

# 금강 하구 해역의 해수에 병원성 비브리오균(*Vibrio* spp.)의 분포

박선아 · 박권삼\*

군산대학교 식품생명공학과

## Distribution of Pathogenic *Vibrio* spp. in Seawater of the Geum River Estuary Area, West Coast of Korea

Seon-A Park and Kwon-Sam Park\*

Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

The pathogenic *Vibrio* genus denotes halophilic bacteria that are distributed in aquatic environments, including both sea and freshwater. *V. cholerae*, *V. vulnificus*, and *V. parahaemolyticus* are the main species that can be potent human pathogens and the leading cause of septicemia, wound infections, and seafood borne gastroenteritis. The aim of this study was to investigate the presence of pathogenic *Vibrios* in seawater. We obtained a total of 80 seawater samples from the Geum River estuary area in the west coast of Korea from April to December 2021. Pathogenic *Vibrios* was determined using a combination of the most probable number-polymerase chain reaction (MPN-PCR) methods. The detection levels of *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, and *V. vulnificus* in the seawater samples were 7.5%, 68.8%, and 30.0%, respectively. The quantitative results were as follows: 3.6–3.6 MPN/100 mL in *V. cholerae*, 3.6–3,400 MPN/100 mL in *V. parahaemolyticus*, and 3.6–4,300 MPN/100 mL in *V. vulnificus*. Overall, these results provide novel insight into the necessity for seawater sanitation in the Geum River estuary area, and could help reduce the risk of seafood-borne outbreaks caused by pathogenic *Vibrios*.

Keywords: MPN-PCR assay, Pathogenic *Vibrios*, *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*

### 서 론

*Vibrio*균은 그람 음성의 포자를 형성하지 않은 통성혐기성 간균으로 주로 담수 또는 해수에서 검출되며 지금까지 100종 이상이 알려져 있으나 *Vibrio cholerae*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus*, *V. mimicus*, *V. fluvialis*, *V. hollisae* 등 12종은 사람 또는 어류의 질병에 관여하는 병원성 비브리오균으로 알려져 있다(Balows et al., 1991; Baker-Austin et al., 2018). 우리나라에서 가장 문제가 되고 있는 병원성 비브리오균은 비브리오패혈증균(*V. vulnificus*), 비브리오콜레라균(*V. cholerae*) 및 장염 비브리오균(*V. parahaemolyticus*)이며 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률에 근거하여 각각 제3급감염병, 제2급감염병 및 식중독 세균으로 지정하여 관리하고 있다(KDCA, 2022; MFDS, 2022). 우리나라 질병관리청 통계에 의하면 2012년부터 2021년까지 최근 10년간 우리나라에서 비브리오패혈증균에 의해

총 531명의 환자가 발생하였으며 238명이 사망하여 사망률은 44.8%이며, 하절기인 7월에서 10월 사이에 91.1%의 환자가 발생한 것으로 확인된다(KDCA, 2022). 또한 같은 기간에 비브리오콜레라균에 의한 환자 발생은 총 15명이었으나 사망자는 없었다(KDCA, 2022). 식품의약품안전처 식품안전정보포털의 식중독 통계에 의하면 2012년부터 2021년까지 최근 10년간 우리나라에서 장염비브리오균에 의해 발생한 식중독 발생건수 및 환자수는 전체 세균성 식중독 사고의 7.5% 및 3.0%를 차지하고 있다(MFDS, 2022).

비브리오패혈증균은 수온이 15°C 이상의 해수 및 기수에서 검출되며, 감염은 오염된 수산물을 섭취하였거나 상처에 해수가 노출되었을 때 발생하며 발열, 오한, 복통, 설사 등의 증상과 피부병변이 일어나며(Baker-Austin et al., 2018; Baker-Austin and Oliver, 2020), 콜레라균은 오염된 식수나 음식물에 의해 감염되며 설사, 구토감, 근육경련, 복통과 미열을 동반하며 증상

\*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1822 Fax: +82. 63. 469. 7448

E-mail address: parkks@kunsan.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0844>

Korean J Fish Aquat Sci 55(6), 844-849, December 2022

Received 20 September 2022; Revised 31 October 2022; Accepted 2 November 2022

저자 직위: 박선아(대학원생), 박권삼(교수)

이 지속되면 심각한 탈수 증상이 동반된다(Lippi et al., 2016). 장염비브리오균은 해수 또는 기수에서 서식하며 이 균에 오염된 어패류를 생식하거나 불충분하게 가열 처리된 수산물의 섭취를 통해 감염되면 일반적으로 4-96시간의 잠복기를 거쳐 발병하는데 주로 복통, 설사, 구토, 오한 및 미열 등을 동반하는 급성위장염 증상을 유발한다(Honda and Iida, 1993; Zhang and Orth, 2013). 기후 온난화로 인하여 한반도가 아열대화로 빠르게 진행됨에 따라 우리나라 연근해 해양환경의 변화도 가속화되어 병원성 비브리오균에 의한 감염병 및 식중독 사고의 발생 가능성은 점차 높아지고 있는 실정이다. 따라서 병원성 비브리오균에 의한 감염병 발생 및 식중독 사고의 억제를 위해서는 연근해 해역에 대한 지속적이고 체계적인 감시 모니터링의 노력이 절실히 요구되고 있다.

본 연구는 수산식품 매개 병원성 비브리오균의 관리와 질병 예방 및 패류 생산 해역의 위생관리를 위한 기초자료를 제공하고자 2021년 4월부터 12월까지 금강 하구 해역에서 매월 1회 표층 해수를 채취하여 MPN-PCR assay로 우리나라 주요 병원성 비브리오균 3종(*V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* 및 *V. vulnificus*)에 대한 분포를 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 채취

병원성 비브리오균(*V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* 및 *V. vulnificus*)의 정량 및 분리를 위하여 전북 군산시와 충남 서천군에 면하는 금강 하구 해역의 10개소 조사 정점에서 표층 해수는 2021년 4월부터 2021년 12월까지 8월을 제외하고 매월 1회 선박을 이용하여 멸균채수병에 채수 후 얼음이 채워진 아이스박스에 넣어 10°C 이하로 유지하면서 실험실로 옮겨 실험에 사용하였다. 해수의 수온, pH, 염분 및 용존 산소량은 YSI556 multiprobe system (YSI Yellow Springs, OH, USA)를 사용하여 현장에서 측정하였다.

### 병원성 비브리오균의 정량

병원성 비브리오균의 정량은 미국 Food and Drug Administration (FDA)의 bacteriological analytical manual (USFDA, 2019)에 준하여 3 tube MPN (most probable number)법과 PCR (polymerase chain reaction) assay법의 병용으로 실시하

였다. 해수 원액 10 mL를 2% NaCl이 첨가된 double strength alkaline peptone water (APW; Oxoid Ltd., Basingstoke, UK) 10 mL를 포함한 3개 시험관에 접종하였으며, 단계별로 10진법으로 희석한 해수 1 mL는 2% NaCl이 첨가된 10 mL APW의 3개 시험관에 접종하여 35±1.0°C에서 18-20시간 배양 후 배양액 1 mL를 eppendorf tube (AXYGEN, INC., Union City, CA, USA)에 취한 후 12,000 rpm에서 2분간 원심분리하여 균체를 회수하였다. 여기에 멸균 증류수 100 µL를 넣고 현탁 후 100°C에서 10분 가열하고 얼음에 2분간 정치 후 12,000 rpm에서 2분간 원심 분리하여 상층액을 PCR assay를 위한 template DNA로 사용하였다. 균수의 정량은 각 단계별 PCR assay의 양성수를 최확수에 적용하여 해수 100 mL의 MPN 값으로 표기하였다.

### Primers 및 PCR 조건

실험에 사용한 DNA 증폭용 primers의 염기서열 및 증폭 DNA 크기 등은 Table 1에 나타내었다. Primers는 Bioneer (Daejeon, Korea)사에서 합성하였으며, 유전자 증폭에는 EmeraldAmp PCR Master Mix (Takara, Otsu, Japan)를 사용하였다. *V. cholerae*는 *ompW*를 표적 유전자로 하여 PCR 조건은 94°C 5분간 1회 열 변성 후 94°C 30초, 64°C 30초 및 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 30회 반복하여 DNA를 증폭하였다(Nandi et al., 2000). *V. vulnificus*는 *VV2055918*를 표적 유전자로 하여 PCR 조건은 94°C 5분간 1회 열 변성 후 94°C 30초, 64°C 30초 및 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 25회 반복 후 72°C에서 10분간 1회 추가적으로 DNA를 증폭하였다(Kim et al., 2015). *V. parahaemolyticus*는 전사조절단백질 histone-like nucleoid structure (H-NS)의 유전자인 *hns*를 표적 유전자로 하여 PCR 조건은 95°C에서 3분간 1회 열 변성 후 95°C 30초, 55°C 30초, 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 30회 반복하여 DNA를 증폭하였다(No et al., 2011). 양성 반응을 위한 표준균주로는 *V. vulnificus* KCCM 41665, *V. cholerae* KCCM 41626 및 thermostable direct hemolysin (TDH) 양성 균주인 *V. parahaemolyticus* RIMD2210633 (Makino et al., 2003)은 일본 오사카대학교 미생물병연구소에서 분양 받아 사용하였다. 증폭된 DNA 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동 후 ethidium bromide로 염색하여 Vilber Lourmat (Bio-Paint ST4, Paris, France)사 Gel-Doc system으로 DNA 증폭 여부를 확인

Table 1. Primers used in this study

Target gene	Oligonucleotide sequence	Amplicon size (bp)	Reference
<i>VV2055918</i>	5'-CAGCCGGACGTCGTCATTTTG-3' 5'-ATGAGTAAGCGTCCGACGCGT-3'	484	Kim et al. (2015)
<i>ompW</i>	5'-CACCAAGAAGGTGACTTTATTGTG-3' 5'-GGTTTGTGCAATTAGCTTCACC-3'	304	Nandi et al. (2000)
<i>hns</i>	5'-AAACACGTTAACCTATTAATAGG-3' 5'-AACGGGAGCCTTTTAAACAAGA-3'	465	No et al. (2011)

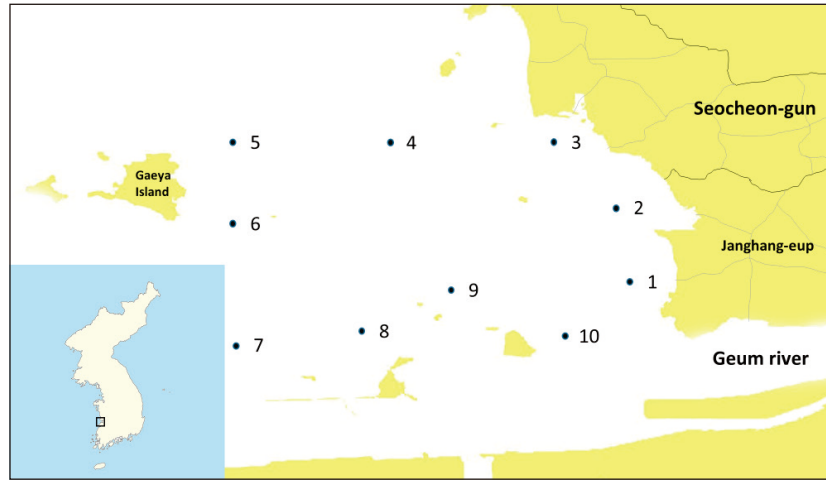


Fig. 1. Location of sampling stations in Geum river estuary area in the west coast of Korea from April 2021 to December 2021.

하였다.

## 결과 및 고찰

### 금강 하구 해역 해수의 환경 요인

2021년 4월부터 12월까지 8월을 제외하고 총 8회에 걸쳐 금강 하구 해역의 10개소 해수 정점에서 표층 해수를 채취하였으며 정점은 Fig. 1 및 Table 2에 나타내었다. 현장에서 측정된 해수의 수온, 염도, pH 및 용존 산소량 등의 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 금강 하구 해역의 4월 평균 수온은  $13.0 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 이었으나 점차 상승하여 7월에는 평균  $27.0 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 로 최고 수온을 나타낸 후 서서히 감소하여 12월에는 평균  $8.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 로 측정되었으며 조사 정점들의 차이는 거의 나타나지 않았다. 염분 농도는 7월에 평균  $29.82 \pm 0.26$  practical salinity units (psu)로 가

장 낮았는데 이는 시료채취 당일을 포함하여 7일간 내린 51.2 mm의 강우로 인한 육상유입수의 영향으로 판단되며, 10월 평균이  $30.71 \pm 0.21$  psu로 가장 높게 측정되었으며 조사 정점 및 월별에 따른 차이는 거의 없었다. 해수의 pH는 12월에 가장 낮은  $7.98 \pm 0.02$  및 10월에 가장 높은  $8.19 \pm 0.03$ 를 기록하였으나 조사 정점 및 월별에 의한 차이는 거의 나타나지 않았다. 해수 중의 용존 산소량은 9월에 평균  $7.02 \pm 0.26$  mg/L로 가장 낮고 4월 평균은  $10.48 \pm 0.67$  mg/L로 가장 높았으며, 해수에 용존 산소량은 하절기에는 대체로 낮고 동절기에는 대체로 높게 측정되었다.

### 병원성 비브리오균의 정량 분석

금강 하구 해역의 표층에서 채취한 80건 해수에 존재하는 3종의 병원성 비브리오균(*V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* 및 *V. vulnificus*)의 농도를 MPN-PCR assay로 정량 분석한 결과는 Table 3에 제시하였다. 장염비브리오균은 55건(68.8%), 비브리오패혈증균은 24건(30.0%) 및 비브리오콜레라균은 6건(7.5%)의 해수에서 양성으로 검출되었다. 월별에 따른 검출 건수를 분석해 보면, 장염비브리오균의 검출은 평균 수온이  $17.4 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 를 기록한 5월까지의 모든 조사정점에서 검출되지 않았으나 수온이  $23.1 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 를 기록한 6월부터 10개소 모든 조사정점에서 균이 검출되기 시작하여  $17.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 기록한 10월까지 모든 조사정점에서 균이 검출되었다. 평균 수온이  $16.8 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 를 기록한 11월에는 9개소 조사정점에서 균이 검출되었으며, 평균 수온이  $8.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 를 기록한 12월에도 6개소 조사정점에서 균이 검출되었다(Fig. 3). 2013–2016년 경남 연안에서 채취한 해수에서 장염비브리오균의 검출율은 8월에 38.7%로 가장 높았고, 9월에 35.5% 및 7월에 22.6%로 검출되었으며, 12월에서 다음해 5월까지의 전혀 검출되지 않았다는 보고(Park et al., 2019)와 본 연구 결과와는 검출율에서 차이가

Table 2. Coordinates of sampling stations in Geum river estuary area in the west coast of Korea from April 2021 to December 2021

Station	Coordinate	
	Latitude	Longitude
1	36°01'01.33"	126°39'24.58"
2	36°02'22.93"	126°38'24.22"
3	36°03'25.51"	126°37'10.56"
4	36°03'20.01"	126°35'56.41"
5	36°03'19.23"	126°34'15.69"
6	36°02'03.80"	126°34'05.81"
7	36°00'09.14"	126°34'14.01"
8	36°00'01.89"	126°35'41.16"
9	36°01'02.41"	126°36'47.99"
10	36°00'27.37"	126°38'33.60"

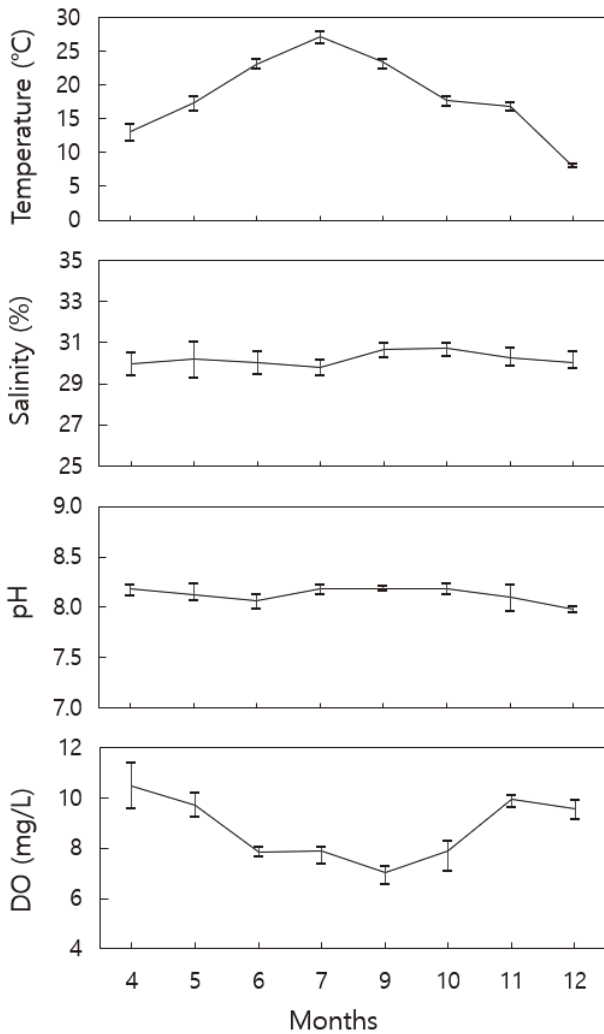


Fig. 2. Temperature, salinity, pH, and DO of seawater in Geum river estuary area in the west coast of Korea from April 2021 to December 2021. Scale bars represent standard deviations. DO, Dissolved oxygen.

크게 나타났다. 또한 우리나라 서해안 연안의 해수에서 장염비브리오균의 검출은 8월에(92.9%)에 가장 높았고, 7월(85.0%) 및 9월(76.5%) 순이었다는 보고(Han et al., 2012)와 본 연구결과는 대체로 유사하였다.

비브리오패혈증균도 수온이 17.4±0.6°C를 기록한 5월까지의 모든 조사정점에서 불검출이었으나 수온이 상승한 6월에서 11월까지 검출이 확인되었는데 6월 및 7월에는 1개소 및 5개소 조사정점에서 검출되었으며, 9월에는 모든 조사 정점, 10월에는 7개소 및 11월에는 1개소 조사정점에서 검출되었다(Fig. 3). 수온이 8.0±0.2°C를 나타내는 12월에는 모든 조사정점에서 검출되지 않아 수온에 의한 영향은 장염비브리오균에 비해 큰 것으로 확인되었다. 2019년부터 2020년까지 경남 가덕도 연안의

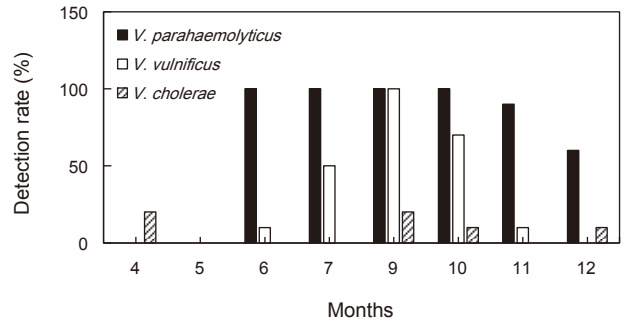


Fig. 3. Monthly occurrence and distribution of pathogenic *Vibrios* spp. detected by MPN-PCR assay from seawater in Geum river estuary area in the west coast of Korea from April 2021 to December 2021.

240건 해수 시료 중 2019년 시료에서는 비브리오패혈증균의 검출은 평균 수온이 15.5–26.2°C에서 검출되었으며, 2020년 시료에서는 평균 수온이 20.4–28.2°C이었던 6월에서 10월 사이에 검출되었다는 보고(Oh et al., 2021) 및 전북 곰소만 해역의 해수에서 비브리오패혈증균의 검출은 7월부터 10월까지 검출되었다는 보고(Cho and Park, 2019)와도 본 연구결과는 매우 유사하였다.

비브리오콜레라균은 4월, 9월, 10월 및 12월에 2개소, 2개소, 1개소 및 1개소 조사정점에서 검출이 확인되었는데 수온이 13.0±0.6°C의 4월, 23.4±0.4°C의 9월, 17.7±0.5°C의 10월 및 8.0±0.2°C를 기록한 12월에도 검출되어 장염비브리오균 및 비브리오패혈증균에 비해 온도에 대한 민감성은 다소 떨어지는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 전북 곰소만 및 변산 해역의 64건 해수에서 비브리오콜레라균은 검출되지 않았다는 결과(Cho

Table 3. Sampling station occurrence and detection of pathogenic *Vibrio* spp. in the seawater in Geum river estuary area in the west coast of Korea from April 2021 to December 2021

Station	Detection rate (%)		
	<i>V. cholerae</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>
1	12.5 (1/8)	75.0 (6/8)	62.5 (5/8)
2	12.5 (1/8)	75.0 (6/8)	12.5 (1/8)
3	12.5 (1/8)	75.0 (6/8)	25.0 (2/8)
4	0.0 (0/8)	62.5 (5/8)	12.5 (1/8)
5	12.5 (1/8)	62.5 (5/8)	25.0 (2/8)
6	0.0 (0/8)	50.0 (4/8)	12.5 (1/8)
7	0.0 (0/8)	62.5 (5/8)	37.5 (3/8)
8	0.0 (0/8)	75.0 (6/8)	37.5 (3/8)
9	25.0 (2/8)	75.0 (6/8)	37.5 (3/8)
10	0.0 (0/8)	75.0 (6/8)	37.5 (3/8)
Total	7.5 (6/80)	68.8 (55/80)	30.0 (24/80)



and Park, 2019) 및 2013년에서 2016년 사이에 경남 연안에서 채취한 348건 해수의 3건(0.9%)에서만 비브리오콜레라균이 검출되었으며 검출 농도는 <math><3.0\text{--}6.2\text{ MPN}/100\text{ mL}</math>이었다는 결과와 유사하였으며, 우리나라 연안 해수에서 비브리오콜레라균의 검출율은 다른 병원성 비브리오균에 비해 매우 낮다는 것이 확인되었다.

양성으로 검출된 해수 시료에서 장염비브리오균의 농도를 조사 정점별로 살펴보면 1번, 2번, 3번, 8번, 9번 및 10번 조사정점에서는 6회가 검출되어 검출율은 75.0%이었다. 조사정점 4번, 5번 및 7번에서는 5회(62.5%) 및 6번 조사정점에서는 4회(50.0%)가 검출되었다(Table 3). 검출율이 높게 나타난 조사 정점은 연안이나 섬에 가까운 정점으로 확인되어 이는 육상에서 유입되는 유입수에 유기물 등이 혼합되어 있어 균 증식에 필요한 영양원으로 작용하였을 가능성이 제기된다. 비브리오패혈증균은 1번 조사정점에서 5회(62.5%)로 가장 높은 빈도로 검출되었으며, 7번, 8번, 9번 및 10번 조사정점에서는 공히 3회(37.5%) 검출되었다. 3번과 5번 조사정점에서는 2회(25.0%) 검출되었으며, 4번 조사정점에서는 1회(12.5%)로 가장 낮게 검출되었다(Table 3). 한편, 비브리오콜레라균은 9번 조사정점에서 2회(25.0%), 1번, 2번, 3번 및 5번 조사정점에서는 각 1회(12.5%) 검출되었다(Table 3).

금강 하구 해역의 해수 55건에서 검출된 장염비브리오균의 농도는 3.6–3,400 MPN/100 mL (평균 266.9 MPN/100 mL) 범위로 검출되었으며, 월별로는 10월에는 9.1–3,400 MPN/100 mL (평균 1,042.6 MPN/100 mL)로 가장 높았으며, 9월에는 9.1–930 MPN/100 mL (평균 147.5 MPN/100 mL), 7월에는 3.6–340 MPN/100 mL (평균 100.5 MPN/100 mL), 11월에는 3.6–93 MPN/100 mL (평균 11.4 MPN/100 mL), 6월에는 9.1–43 MPN/100 mL (평균 20.1 MPN/100 mL) 및 12월에는 9.1–23 MPN/100 mL (평균 11.4 MPN/100 mL) 순으로 나타났다. 조사 정점별로는 6번 조사정점에서 9.1–3,400 MPN/100 mL (평균 858.9 MPN/100 mL), 4번 정점에서 3.6–3,400 MPN/100 mL (평균 685.1 MPN/100 mL), 8번 조사정점에서 9.1–930 MPN/100 mL (평균 293.5 MPN/100 mL), 2번 조사정점에서 9.1–930 MPN/100 mL (평균 201.9 MPN/100 mL), 10번 조사정점에서 9.1–930 MPN/100 mL (평균 186.9 MPN/100 mL), 7번 조사정점에서 9.1–430 MPN/100 mL (평균 166.2 MPN/100 mL), 9번 조사정점에서 9.1–430 MPN/100 mL (평균 136.7 MPN/100 mL), 1번 조사정점에서 9.1–340 MPN/100 mL (평균 80.2 MPN/100 mL), 3번 조사정점에서 9.1–93 MPN/100 mL (평균 31.1 MPN/100 mL) 및 5번 조사정점에서 9.1–93 MPN/100 mL (평균 28.7 MPN/100 mL) 범위로 검출되었다(Table 4).

24건의 해수 시료에서 양성으로 검출된 비브리오패혈증균의 농도는 3.6–4,300 MPN/100 mL (평균 713.8 MPN/100 mL) 범위로 검출되었으며, 월별로는 9월에 3.6–4,300 MPN/100

mL (평균 1,753.0 MPN/100 mL)로 가장 높았으며, 10월에는 3.6–430 MPN/100 mL (평균 155.1 MPN/100 mL), 7월에는 3.6–9.1 MPN/100 mL (평균 4.7 MPN/100 mL), 11월에는 9.1 MPN/100 mL 및 6월에는 3.6 MPN/100 mL의 범위로 검출되었다. 조사정점별로는 2번 조사정점에서 9월에만 2,300 MPN/100 mL 농도로 검출되었으며, 10번 조사정점에서 9.1–4,300 MPN/100 mL (평균 1,579.7 MPN/100 mL), 8번 조사정점에서 3.6–4,300 MPN/100 mL (평균 1,448.9 MPN/100 mL), 1번 정점에서 3.6–4,300 MPN/100 mL (평균 949.3 MPN/100 mL), 9번 조사정점에서 3.6–2,300 MPN/100 mL (평균 782.2 MPN/100 mL), 5번 조사정점에서 9.1–43 MPN/100 mL (평균 26.1 MPN/100 mL), 4번 조사정점에서 9.1 MPN/100 mL, 3번과 6번 조사정점에서 3.6 MPN/100 mL로 검출되어 조사정점 간의 비브리오패혈증균의 농도 차이는 크게 나타났다(Table 4).

6건의 해수에서 검출된 비브리오콜레라균의 농도는 3.6–3.6 MPN/100 mL 범위로 검출되었으며 월별로는 4월에 3번과 9번 조사정점, 9월에는 2번과 9번 조사정점, 10월에는 5번 조사정점 및 12월에는 1번 조사정점에서 검출되었으며 비브리오콜레라균의 농도는 모두 3.6 MPN/100 mL로 확인되었다(Table 4).

비브리오균의 생장에는 염도가 중요한 요인으로 작용한다는 보고가 있으며(Thompson et al., 2006), 탁도 또는 pH의 변화는 병원성 비브리오균의 균수 변화에는 영향은 거의 없는 것으로 보고하고 있다(Go and Jang, 2013). 우리나라 남해안 및 서해안의 해수 및 패류에서 장염비브리오균의 검출과 수온과는 매우 높은 상관관계를 나타낸다는 보고가 다수 존재한다(Yu et al., 2014; Kim et al., 2016; Cho and Park, 2019; Park et al., 2019). 또한 비브리오패혈증균은 7월에서 10월 사이에 남해안과 서해안에서 집중적으로 분리되나 동해안에서는 분리율이 낮은 이유는 수온이 낮고 해수가 청정하며 지형적으로 증식이 용이하지 않은 점이 원인이라고 보고하고 있다(Jeong et al., 2018). 2013년부터 2015년까지 우리나라 전국 연안의 해수 2,220시료를 대상으로 장염비브리오균의 분포를 조사한 결과, 여러 환경인자 중에서는 수온이 가장 밀접한 상관관계( $R^2=0.90$ )를 가지는 것으로 보고하고 있다(Na et al., 2016). 또한 우리나라 연안 해수 및 패류에서 비브리오콜레라균의 검출율은 해역에 따라 다르다는 기존의 보고(Go and Jang, 2013; Jeong et al., 2018; Cho and Park, 2019; Park et al., 2019) 및 동일 해역의 시료에서 비브리오콜레라균의 검출율은 장염비브리오균 및 비브리오패혈증균에 비해 현저히 낮다는 보고도 있다(Cho and Park, 2019). 종합해 보면 병원성 비브리오균의 생장 및 검출에는 해역이 가지고 있는 수온, pH, 염도 및 탁도 등의 여러 해양 환경요인이 복합적으로 작용하는데 그 중에서 수온이 가장 중요하게 작용하는 요인인 것으로 요약된다. 금강 하구 해역은 바지락 등을 포함한 다양한 패류, 해조류 및 어류 양식 등이 활발하게 이루어지고 있다는 점에서 수산물의 안전성 관리를 위하여 위생지표세균 및 병원성 비브리오균의 체계적인 모니터링이 필요하며, 동

시에 해양환경 인자 변화에 대한 지속적인 감시 및 꾸준한 조사도 필요하다고 판단된다.

## References

- Baker-Austin C, Oliver JD, Alam M, Ali A, Waldor MK, Qadri F and Martinez-Urtaza J. 2018. *Vibrio* spp. infections. Nat Rev Dis Primers 4, 1-19. <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0005-8>.
- Baker-Austin C and Oliver JD. 2020. *Vibrio vulnificus*: new insights into a deadly opportunistic pathogen. Environ Microbiol 20, 423-430. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13955>.
- Balows A, Hausler WJ, Herrmann KL and Shadomy HJ. 1991. Manual of Clinical Microbiology. ASM Press, Washington D.C., U.S.A., 384-395.
- Cho ED and Park KS. 2019. Distribution of pathogenic *Vibrio* species in seawater in Gomso bay and Byeonsan, west coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 52, 625-630. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0625>.
- Go YJ and Jang JS. 2013. Relationships of pathogenic *Vibrios* and environmental factors affecting their occurrence in the seawater of Incheon coastal area. Korean J Food Nutr 26, 414-420. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2013.26.3.414>.
- Han AR, Yoon YJ and Kim JW. 2012. Antibiotic resistance and plasmid profile of *Vibrio parahaemolyticus* strains isolated from Kyunggi-Incheon coastal area. Kor J Microbiol 48, 22-28. <https://doi.org/10.7845/kjm.2012.48.1.022>.
- Honda T and Iida T. 1993. The pathogenicity of *Vibrio parahaemolyticus* and the role of the thermostable direct haemolysin and related haemolysins. Rev Med Microbiol 4, 106-113.
- Jeong YL, Myung GE, Choi EJ, Soh SM, Park GJ and Son TJ. 2018. Distribution of pathogenic *Vibrios* in the aquatic environment adjacent to coastal areas of South Korea and analysis of the environmental factors affecting their occurrence. J Environ Health Sci 44, 133-142. <https://doi.org/10.5668/JEHS.2018.44.2.133>.
- KDCA (Korea Disease Control and Prevention Agency). 2022. Infectious Disease Portal. Retrieved from <http://www.kdca.go.kr/npt/biz/npp/ist/bass.bassDissStatsMain.do> on Sep 14, 2022.
- Kim HJ, Ryu JO, Lee SY, Kim ES and Kim HY. 2015. Multiplex PCR for detection of the *Vibrio* genus and five pathogenic *Vibrio* species with primer sets designed using comparative genomics. BMC Microbiol 15, 239. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0577-3>.
- Kim SK, An SR, Park BM, Oh EG, Song KC, Kim JW and Yu HS. 2016. Virulence factors and antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from oyster *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 49, 116-123. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0116>.
- Lippi D, Gotuzzo E and Caini S. 2016. Cholera. Microbiol Spectrum 4, 1-6. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.PoH-0012-2015>.
- Makino K, Oshima K, Kurokawa K, Yokoyama K, Uda T, Tagomori K, Iijima Y, Najima M, Nakano M, Yamashita A, Kubota Y, Kimura S, Yasunaga T, Honda T, Shinagawa H, Hattori M and Iida T. 2003. Genome sequence of *Vibrio parahaemolyticus*: A pathogenic mechanism distinct from that of *V. cholerae*. Lancet 361, 743-749. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)12659-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)12659-1).
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2022. Food Poisoning Statistics. Retrieved from [http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu\\_no=4425&meun\\_grp=MENU\\_NEW02](http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=4425&meun_grp=MENU_NEW02) on Sep 14, 2022.
- Na HY, Hong SH and Chung GT. 2016. The relationship of pathogenic *Vibrio* spp. with marine environmental factors, Korea, 2013-2015. In: Public Health Weekly Report. Korea Centers for Disease Control Prevention 9, 154-158.
- Nandi B, Nandy RK, Mukhopadhyay S, Nair GB, Shimada T and Ghose AC. 2000. Rapid method for species-specific identification of *Vibrio cholerae* using primers targeted to the gene of outer membrane protein OmpW. J Clin Microbiol 38, 4145-4151. <https://doi.org/10.1128/JCM.38.11.4145-4151.2000>.
- No AR, Okada K, Kogure K and Park KS. 2011. Rapid detection of *Vibrio parahaemolyticus* by PCR targeted to the histone-like nucleoid structure (H-NS) gene and its genetic characterization. Lett Appl Microbiol 53, 127-133. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03072.x>.
- Oh HK, Jeong HJ, Jeong GJ, Shin HY, Shin JH, Jung WK, Oh J and Kim YM. 2021. Detection characteristics and antimicrobial resistance of *Vibrio vulnificus* isolated from sea water along the Gadeok island coast. Korean J Fish Aquat Sci 54, 912-917. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0912>.
- Park K, Mok JS, Kwon JY, Ryu AR and Shim KB. 2019. Seasonal and spatial variation of pathogenic *Vibrio* species isolated from seawater and shellfish off the Gyeongnam coast of Korea in 2013-2016. Korean J Fish Aquat Sci 52, 27-34. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0027>.
- Thompson FL, Austin B and Swings J. 2006. The Biology of Vibrios. ASM Press, Washington D.C., U.S.A. <https://doi.org/10.1128/9781555815714>.
- USFDA (U.S. Food and Drug Administration). 2019. Bacteriological Analytical Manual. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam> on Oct 15, 2019.
- Yu HS, Oh EG, Shin SB, Park YS, Lee HJ, Kim JH and Song KC. 2014. Distribution and antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from Korean shellfish. Korean J Fish Aquat Sci 47, 508-515. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0508>.
- Zhang L and Orth K. 2013. Virulence determinants for *Vibrio parahaemolyticus* infection. Curr Opin Microbiol 16, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2013.02.002>.