

小笠原諸島の火山ガラスの酸化還元状態: Fe-K 端 XANES 微小領域分析による推定 The redox states of volcanic glasses from Bonin islands, Japan, estimated by Fe-K edge micro XANES study

石橋 秀巳^{1*}, 小竹 翔子², 金山 恭子³, 浜田 盛久⁴, 鍵 裕之⁵

ISHIBASHI, Hidemi^{1*}, ODAKE, Shoko², KANAYAMA, Kyoko³, HAMADA, Morihisa⁴, KAGI, Hiroyuki⁵

¹ 東京大学地震研究所, ² ハワイ大学ハワイ地球物理学研究所, ³ 金沢大学大学院自然科学研究科, ⁴ 東京工業大学地球惑星科学専攻, ⁵ 東京大学大学院理学系研究科

¹ERI, Univ. Tokyo, ²HIGP, Univ. Hawaii, ³Earth Sci., Kanazawa Univ., ⁴Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ⁵Graduate School of Science, Univ. Tokyo

島弧マンツルの酸化還元状態は、地球化学的な興味の対象であるだけでなく、マンツルウェッジ内での物質循環やマグマ形成プロセスについて理解するうえでも重要な問題である。島弧マンツルは従来、主としてマンツルゼノリスの研究から、他のテクトニックセッティングに比べて酸化的であると考えられてきた (e.g., Parkinson and Arculus, 1998)。しかし、マンツルゼノリスによってもたらされる情報は冷たく堅いリソスフェアに関するものであり、マグマの発生する部分熔融領域の酸化還元状態は自明ではない。部分熔融領域の酸化還元状態に関する情報源として唯一期待できるのは、比較的未分化なマグマやメルト包有物である。近年、比較的未分化なマグマに関する研究から、島弧と中央海嶺でマンツルの酸化還元状態に大差ないとする説が提唱され (Lee et al., 2005; 2010) 従来説との間で論争中である。また、島弧マンツルを酸化させる原因として沈み込むスラブ由来の流体の関与が示唆されているもの (e.g., Brandon and Draper, 1996)、その詳細については未だよくわかっていない。そこで本研究では、島弧マンツル部分熔融領域の酸化還元状態およびスラブ由来流体の影響について検討するために、その成因において流体が強く関与した比較的未分化なマグマと考えられるボニナイト質マグマの酸化還元状態の測定を行った。

本研究で対象としたのは、小笠原諸島父島、弟島、賀島に産するボニナイト質の枕状溶岩・ハイアロクラスタイトに含まれる急冷ガラスである。また、比較のために、近隣の母島・姉島に産する玄武岩質ガラスについても分析を行った。これらのガラスは、伊豆-ボニン弧の形成初期 (約 48-44Ma) に噴出した比較的未分化なマグマに含まれている。また、水中で急冷されたために、噴出後の酸化の影響は小さいとみなせる。今回、マグマの酸化還元状態は、これらのガラス中に含まれる Fe の価数状態 (Fe^{3+}/Fe ; ここで Fe は Fe の総量) から Kress and Carmichael (1991) の方法によって推定した。ガラス中の Fe の価数状態は、放射光 X 線を用いた Fe-K 端マイクロ XANES (X 線吸収端近傍微細構造) スペクトル分析によって決定した。分析には、高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory のビームライン 4A の装置を用いた。また、産総研の岩石標準試料 JA-1a、JA-2、JB2 を用いて、1250 °C、quartz-magnetite-fayalite (QMF) バッファーおよび Ni-NiO (NNO) バッファーの酸化還元条件で熔融・急冷ガラスを合成し、これらの XANES 分析もあわせて行った。XANES スペクトルの解析は、Cottrell et al. (2009) の方法に従って行い、 Fe^{2+} と Fe^{3+} それぞれの吸収に由来するピークの強度比から Fe^{3+}/Fe 値を見積もった。この方法を JA-1a、JA-2、JB-2 の合成ガラスに適用した結果、明瞭な組成依存性は見られず、 Fe^{3+}/Fe 値をおよそ ± 0.03 の標準偏差で再現した。これを $\log fO_2$ に換算すると、およそ ± 0.4 に相当する。

測定の結果、 Fe^{3+}/Fe 値として父島、弟島、賀島のボニナイトでそれぞれ約 0.21-0.23、0.23-0.24、0.17-0.24 の値を得た。一方、母島および姉島の玄武岩の Fe^{3+}/Fe 値はそれぞれ約 0.20、約 0.22 であり、ボニナイトの値とほぼ同等であった。これらの値はいずれも、MORB ガラスの平均的 Fe^{3+}/Fe 値である 0.16 よりも高く、MORB に比べて酸化的であったと考えられる。得られた Fe^{3+}/Fe 値は、マグマの酸素フュガシティー (fO_2) に換算すると、NNO バッファー程度に相当する。先行研究に従い、ガラスの酸素フュガシティーがマグマの起源マンツルの酸化還元状態を反映していると考えれば、今回の結果は、ボニナイトの起源マンツルの酸化還元状態が、噴出時代・地域の近い玄武岩のそれと同等であることを示している。このことは、ボニナイト形成に関わったスラブ由来流体が、マンツルの酸化にあまり影響を及ぼさなかった可能性を示唆している。また、小笠原諸島の火山ガラスが NNO バッファーの酸化還元状態を示したことから、島弧形成初期に既にこれらのマグマの起源マンツルは“島弧的”な性質を有していたと考えられ、Lee et al. (2005, 2010) の説とは反する。

キーワード: XANES, 酸素フュガシティー, 島弧マンツル, 火山ガラス, ボニナイト, 小笠原諸島

Keywords: XANES, Oxygen fugacity, arc mantle, volcanic glass, boninite, Bonin islands