

1. 研究課題名：4次元空間中性子探査装置の開発と酸化物高温超伝導機構の解明

2. 研究期間：平成17年度～平成21年度

3. 研究代表者：新井 正敏（独立行政法人日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・研究主席）

#### 4. 研究代表者からの報告

##### (1) 研究課題の目的及び意義

本研究計画は J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex、大強度陽子加速器) の大強度パルス中性子源において、現在世界最高性能である英国ラザフォード・アップルトン研究所・ISIS 施設の MAPS 分光器よりも中性子強度が 2 桁強い中性子非弾性散乱実験装置、「4次元空間中性子探査装置」(4SEASONS: 4d SpacE AccesS neutrON Spectrometer、四季分光器) を建設し、酸化物高温超伝導物質のもつ異常な磁気励起やフォノン異常現象を 3次元の波数空間とエネルギー軸からなる 4次元空間で詳細に観測することにより高温超伝導機構の解明を目指すものである。超伝導の機構を解明するためには、超伝導を担うクーパー電子対を形成する相互作用、およびその空間的な作用の異方性を知ることが最も重要である。中性子散乱は、磁気的および格子運動による相互作用の強さに加えて、その空間的異方性についても観測できる最も優れた実験プローブのひとつである。しかしながら、酸化物高温超伝導体では上記の相互作用が非常に強く、エネルギー・波数空間の広範な領域に広がっているために、観測信号が非常に微弱であった。本研究では、上述の理由からこれまで困難であった酸化物高温超伝導体の中性子散乱研究を飛躍的に展開させ、系統的な研究を推進するものである。そのために装置建設のみならず、高品質かつ十分な量の単結晶試料の作製を行う。

##### (2) 研究の進展状況及び成果の概要

四季分光器の建設は、平成18年度までに設計仕様を確定させ、現在では各構成機器の実機製作の段階に入っている。ガイド管ジャケット、ビームライン遮蔽体、ビームストップの製作はすでに完了しており、平成19年8月末に真空散乱槽が納品される。さらに、原子力機構内での中性子スーパーミラー成膜も進行中であり、平成19年9月には中性子検出器の製作者が決定する。新規チョッパー開発や偏極子開発等も順調に進捗しており、平成19年度中の装置完成に向けて順調に建設が進行している。

単結晶育成装置等の整備が完了し、La214系超伝導体や電子ドープ系超伝導体では高品質の大型単結晶試料の大量育成が行われている。その他 Bi 系酸化物超伝導体など、これまで大型単結晶の育成が困難であった物質系についても高品質で大型の単結晶育成を進めている。原子炉およびパルス中性子源の中性子を利用した中性子散乱実験により、様々な系での酸化物高温超伝導体の実験的研究が進んだ。電子ドープ型 PLCCO 系ではエネルギー領域によって性格の異なる磁気励起が存在することを見出し、アンダードープ領域 LSCO 系における砂時計型磁気励起を詳細に観測した。さらに YBCO 系においては、磁気励起における新しい共鳴ピークの存在、フォノンの強いソフトニングとフォノン状態密度と超伝導転移温度の相関などが明らかとなった。

#### 5. 審査部会における所見

##### A (現行のまま推進すればよい)

中性子非弾性散乱実験装置「四季」の機器開発は、マジックチョッパーやスピフィルターなどの項目でやや遅れているものの、概ね順調に進展している。酸化物高温超伝導に関する研究は、他実験施設を利用して活発に行われ、多くの研究成果を上げている。機器開発、試料作成、データ解析を担当する研究者間の連携が有機的に行われおり、理論研究者との連携に対する努力もなされている。2008年5月から J-PARC が稼働し、「四季」が運用されることで、高温超伝導機構の解明に関して、革新的な研究成果が上げられることを期待する。