

含水微惑星における水質変質：実験的に変質させた Ningqiang 炭素質コンドライトの鉱物、希ガス組成の特徴

Aqueous alteration in hydrous asteroids: mineralogical and noble gas signatures of natural and experimentally altered Ningqiang carbonaceous chondrite

(提出先：九州大学大学院理学府，2005年)

山本征生 (Yukio Yamamoto)

所属：東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設

太陽系物質の進化過程において、太陽系形成後数百万年の出来事は、最初の天体である微惑星の形成や、その内部での水質変質、熱変成などによる構成物質の組成変化という点で非常に重要である。そのうち、水質変質は低温で起こる微惑星内部での最初の物質進化過程であり、構成物質に与える影響は大きいと考えられる。しかし、水質変質が揮発性物質に与える影響は不明な部分が多い。微惑星当時の物質情報をよく保持している天体に小惑星があり、われわれは小惑星物質を隕石として手に入れることができる。よって隕石の物質科学的特徴から、始原物質に対する水質変質の影響を知ることができる。

隕石中に含まれる希ガスには大きく分けて原子核反応により生成される成分と、隕石の材料物質が元々持っていた成分がある。前者は放射性核種の壊変や宇宙線と隕石構成元素との反応によって生成される。後者は原始成分希ガスと呼ばれ、コンドライトに普遍的に存在する Q ガスや、非平衡普通コンドライトや水質変質を受けていない炭素質コンドライトの一部の種類に含まれている Ar-rich ガスと呼ばれる成分などがある。本研究では実験的に水質変質させた隕石の希ガス組成変化と鉱物組成変化を同時に測定することによって、水質変質の程度と希ガス組成変化、また希ガスの担体に及ぼす水質変質の影響を明らかにすることを目的とした。水質変質実験は粉末にした Ningqiang 隕石と水を 200°C で 0.5 日、1 日、2 日、5 日、10 日、20 日間保つことで行った。水質変質前後のサンプルは粉末 X 線回折により全岩での鉱物組成を決定した。その後、シンクロナン放射光 X 線回折による詳細な鉱物組成分析、SEM、TEM による観察、質量分析法による希ガス分析を行った。

水質変質によって、Ningqiang 隕石中の主要構成鉱物のうちオリビン、パイロキシンおよび硫化鉱物の量が減少し、サーペンティンとヘマタイトが生成した。サーペンティンはオリビンやパイロキシンの構成元素から生成されたと考えられ、また水質変質を受けた天然の炭素質コンドライトに一般的に含まれている。(サーペンティン)/(オリビン+パイロキシン) は 5 日まで急激に増加し、その後増加が緩やかになっていることから、水質変質によるサーペンティンの生成は主に最初の 5 日間で行われたと思われる。電子顕微鏡による観察によっても、オリビン、パイロキシン粒子の周囲にサーペンティンが生成しているのが確認された。これらのことから、水質変質の初期段階

において含水微惑星に存在する無水珪酸塩が含水珪酸塩に変化することが示された。

水質変質の影響は希ガス組成においても明確に見られた。最初の 5 日間の水質変質で多くの原始成分希ガスが失われており、その減少率の変化は含水珪酸塩の生成率と相関があった。原始成分希ガスのうち、Ar-rich ガスはその大部分が程度の低い水質変質で失われていた。一方、Q ガスは比較的保持されていた。宇宙線起源核種である ^{21}Ne はオリビンやパイロキシンを構成する Mg, Si 原子から生成され、サンプル中に均等に分布していたと考えられる。したがって ^{21}Ne の濃度変化は、サンプル全体における水質変質の進行状況の指標になる。この ^{21}Ne 濃度の減少量に比べて原始成分希ガスの減少量が多かったことから、わずかな水質変質によって含水微惑星から多くの原始成分希ガスは失われることがわかった。また 5 日間より長い期間水質変質させたサンプルでは、5 日間水質変質させたサンプルと比べて主な希ガス濃度変化がなかったことから、水質変質による脱ガスは最初の 5 日間ではほぼ終了し、原始成分希ガスのほとんどは最初の 5 日間で失われたと考えられる。この傾向は鉱物組成分析による結果と一致した。

水質変質によって、原始成分希ガスだけでなく放射起源希ガスも著しく減少した。 ^{129}I の β 崩壊 ($T_{1/2}=17\text{Ma}$) により生成される ^{129}Xe は 10 日間の水質変質によってほぼすべて失われた。このことから放射年代のリセットには今まで考えられていた熱変成だけでなく、水質変質も影響を及ぼす可能性が示唆され、 ^{129}I - ^{129}Xe 年代は隕石母天体の形成年代ではなく、隕石母天体内で水質変質が終了した年代を反映している可能性が挙げられた。

本研究は水質変質における固体物質の鉱物組成変化とそこに含まれる希ガス組成変化の関係を初めて解明した。本研究の結果は原始成分希ガスの大部分が、初期太陽系に存在していた含水微惑星からわずかな水質変質によっても失われたことを示唆する。このことは、太陽系初期に存在していた天体の固体物質だけでなく、同時にガス成分の組成にも水質変質が大きな影響を与えていたことを示すものである。また水質変質による放射年代への影響を示し、含水微惑星内での水質変質が終了した年代を得る端緒を得た。