

자란만·사량도 패류생산해역의 위생학적 안전성 평가

심길보·하광수·유현덕·김지희·이태식*

국립수산과학원 양식환경연구소

Evaluation of the Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Area in Jaranman · Saryangdo Area, Korea

Kil Bo Shim, Kwang Soo Ha, Hyun Duk Yoo,

Ji Hoe Kim and Tae Seek Lee*

Aquaculture Environment Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Tongyeong 650-943, Korea

Bacteriological examination of a 12,700 ha area within Jaranman-Saryangdo area, located in Jaran bay and Saryangdo island, was conducted with 35 fixed (designated areas and adjacent areas) seawater sampling stations between January 2006 and December 2008. According to results, the geometric mean range and the estimated 90th percentile range of fecal coliform counts in sea water samples collected in the designated area were <1.8-2.4 and <1.8-8.6 MPN/100mL, respectively. The estimated 90th percentile range of fecal coliform counts in sea water samples collected from 6 sampling stations in the adjacent areas were 6.1-34.6 MPN/100mL. Based on these results, bacteriological water quality of the designated areas in the Jaranman-Saryangdo area meet the NSSP (National Shellfish Sanitation Program) guidelines for approved area. The bacteriological sea water quality in Jaranman-Saryangdo area has been shown to be favorable at all investigated sampling stations except for July and August which coincided with heavy rainfall. In fact, the bacteriological water quality was not affected if rainfall was less than 30 mm rainfall. However, the degree of bacteriological contamination increased rapidly and the water quality exceeded approved NSSP guidelines set for rainfall above 60 mm.

Key words: Shellfish growing area, Bacteriological water quality, The estimated 90th percentile, Fecal coliform, Jaranman · Saryangdo area

서 론

참굴 (*Crassostrea gigas*)은 우리나라를 비롯한 중국, 일본 등 동북아시아가 원산지이지만 근년 유럽, 북·남미아메리카, 아프리카, 오세아니아 등 전 세계에서 중요한 양식 대상종이 되고 있다 (NIMPIS, 2002). 2006년도 전 세계 굴의 생산량은 총 4.59 백만 톤으로 패류 총생산량 14.11 백만 톤의 32.5%를 차지할 정도로 중요한 수산물이다 (FAO, 2009).

굴을 비롯한 패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭이 활동을 하므로 주위 해수 중에 부유하는 세균, 바이러스 및 중금속 등의 각종 위해물질을 섭취하여 체내에 축적하게 된다 (Chen et al., 2008; Cliver 1988; Grimes, 1991; Jensen, 1966; Sherwood, 1952; U.S. FDA, 2007). 특히 육상에서 발생하는 오염물질의 직접적인 영향을 받는 연안수역, 하구수역 및 오폐수 배수구 주변에 서식하는 패류를 열처리 등 적절한 조리과정 없이 섭취할 경우 건강상 위험에 노출될 수도 있으므로 패류는 병원성 장내세균의 인간-환경-인간의 연쇄사슬의 매개체가 되기도 한다 (Legnani et al., 1998; US FDA, 2007). 특히 최근 임해지역에서 인구증가와 함께 발생하는 각종 오염물질은 직·간접적으로 연안해역에 영향을 주며, 이는 패류의 위생학

적 안전성을 크게 위협하는 요인으로 지적되고 있다 (Lipp and Rose, 1997; Haller et al., 1986). 패류의 식품위생안전 확보를 위해서는 생산해역에 대한 위생관리가 대단히 중요하며, 미국, EU 등에서는 연안 패류생산해역의 위생상태에 따라 등급을 부여하여 관리하고 있다 (U.S. FDA, 2007; EC, 1991).

우리나라는 1960년대부터 패류 수출을 위하여 주요 패류 생산해역에 대한 위생조사를 실시하여 왔으며, 외국 (미국)의 위생기준에 부합하는 수역을 '수출용패류생산지정해역' (이하 '지정해역')으로 설정·관리되고 있다. 현재 남해안에는 7개의 지정해역이 설정되어 있고 (MOMAF, 2002), 이 중 자란만·사량도해역은 경남 고성군과 통영시에 걸쳐 위치하고 있으며, 1973~1974년 및 1983년 실시한 위생조사결과를 근거로 1984년 5월 수면적 9,492 ha가 지정해역 제2호로 설정되었다 (MIFAFF, 2008). 지정해역 설정 이후 이 해역에 대해서는 매월 위생조사가 실시되고 있으나 종합적인 평가는 이루어지지 않았다. 또한 Choi et al. (1998)은 이 해역의 북부에 위치한 일부 수역 (자란만)의 위생상태에 대하여 보고한 바 있으나 12회 (매월 1회)의 조사 결과만으로는 해역의 적절한 분류를 할 수 있는 수준은 아니었다.

본 연구에서는 자란만·사량도해역에 대한 패류생산해역으로서 위생안전성 평가를 위하여 2006년부터 2008년까지

*Corresponding author: tslee@nfrdi.go.kr

3년간에 걸쳐 해수에 대한 위생조사를 실시하고, 그 결과를 우리나라 수출용 패류생산 지정해역 관리기준과 미국의 패류 양식장에 대한 세균학적 수질기준과 비교하였다.

재료 및 방법

조사지점 및 시료채취

자란만·사랑도 해역은 북쪽으로는 경상남도 고성군 삼산면과 하일면, 그리고 남쪽으로는 통영시 사랑도의 해안선과 접해있다. 지정해역의 동쪽 경계선은 지정해역 제3호인 마륙

도 해역과 접해 있고, 서쪽으로는 창선해역과 접하고 있으며 수역 면적은 약 76 km² 이다 (Fig. 1).

시료 채취지점은 조사해역의 오염원, 지형적 여건, 해류 유동상태, 조사 수행여건 등을 고려하여 35개소를 설정하였으며, 2006년 1월부터 2008년 12월까지 매월 1회씩 총 36회에 걸쳐 시료를 채취하였다. 해수는 표층용 채수기를 사용하여 수면에서 약 10 cm 깊이에서 멸균된 250 mL 유리병에 채수한 다음, 10℃ 이하로 유지하여 실험실로 운반한 후 즉시 실험에 사용하였다.

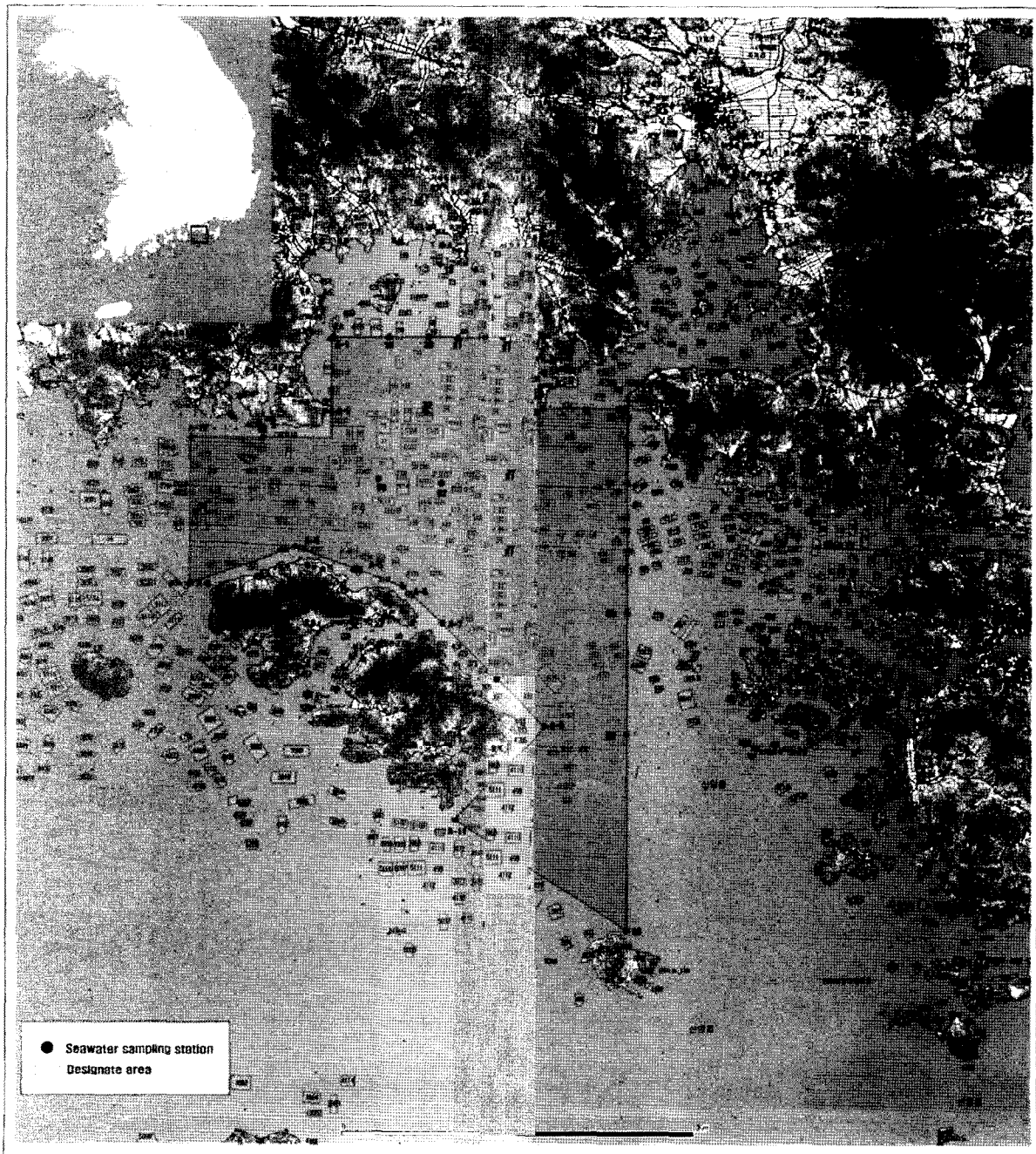


Fig. 1. Sampling stations for sanitary survey of shellfish growing area in Jaranman-Saryangdo area

실험방법

해수의 염분은 현장용 수질분석기 (YSI 556, YSI Life Science, USA)를 사용하여 측정하였으며, 대장균군 및 분변계 대장균은 Recommended Procedures for the Sea Water and Shellfish (APHA, 1970)에 따라 시험하였다. 즉 시료를 단계 희석하여 5개 시험관법으로 측정하였으며, 추정시험 배지로는 Lauryl Tryptose Broth (Difco, USA)를, 대장균군 및 분변계 대장균 확정시험 배지로는 Brilliant Green Lactose Bile Broth 2% (BGLB, Difco, USA)와 EC 배지 (Difco, USA)를 각각 사용하였다. 대장균군 및 분변계대장균은 100 mL 당 최확수 (Most Probable Number, MPN)로 표시하였다.

해수의 위생학적 평가

해수의 위생상태는 우리나라 수출용 패류생산해역의 위생 관리 기준 (해양수산부 고시 제2002-74호)과 미국의 패류양식장에 대한 세균학적 수질기준 (U.S. FDA, 2007)에 준하여 평가하였으며, 계산된 백분위의 90번째 값 (the estimated 90th percentile, 이하 계산된 90th 값)은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$\text{Est 90th} = \text{Antilog} [(S_{10g})1.28 + X_{10g}]$$

S_{10g} = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 표준편차

X_{10g} = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수 값의 평균

조사지점의 분변계대장균 수의 월별 변화

지난 3년간 7월부터 10월까지 해수의 월별 위생상태는 각 지점에서 조사된 분변계대장균수를 Surfer 8.0 (Golden software Inc., USA)에 적용하여 나타내었다.

결과 및 고찰

조사지점별 해수의 세균학적 수질평가

자란만·사랑도해역에 설정된 지정해역에 대한 3년간 (총 36회)의 조사결과를 근거로 처리한 각 조사지점별 기하평균 및 계산된 90th 값은 Fig. 2에 나타내었다.

지정해역 내에 위치한 29개 조사지점에서 대장균군과 분변계대장균의 기하평균 범위는 각각 <1.8~2.7 MPN/100mL 및 <1.8~2.4 MPN/100mL, 계산된 90th 값의 범위는 각각 <1.8~16.9 MPN/100mL 및 <1.8~8.6 MPN/100mL로 나타났다. 패류 생산해역의 평가기준에 대해서는 대한민국 정부와 미합중국 정부간의 패류의 위생적 처리에 관한 협정 (조약 제447호, 1972. 11. 24)에 따라 우리나라의 지정해역 관리의 근간이 되고 있는 미국 National Shellfish Sanitation Program (U.S. FDA, 2007)에 잘 나타나 있다. 미국에서 패류생산해역의 세균학적 수질은 대부분 분변계대장균을 활용하여 조사하고 있으나 일부 대장균군을 활용하는 경우도 있다. 해역의 평가는 각 조사지점에서 최근 30회에 걸쳐 조사한 결과를 근거로 우리나라의 지정해역과 같이 외부에 완충해역을 두고 있는 즉, 비점오염원이 없는 해역에 있어서는 5개 시험관법의 경우 중앙치 (혹은 기하평균)가 14 MPN/100mL를 초과하지 않아야 하며, 계산된 90th 값이 43 MPN/100mL를 초과하지 않아야

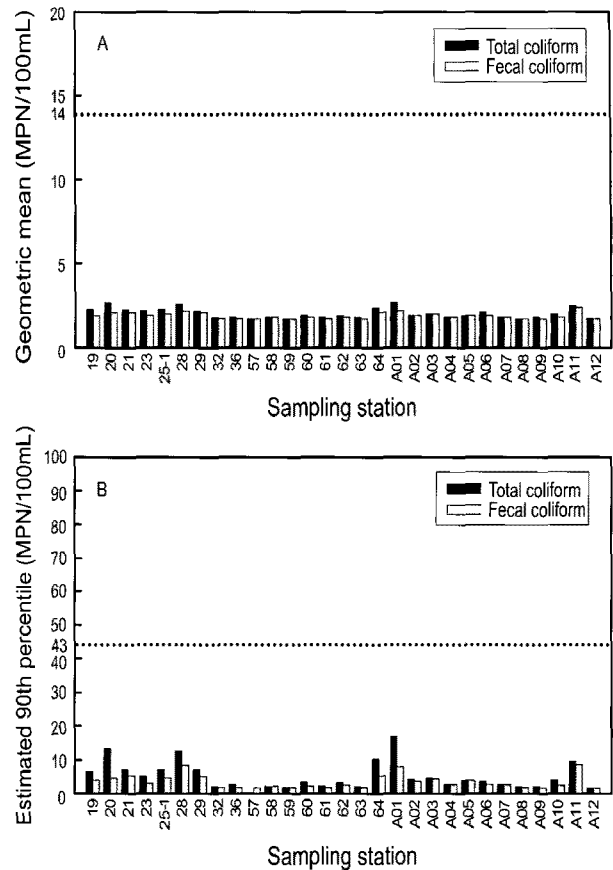


Fig. 2. The geometric mean (A) and estimated 90th percentile (B) of total and fecal coliform in seawater sampling station located designated area from 2006 to 2008. Line on the (A) and (B) graph blow is the NSSP standard for fecal coliform of 14 MPN/100mL and 43 MPN/100mL, respectively.

야 한다고 규정하고 있다. 또 대장균군을 시험한 경우에는 중앙치 (혹은 기하평균)가 70 MPN/100mL를 초과하지 않아야 하며, 계산된 90th 값이 230 MPN/100mL를 초과하지 않아야 한다고 규정하고 있다 (U.S. FDA, 2007). 우리나라의 지정해역 관리를 위한 세균학적 수질 기준에도 동일한 규정이 적용되고 있다 (MOMAF, 2002).

이러한 기준과 본 연구에서 도출된 결과를 비교하면 지정해역에 위치한 29개 조사지점은 우리나라 수출용 패류생산 지정해역 및 미국의 허가해역의 세균학적 수질기준에 부합되는 것으로 확인되었다.

한편, 자란만·사랑도해역의 지정해역 외부에 위치한 6개 조사지점에 대해서도 총 36회에 걸쳐 조사를 실시하였으며, 각 조사지점별 기하평균 및 계산된 90th 값은 Fig. 3에 나타내었다.

지정해역 외부에 위치한 각 조사지점에서 대장균군과 분변계대장균의 기하평균의 범위는 2.3~5.1 MPN/100mL 및 2.2~3.9 MPN/100mL이었고, 계산된 90th 값은 각각 8.4~81 MPN/100mL 및 6.1~34.6 MPN/100mL로 나타났다 (Fig. 3).

지정해역 외부에 위치한 조사지점에 있어서는 미국의 허가해역 및 우리나라의 지정해역 기준을 초과하는 지점은 없어

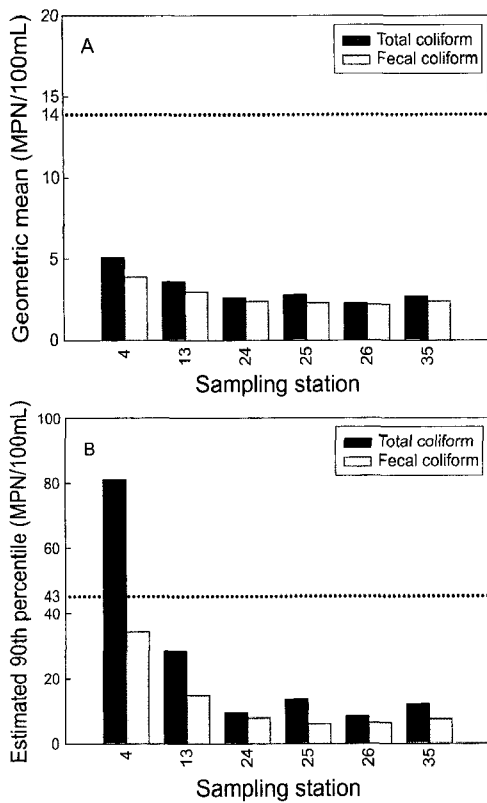


Fig. 3. The geometric mean (A) and estimated 90th percentile (B) of total and fecal coliform in seawater sampling station located adjacent area from 2006 to 2008. Line on the (A) and (B) graph blow is the NSSP standard for fecal coliform of 14 MPN/100mL and 43 MPN/100mL, respectively.

자란만·사량도해역은 위생학적으로 안전한 해역임을 알 수 있었다. 그렇지만 조사해역의 북부에 위치한 지점 (St. 4)에서는 분변계대장균의 계산된 90th 값이 34.6 MPN/100mL로 지정해역 기준이 43 MPN/100mL를 초과하지는 않았으나 다른 지점에 비하여 다소 높은 균수를 나타내었다. 이는 조사지점이 경남 고성군 삼봉천 하구로부터 125 m 떨어진 곳에 위치하여 육상에서 유입되는 오염원의 영향을 받았기 때문으로 추정된다.

해수 중 위생지표세균 수의 월별 변화

자란만·사량도해역 해수의 계절별 위생지표세균 변화를 살펴보기 위해 2006년부터 2008년까지 각 조사지점의 결과를 월별로 구분하여 Table 1에 나타내었다.

지난 3년간 해수의 월별 대장균군 및 분변계대장균수의 범위는 모두 <1.8~>1,600 MPN/100mL로 나타났으며, 특히 7월부터 10월까지 가장 높은 균수를 나타내었다.

7월, 8월, 10월에 대장균군 및 분변계대장균의 최고치는 1,600 MPN/100mL 이상을 나타내었으며, 9월에는 각각 240 및 23 MPN/100mL로 나타났다. 7월과 8월을 제외하면 대장균군과 분변계대장균이 각각 230 MPN/100mL 및 43 MPN/100mL를 초과하는 조사지점은 St. 4 및 St. 13이며, 기타 조사지점들은 양호한 위생상태를 나타내었다. 또한 해역 북부의

Table 1. Monthly variation of bacteriological water quality in Jaranman-Saryangdo area from 2006 to 2008

Month	MPN/100mL						No. of spls.
	Total coliform		Fecal coliform				
	Range	> 230	Range	>43	No.	%	
1	<1.8 ~ 4.5	0 0.0	<1.8 ~ 2.0	0 0.0	0	0.0	105
2	<1.8 ~ 2.0	0 0.0	<1.8 ~ 2.0	0 0.0	0	0.0	105
3	<1.8 ~ 6.8	0 0.0	<1.8 ~ 2.0	0 0.0	0	0.0	105
4	<1.8 ~ 4.0	0 0.0	<1.8 ~ 4.0	0 0.0	0	0.0	105
5	<1.8 ~ 170	0 0.0	<1.8 ~ 49	2 1.9	2	1.9	105
6	<1.8 ~ 4.5	0 0.0	<1.8 ~ 4.5	0 0.0	0	0.0	105
7	<1.8 ~ 1600	6 5.7	<1.8 ~ 220	7 6.7	7	6.7	105
8	<1.8 ~ >1,600	7 6.7	<1.8 ~ >1,600	8 7.6	8	7.6	105
9	<1.8 ~ 240	1 1.0	<1.8 ~ 23	0 0.0	0	0.0	105
10	<1.8 ~ >1,600	2 1.9	<1.8 ~ 130	1 1.9	1	1.9	105
11	<1.8 ~ 11	0 0.0	<1.8 ~ 7.8	0 0.0	0	0.0	105
12	<1.8 ~ 4.5	0 0.0	<1.8 ~ <1.8	0 0.0	0	0.0	105

삼봉천 인근에 위치하고 있는 St. 4 지점은 36회 조사기간 동안 모두 5회에 걸쳐 분변계대장균의 값이 43 MPN/100mL를 초과하였으며, 그 범위는 <1.8~>1,600 MPN/100mL이었다.

이와 같이 해수의 위생지표세균의 월별 차이는 조사일을 기준으로 조사전에 발생한 경우가 가장 큰 영향을 미치기 때문이다. 우리나라 및 미국 패류생산해역의 세균학적 수질에 가장 큰 영향을 주는 요소는 배수구역의 범위 및 인구현황, 강우량 및 표층수의 유입량 등으로 보고되어 있다 (Kim, 1975; Pitt et al., 2004; Burton and Pitt, 2002; Ackerman and Weisberg, 2003). 또한 남해 전역이 여름철이 되면 저염화 현상이 뚜렷하며, 이러한 현상은 여름철 대량강우로 인하여 담수의 영향을 직접적으로 받기 때문이다 (Choi et al., 2007).

따라서 하절기 강우에 의한 세균학적 위생상태의 변화를 보기 위하여 조사일을 기준으로 조사전 3일 이내에 발생한 강우량과 염분농도 변화를 Fig. 4에 나타내었으며, 또한 강우가 다량으로 발생하는 7월부터 10월까지 각 조사지점의 분변계대장균수를 Fig. 5에 나타내었다.

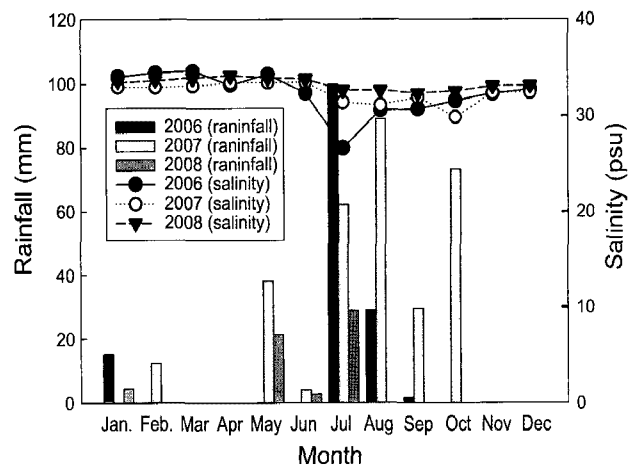


Fig. 4. Monthly variation of rainfall and salinity in Jaranman-Saryangdo area from 2006 to 2008.

Fig. 4에 나타낸 바와 같이, 대량의 강우가 발생한 것은 2006년 7월과 2007년 7월, 8월 그리고 10월이며, 기타 시기에는 30 mm 이하의 강우가 발생하기도 하였다. 2006년 7월에는 조사 보름 전부터 조사 당일까지 지속적인 강우가 발생하여, 누적 강우량이 100 mm로 나타났으며, 8월에는 조사전일까지 29.1 mm 강우가 발생하였다. 2007년에 7월에는 조사 2일 전부터 62 mm의 강우가 있었으며 8월에는 조사 3일 전부터 당일까지 89 mm의 강우가 지속되었다. 그리고 9월과 10월에는 각각 29.7 mm와 73.3 mm의 강우가 발생하였다. 2008년에는 5월과 7월에 30 mm이하의 강우가 발생하였다. 지난 3년간의 해수 평균 염분농도 범위는 26.62~34.65 psu 였으며, 대량의 강우가

발생한 2006년 7월에 26.62 psu로 가장 낮았고 그 다음으로는 2007년 10월에 29.86 psu로 낮았다. 또한 강우가 발생한 시기가 기타 시기보다 다소 낮은 평균 염분농도를 나타내었다 (Fig. 4).

강우가 발생한 시기에 분변계대장균은 연안해역을 중심으로 확산되는 것을 확인할 수 있었으며, 2006년 7월에는 주변해역의 모든 조사지점과 지정해역 경계선 및 지정해역 내부에 위치한 St. 28과 St. 29 지점에서 높은 분변계대장균수를 나타내었다. 그러나 8월부터 10월까지는 강우가 발생하더라도 해역의 세균학적 위생상태에는 큰 영향을 주지 않았다 (Fig. 5).

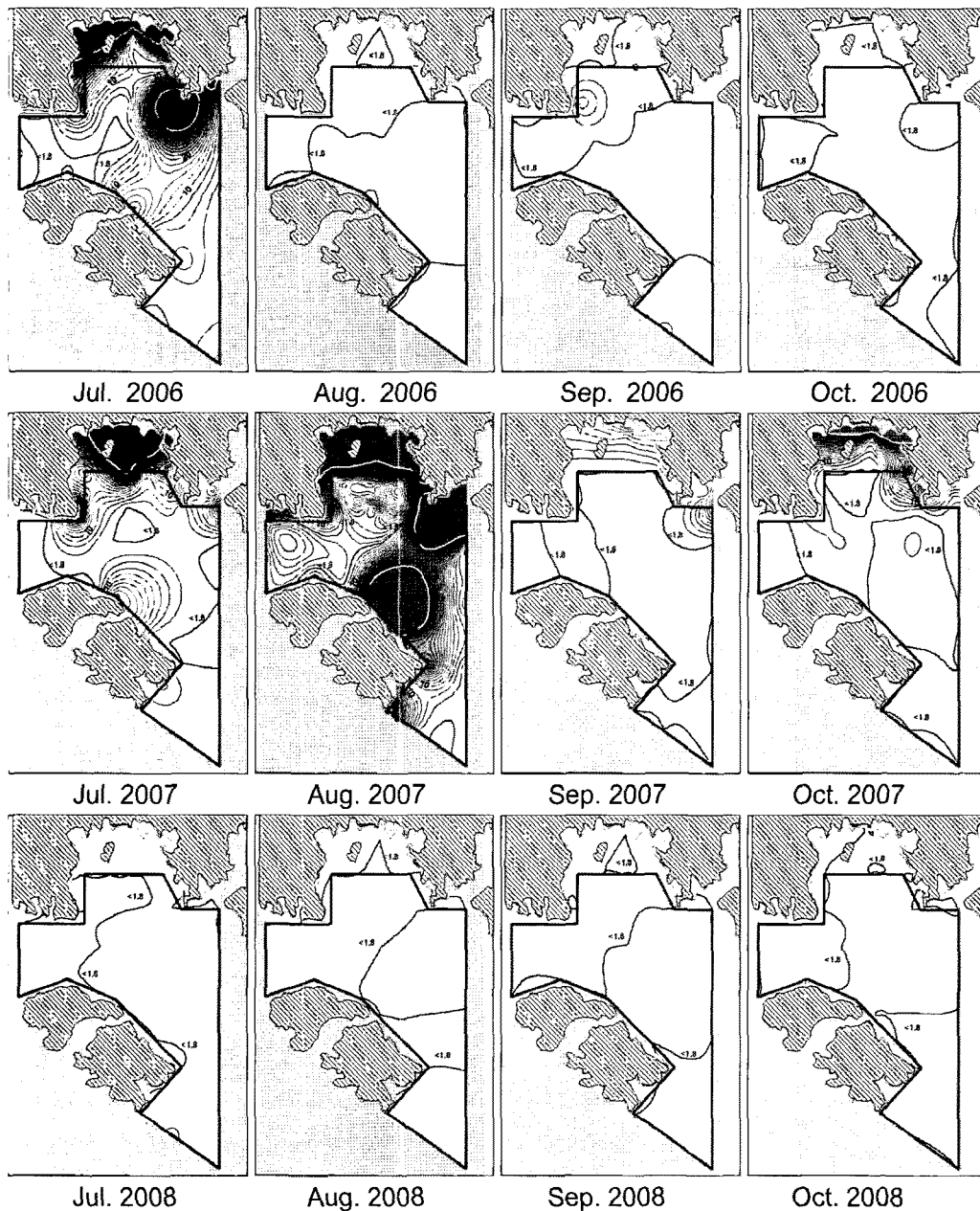


Fig. 5. Seasonal variation fecal coliform of seawater in Jaranman-Saryangdo area from July to October in 2006, 2007 and 2008.

또한 2007년 7월에는 강우로 인하여 해역의 상부 배수유역에서 유입되는 육상오염원이 지정해역 경계선까지 영향을 미치는 것으로 평가되었으며, 8월에는 해역의 상부 배수유역과 사랑도에서 유래한 육상오염원에 의하여 전 해역에 영향을 주는 것으로 확인되었다. 또한 9월과 10월에는 각각 29.7 mm와 73.3 mm의 강우가 발생하였으나 해역 상부의 연안해역에서만 영향이 있었을 뿐 지정해역경계까지는 영향이 미치지 못하였다. 2008년에는 다른 해에 비하여 강우가 빈번하지 않았으며, 7월에 29 mm의 강우가 발생하였으나 육상오염원이 해역에 미치는 영향은 미미하였다 (Fig. 5).

Song et al. (2008)은 서해안 태안해역은 조사 1일 전에 65.4 mm의 강우 발생시, 전 해역에서 해수의 세균학적 수질이 악화되는 것으로 보고하였다.

이상의 결과 자란만·사랑도해역은 30 mm 내외의 강우가 불연속적으로 발생할 경우, 오염물질이 만 내부로 유입되어 해역의 상부조사지점에 영향을 주고 있으나 완충지역의 존재로 인하여 지정해역 수질에는 크게 영향을 미치지 않았다. 그러나 조사전 2-3일 동안 80 mm 이상의 강우가 지속될 경우에는 주변해역 뿐만 아니라 지정해역에 위치한 조사지점까지 분변계대장균의 오염이 증가되므로, 동 해역은 강우의 발생이 해역의 세균학적 수질에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원(수출패류 생산해역 및 수산물 위생조사, RP-2009-FS-013)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

Ackerman D. and Weisberg SB. 2003. Relationship between rainfall and beach bacterial concentrations on Santa Monica bay beaches. *J Water and Health* 1, 85-89.

EC (European Commission). 1991. Council Directive 91/492/EEC of 15 July 1991. Official J European Communities L268, 1-14.

APHA. 1970. Recommended procedures for the examination of seawater and shellfish, 4th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., 1-47.

Burton GA Jr. and Pitt RE. 2002. Stormwater effects handbook: A toolbox for watershed managers scientists, and engineers. Lewis Publishers: CRC Press, New York, NY.

Chen CY, Serrell N, Evers DC, Fleishman BJ, Lambert KF, Weiss J, Mason RP and Bank MS. 2008. Meeting report: Methylmercury in marine ecosystems. From sources to seafood consumers. Envi-

ronmental Health Perspectives 116, 1706-1712.

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

Choi YK, Yang JY, Lee YS, Yu J, Kim DK, Han IS and Go WJ. 2007. Characteristics of ocean environment in the dry and wet seasons in the south sea of Korea. *J the Environ Sci* 16, 459-466.

Cliver DO. 1988. Virus transmission via foods. *Food Technol* 42, 241-248.

FAO (Food & Agriculture Organization). 2009. The state of world fisheries and aquaculture 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome. 1-81.

Grimes DJ. 1991. Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A review. *Estuaries* 14, 345-360.

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. 1966. Shellfish and public health. *J Milk and Food Tech* 19, 281-283.

Kim SJ. 1975. Sanitary studies of oyster and growing areas in the south coast of Korea. *Bull Fisheries research & development Agency* 14. 1-79.

Legnani P, Leoni E, Lev D, Rossi R, Villa GC and Bisbini, P. 1998. Distribution of indicator bacteria and bacteriophages in shellfish and shellfish growing waters. *J Appl Microbiol* 85, 790-798.

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

MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2008. Annual report of KSSP (Korea Shellfish Sanitation Program) for 2007. MIFAFF, 3-5.

MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 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.

NIMPIS (National Introduced Marine Pest Information System). 2002. *Crassostrea gigas* species summary. National Introduced Marine Pest Information System. Hewitt CL, Martin RB, Sliwa C, McEnulty FR, Murphy NE, Jones T and Cooper S, eds. from <http://crimp.marine.csiro.au/nimpis> on Sep. 15. 2007

- Pitt R, Maestre A, Morquecho R, Brown T, Schueler T, Capiella K, Sturm P and Swann C. 2004. Findings from the national stormwater quality database (NSQD). Center for Watershed Protection.
- Sherwood HP. 1952. Some observations of the viability of sewage bacteria in relation to shelf-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.
- U.S. FDA (Food and Drug Administration). 2007. 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. on June 18. 2009.

2009년 7월 14일 접수

2009년 8월 25일 수정

2009년 10월 16일 수리