

中性子光学素子の開発と応用

(研究期間：第Ⅰ期 平成12年度～平成14年度、第Ⅱ期 平成15年度～平成16年度)

研究代表者：清水 裕彦 (独立行政法人 理化学研究所)

研究課題の概要

中性子は、X線等の解析手段では解析が困難な生体高分子に代表される軽元素系の物質、中でも水素原子に関わる情報を引き出すための研究手段として有益である。しかし現状では高強度の中性子ビームを得るのは容易ではなく、解析の応用範囲が制限されている。直接的な解決方法としては中性子源自体の増強が挙げられるが、それに要する設備費用は巨額である。そこで中性子ビーム輸送技術の根本的な開発により、中性子の利用効率を向上させることが、新たな解決方法であると考えられる。

第Ⅰ期では、中性子光学素子そのものの研究を最も効率的に行える研究環境を実現し、中性子光学素子の製作と評価を最優先とし、並行して複合光学システムや中性子光学素子の能力を引き出すために必要な周辺技術開発を行った。さらに、中性子光学システムがもたらす中性子解析能力の向上を包括的に理論体系化し、先端の科学研究分野における新たな研究手法の開拓を迅速化する準備も行った。

第Ⅱ期では、第Ⅰ期に確立された要素技術を新概念に基づく中性子散乱装置という形で応用・実用化することを目的としている。また、国際会議主催及び国内会議において各テーマを網羅的に発表する等の活動を行い、外部への情報発信を行う。さらに、産業界と関わりの深い研究者を通じて議論の場を持ち、産業界の要請に応えられるよう産業界との連携をも目指している。

(1) 総評 (優れた業績が挙げられている)

本研究では、ニッケルの6倍の全反射臨界角を有するスーパーミラーの開発、超電導技術を利用した中性子磁気光学素子の開発、中性子光学素子全般及び周辺装置の設計、新装置の理論的定式化・シミュレーションを通じて新概念に基づく中性子散乱装置を製作し、その性能の評価を行っている。その結果、タンパク質の線維化に関して従来の方法では得られなかった情報が得られ、金属超微粒子と低環境負荷型の高窒素ステンレス鋼の構造解析に応用し、ナノスケールからマイクロスケールに及ぶ観測スケールでの材料評価が可能であることを実証したことは評価できる。

開発された中性子散乱装置は水素等の軽元素の構造決定が困難であった従来のX線散乱装置の欠点を十分に補足することが可能であり、特に有機物質やバイオ関連の材料の測定・評価に有益であると考えられる。

本研究で中性子利用効率の向上が図られたことにより、中小規模中性子源で材料の高度な解析が可能になっており、日本においてもEUのように研究拠点の分散型体制実現が期待できる。

また、平成17年9月に本研究の中核機関である理化学研究所がベンチャー会社である株式会社日本中性子光学を起業しており、研究成果の普及と社会への貢献を目指していることも評価できる。

<総合評価：A>

(2) 個別評価

①目標達成度

本研究の目的は中性子ビームの強度を向上させ軽元素系の物質解析に有効利用することであるが、中性子ビームの強度を向上させる手段としては、巨額の開発費を要する中性子源強度を増強する手法を避けて、中性子の利用効率を向上させる手法を選択し、その開発を目標に掲げている。

世界最高レベルの中性子光学素子、中性子検出器を開発し、中性子源を増強させることなく、中性子利用効率を高めるという手法で中性子解析を汎用性の高い研究手段レベルに引き上げており、本研究の目標は十分達成されたと評価できる。

②研究成果

中性子光学素子、中性子検出器、それらを構成要素とする集光型小角散乱装置等を開発して新概念を導入し、中性子の利用価値を高めており、科学的・技術的価値は十分評価できる。

具体的には、開発した反射光学素子で中性子集光ガイド管を構築し、微小試料の即発線分析 (PGA) 装置の試料に入射する中性子強度を従来より 8.1 倍に高めている。検出器では二次元位置敏感型検出器で飛行時間測定が可能なものとして、ピクセルタイプの Li (リチウム) グラス検出器で世界最高レベルの計数率と He3 検出器と同程度の高い検出効率が達成されている。開発したフレネルレンズ群を集光型小角散乱装置で評価したところ、従来の 25 倍のビーム強度を実現しており、集光型小角散乱装置でパーキンソン病、アルツハイマー病等の原因となるタンパク質の線維化について、これまで他の手段では得られなかった情報が得られることも実証されている。従来の多層膜中性子鏡の層厚・層数の限界を大きく超える世界最高性能スーパーミラーが開発され、スーパーミラーを用いた熱中性子集光導管で、即発線分析装置 (日本原子力研究所 3 号炉) の測定効率を 10 倍アップしている。その他、TeV (テブ) から μeV までの非常に広いエネルギースケールの中で、光学素子に限らず様々な局面で総合的な中性子シミュレーションができる環境が完成している。

タンパク質の線維化等の情報が得られたことから、タンパク質の線維化を防ぐ創薬の研究につながる事が期待できるほか、Li (リチウム) グラス検出器により中性子分光撮影法という新分野も開拓されており、科学的・技術的波及効果は大きいと考えられる。また、研究成果は中性子実験施設に実践配備されており、当該分野の知的基盤整備への貢献が期待できる。

原著論文、口頭発表共に多数の国内発表と海外発表が行われたほか、シンポジウム (NOP2004) も開催されており、情報発信は十分であったと考えられる。

③研究計画・実施体制

第Ⅱ期では集光型中性子小角散乱装置などの試作及び実践配備と実証実験に注力可能なように研究体制を、「光学素子製作」、「中性子光学最適設計」、「新概念に基づく応用の実証実験」の 3 グループに再編して研究に取り組み、そこから十分な成果が得られていることから、研究計画・研究体制は適切であったと判断される。また、予算の配分も妥当であったと考えられる。

④中間評価の反映

中間評価で b 判定を受けた「科学的波及効果」、「情報発信」、「支援体制」等の項目に対しては、パーキンソン病、アルツハイマー病等に対する創薬研究の礎を築く、組織再編を図り、支援体制を見直す等の対策を行っている。また、「関連する産業分野の動向を留意・確認しつつ研究を進める」という

指摘に関して、既にベンチャー企業が起業されていることをあわせて考慮すると、中間評価の結果は十分に反映されていると判断される。

(3) 評価結果

総合評価	目標達成度	研究成果	研究計画・実施体制	中間評価の反映
A	a	a	a	a