

## DESIGN OF AN INTENSE POSITRON SOURCE FOR LINEAR COLLIDERS

H.Ida, K.Yamada, Y.Funahashi\*, H.Hirayama\*, S.Kawabata\*, H.Matsumoto\*,  
A.Miyamoto\*, Y.Namito\*, Y.Takeuchi\*, S.Uno\*, J.Urakawa\*, and M.Yoshioka\*

NKK Corporation, Engineering Research Center  
1-1 Minamiwatarida, Kawasaki-ku, Kawasaki-shi, 210 Japan  
\*KEK, National Laboratory for High Energy Physics  
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan

## ABSTRACT

The Japan Linear Collider (JLC) requires an intense positron source of  $8 \times 10^{11}$  particles per rf-pulse. A computer simulation reveals the possibility of such an intense positron source using "conventional" technology. In order to relax the limitation of the incident electron energy density due to thermal stress in the converter target, the incident beam radius is enlarged within the range so as not to reduce the positron capture efficiency. A pre-damping ring and beam transport system to the pre-damping ring, which have a large transverse acceptance, play important roles for a high capture efficiency. A prototype positron source has been designed and installed at downstream of 1.54 GeV S-band linac in Accelerator Test Facility (ATF) in order to carry out experiments to develop the essential technology for JLC. The simulated results will be tested in experiments with the prototype positron source.

## リニアコライダのための大強度陽電子源の開発

## 1. はじめに

リニアコライダ実験装置ATF (Accelerator Test Facility) は、将来のリニアコライダ、JLC (Japan Linear Collider) <sup>[1]</sup>に必要とされる要素技術の実証及び研究開発を進めるための試験装置である。ATFでは、陽電子源の研究開発のために、1.54 GeV S-Band リニアックの電子を用いた陽電子生成試験が行われる。これまで、JLCのための大強度陽電子源について詳細なシミュレーションを行い、既存の技術の延長で装置を構成可能であることが明らかとなってきた<sup>[2]</sup>。JLC陽電子源の概念図を図1に示す。JLCでの最適な入射電子エネルギーは、10 GeVである。したがって、ATFにおいてJLCと全く同等の条件で試験を行う事は、エネルギーの点で困難であり、装置サイズの制限、コスト等の問題が存在する。そこで、ATFに於ける陽電子生成試験では、シミュレーションコードの妥当性の検証、装置の実現性の確証を第一の目的とした。ここでは、ATFでの試験条件に於ける最適な陽電子源装置の解析結果及び研究開発の進行状況について述べる。

## 2. JLC陽電子源の概要

JLC陽電子源では、 $0.7 \sim 1.7 \times 10^{10}$  positrons/bunch、46~90 bunches/RF-pulseの陽電子を生成しなければならない。数値に幅があるのは、メインリニアックの加速周波数に幾つかのオプションがあるためである。いずれの加速周波数にせよ、RFパルスあたり約 $8 \times 10^{11}$ 個の陽電子を生成しなければならない。これは、現在運転されている陽電子源の中で最大強度を有するSLC陽電子源の約20倍にあたる。JLC陽電子源の開発にあたっては、研究開発期間の短縮化、近い将来の運転を考慮し、SLC陽電子源に基づいて、改良を加える方針をとった。特に、入射電子ビームの最適化、位相変換部の磁場の最適化及び陽電子源下流のアクセプタンスの拡大について検討を行った。

これらの検討を行うために、陽電子生成に関するシミュレーションコードを作成した。ターゲット内での陽電子の挙動については、モンテカルロ法による計算コードEGS4<sup>[3]</sup>を用い、ターゲット出口での陽電子の位置及び運動量を求めた。ターゲットに続いて設置される位相変換部では、漸減するソレノイド磁場により径方向の運動量を減少させ

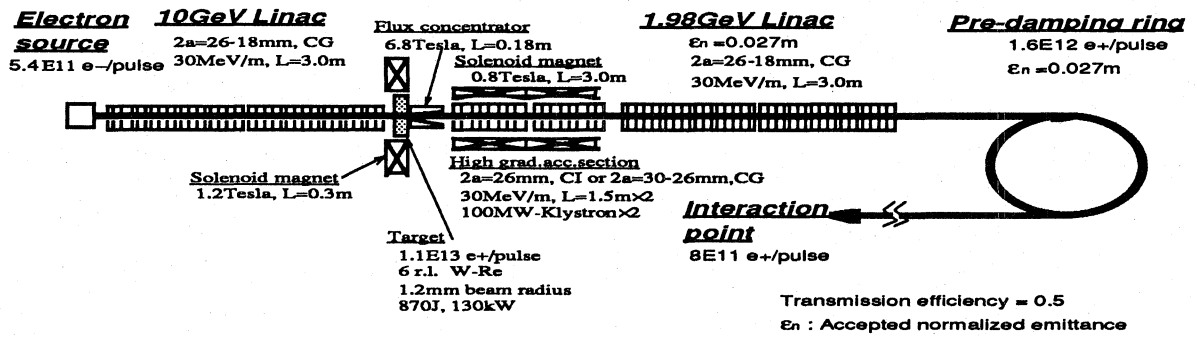


図1 JLC陽電子源の概念図

るAdiabatic Device<sup>[4]</sup>を用いる。この位相変換部では、Adiabatic Deviceの磁場による陽電子の軌道をルンゲクッタ法で求めた。

入射電子ビームの最適化については、入射電子のビームサイズが重要なパラメータとなる。図2にシミュレーションで得られた入射電子ビームサイズに対する陽電子生成効率及びRF-pulseあたり生成可能な陽電子強度を示す。ここで、陽電子強度は、入射電子密度を  $2 \times 10^{12} \text{GeV/mm}^2$  として求めている。この値は、S.Ecklund (SLAC) の実験により得られたタングステン等の金属がパルスの熱応力により破壊されない入射電子密度の上限値である<sup>[5]</sup>。図から判るように、入射電子ビームサイズの増大に従って、陽電子の生成効率は減少するが、ターゲットへの入射電子の熱負荷がビームサイズの2乗で緩和されるため、全体では生成される陽電子の増大が可能となる。勿論、ビームサイズを増やせば際限なく陽電子を得られるわけではなく、入射電子による定常的な温度上昇を抑えなければならない。

JLC陽電子源では、入射電子のrmsビーム半径を1.2mmとしているが、これに併せて、陽電子源下流のアクセプタンスの拡大を図らなければ、陽電子強度を増すことは困難となる。そのために、アイリス直径が26mmの加速管、プレダンピングリングを採用し、0.027rad.m (全幅) のアクセプタンスを達成している。陽電子のエネルギーが90 MeVに達するまではソレノイドによる収束を行っている。

### 3. ATF陽電子源の研究開発の現状

ATF陽電子源は、1.54GeVの入射電子に対して最適となるよう、シミュレーションを行い、装置のパラメータを決定した。ATF陽電子源の概要をJLCの値と併せて、表1に示す。

ダンピングリングへ導く偏向電磁石からビームダ

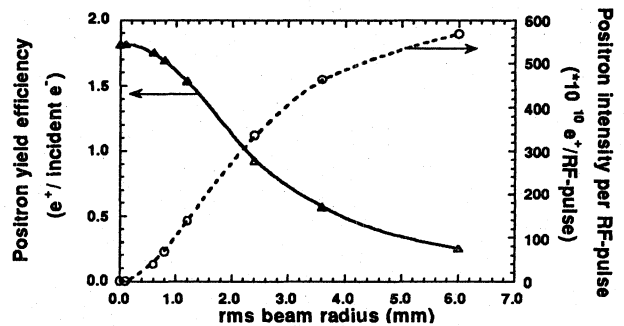


図2 入射電子ビームサイズに対する陽電子生成効率及び入射電子密度を  $2 \times 10^{12} \text{GeV/mm}^2$  とした場合のRF-pulseあたり生成可能な陽電子強度

ンプを含めて利用できる空間はビーム進行方向に約12mである。この中に、陽電子源への輸送系、陽電子源、加速管、ビーム測定系及びビームダンプが設置される。ここで、陽電子源を使用しない場合には、陽電子源をビームライン上から取り除き、代わりに真空ダクトで1.54GeVの電子をビームダンプへ導かなければならない。この手順を簡素化するため、陽電子源に真空ダクトを予め取付け、陽電子源をビーム水平方向に500mm移動させる架台を設置した。

図3に、SADコードで計算したリニアック下流からビームダンプに至る軌道解析結果を示す。ここで、エミッタンスはリニアックと同様に  $7 \times 10^{-3} \text{rad.m}$  とした。陽電子源のターゲット上でのビーム半径は全幅で約2mmとなる。この解析結果を基に図4に示す機器配置とした。

現在までに、陽電子源及び移動架台の製作、据え付けが終了した。図5に移動架台上に設置された陽電子源の写真を示す。この陽電子源は、JLC陽電子源と設計を共通化しており、ターゲット、冷却水導入部等を交換することにより、JLCで使用さ

れる回転ターゲットに変更可能である。

4. まとめ

JLC及びATF陽電子源についてのシミュレーションに基づき、ATF陽電子源の設計、製作を行った。ATFに於ける陽電子生成試験では、このシミュレーションコードの妥当性の検証を行う。

今年度は、陽電子源への輸送系電磁石の製作を行い、加速管、ビーム診断系についても、順次準備する予定である。

参考文献

- [1] JLC-I, KEK Report 92-16 (1992)
- [2] H.Ida, et al., Int. Conf. on High Energy Acc, Hamburg, (1992)167-169
- [3] W.R.Nelson et al., SLAC-PUB-265(1985)
- [4] R.H.Helm, SLAC-4(1962)
- [5] S.Ecklund, SLAC-CN-128(1981)

表1 ATF及びJLC陽電子源装置のパラメータ

項目	ATF	JLC
[入射電子部]		
エネルギー (GeV)	1.54	10
rmsビームサイズ (mm)	0.7	1.2
パルスあたりの電子数	$6.25 \times 10^9$	$5.4 \times 10^{11}$
繰り返し (Hz)	1	150
ビームパワー (kW)	0.04	130
[ターゲット部]		
材質	W	W-26Re
厚さ	4放射長 (14 mm)	6放射長 (21 mm)
[位相変換部]		
長さ (mm)	120	180
初期磁束密度 (T)	8.0	8.0
[加速部]		
加速勾配 (MV/m)	30	30
加速管長さ (m)	1.5	1.5 (×2本)
出口アイリス直径 (mm)	26	26
ソレノイド磁場 (T)	0.8	0.8

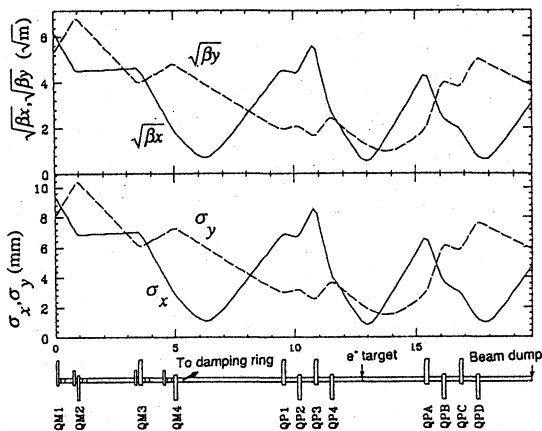


図3 SADコードで計算したリニアック下流からビームダンプに至る軌道解析結果

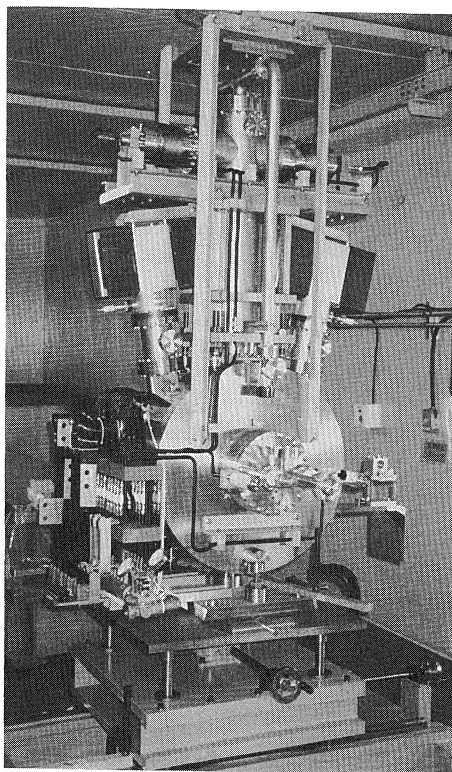


図5 陽電子源及び移動架台

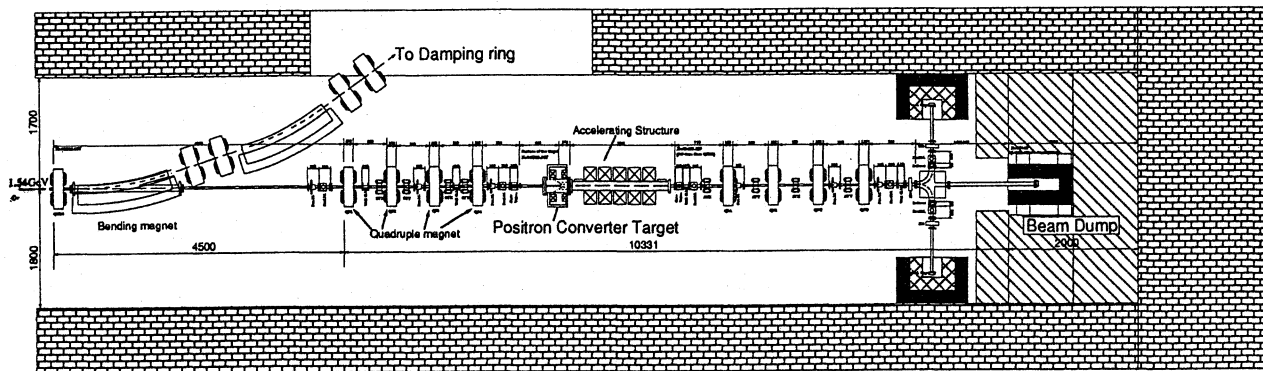


図4 ATF陽電子源廻りの機器配置