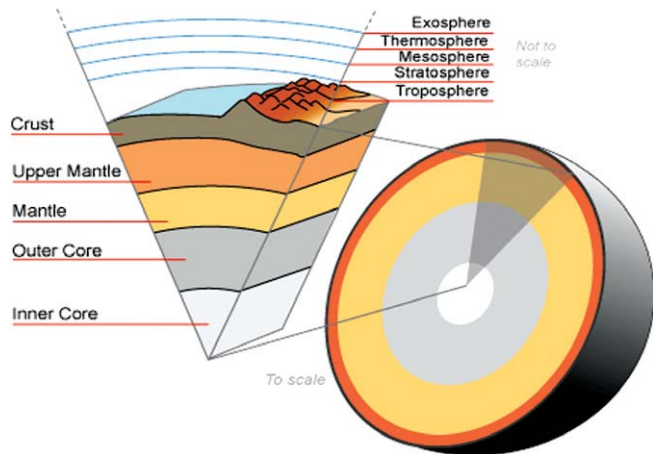


푸른 생명별 지구의 탄생

- 지구가 처음부터 지금까지처럼 아름다운 것은 아니었다

글 | 임성빈 _ 명지대학교 교수 sbimm@mju.ac.kr

46억 년 전 태양계의 한 가족으로 등장해 태양주위를 돌던 지구를 향해 수억 년 간 미행성과 혜성, 그리고 운석들이 마구 쏟아졌고 지구는 눈덩이처럼 커졌다. 이 시기를 대충돌기라 하는데 이들이 부딪칠 때마다 새로운 암석이 쌓였고 지구의 크기도 커졌다. 동시에 폭발적인 에너지가 생기면서 지구의 온도는 1천 800°C까지 솟구쳤다.



지구의 구조

45억~39억 년 전 원시대륙 생성

용해된 암석(마그마)들은 깊이 수백km의 바다를 이루어 지구를 덮었으며, 운석 속에 있던 방사능 물질이 붕괴되면서 지구 내부의 온도를 더욱 상승시켰다. 용광로가 된 지구의 온도는 곧 철의 용해

점을 넘어섰고 철들은 중력의 힘에 이끌려 지구 가운데로 모였다. 지름 1km의 용해된 철 덩어리가 지표면에서 지구의 중심으로 이동 하는데 100만 년 정도 걸렸지만 이렇게 지구의 구성물이 형성되기 시작하였다.

철로 된 중심핵을 용해된 바위가 둘러싸 맨틀층을 이루어 대류를 일으켰고, 충돌하는 미행성의 수가 급격히 줄어들자 지표면은 빠르게 식어 갔으며 현무암으로 이루어진 얇은 원시지각이 형성되기 시작했다. 대류가 상승하거나 하강하는 부분은 상대적으로 밀도가 낮기 때문에 섬처럼 높은 지형을 이루었고 여기서 최초의 풍화, 침식, 운반, 퇴적작용이 일어나면서 퇴적물들이 섬 주변에 쌓여 지각을 형성하는 것이다. 뿐만 아니라 화산활동도 격렬하게 일어나 새로운 지각을 만들기도 하였다.



뜨겁고 메탄가스가 가득했던 초기 지구의 모습
(© Don Dixon, cosmographical[1].com)

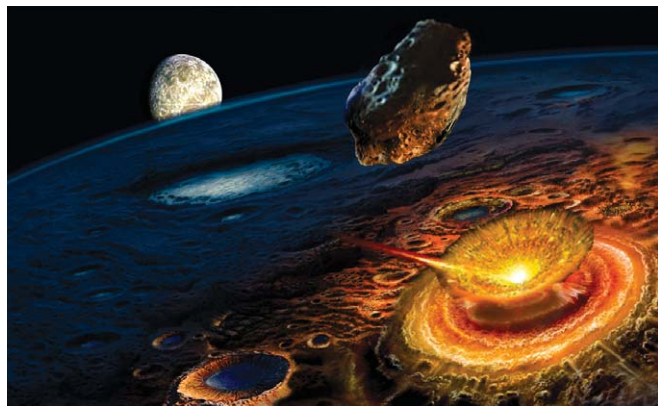


최초의 바다(© Don Dixon, cosmographical[1].com)



최초의 비(© Don Dixon, cosmographical[1].com)

그러나 그때까지도 미행성의 충돌이 종종 있었기 때문에 먼저 만들어진 지각은 계속 파괴되어 맨틀 속으로 빠져 들어갔으며 그 속에서 용해된 지각물질은 낮은 밀도로 인하여 지표면으로 떠올라 상대적으로 높은 고도를 이루면서 대륙지각을 형성하였다. 이렇게 하여 약 1억년 후 지구는 어느 정도 모습을 갖추게 되었다. 그 후 시간이 흐르면서 대륙지각은 점점 더 넓어지고 부피도 늘어났으며 이런 일은 대충돌기가 끝나는 5억 년 이상 계속되었지만 그 당시의 지구의 모습은 지금과는 거의 닮지 않았다. 그리고 자전속도는 훨씬 빨라 몇 시간 만에 밤과 낮이 바뀌었으며 1년의 일수는 오늘날보다 훨씬 더 많았고 달은 지금보다 더 가까이 있었다.



대충돌기(© Don Dixon, cosmographical[1].com)

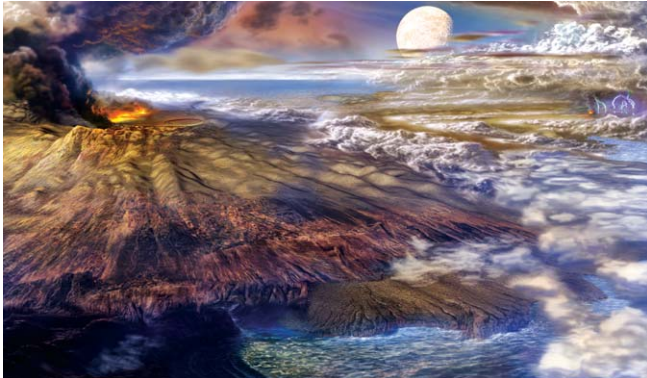
원시바다, 생성 초기엔 150°C 고온에 산성

지구 초기의 대기는 태양계가 만들어지던 가스구름의 잔재로서 주로 수소(H₂)와 헬륨(He) 외에 메탄(CH₄), 암모니아(NH₃) 등이었다. 이를 1차대기라고 하는데 태양의 진화 초기에 발생한 강력한 태양풍으로 인하여 목성과 토성 부근까지 날려가 버렸다. 그러나 지구와 충돌하는 미행성이나 혜성들이 암석만 가지고 오는 것은 아니었다. 특히 혜성은 80% 이상이 얼음인데다가 많은 유기물질들을 포함하고 있어서 원시지구의 마그마 바다에서 방출되는 휘발성 화산기체와 함께 2차대기를 이루었는데, 수증기(H₂O)가 85%로서 대부분을 차지하였고 이산화탄소(CO₂)가 12%였으며, 그 외에 질소(N₂), 수소, 이산화황(SO₂), 황화수소(H₂S), 염산(HCl) 등이 포함되어 있었다.

이 때는 대기의 압력이 지금보다 약 100배 정도 높았으며 대기 중 수증기의 압력이 마그마 바다의 수증기 농도와 용해평형을 이루게 되었다. 즉 대기 중의 수증기가 많아지면 온실효과로 기온이 올라가 마그마가 더 많이 용해되어 대기 중의 수증기를 더 많이 흡수

하게 되고, 이로 인하여 대기 중의 수증기가 줄어들면 온도가 낮아져 마그마 바다가 식으면서 수증기를 방출하여 대기 중의 수증기가 다시 증가하게 되는 것이다(헨리의 법칙). 이러한 과정이 끊임없이 반복되면서 지표면의 온도는 점점 낮아졌다. 그러다가 지표면의 온도가 물의 임계온도인 374°C보다 낮아지자 수증기가 비로 내리기 시작하였다. 처음에는 곧바로 증발하여 다시 수증기가 되었으나 이러한 과정이 되풀이되면서 원시지구가 생성된지 약 1억년 후에 지구상에 원시바다가 등장하게 되었다.

대기 중의 이산화탄소, 이산화황, 염산 등이 물에 녹으면 탄산(H₂CO₃), 아황산(H₂SO₃), 히드롤륨이온(H₃O⁺) 등의 산이 만들어져 원시바다는 초기에는 산성을 띠었고 온도도 150°C 정도로 상당히 높았으나 시간이 지나면서 온도는 차츰 낮아졌고 바닷물도 지각에 들어있는 나트륨, 마그네슘 등의 알칼리 성분과 반응하여 중화되었다. 그리고 수증기가 빠져나간 대기 중에는 이산화탄소가 80% 정도로 가장 많게 되었고 질소가 15% 정도였으며 그 외에 아르곤 등이 있었다.

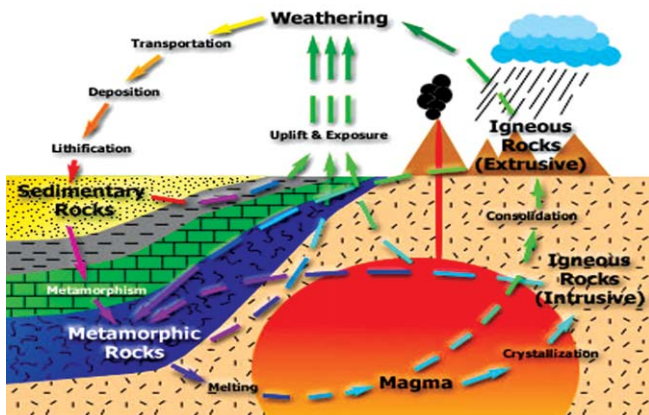


식은 후의 초기 지구 모습(달이 가까이 있어 더 크게 보임)
 (© Don Dixon, cosmographica[1].com)

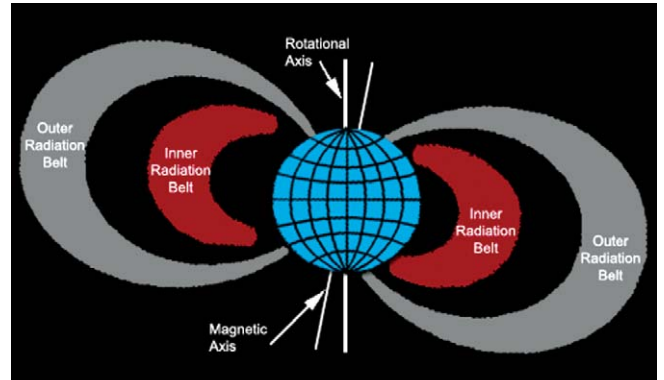
이 때는 대기 중에 산소는 전혀 없었으며 수소와 같은 가벼운 기체는 대기권 밖으로 빠져나갔다. 그러나 이산화탄소는 대기 중의 수증기와 결합하여 탄산이 되고 탄산은 암석들을 풍화시키면서 중탄산이온(HCO_3^-)이 되어 바다로 흘러들어가 대륙붕에 엄청난 두께의 석회질(CaCO_3) 퇴적물로 쌓여 석회암을 형성하면서 대기 중의 이산화탄소는 급격히 감소하기 시작하였다. 그리고 대기의 밀도와 기압이 점점 낮아지면서 물에 녹지 않는 질소는 대기 중의 비율이 꾸준히 증가하게 되었다.

암석의 순환

이 때까지도 맨틀이 극도로 활동적이어서 왕성한 화산활동으로 지금의 용암(1천350°C)보다 더 뜨거운 용암(1천600°C)이 분출돼 철과 마그네슘을 많이 포함하고 있는 유색광물질의 화성암이 생성되었다. 흑운모, 각섬석, 휘석, 감람석 등 검은 색의 광물질은 이 시기의 지층에서 흔히 발견되고 있으나 그 이후에는 이런 종류의 암석은 거의 생성되지 않았다.



암석의 순환© minsocam[1].org)



반알렌방사능대

이들은 처음에는 화강암과 녹암의 혼성상태로 존재하다가 화강암이 녹암층에서 분리된 후 변성작용에 의해 변성암인 편마암 덩어리를 이루거나, 또 낮은 변성작용을 받은 유색광물질 화성암, 현무암과 석영, 장석, 백운모 등 밝은 색의 광물질인 무색광물질 화성암이 이어져 띠 모양을 이루었다가 풍화작용이나 침식작용에 의해 잘게 부서져 깊은 바다로 흘러들어가 저탁암, 수암 등과 같은 해저 퇴적암을 형성하였다. 저탁암은 혼탁류에 의해 운반된 깊은 바다의 퇴적물을 말하고, 수암은 주로 이산화규소로 이루어진 화학적 퇴적암이다.

그리고 엄청난 양의 금속성 광물들이 매장되었으며 해저화산활동으로 만들어진 호상열도들이 연결되어 석영이 풍부한 사암, 혈암 등의 쇠설성 퇴적암들과 석회암들로 얇은 바다와 육지를 이룬 꽤 큰 땅덩어리들이 형성되었다. 쇠설성 퇴적암 중에는 주로 자갈로 이루어진 역암, 모래로 이루어진 사암, 실트로 이루어진 침니암, 점토로 이루어진 점토암, 실트나 점토질이면서 층리면에 나란히 벗겨지기 쉬운 혈암, 모래, 실트, 점토가 섞인 이암 등이 있다.

한편 지금으로부터 약 27억 년 전쯤 마그마 바다가 식고 지각과 맨틀이 굳어지며 고체인 내핵과 액체인 외핵이 형상을 갖추게 되자 이들의 배열과 상대적 움직임에 따라 지자기가 발생하게 되었다. 그리고 지자기가 태양에서 오는 대전입자들을 붙잡아 반알렌대가 형성되었는데 지자기는 약 20억 년 전을 정점으로 그 후 점점 약해지고 있다. ㉓



글쓴이는 서울대학교 토목공학과 졸업 후 동대학원에서 석사·박사학위를 받았다. 한국교통문제연구원 원장, 명지대학교 공과대학장·교통관광대학원장·문화예술대학원장 등을 지냈으며, 현재 서울특별시 무술협회 회장, 한국바둑학회장 등을 겸임하고 있다.