

## 통영항 해수의 세균학적 및 이화학적 수질

최종덕\* · 정우건  
경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소

### Bacteriological and Physiochemical Water Quality of Seawater in Tongyeong Harbor, Korea

Jong-Duck CHOI\* and Woo-Geon JEONG

Division of Marine Bioscience/Institute of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

The bacteriological and physiochemical analysis of seawater in Tongyeong harbor was conducted to evaluate sanitary conditions. The samples were collected at 6 stations established once a month from January to December, 2000. During the study period, the ranges of temperature, transparency, chemical oxygen demand, dissolved oxygen, dissolved nitrogen, phosphate and chlorophyll-a were 6.8~25.2°C, 1.0~2.5 m, 1.79~2.41 mg/L, 5.7~10.1 mg/L, 6.59~10.53 µg-at/L, 0.56~1.01 µg-at/L and 1.21~9.54 mg/m<sup>3</sup>, respectively. The viable cell counts of seawater in Tongyeong harbor ranged from 3.0×10<sup>4</sup> CFU/mL to 6.9×10<sup>6</sup> CFU/mL. The coliform group and fecal coliform MPN's of the samples were ranged 23~4,600 MPN/100 mL (means 540 MPN/100 mL) and 11~1,600 MPN/100 mL (means 210 MPN/100 mL), respectively. The coliform group was classified with IMViC reactions and pathogenic vibrios were analyzed. Two hundred eighteen strains that were obtained from seawater samples in Tongyeong harbor represented *Escherichia coli* group, 66.1%; *Citrobacter freundii* group, 11.0%; *Enterobacter aerogenes*, 9.6%; and unknown, 13.3%, respectively. During the study period, infectious bacteria such as *Vibrio cholerae* O1, *Salmonella* sp. and *Shigella* sp. were not detected from the samples, but detection ratios of *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* non-O1 and *V. vulnificus* were 10.0~30.1%.

Key words: Marine bacteriological study, Coliform group, *Vibrio vulnificus*, Tongyeong harbor, Water quality of seawater

#### 서 론

통영항은 통영시의 시가 (인평동~동호동)와 미륵도 사이에 동서방향으로 좁은 수로로 연결되어 있는 작은 항으로, 서쪽으로는 북만, 고성만 및 자란만과, 북동쪽으로는 진해만으로 연결되는 견내랑과 연결하고 있고, 남동쪽에는 한산만이 위치하고 있다. 통영항 주변해역에는 굴, 진주담치, 우렁쟁이 및 미더덕 등 수산물 양식어장과 가두리 및 정치망 어장 등이 분포하고 있다. 통영항은 남북의 육지와 섬으로 형성된 시가를 가로지르는 협수로이므로 항내수는 생활하수 및 공장 폐수 등 육수에 오염되기 쉬운 지형으로 되어 있고, 또한 정박하고 있는 많은 선박에 의한 오염도 우려된다. 그러나 통영항에서는 수로를 따라 일부 바지락 등 패류가 채취되기도 하고, 해안선을 따라 재래시장과 많은 횡집이 산재하여 있다. 이러한 항내 수로에서 채취되는 바지락과, 항내수를 활어 수족관에 사용하는 횡집 및 재래시장의 어패류 등의 위생상태는 항내수의 수질에 직접적인 영향을 받을 수 있다.

오염된 해역에서 생산된 패류가 장질환의 원인이 되고 있다는 것은 오래 전부터 잘 알려진 사실이며 (Jensen, 1966; Sherwood, 1952), 패류는 섭이활동을 통하여 그들 주위의 해수 중에 부유하고 있는 인체에 유해한 세균이나 virus 뿐만 아니라 여러 가지 공해물질을 섭취하고 이들 물질을 쉽게 축적한다는 점이나 패각을 제외하고 장기관을 포함한 전 생체를 식용하고 있다는 점에서 서식

해수의 위생적인 관리는 중요한 문제이다.

우리나라에서 연안해수에 대한 물리 화학적 연구보고는 Cho and Kim (1977; 1978)이 저질과 수질의 부영양화에 대하여, Yoo et al. (1980)이 물리, 화학, 생물학적 조사를 그 밖의 많은 연구자들에 의한 보고가 있으나 (Choi et al., 1974; Choi et al., 1997; Choi et al., 1991; Kim et al., 1969; Lee, 1993; Song and Park, 1991; Choi et al., 1998; Choi, 1995; Choi, 1999), 항내의 수질 및 저질에 관한 세균학적 보고는 많지 않은 실정이다.

이 연구에서는 통영항 내의 해수가 주변 횡집이나 재래시장의 수족관의 수질에 세균학적으로 합당한지를 알아보기 위하여 해수 및 저질의 물리 화학적 해양환경 특성과 해수의 위생지표세균, 수인성 전염병균 및 병원성 비브리오균 등을 조사하였다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 조사해역 및 채수지점

경상남도 통영시 통영항내의 조사지점은 Fig. 1에 제시하였다. 조사점 (St.) 1은 한실포 내에, St. 2는 북만으로 연결되는 항 끝쪽에, St. 3은 미수동 앞쪽, St. 4는 충무교 아래쪽, St. 5는 횡집이 밀집하여 있는 봉평동 앞쪽, St. 6은 연안여객 터미널 부근에 각각 설정하였다. 항내 총 6개 조사지점에서 2000년 1월부터 12월까지 각 조사점의 해수 및 저질에 대하여 물리화학적 특성을 분석하였다. 일반 분석용 시료는 전동 수중펌프를 이용하여 2L 용량의 플라스틱 용기에 채수하였고, 세균용 시료는 멸균된 광구시료병에

\*Corresponding author: choijd@nongae.gsnu.ac.kr

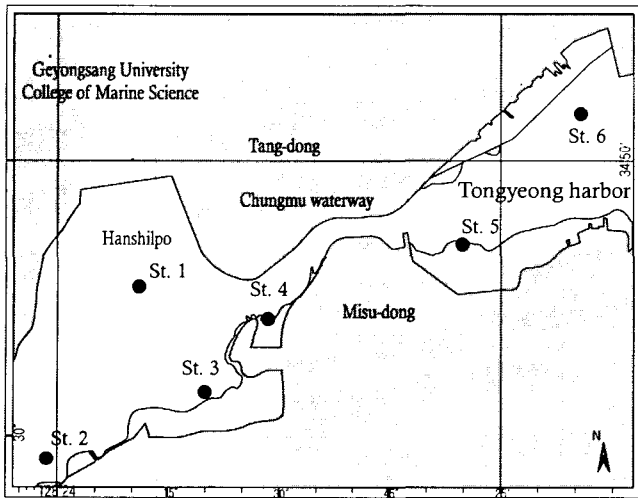


Fig. 1. Location of sampling stations in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea.

채수하여 ice-box에 보관하여 실험실로 옮겨 8시간 이내에 실험하였다.

2. 실험방법

해수의 수온, 염분, pH, 투명도, 용존산소, chlorophyll-a 등은 현장에서 (표층에서 1m와 5m 부근) 직접 측정하였고, 부유물질, 화학적 산소요구량, 영양염류는 시료를 실험실로 운반하여 분석하였다. 수온 및 용존산소 (dissolved oxygen, DO)는 현장에서 DO meter (YSI Co., Model 58)로, 투명도는 Secchi disk로 측정하였다. 화학적 산소요구량 (chemical oxygen demand, COD)은 알칼리성 과망간산칼륨법, chlorophyll-a는 현장에서 수중펌프로 해수를 공급하면서 digital 형광광도계 (Tuner Designs, Model 10-AU)로 직접 측정하였다. 영양염류는 GF/C여과지 (직경 47 μm)로 시료 500 mL를 여과하여 Strickland and Parsons (1968)법에 따라 암모니아질소 (인도페놀법), 아질산질소 (Sulfanilamide와 N-(1-

naphthyl)-ethylenediamine을 이용한 NED법), 질산성질소 (Cd-Cu 환원칼럼을 이용한 카드뮴환원법), 인산인 (Ascorbic acid법) 등을 분광광도계 (Shimadzu UV-160A)로 측정하였다. 용존질소는 암모니아질소, 아질산성질소, 질산성질소의 합으로 하였다. 저질의 강열감량은 회화법, 화학적 산소요구량은 알칼리성 과망간산칼륨법, 황화수소는 검지관법으로 분석하였다. 생균수의 측정은 시료를 PPES-II 배지에서 7일간 배양한 후 나타난 집락을 CFU (Colony Forming Unit)로 나타내었다. 병원성 세균분석 시험은 미국 FDA (1992)의 Bacteriological Analytical Manual에 준하였고, 대장균군과 분변계 대장균은 미국 APHA의 Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish (1962)에 따랐다.

결 과

1. 통영항내 해수 및 저질의 일반적 특성

실험기간 중 통영연근해역의 해수에 대한 평균수온, 염분, 투명도, DO, COD, 영양염류 측정결과는 Table 1과 같다.

조사기간 중 조사해역의 수온은 6.8°C~25.2°C로 중앙치 15.9°C였으며 2월이 낮았고, 8월이 가장 높았다. 염분농도의 범위는 30.11~31.47‰로 중앙치 30.83‰이었으며 2월이 높았고 7월 8월이 낮았다. 용존산소는 5.7~10.1 mg/L로 중앙치 7.6 mg/L였으며 7월이 가장 낮은 값을 나타내었다. 화학적 산소요구량은 1.79~2.41 mg/L로 중앙치 2.00 mg/L로 비교적 높게 나타났고, 월별로는 큰 차이가 없었다. 부유물질은 17.3~33.4 mg/L 범위, 중앙치 24.0 mg/L이었고 월별로는 7월이 높았고 1월이 낮았다. 투명도는 1.0~2.5 m, 중앙치 1.7 m로 12월이 높았고 5월과 7월이 낮았다. Chlorophyll-a는 1.21~9.54 mg/m<sup>3</sup>, 중앙치 5.09 mg/m<sup>3</sup>로 조사되었다.

인산염의 농도는 0.56~1.01 μg-at/L, 중앙치가 0.71 μg-at/L로 월별로는 큰 차이가 없었다. 암모니아 질소는 3.78~8.35 μg-at/L, 중앙치 5.11 μg-at/L이었다. 아질산성 질소는 0.54~1.65 μg-at/L 범위, 중앙치는 0.88 μg-at/L였다. 질산성 질소는 0.43~2.55 μg-at/L 범

Table 1. The mean values of physiochemical water quality in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2000

Date	Temp. (°C)	Trans. (m)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)	Sal. (‰)	Nutrients (μg-at/L)				Chl.-a (mg/m <sup>3</sup> )
							NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	
Jan. 18	8.3	2.0	17.3	2.41	6.7	30.87	0.44	1.74	8.35	1.01	9.54
Feb. 17	6.8	2.0	22.0	1.93	7.8	31.47	1.30	0.66	5.86	0.72	1.21
Mar. 24	10.8	1.0	18.3	2.24	10.1	31.09	1.31	0.43	5.57	0.56	2.22
Apl. 13	13.1	1.2	24.1	2.11	8.3	30.11	0.66	2.37	4.95	0.75	2.82
May 5	15.7	1.1	22.2	2.02	8.5	31.21	0.71	1.32	4.56	0.65	8.42
Jun. 21	19.8	2.3	27.8	1.98	5.7	31.02	0.86	1.03	4.85	0.61	9.28
Jul. 26	22.3	1.1	33.4	1.79	6.7	30.24	0.78	2.55	3.78	0.72	6.75
Aug. 22	25.2	1.3	25.5	1.98	7.6	30.26	0.98	2.24	3.95	0.66	4.75
Sep. 26	23.0	2.0	24.5	1.87	6.5	30.72	1.65	1.56	4.68	0.75	3.68
Oct. 7	21.8	2.0	25.2	1.92	7.8	31.04	0.54	1.73	5.46	0.76	3.47
Nov. 18	14.5	2.0	24.9	2.02	8.2	31.05	0.62	1.93	4.87	0.75	4.75
Dec. 20	9.8	2.5	22.2	1.84	7.8	30.92	0.70	1.68	4.45	0.62	4.13
Over all	15.9	1.7	24.0	2.00	7.6	30.83	0.88	1.60	5.11	0.71	5.09

Trans., transparency; SS, suspended solid; COD, chemical oxygen demand; DO, dissolved oxygen; Sal., salinity; Chl.-a, chlorophyll-a.

위, 중앙치 1.60 µg-at/L였으며, 용존질소는 최저 6.59 µg-at/L, 최고 10.53 µg-at/L, 중앙치 7.59 µg-at/L로 조사되었다.

통영항 내의 각 지점에서 코어채취기를 이용하여 채취한 저질의 깊이별 강열감량, COD 및 황화물 분석결과는 Table 2와 같다.

**Table 2. The mean values of COD, sulfide and ignition loss in the sediment in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2000**

Station	COD (mg/g)			H <sub>2</sub> S (mg/g)			I.L. (%)		
	0~3 cm	3~5 cm	means	0~3 cm	3~5 cm	means	0~3 cm	3~5 cm	means
St. 1	48.92	26.89	37.91	0.22	0.18	0.20	11.1	10.0	10.5
St. 2	31.84	18.62	25.23	0.18	0.16	0.17	10.4	8.8	9.6
St. 3	35.74	29.62	32.68	0.19	0.15	0.17	10.2	8.6	9.4
St. 4	42.53	41.85	42.19	0.21	0.19	0.20	7.2	7.2	7.2
St. 5	36.75	31.47	34.11	0.22	0.18	0.20	10.0	7.0	8.5
St. 6	26.95	23.82	25.39	0.20	0.16	0.18	9.1	8.6	8.9
Means	37.12	28.71	32.92	0.20	0.17	0.19	9.7	8.4	9.1

COD, chemical oxygen demand; I.L., ignition loss.

조사해역 저질의 화학적산소요구량은 표층에서 26.95~48.92 mg/g, 3~5 cm에서 18.62~41.85 mg/g으로 부영양 기준인 20.0 mg/g (Choi et al., 1997)을 훨씬 초과하였고, 황화물 역시 표층에서 0.19~0.22 mg/g, 중앙치 0.20 mg/g 범위로 부영양기준인 0.20 mg/g을 초과하였다. 강열감량도 표층에서 평균 9.7%, 3~5 cm에서 8.4%으로 평균 9.1%로 나타나 조사점별로는 큰 차이를 나타내지 않았지만 다소 높은 값을 나타내었다.

2. 해수의 세균학적 특성

1) 위생지표세균의 함량

조사해역 해수에 대한 대장균군, 분변계 대장균 및 생균수 분석 결과를 월별로 구분하여 Table 3에 나타내었다.

조사기간 중 해수의 월별 생균수는 mL당 log수로 4.2~6.8 (3.0 × 10<sup>4</sup>~6.9 × 10<sup>6</sup> CFU/mL) 범위 이었으며 평균 5.3이었다. 월별로

는 1~3월이 적었고, 7~9월이 많았다.

해수의 대장균군 함량은 23~4,600 MPN/100 mL 범위로 중앙치는 540 MPN/100 mL이었다. 분변계 대장균은 11~1,600 MPN/100 mL 범위로 중앙치는 210 MPN/100 mL이었다.

2) 대장균군의 조성

해수에서 검출되는 오염지표세균의 조성을 파악하면 장관계 병원성 세균의 오염가능성을 예측할 수 있다.

대장균군 확정시험에서 양성시험관으로부터 EMB agar 평판에 확산배양하여 대장균으로 의심되는 218개의 colony를 취하여 IM-ViC test에 의한 분류를 시도한 결과는 Table 4와 같다.

대장균군은 분리된 218개 colony중에서 *Escherichia coli* group이 144군주로 66.1%를 차지하였고, 그 중 Type I 이 56.5%로 제일 많았다. *Citrobacter freundii* group은 24군주로 11.0%, *Enterobacter aerogenes* group이 21군주로 9.69%, 기타 29군주로 13.3%에 해당하였다. 그런데 전형적인 온혈동물의 장관유래균인 *Escherichia coli* type I (IMViC reaction + + - -)이 전체의 56.5%를 차지한 것은 육상으로부터 유입되어온 인축에 의한 분변오염이 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

3) 병원성 세균의 분포

우리 나라 연안 해수에서 병원성 비브리오균이 여름철에 빈번히 검출되고 있음은 여러 보고에서 밝혀지고 있다 (Chang et al., 1986; 1996; Kim et al., 1997a; 1997b). 이 연구에서는 2000년 4월부터 11월까지 병원성 비브리오균 및 다른 병원성 세균의 분포를 조사하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다.

통영항내 해수에서 병원성 세균의 검출을 위하여 해수 1,000 mL를 membrane filter로 여과 집적하여 실험하였다. 통영항내 해수에서 *Salmonella* sp.이나 *Shigella* sp.은 검출되지 않았으며 (data not shown), *Vibrio cholerae* O1 또한 검출되지 않았다. 그러나 *V. cholerae* non-O1은 7월에서 10월 사이에 총 48개 시료 중 5개에서 검출되어 10.4%의 검출율을 나타내었고, *V. parahaemolyticus*는 4월부터 10월 사이에 검출되었으며, 검출율은 35.4%로 가장

**Table 3. The result of bacteriological examination of seawater in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2000**

Date	Coliform group (MPN/100 mL)			Fecal coliform (MPN/100 mL)			Viable cell count (log CFU/mL)	No. of Samples
	Median	Range	%, >230	Median	Range	%, >43		
Jan. 18	540	220~1,600	83.3	380	110~ 540	100	4.2	6
Feb. 17	730	220~1,600	83.3	230	70~1,600	100	4.8	6
Mar. 24	130	23~ 920	50.0	22	11~ 350	66.6	4.1	6
Apl. 13	240	170~ 920	66.7	75	43~ 460	100	4.7	6
May 5	730	350~3,500	100	350	43~1,100	100	5.4	6
Jun. 21	1,100	93~4,600	83.3	180	43~ 240	100	5.3	6
Jul. 26	930	240~4,600	100	240	39~1,100	83.3	6.6	6
Aug. 22	670	240~4,600	100	350	43~1,500	100	6.6	6
Sep. 26	750	93~2,400	83.3	240	75~1,100	100	6.8	6
Oct. 7	240	150~2,100	66.6	150	43~ 460	100	5.2	6
Nov. 18	230	93~1,100	83.3	210	23~ 460	83.3	5.5	6
Dec. 20	240	210~1,100	83.3	93	43~ 210	100	5.3	6
Over all	540	23~4,600	84.3	210	11~1,600	94.4	5.4	72

**Table 4. Classification of coliform group bacteria isolated from seawater in Tongyeong harbor by IMViC reaction**

Coliform types	Composition (%)	No. of strains/ No. of tested strains
<i>Escherichia coli</i> group		
variety I	56.5	123/218
variety II	5.5	12/218
variety III	4.1	9/218
<i>Citrobacter freundii</i> group		
variety I	11.0	24/218
<i>Enterobacter aerogenes</i> group		
variety I	4.1	9/218
variety II	3.2	7/218
variety III	2.3	5/218
Unknown	13.3	29/218

**Table 5. Monthly change and detection rate of pathogenic *Vibrio* spp. from seawater in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2000**

Vibrios	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total	Detection ratio (%)
<i>V. cholerae</i> non-O1	0/6*	0/6	0/6	1/6	1/6	2/6	1/6	0/6	5/48	10.4
<i>V. cholerae</i> O1	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/48	0.0
<i>V. parahaemolyticus</i>	1/6	2/6	2/6	3/6	3/6	4/6	1/6	0/6	17/48	35.4
<i>V. vulnificus</i>	0/6	0/6	0/6	1/6	2/6	2/6	1/6	1/6	7/48	14.6

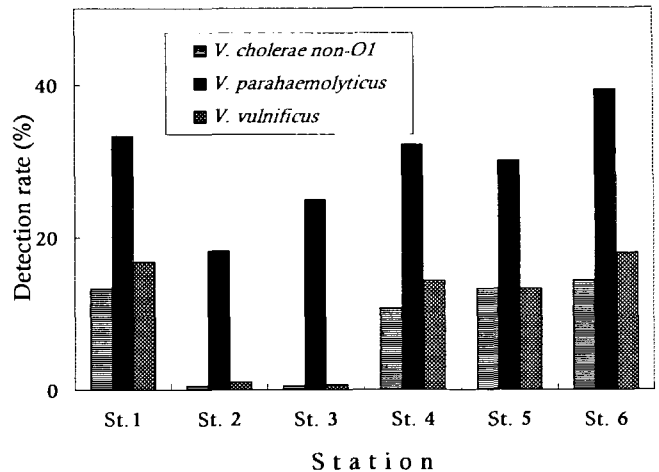
\*Number of positive samples/Number of tested samples.

높았다. *V. vulnificus*는 7월에서 11월 사이에 14.6%의 검출율을 나타내었다. 그래서 통영항에서는 병원성 비브리오균이 4월에서 11월 사이에 지속적으로 검출됨을 알 수 있었고 특히 7월에서 9월 사이에 검출율이 높았으며 10월부터 감소하는 경향을 보였다.

조사지점별 병원성 *Vibrio* 검출율은 *V. parahaemolyticus*는 전 지점에서 18.2~39.3%로 검출율이 비교적 높았으며, 6개 조사지점 중 St. 2와 St. 3에서는 *V. vulnificus*와 *V. cholerae* non-O1은 거의 검출되지 않았고, 그 외 지점에서 *V. vulnificus*와 *V. cholerae* non-O1은 각각 13.3~17.9% 및 10.7~14.3%로 비슷한 검출율을 나타내었다 (Fig. 2).

**고 찰**

Hong (1987)은 반 폐쇄성 만에서 겨울철에는 상층과 하층간의 원활한 해수의 혼합으로 수직간 동질수괴를 형성하나, 여름철에는 일사량의 증가에 따른 표층수온의 상승으로 성층이 형성되어 빈 산소수괴가 형성되며, 이로 인하여 상층과 하층간에 다른 환경이 되어 미소생물의 군집에 영향을 준다고 하였다. Wimpenny et al. (1983)은 미생물의 종류와 군집의 크기는 물리·화학적 환경에 지배되며 미생물의 분포를 알기 위해서는 환경요인을 검토하여야 한다고 하였다.



**Fig. 2. Detection ratio of pathogenic vibrios from seawater in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2000.**

이 조사가 이루어진 통영항은 항내의 수심이 낮고 조류의 소통이 원활하여 상·하층간의 온도차이는 겨울철에는 거의 없었으나, 여름철로 접어들면서 1°C 이상의 차이를 보였다 (data not shown). 용존산소는 5.7~10.1 mg/L로 다른 해역에 비하여 다소 낮게 나타났으나 큰 차이는 없었으며 이것은 통영항이 비교적 해수교환이 빠르게 일어나기 때문으로 판단되었다.

인산인의 농도는 0.56~1.01 µg-at/L로 연평균 농도는 0.71 µg-at/L 이었고, 월별로 큰 차이가 없었는데 이것은 항내에서 식물플랑크톤의 활성이 낮아서 변화가 없는 것으로 판단되었다. 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소의 합으로 나타낸 용존질소는 전 조사기간을 통하여 6.59~10.53 µg-at/L, 평균 7.59 µg-at/L로 나타났다. 이것은 용존 질소량이 한산만에서 0.30~1.97 µg-at/L (평균 0.83 µg-at/L), 북만에서 0.08~19.65 µg-at/L (평균 4.68 µg-at/L)로 보고 (Choi et al., 1997; Choi and Jeong, 1998)된 것보다는 높았고, 진해만에서 보고 (Kim, 1994)된 0.64~107.05 µg-at/L (평균 13.03 µg-at/L)보다 낮았으나 비교적 높은 값을 나타내었다. 저질의 COD는 18.62~48.92 mg/g (평균 32.92 mg/g)으로 Choi et al. (1997)이 한산·거제만 조사에서 보고한 15.37~43.48 mg/g (평균 24.47 mg/g)보다 높았으며 평균농도로 볼 때 부영양화기준인 20 mg/g를 초과하였다. 염분 농도는 월별로 따른 뚜렷한 차이는 없었으나 우기가 건기에 비하여 약간 낮은 경향을 나타내었다. 통영항 내 수질의 물리, 화학적 성질은 주변해역에 비하여 오염도가 높았고, 조사지점별로도 다소 차이가 있었으며, 이러한 것은 도시에서 유입되는 생활 오폐수와 관련이 있는 것으로 추측되었다.

미국의 FDA에서는 패류 양식장의 위생학적 수질에 따라 허가해역, 조건부 허가해역, 제한해역, 금지해역 등으로 나누는데 (US FDA, 1995), 우리나라에서는 허가해역에 해당하는 지역을 청정해역으로 취급하여 수출용 패류생산 지정해역으로 정하고 있다 (Ministry of Agriculture, 1997).

이 조사결과 통영항 해수의 대장균군은 23~4,600 MPN/100 mL (중양치 540 MPN/100 mL)였고, 분변계 대장균은 11~1,600 MPN/100 mL (중양치 210 MPN/100 mL)로 수출용 패류생산지역해역의

허가기준인 대장균군과 분변계대장균수 230/100 mL와 43/100 mL에 비교하였을 때, 기준을 초과하는 비율은 각각 84.3%와 93.1%로 나타났다. 또한 최확수의 중앙값도 70/100 mL을 훨씬 초과하여 허가해역의 세균학적 수질기준에 부적합하므로 수질관리에 관심을 가져야 할 것으로 판단되었다. 또한 해수 중의 생균수는  $3.0 \times 10^4 \sim 6.9 \times 10^6$  CFU/mL로 주변해역에서  $6.3 \times 10^2 \sim 6.3 \times 10^4$  CFU/mL (Choi, 1999)로 보고된 것보다 높게 조사되었다. Sugita et al. (1990)이 Tokyo만에서 미호기성 세균수는 상층에서  $8.5 \times 10 \sim 1.2 \times 10^4$  CFU/mL, 하층에서  $2.1 \times 10 \sim 8.5 \times 10^4$  CFU/mL으로 보고한 바 있는데 이것보다도 높게 나타났다.

통영항내 해수에서 *Salmonella* sp.이나 *Shigella* sp.은 검출되지 않았으나 대장균군형은 분리된 균주중에서 *E. coli* group이 66.1%, 그 중에서 전형적인 온혈동물의 장관유래균인 *E. coli* type I (IM-ViC reaction + + -)이 전체의 56.5%를 차지한 것은 통영항의 해수가 인축의 분변에 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 그리고 조사기간 중 병원성 비브리오 또한 *V. cholerae* non-O1가 10.4%, *V. parahaemolyticus*는 35.4%, *V. vulnificus*는 14.6%의 검출율을 나타내었다. 그리고 통영항에서는 병원성 비브리오균이 4월에서 11월 사이에 지속적으로 검출됨을 알 수 있었고 특히 7월에서 9월 사이에 검출율이 높았으며 10월부터 감소하는 경향을 보였다. Chang and Kim (1977)은 통영지역 해수에서 *V. parahaemolyticus*가 연중 검출된다고 보고한 바 있고, Seong (1997) 또한 통영시의 해수에서 *V. cholerae* O1은 검출되지 않았으나 *V. cholerae* non-O1, *V. parahaemolyticus* 및 *V. vulnificus*는 검출되었고, 특히 *V. parahaemolyticus*가 가장 검출율이 높았다고 보고하여 본 연구에서 나타난 결과와 잘 일치하였다. 따라서 통영항의 해수를 주변 횡집의 수족관의 물로서 사용하기 위해서는 적절한 대책이 있어야 할 것으로 사료된다.

## 요 약

통영항 내의 해수 및 저질의 물리 화학적 해양환경 특성과 해수의 위생지표세균을 비롯한 병원성 세균의 시형결과가 횡집의 수족관의 세균학적 수질에 적합한지에 대하여 검토하였다.

조사기간중 통영항 해수는 수온  $6.8^\circ\text{C} \sim 25.2^\circ\text{C}$ , 투명도 1.0~2.5 m, 화학적산소요구량 1.79~2.41 mg/L, 용존산소 5.7~10.1 mg/L, 용존 질소 6.59~10.53  $\mu\text{g-at/L}$ , 인산염 0.56~1.01  $\mu\text{g-at/L}$ , chlorophyll-a는 1.21~9.54  $\text{mg/m}^3$  범위였으며 염분농도는 30.11~31.47 ‰였다.

통영항 해수의 생균수는 조사기간 중 mL당 log수가 4.2~6.8 ( $3.0 \times 10^4 \sim 6.9 \times 10^6$  CFU/mL) 범위에 평균 5.3이었다. 월별로는 1~3월이 적었고, 7~9월이 많았다. 통영항 내 조사해수의 84.3%와 93.1%가 패류수출해역 수질기준 중 total coliform group과 fecal coliform group의 기준치를 각각 초과하였다.

대장균군형은 *Escherichia coli* group이 66.1%를 차지하였고, 그 중 Type I 이 56.5%, *Citrobacter freundii* group이 11.0%, *Enterobacter aerogenes* group이 9.69%, 기타 29균주로 13.3%에 해당하였다. 그런데 전형적인 온혈동물의 장관유래균인 *E. coli* type I 이 전체의 56.5%를 차지하였다.

통영항내 해수에서 *Salmonella* sp.나 *Shigella* sp. 및 *Vibrio cholerae* O1은 검출되지 않았으나 *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* 및 *V. cholerae* non-O1 등의 검출율은 10.4~35.4%에 달하였다.

## 참 고 문 헌

APHA. 1962. Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish. American Public Health Association, U.S.A., pp. 17~51.

Chang, D.S., I.S. Shin, S.T. Choi and Y.M. Kim. 1986. Distribution and bacteriological characteristics of *Vibrio vulnificus*. J. Korean Fish. Soc., 19, 118~126 (in Korean).

Chang, D.S., C.H. Kim, H.S. Yu, S.H. Kim, E.T. Jeong and I.S. Shin. 1996. Relationship between pathogenic vibrios and zooplankton biomass in coastal area, Korea. J. Korean Fish. Soc., 29, 557~566 (in Korean).

Chang, D.S. and S.J. Kim. 1977. Distribution and physiological characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* in coastal sea of Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 19, 7~40 (in Korean).

Cho, C.H. and Y.S. Kim. 1977. Micro environment in oyster farm area, I. On the eutrophication and raft density in Geoje Bay. J. Korean Fish. Soc., 10, 259~265 (in Korean).

Cho, C.H. and Y.S. Kim. 1978. Environment in oyster farm area Chungmu. J. Korean Fish. Soc., 11, 243~247 (in Korean).

Choi, J.D. 1995. Distribution of marine bacteria and coliform groups in Puksin Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 28, 202~208 (in Korean).

Choi, J.D., W.G. Jeong and P.H. Kim. 1998. Bacteriological study of sea water and oyster in Charan Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 31, 429~436 (in Korean).

Choi, J.D. and W.G. Jeong. 1998. A bacteriological study on the sea water and oyster in Puk Man, Korea. Korean J. Malacol., 14, 19~26.

Choi, J.D. 1999. Marine bacteriological quality and dynamics in Tongyeong coastal area, Gyung-nam, Korea. J. Food Hyg. Safety, 14, 372~379 (in Korean).

Choi, W.J., G.H. Na, Y.Y. Chun and C.K. Park. 1991. Self-purification capacity of eutrophic Buk Bay by DO mass balance. J. Korean Fish. Soc., 24, 21~30 (in Korean).

Choi, W.J., Y.Y. Chun, J.H. Park and Y.C. Park. 1997. The influence of environmental characteristic on the fatness of pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Hansan-Koje Bay. J. Korean Fish. Soc., 30, 794~803 (in Korean).

Choi, W.K., D.S. Chang, J.G. Lee and J.G. Kwon. 1974. Sanitary survey of oyster growing area in Geoje Bay. Bull. Pusan Fish. Coll., 14, 28~42 (in Korean).

Hong, S.S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay system, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 22, 246~256 (in Korean).

Jensen, E.T. 1966. Shellfish and public health. J. Milk and Food Tech., 19, 281~283.

Kim, J.G. 1994. The Eutrophication Modeling for Jinhae Bay in Summer. Ph. D. Thesis of Pukyong National Univ. pp. 54 (in Korean).

Kim, S.J., D.S. Chang, K.S. Kim and J.K. Lee. 1969. Bacteriological survey of shellfish growing area on Puk Man estuary-Chung Mu.

- Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 4, 155~180 (in Korean).
- Kim, S.M., U.Y. Park, M.Y. Park, Y.M. Kim and D.S. Chang. 1997a. Physiological and psychrotrophic characteristics of *Vibrio mimicus* SM-9 isolated from sea water. J. Food Hyg. Safety, 12, 9~14 (in Korean).
- Kim, Y.M., G.B. Choi and D.S. Chang. 1997b. Isolation and identification of novel pathogenic *Vibrio* sp. producing hemolysin. J. Korean Fish. Soc., 30, 361~366 (in Korean).
- Lee, P.Y. 1993. Occurrence and seasonal variation of oxygen-deficient watermass in Wonmun Bay. J. Korean Fish. Soc., 26, 392~400 (in Korean).
- Ministry of Agriculture. 1997. Studies of HACCP System for Improving Sanitary Management of Korean Seafood. Reprinted by Nat. Fish. Res. Dev. Agency., pp. 191~207 (in Korean).
- Seong, H.K. 1997. Studies on the classificatory characteristics and virulence factors of *Vibrio cholerae* non-O1. Ph. D. Thesis of Pukyung National University, 125 pp. (in Korean).
- Sherwood, H.P. 1952. Some observation of the viability of sewage bacteria in relation to self-purification of mussels. Proceeding of Soc. for Appl. Bact., 15, 21~28.
- Song, K.O. and C.K. Park. 1991. A study on the decomposition of organic matter and regeneration of nutrient in seawater. J. Korean Fish. Soc., 24, 356~361 (in Korean).
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1968. A Practical Handbook of Seawater. Fish. Res. Board of Canada. Office of the editor 116 Ligar street, Ottawa 4, Ontario, Canada, pp. 311.
- Sugita, H., N. Okamoto and Y. Deguchi. 1990. Occurrence of micro-aerophilic bacteria in estuarine waters of Tokyo Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 1533 (in Japanese).
- US FDA. 1992. Bacteriological Analytical Manual. 7th ed. AOAC international, U.S.A., pp. 17~140.
- US FDA. 1995. National Shellfish Sanitation Program Manual of Operation. Part I. Sanitation of Shellfish Growing Areas. U.S. A., pp. 1~30.
- Wimpenny, J.W., W.L.T. Robert and C. Philip. 1983. Laboratory model systems for the investigation of spacially and temporally organised microbial ecosystems. In *Microbes in Their Natural Environments*. Cambridge Univ. Press., pp. 67~117.
- Yoo, S.K., J.S. Park, P. Chin, D.S. Chang, C.K. Park and S.S. Lee. 1980. Comprehensive studies on oyster culture in Hansan, Geoje Bay. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 24, 7~46 (in Korean).

---

2001년 9월 10일 접수

2001년 11월 12일 수리