

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7-045 改1
提出年月日	2020年 6月11日

竜巻飛来物による7号機SGTS排気配管損傷時の

事故時被ばく評価への影響について

## 1. 概要

7号機非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）の排気配管が竜巻による飛来物により損傷したと仮定した場合の設計基準事故時の被ばく評価への影響について確認する。

## 2. 評価対象事故

環境への放射性物質の異常な放出を伴う設計基準事故とその事故における原子炉建屋の閉じ込め機能（原子炉建屋原子炉区域及びSGTS）の扱いについて整理した結果を表1に示す。このうち、SGTSの機能に期待している設計基準事故は、「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」である。

表2に示す通り、実効線量が大きい「燃料集合体の落下」を代表させ、SGTS排気配管が損傷した場合の被ばく評価への影響を確認する。

表1 事故時被ばく評価における原子炉建屋の閉じ込め機能の扱いについて

設計基準事故	事象の進展	原子炉建屋の閉じ込め機能の扱い
放射性気体廃棄物処理施設の破損	原子炉の通常運転時に、蒸気式空気抽出器及び起動停止用蒸気式空気抽出器出口配管が破損し、放射性物質がタービン建屋内に放出される。タービン建屋内に放出された放射性物質は、原子炉区域・タービン区域換気空調系を通じて主排気筒から大気中に放出される。	同施設の破損箇所の想定は原子炉建屋外であり、原子炉建屋の閉じ込め機能には期待していない。
主蒸気管破断	原子炉の出力運転中に、原子炉格納容器外で主蒸気管が破断した場合に、放射性物質が破断口から建屋内に流出する。建屋内に流出した放射性物質は、ブローアウトパネルより大気中に放出される。	建屋内に流出した放射性物質は、ブローアウトパネルを通じて大気中に放出されるため、原子炉建屋の閉じ込め機能には期待していない。
燃料集合体の落下	原子炉の燃料交換時に、燃料取替機の故障、破損等により燃料集合体が落下して破損し、放射性物質が原子炉建屋原子炉区域内に放出される。原子炉建屋原子炉区域内に放出された放射性物質は、SGTSを通じて大気中に放出される。	破損した燃料集合体から放出した放射性物質は原子炉建屋に移行し、SGTSを通じて大気中へ放出されるため、原子炉建屋の閉じ込め機能に期待している。
原子炉冷却材喪失	原子炉の出力運転中に、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管あるいはこれに付随する機器等の破損等により、破断箇所から放射性物質が原子炉	原子炉格納容器から漏えいした放射性物質は原子炉建屋に移行し、SGTSを通じて大気中へ放出するため、原子炉建屋の閉じ込め機能に

	格納容器内に放出される。原子炉格納容器内に放出された放射性物質は、原子炉建屋原子炉区域内に漏えいし、SGTS を通じて大気中に放出される。	期待している。
制御棒落下	原子炉が臨界又は臨界近傍にあるときに、制御棒が炉心から落下し、放射性物質が原子炉冷却材中に放出される。原子炉冷却材中に放出された放射性物質は、主蒸気とともに復水器へ移行し、復水器から漏えい、原子炉区域・タービン区域換気空調系を通じて大気中に放出される。	放射性物質の漏えい箇所は原子炉建屋外であり、原子炉建屋の閉じ込め機能には期待していない。

表2 「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」の実効線量

設計基準事故	敷地境界における実効線量(mSv)
燃料集合体の落下	約 $1.1 \times 10^{-2}$
原子炉冷却材喪失	約 $1.5 \times 10^{-5}$

### 3. 評価方法と評価条件

#### 3.1 評価方法

7号機の屋外SGTS排気配管は、原子炉建屋屋上面から主排気筒に導かれ、鉛直上方に立ち上がっている。当該配管は主排気筒の筒身等に包囲されているが、それらによる防護効果には期待せず、当該配管に竜巻による飛来物が直接衝突し貫通した場合の被ばく評価を行う。

また、SGTS排気配管に飛来物が衝突し貫通部が生じたとしても、放出される放射性物質の一定量は、通常のSGTSの排気口から上方に放出されると考えられるが、本評価においては、保守的にSGTS排気配管の損傷箇所から全量が放出されることを想定する。

#### 3.2 評価条件

被ばく評価において用いる数値等は、以下の通りとする。

- ・7号機の屋外SGTS排気配管は、原子炉建屋の屋上面（T.M.S.L.38200）から上方に設置されているが、本評価においては、保守的に地表面（0m）を放出点とし被ばく影響について確認する。
- ・評価に用いる大気拡散条件は表3上段に示すものを用いる。

表3 7号機燃料集合体落下時の相対濃度及び相対線量

項目	実効放出 継続時間 (h)	相対濃度及び相対線量	
SGTS 排気配管の損傷箇所から 放出した場合の拡散条件	30	$\chi/Q$ (s/m <sup>3</sup> )	$1.1 \times 10^{-5}$
	30	D/Q (Gy/Bq)	$2.1 \times 10^{-19}$
(参考) 設置許可申請書 における拡散条件	30	$\chi/Q$ (s/m <sup>3</sup> )	$1.5 \times 10^{-6}$
	30	D/Q (Gy/Bq)	$7.0 \times 10^{-20}$

- ・その他，評価に必要な条件は設置許可申請書の条件を用いる。

#### 4. 評価結果

燃料集合体落下事故時の被ばくを評価した結果を表4に示す。評価結果は，設計基準事故の判断基準である5mSvを満足する結果となった。

表4 7号機燃料集合体落下事故時における主排気筒損傷時の被ばく評価結果

項目	敷地境界における実効線量(mSv)
SGTS 排気配管の損傷を 想定した場合	約 $3.2 \times 10^{-2}$
(参考) 設置許可申請書 添付書類十記載値	約 $1.1 \times 10^{-2}$

以上

## 第12条：安全施設

## &lt;目 次&gt;

1. 基本方針
  - 1.1 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合方針
  - 2.1 静的機器の単一故障
    - 2.1.1 安全機能の重要度が特に高い安全機能を有する系統のうち単一の設計とする箇所の確認
    - 2.1.2 非常用ガス処理系
      - 2.1.2.1 単一故障仮定時の安全機能の確認結果
      - 2.1.2.2 基準適合性
    - 2.1.3 格納容器スプレイ冷却系
      - 2.1.3.1 単一故障仮定時の安全機能の確認結果
      - 2.1.3.2 基準適合性
    - 2.1.4 中央制御室換気空調系
      - 2.1.4.1 単一故障仮定時の安全機能の確認結果
      - 2.1.4.2 基準適合性
  - 2.2 安全施設の共用・相互接続
    - 2.2.1 共用・相互接続設備の抽出
    - 2.2.2 基準適合性（可燃性ガス濃度制御系を除く）
      - 2.2.2.1 重要安全施設
      - 2.2.2.2 安全施設（重要安全施設を除く）
    - 2.2.3 基準適合性（可燃性ガス濃度制御系）

## 2.1.2 非常用ガス処理系

### 2.1.2.1 単一故障仮定時の安全機能の確認結果

#### (1) 設備概要

非常用ガス処理系は、事故時の格納容器内又は放射性物質が格納容器内から漏れ出た場所の雰囲気中の放射性物質の濃度低減機能を有する系統である。

非常用ガス処理系の系統概略図を図 2.1.2-1 に示す。

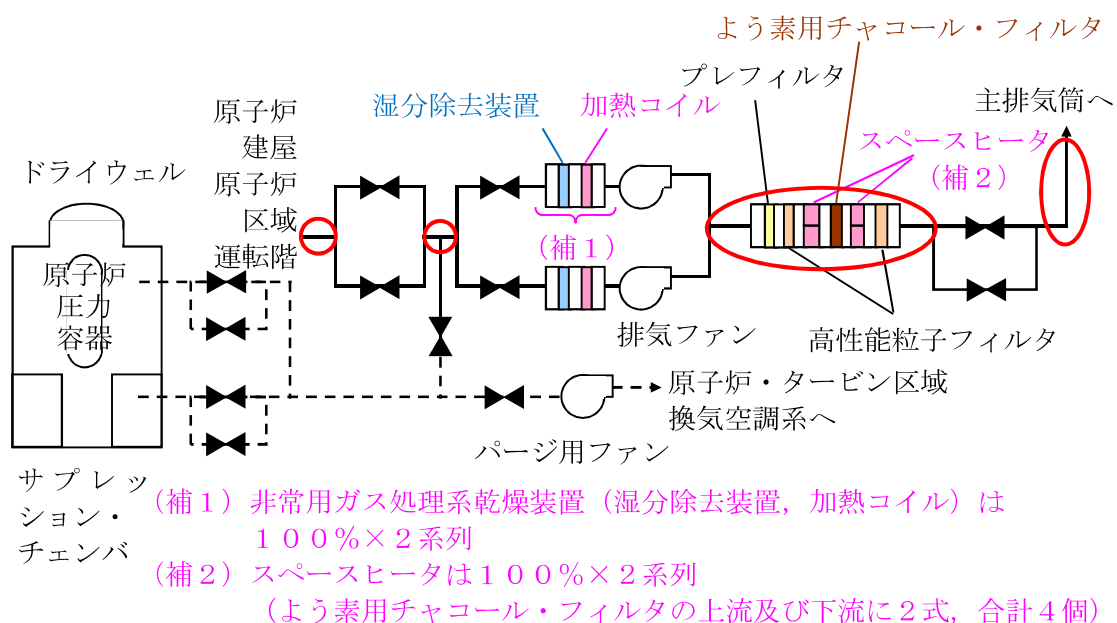


図 2.1.2-1 非常用ガス処理系 系統概略図

(○ : 単一設計の静的機器)

図 2.1.2-1 に示す通り、非常用ガス処理系の動的機器である弁・乾燥装置 (湿分除去装置・加熱コイル)・排気ファン・スペースヒータは全て二重化しており、配管の一部とフィルタユニット (スペースヒータ除く) が単一設計となっている。

これらの単一設計箇所材質・塗装有無・内部流体 (通常時, 設計基準事故時)・設置場所を表 2.1.2-1 に示す。

表 2.1.2-1 非常用ガス処理系 単一設計静的機器

		6号炉		7号炉	
		配管	フィルタ ユニット	配管	フィルタ ユニット
材質		炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼
塗装		有（錆止め） （外面）	有 （外面）	有（錆止め） （外面）	有 （外面）
内部 流体	通常 時	屋内空気	屋内空気	屋内空気	屋内空気
	事故 時	[乾燥装置 上流] 湿分の多い 空気（核分裂 生成物（F P）含む） [乾燥装置 下流] 乾燥した空 気（F P 含 む）	乾燥した空 気（F P 含 む）	[乾燥装置 上流] 湿分の多い 空気（核分裂 生成物（F P）含む） [乾燥装置 下流] 乾燥した空 気（F P 含 む）	乾燥した空 気（F P 含 む）
設置場所		屋内	屋内	屋内	屋内

(2) 静的機器の単一故障が発生した場合の影響度合い

単一設計となっている静的機器の単一故障が発生した場合の影響度合いを確認するため、仮に事故発生から24時間後に非常用ガス処理系が使用できなくなった後はそのままFPを地上放散したと仮定して評価した。影響度合いを確認するための目安として、設計基準事故時の判断基準である周辺公衆の実効線量5mSvとの比較を行った。

原子炉冷却材喪失（LOCA）時、格納容器の漏えい率に従って原子炉建屋原子炉区域内に漏れ出たFPは、事故発生から24時間までの間は非常用ガス処理系によって処理し、非常用ガス処理系の排気口から放出する。一方、24時間後以降は原子炉建屋原子炉区域内から原子炉建屋原子炉区域外に漏えいして地上放散すると仮定する。

このときの評価条件の中で原子炉設置変更許可申請書添付書類十 3.4.4 原子炉冷却材喪失から変更したものを表 2.1.2-2 に示す。

表 2.1.2-2 非常用ガス処理系故障時影響評価条件（LOCA，変更点）

項目	評価条件
原子炉建屋からの換気率	0～24 時間：0.5 回/d（非常用ガス処理系） 24 時間以降：0.5 回/d（建屋漏えい）
よう素除去効率	0～24 時間：99.99%（非常用ガス処理系） 24 時間以降：0%（－）
実効放出継続時間	0～24 時間（非常用ガス処理系の排気口放出） 相対濃度 $\chi / Q$ [s/m <sup>3</sup> ]：10 時間 相対線量 $D / Q$ [Gy/Bq]：10 時間 24 時間以降（地上放散） $\chi / Q$ [s/m <sup>3</sup> ]：350 時間 $D / Q$ [Gy/Bq]：200 時間
環境に放出された放射性物質の大気拡散条件  (気象データは変更なし <sup>※1</sup> (1985 年 10 月～1986 年 9 月))	0～24 時間（非常用ガス処理系の排気口放出） $\chi / Q$ [s/m <sup>3</sup> ]：6 号炉 $2.5 \times 10^{-6}$ 7 号炉 $2.1 \times 10^{-6}$ $D / Q$ [Gy/Bq]：6 号炉 $1.0 \times 10^{-19}$ 7 号炉 $8.9 \times 10^{-20}$ 24 時間以降（地上放散） $\chi / Q$ [s/m <sup>3</sup> ]：6 号炉 $7.2 \times 10^{-6}$ 7 号炉 $5.6 \times 10^{-6}$ $D / Q$ [Gy/Bq]：6 号炉 $1.1 \times 10^{-19}$ 7 号炉 $9.8 \times 10^{-20}$

※1 気象データの代表性については別紙 1-5 に示す。

以上の条件を用いて評価した結果、敷地境界外の実効線量は 6 号炉では約  $4.3 \times 10^{-3}$  mSv，7 号炉では約  $3.4 \times 10^{-3}$  mSv となった。

(なお、原子炉設置変更許可申請書添付書類十 3.4.4 原子炉冷却材喪失における評価結果は、6 号炉で約  $1.6 \times 10^{-5}$  mSv，7 号炉で約  $1.5 \times 10^{-5}$  mSv である。)

また、原子炉建屋原子炉区域運転階にて F P が発生する燃料集合体の落下 (FHA) 時にも非常用ガス処理系の機能に期待していることから、仮に燃料集合体の落下から 24 時間後に非常用ガス処理系が使用できなくなった場合の影響度合いをあわせて確認した。

原子炉停止から 3 日後の原子炉の燃料交換時に発生することを想定している燃料集合体の落下時、原子炉建屋原子炉区域運転階に発生した F P は、事故発生から 24 時間までの間は非常用ガス処理系によって処理し、非常用ガス処



理系の排気口から放出する。一方、24 時間後以降は原子炉建屋原子炉区域内から原子炉建屋原子炉区域外に漏えいして地上放散すると仮定する。

このときの評価条件の中で原子炉設置変更許可申請書添付書類十 3.4.3 燃料集合体の落下から変更したものを表 2.1.2-3 に示す。

表 2.1.2-3 非常用ガス処理系故障時影響評価条件（FHA，変更点）

項目	評価条件
原子炉建屋からの換気率	0～24 時間：0.5 回/d（非常用ガス処理系） 24 時間以降：0.5 回/d（建屋漏えい）
よう素除去効率	0～24 時間：99.99%（非常用ガス処理系） 24 時間以降：0%（－）
実効放出継続時間	0～24 時間（非常用ガス処理系の排気口放出） $\chi / Q [s/m^3]$ ：10 時間 $D / Q [Gy/Bq]$ ：10 時間 24 時間以降（地上放散） $\chi / Q [s/m^3]$ ：40 時間 $D / Q [Gy/Bq]$ ：30 時間
環境に放出された放射性物質の大気拡散条件  (気象データは変更なし <sup>※1</sup> (1985 年 10 月～1986 年 9 月))	0～24 時間（非常用ガス処理系の排気口放出） $\chi / Q [s/m^3]$ ：6 号炉 $2.5 \times 10^{-6}$ 7 号炉 $2.1 \times 10^{-6}$ $D / Q [Gy/Bq]$ ：6 号炉 $1.0 \times 10^{-19}$ 7 号炉 $8.9 \times 10^{-20}$ 24 時間以降（地上放散） $\chi / Q [s/m^3]$ ：6 号炉 $1.3 \times 10^{-5}$ 7 号炉 $9.9 \times 10^{-6}$ $D / Q [Gy/Bq]$ ：6 号炉 $2.5 \times 10^{-19}$ 7 号炉 $2.2 \times 10^{-19}$
呼吸率	5.16[m <sup>3</sup> /d] (事故全体としての実効放出継続時間が 24 時間以上であるため、呼吸率は小児の 1 日平均の呼吸率を使用)

以上の条件を用いて評価した結果、敷地境界外の実効線量は 6 号炉では約  $4.0 \times 10^{-1} \text{mSv}$ 、7 号炉では約  $3.1 \times 10^{-1} \text{mSv}$  となった。

(なお、原子炉設置変更許可申請書添付書類十 3.4.3 燃料集合体の落下における評価結果は、6 号炉で約  $1.1 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 、7 号炉で約  $1.1 \times 10^{-2} \text{mSv}$  である。)

以上の通り、静的機器の単一故障が発生し、かつ(3)に示す修復を行わないと仮定しても、設計基準事故時の判断基準である周辺公衆の実効線量 5mSvを下回る程度の影響度合いであることを確認した。これにより、(3)に示す修復作業期間は、安全上支障のない期間であることを確認した。

### (3) 静的機器の単一故障が発生した場合の修復可能性

仮に事故発生から 24 時間後に単一故障が発生した後、当該単一故障箇所の修復が可能か否かを確認した。

なお、上記単一故障発生時、プラントは既に停止状態にあり、本修復はあくまでも応急処置として実施するものである。事故収束後に、技術基準に適合する修復を改めて実施する。

#### ①故障の想定

非常用ガス処理系において単一設計を採用している静的機器である配管及びフィルタユニットについて、表 2.1.2-4 に示す破損もしくは閉塞が発生することを想定する。

ただし、配管閉塞の原因となりうるほこり等については運用管理の中で排除することから、配管閉塞は想定不要とした。

また、破損の規模としては、構造及び運転条件等から瞬時に全周破断に至ることは考えにくいとため、配管及びフィルタユニットについて亀裂やピンホール等によるリークの発生を損傷モードとして想定する。ただし、配管については、損傷モードを保守的に考え、全周破断についても想定する。

以上から、想定すべき故障として以下の 3 種類を選定した。

・配管破損（リーク発生、全周破断）

・フィルタユニット破損（リーク発生）

・フィルタユニット閉塞