

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 8 月 21 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：H22～H24

課題番号：22540443

研究課題名（和文）かぐや分光データを用いた月の地殻形成過程および二分性原因の解明

研究課題名（英文）Study of crustal formation mechanism and origin of dichotomy of the Moon

研究代表者 大竹真紀子 (OHTAKE MAKIKO)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・助教

研究者番号：30373442

研究成果の概要（和文）：本研究では、月周回衛星「かぐや」により取得した可視・近赤外波長域分光データを用い、最も古い地殻である高地地殻岩石中の鉄、マグネシウム比の全球分布を調べた結果、裏側の地殻が表側に比べてマグネシウムがより多く、より早い段階でマグマオーシャンから固化した物質で構成されている事を明らかにした。これは、月の表裏での地殻形成過程（順序）を示したと同時に、月の表裏の二分性の原因としてマグマオーシャンからの固化過程が大きく寄与することを示す証拠である。

研究成果の概要（英文）：This study apply an empirical algorithm to lunar reflectance spectra from the Kaguya and report that magnesium contents relative to iron of primitive crustal highland rocks on the farside are higher than on the nearside. Our findings indicate that the farside crust consists of rocks that crystallized from less-evolved magma than the nearside crust. This indicates that the lunar dichotomy is directly linked to crystallization of the magma ocean and suggests that the composition of the magma ocean was more primitive at the time of crustal growth than previously estimated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
H22 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
H23 年度	499,910	150,000	649,910
H24 年度	50,725	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,050,635	1,050,000	4,549,910

研究分野：惑星科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：かぐや、月、地殻、惑星起源・進化、惑星探査

1. 研究開始当初の背景

提案者らは、月周回衛星かぐやの分光データを用いて、マグマオーシャンから固化してできた月上部地殻が従来推(82-92%)よりも、より斜長石に富んだ純粋な岩石（ほぼ100%斜長石の）からなることを示した(Ohtake et al., 2009)。ただし、このよ

うな純粋な化学組成の地殻がどのように形成したのか、マグマオーシャンからの斜長石の分離過程がより難しくなり、従来の地殻形成過程推定に修正が必要となった。

2. 研究の目的

本研究では、発見された斜長石に富んだ

純粋な岩石中に少量含まれる鉄、マグネシウム含有鉱物（かんらん石、輝石）の鉄、マグネシウム比の分布を月全球で求め、そのような純粋な斜長岩地殻を形成する過程（地殻固化順序）を調べるとともに、長く課題となっている月の二分性（月の裏側は表比べて溶岩流の噴出が非常に少ない、地殻が表側より厚いなど）の成因を明らかにする。

3. 研究の方法

月面の反射光は、鉱物種に依存する 1000nm 付近に吸収を持つ。この吸収強度が鉄量の増加とともに深くなる効果、同吸収中心波長が鉱物中に含まれる鉄とマグネシウムの比により変動する効果を使って、鉱物中の鉄の絶対量と鉄、マグネシウム比を推定する新しい

アルゴリズムを開発し、このアルゴリズムを月周回衛星「かぐや」に搭載されたスペクトルプロファイラ（SP）およびマルチバンドイメージャ（MI）により取得した可視・近赤外波長域分光データに適用する事により、月面全球での化学組成（鉱物量比と Fe/Mg 比）分布を調べる。

4. 研究成果

解析の結果、図 1 に示す通り月裏側（各画像の中央部）では表側に比べて鉄、マグネシウムを含む鉱物の量が少なく、また鉄とマグネシウムの比は裏側でよりマグネシウムに富む事が解った(Ohtake et al., 2012)。これは月裏側が表よりも、より早い段階でマグマオーシャンから固化した物質で形成されている事を意味し、従来の同心円状に対象

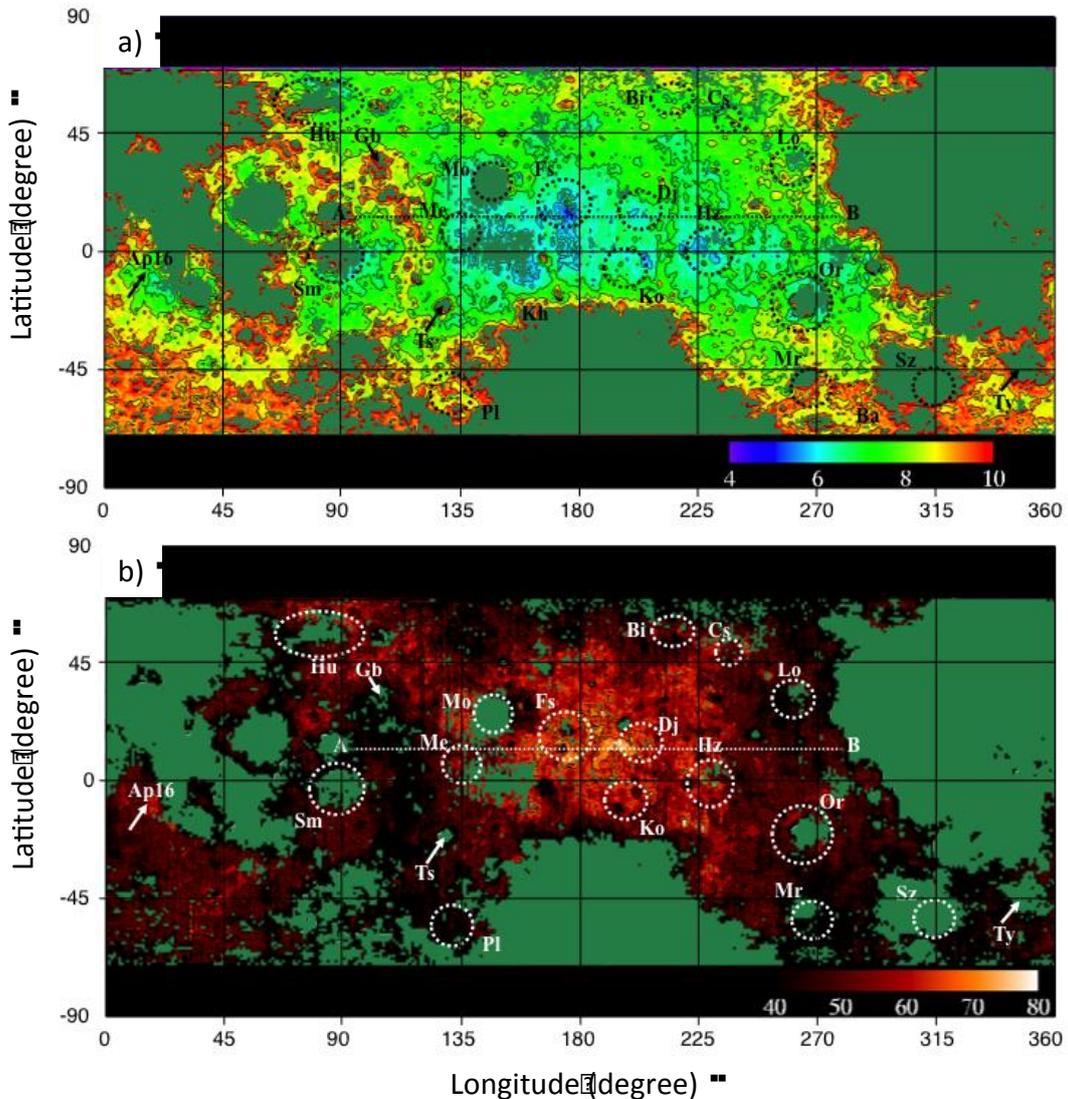


図1 月表層化学組成分布

a)鉄、Mg含有鉱物量(vol.%)、b)鉄、Mg比(Mg/(Mg+Fe))inmole%

的な地殻形成モデルとは異なる、非対称の地殻形成過程を示唆する。この事実は、地殻形成過程（固化順序）が初めて明らかとなった事に加え、月の表裏の二分性（中でも特に地殻厚や溶岩噴出量の差、液層濃集元素の含有量の二分性）がマグマオーシャンの固化過程に関係していることを示す、初めての直接的な証拠である。また、さらに月裏側に従来測定されたアポロサンプルよりもよりマグネシウムに富んだ地殻物質が存在する事は、マグマオーシャンの初期化学組成が従来の推定よりもマグネシウムに富んでいた可能性がある事を示唆する重要な情報である。

前述の月面水平方向での化学組成分布に加え、深さ方向には、深さ数 km 程度まではクレータ形成等による月面表層土形成に伴う攪拌・混合により地殻組成は不均一化している事が解った（混合層と呼ぶ）。混合層以深では、地殻は深部ほど鉄、マグネシウムを含む鉱物が減少し、より鉄とマグネシウムの比ではマグネシウムに富む傾向を示した。これら垂直方向への化学組成変化は、地殻形成モデルを今後さらに修正する必要がある事を示唆する。

また、本研究ではこれら情報を基に将来の月面探査における着陸候補地点の検討を行い、月裏側から、これまでにアポロ探査等で得られていない未知の地殻試料を採取し、地上に持ち帰って化学組成や年代測定を行う、サンプルリターンミッションの提案を行った。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

Makiko Ohtake, Hiroshi Takeda, Tsuneo Matsunaga, Yasuhiro Yokota, Junichi Haruyama, Tomokatsu Morota, Satoru Yamamoto, Yoshiko Ogawa, Takahiro Hiroi, Yuzuru Karouji, Kazuto Saiki, Paul G. Lucey, 2012, Asymmetric crustal growth on the Moon indicated by primitive farside highland materials, Nature Geoscience 5, 384-388.

大竹真紀子, 荒井 朋子, 武田 弘, 唐牛 譲, 佐伯 和人, 諸田 智克, 小林 進悟, 大槻 真嗣, 國井 康晴 2012, 月裏側高地物質サン

プルリターンミッションの提案, 遊星人, 21, 217-223.

〔学会発表〕（計 3 件）

Ohtake, Makiko New Understanding of the Lunar Highland Crust and Candidate for Future Lunar Exploration Meteoritical Society 75th Annual Meeting of the Meteoritical Society 5150 2012 8/12-17 Cairns, Australia (招待講演)

大竹真紀子, 武田弘, 松永恒雄, 横田康弘, 春山純一, 諸田智克, 石原吉明, 山本聡, 小川佳子, 廣井孝弘, 唐牛譲, 佐伯和人 かぐや分光データを用いた月高地地殻の鉱物量比と Mg# の深さ方向変化 Japan Geoscience Union Japan Geoscience Union Meeting 2012 2012 5/20-25 幕張メッセ

大竹真紀子, 武田弘, 松永恒雄, 横田康弘, 春山純一, 諸田智克, 石原吉明, 山本聡, 小川佳子, 廣井孝弘, 唐牛譲, 佐伯和人 月高地地殻の化学組成から推定する高地地殻形成過程 日本惑星科学会 日本惑星科学会 2012 年度秋季講演会 2012 10/24-26 神戸大学

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
<http://www.jspec.jaxa.jp/hottopics/20120605.html>
<http://www.geochem.jp/information/info/120613.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者 大竹真紀子 (OHTAKE MAKIKO)
独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・助教
研究者番号：30373442

(2)研究分担者 無し
()
研究者番号：

(3)連携研究者 無し
()
研究者番号：