

口頭講演 | R6：深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

■ 2024年9月14日(土) 14:00 ~ 15:00 | 会場 ESホール 東山キャンパス

R6：深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

座長:星出 隆志(秋田大学)

14:00 ~ 14:20

[R6-12] 超苦鉄質岩中のジルコニウム鉱物

「招待講演」

*沢田 輝^{1,2}、大柳 良介^{3,2} (1. 富山大学、2. 海洋研究開発機構、3. 国土館大学)

14:20 ~ 14:35

[R6-13] ジルコン中メルト包有物を用いた花崗岩質マグマ固結過程の物理条件解析

*谷脇 由華¹、齊藤 哲² (1. (株) シアテック、2. 愛媛大・院理)

14:35 ~ 14:50

[R6-14] 石英の結晶化温度の正確な決定のためのTiO₂活動度の導出

*小北 康弘¹、加藤 丈典²、湯口 貴史³ (1. 山形大学、2. 名古屋大学、3. 熊本大学)

14:50 ~ 15:00

調整

超苦鉄質岩中のジルコニウム鉱物

Zirconium minerals in ultramafic rocks

*沢田 輝^{1,2}、大柳 良介^{3,2}

*Hikaru Sawada^{1,2}, Ryosuke Oyanagi^{3,2}

1. 富山大学、2. 海洋研究開発機構、3. 国土館大学

1. University of Toyama, 2. JAMSTEC, 3. Kokushikan University

ジルコニウムは代表的な液相濃集元素の1つであり、超苦鉄質岩の中では各種鉱物中の微量成分として含まれるに過ぎず、ジルコンなどの鉱物種を成しての産出は多くの場合において珪長質の岩石に限られる。しかし、ここ10年ほどの間に様々な構造場のかんらん岩や蛇紋岩、クロミタイトなど超苦鉄質岩からジルコンやバデレアイトの報告が相次いでいる。それらの共生関係は、苦土カンラン石±ジルコン±バデレアイトやアンチゴライト±ジルコン±バデレアイトといった様々なパターンが報告されている。本発表では、発表者らが近年報告した事例も含めて、超苦鉄質岩中のジルコニウム鉱物の産出についてレビューし、それらを活用した研究の展望に付いて議論する。超苦鉄質岩中のジルコニウム鉱物は火成起源、変質起源、さらにそれらが変成や変質を被ったものの3通りに分類できる。火成起源ものは主に沈積岩体で生じ、局所的なマグマ分化やマグマ混合によって晶出したと考えられる。変質起源のものは超苦鉄質岩そのものの中ではなくロディン岩やヒスイ輝石岩など蛇紋岩化作用に伴って生じる変質岩の中で流体から晶出するものが多い。ただし、これらの変質岩はミリメートル以下の細脈として超苦鉄質岩の中に生じたり、二次的な変形で超苦鉄質岩と機械的に混合することもあるため、あたかも超苦鉄質岩の中で直接晶出したかのように見えるものも存在する。最後に、火成起源や変質起源のジルコニウム鉱物がさらに変成・変質作用を被ることがある。Xiang et al. (2022)は超苦鉄質岩の主要構成鉱物とジルコニウム鉱物の間の熱力学的安定関係を計算した。その結果、シリカ活動度などの条件にも依存するが、おおよそ500~1200℃あたりの温度領域では苦土カンラン石+ジルコンが共存し、それ以上の温度では頑火輝石+バデレアイトに変化し、逆に400-500℃以下で蛇紋岩化作用が進むとアンチゴライト+バデレアイトに変化しうることを示している。実際、天然試料においてもこのようなジルコニウム鉱物の変成過程を捉えている例が見られる。ジルコニウム鉱物は閉鎖温度が高く風化や変質に耐えるためウラン鉛年代測定に用いられる鉱物であるという印象が強いが、超苦鉄質岩の中においてはその限りではない。逆に、超苦鉄質岩の中におけるジルコニウム鉱物は、その年代測定や微量成分分析によって変質作用の時期と組成の詳細を明らかにするためのツールとしての活用が期待できる。

Xiang, H. et al. (2022). *Sci. China Earth Sci.*, 1-17.

キーワード：蛇紋岩、かんらん岩、ジルコン、バデレアイト

Keywords: Serpentinite, Peridotite, Zircon, Baddeleyite

ジルコン中メルト包有物を用いた花崗岩質マグマ固結過程の物理条件解析

Estimation of physical conditions during granitic magma crystallization process using melt inclusions in zircon

*谷脇 由華¹、齊藤 哲²

*Yuka TANIWAKI¹, Satoshi SAITO²

1. (株)シアテック、2. 愛媛大・院理

1. Ciatec., Co LTD, 2. Ehime Univ.

1.はじめに 花崗岩質マグマの物理条件は、造山帯の構造発達史から個々の花崗岩体のマグマ過程まで、広い範囲にわたる地質現象の理解に欠かせない基本情報である。花崗岩体に記録された物理条件の解析には、角閃石を用いた地質温度圧力計が広く用いられているが、角閃石を含まない花崗岩類には適用できない問題がある。そこでTaniwaki et al. (2023)では、花崗岩類に普遍的に含まれる鉱物であるジルコン中のメルト包有物組成を用いた物理条件の解析方法を提案した。本研究では、角閃石を含む花崗岩体である甲斐駒ヶ岳岩体と角閃石を含まない花崗岩体である御内岩体を対象に、高温高压実験によって均質化したメルト包有物の組成を用いた物理条件の解析を行った。さらに、甲斐駒ヶ岳岩体については、既報の角閃石地質温度圧力計の結果と比較・検討した。

2.実験試料・実験手法 伊豆衝突帯花崗岩類の1つである甲斐駒ヶ岳岩体と、西南日本外帯酸性岩類の1つである御内岩体の2つの新第三紀花崗岩質岩体を対象とし、ジルコン中メルト包有物を用いた物理解析をおこなった。Watanabe et al. (2020) は甲斐駒ヶ岳岩体内の8試料について角閃石Ti温度計 (Femenias et al., 2006) および角閃石Al圧力計 (Mutch et al., 2016)を適用し、花崗岩質メルトの含水ソリダス曲線に近い温度圧力条件を示す3試料を岩体固結時の圧力 (240~220 MPa) を記録したものと解釈し、岩体の定置深度を約9~8 kmと見積もった。なお、この定置深度はSueoka et al. (2017) によって報告された熱年代学的手法から見積もられた甲斐駒ヶ岳岩体分布域である赤石山脈北部の地殻削剥量と整合的である。一方、Taniwaki et al. (2023) は御内岩体について、ジルコン中メルト包有物の組成を用いて114~80 MPaの固結圧力を見積もった。この圧力見積もり値は岩体で見られる比較的低下を示唆する野外産状とも調和的である。それぞれの岩体から採集した岩石試料からジルコンを分離し、内部構造をSEM-EDSで観察したところ、微細な石英・長石類と空隙を含む不定形の多相包有物が認められた。本研究では、Taniwaki et al. (2023) にしたがって、実験圧力を0.3 GPa、実験温度を甲斐駒ヶ岳岩体の試料は780℃、御内岩体の試料は840℃と設定してメルト包有物の均質化実験を行った。

3.結果 どちらの岩体もメルト包有物は花崗岩質の組成を持ち、実験試料の全岩化学組成よりSiO₂含有量が高い。ハーカー図上では、メルト包有物の組成は岩体の全岩化学組成に比べてSiO₂含有量の高いところに位置する。

4.考察 メルト組成を用いた最新の地質温度圧力計であるMagMaTaB地質温度圧力計(Weber and Blundy, 2024)を適用して温度圧力条件を検討したところ、甲斐駒ヶ岳岩体のメルト包有物組成から734~702℃、303~185 MPa (±110~130 MPa)の温度圧力が見積もられた。このうち、温度条件は既報の角閃石温度圧力計の結果と調和的だが、圧力値はやや低い。薄片観察から、角閃石は自形~半自形でマグマの固結過程の初期から結晶化していたものと考えられる。一方で、ジルコンは一部に角閃石の周縁部に包有されているものがあるが、多くは黒雲母の周縁部に包有されるものや、主成分鉱物の粒間にみとめられる。さらに、ジルコンのメルト包有物はSiO₂含有量が高いことから、マグマ固結直前の粒間の残液がジルコン結晶成長時に取り込まれたと考えられる。したがって、当試料についての角閃石圧力計との圧力の不一致は、上昇するマグマ中の角閃石とジルコンの結晶化時期の違いを反映したものと解釈することができる。さらに、御内岩体についても同様にMagMaTaB地質温度圧力計による温度圧力見積もりを行った。その結果、785~733℃、235~92 MPaと、甲斐駒ヶ岳岩体と比較して高温・低下を示す値が得られた。この温度圧力条件の差は、2岩体のマグ

マの冷却・固結過程の違いを反映していると考えられるが、どちらの岩体においても温度と圧力に負の相関が認められる。本研究によりジルコン中メルト包有物から新たに得られた温度圧力条件は、花崗岩質マグマ上昇過程におけるマグマの再加熱の記録と解釈することができる。

キーワード：メルト包有物、花崗岩、ジルコン、物理条件

Keywords: melt inclusion, granite, zircon, physical conditions

石英の結晶化温度の正確な決定のためのTiO₂活動度の導出

Estimation of TiO₂ activity for accurate determination of quartz crystallization temperature

*小北 康弘¹、加藤 丈典²、湯口 貴史³

*Yasuhiro OGITA¹, Takenori Kato², Takashi Yuguchi³

1. 山形大学、2. 名古屋大学、3. 熊本大学

1. Yamagata Univ., 2. Nagoya Univ., 3. Kumamoto Univ.

珪長質マグマの地殻への貫入から定置、固化の間に生じるマグマ溜りプロセスは、マグマ中で結晶化する初生鉱物の結晶成長の履歴として記録される。初生鉱物のうち、石英は珪長質岩に普遍的に含まれる鉱物であり、そのカソードルミネッセンス（以下、CL）パターンやチタン（以下、Ti）濃度等の微量元素組成に基づき、石英の結晶成長プロセスが論じられている（例えば、Yuguchi et al., 2020, J. Asian Earth Sci.）。石英中のTi濃度は結晶化温度を反映し、その関係はTitaniQ温度計（Wark and Watson, 2006, CMP）として定式化されている。TitaniQ温度計を用いて結晶化温度を導出するためには、石英中のTi濃度の他、メルト中のTiO₂活動度の設定が必要である。TiO₂活動度は、石英と共生するTi含有鉱物の種類により仮定する方法（Schiller and Finger, 2019, CMP）や、熱力学計算プログラムrhyolite-MELTS（Gualda et al., 2012, J. Petrology）を用いる方法（Ghiorso and Gualda, 2013, CMP）により仮定され議論が行われるが、岩石学的な観察と整合した仮定となっている必要がある。そこで本研究では、TiO₂活動度を適切に決定して石英の結晶化温度を得るために、石英とジルコンが包有関係にあるサンプルを用いてTiO₂活動度の決定を試みた。また、この手法で得た石英の結晶化温度に基づき、深成岩体形成時のマグマ溜りプロセスに制約を与えることを目的として、遠野複合深成岩体（以下、遠野岩体）を例とした検討を実施した。

試料は、東北日本の北上山地中央部の遠野岩体に産出する岩石試料を用いた。遠野岩体の中心部はアダカイト質岩からなる累帯深成岩体であり、その周囲に分布するカルクアルカリ花崗岩とのマグマの起源や貫入時期の相違について議論されている（Tsuchiya et al., 2007, JVGR）。遠野岩体の岩石サンプルから薄片を作製し、山形大学の走査型電子顕微鏡（JEOL JSM-IT100A + Gatan mini CL）を用いて石英のCL像に基づく結晶成長様式の観察を行った。その観察結果に基づいて、名古屋大学宇宙地球環境研究所のEPMA（JEOL JXA-733）を用いて石英中のTi濃度の定量分析を行った。ジルコンのTi濃度は、日本原子力研究開発機構・電力中央研究所（2023）のデータを用いた。

TiO₂活動度を導出するために、次の2つの条件を検討した。(1) 石英は深成岩体の中で900°C程度からソリダス付近の温度条件まで晶出する鉱物である（例えば、Sasaki et al., 2022, 地調研究資料集）。このうち、ソリダス付近で晶出した石英では、[岩体のソリダス温度] ≤ [石英の結晶化温度]であることが必要となる（Fonseca Teixeira et al., 2023, Geology）。(2) ジルコンを包有する石英に着目すると、晶出順序はジルコン、石英の順であることから、温度条件は[石英の結晶化温度] ≤ [ジルコンの結晶化温度]であることが必要となる。本研究で得た石英のCL像およびTi濃度から、これら2つの条件を検討し、TiO₂活動度の取り得る値を制約する。また、石英の結晶化温度を各サンプルで比較することにより、遠野岩体のマグマ溜りプロセスについて論じる。

キーワード：石英、カソードルミネッセンスパターン、Ti濃度、TiO₂活動度、遠野複合深成岩体

Keywords: Quartz, Cathodoluminescence pattern, Ti concentration, TiO₂ activity, Tono Plutonic Complex