

## 「月惑星探査の来たる 10 年」第一段階パネルへの意見書

確認：本意見書は日本惑星科学会が行う「月惑星探査の来たる 10 年」検討の第一段階においてパネルリーダーが意見取りまとめを行うための資料として提出して頂きます。**将来の月惑星科学・探査において最も重要になるであろう、第一級の科学**について提案して下さい。意見書の内容は公開討論会などで議論の対象となり、最終報告に反映されます。

締めきり：2010 年 8 月末日

提出：電子ファイル（Word または PDF 形式）で「月惑星探査の来たる 10 年」事務局（decade\_sec@wakusei.jp）に送って下さい。事務局で取りまとめて、パネルリーダーに展開します。

- 「月惑星探査の来たる 10 年」検討の詳細については、惑星科学会サーバから資料をダウンロードすることができます。

[https://www.wakusei.jp/news/announce/2010/2010\\_03\\_10/2010\\_03\\_09\\_introduction.pdf](https://www.wakusei.jp/news/announce/2010/2010_03_10/2010_03_09_introduction.pdf)

### ■ 意見提出先パネル（希望するパネルに○をつけて下さい。複数回答可）

- 地球型惑星固体探査パネル
- 地球型惑星大気・磁気圏探査パネル
- 小天体探査パネル
- 木星型惑星・氷衛星・系外惑星探査パネル

### ■ 提案タイトル

（月の表裏地殻のサンプルリターン：月出発物質への同位体組成制約）

### ■ 代表者の氏名・所属・連絡先（E-mail アドレス、または電話番号と Fax 番号）

（荒井朋子 千葉工業大学 PERC、tomoko.arai@it-chiba.ac.jp）

### ■ 共同提案者の氏名・所属（適宜追加して下さい）

（三澤啓司（国立極地研究所））

### ■ 要約（400 字程度）

（月の斜長石に富む地殻は、月初期のマグマオーシャンからの結晶化産物だと考えられている。しかし、最近では、アポロの地殻岩石の中で、約 43 億年前という若い形成年代をもつものがあつたり、初生  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比がコンドライト組成のマグマオーシャン起源を支持しない値を示す分析結果も報告されており、「始原的組成を持つマグマオーシャンからの結晶化」では説明がつかないと考えられるようになってきた。さらに、近年の南極産月隕石起源の地殻岩石から、「始原的組成を持つマグマオーシャンからの結晶化」で説明がつくような初生  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比を持つものも報告され、表裏の地殻起源の相違の可能性や、多段階マグマオーシャン仮説も浮上している。従って。同位体研究分野では、月地殻起源の議論に混乱が生じており、月地殻の起源及びマグマオーシャン組成の理解は膠着状態にある。この状況を打開し、月の起源と進化の理解を進めるためには、月の表側と裏側の地殻岩石をサンプルリターンするほかない。そこで、我々は、月の表側（例えばチコクレータ）と裏側（コロレフクレータ、バーコフクレータ、ジャクソンクレータなど）の斜長石に富む地域から、それぞれ地殻岩石をサンプルリターンする探査を提案する。）

### ■ 本意見書の内容（テキストおよび図表）をパネルリーダー並びに事務局がパネル討論と各種報告書へ引用することについて承諾しますか？（いずれかに○）

- 承諾する
- 承諾しない

### ■ （上で「承諾する」に○をされた方のみ）引用時には協力者リストを付加する場合があります。協力者リストに氏名を公表することを希望しますか？（いずれかに○）

- 希望する
- 希望しない

- ・自由記述 (3 ページ以内, 図表の貼り付け可)  
[背景と意義]

月の斜長石に富む地殻は、月初期のマグマオーシャンからの結晶化産物だと考えられている。しかし、最近では、アポロの地殻岩石の中で、約 43 億年前という若い形成年代をもつものがあったり(Borg et al., 1999GCA) (図 1)、初生  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  値がコンドライト組成のマグマオーシャン起源を支持しない値を示す分析結果も報告されており、「始原的組成を持つマグマオーシャンからの結晶化」では説明がつかないと考えられるようになってきた。さらに、近年の南極産月隕石起源の地殻岩石から、「始原的組成を持つマグマオーシャンからの結晶化」で説明がつくような初生  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  値を持つものも報告され(Nyquist et al., 2006GCA) (図 2)、表裏の地殻起源の相違の可能性(Arai et al., 2008EPS)や、多段階マグマオーシャン仮説(Nyquist et al., 2006GCA; Arai et al., 2008EPS)も浮上している。従って。同位体研究分野では、月地殻起源の議論に混乱が生じており、月地殻の起源及びマグマオーシャン組成の理解は膠着状態にある。この状況を打開し、月の起源と進化の理解を進めるためには、月の表側と裏側の地殻岩石をサンプルリターンするほかない。そこで、我々は、月の表側と裏側の斜長石に富む地域から、それぞれ地殻岩石をサンプルリターンする探査を提案する。

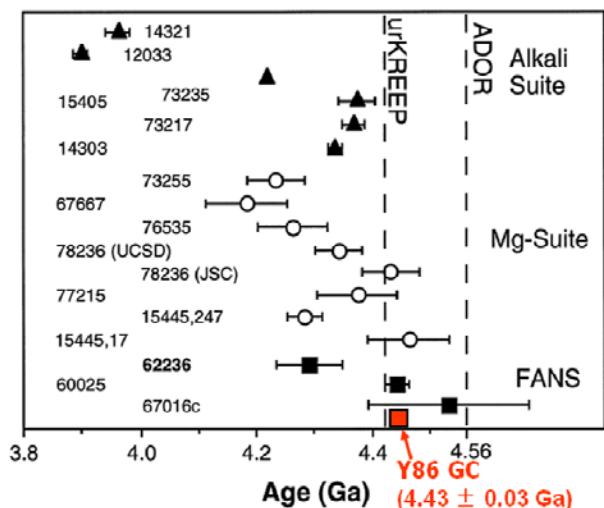


図 1 アポロ及び月隕石起源の月地殻岩石の同位体年代 (Borg et al., 1999; Nyquist et al., 2006)

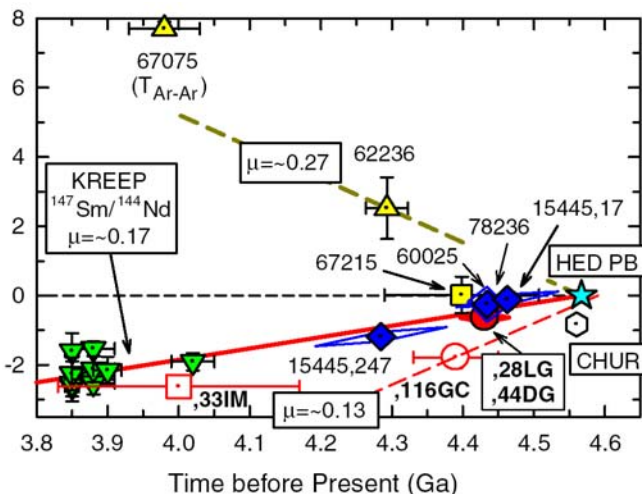


図 2 月地殻岩石の初生  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  値 (Nyquist et al., 2006)

### [目的]

月の表側と裏側の斜長石に富む地域から、それぞれ地殻岩石をサンプルリターンし、各系列の同位体分析(とくに Sm-Nd 系列)を行い、月の表裏の地殻起源の相違有無の実証と行うとともに、同位体組成の観点から、月の出発物質に新たな制約を与える。

### [手法]

月の表側は、微量元素濃集が見られない地域で、比較的年代の新しいクレータが新鮮な地殻岩石を露出している場所(例えばチククレータ)、月の裏側は鉄やトリウム濃度が低い地域(たとえば、バーコフ、コロレフ、ジャクソンクレータ)などからサンプルリターンを行う。持ち帰ったサンプルは、まず岩石・鉱物の組成・組織分析を行い、クレータ形成時の衝撃変成の痕跡が残されていない試料を識別する。そして、形成初期の情報を記録している可能性が高い岩石試料に関して、詳細な岩石・鉱物の組成・組織分析、バルク化学組成分析(主要元素、微量元素)、複数の同位体系列の同位体年代・組成(U-Pb-Th, Pb-

Pb, Sm-Nd, Rb-Sr, Ar-Ar) を行う。また、中性子照射をしない試料の希ガス同位体から  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  値に基づく表層に露出した年代の推定、宇宙線照射起源希ガスデータに基づく、表層滞在年代や埋没深度、太陽風の影響なども調べる。これらの物質科学データに基づき、各岩石種類の岩石の成因と相関関係を理解するとともに、これらの生成したマグマ組成を推定し、月の地殻・マンツルの形成メカニズムと起源を解明する。これらの物質科学分析の結果（特に同位体年代・組成）に基づき、月の表裏の地殻起源の相違有無の実証を行うとともに、同位体組成の観点から、月の出発物質に新たな制約を与える。

#### [期待される成果と波及効果]

月の表裏の地殻の同位体組成・年代・岩石鉱物組成が明らかにされることにより、表裏地殻組成・形成メカニズム・起源の二分性仮説が実証されるとともに、月の出発物質の特定ができる。これにより、月の起源にとどまらず、地球の起源（初期組成）やジャイアントインパクトをもたらした衝突天体の組成への議論にも発展することが期待される。また、表裏地殻の同位体年代がわかることにより、マグマオーシャンの固化年代や、もし45億年より古い年代であれば、月の誕生時期についての新たな情報も得られる可能性がある。

以上