

金属製フィルタを用いた火山灰除去システムの検討

Examination of volcanic ash removal system using metal filter

中部電力(株)	川井 貴弘	Takahiro KAWAI	Member
中部電力(株)	水野 道太	Michita MIZUNO	Member
中部電力(株)	加藤 寿宏	Toshihiro KATO	
中部電力(株)	大山 隆令	Takanori OOHARA	
新日本空調(株)	藤芳 正司	Masaji FUJIYOSHI	
新日本空調(株)	黒田 尚紀	Naonori KURODA	
(株)ユニパック	松江 昭彦	Akihiko MATSUE	

Abstract

Nuclear power plants are required not to lose safety functions against assumed natural phenomena as damage prevention from external impact. Among possible natural phenomena, it is known that blockage of the intake filter by volcanic ash occurs due to the volcanic effect. Therefore, we are investigating a volcanic ash removal system that uses a metal filter that can remove volcanic ash before the intake filter and supply clean air.

Keywords:

Volcanic ash, Metal filter, Bug filter, JIS B9908, Tephra2

1. はじめに

原子力発電所は、外部からの衝撃による損傷防止として、想定される自然現象に対して安全機能を損なわないことが求められている。想定される自然現象のうち火山影響の評価方法については、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」[1]（以下、火山影響評価ガイド）に示されており、各原子力発電所は、火山影響評価ガイドに従って、立地評価や影響評価を実施している。

火山事象の影響としては、降下火砕物、火砕物密度流、溶岩流、地滑り及び斜面崩壊等がある。このうち、降下火砕物（火山灰）については、風等によって遠方まで運ばれ最も広範囲に影響が及ぶ火山事象であることが知られており、原子力発電所の構造物への静的負荷、粒子の衝突、水循環系の閉塞及びその内部における磨耗、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的及び化学的影響、並びに原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が考えられる。

浜岡原子力発電所では、屋内に給気する空気は、空調設備によって外気を取入れているため、このような火山灰を含んだ空気を空調設備が吸気すると、空調設備のバグフィルタが火山灰を捕集することによって時間経過とともに圧損が上昇し、閉塞していくことが考えられる。そして、最終的には外気を吸気できなくなり設備への悪影響が発生し、原子力発電所の安全機能を損なう恐れがある。

原子力規制委員会規則「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」及び火山影響評価ガイドでは、火山影響発生時における非常用電源等の機能維持を求められており、その降灰継続時間を推定できない場合は24時間とすることが定められている。

火山灰を含んだ空気を吸気することによって、24時間以内にバグフィルタが空調設備の許容圧損に到達した場合、バグフィルタの交換が必要であるが、非常用電源等に関する空調設備を停止し、バグフィルタを交換することは、一時的に非常用電源等の機能を喪失することになるため規制要求を満足することができない。また、空調を運転、継続しながらバグフィルタを交換することは、空調風量が大きいと、作業安全上、不可能である。

連絡先：大山隆令

〒461-8680 愛知県名古屋市中区東新町1番地
中部電力株式会社 原子力部 設備設計グループ
E-mail: Ooyama.Takanori@chuden.co.jp

そこで、空調設備に金属製フィルタを設け、吸い込んだ火山灰を除灰し、24時間機能維持が可能なようにバグフィルタの圧損上昇を抑えることによって、非常用電源等の機能を維持し、原子力発電所の安全機能を確保する対策を検討した。

2. 金属製フィルタの換気空調設備の構成

浜岡原子力発電所4号機の外気取入れ部はFig.1に示す構成となっている。ルーバーは、雨水の侵入を防止し、ワッシュブルフィルタは、粗大な塵埃の侵入を防止し、バグフィルタは、微細な塵埃の侵入を防止している。浜岡原子力発電所は噴火を想定する給源火山より遠方に位置しており、数値シミュレーションの結果、火山灰は500 μm 以下の微粒子であることがわかった。このため、ほとんどがルーバー及びワッシュブルフィルタを通過し、バグフィルタで捕集されることから、バグフィルタの圧損が上昇していき、閉塞し、外気取り込みを必要とする非常用電源設備等が機能喪失へと至る。

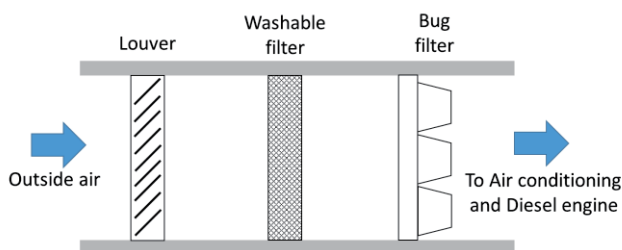


Fig.1 Structure of outside air intake

このため、敷地内への火山灰の降灰が予想される場合には、火山灰に対して捕集効果の薄いワッシュブルフィルタを、火山灰対策用の金属製フィルタに取り替え、バグフィルタに到達する火山灰量を低減する対策を検討した。

金属製フィルタは、従来のフィルタに使用されているような不織布等によるフィルタではなく、火山灰が付着しても洗浄すれば再度使用可能となるように、金属メッシュのフィルタとした。火山灰を捕集することにより後段のバグフィルタへの通過火山灰量を低減するのではなく、火山灰をフィルタ手前に落下させることによって後段のバグフィルタへの通過火山灰量を低減させる設計とした。また、金属製フィルタは、表面積を増やし、単位面積当たりの風速を低下させることにより、除灰効率はそのままにフィルタ圧損上昇を抑制可能なブリーツ構造を有する設計(Fig.2)とした。

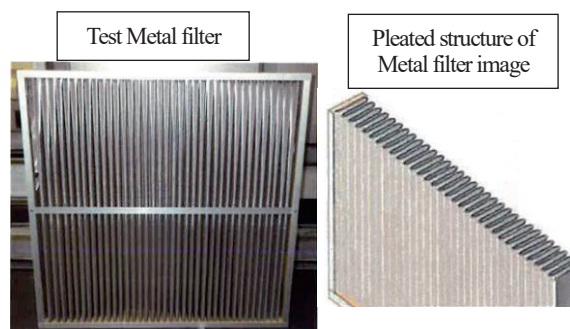


Fig.2 Metal filter and pleated structure

3. 金属製フィルタ性能試験

3.1 想定火山灰条件

地質調査や文献調査の結果を元に、火山灰の数値シミュレーション「Tephra2」を実施し、火山影響評価ガイドに従い、降灰時間を24時間と想定し、当所で想定される火山灰量および粒径分布を算出し、その結果から気中降下火砕物濃度を推定し、Table1 のとおりの降灰条件を設定した。

Table 1 Properties of volcanic ash

Volcanic ash concentration[g/m ³]		2.51
Mass rate at each particle size [%]	250~500 μm	8.32
	125~250 μm	59.2
	63~125 μm	19.8
	31~63 μm	10.6
	16~31 μm	1.85
	8~16 μm	0.19
	4~8 μm	0.01
Fall ash thickness[cm]		10.0

3.2 金属製フィルタ試験条件

Fig.3 のとおり、試験装置は JIS B9908 換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん機の試験方法に基づくフィルタ試験装置を使用して、Table1 の火山灰条件にてオートフィーダーから火山灰を実際に散布し、HEPA で整流した空気とともにフィルタ検査部に非常用電源の風量[3,400m³/h]で降灰条件を模擬して、金属製フィルタの性能試験を実施した。

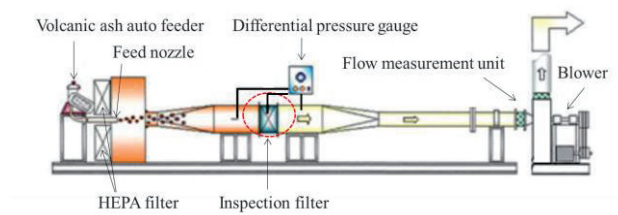


Fig.3 Test apparatus

フィルタ検査部には Fig.4 のとおり、バグフィルタの上流に金属製フィルタを設置し、それぞれの圧力損失を測定し性能を確認した。

今回、金属製フィルタは、目開きの異なる2種類の金属製フィルタを使用して試験を実施した。(Table2)

火山灰を全量除灰するためには目開きを最小火山灰粒径付近に設定することで、さらなる火山灰の除灰が可能となるが、その場合、火山灰によって目詰まりし、圧損がすぐに上昇してしまうことが考えられるため、金属フィルタの目開きについては、Table1 の想定火山灰条件において、大部分が除灰できるような目開きを設定した。

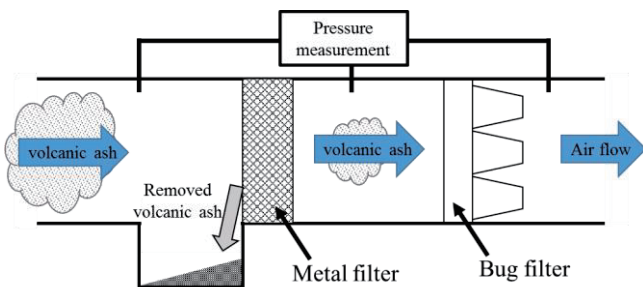


Fig.4 Inspection filter detail

Table 2 Specification of metal filter

Filter type	Specification
Metal filter(109 μ m)	External dimensions:600 ^H *600 ^W *65 ^D Fiber interval: 109 μ m Fiber diameter: 60 μ m Material: Stainless steel(SUS316)
Metal filter(45 μ m)	External dimensions:600 ^H *600 ^W *65 ^D Fiber interval: 45 μ m Fiber diameter: 25 μ m Material: Stainless steel(SUS316)

3.3 金属製フィルタ試験結果

はじめに金属製フィルタを使用せずにバグフィルタのみで想定降灰条件での圧損上昇傾向を確認した(Fig.5)。一般的にバグフィルタは2次関数的に圧損が上昇するため、試験時間の2時間以降は、外挿にて圧損上昇カーブを求めた。その結果、バグフィルタ単体では150分程度で空

調設備の許容圧損である350Paに到達することを確認した。なお、今回の試験風量ではバグフィルタ前段のダクト上に重力落下等の傾向が認められた。

次に金属製フィルタ(109 μ m)を使用した場合の圧損上昇傾向を確認した(Fig.6)。金属製フィルタの圧損は飽和する傾向にあることを確認した。また、金属フィルタとバグフィルタの合計圧損が350Paに到達するまで240分となり、火山灰フィルタを前段に設置することでバグフィルタの圧損上昇を単体の時と比較して約7/10程度に抑えられることを確認した。

さらに、金属製フィルタ(45 μ m)を使用した場合の圧損上昇傾向を確認した(Fig.7)。金属製フィルタの圧損は、時間経過とともに上昇していくことを確認した。また、金属製フィルタとバグフィルタの合計圧損が350Paに到達するまで270分程度となり、火山灰フィルタを前段に設置することでバグフィルタの圧損上昇を単体の時と比較して約6/10程度抑えられることを確認した。

また、これらの試験終了時の試験装置内の各部位の重量を測定し金属フィルタ前後における火山灰量をTable3に示す。Table1の火山灰条件において金属製フィルタ(109 μ m)では81%、金属製フィルタ(45 μ m)では95%の火山灰が除灰できていることを確認できる。

以上から、金属製フィルタによって火山灰が除灰できることを確認した。その除灰量は、目開きのサイズによって異なり、目開きを小さくすると除灰効率の上昇が見込まれる。しかし、目開きを小さくすると目詰まりが起りやすくなり、金属製フィルタの圧損が上昇する。そのため、金属製フィルタの洗浄によって、金属製フィルタに付着した火山灰を定期的に除去し、圧損を回復させることによって、空調設備の圧損に極力影響を与えないようにし、金属製フィルタとバグフィルタの合計圧損が空調設備の許容圧損に到達する時間を延長することができる。

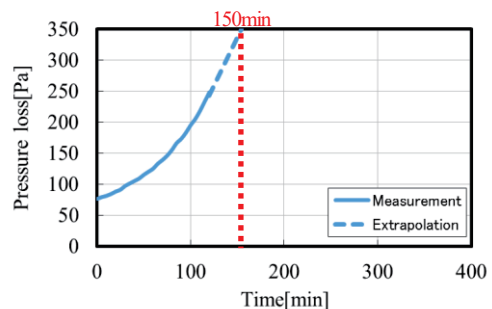


Fig.5 Bug filter pressure loss trend

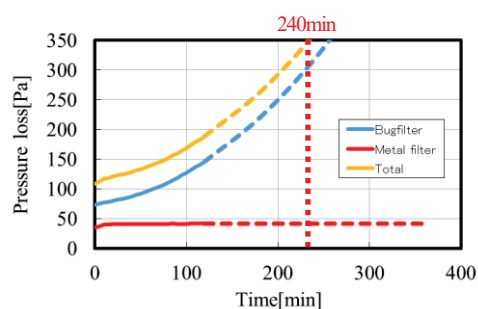


Fig.6 Filter pressure loss trend
(Metal filter(109µm))

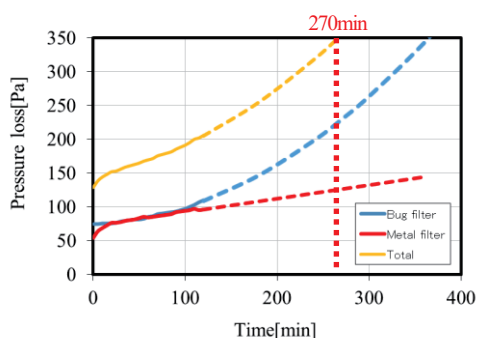


Fig.7 Filter pressure loss trend
(Metal filter(45µm))

Table 3 Volcanic ash removed and caught rate

	Before metal filter[%]	Bug filter[%]
Bug filter only	-	79
Bug filter+Metal filter(109µm)	81	18
Bug filter+Metal filter(45µm)	95	4

4. まとめ

空調設備に金属製フィルタを設置することによって、火山灰に対して以下の効果があることを確認した。

(1) 金属製フィルタ(109µm)

バグフィルタの圧損上昇低減効果は金属製フィルタ(45µm)と比較して小さい。時間経過とともに圧損はほとんど上昇しないため、定期的に取り替や清掃は不要である。

(2) 金属製フィルタ(45µm)

バグフィルタの圧損上昇低減効果は金属製フィルタ(109µm)と比較して大きい。金属製フィルタは時間経過とともに圧損が上昇していくため、定期的に取り替や清掃を実施することで、圧損上昇を抑え許容圧損に到達するまでの時間を延長することができる (Fig.8)。

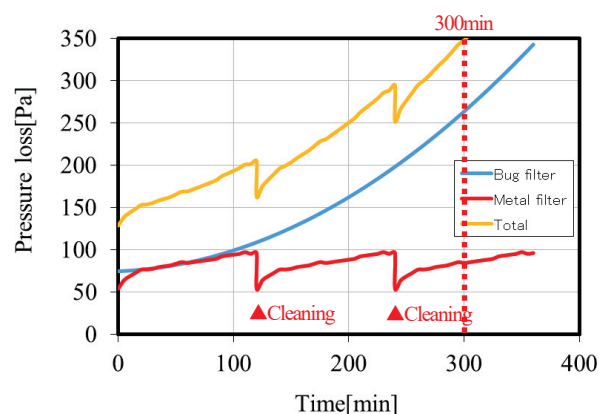


Fig.8 Filter pressure loss trend
(Regular cleaning of Metal filter(45µm))

しかし、どちらの金属製フィルタにおいても、バグフィルタの圧損上昇をある程度低減することはできたが、金属フィルタの定期清掃等を実施したとしても24時間以内に許容圧損に到達する。今後は、今回の金属フィルタを活用しつつ後段のバグフィルタの大容量化等によって24時間以上、機能維持可能な対策の検討を進めていく。

参考文献

- [1] 原子力規制委員会、原子力発電所の火山影響評価ガイド (実用発電用原子炉の規制基準に関連する内規、平成25年6月19日原規技発13061910号にて制定、平成29年11月29日原規技発17112910号にて改正)、2018。