

宇宙風化作用シミュレーション実験：小天体表面物質の光学的変化

Laboratory Simulation of Space Weathering: Changes of optical properties of planetary surface materials

倉橋 映里香[1], 佐々木 晶[2]

Erika Kurahashi[1], Sho Sasaki[2]

[1] 東大・理・地惑, [2] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci. Univ. of Tokyo, [2] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo

小惑星は太陽系初期の環境に関する情報を保持しており、太陽系の起源と進化を解明する上で大変重要な存在である。一般に、隕石の母天体は小惑星であると考えられている。しかし、反射スペクトルによる分類を比較してみると、最も多いS型小惑星に対応する隕石はほとんど存在せず、また隕石の多くを占める普通コンドライトに対応する小惑星も非常に少ないことがわかっている。S型小惑星と普通コンドライトの構成鉱物が同じであるにも関わらず、小惑星のスペクトルは隕石に比べて反射率低下・赤化・吸収帯浅化がみられる。両者の反射スペクトルが異なる原因として、星間塵や微小隕石の衝突によって小天体表面物質が光学的に変化するという宇宙風化作用が挙げられる。近年では望遠鏡や探査機によって小惑星観測が行われているが、宇宙風化作用は大気のない天体すべてに作用すると考えられるため、小惑星表層の正確な組成を知るためには、観測データから宇宙風化作用の影響を取り除くことが必要不可欠である。月における宇宙風化作用の研究において、理論的に予測されていた微小鉄が月レゴリス試料中に実際に生成していることが近年発見され、現在では宇宙風化作用の根本的原因は微小鉄であると考えられている。しかしながら、微小鉄の生成メカニズムや微小鉄と反射スペクトルの関係など、未だに解明されていない問題が多い。

そこで、本研究では天体表面における微小隕石等の衝突をパルスレーザー照射で再現したシミュレーション実験を行うことで微小鉄と反射スペクトル変化の関係を詳細に調べ、宇宙風化作用による天体表面物質の変化とそのメカニズムを明らかにすることを目的としている。現在までにかんらん石および輝石について反射率低下や赤化が確認され、さらにかんらん石については宇宙風化作用の根本的原因と考えられている微小鉄が実際に生成されていることがわかっている。しかしながら、実際のS型小惑星や普通コンドライトはかんらん石と輝石の両方で主に構成されており、これらの混合試料について考える必要がある。これまでの宇宙風化作用を考慮した鉱物混合シミュレーションは理論的計算しか得られておらず、実際に実験を行う必要がある。そこで今回は、かんらん石と輝石の混合試料についてシミュレーション実験を行い、宇宙風化作用を考慮した場合でもスペクトルの足しあわせで混合試料のスペクトルを再現することができるのかを確かめた。

我々は微小隕石等による天体表面への衝突を模擬するために、6-8nsパルスレーザーを用いたシミュレーション実験を行っている。この手法は微小隕石衝突の時間スケールとエネルギーを模擬することができる。レゴリスを考慮するために鉱物を粉碎し、ペレット状に固めたものを真空チェンバー内でレーザー照射(0・1・5回照射)し、反射スペクトル測定を行った。

かんらん石と輝石の混合試料はOl(75wt%) + Px(25wt%), Ol(50%) + Px(50%), Ol(25%) + Px(75%)を作成し、シミュレーション実験を行った結果、それぞれについて反射率低下・赤化・吸収帯浅化が見られた。次に、かんらん石100%・輝石100%のスペクトル結果を用いて、上記の混合試料に対して最小二乗法を用いたフィッティングを行った。その結果、すべての混合試料について宇宙風化作用を考慮した場合でも単一鉱物のスペクトルの足しあわせで混合試料のスペクトルを再現することができることがわかった。また、それぞれの試料についてかんらん石と輝石のフィッティング比を比較した結果、フィッティング比は実際の混合比とは一致しないことが明らかになった。また、スペクトルに現れる割合は輝石 > かんらん石であることがわかった。例えば、実際の混合比がOl(50wt%)+Hy(50wt%)の場合、フィッティング比はおよそOl30%+Hy70%となる。さらに、風化度が異なってもフィッティング比はほとんど変化しないことがわかった。以上のことから、実際の混合比とフィッティング比の関係をみると、二次曲線が描けることがわかった。このことから、小惑星のスペクトルを単一鉱物のスペクトルを用いたフィッティングによって再現し、そのフィッティング比を用いることで小惑星表面本来の組成を推測することができると考えられる。

さらに、宇宙風化作用の根本的原因と考えられている微小鉄について調べるために、電子顕微鏡による観察および電子スピン共鳴(ESR)測定を行った。その結果、新たにエンスタタイト試料についても微小鉄が生成していることが確認された。また、ESR測定では、Ol・Px・Ol+Pxについて風化度があがるほど微小鉄の量が増加していることが初めて明らかになった。以上のことから、微小鉄の生成形態・生成量と反射スペクトル変化の関係についての考察も行った。