

[12A-05]

## 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 Electron/Positron Linac injects electron and positron beams into four different rings; KEKB High Energy Ring(electron 8GeV), KEKB Low Energy Ring(positron 3.5 GeV), PF(electron 2.5 GeV), PF-AR(electron 2.5 GeV). During the summer shutdown of 1999, many improvements such as upgrade of an SHB1 power supply, installation of a new SHB2 cavity with an improved cooling channel, introduction of a new workstation for feedback systems etc.. Stability of the linac has been improved and beam switching among these rings is performed in a short time. Operation time of the linac during FY 1999 was 7,296 hours. Statistics of linac operation and activities for obtaining high reliability of the linac are presented.

### KEK 電子陽電子入射器の現状

#### 1.はじめに

高エネルギー加速器研究機構の電子陽電子入射器は、KEKB の高エネルギーリング（電子 8.0GeV）、低エネルギーリング（陽電子 3.5GeV）、PF および PF-AR リング（電子 2.5GeV）にビームを切替えて入射している。異なったビームエネルギーを切替えての入射であるが、ほぼ当初計画した切り替え時間での入射が可能となっている。1999 年度は KEKB の本格運転に伴って大幅に運転時間が増大し、7,296 時間の運転を行った。このような長時間運転での入射器の運転状況と、信頼性確保のための各活動をまとめる。

#### 2.運転概況

陽電子発生用の 1 次ビームとして、S バンド加速器で 1 バンチあたり 10nC の大電流を加速することと、ビームエネルギーとビーム種類の異なる 4 台のリングに、列車の運転ダイヤのような正確さで運転を切替えるという点は、世界の加速器のリーダー的研究者で構成される KEKB

のアドバイザーコミッティでも、一つの問題とされていた。昨年のこの研究会で、立ち上げ当初であり当然のこととも考えられるが、その懸念の一端が現実のものとなったことを報告した。そこで、出来るところからの改善に着手し、昨年のこの研究会の直前に PF リングと PF-AR リングについて、入射の改善が成功したことを報告した<sup>1)</sup>。同時に、主として KEKB の運転上 20 項目に上る安定化対策を計画し、昨年の研究会直後の夏季シャットダウン時に実施の予定である旨の報告を行った。幸いこれらの改造は期待通りの成果を挙げ、秋以降の運転は大幅な安定度改善へとつながった。2000 年 2 月に行われたマシンアドバイザーコミッティでは、10nC のビームが安定に加速されていること、4 つのリングへの切り替えがスムーズに行われていることに対し高い評価が与えられた。KEKB 用の電子陽電子ビームの加速には入射器と KEKB 加速器のメンバーによるコミッションングチームが精力的に取り組み、大幅な改善を行っており、

この会議で別途報告される<sup>2)</sup>。

### 3. 運転統計

KEKB が本格的実験に入った昨年度は、運転時間が 7,296 時間と大幅に伸びた。入射器として運転時間が 7,000 時間を越えたのは初めてのことである。

#### 3-1. 運転と故障

従来からマシンダウンタイムと、ビームロスタイムの 2 つのデータを蓄積してきた。前者はとにかく故障した装置があれば、その発生から修理完了までにかかった総時間をもって定義している。例えば本加速器は 8 セクタ、総計 59 ユニット（クライストロン、モジュレータ、加速管 4 本で構成）を有するが、当初より、数台のユニットをスタンバイ状態で使用するよう設計されている。つまり 1 ユニットに何かの支障がある時には、すぐにスタンバイ機が代わって運転される。したがって故障がすぐには運転に支障をきたすとは限らない。しかし、マシンダウンタイムは、何れかの構成品に故障が発生してから直るまでの総時間をとっている。一方、後者のビームロスタイムは、入射に支障のあった時間で定義している。1999 年度の主要な運転統計を表-1 に示す。

総運転時間：	7296 時間
高電圧印可時間：	7257 時間
マシンダウンタイム：	536 時間
ビームロスタイム：	73 時間

表-1 1999 年度運転統計

マシンダウンタイムは総運転時間に対して約 7% となり、1998 年度とほとんど同じであった。1999 年度は、KEKB が立ち上がってから 1 年を通してフル運転を行った初めての年であり、今後の運転改善等の基礎になると考えている。

#### 3-2. 入射状況

4 リングへの入射切り替えがスムーズになり、全リングとも入射レートにも改善が見られてい

る。ここでは 1 例として PF の状況を報告するが、昨年報告したように、KEKB 計画で充実したビームモニタ類を駆使し、かつリング側との綿密な取り決めにより、昨年春の入射改善以降はほとんど問題なく安定に入射できた。この改善の効果を示す値として、表-2 に 1998 年度と、1999 年度の PF リングの総運転日数と、年間の入射時間の和としての総入射時間を示す。

	1998 年度	1999 年度
運転日数 (日)	178	221
総入射時間 (時間)	249	161

表-2 年度別 PF リング運転日数と総入射時間

この表からわかるように、1999 年度は運転日数が増えているが、総入射時間が逆に減っている。これは入射が順調で入射に余計な時間が掛からなくなったことと、入射の際にとるデータを大幅に整理し合理化を行った 2 つの結果と考えられる。

#### 4. 保守の概要

前述のように 1999 年度も、マシンダウンタイムは約 7% となった。これらはほとんどが手際よく修理され大きな問題とはなっていない。昨年度に 30 分以上の修理時間を要した故障は全体で、216 件あった。これから制御関係のそれらを除いた 168 件中、同じ問題が複数のユニットにわたって起きたもの、または同じ問題を繰り返したものが 77 件以上ある。このように繰り返す問題については対処できるものから本質的な対策を取っており、今後信頼性が徐々に改善されることが期待される。

##### 4-1. 加速管 A-1, 2-1 問題

上述の保守中、とくに際立ったのが加速ユニット A-1 と 2-1 内での放電で、以下に詳細を述べる。加速管関連と分類された 30 分以上のマシンダウンは、30 件あったが、この内 26 件は、A-1 と 2-1 の加速管内の放電によるものであった。これらは A-1 が電子銃直後の、2-1 が陽電

子発生ターゲット直後の加速ユニットで、これ等にマイクロ波が供給されないと、前者では電子が、後者の場合には陽電子が、全然加速出来ない重要なユニットである。両ユニットともそこでのビームエネルギーが低く、加速管がソレノイド磁場中に設置されている。放電の様子を見ると大半がパルスの後半で放電開始に至っている。そこで 2000 年 3 月に、これら 2 つのユニットの導波管構成を変更し、2-1 ではクライストロンユニットを追加する等の大工事の末、マイクロ波パルス幅を短くした。A-1 が 1 マイクロ秒から約 500 ナノ秒に、2-1 は 500 ナノ秒からその半分以下へと短縮した。その後は順調に運転を継続している。

#### 5. 運転の改善

どの加速器も入射器以上に信頼度はあがらないことになるので、入射器が信頼性高く運転できることは非常に重要である。そこでより安定に高度に運転を行う意味で行っているアクティビティのいくつかを紹介する。

##### 5-1. 運転日誌

1999 年の夏に、ライナックのビーム操作盤を KEKB の制御室にも設置し、KEKB の制御室を中心にライナックのビーム操作を行うことにした。これによって入射器とリングの運転が一つの部屋から行えるようになり、相互の状況把握が一層容易になった。一方、入射器を構成する多くの機器の運転監視を行うためには、従来の制御室の機能も重要であり、両制御室の情報交換を密にする必要があった。以前よりこのようなことが見込まれ、運転日誌をコンピュータに書き込む準備が進められていたが、これを機に全面的にコンピュータを利用するようになった。それによって両制御室で同じ運転日誌を見ることが出来、さらに書き込みも出来る。それに伴い、ビームのオン、オフといった操作は自動記録とし、総運転時間も計算機上で算出できるようになっている。

##### 5.2 保守と立ち上げ

大型加速器の保守をどのように行うかは多くの

意見がある。一般的には、ルミノシティマシンでは、故障したら修理するとの方針が主流で、故障するまで走るのが効率が良いとされ、ユーザー時間が細切れの放射光マシンは、ほとんどが定期的なメンテナンスを取り、予定外の停止を極力避ける方針のようである。この入射器はこれら両方に入射している。いまのところ、2 週間に 8 時間の定期保守をとることにしている。この内 6 時間を保守に、残りの 2 時間を再立ち上げに使用する。

##### 5.3 週間打ち合わせ

毎週その週の運転のまとめを行い、各機器についてどのようなインタロックが何回動作したかのリストアップ、動作状況のまとめをし、危険と考えられるものについては対策を取っている。

##### 6. まとめ

入射器は基本仕様を達成し、切り替えやビーム再現性等もほぼ満足のいく状態となった。勿論入射器に対する要求は尽きることはなく、より多くの陽電子ビームの加速を目指す R&D や、より安定な運転を目指す努力が続けられている。さて、今後の大きな加速器を考えると、この加速器はわずか 59 ユニットではあるが、運転上各種の問題を提起しているように思う。クライストロンと窓の保護のため常時モニタしている VSWR 値が、ある規定値より大きくなると、瞬間ではあるが運転を止める。今のところ、このインタロックが約 15 分に 1 回の割で動作する。1 ユニット平均では、1 日に 1.5 回程度である。このような運転上の問題や、ビーム安定度等を実機の経験として蓄積していきたい。

##### 参考文献

- 1) H. Kobayashi et al. Proceedings of 24<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan.
- 2) T. Matsumoto et al. Proceedings of this meeting.