

## TEST APPARATUS OF ELECTRON/POSITRON CONVERSION SYSTEM FOR SPring-8 LINAC

Akihiko MIZUNO, Shinsuke SUZUKI, Hiroshi YOSHIKAWA, Toshihiko HORI,  
Kenichi YANAGIDA, Kenji TAMEZANE, and Hideaki YOKOMIZO

JAERI-RIKEN SPring-8 Project Team

Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11

### ABSTRACT

For designing an electron/positron convertor for SPring-8 Linac, a test apparatus of the convertor was installed in a beam line of JAERI-Linac at Tokai establishment, JEARI. Last year, we reported results of simulation for the test apparatus. In this session, we report experimental results of the test apparatus.

In this experiment, effects of test apparatus elements, such as pulse-solenoidal coil, DC1 coil, DC2 coil and accelerator structure are observed. These effects are qualitatively coincident with expectation causing from simulation results. A best conversion efficiency in these experiments was obtained as 0.27% at the end of the test apparatus.

### SPring-8 線型加速器の電子／陽電子変換部用 R & D 装置の試験

#### 1. はじめに

SPring-8では、ストレージリング中でのイオントラッピングの影響を抑え、ビーム寿命を延ばすため、陽電子による運転を計画している。陽電子は線型加速器の250MeVの位置に設置する電子／陽電子変換部によって生成する。入射系からストレージリングへの入射時間を短くし効率の良い運転を行うためには、できるだけ陽電子への変換効率を増やす必要がある。

効率の良い電子陽電子変換部を設計するため、R & D装置を原研東海に設置した。この装置についてはシミュレーションコードを作成し、その結果を昨年本研究会で報告した。その後、R & D装置について実験を行い、シミュレーション結果と比較することができた。今回は、実験結果について報告し、同時にシミュレーションとの比較を示す。

#### 2. R & D装置

R & D装置の概要を図1に示す。R & D装置はタングステンターゲットによる陽電子発生部、パルスソレノイドコイル、DC1コイル、DC2コイル、加速管よりなる陽電子収束部、および90°偏向電磁石、ファラデーカップよりなるエネルギー測定系よりなる。

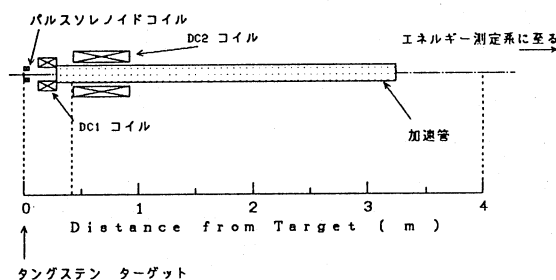


図1 R & D装置の概略図

ターゲットはφ20mm、厚さ6mmの円形平板で、ビームラインに出し入れ可能である。パルスソレノイドコイルは姿勢制御可能であり、ビーム軸上最大磁場は5.8kAの時に約2Tである。DC1コイル、DC2コイルはそれぞれ350Aのとき約0.3T、130Aのとき約0.2Tまで可能である。加速管は、2856.75MHzの定勾配型進行波管であり、全長約3mである。エネルギー測定系では約100MeVの粒子まで測定できる。ターゲットには、原研リニアックより、約100MeVに加速された電子ビームを入射する。

昨年の研究会での報告[1]とは構成が違うが、これは、パルスソレノイドコイルとDC2コイルに不正磁場があったため、コイルを交換したことによる。

### 3. 実験結果

まず、図2に、得られた陽電子、およびその対生成電子のエネルギースペクトルを示す。これは加速管へのrfの位相を $180^\circ$ 反転させて得たものである。このときのパルスソレノイド、DC1、DC2はそれぞれ4.2kA、150A、100Aであり、加速管では33.1MeVのゲインがある。電子には低エネルギー側に小さなピークがみられるが、それ以外は電子、陽電子でよく一致しており、以後の実験で陽電子を観測していることが裏付けられる。

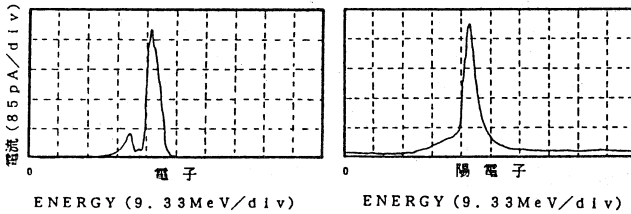


図2 対生成電子のエネルギースペクトル

図3に、パルスソレノイドコイルの励磁量を変化させたときの結果を示す。実験パラメータはパルスソレノイド励磁量以外は一定であり、DC1、DC2、加速管、それぞれ350A、130A、33.1MeVである。

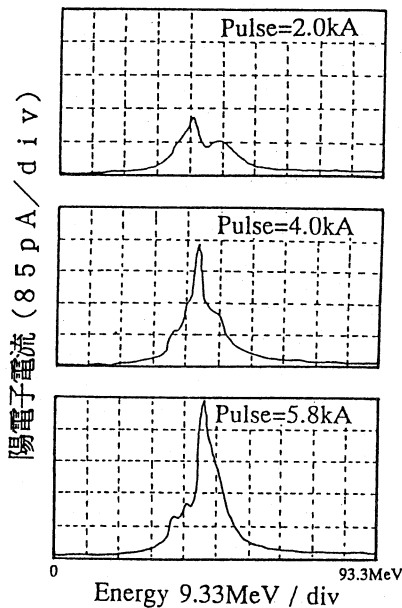


図3 パルスソレノイドコイルの励磁量による変化

図4に、図3に対応した収束部のビーム軸方向の磁場構成を示す。この磁場構成はコイルの形状を基に計算したものであり、実測値ではないが、おおよその様子は分かる。図4のピークに対応したところはそれぞ

れのコイルの中心位置に対応している。それぞれのピークの前後の部分ではBr成分が生じる。これが収束力となり、Br成分の大きさとそれを発生させるコイル長によって収束を受ける陽電子のエネルギーが決まる[2]。パルスソレノイドの励磁量が少ない2.0kAの場合には2つのピークが顕著であり、それに対応し、図3のエネルギースペクトル中には2.0kAの時に2つのピークが確認できる。2つの内、エネルギーの低い方がパルスソレノイドに対応したものであり、励磁量の変化に従ってピークが高エネルギー側に移動している。5.8kAの場合には2つのピークがほぼ一致し、磁場構成として良い状態となっている。

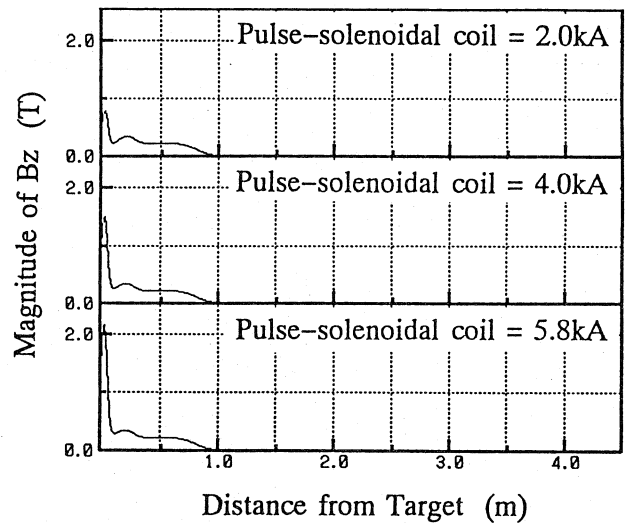


図4 図3に対応したビーム軸方向磁場構成

図5にDC1コイルを変化させたときの結果を示す。パラメータはDC1コイル以外は一定であり、パルスソレノイドコイル、DC2コイル、加速管、それぞれ5.8kA、130A、33.1MeVである。図5より、エネルギースペクトル中の大きなピークについてはほぼ変化が無いが、低エネルギー側に存在する小さなピークについては変化がみられる。したがって、小さなピークはDC1コイルに起因するものと考えられる。また、この結果を考慮すると、図3の高エネルギー側のピークはDC2コイルに起因するものと考えられる。

図6にDC2コイルを変化させたときの結果を示す。同じくDC2コイル以外のパラメータは一定で、パルスソレノイドコイル、DC1コイル、加速管、それぞれ5.8kA、350A、33.1MeVである。

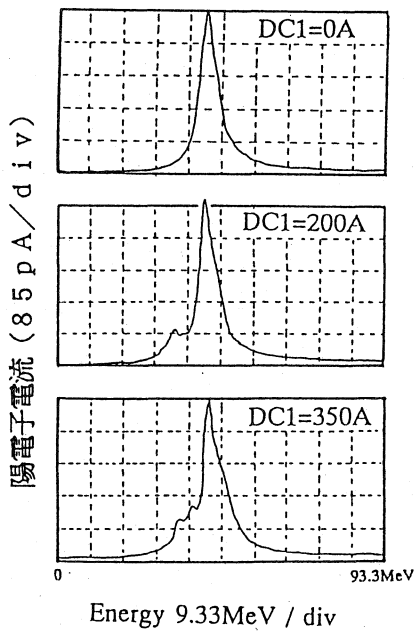


図5 DC1コイルの励磁量による変化

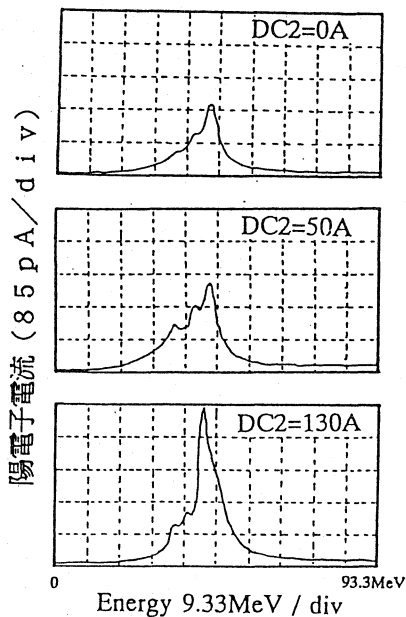


図6 DC2コイルの励磁量による変化

図6で、大きなピークの高さが励磁量によって変化しているのが分かる。これは、DC2に起因するピーク的位置が、パルスソレノイドを5.8kA励磁したときのパルスソレノイドに起因するピーク的位置に一致していると考え、パルスソレノイドとDC2の相乗効果によって大きな収束力を得ていたものがDC2を変化させることによって相乗効果が薄れ、ピークが大きく変化したものと考えられる。

図5と図6より、DC1やDC2に起因するピーク

のスペクトル中での位置は、励磁量によってほとんど変化しない。これは、パルスソレノイドに比べ内径、外径が大きく、Br成分が小さいからである。これに対し、Br成分の大きなパルスソレノイドではピーク的位置が変化する。このことは、シミュレーションの結果[2]とも一致する。R&D装置でのDC1とDC2に起因するピーク的位置は異なるが、ピーク的位置が一致するような装置で実験を行った方が、収量の面では良い結果が得られたと考えられる。

以上の実験の内、R&D装置出口での電子/陽電子変換効率の最大値は0.27%であり、これは、パルスソレノイド、DC1、DC2、それぞれ5.8kA、350A、130Aの場合である。

図7に加速管における加速ゲインを変化させたときの結果を示す。このときのパルスソレノイド、DC1、DC2はそれぞれ5.8kA、350A、130Aである。

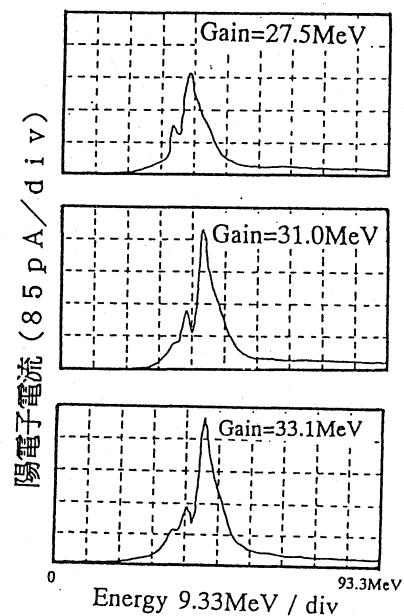


図7 加速管のエネルギーゲインによる変化

図7より、加速管でのエネルギーゲインを変化させてもエネルギースペクトルの形そのものは変わらず、ほぼ、加速ゲインに対応してスペクトルがシフトしている。また、ゲインが大きいほど変換効率も良いことが分かる。これは、昨年報告[1]にある、加速ゲインには最適値があるというシミュレーション結果とは矛盾する。しかし、本R&D装置で加速管を覆うソレノイドコイルがないことを考慮すると、この結果は妥当であると考えられる。

#### 4. シミュレーションについて

図3の実験と同条件のもとでシミュレーションを行った結果を図8に示す。結果を図3と比較すると、エ

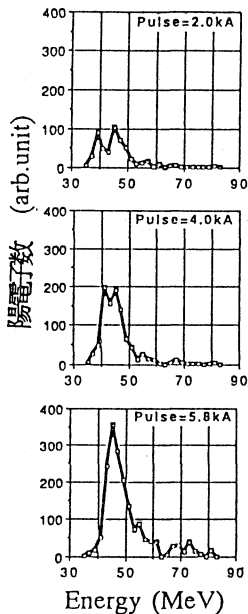


図8 図3と同条件下でのシミュレーション

ネルギースペクトルの形は定性的には良く一致していることが分かる。ただし、パルスソレノイドコイルの励磁量が2.0kAの時、2つのピークの高さはシミュレーションの方がDC2に起因する方(エネルギーの大きな方)が高いが、実験ではDC1に起因する方が高い。これは、シミュレーションの時に計算した磁場構成が、実際のもとは少し違ったものであることを示していると考えられる。

このシミュレーションでの変換効率は図8の最下段の場合で0.11%であり、実験の0.27%と大幅に異なる。しかし、実験と計算でパラメータを完全に一致させるのは困難である。計算では、ターゲットへの入射ビームの形状を正確に決定できないこと、加速管壁面での陽電子の再散乱を考慮していないこと、 $\gamma$ 線による壁面での陽電子生成を考慮していないことなど、様々な原因は考えられるが、憶測の域を出ない。いづれにしても、定性的な一致を確認したことにより、この方法で行ったシミュレーション以上の変換効率は実際に期待できると考えられる。

図9に、シミュレーションでの最良の結果として、変換部出口でのエネルギースペクトルとそのときの磁場構成を示す。このシミュレーションにおいては、加速管を覆うようにDC2コイルを6台配している。また、ターゲットへの入射電子エネルギーは250MeVであり、これはSPRING-8実機でのデザインと同一である。

この時の変換効率は1.0%であり、スペクトル中のエネルギーピーク $\pm 5$ MeVの範囲内だけに注目すると0.58%である。この磁場配位を実現すれば、少なくとも0.58%の変換効率は得られると考えられる。

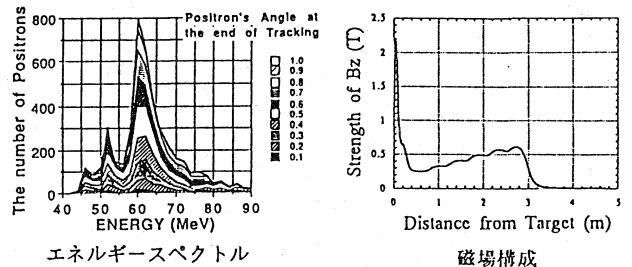


図9 シミュレーションでの最良結果

#### 5. まとめ

原研東海に設置した電子/陽電子変換部のR&D装置において、陽電子発生、および収集の実験を行った。実験データにおいて、パルスソレノイドコイル、DC1コイル、DC2コイルそれぞれについての寄与を認めることができ、これはシミュレーションより予想された結果と一致した。

エネルギースペクトルについては、シミュレーションと実験とは定性的には一致したが、変換効率に関する定量的な一致はみられず、実験での効率の方が高い値を示した。これは細部までパラメータが一致していないためと考えられる。

SPRING-8の実機を模擬したシミュレーションでは変換効率として0.58% (ピーク $\pm 5$ MeV) が得られ、実際にもこれ以上の効率が得られると考えられる。

#### 参考文献

- [1] A. Mizuno et al.; "SIMULATION OF POSITRON FOCUSING SYSTEM FOR SPRING-8 LINAC", Proc. OF THE 17th LINEAR ACCELERATOR MEETING IN JAPAN, 1992.
- [2] 水野、他; "SPRING-8電子陽電子変換部のシミュレーション", JAERI-M Report 93-030, 1993.