

＜研究会報告＞

研究会「極端条件下の散乱実験」

理化学研究所 坂井信彦

代表的な研究手段であるX線散乱と中性子散乱を利用している国内研究者が、極端条件をテーマに1990年10月12, 13日、高エネルギー物理学研究所(KEK)にて研究会を開いた。研究会では散乱実験にともなう技術的な問題とともに、極端条件下の物質の相転移の研究の現状が報告された。極端条件としては、超高压、超低温、超強磁場が採り上げられた。研究会は32名の報告で構成され、ひとり10～15分発表+5分討論とやや過密プログラムで実行された。当初この研究会は放射光X線の磁気散乱の研究会として超強磁場をテーマに行なう予定であったが、KEKのブースター利用施設の中性子グループも期せずして同様の企画があったので両者合同の研究会を開くこととなった。以下に発表者に提出いただいた報告書を基に概要を書くこととする。

超高压

超高压を利用する散乱実験は放射光X線で10年来の実績があり、現在、多重アンビル型のMAX80で約13万気圧(等方的)1000℃までの範囲が実験可能で、地球、惑星深部の物質研究に有効であり、ダイヤモンドアンビルでなら300万気圧(一軸的)あたりまで出せる(T. Yagi)。実測例として超高压下で見られるさまざまな高压相、たとえば、Sm, Euの同型転移、Siの配位数の変化、Se, Te, Iの半導体から金属への転移(K. Tsuji)、固体ハロゲンI₂, IBrの金属化・分子解離(Y. Fujii)、Csの構造相転移(K. Takemura)とバンド理論からみたCs金属フェルミ面の圧力依存性(S. Wakoh)が報告され、高压下のコンプトン散乱実験の試みが

述べられた(G. Oomi)。一方、中性子散乱実験からは、高温超伝導体の酸素位置の圧力効果の観察と超高压下中性子散乱実験への期待(N. Mori)、BNLでのCeZnの圧力誘起相転移の実験(H. Fujii)が報告された。今後、超高压実験の測定精度の向上をさらに計り、構造のゆらぎの観察、低温、強磁場との併用などが示唆された(H. Iwasaki)。関連した話題としてLi, Na液体のコンプトン散乱実験(F. Itoh)、放射光遠赤外超高压実験によるTOフォノンのエネルギーの圧力依存性(T. Nanba)、水素結合系物質の同位元素効果と相転移(S. Noda)の報告があった。

超低温

超低温下の散乱実験についてその近況が報告された。放射光X線実験ではフォトンファクトリー(PF)で³He/⁴He希釈冷凍器を用いたときのX線による熱流入の制御の現状、830mK～42mKでのHoエルパソライト(Cs₂NaHoCl₆)の立方晶から正方晶への相転移が報告された(T. Nakajima)。中性子実験では、ヘルシンキRiso国立研究所における核スピんに依存する核散乱を利用したCu, Co₇₀Pt₃₀の核スピン自発秩序磁気構造の測定の状況と結果が報告された(K. Kakurai)。

超強磁場

超強磁場は定常ハイブリッド磁場で30T、繰り返しパルス磁場で30T、単発パルス磁場で360T(破壊)あたりまで可能である(M. Motokawa, N. Miura)。単発パルスの発生法にプラズマフォーカス法(14T)、プラズマのZ-ピンチ法(160T)もある(N. Miura)散乱実験には繰り返し

しパルス磁場が適当と考えられ、パルス波形、パルス幅、パルス間隔、最高磁場は、実験用途によりその仕様を決める必要がある (M. Motokawa)。パルス超強磁場を利用した散乱実験は、すでに μ SR、中性子散乱、そして約 1 T 定常磁場ではあるが、管球 X 線による実験がおこなわれている。中性子散乱実験では最大 16 T、パルス幅 1 ms、 $2\theta = 10^\circ$ で PrCo_2Si_2 のスピン構造が調べられた (H. Nojiri)。管球 X 線による実験では Dy - 4% Y のスパイラルからフェロへの一次磁気相転移が測定された (K. Tajima)。このほか中性子散乱ではフラクタル構造をとるパーコレーション磁性体 $\text{Rb}_2\text{Co}_{0.6}\text{Mg}_{0.4}\text{F}_4$ の磁場による無秩序から長距離秩序への形成過程が報告され (H. Ikeda)、また、一次相転移であっても秩序変数の大きなゆらぎが期待される“積層の順序に関する一次元系”の「2 相関ゆらぎ」としてマルテンスサイトドメインパターンのフラクタル性が指摘された (Y. Yamada)。

強磁場による磁気相転移の報告として、インバー効果を有する Fe - Ni 合金系のマルテンスサイト変態に及ぼす磁場効果 (K. Shimizu)、イジングスピングラス $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$ の磁化過程 (A. Ito)、 FeTiO_3 のメタ磁性転移における長時間緩和現象 (H. Kato) があった。またパルス強磁場 (40 T) 下のレーザー分光による黒リンのサイクロトロン共鳴吸収、InGaAs/GaAs 歪超格子の励起子発光の観察 (S. Takeyama)、超高圧 (8 万気圧) 強磁場 (15 T) 下のアレキサンドライトの R 線のゼーマンスペクトルの観察 (N. Kuroda) が報告された。

偏光した X 線と原子のスピン相互作用で生ずる磁気 Bragg 散乱、磁気共鳴、あるいは磁気吸収の実験は放射光 X 線をもちいて近年盛んになってきた。磁気共鳴実験として $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の NdL_2 - 吸収端の共鳴交換散乱の温度依存性が測定され、Nd 原子のモーメントの温度変化によく対応する結果がえられた (H. Yamazaki)。また、円偏光 X 線による Fe の磁気 Bragg 散乱の予備実験の報告 (Y.

Sakurai)、直線偏光 X 線による六方晶フェライト $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{Zn}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ のヘリカルスピン構造のサテライトピークの測定 (K. Ishida) が報告された。これらの実験は今後、超強磁場下の実験への進展が可能と思われる。X 線磁気非弾性散乱の強磁場下の実験として常磁性体の磁気コンプトンプロファイルを測定する提案があった (N. Sakai)。最後に中性子散乱と X 線の相補性について検討がくわえられた (Y. Endoh)。

これまで X 線と中性子線の磁気散乱実験での交流は必ずしも充分ではなかった。この研究会を機会に、中性子散乱の豊富な経験と、放射光 X 線の長所を生かした極端条件下の実験が進むことが期待されている。

なおこの研究会は、安藤正海氏 (KEK)、池田宏信氏 (KEK)、山田安定氏 (東大物性研)、および筆者を世話人として行われ、Proceedings が KEK より近日中に発行される。