

幅広い科学技術・学術分野における革新的成果の創出を目指して

原子力機構では、科学技術基本計画に基づき中性子利用研究や放射光利用研究を通して科学技術イノベーションの創出を促し、科学技術・学術の発展や産業の振興に貢献することを目指しています。そのため、大強度陽子加速器施設 J-PARC や、大型放射光施設 SPring-8 のビームライン等を活用して、中性子施設・装置の高度化や、中性子・放射光を利用した原子力科学、物質・材料科学を先導する研究開発を行っています。

(1) J-PARC に関する研究開発

J-PARC は、リニアック、3 GeV シンクロトロン、50 GeV シンクロトロンの三つの陽子加速器と、中性子、ミュオンを用いて物質・材料研究に関する実験を行う物質・生命科学実験施設 (MLF)、K 中間子等を用いた原子核・素粒子実験を行うハドロン実験施設及びニュートリノを発生させるニュートリノ実験施設から成り、国内外の利用に供しています (図 5-1)。



図 5-1 J-PARC 加速器及び研究施設

加速器においては、目標であるビーム出力 1 MW での安定運転を目指してビーム調整試験と機器の高度化が進められました。リニアックでは、ビーム電流の大強度化、イオン源の長時間運転化を図るために、高周波駆動型 H⁺ イオン源 (RF-IS) の開発を行い、加速ビーム電流は最大で 72 mA の H⁺ ビームをリニアックに入射させました。また、高周波アンテナの長寿命化を図り、アンテナ破損率がこれまでの 3 分の 1 以下に低下することに成功しました (トピックス 5-1)。3 GeV シンクロトロンでは、ビームロス低減に関する研究開発として、シミュレーションによる評価や実験データ取得を進めました。

2018 年度、MLF では 500 kW までのビームを供給し、目標の 8 サイクル (176 日) の中性子利用運転を、90% を超える良好な稼働率で実施しました。また、1 MW 相当での安定運転に成功しました。MLF では、中性子実験装置

20 台とミュオン実験装置 2 台を運用し、物質科学、材料科学等にかかわる幅広い実験が行われました。中でも、非弾性散乱チョッパー分光器である BL01 の 4 次元空間中性子探査装置「四季」では、鉄系超伝導体の磁気励起構造について、電子相関効果のスピンの揺らぎへの寄与の評価を試み、極めて困難だった約 200 meV という非常に高いエネルギー領域まで達するスピンの揺らぎの観測とその理論的解釈に成功しました (トピックス 5-2)。

また、大強度中性子パルスをさらに有効活用できる高感度・高精度な二次元中性子検出器用バンプカソード型素子の開発 (トピックス 5-3)、さらに、核破砕中性子源設計の検証及び今後の性能向上を目的とした、液体水素減速材の中性子輝度分布の測定に成功し、パラ水素分子の特性を検証しました (トピックス 5-4)。これらによって、J-PARC 施設のさらなる性能向上や次世代の核破砕中性子実験施設の研究開発を進めていく予定です。

(2) 中性子や放射光を利用した研究開発

物質科学研究センターは、中性子や放射光を用いた先端分析技術を開発・高度化し、幅広い科学技術・学術分野における革新的成果・シーズの創出を目指しています。

2018 年度、中性子利用研究では、30 年以上継続している中性子散乱に関する日米協力事業の枠組みの研究で、*f* 電子系で初めて、粒子的な性質を有する渦状のスピンの集合体で磁気スキルミオン格子という特殊な状態の観測に成功しました (トピックス 5-5)。今後、新たな磁気現象の発見やスピントロニクスなどへの応用につながることを期待されています。また、科学技術振興機構の研究成果展開事業 産学共創基礎基盤研究プログラム「ヘテロ構造制御」により、東京工業大学、新日鐵住金株式会社と共同で、電子線及び中性子線により鉄鋼材料中のマイクロ組織の形成メカニズムの解明に成功しました (トピックス 5-6)。この結果は、高性能な鉄鋼材料の開発に貢献するものとして期待されています。

放射光利用研究では、1 ミリ秒の時間分解能を備えたイメージング技術を適用することにより、金属基板上への異種金属のレーザーコーティングメカニズムの解明に成功しました (トピックス 5-7)。複雑なコーティング条件下における異種金属粉末の溶解・凝固現象を「その場」観察により分析し、最適条件の導出に大きく貢献しています。また、資源の少ない我が国においては、都市鉱山からの有用元素の回収を目的としたリサイクル技術の確立が急務と考えられています。中でも最も分離が難しいといわれているランタノイド系列の元素について、錯形成能力を有する化合物を合成し、単結晶の X 線構造解析や放射光による局所構造解析を適用することにより、その分離・回収技術の確立にも取り組んでいます (トピックス 5-8)。