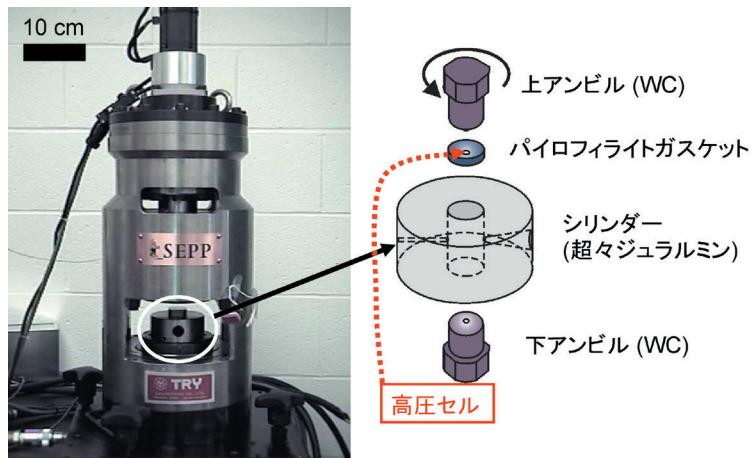


## 回転ドリッカマー装置 (RDA) による超高圧変形実験

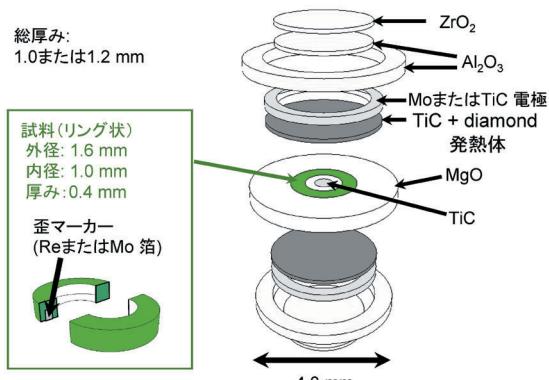
High-pressure deformation experiments using Rotational Drickamer Apparatus (RDA)

西原 遊\*\*\*・徐 有生\*\*\*・唐戸俊一郎\*\*\*

Yu Nishihara\*\*\*, Yousheng Xu\*\*\* and Shun-ichiro Karato\*\*\*



第1図 Yale 大学地質地球物理学科に設置されている回転ドリッカマー装置の全体写真（左）とアンビル構成の模式図（右）。

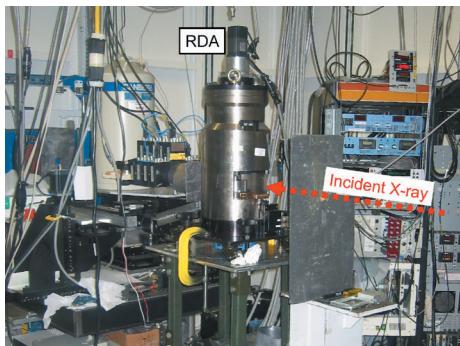


第2図 セル構成。試料中の歪（および差応力）の分布を均質に近づけるため、試料形状をリング状としている。試料中に金属箔を挟み歪マーカーとして用いる。試料の上下に置いた発熱体により高温を発生させる。発生温度は熱電対を組み込んだセル構成によりあらかじめ較正しておく。

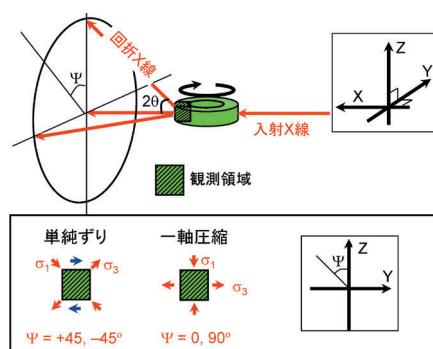
回転ドリッカマー装置は、マントル深部に相当する温度圧力条件下において変形実験を行なうために、ドリッカマー型高圧発生装置を改良して開発された装置である (Yamazaki and Karato, 2001; Xu et al., 2005)。回転ドリッカマー装置では、リング状試料を内部に組み込んだ薄いディスク状高圧セルを上下の WC 製アンビルではさみ高圧 (最高 17 GPa) を発生させ、さらに上アンビルを回転させることにより、試料に対しねじり変形を与えることができる (第1図, 第2図)。現在 Yale 大学では、(株)トライエンジニアリング社製の 70 トン油圧プレスによる回転ドリッカマー装置 (2001 年製作) が稼動中である。この装置では、交流サーボモーターによる回転を Harmonic Drive 社製の減速比 1/3,360 のギアボックスを通じて伝達し上アンビルを回転させている。最高発生トルクは 1,500 Nm である。高圧セル中に組み込んだディスク状発熱体 (TiC + ダイヤモンド) に電流を流すことにより最高 1,500°Cまでの高温を発生させることができる (第2図)。実験において試料の受けている差応力と歪は、放射光 X 線を用いた測定によってその場観察することができる (第3図, 第4図)。カンラン石高圧相であるウォズリアイト (変形スピネル) や、下部マントル構成相のひとつであるマグネシオウスタイトを使った実験における、X 線回折による差応力測定 (第5図)、X 線ラジオグラフィーによる歪測定 (第6図)、回収試料の顕微鏡観察による歪測定 (第7図) の一例を紹介する。

2006年5月2日受付。

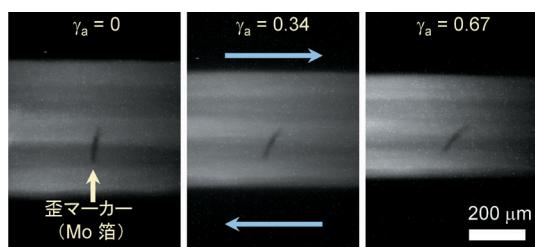
\* 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻  
Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan  
\*\* 東京工業大学地球史研究センター  
Research Center for the Evolving Earth, Tokyo Institute of Technology, Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan  
\*\*\* Yale 大学地質地球物理学科  
Department of Geology and Geophysics, Yale University, New Haven, CT 06520, U.S.A.



第3図 大型放射光施設 National Synchrotron Light Source (Brookhaven National Laboratory) のビームライン BL17B2 に設置された回転ドリッカマー装置 (RDA)。赤い点線は入射 X 線の方向をあらわす。RDA の背後には X 線回折および X 線ラジオグラフィーのための観測装置が設置されている。



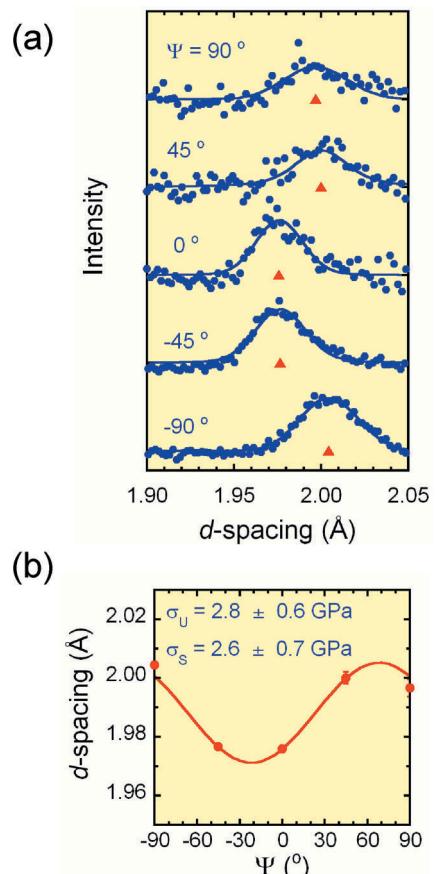
第4図 X 線回折による差応力測定の模式図。リング状試料の一部（観測領域）からの回折 X 線をさまざまな角度 ( $\Psi$ ) で検出することで、格子面間隔 ( $d$ ) の異方性、ひいては結晶の弾性歪が求められ、差応力の向きと大きさを決定することができる。



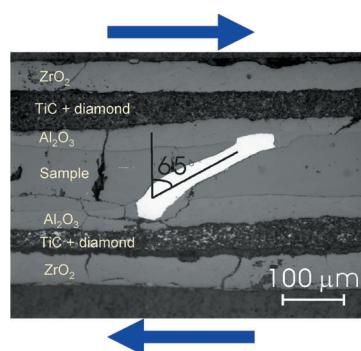
第6図 歪測定の結果の一例。試料に挟み込んだ歪マーカー（第2図）を X 線ラジオグラフィーによりその場観察し、その傾れ角 ( $\alpha$ ) から見かけの剪断歪  $\gamma_a = \tan\alpha$  を決定することができる。各写真中央の黒線が歪マーカー。変形前（左）にはほぼ垂直であった歪マーカーが変形の進行とともに傾き（中央）、最終的に  $\gamma_a \sim 0.67$  の大歪（右）が達成されたことが分かる（試料：ウォズニアイト、温度：1800 K、圧力：約 16 GPa）。

## 文 献

Xu, Y., Nishihara, Y. and Karato, S., 2005, Development of a rotational Drickamer apparatus for large-strain deformation experiments at deep Earth conditions. In Chen, J., Wang, Y., Duffy,



第5図 差応力測定の結果の一例。(a)  $\Psi = 0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ$ において測定された変形中のウォズニアイトの (240) 回折線（温度：1600 K、圧力：15 GPa、実効歪：0.29–0.39、実効歪は一軸圧縮における歪に相当する値に換算された歪）。(b) 理論曲線によるフィットの結果。応力の一軸圧縮成分 ( $\sigma_u$ ) と単純剪断成分 ( $\sigma_s$ ) はそれぞれ  $2.8 \pm 0.8$  GPa と  $2.6 \pm 0.7$  GPa と見積もられる。



第7図 回収試料の反射顕微鏡写真。歪マーカー（中央の白い線）の倒れ角 ( $\alpha = 65^\circ$ ) から実験終了時の試料歪  $\gamma_a = 2.1$  が求まる。試料はマグネシオウスタイト、実験条件は 10 GPa, 1500 K。

T., Shen, G. and Dobrzhinetskaya, L.F., eds., *Advances in High-Pressure Techniques for Geophysical Applications*, Elsevier Science, Amsterdam, 167–182.

Yamazaki, D. and Karato, S., 2001, High pressure deformation apparatus to 15 GPa. *Rev. Sci. Instrum.*, **72**, 4207–4211.