

통영 바다목장 해역의 종속영양세균의 계절적 변화

김말남* · 임아현 · 이진환 · 김종만¹

상명대학교 생물학과, ¹한국해양연구원

Seasonal Variation of Heterotrophic Bacteria of the Marine Ranching Ground of Tongyeong Coastal Water, Korea

Mal Nam Kim*, A Hyun Lim, Jin Hwan Lee and Jong Man Kim¹

Department of Biology, Sangmyung University, Seoul 110-743, Korea

¹Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan 425-170, Korea

Abstract - Surface and bottom sea water samples were harvested from the 5 stations in the marine ranching ground of Tongyeong coastal water from year 2000 to 2002. Cell number of heterotrophic bacteria was determined by using the plate counting method to explore the variation of the cell population of heterotrophic bacteria. Sea water samples collected in summer (in July and August) contained much larger number of heterotrophic bacteria than those harvested in spring, autumn and winter. Heterotrophic bacteria were usually more abundant in surface sea than in bottom sea water. However the reverse was true for sea water collected in December 2001 and February 2002 due to suspended solids accumulating more abundantly in seabed area because of the slower convective current of the sea water in winter. Number of heterotrophic bacteria did not have a strong relationship with frequency of typhoon indicating that the path and powerfulness of the typhoon, localized torrential downpour and temperature variation accompanying the typhoon should be considered all together at the same time as well as the frequency of typhoon to explain clearly the variation of cell number of heterotrophic bacteria. The dominant species isolated from the marine ranching ground of Tongyeong were identified to be *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas stutzeri*, *Acinetobacter lwoffii* and *Sphingomonas paucimobilis*.

Key words : heterotrophic bacteria, surface water, bottom water, marine ranching ground of Tongyeong coast

서 론

해양미생물 군집은 생태계에서 생산자이면서 분해자로

서 생태계의 안정된 동적평형을 유지시키는 중요한 생물 군집이다. 미생물은 해양생태계에서 동물플랑크톤에 의한 2차 내지는 고차 생산물의 생산에 기여하는 한편 플랑크톤이 생산하는 1차 유기생산물의 50% 이상을 무기영양 물질로 전환시키는 분해자의 역할을 한다 (Reinheimer 1985; Jaspers *et al.* 2001).

* Corresponding author: Mal-Nam Kim, Tel. 02-2287-5150, Fax. 02-394-9585, E-mail. mnkim@smu.ac.kr

생태계 내에서 종속영양세균은 분해자로서 생태계 유지를 위한 물질의 순환과 에너지의 흐름에 중요한 역할을 담당하며 (Odum 1989), 수생생태계에서는 분해자의 역할 외에도 먹이사슬을 연결하는 중요한 생물상이다 (Pace and Orcutt 1981).

해양에서 에너지와 유기물의 순환 및 영양염류의 재생산을 조절하기 위해서는 해양미생물 군집의 분포를 파악하고, 그 생장을 조절하는 것이 필요하다 (Church *et al.* 2000). 종속영양세균에는 고분자 유기물을 분해할 수 있는 세균도 있으며, 이 세균은 가수분해효소를 합성하여 고분자를 분자량이 낮은 oligomer 혹은 단량체로 분해함으로써 세균의 세포 내로 흡수되기 쉬운 형태로 만든다.

유기물들은 거의 모든 세균의 생장에 필수적으로 요구되며 세균수는 해수 중 유기물의 농도에 크게 의존하기 때문에 조사 대상 해양생태계 내 종속영양세균의 분포는 유기물에 의한 해수의 오염 정도를 나타내는 간접적인 지표로 삼을 수 있다 (김과 추 1997).

해양 종속영양세균의 생장은 각종 유기물의 유입, 해류의 순환 및 플랑크톤의 분비물 등에 따른 용존 유기물의 농도, 수온, 수압, 염도, pH 등에 영향을 받으므로 (Quang and Button 1998; Church *et al.* 2000) 계절변화에 따른 해양 종속영양세균의 변동이 예상된다.

통영 바다목장 해역은 청정해역으로 각종 연안 양식장 및 어장이 산재되어 있어 어민들의 소득증대에 일익을 담당해오고 있으나, 이 지역에 대한 종속영양세균의 계절별 변동 추이에 대한 연구보고는 미진한 상태이다.

본 연구에서는 2001년은 3회 (8월, 10월, 12월), 2002년은 5회 (2월, 7월, 8월, 9월 및 10월) 통영 바다목장 해역 5개 정점의 표층수와 저층수에서 호기성 종속영양세균의 개체수를 측정하고 우점 종조성을 조사하였으며, 2000~2002년 동안의 통영 바다목장 해역에서의 종속영양세균의 년도별, 계절별 변동 추이를 비교·분석하였다.

재료 및 방법

1. 조사 시기, 장소 및 시료 채취

통영 바다목장 해역 5개 정점 (정점 2, 3, 5, 7 및 9) (Fig. 1)에서 2001년 여름, 가을, 겨울인 8월, 10월 및 12월과 2002년 겨울, 여름, 가을인 2월, 7월, 8월, 9월 및 10월의 사리때 조사를 실시하였다. 해수시료의 채수는 van Dorn 채수기를 이용하였으며, 표층수 시료는 표층 수심 1 m 사이에서, 저층수 시료는 저층 1 m 상층에서 채수하였다. 각각 채수된 시료는 멸균된 conical tube에 담아 4°C

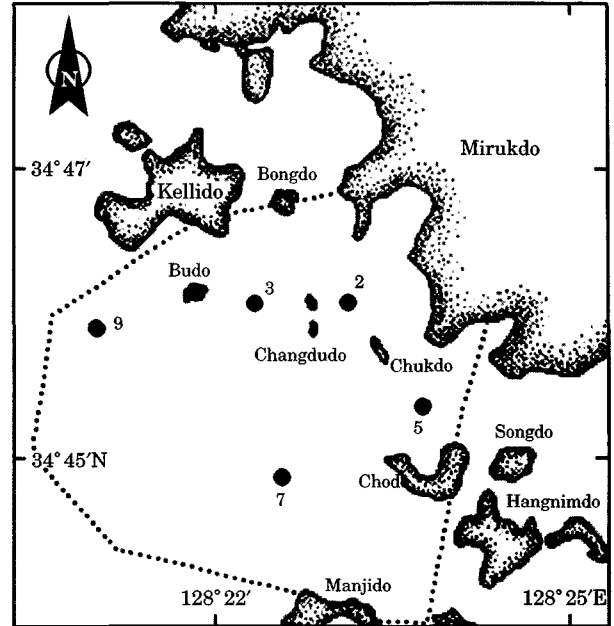


Fig. 1. A map showing the sampling station in the marine ranching ground of Tongyeong coastal water.

를 유지하면서 실험실로 운반한 후 즉시 종속영양세균의 개체수를 측정하는 실험을 실시하였다.

2. 종속영양세균의 개체수 측정

채수된 해수시료는 김과 이 (1998)의 방법에 따라 제조한 희석용액 (해수무기염용액)으로 단계 희석한 후 seawater nutrient agar 배지에 0.1 ml씩 분주·도말하고, 15 ± 2°C에서 약 3일간 배양한 후 배지 상에 출현한 집락수 (colony forming unit: cfu)를 평판계수법 (Cappuccino and Sherman 1987)에 따라 계수하였다. 세균수 계측실험은 3 배수로 실시하여 평균값으로 결과를 제시하였다.

3. 우점 종조성 조사

2002년 10월의 표층수로부터 종속영양세균의 개체수를 측정한 평판배지에서 우점종을 선별하여 순수 분리한 후 Vitek Microbe Identification System을 이용하여 각 균주를 동정하였다.

결과 및 고찰

미생물 군집의 구성요소를 조사하는 방법으로는 미생물의 개체수와 생체량을 측정하는 법 (Harvey 1987), 특

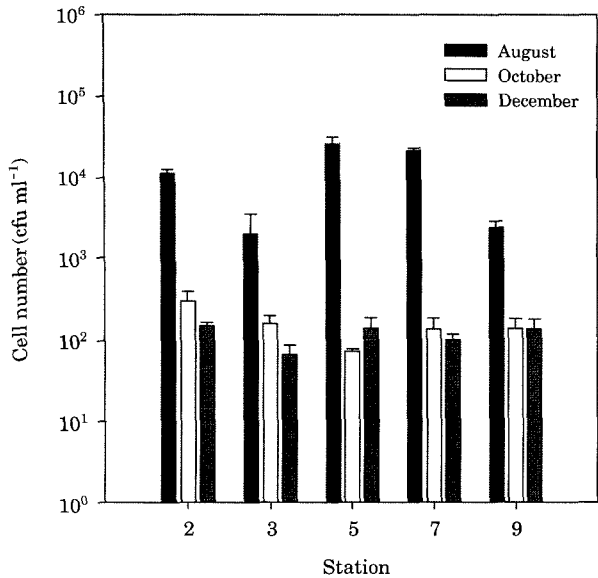


Fig. 2. Cell number of heterotrophic bacteria isolated of the surface water in the marine ranching ground of Tongyeong coastal waters (Aug., Oct. and Dec., 2001).

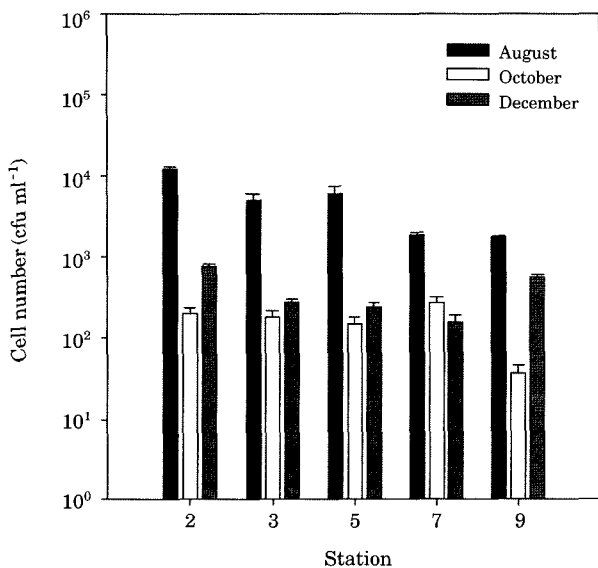


Fig. 3. Cell number of heterotrophic bacteria isolated of the bottom water in the marine ranching ground of Tongyeong coastal waters (Aug., Oct. and Dec., 2001).

정 세균의 수 및 활성도를 측정하는 방법 (Vaatanen and Sundquist 1977), 종조성 또는 각 세균 군집간의 유사도를 측정하는 방법 (Bianchi and Bianchi 1982) 등이 널리 사용되고 있다.

Fig. 2와 3은 2001년 8월, 10월 및 12월의 통영 바다목장 해역 5개 정점에서의 표층수와 저층수에서 계측된 종속영양세균수를 제시한 것이다.

8월의 경우 정점 2의 표층수에는 1.1×10^4 cfu ml⁻¹, 저층수에서는 1.2×10^4 cfu ml⁻¹의 종속영양세균이 검출되었으며, 정점 3의 표층수에서는 3.9×10^3 cfu ml⁻¹, 저층수에서는 5.9×10^3 cfu ml⁻¹가 검출되었다. 정점 5, 7, 9의 표층수에서는 $4.4 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^4$ cfu ml⁻¹, 저층수에서는 $1.7 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^3$ cfu ml⁻¹의 종속영양세균이 검출되었다. 조사정점에 따른 종속영양세균수의 현저한 차이는 발견되지 않았으나, 정점 5의 표층수에서 가장 많은 균수가 검출되었다. 정점 5, 7, 9에서는 저층수보다 표층수에서 더 많은 종속영양세균이 분리되었으나 정점 2와 3에서는 표층수보다 저층수에서 더 많은 종속영양세균이 분리되었다. 8월에 조사된 통영 바다목장 해역의 종속영양세균수는 왕 등(1999)이 보고한 군산인근 해역 표층수($1.5 \pm 1.2 \times 10^3 \sim 2.0 \pm 1.5 \times 10^4$ cfu ml⁻¹), 저층수($1.2 \pm 0.6 \times 10^3 \sim 1.9 \pm 1.2 \times 10^4$ cfu ml⁻¹)와 유사했다. 그러나 통영 바다목장 해역 종속영양세균의 평균적인 수는 이 등(1994)이 서해안 군산인근 해역에서 보고한 종속영양세균수($1.59 \times 10^5 \sim 3.79 \times 10^5$ cfu ml⁻¹)보다는 적었다.

10월의 경우는 정점 2의 표층수와 저층수에서는 각각 4.1×10^2 cfu ml⁻¹와 2.5×10^2 cfu ml⁻¹의 세균이 검출되었으며, 정점 3, 5, 7은 표층수보다 저층수에서 종속영양세균이 약간 높게 분포하는 것으로 나타났다.

12월에는 정점 2, 3, 5, 7 및 9의 표층수에서 각각 2.1×10^2 cfu ml⁻¹, 7.7×10^1 cfu ml⁻¹, 1.3×10^2 cfu ml⁻¹, 1.0×10^2 cfu ml⁻¹, 1.3×10^2 cfu ml⁻¹의 종속영양세균이, 저층수에서는 8.6×10^2 cfu ml⁻¹, 3.7×10^2 cfu ml⁻¹, 3.3×10^2 cfu ml⁻¹, 1.5×10^2 cfu ml⁻¹ 및 6.6×10^2 cfu ml⁻¹의 세균이 검출되어 모든 정점에서 저층수의 세균수가 표층수의 세균수보다 다소 높게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 영산강 조사(이와 송 1987)에서 저층의 세균수가 표층의 세균수에 비하여 약 5배 더 높게 분포한 것은 상당량의 유기물이 영산호에 침전되어 있기 때문으로 해석하였다.

12월에 조사된 통영 바다목장 해역의 종속영양세균수는 이 등(1991)이 12월에 조사한 만경강 하구의 세균수($2.2 \times 10^4 \sim 3.7 \times 10^5$ cfu ml⁻¹)보다 현저히 낮았다. 만경강 주변은 인구 급증과 산업의 발달로 인한 오염이 해양생태계에 크게 영향을 미치는 반면, 통영 바다목장 해역의 경우는 청정해수지역이 유지되고 있음을 예측할 수 있었다.

2002년 2월부터 10월 사이에 통영 바다목장 해역 5개 정점(정점 2, 3, 5, 7 및 9)의 표층수와 저층수에서 각각 분리한 종속영양세균의 개체수를 Fig. 4와 Fig. 5에 제시하였다.

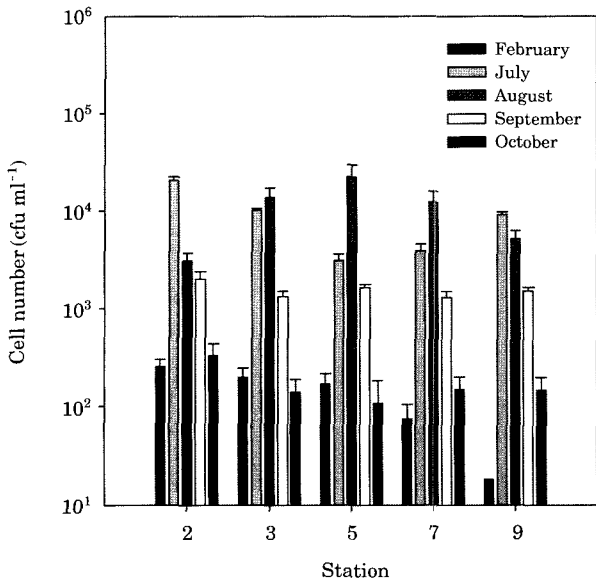


Fig. 4. Cell number of heterotrophic bacteria isolated of the surface water in the marine ranching ground of Tongyeong coastal waters (Feb., Jul., Aug., Sep. and Oct., 2002).

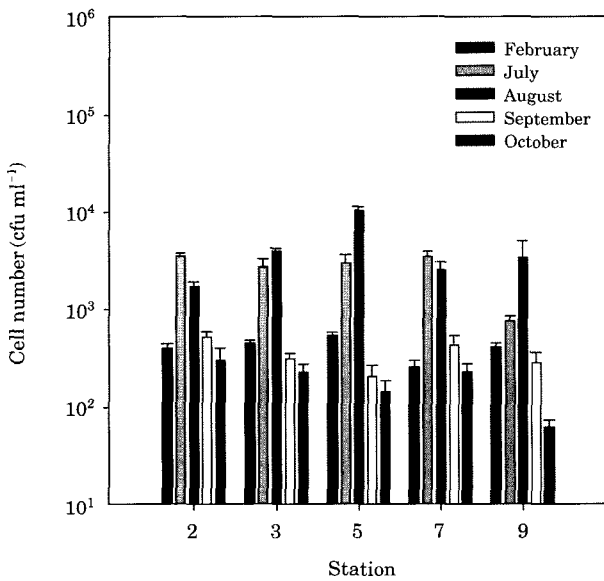


Fig. 5. Cell number of heterotrophic bacteria isolated of the bottom water in the marine ranching ground of Tongyeong coastal waters (Feb., Jul., Aug., Sep. and Oct., 2002).

2월의 표층수와 저층수에서는 각각 $3.0 \times 10^1 \sim 3.5 \times 10^2$ cfu ml⁻¹와 $3.9 \times 10^2 \sim 6.3 \times 10^2$ cfu ml⁻¹가 검출되었다.

7월의 종속영양세균수는 전 조사정점의 표층수에서

$3.7 \times 10^3 \sim 2.8 \times 10^4$ cfu ml⁻¹, 저층수에서는 $7.4 \times 10^2 \sim 5.0 \times 10^3$ cfu ml⁻¹가 검출되었으며, 특히 정점 5와 7에서는 표층수와 저층수의 종속영양세균수가 거의 유사하였으며, 정점 2와 3에서는 표층수가 저층수보다 각각 약 6배 및 3배 정도 더 많은 세균수가 검출되었다. 이와 같이 7월에 채수한 저층수의 세균수가 표층수에 비하여 많지 않은 것은 태풍에 의하여 바다의 위·아래가 섞인 것이 한 원인일 것으로 사료된다.

8월에는 해수의 온도가 가장 높아 세균의 수가 가장 높을 것으로 예상하였으나 세균수가 표층수의 경우 $4.5 \times 10^3 \sim 2.2 \times 10^4$ cfu ml⁻¹, 저층수의 경우는 $1.7 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^4$ cfu ml⁻¹ 정도 밖에 검출되지 않았으며, 7월에 비해 정점 2와 정점 9에서는 세균수가 오히려 2~6배 정도 감소하였다. 이는 8월의 경우 남쪽에서 계속 북상하는 태풍과 집중 호우로 인해 해수로 유입되는 담수의 양이 많아서 해수의 종속영양세균수에 영향을 주었기 때문으로 보인다. 정점 5의 경우 그 앞에 있는 추도가 방파제 역할을 하여 태풍 등에 의한 영향이 크지 않아 8월의 종속영양세균이 7월의 경우보다 더 많이 검출되었다.

9월에는 기온이 강하되고 일교차가 커지기 시작하면서, 종속영양세균이 표층수에서 $1.3 \times 10^3 \sim 2.4 \times 10^3$ cfu ml⁻¹, 저층수에서 $2.7 \times 10^2 \sim 6.2 \times 10^2$ cfu ml⁻¹가 검출되어 표층, 저층 모두 7, 8월에 비해 현저히 감소하였다.

10월은 기온이 더욱 강하하여 표층수에서는 $1.1 \times 10^2 \sim 4.4 \times 10^2$ cfu ml⁻¹, 저층수에서는 $7.4 \times 10^1 \sim 3.0 \times 10^2$ cfu ml⁻¹가 검출되어 9월보다 더 감소하였으나 2월의 종속영양세균 보다는 더 많이 검출되었다.

대부분의 조사기간 중 정점 2, 3 및 5의 표층수와 저층수에서 종속영양세균수가 정점 7 및 9에서 보다 더 많이 검출되었는데 이것은 정점 2, 3 및 5가 정점 7 및 9에 비하여 유기물의 농도가 비교적 높은 내해에 있기 때문으로 사료된다.

한편 진해만과 강진만 조사에서 종속영양세균의 개체수에 의한 수서환경의 영양화정도를 비교함에 있어서 개체수가 10^3 cfu ml⁻¹ 이하이면 빈영양역, $10^3 \sim 10^4$ cfu ml⁻¹이면 부영양역, $10^3 \sim 10^5$ cfu ml⁻¹이면 과영양역 그리고 10^5 cfu ml⁻¹ 이상이면 폐수역으로 구분한 것에 따르면 (하 1978; 김 등 2000), 통영 바다목장 해역에서 여름철에 조사된 종속영양세균수는 표층수가 $3.9 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^4$ cfu ml⁻¹, 저층수가 $1.7 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$ cfu ml⁻¹로서 거의 부영양역 수역에 속한다고 볼 수 있다. 가을철에 조사된 종속영양세균수는 표층수 $4.1 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^3$ cfu ml⁻¹, 저층수 $2.7 \times 10^2 \sim 6.2 \times 10^2$ cfu ml⁻¹로 나타났으며, 겨울철에는 표층수가 $7.7 \times 10^1 \sim 2.1 \times 10^2$ cfu ml⁻¹, 저층수가 $1.5 \times 10^2 \sim 8.6 \times 10^2$ 로 빈영양역으로 나타났다.

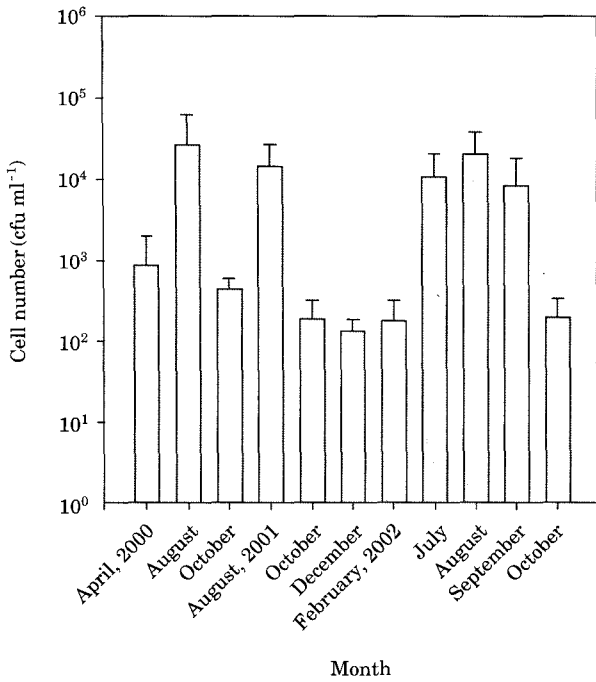


Fig. 6. Seasonal variation of cell number of heterotrophic bacteria isolated of the surface water in the marine ranching ground of Tongyeong coastal waters (2000~2002).

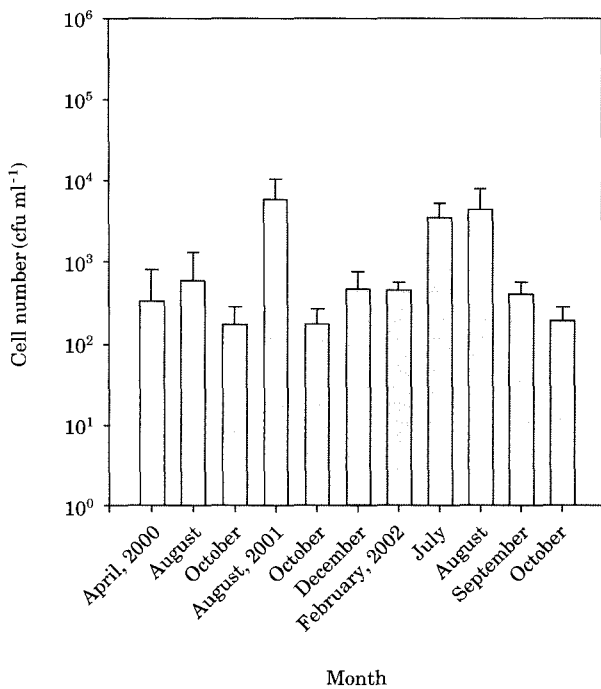


Fig. 7. Seasonal variation of cell number of heterotrophic bacteria isolated of the bottom water in the marine ranching ground of Tongyeong coastal waters (2000~2002).

Fig. 6과 7은 2000 (장 등 2000), 2001 및 2002년도에 조사한 종속영양세균 개체수의 계절적 변화를 도시한 것이다. 종속영양세균의 개체수는 해수의 온도에 크게 의존하여 3개년도 모두 7월과 8월에서 더 많이 측정되었다.

채수한 날짜가 년도별로 달랐지만 8월과 10월에는 3개년 모두 채수하여 년도별 종속영양세균의 개체수의 변화를 알 수 있었다. 표층수의 경우 8월의 종속영양세균의 개체수는 채수한 정점의 위치에 따라 약간의 차이를 보이지만 년도에 따른 종속영양세균의 개체수의 변화는 크지 않았다. 10월에 채취한 표층수의 경우도 2000년 10월의 종속영양세균 개체수가 2001년 10월 및 2002년 10월에 비하여 약간 많았으나 년도에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 이에 비하여 저층수에서는 년도별로 종속영양세균 개체수의 차이를 나타내었다. 저층수의 경우 2000년 8월에 비해 2001년과 2002년의 8월에는 종속영양세균의 개체수가 크게 증가하여 8월에 채수한 저층수에서 2000년도의 경우 2001년도에 비해 종속영양세균의 개체수가 정점 별로 같은 시기에 채수한 표층수에 비하여 9배 정도 적게 검출되었다. 2000년 8월 표층수의 종속영양세균 개체수는 저층수의 경우보다 30배 정도 더 많은 반면, 2001년과 2002년도에는 모든 정점의 저층수에서 많은 종속영양세균이 검출되어 같은 시기의 표층수 내 종속영양세균의 개체수와 유사하였다.

10월에 채수한 해수에서도 2000년의 경우 정점의 위치에 따라 표층수와 저층수의 종속영양세균의 수는 크게는 10배, 작게는 1.5배 정도로 차이를 보인 반면 2001년과 2002년 10월에는 표층수와 저층수에서 종속영양세균 수가 큰 차이를 나타내지 않았다.

2002년 2월에는 해수 온도가 낮으며 해수의 대류가 느려짐에 따라 부유물질이 저층에 축적되어 저층수의 종속영양세균의 수가 표층수의 경우보다 오히려 더 많이 검출되었으며 2001년 12월에도 유사한 결과를 나타내었다.

정점 2, 3 및 5는 내륙 부근에 위치하므로 이들 정점 가까이 조성된 양식 어장으로부터 유출되는 영양물질로 인하여 종속영양세균수가 매우 불규칙적으로 변화하였다. 이러한 변화는 수온이 높고 영양물질이 많이 유입되는 여름철에 특히 두드러지게 나타났다. 그러나 해수의 온도가 낮아지는 가을로 접어들게 되면 각 정점의 종속영양세균수의 격차가 감소하였다.

장 등(1999)은 강진만의 여름철은 수온 상승과 잦은 강우에 의한 영양염류의 유입 증가로 종속영양세균수가 증가하고, 겨울철은 수온 감소 및 담수 유입에 따른 pH의 변화로 인하여 종속영양세균수가 감소한다고 보고하였다.

Table 1. Morphological and biochemical characteristics and identification of heterotrophic bacteria isolated from the marine ranching ground of Tongyeong coastal water (Oct. 2002)

Characteristics	Strain TY 1	Strain TY 2	Strain TY 3	Strain TY 4
Gram stain	G-	G-	G-	G-
Shape	rod	rod	rod	rod
Size (diameter × length, μm)	(0.7~0.8) ×(2.0~3.0)	(0.7~0.8) ×(1.4~2.8)	(0.9~1.6) ×(1.5~2.5)	(0.5~1.0) ×(1.5~3.0)
Growth in an enriched media	+	+	+	+
Oxidase test	-	-	-	-
Hydrolysis of urea	-	-	-	-
Oxidation of carbohydrate;				
Glucose	+	+	-	+
Lactose, Maltose	-	-	-	+
Mannitol	-	+	-	-
Xylose	+	-	-	+
Lysine decarboxylase reaction	-	-	-	-
Ornithine decarboxylase reaction	-	-	-	-
Arginine dihydrolase reaction	+	-	-	-
Utilization of malonate	+	+	-	-
Utilization of acetamide	-	-	-	-
Utilization of citrate	+	+	-	-
Hydrolysis of esculin	-	-	-	+
Growth with polymyxin B	-	-	-	-
Production of H ₂ S	-	-	-	-
Plant indican reaction	-	-	-	+
Fermentation of carbohydrate and sugar derivative;				
L-Arabinose	-	-	-	+
Glucose, Inositol, Sorbitol	-	-	-	-
Raffinose, Rhamnose	-	-	-	-
Sucrose, Adonitol	-	-	-	+
Glucose fermentation with specific inhibitor;				
2, 4, 4'-trichloro-2'-hydroxy -diphenylether	-	-	-	-
p-Coumaric	-	-	-	-
ONPG Fermentation	-	-	-	+
Confidence by VITEK system (%)	69	87	98	99
Identified name	<i>Pseudomonas fluorescens</i> TY1	<i>Pseudomonas stutzeri</i> TY2	<i>Acinetobacter lwoffii</i> TY3	<i>Sphingomonas paucimobilis</i> TY4

태풍은 해수를 교란시켜 표층수와 저층수를 혼합시킬 뿐만 아니라 저층수의 용존산소 농도를 증가시킬 수 있으므로 태풍의 영향을 받을 경우 저층수의 종속영양세균 수가 증가하여 표층수의 개체수와 차이가 줄어들 것으로 예상된다.

2000년도에는 4개의 태풍이 우리나라에 영향을 준 반면 2001년 및 2002년에는 각각 2개의 태풍만이 우리나라에 영향을 미쳤다. 그럼에도 불구하고 8월의 표층수와 저층수에서 종속영양세균의 개체수가 2000년도에는 큰 차이를 보인 반면 2001년 및 2002년도에는 차이가 크지 않았으므로 해수 중의 종속영양세균의 개체수를 태풍의

빈도 수만으로 분석하기는 어렵고 태풍의 진로와 강도 및 태풍을 수반하는 집중 호우와 해수의 온도, 파도의 세기 및 빈도 등 여러 요인에 대한 종합적인 고려가 필요하다고 사료된다.

1. 우점종의 조성

2002년 10월의 표층수에서 분리된 세균의 독립적인 콜로니 중에서 우점종 4균주를 선별하고 순수분리배양한 후 각 균주의 형태적, 생리적 특성을 조사하여 동정한 결과는 Table 1과 같다. 동정된 균주는 *Pseudomonas*

fluorescens TY1, *Pseudomonas stutzeri* TY2, *Acinetobacter lwoffii* TY3 및 *Sphingomonas paucimobilis* TY4 이었으며 모두 Gram 음성 간균이었다.

이 등(1991)은 전북 옥구군 옥도면에 위치한 군산항 부근의 오식도와 비용도 사이의 조간대를 조사한 결과, 모든 정점에서 간균이 74% 이상, 구균은 26% 이하로서 간균이 차지하는 비율이 구균보다 더 높게 나타났다고 보고하였으며, 해수에서 분리된 세균으로는 *Pseudomonas*, *Actinobacter*, *Vibrio*, *Flavobacterium*, *Bacillus*속이 주로 보고되었다(김 1993; 강 등 1999).

적 요

2000년부터 2002년까지 통영 바다목장 해역 5개 정점 표층수와 저층수에서 종속영양세균의 개체수를 평판계수 법으로 측정하여 종속영양세균집의 계절별 변동추이를 비교 분석하고, 우점종을 선별하여 동정하였다. 7월과 8월의 하절기에 채수한 해수에는 봄 혹은 가을 및 겨울에 채수한 해수에 비하여 모든 정점에서 훨씬 더 많은 종속영양세균이 검출되었다. 저층수에 비하여 표층수에서 종속영양세균의 수가 더 많았으나 동절기(2001년 12월과 2002년 2월)에는 해수 온도가 낮으며 해수의 대류가 느려짐에 따라 부유물질이 저층에 축적되는 관계로 저층수의 종속영양세균의 수가 표층수의 경우 보다 오히려 더 많이 검출되었다. 해수 내 종속영양세균의 수와 태풍의 빈도는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않아 태풍의 빈도 이외에 태풍의 진로와 강도 및 태풍을 수반하는 집중 호우와 해수의 온도 변화가 종속영양세균의 수에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 통영 바다목장 해역의 종속영양세균의 우점종은 *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas stutzeri*, *Acinetobacter lwoffii* 및 *Sphingomonas paucimobilis*로 동정되었다.

참 고 문 헌

- 강양순, 김귀영, 심정민, 성기탁, 박진일, 공재열. 1999. 영일만의 환경특성과 해양세균분포. 국립수산진흥원 연구보. 57:175-184.
- 강성윤, 김두홍, 이우범, 주현수, 이제철, 박종천. 1999. 강진만 생태계의 환경요인 분석. 환경생물. 17(4):521-527.
- 김기성, 이우범, 주현수, 이제철, 조재위, 전순배, 이성우, 박종천. 2000. 강진만 생태계에서의 이화학적 특성과 미생물 군집의 계절적 분포. 한국미생물학회지. 36(4):285-291.
- 김동원, 이원재. 1993. 해양미생물과 식물플랑크톤의 상관관계. 한국수산학회지 26:446-457.
- 김상진, 이진형. 1998. 해양미생물학. 동화기술.
- 김은희, 추효상. 1997. 남해연안 해양환경수 내의 세균분포. 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고. 6:153-159.
- 이진형, 김재원, 김정희. 1994. 군산 인근 해역에서 종속영양세균의 분포, 평균체적 및 세포의 효소 활성력. 한국생태학회지. 17:79-90.
- 이진형, 이영옥, 이규춘. 1991. 만경강 하류 생태계에서의 종속영양 세균의 계절적 분포와 이화학적 특성. 한국육수학회지. 24:27-35.
- 이호영, 송태곤. 1987. 연산호의 미생물 분포와 환경요인과의 상관관계. Bull. of Inst. of Littoral Biota. 목포대학교. 4: 103-108.
- 왕혜영, 이진형. 1999. 군산인근해역에서 분리동정된 *Vibrio*속의 특성과 해수에서의 생존, 환경생물. 17:439-448.
- 장지철, 김말남, 이진환, 김종만. 2000. 통영 바다목장 해역의 미생물 분포. 환경생물. 18(4):403-409.
- 하영철. 1978. 진해만 해양기초보고서. 서울대학교 미생물학과.
- Bianchi MAG and AJM Bianchi. 1982. Statistical sampling of bacterial strains and its use in bacterial diversity measurement. Microbiol. Ecol. 8:61-69.
- Cappuccino JG and N Sherman. 1987. Microbiology a laboratory manual. 2nd ed. Benjamin/Cummings.
- Church MJ, DA Hutchins and HW Ducklow. 2000. Limitation of Bacterial Growth by Dissolved Organic Matter and Iron in the Southern Ocean. Appl. Environ. Microbiol. 66(2):455-466.
- Harvey RW. 1987. A fluorochrome-staining technique for counting bacteria in saline, organically enriched, alkaline lakes. Limnol. Oceanogr. 32:993-995.
- Jaspers E, K Nauhaus, H Cypionka and J Overmann. 2001. Multitude and temporal variability of ecological niches as indicated by the diversity of cultivated bacterioplankton. FEMS Microbiol. Ecol. 36:153-164.
- Odum EP. 1989. Ecology and our Endangered Life-Support Systems. Sinauer.
- Pace M and JD Orecutt. 1981. The relative importance of protozoans, rotifers, and crustaceans in a freshwater zooplankton community. Limnol. Oceanogr. 26:822-830.
- Quang SX and DK Button. 1998. Use of species distribution data in the determination of bacterial viability by extinction culture of aquatic bacteria. J. Microbiol. Methods 33:203-210.
- Reinheimer G. 1985. Aquatic Microbiology. 3rd ed. Wiley and Sons.
- Vaatanen P and J Sundquist. 1977. Microbial cellulolytic

activity of the brackish water in the Tvarminne area,
northern Baltic Sea. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 62:797
-804.

Manuscript Received: August 30, 2003
Revision Accepted: December 19, 2003
Responsible Editorial Member: Kap Joo Park
(Konkuk Univ.)