

## NEG pump のダスト測定

### MEASUREMENT OF DUSTS OF NON-EVAPORABLE GETTER PUMP

照井 真司<sup>#</sup>, 石橋 拓弥, 阪井 寛志, 白井 満  
Shinji Terui<sup>#</sup>, Takuya Ishibashi, Hiroshi Sakai, Mitsuru Shirai  
High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

#### Abstract

Dusts derived from Non-evaporable getter pump (NEG pump) is a serious problem in the superconducting cavity, high voltage electron gun, etc. We measured the number of dusts from many kinds of NEG pump in vacuum. We measured the number after a cycle of rough pumping, N<sub>2</sub> purging and NEG pump activation (heating and cooling down). We reports result of the test and the consideration of the origin of the dusts from NEG pumps.

#### 1. はじめに

多くの加速器で現在、真空中のダストが問題になってきている、例えば超伝導空洞はダストが入るとフィールドエミッションの原因となり性能を引き出すことができない[1]。他にはダストトラッピングが問題となるパラメーターの真空チェンバーが挙げられる[2]。今回我々は、真空中で使用できるパーティクルモニターを用いて、超高真空中で良く用いられる NEG pump のダストの測定を行った。測定は、排気とパージの繰り返し、NEG pump 活性化時、活性化後排気時等に行った。ポンプの種類は、ストリップ型 NEG pump (ST107)、CapaciTorr [3]等である。本報告では、試験システムの概要、試験結果とその考察を行う。

#### 2. NEG pump のダスト測定システム

NEG pump のダスト測定は違う時期に2つの異なるシステムで行った。測定したパーティクルモニターはほぼ同じ型の製品であるが、粒径の区分が異なる[4]。同じシステムで、比較した方が NEG pump の種類毎のダストの違いが明確になるのだが、1回目に使用したチェンバーなどが2回目には使用できないという事情により、2つのシステムで測定することになった。1回目には、ストリップ型 NEG pump (ST107)、C50-ST707、CapaciTorr D400 を測定した。2回目には、CapaciTorr HV200 を測定した。Figure 1(a)に、真空中で測定可能なパーティクルモニターの写真を示す。赤丸部分をダストが通ったときのレーザーの散乱を用いて測定を行う。Figure 1(b)に、チェンバーにインストール後の写真を示す。上から落ちてきたダストが通過するように取り付けできていることが確認できる。

1回目のシステムを紹介する。ストリップ型 NEG pump (ST 107) を測定時は Fig. 2 のようなシステムを用いた。ビームパイプの中に、ストリップ型 NEG pump (ST107) をインストールして、測定した。Figure 3 に、ストリップ型 NEG pump

(ST107) とビームパイプへのインストール後の写真を示す。C50-ST707、CapaciTorr D400 測定時の写真を、Fig. 4 に示す。基本的には、ストリップ型 NEG pump (ST 107) 測定時からビームパイプを取り除いたものである。2回目のシステムの写真を、Fig. 5 に示す。1回目に比べると簡素なシステムである。測定した C50-ST707、CapaciTorr D400、CapaciTorr HV200 を、Fig. 6 に示す。ちなみに、1回目のシステムでは、パーティクルモニターが高真

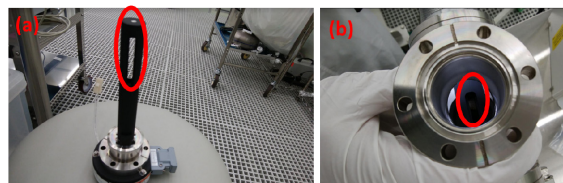


Figure 1: (a) Particle monitor, (b) Particle monitor was installed in the chamber.

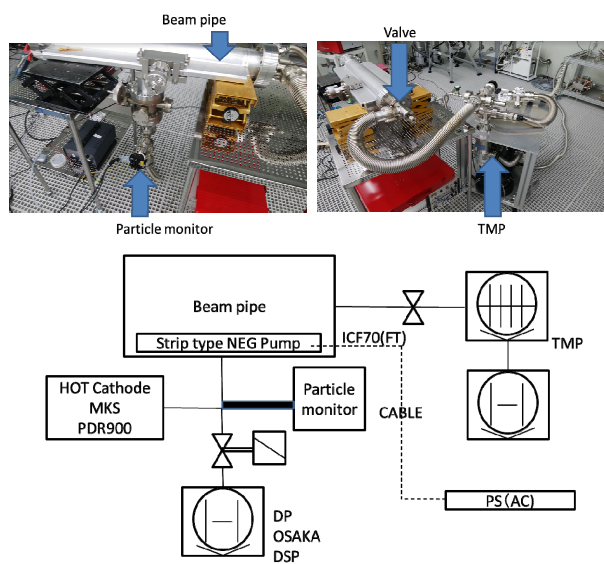


Figure 2: Configuration of measurement system of dust of Strip type NEG pump in vacuum.

<sup>#</sup> sterui@mail.kek.jp

空に対応できていないタイプだったため、活性化時の最高圧力が  $5 \times 10^{-3}$  Pa という高いものになった。2 回目のシステムでは、高真空対応タイプのものを用いたため、 $5 \times 10^{-4}$  Pa 以下で活性化でき、活性化後には  $1 \times 10^{-6}$  Pa 台に到達した。

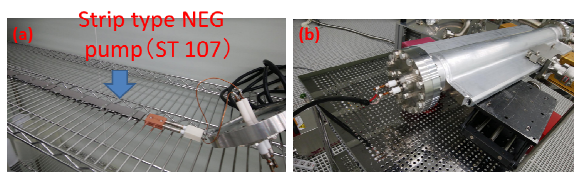


Figure 3: (a) Strip type NEG pump (ST 107), (b) Strip type NEG pump was installed in the beam pipe.

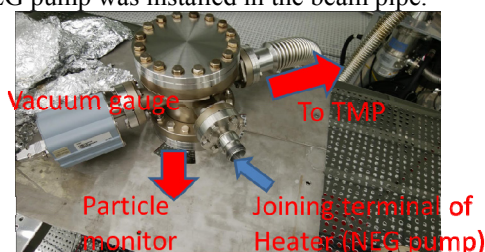


Figure 4: Measurement system of dust of NEG pump (C50-ST707, CapaciTorr D400) in vacuum.



Figure 5: Measurement system of dust of NEG pump (CapaciTorr HV200) in vacuum.



Figure 6: (a) C50-ST707, (b) CapaciTorr D400, (c) CapaciTorr HV200.

### 3. NEG pump のダスト測定結果

最初のダスト測定は、粗排気での排気とパージの繰り返しを行った。パージは窒素で行い、導入口にはフィルターを取り付けた。その後、NEG pump の活性化時のダスト測定を行った。NEG pump はインストール時に、ionized gun を用いてダストを飛ばしてからインストールしている。

最初に、ストリップ型 NEG pump (ST 107) の測定結果について報告する。粗排気での排気とパージを繰り返し測定したストリップ型 NEG pump (ST 107) の結果を Fig. 7(a)に示す。5 回粗排気で排気を行ったが、5 回目でもダストが出ていることがわかる。パージも 4 回行ったが、4 回目でもダストが観測された。ストリップ型 NEG pump (ST 107) の活性化時のデータを Fig. 7(b)に示す。活性化直後のデータを Fig. 8(a)に示す。活性化は電流を徐々に上げていき、2.1 A で数時間保持した。活性化時のデータから、ある程度時間が経過すると、ダストが急に増えていくことがわかる。これは活性化時の熱膨張により NEG pump の粒子同士の接合が弱まりダストが出る原因になったのではないかと推察している。活性化直後のデータからは、初期はダストが出ているが、時間が経過すると少なくなっていくことがわかる。これは温度が常温に戻ってきたため熱膨張が緩和されたと考えている。活性化した後の排気とパージの繰り返しのデータを Fig. 8(b)に示す。Figure 7(a)と変わらないデータとなっていることから、ストリップ型 NEG pump (ST 107) に関しては、

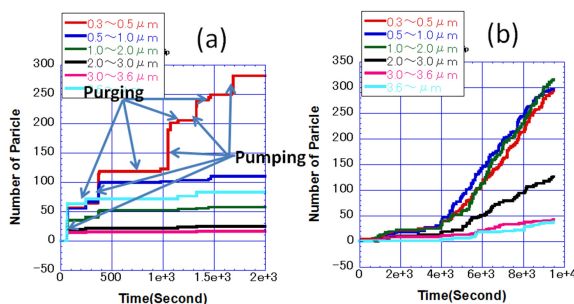


Figure 7: Strip type NEG pump, the number of dust during (a) repeating both pumping and purging, (b) NEG pump activation.

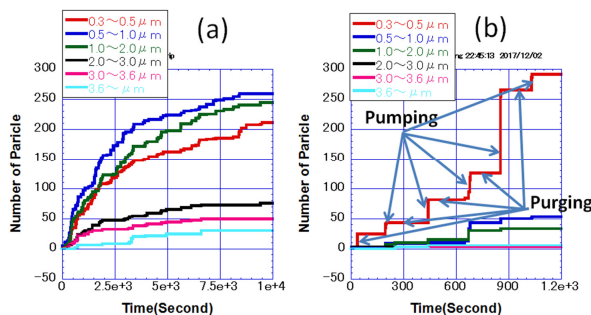


Figure 8: Strip type NEG pump, the number of dust during (a) after NEG pump activation, (b) repeating both pumping and purging after NEG pump activation.



活性化後にダストが増えているわけではないということがわかる。

次に、C50-ST707 の測定結果について報告する。粗排気での排気/パージの繰り返しのデータを Fig. 9(a)に示す。青丸で囲われている部分は、排気を始める前の様子である。この段階でダストが観測された。他の NEG pump では排気前の段階では、ダストは観測されなかった。したがって、これは、他の NEG pump とは違う特徴である。また、最初の排気でダストは観測されたが、その後の繰り返しでは、ほとんど観測されなかった。活性化時のデータを Fig. 9(b)に示す。他の NEG pump は活性化後一定時間が経過してからダストが増えていくが、C50-ST707 は最初の勾配がきつく、その後緩やかになっていく。活性化は圧力を見ながら、徐々に上げていき最終的に 2.1 A で数時間保持した。活性化直後のデータを Fig. 10(a)に示す。2 時間以上経過してもダストが減る様子が見えなかった。最後に、粗排気開始前のダストの観測が間違えてないかの確認のために、パージして NEG pump を取り外して、再度取付を行って、排気もパージもしていない状況で、測定を行った。測定データを Figure 10(b)に示す。大量なダストが観測された。C50-ST707 については、活性化時・直後の排気時においてもダストの上限が見えなかった。また、排気前の段階では、大量なダストが出てくるのがわかった。排気前の段階の大量なダスト観測の原因については、ターボポンプの振動等が考えられるが、確定はできていない。

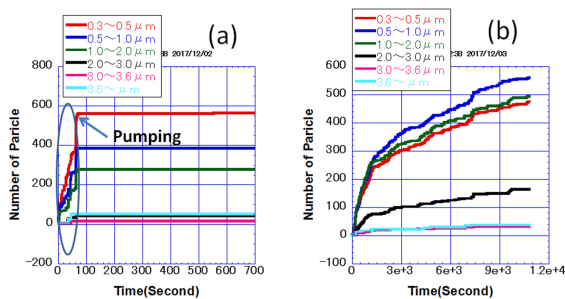


Figure 9: C50-ST707, the number of dust (a) repeating both pumping and purging, (b) NEG pump activation.

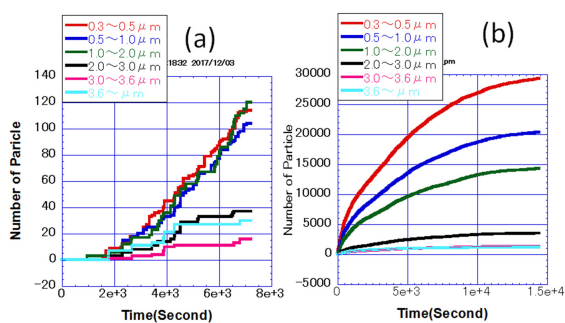


Figure 10: C50-ST707, the number of dust (a) after NEG pump activation, (b) immediately after reinstall.

次に、CapaciTorr D400 の測定結果について報告

する。粗排気での排気とパージの繰り返しのデータを Fig. 11(a)に示す。パージの時はほとんど出てこないが、5 回目でも排気の際にダストが観測された。活性化時のデータを Fig. 11(b)に示す。徐々に勾配がきつくなっていくのがわかる。活性化は圧力を見ながら、徐々に上げていき最終的に 2.1 A で数時間保持した。活性化直後のデータを Fig. 12(a)に示す。橙の丸のところで急にダストが増えているのがわかる。どの粒径でも見えているので欠片などが一気に剥がれるようになっていないのではないかと推察している。これも熱膨張が原因ではないかと考えている。活性化が終わった後に、再度粗排気での排気とパージの繰り返しのデータをとったので、Fig. 12(b)に示す。活性化前と比べて、3.0  $\mu\text{m}$  以下のダストが増えているのがわかった。

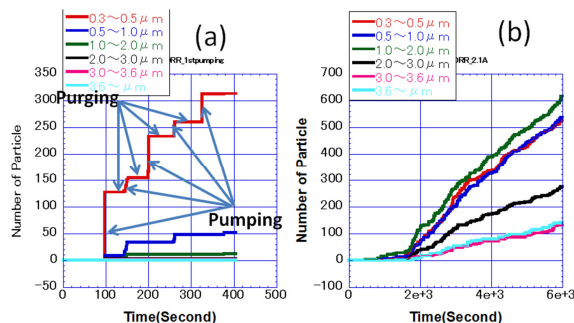


Figure 11: CapaciTorr D400, the number of dust during (a) repeating both pumping and purging, (b) NEG pump activation.

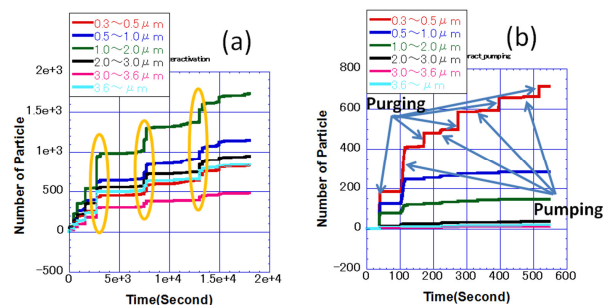


Figure 12: CapaciTorr D400, the number of dust (a) after NEG pump activation, (b) during repeating both pumping and purging after NEG pump activation.

次に、CapaciTorr HV200 の測定結果について報告する。粗排気での排気とパージの繰り返しのデータを Fig. 13(a)に示す。CapaciTorr HV200 は、購入時に入ってきた缶を開けてそのまま取り付けた。ionized gun を用いてダストを飛ばすことは行っていない。このデータからは、当たりまえであるが ionized gun を用いてダストを飛ばしてから使用した方が良いということがわかった。ただ、3 回目以降の排気とパージではダストは観測されなかった。活性化直後の粗排気での排気とパージの繰り返しのデータを Fig. 13(b)に示す。1 回目のパージの時にダストが観測されたが、その後の排気とパージの繰り返しでは全くダストは観測されなかった。活性化前の準備と

してガス出しを行ったときのデータについて説明する。電流を徐々に上げていき最終的に 3.0 A で行った。Figure 14(a)に、圧力と温度のグラフを、Fig. 14(b)に、ダストの数と温度のグラフを示す。ダストの数と温度に相関関係が確認できる。活性化時と活性化直後のデータを Fig. 15(a)に示す。電流を徐々に上げていき最終的に 4.5 A で 2 時間行った。この状況ではほとんどダストは観測されなかった。しかし、そのまま放置しておいた時に震度 1 程度の地震があったときにダストが観測された。そのデータを Fig. 15(b)に示す。CapaciTorr HV200 では、ガス出しを行ってしまえば、活性化時と活性化直後にはダストはほとんど出てこない。しかし、地震などで CapaciTorr HV200 が振動してしまうとダストは出てくることわかった。

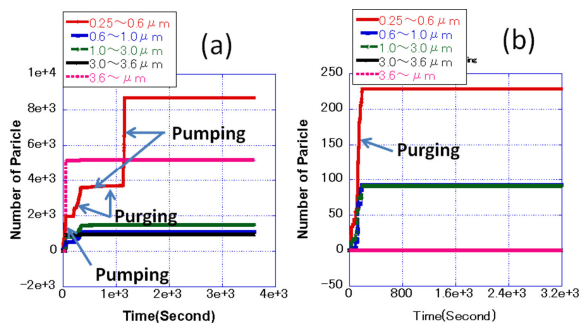


Figure 13: CapaciTorr HV200, the number of dust (a) during repeating both pumping and purging, (b) during repeating both pumping and purging after activation.

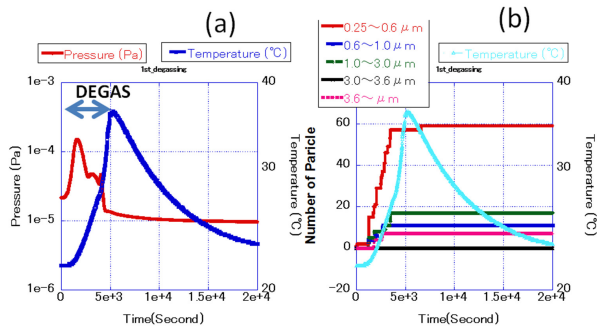


Figure 14: CapaciTorr HV200, (a) pressure and temperature during NEG pump degassing, (b) the number of dust and temperature during NEG pump degassing.

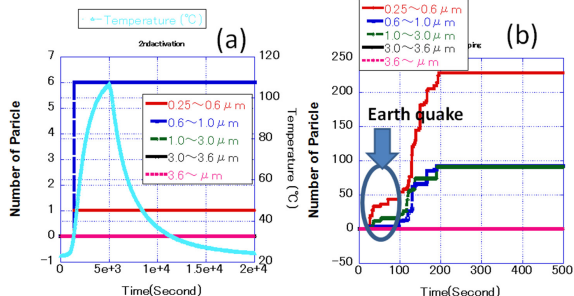


Figure 15: CapaciTorr HV200, the number of dust during (a) NEG pump activation, (b) earth quake.

#### 4. まとめ

測定では、NEG pump の種類で観測されるダストの数が違うことがわかった。また、ダストが出てきやすい時期もわかった。Figure 16 と 17 に、活性化中のダストの数と、活性化直後の排気時のダストの数を棒グラフにしたものを示す。CapaciTorr HV200 については、ガス出しと活性化を別で行ったので、両方のデータを記述した。システムが違うこと、活性化時間が異なるという条件があるが、傾向は見る事ができる。今後さらに定量的に調べる必要があるが、ZAO をベースにした CapaciTorr HV200 は活性化中、活性化直後の排気時も他のタイプの NEG pump に比べて、ダストの量が極端に少ない傾向が見えた。

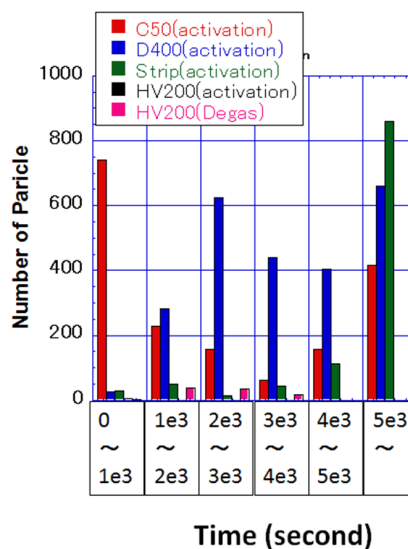


Figure 16: The number of particle of each NEG pump every 1000 second during activation.

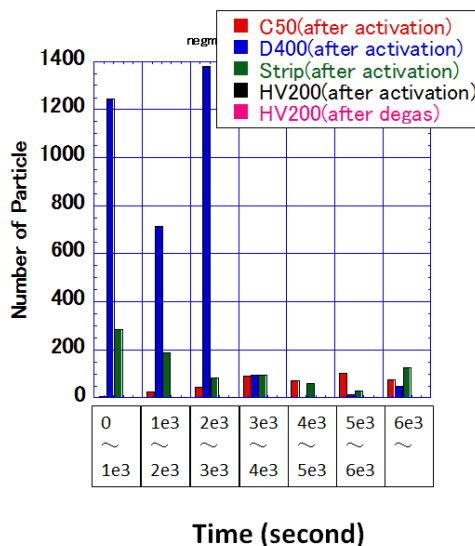


Figure 17: The number of particle of each NEG pump every 1000 second after activation.

## 謝辞

測定システムの組み立てを手伝ってくださったN A Tの今田氏・山田氏と You-Sa の村瀬光輝氏、測定器を貸して下さった株式会社ウィックスに感謝します。

## 参考文献

- [1] H. Sakai *et al.*, “High Power CW Tests of cERL Main-Linac Cryomodule”, SRF’13, Paris, France, p.855 (2013).
- [2] Y. Tanimoto, “電子貯蔵リングでのダストトラッピング現象の観察と発生要因に関する実験的研究”, 総合研究大学院大学, 乙第 198 号 (2010)
- [3] SAES Getters ; <https://www.saesgetters.com>
- [4] (株)ウィックス; <http://www.wexx.jp/>