

BL04B 1

高温高圧

1. 概要

BL04B1は、大型高圧プレス装置（実験ハッチ1: SPEED-1500、実験ハッチ2: SPEED-Mk. II）を用いて高温・高圧環境下の物質の構造や振舞いを研究するビームラインである。実験は偏向電磁石からの高エネルギー白色X線（10-150 keV）を用いたエネルギー分散X線回折、CCDカメラによる高速ラジオグラフィーに加えて弾性波速度測定システムが整備され、主に地球内部物質の構造解析や物性測定に利用されている。以下では今年度開発・整備された1. 高分解能ラジオグラフィーによる精密計測、2. 新素材アンビルによる高圧発生技術開発について報告する。

2. 高分解能ラジオグラフィーによる精密計測

BL04B1では、2004年度より愛媛大の入船グループと共同で超音波法による弾性波速度測定システムの開発を行っている。弾性波速度は、試料の長さとして投入した超音波が試料を伝播する時間（トラベルタイム）の除算によって求められるため、データの精度は両者をいかに精密に決定できるかによって左右される。試料を伝播するトラベルタイムは、デジタルオシロスコープによって精度よく決定することができる。しかし、高温高圧測定の場合、実際の試料長を測定することが難しいため、得られる弾性波速度の精度に大きく影響を与える。BL04B1ではCCDカメラによるラジオグラフィーを使って試料長を精密に計測する技術開発を行っている。これまでラジオグラフィー実験にはC4880-80（浜松ホトニクス製）を使用していたが、昨年度に新しく高分解能CCDカメラC9300-124（浜松ホトニクス製）を導入した。図1にCCDカメラで観察されたAu箔のラジオグラフィー像の比較を示す。C9300-

124では画像コントラストがより鮮明でシャープな画像が得られ、解析の結果、従来の半分以下の2ミクロンの精度で決定することが可能になった。本システムを用いて、地球内部の主要なマントル物質（Ringwoodite, Majorite）の弾性波速度を従来にない高精度で測定することに成功している^[1]。

3. 新素材アンビルによる高圧発生技術開発

BL04B1設置の川井型高圧プレス装置は（SPEED-1500, SPEED-Mk. II）は、目的の温度、圧力、試料容積に応じて試料容器を加圧するアンビルのサイズや材質を自由に変えることができる。一般的にアンビルには30 GPaまでの高圧実験が可能なタングステン・カーバイドアンビル（WC anvil）が使用されるが、BL04B1では岡山大、愛媛大のグループを中

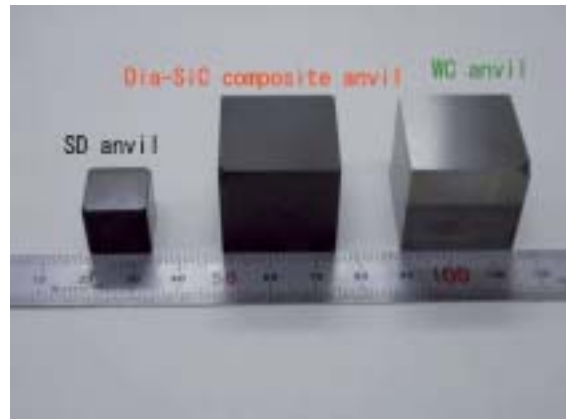


図2 BL04B1で使用されているアンビル；焼結ダイヤモンド（SD anvil）、ダイヤモンド-SiC複合体（Dia-SiC composite anvil）、タングステン・カーバイド（WC anvil）

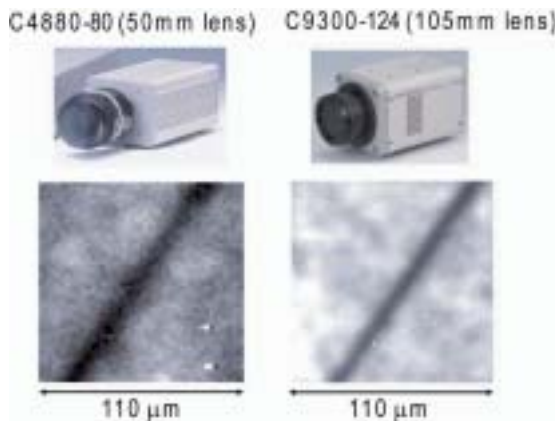
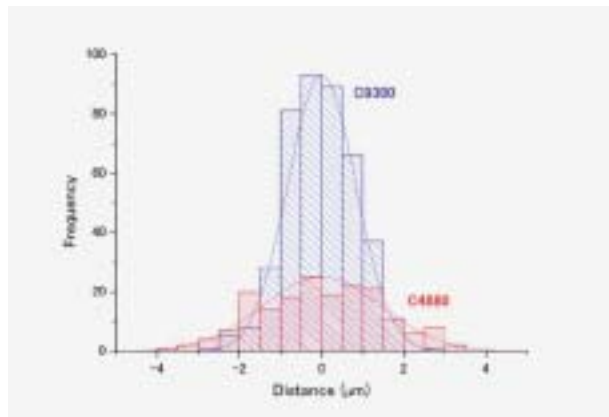


図1 CCDカメラ（C4880-80、C9300-124）の違いによるAu箔のラジオグラフィー像の比較



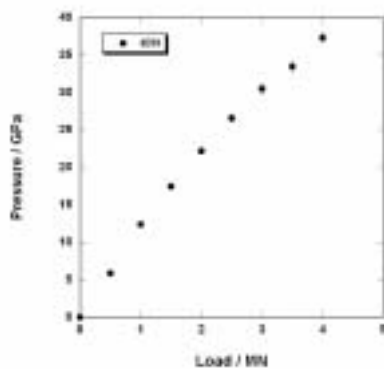


図3 ダイヤモンド-SiC複合体アンビル(14 mm角立方体、1.5mm TEL)の圧力発生効率

心にさらに高い圧力発生が可能な焼結ダイヤモンドアンビル (SD anvil) を世界に先駆けて導入し、これまで70GPaを超える超高压を記録している^[2]。また、この他にも龍谷大、阪大との共同開発でダイヤモンド-SiC複合体アンビル (Dia-SiC composite anvil) の開発を進めている (図2)。このアンビルはダイヤモンド粉末とSi粉末とをHIP装置で合成させたもので、1. X線透過性に非常に優れている、2. タングステン・カーバイドの3倍以上の硬さ (Hardness) を持つ、3. 大型サイズのアンビル作成が可能、などの特徴を持っている。現在、焼結ダイヤモンドアンビルと同じサイズの1辺14mm角立方体の合成法は確立され、室温下において、タングステン・カーバイドアンビルを超える40 GPa以上の圧力発生を確認している (図3)。また、図4に示すようにBL04B1でX線透過試験を行ったところ、透過強度は1/3程度に減衰するものの、X線はアンビルを透過して解析に十分な回折パターンが得られることがわかった。現在、さらに大型のアンビル合成開発を進めており、試験開発段階ではあるが、昨年末に通常のタングステン・カーバイドアンビルと同サイズの1辺26mm角立方体の合成に成功した (図2)。このサイズは焼結ダイヤ

モンドアンビルでは実現されていない。ダイヤモンド-SiC複合体アンビルは、実用化に向けた大量生産のための技術開発が進行中であり、近い将来に50 GPa以上の高圧実験や、アンビルを透過したイメージングへの利用が期待されている。

参考文献

[1] Higo, Y., Inoue, T., Irifune, T., Funakoshi, K., and Li, B. (2007) "Elastic wave velocities of (Mg_{0.91}Fe_{0.09})₂SiO₄ ringwoodite under P-T conditions of the mantle transition region", Phys. Earth Planet. Inter., submitted.

[2] Ito, E., Katsura, T., Aizawa, Y., Kawabe, K., Yokoshi, S., Kubo, A., Nozawa, A., and Funakoshi, K. (2005) " High-pressure generation in the Kawai-type apparatus equipped with sintered diamond anvils: application to the wurtzite-rocksalt transformation in GaN", Advances in High-Pressure Technology for Geophysical Applications, Elsevier B. V., 451-460.

利用研究促進部門

構造物性Iグループ 極限構造チーム
舟越 賢一

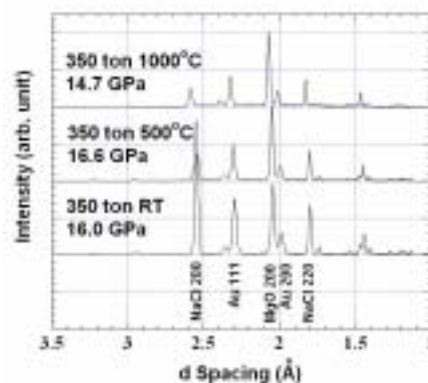
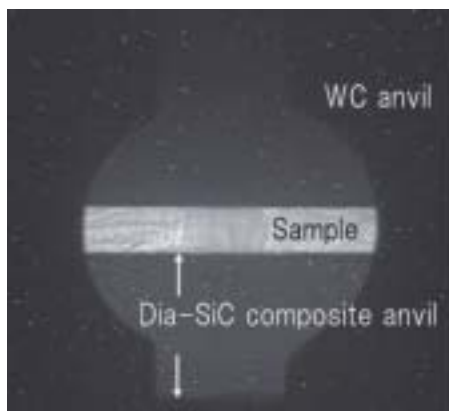


図4 ダイヤモンド-SiC複合体アンビルのX線透過性テスト；CCDカメラによる透過像 (左)、X線回折パターン (右)