

氏 名 市 川 収

学位（専攻分野） 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大甲第294号

学位授与の日付 平成9年9月30日

学位授与の要件 数物科学研究科 極域科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Petrology of the CR chondrites

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 白石 和行
教 授 神沼 克伊
助 教 授 小島 秀康
教 授 宮本 正道 (東京大学)
教 授 池田 幸雄 (茨城大学)

論文内容の要旨

隕石は、太陽系生成初期の星雲ガスから塵、微惑星、原始惑星へと天体が成長してゆくいろいろな段階を代表する物質である。したがって、太陽系星雲での出来事や、惑星の形成・進化の初期のプロセスを復元するための貴重な手がかりとなる。隕石母天体の復元を考える上で、初期の出来事の一つである水質変成が母天体形成前の星雲中で起きたのか、または母天体形成後におきたのかを解明することが、本研究の目的である。

隕石の中で、炭素質隕石は、太陽系形成直後の微惑星を形成していた物質と考えられており、母天体形成後に生じる熱や圧力による変化を受けていないものが多い。そのため、炭素質隕石を詳しく研究することにより、水質変成の形成場を推定できることが期待される。水質変成を被っている炭素質隕石にはCR、CI及びCMタイプがあるが、CRタイプは他のタイプには見られないような弱い変成程度のものが観察されるため、より初期の水質変成過程を明らかにできる。

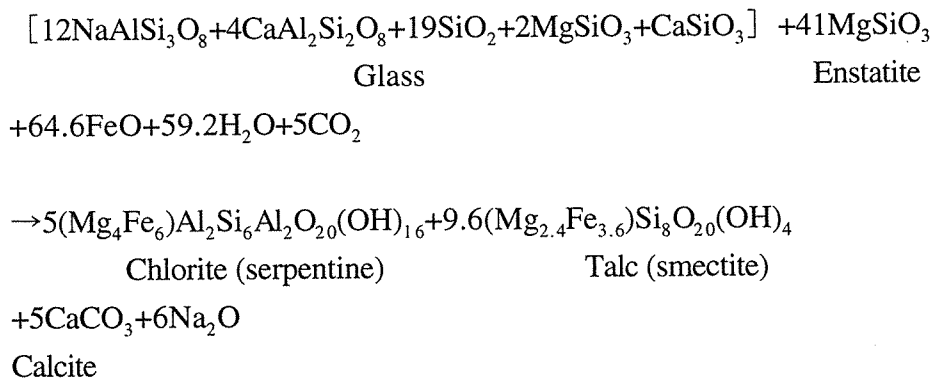
稀少なCRタイプの炭素質隕石は近年、酸素同位体比や窒素同位体比および全岩組成や鉱物学的な特徴から再分類されている。そこで、本研究では、まず国立極地研究所が保有する8個のCRタイプとされてきた南極産隕石について、岩石学的特徴、鉱物学的特徴及び酸素同位体比の3つの観点から、総合的な分類を行った。その結果、6個については従来からCR隕石として知られている特徴をもつ隕石であるが、他の2個については、それぞれ、今までに報告されている5つのサブタイプのどれにも属さない新たなサブタイプの隕石であることがわかった。

CR隕石の顕著な鉱物学的特徴として、コンドリュール中のカンラン石のクロム含有量が比較的高い(1.2wt%)ことがあげられ、還元的環境下でコンドリュールが形成されたことを示す。このことは、メタルのCo/Ni比がソーラー・アバンダンスに等しいために、星雲中から直接凝縮によってできたと考えられることと矛盾しない。

CR隕石の水質変成については、次の結果を得た。

個々のCR隕石の各コンドリュールごとに含まれる含水層状珪酸塩鉱物(以下フィロシリケートという)の組成はSi-Mg-Fe三角ダイアグラム上のスメクタイトの固溶体組成と蛇紋石の固溶体組成を示す線の間で、鉄に富む範囲にプロットされるものから、マグネシウムに富む範囲にプロットされるものまで変化に富む。しかも、コンドリュール中の石基ガラスは鉄に富むフィロシリケートを持つもののみに残っているのに対し、マグネシウムに富むフィロシリケートを含むコンドリュールには残っておらず、また輝石の一部も変質しているという特徴がある。いっぽう、かんらん石の変質は見られない。このように、CR隕石では輝石がカンラン石よりも先行して変成するという事実は、地球上の液体の水が関与した変質とは対照的である。

この結果から、コンドリュールの変成初期では石基ガラスのみが変成することによって鉄に富んだフィロシリケートを、変成後期では輝石が変成しマグネシウムに富んだフィロシリケートを生成することが明らかになった。コンドリュール中にその先駆物質である石基ガラスと輝石が変質鉱物であるフィロシリケートと共存している部分を見出し、各鉱物の化学組成から以下の水質変成の反応式を得た。



コンドリュール中での水質変成過程が隕石母天体集積以前の星雲ガス中で起きたのか、または、集積後の隕石母天体上で起きたのかについては、直接的な証拠はみつかっていない。しかし、個々の隕石や隕石中の各コンドリュールの変成程度が大きく異なることは、星雲中での変成よりもむしろ隕石母天体中での変成の場所（表層からの深さ）の違いを示唆する。隕石母天体中で水蒸気による水質変成を受けた場合は、深さによって温度や圧力が異なり、それがコンドリュールの変成程度の違いに現れるであろう。様々な変成程度のコンドリュールが1つの隕石中に混在することは、ガーデニングにより母天体が掘り起こされ、異なる深さにあったコンドリュールが混じりあったと考えることができる。しかし、コンドリュール中のガラスが直接隕石のマトリックスと接している組織がみられたことから、CR隕石は母天体上での最終的な岩石化を被った後は水質変成を受けていないと結論づけた。

一方、マトリックスのフィロシリケートの化学組成は隕石毎の個体差はなく、均質で、しかも細粒である。このことは、変成程度に差があるコンドリュールとは異なり、マトリックスの変成が母天体中ではなく星雲中で起こり、細粒な無水珪酸塩鉱物が完全に変成した後、コンドリュールと共に母天体に集積したと考えることができる。

また、ダーク・インクルージョンにのみフランボイダル状磁鉄鉱が産することは、このダーク・インクルージョンが、液体の水が存在する場所で形成されたと考えられる。しかし、CR隕石中の他の構成物中には同様のフランボイダル状磁鉄鉱は観察されない。このことは、ダーク・インクルージョンがCR隕石そのものとは異なった場所で水質変成を受け、その後、CR隕石の母天体に取り込まれたことを意味する。

以上を要約すると、CR隕石の形成について、岩石学的・鉱物学的に次のようなモデルが考えられる。

1. 還元的環境下でのコンドリュールの形成。
2. 酸化的環境下で、細粒な無水珪酸塩鉱物が水質変成することによりマトリックスを形成。
3. コンドリュール及びマトリックスが集積し、隕石母天体を形成。
4. 隕石母天体中でコンドリュールが、その深さに応じた水質変成を被る。その結果、異なった変成程度を示すコンドリュールが形成された。
5. 他の母天体で水質変成を受けたダーク・インクルージョンが、CR隕石の母天体に取り込まれる。
6. ガーデニングにより様々な深さの岩石が混じりあい固化したが、この最終的に岩石化した後には水質変成は起こらなかった。

論文の審査結果の要旨

市川君は、極地研究所が保有する8個すべての Renazzo タイプの炭素質隕石 (CR 隕石) についてその岩石学的研究を行い、博士論文としてまとめた。この論文は以下に述べるとおり論文構成、内容とも理学博士の学位に値するものである。

同君の論文は岩石記載、分類、変質作用、形成史から構成される。岩石記載では、8個の CR 隕石の組織の記載、かんらん石、輝石、ガラス、マトリクスなどすべての構成要素の EPMA による組成分析を行い、詳細な記載をしている。この中でかんらん石が他の隕石に比べて、高濃度のクロームを含むこと、各種の変質鉱物を含むこと、カマサイトのニッケルとコバルトがソーラー比を示すこと等の特徴を見いだしている。分析技術、記載内容とも、この分野の研究者としての水準に充分に達していると判断できる。

市川君は岩石記載と、酸素同位体の分析結果を基に、8個の隕石の分類上の検討を行った。CR 隕石はメイングループと1個から数個の隕石からなる4つのサブグループで構成されているが、彼は8個のうち6個の隕石がこのメイングループに属すること、残りの2個についてはこれまで知られているどのサブグループにも属さないことを見いだした。そして CR 隕石が現段階では、メイングループを含む7種のサブグループから構成されると結論付けた。

CR 隕石は他の C1、C2 と同様に変質鉱物を含むことが知られている。しかし、CR 隕石全体の数が少ないことから、変質鉱物を作り出した CR グループ隕石が被ったであろう変質作用については、その観点からの検討はなされていなかった。同君は変質鉱物の産状、化学組成を検討した。その結果、コンドルールには、被った変質に程度の差があること、その違いによって変質を受けている鉱物の組合せが異なること、更にその変質度が累進的に変化していること、それにともなって変質鉱物の組成が変化していることを明かにし、化学反応式を表した。一方、マトリクスではコンドルールで認められるような系統的な変質は見いだされないと結論した。

以上のことを基に、市川君は以下の CR 隕石の形成モデルを提案した。

1. CR 隕石のコンドルールは他の炭素質隕石や普通コンドライトのそれらと比べて高温で還元的な環境で形成された。
2. CR 隕石のマトリクスは低温で酸化的な環境で形成され、しかも細粒であったために変質鉱物で構成されるに至った。
3. 以上が混合、集積して CR 隕石の母天体を形成した。
4. コンドルールは母天体中でその深度に応じた温度条件の異なる環境で水蒸気による変質作用を受け、その結果変質度が異なるコンドルールが形成された。
5. ガーデニングを受けてさまざまな深さの岩石が混合され、それ以降は変質作用は進まず、そのまま固化して、種々の CR 隕石が形成された。

市川君は限られた試料の中から、CR 隕石の生い立ちを示す証拠を得るために、徹底した顕微鏡観察と EPMA 分析を行って得られた膨大なデータを基にモデルを構築することに成功している。このことは、同君が今後独立した研究者として進んでゆく能力があることを示している。