

# 論文審査の結果の要旨

氏名 紋川 亮

火星隕石には、雲母、角閃石および粘土鉱物などの含水鉱物が含まれるため、火星マグマも地球マグマと同様に  $\text{H}_2\text{O}$  成分を含む環境で生成したと考えられている。またこの推察は、最近ようやく明らかとなった火星表層の侵食地形および極付近に存在する氷などの探査結果とも矛盾しない。

本論文の最も重要な成果は、火星隕石に含まれる  $\text{TiO}_2$  成分に富み  $\text{H}_2\text{O}$  成分が少ない極めて特異な kaersutite の生成メカニズムを明らかにして、火星マグマの含水量に関する定量的な制約を与えたことにある。

火星隕石には、 $\text{TiO}_2$  成分に富む kaersutite という角閃石が含まれている。しかし、火星隕石に含まれる kaersutite は、低  $\text{H}_2\text{O}$  (0.1–0.2 wt%) であり、地球の kaersutite とは著しく異なる。すなわち、火星隕石の kaersutite は、地球の通常環境から著しく異なるメカニズムで晶出したことは明らかであり、このメカニズムの解明が、火星マグマの  $\text{H}_2\text{O}$  成分の推定に極めて重要な情報を与えてくれることは明らかである。

火星隕石の kaersutite が低  $\text{H}_2\text{O}$  である原因は、 $\text{Fe}^{2+}$  の酸化あるいは  $\text{Ti}^{4+}$  の濃集という2つの可能性がある。本論文では、地球に産する kaersutite を用いた室内実験を通じて、kaersutite の酸化脱水素反応が起こる酸素分圧および温度条件を正確に決定した。そして、酸化脱水素反応に不可欠な条件と、kaersutite を含む火星隕石が生成した条件とを比較検討することによって、火星隕石の kaersutite は酸化脱水素反応を経験していないこと明瞭に示した。また、地球に産出する kaersutite の化学組成を詳細に検討した結果、火星隕石中の kaersutite が地球産 kaersutite と比較して低  $\text{H}_2\text{O}$  含有量である原因は、火星隕石中の kaersutite ( $\text{TiO}_2 = 10$  wt%) が、地球産 kaersutite ( $\text{TiO}_2 = 5\text{--}6$  wt%) よりも  $\text{TiO}_2$  含有量に富むことが本質的であることを示した。さらに、火星隕石のかんらん石および輝石の組織構造から火星隕石の受けた冷却速度を見積もり、これまで深部で形成したと考えられてきた火星隕石が、通常 kaersutite の晶出が不可能な火星表面のごく浅所で形成したことを明らかにした。すなわち、火星隕石の特異な kaersutite の成因には、①火星表面のごく浅所で② $\text{H}_2\text{O}$  成分に乏しく  $\text{TiO}_2$  成分に富む融液に③0.2Gpa 以上の高圧条件が満たされることが不可欠であることを確定した。

本論文の後半では、これらの実験結果を踏まえ、火星隕石中の kaersutite は、輝石、FeTi 酸化物および長石質ガラスから構成される magmatic inclusion が、強い衝撃圧縮を受けることによって生じる  $\text{TiO}_2$  に富む溶融から生成されたとする新しいモデルを提唱し、この仮説を衝撃実験によって検証している。火星隕石が受けたと見積もられる衝撃圧(30~45GPa)を、輝石、長石および FeTi 酸化物の混合物に加えた結果、これら3種類の鉱物近接する領域で  $\text{H}_2\text{O}$  成分が少なく  $\text{TiO}_2$  成分に富むケルスータイト組成のメルトが生成することを実験的に示し、本論文の提唱するモデルが、特異な kaersutite を生成させるすべての条件を満たす簡潔およびきわめて合理的な発案であることを確定した。

本論文の結論は、①結晶固化の過程で magmatic inclusion を取り込んだ火星隕石の母岩体は、火星表層浅所での冷却プロセスを経験した事実を鉱物組織構造から明らかにしたこと、②火星隕石の特異な kaersutite は、このような母岩に取り込まれた  $\text{H}_2\text{O}$  成分が比較的乏しく、輝石、FeTi 酸化物および長石などによって構成されていた magmatic inclusion が衝撃圧縮を受けることによって生じた低  $\text{H}_2\text{O}$  かつ高  $\text{TiO}_2$  メルトから結晶化したこと③magmatic inclusion の含水量が低かったことは、magmatic inclusion が火星表層比較的浅所で取り込まれたことが原因であると考えることが妥当であることを明瞭に議論し、火星隕石中の kaersutite 生成メカニズムを纏めている。そして、火星隕石中の kaersutite の  $\text{H}_2\text{O}$  含有量が、火星表層部でのマグマの含水量を示していることを結論し、火星マグマの  $\text{H}_2\text{O}$  含有量に関する定量的な制約を与えることに成功した。

火星隕石の生成プロセスを詳細に紐解きかつ火星マグマの  $\text{H}_2\text{O}$  含有量に定量的な制約を与えることに成功したこれらの研究成果は、隕石学および鉱物学の発展に寄与するところが少なくない。したがって、博士(理学)の学位を授与するにふさわしいと認める。