KEKPS・ブースターにおける加熱脱ガスをしない 排気系の検討*

成島 勝也**・久保 富夫**・佐藤 吉博**

(受付1990年11月30日, 掲載決定1991年3月2日)

The Study of Non-Bakable Vacuum System for KEK PS-Booster Ring

Katsuya NARUSHIMA, Tomio KUBO and Yoshihiro SATO

(National Laboratory for high Energy Physics, Tsukuba, Ibaraki, 305)

(Received november 30, 1990, Accepted March 2, 1991)

1. はじめに

KEK (高エネルギー物理学研究所) のPS (陽子シンクロトロン) では, 設計時の目標圧力が 10^{-6} Torr 程度¹⁾であるため, 真空系全体が加熱脱ガスを考慮された系となっていない。このため真空内に設置する装置を設計する際, 使用材料のガス放出率, 耐熱性, 耐放射線等のパラメーターを十分に考慮せずに製作してしまうことが, 長年月の間に不自然でなく習慣となりがちである。運転開始直後の時点では真空以外での種々の改良等を迅速に行なわねばならないために, 上記のことは, ある程度は必要であるが, 建設時の目的をほぼ達した後, マシンの改良を計画する際にマイナスの条件となっている。またイオンポンプを正常な起動状態にするために非常に多くの粗排気時間と労力を消費することにもなっている。本報告ではKEK-PS特にブースター真空系における粗排気系, 及びイオンポンプの起動特性を例として加熱脱ガスをしない系の一般的な考え方について述べる。

2. KEK・PS・ブースター真空系

Fig. 1に示すように6台の1000 l/sのイオンポンプが各チェンバーにバルブを介することなく直結されている。粗排気用ポンプとして300 l/sのターボ分子ポンプがS₁, S₂, S₃に配置されている。通常, イオンポンプ

は, 起動の際に大量のガスを放出し, 正常動作が困難となることがあるため, 一般には外部ヒーターによって加熱脱ガスを行なうが, ここではセルフベキング方式を採用している (セルフベキングとはイオンポンプ起動初期の放電による加熱脱ガス)。ただしイオンポンプの無理な起動をさけるため $P \leq P_1$ ($\approx 3 \times 10^{-4}$ Torr) で電源ON, $P \geq P_2$ ($\approx 1 \times 10^{-3}$ Torr) で電源OFFとなるようなコントロールを行ない, ポンプを定常運転に導いてい

Fig. 1 KEK-PS BOOSTER

* 平成2年10月25日 第31回真空に関する連合講演会で発表 (25P-35)

** 高エネルギー物理学研究所 (茨城県つくば市大穂1の1)

Fig. 2 Typical pumping down curves of the KEK-PS BOOSTER.

く方式をとっている。したがって粗排気系は、少なくとも 3×10^{-4} Torr 以下に排気する能力が要求される。しかし全周約36 mにわたる細いベローズドーナツ管を3個所の粗排気系から排気するだけでは、小さい導管コンダクタンスと壁面よりのガス放出から、これは非常に困難である。また、ブースター真空系では、ビームの入射、取出し用の電磁石、及びそれらを設置する大型の真空チェンバーが多く、ガス放出量の非常に多い真空系である。そこでまず、粗排気系に最も近いポンプを起動させ、順次その次のポンプの動作へと波及させていくカスケード方式を採用している。ガス負荷の一番大きな S_1 では、Fig. 2 に示すように、イオンポンプの電源を何回も ON-OFF をくり返し約3日目に起動が完了している。 $S_2 \sim S_8$ は5~6時間で起動は完了している。乾燥窒素で一気圧にもどして約5時間程度の作業の後に再排気した場合でも、再起動完了となるには、平均しても2~3日を必要とする。この2~3日の間の労力と時間は問題である。これがブースタービームの再立上げに要する時間を決定するからである。

3. イオンポンプ起動時間の改善

S_1 のイオンポンプヘッドにゲートバルブを設置し、

Fig. 3 Effect of S_1 gate valve on pumping down time of the KEK-PS BOOSTER.

メンテナンスの際にバルブを閉じてイオンポンプを一気圧にしないで高真空中に維持しておいたまま、次に系を再排気した時のデータを Fig. 3 に示す。図では約20時間後にバルブを開けて、そのままイオンポンプの運転が継続できたことを示している。さらに $S_2 \sim S_8$ が起動完了となる5~6時間の時にバルブを開けても S_1 は運転継続ができたであろうと考えられる。このことから、イオンポンプを一気圧に曝さずに系の粗排気を充分に行なった後イオンポンプに取付けたゲートバルブを開ければ、系の再立上げに要する時間は短縮することが期待される。

4. ブースターリングの圧力

1989年12月~3月におけるブースターリングの運転時の圧力分布を Fig. 4 に示す。粗排気を開始してから約1ヵ月後にビームのない状態(各種電磁石がOFFの状態)で S_1 で 10^{-7} Torr 領域に入りほぼ平衡圧力を示した。 S_8 は 10^{-9} Torr 領域に入りつつある。ビームONで S_1 は約 1.5×10^{-6} Torr を示している。他の $S_2 \sim S_8$ は1桁~2桁下の圧力を示している。したがって今後ブースター圧力を改善するには真空中に設置されている各種電磁石を加熱脱ガスが可能なものに設計変更するか、また

Fig. 4 The pressure distribution for a typical operation of KEK-PS Booster.

は真空の外に出す設計が必要となる。また S_6 , S_7 には NEG 等のスペースを取らないポンプを設置することも有効であろう。

5. ブースターリングの残留ガス分布の検討

一般に加熱脱ガスをしない系で $10^{-6} \sim 10^{-7}$ Torr の平衡圧力となる場合は、 H_2O が残留ガスの主な分圧を示すことが通常である。しかしながらブースターリングでは上記の圧力領域で残留ガス成分を観察すると、イオンポンプ (1000 l/s × 6 台) のみで排気している時は、水素が主ピークとなり、またターボ分子ポンプ (300 l/s × 3 台) のみで排気した場合は水が主ピークとなる。したがって排気するポンプの種類によってガス種が異なることが観察された。ただし、イオンポンプとターボ分子ポンプの排気速度が合計で、6000 l/s と 900 l/s と異なり、圧力がちがうために直接比較するには問題がある。そこで Fig. 5 に示すような装置によってブースター圧力の分圧特性のポンプによる変化について検証した。Fig. 6 に示すように、やはり、ターボ分子ポンプのみで排気している時は水が、イオンポンプのみで排気している時は水素が主ピークであった。一酸化炭素はイオンポンプを使用することによって増加している。以上のこと

Fig. 5 Experimental setup of IP and TMP system.

Fig. 6 Total and partial pressure variation of the residual gases in different pumping systems of IP and TMP.

は、加熱脱ガスをしない系での残留ガスの主成分は水であり、これをイオンポンプのみで排気すると、放電空間内で水が解離して水素と酸素となっていることを示して

いる。酸素は活性なチタンを酸化させるので、ゲッターの性能が劣化し、水素が残留ガスの主成分になることが考えられる。またイオンポンプ起動時の圧力が高いとこの傾向はさらに強くなる。したがってセルフベークンによるイオンポンプの起動はポンプの性能の劣化を進行させると考えられる。

6. ま と め

(1) イオンポンプの起動方法に関する提案

ガス負荷の大きな真空系の立上時間を短くするためにはイオンポンプの起動時の圧力を出来るだけ下げることが望ましい。しかし通常加速器では、イオンポンプの排気口にバルブを取り付けられないことが多く、保守のたびにポンプも一気圧に曝されて、起動特性、到達圧力に悪い影響を与えている。今回の試験から、イオンポンプのヘッドにバルブを取り付けることによって起動時間は大幅に短縮され良好な結果が得られることがわかった。この

ことは、設計時の判断一つで、その後のマシンの性能を決定する要因となることを示している。

(2) 粗排気及び主排気に関する提案

加熱脱ガスをしない系では、粗排気だけでなく、主排気においても水の排気が重要である。今回観察されたイオンポンプ排気系での水の解離は、ポンプの性能を劣化させると考えられる。したがってこの水に大きな排気速度を持つ、たとえばクライオ面を使用して排気系の性能を向上させることが考えられる。以上述べてきたことは当然の結果ではあるが、これらが現実のマシンの設計に生かされていることが少ない。またイオンポンプは加熱脱ガスをしないと正常な性能が得られないこと、さらに一気圧に曝すたびに性能は劣化するものとして取扱い、設計することが後々のために重要であるといえる。

〔文 献〕

- 1) 堀越源一：真空，16（1973）51