

HiPeR特別セミナー

低速～高速摩擦試験機用熱水圧力容器の開発と 今後の研究展望

嶋本利彦氏

シマモト環境地球ラボ・元広大教授・京大名誉教授

2022年7月4日（月）15:20～16:10

理学部 E 棟2階E209 + Teams配信

中国地震局地質研究所およびイタリア・パドバ大学用に熱水圧力容器を開発した。外熱式で温度500°C、水圧 (= 間隙水圧) 70 MPaが安定して達成できるので、亜臨界から超臨界水のもとで、年間数mmのプレート速度から秒速1-2 mの地震性断層運時の高速速度領域において、回転剪断式摩擦実験が可能になった。高速領域では試験機が振動することから、高速回転するピストンとグラントがジャミングをおこして、ピストンがひどいダメージを受けるトラブルに大変苦労した。問題が解消できてまもなくCOVID-19が発生して実験は中断したままである。セミナーでは、予備の結果を紹介して今後どのように研究を進展させるかについて私の考えを紹介したい。

熱水容器の開発は、1997年に製作した低速～高速摩擦試験機（高速2号機；地震研・京大・理・広大・理・産総研）用に作った圧力容器までさかのぼる。当時は、1990年に製作した高速摩擦試験機1号機を使った実験によって、高速摩擦すべりにもなって断層の摩擦強度は劇的に低下することがわかっていた（1桁前後）。2号機は、この実験条件をプレート速度以下の超低速、温度数100°Cの地下深部条件に大幅に拡張するものであった。最大25 rpsで高速回転するピストンを水圧下でシールすることは容易ではなく、圧力容器を高温下で試すことはできなかった（設計にも不備あり）。その後、北京の低速・高速摩擦試験機（高速3号機）用に室温用の容器を製作し（問題なく作動）、3度目の挑戦で当初の目標が達成されたことになる。達成までに約20年を要したことになる。

学生の人たちに伝えたいのは「素朴な疑問」を大切にすることである。私が高速摩擦実験を始めた最大の動機は、断層沿いにシュードタキライトが産出する場合があることを知ったからである。「岩石が熔けるほど高温になるなら断層の性質が大きく変わるはずだ」、「しかし誰もやっていないではないか」。1号機ができてから20年余り、世界で20台以上の試験機が作られ、研究は大きく進展したが多くの人たちは研究分野から去った（流行の終わり）。セミナーで研究の現状を振り返る時間はないが、最大の問題は、「実験で使った断層試料は、大地震発生時の断層よりも弱くなりすぎる」ことである（破壊エネルギーが1桁以上違う）。原因として、多くの人たちはおそらく「断層帯を作るためにエネルギーが消費されている」ことを考えているように思う。しかし、私は実験で使う断層ガウジが1 mm前後と薄いので摩擦加熱がおこりやすいことが原因と考えている。このようなスケール効果を調べるには強力な試験機が必要だが、その目標も含めて製作した成都理工大学用の大型低速～摩擦試験機（4号機）を簡単に紹介する（トルク能力は2号機の約15倍；ニックネームは「モンスター」）。これも実験条件を深部へ拡大する一貫である。

さて熱水容器に戻る。超臨界水で実験をやれば画期的な成果が得られるわけではない。いずれも大きな問題であるが、私は以下の3つの方向での発展を考えている（実は1990年代後半に抱いた構想で実現していない問題なのである）。第1は摩擦すべりから流動を再現することである。これには、サンプルを小形にして内部温度を700°Cにあげれば方解石を使って実現できる見込みである（北京のL. Yaoが近い）。第2は、これまでの未固結断層ガウジの実験を固結断層岩の実験に拡張することである。学生の方たちは、浅部の脆性・未固結(incohesive)断層帯、中深度の脆性・固結(cohesive)断層帯、深部の流動変形をとまなうマイロナイト帯からなるR. Sibsonの断層モデルをご存じであろう。概略の全体像はこれで良いとしても（私のモデルは違うが）、「固結した断層岩」の性質とはどのようなものか。素朴な疑問だがそれは摩擦が破壊なのか？これを調べる鍵は、固結断層岩を作る容器を作ることである。第3は、反応・物質移動が卓越する超低速・中温条件下で断層運動を再現することである。いずれも達成できていない課題である。

問い合わせ先：岡崎 啓史（理・地惑）
keishiokazaki@hiroshima-u.ac.jp

