ターボ分子ポンプ付スペースチャンバの試作*

平田 正紘**・小野 雅敏**

(昭和56年1月27日 受理)

UHV Space Chamber with a Cryo-pump and Turbo-molecular Pumps

Masahiro HIRATA and Masatoshi ONO

(Electrotechnical Laboratory, 1-1-4, Umezono, Sakura-mura, Niihari, Ibaraki 305)

(Received January 27, 1981)

1. はじめに

人工衛星の大型化と高度化に伴い、その試験にはより大型のスペースチャンバが必要となっている。同時に個々の搭載機器単体で詳細な試験データを取得しておくことが、その機器の性能評価というだけでなく、衛星全体としての試験を行う上で不可欠となっており、小型のスペースチャンバの役割は増々重要になってきている。

この度行われた研究所の筑波への移転を機会に、ターボ分子ポンプと小型冷凍機付クライオポンプとで排気する小型の清浄超高真空スペースチャンバを試作した。

2. スペースチャンバの構成と構造

Table 1 には、試作したスペースチャンバの主要な諸元を示した。チャンバの大きさは、これを用いて当面宇宙用マニピュレータやマイクロプロセッサなどを研究開発することを計画し、被験体の大きさとこれを設置する部屋の大きさとを考慮して、直径は1.5m、長さは2.5mにした。

Fig. 1, 2 には、それぞれチャンバの外観と系統図を示した。チャンバは、被験体とそれの試験用治具の取付けや取外しの操作が簡単になるよう、また将来必要な時には長くすることができるように、2つに分離できる分割構造にした。気密はバイトン製Oリングを使用した。

搭載機器はそれが搭載される場所によって、衛星本体のように全ての外壁が宇宙空間に晒されるわけではない。チャンバの内部全てをシュラウドで覆う必要はないので、チャンバの移動する側にはシュラウドを設けない

で、その分自由空間を大きくした。

チャンバ本体は304ステンレス鋼製、シュラウドはアルミニウム製とし、それらの表面はサンドブラスト処理をした。加熱脱ガスは150℃程度の温度まで行う。

熱真空試験にのみ使用するのであれば、試験中 10^{-4} Pa台の圧力を維持できれば充分である。しかし、当面主体となる軸受などの機械部品の試験や、将来に予定されている高感度の光学センサなどの試験には、試験中に被験体の汚染を防止すること、及び被験体へのガス吸着の効果を避け、放出ガスの分析を行う必要から、チャンバは清浄な超高真空系とし、到達圧力は 10^{-6} Pa以下を計画した。

イオンエンジン等荷電粒子を噴射する機器の試験にも使用するので、排気系はダイナミックな排気をするターボ分子ポンプと小型冷凍機付のクライオポンプとを併用した。クライオポンプは N_2 、 O_2 、 CO_2 等の排気はもち

Table 1 Key specifications of ETL new UHV space chamber.

Chamber	: $1.5^{\phi} \times 2.5$ m (SUS 304)
Shroud	: $1.2^{\phi} \times 1.2$ m (Al)
Ult. P.	: 2.5×10^{-7} Pa
Pumps	
CRP	: 4800 l/s
TMP 1	: 5000 l/s
TMP 2	: 250 l/s
TMP 3	: 550 l/s
RP 1	: 260 l/min
RP 2	: 3000 l/min
RP 3	: 260 l/min

*昭和55年11月12日 真空に関する連合講演会において講演(12a-10)

**電子技術総合研究所(茨城県新治郡桜村梅園1-1-4)

Fig. 1 Sketch of UHV space chamber.

Fig. 2 Schematic drawing of UHV space chamber.

ろんであるが、シュラウドに液体窒素を流さない実験においても、 H_2O に対する特に大きな排気速度を期待した。

ポンプの排気速度は、チャンバ壁からの放出ガス速度を $2 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ (単位面積当り $10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$) と想定し、 10^{-6} Pa 以下の圧力にするため安全度も含めて合計で $10 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

分子ポンプは公称排気速度 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ の OVTH-5000 (大阪真空 K.K. 製) を採用した。クライオポンプは公称排気速度 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ のクライオトル-10 (CTI 社製) を改造して使用した。

チャンバの粗引きは大気圧から 100 Pa まで15分以内に行うことを計画し、チャンバの内容積が $\sim 5 \text{ m}^3$ となるので、粗引きポンプとして $3 \text{ m}^3/\text{min}$ の油回転ポンプを採用した。粗引きは油回転ポンプからの油蒸気の逆流を防ぐため分子ポンプを介して行った。クライオポンプの粗引きは OVTH-5000 の背圧側に使用した公称 $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$

Fig. 3 Typical roughing curves.

Fig. 4 Typical pumping down curves.

Fig. 5 Residual mass spectrum after baking.

の分子ポンプ (OVTH-250) で行った。

圧力測定と残留ガス分析は、ピラニゲージ、ヌード型 BA ゲージとマスフィルタを使用した。

Fig. 6 Build-up curves after baking.

3. 試験結果

Fig. 3, 4 には、チャンバの排気曲線を示した。図中の TMP (on) と (normal) はそれぞれ、分子ポンプの始動時間と回転数が定常運転時の80%に達した時間を示す。分子ポンプは油の逆流を防ぐため $\sim 10^3$ Pa で始動し、その排気作用が得られるまでに約10分を要した。

粗引きポンプは騒音と振動の対策のため室外に設置したので、チャンバとの距離が7 mになったが、 10^3 Pa までの排気に要した時間は12分であった。粗引曲線から求めた排気速度は $2.6 \text{ m}^3/\text{min}$ で、パイプのコンダクタンスによる低下はほとんど問題になっていない。

チャンバの 10^{-5} Pa までの排気は3時間以内に行うことを計画したが、1週間大気さらした状態でも約2時間で行えた。乾燥窒素に2時間さらした場合は、約1時間で 10^{-5} Pa を達成できた。

Table 2 には、チャンバの到達圧力を示した。約 100°C の加熱脱ガスを2日間行って、設計通り 2.5×10^{-7} Pa ($\approx 2 \times 10^{-9}$ Torr) を得た。シュラウドに液体窒素を流さない状態でも 8×10^{-7} Pa ($\approx 6 \times 10^{-9}$ Torr) が得られた。

クライオポンプと分子ポンプとで到達圧力にほとんど差がなかったことより、それらの排気速度はほぼ同じであると推定した。シュラウドを冷却しない時の差は、クライオポンプの熱シールドが水蒸気に対して大きな排気作用を示すためである。

Fig. 5 に示したように、残留ガスの質量スペクトルは $m/e = 2, 18, 28, 32, 44$ が主成分であった。もれの可能性も認められるが、炭化水素系の気体は極めて少なかった。

Fig. 6 には、チャンバのビルドアップ曲線を示した。ビルドアップの速度はシュラウドを冷却した状態で

Table 2 Ultimate pressure of UHV space chamber.

	Shroud temperature	
	LN	Room
TMP	4.5×10^{-7}	2.9×10^{-6}
CRP	4.3×10^{-7}	1.5×10^{-6}
TMP + CRP	2.5×10^{-7}	8.1×10^{-7}

* Unit = Pa

10^{-7} Pa/s であったので、放出ガス量は $\sim 5 \times 10^{-7}$ Pa $\cdot$ m 3 /s と推定された。ビルドアップする気体の主成分は H_2 と N_2 で、 H_2O , O_2 の分圧はほとんど変化しない。シュラウドを冷却していない状態でも、ガスの主成分は変わらないが、昇圧速度は数倍に増加し、 N_2 の分圧上昇が特に大きくなった。

チャンバを加熱脱ガスしていない時のビルドアップでは、 H_2O , N_2 , O_2 , H_2 の順に分圧上昇率が大きかった。 N_2 と O_2 との比は、大気に近い4:1であり、漏れあるいはエラストマー等の吸蔵ガスと考えられるが、放出場所の同定はできなかった。

ピュレット法によるクライオポンプの実測排気速度は $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。 N_2 , O_2 , CO_2 等に対する排気速度をさらに増やすために、ポンプ開口部の熱シールドのコンダクタンスを大きくする改造を予定している。熱侵入によるクライオ面の昇温の結果、 H_2 , He などの排気能力は低下することが予想される。しかし、この点に関しては、ターボ分子ポンプの併用により充分補うことができるので、総合的な排気速度の増大が期待されている。

4. おわりに

人工衛星搭載機器の開発研究や試験のために、直径1.5 m、長さ2.5 mの小型スペースチャンバを試作した。ガス負荷に強い清浄超高真空装置とするため、排気は各々 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ の分子ポンプとクライオポンプで排気し、到達圧力 2.5×10^{-7} Pa を得た。大気圧から 10^{-5} Pa までの排気に要した時間は約1時間である。

現在、このチャンバを用いて宇宙用マニピュレータの研究に着手している。

最後に、製作に当って御協力頂いた㈱大阪真空機器製作所の諸氏に深く感謝したい。