

大阪府大 18 MeV 電子ライナック利用研究の現状

奥田修一¹、谷口良一、松田八束、中村茂樹

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、稼働を開始して以来 40 年が経過し、保守整備等に時間を要しながらも内外の利用研究が行われている。この間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、高速の電子線ラジオグラフィや超微弱ビームの発生と利用は、将来の発展が期待される。今後、着実に研究成果を蓄積して、利用研究の新しい展開をめざしたい。

1. はじめに

大阪府立放射線中央研究所（大放研）は、1990 年に大阪府立大学先端科学研究所（先端研）に統合再編され、放射線施設は先端研の放射線総合科学センターとなった。この間、18 MeV 電子ライナック、コバルト 60 ガンマ線源（総計約 4 PBq, 10^5 Ci）、およびその他の電子およびイオン加速器、非密封放射線施設は、学内外の利用が継続して行われている。民間の利用のためにも開放された特徴のある施設である。本センターは、将来 4 研究分野の少人数で管理運営を行うことが予定されているが、他の放射線施設で見直しが行われる状況で、今後大学の法人化などの変化を考えて将来計画を作ることが求められている。

電子ライナックは、1962 年の大放研における設置以来 40 年稼働を続けているが、その間大きなシステムの変更はなかった。これに対してビーム利用の分野は大きく変化している（大放研年報、先端研年報参照）。最近では予算的な問題や運転人員の不足から装置の維持管理がむずかしく、民間の利用が制限さ

れて、学内でも特徴あるテーマに絞って利用を継続している。本報告では、大阪府立大（OPU）ライナックの利用の現状と将来計画について報告する。

2. ライナックの構成とビーム特性

OPU ライナック^[1]の構成を図 1 に示す。5 MW クライストロン（L3617, Litton）は現在は製造されていない。電子銃は Y-796 グリッド・カソードアセンブリ（EIMAC）を使用したもので、自作のグリッドパルサーを使用し、時間幅 1 ns 以上でのパルス入射が可能である。これは今後サブピコ秒まで短縮する予定である。加速ビームの主なパラメータは次のとおりである。

- ・ ビームエネルギー：最大 18 MeV
- ・ パルス幅：1 ns-5 μ s
- ・ パルス繰り返し：10-500 pps

広い照射領域に対して高線量での照射が可能なように、平均ビーム電流が最大 1 mA という条件で設計され、これが大きな特徴であった。現在はモジュレータの負担を軽減するために 1 桁程度低い電流で運転されている。照射システムの特徴のひとつは、地下ピットでベルトコンベア上に並べられたパレットの上に試料を置いて動かし、ビームを走査しながら照射できるシステムである。また合計 3 方向にビームを振り分けて他の 2 つの照射室へビームを輸送でき、照射環境が整備されている。

3. 保守整備と運転の現状

2001 年度の 1 年間のビームの利用時間は、合計で 330 時間であった。これは前年度の 60% 程度である。また大放研からの過去 30 年間の年間運転時間および修理に要した時間の推移を図 2 に示す。今年のデ

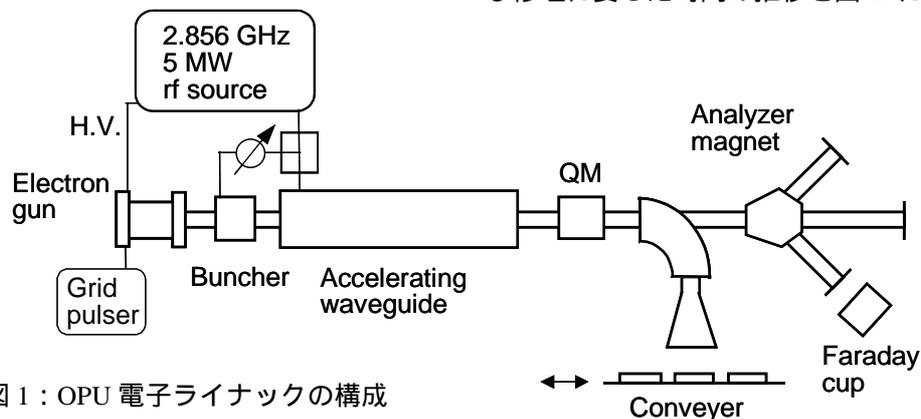


図 1：OPU 電子ライナックの構成

¹ E-mail: okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

ータは年度の途中までの結果である。最近の利用時間は過去に比べ減少しているが、限られたテーマの中で利用を継続している。現在ライナックの運転は、

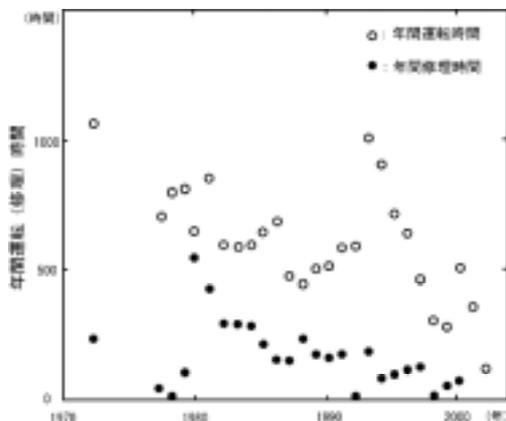


図 2：過去 30 年間の OPU ライナックの年間運転時間と修理時間の推移

外部の利用を除いて利用者自身が訓練を受けて行うことを原則としており、このことが利用件数を制限している。これは施設を維持する教員数の減少による。特にパルスラジオリシスについては、過去に利用の主要な部分を占めていたが、利用者の専門分野の関係で運転にあたるのがむずかしく、利用希望者はあるもののほとんど利用されていない現状である。また加速器システムの老朽化に伴い、修理と整備等が非常に負担になっており、このことも利用時間を制限する要因になっている。

昨年度の主な修理・整備項目としては、真空系の修理、電子銃グリッドパルサーの修理、モジュレータ、特にサイクロトロンとその周辺の修理、インターロッキングの点検整備などである。

ライナックを維持する上で最も大きな問題は、クライストロンが現在製造されていないことで、当面は維持できるものの、将来クライストロン周りの更新が必要である。

4．利用研究の現状

4.1 利用形態

共同研究、受託研究を含む学内教員による利用のほか、民間に対しても照射サービスが可能である。照射サービスのシステムは大阪府の条例に定められており、基本的に大放研での方式が継承されてきたものである。照射料金は、コバルト 60 ガンマ線やその他の放射線機器などの利用と共に規定されている。しかしガンマ線照射の場合、社団法人大阪ニュウクリアサイエンス協会の担当者が実施するのに対し、ライナックでは教員が運転にあたるので、照射サービスを行う体制が十分ではない。現在民間の利用は極めて限られているが、大学改革が実施されると、これが大きな特徴となる可能性がある。

4.2 利用研究の概要

学外との共同研究を含めた最近の利用研究は主として次のとおりである。

- ・ X 線・電子線によるラジオグラフィ
- ・ 微弱電子ビームの発生と利用
- ・ Si の低温および常温照射
- ・ アルコールの照射効果
- ・ 高分子材料の照射効果
- ・ パルスラジオリシス
- ・ 電子線照射によるガラスの着色
- ・ 線量計の照射試験
- ・ 放射線検出器の較正

この中で最近行われている特徴のある研究で、本研究会で報告する 2 件の研究成果の概要を次節に述べる。

昨年度の民間の照射については、照射用コンベアを利用した電線の耐放射線性試験が 1 件実施された。

4.3 パルス電子線ラジオグラフィ

電子線によるラジオグラフィでは、エックス線によるものとは異なり、物質中での電子線の散乱挙動を反映した特徴ある像が得られる。さらにパルス電子線を用いることにより、高速の現象が観測できる。その一例として、液体窒素を使用する低温照射実験において、生成したオゾンの急激な反応に伴う物質の飛散、いわゆるオゾン爆発の現象を対象として観測した。OPU ライナックの電子ビームで、小型の模型試料を用いた電子線ラジオグラフィの実験を行った。この結果、光学画像と異なる特徴ある像が得られた^[2]。この方法を利用すると、さまざまな高速現象を解明するために、電子線ラジオグラフィ像が利用できることが明らかになった。高感度のフィルムと時間幅ピコ秒の単バンチビームを使用すると、高時間分解で像が得られることが期待される。

4.4 超微弱電子ビームの利用

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。われわれは、OPU ライナックのビーム電流を、高感度の電荷有感型増幅器で直接パルス計測し、空間的な絞りとパルス幅の短縮を併用してビームを絞ることで、10 fC/pulse 以下の微弱電子ビームを安定的に取り出すことに成功した^[3]。今回の実験では、このビームを用いてパルスビームからの制動 X 線のスペクトルを測定し、ビーム強度と測定結果との関係を調べた。今後、低線量での電子線利用として広い分野での応用が可能である。

5．将来計画

OPU ライナックは、他と比べて特に優れたビーム特性は有していないが、多様な発生装置を持つ放射線施設における経験と、広範な分野における利用研究者が所属していることが特徴である。

今後短期的には、従来の照射実験を継続すると共に、一つはナノ秒からサブナノ秒のパルスラジオリシスの系を精度の良いものとし、学内の多くの利用者が利用しやすい環境を整える。また最近発生に成功した超微弱電子ビームの利用環境を整備し、ラジオグラフィ、放射線計測、高感度線量計の特性試験、生物に対する低線量照射などの実験を行う予定である。

最近放射線利用において、特殊なまた大掛かりなプロジェクト研究が進められている一方、汎用で今後の研究のシーズを生み出すことのできる基盤的な放射線発生装置の維持がむずかしくなっている。しかし本研究の中に見られるようなライナックの新しい技術は、種々の一般の利用の中から生まれる場合が多く、汎用装置の維持も重要である。中長期的な計画については今後検討する予定であるが、汎用、外部利用のための性能を維持しながら、エネルギー100 MeV程度まで、高輝度で、パルス的に特徴をもち、放射としての光量子ビームが発生でき利用できるコンパクトな電子ライナックが一つの目標となると考えている。

6. おわりに

大阪府立大学先端科学研究所の18 MeV電子ライナックは、補修等に時間を要しながらも内外の利用研究が行われている。特にパルス電子線ラジオグラフィや超微弱ビームの発生と利用は新しい研究で、将来の発展も期待される。今後、将来計画を検討し、広く利用される環境を確立する。

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] 荒木太朗、谷口良一、堀史説、大嶋隆一郎 “電子線ラジオグラフィによる液体窒素のオゾン爆発現象の観察”, Proc. 27th Linear Accelerator Meeting in Japan (2002) 9C-1.
- [3] 谷口良一、荒木太朗、奥田修一、大嶋隆一郎、川崎智、佐々木朋三 “超微弱”電子ビームの利用, Proc. 27th Linear Accelerator Meeting in Japan (2002) 7P-34.