

## SPring-8における高圧物質科学の展望

### Future Prospects of High Pressure Materials Science at SPring-8

高圧物質科学研究会

High Pressure Material Science Research Group

小林寿夫, 兵庫県立大学

清水克哉, 大阪大学

Hisao Kobayashi, *University of Hyogo*

Katsuya Shimizu, *Osaka University*

#### 1. はじめに

圧力は物質の構成原子間や分子間距離の減少を通して構成要素間の相互作用や混成効果に変化をもたらす。すなわち、物質の性質を変える外場として働くため常圧力下と異なる新しい物性の発現が期待される。しかし、高圧力環境下では、試料空間などに大きな制約があり精密な物性測定には困難がともなっていた。近年の放射光実験技術の進歩によりこの困難は解消されつつある。特に、SPring-8では、超高圧力下での静的構造解析のためのX線回折スペクトルのS/N比は、低温や高温を組み合わせた環境下でも常圧力下のそれに迫るものが得られるようになってきている。一方、放射光を利用した物性測定技術はX線回折による静的構造の精密測定に留まることなく、放射光X線の偏向特性などを利用した、吸収、発光、非弾性散乱や核共鳴散乱による電子状態、磁気構造や格子振動などの測定技術が開発され、高圧力環境下での測定も試みられている。

すなわち、今後十年を展望すると、放射光利用を主とする高圧力下物性研究は、構造を軸足としてより広範な物質科学研究へと幅広く展開して成果を挙げることが期待される。

#### 2. 将来展望とその実現のための提言

構造を軸足とした高圧物質科学の基盤となる静的構造の精密測定については、今後も大きく二つの役割が考えられる。ひとつは、静的構造解析の立場から超高圧物質科学を追究していくこと、もうひとつは、常圧力下で行われていた静的構造の精密測定を高圧力下においても行なうための高いクオリティのデータを取得するための役割である。

前者の役割の達成に向けた取り組みは、これまで集光レンズやダイヤモンドラマンによる圧力測定システムの導入等の高度化によりなされてきた。その結果、400GPaを超える圧力下で静的構造の見地からの物性研究が展開されてきている。さらにこの方向を発展させるためには、直径10 $\mu\text{m}$ に満たない微小体積中の軽元素からも良質なX線回折データを測定することを可能にすることが不可欠である。そのためには、アンジュレータ挿入光源の特性を最大限利用したミクロンサイズに集光した高輝度単色X線ビーム、高い駆動精度を持つ回折光学系とダイナミックレンジの広く直線性の良い検出器等の更なる高度化が要求される。現在、SPring-8においてこのレベルのビ

ームは定常的には得られておらず、集光技術を重視する新規放射光施設に遅れた現状である。全てのビーム・ラインにおいて測定手法に合った高輝度ミクロンサイズのビームが簡便に利用可能な環境整備が望まれる。

もう一方の役割の最も重要な点は静水圧性の向上であり、現在はガス充填装置の導入によりある程度の圧力までの静水圧性は確保されてきている。超高圧力また極低温環境下での測定においては圧力媒体の固化による影響は避けられない問題となり、静水圧性の更なる向上やその評価方法の確立が要求される。この静水圧性の向上が、静的構造解析による構造決定と放射光の特性を生かした散乱、分光法による物性測定とを有機的に結合した研究の基盤となる。静的構造解析による構造変数との有機的な繋がりを持った研究を実施していくためには、温度や磁場などの環境変数と同様にその場での精度の高い圧力のモニターも必要不可欠である。さらに、複合環境の生成や他の巨視的な物理量との同時測定による整合性の確保も重要な課題と考える。

放射光を用いたX線構造解析では現在までの高度化により、高圧力下でのX線回折スペクトルのS/N比のめざましい向上が達成されている。その結果、多くの新たな結晶相が発見、同定されている。単体の金属のように構成原子が単純な場合、その構造から電子論的な考察もなされているが、微視的な測定により電子状態や相転移の考察がなされて、はじめてその結晶相の物性が理解される。そのためには、複合環境下で放射光の特性を生かした散乱、分光法による物性測定手法の確立が要求される。既に、核共鳴散乱やXMCD法などの限定された手法においては高圧力環境下での測定で一定の成果が出てきている。この結果を考えると、将来においてもSPring-8が新たな研究領域を創出し、魅力ある施設として位置づけられていくためには、静的構造解析による構造変数との有機的な繋がりを持って、特殊環境下での測定を実現していくことが必要であると考えられる。

### 3. 利用研究制度についての提言

我々の将来展望を実現するための提言を以下にまとめて記載した。現在の利用期間とビーム・ラインが限定された利用研究(課題)制度の枠内では実現が困難であり、ユーザーや施設職員の独立した努力では実施できない事項、新たな装置の導入などの予算措置を必要とする事項などの解決をこれによって目指したい。また、これまで以上にユーザーと施設側と強力な連携が必要であると考えている。

そこで、以下のような利用研究制度を提案する。

#### (1) 萌芽的実験用ビーム・タイムの研究会への委託

未解決の問題にたいしてこそ長期または試験実験が必要であるという観点から、試験的研究の相乗りビーム・タイムのような時間を確保して、ビーム・ライン担当者と利用者懇談会に委託し、研究会において協議して実施する。

#### (2) 複数のビーム・ラインにまたがった課題申請枠の創設

静的構造解析による構造決定と放射光の特性を生かしより広範な物質科学研究へと幅広く展開して成果をあげるために、複数のビーム・ラインの使用を見据えた新たな課題申請制度を設定する。

(3) 外部資金の獲得期間に合わせた課題期間の申請

予算措置を必要とする事項については、外部資金の獲得が必要条件となる。その場合、獲得した予算に合わせた期間での課題申請制度の設定が必要であると考えられる。多くの外部資金がサイエンスを主体として申請することを考慮すれば、これによって(2)で提案した課題申請制度も有効に作用すると考えている。

(4) 技術研究発表会の開催

放射光の利用研究における技術的課題や高度化の方針を探るうえで、実験技術・装置により一層の重点をおいた研究発表会の利用者懇談会主催での定期的な開催が必要と考える。