

電総研 リニアックおよび関連実験施設の現状

電総研 富増多喜夫

I. 電総研 500 MeV 電子リニアック

電総研リニアックの特徴としては

- 1. 省エネルギー-低維持費型 省エネルギー型クライストロン, BBU防止型加速管
- 2. 多目的高效率利用方式 パルス偏向による4実験室への間引き振り分け
- 3. 低バックグラウンド短パルス発生 グリッド付電子銃とパルス偏向の併用
- 4. 高デューティ-化 RF系の高デューティ-化と beam stretcherの併用

が挙げられる。1, 2, 3. については別報に詳細な説明がある。

図1は、電総研 (ETL)

リニアックの電子エネルギー, ビームパワー, デューティサイクルについて他の大型電子リニアックと比較したものである。

電子リニアックは従来からもエネルギー利用効率が良い加速器であったが, まだまだ改良の余地が残されている。

その一つにクライストロンのマイクロ波発生効率の向上がある。

電総研では東芝の協力を得て49年からクライストロンの高效率化を進めており, 当初6 MW 級で35%の効率であったが現在では10 MW 級で効率54%のものが試作されている。電総研田無リニアックでは加速エネルギーが25 MeV から42 MeV まで向上している。新リニアックでは出力23 MW 以上, 効率約50%のものを使用するが, 消費電力は効率約33%のITTの8568クライストロンを使用する場合より30%減になる。電力料金値上げの折からこの省エネルギー効果は大きい。また, このクライストロンはデューティサイクル0.24%まで使用できる。

高エネルギー加速時における Beam Blow up (BBU)防止はエネルギー利用効率を低下させないためにも必要なことである。新リニアックでは図2に示すような連続定勾配ディ

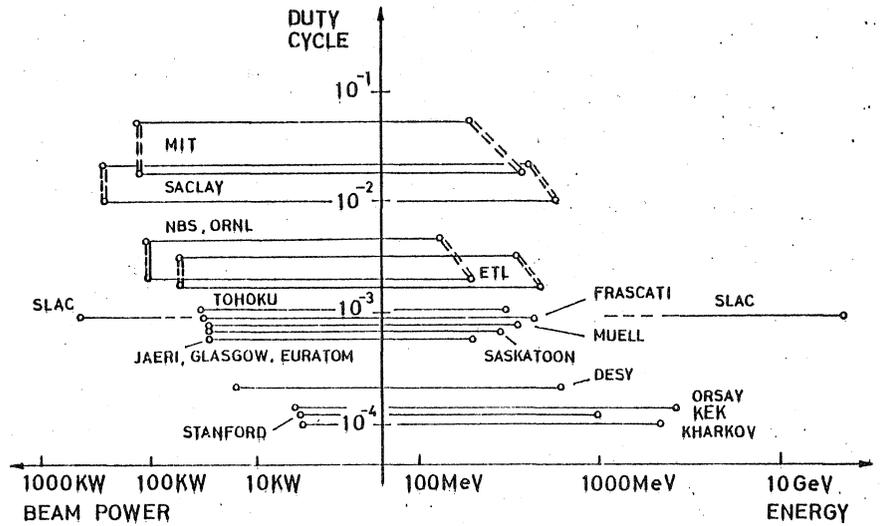


図1. 世界の100 MeV 以上の電子リニアックと電総研 (ETL) リニアックの性能

スク径型 (Linearly tapered type) の加速管を考案し, C2型, C3型, D3型の3種類
 類の加速管 20本と四重極電磁石 12ヶを図3のように配列し BBU 防止策とした。¹⁾

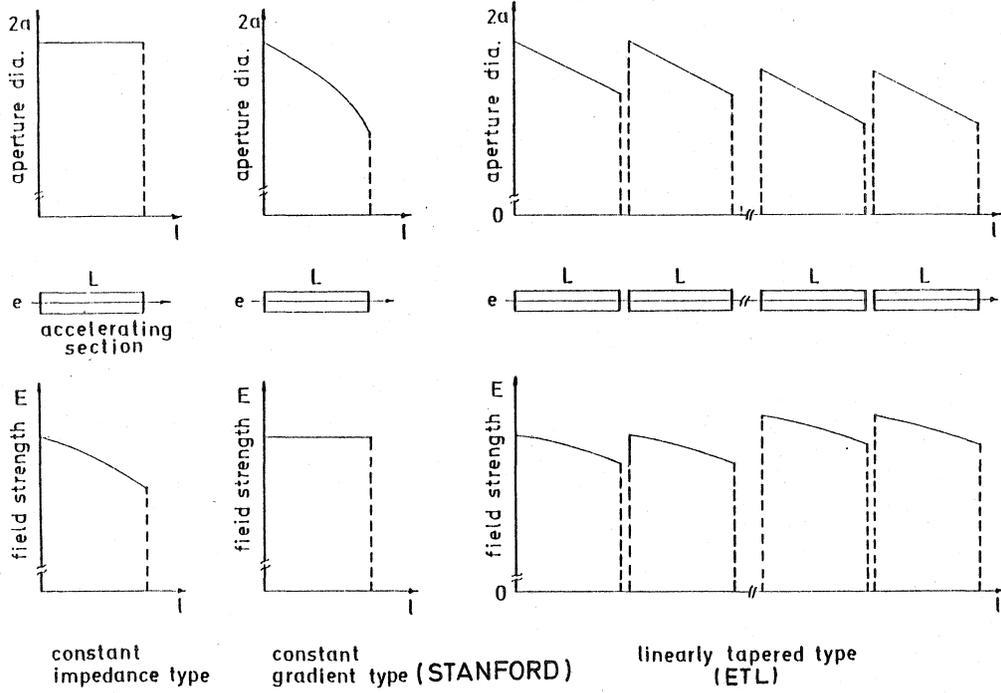


図2 電総研 (ETL) 加速管の構造と配列の特徴

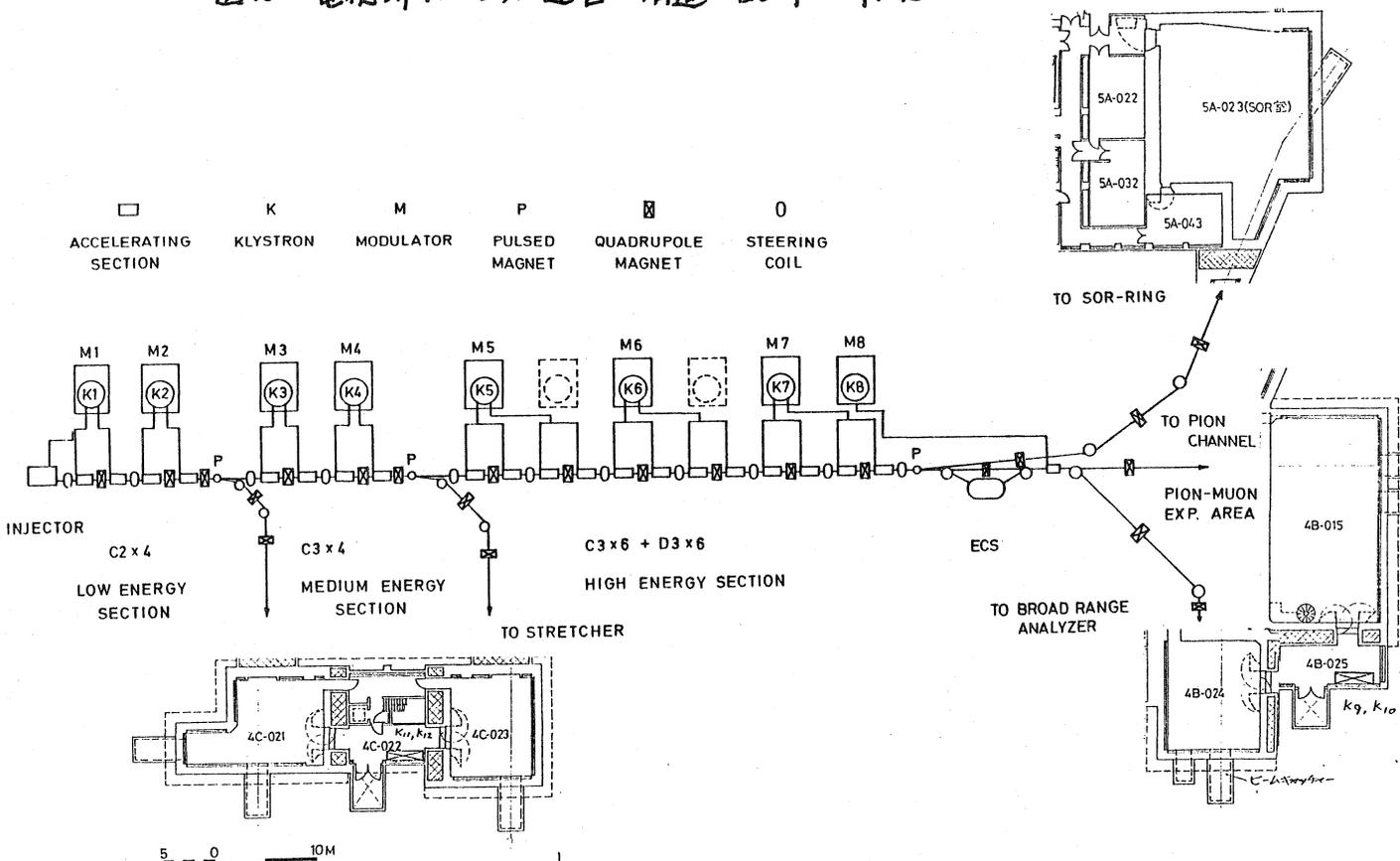


図3 電総研リニアックの構成とビームトランスポート系による各実験室へのビーム分配

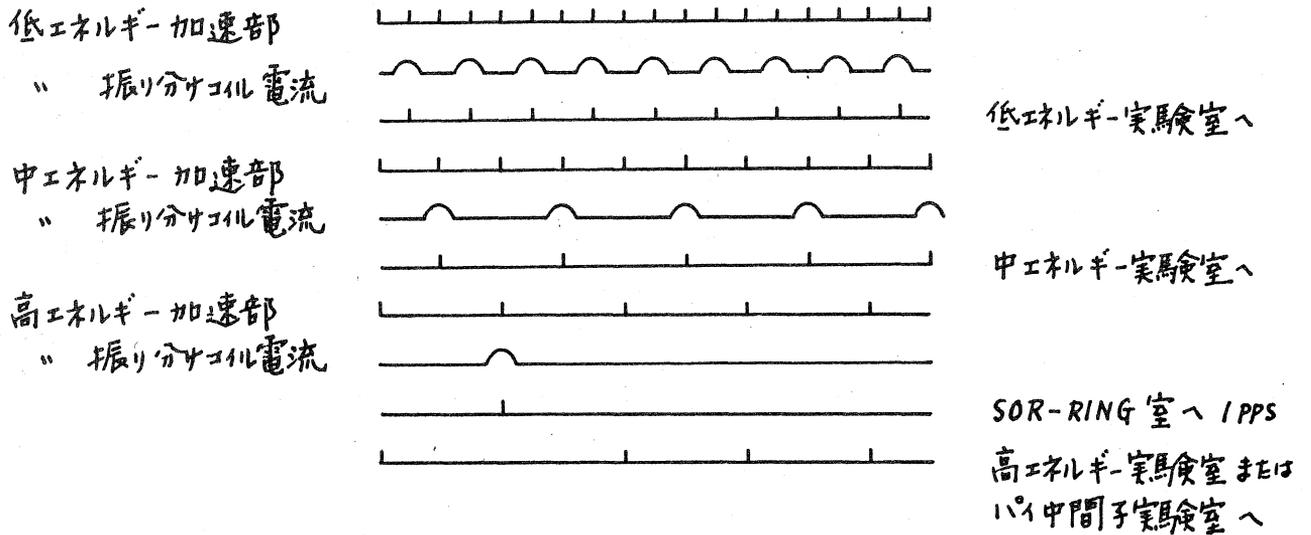


図4 パルス偏向コイルによるパルスビームの振り分け方

加速器は低エネルギー部、中エネルギー部、高エネルギー部からなり、それぞれの出口には偏向コイルがあり図4に示すような正弦半波電流によって約 6° ~ 7° パルス偏向されたビームはそれぞれのビームトランスポート系によって低エネルギー実験室、中エネルギー実験室、SOR-RING実験室へ送られる。直線加速ラインの途中に普通の電磁石を設置すると消磁に苦勞するし、消磁の再現性の保証もない。この直線部におけるビーム方向の乱れは次の加速器群でBBUを誘起する確率が大きく、地磁気によるビームの微小偏向と共に面倒を起し易い。電総研リニアックではパルス偏向部をセラミックダクトとして偏向コイルに正弦半波電流を流してパルスビームを等間隔に間引く方式を試みる。等間隔に間引くのはクライストロンのドライブ系のことを考慮してである。図4にパルスビームの振り分け方を示す。

この方式によると低エネルギー、中エネルギーの各実験室、SOR-RING実験室の利用者はパルス偏向コイルの電源を操作することにより随意にビームを利用できるようになり高エネルギー実験室あるいはパイ中間子実験室には運転時常にビームが来ているので電子ビームの利用効率は高まる。

加速管と加速管の間には四重極電磁石とステアリングコイルが交互に配列されている。ステアリングコイルの近くにはビームモニタが配置されている。四重極電磁石(ダブレット)の焦点距離は各エネルギー部共 $1.5L$ (L は加速管長)以下に設計されており、中エネルギー部の出口にはトリプレットが1台設置されている。

入射器のグリッド付電子銃とプリバンチャーの間にパルス偏向電極を取り付け、グリッド

パルス制御によるナノ秒パルス発生時においてグリッドメッシュを通り抜けるバックグラウンド電子のパルス幅を50ナノ秒以下にできるように設計されている。入射器の電源はクライストロンと同じように出力電圧440V、安定度0.7%の1200kW MGによって供給される。電子銃パルス変調器のディキューイング回路と共に高安定の入射パルス電圧が得られるようになっている。

II. 建屋および関連施設

建屋設計の特徴としては

1. 省エネルギーのためクライストロン室の中央部近くに電源室を接近させ1200kW MGを設置した。
2. 放射線遮蔽材として重コンクリートの代りに鉄鉱石を使用し約2億円のコストダウンをおこなった。図5参照
3. 実験室の天井方向の厚さは遮蔽材も含めて約 $1 \times 10^3 \text{ g/cm}^2$ とした。
4. 加速器室の壁はブロックで二重壁とし露結を防止した。
5. 加速器室の空調は緊急排気以外は閉型循環空調とした。加速器室そのものを送りのエアダクトスペースとし、加速器室床下のDSを戻りのダクトスペースとするもので、加速器室から戻ってきた空気は水洗されフィルターを通して、また冷水による除湿をおこなって後加速器室に戻される。

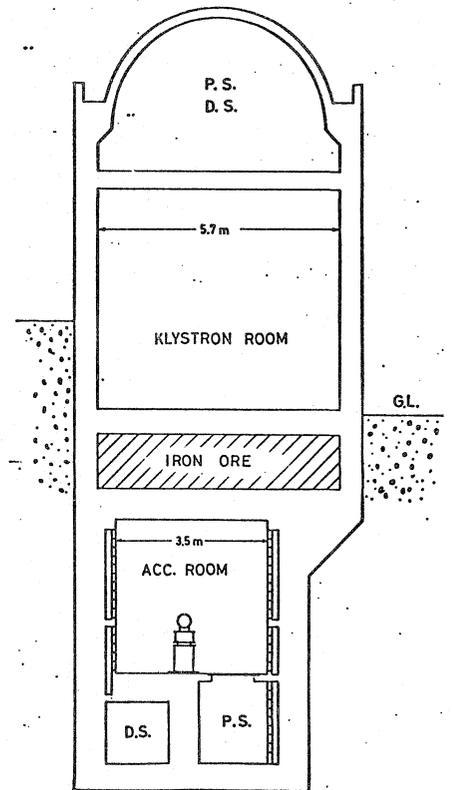


図5 クライストロン室と加速器室の断面図

6. 加速器室、実験室からの排水、漏水は貯留槽に一旦プールされて後処理される。
7. 加速器室、実験室には4台のエレベータを設置した。
8. 加速器、実験装置の冷却水はすべて閉型循環方式とした。また、加速管の温度制御は $40^\circ\text{C} \pm 0.2^\circ\text{C}$ 程度でおこなえる。パルス偏向によるビームの間引き運転時においても、低、中、高エネルギーの各部分がそれぞれのビームデューティサイクルに応じて温度制御できる。

III. 関連実験施設

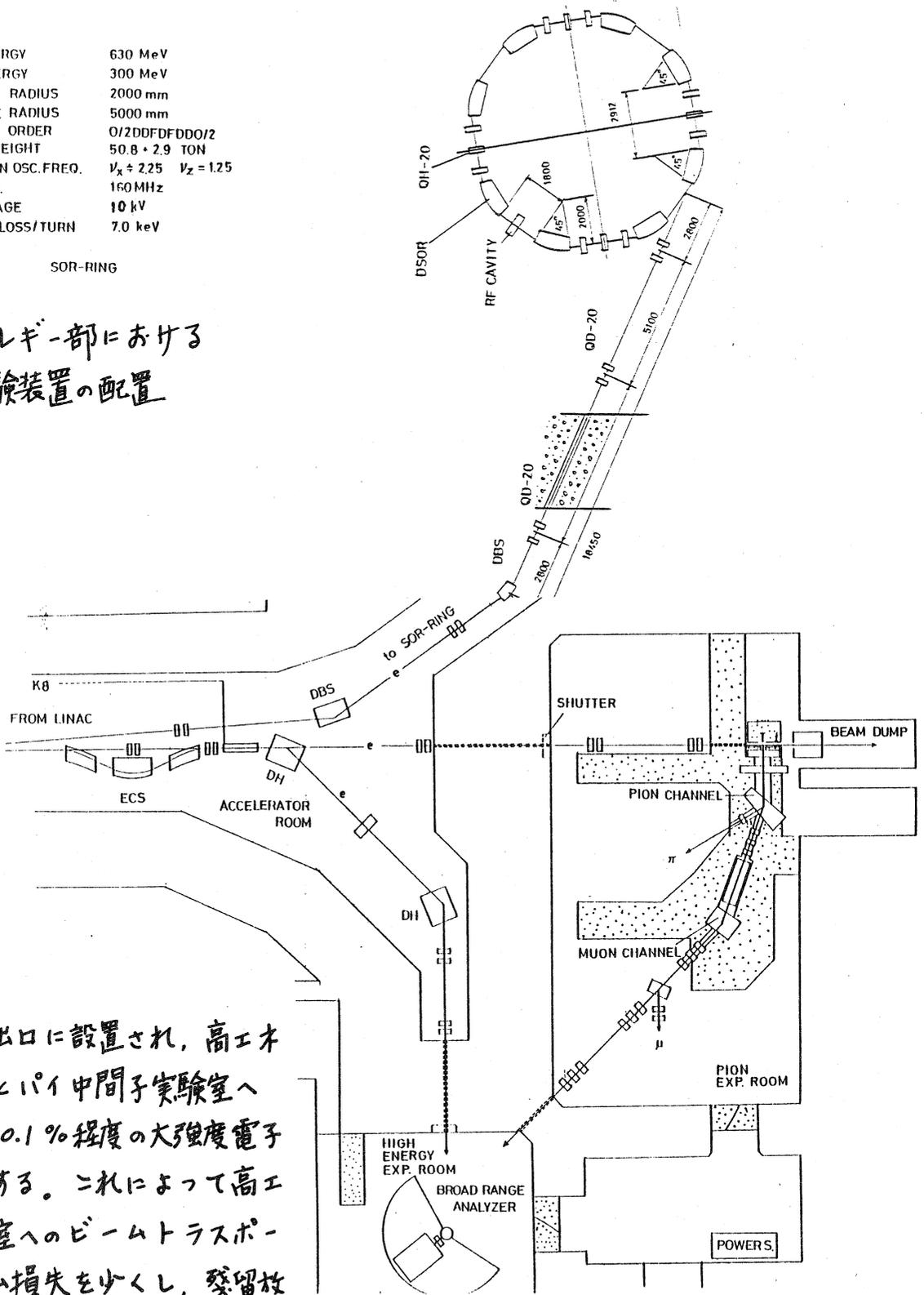
1. ECS装置 (Energy Compressing System; エネルギー幅圧縮装置)

1%以上のエネルギー幅をもった電子ビームをディバンクングしながら0.1%程度のエネルギー幅に揃えるもので国内では東北大学で稼働している。²⁾ 図6に示すように高工

MAX. ENERGY	630 MeV
INJ. ENERGY	300 MeV
BENDING RADIUS	2000 mm
AVERAGE RADIUS	5000 mm
LATTICE ORDER	O/2DDDFD0/2
TOTAL WEIGHT	50.8 + 2.9 TON
BETATRON OSC. FREQ.	$\nu_x = 2.25$ $\nu_z = 1.25$
RF FREQ.	160 MHz
RF VOLTAGE	10 kV
ENERGY LOSS/TURN	7.0 keV

SOR-RING

図6 高エネルギー部における
関連実験装置の配置



高エネルギー部の出口に設置され、高エネルギー実験室とパイ中間子実験室へエネルギー幅 0.1% 程度の大強度電子ビームを供給する。これによって高エネルギー実験室へのビームトランスポート系でのビーム損失を少なくし、残留放射能を減らせることを期待している。

主なパラメータは $\rho_1 = 2090 \text{ mm}$, $\rho_2 = 1317 \text{ mm}$, $\rho_2/\rho_1 = 0.63$, $\alpha = 38^\circ$, $S = 5556 \text{ mm}$, $B_{1\text{max}} = 0.718 \text{ T}$, $B_{2\text{max}} = 1.139 \text{ T (450 MeV)}$.

2. パイ中間子用チャンネル (図6)

パイ中間子実験室に設置される QQDQ 型のビームトランスポート系で出力側は 2ヶ所。

集束偏向可能運動量 $\sim 380 \text{ MeV}/c$, 立体角 0.1 str 以上 ($\Delta P/P \approx 5\%$ のとき), 銅ターゲットから約 4 m のところで集束する。ミュオンチャンネルは計画図である。

3. 広帯域磁気アナライザ³⁾ (図6)

QD型の広帯域スペクトロメータで, 主なパラメータは $P_{\text{max}} = 350 \text{ MeV}/c$, $\rho_{\text{max}} = 850 \text{ mm}$, $0.5 P_{\text{max}} \leq P \leq P_{\text{max}}$ のとき $2 \times 10^{-4} < \Delta P/P < 1 \times 10^{-3}$, 立体角 $\approx 8 \text{ m str}$.

4. SOR-RING⁴⁾ (図6)

光学実験棟に設置されるもので1ユニットの電磁石配列はDQ_FQ_DQ_FD型で4ユニットからなる。一周約 31 m , 軌道半径 $\rho = 2000 \text{ mm}$ で最大 630 MeV の電子を蓄積できる。

5. Pulse Beam Stretcher (ビームパルス幅伸長器) (図7)

中エネルギー実験室に設置されるもので1ユニットの電磁石配列はDQD型で4ユニットからなる。一周約 16 m , 軌道半径 $\rho = 700 \text{ mm}$ で最大 150 MeV の電子を約 3 m sec 回転させる間に準連続ビームとして取り出し, 低エネルギー実験室の 180° スペクトロメータに導かれる。

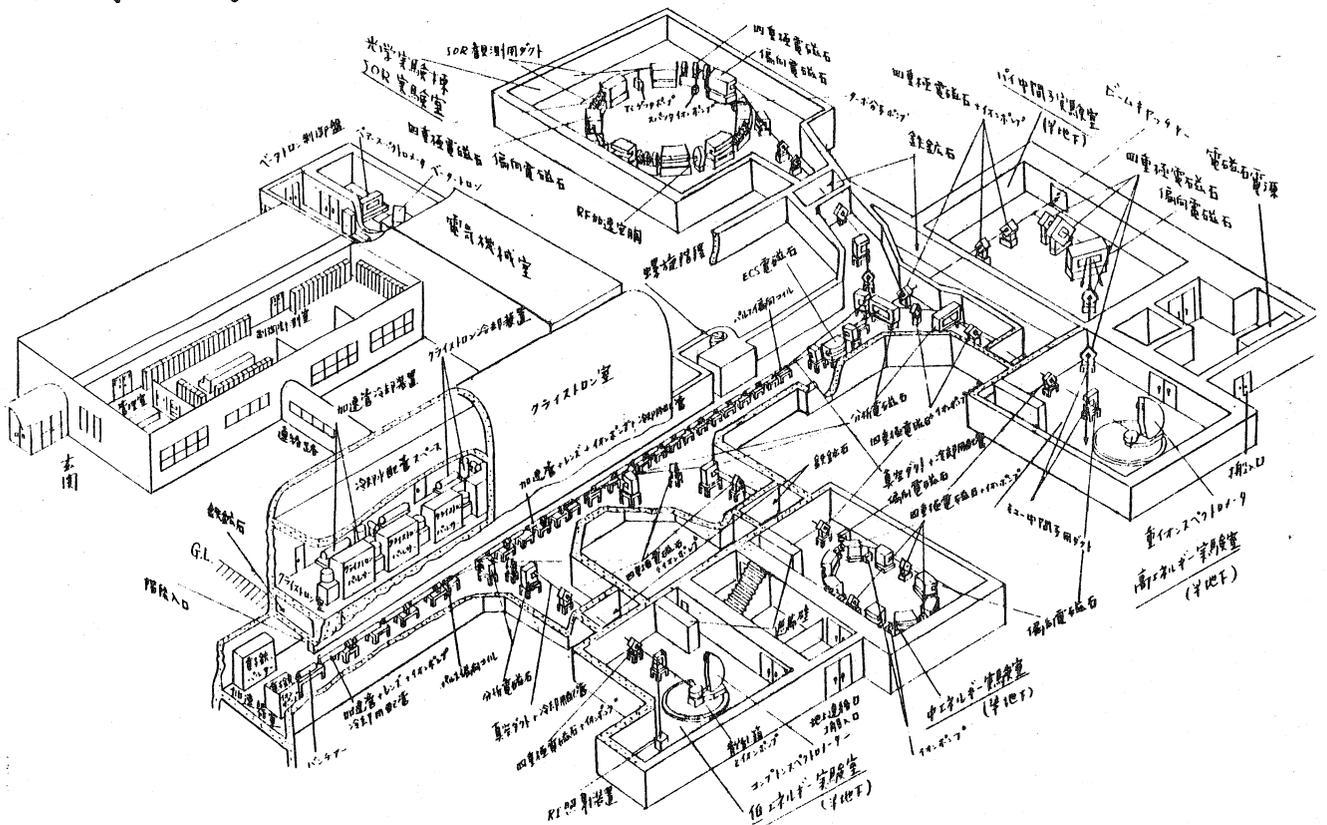


図7 電総研リニアックと関連実験施設の鳥瞰図

1. 富増, 電総研彙報 42, 68 (1978)
2. 菅原, 寺沢, 東北大学核理研報告 9, P 313 (1976)
3. 富増, 大阪大学 RCNP-P-19, P16 (1977)
4. 大場, 地, 電総研調査報告 191号