

2016년도 국내 해양환경내 병원성 비브리오균의 분포 및 해양환경인자간의 상관성 분석

정영일* · 명고은* · 최은진* · 소상문* · 박기준** · 손태종**†
*질병관리본부 국립여수검역소, **질병관리본부 검역지원과

Distribution of Pathogenic *Vibrios* in the Aquatic Environment Adjacent to Coastal Areas of South Korea and Analysis of the Environmental Factors Affecting Their Occurrence

Young-Il Jeong*, Go-Eun Myung*, Eun-Jin Choi*, Sang-Moon Soh*,
Gi-Jun Park**, and Tae-Jong Son**†

*National Yeosu Quarantine Station, Korea Centers for Disease Control and Prevention, Yeosu, Republic of Korea
**Division of Quarantine Support, Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong, Republic of Korea

ABSTRACTS

Objectives: The pathogenic *Vibrios* genus denotes halophilic bacteria that are distributed in aquatic environments, including both sea and freshwater. *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus*, and *Vibrio parahaemolyticus* are the most important species since they can be potent human pathogens and leading causes of septicemia, wound infections, and seafood borne gastroenteritis. The recent emergence of a potential pandemic clone, *V. cholera* serotype O1 and the cholera outbreak in South Korea in 2016 indicates the importance of consistent surveillance of pathogenic *Vibrio* genus within coastal areas.

Methods: The present study was undertaken to determine where and how vibrios live in the aquatic environment adjacent to coastal areas of South Korea. For this survey, a total of 838 samples were obtained at 35 different sites in South Korean coastal areas during the period from January 2016 to December 2016. Pathogenic *vibrios* was determined using the real-time PCR method, and its clones were isolated using three selective plating media. We also monitored changes in seawater and atmospheric temperature, salinity, turbidity, and hydrogen ion concentration at the collection points.

Results: The total isolation rates of *V. vulnificus*, *V. cholera* (non-pathogenic, non-O1, non-O139 serogroups), and *V. parahaemolyticus* from seawater specimens in 2016 were 14.2, 13.48, and 67.06%, respectively.

Conclusions: The isolation rates of pathogenic vibrios genus showed a positive correlation with temperature of seawater and atmosphere but were negatively correlated with salinity and turbidity.

Keywords: *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus*, seawater, aquatic environmental factor

I. 서론

*Vibrios*는 호염성(halophilic)이며 운동성을 갖는 그

람음성 간균(rod-shaped) 세균으로 현재까지 77종의 비브리오균이 확인되었으며, 이중 12종이 인체 질병을 유발하는 것으로 알려져 있다.¹⁻³⁾ 주로 담수와 해

†Corresponding author: Division of Quarantine Support, Korea Centers for Disease Control and Prevention, 187 Osongsaengmyeong2-ro, Osong-eup, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do 28159, Korea, Tel: +82-43-719-7144, Fax: +82-43-719-7159, E-mail: sontaejong@korea.kr

Received: 21 February 2018, Revised: 05 March 2018, Accepted: 06 April 2018

수가 교차하는 하구 또는 해양환경에서 서식하며, 열대와 아열대 기후에서 증식을 잘한다. 병원성 비브리오균의 감염에 의해 발생하는 비브리오증(Vibriosis)의 주요 특징은 설사증상, 원발성 패혈증(septicemia), 창상감염(wound infection) 및 기타 장관계 감염 등으로 알려져 있다. 감염경로는 주로 해수에 접촉하거나 조리되지 않은 해산물 섭취를 통해 이루어진다.³⁻⁶⁾

우리나라의 경우 해양환경이 잘 발달되어 있고 수산물 섭취가 많으며, 더욱이 전통적인 식문화 영향으로 인하여 해산물 섭취 시 가열하지 않고 날 것으로 섭취하는 등 다양한 요인으로 인해 비브리오균 감염증 위험에 노출되어 있다. 우리나라에서 주로 문제시 되는 주요 병원성 비브리오균은 비브리오 패혈증균(*Vibrio vulnificus*), 비브리오 콜레라균(*Vibrio cholerae*) 및 장염 비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)으로 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률에 근거하여 각 제3군 법정감염병, 제1군 법정감염병 및 지정감염병으로 지정되어 관리되고 있다.

2016년에 국내에서 발생한 *V. vulnificus* 감염에 의한 급성 패혈증 환자수는 56건으로 2015년 37건에 대비하여 66% 증가하는 등 국민 보건에 큰 위협이 되고 있다.⁷⁾ 더욱이, 2002년 이후 국내에서 발생하지 않던 콜레라환자가 2016년 8월 해외 유입이 아닌 국내에서 발생하였다. 질병관리본부는 즉각적인 위기대응으로 3명의 콜레라환자에 대한 발병 원인이 된 오염원을 해양환경 내에서 신속히 규명하였으나, 지역사회로의 전파와 집단 발병 우려에 대한 국민적 불안과 함께 수산식품 전반에 대한 안정성을 훼손시킴으로써 사회·경제적으로 큰 손실을 가져왔다. 비록 다각적인 측면에서 역학조사가 이루어졌으나, 현재까지 콜레라균의 명확한 유입원인에 대해선 밝혀지지 않고 있다.

이처럼 기후 온난화로 인해 한반도 기후가 아열대화로 진행됨에 따라 해양환경의 변화가 가속화되어 해양 상재 병원성 비브리오균에 의한 감염 질환 발생 가능성이 점차 높아지고 있는 실정이다.^{8,9)} 특히 *V. cholerae*와 *V. parahaemolyticus* 와 같은 병원성 비브리오균의 경우, 수온과 염도의 변화가 이들 균들의 증식과 분포에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며,¹⁰⁻¹²⁾ 수온의 증가는 3종의 병원성 비브리오균(*V. vulnificus*, *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*)에 의한 감염환자 발생과 관련이 있다고

보고되고 있다.¹²⁾ 따라서, 비브리오균 감염증 환자발생을 억제하고 지역사회로의 확산을 방지하기 위해서는 해양환경 내 인체병원성 비브리오균의 증식변화 추이에 대한 지속적이고 체계적인 감시모니터링의 노력이 요구되고 있다.

질병관리본부는 전국 35개 해안지역에서 3종의 병원성 비브리오균의 연중 분포실태와 주요 해양환경인자들의 변화에 대한 전반적인 조사를 11개 국립검역소와 2개의 시도보건환경연구원이 참여하여 ‘해양환경내 병원성 비브리오 실험실 감시사업’을 통해 실시하고 있다. 본 감시의 목적은 해양환경 내 비브리오균종의 증식 변화추이와 해양환경인자들간의 상관관계를 분석하고, 또한 체계적인 균주 수집을 통해 균주가 갖는 특이적 독성을 분석함으로써 병원성 비브리오균 발생 예측 및 기후 변화와의 관련성을 분석하는데 있다. 뿐만 아니라, 해양환경 내 병원성 비브리오 감시를 통해 *Vibriosis*에 의한 집단감염 발생에 대비한 실험실적 역학자료를 추적하고 그 결과를 활용하여 해양환경 내 *Vibriosis*의 생장과 분포를 예측하여 지역사회에서의 비브리오 감염증 발생 및 확산 방지를 통해 국민 건강을 보호하고자 하였다. 본 연구에서는 2016년 국내 연안에 분포하는 3종의 병원성 비브리오균의 분포현황을 조사하고 해양환경인자의 변화가 미치는 영향을 분석하였다.

II. 재료와 방법

1. 시료 채취 및 전처리

표본 해수시료는 11개 국립검역소와 2개의 시도 보건환경연구원이 전국 35개 해안 연안 지역에서 2016년 1월부터 12월까지 월 2회씩 격주로 채취하였다(Fig. 1). 시료 채취는 정성분석을 위해 수심 1 m 이내 표층 해수 500 mL을 멸균된 플라스틱 채수병을 이용하여 수집하였다. 해양환경인자로 수온, 기온, 염도, 탁도는 가급적 채취현장에서 측정하고, pH는 실험실에서 측정하였다. 수집한 시료는 ice box에 보관하여 2시간 이내에 실험실로 운반하여 즉시 여과한 후 증균배양하였다. 채취한 시료는 0.45 µm pore size nitrocellulose membranes (Millipore Corp. Bedford, MA)을 이용하여 여과를 하되, 해수 부유물 제거를 위해 Whatman 541 paper 1장을 nitrocellulose 여과지 위에 겹쳐 여과를 실시하였다. 증균배양은 여

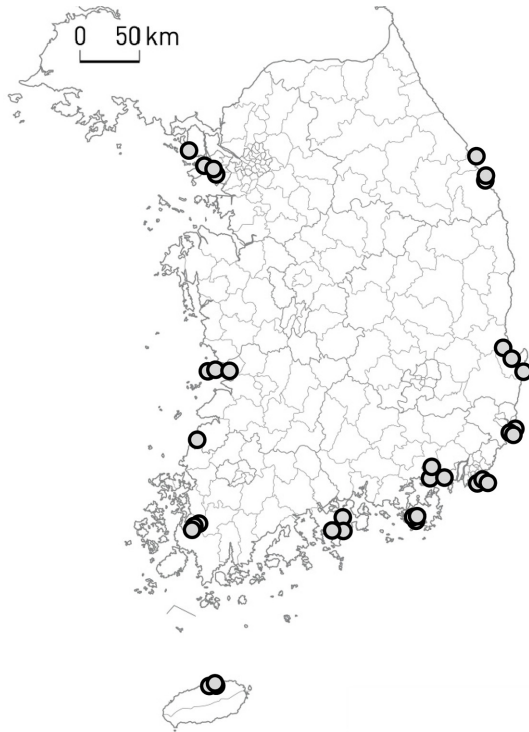


Fig. 1. Seawater samples collected from 35 coastal sites in South Korea. Laboratory surveillance of pathogenic marine *Vibrio* spp. was performed at the 35 coastal sites in South Korea, 2016.

과된 nitrocellulose을 alkaline peptone water (APW, pH 8.4, 2% NaCl) 20 mL에 넣어 37°C 배양기에 12 시간 이상 정치 배양시켰다.^{13,14)}

2. 핵산 추출 및 real-time PCR

증균된 APW 배양액 중 1 mL을 microtest tube에 취한 후, 12,000 rpm에서 2분간 원심 분리한 후 상층액을 제거하였다. 핵산추출을 위해 멸균 증류수 200 μ L을 첨가하여 현탁시킨 후, 12,000 rpm에서 2분간 원심 분리하여 상층액을 제거하였다. DNA추출을 위해 멸균 증류수 200 μ L을 첨가한 후 100°C에서 10분간 가열하고 얼음에 2분간 정치시킨 후 13,000 rpm에서 2분간 원심 분리하였다. 분리된 상층액은 새로운 1.5 mL microtest tube에 옮겨 담은 후, real-time PCR을 위한 주형 DNA로 이용하였다.

3종의 병원성 비브리오균 분석을 위해 PowerChek™ *Vibrio* Triplex Real-time kit (Kogenebiotech Co.,

Korea)을 이용하여 확인하였다. 균별 표적유전자는 *hlyA* (*V. cholerae*), *tlh* (*V. parahaemolyticus*), 및 *vvhA* (*V. vulnificus*)을 이용하였으며, 증폭조건은 50°C에서 2분간 1 cycle, 95°C에서 10분간 1 cycle 반응시킨 후, 95°C에서 15초, 60°C에서 1분을 1 cycle로 하여 40 cycle을 ABI7500fast sequence detection system (Applied Biosystems)을 사용하여 반응시켰다. 결과관정은 분석한 시료의 Ct값이 33이하에서 증폭이 나타났을 경우, 시료는 해당 비브리오균의 유전자가 검출된 것으로 판정하였다.

3. 통계분석

병원성 비브리오균 분리율과 해양환경인자들에 대한 자료는 SPSS (version 21)과 Micro Soft Excel 2010을 사용하여 통계 처리하여 각각의 해양환경인자가 병원성 비브리오균의 증식과 분포에 미치는 영향을 분석하였다. 각 실험항목에 따라 평균과 표준편차를 구하여 전반적인 경향을 파악하고, 변수간의 유의성 및 관련성 검증은 모집단 평균의 차이유무를 판단하는 t 검정(t-test)을 사용하였으며, 통계적 유의성은 *p*-value가 0.05 이하 값일 때 유효한 것으로 판정하였다. 병원성 비브리오균 분리율과 환경인자들간의 상관관계는 선형회귀분석을 사용하였다.

III. 결 과

1. 해양환경 내 병원성 비브리오균 분포현황

본 연구에서는 2016년 1월 1일부터 12월 30일까지 35개 지점에서 국내 인근 연안의 해수를 대상으로 838개의 해수 검체를 수집하여 3종의 병원성 비브리오균 분포현황을 분석하였다(Fig. 1 and Table 1). 이중 병원성이 확인되지 않은 비용집성, 비독소형 비브리오 콜레라균인 *V. cholerae* Non-O1/Non-139의 경우 real-time PCR 유전자 검사를 통해 총 177건이 양성으로 양성률이 21.1%로 확인되었으며, 단일균주 분리건수는 113건으로 균주분리율은 13.5%로 확인되었다. 또한, *V. vulnificus*의 경우 PCR양성 332건으로 양성률 39.6%를 나타냈으며, 119개의 균주를 분리 동정하여 분리율 14.2%를 나타내었다. *V. parahaemolyticus*의 경우 가장 많은 623건이 PCR양성으로 확인되었으며, 562개의 균주를 분리하여 PCR 양성률과 균주분리율이 각 74.3%, 67.1%를 나타내

Table 1. Occurrence and distribution of pathogenic *Vibrios* spp. detected by real-time PCR and colony isolation from seawater samples collected from 35 coastal sites in South Korea, 2016

The surveillance year	No. of surveillance regions	No. of sites	No. of samples	No. of samples positive					
				<i>V. cholerae</i> Non-O1/Non-139		<i>V. vulnificus</i>		<i>V. parahaemolyticus</i>	
				Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)	Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)	Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)
2016	13	35	838	177 (21.1)	113 (13.5)	332 (39.6)	119 (14.2)	623 (74.3)	562 (67.1)
2015	13	35	719	145 (20.2)	72 (10.0)	190 (26.4)	75 (10.4)	517 (71.9)	464 (64.5)

Table 2. Monthly occurrence and distribution of pathogenic *Vibrios* spp. detected by real-time PCR and colony isolation from seawater samples collected from 35 coastal sites in South Korea

Month	No. of sites	No. of samples	No. of samples positive					
			<i>V. cholerae</i> Non-O1/Non-139		<i>V. vulnificus</i>		<i>V. parahaemolyticus</i>	
			Multiplex-PCR (%)	Colony isolation* (%)	Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)	Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)
Jan	13	26	6 (23.1)	3 (11.5)	1 (3.8)	0 (0.0)	12 (46.2)	7 (26.9)
Feb	13	26	7 (26.9)	3 (11.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (42.3)	10 (38.5)
Mar	13	70	12 (17.1)	5 (7.1)	5 (7.1)	1 (1.4)	17 (24.3)	19 (27.1)
Apr	13	70	17 (24.3)	8 (11.4)	7 (10.0)	2 (2.9)	23 (32.9)	18 (25.7)
May	13	70	14 (20.0)	9 (12.9)	15 (21.4)	6 (8.6)	37 (52.9)	31 (44.3)
Jun	13	70	22 (31.4)	16 (22.9)	30 (42.9)	9 (12.9)	65 (92.9)	49 (70.0)
Jul	13	70	19 (27.1)	14 (20.0)	46 (65.7)	22 (31.4)	61 (87.1)	59 (84.3)
Aug	13	130	26 (20.0)	23 (17.7)	70 (53.8)	23 (17.7)	126 (96.9)	119 (91.5)
Sep	13	140	27 (19.3)	17 (12.1)	93 (66.4)	36 (25.7)	135 (96.4)	127 (90.7)
Oct	13	70	10 (14.3)	7 (10.0)	47 (67.1)	16 (22.6)	65 (92.9)	59 (84.3)
Nov	13	70	11 (15.7)	4 (5.7)	18 (25.7)	4 (5.7)	54 (77.1)	48 (68.6)
Dec	13	26	6 (23.1)	4 (15.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	17 (65.4)	16 (61.5)

었다(Table 1).

이들 병원성 비브리오균의 월평균 PCR 양성률 및 단일균주분리율에 대한 연중 변화추이를 살펴보면, *V. cholerae* Non-O1/Non-139의 경우, 1월부터 점차적으로 증가하다, 6월에 가장 높은 PCR 양성률(31.4%)과 균주분리율(21.43%)을 나타냈다. 연중 최저치는 11월로 PCR 양성률과 균주분리율이 각 15.7%, 5.71%로 확인되었다(Table 2). 2016년과 2015년간 유의성을 분석한 결과 월별 평균 균주분리율은 12.83%로 전년도 9.17%에 비해 역시 3.66%가 높게 확인되었지만, 두 집단간의 통계적 유의성($p < 0.1061$)은 나타나지 않았다(Fig. 2). *V. vulnificus*의 경우 균주가 최초로 분리된 3월 분리된 이후 5월부터 PCR 양성률과 균주분리율이 점진적으로 증가하다가 7월부터 10월까지 높은 PCR 양성률과 균주분리율이 유

지되었다. 연중 가장 높은 PCR 양성률을 보인 시기는 9월(66.4%)이었으며, 균주분리율은 7월에 연중 최고치(31.4%)를 나타냈었다. 그러나, 11월부터는 수온의 감소 등으로 인해 균주분리율이 급감하였으며, 12월에는 균주분리 뿐만 아니라 real-time PCR 검사에서도 균은 검출되지 않았다(Table 2). 2016년 월평균 균주분리율은 10.41%로 2015년(8.93%)에 비해 1.48% 증가하였지만 2016년과 2015년의 월별 균주분리율간의 유의성 분석에 있어서는 통계적 유의성($p < 0.2746$)이 확인되지 않았다(Fig. 2). *V. parahaemolyticus*의 경우, 5월부터 증가하기 시작하여 12월까지 높게 유지되었다. 특히 8월 경우 PCR 양성률과 균주분리율 모두 연중 최고치를 기록하였다(Table 2).

지역별 병원성 비브리오균의 균주 분리현황을 살

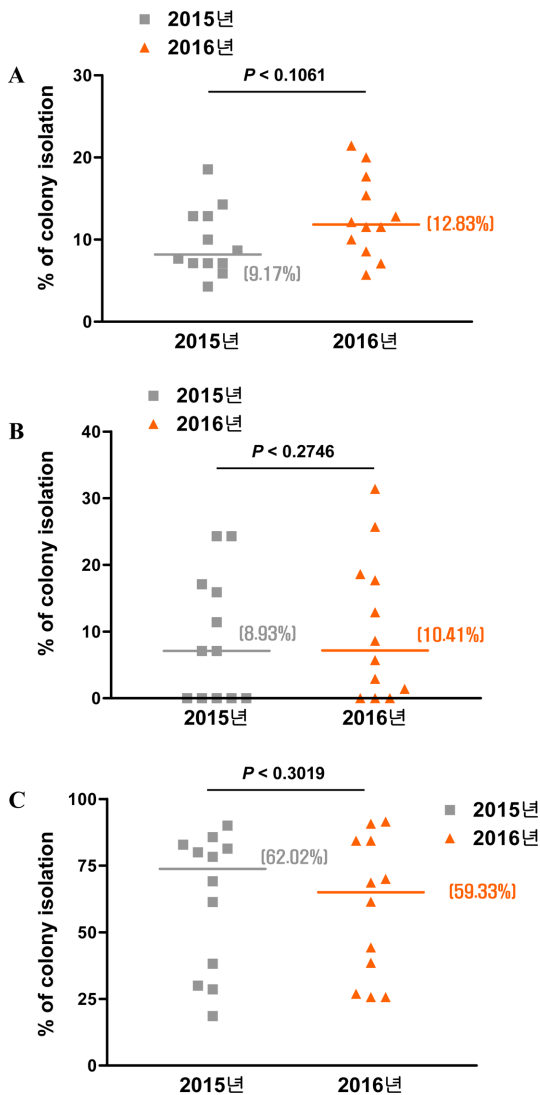


Fig. 2. The comparison of monthly mean rate of colony isolation of pathogenic *Vibrio* spp. from seawater samples collected from 35 coastal sites in 2015 and 2016. Monthly rate of colony isolation on *V. cholera* non-O1/O139 serotype group (A), *V. vulnificus* (B), and *V. parahaemolyticus* (C), respectively. % in graph indicate the mean rate of colony isolation of pathogenic *Vibrio* spp. in 2016 or 2015.

퍼보면, *V. cholerae* Non-O1/Non-139의 경우 여수 지역이 가장 높은 분리율(31.9%)을 나타내었으며, *V. vulnificus*의 경우, 마산지역이 44.8%로 타 지역에 비해 높은 균 검출빈도를 보였다. *V. parahaemolyticus*

의 최대 검출지역은 울산지역으로 94.4%를 나타내었다(Table 3).

분리된 균주중에서 *V. parahaemolyticus*가 70.78%로 절대적으로 높은 비율로 해양환경에서 분포하는 것으로 확인되었으며, *V. vulnificus*와 *V. cholerae* Non-O1/Non-139가 각 14.98% 및 14.23% 순으로 분포비율을 나타냈다. 이는 전년에 비해 *V. parahaemolyticus*가 5.16%가 감소하고, *V. vulnificus*는 2.71%, *V. cholerae* Non-O1/Non-139는 2.45%가 증가된 양상을 보였다(Table 4).

2. 해양환경인자의 변화

병원성 비브리오균의 성장은 계절적 요인 등 다양한 해양환경인자의 변화에 따라 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 해양환경인자와 병원성 비브리오균의 증식간의 관계를 분석하기 위해 몇 가지 균 생장에 중요한 해양환경인자들을 시료채취와 함께 측정하였다. 측정된 5가지 해양환경인자는 수온, 기온, 염도, 및 탁도, 수소이온농도(pH)이다. Figure 3는 2015년과 2016년 각 35개의 채수 지점에서 측정된 월별 수온과 염도의 평균값 변화를 보여주고 있다.

월평균 수온 변화의 특징은 연중 가장 최저치를 나타낸 2월(7.3°C)를 시작으로 이 후 점차적으로 증가하여 8월에 26.8°C로 최고치를 나타내었다. 2016년 월별 평균 수온은 2015년과 비교하였을 때, 수온의 변화에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나, 염도의 경우, 가장 높은 수치를 보인 1월(31.0‰) 이후부터 점차적으로 감소하여 7월에 최저치(24.5‰)를 나타내었으며, 특징적으로 5월부터 11월까지 전년도에 비해 염도가 낮게 형성되었다. 특히 10월의 경우 전년동월에 비해 평균 염도가 3.2‰ 낮은 수치를 보였다(Fig. 3).

3. 병원성 비브리오균의 분포와 해양환경인자간의 상관관계

병원성 비브리오균별 균주분리율과 해양환경인자들간의 상호 연관성을 확인하기 위해 상관관계 분석을 수행하였다. 상관관계분석에 사용된 변수는 월별 균주분리율과 월평균 수온, 염도, 기온, 탁도, 및 pH의 측정치를 사용하였다. Table 4에서는 이들 5개 인자와 3종 병원성 비브리오균 분리율간의 상관관계

Table 3. Regional occurrence and detection pathogenic *Vibrios* spp. detected by real-time PCR and colony isolation from sea water samples collected from coastal sites in South Korea

Participating institution (Quarantine station)	No. of sites	No. of samples	No. of samples positive					
			<i>V. cholerae</i> Non-O1/Non-139		<i>V. vulnificus</i>		<i>V. parahaemolyticus</i>	
			Multiplex-PCR (%)	Colony isolation* (%)	Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)	Multiplex-PCR (%)	Colony isolation (%)
Incheon	3	72	6 (8.3)	1 (1.4)	33 (45.8)	0 (0.0)	56 (77.8)	56 (77.8)
Gunsan	3	72	9 (12.5)	5 (6.9)	35 (48.6)	20 (27.8)	53 (73.6)	57 (79.2)
Mokpo	3	72	20 (27.8)	19 (26.4)	38 (39.6)	10 (13.9)	55 (76.3)	55 (76.3)
Yeosu	3	72	30 (41.7)	23 (31.9)	30 (41.7)	19 (26.4)	40 (55.6)	39 (54.2)
Tongyeong	3	72	3 (4.2)	0 (0.0)	27 (37.5)	3 (4.2)	53 (73.6)	35 (48.6)
Masan	3	72	12 (16.6)	12 (16.6)	33 (45.8)	32 (44.8)	44 (61.1)	44 (66.1)
Busan	3	72	8 (11.1)	5 (6.9)	11 (15.3)	6 (8.3)	55 (76.4)	46 (63.9)
Ulsan	3	72	50 (69.4)	20 (27.8)	59 (81.9)	0 (0.0)	69 (95.8)	68 (94.4)
Pohang	3	69	4 (5.8)	4 (5.8)	22 (31.9)	0 (0.0)	44 (63.8)	33 (47.8)
Donghae	3	69	1 (1.5)	0 (0.0)	2 (2.9)	0 (0.0)	35 (50.7)	26 (37.7)
Jeju	3	72	9 (12.5)	0 (0.0)	8 (11.1)	0 (0.0)	56 (77.8)	44 (61.1)

Table 4. Distribution of pathogenic *Vibrio* spp. detected by colony isolation from seawater collected from coastal environment in South Korea, 2016 and 2015

Distribution ratio of pathogenic <i>Vibrio</i> spp. (%)	2016			2015		
	<i>V. Cholerae</i> (Non-O1/O139)	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. Cholerae</i> (Non-O1/O139)	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>
	14.23	14.98	70.78	11.78	12.27	75.94

정도를 보여주고 있다. *V. cholerae* Non-O1/Non-139 과 수온 및 기온간의 상관계수는 각 0.838, 0.879로 높은 양의 상관관계를 갖는 것으로 확인되었다. 반면, 염도의 경우, 상관계수가 -0.777로 높은 음의 상관관계를 나타내었다. *Vibrio vulnificus*의 경우 수온의 변화와는 높은 양의 상관관계(상관계수 0.981)를 갖는 것으로 확인되었다. 뿐만 아니라, 기온과도 높은 양의 상관관계(상관계수 0.950)를 나타내었다. 염도와와의 관계에 있어서는 상관계수가 -0.904으로 높은 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. *Vibrio parahaemolyticus*의 경우도 수온과 염도에서 상관계수가 각 0.916 및 -0.815로 매우 높은 상관관계를 갖는 것이 확인되었다(Table 5).

IV. 고찰 및 결론

2016년 우리나라 연안에서 검출되는 3종의 병원성

비브리오균 분포 양상은 몇 가지 특징을 나타내었다. 첫 번째로 2015년 대비 2016년 *V. cholerae* Non-O1/Non-139과 *V. vulnificus*의 증식변화를 들 수 있다. 2016년 비응집성 *V. cholerae* Non-O1/Non-139의 연평균 균주분리율은 13.5%로 10.0%을 기록한 2015년 대비 3.5% 증가하였으며, 월평균 균주분리율에서도 균 증식이 높은 6월부터 8월까지 2015년 대비 최고 12.73%에서 최소 4.83%가 증가하는 특징을 보였다(Table 1, 2, and Fig. 2). 지역적으로 높은 분리율을 보인 곳은 여수(31.9%), 울산(27.8%), 목포(26.4%)순으로 나타났다(Table 3). 또한, *V. vulnificus*의 경우, 2016년 연평균 균주분리율은 14.2%로 전년(10.4%) 대비하여 3.8%가 증가하였다. 연중 가장 높은 월평균 균주분리율을 나타낸 시기는 7월로 31.4%를 기록하였으며, 10월까지 높은 수준의 균주분리율을 나타내었다(Table 1 and 2). 또한, 균종별 분포 변화에 있어서도 전형적인 우점종인 장염비브리

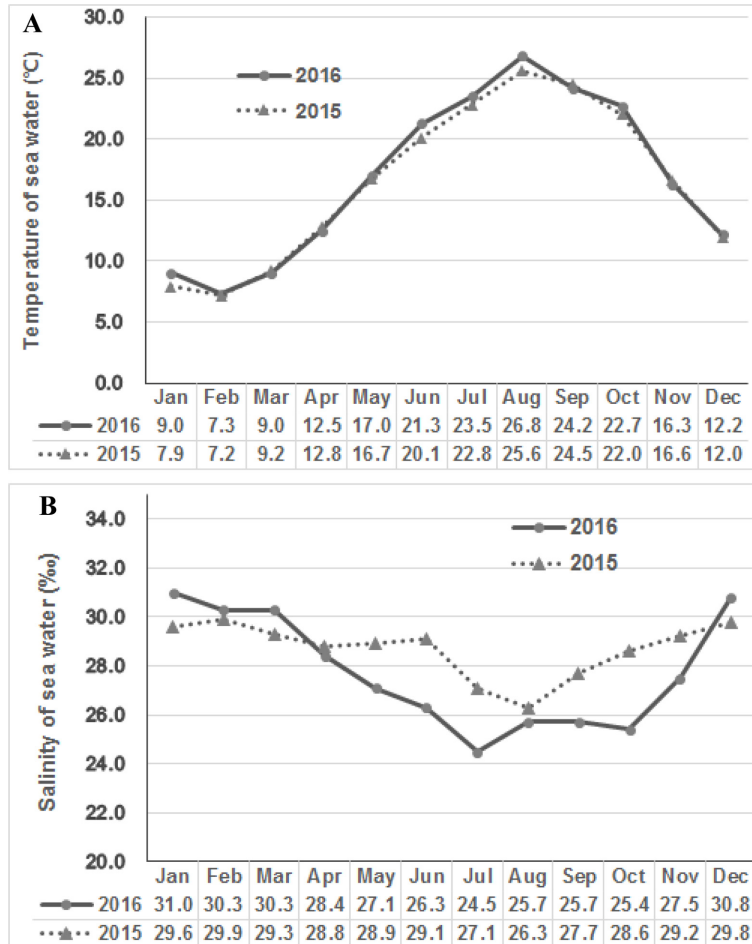


Fig. 3. The monthly changes of marine environment factors at seawater collecting points. Graph indicates the monthly changes in the temperature (A) and salinity (B) of seawater.

오균의 비중이 전년대비 5.16%가 감소한 반면 *V. vulnificus*과 *V. cholerae* Non-O1/Non-139의 경우 각 2.71, 2.45%가 증가하는 특징을 보였다(Table 4). 이는 국내 비브리오패혈증 환자가 2015년에 37건이 보고되었으나, 2016년에는 59건으로 63%의 환자 증가세를 보인 결과와 비교하면 시사하는 바가 크다.^{7,12)} 따라서, 향후 지속적인 감시를 통해 기후변화에 따른 해양환경 변화와 병원성 비브리오균의 성장과 분포 그리고 지역사회 내 환자발생간의 관련성에 대한 지속적인 조사가 필요할 것이다.

두 번째는 *V. vulnificus*의 남해안과 서해안 집중현상이다. 2016년의 경우 전체 *V. vulnificus* 균주 분리건 중 남해안 지역(부산, 마산, 통영, 여수)에 분리

된 건수는 60건으로 전체 50.4%를 차지하였으며, 서해안 지역(인천, 군산, 목포)의 경우 59건으로 49.6%를 차지하여 두 해안권역에서만 모든 *V. vulnificus*가 검출되는 지역적 편중현상을 보였다. 동해안의 경우 수온이 차고 해수가 청정하며, 또한 지형적으로도 *V. vulnificus*의 증식이 용이하지 않은 것으로 사료된다(Table 3).

해양환경인자인 수온, 기온, 염도, 탁도 및 pH와 3종 비브리오균 분리간의 상관관계에서 이전의 연구에서는 균분리와 환경적인 변수와 관계에서 수온, 탁도는 양의 상관관계가, 염도는 음의 상관관계가 있는 것으로 보고되고 있다.^{3-5,8)} 국내 인천연안지역을 대상으로 한 연구결과에 따르면, 3종 비브리오균 증

Table 5. Correlation between environment factors (temperature of seawater and atmosphere, salinity, turbidity, and pH) and isolation of pathogenic *Vibrios* spp. from seawater samples collected from 35 coastal sites in South Korea

Classification	Correlation Coefficient (<i>r</i>)		
	<i>V. Cholerae</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>
Temperature of seawater	0.838	0.981	0.916
Temperature of atmosphere	0.879	0.950	0.839
Salinity	-0.777	-0.904	-0.815
Turbidity	-0.438	-0.115	0.131
pH	0.102	0.191	0.078

식은 수온, 탁도, pH와는 양의 상관관계를 보인 반면, 염도에서는 음의 상관관계를 갖는 것으로 확인되었다.^{8,15)} 한편, 국외연구보고에 따르면 미국동부 및 서부연안에서 *V. vulnificus* 증식은 수온과 염도와 강한 상관관계를 갖는 것으로 확인되었다.¹⁶⁻²¹⁾ 본 연구에서는 3종의 병원성 비브리오균의 증식이 수온, 기온 및 염도와는 깊은 상관관계를 나타내지만, 그 외 탁도 및 pH와의 상관관계는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 특징적으로 연중 월평균 수온은 최저 7.3°C (2월)에서 최고 36.8°C (8월)까지 변화폭을 보였는데, *V. vulnificus*의 경우 월평균수온이 15°C 이하로 떨어지게 되면 균 분리가 현저히 감소되는 특징을 보였다. 즉, 전체 *V. vulnificus* 분리에서 월평균 수온이 15°C 이하로 기록된 1월에서 4월 및 12월에서 분리된 균주건수는 총 3건으로 연간분리건수(119건)에 2.5%에 불과하였다(Fig. 3 and Table 2). 이는 Pfeffer *et al.*²⁰⁾의 연구에서 *V. vulnificus*이 14°C 이하에서는 이들의 증식이 급격히 감소되는 것으로 보고한 점과 유사한 결과를 보였다. 뿐만 아니라, 수온이 *V. cholerae* Serovar O1의 증식에 미치는 영향을 실험실수준에서 해양환경을 조성하여 규명한 Huq *et al.*²²⁾의 연구에 따르면, 수온이 25~30°C에서 균 증식이 급격한 증가하였으나, 5°C 및 15°C에서는 성장이 현저히 저해되는 것으로 확인되었다. 따라서 연중 높은 균주분리율을 나타낸 7월에서 10월사이 월평균 수온이 최저 22.7°C에서 최고 26.8°C을 보인 점을 통해 국내 해양환경 내에서 병원성 비브리오균의 증식활동은 24°C 내외에서 가장 적합한 것으로 확인되었다.

Thompson JR *et al.* 등은 염도가 비브리오 균종의 생장에 밀접한 영향을 주고 있다고 보고한 바 있다.^{2,3,6)} 또한, Huq *et al.*²²⁾의 연구에서는 수온이 9°C 이하

로 낮을 때는 염도에 상관없이 균 증식이 억제되나, 9°C 이상으로 상승할 때는 염도가 이들 세균의 증식에 중요한 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그러나, 염도가 15‰ 이하의 환경조건에서는 오히려 균 성장과 요각류(橈脚類, copepods)와 같은 동물성 플랑크톤에 부착률이 감소하는 것으로 보고하였다. 이를 바탕으로 앞서 서술한 수온과의 관계를 고려하여 분석하건대, 2016년 국내 연안에서 기온과 수온의 변화는 2015년 대비 비슷한 양상을 보였으나, 2016년 연중 월평균 염도의 변화폭은 하절기인 7월에 24.5‰에 최저치를 기록하였고 동절기인 1월에 31‰로 최고치를 기록하였다. 이는 2015년과 비교 시 5월부터 10월까지 월별 평균 염도가 최대 3.4%의 감소를 보임으로서 2016년 국내 해양환경 내에서 염도의 뚜렷한 감소세가 확인되었다. 따라서, 이러한 염도의 감소는 2016년 국내 해양 환경 내에서 비용집성 *V. cholerae* Non-O1/Non-139 및 *V. vulnificus* 증가의 원인으로 작용하였을 것으로 판단되었다.

Go *et al.*⁸⁾은 인천 연안지역의 해양환경요인과 병원성 비브리오균의 분포와의 관련성 연구에서 탁도와 병원성 비브리오균 증식과는 음의 상관관계를 갖는 것으로 보고하였다. 그러나, Pfeffer *et al.*²⁰⁾ 및 Oliver *et al.*²¹⁾ 등이 보고한 국외연구에서는 역으로 탁도는 병원성 비브리오균속의 증식과 양의 상관관계를 형성하는 것으로 보고하였다. 이처럼 탁도는 수온이나 염도에 비해 병원성 비브리오균 증식과의 상관관계에 있어서 현재까지는 명확한 관계를 설명하지 못하는 실정이다. 본 연구에서는 *V. cholerae* Non-O1/Non-139의 경우 탁도와의 상관계수가 -0.438로 약한 음의 상관관계를 갖는 것으로 확인되었으며, *V. vulnificus*는 -0.115로 매우 약한 음의 상관관계가 확인되었다. 오히려 *V. parahaemolyticus*는 0.131로 매

우 약한 양의 상관관계를 갖는 것으로 분석되었다 (Table 5). 한편 Johnson *et al.*²³⁾은 탁도의 경우 바닷물, 굴(oyster), 및 갯벌 등 검체 내 *V. parahaemolyticus*를 예측할 수 있는 중요한 환경지표로 균 증식과 음의 상관관계를 갖는 것으로 보고하였다. 이러한 점은 *V. parahaemolyticus*만이 탁도와와의 상관성에서 음의 상관관계를 형성하는 본 연구의 분석결과를 잘 뒷받침해주고 있다. 그러나, 탁도가 병원성 비브리오균에 미치는 영향에 대한 규명은 향후 명확한 상관관계를 기전적으로 설명할 필요가 있을 것이다.

병원성 비브리오균의 성장에서 최적의 pH는 약 pH 7.5에서 pH 8.5로 알려져 있다. Huq *et al.*²²⁾에 따르면, 산성의 pH 6.5 이하에서는 *V. cholerae*의 생장이 급격히 저해 받는 것으로 보고하였다. 본 연구를 통해 확인된 연중 국내 연안내 pH의 변화폭은 최저 7.4에서 7.6으로 변화폭이 미미하였다. 따라서, 이미 최적의 pH 범주내에서 좁은 pH 변화폭에서 3종의 병원성 비브리오균종의 균주분리율과 pH간의 뚜렷한 상관관계를 찾는 것은 큰 의미를 가지지 않는 것으로 사료된다(Table 5).

지금까지 2016년 해양환경 내에 상재하는 3종의 병원성 비브리오균의 분포현황과 특징적인 변화를 분석하였다. 최근 5년간 우리나라 비브리오 패혈증 환자의 발생의 건수는 연간 54.8명에 달한다.⁷⁾ 패혈증 환자의 발생을 낮추기 위해서는 수산물 가공시 충분한 위생 관리와 개인의 각별한 주의가 매우 중요한 부분으로 보건당국의 예방 홍보 및 교육이 현실적인 해답이 될 수 있을 것 이다. 그러나, 우리나라는 지형적으로 삼면이 해양 환경을 접하고 있고 날것으로 수산물을 섭취하는 식습관으로 인해 상시적으로 병원성 비브리오균에 의한 감염 위험에 언제나 노출되어 있다. 따라서, 국민건강을 보호하고 수산물 안정성 관리를 위해 해양환경내 병원성 비브리오균에 대한 출현 및 증식에 대한 체계적인 감시와 이들 균들의 성장에 밀접한 영향을 주는 해양환경인자들의 변화에 대해 지속적인 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 질병관리본부 질병조사관리 및 실험실 감시망 해양환경내병원성 비브리오균 실험실 감시사

업 연구비를 지원받아 수행되었습니다(4800-4851-304).

References

1. Oliver JD, Kaper JB, 2001. In; Doyle MP, Beuchat IR, Montville TJ, editors. Food microbiology: fundamentals and frontiers. Washington, DC: American Society for Microbiology Press.
2. Na HY, Hong SH, Jeong KT. Public Health Weekly Report, Korea Center for Disease Control & Prevention. 2016; 9(9): 154-159.
3. Thompson JR, Polz MF. The Biology of *Vibrios*. Washington D.C.: ASM Press; 2006.
4. Barrow GI, Feltham RKA. Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria. 3rd ed. Cambridge University; 1993; p 94-150.
5. Murray PR, Baron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Tenover RH. Manual of Clinical Microbiology. 6th. Ed. Washington, D.C.: ASM Press; 1995; p 465-476
6. Oliver JD, Warner RA, Cleland DR. Distribution of *Vibrio vulnificus* and other lactose-fermenting vibrio in the marine environment. *Appl Environ Microb*. 1983; 45(3): 985-998.
7. Korea Center for Disease Control & Prevention. Disease web statistics system. Available: <https://is.cdc.go.kr/dstat/index.jsp> [accessed 11 November 2017]
8. Go YJ and Jang JS. Relationships of Pathogenic *Vibrios* and Environmental Factors Affecting their Occurrence in the Seawater of Incheon Coastal Area. *Korean J. Food & Nutr*. 2013; 26(3): 414-420.
9. Chang DS, Kim SJ. Distribution and physiological characteristics of *V. parahaemolyticus* in coastal sea of Korea. *Bull Natl Fish Res Dev Agency*. 1977; 19: 7-40
10. Huehn S, Eichhorn C, Urmersbach S, Breidenbach, J, Bechlars S, Bier, N., *et al.* Pathogenic vibrios in environmental, seafood and clinical sources in Germany. *Int. J. Med. Microbiol*. 2014; 304: 843-850.
11. Xu F, Ilyas S, Hall JA, Jones SH, Cooper VS, Whistler CA. Genetic characterization of clinical and environmental *Vibrio parahaemolyticus* from the Northeast USA reveals emerging resident and non-indigenous pathogen lineages. *Front. Microbiol*. 2015; 6:272.
12. Le Roux F, Wegner KM, Baker-Austin C, Vezzulli L, Osorio CR, Amaro C, *et al.* The emergence of *Vibrio* pathogens in Europe: ecology, evolution, and pathogenesis (Paris, 11-12th March 2015). *Front. Microbiol*. 2015; 6: 830.

13. Lee H, Oh YH, Park SG, Choi SM. Antibiotic susceptibility and distribution of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from the seafood. *Kor. J. Env. Hlth.* 2007; 33: 16-20.
14. Son, J.C., Park, S.W., and Min, K.J. Environmental and antimicrobial characteristics of *Vibrio* spp. isolated from fish, shellfish, seawater and brackish water samples in Gyeongbuk eastern coast. *Kor. J. Env. Hlth.* 2003; 29: 94-102.
15. Hwang KW, Gong YW, Lee JM, Go JM, Kim YH. Distribution and characteristic of growth of *Vibrio* spp. in Incheon coastal seawater. *J. Environ. Sani. Eng.* 2008; 21-38.
16. DePaola A, Capers GM, Alexander D. Densities of *Vibrio Vulnificus* in the intestines of fish from the U.S. Gulf Coast. *Appl. Environ. Microbiol.* 1994; 60: 984-988.
17. Kaysner CA, Abeyta C, Wekell MM, DePaola A, Scott RF, Leitch JM. Virulent strains of *Vibrio vulnificus* isolated from estuaries of the United States west coast. *Appl. Environ. Microbiol.* 1987; 53:1349-1351.
18. Kelly MT. Effect of temperature and salinity on *Vibrio* (Benecke) *vulnificus* occurrence in a Gulf Coast environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 1982; 44:820-824.
19. Tamplin M, Rodrick GE, Blake NJ, Cuba T. Isolation and characterization of *Vibrio vulnificus* from two Floride estuaries. *Appl. Environ. Microbiol.* 1982; 44:1466-1470.
20. Pfeffer CS, Hite LF, Liver JD. Ecology of *Vibrio vulnificus* in estuarine water of Eastern North Carolina. *Appl. Environ. Microbiol.* 2003; 69:3526-3531.
21. Oliver JD, Warner RA, Cleland DR. Distribution of *Vibrio vulnificus* and other lactose-fermenting vibrios in the marine environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 1983; 45: 985-998
22. Huq A, West PA, Small EB, Huq MI, Colwell RR. Influence of water temperature, salinity, and pH on survival and growth of toxigenic *Vibrio cholerae* Serovar O1 associated with live copepods in laboratory microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 1984; 48:420-424.
23. Johnson CN, Flower AR, Noriea III NF, Zimmerman AM, Bowers JC, DePaola A, *et al.* Relationships between environmental factors and pathogenic vibrios in the Northern Gulf of Mexico. *Appl. Environ. Microbiol.* 2010;76:7076-7084.