

# 高圧力科学における高エネルギーX線の利用

船守 展正

高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所

高圧下において、物質は常圧下での常識からは想像もできないような特異な挙動を示す。高圧科学は、そうした高圧下における物質の振る舞いについて、様々な興味から研究する学問であり、物理、化学、地球科学、生命科学といった基礎科学から、材料科学、食品科学といった応用科学に至る、幅広い分野の研究が行われている。高輝度・高エネルギーのX線は、高圧容器内の微小試料の観察に極めて有用なプローブであり、世界に先駆けてPFに導入されたMAX80 (Multi Anvil X-ray system designed in 1980) は、高圧力科学の飛躍的発展の礎を築いた。PFには、現在、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) 用のBL-18CとAR-NE1A、大容量プレス (LVP) 用のAR-NE5CとAR-NE7Aがある。また、AR-NW14Aでは、Laser衝撃圧縮の実験も行われている。PFの運転開始から今日に至るまで、PFからは、高圧力科学のマイルストーンと位置付けられるような研究成果が数多く発表されてきた。

本講演では、三種類の高圧装置の中で、高エネルギーのX線によって長所が最も活かされるLVPを中心に、放射光高圧力科学の現状を紹介して将来を展望したい。LVPを利用する場合、100mm<sup>3</sup>級の試料室に各種の細工を施すことで、多様な実験を行うことが可能である。古くから、固体試料の構造相転移とその圧力温度相図や相転移速度、各相の状態方程式などがX線回折 (XRD) によって測定されてきた。2000年代以降は、液体試料の構造のXRDやX線吸収微細構造 (XAFS) による研究、イメージング手法を利用した粘性測定 (落球法) なども本格化した。最近では、イメージング手法と超音波計測の組み合わせによる弾性波速度測定も盛んに行われている。その他、固体試料の変形実験や破壊に関する実験も行われている。

LVPは、最高発生圧力こそDACやLaser衝撃に比べて桁で低いものの、例えば、5GPa・1600K程度の条件で合成された高品質な単結晶ダイヤモンドが商品化されていることから分かるように、基礎科学としてだけでなく、産業イノベーションに直結する高いポテンシャルを有する。しかし、PFにおいて稼働している前出のMAX80 (AR-NE5C) と2000年に導入されたMAX-III (AR-NE7A) で、そのポテンシャルを活かすことは容易ではない。LVPの幾何学的な制約から試料とカメラの距離を近づけることができず、エミッタンスの大きいARのX線では、高精細のイメージングが困難であるなどの問題がある。また、材料合成を始めとして、地球の重力を利用することも多い。その点、当初、MAX-IIIが導入されたBL-14C2の縦型ウィグラーは、垂直方向に大きいビームの利用が可能であり、LVPの特長を活かす上で有用であったが、通常の偏向電磁石によるAR-NE5CとAR-NE7Aでは、それも適わない。

現在、検討の進められている「KEK放射光」の特長に最も良く合致するのはDACを利用した研究であるが、DACだけでなく、LVPやLaser衝撃も強力に推進していきたい。LVPのための光源として、真空封止縦型ウィグラーの開発に期待している。