

# 코스모스와 별들의 후손

## 우리는 별들로 이루어져 있다

우주에 해당하는 영어 단어들을 살펴보면 Space, Universe 그리고 Cosmos 등이 있는데, 각 단어마다 의미에 차이가 있다. Space는 주로 인간의 문명과 관련된 우주를 표현하며, Universe는 아주 전반적인 우주를 뜻한다. 반면 Cosmos는 그리스어 κόσμος에서 유래한 단어로, 우주를 조화로운 시스템으로 간주하는 우주관을 담고 있으며, 생명의 탄생 그리고 진화 등과 관련되어 있는 우주를 뜻한다.

〈코스모스〉는 칼 세이건(Carl Edward Sagan)의 책 제목이기도 하며, 앤 드루얀(Ann Druyan, 칼 세이건의 부인)이 제작한 다큐멘터리 제목이기도 하다. 드루얀이 기억하는 칼 세이건과 그들의 꿈을 담아서 제작한 방송 〈코스모스〉는 생명, 지구 그리고 우주를 포함하는 코스모스의 경이로움을 우리에게 인식시켜주었고, 이를 통해서 과학과 대중 간의 거리는 한층 더 가까워졌다.



▲ “광막한 공간과 영겁의 시간 속에서 행성 하나와 찰나의 순간을 앤(Anne)과 공유할 수 있었음은 나에게서 커다란 기쁨이었다.” - 〈코스모스〉 중에서 (출처 : Peter Morenus)

칼 세이건의 딸인 사샤 세이건(Sasha Sagan)은 그녀의 할아버지와 할머니가 돌아가신 후, ‘그들이 어디로 가셨을까’라는 의문을 품게 되었고 자주 존재의 두려움에 빠지게 되었다. 그 때마다 칼 세이건과 앤 드루얀은 과학적 세계관으로 사샤를 위로해 주었다. 그들은 사샤에게 한 사람이 태어나기까지 얼마나 많은 운명의 갈림길 앞에서 선택을 해야 하는지, 또한 그 선택들로 인해서 지금 우리가 존재한다는 사실이 얼마나 감사한 일인지 이야기해주었다. 나아가 우리는 DNA를 통해 조상들과 연결되어 있으며, 더 멀리는 우주와도 연결되어 있다는 사실도 말해주었다. 칼 세이건은 “우리는 별들로 이루어져 있다(We are star stuff)”라는 말을 남기며, 우리가 비록 영원한 존재는 아닐지라도 우리에게 깊은 아름다움이 내재되어 있다는 사실에 깊이 감사해야 한다고 말했다. 그가 딸에게 말해 준 이 세계관은 바로 코스모스의 세계관이었다.

그는 왜 우리가 별들로 이루어져 있다는 말을 했을까? 우리가 어떻게 코스모스와 연결이 되어 있다는 것일까? 이는 단순히 수사적으로 표현한 비유였을까? 일견 수사적 언변처럼 보이는 그의 코스모스의 세계관은 사실 과학적 사실을 반영한 객관적 표현이다. 실제로 우리는 별에서 왔기 때문이다. 그리고 이 말을 이해하기 위해 먼저 별이 무엇인지 알아야 한다.

## 초기 질량이 무거운 별들의 미래

별(항성)은 막대한 양의 플라즈마(전리된 기체)가 중력으로 뭉쳐져 있고 중심부에 있는 가벼운 원소들의 핵융합 반응을 통해 에너지를 생성하며 스스로 빛을 내는 구형 천체를 말한다. 별은 각각 다른 진화 단계에 따라서 여러 가지



글\_김민재 | 재독한국과학기술자협회 편집간사 mkim@astrophysik.uni-kiel.de

독일 하이델베르크대학교(물리학, 천문학 전공) 졸업 후, 주립 천문대 Königstuhl과 스페인 Universidad Complutense de Madrid에서 연구원으로 근무했다. 현재 독일 쾰른대학교에서 Ph. D. Fellow Researcher로 재학 및 근무 중이다.

모습으로 존재할 수 있는데, 이러한 항성 분류에 가장 중요한 변수로는 질량을 들 수 있다. 별이 태어날 때의 초기 질량은 별이 앞으로 겪어야 할 진화 및 최종 운명까지도 결정하는 가장 중요한 요소가 되기 때문이다. 다시 말해서, 별들은 그들이 태어날 때의 초기 질량에 따라서 미래가 달라진다는 말인 것이다. 예를 들어 어떤 별의 초기 질량이 현재 태양 질량의 10배 이상 되는 경우에는 궁극적으로 초신성의 모습으로 진화하게 된다. 초신성이란 별의 수명이 다해갈 무렵 중력에너지가 폭발하면서 만들어지는, 작지만 아주 밝은 에너지 폭발을 의미한다. 광도가 극도로 높으며, 폭발적인 방사선을 발산한다. 우리 태양계 역시 초신성 폭발과 함께 이루어졌으며, 여기에서 우리가 왜 별들의 후손인지 알 수 있다.

### 우주 대폭발(Big Bang) 그 이후

46억 년 전 우주 어느 곳, 우리 은하의 중심(블랙홀)으로부터 3만 광년 정도 거리에 있는 나선팔 부근에서 초신성이 폭발하였다. 그 폭발의 결과 초신성은 구성 물질의 대부분 또는 전체를 토해 내었고, 이때 속도는 30,000km/s 까지 가속되어 주위 성간 매질에 충격파를 일으키기에 충분했다. 이 충격파는 새로운 별 탄생을 위한 방아쇠 역할을 하였는데, 그것은 바로 우리 태양의 탄생을 위한 방아쇠였다. 충격파가 휩쓸고 간 자리에는 엄청난 가스와 먼지 등의

잔해들이 남았고, 각각의 물질들은 중력으로 인하여 서로 뭉쳐서 성운을 이루며 태양계의 시작을 장식하였다.

사실 태양계의 형성이 반드시 초신성에서 시작해야 하는 것은 아니다. 태양계는 주변의 여러 충격으로부터 시작될 수도 있으며, 성간 구름을 통과함으로써 그 형성에 영향을 받았을 수도 있다. 그렇다면 우리 태양계가 초신성이 폭발한 잔해에서 만들어졌다는 것은 어떻게 알 수 있을까?

130억 년 전 우주의 시작, 즉 우주 대폭발(Big Bang)과 함께 만들어진 가장 오래된 원소들은 수소, 헬륨 그리고 리튬이다. 빅뱅으로부터 어느 정도 시간이 지난 후, 우주 형성 초기에 널리 퍼져 있던 수소와 헬륨 원자들이 하나 둘 뭉치기 시작하면서 곳곳에서 수많은 초기 별들이 탄생하였다. 수소와 헬륨 원자들의 뭉쳐 있는 정도에 따라서 별들의 크기가 결정되었고, 수소와 헬륨이 자체 중력으로 뭉치면서 압력과 열에 의해 끊임없는 핵융합 반응이 일어나게 되었다. 핵융합 반응으로 인해 방출되는 열에너지(빛)로 인해 별들은 스스로 빛을 내게 되었다.

### 유기 원소들의 적절한 조합으로 생명이 탄생

핵융합 반응은 다양한 원소를 만들어 낼 수 있다. 별의 내부에서 만들어질 수 있는 원소들로는 탄소, 산소, 질소 등이 있고, 나아가 원자번호 26번인 철(Fe)까지 만들어질 수 있다. 그런데 별들의 크기가 점점 커질수록 별 중심으로 끌



▲ 초신성 폭발 후 잔해 (출처 : NASA)

어당기는 중력의 세기는 커지게 되며, 고온, 고압과 함께 수소와 헬륨 원자들에 변화가 일어나고, 스스로 만들어 낸 에너지의 압력에 의해서 불안정해진 별은 결국 엄청난 폭발을 일으키게 된다.

별이 이와 같이 폭발할 경우 그 폭발은 별의 외부뿐 아니라 내부로도 향하게 되는데, 이때 거대한 압력에 의해서 철보다 무거운 원소들, 예를 들어 우라늄같은 원소들이 만들어 질 수 있다. 즉, 철보다 더 무거운 원소들이 만들어지기 위해서는 반드시 초신성 폭발이 필요한 것이다. 지구를 포함한 태양계에 철보다 무거운 원소들이 있다는 것은, 결국 우리 태양계가 초신성 폭발의 잔해로부터 만들어진 것임을 의미하고 있다.

초신성 폭발로 인해서 별이 이미 가지고 있던 수많은 원소들과, 새로이 형성된 원소들은 별 주변 그리고 우주 멀리로 흩어져 갔다. 적절한 원소들의 조합과 조건이 갖춰진 행성에서는 또 한 번의 적절한 유기 원소들의 조합과 조건으로 생명이 탄생하였다. 그리고 여러 생명체의 끊임없는 진화와 시간의 흐름에 따라서 인간과 같은 생물도 생겨나게 되었다.



▲ 게 성운, 6,500광년 거리의 초신성 폭발 잔해 (출처 : NASA)

십여 년 전 우리나라 연구진들은 카시오페아 자리 인근 '초신성'의 잔해에서 다량의 인(P)을 발견했다. 거대한 별의 내부에서 핵융합으로 인해 인이 만들어졌고, 별이 폭발할 때 우주에 뿌려진 것으로 예측되고 있다. 인은 생명체 필수 원소로 DNA를 이루는 뼈대이기에 모든 생물 세포 내에서 발견된다.

아래 사진은 가장 유명한 초신성 폭발 사진중 하나이다. 지구로부터 6,500광년 거리에 떨어진 게성운은 전파에서 적외선, 가시광선, 자외선 그리고 X선까지 스펙트럼 전역에 걸쳐 전자기파를 뿜어내는 몇 안 되는 천체 가운데 하나이다.

### 별과 인간

초신성 폭발로 인한 여러 원소들의 우연한 조합으로 인하여 생명체가 탄생하였기에, 우리 몸을 구성하고 있는 모든 유기물들은 별의 내부에서 만들어졌다는 말과도 같다. 우리 몸을 구성하는 모든 원소들도 초신성 폭발로 인한 물질들이지만, 지구상의 모든 유기물, 무기물 역시 초신성 폭발의 잔재이다.

우리는 물고기, 원시 세포의 후손이면서, 지구의 후손이고 또 별들의 후손인 것이다.

코스모스가 만들어낸 우리는 이제 다시 그 코스모스를 생각한다. 우리가 먼 훗날 또 다른 코스모스를 만드는 데에 아주 작은 기여를 하는 동안 여전히 코스모스는 우리를 만드는 데에 큰 기여를 할 것이다. 별을 생각하고 바라보는 것만으로도 우리의 가슴은 설렌다. 인류라는 존재는 우주라는 찬란하고 광활한 하늘에 떠다니는 한 점 티끌에 불과하지만, 밤하늘을 바라보며 별빛과 함께 하고 싶다고 생각하는 이유는 바로 우리가 그들의 후손이기 때문이 아닐까? 우리 모두는 별에서 왔다. 우리들은 모두 별들의 후손이다. **ST**