

SCG067-01

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グ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

Uvarovite-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# ($\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ atomic ratio; around 0.8), which is one of the highest Cr# chromian spinels reported from Oman. $\text{Fe}^{3+}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ (= 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

SCG067-02

会場:105

時間:5月26日 08:45-09:00

超高压变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

川崎 智佑^{1*}, 小山内 康人²

Toshisuke Kawasaki^{1*}, 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

¹ Graduate School of Science and Engineer, ² Graduate 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、北海道日高变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. 超高压力条件では、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. 超高压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: 超高压变成作用, 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

SCG067-03

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

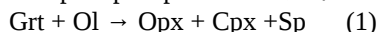
¹Kyoto University, ²Univ. Tokyo, ³Chinese Academy of Sciences

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。

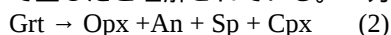
サンプルはチェコ Moldanubia 帯のフェルシッグラニュライトに取り込まれたマントル起源のざくろ石ースピネルかんらん岩 (Plesovice 岩体) である。かんらん岩は 2.3-3.5 GPa, 850-1030 °C で形成したざくろ石かんらん岩が, 大陸地殻下部に取り込まれて部分的に再結晶したもので, ざくろ石のケリファイト化の温度は輝石温度計により 730-770 °C (at 0.8-1.5 GPa) と見積もられている (Naemura et al, 2009)。ケリファイト II は, ケリファイト I 内部に残存するざくろ石に隣接して産する。偏光顕微鏡観察では, ケリファイト 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,



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



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 を作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

SCG067-04

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の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 (グリユネ閃石) から構成され、少量の石英とスチブノメレンを含む。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の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ユ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ユ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粗粒化している。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

SCG067-05

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 Uyeda^{1*}, Keiji Hisayoshi¹

¹ 阪大理

¹ faculty 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、結晶の磁氣的安定軸は、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、 $m = 10\text{E-}1 \sim 10\text{E-}4\text{g}$ 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氣的・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、単一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. Gupta: Landolt 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

SCG067-06

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 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 $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$, $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$, $\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 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、高压生成条件を想起する新端成分, $\text{Mg}_{1/2}\square_{1/2}\text{Mg}_{1/2}\text{Si}_{1/2}\text{Si}_2\text{O}_6$ 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、 $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ 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 (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、 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), $\text{Fe}^{2+}\text{SiO}_3$ (フェロシライト), $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ (加納輝石), $\text{CaTiAl}_2\text{O}_6$, $\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$ (エシネアイト), CaSiO_3 (ウォラストナイト), $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ (Ca-チェルマーク成分) or $\text{Ca}_{0.5}\square_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$ (Ca-eskolite), $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (ひすい輝石), $\text{NaCr}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ (コスモクロア) and $\text{Mg}_{1/2}\square_{1/2}\text{Mg}_{1/2}\text{Si}_{1/2}\text{Si}_2\text{O}_6$ (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 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (透輝石) $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ (加納輝石) のイオン置換関係の導入、さらには $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ (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 $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ 成分に富む。具体的に、外国産輝石巨晶の $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ は 0~0.9 mol%, 日本産輝石巨晶の $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ は 1.0~2.5 mol% であった。

(2) $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (ひすい輝石) と $\text{Mg}_{1/2}\square_{1/2}\text{Mg}_{1/2}\text{Si}_{1/2}\text{Si}_2\text{O}_6$ (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、 $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ 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 $\text{Na}(\text{Mg}_{0.5}\text{Si}_{0.5})\text{Si}_2\text{O}_6$ (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 $\text{MnMgSi}_2\text{O}_6$ 成分を含有することは、日本の花崗岩産褐礫石が

世界の他地域の褐帘石よりも 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

SCG067-07

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 Oshika^{1*}, 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、伊豆半島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ไซด์で Cr_2O_3 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 SiO_2 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 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 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ナタイトおよび流体 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) 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

SCG067-08

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

¹ Rock 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。

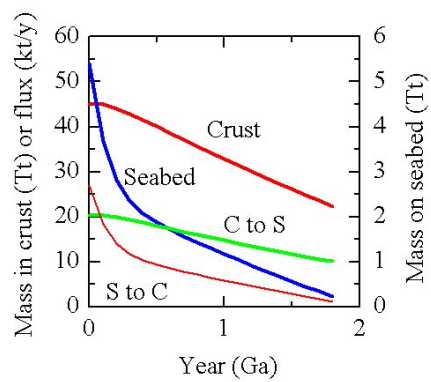
トリウムは主にモナザイトからレアアースとともに製錬される核燃料である。プルトニウムを生成しないために核兵器への転用が難しいという欠点があり、従来あまり用いられなかったが、トルコ・オーストラリア・インド(既に使用中)・ノルウェー・アメリカ・カナダなどに賦存し、確定埋蔵量158万トン(マッケイ、2010)は全ての一次エネルギーを賄って58年分である。製錬コストが高いという欠点があるが、ウランと違ってほとんどが燃焼し核分裂生成物の量が少ない、燃料交換が30年に1回で済む、原理的に重大事故が起こりにくいなどの長所を有する。使用済み燃料に含まれているタリウムが強烈なガンマ線を放ち半減期は30年と短い。も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 $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$ 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 km^2 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 km^2 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 km^2 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3 ppm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