

中性子施設ネットワーク

① 計画の概要

中性子ビームは、物質・生命科学や材料工学、基礎物理に到るまで幅広く利用されるツールである。中性子には質量や磁気モーメントを持つ一方で電荷がないなど際立った特徴があり、磁気構造から水素の精密な位置決定、同位体ラベルによる静的・動的構造等、他のプローブにない解析が可能になる。また中性子イメージング等のマクロな構造評価も次世代電池や航空機材料等の新材料開発においても威力を発揮する。

近年の中性子源新設の流れは中性子需要の増加を反映しており、プローブとしての利用価値がより知られるようになると、急速な需要増大が避けられない。各中性子源施設は規模、設立背景、所属組織等も異なっているが、組織の枠を飛び越えた連携をし、ネットワークで結びつけることで成果の最大化を進める時期にある。ネットワーク化による中性子科学の躍進を、日本の科学技術創造立国の基盤強化の一助とするために、技術や知識の集約を行う。中性子各分野や関連分野の専門家を集め、既存中性子源の情報集約と定量的評価、アップグレード案提示、新規デバイス開発等を効率的に進め、各中性子源施設の発展を系統的に進めることで、コミュニティ全体で重要課題の解決を行う環境を整える。

計画はまず第1段階として既存中性子源施設のネットワーク化を進め、大学や研究機関での利用拡大を図る。中性子施設やデバイス類の基盤技術情報共有や定量評価を進め、より効率的な中性子利用方法を提案し、同時にその基礎となる要素技術等の高度化開発を進める。

第2段階として第1段階での定量評価をもとに各中性子源施設の高度化とネットワークの充実を図り、研究全体のスループットを上げるだけでなく中性子ならではの成果増大を目指す。そのためには中性子利用者の増大も必須であり、現在不足している加速器中性子源を新規に構築し、地域の特長を活かした中性子利用拠点も整備する。

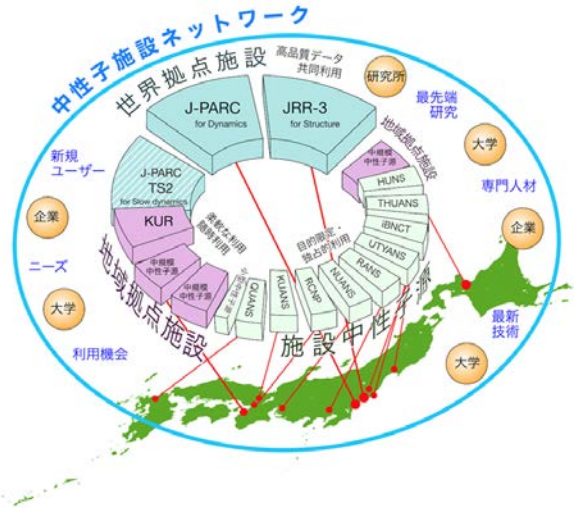
② 学術的な意義

粒子性と波動性を有し、かつ電荷を持たずスピンという内部自由度を持つ中性子は構造決定と機能解明に広く活用され、これまでに高温超伝導体の構造解析とダイナミクス、強相関電子系や量子液体における励起、ソフトマターの構造とダイナミクス、超臨界液体の構造、物質中の水素の観測、生体関連物質の構造解析など多くの成果が得られている。また電荷を持たないために微弱な相互作用の影響を精密に観測するのに適しており、宇宙の成り立ちに関わる中性子寿命測定等、中性子それ自体の研究も行われている。学術的研究のみならず、電池材料、水素貯蔵合金などの新材料開発や非破壊分析をはじめとする産業分野への適用も進んでいる。中性子科学は基礎から応用まで幅広い分野を横断する学際領域である。今後このような物質・生命科学における多種多様な現象の解明に対する研究、創薬も含む次世代材料開発や産業応用研究は、激しい国際競争のなかで急速に展開されていくと予想される。高い透過力、同位体・隣接原子識別力、軽元素検知力、磁気感受力を持つ中性子は、その利用価値を極限まで高める努力を続けることで、強い競争力を引き出す基盤技術として益々重要となる。

ここで J-PARC MLF のような世界拠点施設では最先端研究の推進、JRR-3 や KUR などの研究用原子炉には非利用に対する機動性の高さや利用ジャンルの多様性、さらには教育への活用の観点から中性子利用機会の多様性の確保が期待される。一方これらの大規模施設・研究用原子炉は利用できる地域が限られ中性子科学の持続的な発展性・広がりへの制限が懸念される。技術のブレークスルーを引き起こし、学術的未到達分野を開拓するには中性子拠点施設のネットワーク化を進め、関連学協会の進展も取り込むことにより、人材や知見の継承を担保し、中性子科学という複合科学の学術としての深化と持続可能かつ効率的な高度化を目指すことが重要である。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

日本の中性子散乱実験は1950年代に研究用原子炉の運転開始より発展が始まり、1990年に中性子ビーム利用を主目的とした改造 JRR-3 が臨界に達したことで国内における中性子科学の基盤が形成された。また1970年代には東北大核理研や北大電子ライナック施設において加速器中性子源の利用が世界に先駆けてスタートした。複数の大学による原子炉中性子源も用いられていた基盤研究を集約する形で KENS が核破砕中性子源として世界に先駆けて建設され、中性子ターゲット材料開発、固体メタン減速材の実用化や中性子回折・散乱測定装置等の開発が行われ、2008年より共用を開始した J-PARC MLF の実現に繋がっている。近年は加速器技術、中性子ターゲット、輸送光学、検出技術等の大幅な向上で、小型中性子源施設の研究領域も大幅に増大し、産業利用にも適用され始めている。そのため様々な分野で先端研究が進展し、特性と規模が異なる中性子源の共存のあり方の議論も進んでいる。またここ数年、欧州において研究用原子炉の補完施設としての中小型中性子源の計画が急速に進展し、そのモデルケースとして日本の小型中性子源構築が参考にされている。



④ 実施機関と実施体制

ネットワーク全体の取りまとめは、北大を中心とする参画機関の間で状況に応じて固定することなく引き継ぐが、本プランに特化した予算獲得までの間は中性子科学会と中性子施設が受け持つ。

まず J-PARC センター物質生命科学研究所(MLF)および研究用原子炉 JRR-3 を世界的拠点と位置付け、それ以外の中性子施設を列挙すると次の通りである。

北海道大学加速器中性子源施設は、工学研究院レベルで参画する。東北大学 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターは、研究室レベルで参画する。東北大学 金属材料研究所は、研究グループレベルで参画する。東京大学工学系研究科原子力専攻は、専攻レベルで参画する。筑波大学 医学医療系生命医科学域及びKEK 応用超伝導加速器センターは、研究グループレベルで参画する。産業技術総合研究所は、研究グループレベルで参画する。理化学研究所は、研究チームレベルで複数のチームが参画する。名古屋大学加速器中性子源は、研究室レベルで参画する。京都大学加速器中性子源は、研究室レベルで参画する。京都大学複合原子力科学研究所は、中性子研究に関連する研究室が参画する。大阪大学核物理研究センターは、研究室レベルで参画する。九州大学加速器中性子源計画は、研究室レベルで参画する。世界拠点施設は、その運営母体となっている機関が本ネットワークに協力して有機的な連携を図る。J-PARC MLF については、日本原子力研究開発機構(JAEA)および高エネルギー加速器研究機構との包括的な連携を図る。物質構造科学研究所は、大学共同利用の観点から連携に向けての検討を進める。JRR-3 については、JAEA 研究炉加速器技術部が、同物質科学研究センターとともに JRR-3 の運営母体として連携し、同施設の大学共同利用を運営する東京大学物性研究所中性子科学研究施設がネットワークに参画する。

⑤ 所要経費

連携ネットワーク構築・運営費：10 億円(1 億/年)。中性子基盤技術および装置開発費：25 億円(2.5 億/年)。

新規ネットワーク拠点構築費：30 億円。 合計 65 億円

- ・連携ネットワーク構築・運営にあたっては、加速器、中性子源、光学系、検出器、データ解析、サイエンスコーディネーター、理論構築等の専門家の専属雇用費、ネットワーク運営費、研究開発の取りまとめ、広報活動、教科書作成なども行う。
- ・中性子基盤技術および装置開発費は中性子源施設の高度化に必要な共通技術開発及び実験計測装置整備を実行する。安価で安定で高効率な加速器、中性子源、光学素子、検出器、データ解析技術開発などを行う。開発された測定装置は研究炉等の既存中性子源施設に設置整備して全体性能の評価を進め、最終的に各中性子源施設にフィードバックする。
- ・新規ネットワーク拠点構築においては既存の施設を超えた人材交流・育成のハブとなり、かつ産業利用をも目指した地域拠点中性子源の雛形となる加速器中性子施設をまず実現する。その後は、既存小型中性子源の地域拠点化への高度化も含めて、ネットワーク拠点構築を行う。

⑥ 年次計画

中性子利用の拡大に向けては大きく 3 つの段階を踏むと想定している。

第 1 段階では大学や研究機関での利用の拡大。第 2 段階では半官半民の中性子源施設の運用を通じた一般利用体制の整備。第 3 段階では中性子利用そのものを産業化し、大学や研究機関は利用概念、基盤技術、最先端研究遂行。この内、第 3 段階は第 2 段階までが機能し始めると随時進行して行くものと考え、本プランにおいては第 2 段階までの道筋を考える。

初年度に計画の第 1 段階として大学や研究期間での利用拡大を進める。ネットワーク中核立ち上げ。

ネットワーク専任スタッフ雇用。中性子要素技術開発、加速器要素技術開発、実験装置整備、地域拠点中性子源設計。

2 年度目、3 年度目：ネットワーク運用。中性子要素技術開発、加速器要素技術開発、実験装置整備。

地域拠点中性子源建設開始(建設期間 2-3 年)

4 年度目、5 年度目：各要素技術開発、実験装置整備の継続。計画の第 2 段階へのシフト。

施設中性子源のアップグレード実施：最初は 1 施設をネットワーク協力のもとで地域中性子源の試験運用開始。

6 年度目-8 年度目：地域中性子源 2, 3 の構築(施設中性子源のアップグレード実施)。地域中性子源の本格運用。

9 年度目、10 年度目：施設中性子源のアップグレード実施：複数施設を並行する

地域中性子源の本格運用 3(企業のユーザー主体の地域中性子源運用と有用性評価)

⑦ 社会的価値

中性子利用は次世代の電池開発、永久磁石材料の構造解析、塗膜の評価、鉄鋼材料の構造評価、タンパク質の構造解析など基礎科学分野から産業における製品開発まで多岐にわたる計測が行われているが、現状では学術研究や基礎研究にややその重心がある。産業利用においては茨城県が J-PARC に 2 本のビームラインを持ち、茨城大学とも連携しながら産業界への浸透を進めており、多数のユーザーが利用しているが限られた装置数での運営でもあるため産業界への中性子供給量としては充分とは言えない。特にラジオグラフィやソフトウェア評価では潜在的な需要はとて大きく、今後の展開により産業界に貢献できることは明白である。

今後産業界への中性子利用を拡大させるためには精密測定から低コスト測定まで様々な中性子計測装置が必要となってくる。産業界での製品開発と生産を考えると、基礎研究、製品設計、生産設計、生産工程、利用保守、回収再生といった各段階があり、それぞれの段階で異なる規模と計測精度の中性子計測装置が要求される。製品開発及び生産の各段階を網羅できるような中性子利用体制を構築すれば、産業界へ大きく貢献できる。

⑧ 本計画に関する連絡先

清水 裕彦(名古屋大学大学院理学研究科)