

바지락의 주요 질병

김승현¹, 자오비원¹, 최광식², 유진하³, 김도형⁴, 박경일¹

¹군산대학교 해양과학대학 해양생명응용과학부 수산생명의학전공, ²제주대학교 해양과학대학 해양의생명과학부, ³국립수산물품질관리원 장항지원, ⁴부경대학교 수산과학대학 수산생명의학부

Diseases of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*: a review

Seung-Hyeon Kim¹, Biyun Zhao¹, Kwang-Sik Choi², Jinha Yu³, Do-Hyung Kim⁴
and Kyungil Park¹

¹Department of Aquatic Life Medicine, College of Ocean Science and Technology, Kunsan National University, 558 Daehak-ro, Gunsan 54150, Republic of Korea

²Department of Marine Life Sciences, College of Ocean Sciences, Jeju National University, 102 Jejudaehakno, Jeju 63243, Republic of Korea

³Janghang Regional Office, National Fishery Products Quality Management Service, 59 Jangseo-ro, Seocheon-gun, Chungcheongnam-do 33672, Republic of Korea

⁴Department of Aquatic Life Medicine, College of Fisheries Sciences, Pukyung National University, 45 Yongso-ro, Nam-Gu, Busan 48513, Korea

ABSTRACT

The rate of marine pathogen spread is increasing because of the increase in ocean temperatures, transportation, ocean currents, and marine product trade worldwide. In Korean waters, several species of single-celled or metazoan pathogenic organisms have been identified that may hamper aquaculture or international trade of the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. In this study, we reviewed the different types of pathogenic organisms isolated and reported from Manila clams worldwide. Among these pathogens, the diseases caused by two protozoan parasites, *Perkinsus olseni* and *Marteilia refringens*, are listed as OIE notifiable. *P. olseni* infection in Manila clam causes retarded growth and reproduction and mass mortality of the clam and has been reported in Korea, China, and Japan. *M. refringens* infection in Manila clams has been reported only once in China, although further information is unavailable. Trematode infections in the Manila clam often result in slow gonad maturation or gonad castration and may result in a decline in recruitment. The introduction of various invasive pathogens via the import of host organisms or discharge of ballast water of commercial shipping vessels may cause various ecological and evolutionary issues in the native ecosystem. Therefore, it is recommended to improve the quarantine methods of imported shellfishes and monitor the commercially important shellfish species in Korean waters to prevent the spread of exotic pathogenic organisms.

Key Words : diseases, *Ruditapes philippinarum*, pathogen, Korea

서론

1. 전 세계 바지락 생산

1800년대 중반 영국 해군 소속 HMS Samarang 호 (목)의 과학탐사 시 필리핀 북부 군도에서 채집한 바지락의 형태적 특성과 학명 (*Venus philippinarum*) 에 관한 기술이 바지락에 대한 최초의 과학적 보고이다 (Gray *et al.*, 1850). 바지락의 원산지는 인도-태평양 해역으로 알려져 있으며, 1930년 대 일본에서 미국으로 참굴 종묘를 수출하는 과정에서 우연히 미국 서부 연안으로 유입되었다. 유럽에서는 1972년 유럽 고유종인 *Ruditapes decussatus*의 남획과 불규칙한 생산량 때문에 산업적 목적에 의해 바지락이 미국 서부에서 유럽 남부지역으로 이식되었으며, 이곳에서의 성공적인 생존과 높은 경제성

Received: March 20, 2020; Revised: March 25, 2020;
Accepted: March 27, 2020

Corresponding author: Kyung-Il Park

Tel: +82 (63) 469-1882, e-mail: kipark@kunsan.ac.kr
1225-3480/24757

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.



Fig. 1. Geographical distribution of diseases in the Manila clam *Ruditapes philippinarum*.

을 인정받아 유럽 전역과 아프리카까지 그 서식지가 확산되었다. 최근에는 유럽 북부해역의 냉수대역까지 그 분포가 확대되고 있다 (CABI, 2019).

2017년 현재 전 세계 바지락 생산량은 4,253,286 톤에 이르며 99.4%인 4,228,206 톤이 양식에 의해 생산되고 있다. 전 세계 생산량 중 3,966,539 톤 (98.81%) 이 중국에서 생산되고 있으며, 뒤이어 이탈리아, 한국, 미국 및 캐나다 등의 순이다 (FAO, 2020).

2. 우리나라의 바지락 생산

바지락은 우리나라에서 굴, 담치와 더불어 가장 중요한 수산 자원 중 하나이다. 바지락 생산은 크게 조간대에서 종패를 뿌린 후 성체로 성장하기까지 양성시킨 후 수확하는 천해양식과 조하대에 서식하는 자연산 바지락을 형망어업을 통해 채취하는 해면어업으로 구분된다. 조간대가 발달된 서해안은 천해양식어업이 발달하였으며, 리하스식 해안인 남해안에서는 해면어업에 의한 바지락 생산이 주를 이루고 있다.

우리나라의 바지락 생산은 1970년 대 초 1만 톤에 불과하였으나 양식 방법의 지속적인 발달과 더불어 1980년 말에는 8만 톤 까지 증가한 바 있다. 그러나 1990년대 초부터 급격히 생산량이 감소하기 시작하여 1990년대 중반에는 약 3만 톤까지 낮아졌으며, 이러한 추세는 2010대 후반까지 이어졌다. 그러나 2018-2019년도의 경우 바지락 생산은 약 5만 톤 수준을 회복한 것으로 나타났다 (KOSIS, 2020).

2018년 이전까지 바지락 생산량의 하락은 주로 천해양식어업의 생산량 감소에 의해 발생한 결과이다. 이는 천해양식의 주요 생산지인 전북과 경기도 및 전남지역의 갯벌매립으로 인한 서식지 면적의 감소와 이로 인한 치패 발생장의 감소 및 봄

철과 여름철의 대량폐사 등에 의한 것으로 추정되고 있다 (Song, 2015; Nam *et al.*, 2018). 이러한 생산량의 감소는 심각한 공급량의 부족을 유발하고 있으며, 이를 해결하기 위한 다량의 바지락이 수입되고 있다. 2008년부터 2018년 현재까지 매년 2-4만 톤의 활바지락이 수입되고 있으며, 이러한 수입량은 국내 바지락 양식 생산량을 초과하는 양이다. 더구나 직접소비용인 성체뿐만 아니라 이식용 치패도 매년 약 3,000-5,000 톤 정도 국내에 유입되고 있다 (NFQS, 2020). 따라서 현재 우리나라에서 생산되고 있는 천해양식 바지락의 일부는 수입산 종패를 양성한 바지락이다.

3. 국내의 바지락 폐사 발생 현황

우리나라에서는 바지락 집단 폐사가 과거에도 다수 발생한 것으로 추정되나 인터넷 뉴스 검색을 통해 확인할 수 있는 시기는 1990년 이후이다. 현재까지 1391건의 바지락 폐사에 관한 언론 보도를 확인할 수 있다 (네이버 뉴스 검색, 검색어 “바지락 폐사”). 바지락 폐사는 주로 서해안 일대 (인천, 경기, 충남, 전북) 의 조간대에서 양성중인 양식장에서 다수 발생하였다. 특히 2006년의 서해안에서 발생한 바지락의 추정 폐사율은 4-82% (평균 45%) 로 나타났으며, 폐사량은 8,871 톤, 피해액은 10,645 백만원으로 산정되었다 (NFRDI, 2009). 2009년도에 발생한 바지락 폐사에 대하여 국립수산물과학원에서는 급격한 기온변화, 폭풍, 저질변동 등을 폐사의 원인으로 판단하였다 (NFRDI, 2010). 최근에는 2015년 여름, 전라북도 일원에서 발생한 바지락 대량 폐사는 고수온에 의한 생리적 스트레스와 기생충인 *P. olseni* 감염의 복합적인 작용에 의해 발생한 것으로 질병 감염과 바지락 폐사 사이의 연관성이 규명되었다 (Nam *et al.*, 2018). 2019년 9월 하순경에도 충남 가

Table 1. Pathogens in the Manila clam *R. philippinarum* worldwide

Pathogen group	Pathogen		OIE-listed	Region	References
	Common name	Scientific name			
virus	herpes-like virus		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea : no report • overseas: Europe 	Renaul <i>et al.</i> (2001)
virus	OsHv-1		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea : no report • overseas: China 	Gao (2016)
virus	brown muscle disease (BMD)		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea : no report • overseas : France 	Dang <i>et al.</i> (2008, 2009)
bacteria	Brown ring disease (BRD)	<i>Vibrio tapetis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea : West coast, South coast • overseas : Europe, Japan, China 	Park <i>et al.</i> (2006), Bower (2010)
bacteria	Rickettsiales	<i>Rickettsia</i> -like, <i>Chlamydia</i> -like organisms	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea : no report • overseas : Europe, Canada 	Comps (1982), Elston (1986)
bacteria	Vibrio of Tapes philippinarum (VTP)	<i>Vibrio</i> sp.	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Europe 	Nicolas <i>et al.</i> (1992)
protozoa	MSX	<i>Haplosporidium nelsoni</i> , <i>Minchinia tapetis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Europe, China 	Xie <i>et al.</i> (2012), Villalba and Navas (1988)
protozoa		<i>Marteilioides</i> sp.	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: South coast • overseas: Japan 	Lee <i>et al.</i> (2001), Yanin <i>et al.</i> (2013), Itoh <i>et al.</i> (2005)
protozoa		<i>Perkinsus olseni</i>	Yes	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: West coast, South coast • overseas: Europe, China, Japan 	Park and Choi (2001)
protozoa		<i>Perkinsus honshuensis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report in the Manila clam • overseas: Japan 	Dungan and Reece (2006)
protozoa		<i>Marteilia granula</i> , <i>Marteilia tapetis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: South coast • overseas: Japan 	Itoh <i>et al.</i> (2014), Kang <i>et al.</i> (2019)
protozoa		<i>Marteilia refringens</i>	Yes	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: China 	Xie <i>et al.</i> (2012)
protozoa		<i>Ancistrum crassum</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: China 	Xu (1997)
protozoa		<i>Trichodina</i> sp.	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
protozoa	Rhynchodida ciliates (<i>Sphenophrya</i> -like ciliates)		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
protozoa	<i>Nematopsis</i> -like		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
protozoa	Apicomplexan gregarine-like		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
protozoa	Apicomplexa coccidia-like		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
trematode		<i>Rhabdocoela turbellaria</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
trematode		Echinostomatidae, <i>Derogenesvaricus</i> (family Hemiuridae)	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
trematode		<i>Cercaria tapidis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: West coast • overseas: Japan 	Kim and Chun (1981)
trematode		<i>Cercaria tapes</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: West coast • overseas: no report 	Kim and Chun (1983)
trematode		<i>Cercaria harengulae</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: West coast • overseas: no report 	Kim <i>et al.</i> (1995)
trematode		<i>Cercaria elegans</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: China 	Chen (1995)
trematode		<i>Parvatrema timondavidi</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: Seoul (Market) • overseas: San Francisco, USA 	Yu <i>et al.</i> (1993) Foster (2012)
trematode		<i>Proctoeces orientalis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: China 	Cao (1989)
trematode		<i>Pacatrema duboisi</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Japan 	Shimura <i>et al.</i> (1982)
cestode	cestode		No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: West coast (North Korea) • overseas: Japan 	Park <i>et al.</i> (2008) Yang <i>et al.</i> (2010)
arthropod		<i>Mytilicola orientalis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Japan, Canada 	Mori (1935) Bower <i>et al.</i> (1992)
arthropod		<i>Pseudomyicola ostreae</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Japan 	Nakamura and Kajihara (1979)
arthropod	Pea crab	<i>Pinnixa faba</i> , <i>Pinnixa littoralis</i> , <i>Fabia subquadrata</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Canada 	Bower <i>et al.</i> (1992)
arthropod	Sea spider	<i>Nymphonella tapetis</i>	No	<ul style="list-style-type: none"> • in Korea: no report • overseas: Japan 	Miyazaki <i>et al.</i> (2010)

로림만내의 바지락 양식장 376h에서도 집단폐사가 발생한 바 있으나 그 원인은 밝혀지지 않고 있다 (Yonhapnews agency, 2019).

일본의 바지락 생산량 역시 우리나라와 마찬가지로 과거에 비해 생산량이 급격히 감소하였다. 주요 바지락 생산지는 도쿄 만, 미카와만, 이세만, 수오나다 및 아리아케만 등이며, 1980년대 중반까지 매년 10만 톤 이상 생산되었던 바지락 생산량이 1980년대 후반부터 급격히 감소하여 2010년대에 들어서는 연간 2-3만 톤가량 생산하는데 그치고 있다. 이러한 생산량 감소의 원인으로 연안개발, 지구온난화, 수질 악화, 포식자의 증가, 유전적 교란 등이 제시되었으며, 특히 brown ring disease (BRD) 와 *P. olsenii*, sea spider 등 전염성 질병도 일본의 바지락 폐사에 영향을 미치고 있는 것으로 추정되고 있다 (Toba *et al.*, 2016).

유럽의 바지락 폐사는 대부분 전염성 질병과 관련되어 있다. 1980년대 중반 포르투갈 남부 해안에서 발생한 바지락과 유사 종인 *R. decussatus*의 폐사는 *P. olsenii*에 의해 발생한 것으로 알려져 있으며 (Azevedo, 1989), 1980년대 후반 프랑스 Brittany 지역에 서식 하는 바지락의 대량폐사는 세균성 질병인 brown ring disease (BRD) 가 원인으로 밝혀졌다 (Paillard, 2004). Gomez-Leon *et al.* (2005) 는 2000년대 초 스페인 갈리시아 지방의 *R. decussatus* 종묘배양장에서 사육 중이던 유생의 대량폐사가 *Vibrio alginolyticus* 와 *Vibrio splendidus*에 의해 발생하였음을 보고하였다. 한편, 2005년 프랑스의 아혹까송만에서 발생한 대량폐사는 brown muscle disease (BMD) 에 기인한 것으로 보고되었다. BMD에 의한 폐사 시 감염된 바지락에서 Virus-like particle이 확인되어 이것이 BMD의 원인체로 추정되고 있으나 정확한 동정은 이루어지지 않았다 (Dang *et al.*, 2008; 2009). 보다 최근인 2011년 가을 이탈리아 베네치아의 베니스라군에서도 *P. olsenii*로 인해 바지락의 대량 폐사가 발생한 바 있다 (Pretto *et al.*, 2014).

바지락 최대 생산국인 중국에서도 다수의 바지락 폐사가 발생한 보고가 있으며, 이러한 폐사의 원인은 환경오염, 여름철 고수온, 저염분 등이 지목된 바 있으나 전염성 질병에 의한 폐사는 알려진 바 없다 (Wu *et al.*, 1993; Ma *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2013).

4. 연구 목적

우리나라의 바지락 산업은 노동집약적인 구조를 갖고 있어 다수의 인적자원이 연관되어 있으며, 매년 발생하고 있는 대량 폐사 현상 등으로 등 사회경제적 중요성이 매우 높다. 특히 활 바지락의 수요가 매우 높은 소비 특성으로 다량의 활바지락이 주변국으로부터 수입되고 있는 실정이다. 전 세계적으로 다수

의 질병이 바지락에서 발생하고 있으며 일부는 숙주에 치명적 손상을 초래하는 높은 병원성을 갖고 있다. 그러나 현재 우리나라에 수입되는 활바지락을 대상으로 수입검역 시 조사하고 있는 병원체는 전무한 실정이며, 단지 새우류의 바이러스성 질병인 흰반점병 (white spot disease) 의 매개체로서 흰반점병 바이러스 (white spot syndrome virus, WSSV) 의 감염 여부를 진단하는데 그치고 있다 (수출입 수산물 지점검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시). 그러나 최근 연구에 의하면 수산물의 국제간 이동과정에서 새로운 생태계로 전이된 병원체의 역할 (위해성) 이 기존 원산지에서와는 달라 예측하기 어려운 방향으로 변화될 수 있음이 보고되고 있다 (Goedknegt *et al.*, 2016). 따라서 본 연구는 전 세계적으로 바지락에서 발생하고 있는 전염성 질병을 살펴봄으로써 우리나라의 활바지락 수입과정을 통해 국내로 유입될 수 있는 병원체의 병리적 특성과 위해성을 이해하고 이의 피해를 최소화 할 수 있는 대책 강구에 기초적 정보를 제공하고자 수행되었다.

바지락의 주요 질병

1. 바이러스성 질병

1) Brown muscle disease (BMD)

BMD는 2005년 프랑스 남서부의 아혹까송 지역에 서식하는 바지락에서 처음 확인된 질병으로 후폐각근의 손상으로 점차 석회화 되는 것이 주요 증상이다 (Binias *et al.*, 2014). 원 인체는 unenveloped virus-like particles (VLPs) 로 알려져 있으며, 병증은 후폐각근 중 횡문근의 변성 정도에 따라 4단계로 구분하여 그 발병정도를 진단할 수 있다 (Dang *et al.*, 2008; 2009). 보통 4년생 바지락의 경우 폐사율이 95%정도 된다. 감염이 진행된 경우 투과전자현미경 관찰 시 근섬유와 파립구가 괴사하는 조직변성이 관찰되며, VLPs가 근육, 파립구, 상피세포 및 직장 조직 등에서 검출된다. VLP는 icosahedral structure를 갖고 있고 직경이 5-25 nm 정도이다. BMD에 감염된 바지락의 경우 면역력 변화, 비만도 감소, 폐사, stress gene 과발현, 활성산소량 증가 등이 보고된 바 있으며, 주된 발병 환경은 수중의 유기물 증가, 저염분 등이 알려져 있다. 이 질병은 Muscle Print Index (MPI)를 이용하여 병의 진행을 정량을 할 수 있다.

2) Herpes-like virus 와 OshV-1

Herpes-like virus는 프랑스 북부의 노르망디 지역에서 1997년 6월 경 인공종묘로 생산된 바지락 유생 (100-150 μ m, 부화 후 13일) 에서 검출되었으며 매우 높은 폐사율을 유발하였다 (Renault *et al.*, 2001). 이 바이러스는 광학현미경 상에서 섬유모세포 (fibroblastic-like cell) 나 혈구에서 비정

상적으로 비대해진 핵이 세포의 가장자리에 편재된 것으로 확인 가능하며, 투과전자현미경 관찰 시 비대하고 응축된 핵과 그 주변으로 편재된 염색질, 캡시드 및 빈 캡시드 등이 확인 된다.

한편, Gao (2016) 는 2013년도에 중국 광저우의 수산시장에서 구입한 10 마리의 바지락 중 3 마리의 외부막에서 PCR 진단을 통해 OsHV-1을 확인하였다. 그러나 이로 인한 병리적 특성 및 형태에 대한 연구는 아직까지 알려진 바가 없다. OsHV-1은 유럽산 굴의 대량 폐사를 유발하고 있으며 (Renault and Novoa, 2004), 우리나라의 참굴 에서도 검출되고 있다 (Hwang *et al.*, 2013).

2. 세균성 질병

1) Brown ring disease (BRD)

BRD는 패각 안쪽에 갈색의 침전물이 생성되는 증상을 말하며, 원인균은 *Vibrio tapetis*다. 이 질병은 1987년 프랑스에서 최초로 보고되었다. *Vibrio tapetis*는 gram negative이며, 운동형이고 nonsporulating curved rod (비포자성간균) 의 특성을 갖고 있다. 주로 20℃이하의 수온에서 발병한다. 이 병원체에 감염된 숙주는 면역력 감소, 체중 감소 및 심할 경우 대량 폐사하는 것으로 보고되고 있다. BRD는 프랑스 이외에도 스페인, 포르투갈, 영국, 이탈리아 등에서도 보고되고 있다 (Paillard, 2004).

우리나라에서는 Park *et al.* (2006) 이 충남 태안산 바지락에서 BRD 증상을 확인하였으며, 이로부터 *V. tapetis*의 분리 및 배양에 성공하였다. 당시 BRD 감염율은 34%였으며, *V. tapetis*를 바지락에 인위 감염 시 폐사율이 100%를 기록하였다. 바지락 이외에도 경남산 살조개 (*Protothaca jedoensis*) 의 BRD 감염이 확인된 바 있다 (군산대 박경일 미발표 자료).

일본에서는 2008년 효고현에서 수하식으로 양식중인 바지락 치패 증 폐사하거나 성장이 낮은 경우 BRD 증상이 나타났다 (Matsuyama *et al.*, 2010). 한편, *V. tapetis*를 분리하여 바지락에 인위 감염 시킨 결과, 폐사율은 10-20%로 보고되었다 (Itoh, EURL presentation). 이들의 조사 보다 앞서 Park *et al.* (2008) 은 2004년 일본 쿠마모토현 아리아케만에서 중국으로부터 수입된 바지락에서 BRD 증상을 보이는 바지락을 채집하였으며, PCR과 염기서열 분석을 통해 *V. tapetis*임을 확인하였다. 따라서 BRD는 황해 연안 및 일본 해역에 분포하는 것으로 판단된다. 질병의 진단은 패각 안쪽의 갈색 침전물 유무와 PCR 방법이 있으며, 효과적인 제어방법이 없어 양식장에서의 종패 살포시 감염여부를 확인하고, 비 감염지역으로의 이식을 제한해야 한다.

2) *Rickettsia*-like 와 *Chlamydia*-like Organism

원인체는 세균인 *Rickettsia*-like와 *Chlamydia*-like

organism으로 명확한 외부증상이 보이지 않으며, 숙주에 미치는 영향도 알려져 있지 않다. 검출지역은 캐나다 서부의 브리티시 콜롬비아를 비롯한 전 세계 다양한 곳에서 검출되는 것으로 보고되었다 (Comps, 1982; Elston, 1986). 질병의 진단은 아가미나 소화맹낭에 대한 조직검사 시 세균의 집락으로 확인 가능하다.

3) *Vibrio of Tapes philippinarum* (VTP)

1986년 프랑스 바지락 종자 생산장에서 발병한 비브리오팀 분류학적 위치는 규명되지 않았으나 *Vibrio marinus*와 연관성이 있는 것으로 추정되었다 (Nicolas *et al.*, 1992). 이 비브리오는 굴이나 가리비 유생에 미치는 영향은 없으나 바지락 유생만 특이적으로 폐사를 일으키며 전염력이 매우 강하다. 종자 생산장의 시설을 건조하면 VTP를 제거할 수 있다.

3. 기생생물 질병

1) Multinucleate Sphere X (MSX)

① *Minchinia tapetis*

MSX는 *Haplosporidium*과 *Minchinia* 속 (genus) 병원체들에 의해 발생하는 질병으로, *Minchinia tapetis*는 스페인 북서부의 Galicia 지역에 서식하는 바지락에서 검출된 이후 (Villalba and Navas, 1988), 포르투갈 남부의 Algarve 에서 폐사한 *Ruditapes decussatus*에서도 검출되었다 (Azevedo, 2001). 진단은 조직을 생검 (tissue imprint) 하며, 소화맹낭에서 타원형 포자를 확인할 수 있다.

② *Haplosporidium nelsoni* (MSX)

*H. nelsoni*는 미국의 대서양굴 *Crassostrea virginica*의 폐사 원인 생물로 잘 알려져 있으며, 아시아에서는 우리나라, 일본 및 중국에서 서식하는 참굴 *C. gigas* 서도 검출된 바 있다 (Kang, 1980; Bower, 2014). 바지락의 경우 오이타현과 야마구치현에서 채집된 시료에서 *Haplosporidium* sp.가 확인되었으며 (Itoh *et al.*, 2005), 스페인 서부 해안에서도 검출된 바 있다 (Bower, 2007). MSX 총체는 조직절편상의 숙주의 아가미나 소화맹낭에서 포자를 포함하고 있는 다수의 변형체 (plasmodia) 를 확인함으로써 진단 가능하다.

최근 중국 산둥성과 랴오닝 성 연안의 바지락을 대상으로 OIE manual의 MSX 특이 primer를 이용하여 PCR을 수행한 결과 4.58% (46/1,005 clams) 의 바지락에서 양성 반응이 나타났다 (Xie *et al.*, 2012). 그러나 이러한 결과에 덧붙여 염기서열 분석 등 추가연구를 통한 분류학적 특성이 규명 되어야 MSX의 중국내 출현이 확정 될 수 있을 것으로 판단된다.

2) 난소 비대증 (*Marteilioides* sp.)

난소비대증은 원래 참굴 (*Crassostrea gigas*) 의 생식소 일부가 부풀어 오르는 증상을 가진 질병으로서 원인체는 Cercozoa 문에 속하는 *Marteilioides chungmuensis* 이다. 1986년 우리나라에서 최초로 보고된 이래 일본에서도 보고된 바 있으며 (Tun *et al.*, 2008), 호주에서는 Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis*에서 *M. branchialis*가 검출되었다 (Anderson and Lester, 1992). 이 질병은 숙주의 난모세포 속에 기생하는 포자가 난을 용해시키며 수정란의 발생과 분화에 이상을 초래한다. 참굴의 경우 감염된 알은 생식소의 여포세포 안에서 서로 덩어리져 굴 표면에서 쉽게 관찰된다. 대량으로 기생한 개체는 연체부가 탄력을 잃고 물결의 형태가 된다. 질병의 진단은 조직학적 방법을 이용한다.

Lee *et al.* (2001) 은 우리나라 남해안의 하동군과 남해군에서 채집된 바지락의 1.6%에서 *Marteilioides* sp.에 의해 유발된 난소비대증을 보고한 바 있다. 이들의 보고에 의하면 난모세포 안에 최대 8개의 포자가 감염되어 있음을 확인하였다. Yanin *et al.* (2013) 은 2007년 4월과 11월에 전국 23개소에서 채집된 바지락을 대상으로 조직학적 관찰과 PCR 진단을 수행한 결과 경남 통영과 거제산 바지락 일부가 감염되어 있음을 확인하였다. 조직학적 검사에서 총체는 두 지역의 암컷에서만 각각 5%의 감염율을 나타냈으나 PCR 검사결과 20% 이상의 바지락 암컷에서 양성 반응을 타냈으며, 수컷도 10% (통영)와 52% (거제) 의 양성 반응을 타냈다. 굴과는 다르게 몸체 외부에서 본 병증을 확인하기는 불가능하며, 현재까지 바지락에서 검출된 *Marteilioides* sp.에 대한 분류학적 위치도 규명되지 못한 상태이다.

일본에서는 2002년 야마구치현에서 채집된 바지락 치폐에 대하여 조직병리학적 조사를 실시한 결과 그해 9월에 채집된 시료의 난모세포 안에서 *Marteilioides* sp.의 포자가 확인되었다 (Itoh *et al.*, 2005).

3) *Perkinsus olseni*

*P. olseni*는 Perkinsozoa 문에 속하며 유럽 전역의 바지락에서 발병한다. 특히 유럽 남부 해역인 프랑스, 이탈리아, 포르투갈과 스페인에서 발생하며, 포르투갈에서는 바지락의 대량 폐사 원인으로 밝혀졌다 (Azevedo, 1989). 감염도가 증대되면 아가미나 체포 등에 심한 염증성 반응으로 인한 농포가 발생하며 숙주의 비만도가 감소한다. 이러한 높은 병원성 때문에 *P. olseni*는 국제동물보건기구 (OIE) 지정 질병이다. *P. olseni*는 숙주 체내에 감염되어 있을 때 영양체로서 숙주의 염증반응을 유발하며, 다분법에 의해 분열체로 분열된 후 다수의 분열소체가 조직 내에서 산개된다. 분열소체는 이후 성숙 영양체로 성장한다. 이 영양체는 직경이 5-15 μm 로 구형이며, 핵이 가장자리에 편재되어 있고 중앙엔 공포가 위치하고 있다. 영양체

는 무산소 환경에서 휴면포자로 변형되어 직경이 약 50 μm 이상으로 증대된다. 무산소 환경에서 다시 유산소 환경의 해수에 놓이게 되면 유주자 형성 과정을 거쳐 100여개 이상의 운동성이 높은 유주자를 방출하게 된다. 이러한 유주자는 새로운 숙주를 감염시키는 것으로 알려져 있다 (Auzoux-Bordenave *et al.*, 1995).

일반적인 *P. olseni* 진단은 영양체가 포함된 숙주 조직을 Ray's fluid thioglycollate medium에서 약 2주간 배양하여 휴면포자 단계로 유도한 후 Lugol's iodine으로 염색하면 검은색으로 염색된다. 이외에도 조직학적 관찰 (hematoxylin-eosin으로 염색 시 영양체 관찰), *in situ* hybridization, PCR 등의 진단법이 개발되어 이용되고 있다.

Park and Choi (2001) 에 의하면 1997년부터 2000년까지 우리나라 전 연안 22개소에 대한 *P. olseni* 감염율과 감염도를 조사한 결과 동해안 전역과 제주 일부 지역을 제외한 17개소에 서식하는 바지락이 대부분 *P. olseni* 에 감염되어 있음을 보고하였다. 특히 서해 남부와 남해안에 서식하는 바지락은 1 g 당 백만 개 이상의 총체에 감염되어 있는 것으로 나타났다. *P. olseni* 감염은 숙주의 아가미, 소화맹장, 외투막 등에서 염증 유발과 성장 및 비만도의 저하를 유발한다. 특히 Park *et al.* (2006) 은 *P. olseni*의 감염이 심할수록 바지락의 번식량이 감소함을 보고한 바 있다. 최근 Nam *et al.* (2018) 은 여름철 고수온 시 서해안 조건대에서 발생하는 바지락 대량 폐사는 *P. olseni* 감염과 고수온에 의한 생리적 스트레스의 복합작용임을 보고하였다.

일본의 경우 구마모토와 히로시마산 바지락에서 검출된 *Perkinsus* sp.의 internal transcribed spacer region (ITS) 염기서열이 *P. olseni*와 동일함을 발표하였으며 (Hamaguchi *et al.*, 1998), 이후 실시된 전국적인 모니터링을 통하여 홋카이도를 제외한 일본 전역 74개소에서 채집한 바지락이 *Perkinsus* sp.에 감염되어 있음을 보고하였다 (Hamaguchi *et al.*, 2002). 또한 Waki *et al.* (2018) 와 Waki and Yoshinaga (2018) 에 의하면 *P. olseni*에 감염된 바지락 치폐와 성체 모두 생존율이 감소하고 성장과 비만도가 감소함을 보고하였다.

중국의 바지락 역시 *P. olseni*에 널리 감염되어 있음이 확인된 바 있다. Liang *et al.* (2001) 에 의하면 황해와 동중국해 연안에 서식하는 바지락의 43-95%가 *Perkinsus* sp.에 감염되어 있으며, 감염도는 바지락 1개체 당 총체가 1-5백만 개임을 보고하였다. Wu *et al.* (2011) 은 *Perkinsus* sp.의 ITS 염기서열을 분석하여 중국산 바지락은 우리나라와 마찬가지로 *P. olseni*에 감염되어 있음을 확인하였다.

4) *Perkinsus honshuensis*

Dungan and Reece (2006) 는 *P. olseni*에 감염되어 있는 일본산 바지락에서 새로운 *Perkinsus* 속 병원체를 확인하였으며, 이를 *P. honshuensis*로 명명하였다. 우리나라에서는 제주에서 채집된 애기바지락 (*Ruditapes variegatus*) 의 5-20% 가 3,000-13,000 개의 *P. honshuensis* 에 감염되어 있음이 확인되었다 (Kang *et al.*, 2019). Kang *et al.* (2017)은 제주도를 포함한 우리나라 전역 23개소에서 채집한 바지락에 대한 *P. olseni*와 *P. honshuensis* 진단을 실시한 결과 *P. olseni* 감염만 확인되었다. 따라서 현재까지 *P. honshuensis*는 제주에서 서식하고 있는 애기바지락에 그 감염이 국한되고 있는 것으로 알려지고 있다.

일본의 경우 *P. honshuensis*는 바지락의 아가미와 소화맹낭을 중심으로 검출되며 감염율은 약 80%정도 되나, 감염도나 병리조직학적 진단을 통한 위해성 등은 알려진 바 없다.

5) 말테일리아증 (Marteliosis)

① *Marteilia refringens*

이 기생충은 Cercozoa 문에 속하며, *Marteilia* 속에는 현재까지 해산이매패류에서 검출되는 7종이 있다. 이들 중 *Marteilia refringens*는 대서양과 지중해 연안의 굴 *Ostrea edulis*, 담치류 *Mytilus edulis*와 *M. galloprovincialis*에서 검출된다. *M. refringens*는 OIE 지정 질병이다. 감염 초기 숙주의 순관이나 장의 상피세포 내에 1차 세포 (변형체) 가 형성되며, 포자형성은 소화맹낭에서 이루어진다. 포자는 소화맹낭에서 분리되어 다른 배설물과 함께 체외로 방출되어 새로운 숙주를 감염 시키는 것으로 알려져 있다 (EURL, 2020). 충체는 숙주의 소화관 상피에 주로 기생하며, 감염 패류에서는 비만도 감소, 글리코겐 감소, 소화관의 퇴색, 성장 저하 및 폐사가 일어난다. 기생충 조직에 대한 숙주의 면역학적 특이성이 없으며, 소화선 상피세포 또는 아가미를 병리조직학적으로 검사하면 상피세포 내에 원형의 호염기성 세포질에 호산성의 핵을 가진 충체를 발견할 수 있다 (Thebault *et al.*, 2005). *M. refringens*에 감염된 *O. edulis*의 경우 50-90%의 폐사율이 확인된 바 있다 (Grizel *et al.*, 1974).

Xie *et al.* (2012) 에 따르면 중국 푸젠 성과 광시 성에 서식하는 바지락으로부터 DNA를 추출하고 OIE의 *M. refringens* 진단용 primer를 이용하여 PCR을 수행한 결과 6.67% (67/1,005 clams) 의 바지락에서 양성 반응을 얻었다. 그러나 이 같은 결과는 DNA 염기서열 분석등 추가 연구가 수행되어야 *M. refringens*의 중국내 출현이 확정 될 수 있을 것으로 판단된다.

Marteilia spp.의 전파는 굴의 경우 요각류 (*Acartia discaudata*, *A. clausi*, *A. italica*, *Othoina* sp., *Euterpina acutifrons*), 조에아 단계의 계류, 선충류 (*Lineus*

gisserensis), 자포동물 (*Cereus pendunculatus*) 등이 매개체로서 알려져 있으나 바지락의 경우 보고된 바 없으며, 일부 패류 (*Solen marginatus*, *Chamelea gallina*) 의 경우 감염에도 불구하고 병증이 없으므로 이들은 매개자의 역할을 하는 것으로 추정된다. 현재까지 이 기생충의 제어방법은 유생 발생 시 낮은 밀도를 유지하며 저항성 있는 패류인 참굴과 사육하면 감염율을 저하 시킬 수 있다는 보고가 있다 (Grizel, 1985). 질병의 진단은 조직학적 검사를 통해 소화맹낭에 변형체 (plasmodia) 의 존재를 확인함으로써 가능하며, PCR, *in situ* hybridization 등의 방법으로 감염을 확인할 수 있다.

② *Marteilia granula*, *M. tapetis*

Itoh *et al.* (2005) 는 2003년 일본 야마구치현에 서식하는 바지락 40마리 중 한 마리의 소화맹낭에서 *Marteilia* sp.를 검출하였다. 이후 2010년과 2011년 도쿄 인근 오다와 만에서 채집한 190마리의 바지락 중 17마리 (8.9%) 의 소화관 상피세포 내에 다수의 포자가 형성된 것을 확인하고 18S rRNA 염기서열 분석을 통해 *M. granula*로 명명하였으며 (Itoh *et al.*, 2014), 이후 *Eomarteilia granula*로 속이 변경되었다 (Ward *et al.*, 2016).

최근, Kang *et al.* (2019) 는 2009년과 2012년 남해의 고흥, 여수 및 통영에서 채집된 바지락의 소화맹낭에서 *Marteilia* sp.의 감염을 확인하고 계통분류학적 분석을 실시한 결과 *M. tapetis* (신칭) 으로 보고하였다. 감염율은 0.5-3.3%였다. 이 충체는 바지락의 소화맹낭 상피세포 안에서 1차세포를 형성하며, 그 내부에 4개의 2차 세포, 2차 세포 내에 4개의 3차세포를 발생시키며 성숙포자가 된다. *M. tapetis*에 의한 병리적 작용에 대해서는 알려진 바 없으나 소화맹낭에 기생하므로 숙주의 영양분 흡수에 부정적 영향을 미칠 것으로 추정된다.

6) *Trichodina* sp.

Trichodina sp.는 섬모충의 일종으로서 1980년대 후반 캐나다 브리티시 콜롬비아의 밴쿠버 인근 21개소 중 18개소에서 채집된 바지락에서 확인되었으며 감염율은 46.3%에 달하였다. 이로 인한 영향은 알려진 바 없으며 진단법은 조직학적 방법을 이용하여 수관, 발 및 외투막에서 현미경으로 원형의 트리코디나를 확인한다 (Bower *et al.*, 1992).

7) Rhynchodida-like ciliates

이 섬모충은 상기 6)의 14개소에서 채집된 바지락에서 검출되었으며, 감염율은 30%였다 (Bower *et al.*, 1992). 병리적 증상은 확인되지 않았다.

8) *Ancistrum crassum*

이 섬모충은 측구류목 (thigmatrichina) 에 속하는 주축성 섬모충이며, 1997년 중국 칭다오의 자오저우만에서 서식하고 있는 바지락의 아가미에서 검출되었다 (Xu *et al.*, 1997). 충체의 체장과 체폭은 각각 70 μm 와 20 μm 였다. 감염율은 조사 시기에 따라 변이가 크며, 이 섬모충에 감염된 바지락은 점액 분비가 증가한다.

9) Apicomplexa (*Nematopsis*-like Apicomplexa, Gregarine-like Apicomplexa, Coccidia-like Apicomplexa)

이 충체들은 상기 6)에서 검출된 정단복합체동물문 (Apicomplexa) 에 속하는 기생 생물로 *Nematopsis*-like는 채집지역 전 지역에서 채집된 시료의 아가미에서 확인되었고 평균 감염율 40.7%였다 (Bower *et al.*, 1992). Gregarine-like는 1개소에서만 검출되었으며 감염률은 33%였다. Coccidia-like 역시 1개소에서만 검출되었으며 15%의 감염률을 나타냈다. Gregarine-like와 Coccidia-like의 검출 장기는 둘 다 장이었으며, 숙주에 미치는 병리적 특성은 확인되지 않았다.

10) *Rhabdocoela turbellaria*

상기 6)에서 검출된 *R. turbellaria*는 편형동물 중 하나로서 전체 조사지역 21개소 중 19개소에서 확인되었다. 감염율은 5-60%를 나타냈다 (Bower *et al.*, 1992). 이들은 주로 장관 내에서 검출되었다.

11) Echinostomatidae와 Hemiuridae 피낭유충

상기 6)에서 검출된 이 기생충은 Echinostomatidae와 Hemiuridae에 속하는 피낭유충으로서 두 종을 합한 감염율은 6.3%였다 (Bower *et al.*, 1992). Hemiuridae에 속한 흡충은 *Derogenes varicus*로 확인되었으나, Echinostomatidae의 흡충은 분류학적 위치가 규명되지 않았다. 진단법을 조직절편을 제작하여 결합조직을 관찰하는 것이며, 증상 및 영향에 대해서는 알려진 바 없다.

12) 바지락큰입흡충 *Parvatrema timondavidi*

Yu *et al.* (1993)는 1989년 8월 서울 소재 수산시장에서 구입한 바지락으로부터 Gymnophallidae에 속한 흡충류의 피낭유충을 분리하여 조사한 결과 *Parvatrema timondavidi* 임을 보고하였다. 이 흡충은 인수공통 감염의 가능성 있어 급성 최장염이나 담낭염 등을 유발할 우려가 있는 것으로 추정된다. 감염율이나 바지락에 미치는 영향 등에서 대해서는 알려진 바 없다.

13) *Cercaria tapidis*

Kim and Chun (1981) 은 1980년 9월-1981년 8월, 2001년 4월-2002년 10월 2회에 걸쳐 전북 군산시 어청도와 충남 서천에서 채집된 바지락으로부터 스포로시스트 단계의 *Cercaria tapidis* 감염을 보고하였다. 흡충의 기생률은 겨울철에 16.7%로 높았으나 여름철엔 4.8%에 불과하였다. 한편, Lee *et al.* (2001) 은 1997년 3월과 4월, 경남 하동군과 남해군에서 채집된 바지락의 *C. tapidis* 감염율이 9.7%임을 보고하였다. 이들의 보고에 따르면 주로 생식소에서 스포로시스트가 검출되나 감염에 따른 숙주의 방어 반응은 나타나지 않았다. 그러나 발근육, 아가미 또는 소화맹장에 충체가 퇴행성 잔존물 (degenerative remnant) 로 남아있는 경우 다수의 혈구에 의해 피포 (encapsulation) 되는 것이 확인되었다 (Lee *et al.*, 2001). 국내 보고 외에도 일본 하마나에서 1981년 3월부터 1982년 4월까지 조사한 3,200마리의 바지락 중 3마리의 생식소가 이 흡충에 감염된 것이 확인되었다 (Shimura *et al.*, 1982a)

14) *Cercaria tapes*

1980년 9월-1981년 8월에 충남 서천에서 채집된 바지락의 생식소에서 검출되었으며 *Cercaria tapidis*와는 다르게 유미유충의 꼬리부분이 2개로 분화된 것이 특징이다. 특히 스포로시스트에서 인두가 관찰됨에 따라 레디아 단계가 있는 것으로 판단되었다. 이 흡충은 각장 2 cm 이하에서는 검출되지 않았으며 3년생 개체 (각장 3-4 cm) 에서 기생률이 가장 높았다 (Kim and Chun, 1983).

15) *Cercaria harengulae* = *Bacciger harengulae* = *Cercaria pectinata*

이 기생충은 1980년과 1994년 2회에 걸쳐 우리나라 금강 하구역의 내초도 조간대에서 채집한 바지락에서 검출되었다 (Kim *et al.*, 1995). 본 조사에 의하면 채집된 시료의 생식소를 절개하고 식염수가 든 페트리접시에 충체를 유출시켜 현미경으로 검사한 결과 스포로시스트와 유미유충이 확인되었다. 이 충체는 유충의 꼬리에 강모다발 (剛毛束) 을 보유하고 있는 것이 특징이다. *Cercaria harengulae*의 연평균 기생율은 1980년 조사 시 5.7%였으며, 1994년도에는 14%였다. 주로 여름철에 감염율이 감소하는 경향을 나타냈다. Chun and Kim (1980) 은 *C. pectinata*와 *B. harengulae*가 형태적으로 매우 유사하여 두 종을 동일종으로 분류한 바 있어 본 연구에서도 이를 따라 동일종으로 간주하였다.

일본에서는 1981년 3월부터 1982년 4월까지 일본 하마나에서 채집된 바지락을 병리조직학적 방법으로 조사한 결과 *Cercaria pectinata*는 3,200마리 중 110마리에서, *Cercaria* sp.는 3,200마리 중 1마리에서 감염된 것을 확인하였다. 3-4

월에 감염율이 가장 높았으며 모두 생식소에 검출되었다 (Shimura *et al.*, 1982a).

16) *Cercaria elegans*

바지락에 기생하는 이생흡충으로서 남중국해 (홍콩) 에서 검출되는 것으로 알려져 있다 (Chen, 1995). 바지락을 제 1 중간숙주로 삼아 주로 생식소 또는 소화맹낭에 유미유충 단계로 기생하는 것 이외에는 알려진 바 없다. 본 기생충으로 인하여 번식량 및 성장 감소의 영향이 발생하며, 진단법은 조직절편으로 확인하는 방법이다. 감염율과 감염도 등에 대한 것은 알려진 바 없다.

17) *Proctoeces orientalis*

Proctoeces orientalis (중국어명 : 东方肛居吸虫 동방항거흡충) 는 이생흡충류의 일종으로 제1중간숙주는 담치류인 *Musculus senhousiei*이며, 제2중간숙주가 바지락이다. 바지락에서 *P. orientalis*는 피낭유충 단계를 보낸다 (Cao, 1989). 이 피낭유충은 중국 와권, 동유, 샤먼 지역에 서식하는 바지락에서 검출되었으나 아직 국내에는 보고된 바가 없다. 남중국해 연안에 서식하는 바지락의 29-38%가 이 피낭유충에 감염되어 있는 것으로 보고되었다 (Cao, 1989). 1983년부터 1987년까지 이 흡충에 대한 조사가 진행되었으나 이후 보고는 없다. 진단은 조직절편을 이용하여 바지락의 신장에서 확인한다. 본 흡충이 숙주에 미치는 병리적 특성이나 이로 인한 폐사율 역시 알려지지 않았다.

18) *Parvatrema duboisi*

1981년 5월부터 1982년 4월까지 일본 하마나에서 채집된 바지락의 흡충 감염 실태를 조직학적 방법을 이용하여 조사한 결과, 전체 1,765 개체 중 58.3%의 바지락에서 *Parvatrema duboisi*가 검출되었으며, 1개체 당 평균 3.6 마리의 기생충이 발견되었다. 이들 감염의 계절적 특성은 없었으며, 바지락의 외투막이 주요 감염소로 확인되었다 (Shimura *et al.*, 1982b).

19) 조충 Cestoda

일본의 큐슈지방 아리아케만의 3개 정점에서 채집된 바지락에서 미동정 조충이 검출되었다 (Park *et al.*, 2008). 병리조직학적 관찰을 통해 확인된 조충 감염율은 지역마다 편차가 커서 Kiguchi River는 14.3%, Arao River는 30.0%, Midori River는 52.5%를 나타냈다. 충체는 생식소, 장 및 족에서 확인되었으며, 이 때 숙주조직에 의해 피포된 상태로 그 주변에서 극심한 염증성 반응이 관찰되었다. 한국에서는 2007년 2월과 3월에 걸쳐 북한 해주에서 한국으로 수출된 바지락 140개체를 대상으로 조직병리학적 조사를 실시한 결과 미동정 조충

이 장관내에서 확인되었으며, 감염율은 15.0-22.5%였다 (Yang *et al.*, 2010).

20) *Mytilicola orientalis*, *Pseudomyicola ostreae*

본 기생충은 기생성 요각류로, 일본산 참굴에서 최초로 보고되었다 (Mori, 1935). 이후 1990년대 초 캐나다 브리티시 콜롬비아의 바지락에서 감염이 확인되었다. *Mytilicola orientalis*의 경우는 3.9%, *P. ostreae*는 2.5%의 감염율을 나타냈으며, 진단법은 조직절편을 제작하여 소화맹낭 또는 장관을 관찰하는 방법이다. 이로 인한 병리적 증상 또는 영향은 알려진 바 없다 (Bower *et al.*, 1992).

*Pseudomyicola ostreae*는 일본의 가나자와만과 동경만에서 채집한 지중해담치 (*M. galloprovincialis*) 에서 발견된 적이 있으나 (Nakamura and Kajihara, 1979), 우리나라에서는 *P. ostreae*가 발견된 적은 없고 이와 유사한 *P. spinosus*가 1989년 2월-1990년 2월 사이에 영산강 하구에서 채취한 지중해담치 (*M. galloprovincialis*) 에서 발견 되었다는 보고가 있다 (Suh and Choi, 1990).

21) Pea crab (*Pinnixa faba*, *P. littoralis*, *Fabia subquadrata*)

상기 6)에서 검출된 공생 십각류 (게) 로서 국내에는 보고된 바가 없으나, 1990년대 초 캐나다 브리티시 콜롬비아에서 채집된 바지락에서 보고되었다. 감염율은 13.7%로 진단법은 패각을 개각하여 육안으로 관찰한다. 공생십각류로 인한 증상 및 영향은 알려진 바 없다 (Bower *et al.*, 1992).

22) Sea spider, *Nymphonella tapetis*

Miyazaki *et al.* (2010) 에 의하면 2007년 일본 아이치, 동경만, 및 후쿠시마에 서식하는 바지락의 아가미에서 1-60마리의 바다거미목 절지동물인 *Nymphonella tapetis*가 검출되었다. 원래 이 생물의 성체는 자유생활하나 유생기 때 바지락에 침투하여 체액을 주둥이 (proboscis) 로 빨아먹으며 성체로 성장한다. 이 충체에 감염된 바지락의 아가미는 멸실되며 궁극적으로 폐사되는 것으로 알려져 있다. 바지락 폐사로 인하여 치바현에서는 바지락 양식이 중단되었다. 현재까지 이 기생충의 유입 경로에 대해서는 규명된 바 없다 (Taru *et al.*, 2007).

결 론

본 연구를 통하여 바지락에서 발생하고 있는 전염성 병원체의 현황을 검토한 결과 바이러스 3종, 세균 4종, 원생동물 14종, 흡충 10종, 조충 2종 (미동정), 절지동물 4종의 병원체가 바지락에서 검출되고 있으며, 국내에서는 세균 1종, 원생동물 4

중, 흡충 3종, 조충 1종이 확인되었다. 이러한 병원체 중에는 *P. olseni*와 *M. refringens* 등 OIE 에서 지정한 병원체도 포함되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 바지락은 다양한 병원체에 대한 감수성이 높아 국가 간 또는 생태계 간 병원체의 이동에 용이한 매개체 및 감염자의 역할을 담당하는 것으로 판단된다. 이와 더불어 최근 국가간 교역량의 증가, 해수온 상승, 쿠로시오 난류 등 다양한 요인들 (Mccallum *et al.*, 2003; Park, 2012; Yao and Somero, 2014; Cho *et al.*, 2019) 은 우리나라 생태계로의 병원체 확산을 촉진할 수 있음을 시사하고 있다. 실제로 최근 다수의 보고를 통하여 이미 우리나라의 경우 수산물 교역을 통해 외국으로부터 다수의 병원체들이 유입된 것으로 보고되고 있으며, 대표적인 병원체로는 전염성조혈기괴사증 바이러스 (IHNV) (Kim *et al.*, 2007), 뱀장어 버나바이러스 (Kim and Oh, 2014), 새우의 acute hepatopancreatic necrosis disease 유발 세균인 *Enterocytozoon hepatopenaei* 와 *Vibrio parahaemolyticus* (Han *et al.*, 2020) 등이 있다. 현재까지 주요 질병으로 알려진 해산이매패 질병의 특성 중 하나는 수산물의 이동 시 감염되어 있던 병원체들이 새로운 생태계에서 기존 숙주 종뿐만 아니라 새로운 종을 숙주로 삼는 숙주전환의 사례가 많다 (Kim *et al.*, 2006). MSX, *Bonamia ostrea*, *Perkinsus marinus*, *Marteilia refringens* 등은 숙주전환으로 인한 현지 수산업과 생태계에 막대한 피해를 주는 좋은 예이다 (Goedknegt *et al.*, 2015). 따라서 바지락의 경우에도 국제간 교역 시 발생할 수 있는 병원체의 유입을 방지하기 위해서는 수입산 및 국내산 바지락 대상으로 병원체 감염 모니터링을 실시하여 국내 및 수출국의 질병 현황을 파악하고, 이를 기반으로 위험평가가 이루어져야 한다. 이와 더불어 고효율 진단기술 개발, 관련법령 제정 등을 통한 검역 및 방역기준의 강화, 폐사 발생 시 적절한 사후처리에 관한 기술개발 및 행정제도 구축, 폐사 절감을 위한 양식 방법의 연구개발과 바지락 대체종의 개발 등 다양한 대책들이 강구되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술원 (수산생물 검역용 신속 정밀진단 기술 개발) 의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Azevedo, C. (1989) Fine structure of *Perkinsus atlanticus* n. sp. (Apicomplexa, Perkinsea) parasite of the clam *Ruditapes decussatus* from Portugal. *Journal of Parasitology*, **75**(4): 627-35.
- Azevedo, C. (2001) Ultrastructural description of the spore maturation stages of the clam parasite *Minchinia tapetis* (Vilela, 1951) (Haplosporida: Haplosporidiidae). *Systematic Parasitology*, **49**: 189-194.
- Auzoux-Bordenave, S., Vigario, A.M., Ruano, F., Domart-Coulon, I. and Doumenc, D. (1995) *In vitro* sporulation of the clam pathogen *Perkinsus atlanticus* (Apicomplexa, Perkinsea) under various environmental conditions. *Journal of Shellfish Research*, **14**: 469-475.
- Binias, C., Gonzalez, P., Provost, M., Lambert, C. and de Montaudouin, X. (2014) Brown muscle disease: Impact on Manila clam *Venerupis* (= *Ruditapes*) *philippinarum* biology. *Fish & Shellfish Immunology*, **36**: 510-518.
- Bower, S.M., Blackburn, J. and Meyer, G.R. (1992) Parasite and symbiont fauna of Japanese littlenecks, *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850), in British Columbia. *Journal of Shellfish Research*, **11**: 13-19.
- Bower, S.M. (2007) Synopsis of infectious diseases and parasites of commercially exploited shellfish: Haplosporidian infection of clams.
- Cao, H. (1989) Life cycle of *Proctoeces orientalis* sp. nov. in marine bivalves. *Acta Zoologica Sinica*, **35**(1): 58-65.
- CABI (2019) <https://www.cabi.org/isc/datasheet/61697>.
- Chen, M. (1995) The parasitized location of larval *Cercaria elegans* Tang 1992 in *Ruditapes philippinarum* and its histochemistry. *Chinese Science Abstracts Series*, **2**(B14): Part B, 29.
- Cho, M., Kim, K.I., Min, E.Y. and Jung, S.H. (2019) Global outbreak and strategies to control emerging diseases in aquaculture farms in Korea. *Ocean Policy Research*, **34**: 67-88.
- Chun, S.-K. and Kim, Y.-G. (1980) A trematode genus *Bacciger* parasitic in bivalves. *The Korean Society Fisheries and Sciences Education*, **13**(4): 173-178.
- Comps, M. (1982) Étude morphologique d'une infection rickettsienne de la palourde *Ruditapes philippinarum* Adams and Reeve. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, **46**: 141-145. [In French]
- Dang, C., de Montaudouin, X., Gonzalez, P., Mesmer-Dudons, N. and Caill-Milly, N. (2008) Brown muscle disease (BMD), an emergent pathology affecting Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Arcachon Bay (SW France). *Diseases of Aquatic Organisms*, **80**: 219-228.
- Dang, C., Gonzalez, P., Mesmer-Dudons, N., Bonami, J.R., Caill-Milly, N. and de Montaudouin, X. (2009) Virus-like particles associated with brown muscle disease in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, in Arcachon Bay (France). *Journal of Fish Diseases*, **32**: 577-584.
- Dungan, C.F. and Reece, K.S. (2006) *In vitro* propagation of two *Perkinsus* spp. parasites from Japanese Manila clams *Venerupis philippinarum* and description of *Perkinsus honshuensis* n. sp. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **53**: 316-326.

- Elston, R.A. (1986) Occurrence of branchial rickettsiales-like infection in two bivalve molluscs, *Tapes japonica* and *Patinopecten yessoensis*, with comments on their significance. *Journal of Fish Diseases*, **9**: 69-71.
- EURL for mollusk diseases : 2020 <http://www.eurl-mollusc.eu/Main-activities/Tutorials/Marteilia-refringens>.
- FAO (2020) FishStatJ. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>
- Gao, W.H. (2016) The development of nested PCR detection method and genotyping system for ostreid herpesvirus-1. Shanghai Ocean University. [Dissertation]
- Goedknegt, M.A., Feis, M., Wegner, M., Luttkhuizen, P.C., Buschbaum, C., Camphuysen, K., Van der Meer, J. and Thieltges, D.W. (2015) Parasites and marine invasions: Ecological and evolutionary perspectives. *Journal of Sea Research*, **113**: 11-27.
- Gómez-León, J., Villamil, L., Lemos, M.L., Novoa, B. and Figueras, A. (2005) Isolation of *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio splendidus* from aquacultured carpet shell clam (*Ruditapes decussatus*) larvae associated with mass mortalities. *Applied and Environmental Microbiology*, **71**: 98-104.
- Gray, J.E., Belver, E., Adams, A., Richardson, J., Reeve, L. and White, A. (1850) The zoology of the voyage of H.M.S. Samarang, under the command of Captain Sir Edward Belcher, C.B., F.R.A.S., F.G.S., during the years 1843-1846. Reeve & Benham, London.
- Grizel, H. (1985) Etude des récentes épizooties de l'huître plate (*Ostrea edulis* Linné) et leur impact sur l'ostréiculture bretonne. *Thèse Doctorat es Sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France*, 145.
- Grizel, H., Comps, M., Bonami, J.R., Cousserans, F., Duthoit, J.L. and LePennec, M.A. (1974) Research on the agent of digestive gland disease of *Ostrea edulis* Linné. *Science et Pêche Bulletin d'Information et de Documentation de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes*, **240**: 7-30.
- Han, J.E., Lee, S.C., Park, S.C., Jeon, H.Y., Kim, K.Y., Lee, Y.S., Park, S., Han, S.H., Kim, J.H. and Choi, S.K. (2020) Molecular detection of Enterocytozoon hepatopenaei and *Vibrio parahaemolyticus*-associated acute hepatopancreatic necrosis disease in Southeast Asian *Penaeus vannamei* shrimp imported into Korea. *Aquaculture*, **517**: 734812.
- Hamaguchi, M., Suzuki, N. and Usuki, H. (1998) Perkinsus protozoan infection in short-necked clam *Tapes* (= *Ruditapes*) *philippinarum* in Japan. *Fish Pathology*, **33**: 473-480.
- Hamaguchi, M., Sasaki, M. and Usuki, H. (2002) Prevalence of a *Perkinsus* protozoan in the clam *Ruditapes philippinarum* in Japan. *Japanese Journal of Benthology*, **57**: 168-176.
- Hwang, J.-Y., Park, J.-J., Yu, H.-J., Hur, Y.-B., Arzul, I., Couraleau, Y. and Park, M.A. (2013) Ostreid herpesvirus 1 infection in farmed Pacific oyster larvae *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Korea. *Journal of Fish Diseases*, **36** (11): 969-972.
- Itoh, N., Momoyama, K. and Ogawa, K. (2005) First report of three protozoan parasites (a haplosporidian, *Marteilia* sp. and *Marteilioides* sp.) from the Manila clam, *Venerupis* (= *Ruditapes*) *philippinarum* in Japan. *Journal of Invertebrate Pathology*, **88**: 201-206.
- Itoh, N., Yamamoto, T., Kang, S.H., Choi, K.S., Green, T.J., Carrasco, N., Awaji, M. and Chow, S. (2014) A novel paramyxean parasite, *Marteilia granula* sp. nov. (Cercozoa), from the digestive gland of Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Japan. *Fish Pathology*, **49**: 181-193.
- Itoh, N. EURL presentation http://www.eurl-mollusc.eu/content/download/39914/545434/file/1_Japan_mollusc_It_oh.pdf.
- Kang, H.-S., Yang, H.S., Reece, K., Cho, Y.G., Lee, H.-M., Kim, C.W. and Choi, K.-S. (2017) survey on Perkinsus species in Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Korean waters using species-specific PCR. *Fish Pathology*, **52**: 202-205.
- Kang, H.-S., Itoh, N., Limpanont, Y., Lee, H.-M., Whang, I. and Choi, K.-S. (2019) A novel paramyxean parasite, *Marteilia tapetis* sp. nov. (Cercozoa) infecting the digestive gland of Manila clam *Ruditapes philippinarum* from the southeast coast of Korea. *Journal of Invertebrate Pathology*, **163**: 86-93.
- Kim, J.-H., Park, S.-W., Park, C.-I., Oh, M.-J., Jung, S.-J. and Huh, M.-D. (2006) Infectious and parasitic diseases of fish and shellfish. Life Science Publishing Co., Seoul.
- Kim, W.S., Oh, M.J., Nishizawa, T., Park, J.W., Kurath, G. and Yoshimizu, M. (2007) Genotyping of Korean isolates of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) based on the glycoprotein gene. *Archives Virology*, **152**: 2119-2124.
- Kim, W.S. and Oh, M.J. (2014) Genetic positioning of aquabirnavirus isolates from cultured Japanese eel *Anguilla japonica* in Korea. *Diseases of Aquatic Organisms*, **109**: 9-14.
- Kim, Y.G. and Chun, S.K. (1981) A trematode, *Cercaria tapidis* parasitic in the natural stock *Tapes philippinarum*. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **14**(4): 217-220.
- Kim, Y.G. and Chun, S.K. (1983) Studies on a trematode parasitic in bivalves III. On a new gymnohallid cercaria, *Cercaria tapes* n. sp. (trematoda) from a short-necked clam *Tapes philippinarum*. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **16**: 154-159.
- Kim, Y.G., Lee, K.K. and Kim, Y.J. (1995) Studies on parasitic trematodes in bivalves - variation of infection rate of *Cercaria tapidis* and *Cercaria harengulae*. *Journal of Fish Pathology*, **8**(1): 23-30.
- KOSIS (2020) Domestic statistics. <http://kosis.kr/index/index.do>.
- Lee, M.K., Cho, B.Y., Lee, S.J., Kang, J.Y., Jeong, H.D., Huh, S.H. and Huh, M.D. (2001) Histopathological lesions of Manila clam, *Tapes philippinarum*, from Hadong and Namhae coastal areas of Korea. *Aquaculture*, **201**: 199-209.

- Li, Y.G., Guo, Y.J. and Xing, K.Z. (2013) The causative survey of sudden death of Manila clam *Ruditapes philippinarum* cultured in Hangu. Tianjin. *Fisheries Science*, **32**: 424-427.
- Liang, Y.B., Zhang, X.C., Wang, L.J., Yang, B., Zhang, Y. and Cai, C.L. (2001) Prevalence of *Perkinsus* sp. in the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, along the Northern coast of the Yellow Sea in China. *Chinese Journal of Oceanologia et Limnologia Sinica*, **32**: 502-511.
- Ma, S., Chen, J., Chen, B., Xin, F., Zhou, S. and Cui, Y. (1997) Test simulation of environmental factors' effects on short-necked clam (*Ruditapes philippinarum* Adams and Reeve) mortality. *Marine Fisheries Research*, **18**: 9-12.
- Matsuyama, T., Sakai, T., Kiryu, I., Yuasa, K., Yasunobu, H., Kawamura, Y. and Sano, M. (2010) First isolation of *Vibrio tapetis*, the etiological agent of Brown Ring Disease (BRD), in Manila Clam *Ruditapes philippinarum* in Japan. *Fish Pathology*, **45**: 77-79.
- Mccallum, H., Harvell, C. and Dobson, A. (2003) Rates of spread of marine pathogens. *Ecology Letter*, **6**: 1062-1067.
- NFQS (2020) Import quarantine statistics. <http://nfqs.go.kr/2013/index.asp>
- Nakamura, K.C. and Kajihara, T.K.S. (1979) Distribution of a cyclopoid copepod, *Pseudomylicola ostreae* Yamaguti, associated with the marine mussel, *Mytilus edulis galloprovincialis* Lamarck, in Tokyo bay, Japan. *Japanese Society of Systematic Zoology*, **16**: 17-22.
- Nam, K.W., Jeung, H.D., Song, J.H., Park, K.H., Choi, K.S. and Park, K.I. (2018) High parasite burden increase the surfacing and mortality of the Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in intertidal sandy mudflats on the west coast of Korea during hot summer. *Parasites & Vectors*, **11**(1): 42. DOI: 10.1186/s13071-018-2620-3.
- NFRDI (2009) A study on the stability of aquaculture in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. Report of National Fisheries Research & Development Institute.
- NFRDI (2010) A report of Manila clam mortality on the west coast of Korea. <http://m.nifs.go.kr/bbs?id=insmaterial&flag=pre&boardIdx=178&site=&cPage=230&depthFlag=&guibun=A>
- Nicolas, J.L., Ansquer, D. and Cochard, J.C. (1992) Isolation and characterization of a pathogenic bacterium specific to Manila clam *Tapes philippinarum* larvae. *Diseases of Aquatic Organisms*, **14**: 153-159.
- Paillard, C. and Maes, P. (1994) Brown ring disease in the Manila clam *Ruditapes philippinarum*: establishment of a classification system. *Diseases of Aquatic Organisms*, **19**: 137-146
- Paillard, C. (2004) A short-review of brown ring disease, a vibriosis affecting clams, *Ruditapes philippinarum* and *Ruditapes decussatus*. *Aquatic Living Resources*, **17**: 467-475.
- Park, G.-M. (2012) Korean molluscs as auxiliary hosts for parasites: A study of implications for pathogen transmission in a changing climate. *The Korean Journal of Malacology*, **28**(2): 13-19
- Park, K.I. and Choi, K.S., (2001) Spatial distribution of the protozoan parasite *Perkinsus* sp. found in the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Korea. *Aquaculture*, **203**: 9-22.
- Park, K.I., Figueras, A. and Choi, K.S. (2006) Application of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the study of reproduction in the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Mollusca: Bivalvia): II. Impacts of *Perkinsus olseni* on clam reproduction. *Aquaculture*, **251**: 182-191.
- Park, K.I., Paillard, C., Le Chevalier, P. and Choi, K.S. (2006) Report on the occurrence of brown ring Disease (BRD) in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, on the West Coast of Korea. *Aquaculture*, **255**: 610-613.
- Park, K.I., Tsutsumi, H., Hong, J.S. and Choi, K.S. (2008) Pathology survey of the short-neck clam *Ruditapes philippinarum* occurring on sandy tidal flats along the coast of Ariake Bay, Kyushu, Japan. *Journal of Invertebrate Pathology*, **99**(2): 212-9.
- Pretto, T., Zambon, M., Civettini, M., Caburlotto, G., Boffo, L., Rossetti, E. and Arcangeli, G. (2014) Massive mortality in Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) farm in the Lagoon of Venice, caused by *Perkinsus olseni*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **34**: 43-53.
- Renault, T., Lipart, C. and Arzul, I. (2001) A herpes-like virus infects a non-ostreid bivalve species: virus replication in *Ruditapes philippinarum* larvae. *Disease of Aquatic Organisms*, **45**: 1-7.
- Shimura, S., Yoshinaga, T. and Wakabayashi, H. (1982a) Three marine cercariae in the clam *Tapes philippinarum* from lake Hamana, Japan: morphology and level of infection. *Fish Pathology*, **17**: 129-137.
- Shimura, S.G., Yoshinaga, T.M.S. and Wakabayash, H.S.G. (1982b) Two Species of Marine Metacercariae, *Parvatrema duboisi* (Gymnophallidae) and *Proctoeces* sp. (Fellodistomidae), in the Clam *Tapes philippinarum* from Lake Hamana, Japan: Morphology and Level of Infection. *Fish Pathology*, **17**(3): 187-194.
- Song, J.-H. (2015) Strategy for the sustainable development of Manila clam farming industry. *Aquaculture* (Korean "Yangsik"). **9**: 70-74. (in Korean).
- Suh, H.L. and Choi, S.D. (1990) Two copepods (Crustacea) parasitic on the Blue mussel, *Mytilus galloprovincialis*, from the Yongsan river estuary in Korea. *The Korean Society Fisheries and Sciences Education*, **23**(2): 137-140.
- Taru, M., Nakayama, S., Takasaki, H. and Komai, T. (2007) Circumstances that bivalves are infested by *Nymphonella tapetis* at the Banzu-Tide-Land in Tokyo Bay. *Umiushi Tsushin*, **56**: 4-5. [In Japanese]

- Toba, M., Kobayashi, Y., Kakino, J., Yamakawa, H., Ishii, R. and Okamoto, R. (2016) Stocks and fisheries of asari in Japan. *Bulletin of Japan Fisheries Research and Education Agency*, **42**: 9-21.
- Thebault, A., Bergman, S., Pouillot, R., Le Roux, F. and Berthe, F.C. (2005) Validation of in situ hybridisation and histology assays for the detection of the oyster parasite *Marteilia refringens*. *Diseases of Aquatic Organisms*, **65**(1): 9-16.
- Tun, K.L., Itoh, N., Shimizu, Y., Yamanoi, H., Yoshinaga, T. and Ogawa, K. (2008) Pathogenicity of the protozoan parasite *Marteilioides chungmuensis* in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *International Journal for Parasitology*, **38**: 211-217.
- Waki, T., Takahashi, M., Eki, T., Hiasa, M., Umeda, K., Karakawa, N. and Yoshinaga, T. (2018) Impact of *Perkinsus olseni* infection on a wild population of Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Ariake Bay, Japan. *Journal of Invertebrate Pathology*, **153**: 134-144.
- Waki, T. and Yoshinaga, T. (2018) Experimental evaluation of the impact of *Perkinsus olseni* on the physiological activities of juvenile Manila clams. *Journal of Shellfish Research*, **37**(1): 29-39
- Ward, G.M., Bennett, M., Bateman, K., Stentiford, G.D., Kerr, R., Feist, S.W., Williams, S.T., Berney, C. and Bass, D. (2016) A new phylogeny and environmental DNA insight into paramyxids: an increasingly important but enigmatic clade of protistan parasites of marine invertebrates. *International Journal of Parasitology*, **46**: 605-619.
- Wu, S.Q., Wang, C.X., Lin, X.M., Wang, Z.X., Li, X.F., Liu, J., Deng, J.H. and Qiu, S.Y. (2011) Infection prevalence and phylogenetic analysis of *Perkinsus olseni* in *Ruditapes philippinarum* from East China. *Diseases of Aquatic Organisms*, **96**: 55-60.
- Wu, Y.Q., Zhang, B.L. and Sun, D.Y. (1993) A study of the relation between the distribution of dead shells of *Ruditapes philippinarum* and the ecological environment in Jiaozhou Bay. *Transactions of Oceanology and limnology*, **4**: 61-67.
- Xie, L.J., Xie, Z.X., Pang, Y.S., Liu, J.P., Deng, X.W., Xie, Z.Q., Fan, Q. and Luo, S.S. (2012) Epidemiological survey of four protozoans in shellfish of the coastlines in China. *Genomica and Applied Biology*, **31**(6): 559-566.
- Xu, K.D., Meng, F.L., Cao, J.X. and Song, W.B. (1997) Morphological studies on the thigmotrichine ciliate, *Ancistrum crissum* Fenchel, 1965 on the gills of short-necked clam. *Journal of Ocean University of Qingdao*, **27**: 466-470.
- Yang, H.-S., Park, K.-J. and Choi, K.-S. (2010) Pathologic survey on the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve 1850) from Haeju off the western coastal Yellow Sea. *Ocean Science Journal*, **45**(2): 93-100. doi:10.1007/s12601-010-0008-1
- Yanin, L.P., Kang, H.-S., Hong, H.K., Jeung, H.-D., Kim, B.K., Le T.C., Kim, Y.O. and Choi K.-S. (2013) Molecular and histological identification of *Marteilioides* infection in suminoe oyster *Crassostrea ariakensis*, Manila clam *Ruditapes philippinarum* and pacific oyster *Crassostrea gigas* on the south coast of Korea. *Journal of Invertebrate Pathology*, **114**(3): 277-284.
- Yao, C.L. and Somero, G. (2014) The impact of ocean warming on marine organisms. *Chinese Science Bulletin*, **59**: 468-479.
- Yonhapnews agency. (2019) <https://www.yna.co.kr/view/AKR20190923136100063>
- Yu, J.R., Chai, J.Y. and Lee, S.H. (1993) *Parvatrema timondavidi* (Digenea; Gymnophallidae) transmitted by a clam, *Tapes philippinarum*, in Korea. *The Korean Journal of Parasitology*, **31**: 7-12.

