

A - 11 THE CONSERVATION OF A MEDICAL LINEAR ACCELERATOR (MITSUBISHI ML-15MII B)

Katsuhiko Abe

Department of Radiology, National Sapporo Hospital

ABSTRACT

A Mitsubishi medical linear accelerator was installed in December 1977.
(X-ray: 10MeV, Electron: 8, 10, 12, 15MeV)

Clinical use and maintenance of the machine are reviewed. (Dec. 1977-Mar. 1981)

Total number of clinical exposures: 33,077

Total number of patients: 13,749

Total number of exposures for linac-graphy: 738

Only one klystron tube has been working for about 3.5 years and this tube recorded 6,530 filament hours.

Problems:

- 1) Atmospheric temperature and pressure effect for monitor ionization chamber.
- 2) Loss of ionization due to ion recombination.
- 3) Unusual leakage from the maze of treatment room.
- 4) Condition of accelerator to be influenced by the surroundings.

1. はじめに

三菱ML-15MII B型医療用直線加速器が昭和52年12月、国立札幌病院に設置され、その後、調整および放射線治療に必要な基礎データの測定を終え、翌年6月より患者に対する照射業務を開始し、本年6月で丸3年を経過した。今回は、昭和55年度末までの装置の保守・管理および照射実績を整理し、いくつかの問題点と合わせて報告する。

2. 装置の仕様および構成

2.1 装置の仕様

a) X線

発生X線公称エネルギー	10MeV
最高出力	500R/min 焦点-表面間距離 100cm
出力安定度	±2.5% (10分間の連続運転において)
照射野の大きさ	0x0~30cmx30cm at 100cm
ビーム平坦度	±2.5% (照射野30cmx30cmのときの28cmφの内において)

b) 電子線

電子線エネルギー	8, 10, 12, 15MeV (4段階切換)
最高出力	1000R/min 焦点-表面間距離 100cm
出力安定度	±2.5% (10分間の連続運転において)

c) 機械的仕様

焦点-回転中心間距離	100cm
------------	-------

本体回転角度範囲

下向きを0°として±195°

その他の仕様については省略する。

2.2 装置の構成

Fig. 1に装置の側面図、Fig. 2に正面図を示す。

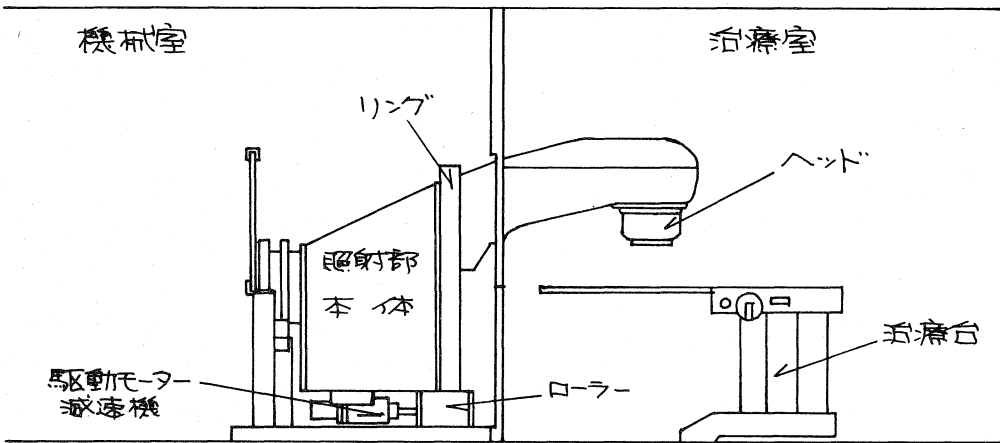


Fig. 1 照射部本体と治療台の側面図

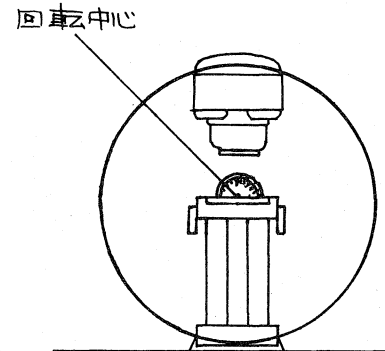


Fig. 2 正面図

装置の構成は、照射部本体、制御卓、電源箱、クライストロン部、冷却装置、ペディスタル、治療台からなる。Fig. 3にブロックダイアグラムを示す。

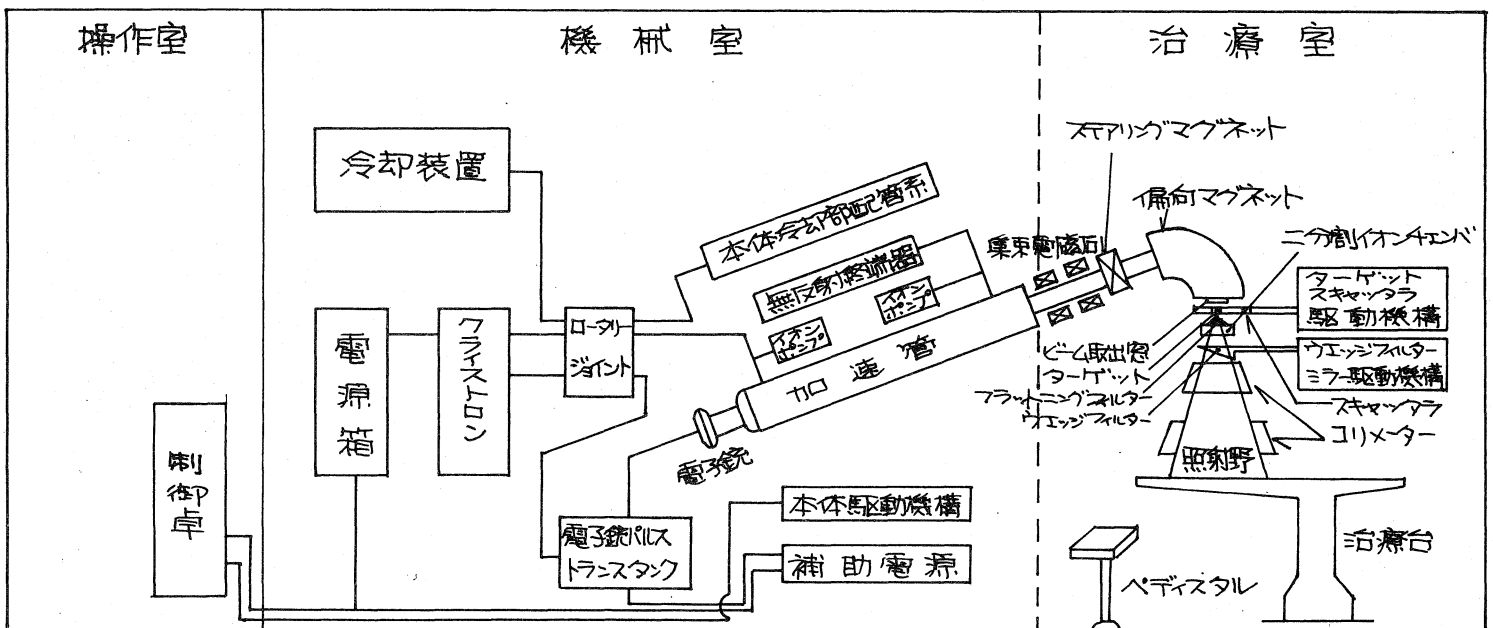


Fig. 3 ML-15MII B型直線加速器のブロックダイアグラム

主要部品の規格は次の通りである。

- a) クライストロン
- b) 電子銃
- c) メイン・サイラトロン
- d) サブ・サイラトロン
- e) 送信管 (2本)

- PV-2012W (5MW)
- 5R型
- VC-1257
- 1G-35P
- 2B29P

f)板極管 (2本) 3CPX100A5

g)イオンポンプ (2台) PSTICT

なお、X線ターゲットは、約0.3放射長の白金、イコライザーは鉛製であり、電子線用スキヤッタラは鉛+アルミニウムである。

3. この装置の特徴

まず、医療用の装置全体としては、360°あらゆる角度から照射できること、従って、ほとんどの装置の照射部本体は回転駆動部にマウントされており、治療台もかなり自在な運動が可能である。照射する範囲を正確に設定できること、このために可動コリメーターがあり、0×0から、一般に30cm×30cm程度の大きさまで希望の正方形または矩形に設定できる構造になっている。照射する量は吸収線量(Gy または rad)で表現されるのでモニター線量計が附属しており、その精度は少なくとも±2.5%以内が要求され、測定系は安全のため2系統になっている。その他、ビームの平坦度が良いこと、患者の全身被曝が重要な問題となるので主線錐以外の漏洩線量は主線錐の1/1000以下であることなどが要求される。また、照射時間は普通1回20秒からせいぜい120秒程度で投入直後の非常に不安定な状態で使用しているという不利がある。(高圧、電子同時投入と2段投入がある)

このタイプのパルス幅は3.5~4.5 μsec、パルス電流140~160 mAであり、装置自体の特徴としては、次のことがあげられる。

- ・回転部分にマイクロ放射源が設置されていないので回転特性が良い。
- ・出力が安定しており動作状態に余裕がある。
- ・他励式なのでエネルギー反射による影響をうけない。
- ・クライストロンの寿命が非常に長い。
- ・二重プリズムビーム偏向系により焦点が小さく位置変動がない。仕様では焦点の大きさが2mmφ以下となっているが実際は1mmφ以下である。

4. 装置の使用実績 (昭和55年度末まで)

フィラメント・タイム: 6,530 hr

ビーム・タイム: 668 hr

照射件数	X線	31,060 件	照射人数	X線	12,603 人
	電子線	2,017 件		電子線	1,146 人
	計	33,077 件		計	13,749 人

休止日数 8 日

稼働率 98.4 %

Table 1 に各年度の照射件数、照射日数、休止日数、稼働率をあげる。故障休止日数は週4回治療なのでその週の他の日(木または土曜)に振替照射を行なった場合は含めていない。

Table 1

年 度	照射件数	照射日数	休止日数	稼働率 (%)
53	9,564	155	0	100
54	11,718 (218)	194	7	95.6
55	11,795 (520)	207	1	99.5
計	33,077 (738)	556	8	98.4

(): Linac-graphy

5. 保守・管理

Table 2に各年度の運転時間、故障件数、平均故障間隔、故障率を整理した。

Table 2 装置の稼働状況

年 度	運 転 時 間		故障回数	MTBF (hr)	故 障 率 ($10^{-3}/hr$)
	F・T	B・T			
52	763.9	157.7	3	254.6	3.93
53	1,464.2	135.5	11	133.1	7.51
54	2,044.1	163.9	10	204.4	4.89
55	2,257.7	210.4	6	376.3	2.66

F・T: filament time B・T: beam time MTBF: mean time between failures
おもな消耗部品の交換をTable 3にあげる。

Table 3 おもな消耗部品の交換

部 品	運転時間	1	2	3	4	平均	保証時間
フライストロン	F・T	(6,530)					1500
	B・T	(668)					1000
メイン サイラトロン	F・T	1,952	(4,578)				500
	B・T	283	(385)				
サブ サイラトロン	F・T	(6,530)					500
	B・T	(668)					
送信管	F・T	(6,530)					500
	B・T	(668)					
板極管	F・T	(6,530)					500
	B・T	(668)					
電子銃	F・T	667	2,496	2,586	(781)	1,916.3	1000
	B・T	134	221	221	(92)	192	
イオンポンプ (ガン側)	F・T	3,163	(3,367)				12ヵ月
		21ヵ月	19ヵ月				
イオンポンプ (ヘッド側)	F・T	3,163	(3,367)				12ヵ月
		21ヵ月	19ヵ月				
モニター チャンバー	B・T	(668)					500
ターゲット	B・T	(668)					300

(): 使用中

故障の系統的分類をみると、昭和55年度までの合計で治療台関係が6件、真空系4件、冷却系4件、RF Oscillator 関係4件、回転駆動部が4件、電子銃関係3件となっており、他は2件以下である。この中で真空系については、ビームダクトの不良で真空リークをおこしたものがほとんどであり、この点はすでに解決されており、最近では真空系に関する故障は皆無である。なお、故障件数には、ヒューズ、表示ランプ、リレーなど技師が簡単に交換できるものや、調整で簡単に終わったものは含めていない。

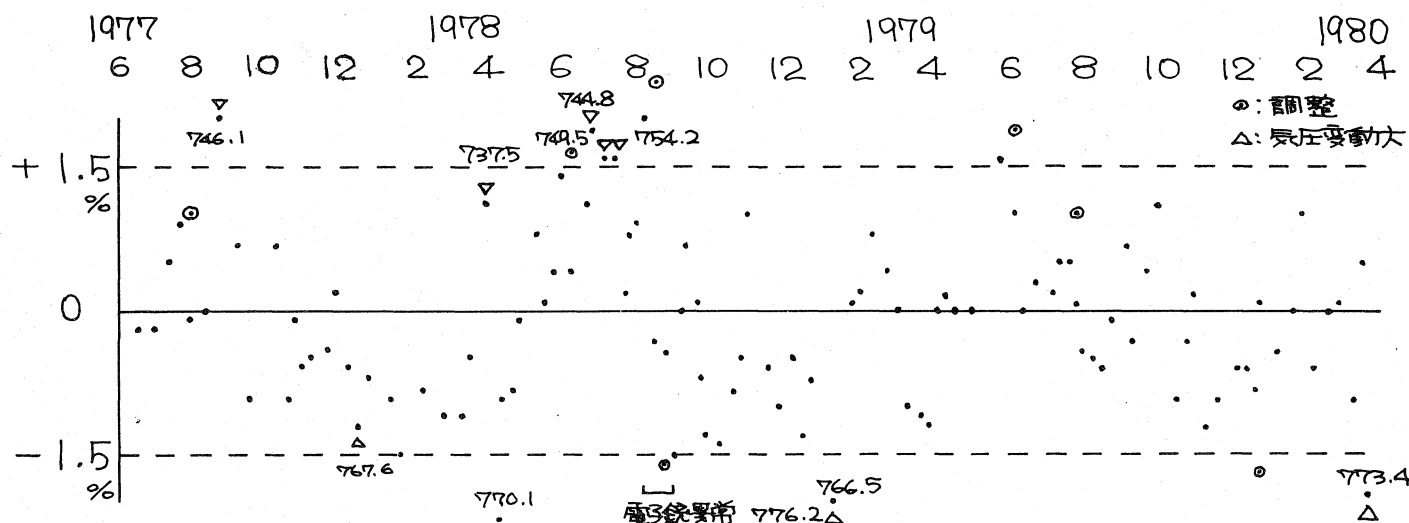


Fig. 4 モニター線量計とIONEX線量計の校正結果 (数値は気圧 mmHg)

次に、モニター線量計の精度をFig. 4に示す。

6. 問題点

6.1 モニターチャンバーの温度・気圧が線量におよぼす影響

この装置には平行平板型の通気性チャンバーが使用されているため、電離量が温度・気圧の影響を受けFig. 4の△部分のように大きな変動を生ずる可能性がある。補正回路を検討したが温度の検出がむずかしく実現していない。

6.2 イオン再結合補正係数が大きい

クライストロンを使用しており、1パルスあたりの線量が非常に大きいため電離イオンの再結合が多い。従って、線量測定に使用しているIONEX線量計で0.6ccチャンバーを使用した場合、X線は約3%、電子線では5%にも達する。この点を十分考慮しないと大きな誤差の原因となる。

6.3 使用室からの異常漏洩

この原因は熱中性子捕獲γ線によるということが判明したが、既設の10MeV以上のX線エネルギーを有する装置の使用室では、特殊な場合を除き大部分に問題がある。現象としては、みかけ上の漏洩X線量が遮蔽計算数値より異常に大きいことで、使用室迷路入口周辺にかざられる。従って、漏洩線量はX線、中性子あわせて考える必要があり、その量は管理区域に指定しなければならないような数値になる可能性が十分にある。当院では、漏洩中性子の測定を行ない対策を検討中である。

6.4 環境条件による加速器の状態変化

仕様には装置使用の環境条件が記されているが、省エネルギーなどにより24時間暖房でない当院では、厳寒期において、運転開始直後は加速器の状態が非常に不安定であり、上記のモニターチャンバーへの影響も大きい。

7. まとめ

以上が使用経験と問題点であるが、まだ3年の使用実績とはいえ、過去使用してきた6 MeV直線加速器およびベータートロンに比らべ、かなり故障の少ない安定した装置といえる。特に、クライストロンについては、マグネトロンとの6倍以上もの寿命で、保守が非常

に容易である。また、各問題点に関しては、それぞれ十分な配慮をし、より良い状態で運転できるように努力して行きたい。最後に、医療用と研究用、工業用の直線加速器では使用状態が大きく異なっており、医療用の場合には、照射時間が短かく、ON、OFF がひんぱんであるなど特殊な面があり電子銃の寿命等について御意見をたまわりたい。