*J. Fd Hyg. Safety 14(4), 372-379 (1999)*

# 통영연근해역의 해양세균학적 수질 및 동태에 관한 연구

최 종 덕†

*경상대학교 수산가공학과, 해양산업연구소*

# Marine Bacteriological Quality and Dynamics in Tongyeong Coastal Area, Gyung-nam, Korea

**Jong-Duck Choi**†

*Department of Marine Food Science and Technology, and Instute of Marine science, Gyeongsang National University, Tong-yeong 650-160, Korea*

**ABSTRACT** – A bacteriological study of sea water and oyster in Tongyeong coastal area was conducted to evaluate sanitary conditions of the bay and compliance of waters with the recommended bacteriological criteria for the designated area of shellfish cultivation. The Samples were collected at 5 zone, 34 sampling stations(Fig. 1) established once a month from September 1997 to August 1998. During the study period, temperature ranged from 6.9 to 23.6°C, transparency ranged from 2.6 to 6.2 m, chemical oxygen demand ranged from 1.35 to 1.82 mg/*l*, dissolved oxygen ranged from 5.0 to 9.9 mg/*l*, dissolved nitrogen ranged from 1.60 to 8.17 μg-at/*l*, phosphate ranged from 0.14 to 1.21 μg-at/*l*, Chlorophyll-a ranged from 2.03 to 69.9 mg/m$^3$, respectively. The coliform group and fecal coliform MPN's of sea water were ranged from <3.0~1,600 and <3.0~540, respectively. The coliform group and fecal coliform MPN's of oysters were ranged from <18~16,000 and <18~2,200, respectively. The viable cell counts in oyster ranged from $1.5\times10^2$ to $8.2\times10^3$. The coliform group, fecal coliform, classification of coliform group with IMViC reactions and pathogenic vibrios were analyzed. 437 strains that were obtained from Tongyeoung coastal area seawater samples represented E. coli group 47.5%, C. freundii group 14.8%, K. aerogenes 10.9%, unknown 26.8%, respectively. During the study period, infectious bacteria such as *Vibrio cholerae*, *Salmonella* sp. and *Shigella* sp. were not detected from the samples, but detection ratios of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* were 12~21% in summer months.

**Key words** □ Oyster, Bacteriological study, Coliform group, *Vibrio vulnificus*

통영연근해역은 서쪽으로 북만, 고성만 및 자란만이, 북동쪽으로는 안정해역과 진해만과 연결되어 있고, 남동쪽으로는 한산만이 위치하고 있다. 통영연근해역은 리아스식 해안선을 갖고 있으며 남해안의 연안수의 영양을 받고 있는 곳이다. 연근해역에서는 조밀한 굴 수하식, 홍합 등 패류양식어장과 우렁쉥이 및 미더덕의 양식어장과 가두리 및 정치망 어장 등이 분포하고 있다.

굴을 비롯한 홍합, 피조개, 바지락 등 패류는 육수의 유입, 공장 폐수, 기타 오물에 오염되기 쉬운 연안 해역에 정착하여 서식하므로 보다 효율적인 위생관리가 필요하다. 오염된 해역에서 생산된 패류는 장질환의 원인이 되고 있다는 것은 오래 전부터 잘 알려진 것이 사실이며(Jensen, 1996; 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 또 패류는 패각을 제외하고 장기관을 포함한 전 생체를 식용하고 있다는 점에서 패류 서식지 해수의 위생적인 관리는 중요한 문제이다.

우리나라에서 양식장이나 연안해수에 대한 물리 화학적 연구보고는 Cho and Kim(1977, 1978)이 수질과 저질의 부영양화에 대하여, Yoo et al.(1980)이 물리, 화학, 생물학적 조사를 그 밖의 많은 연구자들(Choi et al., 1974; Choi et al.,1997; Choi et al., 1991; Kim et al.,1969; Lee, 1993; MacGinitie, 1941; Song and Park, 1991)이 많은 보고를

†Author to whom correspondence should be addressed.

하였으나 패류양식장에서 패류위생과 관련하여 세균학적 보고는 많지 않는 실정이다.

따라서 이 연구에서는 통영연근해역 해수의 물리 화학적 해양환경 특성과 해수 및 양식굴의 위생지표세균, 수인성 전염병균 및 병원성 비브리오균과 대장균군, 생균수 등을 조사하였고, 이 결과가 미국이나 EU시장에 수출할 수 있는 패류생산 지정해역으로서 세균학적 수질이 합당한가를 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 조사해역 및 채수지점

경상남도 통영연근해역의 위치는 Fig. 1에 제시하였고, 조사해역 및 채수지점은 zoneI 북만 6개지점, zoneII 고성만 6개, zoneIII 자란만 6개, zoneIV 안정해역 8개, zoneV 진해만 남부 거제북부해역에서 8개지점을 선정하였다. 이 해역 총 34개지점에서 1997년 9월부터 1998년 8월까지 각 조사정점의 상층수와 하층수 및 저질에 대하여 물리화학적 특성을 분석하였고, 이곳에서 양식되고 있는 굴과 해수에 대하여 세균학적 실험을 실시하였다. 일반 분석용 시료는 전동 수중펌프를 이용하여 2 l용량의 플라스틱 용기에 채수하였고, 세균용 시료는 멸균된 광구시료병에 채수하여 ice-box에 보관하여 실험실로 옮겨 8시간 이내에 실험하였다.

### 실험방법

해수의 수온, 염분, pH, 투명도, 용존산소, Chlorophyll-a 등은 현장에서 상층(표층에서 1 m 부근)과 하층(5 m 이하)으로 구분하여 직접 측정하였고, 부유물질, 화학적 산소요구량, 영양염류는 시료를 실험로 운반하여 분석하였다. 수온 및 용존산소(DO)는 현장에서 DO meter(YSI Co, Model 58)로, 투명도는 Secchi disk로 측정하였다. COD는 알카리성 과망간산칼륨법, Chlorophyll-a는 현장에서 수중펌프로 해수를 공급하면서 Digital 형광광도계(Tuner Designs, Model 10-AU)로 직접측정하였다. 영양염류는 GF/C여과지(직경 47 mm)로 시료 500 ml를 여과하여 Strickland and Parsons(1968)법에 따라 암모니아질소(인도페놀법), 아질산질소(Sulfanilamide와 N-(1-naphthyl)-ethylendiamine을 이용한 NED법), 질산질소(Cd-Cu 환원칼럼을 이용한 카드늄환원법), 인산인(Ascorbic acid법) 등을 분광광도계(Shimadzu UV-160A)로 측정하였다. 저질의 강열감량은 회화법, 화학적 산소요구량은 알카리성 과망간산칼륨법, 황화수소는 검지관법으로 분석하였다. 생균수(Viable Cell Count, VC)의 측정은 시료를 PPES-II배지에서 7일간 배양한 후 나타난 집락을 CFU(Colony Forming Unit)로 계산하였다. 병원성 세균분석 시험은 미국 FDA(1992)의 Bacteriological Analytical Manual에 준하였고, 대장균군(이하 coliform group)과 분변계 대장균(이하 fecal coliform)은 미국 APHA

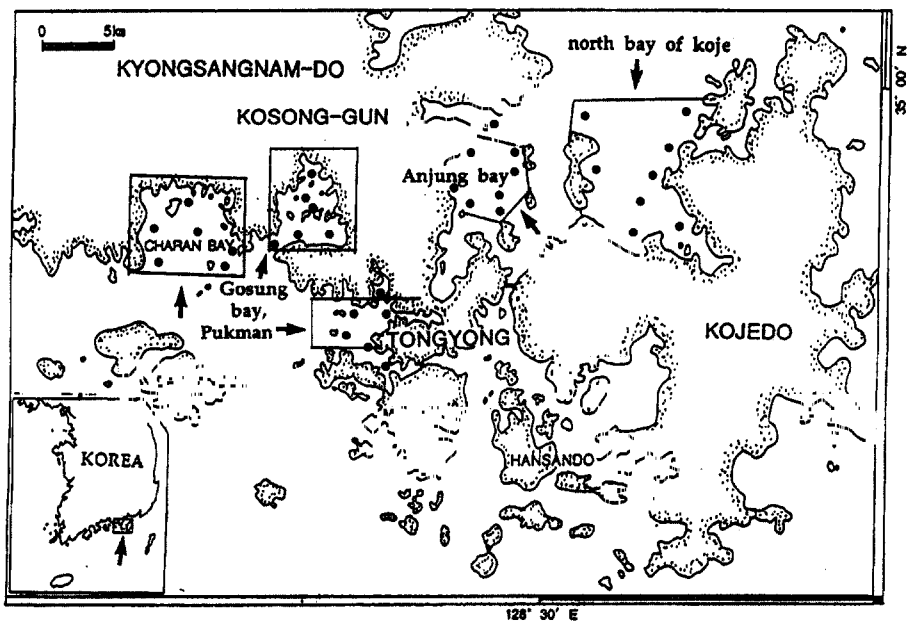


**Fig. 1. Location of Tongyeoug coastal area, Gyung-nam, Korea.**

**Table 1. Mean values of water quality in Tongyeoug coastal area, Gyung-Nam, 1997~1998, Korea**

| Date | Temp.(℃) | Trans.(m) | SS(mg/l) | COD(mg/l) | DO(mg/l) | Sal.(‰) | Nutrients(μg-at/l) | | | | Chl.-a(mg/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | $NO_2$-N | $NO_3$-N | $NH_4$-N | $PO_4$-P | |
| Sep. 26 | 21.8 | 3.9 | 27.6 | 1.82 | 6.9 | 32.31 | 0.64 | 1.51 | 2.86 | 0.78 | 13.5 |
| Oct. 31 | 15.2 | 6.2 | 18.2 | 1.49 | 8.7 | 33.42 | 0.18 | 1.18 | 3.74 | 1.21 | 9.91 |
| Nov. 22 | 13.7 | 4.1 | 19.5 | 1.35 | 9.7 | 33.10 | 0.37 | 0.96 | 6.84 | 0.14 | 4.76 |
| Dec. 20 | 9.6 | 4.0 | 22.9 | 1.54 | 8.8 | 32.78 | 0.69 | 2.17 | 1.92 | 1.02 | 8.22 |
| Jan. 20 | 6.9 | 3.7 | 23.4 | 1.43 | 9.9 | 33.13 | 0.28 | 0.77 | 2.39 | 0.28 | 2.03 |
| Feb. 19 | 7.4 | 5.7 | 21.6 | 1.71 | 9.9 | 33.56 | 0.31 | 0.31 | 0.98 | 0.43 | 7.30 |
| Mar. 28 | 10.6 | 4.6 | 21.0 | 1.65 | 7.0 | 33.12 | 0.13 | 0.64 | 3.13 | 0.30 | 6.71 |
| Apr. 25 | 15.2 | 3.5 | 23.5 | 1.68 | 7.1 | 31.26 | 0.65 | 0.85 | 3.91 | 0.46 | 12.7 |
| May. 30 | 19.4 | 2.5 | 28.3 | 1.38 | 5.0 | 31.12 | 0.29 | 0.36 | 4.58 | 0.28 | 69.9 |
| Jun. 29 | 21.5 | 3.4 | 26.7 | 1.67 | 7.9 | 29.13 | 0.43 | 2.73 | 0.36 | 0.56 | 5.75 |
| Jul. 30 | 23.5 | 3.8 | 42.6 | 1.54 | 5.6 | 28.92 | 0.20 | 0.68 | 2.02 | 0.59 | 9.13 |
| Aug. 27 | 23.6 | 6.0 | 20.6 | 1.60 | 6.5 | 27.76 | 0.50 | 1.56 | 1.01 | 0.77 | 7.43 |

Trans : Transparency, COD : Chemical Oxygen Demand
DO : Dissolved Oxygen, Chl.-a : Chlorophyll-a

**Table 2. COD, sulfide and ignition loss in the sediment of Tongyeoug coastal area, Gyung-Nam, 1997~1998, Korea**

| Date | COD | $H_2S$ | Ignition loss |
|---|---|---|---|
| | (mg/l) | (mg/l) | (%) |
| 1997 Oct. | 14.80 | 0.15 | 7.7 |
| 1998 Apr. | 13.45 | 0.17 | 8.2 |
| Means | 14.13 | 0.16 | 8.0 |

의 Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish(1962)에 따랐다.

## 결 과

### 통영연근해역 해수 및 저질의 일반적 성상

실험기간 중 통영연근해역의 상층과 하층(5 m이하) 해수에 대한 평균수온, 염분, 투명도, DO, COD, 영양염류 측정결과는 Table 1과 같다.

조사해역의 수온은 조사기간중 최저 6.9℃에서 최고 23.6℃ 중앙치 15.2℃였으며 1월이 낮았고, 8월이 가장 높았다. 수층별 온도는 조사기간중 상층수와 하층수의 온도차이는 적었으나 2월에서 8월로 가면서 상하층의 온도차이가 커지다가 9월부터 다시 작아지는 경향을 보였다. 염분농도는 최저 27.76‰, 최고 33.56‰, 중앙치 31.78‰이었으며 2월이 높았고 7월 8월이 낮았다. pH는 최저 7.81, 최고 8.45 범위로 뚜렷한 차이는 없었으나 월별로는 7, 8월이 다소 낮게 나타났다. 용존산소는 최저 5.0 mg/l, 최고 9.9mg/l, 중앙치 7.1mg/l였으며 7월이 가장 낮은 값을 나타내었다. 화학적산소요구량은 최저 1.35mg/l, 최고 1.82mg/l, 중앙치 1.54mg/l로 해역별로는 다소 차이가 있었으나 월별로는 큰 차이가 없었다. 부유물질은 18.2~42.6mg/l 범위, 중앙치 23.2mg/l였고 하층이 상층에 비하여 높게 나타났고 월별로는 7월에 높게 나타났다. 투명도는 2.5~6.2 m, 중앙치 3.9 m로 10월이 높았고 3월과 4월이 낮았다. 클로로필은 2.03~69.9 mg/m$^3$, 중앙치 7.83 mg/m$^3$로 조사되었다. 월별로는 5월에 높았고, 1월에 낮았다. 인산염의 농도는 0.14~1.21 μg-at/l, 중앙치가 0.50 μg-at/l로 하층이 상층에 비하여 다소 높은 편이었으며 10월이 높았고 1월이 낮았다. 암모니아 질소는 0.36~6.84 μg-at/l, 중앙치 2.63 μg-at/l이였다. 아질산성 질소는 0.13~0.69 μg-at/l범위로 중앙치는 0.33 μg-at/l였다. 질산성 질소는 0.31~2.73 μg-at/l범위, 중앙치 0.91 μg-at/l였으며 용존질소는 최저 1.60 μg-at/l, 최고 8.17 μg-at/l, 중앙치 3.71 μg-at/l로 조사되었다.

통영연근해역의 저질을 채취하여 측정한 저질의 강열감량, COD 및 황화물은 Table 2와 같다.

조사해역 저질의 화학적산소요구량은 13.45~14.80 mg/g으로 부영향기준인 20.0 mg/g(Choi et al., 1997)이내에 있었고, 황화물 역시 0.15~0.17 mg/g범위로 부영양기준인 0.20 mg/g이내의 농도를 보였다. 강열감량도 5.5%~9.8%, 평균 8.0%로 해역에 따라 다소 차이는 있었지만 비교적 낮은 값을 나타내었다.

### 해수의 세균학적 성상

#### 생균수

해수의 월별 상층과 하층에서 생균수는 조사기간중에 상층에서 해수 ml당 Log수가 2.8~4.8($5.0\times10^2$~$6.3\times10^4$/ml) 범위에 평균 3.8이었고, 하층에서 2.8~4.8($6.3\times10^2$~$6.3\times$

**Table 3. MPN's of total coliform and fecal coliform of sea water in Tongyeoug coastal area, Gyung-Nam, 1997~1998, Korea**

| Date | Coliform group MPN/100 ml | | | Fecal coliform MPN/100 ml | | | Log No. of Viablecell count | No. of Samples |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Median | Range | %, >230 | Median | Range | %, >43 | | |
| Sep. 26 | <3.0 | <3.0~240 | 2.8 | <3.0 | <3.0~15 | - | 3.3 | 36 |
| Oct. 31 | <3.0 | <3.0~150 | - | <3.0 | <3.0~24 | - | 2.8 | 36 |
| Nov. 22 | <3.0 | <3.0~240 | 2.8 | <3.0 | <3.0~24 | - | 3.5 | 36 |
| Dec. 20 | 21 | <3.0~150 | - | <3.0 | <3.0~43 | 2.8 | 3.9 | 36 |
| Jan. 20 | 3.6 | <3.0~240 | 2.8 | <3.0 | <3.0~15 | - | 3.5 | 36 |
| Feb. 19 | 3.0 | <3.0~150 | - | <3.0 | <3.0~15 | - | 4.3 | 36 |
| Mar. 28 | <3.0 | <3.0~460 | 11.1 | <3.0 | <3.0~150 | 5.6 | 4.1 | 36 |
| Apr. 25 | 9.3 | <3.0~1,600 | 13.9 | <3.0 | <3.0~210 | 5.6 | 4.8 | 36 |
| May. 30 | 3.0 | <3.0~1,100 | 11.1 | <3.0 | <3.0~540 | 8.3 | 4.0 | 36 |
| Jun. 29 | 91 | 9.1~1,100 | 11.1 | <3.0 | <3.0~210 | 5.6 | 3.2 | 36 |
| Jul. 30 | 3.0 | 9.1~1,100 | 16.7 | <3.0 | <3.0~460 | 8.3 | 3.5 | 36 |
| Aug. 27 | 3.0 | 3.0~1,100 | 13.9 | <3.0 | <3.0~240 | 8.3 | 4.3 | 36 |
| Over all | 3.0 | <3.0~1,600 | 7.2 | <3.0 | <3.0~540 | 3.7 | 3.8 | 432 |

**Table 4. MPN's of total coliform and fecal coliform of sea water in Tongyeoug coastal area each Zone, Gyung-Nam, 1997~1998, Korea**

| Zone | Coliform group MPN/100 ml | | | Fecal coliform MPN/100 ml | | | Log No. of Viable cell count | No. of Samples |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Median | Range | %, >230 | Median | Range | %, >43 | | |
| Zone I | 3.6 | <3.0~1,100 | 25.0 | <3.0 | <3.0~460 | 19.4 | 4.3 | 72 |
| Zone II | 3.6 | <3.0~1,100 | 6.9 | <3.0 | <3.0~93 | 5.6 | 3.8 | 72 |
| Zone III | 3.6 | <3.0~460 | 3.3 | <3.0 | <3.0~240 | 4.3 | 3.9 | 92 |
| Zone IV | <3.0 | <3.0~460 | 13.5 | <3.0 | <3.0~93 | 6.3 | 3.9 | 96 |
| Zone V | 3.6 | <3.0~1,100 | 12.0 | <3.0 | <3.0~93 | 9.0 | 4.1 | 100 |
| Over all | 3.6 | <3.0~1,600 | 7.2 | <3.0 | <3.0~460 | 3.7 | 3.8 | 432 |

$10^4$/ml)범위에 평균 3.6으로 상층이 다소 많았다. 월별로는 6월부터 8월이 많았고 2월이 적었다.

**위생지표세균**

조사해역 전체 해수에 대한 대장균군, 분변계 대장균 실험결과를 월별로 구분하여 Table 3에 나타내었다.

해역전체로 볼 때 대장균군은 <3.0~1,600 MPN/100 ml 범위로 중앙치는 <3.0 이하였다. 분변계 대장균은 <3.0~540 MPN/100 ml범위로 중앙치는 <3.0이었고 최고치는 540이었다. 이 실험결과 수출용 패류생산지역해역의 허가기준인 대장균군과 분변계대장균수 230/100 ml와 43/100 ml을 초과하는 시료는 432개 시료 중 31개와 16개로 각각 7.2%와 3.8%로 나타났다. 최확수의 중앙값 70을 초과하지 않았고 기준 초과시료수도 5%미만으로 허가해역의 세균학적 수질기준에 합당하였다. 이들을 조사해역으로 볼 때 zone I인 북만해역에서는 대장균군과 분변계 대장균이 25.0%와 19.4% 기준치를 초과하고 있었고 그밖의 해역에서는 초과하지는 않았으나 10%에 가까운 수치를 보여 해역의 수질관리에 관심을 가져야 할 것으로 판단되었다.

해역별 해수에 대한 대장균군, 분변계 대장균군은 Table 4와 같다.

해수의 지역별 분변계 대장균군 및 대장균군의 분포는 도시와 인접하여 있는 Zone I이 25.0과 19.4%로 현저하게 높았고 그밖의 지역은 비교적 낮게 나타났다. Zone I이 높게 나타난 것은 통영시에서 주변 해역으로 유입되는 생활오하수의 영향을 가장 많이 받는 것으로 판단되었다.

**대장균의 조성**

통영 연근해역 해수에서 검출되는 오염지표세균의 조성을 파악하면 *Salmonella* sp., *Shigella* sp.등 병원성 세균의 오염가능성을 예측할 수 있다.

대장균군 확정시험에서 양성시험관으로부터 EMB agar 평판에 획선배양하여 대장균으로 의심되는 432개의 colony를 따서 IMViC test에 의한 분류를 시도한 결과는 Table 5와 같다.

대장균군형은 분리된 432개 colony중에서 *Escherichia coli* group이 204균주로 47.2%를 차지하여고 그중 Type I이 38.0%로 제일 많았고, *Klebsiella aerogenes* group이 47균주로 10.9%, *Citrobacter freundii* group이 64균주로 14.8%, 기타 116균주로 26.8%에 해당하였다. 그런데 전형

**Table 5. Classification of Coliform bacteria isolated from sea water at Tongyeoug coastal area by IMViC reaction**

| Coliform types | Composi-tion(%) | No. of strains/ No. of tested strains |
|---|---|---|
| Escherichia coli group | | |
| variety i | 38.0 | 164/432 |
| variety ii | 5.8 | 25/432 |
| variety iii | 3.7 | 16/432 |
| Citrobacter freundii group | | |
| variety i | 14.8 | 64/432 |
| Klebsiella aerogenes group | | |
| variety i | 4.9 | 21/432 |
| variety ii | 3.5 | 15/432 |
| variety iii | 2.5 | 11/432 |
| etc. | 26.8 | 116/432 |

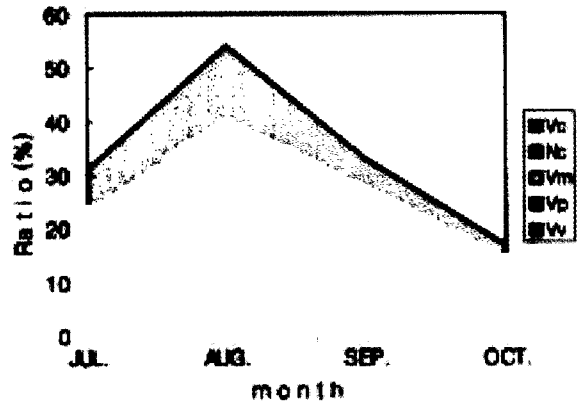


**Fig. 2. Detection ratio of pathogenic vibrios from sea water in Tongyeoug coastal area, Gyung-Nam, 1997~1998, Korea.**
*V.v : Vibrio vulnificus* *V.c : Vibrio cholerae*
*V.p : Vibrio parahaemolyticus* *V.m : Vibrio mimicus*
*N.c : NAG vibrio*

적인 온혈동물의 장관유래균인 IMViC reaction ++--인 *Escherichia coli* type I이 전체의 38.0%를 차지한 것은 인축에 의한 분변오염이 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

### 병원성 세균의 검출

우리나라 연안 해수에서 병원성 비브리오균이 여름철에 빈번히 검출되고 있음은 여러 보고에서 밝혀지고 있다 (Chang et al., 1986; Chang et al., 1996; Kim et al., 1997a; 1997b). 이 연구에서는 1995년 6월, 7월, 8월 등 여름철을 중심으로 병원성 비브리오균 및 다른 병원성 세균의 분포를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다.

통영연근해역 해수에 있어서 *Salmonella* sp.이나 *Shigella* sp.은 검출되지 않았으며(data not shown), *Vibrio cholerae* 또한 검출되지 않았다. 그러나 *V. parahaemolyticus, V. vulnificus, V. mimicus* 등은 9~22%의 검출율을 나타내었으며, 특히 패혈증 비브리오균인 *V. vulnificus*는 8월에 검출율이 17%에 달하여 주의를 요하였다.

### 굴의 생균수와 대장균군

통영연근해역에서 양식되고 있는 굴 중의 월별 생균수 및 대장균군은 Table 6과 같다.

대장균군의 MPN은 최소 <18에서 최대 16,000, 중앙치 47로 나타났고, 분변계 대장균군은 최소 <18에서 1,400으로 중앙치가 <18로 나타났다. 월별로는 1, 2, 3, 4월이 낮게 나타났고, 6, 7, 8월이 높게 나타났다. 이것은 해수의 온도와 관련이 있는 것으로 판단되었다.

**Table 6. Bacteriological examination of oyster in Tongyeoug coastal area, Gyung-Nam, 1997~1998, Korea**

| Data | Coliform group MPN/100 ml | | Fecal coliform MPN/100 ml | | Colony forming unit ($ml^{-1}$) | No. of Samples |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Range | Median | Range | Median | | |
| Sep.26 | 20~230 | 78 | <18~20 | <18 | 410 | 6 |
| Nov. 3 | 20~130 | 33 | <18~20 | <18 | 300 | 8 |
| Nov.22 | 40~130 | 45 | <18~78 | <18 | 350 | 8 |
| Dec.20 | 45~78 | 62 | <18~20 | <18 | 320 | 6 |
| Jan.20 | <18~<18 | <18 | <18~<18 | <18 | 160 | 8 |
| Feb.19 | <18~45 | 19 | <18~18 | <18 | 150 | 8 |
| Mar.28 | <18~<18 | <18 | <18~<18 | <18 | 480 | 6 |
| Apr.25 | <18~<18 | <18 | <18~<18 | <18 | 320 | 4 |
| May.30 | 20~68 | 45 | <18~18 | <18 | 310 | 6 |
| Jun.20 | 3,500~16,000 | 5,400 | <18~<18 | <18 | 620 | 6 |
| Jul.30 | 2,400~16,000 | 3,500 | 330~2,200 | 1,400 | 8,200 | 8 |
| Aug.27 | 330~3,500 | 330 | 130~1,700 | 170 | 3,900 | 8 |
| Over all | <18~16,000 | 47 | <18~2,200 | <18 | 330 | 82 |

생굴 중의 월별 생균수의 변화는 9월이 $4.1\times10^2$, 10월 $3.0\times10^2$, 11월 $5.4\times10^2$, 12 $3.2\times10^2$, 1월 $1.6\times10^2$, 2월 $1.5\times10^2$, 3월 $4.8\times10^2$, 4월 $3.2\times10^3$, 5월 $3.1\times10^2$, 6월 $6.2\times10^2$, 7월 $8.2\times10^3$, 8월 $3.9\times10^3$/g으로 나타났다. 생균수는 7월과 8월이 각각 $8.2\times10^3$/g, $3.9\times10^3$/g으로 높게 나타났고 그외는 큰 차이가 없었다. 생굴중의 생균수의 변화도 역시 수온과 다소 관련이 있는 것으로 추측되었다.

## 고 찰

Wimpenny et al.(1983)은 미생물의 종류와 군집의 크기는 물리·화학적 환경에 지배되며 미생물의 분포를 알기 위해서는 환경요인을 검토하여야 한다고 하였다. Hong (1987)은 반 폐쇄성 만에서 겨울철에는 상층과 하층간의 원활한 해수의 혼합으로 수직간 동질수괴를 형성하나, 여름철에는 일사량의 증가에 따른 표층수온의 상승으로 성층이 형성되어 빈산소수괴가 형성되며, 이로 인하여 상층과 하층간에 다른 환경이 되어 미소생물의 군집에 영향은 준다고 하였다. 이 조사에서도 상하층간의 온도차이가 2월, 3월 0.1℃, 4월, 5월 0.6℃, 7월 3.6℃, 8월 1.2℃의 차이를 보였고, 용존산소도 2월 10.0 mg/l에서 차차감소하여 7월에 5.4 mg/l로 가장 낮은 값을 형성하여 여름철에 일부 조사점에서 빈산소수괴형성을 확인할 수 있었다. 투명도는 5월과 6월에 다소 높았고 11월에 낮게 나타났으며, 북만보다는 높았으나 사량도 주변해역에 비하여 낮았다.

인산인의 농도는 상층에서 0.32~1.13 μg-at/l, 하층 0.39~1.18 μg-at/l로 연평균 농도 0.69 μg-at/l였다. 인산인은 7월이 전월에 비하여 현저하게 감소하였는데 이것은 식물플랑크톤이 활발하게 증식하기 때문으로 판단되었다. 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소의 합으로 나타낸 용존질소는 전 조사기간을 통하여 상층에서 1.81~7.55 μg-at/l, 하층에서 1.42~8.22 μg-at/l, 평균 4.94 μg-at/l로 나타났다. 이것은 Park(1975)이 한산만에서 보고한 0.30~1.97(평균 0.83) μg-at/l보다 높았고, Kim(1994)이 진해만에서 조사 보고한 0.64~107.05(평균 13.03) μg-at/l보다 낮았으며, Choi et al.(1997)이 보고한 0.08~19.65(평균 4.68) μg-at/l와 비슷하였다. 저질의 COD는 11.89~15.82 mg/g(평균 13.91 mg/g)으로 Choi et al.(1997)이 한산·거제만 조사에서 보고한 15.37~43.48(평균 24.47) mg/g 보다 낮았으며 평균농도로 볼 때 부영양화기준 20 mg/g 이내에 있었다.

통영연근해역의 물리 화학적 성질은 주변해역과 다른 특징은 없었으나 조사지점별로는 다소 차이가 있었다. 조사해역의 수질과 저질은 연안과 가까운 곳일수록 오염이 심하였고 멀어질수록 깨끗하였다. 이것은 연안에서 유입되는 생활 오하수와 관련이 있는 것으로 추측되었다. 염분농도는 월별에 따른 뚜렷한 차이는 없었으나 우기가 건기에 비하여 약간 낮은 경향을 나타내었으며 전반적으로 염분농도는 장염비브리오 균의 증식에는 알맞으나 10‰부근의 염분농도에서 잘 증식하는 패혈증 비브리오 균이나 NAG Vibrio 증식에는 약간 높은 경향을 나타내었다.

미국의 FDA에서는 패류 양식장의 위생학적 수질에 따라 허가해역, 조건부 허가해역, 제한해역, 금지해역 등으로 나누는데(FDA, 1995), 우리나라에서는 허가해역에 해당하는 지역을 청정해역으로 취급하여 수출용 패류생산 지정해역으로 정하고 있다(Ministry of Agriculture). 통영연근해역은 zone I 인 북만을 제외하면 청정해역으로 판단되고 있으나 연안에 가까운 조사지점에서는 주변에서 유입되는 육수의 영향을 받고 있는 것으로 판단되었다. 현재는 비교적 안정된 수질을 유지하고 있으나 앞으로 유역의 인구가 증가하고 주변유역에서 오염물질이 계속적으로 유입된다면 제한해역으로 될 가능성이 높았다. 우리 나라 대미수출용 패류생산을 위하여 지정한 해역은 강우량이 15 mm이상일 경우, 패류 채취를 강우 종료시부터 24시간동안 금지하는 조건을 제시하고 있다. 이 실험에서도 data는 제시하지 않았으나 Park(1990)이 보고한 바와 같이 7월과 8월에 대장균군의 현저한 증가를 볼 수 있었다. Choi(1995)가 북신만에서 분변세균이 해양으로 유입된 후 감소되는 경향을, Jorge et al.(1991)은 해수에서 분변세균의 사망을 보고한 바 있는 데 이것을 확인할 수 있었다. 해수중의 생균수는 상층에서 $5.0\times10^2$~$6.3\times10^4$/ml, 하층에서$6.3\times10^2$~$6.3\times10^4$/ml로 조사되었다. Sugita et al.(1990)이 Tokyo만에서 미호기성 세균수는 상층에서 $8.5\times10$~$1.2\times10^4$CFU/ml, 하층에서 $2.1\times10$~$8.5\times10^4$CFU/ml으로 보고한 바 있는데 이것과 비슷한 경향을 보였다.

통영연근해역 생굴 중의 생균수는 $1.5\times10^2$~$8.2\times10^3$/g으로 나타났다. Okuzumi et al. (1979)이 해수의 생균수는 $2.6\times10^3$~$4.0\times10^5$/g, 저질에서는 $1.5\times10^6$~$1.2\times10^8$/g, 시판굴에서 $1.7\times10^5$~$2.4\times10^6$/g으로 보고하였고, Sugita et al.(1990)이 연안 이매패의 세균상의 조사에서 세균은 생식수역의 영향을 많이 받으며 양식수역 해수의 생균수는 PYBG배지에서 $2.5\times10^3$~$1.3\times10^4$/g을 보고한 바 있다. 이 연구에서는 Okuzumi보다는 낮았고, Okawa et al.(1980)과는 비슷하였으며 수치의 차이를 나타낸 것은 배지의 조성에 차이로 추측되었다.

비브리오 검출 실험은 해수 1 ml당 검출될 확률이 매우 낮으므로 검출율을 높이기 위해서 해수 1,000 ml를 membrane filter로 여과 집적하여 실험하였다. *Vibrio cholerae*는 검출되지 않았으나 *V. parahaemolyticus*, *V.*

*vulnificus*, *V. mimicus* 등은 9~21%의 검출율을 나타내었다. 특히 패혈증 비브리오균인 *V. vulnificus*균도 8월에는 검출율이 약 17%가 된다는 것에 유의하여야 할 것으로 판단되었다

## 감사의 글

이 논문은 1997년도 학술진흥재단의 공모과제 연구비(지방대학 육성)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## 국문요약

통영연근해역 해수의 물리 화학적 및 미생물학적 특성과 자란만에서 양식되고 있는 굴에 대한 세균학적 품질을 조사하여 수출용 패류생산지정 해역수질에 합당한가를 파악함과 동시에 위생지표세균의 조성, 병원성 세균 등을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. 조사기간중 통영연근해역 해수의 수온은 6.9℃~23.6℃, 투명도는 2.6~6.2 m, COD 1.35~1.82 mg/l, DO 5.0~9.9 mg/l, 용존질소 1.60~8.17 μg-at/l, 인산염 0.14~1.21 μg-at/l, Chlorophyll-a는 2.03~69.9 mg/m$^3$ 범위였으며 염분농도는 27.76~33.56 였다. 통영연근해역 해수의 세균학적 수질은 수출용 패류의 생산해역의 수질기준에 합당하였다. 대장균군 최확수의 범위와 중앙치는 해수 100 ml당 각각 <3.0~1,600, <3.0이였으며 230을 초과하는 시료의 비율은 7.2%였고, 분변계대장균의 경우는 <3.0~540, <3.0이였으며 43을 초과하는 시료의 비율은 3.8%로 한계치 10%이내에 있었다. 해수중의 생균수는 해수 ml당 상층에서 $5.0\times10^2$~$6.3\times10^4$/ml, 평균 3.6이었고, 하층에서 $6.3\times10^2$~$6.3\times10^4$/ml)범위에 평균 4.0으로 하층이 다소 많았다. 월별로는 6월부터 8월이 많았고 2월이 적었다. 분리된 대장균군의 분류결과 *Escherichia coli* type I이 약 38.02%나 되어 오염원의 주류가 분변오염임을 알 수 있었다. 그외에 살모넬라, 시겔라, 콜레라균 등 수인성 병원세균은 검출되지 않았다. 그리고 병원성 비브리오균은 여름철인 7~9월 사이에는 시료의 9~21%에서 양성으로 나타났다. 굴에 대한 세균조사 결과 굴 1 g당 생균수는 $1.4\times10^2$~$7.5\times10^3$범위였고 대장균군의 최확수는 굴 100 g당 <18~16,000, 중앙치는 47, 분변계 대장균은 <18~1,400, 중앙치는 <18로 각각 조사되었다.

## 참고문헌

1. APHA. 1962. Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish. American Public Health Association, U.S.A. pp. 17-51.
2. Chang, D.S., I.S. Shin, S.T. Choi and Y.M. Kim. 1986. Distribution and Bacteriological Characteristics of *Vibrio vulnificus*. *J. Kor. Fish. Soc.* **19**(2), 118-126 (in Korean).
3. 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. Kor. Fish. Soc.* **29**(5), 557-566 (in Korean).
4. Cho, C.H. and Y.S.Kim. 1977. Micro Environment in Oyster Farm Area, 1. On the Entrophication and raft density in Geoje Bay. *J. Kor. Fish. Soc.* **10**(4), 259-265 (in Korean).
5. Cho, C.H. and Y.S.Kim. 1978. Eenvironment in Oyster Farm Area Chungmu. *J. Kor. Fish. Soc.* **11**(4), 243-247 (in Korean).
6. Choi, J.D., 1995. Distribution of Marine Bacteria and Coliform Groups in Puksin Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* **28**(2), 202-208 (in Korean).
7. Choi, J.D., W.G. Jeong and P.H.Kim. 1998. Bacteriological Study of Sea Water and Oyster in Charan Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* **31**(3), 429-436(in Korean).
8. 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**(1), 19-26.
9. 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. Kor. Fish. Soc.* **24**(1), 21-30 (in Korean).
10. 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-Koge Bay. *J. Kor. Fish. Soc.* **30**(5), 794-803 (in Korean).
11. 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**(1), 28-42 (in Korean).
12. FDA. 1992. Bacteriological Analytical Manual. 7th ed. AOAC international, U.S.A. pp. 17-140.
13. FDA. 1995. National Shellfish Sanitation Program Manual of Operation. Part I. Sanitation of Shellfish

Growing Areas. U.S.A. pp 1-30.

14. Hong, S.S. 1987. Summer Oxygen Defficiency and Benthic Biomass in the Chinhae Bay System, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea* **22**(4), 246-256 (in Korea).
15. J ensen, E.T. 1966. Shellfish and Public Health. *J. Milk and Food Tech.* **19**, 281-283.
16. Jorge, G.L., M. Patricia, P. Servais and G. Billen. 1991. Mortality of Fecal Bacteria in Seawater. *Appl. Environ. Microbiol.*, **57**(3), 885-888.
17. Kim, J.G. 1994. The Eutrophication modeling for Jinhae Bay in Summer. Ph. D. Thesis, Pukyong Univ. pp.54 (in Korean).
18. 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. and Develop. Agency. **4**, 155-180 (in Korean).
19. 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**(1), 9-14 (in Korean).
20. Kim, Y.M., G.B. Choi and D.S. Chang. 1997b. Isolation and Identification of Novel Pathogenic Vibrio sp. Producing Hemolysin. *J. Kor. Fish. Soc.* **30**(3), 361-366 (in Korean).
21. Lee, P.Y. 1993. Occurrence and Seasonal Variation of Oxygen-Deficient Watermass in Wonmun Bay. *J. Kor. Fish. Soc.* **26**(4), 392-400 (in Korean).
22. MacGinitie, G.E. 1941. On the Method of Feeding of Four Pelecypods. Biol. Bull. Woods Hall. **80**, 18-25.
23. Ministry of Agriculture. 1997. Studies of HACCP System for Improving Sanitary Management of Korean Seafood. Reproted by National Fish. Res. and Develop. Agency. pp 191-207 (in Korean).
24. Ogawa, H., H. Tokuno, M. Sasaki and T. Kishimoto. 1980. Distribution Enteropathogenic *E. coli* in Oyster Farm Areas. Relation of E. coli MPN to Enteropathogenic *E. coli* contamination. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* **21**, 5-12 (in Japanese).
25. Okuzumi, M., H. Nakaizumi and H. Koike. 1979. Bacterial flora of Culture-Oyster(Pacific oyster, *Crassostrea gigas*). Nippon Suisan Gakkaishi. **45**(9), 1189-1194 (in Japanese).
26. Park, C.K. 1975. Study on the Characteristic Distribution of Phosphates in Jinhae Bay. *J. Kor. Fish. Soc.* **8**(2), 68-72 (in Korean).
27. Park, J.H. 1990. Bacteriological Quality Study of Sea Water and Oyster in Association with Rainfall in Kamakman. Thesis for M. S. degree. Graduate School of National Fish. Univ. of Pusan. Korea, pp 13-25 (in Korean).
28. Sherwood, H.P. 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.
29. Song, K.O. and C.K. Park. 1991. A Study on the Decomposition of Organic Matter and Regeneration of Nutrient in Seawater. *J. Kor. Fish. Soc.* **24**(5), 356-361 (in Korean).
30. 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.
31. Sugita, H., N. Okamoto and Y. Deguchi. 1990. Occurrence of Microaerophilic Bacteria in Estuarine Waters of Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi.* **56**(9), 1533 (in Japanese).
32. 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.
33. 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. and Develop. Agency.* **24**, 7-46 (in Korean).