

PRESENT STATUS OF THE KEK ELECTRON / POSITRON INJECTOR LINAC

Yujiro Ogawa¹ 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

The operation status of the KEK electron / positron injector linac in FY2006 was quite satisfactory without any serious machine troubles, keeping high accelerator availability. One of the major advances was the first installation of a crystal target for positron production in the linac: a positron yield increased by about 26 % compared to usual amorphous targets. Operation statistics and various maintenance works for stable operation are reported as well as the status of some upgrades such as the crystal positron target and R&D items relevant to future accelerators.

KEK電子・陽電子入射器の現状

1. はじめに

KEK電子・陽電子入射器は、KEKB^[1]に8GeV電子と3.5GeV陽電子ビームをほぼ連続的に入射するとともにPFおよびPF-ARにそれぞれ2.5GeV及び3GeVの電子ビームを供給している。年間運転時間が7000時間を超えてからすでに8年が経過(図1)したが、逐次各種改善等を進めてきた結果、ここ数年安定なビーム運転を実現している。ビームの性能を維持するために入射中にビームパラメータを測定し調整するだけでなく各ハードウェアコンポーネントのチェックを独立に行い適宜調整・修理・改善を行っている。

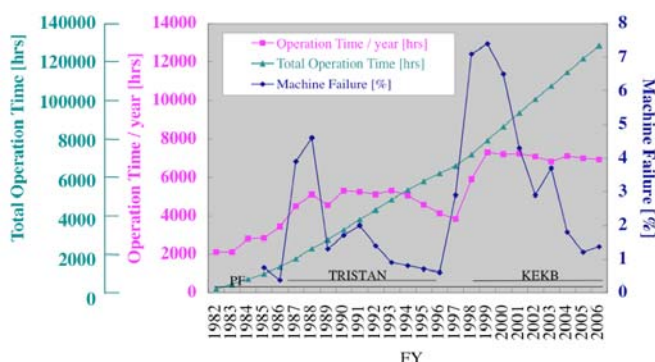


図1：入射器の運転時間と故障率の推移。

2006年度のトピックスの一つは、陽電子生成用標的として世界に先駆けて結晶標的を実用化^[2]し、実際の運転に使い始めたことである。陽電子生成効率は従来のアモルファス標的に比べて約26%増加した。また、SuperKEKB計画のための陽電子8GeV化を目的としたC-band加速システムが1ユニット分完成^[3]し、所定の加速利得を大きく上回る成果(1ユニット当たり172MeV[設計160MeV])を得ている。C-bandユニットもビーム加速に使用中である。

本論文では、運転の現況、運転統計、維持改善内

容とともに結晶標的等のアップグレードや将来の加速器に向けてのR&Dの状況について報告する。

2. 運転の状況

この一年の運転上の特徴は、今年前半にKEKBにCrab空洞が設置されその試験運転が始まったこと、およびPFの連続入射試験(1週間連続)が行われたことである。このことは年間運転時間の内訳(図2)に反映されている。KEKBではビーム占有時間が若干減少し、逆にPFへの入射時間が大幅に増えた。その結果ビームモード切替時間も増えている。今後KEKBのCrab空洞が大電流で運転状態となるとビーム寿命の減少に対応して再び入射時間が増えることが予想される。

図3に年間運転時間が7000時間を超えてからの8年間の故障率、入射遅延率(それぞれの時間を総運転時間で割ったもの)および60台のクライストロンのうち一台当りのRFトリップ回数の一平均値を示す。いずれの値も昨年度とほぼ同等で運転に支障のない状況(可用性: availabilityは98%)が続いているが、改善傾向は見られなくなってきた。入射器の入射時間の増加に伴う運転時のビーム性能確保、ハードウェアの維持管理が限界に近づいていると思われる。

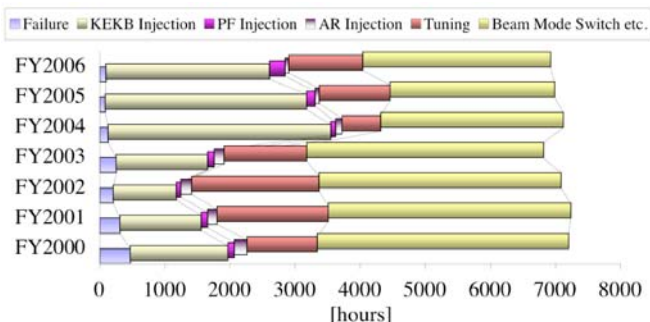


図2：年間運転時間の内訳の推移。

¹ E-mail: yujiro.ogawa@kek.jp

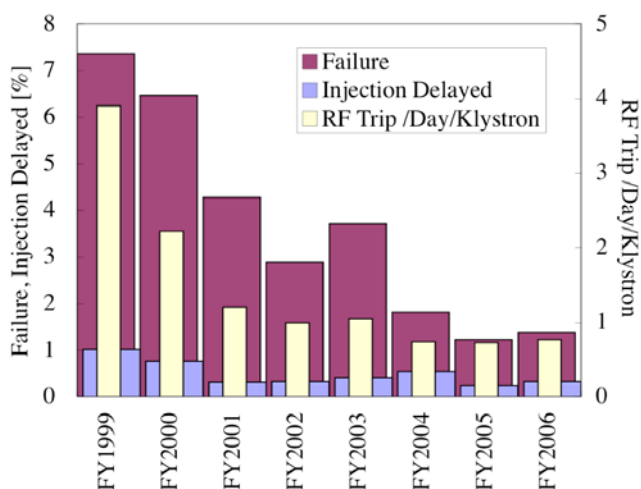


図3：故障率、入射遅延率、RFトリップ率の推移。

3. 運転統計

3.1 故障および入射遅延の内訳 (FY2006)

昨年から故障の分類を公開しているが、今年は故障時間の内訳だけでなく実際に入射遅延をもたらした時間の内訳を図4および図5に示す。両者と比較して特徴的なのは、制御などはほぼ同じ比率である、しかしRF関係の故障時間割合は高いが入射遅延時間の割合は約半分である、真空の場合故障時間割合は少ないが入射遅延時間割合は多い、ことである。この結果は、真空関連の故障の場合復旧に時間がかかることが多いので当然ではある。今後の故障時対策の一つの重要な観点は復旧に時間のかかるものを重点的に改善していくことにあるといえよう。

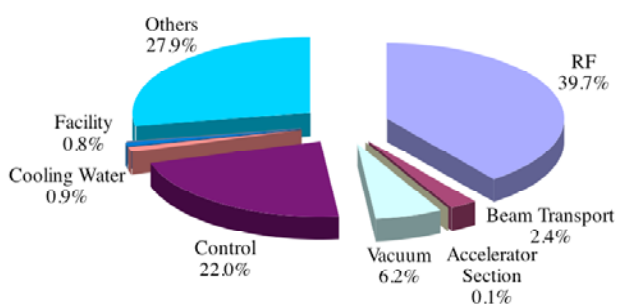


図4：故障時間（約95時間）の内訳。

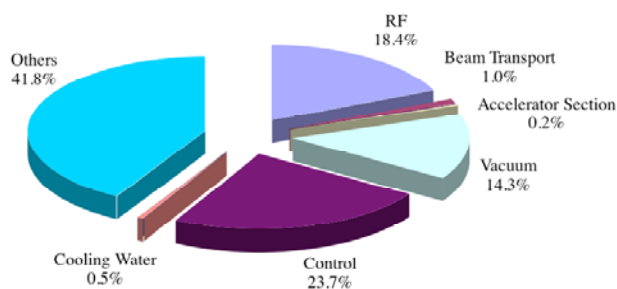


図5：入射遅延時間（約22時間）の内訳。

3.2 MTTFとMTTRの推移

図6には故障とRFトリップ（60台）についてMTTF (Mean Time to Failure = 運転時間/回数) の推移を示す。故障については2003-4年 (KEKB連続入射開始) に一旦悪化した後、少しずつではあるが改善している様子がわかるが、RFトリップについては現状維持が続いている。

故障内訳についてMTTR (Mean Time to Repair = 故障時間/回数) を年度毎に求めると、図7のように2006年度は前年に比較して冷却水関係にかなりの改善が見られる。これは、昨年指摘した冷却水システムの老朽化対策が施された結果である。

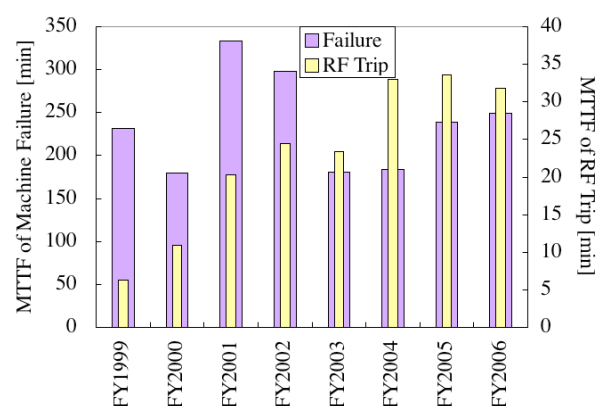


図6：故障とRFトリップに関するMTTFの変遷。

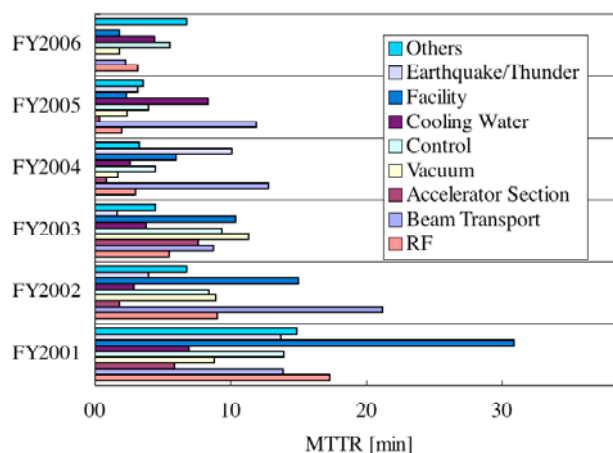


図7：故障内訳のMTTRの推移。

4. アップグレード

4.1 陽電子生成用結晶標的の実用化^[2]

チャネリング放射を利用したタンゲステン単結晶陽電子生成標的を実用化し、入射器のビームラインに導入した。結晶軸とビーム軸のアライメントを精密にとった結果、陽電子ビーム発生効率が約26%上昇した。図8に単結晶導入前と比較した陽電子発生効率を示す。これまで約10ヶ月、ビーム運転に使用し各種データを収集してきたが、とくに大きな問題はなく、むしろ熱の発生抑制に興味深い結果が得ら

れている。詳細は本研究会報告を参照のこと。

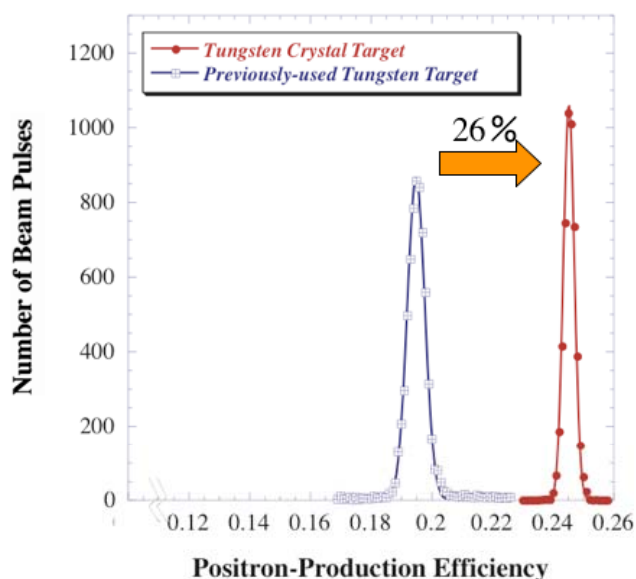


図 8 : タングステン単結晶標的による陽電子ビーム発生効率の増加。文献[2]より転載。

4.2 多バンチ化実験のための電荷制限装置^[4,5]の運用

陽電子増強の別の方法として昨年提案された多バンチ化の試験のために、入射器のビームパワー増強の放射線申請を行った。放射線シールド強化をせずにビーム運転の時間制限を設けることにより許可を得たが、具体的な方法として電荷制限装置を入射器の要所に設置し検査を受けた上、本年秋から運用を開始する予定である。詳細は本研究会報告をみよ。

なお、ここで紹介しなかった各種アップグレード項目については文献^[6-11]を参照のこと。

5. 将来計画R&D

入射器のメンバーはKEKにおける各種の将来計画R&D (SuperKEKB, ILC^[12-17], ERL他^[18-22]) に参画している。ここではSuperKEKB計画で想定されている陽

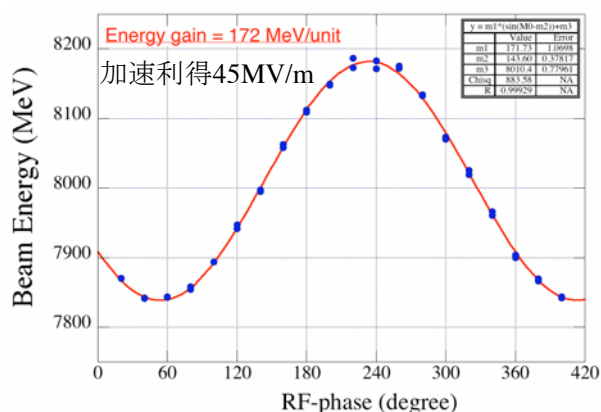


図 9 : Cバンド加速ユニットの8GeV電子ビームを用いたエネルギー測定例。文献[3]より転載。

電子ビームの3.5→8GeV化のために必要なC-band加速システムの最新のビーム試験結果^[3]を紹介する。

C-band加速システムはこれまでの開発によりほぼ完成し、ユニットと呼ばれる長さ4メータ弱の加速システムをビームラインに設置しRFエージングを続けてきた。今回、ビーム試験の結果加速利得として45MV/m (図9、これまでの最高値、文献[3])を得た。

参考文献

- [1] 小磯晴代, “KEKB加速器の現状”, These proceedings.
- [2] 諏訪田剛, “タングステン単結晶標的を利用した陽電子源”, These proceedings.
- [3] 紙谷琢哉, “SuperKEKBのためのCバンド加速ユニット開発の現状”, These proceedings.
- [4] 諏訪田剛, “KEKB入射器における放射線安全のためのビーム電荷制限システム(II)”, These proceedings.
- [5] 門倉英一, “PLCによるKEKB入射器の放射線安全のためのビーム電荷インターロックシステム”, These proceedings.
- [6] 古川和朗, “KEKBと電子入射器の制御システムと信頼性”, These proceedings.
- [7] 佐藤政則, “WindowオシロスコープベースEPICS-IOCを用いた高速BPM-DAQシステムの開発”, These proceedings.
- [8] 草野史郎, “KEK LinacにおけるEPICSを利用した制御システム”, These proceedings.
- [9] 工藤拓弥, “KEKB LINACのBPM-DAQシステム”, These proceedings.
- [10] 片桐広明, “高周波計測・制御用FPGAボードの評価”, These proceedings.
- [11] 今井康雄, “KEK 電子陽電子入射器におけるクライストロンおよびサイクロトロン維持管理”, These proceedings.
- [12] 福田茂樹, “KEK超電導RF試験装置(STF)のRF源の開発”, These proceedings.
- [13] 明本光生, “KEK超電導試験設備(STF)に於ける10MWクライストロン用パルスモジュレータの開発”, These proceedings.
- [14] 竹中たてる, “ILC計画のSTF0.5およびSTF1における導波管の現状”, These proceedings.
- [15] 三浦孝子, “FPGAを用いたファーストインターロックシステム”, These proceedings.
- [16] 矢野喜治, “光電子増倍管を利用したアークディテクターの開発”, These proceedings.
- [17] 松本利広, “複数の中間周波数を用いたデジタル低電力RF制御系の開発”, These proceedings.
- [18] 横山和枝, “狭導波管を用いたX-band高電界試験”, These proceedings.
- [19] 牛本信二, “X-bandテストスタンドにおける制御システム”, These proceedings.
- [20] 吉田光宏, “Cバンドマルチビームサブブースタクライストロンの開発”, These proceedings.
- [21] 杉村高志, “アパーチャグリッド式電子銃を利用した高輝度X線源の開発”, These proceedings.
- [22] 大沢哲, “KEKB/PFリニアックに於けるCNT冷陰極ビームの加速試験”, These proceedings.