

## 충남 서천 패류생산해역에서의 세균학적 위생안전성 평가

변한석·송기철\*·이두석<sup>1</sup>·심길보<sup>2</sup>·임치원

국립수산과학원 식품안전연구단, <sup>1</sup>남해수산연구소, <sup>2</sup>양식환경연구소

## Evaluation of Bacteriological Safety for the Shellfish growing Sea waters in Seocheon Area, Korea

Han Seok Byun, Ki Cheol Song\*, Doo Seog Lee<sup>1</sup>,  
Kil Bo Shim<sup>2</sup> and Chi Won Lim

*Food and Safety Research center, National Fisheries Research and  
Development Institute, Busan 619-705, Korea*

<sup>1</sup>*South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea*

<sup>2</sup>*Aquaculture Environment Institute, NFRDI, Tongyoung 650-943, Korea*

A Sanitary survey in an important shellfish-growing area of Biin Bay in Seocheon-gun, Korea, was conducted to evaluate bay conditions and compliance with the bacteriological criteria for areas designated for the production of shellfish for export. Seawater samples were collected monthly at 55 sampling stations established in the survey area from January 2006 to December 2008. Bacteriological water quality did not change in response to a small rainfall (10.0 mm), but it increased abruptly in response to rainfall to 62.5 mm. The most probable number (MPN) value for total coliforms and fecal coliforms in 1,980 seawater samples ranged from <1.8 to >1,600 MPN/100mL and from <1.8 to 330 MPN/100mL, respectively. The geometric mean and estimated 90<sup>th</sup> percentile value for total coliforms ranged from 2.0 to 10.3 MPN/100mL and from 7.0 to 42.6 MPN/100mL, respectively. The geometric mean and estimated 90<sup>th</sup> percentile value for fecal coliforms ranged from 1.8 to 4.0 MPN/100mL and from 1.9 to 18.3 MPN/100mL, respectively. Accordingly, the bacteriological water quality of Biin Bay met the National Shellfish Sanitation Program (NSSP) and Korea Shellfish Sanitation Program(KSSP) criteria for areas designated for shellfish production for export in Korea.

Key words : Designated shellfish production area, Fecal coliform, Total coliform

### 서 론

미국과 유럽 등 여러 나라에서는 패류의 위생학적 안전성을 확보하기 위하여 패류 서식해역의 해수에 대하여 위생학적 기준을 설정하고 패류 생산해역을 등급화 하여 관리하고 있다 (FDA, 2003). 이와 같이 패류의 위생안전 확보를 위한 각종 프로그램의 도입이 요구되는 것은 연안으로부터 유입되는 오염물질로 인하여 패류 양식장 및 주변해역의 환경오염 (Bukhari et al., 1997; Geldreich, 1996)과, 이러한 오염물질이 패류체내에 축적됨으로 인하여 발생하는 각종 식중독 사고 (Lee et al., 1996)를 방지하고 위생안전이 보장되는 패류의 공급이 절실히 요구되기 때문이다.

충남 서천군 비인만 해역은 북쪽으로는 마량항을 포함하는 서면과 동쪽으로는 비인면, 종천면 및 마서면, 서쪽으로는 황해, 남쪽으로는 보령시 웅천면과 서천군 장항읍에 접하고 있는 해역으로 가무락이 326.8 ha (18건), 동죽이 320 ha (11건), 바지락이 227 ha (23건) 순이었으며, 그 외 굴, 새꼬막, 전복 등의 패류가 양식되고 있다 (Table 1). 패류의 연간 총 생산량은 1,786톤 정도이며, 가무락이 796톤, 동죽이 약 775톤, 바지락이

Table 1. Status of shallow-sea culture licenses by species in Biin sea water area

Fisheries type	Species	Number	Area (ha)
Shellfishes	Oyster	3	20.0
	Shortneck clam	7	49.5
	Hard clam	1	12.0
	Ark shell	5	45.5
	Venus clam	4	26.0
	Total	20	153.0
Cooperative	Shortneck clam	16	177.5
	Abalone · sea cucumber	6	101.0
	Hard clam	1	30.0
	Venus clam	14	300.8
	Ark shell	1	12.0
	Oyster	1	5.0
	Surf clam	11	320.0
Total	50	946.3	
Composite fishery	Oyster · Short neck clam	1	20.0
Total		98	1,119.3

약 181톤, 굴이 약 31톤, 새꼬막이 약 3톤 생산되고 있다 (Table 2). 이들 패류의 위생안전성을 확보하는 것은 국민건강 보호와

\*Corresponding author: kcsong76@nfrdi.go.kr

Table 2. The amount of shellfishes production in Biin sea water area

(unit : ton)					
Oyster	Short neck clam	Venus clam	Surf clam	Ark shell	Total
31	181	796	775	3	1,786

수출 및 가격 경쟁력에 많은 기여를 할 것으로 기대된다. 이에 따라 본 연구에서는 비인만해역을 수출용 패류생산해역으로 지정 여부를 판단하기 위하여 2006년 1월부터 2008년 12월까지 55개 조사지점을 설정하여 각 조사지점별, 월별, 연도별 해수에 대한 위생지표세균을 조사하였다.

**재료 및 방법**

**조사해역 개요 및 조사지점**

서천군 비인만해역은 충청남도 서남단에 위치하고 있으며, 동은 부여군, 북은 보령시, 남은 금강을 경계로 전라북도 군산시를 대안하고, 서는 황해와 접하여 위치하고 있으며 조사해역의 면적은 약 10,000 ha 이다. 비인만해역의 배수유역 총 면적은 121.0 km<sup>2</sup>로서, 대부분이 농지와 얇은 구릉으로 되어 있고, 경작지가 차지하는 비율은 54.3 km<sup>2</sup>로 전 배수유역의 약 44.9%로 나타났다. 배수유역 내에는 총 7,557가구에 17,963명이 거주하고 있으며 인구밀도는 1 km<sup>2</sup>당 148.7명 이었다. 그 중 마서면이 2,768가구에 6,580 명으로 가장 많았으며, 다음으로 서면이 2,036가구에 5,061명, 비인면이 1,663가구에 3,758명, 중천면이 1,100가구에 2,654명이 거주하고 있었다. 또한 김 가공공장이 있는 것으로 나타났다 (Table 3).

Table 3. Present status of lands and population of residents in the drainage area of Biin bay sea water area

Administrative district	Drainage area (km <sup>2</sup> )					No. of dwelling house	Population
	Drainage area	Farm field	Forest land	Housing site	Others		
Seo-myeon	25.4	2.9	9.5	1.1	4.8	2,036	5,061
Biin-myeon	31.3	2.9	18.3	0.8	3.5	1,653	3,758
Jongcheon-myeon	26.1	2.0	14.1	0.6	3.5	1,100	2,654
Maseo-myeon	38.2	5.6	10.4	1.6	6.4	2,768	6,580
Total	121.0	11.1	43.2	3.4	15.0	7,557	17,963

**시료 채취**

시료채취지점은 조사해역의 오염원, 지형적 여건, 해류 유동상태, 조사 수행여건 등을 고려하여 55개소를 설정하였으며, 2006년 1월부터 2008년 12월까지 매월 1회씩 36회에 걸쳐 시료를 채취하였다 (Fig. 1). 시료채취 지점으로서의 이동은 현지 어민 선박을 임차하여 사용하였고, 조사지점은 선박에 부착된 plotter (HAIYANG, WGS-84)를 이용하여 위치를 확인하였다.

그리고 조수간만의 차가 큰 서해안의 특성상 간조 때에는 조사지점으로의 접근이 어려워 만조 때를 전후하여 시료를 채취하였다. 해수 시료는 표층용 채수기를 사용하여 수면에서 약 10 cm 깊이의 해수를 멸균된 250 mL 유리병에 채수한 다음, 10℃ 이하로 유지하여 실험실로 운반한 후 즉시 실험에 사용하였다.

**세균실험**

대장균군 및 분변계대장균의 측정은 Recommended procedures for the examination of sea water and shellfish (APHA, 1970)에 따라 시험하였다. 즉 시료를 단계 희석하여 5개 시험관법으로 측정하였고, 추정시험용으로는 lauryl tryptose broth 배지를, 확정시험용으로는 대장균군은 BGB (Brilliant Green 2% Bile Broth), 분변계대장균은 EC 배지를 각각 사용하였다. 대장균군 및 분변계대장균은 100 mL 당의 최확수 (Most Probable Number, MPN)로 표시하였으며, 배지는 미국의 Difco사 제품을 사용하였다.

**해수의 위생학적 평가**

해수의 위생상태는 우리나라 수출용 패류생산해역의 위생 관리 기준과 미국의 패류양식장에 대한 세균학적 수질기준에 준하여 평가하였으며, the estimated 90th percentile 값 (계산된 백분위수의 90번째 값)은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$Est\ 90th = Antilog [(S_{log})1.28 + X_{log}]$$

S<sub>log</sub> = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 표준편차

X<sub>log</sub> = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 평균

**결과 및 고찰**

**조사지점별 해수의 위생학적 성상**

각 조사지점별 대장균군 및 분변계대장균 조사 결과를 Table 4 에 나타내었다. 조사지점별 대장균군 및 분변계대장균 조사 결과를 보면, 조사해역의 상부에 위치하고 있는 비인항의 입구 (조사지점 1)와 비인항과 서면 마량리가 접하고 있는 지역 (조사지점 6)이 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위가 각각 7.8~10.3 MPN / 100 mL, 66.5 ~ 71.6 MPN / 100 mL, 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위가 각각 3.1~4.0 MPN / 100 mL, 11.9 ~ 18.3 MPN / 100 mL으로 조사해역 중에서 세균 오염도가 가장 높았다. 다음으로는 비인항의 동쪽 에 주항저수지의 육수가 흘러 들어오는 지역 (조사지점 16, 17), 비인면 선도리 서쪽인 선서지역 (조사지점 28, 29)과 동쪽인 선동지역 (조사지점 32, 33, 34)의 세균 오염도가 높았다. 이 곳의 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 2.8 ~ 4.5 MPN / 100 mL, 12.7 ~ 24.7 MPN / 100 mL, 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 2.4 ~ 3.2 MPN / 100 mL, 9.1 ~ 12.4 MPN / 100 mL이었으며, 조사해역의 동쪽하부 지역 (조사지점 42, 43, 45)도 비교적 오염이 많이 되는 것으로 나타났다. 오염 정도는 거주인구가 많은 비인항

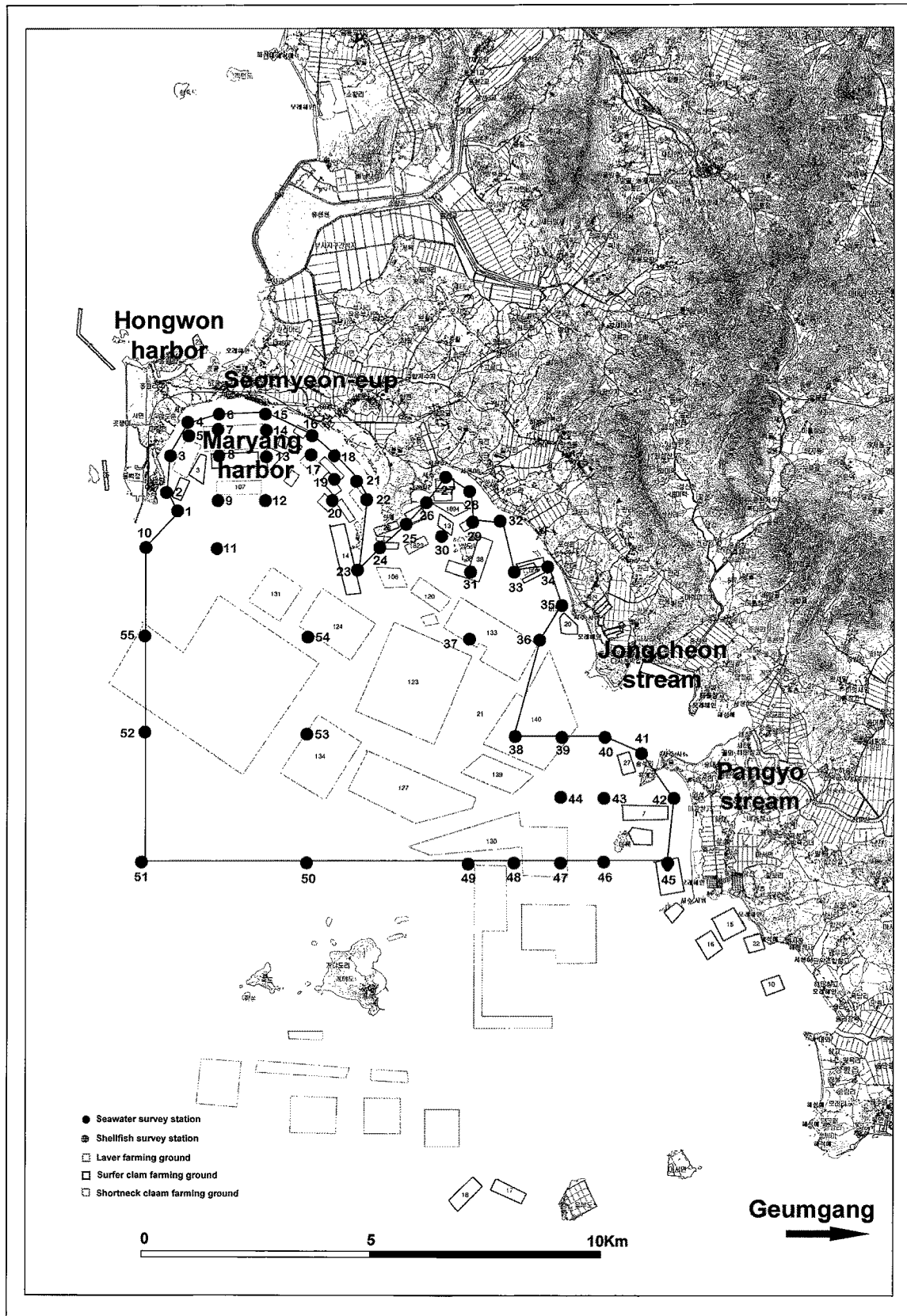


Fig. 1. Location of sampling stations for sanitary survey in Biin sea water area.

Table 4. Summary of bacteriological examination results of each sampling stations in Biin sea water area from 2006 to 2008

Station	MPN/100mL										No. of samples
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	GM	90th	>43		
			No.	%				No.	%		
1	<1.8~240	10.3	66.5	1	2.8	<1.8~170	4.0	18.3	2	5.6	36
2	<1.8~240	3.7	16.2	1	2.8	<1.8~33	2.2	4.9	0	0.0	36
3	<1.8~240	4.3	30.5	2	5.6	<1.8~70	2.3	5.9	1	2.8	36
4	<1.8~240	6.6	51.5	2	5.6	<1.8~130	2.5	7.8	1	2.8	36
5	<1.8~240	4.0	18.8	1	2.8	<1.8~240	2.9	11.6	1	2.8	36
6	<1.8~540	7.8	71.6	4	11.1	<1.8~95	3.1	11.9	2	5.6	36
7	<1.8~240	4.3	22.1	1	2.8	<1.8~22	2.5	6.8	0	0.0	36
8	<1.8~240	2.6	9.5	1	2.8	<1.8~6.8	1.9	2.8	0	0.0	36
9	<1.8~240	2.5	8.7	1	2.8	<1.8~6.8	1.9	2.8	0	0.0	36
10	<1.8~240	3.2	15	1	2.8	<1.8~13	2.1	4.1	0	0.0	36
11	<1.8~240	2.2	7.8	1	2.8	<1.8~7.8	1.9	2.8	0	0.0	36
12	<1.8~240	2.4	7.9	1	2.8	<1.8~9.3	1.8	2.6	0	0.0	36
13	<1.8~240	2.5	8.7	1	2.8	<1.8~11	1.9	3.1	0	0.0	36
14	<1.8~240	4.2	19.8	1	2.8	<1.8~49	2.5	7.1	1	2.8	36
15	<1.8~240	4.9	26.6	1	2.8	<1.8~79	2.6	8.3	1	2.8	36
16	<1.8~240	4.5	24.7	1	2.8	<1.8~79	2.5	10.1	3	8.3	36
17	<1.8~240	4.0	24.7	1	2.8	<1.8~33	2.5	10.1	0	0.0	36
18	<1.8~240	3.0	12.5	1	2.8	<1.8~11	2.0	3.5	0	0.0	36
19	<1.8~240	2.4	8.1	1	2.8	<1.8~6.8	1.9	2.8	0	0.0	36
20	<1.8~240	2.8	10.0	1	2.8	<1.8~6.8	1.9	2.7	0	0.0	36
21	<1.8~240	2.3	7.0	1	2.8	<1.8~2.0	1.8	1.9	0	0.0	36
22	<1.8~240	2.7	9.2	1	2.8	<1.8~4.5	1.8	2.2	0	0.0	36
23	<1.8~350	2.6	13	2	5.4	<1.8~49	1.9	3.8	1	2.7	36
24	<1.8~350	2.6	12.6	2	5.6	<1.8~49	2.0	4.6	1	2.8	36
25	<1.8~240	3.1	14.6	1	2.8	<1.8~49	2.1	5.0	1	2.8	36
26	<1.8~240	2.8	9.6	1	2.8	<1.8~7.8	1.8	2.7	0	0.0	36
27	<1.8~240	2.5	9.0	1	2.8	<1.8~33	2.3	5.6	0	0.0	36
28	<1.8~240	4.3	24	1	2.8	<1.8~130	3.2	12.0	1	2.8	36
29	<1.8~240	3.3	16.9	1	2.8	<1.8~130	2.5	9.1	2	5.6	36
30	<1.8~240	2.4	8.5	1	2.8	<1.8~7.8	1.8	2.7	0	0.0	36
31	<1.8~240	2.6	8.3	1	2.8	<1.8~79	2.0	4.5	1	2.8	36
32	<1.8~240	4.2	24.1	2	5.6	<1.8~240	2.8	12.4	3	8.3	36
33	<1.8~920	2.8	16.0	2	5.6	<1.8~240	2.4	10.1	2	5.6	36
34	<1.8~240	2.8	12.7	1	2.8	<1.8~240	2.4	9.6	2	5.6	36
35	<1.8~240	3.5	18.2	1	2.8	<1.8~130	2.4	7.2	1	2.8	36
36	<1.8~240	2.7	10.8	1	2.8	<1.8~240	2.2	6.9	1	2.8	36
37	<1.8~920	2.6	11.6	1	2.8	<1.8~110	2.1	5.9	1	2.8	36
38	<1.8~350	2.7	12.7	2	5.6	<1.8~130	2.1	6.1	1	2.8	36
39	<1.8~540	3.0	16.3	2	5.6	<1.8~130	2.3	7.7	2	5.6	36
40	<1.8~540	3.0	17.6	2	5.6	<1.8~240	2.3	9.9	2	5.6	36
41	<1.8~>1,600	3.0	19.0	1	2.8	<1.8~350	2.4	9.5	1	2.8	36
42	<1.8~>1,600	5.0	43.9	1	2.8	<1.8~170	3.2	14.4	3	8.3	36
43	<1.8~240	3.3	18.5	2	5.6	<1.8~240	2.7	11.7	2	5.6	36
44	<1.8~240	2.8	13.4	2	5.6	<1.8~130	2.1	6.4	1	2.8	36
45	<1.8~240	5.6	42.6	2	5.6	<1.8~130	3.0	11.7	2	5.6	36
46	<1.8~240	4.0	21.8	1	2.8	<1.8~240	2.4	7.9	1	2.8	36
47	<1.8~240	2.8	14.3	2	5.6	<1.8~240	2.3	8.5	2	5.6	36
48	<1.8~240	2.7	11.3	1	2.8	<1.8~240	2.3	8.2	1	2.8	36
49	<1.8~240	2.7	9.8	1	2.8	<1.8~240	2.2	7.0	1	2.8	36
50	<1.8~240	3.1	16.8	1	2.8	<1.8~33	2.3	6.3	0	0.0	36
51	<1.8~920	3.0	20.1	2	5.6	<1.8~350	2.6	12.2	2	5.6	36
52	<1.8~240	2.4	8.2	1	2.8	<1.8~23	1.9	3.6	0	0.0	36
53	<1.8~350	2.4	11.0	2	5.6	<1.8~79	2.0	4.8	1	2.8	36
54	<1.8~540	2.4	11.8	2	5.6	<1.8~49	1.9	4.0	1	2.8	36
55	<1.8~240	2.2	6.6	1	2.8	<1.8~4.5	1.8	2.2	0	0.0	36
	<1.8~>1,600	2.0~10.3	7.0~42.6	74		<1.8~350	1.8~4.0	1.9~18.3	52		1,980

<sup>1</sup> Geometric mean; <sup>2</sup> The estimated 90th percentile.

Table 5. Monthly variation of bacteriological water quality in Biin sea water area from 2006 to 2008

Month	MPN/100mL										No. of samples
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	GM	90th	>43		
			No.	%				No.	%		
1	<1.8 ~ 130	2.3	5.3	0	0.0	<1.8 ~ 22	1.8	2.6	0	0.0	165
2	<1.8 ~ 33	2.1	4.3	0	0.0	<1.8 ~ 7.8	1.8	2.2	0	0.0	165
3	<1.8 ~ 79	2.3	5.6	0	0.0	<1.8 ~ 49	1.9	3.2	1	0.6	165
4	<1.8 ~ 240	2.4	7.9	2	1.2	<1.8 ~ 49	1.8	3.0	2	1.2	165
5	<1.8 ~ 240	3.7	15.3	1	0.6	<1.8 ~ 79	2.4	5.6	1	0.6	165
6	<1.8 ~ 240	2.6	8.7	1	0.6	<1.8 ~ 49	1.9	3.6	1	0.6	165
7	<1.8 ~ >1,600	16.8	262.5	55	33.3	<1.8 ~ 350	2.0	49.9	30	18.2	165
8	<1.8 ~ 920	6.2	60.8	14	8.5	<1.8 ~ 350	3.7	18.7	14	8.5	165
9	<1.8 ~ 79	4	17.4	0	0.0	<1.8 ~ 33	2.3	5.3	0	0.0	165
10	<1.8 ~ 240	2.3	5.8	1	0.6	<1.8 ~ 79	2.0	4.2	1	0.6	165
11	<1.8 ~ 49	2	3.8	0	0.0	<1.8 ~ 13	1.8	2.8	0	0.0	165
12	<1.8 ~ 130	2.5	7.9	0	0.0	<1.8 ~ 79	1.9	3.8	2	1.2	165
	<1.8 ~ >1,600	4.1	33.8	74	3.7	<1.8 ~ 350	2.4	8.7	52	2.6	1,980

<sup>1</sup> Geometric mean; <sup>2</sup> The estimated 90th percentile.

Table 6. Annual variation of bacteriological water quality in Biin sea water area from 2006 to 2008

Year	MPN/100mL										No. of samples
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	GM	90th	>43		
			No.	%				No.	%		
2006	<1.8 ~ >1,600	5.4	43.5	57	8.6	<1.8 ~ 350	2.6	11.7	31	4.7	660
2007	<1.8 ~ 920	3.7	22.1	17	2.6	<1.8 ~ 320	2.5	8.5	20	3.0	660
2008	<1.8 ~ 220	2.3	6.0	0	0.0	<1.8 ~ 49	1.9	2.9	1	0.2	660

<sup>1</sup> Geometric mean; <sup>2</sup> The estimated 90th percentile.

인접 지역과 육지에서 오.폐수 유입이 많이 되는 곳일수록 오염이 많이 되었으며, 조사해역을 중심으로 서남쪽으로 갈수록 오염도는 낮아지는 경향이였다. 서쪽 경계면과 남쪽경계면에 위치한 조사지점 (10, 48, 49, 50, 52, 55)의 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 2.2 ~ 3.2 MPN / 100 mL, 6.6 ~ 16.8 MPN / 100 mL, 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 1.8 ~ 2.3 MPN / 100 mL, 2.2 ~ 8.2 MPN / 100 mL이였다. 그러나 51번의 경우외해에 접하고 있는 조사지점인데도 대장균군과 분변계 대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값은 각각 3.0, 2.6 MPN / 100 mL, 20.1, 12.2 MPN / 100 mL,로 비교적 높게 검출되었는데 이는 조사당일 및 조사 수일 전부터 지속적으로 내린 강우로 인하여 금강에서 대량의 유입된 육상 오염물질의 영향인 것으로 판단된다.

#### 월별 해수의 위생학적 성상

비인만해역의 해수에 대하여 2006년 1월부터 2008년 12월

까지 매월 1회씩 조사한 대장균군 및 분변계대장균의 월별 변화를 Table 5 에 나타내었다. 조사결과 7월에 세균 오염도가 가장 높았으며, 이때 대장균군 및 분변계대장균의 범위는 각각 <1.8->1,600 MPN / 100 mL, <1.8~350 MPN / 100 mL이였고, 분변계대장균의 기하평균치 및 the estimated 90th percentile 값은 각각 2.0 MPN / 100 mL, 49.9 MPN / 100 mL이였다. 그리고 55개 조사지점 중 분변계대장균이 43 MPN / 100 mL을 초과하는 조사지점이 모두 52개 지점이었으나 그 중 57.7%인 30개소가 초과된 것으로 나타났다. 다음으로는 8월에 세균 오염도가 높게 나타났는데, 분변계대장균의 기하평균치 및 the estimated 90th percentile 값은 각각 3.7 MPN / 100 mL, 18.7 MPN / 100 mL이였으며, 분변계대장균이 43 MPN / 100 mL 을 초과하는 조사지점은 14개소였다. 그 외 조사시기의 대장균군 및 분변계대장균의 범위는 각각 <1.8 ~ 240 MPN / 100 mL, <1.8 ~ 79 MPN / 100 mL이였으며, 분변계대장균의 기하평균치 및 the estimated 90th percentile 값은 각각 <1.8 ~ 2.4 MPN / 100 mL, 2.2~5.6 MPN / 100 mL이였고, 분변계대장

균이 43 MPN / 100 mL을 초과하는 조사지점은 총 8개소였다 (Table 5).

연도별 해수의 위생학적 성상

2006년부터 2008년까지 매년 12회씩 조사한 비인만해역 해수의 대장균군 및 분변계대장균의 연도별 변화를 Table 6에 나타내었다. 2006년부터 2008년까지 3년간 조사한 비인만해역 해수의 연도별 세균함량 변화를 살펴보면, 2006년에 세균 오염도가 가장 높았으며, 이때의 대장균군과 분변계대장균의 범위는 각각 <1.8~>1,600, MPN / 100 mL <1.8~350 MPN / 100 mL으로 나타났다. 그리고 대장균군의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 5.4 MPN / 100 mL, 43.5 MPN / 100 mL이었으며, 분변계대장균의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 2.6 MPN / 100 mL, 11.7 MPN / 100 mL으로 나타났다. 또한 2006년도 660개 분석시료 중에서 대장균군이 230 MPN / 100 mL을 초과하는 시료가 57개, 분변계대장균 43 MPN / 100 mL을 초과하는 시료가 31개 이었다. 2007년에는 대장균군 230 MPN / 100 mL을 초과하는 시료가 17개, 분변계대장균 43 MPN / 100 mL을 초과하는 시료가 20개로서 2006년 보다 오염도가 다소 낮게 나타났다. 대장균군의 경우 8월에 전체 초과시료의 82%에 해당하는 14개 시료에서 기준치를 초과한 것으로 나타났으며, 분변계대장균의 경우도 역시 총 초과 검출수의 65%에 해당하는 13개 시료에서 기준치인 43 MPN / 100 mL을 초과하여 검출되었다. 2008년에

는 대장균군에서 기준치를 초과한 시료는 없었으며, 분변계대장균에서 1개 시료에서만 초과 검출되어 3년간 조사기간 중 가장 낮은 세균오염도를 나타내었다.

강우발생에 따른 해수의 세균함량 변화

비인만해역 해수의 위생학적 성상에 미치는 강우량에 대한 영향을 조사하기 위하여 비인만해역에 조사 하루 전에 내린 강우량에 따른 대장균군 및 분변계대장균의 변화를 알아보았다 (Table 7). 월 1회, 3년간 36회의 조사를 하였으며, 그 중 시료 채취 3일 전부터 시료 채취일 까지 강우가 없었던 경우가 20회, 시료 채취전일 0.5 mm의 강우가 1회, 10 mm의 강우가 1회, 62.5 mm의 강우가 1회 이었으며, 나머지 13회는 시료 채취 전일 까지 연속해서 강우가 있었거나 시료 채취 2-3일 전에 강우가 있었던 경우로서 강우에 의한 영향을 분석하는 자료에서 제외하였다.

일반적으로 해역의 위생조사는 강우에 따른 영향을 많이 받기 때문에 강우상태를 고려해야 한다고 한다. 비인만해역은 전체적으로 볼 때 0.5 mm 미만의 강우에서는 세균학적 수질에는 큰 변화를 보이지 않았으며, 10 mm 이하의 강우가 발생한 후에도 대장균군 및 분변계대장균 함량이 다소 증가하였으나 해수의 수질에는 영향을 미치지 않았다. 그러나 62.5 mm의 강우가 있었던 경우 분변계대장균의 기하학적 평균값과 90 th percentile 값은 각각 2.2, 4.8 MPN / 100 mL 이었으며, 1개소에서 43 MPN / 100 mL 이상 초과하여 검출되었다.

Table 7. Summary of bacteriological examination results of sea water after rainfall in Biin sea water area from 2006 to 2008

Rainfall (mm)	MPN/100mL								No. of sample
	Total coliform				Fecal coliform				
	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		GM	90th	>43		
			No.	%			No.	%	
No rain	3.1	9.9	2	0.2	2.1	3.8	3	0.3	1,100
0.5	2.0	3.5	0	0.0	1.8	2.3	0	0.0	55
10	2.6	7.3	0	0.0	2.0	4.0	0	0.0	55
62.5	4.6	23.7	1	1.8	2.2	4.8	1	1.8	55

1 Geometric mean; 2 The estimated 90th percentile.

Table 8. Summary of bacteriological results of oyster (O), shortneck clam (S) and surf clam (D) in Biin sea water area from 2006 to 2008

Station	MPN/100g						CFU /g, at 35°C				No. of spl.
	Fecal coliform										
	Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	>50,000				
				No.	%		No.	%			
O-1	<18 ~ 20	<18	18.3	0	0.0	40 ~ 3,800	0	0.0	34		
S-1	<18 ~ 3,300	468.8	849.6	4	21.1	310 ~ 15,000	0	0.0	19		
D-1	<18 ~ 2,400	668.4	1,067.0	7	23.3	500 ~ 22,000	0	0.0	30		
Total	<18 ~ 3300	<18~668.4	18.3~1,067.0	14	16.9	40 ~ 22,000	0	0.0	83		

1 Geometric mean; 2 The estimated 90th percentile.

### 패류의 위생학적 성상

비인만해역에서 양식되고 있는 굴, 동죽 및 바지락의 위생 상태를 파악하기 위하여 서면 신탐리에서 굴 (O-1), 바지락 (S-1) 및 마서면 송석리에서 동죽 (D-1)의 3개 조사지점을 설정하여 세균학적 오염조사를 실시하였다.

2006년부터 2008년까지 3년간 채취한 굴 34개 시료에 대하여 세균 함량을 조사한 결과, 분변계대장균 및 생균수의 범위는 각각 <math><18 \sim 20 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>, <math>40 \sim 3,800 \text{ CFU} / \text{g}</math>이었으며, 분변계대장균 <math>230 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>을 초과하는 시료는 전 조사기간 중 한번도 나타나지 않았다. 생균수는 <math>40 \sim 3,800 \text{ CFU} / \text{g}</math>으로 수출용 패류의 생균수 기준인 <math>105 \text{ CFU} / \text{g}</math>을 초과하는 시료는 없었고 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 <math><18 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>, <math>18.3 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>으로 나타났으며, <math>230 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>을 초과하는 시료가 없는 것으로 분석되어 세균학적 위생상태는 아주 양호한 것으로 나타났다 (Table 8).

바지락의 경우 2006년부터 2008년까지 3년간 19개의 시료에 대하여 세균 함량을 조사하였으며, 그 결과 분변계대장균 및 생균수의 범위는 각각 <math><18 \sim 3,300 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>, <math>310 \sim 15,000 \text{ CFU} / \text{g}</math>이었으며, 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 <math>468.8 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>, <math>849.6 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>이었다. 분변계대장균 <math>230 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>을 초과하는 시료는 4회 (21.1%) 검출되었으며, 생균수는 <math>310 \sim 15,000 \text{ CFU} / \text{g}</math>으로 수출용 패류의 생균수 기준인 <math>105 \text{ CFU} / \text{g}</math>을 초과하는 시료는 없었다 (Table 8).

3년간 동죽 30개 시료에 대하여 세균 함량을 조사한 결과, 분변계대장균 및 생균수의 범위는 각각 <math><18 \sim 2,400 \text{ MPN} / 100\text{g}</math>, <math>500 \sim 22,000 \text{ CFU} / \text{g}</math>이었으며, 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 <math>668.4 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>, <math>1,067.0 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>이었다. 분변계대장균 <math>230 \text{ MPN} / 100 \text{ g}</math>을 초과하는 시료는 7회 (23.3%) 검출되었으며, 생균수는 <math>500 \sim 22,000 \text{ CFU} / \text{g}</math>으로 수출용 패류의 생균수 기준인 <math>105 \text{ CFU} / \text{g}</math>을 초과하는 시료는 없었다 (Table 8).

패류의 전체적인 세균학적 위생상태를 살펴보면, 수중에서 양식되는 굴에 비하여 갯벌에 서식하는 동죽 및 바지락의 세균오염도가 높았다. 이는 동죽과 바지락이 간조 시 4-5시간 노출선부터 수심 2 m 내외의 사니질 혹은 모래와 자갈이 섞여 있는 곳에 서식하기 때문에 배수유역으로부터 유입되는 각종 육상 오염물질에 의한 영향을 직접적으로 받고 있다. 따라서 배수유역으로부터 유입되는 방출수의 오염 정도에 따라 바지락이 세균 오염도는 영향을 받게 된다. 비인만해역의 남쪽에 위치한 금강하구에서 유입되는 하천수의 영향과 강우에 의한 육상오염원의 유입이 가장 많은 영향을 주는 것으로 추정된다.

### 해수의 위생학적 성상

비인만해역은 배수유역에서 도시하수나 공장폐수 등의 오염물질에 의하여 직접적인 영향을 받지 않는 해역으로 미국 National Shellfish Sanitation Program (FDA, 2003) 패류 양식장 관리지침의 Model Ordinance에서 Non Point Sources에 의하여 영향을 받는 해역으로 간주할 수 있다. Non Point Sources에

의하여 영향을 받는 해역은 각 조사지점에서 매년 최소 6회 이상의 시료를 채취하여야 하며, 해역에 대한 평가는 최근에 채취한 최소 30개 이상 시료에 대한 분석 결과에 근거하여야 한다고 규정되어 있다. 미국에서 패류 양식장에 대한 허가해역의 세균학적 수질기준 중 대장균군 및 분변계대장균에 대한 기준은 해수 시료 중의 기하평균치가 각각 <math>70 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>, <math>14 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math> 이하이며, 백분위수의 90번째 값이 각각 <math>230 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>, <math>43 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>이하여야 한다고 규정되어 있다 (FDA, 2005). 그리고 미국의 대부분의 주에서는 분변계대장균에 대한 기준치를 적용하고 있으며, 우리나라에서도 수출용 패류생산해역의 세균학적 수질기준을 분변계대장균에 대하여 미국의 분변계대장균 기준과 동일하게 적용하고 있다 (MOMAF, 2006).

비인만해역을 수출용 패류생산해역으로 지정하기 위한 세균학적 자료를 확보하기 위한 방안의 일환으로 2006년 1월부터 2008년 12월까지 3년간 55개 조사지점에서 매월 1회씩 채취한 1,980개 해수 시료의 대장균군의 범위는 <math><1.8 \sim 1,600 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>이었으며, 대장균군의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 <math>2.0 \sim 10.3 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>, <math>7.0 \sim 42.6 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>이었다. 또한 분변계대장균의 범위는 <math><1.8 \sim 350 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>이었으며, 분변계대장균의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 <math>1.8 \sim 4.0 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>, <math>1.9 \sim 18.3 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math>이었다. 배수유역에 인접한 조사지점은 외해에 접한 지점에 비하여 세균 오염도가 다소 높고, 다량의 강우가 있는 직후에는 세균 오염도가 큰 폭으로 증가하여 대부분의 해역이 영향을 받고 있었으나, 3년간의 조사에서 모든 조사지점이 대장균군의 기하평균치가 <math>70 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math> 이하이고, 백분위수의 90번째 값이 <math>230 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math> 이하로 나타났으며, 분변계대장균 역시 기하평균치가 <math>14 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math> 이하이고, 백분위수의 90번째 값이 <math>43 \text{ MPN} / 100 \text{ mL}</math> 이하로 양호한 위생상태를 유지하고 있었다. 따라서 조사해역을 우리나라 수출용 패류생산해역의 위생학적 수질 기준과 미국의 패류양식장에 대한 세균학적 수질기준의 허가해역 수질기준에 준하여 평가하였을 때 이 조건을 충족하고 있었으며, 수출용 패류생산해역으로의 지정이 가능한 해역이었다.

## 사 사

본 연구는 국립수산과학원 수산시험연구사업비로 수행된 연구결과(RP-2009-FS-018)의 일부입니다.

## 참고문헌

- APHA(American Public Health Association). 1970. Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish. 4th ed, American Public Health Association, Inc. Washington DC, 104-106.
- Bukhari Z., Smith HV, Sykes N, Humphreys SW, Parton CA, Girdwood RW and Fricke CR.

1997. Occurrence of *Cryptosporidium* spp. cysts and *Giardia* spp. cysts in sewage influents and effluents from treated plants in England. *Water Sci Tech* 35, 385-390.
- FDA (Food and Drug Administration). 2005. National Shellfish Sanitation Program (NSSP) Guide for the Control of Molluscan Shellfish. II. Growing Areas. Food and Drug Administration, Washington DC, 199-204.
- Geldreich EE. 1996. Pathogenic agents in freshwater resources. *Hydrol Proc* 10, 315-333.
- Lee YW, Kim JH, Park SG and Lee KM. 1996. Distribution of indicator organisms in commercial fish and shellfish and influence of storage temperature and period. *J Fd Hyg Safety* 11, 57-70.
- MOMAF (Ministry of Marine Affairs & Fisheries). 2006. Sanitary Criteria of Producing · Processing Facilities and Sea Water Area for Fisheries Products. The Notification of Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, Article 2006-74.
- Seocheon-gun. 2007. Seocheon-gun Statistical Yearbook, 1-556.

---

2009년 11월 20일 접수

2010년 1월 22일 수정

2010년 2월 18일 수리