

ローソナイトの脱水と変形特性：稍深発地震発生メカニズム解明を目指して Dehydration and deformation property of lawsonite : Clarification of intermediate-depth earthquakes

白石令^{1,*}, 角田明博², 武藤潤¹, 澤燦道¹, 鈴木昭夫¹

¹東北大学理学研究科, 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

²東京大学地震研究所, 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

Rei SHIRAISHI^{1,*}, Akihiro TSUNODA², Jun MUTO¹, Akiyo SUZUKI¹, Sandou SAWA¹

¹Tohoku University, Aoba-ku, Sendai, 980-8578, Japan

²Earthquake Research Institute University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0032, Japan

1 はじめに

沈み込むプレート内で起こる稍深発地震の発生メカニズムについて、様々な説が提唱されているが、その物質科学的解明はあまり進んでいない。諸説あるなかで、含水鉱物の脱水が引き金となる脱水不安定説は、稍深発地震の原因候補として非常に有力視されている。これは水分子や OH 基を含む含水鉱物が高温高压下で脱水分解し、発生した間隙水によって有効法線応力が下がるために地震が発生するというモデルである[1]。このモデルは沈み込むプレート内には数多くの含水鉱物が存在すること、さらに含水鉱物の熱力学的相境界と震源位置がよく一致することから支持されている[2]。冷たい沈み込み帯に産出する含水鉱物であるローソナイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ は脱水不安定を引き起こす候補の一つに挙げられるが、先行研究で見解が分かっている。Griggs 型固体圧変形試験装置を用いた、低圧 (圧力 1 GPa) での脱水を伴う変形実験では、脱水が引き金となって脆性破壊が生じたと結論している[3]。一方で、D-DIA 型変形試験装置を用いて、ローソナイトとグロコフェン混合物をより高压 (圧力 2.5 GPa) で脱水・変形させた実験では、ローソナイトの脱水とは無関係に脆性破壊が起きたと結論した[4]。このように、高压下におけるローソナイトの変形特性については未解決であり、本研究ではローソナイトの脱水と脆性破壊の関係性を明らかにすることを目的とした。

2 実験

実験は、高エネルギー加速器研究機構・PFAR-NE7A ビームライン設置の Deformation-Cubic Anvil Press (D-CAP) を用いて行った[5]。出発物質は、天然のローソナイト粉末とし、円柱状に成型したものを高温高压下で一軸圧縮変形させた。実験の温度圧力履歴は、Type I と Type II の 2 種類について行った。Type I は、変形とともに昇温を開始し、変形中にローソナイトの脱水境界をまたぐように温度設定をした実験である。変形速度 $\dot{\epsilon}$ と昇温速度 \dot{T} の比 ($\dot{T}/\dot{\epsilon}$) は、ちょうど地球内部へプレートが沈み込む際と同

じ値となる[3]ように調整した。Type II は、変形と同時に昇温は行わずローソナイトの安定領域内において一定温度下で変形させる実験である。実験条件は、ローソナイトが稍深発地震を起こすと考えられる範囲である圧力 3~7 GPa、温度 300~800°C である。実験中は、単色 X 線 (エネルギー・60 keV) を用いて、試料のひずみ、応力、および相転移率のその場観察測定を行った。試料のひずみは、X 線透過像を YAG 蛍光板と CCD カメラを用いて取得し、試料長の変化率を求めた。応力は、試料の X 線回折パターンのピークシフト量、つまりデバイ環のひずみ量 (格子ひずみ) とローソナイトの弾性定数より計算した。また実験後は、回収試料の組織観察を走査型電子顕微鏡を用いて行った。

3 結果および考察

Type I 実験を 4 回行ったところ、全ての実験において、ローソナイトの安定領域内において、急激な応力降下がみられた(図 1)。応力降下の傾きは、これまでの D-DIA 型変形試験機を使った破壊現象に関する実験で報告されているものよりも大きな値となり、脆性破壊を起こしたと考えられる。また、回収試料の組織観察を行ったところ、サンプル上下に配置したひずみマーカーが大きくずれるほどの滑りが発生しており、破壊と断層形成の形跡が認められた。しかし、脱水分解で生じるはずの分解相は認められな

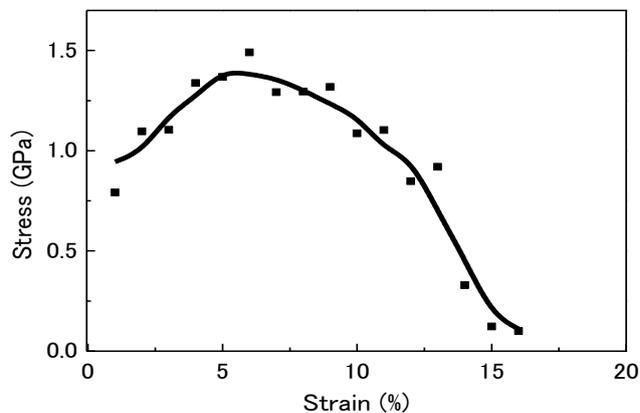


図 1 : 脱水を伴うローソナイト変形実験の応力ひずみ曲線

かった。一方で、Type II 実験を 2 回行ったところ、両実験とも応力降下は起こさず定常クリープ変形を示した。

昇温を伴う変形実験では、ローソナイトの安定領域内、つまり脱水を起こす前に脆性破壊が起きた。このことから、これまでに考えられてきた間隙水圧の上昇が原因で破壊が起こるという説明はできない。これまでの実験により、ローソナイトは、圧力 3~7 GPa の条件において、脱水を伴わずに断層形成・滑りを引き起こすことが示された。今後、地震学的観測データとの比較を行い、稍深発地震との関係性について議論を深める予定である。

謝辞

本研究は、災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画および東京海上地震研究助成の援助を受けた。また、高温高圧その場観察実験を行うにあたり、東北大学理学研究科の木戸正紀氏、鈴木来夢氏、八代正和氏、島田優作氏に大変お世話になりました。ここに感謝致します。

参考文献

- [1] C.B. Raleigh and M.S. Paterson, *J. Geophys. Res.* **70**, 3965 (1965).
- [2] S. Kita et al., *Geophys. Res. Lett.* **33**, L24310 (2006)
- [3] K. Okazaki and G. Hirth: *Nature*, **530**, 81 (2016).
- [4] S. Incel et al., *Earth Planet. Sci. Lett.*, **459**, 320 (2017)
- [5] R. Shiraishi et al. *High Press. Res.*, **31**, 399 (2011)

* rei.shiraishi.b8@tohoku.ac.jp