世界初の８系統高周波によるビーム加速に成功

ー核融合炉の材料検証に向けた大強度中性子源用加速器の開発が着実に進展ー

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構は、イタリア国立核物理学研究所（INFN）、スペインエネルギー・環境技術研究センター(CIEMAT)、フランス原子力・代替エネルギー庁(CEA)サクレー研究所及び欧州核融合エネルギー合同事業体（F4E）とともに、核融合エネルギーの早期実現を目指す幅広いアプローチ（BA）活動の下、IFMIF 原型加速器の工学実証試験を共同で進め、８系統多重駆動式高周波四重極線形加速器(RFQ)を用いた陽子ビーム加速に世界で初めて成功しました。

今回の実験では、IFMIF 原型加速器に必要な大パワー（電流 125mA、ビーム電力 0.7MW）の重陽子ビーム加速を高い信頼性で実現するため、世界初となる８系統の同期した高周波源で多重駆動する方式を採用しています。RFQ 内の電界パターンを発散が少ないビーム加速に適した形状となるよう世界最長（9.8m）の設計を行うとともに、加速実験を円滑かつ迅速に遂行させる統合制御システムを構築したことが、世界初の８系統多重駆動の高電界加速技術実証の成功につながりました。

本成果は、来年度以降に予定している、RFQ に超伝導高周波加速器(SRF)を連結させた IFMIF 原型加速器の最終構成での重陽子ビーム加速試験へ向け、大きく弾みをつけるものであるとともに、核融合原型炉のための核融合材料検証に必要な大強度中性子源の開発に展望を拓くものと期待されます。さらに、大強度中性子源は、医療や農業、工業の分野での利用も考えられ、様々な波及効果も期待されます。

図 1 IFMIF 原型加速器の全体図。全長約 36m、RFQ の長さは 9.8m。

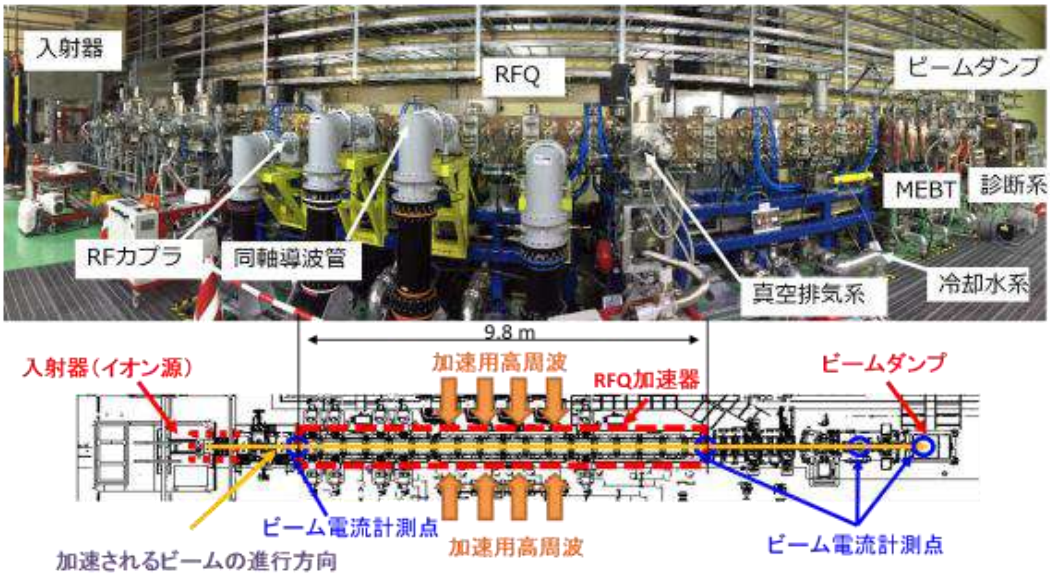

図 2（上図）現在の IFMIF 原型加速器の全景。（下図）各部の機能：入射器で生成され RFQ 加速器に入射されたイオンビーム（陽子ビーム）は、８系統から投入された高周波で加速されビームダンプで吸収される。RFQ 加速器の入り口１か所、加速後３か所でビーム電流が測定される。

日欧合同チームによる調整試験・運転

上：試験前の現場ミーティングの様子

左：日欧合同チームによるビーム入射試験の様子

図 3 日欧合同チームによる運転風景

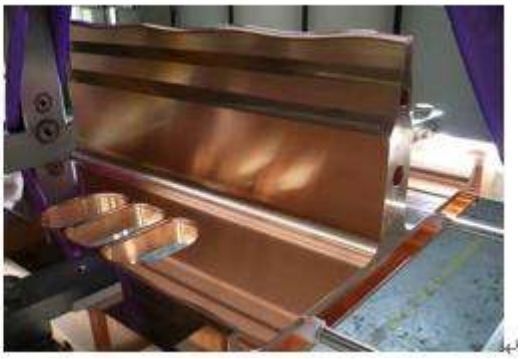

図４　（右）RFQ の断面を入り口側から見た様子。（左）RFQ の組立前に撮影した電極の長手方向写真。電極先端にうねりが設けられている。この結果、ビームを加速するための長手方向にも電界が発生する