

PRESENT STATUS OF THE KEK ELECTRON/POSITRON INJECTOR LINAC

Hiroyuki Honma[#] for the KEK electron/positron injector linac group
 KEK, High Energy Accelerator Research Organization, Accelerator Laboratory
 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801

Abstract

In FY2010 the KEK electron/positron injector linac was operated for 5800 hours, 600 hours shorter than in FY 2009, because the operation of KEKB has finished on July 30, 2010. Though Tohoku Region Pacific Coast Earthquake damaged many linac components, owing to staff's devoted efforts for repair, we could restart test injections for both the PF and the PF-AR at the beginning of May. In summer 2010, a radiation shielding wall was installed at the middle part of the linac tunnel. This makes it possible to operate the down-stream linac while allowing R&D or maintenance works in upper-stream linac. Several R&D and beam studies for the SuperKEKB have been carried out while operating down-stream linac. Repair from the earthquake disaster could be also completed effectively owing to this shielding wall.

KEK 電子陽電子入射器の現状

1. はじめに

2010 年度の入射器の運転は 2011 年 3 月 11 日の朝 9 時に終了したが、当日午後起きた東北地方太平洋沖地震により多大な被害を被った。一方、2010 年 6 月 30 日には 11 年間継続された KEKB の実験が終了し、これ以降入射器の体制は SuperKEKB の入射器建設に向けて本格的なものとなった。運転時間は年度後期には KEKB への入射がなくなったため、2009 年度には 6400 時間あったものが 5800 時間に減少している (図 1 参照)。以前は 2000 時間程あった KEKB への入射がなくなったにもかかわらず 600 時間の減少に留まっているのは、SuperKEKB 用開発ビームの運転のためである。

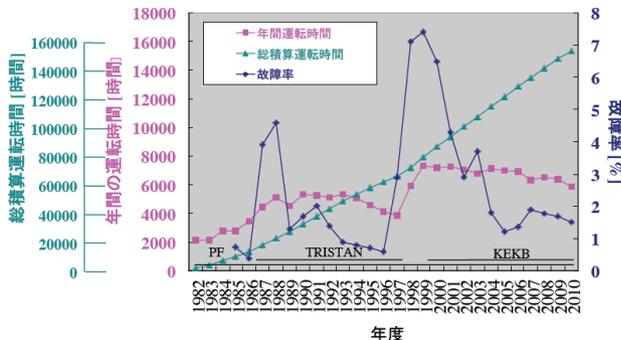


図 1 : 入射器運転時間と故障率の推移

地震の被害として加速管架台脚部の損傷、真空ダクトや BPM のベローズの破壊、加速管、SLED、高周波電力分配器等の多数の真空リーク、クライストロンの故障等があったが、3~5 セクターについては 5 月連休前に仮復旧し^{[1],[2]}、PF リング、PF-AR に対して試運転を行うことができた。

この報告では 2010 年度のビーム運転統計、夏季メンテナンス中にトンネル中流部に設置され、加速

[#]hiroyuki.honma@kek.jp.

器を上・下流部に分けることになった放射線遮蔽壁 (二分割シールド) と加速器の運用変更、SuperKEKB 用に行われた要素開発・ビームスタディについて述べる。

2. ビーム運転統計^[3]

図 2 は運転中の故障率、入射遅延率と RF トリップ頻度を年度毎に示したものである。この図から 2008 年度、2009 年度の遅延率がそれまでの約 2 倍に増えていることがわかる。この 2 年間で連続入射や同時入射が本格化し、前年度より故障率が減っているのにも係わらず、故障時間が入射時間と重なる割合が増加したためである。

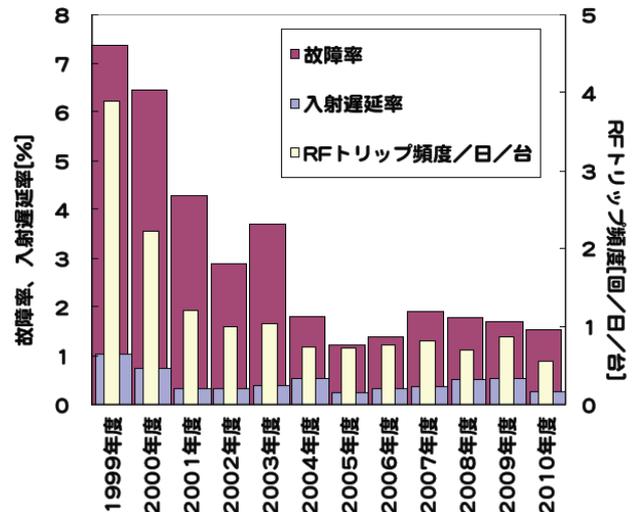


図 2 : 故障率、入射遅延率、RF トリップ率の推移

2010 年度ではこれがかなり減っている。KEKB リングへの入射が 6 月に終了し秋からは下流部だけを使った PF リング連続入射と PF-AR への入射だけになり、故障が入射に影響する加速ユニット数が 59 から 24 に減少したためである。

入射遅延率の算出は 2008 年度までは各下流リングへの入射遅延時間の和を総運転時間で割ったものであったが、この方式では同時入射（最速 20ms 毎にビームを切り替え入射する方式）の場合は重複することがあり、入射遅延時間を長く見積もることになる。そこで遅延の原因となった入射器側機器内訳別の遅延時間の和をとる方式に変更し、実際の運転状況を反映するものとした。

3. 二分割シールドと加速器の運用変更

3.1 二分割シールド

2009 年夏にそれまで C セクター後半にあった電子銃 (CT_Gun) が 3 セクター先頭に移設され (3T_Gun)、2010 年夏にはそのすぐ上流の位置に二分割シールドが設置されることになった。図 3 はこのシールドの配置図である。図からわかるようにシールドは厚さが 60cm の前後 2 つのコンクリートブロックを横にずらし、上流側のブロックに接続した鉄製壁 (上下流間の連絡扉を含む) のすぐ前に人が立っても下流側の加速器が放射線的に見えないような配置になっている。下流側のブロックはバンチャー管の後端から約 9.2m の距離にあり上流側ブロックはそこから 113cm の距離をとっている。この位置での加速器にはコンクリートでは放射線を遮蔽できない加速管や加速管架台の様な大面積の中空パイプがなく、細いビームパイプしかないため好都合であった。

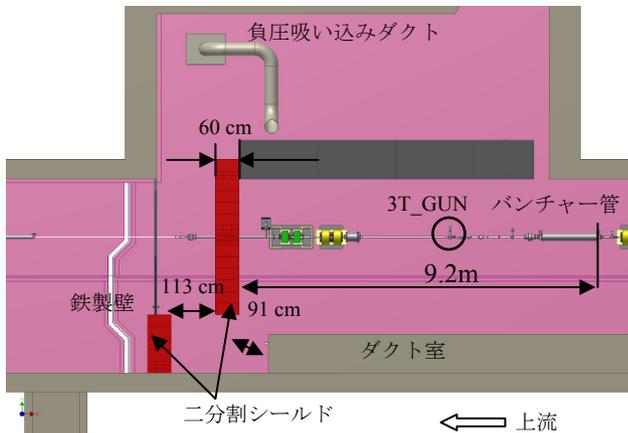


図 3：二分割シールドの配置

ビームがバンチャー管終端で 69% 損失されるとして計算された下流側ブロック上流側面での放射線量は γ 線・中性子あわせて $13.3 \mu\text{Sv/h}$ となり、KEK での一般管理区域の基準である $20 \mu\text{Sv/h}$ を下回っている。実際に文部科学省による施設検査での測定値はほとんどゼロであった。また、21nA への電流制限は第 3 スイッチヤードにある電荷制限装置で行われている。

コンクリートブロックと上述した鉄製の壁は下流側加速器運転時に発生する放射化した空気を上流側に漏らさない様に、それぞれトンネルの天井や壁とコーキング材により隙間なく接触している。また、

汚染した空気の漏洩防止のためにはちょうどこの付近にある下流側トンネルを負圧にするための既設吸い込みダクトが効果を発揮している。前後のコンクリートブロック間の 113 cm のスペースと下流側ブロック・ダクト室間の 91cm のスペースがメンテナンス時に作業用台車の通行をかるうじて可能にしている。

3.2 加速器運用の変更

入射器には 2 台の電子銃があり、A セクター上流にある A1_Gun と前述した 3T_Gun である。前者は KEKB 入射用の電子ビームと陽電子標的への大電流電子ビームの発生に 2010 年夏まで使用され、後期からは開発用電子ビームのために使用されている。後者は PF リング、PF-AR への電子ビーム入射に用いられているが、分割シールドの設置により上流側 (A~2 セクター) のトンネルに人がいても運転できるようになった。また、この夏より始まる陽電子用ダンピングリング (DR) の建設工事期間においても運転ができる。但し二分割シールドより下流側 (3~5 セクター) の保守期間に A1_Gun の運転をすることはできない。この様に二つの電子銃がほぼ独立した運用となるため、放射線安全インターロックシステムも分割されることになった。即ち(1)運転制御卓のビームキー、(2)ビーム ON を許可する「READY 信号」、(3)トンネル入室時に作業員の安全を担保するパーソナルキーシステムもそれぞれ 2 つずつになった。上流側の運転は下流側運転状態の制約を受けるため「READY 信号」の成立条件に下流側「READY 信号」を組み込んでいる。下流側の運転が下流リング運転状態の制約を受けるのはこれまで通りである。図 2 は運転制御卓の操作パネルを示す。上下流が色分けされ、ビームキーも 2 つになっていることがわかる。



図 4：二分割運転操作パネル

青色の領域が上流の、黄緑色の領域が下流の操作部分を表す。

4. SuperKEKB 用要素開発とビームスタディ

SuperKEKB ではルミノシティをこれまでの 40 倍とするため、入射器から供給される電子/陽電子ビームのパンチあたりの電荷量とエミッタンスが、それぞれ 1 nC と 300 $\mu\text{m}/1\text{nC}$ と 2100 μm から 5 nC と 20 $\mu\text{m}/4\text{nC}$ と 10 μm へ増強される。これらは、電子ビームについては電荷量増加、低エミッタンス化とともに光 RF_Gun を採用することによって達成される。また、陽電子ビームについては電荷量増大を後述するフラックスコンセントレータ (FLC) あるいは超伝導ソレノイドコイルと大口径加速管 (Lバンド加速管、大口径 S バンド加速管) からなるキャプチャーセクションによって行い、低エミッタンス化については DR で達成する設計となっている^[4]。

光 RF_Gun は現在 2 候補あり、LaB₆ カソードでレーザー波長が 266 nm のタイプ^{[5],[6],[7]}と Cu あるいは Cs₂Te カソードで同じく 200 nm のタイプのもの^[8]が検討されている。LaB₆ 電子銃は本年夏までにリニアック下流部に設置され、試験が行われる予定であり、Cu 電子銃も年末までに上流部に設置されることになっている。図 5 にそれぞれの試験位置を 3 章の二分割シールドの位置とともに示す。

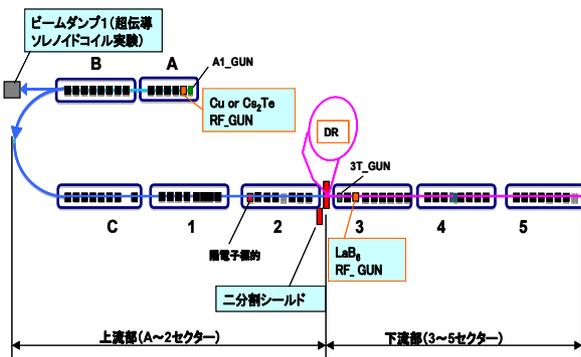


図 5: 光 RF_Gun の試験位置

上述した FLC は陽電子標的の直後に置かれ、急峻な立ち上がりで緩やかな立ち下りの強磁場を発生するものであるが、昨年秋にロシアの BINP 研究所から供給されたものを使用し 7T の磁場の発生に成功している^{[9],[10]}。超伝導ソレノイドコイルについては今年の 3 月にビームダンプ 1 にて (図 5 参照) クエンチ実験が行われた^[11]。

光 RF_Gun からの初期の低エミッタンスビームは、種々の原因で一般には保存しない。昨年秋から冬にかけて既存の電子銃ビームを用い、電子銃以降のビームエミッタンスがどのように変化するかビームスタディが行われた。色々な知見が得られたが、現在の低電荷ビームのエミッタンスでも増大していること、その原因が四極電磁石のミスアライメント

によるディスパージョンであることがつきとめられている。また、SuperKEKB の要求性能を達成するための方法も見出されようとしている^[12]。

エミッタンス保存にとって加速器要素配置のアライメントのずれが大きな障害となる。入射器に元々あったレーザーアライメントシステムの再構築^{[13],[14]}、フレネルレンズを用いたシステムの検討^[15]もビームエミッタンススタディとあわせて精力的に行われている。

参考文献

- [1] K.Suzuki, et al., “東日本大震災からの KEK 電子陽電子入射器真空系の復旧作業”, in these proceedings.
- [2] Y.Imai, et al., “東日本大震災からの KEK 電子陽電子入射器高周波源の復旧作業”, in these proceedings.
- [3] K.Suzuki, Private communication
- [4] T.Higo, “SuperKEKB のための入射器アップグレード”, in these proceedings
- [5] T,Natsui, et al., “SuperKEKB 用高電荷低エミッタンス DAW 型高周波電子銃の開発”, in these proceedings.
- [6] M,Yoshida, et al., “SuperKEKB 用高電荷低エミッタンス DAW 型高周波電子銃用レーザーの開発”, in these proceedings.
- [7] X.Zhou, et al., “SuperKEKB に向けた DAW 型 RF 電子銃用ファイバーレーザーの開発”, in these proceedings.
- [8] F,Miyahara, et al., “SuperKEKB のための低エミッタンスフォトカソード電子銃開発”, in these proceedings.
- [9] T,Kamitani, et al., “SuperKEKB に向けた KEK 入射ライナックの陽電子ビーム増強”, in these proceedings.
- [10] S,Ushimoto, et al., “フラックスコンセントレータ用磁場測定システムの開発 (2)”, in these proceedings.
- [11] K,Yokoyama, et al., “陽電子収束用超伝導ソレノイドコイル開発のためのビーム照射実験”, in these proceedings.
- [12] M,Yoshida, et al., “SuperKEKB 入射器におけるエミッタンス保存”, in these proceedings.
- [13] M,Satoh, et al., “KEKB 入射器におけるレーザーアライメントシステム”, in these proceedings.
- [14] K.Hisazumi, et al., “KEKB 入射器におけるレーザーアライメント用光検出器の高精度取り付け”, in these proceedings
- [15] T.Suwada, et al., “KEKB 入射器におけるフレネルレンズを用いた新しいレーザーアライメント”, in these proceedings.