

땅속에서 찾는 과학

땅속에서도 별을 본다

깜깜한 은하의 세계를 환히 들여다보는 중성미자 망원경

글 | 김제완 서울대 명예교수 · 과학문화진흥회장

불행히도 상당히 많은 학생과 사회인들에게 '물리'에 대한 인상은 뭔가 지루하고 딱딱하고 불편한 것으로 남아있으리라 생각된다. 무엇을 배웠는지 도무지 기억하지 못할 것으로 우려되지만 그래도 알파, 베타, 감마 선이 방출되는 동위원소에 관한 이야기 정도는 기억하리라 믿는다.

퀴리(M. Curie) 부인으로 하여금 노벨상을 받을 수 있도록 기쁨을 마련한 고마운 현상이기도 하지만 한편으로는 남편을 빼앗아간 병의 원인이 됐던 불행한 대상이기도 하다. 이 중에서 베타 선은 전자와 양성자가 방출되는 것이며 동시에 중성미자라는 입자가 방출된다. 좀더 부연하자면 중성자가 붕괴하여 양성자와 전자 그리고 중성미자가 방출된다. 중성자는 수소핵을 있는 양성자와 질량이 같은 입자이지만 이름이 말하듯 전기량이 +도 -도 아닌 중성입자를 말한다.

태양 중성미자의 확인

중성자는 원자핵 속에서는 양성자처럼 영원불멸하지만 원자핵 밖에서는 10분 가량 수명을 가지고 있다. 즉 10분이 지나면 중성자는 없어지고 양성자, 전자 및 중성미자로 변한다. 중성자의 수명이 8분 정도라는 것을 처음 관측한 사람은 페르미다. 이탈리아 태생의 물리학자로서 중성자의 반응연구로 1938년 노벨 물리학상을 받은 바 있으며 1954년 작고할 때까지 시카고대학에서 물리학 교수로 재직했다.

페르미는 중성미자의 이름을 짓는 데에도 공헌했다. 중성자는 영어로 중성이란 뜻인 neutral을 따서 뉴트론(neutron)이라고 불렀다. 그런데 중성미자 역시 중성이며 중성자에 비하여 훨씬 가벼우므로 '작은 중성자'로 번역되는 뉴트리노(neutrino)라고 지었다. 이탈리아어에서 노(no)는 작다는 뜻이다.

중성미자 즉 뉴트리노는 우리들에게 알려진 과정이 다른 입자와 다르다. 다른 입자들(원자, 중성자, 양성자, 전자 등)은 실체가 먼저 발견되고 그 성질을 연구하였지만 중성미자는 그와는 반대의 과정을 거



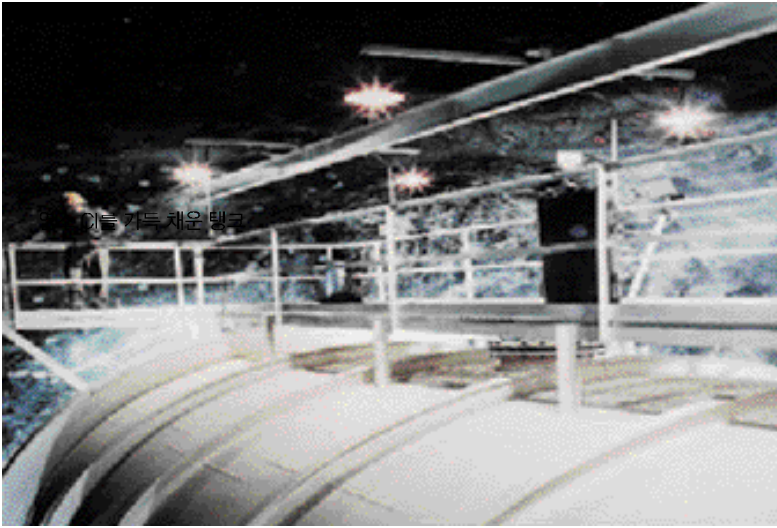
중성미자란 이름을 붙인 페르미 교수

쳤다. 중성미자는 먼저 필요에 의하여 그 존재를 명명한 이후 거의 반세기 후에야 비로소 발견됐다. 중성자의 붕괴에서 생성되는 양성자와 전자의 에너지 만으로는 중성자가 가지고 있던 원래의 에너지에 미달된다.

이 부족량이 중성미자라는 눈에도 보이지 않고 물질과 상호작용이 거의 없는 가상적인 입자로서 보충된다는 논리적인 결과로 중성미자라는 입자가 필요하게 됐던 것이다. 언제나 그렇듯이 논리적으로 필요한 것은 꼭 존재한다는 물리학의 발전사에 어긋나지 않게 중성미자 역시 뒤에 실체로서 발견하게 됐다. 중성미자가 발견된 지도 벌써 35년이랄 세월이 흘렀지만 우리는 아직도 중성미자가 무엇인지조차 그 실체를 나타내지 않으려고 한다.

핵융합반응과 중성미자

태양은 수소를 태우면서 빛을 내고 있는 별이며 그 표면 온도는 익히 알려져 있다. 미국의 천체 물리학자 존 바콜은 무려 30년에 걸쳐 태양의 반응을 연구했으며 어떤 핵반응이 태양 속에서 일어나는가를 정확히 계산했다. 따라서 태양의 핵융합 반응에서 일어나는 중성미자 방출에 대해 1초 동안 지표면 1cm²당 약 100억개가 도달하리 만큼 많이 방출되는 것을 알았다. 존 바콜이 중성미자 방출량 계산법을 통해 태양 표면의 온도를 측정할 것이다.



태양의 중성미자를 포착기 위해 설치한 염소(Cl)를 가득 채운 탱크

또 데이비스 박사는 태양에서 나오는 중성미자를 포착하기 위해 미국의 사우스다코다주 호스텍 광산의 땅 속 깊은 곳에 염소(Cl)를 가득 채운 탱크를 설치했다. 이에 따라 중성미자는 염소와 반응을 일으켜 아르곤(Ar)과 전자로 되는 것을 예상했다. 이는 존 바콜의 계산법에 따르면 1초 동안에 단위 면적당 100억개의 중성미자가 태양으로부터 지구에 도달한다면 이틀에 염소 원자 하나가 아르곤 원자로 바뀌는 것으로 예상된다.

데이비스는 40여년에 걸친 실험을 통해 태양에서 오는 중성미자를 발견한 공로를 인정받아 지난해 노벨상을 수상하게 됐다.

빅뱅과 중성미자

세계적인 시사 주간지 <타임>지의 표지에 유명한 인물들을 실게 되는데, 반면 지난 1987년 2월 마지막주 타임지 표지는 사람이 아닌 별이었다. 당시 표지 제목은 '뱅(Bang)'이라고 붙여졌다. 과학자들은 그 주간이 마치 400년만에 돌아온 크리스마스를 비유하며 흥분했다. 이들을 그렇게 들뜨게 만든 이유는 1604년(선조 24년) 이래 처음으로 육안을 통해 별의 장렬한 죽음을 목격하였기 때문이다.

큰 별은 임종하는 순간 대폭발을 하며 태양보다 몇

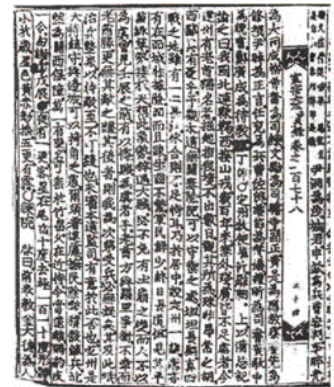
억 배의 찬란한 빛을 내면서 타버린다. 그리고 그 갯더미 속에 중성자별이나 블랙홀이란 강한 중력장을 만드는 실체를 남긴다는 것이 천체 물리학의 통설이었다. 이렇게 폭발했던 별이 지구와 너무 멀리 떨어져 있어 육안으로는 보이지 않다가 갑자기 밝아지는 등 새로운 별이 나타난 것처럼 보이게 된다. 이러한 까닭에 서양에서는 이런 별을 초신성(超新星)으로 불렀으며 우리 선조들은 객성(客星), 즉 손님별이라 불렀다.

<조선왕조실록> 178권 선조편(1604년 10월13일자)을 보면 객성을 발견한 당시의 생생한 기록이 있다. '초저녁 손님별이 미수 10도 거극 110도 자리에 있었는데 목성보다 작고 적황색 빛깔로 흔들리고 있었으며 이른 새벽녘에는 안개가 끼어 보이지 않게 되었다' 고 실

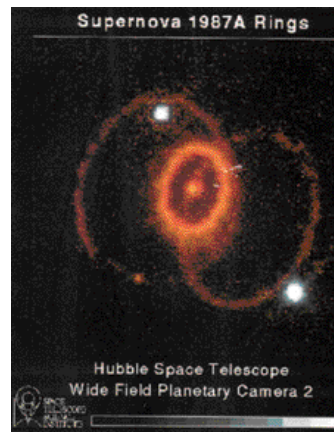
록은 전한다. 실록은 그 뒤 일년동안 객성(초신성)을 관측했는데 아직도 선조때 객성의 모습이 땅꾼별 자리에서 전파망원경에 의하여 잡히고 있다.

대부분의 별은 우주공간에 퍼져 있는 수소가 만유인력에 의하여 뭉쳐지면서 탄생한다.

별의 중심부는 그 외부에 쌓인 무게의



손님별(초신성)을 발견한 <조선왕조실록> 선조편의 기록



손님별 1987A

중성미자 망원경은 캄캄한 밤에도 지구 반대편에 있는

태양 내부의 사진을 찍고 있다.

이제는 별의 죽음과 막 태어나는 아기별을 볼 수 있게 됐다.

말 그대로 땅 속에서 별을 보고 있는 셈이다.

압력을 받으며 수축하고 보일-샤를의 법칙에 따라 내부 온도가 높아진다. 태양의 경우 중력에 의한 압력 때문에 중심부의 온도는 무려 수천만 도가 되어 핵융합 반응을 일으킨다. 수소 폭탄이 터지는 것에 해당하는 이 핵융합 반응은 태양이 불게 탈 수 있는 에너지를 공급하고 중력에 의하여 수축하려는 힘에 맞바기면서 현재 태양의 크기를 유지하고 있는 것이다.


그러나 언젠가는 중심부의 핵연료는 소진될 것이고, 짓누르는 중력의 압력을 감당하지 못하는 별은 수축할 수밖에 없다. 수축을 막을 힘이 없는 별의 중심부는 계속 작아지면서 원자핵 속의 중성자와 중성자가 맞부딪칠 때까지 수축하여 반경 1만km의 별이 10km로 작아지게 된다. 이때 이 중심부의 온도는 10조도가량이 되며 수천억 톤의 압력을 받는다. 그러는 가운데 수축이 더 이상 불가능해지고 마치 억눌린 거대한 용수철처럼 되어 그 위에 떨어지는 물질들을 튕겨내듯이 거대한 충격파가 별을 폭발시켜 수많은 중성미자와 광자(빛)를 방사하게 되는 것이다.

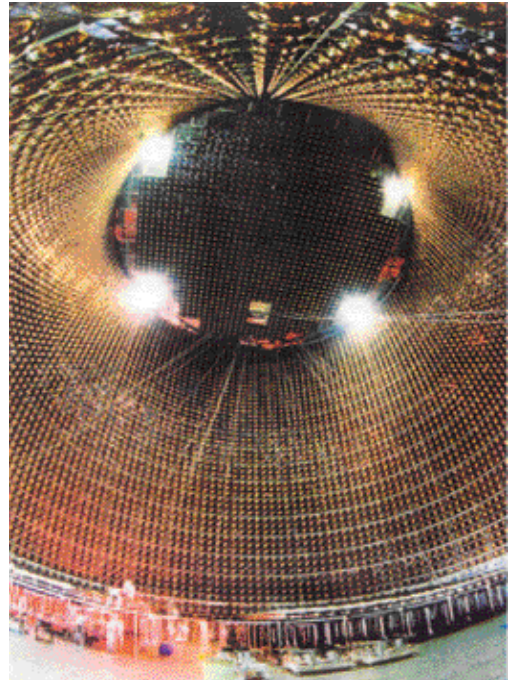
중성미자 망원경의 '대발명'

그러나 별의 중심부에서 생겨난 광자는 그 위에 쌓인 두꺼운 물질의 층을 뚫고 새어나올 수 없기에 보통 망원경으로는 볼 수가 없다. 그러나 물질과는 거의 상호작용을 하지 않는 중성미자는 마치 위의 물질층이 없는 것처럼 별 내부의 모습을 그대로 드러낸다.

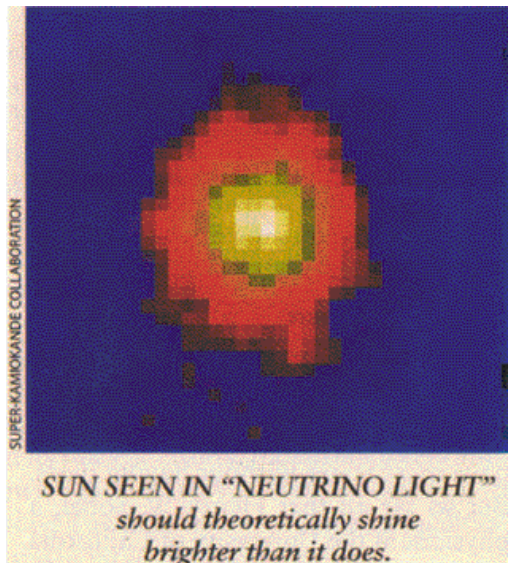
중성미자로서 볼 수 있는 '중성미자 망원경'을 만들 수 있다면 별의 내부를 환히 들여다 볼 수가 있을 것이다. 20여년 전, 이미 이같은 착상을 했던 고시바 박사는 잡광(빛과 기타 우주선)을 막을 수 있도록 지하 깊은 곳에 중성미자 망원경을 개발하여 설치했다.

마침 지난 1987년 2월에 가까운 소은하계인 마젤란 성운에서 초신성이 터졌고 중성미자 망원경을 통해 막 태어나는 아기중성자 별을 보게 됐다. 놀랍게도 별 속은 마치 지옥처럼 뜨거웠고 그 온도가 450억 도임을 고시바의 중성미자 망원경을 통해 확인하게 됐다.

그 뒤에 중성미자 망원경은 더 개량되고 발전하여 지금은 캄캄한 밤에도 지구 반대편에 있는 태양 내부의 사진을 찍고 있다. 말 그대로 땅속에서 별을 보고 있는 것이다. 



중성미자 망원경의 내부. 밑 부분의 흰 모습으로 보이는 사람과 비교하면 그 크기를 알 수 있다



땅속에서 지구 반대편의 태양내부를 찍은 사진