

## 살아 움직이는 지구의 생물세계와 한반도

한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

전 회 영

hychun@kigam.re.kr

### 서론

자연이라고 하는 것은 **생명체에 영혼을 부여한 것으로 표현할 수 있을 것**이다. 살아 있다는 말이다. 더욱이 많은 사람들은 한 **종으로서의 인류의 기원**을 알고자 하는 충동을 경험하였다.

**생물다양성**의 본질과 그 속에서 *Homo sapiens*가 차지하는 위치를 이해하는 것은 **지속적인 변화**의 관점에서 보는 것이다.

이러한 **자연의 변화**는 곧 **역사**라고 할 수 있다. 이 역사를 보고 읽는 방법 중의 하나가 **고생물**이라는 창을 통하여 보이는 **화석**이라는 도구를 이용하여 **자연의 변화**를 보는 것이다. 자연은 자연이 변화하는 그대로 내버려두는 것이 가장 현명한 것이며, 우리가 목격하는 것은 변화해 가는 과정이다. 왜냐하면 변화 역시 자연의 일부이기 때문이다.

우리가 찾는 생물 흐름의 본질이 변화 속의 유형에 있으며, 이 유형은 생물 흐름을 부양하는 기본과정의 외적인 신호이며, 생태군집과 화석에서 보이는 상(Image)을 말하는 것이다.

즉 **발생**에서부터 **멸종**에 이르는 과정이 바로 역사이다.

이러한 변화들을 보여주는 한반도의 지질 역사를 지구사와 견주어 보고자 한다.

## 지질연대표(Geological Column)

우리는 지구의 나이를 약 46억년 이라고 알고 있다. 이렇게 긴 시간 동안 무슨 일들이 있었을까?

우리나라의 각 왕조를 표기할 때와 마찬가지로, 즉 구석기시대, 신석기시대, 고조선, 삼국시대, 통일신라, 고려, 이조 그리고 대한민국에 이르는 연대표와 같이 지구에서 일어난 각종의 사건들을 시대별로 구분해 놓은 것이 바로 지질연대표이다.

지구상에 생물의 흔적이 처음 나타난 것은 약 30억년 전으로 세포의 분화가 잘 이루어지지 않은 원핵생물의 출현으로 볼 수 있으며, 이후 진핵생물, 엽록체/ 미토콘드리아, 다세포 무척추 동물, 척추동물, 양서류/ 파충류 그리고 포유류에 이르는 긴 지질시대 동안에 생물의 변화 특성을 알 수 있다.

특히 다세포 무척추동물이 출현하기 시작하는 때에는 **지구 역사**의 약 **85%**가 기록된 때임을 알 수 있다.

## 에디아카라 생물군(Ediacara Fauna)

호주의 에디아카라 지역의 **약 6억 7천만년 전** 암석층 속에서 소속을 정확히 알 수 없는 다세포 생물로 보이는 화석들이 다량 발견되었다.

이들은 마디가 있는 벌레모양의 것(Springgina), 납작한 원형벌레모양의 것(Dickinsonia), 분지하는 바다 부채모양의 것(Charnia), 해면류와 비슷한 모양을 하는 것(Parvacornia) 그리고 벌레 집 모양의 것 등 다양하다.

이들은 분명 제 모습을 갖춘 무척추동물의 시대 이전에 나타난 지구상의 자연계의 특이한 사실로서, 단세포 생물의 시대를 넘어 **다세포** 생물로의 변화를 잘 보여주고 있으며, **대기 중의 산소** 량이 현재와 비슷해지는 환경(21%) 하에서의 산물로 볼 수 있을 것이다.

본격적인 다세포 무척추동물군의 출현을 예고한다고 할 수 있다.

## 캠브리아기의 대 번성의 의미

이 시기는 다양한 바다 무척추동물의 유희가 화석으로 보존되어 있다.

삼엽충, 2매패 조개류, 바다나리, 완족류 ---

이렇게 갑자기 다양해진 현상을 대진화라는 말로 표현할 수 있는데, 이들이 이렇게 나타난 이유를 생태학적인 원리에 의하면 단순/ 무한한 공간이 주어졌기 때문이고, 유전학적인 관점에서 보면 유전자부러미(개놈) 조직의 원시성에서 찾아볼 수 있다.

### Extinction! What's the Real reason?

절멸이라는 용어에 우리는 그리 익숙하질 못하다. 사전에서 찾아보면 “짝 없 어지다”라는 뜻이다. 무엇이 원인일까?

지질시대 동안 자연계에는 5번의 대멸종사건(Mass Extinction)이 일어난 것으로 연구되었다. 이 사건을 “The Big Five”라고 부르기도 한다. 환경과의 관계를 알기 위해 지구의 온도의 변화, 해수면의 변화 그리고 화산 활동의 빈도와 생물 그룹의 멸종 수량을 비교하게 된다.

지질학적인 현상을 설명하는데 다음의 3사람을 빼놓을 수 없다.

Sir Charles Lyell, 1980

이 사람은 “지질학의 원리(Principles of Geology)”를 저술한 사람으로, 학계에서는 “지질학의 아버지”라고 알려져 있다.

그는 지구상의 자연현상을 소위 “동일과정설(Uniformitarianism)”으로 설명 하였는데 이는 “현재는 과거를 푸는 열쇠 (The present is the key to the past)”라고 하였다.

James Hutton, 1787

에딘버러의 지질학자로 알려진 이 사람은 자연현상을 “윤회(Cycle)”로 설명 하였으며, 침식과 퇴적을 암석의 윤회에서 볼 수 있다고 하였다.

Charles Darwin, 1859

“On the origin of species by natural selection; 자연선택에 의한 종의 기원 “으로 진화의 과정을 설명하였다.

죽음은 생물의 사실이며, 멸종은 진화의 사실이고 그리고 다량멸종사실은 대규모 죽음의 원인이라고 할 수 있다.

지구 역사 중에 살았던 생물 종을 약 300억 종으로 추산하는데 이들 중 약 99%가 절멸하고 현재 3,000만 종이 살고 있다고 보고되어 있다.

이러한 환경에서의 멸종은 그 내용에 있어서 **연속적이고 점진적인 과정** 속에서 일어나며, 본질적으로 **일정한 속도로** 일어난다. 또한 이들은 기본적으로 **열등하기**에 일어나는데 이는 적응력의 문제이다. 이러한 멸종은 결국 **자연선택의 절대적인 구성요소**가 되는 것이다.

### 지구의 움직임(Motion in the Earth)

지구의 모습을 내핵(1190km), 외핵(2280km), 맨틀(2900km; 밀도 3.0 이상), 지각(10-70km; 밀도 2.7)으로 구성되며, 적도반경: 6378.160km/ 극반경: 6356.775km 등으로 표현하고 있는데, 지각을 기준으로 볼 때 지구는 쉬지 않고 융기/ 침강을 계속하며 산맥을 만들고 단층과 지진, 화산이 쉬지 않고 일어나며 시대에 따라 움직이는 지각 판을 흔들고 있다고 할 수 있다.

지구의 표면은 해양이 70%, 육지가 30%의 평면적을 갖는 것으로 알려져 있으며 이들의 환경적 해석 요소도 약간씩 다르다.

즉 해양환경요소를 파악하기 위하여 온도, 빛, 투명도, 영양, 깊이를, 육상환경요소를 위하여는 일조량, 온도, 강수량 등이 고려되어야 한다.

자연계에서의 새로운 변화란 **생태계 파괴와 인구저하**를, 생태계의 발전은 **종(species)에서 군체(colony)로**의 변화이다. 생태계 변화는 **다양화(More Variety)**, **전문화(More Specialization)**, **연합화(More Co-operation)**로 요약할 수 있다.

또한 우리 행성은 **움직이는 거대한 시스템**이라고 할 수 있으며, 마치 짝맞추기 퍼즐과 같다. 이것이 생태라고 할 수 있다. 그러므로 생태계는 각각의 생명체와 연계된 **복합시스템**이라고 할 수 있으며, 여기에는 **독립생물체는 홀로 존재할 수 없는** 것이다. 즉 자연계의 구성은 **상호협력과 상호작용**에 의한다고 할 수 있다.

육지와 바다의 생물의 비율은 85:15 이다. 지금까지 보고된 화석 종은 약 25만종인데, 이 중 약 95%가 해양생물이다. 화석에 의해 나타나는 지구상의 5대 멸종 사건을 "The Big Five"라고 하며, 이들은

○ 오도비스기 말(4억 4천만년 전):

캠브리아기는 삼엽충의 전성시대라고 할 수 있으며, 이와 더불어 완족류와 해백합 무리가 전 세계의 바다에 널리 분포하였다.

오도비스기에 들어서면서 삼엽충류가 더 이상 확산되지는 못하였는데, 이는 새로운 포식자인 두족류 나우틸로이드를 비롯한 다양한 해양생물이 발달(진화?)하며 (먹이) 경쟁이 치열해 졌기 때문으로 보여진다.

이때 얕은 바다에는 완족류, 이끼동물류, 갯나리산호(Rugosa coral)류 등이 번성하였음을 알 수 있다.

이러한 환경 하에서의 집단 절멸은 지구상에 광범위한 지역에서 빙하의 확산으로 인한 수온과 해수면의 강하가 원인이라고 보는 것이 타당할 것이다.

○ 데본기 말(3억 6천 5백만년 전):

오도비스기 말에 시작된 저온 현상이 전 지구적으로 사일루리아기 중엽까지 지속된 것으로 보인다.

이 시기에는 일부 군체성 동물들이 확산되었으며, 이와 함께 다양한 무척추 해양생물의 진화가 빠르게 진행되었다.

턱 없는 물고기, 무악어류,의 조상이 출현하는가 하면, 초기 육상 식물이 출현하기 시작하였고, 초기 양서류가 육지로 올라오기도 하였다.

데본기 말에 들어서며 무척추 해양생물군에 큰 변화가 나타나는데, 특히 얕고 따뜻한 바다에서 살던 해양 플랑크톤, 완족류, 삼엽충류, 그리고 생물초를 이루며 살던 많은 군체성 생물들이 큰 피해를 입었으며, 그 동안 빠른 진화를 보이던 어류도 다양성에서 크게 격감되어 나타나는 것을 볼 수 있다.

그러나 이러한 해양생물들이 쇠퇴하는 동안 일부 해면동물들은 크게 번성하기도 하였음을 알 수 있다. 이것은 이들이 수온 변화에 대한 적응 범위가 넓었기 때문으로 해석이 되고 있다.

○ 페름기 말(2억 2천 5백만년 전):

페름기 말에서 중생대 삼첩기 초에 걸친 집단 멸종 사건은 무척추동물에서

가장 큰 위기였다고 볼 수 있다.

즉 페름기 무척추동물 과(Family)의 절반 이상이 절멸했던 것이다.

이렇게 고생대 말의 집단멸종에서 살아남은 암모나이트류와 완족류 등이 새롭게 중생대의 바다에서 우세를 보이기 시작하였으며, 아울러 부족류도 다양화하기 시작하였다.

육상에서는 기존의 양치식물의 발달과 함께 나자식물이 빠르게 번성하기 시작하였다.

또한 포유류의 원조형과 다양한 파충류가 등장하기도 하였다.

○ 트라이아스기 말(2억 1천만년 전):

삼첩기말 육상에서는 몸집이 큰 양서류(Labyrinthodont amphibians)가 멸종하고, 조치류를 포함한 일부 파충류도 사라졌다.

해양에서도 약 20%에 달하는 해양 무척추동물이 사라졌다.

○ 백악기 말(6천 5백만년 전):

육상 파충류를 포함한 대형 양서류의 절멸, 해양 무척추 동물의 극심한 변화, 척추동물, 포유류의 급진적인 발전 및 피자식물의 전개가 특징적인 변화이다.

초기 지구의 환경변화를 알기 위하여 퇴적암의 분포, O<sub>2</sub> 와 CO<sub>2</sub> 의 변화, 초기 생물의 출현 역사 및 단세포, 군체인 청록조류의 화석(Stromatolite) 등의 요소들을 아는 것이 필수적이라고 할 수 있다.

## 한반도의 지질특성

선캠브리아기의 지층들

조선누층군

평안누층군

대동누층군

경상누층군

제 3기층군

## 초기 고생대 삼엽충의 발달 이후

저서성의 바다 갑각류가 최대한 번성한 사실은 지구상의 생물의 형태에 대한 좋은 암시를 하고 있다.

지구상에서 가장 성공적인 분포와 짧은 절지류이다(현생도 40%).

이들은 해수의 탄산칼슘 량의 증가와 해수면의 상승을 지시하고 있는 것이다.

초기 고생대의 해양환경 복원, 오도비스기의 주요생물, 사일루리아기의 바다 전갈 “Eurypterus”(큰 것은 3m에 달함), 데본기의 총기어류 “Osteolepis”, 석탄기의 삼림 (공존하는 생물들), 페름기의 양서류(파충류인 Dimetrodon/Edaphosaurus등도 공존), 트라이아스기에 나타난 최초의 원시 공룡 “Eoraptor”(작은 도마뱀 크기의 파충류를 섭렵하던 육식 공룡으로 이 당시 동물 중 가장 빨랐을 것으로 생각됨), 후기 트라이아스기의 초식성 공룡 “Plateosaurus”(잇빨 구조의 특징으로 초식성이었음을 알 수 있고, 손가락이 크고 특징적이며 삼림에서 생활한 것으로 예측할 수 있음), 트라이아스기 중기의 수생/ 육식 “Ceresiosaurus”(3.8m), 쥐라기 후기의 “Brachiosaurus”(23m long, 12m height), 쥐라기 후기의 “Compsognathus”(육식의 깃털있는 Coelurosaurus; 40cm), 백악기 후기의 익룡 “Pteranodon”(육식이며 날개구조가 특징), 쥐라기 후기의 시조새 “Archaeopteryx”(헛대 발가락/ 잇빨 구조/ 날개가 특징적이다. 정확히 말하면 새와 공룡의 중간형이다. Archaeopteryx”란 독일의 솔렌호프 지층에서 발견된 것으로 헛대 발가락과 깃털 달린 날개 구조와 창사골(wish bone)이 특징적이다.

현생의 까치와 비교하면 시조새 초기의 바깥 쪽의 긴 깃털과 후기의 안쪽 짧은 깃털이 비교된다. 어린 “Dromaeosaurus”에서는 솜털이 난 멧금류 (fuzzy raptor)를 잡기에 적합한 긴 손의 모습과 회전하는 손목관절 뼈, 깃털 등이 보존되어 있다. 중국산 “Dromaeosaurus”는 그습성을 보여주는 발가락이 특징), 쥐라기-백악기의 생물군(Stegosaurus/ Brachiosaurus 그리고 raptors), 백악기 후기의 각룡류 “Triceratops”(초식성), 백악기 후기의 초식성 crest발달 “Hadrosaurus”, 백악기 후기의 초식성 “Triceratops”(난공불락의 겹데기가 특징), 백악기 최후기의 공룡세계 등을 통하여 생물상의 변화를 볼 수 있다.

대량 멸종은 나쁜 슈전자 때문일까 아니면 순일까?

대량멸종은 생물 무대 배우들의 특성을 재형성하는 것이라고 할 수 있다. 이러한 내용을 생태군집에서 보면 종 수의 증가/ 다른 군집 종류로의 전환/ 더 분화된 군집으로의 발달을 의미한다.

생물다양성은 환경변화와 상호관계를 갖고 있다.

생물다양성의 척도는 알파다양성(종의 수)/ 베타다양성(종과 종 간)/

감마다양성(군집과 군집 간)으로 알 수 있다.

생태군집은 우연한 집단이 아닌 계(系)이다. 균형에서 교란/ 천이에서 우연의 발달 단계를 밝히는 것이다.

6천 5백만년 전의 유대류와 태반 포유류의 이동 경로와 환경, 5천만년 전의 유대류와 태반포유류의 이동 및 2천 5백만년 전의 유대류의 분포 등을 통하여 인류 출현의 계기를 볼 수 있기도 하다.

*Homo sapiens*

과연 진화의 정점인가?

아니면 단순히 도덕적 관념을 가진 진보한 원숭이 인가?

두개골의 발달로 보는 인류의 진화계통은 다음의 단계별 특성을 갖고 있다.

*Australopithecus*/ *Homo habilis*/ *Homo erectus*/

*Homo sapiens Neanderthalis*/

*Homo sapiens sapiens*

멸종의 원인들

소행성의 충돌, 집단 멸종 주기설, 자연발화 및 생물 생태계의 급격한 변화 등 다양한 주장들이 제기되고 있는데 이들은 다음과 같이 요약될 수 있을 것이다.

즉 생물의 환경변화와 생체 내부의 조직, 구조, 생리의 변화가 공명작용에 의하여 나타나는 것으로 볼 수 있다.



생물의 환경변화로는 조류, 조산 운동에 따른 수륙 분포의 변화와 지표의 기복(해역의 심도/ 육지의 고도)의 변화, 기후, 기상 조건의 변화, 화산활동, 태양활동(자외선, 전자파 등)의 변화, 공존하는 타 생물체로 부터의 압박, 공격(기생생물, 포식생물의 출현과 생태상의 지위 상실 등)들을 생각할 수 있으며,

생체 내부의 조직, 구조, 생리의 변화로는 호르몬 이상에 의한 생리적 변화, 번식력의 상실 및 기관, 형질,기능의 약화 등이 요인이 될 수 있을 것이다.

### 정향진화

동일계열에 속하는 화석생물의 형질은 지질시대에 따라 일정한 방향으로 변화하기도 하는데 이러한 변화를 “정향진화”라고 한다.

지구상의 대 변화에도 불구하고 절멸의 사건을 넘어 살아 있는 화석이 존재하는 경우들이 최근 많이 알려지고 있는데 이들은 다음과 같은 다양한 이유들로 해석되고 있다.

수량상 이유/ 인도 코뿔소 등

지리상 이유/ 타조, 메타세콰이아 등

계통상 이유/ 시라칸스 등

분류상 이유/ 아프리카 코끼리, 인도 코끼리 등

환경상 이유/ 바이칼 호의 바다 표범, 니카라과 호의 상어 등

과연 한반도의 지질사항들은 어떠한 모습으로 살아남을 것인가?