



バナジウムおよびバナジウム-ニッケル合金 ナノ粒子の粒径分布測定

嶋 達志、廣本政之、近藤亮太
大阪大学 核物理研究センター

1. 背景と研究目的

自然界における基本的相互作用のひとつである重力の強さは、物体間の距離の二乗に反比例することが距離 $\sim 1\mu\text{m}$ 以上の範囲ではねじり秤等を用いて非常に精密に検証されているが、それ以下の距離では試験物体間の分子間力がバックグラウンドとなるために検証精度が非常に悪い。分子間力のポテンシャルの大きさは物体の電気分極率に比例するため、通常原子・分子を材料として作られた試験物体では検証感度の向上が見込まれない。そこで我々は、試験物体の一方を電気分極率が通常原子よりも18桁小さい中性子とし、中性子散乱測定によって標的物質との間に働く力のポテンシャルを精密に測定する、という手法を用いてサブミクロン領域での重力の検証実験を行っている。重力の逆二乗則からのずれを式(1)のようにあらわすと、中性子散乱の強度分布は式(2)で与えられる。

$$V(r) = -G \frac{M \cdot m}{r} \cdot \left(1 + \alpha \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right) \right) \quad \text{--- (1)}$$

$$S_G(q) = -\frac{\mu}{2\pi\hbar^2} \int_V a_G(q) \rho(\mathbf{r}) \exp(-i\mathbf{q} \cdot \mathbf{r}) d\mathbf{r} \quad \text{--- (2)}$$

$$a_G(q) = \alpha \cdot \frac{GMm}{4} \cdot \frac{\mu}{\hbar^2 \lambda^{-2} + q^2}$$

ここで G は万有引力定数、 M は標的粒子の質量、 m は中性子質量、 μ は M と m

の間の換算質量、 \hbar は換算プランク定数、 q は運動量移行、 α は逆二乗則からのずれの大きさを表す係数、 λ は逆二乗則からのずれを引き起こす未知相互作用を伝達するボソンのコンプトン波長、 $a_G(q)$ はポテンシャル $V(r)$ による散乱の散乱長、 $\rho(r)$ は標的粒子の密度分布であり、大きさ・形状に関する因子である。このように、中性子散乱のデータから逆二乗則のずれを引き出すには、 $\rho(r)$ に関する精密なデータが必要となり、それは質量に比例する重力の影響を受けない X 線散乱で調べることができる。

2. 実験内容及び考察

入射 X 線波長 1.5Å、測定検出器 PILATUS2M、測定カメラ長 6365.38mm にてバナジウム標的およびバナジウム-ニッケル合金標的の X 線小角散乱分布データを依頼測定により取得した。

標的としては、それぞれ約 50mg のバナジウムおよびバナジウム・ニッケル合金粉末をカプトン製ホルダーに密封したものを使用した。またホルダーのウィンドウの影響を調べるため空のホルダーの測定も行った。結果を図 1 に示す。バナジウム標的のスペクトルから空ホルダーのスペクトルを差し引き、フーリエ変換を行い図 2 に示す粒径分布を得た。

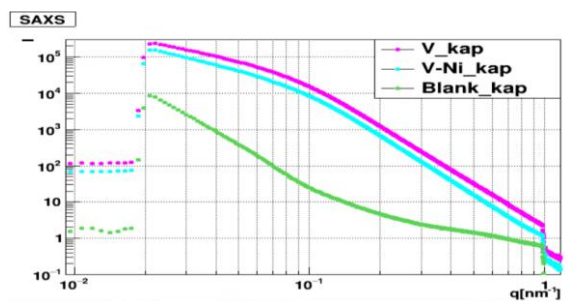


図 1. X 線小角散乱スペクトル

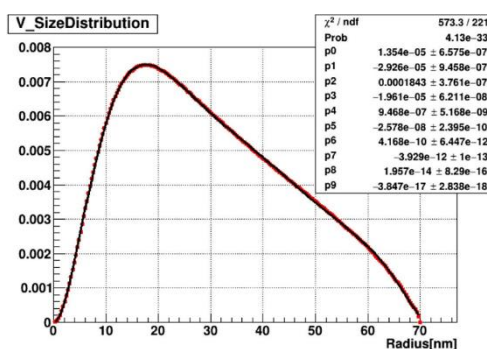


図 2. 図 1 のバナジウム標的のスペクトルをフーリエ変換することによって求められた粒径分布

図 2 の結果は、測定試料を別途電子顕微鏡で観察し撮影された写真から直接求めた粒径分布（図 3）とは、特に粒径の大きな成分に差がみられた。この原因のひとつとして凝集の効果が考えられるが、現在検討中である。

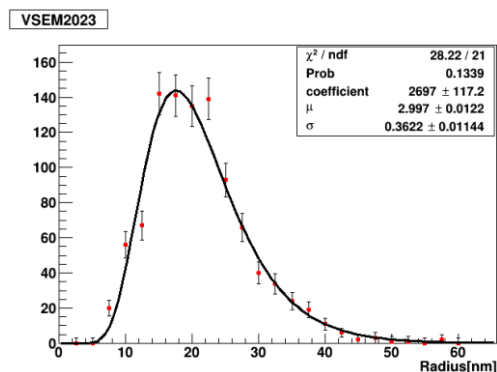


図 3. 走査型電子顕微鏡写真から直接求められたバナジウム粉末の粒径分布