

APPLICATION RESEARCHES OF ULTRA LOW INTENSITY ELECTRON BEAMS OF A LINAC

S. Okuda, H. Wakamatsu, R. Taniguchi, T. Kojima, M. Furuta

Research Institute for Advanced Science and Technology, Osaka Prefecture University

1-2 Gakuen-Cho, Sakai, Osaka 599-8570

Abstract

An ultra low electron beam irradiation system has been developed by using the Osaka Prefecture University 18 MeV electron linear accelerator. The minimum charge of electrons in a submicrosecond pulsed beam is about 3 fC so far, which will be made lower. The application researches of the beams have been started to the investigations of the characteristics of radiation dosimeters and detectors, and of biological effects.

超微弱ライナック電子線の利用研究

1. はじめに

各種の高感度線量計の特性や、生物への放射線照射効果を調べる観点から考えると、加速電子線の照射は、通常かなりの高線量率で行われる。しかし、これに比べて低い線量率での照射が容易なガンマ線による照射効果との比較を行うためには、きわめて低い線量率での照射が求められる。しかしそのような電子線をライナックで比較的安定に発生させ、定量することは通常困難でほとんど行われていない。

われわれは、大阪府立大学先端科学研究所の18 MeV電子ライナック^[1-3]において、このような超微弱電子線の照射場を確立するための研究を行ってきた。この過程で、微弱ビームの計測法と強度を弱める方法を開発してビーム発生に成功し、この利用研究を開始した^[4]。これらについて報告する。

2. 実験方法

本研究では大阪府立大先端研のSバンド電子ライナックを利用した。その主な条件は次のとおりである。

1) ビームエネルギー：最大18 MeV

2) パルス幅：50 ns-5 μ s

3) パルス繰り返し：10-500 pps

電子ライナックと発生系の概念図を図1に示す。電子ライナックからの電子線は、1マクロパルスあたり 10^{13} コ程度の電子を含む。本研究では図1のように、ビーム経路の中央に設置したスリットでビームをカットし、スリットに流れる電流を高感度の電荷有感型増幅器で測定した。電子線のパルス幅はサブマイクロ秒で、エネルギーは約10 MeVである。この電荷量の測定限界は10 pC程度である。スリットによるビームの減衰率は幾何学的条件で決まる。この条件で最終的に取り出される微弱ビームは、3 fC/pulse程度と推定された。グリッドエミッションに伴うビーム電流や、スリットなどでの散乱線の影響の考慮が重要である。このビームは加速器室から照射室に輸送し、照射実験はこの照射室内で行う。

電子線の空間形状を、薄型のNaIシンチレータと高感度の冷却型CCDカメラを組み合わせて計測した。今後さらにビームを1 fC/pulse以下まで減少させる。最終的にはこれをさらに絞り、単一電子を取り出すことをめざしている。

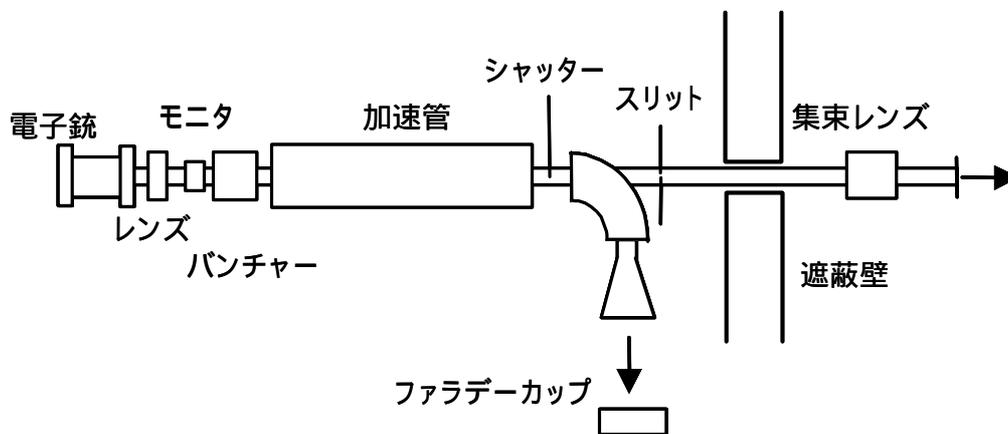


図1 大阪府立大学先端研電子ライナックと超微弱ビーム発生概念図

3. 実験結果

超微弱電子線の広域照射系および集束系を図2に示す。これを直径3 mmに集束して照射した場合、約100 μGy の吸収線量になる。集束電磁石や散乱板(1 mm厚Al)により照射面積を広げて、高感度線量計の特性測定や二次元イメージの測定に利用する。2次的に発生するX線の影響は、1次電子線に比べ無視できる。電子線の照射場での強度分布については、熱蛍光線量計やイメージングプレートを用いて求める。測定できる照射線量の下限は、電荷量約0.1 fC/ mm^2 である。さらに低い照射線量では、電子のパルス信号を手がかりとする計測手段を用いる。

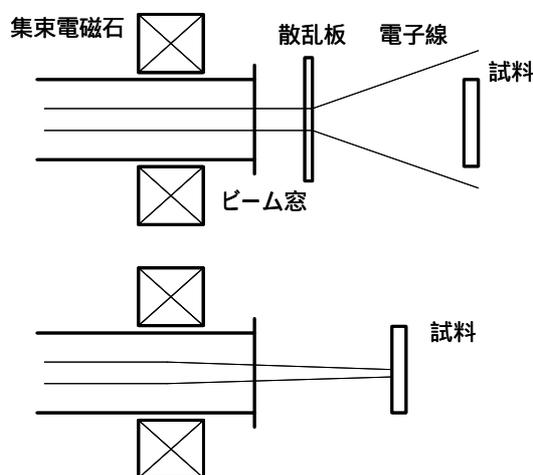


図 2 超微弱電子線照射配置概念図
(広域照射系および集束系)

4. 超微弱ビームの利用

電子ビームの強度を限界まで低くし、その線量を精度良くモニタして利用できると、さまざまな応用が可能になる。このような超微弱電子ビームの主な利用研究は次のとおりである。

- 1) パルス電子線によるラジオグラフィ
ラジオグラフィに高エネルギー電子をもちいると、その散乱挙動で物質内の状態を調べるこ

とができる。パルス電子線では、時間分解の情報が得られる。これは従来からわれわれが研究してきた方法で、超微弱ビームを利用する方法の開発と、照射中に起こる現象の観察をおこなう。ひとつの例として低温照射におけるオゾン反応の研究を行っている。

- 2) 高感度線量計(熱蛍光線量計、イメージングプレート等)の電子線に対する感度特性

従来放射性同位元素のベータ線源が利用されていたが、加速電子線に対する評価は極めて困難であった。本研究では高エネルギー領域での電子に対する感度特性を調べて、X線、ガンマ線の結果と比較する。

- 3) 制動放射X線のエネルギー分布測定
光子計数による方法で精度良く測定するために、発生X線の量を極限まで減らして、スペクトルを得る。
- 4) 細菌や微生物に対する照射効果
放射線の生物影響は加速電子線ではほとんど調べられていない。本研究では電子線の照射影響を主として最近や微生物について調べ、X線、ガンマ線の結果と比較する。

5. まとめ

大阪府立大先端研の18 MeV電子ライナックにおいて、微弱ビームの計測法と強度を弱める方法を開発して、超微弱電子線の照射場を確立し、この利用研究を開始した。

本研究の一部は、平成16年度科学研究費補助金により行われた。

参考文献

- [1] 大阪府立大学先端科学研究所年報(研究所ホームページ<http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/>)
- [2] 平成14年度大阪府立大学先端科学研究所放射線照射施設共同利用報告書, 2003.
- [3] S. Okabe, K. Tsumori, T. Tabata, K. Kawabata, K. Fukuda, R. Ito, S. Nakamura, T. Azuma and K. Kimura, Ann. Rept. Radiat. Center Osaka Prefecture 3 (1962) 47.
- [4] 奥田修一、谷口良一、松田八束、中村茂樹、小嶋崇夫, Proc. 28th Linear Accelerator Meeting in Japan (2003) WB-2.