

宇宙塵試料の非破壊蛍光X線分析およびその特性化

Non-destructive analysis and characterization of cosmic dust samples by X-ray fluorescence analysis

近藤 奈穂子 [1], 佐々木 美穂 [2], 寺田 靖子 [2], # 中井 泉 [2], 野口 高明 [3], 中村 智樹 [4]

Nahoko Kondo [1], Miho Sasaki [2], Yasuko Tarada [3], # Izumi Nakai [4], Takaaki Noguchi [5], Tomoki Nakamura [6]

[1] 東理大・理・化学, [2] 東理大・理・応用化学, [3] 茨城大・理, [4] 九大・理・地球惑星

[1] Chem., Sci., Sci. Univ. of Tokyo, [2] Dept. of appl.chem., Sci. Univ. of Tokyo, [3] Dept. of Appl. Chem., Sci. Univ. of Tokyo, [4] Dept. of Appl. Chem., Sci. Univ. of Tokyo, [5] Ibaraki Univ, [6] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

<http://www.ch.kagu.sut.ac.jp/OK/nakai/indexj.html>

99年春に南極から宇宙塵を含む微粒子が大量に持ち帰られる。その中から宇宙塵を分別するため蛍光X線分析法をもちいた微小試料である宇宙塵の連続非破壊分析装置の開発を行った。装置はパソコンプログラム制御をする事によって連続自動分析を可能にし、数百 μm の宇宙塵の分析およびppmレベルの微量元素の検出が可能であった。放射光を用いた蛍光X線分析ではMn, Rb, Sr, Moなどの微量元素の分析値が、宇宙塵の分類に有効であることがわかった。このように蛍光X線分析によって非破壊で宇宙塵の履歴環境を推定できることから、本法は宇宙塵研究に広く応用することが可能である。

第39次南極地域観測隊によって南極氷域において大量採集された南極宇宙塵試料の帰還に備える宇宙塵分配に関する作業部会では、宇宙塵を登録・管理するためのCurationシステムの検討・整備を行ってきた。微小な宇宙塵の同定には、SEM-EDSによる分析が用いられているが、電子線損傷が問題となる。そこで本研究では非破壊で微小試料の分析に適している蛍光X線分析法を採用し、多数の宇宙塵を連続測定できる装置を自作し、宇宙塵の非破壊分析法を開発した。また、ppmレベルの微量元素から宇宙塵の特性化を行うために放射光を励起X線源とする蛍光X線分析も行い、微量元素から宇宙塵の分類について基礎的検討を行った。

製作した装置では、パルスモーター上に試料台を取り付けその動きとデータ保存をPC制御で行えるようにした。励起X線は湾曲グラファイトモノクロメーターによって単色化および集光を行い、検出器はSi(Li)半導体検出器を用いた。試料は微小サイズなので、コリメーターによってX線照射面積は 1mm^2 以下とした。標準試料として、岩石標準試料JB-1のガラスおよびアーク溶融で合成した隕石組成のガラスを用いた。放射光による測定では高エネルギー加速器研究機構放射光研究施設ビームライン4Aにおいて、 20.55keV の単色X線を用いて蛍光X線分析を行った。測定によって得られた蛍光X線スペクトルから積分強度を求め、特徴的な微量元素を選び統計処理を行い、試料の外見的特徴と内包する微量成分から試料の区分を行った。測定した試料は球形のS-Type spherule (測定数：10試料, 採集場所：南極), I-Type spherule (測定数：7試料, 採集場所：深海底) の宇宙塵および不定形の宇宙塵 (測定数：79試料, 採集場所：南極ドームフジ) である。

自作の装置では、制作したソフトウェア制御により試料台位置を制御して多数の試料を連続的に分析し、データを自動保存するシステムを完成させた。実験室系のX線励起源を用いても、この装置を利用することでマイクロサイズの微小試料の連続微量分析が可能になった。JB-1 ガラス ($900\mu\text{m}\phi$) 試料を分析したところ、含有量 41.3ppm のRb、 20ppm 程度のGaやYなどが検出可能であった。また実際に宇宙塵試料 ($150\mu\text{m}\phi$) でも、鉄隕石由来するCrやNiなどの元素の他、GaやRbなどを検出することができた。本測定システムを用いることにより蛍光X線スペクトルを基にした宇宙塵の特性化が可能になった。

放射光を励起光に用いると、Se, Rb, Sr, Y, Zr, Moのような重元素の微量成分について、より高感度に検出することができた。得られた蛍光X線スペクトルから微量重元素の挙動の特徴を統計的に検討したところ、表面形状などによって次のような特徴を持っていることが明らかになった。

- 1) 球形の宇宙塵ではCu, Se, Pb, Yが欠乏していたが、不定形のものでは特徴的に存在していた。
- 2) 不定形のを硫化物濃度で3段階に分けた場合と、Cu, Seの割合で分けた場合とではよい一致を見せ、両者の相関が認められた。
- 3) 球形のものに関しては、S-Type spheruleではMn, Sr, Zrについて濃集がみられ、I-Type spheruleではあまり見られない。
- 4) 同様に、Rb, MoはI-Type spheruleに特徴的に観察され、他のものではほとんど見られなかった。

1)の原因として、試料形態が球状のものは、熱効果を受けたことをその表面の特徴から如実に示しているが、このような形態の宇宙塵ではCu, Se, Pbなどの微量元素が欠乏していることがわかった。

またCaやMnなどの比較的軽い元素に注目するとI-Type spheruleではほとんど検出されずFe-Ni合金が主成分であったが、不定形の宇宙塵ではその逆でケイ酸塩成分が比較的多いという傾向があった。不定形のはChondriteやAchondriteに近い組成だと思われ、I-Type spheruleに比べより始源的な情報を含んでいると考えられ

る。また一方、球形の宇宙塵であるS-Type spheruleはCaの含有量が多いという情報が得られた。

その他、(3)(4)で示した元素の比率や不定形試料でも、球形試料の微量成分と同様な挙動を示すものが観察され、特性化を行うことができた。このようにして、蛍光X線分析による微量分析から宇宙塵の起源や経てきた環境について検討及び分類が可能となった。