

宇宙における酸素同位体異常と惑星系形成論

北海道大学 大学院理学研究院 教授
坂本尚義



研究の背景

私たちの宇宙において、酸素は、水素・ヘリウムに次いで豊富に存在する元素であり、私たちが生きていくためにも不可欠な元素です。私たちの太陽系には、かつて原子量が異なる酸素が2種類あり、その原子量は、3つの酸素同位体のうち存在度が最も大きい ^{16}O 成分の増減により決定されていました。我々の地球を含む太陽系の天体は、この2種類の酸素が種々の割合で混合されてきています。この現象は酸素同位体異常とよばれ、1973年に一つの隕石から発見されて以来、現在まで多数の分析結果により追認強化されてきました。しかしながら、その起源とその後の惑星系形成とのかかわりについては未解決のままです。

研究の成果

私たちは、宇宙において普遍的におきている現象を用い、それに太陽系形成の力学理論と物質の化学反応を組み込むことによって、太陽系に酸素同位体異常が自然と導入される事を示しました。この理論モデルのキーワードは、低温・氷・水蒸気であり、従来考えられていたキーワードである高温・岩石・岩石蒸気とは正反対です。

このモデルでは、惑星の酸素同位体比は宇宙でできた氷の影響を強く受け、 ^{16}O 成分が少なくなります。そのため、太陽系の質量の大部分を占める太陽の酸素同位体比は、太陽をまわる惑星とは異なります。私たちは、太陽は隕石中にある岩石蒸気の凝縮物である難揮発性包有物(図1)と同じ、 ^{16}O 成分が多い酸素同位体組成をもっていると予想しました。また、太陽系ができた頃には、隕石や惑星などの太

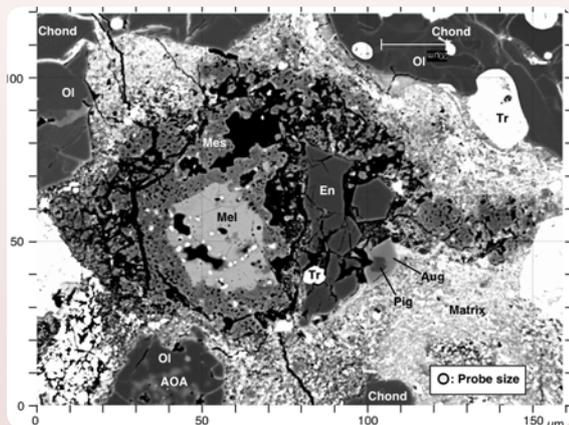


図1 炭素質隕石中に見られる難揮発性包有物の走査電子顕微鏡写真

陽系物質で現在観察されている酸素同位体異常よりずっと大きい異常があったはずであることを理論的に示し、その両極端の酸素同位体異常をもつ物質は、氷と一酸化炭素であることを予言しました。その後私たちは、氷に予言された、 ^{16}O 成分が非常に乏しい酸素同位体組成をもつ、宇宙シンプレクタイトという新物質(図2)を隕石中に発見し、宇宙シンプレクタイトは鉄が低温で酸化して出来上がった事を解析しました。

今後の展望

このモデルが予言した、 ^{16}O 成分に非常に富む酸素同位体組成を示す物質は未だ発見されていません。またこのモデルでは、木星型惑星の酸素同位体組成は、太陽から離れる惑星ほど ^{16}O 成分が大きくなっていく事も導いていますが、未だその組成は知られていません。これらの予言を、新しい質量分析装置の開発や、木星以遠への惑星探査により検証していきたいと思っています。またこのモデルは、酸素同位体異常は惑星系の普遍的な特徴である事を予言しています。最近見つかった系外惑星系の酸素同位体組成の決定を行うことにより、予言の真偽を決定し、太陽系の一般性と特殊性を解析していくことにより汎惑星系形成論を展開していきたいと考えています。

関連する科研費

平成17-20年度 基盤研究(S)「同位体による先太陽系史と太陽系創成期の解明」

平成20-24年度 特別推進研究「原始太陽系の解剖学」

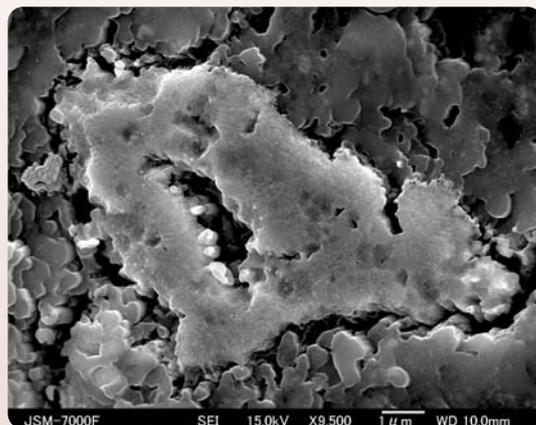


図2 炭素質隕石中に見られる宇宙シンプレクタイトの走査電子顕微鏡写真