

## IFMIF/EVEDA原型加速器の開発の進展 Progress of Prototype Accelerator for IFMIF/EVEDA

春日井敦<sup>A)</sup>, J-M Ayala<sup>B)</sup>, B. Bolzon<sup>C)</sup>, P. Cara<sup>D)</sup>, N. Chauvin<sup>C)</sup>, S. Chel<sup>B)</sup>, D. Gex<sup>D)</sup>, R. Gobin<sup>C)</sup>, F. Harrault<sup>C)</sup>, R. Heidinger<sup>D)</sup>, 一宮亮<sup>A)</sup>, 伊原彰<sup>A)</sup>, 池田幸治<sup>A)</sup>, 狛守寿博<sup>A)</sup>, 菊地孝行<sup>A)</sup>, 北野敏彦<sup>A)</sup>, J. Knaster<sup>B)</sup>, 小又将夫<sup>A)</sup>, 近藤恵太郎<sup>A)</sup>, 前原直<sup>A)</sup>, A. Marqueta<sup>B)</sup>, 西山幸一<sup>B)</sup>, 大平茂<sup>A)</sup>, 奥村義和<sup>B)</sup>, M. Perez<sup>B)</sup>, G. Phillips<sup>D)</sup>, G. Pruneri<sup>B)</sup>, 坂本慶司<sup>A)</sup>, F. Scantamburlo<sup>B)</sup>, F. Senee<sup>C)</sup>, 神藤勝啓<sup>A)</sup>, 杉本昌義<sup>A)</sup>, 高橋博樹<sup>A)</sup>, 宇佐見潤紀<sup>A)</sup>, and M. Valette<sup>C)</sup>  
A. Kasugai<sup>A)</sup>, J-M Ayala<sup>B)</sup>, B. Bolzon<sup>C)</sup>, P. Cara<sup>D)</sup>, N. Chauvin<sup>C)</sup>, S. Chel<sup>C)</sup>, D. Gex<sup>D)</sup>, R. Gobin<sup>C)</sup>, F. Harrault<sup>C)</sup>, R. Heidinger<sup>D)</sup>, R. Ichimiya<sup>A)</sup>, A. Ihara<sup>A)</sup>, Y. Ikeda<sup>A)</sup>, T. Izumori<sup>A)</sup>, T. Kikuchi<sup>A)</sup>, T. Kitano<sup>A)</sup>, J. Knaster<sup>B)</sup>, M. Komata<sup>A)</sup>, K. Kondo<sup>A)</sup>, S. Maebara<sup>A)</sup>, A. Marqueta<sup>B)</sup>, K. Nishiyama<sup>B)</sup>, S. Ohira<sup>A)</sup>, Y. Okumura<sup>B)</sup>, M. Perez<sup>B)</sup>, G. Phillips<sup>D)</sup>, G. Pruneri<sup>B)</sup>, K. Sakamoto<sup>A)</sup>, F. Scantamburlo<sup>B)</sup>, F. Senee<sup>C)</sup>, K. Shinto<sup>A)</sup>, M. Sugimoto<sup>A)</sup>, H. Takahashi<sup>A)</sup>, H. Usami<sup>A)</sup>, and M. Valette<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> JAEA, Rokkasho Fusion Research Institute, Rokkasho, Aomori, Japan

<sup>B)</sup> IFMIF/EVEDA Project Team, Rokkasho, Aomori, Japan

<sup>C)</sup> Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, CEA/Saclay, France

<sup>D)</sup> F4E, Fusion for Energy, BFD Department, Garching, Germany

### 1. はじめに

核融合エネルギーの実現に向けた幅広いアプローチ活動のもとで、国際核融合中性子照射施設(IFMIF)の工学設計工学実証活動(EVEDA)が2007年から実施されている。IFMIFは、核融合炉に用いられる構造材料、機能材料の開発のために核融合炉に匹敵する大強度の中性子を発生し、候補材料への照射試験を行う施設であって、線形加速器で加速した40MeV/250mA/CWの重水素イオンビームを液体リチウムターゲットに照射し、最大20dpa/年以上の高い中性子照射場を作る施設である。

IFMIFの工学実証(EVEDA)における最大の課題が大電流線形加速器である。特に、空間電荷が問題となる低エネルギー側の、入射器(100keV/140mA/CW)、高周波四重極加速器(RFQ:5MeV/125mA/CW)、そして超伝導リニアックの初段(9MeV/125mA/CW)については、IFMIF実機の建設判断を下す前に工学実証を行う必要がある。

そこで、入射器と超伝導リニアックはフランス原子力庁サクレ研究所(CEA Saclay)が、RFQはイタリアのINFN研究所が、そして高周波電源やビームダンプ等はスペインのシーマット研究所が、建屋や全体制御系は日本が中心となって分担し、青森県六ヶ所村に新設された国際核融合エネルギー研究センターにおいて実証試験を行うことになっている。入射器は予備試験を終えてフランスから六ヶ所村に搬入され、2014年11月から入射器の実証試験を開始した。水素イオンビームによる実証試験の後、2015年7月には放射線障害防止法の放射線発生装置としての施設検査を終えて、重水素イオンビームの試験を開始した。

### 2. 入射器の実証試験

入射器は、マイクロ波(ECR)イオン源と低エネルギービーム輸送系(LEBT)から構成され、140mAの重水素イオンビームを100keVのエネルギーで

引き出し、RFQに入射する。2014年に六ヶ所での据付を開始し2014年11月から六ヶ所での実証試験を開始した。従来の加速器用イオン源と比べて、大電流の重水素イオンビームを低エミッタンス、高プロトン比のもとで定常的に生成することが要求される。また、IFMIF施設として高稼働率、高信頼性、長寿命であることが要求される。7月に初の100keVの重水素ビームの生成に成功し、重水素ビームの発生に伴い、核反応による中性子も観測された。8月から本格的な重水素ビーム試験を開始し、イオン源のコンディショニングの結果、重水素イオンビームにおいて100keVで181mAの大電流を引き出すことに成功した。LEBTにおいて不要な分子イオンを選別し、RFQの入口に相当するビームコーンを通過する電流値は、目標の140mAを超える145mAに達した。

### 3. 原型加速器コミッショニングに向けた状況

RFQは、イタリアのINFN研究所が担当しており、入射カプラーについては日本の原子力機構が担当している。RFQは、3つのスーパーモジュールで構成され、それぞれの製作と高パワー試験が最終段階にあり、2016年1月に六ヶ所に向けての発送が予定されている。また、スペインのシーマット研究所が担当するRFQ用の高周波電源については既に一部電源機器や高周波発振モジュール、高圧電源の据付が完了し、残りの機器も着々と搬入、据付を継続中である。入射器の実証試験が終了次第、2016年初頭からRFQの据付を開始し、2016年から入射器と組み合わせた実証試験を開始する。一方で超伝導リニアックのニオブ空洞は高圧ガス保安法における許認可を得て、フランスのCEA Saclayで製作が開始された。2017年初頭に六ヶ所に部品が搬入され六ヶ所にて組立を開始する予定である。なお2017年5月で終了予定であったIFMIF/EVEDAプロジェクトは事業委員会で2019年末までの約2年半の期間延長が提案され、運営委員会を経て承認される見通しである。