

Takio Tomimasu, Tsutomu Noguchi, Suguru Sugiyama, Tomohisa Mikado, Tetsuo Yamazaki,  
Mitsukuni Chiwaki, Fuyuhiko Sugawara, Morotake Nishi, Hideo Onuki,  
Yoshihisa Watanabe\* and Tadayoshi Kubozoe\*

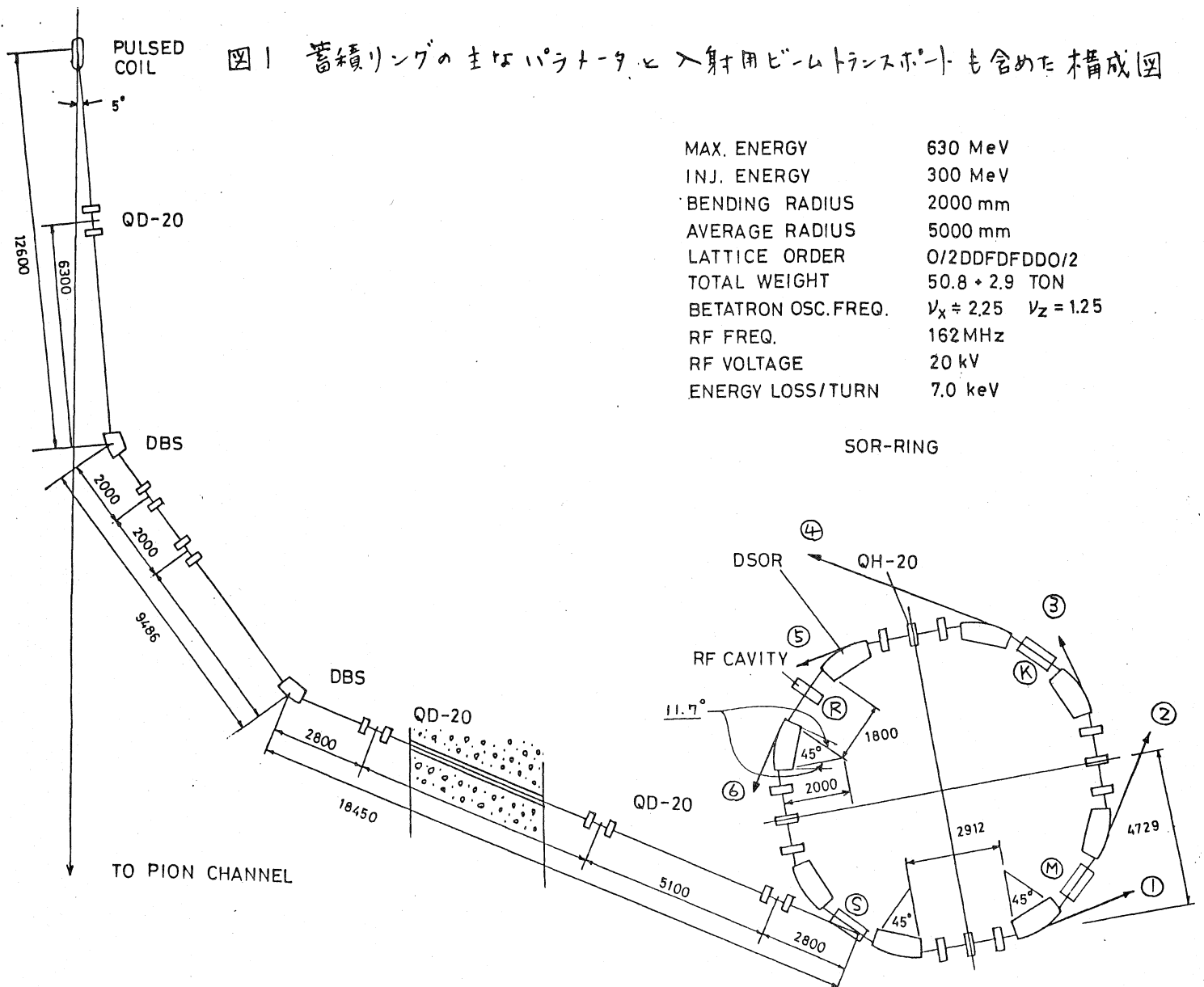
Electrotechnical Laboratory  
The National Defense Academy\*

## ABSTRACT

The 600-MeV electron storage ring has been constructed and under test since June 1981 at ETL in Tsukuba. The design goal of stored current is 0.1 A with one hour life for operation at 600 MeV. The circumference is 31.45 m. The useful spectral range of synchrotron-radiation from the ring lies between 10 and 1000 Å. The 500-MeV electron linac being operated for high energy spectro-dosimetric experiments serves as an injector. About 300-MeV electrons from the linac are provided by means of the combination of a 5°-deflection pulsed coil and a beam transport system about 40 m long and injected into the ring at the rate of one pulse per second. The ring consists of eight bending magnet sections and eight straight sections. The lattice order is  $O/2 B_d B_d Q_f Q_d Q_f B_d B_d O/2$ . The harmonic number is 17. The radius of the bending magnet is 2 m. Electrons are injected at the first straight section  $S_1$ . Four triplet focusing systems, each of which contains two radial-focusing quadrupole magnets and one vertical-focusing quadrupole magnet, are installed at the even-numbered straight sections  $S_2 - S_8$ . The odd-numbered straight sections  $S_1 - S_7$  are used for the injector magnet, the monitor, the kicker coil and the rf cavity. All straight section and the eight bending chambers are used for mounting and built-in pumps. Total pumping speed is about 7000 l/sec. The pressure in the vacuum chamber is kept less than  $3 \times 10^{-10}$  Torr.

電総研は1971年の筑波移転決定を機にその翌年から高エネルギー大出力電子リニアックと放射光用電子蓄積リングの建設計画を立て建屋と装置の設計を行ってきた。その後、数々の曲折を経て蓄積リングも当初の計画よりは4割近く省エネルギー型で電子エネルギー600 MeV、目標蓄積電流0.1 Aのものが1980年11月より1981年3月までの5ヶ月でほぼ完成した。この間、電子リニアックの方は月2.3回の慣らし運転に止め、電磁石の設置、電磁石の磁場分布測定、真空配管および排気装置の取り付け、排気、ベーキング、等が順調に進められた。4、5月は放射光用ビームラインのリークキ直し、セプタム電磁石、キッカーコイル用電源の調整、入射用ビームトランスポート系の整備、等を行ない、6月からリング室に入射を開始しビーム制御に慣れてからリングに入射する予定である。

入射用ビームトランスポート系、入射系、真空系については別報で詳細な説明があるのでここではリング建設全般にわたって報告する。



リングは図1に示すようにほぼ円形に配列されていて、電子軌道の一周は31.45mである。リングは8つの偏向電磁石部と8つの直線部から構成されている。偏向電磁石部には偏向電磁石とスパッターイオンポンプを組み込んだ真空槽がある。図2は偏向電磁石の磁極間に置かれた真空槽と組み込みポンプの位置関係を示す。図2からわかるように磁極の半径方向の長さは22cmと従来のものと比べて3割近く大きく設計されていて横方向の安定領域も広くとれ、イオンポンプにも十分な磁場強度が与えられるようになっている。真鍮のスペーサはC型電磁石の撓みを防ぐもので真空槽の設置のときには外周側から取り除くことができる。偏向電磁石は偏向角45°、曲率半径

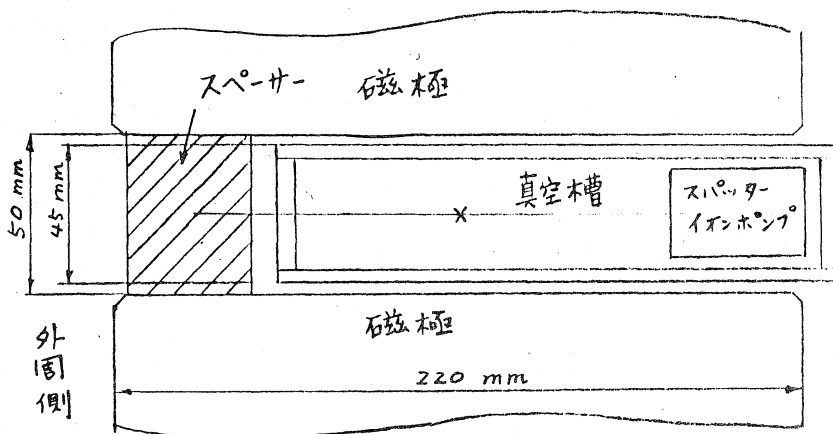


図2 磁極と真空槽の位置関係

図2からわかるように磁極の半径方向の長さは22cmと従来のものと比べて3割近く大きく設計されていて横方向の安定領域も広くとれ、イオンポンプにも十分な磁場強度が与えられるようになっている。真鍮のスペーサはC型電磁石の撓みを防ぐもので真空槽の設置のときには外周側から取り除くことができる。偏向電磁石は偏向角45°、曲率半径

2 m, 最大磁場 1.1 T, 重量約 6.5 トンと磁極幅, ヨー7幅ともに大き目に設計したため重くなったが, 均一な磁場領域が広く電源を増強することによって最大磁場を 1.4 T 程度にすることは容易である。磁極間隔は平行としたため ( $n=0$ ) 磁極間への電子入射は直角入射とせず  $11.7^\circ$  の斜入射角をつけ垂直方向の集束力を持たせた (図1)。

8つの直線部のうち第1番目の直線部にはセプトム電磁石 (S) を, 3番目にモニター部 (M) を, 5番目にキッカーコイル (K) を, 7番目には Y+ 加速空洞 (R) を設置した。また偶数番目の直線部には長さ 0.2 m, 最大磁場勾配 11 T/m, 重量約 0.2 トン Q 電磁石を水平方向集束に 2 台, 垂直方向集束に 1 台, 計 3 台を 1 セットとして設置することにし, 全部で 4 セット配列した。したがって電子ビーム集束は偏向電磁石の出入口における垂直方向集束と合わせて  $0/2 B_d B_d Q_d Q_d Q_d B_d B_d 0/2$  を単位とする電磁石配列で行なわれ, 4 単位で 1 周となる。電磁石の据え付け精度は今まで 2 回測定したところでは 0.3 mm 程度である。測定は入射前後にもう 2 回ほど行なう予定である。

電子リニアックからの電子ビームは入射部のセプトム電磁石 (S) によって安定軌道から 40 mm 以上外れた位置で入射される。半周下流にあるパルスキッカーコイル (K) によって軌道修正を受け, 電子はさらに 1/4 周下流にある Y+ 空洞によって加速されながら蓄積され, さらに電子エネルギーは 600 MeV まで上げられる。Y+ 加速によるバンチ数は 17 で, Y+ 電源は 162.1 ~ 162.8 MHz の周波数範囲で 4 ~ 10 kW の Y+ power を供給できる。

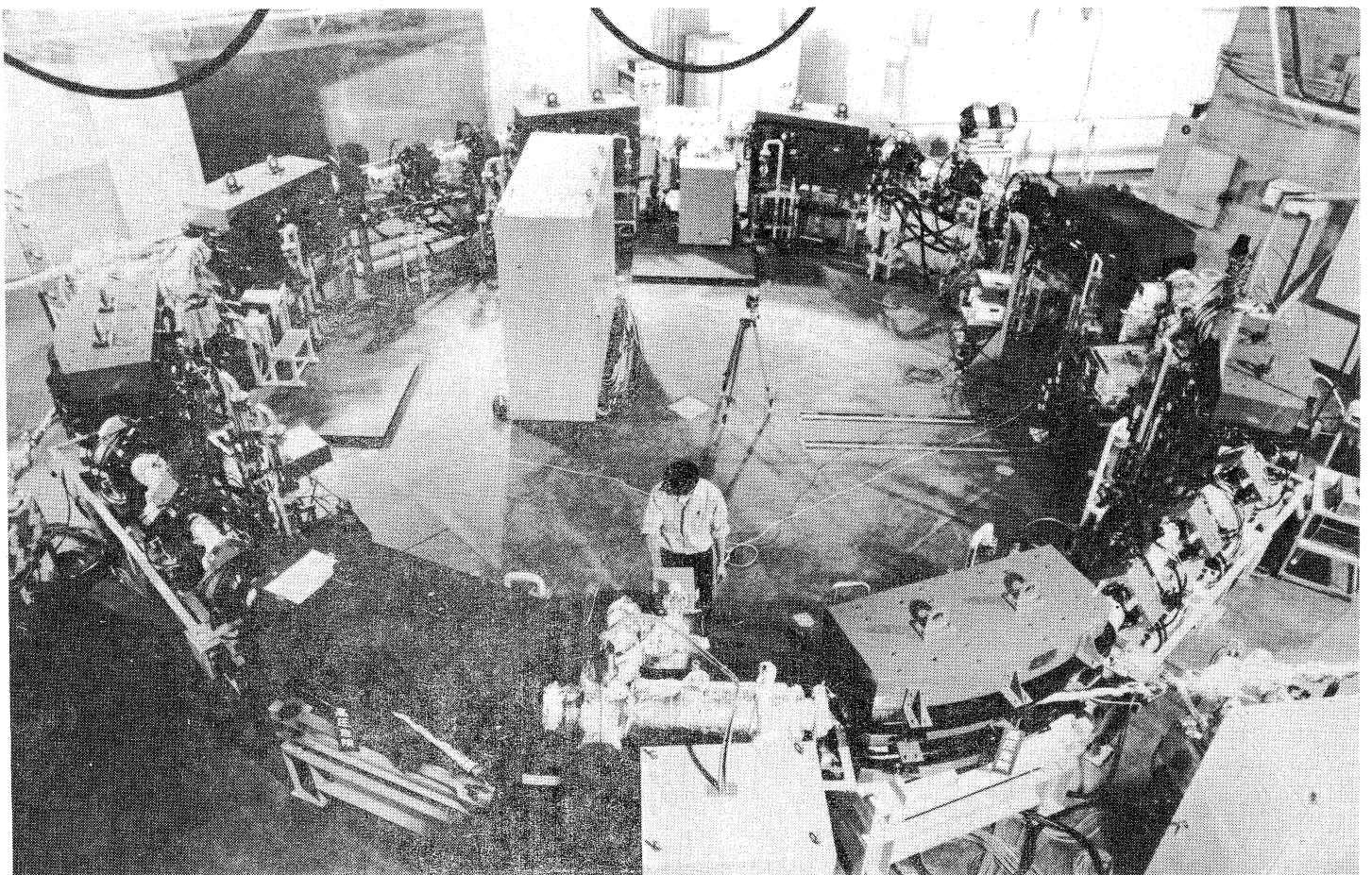


写真1. 電総研 600 MeV リングの本体部分。右上の方から電子が入射され, 反時計回りの方向に回転しながら蓄積される。上流側から順に①, ②, ④の観測用ビームラインが見える。

$10^{-10}$  Torr 台の超高真空を得るための排気装置としては偏向ダクト部に組みこんだ排気速度約  $160 \text{ l/s}$  のスパッターイオンポンプ (SIP) 8台, 8つの直線部に同じ排気速度の SIP を1台ずつで8台, T+空洞部に  $500 \text{ l/s}$  の SIP を1台, Q電磁石部以外の直線部に排気速度約  $1000 \text{ l/s}$  の4タンゲッターポンプ (TGP) を4台を設置している。全排気速度は約  $7000 \text{ l/s}$  である。3月頃は2昼夜ベーキング後1週間で  $3 \times 10^{-10}$  Torr を得ていたが, 5月には1昼夜ベーキング後1日で  $3 \times 10^{-10}$  Torr 以下となり, 一部では  $10^{-11}$  Torr 台の超高真空が得られている。

放射光取り出し用ダクトは図1に示すように偏向部に①~⑥の6本用意されているが, ⑤, ⑥は蓄積電子量観測用に, ①は主として光の標準用に, ②は超軟X線計測と物性研究用に, ③はなくて④はリソグラフィ用として実験準備が進められている。有効利用可能な波長範囲は  $10 \sim 1000 \text{ \AA}$  である。

図3に電総研リングおよび世界で稼働中あるいは建設中の蓄積リングの電子エネルギー臨界波長  $\lambda_c$ , 蓄積電流を示した。電総研級のものは世界で4台建設中であり, 3年後には中国にも建設されるという話がある。

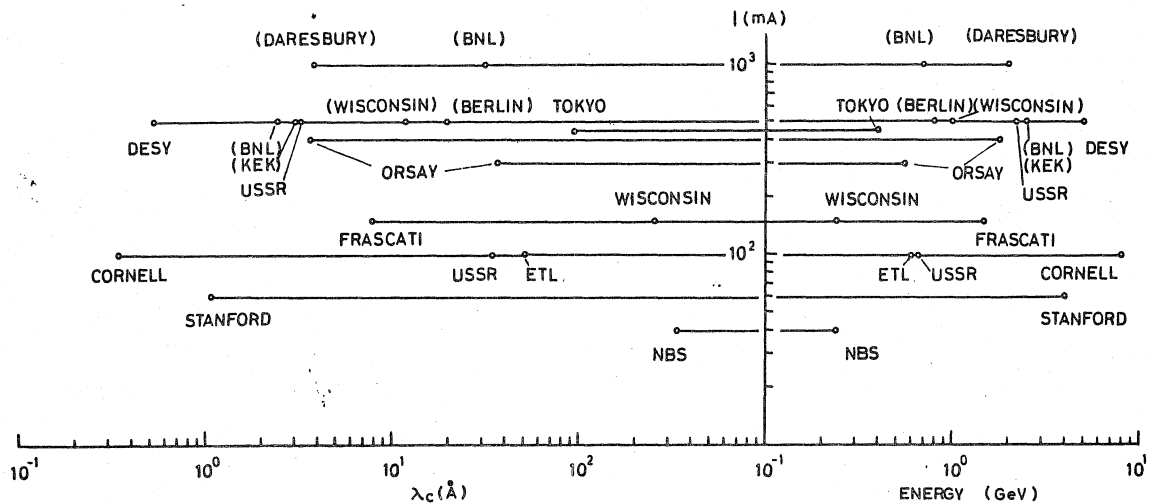


図3 電総研リングと世界で稼働中あるいは建設中の電子リングの性能 ( ) 中のものは建設中を示す。