

# KEKブースターの真空系

高エネルギー研

堀越 源一

佐藤康太郎

水野 元

久保 富夫

渡部 広美

山口 博司

駒田 一孝

高工研陽子シンクロトロン<sup>1)</sup>の真空系は大別して、入射部(前段及びリニアック)、ブースター部及び主リング部に分けられる。これらの各部分で、入射部の真空は主に高周波放電等に対する絶縁耐圧の面から決定し、 $10^{-5}$  Torr 以下の圧力が要求されるのに対し、ブースター、主リングでは残留ガス分子によるビームの散乱損失を少なくする立場で決定される。散乱によるビーム損失の計算結果によれば、このためのビーム寿命では、

$$\tau = 0.85 \frac{r^2 \beta^3 \gamma^2}{p \cdot \lambda^2} \text{ (sec)} \quad (1)$$

である。但し  $r$ : ドーナツ管,  $\lambda = 2\pi \lambda$ : イータトロン

波長,  $p$ : 圧力 (Torr) である。(1) 式を基に、我々はブースター及び主リングにおける圧力を、それぞれブースター:  $3 \times 10^{-6}$  Torr 以下, 主リング:  $1 \times 10^{-6}$  Torr 以下, と設定して、設計、建設を行った。(1) 式によつて、ブースターリング、主リングについてビームの寿命を試算すると、表1表の如くである。但しビームのエネルギーとしては、入射時の値(ブースターでは 20 MeV, 主リングでは 500 MeV)を用いたので、実際にはエネルギーの増大に伴ってビーム寿命はもっと長くなる。

排気系は、スパッタイオンポンプを主ポンプとし、粗排気はターボ分子ポンプで行う。ブースターリングには、6台の 1000 l/s イオンポンプと1台の 160 l/s イオンポンプがバルブを介することなく、各チャンバーに直結されている。別に 70 l/s のターボ分子ポンプを主体とする2基の粗排気系が配置されている(表1図)。

イオンポンプは、始動の際大量のガスを放出し、正常動作が困難となることがある。この対策として一般にはポンプ本体のベーキングを行うが、ここではセルフベーキング方式を採った。但し、イオンポンプの無理な運転を避けるため、 $P \leq P_1 (= 3 \times 10^{-4}$  Torr) で電源 ON,  $P \geq P_2 (= 1 \times 10^{-3}$  Torr) で電源 OFF とするようなコントロールを行ない、ポンプの正常動作に導いていく方式をとっている(表2図)。粗排気系は、少くとも  $3 \times 10^{-4}$  Torr 迄排気する能力を要求される。しかし全周約 36 m にわたる細ドーナツ管を、2箇所から排気するだけでは、小さい導管コンダクタンスと壁からのガス放出のため、全周にわたって  $3 \times 10^{-4}$  Torr 以下に排気することは不可能である。そこでまず、粗排気系より最も近いイオンポンプを動作させ、順次、その次のポンプの動作へと波及させていくといったカスケード方式を採用した。主リングも殆ど同様の方式で、全周約 320 m

	$\lambda(m)$	$r(m)$	$\beta_{inj}$	$\gamma$	$P(\text{Torr})$	$\tau(\text{ms})$
ブースター	2.7	30	0.2	1	$3 \times 10^{-6}$	280
主リング	7.5	25	0.75	1.53	$1 \times 10^{-6}$	9,300

表1表 散乱損失によるビーム寿命とその関連パラメーター

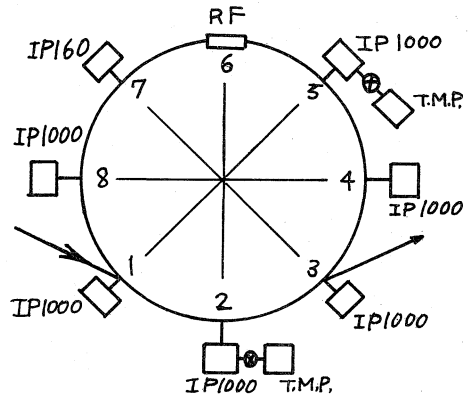


表1図 ブースター排気系

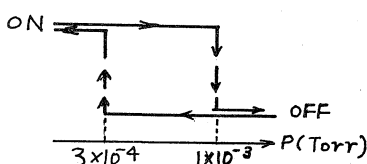
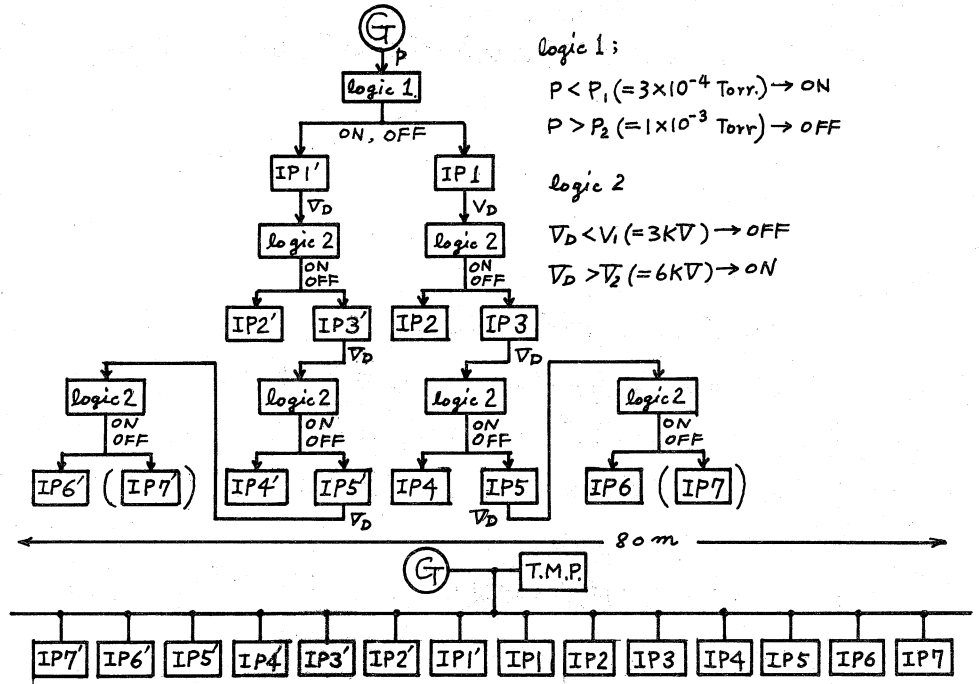


表2図 イオンポンプ電源の制御

次、その次のポンプの動作へと波及させていくといったカスケード方式を採用した。主リングも殆ど同様の方式で、全周約 320 m

に対し、200 l/s ターボ分子ポンプを主体とする粗排気系4基によって排気を行った後、総数約50台のスパッタイオンポンプ(1000 l/s x 7台, 160 l/s x 44台)をカスケード方式によって始動させる。お3図はこの方式のシーケンス図を示した。

ブースター真空系では、ビームの入射、取出し用の大型エンバが比較的多いので、容積、ガス放出量が共に大きく(お2表)、大型のポンプが多い。始動では、7台のポンプを最高3ステップでカスケード始動させている。所要時間は約6時間半



お3図 カスケード始動方式シーケンス図(主リンク)。

で、お4図から分かるように大半は油回転ポンプ及びターボ分子ポンプによる粗排気過程であるので、粗排気系の一層の強化が当面の

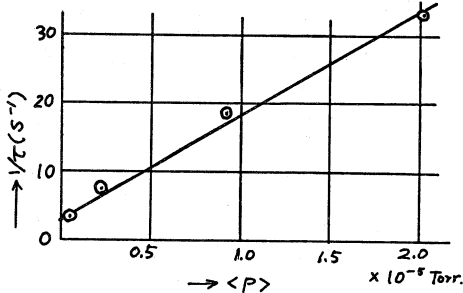
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
容積	440 l	340	570	310	880	← →	230	320
表面積	$1.2 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	← →	$1 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$
主な内容物と表面積 (cm <sup>2</sup> )	セラム 磁石 $1 \times 10^3$ (エボキシ) P <sub>0</sub> -M $5 \times 10^3$ (アルミ)	バン <sup>70</sup> 磁石 $7 \times 10^3$ (エボキシ) I-M $1 \times 10^4$ (タリ)	セラム 磁石 $2 \times 10^4$ (エボキシ)	バン <sup>70</sup> 磁石 $5 \times 10^3$ (エボキシ) P <sub>0</sub> -M $2 \times 10^5$ (タリ) I-M $1 \times 10^4$ (セラム) $1 \times 10^2$ (エボキシ)	キッカー 磁石 $5 \times 10^4$ (フェライト) $2 \times 10^5$ (タリ) $1 \times 10^4$ (セラム) $1 \times 10^2$ (エボキシ)		P <sub>0</sub> -M P <sub>1</sub> -M P <sub>2</sub> -M $2 \times 10^4$ (タリ) (セラム)	バン <sup>70</sup> 磁石 $3 \times 10^3$ (エボキシ) I-M $1 \times 10^4$ (タリ)
P(Torr)	$9 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-7}$	—	$3 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{-7}$	—	$7 \times 10^{-7}$	$3 \times 10^{-7}$

P: 排気後100hr. P<sub>0</sub>-M: 位置モーター. P<sub>1</sub>-M: 757p11Lモーター. I-M: 強度モーター

お2表 ブースター真空系の放出ガス推定資料(後でS5のキッカーはS8に移設された)

圧力は、お2表の如くすべて  $10^{-7}$  Torr 台であって、当初の目標  $\langle P \rangle \leq 3 \times 10^{-6}$  Torr を十分満足している。

(1) 式を確認するため、ブースターの磁場を Binj に固定して、ビームの損失と圧力の関係を調べた。お5図に、ビーム寿命の逆数  $1/\tau$  を平均圧力  $\langle P \rangle$  に対して示してある。結果は



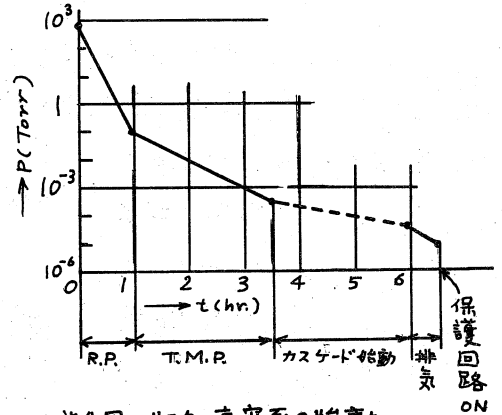
お5図 ビーム寿命  $\tau$  と平均圧力  $\langle P \rangle$  の関係

17示してある。結果は

$$1/\tau = 1/\tau_0 + 1/\tau_P \quad (2)$$

で近似でき、圧力以外に起因する項  $1/\tau_0$  については、 $\tau_0 \approx 310$  ms; 圧力に関する項  $1/\tau_P$  については、 $\tau_P \approx 0.65 \times 10^3 / P(\text{Torr})$  ms となる。これは(1)より約30%異なるが、比較的よい一致と考えられる。参考文献 1) W. Hardt: ISR-300/GS/68-11.

一つの問題である。長時間経過後の



お4図 ブースター真空系の始動