

I-1 THE PRESENT SITUATION OF 45 MeV LINEAR ACCELERATOR OF HOKKAIDO UNIVERSITY

Takeaki Enoto, Hiroaki Tanida, Koich Sato and Yasutomo Ozawa
Faculty of Engineering, Hokkaido University

Abstract

Four and a half years have passed since 45 MeV LINAC of Hokkaido University was completed. During six and a half years, if added two years after the accomplishment of the first accelerating tube of LINAC, the machine time amounts to ten thousand hours.

The experimental subjects, on which researchers make good use of this facility, are spectrometer for quasi-elastic scattering, neutron diffraction, measurement of fast neutron spectrum by TOF, picosecond pulse radiolysis, activation analysis and others.

One of the main features of this facility is its high reliability, considering it can be operated continuously through, and the other is its easiness to operate. In this paper, we refer to the situation of the operation of LINAC, the situation of exchange and durability records of klystron, electron gun and so on, and the problems for maintenance of LINAC. And also we describe the specification of LINAC, the characteristics of electron beam, stability of electron beam and neutron beam, the measured value of radiation levels around the facility and radioactivity after long time operation of LINAC.

1. まえがき

本装置は工学部に原子力関係の最初の講座として応用原子核物理学講座が開設されると同時に設置が認められ、昭和36年に完成した4 MeV LINACを母体として、原子工学科のみならず幅広い研究者が各種の放射線の発生、計測、利用に関する研究・教育に利用することを目的として昭和46年に建設が認められた線型電子加速器である。建設は3ヶ年にわたり、昭和46年度；建屋および第一段加速部完成、昭和47年度；第二段加速部およびビーム誘導部完成、昭和48年度；第三段加速部完成、昭和47年より順次使用を開始した。

本装置は一次放射線として電子線を、二次放射線としてγ線、中性子線を発生出来る。小規模ながらパルス的に強力な線源として各種の研究に利用されている。完成以来4年半を経過した現在、年間2,000時間以上、総運転時間は1万時間を越えており、当初の予想通り長時間運転時の安定性の良さと操作の容易さを示している。

LINAC 電子ビームの特性および主要なクライストロン、電子銃、サイクロトロン等の定格を表1に集約した。γ線強度はターゲットより1mで $3.0 \times 10^9 \text{ MR/h}$ (30 MeV, 2KW, 60μA) , 中性子線強度はビーム値で $1 \sim 2 \times 10^{11} \text{ n/sec cm}^2$ である。ビームのエネルギースペクトルの一例並びにエネルギー対平均ビーム電流の関係を図3に示す。ビーム安定度は電子線及び中性子線のモニター結果からどちらに対しても $2 \sim 3\%$, 最悪時でも $5 \sim 7\%$ 以内である。安定度悪下の要因は電子銃グリッドパルス発生用サイクロトロンが主である。

表 1

項目		区分	仕様	性能	電子銃			四重極電磁石							
1. 電子線エネルギー	最大伏頭電流値(1mA)	45MeV	30MeV	3.0μsec 46MeV 210mA	0.01μsec 46MeV	カソード	傍熱形	カソード電圧	140V	項目	区分	入射部加速管	加速部	誘導部	偏角部
	定常伏頭電流値(100mA)	30MeV	30MeV	31.5MeV	46MeV	ヒータ	最大100W 過弁70W	グリッドパルス電圧	最大600V	焦点距離	37cm	68cm(偏角)	25cm(偏角)	25cm(偏角)	25cm(偏角)
2. 電子線電流	最大伏頭ビーム電流	100mA	230mA	2A	2A	陽極印加電圧	-100KV	3.0.0.1μsec	最大3.8KV	最大磁場	140 Gauss/cm	220 Gauss/cm	400 Gauss/cm	400 Gauss/cm	
	最大平均ビーム電流	60μA	4.5μA	4.5μA	4.5μA	グリッドパルス電圧	-200V	0.01 sec	最大3.8KV	管磁石幅	10cm	10cm	10cm	15cm	
3. 電子線パルス	パルス幅	3, 0.5, 0.1	0.01 μsec	同左	同左	サイクロトロン	形名	IV-2012W	ヒータ電圧	23V±10%	偏角	±25°	冷却方式	水冷却	
	くり返し	10~200pps	単パルス	同左	同左	周波数	2856MHz	ヒータ電流	23A±10%	帯域幅(1dB)	>20MHz	最大入射電圧	1.25x10 ⁵ V/m	一次冷却水	井水自然対流
4. ビーム直径		15mm	12mm	8mm	8mm	先端出力	5MW	最大磁場	2170 Gauss	偏角入射電圧	最大45MeV	流量	純水循環型	北水循環	
						パルス幅	12μsec	陰極側	60A	磁石間隔	60mm	温度	最大400°C	30°C制御	
加速管					サイクロトロン					排気装置					
全長	1,800mm	レキニ加速管	1,600mm	35mm	35mm	形名	1257	先端出力	33MW	到達容量	3x10 ⁹ Torr	17=0.7	TURBOVAC-300	10x10 ⁹ Torr	
パルス加速管	200mm	31mm	35mm	35mm	35mm	防極間電圧	33KV	入力電圧	20~50V	加速部	5x10 ⁹ Torr	7=0.3	TURBOVAC-300	10x10 ⁹ Torr	
パルス誘導管	35mm	35mm	35mm	35mm	35mm	陽極印加電圧	33KV	入力電圧	130~250V	誘導部	5x10 ⁹ Torr	10=0.3	TURBOVAC-300	10x10 ⁹ Torr	
						先端電流	2000A	入力電圧	カソード						
						平均電流	2000mA	外形							

3. 運転・保守状況及び修理・改良点

LINAC を使用する実験テーマは現在①. スペクトロメータのための弾性散乱の研究。②. 高中性子スペクトルの測定, 中性子回折。③. ヒコ秒パルスラジオリシスの研究。④. 放射化分析。⑤. その他同期検出法によるモニターング, 逆チェレニコフ散乱による電子ビーム分析等がある。

マシンタイムの設定は装置の保守, 修理, 実験者の被ばく軽減の面から毎週土・日曜日を除く週5日とし, 上記4テーマに均等に割り当てられる。昭和52年度の実績で, ①~⑤の使用日数は夫々51, 32, 51, 22, 24日, 総稼働日数は180日であった。土・日・祝日108日, 大学行事等を含む春・夏・冬の休暇25日, クライストロン, 冷却水系統修理12日, 特別の工事とヒータビームラインスイッチ, 連動弁取付工事日数35日があり, 他に未使用5日であった。従って稼働率は単純計算で49%, 純粋に修理・保守等で休止せざるを得ない日数は年平均で年間30日未満であり, 休日等を除くと今後も実績稼働率は90%に達すると予想される。

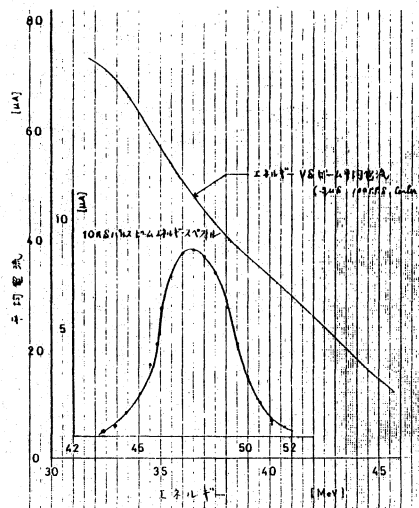


図 3

52年度までの年度別及び52年度の月別ビーム使用時間を図4, 5に示す。年々利用時間は増加の一途をたどっており、52年度低圧通電時間2,585時間、ビーム時間1,650時間は当初の予想使用時間を大幅に上回っている。この数値から1日当りの使用時間を求めると14.4(ビーム時間9.2)時間である。

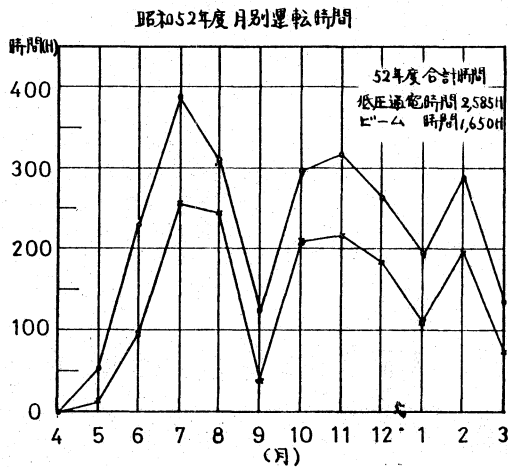


図 4

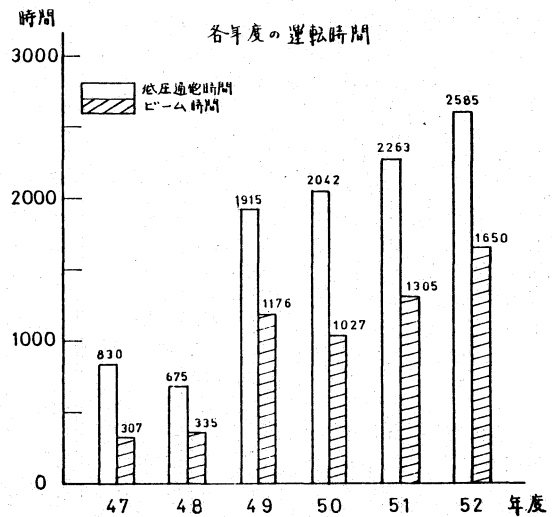


図 5

図4で4~5月の谷はビームラインスイッチ取付け工事、9月は速動弁取付け、フライストロン交換によるもの、1月、3月は休暇、大学行事等による例年見られる傾向である。主要部品のこれまでの使用時間及び交換時の使用時間を次に示す。

サイラトロン (1259)			フライストロン			電子銃		
	現使用時間	交換時使用時間		現使用時間	交換時使用時間		現使用時間	交換時使用時間
NO1	7,000	18 NO1→163	NO1	7,600 (1150)	8,700 (5300)	現用	5,850	4,000
NO2	7,000	8,000	NO2	9,450 (6000)	() 内は高圧通電時間			
NO3	9,000	8,000	NO3	7,700 (5300)				

簡単な部品交換も含め、6年間の修理件数は100件、52年度30件であった。大別するとマイクロウェーブ系統、電子銃系統、制御回路系、電源系統、真空系統、冷却系統、その他に分けられるが、件数ではマイクロウェーブ、電子銃系統でのサイラトロン(1945P等)の不良が最も多く、ついで高圧電源安定化用サーボモータ及び駆動回路の故障、各種リレーの接触不良がある。他に水質不良に伴う純水製造上の問題と冷却水漏れ等があった。幸い大半は土・日曜の運転休止日あるいは1, 3, 8月の休暇中に修理でき、それ以外によるビーム休止は5日程度であった。

LINAC本体にかかわる大幅な改造は行っていないが、これまでに①. ビームラインスイッチの取付け。②. 速動弁の取付けと分子ポンプ追加による真空系の強化。③. ビーム数・運転時間自動制御回路の設置、④. ターゲット自動入れ替え装置の設置等がある。主

として実験者の被ばく軽減と装置の安全性信頼性向上を主眼として行ってきた。中性子源としての安定性はほぼ予想通りであるが、10nSecパルス幅の短パルス化、ビーム立ち上り時、及び微細パルスのお力変動の軽減等高い安定性を要求されており、将来計画としての増強あるいはプリバンチャーの設置とも関連して今後の改良課題となっている。

4. LINAC 周辺の漏洩放射線の測定

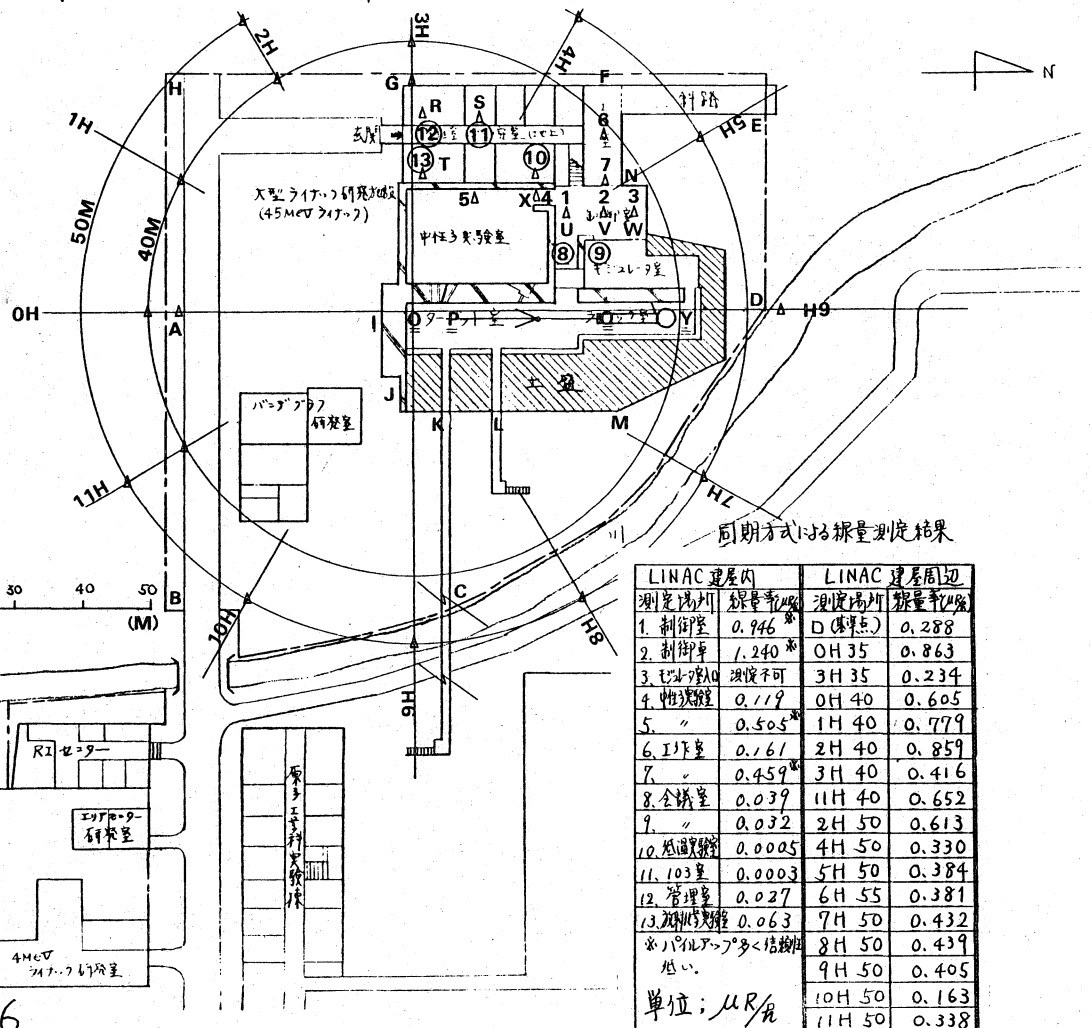
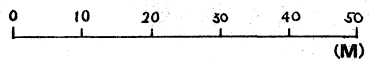
近身重大な関心がはられるようにおった施設周辺のバックグラウンドレベル以下の微弱漏洩放射線分布の測定は通常は困難であるが、LINACがパルス状の線源であることを利用すると同期検出方式によりSN比を向上させ、バックグラウンドの $1/1000$ 程度まで測定が可能となる。ここからは従来から当施設で定期的に実施している管理区域内のGMサーベイメータ、電離箱サーベイメータ及びフィルムバッジを用いたモニタリング結果ならびに北大が以前より進められている同期検出方式により行った測定結果を報告する。LINAC運転条件はエネルギー32MeV、平均電流100 μ A、パルス幅3 μ S、くり返し、150P.P.S、ターゲットPbに設定した。

GMサーベイ

測定点	検量率	測定点	検量率
A	0.016	O	70
B	0.012	P	1.4
C	0.015	Q	0.4
D	0.013	Y	0.2
E	0.016		
F	0.015	R	0.013
G	0.015	S	0.013
H	0.015	T	0.013
I	0.019	U	0.015
J	0.018	V	0.02
K	0.017	W	0.03
L	0.017	X	0.02
M	0.017		
N	0.017		

単位: μ R/h

○: 1階測定点
 =: 屋上
 縮尺



LINAC 建屋内		LINAC 建屋周辺	
測定場所	検量率(μ R/h)	測定場所	検量率(μ R/h)
1. 制御室	0.946*	D (屋上点)	0.288
2. 制御室	1.240*	OH 35	0.863
3. 加速器	測定不可	3H 35	0.234
4. 加速器	0.119	OH 40	0.605
5. "	0.505*	1H 40	0.779
6. 工務室	0.161	2H 40	0.859
7. "	0.459*	3H 40	0.416
8. 全機室	0.039	11H 40	0.652
9. "	0.032	2H 50	0.613
10. 加速器	0.0005	4H 50	0.330
11. 103室	0.0003	5H 50	0.384
12. 管理室	0.027	6H 55	0.381
13. 加速器	0.063	7H 50	0.432
*パルスアップ多量照射		8H 50	0.439
値い。		9H 50	0.405
単位: μ R/h		10H 50	0.163
		11H 50	0.338

図 6

図6に測定点 左上にGMサーバイメータによる測定値を右下に同期方式による測定結果を示した。GMによる結果からは排気筒地点での70mR/h及び屋上のO,P,Q,Yを除くと各測定値とも大きな差はない。一方同期方式による管理区域境界上での値は0.3~0.8μR/hと自然放射線レベルの1/50程度で、年間当り2mRに相当する。建屋内1階部分は低い値を示したが、制御室内については、

3 inch NaIシンチレータを使用したため、パイルアップが見られ、データとしての信頼性に欠けるが、大きな値を示している。図7には制御室、中性子実験室、ビーム延長上35m地点で測定したエネルギースペクトルを示す。50m地点での強度分布は、図8で与えられるが、排気筒を中心とする点対称分布と考えられ、2Hの方向にいくぶん片寄っている。

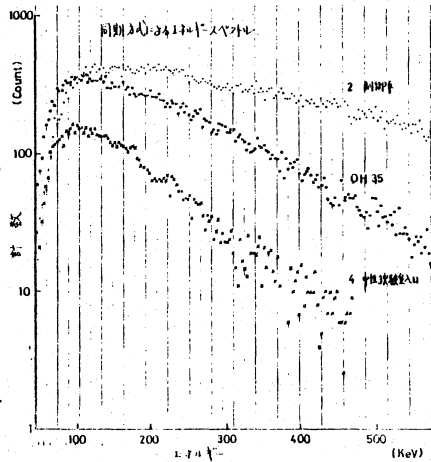


図7

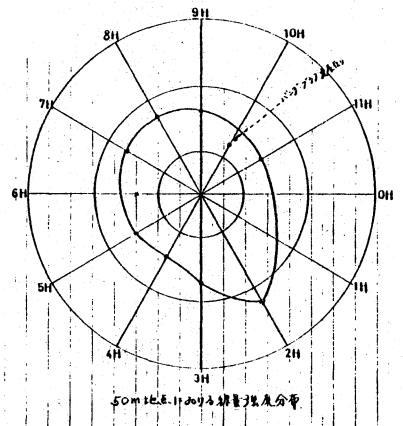


図8

5. ターゲットルームの残留放射能の減衰。
LINACの長時間運転に伴う残留放射能をスマイヤ法、放射比分析法等で測定中であり、一部²⁴Na, ³⁸Cl, ⁴⁰K, ⁶⁰Co, ²²⁸Ac等が検出されているが、データとして整理されていない。運転停止後10日間の減衰状況を図9に示した。停止後4日目までは急激な減少を示し、5日目以降は緩やかな減少となり、10日後では空間においてバックグラウンドレベルまで減衰している。

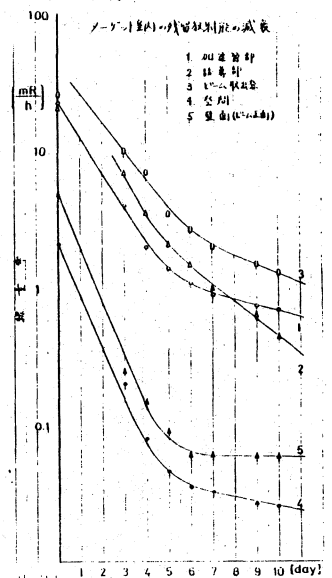


図9

謝辞。北大45MeV LINACも完成後4年半を経過し、この間幸いにも大きな故障もなく、年々使用時間も増加の一途をたどっている。このことは設立以前から今日までの原子工学科のみならず工学部関連の諸先生、職員の皆様方の御協力のたまものであり厚く御礼申し上げます。また完成後も修理・保守等にお世話になっている三菱電機(株)の方々に感謝致します。本報告書を書くにあたり種々助言を載せた井上和考教授、漏洩放射線測定を以前から進められ、今回の測定でも御協力載せた成田正邦助教授、沢村夏子助手、村井郁夫技官、猪田耕市技官に深謝致します。