

충남 태안 패류생산해역에서의 세균학적 위생안전성 평가

송기철 · 이두석¹ · 심길보² · 임치원³ · 목종수¹ · 변한석 · 박영제 · 조기채
국립수산과학원 서해수산연구소, ¹식품안전연구팀, ²양식환경연구센터, ³생명공학연구소

Evaluation of Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Waters in Taean Area, Korea

Ki Cheol SONG, Doo Seog LEE¹, Kil Bo SHIM², Chi Won LIM³, Jong Su MOG¹, Han Seok BYUN, Young Je PARK and Ki Chae CHO
Resource Enhancement Team, West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 420-400, Korea
¹Food Safety Research Team, NFRDI, Busan 619-902, Korea
²Aquaculture Environment Research Center, NFRDI, Tongyoung 650-943, Korea
³Biotechnology Research Institute, NFRDI, Busan 619-902, Korea

The seawater in the Taean area was surveyed to evaluate the conditions of the bay and compliance with the bacteriological criteria for a designated area for shellfish production for export. Samples of seawater were collected monthly at 34 sampling stations established in the survey area from January 2002 to December 2004. The bacterial density in the coastal area close to a pollution source located to the northeast of the survey area was higher than in the open sea to the west. The bacteriological counts in the water did not change with 16.5 mm of rainfall, but increased abruptly after 65.4 mm of rainfall. The total coliform and fecal coliform most probable numbers (MPNs) of 1,224 seawater samples in the survey area were <1.8-2,400 and <1.8-790 MPN/100 mL, respectively. The geometric mean and estimated 90th percentile of total coliforms were 1.9-3.4 and 2.7-26.3 MPN/100 mL, respectively, and for fecal coliforms were <1.8-2.6 and 1.8-12.0 MPN/100 mL, respectively. The bacteriological water quality in the Taean seawater area met the National Shellfish Sanitation Program criteria for an approved area and the Korea Shellfish Sanitation Program criteria for a designated area for shellfish production for export.

Key words: Shellfish growing area, Total coliform, Fecal coliform, Designated area

서론

인구의 증가와 산업화에 따라 육지로부터 각종 오염물질이 연안해역으로 유입되어 패류 양식장 및 주변 환경을 오염시키고 있다 (Bukhari et al., 1997; Geldreich, 1996). 특히 패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭이 활동을 하므로 해수 중에 부유하는 세균, 바이러스 및 중금속 등의 인체에 유해한 각종 위해물질을 섭취하여 체내에 축적하게 되며 (Jensen, 1966; Sherwood, 1952), 오염된 패류의 섭취로 인한 중독성 사고의 예는 오래전부터 잘 알려져 있는 사실이다 (Lee et al., 1996). 따라서 미국과 유럽을 비롯한 세계 여러 나라에서는 이러한 수산물에 대한 위생적 관리 방안을 위한 많은 대책을 강구하고 있으며, 특히 패류의 위생학적 안전성을 확보하기 위하여 패류 서식해역의 해수에 대하여 위생학적 기준을 설정하고 패류 생산해역을 등급화 하여 관리하고 있다 (FDA, 2003). 우리나라에서는 패류의 해외 수출을 위한 방안으로 1961년부터 남해안 주요 패류 생산해역에 대한 세균학적 위생조사를 실시하였으며, 1971년에는 최초로 한산·거제만 해역에 473 ha를 수출용 패류생산해역으로 지정하여 체계적인 위생

관리를 하기 시작하였다. 현재는 경남에 한산·거제만해역, 자란만·사량도해역, 미륵도해역, 창선해역, 강진만해역의 5개 해역 25,799 ha, 전남의 가막만해역, 나로도해역의 2개 해역 8,586 ha가 수출용 패류생산해역으로 지정되어 관리되고 있다. 충남 태안해역은 태안군 근흥면과 남면 그리고 태안읍에 접하여 있는 해역으로 바지락, 백합, 동죽, 가무락, 전복, 피조개 등의 패류가 연간 약 500여톤 생산되고 있다. 이들 패류의 안전성 확보는 국민건강 증진에 기여함은 물론 가격 및 수출 경쟁력 제고에 기여할 것으로 기대된다.

이에 따라 본 연구에서는 태안해역을 수출용 패류생산해역으로 지정하기 위한 기초자료 확보와 동 해역의 위생학적 성상을 구명하기 위하여 2002년 1월부터 2004년 12월까지 34개 조사지점을 설정하여 해수에 대한 위생지표세균 조사를 실시하고, 각 조사지점별, 월별, 연도별 위생지표세균 변화와 강우량이 세균학적 위생성상에 미치는 영향을 파악하였다.

재료 및 방법

조사해역 개요 및 조사지점

조사해역의 배수유역에 위치한 토지의 이용현황과 거주인

*Corresponding author: kssong11@naver.com

Table 1. Present status of lands and population of residents in the drainage area of Taean sea water area

Administrative district	Drainage area (km ²)					No. of dwelling house	Population
	Drainage area	Farm field	Forest land	Housing site	Others		
Keunheung-myeon	38.70	13.75	17.72	0.89	6.34	1,765	4,616
Taeon-eup	9.74	4.39	3.49	0.21	1.65	652	1,723
Nam-myeon	37.90	17.22	13.32	0.79	6.57	1,433	3,942
Total	86.34	35.36	34.53	1.89	14.56	3,850	10,281

구에 대한 자료를 Table 1에 나타내었다. 조사해역은 충남 태안군에 속하는 해역으로 동쪽으로는 남면, 북쪽으로는 근흥면과 태안읍, 서쪽으로는 외해와 직접 접하여 있으며, 수면적은 약 5,500 ha이다. 배수유역 면적은 86.34 km²였으며, 그 중 임야가 34.53 km², 논과 밭으로 이루어진 농경지가 35.36 km², 대지가 1.89 km²였으며, 양식장, 과수원, 염전 등 그 외의 용도로 14.56 km²가 이용되고 있었다. 지역별로는 근흥면이 38.70 km², 남면이 37.90 km²로 비슷한 수준이었고, 태안읍은 9.74 km²로 가장 면적이 적었다. 배수유역에는 3,850가구에 10,281명의 인구가 거주하고 있었다. 그 중 근흥면이 1,765가구에 4,616명으로 가장 많았으며, 다음으로 남면이 1,433가구에 3,942명, 태안읍이 652가구에 1,723명이 거주하고 있었다 (Taeon-gun, 2005). 80% 이상이 임야와 농경지로 이루어져 있으며, 대규모 폐수를 방류하는 공장은 없었다. 만의 북쪽에 농업용수로 이용되는 용요천이 있으며, 동쪽의 상부에는 새우 양식장과 염전이 있고, 동쪽의 중부에는 어항과 해수욕장이 위치하고 있다.

시료 채취

시료 채취지점은 조사해역의 오염원, 지형적 여건, 해류 유동상태, 조사 수행여건 등을 고려하여 34개소를 설정하였으며, 2002년 1월부터 2004년 12월까지 매월 1회씩 36회에 걸쳐 시료를 채취하였다 (Fig. 1). 시료채취 지점으로의 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°C 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.

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

S_{\log} = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 표준편차

X_{\log} = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 평균

결과 및 고찰

조사지점별 해수의 위생학적 성상

각 조사지점별 대장균군 및 분변계대장균 조사 결과를 Table 2에, 대장균군 및 분변계대장균의 백분위수의 90번째 값의 분포도를 Fig. 2에 나타내었다. 조사지점별 대장균군 및 분변계대장균 조사 결과를 보면, 만의 동쪽 상부에 위치한 남면 진산리 연안 (조사지점 3, 4)이 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위가 각각 3.0-3.4 MPN/100 mL, 15.0-26.3 MPN/100 mL, 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위가 각각 2.3-2.6 MPN/100 mL, 8.1-12.0 MPN/100 mL로 조사해역 중에서 세균 오염도가 가장 높았다. 다음으로는 만의 동쪽 중부에 위치한 남면 몽산리 지역 (조사지점 9, 10, 11, 17, 18)과 달산리 지역 (조사지점 20, 26, 27)의 세균 오염도가 높았으며, 이곳의 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 2.0-3.0 MPN/100 mL, 7.0-15.7 MPN/100 mL, 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 2.0-2.4 MPN/100 mL, 5.3-7.7 MPN/100 mL이었다. 서쪽으로 갈수록 세균 오염도는 낮아지는 경향이었으며, 서쪽 경계면에 위치한 조사지점 (14, 15, 23, 24, 31, 32)의 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 1.9-2.0 MPN/100 mL, 2.7-4.9 MPN/100 mL, 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 <1.8-1.9 MPN/100 mL, 1.8-4.3 MPN/100 mL이었다. 이와 같은 결과는 만의 서쪽은 외해와 접하고 있어 육상 오염원의 영향을 비교적 적게 받는 반면에, 만의 북쪽에는 배수유역에서 해역으로 유입되는 하천 중에서 가장 수량이 많은 용요천이 있고, 동쪽으로는 상부에 염전과 새우 양식장이 시설되어 있으며, 동쪽 중부에는 어항과 해수욕장이

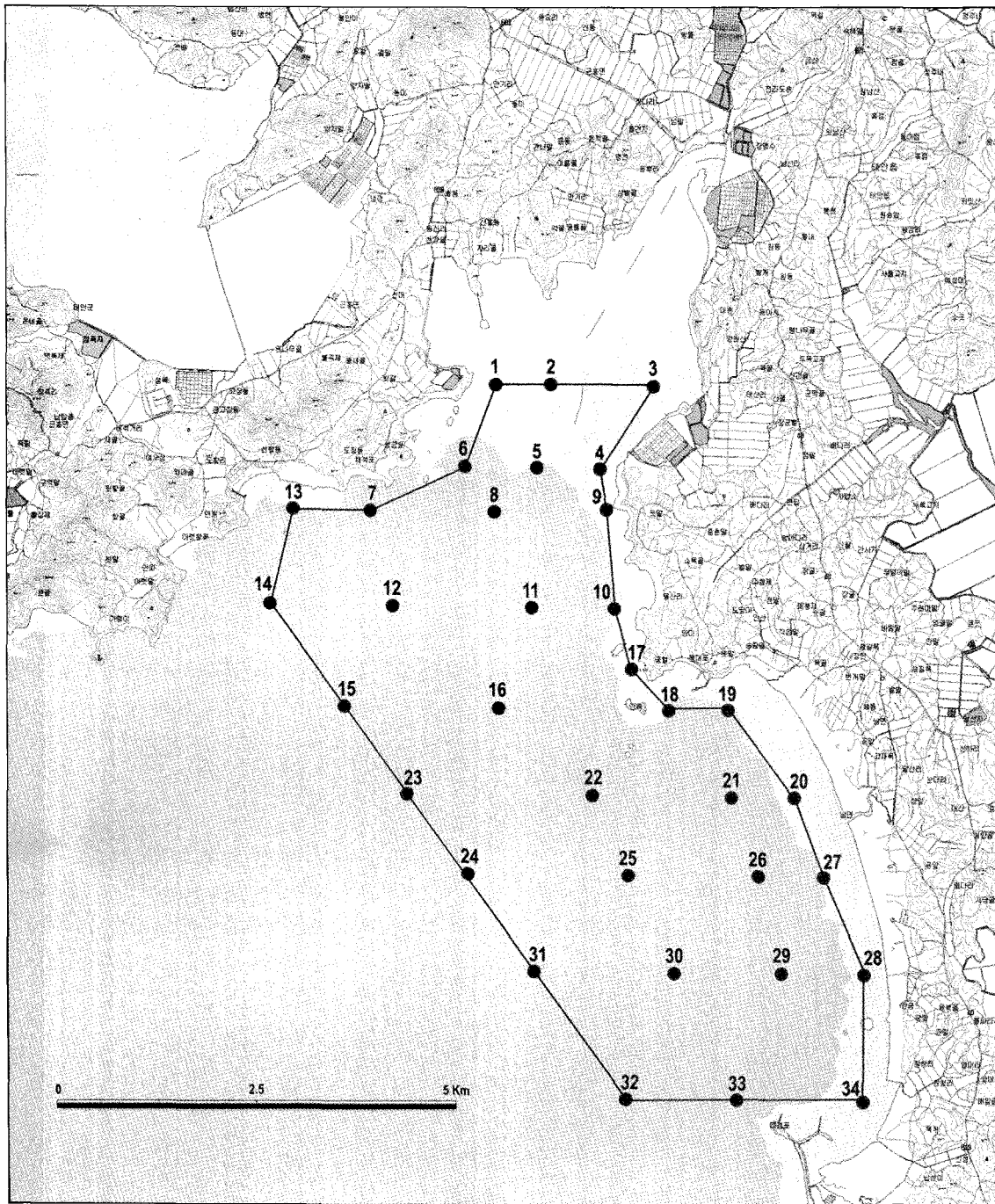


Fig. 1. Location of sampling stations for sanitary survey in Taean sea water area. ●, sea water sampling stations.

위치하고 있어 이곳으로부터 유입되는 오염물질이 해역의 세균학적 수질에 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

월별 해수의 위생학적 성상

태안해역 해수에 대하여 2002년 1월부터 2004년 12월까지 매월 1회씩 조사한 대장균군 및 분변계대장균의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 월별 변화를 Fig. 3에 나타내었다.

7월에 세균 오염도가 가장 높았으며, 이때의 대장균군과 분변계대장균의 범위는 각각 <math><1.8-2,400\text{ MPN}/100\text{ mL}</math>, <math><1.8-790\text{ MPN}/100\text{ mL}</math>이었으며, 대장균군의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 8.1 MPN/100 mL, 110.5 MPN/100 mL, 분변계대장균의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 4.2 MPN/100 mL, 33.1 MPN/100 mL로 나타났다. 그리고 7월에는 대장균군 230 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 14개로

Table 2. Summary of bacteriological examination of each sampling station in Taean sea water area from 2002 to 2004
¹Geometric mean; ²The estimated 90th percentile

Station	MPN/100 mL										No. of samples
	Total coliform					Fecal coliform					
	Range	GM ¹	90th ²	>230		Range	GM	90th	>43		
			No.	%				No.	%		
1	<1.8-130	2.8	13.5	0	0.0	<1.8-17	2.2	4.7	0	0.0	36
2	<1.8-350	3.0	17.0	2	5.6	<1.8-11	2.0	3.4	0	0.0	36
3	<1.8-2,400	3.4	26.3	1	2.8	<1.8-790	2.6	12.0	2	5.6	36
4	<1.8-240	3.0	15.0	1	2.8	<1.8-130	2.3	8.1	2	5.6	36
5	<1.8-240	2.7	11.1	1	2.8	<1.8-27	2.0	4.3	0	0.0	36
6	<1.8-79	2.4	8.6	0	0.0	<1.8-49	2.0	4.9	1	2.8	36
7	<1.8-130	2.5	8.8	0	0.0	<1.8-49	2.1	4.9	1	2.8	36
8	<1.8-49	2.2	6.2	0	0.0	<1.8-33	2.0	4.4	0	0.0	36
9	<1.8-240	2.2	8.4	1	2.8	<1.8-79	2.1	5.3	1	2.8	36
10	<1.8-350	2.9	15.1	2	5.6	<1.8-130	2.4	7.7	1	2.8	36
11	<1.8-240	2.4	8.7	1	2.8	<1.8-130	2.1	6.0	1	2.8	36
12	<1.8-79	2.2	5.6	0	0.0	<1.8-33	1.9	3.5	0	0.0	36
13	<1.8-49	2.6	7.5	0	0.0	<1.8-20	2.1	4.6	0	0.0	36
14	<1.8-4.5	1.9	2.7	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.9	0	0.0	36
15	<1.8-130	1.9	4.9	0	0.0	<1.8-79	1.9	4.3	1	2.8	36
16	<1.8-240	2.2	6.6	1	2.8	<1.8-33	1.9	3.5	0	0.0	36
17	<1.8-920	2.6	12.1	1	2.8	<1.8-240	2.2	6.6	1	2.8	36
18	<1.8-920	3.0	15.7	1	2.8	<1.8-170	2.2	6.7	1	2.8	36
19	<1.8-130	2.4	8.1	0	0.0	<1.8-23	2.0	3.6	0	0.0	36
20	<1.8-540	2.5	10.3	1	2.8	<1.8-240	2.1	6.8	1	2.8	36
21	<1.8-130	2.2	5.9	0	0.0	<1.8-13	1.9	3.2	0	0.0	36
22	<1.8-23	2.1	4.5	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	36
23	<1.8-7.8	1.9	2.9	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	36
24	<1.8-17	2.0	3.8	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	36
25	<1.8-22	2.0	4.2	0	0.0	<1.8-6.8	1.8	2.4	0	0.0	36
26	<1.8-540	2.0	7.0	1	2.8	<1.8-240	2.0	5.7	1	2.8	36
27	<1.8-920	2.1	8.1	1	2.8	<1.8-240	2.0	5.7	1	2.8	36
28	<1.8-240	2.5	9.4	1	2.8	<1.8-49	2.1	5.3	1	2.8	36
29	<1.8-49	2.2	5.9	0	0.0	<1.8-11	1.9	3.3	0	0.0	36
30	<1.8-17	2.1	4.3	0	0.0	<1.8-7.8	1.9	2.9	0	0.0	36
31	<1.8-49	2.0	4.2	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	36
32	<1.8-49	2.0	4.9	0	0.0	<1.8-4.5	1.8	2.2	0	0.0	36
33	<1.8-23	2.4	6.2	0	0.0	<1.8-9.3	1.9	3.0	0	0.0	36
34	<1.8-240	2.2	7.0	1	2.8	<1.8-79	2.0	4.7	1	2.8	36
Overall	<1.8-2,400	1.9 -3.4	2.7 -26.3	17	13.7	<1.8-790	<1.8 -2.6	1.8 -12.0	17	13.7	1,224

13.7%, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 15개로 14.7%를 차지하였다. 7월 다음으로는 8월에 세균 오염도가 다소 높았고, 전반적으로 동계에 비하여 하계에 세균 오염도가 다소 높은 경향이였다. 이는 동계에 비하여 하계에 강우량이 많아 배수유역에 위치한 오염물질이 하천이나 표층수와 함께 해역으로 유입되는데 기인하는 것으로 판단된다. 특히 7월에 세균 오염도가 매우 높은 것은 다량의 강우가 있는 직후에 조사한 2003년 7월의 조사 결과가 큰 영향을 미쳤기 때문이다.

연도별 해수의 위생학적 성상

2002년부터 2004년까지 매년 12회씩 조사한 태안해역 해수의 대장균군 및 분변계대장균의 연도별 변화를 Table 3에 나타내었다. 2002년부터 2004년까지 3년간 조사한 태안해역 해수의 연도별 세균함량 변화를 살펴보면, 2003년에 세균 오염도

가 가장 높았으며, 이때의 대장균군과 분변계대장균의 범위는 각각 <1.8-2,400 MPN/100 mL, <1.8-790 MPN/100 mL으로 나타났다. 그리고 대장균군의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 3.0 MPN/100 mL, 11.7 MPN/100 mL이었고, 분변계대장균의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값은 각각 2.3 MPN/100 mL, 5.7 MPN/100 mL으로 나타났다. 또한 408개 시료 중에서 대장균군 230 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 16개, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 15개였다. 2004년은 2002년에 비하여 세균 오염도가 다소 높았으나 8월에 대장균군 230 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 1개, 11월에 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과한 시료가 2개 검출된 것을 제외하고는 대장균군 230 MPN/100 mL과 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 검출되지 않았다. 2002년도는 대장균군 230 MPN/100 mL과 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료가 검출되지 않았으며, 3년간의

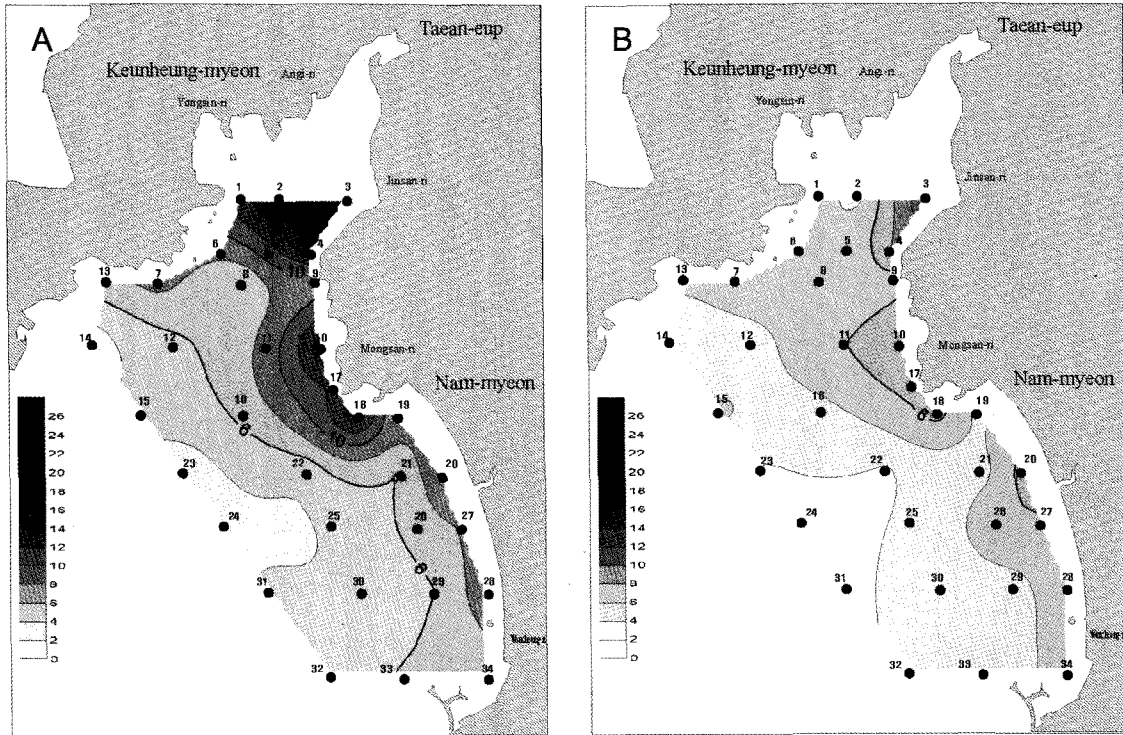


Fig. 2. Diagram for the estimated 90th percentile of total coliform (A) and fecal coliform (B) variation of sea water divided by each station in Taean sea water area from 2002 to 2004. □, the group of same MPN level in total coliform (A) and fecal coliform (B).

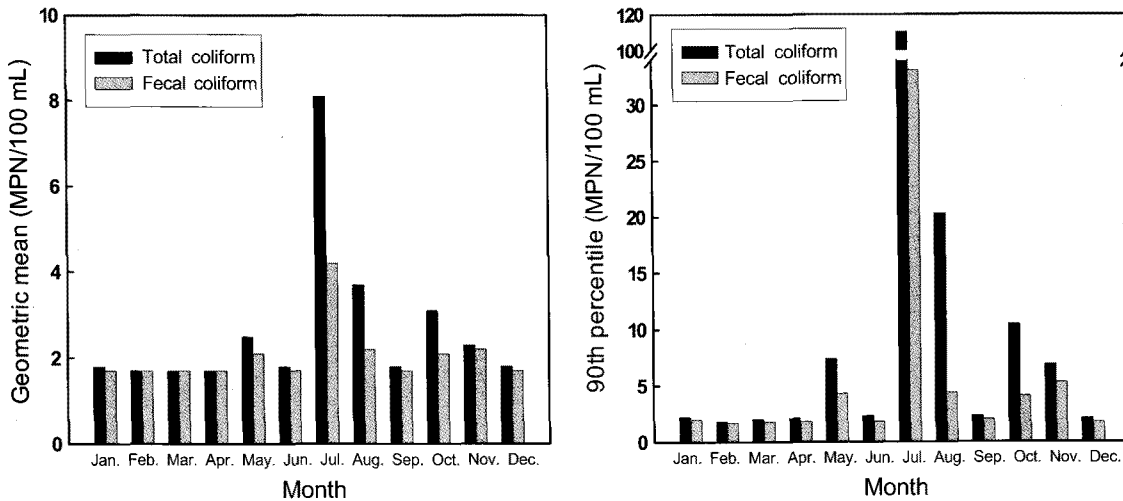


Fig. 3. Monthly variation of bacteriological water quality in Taean sea water area from 2002 to 2004.

조사에서 세균 오염도가 가장 낮았다.

강우발생에 따른 해수의 세균함량 변화

주거지와 농경지는 인간과 가축의 활동에 의해 지표면이 오염되어 있으며, 이들 오염원은 강우에 의하여 연안해역으로 유입되어 연안해역 해수의 위생성상에 영향을 미치게 된다. 태안해역 역시 배수유역에 농경지가 41.0%, 주거지가 2.2%를

차지하고 있기 때문에 강우에 의해 유입되는 육상 오염물질의 영향을 받을 것으로 판단된다. 이에 따라 강우량별 해수의 위생성상에 미치는 영향을 파악하기 위하여 시료채취 1일전의 강우량에 따른 대장균군 및 분변계대장균의 변화를 알아보았다 (Table 4). 36회의 조사에서 시료채취 3일 전부터 시료채취일까지 강우가 없었을 때 12회, 시료채취 전일 0.1-3.2 mm의 강우가 있었을 때 3회, 16.5 mm의 강우가 있었을 때 1회,

Table 3. Annual variation of bacteriological water quality in Taean sea water area from 2002 to 2004

Year	MPN/100 mL										No. of samples
	Total coliform					Fecal coliform					
	Range	GM	90th	>230		Range	GM	90th	>43		
			No.	%				No.	%		
2002	<1.8-130	1.8	3.7	0	0.0	<1.8-33	1.8	2.3	0	0.0	408
2003	<1.8-2,400	3.0	11.7	16	3.9	<1.8-790	2.3	5.7	15	3.7	408
2004	<1.8-240	2.3	4.2	1	0.2	<1.8-79	1.9	3.6	2	0.5	408

Table 4. Summary of bacteriological examination of sea water after rainfall in Taean sea water area from 2002 to 2004

Rainfall (mm)	MPN/100 mL										No. of sample
	Total coliform					Fecal coliform					
	GM	90th	>230		GM	90th	>43				
			No.	%			No.	%			
No rain	2.1	4.1	0	0.0	<1.8	1.9	0	0.0	408		
0.1-3.2	<1.8	2.0	0	0.0	<1.8	1.9	0	0.0	102		
16.5	3.8	25.7	1	2.9	1.9	3.4	0	0.0	34		
65.4	49.0	977.9	14	41.2	18.4	250.0	15	44.1	34		

65.4 mm의 강우가 있었을 때 1회 조사를 실시하였다. 나머지 19회는 시료채취 전일까지 연속해서 강우가 있었거나 시료채취 2-3일 전에 강우가 있었던 경우로서 강우에 의한 영향을 분석하는 자료에서 제외하였다. 태안해역은 3.2 mm 이하의 강우에서는 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위가 각각 <1.8-2.1 MPN/100 mL, 2.0-4.1 MPN/100 mL, 분변계대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값의 범위가 각각 <1.8-1.8 MPN/100 mL, 1.9-1.9 MPN/100 mL으로 세균학적 수질은 매우 양호한 상태를 유지하고 있었다. 16.5 mm의 강우에서는 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값이 각각 3.8 MPN/100 mL, 25.7 MPN/100 mL, 분변계대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값이 각각 1.9 MPN/100 mL, 3.4 MPN/100 mL으로 대장균군이 다소 증가하여 1개 시료가 대장균군 230 MPN/100 mL을 초과하였으나, 분변계대장균군의 증가폭은 크지 않았으며 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료는 검출되지 않았다. 그러나 65.4 mm의 강우에서는 대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값이 각각 49.0 MPN/100 mL, 977.9 MPN/100 mL, 분변계대장균군의 기하평균치 및 백분위수의 90번째 값이 각각 18.4 MPN/100 mL, 250.0 MPN/100 mL으로 증가하였으며, 전체 34개 조사지점 중에서 대장균군 230 MPN/100 mL을 초과하는 조사지점이 14개소, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 조사지점이 15개소로 나타났다. 즉 태안해역은 16.5 mm 이하의 강우에서는 세균학적으로 비교적 양호한 위생상태를 유지하고 있었으나, 65.4 mm의 강우에서는 세균 오염도가 큰 폭으로 증가하여 대장균군과 분변계대장균의 백분위수의 90번째 값이 비강우시에 비하여 각각 238.5배, 131.6배, 16.5 mm의 강우시에 비하여는 38.1배, 73.5배 증가하였다. 이는 우리나라 남해안 연안해역 해수의 위생지표세균 함량은 강우량의 증감에 상응하여 변화한다는 Kim (1975)과 NFRDI (2003)의 보고와도

일치하는 경향이였다. 그러나 16.5-65.4 mm 사이의 강우가 있었을 때의 세균 오염도에 대한 자료가 없어 보다 상세한 분석은 할 수 없었으며, 이에 대한 자료는 차후 보완되어야 할 것이다. 한편 다량의 강우가 있었을 때 오염원의 확산 범위를 알아보기 위하여 65.4 mm의 강우가 발생시 대장균군 및 분변계대장균의 변화를 알아보았다 (Fig. 4). 염전, 새우 양식장, 어항 및 해수욕장 등이 위치한 만의 동쪽 연안해역의 세균 오염도가 높았으며, 이 곳으로 유입된 오염원은 서쪽으로 확산되는 경향을 나타내었다. 육지로부터 약 2.5 km 이상 떨어져 있는 만의 남서쪽을 제외하고는 전 해역이 육상 오염원의 영향을 받고 있었으며, 육지로부터 약 1.5 km 떨어져 있는 곳에서도 대장균군 230 MPN/100 mL, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 조사지점이 나타났다.

해수의 위생학적 성상

태안해역은 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 수질기준은 해수시료 중의 대장균군 또는 분변계대장균으로 정하고 있다. 대장균군에 대한 기준은 해수 시료 중의 기하평균치가 70 MPN/100 mL 이하이며, 백분위수의 90번째 값이 230 MPN/100 mL 이하여야 한다고 규정되어 있으며, 분변계대장균에 대한 기준은 해수 시료 중의 기하평균치가 14 MPN/100 mL 이하이고, 백분위수의 90번째 값이 43 MPN/100 mL 이하여야 한다고 규정되어 있다 (FDA, 2003).

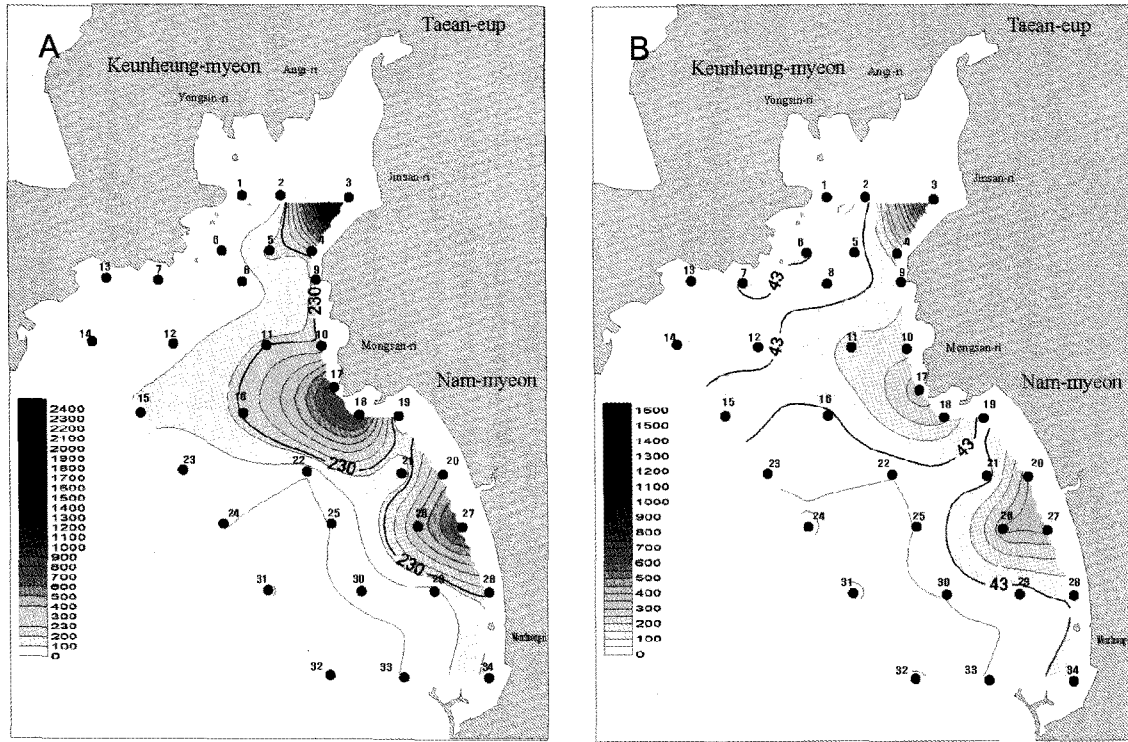


Fig. 4. Variation of total coliform (A) and fecal coliform (B) density of sea water sampling stations in Taean sea water area, Jul. 2003. □, the group of same MPN level in total coliform (A) and fecal coliform (B).

그리고 대장균군과 분변계대장균에 대한 기준 중에서 어느 것을 채택할 것인지에 대하여는 주 정부에서 결정하도록 되어 있으며, 미국의 대부분의 주에서는 분변계대장균에 대한 기준치를 적용하고 있다. 우리나라에서도 수출용 패류생산해역의 세균학적 수질기준을 분변계대장균에 대하여 미국의 분변계대장균 기준과 동일하게 적용하고 있다(MOMAF, 2002). 이와 같이 분변계대장균이 패류 양식장의 세균학적 수질기준으로 주로 활용되는 것은 이 균이 사람이나 동물의 장관에 상존하는 세균으로서 분변오염의 지표가 되기 때문이다. 따라서 분변계대장균에 오염되었을 경우 분변을 통하여 전염되는 장티프스, 콜레라, 살모넬라 등의 병원성 미생물에 오염되었을 가능성을 내포하고 있다 (Sherman et al., 1989). 태안해역을 수출용 패류생산해역으로 지정하기 위한 세균학적 자료를 확보하기 위한 방안의 일환으로 2002년 1월부터 2004년 12월까지 3년간 34개 조사지점에서 매월 1회씩 채취한 1224개 해수 시료의 대장균군의 범위는 $1.8\text{--}2,400\text{ MPN}/100\text{ mL}$이었으며, 대장균군의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 $1.9\text{--}3.4\text{ MPN}/100\text{ mL}$, $2.7\text{--}26.3\text{ MPN}/100\text{ mL}$이었다. 또한 분변계대장균의 범위는 <math><1.8\text{--}790\text{ MPN}/100\text{ mL}</math>이었으며, 분변계대장균의 기하평균치와 백분위수의 90번째 값의 범위는 각각 <math><1.8\text{--}2.6\text{ MPN}/100\text{ mL}</math>, $1.8\text{--}12.0\text{ MPN}/100\text{ mL}$이었다. 배수유역에 인접한 조사지점은 외해에 접한 지점에 비하여 세균 오염도가 다소 높고, 다량의 강우가 있을 직후에는 세균 오염도가 큰 폭으로 증가하여 외해와 접한 남서쪽 일부 해역

을 제외하고는 대부분의 해역이 영향을 받고 있었다. 그러나 3년간의 조사에서 모든 조사지점이 대장균군의 기하평균치가 $70\text{ MPN}/100\text{ mL}$ 이하이고, 백분위수의 90번째 값이 $230\text{ MPN}/100\text{ mL}$ 이하로 나타났으며, 분변계대장균 역시 기하평균치가 $14\text{ MPN}/100\text{ mL}$ 이하이고, 백분위수의 90번째 값이 $43\text{ MPN}/100\text{ mL}$ 이하로 양호한 위생상태를 유지하고 있었다. 따라서 조사해역을 우리나라 수출용 패류생산해역의 위생학적 수질기준과 미국의 패류양식장에 대한 세균학적 수질기준의 허가해역 수질기준에 준하여 평가하였을 때 이 조건을 충족하고 있었으며, 수출용 패류생산해역으로의 지정이 가능한 해역이었다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업비로 수행된 연구결과 (RP-2007-FS-007)의 일부입니다.

참 고 문 헌

- APHA. 1970. Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish. 4th ed. American Public Health Association Inc., New York, USA, 1-47.
- Bukhari, Z., H.V. Smith, N. Sykes, S.W. Humphreys, C.A. Parton, R.W. Girdwood and C.R. Fricker. 1997. Occurrence of *Cryptosporidium* spp. cysts and

- Giardia* spp. cysts in sewage influents and effluents from treated plants in England. *Water Sci. Technol.*, 35, 385-390.
- FDA. 2003. National Shellfish Sanitation Program (NSSP): Guide for the Control of Molluscan Shellfish. FDA, Rockville, MD, USA, 34-44.
- Geldreich, E.E. 1996. Pathogenic agents in freshwater resources. *Hydrol. Proc.*, 10, 315-333.
- Jensen, E.T. 1966. Shellfish and public health. *J. Milk Food Technol.*, 19, 281-283.
- Kim, S.J. 1975. Sanitary studies of oyster and growing areas in the south coast of Korea. *Bull. Fish. R & D Agency*, 14, 1-79.
- Lee, Y.W., J.H. Kim, S.G. Park and K.M. Lee. 1996. Distribution of indicator organisms in commercial fish and shellfish and influence of storage temperature and period. *J. Food Hyg. Safety*, 11, 57-70.
- MOMAF. 2002. Sanitary criteria of producing· processing facilities and sea water area for fisheries products. The notification of the Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, Article 2002-74.
- NFRDI. 2003. Sanitary research of the designated area for shellfish production in the south sea of Korea. National Fisheries R & D Institute Report, 1-16.
- Sherman, P., B. Drumm, M. Karmall and E. Cutz. 1989. Adherence of bacteria to the intestinal in sporadic cases of enteropathogenic *Escherichia coli* associated diarrhea in infants and young children. *Gastroenterology*, 96, 86-94.
- Sherwood, H.P. 1952. Some observations of the viability of sewage bacteria in relation to shelf-purification of mussels. In: *Proceeding of Society for Applied Bacteriology*, 15, 21-28.
- Taeang-gun. 2005. Taeang-gun Statistical Yearbook. Taeang-gun, Chungnam, Korea, 1-528.

2007년 10월 5일 접수

2008년 6월 4일 수리