

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、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 の加速器及び研究施設配置

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、加速ビーム電流 40 mA で安定に運転を行うとともに、イオン源で 200 日の連続運転を達成しました。3 GeV シンクロトロンでは、金属磁性体の持つ広帯域周波数特性を活かして、マルチハーモニック励振での大強度陽子ビーム加速に世界で初めて成功しました (トピックス 5-1)。

2017 年度、J-PARC では、MLF に 400 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。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たほか、国際的な人材育成に貢献する中性子・ミュオンスクール等も開催され 13 か国、49 名が参加しました。中でも、高分解能のパルス中性子回折装置である BL19 「匠」では、高強度の鉄鋼材料強化機構を解明するため、転位評価の手法開発を行い、この手法を

用いて高強度鋼であるラスマルテンサイト鋼の引張変形中の転位密度や配置等を定量化することに成功しました (トピックス 5-2)。また将来、さらに物質の構造、相転移、残留応力などの研究を進展させるため、パルス幅が狭く時間減衰の早い良質なパルス中性子ビームを供給するための吸収材 (Au-In-Cd 合金) を開発し、その加工・接合性を実証しました (トピックス 5-3)。

(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。

2017 年度、中性子利用研究では、理化学研究所 (理研) 及び東京都市大学と共同で、理研が開発した小型中性子源を使った鋼材開発等に有用な、新たな分析手法の確立に成功しました (トピックス 5-4)。今後、材料の基礎研究、新材料開発及び品質検査のために行われる研究室レベルでの相分率測定に利用されると期待されています。また、J-PARC MLF の NOBORU で、中性子透過率スペクトル測定から原子配列のみならずスピン配列も決定できることを新たに実証しました (トピックス 5-5)。この手法では、従来の回折法で必要とされる強度よりも弱い中性子でスピン配列を決定することができるので、上述の小型中性子源を使った実験へ展開される予定です。

放射光利用研究では、二次元の分解能を備えたイメージング XAFS 技術 (図 5-2) を適用することにより、ガラス固化体中に存在する白金族元素の化学状態が、隣り合わせる白金族元素の種類に影響されることを原子レベルのミクロなスケールで示しました (トピックス 5-6)。これは、ガラス固化体の安定な製造・保管に貢献する知見です。また、次世代エネルギー技術として注目されている燃料電池について、動作中の燃料電池の X 線吸収スペクトルを測定することで、電極触媒の反応中の化学状態を極めて詳細に知ることができました (トピックス 5-7)。このような各種物性と XAFS の複合的「その場」観察の重要性は、今後ますます高まっていくでしょう。



図 5-2 大型放射光施設 SPring-8 の原子力機構専用ビームライン BL22XU の実験ハッチ 3 の内部