









700トン高圧発生装置 (MAX-III)AR-NE7A

500トンDIA型高圧発生装置 (MAX80) AR-NE5C ダイヤモンドアンビルセル BL18C



試料を取り囲むアンビルや圧力媒体によるX線の吸収が大きい。 HX(>10 keV)or 白色(高エネルギー)での実験が標準

マルチアンビルプレスによる高圧実験 @AR-NE7A (UG運営ビームライン)

概要

- 700トンの一軸圧縮プレス(MAX-III)に3種の ガイドブロック(DIA型, D-DIA型, D-111型) を装着
- 主に地球惑星内部科学、材料科学の研究者が
 利用
- 地球下部マントルまでの条件で、多様な高温 高圧(変形)実験が可能 (~30 GPa, ~2000 K, 歪み速度~10⁻⁶-10⁻⁴ s⁻¹)
- 高エネルギー白色(WX)および単色X線(HX, ~60 keV)を利用
- エネルギー分散法および角度分散法によるX
 線回折とラジオグラフィー測定
- 高圧下における相転移、化学反応、状態方程
 式、弾性波速度、メルト物性、塑性流動、岩石破壊現象のその場観察







高圧XRD時分割測定により、衝撃変成隕石で起こる非平衡反応のカイネ ティクスを解明 (Kubo et al., Nature Geoscience 2010) 圧力誘起で非晶質化したNaAlSi3Og albiteから、NaAlSi2Og jadeiteと SiOっstishoviteが結晶化

- 高エネルギー白色X線を用いて、 アンビル間のガスケットや圧 媒体を通して高圧下の試料を
- エネルギー分散法によるコリ メーションで、試料部のみか らの良質なデータを取得
- ・数十µmビームによるXRDと 数mmビームによるラジオグラ
- 高圧下における相転移、化学 反応、状態方程式、弾性波速 度、液体の構造と物性のその
- 現状では数十秒毎の時分割測 定が限界、サブ秒オーダーの 高速測定が必要



- D-111型ガイドブロックと高エネルギー単 色XRD(~60 keV)を組み合わせ、世界に先 駆けて地球下部マントル条件での定量的な 高圧変形実験を実現
- ・デバイリングのd値方位角依存性から差応力 を、ラジオグラフィーから塑性歪みを測定、 高温高圧下における応力-歪み曲線の測定
- 現状では数分毎の時分割測定が限界、時空 間分解能の数桁向上が課題



マルチアンビルプレスによる高圧実験 ハイブリッドリングでの HX + HX (or WX)の利用例

岩石破壊過程の高速マルチスケールその場観察: 深部地震現象の解明



ミリ秒オーダー、µmからmmのマルチスケールで、断層面挙動をその場観察

超伝導転移温度 T_cと発見年



超伝導研究の上で高圧技術の果たしてきた役割は大きい。

- ・銅酸化物超伝導体のTc最高値到達
- ・鉄系超伝導体発見時の圧力によるTcの大きな増大
- ・水素化物超伝導のTc最高値更新

水素化合物超伝導体H₂S-H₃S



M.Einaga et al., Nat. Phys.(2016)

新規塩水和物 KCI・H₂Oの発見



Figure 1

Photograph of single crystals of KCl·H₂O with co-existing ice VII in a diamond anvil cell at 2.27 GPa and 295 K. The outlines of KCl·H₂O and ice VII are highlighted by red and blue lines, respectively, as a guide for the eyes. A photograph without this eye guide is shown in Fig. S2 in the supporting information.

$2.27\ \text{GPa}$ and 295 K

Figure 4

(a) The crystal structure of KCl·H₂O optimized by DFT calculations using the PBE functional (Perdew *et al.*, 1996) with a fixed cell to be experimentally derived. Purple, green, red and pink balls represent K, Cl, O and H atoms, respectively





RESEARCH ARTICLE 10.1029/2021JB023902

High-Pressure XAFS Measurements of the Coordination Environments of Fe²⁺ and Fe³⁺ in Basaltic Glasses

Keisuke Ozawa¹, Kei Hirose^{1,2}, and Yoshio Takahashi^{1,3}



Figure 1. The μ -XAFS spectrum of oxidized basaltic glass in a diamond-anvil cell collected at 7.6 GPa, including the pre-edge features with centroid position, X-ray absorption near edge structure with the threshold energy and the peak of the while line, and X-ray absorption fine structure oscillations. Red dashed line is a cubic spline function for the background of the pre-edge signals (Wilke et al., 2001).

ダイヤモンドアンビルセルを用いたXAFS測定

ダイヤモンドアンビルセルによる高圧実験 HX + HX の利用

2方向同時測定 ①ダイヤモンド ②金属あるいはホウ素のガスケット (ガスケット越しにX線を通す)



- ・X線回折(HX)とXAFS (~HX)
- ・X線回折(HX)とXRF (~HX)
 - ✓ 地球深部鉱物の構造と金属の酸化数
 - ✓ 高圧下での物性変化
 - ✓ 高圧下で進む不均化反応を化学組成と回折で見る
 - ✓ (高温高圧下での流体中の鉄)

2ビーム利用提案:高圧グループ 新光源ハイブリッドリングでの HX + HX (or WX)の利用 マルチアンビルプレス ダイヤモンドアンビルセル 高圧高温変形場における岩石破壊過程の 2方向同時測定 ①ダイヤモンド 高速マルチスケールその場観察 ②金属あるいはホウ素のガスケット 深部地震現象の解明を目指す ・X線回折(HX)と **High-P** deformation XAFS(TX~HX) CCD or 2D detector CMOS ・X線回折(HX)と Anvil 50-100 keV camera HX or WX 蛍光X線(HX) macro beam **X**線② Transmitted X-ray Backing Plate HΧ 高圧下での物性変化 micro beam Pressure や合成反応の解明 Radiograph medium 3D or 2D diffraction 西原他(2020)を改変 apparatus HX HX or WX マイクロビームによる マクロビームによる H₂S 3D-XRD 2D-XRD, radiography 試料全体の反応力学挙動 断層面の局所構造 応力,相,粒径の 応力-歪み曲線 2次元mapping 反応速度曲線 Grain-scale dynamics 氷と塩水和物 Bulk rock dynamics 軽元素系超伝導物質