

KEK POSITRON GENERATOR UPGRADE

A. Enomoto, K. Kakihara, T. Kamitani, T. Oogoe, S. Ohsawa, M. Yokota, I. Sato and A. Asami
National Laboratory for High Energy Physics (KEK), Oho, Tsukuba-shi, 305

ABSTRACT

The KEK positron generator upgrade is now in progress. The first step of the upgrade has been finished, resulting in increasing the positron intensity as it was expected theoretically; furthermore, a positron-electron separator was installed just after the positron focusing solenoid and successfully operates to stop electrons without decreasing the positron beam.

KEK陽電子発生装置の増強の状況

1. はじめに

KEK 陽電子発生装置¹⁾²⁾は 1986年から TRISTAN リングへの定常的な入射運転を開始し、その後 1988 年からは PF 蓄積リングにも陽電子を供給するようになった。1990 年から TRISTAN は第 2 期の高ルミノシティ実験が始まり、さらに数年後には B-Physics 実験への移行が強く望まれている。こうして陽電子の需要はますます高まり、特に B-Physics 実験では現在の最低 10 倍以上の陽電子が要求されている。

陽電子の数を増やすには、1) 入射電子の個数を増やす、2) 標的への入射エネルギーを増やす ((1+2) 標的への入射電子の電力を増やすこと)、3) 陽電子生成断面積 ($d^2n/Ed\Omega dP$) を増やす、4) 収束系のアクセプタンス $\delta\Omega\delta P$ を増やすことなどが考えられる。B ファクトリー計画で要求されているような大幅な陽電子増のためには、電子/陽電子の変換率を増やすだけでなく、どうしても一次電子ビームのエネルギーを上げることが必要である。また、これらの中で、陽電子ビームの質も損なわないのも、入射電子のエネルギーを増やすことであり、その検討や準備も始めている³⁾。しかし、実際にエネルギーを大幅に増やすには大きな改造を含み、これは B ファクトリー計画の実施が固まってからになるであろう。そこで現時点では、陽電子ビームの現実の増強要求も考え、改造を比較的範囲の小さい陽電子発生装置部で始めた。ただ、陽電子収束用のパルスコイル、ソレノイドコイルの強化だけでなく、将来、陽電子ターゲットを現在の 2.5 GeV ライナックの後半にもってくる可能性も考慮し、その際必須となる陽電子/電子セパレータの導入も行なうことにした。

2. 増強の現状

KEK 陽電子発生装置の増強計画をまとめると、表の通りである。90 年度の夏と正月の運転休止期間中に工事を行なって、1991 年 1 月までにステップ 1 の改造を完了し (写真)、7 月末まで約半年運転を行なった。図 1 は従来の収束系と改造後の収束系を示す略図である。新しい収束系では DC ソレノイドを 2 kG x 3.6 m から 4 kG x 8 m に増強した。ソレノイドコイルは従来の間接冷却式からホローコンダクターによる直接冷却式にかえた。太い線材を使用せざるを得なくなったため、外国の陽電子発生装置で伝えられている⁴⁾⁵⁾ ように、パルスコイルや DC ソレノイドの磁場の非対称性によるビームの偏向を恐れたが、リターンヨークの採用やコイルの巻き方の工夫により⁶⁾、中心軸上での横方向磁場は測定の結果かなり小さく押さえられていることがわかった。また、実際の運転でも念のため用意したステアリングコイルの効用は特に認められなかった。ソレノイドの後に設置した陽電子/電子セパレータは、標的から陽電子とともに対発生した電子も 180 度位相スリップしたあとで加速されるため、これを落とすために用いる。混入する電子は陽電子の電流モニターをさまたげビーム調整を非能率的にする。今回設置したセパレータは 1 月の立ち上げ調整の際非常に有効であった。即ち、ソレノイド直後でも容易に陽電子ビーム電流を測定することが可能となり、一次電子ビームの調整が非常に楽になった。セパレータの使用による陽電子ビームの損失も全くなく、現在調整時だけでなく運転中も常時セパレータを入れた状態にしている。図 2 はセパレータを入れたときと off したときのソレノイド直後と陽電子発生装置終端での電流モニターの波形を示し

ている。ソレノイド直後のモニター (WMP-50) ではセパレータを入れなければ圧倒的に電子 (正の信号) が大きいことがわかる。

ステップ1を完了した現在の状況は、パルスコイルは従来そのまま、その後ろのソレノイドの磁場 Bf だけを2倍に増やし、これにともなって、ソレノイドにつづく陽電子発生装置部の四極電磁石系も2倍のアクセプタンスに改造した状態である。この条件では、パルスコイルは同じなので立体角 $\delta\Omega$ は変わらないが (1) 陽電子の運動量アクセプタンス δP が2倍になるので (2) 陽電子の収量が2倍になる。また、(3) 標的上でのビームの整合条件は、ビームサイズの点では現在よりゆるくなる (0.12 \rightarrow 0.24 cm) はずである。一方、(4) 陽電子のビームのエミッタンスは2倍となるであろう。これらの理論的予想は概ね現状と合致している。陽電子発生装置の末端でビームを偏向し電流を測定した結果、電流値は以前の約2倍を示した。また、ソレノイドの磁場を2 kG から4 kG にかえると電流値は概ね磁場に比例して増加し、陽電子のエネルギー幅も増えることがわかった (図3)。十分な実験的検証が行なわれた訳ではないが、(3) と (4) に関連すると思われることで注目すべきことが起こった。それは、以前に比べて陽電子ビームが比較的安定に出ていたにもかかわらず、最近 PF 蓄積リングへの蓄積率が落ちていたことで、陽電子標的上の一次電子のサイズを絞って調整したところ、そのことによる陽電子の電流の増加以上にリングへの蓄積率が上がったということである。ビームのエミッタンスが手軽に測定できる状態でないため確かめられていないが、調整によってエミッタンスの良い陽電子ビームが加速された可能性も考えられる。

3. 問題点及び今後

今回の改造で収束系を強化することによって、陽電子の収量が増えることが確かめられた。しかし、第1ステップのように収束系のアクセプタンスを大きくする方向での改造は同時に陽電子の質も悪くするため、それに見合った受け口を用意しなければならないことも頭に置いておかなければならない。今回の改造で陽電子/電子セパレータがうまく働いたことは将来2.5 GeV ライナックに陽電子発生装置を置く場合の1つの問題点をクリアしたと言えるだろう。

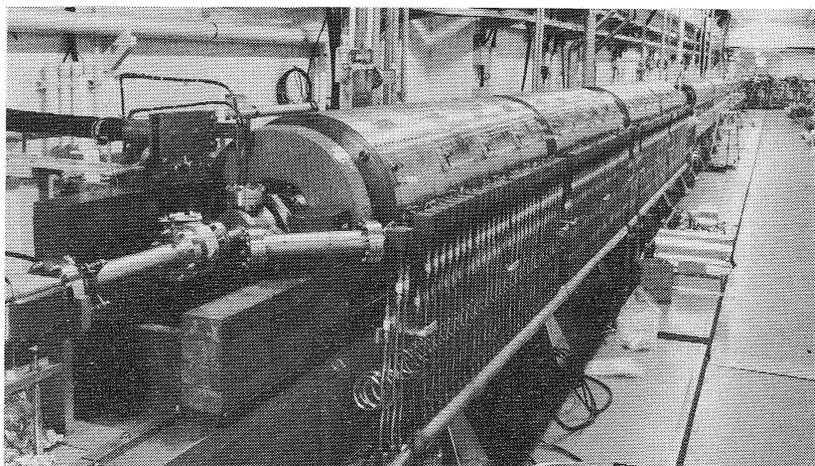
収束系とは直接関係ないが、標的直後の加速管のエージングと放電の問題も今後解決していかねばならない問題である。磁場なしでエージングが完了した加速管も磁場をかけるとまた1からエージングをやっていかねばならない。運転中でもしばしば放電が始まるとそれが継続される傾向があり、単に rf 電力を下げるだけではだめで、運転中も rf 電力をかえつつエージングしてこれに対処せねばならないことがあった。これらは今後の課題である。

また、第2ステップについてもパルスコイルの試作、パルス電源の強化を平行して進めている。

表 改造に伴う陽電子収束系パラメータの変更

パラメータ	記号	関係	従来	現在	第2ステップ
磁場	Bi		12 kG	----->	20 kG
	L		76 mm	----->	50 mm
	Bf		2 kG	4 kG	4 kG
輸送系アクセプタンス	U	Bf	0.003 π m.rad	0.006 π m.rad	0.006 π m.rad
収束系に整合した 標的上の ビーム	x	Bf / Bi	< 0.12 cm	< 0.24 cm	< 0.14 cm
	P	Bi L	8.7 MeV/c	8.7 MeV/c	9.5 MeV/c
	p	Bi	1.25 MeV/c	1.25 MeV/c	2.1 MeV/c
陽電子の収量	$\delta\Omega$	L^{-2}	1	1	2.3
	δP	Bf L	1	2	1.3
	n	Bf / L	1	2	3.0

KEK 陽電子発生装置で採用している収束系は QWT (quarter-wave transformer) と呼ばれる方式である。表中で、Bi、Bf はソレノイドによる陽電子収束磁場である。Bi は標的直後に置いて陽電子を収束する短く強い磁場 (電力を節約するためパルスコイルにしている) で L は Bi の有効長である。また Bf は Bi に続く弱く長い磁場、U はそのアクセプタンスである。この収束系に整合する標的上での陽電子ビームパラメータをビーム半径 x、運動量 P、横方向運動量 p で与えた。一次電子のエネルギーで規格化した陽電子の収量は $(n/E)=(d^2\sigma/d\Omega dp)\delta\Omega\delta P$ で与えられる。



改造後の陽電子発生装置：標的（手前）より下流側をみる。

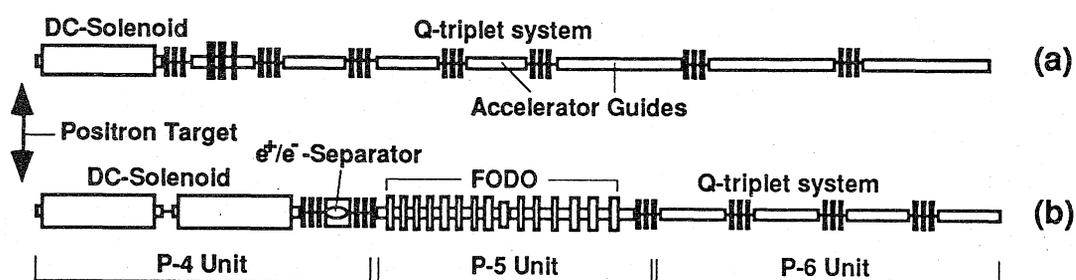


図1 陽電子収束系レイアウト：(a)改造前(b)改造後。

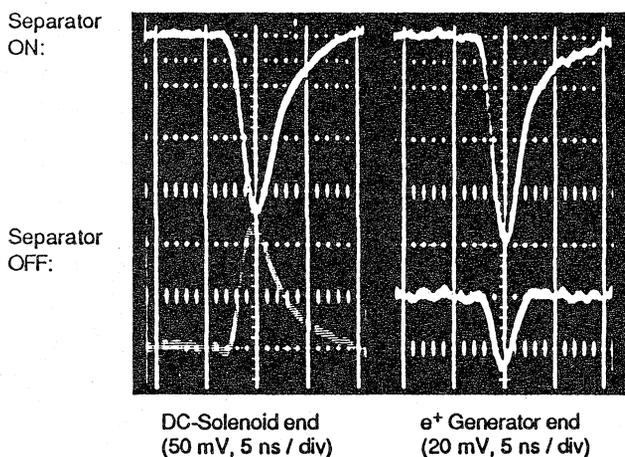


図2 セパレータの効果。負の信号が陽電子電流。

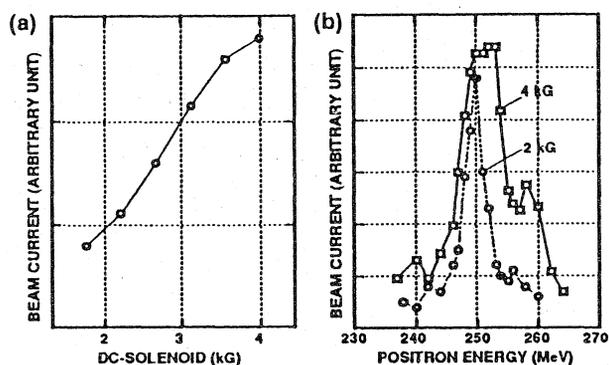


図3 陽電子電流及びエネルギー分布とソレノイド磁場の関係。

参考文献

- 1) A. Enomoto et al., Nucl. Instr. Meth., A281(1989), 1-9.
- 2) A. Enomoto et al., KEK Preprint 90-112.
- 3) T. Shidara et al., KEK Preprint 91-18.
- 4) Private communication with J.H.B. Madsen, Head of LEP Injector Linac, CERN.
- 5) Private communication with Zhou Shu, Former Head of Linac, IHEP.
- 6) T. Oogoe et al., Proc. 15th Linear Accelerator Meeting in Japan, September 11-13, 1990.