

STATUS AND SCHEDULE OF J-PARC 50GeV SYNCHROTRON

Takao Oogoe^{1,A)}, Masakazu Yoshioka^{A)}, Hitoshi Kobayashi^{A)}, Yasunori Takeuchi^{A)}, Masashi Shirakata^{A)},
Yoshihisa Shirakabe^{A)}, Yuu Kuniyasu^{B)}, Hiroshi Oki^{C)}, Youichi Takiyama^{D)},

^{A)}High Energy Accelerator Research Organization; 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 Japan

^{B)}Mitsubishi Electric System & Service CO., LTD; 2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045 Japan

^{C)}KDC Engineering CO., LTD; 5-6-26 Kugenumakaigan, Fujisawa, Kanagawa, 251-0037 Japan

^{D)}k-VAC CO., LTD; 18-31 Bunkyocho, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045 Japan

Abstract

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) is the research complex based on three high intensity proton Accelerators: a linac, a 3GeV synchrotron(RCS), and a 50GeV synchrotron(MR). The construction of the MR started in 2002, and its beam commissioning is scheduled in January of 2008. The accelerator tunnel of the J-PARC 50 GeV Synchrotron is still under construction, and will be completed at the end of 2006. Installation of accelerator-components is scheduled to start in July 2005 in parallel with civil and utility construction. This document describes how to install accelerator components in the tunnel and civil engineering of the tunnel.

J-PARC 50GeV シンクロトロンの現状と予定

1. はじめに

J-PARCは、日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構の共同計画で進められている大強度陽子加速器を利用した実験施設である。加速器施設は線型加速器(LINAC)、3GeVシンクロトロン(RCS)、50GeVシンクロトロン(MR)の3つの加速器からなり、実験施設は物質・生命科学、原子核素粒子、ニュートリノ、核変換の4つを計画している。

LINAC、RCSではトンネル・建屋の建設工事がほぼ完成し、加速器の機器搬入据付けが開始されようとしている。MRにおいては、トンネルの約半分が仕上がったところであるが機器の搬入据付けを開始する予定である。2008年1月にはビーム調整運転を開始する予定である。実験施設の建設も進んでいる(核変換実験施設は第二期計画である)。本報告は50GeVシンクロトロンの土木建設設備工事状況の報告、加速器機器の搬入据付けのスケジュールである。



図1: J-PARC全景

2. 建設状況

2.1 進捗状況

MRは周長約1.6kmのトンネル、電源棟3棟、機械棟3棟、搬入棟2棟、脱出棟3棟からなる。本トンネルの特徴はExpansion-jointを設けない一体構造を採用したことである(建屋等との繋がり部には設けている)。電源棟は加速器の各種電源等とそれらの制御に必要な機器が収納される。機械棟はトンネルの空調設備、電磁石などの冷却水設備が設置される。搬入棟はトンネルに電磁石等を搬入するための建屋である。脱出棟はトンネルからの非常避難用である。

MRトンネルの建設は入射路(3-50BT)からのビーム入射点から時計回りに(ビーム進行方向とは反対)に建設が始まり、現在、約800mと入射路約200mが終了した。残り半周においても建設業者が決定し、一部はかなり進んでいる。設備工事の空調ダクト、冷却水配管の設置作業は土木建設の終了したトンネルから順次進めている。本年8月初めには部分的にトンネルの引渡を研究系が受ける予定である。

トンネルは正三角形の角を円弧にした形をしており116.1mの直線部3カ所と406.4m(120度)のアーチ部3カ所からなっている。直線部は入射部、ニュートリノ取出部、原子核素粒子取出部、および加速部にあたる。

2.2 今後の予定と考慮すべき点

2006年9月末にトンネル全周が繋がり、電源棟等を含めた土木建設設備工事は11月末には完了予定である。図2にトンネル建設完成予定を示す。建設スケジュール特に注意を払わなければならないのは、各建家間を結ぶ配管架台の設置である。配管架台に

¹ E-mail: takao.oogoe@kek.jp

は主電力ケーブル用ラック、一次冷却水用配管が設置され、この設置が終了しないとトンネル、建家を含めた電気関係、およびトンネル内空調が使用できないことになり、加速器の据え付けに大きく影響することになる。

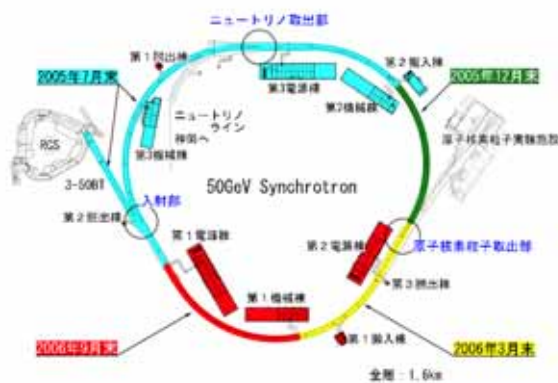


図2：MR建設完成予定

MRトンネル建設は当初より海岸沿いの砂質地盤であること、支持地盤に起伏があることから困難が予想されていたが、それ以外にも予期していない多くの事柄が出てきたためにスケジュールに影響を与えることになった。主たる事柄を記述すると・村松白根遺跡の発掘調査・大鷹（天然記念物）の生息、営業による工事自粛、観察・地下水（旧河川）による遮水壁の追加工事などがあつた。広い敷地を使用する建設では事前調が重要であることを再認識させられた。さらにMRは保安林に含まれる地域に建設されているために、建設作業場の確保・道路建設・各実験施設建設等の間のスケジュール調整が重要な要素となっている。

3．加速器据え付け予定

3.1 試験据え付け

2004年7月にトンネル幅が最小である部分のトンネルのモックアップを制作し、制作が完成していた電磁石を配置し、電磁石端子部の取り付けスペース、作業スペース等の確認を行った。電磁石には使用予定のビームダクトを挿入し固定治具等の確認、モニタをビームダクトに取り付け、取り合い等の確認を行った。この結果、いくつかの修正項目が判明し、手直し、設置方法の考え方の見直し等を行った。



図3：モックアップ全景



図4：BM端子台と冷却配管

2005年7月よりトンネルに加速器据付けのための準備を開始する。最初にトンネル内測量を行い、ビームラインの墨出しを行う。この時、MRへビームを射出するRCS（3NBT）のポイントとMRのニュートリノ取出しラインが重要になる。このためJ-PARC全体を測量している地上の測量網を利用し大きなズレが無いことを確認する。

8月に通電が開始されるのに伴い、8～10月の期間を据付けを順調に進めるための試験期間とし、トンネル全周の約5%（約100m、偏向電磁石5台、四極電磁石10台、六極電磁石3台、ST電磁石9台）を試験エリアとして据付け作業を行う。これにより据付け手順書の作成、治具の準備などを行い、本格的な据付けに移行する予定である。

試験期間の最初に電磁石搬送台車のトンネル内での走行試験を開始する。搬送台車はエアパレットで出来ており空気により浮上し、牽引車（モーター駆動）により移動する。トンネルの外周側壁に取付けられたガイドレールにより安定に据付け位置の横まで移動出来るように設計されている。搬送台車は電磁石の重量、サイズが異なるために4種類が用意されている。必要な治具として検討しているものに牽引車から分離された35トンの電磁石を乗せたエアパレットを安全に据付け位置まで誘導するための治具やモニタを囲うように設置するステアリング電磁石を設置する治具等がある。手順書の製作としては電磁石の精密アライメントはどのような方法でどのような治具どのように使用して行うかなどがある。



図5.6：エアパレット試験風景

ビームダクト接続はこの期間には行わない予定であるが接続の手順、治具の検討がある。また、真空クランプの試験は別途行っている。

試験の重要な項目に偏向電磁石、四極電磁石の給電線として使用するホロコンダクタの接続試験がある。偏向電磁石3kA、四極電磁石1.5kAと高電流のためホロコンダクタを使用し、冷却水により直接冷却することにしている。高放射化場が予想されるためそのような場所で水漏れが起きると修復が困難である。また、作業スペースがかなり狭いためそのままの状態での修復作業はかなり厄介である。このため、できる限りの努力をし、水漏れのしにくい接続方法をとるようにする。

3.2 据え付け

2007年6月末までに表1に示す電磁石をすべて据付ける予定である。

表1：MRの電磁石

	電磁石	数量	重量(ton)
MR	偏向電磁石	96	35
	四極電磁石	216	9~15
	六極電磁石	72	3.5
	ST電磁石	186	0.24
3-50BT 入射路	Pulse偏向電磁石	1	16
	DC偏向電磁石	5	8~18
	四極電磁石	38	3.5~5.5
	ST電磁石	14	0.7

入射、出射のセプタム電磁石、キッカー電磁石を除く

2005年11月から2006年3月までの据付けは偏向電磁石31台、四極電磁石73台、六極電磁石19台、入射路(3-50BT)の四極電磁石13台と垂直偏向電磁石2台の据付けを予定している。MRの電磁石台数を表1に示す。入射路には放射線防護のための隔壁が設けてあるため隔壁より上流は3NBT関係者の協力を得て3NBT搬入棟からの機器搬入を予定している。

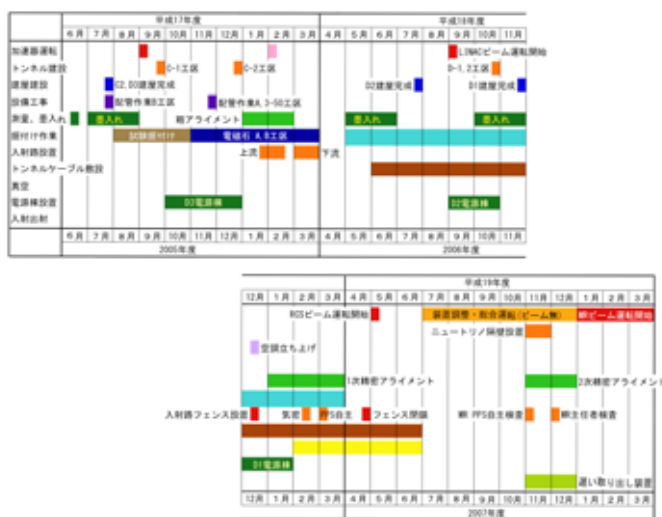
2006年4月から2007年6月末までに残りの機器の据付けと作業を終了する。主な作業をあげてみると・トンネル内の機器の据付け・真空ダクト繋ぎ込みと真空引き・電磁石への冷却水配管・電磁石のアライメント・電源設置・電源の配線配管等がある。3カ所にある直線部に据付ける機器はすべて異なるため据付け方法を個別に検討する必要がある。また、据付け期間をどの程度見込むかが難しい所である。

3.3 問題点と注意点

スケジュール：搬入棟は2棟あるが2棟目が完成するのは2006年9月の予定であるため、電磁石などの重量物の搬入はおおよそ終了している。また、2棟の配置が好ましくないため搬送効率が悪い。

搬入棟のクレーンと搬送台車の速度が安全を考慮しているためかなり遅いため、この使用時間を十分に考慮してスケジュールをたてる必要がある。

表2：MR工程表



ケーブル敷設：1つの電源棟でおおよそ500mのトンネルをカバーすることになる。そのため、1つの電源棟からトンネルに配線されるケーブル本数は大量になるが電源棟の開口はかなり狭く、ケーブルラック配置、入線の順番を検討する必要がある。加えて、電源棟からトンネルへケーブル配線する経路(サブトンネル)は2カ所の壁があり、電源棟側の壁では気密と防火をトンネル側の壁では気密をとらなくてはならない。ケーブルの本数等を検討すると簡単には施工出来ない。

電磁石のアース：電磁石は3GeVから40GeV(最大50GeV)のパターン運転を行うため電磁石にリーク電流が流れる。この対策のため電磁石本体が個別にアースに落ちないように絶縁材を、電磁石架台、冷却水配管に使用しなくてはならない。

放射化対策：陽子加速器であるため放射化が避けられない機器がある。このような機器の故障時の交換作業を想定した機器の構造にする必要がある。このような機器は据付け作業時に交換時の手順書の確認が必要である。あわせて使用材料の放射線による劣化を考慮に入れる必要である。保守作業を行うための遮蔽体の開発も必要である。

4. まとめ

MRのような大型のトンネルを建設する場合には建設場所の検討は重要であるが、建設位置が決定してからの地盤調査はより慎重に行なう必要がある。特に加速器のような精密大型機器を設置するためのトンネルであることを十分に理解して設計を進めるべきである。今回のような特殊な地域(保安林)では作業エリアを確保することと行程に矛盾がないように管理することが重要な点である。

加速器の据付けは試験据付けにおいての検討によってその後の据付けが大きく左右されると考えているので、十分に検証していきたい。放射化エリアの保守についても現在検討を進めている。据付けまでには反映した状態に持ってゆきたい。

参考文献

- [1] J-PARC home page: http://j-parc.jp/index_j.html
- [2] J.Kishiro. "Current Status of The J-PARC Accelerator Complex", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan
- [3] M.Yoshioka. "Installation and Radiation Maintenance Scenario for J-PARC 50GeV Synchrotron", 2005 Particle Accelerator Conference Knoxville, TN. May 16-20, 2005