

大阪府大 18 MeV 電子ライナックの現状と新たな展開

奥田修一¹、谷口良一、松田八束、中村茂樹、小嶋崇夫
大阪府立大学先端科学研究所
〒599-8570 大阪府堺市学園町 1-2

概要

大阪府立大学先端科学研究所の18 MeV 電子ライナックは、稼動開始以来 40 年以上経過しているため、モジュレータの故障や真空もれ等の対処に時間を要し、年々利用時間が減少している。これまで主としてパルスラジオリシスや放射線照射効果の研究が行われてきた。最近の新しい研究として、超微弱ビームの発生と、電子線ラジオグラフィ、生物試料や電子部品の低線量率照射効果の研究などへの応用により、将来の発展が期待される。パルスラジオリシス実験装置は、利用者の減少で停止していたが、昨年度から実験を再開し、計測系を新たに整備している。2002 年度末に電子ライナックの寄附を受け、今後新しいライナック系を構築する。将来計画を策定し、新たな展開をめざす。

1. はじめに

大阪府立大学 (OPU) 先端科学研究所 (先端研) ・放射線総合科学研究センターの 18 MeV 電子ライナックは、大阪府立放射線中央研究所 (大放研) ライナックとして 1962 年に設置されて以来 40 年余りが経過した。この間、種々のテーマで、学内外、民間の利用を行ってきた (大放研年報、先端研年報、平

成 14 年度先端研放射線照射施設共同利用報告書参照 : <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp>)。最近は、装置の老朽化、維持費や人員の不足の問題で運転時間が制限されている。2005 年度の法人化を控えて、放射線施設全体の将来計画を策定する作業を行っている。

昨年度の本技術研究会が契機となり、石川島播磨重工業株式会社より申し入れがあり、2003 年 3 月、電子蓄積リングの入射器として開発された電子ライナックの寄附を受けた。従来のライナックおよびこのライナックの要素を再構築することにより、新しい電子線の利用環境を整備する準備を進めている。

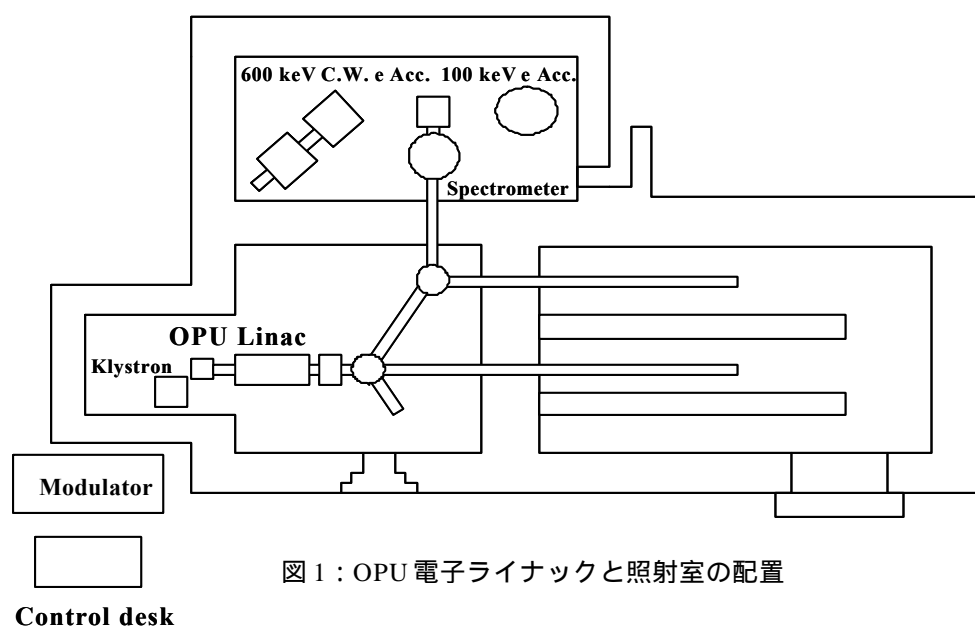
本報告では、OPU 電子ライナックの利用の現状と将来計画について述べる。

2. OPU ライナックとその配置

OPU ライナック^[1]の特性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

電子銃には Y-796 グリッド・カソードアセンブリ (EIMAC) を使用し、グリッドパルサーの特性向上によってパルス幅は最短 1 ns まで短縮可能であると考えられる。またクライストロンとして出力 5 MW のもの (L3617, Litton) を使用しているが、現在は製造



¹ E-mail: okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

していない。予備は数本確保している。現加速器の配置を図 1 に示す。加速器室の地下には、コンペアーが設置され、偏向電磁石によりビームを左右に振りながら外部から多くの照射試料を送り込んで照射処理することができる。

現在図 1 の上の照射室での実験は行っていない。右の照射室にはパルスラジオリシスの実験系を設置しており、そのほかのほとんどの照射実験をこの照射室で行っている。

3. 保守整備と運転の現状

過去 30 年間における、ライナックの 1 年の総運転時間の経緯を図 2 に示す。

2002 年度の 1 年間のビーム利用時間は、合計 218 時間で、これは前年度の 65% 程度となっている。このように運転時間が減少している原因は、装置の老朽化に伴う故障により安定な運転が困難であること、クライストロンが製造中止であるため、利用を制限していること、保守と運転に携わる人員が 1-2 名と少ないこと、などがあげられる。

昨年度の主な修理項目は、電子銃カソードの取替え、サイラトロンの交換、真空もれの対処などであった。

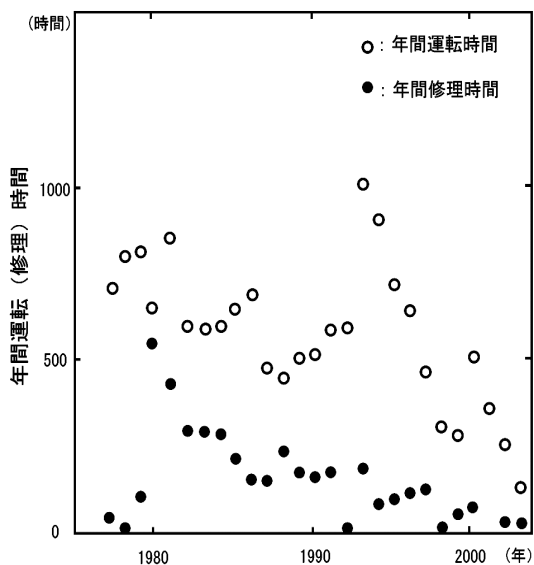


図 2 : 過去 30 年間の OPU ライナックの運転時間と修理時間の推移

図 2 には今年度の 5 月末までの値も示した。4 月からの利用時間が既に約 100 時間になっている。今年度は従来の研究に加え、プロジェクト研究の開始によって多くのマシンタイムが必要となり、今後はパルスラジオリシスの再開に伴って学内の多くの利用者が集まることで、運転時間が大幅に増加することが予想される。また新しいライナックの導入が実現することによって、既に製造が中止している現ラ

イナックのクライストロンの予備を使い果たした場合への保証ができたことも、今後の利用増加の大きな要因のひとつである。

先端研放射線施設の変更許可申請に伴って、放射線照射施設的全遮蔽計算を見直し、ほぼ 1 年がかりですべての計算を終えて、2003 年度初めに文部科学省から承認を得ることができた。コバルト 60 ガンマ線照射施設を含めて、遮蔽の変更は行わなかった。

4. 利用研究の現状

4.1 利用研究の概要

学外研究機関、民間との共同研究を含めた、最近の OPU 電子ライナックによる研究仮題は主として次のとおりである。

- 1) 電子線パルスラジオグラフィ
- 2) 超微弱電子ビームの発生と利用
- 3) 金属、半導体の低温照射
- 4) 金属の高温照射
- 5) 高分子化合物の電子線架橋
- 6) 放射化分析
- 7) 複合材料、セラミックの照射
- 8) パルスラジオリシス
- 9) 偏極核ターゲットの製作

これらはいずれもわれわれの特徴ある研究課題で、新たに開発したラジオグラフィ法、超微弱ビームの利用の進展が顕著である。また比較的低いエネルギー（おおむね 10 MeV 以下）の電子ビームを利用した単純な欠陥の生成と、試料に放射化の問題がない照射条件が特徴である。

4.2 超微弱電子ビームの発生と利用

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。われわれは、OPU ライナックのビーム強度を、空間的な絞りとパルス幅の短縮により、電荷量 10 fC/pulse 以下にすることに成功し、このような微弱電子ビームの安定な利用を可能にした。ビーム電荷量のモニタには、個人被ばく線量計として用いられる熱蛍光線量計 (TLD) なども用いる。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) 高感度線量計の電子線に対する特性測定
- 2) 生物試料の照射効果
ガンマ線との照射効果の差の研究
- 3) 低線量率での電子線照射効果
人工衛星搭載電子部品など
- 4) 電子線ラジオグラフィ

電子線ラジオグラフィでは、われわれの過去における研究の結果をふまえて、低温照射におけるオゾン反応の研究などを行っている。

4.3 パルスラジオオリシス系の整備と利用

古くから放射線化学研究者によって、本ライナックを用いたパルスラジオオリシスの研究が行われてきた。利用研究者がライナックの運転を行う制度にして以来、利用時間が減少し、ここ数年間パルスラジオオリシスの実験が中断していた。

2002 年度に採択された府立大の 21 世紀 COE プログラム「水を反応場に用いる有機資源循環科学・工学（代表：吉田弘之）」の研究にわれわれも参加しており、放射線を利用する反応の解析にパルスラジオオリシス法を用いることになった。さらに、この機会に加速器を含めた計測系全体の整備を行い、広く学内の利用を進めることとした。現在旧測定系の動作確認を終え、測定を再開しているが、計測系の時間分解能の向上などの整備を順次行っている。時間分解能もサブマイクロ秒程度であったが、今後 1 ns を目標とし、さらにサブハーモニックバンチャーを導入し、単バンチビームを発生させると、ピコ秒域の分解能も可能になる。

5 . 新ライナック整備計画

2003 年 3 月、寄附を受けた電子ライナックの特性は次のとおりである。

エネルギー：45MeV

パルス幅： 1 μ sec

繰り返し： 20pps

クライストロン：8 MW バンチャー用

クライストロン：22 MW 加速用

バンチャーおよび 3 本の加速管で構成されている。

新旧ライナックの要素の組み合わせと配置を新たに検討し、既存の遮蔽施設を活用して、新しい電子線利用施設を構築する。基本的には、図 1 の加速器室は遮蔽が厚いので高エネルギービーム照射室とし、右の照射室は、入射器および低エネルギービーム照射室とする。この詳細な検討は現在行っている。

当面は、現在稼働中のライナックを動作させながら、図 1 の右の照射室において、

- 1) 電子銃の動作確認を行い、100keV の電子ビームを取り出す

- 2) 電子銃にバンチャーを加えて 2.7MeV の電子ビームを取り出す

- 3) 加速管を加えて動作確認を行い、16 MeV の電子ビームを取り出す

という 3 段階で準備を進める。必要なビーム特性については今後検討を行うが、短パルス、単一パルス、高輝度ビームなどの特徴があれば、今後の先端的な研究に対応できると考えられる。さらに 1 MeV 程度の低エネルギー電子線の利用、サブハーモニックバンチャーの追加などが付加するべき特性として考えられる。

当面の利用研究としては、従来から研究を進めている、

- 1) 超微弱ビームとそのラジオグラフィなどへの利用
- 2) 集束ビームによる精密照射
- 3) パルスラジオオリシス
- 4) コヒーレント放射による高強度遠赤外光源の確立と利用

が中心となる研究テーマとしてあげられるが、開発途中で見出される新たなテーマを加え、大学にふさわしい多目的の分析、照射装置として発展させていきたい。

6 . おわりに

大阪府大先端研究の OPU 18 MeV 電子ライナックは、新しいライナックの導入とプロジェクト研究への参加などにより、新たな将来計画のもとに整備され利用される転機をむかえた。他の放射線施設を合わせて総合的な量子線の利用環境を整備する。

参考文献.

- [1] 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.
- [2] 小嶋崇夫、奥田修一、藤田慎一、谷口良一 “大阪府立大学ライナックを用いたマイクロ-ミリ秒パルスラジオオリシス装置の利用”, Proc. 8th Linear Accelerator Meeting in Japan (2003)TP-57.