

강진만 해역의 해수 및 패류에 미치는 위생학적 영향 평가(2021-2023)

박현진 · 홍예원 · 김덕훈 · 이지희 · 최우석¹ · 김풍호*

국립수산과학원 남해수산연구소 양식산업과, ¹국립수산과학원 남동해수산연구소

Assessment of Bacteriological Quality Evaluation of Seawater and Shellfish from the Gangjin Bay, Korea, from 2021-2023

Hyun Jin Park, Ye Won Hong, Deok Hoon Kim, Ji Hee Lee, Woo Seok Choi¹ and Poong Ho Kim*

South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Republic of Korea

¹Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53085, Republic of Korea

We evaluated the bacteriological content of seawater and shellfish in Gangjin Bay from January 2021–December 2023. We analyzed sanitary indicator microorganisms such as the coliform group, fecal coliforms, and *Escherichia coli* in the discharge water of major inland pollutants, seawater and shellfish. In 1,692 seawater samples from designated and non-designated areas, the fecal coliform counts ranged from <1.8 to 1,600 MPN/100 mL and <1.8 to 3,500 MPN/100 mL, respectively. The geometric mean (GM) and estimated 90th percentile of fecal coliforms in the designated and non-designated areas were 1.9–2.8 MPN/100 mL and 2.9–11.5 MPN/100 mL, and 1.9–2.8 MPN/100 mL and 3.9–17.4 MPN/100 mL, respectively. *E. coli* levels in 248 shellfish (oyster, shortenck clam, and ark shell clam) were <18 to 490 MPN/100 g, and their standard plate count ranged from <30 to 9,200 CFU/g. Fecal coliform levels and their radial spread in the impacted area of 10 contaminants were <1.8 to 790,000 MPN/100 mL and 5 to 5,153 m, respectively. Thus, the bacteriological levels of the in Gangjin Bay met the US water quality standards for designated oyster cultivation area and was classified as Class A under EU regulations.

Keywords: *Escherichia coli*, Fecal coliform, Gangjin Bay, Sanitary safety

서론

반폐쇄성 내만의 강진만 해역은 경상남도의 남서부에 위치한 해역으로, 남해군과 사천시 그리고 하동군에 의해 둘러싸여 있다. 동 해역은 평균수심이 3.6 m로 비교적 얕은 편이고, 해수는 만의 북쪽에 위치한 사천시 동서동과 남해군 창선도 사이의 수로와 만의 남단에 위치한 남해군 창선도와 삼동면 사이 협수로를 통하여 창선도 동쪽에 위치한 창선해역으로 출입한다. 또한 서쪽으로는 남해군과 하동군 사이에 위치한 노량수로를 통하여 광양항쪽으로 출입한다. 강진만 해역은 패류 수출을 위해 2004년 3월, 수출용 패류생산지정해역(이하, 지정해역) 7호로 지정되었으며, 주요 생산되는 패류는 굴, 꼬막 및 바지락 등이 다 (Park et al., 2010, Shin et al., 2017, 2018). 패류는 이동성이 적고 육상과 인접한 연안해역에서 서식하며, 여과섭식으로

영양분을 공급받는 특성으로 인체에 유해한 세균, 바이러스 및 중금속 등과 같은 주변 오염원에 따라 유해물질들을 쉽게 축적할 가능성이 크다 (Mallin et al., 2001; Potasman et al., 2002; Iwamoto et al., 2010). 뿐만 아니라, 실제로 해역 주변의 생활 하수나 농가 및 육상양식장에서 배출되는 오염원들이 해상으로 유입됨으로써 수질을 포함한 수산물 안전에 영향을 미쳐 식중독 감염 등 식품안전에 위협하고 있으며, 이에 따라 국민 관심도 또한 증가하고 있다. 이러한 이유로 미국, EU 및 일본 등에서는 안전한 패류생산을 위하여 해역관리를 수행하고 있으며, 각국마다 패류생산해역 위생관리 프로그램을 수립하여 모니터링을 통해 등급을 부여하고 있다. 미국의 경우 해수 중 분변계 대장균의 농도에 따라 허가해역, 제한해역, 금지해역 및 폐쇄해역으로 분류하고 있고, 유럽연합의 경우 패류 중 대장균 수치에 따라 A등급, B등급 및 C등급으로 해역을 구분하여 관리하고

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8990 Fax: +82. 61. 685. 9073

E-mail address: phkim1@korea.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.2024.0530>

Korean J Fish Aquat Sci 57(5), 530-539, October 2024

Received 9 July 2024; Revised 8 September 2024; Accepted 19 September 2024

저자 직위: 박현진(연구사), 홍예원(연구사), 김덕훈(연구사), 이지희(연구사), 최우석(연구사), 김풍호(연구관)

있다. 우리나라에서도 패류생산해역 위생관리 프로그램을 통하여 관리하고 있다(European Commission, 2015; US FDA, 2017; NIFS, 2022).

본 연구에서는 강진만 해역의 주변 주요 육상오염원이 해역의 수질 및 패류에 미치는 영향을 평가하여, 패류생산해역의 오염원관리와 패류의 안전성을 확보하기 위한 과학적 근거자료로 제공하기 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

재료 및 방법

조사지점 선정 및 시료 채취

강진만 해역의 해수 및 패류의 위생안전성 평가를 하기 위해 해수 47개소와 패류 7개소를 선정하였다(Fig. 1). 모든 조사지점은 양식장 분포와 배수구역과의 거리 등을 고려하여 설정하였고, 패류의 경우 주요 생산 품종인 굴(oyster *Crassostrea gigas*), 바지락(shortneck clam *Ruditapes philippinarum*) 및 새꼬막(ark shell *Scapharca subcrenata*)을 대상으로 7개소의 조사 지점을 선정하였다. 위생조사는 랜덤 샘플링 방식으로 매월 1회씩 연 12회에 걸쳐 시료를 채취하였으며, 2021년 1월부터 2023년 12월까지 매월 1회씩 총 36회 조사하였다. 주요 육상

오염원은 2022년도부터 2023년도까지 분기별로 1회씩 총 8회 조사하였다. 이때, 유량이 발생되고 있는 오염원의 경우 유속계(Hach Company, Loveland, CO, USA)를 사용하여 유량을 측정하였으며, 모든 조사지점에 대한 수온, 염분, pH, 용존산소 등의 환경인자는 수질측정기(YSI Life Science, Yellow Springs, OH, USA)를 사용하여 측정하였다. 채취한 해수, 패류 및 주요 육상오염원은 무균처리된 용기에 보관하여 얼음 또는 아이스팩을 이용하여 저온상태인 0°C에서 10°C로 유지하여 실험실로 운반하였으며 모든 시료는 채취 후 24시간 이내 분석하였다.

위생 지표 세균 분석

강진만 해역의 분석시료에 대한 분변계대장균(fecal coliform) 및 일반세균수(staneard plate count) 분석은 Recommended Procedures for the Examination of Sea water and Shellfish (APHA, 1970)의 방법에 따라 실험하였다. 대장균(*Escherichia coli*) 분석은 most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl-β-D-glucuronide (ISO, 2015)에 따라 분석하였다. 분변계대장균 및 *E. coli* 분석은 3단, 5개의 시험관으로 단계희석을 하였고, 추정 및 확정시험을 통해 최확수법으로 결과를 산출하였다(Table 1).

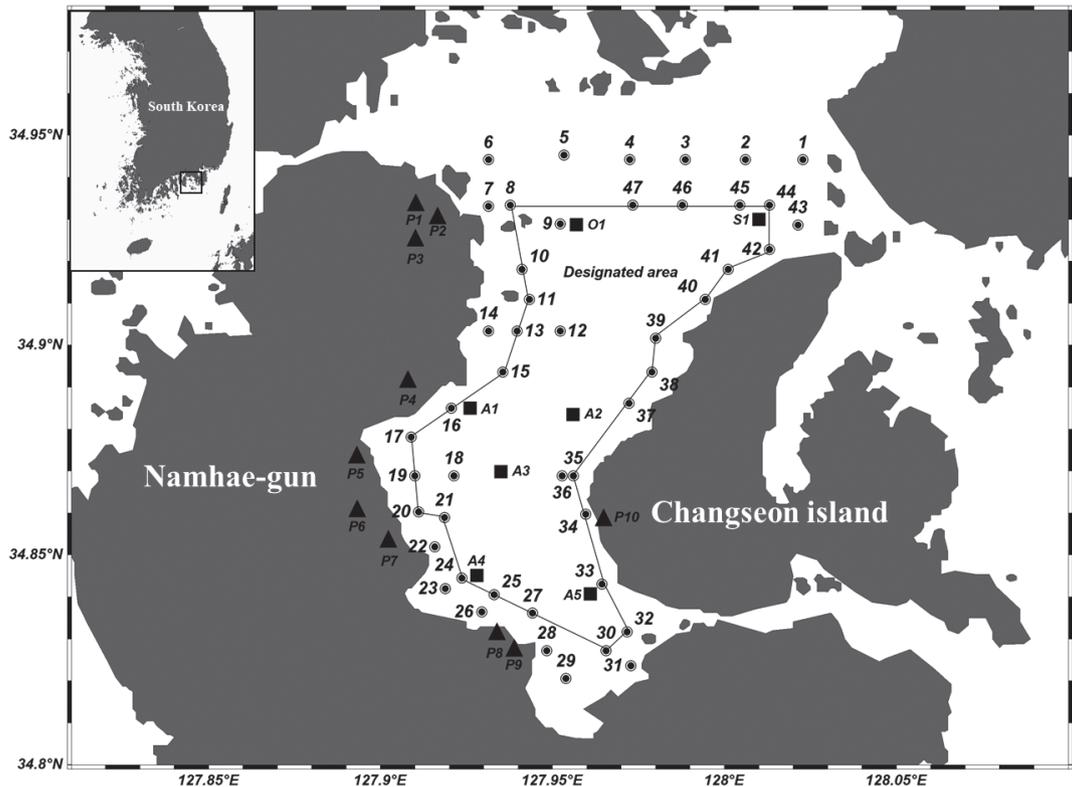


Fig. 1. Sampling stations of seawater, shellfish and major inland pollution source in Gangjin bay. ●, Seawater; ■, Shellfish; ▲, Major inland pollution source.

해수 및 패류의 위생안전성 평가

해수 위생상태 평가는 미국의 해역 분류 기준에 준하여 분변계 대장균 수의 geometric mean 및 90th percentile의 수치를 계산하여 평가하였으며, 계산방법은 다음과 같다(US FDA, 2017).

$$\text{Est. 90th} = \text{Antilog}[(\text{Slog})1.28 + \text{Xlog}]$$

Slog = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수값의 표준 편차
Xlog = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수값의 평균

또한, 패류에 대한 평가는 유럽연합의 위생기준에 준하여 각 조사지점 30회 이상의 조사결과를 토대로 분변계대장균, 대장균 및 일반세균수에 대하여 평가하였다(European Commission, 2015).

주요 육상오염원 영향 평가

남해 강진만 주요 육상오염원의 배출수에 따른 분변계대장균의 영향반경은 미국 FDA에서 제시한 방법에 따라 계산하였다. 우선, 오염원의 배출수에서 검출되는 분변계대장균의 농도와 발생한 유량을 근거하여 일일 부하량을 계산한 후, 이를 미국 FDA에서 권고하는 지정해역 수질기준인 14 MPN/100 mL 이하로 희석시킬 수 있는 해수의 양을 계산하였다. 이후, 주변 수심을 참고하여 해역의 면적을 산출하였으며 조사정점과의 거리를 확인하여 최종적으로 오염원이 해역에 미치는 영향반경을 도출하였다(Table 2).

결과 및 고찰

해수의 위생 안전성 평가

강진만 해역의 해수의 위생안전성 평가를 위해 해수 47개소 정점에 대하여 2021년 1월부터 2023년 12월까지 36회 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다. 그 결과 총 1,692개의 해수 시료에서 검출된 분변계대장균의 결과는 <1.8–3,500 MPN/100 mL로 확인되었고 geometric mean 및 90th percentile은 각각 1.9–2.8 및 2.9–17.4 MPN/100 mL로 계산되었다.

미국의 패류 위생관리 프로그램(National Shellfish Sanitation Program, NSSP)의 해역평가 방법에 따르면 조사정점 별 30회 이상 모니터링을 실시하고, 모니터링 결과 분변계대장균 수의 Geometric mean가 14 MPN/100 mL 미만, 90 percentile 값이 43 MPN/100 mL 이하인 해역을 허가해역으로 분류하되 주변 오염원의 영향을 받아 일시적으로 분변계대장균의 수치가 높아질 경우 조건부 허가해역으로 분류될 수 있다고 규정하고 있다(US FDA, 2017).

본 결과에서 지정해역 내에 위치한 조사지점에서는 분변계대장균 수의 geometric mean 및 90th percentile은 각각 1.9–2.5 및 2.9–11.5 MPN/100 mL로 미국의 허가해역 기준에 부합하는 것으로 평가되었다. 하지만 주변해역 조사지점에서의 분변계대장균 수의 Geometric mean 및 90th percentile은 각각 1.9–2.8 및 3.9–17.4 MPN/100 mL로 23번 정점에서 14 MPN/100 mL 초과하는 것으로 확인되었다. 다만, 초과한 지점인 23번 정점뿐만 아니라 주변에서도 전체적으로 높은 결과를 보이는데

Table 1. Dilution, medium and culture condition for microbiological analysis

Items	Procedure	Dilution	Medium and culture	Reference
Standard plate count	Pour plating	2 plate, 2 dilution	Plate count agar (Merk, USA) (35 ± 0.5)°C, (48±3) h	
Fecal coliform	Presumptive test	5 tube, 3 dilution	Lauryl tryptose broth (Merk, USA) (35±0.5)°C, (24±2) h and (48±3) h	APHA (1970)
	Confirmed test		EC broth (BD, USA) (44.5±0.2)°C, (24±2) h	
<i>Escherichia coli</i>	Presumptive test	5 tube, 3 dilution	Mineral modified glutamate medium (Oxoid, USA) (37±1.0)°C, (24±2) h	ISO (2015)
	Confirmed test		Tryptone bile glucuronide agar (Oxoid, USA/Medion, Korea) (44±1.0)°C, (22±2) h	

Table 2. Method of calculating the impact range of pollutants

Items	Calculation
Determine loading (MPN/day)	Concentration of fecal coliform (MPN/100 mL)×Conversion (Liter to milliliter; 1,000 mL/L)×Conversion (Min per day; 1,440 min/day)×Flow (L/min)
Dilution water required (m ³ /day)	Determine loading (MPN/day) / [Standard (14 MPN/100mL)×Conversion (Milliliter to m ³ ; 100,000 mL/m ³)]
Area required (m ² /day)	Dilution water required (m ³ /day)/Average depth (m)
Radius of half-circle (m)	Area required (m ² /day)×2/3.14

이는 남해읍을 통과하는 봉천 하천수인 P7 육상오염원이 해역으로 유입되어 영향을 받은 것으로 보여진다.

우리나라에서 지정해역으로 지정된 해역의 경우 경우가 많은 시기에 해수의 분변계대장균값이 높아진다고 보고된 바 있으며 오염원 유입량 증가의 주요원인으로 보여진다(Ha et al., 2011,

Table 3. Summary of bacteriological examination of each seawater sampling station in Gangjin Bay from January 2021 to December 2023

Station	Fecal coliform (MPN/ 100 mL)					No of samples
	Range	GM	90th	>43		
				No	%	
Designated area						
8	<1.8-540	2.1	7.2	1	2.8	36
9	<1.8-1,600	2.3	10.8	1	2.8	36
10	<1.8-920	2.5	10.8	1	2.8	36
11	<1.8-1,600	2.4	11.5	1	2.8	36
12	<1.8-350	2.1	6.7	1	2.8	36
13	<1.8-350	2.3	8.0	1	2.8	36
15	<1.8-920	2.3	9.9	1	2.8	36
16	<1.8-540	2.2	8.0	1	2.8	36
17	<1.8-540	2.3	8.9	1	2.8	36
18	<1.8-70	2.1	6.2	2	5.6	36
19	<1.8-130	2.1	6.1	1	2.8	36
20	<1.8-34	2.3	6.8	0	0.0	36
21	<1.8-70	2.1	5.5	1	2.8	36
24	<1.8-79	2.7	9.4	2	5.6	36
25	<1.8-17	2.3	5.3	0	0.0	36
27	<1.8-9.3	2.0	3.5	0	0.0	36
30	<1.8-33	2.0	4.6	0	0.0	36
32	<1.8-13	2.1	4.2	0	0.0	36
33	<1.8-23	2.0	4.0	0	0.0	36
34	<1.8-22	2.0	4.3	0	0.0	36
35	<1.8-22	2.0	4.2	0	0.0	36
36	<1.8-7.8	1.9	2.9	0	0.0	36
37	<1.8-49	2.1	4.9	1	2.8	36
38	<1.8-170	2.2	6.8	1	2.8	36
39	<1.8-17	1.9	3.5	0	0.0	36
40	<1.8-240	2.0	5.9	1	2.8	36
41	<1.8-350	2.1	7.1	1	2.8	36
42	<1.8-23	1.9	3.6	0	0.0	36
44	<1.8-78	2.1	5.4	1	2.8	36
45	<1.8-350	2.1	6.9	1	2.8	36
46	<1.8-110	1.9	4.7	1	2.8	36
47	<1.8-130	2.0	5.1	1	2.8	36

Table 3. Continued

Station	Fecal coliform (MPN/ 100 mL)					No of samples
	Range	GM	90th	>43		
				No	%	
Non designated are						
1	<1.8-70	2.0	4.6	1	2.8	36
2	<1.8-110	2.1	5.4	1	2.8	36
3	<1.8-540	2.0	6.9	1	2.8	36
4	<1.8-130	2.1	5.5	1	2.8	36
5	<1.8-49	1.9	3.9	1	2.8	36
6	<1.8-23	2.3	4.9	0	0.0	36
7	<1.8-920	2.3	9.0	1	2.8	36
14	<1.8-350	2.3	8.2	1	2.8	36
22	<1.8-49	2.3	6.7	1	2.8	36
23	<1.8-3,500	2.8	17.4	1	2.8	36
26	<1.8-170	2.1	6.2	1	2.8	36
28	<1.8-240	2.3	7.4	1	2.8	36
29	<1.8-240	2.2	7.0	1	2.8	36
31	<1.8-22	2.0	4.1	0	0.0	36
43	<1.8-79	2.0	4.5	1	2.8	36

¹MPN, Most probable number. ²GM, Geometric mean. ³90th, The estimated 90th percentile.

2013; Park et al., 2012; Shin et al., 2021). 또한, 우리나라의 패류생산해역은 대부분 육지와 인접한 위치에 패류양식장이 있으며, 생활하수 및 육상 양식장 등의 오염원으로부터 노출되어 있어 지속적으로 오염원 및 위생관리가 필요하다고 보고된 바 있다(Lee et al., 2020; Choi et al., 2021; Kim et al., 2023). 특히, 강진만 해역의 지난 연구결과에 따르면 다수의 하수처리장을 운영하고 있으나, 일부 지점에서 높은 분변오염도 결과를 확인할 수 있다(Shin et al., 2018). 따라서 본 해역의 미국의 허가 해역 조건에 충족하지만, 앞으로도 강우에 대한 채취제한조건등 지속적인 관리가 필요하다고 판단된다.

패류의 위생 안전성 평가

강진만 지정해역에서 생산된 굴(O1), 바지락(S1) 및 새꼬막(A1, A2, A3, A4, A5)의 위생 안전성 평가를 위해 7개소에 대해서 총 248시료를 채취하였으며, 위생지표세균 조사결과를 Table 4에 나타내었다. 굴의 분변계대장균, *E. coli* 및 생균수의 범위는 각각 <18-790, <18-490, 40-9,700 MPN/100 g이었다. 또한, 바지락의 분변계대장균, *E. coli* 및 생균수의 범위는 <18-490, <18-490 MPN/100 g 및 30-56,000 CFU/g이었다. 굴의 분변계대장균 및 *E. coli*의 기준인 230 MPN/100 g을 초과한 시료는 각각 11.4% (4/35) 및 5.7% (2/35)이었으며, 바지락은 11.4% (4/35) 및 2.9% (1/35)으로 확인되었다. 이는 2022년 4월, 2023년 1월 및 7월에 채취된 시료로 확인되었으며, 2023

년 1월과 7월에는 조사 7일전부터 누적 강수량 105.1 mm 및 313.6 mm로 강우의 영향으로 연안의 육상오염원이 해역으로 유입되어 영향을 미친 것으로 보인다. 반면, 2022년 4월 조사 전 강우량이 없었음에도 한시적으로 높은 농도로 검출된 것을 확인하였고, 인근마을이나 해상에서 일시적으로 발생하는 오염원에 의해 위생상태가 영향을 받는 것으로 예상되었다.

마지막으로 새꼬막의 분변계대장균, *E. coli* 및 생균수의 범위는 <18–220, <18–220 MPN/100 g 및 20–9,200 CFU/g이었으며, 기준을 초과한 시료는 없었다.

유럽연합의 경우 패류생산해역 관리를 위해 패류의 *E.coli* 수치에 따라 A, B 및 C 등급으로 분류된다. 30회 이상 조사 결과에서 시료수의 80%가 230 MPN/100 g을 초과하지 않고, 모든 시료에서 700 MPN/100 g을 초과하지 않을 경우 A등급으로 분류된다. B등급은 시료수의 90%가 4,600 MPN/100 g을 초과하지 않고, 모든 시료에서의 46,000 MPN/100 g을 초과하지 않아야 하며, C등급은 모든 시료에서 46,000 MPN/100 g을 초과하지 않아야 한다. 4,600 MPN/100 g을 초과하는 시료가 있다면 D등급으로 분류된다. 이때, A등급의 패류는 즉시 출하가 가능하지만 B와 C등급으로 분류된 패류의 경우 유통하고자 할 때 정확화를 거쳐 A등급 상태가 되면 유통 또는 허가된 열처리로 가공하여 제품으로 판매를 준수하도록 규정하고 있다(European Commission, 2015).

본 조사 기간 동안 강진만 해역에서 채취된 패류는 *E.coli* 값이 230 MPN/100 g 초과하여 검출된 시료수는 1.2% (3/248)이고, 모든 시료에서 700 MPN/100 g 이하로 EU의 기준인 A등급에 충족하는 것으로 확인되었으며 앞으로도 안전한 패류공급을 위하여 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

육상방출수가 해역에 미치는 영향 평가 결과

강진만 해역의 배수 유역에 위치한 주요 육상 오염원 10개소(하천수 5개, 생활하수 4개, 농업용수 1개)에 대하여 2022년 4회(3월, 5월, 10월, 11월) 및 2023년 4회(2월, 5월, 9월, 11월)로 분기별로 조사를 수행하였다. 조사기간 중 측정된 유량, 분

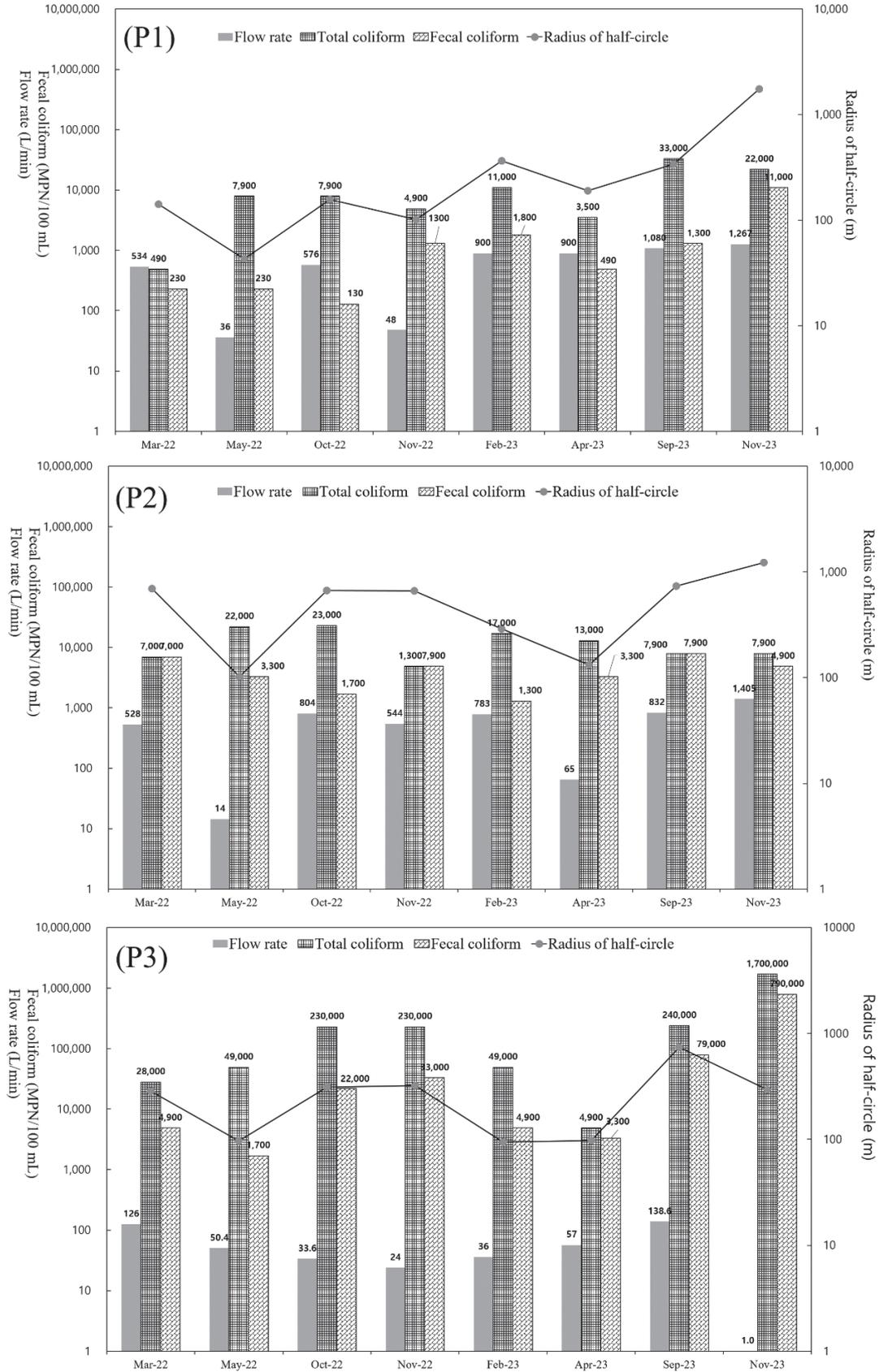
변계대장균 및 영향반경 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3에 나타내었다. 주요 오염원 10개소 배출수의 유량은 0–105,600 L/min, 대장균균 및 분변계대장균 수치는 각각 <1.8–1,700,000 MPN/100 mL 및 <1.8–790,000 MPN/100 mL로 검출되었다. 조사지점별 오염원에서 발생된 유량 및 검출된 fecal coliform의 농도를 14 MPN/100 mL로 감소시키기 위하여 필요한 해수량을 계산한 영향 반경은 5–5,153 m로 확인되었다. 조사 정점 P1, P2, P3 및 P4는 남해군 설천면에 위치하고 있으며, P3은 생활하수, 나머지는 하천수로 유량이 많고 높은 수치의 대장균과 분변계대장균이 검출되고 있다. 특히, P2과 P3 주변에는 하수처리장이 운영되고 있으나, 분변오염 정도가 높은 생활하수가 방류되고 있어 하수관로 점검 및 보강등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 반면, P5, P6, P8 및 P10 조사정점은 각각 고현면, 남해읍, 이동면 및 창선면에 분포한 마을에서 방출되는 생활하수로 분변계대장균 검출결과 양호한 상태를 나타내었고, P5, P8과 P10에서 조사지점에 가정집에서 생활용수 미사용으로 인해 생활하수 유량이 발생되지 않은 기간도 다수 있었다. P7의 경우 남해읍에 위치한 주요 하천수로 2022년 11월 유량이 높고 fecal coliform 농도도 7,900 MPN/100 mL로 높은 오염도를 나타냈으며, 계산된 영향반경은 5,153 m 정도로 해역에 영향을 미칠 수 있을 것으로 보여진다. 하천유역 주변의 비점오염원 및 소규모마을의 생활하수의 영향을 받을 수 있으므로 하수처리장의 차집관로 확충 또는 패류생산시기에 맞춰 가정집정화조 수거를 통해 오염원관리가 필요할 것으로 보여진다. 또한, P9는 이동면에 위치한 조사정점으로 주변에 농업용수로 인하여 간헐적으로 높게 나오는 경향을 나타내는 것을 확인하였다. 인근 해역에서 수확된 패류에 대해서는 출하하기전 인공정화와 같은 특별한 관리가 필요할 것으로 판단된다. 이상의 결과 전체적으로 대장균균 및 분변계대장균의 검출 농도는 높지 않지만, 큰 영향반경으로 다량의 강우 발생시 해역에 영향을 미칠 가능성이 높으므로 오염원에 대한 관리가 요구된다.

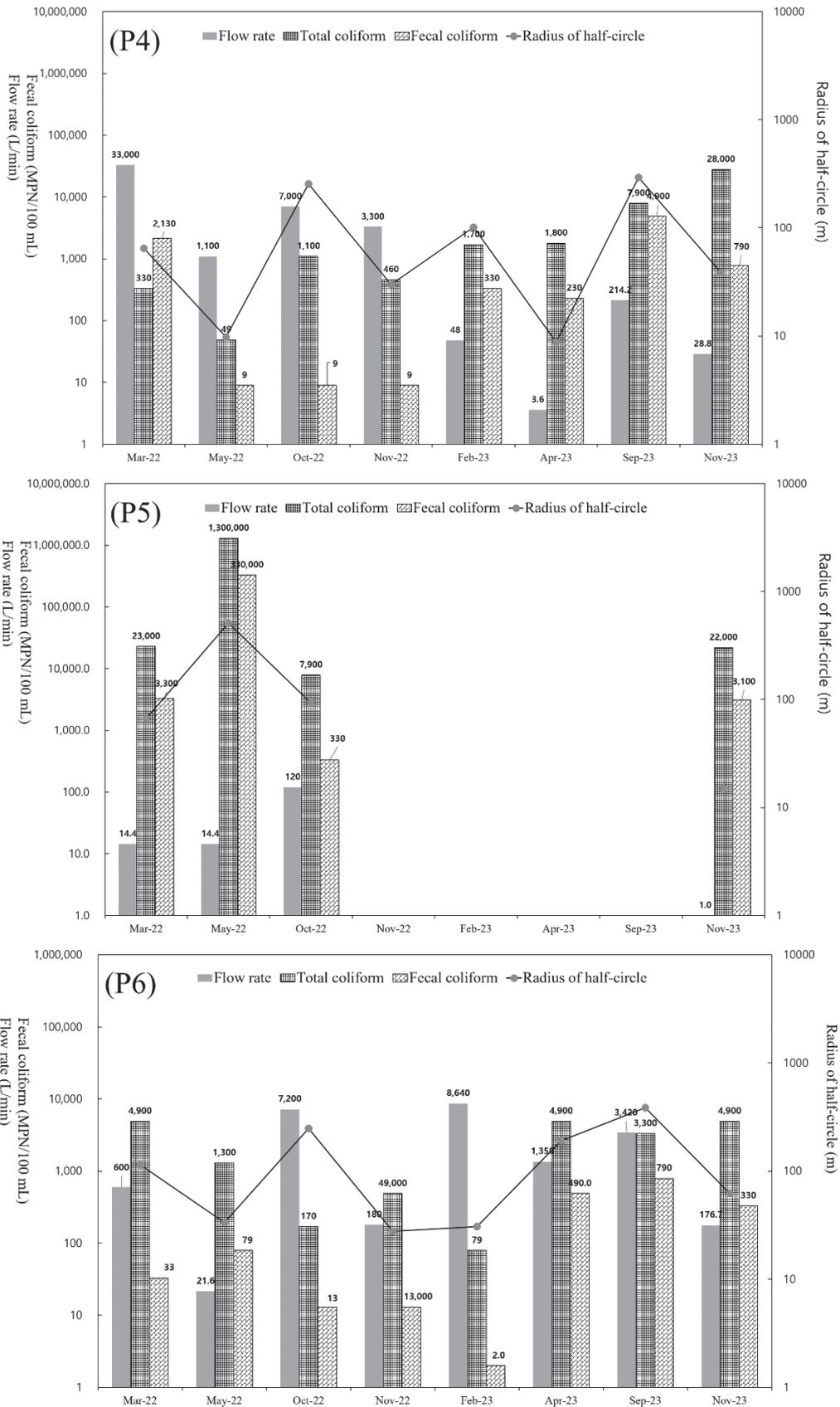
따라서 강진만 해역의 패류 위생 안전성 확보를 위해서는 육상오염원의 현황과 관리가 지속적으로 수행되어야 하고, 강우

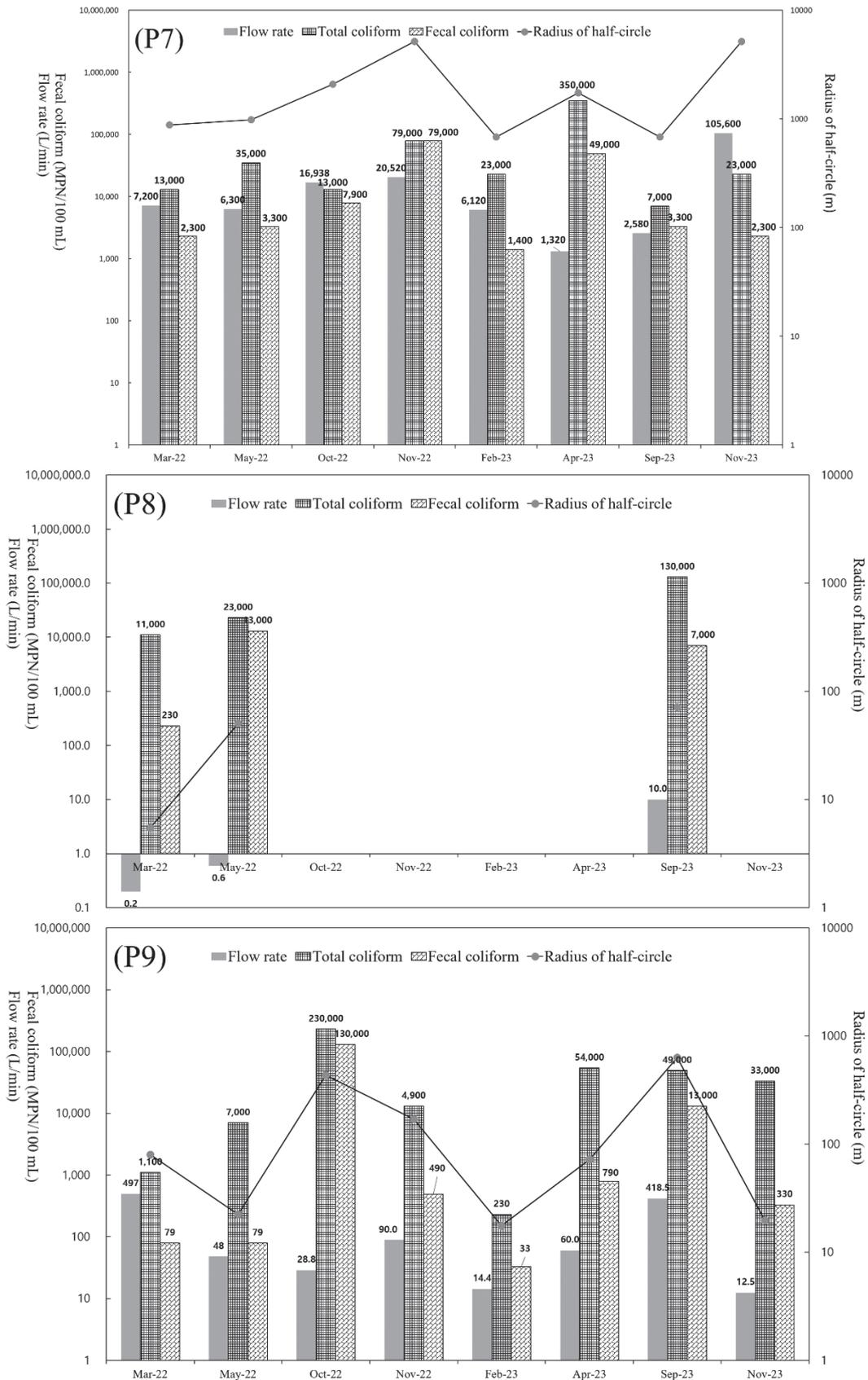
Table 4. Bacteriological quality of shellfish harvested from Gangjin bays (2021.01–2023.12)

Station	Fecal coliform (MPN ¹ /100 g)				<i>Escherichia coli</i> (MPN/100 g)				Plate count (CFU/ g)			No of samples
	Range	>230		Range	>230		Range	>50,000				
		No.	%		No.	%		No.	%			
A1	<18–220	0	0.0	<18–130	0	0.0	60–8,800	0	0.0	36		
A2	<18–220	0	0.0	<18–220	0	0.0	40–7,500	0	0.0	36		
A3	<18–78	0	0.0	<18–78	0	0.0	30–7,700	0	0.0	36		
A4	<18–220	0	0.0	<18–220	0	0.0	<30–9,200	0	0.0	36		
A5	<18–210	0	0.0	<18–170	0	0.0	40–2,000	0	0.0	34		
O1	<18–790	4	11.4	<18–490	2	5.7	40–9,700	0	0.0	35		
S1	<18–490	4	11.4	<18–490	1	2.9	30–56,000	0	0.0	35		

MPN, Most probable number.







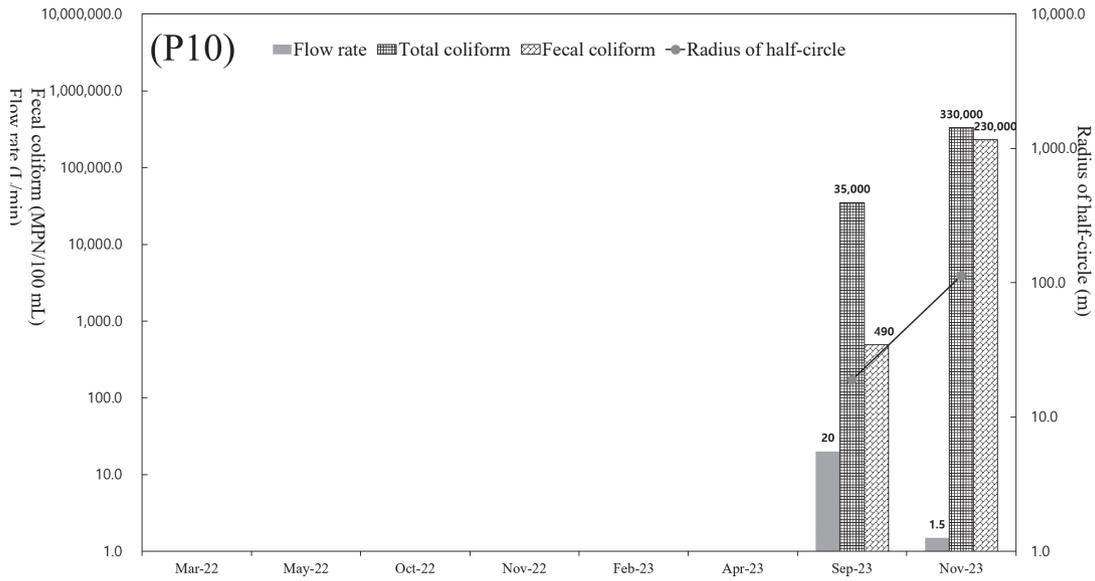


Fig. 2 Evaluation of radius of influence of major pollution sources impact in namhae-gun. ■, Flow rate; ▨, Total coliform; ▩, Fecal coliform; ●, Radius of half-circle; P1, Stream water located in Seolcheon-myeon; P2, Stream water located in Seolcheon-myeon; P3, Domestic waste water located in Seolcheon -myeon; P4, Stream water located in Seolcheon -myeon; P5, Stream water located in Gohyeon-myeon; P6, Stream waste water located in Namhae-eup; P7, Stream waste water located in Namhae-eup; P8, Domestic waste water located in Idong-myeon; P9, Agricultural water located in Idong -myeon; P10, Domestic waste water located in Changseon-myeon.

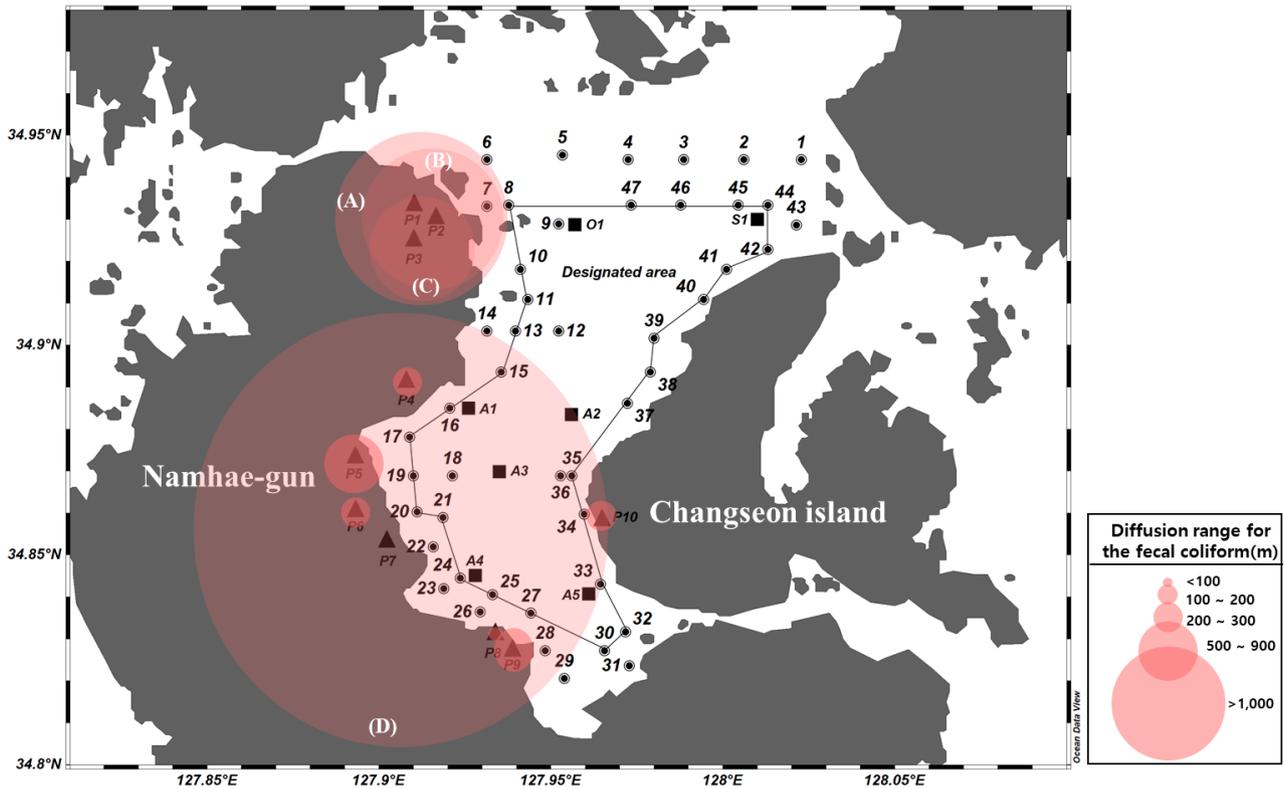


Fig. 3. Evaluation of radius of influence of major pollution sources impact in Gangjin Bay, Namhae-gun. A, P1 evaluation of radius; B, P2 evaluation of radius; C, P3 pevaluation of radius; D, P7 evaluation of radius.

발생에 따라 오염도 증가 가능성이 높아 강수량에 따른 영향에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구결과를 토대로 과학적 기초자료로 제공될 것으로 예상될 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2024년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업 (R2024057)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- APHA (American Public Health Association). 1970. Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish. 4th Ed. APHA, Washington D.C., U.S.A., 1-47.
- Choi WS, Shin SB, Yoon MC, Lee JH, Kim KY and Lim CW. 2021. The effect of major inland pollution sources on sea and shellfish in Narodo Area, Korea. *Korean J Malacol* 37, 155-163. <https://doi.org/10.9710/kjm.2021.37.4.155>.
- European Commission. 2015. Commission Regulation (EU) 2015/2285 amending Annex II to Regulation (EC) No 854/2004 of the European parliament and of the council laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption as regards certain requirements for live bivalve molluscs, echinoderms, tunicates and marine gastropods and Annex I to Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Union*.
- Ha KS, Yoo HD, Shim KB, Kim JH, Lee TS, Kim PH, Ju JH and Lee HJ. 2011. Evaluation of the influence of inland pollution sources on shellfish growing areas after rainfall events in Geoje Bay, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 612-621. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0612>.
- Ha KS, Yoo HD, Shim KB, Kim JH, Lee TS, Kim PH, Lee HJ and Yu HS. 2013. The effects of inland pollution sources around the port of Jeokyang and Jangpo after rainfall events on bacteriological water quality in the Changseon area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 160-167. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0160>.
- ISO (International Organization for Standardization). 2015. Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of beta- glucuronidase positive *Escherichia coli* Part 3: Detection and most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronide. International Organization for Standardization, Geneva, Swiss.
- Iwamoto M, Ayers T, Mahon BE and Swerdlow DL. 2010. Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clin Microbiol Rev* 23, 399-411. <https://doi.org/10.1128/CMR.00059-09>.
- Kim DH, Park HJ, Choi WS, Shin SB, Park K and Kim PH. 2023. Assessment of bacteriological sanitary safety of the seawater and abalone (*Haliotis discus hannai*), in the Jindo Uisin Area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 56, 615-625. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0615>.
- Lee JH, Choi WS, Lim CW and Shin SB. 2020. Investigation of terrestrial fecal bacteria affecting the sanitary status of ark shell (*Scapharca subcrenata*) farm in Yeolja bay, Korea. *Korean J Malacol* 36, 175-184. <https://doi.org/10.9710/kjm.2020.36.4.175>.
- Mallin MA, Ensign SH, McIver MR, Shank GC and Fowler PK. 2001. Demographic, landscape, and meteorological factors controlling the microbial pollution of coastal waters. In: *The Ecology and Etiology of Newly Emerging Marine Diseases*. Porter JW, eds. *Hydrobiologia* 159, 185-193. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3284-0_17.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2022. Sanitary Standard of Water Quality in Shellfish Growing Area. Article 2022-2. NIFS, Busan, Korea. Retrieved from <https://www.law.go.kr> on Mar 10, 2024.
- Park K, Jo MR, Kim YK, Lee HJ, Kwon JY, Son KT and Lee TS. 2012. Evaluation of the effects of the inland pollution sources after rainfall events on the bacteriological water quality in Narodo area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 414-422. <https://doi.org/10.5657/kfas.2012.0414>.
- Park K, Jo MR, Kwon JY, Son KT, Lee DS and Lee HJ. 2010. Evaluation of the bacteriological safety of the shellfish-growing area in Gangjinman, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 614-622. <https://doi.org/10.5657/kfas.2010.43.6.614>.
- Potasman I, Paz A and Odeh M. 2002. Infectious outbreaks associated with bivalve shellfish consumption: A worldwide perspective. *Clin Infect Dis* 35, 921-928. <https://doi.org/10.1086/342330>.
- Shin SB, Ha KS, Lee KJ, Jeong SH, Lee JH, Oh EG, Kim YK and Lee HJ. 2017. Assessment of sanitary safety of the oyster (*Crassostrea gigas*), short neck clam (*Ruditapes philippinarum*) and small ark shell (*Scapharca subcrenata*) in Gangjin Bay, Korea. *Korean J Malacol* 33, 275-283. <https://doi.org/10.9710/kjm.2017.33.4.275>.
- Shin SB, Lim CW, Lee JH and Jung SH. 2018. Evaluation of inland pollution sources impact in the Gangjin Bay, Korea. *J Kor Soc Fish Mar Edu* 30, 2241-2248. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.12.30.6.2241>.
- Shin SB, Choi WS, Lee JH and Lim CH. 2021. Evaluation of the effect of the inland pollution source on seawater and oyster (*Crassostrea gigas*) after rainfall in the Kamak Bay. *Korean J Malacol* 37, 113-123. <https://doi.org/10.9710/kjm.2021.37.3.113>.
- US FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2017. National Shellfish Sanitation Program (NSSP). Retrieved from <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/Federal-StateFoodPrograms/ucm2006754.htm> on Sep 8, 2024.