

論文

放射線施設における使用済み排気フィルタの捕集効率の回復

宮崎則幸*¹⁾ 関口正之*²⁾ 櫻井 昇*²⁾ 細渕和成*²⁾ 森 一幸*³⁾ 佐伯英久*³⁾

Recovery of collection efficiency of the used HEPA filter in radiation facilities

Noriyuki MIYAZAKI, Masayuki SEKIGUCHI, Noboru SAKURAI, Kazunari HOSOBUCHI,
Kazuyuki MORI and Hidehisa SAEKI

Abstract Recovery of collection efficiency of the used high efficiency particulate air (HEPA) filter in the exhaust equipment was examined for its reuse. The used filter was treated with corona discharge and electric dust precipitation to remove dust accumulated on the used filter. Its collection efficiency was determined by the count of particles or that of RI (³⁵S-cysteine) activity. Both particle and RI collection efficiencies of the used filter treated with dust removal were significantly higher than those of the used filter showing that this dust removal treatment is useful for recovery of collection efficiency of the used HEPA filter in radiation facilities. Electric charge treatment of particle or RI with corona discharge enhanced collection efficiency of the used or the new filter (particularly the used filter). This suggests that electric charge of dust is effective in enhancement of collection efficiency.

Keywords HEPA filter, RI, Corona discharge, Collection efficiency, Electric charge

1. はじめに

非密封放射性同位元素 (RI) 使用施設の排気口から放出される RI の排気濃度は、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律により規制されている。このため排風機及び排気浄化装置を設け、排気中濃度限度を超えないようにしている。通常の排気浄化装置のフィルタは、プレフィルタ、ヘパフィルタ、チャコールフィルタからなる。それぞれのフィルタは幾重に深いひだ状に折りたたまれている。ヘパフィルタ(High Efficiency Particulate Air Filter, 高効率微粒子阻止フィルタ)は 0.3 μm のサイズの粒子を 99.97%除去する産業用超高性能フィルタである¹⁾。チャコールフィルタは主に放射性ヨウ素除去用として用いられているが、ヘパフィルタは多くの RI を除去するため、ほとんどの施設で用いられている。

ヘパフィルタの正確な浄化能力は光散乱粒子計測装置で測定できるが、現場で行うことはむずかしい。また RI 捕集効率によるヘパフィルタの浄化能力の評価はなされ

ていない。

現在、現場でのヘパフィルタの浄化能力評価はマンメーターの圧力損失度で実施している。この方法は極端な目詰まりや漏えいは判定できるが、感度は低い。このため一般的には、早めにフィルタを交換しているのが現状である。使用により能力が低下したヘパフィルタは、RI 廃棄物として回収処分されている。

放射線利用統計²⁾によると、平成13年度、ヘパフィルタは 200 リットル容器で 3400 本余りが回収されている。この数量は RI 廃棄物の総量の約 20%で、毎年ほとんど同規模量が回収されている。ヘパフィルタの再生化等により寿命を延ばすことができれば、放射性廃棄物の減量化の一助になることが期待される。

本研究では、使用済みヘパフィルタのダスト除去処理による捕集効率の回復について、粒子並びに RI 捕集効率で評価し、使用済みフィルタの再生使用の可能性について検討した。またダストの帯電処理による捕集効果についても検討した。

2. 実験方法

2.1 テストフィルタ

以下のフィルタを 20 cm x 20 cm のサイズにして、実験

*¹⁾ 放射線応用技術グループ(現安全管理課)

*²⁾ 放射線応用技術グループ

*³⁾ 株式会社イング

に用いた。

- ① 未使用フィルタ (マノメーターの圧力損失度: 25 mmAq)
- ② 実際に使用されていたフィルタ (使用済みフィルタ, マノメーターの圧力損失度: 50 mmAq)
- ③ ダスト除去処理した使用済みフィルタ

2.2 ダスト除去処理

2本のタングステンワイヤー (長さ13 cm, 2本のワイヤーの間隔1.5 cm) に10 kV(-)の高電圧を印加し, コロナ放電を発生させた。コロナ放電により電荷イオンを生じさせ, 使用済みフィルタに捕集されているダストに付着させた (図1)。コロナ放電処理は30分間行った。

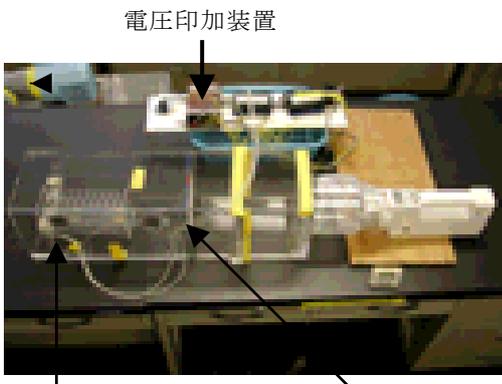


図1 コロナ放電処理装置

10 kV(-)の電圧で印加された電極板とアース板 (20 cm x 20 cm) の間 (間隔5 mm) に使用済みフィルタをはさみ, 帯電したダストを捕集させた (図2)。電気集塵処理は30分間行った。



図2 電気集塵処理装置

2.3 ダスト捕集

トラップ用ヘパフィルタ, 乱流防止用の整流格子, 給

気量調節ダンパー, 排気ファン等からなるダスト捕集効率測定装置 (厚さ10 mmの透明アクリル板製, サイズ: 縦20 cm x 横20 cm x 奥行125 cm) を作製し, 被検フィルタ (1枚) を置き粒子及びRIの捕集効率を測定した。装置の模式図を図3に, 写真を図4に示す。

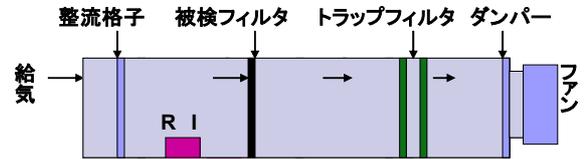


図3 ダスト捕集効率測定装置模式図

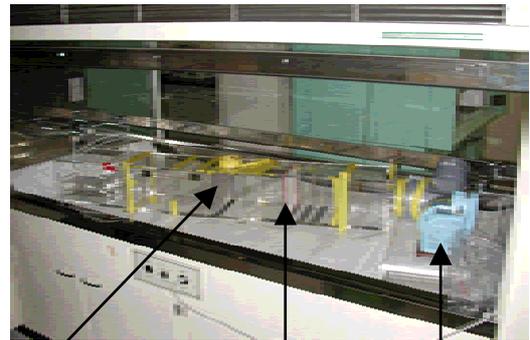


図4 ダスト捕集効率測定装置

粒子捕集効率測定

実際のRI使用施設で使用している通常の給気量 (0.15 m/s) で給気し, 線香の煙を被検粒子として, 光散乱式自動粒子計数器により, 被検フィルタ通過前後の粒子数を測定し捕集効率を求めた。

RI 捕集効率測定

³⁵S-cysteine (約1 MBq) 溶液を, 被検フィルタの前面に置き, 粒子捕集効率測定時と同様 (0.15 m/s) で2時間給気し, 被検フィルタに³⁵Sを捕集した。漏えいする³⁵Sは後方に置いた5または6枚のトラップ用ヘパフィルタに捕集させた。捕集後, 両者の³⁵S量を液体シンチレーションカウンターで測定し, 被検フィルタの³⁵S捕集効率を求めた。

3. 結果と考察

3.1 ダスト除去処理の捕集効果

粒子捕集効率測定

光散乱式自動粒子計測装置により, サイズが0.3 μm以上及び0.5 μm以上の粒子数を測定した結果を表1に示す。いずれのフィルタにおいても, 0.3 μm以上より0.5 μm以上の粒子の方が捕集効率は高かった。未使用フィルタの捕集効率を基準とした時のダスト除去処理前後の使用済みフィルタの相対捕集効率を図5示す。いずれのサイズ

表1 粒子計測による捕集効率

フィルタ	粒子サイズ(μm)	捕集効率(%)
未使用フィルタ	0.3 以上	43 ± 3
	0.5 以上	94 ± 5
使用済みフィルタ	0.3 以上	10 ± 4
	0.5 以上	70 ± 12
ダスト除去処理した 使用済みフィルタ	0.3 以上	28 ± 8
	0.5 以上	91 ± 2

n=2~3

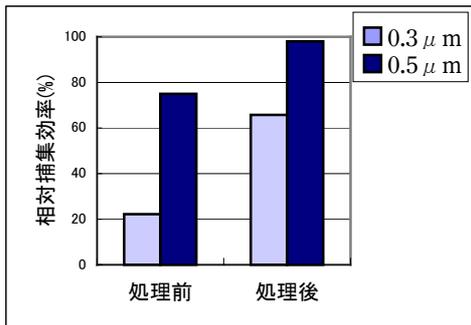


図5 ダスト除去処理前後の使用済みフィルタの相対捕集効率 (未使用フィルタの捕集効率を100%とした時の相対捕集効率)

の粒子においても、捕集効率は未使用フィルタに比べ、使用済みフィルタでは低下しているが、ダスト除去処理後の捕集効率は回復した。特に0.3 μm以上の粒子では、22%から66%となり、大きく回復した。

RI 捕集効率測定

未使用フィルタ、ダスト除去処理前後の使用済みフィルタにおける、³⁵S-cysteine の捕集効率を表2に示す。

表2 ³⁵S-cysteine の捕集効率

フィルタ	捕集効率(%)	対未使用比
未使用フィルタ	62 ± 1	-
使用済みフィルタ	50 ± 5	0.80
ダスト除去処理した 使用済みフィルタ	54 ± 9	0.88

n = 2

RI 捕集効率を対未使用比で比較すると、ダスト除去処理前の0.80から処理後は0.88となり、捕集能力は回復した。

コロナ放電法・電気集塵法によるダスト除去処理の原理は、コロナ放電により発生した正又は負のイオンによって排気中の粒子を帯電させる。この帯電粒子を電気力によって捕集するものである^{3),4)}。粒子計測では線香の煙、RI 捕集測定では³⁵S-cysteine を用いた。使用済みフィルタをダスト除去処理することにより、粒子及びRIの捕集効率の回復が確認された。但し粒子捕集効率とRI捕集効率の値は一致しなかった。これは測定方法によるものか、また被検粒子の違いによるものかどうかは今後の検討課題である。

今回実施したコロナ放電処理及び電気集塵処理の最適条件等については検討しなかった。処理条件または放電装置、集塵装置の仕様等を検討し、ダスト除去効率を向上させることが必要である。

3.2 ダスト帯電処理によるフィルタの捕集効果

ヘパフィルタ層に電圧を印加して粒子を帯電させた場合、捕集効率が增大することが報告されている⁵⁾。そこで、ダスト帯電処理による捕集効果を検討した。図6に帯電ダスト捕集効率測定の様式図を示す。

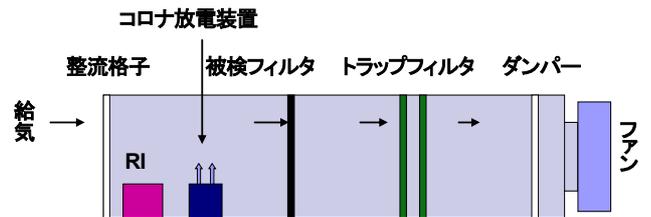


図6 帯電ダストの捕集効率測定の様式図

コロナ放電(印加電圧10 kV)により、粒子またはRIを帯電させた状態でフィルタに捕集させ、捕集効率を粒子計測及びRI捕集測定により求めた。帯電処理した粒子を使用済みフィルタに捕集させた効率の経時変化を図7に示す。帯電し始めて約5分後から捕集効率は上昇し、20分過ぎには最大となり、コロナ放電が続いている間(0-35分)、捕集効率はほぼ変わらなかった。コロナ

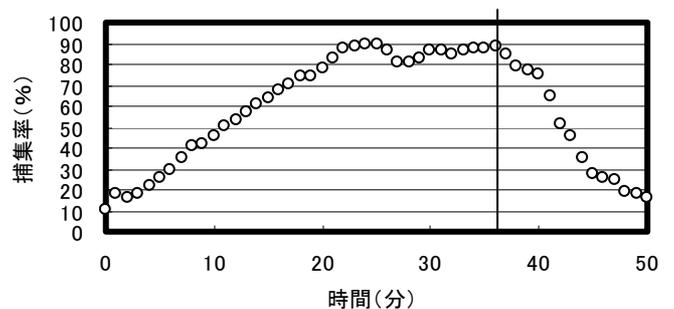


図7 使用済みフィルタでの帯電処理した粒子の捕集効率経時変化

表3 帯電処理した粒子の捕集効率

フィルタ	粒子サイズ(μm)	捕集効率(%)
未使用	0.3 以上	62 ± 13 (43 ± 3)
フィルタ	0.5 以上	99 ± 1 (94 ± 5)
使用済み	0.3 以上	80 ± 8 (10 ± 4)
フィルタ	0.5 以上	99 ± 1 (70 ± 12)

n = 2 ~ 3 () は無処理の捕集効率 (表1より)

放電を停止 (35-50 分) すると捕集効率は低下した。未使用フィルタについてもほぼ同様の現象がみられた。

帯電処理した粒子の未使用または使用済みフィルタでの捕集効率を表3に示す。帯電処理すると、いずれの粒子サイズでも捕集効率は増大した。0.5 μm以上の粒子では、両フィルタとも捕集効率が90%以上でほとんど差はなかったが、使用済みフィルタでは、無処理に比べて約1.4倍捕集効率が上昇した。0.3 μm以上の粒子では、帯電処理の効果は顕著で、未使用フィルタで約1.4倍及び使用済みフィルタで約8倍捕集効率が増大した。未使用及び使用済みフィルタにおける無処理及び帯電処理した0.3 μm以上の粒子捕集効率を図8に示す。

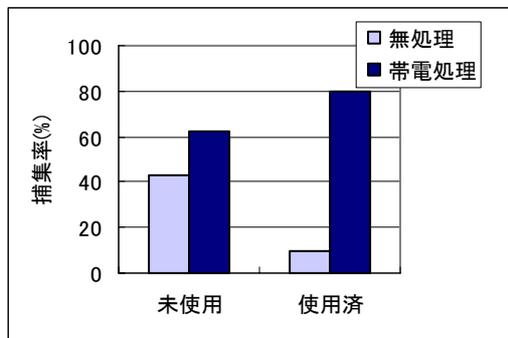


図8 未使用フィルタ及び使用済みフィルタにおける無処理粒子または帯電処理粒子の捕集効率 (粒子サイズ: 0.3 μm以上)

帯電処理した³⁵Sの捕集効率を表4に示す。未使用フィルタでは、帯電処理の有無にかかわらず、捕集効率はほとんど変わらなかった。一方使用済みフィルタでは、帯電処理すると捕集効率は約1.2倍に増大した。

コロナ放電によりダスト帯電処理すると、未使用フィルタでは、RI捕集効率は増大しなかったが、粒子捕集効率は増大した。使用済みフィルタでは、粒子及びRIの捕集効率は大きく増大した。使用済みフィルタに付着しているダストが帯電粒子またはRIの捕集に関与しているかもしれない。

表4 帯電処理した³⁵S-cysteineの捕集効率

フィルタ	捕集効率(%)
未使用フィルタ	60 (62 ± 1)
使用済みフィルタ	63 ± 6 (54 ± 9)

n = 1 ~ 2 () は無処理の捕集効率 (表2より)

4. まとめ

使用済みヘパフィルタに捕集されているダストをコロナ放電法・電気集塵法により除去処理すると、粒子及びRIの捕集効率は回復した。本結果より、放射線施設に設置された排気浄化設備のヘパフィルタを含めて、使用済みヘパフィルタの再生使用の可能性が示された。

粒子またはRIを帯電処理することにより、使用済みヘパフィルタでは、それらの捕集効率は顕著に増大した。使用済みヘパフィルタを処理することなく、捕集効率が増大したことは、ダスト帯電処理は使用済みヘパフィルタの寿命を延ばす効果的な手段の1つであることを示唆する。

今回は、ヘパフィルタのサイズを20 cm x 20 cmにしたディスクスケールでフィルタ再生の検討を行った。コロナ放電法・電気集塵法によるダスト除去処理及びコロナ放電による帯電処理ダストの捕集について、それぞれ一定の効果が確認できた。これらの有効性をパイロットスケールにして検討することが必要である。

参考文献

- 1) 室内空気清浄便覧, (社)日本空気清浄協会, オーム社 (2000).
- 2) 放射線利用統計, (社)日本アイソトープ協会, (2002).
- 3) 赤羽利昭: エコ・エンジニアリング-煤煙処理問題-ケミカルエンジニアリング 6月号, 488 - 496 (1999).
- 4) 杉田直記: コロナ放電を利用した空気清浄, 静電学会誌 26, 148 - 152 (2002).
- 5) Mazumder MK. and Siag AM. Part Gases Liq. 1, 205 - 211 (1989).

(原稿受付 平成15年8月1日)