

エクロジヤイト化した海洋地殻物質の岩石鉱物学的研究： スラブ起源流体組成・挙動の体系的理解に向けた先端的研究アプローチ

東北大学大学院理学研究科地学専攻 福島 諒

沈み込み帯では、スラブ（沈み込む海洋プレート）を構成する含水鉱物が昇温に伴い脱水し、水を主体とする超臨界流体（水流体）が放出される。水流体の発生過程とそのタイムスケール、また水流体に伴う元素移動機構を詳細に理解することで、沈み込み帯の化学的構造の変遷を議論できる。本研究では、海洋地殻が約 70km 以深まで沈み込み脱水して形成された岩石であるエクロジヤイト（低温エクロジヤイト）を対象とし、世界各地に産する複数試料に対し岩石・鉱物学的解析を行った。試料に記録されたマイクロ・ナノスケールの組織（微細組織）の詳細な観察・モデリングを通じて、（1）水流体を放出する反応（脱水反応）のタイムスケール制約と、（2）高圧下での流体・岩石相互作用のメカニズムの解析に取り組んだ。

（1）エクロジヤイトの主要構成鉱物（ざくろ石・オンファス輝石）は基本的に水酸基を含まず、これら鉱物の成長は、顕著な脱水反応を伴う「海洋地殻のエクロジヤイト化」を特徴づける。脱水反応は 10 万年以下の時間スケールで起こるとされるが、最先端の放射年代決定法を用いたとしても、多くの場合 100 万年程度の時間分解能しか期待できない。本研究では、オンファス輝石中の微細組織（逆位相領域: APD）の時間変化に着目し、透過電子顕微鏡によるギリシャ・シロス島産試料の観察 (Fukushima et al., 2021b) とフェーズフィールド法を用いた数値計算 (Fukushima et al., 2024) を組み合わせ、脱水反応のタイムスケールの制約に挑んだ。結果、APD はオンファス輝石が核形成する際に存在した前駆体の構造に影響されつつも、10 万年オーダーの解像度で脱水反応過程を記録しうることが示された (Fukushima et al., 2024)。また、ざくろ石中に記録された微量元素組成の累帯構造が、エクロジヤイト化のカイネティクスを議論する上で重要な制約となることを示した (Fukushima et al., 2021a)。これらの成果は、天然試料を基に脱水反応のタイムスケールを制約するための新たなアプローチを提案するものである。

（2）スラブとマントルウェッジの間に発達する蛇紋岩を主体とする領域（蛇紋岩メランジュ）内では、スラブから剥離したエクロジヤイトが水流体と反応する。本研究では、中米グアテマラ産の複数のエクロジヤイト試料に対して、詳細な岩石学的解析と局所ホウ素同位体比分析を実施した。結果、流体の浸透の強さによって多様な岩石組織を再現可能であることが示され、高圧下での流体・岩石相互作用に関する新たな知見を提示した。

文献

- [1] Fukushima, R., Tsujimori, T., Aoki, S., & Aoki, K. (2021a). Trace-element zoning patterns in porphyroblastic garnets in low-T eclogites: Parameter optimization of the diffusion-limited REE-uptake model. *Island Arc*, 30(1), e12394, <https://doi.org/10.1111/iar.12394>.
- [2] Fukushima, R., Tsujimori, T., & Miyajima, N. (2021b). Various antiphase domains in garnet-hosted omphacite in low-temperature eclogite: A FIB-TEM study on heterogeneous ordering processes. *American Mineralogist*, 106(10), 1596–1605, <https://doi.org/10.2138/am-2021-7784>.
- [3] Fukushima, R., Tsujimori, T., & Miyajima, N. (2024). Simulation of microtextural evolution in omphacite: Ordering transformation kinetics as unexplored archives of slab eclogitization. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 354, 107227, <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2024.107227>.