

팔당호에서 종속영양 활성도의 계절적 변화 및 세균의 세포외 효소활성

김 상 진

한국해양연구소 해양미생물연구실

수계생태계에서 유기물질의 순환을 이해하기 위하여 팔당호에서 종속영양 활성도와 세균 세포외 효소활성의 계절적 변화를 연구하였다. 팔당호 정점 1의 glucose 전환시간은 수층, 퇴적토에서 3~1,300시간, 17~170시간, protein hydrolysate는 5~900시간, 15~240시간, acetic acid는 4~350시간, 15~230시간으로 계절적인 변화를 나타냈다. Glucose, protein hydrolysate, acetate 각각의 호흡율은 수층에서 23~32%, 38~41%, 22~28%로 나타났고 퇴적토에서는 34%, 61% and 41%로 나타났다. 이 결과로 3가지 유기물질 종류 모두가 수층보다 퇴적토에서 높은 율로 호흡됨을 알 수 있었다. 한편 세균의 α -glucosidase, β -glucosidase, N-acetyl- β -D-glucosaminidase, aminopeptidase 활성력을 살펴본 결과 수층에서 효소 각각에 대해 32~44%, 31~32%, 18~34%, 61~67%의 범위를 나타내었고 퇴적토에서는 34%, 40%, 23%, 65%로 나타났다.

KEY WORDS □ Heterotrophic activity, Respiration ratio, Microbial extracellular enzyme activity, Paldang Lake, Korea

수계생태계의 미생물의 종속영양 활성도를 측정하는 데는 ^{14}C -label된 유기화합물을 널리 사용하고 이에 대한 결과가 많이 보고되었다(18). 이를 통하여 미생물 집단에 의한 자연계에 존재하는 유기물질의 전환과정에 대하여 이해가 가능해졌다. 이것은 자연계에 존재하는 여러 종류의 유기 물질에 대한 미생물의 종속영양 활성도를 이해하는데 의의가 있고 자연생태계의 기질농도를 안다면 그 기질의 flux rate를 계산할 수 있을 뿐만 아니라 다른 생태계와 비교를 함으로써 생태계의 물질 순환과정을 이해하는데 많은 도움을 준다. Hobbie and Crawford(10)에 의해 유기물질 탄소분자가 세포내로 assimilation되어 세포 구조물질을 구성하는 것과 일부는 CO_2 로 respiration되어 에너지를 얻는 과정에 사용되는 것을 모두 측정 가능하게 됐다. 이 방법을 이용하여 CO_2 로 respiration되는 기질과 세포내로 incorporation 되는 기질 총량을 합하여 호흡되는 기질의 양을 백분율로 계산하여 호흡율(percent respiration)을 구할 수 있다. 다양한 생태계에서 기질의 호흡율을 Hoppe(11)는 많은 연구 문헌을 조사한 후 비교적 균일하다고 결론지었으나 기질의 호흡율이 매우 다양한 결과를 가진 연구 또한 많이 발표되었다(2, 4, 5, 7, 9). 호흡율에 영향을 미치는 환경인자는 온도의 변화(17), 염분도(8), 무기영양 물질의 공급, 유기영양 물질의 질적, 양적인 공급(10), 미생물의 생리적상태(3), 환경의 특성(5) 등을 들 수 있다. 그 외에도 Burnison & Morita(2), Gocke(5), Griffiths *et al.*(7), Hanson & Snyder(9)는 계절적 변화에 의해 그 차이가 일어날 수 있다고 보

고했다. Hobbie & Crawford(10)에 의하면 아미노산 호흡율의 차이는 TCA cycle 에 아미노산이 얼마나 빨리 유입 통과하느냐에 달려 있다. 이와 같은 현상은 glucose, acetate에도 적용이 될 것이다.

수계생태계에서 세균의 중요한 역할 중 하나는 유기물질의 분해라고 할 수 있다. 그러나 고분자 물질은 세균이 uptake하기 전에 체외효소에 의해 세포내로 들어갈 수 있을 정도의 저분자 유기물질로 분해되어야 한다(12). 수계생태계에서 1차 생산자로부터 전달되는 exudate, lysate 형태의 유기물질은 저분자 물질과 아울러 상당량의 고분자 물질이 존재하므로 수계생태계에서 체외 효소활성력은 매우 중요한 역할을 한다(13).

본 연구에서는 취수원으로 매우 중요한 위치를 차지하고 있으나 최근 부영양화 과정이 심각한 팔당호수 생태계를 대상으로 종속영양 활성도 및 세균 세포외 효소활성의 계절적 변화를 관찰하여 이 호수생태계 내에서 유기물질 순환에 대한 기초적인 연구를 시도하고자 한다.

재료 및 방법

조사지역 및 일시 등에 관한 자세한 내용은 김(1)을 참고로 하였으며 종속영양 활성도의 측정에는 Williams and Askew(19) 방법을 사용하였고 호흡양 측정에는 Gocke(6) 방법에 따랐다. 종속영양 활성도 측정에는 모든 시료에서 호흡량을 측정하여 보완하였고 이 값으로부터 호흡률을 계산하여 평균값을 결과로 표시

하였다. 본 실험에서 사용한 기질은 D-[U-¹⁴C]Glucose, [U-¹⁴C]Protein hydrolysate, [U-¹⁴C] Acetic acid이고 배양온도는 현장의 온도와 동일하게 유지하여 2~3시간 배양하였고 결과는 기질 전환시간으로 표시하였다. 한편 세균 체의 효소활성도 측정은 Kim and Hoppe(15) 방법에 따랐고 측정된 효소 종류는 α -glucosidase, β -glucosidase, N-acetyl- β -D-glucosaminidase, aminopeptidase이다. 전체절을 통해 측정된 결과는 산술평균값을 구하여 표시하였다.

결과 및 고찰

중속영양 활성도

팔당호의 정점 I에서 glucose 전환시간의 계절적 변화를 살펴보면 정점 I의 표층수는 연중 glucose 전환시간이 20시간 미만이고 11월에만 약 50시간 정도의 전환시간을 나타냈다(Fig. 1-1). 중층수와 저층수의 경우에는 비슷한 경향을 나타내고 있으나 표층수보다는 매우 긴 15~1,300시간의 범위를 가지고 있다. 수층에서는 최고치가 10. 11월에 나타나는데 반해 퇴적도에서는 12월에 나타났다. 퇴적도의 glucose 전환시간 변동범위는 17~170시간으로 표층수와 하층수의 중간 정도의 범위를 나타내었다.

Fig. 2-1에는 정점 II의 glucose 전환시간 계절적 변화를 도시하였는데 표층수, 퇴적도는 각각 1~13, 15~170시간 범위의 glucose 전환시간을 나타냈다. 표층수의 glucose 전환시간은 연중 13시간 미만으로 다른 것과 비교하여 매우 짧고 거의 변화를 나타내지 않는다. 전환시간이 짧다는 것은 중속영양 생물에 의해 중속영양 활성도가 높아 자연계에 존재하는 유기물질이 매우 신속하게 이용 전환되는 것을 의미하거나 substrate pool이 매우 작아 중속영양 생물에 의해 기질이 신속하게 이용 전환되는 것을 뜻한다. 혹은 두가지의 경우가 동시에 일어 날 경우에도 똑같은 결과를 나타낼 것이다(6). 정점 II의 표층수 경우는 중속영양 세균의 계절적 변화를 보면(1) 다른 것에 비해 많은 차이를 보이지 않으므로 중속영양 활성도의 차이보다는 substrate pool의 즉 glucose pool이 매우 작은 것으로 사료된다. 이와 같은 경우에는 생성된 glucose는 수계 생태계의 DOC(dissolved organic matter) pool에 유입됨과 동시에 매우 짧은 시간내에 중속영양 세균에 의해 소비된다. 이에 대한 다른 하나의 증거로는 1987년 1월에 다른 달과는 달리 약 120시간의 긴 전환시간을 나타내고 있다. 정점 II의 1월에는 얼음 밑의 시료로서 염록소-a 농도가 44.1 $\mu\text{g/l}$ 까지 이르는 매우 많은 양의 부유성 조류가 증식하였음을 알 수 있다(1). 부유성 조류는 체외로 유기물질을 exudate하여 주위의 중속영양 세균의 영양물질로 사용된다는 것으로 미루어 볼때 많은 유기물질이 주위의 water medium에 존재하였을 것이다. 본 실험에서는 직접 glucose의 양을 정량하지는 않았지만 생화학적 산소 요구량(BOD)결과로 미루어

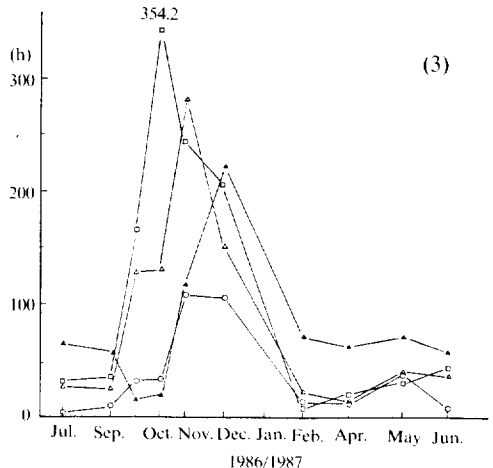
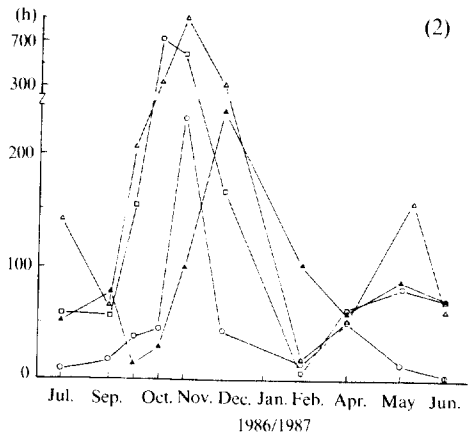
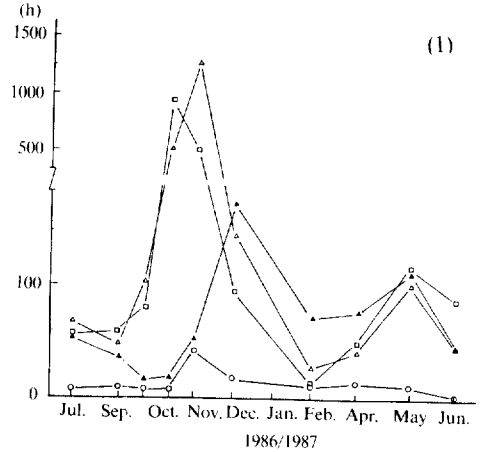


Fig. 1. Seasonal changes of turnover time of glucose (1), protein hydrolysate(2) and acetate(3) in the station I.

Surface water layer : ○—○
 Middle water layer : △—△
 Deep water layer : □—□
 Sediment : ▲—▲

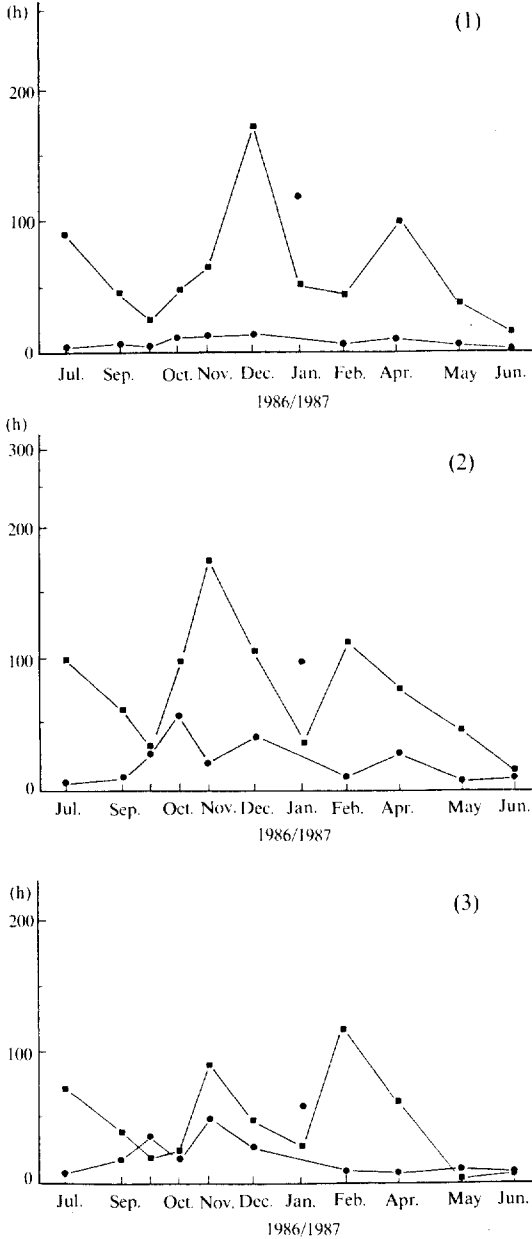


Fig. 2. Seasonal changes of turnover time of glucose (1), protein hydrolysate(2) and acetate(3) in the station II.

Surface water layer : ●—●
Sediment : ■—■

1월에는 다른 달에 비해 두배 이상의 유기물질이 존재하였음을 알 수 있다(1). 이와 같은 사실을 종합해 볼때 1월에 전환시간이 긴 것은 substrate pool이 커진 데 기인하고 다른 계절에는 상대적으로 작은

substrate pool에서 짧은 전환시간을 나타낸 것으로 사료된다. 정점 II의 퇴적토에서 glucose 전환시간은 12월에 최고치를 나타냈고 정점 I의 퇴적토에서와 대동소이하다.

Fig. 1-2에 protein hydrolysate의 전환시간을 정점 I에서 관찰한 결과를 표시하였다. 수층은 약 5~900 시간, 퇴적토는 15~240시간으로 표층수의 경우가 glucose에서와 마찬가지로 중층수, 하층수에 비해 항상 짧은 전환시간을 나타내고 있다. 최고치는 늦가을, 초겨울에 나타나고, 최저치는 수온이 높은 여름철에 나타났다. 이와 같은 결과는 glucose 전환시간에서 관찰한 바와 같이 팔당호의 유기물질 분해능이 수온이 높은 여름철에 상승함을 시사한다.

Fig. 2-2는 정점 II의 protein hydrolysate 전환시간을 나타냈다. 표층수의 전환시간은 10월에 최고치를 나타내고 glucose 전환시간보다는 기복이 심하여 6~60시간 범위 내에서 변화를 보였고 1월에는 glucose와 마찬가지로 100시간 정도의 긴 전환시간을 보였다. 퇴적토는 15~180시간의 변화를 보였고 특이한 현상은 protein hydrolysate의 전환시간 peak는 항상 glucose보다 한달 먼저 나타났다. Acetic acid의 경우에도 같은 경향을 관찰할 수 있었다. Meyer-Reil (16)에 의해 퇴적토환경이 혐기성 상태일 경우 단백질 분해가 많이 저해되는 반면 탄수화물 분해는 비교적 영향을 받지 않는다고 보고됐다. 따라서 본 연구에서도 퇴적토의 redox potential 차이에 따라 단백질과 탄수화물의 분해가 조절되어 퇴적토의 아미노산과 glucose의 pool이 영향을 받는 것으로 추측된다.

Fig. 1-3에는 정점 I의 acetic acid 전환시간을 표시하였다. 수층은 4~350시간으로 다른 기질에 비해 짧은 전환시간을 나타내나 퇴적토는 15~230시간으로 비슷한 양상을 보였다. 정점 II에서는 표층수, 퇴적토 각각 8~50, 3~120시간의 전환시간 변화를 보여 표층수, 퇴적토 모두에서 다른 기질에 비해 짧은 전환시간 분포를 나타냈다. 퇴적토에서의 전환시간 peak는 protein hydrolysate와 비슷한 경향을 나타내고 있다(Fig. 2-3).

호흡율

Table 1에는 사용했던 기질의 CO₂로 분해된 percent 호흡율의 조사기간 1년동안 평균치를 정리하였다. 수층, 퇴적토 모두에서 가장 높은 율을 나타낸 것은 protein hydrolysate이고 다음이 퇴적토에서는 acetate, 수층에서는 glucose의 순으로 낮아지고 있다. Gocke(5)는 해수, brackish water 및 담수 생태계의 수층에서 조사한 ¹⁴C label된 substrate의 호흡율이 매우 넓은 범위를 나타냄을 보고했다. 이 보고에 의하면 Glucose의 경우 11~57%, acetate의 경우 28~68%, amino acid mixture의 경우 21~36%의 범위를 나타냈다. 여러 종류의 아미노산 호흡율을 남극 해수에서 Gillespie *et al.*(4)가 측정하였는데 이들은 서로 다른 수층시료에서 첨가한 기질 호흡율이 상이함을 관찰하였으나 다양한 기질에 대한 호흡율의 상

Table 1. Annual average of percent respiration using 3 different substrates.

	Station I				Station II	
	Surface water	Middle water	Deep water	Sediment	Surface water	Sediment
Glucose	23	33	32	34	27	37
Protein hydrolysate	38	43	41	61	34	70
Acetic acid	22	25	28	41	19	44

Table 2. Annual average percent of enzymatically active bacterial colonies against total bacterial colonies.

	Station I				Station II	
	Surface water	Middle water	Deep water	Sediment	Surface water	Sediment
α -glucosidase	39	32	44	34	33	29
β -glucosidase	32	31	32	40	25	27
glucosaminidase	18	26	34	23	25	18
aminopeptidase	61	62	67	65	67	65

Table 3. Comparison of extracellular enzyme activities from different aquatic environments.

Research area	Type of sample	α -glucosidase	β -glucosidase	glucosaminidase	aminopeptidase
Station I (Paldang Lake)	water	38	32	26	63
	sediment	34	40	23	65
Station II (small pond)	water	33	25	25	67
	sediment	29	27	18	65
Baggerloch* (Kiel Fjord)	water	3	3	3	74
	sediment	46	39	34	74
Gotland tief* (Baltic sea)	water	7-23	3-7	37-75	72-97
	sediment	33-44	30-40	27-48	27-68

*: Data from (14)

대적인 순서는 비교적 일정함을 고찰하였다. 본 연구의 결과에서도 정점에 관계없이 수층과 퇴적토 각각의 호흡율에 기질종류에 따른 상대적인 순서를 관찰할 수 있었다.

이 표에서 또하나 특이한 점은 정점 I, II를 막론하고 모든 기질에서 퇴적토는 수층보다 높은 호흡율을 나타냈다. 이는 퇴적토에 서식하는 종속영양 생물군집이 수층의 미생물보다 uptake된 유기물질을 세포 구조 물질 생산을 위한 assimilation보다 유기호흡을 통한 산화를 하여 energy를 얻는데 많은 부분을 사용한다는 것을 의미하고 있다. 호흡율에 영향을 미치는 환경인자는 온도의 변화(17), 염분도(8), 무기영양 물질의 공급, 유기영양 물질의 질적, 양적인 공급(10), 미생물의 생리적상태(3), 환경의 특성 (5), 계절적 변화 (2, 5, 7, 9) 등을 들 수 있다. 이와 같은 환경인자 중 위의 결과에 영향을 미칠 수 있는 환경인자는 수층과 퇴적토 간에 우선 영양물질의 공급과 환경 특성의 차이점을 들 수 있을 것으로 사료된다(1).

세균 세포의 효소활성

일차 생산과는 달리 유기물 분해작용은 균일한 과정이 아니다. 자연계에서 생성되는 polymer와 분해가

용이하지 않은 macromolecule은 세균에 의해 incorporation되고 최종적으로 체내에서 산화되기 위해서는 그 전에 반드시 세포의 효소에 의해 분해가 되어야만 한다.

Table 2에는 정점 I, II의 각 시료에 따라 α -glucosidase, β -glucosidase, N-acetyl- β -D-glucosaminidase(glucosaminidase), aminopeptidase활성을 나타내는 colony를 전체 colony에 대한 백분율로 표시하여 총평균을 각각 나타냈다. 전체적으로 보아 aminopeptidase활성을 나타내는 colony의 백분율 평균이 60% 이상으로 가장 높고 다음 α -glucosidase, β -glucosidase, glucosaminidase 순으로 낮아짐을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 protein을 분해할 수 있는 능력을 가진 세균이 전체세균 중 60% 이상을 차지하는데 비하여 다른 효소활성을 갖고 있는 세균의 분포는 상대적으로 적었다는 것을 의미한다.

정점 I의 수층간에는 효소활성에 대한 뚜렷한 차이점을 발견할 수 없었으나 glucosaminidase의 경우 저층수로 내려갈 수록 높은 분포를 보였다. 이 결과는 chitin과 같은 물질은 비교적 분해가 용이하지 않아 저층수에 축적되어 이와 같이 chitin분해 효소능력을

가진 세균이 저층수에 우점하는 경향을 시사한다. 수층과 퇴적토 간의 효소활성력을 비교해보면 다른 효소의 경우에는 비슷한 분포 경향을 나타냈으나 β -glucosidase 경우 퇴적토에서 약간 높은 분포를 보여 퇴적토에서 cellulose성분의 고분자물질 분해세균이 우점 분포하고 있음을 알 수 있었다.

정점 II의 수층과 퇴적토간에 효소활성을 나타내는 세균의 백분율을 비교해 보면 glucosaminidase의 경우 다른 효소활성보다 특히 차이를 나타냈으나 정점에 비해 크지는 않다. 정점 II와 I을 각각 비교해 보면 aminopeptidase를 제외하고는 다른 효소에서 정점 II가 대체로 낮은 %를 나타내고 있는데 특히 β -glucosidase는 정점 I에 비해 매우 낮은 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 정점 I이 정점 II에 비해 특히 cellulose 성분의 유입이 많아 이 종류의 고분자 물질분해에 관여하는 세균의 분포가 높은 것으로 사료된다.

본 연구에서 사용한 방법과 동일하게 실험하여 얻은 Kiel Fjord와 Baltic sea에서의 결과와 비교함으로써 (14) 우리는 각 조사 지역의 특성을 좀 더 이해할 수 있을 것이다(Table 3). Kiel Fjord와 Baltic sea에 각각 위치한 Baggerloch, Gotland tief지역은 brackish water environment로서 해수와 담수가 혼합되는 오염된 지역으로 가끔 혐기성환경으로 변화하면서 저층수에 H_2S 층이 형성되기도 한다.

Table 3에서 보는 바와 같이 본 연구에서 조사한 정점 I 즉 팔당호의 경우는 Kiel Fjord 내만에 위치하는 Baggerloch와 비교하여 수층에서는 매우 높은 α -glucosidase, β -glucosidase, glucosaminidase활성을 나타내는데 반해 퇴적토에서는 비교적 낮은 분포를 나타냈다. 그러나 aminopeptidase의 경우 팔당호가 Baggerloch에 비해 수층, 퇴적토에서 모두 낮은 효소활성 분포를 보였다. Baltic sea에 위치한 Gotland tief와 팔당호간의 결과를 비교하면 퇴적토에서는 대동소이 하였으나 역시 수층에서 차이를 나타냈고 특히 β -glucosidase와 glucosaminidase에서 상당한 차이를 관찰할 수 있었다.

두개의 brackish water 지역에서는 팔당호보다 수층, 퇴적토 모두에서 aminopeptidase활성이 높음을 알 수 있다. ZoBell(20)에 의하면 해양세균의 특징중 대표적인 것은 proteolytic activity가 높아 거의 대부분의 해양세균은 peptone을 ammonia로 분해시킬 수 있고 3/4정도가 gelatin을 용해시킬 수 있다. 이와 반대로 saccharolytic bacteria는 해수보다는 담수에서 더 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌다. 이와 같은 사실은 본 실험 결과에서 보는 바와 같이 특히 수층에서 saccharolytic activity가 있는 bacteria의 분포가 높다는 것으로 확인할 수 있었다. 한편 proteolytic activity가 있는 세균의 분포는 팔당호에서 상대적으로 낮은 분포를 보임으로써 해수와 담수 세균군집 간의 체외효소 활성도의 상이한 특징을 본 연구를 통하여 알 수 있었다.

사 사

현장 시료채취 및 실험실 분석에 많은 도움을 준 김시욱, 채순기, 권기석, 하일호, 설원기, 조경연씨와 유전공학 연구소 응용미생물 연구실과 미생물자원 연구실 직원들께 감사드리고 토의를 통하여 본 논문을 개선하는데 도움을 준 서울대학교 미생물학과 김상중 교수에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김상진, 1993. 팔당호 수질의 미생물학 및 화학적 분석. 한국미생물학회지 31, 85-92.
2. Barnison, B.K. and R.Y. Morita, 1974. Heterotrophic potential for amino acid uptake in a naturally eutrophic lake. *Appl. Microbiol.* 27: 488-495.
3. Christensen, J.P., T.G. Owens, A.H. Devol and T. T. Packard, 1980. Respiration and physiological state in marine bacteria. *Mar. Biol.* 55, 267-276.
4. Gillespie, P.A., R.Y. Morita and J.P. Jones, 1976. The heterotrophic activity for amino acids, glucose and acetate in Antarctic waters. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.* 32, 74-82.
5. Gocke, K., 1976. Respiration von gelösten organischen Verbindungen durch natürliche Microorganismen Populationen. Ein Vergleich zwischen verschiedenen Biotopen. *Mar. Biol.* 35, 375-383.
6. Gocke, K., 1977. Heterotrophic activity. p. 198-222. In G. Rheinheimer (ed.), *Microbial ecology of a brackish water environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
7. Griffiths, R.P., S.S. Hayasaka, T.M. McNamara and R.Y. Morita, 1978. Relative microbial activity and bacterial concentrations in water and sediment samples taken in the Beaufort Sea. *Can. J. Microbiol.* 24, 1217-1226.
8. Griffiths, R.P., B.A. Caldwell and R.Y. Morita, 1984. Observations on microbial percent respiration values in Arctic and Subarctic marine waters and sediments. *Microb. Ecol.* 10, 151-164.
9. Hanson, R.B. and J. Snyder, 1980. Glucose exchanges in a salt marsh-estuary: Biological activity and chemical measurements. *Limnol. Oceanogr.* 25, 633-642.
10. 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.
11. Hoppe, H.-G., 1978. Relations between active bacteria and heterotrophic potential in the sea. *Netherlands J. Sea Res.* 12, 78-98.
12. 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.
13. Hoppe, H.-G., S.-J. Kim and K. Gocke, 1988. Microbial decomposition in aquatic environ-

- ments: Combined process of extracellular enzyme activity and substrate uptake. *Appl. Environ. Microbiol.* **54**, 784-790.
14. Kim, S.-J., 1985. Untersuchungen zur heterotrophen Stoffaufnahme und extrazellulären Enzymaktivität von freilebenden und angehefteten Bakterien in verschiedenen Gewässerbiotopen. Dissertation, Kiel Univ., Kiel.
 15. Kim, S.J. and H.-G. Hoppe, 1986. Microbial extracellular enzyme detection on agar plate by means of fluorogenic methylumbelliferyl-substrates, p. 175-183. Proc. 2nd Int. Coll. Marine Bacteriology, Brest/France.
 16. Meyer-Reil, L.-A., 1983. Benthic response to sedimentation events during autumn to spring at a shallow-water station in the Western Kiel Bight: II. Analysis of benthic bacterial populations. *Mar. Biol.* **77**.
 17. Tison, D.L. and D.H. Pope, 1980. Effect of temperature on mineralization by heterotrophic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* **39**, 584-587.
 18. Van Es, F.B. and L.-A. Meyer-Reil, 1982. Biomass and metabolic activity of heterotrophic marine bacteria, p. 111-169. In K.C. Marshall (ed.), *Advances in microbial ecology*, Vol. 6. Plenum Press, New York and London.
 19. Williams, P.J. LeB and C. Askew, 1968. A method for measuring the mineralization by microorganisms of organic compounds in seawater. *Deep Sea Res.* **15**, 365-375.
 20. ZoBell, C.E., 1946. *Marine microbiology*. Chronica Botanica, Waltham, Mass.

(Received January 9, 1993)

(Accepted January 18, 1993)

ABSTRACT: Seasonal Fluctuations of Heterotrophic Activity and Bacterial Extracellular Enzyme Activity in Paldang Lake

Kim Sang-Jin (Marine Microbiology Lab., Korea Ocean Research & Development Institute. An San P.O. Box. 29, 425-600, Korea)

To investigate the organic matter transformation in aquatic environment, seasonal fluctuations of heterotrophic activity and microbial extracellular enzyme activity were studied in Paldang Lake, Korea. The turnover time in the water column and the sediment at the station I fluctuated between 3~1,300 hrs and 17~170 hrs for glucose, 5~1,900 hrs and 15~240 hrs for protein hydrolysate and 4~350 hrs and 15~230 hrs for acetic acid, respectively, indicating that the seasonal turnover time of organic substrates fluctuated drastically. The respiration ratios of glucose, protein hydrolysate and acetate were 23~32%, 38~41% and 22~28% in the water column and 34%, 61% and 41% in the sediment, respectively. These results showed that the respiration ratios in the sediment were higher than those in the water column regardless of kinds of organic substrates. The bacterial extracellular enzyme activities of α -glucosidase, β -glucosidase, N-acetyl- β -D-glucosaminidase and aminopeptidase were 32~44%, 31~32%, 18~34% and 61~67% in the water column, and 34%, 40%, 23% and 65% in the sediment, respectively.