

주요 육상오염원이 가막만 참굴 (*Crassostrea gigas*) 및 해수의 미생물학적 안전성에 미치는 영향

최우석¹, 이지화², 김덕훈², 김영옥¹, 윤민철³, 김종범⁴

¹국립수산과학원 남동해수산연구소, ²국립수산과학원 남해수산연구소, ³국립수산과학원 식품안전가공과,
⁴순천대학교 식품공학과

Influence of Major Land-Based Pollution Sources on the Microbial Safety of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and Seawater in Kamak Bay, Korea

Wooseok Choi¹, Jihee Lee², Deok Hoon Kim², Young Ok Kim¹, Minchul Yoon³ and
Jung Beom Kim⁴

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

²South Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Yeosu 59780, Republic of Korea

³Food Safety and Processing Research Division, NIFS, Busan 46083, Republic of Korea

⁴Department of Food Science and Technology, Sunchon National University, Sunchon 57922, Korea

ABSTRACT

In this study, by analyzing the shape, type, impact radius, and microbiological effect of terrestrial pollutants around the Kamak Bay area, we tried to contribute to securing the microbiological safety of shellfish. The pollutants in the sea area around Kamak Bay were investigated as 340 places, and the total number of pollutants with flow generation was investigated as 49 places. Among them, nine points (P1-P9) where the concentration of fecal coliform was high and the flow rate was continuously generated were selected as the main land pollution source. As a result of the analysis, the concentration of fecal coliform was intermittently high at P1, P2, P4, P7, and P9, and the impact radius was about 1.5 km or more. As a result of analyzing the microbial pollution level of seawater and oysters in the Kamak Bay area, the fecal coliform pollution level of seawater was analyzed as < 1.8-49 MPN/100 mL, and the geometric mean and 90th percentile were analyzed as < 1.8-2.0 and < 1.8-4.0 MPN/100 mL, respectively. In addition, the fecal coliform, *E. coli*, and bacterial water pollution levels of oysters were analyzed as < 18-330, < 18-230 MPN/100 g, and 10-3,600 CFU/g. Taken together, major land pollutants flowing into the Kamak Bay area showed intermittently high levels of fecal coliform contamination. However, as a result of experiments on the microbial contamination of Kamak Bay seawater and oysters, it was determined that microbiological safety was secured by meeting all the hygiene standards of seawater and shellfish in Korea, the US sea area management standards for seawater, and the EU safety standards for shellfish. However, points P1, P3, P4, and P7 are considered to require periodic management as the affected radius is confirmed to be more than about 1.5 km due to large flow rates such as rainy weather.

Key words: Pollution Sources, Microbial, Pacific oyster, Kamak Bay

Received: September 12, 2025; Revised: September 17, 2025;

Accepted: September 26, 2025

Corresponding author: Jung Beom Kim

Tel: +82 (10) 6632-7470, e-mail: okjbkim@scnu.ac.kr
1225-3480/24903

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.

서론

세계적으로 산업화가 진행됨에 따라 해역 주변으로부터 생활하수, 육상양식장, 농약, 해역을 운항하는 선박에서의 분뇨 등에 의해 수질 및 패류들이 오염되고 있다 (Potasman *et al.*, 2002; Lunestad *et al.*, 2016). 패류의 여과섭식 먹이과정은 식중독 미생물을 체내에 농축하고, 오염된 패류에 의한

식중독 사고는 전 세계적으로 보고되고 있다. (Potasman *et al.*, 2002; Iwamoto *et al.*, 2010). 패류 및 해수의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해 미국, EU, 뉴질랜드 등에서는 위생지표세균 분석을 통해 해역을 등급별로 나누어 관리하고 있다. 미국은 해수 중의 분변계 대장균의 농도에 따라 허가, 제한, 금지 해역 등으로 분류하여 관리하고 있다 (U.S. FDA, 2016). 또한 EU에서는 패류의 *Escherichia coli* 농도에 따라 A, B 및 C 등급으로 나누어 관리하며, 뉴질랜드와 일본은 패류와 해수 오염도를 종합하여 해역의 위생 상태를 관리한다 (European Commission, 2015). 우리나라는 미국과 같이 해수의 분변계대장균 오염도에 따라 해역을 분류하고 있으나, 동시에 패류를 수출하기 위해 개별 수입국의 기준에 따라 해역을 관리하고 있다. 이에 따라, 우리나라는 패류위생계획에 따라 수출용 패류생산 지정해역을 관리하고 있다 (MOF, 2019).

우리나라 이매패류의 연간 생산량은 약 41만 톤 정도이며, 생산금액은 약 1조원으로 보고되고 있다. 이러한 이매패류는 경상남도와 전라남도를 포함하는 남해안에서 80% 이상이 생산되며, 주요종은 굴, 꼬막, 홍합 및 바지락 등이 있다 (MOF, 2021a). 가막만은 남해안의 돌산도와 여수반도 사이에 위치하고 있으며, 먹이생물의 번식과 영양염의 유입이 원활하여 전라남도의 대표적인 굴 생산해역으로 보고되고 있다 (Lee and Cho *et al.*, 1990; Cho *et al.*, 1996). 반폐쇄성 내만으로 이루어져 있는 가막만은 굴 양식에 적합한 해역이지만, 수하식 굴은 이동성이 없어 해수 흐름이 원활하지 않을 경우, 육상으로부터 유입된 다양한 오염물질에 노출되기 쉽다 (Lee *et al.*, 2008). 가막만의 굴 양식은 도심권의 배수구역과 가두리양식장, 가축사육지와 인접한 연안에서 양식되며 여과 섭식을 통해 영양분을 섭취하는 굴의 특성 상 다양한 오염물질에 오염된 해수를 섭취함으로써 각종 위해물질을 체내에 축적된다 (Hunter *et al.*, 1999; Mallin *et al.*, 2001).

우리나라의 수출용 패류생산지정해역은 여수 가막만을 포함하여 총 7개 해역이 있다 (MOF, 2019; US FDA, 2016). 본 연구의 조사대상인 여수 가막만해역은 1987년 12월부터 4,188 ha에 대해 우리나라 4호 지정해역으로 설정되어있고, 주 생산 패류는 굴 및 피조개이다. 따라서 수출을 위해 가막만해역의 해수와 패류의 위생학적 관리가 필요하다. 그러나 현재까지 연구는 가막만 해역 해수의 세균학적 수질 평가 등에 한정되어 있고 (Kwon *et al.*, 2012) 근본적 문제인 가막만 주변의 육상오염원에 대한 위생학적 평가는 미약한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 여수 가막만 해역 주변의 육상오염원이 해수와 패류에 미치는 미생물학적 영향을 분석하여, 오염원 관리 및 패류의 미생물학적 안전성 확보에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 가막만 내수구역의 오염원 조사

여수시 가막만 배수구역에 분포한 오염원을 파악하기 위해, 3개 구역 (여수시 화양면, 화정면 및 돌산읍) 으로 나누어 해안선을 따라 조사하였다. 유량이 있는 각각 오염원의 배출구 크기와 유속을 확인하고 채취한 오염원의 수온, 염분, pH 등을 측정하였다. 또한 유량이 있는 오염원의 대장균군, 분변계 대장균 및 콜리파지를 분석하여 분변오염 정도를 평가하였다. 시료는 해수가 유입되지 않게 간조시간에 채취하였으며 염분 측정을 통해 재확인하였다. 유량 및 환경인자는 유속계 (FH 950.1, HACH COMPANY, US.) 및 YSI 556 multiprobe system (Yellow Springs, YSI Life Science, OH, USA) 를 사용하여 채취지점에서 바로 측정하였으며, 오염원은 멸균된 1 L 채수병에 담아 10°C 이하로 유지시켜 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

2. 주요 육상오염원에 대한 영향 평가

가막만 배수구역에서 확인된 유량발생 오염원 시료들 중 분변계대장균이 1,000/MPN/100 mL를 초과하거나 100 L/min 이상의 유량발생 지점 9개소를 주요육상오염원으로 지정하였으며 (Fig. 1), 2021년 1월부터 2023년 12월까지 분기별 (연 4회) 시료를 채취하여 분석하였다. 영향범위는 미국 FDA의 오염원 평가방법에 따라 산출하여 주요오염원이 해역에 미치

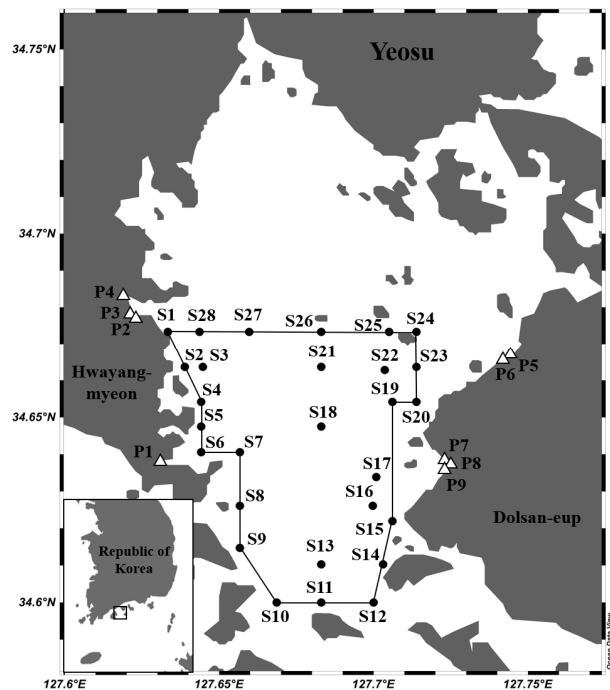


Fig. 1. Sampling stations in Kamak Bay.

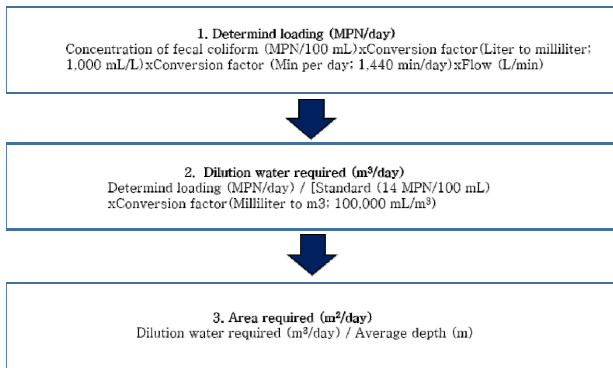


Fig. 2. Procedure for evaluating pollutant influence.

는 영향을 파악하였다. 분변계대장균이 14 MPN/100 mL 이하로 희석시키는데 요구되는 해역의 면적과 반경을 계산하였으며, 오염원이 방류되는 지점으로부터 평균수심을 적용하여 최종 영향반경을 나타내었다 (Shin *et al.*, 2018)(Fig. 2).

3. 위생지표세균 분석

가막만 해역에서 채취한 시료 중 대장균군 (Total Coliform) 및 분변계대장균 (Fecal Coliform) 분석은 Recommended Procedures for the Examination of Sea water and Shellfish (APHA, 1970) 의 방법으로 실험하였다. 또한 *E. coli* 분석은 ISO 16649-3: 2015에 따라 실험하였다.

결과 및 고찰

1. 가막만 해역의 육상 오염원 분포 및 영향

가막만 배수유역에 분포하고 있는 모든 하천 및 하수구 등 총 오염원은 340개소로 조사되었으며, 해역으로 유입되고 있는 오염원은 모두 49개소로 조사되었다. 실제적 오염원을 지역별로 살펴보면, 화양면 25개소, 화정면 7개소, 돌산을 17개

소로 확인되었으며, 오염원에서 해역으로 흘러 들어가는 총 유입량은 16,296 L/m으로 조사되었다. 오염원의 종류와 유입량을 살펴보면 하천 12개소에서 4,285, 생활하수 11개소에서 314, 기타 26개소에서 11,697 L/min가 해역으로 유입되었다 (Table 1). 실제적 유량이 확인된 49개 오염원 중 분변계대장균의 농도가 높고 유량이 지속적으로 발생하는 지점 9개소를 선정하여 주요육상오염원 조사지점으로 선정했다. 또한 가막만 해역에서 패류 주 생산시기가 아닌 6월에서 9월을 제외한 시기에 분기별 1회 오염도를 분석하였다.

가막만 해역의 총 오염원 갯수는 고흥 나로도 해역 (179개)에 비해 많은 편이며 해역으로 유입되고 있는 오염원 (28개) 역시 나로도에 비해 많은 편이다. 유입량은 나로도 해역이 약 92,000 L/min로 가막만 해역보다 많은 걸로 분석되었다 (Choi *et al.*, 2021). 주요육상오염원인 P1-P9 지점 조사 시 확인된 유량, 대장균 및 분변계대장균 오염도, 영향반경은 Fig. 3.에 나타내었고, 지점별 영향반경 지도는 Fig. 4.에 나타내었다. P1-P9 지점에서 분변계대장균의 오염도는 각각 1,100-700,000, 79-4,900,000, 2-22,000, 1,400-920,000, 130-33,000, < 1.8-17,000, 46-540,000, 20-33,000 및 330-4,900,000 MPN/100 mL으로 나타났으며, 유량은 각각 18-360, 50-1,080, 0.8-441, 1.2-317, 30-2,268, 1.2-372, 9-324, 1.2-32.9 및 9.6-360 L/min으로 조사되었다. 그리고 오염원의 영향반경은 108-1949, 29-1,345, 1-1,783, 32-1,793, 33-1,312, 3-800, 20-1,528, 3-167 및 57-682 m로 분석 되었다 (Table 2). P2 및 P5 지점의 유량이 많았으며, 영향반경은 P6, P8, P9지점을 제외한 모든 지점에서 약 1.5-2.0 km로 분석었다. P1, P2, P4, P7 및 P9에서 분변계대장균의 농도가 간헐적으로 높게 나타났으며, 영향반경은 약 1.5 km 이상으로 나타났다. 가막만 해역 주변 육상오염원이 해역에 미치는 영향반경을 확인해 보았을 때 전남 여자만해역 영향반경 (약 6 km) 에 비해 낮은 것을 확인 할 수 있었다 (Lee *et al.*, 2020). 이러한 결과로 보아, 육상오염원이 해역

Table 1. Summary of the pollution sources identified in the drainage area of Kamak Bay

Drainage area	No. of pollution sources (Discharge volume, L/min)			
	Flow	SW ¹⁾	DW ²⁾	Others
Hwayang-myeon	25 (1,964.2)	9 (1,469.4)	6 (212.4)	10 (282.4)
Hwajeong-myeon	7 (296.2)	-	-	7 (296.2)
Dolsan-eup	17 (14,035.6)	4 (2,816)	4 (101.4)	9 (11,118.2)
Total	49 (16,296)	13 (4,285.4)	10 (313.8)	26 (11,696.8)

¹⁾Stream water, ²⁾Domesticwastewater

주요 육상오염원이 가막만 참굴 및 해수의 미생물학적 안전성에 미치는 영향

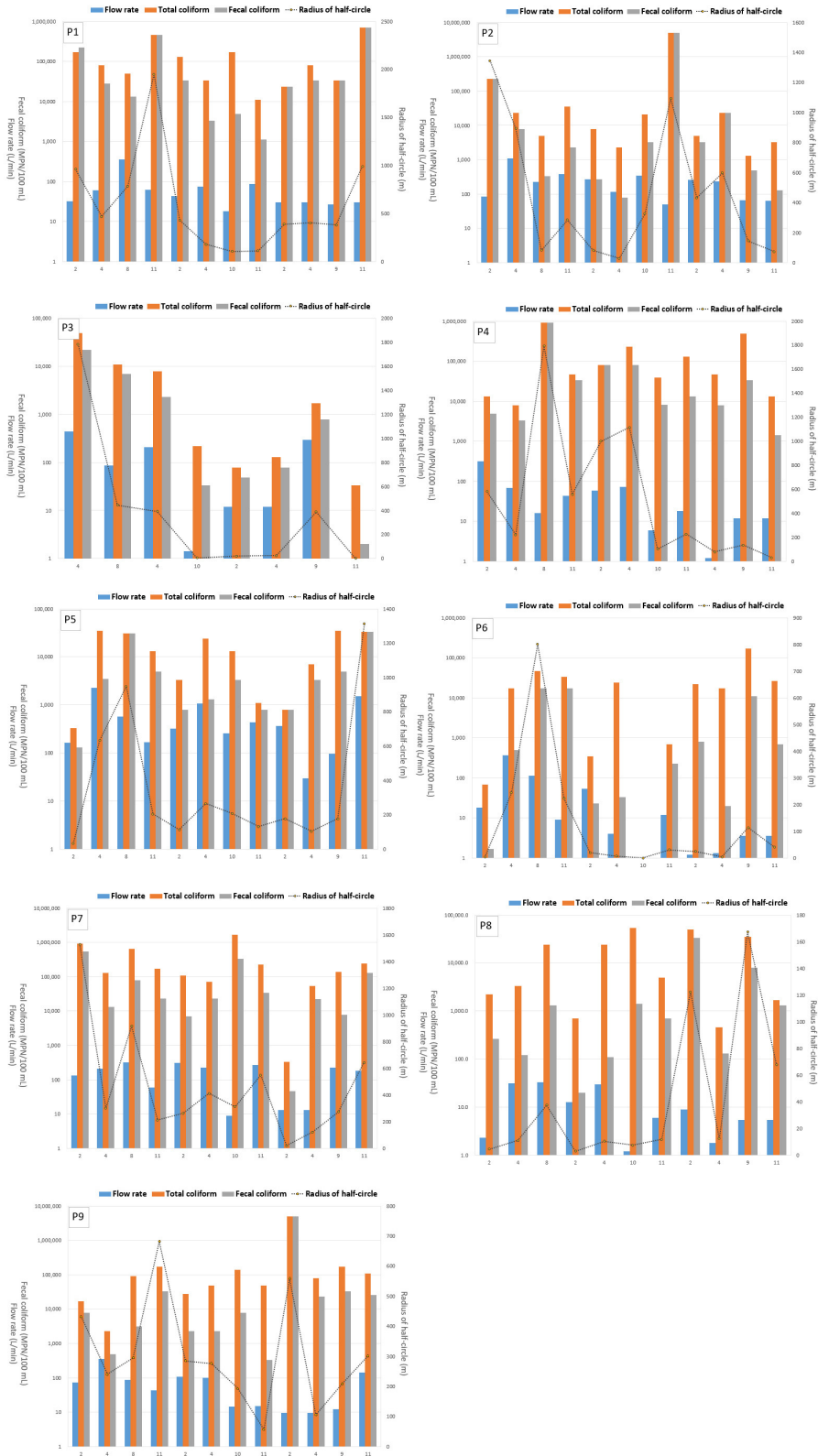


Fig. 3. Evaluation of major pollution sources impact in Kamak Bay.

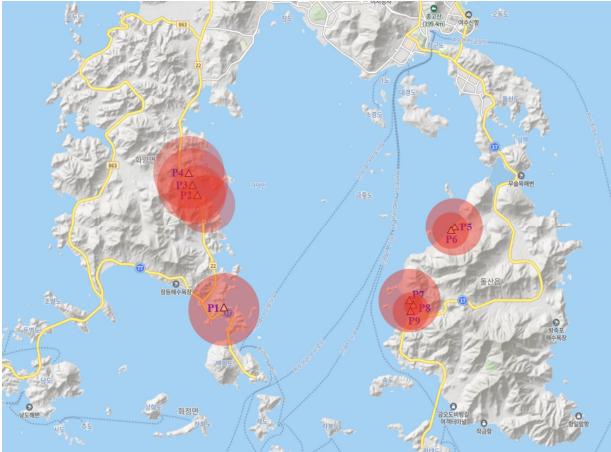


Fig. 4. Evaluation of radius of influence of major pollution sources impact in Kamak Bay.

의 해수와 패류에 영향을 미칠 수 있는 것으로 판단되어 주기적인 미생물학적 모니터링이 필요한 것으로 판단되었다.

2. 가막만 해역의 해수 위생상태

2021년 1월부터 2023년 12월까지 3년간 가막만 해역에 위치한 지정해역 28개소의 분변계대장균 실험결과는 Table 3에 나타내었다. 각각 지점별 36회씩, 총 1,008개 해수 시료를 분석한 결과, 분변계대장균은 < 1.8-49 MPN/100 mL로 분석되었고 Geometric mean 및 90th percentile은 각각 < 1.8-2.0 및 < 1.8-4.0 MPN/100 mL로 산출되었다. 가막만해역의 해수에 대한 분변계대장균 오염 정도는 고흥 나로도 해역의 해수 수질 결과인 Geometric mean < 1.8-2.3 MPN/100 mL, 90th percentile < 1.8-5.3 MPN/100 mL 인 보고와 (Choi *et al.*, 2021) 유사한 결과를 나타내었다.

우리나라는 해수의 분변계대장균 값에 따라 해역을 조건부해역, 준지정해역 및 지정해역으로 분류하여 관리하고 있다. 수출용 패류생산해역은 해양수산부의 한국패류위생계획에 따라 30회 이상의 조사에서 분변계대장균의 Geometric mean 값이 88 MPN/100 mL 초과일 경우 조건부해역, 14 이상 88 미만 준지정해역, 14 미만일 경우 지정해역으로 분류하고 있다 (MOF, 2021c). 본 연구의 가막만 해역 해수 28개소의 조사결과 분변계대장균의 Geometric mean 값이 < 1.8-2.0 MPN/100 mL로 우리나라 지정해역 기준에 충족하는 것으로 나타났다.

미국은 National Shellfish Sanitation Program, NSSP 규정에 의해 해수 중 분변계대장균의 Geometric mean 값 및 90th percentile 값에 의해 허가해역, 조건부허가해역, 제한해역, 조건부제한해역 및 금지해역으로 구분한다. 허가해역은 분변계대장균의 Geometric mean 및 90th percentile 값이 각각 14 MPN/100 mL 이하 및 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 10% 미만이어야 한다 (U.S. FDA, 2016). 가막만 해역은 해수의 Geometric mean 값 및 90th percentile 값은 < 1.8-2.0 및 < 1.8-4.0 MPN/100 mL로 NSSP 규정에 따라 허가해역으로 분류되었다.

3. 가막만 해역의 패류 위생상태

2021년 1월부터 2023년 12월까지 가막만 해역의 대표 패류인 굴에 대해 총36회 위생상태를 분석한 결과는 Table 4에 나타내었다. 분변계대장균, *E. coli* 및 일반세균수의 범위는 각각 < 18-330, < 18-230 MPN/100 g 및 10-3,600 CFU/g으로 나타났다. 가막만 해역의 패류 (굴) 위생상태는 경남 남해 강진만 해역 굴의 위생상태인 분변계대장균 < 18-790 MPN/100 g, *E. coli* < 18-490 MPN/100 g, 일반세균수

Table 2. Calculated impacted area in the Kamak Bay

Station	Flow rate (L/min)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	Determine loading (MPN/day)	Dilution water required (m ³)	Area required (m ²)	Radius of half-circle (m)
P1	18-360	1,100-700,000	1.27×10^9 - 4.17×10^{11}	9.07×10^3 - 2.98×10^6	1.81×10^4 - 5.96×10^6	108-1,949
P2	50-1,080	79-4,900,000	1.21×10^8 - 3.53×10^{12}	8.66×10^2 - 2.52×10^7	1.32×10^3 - 2.84×10^6	29-1,345
P3	0.8-441	2-22,000	2.30×10^4 - 1.40×10^{11}	1.65×10^1 - 9.98×10^5	1.65×10^0 - 4.99×10^6	1-1,783
P4	1.2-317	1,400-920,000	1.37×10^8 - 2.12×10^{11}	9.75×10^2 - 1.51×10^6	1.57×10^3 - 5.05×10^6	32-1793
P5	30-2,268	130-33,000	3.09×10^8 - 7.19×10^{11}	2.21×10^3 - 5.13×10^6	1.70×10^3 - 2.70×10^6	33-1,312
P6	1.2-372	1.7-17,000	3.80×10^5 - 2.82×10^{10}	2.72×10^0 - 2.01×10^5	1.57×10^1 - 1.01×10^6	3-800
P7	9-324	46-540,000	8.74×10^6 - 1.03×10^{12}	6.25×10^1 - 7.33×10^6	6.25×10^2 - 3.67×10^6	20-1,528
P8	1.2-32.9	20-33,000	3.37×10^6 - 4.28×10^9	2.41×10^1 - 3.05×10^4	1.30×10^1 - 4.39×10^4	3-167
P9	9.6-360	330-4,900,000	7.13×10^7 - 6.77×10^{11}	5.09×10^2 - 4.84×10^6	5.09×10^3 - 7.30×10^5	57-682

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

Station	Fecal coliform (MPN ¹⁾ / 100 mL)						No. of Sample
	Range	Median	GM ²⁾	90th ³⁾	> 43		
					No.	%	
Designated area							
S1	< 1.8-7.8	< 1.8	1.8	2.5	0	0.0	36
S2	< 1.8-13	< 1.8	1.9	3.2	0	0.0	36
S3	< 1.8-7.8	< 1.8	1.9	2.9	0	0.0	36
S4	< 1.8-46	< 1.8	1.9	4.0	1	2.8	36
S5	< 1.8-13	< 1.8	1.9	3.3	0	0.0	36
S6	< 1.8-17	< 1.8	2.0	4.0	0	0.0	36
S7	< 1.8-2.0	< 1.8	< 1.8	1.8	0	0.0	36
S8	< 1.8-13	< 1.8	1.9	3.0	0	0.0	36
S9	< 1.8-7.8	< 1.8	1.8	2.5	0	0.0	36
S10	< 1.8-13	< 1.8	1.9	3.0	0	0.0	36
S11	< 1.8-11	< 1.8	1.9	3.1	0	0.0	36
S12	< 1.8-11	< 1.8	1.9	3.1	0	0.0	36
S13	< 1.8-7.8	< 1.8	1.8	2.5	0	0.0	36
S14	< 1.8-1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0.0	36
S15	< 1.8-49	< 1.8	1.9	3.9	1	2.8	36
S16	< 1.8-2.0	< 1.8	< 1.8	1.8	0	0.0	36
S17	< 1.8-4.5	< 1.8	1.8	2.4	0	0.0	36
S18	< 1.8-4.5	< 1.8	1.8	2.2	0	0.0	36
S19	< 1.8-2.0	< 1.8	< 1.8	1.8	0	0.0	36
S20	< 1.8-4.5	< 1.8	1.8	2.2	0	0.0	36
S21	< 1.8-13	< 1.8	1.8	2.8	0	0.0	36
S22	< 1.8-6.1	< 1.8	1.8	2.4	0	0.0	36
S23	< 1.8-4.5	< 1.8	1.8	2.2	0	0.0	36
S24	< 1.8-7.8	< 1.8	1.9	2.9	0	0.0	36
S25	< 1.8-< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0.0	36
S26	< 1.8-17	< 1.8	1.9	3.2	0	0.0	36
S27	< 1.8-2.0	< 1.8	< 1.8	1.9	0	0.0	36
S28	< 1.8-4.5	< 1.8	1.8	2.4	0	0.0	36
Range	< 1.8-49	< 1.8	< 1.8-2.0	< 1.8-4.0	2	0.2	1008

¹⁾MPN, Most probable number, ²⁾Geometric mean, ³⁾The estimated 90th percentile

40-9,700 CFU/g에 비해 오염도가 낮은 것으로 확인되었다 (Park *et al.*, 2024). EU의 경우, 패류의 *E. coli* 값에 따라 해역을 분류하는데, 30회 이상 조사시 80% 이상의 시료가 230 MPN/100 g을 초과하지 않아야하며, 모든 시료 중 700

MPN/100 g을 초과하지 않을 경우 A등급으로 분류한다. 전체 시료수의 90%가 4,600 MPN/100 g 이하, 모든 시료가 46,000 MPN/ 100 g 미만일 경우 B등급으로 분류하고, 모든 시료가 46,000 MPN/ g 을 초과하지 않을 경우 C 등급으로

Table 4. Results of the bacteriological examination of Oyster in Kamak Bay from 2021 to 2023

Station	Results											
	Fecal coliform (MPN ¹⁾ /100g)				<i>E. coli</i> (MPN/100 g)				Total aerobic bacteria (CFU/g)			
	Range	> 230 No.	%	Range	> 230 No.	%	> 700 No.	%	Range	> 50,000 No.	%	No. of Sample
O-3	< 18-45	0	0.0	< 18-45	0	0	0	0	20-2,000	0	0.0	36
O-4	< 18-68	0	0.0	< 18-78	0	0	0	0	20-2,000	0	0.0	36
O-5	< 18-170	0	0.0	< 18-170	0	0	0	0	10-2,100	0	0.0	36
O-6	< 18-170	0	0.0	< 18-170	0	0	0	0	25-3,600	0	0.0	36
O-7	< 18-330	1	2.8	< 18-230	0	0	0	0	20-3,400	0	0.0	36
Total	< 18-330	1	0.6	< 18-230	0	0	0	0	10-3,600	0	0.0	180

¹⁾MPN, Most probable number

분류한다 (European Commission, 2015). 본 연구 결과, 가막만 해역의 굴 총 180개 모두 *E. coli* 값이 230 MPN/100 g을 초과하지 않았으며, 모든 시료가 700MPN/100 g 미만으로 EU 기준 A 등급에 해당하는 것을 확인하였다. 이상의 결과를 종합하여 보면 가막만 해역으로 유입되는 주요 육상오염원들 모두 간헐적으로 높은 분변계대장균 오염도를 나타내었으나 가막만 해수 및 굴의 미생물 오염도는 우리나라의 해수 및 패류의 위생기준, 해수에 대한 미국의 해역관리 기준 및 패류에 대한 EU의 안전성 기준을 모두 충족하였다. 그러나 P1, P3, P4 및 P7지점은 우천시 많은 유량으로 영향반경이 약 1.5 km 이상으로 확인되어 주기적인 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

요 약

본 연구에서는 가막만 해역 주변의 육상오염원의 형태, 유형, 영향반경과 미생물학적 영향을 분석하여, 패류의 미생물학적 안전성 확보에 기여하고자 하였다. 가막만 주변 해역의 오염원은 340개소로 조사되었으며, 유량 발생이 있는 오염원은 모두 49개소로 조사되었다. 이들 중 분변계대장균의 농도가 높고 유량이 지속적으로 발생하는 지점 9개소 (P1-P9) 를 선정하여 주요육상오염원으로 선정하였다. 분석결과P1, P2, P4, P7 및 P9에서 분변계대장균의 농도가 간헐적으로 높게 나타났으며, 영향반경은 약 1.5 km 이상으로 나타났다. 가막만 해역의 해수와 굴의 미생물오염도를 분석한 결과, 해수의 분변계대장균 오염도는 < 1.8-49 MPN/100 mL로 분석되었고 Geometric mean 및 90th percentile은 각각 < 1.8-2.0 MPN/100 mL 및 < 1.8-4.0 MPN/100 mL로 분석되었다. 또

한 굴의 분변계대장균, *E. coli* 및 일반세균수 오염도는 < 18-330 MPN/100 mL, < 18-230 MPN/100 g 및 10-3,600 CFU/g으로 분석되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 가막만 해역으로 유입되는 주요 육상오염원들이 간헐적으로 높은 분변계대장균 오염도를 나타내었으나 가막만 해수 및 굴의 미생물 오염도는 우리나라의 해수 및 패류의 위생기준, 해수에 대한 미국의 해역관리 기준 및 패류에 대한 EU의 안전성 기준을 모두 충족하여 미생물학적 안전성이 확보된 것으로 판단되었다. 그러나 P1, P3, P4 및 P7지점은 우천시 등 많은 유량으로 영향반경이 약 1.5 km 이상으로 확인되어 주기적인 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 수출패류 생산해역 및 수산물 위생조사 (R2025055) 사업의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사 드립니다.

REFERENCES

APHA. (1970) Recommended procedures for the examination of seawater and shellfish. 4th Edition. pp. 1-47, American Public Health Association, Washington DC, USA.

Cho, E.I., Park, C.K. and Lee, S.M. (1996) Estimation of Carrying Capacity in Kamak Bay (II): Estimation of carrying capacity of oyster culture ground. *J. Kor. Fish. Soc.*, 29: 709-715.

Choi, W.S., Shin, S.B., Yoon, M.C., Lee, J.H., Kim, K.Y. and Lim, C.W. (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. 9.12.
- Hunter, C., Perkins, J., Tranter, J., Gunn, J. (1999) Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire Peak District in the UK. *Water Research*, **33**: 3577-3586
- Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon, B.E. and Swerdlow, D.L. (2010) Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clinical Microbiology Reviews.*, **23**(2): 399-411
- Kwon, J.Y., Park, K.B.W., Song, K.C., Oh, E.G., Lee, H.J., Kim, J.H. and Son, K.T. (2012) The Bacteriological Quality of Seawater in Kamak Bay, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, **45**: 460-464.
- Lee, D.S., Kim, Y.S., Jeong, S.Y., Kang, C.K. and Lee, W.J. (2008) Environmental characteristics and distributions of marine bacteria in the sediments of Kamak Bay in winter and summer. *J. Environ. Sci.*, **17**: 755-765.
- Lee KH and Cho KD. (1990) Distribution of the temperature and salinity in Kamak Bay. *Bull. Kor. Fish Soc.*, **23**: 25-39.
- Lee, J.H., Choi, W.S., Lim, C.W. and Shin, S.B. (2020) Investigation of Terrestrial Fecal Bacteria Affecting the Sanitary Status of Ark shell (*Scapharca subcrenata*) Farm in Yeoja Bay, Korea. *Korean J. Malacol.*, **36**: 175-184. <https://doi.org/10.9710/kjm.2020.36.4.175>
- Lunestad, B.T., Maage, A., Roiha, I.S., Myrmet, M., Svanevik, C.S., Duinker, A. (2016) An Outbreak of Norovirus Infection from Shellfish Soup Due to Unforeseen Insufficient Heating During Preparation. *Food and Environmental virology*, **8**: 231-234.
- Mallin, M.A., Ensign, S.H., Mciver, M.R., Shank, G.C., Fowler, P.K. (2001) Demographic, landscape, and meteorological factors controlling the microbial pollution of coastal waters. *Hydrobiologia*, **460**: 185-193.
- MOF (2019) Korean Shellfish Sanitation Program. pp.1-94. Ministry of Oceans and Fisheries, Sejong. Retrieved from <http://www.mof.go.kr> on May 3.
- MOF (2021a) Fisheries information service. Retrieved from <http://stat.mof.go.kr> on September 5.
- MOF (2021a) A study on the production and distribution of fishery products in 2020. pp.3-356. Ministry of Oceans and Fisheries, Korea. Retrieved from <https://www.mof.go.kr> on September 2
- Park, H.J., Hong, Y.W., Kim, D.H., Lee, J.H., Choi, W.S. and Kim, P.H. (2024) Assessment of Bacteriological Quality Evaluation of Seawater and Shellfish from the Gangjin Bay, Korea, from 2021-2023. *Korean J. Fish Aquat. Sci.*, **57**: 530-539.
- Potasman, I., Paz, A., Odeh, M. (2002) Infectious Outbreaks Associated with Bivalve Shellfish Consumption: A Worldwide Perspective. *Clinical infectious diseases*, **35**: 921-928.
- Shin, S.B., Lim, C.W., Lee, J.H., Jung, S.H. (2018) Evaluation of Inland Pollution Sources impact in the Gangjin Bay, Korea. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, **30**: 2241-2248.
- US FDA(2016). National Shellfish Sanitation Program:Guide for the Control of Molluscan Shellfish. U.S. Food and Drug Administration, silver Spring. Retrieved from <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm> on September 5.