

鉄はどこから来たのか？

—X線天文衛星「すざく」が明らかにした鉄大拡散時代

Aurora Simionescu (JAXA 宇宙科学研究所)

Norbert Werner (Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology)

満田和久 (JAXA 宇宙科学研究所)

銀河団は、差し渡し数百万光年の空間に数十個から1,000個もの銀河が集中している宇宙最大の天体です。普通の物質（バリオン）に限ると、銀河団の主たる構成要素は実は銀河ではなく、温度数千万度の高温ガスです。銀河団中のバリオンのほとんどは、X線を発する高温ガスとして銀河と銀河の間の空間に存在します。銀河団は、X線を放射する高温ガスの海の中に個々の銀河が浮かんでいるような天体と言えるでしょう。

「すざく」衛星は、2005年に日本が打ち上げたX線天文衛星であり、現在も、世界中に開かれた国際X線天文台として活用されています。「すざく」衛星は、特に、天球面上に広がった表面輝度の低い放射を検出する感度に優れています。我々はこの特長を活かし、距離2.5億光年という近傍にあるペルセウス座銀河団の大規模観測を行いました。すべての銀河団の中で最も明るく、大きく広がったこの銀河団は、詳細な研究には最適です。X線観測からは銀河団の淡いガスの密度や温度を始めとする多くの重要な物理量を得ることができます。今回、「すざく」を用いたペルセウス座銀河団の大規模マッピング観測により、銀河団の中心から銀河団の縁であるビリアル半径に至るまでの高温ガス（バリオン）の分布を精密に得ることができました。その結果、銀河団の縁では、エントロピー分布は理論が予測するよりも平坦であり、密度は

理論予測や電波観測で得られた値よりも高いことが初めて明らかになりました。この矛盾は、宇宙の大構造から銀河団に落ちてくるガスが塊を作って存在しており、熱化されるビリアル半径を通過した後も、この塊が残ると考えると説明できることがわかりました。

さらに、ペルセウス座銀河団の広い範囲にわたって鉄の組成比を調べたところ、その場所ごとのばらつきが非常に小さく、ほとんど一様であることを発見しました。重元素の発生源である星の分布とは相関していません。1,000万光年にもおよぶ広い範囲について鉄の割合がほぼ一様であることから、鉄のほとんどは、銀河団が形成された時代よりも前に宇宙に大きく広がり、よく混ぜていたと考えられます。銀河団の誕生は宇宙誕生から約40億年後（いまから約100億年前）だと考えられているので、いまから100億年以上前に、鉄などの重元素が星々から大量にまき散らされ、宇宙中に拡散した時代があり、現在の宇宙に広がるほとんどの重元素はその時代にまき散らされたものであると考えるのが妥当です。数多くの星が生まれ、巨大ブラックホールが急成長したこの時代、星々から生み出された重元素は、超新星爆発や銀河中心の超巨大ブラックホールによって引き起こされた銀河からの強い風に乗って宇宙中に拡散して行ったと考えられます。

—Keywords—

ペルセウス座銀河団：

X線で最も明るい銀河団。地球から見てペルセウス座の方向2.5億光年離れた位置にあり、巨大楕円銀河NGC1275を中心に大小あわせておよそ200個の銀河を擁する銀河団である。

1,000万光年：

例えば我々の銀河系の直径は10万光年である。

鉄からのX線：

銀河団の高温ガス中に鉄が存在することは、主としてヘリウム様、あるいは水素様に電離した鉄イオンが放射する特性KX線を観測することで知ることができる。鉄は宇宙で最も豊富に存在する重元素の一つであるためその特性X線の強度が比較的強いこと、特性KX線が現れる6-8 keV帯に他の元素からの目立ったスペクトル線が存在しないこと、他の主要な重元素からの特性KX線に比べてエネルギーが高く古典的なX線検出器（たとえば比例計数管）でも分光が可能であったことから、鉄の特性KX線は、歴史的にもX線天文学の世界で最もよく調べられているスペクトル線となっている。鉄の特性KX線は、それを用いた分光研究を、哲学のもじりで「鉄学」と呼ぶこともあるほど、日本のX線天文学者にとって馴染みの深い研究対象である。