

減衰衝撃波を利用した衝撃回収実験 2 :

玄武岩の衝撃溶融脈の発生条件

大野 遼¹, 黒澤 耕介¹, 新原隆史², 三河内 岳³, 玄田英典⁴, 鹿山雅裕⁵,
小池みずほ⁶, 富岡尚敬⁷, 佐野有司⁸, 佐竹渉¹, 松井孝典¹

¹千葉工業大学,²東京大学工学系研究科,³東京大学総合研究博物館,
⁴東京工業大学地球生命研究所,⁵東京大学大学院総合文化研究科,⁶広島大学
大学院先進理工科学研究科,⁷海洋研究開発機構高知コア研究所,⁸東京大学大
気海洋研究所

はじめに：隕石の衝撃変成組織は、その隕石の母天体が経験した衝突現象を記録している。その衝撃変成組織から情報を取り出すことで、太陽系における天体の動きや成長など衝撃履歴のパラメータを推定できる。中でも、隕石の衝撃変成度合い (Shock stage) は岩石・鉱物組織を用いて分類され、過去の衝突の程度 (サイズ、速度) を推定するために用いられてきた (e.g., Stöffler et al., 2018)。過去の衝撃実験をもとにして鉱物種そのもの、あるいは岩石分類に応じた衝撃変成分類 (Stöffler table) が提案されており、広く利用されている。近年、Stöffler table とは独立にユークライト隕石に特化した詳細な衝撃変成度分類が行われ (Kanemaru et al., 2020)、苦鉄質岩石に対する Stöffler table の S1-S3 を細分化することが可能であることが示された。しかし、

この報告では、各ステージにおける定量的な衝撃圧力までは見積もられていない。そこで、本研究では、標的に対して十分に小さい飛翔体を用いて標的に減衰衝撃波を作用させる衝撃回収実験を行うことで、幅広い衝撃圧力を経験した試料を回収し、回収試料の組織を Kanemaru et al. (2020) による分類と比較した。それに加え、実験と同条件の数値衝突計算を実施し、衝撃変成組織が経験した温度圧力推定を行った。

手法：実験試料は内蒙古自治区の玄武岩を使用した。試料は直径 30 mm、高さ 24 mm の円柱状に加工し、チタン製のコンテナ (外径 50 mm) に収納した。これにポリカーボネイト製の球状飛翔体を、衝突速度~7 km/s で衝突させた。回収した試料は、千葉工業大学の偏光顕微鏡および SEM (Scanning Electron Microscope) を用いて観

察を行なった。化学組成分析および化学組成マッピングと、結晶学的分析は東京大学の EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) および FE-SEM (Field Emission Scanning Electron Microscope) に付随している EBSD (Electron back-scattered diffraction) を用いて行なった。これらの観察・分析結果を用いて、先行研究 (Stöffler et al., 2018) の岩石・鉱物組織から、経験した温度・圧力を推定した。また、iSALE を用いて数値衝突計算を実施し、経験した温度・圧力を見積もり、組織観察結果との比較を行った。

考察と結論： 試料中の衝突地点の直下近傍で玄武岩の主要構成鉱物である斜長石、輝石、カンラン石は、強い波状消光を示していた。衝突点から約 1~1.7 mm 離れた場所では、衝撃溶融脈 (太さは最大で 4 μm 程度) が 6 本存在することが確認された。溶融脈中には、直径約 2 μm 程度の気泡が観察され、衝撃実験によって溶融によって脱ガスが起こり、溶融脈が形成されたことを示唆していた。溶融脈中の化学組成分析から、Si、Al、Ca などの元素が含まれており、主に斜長石成分が溶融脈に含まれていると考えられる。結晶学的分析においては、EBSD 分析から溶融脈が非晶質であることが確認された。溶融脈に近接する主要構成鉱物は強い波状消光を示していたが、ガラス化やモザイク化などの組織は見られな

かった。Stöffler table M に従うと、本実験の回収試料は斜長石の衝撃変成組織からは Shock stage S2、衝撃溶融脈が存在していることから Shock stage S3 に分類された。一方で、以上の観察組織は Kanemaru et al. (2020) の分類では一意に Shock degree C に対応する。iSALE を用いた衝撃溶融脈近辺の最高経験圧力及び温度は、~10 GPa、~600 K と推定された。従って Kanemaru et al. (2020) の Shock degree C の衝撃変成組織は~10 GPa の衝撃圧力で形成されること、この時に局所的には数値計算で見積もられた温度よりも~800 K もの温度超過 (玄武岩のソリダス~1400 K から推定) が起こること、Stöffler table では想定されていない温度超過が存在すること、が明らかとなった。

結論： 本研究では衝撃回収実験を行い、回収試料の組織観察と iSALE を用いた数値計算結果を比較することで、先行研究で細分化された Shock stage に対して定量的な圧力の値を与えることができた。さらに、従来の Shock stage (Stöffler table) では想定されていない温度超過が起きていることを示唆することができた。今後は出発試料や初期温度などの条件を変化させた実験を行い、最終的に隕石が経験した衝撃温度圧力の定量的な値の推定を行なう予定である。