

氏名・(本籍)	こ じま ひで やす 小 島 秀 康
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 9 4 9 号
学位授与年月日	平 成 2 年 6 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最 終 学 歴	昭和53年 3 月 秋田大学大学院鉱山学研究科 (修士課程) 鉱山地質学専攻修了
学位論文題目	炭素質隕石 CM の成因及び変質に関する岩石学的研究
論文審査委員	(主査) 教 授 青 木 謙一郎 教 授 大 沼 晃 助 教 授 大 本 洋

論 文 目 次

Abstract

1. 序論

1-1. 研究の目的

1-2. 炭素質隕石の位置付

1-2-1. 隕石の分類

1-2-2. コンドライトの分類

1-2-3. 炭素質隕石の分類

1-3. 南極隕石

1-3-1. 南極隕石の発見

1-3-2. 南極産炭素質隕石

1-4. CM コンドライト

1-4-1. CM コンドライトの特徴

- 1-4-2. CM コンドライトの変質作用とその研究史
- 1-5. 定義
2. 研究方法
 - 2-1. モード分析
 - 2-2. EPMA 分析
3. 岩石記載
 - 3-1. Yamato-74642
 - 3-2. Yamato-74662
 - 3-3. Yamato-75293
 - 3-4. ALH-77306
 - 3-5. Yamato-790003
 - 3-6. Yamato-790032
 - 3-7. Yamato-790123
 - 3-8. Yamato-791190
 - 3-9. Yamato-791198
 - 3-10. Yamato-791824
 - 3-11. Yamato-793321
 - 3-12. Belgica-7904
 - 3-13. Yamato-82042
 - 3-14. Yamato-86720
4. モード分析
5. 全岩化学分析
6. 鉱物記載
 - 6-1. Fe-Ni 金属
 - 6-2. 硫化鉱物
 - 6-3. 炭酸塩鉱物
 - 6-4. PCP
 - 6-5. グランドマス
 - 6-5-1. コンドルールの記載
 - 6-5-2. グランドマスの組成
 - 6-6. マトリックスの組成
7. 考察
 - 7-1. CM コンドライトの初生構造
 - 7-2. 初生の CM コンドライトのマトリックスの組成
 - 7-3. ガーデニングによるマトリックスの混合

- 7-4. PCP の生成と変質
- 7-5. 変質 PCP
- 7-6. マトリックスの変質
- 7-7. コンドルール, インクルージョンの変質
- 7-8. 熱変成を受けた隕石
- 7-9. 新種の C2 隕石
- 7-10. ペアリングについて
- 8. 結 論
- 謝 辞
- 文 献

論文内容要旨

この研究の結果、14個のCMコンドライトの中から変質の程度が低く、しかも付加的に成長したリムが良く発達した隕石が見いだされた。この構造の特徴は、その中心をコンドルール、インクルージョンとこれらのフラグメントが占め、その周囲にリムが取り巻き、PCPが更にリムの外側に存在することである。リムを構成するのは、サブミクロンサイズの含水珪酸塩鉱物、ミクロンサイズのFe-Ni金属、硫化鉱物である。PCPはリム中にはなく、コンドルールやインクルージョン中に認められる少量のPCPを除けば、リムの外側に存在する。この構造の特徴から、形成されたコンドルールやインクルージョンがこわれ、それらの周りにリムが成長し、更にその外側にPCPが付着したという形成過程が導かれる。リム中に数 μm 以下の硫化物やFe-Ni金属さえも残存していることは、母天体上の変質過程で、リム中の微細なFe-Ni金属や硫化物の変質されず、それと接する外側だけ硫化物やFe-Ni金属が変質されることによってPCPが形成されたとは考えられない。従ってPCPの付着までの過程は母天体形成以前、すなわち原始太陽系星雲中と推定することができる。CV3のリム中にはほとんど H_2O を含まれないこと、またリムからPCPの方向を組成的に考慮すればSに富む方向、すなわち揮発性成分に富む方向であることから、PCPの外側に更に氷が付着したと類推できる。以上のことよりこの構造は初生構造であると推定できる。

更に初生の構造を残した隕石のリムと、その外側にあつてPCPの間を埋めるエクストラリムの組成が同一であること、更に変質の程度の低い隕石のリムの組成もこれらとほぼ同一であることから、これらの隕石のリムの組成をCMマトリックスの前駆物質の組成として推定した。その組成はSi-Mg-Fe比で、37:31:32である。

一方、角礫化を受けたCMコンドライトのエクストラリムの組成の平均は、 $\text{Si}_{34}\text{Mg}_{26}\text{Fe}_{40}$ である。エクストラリムの組成がリムに比べてFeに富んでいることは初生のリムとクロンステドタイトがガーデニングによる角礫化の過程で機械的に混合した結果であると結論付けられる。

CMコンドライトの主要構成要素はコンドルール、インクルージョン、リムとエクストラリムから成るマトリックス、そしてPCPであるが、それらは変質されて最終的にFe-Mg蛇紋石となった。次にそれぞれの構成要素について変質の過程を記述する。

無変質のコンドルール、インクルージョンは主にカンラン石、低Ca輝石、メソステーシスのガラスと少量のFe-Ni金属、硫化鉱物から構成される。これらの構成要素には変質される順序が認められる。最初にガラスがFe-Ni金属や硫化鉱物と共に変質されて、Feに富んだ層状珪酸塩鉱物が形成された。次のステージで輝石が変質されることにより放出されたSi、MgがFeに富む層状珪酸塩鉱物に付加されてFe-Mg蛇紋石が形成された。最終ステージがカンラン石が変質されてFe-Mg蛇紋石化された。以上のようにコンドルールやインクルージョンは変質が進むことにより最終的にその外形のみ残り、内部はFe-Mg蛇紋石により構成される仮像と

なった。

マトリックスでは、前駆物質として推定した組成から二方向の組成変化が認められた。一方は Fe-rich の方向であり、他方はこれと反対の Si と Mg に富む方向である。前者は角礫化を受けた低変質の隕石に認められることから、角礫化の過程でリムがクロンステドタイトと機械的に混合して Fe-rich となった方向である。この組成変化を変質と考えなかったのはリムの組成は不変で、エクストラリムのみが Fe-rich になっており、シャープに接する両者に明瞭な組成の違いが認められたのである。後者は加水変質の過程で輝石やカンラン石が分解して放出された Si, Mg が付加された方向で、その反応の結果 Fe-Mg 蛇紋石が形成された。変質の程度が低くしかも角礫化を被った隕石中から、ガラスが直接エクストラリムと接して産する例が見いだされた。このことは、ガーデニングによる角礫化が激しい母天体の表面付近では、変質は弱くしかも角礫化の後には変質が進まなかったことを示していると共に、変質作用が母天体内部で進行したことを強く示唆する。

PCP は、その組成がクロンステドタイトとトチリナイトの比で 3 : 1 の時に母天体の集積したと考えられる。初生の構造を残した隕石では PCP が体積比で全体の約 30% を占める。一方トチリナイトは S を 20% 程度含むが、クロンステドタイトではその位置を SiO₂ が占める。このこととマトリックス中の S の含有量が 2% 程度であることを考えれば、従来のようにトチリナイトがすべて母天体上で変質されてクロンステドタイトとなったとは考えにくいからである。その後、PCP は母天体上での変質過程で、輝石やカンラン石が変質されて放出された Si や Mg と反応して Fe-Mg 蛇紋石と磁鉄鉱になった。

CM コンドライトには特徴的に炭酸塩鉱物が含まれる。この炭酸塩鉱物は産状と組成から二つのグループに分けられる。一方は単結晶あるいは数個の結晶集合体として、PCP に包まれるか接するかして PCP と密接な関係を持って産するもので、組成的には純粋な方解石である。もう一方は外形がインクルージョンを置き換えたような形態を示す多結晶集合体で、組成は Fe, Mg, Mn を多く含むドロマイト、アンケライトである。前者は PCP との関係から母天体を形成する以前に原始太陽系星雲中で形成されたと考えられる。また、後者は変質の進んだ隕石中に多く見いだされることから、母天体での変質過程でインクルージョンを置き換えて形成されたと考えられる。

コンドルール、インクルージョン、マトリックスと PCP の変質特徴から CM コンドライトの変質作用は、母天体で起こり進行した。角礫化を受けた隕石の方が全体として変質が弱いことから、変質は母天体の内部に行くほど進行した。すなわち熱源は母天体内部にあったと結論される。

以上述べてきた構造、変質の岩石学的特徴から、次に示すような CM コンドライトの形成過程が推定される。

1. コンドルール、インクルージョンの形成
2. コンドルール、インクルージョンのフラッグメンテーション

3. リムの付着
4. PCP のリムの外側への付着
5. H₂O の PCP の外側への付着
6. 母天体への集積
7. 母天体内部での変質と表層部でのガーデンニング

更に変質度と、角礫化、熱変成の有無を尺度として14個の南極産 CM コンドライトのペアリングについて考察した。

CM 炭素質隕石は、主要構成要素の変質度により二つのタイプに分けられる。

変質度 I, 低変質タイプ

グランドマス：ステージ I のガラスが残存するものやステージ II の Fe に富んだ層状珪酸塩鉱物からなる。

マトリックス：組成が、蛇紋石よりも Si に乏しくカンラン石との間の値域を取る。

PCP : トチリナイト-クロンステタイトである。

このタイプの隕石：Y-74642, Y-74662, Y-75293, Y-790032, Y-790123, Y-791190, Y-791198, Y-793321

変質度 II, 高変質タイプ

グランドマス：ステージ III と IV の Fe-Mg 蛇紋石。

マトリックス：Fe-Mg 蛇紋石。

PCP : 主に変質 PCP

このタイプの隕石：ALH-77306, Y-790003, Y-791824, B-7904, Y-82042, Y-86720

母天体上での角礫化の有無で更に二つのグループに分けられる。

角礫化を受けず初生構造を残す隕石

Y-74662, Y-791198, Y-791824, Y-82042

角礫化を受けた隕石

Y-74642, Y-75293, ALH-77306, Y-790003, Y-790032, Y-790123, Y-791190, Y-793321

熱変成を受けた隕石：B-7904, Y-86720

以上の結果から同一落下群を推定すると、Y-74642, Y-75293, Y-790032, Y-790123, Y-791190 は同一落下によるペアと考えられ、その他の Y-74662, ALH-77306, Y-790003, Y-791198, Y-791824, Y-793321, B-7904, Y-82042, Y-86720 は、それぞれ別の落下によりもたらされた隕石であると考えられる。

論文審査の結果の要旨

この研究は南極越冬隊員により隕石探査中に発見・採集された多数の隕石のうち、極めて希にしか存在しない炭素質隕石 CM (CM コンドライト), 14個について詳細な岩石学的研究を行い, その成果をまとめた最初のものである。この隕石の中には変質の程度が低く, しかも付加的に成長したリムが良く発達したものが認められる。この構造の特徴はその中心をコンドルール, インクルージョンとこれらのフラグメントが占め, その周囲にリムが取り巻き, PCP が更にリムの外側に存在することである。これは形成されたコンドルールやインクルージョンが壊れ, それらの周りにリムが成長し, 更にその外側に PCP が付着し, その後母天体を形成したという形成過程が導かれる。従ってこの構造は初生総合であると推定される。

コンドルールやインクルージョンでは変質により最初にガラスが Fe に富んだ層状珪酸塩鉱物に, 次に輝石が, 最終的にかんらん石が Fe-Mg 蛇紋石になった。マトリックスでは前駆物質として推定した組成から二方向への組成変化が認められた。一方は表層部でのガーデニングによる角礫化の過程で, リムがクロンステドタイトと機械的に混合し Fe-rich となった方向である。他方は加水変質の過程で輝石やかんらん石が分解し放出した Si, Mg が付加された方向で, その反応の結果 Fe-Mg 蛇紋石が生成した。

PCP はその組成がクロンステドタイトとトチリナイトの比で 3 : 1 の時に母天体に集積したと考えられる。その後, PCP は母天体上での変質過程で Fe-Mg 蛇紋石と磁鉄鉱になった。

以上の事項から次のような CM コンドライトの形成モデルが考えられる：コンドルール, インクルージョンの形成→コンドルール, インクルージョンのフラグメンテーション→リムの付着→PCP のリムの外側への付着→H₂O の PCP の外側への付着→母天体への集積→母天体内部での変質と表層部でのガーデニング

変質過程から CM コンドライトの成因についての新しいモデルを提案したことは隕石学の分野への貢献は大きい。これは小島秀康が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって小島秀康提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。