

# 삼천포만 인근해역과 저질토에서 종속영양세균과 분변성 기원 세균의 분포

박 석 환 · 이 건 형\*

군산대학교 자연대학 과학기술학부

## Distribution of Population Densities of Heterotrophic Bacteria and Fecal-Origin Bacterial Group in Seawater and Sediments near Samcheonpo Bay

Suhk-Hwan Park and Geon-Hyoung Lee\*

Department of Biology, College of Natural Sciences, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

**Abstract** - Distribution of population densities of heterotrophic bacteria, *E. coli*, and *Salmonella* and *Shigella* in seawater and sediments at 40 stations near Samcheonpo Bay were measured for 3 times from July to December, 2003. Population densities of heterotrophic bacteria in seawater during survey periods were in the range of  $1.7 \pm 0.9 \times 10^3 \sim 2.4 \pm 0.9 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup> and the highest density was shown at St. 34 during the sampling period of September, 2003. Population densities of heterotrophic bacteria were shown higher values on September than those of July and December at all sampling stations. Population densities of anaerobic heterotrophic bacteria in sediments during survey periods were in the range of  $2.2 \pm 0.2 \times 10^3 \sim 2.0 \pm 0.2 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup> and their population densities at sampling stations far from Samcheonpo Bay measured lower values than those near Samcheonpo Bay. Population densities of anaerobic heterotrophic bacteria in the sediments were not affected by physico-chemical factors of upper water environment. *E. coli* were detected only at 8 stations in seawater and 4 stations in the sediments among 40 sampling stations on July and were not detected during September and December. *Salmonella* and *Shigella* were detected only a few stations on July and September during sampling periods.

**Key words** : Samcheonpo Bay, heterotrophic bacteria, *E. coli*, *Salmonella* and *Shigella*, anaerobic heterotrophic bacteria

### 서 론

해양미생물은 해양 생태계에서 생물활성에 중요한 역할을 담당한다. 특히 세균과 균류는 유기물질의 분해를

통해 중요한 무기영양물질을 물질순환계로 순환시킴으로써 녹색식물이 새로운 유기물질을 생산할 수 있게 하고, 바다로 유입되는 유기물질을 분해하여 환경정화의 기능도 담당한다. 그러므로 특정 해역에서 미생물의 분포는 그 해역의 유기물의 분포와 종류를 파악하는데 이용될 수 있다. 해양환경에서 측정된 미생물의 수는 측정하는 방법에 따라 차이를 보일 수 있다. 그러나 일반적

\* Corresponding author: Geon-Hyoung Lee, Tel. 063-469-4584, Fax. 063-463-1560, E-mail. ghlee@kunsan.ac.kr

으로 최대 군집은 해수의 표층과 유기물이 풍부한 퇴적토에서 나타난다(Rheinheimer 1985a). 또한 수온의 변화와 일치하는 계절적인 영향으로 일반적으로 여름과 겨울에 각각 최대값과 최소값을 나타낸다. 해양미생물 군집은 균일한 분포를 나타내지 않고 연안역에서 파도 등의 효과와 같은 지역적인 특성에 따라 수시로 변화한다. 따라서 해양미생물의 동태를 이해하려면 정기적인 채수를 통하여 분석 자료를 축적하여야 한다. 해양에서는 두 정점간의 거리가 가까운 곳에서도 미생물 군집의 크기가 커다란 차이를 나타낼 수 있다(Austin 1988).

본 연구조사 대상해역인 삼천포만 인근해역은 지리적으로 남해안의 중동부해안에 위치하고 있어 해양성 기후의 지배를 받아 비교적 온난다습한 편이며 강우량은 비교적 많아 전국 다우지대에 속하고 있다(부경대 2001a). 이 수역의 조류는 창조시는 주된 흐름이 사랑도와 창선도 사이를 통해 흐르며, 일부는 자란만으로 들어와 삼천포만을 돌아 창선수도로 빠지면서 진주만으로 들어간다. 낙조시는 이와 반대의 흐름이 있으며, 삼천포만 전면의 흐름은 사랑도와 창선도 사이로 빠지는 것이 주된 것이나, 일부는 사랑도의 북측으로 돌아간다. 그러나 자란만으로의 직접적인 이류는 없는 것으로 평가된다(부경대 2001b). 따라서 본 연구에서는 이러한 특성을 지닌 삼천포만 인근 해역을 대상으로 2003년 7월부터 12월까지 3회에 걸쳐 해수와 저질토에 분포하는 종속영양세균과 분변성오염의 지표가 되는 *E. coli*, *Salmonella*와 *Shigella*의 분포를 조사하였다. 이러한 연구는 이 해역에 산재되어 있는 양식장의 수질을 파악하는 기초 자료로 활용되리라 기대한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 정점 및 시료 채취

본 연구는 경상남도 사천시 삼천포 항을 중심으로 인근의 광포만, 진주만 및 자란만의 내만과 외양에 40개의 조사정점을 선정하여 2003년 7월부터 12월까지 3차에 걸쳐 실시하였다(Fig. 1). 제 1차 조사는 2003년 7월 7~8일까지, 2차 조사는 2003년 9월 24~26일까지, 3차 조사는 2003년 12월 26~28일까지 실시하였다. 해수 시료는 Niskin 채수기를 이용하여 표층수를 무균 채수병에 채수하였고, 저질토는 채니기를 이용하여 채취하여 무균 채수병에 넣은 후 ice box에서 4°C로 유지시켜 실험실로 운반하여 즉시 실험에 사용하였다. 해수와 저질토에서의 미생물 분석은 자연환경의 변화와 인위적인 오염의 지

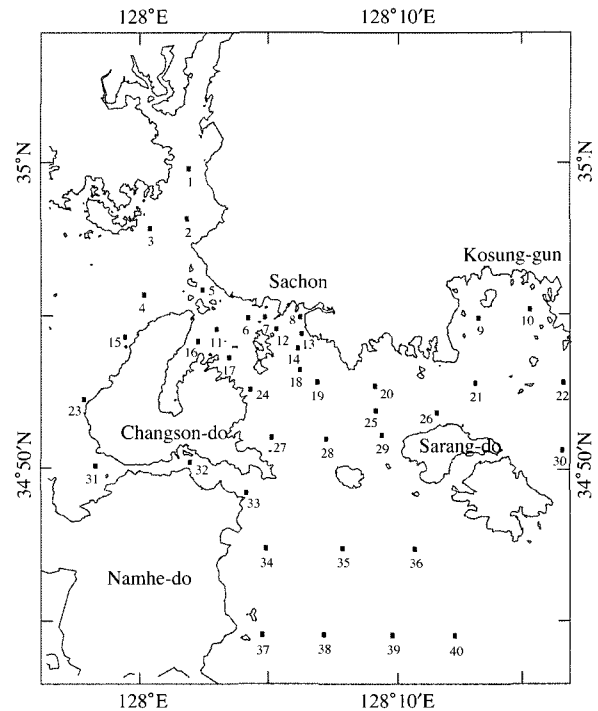


Fig. 1. A map showing the sampling stations near Samcheonpo Bay.

표로 사용되는 해양 종속영양세균, 혐기성 세균, *E. coli*, *Salmonella*와 *Shigella* 균을 대상으로 다음과 같은 방법으로 분석하였다.

#### 1) 해양 종속영양세균

해양 종속영양세균 측정에는 해수의 경우, APHA (1989)의 방법에 따라 1/10단위로 희석한 시료 0.1 mL를 Bacto marine agar (Difco) 배지 (조성: Bacto peptone, 5g; Bacto yeast extract, 1g; ferric citrate, 0.1g; sodium chloride, 19.45g; magnesium chloride, 8.8g; sodium sulfate, 3.24g; calcium chloride, 1.8g; potassium chloride, 0.55g; sodium bicarbonate, 0.16g; potassium bromide, 0.08g; strontium chloride, 0.034g; boric acid, 0.022g; sodium silicate, 0.004g; sodium fluoride, 0.0024g; ammonium nitrate, 0.0016g; disodium phosphate, 0.008g; Bacto agar, 15g; DW 1 L)에 평판배양법으로 접종하여 25°C에서 3~4일간 배양한 후 나타난 균체를 CFU (colony-forming-unit) mL<sup>-1</sup>로 계산하였다. 저질토의 경우, 저질토 10g에 멸균생리식염수 90 mL를 혼합한 후 shaking incubator (Model No. KK 325-505, Swiss)에서 200 rpm에서 1분간 섞어 적당히 희석한 시료 0.1 mL를 Bacto marine agar (Difco) 배지에 평판배양법으로 접종하여 25°C에서 3~4일간 배양한 후 나타난 균체를 CFU g<sup>-1</sup> dry weight (wt.)

로 계산하였다.

#### 2) 혐기성 세균

혐기성 세균은 저질토 시료 1 g을 1/10단위로 희석한 시료 0.1 mL를 Anaerobic agar (Difco) (조성: Bacto casitone 20 g; sodium chloride 5 g; Bacto dextrose 10 g; sodium thioglycollate 2 g; sodium formaldehyde sulfoxylate 1 g; Bacto methylene blue 0.002 g; Bacto agar 20 g; DW 1 L) 배지에 평판배양법으로 접종하여 BBL gas pack (Becton Dickinson, MD, USA)과 함께 Anaerobic jar (Becton Dickinson, MD, USA)에서 25°C에서 3~4일간 배양한 후 나타난 균체를 CFU g<sup>-1</sup> dry wt.로 계산하였다.

#### 3) *E. coli*

*E. coli*는 시료 1 mL를 대장균균용 Petrifilm plate (3M, USA) 배지에 평판배양법으로 접종하여 35~37°C로 배양한 후 나타난 균체를 CFU로 계산하였다.

#### 4) *Salmonella*와 *Shigella*

*Salmonella*와 *Shigella* 균 균의 측정은 시료 0.1 mL를 SS agar (Difco) (조성: Bacto beef extract 5 g; proteose peptone (Difco) 5 g; Bacto lactose 10 g; Bacto bile salts No. 3 8.5 g; sodium citrate 8.5 g; sodium thiosulfate 8.5 g; ferric citrate 1 g; Bacto agar 13.5 g; Bacto brilliant green 0.33 mg; Bacto neutral red 0.025 g; DW 1 L) 배지에 평판배양법으로 접종하여 35~37°C로 배양한 후 나타난 균체를 CFU로 계산하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 해양중속영양세균

해양환경에서 측정되는 해양세균의 수는 일반적으로 최대의 군집이 해수의 표층과 유기물이 풍부한 해역의 저질에서 나타난다 (Austin 1988). 또한 수온의 변화와 일치하는 계절적인 영향으로 여름과 겨울에 각각 최대값과 최소값을 나타내는 것이 일반적인 경향이다. 해양중속영양세균은 총균수에 비해 차지하는 비율은 적으나 유기물의 양에 의해 개체수가 비례하므로 해양에서 수질 오염을 판별하는 지표종으로 널리 사용되고 있다. 실제 중속영양세균의 개체수 변화와 종조성은 수계 유기물의 증감과 비례하여 폐수유입, 분변성 오염, 원유유출 등과 같은 환경 오염원의 유입 영향을 나타내는데 많이 사용하고 있다 (Colwell and Walker 1977; Tagger *et al.* 1983; 이 등 1992). 하지만 해양세균의 분포는 연안역에서는 과도와 같은 지역적인 특성에 의해 수시로 변화한

다. 따라서 해양세균의 동태를 정확히 파악하려면 정규적인 채수를 통하여 시료를 분석한 자료를 축적해야 한다.

본 연구의 조사기간 (2003년 7~12월) 중 삼천포만 인근해역의 조사정점에서 해양 중속영양세균의 분포는  $1.7 \pm 0.9 \times 10^3 \sim 2.4 \pm 0.9 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup>의 범주에서 변화하였다 (Fig. 2). 이러한 측정값은 동일한 해역에서 이 등 (1992)이 측정한 값과 유사한 측정 범주를 보였으며, 이 (2001)가 인천만에서 측정한  $1.0 \times 10^4 \sim 7.0 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup>와도 유사한 범주에서 변화하였다. 하지만 군산부근 조간대에서 측정한 값 (Lee *et al.* 1990; 이 등 1994)과 통영 인근해역에서 조사한 값 (김 등 2004), 강진만에서 조사한 값 (김 등 2000)보다는 전반적으로 다소 높게 나타나 통영이나 군산인근, 그리고 강진만 수역에 비해 본 조사해역이 중속영양세균이 서식하는데 보다 유리한 환경조건을 갖춘 것으로 생각된다. 이러한 환경적 요인은 영양염의 농도 이외에 여러 환경요인에 영향을 받으나 본 조사에서는 환경요인과의 상관관계를 측정하지 않아 중속영양세균의 분포에 영향을 주된 환경요인은 알 수 없었다.

해양 중속영양세균의 분포를 계절별로 살펴보면, 7월은  $1.2 \pm 0.5 \times 10^3 \sim 8.0 \pm 0.5 \times 10^4$  CFU mL<sup>-1</sup>의 범주에서 변화하였으며 St. 1에서 최대값을, St. 26에서 최소값을 보였다. 9월에는  $3.0 \pm 1.8 \times 10^3 \sim 2.4 \pm 0.6 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup>의 범주에서 변화하였으며, St. 34에서 최대값을, St. 35에서 최소값을 보였다 (Fig. 2). 또한 12월에는  $1.7 \pm 0.9 \times 10^3 \sim 1.3 \pm 0.2 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup>의 범주에서 변화하였으며, St. 36에서 최대값을, St. 9에서 최소값을 보였다. 3회에 걸친 채집 기간 중 해양중속영양세균 균체수의 경우 9월이 7월과 12월에 비해 전반적으로 모든 정점에서 다소 높은 값을 보였다.

이를 각 정점별로 살펴보면, 7월의 경우, 사천만 인근의 St. 1에서만 비교적 높은 분포 값을 보였을 뿐 나머지 정점에서는 전반적으로 유사한 분포 값을 보여 정점별로 해양 중속영양세균 균체수의 차이점은 발견할 수 없었다 (Fig. 2). 하지만 9월에는 삼천포만 인근 (St. 8, 13) 과, 자란만 인근 (St. 9와 22), 창선도와 남해도 사이 (St. 31, 32, 34)에서 다른 정점보다 높은 값의 균체수를 나타냈다. 반면에 12월에는 St. 19와 36에서만 높은 분포 값을 보이고 나머지 정점은 7월의 경우와 같이 전조사 정점에서 비슷한 분포값을 나타내 해양중속영양세균 균체수의 지역간의 특이한 점은 발견하지 못하였다. 조사기간 중 9월에 여러 정점에서 높은 값을 보인 것은 계절적 강우량의 증가로 인해 육상으로부터 유입되는 유기물 양의 증가와 관련이 있는 것으로 생각된다.

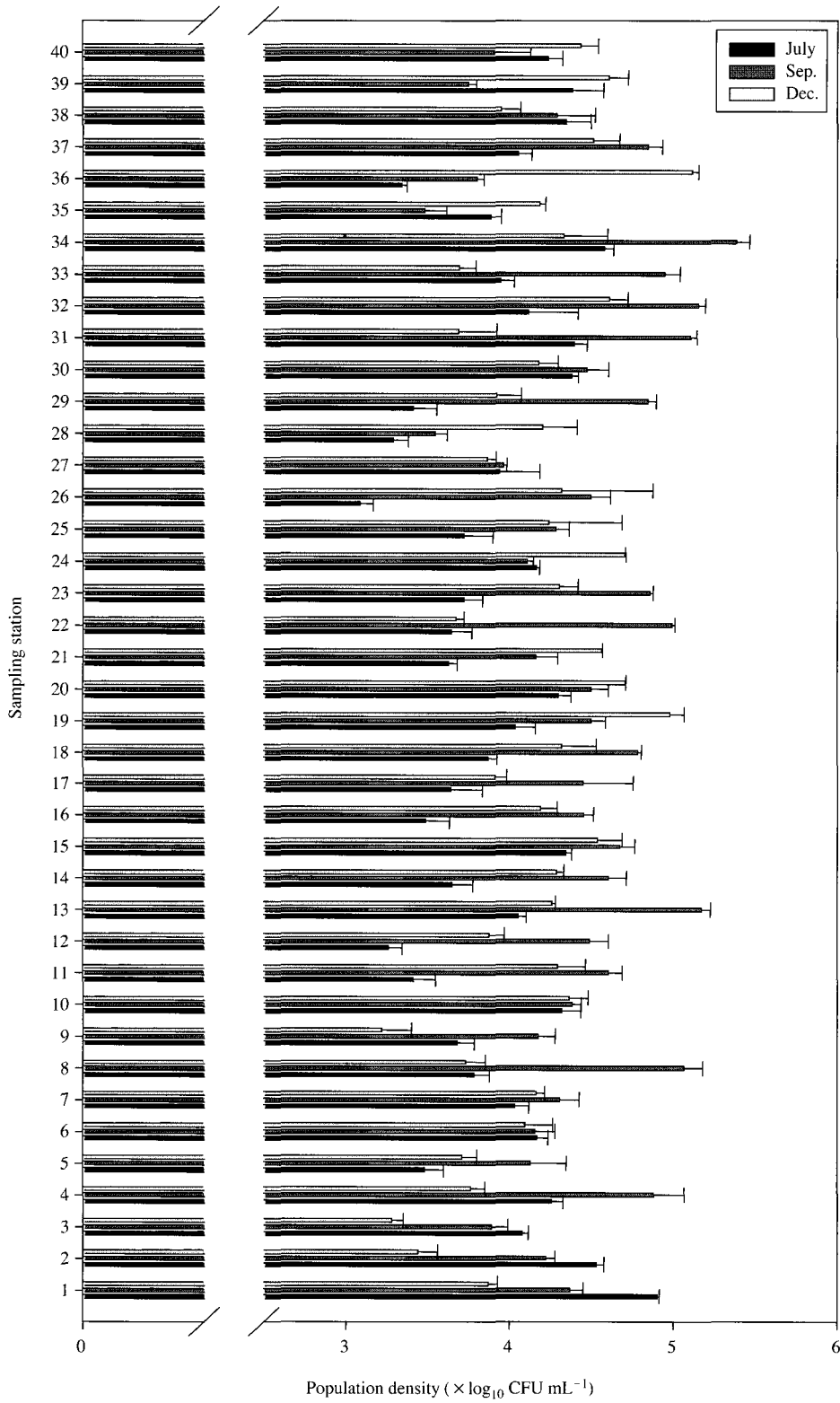


Fig. 2. The variation of heterotrophic bacterial population in the seawater near Samcheonpo Bay from July to December, 2003.

한편 저질토의 경우, 일반적으로 해수보다는 안정된 생태계를 유지하며 균체수도 해수에 비해 대체적으로

높게 나타난다. 각 정점의 저질토에서 해양 종속영양세균의 분포는  $3.8 \pm 0.3 \times 10^3 \sim 8.2 \pm 0.3 \times 10^6 \text{ CFU g}^{-1} \text{ dry}$

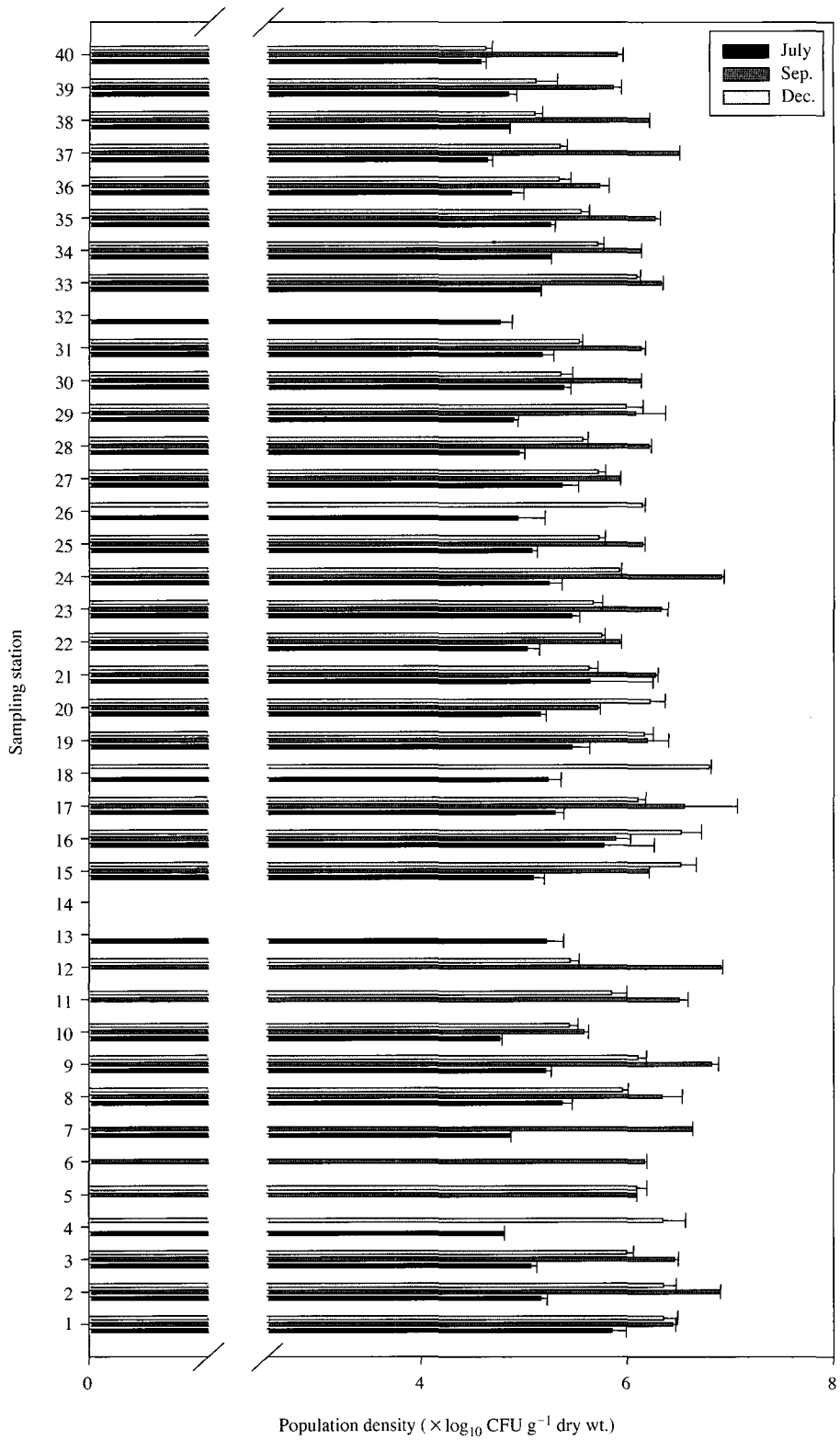


Fig. 3. The variation of aerobic heterotrophic bacterial population in the sediments near Samcheonpo Bay from July to December, 2003.

wt.의 범주에서 변화하였다(Fig. 3). 이를 계절별로 살펴 보면, 7월은  $3.8 \pm 0.3 \times 10^3 \sim 7.1 \pm 1.9 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry

wt.의 범주에서 변화하였으며, St. 1에서 최대값을, St. 40에서 최소값을 보였고, 9월에는  $3.8 \pm 0.3 \times 10^5 \sim 8.2 \pm 0.3$

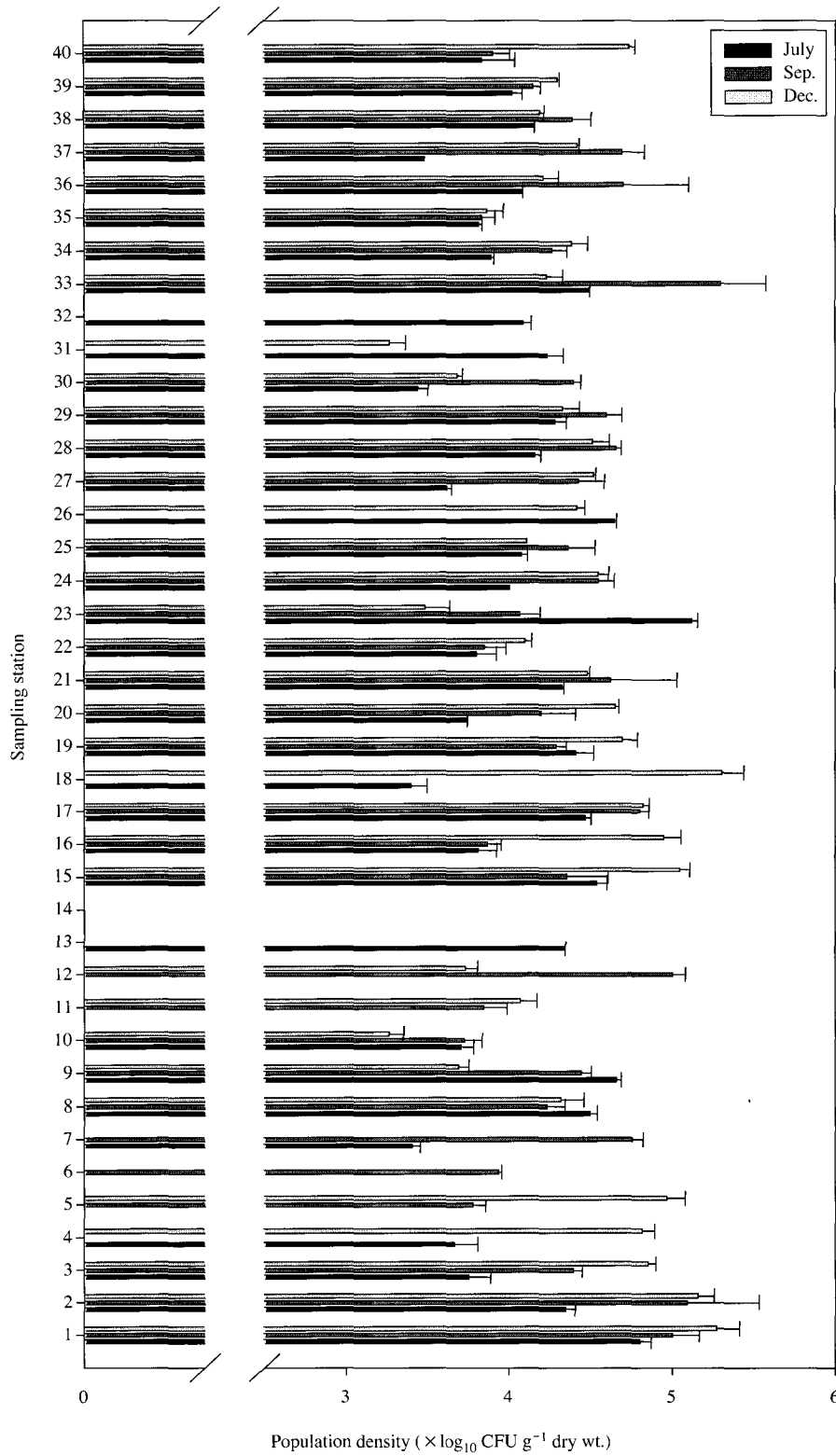


Fig. 4. The variation of anaerobic heterotrophic bacterial population in the sediments near Samcheonpo Bay from July to December, 2003.

$\times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  dry wt.의 범주에서 변화하였으며, St. 24에서 최대값을, 정점 10에서 최소값을 보였다. 또한 12월에

는  $4.3 \pm 0.4 \times 10^4 \sim 6.2 \pm 0.1 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  dry wt.의 범주에서 변화하였으며, St. 18에서 최대값을, St. 40에서 최소

값을 보였다. 3회에 걸친 채집 기간 중 조사점점의 저질토에서 해양중속영양세균 균체수의 경우 해수에서와 마찬가지로 9월이 7월과 12월에 비해 전반적으로 모든 정점에서 다소 높은 값을 보였다. 이를 각 정점별로 살펴보면, 7월의 경우, 해수의 경우와 마찬가지로 사천만 인근(St. 1)에서만 다소 높은 균체수를 나타냈을 뿐 나머지 정점에서는 전반적으로 유사한 분포 값을 보여 정점별로 저질토에서 해양 중속영양세균 균체수의 특이한 변화는 관찰할 수 없었다. 하지만 9월에는 사천만 인근(St. 1, 2, 3)과 창선도와 삼천포만 인근(St. 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 19, 24)과 창선도와 진주만 인근(St. 15와 23), 자란만 인근(St. 9와 21, 30), 그리고 남해도 인근(St. 33,

34, 35, 37, 38)에 이르기까지 일부 정점을 제외한 대부분의 정점에서 조사기간 중 전반적으로 높은 값의 균체수를 나타냈다(Fig. 3). 이와 같이 9월 조사기간 중에 여러 정점에서 다른 조사 시기에 비해 전반적으로 균체수가 높은 값을 보인 것은 해수에서 언급한 바와 같이 계절적 강수량의 증가에 의해 육상으로부터 유기물의 유입이 증가한 것에 기인한 것으로 생각된다. 한편 12월에도 사천만 인근해역과 자란만의 여러 정점의 저질토에서는 9월의 경우와 같이 높은 값을 보였다. 하지만 9월의 경우와는 달리 외해에 위치한 정점에서는 7월의 경우와 같이 비교적 낮은 균체수를 나타냈다.

**Table 1.** The variation of *E. coli* population densities in seawater and sediments near Samcheonpo Bay from July to December, 2003

Station	Sample	Seawater (CFU mL <sup>-1</sup> )			Sediment (CFU g <sup>-1</sup> dry wt.)		
		July	Sept.	Dec.	July	Sept.	Dec.
1		11	0	0	1.3±0.1×10 <sup>3</sup>	0	0
2		2	0	0	3.4×10	4.7±0.1×10	0
3		6	0	0	0	3	0
4		6	0	0	0	*NS	0
5		0	0	0	NS	3	0
6		0	0	0	NS	2	NS
7		0	0	0	0	5	NS
8		0	0	0	0	3	0
9		0	0	0	0	0	0
10		1	0	0	1	0	0
11		0	0	0	NS	0	0
12		0	0	0	NS	3	0
13		0	0	0	0	NS	NS
14		2	0	0	NS	NS	NS
15		4	0	0	0	0	0
16		0	0	0	1.5×10	0	0
17		0	0	0	0	3	0
18		1	0	0	0	NS	0
19		0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0
21		0	0	0	0	0	0
22		0	0	0	0	0	0
23		4	0	0	0	0	0
24		0	0	0	0	0	0
25		0	0	0	0	3	0
26		0	0	0	0	NS	0
27		0	0	0	0	3	0
28		0	0	0	0	1.5±0.1×10	0
29		0	0	0	0	0	0
30		0	0	0	0	3	0
31		1	0	0	1	0	0
32		0	0	0	0	NS	NS
33		0	0	0	0	3	0
34		0	0	0	0	0	0
35		0	0	0	0	0	0
36		0	0	0	0	0	0
37		0	0	0	0	5	0
38		0	0	0	0	2	0
39		0	0	0	0	0	0
40		0	0	0	0	0	0

\*NS: No sample.

2. 혐기성 종속영양세균

혐기성 세균은 저질토 내에 분포하므로 포자를 형성하는 세균이 많아 다른 세균들보다 생존기간이 길고 주변 환경변화에 영향을 덜 받는다. 본 연구의 조사기간(2003년 7~12월) 중 삼천포만 인근해역 조사점점의 퇴적토에서 혐기성 세균의 분포는  $2.2 \pm 0.2 \times 10^3 \sim 2.0 \pm 0.2 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt.의 범주에서 변화하였다(Fig. 4). 이를 계절별로 살펴보면, 7월은  $2.2 \pm 0.2 \times 10^3 \sim 1.3 \pm 0.1 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt.의 범주에서 각각 변화하였으며, St. 23에서 최대값을, St. 40에서 최소값을 보였고, 9월에는

$6.0 \pm 1.8 \times 10^3 \sim 2.0 \pm 0.2 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt.의 범주에서 각각 변화하였으며, St. 33에서 최대값을, St. 5에서 최소값을 보였다. 또한 12월에는  $1.8 \pm 0.2 \times 10^3 \sim 2.0 \pm 0.4 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt.의 범주에서 각각 변화하였으며, St. 18에서 최대값을, St. 10에서 최소값을 보였다. 이를 각 정점별로 살펴보면, 7월의 경우, St. 23을 제외한 전 조사정점에서 비교적 고른 분포를 나타냈으며, 7월의 저질토에서 해양종속영양세균 균체수와 마찬가지로 정점간의 특이한 변화는 관찰할 수 없었다. 9월의 경우, 사천만 인근(St. 1과 2)과 삼천포항 주변(St. 12), 남해도와 창선도 사이(St. 33)에서  $1 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt. 이상의 높은 값

Table 2. The variation of *Salmonella* and *Shigella* population densities in seawater and sediments near Samcheonpo Bay from July to December, 2003

Station	Sample	Seawater (CFU mL <sup>-1</sup> )			Sediment (CFU g <sup>-1</sup> dry wt.)		
		July	Sept.	Dec.	July	Sept.	Dec.
1		$5.5 \pm 0.7 \times 10$	$1.0 \times 10$	0	$1.1 \pm 0.1 \times 10^2$	$2.9 \pm 0.7 \times 10$	0
2		0	$1.5 \times 10$	0	$6.8 \pm 0.1 \times 10$	$1.2 \pm 0.7 \times 10^2$	0
3		$8.5 \pm 2.1 \times 10$	0	0	0	0	0
4		$3.0 \times 10$	0	0	$2.6 \pm 0.1 \times 10^2$	NS	0
5		0	0	0	*NS	$1.5 \times 10$	0
6		0	0	0	NS	0	NS
7		$9.5 \pm 2.1 \times 10$	0	0	0	$5.8 \pm 0.7 \times 10$	NS
8		0	0	0	0	0	0
9		0	0	0	0	0	0
10		0	0	0	0	0	0
11		0	0	0	NS	0	0
12		0	0	0	NS	0	0
13		0	0	0	0	NS	NS
14		$2.0 \times 10$	0	0	NS	NS	NS
15		0	0	0	0	0	0
16		$1.5 \pm 0.7 \times 10$	0	0	0	0	0
17		0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	NS	0
19		0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0
21		0	0	0	0	0	0
22		0	0	0	0	0	0
23		0	0	0	0	0	0
24		$1.5 \pm 0.7 \times 10$	0	0	0	0	0
25		0	0	0	0	0	0
26		0	0	0	0	NS	0
27		0	0	0	0	0	0
28		0	0	0	0	0	0
29		0	0	0	0	0	0
30		0	0	0	0	0	0
31		0	0	0	0	0	0
32		0	0	0	0	NS	NS
33		0	0	0	0	0	0
34		0	0	0	0	0	0
35		0	0	0	0	0	0
36		0	0	0	0	0	0
37		0	0	0	0	0	0
38		0	0	0	0	0	0
39		0	0	0	0	0	0
40		0	0	0	0	0	0

\*NS: No sample.



을 보였으며 나머지 정점에서는  $1 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt. 이하의 범주에서 비교적 고른 분포를 나타냈다. 또한 12월의 경우도 사천만 인근(St. 1과 2)과 삼천포항 주변(St. 18), 창선도와 진주만 인근(St. 15)에서만 비교적 높은 값을 보이고 나머지 정점에서는 비교적 고른 분포를 나타냈다. 이들 해역에서 혐기성세균의 분포가 높게 나타난 것은 이들 해역이 다른 해역에 비해 유기물의 농도가 높아 중속영양세균의 군체수가 상대적으로 높아 타 해역에 비해 용존산소량이 낮으므로 혐기성 세균의 분포에 영향을 주는 것으로 사료된다. 또한 외해 정점에서는 내만에 위치한 정점들보다 혐기성 세균의 분포가 년 중 낮은 값을 유지하고 있어 위에서 언급한 추론을 뒷받침하고 있다.

### 3. *E. coli*

*E. coli*는 분변성 오염의 지표로 사용되며, 해수에 유입되면 수온, 햇빛, pH, 물의 탁도, 염분, 유기물의 존재 등의 환경요인에 영향을 받고(Munn 2004), 또한 토착해양미생물 군집에 의해 공격을 당하거나 섭취되어 대개 검출되지 않는 것이 일반적이나(Rheinheimer 1985b), 만일 시료에서 검출될 경우 분변성 오염원이 인근에서 최근에 유입 되었을 가능성이 높은 것을 시사한다. 하지만 해안수에서 발견되는 *E. coli*가 사람이나 동물의 분변성 오염에서 기원되었는지는 판별하기 어렵다(Munn 2004). 조사기간 중 각 조사 정점에서 *E. coli*의 분포는 해수의 경우, 7월 중에만 사천만 인근(St. 1, 2, 3, 4), 진주만과 창선도 인근(St. 15, 23, 31), 삼천포항 인근(St. 14)에서 검출되고 9월과 12월에는 전 정점에서 전혀 검출되지 않았다(Table 1). 저질토의 경우, 7월에 사천만 인근(St. 1, 2)과 창선도 인근(St. 16, 31)에서만 검출 되었다. 이와 같이 일부 퇴적토에서 *E. coli*가 검출된 것은 해수와 퇴적토에서 장내세균이 생존하는 기간은 조건에 따라 수 시간에서 수 주일 특성으로 보아(Munn 2004), 이들은 최근에 유입된 것으로 사료된다. 한편 9월의 경우 사천만(St. 2, 3, 5)과 삼천포항 인근(St. 6, 7, 8, 12, 17), 수우도, 사랑도 등 광범위한 정점에서 *E. coli*가 검출되었는데 이는 앞서 해양중속영양세균의 군체수가 9월 조사기간 중에 증가의 원인에서도 언급한 바와 같이, 계절적 강우량의 증가로 인해 육상으로부터 다량의 오염원과 함께 유입된 것으로 생각된다(Table 1).

### 4. *Salmonella*와 *Shigella*

해양환경에서 *Salmonella*와 *Shigella*의 분포는 인간이나 온혈동물의 활동과 관련이 있으며 coliform과 *E. coli*

와 함께 또 다른 분변성오염의 지표로 사용된다. 조사기간 중 *Salmonella*와 *Shigella*의 분포는 7월과 9월에 일부 해역에서만 검출되었다. 해수의 경우, 7월에는 사천만(St. 1, 3, 4)과 삼천포항 인근(St. 7, 14), 창선도 인근(St. 16, 24)에서 검출되었고, 9월은 사천만 인근(St. 1, 2)에서만 검출되었다. 하지만 12월에는 전 조사정점에서 검출되지 않았다. 한편 저질토의 경우, 7월과 9월에 사천만 인근(St. 1, 2, 4, 5)과 삼천포항 인근의 일부 정점(St. 7)에서 검출되었으며, 나머지 정점에서는 검출되지 않았다(Table 2). 이와 같이 일부 퇴적토에서 *Salmonella*와 *Shigella*가 검출된 것은 *E. coli*에서도 언급된 바와 같이 이들은 최근에 유입된 것으로 사료된다. 또한 7월과 9월에 *Salmonella*와 *Shigella*가 주로 사천만과 인근 육상과 가까운 연안 정점에서 검출된 것은 대기온도 상승에 따른 수온의 상승과 우기에 해당되는 계절에 인구가 밀집된 지역과 가까운 진주만으로 유입되는 남강 유량의 증가와 관련이 있는 것으로 생각된다.

## 적 요

본 연구는 경상남도 사천시 삼천포 항을 중심으로 인근의 40개의 조사정점을 선정하여 해수와 저질토에서 해양중속영양세균, *E. coli*, 그리고 *Salmonella*와 *Shigella*의 분포를 2003년 7월부터 12월까지 3차에 걸쳐 실시하였다.

본 연구의 조사기간(2003년 7~12월) 중 삼천포만 인근해역의 조사정점에서 해양 중속영양세균의 분포는  $1.7 \pm 0.9 \times 10^3 \sim 2.4 \pm 0.9 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup>의 범주에서 변화하였으며, 정점 34에서 9월에 가장 높은 값을 나타냈다. 전반적으로 9월이 7월과 12월에 비해 모든 정점에서 다소 높은 값을 보였다. 저질토에서 혐기성 세균의 분포는  $2.2 \pm 0.2 \times 10^3 \sim 2.0 \pm 0.2 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> dry wt.의 범주에서 변화하였다. 혐기성 세균의 경우 외해 정점에서는 내만에 위치한 정점들보다 년 중 낮은 군체수를 유지하고 있어 물리, 화학적인 환경요인들에 의해 별 영향인 없음을 알 수 있다. *E. coli*의 분포는 해수의 경우, 7월 중에만 사천만 인근(St. 1, 2, 3, 4), 진주만과 창선도 인근(St. 15, 23, 31), 삼천포항 인근(St. 14)에서 검출되고 9월과 12월에는 전 정점에서 전혀 검출되지 않았다. 저질토의 경우, 7월에 사천만 인근(St. 1, 2)과 창선도 인근(St. 16, 31)에서만 검출 되었다. *Salmonella*와 *Shigella*의 분포는 해수와 퇴적토에서 7월과 9월에 일부 해역에서만 검출되었다.

## 사 사

이 연구는 군산대학교 해양개발연구소의 지원에 의하여 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- 김기성, 이우범, 주현수, 이제철, 조재위, 전순배, 이성우, 박종천. 2000. 강진만 생태계에서의 이화학적 특성과 미생물 군집의 계절적 분포. 미생물학회지. 36:285-291.
- 김말남, 임아현, 이진환, 김종만. 2004. 통영 바다목장 해역의 중속영양세균의 계절적 변화. 환경생물. 22:75-82.
- 부경대학교 해양과학공동연구소. 2001a. 삼천포화력 건설 및 가동으로 인한 해양영향조사보고서(상). pp.25-29.
- 부경대학교 해양과학공동연구소. 2001b. 삼천포화력 건설 및 가동으로 인한 해양영향조사보고서(하). pp.59-69.
- 이건형. 2001. 인천만 인근해역의 미생물학적 조사(미발표).
- 이건형, 김재원, 김정희. 1994. 군산인근 해역에서 중속영양 세균의 분포, 평균체적 및 세포의 효소활성력. 한국생태학회지. 17:79-90.
- 이인규 외 9인. 1992. 발전소 가동이 주변 해양환경에 미치는 영향연구. 서울대학교 자연과학종합연구소.
- APHA. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. pp.961-963. 17th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Austin B. 1988. Marine Microbiology. pp.31-41. In Cambridge University Press. Cambridge, New York, New Rochelle, Melbourne.
- Colwell RR and JD Walker. 1977. Ecological aspects of microbial degradation of petroleum in the marine environment. Crit. Rev. Microbiol. 5:423-445.
- Lee GH, SJ Kim, WH Lee and DM Lee. 1990. Seasonal distribution and characteristics of heterotrophic marine bacteria in the intertidal zone near Kunsan of Yellow Sea, Korea. Kor. J. Microbiol. 25:415-420.
- Munn CB. 2004. Marine Microbiology (Ecology & Application). pp.183-195. BIOS Scientific Publishers, London and New York.
- Rheinheimer G. 1985a. Aquatic Microbiology. pp.63-93. New York, Brisbane, Toronto.
- Rheinheimer G. 1985b. Aquatic Microbiology. pp.119-127. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Tagger S, A Bianchi, M Julliard, J Le Petit and B Roux. 1983. Effects of microbial seeding of crude oil in seawater in a model system. Mar. Biol. 78:13-20.

Manuscript Received: April 7, 2006  
Revision Accepted: July 19, 2006  
Responsible Editor: Kap Joo Park