

カルデラ形成期における十和田火山下のマグマ定置深度

概要

カルデラ形成期の十和田火山の噴出物を用いて高温高压相平衡実験を実施し、カルデラ形成噴火を引き起こしたマグマの定置深度を5~7 kmと推定した。その深度を、レシーバー関数により推定された現在の十和田火山下の地震波反射面の深度と比較したところ、両者が概ね一致することが分かった。過去に巨大噴火を起こしたマグマとほぼ同じ場所に、地震波速度の低下を引き起こす物質が存在すると示唆される。

原子力規制庁「巨大噴火プロセス等の知見整備に関わる研究」の一環として、2019~2021年に高温高压相平衡実験を実施し、カルデラ形成期の十和田火山下のマグマ定置深度を推定した。詳細は原子力規制庁報告書(2022)およびNakatani et al. (2022)にて報告済みである。ここではその概略について説明する。

十和田火山は、いまから3.6万年(エピソードN)と1.57万年前(エピソードL)にVEI6の火砕流噴火を起こしてカルデラを形成し、それぞれ大不動火砕流堆積物および八戸火砕流堆積物をもたらした。工藤ほか(2019)は十和田火山の地質情報を地質図にまとめ、カルデラ形成噴火の噴出物の分布域と化学組成などを明らかにした。本研究では、化学組成が明らかにされた両火砕流堆積物中の流紋岩質軽石を出発物質として、高温高压相平衡実験を実施することで、2つのカルデラ形成噴火が起こる直前のマグマ定置深度を推定することを目的とした。実験には産総研に設置された内熱式ガス圧装置(SMC-5000、図1)を用いた。水飽和条件で酸素分圧をNi-NiO(NNO)で緩衝したうえで、圧力100~350 MPa、温度825~900°Cの範囲で実験を実施した。実験の結果得られた相平衡図を図2に示す。元の軽石に含まれる主要な鉱物の晶出と結晶の割合等を最もよく説明する条件として、温度840~850°Cおよび圧力150~170 MPaが推定された(図2の濃い赤色の範囲)。軽石に含まれる鉱物の種類は、エピソードNの噴火では斜長石、直方輝石、単斜輝石、チタン鉄鉱、磁鉄鉱、エピソードLの噴火ではこれらの鉱物に加えて角閃石であったが、推定されたマグマ定置条件には二つの噴火で大きな差はなかった。マグマのわずかな化学組成の差が鉱物の安定性に影響を及ぼしていたと考えられる。

実験で推定されたマグマの平衡圧力は深さにしておよそ5~7 kmに相当する。つまり、過去二回のカルデラ形成噴火を起こしたマグマは、いずれも十和田火山下において、ほぼ同じ条件で定置していたと考えられる。また、現在の十和田火山の地下約6 kmにて、深さ方向に地震波速度(横波速度)が低下する反射面が確認されており(Chen et al., 2020)、その深さは本研究で推定した過去のマグマの定置深度と概ね一致する(図3)。この結果は、過去にカルデラ形成噴火を起こしたマグマとほぼ同じ場所に、マグマもしくは水流体など地震波速度の低下を引き起こす物質が存在することを示唆する。



図1 実験に使用した産総研の内熱式ガス圧装置。

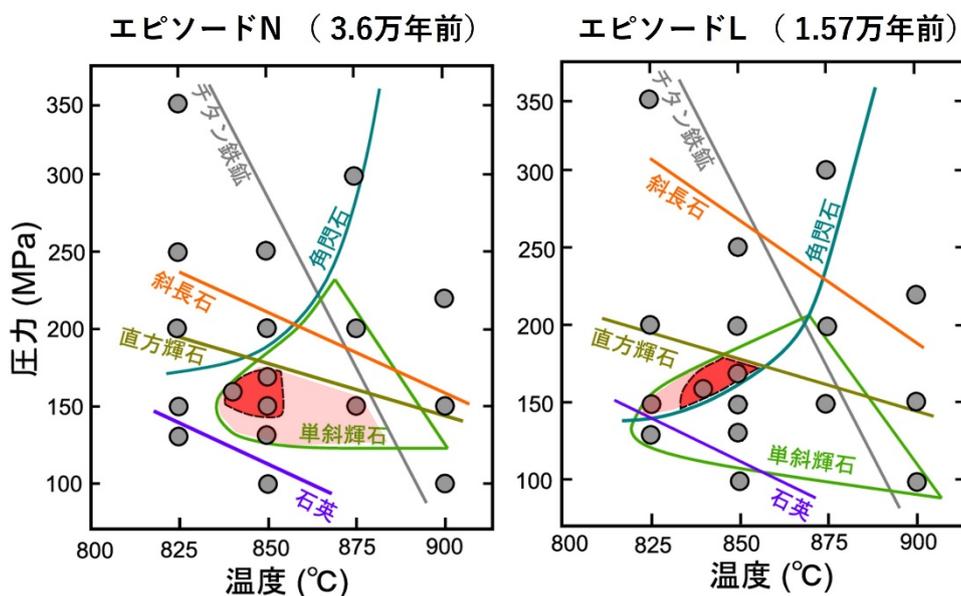


図2 エピソードNとエピソードLのカルデラ形成噴火を引き起こしたマグマの相平衡図。灰色の丸は、実験を行った温度圧力条件を示している。色つきの線は、実験結果から推定した鉱物の飽和曲線であり、鉱物名のラベルがついた側の温度圧力条件にて、当該鉱物がマグマ中で晶出する。薄い赤色で囲った領域は、軽石中に含まれる主要鉱物の組み合わせが再現される領域である。その中でも濃い赤色で囲った領域にて、結晶の割合などが最もよく再現され、この条件をマグマの定置条件と推定した。

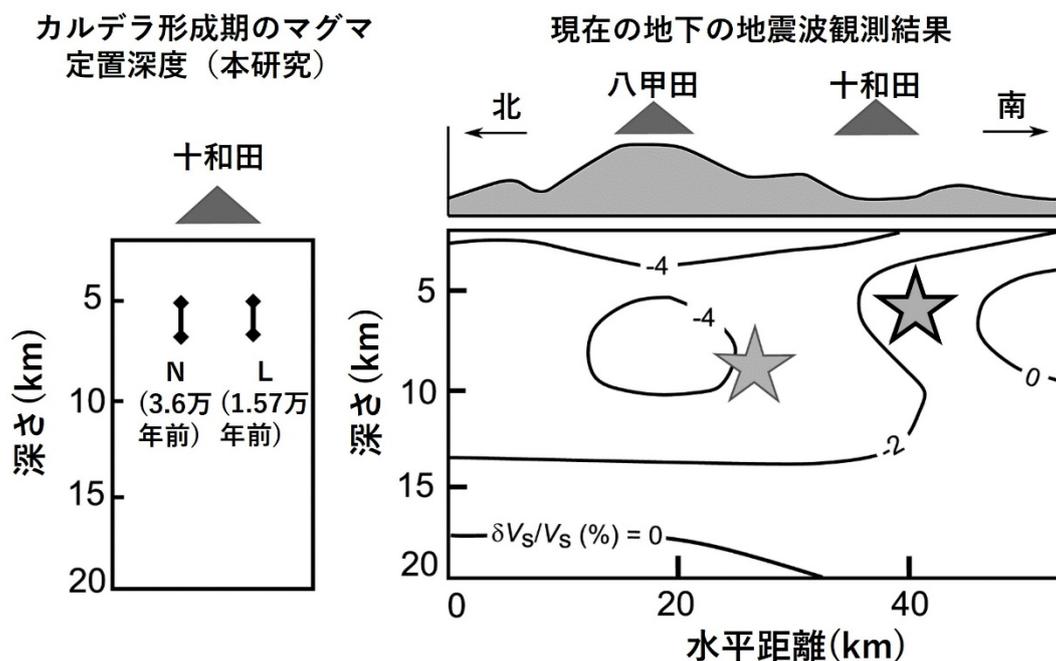


図3 高温高圧実験の結果から推定した二つのカルデラ形成噴火のマグマ定置深度（左図）と、現在の十和田火山下の地震波観測結果（右図）を比較した図。右図の等値線は常時微動を用いた地震波トモグラフィによる横波速度のパターベーションである（Chen et al., 2018）。また、星印はレーザー関数により推定された深さ方向に横波速度が遅くなる反射面の深度を表している（Chen et al., 2020）。

引用文献

- Chen, K. X., Fischer, K. M., Hua, J. and Gung, Y. (2020) Imaging crustal melt beneath northeast Japan with Ps receiver functions. *Earth and Planetary Science Letters*, 537, 116173.
- Chen, K. X., Gung, Y., Kuo, B. Y. and Huang, T. Y. (2018) Crustal magmatism and deformation fabrics in northeast Japan revealed by ambient noise tomography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(10), 8891-8906.
- 原子力規制庁（2022）令和3年度原子力規制庁委託成果報告書 巨大噴火プロセス等の知見整備に係る研究（国立研究開発法人産業技術総合研究所令和4年3月）、<https://www.nra.go.jp/data/000404676.pdf>
- 工藤 崇・内野隆之・濱崎聡志（2019）十和田湖地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）。産総研地質調査総合センター，p192.
- Nakatani, T., Kudo, T. and Suzuki, T. (2022) Experimental Constraints on Magma Storage Conditions of Two Caldera-Forming Eruptions at Towada Volcano, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 127(5), e2021JB023665.