

# 論文審査の結果の要旨

氏名 小泉 英祐

本論文は9章からなる。第1章はイントロダクションとして、火星隕石の分類および火星進化と内部構造を探る上での火星隕石の重要性を述べた後、本研究の概要と目的を説明している。第2章は本研究の実験手法を、第3章から第8章までが本論文、第9章が全体のまとめとなっている。

シャーゴットイト (shergottite) グループの火星隕石は酸化的小および還元的小隕石に大別され、火星形成初期に形成された酸化還元状態の違う二種のマントルから結晶化されたとされている。酸化的小隕石には、火星地殻との同化が頻繁に行われた形跡がある一方、還元的小隕石にはその形跡が見られず、火星形成初期の情報を残していると考えられている。このため、初期分化以降は還元的环境のまま閉鎖系を保ったマグマから結晶化したシャーゴットイトは、始原的な火星マグマの情報を残していると考えられる。

本研究では、還元的小隕石の5個のシャーゴットイトの中から、Mg に富む Yamato 980459 (Y98)、Dar al Gani 476 (DaG)、および Fe に富む Queen Alexandra Range 94201 (QUE) を対象とし、その結晶化過程を明らかにすることにより、これらの隕石が同じ始原的なマグマから閉鎖系で形成可能であることを検証した。さらに、火星隕石結晶化時における酸素分圧の与える影響を調べた。

本研究を進めるうえで、酸素分圧をコントロールした環境下でのシャーゴットイト全岩化学組成のメルトを用いた等温・冷却結晶化実験、MELTS による相平衡計算、結晶成長を考慮に入れた元素拡散計算、カンラン石・輝石に対する分配係数を用いた計算、結晶化実験生成物中の鉄の価数比の酸素分圧依存性の測定 (XANES)、及び電子線後方散乱 (EBSD) などを行った。

第3章から5章では、還元的小シャーゴットイトの結晶化過程を3個の隕石 Y98、DaG、QUE について議論している。Y98 はカンラン石巨晶とカンラン石・輝石・メソスタシスの石基から成り、斜長石が存在しない。また、カンラン石、輝石共に火星隕石の中で最も Mg に富んでいる。この隕石はメルトから閉鎖系にて約 1°C/hr の冷却速度で固結したことを示した。DaG はカンラン石斑晶と輝石・斜長石の石基からなり、そのバルク組成は Y98 のそれとほぼ一致しており、鉱物学的特徴も Y98 と同じメルトから結晶化したことを示している。等温・冷却実験により、この隕石のカンラン石は Y98 のバルク組成と 1250°C において平衡であり、カンラン石の累帯構造から計算した冷却速度は約 0.035 °C/hr となった。QUE は輝石と斜長石からなり、カンラン石を含まず Fe に富んでいる。MELTS による計算によれば、QUE は Y98 を晶出により分化したメルトから結晶化した可能性が高い。また、QUE の結晶化過程は完全な閉鎖系ではないが、主要鉱物はメルトから 0.5°C/hr よりも遅い冷却速度で結晶化したことを結晶化実験により示した。

第6章と7章では酸素分圧が結晶化過程に及ぼす影響と、還元的環境が変化していないことを検証している。QUE バルク組成を用いて異なる酸素分圧下での結晶化実験を行って、酸素分圧の変化に伴い結晶化する鉱物が変わることを示すとともに、メルト中の  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  比を放射光 XANES 法を用いて求め、酸素分圧の変化により Fe の価数が系統的に変化することを確認した。また、結晶化後期に晶出して酸素分圧の影響を受ける pyrrhotite の組成及び電子線後方散乱 (EBSD) を用いた結晶構造の分析を行い、結晶化後期の段階において低温域における水質変成を受けた可能性が低い事を確認した。

第8章と第9章では、以上の知見をもとに火星マントルから火星隕石が形成されるまでのモデルを提唱している。火星隕石 Y98・DaG・QUE は共に Y98 メルトに由来しており、鉱物組成等の違いは結晶化時冷却速度の差による事を明らかにした。さらに、火星隕石中で最も Mg に富む Y98 のバルク組成が還元的火星隕石の元となる物質の情報を保持していることを示した点でも大きな意味がある。以上の結果から、軽希土類に欠乏した火星マントルから火星隕石が形成されるまでのモデルを提唱した。

以上の研究は、還元的火星隕石相互の成因関係を統一的に解明したものであり、今後の惑星科学の発展に寄与するところが大きい。

なお、Yamato 980459 と Dar al Gani 476 の研究の一部は既に論文として公表されているが、いずれの論文も申請者が筆頭著者として主体的に関わったものである。したがって、博士（理学）の学位を授与出来ると認める。