

PERSONNEL PROTECTION SYSTEM IN J-PARC LINAC

F. Hiroki^{1,A)}, H. Yoshikawa^{A)}, Y. Takeuchi^{B)}, K. Kudo^{B)}

^{A)} Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)

2-4 ShirakataShirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1195

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

Abstract

The main purpose of Personnel Protection System (PPS) is to protect people from radiation exposure. From the viewpoint of it, important features of the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) are (1) the beam power as high as 1MW, and (2) a lot of beam-line entrances apart from the main control room. The first feature requires the beam interlock function of PPS to be more reliable than ever. The second one is dealt with the access control function of PPS, with which the remote access control from the central control room is enabled. In this paper, we report the beam interlock and access control functions of the PPS.

J-PARC LinacにおけるPPS (人的安全保護システム)

1. はじめに

J-PARCは陽子線形加速器(以下、Linacと言う)、3GeVシンクロトロン(以下、RCSと言う)及び50GeVシンクロトロン(以下、MRと言う)の3つの加速器群と物質・生命科学実験施設、原子核・素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設及び核変換実験施設という4つの実験施設から構成される大型の加速器複合施設である。J-PARCの最大ビーム強度は1MWにも達する予定であり、しかも複雑な運転モードがあることを考えると、この大型の加速器施設を安全に運用していくためには、次の3つの安全システムが重要になると思われる。1つ目は施設内にいる人を放射線被曝などから防護する人的安全保護システム、2つ目は加速されたビームによって機器が破壊されることを防止する機器安全保護システム、そして3つ目がビームを安定に加速することで不用なビームロスによる機器の放射化を防止する加速器制御システムである。

本発表では、この3つの安全システムのうち人的安全保護システム(PPS)について報告する。

なお上に述べたJ-PARCの各施設のうち最初に運転が開始されるのがLinacである。そのためPPSもLinac部分が最初に建設され、Linac単体のコミッショニング時には運用を開始することになる。ここで報告するのは、このLinac PPSについてであるが、Linac PPSには単体の加速器のPPSとして必要な要素が全て含まれている。

2. PPSの目的

PPSの主たる目的は、放射線上の危険から人を防護することである。また、PPSは放射線申請上の許認可条件を担保する機器ともなっている。そのため

PPSにはシステムとしての高い信頼性や安定性が求められる。この要求を満たすため、本PPSはハードワイヤーを基本とし他のシステムから完全に独立したシステムとして構築する必要がある。

また加速器トンネルには、放射線以外にも様々な危険が存在する。高電圧や大電流、強磁場、酸素欠乏などである。PPSの入退管理機能(第4節参照)は、これらの危険に対応するためにも利用されている。

3. PPSのインターロック機能について

J-PARCの加速器のビームパワーは、KEKの12GeV陽子シンクロトロンに比べ2桁も大きく、加速器の運転・保守及び利用に携わる人達を加速器の運転に伴う各種の危険から保護するためにはインターロック機能が極めて重要である。そこでJ-PARC Linacにおけるインターロック機能について説明するが、基本的な考え方についてはJ-PARC全体として統一されたものになっている。

3.1 加速器の運転許可条件

加速器運転開始時に、下記の条件が成立した場合に限ってPPSが運転許可を出すことになる。

(1) 通常口及び非常口：扉施錠

J-PARC Linacには加速器トンネルに出入りするための通常口が上流部(イオン源部)と下流部(L3BTアーク部手前)の2箇所、中間トンネルから脱出するための非常口が4箇所、そしてLinacとRCS相互の避難通路となる非常口が1箇所(L3BT隔壁部)があるが、全ての扉が閉まって確実に施錠されていることが必要である。(接点信号で監視)

(2) パーソナル・キー：キー返却

¹ E-mail: hiroki@linac.tokai.jaeri.go.jp

通常口には扉の鍵を解錠するためのパーソナル・キーが設置されており、このキーが全て返却され加速器トンネル内が無人状態であることが必要である。(接点信号で監視)

(3) 搬入用遮蔽床ハッチ：ハッチ閉鎖

加速器トンネルに大型の物品を搬入するための遮蔽床ハッチが、最上流部(イオン源近傍)と下流部(L3BTアーク部手前)の2箇所において確実に閉鎖されていることが必要である。(接点信号で監視)

(4) 測量用貫通口：ハッチ閉鎖

加速器のアライメント調整を行うに当たり基準座を較正するための縦貫通口が最上流部の搬入用遮蔽床ハッチ部、L3BTアーク部手前及び最下流部の3箇所、また横貫通口がL3BT隔壁部に1箇所あり確実に閉鎖されていることが必要である。(接点信号で監視)

(5) 排風機運転状態信号：循環状態

J-PARC Linacは空気の放射化レベルが高く加速器運転中はトンネル内の空気を排気することが出来ず循環空調で運転する必要がある。(運転情報監視)

3.2 加速器の停止条件

3.1で述べた加速器の運転許可条件が崩れたとき及び下記の機器から異常状態を示す信号が出力された場合には運転許可を取消し加速器を停止させる。

(1) 非常停止スイッチ：スイッチ押下

非常停止スイッチは約30m間隔で、加速器トンネル内(L3BT隔壁手前まで)に24台、中間トンネル内に13台設置され、スイッチが押されると異常を示す信号が出力される。

(2) ダンプ容量保護機器：容量超過

放射線申請との関係でダンプ容量を担保する必要性からビーム電流の積算値を監視する必要があり、方式などについては現在検討中であるが、ダンプ容量を超過しそうな場合は停止信号を出す。

(3) 放射線エリアモニター：線量異常

加速ビームがロスすると放射線量が上昇するので、放射線エリアモニターを地上部に設置して監視しており、線量が上昇した場合は停止信号を出す。

3.3 加速器を停止する方法

加速器の停止条件が成立すると、以下に示す機器を制御して加速器を停止させる。(図1)

(1) イオン源

イオン源を停止させる方法として、アーク電圧を落とす方法と引き出し電圧を落とす方法の2つを用意している。(詳しくは3.4節を参照のこと)

(2) LEBTビームストッパー

LEBTにビームストッパーを1台設置する。さらに、その下流のゲートバルブをビームストッパーとして使用する。

(3) MEBT1ビームストッパー

MEBT1にあるゲートバルブをビームストッパーとして使用する。

3.4 加速器の軽停止と重停止について

3.1及び3.2で述べた機器が加速器を停止させる必要のある状態になるとその状況に応じて、その後の加速器運転を考慮した2種類の止め方(「軽停止」と「重停止」)を想定している。

軽停止とは、放射線エリアモニターなどから停止信号が出力された場合の止め方で、LEBTビームストッパーを挿入することによりビームを停止する。もし何らかの原因でビームストッパーが挿入されない場合には、LEBTのゲートバルブを挿入するなど二重、三重の安全策を考えている。

これに対して重停止というのは、非常停止スイッチなどが押されたときなど確実に加速器を止める必要がある場合の止め方で、イオン源のアーク電圧と引き出し電圧の両方を落とすと共にLEBT及びMEBT1にある全てのビームストッパーを挿入することでビームを停止することになる。

3.5 RCS入域者の安全を保障する機器

J-PARCを効率よく運用するためには、Linacのビーム運転とRCSの建設/保守作業を両立させる必要がある。そのためRCSの加速器トンネル内で作業する人達の安全を保障する機器として設けられたのが次の二つの機器である。

(1) L3BT偏向電磁石(安全マグネット)

RCS入域中はこの電磁石をOFFにして、ビームがRCS側に行くのを阻止している。

(2) L3BTビームプラグ

RCS入域中はこのプラグをビームラインに挿入して、ビームがRCS側に行くのを阻止している。

もしRCSへ入域中に上記2つの機器が、故障などにより上記条件を満たせない状況が発生した場合には、PPSは運転許可を取消し加速器を停止させる。

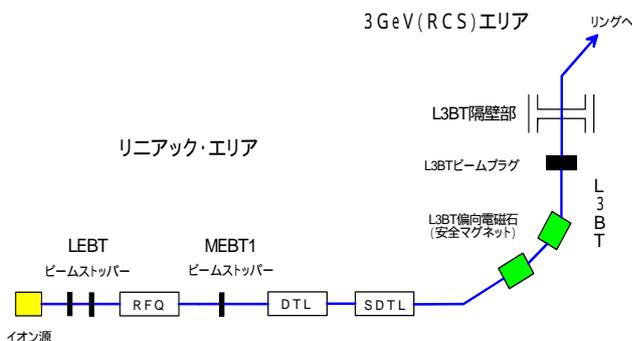


図1 インターロック機器の配置

4. PPSのトンネル入退管理について

J-PARCは既に述べたように3つの加速器群と4つ

の実験施設群から構成される大型の加速器複合施設で、加速器トンネルへの入口が多数散在している。さらにビーム強度の関係から加速器を停止してしばらくの間は残留放射能レベルや空気の放射化レベルが高く、トンネル内への入域はもちろん換気すらできない状態が続くことになる。このような状況のため加速器トンネルへの入退管理を厳密に行わなければ事故が発生する危険性がある。J-PARCでは省力化と効率的な監視を実現するため中央制御棟から遠隔で全ての入口を監視することにした。ただし遠隔で確実に入退管理を実現するため、入退ブースを設置して映像と音声を利用した管理を行っている。以下詳細に説明する。

4.1 入域の管理状態について

入域の管理状態については、次の3つを設定している。

(1) 加速器運転中の管理状態

加速器運転中は加速器トンネルへのアクセスをいっさい認めない。全ての扉は施錠され、パーソナル・キーによる解錠操作も禁止される。もし、故障あるいは破壊的手段等により扉が開放された場合には加速器を緊急停止する。

(2) 短期シャットダウン時または運転準備期間の管理状態

加速器の運転期間に挟まれた短期シャットダウン時においては、次の加速器運転時に加速器トンネル内の無人確認作業を行わなくて済むように4.2節で述べる確実な入退管理を行っている。これにより無人確認作業に伴う被曝線量の低下を実現している。

(3) 長期シャットダウン時の管理状態

長期シャットダウン時にはメンテナンスなどで大勢の人が出入りすることになるので、4.2節で述べる入退管理は行わず放射線管理区域に入るための最低限の管理が行われるだけである。

なお、長期シャットダウン後に加速器運転を開始する場合には状態を(3) (2) (1)と遷移させるがこの時(2)の状態でも無人確認作業を行う必要がある。

4.2 確実な入退管理の実現について

加速器トンネル入口部に図2で示すような構造をした入退管理ブースを設け、次に示す手順で入退管理を行うと共に完全を期すため入退記録簿での入退管理を並行して行うことで加速器トンネル内に人が存在しないことを保証している。

(1) 入退管理ブース入口でインターフォンを用いて連絡を取りながら、各自が所持するIDカードを用いて各自が安全キー（パーソナル・キー）を抜き取り、IDカードと安全キーの組合せを登録する。

(2) 安全キーで最初の扉を解錠して全員がブース内に入り監視カメラを通した人員と安全キー携帯の確認を受ける。問題がなければ中央制御室から扉の解錠を可能にするので、安全キーで次の扉を解錠して

加速器トンネルに入域する。

(3) 退域時はブースに入った後、インターフォンで連絡して加速器トンネルから出た人員の確認を受けたのち入退管理ブースから一般区域に出る。

(4) 安全キーがすべて返却されたことを確認するとともに入退記録簿でも退域を確認することにより、加速器トンネル内に人が存在しないことを保証している。

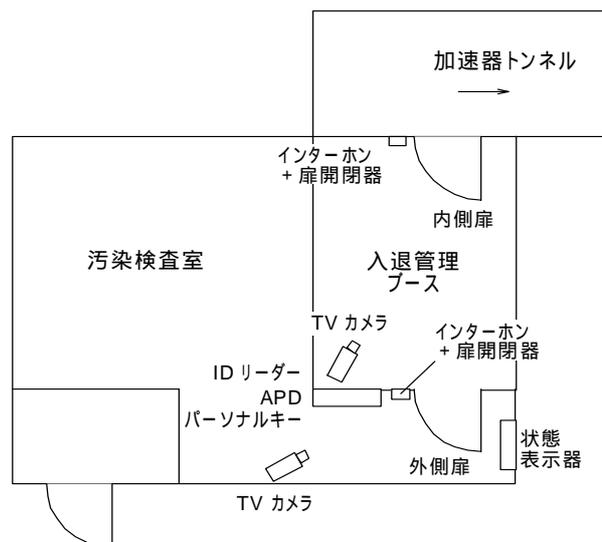


図2 入退管理ブース概略構成

5. まとめ

ここに述べた基本方針の下にJ-PARC LinacのPPS設計を行い、平成14年度に発注した。今年度末には入退管理ブースや非常停止スイッチなどの現場据付工事が開始され、来年度には工事が本格化することになっている。

なお現在の予定では、RFエージングが開始される来年9月ごろまでに、Linac PPSの一部を稼動して加速器トンネル内への入退管理をスタートさせる予定である。

なお冒頭で述べたようにLinac PPSには、単体の加速器のPPSとして必要な要素はすべて含まれている。ただし、複数の加速器を同時に運用する場合には、これに加えて、運転モードの設定機能が必要となる。この運転モードについては、別の機会に改めて報告したい。

参考文献

- [1] Y. Takeuchi "Personnel Protection System of Japan Proton Accelerator Research Complex", Proceedings of the ICALEPCS2003, Gyeongju, Korea, October 13-17, 2003