

ブローアウトパネル開放時の設計基準事故時被ばく評価への影響について

設計基準事故のうち「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」では、放射性物質は非常用ガス処理系等で処理して排気筒から放射性物質が放出される想定としているが、原子炉建屋のブローアウトパネルが開放した場合は、原子炉建屋内の負圧維持ができなくなり、ブローアウトパネル開放部から直接大気中に放射性物質が放出される可能性がある。

本評価では事故発生から 30 日後以降に地震によりブローアウトパネルが開放されると想定したときの設計基準事故時の被ばく評価への影響について以下のとおり確認した。

1. 放出量評価

事故発生から 30 日までは、設置許可申請書添付書類十に記載される評価に基づき放出量評価を行い、31 日後は原子炉建屋から直接大気中に放射性物質が放出されると仮定し、非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系を bypass せずに地上放出されるものとし、非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系のような素除去効果及び換気率を見込まずに放出量を評価する。評価対象事故は、事故発生時に非常用ガス処理系排気筒から放射性物質が放出され、長期間放出が継続し、ブローアウトパネルが開放される影響が生じる「原子炉冷却材喪失」とする。具体的な放出量評価方法については別紙 1 に示す。

放出量の評価結果を第 1 表に示す。

第 1 表 原子炉冷却材喪失時の放出量の評価結果

項 目	評価期間	原子炉冷却材喪失	
		希ガス (0.5MeV 相当値) (Bq)	よう素 (I-131 換算値) (Bq)
設置許可申請書における放出量	無限期間	4.0×10^{12}	4.8×10^9
ブローアウトパネル開放を想定した放出量	事故発生から 30 日まで	3.9×10^{12}	4.4×10^9
	事故発生から 31 日後以降	1.1×10^{11}	4.6×10^{10}
	合 計	4.0×10^{12}	5.1×10^{10}

2. 大気拡散条件

大気拡散評価は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づき行う。

事故発生から 30 日までは排気筒放出, 31 日後以降は地上放出を想定し大気拡散評価を行う。また, ブローアウトパネルが開放した場合は原子炉建屋から瞬時に放出するものとし実効放出継続時間は 1 時間とする。

大気拡散条件の評価結果を第 2 表に示す。

第 2 表 原子炉冷却材喪失時の相対濃度及び相対線量の評価結果

項目		実効放出継続時間 (h)	相対濃度/相対線量		評価方位
設置許可申請書における拡散条件		24	D/Q (Gy/Bq)	4.5×10^{-20}	W
		24	χ/Q (s/m ³)	8.0×10^{-7}	
ブローアウトパネル開放を想定した拡散条件	事故発生から 30 日まで	24	D/Q (Gy/Bq)	3.5×10^{-20}	NW
		24	χ/Q (s/m ³)	7.6×10^{-7}	
	事故発生から 31 日後以降	1	D/Q (Gy/Bq)	4.0×10^{-19}	
		1	χ/Q (s/m ³)	2.9×10^{-5}	

3. 被ばく評価結果

ブローアウトパネルが開放した場合の設計基準事故時の被ばく評価結果を第 3 表に示す。ブローアウトパネル開放を考慮した評価結果は, 設計基準事故の基準である 5mSv を十分に下回る結果となっている。また, 設置許可申請書の本文十号に記載されている設計基準事故で最も線量が高くなる主蒸気管破断の線量 (1.8×10^{-1} mSv) と比べても十分に低い値となっており, 設計基準事故に係る被ばく評価の結論に影響はない。

第 3 表 原子炉冷却材喪失時の被ばく評価結果

項目		実効線量 (mSv)	
設置許可申請書添付書類十記載値	希ガス	1.8×10^{-4}	
	よう素	3.6×10^{-5}	
	直接・スカイシャイン線	1.0×10^{-4}	
	合計	3.2×10^{-4}	
ブローアウトパネル開放を想定した場合	事故発生から 30 日まで	希ガス	1.4×10^{-4}
		よう素	3.3×10^{-5}
	事故発生から 31 日後以降	希ガス	4.4×10^{-5}
		よう素	1.3×10^{-2}
	直接・スカイシャイン線	1.0×10^{-4}	
	合計	1.3×10^{-2}	

※ブローアウトパネル開放後は原子炉建屋内の放射性物質は大気中へ放出されるため, 原子炉建屋からの直接 γ 線及びスカイシャインガンマ線は

ブローアウトパネルの開放を考慮した放出量評価について

「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」の放出量評価においては非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系によるよう素除去効果及び換気率を考慮して式①及び式②により放出量評価を行っている。

ブローアウトパネルが開放した場合には、非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系のよう素除去効果及び換気率が期待できなくなる。このため、別表 1 及び別表 2 に示す条件の違いを考慮して補正係数を求め、設置許可申請書に基づく放出量の事故発生から 31 日以降の放出量に補正係数を乗じてブローアウトパネル開放後の放出量を評価した。

1. 燃料集合体の落下

燃料集合体の落下におけるブローアウトパネル開放時（事故発生から 31 日後以降）の放出量を評価するための補正係数は、①式で $\frac{F_1}{DF} \cdot Q_p^i$ は定数とし、その他の係数は別表 1 に示す条件から求める。

ただし、燃料集合体の落下の放出率は別図 1 に示すように約 20 日で ≈ 0 であり、事故発生から 31 日後以降のブローアウトパネル開放の影響はない。

$$Q_i = \frac{\lambda LSGTS \cdot (1 - f_2) \cdot \frac{F_1}{DF} \cdot Q_p^i}{(\lambda_R^i + \lambda LSGTS + \lambda LFRVS \cdot f_1)} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

Q_i : 大気中に放出される放射性物質の放出量 (Bq)

F_1 : 核分裂生成物の存在割合

$\left[\begin{array}{ll} \text{希ガス} & F=1 \\ \text{有機よう素} & F=\text{全よう素中の有機よう素の割合} \\ \text{無機よう素} & F=\text{全よう素中の無機よう素の割合} \end{array} \right.$

DF : 無機よう素のプール水による除去係数 (DF=500)
(希ガス及び有機よう素はDF=1)

$\lambda LSGTS$: 非常用ガス処理系による原子炉建屋内空気の換気率 (s^{-1})

$\lambda LFRVS$: 非常用ガス再循環系による原子炉建屋内空気の再循環率 (s^{-1})

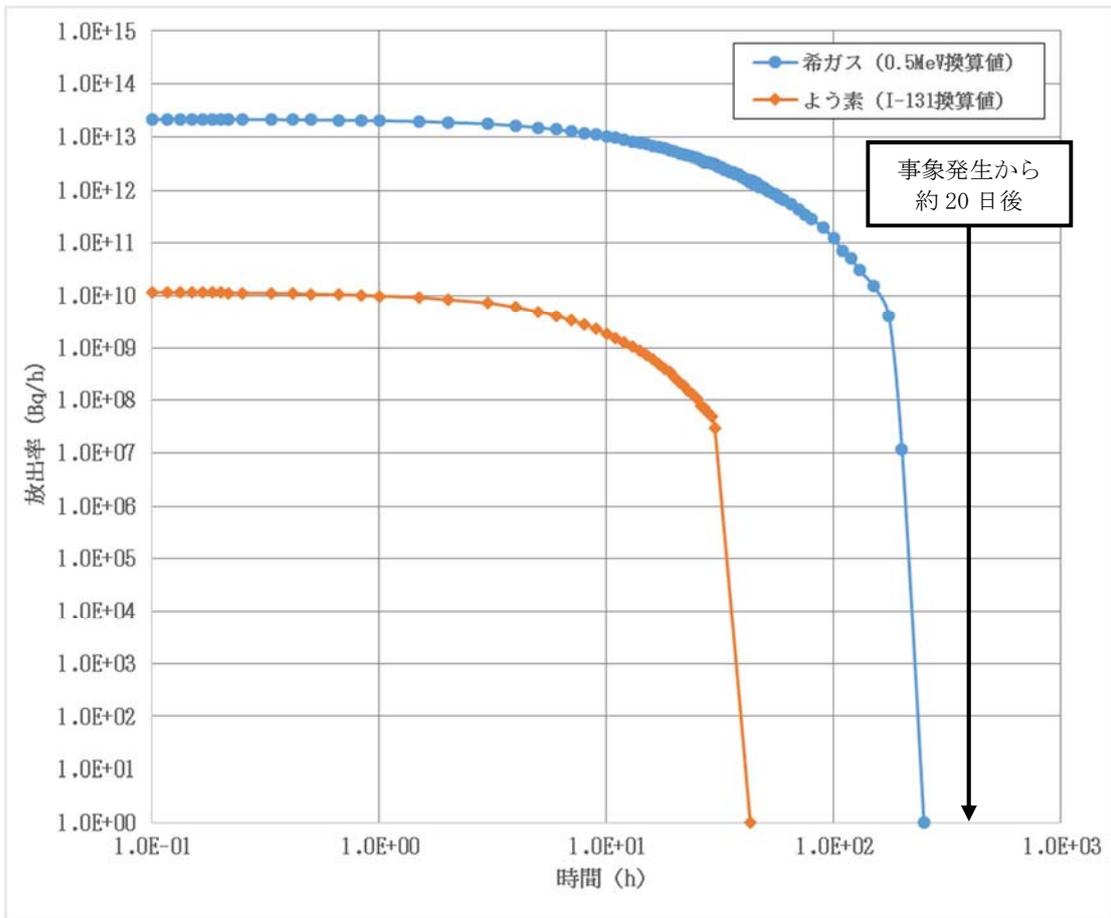
f_1 : 非常用ガス再循環系フィルタのよう素除去効率 (-)

f_2 : 非常用ガス再循環系フィルタ及び非常用ガス処理系フィルタを經由した場合の総合よう素除去効率 (-)

λ_R^i : 核種iの崩壊定数 (s^{-1})

別表 1 燃料集合体の落下時の非常用ガス処理系等の評価条件

	設置申請書添付書類十 における評価条件	ブローアウトパネルの開放を 考慮した場合の評価条件
F_1	希ガス F=100 % 有機よう素 F=1 % 無期よう素 F=99 %	同左
DF	希ガス DF=1 有機よう素 DF=1 無期よう素 DF=500	同左
λ LSGTS	1 回/d	無限大
λ LFRVS	4.8 回/d	0 回/d
f_1	90 %	0 %
f_2	97 %	0 %
λ_R^i	(例) 希ガス (Xe-133) : 0.131 (d ⁻¹) よう素 (I-131) : 0.086 (d ⁻¹)	同左



別図 1 燃料集合体の落下における放出率の時間推移

2. 原子炉冷却材喪失

原子炉冷却材喪失におけるブローアウトパネル開放時（事故発生から 31 日後以降）の放出量を評価するための補正係数は、②式で $(q_C^i + q_f^i \cdot g) \cdot K_0$ は定数とし、その他の係数は別表 1 に示す条件から求める。

補正前後のブローアウトパネル開放後（事故発生から 31 日後以降）を別表 3 に示すとおりであり、よう素は約 140 倍、希ガスは約 1.1 倍となっている。

$$Q_H^i = (q_C^i + q_f^i \cdot g) \cdot K_0 \cdot (1 - f_2) \cdot \frac{\lambda LPCV \cdot \lambda LSGTS}{(\lambda_R^i + \lambda LPCV \cdot F_3) \cdot (\lambda_R^i + \lambda LSGTS + \lambda LFRVS \cdot f_1)} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

Q_H^i : 大気中に放出される放射性物質の放出量 (Bq)

q_C^i : 核種 i の冷却材中存在量 (Bq)

$$q_C^i = C_W^i \cdot M$$

C_W^i : 核種 i の冷却材中存在量 (Bq/g)

M : 冷却材保有量 (g)

q_f^i : 核種 i の追加放出量

g : 組成構成比

希ガス $g=1$

有機よう素 $g=$ 全よう素中の有機よう素の割合

無機よう素 $g=$ 全よう素中の無機よう素の割合

K_0 : 格納容器気相部に存在する核分裂生成物の格納容器全存在量に対する割合

$$K_0 = (1 - F_2) \cdot F_3$$

F_2 : 無機よう素の格納容器内の壁面等に付着する割合
(希ガス及び有機よう素はこの効果を見捨てる。)

F_3 : 格納容器内の気相部に浮遊する割合

$$F_3 = \frac{V_A}{V_A + V_W \cdot P}$$

V_A : 格納容器内気相容積 (m^3)

V_W : 格納容器内液相容積 (m^3)

P : 気液分配係数 (-)

$\lambda LPCV$: 格納容器からの漏えい率 (s^{-1})

$\lambda LSGTS$: 非常用ガス処理系による原子炉建屋内空気の換気率 (s^{-1})

$\lambda LFRVS$: 非常用ガス再循環系による原子炉建屋内空気の再循環率 (s^{-1})

f_1 : 非常用ガス再循環系フィルタのよう素除去効率 (-)

f_2 : 非常用ガス再循環系フィルタ及び非常用ガス処理系フィルタを経由した場合の総合よう素除去効率 (-)

λ_R^i : 核種 i の崩壊定数 (s^{-1})

別表2 原子炉冷却材喪失時の非常用ガス処理系等の評価条件

	設置申請書添付書類十 における評価条件	ブローアウトパネルの開放を 考慮した場合の評価条件
C_W^i	4.6×10^3 Bq/g (I-131)	同左
M	289 t	同左
q_f^i	2.22×10^{14} Bq (I-131)	同左
g	希ガス F=100 % 有機よう素 F=4 % 無期よう素 F=96 %	同左
F_2	50 %	同左
V_A	9,800 m ³	同左
V_W	3,300 m ³	同左
P	希ガス P=1 有機よう素 P=1 無期よう素 P=100	同左
λ LPCV	0.5 %/d	同左
λ LSGTS	1 回/d	無限大
λ LFRVS	4.8 回/d	0 回/d
f_1	90%	0%
f_2	97%	0%
λ_R^i	希ガス (Xe-133) : 0.131 (d ⁻¹) よう素 (I-131) : 0.086 (d ⁻¹)	同左

別表3 ブローアウトパネル開放後（事故発生から31日後以降）の放出量

項 目	補正前	補正後	補正後/補正前	
ブローアウト パネル開放後 の放出量 (Bq)	希ガス (0.5MeV 相当値)	1.0×10^{11}	1.1×10^{11}	1.1 倍
	よう素 (I-131 換算値)	3.1×10^8	4.6×10^{10}	140 倍