

[07-P01]

## Present Status of KEK Electron/Positron Linac

H. Kobayashi, Injector Linac Group

High Energy Accelerator Research Organization(KEK)

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

### ABSTRACT

The upgrade of the linac, started in 1994, has been successfully carried out, always keeping beam injection to both PF and PF-AR rings. During the commissioning of KEKB, beam switching among KEKB rings(8 GeV and 3.5 GeV) and PF ring(2.5 GeV) is performed in a short time. Present status of the injector linac and improvements of beam switching scheme will be presented.

### KEK 電子陽電子入射器の現状

#### 1. はじめに

電子陽電子入射器では、1994年以來 KEKB のためのエネルギー増強を行ってきた。この増強の間、フォトンファクトリ (PF) と蓄積リング (PF-AR) への入射を継続することが基本的条件であった。エネルギー増強が 1998 年 5 月でほぼ終了し、以來入射器の単独調整を経て、同年 12 月には KEKB リングのコミッショニングが開始された。ライナックは当初の予定通り、8GeV の電子ビームと、3.5GeV の陽電子ビームを入射し、1999 年 6 月初めには初のハドロニックイベントが観測された。これらのコミッショニング中も、KEKB の電子 (8GeV)、陽電子 (3.5GeV) の 2 リング、2.5GeV のフォトンファクトリ (PF) の間での切り替え運転がなされてきたが、1999 年 6 月には蓄積リング (PF-AR) もこれに加わり、その時点から計 4 リングへの入射が開始される。試験的切り替えはごくスムーズに出来ることを確認しているが、今までの経験から、今後 4 つのリングに異なったエネルギーの電子及び陽電子ビームを、ほとんどロスタイム無しに入射していくことは、かなり厳しい仕事であることが予想される。そこで出来るだけ短時間に、再現性良く切り替えを行うため、入射器本体の改良と、切り替

えスキームの改善の取り組みを行っている。ここでは、入射器の運転状況、加速器安定化の取り組みおよびビーム切り替えに対する取り組みの現状について報告する。

#### 2. 運転の状況

リニアックのここ 10 年ほどの故障率を示す運転統計を図-1 に示す。ここでの故障率の定義は、リニアック修理の総時間を、総高電圧印可時間で割ったものである。一般にはスタンバイのモジュールが相当数あること、故障している時間帯と入射の要請が必ずしも一致しないこと等より、いわゆる入射に影響を与える故障はほとんどの年で限りなくゼロに近い。このグラフでは 1998 年の稼働率が悪くなったことが目立つ。そこで 1998 年をもう少し詳しく見る意味で、月別の稼働状況を図-2 に示す。9 月に故障が特に多く、9 月以降も多めである。9 月にはエイジングのために立ち上げており、いわゆる営業運転をしてはいない。入射器では 9 月にそれまで 10 年以上続けた 25Hz 運転から、モジュレータ全体を 50Hz 運転に切り替えている。さらに、大電流 2856MHz のシングルバンチビームの実用化がはじまり、新規に組み込まれたそのためのコンポーネントが本格的に稼働を始めている。一つ一つの故障の詳細

細を見ると広い範囲にわたっているが、これらはいわゆる新しいフェーズでの初期のトラブルと捕らえることが出来よう。

### 3. 加速器の改良

今回の改造を振り返ってみる。

- ・陽電子発生用ライナックは加速の方向を変え、アークを付け、さらにその後ろに加速部を追加する。この旧陽電子ライナックを中心にして作り上げたライナックが、3GeV 強となる。
- ・従来の 2.5GeV リニアックは保守期間中に一部ずつ高エネルギー化し、全体をエネルギー増強する。この改造の間も放射光リングにビームを入射しつづけた。この部分が 5 GeV 強となる。
- ・2台の電子銃を利用することで、新規の部分と、従来のリニアックの接続を 1 週間以内に行い、ほとんど入射を停止することがなかった。

このように、この計画は、大幅な規制のあるものであったが、結果として基本パラメータはすべて満足するものが得られた。

このような大きな改造作業の後では当然のこととも取れるが、KEKB のコミッショニングが開始された直後のビームの安定性は、満足のいくものではなかった。この不安定性を克服すべく各種の検討を行い、約 20 点の改良を行う予定を立てた。そのうちのいくつかをリストアップする。

- ・SHB1 (114MHz) の更新：古い真空管式アンプをそのまま流用したもので、固体素子化を図る。
- ・SHB2 (571MHz) の空洞の更新：古いキャビティであり、冷却を十分に施したものに交換。
- ・A-1 クライストロンドライブ電源の交換：専用に設計したものにする。
- ・マイクロ波全般のモニタ強化：全マイクロ波電源（クライストロン、SHB 等）の出力パワー、位相、波形のモニタとトレンドグラフ化する。

- ・電源コントローラ：電磁石電源の設定値とそのモニタ間の精度の向上のため更新する。

等々細部にわたって計画を立てた。さらに今後重要になると思われる、フィードバックの強化を含めての改良計画を立てた。現在できるものから実施中である。一部には部分的に完成し、利用に供し成果をあげているものもある。

陽電子発生用の一次ビームは大電流でありウエークフィールドで不安定性が増大される。そして何よりも不安定性の大きい要因と考えられるが、大電流ではエネルギースペクトルをよくするためにビームをマイクロ波の頂点ではなく、肩に乗せる。このため、各機器の有するジッター等の影響が大きく出る。そこで個々の単体部品の安定性向上、並びにそのモニタが重要になる。さらに全体として運転スケジュールがハードになっているので、故障時、異常時の早期診断等の機能の充実が不可欠である。

### 4. PF と AR への入射

KEKB リングと PF または PF-AR へのビーム入射切り替えでは、短時間内の切り替えはそれぞれ数分でスムーズに切り替わる。問題は、このように多くのリングに入射するようになると、万一、入射が不調の時にどのように判断をし、対処するかということになる。従来の反省として入射が不調の時に、入射器とリングのどちらに原因があるのか判定が難しかった。このような場合入射器から順に調査し、結果として多大な時間を使うことになる。幸い KEKB の改造ではビームモニタが従来に比して飛躍的に充実し、かなり客観的な判断基準を設けることが出来るようになってきた。加速器施設全体での入射改善検討委員会を作り、そこでの検討をもとに以下を取り決めた。

- 1) 入射器はその出口のビーム位置をビーム位置モニタで正確に決める。実際には、直線部が短く、完全にフリーなスペースはごく短い。3メートル離れた2台のビーム位置モニタで、位置と傾きを押さえた。オペレータは、

図-3に示すようなビーム位置と傾きが予め決めた円内に入るようにする。

- 2) 1)でライナック出口のビーム位置と傾きを決めるので、リング側の偏向電磁石の通過後のある点での通過位置を確認することでエネルギーの調整を行う。実際には、ビーム位置モニターでビーム位置を確認する。
- 3) ビームのバンチ幅はC-7と呼ばれる1ユニット内ですべて決まっている。通常運転では、エネルギー最大が、エネルギー幅最小とほぼ一致するので、C-7位相をその後の全加速管に対して最適化する。
- 4) PFとPF-ARに対してはエネルギーが十分にあるので、出来るだけユニット毎にスタンバイを作る。このようにすると、万が一何らかの原因で加速ユニットを交代する場合には隣のユニットを使用できる。この隣同士のユニットの交換では、計算上も経験的にもライナック出口のビームの位相空間上の形は入射にほとんど影響しない。

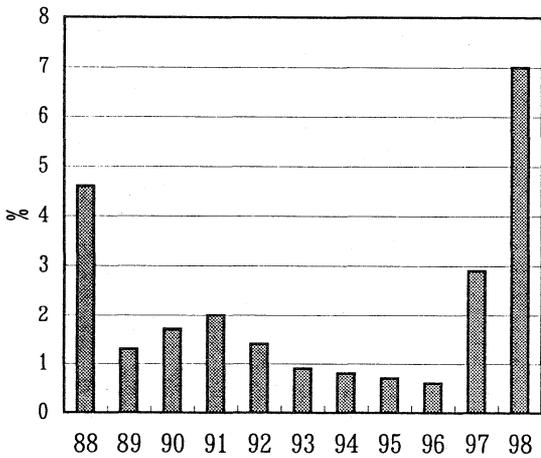


図-1. ここ11年間の故障率の推移

以上のように取り決め、入射器とリングの双方の責任区分が明確になった。このように診断が早くなるだけでも、今のところすこぶる順調に入射が続いている。

### 5. まとめ

PFとPF-ARについては入射の条件を取り決めるだけでもそれまでに比してかなりシステムティックに入射を行うことができるようになった。KEKBについては、技術的により安定度の高いシステムを目指す必要があると考えられる。一度運転が始まると、入射器の保守や調整はすべての下流のリングのアクティビティに影響するという側面があり、大きな悩みとなっているが、それだけに一層モニターや診断技術を向上させ、短時間でこれらを行うことができるようにしなければならない。上述した改善計画がすべて終わる頃にはそこに向かっての基礎が出来ることになると期待される。

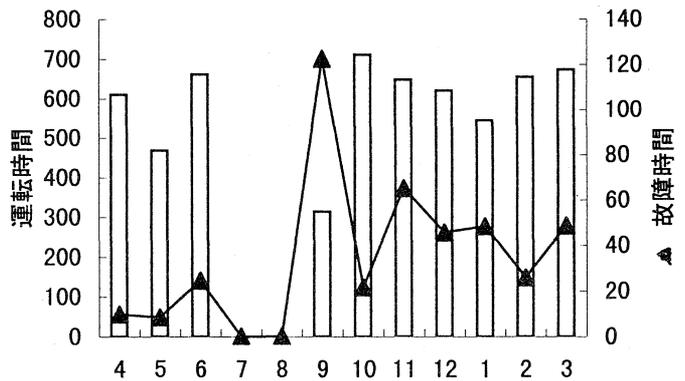


図-2. 1998年の月別運転時間と故障時間

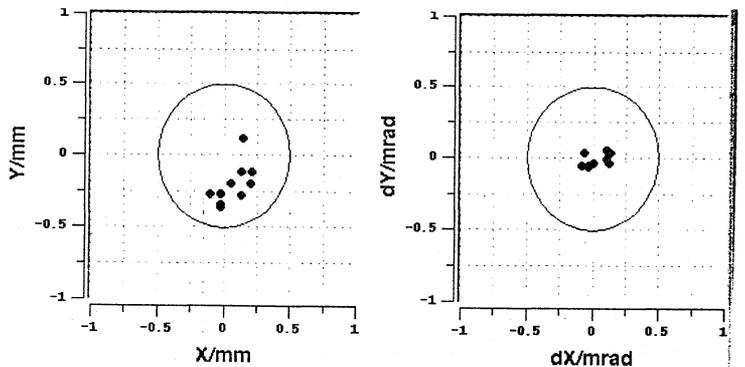


図-3. ライナック出口のビーム位置、傾き