

# 月の宇宙風化作用と SELENE の科学

## Space weathering on the Moon and SELENE

# 佐々木 晶[1]; 廣井 孝弘[2]

# Sho Sasaki[1]; Takahiro Hiroi[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] ブラウン大・地質

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo; [2] Geological Sci., Brown Univ

月や小惑星といった大気のない固体天体の表面は、隕石の激しい衝突で生成されたレゴリスというソイル状の微粒子で覆われている。宇宙風化作用はもともと、アポロ探査が持ち帰った月の岩石とソイルの色の違いを説明するために考えられた機構である。平均的な化学組成は同じでも、月の石を粉末にしたものと、月ソイルの反射スペクトル(光の波長ごとの反射率)では、ソイルの方が暗く、しかも赤外領域よりも可視領域の方が暗いというスペクトルの「赤化」を示した。この変化が、宇宙風化作用(Space Weathering)である。その原因は、大規模な衝突のときに熔融・飛散・急冷されて形成されたガラス状物質が、反射スペクトルの暗化、赤化を支配しているためであると、長い間考えられていた。しかし、ガラス質が形成されるだけでは、暗化や赤化を単純に説明することは困難であるため、Hapke は、「色」変化の原因はソイル粒子中に、ナノメートルスケールの鉄微粒子が形成されたことが原因であると 1970 年代に主張した。しかし、Keller らが 1993 年に月ソイル粒子のリムに微小鉄を発見するまでは、この説は省みられなかった。我々は、パルスレーザーを用いたダスト高速衝突加熱の模擬実験により、微小鉄生成が反射スペクトル変化を直接引き起こすことを明らかにした(Sasaki et al., 2001)。

この宇宙風化作用が月面でどのように進行しているかを明らかにすることは、月探査において非常に重要である。古い表面は反射率変化が進んでいて、宇宙風化作用の効果を切り除かないと、組成の議論することができないからである。本発表では、SELENE ミッションにより、宇宙風化作用の理解をどのように進めるべきか、何が明らかになるかを論じたい。SELENE には、多波長マッピングイメージャ(MI)および、紫外可視近赤外スペクトルメータ(SP)が搭載されている。さらに、X線分光や 線分光により、表面の物質組成の情報も得ることができる。

1 表面レゴリスの宇宙風化作用の進行度を Maturity (成熟度)という。Lucey らは Clementine の分光データから月表面物質の Maturity、Fe 量、Ti 量を求めるアルゴリズムを作成した。0.75 ミクロンの反射率と 0.95/0.75 比から 0.95/0.75 量を(Lucey et al., 1995)、0.75 ミクロンの反射率と 0.42/0.75 比から Maturity 及び Ti 量を求める(Blewett et al., 1997)。しかし、この両方で求めた Maturity は一致しない。Shkuratov et al. (1999) は、0.65 反射率と 0.65/0.42 比もしくは、0.75 反射率、0.65/0.42 比、0.95/0.75 比の 3 成分から Maturity を求めるべきだと主張している。SELENE では、MI により近赤外域まで全域で信頼性のある分光データを取得する計画である。これにより、多波長から信頼度のある maturity を出すということが可能になるだろう。Fe や Ti の含有量見積もりにとっても重要である。

2 そもそも、Eros などの天体については、月と同様の解析ができないことがわかっている。0.75 ミクロンの反射率と 0.95/0.75 比から得られる maturity の trend は月とは別のラインになる。我々の宇宙風化の実験でも、Lucey による trend は再現できない。おそらく組成依存性があるからであろう。まず、月全面の解析の前に、ほぼ確実に同じ化学・鉱物組成と思われる領域で、maturity の変化を求める。この傾向が、それが月の様々な場所で変化するかを議論するべきである。さらに、Fe, Ti だけではなく、宇宙風化作用による赤化、暗化を取り除いて、組成を求める方法を確立する。

3 実験室では、宇宙風化作用に鉱物・組成依存性があることがわかっている。カンラン石より輝石の方が宇宙風化作用は弱い。また、鉄の非常に少ない鉱物ならばスペクトル変化は小さいはずである。単一鉱物では、鉄の少ない anorthite などは、宇宙風化を受けにくいと考えられるが、Olivine, pyroxene が混合していることで、(生成した微小鉄粒子が anorthite grain も覆うため)反射率が変化する。実際に、月のソイル粒子ではこのような構造が発見されている。月高地地域の宇宙風化作用を調べて、現実の組成依存性について、議論したい。

4 宇宙風化作用による Maturity からは、相対的な年代を議論することができる。これとクレータ年代学を結びつけることができるならば、絶対的な年代の議論をすることも可能である。比較的新しい小クレータの、クレータの内部、エジェクタを調べることにより、maturity の変化と年代との関係を確立する。

5 非常に小さいクレータの解析から、表層の Maturity の高いレゴリス層の厚さを議論することができる。絶えず衝突攪拌の進行する月面で、どの程度の深さまで宇宙風化作用が進行しているかは、重要な情報である。

6 このほか、見かけの Maturity への位相角の違いの影響や、宇宙風化作用の緯度依存性など、調べるべき科学項目は非常に多い。