

セレーネ搭載 X / 線分光マッピング観測による月科学への貢献

SELENE X-ray and Gamma-ray Spectrometry and its contribution to lunar science

岡田 達明[1]; 小林 正規[2]; 白井 慶[3]; 山本 幸生[1]; 高島 健[4]; 長谷部 信行[5]; 加藤 学[3]

Tatsuki Okada[1]; Masanori Kobayashi[2]; Kei Shirai[3]; Yukio Yamamoto[1]; Takeshi Takashima[4]; Nobuyuki Hasebe[5]; Manabu Kato[3]

[1] 宇宙研; [2] 早大・理工総研; [3] 宇宙研; [4] 名大・理・物理; [5] 早大・理工総研

[1] ISAS/JAXA; [2] RISE, Waseda Univ.; [3] ISAS; [4] Particle and Astro. Phys. Sci, Nagoya Univ.; [5] Adv. Res. Sci. & Eng. Waseda Univ.

<http://planetb.sci.isas.ac.jp/~okada/>

月周回衛星セレーネに搭載する X 線およびガンマ線分光による月面マッピング観測の目標と、期待される月科学への貢献について議論する。

セレーネは月の極軌道を高度約 100km で周回し、約 1 年間にわたって観測する。X 線・ガンマ線分光を含む 14 種類の最新鋭観測機器を用いて、月全領域の詳細な岩石タイプの特徴と表層構造を明らかにすることが目的である。過去の月探査で構築された月科学の残された課題、未発見・未解明な科学の究明に必要なデータのうち、周回探査で得られるものを全て取得する。観測機器間のデータ相互利用により、月科学の進歩に大きく貢献する。

蛍光 X 線分光計 (XRS) は史上初めて月面の極域を除く全表面を高い空間分解能 (< 20km) で観測する。100cm² という大有効面積、エネルギー分解能に優れる CCD を検出器に用いる。岩石タイプ分類と物質分化過程の理解に重要な 3 元素 Mg, Al, Si の他、太陽活動が活発な時間に Ca, Ti, Fe などの存在度も定量的に決定できる。

ガンマ線分光計 (GRS) はエネルギー分解能の非常に優れた Ge 検出器を用いて、月面全域の主要な元素と、放射性元素の存在度を調査する。Ge 検出器の使用により、過去の探査に比べて多数の元素を圧倒的に高い精度で決定することができる。

セレーネは、新規技術が切り拓くサイエンスの実現の場である。XRS と GRS の併用により、全ての主要元素 (Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe) と放射性元素 (Th, U, K) の存在度を 20 (~100) km 以下という過去に無い空間分解能かつ高精度で決定する。多種類の元素の大まかな空間分布は GRS、局所的な地質構造に対応する空間分解能と定量性は XRS が担当する。以下では、XRS/GRS が月の起源や進化の研究の主な課題に対して期待される主な貢献内容をまとめる。

(1)月の起源： 月の起源説として諸説が提唱されてきたが、アポロやルナ試料の分析結果との整合性や数値計算上の妥当性から、巨大衝突説が注目されている。この検証には、月のバルク組成の推定精度の向上と、月の熱進化史や内部構造の理解の促進が必須である。揮発性元素の欠乏、難揮発性元素の濃集、親鉄元素の欠乏、Mg# が小さいなどの特徴について、精度の向上が重要である。月深部の 3 次元的構造の理解も必須である。XRS / GRS の表面元素マッピング、後述のクレータ等に対する深部物質の元素情報の取得により、これらの研究推進の一助になる。

(2)月高地： 月面の約 83%を占める高地地殻の元素存在度は均質ではなく、半球規模の系統的な変化や局所的な分布を示すことが分かってきた。高地地殻の年代は海玄武岩よりも古く、月形成から約 40 億年前までの進化や分化過程を反映する地形や地質を残す。既に FeO マップについてはクレメンタインの UVVIS によって実施されたが (Jolliff et al., 2000)、XRS/GRS により他の多種類の元素マップを得ることで、高地地殻の形成や成長過程をより詳細に議論できる。

(3)月の海： 海玄武岩の成因は未解明だが、マグマオーシャンから月の高地地殻やマントルが形成された後の残液がリザーバとなり、その部分溶融によってできたと考えられる。海は月地殻の質量の約 1%だが、その組成や分布はマントルの進化や分化にとって重要である。既に得られた地質分布や年代分布、Ti 存在度に対してどのように元素組成が変化するかを詳しく調べる。

(4)ベースン & クレータ： 月のベースンやクレータは月地殻の組成と構造を 3 次元的に理解する鍵である。一般に直径の大きいものほど深く掘削し、周辺にエジェクタとして堆積する。これらの系統的な調査により、地殻深部からマントルに至る構造の新たな知見が得られる。また、地殻厚分布から、南極エイトケン盆地では地殻の厚さが非常に薄いとされ、その中のクレータではマントル物質が露出する可能性がある。現状ではマントル組成は推定値しかなく、地殻厚モデルや内部構造モデルはその推定値に強く依存する。従って、マントル物質の OL/OPX、Mg#、OL 存在度などの高精度化ができれば、月科学の大きな進歩が期待できる。また、オリエンタールは比較的玄武岩が少なく、地下物質を調査する格好の場所である。海の少ない地域の地下構造の理解に繋がるだろう。

(5)小地形： そのほか、10km 程度までの地形や地質構造については、主要元素組成をつかめる可能性がある。例えば、個々の溶岩流、溶岩ドーム、黒色堆積物、小クレータとエジェクタ、インパクト・メルト、クレータ中央丘である。これらの地下深部に由来する物質を調査することで、月の進化過程や深部構造の理解を深めることができる。