

共同利用ビームライン高温構造物性

辻 和彦

慶應義塾大学理工学部*

Public Beamline for High Temperature Research

Kazuhiko TSUJI

Faculty of Science and Technology, Keio University

1. はじめに

高温構造物性ビームラインには、高圧地球科学サブグループ (SG) と高温 SG の2つの実験ステーションが設置される。

高圧地球科学 SG は、超高圧高温 X 線実験により、地球惑星科学を中心とした研究を行う。地球や惑星の内部は超高圧高温状態にあるので、これらの性質の研究には、珪酸塩や鉄などの惑星構成物質の超高圧高温状態の構造、相転移などを調べる必要がある。たとえば、地球のマントル内部には多数の層構造が知られており、圧力誘起相転移や地震との関係が研究されている。惑星

内部は、構成元素や圧力範囲も異なり、まだ未知のことが多い。

高温 SG は、高温高圧 X 線実験により、超臨界流体や高温液体の構造を中心とした研究を行う。温度と圧力は物質の状態を決定する重要な熱力学関数であり、これらを変化させることにより、物質の性質を著しく変えることができるだけでなく、気体-液体臨界点以上での超臨界流体や高密度プラズマなどの新しい状態を実現できる。臨界点は、水銀で1751 K, 167 MPa, セレンで1869 K, 38 MPa と高温高圧下にある。臨界圧力より高圧の超臨界流体では、温度により流体の密

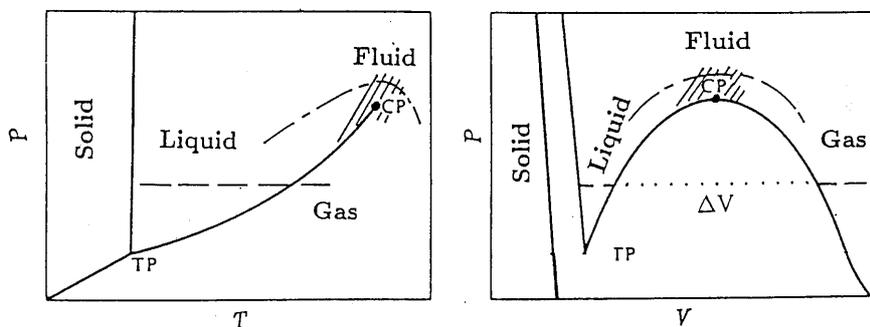


Figure 1. A schematic phase diagram. At pressures above the critical pressure, volume can be changed continuously in a wide range with increasing temperature. Density fluctuation of the supercritical fluid becomes large in the vicinity of the critical point (hatched region in the figure).

* 慶應義塾大学理工学部 〒223 横浜市港北区日吉 3-14-1
TEL 045-563-1141 (内3971) FAX 045-563-1761
e-mail tsuji@phys.keio.ac.jp

度を連続的に広い範囲で変えることができる(図1)。また、臨界点近傍では、圧縮率および熱膨張率が発散し密度揺らぎが著しくなるので、臨界点近傍に特有な興味ある物性変化も期待できる。

2. ビームラインの概要

BL04B1ビームラインは、光源として偏向磁石からの白色X線を用い、上流側に高圧地球科学実験ステーション、下流側に高温実験ステーションが直列に設置される。

2.1 高圧地球科学実験ステーション

超高圧の発生には、マルチアンビル型超高圧装置が用いられる。高圧発生部は、キュービックアンビルプレスの高圧発生部の正六面体中に、8個の正六面体を置き、中心部の角を削り取って正八面体の空間を作り、この中に高圧を発生させる二段加圧方式である。大型プレスの最大出力は1500トンであり、4本柱で支持される。アンビルとしては、一段目の先端19 mm アンビルと二段目の焼結ダイヤモンドアンビル、または、一段目の先端50 mm アンビルと二段目の超合金アンビルを用いる。焼結ダイヤモンドアンビルを用いたとき、最高圧力40 GPaの発生を目指している。また、試料の加熱のために、最大容量2 kVAの加熱電源を用い、最高温度2500°Cを実現する。

受光光学系部は、散乱光を鉛直面内で計測する鉛直受光部と、水平面内で受光する水平受光部を備えている(図2)。鉛直受光光学系部は、SSDを $\pm 15^\circ$ 回転でき、焼結ダイヤモンド製の正六面体を通して散乱X線を測定できる。水平受光光学系部は、サイドスイベルステージにより、プレス本体の柱の外側で $\pm 10^\circ$ を駆動でき、正六面体の隙間を通して散乱X線を測定できる。

当面の研究課題としては、マントル鉱物(珪酸塩)や鉄合金の状態方程式、マグマの構造と物性、相転移のカイネティクス、鉱物の変形実験な

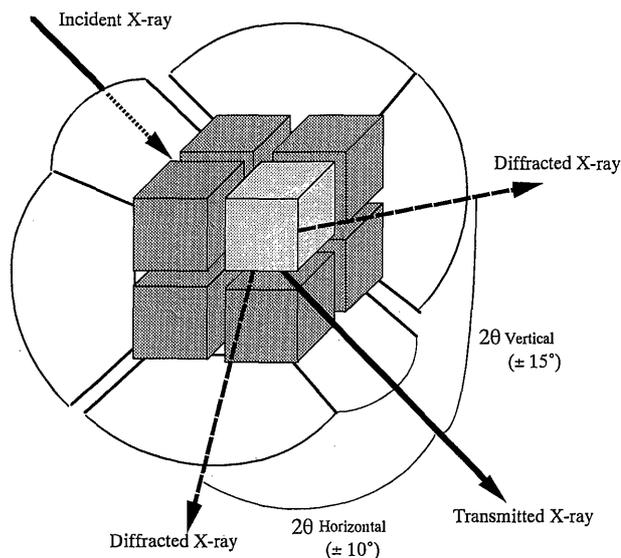


Figure 2. A schematic sketch of sample part in the double-stage high-pressure apparatus.

どがある。

2.2 高温実験ステーション

実験用ハッチの内側に、流体X線回折用高圧容器を置く。これは高圧ガス発生部と高温高圧部から成り、全体を鋼板製高圧防御壁で取り囲む。これらの全体が放射線防御用のハッチ内に設置される。高圧容器は、圧力媒体としてヘリウムガスを用い、使用最高圧力は2,000 kgf/cm²である。容器内に内熱型のヒータを設け、試料部を1650°Cまで加熱できる。これにより、水銀やセレンなどの超臨界状態を実現できる。容器の外側は、水冷される。容器には、1つのX線入射口と、5つの散乱X線出口がある。

X線回折は、白色X線を用いたエネルギー分散法により測定する。入射側光学系は、モニターカウンター、4極スリットで構成される。ゴニオメーターの駆動軸は、 θ , 2θ 軸であり、測角範囲は -60° から 145° である。ゴニオメーターの試料テーブルの耐荷重は60 kgであり、高圧容器を搭載できる。

当面の研究課題としては、超臨界流体水銀の構造、超臨界流体セレンの構造、超高温液体の構造などがある。