

<지구생명체의 기원과 진화>

코아서베이트 융합 · 성장 · 분열 통해 원시생명체 탄생

03

글 | 고문주 _ 조선대학교 화학과 교수 moonjookoh@hotmail.com

우 리 인간을 포함하여 지구에서 사는 생물들이 언제, 어디에서, 어떻게 생겼을까 하는 의문은 인간이 사유의 생활을 시작한 이래로 품어온 가장 커다란 의문 중 하나다. 20세기초에 이르기까지 수천 년 동안 생명의 기원에 관해서는 생기설, 특별창조설, 포자범재설, 기계론, 유물론 등 몇 가지 사상이 나타났다. 생기설이란 생명력이라는 초자연력이 생체를 구성하는 물질에 결합하여 생명의 특이한 현상이 생긴다는 것이다. 특별창조설이란 과학법칙을 초월한 신의 행위로 생명체가 생긴다는 것이다. 이 두 사상에 의하면 생명의 기원은 자연현상도 아니고 과학법칙으로 증명할 수 있는 성질의 것도 아니다. 그러므로 과학자들의 관심의 대상이 되지 못한다.

포자범재설이란 생명은 영원한 존재이고 생명의 씨앗이 우주 어디에나 퍼져있다는 학설이다. 이 학설에 따르면 지금 지구에 살고 있는 생물들은 포자나 박테리아와 유사한 생명의 씨앗이 먼 우주로부터 지구로 와서 정착한 후 진화하였다는 것이다. 그러나 먼 우주에서 생명의 씨앗은 어떻게 생겼을까 하는 의문이 여전히 남는다. 기계론이란 생물과 무생물은 본질적으로 전혀 다른 것이 아니며, 생명체는 물질 입자들의 집합으로 이루어지는 매우 복잡한 기계에 불과하다는 것이다. 기계론의 모순은 모든 생명체는 유기물질로 구성되어 있으며 유기물질은 생명체만이 만들 수 있다는 것이다. 유기물질로 구성된 생명체가 처음에 어떻게 무기물질로부터 생길 수 있었는지를 합리적으로 설명하지 못한다. 기계론자들은 단백질과 같은 거대분자가 탄소, 수소, 산소, 질소, 인, 황 같은 원자들이 우발적으로 일시에 결합하여 생겼을 것이라고 주장하지만 현재 더 이상은 신봉되지 않고 있다.

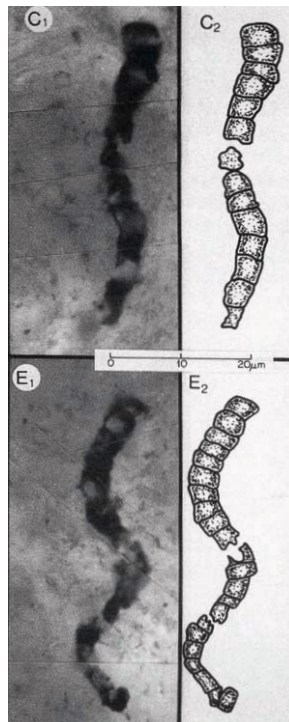
유물론에서는 유기화합물이 생명체의 발생에 앞서 무기화합물

로부터 무생물적으로 형성되어 있었다고 본다. 이에 의하면 생명의 기원이란 실존하는 세계와 동떨어진 우발적 사건이 아니며, 무기화합물에서 유기화합물로, 작은 분자에서 고분자 물질로 발전하는 것처럼 더 높은 수준으로 발전할 수 있는 물질의 고유한 잠재력 때문에 필연적으로 일어나는 진화 과정에서 생긴 현상이다.

오파린 “원시대기는 산소 없는 환원성 대기”

생명이 언제 발생하였는지는 오늘날 발견된 미화석들의 연대 측정으로 이미 약 35억 년 전에 지구에 생명이 나타났음이 확인되었다. 그에 앞서서 약 46억 년 전 지구가 형성되면서 시작한 선생물 시대에 관한 직접적 기록은 전혀 남아있지 않다. 기원 문제에 대한 답을 찾으려면 생명이 시작하기 전에 생체분자들이 어떻게 서로 결합하고 조직화해서 유지되었는지, 그리고 어떻게 막이 둘러싸인 세포로 발전하였는지를 알아야 한다.

다윈은 생명의 자연발생 기원에 대한 과학적 탐구를 처음으로 시작하였으며, 생명이 암모니아, 인산과 다른 분자들이 포함된 ‘따뜻한 작은 연못’에서 유래하였다고 말했다. 1871년 2월 1일



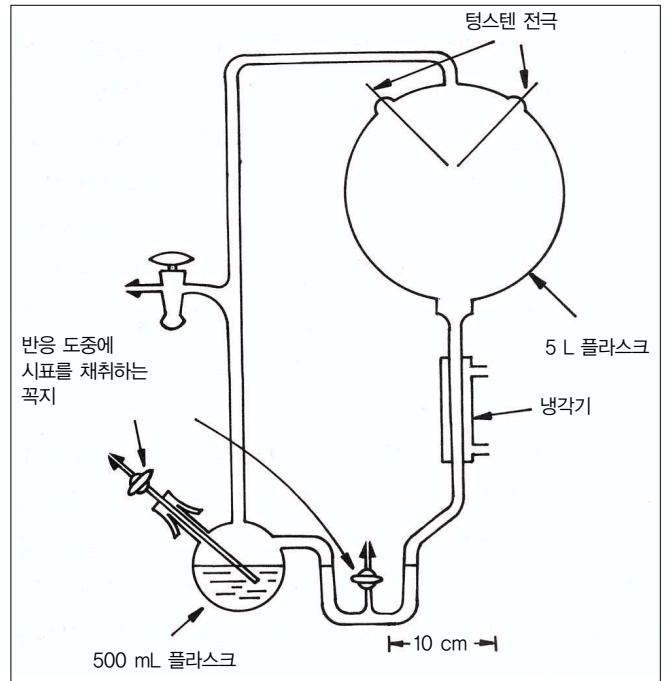
35억년전의 생물을 나타내는 미화석

후커에게 보낸 편지에서 다윈은 “모든 종류의 암모니아와 인산염이 존재하고 빛, 열, 전기가 있는 작고 따뜻한 연못에서 단백질 화합물이 화학적으로 생성되어 더 복잡하게 변화하였을 것이다. 오늘날 그런 물질은 모두 곧 흡수되거나 먹혀버리겠지만 생물이 나타나기 전까지는 그렇지 않았을 것이다”라고 설명하였다. 빛과 번개 같은 에너지원이 존재하는 상태에서 오랜 시간에 걸쳐 이 분자들에서 드디어 첫 생물체가 발생하였을 것이다. 다윈이 제기한 문제의 해결은 그 당시의 실험 기술을 벗어났으며 19세기 동안 전혀 진보가 이루어지지 못하였다.

20세기초, 홀데인은 ‘원시수프’ 라는 용어를 처음으로 사용하였다. 그는 생명이 소행성과 화산폭발에서 형성된 다양한 종류의 무기 분자와 유기 분자들이 흘러들어간 뜨거운 바닷물로부터 발생하였다고 발표하였다. 원시 대양의 ‘원시수프’ 로부터 모든 것이 발생하였다고 생각하였다.

1924년, 소련의 화학자 오파린은 생명의 기원에 대한 체계적인 가설을 내놓았다. 그는 초기 지구의 대기는 오늘날의 대기와는 전혀 달랐을 것이라고 주장하였다. 즉 주로 수소, 메탄, 암모니아와 수증기로 구성되었으며 산소는 없었을 것이라고 제안했다. 다시 말해 초기 지구의 원시대기는 환원성 대기라는 것이다. 환원성 대기에서 무기물질로부터 무생물적으로 생성된 유기물질들이 발생하였다고 하였다. 그는 유기분자로부터 단백질이 합성되고, 이것이 모여서 원시수프를 이루고, 수프에서 분리된 콜로이드가 코아서베이트를 형성하였다. 이런 코아서베이트들이 다른 코아서베이트와의 융합을 통해서 성장하고 딸 코아서베이트로 분열되는 것을 통해서 번식한다고 하였다. 다양한 코아서베이트에서 경쟁이 시작되고 자연도태를 거쳐 가장 오래 생존하는 적합한 코아서베이트에서 마침내 최초의 원시생명체가 나타나게 되었을 것이다. 오늘날 현대의 모든 생명의 기원 이론은 오파린의 생각을 출발점으로 삼는다.

오파린의 가설이 발표된지 거의 30년 후인 1953년에 미국의 화학자 유레이와 제자이자 대학원생이던 밀러는 원시 대기를 모방하는 수증기, 메탄, 수소, 암모니아의 혼합물과 원시 대양을 모방하는 물, 번개를 모방하는 전기 방전, 대기 순환을 모방하는 용액 가열을 통해서 선생물 합성을 시도하였다. 그 결과 밀러의 실험 플라스크에는 여러 가지 아미노산과 작은 유기 분자들의 혼합물이 생겼다. 밀러의 결과는 충분한 시간이 지난다면 원시 대양이 아미노산, 핵산, 당 등이 풍부한 선생물 수프가 될 수 있는 것으로 보였다. 이런 구성 성분들이 결합하여 복잡한 고분자와 복제하는 세포를 형성하



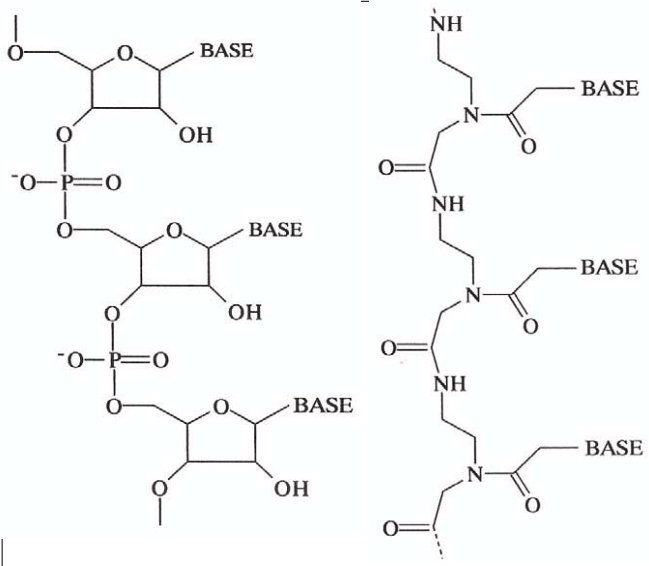
밀러의 선생물 합성실험 장치

는 것은 단지 시간문제로 생각되었다. 그 후 마구잡이 화학이 생명의 분자를 생성할 수 있다는 생각은 오랫동안 이 분야를 지배하였다. 그러나 나중의 계산에 의하면 원시 대기는 밀러 모형이 요구하는 것보다 훨씬 더 적은 수소와 훨씬 더 많은 이산화탄소를 함유하고 있다고 알려졌다. 최근 지질학자와 지구물리학자들이 주장하는 것과 같은 약한 환원성 기체 혼합물에서는 불꽃방전으로 생성되는 생체분자들의 다양성과 생성률이 떨어진다.

유레이와 밀러의 실험의 의의는 현대 생명체의 고분자 구성단위를 형성하는 기본적 유기 단위체(아미노산 같은) 중 일부가 자발적으로 생성될 수 있다는 것을 보여주었다는 것이다. 간단한 유기분자와 완전한 기능을 가진 자기복제 생명 형태와는 전혀 다르지만 앞선 생명체가 전혀 존재하지 않던 환경에서는 이런 분자들이 축적되고 화학진화가 일어날 수 있는 풍부한 환경을 제공했을 수 있다(수프 이론). 그러나 실제로 그런 수프가 존재하였다는 증거가 지질학적 퇴적암이나 변성암에는 전혀 없다.

‘최초 복제자’ 후보, DNA에서 RNA로

생명의 기원에 대한 현대 이론에 의하면 초기에 유기 분자가 형성되었다. 그리고 이후에 원시세포와 모양과 구조가 유사한 최초세포가 등장하였는데, 이는 다양한 유기 분자들을 함유한 지질 선구



리보핵산(RNA)과 펩타이드핵산(PNA)

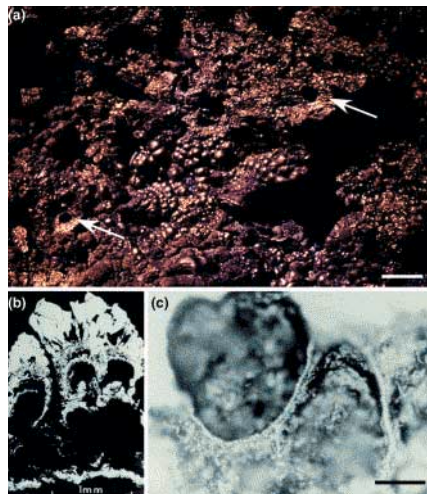
물질로 둘러싸였을 것으로 추정되고 있다. 최초세포 안에서 단량체 분자는 중합하여 폴리펩티드와 핵산을 만들었다. 그 후 세포는 진화해서 현재의 생물계를 만들었다. 오늘날 생명의 기원 연구는 무생물 물질로부터 최초로 생명이 등장한 방법에서 크게 두 가지로 나뉜다. 우연히 복제를 할 수 있는 커다란 분자(RNA 같은)가 생성되었다는 ‘유전자 우선설’과 작은 분자들과 에너지원에 의해서 추진되는 반응 네트워크가 형성되어 진화하였다는 ‘대사 우선설’의 두 가지가 있다. 유전자 우선설은 진화가 시작하기 전에 그런 복잡한 분자가 형성된 방법을 설명해야 하고, 대사 우선설은 초기 지구에서 성장하고 진화할 수 있는 네트워크가 형성된 방법을 설명해야 한다. 두 모형 중 어느 것도 이런 것을 완전하게 설명하는 강력한 표준모형이 되지 못하고 있다.

도킨스는 ‘이기적 유전자’라는 저서에서 “어느 순간에 특별히 놀라운 분자가 우연하게 생성되었다. 우리는 이것을 복제자라고 부를 것이다. 복제자는 그 주위에서 가장 크고 복잡한 분자는 아니었을 수 있지만 자신을 복제할 수 있는 특별한 능력을 가지고 있었다”라고 하였다. 30년 전에 도킨스가 이것을 발표하였을 때 이런 복제자의 가장 강력한 후보는 디옥시리보 핵산(DNA)이었다. DNA는 뉴클레오타이드라는 소단위체가 서로 연결되어 만들어지는 기다란 사슬형 분자다. 적당한 뉴클레오타이드가 생성될 수 있다는 생각은 1953년 밀러의 실험으로부터 영감을 얻은 것이다.

DNA는 단백질에 대한 정보를 가지고 있지만 수많은 단백질의

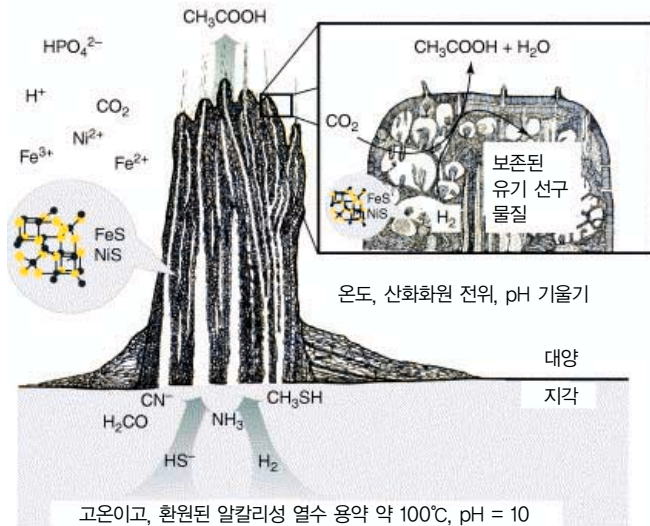
도움이 없이는 복제할 수 없다. 단백질은 DNA와는 전혀 다른 분자다. 단백질은 아미노산이라는 소단위체가 서로 연결되어 만들어지는 기다란 사슬형 분자다. 단백질은 세포의 일꾼이다. 가장 중요한 역할 중 한 가지는 효소로 작용하여 화학 반응의 속도를 높여주는 것이다. 오늘날 단백질은 DNA의 지령에 의해서 만들어진다. 간단히 말해서 정보를 가진 DNA는 단백질 합성을 지시하지만 생화학 반응의 촉매 작용을 하는 단백질은 DNA를 만든다. 그러면 이 두 가지 중에서 어느 것이 먼저 등장하였을까? 이것은 닭과 달걀 중 어느 것이 먼저 생겼는가 하는 수수께끼와 같다. 두 가지는 독립적으로 나타났을 수도 있지만 협력하여서 작용을 하는 것으로 보아서는 그렇지 않았을 수도 있다.

그러나 시간이 지남에 따라서 연구자들은 초기 복제자의 후보로 다른 물질들을 생각하게 되었다. 1980년대 초반에 밀러 형의 화학이 인기를 잃어갈 무렵 생명의 기원 연구 분야에 놀랄 만한 발견에 힘입어 리보핵산(RNA)이 주목을 받기 시작하였다. 일시적인 정보 운반체로 알려진 RNA가 촉매작용을 할 수 있다는 것이 알려진 것이다. RNA는 DNA와 유사한 뉴클레오타이드로 만들어진다. 그러나 RNA는 훨씬 더 다양한 능력을 가지고 있다. 실제로 오늘날 단백질에 의해서 수행되는 세포의 많은 기능이 촉매 RNA에 의해서 수행되었다고 생각된다. 자연스럽게 (DNA가 아니라) RNA가 유전 분자의 역할을 하고 (단백질이 아니라) RNA가 촉매 역할을 하는 ‘RNA 세계’ 가설이 등장하였다. 1986년에 노벨상 수상자인 길버트는 “RNA 분자가 자신의 합성에 촉매 역할을 하는 RNA 세계를 상상할 수 있다”라고 하였다. 이 가설에서 자기 복제하는 RNA는 오늘날 RNA, DNA, 단백질이 하는 역할을 모두 수행하였다. 유전



아일랜드의 해저에서 발견된 구조물로서 3억5천만 년 된 해저열수공의 철-황 침전물로 구성된 (a)는 위에서 본 그림으로서 화살표는 열수공을 나타냄. (b)와 (c)는 절단면의 전자현미경 사진.
출처: M. J. Russell and W. Martin, Trends in Biological Sciences, vol.29 No.7, 358~363 (2004)

° 더 냉각되고 산화되고 산성인 하데기 대양 < 20°C, pH = 6



유기분자가 합성되는 해저 열수공 위의 굴뚝 모형.
출처: M. J. Russell and W. Martin, Trends in Biological Sciences, vol.29 No.7, 358~363 (2004)를 수정한 것.

자 우선설 진영에 의하면 처음에는 단일 RNA 분자가 암호와 촉매 역할을 모두 수행하였다. 그런 '복제자'는 자신의 복제를 촉매하였고 그것을 만드는 주형으로도 작용하였다.

페리스는 점토의 일종인 몬모릴로나이트 표면에서 활성화된 RNA 뉴클레오타이드가 자발적으로 더 긴 사슬로 결합하는 것을 발견하였다. 이런 생성물이 완전히 마구잡이라면 그 중 일부는 촉매 성질을 가질 수도 있다. 쇼스탁은 실제로 어떤 RNA가 더 작은 RNA 서열들을 연결할 수 있다는 것을 보여주어서 RNA 자기복제에 대한 가능성을 보여주었다. 적당한 조건을 준다면 그런 자기복제 RNA는 주위의 '무생물' RNA 들을 이용하여 그 수를 증가시킬 수 있을 것이다. 복제가 계속되고 약간의 돌연변이가 생기면 복제자는 새로운 능력을 얻게 될 것이다. 쇼스탁은 "생명은 하나의 유전자로부터 시작한 간단한 복제자로부터 시작하였으며 시간이 지남에 따라서 추가적 기능들을 얻었을 것이다"라고 하였다. 이런 것은 RNA가 DNA나 단백질보다 앞선다는 것을 의미하지만 생명의 기원에 대한 정보를 주지는 못한다. 다른 물질이 더 우세하였을 RNA 세계 이전에 대해서는 알 수 없다.

'유전자 우선설', 최초의 RNA 등장 설명 미흡

유전자 우선설이 아직도 설명해야 할 문제들이 남아 있다. 먼저 RNA 우선설은 최초의 자기 복제 RNA 분자가 어떻게 등장하였는

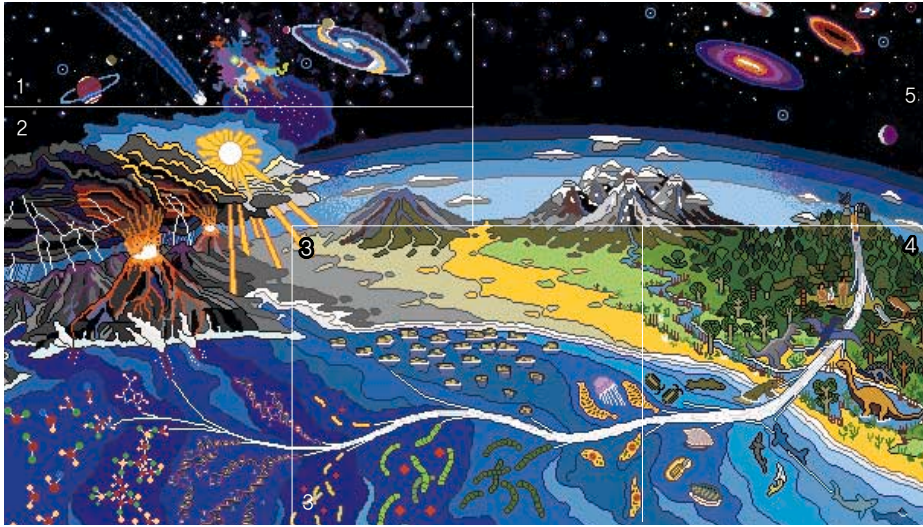
가 하는 문제를 설명해야 한다. RNA의 구성단위인 뉴클레오타이드는 당, 인산기 그리고 질소를 함유하는 4가지의 염기로 구성된다. 각 RNA 뉴클레오타이드는 9~10개의 탄소, 수많은 질소와 산소 원자, 인산기가 정확한 삼차원 형태로 연결되어 있다. 이렇게 정확하게 연결될 방법은 수십만 가지 방법 중 한 가지뿐이다.

밀러는 초기 지구에 있었을 것으로 생각되는 간단한 기체 혼합물에 전기 방전을 하여 아미노산이 생성되는 것을 관찰하였다. 또 아미노산은 1969년에 오스트레일리아에 떨어진 머치슨 운석에서도 발견되었다. 이런 결과로부터 생명의 구성단위가 쉽게 생성될 수 있다고 여겨졌다. 그러나 이것을 다르게 생각해 볼 수도 있다. 밀러형의 실험에서 생성된 아미노산은 뉴클레오타이드보다 훨씬 더 간단하다. 또 밀러형 실험에서 생성된 아미노산들은 단백질을 구성하는 20가지 아미노산 중에서 탄소를 두세 개 함유하는 간단한 것뿐이다.

일부 화학자들은 뉴클레오타이드의 복잡성을 해결하고자 더 간단한 복제자 분자가 '선-RNA 세계'를 지배하였다고 주장한다. 아마도 이런 최초의 복제자는 RNA와 같은 촉매 능력도 가졌을 것이다. 이런 가상적 원시 복제자와 촉매가 아직 발견된 예가 없어서 RNA가 등장한 후 그 모든 기능을 완전히 이어받았을 것이다. 오겔은 RNA보다 안정적인 분자로서 아미노산-뉴클레오타이드 혼성체인 펩타이드핵산(PNA)을 제시하고 이것이 나중에 RNA로 대체되었다고 제안하였다. 그러나 촉매 RNA의 흔적은 현대의 세포에도 남아있지만 PNA 같은 분자의 흔적은 세포에 전혀 남아있지 않다. 2004년에 한 연구진은 그 당시까지 우주에서 발견된 가장 복잡한 분자인 여러 고리 방향족 탄화수소(PAHs)를 성운에서 발견하였다. PAH 세계 가설에서는 PAHs가 RNA 세계의 선구물질이라고 하였다.

최초의 복제자가 RNA이든지 PNA이든지 혹은 다른 분자이든지 모든 유전자 우선 모형은 환경에 구성성분이 풍부하였다는 것을 가정하고 있다. 즉 밀러의 선생물 수프의 생각에 전적으로 의존하고 있다. 2005년에 선생물 수프는 새로운 희망을 되찾게 되었다. 새로운 계산에 의하면 한때 생각하였던 것보다 훨씬 더 많은 수소가 원시 대기에 존재하였다. 이것은 밀러의 화학을 부활시켜준다. 오겔은 그럼에도 RNA 선구분자의 완전한 세트를 얻으려면 가야 할 길이 매우 멀다고 말한다.

다음으로, 설명해야 할 것은 적당한 구성성분을 갖춘 원시수프가 자연에서 만들어질 수 있다고 하더라도 뉴클레오타이드나 더 간



1. 우주의 진화
2. 선생물적 지구
3. 초기 생명의 진화
4. 진보된 생명의 진화
5. 장래

그림 출처 : <http://cmex.ihmc.us/VikingCD/Puzzle/Evolife.htm>

단한 대응물 같은 복제자로 자발적으로 조립되는 것은 수프를 생성하기보다 훨씬 더 어렵다는 점이다. 구성성분의 수프에서 사슬로 결합할 수 있는 유리한 조건에서 어떻게든 조립되었다고 하더라도 새로 생긴 사슬에 포함된 결합들 때문에 복제자로서의 능력을 잃게 되었을 것이다. 예를 들어 가장 간단한 종류의 결합은 사슬로 성장하는 데 필요한 두 자리의 결합 자리 대신 한 자리만을 갖는 것이다. 또한, 자연에서 마구잡이로 결합된 것들은 복제자와 촉매 역할을 할 수 있는 훨씬 더 길고 균일한 사슬 대신에 매우 다양한 종류의 짧은 사슬들이 될 것이다. 복제자와 촉매 역할을 할 수 있는 긴 사슬이 합성될 확률은 매우 낮고, 따라서 우주에서 그런 것이 한 번이라도 생겼다면 엄청난 행운이었을 것이다.

노벨상 수상자인 드루브는 기적이라고 불릴 수 있을 정도로 거의 불가능한 것은 과학적 탐구의 대상 밖이라고 하였다. 생명의 기원에서 DNA, RNA, 단백질과 다른 정교한 커다란 분자들은 참여자가 아니었을 것이다. 대신에 자연계에는 서로 모여서 작용을 할 수 있는 작은 분자들의 다양한 혼합물이 있었을 것이다. 이것들로부터 '대사 우선설' 이 등장하였다.

러셀·마틴, '대사 우선설'로 새로운 해법 제시

1988년에 RNA 세계가 한창 각광을 받고 있을 무렵 독일의 특허 변호사이며 화학자인 배흐터새우저는 황화철에 기반을 둔 획기적인 이론을 제시하였다. 황화철은 다양하고 중요한 생화학 반응들을 촉매할 수 있다. 황화철이나 황화 철-니켈 송이는 오늘날에도 사용되는 오래되고 중요한 몇 가지 효소들의 중요한 성분이다. 배흐터새

우저는 초기 생명체는 뉴클레오타이드에 기반을 둔 복제자가 아니라 광물에 기반을 둔 대사체라고 주장하였다. 대사체는 아마도 심해의 열수공 같은 곳의 황화철 결정 표면에서 이산화탄소나 황화수소 같은 단순하고 풍부한 무기 화합물을 더 복잡한 유기물로 변환한다.

최근에 열수공에서 대사 우선설의 가능성은 독일의 러셀과 영국의 마틴이 주장되하였다. 그들은 생명의 대사가 황화철의 2차원 표면이 아니라 황화철을 따라서 늘어선 미소 동굴들에서 발달하였다고 주장하였다. 해수에 수소와 이산화탄소가 풍부하게 녹아 있는 에너지가 풍부한 혼합물이 이곳에서 걸러 나온다. 1980년대에 러셀은 3억5천만 년 전에 형성된 대양저에서 황화철의 '굴뚝'을 발견하였다. 대서양중앙해령에서 발견된 더 커다랗고 유명한 심해 '검은 굴뚝'과는 달리 러셀의 굴뚝은 높이가 10cm, 지름이 1cm 정도에 지나지 않았다. 그것에는 수소와 이산화탄소가 각각의 갈라진 틈새로 발생하면서 형성한 밀리미터 크기의 미소 동굴들이 수천 개 있었다. 이 작은 해저의 실험 도구는 수천 년 동안 안정되게 유지되었을 것이다. 검은 굴뚝은 400℃ 이상의 뜨거운 물을 내뿜지만 이 작은 동굴들은 100℃가 넘지 않은 물을 내뿜었을 것이다. 구조물 외부는 훨씬 더 온도가 낮았을 것이며 안쪽 용액보다 더 산성이고 더 산화되어서 구조물의 다공성 표면을 가로질러서 온도와 전기화학적 기울기를 형성하였을 것이다. 러셀과 마틴에 의하면 그런 구조물과 황화철 촉매를 통해서 수소와 이산화탄소가 졸졸 흐르면서 아세트산의 형성이 촉진되었다. 아세트산은 현대의 세포에서도 거의 모든 생합성 경로의 중간물질로 중요한 화합물이다.

이런 굴뚝 구조물은 아직 해결하지 못하였던 문제들에 획기적인 해법을 제시한다. 현대 세포 중에서 핵을 가지지 않은 세포는 모두 박테리아와 고대박테리아에 속한다. 이 두 영역에 속하는 것들은 같은 에너지 대사와 같은 유전 암호를 가져서 단일한 공통 선조에서 유래하였다는 것을 암시한다. 그러나 그것들은 막의 지질 성분이 현저하게 다르다. 이에 대해 마틴은 막을 가진 공통 선조가 박테리아와 비슷한 막을 가졌다면 고대박테리아 선조는 세포벽 화학을 완전히 새로 발명해야 했을 것이다. 그러나 러셀과 마틴은 이런 지질막의 차이는 이미 탄소 생화학과 완전한 유전 암호를 갖추었지만 지질막을 발전시키지 못한 최후 공통 선조로부터 분기되어서 생겼다고 주장한다. 작은 굴뚝 안의 작은 공간이 원래 세포 칸막이 역할을 하였으며, 박테리아와 고대박테리아 영역이 분기된 후에야 지질로 대체되었다는 것이다.

러셀과 마틴 모형은 또 농도 문제에도 해결책을 제시한다. 막이 없다면 원시 생명 형태는 원료물질을 모으고 생성물이 주위 환경으로 흩어지지 않게 보존할 수 있었을까? 작은 공간은 오늘날의 세포와 비슷한 방법으로 작은 분자는 투과가 쉽고 더 커다란 생성물은 투과가 어려운 외부 경계를 통해서 이 문제를 해결할 수 있었을 것이다. 그들의 시나리오에 의하면 이런 작은 공간 안의 발달한 안정한 대사가 결국, RNA에 의존하는 유전 체계를 발생시키고 아마도 광물촉매 표면에서 RNA와 아미노산의 직접적인 부착을 통해서 RNA가 간단한 단백질을 암호화하였을 것이다. 마지막으로 이런 원시 생명체가 막을 발달시켜 세포로 진화를 완성하였다.

이런 대사 우선 모형은 RNA에 기반을 둔 생명에 대한 대안은 아니다. 마틴은 “우리는 RNA 세계 없이는 연구를 할 수 없다”라고 한다. 열수공의 지질학은 생명이 등장하는 구조를 제공하고 이런 열수공의 선생물 유기화학을 알아내는 것이 무생물로부터 생명이 등장한 것을 이해하는 열쇠가 될 수 있다.

생명 기원에 대한 강력한 시나리오 출현 기대

이 밖에도 생명의 기원에 대해서는 거품 이론, 점토 이론, 지하 고온생물권 모형, 원시 외계생명체 이론 등이 있다. 해변의 파도는 방울로 조성된 미묘한 거품을 만든다. 대양을 가로지르는 바람은 표류물을 해변에 모으는 것처럼 사물들을 해변으로 몰아오는 경향이 있다. 같은 방법으로 유기분자가 해변에서 농축될 수도 있다. 해변의 깊지 않은 웅덩이는 온도가 높아지는 경향이 있어 증발을 통해 농축이 더 진행될 수도 있다. 대부분 물로 조성된 거품은 빠르게

터지지만 기름기가 있는 거품은 훨씬 더 안정하다. 같은 방법으로 거품은 ‘미세구’ 라는 단백질 비슷한 분자들로부터 적당한 조건에서 자발적으로 생성될 수 있다. 이것은 세포막은 아미노산이 아니라 지질 화합물로 주로 구성되기 때문에 현대 세포막의 선구물질은 아닐 것이다.

점토에 기반을 둔 생명의 기원 이론은 1985년에 케언스-스미드가 제안하였으며, 소수의 몇몇 과학자들에게 그럴 듯한 설명으로 인정을 받았다. 점토 이론은 복잡한 유기분자가 이미 존재하던 비유기 복제물에서부터 점차 등장하였다고 가정한다. 이웃한 분자의 복잡성은 점토 결정 유형에 따라 발달하였으며, 그 후 출발 단계의 규소산과 상관 없이 유기분자의 복제를 돕도록 발달하였다.

골드는 1990년대에 깊은 지하 암석에서 DNA를 함유하는 박테리아보다 더 작은 섬유형구조물인 나노브를 발견한 후 최초의 생물이 지구 표면이 아니라 수km 지하에서 발달하였다는 논란이 많은 이론을 제안하였다. 지하 5km 아래에서도 고대박테리아 형태의 미생물이 풍부하다는 것이 알려졌다. 이것은 대부분 대양을 비롯한 지표에서 살아가는 박테리아보다 더 먼저 생겼거나 거의 같은 시기에 생겼다고 생각된다.

이런 경쟁적 모형들이 서로 들어맞을 수 있을지, 들어맞는다면 어떻게 들어맞을지, 그것들이 강력한 생명의 기원에 대한 시나리오를 제공해 줄 수 있을지는 아직 분명하지 않다. 실제로 모든 것이 틀리고 진실은 발견을 기다리며 숨어있을지도 모른다.

생명의 기원 연구에서 RNA 우선설 시나리오처럼 생명 시발의 확률이 매우 낮다면 이것은 우주에서 우리가 혼자라는 것을 의미한다. 이것을 생화학자인 모노는 “우주는 사람과 같은 생명이나 그것과 함께 존재하는 생태계를 잉태하지 않았다. 우리는 우연히 확률 게임에서 나타난 것이다”라고 하였다.

그러나 일반적인 작은 분자에 의한 대사 우선설이 확인된다면 “이것이 모두 진실이라면 생명은 우리가 생각하던 것보다 훨씬 더 광범할 것이다. 우리만 우주에 있는 것이 아니라 알려지지 않은 동료와 우주를 공유하고 있을 것이다”라는 코프먼의 의견과 같이 우주에서 생명의 자리에 대한 우리의 예상도 변할 것이다. ⑥



글쓴이는 서울대학교 화학과에서 박사학위를 받았다. 벨기에 겐트대학교 연구원, 미국 애리조나대학교 방문교수 등을 지냈다.