

伊豆—小笠原—マリアナ弧創成期マントルウェッジの温度組成構造および島弧発達過程 Thermo-chemical evolution of mantle wedge during the incipient stage of the Izu-Ogasawara-Mariana subduction zone

金山 恭子^{1*}; 北村 啓太郎²; 海野 進¹; 石塚 治³
KANAYAMA, Kyoko^{1*}; KITAMURA, Keitaro²; UMINO, Susumu¹; ISHIZUKA, Osamu³

¹ 金沢大学理工学域, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹College of Science and Engineering, Kanazawa University, ²Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, ³Geological Survey of Japan/AIST

プレート沈み込み帯の形成と島弧の発達過程を解明することは、大陸の形成をはじめとした地球の物質的進化を理解する上で重要である。本研究では、小笠原群島を含めた小笠原海嶺で生じたマグマの生成条件とその時空間変化を推定し、長期にわたって活動を継続する海洋性島弧の代表例である IBM 弧の沈み込み帯形成初期のマントルウェッジの温度組成構造を考察した。小笠原海嶺では、52Ma に太平洋プレートが沈み込みを開始した直後、中央海嶺的なマグマ (forearc basalt: FAB) を発生し、遷移型島弧ソレイトを経て、48Ma には希土類元素に高度に枯渇し、SiO₂ に富んだ無人岩 (高 Si 無人岩) を発生、45Ma に低枯渇で SiO₂ に比較的乏しい低 Si 無人岩に変化し、やがて通常の島弧ソレイト・カルクアルカリ岩の活動へ収束した [1,2]。

高 Si および低 Si 無人岩はそれぞれ、ハルツバージャイト [3] およびレルゾライト [e.g. 4] の融解実験で生成されたメルトと近い主要元素組成を示す。著しく低い希土類元素濃度 (Yb>0.3 ppm) も、高 Si 無人岩が高度に枯渇したハルツバージャイトを起源物質とすることを示唆する。また、小笠原の無人岩に特徴的な高い Zr/Ti 比 (<0.04) は高いスラブメルト寄与率を反映している [2]。一方、高 Si 無人岩マグマに先行する FAB は MORB 起源マントルの 10% 以下の分別融解で生成され、溶け残りかんらん岩は枯渇したレルゾライトである。このことは、高 Si 無人岩の高枯渇起源物質が FAB の溶け残りかんらん岩ではないことを示す。

未分化な無人岩マグマがハルツバージャイトと共存可能な温度圧力条件を推定したところ、高 Si 無人岩 (MgO=23、H₂O=3.2 wt%) で 1430 °C、0.83-0.96GPa、低 Si 無人岩 (MgO=19、H₂O=2.6 wt%) で 1380 °C、0.86GPa であった [5]。算出した未分化 FAB および島弧ソレイト・カルクアルカリ岩の生成条件をレルゾライト融解実験 [e.g.4] と比較することによって推定した結果、前者は無水で 1350 °C 程度、1.3-1.7GPa、後者は 0-0.5 % の水の存在下で 1300-1350 °C、1-1.2GPa と推定された。

初生マグマの MgO 量からマントルポテンシャル温度 (T_p) を計算した。FAB や島弧ソレイト・カルクアルカリ岩の T_p は約 1400 °C で、中央海嶺下マントルと同程度であるのに対し、高 Si 無人岩は 1500 °C、低 Si 無人岩は 1450 °C で中央海嶺下よりも高温であり、特に高 Si 無人岩はプルーム起源マントルと同程度である [6]。これは、西フィリピン海盆で高 Si 無人岩と同時代 (51-45Ma) にプルーム起源の火成活動が起こったことと整合的である [7]。高枯渇の高 Si 無人岩起源物質は、プルーム起源火成活動の溶け残りである可能性がある。

以上のことから、小笠原地域における IBM 弧形成初期のマントルウェッジは次のような温度組成変化を経験したと考えられる。52Ma に古くて高密度の太平洋プレートが若くて軽いフィリピン海プレートに対して沈み始めると、マントル上昇流が発生してフィリピン海プレート東縁部で海洋底拡大が起こり、枯渇度の低いマントルの部分融解で FAB が生成された。48Ma になると、深部に存在したプルームの溶け残りマントルが約 1GPa まで上昇し、スラブメルトを伴った含水融解を起こして高 Si 無人岩マグマを生成した。45Ma 頃には、沈み込みの進行に伴いマントル浅部が冷却され、さらにマントルウェッジの対流が始まった。その結果、マントルウェッジの物質が低枯渇マントルに入れ替わることによって、遷移的な低 Si 無人岩を経て島弧ソレイト・カルクアルカリマグマの活動に移り変わり、定常的な島弧—海溝系へと進化した。

[1] Ishizuka et al. (2011) EPSL, 306, 229-240. [2] Kanayama et al. (2012) Island Arc, 21, 288-316. [3] Falloon and Danyushevsky (2000) J. Petrol., 41, 257-283. [4] Hirose and Kawamoto (1995) EPSL, 133, 463-473. [5] Kitamura et al. (2014) JPGU. [6] Herzberg and Gazel (2009) Nature, 458, 619-623. [7] Ishizuka et al. (2013) Geology, 41, 1011-1014.

キーワード: 小笠原群島, 無人岩, マントルウェッジ, IBM 弧, マントルポテンシャル温度, 沈み込み帯

Keywords: Ogasawara (Bonin) Islands, boninite, mantle wedge, IBM arc, mantle potential temperature, subduction zone