



남해군 강진만 배수유역에 위치한 오염원의 영향 평가

신순범 · 임치원 · 이지희 · 정상현*

국립수산과학원 남해수산연구소(연구원)

Evaluation of Inland Pollution Sources impact in the Gangjin Bay, Korea

Soon-Bum SHIN · Chi-Won LIM · Ji-Hee LEE · Sang-Hyeon JUNG*

South Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Yeosu 59780, Korea(researcher)

Abstract

In this study, we investigate the current status of inland pollution sources in the drainage area and evaluated major pollution sources impact on the sea area in order to manage the systematic pollution source of Gangjin Bay in Korea. A total of 72 direct pollution sources were discharged into the shellfish growing area. Among them, 6 major pollution sources were investigated periodically for 2 year (2016-2017). The calculated radius of influence was the largest at S2 and S4, and it was confirmed that it could affect the sea area.

Key words : Shellfish growing area, Pollution source, Gangjinman area, Fecal coliform

I. 서론

수산물은 우리가 섭취하는 주요한 단백질원으로 식량농업기구(Food and Agriculture Organization, FAO)는 인류는 총 동물성 단백질 중 16% 이상을 수산물로 공급받다고 보고하였다(FAO, 2014). 우리나라는 식품으로 수산물이 차지하는 비중이 큰 나라 중 하나로 2013년부터 2015년에는 1인당 수산물 연평균 소비량은 58.4 kg이었으며 2025년에는 64.3 kg으로 10.1% 증가할 것으로 전망하고 있다. 이는 전 세계 평균의 2배 이상의 수치로 우리나라에서 수산물이 차지하는 식량자원으로서의 가치를 대변하는 보고라 할 수 있다(FAO, 2016; Kim et al., 2018).

2017년 우리나라의 수산물 생산량은 376만톤으

로, 이 중 61%가 천해양식어업으로 생산되고 있다. 천해양식어업에 있어서는 해조류가 170만톤으로 가장 많이 생산되었으며, 패류가 42만톤으로 해조류 다음으로 많이 생산되었다(MOF, 2017).

패류는 영양학적 가치가 높아 최근 웰빙식품으로 각광을 받고 있으며 국내에서는 굴, 홍합, 전복, 바지락, 피조개 등이 많이 양식된다(MOF, 2017). 하지만 최근 전 세계적으로 오염된 패류 섭취로 인한 식중독 사고가 자주 보고되면서 패류의 식품 안전성에 대한 관심이 증가하고 있다. 패류는 이동성이 거의 없고 육지와 인접한 연안에서 서식하는 특성이 있어 육상에서 유입되는 오염물질에 쉽게 노출되며, 여과섭이를 통하여 해수 중의 영양분을 섭취하기 때문에 오염물질에 노출된 해수를 통하여 체내에 오염물질을 농축

* Corresponding author : 061-690-8991, jsh1826@korea.kr

※ 이 연구는 국립수산과학원 남해수산연구소 "수출패류생산해역 및 수산물 위생조사(R2018056)" 과제의 일환으로 추진되었습니다.

할 가능성이 크다(Potasman et al., 2002; Lunestad et al., 2016).

때문에 미국이나 EU에서는 패류가 생산되는 해역에 대한 위생관리 시스템을 운용하고 있으며, 이를 위해서 해수 또는 패류의 분변오염 정도를 파악하여 해역의 등급을 분류하여 관리하고 있다(European Commission, 2004; US FDA, 2016). 우리나라 또한 선진국의 시스템을 도입하여 한국 패류위생계획을 수립하여 해역관리를 수행하고 있으며(MOF, 2016), 패류 생산해역 수질의 위생 기준(MOF, 2018)에 근거하여 해역을 분류하고 있다.

본 연구의 조사해역인 남해군 강진만은 경상남도 남서부에 위치한 주요한 패류생산 해역 중 하나로 북으로는 사천시와 하동군, 동·서로는 남해군에 인접한 반폐쇄성 내만이다. 동 해역에서 생산되는 주요 패류는 굴, 바지락, 피조개 및 새꼬막이 있으며 수출용패류생산지정해역(이하 지정해역) 제7호로 지정되어 있다(MOF, 2013; Shin et al., 2017).

지정해역은 외국으로 수출을 목적으로 해양수산부에서 설정한 해역으로 현재 남해군 강진만을 포함하여 7개의 해역이 지정해역으로 설정되어 운영되고 있으며, 지정해역은 수입국의 기준에 따라 해역의 수질 및 패류의 위생상태 파악은 물론 오염원에 대한 관리를 수반한다(MOF, 2013; US FDA, 2016). 해역의 수질 및 패류의 위생상태는 이미 여러 해역에서 보고된 바 있으며 본 연구의 조사해역인 강진만에 대해서도 보고된 바 있다(Shin et al., 2016; Ha et al., 2017; Shin et al., 2017). 하지만 강진만의 경우, 해역의 수질이나 패류의 위생상태에 영향을 미칠 수 있는 오염원을 파악하고 그 영향범위를 평가한 보고는 없었다.

따라서 본 연구에서는 남해군 강진만의 체계적인 오염원 관리를 위하여 배수유역에 분포한 육상 오염원의 현황을 파악하였다. 또한 이러한 오염원들 중 유량이 많고 분변계대장균의 농도가 높은 오염원에 대해서는 추가조사를 실시하고 동 오염원이 해역에 미치는 영향을 평가하여 오염원

관리를 위한 과학적인 근거자료로 활용하고자 하였다.

II. 조사방법 및 내용

1. 강진만 배수유역의 오염원 분포 조사

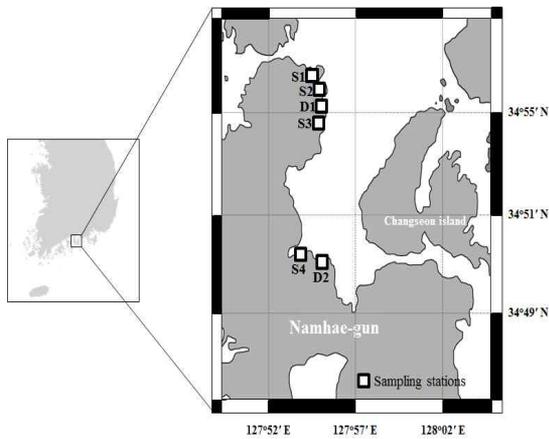
남해군 강진만 배수유역에 분포한 육상오염원의 현황을 파악하기 위하여 지리적 특성을 고려하여 남해군 설천면과 고현면, 남해읍, 이동면, 삼동면 및 창선면의 6개 유역으로 구분하여 해안선을 따라 직접 이동하면서 조사하였으며, 오염원의 특성 및 배출구의 크기를 확인하고, 유량이 발생되고 있는 오염원에 대해서는 수온, 염분, pH 등의 환경인자 및 유량을 측정하였다. 또한 배출수를 채취하여 대장균군, 분변계대장균 및 콜리파지의 농도를 파악하여 분변오염 정도를 평가하였다. 시료는 간조시간으로부터 1시간 전후에 채취하였으며 염분을 측정하여 해수가 유입되지 않는 것을 확인하였다.

환경인자 및 유량은 YSI 556 multiprobe system (Yellow Springs, YSI Life Science, OH, USA) 및 유속계(Marsh-McBirney portable flowmeter, Flo-Mate Model 2000)를 사용하여 현장에서 즉시 측정하였으며, 시료는 멸균된 250 mL 유리병에 채취하였고 10 °C 이하로 유지시켜 실험실로 운반 후 즉시 실험에 사용하였다.

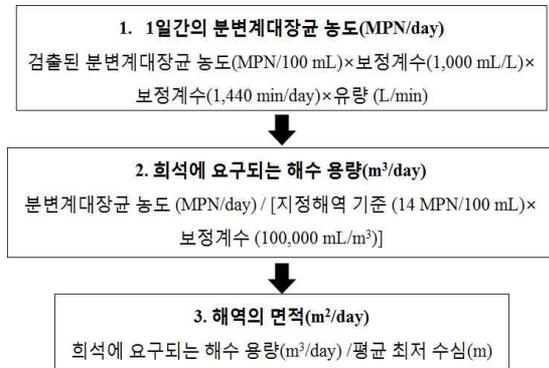
2. 주요 육상오염원에 대한 영향평가

강진만 배수유역에서 파악된 오염원들 중 분변계대장균이 1,000/MPN/100 mL 이상으로 검출되거나 유량이 100 L/min 이상 지속적으로 발생할 가능성이 있는 6개소를 주요 육상오염원으로 선정하였으며([Fig. 1]), 2016년 1월부터 2017년 12월까지 월 1회 샘플링을 실시하였으며 미국 FDA에서 제시한 오염원 평가방법에 따라 영향범위를 계산하여 오염원의 배출수가 해역에 미치는 영향을 평가하였다. 즉, 조사지점에서 측정된 유량과

배출수에서 검출된 분변계대장균의 농도를 계산하여 1일간 해역으로 유입되는 분변계대장균의 농도를 산출하였다. 그리고 이러한 분변계대장균의 농도를 14 MPN/100 mL 이하로 희석하는데 필요한 해수를 포함하는 해역의 면적을 계산하였으며, 오염원의 배출수가 방출되는 지점을 기준으로 평균 해수 수심 등을 활용하여 수면적을 계산한 후 최종적으로 영향을 미칠 수 있는 반경을 도출하였다([Fig. 2]).



[Fig. 1] Drainage area and major pollution sources of Gangjin Bay in Namhae-gun, Korea.



[Fig. 2] Evaluation of pollution sources (US FDA, 2016)

3. 미생물 분석

가. 대장균군 및 분변계대장균

대장균군 및 분변계대장균 분석은 Recommended Procedures for the Examination of Sea water and Shellfish (APHA, 1970)를 따라서 실험하였다. 우선 12개체 이상의 패류로부터 200 g 이상의 패액과 패육을 분리한 후 동량의 희석수(0.1 % Phosphate buffered saline)를 첨가하여 마쇄하였다. 마쇄된 시료 2 mL (시료 1.0 g)을 Lauryl tryptose broth (Difco, USA) 9 mL가 함유된 5개 시험관(발효관 포함)에 접종하였으며, 마쇄액을 희석수로 2단계 희석하여 희석단계별로 1 mL (0.1 g과 0.01 g)의 시료를 각각 5개의 시험관에 접종하였다. 모든 시험관은 $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 24 ± 2 및 48 ± 3 시간 배양하였으며 발효관에서 가스 생성이 확인된 시험관은 확정시험을 실시하였다. 즉, 양성으로 판정된 LST 배양액을 대장균군 및 분변계대장균 확정시험용 배지인 Brilliant Green Bile (2%) broth (Difco, USA) 및 EC broth (Difco, USA)에 일회용 Loop를 사용하여 재접종하였으며 $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 24-48시간 및 $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 에서 24시간 각각 배양하였다. 각 확정시험용 배지에서 가스 생성이 확인된 시험관을 최종적으로 양성으로 확인하였으며, 결과는 최확수(Most Probable Number, MPN)로 나타내었다.

나. MSC (Male-specific coliphage)

오염원의 배출수로부터 MSC 분석은 미국 공중보건기구의 표준시험법을 참고하였다(APHA, 2017). 분석에 사용된 숙주세포는 Escherichia coli HS (pFamp) R (ATCC 700891)로 분석 전 growth broth에 4-6시간 배양하여 사용하였다. 우선 2.5 mL의 soft agar가 첨가된 4개의 시험관에 숙주세포 배양액을 0.2 mL씩 첨가한 후 시료 2.5 mL를 각각 첨가하였다. 이 후 숙주세포 및 시료가 첨가된 시험관은 손으로 부드럽게 균질화 한 후, bottom agar plate에 부어 손으로 가볍게 흔들면서 도말하였다. 시료가 도말된 bottom agar는 $35^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 24시간 배양하여 전형적인 plaque 수를 측정하였으며, 결과는 Plaque Forming Unit (PFU)

으로 표시하였다

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 강진만 배수구역의 오염원 분포 현황

강진만 배수구역에서 확인된 오염원은 439개소이며, 배출수가 해역으로 유입되고 있는 실제적 오염원은 모두 72개소로 확인되었다. 조사구역별로 살펴보면, 설천면 22개소, 고현면 6개소, 남해읍 5개소, 이동면 17개소, 삼동면 4개소 및 창선면 18개소의 실제적 오염원이 확인되었고 배수구역에서 해역으로 유입되는 총 유입수량은 79,665.5 L/min이었으며, 배출수의 양은 하천수(SW, Stream water)가 69,267.8 L/min으로 가장 많았으며 그 다음으로 농업용수(AW, Agricultural water), 7,903.9 L/min, 생활하수(DW, Domestic waste water) 2,061.8, 우수관(RW, Rainbow water) 432.0 L/min 순으로 확인되었다(<Table 1>).

유량이 확인된 실제적 오염원에서 검출되는 대장균군, 분변계대장균 및 MSC의 농도는 각각 <1.8-79,000,000, <1.8-1,700,000 MPN/100 mL 및 <10-15,000 CFU/100 mL로 분석되었다(<Table 2>).

우리나라 하수도법에 따르면 남해군 강진만은

위치한 하수처리장의 방류수질기준은 대장균군이 100,000 이하이지만(MoE, 2018a), 본 조사결과 설천면(하천, 생활하수, 농경수), 고현면(생활하수), 이동면(생활하수)에서 이 기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 아울러 분변계대장균 및 MSC의 농도도 높게 검출되고 있어 분변오염의 정도가 높은 것으로 확인되었다.

또한 우리나라 하수도 통계에 따르면 동 조사해역의 배수구역에는 하수처리장(마을단위 포함)이 10개소 이상이 운용되고 있으나(MoE, 2018b), 본 조사결과 다수의 오염원에서 분변오염 정도가 높은 하수가 해역으로 유입되고 있는 것으로 확인되므로 추가적인 하수처리장 건립은 물론 기존의 하수처리장의 하수 차집을 개선하는 대책이 필요할 것으로 사료된다.

2. 주요 육상오염원이 해역에 미치는 영향평가

6개의 주요한 육상오염원에서 계산된 영향반경은 그림 3에 나타내었다. S3 지점에서 연중 1 km 미만으로 조사지점 중 가장 영향을 미치지 않았고, S2 및 S4 지점에서 최대 10 km 까지 가장 많은 영향을 미치는 것으로 평가되었다.

<Table 1> Summary for the Pollution sources identified in the drainage area of Gangjin Bay

Drainage area	No. of pollution sources			Type and discharge volume (L/min)			
	Flow	No flow	Total	SW ¹⁾	DW ²⁾	AW ³⁾	RW ⁴⁾
Seolcheon-myeon	22	103	19,663.8	17,001.0	841.8	1821.0	-
Gohyeon-myeon	6	4	9,476.1	6,941.7	7.2	2,527.2	-
Namhae-up	5	26	27,706.2	27,690.2	16.0	-	-
Idong-myeon	17	53	1,2503.3	8,588.0	521.6	3393.7	-
Samdong-myeon	4	72	5,554.7	5,536.7	-	18.0	-
Changseon-myeon	18	109	4,761.4	3,510.2	675.2	144.0	432.0
Total	72	367	79,665.5	69,267.8	2,061.8	7,903.9	432.0

¹⁾Stream water, ²⁾Domestic waste water, ³⁾Agricultural water, ⁴⁾Rain water

<Table 2> Microbiological quality of the pollution sources identified in the drainage area of Gangjin Bay

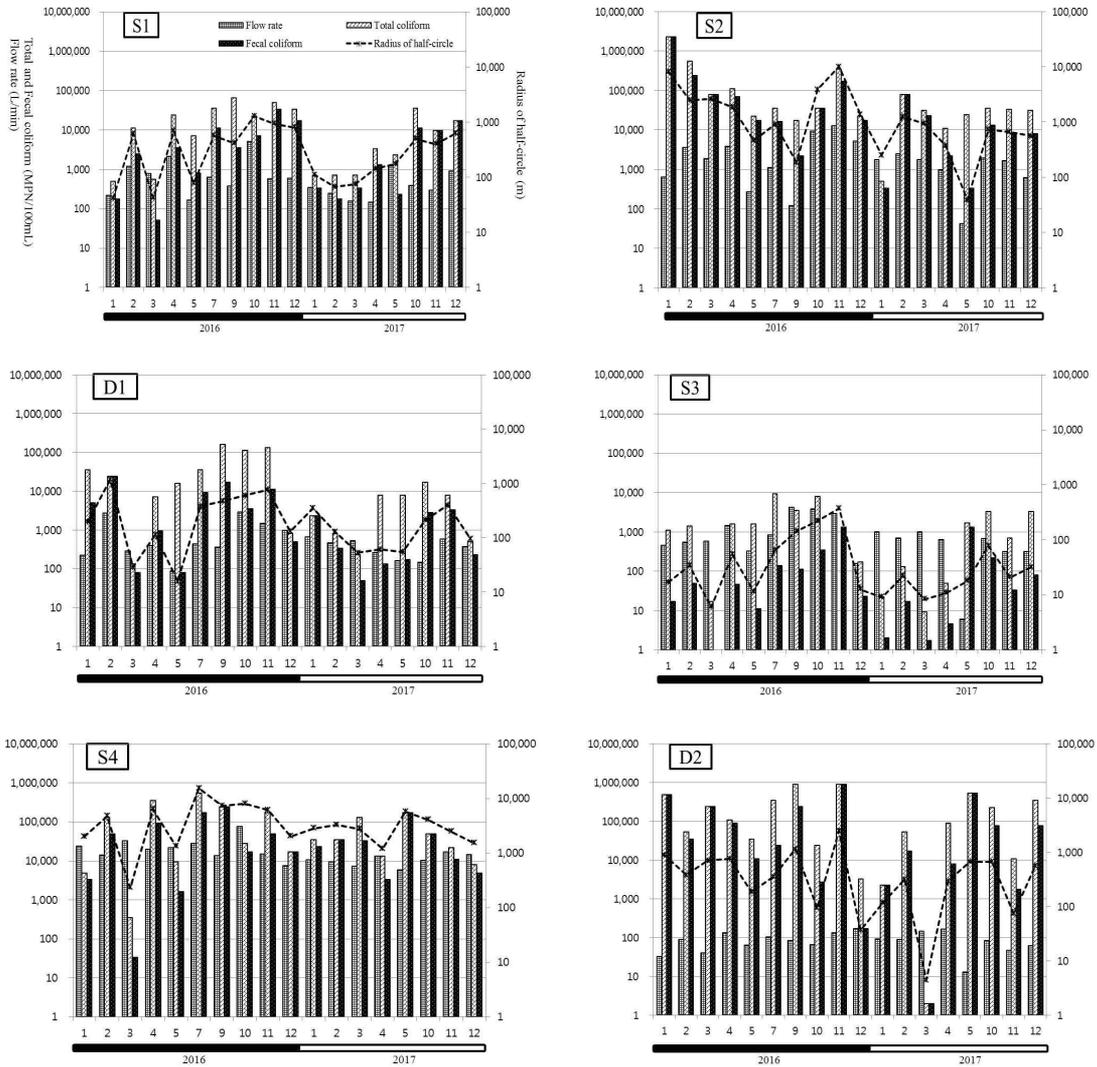
Drainage area	No. of pollution sources		Ranges of the detected concentration		
	Type	Count	Total coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	Male-specific coliphage (CFU/100 mL)
Seolcheon-myeon	SW ¹⁾	12	170 - >160,000	23 - 17,000	<10 - 510
	DW ²⁾	3	54,000 - >160,000	1,700 - 54,000	140 - 1,200
	AW ³⁾	7	13,000 - 1,700,000	330 - 1,700,000	<10 - 720
Gohyeon-myeon	SW	3	1,700 - 54,000	110 - 13,000	10 - 330
	DW	1	920,000	920,000	<10
	AW	2	2,300 - 4,900	49 - 3,300	50 - 680
Namhae-up	SW	4	330 - 24,000	79 - 17,000	<10 - 1,300
	DW	1	54,000	7,900	250
Idong-myeon	SW	4	130 - 3,300	<1.8 - 2,300	<10 - 530
	DW	3	2,300 - 79,000,000	170 - 790,000	<10 - 15,000
	AW	10	2.0 - 7,000	<1.8 - 1,400	<10 - 10
Samdong-myeon	SW	3	<1.8 - 7,900	<1.8 - 790	<10 - 100
	AW	1	17,000	11,000	<10
Changseon-myeon	SW	12	14 - 92,000	< 1.8 - 92,000	<10 - 1,200
	DW	3	950 - 2,300	79 - 2,300	<10
	AW	2	790 - 2,300	13 - 230	<10
	RW ⁴⁾	1	790	23	<10
Total		72	<1.8 - 79,000,000	<1.8 - 1,700,000	<10 - 15,000

¹⁾Stream water, ²⁾Domestic waste water, ³⁾Agricultural water, ⁴⁾Rain water

또한 S1, D1 및 D2 조사지점의 경우 1 km 내외로 해역에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. S2 및 S4는 남해군 설천면 문의리 및 남해읍에 위치한 하천으로 유량이 많고 대부분 1,000 MPN/100 mL 이상 높은 농도의 분변계대장균이 검출되어 영향반경 또한 큰 것으로 평가되었다. S1(설천면 문의리 하천), D1(설천면 옥동마을 생활하수) 및 D2(이동면 초양마을 생활하수)는 분변계대장균의 농도는 높았지만 측정된 유량이 적어 그 영향반경이 크지 않았으며, S3(설천면 문향리 하천)은 유량이 많지 않고 분변계대장균 농도 또한 높지 않았다.

이전 연구에 따르면 동 조사해역에서 생산된 패류에서의 세균학적 위생조사 결과, 굴, 바지락 및 새꼬막에서의 대장균군과 분변계대장균의 범위는 각각 <18-5,400과 <18-130, 20-3,500과 <18-330 및

<18-16,000과 <18-460 MPN/100 g으로 검출되었다고 보고한 바 있다(Shin et al., 2017). 이처럼 본 조사결과와 오염원에 비해 해역에서 생산된 패류에서 검출되는 세균의 농도가 낮은 것은 굴 조사지점과 새꼬막 조사지점은 본 연구의 오염원 S2 및 S4와 3 km 내외의 떨어져 있으며 오염원에서 방출된 세균이 이들 패류에 도달하기 전 조류 및 조석차이에 의해 희석이 되는 것으로 판단된다. 또한 해역으로 유입된 세균은 염분농도, 수온, 태양광, 박테리오파지 등의 환경조건에 영향을 받을 수 있으며 온혈성 동물의 장내에서 증식하는 호염성 세균인 대장균군 및 분변계대장균의 경우 35 °C 내외에서 쉽게 증식하므로 해역에 유입될 경우, 수온에 영향을 받을 가능성이 가장 크다(Nunez et al., 2005; Shim et al., 2012; APHA, 2017).



[Fig. 3] Evaluation of major pollution sources impact in Gangjin Bay

이러한 오염원은 기상상황 등의 환경에 따라 오염 부하량이 증가할 가능성이 크며 남해안의 창선해역 및 나로도 해역에서는 강우발생에 따라 육상에 존재하는 오염원이 해역에 미치는 영향이 증가한다고 보고한 바 있다(Ha et al., 2013).

한국패류위생계획에 따르면 남해군의 강진만은 강우조건에 따른 패류의 채취금지 기준이 설정되어 있다(MOF, 2016). 이는 동 해역 주변 오염원

이 다수 존재하여 설정된 조건으로 본 조사결과와 함께 강우 영향평가를 지속적으로 실시하여 이러한 기준에 반영해 나가야 할 것이다. 또한 오염원의 영향평가에는 본 연구에서처럼 미국 FDA에서 제안하는 수면적 계산을 통한 평가와 더불어 해수유동 특성을 고려한 다양한 연구가 필요할 것이다. 아울러 강진만에서 생산되는 패류 및 수산물의 안전성을 확보하기 위해서는 본

조사결과를 근거로 오염원에 대한 체계적인 관리가 수반되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 결론

본 연구에서는 남해군 강진만의 체계적인 오염원 관리를 위하여 배수구역에 분포한 육상 오염원의 현황을 파악하고 주요한 오염원이 해역에 미치는 영향을 분석하였다. 강진만 배수구역에서 확인된 오염원은 439개소이며, 배출수가 해역으로 유입되고 있는 실제적 오염원은 모두 72개소로 확인되었다. 실제적 오염원에서 검출되는 대장균군, 분변계대장균 및 MSC의 농도는 각각 <math><1.8-79,000,000</math>, <math><1.8-1,700,000</math> MPN/100 mL 및 <math><10-15,000</math> CFU/100 mL로 분석되었으며 다수의 오염원에서 분변오염 정도가 높은 하수가 해역으로 유입되고 있는 것으로 확인되었다. 또한 이들 실제적 오염원 중 주요한 오염원 6개소를 2016년 1월에서 2017년 12월까지 주기적으로 조사한 결과, 해역에 미치는 영향반경은 S2(설천면 문의리) 및 S4(남해읍 하천)에서 최대 10 km로 가장 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었으며 D1(설천면 옥동마을 생활하수) 및 D2(이동면 초양마을 생활하수)의 경우 유량이 많지 않아 영향반경은 크지 않았지만 분변오염 정도는 높은 것으로 평가되었다. 이러한 조사 결과는, 남해군 강진만에서 체계적 오염원 관리를 위한 과학적인 근거자료로 활용될 것이다.

References

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

APHA(2017). Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition. American public health association, Washington, D.C., USA.

European Commission(2004). Regulation (EC) No

854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organization of official control on products of animal origin intended for human consumption. Official journal European Communities L139, 206~321.

FAO(2014). The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 223. <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf> on September 10.

FAO(2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 200. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf> on September 10.

Ha KS, Yu 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. Korea Journal of Fisheries Aquatic Science 46(2), 160~167. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0160>.

Ha KS, Shin SB, Lee KJ, Jeong SH · Oh EG, Lee, HJ, Kim DW and Kim YK(2017). Evaluation of the Bacteriological and Toxicological Safety for the Shellfish Growing Area in the Kamakman area, Korea. Journal of Food Hygiene and Safety 32(6), 542~549. <https://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.6.542>.

Kim SA, Kang SK and Lee HH(2018). Consumption and Supply of Fishery Production, and Suggested Strategy on Food Security of Korea at the First Quarter of 21st Century. Journal of Fishier and Marin Educational Research 30(2), 532~541. <https://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2018.04.30.2.532>.

Lunestad BT, Maage A, Roiha IS, Myrmel M, Svanevik CS and 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. <https://dx.doi.org/10.1007/s12560-016-9245-5>.

MoE(2018a). Water quality standards of public sewage treatment facilities. Enforcement Rule of Sewage Law, Article 745. <http://www.law.go.kr> on December 3.

- MoE(2018b). Sewage statistics by 2017, Ministry of Environment.
http://www.me.go.kr/home/web/policy_data on October 1.
- MOF(2013). Designation of the shellfish growing area for export. Ministry of Oceans and Fisheries, article 2013-153.
<http://www.law.go.kr> on December 3.
- MOF(2016). Korean Shellfish Sanitation Program. Ministry of Oceans and Fisheries. 1~106.
<http://www.mof.go.kr> on December 3.
- MOF(2017). Major statistics of oceans and fisheries. Oceans and fisheries report, Ministry of Oceans and Fisheries, 1~366.
<http://www.mof.go.kr> on December 3.
- MOF(2018). Sanitary Standard of Water quality in Shellfish growing area. Ministry of Oceans and Fisheries, Article 2018-63.
<http://www.law.go.kr> on December 3.
- Nunez M, Martin M, Chan P and Spain E(2005). Predation, death and survival in a biofilm: *Bdellovibrio* investigated by atomic force microscopy, *Biointerfaces* 42, 263~271.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2005.03.003>.
- Potasman I, Paz A. and Odeh M(2002). Infectious Outbreaks Associated with Bivalve Shellfish Consumption: A Worldwide Perspective, *Clinical Infectious Diseases* 35, 921~928.
<https://dx.doi.org/10.1086/342330>.
- Shim KB, Ha KS, Yoo HD, Lee TS and Kim JH(2012). Impact of Pollution Sources on the Bacteriological Water Quality in the Yongnam-Gwangdo Shellfish Growing Area of Western Jinhae Bay, Korea, *Korea Journal of Fisheries Aquatic Science* 45(6), 561~569.
<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0561>.
- Shin SB, OH EG, Jeong SH, Lee HJ, Kim YK and Lee TS(2016). Assessment of Bacteriological Safety of the Seawater and Ark shell (*Scapharca subcrenata*) in Yeoja Bay, Korea, *Journal of Fishier and Marin Educational Research* 28(5), 1435~1443.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.5.1435>.
- Shin SB, Ha KS, Lee KJ, Jung 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, *Korea Journal of Malacology* 33(4), 275~283.
<http://dx.doi.org/10.9710/kjm.2017.33.4.275>.
- US FDA(2016). National Shellfish Sanitation Program: Guide for the Control of Molluscan Shellfish. U.S. Food and Drug Administration.
<https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm> on October 1.

-
- Received : 28 October, 2018
 - Revised : 10 December, 2018
 - Accepted : 13 December, 2018