Korean J. Ecol. 17(1) : 79~90, 1994

군산 인근 해역에서 종속영양 세균의 분포, 평균체적 및 세포외 효소활성력

이건형 · 김재원 · 김정희

군산대학교 자연과학대학 생물학과

Distribution, Biovolume and Extracellular Enzyme Activities of Heterotrophic Bacteria in the Sea near Kunsan, Korea

Lee, Geon-Hyoung, Jae-Won Kim and Jeong-Hee Kim

Department of Biology, College of Natural Sciences,

Kunsan National University

ABSTRACT

Water samples were taken at 6 stations from the mouth of Keum River to Kogunsan Archipelago of West Sea during December, 1991 to August, 1992, to determine the distribution of heterotrophic bacteria, their biovolumes and heterotrophic activities.

Heterotrophic marine bacteria ranged from 1.0×10^3 to 5×10^5 c.f.u. /ml. As for morphological distribution measured by epifluorescence microscopy, rod-shaped bacteria were between 45% and 72% of all cells during investigation period. Average biovolume of sampled bacteria ranged from $(7.69 \pm 0.18) \times 10^{-2}$ to $(8.18 \pm 0.38) \times 10^{-2}$ μm^3 for coccoid bacteria, and from $(6.09 \pm 0.29) \times 10^{-2}$ to $(7.72 \pm 0.41) \times 10^{-2}$ μm^3 for rod-shaped ones.

The activities of extracellular enzymes ranged from 0.01 to 2.6 μM /l /hr for glucosidase, from 0.01 to 2.83 μM /l /hr for amylase, from 0.01 to 8.86 μM /l /hr phosphatase and from 0.01 to 0.94 μM /l /hr for chitinase.

Extracellular enzyme activities were higher in summer season than in other sampling periods, and phosphatase showed the highest activity among measured extracellular enzymes. Bacterial distribution and their extracellular enzyme activities were associated with water temperature and organic nutrients, but bacterial cell volumes showed no direct relationship with extracellular enzyme activities.

Key words : Bacterial distribution, Biovolume, Heterotrophic activity, West Sea

이 연구는 1991년도 교육부 기초과학 육성연구비의 지원에 의한 것임.

서 론

해양환경에 존재하는 유기물의 대부분(>95%)은 고분자 화합물로 존재하고 있으며(Allen 1976, Romankevich 1984, Cole *et al.* 1984, Thurman 1985, Münster and Chrórst 1990), 이들 고분자 화합물은 해양에 존재하는 종속영양 세균이 분비하는 효소에 의해 저분자 물질로 분해된 다음 세균에 흡수, 이용될 수 있다 (Hoppe 1983, 1986, Halemejko and Chróst 1986, Chróst *et al.* 1986, Hoppe *et al.* 1988, Chróst 1989, 1990, Chróst and Overbeck 1987, 1990). 따라서 연안 및 해양환경에서 종속영양 세균의 세포외 효소의 활성을 밝히는 것은 그 해역의 영양상태와 유기 및 무기물의 물질순환을 밝히는데 중요한 지표가 된다.

우리나라 서해안은 한강, 금강, 만경강 및 영산강 등이 유입되고 있어 많은 곳에서 기수역을 형성하므로 동해나 남해에 비해 무기 및 유기 영양염류가 풍부하며 이곳에 서식하는 생물상도 다른 수역에 비해 매우 다양한 편이다. 특히 군산 인근의 서해안은 금강과 만경강으로부터 많은 양의 농업용수와 생활하수가 유입되고 있어 종속영양 세균의 분포와 활성이 클 것으로 예상된다. 하구 및 연안환경에서 미생물의 분포와 활성에 관련된 연구로는 우리나라의 경우 김 등(1985)은 낙동강 하구 간석지에 존재하는 세균의 분포 및 생리적 활성도에 대하여, 안(1987)의 낙동강 하구에서 미생물의 heterotrophic activity의 계절적 변화와 염분의 영향에 대하여, 이(1990)의 군산 인근 해역에서의 종속영양 세균의 분포와 계절적 특성에 대하여, 안 등(1991)의 낙동강 하구의 세균 분포와 활성에 미치는 환경요인 등에 대하여, 김과 이(1992)의 남해 퇴적토에서 종속영양 세균의 분포 및 세포외 효소활성력에 관한 연구 등이 보고된 바 있다. 하지만, 금강하구역 및 인근 해역에서의 미생물 특성에 관한 연구는 아직 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 금강하구로부터 고군산군도 인근까지의 해역을 대상으로 종속영양 세균의 년중 분포와 평균체적, 세포외 효소활성을 정량적으로 측정하였다. 이상에서 얻어진 결과는 서해안 군산 인근 해역 생태계의 구조와 기능을 파악하고 미생물상 변화와 활성을 예측하는 데 필요한 기초자료로 활용될 수 있다고 본다.

재료 및 방법

연구대상 해역 및 시료채수

본 연구는 1991년 11월부터 1992년 8월까지 금강하구에서 고군산군도 간의 6개 정점을 대상으로 실시하였다 (Fig. 1). 조사수역의 각 정점의 특성은 다음과 같다. 정점 1은 금강하구의 도선장 인근해역으로 군산시에서 유입되는 생활하수의 영향을 많이 받는 해역이며, 정점 2는 군산 외항앞으로 주로 공단에서 유입되는 폐수의 영향을 받는 해역이다. 정점 3은 오식도 앞에 위치한 해역으로 새만금 간척사업에 관련된 준설현장 인근이며, 정점 4는 하구에서 벗어난 외해에 가까운 해역이고, 정점 5, 6은 고군산군도 주변에 위치한 해역이다. 시료는 Van-Dorn 채수기를 이용하여 각 정점의 표층에서 채수한 후 0℃를 유지하는 휴대용 ice box에 넣어 실험실로 운반하여 즉시 처리하였다.

종속영양 세균의 분포

해양성 종속영양 세균은 Bacto-marine agar 2216e medium(Difco)에 평판배지법으로 20 ±

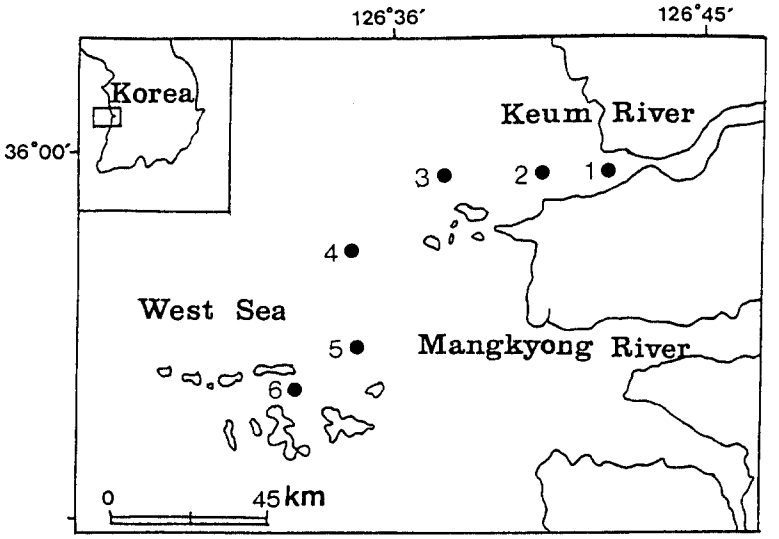

Fig. 1. A map showing the sampling sites.

2℃에서 7일간 배양하여 균체수를 계수하였다.

세균크기 및 체적측정

현장에서 채수한 시료를 formalin(2%)으로 고정하여 실험실로 운반 후 Sudan black B (Merck)로 미리 염색된 polycarbonate membrane filter (Nuclepore, Φ 25 mm, 0.2 μm pore size)에 시료 1 ml를 여과한 후 다시 1% acridine orange(Merck) 용액 1 ml를 가해 여과지가 완전히 잠기게 하여 5분간 염색한 후 여과하였다. 염색된 여과지는 공기중에서 건조시켜 형광현미경(Diaplan, 2500x, Leitz)으로 여과된 세균의 크기와 체적을 측정하였다. 세균의 크기와 체적은 화면상에 나타난 20 field를 무작위로 선택하여 계수한 후 평균하였다.

세포외 효소활성도 측정

세포외 효소의 활성은 생태계에 비교적 널리 분포하며 해양생태계와 육상생태계를 비교할 수 있는 4종의 세포외 효소를 선택하였으며, 이들을 측정하기 위해서 4종의 형광기질을 사용하였다 (Table 1). Standard curve는 MUF를 methylcellosolve에 녹인 후 증류수에 각 농도별로 첨가하여 형광을 측정해 방정식을 구하여 작성하였다(Fig. 2). 각 반응기질의 stock solution은 5 mM /l 되게 methylcellosolve(ethyleneglycol-monomethylether; $C_3H_8O_2$)에 녹여 −20℃의 암소에서 보관하였다. 효소활성 측정시 시료 5 ml에 각 반응기질 용액을 25 μM 되게 첨가하고, 4시간 동안 암실에서 반응시킨 후 효소활성에 따른 형광을 spectrofluorometer(Jasco, FP −770)를 이용하여 다음의 조건하에서 측정하였다 (Hoppe 1983, Kim and Hoppe 1986, Somville 1984); Excitation: 365 nm, Emission: 450 nm, Ex SBW: 5 nm, +Em SBW: 5 nm, photomultiplier tube voltage: low, sensitivity: × 100.

각 효소의 활성도는 Fig. 2를 이용하여 환산한 후 반응시간으로 나누어 산출하였다.

Table 1. Fluorogenic substrates used in this study

Substrate	Tested enzyme
4-methylumbelliferyl-N-acetyl-β-D-glucosaminide	N-acetyl-β-D-glucosaminidase (chitinase)
4-methylumbelliferyl-β-D-glucoside	β-glucosidase
4-methylumbelliferyl-phosphate	phosphatase
4-methylumbelliferyl-α-glucoside	α-glucosidase (amylase)

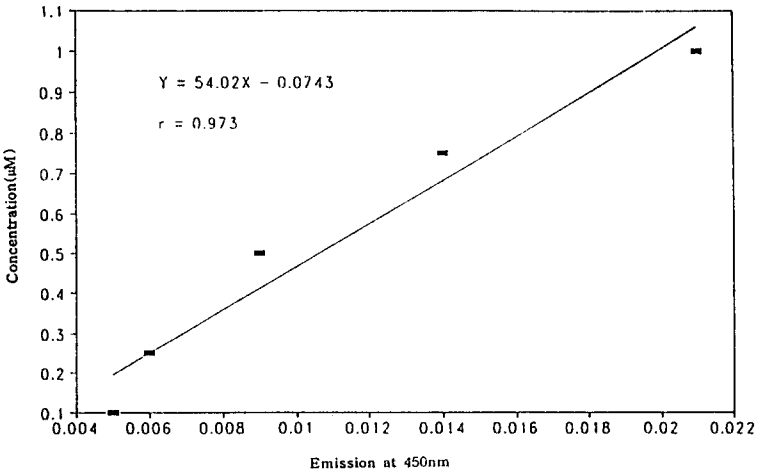

Fig. 2. Standard curve for the determination of extracellular enzyme activity.

결 과

해양성 종속영양 세균의 계절적 분포

종속영양 세균은 대체로 연안에서는 생산성이 높은 유광층(euphotic zone)에서 가장 높은 분포를 보이며 해양에서는 상층보다 10 ~ 50 cm 깊이에서 최대값을 나타낸다. 하지만 본 조사 해역과 같이 연안에서 해양으로 가는 수계 환경에서는 지형학적으로 낮은 수계 환경을 이루므로 조석 간만에 따라 상·하층간의 혼합 현상이 자주 일어나고, 기수역 조건을 형성하므로 해양성 종속영양 세균의 분포는 정점에 따라 일정한 값을 나타내지 않는다. 본 조사 해역에서 해양성 종속영양 세균의 분포를 살펴보면, Fig. 3에서 보는 바와 같이, 년 중 $1.0 \times 10^3 \sim 5 \times 10^5$ c.f.u. /ml의 범주에서 변화하였다. 월별로 살펴보면, 4월이 $1 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ c.f.u. /ml, 6월이 $2.3 \times 10^4 \sim 2.55 \times 10^5$ c.f.u. /ml, 7월이 $3.0 \times 10^3 \sim 4.89 \times 10^5$ c.f.u. /ml, 8월이 $1.59 \times 10^5 \sim 3.79 \times 10^5$ c.f.u. /ml로 비교적 높은 값을 보인 반면, 11월부터 3월까지는 $2.13 \times 10^3 \sim 3.15 \times 10^4$ c.f.u. /ml의 범주에서 변화하여 조사기간 중 가장 낮은 값을 보였다. 한편 5월은 만조에서 간조로 바뀌어지는 시간에 채수되었기 때문에 정점에 따라 개체수의 측정값이 큰 차이를 보였다. 정점별로 살펴보면, 정점 1은 $6.96 \times 10^2 \sim 4.89 \times 10^3$ c.f.u. /ml, 정점 2는 $2.3 \times 10^2 \sim 2.55 \times 10^5$ c.f.u. /ml, 정점 3은 $3.3 \times 10^2 \sim 5.26 \times 10^5$ c.f.u. /ml, 정점 4는 $2.5 \times 10^2 \sim 4.2$

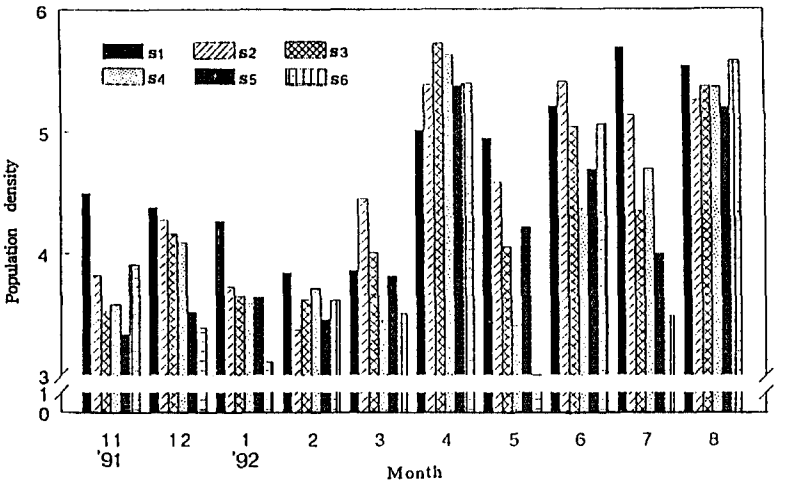

Fig. 3. Population densities of heterotrophic bacteria at each sampling site during surveying periods ($\times 10^5$ c.f.u. /ml).

$\times 10^5$ c.f.u. /ml, 정점 5는 $2.13 \times 10^2 \sim 2.35 \times 10^5$ c.f.u. /ml, 정점 6은 $1.0 \times 10^2 \sim 3.79 \times 10^5$ c.f.u. /ml의 범주에서 변하였다. 정점 1과 2에서 측정된 값은 이 등(1986)이 금강하구에서 조사한 측정값과, 정점 3은 이(1990)가 군산인근 해역에서 조사한 측정값과 유사하였다.

세균의 형태 및 평균체적

형광현미경 법으로 측정된 세균의 형태를 정점별로 살펴보면, 조사균주 중 구균은 45 ~ 72%의 범주에서 분포하였다. 하구에 근접한 정점에서는 구균의 분포비율과 간균의 분포비율 간의 차이가 적었으나, 하구에서 멀어지는 정점일수록 간균의 비율이 점차 높아지는 것을 알 수 있다 (Table 2). 한편 균체의 평균체적은 구균이 $(7.69 \pm 0.18) \times 10^{-2} \sim (8.18 \pm 0.38) \times 10^{-2}$ μm^3의 범주에서, 간균이 $(6.09 \pm 0.29) \times 10^{-2} \sim (7.55 \pm 0.43) \times 10^{-2}$ μm^3의 범주에서 변화하여 구균과 간균 간의 평균체적은 커다란 차이가 없었다(Table 2).

한편 형광현미경 법에 의해 측정된 세균의 계절적 특성을 살펴보면, 조사균주 중 구균은 21 ~ 28%의 범주에서, 간균은 42 ~ 79%의 변화하여 6월에는 구균의 비율이 높았고, 12월에는 간균의 비율이 높았다. 한편, 세균의 체적을 살펴보면, 구균이 $(7.62 \pm 0.05) \times 10^{-2} \sim (8.18 \pm 0.32) \times 10^{-2}$ μm^3의 범주에서, 간균이 $(6.87 \pm 0.35) \times 10^{-2} \sim (7.32 \pm 0.42) \times 10^{-2}$ μm^3의 범주에서 변화하여 구균과 간균은 조사시기에 따라 체적이 다소 차이를 나타냈지만 전반적으로 커다란 차이는 보이지 않았다 (Table 3).

세포외 효소 활성도

1) Glucosidase

본 실험에서 조사기간 중 측정된 glucosidase 활성은 0 ~ 3.49 μM /l /hr이었으며 하구에서 가까운 정점일수록 높았다. 계절별로 살펴보면, 동계에 해당하는 11월 ~ 2월까지는 전정점이 낮은 값을 나타냈으나, 3월로 접어들면서 하구에 가까운 정점 1, 2, 3의 경우 glucosidase의 활성이

Table 2. Cell shape and observed number of samples from November, 1991 to August, 1992 for the determination of bacterial cell volumes in the sea near Kunsan

Site	Coccus		Rod	
	Observed number (%)	Average biovolume ($\times 10^{-2}$ μm^3)	Observed number (%)	Average biovolume ($\times 10^{-2}$ μm^3)
1	1,159 (55)	8.18 ± 0.38	959 (45)	6.09 ± 0.29
2	963 (42)	7.89 ± 0.36	1,332 (58)	7.13 ± 0.33
3	732 (39)	7.76 ± 0.18	1,119 (69)	7.23 ± 0.37
4	1,007 (37)	7.74 ± 0.18	1,707 (63)	7.72 ± 0.41
5	748 (35)	7.69 ± 0.18	1,375 (65)	7.77 ± 0.36
6	577 (28)	7.76 ± 0.31	1,511 (72)	7.55 ± 0.43

Table 3. Cell shape and observed number of samples from November, 1991 to August, 1992 for the determination of monthly variation of bacterial cell volumes in the sea near Kunsan

Month	Coccus		Rod	
	Observed number (%)	Average biovolume ($\times 10^{-2}$ μm^3)	Observed number (%)	Average biovolume ($\times 10^{-2}$ μm^3)
Dec.	771 (21)	8.18 ± 0.32	2,838 (79)	7.61 ± 0.27
Mar.	652 (42)	7.62 ± 0.05	902 (58)	7.32 ± 0.41
Jun.	1,842 (58)	7.45 ± 0.11	1,324 (42)	6.87 ± 0.35
Aug.	1,921 (35)	8.10 ± 0.67	2,938 (61)	7.28 ± 0.42

증가되기 시작하여 5월에는 0 ~ 0.95 μM /l /hr로 증가양상이 두드러지기 시작했으며, 8월에 1.83 ~ 3.49 μM /l /hr으로 가장 높은 값을 나타냈다 (Fig. 4A). 하지만 하구에서 멀어지는 정점 4, 5, 6의 경우는 0 ~ 0.99 μM /l /hr의 범주에서 변화하여 정점 1, 2, 3에 비해 전반적으로 낮은 값을 보였으며 8월에만 0.67 ~ 0.99 μM /l /hr로 다소 높은 값을 나타냈다.

2) Amylase

Amylase는 육상환경에 비하여 수계환경에서는 아주 낮은 농도로 존재하는데 본 연구에서도 육상환경의 영향을 많이 받는 하구 부근 정점에서 비교적 높게 나타난 반면 해양으로 갈수록 소량으로 검출되었다. Amylase는, Fig. 4B에서 보는 바와 같이, 년중 0 ~ 3.80 μM /l /hr의 범주에서 변화하였다. 정점별로는 정점 1에서 년 평균 0.73 μM /l /hr, 정점 2는 1.16 μM /l /hr, 정점 3은 0.45 μM /l /hr, 정점 4는 0.22 μM /l /hr, 정점 5는 0.14 μM /l /hr, 정점 6은 0.08 μM /l /hr으로 나타났으며, 8월의 공단부근인 정점 2에서 3.80 μM /l /hr로 효소활성이 가장 높았다.

3) Phosphatase

Phosphatase는 년중 0 ~ 11.95 μM /l /hr의 범주에서 변화하였다 (Fig. 4C). 정점별로 살펴보면, 정점 1은 년평균 2.53 μM /l /hr, 정점 2는 1.72 μM /l /hr, 정점 3은 2.45 μM /l /hr, 정점 4는 2.49 μM /l /hr, 정점 5는 3.2 μM /l /hr, 정점 6은 1.36 μM /l /hr으로 나타났다. Phospha-

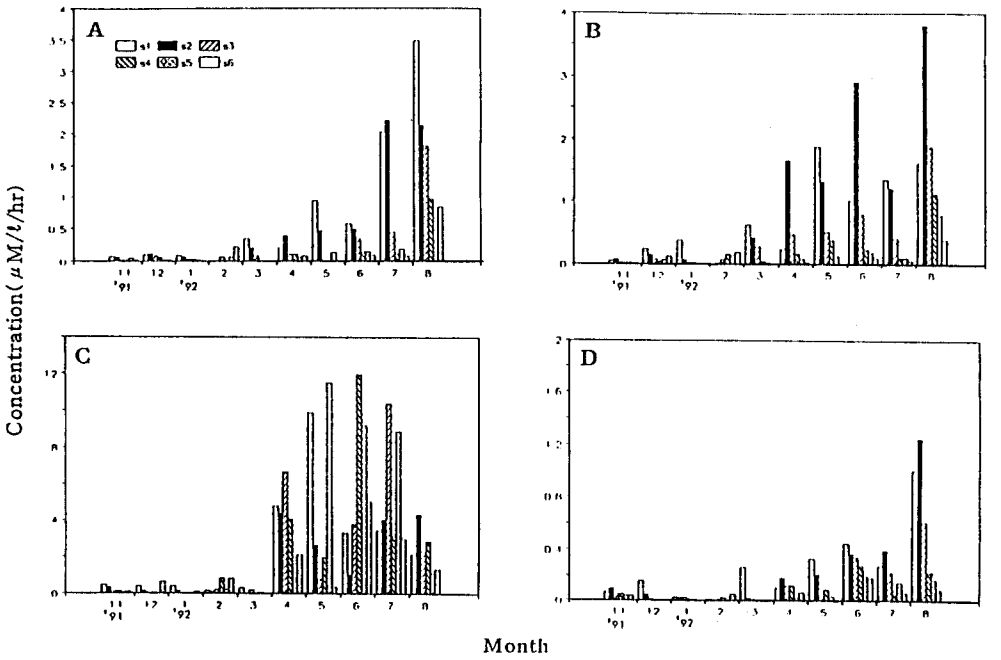

Fig. 4. Monthly variation of extracellular enzyme activities during surveying periods (A: glucosidase, B: amylase, C: phosphatase, D: chitinase).

tase는 정점 6을 제외하고는 전 조사정점에서 높게 나타났다. 월별로는 11월부터 3월까지는 낮은 효소활성을 나타냈으나 4월에 접어들면서 0.9 ~ 6.65 μM /l /hr의 범주에서 증가하기 시작하여, 6월에 1.03 ~ 11.95 μM /l /hr로 가장 높은 값을 보였다. 정점별로는 11월부터 4월까지는 각 정점간에 커다란 차이를 발견할 수 없었으나, 5월부터 7월까지 외해에 위치한 정점(정점 5)에서 높은 효소활성을 나타냈다.

4) Chitinase

Chitinase는 chitin을 chitobiose로 분해시키고 chitobiose는 chitobiase (N-acetyl-β-D-glucosaminidase)에 의해 N-acetylglucosamine으로 가수분해될 수 있다. 본 연구에서 chitinase의 활성은 4-methylumbelliferyl-N-acetyl-β-D-glucosaminide 기질을 첨가하여 측정하였다. 조사기간 중 chitinase의 활성은 0 ~ 1.25 μM /l /hr의 범주에서 변화하였다. 정점별로 살펴보면, 정점 1은 년 평균 0.27 μM /l /hr, 정점 2는 0.26 μM /l /hr, 정점 3은 0.15 μM /l /hr, 정점 4는 0.08 μM /l /hr, 정점 5는 0.06 μM /l /hr, 정점 6은 0.04 μM /l /hr로 나타나 glucosidase에서와 마찬가지로 하구에 가까운 정점이 해양에 위치한 정점에 비해 활성이 높음을 알 수 있다 (Fig. 4D). 계절별로는 하계에 0. 05 ~ 1.25 μM /l /hr의 범주로 나타나 세포외 효소활성이 높은 반면 동계는 0 ~ 0.16 μM /l /hr로 비교적 낮은 값을 보였다. 전반적으로 김과 이(1992)에 의해서 조사된 남해퇴적토에서의 chitinase 활성보다는 낮은 값을 나타냈다.

고 찰

수계 생태계에서 종속영양 세균은 생물 사체를 분해하여 무기염화 시키는 분해자의 역할을 맡고 있으며 일부 광합성 세균과 화학합성 세균이 1차 생산자의 역할을 담당하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 수계생태계, 특히 연안 및 해양생태계에서 종속영양 세균의 분포를 파악하는 것은 그 해역의 영양상태 및 특성을 밝히는 데 중요한 지표가 된다. 본 조사해역에서 종속영양 세균의 년중 분포는 $1.0 \times 10^3 \sim 5.26 \times 10^5$ c.f.u. /ml의 범주에서 변화하였으며, 월별로는 여름철에, 정점별로는 하구에 가까운 정점에서 높은 분포를 보이고 있어 종속영양 세균의 분포는 수온과 이곳으로 유입되는 유기물의 양에 따라 큰 영향을 받는 것으로 생각된다(Austin 1983, Equra *et al.* 1974, Kaneko *et al.* 1978). 이러한 현상은 군산 인근해역(이 등 1986)과 만경강 하구(이와 이 1993)에서 조사된 생리적 특성균의 분포에서도 관찰되어 단백질 분해세균과 지방 분해세균 및 전분 분해세균의 년중 분포에서도 유사한 경향이 나타났다. 종속영양 세균의 분포는 대체로 연안에서 해양으로 갈수록 개체수가 감소하여 이들 개체수의 변화는 이 수역에 유입되는 유기물을 파악하는 데 유용한 지표로 이용될 수 있다.

본 조사정점에서 조사된 세균의 형태는 하구에 가까운 정점에서는 구균과 간균의 비율이 유사하였으나, 하구에서 멀어지는 정점으로 간균의 비율이 높아져 전형적인 해양환경에서 나타나는 것과 유사한 양상을 보였다(Rheinheimer 1985). 한편 세균의 평균체적은 $(6.09 \pm 0.29) \times 10^{-2} \sim (8.18 \pm 0.38) \times 10^{-2}$ μm^3의 범주에서 변화하였는데, 이러한 체적값은 Watson 등(1977)이 Sargasso Sea와 남서 아프리카 연안에서 관찰한 mini-cell의 체적보다는 다소 컸지만, 본 조사해역에서도 조사된 세균 중 많은 비율이 mini-cell에 가까운 체적을 나타냈다.

수계환경에서 미량의 방사성 동위원소를 기질로 주어 종속영양 세균이 이용하는 양을 측정함으로써 자연 기질의 이용에 대한 종속영양 세균의 활성을 측정하는 방법이 여러 사람들(Hobbie and Crawford 1969, Wright 1973, Wright and Hobbie 1965, 1966)에 의해서 시도되었으며, 최근에는 fluorogenic substrate를 이용하여 현장에서 세균의 세포외 효소 활성을 측정하는 데 적합한 고도의 민감한 기법이 적용되고 있는 추세이다 (Hoppe 1983, Polczar 1957, Somville and Billen 1983). 본 연구에서도 fluorogenic MUF 기질을 이용하여 세균의 세포외 효소활성을 측정한 결과 본 연구에서 측정된 4종의 효소(glucosidase, chitinase, phosphatase, amylase)는 수온이 높아지는 하절기로 갈수록 대체로 높은 활성을 보였으며 하구에 가까운 정점이 원양에 위치한 정점들보다 세포외 효소의 활성이 높게 나타나, 세균의 분포와 세포외 효소의 활성간에는 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 하지만 세균의 체적과 세포외 효소의 활성 간에는 뚜렷한 관계를 발견할 수 없었다.

β-glucosidase(βGlu)는 종속영양 미생물(주로 세균과 균류)에 의해서 담수와 해수, 그리고 이들 퇴적토에서 생성되는 것으로 알려져 있다(Hoppe 1983, Somville 1984, King 1986, Meyer-Reil 1987, Chróst *et al.* 1989). βGlu의 활성은 일반적으로 봄철 식물플랑크톤의 대발생 초기에는 낮은 값을 나타내다가 대발생이 끝날 무렵에 최대값을 나타낸다. 또한 βGlu 활성의 증가는 생체량의 증가와 세포의 생산성과 비례한다(Chróst 1993). 본 연구수역에서도 11월 ~ 3월까지 낮은 βGlu의 활성을 보이다가 4월 이후부터 βGlu의 활성이 점차 증가하여 8월에 최대값을 내었으며, 종속영양 세균의 균체수도 4월 이후 비례적으로 증가하여 Chróst(1993)의 결과와 일치함을 알 수 있다.

Amylase의 활성은 glucosidase에 나타난 결과와 마찬가지로 하구에 인접한 정점에서 높은 값을 나타냈고 외해에 위치한 정점일수록 낮은 값을 보였는데, 이는 이들 두 효소에 관련된 물질이 해상에서 기원하기 보다는 육상에서 기원하기 때문인 것으로 생각된다. 일반적으로 인은 해양환경에서 제한요인으로 작용한다. 그러므로 phosphatase의 활성은 11월부터 3월까지는 전 정점에서 커다란 차이가 없이 비슷한 활성을 보였으나 수온이 상승되는 4월부터 7월까지 전 정점에서 높은 활성을 보였으며, 특히 외해에 위치한 정점 5에서 높은 활성을 나타냈는데 이는 세균과 식물플랑크톤의 개체수 증가에 따라 나타나는 현상으로 생각된다. 마지막으로 chitin 성분은 주로 갑각류의 껍질이나 균류의 막을 이루는 성분으로 수계환경보다는 퇴적토에 더 많이 존재한다. 그러므로 본 실험에서 측정된 해수의 표층 시료에서는 chitinase의 활성이 비교적 낮은 것으로 생각된다.

대체적으로 본 조사해역에서는 phosphatase의 활성은 높은 반면, glucosidase, chitinase, amylase의 활성은 비교적 낮았다. 또한 amylase는 육상환경에서 일반적으로 높은 활성을 보일 수 있으나 해양환경에서는 낮게 나타나 해양환경에 존재하는 유기물의 구성을 간접적으로 추측할 수 있었으며 또한 이러한 결과는 해양생태계에서 유기물의 순환을 파악하는 데 필요한 정보를 제공해 줄 수 있음을 시사하고 있다.

적 요

1991년 11월부터 1992년 8월까지 총 8회에 걸쳐 금강하구에서 고군산군도까지 6개 정점을 대상으로 종속영양 세균의 분포와 평균체적 및 세포외 효소활성을 측정하였다. 해양성 종속영양 세균은 $1.0 \times 10^3 \sim 5 \times 10^5$ c.f.u. /ml의 범주에서 분포하였으며, 간균이 45 ~ 72%를 차지하였다. 또한 구균의 평균체적은 $(7.69 \pm 0.18) \times 10^{-2} \sim (8.18 \pm 0.38) \times 10^{-2}$ μm^3, 간균은 $(6.09 \pm 0.29) \times 10^{-2} \sim (7.72 \pm 0.41) \times 10^{-2}$ μm^3의 범주에서 변화하였다. 세포외 효소활성도를 측정한 결과, glucosidase의 활성은 0 ~ 3.49 μM /l /hr, chitinase의 활성은 0 ~ 1.25 μM /l /hr, phosphatase는 0 ~ 11.95 μM /l /hr, amylase는 0 ~ 3.80 μM /l /hr의 범주에서 측정되어 세포외 효소활성은 여름철에 높은 값을 보였으며, 측정효소중 phosphatase의 활성이 가장 높았다. 종속영양 세균의 분포와 세포외 효소활성은 수온과 유입되는 유기물의 양과 밀접한 관계가 있었으며, 세균의 체적의 크기는 세포외 효소 활성과는 직접적인 관계가 없었다.

인용문헌

김상종 · 홍순우 · 이윤. 1985. 낙동강 하구 간석지에 존재하는 세균의 분포 및 생리적활성도. 미생물학회지 79:215-220.

김상진 · 이건형. 1992. 남해퇴적토에서 종속영양 세균의 분포 및 세포외 효소활성력. 미생물학회지 30:383-390.

안태영. 1987. 낙동강 하구에서 미생물의 Heterotrophic Activity의 계절적 변화와 염분의 영향에 관한 연구. 박사학위논문. 서울대학교. 150p.

안태영 · 조기성 · 하영칠. 1991. 낙동강 하구의 세균분포와 활성에 미치는 환경요인. 미생물학회지 29:329-338.

이건형 · 하영칠 · 홍순우. 1986. 금강 하구 퇴적토의 이화학적 성질과 종속영양 세균의 분포에

관하여. 미생물학회지 24:308-316.

이건형 · 이규춘. 1993. 만경강 하류에서의 종속영양 세균의 계절적 분포와 항생제 내성세균의 특성. 한국육수학회지 26:73-82.

이다미. 1990. 군산 인근 해역에서의 종속영양 세균의 분포와 계절적 특성에 관한 연구. 석사학위논문. 군산대학. 61p.

Allen, H. L. 1976. Dissolved organic matter in lakewater: characteristics of molecular weight size fractions and ecological implications. Oikos 27:64-70.

Austin, B. 1983. Bacterial microflora associated with a coastal, marine fish-rearing unit. Jour. Marine Biol. Assoc. UK. 63:585-592.

Chróst, R. T. 1989. Characterization and significance of β-glucosidase activity in lake water. Limnol. Oceanogr. 34:660-672.

Chróst, R. T. 1990. Microbial enzymes in aquatic environments. *In* J. Overbeck and R. T. Chróst (eds.). Aquatic Microbial Ecology. Biochemical and Molecular Approaches. Springer Verlag. New York. pp. 47-48.

Chróst, R. T. 1993. Environmental control of the synthesis and activity of aquatic microbial ectoenzymes. *In* R. T. Chróst (ed.). Microbial enzymes in aquatic environments. Springer-Verlag. New York. Berlin. pp. 29-59.

Chróst, R. T., U. Münster, H. Raw, D. Albrecht, P. K. Witzel and J. Overbeck. 1989. Photosynthetic production and exoenzymatic degradation of organic matter in euphotic zone of an eutrophic lake. Journal of Plankton Research 11:223-242.

Chróst, R. T. and J. Overbeck. 1987. Kinetics of alkaline phosphatase activity and phosphorus availability for phytoplankton and bacterioplankton in lake Pluss (north German eutrophic lake). Microbial Ecology 13:229-248.

Chróst, R. T. and J. Overbeck. 1990. Substrate-ectoenzyme interaction: significance of β -glucosidase activity for glucose metabolism by aquatic bacteria. Archiv für Hydrobiologie Beihefte Ergebuisse Limnologie 34:93-98.

Chróst, R. T., W. Siuda, D. Albrecht and J. Overbeck. 1986. A method for determining enzymatically hydrolyzable phosphate(EHP) in natural waters. Limnol. Oceanogr. 31:662-667.

Cole, J. J., W. H. McDowell and G. E. Likens. 1984. Sources and molecular weight of dissolved organic carbon in an oligotrophic lake. Oikos 42:1-9.

Equra, Y., K. Daiku, K. Tajima, T. Kimara and M. Sakai. 1974. Seasonal difference in bacterial counts and heterotrophic bacterial flora in Akkeshi Bay. *In* R. R. Colwell and R. Y. Morita (eds.). Effect of the Ocean Environment on Microbial Activities. University of Park Press. Baltimore. pp. 510-523.

Halemejko, G. Z. and R. J. Chróst. 1986. Enzymatic hydrolysis proteinaceous particulate and dissolved material in an eutrophic lake. Archiv für Hydrobiologie 107:1-21.

Hobbie, J. E. and C. C. Crawford. 1969. Respiration corrections for bacterial uptake of dissolved organic compounds in natural waters. Limnol. Oceanogr. 14:528-532.

Hoppe, H. G. 1983. Significance of exoenzymatic activities in the ecology of brackish

water : Measurements by means of methylumbelliferyl-substrates. Mar. Ecol. Prog. Ser. 11:299-308.

Hoppe, H. G. 1986. Degradation in sea water. *In* H. J. Rehm and G. Reed (eds.). Biotechnology. A comprehensive treatise. vol. 8. Verlag Chemie. Weinheim. pp. 453-474.

Hoppe, H. G., S. J. Kim and K. Gocke. 1988. Microbial decomposition in aquatic environments: Combined processes of extracellular enzyme activity and substrate uptake. Appl. Environ. Microbiol. 54:784-790.

Kaneto, T., G. Roubal and R. M. Atlas. 1978. Bacterial population in the Beaufort Sea. Arctic 31:91-107.

Kim, S. J. and H. G. Hoppe. 1986. Microbial extracellular enzyme detection on agar plates by means of fluorogenic methylumbelliferyl substrates. GERBAM Deuxieme Colloque International de Bacteriologie Marine. Actes de Colloques. 3. IFREMER. Brest. France. pp. 175-183.

King, G. M. 1986. Characterization of β-glucosidase activity in intertidal marine sediments. Appl. Environ. Microbiol. 51:373-380.

Mever-Reil, L. A. 1987. Seasonal and spatial distribution of extracellular enzymatic activities and microbial incorporation of dissolved organic substrates in marine sediments. Appl. Environ. Microbiol. 53:1748-1755.

Münster, U. and R. J. Chróst. 1990. Origin, composition and microbial utilization of dissolved organic matter. *In* J. Overbeck and R. J. Chróst (eds.). Aquatic Microbial Ecology. Biochemical and Molecular Approaches. Springer Verlag. New York. pp. 8-46.

Polczar, M. J. 1957. Manual of microbiological methods. McGraw-Hill Co. New York.

Rheinheimer, G. 1985. Aquatic Microbiology. John Wiley & Sons. Chichester. New York. Brisbane. Toranto. pp. 33-39.

Romankevich, E. A. 1984. Geochemistry of organic matter in the ocean. Springer Verlag. Tokyo. 478p.

Somville, M. 1984. Measurement and study of substrate specificity of exoglucosidase activity in eutrophic water. Appl. Environ. Microbiol. 48:1181-1185.

Somville, M. and G. Billen. 1983. A method for determining exoproteolytic activity in natural waters. Limnol. Oceanogr. 28:190-193.

Thurman, E. M. 1985. Organic Geochemistry of Natural Waters. Nijhoff/Junk. Boston. 687p.

Watson, S. W., T. J. Novitsky, H. L. Quinby and F. W. Valois. 1977. Determination of bacterial number and biomass in the marine environment. Appl. Environ. Microbiol. 33:940-946.

Wright, R. T. 1973. Some difficulties in using C-organic solutes to measure heterotrophic bacteria activity. *In* L. H. Stevenson and R. R. Colwell (eds.). Estuarine Microbial Ecology. Univ. South Carolina Press. Columbia. pp. 199-217.

Wright, R. T. and J. E. Hobbie. 1965. The uptake of organic solutes in lake water. Limnol. Oceanogr. 10:23-28.

Wright, R. T. and J. E. Hobbie. 1966. Use of glucose and acetate by bacteria and algae in aquatic ecosystems. Ecology 47:447-446.

(1993년 2월 7일 접수)