

燃料破損時に原子炉建家から放出する放射性物質の低減のための判断について

令和 2 年 11 月 13 日

日本原子力研究開発機構

原子力科学研究所

【R2.9.28 審査会合コメント】

- ・BDDB 時に、非常用排気設備を停止し、原子炉建家への閉じ込める場合の判断について、事象進展の想定とその対処方針を説明すること。

【R2.10.27 審査会合コメント】

- ・事故時用モニタの値の確からしさについて説明すること。
- ・非常用排気設備のフィルタ差圧計の確認方法について説明すること。

燃料破損が発生した場合は、非常用排気設備に切り替え、原子炉建家内の空気はヨウ素等の FP を除去し、大気に拡散放出する設計としている。BDDB に事象が進展した場合も、燃料破損の進展や程度にかかわらず、非常用排気設備が使用できる限りは、非常用排気設備により建家内を負圧にし換気を行う。

しかしながら、非常用排気設備が起動しない場合、非常用排気設備は起動したが空気浄化装置の損傷（フィルタの破損、脱落など）によりフィルタを介さないで放出してしまう場合は、非常用排気設備のフィルタが有効に働いていないため、非常用排気設備を停止し FP 等を原子炉建家内に閉じ込めることとする。その際、目張り等を行い、環境への放出を極力抑えることとする。このため、非常用排気設備が使用できないことをもって、大規模損壊の場合として対策にあたることになる。

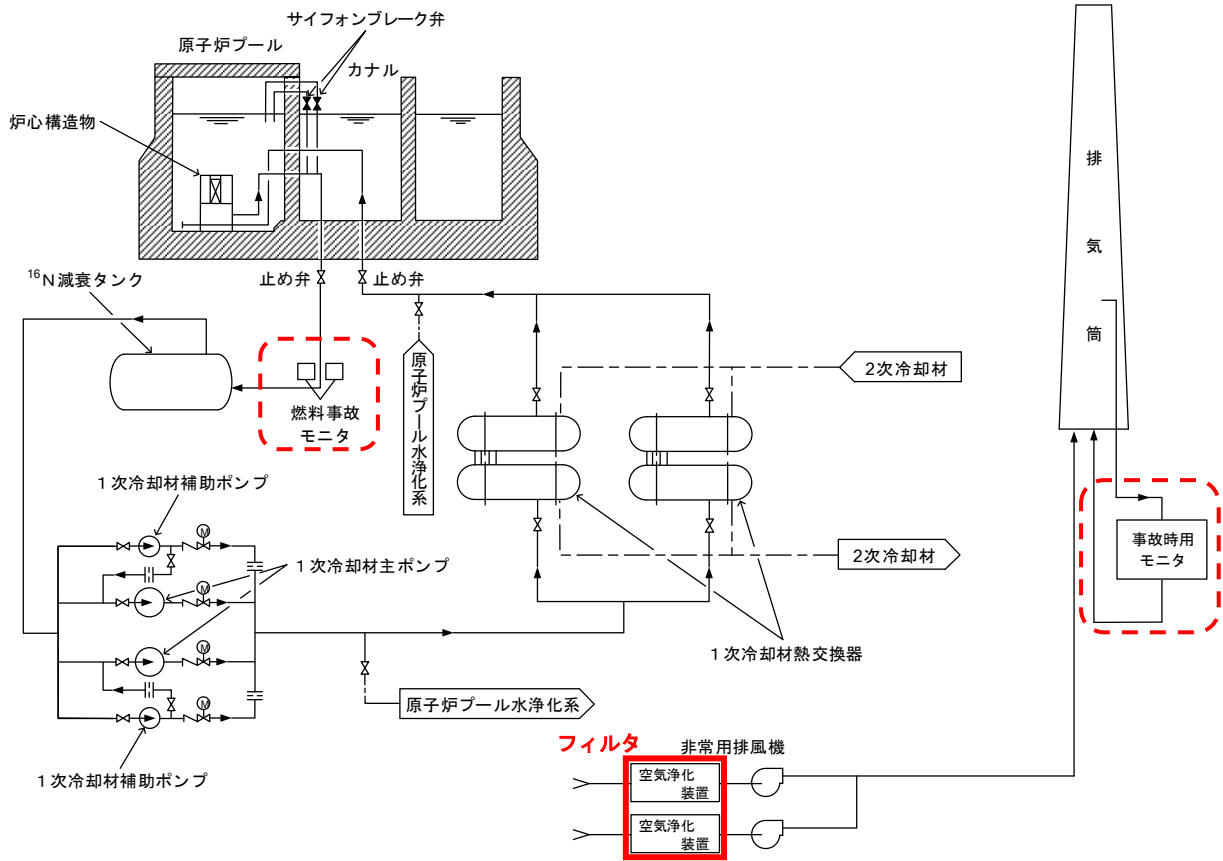
<フィルタが有効かどうかの判断>

燃料事故モニタにより燃料破損の程度は把握できる。流路閉塞事故が設計基準事故の程度（燃料板 2 枚の破損）であれば通常運転時におけるバックグラウンドの 50 倍の値であることから、燃料事故モニタの値を用いて燃料破損の程度を把握することが可能である。

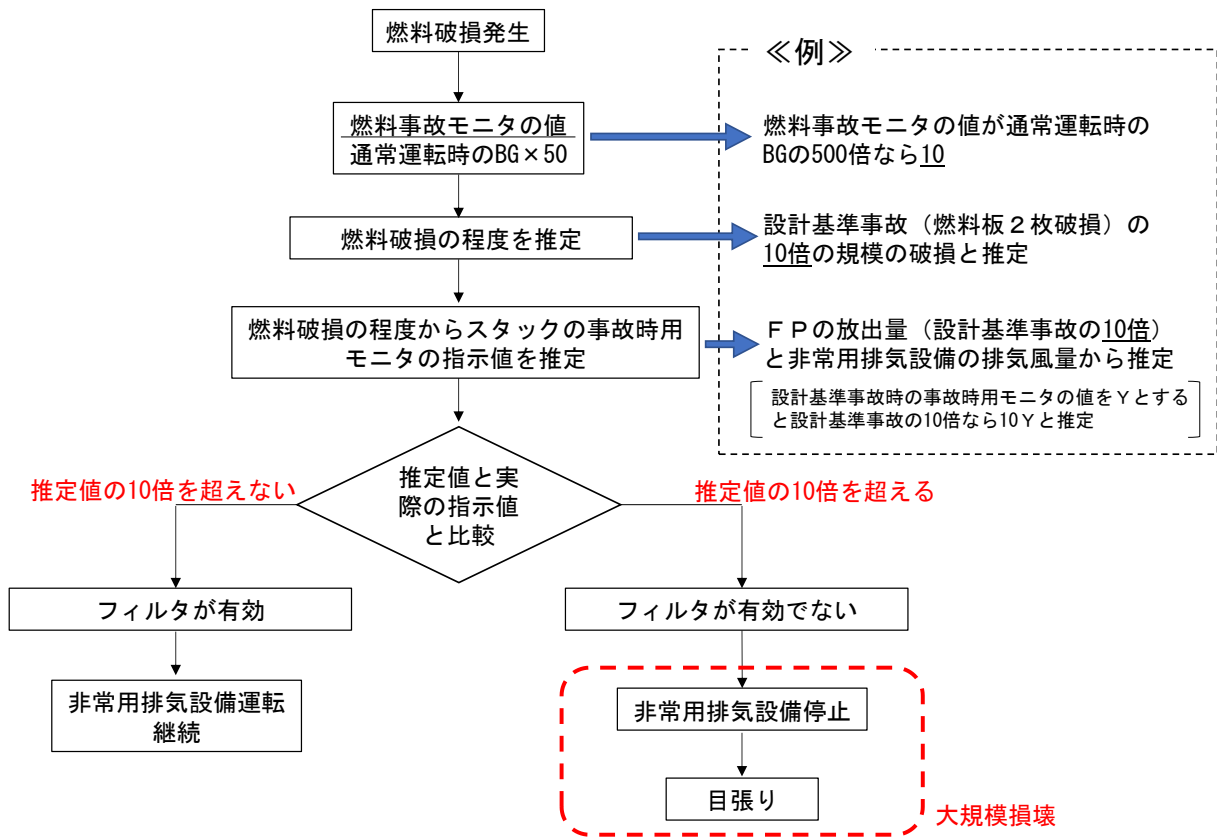
したがって、スタックの常設の監視計器である事故時用モニタの値が、燃料破損の程度から推定した値（FP の放出量と非常用排気設備の風量から算出）程度であれば、フィルタが有効に働いていると判断でき、推定した値の 10 倍を超える値であれば、フィルタが有効に働いていないと判断できる。仮にスタックの監視ができないような状況であればモニタリングポストの値で周辺への放出の状況を確認することになる。

なお、スタックのヨウ素濃度については、フィルタの除去効率が 99.9%以上であることからフィルタによる除染ができていなければ除染できているときの 1000 倍以上になる。

以下に、検出器位置概略図及び燃料破損発生時の対応フローを示す。



検出器位置概略図



燃料破損発生時の対応フロー

以上のことを踏まえ、以下のとおり補正する。

別表第 29 多量の放射性物質等を放出する事故に関する措置（第 5 条の 2 第 1 項関係）（抜粋）
（変更前）

発生事象	判断基準	措置
燃料破損が発生し、かつ、非常用排気設備が機能喪失した場合	・燃料事故モニタ高高が発報した後、非常用排気設備が自動で作動しないとき。	①原子炉建家の換気系を停止する。 ②原子炉建家の気密を維持できない場合は、原子炉建家の必要箇所（出入り口、非常口等）に目張りを講じる。

（変更後）

発生事象	判断基準	措置
燃料破損が発生し、かつ、非常用排気設備が機能喪失した場合	<u>下記のいずれかのとき</u> ・燃料事故モニタ高高が発報した後、非常用排気設備が作動しないとき。 ・ <u>次の監視計器の指示値から非常用排気設備のフィルタが有効に働いていないことを確認したとき。</u> ①燃料事故モニタ ②事故時用モニタ	①原子炉建家の換気系（ <u>通常用及び非常用の双方</u> ）を停止する。 ②原子炉建家の気密を維持できない場合は、原子炉建家の必要箇所（出入り口、非常口等）に目張りを講じる。

<事故時用モニタの値の確からしさ>

事故時用モニタの値（Y）は、FP の放出量を非常用排気設備の風量（計算上は 90m³/h の固定値）で割ることにより算出する。事故時用モニタの値の確からしさは、計器の誤差（20%）と実際の風量と計算上の風量の差（数十%程度）の合計であり、これらをあわせて倍程度の確からしさは見込めるため、保守的に見積もってもオーダーで誤差があるとは考えられない。

$$Y = \frac{\text{FP の放出量}}{\text{非常用排気設備の風量}}$$

<フィルタの差圧の確認方法>

非常用排気設備のフィルタが有効であるかは、フィルタの差圧によっても確認できる。フィルタの差圧計は、非常用排気設備を設置している原子炉建家地階にあり、現場でのみ確認することができ中央制御室からは確認できない。将来的にはカメラ等により中央制御室から遠隔で確認できるよう設備対応することにより、フィルタが有効であるかの判断に資することができるよう原子炉設置者の自主的な安全性向上のための努力をしていく。

参考

FP の放出量は下記の式により求まる Q_i の総和である。(原子炉設置変更許可申請書添付書類十参照)

$$Q_i = K \cdot Q_{0i} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot T) \cdot L \cdot (1 - E_f) \cdot \frac{1 - \exp(-\beta_i \cdot t)}{\beta_i}$$

Q_i : 時刻 t までに原子炉建家から、大気中に放出される各種 i の放出量(Bq)

K : 燃料から放出された FP が原子炉建家からの放出に寄与する割合

$$K = F_f \cdot F_L \cdot F_p \cdot F_g$$

F_f : 燃料から 1 次冷却材への放出割合

F_g : 原子炉建家内へ放出されたヨウ素の組成

F_L : 1 次冷却材から原子炉建家内の雰囲気中への移行割合

F_p : 原子炉建家内での沈着を逃れる割合

Q_{0i} : 核分裂生成物の放出に寄与する量 (Bq)

T : 1 次冷却材中へ放出された核分裂生成物が 1 次冷却系ループを循環し、原子炉プールへ至るまでの時間 (s)

β_i : 原子炉建家での低減効果。次式で表す。

$$\beta_i = L + \lambda_i \quad (s^{-1})$$

$$L = R/V$$

R : 原子炉建家の排気量 (=90m³/h)

V : 原子炉建家の排気有効体積 (=20,000m³)

λ_i : 核種 i の崩壊定数 (s⁻¹)

E_f : 非常用排気設備のヨウ素除去フィルタの効率

ヨウ素の放出量は $(1 - E_f)$ に大きく依存する。添十の安全評価では E_f として 0.95 を用いているが、ここでは実際の放出量を算出したいため、定期事業者検査の時期毎に測定したフィルタの除去効率を用いる。定期事業者検査毎の E_f の測定結果を用いた Y の評価値と燃料破損割合の関係をまとめた早見表を作成することとする。

添十の事故評価	$E_f=0.95$	$(1-E_f)=0.05$
測定結果 (仮の値)	$E_f=0.999$	$(1-E_f)=0.001$