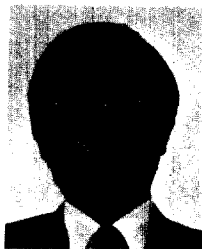


특수환경 미생물의 산업적 이용



한국과학기술원 유전공학센터 김 상 진

우리가 현재까지 주로 다루었던 미생물들은 중성 pH, 30~37°C 부근의 온도, 1 atm 압력, 영양물질과 소금농도가 적절한 농도의 환경 즉 “moderate”(온화) 환경에서 쉽게 발견되었던 것들이다. 그러나 생명체가 존재하지 않을 것으로 생각했던 “extreme”(극한) 환경에서도 많은 생물이 서식하고 있다는 것을 알게 된 지는 최근의 일이다. 극한환경은 온화환경에 비해 수소이온농도, 온도, 압력, 영양물질농도 등이 매우 높거나 매우 낮은 환경조건을 가지고 있다. 그러므로 대부분의 생물은 이와 같은 환경에서 성장 또는 생존이 불가능하고 극한환경에 적응하고 견딜 수 있는 몇몇 생물만이 성장 가능할 것이다. 이와 같은 극한환경에서 발견되는 생물은 우리가 익숙하게 다루어 왔던 온화한 환경이 오히려 극한환경 조건이 된다는 것을 우리는 항상 염두에 두고 연구에 임해야 한다.

극한환경에서 분리된 미생물은 생태학적, 진화학적 연구에 매우 중요한 소재로 사용돼 왔다. 한편 극한환경에 적응하는 생물의 기작은 우리에게 매우 흥미있는 과제로서 이로부터 얻어진 많은 정보가 분리된 미생물과 아울러 산업적 이용을 촉진시키고 있다.

극한환경을 구성하는 중요한 환경인자는 온도, 수소이온농도, 염도, 압력, 물, 영양물질 등이 있는데 본 총설에서는 그동안 비교적 많이 다루어지지 않았던 알칼리성환경, 건조환경, 저영양환경, 심해환경과 같은 극한환경과 아울러 특수환경인 해양환경, 지하환경 등으로 나누어 설명했다. 고염환경과 고영양환경, 혐기성환경은 다른 저자에 의해 자세히 다루어지고 고온환경, 산성환경, 극지환경 등은 지면상 이유로 제외했다.

알칼리성 환경

알칼리성 환경에서 성장하는 미생물에 대한 최초 보고는 Meek와 Lipman(1922)에 의해 이루어졌는데 이 세균은 *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* 중들로서 알칼리 내성 질화세균에 속한다. 그러나 높은 pH에서 적절한 성장을 나타내는 진정한 호알칼리성세균은 *Bacillus*속에서 발견되었는데 약 pH 11에서 가장 높은 성장율을 보이는 *B. pasteurii*(Gibson, 1934)와 pH 8.6~10에서 잘 자라는 *B. alcalophilus*(Vedder, 1934)와 같은 것이 알려졌다. 그후 25년간의 공백이 있은 후 1959년 호알칼리성 미생물에 대한 연구가 다시 진행되어 현재에는 매우 활발한 연구 결과가 보고되고 있다. 지금까지 발견되었던 호알칼리성 bacilli 외에도 *Streptomyces*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*과 같은 여러 종류의 세균이 분리되었고 최근에는 알칼리 내성 균류와 효모도 분리되어 알칼리성 환경에 적응할 수 있는 미생물에 대한 연구가 활발하다. 호알칼리성 미생물에 대한 연구는 효소학, 생리학, 생태학, 분류학적 관점에서 진행될 뿐 아니라 산업적 이용에 대한 시도도 이루어지고 있다.

호알칼리성 미생물은 중성 pH에서는 전혀 성장하지 않거나 매우 천천히 성장하는 반면에 pH 10-11과 같이 높은 pH에서는 빨리 성장하는 특성을 가지고 있다. 그러나 이 미생물 종류는 어느 환경에서나 잘 분포되어 있어 pH 4의 토양에서도 분리될 수 있다. 일반적으로 토양에서 분리되는 호알칼리성 세균수는 중성 pH에서 분리되는 세균수의 1/10~1/100에 불과하다. 호알칼리성 세균의 개체수가 토양의 pH와 상관관계를 나타내고 있는 것

으로 미루어 호알카리성 세균의 생태학적 분포도 환경조건에 의해 영향을 받을 수 있다.

호알카리성 미생물의 성장 적정조건은 약 pH 11 이나 몇몇 세균의 경우에는 pH 12에서도 매우 양호하게 자란다. 생리학적 특징 중에는 성장 중 외부 pH를 생육하기 적절한 pH로 변화시킬 수 있다는 것과 성장에 Na 이온을 요구하는데 이 이온은 포자형성과 발아에도 필수적이다.

이와 같은 특징들을 갖고 있는 호알카리성 미생물들의 산업적 이용은 우선 효소에서 찾아 볼 수 있다.

넓은 pH 범위에서 활성이 있고 alkali 조건에서 안정성이 있어야 하는 세계 첨가용 단백질 분해효소 조건에 적합한 호알카리성 미생물의 단백질 분해효소 이용을 먼저 꼽을 수 있다. 또한 이와 비슷한 요구조건에 의해 호알카리성 세균으로부터 생성되는 단백질 분해효소는 피혁공업의 가죽의 탈모 공정 등에서 사용된다.

호알카리성 미생물에서 생성되는 효소 중에는 전분을 cyclodextrin(CD)으로 전환시키는 cyclodextrin glucosyl transferase가 있다. 이 효소에 의해 생성되는 cyclodextrin은 포도당 분자 6개 이상이 α -1,4-glucoside 결합에 의해 환모양의 구조를 이루고 있는데 구성하는 포도당 분자 수에 따라 α -CD, β -CD, γ -CD 등으로 나눌 수 있다. 이 물질의 산업적 이용은 CD 환상구조의 바깥쪽은 친수성을 나타내고 공동 내부는 소수성을 나타내는 구조적 특성에 의해 매우 다양하다. 예를 들면 식품, 의약품, 화장품 등의 분야에서 불안정한 물질의 안정화, 향료, 향신료 등 휘발성 물질의 불휘발화, 난용성 물질의 가용화, 조해성 또는 점착성 물질의 분말화, 불쾌한 냄새의 제거, 유허축진, texture의 개량 등과 같은 목적에 사용하고 있다.

호알카리성 미생물의 cellulase는 cellulose 폐기물 처리에 이용된다. 상업적으로 생산되는 cellulase는 pH 4~5에서 최적 활성을 나타내는 균류에서 분리된다. 그러나 일본에서 시도한 것과 같이 이 효소를 분뇨 처리에 사용할 경우 처리 공정 중 발생하는 ammonia에 의해 pH 값이 8~9로 올라가 활성을 잃게 된다. 그러므로 이와 같은 공정에 적합한 효소는 호알카리성 미생물로부터 분

리하는 것이 적절할 것이다. 그 외에도 많은 폐수에는 알카리 조건하에서 용해되는 cellulose와 hemicellulose가 함유되어 있는데 이런 조건에서는 다른 세균은 활성이 없으므로 rayon waste와 같은 종류의 알카리성 폐수는 호알카리성 미생물을 이용해 처리가 가능하다. 이와 같이 호알카리성 미생물은 분뇨, 특수 폐수처리 등과 같이 환경정화에도 중요한 일익을 담당할 것으로 기대된다.

그외에도 호알카리성 미생물에서 발견되는 특이적인 효소 종류에는 amylase, pectinase, β -1,3-glucanase, xylanase, β -lactamase, lipase, catalase, pullulanase, DNase, RNase, alginate lyase, uricase, galactarate dehydrogenase, polyamine oxidase 등이 알려져 있는데 앞으로 산업적 이용 가치가 매우 높을 것이다.

이와 같은 호알카리성 미생물의 다양한 효소이용 외에도 일본에서는 단청염료인 indigo 상업적 생산이나 일본 전통종이 생산에 호알카리성 세균인 *Bacillus sp.*를 사용하고 있다.

또한 많은 제약업계에서는 새로운 호알카리 미생물 세계로부터 신항생물질을 발견하기 위한 시도가 이루어져 몇몇 신항생물질이 분리되었으나 독성이 강하거나 물리적 성질이 좋지 않다는 이유로 현재까지 상업적 생산은 되지 않고 있다. 그러나 지속적인 항생물질을 포함한 생리활성물질의 탐색이 이루어져 곧 좋은 결과를 얻을 것으로 기대된다(Horikoshi and Akiba, 1982).

건조 환경

포자와 같이 휴면상태를 제외하고 물은 모든 생물체에 가장 많이 존재하는 구성성분이다. 생물의 높은 함유량은 생물 성장, 생존에 많은 물이 요구된다는 것을 의미한다. 이와 같은 절대적인 물의 요구성 때문에 지구표면의 70% 이상이 물로 덮여있는 데도 불구하고 지구상의 많은 지역에서 물이 생명의 제한요인으로 작용한다. 이런 생물의 물요구성은 기초 과학적인 관점에서 뿐 아니라 농산물, 식품공학에서 매우 중요한 과제이다.

표에서 보는 바와 같이 *N. crassa*는 적정성장을 위해서는 0.98 water activity(a_w)가 필요하고 대부분의 미생물 같이 $a_w = 0.9$ 에서는 성장이

〈표〉 환경의 water activity와 생명체에 필요한 water activity

환경	온도(°C)	a_w	생물	a_w
물		1,000	<i>Neurospora crassa</i>	
Neurospora minimal medium	25	0.996	적정생육	>0.98
Neurospora complete medium	25	0.994	발아 및 성장저해	0.90
Human blood plasma	37	0.994	<i>Xeromyces bisporus</i>	
해수	25	0.98	적정생육	0.92
포화 Sucrose	25	0.85	성장저해	>0.97, <0.61
포화 NaCl	25	0.75	Kangaroo rat (사막동물)	0.24
포화 $CaCl_2 \cdot 6H_2O$	10	0.40		
Dry Valley (Antarctica)	-10	0.48		
Mars	-10	0.02		

완전히 정지된다. 반면 a_w 가 각각 0.85, 0.75인 sucrose나 NaCl에서는 미생물의 성장이 어려우나 이와 같은 특수환경에서도 성장하는 미생물을 xerophile(또는 osmophile), halophile이라 부른다. Xerophile한 미생물의 한 종류인 *X. bisporus*는 $a_w=0.61$ 에서 매우 느리기는 하지만 성장하는 것으로 보고되어 있고 오히려 일반 미생물의 적정 a_w 인 0.97에서는 완전히 성장이 불가능하다(Horowitz, 1979).

세포들은 주위환경과 osmotic equilibrium을 이루는데 xerotolerant 효모의 경우에는 세포내에 polyol(arabitol 또는 glycerol)이 축적되어 주위환경과 조화를 이루게 된다. 이와 같이 xerotolerant한 미생물을 이용하여 주위환경에 따라 세포내에 다량 축적되는 물질을 산업적 생산에 도입할 수 있을 것이다. 실제로 호주에서는 고염도 호수에 호염성 조류인 *Dunaliella*를 배양하여 세포내에 축적되는 glycerol을 회수하는 공정을 개발하고 있다. 이때 생산되는 물질의 단가가 중요하지만 비록 저렴한 가격의 물질이라도 호주의 경우와 같이 풍부한 햇빛과 광활한 자연환경 조건이 있다면 많은 투자 없이도 문제를 해결할 수 있다.

저영양 환경

일반적인 미생물이 성장하기에는 매우 어려운 낮은 농도의 영양물질만이 존재하는 환경도 특수

환경으로 분류할 수 있는데 이런 환경은 의외로 우리 주위에 널리 퍼져있다. 양으로 따진다면 지구의 대부분 생물권을 차지하고 있는 해양을 우선 꼽을 수 있다. 특히 대양의 원양(pelagic)생태계는 영양물질 농도가 낮은 환경으로 대표적이라 할 수 있고 물론 토양, 효소 등에서도 이와 같은 환경은 흔히 찾아볼 수 있다.

영양물질 농도가 낮은 환경의 정의는 매우 상대적인 개념으로 생태계 내의 영양물질 flux가 생태계 전체 부피에 비해 매우작고 효율적인 전환율(turnover rate)이 낮은 경우를 말한다(Hirsch et al, 1979). 이와 같은 저영양 혹은 빈영양환경에서 적정성장을 할 수 있는 미생물을 총칭하여 oligotrophs라 부르고 이런 종류의 미생물은 1~15 mg 유기탄소/liter 농도의 배지에서 성장이 가능하다. 저영양 요구성 생물은 "K-strategists"라고도 불리는데 영양물질 흡수에 매우 높은 친화력을 가져 낮은 농도의 유기물질이 존재하는 생태계에서 생존 성장할 수 있기 때문이다.

Oligotrophs를 산업적으로 유용하게 사용할 수 있는 분야는 다음 두 가지 예에서 찾아 볼 수 있다(Staley and Stanley, 1986). 첫째는 낮은 농도의 영양물질을 이용해 oligotroph를 연속 배양시켜 biomass나 생성물질을 얻을 수 있다. 예를 들면 순수 배양한 oligotroph를 투석막 내에 접종하여 이 투석막을 자연환경에서 직접 또는 영양물질 농도가 낮은 인위적으로 조성한 환경에서 대량 배

양할 수 있다. 이 경우에 장점은 주위로부터 투석막 내에 oligotrophs가 이용할 수 있는 영양물질이 끊임없이 자동 공급될 뿐 아니라 자연환경에 존재하는 포식자 protozoa를 배제할 수 있어 매우 높은 수율의 cell mass를 얻을 수 있다. 두번째는 oligotrophs를 이용하여 낮은 농도로 존재하는 독성 화합물을 자연계로부터 제거할 수 있다. 예를 들면 halogen 화합물을 산화시킬 수 있는 세포를 적절한 담체에 고정화 시킨 후 식수로부터 극미량의 독성 화합물도 제거할 수 있어 그 용도는 보건위생학적인 측면에서도 다양하다.

심해 환경

전체 해양중 대륙이나 섬 주위의 대륙붕 지역과 광에너지가 도달하는 해수 상단의 표층 일부분을 제외하고는 해양 총면적의 약 85% 부피로는 90%가 빛이 비치지 않고 온도가 매우 낮고 수압이 높은 심해지역이다. 비록 이 지역이 지구상에서 가장 큰 생물의 서식처이긴 하나 심해생물학에 대해 많이 연구된 것이 없다고 해도 과언이 아니다. 이와 같은 이유로는 무엇보다 시료채취가 어려운 극한조건이기 때문이지만 그동안 인간의 발길을 거부했던 심해생태계도 최근에 와서는 심해 잠수함을 이용해 부분적인 연구가 가능하게 됐다.

심해란 ZoBell(1968)의 정의에 의하면 세계 해양의 평균 깊이인 3,800m 이하 지역을 말하지만 심해에 관한 연구를 보면 빛의 영향을 받는 (photic zone) 표층수 아래 부분을 다루거나 영양물질과 수온의 급격한 변화가 일어나는 thermocline과 같은 불연속선 밑부분을 취급하고 있다. 이와 같은 깊이는 시간, 공간에 따라 달라질 수 있어 열대지방 해양의 경우 aphotic zone(약 600m 부터)은 온대지방 해양의 경우(약 100m부터)보다 깊은 곳에 형성된다.

심해 환경조건 특징은 우선 빛이 거의 들어오지 않아 광합성이 불가능하므로 식물에 의한 유기물생성은 전혀 기대할 수 없어 영양물질과 생화학적 에너지원의 유입은 해양 표층으로부터 생성된 particle의 침강에 의한 것과 해수 유동과 확산에 의한 용해성 물질이 전달되는 것에 의존한다. 그

러나 이와 같은 양은 대륙붕 지역에서의 양 2~6 g/m²·yr보다 매우 적은 20~800 mg/m²·yr에 불과하다(Jannash and Wirsen, 1983). 이와 같이 영양물질 공급이 적어 생물에 의한 산소소모량이 느려 대부분의 심해는 풍부한 산소가 존재하고 또한 수온은 표층 해수와는 달리 4°C 내외로 항상 일정한 온도를 유지하고 있는 것이 특징이다. 무엇보다 심해의 가장 큰 특징은 수압으로서 이 환경인자에 의해 독특한 생물분포상을 나타낸다. 매 10m 깊이마다 약 1 atm(14.7 lb/in²)의 수압이 상승하며 깊이에 따라 20 atm에서 1000 atm 이상의 심해지역이 존재한다.

심해 생물학 역사에서 가장 중요하고 흥미로운 발견은 1977년에 일어났다. 그 당시 심해잠수함 "Alvin"호로 Galapagos섬 북동방향 200 miles 지역을 수색탐사하었는데 2,700m 심해지역 바다 온천수 분출구 주위에 지금까지는 보지 못했던 해양동물이 무수히 서식하고 있음을 관찰했다(Nybakken, 1982).

심해 온천수 분출구 주위의 수온은 8~16°C로서 다른 심해수온보다 높고 매우 많은 양의 H₂S가 검출되었다. 사막과 같이 에너지원이 결핍된 심해에서 H₂S는 chemoautotrophic세균에 의해 이용되어 많은 양의 유기물질이 생성되고 이 물질은 먹이사슬의 중요한 일차 생산물질로 작용하여 사막의 오아시스 같이 많은 개체수의 다양한 동물분포상을 보이고 있다. 새로운 생물상 발견은 이 분출구 주위에서 발견되는 동물이 대부분 미분류종이고 다른 종과 비슷한 종류의 것이라도 그 크기가 매우 크다는 데서 흥분을 더할 뿐 아니라 이와 같은 생물진화의 오아시스가 분출구 주위 약 50m내 외로서 믿을 수 없을 만큼 매우 제한된 지역이라는 것이다. 개체크기가 크거나 개체수가 많이 분포되어 있는 현상은 심해지역에 적응할 수 있는 포식자의 개체수가 적고 주위환경으로부터 스트레스가 적다는 데서 기인하는 것으로 추측된다.

심해 미생물의 산업적 이용은 인간의 심해에 대한 적은 지식 때문에 현재까지 실용화단계에 도달한 것은 없지만 그 잠재성은 매우 밝다고 볼 수 있다. 일 예로서는 심해 즉 수압이 높은 곳에서만 살 수 있는 호압성(barophilic) 미생물과 같은 특수

미생물은 일반 미생물과는 매우 다른 metabolism 을 갖고 있어 새로운 미생물의 보고로서 이용할 수 있다. 뿐만 아니라 내압성(barotolerant) 미생물도 수압이 높은 환경에서 성장하며 유전자의 변화가 일어나 흥미있는 결과를 기대할 수 있을 것이다. 이와 같은 관점에서 이미 일본의 미생물화학연구소 Okami 박사는 수년전부터 고압발효조를 제작하여 배양한 심해 미생물로부터 신물질을 탐색하는 시도를 시작했고 유럽에서는 심해 동물과 공생하는 신종의 미생물을 분리한 것으로 보고되어 있다. 심해 미생물 연구는 몇몇 미생물학자 외에도 다른 분야의 이학자 특히 해양과학자, 공학자, 공학기술자들과의 공동연구팀을 구성하여 국가적인 과제로서 추진될 수 있는 시도가 우리에게도 곧 이루어져야 한다.

해양 환경

해양 환경의 특징중 일부는 저영양 환경, 심해 환경에서 다루어 졌으므로 본 장에서는 저온성 미생물과 해양을 포함한 수계생태계에 서식하는 미생물의 형태적 특징이 산업적으로 이용되는 예와 가능성에 대해 알아보기로 한다.

저온미생물은 고온, 중온미생물과는 달리 생육 온도범위가 $-10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 로서 매우 낮고 적정온도는 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 이다. 이와 같이 낮은 생육 적정온도는 미생물 발효공정상 필요한 열에너지의 절약으로 발효단가를 오히려 낮출 수 있는데 응용할 수도 있다. 또한 난분해성 물질을 제거하기 위해 미생물을 생태계에 직접 적용시킬 때 온대지방에서는 적정생육온도가 낮은 저온미생물의 사용이 중온미생물을 사용하는 것보다 훨씬 좋은 결과를 얻고 있다.

해양을 포함한 수계 생태계는 토양 생태계와 달리 미생물의 형태적 특징을 산업적으로 이용할 수 있는데 그 예로서는 gas vacuole과 holdfast를 들 수 있다(Staley and Stanley, 1986). 먼저 세포내 gas vacuole은 수계에 서식하는 원핵생물에서만 관찰된다. 비록 모든 수계미생물이 이 기관을 갖고 있는 것은 아니지만 많은 cyanobacteria, purple and green sulfur 광합성세균, ar-

chaebacteria(*Halobacterium*, *Methanosarcina*, *Methanolthrix*), 혐기성 종속영양 세균으로는 *Clostridium*, *Meniscus* 호기성 종속영양 세균으로는 *Prosthecomicrobium*, *Ancalomicrobium*, *Ancylobacter* (*Microcylus*) 등이 gas vacuole을 갖고 있는 것으로 알려졌다.

Gas vacuole은 발효공학에서 세균을 회수하는데 많은 도움을 줄 수 있다. 일반적으로 사용되는 회전분리법은 비용이 많이 들고 flocculation, 침강법과 같은 화학적인 방법은 만족할 만한 결과를 얻지 못하나 gas vacuole을 생성하는 미생물은 스스로 부력에 의해 배양액 표층으로 부상하므로 skimming 방법으로 값싸게 회수할 수 있다. 더구나 gas vacuole 생성은 보통 stationary phase에 들어갈 때 일어나므로 미생물 수율에는 영향이 없다.

구체적인 예로는 *Ancylobacter aquaticus*는 methanol과 수소와 같은 간단한 에너지원으로도 잘 성장하여 매우 상업성이 좋을 뿐 아니라 제지 펄프생산에 많이 생성되는 부산물인 gluco-saccharinic acid를 이용할 수 있으므로 단세포 단백질생산과 아울러 폐수처리라는 이중효과를 노릴 수 있다. 이 경우와 같이 세균을 직접 이용할 수도 있고 gas vacuole 생성에 관여하는 유전자를 clone하여 상업적으로 중요한 다른 종의 미생물에 넣어 산업적 이용이 가능하다.

Holdfast 구조도 많은 수계세균에서 특징적으로 관찰할 수 있다. 물의 유동이 있는 서식처에서 성장하는 많은 filamentous 세균들은 서식처의 다른 생물체나 무생물체에 부착할 수 있게끔 holdfast를 생성한다. 예를 들어 해양세균 *Leucothrix mucor*는 성장에 필요한 유기 영양물질을 얻기 위해 해조류에 holdfast로 부착되어 있고, 그 외에도 *Sphaerotilus*, *Leptothrix*, *Thiothrix nivea*, *Caulobacter*, *Asticcacaulis*, *Planctomyces*, *Hyphomicrobium* 등이 알려져 있다. 대부분이 다른 생물체나 무생물체에 부착할 수 있는데 반해 *Planctomyces bikefii*, *P. guttaeformis*는 같은 종의 다른 개체에만 서로 특이하게 부착하여 수계 생태계에서 rosettl 모양으로 관찰된다.

이와 같은 부착과정은 수계생태계의 biofouling

현상에 중요하여 holdfast의 구조 및 기능 또는 부착에 관여하는 biopolymer와 같은 화학물질을 이해하면 수중 구조물이나 선박 등의 biofouling 문제를 감소시키거나 완전 방제할 수 있을 것이다. 또한 이에 대한 연구는 미생물 발효공정상 필요한 세포고정화에 응용될 수 있는 가능성도 갖고 있다.

지하 환경

지하 세계에는 지표면과 어떻게 다른 생물체가 존재하는지에 대한 연구가 미국의 에너지성과 5개 대학에서 1981년 시작되었다. 이들 연구팀은 지하 500여m에서도 미생물을 발견하였고 관찰된 3,000여종 중에 많은 것이 새로운 미생물임을 확인했다. 이와 같은 연구결과는 우리가 현재까지 알고 있는 환경과는 다른 새로운 생물권을 형성하는 것으로 많은 과학자에게 신선한 연구 의욕을 고취시키고 있다.

지하 미생물은 대부분 지하수로부터 공급되는 산소를 이용하는 호기성이고 그 외에도 혐기성 등 영양물질이나 에너지원의 공급에 대해 다양한 이용방식을 갖고 있는 미생물들이 발견되고 있다. 그러나 지하생태계는 영양물질 농도가 매우 낮아 대부분의 미생물은 매우 느린 신진대사를 하고 있다. 위와 같은 특징을 갖는 미생물들이 어떻게 지하생태권에 존재할 수 있는지는 매우 의문스럽다. 하나의 가능성으로 지표면에서 빗물에 의해 지하로 이동되는 경우와 7,000만년전 토양이 형성되기 시작할 때부터 이미 그 곳에 생존했을 가능성이 있다. 앞으로 많은 연구를 통해 이와같은 의문점이 풀릴 뿐 아니라 많은 새로운 미생물 발견이 기대된다.

이와 같이 특수환경에 서식하는 미생물은 제약 회사 등에서는 항생제 또는 기타 의약품 유용물질 탐색에 이용할 예정이고 이미 분리된 미생물중 2종은 독성물질인 Trichloroethylene 분해력이 높아 오염된 지하수나 지표수의 오염물질 제거에 이용될 계획이다. 가까운 장래에는 지하 환경 미생물에 대한 연구가 좀더 진행되어 새로운 균주의 분리와 아울러 생명현상들이 밝혀져야 할 뿐 아니라 이와 같은 연구를 통해 얻은 현상들을 이용한 산업

적 개발을 동시에 모색해야 할 것이다.

최근 생물공학 분야가 해결할 수 있는 가장 매력적인 것중 하나는 무엇을 일부 개선하는 것이 아니라 전혀 새로운 것을 창조할 수 있다는 약속이다. 즉 낡은 것을 개선, 개량하는 데만 그치지 않고 새로운 공급을 통해 새로운 시장을 여는 것이다. 이와 같이 “새로운 무엇”을 얻는 길은 생물공학자가 사용할 수 있는 다양한 유전정보 pool 확보에 달려있다. 가용한 유전정보 확보는 그것이 *in vitro*에서 조작되건 살아있는 생명체 그대로 사용되건간에 새로운 환경과 극한환경과 같은 특수환경의 생물체로부터 지속적인 탐색으로 가능할 것이다 (Deming, 1986).

REFERENCES

1. Deming, J.W. (1986) The Biotechnological future for newly described, extremely thermophilic bacteria. *Microb. Ecol.* **12**, p. 111-119.
2. Gibson, T. (1934) An investigation of the *Bacillus pasteurii* group. II. Special physiology of the organisms. *J. Bacteriol.* **28**, p. 313-322.
3. Hirsch, P. (1979) Life under conditions of low nutrient concentrations. (Group report) In: Strategies of microbial life in extreme environments. Ed. by Shilo, M. Verlag Chemie. p. 357-372.
4. Horikoshi, K. and Akiba, T. (1982) Alkalophilic microorganisms—A new microbial world. Japan Scientific Societies Press and Springer Verlag p. 213.
5. Horowitz, N.H. (1979) Biological water requirements In: Strategies of microbial life in extreme environments Ed. by Shilo, M. Verlag Chemie. p. 15-27.
6. Jannasch, H.W. and Wirsen, C.O. (1983) Microbiology of the deep sea In: Deep-sea biology Ed. by Rowe, G.T. John Wiley & Sons, p. 231-259.
7. Meek, C.S. and Lipman, C.B. (1922) The relation of the reactions of the salt concentra-