

③ 우주의 진화와 종의 진화

종의 진화도 우주 진화의 틀 안에서 이해 가능

글 | 김희준 _ 서울대학교 화학부 교수 hjkim1@snu.ac.kr

다윈은 진화론을 발전시키면서 신앙과의 갈등을 겪었고 나중에는 전통적인 기독교 신앙을 포기했다고 한다. 케임브리지 대학에 다니면서 목사가 되려 했고, 윌리엄 페일리의 자연신학에 공감해서 '이런 놀라운 자연은 신의 디자인이 아니고는 불가능하다'고 믿었던 그의 내적 갈등은 지금도 많은 사람들의 마음속에서 계속되고 있다. 그러나 이제는 몇 가지 기본 법칙에 따라 우주 전체가 진화해온 과정을 개괄적으로 파악하게 되었다. 그렇다면 종의 진화도 우주 진화의 틀 안에서 이해할 수 있다. 다윈이 오늘날 살았다면 신앙을 포기하는 대신 다른 각도에서 받아들였을지도 모른다. 오늘날 자연선택에 의한 종의 진화로 요약되는 진화론은 빅뱅 우주론, 양자역학, 상대성이론, 지판구조론 등과 함께 과학에서 확고부동의 위치를 누리고 있다. 얼마 전에 캐나다에서 어류와 육상동물의 중간 단계로 보이는 틱타알릭(Tiktaalik)의 화석이 발견되면서 진화론의 입지는 더욱 확실해졌다.

염기성 화합물 'A, T, G, C'도 진화의 산물

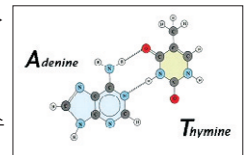
다윈의 사후에 과학은 분자 단위에서 진화를 이해하게 되었다. 유전자에 들어있는 유전정보는 아데닌(A), 사이틴(T), 구아닌(G), 그리고 사이토신(C)이라는 네 가지 간단한 염기성 화합물로 기록되었고, DNA에서 이들 염기의 서열이 바뀌면서 다른 종이 생겨나는 것이다. 생물 종들이 진화의 산물인 것처럼 A, T, G, C도 진화의 산물이다. 40억 년 전 태초의 지구에서 수소(H₂), 메테인(CH₄), 암모니아(NH₃), 물(H₂O) 같은 간단한 물질에서 이런 비교적 복잡한

화합물이 생겨난 것을 '화학적 진화'라고 부른다. 수소, 탄소, 산소, 질소가 화학결합의 원리에 따라 결합해서 만들 수 있는 화합물의 종류는 엄청날 텐데, 그중 A, T, G, C가 비교적 안정할 뿐 아니라 유전에 유리하고,

또 어떤 변이가 일어나서 종의 진화로 이어질 수 있는 가능성을 가진 화학 구조라서 결과적으로 살아남은 것은 자연선택이라 볼 수 있다.

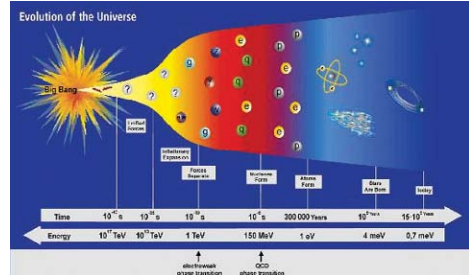
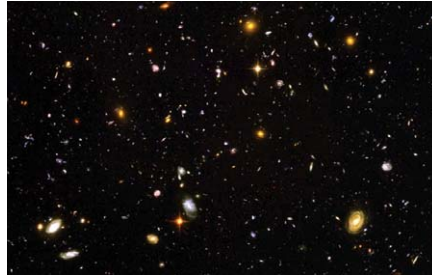
A, T, G, C를 만드는 수소, 탄소, 산소, 질소 등 다른 원소들도 진화의 산물이다. 20세기 과학의 주요 성과 중 하나는 별의 진화를 통해 화학 원소들이 만들어진 과정을 이해하게 된 것이다. 우리 태양처럼 모든 별은 수소를 융합하면서 에너지를 내는 주계열성으로 출발하는데, 다음 단계인 적색거성에서는 탄소, 산소, 질소, 인, 철 등 우리 몸에 들어있는 대부분의 원소들이 만들어진다. 질량이 큰 적색거성은 초신성폭발이라고 불리는 또 다른 빅뱅을 통해 일생을 마치면서 내부의 원소들을 우주 공간으로 쏟아내고, 그렇게 별을 탈출한 원소들은 우주 공간에서 후일 생명체에서 사용될 간단한 화

아데닌과 사이틴 ▶ 화학구조



별이 태어나는 장소인 로제타 성운 ▼





▲ 허블 울트라 딥 필드
 ◀ 초신성폭발의 잔해인 게 성운

▲ 우주의 진화

합물들을 만든다. 별의 죽음이 생명을 잉태하는 셈인데, 가장 가볍고 간단한 수소로부터 탄소, 질소, 산소, 인, 철 등 무거운 원소가 만들어지는 것은 종의 진화를 연상하게 한다. 진화는 대개의 경우에 복잡성을 더하는 결과를 가져오기 때문이다. 그렇다면 우주에도 산소는 없고 수소만 있었을 때가 있었고, 생명체의 3분의 2를 차지하는 물도 별의 진화의 산물이다. 뿐만 아니라 가장 간단한 화학 원소인 수소도 보다 기본적인 입자들이 진화한 결과이다. 최초의 생명체가 있기 위해서는 그 전 단계의 화학적 진화가 있어야 했다. 결국 물질 자체의 근원을 생각하게 되는데, 다윈도 생명의 기원에 대해 이야기하는 것보다는 차라리 물질 자체의 근원에 대해 이야기하는 편이 낫겠다는 말을 한 적이 있다고 한다. 그 후 150년이 지나고 보니 물질의 근원, 나아가서는 우주의 근원에 대해서는 어느 정도 상세히 알고 있지만, 생명의 근원에 대해서는 아직 의문 부호 투성이다. 태초의 지구 환경에서 생명이 필수적인 아미노산 같은 간단한 화합물이 생겨났을 가능성, 심해저에서 생명이 출발했을 가능성, 생명의 씨앗이 외계에서 들어왔을 가능성도 있다고 한다.

우주 전체가 진화하면서 별도 진화

물질 자체의 근원에 대한 정설은 빅뱅 우주에 관한 표준모델이다. 137억 년 전 빅뱅 우주에서 아주 초기에는 순수한 에너지와 질량을 가진 기본입자가 $E=mc^2$ 에 따라 서로 변환하는, 온도가 극히 높은 짧은 시기가 있었다. 그러다가 곧 우주가 팽창하고 온도가 떨어지면서 질량을 가진 입자들이 자리를 잡는다. 그때 생긴 입자는 쿼크와 렙톤으로 통칭되는 아주 기본적인 입자이다. 빅뱅이 일어나고 처음 0.00001초 이전에 전하가 +2/3인 업쿼크가 두 개, 전하가

-1/3인 다운쿼크가 한 개 조합되어서 수소의 원자핵인 양성자가 되고, 업쿼크가 한 개, 다운쿼크가 두 개 조합되어 중성자가 되었다. 전하가 +1인 양성자와 0인 중성자를 만들기 위해 필요한 업쿼크와 다운쿼크의 전하를 구하려면 연립방정식을 풀어야 한다. 갈릴레오는 자연은 수학이라는 언어로 기록되었다고 말했는데, 쿼크의 전하를 보면 신은 수학자인 듯하다. 그리고 보면 쿼크에서 양성자와 중성자가 생긴 것도 진화이다. 그 이후에도 양성자와 중성자가 조합을 이루어 헬륨을 포함해서 무거운 원소의 여러 동위원소들이 만들어지고, 그 중 일부가 살아남아 현재 우주를 이루고 있다.

거의 최초의 은하라고 생각되는 약 130억 광년 거리의 '허블 울트라 딥 필드'에서 나오는 빛에는 무거운 원소의 스펙트럼이 전혀 없다. 우주가 진화하면서 별도 진화하고 그 과정에서 원소도 진화하는 모습을 시간을 거슬러 올라가면서 볼 수 있는 것이다. 여러 과학자들의 숨은 노력 덕분에 개괄적으로 이해하게 된 우주적 드라마에서는 우주의 나이에 따라 다른 입자들이 주역을 차지하면서 중력, 약한 핵력, 전자기력, 강한 핵력의 네 가지 힘들이 그때 그때 상황에 따라 다르게 작용한다.

우주 전체가 진화를 하고, 그 과정 속에서 별도 진화하고 입자도 진화하는데 생물 종만 진화 안 한다면 오히려 이상할 것이다. 진화는 신이 선택한 창조의 패러다임이 아닐까? 카라는 사회학자가 '우연을 매개로 하는 필연의 관찰'이라는 말을 했었는데, 인간이 보기에 우연으로 보이는 사건들 배후에는 우주적 마음이 있다는 것을 인정했다는 면에서 다윈도 유신론자라 할 수 있겠다. ㉔



글쓴이는 서울대학교 화학과 졸업 후 시카고대학교에서 박사학위를 받았다. 2005년 '달고 싶고 되고 싶은 과학기술인'에 선정됐으며, 국제화학올림피아드 학술위원장을 지냈다.