

C - 5 MEASUREMENT OF LEAKAGE RADIATION IN 45-MEV LINAC FACILITY

BY GATED COUNTING

Ikuo Murai, Hiroaki Tanida, Teruko Sawamura, Yasutomo Ozawa

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering,  
Hokkaido University

ABSTRACT

Gated counting method has been developed for estimation of extremely low level radiation from a pulsed source. By this method, spatial dose distributions had been successfully measured in and around 45-Mev linac facility of Hokkaido university.<sup>(1,2)</sup>

The more detailed measurement was performed at three points in a control room where the higher radiation leakage than that at the other points on the same floor had been previously detected.<sup>(2)</sup> Time distributions and energy spectra, in addition to evaluation of dose, were observed in this experiment. The time distributions obtained included two characteristic components, one of which corresponded to a time period of klystron high-voltage (~130 kv) and the other to that of electron beam. The latter was much shorter than the former and compositions of them were different at three points. From the results, we discussed about origins and paths of the radiation leakage to those points.

The gated counting method was shown to be very useful for estimation and analysis of low level radiation leakage and could be expected to be applied for various practical problems.

1. はじめに

同期方式を用いる放射線測定法は、パルス状線源に起因する微弱放射線の測定に有効な方法である。この方法により、北大45 MeV Linac 建屋内部・施設周辺の線量分布の測定を実施してきた。<sup>(1,2)</sup> この時測定された線量値は、 $0.1 \mu R/h$  以下から  $2 \mu R/h$  であり、本手法がこの程度のレベルの微弱放射線の評価に有用な方法であることが示されている。

先の建屋内測定で他の測定点よりも高い線量を示した制御室内の3点についてあらためて詳細な測定と実行し、更に放射線の時間分布測定を併わせて行なった。その結果により、これらの測定点に寄与する放射線発生点・放射線漏洩経路等について検討した。

2. 同期法による建屋内漏洩放射線の測定

北大 Linac は地下に設置されており、地下一階に加速器室・モジュレータ室・制御室・その他がある。Fig. 1 は建屋地下一階平面図で、図中に先に同期方式により得た線量値を示した。<sup>(1,2)</sup> 測定は  $1" \times 1"$  NaI シンチレータ検出器で行なった。建屋内ではモジュレータ室扉前で最大線量値を示した。但しこの点ではパイルアップがあるため、線量評価は正確でない。

今回の実験では制御室中の3点、I: 加速器室扉前, II: 制御室位置, III: モジュレータ室扉前で漏洩線の高さ分布・加速器ビーム電流依存性等の測定を行なった。加速器の邊

転条件はパルス中  $3\mu\text{sec}$ , 繰り返し  $195\text{pps}$  である。結果を Fig. 2, Fig. 3 に示す。ビーム電流値は加速器ビーム出口前方に設置された  $\delta$ 線用鉛ターゲットの捕集電流である。漏洩線はビーム電流と共に増加し、 $50\sim 60\mu\text{A}$  で最大値に達し、それ以上では減少した。最もビーム電流依存性の大きい I 点で、鉛ターゲットの有無による漏洩線の変化を調べてみたが、有為な差はなかった。加速器 set-up 時 (マイクロ波投入、電子ビーム停止時) に放射線強度が最も高いのは、III 点で、この点ではビーム電流値を変化しても漏洩線強度はあまり変化しない。

以上から、漏洩線への奇号は主に加速器本体壁とその周辺部から発生するものであり、鉛ターゲットからの制動放射線はほとんどないと推定される。通常加速器運転停止後、才三段目加速管近傍で強い残留放射線が観測され、この部分でのビームの加速管々壁への衝突による放射線発生が大きい。加速器本体壁での放射線発生量は、ビーム電流値・ビームエネルギーのみならずビーム透過率にも依存し、必ずしも電流値と単純な関係を示さず、Fig. 2 に示す特性を得たものと考えられる。又、ビームを左右に偏向してとり出す場合は偏向磁石部での放射線発生が大きく、更にこれが漏洩線発生源となると考えられる。

Fig. 3 は漏洩線の高さ分布で、I・II・III 共上方でや、強い漏洩が観測された。I 点ではビーム発射時に床面に沿ってシート状の漏洩があることが認められた。また、ビーム電流依存性もこの点で最も大きく、この点への漏洩源が主に加速器本体部で発生するものであり、漏洩経路は扉上下の遮蔽のない、或いは弱い部分であると推定される。

### 3. 放射線時間分布の測定

加速器を放射線源とし放射線バーストの空気中伝播過程に関する解析を行なうために、時間分布測定システムを開発している。<sup>(1)</sup> そのシステムを用い、漏洩線時間分布の測定を試みた。Fig. 4 に測定系を示す。この測定ではビームパルス中を  $170\text{nsec}$  (公称  $100\text{nsec}$ ) で行なった。同時に波高分布も測定した。

Fig. 5 は時間分布で、時間分解能は  $30.4\text{nsec}/\text{ch}$  である。測定された時間分布には二種の成分が含まれていることが解る。一つは中  $170\text{nsec}$  の鋭いピークで、I・II 点で顕著にあらわれている。このピーク中は加速器電子ビーム中に一致しており、ビーム奇号成分である。もう一方は、 $\sim 6\mu\text{sec}$  範囲に分布している成分で、これはクライストロン高圧パルス中に対応しているもので、マイクロ波に関連する放射線であると推定される。参考のために Fig. 6 にクライストロン高圧および発振波形を示す。マイクロ波奇号成分は特に III 点で顕著で、II 点ではビーム奇号成分は極めて少ない。

### 4. 電離箱によるモジュレータ室内の放射線測定

III 点への漏洩線発生点、即ち時間分布測定でマイクロ波奇号成分として観測される成分の奇号源について検討するためにモジュレータ室内の線量を測定した。III 点ですべてに  $\sim 30\%$  のパルルアップがあるので、この場合は同期法は用いられない。それで電離箱 (球形,  $5400\text{cc}$ ) を用いた。その結果を Fig. 1 に表にして併記した。Set-up 時にはクライストロン近傍 (D) で  $\alpha$ 線量値が最も高い。ビーム発射時には加速器室開口部 (B) も高線量を示し、加速器本体部で発生する放射線がまわり込んでいることがわかる。しかしこの奇号は開口部とはな

れるとただちに減少し(c)、制御室へは漏れない。

### 5. 漏洩源・経路の推定

以上の測定より、加速器運転時の制御室への漏洩放射線源・経路に関し以下のような結論が得られる。

1. 加速器ビーム系・マイクロ波系の2種の漏洩源がある。
2. 両者は夫々特徴的波高分布・時間分布を有する。各測定点ではこの両成分を含んだ分布が測定される。
3. 加本器ビーム系の漏洩は上方で大きく、これは加速器扉止方の遮蔽の薄い部分と経て来ると推定される。
4. 加速器ビーム出口前方に置かれたターゲットより発生する放射線は、制御室線量にはほとんど奇手しない。

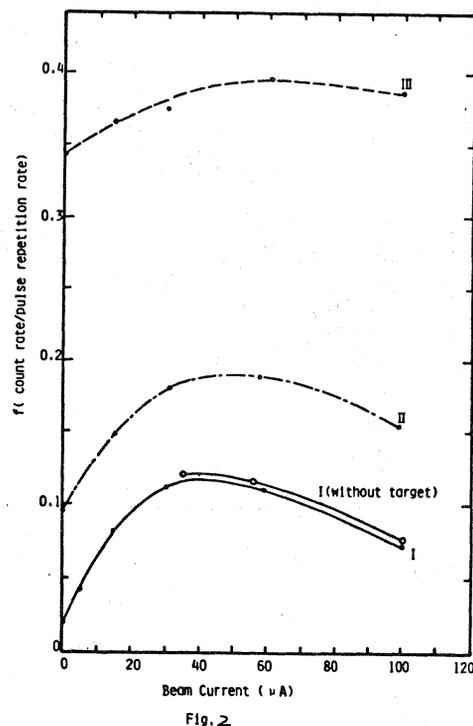
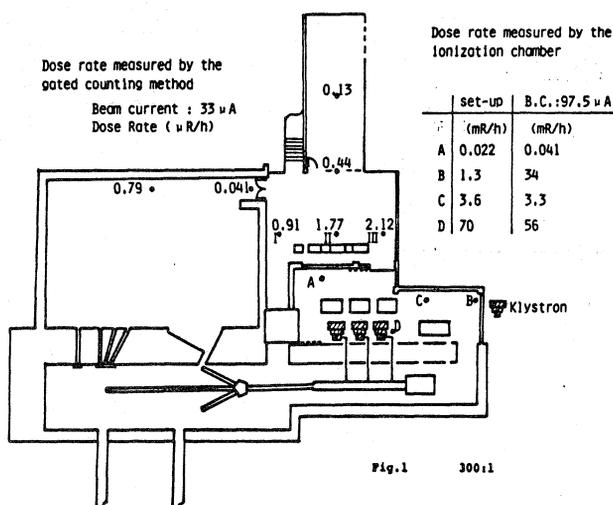
### 6. 結言

同期方式を用いることにより、微弱な漏洩線量の詳細な空間分布測定・ビーム依存性が明からなくなった。時間分布測定では、電子ビームによる成分とマイクロ波に関連する成分とが明確に区別できるように観測され、更に波高分布測定でも同様に分布が2成分より成ることが示され、時間分布から得られる結論を補強する結果を得た。これ等より、本測定で用いた手法が漏洩源・経路等の特性解析に有効であることが示された。

本測定では漏洩線量は、バックグラウンド線量がそれ以下の十分低い値であり、放射線管理上問題となるような線量ではないが、以上のような測定・解析が可能であった。実際的に問題になるような重大な漏洩が存在するような場合には勿論本手法の利用が期待でき、一層有効性を発揮するであろう。

### [参考文献]

- 1) Enoto T., et al: Proc. 1978 Linear Acc. Meet. in Japan, 7 (1978)
- 2) 沢村他: 昭和54年日本原子力学会年会予稿集
- 3) Sawamura T. et al: J. Nucl. Sci. Technol. 17, 942 (1980)



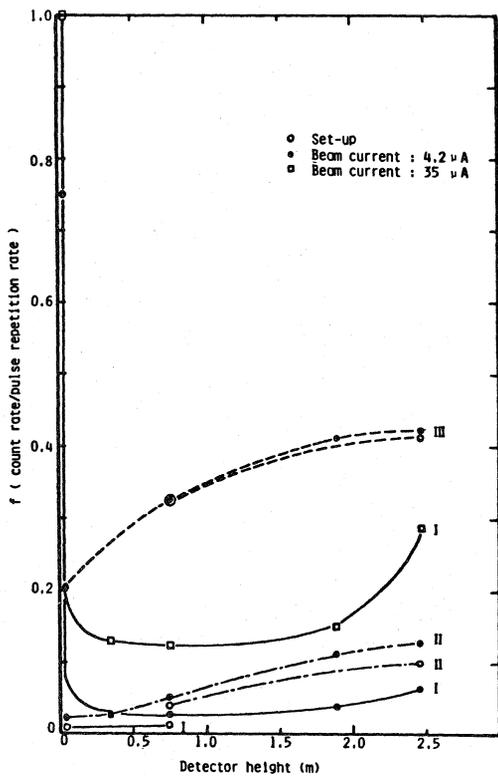


Fig.3

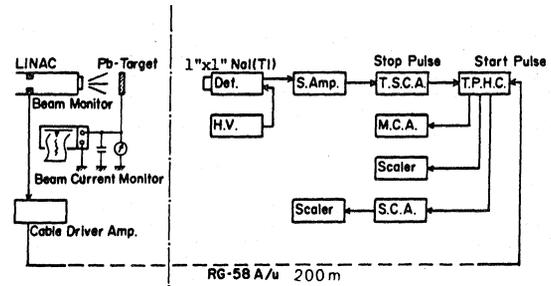


Fig.4

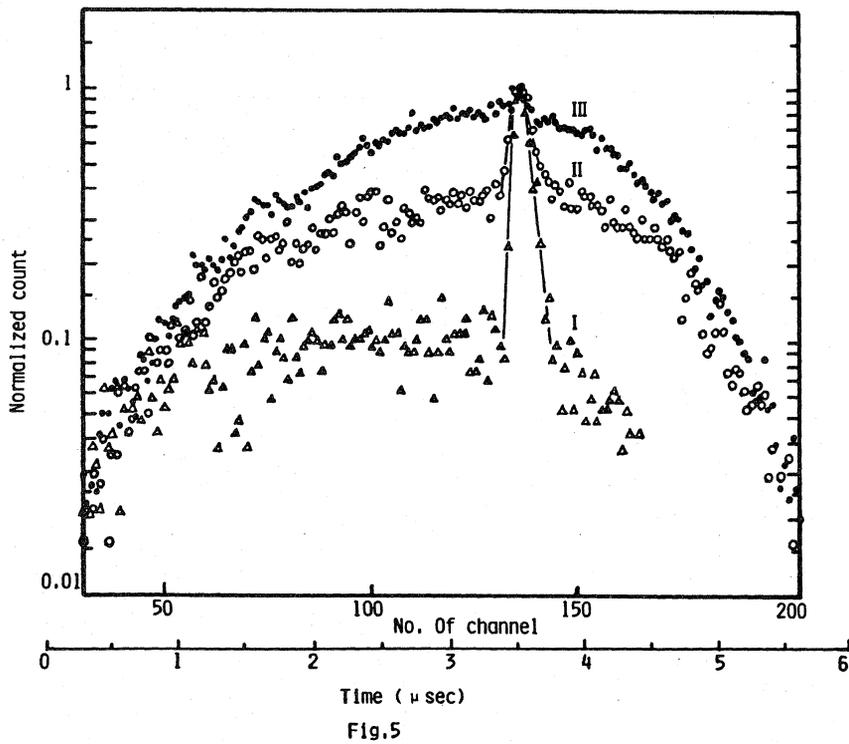
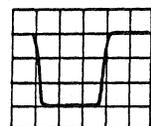
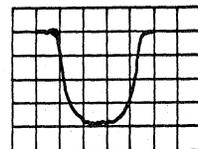


Fig.5



Klystron H.V. 2 $\mu$ sec/div.



R.F. wave form 2 $\mu$ sec/div.

Fig.6