

会場:105

時間:5月26日08:30-08:45

オマーンオフィオライトの地殻最下部のロディンガイト中のクロマイトとウバロバ イト:熱水下における Cr の移動性 Chromite and uvarovite in rodingite from the lowermost crust of Oman ophiolite: Cr mobility in hydrothermal condition

秋澤 紀克^{1*}, 荒井 章司¹, 田村 明弘², 上杉次郎¹ Norikatsu Akizawa^{1*}, Shoji Arai¹, Akihiro Tamura², Jiro Uesugi¹

¹ 金沢大学・自然科学・地球,² 金沢大・フロンティアサイエンス機構 ¹Kanazawa Univ. Natural Sci. Earth, ²Kanazawa Univ. FSO

Uvarivite-rich garnets have been commonly reported as a secondary mineral from chromitites. We found rodingites that contain uvarovite-rich garnets from layered gabbros, located about 50 m above the gabbro/peridotite boundary (= possible Moho) along Wadi Fizh of the northern Oman ophiolite. The rodingite from Wadi Fizh contains relic cpx gabbro clasts, and is mainly composed of Ca-rich plagioclase (An, 97-100), diopside (Mg#, 0.87-0.97), uvarovite, chromite and titanite. Both chromite and uvarovite are euhedral and fine-grained (<0.1 mm across); they are concentrically zoned and partly skeletal. Unlike the frequent occurrence of uvarovites, which overgrow on chromite documented from chromite-bearing rocks, some uvarovite and chromite occur as discrete grains in the Fizh rodingite. Chromite has a high Cr# (Cr/(Cr + Al) atomic ratio; around 0.8), which is one of the highest Cr# chromian spinels reported from Oman. Fe3+/(Cr + Al + Fe3+) (= YFe) increases from the core (<0.1) to the rim (0.2) in chromite. MnO and TiO2 contents (wt%) of the chromite are 0.5-0.6 and 0.2-0.3, respectively. Cr/(Cr + Al + Fe3+) atomic ratio of uvarovite ranges from 0.5 to 0.6. The YFe of uvarovite is from 0.05 to 0.2.

It is noteworthy that chromite appears authigenic together with other minerals in this rodingite. Chromites or chromian spinels are totally absent in relic cpx gabbro clasts or in neighboring layered gabbros. The euhedral and partly skeletal chromite contains inclusions of pumpellyite. These indicate that Cr was transported with a hydrothermal aqueous solution, which metasomatized the layered gabbro to rodingite. A highly oxidation condition was possible for such high Cr mobility. Keywords: uvarovite, rodingite, Oman ophiolite, hydrothermal alteration, chrome mobility



会場:105

時間:5月26日08:45-09:00

超高圧変成条件における地殻物質の相平衡と鉱物共生 Phase equilibria and mineral paragenesis on crustal materials under ultrahigh-pressure metamorphic conditions

川嵜 智佑 ¹*, 小山内 康人 ² Toshisuke Kawasaki¹*, Yasuhito Osanai²

¹ 愛媛大学大学院理工学研究科,² 九州大学大学院比較社会文化研究院 ¹Graduate School of Science and Engineer, ²2Graduate School of Social and Cultural

プレートの沈み込みにより,地球深部にもたらされた地殻物質の変化を調べるために,北海道日高変成帯中軸部に産 する泥質グラニュライト (Osanai et al., 1992)を用いて,無水条件で 8.0 GPa の圧力で相平衡実験を行った.

輝石成分が固溶し Al2O3 に欠乏したザクロ石,多量にヒスイ輝石が固溶して著しく SiO2 に飽和した単斜輝石,藍晶石およびコーサイトを得た.これら共存相の鉱物化学分析や電子顕微鏡観察から以下の結果を得た.

1. 超高圧力条件では,単斜輝石中の Na2O, K2O 含有量は系の総化学組成に依存する.

2. 単斜輝石の量は単斜輝石中の SiO2 量と共に増加するが,同時に単斜輝石中の Na2O, K2O 含有量は減少する.

3. 単斜輝石中のチェルマック成分の量は共存する藍晶石の量に依存する.

4. 超高圧条件で単斜輝石中の Na2O, K2O 固溶量を決定する相は藍晶石とコース石である.

キーワード: 超高圧変成作用, ザクロ石 - 単斜輝石 - 藍晶石 - コース石共生, Al2O3 に欠乏したザクロ石, SiO2 に飽和した 単斜輝石

Keywords: ultrahigh-pressure metamorphism, garnet-clinopyroxene-kyanite-coesite coexistence, Al2O3-deficient garnet, SiO2-oversaturated clinopyroxene



会場:105

時間:5月26日09:00-09:15

ざくろ石かんらん岩中に見いだされたざくろ石の等化学組成分解によって形成した ケリファイト: チェコ Moldanubia 帯からの例 A kelyphite produced by isochemical breakdown of garnet in a garnet peridotite from the Czech Moldanubian Zone

小畑 正明¹, 小澤 一仁^{2*}, 苗村 康輔³ Masaaki Obata¹, Kazuhito Ozawa^{2*}, Kosuke Naemura³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 東京大学大学院理学研究科, ³ 中国科学院地質与地球物理研究所 ¹Kyoto University, ²Univ. Tokyo, ³Chinese Academy of Sciences

ざくろ石かんらん岩中でざくろ石を置き換えるように発達する反応縁,ケリファイト (kelyphite)は,ざくろ石単独の 分解生成物ではなく,ざくろ石とかんらん石の反応生成物であることはすでに確立された事実である。この種のケリファ イトは一般には,斜方輝石 (Opx),単斜輝石 (Cpx),スピネル (Sp)からなり、その平均化学組成はざくろ石のそれよりも Mg に富み,Al に乏しくなっていることが普通である(例えば,小畑・Spengler 2010 連合大会)。我々はこのような一般 的なケリファイト (ケリファイト I と命名する)個体内部に,従来とは異なり,ざくろ石そのものの分解でできたと思わ れる別種のケリファイト (ケリファイト II)が存在する例を見いだしたのでこれを報告する。

サンプルはチェコ Moldanubia 帯のフェルシックグラニュライトに取り込まれたマントル起源のざくろ石ースピネル かんらん岩(Plesovice 岩体)である。かんらん岩は 2.3-3.5GPa, 850-1030 で形成したざくろ石かんらん岩が,大陸地 殻下部に取り込まれて部分的に再結晶したもので,ざくろ石のケリファイト化の温度は輝石温度計により 730-770 (at 0.8-1.5 GPa) と見積もられている (Naemura et al, 2009)。ケリファイト II は、ケリファイト I 内部に残存するざくろ石に 隣接して産する。偏光顕微鏡観察では、ケリファイト II は鉱物の粒子が判別できないくらいに極細粒で,明瞭な放射状 構造は認められないが、高解像度では線構造は顕著であり,ケリファイト I よりも直線性はよく,全体は線方向の違い により数個のサブドメインに分かたれる。EPMA 組成マッピングによりケリファイト II 部分の平均化学組成は隣接する ざくろ石にほぼ一致することがわかった。FE-SEM を用いた高分解能の観察と EDS による取得される X 線スペクトル, EBSD による反射電子線回折パターンによりこのケリファイト II は Opx, Sp, およびアノーサイト (An) からなることが確 認できた。線構造は Opx と An の互層によるラメラ構造(幅 1 ミクロン以下)によるものである。スピネル(幅 0.2 ミク ロン以下)は Opx ラメラ中にシンプレクタイト状に産し,An 中には産しない。ケリファイト I とケリファイト II の境界 部には Ca-amphibole があり,An も Cpx も存在しない幅数十ミクロンの中間漸移帯が存在する。

Opx-Sp-An という鉱物組み合わせはこれまでかんらん石を含まないマフィックグラニュライトやざくろ石輝岩のケ リファイトで知られていたが(例えば Obata, 1994), ざくろ石かんらん岩中のケリファイトで見いだされたのは今回が初 めてである。

Opx-Cpx-Sp からなる通常ケリファイト (I) は,反応,

 $Grt + Ol \quad Opx + Cpx + Sp \quad (1)$

で生じたと理解されている。一方,ケリファイト II はざくろ石単独の分解反応

Grt Opx + An + Sp + Cpx (2)

で形成したものとして解釈できる (Kushiro & Yoder, 1966)。

今回のケリファイト II に Cpx が存在しないことは、ざくろ石に含まれていた Ca 成分は分解の際に全て An 形成に使われて Cpx をつくるほどには十分な量がなかったためであろう。

反応(2)は反応(1)より,低圧側で起こる(Kushiro & Yoder, 1966)。高圧実験の結果と2種類のケリファイトの組織関係から,この二種類のケリファイトの形成過程については次のようなシナリオが考えられる。まず,ざくろ石かんらん岩の上昇過程で岩石が反応曲線(1)を低圧側に切ってざくろ石とかんらん石の組み合わせが不安定になり,ある時点で反応(1)が不可逆的に起こり通常のケリファイトIの形成が始まる。さらに圧力が下がって,岩圧が反応曲線(2)の低圧側まで下がったある時点で,ざくろ石が残存している場合は,反応(2)が起こり,ざくろ石がそれ単独でOpx-Sp-An集合体に分解して第二世代のケリファイトIIが形成する。上のシナリオでは第一世代のケリファイトIと第二世代のケリファイトIIの間に時間間隙があったことを想定している。しかし両反応が同時進行していた時期があった可能性も否定できない。

文献:

Kushiro, I. and Yoder, H. S. Jr. (1966) J. Petrol, 7, 337-362. Naemura, K. et al. (2009) J. Petrology, 10, 1795-1827. Obata, M. (1994) J. Petrology, 35, 271-287.

キーワード: ケリファイト, シンプレクタイト, ざくろ石 かんらん岩, isochemical breakdown, チェコ Keywords: kelyphite, symplectite, garnet peridotite, isochemical breakdown, Czech



会場:105

時間:5月26日09:15-09:30

太古代変成 BIF の初生構造: SXAM による解析 Primary structures in Archean metamorphosed BIF: the SXAM analyses

勝田 長貴^{1*}, 清水 以知子², 高野 雅夫³, 川上紳一¹, Herb Helmstaedt⁴, 熊澤峰夫³ Nagayoshi Katsuta^{1*}, Ichiko Shimizu², Masao Takano³, Shin-ichi Kawakami¹, Herb Helmstaedt⁴, Mineo Kumazawa³

¹ 岐阜大学教育学部, ² 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ³ 名古屋大学大学院環境学研究科, ⁴ クイーンズ大学 ¹Gifu Univ, Fac Educ, ²Univ Tokyo, Dept Earth & Planetary Sci, ³Nagoya Univ, Grad Sch Environm Studies, ⁴Queen's Univ, Canada

先カンブリア時代の縞状鉄鉱層(banded iron formation)は、鉄に富む層とシリカに富む層の繰り返しによって特徴づけられ、その特異な構造を生じる原因として堆積作用や海水・熱水から化学的(無機化学的または生物化学的)沈殿作用が考えられている。BIFの縞状構造は厚さ数ミリメートルから数十メートルの様々なスケールで展開しており、そうした縞模様の階層構造は、季節変動および潮汐周期、太陽周期、ミランコビッチサイクルなどの周期的現象と関連づけて議論されている。しかし、現存する BIF は様々な程度で変成作用を被っている。このため、海底下で形成された初生的堆積構造と変成作用による二次的な縞状構造(変成縞)を識別することは、初期地球の地球環境を読み解く上で不可欠である。我々は、北西カナダ・太古代イエローナイフグリーンストーン帯の BIF 試料の解析を行っている。今回、Bell Lake 地域に露出する 29~28 億年前の BIF 試料について、変成作用による縞状構造中の元素移動と再結晶作用に関する影響評価を行った。

Bell Lake BIF にはセンチメートルの Fe-rich バンドと Si-rich バンドの組成縞が発達する。顕微鏡下において、BIF の 構成鉱物は完全に再結晶し、角閃岩相の変成鉱物集合体に置き換わっている。Fe-rich バンドは主に普通角閃石、磁鉄鉱 と Fe-Mg 単斜角閃石 (グリュネ閃石)から構成され、少量の石英とスチプノメレンを含む。Si-rich バンドは主として石 英と磁鉄鉱より構成され、少量のアクチノライトを含む。角閃石の配向で定義される片裏面はほとんどのところで組成 縞と平行であるが、intrafolial 褶曲の軸部などで局所的に片裏面が縞状構造を切っている。このことから、Fe-rich バンド と Si-rich バンドからなる縞状構造が変成作用より以前から存在した初生的構造であることがわかる。

BIF 試料の元素マッピングには、(株) 堀場製作所の XGT-2000V 走査型 X 線分析顕微鏡 (SXAM)を使用した。SXAM は最大 20cm 四方の大型試料表面の蛍光 X 線強度をマッピングすることができる。SXAM 解析より、Fe-rich バンド中の中央部に Ca が富み、周辺部に Fe や Mn に富むサンドイッチ構造が BIF シーケンスの中で普遍的に発達することが明らかとなった。こうした元素分布は Fe-rich バンドの内側に普通角閃石が選択的に分布し、その周縁部に磁鉄鉱やグリュネ 閃石が分布していることに対応する。角閃石類に離溶組織がみられないこと、また普通角閃石の方がグリュネ閃石よりも粗粒であることから、サンドイッチ構造は角閃石類の核生成-成長過程における変成分離作用で形成されたと推察される。角閃石に対して非調和である Mn は、Fe-rich バンドの周縁部に拡散移動し最後に結晶化したと考えられる。その一方で、Ti 微粒子が Fe-rich バンド中にほぼ均質にスポット状に分布する。この Ti 微粒子は、SEM-EDS と XANES 分析により、普通角閃石に含まれることが明らかとなった。一般に、Ti は変形変成作用で不移動元素とされることから、Fe-rich バンドと Si-rich バンドの初生構造は Ti 分布により定義されると見なすことができる。

Si-rich バンド中にはミリメートルスケールの磁鉄鉱に富む薄層が数枚~十数枚ほど挟まれる。こうしたラミナ状構造 は変成度の低い Hamersley 地域(西オーストラリア)の BIF で報告されており、堆積・沈殿作用により生じた可能性が 考えられる。Bell Lake BIF では、薄層をつくる磁鉄鉱のサイズは石英マトリクス中に包含される磁鉄鉱に比べてかなり 祖粒化している。このことから、変成時のオストワルド熟成によってラミナ状構造が強調されたことが示唆される。

キーワード: 縞状鉄鉱層, 縞構造, 変成分離作用, 初生構造, 走査型 X 線分析顕微鏡, 元素マッピング

Keywords: banded iron formation, banded structure, metamorphic differentiation, primary structure, Scanning X-ray Analytical Microscope, element mapping



会場:105

時間:5月26日09:30-09:45

磁気誘導型の自由運動に基づく反磁性固体粒子の同定法

Magnetically-induced free motions of dia- & para-magnetic mineral grain and a novel method of its mineral identification

植田 千秋 ¹*, 久好圭治 ¹ Chiaki Uyeda¹*, Keiji Hisayoshi¹

¹ 阪大理 ¹faculty of Sci. Osaka University

近年、岩石に含まれる微小な鉱物相(生命起源を含む)の起源の解明が、地球科学の様々な分野で,重要な課題となり つつある.構成粒子サイズに分解した試料について,同位体比,化学組成,あるいは光学的分析などを実施する際,その前段 階として,粒子ごとの物質同定を,非破壊で簡便に実現できれば,分析の効率化に寄与する.しかしそれを実現する有効な 手法は,微細分析に関わる自然科学の諸分野の中でも,確立していない.そこで今回,微小重力中に浮遊する鉱物粒子に磁 気運動を誘導し,そこから得た磁化率および異方性を,文献値[1]と比較することで,物質を同定する方法を提案する.

これまでに私たちは、磁場勾配の作用のみが有効な微小重力下で、質量 m の反磁性結晶が、並進の運動方程式に従って、 磁場外に放出されることを報告した [2][3] . 磁場勾配力は体積力であるため、 その加速度は、与えられた勾配の中では、 物質固有の反磁性磁化率のみに依存し、質量に依存しない.また、均一磁場中で、結晶の磁気的安定軸は 回転の運動方程 式に従って回転振動した [4] . 上記の微小重力実験は、試料ホルダーおよび質量計測を必要としない.そのため運動の観測 が可能な限り、無制限に小さな鉱物粒子の磁化率&異方性(いずれも単位質量当)が測定可能となる.固体物質は、各々固 有の磁化率&異方性を有する [1] . 従って上記の方法で得た磁化率&異方性を、文献値と比較することで、単一粒子の鉱物 同定が実現する.

今回,磁化率の大きく異なる数種の鉱物粒子で,上記の運動観測を実施する.即ち磁気並進運動で期待される質量非依存性を,m = 10E-1~10E-4gの範囲で検証し,岩石中の粒子サイズで,実際に物質識別が実行できるか,検証する.また並進運動において、試料が運動開始時に有している磁気的・位置エネルギーが,磁場外で,全て運動エネルギーに変換されるか,測定で検証する. さらに,観測に必要な微小重力時間を従来よりも1桁短くすることで,(通常の実験室にも設置可能な)簡易型の微小重力装置による観測を実現する.これにより提案する鉱物粒子の同定が,大規模施設を使うことなく,一般の実験室でも実施できるようになる.

現行の装置は、観測にHVカメラを用いるため、識別可能なサイズの下限は20ミクロン程度である.この下限は、蛍光 紫外顕微鏡を導入することで、ナノレベルまで向上する.反磁性磁化率&異方性は、結晶中の個々の分子軌道の配列に起 因する.従って今回の方法は、将来、単ーナノ鉱物におけるバルク結晶からの構造の逸脱を、粒子ごとに評価する手段とな る.岩石試料分析の実用例としては、堆積岩中の生命痕、あるいは micro-meteoriteの探査、さらには始原的隕石中の新たな プリソーラー粒子の探索などへの利用が考えられる.

- [1] R. Guputa: Landort Bornstein. New Series II (1983) 445.
- [2] K. Hisayoshi et al: J.Phys.: Conf. Ser., in press.
- [3] C.Uyeda et al.J.Phys.Soc.Jpn. 79 (2010) 064709 .
- [4]C.Uyeda et al.: Appl. Phys. Lett. (1983) 445.

キーワード:物質同定,磁気放出,反磁性磁化率,常磁性磁化率,微小重力,ナノ科学

Keywords: material identification, magnetic ejection, diamagnetic susceptibility, paramagnetic susceptibility, micro-gravity, nano-science



会場:105

時間:5月26日09:45-10:00

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 Mnpyroxene 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), 端成分の的確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、高圧生成条件を想起する新端成分,Mg_{1/2}[]_{1/2}Mg_{1/2}Si_{1/2}Si₂C 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,MnMgSi₂O₆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 (4 mm^{~8} mm) とエンスタタイト (4 mm) 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、Fe²⁺ と Fe³⁺ 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: MgSiO₃ (エンスタタイト)、Fe²⁺SiO₃ (フェロシライト)、MnMgSi₂O₆ (加納輝石)、CaTiAl₂O₆、 CaFe³⁺AiSiO₆ (エシネアイト)、CaSiO₃ (ウォラストナイト)、CaAl₂SiO₆ (Ca-チェルマーク成分) or Ca_{0.5}[]_{0.5}AlSi₂O₆ (Caeskolite)、NaAlSi₂O₆ (ひすい輝石)、NaCr³⁺Si₂O₆ (コスモクロア) and Mg_{1/2}[]_{1/2}Mg_{1/2}Si_{1/2}Si₂O₆ (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 CaMgSi₂O₆ (透輝石) MnMgSi₂O₆ (加納輝石) のイオン置換関係の導入、さらには MnMgSi₂O₆ (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 MnMgSi₂O₆ 成分に富む. 具体的に,外国 産輝石巨晶の MnMgSi₂O₆ は 0 ~ 0.9 mol%,日本産輝石巨晶の MnMgSi₂O₆ は 1.0 ~ 2.5 mol% であった.

(2) NaAlSi₂O₆ (ひすい輝石) と Mg_{1/2}[]_{1/2}Mg_{1/2}Si_{1/2}Si₂O₆ (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、NaAlSi₂O₆ 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}) Si₂O₆ (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 MnMgSi₂O₆ 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, MnMgSi₂O₆, "島弧鉱物学", 新端成分 Keywords: Pyroxene megacrysts, end-member expression, MnMgSi₂O₆, "island arc mineralogy", new emd-menber



会場:105

時間:5月26日10:00-10:15

伊豆半島, 南崎ベイサナイトの地球化学的特徴 Geochemical characteristics of Nanzaki Basanite, Izu peninsula, Japan

大鹿 淳也 ¹*, 荒川 洋二 ¹, 遠藤 大介 ¹, 新村 太郎 ², 森 康 ³ Junya Oshika¹*, Yoji Arakawa¹, Daisuke Endo¹, Taro Shinmura², Yasushi Mori³

¹ 筑波大学生命環境科学研究科,² 熊本学園大学経済学部,³ 北九州市立いのちのたび博物館 ¹Life & Environmen. Sci. Univ. of Tsukuba, ²Economics, Kumamoto Gakuen Univ., ³Kitakyushu Mus. of Nat. & Hum. History

伊豆半島石廊崎北西 2km の池の原台地に位置する南崎火山は 0.43Ma (Kaneoka *et al.*,1984) にネフェリンを含むベイサ ナイト質溶岩を噴出したことで知られる(後藤・荒井,1986).本邦におけるベイサナイト ネフェリナイト質火山岩は, 浜田ネフェリナイトや中国地方のアルカリ岩小クラスター(Iwamori,1991;1992) などが知られている.その成因につい て Tatsumi *et al.* (1999) は,カーボナタイトマグマによる交代作用を受けた上部マントルを起源物質として提唱した.

本地域は,伊豆島弧の火山フロントに近接な(50km 背弧側)中国地方とは異なるテクトニクスに位置する.マグマの 生成過程は注目されるところであり,他地域のベイサナイト ネフェリナイト質玄武岩の成因との対比が必要である.今 回,新たに得られた分析結果から,南崎ベイサナイトの成因に関係すると思われる岩石化学的特徴を報告する.

南崎火山岩類は更新世の海蝕台を覆う,ベイサナイト質溶岩とスコリア・岩砕などの火砕物が成層する.火山体下部 は層厚 20 30m の塊状溶岩,上部は層厚 10m の層状溶岩およびスコリア丘からなる.下部の塊状溶岩は緻密で結晶度が 高い.5mm 大の輝石の集斑晶が露頭で見られる.斑晶は単斜輝石,かんらん石,スピネル,石基は斜長石,輝石,かん らん石,ネフェリン,マグネタイトからなる.層状溶岩およびスコリアの斑晶は大きく,単斜輝石は最大 3mm,かんら ん石は最大 2mm である.スピネルは微斑晶およびかんらん石中の包有物として観察される.石基は斜長石,単斜輝石, かんらん石,マグネタイト,ガラス,沸石様鉱物からなる.ネフェリンは塊状溶岩に比べ鏡下での存在度が著しく低い.

単斜輝石は主としてディオプサイドで Cr₂O₃ を最大 0.7 wt.%含む.かんらん石の Fo 値は最大で 91, NiO は最大 0.45wt.%含まれ, Olivine mantle array (Takahashi, 1986)の領域にプロットされるものがある.包有物のクロムスピネ ルは Olivine Spinel Mantle Array (Arai, 1987)に入るものがある.これらは,南崎ベイサナイトがマントルの岩石と化学 的平衡にあることを示唆する.また,スコリアおよび層状溶岩に最も未分化な値を示すかんらん石が含まれる.

全岩化学組成で SiO2 wt.%=42.1-44.5, MgO wt.%=10.3-13.3, CaO wt.%=12.1-13.4 である.高い Mg, Ca 含有量に対し、アルカリ量(NaO2+K2O wt.%=2.5-3.3)が低い.また FeO*/MgO=0.81-1.08 は低く,NiO/MgO=0.0021-0.0043 は高い値を示す.これはマグマが未分化であったことを示唆する.全岩化学組成においてもスコリアおよび塊状溶岩がより未分化な特徴を示す.またスコリアは塊状溶岩に対して優位に高い Sr (651-1400ppm), Ba (380-673ppm)含有量をもつことが明らかになった.塊状溶岩は Sr ppm=588-645, Ba ppm=384-450 と限られた組成幅を示す.

REE 含有量は高く,中でも LREE に富む.これはハワイや西南日本のベイサナイト質火山岩にも調和的な傾向である. 微量元素スパイダー図上でも西南日本のベイサナイト質火山岩と似た傾向を示すが Rb, K, Zr に負異常, Ba, Sr, Pb に正異常 が認められる.負異常のパターンはハワイベイサナイト(Sisson *et al.*, 2009),浜田ネフェリナイト(Tatsumi *et al.*,1999) とも異なり,伊豆背弧の地域的特性を反映するものかも知れない(例えば Machida et al.,2007). Sr, Ba, REE の濃集はカー ボナタイトの交代作用を受けたマントルかんらん岩に見られる特徴である(Dautria *et al.*,1991; Ionov *et al.*,1993 など).

また今回,層状溶岩中から捕獲岩を発見した.この捕獲岩の起源は明らかでないが,単斜輝石(>95%),かんらん石の斑晶からなり,0.1-2mm大の空隙に富む.マグマの上昇時に取り込まれたこの岩石は起源物質から派生的に生じた岩石である可能性がある.斜方輝石を含まない鉱物組み合わせは起源物質の性質を反映したものと考えれば,マントル物質へのカーボネイトおよび流体(CO₂+H₂O)の付加が想定される.

キーワード: ベイサナイト, 伊豆ボニン火山弧, 主要・微量元素岩石化学, 背弧リフト, 海洋島玄武岩, Sr 同位体 Keywords: Basanite, Izu-Bonin volcanic arc, major and trace element geochemistry, back-arc rift, ocean island basalt, Sr isotopes



会場:105

時間:5月26日10:15-10:30

海水ウランが 1000 年 ~ 18 億年分ある There is sea uranium for 1000 years to 1.8 billion years

藤井 義明^{1*} Yoshiaki Fujii^{1*}

1 北海道大学大学院工学研究院

¹Rock Mech. Lab., Hokkaido Univ.

埋蔵量の枯渇は資源の枯渇を意味しないし、価格変動・新たな鉱床の発見・技術開発・人口増加・経済発展等により、 可採年数は変動するものの、ごく大まかな目安として、一次エネルギー消費量が現在のまま変らないと仮定すると、石 炭・石油・天然ガス・ウランの確定埋蔵量は74年で枯渇する(藤井・石本、2010)。この可採年数はいささか心もとな いが、オイルシェール・シェールガス・メタンハイドレートの推定埋蔵量を加えると153年分にもなる(石本、2011)。 ピークオイルを迎えた石油の可採年数はわずか43年であるから、これからのエネルギー源として当面はガスへの依存が 大きくなるものと予想される。また、高速増殖炉を用いればウラン鉱石の確定埋蔵量は全ての一次エネルギーを賄って 744年分である。

100年前の社会を考えれば、我々が100年以上先のことを心配しても無意味であり、上記エネルギー量で十分のようにも思えるが、この他にも大量のトリウムと海水ウランが存在することを述べておきたい。

トリウムは主にモナザイトからレアアースとともに製錬される核燃料である。プルトニウムを生成しないために核兵 器への転用が難しいという欠点があり、従来あまり用いられなかったが、トルコ・オーストラリア・インド(既に使用 中)・ノルウェー・アメリカ・カナダなどに賦存し、確定埋蔵量158万トン(マッケイ、2010)は全ての一次エネルギー を賄って58年分である。製錬コストが高いという欠点があるが、ウランと違ってほとんどが燃焼し核分裂生成物の量が 少ない、燃料交換が30年に1回で済む、原理的に重大事故が起こりにくいなどの長所を有する。使用済み燃料に含まれ ているタリウムが強烈なガンマ線を放ち半減期は30年と短い。もともとほとんどが燃焼するため、高速増殖炉のような 原理で可採年数を大幅に増やすことはできない。

海水中にはウランが炭酸ウラニル UO₂(CO₃)3⁴⁻ として飽和濃度 3.34 ppb で41.6億トン溶けている(Davies et al., 1964)。 暖流の流れる大陸棚に設置するタンニン捕集材を用いたモール状捕集システムが開発中であり、開発者によるとコスト は鉱石ウランの 3 倍である(玉田ら、2006)。原子力発電の発電コストにおけるウラン鉱石のコストは約 10%であるか ら、海水ウランが 3 倍のコストでも発電コストは 1.2 倍にしかならない。仮に、現在溶けているウランの 1/4 が捕集可能 とすれば(推定埋蔵量 10億トン)世界の一次エネルギーを全て賄うために必要な 100万トンを 1000 年間捕集すること が可能である。捕集好適地として、インドネシア・フィリピン・台湾・沖縄 ~ 土佐湾、オーストラリア東岸、フロリダ、 アフリカ東岸などの大陸棚が考えられるが、合計で 11万 km²の面積が必要になり、実現可能性が高いとはいえない。

一方、高速増殖炉を用いれば、世界の一次エネルギーは1万トンのウランで賄うことができ、捕集面積は1100 km² で いい。沖縄から土佐湾にかけての日本の領海内における好適地 6000 km² だけでも十分賄うことが可能である。ウランの コストも数100 倍までは大丈夫である。海水ウランはもともと河川から流入して海水中に溶出・海底に沈殿したもので、 流入量は年間2万7千トンである(Davies et al., 1964)。海底に堆積したウランはプレートとともに年間2万7千トン沈 み込んでいる。大陸地殻に存在するウランの量を地殻中の含有割合3ppmと大陸地殻体積から概算45兆トンと見積も り、大陸地殻に存在するウランの一定の割合が海洋に流入、海洋堆積物中のウランの一定の割合がもぐりこむ、海洋堆積 物中のウランはマグマとして地殻へ供給される、プレートテクトニクスは一定の割合で減少して60億年後に停止する、 年間1万年の海水ウランを採取すると仮定し、ウラン238の半減期45億年を考慮すれば18億年間海水ウランを採取す ることができる。

ステファンボルツマンの法則に基づけば核融合の進行により1億年に1%の割合で増加している太陽エネルギーにより 30億年後には20度気温が上昇していることになる。地磁気も相当に弱くなり地上への太陽風流入量が増大しているで あろう。極風による水素の散逸(3 kg/s)により、水の存在が極域に限定されるという予想もある。今が最終形というわ けではなく進化を続けている人類の形態と機能が現在と類似しているとすれば、その存続はエネルギー枯渇に関係なく、 極端な気候変動と水不足により、このあたりが限界ではないかと予想される。

我が国は、エネルギー自給率向上のために、メタンハイドレート・海水ウラン・高速増殖炉の開発を進めるべきと考えられる。



キーワード: エネルギー資源, トリウム, 海水ウラン Keywords: energy resources, thorium, sea uranium



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

オマーンオフィオライト中の海嶺期および衝上開始期の珪長質岩の特徴とその成因 Petrogenesis of the axis stage and late stage felsic rocks in the Oman ophiolite

土谷 信高 ^{1*}, 村上 源太郎 ¹, 足立 佳子 ², 宮下 純夫 ³ Nobutaka Tsuchiya^{1*}, Gentaro Murakami¹, Yoshiko Adachi², Sumio Miyashita³

¹ 岩手大・教育,² 新潟大・超域,³ 新潟大・理 ¹Iwate University, ²Niigata University, ³Niigata University

オフィオライトには, 閃緑岩・石英閃緑岩・トーナル岩・トロニエム岩などの斜長石に富む珪長質岩の小岩体がしばし ば認められ,斜長花崗岩と総称されている(Coleman and Peterman, 1975). Lippard et al. (1986)は,オマーンオフィオラ イト中の珪長質岩類を,上部斑れい岩類に伴われる海嶺期のもの,オフィオライト層序を非調和に貫く後期火成岩類に 伴われるもの(衝上開始期),オフィオライト層序の下部のみに貫入する花崗岩質小貫入岩類の3種類に区分した.また Rollinson (2009)も同様の区分を採用し,これらの3区分の岩石の代表例の検討からその成因を議論した.本報告では, オマーンオフィオライト北部の海嶺期および衝上開始期の珪長質岩について,産状・記載岩石学的特徴・岩石化学的特 徴を述べ,それらの成因について議論する.

衝上開始期の珪長質岩については,後期火成活動の典型例とされるラセイル深成岩体(Lippard et al., 1986)について 検討した.4.7 x 3.8 km の範囲に露出し,斑れい岩~トーナル岩に至る岩相変化を示す.岩体中央部には,層序的下位を 占める斑れい岩類が,また南部と北部には層序的上位を占める石英閃緑岩類が露出する.斑れい岩類は,層状構造が顕 著な層状斑れい岩と塊状の斑れい岩から構成されている.層状斑れい岩は,ガブロノーライトと優白質ガブロノーライ トが主体であり,ダナイト,レルゾライト,ウェブステライト,かんらん石ガブロノーライトが伴われている.塊状斑れ い岩は,ホルンブレンドガブロノーライト,ホルンブレンド斑れい岩,ホルンブレンド閃緑岩などからなる.塊状斑れ い岩は層状斑れい岩に貫入するとともに,それらを巨大なブロックとして包有している.岩体北部と南部では,ホルン ブレンド閃緑岩~ホルンブレンドトーナル岩からなる石英閃緑岩が,これらの斑れい岩類を貫いている.岩体北部の石 英閃緑岩には,細粒閃緑岩~石英閃緑岩からなる暗色包有物が著しく濃集しているが,これらは塊状斑れい岩の一部か ら移化していると推定される.

海嶺期の珪長質岩は,ラセイル岩体東縁から新たに見い出された断層に挟まれたシート状岩脈群,ラセイル岩体東方のワジ・バルガーのシート状岩脈群,およびRollinson (2009)が報告したワジ・ラジミの上部斑れい岩に,それぞれ伴われるものを検討した.ラセイル岩体東縁およびワジ・バルガーのシート状岩脈には上部斑れい岩が貫入していることから,シート状岩脈基底部が露出していると考えられる.またワジ・ラジミの上部斑れい岩中には,シート状岩脈の径10m以下のブロックが多数包有されている.これらの岩脈には,様々な産状の石英閃緑岩細脈が伴われており,岩脈の試料は部分的にホルンプレンドホルンフェルスや輝石ホルンフェルスに変化している.この様な産状は,Gillis and Coogan(2002)がキプロスのオフィオライトから報告したものと同様であり,海嶺軸マグマ溜り天井部での岩脈の部分溶融現象を示していると考えられる.

Lippard et al. (1986) は,海嶺期の珪長質岩類よりも後期火成岩類に伴われるものの方が液相濃集元素に乏しいことを 述べた.実際に,海嶺期の珪長質岩の希土類元素濃度は衝上開始期のものよりも明らかに高い.Rollinson (2009) は,海 嶺期の珪長質岩は同時期の集積岩的な斑れい岩の部分溶融で形成され,衝上開始期の珪長質岩は液相濃集元素に枯渇し たハルツバージャイトの部分溶融による苦鉄質マグマの分別結晶作用で形成されるとした.しかしながら,海嶺期の珪長 質マグマは,海嶺軸のマグマ溜り天井部でシート状岩脈基底部の岩石が部分溶融してできるというモデルとは矛盾する.

Gillis and Coogan(2002)は、キプロスのオフィオライト中の海嶺軸のマグマ溜り天井部での部分溶融作用を検討し、 シート状岩脈起源のホルンフェルスが非平衡に部分溶融するモデルで成因を説明した.部分溶融が非平衡で起こる場合、 溶融に関与する鉱物と液相との微量元素の分配がほとんど1になることが知られている(Bea, 1996など).オマーンオフィ オライト中の海嶺期珪長質岩についても、シート状岩脈基底部が部分溶融したとすると、液相濃集元素濃度が実際の値よ りも高くなってしまう.この矛盾は、非平衡溶融作用を仮定することによって説明できるかもしれない.本報告では、今 回新たに採取された試料を使用し、非平衡溶融モデルを具体的に検討する.また衝上開始期の珪長質岩についても、ラセ イル岩体の石英閃緑岩~トーナル岩の希土類元素濃度は変化に富み、はんれい岩質マグマからの単純な分別結晶作用の みで説明するのは困難である.これについても、既存の層状斑れい岩の同化作用などを加えたモデルについて検討する.

キーワード: オマーンオフィオライト, 斜長花崗岩, 海洋地殻, 岩石化学 Keywords: Oman ophiolite, plagiogranite, oceanic crust, petrochemistry



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

九州北東部国東半島の両子山第四紀火山岩類のマグマ起源 Magma genesis of Quaternary volcanic rocks from Futagoyama volcano, Kunisaki Peninsular, northeast Kyushu, Japan

柴田 知之^{1*}, 三好 雅也¹ Tomoyuki Shibata^{1*}, Masaya Miyoshi¹

¹ 京大・地球熱学 ¹BGRL, Kyoto Univ.

It is well known that the slab melting is one of the important mechanisms transporting the materials from subducting slab to the mantle wedge, in addition to the dehaydration of the slab (e.g. Defant & Drummond, 1990). It is belived that the origin of the magma produced adakite is genrated by the slab melting. However, the detailed genesis of adakite is still under the issue (e.g. Castillo, 2006). Thus, the accumration of the study for adakite is considered to be important. From the Southwestern Japan arc where Philippine Sea plate is subducting, many Quaternary adakitic magmas are observed. Futagoyama volcano is situated at Kunisaki Peninsular, Kyushu Island, Japan, and belongs to the Southwestern Japan arc, and the volcanic activity was occurred at 1.5 to 1.1 Ma (e.g. kamata, 1998). We determined the major and trace element and Sr, Nd and Pb isotopic compositions of six (biotite) +hornblend dacites from Futagoyama volcano. Range of SiO2 content was 63 - 66 wt%. From the MORB normalized trace element pattern, depletion of Nb and enrichment of LIL are observed, which indicate the geochemical characteristics of island arc magma. Most of the Sr/Y ratios are >40, and the concentrations of Y are < 17 ppm indicating the signature of adakite. 87Sr/86Sr, 143Nd/144Nd, 206Pb/204Pb, 207Pb/204Pb and 208Pb/204Pb ratios are 0.7036 - 0.7041, 0.5126 - 0.5129, 18.1 - 18.3, 15.5 - 15.6 and 38.1 - 38.5, respectively. MgO concentrations and Sr/Y and 143Nd/144Nd ratios increase, and ratios of 87Sr/86Sr decrease with increasing the SiO2 concentrations. This may indicates that the magma with higher SiO2 keeps characteristics of primary magma of Futagoyama volcanoe. The Sr-Nd-Pb isotopic compositions are plotted on the tow component mixing curve in between the fields of Shikoku Basin basalts (Hickey-Vargas, 1991) and terreginious sediments on Philippine Sea plate (Shimoda et al., 1998). Shikoku Basin basalt is considered to be a constituent of oceanic crust of the Philipine Sae plate. Therefore, the origin of adakitic magma from Futagoyama volcane can be explained by the slab melting of the Philippine Sea plate together with the tereginious sediments on the plate. The enriched Sr, Nd and Pb isotopic compositions of the samples with relatively low SiO2 compared to those with high SiO2 may suggest the involvement of mafic crustal materials.

キーワード: スラブの部分溶融, フィリピン海プレート, 九州, 微量元素, Sr・Nd・Pb 同位体組成 Keywords: slab melting, Philippine Sea plate, kyushu, trace elements, Sr-Nd-Pb isotopic compositions



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

アナログ実験による柱状節理の形成過程の再現 ~ entablature の形成過程の再現を 試みる ~ Analogue experiments of columnar jointing: Focus on entablature

濱田 藍 ^{1*}, 寅丸 敦志 ² Ai Hamada^{1*}, Atsushi Toramaru²

¹ 九州大・理・地惑, ² 九州大・理院・地惑 ¹Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ., ²Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ.

柱状節理は、火成岩体や溶結凝灰岩が冷却して固結する際の体積収縮により、岩体内に蓄積された歪みを解消するために割れ目が生じ、その割れ目が段階的に進行することによって柱状の岩石を形成してできたものである。柱状節理には2つの形態があることが知られており、直線的で比較的柱の幅が大きいものを colonnade(コロネード)、これに対し曲線的で比較的柱の幅が小さいものを entablature(エンタブラチャー)という。これまで colonnade は割れ目が岩体の等温面に対し垂直に伸展することにより形成されるという理解がなされてきたが、entablature の形成過程についてはまだ分かっていない。

柱状節理の形成過程は片栗粉と水の混合物を乾燥させることによって再現できる。これまでの研究で実験によってその形成過程を再現できたものは、いずれも colonnade の形態に類似していた。そこで、本研究では entablature の形成過程 を実験で再現できないか試みる。先行研究で行われた実験方法を参考にしながら、いくつかの条件を変えることにした。 entablature は上部の colonnade と下部の colonnade に挟まれた構造が露頭で観察され、その形成過程は上下方向から冷却 が進み、上下から発達したコラムの接する部分にあたるのが entablature であると推測される。最初にこの露頭を実験で 再現することを考え、混合物からの水の蒸発が上方だけでなく、下方からも起こるようにした。また、これまでの実験 でできた柱状節理の観察において、内部に向かって発達するコラムは、混合物内部は乾燥表面付近よりも乾燥速度が減 少するために、割れ目の進行が所々止まり、コラムどうしが合体してコラムの幅が大きくなる様子が観察された。しか し、entablature は露頭では内部に位置するにも関わらず、コラムの幅は外側の colonnade よりも小さい。そこで乾燥速度 を途中で急に増加するようにした。実験中は混合物の上からランプを点灯しており、混合物の乾燥速度はランプと混合 物表面の間の距離によって支配されている。よって途中で乾燥速度を急に増加させるために、ランプと混合物表面との 距離を小さくした。

乾燥速度を一定にして混合物を十分に乾燥させた場合、混合物には、乾燥面に近い方がコラムの幅は小さくて複数の コラムが確認でき、混合物の内部に向かうにつれてコラムの幅は大きくなり、乾燥面付近で複数だったコラムが合体し たような構造が確認できた。コラムの形態は直線的であった。一方、乾燥速度を途中で増加させた場合、1)上部から 発達するコラムの途中に不連続な部分が観察され、また2)上下方向のコラムが接する部分で、上部のコラムが外側に カープしているのが観察された。

1)は乾燥速度を変化させる前までに進行していた割れ目の先端の位置と一致するので、乾燥速度を変化させた影響 が現れていると考えられる。2)は接するコラムのお互いの乾燥速度の違いが、接触部分の形態を変化させているので はないかと考えられる。

今回の実験結果を天然の柱状節理の構造に対応させてみると、乾燥速度が一定のとき、上下方向から発達した colonnade が接する状況が再現でき、途中で乾燥速度を増加させると、乾燥速度変化後の形態に曲線的な部分が確認でき、entablature に類するものが再現できたと考えている。

キーワード: 柱状節理, 形態学, アナログ実験, 形成過程, 割れ目, 破断面 Keywords: columnar joint, morphology, analogue experiment, formation process, crack, fracture



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

幌満かんらん岩体北部の温度・圧力・変形履歴 P-T-deformation history of the northern part of the Horoman Peridotite Complex, Hokkaido, Japan

荻野 啓^{1*}, 小澤 一仁¹, 永原 裕子¹ Satoshi Ogino^{1*}, Kazuhito Ozawa¹, Hiroko Nagahara¹

1 東京大学地球惑星科学専攻

¹Earth and Planetary Science univ.tokyo

地球の初期マントル組成(BSE)を知ることは地球や惑星の形成と進化を理解するために重要であり、過去様々な研究 がなされてきた。たとえば、Pyrolite Model (Ringwood, 1962 など)や、CI chondrite model (MacDonough & Sun, 1995 な ど)に基づいて BSE が推定されている。しかし、この二つのモデルのどちらも重要な仮定を置いている。Pyrolite Model では上部マントル組成が玄武岩とかんらん岩の混合物であると仮定し、CI chondrite model では、上部マントルかんらん 岩の組成トレンドが BSE の分化を代表していると仮定している。また、CI chondrite model では、元素比に依存した推定 法のため絶対量の不確定性が大きい。本研究では、こうした仮定をできるだけ排除するために、古くかつ深いマントルか らマントル分化の情報を抽出することをめざし、形成時期が^{*}830Ma にさかのぼり (Yoshikawa & Nakamura, 2000)、[~]70km 以深より固体状態で上昇してきた (Ozawa & Takahashi, 1995) 幌満かんらん岩体の温度・圧力・変形履歴の解析を行った。

幌満かんらん岩体は低圧高温タイプの変成帯である北海道日高変成帯の最高変成地域に位置している。岩体は、斜長石レルゾライト、スピネルレルゾライト、ハルツバージャイト等の互層からなる層状構造をもち、変形微細構造の違いで Upper Zone と Lower Zone に分けられておいる。層状構造は、中央にむかって緩く傾斜しているため、Lower Zone は岩体南部と北部に分かれて分布している。Ozawa (2004) は、南部の Lower Zone が、深さ 60km、温度 950 の条件から、 ほぼ断熱的に上昇した事を明らかにした。一方、岩体北部については、Sawaguchi (2004) による変形に関する研究がある ものの、温度・圧力履歴の解析はこれまで行われていない。そこで、本研究では、岩体北部の Lower Zone の温度・圧力 履歴の解析を行い、岩石の変形情報とあわせて、岩体南部の Lower Zone や Upper Zone と比較し、上昇前の幌満リソス フェア全体の状態を求めることを目的にする。

チヤンベツ沢にそって野外調査とサンプリングを行い、面構造に垂直・線構造に平行の断面と線構造に直交する断面 で微細構造観察とEPMA分析を行った。ひずみマーカーとして輝石スピネル集合体(シーム)の3軸長を計測し、斜方輝 石の中心部の化学組成を用い、ざくろ石が存在しているとして、Lindsley (1983), Gasparik (1987), Nickel and Green(1985), Ozawa(2004) に従って温度圧力を推定した。岩体最北部で採集した輝石スピネルシームを含むレルゾライト試料(北部で は構造的に最下部に位置する岩石)は、岩体最南部の構造的に最下部のLZに比べて、圧力はほぼ同じであるが、温度が 70-100 °C 低い傾向を示す。また、Sawaguchi (2001) による輝石スピネルシームの3軸長測定結果と比べると、アスペク ト比が長軸:中軸:短軸=5:2:1 で非常に低歪みである。この岩石の輝石スピネルシームの周囲にはかなり粗粒の斜長石が形 成されており、斜長石レルゾライトの特徴を示す。また、特徴的に?数ミリ以下の斜方輝石と単斜輝石を包有物として含 み、シーム構成鉱物は非常に細粒であり、多くの極細粒の輝石スピネルシンプレクタイトが島状に点在する。以上のよ うに、岩体北部のLZ は、後の微細構造の改変をうけにくい低温であり、変形は幌満かんらん岩体内部で最も弱いことか ら、幌満リソスフェアの深部情報を最も良く維持していると考えられる。

岩体北部の Lower Zone の温度が南部の Lower Zone より低い傾向があることから、これらが類似した温度勾配に乗っ ているならば、北部の Upper Zone が記憶している温度は、南側より低く、いままで見つかっていない深部情報が記録さ れている可能性がある。南側と北側のこのような温度差は、幌満かんらん岩体の中央部北に位置する断層によって解消 されていると考えられる。幌満かんらん岩体と BSE 組成を結びつけるためには、岩体北部に分布する UpperZone の温度 圧力条件推定を行って幌満かんらん岩体の生成・上昇過程の全体像を把握した上で、北部の全岩化学組成の決定を行う 必要がある。

キーワード: 幌満, かんらん岩, 温度・圧力・変形履歴 Keywords: Horoman, Peridotite, P-T-deformation history



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

幌満かんらん岩はどの様なセッティングのマントル起源か? Toward estimation of the tectonic setting for the Horoman peridotite

干川 智弘^{1*}, 荒井 章司¹, 高橋 奈津子² Chihiro Hoshikawa^{1*}, Shoji Arai¹, Natsuko Takahashi²

¹ 金沢大・地球,² 千葉大・理・地球 ¹Earth Sci., Kanazawa Univ., ²Earth Sci., Chiba Univ.

幌満かんらん岩がどの様なセッティングのマントルに由来したかは明らかにされていない。幌満かんらん岩における SDW 系列は、クラック中に形成された集積岩であるとされており (Takahashi, 1992)、SDW を解析することで幌満かんら ん岩と最終的に平衡であったマグマの化学組成を推定できる可能性がある。

単斜輝石のモードや化学組成は不均質であり、SDW はクラック中に形成された単純な集積岩ではないことがわかる。 また、単斜輝石中の HREE や Al2O3 含有量、かんらん石の Fo 値や NiO 含有量の組成変化から、単斜輝石のモードが高 い部分に向かって結晶化したと考えられる。その後に、粒間のメルト (interstitial melt)の影響で LREE のようなよりイン コンパティブルな元素に富むようになった。この粒間のメルトの影響は、単斜輝石のモードが低いサンプルの方が影響 が大きい。しかし、上部境界付近においては単斜輝石のモードが低いサンプルでそれほど LREE に富んでおらず、整合 的でない。また、LREE 含有量は MHL からの距離と相関を示し、MHL からの影響による可能性もある

単斜輝石中の微量元素組成から計算された平衡なマグマの REE パターンは、島弧ソレアイトや中央海嶺玄武岩のパ ターンに類似性はあるものの、どのテクトニックセッティングの玄武岩のパターンとも一致しない。これは粒間のメル トの影響を受けているために初生的なメルト組成に関する情報が失われているためである。しかし、単斜輝石のモード との相関から、初生的なメルトはより LREE に乏しいと考えられる。 ©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG067-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

足尾山地, 沢入岩体の希土類元素組成 Rare earth element composition of the Sori granodioritic body, Ashio Mountains

川野 良信^{1*} Yoshinobu Kawano^{1*}

1 立正大学地球環境科学部

¹Rissho University

足尾山地に分布する沢入岩体は,周囲の古生層に明瞭な接触変成作用を与えて貫入している.岩体は主として黒雲母花 崗閃緑岩からなり,変化に乏しい均質な岩相を呈する.黒雲母 K-Ar 法によって 86 Ma (Shibata and Miller, 1963), 90-91 Ma(河野・植田,1964), 93 Ma (Sudo et al., 1998)が,黒雲母 Ar-Ar 法では 92 Ma (Uto et al., 1997)がそれぞれ報告されて いる.

川野ほか (2005) は, Sr 同位体比初生値とその分布範囲に基づいて,沢入岩体を初生値が 0.7069 以下を示す中心相, 0.7069 を示す中間相,0.7069 以上を示す周縁相に区分した.なお,Sr 同位体比初生値が 0.7069 を示す中間相 6 試料から 得られたアイソクロン年代は 98+/-11Ma を示している.本研究では,立正大学地球環境科学部設置の誘導結合プラズマ 質量分析装置を使い,ガラスビードを用いたレーザーアブレーション法によって沢入岩体の REE,Th,U の定量分析結 果について報告する.

中心相は Rb の増加に伴い Rb/Sr 比, Rb/Ba 比, Rb/Zr 比が大きくなり, 周縁相は Rb 含有量が相対的に少なく, これらの比も小さくなることが分かっており, Sr 同位体比初生値との関係から, 異なるマグマの混合によって形成された可能性が指摘されている. Ce/U 比, Th/U 比は酸化還元状態と密接に関わっており, これらの比が高くなればより酸化状態であったと考えられる. Ce/U 比は中心相・中間相では変化が少ないが, 周縁相では相対的にやや高い値を示す. Th/U 比は全体的に分散するが, やはり周縁相で高い値を示している. Eu/Eu*は岩相間での相違は認められなかった. (La/Yb)N比や LREE/ HREE 比では, 中間相は SiO2 の増加に伴い微減するが, 中心相や周縁相では SiO2 が 72wt%以下では微減するが, 72wt%以上になると増加に転じる傾向がある.

Chondrite で規格化した REE パターンでは,軽希土元素の組成幅が中心相で最も大きく,次いで中間相,周縁相は 1 試料の例外を除けばほぼ均一な軽希土元素濃度を示している.Euの負異常はいずれの岩相でも顕著には認められない. 重希土元素を見ると,中心相では上に凸のテトラド効果が顕著に認められるが,中間相や周縁相ではそれほど顕著では ない.

以上のことから, 沢入岩体の中心相と周縁相は酸化還元状態や起源物質が異なっていた可能性が示唆され, Sr 同位体比から得られた結果とも調和的と考えられる.

キーワード: 沢入岩体, 花崗閃緑岩, 希土類元素 Keywords: Sori body, Granodiorite, Rare earth element



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

放射光X線分析による日本全国の土砂試料の重鉱物・重元素データベースの開発 Development of Heavy Minerals and Trace Heavy Elements Database of Soils from Japan by Using SR X-ray Analysis.

古谷 俊輔 ¹*, 黄 嵩凱 ¹, 鈴木 裕子 ¹, 阿部 善也 ¹, 河野 由布子 ¹, 中井 泉 ¹, 大坂 恵一 ², 松本 拓也 ², 今井 登 ³, 二宮 利男 ²

Shunsuke Furuya^{1*}, Willy Bong Shun Kai¹, Hiroko Suzuki¹, Yoshinari Abe¹, Yuko Kawano¹, Izumi Nakai¹, Keiichi Osaka², Takuya Matsumoto², Noboru Imai³, Toshio Ninomiya²

¹ 東理大,² 高輝度光科学研究センター,³ 産総研 ¹Tokyo Univ. of Sci., ²JASRI, ³AIST

【はじめに】土砂の鉱物組成や化学組成は、その採取地域の地質を反映することから、法科学において事件に関係した 場所を推定する重要証拠として使われる。従来は、偏光顕微鏡による鉱物同定が行われてきたが、同定には経験と技術を 必要とし特定の専門家以外は困難であった。そこで、多くの経験を必要としない客観的手法に基づき、日本全国の土砂 の地域推定ができるデータベースの開発がもとめられていた。鉱物同定は粉末回折法が有用であるが、多数の鉱物の混 合物である土砂は、分解能の悪い実験室系の回折装置では困難であった。また、土砂の重元素組成は地域の特性化に有 効であるが、通常の EPMA や蛍光 X 線分析装置では重元素に対する感度が低く、微量重元素組成をもとめることはでき ない。特に法科学では靴についた土砂など、極微量試料からの特性化が求められることから、本研究では、極微量試料 で鉱物組成と重元素組成の分析が可能な、放射光粉末回折法と高エネルギー放射光蛍光 X 線分析の導入をめざした。試 料は、産業技術総合研究所地質調査情報センターの元素の地球化学図の作成に使われた、日本全国 3024 カ所の土砂試料 を用いた。このような多数試料の放射光分析データの収集は、1 試料を 10 分程度で測定可能な SPring-8 の全自動測定シ ステムを用いることで初めて可能になった。本研究は、法科学を目的としたデータベースの作成で、放射光分析技術を 用いた世界初の試みであり、極微量の土砂を用いて、迅速に日本全国のどの地域の土砂であるかを特定することが期待 される。また、作成したデータベースは農産物などの産地推定や、地球科学の研究のためのデータベースなど、様々な 応用が期待される。

【方法】放射光粉末 X 線回折法のための測定試料はテトラブロモエタン(比重:2.82)を用いて重鉱物分離したものを 用いた。得られた重鉱物はめのう乳鉢で粉砕後、0.3 mm 径のガラスキャピラリに封入した。SPring-8 BL19B2 にて全自 動放射光粉末 X 線回折システムを用いて、デバイシェラー法により測定した。測定条件は波長 =1.0 A、露光時間 10 分、検出器としてイメージングプレート(IP)を用いた。一方、SEM-EDS分析により、化学組成から1粒ずつ重鉱物の同 定を行った。高エネルギー蛍光 X 線分析は、前処理なしで土砂試料をめのう乳鉢で磨り潰し、厚さ6 µ m のポリプロピ レン膜に封入、SPring-8 BL08W にて励起エネルギー116 keV、ビーム径 0.5 × 0.5 mm2、測定時間 10 分、検出器として Ge 半導体検出器を用いて測定を行った。これまでに、関東地方(n=229)、信越地方(n=42)、東海地方(n=219)、近畿地方 (n=182)、中国地方(n=24)の測定を終了している。

【結果と考察】

放射光の高エネルギー・高輝度・高指向性のX線を用いたことにより、回折ピークの半値幅が狭く、高分解能なXRD データが得られた。このようなデータは定量分析のためのリートベルト法を用いた多相解析に用いることができた。今 回関東地方の重鉱物、重元素の分布について例を示す。一般的に関東地方の地質は関東平野と関東山地の2つに大別す ることができる。関東平野は火山灰を多く含んだ第四期の堆積岩に覆われ、関東山地では低温高圧型変成を受けた三波 川変成帯、古生代シルル紀~中生代白亜紀の秩父帯と堆積岩類・花崗岩類・火山岩類等様々な地層を含んだ四万十帯か らなり、地質的特徴が異なる。関東平野の重鉱物のXRDパターンは単斜輝石、斜方輝石、角閃石が主であり、これらは 火山起源の重鉱物である。一方、関東山地の重鉱物は緑簾積、角閃石、単斜輝石、その他の重鉱物を含んでいた。また、 高エネルギー蛍光X線分析のデータに関しては関東平野と関東山地の試料で重元素に関してスペクトルが大きく異なっ た。図1は関東平野の地質である千葉地域の異なる4点の土砂採取地のHE-XRFスペクトルである。4点とも関東平野 の地質を持つため、XRDパターンはほぼ同一であるが、XRFスペクトルからHf、Wといった人為的要因で混入する可 能性もある重元素の濃度に違いが見られた。よって、ほぼ同一の重鉱物組成を持つ場合でも重元素組成を加味すること で特性化が可能となった。さらに、地球科学図において希土類元素の特徴的な凝集がみられた地域については、本法に おいても同様に高濃度の希土類元素の存在を確認できた。現在、測定結果から検量線法により、重元素濃度の定量化も 行っている。今後は引き続き測定を行い、全国の地域へと対象を広げていく計画である。



キーワード: 放射光, 土砂, 重鉱物, 重元素, XRF, XRD Keywords: Synchrotron Radiation, soil, heavy minerals, heavy elements, XRF, XRD



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

広島県東城町久代産汚染岩中のネフェリンの沸石化 Zeolitization of nepheline in the contaminated rock from the Kushiro outcrop, Tojo-Cho, Hiroshima Prefecture, Japan

矢野 裕美^{1*}, 木股三善², 越後拓也³, 星野美保子⁴, 西田憲正⁵, 清水雅浩², 草地功⁶, 昆慶明⁴ Hiromi Yano^{1*}, Mitsuyoshi Kimata², Takuya Echigo³, Mihoko Hoshino⁴, Norimasa Nishida⁵, Norimasa Nishida², Isao Kusachi⁶, Yoshiaki Kon⁴

¹ 筑波大学・地球,² 筑波大・地球進化,³ 国際農研,⁴ 産総研・鉱物資源,⁵ 筑波大・研究基盤総合センター,⁶ 岡山大・教育 ¹Geosci. Univ. Tsukuba, ²Earth Evolution Sci. Univ. Tsukuba, ³JIRCAS, ⁴Min. Resou. AIST, ⁵RFCST, Univ. of Tsukuba, ⁶Faculty of Education, Okayama University

[研究背景] 広島県東城町久代は世界的にも珍しい高温スカルンが産出する地域として知られ、これまでにこの岩体に特 有の様々な接触変成鉱物(スパー石・ゲーレン石など)が報告されてきた(e.g.,逸見ら,1971.;草地ら,1972;沼野ら,1978)。 この高温スカルンは、「汚染岩 - ゲーレン石帯 - スパー石帯-結晶質石灰岩」の4つに分類され(逸見ら,1976)、「汚染岩」 を除くゲーレン石帯やスパー石帯については、詳細な鉱物学・岩石学的な記載と生成条件の考察がなされている(e.g.,逸 見ら,1976)。この汚染岩は、主に輝石、長石からなる火成岩様岩石であり、草地・逸見(1990)によって、汚染岩中に「カ リ長石 - カンクリナイト - ネフェリン」の鉱物組み合わせが報告された。しかし、ネフェリンを除く鉱物は、偏光顕微鏡 と EPMA のみによる同定であるため、ラマン分光分析のような局所分析法を用いて、他の共生鉱物を詳細に記載するこ とによって、高温スカルンの生成機構をより明確にすることができると期待される。

今回の研究で、著者らは汚染岩中のネフェリンの一部が沸石化していることを同定した。草地・逸見(1990)により記載されたカンクリナイト族鉱物は、本研究では確認されず、相当する鉱物はトムソナイトなどの沸石と考えられる。上野谷露頭における沸石の産出は、過去の研究でも報告されておらず、熱水変質過程の存在を立証する結果となった。なお、ネフェリンの熱水変質については、アルカリ岩中のネフェリンと長石が沸石化する報告はあるが(Mitchell and Platt, 1979; Ross et al., 1992)、その変質過程は解明されていない。

本研究では、広島県東城町久代の上野谷露頭に産出する汚染岩中で、ネフェリンと共生する沸石が確認されたので、汚 染岩の構成鉱物の化学組成や結晶構造を再検討すること、及びこれらの含水珪酸塩鉱物を生成した熱水変質の過程につ いて考察することを目的とする。

[研究試料と分析方法]研究試料は、久代の上野谷露頭から採取された汚染岩を用い、その全岩組成や構成鉱物は(草地・逸見, 1990)によって報告されている。本研究では、粉末 X 線回折分析による鉱物の同定、電子線マイクロプロープ分析 (EPMA) および LA-ICP-MS による主要元素と微量元素の分析、顕微ラマン分光分析および顕微赤外分光分析による含水 状態の分析を行った。

[結果と考察] 汚染岩の主要構成鉱物としてのネフェリンは、約500 µ m の大きさの他形 ~ 半自形の単結晶であり、同じく主要鉱物であるマイクロクリンとの間に挟まれるように、沸石類が縞状に共存している。EPMA による定量分析値と顕微ラマン分光分析の結果から、その共生関係は「ネフェリン - トムソナイト - ナトロライト - アナルサイム - マイクロクリン」であることが判明した。また、ナトロライトとアナルサイムの粒界を埋めるように、ペクトライトが線状に連結する組織が観察された。これらの結果から、草地・辺見 (1990) により、カンクリナイト族鉱物と同定された鉱物は、沸石類であり、上野谷に産出する汚染岩は、一連の高温スカルン化作用だけで生成されたのではなく、その後にネフェリンやマイクロクリンから沸石類が生成する低温の熱水変質作用を受けたことが示唆された。

上野谷産の各沸石は、Feを含有することが特徴で、起源が異なる他の産地の沸石類の化学組成と比較し、鉱物間の隣接 組織を観察すると、トムソナイト、ナトロライト、ペクトライトはネフェリン起源、アナルサイムはマイクロクリン起源で あると考えられる。また、これまで報告されているネフェリンから沸石を合成する温度(Wirching, 1981)と Na2O-Al2O3 -SiO2 熱水系からのアナルサイムの合成温度(Balandis & Traidaraite 2007)に基づいて、久代地域が経験した熱水変質作用 の温度は、摂氏 100-200 の低温であると考えられる。

以上の結果から、沸石化過程は次の3段階で構成されると結論づけた。

1. 汚染岩が冷却する過程で、Ca に富んだ熱水 (摂氏 100-200) がネフェリンと反応してトムソナイトを生成した。その後、ネフェリンから溶脱した Na が熱水に浸出し、熱水は Na に富んだ状態に変化する。

2. Na に富んだ熱水とトムソナイトが反応してナトロライトを生成し、さらにトムソナイトから溶脱した Ca が溶け込

んだ熱水から、一部はペクトライトが産出した。

3. Na に富んだ熱水は、マイクロクリンとも反応して、アナルサイムを生成した。

また、沸石の先駆鉱物である久代産汚染岩中のネフェリンは、汚染岩を生成する際に結晶化したものであるが(草地・ 逸見, 1990)、今回の分析から、アルカリ岩質マグマから直接生成されたネフェリンとは、微量元素を含めた化学組成や 含水の有無などにおいて、異なった特徴を示すことが明らかになった。

キーワード: 高温スカルン, 広島県久代, ネフェリン, 顕微ラマン分光法, 熱水変質, 沸石 Keywords: high-temperature skarn, Kushiro, nepheline, micro-raman, hydrothermal alternation, zeolite



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

EMPA 分析を用いた黒雲母の化学組成式:結晶化学と成因的意義 Chemical formula of biotite deduced on the base of EMPA-WDS data:Crystal chemistry and genetic significance

花田 遥平^{1*}, 木股三善², 西田憲正³, 清水雅浩², 越後拓也⁴, 中野聰志⁵ Yohei Hanada^{1*}, Mitsuyoshi Kimata², Norimasa Nishida³, Masahiro Shimizu², Takuya Echigo⁴, Satoshi Nakano⁵

¹ 筑波大・地球科学,² 筑波大・地球進化,³ 筑波大・研究基盤総合セ,⁴JIRCAS,⁵ 滋賀大・教育 ¹Earth, Evolution, Sci., Univ., Tsukuba, ²Earth, Evolution, Sci., Univ., Tsukuba, ³RFCST, Univ., Tsukuba, ⁴JIRCAS, ⁵Edu., Shiga Univ.

雲母族鉱物は、火成岩や変成岩など様々の岩石中に頻産する造岩鉱物で、一般式はIM₂₋₃1-0T₄O₁₀A₂ (I:Cs,K,Na,NH,Rb,Ba,Ca,M:Li,Fe(2+,3+),Mg,Mn,Zn,Al,Cr,V,Ti, :空孔,T:Be,Al,B,Fe(3+),Si,A:Cl,F,OH,O,S)である。その組成式は複雑な為、T 席以外の構造席は空孔になることが多く、組成式の決定には結晶化学的考察が不可欠である。雲母族鉱物の組成式はFoster(1960)やRimsaite(1970)の方法で立てるのが一般的であるが、EMPAによる測定値のみを使用して、雲母族鉱物の化学組成式を検討した例はない。本発表では、EMPAの測定結果を用いて、雲母族の代表例である黒雲母の化学組成式を立てる方法を検討し、その結晶化学及び成因的意義を考察する。

分析試料には、滋賀県の田上花崗岩中の黒雲母と、田上花崗岩に産出するペグマタイトの漸移帯の黒雲母を使用した。 EMPA は、筑波大学研究基盤総合センター分析部門の、日本電子社 JEOL-8530 を使用した。測定条件は、加速電圧 15kV、 電流 20nA、ビーム径 5 µ m で行った。定量分析で測定した元素は、定性分析で検出された Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, F, CI である (測定の際、鉄は全て 2 価として算出)。F の測定時間は、ピーク位置 50s、バックグラウンド位置 20s に 設定して行った。上記の測定により得られた分析値から、以下の手順に従って黒雲母の化学組成式を計算した。

(1)EMPA による黒雲母の分析値から、12(O,OH,F,Cl) に基づいて各元素のイオン数を算出(この時、定量分析値の100%に満たない差は、H₂O とした)。

(2)(1)の結果、陰イオン電荷 22となった場合、以下の手順を適用する。

(a) 求めた陽イオン数の M 席 3 となった場合

(1) で求められたイオン数をそのまま用いる。

(b) 求めた陽イオン数の M 席 > 3 となった場合

(1) で求められた結果(全鉄を Fe^{2+} として分析)と、EMPA のオフラインを用いて全鉄を3価として再計算し直し、 (1) と同様の方法でイオン数を計算したものを勘案して、M席 3となるように、 Fe^{2+} と Fe^{3+} を割り振って合成する。

(3)(1)の結果、陰イオン電荷 < 22 となった場合は、陰イオン電荷 = 22(理想値)と仮定して計算する (この時、OH は A 席のイオン数が 2 となるように設定する)。その後、以上の結果と、EMPA のオフラインを用いて全鉄を 3 価として再計算し直し、陰イオン電荷 = 22(理想値)としてイオン数を計算したものを勘案して、測定値の wt% が 100 %になるように合成する。

上記の方法を、既述した花崗岩中の黒雲母に適用して、手順(3)まで検討を行い、化学組成式を立てたところ、代表的な結果 は(K_{0.865}Na_{0.007}0.128)(Al_{0.012}Fe²⁺0.955Fe³⁺0.957Mg_{0.414}Mn_{0.050}Ti_{0.169}0.443)(Si_{2.706}Al_{1.294})O₁₀Fo.228Cl_{0.015}(OH)_{1.757}となった(XRDの同定により、ポリタイプは1M)。この組成式はI席とM席に空孔が多く、黒雲母の理想値に適合しないが、 黒雲母の結晶化学(Fleet & Howie, 2003)を参照すると、この構造の限界式と言える。空孔が多くなった原因は、EMPAで検 出不可能な元素や分子(Li,H₃O⁺ など)の実在も考えられる。一方、ペグマタイトの漸移帯に産する黒雲母は、手順(2)-(a) までの検討を行い、化学組成式を立てた代表的な結果は(K_{0.937}Na_{0.003}0.660)(Al_{0.349}Fe²⁺2.000Mg_{0.436}Mn_{0.041}Ti_{0.127} 0.047)(Si_{2.902}Al_{1.098})O_{10.353}F_{0.424}Cl_{0.020}(OH)_{1.203}となった(ポリタイプは1M)。母岩中の黒雲母と比較して、ペグマタイ トの漸移帯中の黒雲母はSi やFの含有量が多いことから、珪酸塩とハロゲンに富んだ流体から晶出したと考えられる。 F は、マグマ分化の最末期に濃集することが知られているため(Fuge 1977)、以上の違いは、ペグマタイトが花崗岩体の 形成の末期に生成されたもので、より分化が進んだマグマから黒雲母が生成されたことに整合的である。

さらに今回の方法を生成場の異なる、南インドの Kerala Khondalite 帯のペグマタイトと泥質グラニュライトに産する黒 雲母 (Cesare et al. 2008) に適用し、本研究における化学組成式計算法の妥当性を検証した。Cesare et al.(2008) では、EMPA と、メスパウアーメスパウワー分光法による Fe²⁺/Fe³⁺ 比の分析、SIMS による H₂O の定量分析を行った。全測定値に基 づく、このペグマタイト産の黒雲母の組成式は、(K_{0.949}Na_{0.049}Ca_{0.001})(Al_{0.160}Fe²⁺_{1.220}Fe³⁺_{0.038}Mg_{1.167}Mn_{0.003}Ti_{0.314} 0.066)(Si_{2.802}Al_{1.198})O_{10.51}F_{0.457}Cl_{0.162}(OH)_{0.870} である。これに対し、今回の方法を適用したところ (EMPA の測定値のみ使 用)、組成式は(K_{0.932}Na_{0.048}Ca_{0.001} 0.199)(Al_{0.087}Fe²⁺_{1.235}Mg_{1.138}Mn_{0.003}Ti_{0.326} 0.212)(Si_{2.753}Al_{1.247})O_{10.51}F_{0.457}Cl_{0.162}(OH)_{0.87} となった。両組成式の違いは M 席の空孔で 0.146 の誤差で、これに対し、同様にグラニュライト中の黒雲母を用いて比 較したところ、M 席の空孔の誤差は僅か 0.003 であった。

本発表では、今回の組成式の設定方法の有効性とその結晶化学及び成因的意義を説明する。

キーワード: 黒雲母, 化学組成式, EMPA, 陰イオン電荷, 分類, 生成場 Keywords: biotite, chemical formula, EMPA, anion charge, classification, genetic place



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

チェコ共和国・ボヘミア地塊東部ノブドボリー地域の片麻岩中のジルコンに含まれ る "ナノ花崗岩類 " "Nanogranites" enclosed within zircon in gneisses in the Nove Dvory, Czech Republic

三宅亮¹*,相馬伸洋¹,小林記之² Akira Miyake^{1*}, Nobuhiro SOMA¹, Tomoyuki Kobayashi²

¹ 京大・院理・地惑、² 千葉大・院理

¹Graduate school of science, Kyoto Univ., ²Graduate school of Science, Chiba Univ.

近年浅所型の花崗岩ばかりでなく、ミグマタイトやグラニュライト などの高温の広域変成岩からも、部分融解によっ て生じたと考えられるメルトが非晶質体あるいは"ナノ花崗岩"として産出する例が報告され、注目されるようになっ てきた (たとえば、Cesare et al., 2009、廣井ほか 2010)。本研究では、チェコ共和国・ボヘミア地塊東部ノブドボリー 地域の片麻岩中のジルコン中から "ナノ花崗岩"を見出したので報告を行う。この地域からのジルコン中の包有物から はコース石に特徴的なラマンシフトを示す SiO2 包有物が見つかっている(Kobayashi et al. 2008)。本研究では、酸性質 な片麻岩から鉱物分離を行いジルコンを抽出し試料とした。抽出したジルコン中に含まれる包有物を、集束イオンビー ム加工装置を用いて、透過型電子顕微鏡観察を行うため試料作製を行った。この時、研磨面に出ている包有物だけでな く、表面に出ていない包有物も集束イオンビーム加工を行い透過型電子顕微鏡用試料とした。相の同定は、電子回折像 およびエネルギー分散型X線分析法を用いて行った。その結果本研究で初めてジルコン中から"ナノ花崗岩"を見出し たので報告を行う。

その結果、ジルコン中に含まれる多くの包有物は、鉱物組み合わせは包有物毎によって異なるが、主として石英、斜 長石、アルカリ長石、白雲母 によって構成され、 しばしばリン灰石等を伴う。これらの鉱物はサブミクロン~ミクロン オーダーからなり、時として数十ナノメートルと小さく相の同定ができなかった結晶も存在していた。こうした包有物 の中には、負晶のような形として存在するものもある。これらの特徴は、Cesare et al. (2009) がガーネット中の包有物と して報告している"ナノ花崗岩"の特徴とよく一致している。石英中にはドフィーネ双晶やブラジル双晶などの組織は 観察できない。アルカリ長石も離溶組織や双晶などの組織は観察できなかった。一方斜長石からはアルバイト双晶が観 察できた。これらのことから、高温変成時に生成した部分融解メルトと考えられるが、不明な点も数多く残されている。 鉱物の微細組織などから冷却過程の解明につながるとなりうる。

キーワード:ジルコン,ナノ花崗岩類,透過型電子顕微鏡 Keywords: Zircon, Nanogranites, TEM



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

高温高圧実験による長石高温相の再検討 Reexamination of phases of feldspars at high temperature and pressure.

兒玉 優^{1*}, 三宅 亮¹, 川嵜 智佑² Yu Kodama^{1*}, Akira Miyake¹, Toshisuke Kawasaki²

1京大理,2愛大理

¹Kyoto-Univ. Sci., ²Ehime-Univ. Sci.

多くの岩石に普遍的に含まれる長石は、比較的低温下で形成されるため、斜長石系列 (An-Ab)、アルカリ長石系列 (Ab-Or)に限定される。一方、ナピア岩体など超高温変成作用を被った岩石には、高温下で An-Ab-Or の化学組成を持 つ ternary feldspar として存在していたと考えられる長石が産する。筆者らはナピア岩体 Riiser-Larsen 山に産する片麻岩 (TH97012006, 以下 12006) に含まれる ternary feldspar(An₃₀Ab₇₀, C -1 の oligoclase と Ab₅Or₉₅, C 2/m の orthoclase から なるアンチパーサイト)の多様な離溶組織に関する研究を行い、その形成過程を明らかにした。しかし、既存の温度計の タイライン (Fuhrman et al., 1988 など)と実際に観察される離溶ラメラの化学組成の組み合わせが一致しないため、離溶温 度の見積もりは出来ないこと (Hokada, 2001の結果とも調和的)を明らかにした。さらに離溶組織の安定界面に関するモデ ル (coherent elastic boundary model; Cahn, 1962; Willaime et al., 1974) で説明できない離溶組織が存在することもわかった。 こうした問題点は、Fuhrman et al. (1988) など既存のモデルでは、温度計に用いる長石の離溶反応がC 2/m & C 2/m のコ ヒレントの反応しか考慮されていないことや、oligoclaseの高温でのC2/m C-1への相転移の際の相転移次数が関係し ている可能性がある(兒玉他,2010日本鉱物科学会)。1次の相転移では化学組成や体積に不連続が存在するが、2次以上の 相転移では化学組成に不連続が存在しない。そこで、筆者らは特に oligoclase が C 2/m から C-1 へと転移する際の相転移 次数を決定するため、長石の高温高圧実験を行い、相転移の際の化学組成の不連続の存在の有無を確認することにした。 現在、天然の oligoclase(An₂₅Ab₇₀Or₅) と 12006 に含まれる ternary feldspar(oligoclase(An₃₀Ab₇₀) と orthoclase(Ab₅Or₉₅) の混合試料)の粉末試料を出発物質として、愛媛大学大学院理工学研究科においてピストンシリンダーを用いた高温高圧 での実験を行っている。得られた試料に対して、走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分析を用いて組織観察および 定量分析を行い、透過型電子顕微鏡を用いて空間群の決定を行った。その結果、1300°C, 10kb, 24 時間保持での合成試 料から、oligoclase に 1 次の相転移の特徴である化学組成の不連続が確認された。今回、その解析結果を報告する。

キーワード:長石,高温高圧実験,超高温変成作用

Keywords: ternary feldspar, high temperature and pressure experiment, ultra high temperature metamorphism



会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

接触変成帯における石墨化;鉱物学的解析と触媒作用への示唆 Graphitization in contact metamorphism; Detailed mineralogical examination and suggesting catalysis reaction

中村 佳博 ¹*, 小河原 孝彦 ², 赤井純治 ¹ Yoshihiro Nakamura¹*, Takahiko Ogawara², Junji Akai¹

¹ 新潟大学理学部地質科学科,² 新潟大学大学院自然科学研究科 ¹Sci Niigata Univ., ²Grad. Sci Niigata Univ.

堆積岩中の炭質物は温度・時間・出発物質・熱水・圧力・剪断応力などの影響を受け敏感に構造が変化することが知られている(Large,1994).この構造変化を用いてXRD・顕微ラマンを用いた地質温度の推定が広く行われてきた(Grew,1974; Itaya,1981; Beyssac,2002; Rahl,2005).炭質物が石墨へ構造変化するためには260kcal/molが必要とされており,アレーニウスプロットから完全な石墨へ構造変化するためには,700 で10⁴⁰分の時間を要する(Bustin,1995).天然の変成作用では,この時間と温度では石墨化の理解することは不可能であり,温度・時間以外により重要な要因が存在することを示唆している. 一般的に活性化エネルギーを下げるため工業的には,金属元素を触媒として石墨を合成する方法が広く用いられている(Oya,1982; Sevilla,2007,2010).触媒で合成された炭素の特徴として,1)核となるナノ粒子(50-80nm)の存在,2)特徴的なナノ組織(Catalysis carbon),3)XRDにおける非対称ピークなどが上げられる.本研究では石墨化を大きく促進している要因について,ラマン分光・XRDを用いた炭質物の結晶学的データに加えHRTEMを用いた微細組織の直接観察を行い構造変化との関係を考察する.温度見積もりには,Aoya(2010), Beyssac(2002)のラマン分光地質温度計(RSCM)を用いた.サンプルは,京都府行者山産・大文字山産の熱変成を受けた粘板岩を用いて,パルクと薬品処理をおこなった試料を準備し観察した.

XRD・ラマン分光では、一連の連続した結晶成長を示すデータが得られ、他の代表的な接触変成岩と炭質物の結晶成長の過程はほぼ同じであることがわかった。しかし XRD の結果から、連続した結晶成長では考えられない特徴的な石墨の非対称ピークを黒雲母帯 (400-450 付近) に見いだした。この非対称ピークについてカーブフッティングを行ったところほとんどの試料において 0.342nm 付近のアモルファスなピークと 0.3357-0.337nm 付近の非常に結晶度のよいピークに分離することができた。これら二つの結晶度の異なる炭質物について、どのような形態で存在するのか HRTEM で直接観察を行うと、Shell like structure や Filament structure の非常に結晶度の良い炭素とアモルファスな炭素が不均質に共存していることがわかった。また、Shell like structure や Filament structure の組織の中心には触媒鉱物と考えられる包有鉱物が観察され、サイズは 50-100nm であった。

HRTEM における組織観察より,XRD で観察された非対称ピークは機械調整やガラスの影響 (Itaya,1997) ではないこ とが明らかになり,結晶度の不均質性がナノスケールの組織の不均質性に起因していることがわかった.またこれらの観 察結果は Oya(1982) や Sievilla(2007,2010) で示された触媒炭素の形態や XRD データと一致しており石墨化の要因の一つ として考えられる.以上の結果より Deurbergue(1987),Bustin(1995) が唱える圧力・剪断応力による石墨化の促進作用を接 触変成作用で解釈することは難しいことからも,触媒作用が石墨化を促進させる重要な要因と示唆される.

[引用文献]: D.J. Large (1994), Contrib Mineral Petrol, 116:108-116; Grew(1974), J.Geol, 82,50-73; Itaya(1981), Lithos,12, 215-224; Rahl (2005), Earth and Planetary Science Letters, 240, 339-354; Beyssac(2002), J. metamorphic Geol., 20, 859?871; Bustin(1995), Carbon, 33(5), 679-691; Aoya(2010), J. metamorphic Geol., 28, 895-914; Sevilla(2010), Chemical Physics Letters 490, 63-68

キーワード:炭質物,触媒,石墨化,接触変成作用,HRTEM,顕微ラマン分光

Keywords: Carbonaeous materials, Catalysis, Graphitization, Contact metamorphism, HRTEM, Micro Raman spectroscopy