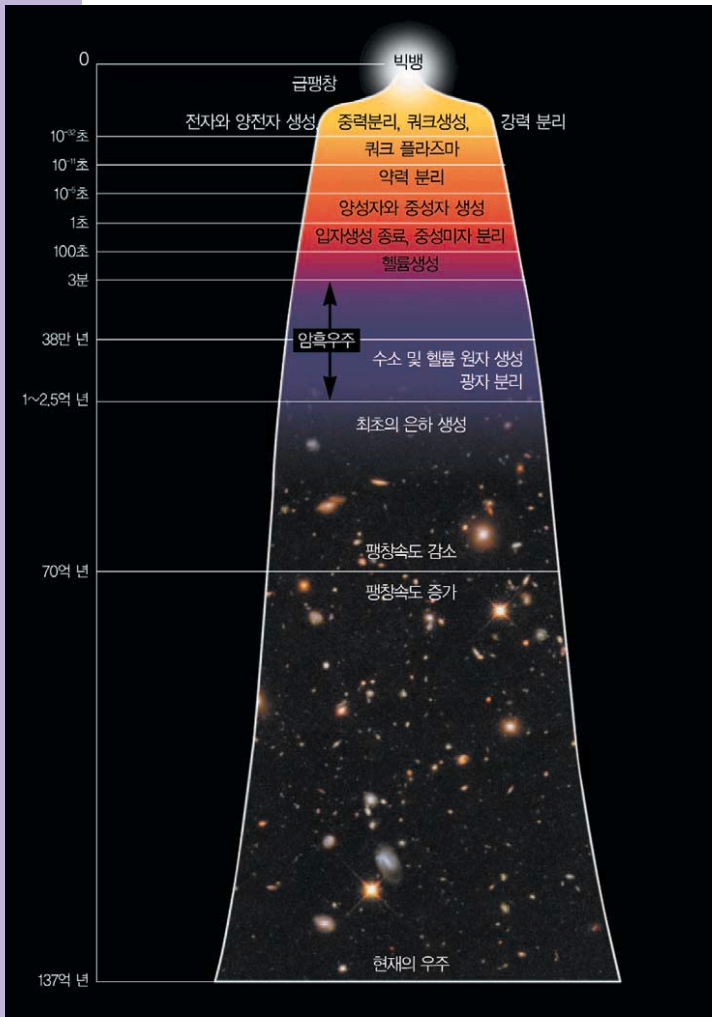


① 우주 탄생 시나리오

태초 우주, 그곳엔 한 점 빛이 있었다!

글 | 임성빈 _ 명지대학교 교수 sbimm@mju.ac.kr



우주의 역사 시간도

20세기에 이룩해 놓은 현대물리학의 발전은 실로 괄목할 만한 것이었다. 그들은 우리 우주가 약 137억 년 전 빅뱅이라고 부르는 사건에 의해 시작되었으며 10^{-43} 초 후 모습을 드러낸 우주의 크기는 10^{-33} cm, 온도는 10^{32} K였을 것이라고 한다. 그리고 10^{-11} 초가 경과한 당시의 온도는 1천조 (10^{16})K였고, 우주는 광자, 전자, 중력자, 쿼크와 반쿼크, 중성미자와 반중성미자, 글루온 등과 같은 각종 원시입자로 구성된 플라즈마 상태였으며 그 이후에 어떤 일이 일어났는지도 상세히 밝혀 놓았다. 다만 현대물리학도 아직은 대폭발이 특이점이라는 것만 알 뿐 대폭발을 있게 한 엄청난 에너지가 어디서 온 것인지 전혀 구명을 못하고 있으며, 대폭발에서 10^{-11} 초가 경과할 때까지도 무슨 일이 있었는지 짐작만 할 뿐 명확히 밝히지는 못하고 있다. 그런데 에너지의 출처는 밝히지 못하더라도 다음과 같은 사실에 입각하여 약간의 추론만 가하면 대폭발부터 10^{-11} 초가 될 때까지의 상황은 좀 더 명확히 설명할 수가 있다.

빛과 빛 부딪쳐 전자·양전자 발생

먼저 높은 에너지의 빛, 즉 광자와 광자가 충돌하면 물질 입자인 전자와 반물질입자인 양전자가 발생한다는 사실은 이미 잘 알려져 있다. 또 하버드대학의 조지아이와 글래쇼가 세운 통일장이론에 의하면 우주 탄생 직후에 빛에서 X입자와 그 반입자가 대량 만들어졌을 것이라고 한다. 그리고 쿼크가 붕괴되면 양전자와 X입자 및 반X입자가 된다는 사실도

알려져 있으며, 약력 매개입자인 W+입자와 W-입자, 그리고 Z입자는 상온에서는 매우 큰 질량을 가지고 있으나 대폭발 초기와 같은 온도에서는 어떤 입자도 질량을 가지고 있지 않아 입자들 사이에 완벽한 대칭이 존재하여 쉽게 상호변환이 가능하다는 사실도 알려져 있다. 이와 같이 대폭발의 초기에 입자들의 대칭성에 따라 광자가 중력의 매개입자인 중력자(아직은 발견되지 않았음)와 강력의 매개입자인 글루온, 그리고 약력의 전달입자인 W+입자 등으로 변환되는 것이 가능하다고 한다면 우주공간에 존재하는 모든 물질과 힘(상호작용)이 만들어지는 과정에 대해서는 다음과 같은 시나리오가 가능해진다.

즉 빅뱅 당시에는 무지무지하게 작고 뜨거운 원시상태 속에 처음에는 에너지를 가지는 파동이자 질량이 없는 입자인 빛만이 가득하였다. 그런데 빛(광자)은 물질을 이루는 물질 입자가 아니라 힘을 전달하는 매개입자이므로 당시에는 물질은 없고 힘, 즉 에너지도 광자에 의해서 전달되는 한 가지로 통일된 힘만 있었던 것이다.

그러다가 빛과 빛이 부딪쳐 최초의 물질입자인 전자와 양전자가 만들어지고 다시 이들 전자와 양전자가 충돌하여 빛이 되었다. 이렇게 빛과 전자 및 양전자는 아주 짧은 순간이지만 서로 변환을 거듭하였으며, 그 과정에서 엄청나게 많은 양의 광자가 X입자와 반X입자로 변신하였다. 초기 우주는 약 10^{16} GeV의 에너지를 가지고 있었으나 시간이 지남에 따라 온도가 떨어지면서 다시 수많은 광자가 중력 매개입자인 중력자로 변신함으로써 중력이라는 힘이 다른 힘들과 분리되어 독립적으로 작용할 수 있게 되었다.

10^{-35} 초 후에는 우주의 지름이 처음의 10만 배인 10^{-28} cm가 되었으며 온도는 1만분의 1인 10^{26} K까지 떨어졌다. 이와 같이 온도가 떨어지면서 양전자와 X입자 및 반X입자가 결합하여 물질을 구성하는 가장 기본적 소립자들인 빨강, 파랑, 초록의 세 가지 색 업 쿼크, 같은 세 가지 색의 다운 쿼크 및 이들의 반쿼크, 그리고 여러 종류의 중성미자와 반중성미자들이 만들어졌으며 우주에는 모두 약 10^{80} 개 정도의 쿼크가 존재하게 되었다. 그리고 이와 동시에 쿼크들 숫자만큼의 광자가 강력 매개입자인 여덟 가지 종류의 글루온으로 변신함으로써 강한 핵력이 독립적으로 작용할 수 있게 되었으나 아직 방사에너지가 높아 양성자나 중성자를 만들지는 못하였다.

10^{-34} 초 후에는 우주가 말할 수 없이 빠른 속도로 급격히 팽창하여 이제는 손바닥 위에 올려놓을 수 있는 정도인 지름 10cm 정도가 되었으며 광자, 전자, 중력자, 쿼크와 반쿼크, 중성미자와 반중성미자, 글루온 등과 같은 각종 원시입자로 구성된 플라즈마 상태가 되었다.

그 후 10^{-32} 초까지 우주는 10^{-34} 초마다 2배씩으로 팽창하여 10^{27} cm 정도로 커졌는데 이 과정을 급팽창 과정이라고 하며 그 이후 팽창속도는 급격히 줄어들었으나 오늘날까지도 팽창을 계속하고 있다.

빅뱅 후 3분간 우주 기본물질 모두 탄생

대폭발이 있던 지 1천억분의 1(10^{-11})초가 지난 후 온도는 10^{16} K까지 떨어졌고, 이 때 다시 엄청난 양의 광자가 약력 매개입자인 W+입자와 W-입자, 그리고 Z입자로 변신함으로써 약한 핵력이 독립적으로 작용할 수 있게 되었으며 광자는 전자기력만을 매개하게 되었다. 이로써 현재 우주에 존재하는 4가지 힘이 모두 분리되었으며 물질입자들이 질량을 가질 수 있게 되어 우주는 엄청나게 큰 질량을 가지게 되었는데 이 모든 것이 빛으로부터 비롯된 것이다.

대폭발이 있는지 10만분의 1초 후 온도는 2×10^{10} K까지 떨어지고 이 때 비로소 글루온들이 각각 다른 색을 가진 업 쿼크 두 개와 다운 쿼크 한 개씩을 결합하여 전하가 +e인 양성자들을 만들었으며 마찬가지로 각각 다른 색을 가진 업 쿼크 한 개와 다운 쿼크 두개씩을 결합하여 전기적으로 중성인 중성자들을 만들었다. 이 중 양성자는 가장 가벼운 원소인 수소의 원자핵이 되며 나머지 모든 원소들의 원자핵은 양성자와 중성자의 결합으로 만들어지게 된다.

그래서 이들을 핵자라고 하는데 이렇게 만들어진 양성자와 중성자들은 처음에는 숫자가 같았으며 전자와 양전자, 중성미자와 반중성미자 그리고 약력 작용입자인 W+입자, W-입자, Z입자들과 작용하여 양성자와 중성자간에 상호변환을 거듭하였다. 그러다가 온도가 점점 내려가면서 상대적으로 무게가 약간 더 가벼운 양성자로의 변환이 더 많이 일어나 중성자의 숫자가 양성자에 비해 점점 더 적어지게 되었다. 한편 글루온들은 또 업 쿼크와 그의 보색을 가진 반 업 쿼크, 다운 쿼크와 그의 보색을 가진 반 다운 쿼크를 결합하여 전기적으로 중성인 π 중간자, 업 쿼크와 그의 보색을 가진 반

다운 쿼크를 결합하여 π^+ 중간자, 그리고 다운 쿼크와 그의 보색을 가진 반 업 쿼크를 결합하여 π^- 중간자들도 만들었는데, 이들은 양성자들과 중성자들을 원자핵으로 결합시켜주는 또 다른 강력 매개입자들이다.


대폭발이 있던 지 약 1초 후에는 온도가 100억°K까지 떨어지고 우주의 물질 및 에너지의 밀도는 임계밀도가 되었으며 더 이상 새로운 입자는 만들어지지 않게 되었다. 현재까지 알려진 임계밀도는 $10^{-23}g/m^3$ 로서 $1m^3$ 당 수소원자 5개 정도의 밀도이다. 그리고 중성자수는 양성자의 약 1/3 정도가 되었으며 다른 입자들과 끊임없이 상호작용을 하던 중성미자가 이들과 분리되었다. 우주에는 이들 정상물질 외에 이들의 9배에 달하는 암흑물질이 존재하게 되었으며 우주의 팽창과 더불어 암흑물질을 포함한 실제 물질 및 에너지의 밀도가 임계밀도 이하로 떨어지게 되자 우주의 물질 및 에너지의 밀도를 임계밀도로 유지시켜주게 되는 암흑에너지가 나타나 증가하기 시작하였다.

대폭발이 있던 지 약 100초 뒤 온도는 10분의 1인 10억K로 떨어졌으며 이 시기에는 중성자의 수가 양성자의 1/7 정도가 되었다. π 중간자들은 먼저 양성자 한 개와 중성자 한 개를 결합시켜 중수소핵을 만들었는데 온도가 높을 때는 이들은 불안정하여 곧바로 붕괴되었으나 온도가 어느 정도 내려가자 이들이 안정되기 시작하였다. 그리고 이들은 다시 양성자와 결합하여 헬륨3이 되거나 중성자와 결합하여 3중수소가 되었으며, 헬륨3이 중성자와 결합하거나 중수소가 양성자와 결합하거나 또는 두 개의 헬륨3이 결합하고 2개의 양성자를 방출하거나 두 개의 3중수소핵이 결합하고 2개의 중성자를 방출하거나 하여 양성자와 중성자가 각각 2개씩이고 매우 안정적인 헬륨 핵이 만들어졌다.

헬륨은 수소 다음, 즉 두 번째로 가벼운 원소인데 이와 같은 핵융합과정을 거쳐 모든 중성자가 헬륨의 핵에 갇히게 됨으로서 우주물질 전체 질량의 약 4분의 1이 헬륨 핵이 되었고 나머지 4분의 3은 수소 핵(양성자)으로 남게 되었다. 그리고 그 과정에서 수소의 10만분의 1 정도에 해당하는 중수소 핵도 남게 되었으며 그 외에 가장 가벼운 금속이며 세 번째로 가벼운 원소인 리튬의 핵도 소량 만들어졌다. 이와 같이 빅뱅 이후 최초의 3분 간에 우주를 이루는 모든 기본물질들이 다 만들어진 것이다.

원시가스구름들로부터 별 만들어지기 시작

대폭발이 일어난지 38만년 뒤 온도가 3천°K까지 떨어지자 수소 핵, 헬륨 핵, 리튬 핵이 전자들을 흡수하여 완전한 수소, 헬륨 및 리튬 원자가 만들어졌다. 그리고 당시까지 광자(빛)를 묶어두고 있던 자유전자의 수가 줄어들자 이제 광자는 더 이상 전자의 방해를 받지 않고 우주공간을 달릴 수 있게 되었는데 이 때 우주를 달리기 시작한 빛이 오늘날 우주 배경복사로 나타나게 되었다. 빅뱅 순간의 열에너지의 잔재로서 우주의 전 방향에서 마이크로파의 형태로 온다. 그 후 우주는 중력의 영향으로 팽창속도가 감속적으로 줄어들면서도 팽창을 계속하여 온도는 점점 더 떨어지고 어두워져 최초의 별이 등장할 때까지 우주의 암흑시대를 이루게 되었다.

이와 같이 질량의 약 4분의 3이 수소이고 4분의 1이 헬륨이며 기타 소량의 중수소와 리튬으로 이루어진 가스 형태의 우주물질은 약 1억 년에서 길게는 2억5천만 년이라는 세월이 경과할 때까지 암흑물질과 섞인 채로 팽창하는 우주와 함께 퍼져나갔다. 그러나 이들은 전 우주공간으로 골고루 퍼져나간 것이 아니었다. 우주공간에는 그 안이 거의 텅 비어있고 지름이 수천만 광년에 이르는 엄청난 규모의 거품과 같은 빈 공간들이 벌집 형태를 이루게 되었다. 그리고 우주물질들은 이들 거품의 경계면에 해당하는 곳으로 몰려 마치 가는 실로 된 그물과 같은 형태를 이루었으며 그 결절점에 해당하는 곳에 원시가스구름들이 형성되었다. 이들 원시가스구름들의 크기는 지름이 수백 광년에서 수천 광년에 달하고 질량은 태양의 10만 배에서 100만 배에 달하였을 것이며 이들로부터 별들이 만들어지기 시작하였다. 이상이 현대물리학이 밝혀놓은 사실에 약간의 추론을 더한 우주탄생의 시나리오이다. 



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