

スリランカのハイランド岩体と東南極のリュツォ・ホルム岩体の泥質グラニュライトに含まれる Mg 十字石分解物、スピネル・サフィリン・コランダム+石英+黒雲母と珪長岩包有物

柳 綾彦¹、廣井 美邦¹
¹ 千葉大学

Magnesian staurolite breakdown assemblages, spinel, sapphirine, or corundum + quartz + biotite associations, and felsite inclusions in pelitic granulites from the Highland Complex, Sri Lanka and the Lützow-Holm Complex, East Antarctica

Ayahiko Yanagi¹, Yoshikumi Hiroi¹
¹Chiba University

The magnesian staurolite breakdown assemblages, spinel (or sapphirine, corundum) + quartz + biotite, and felsite inclusions (felsic-volcanic-rock-like inclusions, Hiroi et al. 2014) were found in pelitic granulites from the Highland Complex, Sri Lanka and the Lützow-Holm Complex, East Antarctica. Coexistence of sapphirine + quartz and kyanite after the staurolite suggest the rocks suffered high-pressure and ultrahigh-temperature, and partially melted. Both the spinel + quartz + biotite and felsite inclusions should be related with partial melts produced in high- to medium-pressure and ultrahigh temperature, and their final crystallization occurred under andalusite-bearing low-pressure and medium-temperature. The garnet from East Antarctica preserve unique zoning impling the high-temperature burial and the subsequent exhumation. Hypothetical geologic evolution would be proposed that the high-temperature channelized flow from lower crust or upper mantle toward upper crust, which may have been triggered by loading of two crusts, played a key role in collisional zone between the East and West Gondwana.

スリランカのハイランド岩体と東南極のリュツォ・ホルム岩体は原生代最末期から古生代初期にかけての東西 Gondwana 超大陸衝突帯中で隣接したと考えられている。近年両岩体の様々なグラニュライト類から、高压高温下の部分融解で生じたメルトが低圧かつ過冷却のもとで固結したと考えられる石英長石集合体 (本研究で珪長岩包有物と呼ぶ。Hiroi et al. 2014) が見出され、チャンネル流動を伴う、これまでの想定より速い岩体上昇が提案された。今回これを詳しく検討する目的で両岩体の泥質サンプルの記載岩石学的特徴を整理検討した。

先行研究では両岩体の泥質変成岩から、(1) 高压を示唆する藍晶石 (スリランカから Osanai et al. 2006, 東南極から Motoyoshi and Ishikawa 1997 など) や MgO を含む十字石 (本研究で Mg 十字石と呼ぶ) またはその分解物 (スリランカから Yanagi and Hiroi 2009, 東南極から Yanagi et al. 2011)、(2) 超高温を示唆するスピネル+石英、サフィリン+石英、コランダム+石英、斜方輝石+珪線石+石英組合せや大隅石 (スリランカから Sajeew and Osanai 2004; Osanai et al. 2006 など、東南極から Motoyoshi and Ishikawa 1997; Yoshimura et al. 2008; Kawasaki et al. 2011; Yanagi et al. 2011 など)、(3) 堇青石を含む減圧組織が見出され、高温~超高温の温度ピークを含む、時計回りや等温減圧的な温度圧力進化が提案されている。

本研究で両岩体の泥質グラニュライト (ザクロ石—斜方輝石—珪線石—黒雲母—堇青石含有グラニュライト。スリランカの試料は YH04083001、東南極では YH05011303) の薄片を観察したところ Mg 十字石分解物、スピネルやサフィリンやコランダム+石英+黒雲母の多相組合せ、珪長岩包有物の3種類が両サンプル中に含まれることを確認した。そこで両岩体に共通する特徴を以下の5点にまとめ、それらの意義や部分融解現象との関連に注目した。なおスリランカの試料では赤鉄鉱やチタン鉄鉱を含み酸化的であるが、東南極のは主にルチルを含みより還元的である。

- (1) ザクロ石斑状変晶 ($X_{Mg} = 0.40 - 0.56$) は多様な Mg 十字石分解物を含む。分解物中でサフィリン+石英連晶と藍晶石が隣接する。スリランカでは Mg 十字石 ($X_{Mg} = 0.44 - 0.50$) の残晶が見出された。
- (2) ザクロ石は Ca・Mg・P・Y・Cr などの組成ゾーニングを示す。またラメラ様のルチル (東南極では石英や燐灰石が加わる) を局所的に含む。ザクロ石中で、ラメラ様包有物や鉱物組合せの分布とゾーニングが一致することがある。ただし両岩体でゾーニングを示す元素の種類や様子は異なる。
- (3) ザクロ石のリム部にサフィリン+石英の平行連晶が見出される。基質中に斜方輝石+珪線石+石英組合せが含まれる。斜方輝石のコアの Al_2O_3 量はスリランカで 9 - 10 wt%前後で、東南極では 6 - 7 wt%前後。ザクロ石や珪線石の一部が堇青石を含むシンプレクタイトで置き換えられている。
- (4) 粗粒なスピネル・サフィリン・コランダムと石英と黒雲母の多相組合せが、ザクロ石に含まれる。ザクロ石中で負晶に近い形状を示す。スピネル・サフィリン・コランダムは丸みをおびた自形~半自形を示し石英と直接接することが多い。電子顕微鏡下でしばしばカリ長石や斜長石、(スリランカのみ) 紅柱石が見出

される。紅柱石は黒雲母中や石英と隣接して存在する。黒雲母は基質中のもの ($\text{TiO}_2 = 3.0 - 5.0 \text{ wt\%}$ で、 $X_{\text{Mg}} = 0.65 - 0.70$ 前後) と比べて TiO_2 量に乏しく X_{Mg} に富む ($\text{TiO}_2 = 1.0 \text{ wt\%}$ 以下で、 $X_{\text{Mg}} = 0.75 - 0.85$ 前後)。

(5) 顕晶質な石英長石黒雲母の集合体(珪長岩包有物)がザクロ石に含まれる。ザクロ石中で負晶に近い形状を示す。石英や長石が集合体の多くの部分を占め、球晶や樹枝状晶や骸晶を示すことがあり、過冷却下での結晶化が考えられる。時々、丸みをおびた自形～半自形のスピネル・サフィリン・コランダムや、それとは別に斜方輝石が含まれる。これらは鏡下で細粒である。珪線石や紅柱石、(東南極のみ)スカポライトを含むものがある。黒雲母は(4)の中のものに似て TiO_2 量に乏しく X_{Mg} に富む。(4)と珪長岩包有物が含まれる場所のザクロ石組成は類似する。また両者が近接して存在することがある。

本研究で、藍晶石が安定な高压から堇青石や紅柱石の安定な低压への進化が考えられる。またサフィリン+石英連晶や斜方輝石+珪線石+石英から超高温のピーク温度が考えられる。(1)と(3)と(4)でサフィリンと石英が接するが産状が異なり平衡関係・形成反応・形成温度圧力が違う。(1)で、サフィリン+石英連晶と藍晶石が共に安定な領域は、両岩体の酸化還元条件の違いを考慮しても、FMAS_TO+斜方輝石+石英系グリッド(Taylor-Jones and Powell, 2010)上で 15 kbar 以上かつ 1000°C以上と高压で超高温が予想される。

(4)のスピネル・サフィリン・コランダム+石英+黒雲母組合せと(5)の珪長岩包有物は粒径が大きく異なり鏡下で異なる組織に見える。また類似するものが世界各地のかつての大陸衝突帯の高温～超高温グラニュライトや超高压変成岩から報告されているが異なるものと記載されることが多い。しかし本研究では負晶に近い形状や、鉱物組合せ、黒雲母や周囲のザクロ石組成が類似する。よってどちらも比較的高圧高温で形成された部分融解メルトが、成長中のザクロ石にトラップされた後、後退時に固結したものと考えた。両者に紅柱石が含まれることがあり、最終的な固結は低压下(2 - 3 kbar で 400 - 500 °C前後)と予想される。珪長岩包有物は周囲のザクロ石に向かって角状突起が発達する。変形に伴いホストのザクロ石が割れて中のメルトが脱水した結果、リキダスおよびソリダスが急上昇し、過冷却下で細粒な鉱物集合体が晶出したと考えられる(Hiroi et al. 2014)。スピネル・サフィリン・コランダム+石英+黒雲母は、後退時にメルトが固結した結果、先にメルトに含まれていたスピネル・サフィリン・コランダムの残晶と後から晶出した石英が直接接したと考えられる。

両岩体は、(1)の高压超高温を示す藍晶石+サフィリン+石英から、下部地殻～上部マントル付近(地下 50 - 60 km など)で一部が超高温に達し部分融解していたと予想される。(4)と(5)から、紅柱石の安定な低压下でのメルトの最終的な固結が考えられる。下部～上部地殻で岩石が高温～超高温下で部分融解状態にあり、メルトを伴って岩体が上部地殻へ上昇後に冷却したと考えられる。冷却によるメルト固結後はメルトから吐き出された水が岩石の間隙水圧を上昇させ岩石強度が低下し、引き続き上昇冷却(Hiroi et al. 2014)したと思われる。両岩体で超高温を受けたザクロ石のゾーニングや藍晶石+コランダム+石英などの高压超高温組合せが保存されている。これらは短い高温継続を示し地下深部から上部地殻への上昇も比較的速かったことを暗示すると思われる。

東南極のザクロ石には、マントル部の Ca や Cr 成分が高く、その内側(コア部)に珪線石が、外側(リム部)に藍晶石、さらにその外側に珪線石を含むものがある。コア部は珪線石以外に石英・カリ長石・斜長石を含み、中圧高温の変成ステージが考えられる。このザクロ石がコアからリムへ成長したとすると、圧力が中圧から高压へと上昇後、逆に高压から中圧～低压へと減圧したと考えられ、大陸衝突に伴う岩体の地下深部への沈み込みからその後の上昇への情報を含むと思われる。コア部とマントル部でザクロ石の X_{Mg} 値が異なり短い高温継続が考えられる。本研究について高温下で急速沈降後に急速上昇したと仮定すると、超大陸衝突時の地殻どうしの積み重なりと、その結果の地下深部での部分融解進行、その後のメルトを伴う岩体の大規模な流動と上昇が考えられる。

References

Hiroi, Y., Yanagi, A., Kato, M., Kobayashi, T., Prame, B., Hokada, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Adachi, T., Osanai, Y., Motoyoshi, Y., and Shiraishi, K. *Gondwana Research*, 25, 226-234, 2014.

Kawasaki, T., Nakano, N., and Osanai, Y. *Gondwana Research*, 19, 430-445, 2011.

Motoyoshi, Y. and Ishikawa, M. *The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*, 65-72, 1997.

Sajeev, K. and Osanai, Y. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 99, 320-327, 2004.

Osanai, Y., Sajeev, K., Owada, M., Kehelpannala, K.V.W., Prame, W.K.B., Nakano, N., and Jayatileke, S. *Journal of Asian Earth Sciences*, 28, 20-37, 2006.

Taylor-Jones, K. and Powell, R. *Journal of Metamorphic Geology*, 28, 615-633, 2010.

Yanagi, A. and Hiroi, Y. *The 29th Symposium on Polar Geosciences, Program and Abstract*, 22-23, 2009.

Yanagi, A., Hiroi, Y., Kato, M., Kobayashi, T., and Motoyoshi, Y. *The 31th Symposium on Polar Geosciences, Program and Abstract*, 2011.

Yoshimura, Y., Motoyoshi, Y., and Miyamoto, T. *Geodynamic Evolution of East Antarctica: A Key to the East-West Gondwana Connection*, 377-390, 2008.