

高圧変形実験による地球惑星内部の動的現象の解明

スタッフ

教授
助教

久保 友明
坪川 祐美子

地球深部の動的環境を再現してその場観察する

プレートテクトニクス型のマンテル対流は固体地球独自の極めて重要な現象です。化学的不均質をもって誕生した海洋プレートは、地球表層で冷却され含水化して地球内部に沈み込んでいきます(図1)。表層プレートの温度異常、化学異常が直接天体内部に持ち込まれている点がこの対流モードの大きな特徴で、深部プレートの動的挙動には未だ多くの興味深い謎が残されています。我々はその謎を解くために高圧変形実験装置(図2)を駆使し、地球深部の動的環境を再現して深部岩石の物性を明らかにする実験研究を行っています。人間よりも大きい装置に数 mm 程度の岩石試料を精密に組み込んで、地球下部マンテルまでの温度圧力を発生し変形実験を行います。この装置は放射光を導入できる点が大きな特徴で、高輝度で高エネルギーのX線を用いて、極限環境下の試料の相転移や破壊流動現象を直接その場観察できます。

プレートの沈み込み現象に関する実験研究

冷たくて硬い海洋プレートが沈み込み帯で変形しマンテル深部へと戻っていくためには、プレートの強度を著しく下げるためのメカニズムが必要です。天然におけるマンテル剪断集中帯では、細粒粒子(数十 μm ~サブ μm)に変形が集中し“弱層”が形成される様子が観察されています。これは細粒粒子が卓越する領域で、一般的な転位クリープではなく、粒径依存性を持つ変形メカニズム(岩石強度 \propto 粒径 $^{-2}$ or $^{-3}$)が支配的となり、周囲の岩石と比べ強度が2桁程度低くなるからです。つま

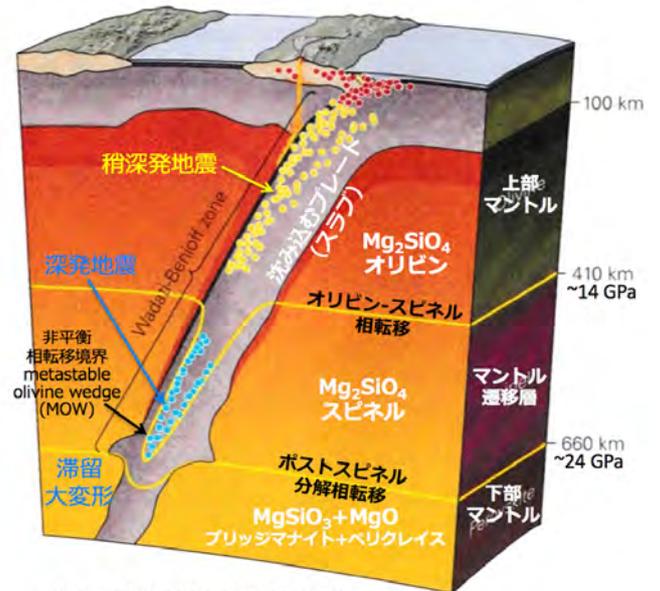


図1 地球深部に沈み込むプレート

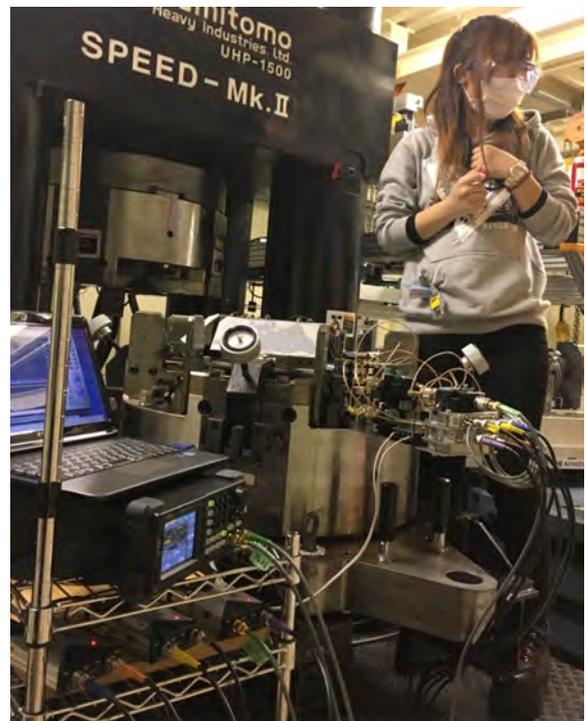


図2 地球深部の動的環境を再現してその場観察できる高圧変形実験装置

り、プレートの沈み込みといったダイナミックな現象には、ごく細粒な粒子の存在が関わっている可能性があります。剪断集中帯に匹敵する細粒の岩石組織を実験室で再現し（図3）、高压下での変形実験（図2）によりその強度を評価することで、プレートの沈み込みプロセスを微視的スケールから明らかにすることを目指しています。

深部プレートの軟化と深発地震に関する実験研究

沈み込んだ硬い地震性プレートは、地球深部で軟化して非地震性プレートへと変化していきます（図1）。そのプロセスには、上部マントルで起こる含水鉱物の脱水反応やマントル遷移層以深で起こる高压相転移が深く関わっています。図4は我々が最近開発している、放射光とマルチアンビル型高压変形装置、acoustic emission (AE) 測定装置を組み合わせた実験システムの一例です。図3のような深部岩石試料を図4の装置にセットして実験します。このような実験技術を用いて、下部マントルまでの深部岩石の相転移動力学と変形破壊挙動を直接的に実験研究し、90年以上も謎とされている深発地震や深部プレートの軟化プロセスの解明を目指しています。

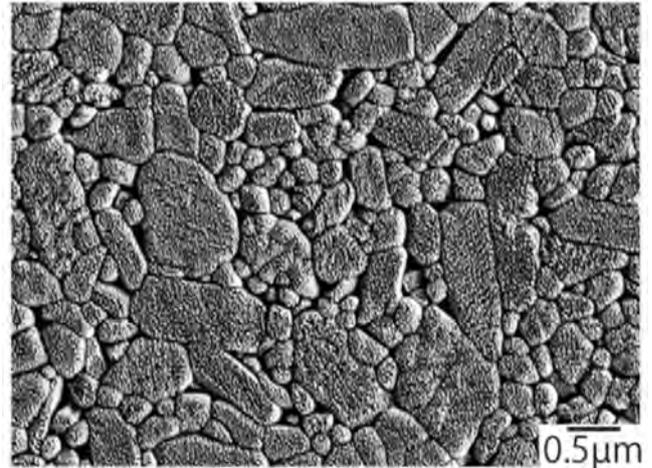


図3 プレート岩石を構成する輝石のサブミクロン多結晶体

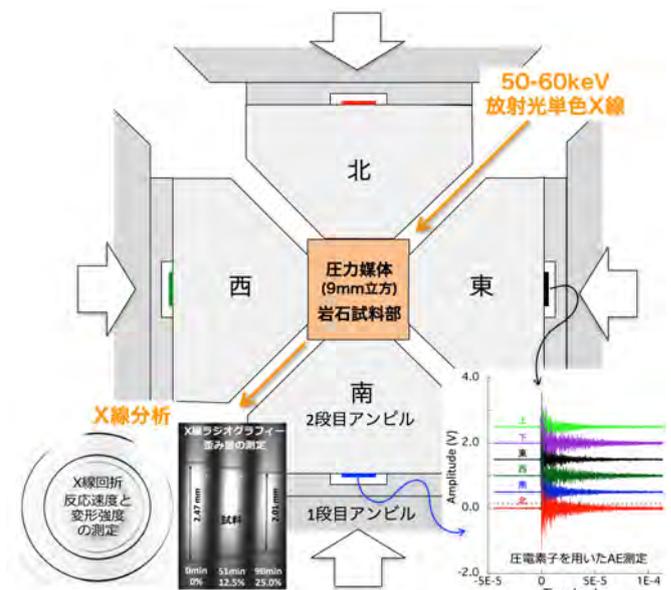


図4 放射光X線を使って高温高压下で岩石の相転移や変形破壊挙動をその場観察できる実験装置（図2の装置に組み込まれる）

比較惑星物質学への展開

地球深部の動的な物質科学を、氷天体や衝撃変成隕石に応用し、惑星氷のレオロジー（図5）や衝撃変成隕石で見られる非平衡相転移の実験研究を行っています。構成物質が変化することで地球とは異なる現象が引き起こされることがあります。このように惑星深部物質の相転移と流動現象を実験的に解明しながら、天体内部で起こる様々なダイナミック現象を解き明かす研究を行っています。

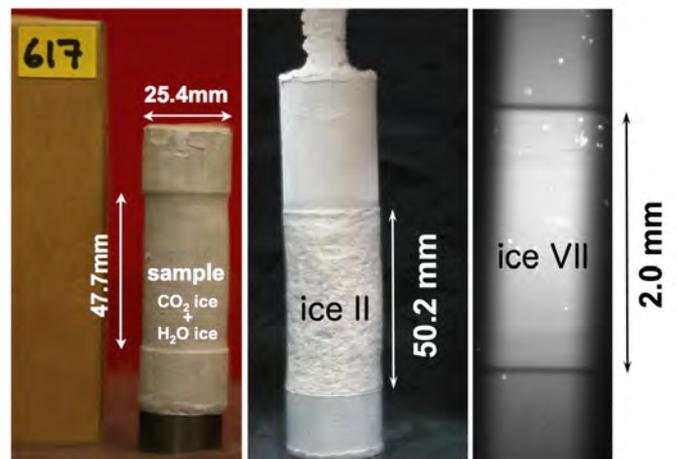


図5 惑星氷の高压下での変形実験