

IIIIII 巻頭言 IIIIII

微小重力下での荷電コロイド分散系の研究

曾我見 郁夫



「ヒッグス粒子の発見か?」, 2012 年の初夏, こんな見出しが紙面に踊り, 素粒子の“標準モデル”の予言が実証されたと報じられた. さらに一昨年春には, プランク衛星による全天の精密な温度分布が発表され, 宇宙物理学の“標準理論”が正当化されたと報道された.

このように自然科学のさまざまな分野には“標準”と形容される“仮説的な体系”が存在する. そこから導かれる予言を実験で検証することにより, その体系の正当性が保証される. しかも, 正当化された“標準”体系も決して固定化されることはなく, 「仮説と検証」の連鎖をさらに積み重ねて適用限界を広げ, 我々の自然認識を深化させて行く. このように「仮説と検証」の上に成り立つ科学は, 柔軟な構造を保ち進化し続けるのである. これは注目すべきことではなからうか.

コロイド科学に目を向けてみよう. この科学が対象とする領域は広大であり変化に富み, 全領域をカバーする標準的な理論を見つけ出すことは不可能である. しかし, 対象を荷電コロイド分散系に限定すると, 優れた理論が存在する. それが DLVO 理論と呼ばれる体系であり, 荷電コロイド分散系の“安定な分散”と“凝縮”を定量的に記述することが出来る. DLVO 理論は, コロイド科学の分野で初めて定式化された数理の簡明な体系であり, 永く“標準理論”の役割を果たして来たものである.

不純イオンを除去すると, 単分散溶液中に美しい虹彩色を放つコロイド結晶が成長することが経験的に知られていた. DLVO 理論によれば, この現象は“DLVO ポテンシャルの第二極小”の発現によると解釈される. 1970 年代に入ると, 単分散のポリスチレンラテックス粒子を作成することが可能となった. DLVO の仮説を検証するため, Hachisu はラテックス粒子の濃度と KCl の濃度を変化させて溶液の状態を観察して, 分散系の相図を作成した. その結果は驚くべきものであった. DLVO 理論によれば, 塩濃度を上げると“ポテンシャルの第二極小”

は深くなり, 結晶は安定化する筈であった. しかし, 実験結果は, 塩濃度を上げるとコロイド結晶が不安定になり溶解することを示したのである.

1980 年代には, 同じラテックス分散系を顕微鏡で詳しく観察した Ise らが, 分散系中にはコロイド結晶の秩序相と共に液状と気体状の非秩序相が共存していること, そして秩序相の粒子間距離が溶液の濃度から算出される値より系統的に小さいことを見出した. この観測結果は, “同種の電荷”をもつコロイド粒子の間に長距離の引力が作用することを示すものであり, 大きい話題を呼び激しい論争が巻き起こった.

その後も, 高電荷粒子の希薄なコロイド分散系の観測で, 弱い長距離引力の存在を示す現象が次々と見つかった. これらの現象は DLVO 理論の適用限界を示しているに違いない. そのように解釈した筆者らは, 熱力学の概念を注意深く吟味し, コロイド分散系中では小イオンの気体が浸透圧平衡にあることに着目した. そして, 系の“ギブス自由エネルギー”を計算し, 粒子の相互作用が弱い長距離引力成分を持つことを見出した.

この長距離引力の仮説を検証するには, 均質なコロイド粒子の種々の試料を準備し, 分散液の条件と状態を変化させて精密な測定をしなければならない. とくに枯渇力効果のないシリカやチタニアなどの高密度無機コロイド粒子の実験を行うためには, 微小重力環境が必要となる.

筆者らが提案した「レーザー光の回折実験によるコロイド粒子の相互作用の研究」は, 「きぼう」船内実験室利用の第 2 期のテーマに採択されている. これは, “弱い長距離引力の仮説”を“精密実験で検証”することにより標準理論を変革し, 広い応用範囲を持つソフトマター分野の基礎であるコロイド分散系の科学を発展させるものである. NASA や ESA との国際協力をも視野に入れて, 観測装置の改良を重ねて実験に臨みたい.

京都産業大学名誉教授
(E-mail: sogami@cc.kyoto-su.ac.jp)

