

# 電波로 보는 宇宙



玄 正 駿  
(서울대 天文学科 교수)

## ◇ 우주의 背景電波

제2차 세계대전이 天文学에 새로운 次元을 마련해 주는 계기가 되었다는 사실은 전쟁이 인류에 미치는 비참한 여러결과와는 다르다. 즉, 전쟁을 위한 무기의 일종으로 개발되었던 레이더(전파탐지기)의 기술이 전후에 이르러 天体에서 오는 전파를 탐지하는데 쓰임으로써 종래 可視光에만 한정되어 왔던 天文学의 視野를 눈에 보이지 않는 電波의 영역으로 넓혀주었기 때문이다.

특히 電波는 우주공간에서의 흡수가 빛보다도 적기 때문에 그만큼 도달거리가 커지므로 電波의 관측은 天文学者の 視野를 넓힐 뿐만 아니라 보다도 깊게 - 즉 더 먼 공간으로 - 확대한 셈이다. 이 사실은 종래 빛으로 도달할 수 없었던 먼 우주공간의 물질(銀河, 銀河團)의 분포나 운동을 밝히는데 큰 도움이 되므로, 電波 관측이 宇宙의 연구에 있어서 必須의 수단이 되리라고 기대되는 까닭을 이해할 수 있을 것이다.

그런데 1965년에 이르러 미국의 「벨」전화회사의 두 기사인 펜지아스(Penzias)와 윌슨(Wil-

son)이 우연하게 발견했던 “정체불명의 電波雜音”은 宇宙의 연구에 크나큰 파문을 던지게 되었다.

발견된 이 전파잡음의 특징은, 그것이 어느 특정한 電波源에서 오는 것이 아니라 모든 방향에서 같은 세기로 관측되는 이른바 等方性 輻射(빛, 電波)의 성격을 지닌데에 있다. 그래서 이 잡음은 그후 宇宙背景輻射(cosmic background radiation)로 불리게 되었다.

이러한 等方性인 輻射는 과학자에게 잘 알려진 黑体輻射의 특징을 연상케 하였다. 이것이 과연 그런가를 확인하기 위해서는 발견된 전파의 파장에 따른 세기의 분포 - 즉 그 “스펙트럼” 분포 - 가 黑体輻射의 그것과 비교하면 된다고 하겠다.

원래 발견될 때 관측된 파장은 7cm였으나 그 후 100cm - 0.1cm에 걸친 여러 파장에서의 관측 결과 이것이 온도 2.7°K(즉 절대온도)인 黑体輻射와 다름 없음이 밝혀졌다.

이것은 무슨 뜻이 있을까? 원래 黑体輻射란 외부와 열의 출입이 단절된, 밀폐된 곳 - 이를테면 막대한 양의 물질로 둘러싸인 별의 내부 - 에 갇혀있는 輻射(즉 빛, 電波, X선등의 전자

파)에 해당한다. 이런 사실은 팽창우주의 이론으로 유명한 가모우(G. Gamow)가 이미 1940년대에 예언했던 말을 상기시키게 하였다.

그는 우주의 팽창에 따라 우주는 차츰 冷却될 것이므로, 현재의 우주의 온도는 10°K 이하에 지나지 않으리라고 추측했던 것이다. 다시 말하면 1965년에 새로 발견된 2.7°K의 背景輻射는 먼 옛날에 뜨거운 宇宙속에 갇혀있었던 黑體輻射가 냉각된 나머지인 化石의 輻射에 지나지 않다는 이야기가 된다.

빛(輻射)의 온도라고 하면 생소하게 생각될지도 모르지만, 기체가 分子란 알맹이로 이루어져 있듯이 빛도 光子(photon)란 알맹이로 이루어진 것으로 오늘날 잘알려진 사실에 비추어보면 빛의 온도란 생각은 기체의 온도나 마찬가지로 이해할 수 있으며 기체의 압축과 팽창에 따라 온도가 각각 오르고 내리는 것과 마찬가지로 우주를 채우고 있는 빛(물론 현재 눈에 볼 수 없는 電波이기도 하지만)도 우주의 팽창에 따라 그 온도가 내려가고 또 거꾸로 우주의 과거로 거슬러 올라가면 그 온도는 현재보다도 더 높았을 것을 이해할 수 있다.

이렇게 해서 우리는 오늘날의 背景輻射의 온도 2.7°K로 부터 과거의 뜨거운 宇宙의 기원을 확인할 수 있는 셈이 된다.

### ◇ 물질과 輻射

우리 태양계가 소속하는 별의 集團은 우리가 은하수로 보고 있는 약 14億개의 별의 무리로써 우리 銀河로 불리고 있다. 우리 銀河는 지름이 10만 光年이나 되는 얇은 렌즈의 형태를 이루고 있다.

우주는 이런 銀河들의 총합으로 이루어지고 있는데 오늘날 관측이 도달할 수 있는 우주공간 속에 흩어져있는 銀河들의 수는 대략 千億정도로 추산되고 있다. 이 막대한 개수에 銀河의 질량을 곱하고 그것을 공간의 부피로 나누면 우주의 물질의 평균밀도가 나오는데 그 값은 약  $10^{-28}$  g/cm<sup>3</sup>이다.

이것을 에너지로 환산하기 위하여 광속도C의 제곱을 곱하면(에너지=질량×C<sup>2</sup>) 우주의 물질의 에너지밀도 약  $10^{-10}$  erg/cm<sup>3</sup>이 된다.

한편 앞에서 말한 背景輻射의 온도(2.7°K)로부터 우주의 輻射에너지의 밀도를 내보면 약  $10^{-13}$  erg/cm<sup>3</sup>로 되어 위의 물질의 에너지밀도의  $\frac{1}{1000}$ 에 지나지 않는다.

그래서 오늘날 우주에 있어서 물질과 輻射의 세력(에너지)의 균형은 1000대 1로 물질이 압도적으로 우세하므로 우리는 오늘날의 우주는 물질이 지배하는 시대 혹은 “물질의 王朝”라고 부를 수 있는 것이다.

그러나 물질과 輻射의 세력균형의 관계는 우주의 팽창(즉 우주의 크기)에 따라 변천하는 것이므로 우주의 초기에는 輻射가 지배하던 “빛의 王朝”의 역사를 찾아볼 수 있는 것이다.

그 까닭은 물질의 에너지밀도는 크기의 3승에 반비례하여 과거로 올라가면서 커지는데 비하여, 빛(輻射)의 에너지밀도는 크기의 4승에 반비례해서 커지므로 후자가 더 급격하게 과거로 향하여 증가하기 때문이다.

그런데 여기서 하나의 놀라운 사실이 있다. 그것은 우주를 구성하고 있는 물질의 알맹이(陽性子나 中性子)의 개수- 이른바 바리온(baryon) 수-와 輻射의 알맹이(光子)의 개수를 헤아려 보는데서 알게 될 터이다.

그러기 위해서는 위에서 계산할 물질과 輻射의 에너지밀도를 각각 陽性子의 한개의 에너지(MpC<sup>2</sup> ≃  $2 \times 10^{-3}$  erg)와 光子 한개의 에너지(kT ≃  $4 \times 10^{-10}$  erg)로 나누면 1cm<sup>3</sup> 당의 물질과 輻射의 입자수가 나오는데 그 비율은 물질입자 1개에 광자 약 10억개로 되는 것을 알 수 있다.

오늘날 우주는 에너지의 균형으로 물질이 輻射에 대해서 1000대 1로 우세하지만, 알맹이의 개수로는 1대 10억 정도로 열세에 놓이게 되는 셈이다.

그런데 이 알맹이의 개수의 비는 우주의 팽창과는 상관이 없다. 왜냐하면 1cm<sup>3</sup> 당 알맹이의 개수는 陽性子나 光子나 다같이 크기(길이)의 3승에 반비례해서 변하기 때문이다.

그러므로 물질이 數的으로 輻射에게 압도적으로 지배 당하고 있는 사실은 우주의 시초부터 宿命지워진 사실이라고 할 수 있다.

### ◇ 두 눈을 부라린 電波銀河

우리 銀河안의 電波源(태양, 가까운 별, 星雲, 星間雲 등)을 제외한 외부의 電波源은 銀河들로 볼 수 있다.

빛으로 보이는 銀河로부터 電波가 최초로 검출된 것은 우리 이웃인 안드메로다 銀河로 1951년의 일이다. 그 후 많은 보통의 銀河에서 전파가 검출되었지만, 특히 電波銀河로 불리는 것은 그것이 내는 빛보다도 전파가 더 강한 경우에 해당한다.

電波銀河는 전파로 검출되지만, 그것이 빛을 내는 銀河로 밝혀지는 경우도 있는데, 그런 경우 전파를 내는 구역이 빛으로 보이는 銀河의 양쪽 두 곳에 떨어져 있고, 그 두 구역은 마치 두개의 큰 눈을 부라린 모습을 연상케 한다.

전파를 내는 이 두 눈은 빛으로 보이는 銀河를 중심으로 서로 대칭인 위치에 자리하는데, 두 눈사이의 간격은 대개 30萬光年을 넘어 銀河의 크기의 10배나 되고, 그중에는 2000萬光年에 달하는 경우(전파은하 3C236)도 있다.

이러한 두 눈이 무엇을 뜻하는지 알아보기 위해서 우리는 銀河들의 성질을 알아볼 필요가 있다.

### ◇ 銀河 중심부의 활동

銀河는 그 생김새에 따라 타원(E), 나선(S) 막대나 든 나선(SB), 불규칙형(Ir) 등으로 나누어진다. 전파은하는 E형에 많은데 그 밖에 특히 중심부가 밝고 그 둘레에 흩어진 구조가 보이는 D형과, 밝은 중심부가 별처럼 작고 그 둘레가 매우 흐린 N형의 전파은하들이 있는데 이들의 중심부에서 오는 빛을 分光사진으로 조사해 보면 초속 1000km를 넘는 격렬한 기체의 폭발이 알려진다.

또 어떤 銀河의 사진은 중심으로부터 마치 큰 발이 일어난것 같은 인상을 주는 것이 있다.

이런 사실로 부터 銀河의 중심부에서 폭발적인 격동이 일어나고 있는 銀河들이 최근에 많은 관심을 끌게 되었다.

한편 1950년대 부터의 전파관측으로 마치 별처럼 보이는 電波源이 1500개 이상 발견되어 이들은 “퀘이사(quasar, 準星電波源)”로 분류되었는데 이들 天體의 특색은 그 스펙트럼선의 돛플러 변위에서 매우 큰 후퇴속도를 가진데에 있다. 후퇴속도가 거리에 비례한다면 Hubble의 법칙을 여기서 적용하면 이들의 거리는 종래 알려졌던 銀河들의 어느 것보다도 먼 거리에 있으며 그중에 수십억光年을 넘는 것도 허다하다.

현재 알려진 퀘이사 중 가장 후퇴속도가 큰 것은 OQ172로 알려진 것으로 그 후퇴속도는 광속도의 91%에 달하고 있다. 이는 다시 말해서 우리의 관측의 한계인 우주의 지평성의 거리(약 200億光年)의 91%에 이르는 원거리에 있다는 것이다.

이와같이 막대한 거리로부터 전파가 관측되기 위해서는 이들이 내고 있는 전파는 보통 銀河의 밝기의 100배를 넘어야 하는데, 한편 이들의 크기는 銀河의 크기의 10만분의 1 이하에 지나지 않음이 밝혀졌다. 그것은 전파의 강도가 몇개월 정도의 동안에 변동을 일으킨다는 사실에서 알 수 있다. 왜냐하면 몇달동안에 변동이 일어나려면 그 변동의 범위는 빛의 속도로 몇달 이내에 도달할 수 있는 크기(즉 1光年이하) 이어야만 하기 때문이다.

이러한 작은 天體가 銀河의 100배이상의 에너지를 어떻게 내고 있는지, 이 퀘이사의 수수께끼는 아직도 미해결의 문제로 남겨져 있다.

그러나 퀘이사나 은하중심부의 폭발, 또 이런 폭발의 결과 방출된 덩어리가 銀河에서 멀리 떨어진 곳에 두 눈으로 관측될 가능성 등에 관해서 그 연관성이 추정되고 있는 현황을 말할 수 있다.