Kor J Fish Aquat Sci 42(5), 449-455 한수지, 42(5), 449-455, 2009

한산·거제만해역 패류양식장에 대한 세균학적 위생안전성 평가

하광수·심길보·유현덕·김지회·이태식*
국립수산과학원 양식환경연구소

Evaluation of the Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Area in Hansan · Geojeman, Korea

Kwang Soo Ha, Kil Bo Shim, Hyun Duk Yoo, Ji Hoe Kim and Tae Seek Lee*
Aquaculture Environment Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Tongyeong 650-943, Korea

In Hansan·Geojeman area, 2,050 ha of shellfish growing area has been designated as shellfish production area for export. The main shellfish species from the designated area is oysters. For the sanitary management of the designated area established in Hansan·Geojeman area, bacteriological examination of sea water and shellfish at the sampling stations inside and outside of the designated area were performed from January 2006 to December 2008. The range of fecal coliform of 756 sea water samples at 21 stations located in the designated area were <1.8~>1,600 MPN/100mL. And the range of geometric mean and the estimated 90th percentile of fecal coliform were 1.8~2.9 and 2.7~15.8 MPN/100mL, respectively. Sanitary conditions of the current designated area in Hansan·Geojeman meets the required standards of the Fisheries Product Quality Control and National Shellfish Sanitation Program (NSSP, USA) criteria for the approved area. Also, the sanitary status of the shellfish harvested from the designated area met the Korean Shellfish Sanitation Program (KSSP) fecal coliform criterion (<230 MPN/100g). And the human pathogen such as *Salmonella* spp. and *Shigella* spp. were not detected from the examined shellfish samples.

Key words: Shellfish growing area, Fecal coliform, 90th percentile, Oyster

서 론

패류는 연안해역에서 쉽게 채취할 수 있어 고대로부터 인류의 중요한 식량원으로 활용되었으며, 근래에는 어패류의 영양기능성이 새롭게 조명을 받는 등 수산식품은 훌륭한 건강식품으로 애용되고 있다. 그러나 연안해역에 서식하는 패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭이 활동을 통해 영양을 섭취함으로 해수 중에 부유하는 세균, virus 등과 같은 생물학적 위해요소는 물론 각종 이·화학적 오염물질에 쉽게 오염될 수 있다 (Jensen, 1996; Sherwood, 1952). 패류는 오염물질을 쉽게 축적할뿐만 아니라 패각을 제외한 장기관 및 연체부 전체를 가식부로 이용한다는 점에서 패류의 안전한 섭취를 위해서는 서식하고 있는 해역에 대한 위생적인 관리가 매우 중요하다 (Choi et al., 1998). 따라서 미국, EU 등에서는 패류생산 해역은 물론 가공 및 유통에 이르는 제품화의 전과정에서 발생할 수 있는 위해요소 관리를 위하여 패류위생관리계획을 수립하여 운영하고 있다 (US FDA, 2005; European Commission, 2004). 우리나라는 1972년 한·미 패류위생협정을 체결함으로써 한산·거제만해역은 우리나라 최초의 수출용 패류생산 지정해역으로 설정되었으며, 이후 남해안에 위치하고 있는 6개 해역이 수출용 패류생산 지정해역으로 설정되어 관리되고 있다 (MOMAF, 2002).

한산·거제만해역은 우리나라의 대표적인 굴 생산지로 1971년 수산청 고시 41호에 의해 473 ha가 1차 지정해역으로 고시되었으며, 1972년 11월 24일 한·미 패류위생협정이 체결된 이후, 지속적인 조사와 관리를 통해 지정해역이 확대되었고, 현재 2,050 ha의 해역이 수출용 패류생산 지정해역으로 설정되어 관리되고 있다 (MIFAFF, 2008a). 그러나 최근 연안해역에서 어류양식 산업의 발달과 임해지역의 인구 증가에 따른 해면 및 해안으로부터 유입되는 각종 오염 물질은 연안해역에 직·간접적인 영향을 주고 있으며, 해역이나 주변을 운항하는 선박에서 배출되는 인분 등은 패류의 위생학적 안전성을 크게 위협하는 요인으로 지적되고 있다 (Lipp and Rose, 1997; Haller et al., 1986). 그러므로 식품으로서 패류의 위생안전 확보를 위해서는 생산단계 해역에 대한 관리가 대단히 중요한 것으로 사료된다.

본 연구에서는 2006년 1월부터 2008년 12월까지 우리나라 대표적인 굴 생산지인 한산·거제만해역의 해수 및 서식 패류에 대하여 위생지표세균인 대장균군, 분변계대장균, 생균수 및 *Salmonella* spp., *Shigella* spp. 등의 병원성세균 조사를 매월 실시하였으며, 그 결과를 수산물품질관리법 제 22조에 따른 지정해역관리기준 (해양수산부고시 제 2002-74호, 2002. 9. 18) 및 미국의 National Shellfish Sanitation Program의 해역기

*Corresponding author: tslee@nfrdi.go.kr

준과 비교하여, 현재 관리되고 있는 지정해역이 생산된 패류의 위생 안전을 보장하는데 적합한지 여부를 평가하였다.

재료 및 방법

조사지점 및 시료채취

한산·거제만해역은 경남 거제시 남서부 해안과 통영시 한산면의 도서지역으로 둘러싸인 수역면적 약 55 ㎢의 폐쇄성 내만이다. 이 해역 위생조사를 위하여 지정해역 및 주변해역에 배수유역의 오염원, 해류 유동상태, 지형적 여건 등을 고려하여 37개의 해수지점과 7개소의 패류채취지점을 각각 설정하여 조사기간 동안 매월 1회씩 총 36회 조사를 실시하였다 (Fig. 1). 해수는 지정된 조사지점에서 표층용 채수기를 이용하여 표면에서 약 10 cm 깊이에서 멸균된 채수병으로 채수하였으며, 굴은 수하연의 상층, 중층, 하층의 각 1개 부착기를 채취하여 멸균된 황동솔로 부착물 등을 제거한 후 물기를 제거하고 멸균된 스텐레스 스틸 용기에 담았다. 모든 시료는 10℃ 이하로 유지하여 실험실로 운반한 즉시 실험을 실시하였다.

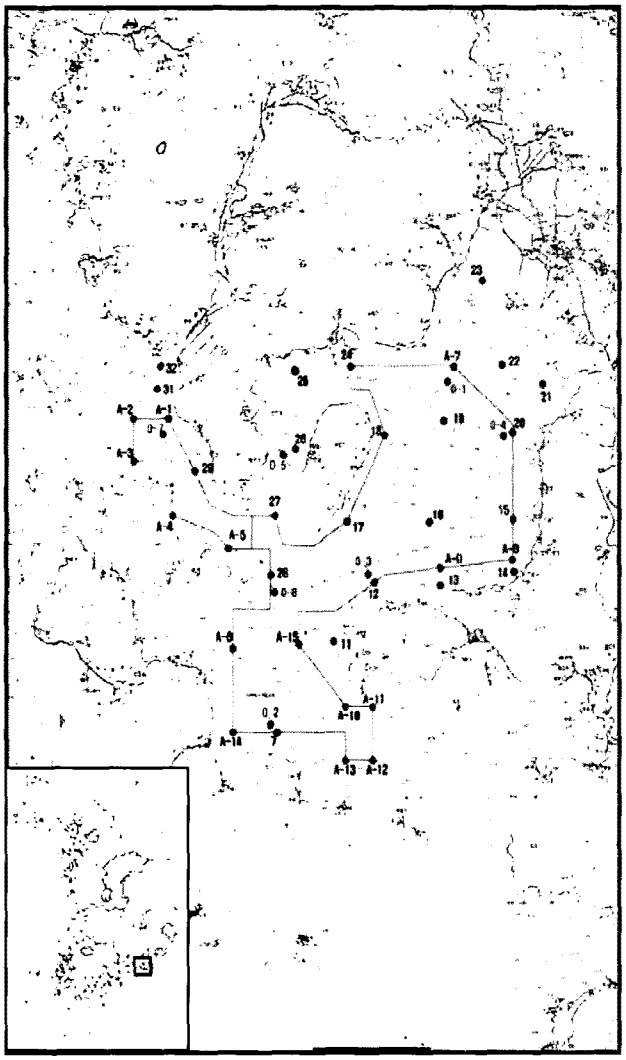

Fig. 1. Sampling stations for sanitary survey of shellfish growing area in Hansan·Geojeman.

실험방법

해수의 수온 및 염분은 현장용 수질분석기 (YSI 556, YSI Life Science, USA)를 사용하여 측정하였으며, 위생지표세균인 대장균군, 분변계대장균 및 생균수는 Recommended Procedure for the Examination of Sea Water and Shellfish (APHA, 1970)에 준하였고, 병원성세균인 *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp. 분석은 Bacteriological Analytical Manual (Andrew et al., 1992a, 1992b)의 방법에 따라 실시하였다. 분리 및 동정하였으며, 유사균주는 API 20E kit (Biomerieux, France)를 사용하여 확인하였다.

해수 및 굴의 위생학적 상태평가

한산·거제만해역 해수 및 패류 시료의 위생상태는 우리나라 지정해역 위생관리 기준인 수산물품질관리법 및 미국의 패류양식장에 대한 세균학적 수질기준에 준하여 평가하였다 (US FDA, 2005). 각 수역의 위생상태는 각 지점에서 3년간 채취한 36개 시료에서 분석된 대장균군 및 분변계대장균의 중앙값, 기하평균치, 계산된 백분위의 90번째 값 (the estimated 90th percentile, 이하 90th percentile로 표기) 등으로 평가하였다. 그리고 90th percentile 값은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

Est. 90th = Antilog 〔(Slog)1.28 + Xlog〕

Slog = 각 자료 그룹에서 각각의 MPN의 대수값의 표준편차

Xlog = 각 자료 그룹에서 각각의 MPN의 대수값의 평균

한산·거제만해역 육상오염원의 유입과 확산범위 평가는 계산된 90th percentile 값을 Surfer 8.0 (Golden software, Inc., USA)에 적용하여 나타내었다.

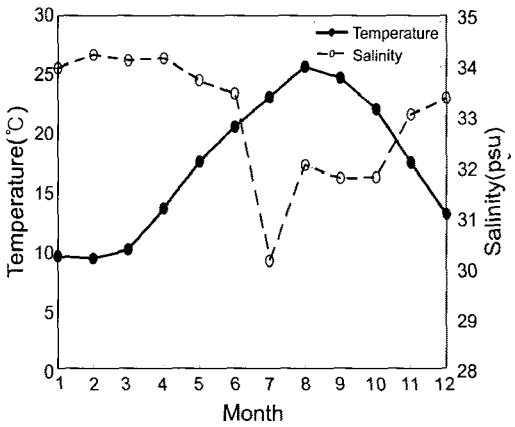

Fig. 2. Monthly variation of average temperature and salinity for sea water in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008.

결과 및 고찰

해수의 일반적 성상

조사기간 중 한산·거제만해역의 각 조사지점에서 해수의 월별 평균수온 및 평균염분의 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 평균수온 범위는 9.3~25.6℃ 였으며, 2월이 가장 낮았고, 8월이 가장 높았다. 해수의 염분농도 범위는 30.15~34.23 psu 였으며,

연평균 32.98 psu를 나타내었고, 강우가 많았던 7월에 가장 낮았으며, 2월에 가장 높았다.

Table 1. Results of the bacteriological examinations of sea water in the designated area in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008

Station	MPN per 100mL										No. of samples
	Total coliform					Fecal coliform					
	Range	GM[1]	90th[2]	>230 No.	%	Range	GM	90th	>43 No.	%	
7	<1.8 ~ 240	2.4	8.2	1	2.8	<1.8 ~ 33	1.9	3.5	0	0.0	36
12	<1.8 ~ 27	2.1	5.0	0	0.0	<1.8 ~ 27	2.0	3.9	0	0.0	36
15	<1.8 ~ 240	2.3	8.3	1	2.8	<1.8 ~ 13	1.8	2.8	0	0.0	36
16	<1.8 ~ 49	2.4	6.9	0	0.0	<1.8 ~ 33	1.9	3.7	0	0.0	36
17	<1.8 ~ 22	2.0	3.9	0	0.0	<1.8 ~ 13	1.8	2.8	0	0.0	36
18	<1.8 ~ 130	2.7	10.1	0	0.0	<1.8 ~ 79	2.2	6.8	2	5.6	36
19	<1.8 ~ 240	2.6	11.4	1	0.0	<1.8 ~ 49	2.3	6.8	1	2.8	36
20	<1.8 ~ >1,600	3.7	28.5	2	5.6	<1.8 ~ >1,600	2.9	15.8	2	5.6	36
24	<1.8 ~ >1,600	2.7	14.1	1	2.8	<1.8 ~ 1,600	2.4	10.8	1	2.8	36
27	<1.8 ~ 70	2.2	5.6	0	0.0	<1.8 ~ 49	2.0	4.3	1	2.8	36
28	<1.8 ~ 350	2.3	7.7	1	2.8	<1.8 ~ 170	2.2	6.2	1	2.8	36
A06	<1.8 ~ 33	2.1	4.6	0	0.0	<1.8 ~ 7.8	1.8	2.7	0	0.0	36
A07	<1.8 ~ >1,600	2.8	16.9	2	5.6	<1.8 ~ 140	2.1	5.7	1	2.8	36
A08	<1.8 ~ 130	2.1	5.8	0	0.0	<1.8 ~ 49	2.0	4.4	1	2.8	36
A09	<1.8 ~ 79	2.2	5.9	0	0.0	<1.8 ~ 17	1.9	3.2	0	0.0	36
A10	<1.8 ~ 79	2.1	5.3	0	0.0	<1.8 ~ 33	1.9	3.5	0	0.0	36
A11	<1.8 ~ 240	2.5	9.6	1	2.8	<1.8 ~ 14	1.9	3.4	0	0.0	36
A12	<1.8 ~ 130	2.2	6.2	0	0.0	<1.8 ~ 23	1.9	3.4	0	0.0	36
A13	<1.8 ~ 350	2.3	8.3	1	2.8	<1.8 ~ 79	2.0	4.7	1	2.8	36
A14	<1.8 ~ 21	1.9	3.3	0	0.0	<1.8 ~ 11	1.8	2.9	0	0.0	36
A15	<1.8 ~ 240	2.3	9.6	1	2.8	<1.8 ~ 79	2.1	6.1	2	5.6	36
Total	<1.8 ~ >1,600	2.3	8.0	12	1.6	<1.8 ~ >1,600	2.0	4.8	13	1.7	756

[1]GM, Geometric Mean.
[2]90th, The estimated 90th percentile.

지정해역 해수의 위생학적 성상

한산·거제만해역의 지정해역 내에 위치한 21개 조사지점의 대장균군 및 분변계대장균의 범위, 기하평균치, 90th percentile 값 등의 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 조사기간 동안 각 지점의 대장균군 및 분변계대장균수의 범위는 모두 <1.8~>1,600 MPN/100mL 이었다. 그리고 분변계대장균수의 기하평균치 및 90th percentile 값의 범위는 각각 1.8~2.9 및 2.7~15.8 MPN/100mL 이었다. 따라서 지정해역내 해수는 수산물품질관리법의 지정해역기준과 미국의 허가해역 수질기준에서 제시하고 있는 지정해역의 세균학적 기준인 분변계대장균 수의 기하평균치가 14 MPN/100mL 이하이고, 90th percentile 값이 43 MPN/100mL 이하의 관리규정에 부합하는 것으로 나타났다 (MOMAF, 2002; US FDA, 2005).

주변해역 해수의 위생학적 성상

한산·거제만해역 인근의 배수유역에서 발생하는 오염원으로부터 지정해역의 위생학적 안전성을 확보하기 위한 완충해역으로 관리되고 있는 주변해역에는 16개 조사지점을 설정하여 조사하였다. 조사기간 동안 각 지점에 대한 세균학적 위생조사 결과는 Table 2에 나타내었다. 각 지점에 대한 분변

Table 2. Results of the bacteriological examinations of sea water in the adjacent area in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008

Station	MPN per 100mL										No. of samples
	Total coliform					Fecal coliform					
	Range	GM[1]	90th[2]	>230 No.	%	Range	GM	90th	>43 No.	%	
11	<1.8 ~ 240	2.2	7.2	1	2.8	<1.8 ~ 79	2.0	4.5	1	2.8	36
13	<1.8 ~ 33	2.5	7.4	0	0.0	<1.8 ~ 33	2.0	3.9	0	0.0	36
14	<1.8 ~ 540	2.8	14.4	2	5.6	<1.8 ~ 350	2.4	10.1	2	5.6	36
21	<1.8 ~ >16,000	3.6	42.1	2	5.6	<1.8 ~ 9,200	3.0	24.6	3	8.3	36
22	<1.8 ~ 16,000	3.6	39.0	2	5.6	<1.8 ~ 5,400	2.8	18.6	1	2.8	36
23	<1.8 ~ 9,200	8.0	129.7	4	11.1	<1.8 ~ 1,300	5.1	48.6	5	13.9	36
25	<1.8 ~ 920	2.9	15.4	1	2.8	<1.8 ~ 220	2.8	7.1	1	2.8	36
26	<1.8 ~ 350	2.3	7.7	1	2.8	<1.8 ~ 130	2.0	5.6	1	2.8	36
29	<1.8 ~ 240	2.9	13.6	1	2.8	<1.8 ~ 79	2.2	6.1	1	2.8	36
31	<1.8 ~ >1,600	4.7	36.8	1	2.8	<1.8 ~ 1,600	3.6	23.3	2	5.6	36
32	<1.8 ~ 16,000	7.0	115.0	4	11.1	<1.8 ~ 2,400	4.5	46.3	5	13.9	36
A01	<1.8 ~ >1,600	3.7	33.0	2	5.6	<1.8 ~ >1,600	3.2	24.5	2	5.6	36
A02	<1.8 ~ >1,600	3.1	20.4	1	2.8	<1.8 ~ 540	2.6	11.1	2	5.6	36
A03	<1.8 ~ 79	2.2	5.9	0	0.0	<1.8 ~ 22	2.0	4.3	0	0.0	36
A04	<1.8 ~ 240	2.2	7.1	1	2.8	<1.8 ~ 240	2.2	6.9	1	2.8	36
A05	<1.8 ~ 170	2.6	10.6	0	0.0	<1.8 ~ 110	2.2	6.0	1	2.8	36
Total	<1.8 ~ >16,000	3.2	21.9	23	4.0	<1.8 ~ 9,200	2.6	12.5	28	4.9	576

[1]GM, Geometric Mean.
[2]90th, The estimated 90th percentile.

계대장균수의 기하평균치 및 90th percentile 값의 범위는 각각 2.0~5.1 및 3.9~48.6 MPN/100mL으로 지정해역 수질기준을 다소 초과하는 지점도 확인되었다. 주변해역 조사지점 중 간덕천 수문에서 1 km 거리에 위치하고 있는 23번 지점의 경우, 분변계대장균수의 90th percentile 값은 48.6 MPN/100mL으로 지정해역 수질기준을 초과한 것으로 나타났으나, 3 km의 완충해역을 확보하고 있는 지정해역 경계선상의 A-7번 지점은 분변계대장균수의 90th percentile 값은 5.7 MPN/100mL으로 안정적인 수질상태를 유지하고 있었다. 그리고 둔덕천 방류지점과 0.5 km 거리에 위치하고 있는 32번 지점은 분변계대장균수의 90th percentile 값이 46.3 MPN/100mL으로 지정해역 수질기준을 다소 초과하였으나, 지정해역 경계선 사이에 위치하고 있는 31, A-1, 29번 조사지점 분변계대장균수의 90th percentile 값은 각각 23.3, 24.5, 6.1 MPN/100mL으로 감소하였으며, 6 km 이상의 완충해역을 확보하고 있는 지정해역내 27번 지점 분변계대장균수의 90th percentile 값은 4.3 MPN/100mL으로 지정해역 수질기준을 만족하였다. 따라서 현재 지정해역 주변에 설정되어 있는 완충해역은 지정해역의 수질을 보호하는데 적절한 것으로 평가되었다.

월별 해수의 위생학적 성상

조사기간 동안 지정해역내 월별 해수의 대장균군 및 분변계대장균수의 범위는 모두 <1.8~>1,600 MPN/100mL 이었고, 분변계대장균수의 기하평균치 및 90th percentile 값의 범위는 각각 <1.8~9.9 및 1.8~89.6 MPN/100mL이었다 (Table 3). 분변계대장균수가 43 MPN/100mL을 초과하는 시료는 7월에

Table 3. Monthly variation of bacteriological water quality in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008

Section	Month	MPN per 100mL										No. of samples
		Total coliform			>230		Fecal coliform			>43		
		Range	GM	90th	No.	%	Range	GM	90th	No.	%	
Designated area	1	<1.8 ~ 2.0	<1.8	1.8	0	0.0	<1.8 ~ 2.0	<1.8	1.8	0	0.0	63
	2	<1.8 ~ 6.8	1.8	2.5	0	0.0	<1.8 ~ 4.5	<1.8	2.1	0	0.0	63
	3	<1.8 ~ 33	2.1	4.3	0	0.0	<1.8 ~ 11	1.8	2.6	0	0.0	63
	4	<1.8 ~ 4.5	<1.8	2.1	0	0.0	<1.8 ~ 2.0	<1.8	1.8	0	0.0	63
	5	<1.8 ~ 6.8	1.8	2.5	0	0.0	<1.8 ~ 4.5	1.8	2.2	0	0.0	63
	6	<1.8 ~ 130	1.9	4.1	0	0.0	<1.8 ~ 11	1.8	2.4	0	0.0	63
	7	<1.8 ~ >1,600	20.2	290.1	13	20.6	<1.8 ~ >1,600	9.9	89.6	14	22.2	63
	8	<1.8 ~ 33	3.3	9.1	0	0.0	<1.8 ~ 33	2.1	4.0	0	0.0	63
	9	<1.8 ~ 240	2.7	8.0	1	1.6	<1.8 ~ 14	2.1	3.9	0	0.0	63
	10	<1.8 ~ 220	3.2	12.2	0	0.0	<1.8 ~ 64	1.9	3.8	1	1.6	63
	11	<1.8 ~ 4.5	1.8	2.1	0	0.0	<1.8 ~ 2.0	<1.8	1.9	0	0.0	63
	12	<1.8 ~ 9.3	1.9	2.7	0	0.0	<1.8 ~ 9.3	1.8	2.5	0	0.0	63
Adjacent area	1	<1.8 ~ 33	2.2	5.2	0	0.0	<1.8 ~ 33	2.0	4.0	0	0.0	48
	2	<1.8 ~ 17	1.9	3.4	0	0.0	<1.8 ~ 2.0	<1.8	1.8	0	0.0	48
	3	<1.8 ~ 1,600	3.2	20.6	3	6.3	<1.8 ~ 350	2.6	11.7	3	6.0	48
	4	<1.8 ~ 13	2.1	4.1	0	0.0	<1.8 ~ 4.5	1.8	2.3	0	0.0	48
	5	<1.8 ~ 130	2.4	7.7	0	0.0	<1.8 ~ 33	2.1	4.8	0	0.0	48
	6	<1.8 ~ 49	2.8	10	0	0.0	<1.8 ~ 22	2.4	6.0	0	0.0	48
	7	<1.8 ~ >16,000	110.8	3,159.2	23	47.9	<1.8 ~ 9,200	52.7	1,107.4	25	52.0	48
	8	<1.8 ~ 240	5.3	30.4	1	2.1	<1.8 ~ 240	3.1	11.7	2	4.0	48
	9	<1.8 ~ 350	4.7	23.9	1	2.1	<1.8 ~ 240	3.1	11.5	2	4.0	48
	10	<1.8 ~ 220	4.7	27.2	0	0.0	<1.8 ~ 110	3.0	11.6	3	6.0	48
	11	<1.8 ~ 27	2.2	5.1	0	0.0	<1.8 ~ 14	1.9	2.7	0	0.0	48
	12	<1.8 ~ 4.5	1.8	2.1	0	0.0	<1.8 ~ 2.0	<1.8	1.8	0	0.0	48

[1]GM, Geometric Mean.
[2]90th, The estimated 90th percentile.

14개(22.2%)로 가장 많았으며, 10월에는 1개(1.6%) 시료만 기준을 초과하였다.

주변해역 해수는 총 35개(6.0%) 시료가 분변계대장균수의 기준을 초과하였으며, 이중 25개 시료 (71.4%)는 7월에 집중되었다. 이러한 이유는 하절기인 2006년과 2007년 7월 조사 당시에 집중적인 강우로 인하여 육상에 기인한 오염원들이 해역으로 유입되어 지정해역 및 주변해역 해수의 수질을 악화시켰기 때문으로 파악된다. Kwon et al. (2007)도 가막만 패류생산해역에 대한 위생학적 평가에서 지정해역내 해수의 분변계대장균수가 43 MPN/100mL을 초과하는 시료는 7월에 1개, 9월에는 2개로 하절기에 집중됨을 보고하였다. 그리고 Song et al. (2008)은 충남 태안해역에 대한 위생조사 결과, 동계에 비하여 하계의 세균오염도가 높은 것으로 평가하였고, 특히 7월의 세균오염도가 가장 높았으며, 분변계대장균수가 43 MPN/100mL을 초과하는 시료는 15개 (14.7%)라고 보고하여, 본 연구결과와 동일한 경향을 나타내었다.

해수 중 분변계대장균수의 90th percentile 값을 이용하여 굴 수확기와 비수확기 동안 지정해역으로 유입된 육상오염원의 확산범위를 Fig. 3에 나타내었다. 굴 수확기 동안에는 전 해역에서 분변계대장균의 검출이 거의 없었던 반면, 비수확기 동안 대형 하천과 인구밀집지역인 둔덕천, 간덕천 및 산양천 인근에서는 분변계대장균의 검출이 높게 나타났다. 또한 지정해역 경계선에 위치한 A-7번과 23번 지점은 분변계대장균수의 기준을 다소 초과한 것으로 나타났다. 따라서 비수확기 동안에는 육상에서 유래한 오염원이 지정해역 경계선까지 다소 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 이러한 이유는 비수확기가 강우량이 많은 하절기를 포함하고 있기 때문으로 사료된다.

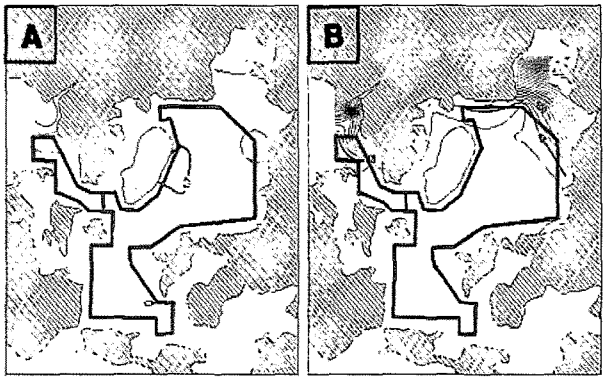

Fig. 3. The horizontal distribution of the estimated 90th percentile of fecal coliform in sea water samples during harvesting season (A: October to May next year) and non-harvesting season (B: June to September) in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008.

Table 4. Effect of rainfall amount and time on the bacteriological quality of sea water in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008

Rainfall date	Rainfall amount (mm)	Sampling date	MPN per 100mL									No. of samples
			Total coliform			>230		Fecal coliform			>43	
			Range	GM[1]	90th[2]	No.	%	Range	GM	90th	No.	%
2007.07.09	39.5	2007.07.10	7.8->1600	85.4	731.9	7	33.3	<1.8->1600	38.9	299.4	9	42.9	21
2007.07.10	52.0												
2006.07.15	15.5	2006.07.18	<1.8~240	25.2	292.0	4	19.0	<1.8~49	5.7	21.6	2	9.5	21
2006.07.16	5.5												
2006.07.17	4.0												
2006.07.18	10.0												
2007.08.05	117.5	2007.08.08	<1.8~33.0	4.3	13.0	0	0.0	<1.8~33	2.5	6.2	0	0.0	21
2007.08.06	1.0												
2007.08.07	7.5												
2007.08.08	0.5												
2007.10.07	82.5	2007.10.10	<1.8~220	3.3	15.3	1	4.8	<1.8~64	2.3	6.4	1	4.8	21
2007.10.08	20.5												
2007.10.09	0.5												

[1]GM, Geometric Mean.
[2]90th, The estimated 90th percentile.

강우가 해수의 세균학적 수질에 미치는 영향

강우량과 강우후 시간의 경과가 해역의 세균학적 수질변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 매월 실시된 조사에서 3일전부터 조사일까지 강우가 있었던 경우를 대상으로 조사전 강우량과 강우가 발생한 시점에 따른 해역의 수질변화를 Table 4에 요약하여 나타내었다.

조사기간 동안 총 18회 강우가 있었으며, 그 중 9회는 강우량이 10 mm 이하였다. 이와 같은 소량의 강우는 강우시간에 관계없이 지정해역 수질에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 그리고 조사일, 조사 2일전 및 조사 3일전 10.5~39.0 mm 강우가 있었던 5회 조사에서도 해역의 수질은 지정해역 기준에 부합하는 상태를 유지하고 있었다 (data not shown).

조사 3일전부터 4.0~15.5 mm의 강우가 지속되어 총 35.0 mm의 강우가 있었던 2006년 7월에는 거제시 동부면과 인접한 두 지점 A-8와 A-15번에서 분변계대장균수가 각각 49 및 79 MPN/100mL을 나타내었다. 2007년 7월에는 조사 전날 39.5 mm 및 조사일 시료채취 전까지 52.0 mm의 강우가 집중되었으며, 지정해역 내에 위치하고 있는 21개 조사지점 중 9개 지점(42.9%)에서 분변계대장균수가 43 MPN/100mL을 초과하였다. 그리고 조사 3일전부터 조사전날까지 103.5 mm의 많은 강우가 있었던 2007년 10월 조사에서는 산양천 하구에 인접한 20번 지점의 분변계대장균수가 64 MPN/100mL으로 증가하였다. Chang et al. (1998)도 득량만 해수의 세균학적 수질에 관한 연구에서 해수의 분변계대장균수가 43 MPN/100mL을 초과하는 시료가 조사 2일전부터 93 mm의 강우가 있었던 6월(23.1%)에 강우가 없었던 7월 (3.8%)보다 증가하여 조사전 강우가 해역의 수질에 큰 영향을 준다는 사실을 보고하였다.

또한 해역의 수질은 조사전 강우량, 뿐만 아니라 강우시간 경과에 영향을 받는 것으로 확인되었다. 지정해역 수질이 가장 심각한 오염을 나타낸 2007년 7월 조사의 경우, 91.5 mm 강우는 조사전날 시작되어 당일까지 38시간동안 집중되었다. 이러한 집중강우는 2일 또는 3일전부터 지속적으로 126.5 mm (2006년 7월) 및 103.5 mm (2007년 10월)의 많은 강우를 보인 조사보다 강우량은 적었으나 지정해역 수질에 미치는 영향은 더 큰 것으로 파악되었다. 또한 3일전 117.5 mm 강우 후, 조사전날까지 0.5~7.5 mm의 지속적인 강우를 보인 2007년 10월 조사에서는 지정해역 수질이 분변계대장균 43MPN/100mL을 초과하지 않았다. 이상의 결과, 한산·거제만해역의 해수는 조사 3일전 39.0 mm 및 2일전 13.5 mm의 강우 등, 조사 2일이나 3일전에 내린 강우에는 영향을 받지 않는 것으로 파악되었으며, 조사전 집중적인 강우로 인해 더욱 큰 영향을 받는다는 사실을 확인하였다. 또한 Park (1990)은 강우가 해수의 세균학적 수질에 큰 영향을 미치며 강우 후 24-48시간 경과 후, 평소의 수질로 회복되어 간다고 보고하였다. 따라서 향후 강우량 및 강우시간에 따른 해수의 영향뿐만 아니라 오염된 수질이 회복되는데 얼마나 많은 시간이 요구되는지에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 강우에 따른 지정해역의 오염을 완화하기 위하여 수산물품질관리법에서는 육상으로부터 지정해역까지 일정한 거리의 완충해역을 유지하고 있으며, 또한 강우량이 1일 15 mm 이상일 때는 강우 후 24시간이 경과할 때까지는 패류 채취를 금지하도록 규정하고 있다 (MIFAFF, 2008b).

생산된 굴의 위생안전성 평가

한산·거제만해역에서 생산된 굴의 수확은 일반적으로 10

Table 5. Results of the bacteriological examinations of oyster during harvesting and non-harvesting season in Hansan·Geojeman from 2006 to 2008

Area	Season	Station	MPN per 100g								Viable cell count/g		No. of samples
			Total coliform				Fecal coliform						
			Range	GM[1]	>2,300		Range	GM	>230		Range	GM	
					No.	%			No.	%			
Designated area	Harvesting season[2]	O-1	<18~1,300	38.1	0	0.0	<18~170	20.6	0	0.0	50~560	168.1	24
		O-2	<18~230	45.5	0	0.0	<18~45	20.2	0	0.0	40~500	106.3	24
		O-3	<18~790	26.8	0	0.0	<18~170	20.2	0	0.0	50~820	109.9	24
		O-4	<18~1,300	31.7	0	0.0	<18~230	21.2	0	0.0	40~720	157.0	23
		O-8	<18~1,300	32.7	0	0.0	<18~110	19.9	0	0.0	30~340	112.9	24
		Total	<18~1,300	34.9	0	0.0	<18~230	20.4	0	0.0	30~820	130.9	119
	Non-harvesting season[3]	O-1	<18~16,000	127.0	1	8.3	<18~790	39.4	3	25.0	70~4200	255.6	12
		O-2	<18~330	54.4	0	0.0	<18~130	23.8	0	0.0	60~2400	141.2	12
		O-3	<18~1,300	73.3	0	0.0	<18~170	26.5	0	0.0	60~430	145.6	12
		O-4	20~1,800	167.9	0	0.0	<18~330	35.7	1	25.0	140~5100	379.0	4.0
		O-8	<18~490	77.1	0	0.0	<18~170	27.6	0	0.0	80~530	211.1	12
		Total	<18~16,000	100.0	1	1.7	<18~790	30.6	4	10.0	60~5,100	226.5	52
Adjacent area	Harvesting season	O-5	<18~1,300	43.9	0	0.0	<18~130	25.5	0	0.0	50~1,000	151.0	24
		O-7	<18~490	53.6	0	0.0	<18~78	22.6	0	0.0	40~2,100	142.3	20
		Total	<18~1,300	48.7	0	0.0	<18~130	24.1	0	0.0	40~2,100	146.6	44
	Non-harvesting season	O-5	<18~490	94.2	0	0.0	<18~110	28.4	0	0.0	90~1,900	235.2	12
		O-7	20~790	102.7	0	0.0	<18~45	25.1	0	0.0	80~630	195.8	8.0
		Total	<18~790	98.5	0	0.0	<18~110	26.8	0	0.0	80~1,900	215.5	20

[1]GM, Geometric Mean.
[2]Harvesting season: October to May next year.
[3]Non-harvesting season: June to September.

월부터 다음해 5월까지 지속된다. 수확기동안 지정해역에 위치하고 있는 5개 조사지점 (O-1, O-2, O-3, O-4, O-8)에서 채취한 굴의 대장균군 및 분변계대장균수의 범위는 각각 <18~1,300 및 <18~230 MPN/100g이었고, 분변계대장균수의 기하평균치는 20.4 MPN/100g 이었다 (Table 5). 그리고 생균수의 범위는 30~820 CFU/g으로 나타났으며, 분변계대장균과 생균수의 기준에 부합하였다. 뿐만 아니라 주변해역에 위치한 O-5, O-7 지점에서 수확기동안 생산된 굴의 분변계대장균수 범위는 <18~130 MPN/100g이었고, 생균수는 40~2,100 CFU/g으로 매우 안정적인 위생상태를 나타내었다. 이러한 결과는 수출용 패류생산 지정해역 4호로 관리되고 있는 가막만해역에서 수확기내 생산된 굴의 분변계대장균수 범위가 <18~700 MPN/100g 이었고, 93개 중 2개 시료(0.2%)가 분변계대장균 기준을 초과한 것에 비하여, 한산·거제만해역에서 생산된 패류의 위생상태는 보다 안정적으로 유지됨을 확인되었다 (Kwon et al., 2007). 또한 지정해역에 위치한 O-1, O-2 지점에서 채취한 굴에 대한 병원성세균 실험결과, *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp.는 연중 검출되지 않았다(data not shown).

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (수출패류 생산해역 및 수산물 위생조사, RP-2009-FS-012)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

Andrews WH, Brauce VR, June G, Satchell F and Sherrod P. 1992a. *Salmonella*. In: Bacteriological Analytical Mannual. Food and Drug Administration, 7th ed. AOAC International, Arlington, 51-70.

Andrews WH, Satchell F and Sherrod P. 1992b. *Shigella*. In: Bacteriological Analytical Mannual. Food and Drug Administration, 7th ed. AOAC International, Arlington, 71-76.

APHA (American Public Health Association). 1970. Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish. 4th ed. American Public Health Association, Inc. Washington, D.C., 1-105.

Chang DS, Jeong ET, Yu HS, Lee EW and Lim SM. 1998. Bacteriological quality of sea water in Deukryang Bay, Korea. J Kor Fish Soc 31, 77- 81.

Choi JD, Jeong WG and Kim PH. 1998. Bacteriological study of sea water and oyster in Charan Bay, Korea. J Kor Fish Soc 31, 429-436.

European Commission. 2004. Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliamet and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organization of official controls on products of animal origin intended for human consumption. Official J Eur Commun, L226, 83-127.

Haller D, Gill ON, Raynham E, Kirkland T, Zadick PM and Stanwell-Smith R. 1986. An outbreak of gastrointestinal illness associated with consumption of raw depurated oysters. Br Med J 292, 1726-1727.

Jensen ET. 1996. Shellfish and public health. J Milk and Food Tech 19, 281-283.

Kim SJ. 1974. Sanitation survey of shellfish growing area on West Fowl river estuary, Mobile, Alabama. Bull Korean Fish Soc 7, 145-162.

Kwon JY, Park KBW, Song KC, Lee JH, Park JH, Kim JD and Son KT. 2007. Evaluation of the bacteriological quality of a shellfish-growing area in Kamak Bay, Korea. J Fish Sci Technol 11, 7-14.

Lipp EK and Rose JB. 1997. The role of seafood in the foodborne diseases in the United States of America. Rev Sci Technol Off Int Epizoot 16, 620-640.

MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2008a. Annual Report of Korean Shellfish Sanitation Program for 2007. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 3-5.

MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2008b. Korean Shellfish Sanitation Program. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 7-9.

MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 2002. Sanitary Criteria of Producing, Processing Facilities and Seawater Area for Fisheries Product. The Notification of Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, Article 2002-74.

Park JH. 1990. Bacteriological quality study of sea water and oyster in association with rainfall in Kamakman. M.S. Thesis. National Fish. Univ. of Pusan. Pusan, Korea.

Sherwood HP. 1952. Some observations of the viability of sewage bacteria in relation to self-purification of mussels. Proceeding of Soc for Appl Bact 15, 21-28.

Song KC, Lee DS, Shim KB, Lim CW, Mog JS, Byun HS, Park YJ and Cho KC. 2008. Evaluation of bacteriological safety for the shellfish growing waters in Taean area, Korea. J Kor Fish Soc 41, 155-162.

US FDA (Food and Drug Administration). 2005. Nat-

ional Shellfish Sanitation Program. Guide for the Control for Molluscan Shellfish. Ⅱ. Growing Areas. Food and Drug Administration, Washington, D.C., 199-204.

2009년 7월 3일 접수
2009년 8월 28일 수정
2009년 10월 16일 수리