

ガス銃を用いた窒素ガス中衝突反応による炭素クラスターの合成 Impact production of carbon clusters in nitrogen gas by use of a gas gun

三重野 哲^{1*}, 近藤 和彦¹, 長谷川 直², 黒澤 耕介²

Tetsu Mieno^{1*}, Kondo Kazuhiko¹, Hasegawa Sunao², Kurosawa Kosuke²

¹ 静岡大理, ²JAXA 宇宙研

¹Dept. Physics, Shizuoka Univ., ²ISAS/JAXA

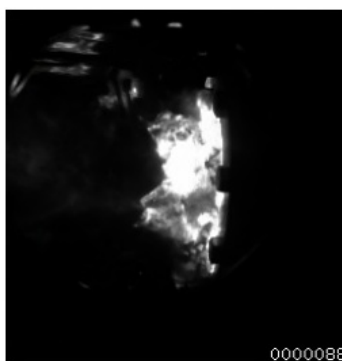
宇宙炭素物質の合成過程に興味を持っている。特にタイタン等衛星に飛来した小惑星の衝突反応で作られる炭素物質の可能性の実験研究を行っている。タイタン表面には衝突合成された種々の物質が低温状態で保存されていると考えられる。ここではその模擬実験を行っている。JAXA 2 段式軽ガス銃を用い、小飛翔体を約 6.5 km/s で窒素ガス 1 気圧内のターゲットの衝突させる。図 (a) に与圧室内ターゲット写真が示される (直径 75mm)。図 (b) に衝突直後のブルームのプロファイル写真が示される。気相合成される炭素物質を電子顕微鏡、質量分析器、FT-IR 等で分析している。その結果、フラーレン、炭素カプセル (図 (c))、バルーン状炭素、ナノチューブ、窒素付加炭素など種々の炭素クラスターの合成が確認された。ターゲットとして、鉄、アルミ、鉄+氷、鉄+ヘキサンなどを用いている。また、表面温度を -70 程度まで冷やす事もできる。衝突スケールを含めた合成反応素過程を検討している。

キーワード: 惑星衝突反応, タイタン, 炭素クラスター, 炭素カプセル, 窒素ガス, 気相合成

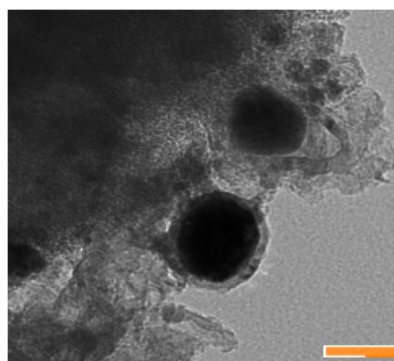
Keywords: impact reaction on stars, Titan, carbon cluster, carbon capsule, nitrogen gas, gas phase reaction



(a) A target inside the pressured chamber.



(b) Profile of the impact image on the target.



(c) Produced metal encapsulated carbon particles measured by TEM.

アエンデ隕石とエフレモフカ隕石の2つのCV3コンドライトに含まれるタイプBのCAIにおける変成作用に伴う元素の移動性 Comparison of alteration of type B CAIs from CV3 chondrites Allende and Efremovka

荒金 陽樹^{1*}, Fagan Timothy¹

Haruki Aragane^{1*}, Timothy Fagan¹

¹ 早稲田大学

¹ Waseda University

This study compares alteration histories of type B Ca-Al-rich Inclusions (CAIs) in two CV3 chondrites: Allende and Efremovka. Two CAIs from Allende (3655A and 4022) and one CAI from Efremovka (CGI-10) were studied. The main primary minerals of these CAIs are: melilite (Mel); fassaite (Fas); anorthite (Ano); Mg-spinel (Mg-spn). These minerals have similar interlocking, igneous-appearing (compact) textures in all three CAIs; however, secondary minerals and textures differ. Both the Allende and Efremovka CAIs have sodalite-rich alteration domains near CAI margins, but in the Allende CAIs, sodalite occurs with an assemblage of secondary minerals including nepheline, Fe-bearing spinel, grossular, an elongate Ca-Al-rich silicate (anorthite and/or margarite or possibly combinations of fine-grained minerals). We have not identified a similar assemblage in our initial work on CGI-10.

Furthermore, in the Allende CAIs, grossular-rich veins (GRV; mostly grossular (Grs) + monticellite (Mon) + wollastonite (Woll)) occur along grain boundaries of primary melilite. In contrast, melilite grain boundaries in CGI-10 appear fresh and free of replacement. The GRV and alkali-FeO-rich alteration domains indicate that the Allende CAIs have undergone a greater degree of secondary mineralization. This is consistent with the inference that Allende has been metamorphosed at higher temperatures than Efremovka (Bonal et al., 2006, GCA v. 70, 1849-1863).

It is obvious that a change in composition is necessary to produce the alkali-FeO-rich secondary minerals from the CAI primary minerals?namely an influx of Na, K, Cl and Fe and an outward flux of at least one element (possibly Ca). However, it is not obvious whether the GRV formed in an open system (elements being exchanged between CAI and surrounding environment) or closed system (little transport of elements between the CAI interior and surrounding environment during metamorphism).

To address this question, we used two approaches: (1) examine the GRV to identify exotic minerals; (2) make a model mass balance (reaction space) system to ask whether closed or open system models make better fits to the observed mineral abundances and textures. In approach (1) we were able to identify troilite (FeS) and wadalite (Ca₆Al₅Si₂O₁₆Cl₃) in GRV in the interior of CAI 3655A, indicating that some S and Cl (and possibly Fe) were introduced into the CAI interior during metamorphism.

In approach (2) we construct a model reacting system including Ano, Mel, Grs, Mon, Woll, with Tschermak exchange (Al-1Al-1MgSi) to describe gehlenite-akermanite, and MgCa-1 for garnet solid solution (textures and low Ti-contents of secondary minerals indicate that Mg-spinel and fassaite are not consumed in significant quantities during formation of the GRV). These minerals and solid solutions can be described by the components CaO, MgO, Al₂O₃, SiO₂ (CMAS). We invert the composition matrix and determine the following reactions for this system: (r1) 3tkr + 4Mel + 4 Ano = 5Grs + 3mc, (r2) 3tkr + 4Mel + 2mc = 5Mon + Ano, (r3) 5tkr + 5Mel = 5 Woll + 5 Mon. We determined modes for CAIs 3655A and 4022 to calculate the forward progress on reactions r1, r2, r3. Solutions can be calculated for both CAIs, but the solutions predict that the volume ratio of Ano/(Ano+Mel) consumed exceeds 0.3 and that the composition of melilite consumed exceeds Ak70. This Ak-content exceeds the Ak-contents of melilite present in the CAIs. The Ano/(Ano+Mel) consumed ratio is estimated as <0.1 for 3655A and <0.2 for 4022. Better fits to these parameters are reached if CaO is lost during formation of the GRV. These results suggest that, even though the main GRV minerals are CMAS phases, the CAIs were open metamorphic systems and that CaO was lost from Allende CAIs during formation of the GRV.

キーワード: CV コンドライト, 難揮発性包有物, 変質作用, 変成作用

Keywords: CV chondrites, CAIs, alteration, metamorphism

原始セレスにおける熱水変質過程の再現実験 Hydrothermal alteration experiments representing the early Ceres

堀口 幸洋^{1*}, 磯部 博志¹
Koyo Horiguchi^{1*}, Hiroshi Isobe¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科理学専攻

¹ Grad. Sch. Sci. Tech., Kumamoto Univ

はじめに

隕石は母天体で起こった過程を知る手がかりである。また、隕石母天体と小惑星の間には強い関係性があることが知られている。小惑星にはその大きさ、組成に様々なバリエーションがあり、中でも準惑星セレスは最大の小惑星である。セレスには大量の水が存在しており、その構造から、他の小惑星とは異なるプロセスを経験した可能性があると考えられている。本研究では原始セレスにおいてどのようなプロセスが起きたのかを理解するために、原始セレスにおける熱水変質過程の再現実験を試みた。セレスで起こった水質変成過程を再現するために、Mousis and Alibert (2005) による推定値から、H₂O 49.14%、CO₂ 44.23%、CH₄ 4.42%、H₂S 2.21%の流体組成を用いた。

実験系は、固相として水質変成を受けていない代表的原始的炭素質コンドライトである Allende 隕石を用い、液相としては CH₃OH 18.6wt% の溶液を使用した。CH₄ は流体として扱うのが難しいため、CH₃OH を代替として用い、CH₂ として炭化水素を供給した。H₂S も同じく流体として扱うのが難しいため、流体相には含めず Allende 隕石に含まれる成分のみを用いた。また、CO₂ としてはシュウ酸銀の解離によって発生するものを利用した。実験系全体の固液比は 1:1.8 である。また、温度及び実験期間は 100、200、300 °C では 3 週、6 週、12 週で行い、400、450 °C では 1 週、2 週、3 週で実験を行った。また、圧力は 100、200、300 MPa においては飽和水蒸気圧、400、450 MPa では 50MPa で実験を行った。

結果および考察

主な生成物相は phyllosilicate 及び carbonate であった。carbonate においては、100 °C においては 3 週では大きく成長した siderite が見られた。実験期間と結晶粒径には明瞭な関係は見られなかったが、その組成は期間が長くなるにつれ Mg に富む傾向にあった。これは期間が長くなるにつれ短期間では溶けていなかった Mg に富む forsterite 等が溶け出し、Mg の供給が増えたことによるものと思われる。しかし、12 週においては一部で Fe に富む siderite も見られた。この事は新たな Fe の供給があれば Fe に富む siderite を生じる可能性を示している。

200 °C 以上では期間が長く、温度が高くなるにつれ Ca に富む傾向を示し、200、300、450 °C では Ca に富み、Mg に乏しい dolomite が見られた。300 °C の 6 週、12 週では calcite が見られた。400、450 °C の比較的期間が短いものでは Ca に富み Mg に乏しい dolomite が観察され、期間が長くなれば calcite が観察できた。このような傾向は、鉄酸化物などは見られないため、生成した phyllosilicate に Fe や Mg が取り込まれた結果と思われる。

Phyllosilicate は 100 °C ではほとんど観察されず、300 °C で最も多く観察された。その Mg/Fe 比は比較的鉄に富む領域に達しており、還元的条件における phyllosilicate の形成に成功していると考えられる。しかし、組成の分布範囲には温度や期間による影響はあまり見られなかった。

セレス表層には、siderite 系 carbonate や phyllosilicate が存在するとされている (Rivkin, 2006)。本研究の結果によれば、carbonate は少なくとも 200 °C 未満の温度で生成された可能性が高い。また、phyllosilicate は 300 °C 以下で生成された可能性が高い。今回の実験では、原始的物質が原始セレスの流体と反応した場合を想定したもので、比較的低温で、かつ還元的な状況を想定したものである。Pure-siderite は生成されなかったものの、本実験生成物の赤外吸収スペクトルとセレスをはじめとする小惑星のスペクトルを比較することにより、準惑星級隕石母天体に起こった過程に対する理解をより深めることが可能となるとと思われる。

キーワード: 小惑星, セレス, 熱水変質過程, 炭酸塩, 含水層状ケイ酸塩

Keywords: Asteroids, Ceres, Hydrothermal alteration, carbonate, phyllosilicate

衝突過程でのトロクトライトにおけるオリビンと斜長石の組織変化 The change of texture of olivine and plagioclase by the shock process in troctolite

武藤 大樹^{1*}, 鹿山 雅裕², 関根 利守³
Daiki Mutou^{1*}, Masahiro KAYAMA², Toshimori Sekine³

¹ 広島大学大学院地球惑星システム学専攻, ² 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻, ³ 広島大学大学院理学研究科

¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School, Hiroshima University, ²Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, ³Graduate School of Science, Hiroshima University

The collision phenomena are important for understanding evolution of planets, their surfaces. Although there are a lot of experimental studies on plagioclase and olivine, two constituent minerals of an ordinary meteorite, we need to know the shock wave effects on these minerals more detailed. We conducted shock experiments on a troctolite using a single stage propellant gun at NIMS in Tsukuba. At peak pressures of 10 GPa, 20 GPa, 30 GPa, 45.5 GPa and 58.3 GPa. The recovered samples are investigated by SEM, EPMA, XRD and the cathode luminescence method (CL method). In samples recovered at 10 GPa and 20 GPa, the intense cracks were observed. Above 30 GPa, however, the polished surface of plagioclase became, indicating that it transformed into glass. At 45.5 GPa and 58.3 GPa, the textures indicated partial melting. From XRD analyses, we found that the diffraction peaks of plagioclase decreased greatly at 30 GPa and most plagioclases changed amorphous. The CL emission intensity decrease. There are three peaks centered at about 330 nm, 400 nm and 550 nm for the initial plagioclase. In the 30 GPa sample, two peaks centered at ~ 330 nm and 380 nm. The EPMA analyses indicates no compositional change but a slight deviation from the total of 100 %.

On the other hand, the irregular cracks were observed in olivines recovered samples from 10 GPa, 20 GPa, 30 GPa and 45.5 GPa. At 58.4GPa, however, cracks were not observed, suggesting that olivine became soften.

During analysis by EPMA, amphiboles were found in all samples except the sample at 20 GPa, and calcite left at 58.4 GPa. On the other hand, clay minerals disappeared above 45.5 GPa. We keep detailed study further.

キーワード: トロクトライト, 衝撃圧力, 衝撃実験, オリビン, 斜長石

Keywords: troctolite, shock pressure, shock experiment, olivine, plagioclase

カルシウムに富むリン酸塩と月の石 (Northwest Africa 773 と Apollo 15405) の形成 中における水の役割 Ca-phosphates and role of H₂O during evolution of lunar rocks Northwest Africa 773 and Apollo 15405

下田 篤^{1*}, Fagan Timothy¹
ATSUSHI SHIMODA^{1*}, Timothy Fagan¹

¹ 早稲田大学

¹ Waseda University

Ca-phosphates are rich in incompatible elements and are relatively abundant in evolved igneous rocks on the Moon. This study makes use of apatite (Ca₁₀[PO₄]₆[F,Cl,OH]₂) and RE-merrillite (also called whitlockite, Ca₁₆REE₂[Mg,Fe]₂[PO₄]₁₄) to characterize the origin of the following evolved lunar rocks: (1) incompatible element-rich pockets in olivine cumulate clasts in the Northwest Africa 773 breccia (NWA 773, a lunar meteorite); (2) fayalite-hedenbergite-silica symplectites in the NWA 773; (3) FeO-alkali-rich clasts in NWA 773; (4) quartz monzodiorite (QMD) from Apollo sample 15405. The abundance of whitlockite exceeds that of apatite in all of the rocks above except for the symplectites—apatite only was identified in symplectite. This suggests that most evolved lunar rocks are poor in halogens and H₂O compared to granitic rocks on Earth, which tend to have higher abundances of apatite.

Low-voltage (7 kV), low-current (2 nA) analyses of lunar apatites in the NWA 773 incompatible pockets, FeO-alkali-rich clasts and symplectites were analyzed for the presence of F and Cl (and by subtraction, OH). Analytical conditions were checked using terrestrial Cerro de Mercado apatite. Fluorine Ka count rates remain steady for the above conditions for apatite with c-axis oriented perpendicular to the electron beam, but drop to below detection after 60 seconds of beam exposure if the c-axis is oriented parallel to the electron beam.

Apatites in the incompatible pockets, FeO-alkali-rich clasts and symplectites are F-rich, but suggest that OH is present (~F-1.5 Cl-0.05 OH-0.45). If so, H₂O was present in the igneous liquid from which clasts in NWA 773 crystallized. Both the FeO-alkali-rich clasts and the symplectites are interpreted as evolved differentiation products from the same magmatic system that produced the olivine cumulate. If this interpretation is correct, then OH must have partitioned away from the FeO-alkali-rich parent material and into the symplectite parent material to result in the distribution of Ca-phosphates in these evolved clasts.

キーワード: 月の隕石, 玄武岩, リン酸塩
Keywords: lunar rocks, basalts, phosphates