

# 次世代高温超伝導サイクロトロンのための入射システムの設計

## DESIGN OF INJECTION SYSTEM FOR NEXT GENERATION HIGH TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CYCLOTRON

鎌倉恵太<sup>\*A)</sup>, 畑中吉治<sup>A)</sup>, 福田光宏<sup>A)</sup>, 依田哲彦<sup>A)</sup>, 植田浩史<sup>A)</sup>, 森信俊平<sup>A)</sup>,  
齋藤高嶺<sup>A)</sup>, 永山啓一<sup>A)</sup>, 田村仁志<sup>A)</sup>, 安田裕介<sup>A)</sup>, 盛田義弥<sup>A)</sup>, 山根浩義<sup>A)</sup>  
Keita Kamakura<sup>\*A)</sup>, K. Hatanaka<sup>A)</sup>, M. Fukuda<sup>A)</sup>, T. Yorita<sup>A)</sup>, H. Ueda<sup>A)</sup>, S. Morinobu<sup>A)</sup>,  
T. Saito<sup>A)</sup>, K. Nagayama<sup>A)</sup>, H. Tamura<sup>A)</sup>, Y. Yasuda<sup>A)</sup>, Y. Morita<sup>A)</sup>, H. Yamane<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>Research Center for Nuclear Physics (RCNP), Osaka University  
10-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan

### Abstract

We propose a small-size and high-power separated sector cyclotron (SSC) using high temperature superconducting (HTS) magnet for a next generation cyclotron. From its stability and low operating cost, HTS cyclotrons are expected to apply for accelerator-driven subcritical reactors or beam cancer treatment systems. On the other hand, we still have a variety of issues and challenges to implement them. As a first step, we are planning to develop an HTS cyclotron as an injector for K400 ring cyclotron at RCNP. It will be the first attempt in the world. This plan will improve beam intensity of the ring cyclotron and contribute to component developments for the next generation cyclotron. The most serious issues are development of large-size HTS magnets that can be used in SSC and designing a SSC that has high injection and extraction efficiencies. Particularly in small-size SSCs, injection efficiency is the most important problem to be solved for high current beam acceleration. Strong focusing and bunching are necessary for large current injection through a narrow central area. Therefore we have to design injection system using orbit simulation with space charge effect. Until now, we have been developed orbit analysis code with Runge-Kutta method and advanced sector magnet design with finite element method. Here, we report some results on designing the new injector cyclotron.

## 1. 概要

我々は、次世代のサイクロトロンとして、高温超伝導電磁石を用いた小型のハイパワー（高エネルギーかつ大電流）分離セクター型サイクロトロンを提案している。高温超伝導サイクロトロンは、その安定性の高さや運転コストの低さから、加速器駆動未臨界炉（ADSR）や粒子線癌治療への応用が期待される一方で、様々な解決すべき課題を残して未だ実現に至っていない。その第一歩として大阪大学核物理研究センター（RCNP）サイクロトロン施設に、世界初となる高温超伝導サイクロトロンを、既存のK400リングサイクロトロンに入射器として開発・導入する計画が進められている。本計画は当施設におけるビームの大強度化に資するとともに、将来における次世代サイクロトロン開発を行うものである。

最も大きな課題となるのはメートル級の高温超伝導コイルの開発と、入射・引出効率の高い分離セクターサイクロトロンのための技術開発である。特に小型の分離

セクター型サイクロトロンで大電流のビームを加速するためには、入射効率が重要課題となる。狭い中心領域で大電流のビームに対し十分な集束・バンチングを行うためには、空間電荷効果を取り入れた軌道計算による入射領域の設計を行う必要がある。現在Runge-Kutta法による軌道計算コードの開発と有限要素法計算による新入射器のセクター電磁石の設計を進めている。今回はこの新入射器の設計に関して、これまでの研究成果をまとめて発表する。

## 2. 概念設計

RCNPサイクロトロン施設(Figure 1)では、イオン源で生成したビームをAVFサイクロトロン(K = 140 MeV)及びリングサイクロトロン(K = 400 MeV)を用いて加速し、様々な実験に利用している。現在、陽子400 MeV(リングサイクロトロン加速後)のビーム電流は約1 $\mu$ A程度であるが、原子核実験における統計量確保や、超冷中性子実験、ミューオン科学実験における2次粒子生成

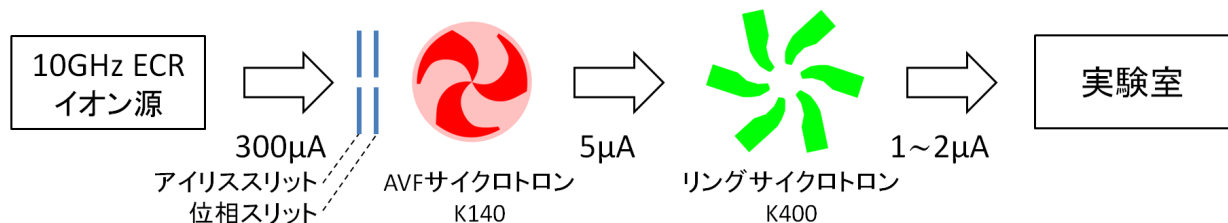


Figure 1: 現状のサイクロトロンカスケード構成とビーム電流



