

고성만 패류양식해역의 계절적 수질환경 특성

배현준¹, 조상만², 강주현³, 정우건¹

¹경상국립대학교 해양과학대학 해양생명과학과, ²군산대학교 해양과학대학 해양생명과학과,
³(주)코리아오션리서치

Seasonal Water Quality Environment Characteristics in the Shellfish Farming Waters in Goseong Bay, Korea

Hyeon-Jun Bae¹, Sang-Man Cho², Ju-Hyun Kang³ and Woo-Geon Jeong¹

¹Department of Marine Biology and Aquaculture, Gyeongsang National University, 2, Tongyeonghaean-ro, Tongyeong-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea

²Department of Aquaculture and Aquatic Science, Kunsan National University, 558, Daehak-ro, Gunsan-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea

³Korea Ocean Research, 7, Dosanilju-ro, Tongyeong-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea, Republic of Korea

ABSTRACT

Seawater samples were carried out at 9 stations were selected once a month in January, April, July, and October 2019 and 2020, respectively. In this study, it was investigated for physicochemical experiments and microbial experiments in the waters of Goseong Bay. The mean temperature was 5.44-25.20°C, the mean salinity was 28.30-33.07 psu, and the mean pH was 8.00-8.48. The mean DO of the Goseong Bay was 6.88-10.90 mg/L. In Goseong Bay, microbiological experiments were < 1.8-130.0 MPN/100 mL (total coliform) and < 1.8-23 MPN/100 mL (fecal coliform). In July 2020, high cumulative rainfall was confirmed, physicochemical factors of seawater were affected by rainfall. 2020 fecal coliform was significantly higher than that of 2019. In particular, the stations 5, 6, and 7 showed high figures, which are believed to be due to Daedok Stream and Wolpyeong Stream. When the cumulative rainfall was less than 55 mm, the effect on the sea area was insignificant, and when it was more than 185 mm, it was found to have an effect on the sea area. Compared to Jaraman Bay and Saryangdo Island, which are nearby waters, it can be seen that Goseong Bay belongs to blue belt, Goseong Bay does not exceed the standard of 14 MPN/100 mL (fecal coliform).

Key Words : Shellfish, Rainfall, Oyster, *Crassostrea gigas*, Hygienic condition, Sanitary characteristics, Goseong Bay

서 론

우리나라 연안의 표층 수온은 1968년 관측 이래 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 특히 1980년대 후반부터 급격한 상승으로 평균 해수면 수온이 높게 유지되고 있다. 이러한 수온상

승은 해양에서 기후인자로 작용하여 다양한 자연재해의 빈도수를 증가시켜왔기 때문에 우리나라의 양식장은 1970년대 초기부터 풍파의 영향이 적은 남해안 내만을 중심으로 분포해 있다 (Min and Kim, 2006). 그리고 전국 굴 생산량의 약 75%를 경남에서 생산되며, 통영, 거제, 고성 연안 중심으로 양식산업이 발달하였다 (Lee et al., 2016).

하지만 최근 들어 여름 장마기간이 늘어남으로써 해안 내만에 많은 유입수로 인해 부영양화 또는 빈산소수피의 출현빈도가 증가하고 있는 실정이며, 주요 양식 수산물인 굴, 가리비, 미더덕 등의 대량 폐사가 발생해왔다. 그리고 주변 주거지와 가축 사육지, 야생동물 서식지, 선박 계류장 등에서 기인한 오염수는 하수 및 유거수를 통하거나 강우에 의해 해역으로 유입되어 연안을 오염시켰으며, 이로 인해 우리나라 굴 생산해역에

Received: December 09, 2021; Revised: December 19, 2021; Accepted: December 29, 2021

Corresponding author: Woo-Geon Jeong
Tel: +82 (55) 772-9151, e-mail: jwg@gnu.ac.kr
1225-3480/24804

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.

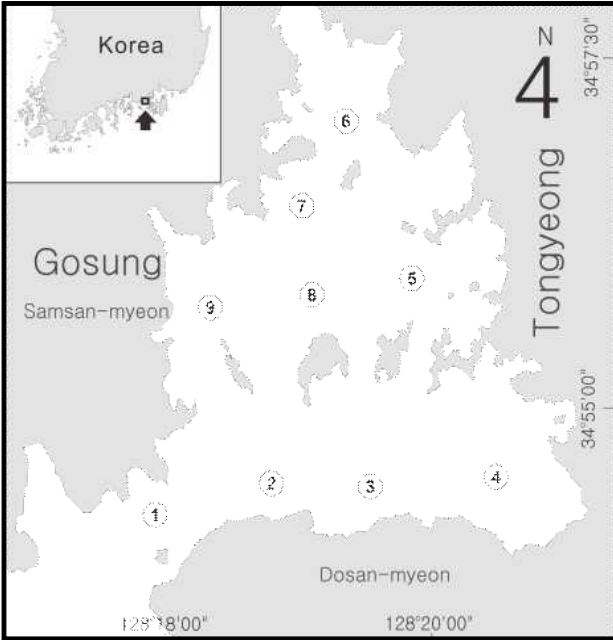


Fig. 1. Sampling stations for surface seawater in Goseong bay, Korea.

서 실시한 위생안전성평가 결과에서 높은 세균 농도가 검출되어 식품 안전성에 문제점이 발생하고 있다 (Hunter *et al.*, 1999; Ha *et al.*, 2009; Shim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2010).

그러므로 양식장 및 주변 해역을 모니터링하고 관리하는 것이 더욱 중요하다. 이전 연구를 보면, 우리나라 패류양식해역의 위생학적 특성에 대한 연구는 자란만 (Choi *et al.*, 1998) 과 통영항 (Choi and Jeowg, 2001), 한산도와 거제만 (Ha *et al.*, 2009), 광양만과 진해만 (Son *et al.*, 2011), 완도 (Kang *et al.*, 2015), 안정만 (Jeong *et al.*, 2014), 고성만 (Lee *et al.*, 2016) 에서의 연구가 진행되었다. 이러한 연구들은 위생학적 특성에 관한 연구로 대부분 대장균의 변화 및 식품 안전성에 관해 보고되었지만, 환경적인 원인에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 고성만을 대상으로 해역의 계절변화에 따른 수질 및 주변으로부터 유입되는 유입수가 양식장 주변 해역에 미치는 영향을 확인하고, 패류 양식장 해역의 적합성을 조사하며, 식품으로써 안전성 확인을 통해 양식장 및 주변 환경관리를 위한 기초자료로써 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사해역 정점

경상남도 고성만 해역의 계절적 수질환경에 대한 연구를 위

해, 2019년과 2020년 1월, 4월, 7월, 10월에 각각 월 1회씩 9개 정점을 선정하여 조사하였다. 정점은 육상 지형적 특성에 따라 유입수의 영향을 받을 것으로 예상되는 통영시 도산면의 저산리 (St. 1), 오희리 (St. 2, 3), 도산리 (St. 4), 원산리 (St. 5) 와 고성읍의 신월리 (St. 6), 삼산면의 판곡리 (St. 7, 8), 병산리 (St. 9) 에 총 9개의 정점을 선정하였다 (Fig. 1).

2. 측정 및 실험방법

표층 해수의 수온, 염분, DO는 종합 수질측정기 (YSI-2030, YSI Life Science, USA) 를 사용하여 현장에서 실측하였으며, pH는 실험실로 운반하여 pH METER (ORION3 STAR, Thermo, USA) 로 측정하였다. 대장균군 및 분변계 대장균의 위생학적 조사를 위하여, 채수기를 이용하여 표층에서 약 10 cm 깊이의 해수를 샘플링하여, 멸균된 250 mL 광구병에 담아 아이스박스에 10°C 이하로 유지하여 실험실로 운반하였다. 분석방법은 미국 FDA에서 지정한 실험 방법인 Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish (APHA, 1970) 방법을 이용하였고, 대장균군 및 분변계 대장균의 최확수법 (Most Probable Number, MPN) 을 사용하여 100 mL 당 MPN으로 나타내었다. 그리고 해수의 위생 상태는 우리나라의 수출용 패류 생산해역의 위생관리 기준 (MOF, 2015a) 과 미국의 패류 양식장에 대한 세균학적 수질기준 (U.S. FDA, 2019) 에 준하여 GM (Geometric Mean) 및 90th (The estimated 90th percentile) 으로 나타냈고, 이때 사용한 수식은 다음과 같다.

$$Est90th = Antilog[(Slog)1.28 + Xlog]$$

Slog = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 표준편차

Xlog = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 평균

결과 및 고찰

조사기간 중 고성만 해역에 설정한 9개의 조사정점 표층 해수의 수온, 염분, pH, 용존산소량 (DO) 의 결과값은 Table 1 과 같다. 분기별 평균 수온의 범위는 5.44-25.20°C로 조사되었으며, 2019년 월별 평균 수온은 1월이 5.44°C로 가장 낮았고, 7월이 25.20°C로 가장 높았다. 반면 2020년 평균 수온은 1월이 7.61°C로 가장 낮았으며, 7월이 24.04°C로 가장 높았다. 분기별 평균 염분은 28.30-33.07 psu로 측정되었으며, 2020년은 7월에 28.30 psu로 가장 낮게 나타났다. 이는 강우의 영향으로 기인한 것으로 판단된다. 조사기간 동안의 pH 범위는 8.00-8.48로 측정되었다. DO는 6.88-10.90 mg/L로 측정되었으며, 2019년 월별 평균 DO는 4월에 6.88 mg/L로 가장 낮게 나타났고, 1월에 8.90 mg/L로 가장 높게 나타났다. 반면

Table 1. Seasonal variation in temperature, salinity, pH, and DO of seawater in Goseong bay, Korea

Year	Month	W.T.(°C) ¹	Salinity (psu)	pH	DO (mg/L) ²
2019	Jan	5.44	32.88	8.27	8.90
	Apr	14.46	32.49	8.00	6.88
	Jul	25.20	33.07	8.03	7.37
	Oct	21.47	31.01	8.19	7.27
2020	Jan	7.61	32.07	8.09	7.94
	Apr	14.03	31.08	8.29	8.57
	Jul	24.04	28.30	8.48	10.90
	Oct	21.53	31.37	8.18	7.92

¹W.T. : Water Temperature, ²DO : Dissolved Oxygen

2020년은 월별 평균 DO는 10월에 7.92 mg/L로 가장 낮게 나타났고, 7월에 10.90 mg/L로 가장 높게 나타났다.

2019년과 2020년도 해수 중 대장균 농도는 각각 < 1.8-17 MPN/100 mL과 < 1.8-130 MPN/100 mL로 나타났으며, GM은 각각 3.6 MPN/100 mL과 7.6 MPN/100 mL로 확인되었고, 90th는 각각 8.7 MPN/100 mL과 37.9 MPN/100 mL로 조사되었다. 분변계 대장균은 각각 < 1.8-4.5 MPN/100 mL과 < 1.8-23 MPN/100 mL의 농도로 나타났으며, GM은 각각 2.3 MPN/100 mL과 2.8 MPN/100 mL로 확인되었다. 2019년도 대장균군 분포 결과 St. 3에서 GM 값과 90th 값이 각각 < 1.8 MPN/100 mL과 < 1.8 MPN/100 mL로 최소값을 나타냈으며, St. 6에서는 각각 4.0 MPN/100 mL과 14.0 MPN/100 mL로 최대값을 보였다. 2020년도 정점별 대장균의 분포 결과는 St. 9에서 GM 값과 90th 값이 각각 4.5 MPN/100 mL과 4.5 MPN/100 mL로 최소값을 나타냈으며, St. 5에서 각각 130.0 MPN/100 mL과 130.0 MPN/100 mL로 최대값을 보였다. 분변계 대장균의 2019년도 정점별 분포 결과는 St. 3, 4, 5, 7, 8에 각각 < 1.8 MPN/100 mL로 최소값을 나타냈으며, St. 6, 9에서는 각각 3.0 MPN/100 mL로 최대값을 보였다 (Table 2). 2020년 정점별 분포 결과에서는 St. 2, 9에서 각각 2.0 MPN/100 mL로 최소값을 나타냈으며, St. 5에서는 각각 21.2 MPN/100 mL로 최대값을 보였다 (Table 3).

2019년과 2020년 분변계 대장균 GM 수치를 비교한 결과 2020년 분변계대장균 GM이 2019년 분변계 대장균의 GM보다 높았으며, 특히 St. 5, 6, 7에서 높은 수치를 보였다 (Fig. 2). 이는 2020년 7월 장마와 집중호우로 인해 육상에서 유입되는 비점오염원과 점오염원이 월평천과 대독천을 통해 해역

에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 생각된다.

고성만 인근 해역인 자란만과 사랑도 해역의 대장균군과 분변계 대장균을 비교해보면, 자란만, 사랑도 해역 대장균군과 분변계 대장균의 GM 값은 각각 < 1.8-2.7 MPN/100 mL와 < 1.8-2.4 MPN/100 mL, 90th 값은 각각 < 1.8-16.9 MPN/100 mL와 < 1.8-8.6 MPN/100 mL로 비교적 낮게 나타났다. 그리고 자란만과 사랑도 해역은 강우의 영향을 받는 시기에는 분변계 대장균 다소 높았지만, 고성만의 비해 영향은 크지 않았다 (Shim *et al.*, 2009).

또한 Lee (2018) 의 고성만 해역과 비교 결과, 2016년도 대장균군 및 분변계 대장균의 GM 값은 각각 1.8-3.1 MPN/100 mL와 < 1.8-2.7 MPN/100 mL로 낮게 나타났으며, 비교적 연안에 인접한 정점들이 다소 높은 수치를 보였다. 그리고 강우가 영향을 주는 기간의 분변계 대장균은 7.8 MPN/100 mL로 나타났지만, 강우가 발생하지 않았을 때 < 1.8 MPN/100 mL로 보고하였다. 이는 고성만의 반폐쇄적인 만으로써 강우 및 해수유동의 영향을 직간접적으로 받고 있는 것으로 판단된다.

고성만 해역의 조사 7일 전 누적 강우량에 따른 분변계 대장균의 결과 값은 Table 4에 나타내었다. 2020년 7월에 발생한 장마와 집중호우로 인해 시료채취 7일간 누적 강우가 185.6 mm로 기록되어 해수 내 세균학적 수질에 영향을 받고 있는 것으로 추정된다. 결과적으로 조사한 모든 시료 중 미국위생 프로그램 (US FDA, 2019) 의 기준치인 43 MPN/100 mL을 초과한 시료는 확인되지 않았으며, 조사정점 모두가 허가 해역에 속해 패류양식에 적합한 것으로 판단된다. 또한 Sayler (1975) 에 따르면 강우로 인해 육상에 있는 부유물이 함유된 담수가 연안으로 유입되는데 이러한 부유물이 세균을 운반하

Table 2. Bacteriological analysis of seawater at each sampling station in Goseong bay, Korea (2019)

St.	MPN/100 mL									No. of Spls.
	Coliform			Fecal coliform						
	Range	GM	90th	Range	GM	> 43		> 260		
						No.	%	No.	%	
1	< 1.8-2.0	2.0	2.0	< 1.8-2.0	2.0	0	0.0	0	0.0	4
2	< 1.8-7.8	7.8	7.8	< 1.8-2.0	2.0	0	0.0	0	0.0	4
3	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	4
4	< 1.8-4.5	4.5	4.5	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	4
5	< 1.8-4.0	4.0	4.0	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	4
6	< 1.8-17	4.0	14.0	< 1.8-4.5	3.0	0	0.0	0	0.0	4
7	< 1.8-6.8	5.2	6.5	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	4
8	< 1.8-2.0	2.0	2.0	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	4
9	< 1.8-7.8	5.9	7.4	< 1.8-4.5	3.0	0	0.0	0	0.0	4
Total	< 1.8-17	4.1	9.7	< 1.8-4.5	2.1	0	0.0	0	0.0	36

Table 3. Bacteriological analysis of seawater at each sampling station in Goseong bay, Korea (2020)

St.	MPN/100 mL									No. of Spls.
	Coliform			Fecal coliform						
	Range	GM	90th	Range	GM	> 43		> 260		
						No.	%	No.	%	
1	< 1.8-11	11.0	11.0	< 1.8-4.0	4.0	0	0.0	0	0.0	4
2	< 1.8-11	9.2	10.6	< 1.8-2.0	2.0	0	0.0	0	0.0	4
3	< 1.8-11	11.0	11.0	< 1.8-2.0	2.9	0	0.0	0	0.0	4
4	< 1.8-17	17.0	17.0	< 1.8-4.5	4.4	0	0.0	0	0.0	4
5	< 1.8-130	130.0	130.0	< 1.8-23	21.2	0	0.0	0	0.0	4
6	< 1.8-23	11.3	21.2	< 1.8-13	11.9	0	0.0	0	0.0	4
7	< 1.8-17	10.7	16.0	< 1.8-4.5	6.7	0	0.0	0	0.0	4
8	< 1.8-17	17.0	17.0	< 1.8-2.0	7.4	0	0.0	0	0.0	4
9	< 1.8-4.5	4.5	4.5	< 1.8-4.5	2.0	0	0.0	0	0.0	4
Total	< 1.8-130	24.6	43.0	< 1.8-23	6.9	0	0.0	0	0.0	6

Table 4. Effects of rainfall on the bacteriological quality of sea water in Goseong bay, Korea (2019-2020)

Year	Sampling date	Amount of rainfall (mm)							Sampling days	Total
		7 days before	6 days before	5 days before	4 days before	3 days before	2 days before	1 day before		
2019	1/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4/14	24.3	-	21.9	7.8	-	0.1	-	-	54.1
	7/15	0.8	-	25.6	1.7	-	0.8	-	-	28.9
	10/15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	1/11	-	-	7.3	32.4	-	-	-	-	39.7
	4/16	-	-	5.9	9.4	-	-	-	-	15.3
	7/18	-	47.7	136.8	0.1	1.0	-	-	-	185.6
	10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Year	Sampling date	Fecal coliform (MPN/100 mL)						No. of spls.
		Range	GM	> 43		> 260		
				No.	%	No.	%	
2019	1/8	< 1.8-4.5	3.0	0	0.0	0	0.0	9
	4/14	< 1.8-2.0	2.0	0	0.0	0	0.0	9
	7/15	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	9
	10/15	< 1.8-4.5	2.6	0	0.0	0	0.0	9
2020	1/11	< 1.8-11	3.5	0	0.0	0	0.0	9
	4/16	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	9
	7/18	< 1.8-23	4.1	0	0.0	0	0.0	9
	10/13	< 1.8	< 1.8	0	0.0	0	0.0	9

는 중요한 역할을 한다고 보고되었다. 인근 해역인 거제만과 자란만 패류양식장의 세균학적 수질에 영향을 미치는 강우의 영향에 대한 연구에서 거제만 해역은 43.0 mm의 강우가 있을 때 만 내부의 대부분이 영향을 받았으며, 24시간 후에도 육지와 인접해 있는 일부 연안은 오염 전의 수준으로 회복되지 않는 것으로 보고되었다. 또한 자란만 해역은 33.5 mm와 81.0 mm의 강우 발생시, 오염원 인근에서 국지적으로 영향을 주었지만, 해역 전반적으로 영향을 미치지 못하였다. 이는 강우에 의해 영향을 받은 해역은 강우 발생 후 분변계 대장균이 육상 유입수의 유량, 오염도, 해역의 크기 등 여러 요인에 의해 영향을 받으며, 각 해역의 특성에 따라 다른 것으로 보고되었다 (Lee *et al.*, 2010). 특히 이번 연구에서 고성만 해역은 55 mm미만의 누적 강우가 해역에 미치는 영향이 낮았으며, 185

mm이상의 누적 강우 발생하였을 때 해역에 영향을 주었다. MIFAFF (2012) 의 고성만 인접해역인 자란만과 사랑도의 강우 조건별 해역 폐쇄기간을 살펴보면, 채취 전 1일 강우량이 15-22 mm 범위일 때에는 1일 동안, 22-50 mm를 범위의 경우에는 4일 동안, 50 mm를 초과할 시 7일 동안 패류 채취를 금지한다고 보고하였다. 하지만 고성만은 남해안 수출용 패류 생산 지정해역으로 등록되어 있지 않아 위생학적으로 안정성을 확보할 필요성이 제기되며, 강우 발생 시 지속적인 모니터링 및 관리가 필요하다고 판단된다.

요 약

고성만 패류양식해역의 안전성과 지속적인 굴양식을 위한

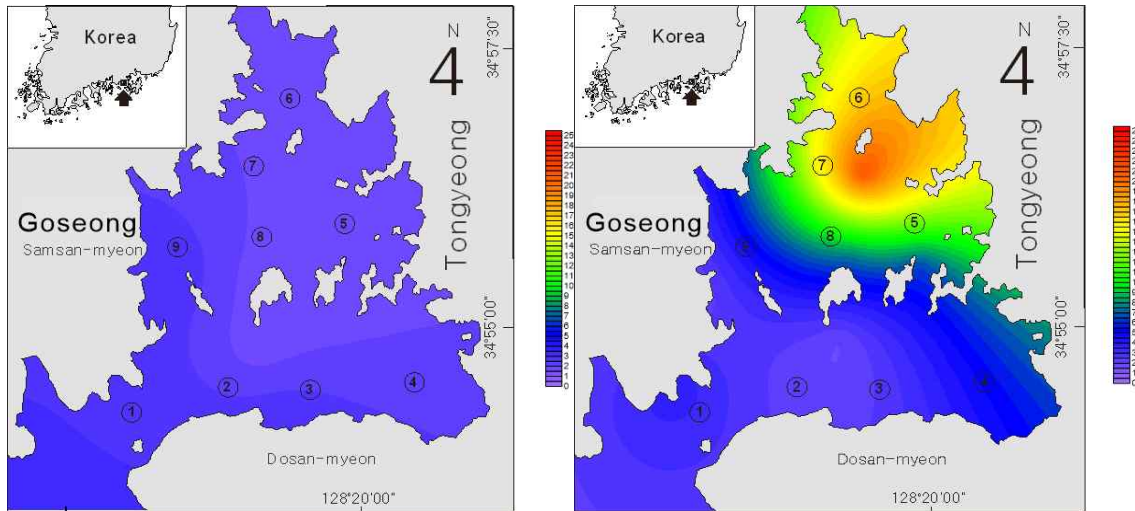


Fig. 2. Spatial distribution of fecal coliform by 2019 (left) and 2020 (right) in Goseong Bay, Korea.

연구로 2019년부터 2020년 1월, 4월, 7월, 10월 분기별로 조사하였다. 고성만 해역의 수질의 물리화학적 조사결과 수온의 범위는 5.44-25.20℃이며, 염분의 범위는 28.30-33.07 psu, pH의 범위는 8.00-8.48, 용존산소량의 범위는 6.88-10.90 mg/L로 나타났다. 또한 고성만 해역의 수질의 대장균군의 결과값은 2019년과 2020년에 각각 < 1.8-17, < 1.8-130 MPN/100 mL로 조사되었으며, 분변계 대장균은 각각 < 1.8-4.5, < 1.8-23 MPN/100 mL로 나타났다. 고성만 해역의 대장균군과 분변대장균은 육상과 인접해 있는 연안지역이 상대적으로 높은 값을 보였다. 고성만 해역은 55 mm미만의 누적 강우가 해역에 미치는 영향이 낮았으며, 185 mm이상의 누적 강우 발생 시 해역에 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 미국 위생 프로그램 (U.S. FDA, 2019) 의 기준치 43 MPN/100 mL를 초과한 시료는 확인되지 않아 모든 정점이며가 해역에 포함되었으며, 지속적인 패류양식 생산을 위하여 모니터링 및 관리가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 경상대학교 해양생명교육연구센터에서 수행되었음.

REFERENCES

APHA (1970) Recommended procedures for the examination of sea water and shellfish Recommended procedures for the examination of sea water and shellfish, pp viii, 105-viii, 105
 Choi, J.D., Jeong, W.g., and Kim, P.H. (1998) Bacteriological study of sea water and oyster in

Charan Bay, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **31**: 429-436.
 Choi, J.D., and Jeong, W.G. (2001) Bacteriological and Physiochemical Water Quality of Seawater in Tongyeong Harbor, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **34**: 611-616.
 Ha, K.S., Shim, K.B., Yoo, H.D., Kim, J.H., and Lee, T.S. (2009) Evaluation of the Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Area in Hansan. Geojeman, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 449-455.
 Hunter, C., Perkins, J., Tranter, J., and 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.
 Jeong, W.G., Cho, S.M., and Lee, S.J. (2014) Physiochemical Characteristics and Heavy Metal in the Surface Sediments of Marine Shellfish Farming Waters in Anjung Bay, Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **30**: 421-428.
 Kang, J.H., Cho, S.M., Kim, T.O., and Park, K.S. (2015) Sanitary assessment of the oyster rack culture waters in Wando, Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **31**: 129-136.
 Lee, S.G. (2018) Investigation of causes of coliform changes in Goseong-Man bay oyster farm, Gyeongsang National University Graduate school M. A. degree, pp 11-21
 Lee, S.J., Jeong, W.G., Cho, S.M., and Kwon, J.N. (2016) Estimation of Carrying Capacity by Food Availability for Farming Oysters in Goseong Bay, Korea. *Korean J. Malacol* **32**: 83-93.
 Lee, S.J., Jeong, W.G., Koo, J.H., and Kwon, J.N. (2016) Sanitary characteristics of Seawater and Oyster (*Crassostrea gigas*) in Goseong Bay, Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **32**: 157-164.

- Lee, T.S., Oh, E.G., Yu, H.D., Ha, K.S., Yu, H.S., Byun, H.S., and Kim, J.H. (2010) Impact of rainfall events on the bacteriological water quality of the shellfish growing area in Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43**: 406-414.
- MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). (2012) Korean Shellfish Sanitation Program, Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.
- Min, H.S., and Kim, C.H. (2006) Interannual variability and long-term trend of coastal sea surface temperature in Korea. *Ocean and polar research*, **28**: 415-423.
- MOF (2015a) Korean Shellfish Sanitation Program (KSSP) Recommended procedures for the examination of sea water and shellfish. Ministry of Oceans and Fisheries, Sejong, Korea
- Sayler, G.S., Nelson, J.D., Justice, A and Colwell, R.R. (1975) Distribution and significance of fecal indicator organisms in the upper Chesapeake bay. *Applied Microbiology*, **30**: 625-638.
- Shim, K.B., Ha, K.S., Yoo, H.D., Kim, J.H., and Lee, T.S. (2009) Evaluation of the Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Area in Jaranman. Satyangdo Area, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 442-448.
- Son, M.H., Baek, S.H., Joo, H.M., Jang, P.G., and Kim, Y.O. (2011) Distributional characteristics of *Escherichia coli* and water pollution in Gwangyang Bay and Jinhae Bay, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, **29**: 162-170.
- U.S. FDA (2019) National Shellfish Sanitation Program, Guide for the Control of Molluscan Shellfish, Model Ordinance. Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Seafood, U.S Food and Drug Administration, Washington, D.C.
- U.S. FDA (2019) Korean Shellfish Sanitation Program(KSSP) National Shellfish Sanitation Program, Guide for the Control of Molluscan Shellfish, Model Ordinance. Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Seafood, U.S Food and Drug Administration, Washington, D.C.

