

RECENT STATUS OF J-PARC SYNCHROTRONS

Tadashi Koseki¹, Michikazu Kinoshita, J-PARC Accelerator Group
J-PARC Center, KEK and JAEA
Tokai, Naka, Ibaraki 319-1195

Abstract

The J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) accelerator facilities consists of H⁻ Linac, 3-GeV RCS (Rapid Cycling Synchrotron) and 50-GeV MR (slow cycling Main Ring synchrotron). For the RCS, most of the accelerator components have been installed in the ring tunnel, and hardware commissioning is now underway. For the MR, installation and performance test of the components are in progress. Beam commissioning runs of the RCS and MR are scheduled to start in September 2007 and May 2008, respectively. Presented in this paper is a recent status of the RCS and MR.

J-PARC RCS/MRの現状

1. はじめに

大強度陽子加速器施設J-PARCの加速器群[1]は、ライナック、速い繰り返しの3 GeVシンクロトロン(RCS)、50 GeV主リング(MR)、及び関連するビーム輸送系から構成される。RCSの3GeVビームは、物質生命科学実験施設(Materials and Life Science Experimental Facility, MLF)に送られて中性子及び μ 粒子の生成に用いられる。MRからのビームは、遅い取り出し法でハドロン実験施設(Hadron Experimental Facility, HD)へ、速い取り出し法でニュートリノ実験施設(Neutrino Experimental Facility, NU)へ送られる。

J-PARCの建設計画は二期に分けて進められている。現在進行中の第一期計画では、上に述べたすべての施設が建設されるものの、MRのビームエネルギーは、フライホイールシステムの導入が第二期にずれ込んだために最大40 GeV(定格30 GeV)となる。ライナックのエネルギーは、運転開始当初は181 MeVだが、第一期のうちにACS(Annular Coupling Structure)を新たに加えることにより400 MeVまで増強され、さらに第二期で超伝導リニアックを導入して600 MeVとなる予定である。その他に、HDの実験施設の拡充や、加速器駆動核変換実験施設の建設が第二期分として計画されている。

表1にRCSおよびMRの主なパラメータを示す。ともに3回対称のおむすび型のリングで、ディスパージョンフリーの長直線部を3カ所ずつ持っている。アークセルにはミッシングバンド部を設け、特にMRではモーメンタムコンパクションファクターを負にして、加速中にトランジション γ を超えない設計となっている。

リニアックは2006年11月よりビームコミッショニングを開始し、2007年1月には初期運転(day-one)の機器構成における定格ビームエネルギー181 MeVを達成している[2]。一方、RCSは2007年9月中旬か

ら、MRは2008年5月からビームコミッショニングを開始する予定である[3]。

表1: RCSおよびMRの主なパラメータ

	RCS	MR
Circumference [m]	348	1567.5
Superperiodicity	3	3
Repetition rate [Hz]	25	~0.3
Injection Energy [GeV]	0.181/0.400	3.0
Ext. Energy [GeV]	3.0	30 (Phase I) 50 (Phase II)
Harmonic number	2	9
Number of bunches	2	8
Transition γ	9.21	j31.7
Typical tune	6.68, 6.27	22.4, 20.8
Transverse emittance at inj. [π mm-mrad]	4/6 (Inj. beam) 216 (painting)	54
Transverse emittance at ext. [π mm-mrad]	54 (for MR)	10(at 30 GeV)
No. of rf cavities	10	5 (Day-one)
Rf frequency [MHz]	0.94/1.23-1.67	1.67 - 1.72
Nominal beam power [MW]	1.0 (at 25 Hz, 3 GeV)	0.75 (at 0.3 Hz, 50 GeV)

2. RCS

RCSは主な構成機器の据付を全数完了し、現在は真空リーク試験、主電磁石や高周波空洞、出射用キッカー電磁石の連続通電試験、入射バンブ電磁石の磁場測定、モニタ系のノイズ測定等、各機器の試験・調整が進んでいる。

図1にアーク部に設置された偏向電磁石および四極電磁石を示す。主電磁石は偏向電磁石24台、四極電磁石60台からなり、偏向電磁石電源1台と四極電

¹ E-mail: tadashi.koseki@kek.jp

磁石電源7台で運転を行う。その際、それぞれの同調性が特に重要な課題であるが、これまでの定格運転試験 (25 Hz、3 GeV) において初期ビーム試験で要求される精度 (3 %以下) を満足する結果がすでに得られており、さらに精度を高める調整も行われている。

RCSではMA (Magnetic Alloy) を負荷した加速空洞が10システム用いられる。単体での試験は順調に進んでおり [4]、今後は全システムを同時運転する試験を行う予定である。



図1：RCSのアーキ部分

荷電変換入射、およびペインティング入射を行う入射部は、RCSの中で最も込み入った複雑な機器配置となっているが、現在までに機器のインストールは終了し、現地での機器試験が行われている [5, 6]。図2にインストールされたシフトバンプ電磁石および第1荷電変換フォイル装置を示す。シフトバンプ4台で水平方向の入射バンプ軌道を作り、その中心に荷電変換フォイルが置かれる。フォイルには大強度ビームによる高温環境下でも長期間の使用に耐えるようKEKで開発されたHBC (Hybrid Boron mixed Carbon) フォイル [7] が day-one から用いられる予定である。

RCSは、8月1日より、上位制御系からの機器運転、及び、全機器同時運転を主な目的として、本格的な総合調整試験を開始する。その後、8月末までに人的保護システム (PPS) を完成させ、9月中旬を目処に管理区域設定する予定である。

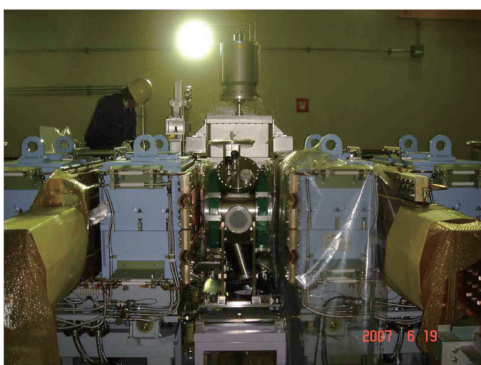


図2：RCSのシフトバンプおよび荷電変換装置

3. MR

MRは機器のインストールと性能評価試験が進められている [8, 9]。主電磁石、すなわち、偏向電磁石96台、四極電磁石216台、六極電磁石80台 (この内8台は遅い取り出し用の共鳴六極) は、すべてインストールを終了し、現在は電磁石の精密アラインメントが行われており [10]、8月末までに完了する予定である。電磁石のアラインメントを追いかけて、真空ダクトの設置や排気試験も進んでいる [11, 12]。図3にMRのアーキの一部を示す。BPM (Beam Position Monitor) は、全190台のうち、特殊形状をのぞく170台の校正およびインストールを終了し [13, 14]、今後、測量を行っていく予定である。3-50 BT (RCSからMRへのビーム輸送系) については、電磁石やコリメータシステムのインストールと電力ケーブルの配線がすでに終了している。現在は真空ダクトやモニタの設置等が行われている。

四極電磁石、および補正電磁石については実機電源との組み合わせ試験が実施され、リップルやパターンの追随性、モニタへのノイズの影響等が評価されている [15, 16]。

入射、および速い取り出し用については、一部を除くほとんどの機器の製作を終了し、現在はKEKのつくばキャンパスにおいて性能試験が行われている。2台の入射セプタムのうち、上流側に置かれる入射セプタムIは、磁場測定 [17]、及び振動測定を終了している。入射セプタムIIには誘導電流型セプタムを採用する。先行して製作したプロトタイプモデルでは磁場分布や振動測定において良好な特性が確認され [18]、現在は実機を製作中である。その他、入射キッカー [19]、入射ビームダンプリンに取り出すためのダンブキッカー、およびダンブセプタムについても通電試験、あるいはその準備が進行中である。これら入射機器は、入射セプタムIIをのぞき、2007年11月までにリングへのインストールを終了する予定である。入射セプタムIIについては2008年2月のインストールを予定している。

速い取り出し用キッカーは、試験開始当初、キッカー電磁石内での放電が多発したが、フェライトや電極板などの要素部品の端部面取りを再加工するなどの放電対策により改善し、30 GeVのビーム取りだしに必要な磁場を安定に励磁する目途が立っている [20]。電源構成の最適化も進めており、PFNと高圧同軸ケーブルの間に置かれるパルストランスにインピーダンス整合用コンデンサを加えることにより定格励磁における磁場の時間平坦度が向上し、仕様値である一様性 1% 以内を達成している [21]。

速い取り出しセプタム (図4) は、順次、通電試験が行われている。全6系統のうち、下流側に設置される4系統 (SM30-33) は、磁場測定、および振動測定を終了している。現在は、ビームダクトへのフランジの接合を準備中である [22]。上流側に設置される2系統の低磁場セプタム (SM1, 2) では、セ

プタムコイルのヨークへの固定に不具合が発生したため、現在は新しい固定法を検討している。一方、これらのセプタムを用いて、放射化機器のメンテナンス方法の試験も行われている。ビーム軸に垂直な方向に設置したLMG (Linear Motion Guide)に架台を乗せてセプタム磁石を出し入れする機構を試作し[23]、100 μm 以下の位置再現性が得られている。

MRの高周波加速系には、MAのカットコアを負荷した空洞が、day-oneでは5台インストールされる。5台の空洞に必要なとされる全90枚のカットコアはすべて、少なくとも300時間、長いもので2000時間の連続通電試験を終了しており、9月からは空洞のインストール作業が開始される予定である[4]。

遅い取り出しについては、すでにリングに設置されている共鳴六極を除いて、ほとんどの機器が2007年度内に製作される。これまで進めてきた静電セプタム (ESS) のR&Dでは、セプタムリボンとしてW-26%Re (厚さ30 μm) を試験した結果、50 GeVの取り出し電圧に相当する170 kV/25 mm を安定に通電できることが確認され、実機に採用することが決まっている[24]。遅い取り出し機器のリングへのインストールは2008年の夏期停止期間中を予定している。



図3 : MRのアーチ部

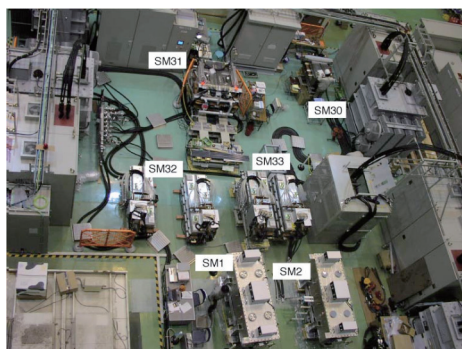


図4 : 速い取り出し用セプタム群

4. 今後のスケジュール

RCSは2007年9月下旬よりビーム試験を開始し、2008年2月まで加速器の調整運転を行う。2008年5月

からは3NBT (RCSからMLFへのビーム輸送系) のビーム調整が開始される。MRは、2007年12月から機器の総合調整運転を開始し、その後、2008年4月にPPSを完成させ、5月からビーム試験を実施する。2ヶ月間の運転の後、5ヶ月の運転停止期間を設け、先に述べた遅い取り出し機器の据え付け調整や速い取り出し機器の本格的な調整、ニュートリノビームラインの建設 (特に超伝導電磁石のインストール) 等を行う。ビーム試験は2008年の12月より再開され、続いて遅い取り出しのビームコミッショニングが、2009年4月からは速い取り出しのビームコミッショニングが予定されている。

参考文献

- [1] "Accelerator Technical Design Report for J-PARC", KEK-Report 2002-13 and JAERI-Tech 2003-044.
- [2] M. Ikegami *et al.*, "J-PARCリニアックのビームコミッショニング", in these proceedings.
- [3] T. Koseki *et al.*, HB 2006, p. 329
- [4] A. Schnase *et al.*, "Status of J-PARC Ring RF System", in these proceedings.
- [5] T. Takayanagi *et al.*, "J-PARC 3 GeV RCS入射バンパ電磁石の磁場測定", in these proceedings.
- [6] H. Harada *et al.*, "J-PARC 3 GeV RCS 入射バンパシステムのモデル化", in these proceedings.
- [7] I. Sugai *et al.*, PAC07, p. 242.
- [8] T. Koseki *et al.*, PAC07, p. 736.
- [9] T. Oogoe *et al.*, "J-PARC 50GeVシンクロトロン の現状と予定. 3", in these proceedings.
- [10] M. Shirakata *et al.*, "J-PARC 主リング電磁石インストールとアライメント", in these proceedings.
- [11] M. Uota *et al.*, "J-PARC 主リング及び3-50BT系の真空系立ち上げ", in these proceedings.
- [12] Y. Hori *et al.*, "J-PARC MR及び3-50BT真空系のビームダクトのアウトガス測定", in these proceedings.
- [13] Y. Hashimoto *et al.*, "J-PARC MR BPMの校正データの解析", in these proceedings.
- [14] Y. Hanamura *et al.*, "J-PARC 50GeV シンクロトロン BPM 測量器の開発", in these proceedings.
- [15] K. Okamura *et al.*, "J-PARC MR四極電磁石電源の実負荷組み合わせ試験", in these proceedings.
- [16] K. Niki *et al.*, "J-PARC MR軌道補正電磁石とその実電源との組み合わせ試験", in these proceedings.
- [17] K. Fan *et al.*, "Field measurements and eddy current effects compensation of a high-field septum magnet for JPARC", in these proceedings.
- [18] Y. Sakamoto, private communication.
- [19] E. Nakamura *et al.*, "J-PARC MR 入射系キッカー電磁石システム", in these proceedings.
- [20] N. Ohshima *et al.*, "キッカーマグネットにおける放電対策", in these proceedings.
- [21] K. Koseki *et al.*, "パルストランスにおけるインピーダンス整合", in these proceedings.
- [22] K. Ishii, private communication.
- [23] M. Yoshioka *et al.*, "Installation and Assembling of Accelerator Components for J-PARC 50 GeV Synchrotron", to be published in Proc. APAC07.
- [24] M. Tomizawa *et al.*, "J-PARCメインリングからの遅い取り出し設計と開発", in these proceedings.