

月隕石に存在する水の痕跡 Traces of water in lunar meteorite

鹿山 雅裕^{1*}; 富岡 尚敬²; 大谷 栄治³; 瀬戸 雄介¹; 福田 惇一⁴; 関根 利守⁵; 宮原 正明⁵; 小澤 信³;
三宅 亮⁶; 留岡 和重¹; Fagan Timothy⁷; 西戸 裕嗣⁸
KAYAMA, Masahiro^{1*}; TOMIOKA, Naotaka²; OHTANI, Eiji³; SETO, Yusuke¹; FUKUDA, Jun-ichi⁴;
SEKINE, Toshimori⁵; MIYAHARA, Masaaki⁵; OZAWA, Shin³; MIYAKE, Akira⁶; TOMEOKA, Kazushige¹;
FAGAN, Timothy⁷; NISHIDO, Hirotugu⁸

¹ 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ² 海洋研究開発機構高知コア研究所, ³ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ⁴ Department of Geology and Geophysics, Texas A&M University, ⁵ 広島大学大学院理学研究科, ⁶ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室, ⁷ 早稲田大学教育学部地球科学専修, ⁸ 岡山理科大学生物地球学部

¹ Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kobe University, ² Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³ Department of Earth and Planetary Materials Science, Graduate School of Science, Tohoku University, ⁴ Department of Geology and Geophysics, Texas A&M University, ⁵ Graduate School of Science, Hiroshima University, ⁶ Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University, ⁷ Department of Earth Sciences, School of Education, Waseda University, ⁸ Department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science

アポロ計画により回収された月の岩石試料からは含水鉱物の存在や水質変成作用の痕跡は見出されておらず、全岩分析からも含水量は 1 ppb 以下であると推定されていた (例えば、Taylor et al. 2006)。このことから、月は表面から内部におよぶまで水に枯渇した環境であると考えられてきた。しかし最近では、チャンドラヤーン 1 号によるリモートセンシングを用いた月面観測から、反射スペクトルにおいて多量の水分子や OH 基が検出されており (Pieters et al. 2009)、物質科学の分野においても、月のマグマ過程初期に生成した玄武岩に属するアポロ試料から 46 ppm もの水を含む火山ガラスが発見され (Saal et al. 2008)、また斜長岩からは 5~6.4 ppm もの構造水を有する斜長石が見出されている (Hui et al. 2013)。さらに、はんれい岩質クラストを有する月隕石 NWA2977 からは、0.7~1.7 wt.% もの多量な構造水をもつアパタイトが報告されている (McCubbin et al. 2010)。このように、最近の研究から月には従来推定されてきた以上に多くの水が存在することが提唱されてきたものの、直接的な証拠はまだ少ない現状である。さらに、月の水に関する研究の多くは表面に分布する岩石を対象にしたものにすぎず、月深部に分布する岩石の含水量についてはほとんど議論されていない。本研究では、化学組成ならびに結晶化年代から月深部にマグマ過程末期の残液から晶出したとされている玄武岩質・はんれい岩質の月隕石を対象に電子顕微鏡ならびに分光分析を用いて鉱物学的記載ならびに構成鉱物の含水量の評価を試みた。

電子顕微鏡観察の結果、この月隕石は玄武岩質およびはんれい岩質クラストとクラストの間を埋める礫化した基質から構成される。玄武岩質クラストには数十 μ m ほどのシリカ粒子が点在し、これは放射光 X 線回折ならびにラマン分光分析から石英と同定された。Charles et al (1971) によると、月のような水に欠乏した環境では深さ 10 km 以上でのみ石英が生成すると示唆されており、このことからこの月隕石は深部で産出したことが分かる。さらに、礫化した基質においてのみモガナイトを含む数十 μ m のシリカ粒子が確認された。衝撃溶融脈においては、モガナイトを含むシリカ粒子の外縁に高压相であるコーサイトやスティショバイトが分布する。このことから、モガナイトは地球上での風化作用や衝突の際の逆相転移に由来せず、月起源の産物といえる。ラマン分光分析によるピークの相対強度から、このシリカ粒子のモガナイト含有量は最大で 90 wt% 以上であることが判明した。地球上で産するモガナイトの生成には水が関与しており、含有量が 20 % を超えるものはすべてアルカリ流体からの蒸発岩起源とされている (Heaney and Post 1992)。さらに、モガナイトはカルサイトを伴い、ヒュージョン・クラスト付近や衝撃溶融脈中のカルサイトには発泡した痕跡や溶融ガラスとの共存が認められる。このことから、モガナイトと共にカルサイトも月起源と考えられ、その生成に流体が大きく関与していたことが推察される。これらの事実は月深部において流体活動が生じていたことを意味しており、月内部の形成過程に水が大きく作用したことを示唆している。今後は玄武岩質およびはんれい岩質クラストの主要構成鉱物であるかんらん石、輝石および長石を対象とした顕微赤外吸収分析を行い、各鉱物における含水量の定量評価を試みる。