

Takio Tomimasu, Tsutomu Noguchi, Suguru Sugiyama, Tomohisa Mikado,  
Tetsuo Yamazaki, Mitsukuni Chiwaki, Yoshihisa Watanabe\* and Tadayoshi Kubozoe\*

Electrotechnical Laboratory

The National Defense Academy\*

#### ABSTRACT

The beam transport systems for the ETL linac have been constructed and operated since June 1981 for the beam supply to a 600-MeV ETL electron ring and the high energy experimental room. For the multipurpose use of the electron beams, the ETL linac is designed to have three energy sections, that is, low, medium and high energy sections. The systems consist of the low and medium energy beam transport systems, the high energy beam transport system, the SOR ring beam transport system, and the straight beam transport system to the pion experimental room. Each of the low and medium energy systems has a  $6^\circ$ -deflection pulsed coil and a  $84^\circ$ -bending system. The SOR ring beam transport system has a  $5^\circ$ -deflection pulsed coil and a  $62^\circ$ -bending system. The high energy system is a  $90^\circ$ -achromatic bending system. The electron beams with three different energies are simultaneously provided to four experimental rooms by means of the combination of three pulsed coils and four beam transport systems. To find out the optimum operating parameters of these magnets, beam position monitors observing optically transition radiation and making use of the discolored spot of polyvinyl chloride film were effectively used.

#### 1. ビームトランスポート系

電総研500 MeV電子リニアックの特徴の一つとして空芯パルスマグネットを使用したビーム振り分け装置をもつビームトランスポート系が挙げられる。

電子リニアック本体は低エネルギー、中エネルギーおよび高エネルギーの三セクションに分けられ、各セクションの終端部には振り分け用パルスコイルが設置されている。各パルスコイルでは $\frac{1}{2}N$  ( $N=1, \dots, 4$ )に分周されたパルスビームが $6^\circ \sim 5^\circ$ 偏向され、分岐ダクトを通り低、中、S.Rビームトランスポート系に導かれ各実験室へ伝送される。

高エネルギーセクションを出た直進ビームは $\pi$ 中間子実験室へそのまま直進するか、途中に設けたアクロマティック $90^\circ$ 偏向系の励磁により高エネルギー実験室へ導かれる。

以上のようにパルス偏向コイルの使用により、四実験室で同時に電子ビームが得られるため電子リニアックの効率的利用が可能となった。

電総研500 MeVリニアックの加速管およびビームトランスポート系の配置をFig. 1に示した。偏向部真空槽、広幅のダクト類はSuS 304平板(厚さ4~10mm)から製作し、エクステンション管にはSuS 304ミューレス76φ直管を用いた。

表1図 ETLリニアックのビームトランスポート系

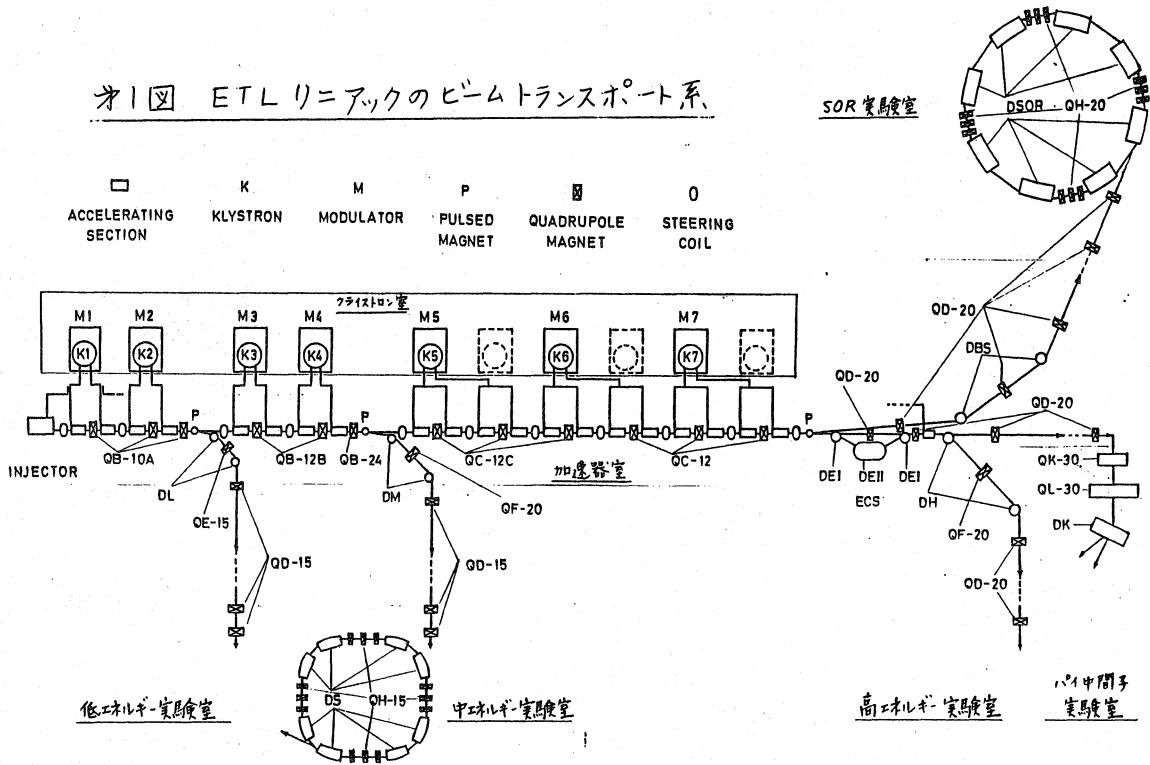


表1表に依り、中、高ビームトランスポート系の電磁石およびスリット等の諸特性を示す。

表1表 ビームトランスポート系特性

ビームトランスポート系	低エネルギー-BTS	中エネルギー-BTS	高エネルギー-BTS
パルスコイル偏向角	6°	6°	
構成要素	DQD	DQD	DQD
D偏向角 × 2	84°	84°	90°
D軌道半径 (m)	0.5	1.0	1.6
D磁界 (G)	6,300	7,700	11,000
D極間隔 (mm)	60	60	55
Q極長 (cm)	15	20	20
Qギャップ半径 (mm)	70	80	80
Q磁場勾配 (G/cm) max	300	140	280
ビームダクト幅 (mm) 中央	140	186	186
ビームスリット幅 (mm)	0 ~ 80	0 ~ 120	0 ~ 120
エネルギー透過幅 (%)	±3.5	±2.6	±1.6
分散	7マイクロメートル	7マイクロメートル	7マイクロメートル

D: 二極電磁石, Q: 四重極電磁石

2. ビームトランスポート真空系および冷却系

加速管の超高真空の維持, 排気系の保守の容易さとイオンポンプのメンテナンスフリー時間を考慮し、ビームトランスポート系の到達真空度は  $1 \times 10^{-8}$  Torr を目標としている。

通常は各ビームトランスポート系に設けられた2台の80ℓ/secイオンポンプのみで排気を行なう。真空粗引きには可搬型ターボ分子ポンプ(110ℓ/sec)を必要に応じてイオンポンプバルブ引き口に接続して使用する。各ビームトランスポート系の分岐点附近と実験室入口にメタルストレートバルブを設けることにより、トランスポート系の保守、改造、修理に際し加速管系および実験装置の真空に影響をあたえないよう配慮された。

図2にビームトランスポート系の排気装置を示す。

各トランスポート系共、分岐附近に設けたビームコリメータ、偏向真空槽、分散ダクト、ビームスリットが水冷される。この冷却水は、偏向用電磁石、四重極電磁石冷却用と共通のビームトランスポート系専用の循環純水を用いている。クーリングタワーを通過する一次冷却水との熱交換により各装置入口で30℃附近の一定温度を保つ。

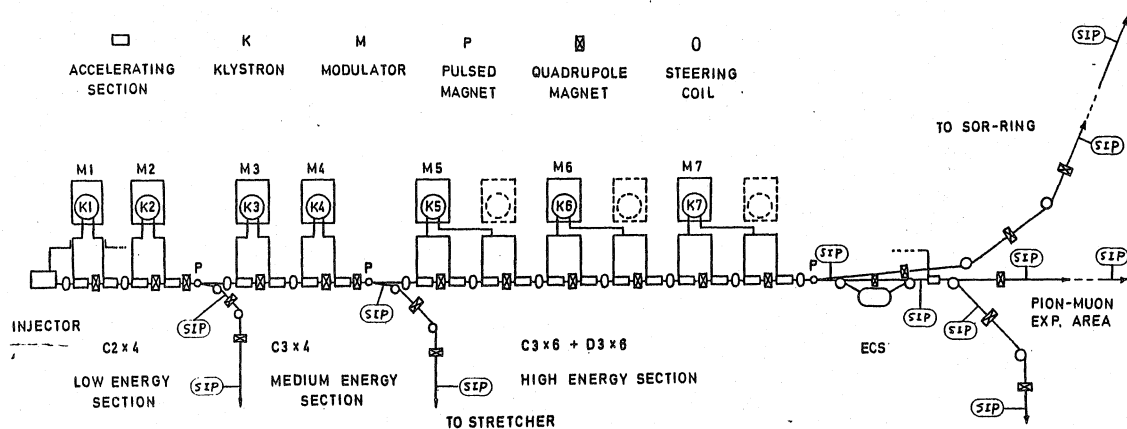


図2 図 ビームトランスポート排気系

SFP スパッタ・イオンポンプ

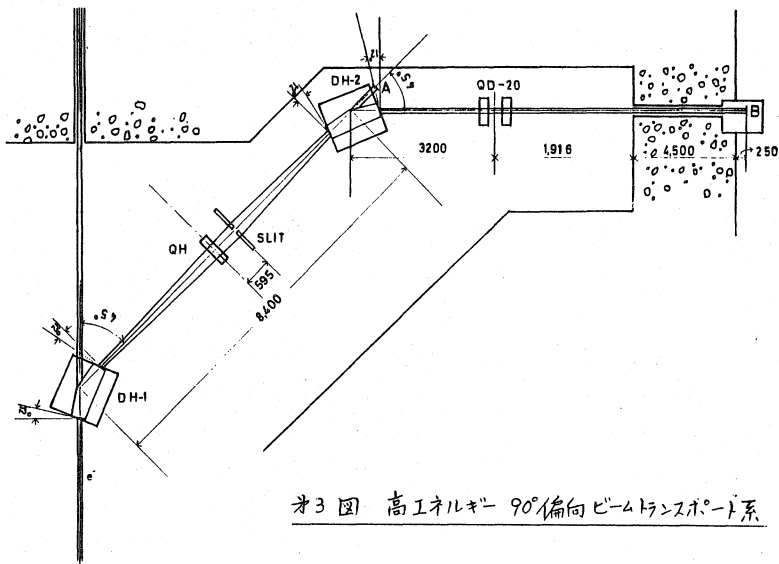
### 3. ビームトランスポート系制御装置

ビームトランスポート系制御装置として、電磁石電源制御装置、電磁石冷却水インタロック、スリット駆動制御装置、磁場測定装置、遷移輻射(T.R)ビームモニター、SORビームモニター等がリニアック制御室内のコントロールデスクに設置され、電子ビームの監視と制御を行なう。

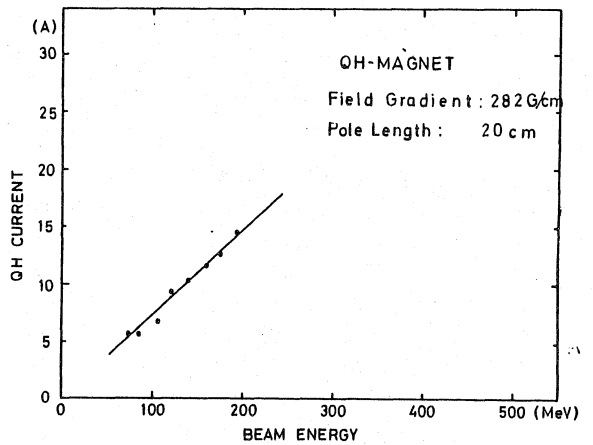
### 4. 高エネルギービームトランスポート系におけるビームプロファイルの観測

ビームトランスポート系の一例として高エネルギービームトランスポート系の配置図を図3に示す。高エネルギービームトランスポートはDQDで構成する90°アークロケット偏向系であり、透過エネルギー幅は±2.5%であるが、中央附近に位置精度±0.2mmのスリット機構を有しエネルギー幅を狭めることが出来る。

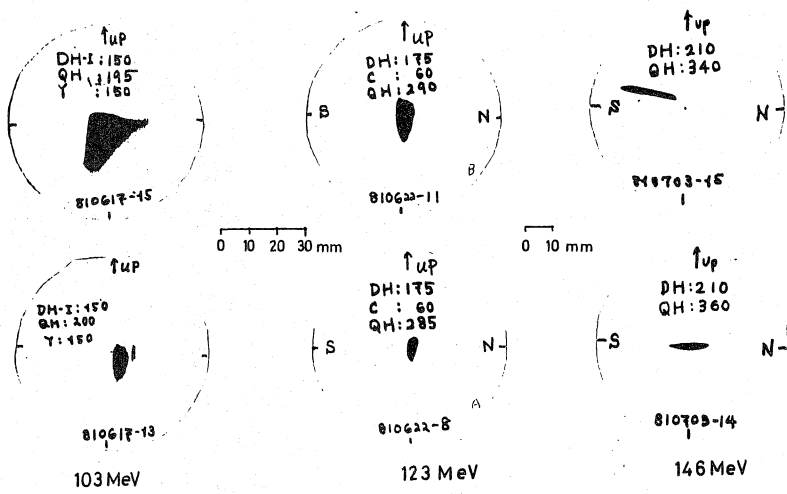
トランスポート系の調整にファラディカップとして200×200×1,000mm(W×D×L)の亚克力水槽、ビームプロファイル焼付け用塩化ビニールシートを45°偏向点(3図A点)ならびに90°偏向点(3図B点)のフランジに付けた厚さ0.1mmのチタン窓直後に置き、それぞれビーム電流、ビームスポットを観測した。この方法によって得られた、QH-四重極電磁石の励磁電流の最適値とビームエネルギーの関係を図4に示した。



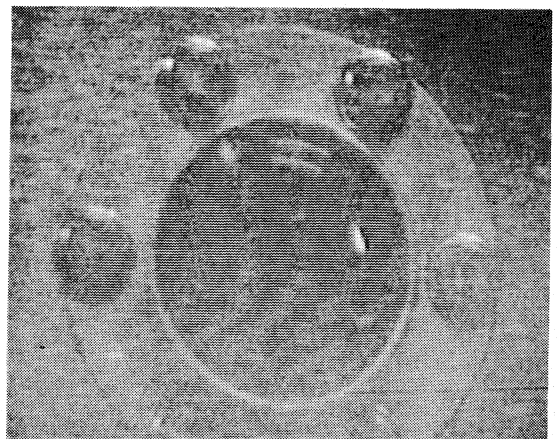
※3 図 高エネルギー 90°偏向ビームトランスポート系



※4 図 QH四重極電磁石の励磁電流とビームエネルギー



※5 図 高エネルギービームトランスポート B 点におけるビームスポット



※6 図 T.R ビームモニタ (TVスコop) 上に得られる電子ビーム照射 Al 箔の像

foil : Al 50 $\mu$ m  
electron beam : 200 MeV, 2 $\mu$ A

高エネルギー実験室入口(3図 B 点)におけるビームスポットの例を※5 図に示す。現在ビームトランスポート系出口でのビーム径は 5~8 mm $\phi$ と見られるが、エネルギー幅、最大エネルギー領域については調整中である。

### 5. 遷移放射 (T.R) ビームモニタ

光学的遷移放射をリニアックの電子ビーム診断に用いる方法は CERN-Saclay において実用されているが電総研リニアックにおいても 30~500 MeV 領域の電子ビームモニタとして有効に利用されている。50 $\mu$ m Al 箔をターゲットとし、45°入射の電子ビームにより、90°方向に可視域放射光が得られる。ターゲットを TV カメラで観測することによりビーム位置、形状、強度の測定が可能であり、トランスポート系の調整に効果的に使用された。

※6 図は高エネルギーセクション分岐ダクト直後のストレート部に設けた T.R ビームモニタにより得られる Al 箔の放射をテレビカメラを通して撮影したもので、直進ビームの位置調整に利用している。T.R ビームモニタを使用した位置調整の精度は  $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$  mm 程度となる。