

[2023104105]

即発ガンマ線分析装置を用いた隕石の元素組成に関する研究 Elemental abundances for meteorites by using prompt gamma-ray analysis

白井直樹^{#,A)}, 田中建汰^{A)}
Naoki Shirai^{#,A)}, Kenta Tanaka^{A)}
^{A)} Faculty of Science, Kanagawa University

Abstract

Elemental abundances for Dhofar (Dho) 275 and Northwest Africa (NWA) 1929 were determined by using prompt gamma-ray analysis and instrumental neutron activation analysis. Major element abundances and their elemental ratios for two meteorites indicated that Dho 275 and NWA 1929 are classified into eucrite. For Dho 275, our result was consistent with petrological and mineralogical results. In contrast, our result for NWA 1929 was inconsistent with petrological and mineralogical results, implying that the sample used in this study contained eucritic components more than those in petrological and mineralogical studies. Based on lithophile elements, two meteorites are classified into basaltic eucrites.

Keyword: prompt gamma-ray analysis, instrumental neutron activation analysis, elemental abundances, HED meteorites

1. はじめに

隕石や地球の岩石の元素組成から、太陽系や惑星の形成過程、母天体での火成活動や進化過程を明らかにすることが可能である。地球の岩石に比べて、隕石試料は、分析に用いることのできる量に限りがある。そのため、より多くの元素が高感度・高精度で定量可能な分析手法が好まれる。このような要求に答えられる分析手法は、放射化分析法である。放射化分析法の中で、即発ガンマ線分析法は、機器中性子放射化分析法に比べて、中性子フラックスが低く、適当な冷却時間により即発ガンマ線分析法で分析した試料の放射能は天然のバックグラウンドと同程度となり、管理区域外に持ち出すことが可能である。つまり、即発ガンマ線分析法で分析した試料を異なる分析手法(機器中性子放射化分析法や誘導結合プラズマ質量分析法)にて分析することが可能であり、より多くの化学的な情報を引き出すことが可能である[1]。

HED 隕石は、ホルダイト隕石、ユークライト隕石、ダイオジェナイト隕石の頭文字をとって総称した隕石グループであり、小惑星ベスタに起源を持つと考えられている。小惑星ベスタは地球と同じように地殻、マントル、核という層構造からなっている。小惑星ベスタでの火成活動は太陽系形成初期には終わっており、地球型惑星の形成過程で起こった初期の地質学的過程の情報がそのまま隕石に保存されていると考えられている。従って、HED 隕石から、地球形成の初期で起こったであろう地質学過程を明らかにするために最適な試料である。そこで、本研究では、岩石組織や鉱物組成からユークライト隕石とホルダイト隕石に分類された Dhofar (Dho) 275 と Northwest Africa (NWA) 1929 の化学組成を即発ガンマ線分析法と機器中性子放射化分析法を用いて求め、得られた値から 2 つの隕石の化学的特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 実験

2.1 即発ガンマ線分析

粉末試料である Dho 275 と NWA 1929 を四フッ化エチレン六フッ化プロピレンフィルム袋に封入し、日本原子力研究開発機構 3 号炉 (JRR-3) 実験ホール内の即発ガンマ線分析装置を用い、約 3 時間中性子照射しながら即発ガンマ線を測定した。定量には、日本地質調査所の JB-1 を用いた。

2.2 機器中性子放射化分析

機器中性子放射化分析は、3 号炉の PN-3 を用いて 10 秒間中性子を照射し、10 分後にガンマ線を測定した。異なる粉末試料を PN-1 にて 20 分間中性子を照射し、約一ヶ月間に 3 回のガンマ線測定を行った。定量には、JB-1 を用いた。

3. 結果と考察

PGA と INAA を組み合わせて、30 元素 (B, Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Br, La, Ce, Sm, Eu, Gd, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th) 定量することができた。これらの元素のうち、2 つの隕石の B, S, Cl と Br 濃度は、南極や砂漠以外で発見されたユークライト隕石やホルダイト隕石に比べて高かった。Dho 275 と NWA 1929 は砂漠で発見されたため、地球上での汚染によるものと考えられる[2]。

主要元素やそれらの元素比から、Dho 275 と NWA 1929 はユークライト隕石と同じ特徴を示し、化学組成の点から 2 つの隕石はユークライト隕石に分類することができる。Dho 275 は岩石学的・鉱物学的研究からユークライト隕石に分類されており、本研究で得られた結果と一致していた。一方、NWA 1929 は岩石学的・鉱物学的にホルダイト隕石に分類され、化学組成からの結果と異なっていた。これは、本研究で分析に用いた試料には、ユークライト隕石成分が、岩石学・鉱物学的研究で用いられた試料に比べて多く含まれていると考えられる。

[2023104105]

ユークライト隕石は、玄武岩質ユークライトと集積岩ユークライトに分類することができる。Dho 275 と NWA 1929 の微量親石元素組成から、玄武岩質ユークライトであることがわかった。また、2 つの隕石の希土類元素存在度パターンでは、軽希土類元素と重希土類元素間で分別が見られず、Eu に負の異常が見られた。これらの化学的特徴は、玄武岩質ユークライトで見られる。

HED 隕石の親鉄元素濃度は、後期重爆撃期による隕石衝突のため、高くなっていることがある[3]。Dho 275 と NWA 1929 の Ni, Ir や Au は検出限界以下であり、隕石の汚染の寄与が少ないと考えられる。今後は、誘導結合プラズマ質量分析装置を用いて、白金族元素の分析を行い、小惑星ベスタの分化過程や後期重爆撃期に衝突した隕石の同定を行なっていく予定である。

参考文献

- [1] M. Ebihara and Y. Oura, Chemical characterization of the extraterrestrial material returned by future space mission: an application of nuclear activation methods, *Adv. Space Res.*, 34, 2305-2310, 2004
- [2] J. A. Barrat, A. Jambon, M. Bohn, J. Blichert-Toft, V. Sautter, C. Gopel, Ph. Gillet, O. Boudoum and F. Keller, Petrology and geochemistry of the unbrecciated achondrite Northwest Africa 1240 (NWA 1240): An HED parent body impact melt. *Geochim. Cosmochi. Acta*, 67, 3959-3970, 2003
- [3] N. Shirai, C. Okamoto, A. Yamaguchi and M. Ebihara, Siderophile elements in brecciated HED meteorites and the nature projectile materials in HED meteorites. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 437, 57-65, 2016.