

## (論文内容の要旨)

チェコ・ボヘミア地塊に産する、高温(HT)変成岩・高圧(HP)-グラニュライト中には、超高压(UHP)変成岩が産出する。HT 変成岩・HP-グラニュライトは UHP 変成岩と直接接して産しており、形成場の異なる岩石をどの様にして混合させるかが、大きな問題として世界的注目を集めている。この問題を解くためには、グラニュライトの熱史の解析が必要である。しかし、HT 変成岩・HP-グラニュライトは、後退変成作用時に低圧高温(LP/HT)時での熱的再平衡を強く被っており、LP/HT 時以前の情報の大半はかき消されているという大きな問題点があった。しかし、LP/HT 時以前の情報を、広範囲の温度圧力で安定なジルコンの包有物や、粗粒なザクロ石の組成累帯構造および包有物などの解析から復元することに成功した。

ボヘミア地塊 Gföhl Unit 東部の Nové Dvory では  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $>4\text{GPa}$  (地下約 150 km) の最高形成条件を示す UHP ペリドタイトや UHP エクロジャイト (Medaris et al., 1990; Nakamura et al., 2004) が HT 変成岩であるミグマタイト的な片麻岩に取り囲まれて産している。この片麻岩の主要鉱物組み合わせは中圧の角閃岩相のもので、UHP 変成岩の形成圧力と見かけ上大きなギャップがある。Raman 分光法を用いた片麻岩中の 2000 粒子以上のジルコン包有物解析を行った結果、一部の  $\text{SiO}_2$  包有物から、石英の特徴である  $464\text{ cm}^{-1}$  と  $393\text{ cm}^{-1}$  に加え、コース石の特徴である  $521\text{ cm}^{-1}$  の弱いラマンピークを確認した。このピークの岩石学的意義を解釈するため Dora Maira 岩体産の Pyrope-石英片麻岩の Pyrope に包有されたコース石-石英包有物を分析した。分析の結果、Dora Maira 岩体産のコース石直近の石英が本研究の  $\text{SiO}_2$  包有物と同様のパターンを示すことが明らかとなった。同様のラマンピークは、中国 Sulu (Liu et al., 2002) や南極の Lanterman Range (Ghiribelli et al., 2002) でも報告されており、本研究の  $\text{SiO}_2$  包有物はかつてコース石であったことが示唆される。このことから、ボヘミア地塊に産する UHP 変成岩周囲の大陸起源 HT 変成岩は地下 100km 以深に沈み込んだ可能性が非常に高くなった。

Gföhl Unit の大半の岩石は酸性質で、一部の Perpotassic granulites (Vrána, 1989) を除いてザクロ石のモードは少ない。しかし、ボヘミア地塊南部に位置する Lhenice shear zone には、粗粒なザクロ石を大量に含む泥質片麻岩が産している。この泥質片麻岩は、従来  $0.7\text{GPa}$  以下で形成されたと考えられていたが、Raman 分光法と伝統的な相平衡岩石学、粗粒ザクロ石の微量元素マッピングおよび包有物の解析を組み合わせることで、地下約  $2.0\text{GPa}$  以上の地下深部で形成された証拠を見出した。そして、このような高圧ステージでは、 $\text{H}_2\text{O}$  を伴わない  $\text{CO}_2\text{-N}_2$  に富んだ流体の活動が活発であったことを見出した。さらに、粗粒ザクロ石のリン(P)を用いた微量元素マッピングおよび EBSD の解析からは、P に乏しいコアは{110}面、P に富むリムは{211}面を示すことが明らかになった。このことから、コアからリムへの成長時にはザクロ石の晶相変化が生じたことが示唆される。また、この泥質片麻岩が地下約  $2.0\text{GPa}$  から地表まで上昇する間に、地下約  $1.0\text{-}0.5\text{ GPa}$  の間で減圧に伴った部分熔融を被ったことを見出した。

この研究結果から、地下約  $2.0\text{GPa}$  以上の深部では流体が、地下約  $1.0\text{-}0.5\text{ GPa}$  の間では部分熔融によるメルトが活動していることが明らかとなり、岩体上昇に流体・メルトが大きく寄与していることを指摘した。伝統的な岩石学と Raman 分光法、ザクロ石の微量元素マッピングを組み合わせることにより、岩石の形成過程および流体・メルトの活動履歴を復元することができた。この手法は、21 世紀の岩石学にとって大変有効であり、更なる発展が期待できる。

(論文審査の結果の要旨)

小林君が研究対象としたチェコ共和国のボヘミア地塊には、古生代後期の造山運動で地下 50-60km 程度で形成された大陸地殻物質起源の高温(HT)・高圧(HP)変成岩 (HP グラニュライト) を母岩とし、その中に地下 100km 以上の深度で形成されたマントル物質がレンズ上に点在している。このように形成場の異なる地殻物質とマントル物質を混合させる物理課程、ならびに、地下深部物質を地表まで上昇させるメカニズムに関して、長らく論争が展開されてきた。

この問題を解くためには、HP グラニュライトの熱史の解析が必要である。しかし、一般にグラニュライト相の岩石は、その変成温度の高さ故、鉱物内の元素拡散速度が速くなり、グラニュライト相に達する以前の化学的情報は消し去られることが多く、グラニュライト相地域の岩石の温度圧力史の解析は困難とされていた。

小林君は、グラニュライト相以前の温度圧力の痕跡を、伝統的な岩石学と Raman 分光法を 1) ジルコン中に包有される微細結晶と、2) 粗粒なザクロ石とザクロ石中に包有される微細な固体結晶と流体包有物に適用し、以下の成果を得た。

ボヘミア地塊東部の Nové Dvory 地域に産する地下約 150 km 程度の最高形成条件を示すペリドタイトやエクロジャイトの母岩であるミグマタイト質片麻岩から分離した 2000 粒子以上のジルコン包有物解析を対象に、Raman 分光法を展開した。その結果、一部の SiO<sub>2</sub> 包有物はコース石から転移した証拠を見出した。この発見は、ボヘミア地塊に産する UHP 変成岩周囲の大陸地殻物質起源の HT 変成岩は地下 100km 以深に沈み込み、マントル物質を上昇させる役割を果たしている可能性を指摘した。この成果はすでに、Kobayashi et al. (2008)として国際英文誌に掲載済みである。

ボヘミア地塊南部の Lhenice shear zone の泥質片麻岩中の粗粒なザクロ石には、組成累帯構造があることを見出した。この泥質片麻岩は、従来 0.7GPa 以下で形成されたと考えられていたが、Raman 分光法と伝統的な相平衡岩石学を組み合わせることで、この岩石は地下約 2.0GPa(>60km)以上の地下深部で形成され、断熱的に地下 1.0-0.5 GPa(15-30km)まで上昇したこと、ならびに、地下約 60km 付近では H<sub>2</sub>O を伴わない CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> に富んだ流体の活動が、地下 15-30km 付近では減圧に伴った部分熔融を被ったことを見出した。地下約 60km 付近から地下 30km 付近までの上昇駆動力は CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> に富んだ流体、地下 30km 付近から地下 15km 付近までは部分熔融メルトに起因する浮力の効果が示唆された。

以上のように、本研究では、古生代後期の大陸衝突型造山運動の際に、大陸地殻起源物質が従来の知見より、より深部まで沈み込んでいること、ならびに、地下深部物質が上昇する課程での、流体の化学組成、部分熔融が活発であった深度の確定などで、新たなデータの提示に成功しており、博士(理学)の学位論文として十分価値があると認められる。この内容に関する論文内容とそれに関連した口頭試問を公開で実施した結果、合格と認めた。