

蛇紋石の衝撃回収実験と衝撃脱ガスプロセス Impact water release mechanism of antigorite

木村 友亮^{1*}, 関根 利守¹, 真下 茂², 小林 敬道³

KIMURA, Tomoaki^{1*}, SEKINE, Toshimori¹, Tsutomu mashimo², Takamichi Kobayashi³

¹ 広島大学大学院理学研究科, ² 熊本大学 衝撃・極限環境研究センター, ³ 物質・材料研究機関

¹Graduate School of Science, Hiroshima University, ²Shock Wave and Condensed Matter Research Center, Kumamoto University, ³National Institute for Materials Science

蛇紋石は隕石、特に炭素質コンドライト中に豊富に含まれ、隕石衝突や海洋プレート沈み込みによる温度の上昇により脱水反応を起こす。そのため、地球に飛来した隕石中に含まれていた蛇紋石の脱水反応が地球の海洋形成や大気形成に大きく関わった重要な物質と考えられている。そのため、蛇紋石の衝撃実験は数多く行われている中でもマーチソン隕石中のサーペンティンに関する実験結果では、約10~30GPaまでの衝撃圧力では一部が分解し、36GPaで完全に分解するという結果がでている。このような衝突による脱水反応で脱水メカニズムを定量化する為に、本研究は粉末試料を用いて、試料密度1.6-2.0 g/cm³ (空隙率24-40%)、衝撃ピーク圧力20-35 GPaで行なったので、その結果を報告する。いるも

衝突実験は一段式火薬銃を用いて、アンティゴライトの粉末を金属試料容器に封入し、衝撃回収実験を行った。回収試料は光学顕微鏡観察、粉末X線回折(XRD)法、分析透過電顕観察(TEM, EDS)、熱重量示差熱分析(TG-DTA)で調べた。

回収試料容器は(i)密閉したまま回収できたものと、(ii)容器の衝突面に開口部ができたが試料は回収できたもの、(iii)容器底(衝突面)が破裂して試料が回収できなかったものに分けられた。回収できた試料にかかった圧力は約20~32GPaだった。XRD分析の結果、20~25GPaの圧力を受けた試料はほとんど蛇紋石のまま残っており、約30GPa圧力を受けた試料はほとんどがフォルステライトとエンスタイトに分解していることがわかった。約30GPaの圧力を受けた試料のうち、試料粉末密度が高い試料を用いた場合開口部が存在している試料は開口部がなかった試料に比べ、分解が進んでいなかった。TG-DTAによる分析の結果、いずれの試料も約550℃から脱水反応による質量欠損が確認された。衝突による質量欠損は、20~25GPaの圧力を受けた試料は1%程度しか起こっておらず、約30GPaの圧力を受けた試料は約6%起こっていたことがわかった。約30GPaの圧力を受けた試料のうち、密度が低い試料はサーペンティンの脱水反応とは異なる重量変化質量欠損が見られ、サーペンティンは衝突でほとんど分解していた。TEM観察では試料容器の状態に違いがあるものを観察し、XRD、TG-DTAでは変化が見られなかった約20~25GPaの圧力を受けた試料の違いを明らかにした。容器に開口部がない容器内の試料には、開口部がある容器内の試料に対してアモルファス物質が多かった。しかし、開口部のある容器内の試料からは開口部のない容器内の試料には見られなかった発泡の跡が残った粒子が観察された。観察された試料はいずれも衝撃により細粒化していることが観察された。特にアモルファス物質は蛇紋石に比べると細粒なものが多く観察された。光学顕微鏡の観察では、衝撃により細粒化が起こっていることが明らかになり、また衝撃圧力の増加に伴い粒子はより細粒化していくことがわかった。

これらの結果から、蛇紋石の粉末試料は20GPaですでに分解が始まっており、23~32GPaの圧力で大きく分解が進むことがわかった。空隙率の少ない試料のアンチゴライトに対する自由空間中で分解する状態に近い条件での同様な実験結果と比べて、大きな変化はなく、衝撃圧力が分解の重要なパラメータであることを示している。これらの実験結果は、地球を含む惑星の水の起源を理解する手掛かりになるだろう。

隕石およびインパクトに含まれるマスクェリナイトのカソードルミネッセンス Cathodoluminescence of maskelynite in meteorite and impactite

鹿山 雅裕^{1*}, 西戸 裕嗣², 関根 利守¹, 金子 詳平³, 宮原 正明³, 大谷 栄治³, 小澤 信³, 加藤 有香子¹, 蜷川 清隆⁴
KAYAMA, Masahiro^{1*}, NISHIDO, Hirotsugu², SEKINE, Toshimori¹, KANEKO, Shohei³, MIYAHARA, Masaaki³, OHTANI, Eiji³, OZAWA, Shin³, KATOH, Yukako¹, NINAGAWA, kiyotaka⁴

¹ 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻, ² 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科, ³ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ⁴ 岡山理科大学理学部応用物理学学科

¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, ²Department of Biosphere-Geosphere System Science, Okayama University of Science, ³Department of Earth and Planetary Materials Science, Graduate School of Science, Tohoku University, ⁴Department of Applied Physics, Okayama University of Science

Maskelynite is an important material in planetary sciences to interpret shock metamorphic effects on impactite and meteorite. Recent scientific interests, therefore, focus on the formation processes of maskelynite by shock metamorphism, but it has been uncertain whether maskelynite is produced by shock-induced amorphization of plagioclase in solid-state reaction or by quenching from shock-induced dense melts of plagioclase at high-pressures. Cathodoluminescence (CL) spectroscopy can reveal crystal-chemical properties for the existence and distribution of defects and trace elements in materials with high-spatial resolution, which should be more informative to shock-induced minerals. This technique is expected to clarify a formation process of maskelynite from feldspar. In this study, CL analysis of maskelynite and K-rich feldspar glass in impactite and meteorite, as well as diaplectic glass derived from shock experiment for feldspars has been conducted to interpret shock-induced effects on a glassification of the feldspar.

Maskelynite and K-rich feldspar glasses originated from K-feldspars (K-feldspar glass) in amphibolite from Ries crater and in Martian meteorites of Dhofar 019, Shergotty, Zagami and NWA 2975 and lunar meteorite of NWA 4734 were employed for CL measurements. Single crystals of sanidine from Eifel, Germany, albite from Minas Gerais, Brazil and andesine from Bekily, Madagascar were selected as starting materials for shock recovered experiments at pressure of 40.1 GPa. Synthetic hollandite-KAlSi₃O₈ and meteoritic Na-lingunite from Y-790729 were analyzed as reference materials to compare their CL data with those of the feldspar glasses.

CL spectra of maskelynite and K-feldspar glasses in impactite and meteorites consist of emission bands at 330 and 380 nm. Similar UV and blue CL emissions are also recognized in CL spectra of diaplectic glasses derived from the shock recovered sanidine, albite and andesine. The deconvolution of CL spectra in the UV-blue spectral region for maskelynite, K-feldspar glass and diaplectic glasses originated from shock experiment indicates Gaussian components at 3.88 and 3.26 eV, which have been undetectable in the unshocked feldspars. The emission components are, therefore, characteristic CL signals of maskelynite, K-feldspar glasses and diaplectic glass derived from the shock recovered feldspars. CL spectra of the hollandite-KAlSi₃O₈ and Na-lingunite also show emission bands at 330 and 380 nm, which can be deconvoluted into the components at 3.88 and 3.26 eV. These emission intensities are appreciably higher than those of maskelynite, K-feldspar glass and diaplectic glass obtained from shock experiment. This might be responsible for octahedral coordination of all Si and Al atoms in the former and some of them in the latter. The facts imply that the emission components might be assigned to shock-induced defect centers in the Al and Si octahedra produced at high pressure. Furthermore, diaplectic glasses from disordered feldspar tend to exhibit higher intensities of the components at 3.88 and 3.26 eV than those from ordered feldspar at same shock pressure, possibly arising from a difference in the transition shock pressure into diaplectic glass among the feldspars. Accordingly, the CL signals can be applied as an estimation method for the degree of Si-Al order in the original feldspar affected before shock impact.

CL images of the lunar meteorites revealed that the maskelynite contacted with or located near melt pockets has a dull CL emission compared to those far from ones. This might be explained by either an elimination of the shock-induced defect centers in diaplectic glass by annealing or a difference in the formation process between dull and bright CL areas, that is, diaplectic glass and glass quenched from a shock-induced dense melt at high pressure.

キーワード: カソードルミネッセンス, マスケリナイト, 隕石, インパクト, 衝撃実験, リンガナイト

Keywords: Cathodoluminescence, Maskelynite, Meteorite, Impactite, Shock experiment, Lingunite

オーストラリア、クイーンズランド州で発見されたL6コンドライト中ショックベインの組織解析および高圧鉱物解析 High-pressure phase analyses in shock-melt veins: New L6 chondrite in Queensland, NE Australia

山本 伸次^{1*}, コラーソン ケン²
YAMAMOTO, Shinji^{1*}, Kenneth D. Collerson²

¹ 東京大学総合文化宇宙地球, ² クイーンズランド大学地球科学

¹Department of Earth and Astronomy, The University of Tokyo, ²School of Earth Sciences, The University of Queensland

We investigate the high-pressure mineral phases in the shock-induced melt veins in new L6 chondrite obtained from Queensland in NE Australia. The preliminary research shows that the shock veins contain a number of high-pressure phases including ringwoodite, majorite, akimotoite, hollandite-structured plagioclase, which are fragments of the solid-state transformation of chondrite matrix. We conducted petrographic observations and laser-Raman micro-analyses for high-pressure mineral phases in/adjacent the melt veins of new chondrite to estimate the pressure- and temperature- conditions during shock event. The melt-veins show three distinct textures corresponding to distance from host chondrite; 1) vein edges 30-um-wide show mineral assemblage of majorite + ringwoodite + akimotoite with minor rounded metal-sulfide, 2) the middle of the vein 730-um-wide contains majorite + magnesiowustite with irregular-shaped metal-sulfide, 3) the outer rim of the melt vein consists of glass which can represent silicate melt under high-pressure and temperature conditions. These distinct differences of texture and constituent indicate heterogeneity of quench rate in the melt vein. Although the mineral assemblages in the vein edge and centre are distinctly different, the pressure range of both assemblages are consistent with crystallization from similar pressure conditions. The matrix in the vein edge crystallized at about 23-25 GPa and in the vein center crystallized at about 21-25 GPa. The estimation of crystallization pressure suggests that silicate melt with high-pressure phases in the vein quenched and consolidated during pressure pulse remained.

キーワード: ショックベイン, L6 コンドライト, レーザーラマン分光分析
Keywords: Shock-melt vein, L6 chondrite, laser-Raman spectroscopy