

論文審査の結果の要旨

氏名 竹之内 惇志

本論文は10章からなる。第1・2章は諸言、第3～9章が本論文、第10章が全体のまとめになっている。

第1章は、火星隕石研究における衝撃現象研究の重要性を述べている。第2章は、隕石に記録された衝撃現象、とくに火星隕石中の黒色（褐色）カンラン石に関する従来の研究を紹介し、本研究の目的について述べている。第3章は、研究に用いた火星隕石（シャーゴッタイトとシャシナイト）、月隕石、普通コンドライトについての詳細な記載である。第4章は、電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）、後方散乱電子回折（EBSD）、透過型電子顕微鏡（TEM）、ラマン分光法、X線吸収端微細構造（XANES）、衝撃回収実験、衝撃シミュレーション計算コード（iSALE）など、本研究で用いたさまざまな分析手法について説明している。第5章は火星隕石の衝撃変成組織、とりわけ褐色カンラン石についての詳細な観察・分析結果について述べている。その中で、褐色カンラン石には金属鉄ナノ粒子が含まれていること、鉄粒子の周囲にはシリカに富む相は観察されないこと、無視できない量の3価の鉄が含まれていることが示され、鉄ナノ粒子の成因が不均化反応（カンラン石中の2価の鉄が、ゼロ価の金属鉄と3価の鉄に分かれる反応）にあることが強く示唆される。また、褐色カンラン石中には10ミクロン以下の薄い溶融脈を伴うラメラ組織が見られ、局所的に1480℃～1600℃の高温に達したことが示される。さらにラマン分析の結果、褐色カンラン石と衝撃溶融脈周辺のカンラン石との類似性が示される。第6章では玄武岩試料に対する衝撃実験の結果と、計算コード（iSALE）によるシミュレーション結果が示され、生成された衝撃変成組織と衝撃圧との関係が示される。第7章は月隕石中の衝撃変成組織の、第8章は普通コンドライト隕石中の衝撃変成組織の観察・分析結果を記述している。第9章は、ディスカッションである。まず、火星隕石中の褐色カンラン石の着色の原因となっている金属鉄のナノ粒子の成因が、カンラン石の不均化反応にあること、それには衝撃変成時の高圧相への相転移と逆相転移が関わっていることが説得力を持って示される。このモデルをもとに、褐色カンラン石生成の温度圧力条件を推定している。衝撃変成が圧力の大きさだけでなく残留熱とその継続時間にも依存することが示され、従来おこなわれてきた隕石における衝撃強度の分類法を大きく修正している。最後に、火星隕石シャーゴッタイトの衝撃温度圧力履歴を推定し、月隕石や普通コンドライト隕石のものと比較するとともに、シャーゴッタイト隕石が火星のどのような場所に起源を持つかについて考察を加えている。第10章は本研究で得られた結論を簡潔にまとめている。

本論文は、火星隕石中の黒色（褐色）カンラン石に関する詳細な観察・分析をおこな

うことにより、その成因としての不均化反応と、高压相への相転移および逆相転移の重要性を説得力をもって示すことに成功し、衝撃組織の生成においては圧力以外に残留熱とその継続時間がきわめて重要であることを明らかにした。これは従来の隕石学における衝撃変成スケールに大きな変更を迫るものであり、天体衝突現象の解明にとって重要な貢献をなすものである。また、本研究成果の応用として、火星隕石の起源とされる火星上での天体衝突の規模の推定をおこなって興味深い結果を得ており、十分に博士論文に値すると判断される。

なお、本論文（第3～9章）の一部をなす、火星隕石 NWA1950 中の褐色カンラン石の鉄ナノ粒子の成因に関する研究は三河内岳および小暮敏博との共著、おなじく火星隕石の温度圧力履歴に関する研究は三河内岳との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって分析・考察をおこなったもので、論文提出者の寄与が充分であると判断できる。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。