

3-14 核融合材料中性子照射のための加速器開発

一定常運転での大電流ビーム加速の鍵は、高精度な高周波特性の確立

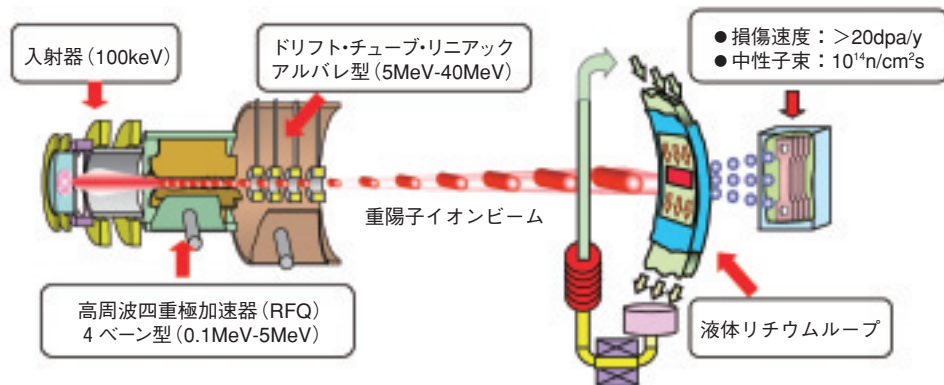


図 3-30 核融合材料中性子照射施設の構成

40MeV-250mAの重陽子イオンビームを加速して液体リチウムに入射します。この時、ストリッピング反応により生成される14MeVの中性子を材料に照射して核融合材料の健全性を評価します。

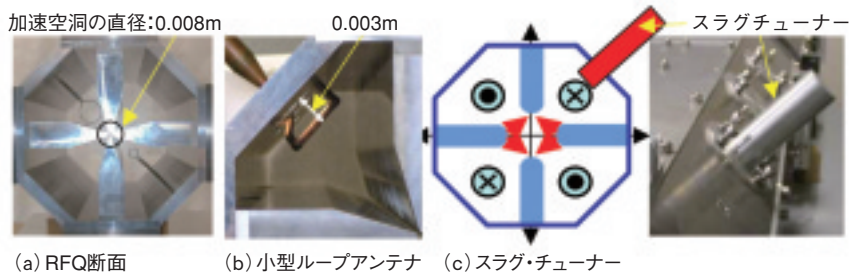


図 3-31 高周波四重極加速器(RFQ)モックアップモジュールの外観写真

(a)実機寸法大の175MHzRFQモックアップモジュールの断面：縦横寸法0.35m×0.35m
(b)位相差の乱れを数度以内に抑制した小型ループアンテナ (c)RFQの各キャビティのパワー・バランスを微調整するスラグ・チューナー (円柱のロッド)

核融合炉実証炉の開発には、14MeVの中性子による核融合炉材料の健全性評価が必要不可欠です。このためにIEA（国際エネルギー機関）の国際協力のもと日本、米国、欧州連合及びロシアが共同で International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) 計画を進めています。IFMIFでは重陽子(d)とリチウム原子(Li)との反応でつくられる中性子を用います。このためには重陽子イオンビームを加速し、液体リチウムに入射する加速器(図3-30)の実現が鍵です。この加速器は125mAの2つのビームラインを用いて加速します。しかも定常運転が要求されることから、ライナックの分野では世界最大電流における初の試みです。

加速器は100keV出力の入射器、100keV-5MeVまで加速する高周波四重極加速器(RFQ)及び5MeV-40MeVまで加速するドリフト・チューブ・リニアックから構成されます。私たちは、この構成の中で定常運転・大電流加速の実現に向けて克服する課題が最も多いRFQの開発研究を行っています。

このRFQでは定常運転で125mAの大電流を達成するた

めに運転周波数として、低周波数の175MHzを用いる予定です。この周波数ではRFQ軸長さが世界最長の12.5m必要となり、RFQの高周波特性(各キャビティのパワー・バランスと位相差)に高い精度が要求されます。

今回、高精度の高周波特性を確立するために実機大寸法のRFQモックアップモジュールによる高周波特性評価を行いました(図3-31)。特に重要な要素は、RFQに高周波電力を入射するためのアンテナです。アンテナの挿入による位相差の乱れを3次元コードで解析しそれを基に製作することで数度以内に抑制することに成功しました。更にこの小型アンテナをRFQ軸に対称に多段に配置して、パワー・バランスの乱れを抑制すると共に、定常化運転に必要な耐電圧緩和を図りました。これらに加え12.5m軸長のRFQ製作誤差やアンテナの設置誤差によるパワー・バランスの乱れを調整するために、スラグ・チューナーを試作し、175MHzRFQのパワー・バランス制御の基礎技術を確立しました。これらの結果、世界に先駆けて175MHzにおける高精度な高周波特性を備えた実機用RFQ開発に着手できるめどをつけました。

●参考文献

Maebara S. et al., Power-balance Control by Slug Tuner for the 175MHz Radio-Frequency Quadrupole (RFQ) Linac in IFMIF Project, Fusion Science and Technology, vol.47, 2005, p.941-945.