

日本島弧産輝石巨晶の鉱物化学：Mn輝石端成分は島弧鉱物学の指針 Mineral chemistry of pyroxene megacrysts from Japanese island arc: Contribution of Mn-pyroxene end-member to Island arc

宮坂 亜由美^{1*}, 木股三善², 西田憲正³, 星野美保子⁴, 滝沢 茂², 清水雅浩², 昆慶明⁴

Ayumi Miyasaka^{1*}, Mitsuyoshi Kimata², Norimasa Nishida³, Mihoko Hoshino⁴, Shigeru Takizawa², Masahiro Shimizu², Yoshiaki Kon⁴

¹筑波大・地球, ²筑波大・地球進化, ³筑波大・研究基盤総合セ, ⁴産総研・鉱物資源

¹Geosci, Univ. Tsukuba, ²Earth Evolution Sci, Univ. Tsukuba, ³RFCST, Univ. Tsukuba, ⁴Min. Resou. AIST

はじめに

輝石は、多数の火成岩・変成岩中に産出する主要造岩鉱物であり、メルトの生成履歴を残しているため、火成活動或いは地球史を考える上で、非常に重要な鉱物である(例, Karner et al., 2006).

輝石巨晶は、世界各地(例えば, Italy では Morten et al. (1993), Australia では Irving (1974))で、アルカリ玄武岩中に産する捕獲結晶として報告されている。日本では、火山岩は安山岩が大部分を占めるが、安山岩を母岩とする輝石巨晶の研究例は少ない(e.g. Tazaki, 1971; Ishiwatari, 1997)。また、長野県では10地域以上で輝石巨晶(最大15×13×10mm)が産することが知られていた(八木, 1925)が、その鉱物学的研究はほとんどない。本研究では、南八ヶ岳に産する輝石安山岩中の輝石巨晶を対象に研究を行った。

輝石族の端成分表示に関しては、その固溶体は非常に複雑であるため(Morimoto et al, 1988)、端成分として $Mg_2Si_2O_6$, $Fe_2Si_2O_6$, $Ca_2Si_2O_6$ のみによる簡略な表現が一般的に使用されている(e.g. Morimoto et al., 1988; Karner et al., 2006)。他の主要造岩鉱物の端成分表示に関しては、雲母族(Bailey, 1984; Mottana et al., 2002)や角閃石族(Hawthorne et al., 2007)で論じられるように、鉱物の化学組成から端成分への総括的な完全分解には、依然として問題がある。しかし、アノーサイト巨晶では化学組成から端成分への分解に成功しており(Kimata et al., 1994)、その後の長石研究に大きな影響を与えている(例, Sugawara, 2000)。以上のような見解から、輝石化学組成の完全な端成分表示の重要性を想起した。

IMAによって承認されている輝石の端成分は、Morimoto et al. (1988)によって総括された。また、輝石の端成分の計算法は、Cawthorn and Collerson (1974)によって提案されたが、実際にこれらの端成分を用いて検討した例は少なく(e.g. Griffin and Mottana, 1992; Pertermann, 2003a)、端成分的に確かな表記法の提案には至っていない。

本研究では、安山岩中に産する輝石巨晶の鉱物化学を検討することで、高压生成条件を想起する新端成分、 $Mg_{1/2}[]_{1/2}Mg_{1/2}Si_{1/2}Si_2O_6$ を導入した端成分への分解の方法とその的確性を説明し、 $MnMgSi_2O_6$ 端成分(加納輝石)が示す島弧鉱物学への貢献について論じる。

結果と考察

南八ヶ岳産の複輝石安山岩中の輝石巨晶は、X線粉末回析分析により、普通輝石(4mm~8mm)とエンスタタイト(4mm)に同定され、その化学組成は、EPMAを用いて決定された。輝石巨晶の化学組成は、電荷バランスと、T席・M1席の欠陥はなくM2席の空孔が最小になるような席占有率に基づいて、 Fe^{2+} と Fe^{3+} 含有量を算出決定した結果、次の輝石端成分に分解することに成功した： $MgSiO_3$ (エンスタタイト)、 $Fe^{2+}SiO_3$ (フェロシライト)、 $MnMgSi_2O_6$ (加納輝石)、 $CaTiAl_2O_6$ 、 $CaFe^{3+}AlSiO_6$ (エシネアイト)、 $CaSiO_3$ (ウォラストナイト)、 $CaAl_2SiO_6$ (Ca-チェルマーク成分) or $Ca_{0.5}[]_{0.5}AlSi_2O_6$ (Ca-eskolite)、 $NaAlSi_2O_6$ (ひすい輝石)、 $NaCr^{3+}Si_2O_6$ (コスモクロア) and $Mg_{1/2}[]_{1/2}Mg_{1/2}Si_{1/2}Si_2O_6$ (新端成分)。これらの端成分の有用性は、構成元素の原子数で表現した測定値と、端成分表記に基づいた計算値の一致から実証された。また日本の火山岩中の輝石巨晶はCa Mnのイオン置換を示すことが観察されたことから、それは $CaMgSi_2O_6$ (透輝石) $MnMgSi_2O_6$ (加納輝石)のイオン置換関係の導入、さらには $MnMgSi_2O_6$ (加納輝石)をMnの端成分として用いることの的確性が明らかとなった。

輝石を固溶体の端成分に分解することによって、次の結果が得られた；

(1) 日本島弧産火山岩中の輝石巨晶は、外国産火山岩中の輝石巨晶と比較して $MnMgSi_2O_6$ 成分に富む。具体的に、外国産輝石巨晶の $MnMgSi_2O_6$ は0~0.9 mol%, 日本産輝石巨晶の $MnMgSi_2O_6$ は1.0~2.5 mol%であった。

(2) $NaAlSi_2O_6$ (ひすい輝石)と $Mg_{1/2}[]_{1/2}Mg_{1/2}Si_{1/2}Si_2O_6$ (新端成分)の負の相関関係は、この新端成分を含む輝石が高圧起源を示唆する、新たな証拠となる。新端成分がより高圧を示唆することは、 $NaAlSi_2O_6$ は高圧で安定な輝石の端成分であり、高圧でSiが6配位に入ることがLarry et al. (1991)により示唆され、さらにAngel et al. (1988)が1600, 15 GPaの高圧下で $Na(Mg_{0.5}Si_{0.5})Si_2O_6$ (8配位にSiが入る輝石)の合成に成功していることによって裏づけられる。

本研究により明らかとなった日本産の輝石巨晶が多量の $MnMgSi_2O_6$ 成分を含有することは、日本の花崗岩産褐廉石が

世界の他地域の褐廉石よりも Mn 含有量に富むこと (星野ら, 2008) と整合性をなすことから, 日本列島産島弧マグマに関連する本研究の輝石巨晶が $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ 端成分に富むことは, “ 島弧鉱物学 ” の発展に寄与することが期待される.

キーワード: 輝石巨晶, 端成分表示, $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$, “島弧鉱物学”, 新端成分

Keywords: Pyroxene megacrysts, end-member expression, $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$, “island arc mineralogy”, new end-member