

フッ化水素エリアモニタの開発

THE DEVELOPMENT OF A HF AREA MONITOR DEVICE

柳岡栄一[#], 新垣良次

Eiichi Yanaoka[#], Yoshitsugu Arakaki

High Energy Accelerator Research Organization of Japan

Abstract

Two electrostatic septum (ESS) are used at J-PARC Slow Extraction. ESS is a high voltage equipment and Fluorinert is used for electric insulation. Since ESS is in high radiation environment, hydrogen fluoride (HF) may be generated as decomposition products. Although ESS has the circulation system which rids decomposition products of Fluorinert, we want to establish the alarm near ESS. But the monitor detecting HF don't work normally in high radiation environment.

I contrived the instrument set approximately 20 meter far from ESS. And the instrument monitors air conveyed from around ESS.

1. 必要性

J-PARC MR 遅い取出しでは静電セプタム(ESS)がつかわれている[1]。

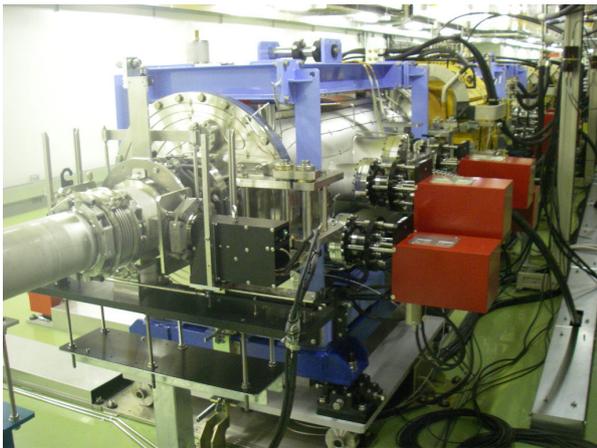


Figure 1: ESS.

ESS チャンバー内の電極は、高電圧がかけられている。給電ケーブルは、Fig. 1 の右下から4つの赤いボックスの2番目と3番目の間を通り、ESS のチャンバーに接続している。給電ケーブルは、ヒードスルーを通して電氣的に電極につながっており、そのフィードスルーには絶縁のために 1 リットル強のフロリナートが使われている。また ESS 高圧電源と ESS 本体の間にある給電ケーブルをつなぐ中継器にも 160 リットルのフロリナートが使われている。(Fig. 2 真ん中少し上にある円筒)

これらの機器は非常に高い放射線環境下に置かれており、放射線をうけたフロリナートから分解物として、わずかなフッ化水素酸が生成する。フロリナートを循環させて分解物を吸収する化学的なフィルター (Fig. 2 の中継器手前にある筐体中) を通しており、フッ化水素酸が残ることはほとんどない[2]。またフロリナートは配管中に密封されているのでフッ化水素(HF)が洩れることはない。



Figure 2: Cable connection devices and chemical filters.

しかし安全をより確実なものにするため、とくに加速器運転停止直後に ESS に近づく人を守るため、ESS 近傍の空気を常時監視する HF エリアモニタを常設する。HF エリアモニタを常設するには、HF 警報器(測定器)を ESS 近辺に常設しなければならないが、一般の HF 測定器は放射線下で動作が保証されていない。そこで測定器を ESS から約 30 メートル離れた低放射線の場所におき、そこまで空気を引いてきて測定することにした。

Table 1: HF Concentration in Liquid

| Date | ESS(Feedthrough) | Cable Conection Device |
|------------|--------------------|------------------------|
| 2009/12/08 | Less than 0.05 ppm | Less than 0.05 ppm |
| 2010/04/20 | Less than 0.05 ppm | 0.23 ppm |
| 2010/07/16 | Less than 0.05 ppm | 0.07 ppm |
| 2011/07/06 | Less than 0.05 ppm | 0.53 ppm |
| 2013/10/24 | Less than 0.05 ppm | 0.07 ppm |

Table 1 は、使用されたフロリナート中のフッ化水素酸の濃度をあらわしている。2012 年までは加速器運転中はフロリナートを循環させていなかったが、最大で 0.53 ppm(液中濃度)である。HF(気中濃度)は液中濃度の約 10 の 1 で、配管が損傷するとその切れ目から 0.05 ppm 程度の HF が洩れる。0.05 ppm は測定限界ぎりぎりの値である。

[#] eiichi.yanaoka@kek.jp

2. システム概要

Figure 3 は全体の外形図で、空気をためるタンクを ESS から約 20 メートルはなれた低放射線環境の場所に置く。タンクは ESS 近傍天井近くと管でつながれており、タンクの空気をブローで引いて負圧にすることにより、ESS 近傍の空気をタンクにひき込む。タンクに集まった空気を、HF 測定器で測定する。HF は非常に吸着しやすい気体であり、すこしでも距離を延ばすとまわりのものに吸着するので、検出しにくくなる。HF の測定器で通常つかうチューブは、長さ 1 メートルまでの HF を吸着しにくいフッ酸樹脂である。

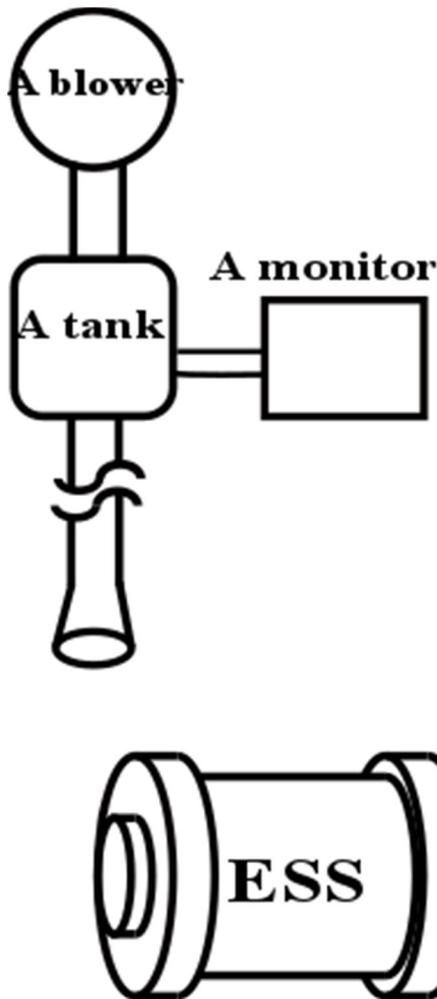


Figure 3: Schematic drawings of HF area monitor.

タンクと ESS 近傍をつなぐチューブは、一般に手に入りやすい物の中では、フッ酸樹脂かポリプロピレン (PP) が HF に適している。フッ酸樹脂は放射線にもっとも弱い樹脂の 1 つであり、かつ柔らかく負圧でつぶれてしまう。また金属の中では、電解研磨されたステンレス (SUS) が良いと思われる。ステンレスはポリプロピレンより HF を吸着してしまいが、ステンレスを採用すれば壊れにくい装置が出来るだろう。

3. 試験

空気を引くのにつかわれるチューブを SUS と PP にしぼり、どこまでの低濃度の HF をどのくらいの早さで測れるか試験した。



Figure 4: The examination of a SUS (EP) tube.

Figure 4 右端のポリ容器にはフッ化水素酸の溶液が入っており、ポリ容器からでていくフッ酸樹脂のチューブは、20 メートルの SUS 管 (Fig. 4 左奥) を中継してタンク (SUS 管手前) につながっている。タンクについているブローを駆動させポリ容器の空気をひくことで溶液中より発生した HF が、SUS 管をとおりタンクにたどり着く。SUS 管の吸入側と突出側に HF 測定器をつけ濃度の変化を同時に測定した。HF の濃度は、ポリ容器にいれるフッ化水素酸溶液の濃度で調整するのでおおまかな値にしかできない。同一の溶液で測定するため SUS 管の吸入側と突出側で同時に測定する。HF 測定器は測定中 0.5 [L/min] 吸い込んでいるが、20 メートルの SUS 管には 10 倍以上の空気が流れてるので、吸入側の測定が、突出側の測定値にあたる影響はごくわずかである。

3.1 HF 測定器の設置場所

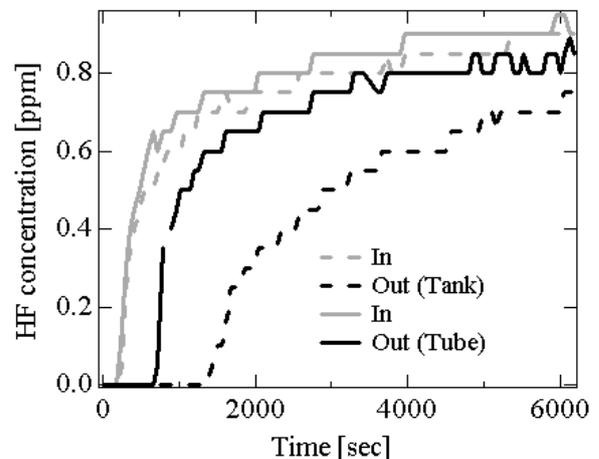


Figure 5: Depend on position of an HF instrument.

Figure 5 は SUS 管の結果で、吸入側(In)と突出側(Out)のデータは対になっており濃度の時間変化を示している。タンクに集められた空気を測定した“Tank”より、タンクに入る前の空気を測定した“Tube”の方が、より早く正確に測定できる。HF は大気より軽いためタンクの上部に濃縮され検出しやすくなると考えたのだが、タンク内部に吸着してしまい検出しにくくなるようである。

3.2 ステンレスとポリプロピレン

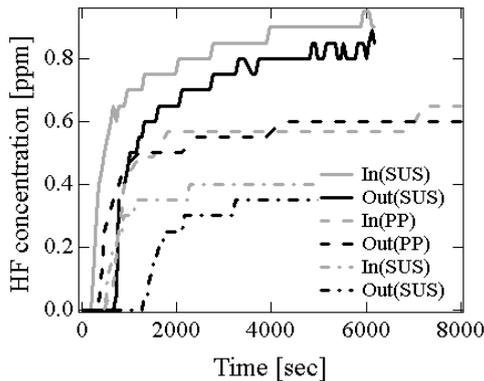


Figure 6: Depend on material of a tube.

SUS に続き PP での試験を始めた、チューブの素材による違いを示したのが、Fig. 6 である。SUS を使ったとき、1 [ppm]程度の濃度では 10 分弱の遅れがある。これは、チューブ内側に吸着していき、吸着と気化が平衡状態になってから 20 メートル先の測定器に届くからだろう。また、検出される濃度も SUS は 10%程度低い。

その一方 PP では、ほぼ同時に検出され遅れがない。測定値も測定器の誤差程度しか違っていないと思われる。PP の方が今回の用途としては適しているが、SUS は防火対策がいらす、メンテナンスも楽で一長一短である。さらに低い濃度での試験等をおこない材料を選択する予定である。

4. トンネル内への設置にむけて

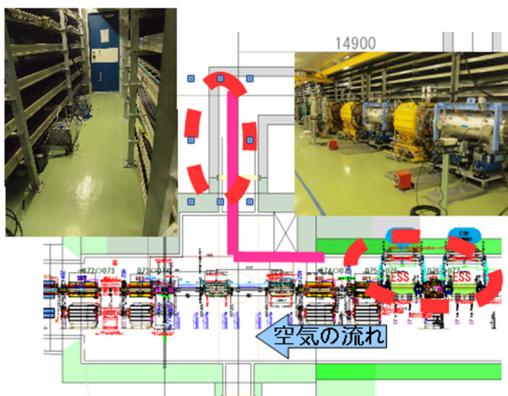


Figure 7: Location to set a HF area monitor.

チューブ等の試験では、性能としては劣っている SUS でも管理濃度の 0.5 ppm を検知できた。これは、HF のエリアモニタは、目的に充分の性能にたっているというこ

とである。メンテナンス、性能、安全を考慮した選択をおこない、HF エリアモニタをトンネル内に設置する。

トンネル内では ESS より少し上流付近でケーブルラックに吸入口をつけ (Fig. 7 右上写真)、サブトンネル (Fig. 7 左上写真)のケーブルラックの下に測定器をおき、その間に空気を引きこむ配管を付ける予定である。

参考文献

- [1] Y. Arakaki *et al.*, “PRESENT STATUS OF ELECTROSTATIC SEPTA IN J-PARC MR”, Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Toyonaka, Japan, Aug. 8-11, 2012, pp. 381-384.
- [2] Y. Arakaki *et al.*, “CIRCULATION SYSTEM OF FLUORINERT IN J-PARC ESS”, Proceedings of the 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Himeji, Japan, Aug. 4-6, 2010, pp. 377-379.