

別紙 1－1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 焦 文放

論 文 題 目

Applications of the improved Jørgensen equation for tetrad effect of REE³⁺ to the REE patterns of kimuraite and lanthanite, and to the REE distribution pattern between kimuraite and lanthanite

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院環境学研究科	教授	川邊 岩夫
委 員	名古屋大学大学院環境学研究科	教授	山本 鋼志
委 員	名古屋大学大学院環境学研究科	准教授	平原 靖大
委 員	名古屋大学大学院環境学研究科	准教授	加藤 丈典

論文審査の結果の要旨

別紙 1—2

焦文放君は、希土類元素(REE)の炭酸塩水和鉱物・木村石(kimuraite, $\text{CaY}_2(\text{CO}_3)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)とランタン石(lanthanite, $(\text{La}, \text{Nd})_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$)の REE 存在度パターンが示すランタニド四組効果を、(1)湿式化学分析と EPMA のデータによる実証的見地、(2)改良 Jørgensen 式による四組効果の理論的見地、から検討した。Akagi et al. (1993)は木村石・3 試料の全 REE を定量し、全ての REE 存在度パターンが「下に凸な四組効果」を示すと結論している。2 試料は規則的 REE パターンを示し相互に類似するが、1 試料の REE パターンは第四テトラドだけが折れ曲がり、類似性はない。しかし、この事実は無視されている。Akagi et al. (1996)は、木村石と共生するランタン石の REE パターンも、木村石と同様の四組効果を示すとしたが、Graham et al. (2007)によるニュージーランド産ランタン石、Seredin et al. (2009)によるロシア産木村石・ランタン石の化学データからすると、これにも慎重な再検討が必要である。一方、Kawabe et al. (2008)は、MORB や北九州の新生代アルカリ玄武岩の REE 存在度パターンが改良 Jørgensen 式で記述でき、「下に凸な四組効果」を持つことを示したが、包有物の議論は行っていない。

以上の先行研究の状況から、焦文放君は、佐賀県肥前町産玄武岩試料の木村石包有物から 10mg 程度の 7 個の木村石サブ・サンプルを準備し、ICP-AES, ICP-MS による Ca と Y を含む REE の定量、EPMA による局所分析(Ca, Y, La, Pr, Nd に関する包有物 32 個所の点分析)、反射電子像による鉱物試料組織の検討、さらに、改良 Jørgensen 式を用いる木村石、ランタン石 REE 存在度パターンの定量的解析、などを行った。その結果、以下の結論を得た。

(i) 7 つのサブ・サンプルの揮発成分(CO_2 , H_2O)を除去した組成から、 $\text{CaO}/(\text{CaO} + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{Ln}_2\text{O}_3)$ モル比は、理想的木村石の値 0.50 より小さく、0.45~0.37 の範囲に入る。このモル比の変動は、 $\text{CaO}:(\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{Ln}_2\text{O}_3)$ 比が 0.5 と 0 である木村石とランタン石を結ぶ直線に一致し、この木村石試料は約 15%程度のランタン石を含む。(ii) EPMA による局所分析は上記バルク分析と矛盾しない。EPMA 反射電子像からは、幅 $10 \mu\text{m}$ 以下のランタン石が木村石結晶の劈開面にそって細長く分布することを確認でき、(i)の結果と合致する。(iii)サブ・サンプルの REE パターンは、Akagi et al. (1993)が報告した特異な REE パターンと同様に、第四テトラドで下方に折れ曲がる。しかし、これは La~Nd に富むランタン石不純物に依る見掛けの効果である。この過剰な La~Nd を除去する補正により、四組効果の理論式(改良 Jørgensen 式)で回帰可能な REE パターンとなり、Akagi et al. (1993)での相互に類似する木村石 2 試料の REE パターンと合致する。(iv) Seredin et al. (2009)のロシア産試料でも、木村石試料が不純物ランタン石を含み、ランタン石試料が不純物木村石を含む状況を推定できる。ただし、「木村石とランタン石が共存」と記載された試料の REE パターンは、滑らかな改良 Jørgensen-式で表現され、四組効果を殆ど持たない。両鉱物種を生成した高温流体の REE 存在度を表現するものと思われる。

以上の焦文放君の学位論文は、玄武岩に産する希土類元素二次鉱物を対象として、その地球化学的研究での不純物鉱物の重要性を指摘し、改良 Jørgensen-式を用い四組効果の定量的議論を初めて行った重要な成果を含んでおり、博士(理学)の学位を授与される資格があると判定した。