

加速器・ビーム科学部会セッション

北海道における加速器開発とビーム利用に関する最近の話題

Recent Topics on Particle Accelerator Development and Beam Applications in Hokkaido

北大電子線形加速器の更新とパルス中性子源「HUNS-2」の現況

Renewal of Hokkaido University electron linac and status of pulse neutron source facility, HUNS-2

*加美山 隆

北海道大学

北海道大学の瞬間強力パルス状放射線発生装置研究室では、最大加速エネルギー45 MeV のパルス状電子ビームを発生させる線型電子線加速器を、強力かつ多量の電子線・X線・中性子線の発生を目的とし、1973年の完成以来45年の長きに渡り運用してきた。この加速器は2017年10月末日の停止まで非常に安定に運転され続けており、年平均200日の使用日数、各年2000～2500時間の運転実績を保ってきた。運転中、中性子科学分野では、世界初の加速器冷中性子源開発や様々な中性子実験手法・分光器・デバイスの開発に利用され、その成果は世界中の中性子源施設に取り入れられている。しかし運転期間の長期化に伴い、加速器の老朽化、保守部品不足等、運用面での課題が生じてきたため、2017年度から加速器を更新することとなった。

この加速器更新にあたっては、加速粒子の選択といった原点の検討に立ち戻って関係者の間で数年前から議論された。その中で、大学の研究利用上の汎用性や2次粒子生成時のパルス幅、安定性、運用コストといった多面的な視点から、旧加速器と同じ電子線の加速器が選択された。旧加速器は5 MWのクライストロン3台により、運転終了時期で1.1 kWの出力(加速電圧31 MeV/パルス幅3 μ s/50 pps 運転)があったが、新加速器では7.5 MWのクライストロン2台により、加速電圧32 MeV/パルス幅4 μ s/100 pps 運転として3.2 kWの出力と、旧加速器の約3倍の出力を計画した。これについて、加速管は2 m長×3本の古い構成から、3 m長×2本の構成へとレイアウトが変更されている。

旧加速器は2017年度10月末日の運用停止ぎりぎりまで運転が続けられ、最後まで安定したビームを供給し続けた。停止の翌日から旧加速器と付属装置の撤去作業が開始され、ひと月ほど撤去と新加速器の設置準備作業を実施、12月には新加速器の設置作業が始められた。大型部材は翌2018年1月中旬にほぼ設置を終え、5月までに機器間接続と配線作業、5月30日に新加速器を利用した中性子発生が確認された。以降、加速器の調整とエージング、施設内の出力増強対応作業等を実施、同年9月の北海道胆振東部地震でこの更新作業外であった電子ビーム誘導部で真空保持に問題が生じたものの、10月中旬に施設の変更申請が通って正式運用が承認されるといったスピードで加速器の更新を行うことができた。なお地震被害については2020年9月までに復旧工事を終え、現在は加速器本体から電子ビーム出口まで安定した状態にある。2019年10月以降は機器のエージングを繰り返しながらも、同年12月19日には3.0 kW (32 MeV×94 μ A、100 pps) のほぼフルパワーでの安定利用運転に成功し、現在は初期トラブルを克服しつつ実験に供している。

現在、北大電子線加速器の主な利用法は光核反応を利用した中性子の生成となっており、加速器更新後、中性子施設としてHUNS-2 (Hokkaido University Neutron Sources -2)と呼称されている。HUNS-2では、冷中性子源(15 Kメタン減速材)、熱中性子源(室温ポリエチレン減速材)、高速中性子源(減速材無し)と構成の異なる3種類の中性子源を用意しており、幅広いエネルギー領域の中性子を実験の要請に合わせて利用することが可能である。これら線源体系は、加速器更新の出力増強に合わせて、中性子線源周りの遮蔽の増強やターゲット冷却性能の向上、ターゲット配置の改良といった機能強化を行った。中性子ビームライン上には固定された実験装置は無く、実験者の必要に応じて測定体系の設置が可能という高い自由度を持つことも特長で、中性子小角散乱、中性子分光イメージング、中性子ソフトウェア試験といった応用研究が進められている。

* Takashi Kamiyama

Hokkaido Univ.