

宇宙風化作用のシミュレーション実験による惑星表層物質の反射スペクトル変化

Simulation of space weathering in the laboratory: Changes of reflectance spectra of the planetary surface materials

佐々木 晶[1], 濱邊 好美[2], 倉橋 映里香[3], 廣井 孝弘[4], 長谷川 直[5], 大橋 英雄[6], 小暮 敏博[7], 田賀井 篤平[8], 山田 真保[9]

Sho Sasaki[1], Yoshimi Hamabe[2], Erika Kurahashi[3], Takahiro Hiroi[4], Sunao Hasegawa[5], Hideo Ohashi[6], Toshihiro Kogure[7], Tokuhei Tagai[8], Maho Yamada[9]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・理・地質, [3] 早大・教育・理・地球科学, [4] ブラウン大地学, [5] 宇宙研, [6] 東京水産大環境, [7] 東大院・理・鉱物, [8] 東大・博物館, [9] 日本宇宙フォーラム

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo, [2] Geol. Inst. Univ. of Tokyo, [3] Earth Science, Waseda Univ., [4] Dept. Geological Sci., Brown Univ., [5] ISAS, [6] Dep. Ocean Sci., Tokyo Univ. Fish., [7] Min. Inst. Univ. Tokyo, [8] University Museum, Tokyo Univ., [9] JSF

宇宙風化作用をシミュレーションするため、ミクロンサイズの微小ダストの衝突現象の時間スケールに相当する6-8nsのパルスレーザー照射により、惑星構成鉱物試料の反射スペクトルの変化を調べた。今回は新たに、(1) anorthiteへの照射・スペクトル測定実験、(2) olivine結晶試料への照射およびTEM観察、(3) pyroxeneの510nmバンド変化の検証を行った。斜長石は弱い反射率の低下が認められた。olivine結晶試料への照射したものは、粉末試料への照射と異なり色の変化が認められない。TEMでの観察でも変化は確認できなかった。

小惑星の反射スペクトルと隕石のスペクトルの間には大きな違いがある。S型小惑星に対応する隕石はほとんど存在せず、一方、普通コンドライトのスペクトルに類似する小惑星は非常に少ない。これは微小隕石衝突により表面の光学的性質が変化した、宇宙風化作用によると考えられている。月ソイルで確認された、サブミクロンスケールの微小鉄の生成が原因であるという考えがあるが、その過程については、理解されていない。

我々は、ミクロンサイズの微小ダストの衝突現象の時間スケールに相当する6-8nsのパルスレーザー照射により、惑星構成鉱物試料の反射スペクトルの変化を調べている。微小隕石衝突による加熱をパルスレーザーで模擬している。小惑星や月表面を考えるために、一度粉碎して75ミクロン以下にした鉱物粒子をペレット状に固めたものを試料としている。粉末試料にそのまま照射すると、試料が飛散するため照射効率が悪くなるためである。

照射窓のある小型真空チェンバーをX-Yステージの上に置くことにより、真空中での均質なレーザー照射を行った。レーザー照射により、反射率の低下と赤化が確認された。Yamada et al. (1999) [Earth, Planets, and Space, 51, 1255-1265]は、pyroxeneよりolivineの方がはるかに変化しやすいという重要な結果を得た。これは、宇宙風化作用において、鉱物組成の依存性があることを示している。さらに我々は、宇宙空間ではolivineの多い小惑星ほど、実際に赤化が進んでいることを明らかにした(Hiroi and Sasaki, submitted to Meteoritics and Planetary Sciences)。一方で、レーザー照射によって、1ミクロン、2ミクロンの吸収帯の規格化した深さは大きく変化していない。これは、ガラス化が本質的な役割を果たしているのではないことを示唆している。

今回は新たに、(1) anorthiteへの照射・スペクトル測定実験、(2) olivine結晶試料への照射およびTEM観察、(3) pyroxeneスペクトル変化の再検討と510nmバンド変化の実証を行った。レーザー照射実験は、宇宙科学研究所および東京水産大学で、TEM観察は東京大学で行った。反射率測定は宇宙開発事業団筑波センターの分光測定装置を使用した。Yamada et al. (1999)と同じく、入射角30度、反射角0度で、250nmから2600nmまでの反射スペクトルを測定した。

斜長石anorthite(クッタラ湖産)を粉末にして、ペレット試料を作成しレーザー照射を行った。olivineやpyroxeneと比較するとペレット試料はfragileで破壊されやすい。照射結果として、やはり弱い反射率の低下が認められた。特に1300-1500nm付近の吸収が大きくなった。

olivine結晶(San Carlos)試料への照射したものは、粉末試料やペレット試料への照射と異なり色の変化が認められない。TEMでの観察でも変化は確認できなかった。この原因として、粉末/ペレット試料ではレーザー照射に伴う蒸発のときに、凝縮できるターゲットがすぐそばにあるため、そこで選択的な凝縮変成が起きたことが考えられる。一方で、粉末試料は鋭角の表面を持つため、実効的な蒸発速度が高くなり、結果として蒸発に伴う変成が強くなる可能性もある。また、粉末試料では粉碎時に割れ目や格子欠陥が増えたため、加熱時の元素拡散速度が大きかったため結果として微小鉄形成などの現象が起きた可能性も否定できない。

pyroxene(Bamble enstatite)の510nmバンドの変化の計測のため、250nm-2600nmの反射率測定の他に、1nmおきの反射率を500-520nmで測定した。予備的な解析によれば、未照射試料で確認できる小さな吸収バンドの強さが、レーザー照射の回数が大きいほど、弱くなる傾向が認められる。