

BL04B1 高温高圧

1. 概要

BL04B1は、高エネルギー白色X線及び、単色X線を使ったX線回折測定やX線ラジオグラフィ測定により、高温高圧下の物質変化や地球内部構造を研究する実験ステーションである。BL04B1に設置されている2台の1500トン大型高圧発生装置（SPEED-1500、SPEED-Mk.II）は、どちらも6個のアンビルを使って立方体試料空間を等方的に圧縮する機能を備えたDIA型装置である。2010年度には、新たに上下のアンビルを独立に駆動させて偏差応力場を作り出すD-DIA型変形装置をSPEED-Mk.IIに導入し、高圧鉱物のレオロジーや岩石破壊実験に応用されてきた。これらの実験は、大容量高圧プレスが持つ高い静水圧性を活かす従来型の実験ばかりでなく、非静水圧性を高い精度でコントロールできることを活かし、新たな研究分野を切り開いている。

2012年度は、D-DIA型変形装置の特性を十分に活かすべく、短周期変形油圧システムと拡大光学系の導入を行った。また、超音波測定システムの高度化では、試料の小型化に伴う微弱な超音波エコーをも捉えるために、低ノイズアンプとデュプレクサーを導入した。

2. 短周期変形油圧システム

D-DIA型変形装置はプランジャーポンプによる非常に精密な油圧コントロールが可能であり、一定応力下で歪みの変化を測定するクリープ試験に非常に有用である。これまで、高圧鉱物のレオロジー実験や差応力下での岩石破壊実験に活用されてきた。近年、D-DIA型変形装置を使って周期的な変形を加え、高圧下での粘弾性的性質を測定す

る方法が新たに提唱され、SPring-8でもその実現が待たれていた。一般に、地震波は数Hzの領域に卓越周波数を持ち、低周波数であるゆえに、弾性的性質のほかに、固体の内部摩擦などに起因する粘弾性的な影響を受けていることが考えられている。従来は弾性的な測定しか行われてこなかったが、地震波の伝搬メカニズムの解明には粘弾性的性質についても明らかにする必要がある。また、粘弾性的性質はほとんどの場合、周波数依存性があり、実際の地震波に相当する数Hz領域での実験的測定が不可欠である。従来のプランジャーポンプ式の変形装置では～0.1 Hz以下の長周期振動での実験が限界であった。2012年度は、数Hz領域の短周期での固体の内部摩擦を測定するため、D-DIA型変形装置に新たに短周期変形油圧システムを導入した（図1）。油圧ポンプで発生した短周期の油圧変動は、通常ホースの伸縮やホース内壁での摩擦によって実験ハッチ内のD-RAMには十分に伝わらない。そこで、高圧プレス近傍にD-RAM駆動用の二次ピストンを設置し、実験ハッチ外部に二次ピストンを駆動するための油圧ポンプを設置することで短周期振動を実現した。本システムによって最大5 Hzでの短周期変形実験が可能となった。

3. 拡大光学系

前項の短周期変形実験による試料の変形量は非常に小さく、試料長さのおおよそ0.1%以下（ $< \sim 1 \mu\text{m}$ ）である。こうした微小な試料長さ変化を精密に計測するため、リレー光学系を軸とした長焦点・広視野拡大光学系を導入した（図2）。透過X線の吸収コントラストを可視化し、カメラに結像するため、本光学系システムはできる限り試料に近づけることが望ましい。従来のCCDカメラ位置は試料が



図1 SPEED-Mk.II用に設置された短周期変形装置

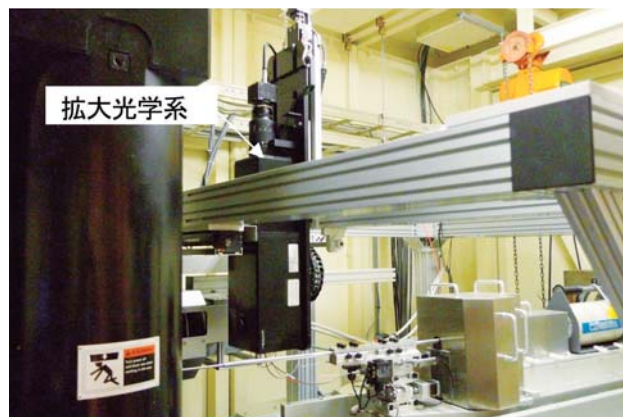


図2 拡大光学系

ら3 mほど離れた位置であったが、今回試料から約0.8 mの位置に新たにステージを設置し、より高分解能での撮影を可能とした。本システムではまず蛍光板によって可視化された像をf200のリレー光学系によって仮想結像面に結像する。これを高倍率の対物レンズによって拡大することで、明るさを失うことなく長い焦点距離と高い倍率を確保している。拡大光学系の導入によって、拡大率は従来の2倍から10倍に大幅に向上した。また、高倍率でありながら1 mm×1 mmの広い視野を確保している。

4. バイアスゲート付きアンプ&デュプレクサー

近年の実験条件の更なる高压化により、実験試料の小型化が進み、これに伴う超音波エコーの弱화가顕著となっている。こうした状況に対応すべく、ハイパワー・低ノイズアンプを導入した(図3)。従来型のアンプでは、アンプ内部の電源に由来するノイズが周期的に発生しており、試料の超音波エコー信号とオーバーラップし、トラベルタイムの計測精度の悪化の要因となっていた(図4)。今回、バイアスゲート付きアンプを新たに開発した。

このシステムでは、アンプに入力信号が入力された時のみ、アンプが動作し、超音波エコーの計測時にはアンプが動作を停止している。これによりノイズ強度が大幅に低下し、高ゲインであっても非常に高いS/N比を実現した。

また、入出力信号の分離に従来のGaAs FETスイッチから、新たに開発した広帯域のデュプレクサーを導入した。従来のリレースイッチ方式に比べて、耐入力100倍以上となり、また切り替えに伴うビデオ・リーケージノイズも解消された。

利用研究促進部門

構造物性 I グループ 極限構造チーム

肥後 祐司

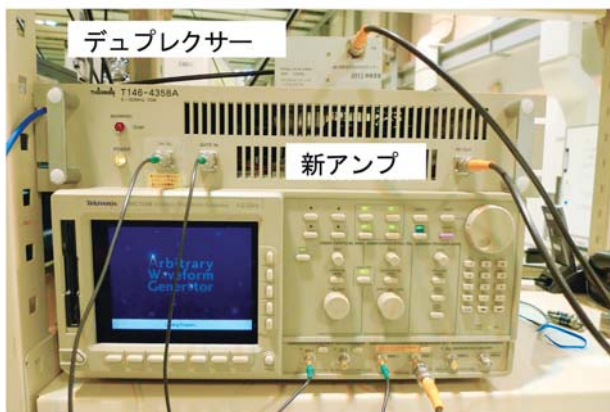


図3 バイアスゲート付きアンプ&デュプレクサー

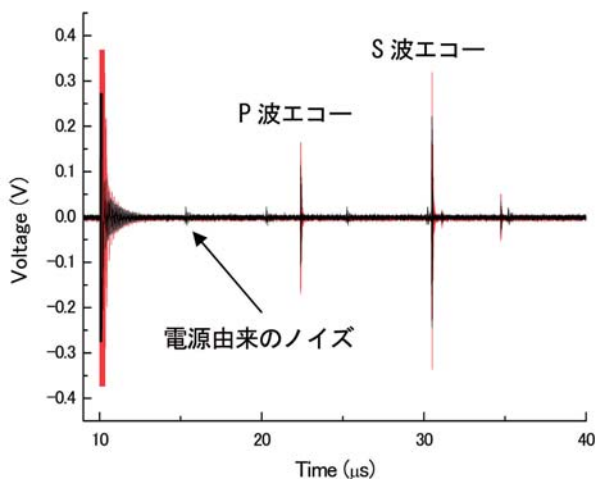


図4 バイアスゲート付きアンプと従来型のアンプの比較 (黒：従来型のアンプ、赤：新たに導入したアンプ)