

# フォトンノットロー 2.5 GeV 電子線形加速器計画

高エネルギー物理学研究所

田中啓郎 佐藤 勇

フォトンノットロー (M.F.T.F) 計画は53年度から発足できる見通しが強くなった。52年度にはKEK内に設置調査委員会が設けられ、その下に組織運営部会、研究設備部会、及び土地施設部会が置かれ、その準備作業を行ってきた。又52年度には土地建物の調査費が認められたので、P.F施設のKEK敷地内に於ける位置の選定、地質調査(ボーリング) 建物設備の調査と行い、設備、人員と共に建物の概算要求を提出した。

設備のうち入射器、光源についての準備研究は52年度にKEKの予算で、設計上特に急ぐ必要のある部分について準備研究を行ってある。

ここでは、入射用電子線形加速器の基本的な設計方針、問題点の概要について述べる。この加速器は、当初P.F施設の専用器として出発するが、KEKの将来計画であるTRISTANの $e^-$ ,  $e^+$ の入射器としての機能を合せ持つようなものであることを設計の基本方針とする。建設期間は4年で、安定、確実な動作し、且つ運転保守の容易であるものを目標とする。そのため、新規なものではなく conventional な T.W. 型を採用することにした。しかし多くの制約の中でできるだけ特色を出すつもりである。

## §7. 基本パラメーター、構成、及び建物

此の電子線形加速器の主要パラメーターは次の如くである。

General	
Max. Energy (50 mA loaded)	$\geq 2.5 \text{ GeV}$
Peak current	$\geq 50 \text{ mA}$
Beam pulse width	$> 1.0 \mu\text{s}$
Repetition rate	$< 50 \text{ PPS}$
Energy spread	$< \pm 0.5\%$
Normalized emittance	$< 10 \pi \text{ cm mrad}$
Accelerator guide	
Type of structure	T.W. Const. Grad.
Frequency	2856 MHz.
Type of mode	$2\pi/3$ ( $+ \pi/2$ )
Length of unit guide	$\sim 2 \text{ m}$
Number of guides	160
Attenuation parameter ( $\tau$ )	0.5 ~ 0.6

RF power

Peak power of a Klystron	> 20 MW
Number of Klystrons	40
RF pulse width	~ 3.0 μs.

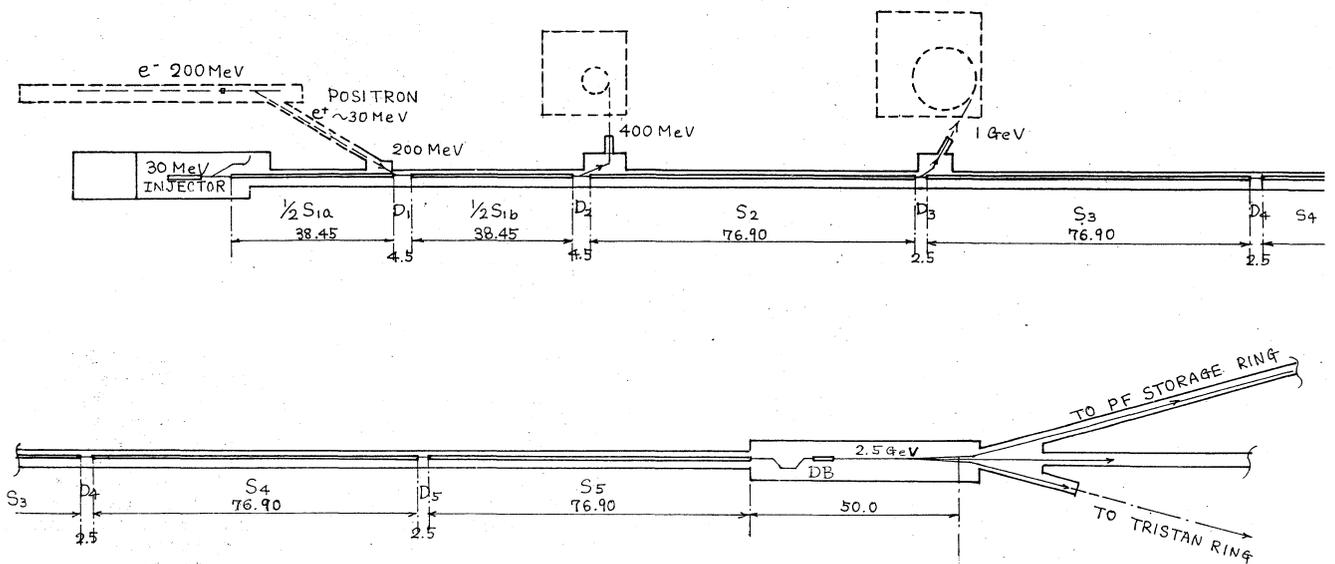
全体の構成は次の通りである。160本の加速管は5つのセクターに分割される。1つのセクターは32本の加速管及び8本のクライストロンから成る。このセクターは、運転、制御、電力、冷却等について1つのブロックを形成する。1セクターは8つのユニットから成り、1本のクライストロン4本の加速管から構成されている。1ユニットは此の加速器の最小単位で加速エネルギーは約65 MeV (at 50 mA) である。4本の加速管は1つの架台の上において1体のものと考え、1ユニットの長さは約10 mである。

クライストロンを含むRF電源室は加速管の置かれているトンネルの上部にあり、約10 mの間隔で、クライストロン、電源、冷却系、真空系その他の電源が収められる。

入射部は、2つ以上の電子銃、サブハーモニックバンケャー、アリバンケャー、クヨフーパー等が置かれ、加速器の運転中も立入り可能とする。

2.5 GeV 電子線形加速器 ラインアップ

0 50M 1/1000

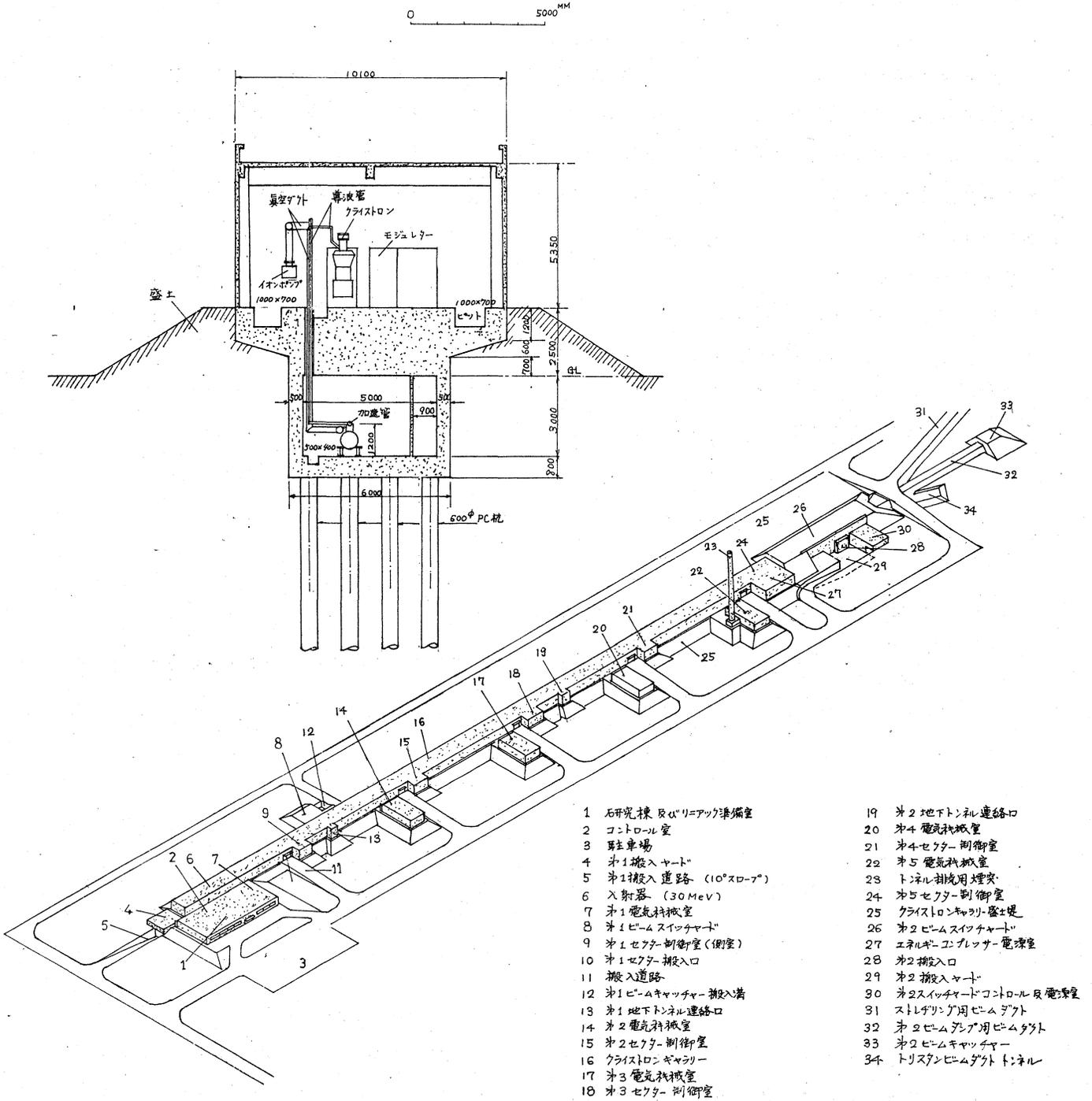


トンネルに沿って、400 MeV, 1 GeV の地点にはビームの取出し部を設け、この部分にはエネルギーの分析系等の測定器が置かれるが、必要に応じてトンネル外部へのビームの取出しも可能とする。加速器終端のビーム取出し室にはエネルギー中の圧縮及びエネルギー安定化のためのデバンケャー系、ビームの振り分け電磁石、ビームトランスポート系が置かれる。

加速器本体を収容するトンネルは、放射線遮蔽の真からは地下式が望しい。しかし、深く長いトンネルは地下水脈を切断し、地下水を生活用水としている周辺農家に影響を及ぼす恐れがある。一、地上に設ける場合には、重コンクリートの遮蔽の上に相当量の土盛りを必要とし、又RF室からの距離

離も増大する。そこでトンネルは半地下式とし、電源室はその上部に設けることにした。勿論トンネルと電源室の間には充分の遮蔽を行い、運転中の立入り可能とする。

トンネル 及 クライストロンギマラリ 断面図



- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 1 石研究棟及びリアクタン準備室   | 19 第2地下トンネル連絡口         |
| 2 コントロール室          | 20 第4電気科教室             |
| 3 駐車車場             | 21 第4セクター制御室           |
| 4 第1搬入ヤード          | 22 第5電気科教室             |
| 5 第1搬入道路 (10°スロープ) | 23 トンネル排気用煙突           |
| 6 入射器 (30 MeV)     | 24 第5セクター制御室           |
| 7 第1電気科教室          | 25 クライストロンキャビ-登土堤      |
| 8 第1ビームスイッチャート     | 26 第2ビームスイッチャート        |
| 9 第1セクター制御室 (側室)   | 27 エネルギーエレクトロ-電源室      |
| 10 第1セクター搬入口       | 28 第2搬入口               |
| 11 搬入道路            | 29 第2搬入ヤード             |
| 12 第1ビームキャッチャー搬入溝  | 30 第2スイッチャートコントロール及電源室 |
| 13 第1地下トンネル連絡口     | 31 ストレンジリウムビームダクト      |
| 14 第2電気科教室         | 32 第2ビームダクト用ビームダクト     |
| 15 第2セクター制御室       | 33 第2ビームキャッチャー         |
| 16 クライストロンギマラリ     | 34 トリスタンビームダクトトンネル     |
| 17 第3電気科教室         |                        |
| 18 第3セクター制御室       |                        |

## § 2. 設計の目標

この 2.5 GeV Linac は放射光光源である「ストレージリング」の入射器であり、又将来計画である TRISTAN の入射器も兼用する。従ってその稼働率を高めるためには、信頼性が高く、運転の容易な加速器でなければならぬことは勿論であるが、保守の省カ化、故障による停止時間の減少を計

るためには、電子線形加速器の特徴を生かして装置の規格化、ユニット化、単元化を極力進める。これは又コスト削減の一助ともなる。

この計画の当初にあった150~500 MeV 地帯での陽電子の発生は、変換効率が $10^3$ 程度であり、ターゲット附近の汚染、及びP.F.では当初不要であることと考へて中止し、将来計画の発足と共に、別に200 MeV程度のHigh intensity linacを設けこれによって発生した陽電子を2.5 GeVのHigh energy linacに入射することにした。この他に、Single bunchの観測が線形加速器のビームの研究に重要であることが分ってきたので、その加速の可能性をのこしておくことにした。このSingle bunchの利用については最近各方面からの要望も多くなってきている。そのため、Sub-harmonic buncher, Short pulse用の電子銃、Chopper, TriggerとRFとの同期等を初めから考慮に入れておく必要がある。このSystemがあれば、Storage ringの加速RFに対するSingle-bunchも作れるのでRingのStudyにも役立つであらう。

### 3.3. 問題点

電子線形加速器については、国内ですでに150台以上のものが稼働しており、一面からみれば、その技術は確立してると云えたりこともなり。しかしその規模をみると、最大のもので300 MeVであり、100 MeVを超えるものは僅か2台にすぎない。その大部分は医療用や工業用で数MeVから数十MeVまでのものである。P.F.入射器の2.5 GeVはエネルギーではSLACの20 GeVに次ぐ世界第2位のものとなる。そこで現実に建設にさがる前にもう一度大型加速器について再検討する必要がある。云うまでもなく、量的に大差があると復的に差違が生れてくる。以下にその例をあげてみよう。

#### 3-1. Beam blow up

線形電子加速器では、ビームのパルス中が数マイクロ秒程度の場合、電流値がある値を超えようと、ビームが散ってしまう現象がある。そのblow upを生ずる電流値は数十MeV以下の短い加速器では、S-bandで数百mA程度であり、GeV以上の長い加速器では10mAの程度から生ずると云われている。これは前者にあつては、ビームによって加速管内に発生するHEMモードの電波が後続のビームに作用しそれが更に電波を増中する一種の発振現象であるのに対し、大型の長い加速器では、同じ構造の加速管が多数並んでいるために、夫々の加速管で発生するHEMモードの波の強度は僅かでも、その作用が周期的に繰り返されるため、僅かのビーム電流値でこの発散現象が生ずる。現在、まだこの現象を完全に防止する手段は見出されておらず、GeV級の加速器で数十mA以上の電流値を得るためには、加速管の改良等のマイクロ波対策と集束電磁石系によるビームの集束等を合せて充分に行う必要がある。

#### 3-2. 各加速管に対するマイクロ波の位相調整

多数の加速管から成るlinacでは、各加速管に於けるマイクロ波の位相はすべて一定の実体になければならぬ。その許容量は数度以下である。加速管の本数が少ければ夫々の加速管へマイクロ波を導く導波管に移相器を入れて位相調整を行えばいいが、数十本以上の場合にはその調整が煩雑になるばかりでなくコスト的にも損である。従つて、長い加速器では、この移相器を無くすることが必要

である。又長い加速管に沿って分布するクライストロンへの入力電流の位相変動を押えることも短い加速管では余り問題にならないであろう。

### 3-3. 各種電源

長大な linac では、クライストロン及びそのパルス電源ばかりでなく、その他の附属電源の数は相当なものにのぼるであろう。従って、例えば、クライストロンを40台使えば、常時1台が故障している確率はかなり高いとみなければならぬ。この時加速管が停止するのは望しくないので、1〜2台の故障では運転が継続できるような System にならなければならない。又、運転中に、クライストロンの交換や電源の修理が可能でなければならぬ。

### 3-4. 運転

各種電源の数が多くと、一般には調整部分が多くなるが、運転要員の人数を少なくし、且つ無理な負担をさけるためには、コントロール室に於ける調整部をできるだけ小さくするようなコントロール系とする必要がある。その一助として、計算機の導入も当然必要とならう。

### 3-5. アライメント

長さが数百mになると、加速管をいくら幾何学的な一直線上に並べても、ビームはその通りには走らなうであろう。しかし、トンネルそのものが、地盤と共に動く可能性が高いため、規準としては光学的にアライメントする必要がある。光学的アライメントはトンネル内の場合、空気の乱れによって、40m程度が一応の限界となる。数百m程度の長さでは、真空のアライメントラインを設置するには費用がかかりすぎるのでその案を要する。