

순천만 갯벌 토양의 섬유소 분해능 및 체외효소 활성

백근식 · 최지혁 · 성치남*

순천대학교 생물학과

순천만 갯벌의 3개 지점의 표층(5 cm)과 심층(20 cm) 토양의 물리화학적 요인과 종속영양세균의 분포, 섬유소 분해율과 체외효소의 활성을 측정하였다. 온도, 수분함량, 인산염 인 그리고 유기물함량은 각각 $-1\sim 30^{\circ}\text{C}$, 42.1~53.1%, 0.0779~0.1961 mg/g, 그리고 1.99~7.64%로 나타났다. 섬유소 film의 분해율은 7.7%~100%/month 범위로 1~2월에 최저 그리고 8~9월에 최고의 분해율을 나타냈다. 종속영양세균의 분포는 $0.87\times 10^6\sim 3.6\times 10^7$ CUFs/g dry soil의 범위에 속했으며 심층의 경우 표층에 비해 낮았다. MUF-기질의 분해율로 측정된 phosphatase, α -D-glucosidase, β -D-glucosidase, cellobiohydrolase 활성의 변화는 각각 152.23~1779.80 nM/hr, 2.67~202.18 nM/hr, 5.03~258.26 nM/hr, 3.42~63.07 nM/hr으로 모두 하계에 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 섬유소 분해는 수온 상승이 주된 요인이었으며 정점간, 깊이간 큰 차이는 나타나지 않았다. 체외효소의 활성은 온도 및 섬유소 분해율과 높은 양의 상관관계를 나타냈다. 종속영양세균의 분포는 섬유소 분해와 체외효소 활성과 높은 상관은 나타나지 않았다.

Key words □ cellulose degradation, extracellular enzyme, mud flat, Suncheon Bay

갯벌은 육상환경과 해양환경이 접촉하는 곳으로 조수의 간만에 의해 육지로 드러나는 평평한 해저로서, 간만의 차가 크고 지형이 완만한 연안해역에서 생성된다. 이렇게 생성된 갯벌은 육상환경과 해양환경의 중간에서 연안 생태계의 완충역할을 하는 특수한 공간으로 생물 다양성이 매우 풍부하고, 높은 자정능력을 지니며, 수산생물의 산란과 생육장소이면서 동시에 어류 및 조류의 서식장소이기도 하다. 육지와 해양의 경계면에서는 육상에서 유입되는 물질이 해수와 접촉함에 따라 야기되는 물질의 형태변화 즉 침전, 용해, 퇴적, 재부유 등의 제반 물리화학적 반응이 일어나게 된다. 그러므로 갯벌에서의 물질순환은 여러 해안과는 달리 매우 독특하다(14,16).

또한 갯벌은 육지로부터 유입되는 오염물질이 정화되기도 하고, 유기물이 축적되기도 하는 곳이다. 특히 우리나라와 같은 온대지방의 간척지에서 생산된 1차 생산량은 초식동물이 거의 없기 때문에 대부분 분해되어 부니질 먹이 사슬로 이동된다(11). 갯벌 내에 존재하는 고분자 유기화합물은 그 분자의 크기로 인하여 직접 미생물의 기질로 이용되지 못하고 미생물로부터 세포 외로 분비된 가수분해효소의 작용으로 작은 분자량의 물질로 전환된 후 미생물의 영양분으로 이용된다. 따라서 미생물의 대사작용의 결과로서 많은 종류의 세포외 효소(extracellular enzyme)가 존재하며 이 효소들은 여러 가지 미립자 및 점토광물에 흡착되어 매우 안정된 상태에서 그 기능을 수행하게 된다(12). 특히 종속영양세균은 해양환경이나 퇴적토에서 여러 종류의 가수분해효소들을 생산하여 고분자 유기물의 수용화를 촉진시켜 상위의 영

양단계로 이동시키게 된다(10,12). 심해의 퇴적토에서의 물질순환은 종속영양세균에 의해 분비된 효소에 의한 입자상의 유기물(POM)의 분해에 의해 용해된 유기물(DOM)로의 변환이 주된 요인으로 여겨지며 기질의 가용성 여부가 효소 활성에 영향을 미치게 된다(6,10,12). 그러나 연안의 갯벌은 조석에 의해 부유와 혼합이 이루어지므로 심해의 퇴적토와는 다른 양상을 보이게 된다. 따라서 연안 갯벌에서의 물질 순환을 이해하기 위해서는 갯벌의 물리화학적 요인과 유기물 분해 효소의 활성을 다각적으로 파악해야 한다(11,14,16).

순천만은 동쪽으로는 여수반도와 서쪽으로는 고흥반도에 둘러싸여 있으며 순천을 관통하는 동천과 상사호의 방류수가 흐르는 이사천이 합류하며 기수역에서 해룡천과 합류한다. 순천만의 해안선 길이는 39.8 Km에 이르며 갯벌 21.6 Km²과 갈대밭 5.4 Km²이 조성되어 있다. 그리고 갯벌은 silt와 clay가 99% 이상으로 구성되어 있다(4).

본 연구에서는 순천만에 형성된 갯벌 내에서의 고분자 물질의 분해과정을 이해하기 위해 섬유소 분해능을 조사하였으며 갯벌에 축적된 분해효소의 활성과 종속영양세균의 분포를 파악하였다.

재료 및 방법

조사기간 및 조사점

본 조사는 1997년 8월부터 1998년 7월까지 전남 순천시 안평동 및 대대동에 위치한 갯벌에서 월 1회 기준으로 총 12회에 걸쳐 조사하였으며, 조사시간은 최대 간조일 때 이루어졌다. 조사지점은 실험의 오차를 줄이기 위해 갯벌 3곳을 선정하였으며 각각의 지점에서 표층(지하 5 cm)과 심층(지하 20 cm)으로 나누어 실시하였다(Fig. 1). 그리고 광양만 해변의 모래를 대조구로 이용하였다.

*To whom correspondence should be addressed.
Tel: 0661-750-3613, Fax: 0661-750-3608
E-mail : scnu@suncheon.suncheon.ac.kr

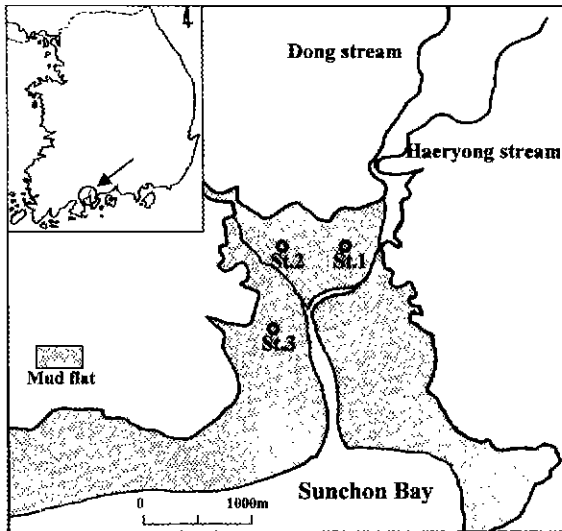


Fig. 1. Map showing the sampling sites in Suncheon Bay.

시료 채취

조사대상지역 퇴적토를 PVC sediment core(18)을 이용하여 심층(20 cm)까지 채취하였다. 채취된 시료는 즉시 실험실로 냉장 운반하여 평균된 주사기를 이용하여 채취하였다.

물리화학적 분석

시료의 온도는 현장에서 채취된 지점의 표층과 심층부위를 봉상 수온온도계로 측정하였고, 인산염 인의 분석은 일정량 건조토 양시료를 0.002N H₂SO₄로 1:50으로 혼합 및 진탕하여 추출된 인산염인의 양을 Stannous-reduced molybdophosphoric blue color 법으로 발색시켜 660 nm에서 비색정량하여 산출하였다(5).

수분함량은 105°C의 건조기에서 12시간 건조시킨 뒤 14시간 방치 후 감량을 측정하였으며, 유기물함량은 건조된 토양시료를 550°C의 전기로에서 4시간 연소시킨 뒤 감량을 측정하였다.

섬유소 분해능

Remazol Brilliant Blue R(RBBR)로 염색한 cellulose film (dialysis tube, Sigma 250-7U)을 litter bag에 넣어 각 정점별로 표층(5 cm)과 심층(20 cm)에 1 개월간 투입하였다. 수거한 film 을 건조시킨 후 0.35% KOH 용액으로 탈색시킨 후 595 nm에서 흡광도를 측정하여 분해율을 구하였다(19).

종속 영양 세균의 분포

종속영양세균은 시료를 생리 식염수에 혼합하여 20분간 진탕 한 다음 연속 희석한 후 Marine Agar 2216(Difco)배지에 도말하여 25°C에서 7일간 배양한 후 생성된 집락을 계수하였다(17).

체의 효소 활성도

본 조사에서 이용한 세포의 효소의 종류와 이들의 효소활성 측정을 위해 사용한 기질은 Table 1에 나타내었다.

갯벌 토양을 여과 멸균된 해수 5 ml와 혼합한 후 1 mM의 기

Table 1. Enzymes and their substrates used in this study

Enzymes	Substrates
exo-phosphatase	4-Methylumbelliferyl-phosphate
exo- α -glucosidase	4-Methylumbelliferyl- α -D-glucoside
exo- β -glucosidase	4-Methylumbelliferyl- β -D-glucoside
exo-cellobioidrolase	4-Methylumbelliferyl- β -D-cellobioside

질(4-MUF-substrate) 250 μ l를 첨가한 후 현상온도에서 1시간 동안 진탕 배양하였다. 배양후 45 ml의 glycine buffer(1M, pH 10.5)를 첨가하여 형광을 발하게 한 후 원심 분리하였다. 상등액을 형광량 측정기(spectrofluorometer: RF-1501, Shimazu Co.)로 여기 364 nm, 방출 445 nm에서 측정하여 토양의 기질 분해능력을 정량화 하였다(11).

통계 분석

본 조사에서의 측정된 물리화학적 요인과 미생물학적 요인 및 효소활성도는 SAS(Statistical Analysis System: Ver 6.11)를 사용하여 Pearson 법으로 다중상관관계를 구하였다.

결 과

물리화학적 요인

조사 지점의 환경요인은 Table 2에 나타나있다. 각 지점별로 온도는 차이가 없지만 깊이간 차이는 춘계로부터 하계로 갈수록 표층은 높고 심층이 낮은 변화의 양상을 보였다. 각 정점의 온도는 전형적인 계절적 변이 양상을 보였으며, 동계(1998년 1월)에 표층에서 최소값과 하계(1998년 8월)에 표층에서 최대값을 나타냈다. 토양의 함수율은 지점별, 정점별로 큰 차이가 나지 않았으며, 표층에서 46.4~53.1%이고, 심층에서는 42.1~47.5%이었다.

Table 2. Environmental factors of mud flat in Suncheon Bay

Depth (cm)	S.T.(°C)		W.C.(%)		PO ₄ -P(mg/g)		O.M.(%)	
	5	20	5	20	5	20	5	20
1997. 8	30.0 ^a	25.0	48.9	44.5	0.1098	0.1086	6.41	6.91
9	25.0	23.0	50.4	46.5	0.0975	0.0945	7.64	7.21
10	19.7	17.7	52.4	46.2	0.1220	0.1203	7.37	7.30
11	9.0	9.0	49.3	43.9	0.0931	0.1103	5.61	6.13
1998. 1	-1.0	3.0	53.1	42.1	0.1870	0.1961	6.21	6.07
2	9.2	8.0	46.7	45.5	0.1447	0.1380	5.67	4.91
3	13.7	9.0	48.2	45.8	0.1370	0.1362	3.22	2.65
4	28.0	19.0	50.0	47.5	0.0779	0.1220	5.00	4.52
5	29.3	21.0	46.3	46.7	0.1388	0.1284	4.97	4.50
6	28.0	22.0	51.4	45.4	0.1381	0.1139	2.17	1.99
7	29.0	22.0	46.4	45.3	0.1603	0.1395	3.58	3.96

^aNumerals are the mean value of three sites.

*S.T., Soil temperature; W.C., Water content; O.M., Organic matter.

갯벌 내에 존재하는 총 유기물의 함량은 표층이 2.2~7.4%, 심층이 2.0~7.2%로 나타났다. 각 지점별로는 표층 및 심층 모두 큰 차이는 없었다. 계절적인 변화는 추계에 최대값(7.6%)과 춘계에 최소값(2.2%)을 나타냈다. 동계로부터 춘계로 갈수록 낮은 값을 나타냈는데, 온도의 상승과 주위 갈대의 성장시기 및 미생물의 분해가 활발히 진행된 결과라고 사료된다.

인산염 인의 농도는 표층이 0.0779~0.1603 mg/g, 심층이 0.0980~0.1395 mg/g 으로 지점간, 층간 차이가 나타나지 않았으며, 연중 비교적 일정한 분포를 보였다.

섬유소 분해율

순천만 내 갯벌에서의 섬유소 film의 분해율은 각 지점별로 차이는 뚜렷하지 않았으며 표층에서의 분해율은 3.0~87.9%/month로 계절별로 심한 차이를 나타내었고, 하계에 높은 분해율(80% 이상)을 보인 반면 추계로부터 동계로 갈수록 분해율이 저하되고, 다시 동계에서 춘계로 갈수록 급격한 분해가 이루어졌다. 심층에서의 분해율은 12.5~80.3%/month로 나타났고, 계절별 변화 양상은 표층과 유사하였다(Fig. 2).

총속 영양 세균의 분포

순천만 갯벌 내의 총속영양세균 분포는 지점에 따라 다소 차이가 나타났다. 지점 1의 표층 $7.0 \times 10^6 \sim 31.8 \times 10^6$ CFUs/g dry soil, 심층 $0.9 \times 10^6 \sim 5.7 \times 10^6$ CFUs/g dry soil, 지점 2의 표층 $2.4 \times 10^6 \sim 36.0 \times 10^6$ CFUs/g dry soil, 심층 $1.0 \times 10^6 \sim 14.7 \times 10^6$ CFUs/g dry soil, 지점 3은 표층 $5.9 \times 10^6 \sim 32.5 \times 10^6$ CFUs/g dry soil, 심층 $1.0 \times 10^6 \sim 10.1 \times 10^6$ CFUs/g dry soil의 분포를 보였다(Fig. 3). 계절별 차이는 뚜렷하지 않았으나 동일 정점에서 표층과 심층간에 큰 차이를 보였다. 즉 표층의 평균 15.2×10^6 CFUs/g dry soil와 심층의 평균 3.5×10^6 CFUs/g dry soil과의 비율은 23%로, 표층에서는 춘계와 하계에 높은 분포를 보인 반면 심층에서는 대부분 연중 일정한 분포를 보였다. 한편 대조구로 사용한 해변 모래에는 순천만 갯벌의 10^{-3} 의 분포를 보였다.

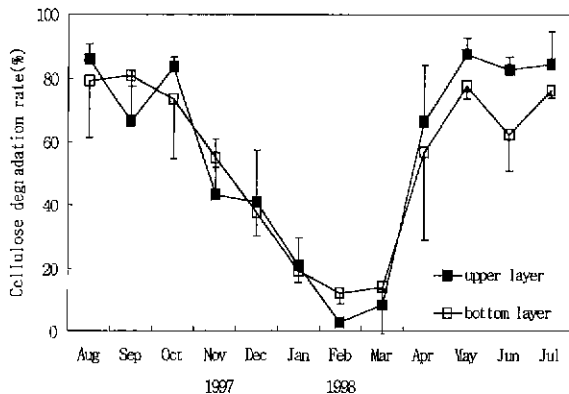


Fig. 2. Monthly variations of cellulose degradation rate of mud flat in Sunchon Bay. The values are presented as the mean value of three sites. Bar marks the STD.

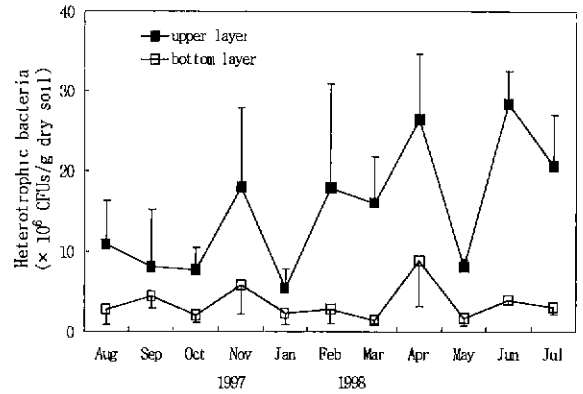


Fig. 3. Monthly variations of heterotrophic bacteria of mud flat in Sunchon Bay. The values are presented as the mean value of three sites. Bar marks the STD.

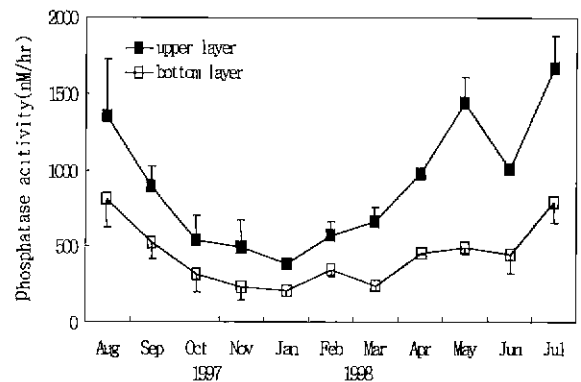


Fig. 4. Monthly variations of phosphatase activity of mud flat in Sunchon Bay. The values are presented as the mean value of three sites. Bar marks the STD.

체의 효소 활성도

Phosphatase에 의한 합성기질의 분해율은 표층의 경우는 316.6~1811.5 nM/hr의 변화폭을 나타냈고, 지점별 차이는 없었다(Fig. 4). 심층의 경우 정점별 변화는 152.2~1021.6 nM/hr로 정점간 큰 차이는 없었으며 전 계절에 걸쳐 표층의 1/2 정도를 유지하였다. 동계에 낮은 활성도를 나타냈고, 기온이 상승하는 춘계로부터 활성도가 급격히 증가하여 하계에 최대 활성도가 이루어져 다시 추계에 감소하는 경향을 나타내었다.

α -D-glucosidase 활성의 변화는 지점간 큰 차이가 나지 않았으며, 표층에서는 5.3~73.8 nM/hr, 심층에서는 2.7~26.3 nM/hr의 범위를 보였다. 표층은 계절별로 뚜렷한 변화의 폭을 보인 반면 심층에서는 하계를 제외하고는 연중 비슷한 활성도를 나타냈다. β -D-glucosidase의 활성도는 표층과 심층에서 각각 12.4~258.3 nM/hr와 5.0~107.8 nM/hr의 범위를 보였으며 표층은 계절별로 뚜렷한 변화의 폭을 보인 반면 심층에서는 하계를 제외하고는 연중 비슷한 활성도를 나타냈다. Cellobiohydrolase에 의한 합성기질의 분해율은 표층에서는 4.90~63.07 nM/hr을, 심층에서는 3.42~15.22 nM/hr로 나타났으며 표층은 계절별로 뚜렷한 양상을 보인 반면 심층에서는 전시기에 걸쳐 거의 일정하게 낮은 활성도를 나타내었다(Fig. 5). 한편 대조구로 이용한 해변 모래의 경

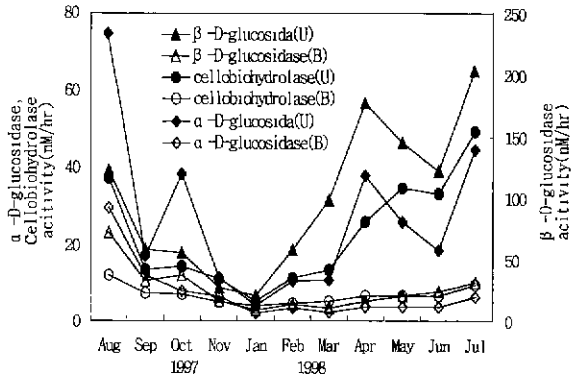


Fig. 5. Monthly variations of extracellular enzyme activities of mud flat in Sunchon Bay. The values are presented as the mean value of three sites.

우는 갯벌에 비해 1/4 정도의 활성을 나타내었다(Table 4).

통계 분석

표층에서 온도는 섬유소 분해능(0.805)과는 가장 높은 양의 상관관계를 나타냈고, 체외효소 활성도와도 모두 높은 양의 상관관계를 나타내었다. 유기물함량은 중속영양세균 및 α-D-glucosidase, cellobiohydrolase 활성도와 음의 상관을 나타내었다. 섬유소 분해율은 체외효소 활성도와 모두 양의 높은 상관을 나타냈다. 중속영양세균은 α-D-glucosidase, cellobiohydrolase 활성도와 양의 상관을 나타내었다(Table 3).

심층에서 온도는 표층과 유사하게 섬유소 분해율과 체외효소 활성도 모두와 높은 양의 상관관계를 나타냈다. 유기물함량은 α-D-glucosidase와 β-D-glucosidase와 양의 상관관계를 나타냈다. 섬유소 분해율은 표층과 유사하게 체외효소 활성도와 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 체외효소 활성은 서로간에 높은 양의 상관을 나타냈다.

Table 3. Correlation coefficients among environmental parameters at upper layer of mud flat in Suchon Bay

	S.T.	PO ₄ -P	W.C.	O.M.	C.D.	H.B.	Exoenzyme activity		
							Phos.	α-Glu.	β-Glu.
S.T.a									
PO ₄ -P									
W.C.									
O.M.									
C.D.	.805** ^b								
H.B.									
Phos.	.797**				.628**				
α-Glu.	.713**				.491**	.375*		.773**	
β-Glu.	.604**				.571**			.499**	
Cell.	.749**	.418*			.596**	.356*		.880**	.750**
									.603**

^aS.T., Soil temperature; W.C., Water content; O.M., Organic matter; C.D., Cellulose degradation, H.B., Heterotrophic bacteria; Phos., Phosphatase; α-Glu., α-D-glucosidase; β-Glu., β-D-glucosidase; Cell., Cellobiohydrolase.

^b*: 0.05 > P > 0.01, **: P < 0.01

고 찰

갯벌에서의 고분자물질의 분해능을 이해하기 위해 물리화학적 요인 및 중속영양세균의 분포와 체외효소 활성을 측정하였다. 인산염 인은 지점별, 층별 차이는 없었으며 평균 0.1235 mg/g로 높게 나타났고, 계절별 변화 양상도 뚜렷하지 않았다. 상관분석 결과 유기물 함량과 음의 상관을 나타낼 뿐 다른 요인과 서로 상관성이 없게 나타났다. 이는 순천만 갯벌에서의 인은 항상 높게 존재하여 다른 요인에 대해 제한 인자로 작용하지는 않는 것으로 사료된다. 유기물함량은 표층과 심층에서 차이 없이 일정하게 나타났으며, 해남 구립 갯벌의 5.5%, 영광 하사리 갯벌의 3.5%, 장흥 수문리 갯벌의 5%(4)와 유사한 값인 평균 5.3%였다.

순천만 갯벌에서의 섬유소 분해율은 최고 87.9%/month를 나타냈으며 온도에 가장 높은 상관관계가 나타났고, 체외효소 활성과도 높은 상관관계를 나타냈다. 그러나 중속영양세균과는 상관관계가 없었다. 표층과 심층의 계절별 분해율의 차이를 보면 하계에는 표층이 높은 반면 동계에는 오히려 심층에서 높은 분해율을 보였다. 이는 사료의 온도 분포와 유사한 양상을 보여 섬유소 분해는 온도의 영향을 크게 받는 것으로 사료된다.

중속영양세균은 표층에 평균 15.2×10⁶ CFUs/g dry soil 정도이며, 이 값은 큰 하천의 하구보다는 낮으나 사토질이 다량 함유된 갯벌보다는 분포가 높게 나타났다(3,4,13). 또한 대조구로 사용한 해변 모래에 분포하는 중속영양세균에 비해 10³의 비율로 존재하였다. 심층의 중속영양세균 밀도는 표층의 8.9~54.7%의 비율로 분포하여 호기성 분해는 거의 표층에서 일어나는 것으로 생각된다.

Phosphatase는 복합적인 효소로서 기질 특이성이 그다지 높지 않고 유기물질에 붙은 인산염을 무기 인산염으로 용탈시키는 효소이다(9,19). 순천만 갯벌 내의 phosphatase는 표층 및 심층 모두 층계로부터 활성도가 증가하여 하계에 최고를 나타내고, 다시 동계에 급격한 감소가 일어났다.

Table 4. Comparison of the heterotrophic bacterial number and enzyme activities between mud flat and sea sand (Soils are sampled at June, 1998).

	Mud Flat	Sea Sand
Heterotrophic bacterial number (CFUs/ g dry soil)	3.2×10^7	2.4×10^8
Enzyme activity(nM/hr)		
exo-phosphatase	1005.4	231.6
exo- α -glucosidase	38.8	20.1
exo- β -glucosidase	58.4	11.3
exo-cellobiohydrolase	33.4	15.7

녹말은 식물, 동물 등의 저장에너지원으로서 자연계에 다량으로 존재하는 물질이다. Amylase(α -D-glucosidase)는 녹말의 α -1,4-glucoside 또는 α -1,6-glucoside을 가수분해하여 최종산물인 glucose로 분해하는 효소이다. α -D-glucosidase의 활성도는 심층에서는 연중 일정한 반면, 표층에서는 춘계에 급격히 증가하고 있다. 저질토에서 β -D-glucosidase는 cellulose의 분해산물인 cellobiose 등 β -linked disaccharide을 분해하는 효소이고, 분해산물인 glucose는 쉽게 미생물에 이용되는 이른바 microbial loop 과정을 연결하는 중요한 고리이다(8). 입자상 물질의 대표적인 물질인 cellulose는 균류나 세균류인 1차 분해자에 의하여 cellobiose나 glucose로 가수분해된다. β -D-Glucosidase와 cellobiohydrolase의 표층에서의 활성도는 하계에 높은 반면 다른 계절에는 낮았다. 심층에서는 연중 일정한 양상을 띠었다.

체외효소 활성도는 phosphatase> β -glucosidase \approx α -glucosidase>cellobiohydrolase 순으로 나타났고, 모두 하계에 활성도가 높게 나타났다. 각각의 활성도는 모두 다른 활성도에 높은 양의 상관관계를 보였다. Glucosidase 들은 모두 다 표층의 활성에 비해 심층에서는 낮았다. 섬유소 film을 투여한 경우에는 심층에서도 표층과 거의 일정한 비율로 분해가 일어났던 것과는 상이한 결과를 나타냈다. 섬유소 분해율은 섬유소 film을 갯벌에 방치하여 분해율을 측정하였던 결과이며, glucosidase 들의 활성은 간조시 채취한 갯벌 토양을 사용하여 합성기질을 분해한 비율을 구한 값이므로 두가지의 실험이 서로 다른 조건에서 이루어진데 기인한다고 볼 수 있다. 즉, 수층에서의 섬유소 분해가 저질에서의 분해에 비해 빠르다는 것(2)과 퇴적토의 재현탁이 용해된 유기물을 수층으로 유리시켜 종속영양세균의 증식을 유도한다는 것(10)을 감안한다면 조석의 차이에 의한 glucosidase의 활성을 간조시 채취한 시료로 파악하기가 무리가 있음을 알 수 있다. 따라서 갯벌에 의한 효소 활성을 측정하는 데 있어서는 조석에 따른 효소 활성을 측정하거나 mesocosm 내에서의 측정이 필요하다고 사료된다.

종속영양세균의 밀도가 10^3 에 불과한 해변 모래에서의 phosphatase의 활성이 갯벌의 1/4, β -glucosidase의 활성은 1/5 정도에 그치고 있으며, α -glucosidase와 cellobiohydrolase는 1/2 이하를 보여주고 있다(Table 4). 이것은 갯벌 내의 효소들은 세균으로부터 유래함을 시사한다고 할 수 있다. 세균과 곰팡이 이외

의 종속영양생물들이 고분자물질을 분해하는 효소를 체외로 방출하는 경우가 거의 없으며, 해양에서의 고분자물질 가수분해효소의 활성이 세균의 생물량과 밀접한 연관을 갖고 있다는 것(7, 15)으로 보아 갯벌에서의 체외효소 활성도 많은 부분은 세균으로부터 기인한다고 할 수 있다. 한편 체외효소의 활성이 세균의 생물량과 직접적인 연관을 갖기보다는 유도적인 효소의 생성과 깊은 관계를 나타내는 것으로 보아(6), 세균수의 측정에 의한 종속영양세균과 효소 활성과는 그렇게 밀접한 관계를 나타내지 못함을 알 수 있었다.

순천만 갯벌에서는 고분자 물질의 분해가 온도의 영향을 받고 있었으며 상당 부분은 종속영양세균의 활성에 기인하였고, 표층에서 분해율이 높았다. 또한 섬유소의 분해도 온도의 영향을 받고 있었으나 심층에서도 표층과 유사한 분해 속도가 유지되었다.

참고문헌

1. 성치남, 박기영, 양성렬, 김중홍, 윤성명. 1999. 순천만의 오염도 및 기초생태계 조사. 순천대학교 지역개발연구소. pp. 22-155.
2. 윤인길, 권오섭. 1995. 낙동강 하구 저질층에서의 혐기성 섬유소 분해에 관한 연구. 한국육수학회지. 28, 289-297.
3. 이건형. 1987. 금강 하구 퇴적토에서의 종속영양세균의 분포에 미치는 환경요인과 계절적 우점속에 관하여. 미생물학회지. 25, 137-143.
4. 환경부. 1998. 서남해안 갯벌 생태 조사 보고서. pp. 108-124.
5. APHA. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater.
6. Boetius, A., and K. Lochte. 1994. Regulation of microbial enzymatic degradation of organic matter in deep-sea sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 104, 299-307.
7. Boetius, A., and K. Lochte. 1996. Effect of organic enrichments on hydrolytic potentials and growth of bacteria in deep-sea sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 140, 239-250.
8. Chrost, R.J. 1989. Characterization and significance of β -glucosidase activity in lake water. *Limnol. Oceanogr.* 34, 660-672.
9. Chrost, R.J. and J. Overbeck. 1987. Kinetics of alkaline phosphatase activity and phosphorus availability for phytoplankton and bacterioplankton in Lake Plusssee(North German eutrophic lake). *Microbiol. Ecol.* 13, 229-248.
10. Chrost, R.J. and B. Riemann. 1994. Storm-stimulated enzymatic decomposition of organic matter in benthic/pelagic coastal mesocosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 108, 185-192.
11. 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.
12. Hoppe, H.G., H. Ducklow, and B. Karrasch. 1993. Evidence for dependency of bacterial growth on enzymatic hydrolysis of particulate organic matter in the mesopelagic ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 93, 277-283.
13. Kim, S.J., S.W. Hong, Y. Rhie and S.C. Choi. 1985. Distribution and activity of heterotrophic bacteria in the mudflat of Nakdong River Estuary. *Kor. J. Microbiol.* 23, 215-222.
14. Malcolm, S.T. and S.D. Stanley. 1982. The sediment environment. In Nedwell, P.B. and C.M. Brown(Eds.), *Sediment Microbiology*. pp. 1-14. Society for General Microbiology. London.

15. Martinez, J., D.C. Smith, G.F. Steward, and F. Azam. 1996. Variability in ectohydrolytic enzyme activities of pelagic marine bacteria and its significance for substrate processing in the sea. *Aquat. Microb. Ecol.* 10, 223-230.
16. McLusky, D.S. 1990. The estuarine ecosystem, 2nd ed. Chapman and hall, New York. pp. 215.
17. Oppenheimer, C.H. and C.E. Zobell. 1952. The growth and viability of sixty three species of marine bacteria as influenced by hydrostatic pressure. *J. Mar. Res.* 11, 10-18.
18. Parkes, R.J., M.J. Bryder, R.H. Madden, and N.J. Poole. 1978. Techniques for investigating the role of anaerobic bacteria in Methodology for biomass determinations and microbial activities in sediments ASTM STP 673, pp. 107-118. American Society for Testing and Materials.
19. Swift, J. M. 1981. A rapid colorimetric method for estimation of cellulose decomposition by microorganism. In Primrose S. B and A.C. Wardlaw(Eds.), Sourcebook of Experiment for the Teaching of Microbiology. pp. 603-607. Academic Press.

(Received April 12, 2000/Accepted June 14, 2000)

ABSTRACT: Cellulose Degradation and Extracellular Enzymatic Activity of the Mud Flat in Suncheon Bay

Keun Shik Baik, Ji Hyeok Choi and Chi Nam Seong*(Department of Biology, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea)

Decomposition rate of organic matter in the mud flat of Suncheon Bay was estimated. Physicochemical parameters, cellulose degradation rate, distribution of heterotrophic bacteria, and extracellular enzymatic activities were measured from August 1997 to July 1998. Soil temperatures, water contents, concentration of $\text{PO}_4\text{-P}$ and organic matter were $-1\sim 30^\circ\text{C}$, 42.1~53.1%, 0.0779~0.1961 mg/g and 1.99~7.64%, respectively. Decomposition rate of cellulose film ranged from 7.7 to 100%/month, high in summer and low in winter. The number of heterotrophic bacteria ranged from 0.87×10^6 to 3.6×10^7 CUFs/g dry soil. Enzymatic activities of phosphatase, α -D-glucosidase, β -D-glucosidase and cellobiohydrolase, which were measured as decomposition rate of methylumbelliferyl(MUF)-substrate, were 152.23~1779.80 nM/hr, 2.67~202.18 nM/hr, 5.03~258.26 nM/hr and 3.42~63.07 nM/hr, respectively. Cellulose degradation rate and extracellular enzymatic activities were correlated with each other, and showed high correlation coefficient with soil temperature.