



最近の展望

UDC 539.893 : 538.653

超高压下の磁性

藤原 浩

広島大学理学部物性教室 広島市東千田町 1-1-89

(1965年12月29日受理)

1. ま え が き

近年高压下における物性の研究が大きなテーマとして取りあげられてきている。これは (i) 固体の物理的性質を決める基本的因子の一つである構成要素間の相互作用が、要素間の距離によることから、その距離を変えるために圧力を加え、それよりおこる性質の変化から相互作用に対する手がかりをつかむための研究が、(ii) 高压発生装置ならびに高压下での測定などの技術的問題が確立されてきたため可能となつてきたことによる。

さて磁性については、前述の相互作用の中で一番大きいものは、原子またはイオンの持っている磁気モーメントを規則正しく並べる交換相互作用 (大きさを与える交換積分 J) で、 J の符号により強磁性、反磁性を示すことはよく知られており、強磁性体では温度による自発磁化 σ_s を持ち、 J についての知見を直接与えるのが、キュリー点 T_c 、ネール点 T_N である。したがって、磁性体の圧力効果としては、まず、 σ_s 、 T_c 、 T_N (まとめて T_i) のそれがある。

一方これらの磁性をになう電子のスピンは、原子核のスピンと相互作用 (超微細相互作用) を持ち、核スピンの有効磁場 (内部磁場 H_{int}) を及ぼす。 H_{int} は電子状態によつて決まり、またスピンの大きさに比例する。したがって H_{int} を求める核磁気共鳴 (N. M. R.), Mössbauer 効果の圧力効果も重要である。

圧力限界については、従来は圧力媒体として液体、またはガスを使つての純静水圧下 (高压領域) での実験が多かつたが、 T_i 等に関しては最近固体を媒体とする準静水圧下 (超高压領域) で行なうものが増えてきている。磁場中での測定には非強磁性の Be-Cu 高压容器が使われている。圧力発生は別として、測定に関しては常圧下の測定法によるが、その中で圧力下でも測定できる方法であることはいうまでもない。

今回は主として最近の実験をまとめてみる。

2. 自発磁気モーメント

解析に必要な単位質量当りの自発磁気モーメント σ_s の圧力効果は、一般に試料の中を通る全飽和磁束 Φ_s の圧力効果を測定し、次式を用いて求める。

$$\frac{1}{\sigma_s} \frac{d\sigma_s}{dp} = \frac{1}{\Phi_s} \frac{d\Phi_s}{dp} - \frac{K}{3} \quad (1)$$

ここで K は体積圧縮率 $-V^{-1}(dV/dp)$ である。なお磁束測定にさいしての基本問題である反磁場の影響は圧力効果の場合も当然考慮すべきである^{1,2,3}。測定は静水圧領域で行なわれており、今までの最高は 15 kbar である。一方 σ_s の圧力効果は、 ρ を密度とすると、強制体積磁歪と次式で結ばれ、相互の符号、大きさの検討に用いられており、一致は必ずしも悪くない。

$$\frac{\partial \omega}{\partial H} = -\rho \frac{\partial \sigma}{\partial p} \quad (2)$$

さて、こうして任意の温度 T で σ_s に圧力効果が認められたとしても、一原子当りの磁気モーメントの大きさ (0°K における σ_{s0} に対応) が圧力によつてかわつたとはいえない。それは、常圧下、圧力下での ($\sigma_s - T$) 曲線からわかるように、 σ_s の圧力効果には、 T_c の圧力効果 (もしあれば) も利いてくるからである。したがって極低温での測定が望ましいが、それ以外の温度でも、 T_c の圧力効果を分離することは、たとえば σ_s の圧力効果の温度依存等を知れば可能である^{1,4}。

現在まで一応データが揃つたとみてよいものをあげておく。Fe, Ni は 4.2°K ⁵、常温^{1,6}、 $200^\circ\text{K} \sim 370^\circ\text{K}$ での温度依存⁷、Co は多結晶⁸、 c 軸に磁化した単結晶で常温⁹ の測定がある。まとめると、 σ_{s0} は圧力により減少する。圧力係数 $\sigma_{s0}^{-1}(d\sigma_{s0}/dp)$ は Fe, Ni では $-2 \sim -3 \times 10^{-4} \text{ kbar}^{-1}$ が妥当のようである。Co も単結晶の値はその範囲にある。合金では、Ni-Cu¹⁰、Fe-Ni¹¹