남대학교 수산생명의학과, *부경대학교 수산과학연구소

Study on the tendency of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) detection in Korea from 2001 to 2016 based on reported cases

Min-Seok Jang, Jong-Oh Kim*, Myung-Joo Oh and Wi-Sik Kim†

Department of Aqualife Medicine, College of Fisheries and Ocean Science,
Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

*Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Korea

Tendency of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) detection from 2001 to 2016 in Korea was studied based on 15 reported cases. Since the VHSV was first detected from cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Pohang in 2001, it has been continuously reported from olive flounder farms in various regions of the Korean coastal area. So far, the virus has been detected from 2 farmed fishes, 12 wild marine fishes and 2 marine bivalves. All the 67 isolates were belong to VHSV genotype IVa. The predisposing factor analysis from different olive flounder farms revealed that the VHSV were highly detected from the juveniles under 40 g in body weight, in the temperature range from 9.5 to 17°C and during the period of March to June. Therefore, we recommend that farmers, need to exercise caution against VHSV infection in Spring.

Key words: VHSV, detection, tendency, genotype IVa, Korea

바이러스성출혈성패혈증바이러스 (viral hemorrhagic septicemia virus, VHSV)는 바이러스성출혈성패혈증 (VHS)을 일으키는 원인체로 알려져 있으며, 무지개송어 (*Oncorhynchus mykiss*)를 포함한 다양한 어종에 감수성을 지닌다 (OIE, 2017). VHSV는 1963년 덴마크에서 양식중인 무지개송어로부터 처음 분리된 후 유럽지역에서만 보고되었으나, 1988년 이후 부터는 유럽뿐만 아니라 북미와

아시아 지역의 담수 및 해수 어종에서도 분리되었다 (Jensen, 1963; Wolf, 1988; Skall *et al.*, 2005; OIE, 2017). 국내에서의 VHSV는 2001년 포항에 위치한 양식장에서 사육중인 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)로부터 처음 검출된 이후, 다양한 지역에 위치한 넙치 양식장에서 VHSV에 의한 대량폐사가 발생하였다 (Kim *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2009). 국내에서는 수산생물질병 관리법에 따라 VHS를 제3종 전염병으로 지정하여 관리하고 있으나, VHSV가 검출되는 지역, 어종, 시기 등에 관한 정보가 부족하여 관리하는데 어려움을 겪고 있다. 이에 본 연구에서는 2003년부터 2018까지 국내에서 검출된

†Corresponding author: Wi-Sik Kim
Tel: +82-61-659-7177, Fax: +82-61-659-7179
E-mail: wisky@jnu.ac.kr

VHSV에 대한 연구논문을 수집하여 VHSV의 국내 검출 동향을 분석하였다. 분석한 논문은 Table 1에 나타내었다.

국내에서 VHSV가 검출되는 지역을 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. VHSV는 2001년 포항에서 사육중인 양식산 넙치로부터 처음 검출된 이후, 2002년 (포항, 울진, 부산, 울산), 2003년 (울진, 영덕, 남해, 포항, 부산), 2004년 (제주, 거제, 울진, 강릉, 포항), 2005년 (완도, 여수, 제주), 2008년 (완도, 영광), 2010년 (완도, 제주), 2011년 (울산), 2012년 (완도, 경상북도: 지역은 불명확, 제주), 2013년 (경상북도: 지역은 불명확, 제주), 2014~2016년 (제주)에 양식산 넙치로부터 검출되었다. 2016년에는 강릉, 고성 및 양양에서 사육중인 명태 (*Gadus chalcogrammus*)에서도 VHSV가 검출되었다. VHSV는 양식산 어류 (넙치와 명태)뿐만 아니라 자연산 어류와 이매패류에서도 검출되었다. 2003년 (포항과 부산의 인근 해역, 남해안, 서해안), 2005년 (서해안, 남해안), 2012년 (완도 인근 해역)에는 13종의 자연산 어류에서 VHSV가 검출되었으며, 2013년에는 울산, 통영 및 서산에서 채집된 2종의 이매패류에서 VHSV가 검출되었다. 이상의 결과, VHSV는 강원도 (강릉), 경상남도 (거제, 남해), 경상북도 (영덕, 울진, 포항), 전라남도 (여수, 완도), 부산, 울산, 제주에 위치한 넙치 양식장에서 검출되었으며,

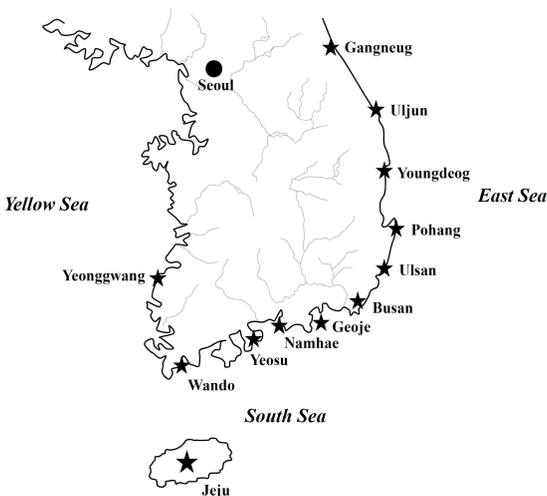


Fig. 1. Locations where VHSV have been detected in cultured olive flounder.

강원도 (강릉, 고성, 양양)에서 사육하던 명태에서도 검출되었다. 또한, 동해안 (울산, 포항), 서해안 (서산) 및 남해안 (부산, 완도, 통영)에서 채집된 자연산 어류 또는 이매패류에서도 검출되었다. VHSV는 주로 담수 어종인 연어과 어류에서 검출되는 병원체로 알려져 있다 (Wolf, 1988; Skall *et al.*, 2005; OIE, 2017). 본 연구의 결과, VHSV는 다양한 지역의 해산어에서 검출되었지만, 현재까지 국내 담수어에서는 VHSV가 검출된 보고가 없어, 국내에서는 VHSV가 담수 환경으로 유입되지 않은 것으로 추정된다. Kim *et al.* (2011b, 2016)의 연구에 따르면 넙치로부터 분리된 VHSV는 담수 무지개송어 치어에 병원성을 보이는 것으로 보고되어 있어, 향후 해산어 유래의 VHSV가 담수 환경으로 이동하지 못하도록 각별한 주의가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구 결과는 VHSV의 무병지역을 구분할 때 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

국내에서 VHSV가 검출되는 수산동물을 Table 1에 나타내었다. VHSV는 계 15종의 수산동물에서 검출되었다. 양식산 어류의 경우, 넙치와 명태 (2종)에서 검출되었으며, 자연산 어류에서는 계 12종 (송어 *Mugil cephalus*, 고등어 *Scomber japonicus*, 물메기 *Liparis tessellatus*, 붉은메기 *Hoplobrotula armata*, 갈치 *Trichiurus lepturus*, 참조기 *Larimichthys polyactis*, 기름가자미 *Glyptocephalus stelleri*, 두툽상어 *Scyliorhinus torazame*, 우럭볼락 *Scorpaena izensis*, 황돔 *Dentex tumifrons*, 병어 *Pampus argenteus*, 넙치)에서 검출되었다. 이매패류에서는 참굴 (*Crassostrea gigas*)과 진주담치 (*Mytilus edulis*)에서 검출되었다. VHSV는 북미, 아시아 및 유럽을 포함하여 북반구 전역에 걸쳐 약 80 여종의 수산동물 (어류, 갑각류 (*Diporeia* spp.), 거머리 (*Myzobdella lugubris*))로부터 검출되었다 (OIE, 2017). 국내에서 VHSV가 검출되는 어류 13종은 VHSV가 검출된바 있는 80여종의 수산동물에 포함되어 있었지만 이매패류 2종 (참굴, 진주담치)은 포함되어 있지 않았다.

국내에서는 양식산 넙치의 습사료 원료로 주로 자연산 고등어, 전갱이 (*Trachurus japonicus*), 까나리 (*Ammodytes personatus*) 등이 사용되고 있다. VHSV는 자연산 고등어와 까나리에서 분리된바

Table 1. List of VHSV detection from aquatic animals in Korea from 2001 to 2016

Date of sampling		Location		VHSV name	Genotype	Aquatic Animal		Weight(g) or length(cm)	Water temp. (°C)	Reference
Year	Month	Name	Species			Latin name				
2001	12	Pohang	Olive flounder*	JY-0112	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	20 g	13	Kim <i>et al.</i> , 2003
	12	Pohang	Olive flounder*	KVHS01-1	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	12 g	13	Kim and Park, 2004a
2002	3	Pohang	Olive flounder*	HS-0203	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	30 g	10	Kim <i>et al.</i> , 2003
	3	Pohang	Olive flounder*	Jl-0203	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	25 g	10	
	3	Pohang	Olive flounder*	KVHS02-1	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	28 g	10	Kim and Park, 2004a
	3	Pohang	Olive flounder*	KVHS02-2	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	33 g	10	
	3	Pohang	Olive flounder*	KVHS02-3	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	20 g	10	
	4	Ulsjin	Olive flounder*	KVHS02-4	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	30 g	12.5	
6	Busan	Olive flounder*	KVHS02-5	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	4 g	17		
6	Busan	Olive flounder*	KVHS02-6	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	55 g	17		
2003	6	Ulsan	Olive flounder*	DN-0206	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	4 g	17	Kim <i>et al.</i> , 2003
	6	Busan	Olive flounder*	CS-0206	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	40 g	17	
2003	3	Ulsjin	Olive flounder*	KVHS03-1	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	300 g	10	Kim and Park, 2004a
	3	Youngdeog	Olive flounder*	KVHS03-2	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	20 g	10.5	
	3	Namhae	Olive flounder*	KVHS03-3	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	100 g	9.5	
	3	Namhae	Olive flounder*	KVHS03-4	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	450 g	10	
	3	Pohang	Olive flounder*	KVHS03-5	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	30 g	13	
	4	Pohang	Olive flounder*	KVHS03-6	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	30 g	10	
	4	Ulsjin	Olive flounder*	KVHS03-7	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	12 g	13	
2003	4	Pohang	Striped mullet**	mullet-lpV	IVa	Striped mullet**	<i>Mugil cephalus</i>	54.7 cm	-	Kim and Park, 2004b
	4	Pohang	Chub mackerel**	mackerel-lpV	IVa	Chub mackerel**	<i>Scomber japonicus</i>	25.5 cm	-	
	5	Busan	Striped mullet**	mullet-lbV	IVa	Striped mullet**	<i>Mugil cephalus</i>	50.4 cm	-	
2003	6	Southern coast	Cubed snailfish**	-	-	Cubed snailfish**	<i>Liparis tessellatus</i>	27 cm	-	Lee <i>et al.</i> , 2007
	6	Western coast	Armored weaselfish**	-	-	Armored weaselfish**	<i>Hoplobrotula armata</i>	34 cm	-	
2004	-	Southern coast	Largehead hairtail**	LH03	IVa	Largehead hairtail**	<i>Trichiurus lepturus</i>	-	-	Kim <i>et al.</i> , 2011a
	3	Jeju	Olive flounder*	KVHS04-1	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	12 g	15	
	4	Geoje	Olive flounder*	KVHS04-2	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	15 g	13	
	4	Ulsjin	Olive flounder*	KVHS04-3	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	10 g	11	
	5	Gangneung	Olive flounder*	KVHS04-4	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	12 g	13	
	5	Gangneung	Olive flounder*	KVHS04-5	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	20 g	11	
	5	Pohang	Olive flounder*	KVHS04-6	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	15 g	14	
	5	Jeju	Olive flounder*	KVHS04-7	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	20 g	17	

Table 1. Continued

Date of sampling Year	Month	Location		VHSV name	Genotype	Aquatic Animal		Weight(g) or length(cm)	Water temp. (°C)	Reference
		Name				Species	Latin name			
2005	2	Wando		FWando05	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	600-800 g	9.5±0.5	Kim <i>et al.</i> , 2009
	3	Yeosu		FYeosu05	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	8-10 g	14.5±0.5	
	4	Jeju		FJeju05	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	15-17 g	14.5±0.5	
	6	Western coast		-	-	Yellow croaker**	<i>Larimichthys polyactis</i>	9-12 cm	-	
2008	6	Western coast		KF-H1, KF-H4	IVa	Korean flounder**	<i>Glyptocephalus stelleri</i>	22-30 cm	-	Lee <i>et al.</i> , 2007
	6	Western coast		-	-	Cloudy catshark**	<i>Scyliorhinus porazame</i>	35-37 cm	-	
	6	Southern coast		-	-	Sting fish**	<i>Scorpaena izensis</i>	14-24 cm	-	
	6	Southern coast		YB-L2	IVa	Yellowback seabream**	<i>Dentex tumifrons</i>	11-18 cm	-	
	7	Western coast		BF-M19, BF-M21	IVa	Butter fish**	<i>Pampus argenteus</i>	17-20 cm	-	
	7	Western coast		-	-	Flathead mullet**	<i>Mugil cephalus</i>	17-40 cm	-	
	4	Yeonggwang		FYG08	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	
5	Wando		FWando08	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-		
2010	-	-		KJ2008	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	Kim and Kim, 2011
	4	Wando		VHSV-KR-YGH	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	5-6 g	-	Cho <i>et al.</i> , 2012
	4	Jeju		VHSV-KR-CJA	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	5-6 g	-	
	1	Ulsan		-	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	200-250 g	10	Kim <i>et al.</i> , 2012
2012	-	Wando		FWD12	IVa	Olive flounder**	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	Kim <i>et al.</i> , 2013
	-	Gyeongbuk		-	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	Hwang <i>et al.</i> , 2018
	-	Jeju		-	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	
	-	Ulsan		1011NGET3-1, 1011NGET3-2	IVa	Pacificoyster*** or/and	<i>Crassostrea gigas</i>	-	-	Choi <i>et al.</i> , 2015
-	Tongyeong		1011NGA1-1, 1011NGA2-2, 1011NGA2-1	IVa	Bluemussel****	<i>Mytilus edulis</i>	-	-		
2013	-	Seosan		1011GOYS3-1	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	Hwang <i>et al.</i> , 2018
	-	Gyeongbuk		-	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	
2014	5	Jeju		VHSV-S05, VHSV-DP05, VHSV-UR05	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	17±1	Park <i>et al.</i> , 2015
	11	Jeju		VHSV-DY11	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	17±1	
	12	Jeju		VHSV-DJ12	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	17±1	
2015	-	Jeju		-	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	Hwang <i>et al.</i> , 2018
	3	Jeju		15-E03(SW), 15-E03(SD)	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	15	
2016	-	Gangneung		-	IVa	Walleye pollock*	<i>Gadus chalcogrammus</i>	-	10	Nam <i>et al.</i> , 2017
	-	Gosong		-	IVa	Walleye pollock*	<i>Gadus chalcogrammus</i>	-	-	
	-	Yangyang		-	IVa	Walleye pollock*	<i>Gadus chalcogrammus</i>	-	-	
-	Jeju		-	IVa	Olive flounder*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	Hwang <i>et al.</i> , 2018	

*Farmed fish species, **Wild fish species, ***Shellfish species

있어 (Watanabe *et al.*, 2002; Kim and Park, 2004b), 넙치 양식장에서는 습사료를 통해 VHSV가 넙치에 감염될 수 있으므로 주의가 필요할 것으로 생각된다. 넙치 양식장 주변에는 VHSV가 검출된바 있는 참굴 또는 진주담치들이 서식하는 경우가 있어, 향후 VHS와 이매패류와의 연관성에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

국내에서 검출되는 VHSV의 유전자형 (genotype)을 Table 1에 나타내었다. 총 67개 (VHSV의 분리주가 기입되지 않은 것도 포함)의 VHSV (양식산 어류 유래: 51개, 자연산 어류 유래: 10개, 이매패류 유래: 6개)의 유전자형을 조사한 결과, 모두 genotype IVa에 속하였다. VHSV는 N 또는 G gene을 사용한 계통발생학적 분석을 통해 4개의 유전자형 (genotype I-IV)으로 구분된다고 보고되어 있다 (Stone *et al.*, 1997; Snow *et al.*, 1999; Nishizawa *et al.*, 2002; Skall *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2011a; OIE, 2017). Genotype I에는 유럽의 담수와 해산 어류로부터 분리한 VHSV들이 속하며, genotype II에는 발트 해의 해산어로부터 분리한 VHSV가 속한다. Genotype III에는 북대서양에서 노르웨이 해안까지 분리되는 VHSV와 북해, 스카게라크 해협 및 카테갓 해협에서 분리한 VHSV가 속한다. Genotype IV에는 북미 지역의 태평양 연안, 대서양 연안 및 그레이트 호수에서 분리되는 VHSV와 한국과 일본에서 분리되는 VHSV들이 속한다. 하지만 동아시아 분리주들은 genotype IVa에 속하며, 북미 분리주와는 뚜렷하게 구분된다. 본 연구의 결과, 국내에서 검출되는 VHSV는 모두 genotype IVa에 속하여, 북미 및 유럽 분리주들은 국내로 유입되지 않은 것으로 추정된다. 유럽 분리주는 국내 넙치 분리주보다 무지개송어에 대한 독력이 높은 것으로 보고되어 있어 (Skall *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2011b), 유럽 분리주들이 국내로 유입될 경우, 무지개송어 양식장에 큰 피해가 예상됨으로 철저한 검역을 통해 외국 분리주들의 국내 유입을 막아야 할 것이다.

넙치 양식장에서의 VHSV 검출 동향을 Table 1에 나타내었다. 월별, 수온별, 체중별 VHSV의 검출 빈도를 조사하였다. 월별 VHSV 검출 빈도를 조사한 결과, 1월에 1/38건 (검출율: 2.6%), 2월에

1/38건 (2.6%), 3월에 13/38건 (34.2%), 4월에 9/38건 (23.6%), 5월에 6/38건 (15.7%), 6월에 4/38건 (10.5%), 11월에 1/38건 (2.6%), 12월에 3/38건 (7.8%) 검출되었다. 수온별 VHSV의 검출 빈도를 조사한 결과에서는 9.5°C에 2/34건 (5.8%), 10~10.5°C에 10/34건 (29.4%), 11°C에 2/34건 (5.8%), 12.5°C에 1/34건 (2.9%), 13°C에 6/34건 (17.6%), 14~14.5°C에 3/34건 (8.8%), 15°C에 2/34건 (5.8%), 17°C에 8/34건 (23.5%)이 검출되었다. 넙치의 체중별 VHSV의 검출 빈도를 조사한 결과, 10 g 미만에 5/32건 (15.6%), 10~19 g에 8/32건 (25%), 20~29 g에 7/32건 (21.8%), 30~39 g에 5/32건 (15.6%)이 검출되었으며, 40 g, 55 g, 100 g, 200~250 g, 300 g, 450 g 및 600~800 g의 넙치에서 각각 1건씩 검출되었다. 이상의 결과, 넙치 양식장에서의 VHSV는 1~6월, 11월, 12월에 검출되며, 특히 3~6월에 가장 많이 검출되었다 (84%). 반면 7~10월에는 검출되지 않았다. VHSV가 검출되는 양식장의 수온 범위는 9.5~17°C로 나타났으며, 19°C 이상에서는 검출되지 않았다. VHSV는 4~800 g의 넙치에서 검출되며, 특히 40 g 미만의 넙치에서 가장 많이 검출되었다 (78%).

국내 넙치 양식은 종묘장과 양성장으로 나누어 운영된다. 종묘장에서는 난을 부화시켜 치어 단계까지 사육하며, 양성장에서는 주로 3~5월과 9~11월에 종묘장으로부터 치어를 분양받아 성어까지 사육한다. Jang *et al.* (2018)은 2014~2016년까지 34 곳의 넙치 종묘장으로부터 2,222마리의 치어를 대상으로 VHSV 검사를 실시한 결과, 모든 시료에서 VHSV가 검출되지 않아 넙치는 종묘장이 아닌 양성장에서 VHSV에 감염되는 것으로 추정하였다. 본 연구 결과, VHSV는 주로 3~6월에 40 g 미만의 넙치에서 검출되기 때문에 양성장에서는 봄철에 VHSV의 감염에 각별한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2016R1D1A1B03936168).

References

- Cho, M.Y., Lee, U.H., Moon, C.H., Bang, J.D., Jee, B.Y., Cha, S.J., Kim, J.W., Park, M.A., Do, J.W. and Park, J.W.: Genetically similar VHSV isolates are differentially virulent in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Dis. Aquat. Org.*, 101: 105-114, 2012.
- Choi, J.C., Kim, Y.C., Choi, H.J., Park, J.O. and Jeong, H.D.: Detection and analysis of the potential risk of VHSV in bivalves in Korea. *J. Fish Pathol.*, 28: 27-35, 2015.
- Hwang, J.Y., Lee, S., Priyathilaka, T.T., Yang, H., Kwon, H., Kwon, M.G., Hwang, S.D., Kim, M.J. and Lee, J.: Phylogenetic analysis and duplex RT-PCR detection of viral hemorrhagic septicemia virus in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) from Korea. *Aquaculture*, 484: 242-249, 2018.
- Jang, M.S., Oh, M.J., Kim, S.R. and Kim, W.S.: Survey of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) in olive flounder *Paralichthys olivaceus* hatchery in Korea. *Sains Malays.*, submitted, 2018.
- Jensen, M.H.: Preparation of fish tissue cultures for virus research. *Bull. Off. Int. Epizoot.*, 59: 131-134, 1963.
- Kim, J.W., Cho, M.Y., Lee, H.N., Han, H.J., Lee, S.J., Jee, B.Y., Myeong, J.I. and Won, K.M.: Diagnosis case of viral hemorrhagic septicemia (VHS) in adult olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.*, 45: 666-674, 2012.
- Kim, M.S. and Kim, K.H.: Protection of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, against viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) by immunization with NV gene-knockout recombinant VHSV. *Aquaculture*. 314: 39-43, 2011.
- Kim, S.M., Lee, J.I., Hong, M.J., Park, H.S. and Park, S.I.: Genetic relationship of the VHSV (Viral hemorrhagic septicemia virus) isolated from cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in Korea. *J. Fish Pathol.*, 16: 1-13, 2003.
- Kim, S.M. and Park, S.I.: VHSV (Viral hemorrhagic septicemia virus) infection of culturing olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in Korea. *J. Ocean Sci. & Tech.*, 1: 95-100, 2004a.
- Kim, S.M. and Park, S.I.: Detection of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) in wild marine fishes in the coastal region of Korea. *J. Fish Pathol.*, 17: 1-10, 2004b.
- Kim, W.S., Kim, S.R., Kim, D., Kim, J.O., Park, M.A., Kitamura, S.I., Kim, H.Y., Kim, D.H., Han, H.J., Jung, S.J. and Oh, M.J.: An outbreak of VHSV (viral hemorrhagic septicemia virus) infection in farmed olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Korea. *Aquaculture*, 296: 165-168, 2009.
- Kim, W.S., Jung, S.J., Kim, J.O., Kim, D.W., Kim, J.H. and Oh, M.J.: Genetic positioning of Korean viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) from cultured and wild marine fishes. *J. Fish Pathol.*, 24: 1-9, 2011a.
- Kim, W.S., Nishizawa, T., Kim, J.H., Suebsing, R., Jung, S.J. and Oh, M.J.: Korean and Japanese isolates of viral hemorrhagic septicemia virus from olive flounder are pathogenic to rainbow trout fry. *Fish Pathol.*, 46: 112-115, 2011b.
- Kim, W.S., Choi, S.Y., Kim, D.H. and Oh, M.J.: A survey of fish viruses isolated from wild marine fishes from the coastal waters of southern Korea. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 25: 750-755, 2013.
- Kim, W.S., Jung, H.N., Kong, K.H., Kim, A.R., Jeon, Y.H. and Oh, M.J.: Experimental infection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV, Genotype IVa) from olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Korean J. Ichthyol.*, 28: 141-146, 2016.
- Lee, W.L., Yun, H.M., Kim, S.R., Jung, S.J. and Oh, M.J.: Detection of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) from marine fish in the south western coastal area and east china sea. *J. Fish Pathol.*, 20: 201-209, 2007.
- Nam, U.H., Jeon, C.H., Seo, H.J., Choi, D.Y., Seo, J.Y., Kwon, O.N., Kim, W.S. and Kim, J.H.: Monitoring of viruses in cultured walleye pollock *Gadus chalcogrammus*. *J. Fish Pathol.*, 30: 1-9, 2017.
- Nishizawa, T., Iida, H., Takano, R., Isshiki, T., Nakajima, K. and Muroga, K.: Genetic relatedness among Japanese, American and European isolates of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) based on partial G and P genes. *Dis. Aquat. Org.*, 48:143-148, 2002.
- OIE. Manual of Diagnostic tests for Aquatic Animals. Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV); World organization for animal health: Paris, France, 2017.
- Park, H.K., Kim, S.M., Lee, D.W., Jun, L.J. and Jeong, J.B.: Monitoring of VHS and RSIVD in cultured *Paralichthys olivaceus* of jeju in 2014. *J. Fish Mar. Sci. Educ.*, 27: 879-889, 2015.
- Park, H.K., Jun, L.J., Kim, S.M., Park, M.A., Cho, M.Y., Hwang, S.D., Park, S.H., Jeong, H.D. and Jeong, J.B.: Monitoring of VHS and RSIVD in cultured *Paralichthys olivaceus* of jeju in 2015. *Korean J.*

- Fish Aquat. Sci., 49: 176-183, 2016.
- Skall, H.F., Slierendrecht, W.J., King, J.A. and Olesen, N.J.: Experimental infection of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* with viral haemorrhagic septicaemia virus isolates from European marine and farmed fishes. Dis. Aquat. Org., 58: 99-110, 2004.
- Skall, H.F., Olesen, N.J. and Møllgaard, S.: Viral haemorrhagic septicaemia virus in marine fish and its implications for fish farming—a review. J. Fish Dis., 28: 509-529, 2005.
- Snow, M., Cunningham, C.O., Melvin, W.T. and Kurath, G.: Analysis of the nucleoprotein gene identifies distinct lineages of viral haemorrhagic septicaemia virus within the European marine environment. Virus Res., 63: 35-44, 1999.
- Stone, D.M., Way, K. and Dixon, P.F.: Nucleotide sequence of the glycoprotein gene of viral haemorrhagic septicaemia (VHS) viruses from different geographic areas: a link between VHS in farmed fish species and viruses isolated from North Sea cod (*Gadus morhua* L.). J. Gen. Virol., 78:1319-1326, 1997.
- Watanabe, L., Pakingking, J.R., Iida, H., Nishizawa, T., Iida, Y., Arimoto, M. and Muroga, K.: Isolation of aquabirnavirus and viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) from wild marine fishes. Fish. Pathol., 37: 189-191, 2002.
- Wolf, K.: Viral hemorrhagic septicemia. In Wolf, K., editor. Fish viruses and fish viral diseases. Cornell university press, Ithaca, New york, USA. pp. 217-249, 1988.

Manuscript Received : May 28, 2018

Revised : Jun 12, 2018

Accepted : Jun 12, 2018