

## Vacuum System of the Stretcher-Booster Ring

O.Konno, Y.Shibasaki, M.Mutoh, M. Nanao, O.Kamigaito\*, M.Oyamada, T.Tamae

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

\* Institute of Physical and Chemical Research

We aim to realize an ultimate pressure in the Stretcher-Booster Ring (STB) of  $5 \times 10^{-8}$  Torr during operation. The vacuum system consists of two parts; corresponding to the ring, and the other for the beam transport system. Total pumping speed for the ring is designed to be 4350 l/s (IP: 150 l/s  $\times$  19 sets, TMP: 300 l/s  $\times$  5 sets) and that for the beam transport is 1800 l/s (IP: 150 l/s  $\times$  8 sets, TMP: 300 l/s  $\times$  2 sets). Vacuum materials of SUS316L and A6063T6 are used for the ring and beam transport respectively. An explosive welding plate (SUS316L+Cu) was used for any surface that is irradiated by synchrotron radiation (SR), such as the deflecting ducts, which are heated by SR irradiation at a rate of about 1.3 kW/m. In order to reduce out-gassing in such locations, pickling and degreasing after machining were done. Each part was baked out before assembly, however no baking was done after assembly. Such baking was not carried out for the whole ring. The vacuum control system is also divided into two systems, one for the ring and the other for the beam transport. The talk will outline the details of the design.

### ストレッチャー・ブースタリングの真空系

#### 1. はじめに

ストレッチャー・ブースタリング(STB)の真空系を設計するにあたって検討した主な事項について簡潔に述べる。

#### 2. 設計条件

STBの真空系は電子蓄積リングで行なわれている様なダクトの形状変化を滑かにする方式(例、ペローズ等)や全系組立完了後のベーキングは行わない。ダクト類は加工前に入念に化学洗浄を行い、各部品毎にベーキングを行った。材料からのガス放出量は電子線を照射しスルーブット法で測定した $Q = 6 \times 10^{-6}$  Torr  $\cdot$  l/s  $\cdot$  cm<sup>2</sup>を用いた。尚、ビームの寿命は実験上の要請から1.2GeV, 1mAにおいて約1時間を目標としている。

#### 3. 検討事項

次に検討した事項を記述する。

1) 真空材料の残留放射能の軽減化と真空特性について。

2) ブースタ運転を行う場合、偏向電磁石の励磁電流は500A/0.4 sec (0.3T $\rightarrow$ 1.35T、電源容量: 1100V, 1040A、パルス運転時: 230A $\sim$ 1040A、偏向電磁石8台の直流抵抗0.147 $\Omega$ 、インダクタンス0.456H)で電流を上下させる必要があり、偏向ダクトの材質とその厚みによる磁場の乱れ及び渦電流が問題となる。

3) 偏向ダクトの偏向角度は $\rho = 3\text{m}$ 、長さ $\approx$ 約3mとなる。このダクトへの放射光入熱量は1.2GeV、300mAで計算した時、約1.3 kW/mとなる。この偏向ダクトの発熱対策。

4) 入射部ダクトの構造と漏洩磁場について。同ダクトは偏向電磁石(BM7)の励磁コイル間を通過する。このために入射ビームに漏れ磁場が影響し入射ビームの軌道が曲がる。

5) 原子核実験用偏向ダクト(BM3、Tag実験用)に使用するTi膜窓(50 $\mu$ m, 電子線計測用)の機械的強度について。

6) 真空仕様電磁石及び電極用大型真空槽(SMI, SME, SEE)の構造とその真空シール材の検討。

7) セラミックダクトの内部コーティング膜厚さについて。

8) 真空制御方式について。

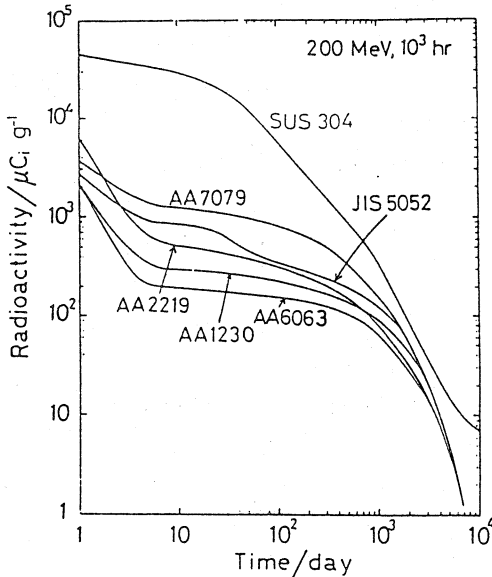
上記の条件を基にして、リング全体の粗排気ポンプと保持ポンプの総排気容量を計算し管内の圧力がほぼ、一樣になるように設計した。

#### 4. 各項目の検討結果

4-1. 真空材料の残留放射能の軽減と真空特性について。

リング本体は次項2)の検討結果からSUS316Lを採用した。電子リニアック・ビーム輸

送系からSTBへの入射部は残留放射能強度を軽減し、スリットによる散乱電子による発熱を抑えるためにA6063T6材を採用した。更に、ビーム取り出し用ビーム輸送系も散乱粒子によるガス放出量を抑え、且つ実験装置の組み替え等を考慮して、同くA6063T6材を使用した。真空材料の残留放射能強度を放射化分析法により測定し第1図に示す。但し、供試材はSUS304材とAl合金材（AAはアメリカ規格材）の結果を示す。



第1図 200MeV制動輻射をSUS及びAl合金材に1000時間照射した時の誘導放射能減衰曲線。

4.2. 偏向ダクトの材質とその厚みによる磁場の乱れ及び渦電流の影響について。

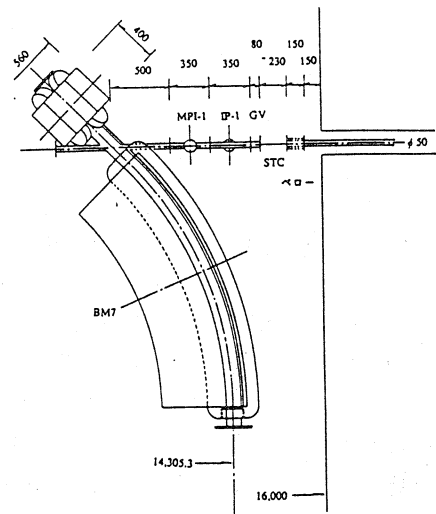
SUS材の厚み(3mm,4mm)と水冷部にCuブロック(30mm,5mm)を使用した時について磁場の乱れを求めた。ポールピースの中心磁場はSUSの厚みを4mmにした時、ダクトが無い場合と比較して約300Gus.低くなる。Cuの影響はSUSよりも大きい。検討の結果、放射光の当たる部分に厚さ1mmの爆着板を採用しダクト本体には厚さ3mmのSUSを使用した。

#### 4.3. ダクトの発熱対策

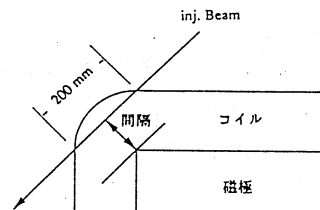
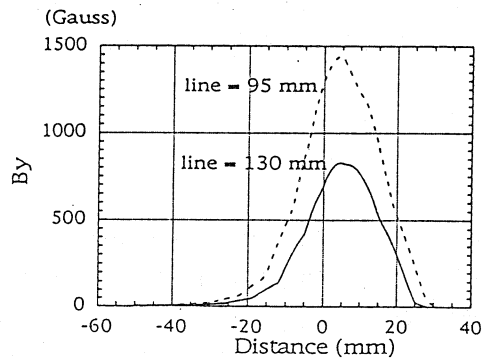
上記の結果から放射光が直接当たる部分に爆着板を使用した。放射光によるダクトの発熱温度はガス放出量を軽減するために100℃程度に抑える様にした。しかし、現設備はダクトの冷却水温が約30℃、水量約50 l/mしか確保できない。計算結果は約130℃となる。

#### 4.4. 入射部ダクトの構造について。

周回軌道と入射ラインは同一面で交叉する。概略図は第2図に示す。この入射ビームライン中心部からポールピース角までの距離が95mmと130mmの漏洩磁場(1.2 GeV,1.4T)を求め入射電子ビームの曲げ角を求めた。入射ビームエネルギーが230MeVの時、交叉部前後に位置するSTCで補正しない場合、中心軌道から約4mm曲がる。この結果から入射側ダクト(第2図右側)とSTBの入射部直線ダクト(第2図左側)に5mmの段差を設けた。



第2図 入射部ビームライン概略図

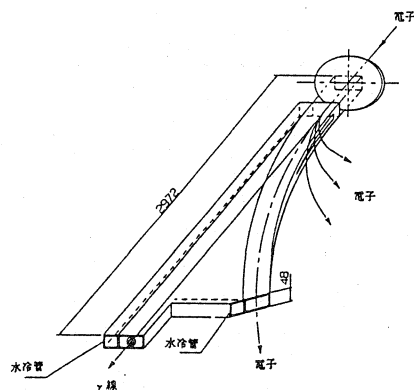


第3図 入射ビーム軌道上の漏洩磁場強度

#### 4.5. 原子核実験用偏向ダクトの構造について

Ti 膜窓(電子線計測用)は巾600mm×高さ

20mmを必要とする。ダクトの概念図を第4図に示す。この窓の機械的強度を計算した結果、中央部で約2.9mm歪み、Ti窓(50 $\mu$ m)が壊れる恐れがある。検討の結果、測定範囲を犠牲にして200mm間隔で2本の支柱を建てた。真空シール材は放射線強度と交換を考慮してIn線を採用した。



第4図 原子核実験用偏向ダクトの概念図。

4-6. 真空仕様電磁石及び電極用大型真空槽(SMI, SME, SEE)の構造とその真空シール材について。

運転初期時にSMI, SME, SEEを大気開放して種々の調整が予想される。箱型大型真空槽用真空シール材として信頼性があり、且つ、取り扱い性が良く安価な種々の材質について検討した。

しかし、ダクトの製作日数と開発時間等の問題から高価な中空Oリングを採用せざるを得なかった。

4-7. セラミックダクトの内部コーティングについて。

レーストラック型のダクトの内面にTiを一様にコーティングする事は困難で、ダクトの面間の抵抗値約360 $\Omega$ /300mmとした。

4-8. 真空制御方式について。

真空ゲージ電源及びIP電源等の制御はRS422を採用した。RS422を採用する事により1本の制御ケーブルで数多くの電源を制御できる利点と信頼性が高く、安価である等から採用した。

5. 排気速度と材質

検討結果を基にポンプの配置及び総排気速度を決定した。第5図にSTB系の真空排気系統図を示す。全系の仕様を以下にまとめる。

5-1. 真空路長

リングの周長	約 49.75 m
入射部	約 45 m
ビーム輸送系	約 50 m

5-2. 排気速度及び材質

1) ストレッチャー・ブースタリング系

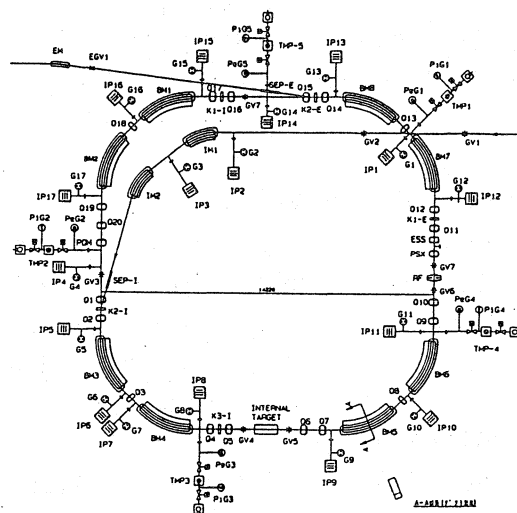
総排気速度	約 4,350 l/s
保持ポンプ	150 l/s $\times$ 19台
粗排気装置	300 l/s $\times$ 2台
ダクトの材質	SUS316L
偏向ダクト	SUS316L + OFHC (爆着板)

2) 入射部系

総排気速度	約 890 l/s
保持ポンプ	70 l/s $\times$ 2台 150 l/s $\times$ 3台
粗排気装置	300 l/s $\times$ 1台
ダクトの材質	A6063T6

3) ビーム輸送系

総排気速度	約 1,800 l/s
保持ポンプ	150 l/s $\times$ 8台
粗排気装置	300 l/s $\times$ 2台
ダクトの材質	A6063T6



第5図 STB排気系統図。入射部とビーム輸送系は略す。

6. まとめ

STB内の平均真空圧力(on-beam)は計算値で約 $P=2 \times 10^{-7}$  Torrとなる。予定の圧力を達成するためにはビーム入射時のセルフクリーニングによる圧力低下を見込んでポンプの排気速度を決定した。