

状態変化時に形成される炭素含有物：地球・月・隕石

Carbon-bearing materials formed by state-change: Earth, Moon and Meteorites

\*三浦 保範<sup>1</sup>

\*Yasunori Miura<sup>1</sup>

1.客員（山口市、国内外大学）

1.Visiting (Yamaguchi, In & Out Universities)

はじめに：

揮発性元素は、水惑星地球と生命体において、マクロで三状態変化して安定的に継続化を進めている。しかし高温高压の極限状態時の反応は、液体状態が発生しても、観測が一般に困難である。本研究では、極限状態時でも残存する炭素について、地球内外天体での炭素含有流体の固化モデルを提案する。

地球の各種岩石中の炭素含有量：

地球の代表的な岩石（日本中心）の炭素含有量測定（XRF）を行い、そのうち有意な炭素含有量を示す岩石（深成・火成）を選び出した。その結果、火山岩（急冷）が深成岩（徐冷）より多いこと、白い珪長質より黒っぽい苦鉄質・超苦鉄質に多いこと等が得られた。これは、有色鉱物に比例して炭素量の多くなっていることが新たに得られた。

月面岩石試料の炭素含有量：

月面試料は米国アポロ試料の報告値を使用した。月面に炭素が破碎岩に多いのは、月外隕石由来が原因と説明されている。本研究では、月面試料は、鉱物種の相違より、破碎岩に多く、衝突破壊の少ない玄武岩は最も少ないことが説明できる。これは、月面での衝突反応でできた破碎岩ほど炭素含有量が多いことを示す。

隕石試料の炭素含有量と流体の固化組織：

コンドライト隕石の炭素含有量から、普通コンドライトより炭素質隕石に、炭素と水の含量が多いことが報告されている。これは、本モデルからは、揮発性分子（水・炭酸ガス）が極限条件（衝突）で多く発生して、コンドルールを取り込んだ宇宙創世期の炭素質物質であることを示す。隕石では、流体状態が衝突生成時に急冷固化して目視できないが、その後石基（非晶質）となって斑晶状粒子を結合した流体固化組織を示す。

レーザー溶融による流体固化実験：

筆者は、ターゲット岩石にレーザー照射実験を行い、発生した流体状態が固化した岩石組織を生成した。これは、流体水がレーザー照射後に、流体液相が急冷固体化されてことを示す。これは、衝撃時に炭素含有分子が急冷固化して残存していることを示す。

地球・月・小惑星における炭素含有物質の衝撃生成：

極限状態の隕石衝突（地球・月・小惑星）等で炭素含有物が流体固定化して残存している。地球では、火山・地震等の衝撃波で、炭素の分離固化と状態変化が促進する現象を示す。地球の大量の水や炭酸ガスの生成には、このモデルから惑星間大衝突が必要なことを示す。

まとめ：

極限状態時でも残存する炭素固化物について、創成期の地球・月・隕石小惑星等の衝突時の流体固化によるモデルを提案し、試料分析、炭素報告値、電顕観察そしてレーザー衝撃実験などからその物質が説明確認できた。本結果は、地球や地球外天体での炭素や流体分子（炭素等）の衝撃波生成を新たに説明できることを示す。

キーワード：状態変化、炭素含有物、地球・月・隕石

Keywords: State-change, Carbon bearing-materials, Earth, Moon and Meteorites

CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>Oを含むカンラン岩の部分融解実験：リンの無機供給源としてのカーボナタイトの成因  
Partial melting experiments of CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-bearing peridotite: Genesis of carbonatite as an inorganic source of phosphorus

小澤 亜耶<sup>1</sup>、\*小木曾 哲<sup>1</sup>、河上 哲生<sup>1</sup>  
Aya Ozawa<sup>1</sup>, \*Tetsu Kogiso<sup>1</sup>, Tetsuo Kawakami<sup>1</sup>

1.京都大学  
1.Kyoto Univ.

リンは生体必須元素の一つである。地球表層においては、リンは難溶性かつ難揮発性であるため、生物が利用しているリンの究極の供給源は固体地球であると考えられる。したがって、固体地球からのリン供給メカニズムおよびその変遷は、地球における生命の誕生と進化に大きな影響を及ぼしたはずである。現在の地球で固体地球から供給されるリンの大半は、大陸に露出する岩石の風化・浸食によるものと考えられている。しかし、生命が誕生した頃の初期地球にどんな種類の大陸がどれほどの量で存在していたかは明らかではなく、初期地球における主要なリンの供給源を特定することは難しい。

一方、地球上には、平均的な大陸よりはるかにリンを多く含む岩石が存在する。そのなかでもカーボナタイトは、最大で10 wt.%を越えるP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を含む。カーボナタイトの存在量は非常に少ないが、炭酸塩鉱物から構成されているため、珪酸塩主体の通常の岩石より風化しやすい。したがってカーボナタイトは、地球史を通じて生物圏に大きな影響を与える得る量のリンを供給してきた可能性がある。カーボナタイトの成因については、CO<sub>2</sub> (±H<sub>2</sub>O) を含むカンラン岩が2GPaより高圧で部分融解することによって生成されることが実験的に示されている。しかし、そのような条件で生成されるメルトにどの程度のリンが濃集するのかについては明らかでない。そこで本研究では、始原的マントル組成のカンラン岩についてCO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O飽和条件での高圧部分融解実験を行い、マントルで生成されるカーボナタイトメルトへのリンの濃集度を明らかにした上で、天然のカーボナタイトにみられるリンの濃度を実現するプロセスについて検討した。

実験には、始原的マントル組成をもつKLB-1カンラン岩に10 wt.%のシュウ酸を加えた出発物質を用いた。ピストンシリンダー装置を用いて2.5 GPa・1100~1250℃の温度圧力条件で部分融解実験を行い、得られた実験生成物の化学組成をEPMA装置およびSEM-EDS装置を用いて分析した。その結果、1150℃でSiO<sub>2</sub>濃度が4 wt.%以下のカーボナタイトメルトが、1200℃でSiO<sub>2</sub>濃度が32 wt.%の珪酸塩メルトが生成された。1150℃で生成されたカーボナタイトメルトのP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度は0.15 wt.%であった。マスバランス計算から求められた部分融解度 (~10 wt.%) を基に計算されたリンの全岩分配係数は0.11であった。この値を用いて、より低い部分融解度でカーボナタイトが生成された場合のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度を求めると、最大でも0.3 wt.%程度であり、天然のカーボナタイトにみられるような高い値にはならない。このことは、リンに濃集したカーボナタイトが生成されるには、始原的マントルの部分融解に加えて、何らかのリン濃集過程が必要であることを示している。その可能性の一つとして、マントルで生成されたカーボナタイトメルトの交代作用によって周囲のマントルにリンが濃集し、その部分が後から上昇して来たメルトによって再溶融する、という過程が考えられる。この過程には、通常のマントル地温勾配より低い温度でCO<sub>2</sub>がマントルに十分に供給される必要があるが、それは初期地球の沈み込み帯で実現可能である。その詳細については発表時に議論する。

キーワード：高圧実験、カーボナタイト、リン

Keywords: high pressure experiment, carbonatite, phosphorus

## 海洋地殻の融解と堆積物の融解がマンツルの不均質性に果たす役割

Effect of duplex slab melting for the production of mantle heterogeneity: implications from Sr, Nd and Pb isotope geochemistry for Aono volcanic groups in the SW Japan arc

\*下田 玄<sup>1</sup>、新正 裕尚<sup>2</sup>、小木曾 哲<sup>3</sup>、石塚 治<sup>1</sup>、山下 勝行<sup>4</sup>、吉武 美和<sup>5</sup>、伊藤 順一<sup>1</sup>、小笠原 正継<sup>1</sup>  
\*Gen Shimoda<sup>1</sup>, Hironao Shinjoe<sup>2</sup>, Tetsu Kogiso<sup>3</sup>, Osamu Ishizuka<sup>1</sup>, Katsuyuki Yamashita<sup>4</sup>, Miwa Yoshitake<sup>5</sup>, Jun'ichi Itoh<sup>1</sup>, Masatsugu Ogasawara<sup>1</sup>

1.産業技術総合研究所、2.東京経済大学経営学部、3.京都大学人間・環境学研究科、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.工学院大学

1.Geological Survey of Japan, AIST, 2.Faculty of Business Administration, Tokyo Keizai University, 3.Graduate School of Human and Environmental Studies, 4.Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 5.Tokyo Urban Tech

The early continental crust is characterized by the existence of tonalite-trondjemite-granodiorite (TTG), thought to have formed in subduction zone either by melting of subducted oceanic crust or melting of thickened oceanic crust due to imbrication and accretion of oceanic crust. In the early '90s, modern equivalents of TTG were given the name "adakites", following the definition of magmas from Adak Island. As the adakites closely relate to hot subduction zones, they are considered to be products of slab melting. In addition to the oceanic crust, sediments are important constituents of the subducted slab. As the sediments have lower solidus temperature than the oceanic crusts, the sediments could melt before or during the adakite productions. If this is the case, both subducted oceanic crust and sediments could have melted beneath hot subduction zones. As melts can effectively remove incompatible elements from slab, melting of oceanic crust and sediments would profoundly affect how the mantle heterogeneity has evolved throughout the Earth's history. The SW Japan arc is characterized by active subduction of a relatively young (15-26 Ma) segment of the Philippine Sea plate, Shikoku basin, beneath the Eurasian plate and is known for the occurrence of adakites on the quaternary volcanic front. It is also likely that this subduction was accompanied by melting of sediments to induce the Miocene forearc volcanism. Hence, the SW Japan arc should be a suitable example to evaluate the role of melting of oceanic crust and sediments. In this paper, we will present new results of isotopic and trace element analyses of adakites from Aono volcanic group in the SW Japan and discuss behavior of the subducted crustal material at hot subduction zone.

## 陽・陰イオン交換樹脂とMC-ICP-MSに基づくMo同位体分析

## Molybdenum isotope analysis using anion and cation exchange resins and MC-ICP-MS

\*後藤 孝介<sup>1</sup>、下田 玄<sup>1</sup>、青木 翔吾<sup>2</sup>、石川 晃<sup>2</sup>

\*Kosuke T. Goto<sup>1</sup>, Gen Shimoda<sup>1</sup>, Shogo Aoki<sup>2</sup>, Akira Ishikawa<sup>2</sup>

1.産業技術総合研究所、2.東京大学大学院総合文化研究科

1.Geological Survey of Japan, 2.University of Tokyo

In the past 15 years, molybdenum stable isotope ( $\delta^{98/95}\text{Mo}$ ) has become a valuable tool for assessing plaeo-ocean redox conditions (Arnold et al., 2004 Science; Dahl et al., 2010 PNAS). To measure Mo isotopic compositions in Fe and Mn rich samples, we conducted (1) chemical purification of reference Mn nodules (JMn-1, Nod P-1, and Nod A-1) by two-stage of ion exchange chemistry (AG1X-8 and AG50WX-8)(Barling et al., 2001 EPSL; Gordon et al., 2009 Geology), and (2) isotope measurements of spiked Mo standard solutions (NIST 3134 and Alfa Aesar Specpure standard solution), using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS, Thermo Fisher Scientific Neptune) at Geological Survey of Japan. The yields during the column chemistry were better than 95%. Although isobaric interferences on Mo masses are possible from Fe (or Fe argide), Zr, and Ru (Siebert et al., 2001 G-cubed; Malinovsky et al., 2005 Int. J. Mass Spectrom.), their concentrations in the purified samples were comparable to our chemical procedural blank values. The difference in  $\delta^{98/95}\text{Mo}$  between NIST 3134 and the Alfa Aesar standard solution was  $0.17 \pm 0.14\%$ . The observed offset was consistent with previously reported values ( $0.12 \pm 0.11\%$ ; Greber et al., 2012 Geostand. Geoanal. Res.). Hence, accurate and high precision Mo isotope measurements of Fe-Mn oxides are possible using the anion and cation exchange resins and MC-ICP-MS. In the presentation, we will also report new  $\delta^{98/95}\text{Mo}$  data of hydrothermal Mn and Fe crusts based on this method.

キーワード：モリブデン

Keywords: Molybdenum