

用いた。ただし、高さ方向分布係数 k_{zt} は、風速の分布を高さによらず一定としているので 1.0 とした。

A : 受圧面積 (m^2)

(2) 風圧力算定方法

第二付属構造物に作用する風圧力は、図 6-1-4-4-1 に示すように高さ z ごとに集中荷重として算定した。

2.1 気圧差圧力

設計竜巻における気圧低下によって生じる第二付属構造物の内外の気圧差による圧力は、最大気圧低下量 (ΔP_{max}) に基づき算定した。気圧差による圧力が第二付属構造物に内圧として作用したと仮定すると、第二付属構造物に発生する引張フープ応力として評価できる。内圧による第二付属構造物の平均フープ応力度は、「容器構造設計指針・同解説」の 5.4 鋼製サイロ解説文中の (5.4.1) 式を準用して次式で算定した。

$$\sigma_r = \frac{P_i D}{2t}$$

ここに、

- σ_r : 内圧 (気圧差による圧力) による平均引張フープ応力度 (N/mm^2)
- P_i : 単位面積当たりの圧力 (N/mm^2)、(最大気圧低下量 ΔP_{max} とする。)
- D : 円筒壁の外径 (mm)
- t : 円筒壁の板厚 (mm)

2.2 飛来物の衝突荷重

(1) 設計飛来物の諸元

設計飛来物は、別添 6-1-4-3 「設計飛来物の設定に関する説明書」で示した鋼製材とした。設計飛来物の諸元等を表 2.4-1 に示す。

なお、設計飛来物の第二付属構造物への衝突高さは、飛来物の飛散高さに等しいものとして評価を行う。調整材の飛散高さは、改訂前の「竜巻影響評価ガイド」に対応する飛散高さについて公表されたものがないため、改正前の「竜巻影響評価ガイド」に記載されていた飛散高さ 47 m を用いた。

表 2.4-1 設計飛来物の諸元（設計電巻の最大速度 $V_0=100$ m/s）

設定	両製材
サイズ（長さ a × 幅 b × 奥行き d ）	4.2 × 0.3 × 0.2
質量 (kg)	110
最大水平速度 (m/s)	51 (57)
最大水平速度 (m/s)	34 (38)
飛来高さ (m)	1 [*] (47)

（ ）内は、設計時の「電巻影響評価ガイド」による。

* 設計時の「電巻影響評価ガイド」に示す飛来高さについては記載されたものがありません。

(2) 設計飛来物の衝撃荷重

飛来物が水平方向に衝突する場合の衝撃力は、運動量と力積の関係から求める。荷重と時間の関係を 31% 共振と仮定して、積分計算により力積を求め、次式にて算定した。

$$mv = F_0 \frac{\Delta t}{\sqrt{f}} \quad \Delta t = 1/4T = T/4 \text{ より}$$

$$F_0 = 2\pi mv / T$$

ここで、

F_0 : 設計飛来物による衝撃力 (N)

m : 設計飛来物の質量 (kg)

v : 設計飛来物の速度 (m/s)

f : 第二付属弾気筒の 1 次固有振動数 (1/s (=Hz))

T : 第二付属弾気筒の周期 0.088 (s)

2.3 設計電巻荷重の組合せ

設計電巻荷重は、「電巻影響評価ガイド」より、設計電巻による風圧力による荷重 (W_1)、気圧差による荷重 (W_2) 及び設計飛来物による衝突荷重 (W_3) を組合せた複合荷重 (W_{11} , W_{12}) とし、次式にて算定した。

$$W_{11} = W_1$$

$$W_{12} = W_2 + 0.07W_1 + W_3$$

2.6 固定荷重の設定

設計電装装置に組合せる第二付属排気筒の自重は、図 2.2-1 に示するセピッチで筒身自重量を算定した。なお、鋼の単位体積重量 γ は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法」により、77 kN/m³とした。

3 第二付属排気筒の応力影響評価

3.1 評価に用いる諸元

第二付属排気筒の筒身厚さ等の構造について図 3.1-1 に示す。

(1) 使用材料

筒身 : 鋼材 SMA400 [SMA41]

[] 内は旧規格名称を示す。

(2) 材料の許容応力度

第二付属排気筒が「保護しない」ということを判断基準とすることから、鋼材の許容応力度は建築基準法施行令及び関連告示による材料強度とした。なお、筒身の許容応力度は、「容器構造設計指針・同解説」によって求めた地固時許容応力度とした。鋼材の許容応力度を表 3.1-1 に示す。

なお、鋼材については「建築基準法施行令第 90 条関連告示（平 12 建告第 2404 号 第 30）」により、同表に示す基準強度 F の値を 1.1 倍した数値とした。

表 3.1-1 鋼材の許容応力度

	板厚 t (mm)	基準強度 F (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)
SMA400 [SMA41]	$t \leq 40$	215	建築基準法施行令第 90 条及び関連告示による材料強度。筒身については、「容器構造設計指針・同解説」によって求めた地固時許容応力度とする。

[] 内は旧規格を示す。

3.2 荷重の算定

(1) 固定荷重（自重）

第二付属排気筒の固定荷重（軸力）算定結果を表 3.2-1 に示す。なお、図 3.1-1 の第二付属排気筒の図面寸法から計算値に対しては、「再処理施設に関わる設計と工事の方法」添付資料に記載している筒身の自重量 1578 kN (191.6 t) とするよ

を補正し、更に耐震補強により補強する鉄筋コンクリートの増加量を付加している。

(2) 設計竜巻の風圧力による荷重 (W_w)

設計竜巻の最大風速が 100 m/s のときの風圧力の空圧荷積算定結果を表3.2.2に、風圧力による荷重 (W_w) の算定結果を表3.2.3に示す。受圧面積として、耐震補強により補強する鉄筋コンクリート厚さを考慮している。

(3) 設計竜巻による気圧差による荷重 (W_p)

気圧差による応力は、筒身が負担するブープ応力 (円筒方向応力) として評価した。ブープ応力度 (σ_p) 及び応力度の検討結果を表3.2.4に示す。

ブープ応力度は許容引張応力度に対して無視できる程小さく、風圧力等による応力度と直交する応力度であるため、設計竜巻荷重による応力度の組合せを省略した。

(4) 設計飛来物の衝撃荷重 (W_s)

設計飛来物に対する衝撃荷重の算定結果を表3.2.5に示す。

(5) 設計竜巻荷重の組合せ

設計竜巻荷重の組合せ (複合荷重 W_{11}) を表3.2.6に示す。なお、複合荷重 W_{11} についても設計竜巻による気圧差による荷重 (W_p) と同様に評価を省略した。

3.3 応力度評価

(1) 筒身の評価方法

応力度検討は「容器構造設計指針・同解説」(以下「同指針」という。)の「3.7 金属製円筒壁の応用に対する設計」に準拠して実施する。応力度検定は、「同指針」の「3.7.1 応力検定」に準拠して次式により実施した。

$$\frac{\sigma_a + \sigma_b}{\sigma_{ca}} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{\sigma_c}{\sigma_{cc}} \leq 1$$

ここで、

- σ_a : 平均圧縮応力度 (N/mm^2) (=- σ/A)
- σ_b : 圧縮側曲げ応力度 (N/mm^2) (=- σZ)
- σ_c : せん断応力度 (N/mm^2) (= $Q/(A \cdot Z)$)

f_{cr}	: 許容圧縮応力度 (N/mm ²)
f_{ct}	: 許容曲げ応力度 (N/mm ²)
f_{ctk}	: 許容せん断応力度 (N/mm ²)
N	: 軸力 (圧縮力) (kN)
M	: 曲げモーメント (kN・m)
Q	: せん断力 (kN)
A	: 断面積 (mm ²)
Z	: 断面係数 (mm ³)

許容応力度は「国指針」の「3.7.4 地震時応力に対する許容応力度」のうち軸圧が存在しない場合とした。以下に許容応力度算定式を示す。

a) 許容圧縮応力度 (f_{cr})

$$f_{cr} = \overline{f_{cr}}$$

$\overline{f_{cr}}$ は次式による。

・ $\frac{f}{r} \leq 0.377 \left(\frac{f}{r}\right)^{0.75}$ であれば、

$$\overline{f_{cr}} = F$$

・ $0.377 \left(\frac{f}{r}\right)^{0.75} \leq \frac{f}{r} \leq 0.507 \left(\frac{f}{r}\right)^{0.75}$ であれば、

$$\overline{f_{cr}} = 0.07 + 0.49 \left(\frac{0.507 - \frac{f}{r} \left(\frac{f}{r}\right)^{0.75}}{0.130} \right)$$

・ $0.507 \left(\frac{f}{r}\right)^{0.75} \leq \frac{f}{r}$ であれば、

$$\overline{f_{cr}} = 0.07 \frac{f}{r} \left\{ 1 - 0.901 \left[1 - \exp \left\{ -\frac{1}{16} \left(\frac{f}{r}\right)^{1/2} \right\} \right] \right\}$$

ここで、

F : 鋼材の基準強度 (N/mm²) (L1F と読み替える)

r : ヤング係数 (N/mm²)

r : 筒身の内半径 (mm)

t : 筒身の板厚 (mm)

h) 許容曲げ応力度 ($\overline{\sigma_{br}}$) :

$$\sigma_{br} = \overline{\sigma_{br}}$$

$\overline{\sigma_{br}}$ は次式による,

$$\cdot \frac{t}{r} \leq 0.274 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78} \text{ であれば,}$$

$$\overline{\sigma_{br}} = F$$

$$\cdot 0.274 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78} \leq \frac{t}{r} \leq 2.106 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78} \text{ であれば,}$$

$$\overline{\sigma_{br}} = 0.6F + 0.4F \left(\frac{2.106 - \frac{t}{r} \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78}}{1.832} \right)$$

$$\cdot 2.067 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78} \leq \frac{t}{r} \text{ であれば,}$$

$$\overline{\sigma_{br}} = 0.6F \frac{t}{r} \left\{ 1 - 0.731 \left[1 - \exp \left\{ -\frac{1}{16} \left(\frac{r}{t} \right)^{1/2} \right\} \right] \right\}$$

h) 許容大人間応力度 ($\overline{\sigma_{br}}$) :

$$\sigma_{br} = \overline{\sigma_{br}}$$

$\overline{\sigma_{br}}$ は次式による,

$$\cdot \frac{t}{r} \leq \frac{0.206 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78}}{\left(\frac{t}{r} \right)} \text{ であれば,}$$

$$\overline{\sigma_{br}} = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

$$\cdot \frac{0.206 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78}}{\left(\frac{t}{r} \right)} \leq \frac{t}{r} \leq \frac{0.206 \left(\frac{r}{t} \right)^{0.78}}{\left(\frac{t}{r} \right)} \text{ であれば,}$$

$$\frac{\overline{d_{cr}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.47}{\sqrt{3}} + \frac{0.47}{\sqrt{3}} \left(\frac{1.410 - \frac{1}{4} \left(\frac{1}{r} \right)^{0.4} \left(\frac{1}{l} \right)^{0.78}}{1.242} \right)$$

$$\frac{1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)}{\left(\frac{1}{r} \right)^{0.4}} \leq \frac{1}{4} \text{であれば,}$$

$$\frac{\overline{d_{cr}}}{\sqrt{3}} = 0.8 \frac{1.83E}{\left(\frac{1}{r} \left(\frac{1}{l} \right)^{0.7} \right)^{2/3}} \left\{ 1 + 0.0230 \left[\frac{1}{r} \left(\frac{1}{l} \right)^{0.7} \right] \right\}^{2/3}$$

ここで、

l : 炭素管長さ (mm)

(2) アンカーボルトの評価方法

設計電圧荷重により発生する第二材質挿気筒の曲げモーメントと掘止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）により発生する第二材質挿気筒の曲げモーメントを比較し、設計電圧荷重により発生する曲げモーメントが小さいことを確認する。

3.4 設計廃棄物の衝突による局部破壊

設計廃棄物の衝突に対する貫通力は、「タービンモーター評価について（昭和52年7月20日原子炉安全専門委員会）」の中で、鋼板に対する貫通厚さの算出式に使用されているB&E式を用いて貫通限界厚さを算定する。貫通限界厚さが第二材質挿気筒の筒身の厚さより小さいことを確認する。

B&E式

$$\frac{1}{T^2} = \frac{0.5MP^2}{1.4396 \times 10^6 K^2 - d^2}$$

ここで、

- T : 鋼板貫通限界厚さ (m)
- M : 設計廃棄物の質量 135 (kg)
- V : 設計廃棄物の最大水平衝突速度 51 (m/s)
- d : 設計廃棄物の直径 0.276 (m)

- (設計機本体の衝突面の外部の最小投影面積に等しい円の直径)
⑤ 鋼板の材質に関する係数 (—)

4. 評価結果

(1) 筒身の応力度

応力度の評価結果を表 3-4-1 に示す。第二付属機架筒の筒身の応力度比は、許容値を下回っており健全性を維持できる。

(2) アンカーボルトの応力度

設計竜巻による荷重により発生する曲げモーメント約 $90 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}$ は、設計地震動による荷重により発生する第二付属機架筒の曲げモーメント約 $110 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}$ (添付資料 6-1-2-4 「第二付属機架筒の地震応答計算書」参照) より小さく、設計地震動に耐え得るよう耐震補強を行うことから、設計竜巻荷重に対しても健全性を維持できる。

(3) 設計機本体の衝突による局部破壊

第二付属機架筒の筒身の鋼板厚さは 9 mm (上部) ～ 20 mm (下部) である。設計機本体である鋼製材の突起高さにおける筒身の鋼板厚さは 14 mm 程度であり、設計機本体である鋼製材の真通限界厚さが 8.9 mm であることから、貫通はせず健全性は維持できる。

以上

表 3.2-1 第二材質排気筒の固定質量（自重）による軸力（圧縮力）の算定結果

高さ H, (m)	内径 b, (mm)	外径 D (mm)	壁厚 t (mm)	各部の 筒身重量 ^{*)} , (kN)	継手鉄筋 コンクリートの重量 (kN) ^{*)}	軸力 N (kN)
90	2900	2918	9	28.3	—	28.3
85	3000	3018	9	40.0	—	58.3
80	3200	3220	10	49.9	—	108.2
75	3400	3422	11	54.9	—	163.1
70	3600	3624	12	62.9	—	226.0
65	3900	3926	13	72.1	—	298.1
60	4000	4028	14	81.2	—	379.3
55	4200	4230	15	88.1	—	467.4
50	4400	4430	15	95.0	—	562.4
45	4600	4632	16	103.0	—	665.4
40	4800	4832	16	111.0	—	776.4
35	5000	5034	17	119.0	—	895.4
30	5200	5234	17	127.0	—	1022.4
25	5400	5436	18	135.0	—	1157.4
20	5600	5636	18	144.2	—	1299.6
15	5800	5838	19	153.3	—	1452.9
10	6000	6038	19	163.6	—	1616.5
5	6200	6240	20	172.8	244.91	2061.2
0	6400	6440	20	184.2	1859.14	2043.0
			筒身重量	1877.5		

*1 準付資料 6-1-2-5-4 「第二材質排気筒の地構応答計算書」の算点 18 及び算点 20 の鉄筋コンクリート重量を高さ 5 m 及び 0 m の節段に付加。

表 5.2-2 風圧力受圧面積の算定結果

高さ H (m)	外径 D (m)	負担高さ h ₁ (m)	高さ		外径		受圧面積 A _r (m ²)
			上端 (m)	下端 (m)	上端 (m)	下端 (m)	
90	2.918	2.5	90.0	87.5	2.918	2.919	7.2
85	2.918	5.0	87.5	82.5	2.919	3.129	15.1
80	2.920	5.0	82.5	77.5	3.129	3.321	16.2
75	2.922	5.0	77.5	72.5	3.321	3.522	17.2
70	2.924	5.0	72.5	67.5	3.522	3.724	18.2
65	2.926	5.0	67.5	62.5	3.724	3.926	19.2
60	4.028	5.0	62.5	57.5	3.926	4.128	20.2
55	4.230	5.0	57.5	52.5	4.128	4.327	21.2
50	4.432	5.0	52.5	47.5	4.327	4.528	22.2
45	4.632	5.0	47.5	42.5	4.528	4.730	23.2
40	4.832	5.0	42.5	37.5	4.730	4.933	24.2
35	5.034	5.0	37.5	32.5	4.933	5.132	25.2
30	5.234	5.0	32.5	27.5	5.132	5.333	26.2
25	5.436	5.0	27.5	22.5	5.333	5.535	27.2
20	5.636	5.0	22.5	17.5	5.535	5.736	28.2
15	5.838	5.0	17.5	12.5	5.736	5.937	29.2
10	6.038	5.0	12.5	7.5	5.937	6.138	30.2
5	6.240	5.0	7.5	2.5	6.138 [*]	6.339 [*]	31.2
0	6.440	2.5	2.0	0.0	6.339 [*]	6.540 [*]	32.2

*1 開口の外径に補強鉄筋コンクリート厚さ約1.3mを考慮した値。

表 3.2-3 風圧力による荷重 (kN) の算定結果

高さ H _i (m)	外径 D (m)	速度圧 q (kN/m ²)	真似高さ h _i (m)	受圧面積 A _i (m ²)	風圧力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	モーメント M (kN・m)
90	2.818	6.13	2.5	7.2	49	49	0
85	2.918	6.13	3.0	15.1	94	124	200
80	3.020	6.13	3.0	16.2	99	214	820
75	3.122	6.13	3.0	17.2	95	309	1800
70	3.224	6.13	3.0	18.2	103	410	3425
65	3.326	6.13	3.0	19.2	106	516	5455
60	3.428	6.13	3.0	20.2	112	628	8085
55	3.530	6.13	3.0	21.2	117	745	11205
50	3.632	6.13	3.0	22.2	123	868	14950
45	3.732	6.13	3.0	23.2	128	998	19270
40	3.832	6.13	3.0	24.2	134	1130	24250
35	3.934	6.13	3.0	25.2	140	1270	29900
30	4.034	6.13	3.0	26.2	145	1415	36250
25	4.134	6.13	3.0	27.2	151	1565	43325
20	4.236	6.13	3.0	28.2	156	1722	51155
15	4.338	6.13	3.0	29.2	162	1884	59765
10	4.438	6.13	3.0	30.2	167	2051	69155
5	4.540	6.13	3.0	31.2	174	2225	79440
0	4.640	6.13	2.5	22.5	125	2420	16915

表 2.2-4 フープ応力度の算定及び応力度の評価結果

高さ H (m)	鋼管断面*1		F ₁ (ΔP _{max}) (N/m ²)	フープ 応力度σ _θ (N/mm ²)	許容応力度 f _t (=1.1F _t) (N/mm ²)	σ _θ /F _t
	外径 (mm)	板厚 (mm)				
90	2817	8	8900	1.6	258	0.007
85	3017	8	8900	1.7	258	0.007
80	3219	9	8900	1.6	258	0.007
75	3421	10	8900	1.6	258	0.007
70	3623	11	8900	1.5	258	0.005
65	3825	12	8900	1.5	258	0.005
60	4027	13	8900	1.4	258	0.005
55	4229	14	8900	1.4	258	0.005
50	4429	14	8900	1.5	258	0.005
45	4631	15	8900	1.4	258	0.005
40	4831	15	8900	1.5	258	0.005
35	5033	16	8900	1.5	258	0.005
30	5233	16	8900	1.5	258	0.005
25	5435	17	8900	1.6	258	0.005
20	5635	17	8900	1.5	258	0.005
15	5837	18	8900	1.5	258	0.005
10	6037	18	8900	1.5	258	0.005
5	6239	19	8900	1.5	258	0.005
0	6439	19	8900	1.6	258	0.007

*1 鋼管しろ1mm（外径9.5mm、内径9.5mm）を考慮した値。

表 3.2-5 設計飛鳥物に対する衝撃荷重の算定結果

高さH ₁ (m)	外径D [*] (mm)	板厚t [*] (mm)	衝撃荷重P ₁ (kN)	せん断力Q (kN)	モーメントM (kN・m)
47	4429	14	44	44	0
45	4631	16	—	44	88
40	4831	15	—	44	308
35	5033	16	—	44	528
30	5233	16	—	44	748
25	5435	17	—	44	968
20	5635	17	—	44	1188
15	5837	18	—	44	1408
10	6037	18	—	44	1628
5	6239	19	—	44	1848
0	6439	19	—	44	2068

*1 壁厚しろ1 mm (内面0.5 mm、外面0.5 mm) を考慮した値。

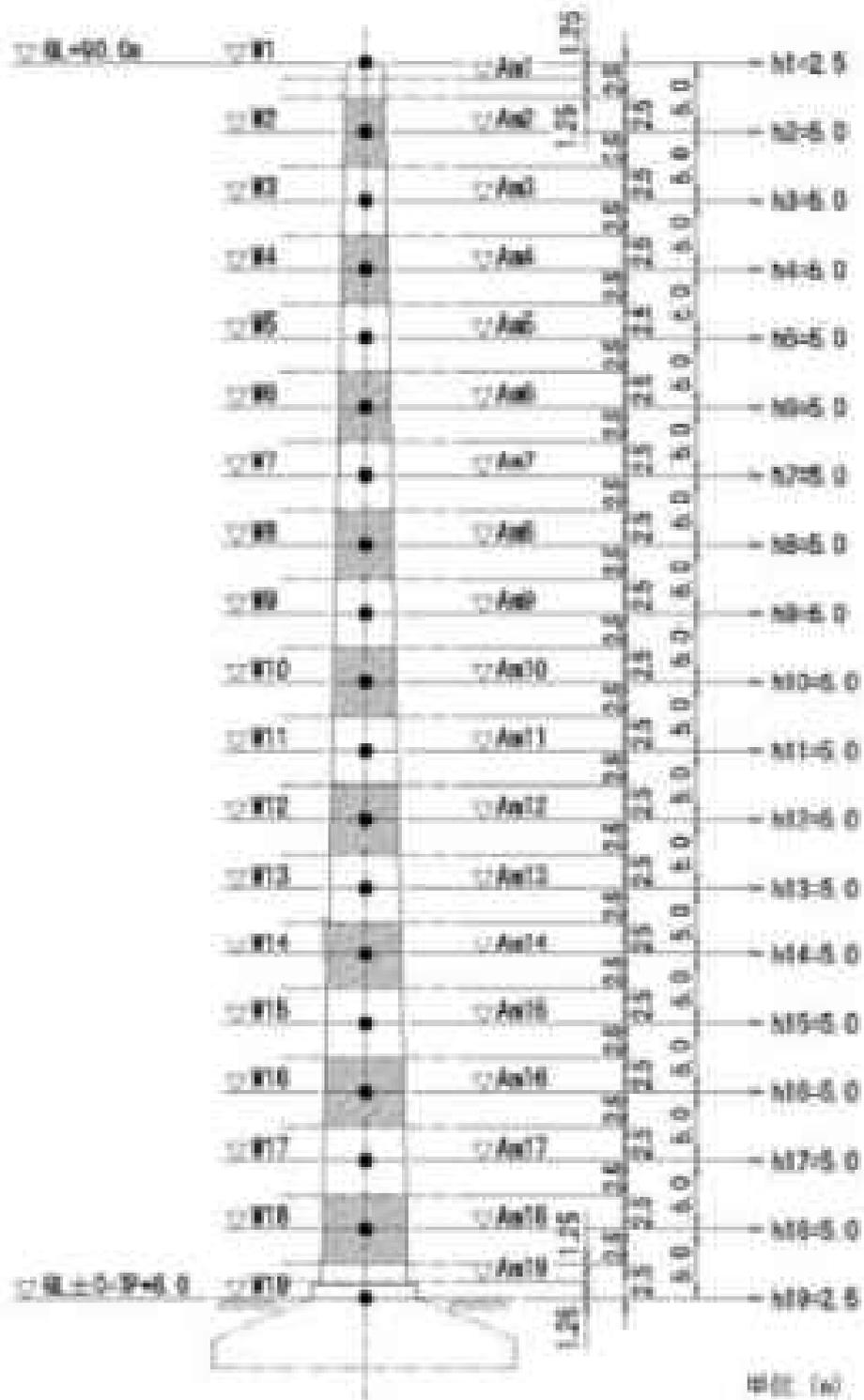
表 3.2-6 設計電荷荷重の組合せ (複合荷重 W_D) の算定結果

高さ h (m)	せん断力 Q (kN)				モーメント M (kN-m)			
	風圧力 W_s	気圧差 W_p	衝撃 W_e	複合荷重 W_D	風圧力 W_s	気圧差 W_p	衝撃 W_e	複合荷重 W_D
90	40	—	—	40	0	—	—	0
85	124	—	—	124	200	—	—	200
80	214	—	—	214	820	—	—	820
75	309	—	—	309	1890	—	—	1890
70	410	—	—	410	3435	—	—	3435
65	516	—	—	516	5485	—	—	5485
60	628	—	—	628	8065	—	—	8065
55	745	—	—	745	11205	—	—	11205
50	868	—	—	868	14930	—	—	14930
45	996	—	44	1040	19270	—	88	19358
40	1130	—	44	1174	24250	—	388	24638
35	1270	—	44	1314	29900	—	528	30428
30	1415	—	44	1459	36250	—	748	36998
25	1566	—	44	1610	43325	—	968	44293
20	1722	—	44	1766	51155	—	1188	52343
15	1884	—	44	1928	59765	—	1408	61173
10	2051	—	44	2095	69185	—	1628	70813
5	2225	—	44	2239	79440	—	1848	81288
0	2400	—	44	2444	90915	—	2068	92983

表 3.16-1 環身の成力度の評価結果

測点	環身の成力		環身の成力				環身の成力			環身の成力				
	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所	測定箇所
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1. 環身の成力度は、測定箇所 1 から測定箇所 40 までの測定結果に基づいて算出された。



▽: 平均断面積 Ani, 固定荷重計算位置

図 2.2-1 第二村炭焼気筒の固定荷重算定の説明図

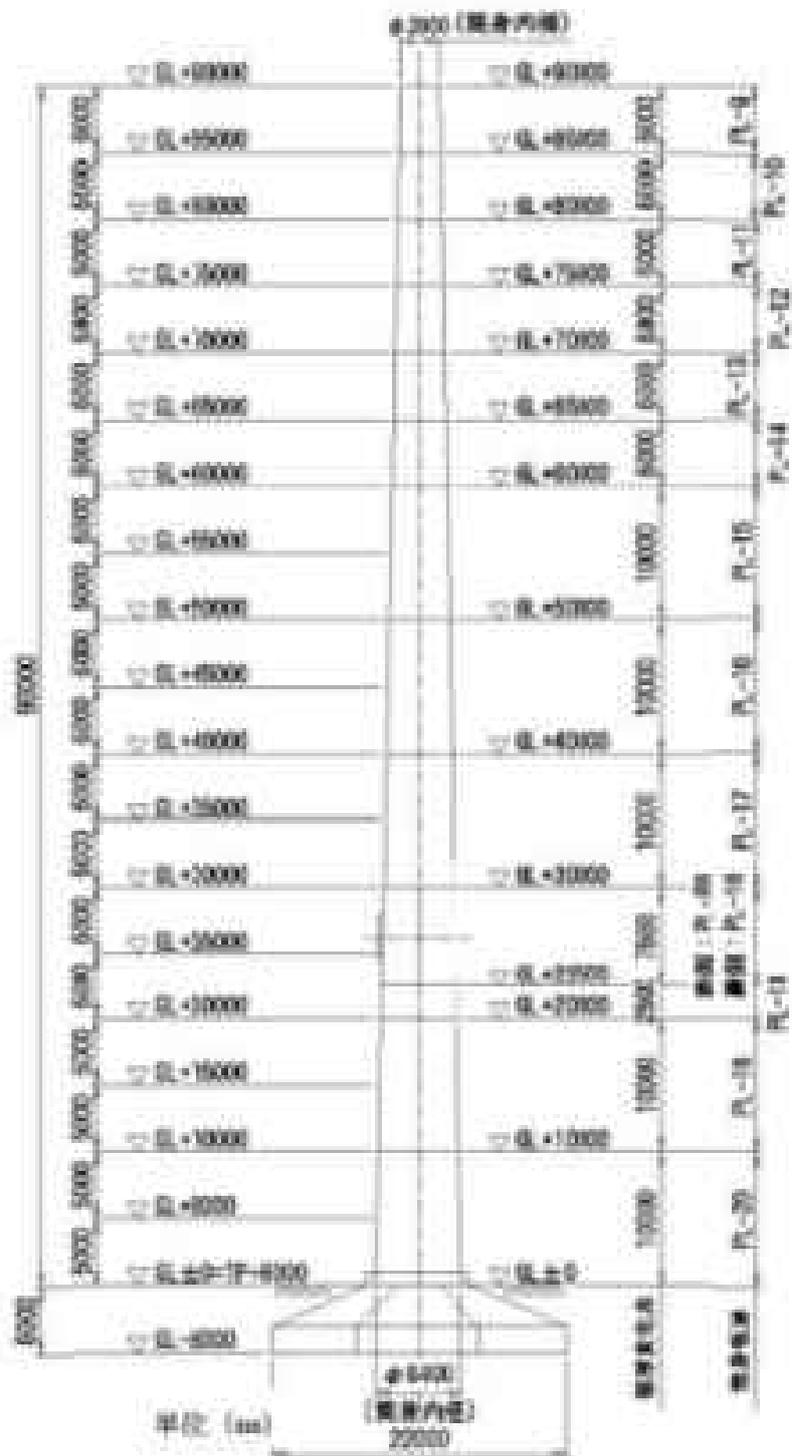


図 3.1-1 第二付属排気筒の概要図

主排気筒の電磁影響評価

1. 評価方針

「原子力発電所の電磁影響評価ガイド」（以下「電磁影響評価ガイド」という。）に従い、電磁防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設である主排気筒が倒壊しないことについて評価する。

2. 設計荷重の設定

2.1 設計電巻の特性値

別紙 6-1-1-4 「基準電巻及び設計電巻の設定」で定めた簡積積算計画用設計電巻（以下「設計電巻」という。）の特性値を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 設計電巻の特性値

最大風速 V_0 [m/s]	静電圧 V_1 [kV]	最大積算 風速 V_m [m/s]	最大積算 風速平均値 V_{m1} [m]	最大変圧 低下率 ΔP_{max} [%]	最大変圧 低下率 $(\Delta P_{max}/P_{max})$ [%]
100	15	60	30	0.0	0

2.2 風圧力

(1) 風圧力算定式

「電磁影響評価ガイド」より、設計電巻による風圧力を次式にて算定した。風力係数については、「建築基準法施行令第 57 条関連告示（平 12 建告第 1494 号）」を準用した。

$$P_d = q \cdot G \cdot C_d \cdot A$$

ここで、

P_d : 設計電巻による風圧力 (N)

q : 設計用速度圧 (N/m²) $q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_0^2$

ρ : 空気密度 1.226 (kg/m³)

V_0 : 設計電巻の最大風速 (m/s)

G : ブラスト影響係数。「電磁影響評価ガイド」より $G = 1.0$ とした。

C : 風力係数。「建築基準法施行令第97条関連告示(平12建告第1454号)」より、筒倉部については煙突その他の円筒形の構造物の風力係数(0.9)を用いた。ただし、高さ方向分布係数 k_z は、風速の分布を高さによらず一定としているので1.0とした。

A : 受圧面積(m^2)

(2) 風圧力算定方法

主排気筒に作用する風圧力は、図2-2-1に示すように高さ10 mごとに値中質量として算定した。

2.3 気圧差圧力

設計標準における気圧低下によって生じる主排気筒内外の気圧差による圧力は、最大気圧低下量(ΔP_{max})に基づき設定した。気圧差による圧力が主排気筒に内圧として作用したと仮定すると、主排気筒に発生する引張フープ応力として評価できる。内圧による主排気筒の平均フープ応力度は、「容器構造設計指針・同解説」の5.4 鋼製サイロ 解説文中の(5.4.1)式を借用して次式で算定した。

$$\sigma_r = \frac{P_i D}{t}$$

ここで、

- σ_r : 内圧(気圧差による圧力)による平均引張フープ応力度 (N/mm^2)
- P_i : 単位面積当たりの圧力 (N/mm^2)、(最大気圧低下量 ΔP_{max} とする。)
- D : 円筒壁の外径 (mm)
- t : 円筒壁の板厚 (mm)

2.4 構造物の衝撃荷重

(1) 設計構造物の諸元

設計資料6-1-4-3「設計構造物の設定に関する説明書」で示した鋼製材とした。設計構造物の諸元等を表2-1-1に示す。

なお、設計構造物の衝突高さは、飛来物の飛散高さに等しいものとして評価を行う。鋼製材の飛散高さは、改訂後の「電磁影響評価ガイド」に対応する飛散高さについて公表されたものがないため、改正前の「電磁影響評価ガイド」に記載されていた飛散高さ47 mを用いた。

表3-4-1 設計飛来物の諸元 (設計電世の最大速度 $v_0 = 100 \text{ m/s}$)

設定	鋼製材
サイズ (長さ $a \times$ 幅 $b \times$ 奥行き d)	4.2 × 0.3 × 0.2
質量 (m)	130
最大水平速度 (u [m/s])	51 (57)
最大水平速度 (w [m/s])	34 (38)
飛散高さ (h)	17 (17)

(1) のりは、設計用の「電世影響評価ガイド」による。

- ※ 設計用の「電世影響評価ガイド」に示す飛散高さについては記載されていない。

(2) 設計飛来物の衝撃荷重

飛散物が水平方向に衝突する場合の衝撃力は、運動量と力積の関係から求める。荷重と時間の関係を STS 曲線と仮定して、積分計算により力積を求め、次式にて算定した。

$$mv = F_{\text{sh}} \frac{\Delta t}{\gamma_f} \therefore \Delta t = 1/\gamma_f = T/4 \text{ より}$$

$$F_{\text{sh}} = 2\pi mv / T$$

ここで、

- F_{sh} : 設計飛来物による衝撃力 (N)
- m : 設計飛来物の質量 (kg)
- v : 設計飛来物の速度 (m/s)
- T : 主排気筒の1次固有振動数 ($1/\text{s}$ ($=1/B_0$))
- T : 周期 1.3 (s), $T=1/T$

2.5 設計電世荷重の組合せ

設計電世荷重は、「電世影響評価ガイド」より、設計電世による既圧力による荷重 (W_1)、既圧差による荷重 (W_2) 及び設計飛散物による衝突荷重 (W_3) を組合せた複合荷重 (W_{12} , W_{13}) とし、次式にて算定した。

$$W_{12} = W_1$$

$$W_{13} = W_1 + 0.3W_2 + W_3$$

2.6 固定荷重の設定

設計固定荷重に組合せる主棟気筒の固定荷重（自重）は、図2.6-1に示す10 ϕ ピッチで筒身部重量を算定した。なお、鉄筋コンクリートの単位体積重量 γ_c は、「鉄筋コンクリート計算規準・同解説（許容応力度設計法）」により、24 kN/m³とした。

3 荷重影響評価

3.1 主棟気筒の評価に用いる諸元

主棟気筒の筒身厚さ、主筋及び帯筋の構造について図3.1-1に示す。

(1) 使用材料

コンクリート : 普通コンクリート、 $f_c=20.5$ (N/mm²) (210 kgf/cm²)

鉄筋 : 主筋 異形鉄筋 S5006 (S500)、帯筋 丸鋼 S5035 (S504)

(2) 許容応力度

主棟気筒が「破壊しない」ということを判断基準とすることから、鋼材（鉄筋）及びコンクリートの許容応力度を建築基準法施行令及び関連告示による材料強度とした。鉄筋及びコンクリートの許容応力度を表3.1-1及び表3.1-2に示す。なお、鉄筋は「建築基準法施行令第90条関連告示（平12 建告第294号）」に示す基準強度の値を1.1倍した数値とした。

表3.1-1 コンクリートの許容応力度

基準強度 f_c (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)		材料強度 (N/mm ²)	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
20.5(210)	13.9 (13.9)	1.29 (1.02)	20.5	2.05

[]内は旧規格（単位：kgf/cm²）を示す。

()内は「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による短期許容応力度。

表 3.1-2 鉄筋（径 28 mm以下）の許容応力度

	基本強度 F (N/mm ²)	材料強度 (N/mm ²)		
		正 筋	引張	
			せん断補強以外	せん断補強
異形棒鋼 SD295(SD30)	295	324 (295)	324 (295)	324 (295)
丸棒 SD235(SD24)	235	258 (235)	258 (235)	258 (235)

〔 〕内は旧規格を示す。

（ ）内は建築基準法施行令第 90 条による短期許容応力度。

3.2 荷重の算定

(1) 固定荷重

主排気筒の固定荷重（軸圧縮力の算定結果）を表 3.2-1 に示す。

なお、「西気庫施設に関する設計及び工事方法」の設計書類「4. 主要な西気庫施設の耐震性（その②、昭和 46 年 9 月、主排気筒）」における総重量は 11275 kN（1150 t）であり、表 3.2-1 に示す総重量 11375 kN より小さく、保守的な評価となる。

(2) 設計電圧による風圧力による荷重 (W_w)

設計電圧の最大風速 $V_w = 100 \text{ m/s}$ のときの風圧力の受圧面積算定結果を表 3.2-3 に、最大風速の風圧力による荷重 (W_w) の算定結果を表 3.2-3 に示す。

(3) 設計電圧による気圧差による荷重 (W_p)

気圧差によるアーブ応力 σ_a を帯筋が負担するせん断力を置き換え、風圧力によるせん断力と組合せて評価する。当該評価においては、この置き換えたせん断力を置換せん断力と称する。気圧差によるアーブ応力と風圧力によるせん断力との組合せについて、図 3.2-1 に示す。

コンクリート円筒断面の最大せん断応力度は、「建築構造設計部材」に基づき次式で求める。

$$\tau_{max} = 2Q/A$$

ここで、

τ_{max} : 円筒断面の最大せん断応力度 (N/cm^2)

Q : 作用せん断力 (N)

A : 円筒断面の断面積 (cm^2)

上式において、 $\tau_{max} = \sigma_a$ とすると、気圧差による置換せん断力 Q_p は次式で表せる。

$$Q_p = \tau_{max} \cdot A/2 = \sigma_a \cdot A/2$$

気圧差による置換せん断力を表 3.2-4 に示す。

(4) 設計電圧による積氷物の衝撃荷重 (W_i)

設計積氷物に対する衝撃荷重を表 3.2-5 に示す。

(5) 設計電圧荷重の組合せ

設計積氷物に対する衝撃荷重を表 3.2-6 に示す。

3.3 主桁梁筒の配筋の評価について

(1) 評価方法

配筋の評価は、「橋梁構造設計指針」の鉄筋コンクリートの断面算定に準拠して必要鉄筋断面積を求め、実施鉄筋断面積と比較することとした。

主桁の必要断面積（必要鉄筋比 β ）は、図 3.3-1 より読み取った数値を用いた。

(2) 評価結果

主桁の曲げモーメントに対する必要鉄筋断面積と実施鉄筋断面積の比較表を表 3.3-1 に、帯筋のせん断力に対する必要鉄筋断面積と実施鉄筋断面積の比較表を表 3.3-2 に示す。また、評価結果のまとめ表を表 3.3-3 に示す。

主桁及び帯筋ともに必要断面積を満足している。

表 3.2-1 主揚気筒の固定荷重（軸圧縮力の算定結果）

高さ H _i (m)	外径 D (m)	壁厚 t (mm)	筒体高さ h _i (m)	平均径 D _a (mm)	平均断面積 A _a (m ²)	各部重量 W _i (kN)	軸力 N _i (kN)
90	3.200	6.350	5.0	3.050	1.584	194	194
80	3.750	6.350	10.0	3.550	2.000	495	689
70	4.267	6.357	10.0	4.050	2.738	663	1351
60	4.800	6.350	10.0	4.550	3.537	891	2242
50	5.333	6.350	10.0	5.050	4.311	1093	3335
40	5.867	6.357	10.0	5.550	5.132	1328	4663
30	6.400	6.350	10.0	6.050	6.005	1600	6263
20	6.933	6.350	10.0	6.550	7.205	1899	8162
10	7.467	6.417	10.0	7.050	8.238	2218	10380
0	8.000	6.450	5.0	7.550	10.300	1236	11616
総重量 (kN)						11375	

表 3.2-2 風圧力受圧面積の算定結果

高さ H _i (m)	外径 D (m)	筒体高さ h _i (m)	高さ		外径		受圧面積 A _i (m ²)
			上端 h _u (m)	下端 h _d (m)	上端 D _u (m)	下端 D _d (m)	
90	3.200	5.0	85.0	85.0	3.200	3.467	18.7
80	3.750	10.0	85.0	75.0	3.467	4.000	31.8
70	4.267	10.0	75.0	65.0	4.000	4.533	42.7
60	4.800	10.0	65.0	55.0	4.533	5.067	61.0
50	5.333	10.0	55.0	45.0	5.067	5.600	55.4
40	5.867	10.0	45.0	35.0	5.600	6.133	68.7
30	6.400	10.0	35.0	25.0	6.133	6.667	84.0
20	6.933	10.0	25.0	15.0	6.667	7.200	98.8
10	7.467	10.0	15.0	5.0	7.200	7.733	114.1
0	8.000	5.0	0.0	0.0	7.733	8.266	30.4

表 3.2-3 主排気筒の設計電圧の最大風速の風圧力による荷重 (N)

高さ H (m)	外径 D (m)	壁厚 e (mm)	質量係数 k ₁ (m ²)	形状係数 k ₂ (m ²)	風圧力 F ₁ (N)	せん断力 G ₁ (N)	モーメント M ₁ (Nm)
90	3.200	6.13	5.90	16.3	93	93	0
80	3.133	6.13	10.90	21.4	204	204	909
70	3.067	6.13	15.90	26.7	356	356	3,000
60	3.000	6.13	19.90	32.0	475	475	5,290
50	2.933	6.13	19.90	37.4	595	595	17,309
40	2.867	6.13	19.90	42.7	724	724	28,289
30	2.800	6.13	19.90	48.0	854	854	42,400
20	2.733	6.13	19.90	53.4	985	985	60,286
10	2.667	6.13	19.90	58.7	1115	1115	81,776
0	2.600	6.13	5.90	64.1	1248	1248	103,479

表 3.2-4 主排気筒の設計電圧の気圧差による荷重 (N)

高さ H (m)	外径 D (m)	壁厚 e (mm)	平均径 k ₀ (m)	断面積 A (m ²)	気圧低下量 ΔP _{loss} (N/m ²)	ブローオフ力 F ₀ (N)	垂直せん断力 Q ₀ (N)
90	3.200	6.13	2.959	1.437	8.99	30.9	89
80	3.133	6.13	3.009	2.341	8.99	36.8	93
70	3.067	6.13	3.059	2.751	8.99	42.6	123
60	3.000	6.13	3.099	3.174	8.99	48.5	153
50	2.933	6.13	3.099	3.499	8.99	53.9	189
40	2.867	6.13	3.099	3.327	8.99	52.4	228
30	2.800	6.13	3.099	3.052	8.99	51.4	271
20	2.733	6.13	3.099	1.991	8.99	50.4	318
10	2.667	6.13	2.959	3.236	8.99	78.7	369
0	2.600	6.13	2.929	19.670	8.99	78.2	421

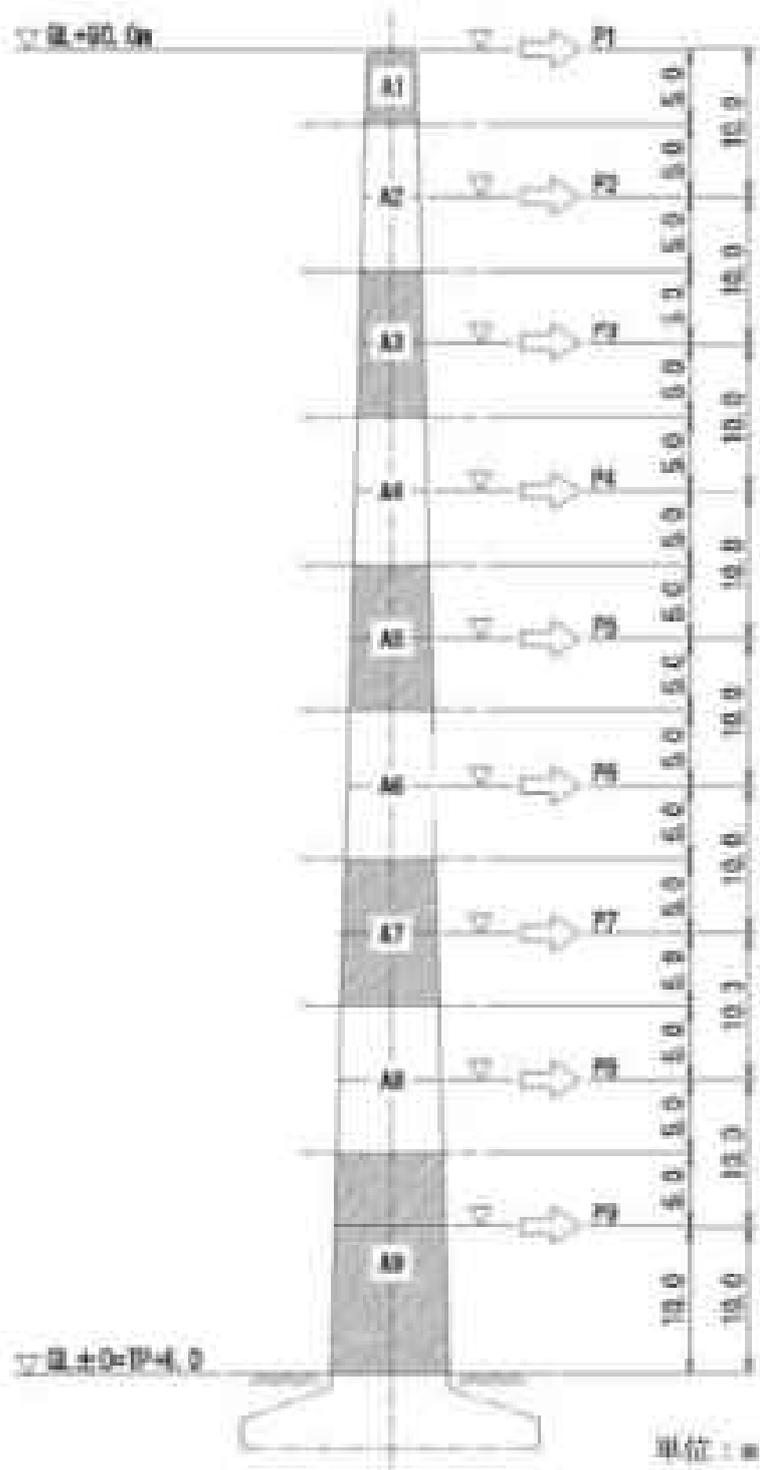
表3.0-5 設計飛来物に対する衝撃荷重
(衝突高さ 47 m、最大水平速度 31 m/s)

高さ H ₁ (m)	外径 D (m)	壁厚 t (mm)	衝撃力 F ₀ (kN)	せん断力 Q (kN)	モーメント M (kN・m)
47	5.490	6.293	34	34	0
40	5.867	6.417	—	34	258
30	6.400	6.550	—	34	578
20	6.933	6.683	—	34	918
10	7.467	6.817	—	34	1258
0	8.000	6.950	—	34	1598

表3.0-6 設計衝撃荷重の組合せ

高さ H ₁ (m)	せん断力 Q (kN)				モーメント M (kN・m)			
	風圧力 F ₁	風圧差 F ₂	衝撃 F ₀	組合せ荷重 F ₁₂	風圧力 F ₁	風圧差 F ₂	衝撃 F ₀	組合せ荷重 F ₁₂
47	90	68	—	124	0	—	—	0
40	266	81	—	347	258	—	—	504
30	334	111	—	502	578	—	—	800
20	601	133	—	678	918	—	—	920
10	1026	160	—	1101	1258	—	—	1330
0	1420	228	34	1688	2008	—	258	2266
0	1774	271	34	1944	4248	—	258	4506
0	2167	318	34	2500	6026	—	518	6544
0	2570	369	34	3109	8176	—	1258	8434
0	2988	423	34	3804	10740	—	1598	10938

(F₁₂ の値) = F₁ + F₂ (F₀ + F₁ + F₂) であり、F₀ の符号のみを考慮する。



▽：風圧力による集中荷重測定位置

図 2.2-1 主観気向の風力測定方法の説明図

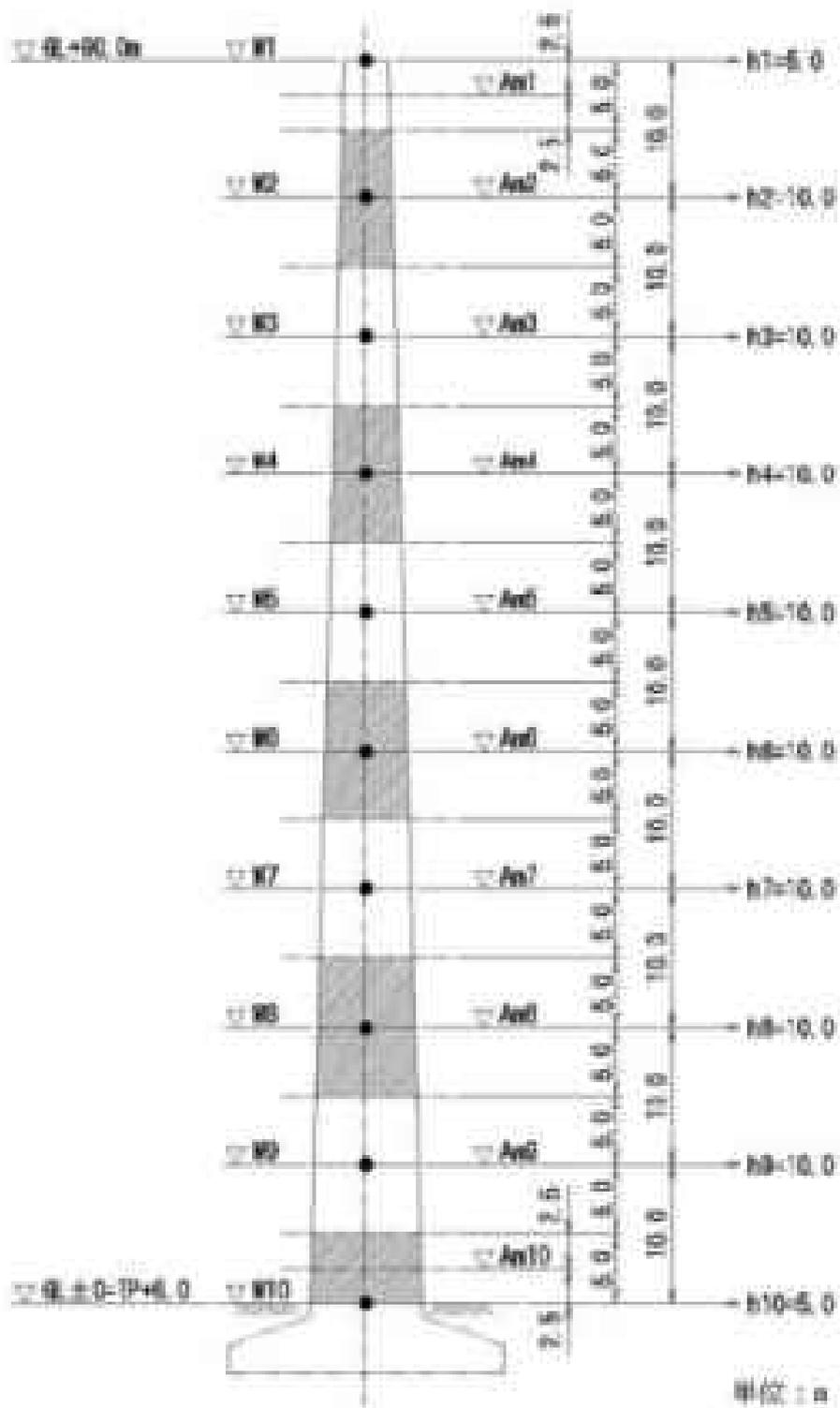


図 2.6-1 主体気筒の固定荷重算定の説明図

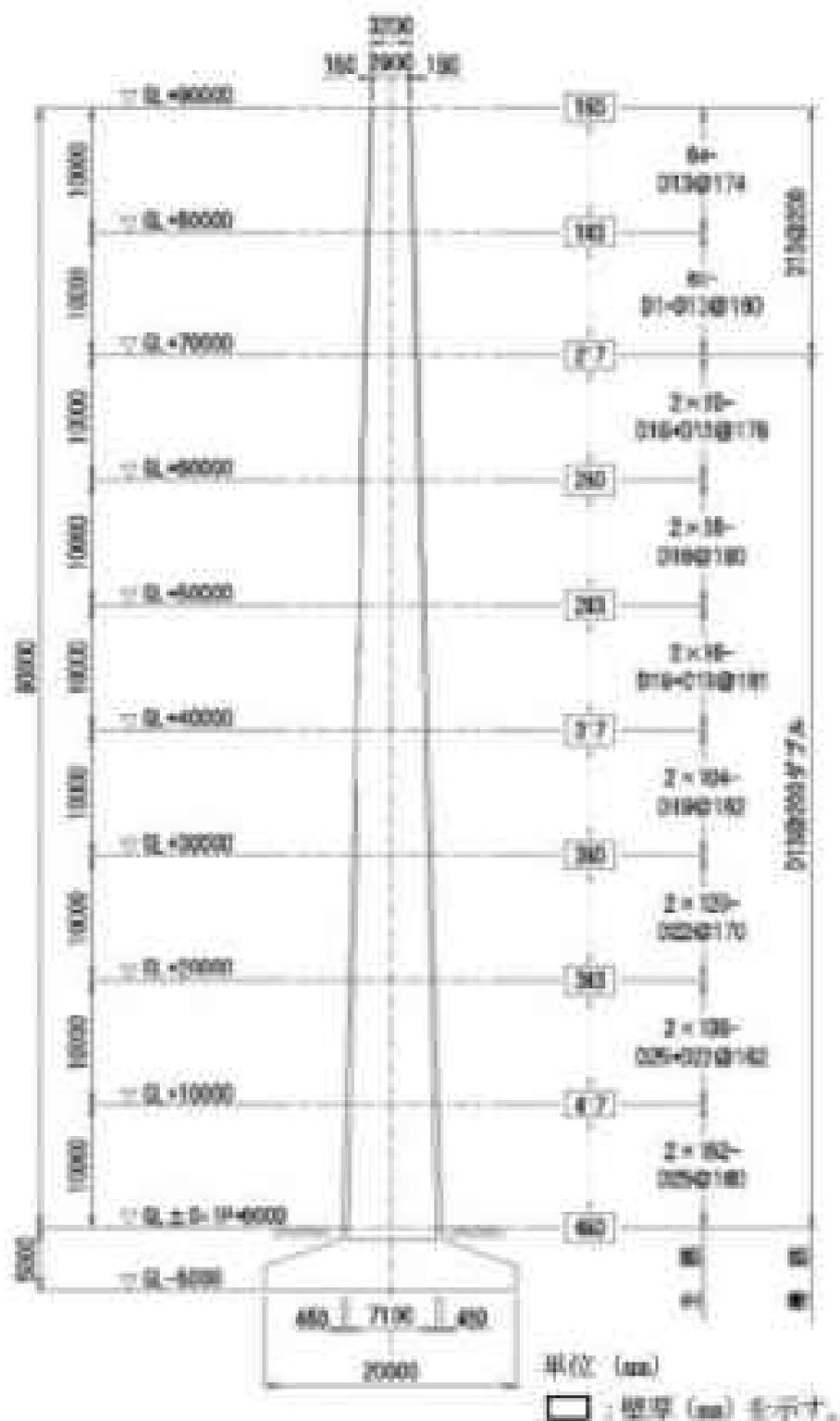


図 3.1-1 主幹気配の縦断面

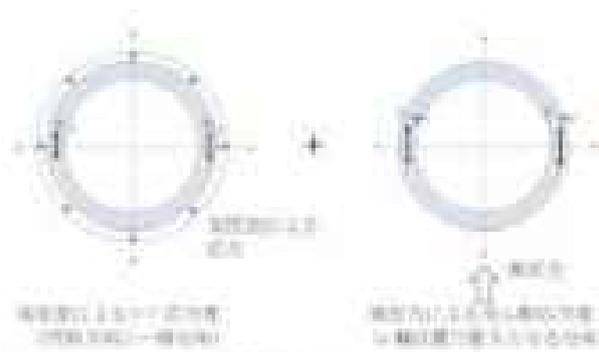


図 3.2-1 気圧差によるアーチ応力と風圧力によるせん断力との組合せ

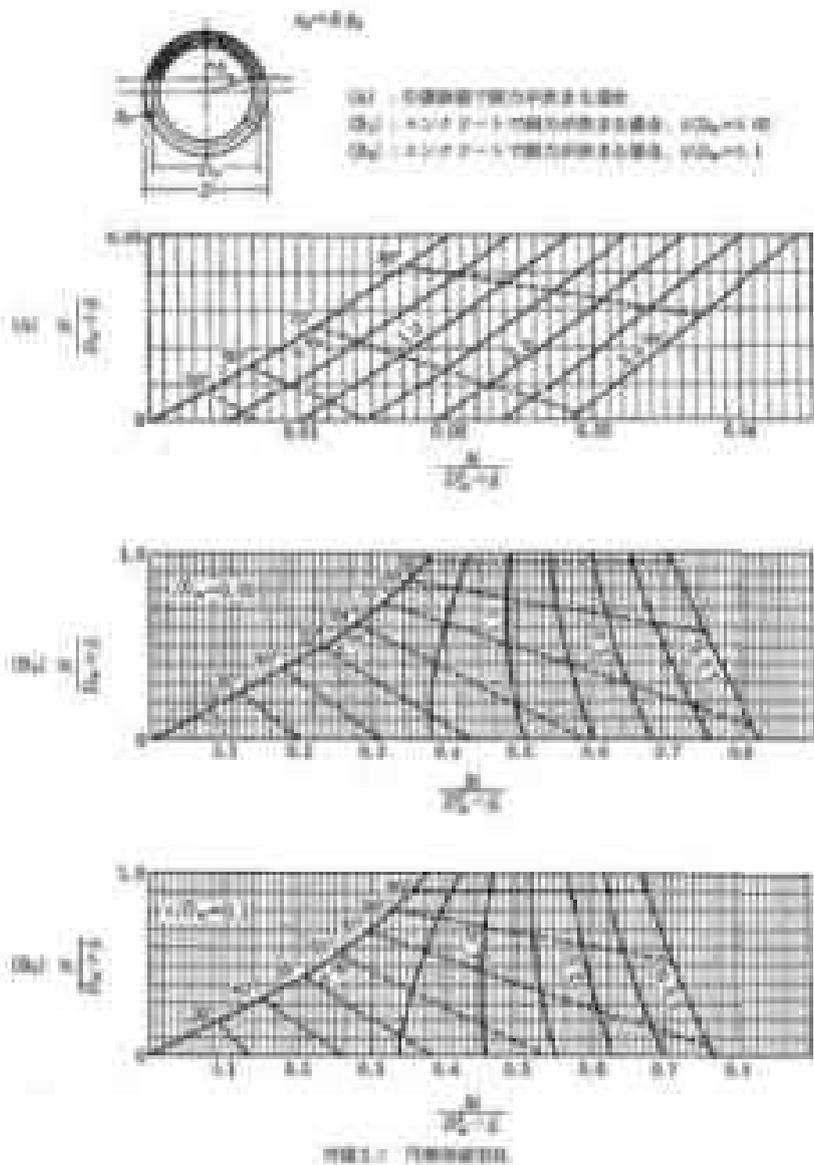


図 3.3-1 「建築構造設計指針」付録 2 鉄筋コンクリート円筒形断面管の計算図表

表 3. D-1 主筋の曲げモーメントに対する必要筋断面積と実断面積の前後の比較表

高さ (m)	幅 (m)	断面 モーメント (kNm)	平均値 A_s (cm^2)	断面 モーメント (kNm)	断面 モーメント (kNm)	必要 断面積 $A_{s,req}$ (cm^2)	必要 断面積 率 F_s (%)	必要 断面積 率 F_s (%)	実断 面積 $A_{s,act}$ (cm^2)	実断 面積 率 $F_{s,act}$ (%)	前後 差 ΔA_s (cm^2)	前後 差 率 ΔF_s (%)	前後 差 率 $\Delta F_s / F_{s,req}$	実断面積 (cm^2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0	20
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	30
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0	0	0	40
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	50
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	0	60
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	0	0	0	70
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0	80
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0	90
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 3.3-2 市街化地区内における必要供給前面積と実施供給前面積の比較値

階数	中心地区内 (㎡)	市街化 地区 (㎡)	必要供給 前面積 (㎡)	実施供給 前面積 (㎡)	F_{100} (㎡/㎡)	F_{50} (㎡/㎡)	供給率 (%)	必要 供給率 (%)	実施供給 率 (%)	必要供給 前面積 (㎡)	実施供給 前面積 (㎡)	供給 率 (%)	必要供給 前面積 (㎡)	実施供給 前面積 (㎡)
10	128	129	0.129	1.401	0.10	258	0.001	100	0.001	0.00	0.10	0.10	0.000000	0.000000
80	243	347	0.347	2.404	0.30	248	0.104	248	0.104	0.30	0.30	0.30	0.000000	0.000000
70	346	393	0.393	2.394	0.44	208	0.171	372	0.44	0.36	0.36	0.36	0.000000	0.000000
60	418	424	0.424	3.124	0.50	218	0.194	408	0.50	0.37	0.37	0.37	0.000000	0.000000
50	440	431	0.431	4.409	0.54	248	0.210	369	0.54	0.40	0.40	0.40	0.000000	0.000000
40	448	348	0.348	5.123	0.52	258	0.221	371	0.52	0.37	0.37	0.37	0.000000	0.000000
30	494	194	0.194	6.162	0.36	248	0.228	362	0.36	0.31	0.31	0.31	0.000000	0.000000
20	216	250	0.250	7.042	0.40	248	0.253	363	0.40	0.40	0.40	0.40	0.000000	0.000000
10	270	270	0.270	8.427	0.44	248	0.271	369	0.44	0.39	0.39	0.39	0.000000	0.000000
0	304	303	0.303	10.070	0.47	248	0.271	369	0.47	0.39	0.39	0.39	0.000000	0.000000

表 3.3-7 主筋及び帯筋の必要鉄筋断面積と実施鉄筋断面積の比較のまとめ表

高さ (m)	断面寸法		上部の検討結果			帯筋の検討結果		
	外径 φ (mm)	間隔 l (mm)	必要断面積 A_s (mm ²)	実施断面積 $A_{s,act}$ (mm ²)	比率 $A_s/A_{s,act}$	必要断面積 $A_{s,b}$ (mm ²)	実施断面積 $A_{s,b,act}$ (mm ²)	比率 $A_{s,b}/A_{s,b,act}$
50	3,200	0,650	0	6126	0.00	100	660	0.15
60	3,200	0,650	0	6126	0.00	240	660	0.36
70	4,200	0,210	2761	12969	0.21	372	985	0.38
80	4,800	0,200	8926	28889	0.31	480	1520	0.32
100	5,000	0,200	17969	30024	0.60	108	1800	0.60
40	5,000	0,210	26009	40436	0.64	791	1230	0.64
30	5,000	0,200	43238	68096	0.63	602	950	0.63
20	5,000	0,180	10474	92600	0.11	602	1030	0.58
10	7,000	0,410	69262	127004	0.54	980	2060	0.48
0	8,000	0,400	90229	164126	0.55	950	2060	0.46

建家全体及び各部材に対する電磁影響評価

1. 評価方針

建家全体の評価は、電磁場環境計画用設計電界（以下「設計電界」という。）の荷重により建家に生じる水平力に対して、建家全体が倒壊しないことを確認する。

また、電磁防護施設を内包する施設については、屋上スラブ及び側面壁に対して、各部材の強度評価結果を実施し、部材の健全性を確認する。

評価対象とする施設は、以下のとおり。

(1) 電磁防護施設を内包する施設

- ・高放射性廃液貯蔵場 (HWF)
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

(2) 波及的影響を及ぼし得る施設

- ・分離精製工場 (MP)
- ・リサイクル機器試験施設 (RETF)
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術管理棟
- ・トリプトン回収技術開発施設 (TR)

2. 設計電界荷重の設定

設計電界の荷重により生じる建家の水平方向の風圧力による荷重（層せん断力） w_n 、気圧による荷重（層せん断力） w_a 及び設計電界物の衝撃荷重 w_b は、以下のとおり算定する。

(1) 風圧力による荷重

上層から当該階層までに建家の水平方向に作用する設計電界の風圧力による累積層せん断力 w_n は以下により算定する。

$$w_n = \sum P_n$$

ここで、

P_n : 各階層の層荷重（一とよ凡）

ΔP_n : 各階層の建家風上、風下及びバフベントに作用する風圧力 ($C_n \times q \times A$)

C_n : 風圧係数

q : 速度圧 $6100 \text{ (N/m}^2\text{)}$ ($= (1/2) \cdot \rho \cdot V_0^2$)

A : 受圧面積 (m^2)

受圧面積は、 10 m^2 単位で切上げた値（数値な部分は、 1 m^2 単位で切上

4) とし、保守的に設定する。

ρ : 空気密度 1.29 (kg/m³)

V_0 : 設計竜巻の水平方向の最大風速 100 (m/s)

Ⅱ) 気圧差による荷重

上層から当該階層までには作用する設計竜巻の風圧力による累積層せん断力 W_0 は以下により算定する。

$$W_0 = \sum W_i$$

ここで、

W_i : 各階層の積荷重 ($= \sum (\Delta P_{L_i} \cdot A)$)

ΔP_{L_i} : 各階層の建築風上に低下圧力 3000 (N/m²)

A : 受圧面積 (m²)

気圧差による荷重の算定における受圧面積については、風上及び風下の受圧面積のうち大きい値を採用する。

Ⅲ) 設計飛来物の衝撃荷重

設計飛来物の衝撃荷重 W_0 は、Euroの方法¹¹⁾ を結ぶえた下式により、鋼製材の衝突方向を考慮し、最大となる衝撃荷重 (W_0) を設定する。表2-1に設計飛来物による鋼製材の衝突方向ごとの衝撃荷重 (W_0) を示す。

$$W_0 = MV^2/L$$

ここで、

M : 設計飛来物の質量 (kg)

V : 飛来物の速度 (m/s)

L : 衝突物の衝突長さ (m)

表2-1 設計積載物による衝撃荷重 (k₂)

設定	鋼製材		
サイズ(m)	長さ×幅×奥行 (4.2×0.3×0.2)		
質量(kg)	125		
最大水平速度 v _{max} (m/s)	51		
最大鉛直速度 v _{max} (m/s)	34		
衝突長さL(m)	4.2	0.3	0.2
水平衝撃荷重(kN)	83.6	1171	1756
鉛直衝撃荷重(kN)	38	529	790

(4) 複合荷重

評価対象施設の評価に用いる設計電音荷重は、設計電音による風圧力による荷重 (W₁)、気圧差による荷重 (W₂)、及び設計積載物による衝撃荷重 (W₃) を組合せた複合荷重とし、以下の式による。

$$W_{12} = W_1$$

$$W_{23} = W_2 + 0.5 W_3 + W_3$$

ここで、

- W₁, W₂ : 設計電音による複合荷重
- W₁ : 設計電音の風圧力による荷重
- W₂ : 設計電音の気圧差による荷重
- W₃ : 設計積載物による衝撃荷重

3. 風圧力及び気圧差による荷重評価の結果

設計電音の荷重による風圧力及び気圧差による各建家の荷重の評価結果を表3-1から表3-6に示す。

4. 屋上スラブ及び側面壁の各部材の強度評価

(1) 許容曲げモーメント (M₀)

$$M_0 = \sigma_y I_y$$

ここで、

- M₀ : 許容曲げモーメント (kNm)
- σ_y : 引張り鉄筋許容値 (N/mm²)

f_t : 引張り鉄筋の経断許容応力度 (N/cm²)

l : 応力中心距離 (m)

$$l = 7d/8$$

d : スラブの有効せい (m)

(2) 長方形スラブに発生する最大曲げモーメント (M_x , M_y)

①両辺固定

$$M_x = \frac{1}{12} w_x l_x^2 \quad M_y = \frac{1}{24} w_x l_x^2$$

②片持ち梁

$$M_x = \frac{1}{2} w_x l_x^2$$

ここで、

M_x : 短辺 x 方向の最大曲げモーメント (単位幅につき) (kNm)

M_y : 長辺 y 方向の最大曲げモーメント (単位幅につき) (kNm)

w_x : 単位面積当たりの分佈荷重 (kN/m²)

$$w_x = \frac{t_x^2}{l_x^2 + l_y^2} w$$

l_x : 短辺有効スパン長さ (m)

l_y : 長辺有効スパン長さ (m)

w : 単位面積の垂直荷重 (kN/m²)

屋上スラブ : 10.56 (kN/m²)

側壁面 : 8.00 (kN/m²)

8. 評価結果

設計地震による荷重の複合荷重 (W_1 又は W_2)により、各建物の各階層に生じる層せん断力を求め、各階層の水平耐力と比較した結果を表8-1から表8-6に示す。各階層に生じる層せん断力よりも、各階層の水平耐力の方が大きく、設計地震の荷重により建物が倒壊することはない。また、屋上スラブ及び側面壁の各部材の強度評価結果を表8-7に示す。風圧力による荷重 W_3 及び気圧差による荷重 W_4 の複合荷重 (W_5 又は W_6)に対して、外気と隔離されている部材の境界部に気圧差による圧力影響をうける高放射性能液状遮熱 (HAR) 及びガラス固化技術開発施設 (TVE) ガラス固化技術開発棟の屋上スラブ及び側壁面の健全性は維持できる。

表 3-1 (1) 高放射線処理貯蔵場 (HAW) の風圧力及び気圧差による荷重 (BS 方向)

階層	用途	有効 面積 A (㎡)	高さ方向による荷重				気圧差による荷重					
			風速 V (m/s)	風力 指数 Z _s	風圧力 q _s (N/㎡)	風圧係 数 C _f	風圧力 W _s (kN)	風圧係 数 C _d	風圧力 W _d (kN)	風圧係 数 C _{di}	風圧力 W _{di} (kN)	
1	バルコニー	20	9.29	3.2	147	1.00	1.00	0.00	—	0.00	0.00	
	風上	40	9.29	3.2	294			0.00	0.00			
	風下	40	9.29	3.4	147			0.00	—			
	バルコニー	10	9.29	3.2	74			0.00	—			
	風上	20	9.29	3.4	148			0.00	1.19			
	風下	20	9.29	3.4	89			0.00	—			
	作業スペース	風上	10	9.29	3.3			89	0.00			89
		風下	10	9.29	3.4			27	0.00			—
	作業スペース	風上	20	9.29	3.3			89	0.00			1.19
		風下	20	9.29	3.4			89	0.00			—
2	バルコニー	20	9.29	3.2	221	1.00	0.90	0.00	—	0.00	220	
	風上	100	9.29	3.2	102			0.00	220			
	風下	100	9.29	3.4	100			0.00	—			
3	風上	100	9.29	3.3	102	1.00	0.90	0.00	241	1.00	476	
	風下	100	9.29	3.4	98			0.00	—			
4	風上	100	9.29	3.3	142	1.00	0.70	0.00	264	1.00	442	
	風下	100	9.29	3.4	111			0.00	—			

表 3-1 (七) 高放射能処理貯蔵場 (HAM) の風圧力及び気圧差による荷重 (西方向)

階層	用途	高さ (m)	風圧力による荷重				気圧差による荷重					
			風速 10m/s	風速 15m/s	風速 20m/s	風速 25m/s	風速 10m/s	風速 15m/s	風速 20m/s	風速 25m/s		
1F	ロビーホール	20	0.00	0.0	0.0	0.02	0.02	0.00	—	0.00	0.00	
	風上	20	0.00	0.0	0.0			0.00	0.0			
	風下	20	0.00	0.0	0.0			0.00	—			
	ロビーホール	18	0.00	0.0	0.0			0.00	—			
	配電ホール	風上	18	0.00	0.0			0.0	0.00			0.0
		風下	18	0.00	0.0			0.0	0.00			—
	配電ホール	風上	17	0.00	0.0			0.0	0.00			0.0
		風下	17	0.00	0.0			0.0	0.00			—
2F	ロビーホール	25	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	
	風上	25	0.00	0.0	0.0			0.00	0.0			
	風下	25	0.00	0.0	0.0			0.00	—			
3F	風上	20	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
	風下	20	0.00	0.0	0.0			0.00	—			
4F	風上	20	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
	風下	20	0.00	0.0	0.0			0.00	—			

表3-2 (1) ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発種の
風圧力及び気圧差による荷重 (NS 方向)

階層	位置 階層 と 面	風圧力による荷重					気圧差による荷重						
		風速 と 風向	風圧 係数 C _d	風圧 係数 C _e	風圧 係数 C _f	風圧係 数 C _{di}							
1	ボトム	60	0.20	1.2	100	0.24	0.24	0.00	—	0.00	0.00		
	風上	1.00	0.20	0.4	400			0.00	0.00			0.00	0.00
	風下	1.00	0.20	0.4	400			0.00	—			0.00	—
2	ボトム	1.00	0.20	1.2	100	0.24	0.24	0.00	—	0.00	0.00		
	風上	0.50	0.20	0.4	200			0.00	0.00			0.00	0.00
	風下	0.50	0.20	0.4	200			0.00	—			0.00	—
3	風上	1.00	0.20	0.4	400	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00		
	風下	1.00	0.20	0.4	400			0.00	—			0.00	—
4	風上	1.00	0.20	0.4	400	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00		
	風下	1.00	0.20	0.4	400			0.00	—			0.00	—

表3-2 (2) ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発種の
風圧力及び気圧差による荷重 (SE 方向)

階層	位置 階層 と 面	風圧力による荷重					気圧差による荷重						
		風速 と 風向	風圧 係数 C _d	風圧 係数 C _e	風圧 係数 C _f	風圧係 数 C _{di}							
1	ボトム	60	0.20	1.2	100	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00		
	風上	0.50	0.20	0.4	200			0.00	0.00			0.00	0.00
	風下	0.50	0.20	0.4	200			0.00	—			0.00	—
2	ボトム	0.50	0.20	1.2	100	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00		
	風上	1.00	0.20	0.4	200			0.00	0.00			0.00	0.00
	風下	1.00	0.20	0.4	200			0.00	—			0.00	—
3	風上	1.00	0.20	0.4	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	風下	1.00	0.20	0.4	400			0.00	—			0.00	—
4	風上	1.00	0.20	0.4	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	風下	1.00	0.20	0.4	400			0.00	—			0.00	—

表3-3 (1) 分産精製工場(MP)の風圧力及び気圧差による荷重 (Ns 方向)

種別	位置	吹向 面積 (㎡)	風圧力による荷重				気圧差による荷重				
			風速圧 (N/㎡)	風力 係数 (C)	風圧 係数 (C _d)	風圧 係数 (C _d)	風圧係数 (C _d)	風力 係数 (C)	風圧 係数 (C _d)	風力 係数 (C)	
Ⅰ	ボアボックス	30	9.20	1.2	107	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	風上	30	9.20	0.8	107			0.00	0.00		
	風下	30	9.20	0.4	122			0.00	—		
Ⅱ	ボアボックス	300	9.20	1.2	1072	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	風上	300	9.20	0.8	1072			0.00	0.00		
	風下	300	9.20	0.4	1072			0.00	—		
Ⅲ	ボアボックス	30	9.20	1.2	107	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	ボアボックス	30	9.20	1.2	107			0.00	—		
	ボアボックス	30	9.20	1.2	107			0.00	—		
	風上	300	9.20	0.8	1072			0.00	0.00		
	風下	300	9.20	0.4	1072			0.00	—		
	風下	75	9.20	0.4	122			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	76			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	76			0.00	—		
Ⅳ	風上	300	9.20	0.8	1072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	風上	75	9.20	0.8	96			0.00	0.00		
	風下	180	9.20	0.4	107			0.00	—		
	風下	30	9.20	0.4	96			0.00	—		
	風下	75	9.20	0.4	107			0.00	—		
	風下	30	9.20	0.4	142			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	107			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	122			0.00	—		
Ⅴ	風上	300	9.20	0.8	1072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	風下	300	9.20	0.4	96			0.00	—		
	風下	300	9.20	0.8	107			0.00	—		
	風下	75	9.20	0.4	142			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	107			0.00	—		
Ⅵ	ボアボックス	30	9.20	1.2	76	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	風上	300	9.20	0.8	1072			0.00	0.00		
	風下	180	9.20	0.4	96			0.00	—		
	風下	120	9.20	0.4	107			0.00	—		
	ボアボックス	30	9.20	1.2	107			0.00	—		
	風上	30	9.20	0.8	107			0.00	0.00		
	風下	30	9.20	0.4	107			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	107			0.00	—		
棟端部	10	9.20	1.2	142	0.00	—					
Ⅶ	風上	300	9.20	0.8	1072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	風下	180	9.20	0.4	96			0.00	—		
	風下	300	9.20	0.8	107			0.00	—		
	風下	30	9.20	0.4	107			0.00	—		
	風上	75	9.20	0.8	142			0.00	0.00		
	風下	75	9.20	0.4	122			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	76			0.00	—		
	棟端部	10	9.20	1.2	76			0.00	—		

表3-3 (2) 分産精製工場(MP)の風圧力及び気圧差による荷重 (B1方向)

階層	柱間 幅 (mm)	風圧力による荷重				気圧差による荷重					
		風速圧 (N/m ²)	風圧 係数 (C _d)	風圧 係数 (C _e)	風圧係 数 (C _f)	風速圧 (N/m ²)	風圧力 係数(C _d)	風圧係 数 (C _e)	風圧力係 数 (C _f)		
7F	コアボックス	29	0.20	0.2	107	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	風上	71	0.20	0.4	710			0.00	0.0		
	風下	71	0.20	0.4	710			0.00	—		
6F	コアボックス	29	0.20	0.2	107	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	風上	71	0.20	0.4	710			0.00	0.0		
	コアボックス	40	0.20	0.2	236			0.00	—		
	風上	100	0.20	0.4	472			0.00	0.0		
	風下	100	0.20	0.4	472			0.00	—		
	風下	100	0.20	0.4	472			0.00	—		
5F	コアボックス	31	0.20	0.2	74	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	コアボックス	38	0.20	0.2	74			0.00	—		
	風上	100	0.20	0.4	472			0.00	0.0		
	風上	71	0.20	0.4	340			0.00	0.0		
	風上	200	0.20	0.4	1400			0.00	0.0		
	縦向き廊下	70	0.20	0.2	491			0.00	0.0		
	風下	470	0.20	0.4	1400			0.00	—		
4F	風上	200	0.20	0.4	1400	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
	風下	200	0.20	0.4	1400			0.00	—		
3F	風上	400	0.20	0.4	2800	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
	風下	400	0.20	0.4	2800			0.00	—		
2F	コアボックス	31	0.20	0.2	74	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
	コアボックス	33	0.20	0.2	74			0.00	—		
	風上	37	0.20	0.4	491			0.00	0.0		
	風上	400	0.20	0.4	2800			0.00	0.0		
	風下	10	0.20	0.4	35			0.00	—		
	風下	200	0.20	0.4	1400			0.00	—		
1F	風上	400	0.20	0.4	2800	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
	風下	400	0.20	0.4	2800			0.00	—		

表 3-4 (1) サイクル機器試験施設（社研）の風圧力及び風圧比による荷重（Ns 方向）

階層	風速 階層 高さ [m]	風圧力による荷重				風圧比による荷重					
		風速比 1 [m/s]	風圧 係数 [1]	風圧力 [N/m ²]	風圧比 [1]	風圧比係数 [1]	風圧比力 [N/m ²]	風圧比力 [N/m ²]	風圧比係数 [1]	風圧比力 [N/m ²]	
5	バルコニー	30	0.20	5.2	147	201	201	0.00	—	200	200
	風上	30	0.20	5.4	147			0.00	0.00		
	風下	30	0.20	5.4	74			0.00	—		
	バルコニー	30	0.20	5.2	174			0.00	—		
	風上	30	0.20	5.4	174			0.00	0.00		
	風下	30	0.20	5.4	84			0.00	—		
バルコニー	30	0.20	5.2	100	0.00	—					
6	風上	30	0.20	5.4	177	207	207	0.00	0.00	200	200
	風下	30	0.20	5.4	70			0.00	—		
4	風上	30	0.20	5.4	102	200	200	0.00	0.00	200	200
	風下	30	0.20	5.4	97			0.00	—		
	バルコニー	30	0.20	5.2	147			0.00	—		
3	風上	40	0.20	5.2	170	272	272	0.00	0.00	240	240
	風下	40	0.20	5.4	120			0.00	—		
	風上	40	0.20	5.4	174			0.00	0.00		
	風下	40	0.20	5.4	97			0.00	—		
	バルコニー	30	0.20	5.2	74			0.00	—		
2	バルコニー	30	0.20	5.2	147	205	205	0.00	—	270	270
	風上	30	0.20	5.4	104			0.00	0.00		
	風下	30	0.20	5.4	177			0.00	—		
1	風上	30	0.20	5.4	100	200	200	0.00	0.00	240	240
	風下	30	0.20	5.4	120			0.00	—		

表 3-4 (2) サイタル機器試験施設（社管）の風圧力及び風圧係による荷重（E 方向）

階層	位置 階層 No.	風圧力による荷重				風圧係による荷重					
		風速圧 q (N/m ²)	風圧 係数 C_{pe}	風圧 係数 C_{pi}	風圧係 C_{pe}	風圧係 C_{pi}	風速圧 q (N/m ²)	風圧係 C_{pe}	風圧係 C_{pi}	風速圧 q (N/m ²)	
5	バルコニー	10	0.20	1.2	75	100	0.10	0.00	—	0.00	0.00
	風上	10	0.20	0.4	60			0.00	0.0		
	風下	10	0.20	0.4	20			0.00	—		
	バルコニー	40	0.20	1.2	294			0.00	—		
	風上	40	0.20	0.4	242			0.00	2.2		
	風下	40	0.20	0.4	20			0.00	—		
	バルコニー	100	0.20	1.2	99			0.00	—		
6	風上	200	0.20	0.4	177	200	0.10	0.00	2.0	0.00	200
	風下	200	0.20	0.4	20			0.00	—		
4	風上	200	0.20	0.4	208	200	0.10	0.00	2.0	0.00	200
	風下	200	0.20	0.4	20			0.00	—		
	バルコニー	40	0.20	1.2	294			0.00	—		
3	風上	240	0.20	0.4	202	200	0.10	0.00	2.0	0.00	200
	風下	240	0.20	0.4	20			0.00	—		
	バルコニー	10	0.20	1.2	75			0.00	—		
	風上	20	0.20	0.4	60			0.00	2.0		
	風下	20	0.20	0.4	20			0.00	—		
2	バルコニー	40	0.20	1.2	294	200	0.10	0.00	—	0.00	200
	風上	200	0.20	0.4	177			0.00	0.0		
	風下	200	0.20	0.4	20			0.00	—		
1	風上	240	0.20	0.4	208	200	0.10	0.00	2.0	0.00	200
	風下	240	0.20	0.4	20			0.00	—		

表3-5-11) ガラス固化技術開発施設 (IV) ガラス固化技術管理棟の
 風圧力及び気圧差による荷重 (NS方向)

階層	用途	開口面積 ㎡	風圧力による荷重				気圧差による荷重				
			風速圧 N/㎡	風圧 係数 C _d	風圧力 N/㎡	開口面 積 ㎡	圧力差 N/㎡	開口面 積 ㎡	風圧力 N/㎡	開口面 積 ㎡	
1	ホール・作業室	10	6.20	1.2	7.44	60	60	6.20	—	60	60
		10	6.20	0.8	5.00			6.20			
		10	6.20	0.4	2.48			—			
	倉庫	15	6.20	0.8	3.92			6.20	—		
		15	6.20	0.4	1.96			—			
2	ホール・作業室	60	6.20	1.2	7.44	120	120	6.20	—	120	120
	10	6.20	0.8	5.00	6.20						
	10	6.20	0.4	2.48	—						
3	倉庫	15	6.20	0.8	3.92	60	60	6.20	11.07	120	240
	10	6.20	0.4	2.48	—						
4	倉庫	15	6.20	0.8	3.92	60	60	6.20	11.07	120	240
	10	6.20	0.4	2.48	—						
5	倉庫	15	6.20	0.8	3.92	120	120	6.20	11.07	120	120
	10	6.20	0.4	2.48	—						

表3-5-12) ガラス固化技術開発施設 (IV) ガラス固化技術管理棟の
風圧力及び気圧差による荷重 (ZF 方向)

階層	用途	構造	風圧係数 (Z/F)	風速による風荷重			気圧差による風荷重					
				風速係数 (Z/F)								
B	作業用倉庫	天井	0.8	0.20	1.7	147	100	100	0.00	—	100	100
		風上	0.8	0.20	0.9	147			0.00	0.0		
		風下	0.8	0.20	0.4	100			0.00	—		
	柱列間	風上	1.1	0.20	0.9	99			0.00	0.0		
		風下	1.1	0.20	0.4	73			0.00	—		
B	作業用倉庫	天井	0.8	0.20	1.7	101	100	100	0.00	—	100	100
		風上	0.8	0.20	1.2	147			0.00	—		
	柱列間	風上	1.0	0.20	0.9	99			0.00	0.0		
		風下	1.0	0.20	0.4	73			0.00	—		
B	作業用倉庫	風上	0.8	0.20	0.9	99	100	100	0.00	0.0	100	100
		風下	0.8	0.20	0.4	73			0.00	—		
B	作業用倉庫	風上	0.8	0.20	0.9	99	100	110	0.00	0.0	100	100
		風下	0.8	0.20	0.4	73			0.00	—		
B	作業用倉庫	風上	0.8	0.20	0.9	99	100	110	0.00	0.0	100	100
		風下	0.8	0.20	0.4	73			0.00	—		

表 3-6 (1) クリプトン回収技術開発施設 (仮) の風圧力及び気圧部による荷重 (NS 方向)

階層	気圧部 幅 [m]	風圧力による荷重				気圧部による荷重					
		風速 [m/s]	風圧 [N/m ²]	風圧係 数	風圧 [kN]	風圧係 数	風圧係 数	風圧 [kN]	風圧係 数		
2	フロアベント	40	4100	1.2	204	1000	1000	風圧面 [kN]	—	1400	2000
	風上	120	4100	0.8	492			風下 [kN]	111		
	風下	120	4100	0.4	246			—			
	フロアベント	40	4100	1.2	204			—			
	風上	36	4100	0.8	187			36			
	風下	36	4100	0.4	94			—			
2	フロアベント	40	4100	1.2	204	1000	1000	風圧面 [kN]	—	1000	2200
	風上	120	4100	0.8	492			風下 [kN]	111		
	風下	120	4100	0.4	246			—			
1	フロアベント	40	4100	1.2	204	1000	1000	風圧面 [kN]	—	1000	1900
	風上	120	4100	0.8	492			風下 [kN]	204		
	風下	120	4100	0.4	246			—			

表 3-6 (2) クリプトン回収技術開発施設 (仮) の風圧力及び気圧部による荷重 (EW 方向)

階層	気圧部 幅 [m]	風圧力による荷重				気圧部による荷重					
		風速 [m/s]	風圧 [N/m ²]	風圧係 数	風圧 [kN]	風圧係 数	風圧係 数	風圧 [kN]	風圧係 数		
2	フロアベント	40	4100	1.2	204	1000	1000	風圧面 [kN]	—	1000	2000
	風上	120	4100	0.8	492			風下 [kN]	110		
	風下	120	4100	0.4	246			—			
	フロアベント	40	4100	1.2	204			—			
	風上	40	4100	0.8	164			40			
	風下	40	4100	0.4	82			—			
2	フロアベント	40	4100	1.2	204	1000	1000	風圧面 [kN]	—	1000	2000
	風上	40	4100	0.8	164			風下 [kN]	80		
	風下	40	4100	0.4	82			—			
1	フロアベント	40	4100	1.2	204	1000	1000	風圧面 [kN]	—	1000	1900
	風上	120	4100	0.8	492			風下 [kN]	140		
	風下	120	4100	0.4	246			—			

表 5-1 (1) 高放射性廃液貯蔵場(IAF)の建家全体の評価結果 (S8 方向)

階 層	風荷かたによる 荷重	風圧面による 荷重	側面斜め風撃 による荷重	積雪荷重		地震 水平動力	評価 (R_{10} , R_{20}) / %
	R_{10} (kN)	R_{20} (kN)	R_{30} (kN)	R_{10} (kN)	R_{20} (kN)		
1	2889	979	1758	929	2070	1643	0.40
2	2645	2874	1758	2070	979	14274	0.06
3	4995	4341	1758	4391	1942	20299	0.04
計	8529	8542	1758	8542	11486	45946	0.05

表 5-1 (2) 高放射性廃液貯蔵場(IAF)の建家全体の評価結果 (S9 方向)

階 層	風荷かたによる 荷重	風圧面による 荷重	側面斜め風撃 による荷重	積雪荷重		地震 水平動力	評価 (R_{10} , R_{20}) / %
	R_{10} (kN)	R_{20} (kN)	R_{30} (kN)	R_{10} (kN)	R_{20} (kN)		
1	642	554	1758	524	2085	878	0.20
2	2627	2314	1758	2314	642	6624	0.06
3	3909	4894	1758	4894	1758	29095	0.04
計	6178	8544	1758	8544	11245	45997	0.05

表5-2 (1) ガラス顕化技術開発施設 (TV) ガラス顕化技術開発棟の
建案全体の評価結果 (NS 方向)

階層	風圧力による 荷重	風吸力による 荷重	積雪時の積雪 による荷重	積雪荷重		地震 水平荷重	評価
	W_1 (kN)	W_2 (kN)	W_3 (kN)	W_4 (kN)	W_5 (kN)		
0	1799	1107	1799	1707	3700	94903	0.11
0	3337	5792	1799	5192	9994	215344	0.08
1	6096	9431	1799	9431	14429	294962	0.06
1	11260	12194	1799	12194	19999	493913	0.04

表5-2 (2) ガラス顕化技術開発施設 (TV) ガラス顕化技術開発棟の
建案全体の評価結果 (SP 方向)

階層	風圧力による 荷重	風吸力による 荷重	積雪時の積雪 による荷重	積雪荷重		地震 水平荷重	評価
	W_1 (kN)	W_2 (kN)	W_3 (kN)	W_4 (kN)	W_5 (kN)		
0	692	599	1799	599	2999	61117	0.07
0	1332	1999	1799	1999	3299	137799	0.04
1	3098	6141	1799	6141	10911	289312	0.03
1	6098	9122	1799	9122	16120	399119	0.02

表5-3 (1) 分離精製工場 (MP) の建案全体の評価結果 (NS方向)

階層	取組方針による 評価	取組進捗による 評価	取組方針の達成 による評価	項目数		評価 の平均値	評価 (R ₁ , R ₂) /%
	R ₁ (R ₂)	R ₂ (R ₁)	R ₁ (R ₂)				
4	4888	5382	5758	3582	5488	55288	0.12
3	3988	4888	5758	4888	5288	50888	0.12
4	5088	5432	5758	5432	5758	55888	0.18
3	5432	5288	5758	5288	5758	58888	0.18
2	5758	6088	5758	6088	5758	68888	0.18
1	6088	5888	5758	5888	5288	58888	0.18

注: 分離精製工場 (MP) の評価の平均値を算出しております。その際、取組方針の達成(不)の割合(トリアゴニオ・メタボリシオ)における取組方針の達成(不)を用いて算出した(出典: 再処理施設に関する説明及び工事の進捗) (分離精製工場のアクションプランの進捗管理の取組状況) (対策工事) (平成24年3月)。

表5-3 (2) 分離精製工場 (MP) の建案全体の評価結果 (EW方向)

階層	取組方針による 評価	取組進捗による 評価	取組方針の達成 による評価	項目数		評価 の平均値	評価 (R ₁ , R ₂) /%
	R ₁ (R ₂)	R ₂ (R ₁)	R ₁ (R ₂)				
4	2122	2682	5758	2682	5288	48888	0.08
3	3882	5758	5758	5758	5288	55888	0.18
4	5882	5888	5758	5888	5888	58888	0.12
3	5888	5888	5758	5888	5758	58888	0.18
2	5888	5888	5758	5888	5758	58888	0.18
1	5888	5888	5758	5888	5288	58888	0.18

注: 分離精製工場 (MP) の評価の平均値を算出しております。その際、取組方針の達成(不)の割合(トリアゴニオ・メタボリシオ)における取組方針の達成(不)を用いて算出した(出典: 再処理施設に関する説明及び工事の進捗) (分離精製工場のアクションプランの進捗管理の取組状況) (対策工事) (平成24年3月)。

表3-4(1) サイクル機器試験施設（CEP）の建築全体の評価結果（NS方向）

階層	基準上による 評定	基準下による 評定	標準時の変動 による評定	適合評定		評価 基準値	評価 結果 (R ₁ , R ₂) /%
	R ₁ (R ₂)						
6	332	188	176	188	328	21288	0.10
5	178	62	176	62	188	18422	0.05
4	92	8	176	8	188	18422	0.02
3	1278	1268	176	1268	1284	61811	0.01
2	1621	1611	176	1611	1628	82178	0.01
1	2992	2128	176	2128	2207	92118	0.01

表3-4(2) サイクル機器試験施設（CEP）の建築全体の評価結果（SE方向）

階層	基準上による 評定	基準下による 評定	標準時の変動 による評定	適合評定		評価 基準値	評価 結果 (R ₁ , R ₂) /%
	R ₁ (R ₂)						
6	187	81	176	81	188	18422	0.01
5	288	247	176	247	288	17778	0.02
4	622	578	176	578	622	6882	0.02
3	811	808	176	808	822	8122	0.01
2	1143	1218	176	1218	1288	18211	0.02
1	1878	1828	176	1828	1917	17882	0.01

表5-5 (1) ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術管理種の
 建家全体の評価結果 (NS 方向)

階 層	責任力による 得点	実技能による 得点	作業時の振動 による得点	総合得点		得点 水準割合	評価 (R_1 , R_2) /%
	R_1 (点)	R_2 (点)	R_3 (点)	R_4 (点)	R_5 (点)	R_6 (%)	
5	588	554	578	524	2821	3548	6.28
4	588	588	578	582	488	3158	6.25
3	542	548	578	588	612	4226	6.19
2	588	648	578	648	762	4822	6.18
1	582	548	578	588	828	5126	6.15

表5-5 (2) ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術管理種の
 建家全体の評価結果 (DP 方向)

階 層	責任力による 得点	実技能による 得点	作業時の振動 による得点	総合得点		得点 水準割合	評価 (R_1 , R_2) /%
	R_1 (点)	R_2 (点)	R_3 (点)	R_4 (点)	R_5 (点)	R_6 (%)	
5	588	554	578	524	2821	3548	6.28
4	582	524	578	524	488	4088	6.19
3	542	534	578	514	588	4758	6.12
2	588	524	578	524	612	4758	6.12
1	582	618	578	618	762	5241	6.07

表5-6 (1) タリプトン回収技術開発施設 (6f) の建築全体の評価結果 (NS方向)

階層	風圧力による 荷重	風圧速による 荷重	両面側の風載 による荷重	構造荷重		積雪 水平積雪	評価 等級 (R ₁ , R ₂) / %
	R ₁ (kN)	R ₂ (kN)	R ₃ (kN)	R ₄ (kN)	R ₅ (kN)	R ₆ (kN)	
1	1345	1424	1736	1424	4013	4000	0.30
2	1307	1428	1736	1425	4025	3970	0.30
3	1344	1407	1736	1407	3929	3910	0.30

表5-6 (2) タリプトン回収技術開発施設 (6f) の建築全体の評価結果 (SE方向)

階層	風圧力による 荷重	風圧速による 荷重	両面側の風載 による荷重	構造荷重		積雪 水平積雪	評価 等級 (R ₁ , R ₂) / %
	R ₁ (kN)	R ₂ (kN)	R ₃ (kN)	R ₄ (kN)	R ₅ (kN)	R ₆ (kN)	
1	2000	1988	1736	1989	4770	4742	0.30
2	2006	2078	1736	2075	4805	4777	0.34
3	2040	1981	1736	1981	4788	4757	0.20

表5-7 各部材の強度評価結果 (屋上スラブ及び側面壁)

評価対象部材	部材	標準強度 (MPa)	確認強度 (MPa)	確認強度 (MPa)	確認強度 (MPa)	確認強度 (MPa)		設計強度 (MPa)	設計強度 (MPa)	設計強度 (MPa)	設計強度 (MPa)	R ₁ %, R ₂ %
						確認強度 (MPa)	確認強度 (MPa)					
屋上スラブ 部材 評価対象部材 (6f)	屋上スラブ (2000) (2000) (2000)	20.0	2.4	2.3	0.9	20.0	2.4	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	0.00
	側面壁 (2000) (2000) (2000)	20.0	2.7	-	0.9	20.0	-	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	0.00
地下1階 柱部材 評価対象部材 (7f)	地下1階 柱部材 (2000) (2000)	20.0	2.4	0.9	0.9	20.0	2.4	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	0.00
	側面壁 (2000) (2000) (2000)	20.0	2.4	-	0.9	20.0	-	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	20.0 (100%)	0.00

注: 2000 は 20MPa、2000 は 200kN として基準強度を明示して示して確認評定の強度とした。

風圧力による荷重における速度圧と風圧係数の設定について

風圧係数 C （建築基準法施行令では C_r ）は、建築物の形状、風向等により異なり、当該高さの速度圧で基準化された値（無次元）である。「原子力発電所の電磁影響評価ガイド」（以下「電磁影響評価ガイド」という。）に在り、建築基準法施行令及び建築物荷重指針・同解説（日本建築学会）に基づきの表1のように設定する。

表1 風圧係数 C の設定

適用	風圧係数 C		備考	
外圧係数 C_{pe}	風上壁面	0.8 α	・平成 12 年建設省告示第 1454 号に準拠 ・鉛直分布パラメータ $\alpha_z=1.0$ （一定）とする。 ・外圧係数は建物外→内向きが正	
	側壁面	風上端部より 0.5 α の領域		-0.7
		上記以外の領域		-0.4
	風下壁面	-0.4		
屋根面	風上端部より 0.5 α の領域	-1.0		
	上記以外の領域	-0.5		
内圧係数 C_{pi}	—		・別途、電磁影響評価ガイドに基づく気圧低下量 ΔP_a を考慮する。	

※1 露出側面の領域を定めるパラメータ α (α) は、図1に示す風向に対する見付幅 B (a) と、建築物の高さと軒の高さとの平均 H (a) の2倍の数値のいずれか小さな数値 (min(2 a , 2 H))

※2 風圧係数の設定に係る考え方を図2に示す。

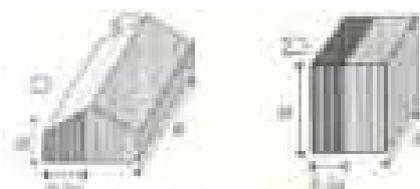


図1 閉鎖型の建築物（張り間方向に風を受ける場合）



図2 電磁影響評価に用いた速度圧 v と風圧係数 C の設定

屋外施設の電磁影響評価

1. 評価方針

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) やガラス固化技術開発施設 (GVF) ガラス固化技術開発棟の建家屋上の屋外に設置されるポンプ、冷却塔等の施設について、廃止措置計画用設計電圧（以下「設計電圧」という。）による風圧力による荷重に対する構造健全性の評価、設計未完成の衝突による局部破壊による評価を実施する。なお、設計未完成の衝突による局部破壊の評価は、設計未完成の貫通距離厚さと施設の構造材の厚さを比べて、貫通の有無を確認する。

2. 評価対象

2.1 評価対象施設

- 高放射性廃液貯蔵場 (HAW)
 - ・二次系の送水ポンプ
 - ・冷却塔
 - ・浄水ポンプ
 - ・浄水受槽
- ガラス固化技術開発施設 (GVF) ガラス固化技術開発棟
 - ・ポンプ
 - ・冷却塔

2.2 評価項目

- 風圧力による荷重に対する構造健全性の評価
 - ・評価上厳しくなる側付ボルト
- 設計未完成の衝突による局部破壊の評価
 - ・各施設の構成部材の厚さ

3. 風圧力による荷重に対する構造健全性の評価方法

3.1 評価方法

風圧力による荷重に対する構造健全性評価は、ポンプ、冷却塔等の風圧力による荷重と、耐震性についての計算書における水平地震力による荷重を比較し、水平地震力による荷重を超えないことを確認する。

風圧力による荷重が水平地震力による荷重を超える施設については、設計電圧の風圧力による荷重、運転時荷重及び自重を加えた応力が許容応力以下であることを確認する。

2.2 計算方法

(1) 風圧力による荷重と水平地震力による荷重の比較評価

風圧力による荷重 (W_w) は、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・解説」及び「建設省告示第 1454 号（平成 12 年 5 月 31 日）」に準拠し、下式により算定する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

q : 設計用速度圧 (130) (N/m²)

G : ガスト影響係数 1.0

C : 風力係数 1.2 (風上面の風力係数 0.8 + 風下面の風力係数 0.4 として評価)

A : 機器の受圧面積

水平地震力による水平荷重 (F) は、下式により算定する。

$$F = m \cdot g \cdot C_H$$

ここで、

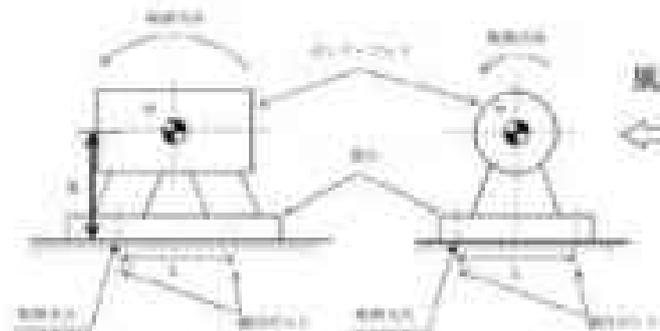
m : 評価対象施設の総質量 (kg)

g : 重力加速度 (9.80665) (m/s²)

C_H : 評価対象施設を設置した階層の水平方向の静的解析用震度

(2) 風圧力による荷重が水平地震力による荷重を超える施設の構造強度評価

ポンプに対して、設計電巻の風圧力による荷重、運転時荷重及び自重を加えた応力が許容応力以下であることを確認する。駆付ボルトの強度評価には、設計電巻による荷重と水平方向より作用する外荷重という観点で地震荷重と同様なものであると考え、「原子力発電所耐震設計技術規程 (JAC4001-2008)」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠した評価式を用いる。計算モデルを図 3.2-1 に示す。



(a) 軸方向転倒モデル (b) 軸直角方向転倒モデル

図3.2-1. ポンプの計算モデル

ポンプ等の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式に準じ、 $mg\sqrt{(C_p h)^2 + (C_p l_c)^2}$ を $W_w h$ と置き換えて評価する。

構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行う。評価対象施設の主要寸法・仕様を表3.2-1に示す。

a. 引張力 (F_b)

$$F_b = \frac{1}{l} (W_w h + mg C_p (h + l_c) + M_p - mgl_c)$$

ここで、

- W_w : 風圧力による荷重 (N)
- h : 据付面から重心までの距離 (m)
- l : 据付ボルトの支持間隔 (m)
- m : 評価対象設備の質量 (kg)
- g : 重力加速度 (9.80665 (m/s²))
- C_p : ポンプ回転による揚度 (-)
- M_p : ポンプ回転により働くモーメント (N・m)
- l_c : 重心と据付ボルト間の水平方向距離

b. 据付ボルトの引張応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

ここで、

n_f : 引張力の作用する据付ボルトの評価本数 (本)

A_b : 据付ボルトの有効断面積 (m^2)

c. 据付ボルトのせん断力 (Q_b)

$$Q_b = W_b + m_g C_g$$

d. 据付ボルトのせん断応力 (τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

ここで、

n : 据付ボルトの本数 (本)

e. 許容応力

許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程(JAC4801-2008)」及び「発電用原子力設備規格設計・建設規格25規 S-XC1(2012)」に準拠し、供用状態D₀における許容応力を用いた。供用状態D₀については、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と設計竜巻の風圧力による荷重地震力を組合せた状態とする。

据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表3.3-2に示す。

3.3 評価結果

風圧力による荷重と水平地震力による荷重の比較評価を表3.3-1、風圧力による荷重が水平地震力による荷重を超える機器の評価を表3.3-2に示す。

評価対象設備の風圧力による荷重が、定止積算計画用設計地震動による水平地震力による荷重を超える機器についても、据付ボルトに発生する応力は、許容応力以下となることを確認する。

4. 設計対象物の衝突による局部破壊

4.1 評価方針

動的機能を有するポンプ及び油印環については、設計対象物の衝突に伴い、真直又は変形が生じることにより、動的機能が失われ、安全機能を喪失するものとする。

静的機器の浄水受槽については、設計対象物の衝突による局部破壊の評価を行う。

設計対象物の衝突による局部破壊の評価は、設計対象物の鋼板に対する鋼板貫通法

界厚さと、評価対象設備を構成する部材の厚さを比較し、部材の厚さが設計飛来物の鋼板に対する鋼板貫通限界厚さを超える場合は、貫通しないものと判断する。

4.2 計算方法

設計飛来物の鋼板に対する貫通力は、「ターボミサイル評価について（昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会）」の中で、鋼板に対する貫通厚さの算出式に使用されている公式を用いて貫通限界厚さを算定する。

公式

$$T = \frac{0.5Mv^2}{1.4396 \times 10^9 K^2 + dT}$$

ここで、

- T : 鋼板貫通限界厚さ (m)
- M : 飛来物の質量 (35 (kg))
- v : 飛来物の最大水平衝突速度 (m/s)
- d : 飛来物の直径φ、270 (m)
(設計飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)
- K : 鋼板の材質に関する係数 (-)

4.3 評価結果

設計飛来物の衝突による局部腐蝕の評価結果を表4.2-11に示す。浄水受槽は、設計飛来物の衝突により機能喪失する可能性がある。

5. 設計飛来物への対策

高放射性廃液貯蔵場 (HWF) 及びガラス固化技術開発施設 (TRF) ガラス固化技術開発棟の安全機能（閉じ込め機能及び腐蝕熱除去機能）を阻う施設のうち建屋屋上に設置されている設備については、風圧力による荷重に対して構造健全性を維持できるものの、設計飛来物の衝突に耐えるようにすることが困難かつ合理的でないことから、設計飛来物によって損傷を受けた際には、代替策としての有効性を確認した上で事故対応設備により閉じ込め及び腐蝕熱除去に必要な安全機能が維持できるようにする。

表 3.2-1 評価対象設備の主要寸法・仕様

	二次系の 送水ポンプ	浄水ポンプ
据付ボルトの支持距離 l_0 (m)	0.3	0.30
ポンプ振動による減速度 c_p (-)	0.16	0.16
ポンプ回転により働くモーメント M_p (N・m)	0	0
据付面から重心までの距離 h (m)	0.38	0.30
重心と据付ボルト間の水平方向距離 l_1 (m)	0.25	0.35
据付ボルトの呼び径	M16	M12
据付ボルトの材質	SS400	SS400
据付ボルトの仕様温度	40	40
引張力の作用する据付ボルトの評価本数 n_p (本)	2	2
据付ボルトの有効断面積 A_0 (cm ²)	1.57×10^{-3}	8.43×10^{-4}
据付ボルトの本数 n (本)	4	4

表 3.2-2 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

応力分類	許容応力
引張応力 (1.5σ)	$1.5 \times \sigma / 1.5$
せん断応力 (1.5σ)	$1.5 \times \sigma / (1.5\sqrt{3})$

表 3.3-1 揚圧力による貯量と水平揚力による貯量の比較評価

評価対象設備	受圧面積 A (㎡)	揚圧力 による貯量 W ₀ (kN)	揚圧力 による貯量 F (kN)	揚圧力 による貯量 F (kN)	貯量 m (㎥)	貯量 m (㎥)	貯量 m (㎥)	評価結果 (W ₀ <F:○, W ₀ >F:×)
高放射性能減圧設備 (HNR)	二次系の 透水ポンプ	1.1	6.1	7.7	873	1.36	7.7	×
	冷却器	40.9	100.9	622.9	60709	1.36	622.9	○
	浄水ポンプ	0.5	2.7	2.8	193	1.36	2.8	×
	浄水定積	7.6	56	213.4	10000	1.36	213.4	○
ガラス固化技術開発施設 (TF)	ポンプ	2.3	17	21.1	1000	1.36	21.1	○
	冷却器	15.0	122.5	219.7	17200	1.36	219.7	○

表 3.3.2 風圧力による荷重が水平地震力による荷重を超える機器の構造強度評価

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 (発生応力/許容応力)
高圧射性 設備等施設 (HWR)	二次系の遠水ポンプ	引張	14.2	250	0.06
		せん断	14.2	161	0.09
	浄水ポンプ	引張	19.0	250	0.07
		せん断	11.9	161	0.08

表4.3-1 設計実物の衝突による局部破壊の評価結果

評価対象設備		部材厚さ (mm)	普通鋼厚さ (mm)	貫通の有無
高放射性廃液貯蔵槽 (R40)	浄水受槽	6	6.3	有

屋外配管及びダクトの竜巻影響評価

1. 評価方針

高放射性廃液貯蔵槽（HAW）やガラス固化技術開発施設（GVF）、ガラス固化技術開発棟の建屋屋上の屋外に設置される配管及び換気系のダクトについて、廃止措置計画用設計竜巻（以下「設計竜巻」という。）による風圧力による荷重に対する構造健全性の評価を実施する。また、設計竜巻物の衝突による局部破損としては、設計竜巻物の貫通限界厚さと施設の構造材の厚さとを比べて、貫通の有無を確認する。

2. 評価対象

高放射性廃液貯蔵槽（HAW）やガラス固化技術開発施設（GVF）、ガラス固化技術開発棟の建屋屋上の配管及びダクトは、鋼管又は鋼材で構成される。配管及びダクト（以下「配管等」という。）は、建屋壁及び梁台等にサポートで固定されている。

評価対象の配管及びダクトの仕様を表2-1及び表2-2に示す。

2.1 評価対象施設

- 高放射性廃液貯蔵槽（HAW）
 - ・二次冷却水系統（浄水系統を含む。）の配管
 - ・セル換気系のダクト
 - ・緊急排出系のダクト
- ガラス固化技術開発施設（GVF）ガラス固化技術開発棟
 - ・冷却水系統（浄水系統を含む。）の配管
 - ・純水系統の配管
 - ・セル換気系のダクト

2.2 評価部位

- 風圧力による荷重に対する構造健全性
 - ・配管等の本体
- 設計竜巻物の衝突による局部破損
 - ・配管等の厚さ

3. 風圧力による荷重に対する構造健全性の評価方法

3.1 評価方法

配管等は一定距離ごとにサポートによって支えられているため、風圧力による一様

な荷重を受ける場合は単純支持梁として評価を行う。評価に用いる支持間隔は配管外端ごとにサポートの支持間隔が最長となる箇所を用いる。また、保温材を使用している配管は、保温材を含めた受圧面積を考慮して評価を行う。弁を設置している場合はサポート支持間隔が短くなるため、弁を設置している場合の受圧面積は最大支持間隔での受圧面積に包絡される。

配管等のモデル図を図3.1-1に示す。

配管等の健全性評価は、設計電圧の風圧力による荷重、運転時荷重及び自重により配管及びダクトに作用する応力が許容限界に収まることを確認する。

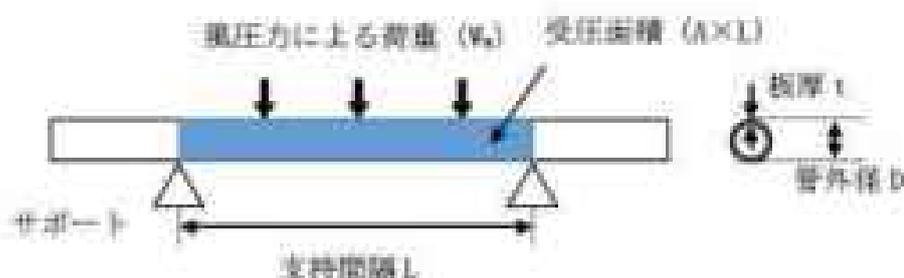


図3.1-1 配管等の両端支持の評価モデル図

3.2 計算方法

(1) 荷重の設定

a. 常時作用する荷重

常時作用する荷重として、持続的に生じる荷重である自重を考慮する。なお、配管に保温材が巻かれている場合は保温材の質量についても考慮する。

b. 設計電圧による荷重

風圧力による荷重 (W_w) 及び気圧差による荷重 (W_p) を考慮する。なお、それぞれの配管が仮に飛来物による衝撃荷重により損傷した場合には、速やかに補修対応を行うことから、飛来物による衝撃荷重は考慮しない。

○風圧力による荷重 (W_w)

風圧力による荷重 (W_w) は、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・解説」及び「建設省告示第1454号（平成12年5月31日）」に準拠し、下式により算定する。

$$W_w = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

q : 設計用速度圧 4120 (N/m²)

G : ガスト影響係数 1.0

C : 風力係数 1.2 (「建築物荷重指針・同解説 (2015)」の「表 A6.14 部材の風力係数」より風力係数 1.2 として評価)

A : 単位長さ当たりの受圧面積 (m²/m)

○気圧差による荷重 (9.)

配管については、気圧差を見かけ上の配管の内圧の増加として考慮する。具体的な計算方法は、「3.2 発生応力の計算」に示す。

⑤ 運転時の状態で作用する荷重

運転時の状態で作用する荷重としては、配管に作用する内圧を考慮する。

強度評価に用いる荷重の組合せは、配管の評価対象部位ごとに設定する。配管本体には、自重、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び内圧が作用する。構造強度評価の荷重の組合せを表3.2-1に示す。

表3.2-1 荷重の組合せ

施設分類	施設名称	評価対象部位	荷重
放射能対策前貯蔵槽 (R1A)	・ 冷却水配管 ・ 浄水配管 ・ 換気ダクト	配管本体	①風圧力による荷重 ②気圧差による荷重 ③自重 ④内圧
ガラス固化技術開発施設 (R1B) ガラス固化技術開発貯蔵	・ 冷却水配管 ・ 浄水配管 ・ 換気ダクト	配管本体	①風圧力による荷重 ②気圧差による荷重 ③自重 ④内圧

3.2 発生応力の計算

(1) 風圧力により生じる応力 (m_{w1})

風圧力による荷重が配管及びダクトの支持スパンに等分布荷重として加わり、配管及びダクトに作用する曲げモーメント M により、曲げ応力 m_{w1} を発生させるものとして、以下の式により算定する。

両端支持の配管等

$$\sigma_{wv} = \frac{M}{Z} = \frac{W_v L^2}{8Z}$$

ここで、

L : 配管及びダクトの支持間隔 (m)

Z : 断面係数 (m³)

$$Z = \frac{\pi}{32D} (D^3 - (D - 2t)^3)$$

D : 配管又はダクトの外径 (m)

t : 配管又はダクトの厚さ (m)

(ii) 気圧差により生じる応力 (σ_{wv})

気圧差により生じる応力 (σ_{wv}) は、配管及びダクトの内外に作用する圧力差 ΔP により生じる一次一般応力が増加すると考え、その応力増加分を算定する。

$$\sigma_{wv} = \frac{\Delta P D}{4t}$$

ここで、

ΔP : 最大気圧低下量 8900 (Pa)

以上より、複合荷重により生じる応力 σ_{wT1} 及び σ_{wT2} は以下の式により算出する。

$$\sigma_{wT1} = \sigma_{wv}$$

$$\sigma_{wT2} = \sigma_{wv} + 0.5\sigma_{wv}$$

(iii) 自重により生じる応力

両端支持の配管等

$$\sigma_{wK} = \frac{M}{Z} = \frac{WL^2}{8Z}$$

ここで、

$$W = m \cdot g \text{ (N)}$$

m : 配管及びダクトの質量 (kg)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

(4) 内圧により生じる応力

$$\sigma_{内圧} = \frac{PD}{4t}$$

ここで

P ：運転時の内圧(MPa)

(5) 組合せ応力

電着荷重及び自重により配管又はダクトに生じる組合せ応力 (σ_1 及び σ_2) は、以下の式により算定する。

$$\sigma_1 = \sigma_{電着} + \sigma_{自重} + \sigma_{内圧}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{電着} + \sigma_{自重} + \sigma_{内圧}$$

3.1 許容限界

配管の許容限界は、「原子力発電所耐震設計技術指針 (JAEA400)」を準拠し、「ガラスシース配管」の許容限界を適用し、許容応力状態Ⅲから算出した許容応力を許容限界とする。配管及びダクトの許容限界を表3.4-1に示す。

表3.4-1 配管及びダクトの許容限界

許容応力状態	許容限界
	一次応力 (腐食余裕)
Ⅲ	5%

3.2 評価結果

風圧力による荷重等により生じる応力の評価結果を表3.4-1及び表3.4-2に示す。屋外の配管及びダクトは、風圧力による荷重等に対して、構造健全性を維持できる。

4. 設計飛来物の衝突による局部破壊の評価

4.1 評価方法

設計飛来物の鋼板に対する貫通力は、「タービンメカニカル評価について (昭和62年7月20日原子炉安全専門委員会)」の中で、鋼板に対する貫通厚さの算出式に使用されている関数式を用いて貫通限界厚さを算定する。

設計飛来物の鋼板に対する鋼板貫通限界厚さと、配管及びダクトの板厚さを比較し、配管及びダクトの板厚さが設計飛来物の鋼板に対する鋼板貫通限界厚さを超える場合は、貫通しないものと判断する。

BR式

$$T^3 = \frac{0.5MV^2}{1.4396 \times 10^8 K^2 \cdot d^2}$$

ここで

- T : 鋼板貫通限界厚さ (a)
- M : 設計飛来物の質量 135 (kg)
- V : 設計飛来物の最大水平衝突速度 51 (m/s)
- d : 設計飛来物の直径 0.276 (m)
(設計飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)
- K : 鋼板の材質に関する係数 (—)

6.2 評価結果

設計飛来物の衝突による局部破壊の評価結果を表し2-1に示す。屋外の配管及びダクトは設計飛来物の衝突により機能喪失する可能性がある。

6. 設計飛来物への対策

高放射性廃液貯蔵槽 (DR) 及びガラス固化技術開発施設 (TR) ガラス固化技術開発槽の安全機能 (閉じ込め機能及び事故熱除去機能) を担う施設のうち、建屋屋上に設置されている配管及びダクトについては、風圧力等による荷重には耐えられるものの、設計飛来物の衝突に耐えるようにすることが困難かつ合理的でない。

設計飛来物によって損傷を受けた際には、修復による対応や代替案としての有効性を確認した上で事故対応設備により必要な安全機能を維持できるようにする。

以上

表2-1 高放射線照射建機（0100）の機体の配置及びダクトの仕様

機種	機体番号 b (台)	材質	照射温度** (°C)	照射時間 L (分)	照射回数 n (回)	単位長さ当たり照射量 a (Rad/g)	単位長さ当たり機体重量 A (kg/g)	照射時の放射 率 (MR/h)
二重放射線照射機	001.1	0102004	60	2.02	3	3.74	0.1000	0.40
	114.2	0102004	60	2.38	3	9.24	0.1043	0.40
	210.3	0102004	60	3.69	4	22.36	0.2203	0.40
単重放射線照射機	001.5	0102004	65	2.52	2.8	6.44	0.1000	0.500
	001.1	0102004	65	2.92	3	3.92	0.1391	0.500
十重放射線照射機	001	0102004	60	4.18	3	603.6	0.0000	0.044
多重照射機	001.4	0102004	100	2.14	3	50.18	0.0000	0.029

*1 設計温度

表2-2 ガラス強化技術開発施設（TRF）ガラス強化技術開発棟の屋外の配管及びデータの仕様

品名	型式	材質	使用温度 (°C)	圧力 (MPa)	重量 (kg)	長さ (m)	外径 (mm)	単位あたりの重量 (kg/m)	単位あたりの長さ (m)
外周部管線の配管	20-3	3090170	65	2.40	3.2	1.42	4.1400	0.1330	0.100
	20-8	5090170	65	2.33	4.8	22.70	0.1000	0.1000	0.30
	60-2	6090170	65	2.40	2.4	26.42	0.2252	0.540	0.60
内周部管線の配管	20-3	3090170	65	2.25	3.2	41.25	0.2203	0.7250	0.60
	24	3090170	65	2.30	2.4	2.81	0.1400	0.3400	0.5000
	60-4	3090170	65	2.22	2.2	4.60	0.1200	0.2400	0.3000
	60-5	3090170	65	2.41	2.8	6.87	0.1400	0.4000	0.5000
	114-2	3090170	65	2.24	4	14.91	0.1943	0.7770	0.6000
内周部管線の配管	20-7	3090170	65	2.40	2.8	1.11	0.1017	0.2850	0.3000
	24	3090170	65	1.100	2	2.10	0.1100	0.2200	0.3000
	24	3090170	65	1.400	2.8	2.81	0.1400	0.3900	0.5000
中心部配管のデータ	200	3090170	65	4.60	4	201.8	2.700	8.071	0.101
	200	3090170	65	6.00	4	199.7	2.400	7.988	0.101

※1. 設計仕様

表5.3-4 高放射線照射材料課題（OIR）の燃料の配管及びダクトの強度力による荷重に対する構造健全性の評価

系統	管外径 D (mm)	材質	使用温度 ^{a)} (°C)	額定圧力 ^{b)}		許容応力 St (MPa)	構造健全性の評価	
				σ ₁ (MPa)	σ ₂ (MPa)		H (MPa)	σ (MPa)
二次冷却水系統の配管	φ91.4	SUS304	60	12	90	180	0.07	0.10
	φ114.3	SUS304	65	11	53	200	0.06	0.27
	φ141.3	SUS304	60	12	36	180	0.06	0.19
冷却水系統の配管	φ60.3	SUS304	65	16	149	200	0.08	0.13
	φ91.4	SUS304	65	14	101	200	0.07	0.31
セル燃料系ダクト	φ56	SUS304	60	5	11	205	0.03	0.07
解凍放出系ダクト	φ141.3	SUS304	100	3	4	170	0.01	0.03

^{a)} 設計温度

表3.6-2 ガラス固化技術開発施設（PFB）ガラス固化技術開発棟の屋外の配管及びダクトの耐久力による荷重に対する構造健全性の評価

系統	管外径 D (mm)	材質	使用温度 ^(*) (℃)	組合せ応力		許容応力 σ _許 (MPa)	構造健全性の評価	
				σ ₁ (MPa)	σ ₂ (MPa)		σ ₁ /σ _許	σ ₂ /σ _許
冷却水系統の配管	76.2	STPG370	55	11	51	300	0.04	0.50
	129.8	STPG370	65	12	30	300	0.04	0.18
	165.2	STPG370	55	12	33	300	0.04	0.17
	214.3	STPG370	55	12	30	300	0.04	0.15
	34	STPG370	55	12	196	300	0.04	0.66
浄水系統の配管	48.6	STPG370	55	11	119	300	0.04	0.39
	60.3	STPG370	65	11	95	300	0.04	0.31
	114.3	STPG370	55	7	24	300	0.04	0.12
	21.7	98304	55	7	34	192	0.04	0.18
	34	98304	65	9	61	192	0.03	0.32
純水系統の配管	34	STPG370	65	9	100	300	0.03	0.33
	60.3	STPG370	55	12	135	300	0.07	0.45
	2708	98304	60	6	7	148	0.03	0.04
セル熱気流のダクト	2008	98304	60	8	9	159	0.03	0.03

*1. 設計温度

表4.2-1 設計実地地の衝突による局部破壊の評価結果

評価対象		配管又はダクト の内径φ (mm)	配管又はダクト の壁厚t (mm)	貫通径φ (mm)	貫通 の有無
高加圧水冷却 炉設備 (HWR)	二次冷却水系統の配管	116.1	3	11.9	有
		114.3	3	11.9	有
		216.3	4	11.9	有
	浄水系統の配管	116.3	2.9	11.9	有
		116.1	3	11.9	有
		116	3	11.9	有
緊急用冷却ダクト	116.4	1	11.9	無	
ボクス型炉 炉内配管 (TR) ボクス型炉 炉外配管	高圧水蒸気配管	76.3	5.2	11.9	有
		116.3	6.9	11.9	有
		116.2	7.1	11.9	有
		216.3	8.2	11.9	有
	浄水系統の配管	34	3.4	11.9	有
		46.4	3.1	11.9	有
		60.1	3.9	11.9	有
		114.3	1	11.9	有
	純水系統の配管	22.1	2.9	11.9	有
		34	3	11.9	有
		34	3.4	11.9	有
		116.3	3.9	11.9	有
	冷水蒸気系ダクト	216.4	4	11.9	有
		216.4	4	11.9	有

屋外ダクト損傷時における周辺監視区域の外における実効線量の概略評価

1. 評価の概要

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種の屋上に設置している屋外ダクトについては、設計現実物の衝突により損傷した場合には、安全上支障のない期間においてあらかじめ準備しておく補修材等により応急措置を実施することとしている。

その場合、屋外ダクトの損傷により、本来、主排気筒又は第二付属排気筒を通して高所から放散している放射性物質が低所から放散されることとなるため、そのような場合における周辺監視区域の外での実効線量を試算し、応急措置のための時間的裕度を評価した。

保守的に地上位置での放散を仮定した場合、周辺監視区域の外においては約 1.5×10^7 μ Sv/日の実効線量となった。これに基づき、目安として平常時の年間の線量限度1 μ Svに達するまでの期間を求めると約133日程度となり、補修による応急措置を行うのに十分な期間が確保できる。

2. 評価方法

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 再処理事業指定申請書では、周辺監視区域の外における実効線量（約 2.2×10^7 μ Sv/年）を算定している。実効線量の内訳は、気体廃棄物に起因する線量（約 1.3×10^7 μ Sv/年）、液体廃棄物に起因する線量（約 5.4×10^6 μ Sv/年）及び放射性廃棄物の保管廃棄施設等に起因する線量（約 3.5×10^6 μ Sv/年）となっている。

気体廃棄物に起因する線量は、使用済燃料の再処理過程を考慮したもので、主排気筒、第一付属排気筒及び第二付属排気筒を通じて高所から放出した場合における線量であり、主排気筒を通じて放出した気体廃棄物によるものが支配的である。

再処理事業指定申請書に記載している主排気筒又は第二付属排気筒からの放散時における相対濃度 y/Q^* と高放射性廃液貯蔵場（HAW）又はガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種の地上から放散した場合における相対濃度 y/Q^* の比を求め、気体廃棄物に起因する線量に乗じて、気体廃棄物がすべて高放射性廃液貯蔵場（HAW）又はガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種の地上から放散したものととして、屋外ダクトの損傷時の気体廃棄物に起因する線量を評価する。

* 付表6-1「運転時の基本的な濃度変化を定める事象」の線量当量計算に用いる y/Q^* 及び D/Q

3. 評価結果

主排気筒又は第二付属排気筒からの放散時における相対濃度 y/Q 、高放射性廃液貯蔵庫 (HAM) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の地上からの放散における相対濃度 y/Q の比を表3-1に、主排気筒又は第二付属排気筒からの放散時と地上からの放散時における周辺監視区域の外における実効線量の比較を表3-2に示す。

当該評価の結果、屋外ダクトの損傷により、気体廃棄物が地上から放散したとしても、周辺監視区域の外における実効線量は約 5.8×10^{-7} mSv/日であり、平常時の年間の線量限度1 mSvに至るまで約100倍の時間余裕がある。あらかじめダクト補修用の留材を準備することにより、安全上支障のない期間において十分補修が可能であると考えらる。

現状、再処理施設は廃止措置段階に入っており、新たな使用済燃料の再処理を行わないこと、設計規格外物により屋外ダクトが損傷した場合には、ガラス固化技術開発施設

(TVF) ガラス固化技術開発棟のガラス固化運転を停止することから、更に時間的な余裕がある。

表 3-1 相対濃度の比較

	主排気筒又は第二付属排気筒からの放射	地上 10 m ¹ からの放射 [※]	
		高放射性廃液貯蔵場 (HAW)	ガラス固化技術開発施設 (TVR) / ガラス固化技術開発棟
相対濃度 ₂ / ₁ (Bq/m ³)	1.3×10^4	2.67×10^4	1.99×10^4
	比:	約 200 倍	約 100 倍

※ 「京都府原子力施設的安全解除に関する緊急指針」に従い、2005年から2015年における核燃料サイクル工学研究所で観測した気象統計データのうち、異常年でない2010年の1年間における気象観測結果から求めた値。放出継続時間を1時間とし、風速の東向き方向の投影面積を考慮している。

表 3-2 周辺監視区域の外における実効線量の比較評価

	再処理事業指定申請書	当該評価における結果
相対濃度 ₂ / ₁ (Bq/m ³)	1.3×10^4	2.67×10^4 (高放射性廃液貯蔵場 (HAW))
気体廃棄物に起因する線量 (日換算)	3.0×10^3 μSv/日	7.4×10^3 μSv/日
液体廃棄物に起因する線量 (日換算)	1.5×10^3 μSv/日	同左
放射性廃棄物の保管庫等施設等に起因する線量 (日換算)	9.6×10^2 μSv/日	同左
周辺監視区域の外における実効線量 (日換算)	6.1×10^2 μSv/日	1.5×10^3 μSv/日

屋上に設置されている設備、配管等の損傷時の復旧方法の考え方について

高放射性廃液貯蔵場（R1）及びガラス固化技術開発施設（F1F）ガラス固化技術開発種の屋上に設置している設備、配管等については、設計発生物の衝突により損傷した場合、事故対応設備により安全機能の代替を行うが、可搬型設備による長期間の代替は安全性の観点から好ましいものではないことから、損傷を受けた設備の復旧までの期間においては、補修資材や予備品を用いた修理又は交換による応急的措置を行う。

屋上に設置されている設備、配管等が担う安全上の機能としては、瞬発熱除去機能（二次冷却水系統の設備（冷却塔、ポンプ、浄水受槽及び冷却水系統の配管）、閉じ込み機能に係る放出経路の維持機能（換気系ダクト）がある。二次冷却水系統の設備が損傷した場合には瞬発熱除去機能の喪失となり、重大事故の起因事象となり得るため、早急に事故対応設備による機能の代替を行い、応急的措置を行う。一方、換気系ダクトは損傷によって直ちに事故に至るものではないため、別紙参考(1)4-4-5-1「屋外ダクト損傷時における周辺監視区域の外における実効線量の簡略評価」に示した約103日の時間裕度の間に応急的措置を行う。

以上の段階的な復旧の考え方を図-1に示す。なお、事故対応設備による代替策の有効性については他の事象に対する事故対応の有効性評価と合わせて示す。



図-1 屋上設置機器・配管が電害により損傷した場合の段階的復旧の考え方

各設備の仕様を要しに示す。また、以下に各設備の復旧方法の考え方を示す。

① 冷却塔

使用中の系統が損傷した場合は予備系統に切り替えて腐蝕熱除去機能を維持する。予備系統も同時に損傷した場合には、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替し、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替する間に冷却塔の補修による復旧を行う。その後、冷却塔の交換等を実施し、恒設設備により機能回復を行う。

① ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟は、通常は常運転 (100%運転) している。ガラス固化処理中はバランス運転 (1系統100%運転) に切り替える。

② 冷却水系統の配管の補修箇所はホース接続用ポンプを先行し、ホースにより復旧したポンプ本体により冷却系統から冷却水を直接供給することで高放射化廃物の腐蝕熱除去機能を代替する。

② ポンプ

使用中の系統が損傷した場合は予備系統に切り替えて腐蝕熱除去機能を維持する。予備系統も同時に損傷した場合には、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替し、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替する間にポンプの補修による復旧を行う。

その後、ポンプの交換等を実施し、恒設設備により機能回復を行う。なお、ポンプの電動機が損傷した場合には、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替しながら、速やかに予備品と交換する。

③ 浄水受槽

高放射化廃液貯蔵場 (HW) の浄水受槽が損傷した場合には、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替する。事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替する間に補修資材 (当て板等) の手配を行い、当て板等により浄水受槽の損傷箇所の復旧を行う。

その後、浄水受槽の交換等を実施し、恒設設備により機能回復を行う。

④ 冷却水系統の配管

使用中の系統が損傷した場合は予備系統に切り替えて腐蝕熱除去機能を維持する。予備系統も同時に損傷した場合には、事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替する。事故対応設備により腐蝕熱除去機能を代替する間にあらかじめ用意している補修資材 (補修ポンプ等) により復旧を行う。

その後、配管の交換等を実施し、恒設設備により機能回復を行う。

⑤ 換気系ダクト

屋上ダクトが損傷した場合はガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟であればガラス固化処理を停止して可能な限り放射能物質の放出を低減する対応を行う。速やかに繊維強化プラスチックシート、ダクトテープ等による応急措置を行う。

とともに、補修資材（当て板等）の手配を並行で進め、当て板を傷箇所から削除することにより復旧を行う。

その後、ダクトの交換等を実施し、恒設設備により機能回復を行う。

上記の設備及び配管等の補修方法及び補修期間については、設計発生物による被害のモードを明確にした上で、令和3年1月に予定している廃止措置計画の変更において示す。なお、応急的措置については、復旧作業時の従事者の減ばく量についても考慮する。

表-1. 屋上に設置している安全機器を扱う設備の仕様 (1/2)

機器 名称	安全 機器	仕様	
		高圧耐圧型電動機 (0kV)	ガラス強化エポキシ樹脂製 (10kV) ガラス強化エポキシ樹脂製
圧入機	電動 機組込	<ul style="list-style-type: none"> ・高さ570mm幅1100mm奥行500mm ・定格電力 0.30 kW ・最大電量 1000.1 kWh 	<ul style="list-style-type: none"> ・高さ570mm幅500mm奥行500mm ・定格電力 0.60 kW ・最大電量 1100.7 kWh
ポンプ	電動 機組込	<p>二水素の送水ポンプ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高さ670mm幅1600mm奥行500mm ・全揚程：40m ・吐出量：200 g/min ・回転数：2000 rpm ・電動機：37 kW <p>排水ポンプ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高さ647mm幅1,000mm奥行500mm ・全揚程：20m ・吐出量：30 g/min ・回転数：2000 rpm ・電動機：5.5 kW 	<p>ポンプ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高さ1100mm幅2100mm奥行500mm ・全揚程：40m ・吐出量：100 g/min ・回転数：1000 rpm ・電動機：60 kW
排水 穴埋	電動 機組込	<p>初期：1000mm幅300mm</p> <p>全電量：10.20 kWh</p> <p>材質：FRP</p>	/

表-1. 屋上に設置している安全機能を用いる設備の仕様 (2/2)

機器 系統	安全 機能	仕様	
		高放射線度試験設備 (III)	ガラス固化技術開発施設 (IV) ガラス固化技術開発棟
冷却水 系統の 配管	放射 線除去	二次冷却水系統の配管 <ul style="list-style-type: none"> ・ 60A (105) SUS304 ・ 100A (105) SUS304 ・ 200A (105) SUS304 	冷却水系統の配管 <ul style="list-style-type: none"> ・ 60A (405) STPG279 ・ 120A (405) STPG279 ・ 150A (405) STPG279 ・ 200A (405) STPG279
		浄水系統の配管 <ul style="list-style-type: none"> ・ 50A (100) SUS304 ・ 80A (105) SUS304 	浄水系統の配管 <ul style="list-style-type: none"> ・ 20A (405) STPG279 ・ 40A (405) STPG279 ・ 50A (405) STPG279 ・ 100A (405) STPG279
真鍮 ダクト	閉じ込め (放出圧 超過時)	セル換気系統のダクト <ul style="list-style-type: none"> ・ 外径φ826 mm (板厚3 mm) SUS304 	セル換気系統のダクト <ul style="list-style-type: none"> ・ 外径φ2000 mm (板厚4 mm) SUS304 ・ 外径φ1700 mm (板厚4 mm) SUS304
		緊急放出系統のダクト <ul style="list-style-type: none"> ・ 外径φ400.4 mm (板厚3 mm) SUS304 	

屋内の施設で外気と繋がっている施設の電圧影響評価

1. 評価方針

高放射線廃液貯蔵場 (HMF) 及びガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟の棟家内に設置され、外気と繋がっているセル換気系統、緊急放出系統、槽類換気系統、セル換気系統及び固化セル換気系統のうち、ダクト（配管）、排風機及びフィルタのケーシングについて、想定積置計画用設計電圧（以下「設計電圧」という。）による気圧差による荷重に対する構造健全性を評価する。

構造健全性としては、ダクト（配管）、排風機及びフィルタのケーシングの鋼板に屋外荷重と屋内荷重による応力が生じることを考慮し、設計電圧荷重により鋼板が塑性変形せず、系統の健全性が維持されることを確認する。なお、ダクト（配管）、排風機及びフィルタのケーシングは棟家内に設置されていることから、電圧による風圧力による荷重及び設計規格外による衝撃荷重は考慮しない。

また、外気の気圧低下が発生した場合において一時的に室圧が逆転した際に、閉じ込め機能の喪失に至らないことを確認する。

2. 評価対象及び評価部位

2.1 評価対象

○高放射線廃液貯蔵場 (HMF)

- ・セル換気系のダクト（角ダクト、丸ダクト）
- ・セル換気系のフィルタ（ケーシング）
- ・セル換気系の排風機（ケーシング）
- ・緊急放出系のダクト（丸ダクト）
- ・緊急放出系のフィルタ（ケーシング）

○ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟

- ・槽類換気系の配管
- ・槽類換気系のフィルタ（ケーシング）
- ・槽類換気系の排風機（ケーシング）
- ・セル換気系のダクト（丸ダクト）
- ・セル換気系のフィルタ（ケーシング）
- ・セル換気系の排風機（ケーシング）
- ・固化セル換気系のダクト（丸ダクト）
- ・固化セル換気系のフィルタ（ケーシング）

- ・固定式の換気系の排風機（ケーシング）

2.2 評価部位

- ・ダクトの鋼板（配管）
- ・排風機（ケーシング）
- ・フイルター（ケーシング）

3. 評価方法

3.1 角ダクト

3.1.1 考慮すべき荷重

角ダクトの鋼板に作用する荷重の概要図を図3.1.1-1に示す。角ダクトの設計電巻による気圧差による影響評価で考慮する荷重は以下のとおり。

- ・電巻によりダクトにかかる外圧 P
（ P ＝最大気圧低下量 ΔP_{max} 。（別添4-1-1-4「基本電巻及び設計電巻の設定」参照））
- ・運転時の圧力
- ・ダクト自重

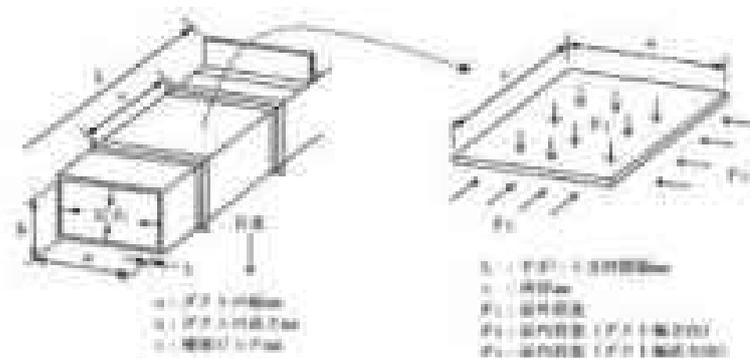


図3.1.1-1 角ダクト鋼板に作用する荷重の概要図

3.1.2 発生応力の設定

(1) 面外荷重による発生力

面外荷重に対する評価は、ダクト鋼板を補強部材と両サイドのウェブで支持された4辺単純支持（周辺で水平、垂直方向の変位拘束、たわみ角は自由）の板形状と仮定して行う。ダクト鋼板は、面外荷重により大きくたわみ、縦引張応力状

節で応力の釣合いが保たれるため、大撓みの式が適用できる。

大撓みの式に、鋼板の直径 a_0 と外圧 P を適用したものを式①、②に示す。式①、②により、鋼板における最大発生応力 σ_{max} 及び最大変位量 δ_{max} が得られる。

$$\sigma_{max} = \frac{E \cdot \delta_{max}}{a_0(1-\nu)} \left\{ \frac{(2+\nu^2)\delta_{max}a_0}{a^2} + \frac{a_0^2 \nu \omega^2}{a^2} \right\} \dots \dots \dots \text{①}$$

$$\frac{E \nu (1-\nu^2)}{a_0(1-\nu)} (P + \rho D_0) = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a_0} \right)^2 \frac{a_0^3}{a^2} + \left\{ \frac{\nu a_0}{a^2} + (2-\nu^2) \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a_0} \right) \right\} \left(\frac{a_0^3}{a^2} \right) \dots \dots \dots \text{②}$$

ここで、

- σ_{max} : 最大発生応力 (MPa)
- δ_{max} : 最大変位量 (mm)
- a : ダクト幅 (内寸) (mm)
- a_0 : 鋼板ピッチ (mm)
- t : ダクト板厚 (mm)
- P : ダクトにかかる外圧 (MPa)
- D_0 : 単位面積当たりのダクト鋼板の質量 (kg/mm²)
- g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)
- ω : 円周率
- E : ヤング率 (MPa)
- ν : ポアソン比

(2) 面内荷重による変位力

薄肉の鋼板は圧縮荷重によって弾性座屈を起こすが、ダクト自体の耐力は弾性安定限界より遥かに大きく、ブライッピングの発生限界によって定まるものとして評価を行う。軸方向と軸直方向の面内荷重の概要図を図3.1.2-1に、鋼板と補強部材による面内荷重の概要図を図3.1.2-2に示す。

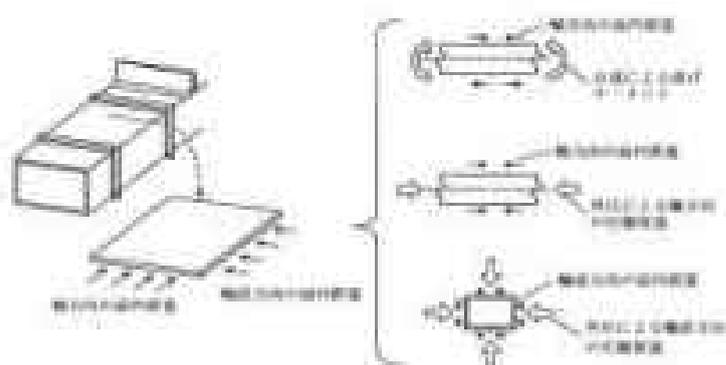


図 3.1.2-1 軸方向と軸直方向の面内荷重



図 3.1.2-2 網板と補強部材による面内荷重

スリッパの発生限界を評価するための概念としては、“有効巾”という考えがある。網板を図 3.1.2-3 に示すように、両面のウェブにより単純支持された梁と仮定すると、網板の中央部は面内荷重により弾性変位を起こし、荷重を負担することができない状態となる。

ただし、支持間より一定の範囲では圧縮荷重を負担できる範囲が存在する。この範囲を有効巾 w_e と呼ぶ。

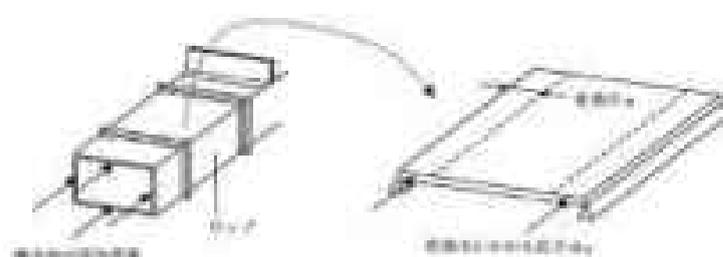


図 3.1.2-3 有効巾の算出に適用するモデル

面内荷重により有効巾にかかる応力を σ_w とすると、有効巾 w と σ_w は式②の関係を持つ事が知られている。

$$w = \frac{bt}{\sqrt{12(1-\nu^2)}} \sqrt{\frac{E}{\sigma_w}} \quad \dots \dots \dots \text{②}$$

σ_w が降伏応力 σ_y を超えた時にクリップングが生じると仮定すると、 $\sigma_w = \sigma_y$ とした場合の w がクリップングの生じない範囲での最小値の w となる。

当該評価では $\sigma_w = \sigma_y$ とした場合の w を用いる。

a. 外圧による発生応力

外圧により、鋼板には pbP で表される大きさの軸方向の圧縮荷重が与えられる。これを図 1.1.1-4 に示す $9at$ の面積で負担すると仮定すると、この面積における発生応力 σ_{p1} は式③で表される。

$$\sigma_{p1} = \frac{pbP}{9at} \quad \dots \dots \dots \text{③}$$

式②にて、 $\sigma_w = \sigma_y$ とした場合の w を式③に代入すると、式④が得られる。

$$\sigma_{p1} = \frac{pbP}{9at^2} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)E}{\sigma_y}} \quad \dots \dots \dots \text{④}$$

ここで、

- σ_{p1} : 外圧による発生応力 (MPa)
- a : ダクト幅 (内寸) (mm)
- b : ダクト高さ (内寸) (mm)
- t : ダクト板厚 (mm)
- ν : 内周率
- E : ヤング率 (MPa)
- ν : ポアソン比
- σ_y : 降伏応力 (MPa)

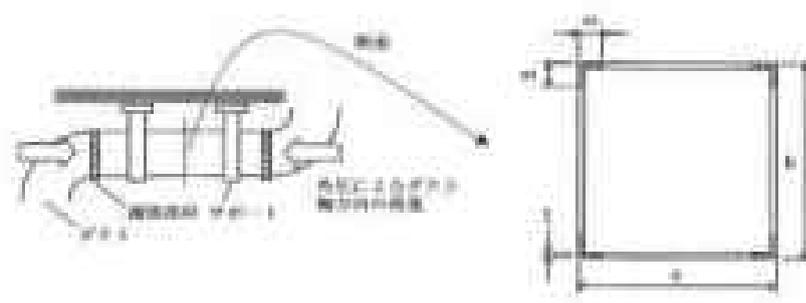


図 1.1.2-4 荷重を負担する領域

k. 自重による発生応力

自重等により、ダクトには曲げモーメントが生じる。この曲げモーメントに関し、ウェブでの応力分布が線形で、中立面がフランジの両側から等距離の中央線上にあると仮定すると、曲げモーメントによる引張側のフランジにおける発生応力 σ_T と圧縮側のフランジにおける発生応力 σ_{F2} の関係式は式⑩で表される。フランジにおける荷重を負担する領域の概要図を図 1.1.2-4 に示す。

$$2at\sigma_{F2} = at\sigma_T \quad \dots\dots\dots \text{⑩}$$

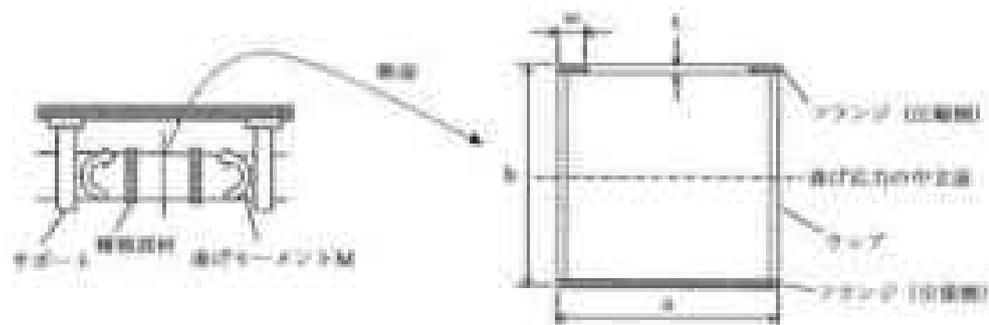


図 1.1.2-5 フランジにおける荷重を負担する領域

ダクトの軸面は次モーメントを I とすると、ダクトにかかる曲げモーメント M は式⑪で表される。

$$M = \frac{I\sigma_T}{r} \quad \dots\dots\dots \text{⑪}$$

式⑩、⑪を σ_T について整理すると式⑫が得られる。

$$M = \frac{6\sigma_{t2} I}{ab} \quad \dots \dots \dots \text{⑤}$$

式⑤に、 $\sigma_{t1} = \sigma_{t2}$ とした場合の σ_{t2} を代入すると、 σ_{t2} と M の関係を示す式⑥が得られる。

$$M = \frac{6I}{ab} \sqrt{\frac{4\sigma_{t1}^2 \sigma_{t2}^2}{3(1-\nu^2)E\sigma_{t2}}} = \frac{6I}{ab} \sqrt{\frac{4\sigma_{t1}^2 E(\sigma_{t1} + \sigma_{t2})^2}{3(1-\nu^2)E\sigma_{t2}}} \quad \dots \dots \dots \text{⑥}$$

$$\sigma_{t2} = \sigma_{t1} + \sigma_{t2}$$

ここで、

M : ダクトにかかる曲げモーメント (N・mm)

σ_{t1} : 外圧による発生応力 (MPa)

a : ダクト幅 (内寸) (mm)

b : ダクト高さ (内寸) (mm)

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{(a + 2t)(b + 2t)^2 - ab^3}{12}$$

t : ダクト板厚 (mm)

ν : 円筒率

E : ヤング率 (MPa)

ν : ポアソン比

3.1.3 許容値

電着による負圧を短期荷重とみなし、構成するダクト鋼板の変形を弾性域に抑えるため、長期荷重 (自重) + 短期荷重 (電着) による応力が降伏応力を超えない事を前提とする。

(1) 面外荷重による許容応力

長期荷重 (自重) + 短期荷重 (電着) による最大発生応力 σ_{max} を降伏応力 σ_y 以下とする。

$$\sigma_{max} \text{ (面外荷重による最大発生応力)} \leq \sigma_y \text{ (許容応力)}$$

(2) 面内荷重による許容応力

a. 外圧に対する許容応力

外圧による軸方向の圧縮応力 σ_{Pt} が降伏応力 σ_y 以下となるようにする。

$$\sigma_{Pt} \text{ (外圧による発生応力)} \leq \sigma_y \text{ (許容応力)}$$

b. 長期荷重（自重）＋短期荷重（電巻）に対する許容応力

外圧（電巻による膨張）、自重による軸方向の圧縮応力の和 σ_{Σ} が降伏応力 σ_y を超えない事とし、下式を満足するものとする。

$$M_p \leq \frac{t}{ab} \sqrt{\frac{4a^2 E (\sigma_y - \sigma_{Pt})^2}{3(1-\nu^2)\sigma_y}}$$

ここで、

$$M_p = \frac{g \mu L^2}{8}$$

g ：重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

L ：ダクトサポートの支持間隔 (m)

μ ：ダクトの単位長さ当たりの質量 (kg/m)

3.2 丸ダクト（配管）

3.2.1 考慮すべき荷重

丸ダクトに作用する荷重の概略図を図3.2.1-1に示す。丸ダクト（配管）の設計電圧による気圧差による影響評価で考慮する荷重は、以下のとおり。

- ・電巻により丸ダクト（配管）にかかる外圧 P （＝最大気圧低下量 ΔP_{\max} ）
- ・運転時の圧力
- ・丸ダクト（配管）自重

丸ダクト（配管）は、耐圧壁を構成する管状の鋼板と成形・接合用の補強部材から成る。ダクトの耐力はクリップレングスの発生限界にて規定される。

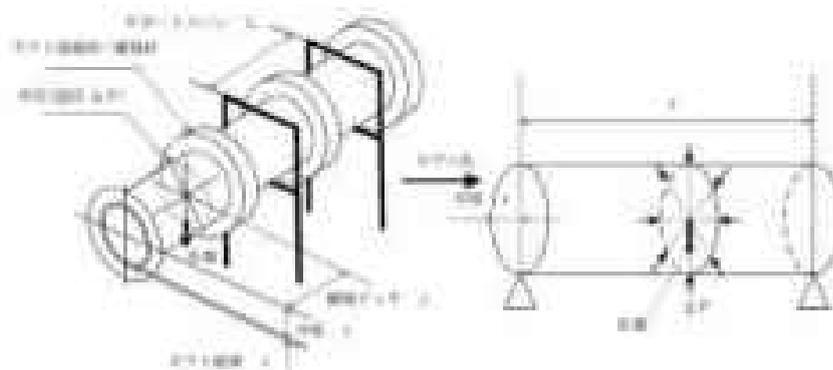


図2.1-1 球ダクトの評価モデルの概要図

2.1.2 発生応力の設定

(1) 外圧によるクリッピング発生条件

外圧によりクリッピングが生じる際の周方向応力（座屈応力） σ_{crip} は、式(2)にて求められる。

$$\sigma_{crip} = \frac{k_p \alpha^2 \beta}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{c}\right)^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$k_p = \frac{(1+\beta^2)^2}{0.5+\beta^2} + \frac{12Z_c^2}{\alpha^2(1+\beta^2)^2(0.5+\beta^2)}$$

$$\beta = \frac{cn}{\pi r}$$

$$Z_c = \frac{c^2}{rt} \sqrt{1-\nu^2}$$

ここで、

- σ_{crip} : 周方向応力（座屈応力）(MPa)
- k_p : 座屈係数
- β : 円筒かくの座屈応力の式における係数
 n （整数）は、「2.2.3—」と上げていき、 σ_{crip} が最小値となる値とする。
- Z_c : 形状係数
- r : 球ダクト（配管）のダクト半径 (mm)
- c : 筒壁ピッチ (mm)

- l : ダクト板厚 (mm)
- μ : 円周率
- E : ヤング率 (MPa)
- ν : ポアソン比

(2) 自重によるアリソピンダ発生条件

自重等による曲げによりアリソピンダが発生する際の曲げモーメント M_{crip} は、式(9)にて求められる。

$$M_{crip} = \frac{4\sqrt{2}}{27} \pi \frac{E}{1-\nu^2} l^3 \quad \dots\dots\dots(9)$$

3.2.3 許容値

(1) 外圧に対する許容値

外圧による筒方向応力は、座屈応力 σ_{crip} を超えないこととする。

$$\sigma_{crip} \text{ (外圧による筒方向応力)} \leq \sigma_{crip} \text{ (座屈応力)}$$

ここで、

$$\sigma_{crip} = \frac{Pr}{t} \quad \dots\dots\dots(10)$$

(2) 長期荷重（自重）＋短期荷重（電圧）に対する許容値

自重による曲げモーメント M_p と外圧 P の組合せが、下式を満足するものとする。

$$\left(\frac{M_p}{M_{crip}} \right)^2 + \frac{\sigma_{crip}}{\sigma_{crip}} \leq \frac{1}{1.1} (= 0.9)$$

ここで、

$$M_p = \frac{\rho l L^2}{8}$$

L : ダクト（配管）サポートの支持間隔 (mm)

ρ : ダクト（配管）の単位長さ当たりの質量 (kg/mm)

3.2 排風機（ケーシング）

3.2.1 考慮すべき負荷

排風機（ケーシング）に設計電圧による気圧差による影響評価で考慮する負荷は、以下のとおり。

- 排風機（ケーシング）にかかる外圧 P （一最大気圧低下量 ΔP_{max} ）
- 運転時の圧力
- 排風機（ケーシング）の自重

排風機（ケーシング）を孔ダクトとして考え、耐力はクリッピングの発生限界にて規定されるものとして評価する。

3.2.2 発生応力の設定

(1) 外圧によるクリッピング発生条件

外圧によりクリッピングが生じる際の周方向応力（環筋応力） σ_{crp} は、前述の式⑤にて求められる。

(2) 自重によるクリッピング発生条件

自重等による曲げによりクリッピングが生じる際の曲げモーメント M_{crp} は、前述の式⑥にて求められる。

3.2.3 許容値

(1) 外圧に対する許容値

外圧による周方向応力は、前述の式⑤で表される環筋応力 σ_{crp} を超えないこととする。

(2) 長期荷重（自重）＋短期荷重（産物）に対する許容値

自重による曲げモーメント M_p と外圧 P の組合せが、下式を満足するものとする。

$$\left(\frac{M_p}{M_{crp}}\right)^2 + \frac{\sigma_{crp}}{\sigma_{crp}} \leq \frac{1}{1.1} (= 0.9)$$

ここで、

$$M_p = \frac{g\mu L^3}{6}$$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

L : ケーシング長さ (mm)

μ : ケーシングの単位長さ当たりの質量 (kg/mm)

2.4 フィルタ (ケーシング)

2.4.1 考慮すべき荷重

フィルタ (ケーシング) 鋼板の設計荷重による変形率による影響評価で考慮する荷重は、以下のとおり。

- ・ ケーシング等の鋼板にかかる外圧 P (＝最大変形低下量 ΔP_{max})
- ・ 運転時の圧力
- ・ ケーシング等の鋼板の自重

2.4.2 発生応力の設定

最大面積を持つケーシングを4辺単純支持 (両辺で水平、垂直方向の変位拘束、たわみ角は自由) の矩形板と仮定する。ケーシングの鋼板は、面外荷重により大きくたわみ、膜引張応力状態で応力の釣合いが保たれるため、大たわみの式が適用できる。

大たわみの式に、ケーシングの自重 Q と外圧 P を適用したものを式①、②に示す。式①、②により、鋼板における最大発生応力 σ_{max} 及び最大変位量 δ_{max} が得られる。

$$\sigma_{max} = \frac{\pi^2 E \delta_{max}}{4(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(1-\nu^2)\delta_{max} + 4t}{a^2} + \frac{3Q_{max} + 4P}{b^2} \right\} \quad \cdots \text{①}$$

$$\frac{25\pi(1-\nu^2)}{4^2 k^4} (P + g\delta_0) - \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2 \frac{\delta_{max}}{t} + \left\{ \frac{4g}{a^2 b^2} + (3-\nu^2) \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) \right\} \left(\frac{\delta_{max}}{t} \right)^3 \quad \cdots \text{②}$$

ここで、

σ_{max} : 最大発生応力 (MPa)

δ_{max} : 最大変位量 (mm)

a, b : 矩形形状寸法 (mm) (ただし、矩形寸法の短辺を a 、長辺を b とする。)

t : ケーシングの板厚 (mm)

P : ケーシングにかかる外圧 (Pa)

D_f	: 単位面積当たりのフィルタ（ケーシング）等の鋼材の質量 (kg/m ²)
g	: 重力加速度 9.80665 (m/s ²)
w	: 円周率 3.14159
E	: ヤング率 (MPa)
ν	: ポアソン比 0.3

エモリ 許容値

電害による負圧を短期荷重とみなし、フィルタ（ケーシング）の鋼板の変形を許容域に抑えるため、長期荷重（自重）＋短期荷重（電害）による最大発生応力 σ_{max} を許容応力 σ_y 以下とする。

$$\sigma_{max} \text{ (国外荷重による最大発生応力)} \leq \sigma_y \text{ (許容応力)}$$

4. 外気の気圧低下時において一時的に悪圧が逆転した場合の閉じ込め機能への影響

設計電害により、外気の気圧低下が発生した場合は、施設の負圧が一時的に担保できない可能性がある。一時的な悪圧の逆転は、再処理施設安全審査設計に記載されている「原因として、定時負圧が保たれていること」との要求事項に対し、換気設備の過激的な運転状態において以下のとおり安全上問題がないことを整理している。

- 外部電源喪失においては、換気系統の排風機の排気機能が一時的に低下するものの、非常用発電機系統に接続することにより、閉じ込め機能を維持することができる。
- 排風機の故障により、換気系統の排風機の排気機能が一時的に低下するものの、予備機が自動的に立ち上がることにより、閉じ込め機能を維持することができる。
- 仮に、換気系統の排風機が停止し、予備機が自動的に切り替わらず、排気機能が停止しても運転員による対応が可能であり、閉じ込め機能を維持することができる。

また、一時的に悪圧の逆転が生じる可能性のある建家の換気系統の排風機の停止時には、入蔵者に対し、手面マスクの着用、実施中の作業の中断及び当該建家からの退避を指示することが定められている。

5. 評価結果

5.1 構造健全性評価

角ダクトの評価結果を表5-1に、丸ダクト（配管）の評価結果を表5-2、排風機（ケーシング）の評価結果を表5-3に、フィルタ（ケーシング）の評価結果を表5-4に示す。これら結果のとおり、設計電圧により生じる気圧差による荷重に対して構造健全性は確保できる。

5.2 外気の気圧低下時において一時的に気圧が逆転した場合の閉じ込め機能への影響

設計電圧により、換気設備の過渡的な運転状態における一時的な気圧の逆転が生じたとしても、放射性物質が機器及び換気系統内に閉じ込められている状態であること、電圧による気圧低下が非常に短時間であること、あらかじめ対応要領が定められていることで排風機の起動、切り替え対応等が可能であることから、閉じ込め機能は維持できると考える。

表 1-1-1 角データの評価結果

項目	「ボルト中心距」 [mm(両方取付側)] (mm)	材質	評価結果 [C]	ヤング率 * E (MPa)	取付位置 (mm)		取付による取付位置 (mm)		取付(自重)+取付(電 着)による取付位置	評価	
					取付位置 [mm]	取付位置 [mm]	取付位置 [mm]	取付位置 [mm]			
取付位置 標準取付位置 (H57) 中心取付位置	400×400×2.5	S45C	40	2.01×10 ⁵	300	200	4.7	20.0	2.4×10 ⁵	2.6×10 ⁵	C
	400×400×2.5	S45C	40	2.01×10 ⁵	140	200	1.8	20.0	1.9×10 ⁵	4.0×10 ⁵	C
	400×400×2.5	S45C	40	2.01×10 ⁵	120	200	1.9	20.0	4.1×10 ⁵	5.1×10 ⁵	C
	400×400×2.5	S45C	40	2.01×10 ⁵	120	200	4.9	20.0	3.0×10 ⁵	2.0×10 ⁵	C
	400×400×2.5	S45C	40	2.01×10 ⁵	120	200	10.0	20.0	6.0×10 ⁵	8.0×10 ⁵	C
	400×400×2.5	S45C	40	2.01×10 ⁵	110	200	2.0	20.0	2.0×10 ⁵	4.0×10 ⁵	C

*E) 鋼材のEとして算出。

$$*E) \frac{E}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{40^2 + 20^2 - 0^2}{2 \times 3^2}}$$

表5-2 九ダクト（配管）の評価結果（1/2）

用途	内径 （ダクト）	内径（mm） 又は外径（mm） の範囲（寸法）	材質	評価基準 （℃）	ヤング率 [※] E（MPa）	許容応力による許容荷重 （kg）（単位）		換算（自重）+振動（乗車） による評価値		評価
						換算応力 P _{換算}	許容応力 P _{許容}	結合許容荷重比 [※]	評価値	
乗車対応 標準設備 （標準）	φ60	φ60×3.0×約1.4	S30C	80	2.00×10 ⁴	1.0	14.7	0.13	0.9	○
		φ60×3.0×約1.8	S30C	80	2.00×10 ⁴	1.9	23.8	0.07	0.9	○
	φ60	φ60×3.0×約1.7	S30C	80	1.00×10 ⁴	9.7	44.8	0.01	0.9	○
		φ60×3.0×約1.1	S30C	80	1.00×10 ⁴	6.1	225.1	0.01	0.9	○
非乗車対応 標準設備 （標準）	φ60	φ60×3.0×約1.9	S30C	80	1.00×10 ⁴	1.2	33.4	0.28	0.9	○
		φ60×3.0×約1.3	S30C	80	2.00×10 ⁴	6.1	6.3	0.29	0.9	○
	φ60	φ60×3.2×約1.9	S30C	80	2.00×10 ⁴	6.6	33.2	0.40	0.9	○
		φ60×3.2×約1.9	S30C	80	3.00×10 ⁴	9.6	33.2	0.40	0.9	○
	φ60	φ60×3.0×約1.9	S30C	80	2.00×10 ⁴	6.3	32.8	0.11	0.9	○
		φ60×3.0×約1.9	S30C	80	2.00×10 ⁴	9.0	23.8	0.29	0.9	○

※：S30C及びS30C相当材、鋼材として評価

※：結合許容荷重比 $= \left(\frac{P_{換算}}{P_{許容}} \right) \times \frac{E}{E_{鋼材}}$

表B-2 入札データ（配管）の評価結果（2/2）

業種	入札 データ	入札（入札）又は得点（入札） 付点数（入札） の算出式（入札）	時間	評価基準 （点）	入札データ （入札）	算出結果による得点の内訳 （入札）		標準（算出結果） による得点	評価
						算出結果 （入札）	算出結果 （入札）		
建設 （建設業）	建設業 （建設業）	0.100、0.100、0.100、0.100	0.100	0.00	1.00000000	0.000	0.000	0.000	○
		0.200、0.200、0.200、0.200	0.200	0.00	1.00000000	0.000	0.000	0.000	○
		0.300、0.300、0.300、0.300	0.300	0.00	1.00000000	0.000	0.000	0.000	○
		0.400、0.400、0.400、0.400	0.400	0.00	1.00000000	0.000	0.000	0.000	○
建設 （建設業）	建設業 （建設業）	0.200、0.200、0.200、0.200	0.200	0.00	1.00000000	0.000	0.000	0.000	○
		0.300、0.300、0.300、0.300	0.300	0.00	1.00000000	0.000	0.000	0.000	○

注：算出結果の内訳は、算出結果として算出

$$\text{算出結果} = \left(\frac{\text{算出結果}}{\text{算出結果}} \right) \times \text{算出結果}$$

表5-3: 債権債（クーラージ）の部計の強度評価結果

部計	対象	内債の最大償還 （内債の返済の上限） (億円)	総額	評価 感度 (%)	マージン率 [*] (%)	元金償還による 返済負担率 [*] (%)		返済（元金）+元金（償還） による負担率 [*]		評価
						償還 元金 の返済 の割合	元金 返済 の割合	組合貸付部計 ^{**}	特保債	
長期計划 償還の部計 (総額)	中央債元金 部計債 (クーラージ)	1,070,000,000,000	9,980	0	0.00%	3.0	04.0	0.04	0.0	○
	債権元金 部計債 (クーラージ)	800,000,000,000	10,000	0	1.00%	3.7	04.0	0.00	0.0	○
中央債元金 部計債の部計 (総額) 中央債元金 部計債 (クーラージ)	中央債元金 部計債 (クーラージ)	2,000,000,000,000	10,000	0	2.00%	4.1	06.0	0.00	0.0	○
	中央債元金 部計債 (クーラージ)	1,000,000,000,000	10,000	0	1.00%	1.0	04.2	0.00	0.0	○

※1: 返済元金部計債は、0.00%として評価

※2: 組合貸付部計債は、 $\left(\frac{3.0}{100}\right)^2 + \frac{0.04}{100}$

表3-4 フィルダ（カーニング）の部材の強度評価結果

部材	材種	片側の長さ(距離) [mm]	材質	許容 応力 (MPa)	せん断力 [kN]	規格による耐力値 による耐力係数(安全率) (γ_{Rd} 、100%)	許容耐力 P_{Rd} [kN]	評価
鋼造肉厚 成造付壁体 (100T)	セメント系 コンクリート (カーニング)	600×2000×3	100	1.00×10 ⁶	100	1.00	100	○
	黒鉄鋼系 コンクリート (カーニング)	574×2583×3-3#	110	1.00×10 ⁶	142	1.00	142	○
ガラス面仕立 付鋼造肉厚 (100)	セメント系 コンクリート (カーニング)	600×2200×3	100 ^{*)}	1.00×10 ⁶	120	1.00	120	○
	黒鉄鋼系 コンクリート (カーニング)	570×2600×3	100	1.00×10 ⁶	200	1.00	200	○
ガラス面仕立 付鋼造肉厚 付鋼造壁 (100)	セメント系 コンクリート (カーニング)	600×2200×3	100	2.00×10 ⁶	200	1.00	200	○
	黒鉄鋼系 コンクリート (カーニング)	570×2600×3	100	2.00×10 ⁶	200	1.00	200	○
ガラス面仕立 付鋼造肉厚 付鋼造壁 (100)	セメント系 コンクリート (カーニング)	600×2200×3	100	2.00×10 ⁶	200	1.00	200	○
	黒鉄鋼系 コンクリート (カーニング)	570×2600×3	100	2.00×10 ⁶	200	1.00	200	○

*1) 100Tは、554mmとして評価。

2) 鋼造肉厚部材の耐力係数の値は、100T～100T^{)} (鋼造壁) から算定。

設計機本体に対する建屋外壁の健全性評価

1. 評価方針

電磁影響評価のうち、電磁防護施設を内包する高放射性能放射線機 (HSE) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発種の電磁防護施設を内包する建屋の側壁面及び屋上スラブに対して、設計機本体として選定した鋼製材 (4.2 m×0.3 m×0.2 m, 135 kg) が衝突した際の健全性評価を行う (図1、2参照)。

なお、建屋の開口部 (窓、扉等) については、電磁防護対策として鋼板等による閉止措置を実施する。

2. 評価方法

コンクリートに対する貫通力は、設計機本体の衝突に対する評価として、NRC-13 及び米国 NRC の基準値に算定式として記載されている修正 NRC 式 (①式)¹²⁾ を用いて貫入深さ s_1 を、Isgan の式 (②式)¹³⁾ により貫通部厚さ t_p を求めた。また、Chang の式 (③式)¹⁴⁾ により裏面剥離厚さ t_r を算定し、屋上スラブ及び側壁面の健全性を評価する。

$$\left. \begin{array}{l} \frac{s_1}{a_1 d} \leq 2 \text{ の場合} \\ \frac{s_1}{a_1 d} > 2 \text{ の場合} \end{array} \right\} \text{①}$$

$$\frac{s_1}{a_1 d} \leq 2 \text{ の場合} \quad t_p = 2 \left\{ \left(\frac{12145}{\sqrt{a_1}} \right) N d^{0.7} \frac{R}{d^2} \left(\frac{v}{1000} \right)^{1.29} \right\}^2$$

$$\frac{s_1}{a_1 d} > 2 \text{ の場合} \quad t_p = \left(\frac{12145}{\sqrt{a_1}} \right) N d^{0.7} \frac{R}{d^2} \left(\frac{v}{1000} \right)^{1.29} + 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{s_1}{a_1 d} \leq 1.52 \text{ の場合} \\ 1.52 \leq \frac{s_1}{a_1 d} \leq 13.42 \text{ の場合} \end{array} \right\} \text{②}$$

$$\frac{s_1}{a_1 d} \leq 1.52 \text{ の場合} \quad t_p = a_2 d \left\{ 2.2 \left(\frac{s_1}{a_1 d} \right) - 0.3 \left(\frac{s_1}{a_1 d} \right)^2 \right\}$$

$$1.52 \leq \frac{s_1}{a_1 d} \leq 13.42 \text{ の場合} \quad t_p = a_2 d \left\{ 0.69 + 1.29 \left(\frac{s_1}{a_1 d} \right) \right\}$$

ここで、

- t_c : 貫入深さ (cm)
- t_p : 貫通限界厚さ (cm)
- f_c : コンクリートの設計基準強度 (kgf/cm²)
高放射性廃液貯蔵場 (HAW) : 210 (kgf/cm²)
ガラス固化技術開発施設 (TYF) ガラス固化技術開発棟 : 225 (kgf/cm²)
- d : 設計対象物の等価直径 27.6 (cm)
(対象物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)
- W : 設計対象物の質量 125 (kg)
- V : 対象物の衝突速度 (m/s)
水平 : 51 (m/s)、鉛直 : 34 (m/s)
- N : 対象物の先端形状係数 1.14
(構造工学シリーズ6 構造物の衝撃係数と設計法) (土木学会)
を参考に設定。保守的な評価となる、非常に鋭い場合の数値を一律使用した。
- α_1 : 対象物の衝撃係数 : 1.0
- α_2 : 対象物の衝撃係数 : 1.0
(保守的な評価となる、鋭の場合の数値を一律使用した。)

$$t_c = 1.84 \cdot \alpha_2 \cdot \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0.11} \cdot \frac{\left(\frac{W \cdot V^2}{0.0001} \right)^{0.8}}{d^{0.2} \cdot f_c^{0.8}} \quad (3)$$

ここで、

- t_p : 貫通限界厚さ (cm)
- f_c : コンクリートの設計基準強度 (kgf/cm²)
高放射性廃液貯蔵場 (HAW) : 210 (kgf/cm²)
ガラス固化技術開発施設 (TYF) ガラス固化技術開発棟 : 225 (kgf/cm²)
- d : 設計対象物の直径 27.6 (cm)
(対象物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)
- W : 設計対象物の質量 125 (kg)
- V_0 : 対象物基準速度 61 (m/s)
- V : 対象物の衝突速度 (m/s)
水平 : 51 (m/s)、鉛直 : 34 (m/s)
- α_2 : 対象物の衝撃係数 1.0
(保守的な評価となる、鋭の場合の数値を使用した。)

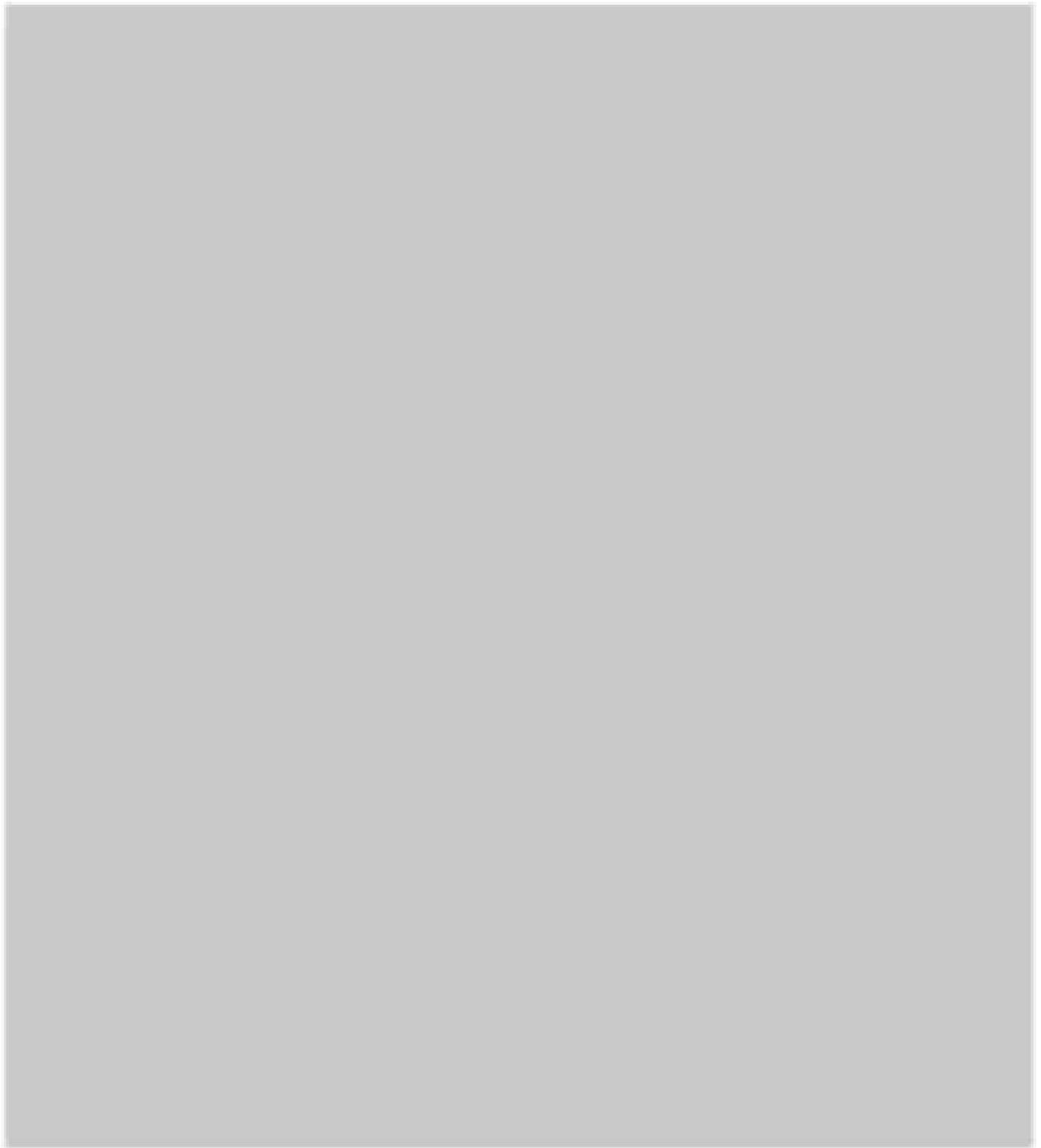


図1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の平面図 (1/5)

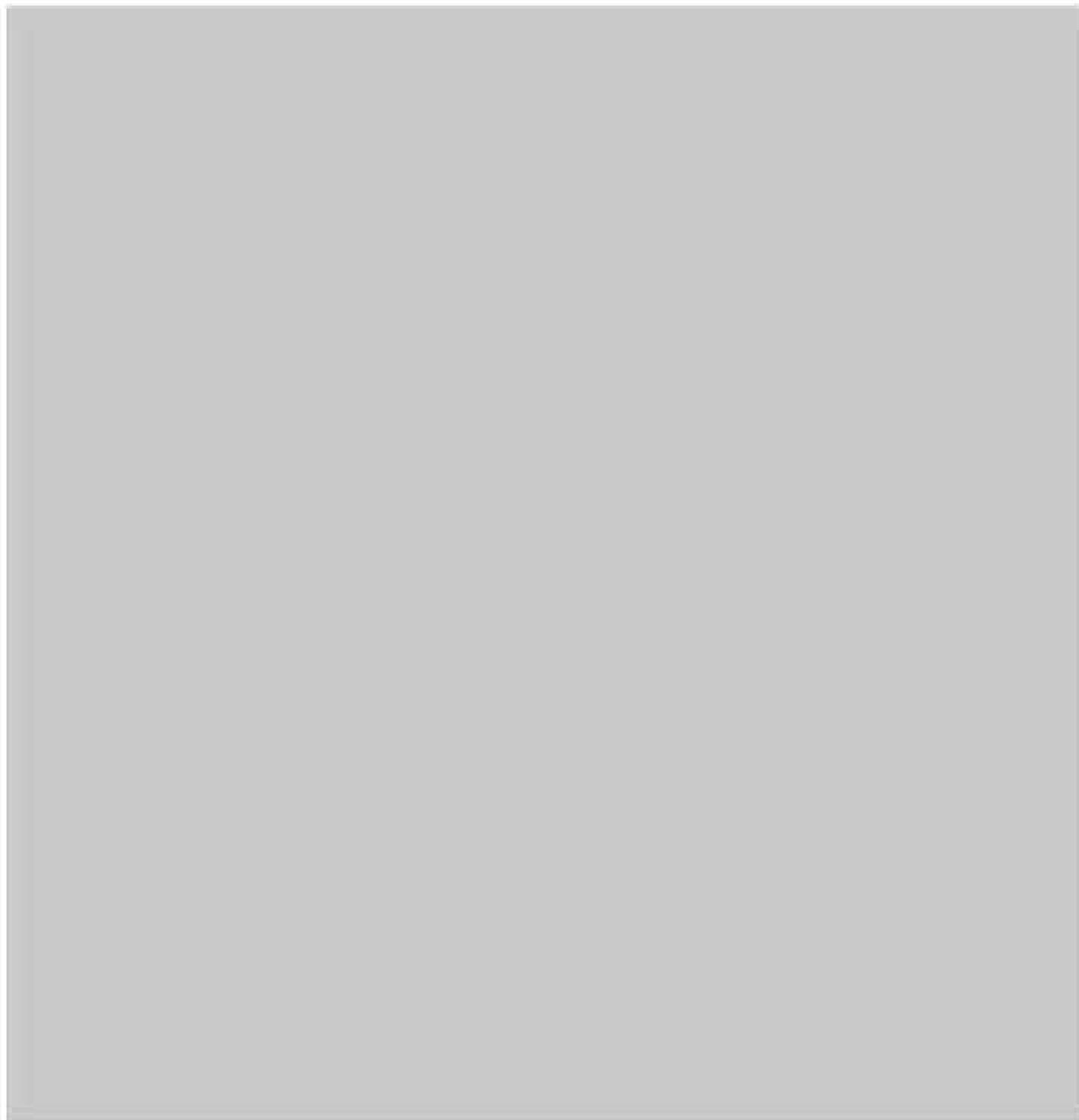


図1 高放射性能放射線照射機 (HAW) の平面図 (2/5)

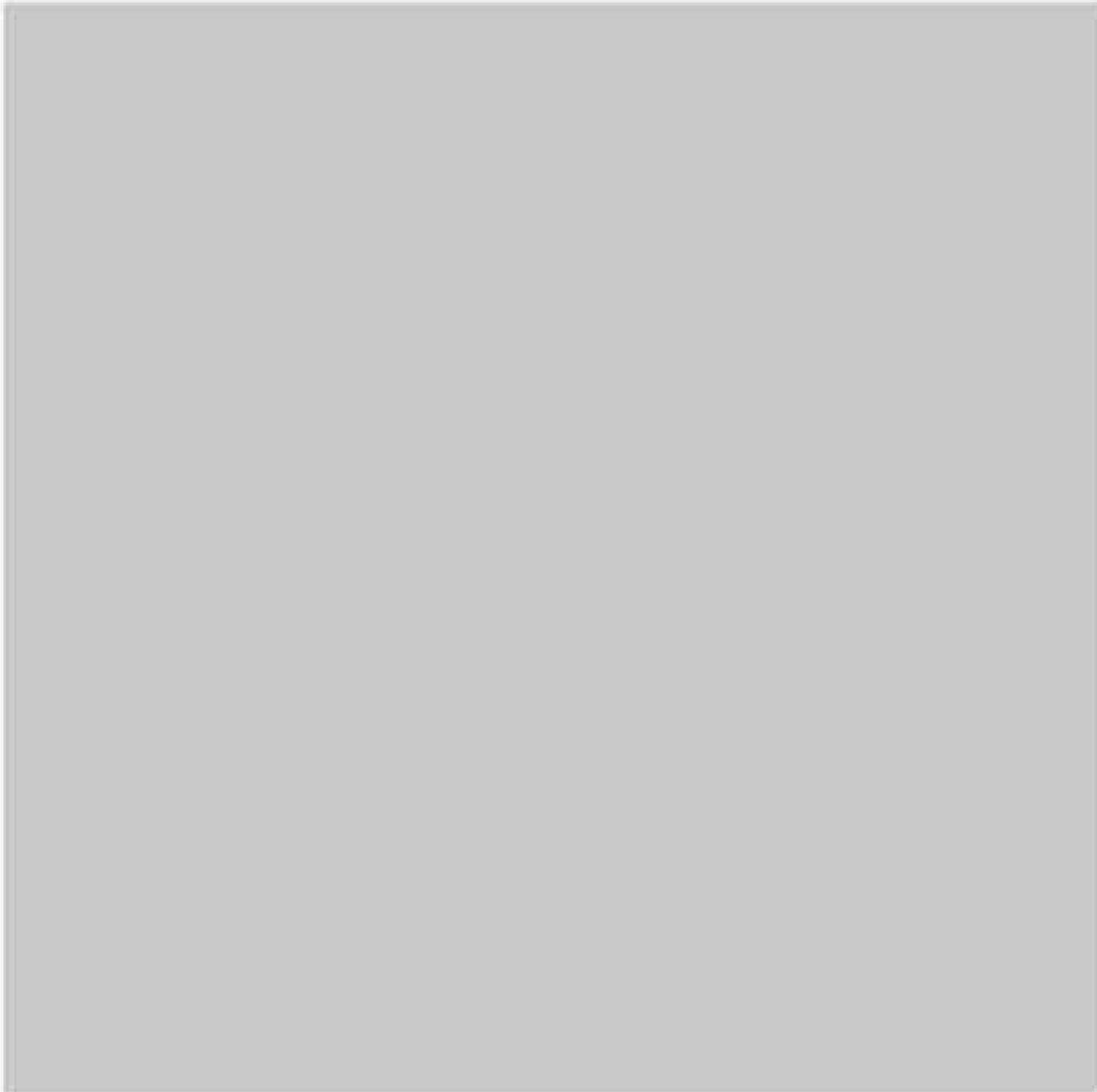


図 1 高放射性廃液貯蔵場 (HLL) の平面図 (2/3)



図1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の平面図 (4/5)



図1 高放射線線源貯蔵場 (HAW) の平面図 (2/5)

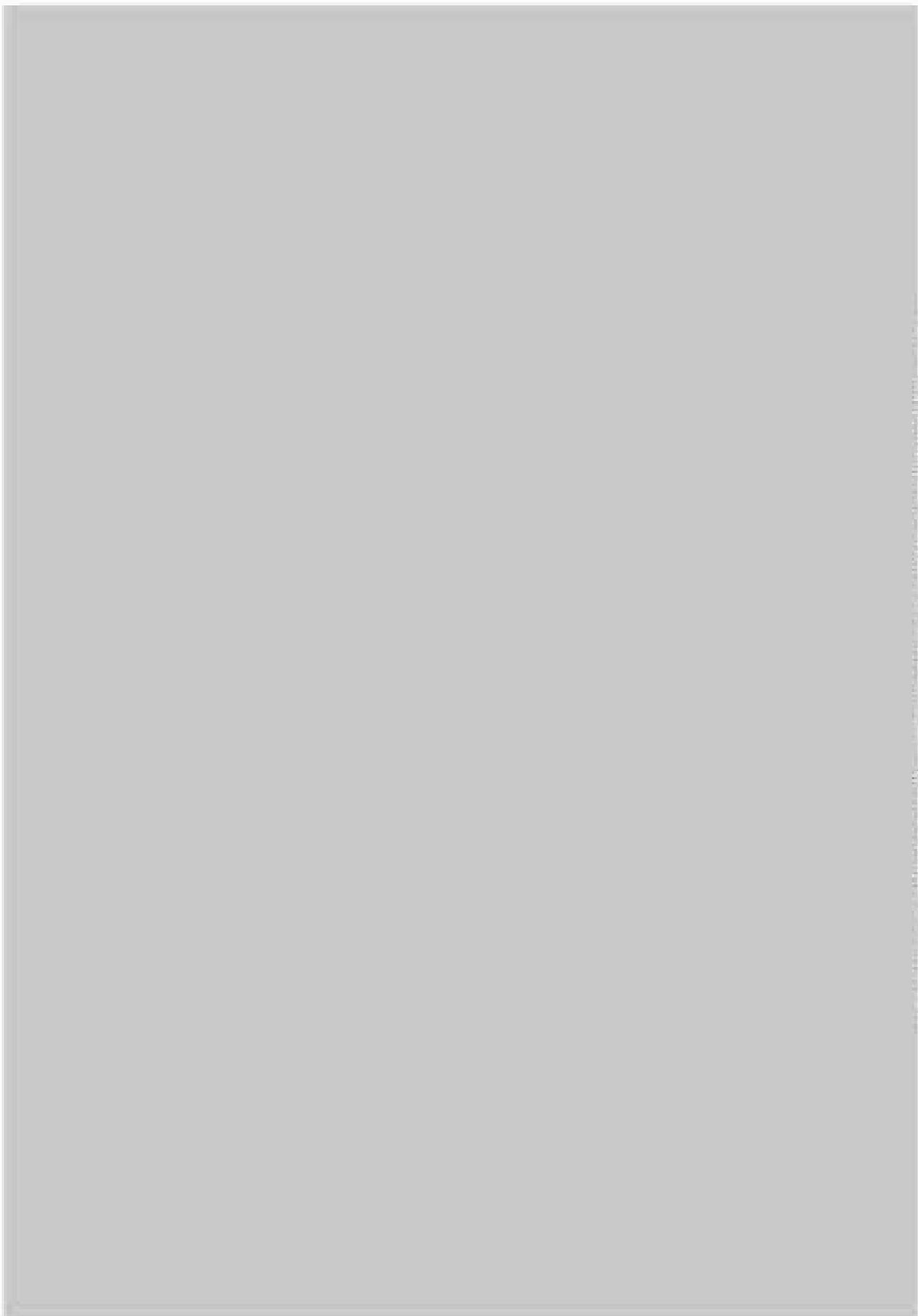


図 2 オーストラリア国産化技術開発施設 (TRF) オーストラリア技術開発局の平面図 (出典)

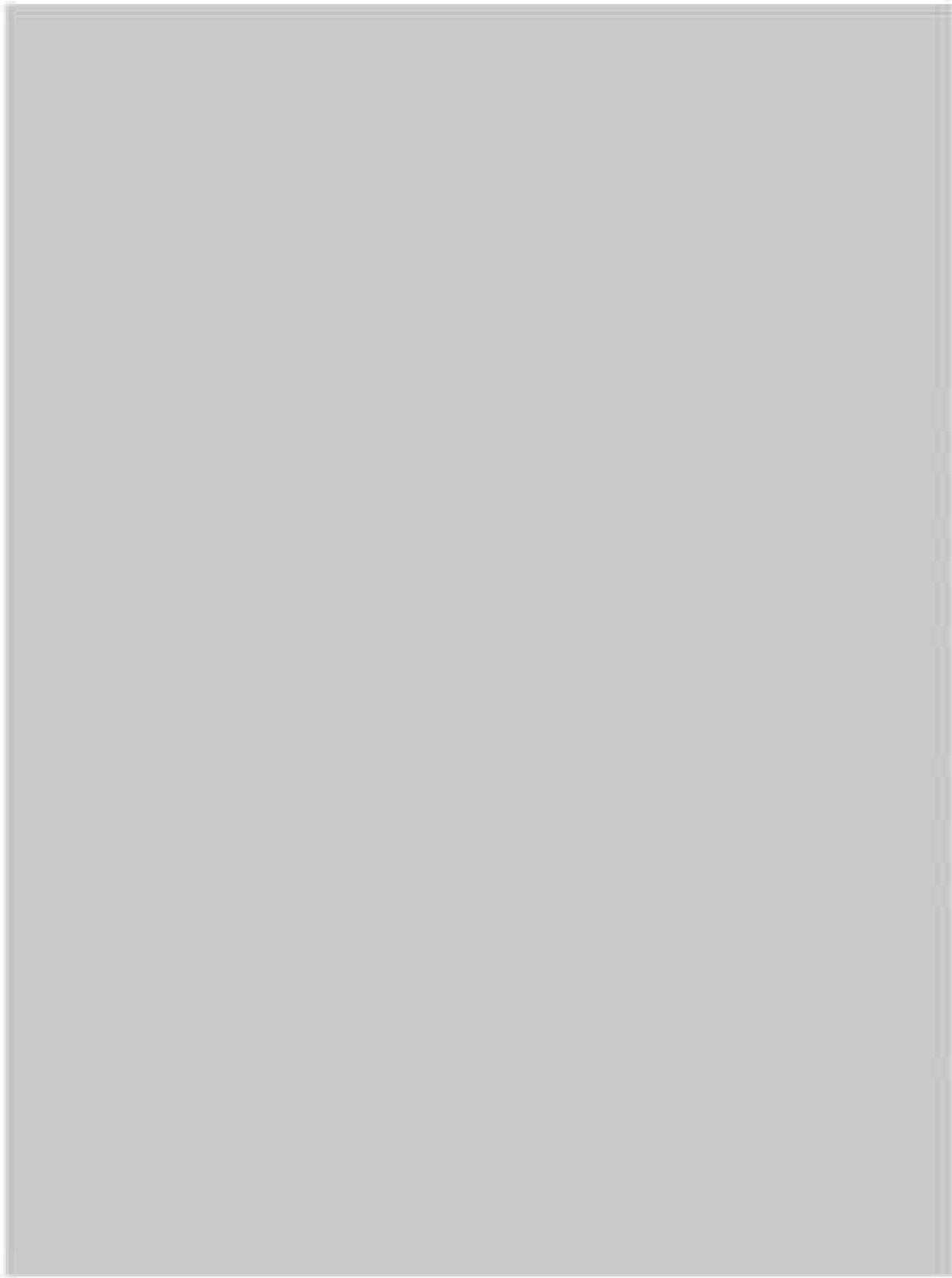


圖 1：多國化技術開發區（DTP）：多國化技術開發區的平面圖（D/4）

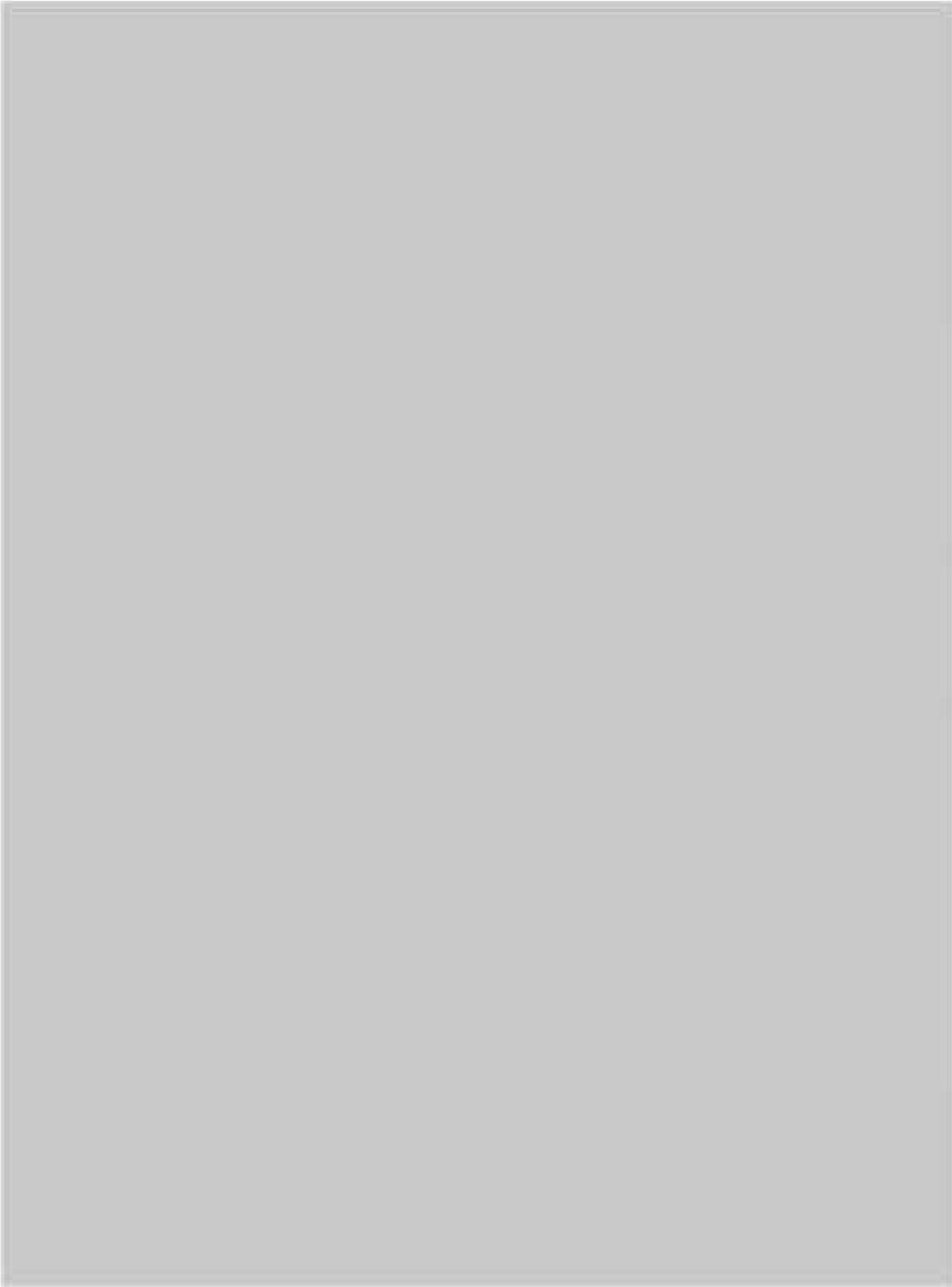


図 2 ガラス調化技術開発施設 (TTP) ガラス調化技術開発棟の平面図 (1/4)

表1 設計用実物によるコンクリートの局部破壊評価結果（両対称性筋コンクリート造）

部位	筋径		筋量評価		詳細評価 (ASTM660)
	必要筋径 (mm)	実径 (mm)	必要筋量	実筋量	
側壁面	必要筋径 (mm)	30φ	47φ		側壁面から裏面にかけて亀裂が生じるものの、鉄筋は破断せず、裏面鉄筋は生じない。
	筋径 (mm)	30φ	生じる可能性あり		
屋上スラブ	必要筋径 (mm)	19φ	35φ		側壁面から裏面にかけて亀裂が生じるものの、鉄筋は破断せず、裏面鉄筋は生じない。
	筋径 (mm)	19φ	生じる可能性あり		

表2 設計用実物によるコンクリートの局部破壊評価結果（ガラス繊維強化技術用実物）

部位	筋径		筋量評価		詳細評価 (ASTM660)
	必要筋径 (mm)	実径 (mm)	必要筋量	実筋量	
側壁面	必要筋径 (mm)	30φ	40φ		側壁面から裏面にかけて亀裂が生じるものの、鉄筋は破断せず、裏面鉄筋は生じない。
	筋径 (mm)	30φ	生じる可能性あり		
	筋径 (mm)	30φ	生じない		
屋上スラブ	必要筋径 (mm)	19φ	35φ		側壁面から裏面にかけて亀裂が生じるものの、鉄筋は破断せず、裏面鉄筋は生じない。
	筋径 (mm)	19φ	生じる可能性あり		

*) 設計基準強度が同じ鉄筋コンクリート厚さと押えコンクリート厚さを考慮している故
 **) 鉄筋コンクリートと押えコンクリートの設計基準強度が違いことから、鉄筋コンクリート厚さのみを考慮

設計現実物の衝突による建築外殻の局部破壊（貫通又は裏面剥離）の評価評価

1. 評価方針

再地理施設の電磁影響評価として、電磁防護施設を内包する施設である高放射線防護貯蔵場（HAM）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の外殻（屋上スラブ及び側壁面）に設計現実物が衝突した際に裏面剥離又は貫通が生じることのないことを確認する。

2. 解析コード及び解析モデル

JIS 3106-2019「発電用原子力設備規格 電磁現実物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン」に詳細な解析手法として示されている衝突解析ソフトである ANSYS AUTODYN（以下「AUTODYN」という。）を用いて評価評価を行う。

AUTODYN により、側壁面及び屋上スラブと設計現実物との衝突によって生じる現象を解析し、貫通及び裏面剥離等の損傷状態を評価する。解析モデルは 3 次元体系とする。

2.1 設計現実物の解析モデル

設計現実物は外形 4300 mm×300 mm×200 mm の角形鋼管の鋼製材である（表 2.1-1）。設計現実物はシェル要素でモデル化し、要素サイズは約 20 mm とした。設計現実物は 300 mm×300 mm の面で、軸方向で側壁面及び屋上スラブに衝突するものとする。設計現実物とした鋼製材の質量は 135 kg であり、材質は SS400 である。

設計現実物の衝突速度は、「原子力発電所の電磁影響評価ガイド」（平成 28 年 6 月 19 日制定、令和元年 9 月 6 日改定）に記載されている鋼製材の最大速度を使用し、側壁面には最大水平速度 31 m/s を、屋上スラブには最大鉛直速度 34 m/s を使用する。

図 2.1-1 に要素分割図を示す。

2.2 側壁面及び屋上スラブの解析モデル

高放射線電波貯蔵場（HAM）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に対して、電磁防護施設の外殻として期待する側壁面及び屋上スラブのうち、躯体厚さが薄く、柱又は梁による支持間隔が長い側壁面及び屋上スラブを対象して評価解析を行う。

設計現実物である鋼製材は、側壁面又は屋上スラブの中央に垂直に衝突するものとした。側壁面及び屋上スラブの端部 4 面は境界条件によって固定した。側壁面は

ひ陸上スラブは、鉄筋コンクリートで構成されている。鉄筋コンクリートについては、コンクリートを4面体ブリッド要素、鉄筋をビーム要素でモデル化した。なお、押入コンクリートのあるものについては、押入コンクリートについても面体ブリッド要素でモデル化した。

評価評価に用いた各施設の側壁面及び陸上スラブの諸元を表2-2-1に、評価評価に用いたコンクリートの物性値を表2-2-2に、評価評価に用いた鉄筋の物性値を表2-2-3に示す。また、高放射性廃液貯蔵場（HAF）の側壁面及び陸上スラブの解析モデルを図2-2-1及び図2-2-2に、ガラス固化技術開発施設（TPF）ガラス固化技術開発棟の側壁面及び陸上スラブの解析モデルを図2-2-3及び図2-2-4に示す。

2. 解析結果

○高放射性廃液貯蔵場（HAF）の側壁面 （鉄筋コンクリート厚さ+押入コンクリート厚さ）

衝突後の損傷状態図を図3-1に、鉄筋の最大相当塑性ひずみコンター図を図3-2に、相当塑性ひずみ及び設計飛来物の衝突方向速度の時刻歴を図3-3に、要素の衝突方向変位と時刻歴を図3-4に示す。

○高放射性廃液貯蔵場（HAF）の陸上スラブ （鉄筋コンクリート厚さ+押入コンクリート厚さ）

衝突後の損傷状態図を図3-5に、鉄筋の最大相当塑性ひずみコンター図を図3-6に、相当塑性ひずみ及び設計飛来物の衝突方向速度の時刻歴を図3-7に、要素の衝突方向変位と時刻歴を図3-8に示す。

○ガラス固化技術開発施設（TPF）ガラス固化技術開発棟の側壁面 （鉄筋コンクリート厚さ）

衝突後の損傷状態図を図3-9に、鉄筋の最大相当塑性ひずみコンター図を図3-10に、相当塑性ひずみ及び設計飛来物の衝突方向速度の時刻歴を図3-11に、要素の衝突方向変位と時刻歴を図3-12に示す。

○ガラス固化技術開発施設（TPF）ガラス固化技術開発棟の陸上スラブ （鉄筋コンクリート厚さ+押入コンクリート厚さ）

衝突後の損傷状態図を図3-13に、鉄筋の最大相当塑性ひずみコンター図を図3-14に、相当塑性ひずみ及び設計飛来物の衝突方向速度の時刻歴を図3-15に、要素の衝突方向変位と時刻歴を図3-16に示す。

4. 評価まとめ

以下に示す結果より、すべての評価ケースにおいて、衝突面から裏面にかけて亀裂が生じるものの、鉄筋に破壊は生じず、コンクリートの裏面剥離も生じないものと判断できる。

- 設計飛来物は、衝突面より反跳していること、鉄筋の塑性ひずみエネルギー時間歴ともに設計飛来物の衝突方向速度の時間歴にほぼ変動がないことから、現象は収束し、有意な変形挙動はこれ以上生じないものと考えられる。
- 裏面の中央部では、ガラス固化技術開発施設 (GTF) ガラス固化技術開発棟の屋上スラブにおいて、最大約21 mm 程度の変位が生じたものの、変位はそれ以上増加せず、塑性振動を繰り返していることから、裏面剥離は生じないものと判断できる。
- コンクリートには、衝突面から裏面にかけて十字状に亀裂が生じたものの貫通には至らず、コンクリートの速度ベクトル図から、すべての計算要素の変位は弾性振動しており、計算完了時まで、常に複数方向の速度を持つ計算要素は存在しないことを確認した。
- 鉄筋に生じた最大相当塑性ひずみは、ガラス固化技術開発施設 (GTF) ガラス固化技術開発棟の屋上スラブに生じているものの、衝突面側で0.56%、裏面側で1.63%程度であり、切断ひずみ(4.8%)に比べて十分小さく、切断には至らない。

表 2.1-1 設計飛来物の諸元

項目	値
質量	135 kg
形状	角形鋼管 長さ×幅×高さ：4200 mm×300 mm×200 mm
板厚	4.17 mm：（形状(体積)、質量及び密度から算出）
材質	SS400
衝突方向	300 mm×200 mm の面で衝突

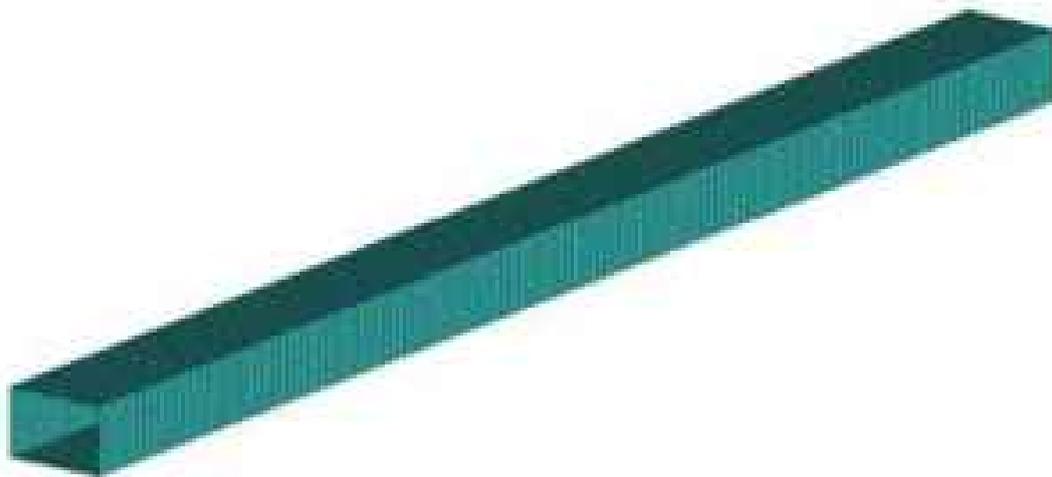


図 2.1-1 設計飛来物のモデルの要素分割図（要素サイズ約 20 mm）

表 2.1-1 詳細評価に用いた各施設の屋上スラブ及び耐震面の選定

	高耐震性能設計施設 (HNS)		ガラス張りの共同商業施設 (TYP)		ガラス張りの共同商業施設
	屋上スラブ	耐震面	屋上スラブ	耐震面	耐震面
形状 (幅×奥行×厚さ m)	3.4×3.8×0.205	3.27×3.6×0.205	3.3×4.3×0.225		3.3×4.3×0.24
厚さ	■	■	■	/	
強度	100 kgf/cm ²	2400 kgf/cm ²	2400 kgf/cm ²		
設計基準強度	100 kgf/cm ²	200 kgf/cm ²	100 kgf/cm ²		
鉄筋	■	■	■	600 mm	
コンクリート	2400 kgf/cm ²	2400 kgf/cm ²	2400 kgf/cm ²	2400 kgf/cm ²	
設計基準強度	210 kgf/cm ²	210 kgf/cm ²	225 kgf/cm ²	225 kgf/cm ²	
材料 (相当する現物給)	SP500 (S02553)	SP500 (S02553)	SP500 (S02553)	SP500 (S02553)	
配筋	D16@500 (幅辺・長辺方向)	D16@500 (幅辺・長辺方向)	幅辺方向		
			D10・D11 交互@200 (上層) D10@200 (下層)	D10・長辺方向	D10@200 (幅辺・長辺方向)
ホースリ厚さ	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm	

*1 建築構造計算書より引用

*2 建設工事検査報告書より引用

*3 現地現況図に関する設計及び工事の方法より引用

*4 工事計画契約書より引用

表2-2-2 詳細解析に用いたコンクリートの物性値

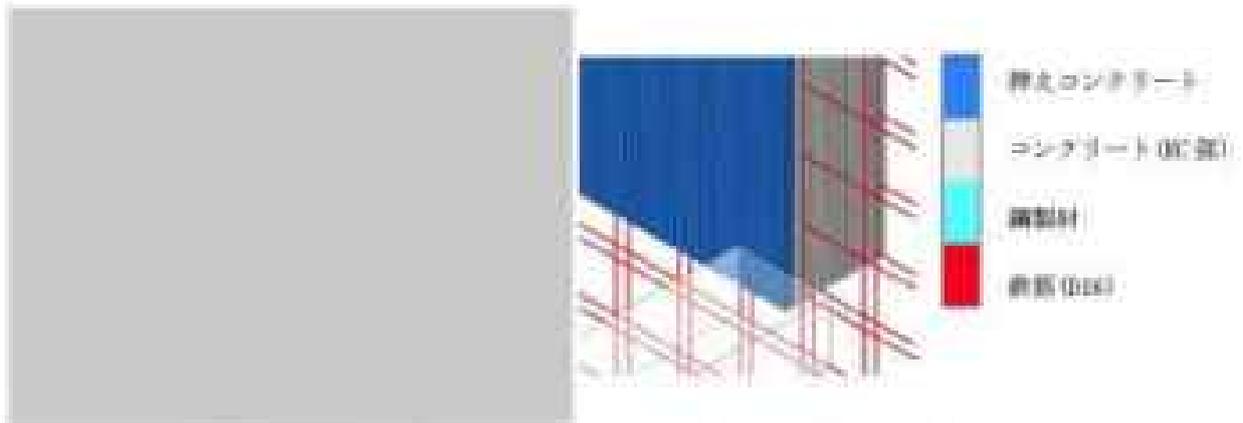
項目		高放射能汚染環境 (HM)		ガラス固化技術開発施設 (TF)	
		真密コンクリート	評定コンクリート	真密コンクリート	評定コンクリート
密度	仮定値	2300 kg/m ³	2400 kg/m ³	2300 kg/m ³	—
	据上ステップ		1800 kg/m ³	2400 kg/m ³	2400 kg/m ³
ヤング率		21.3 GPa		22.1 GPa	18.3 GPa
ポアソン比		0.2		0.2	0.2
せん断弾性係数		8.94 GPa		9.21 GPa	8.04 GPa
引張強度		26.8 MPa		22.1 MPa	14.7 MPa
引張弾性		1.13 MPa		1.01 MPa	1.30 MPa

*1 真密コンクリート全体の密度、コンクリート及び鉄筋の質量比から算出

表2-2-3 詳細解析に用いた鉄筋の物性値

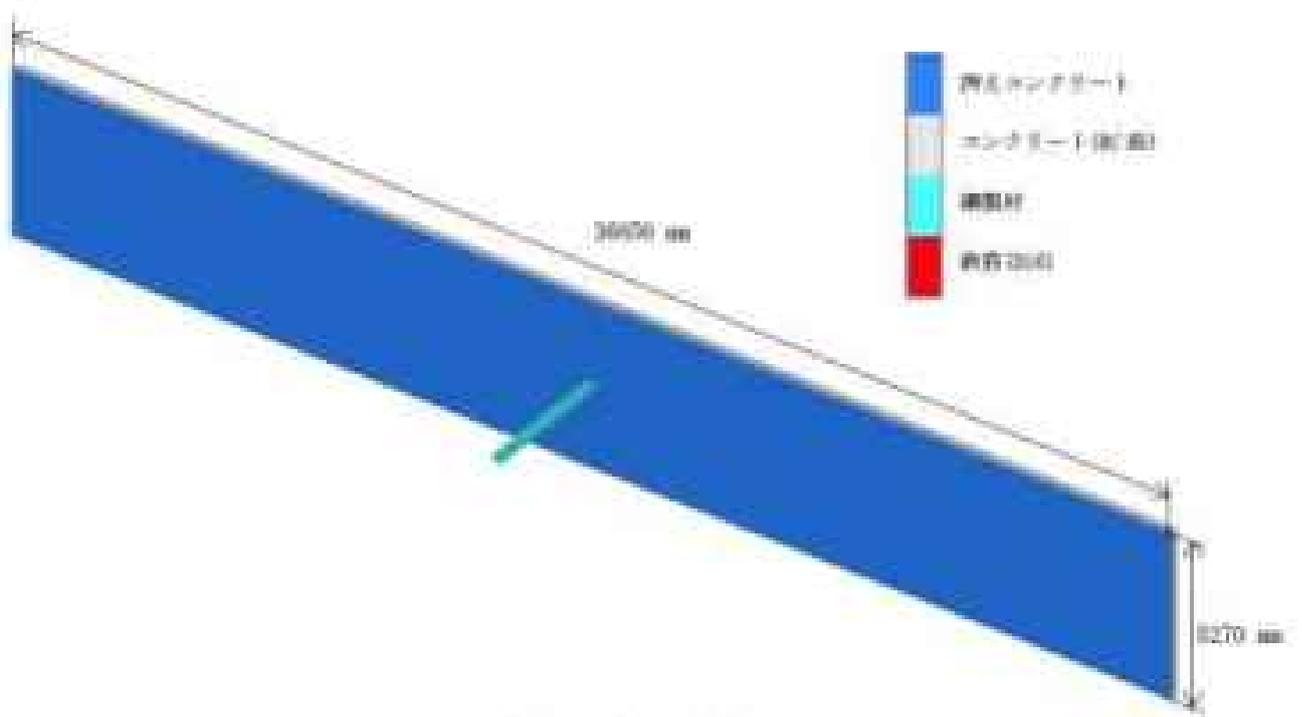
項目	高放射能汚染環境 (HM)	ガラス固化技術開発施設 (TF)
	100%Fe	100%Fe
密度	7800 kg/m ³	7800 kg/m ³
ヤング率	205 GPa	205 GPa
ポアソン比	0.3	0.3
引張強度	171 MPa	171 MPa
せん断弾性係数	78.9 GPa	78.9 GPa
引張応力	200 MPa	244 MPa
耐力	514 MPa	578 MPa
延びひずみ (引け) %	14.0%	15.4%

*1 100%鉄筋の引張ひずみを対照(100%) (引張ひずみの値として評価) に変更し、耐力及び耐力の値も評価する。引張ひずみから耐力ひずみは、 σ/σ_y で求めることができる。



側壁面の断面形状

解析モデル (衝突部の要素分割図)



解析モデルの全体

図 2.3-1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の側壁面 () の解析モデル概要

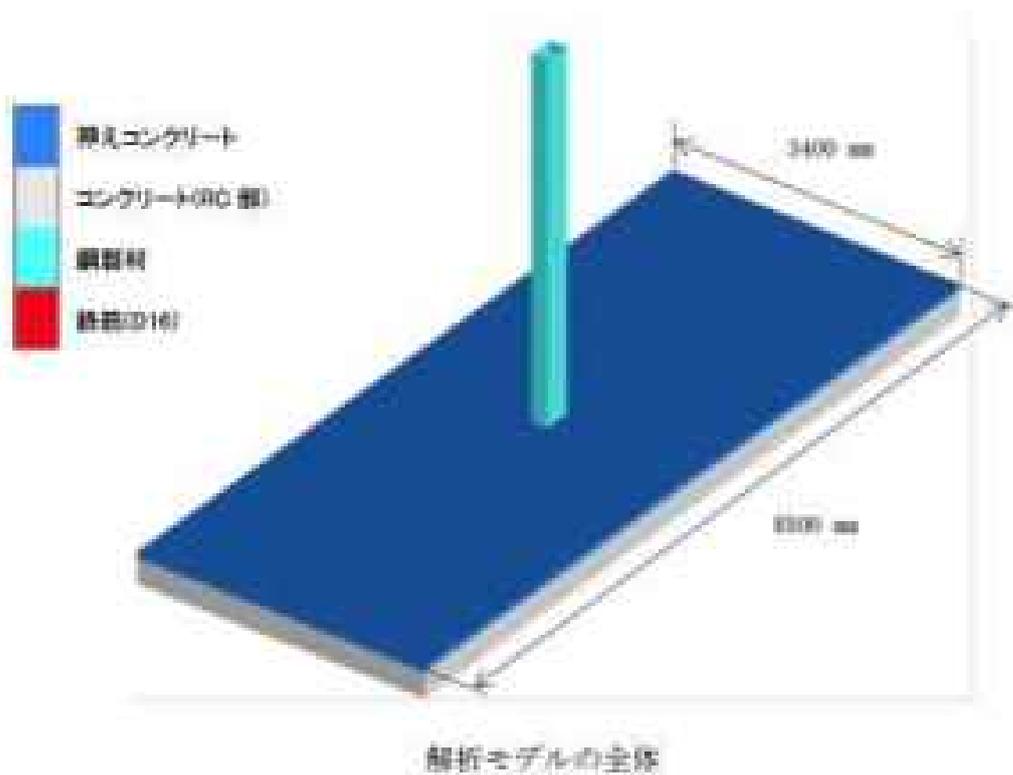
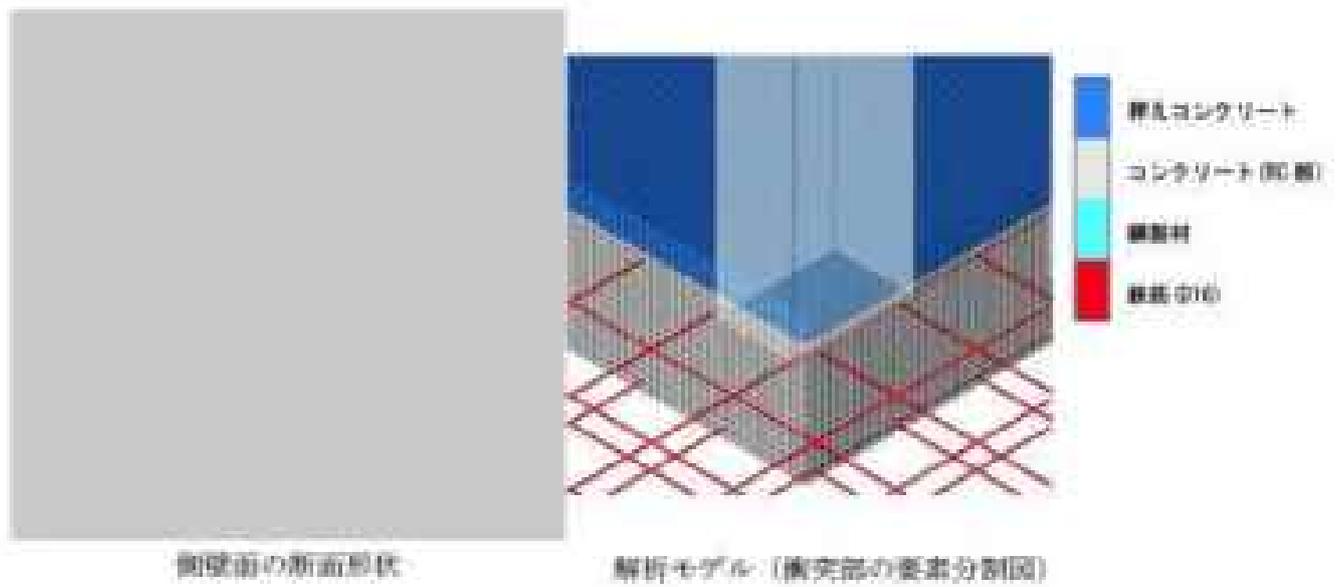


図 2.2-2 高放射線廃液貯蔵場 (HAW) の層上スラブの解析モデル概要

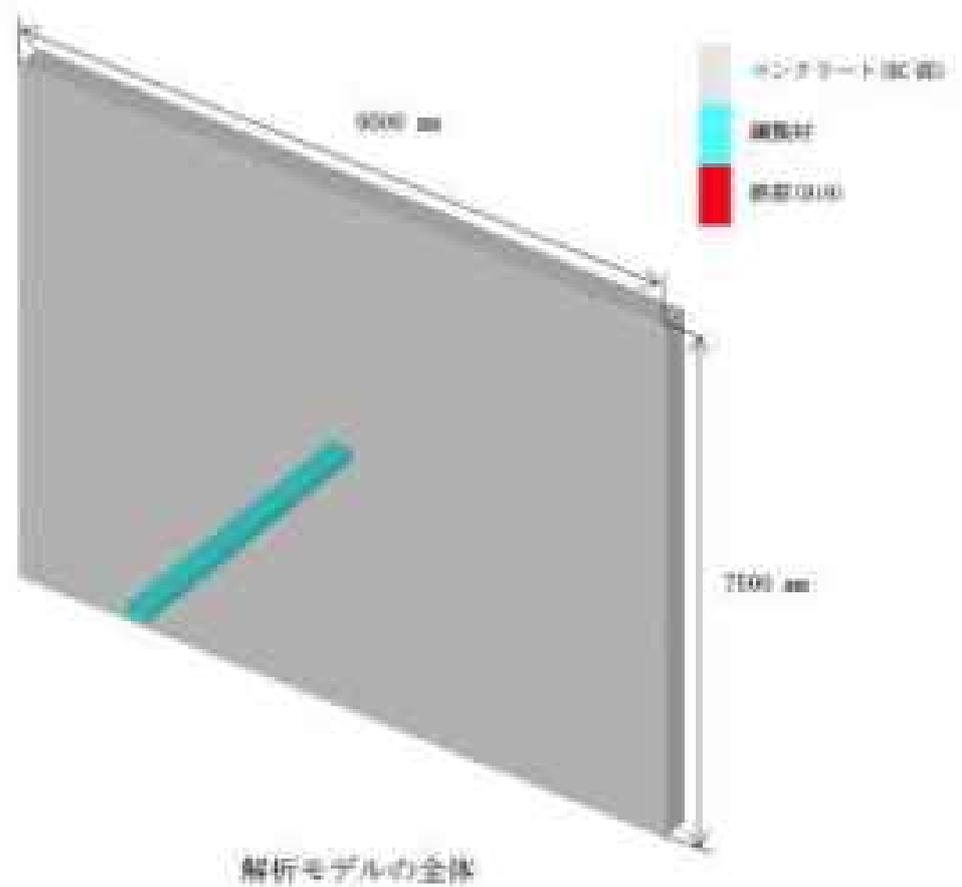
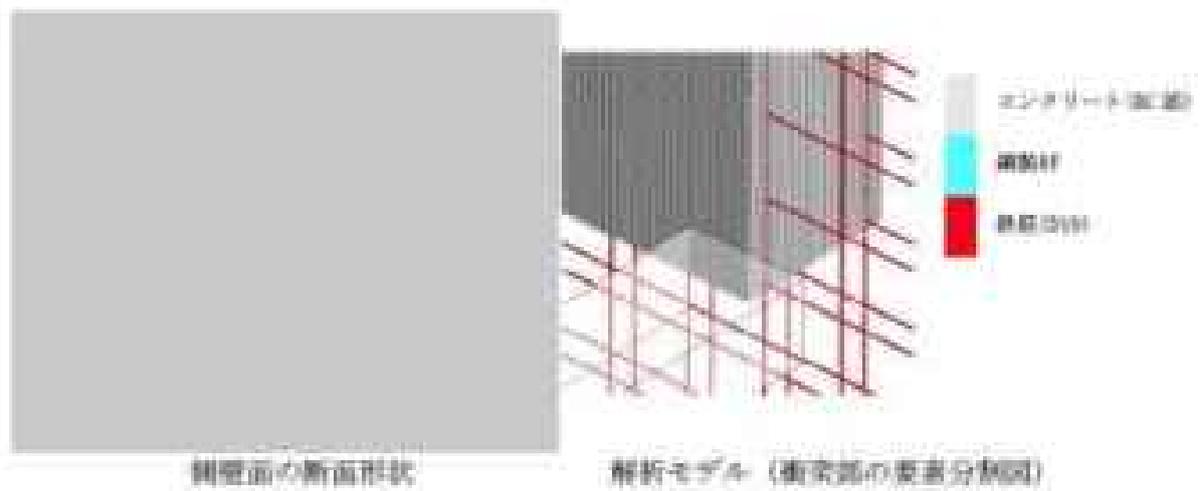


図 2.2-3 ガラス鋼化技術開発施設 (TVF) ガラス鋼化技術開発棟の側壁面の解析モデル概要

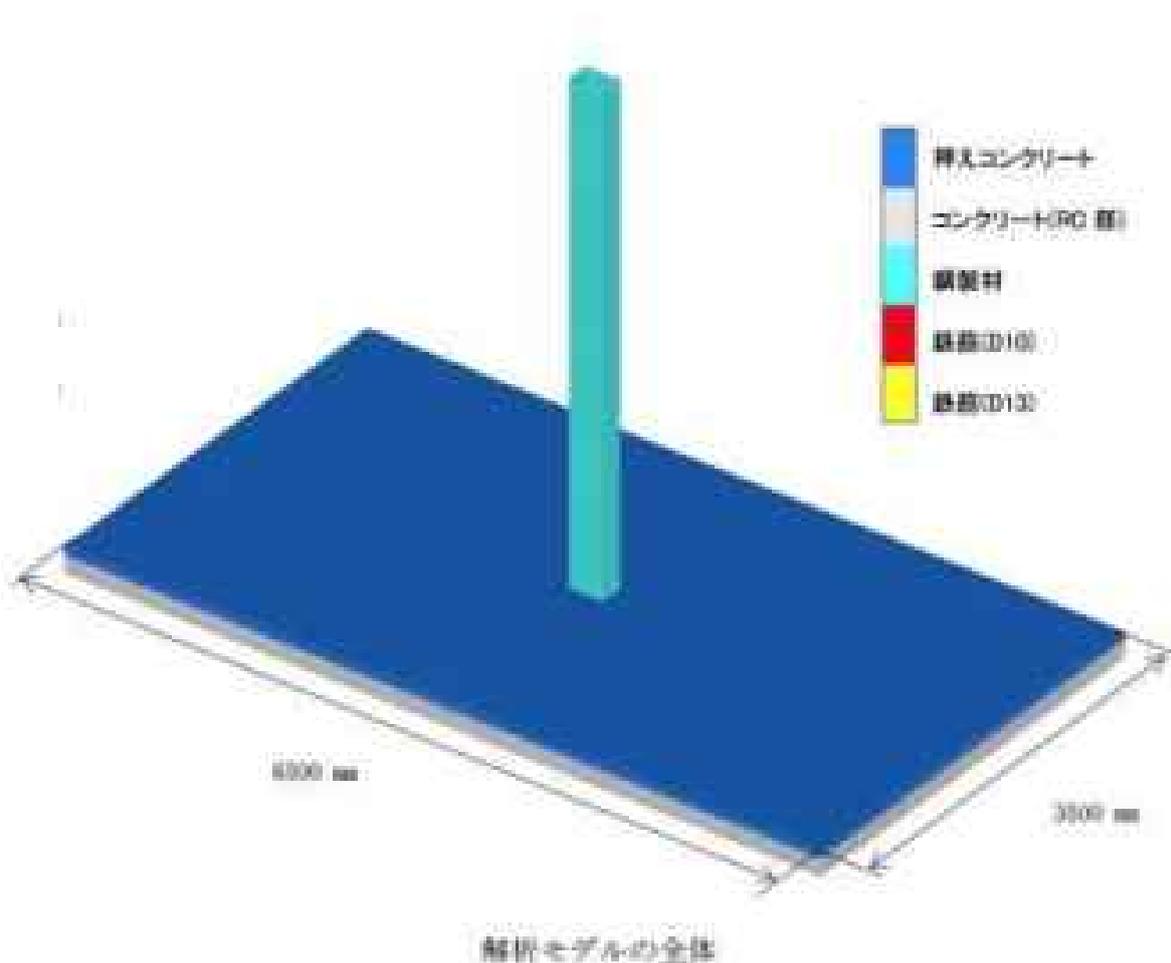
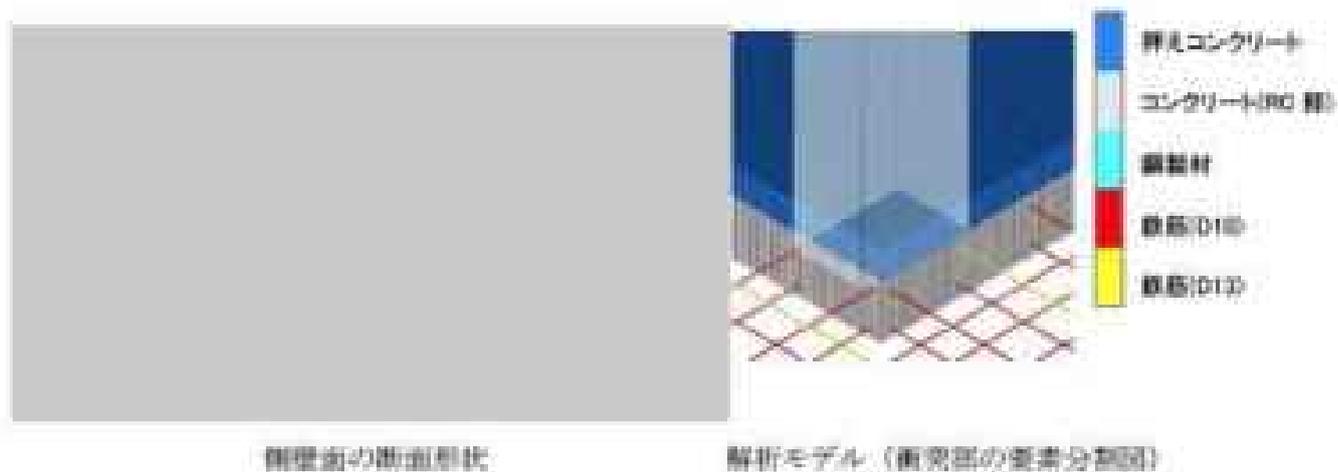


図 2-2-1 ガラス強化技術開発施設 (TVF) ガラス強化技術開発棟の
屋上スラブの解析モデル概要

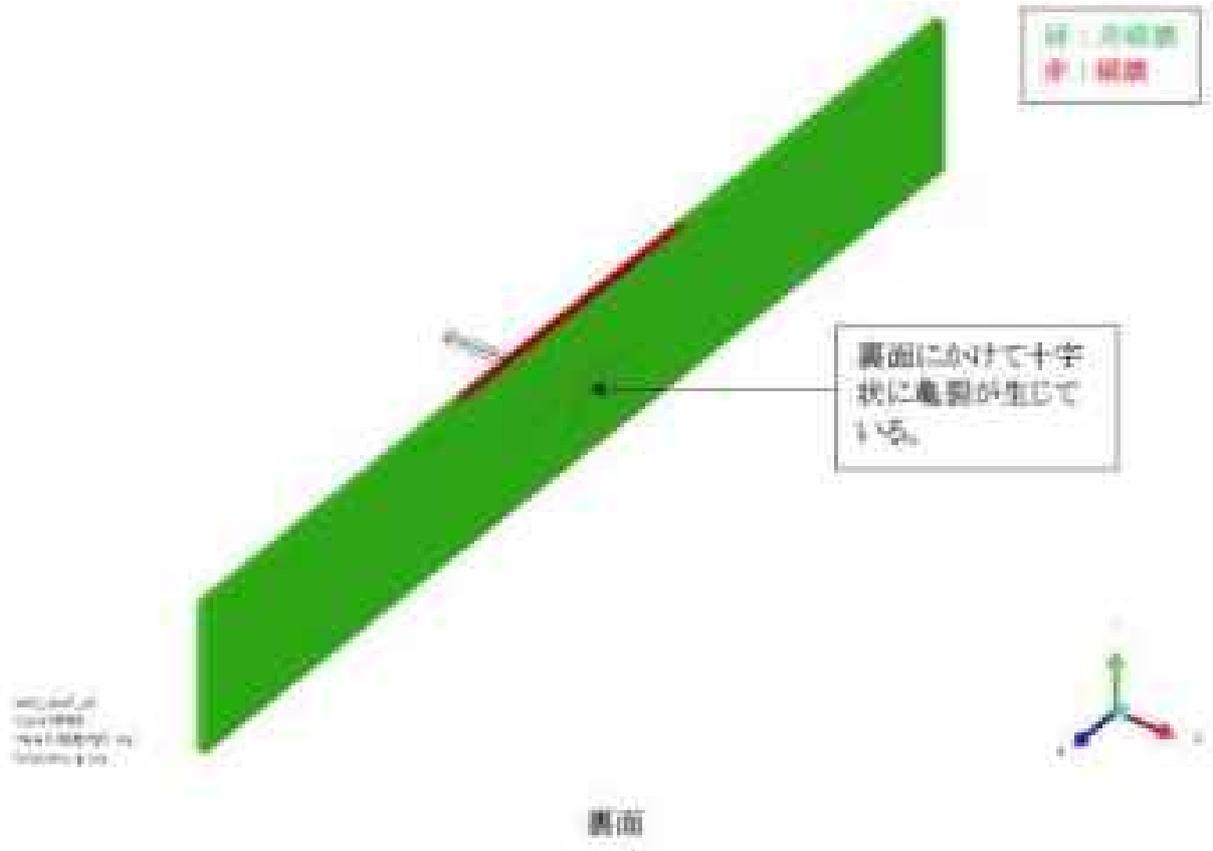
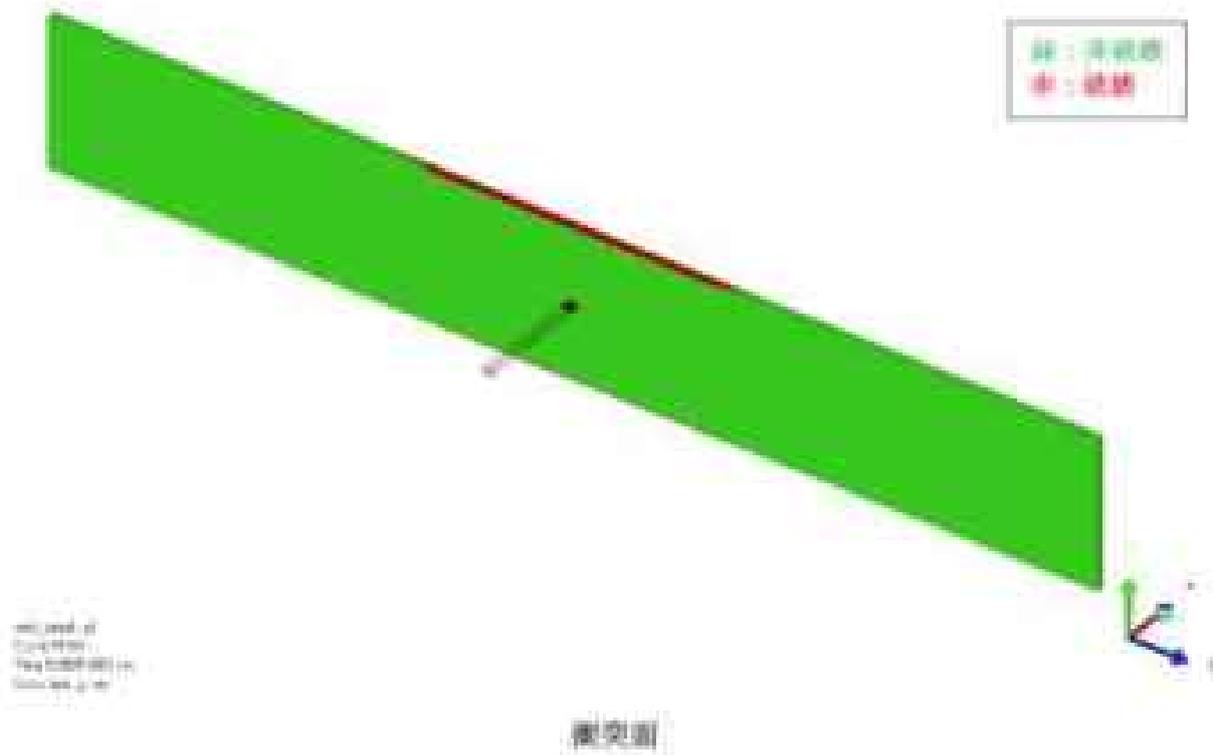


図 3-1 高放射性液体貯蔵場 (HSL) の側表面の損傷状態図 (1/2)
(衝突後 50 ms 全体)

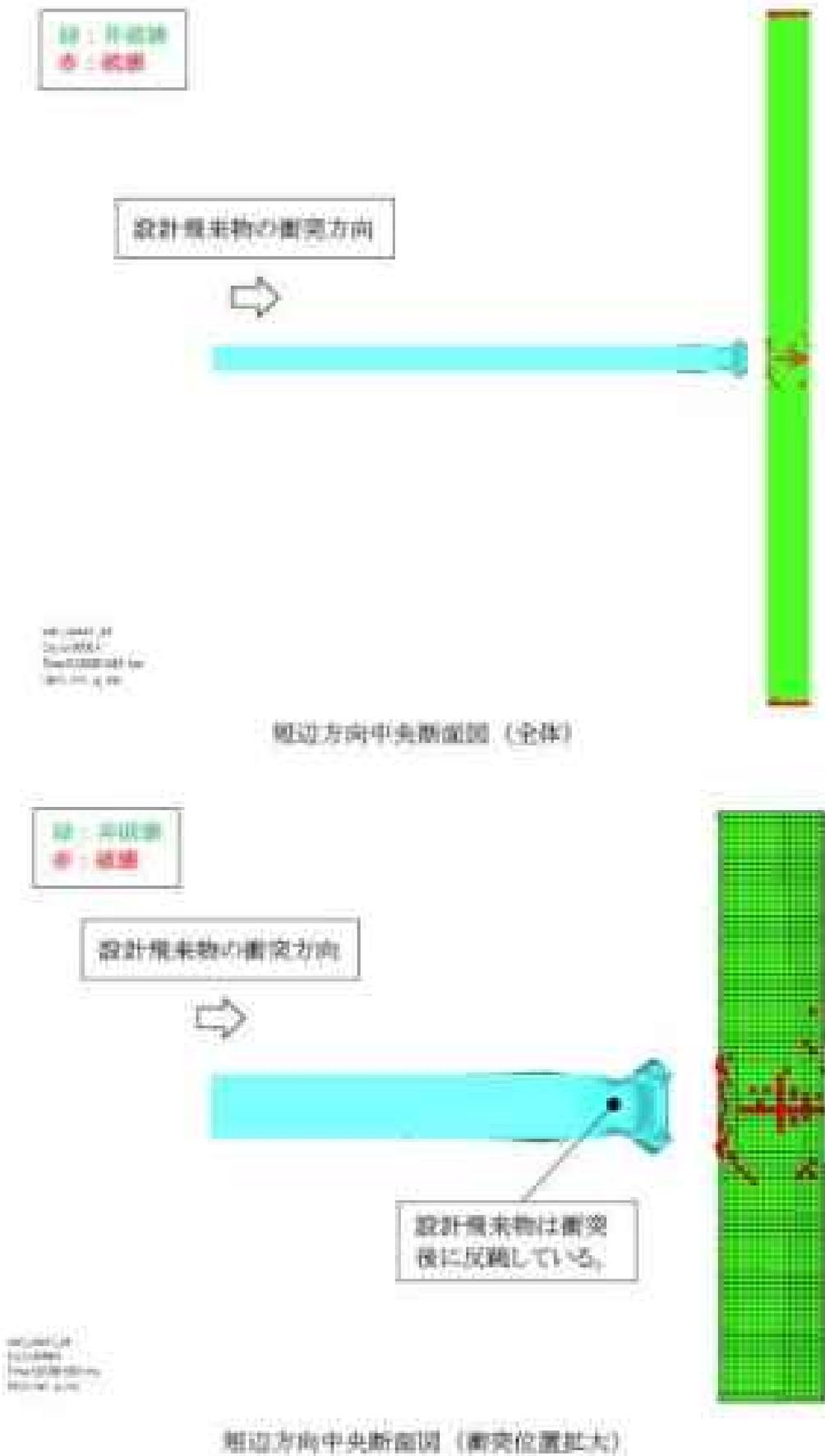


図 3-1 高放射線廃液貯蔵罐（HAR）の側壁部（ ）の損傷状態図（2/2）
（衝突後 50 ms 短辺方向中央断面図）

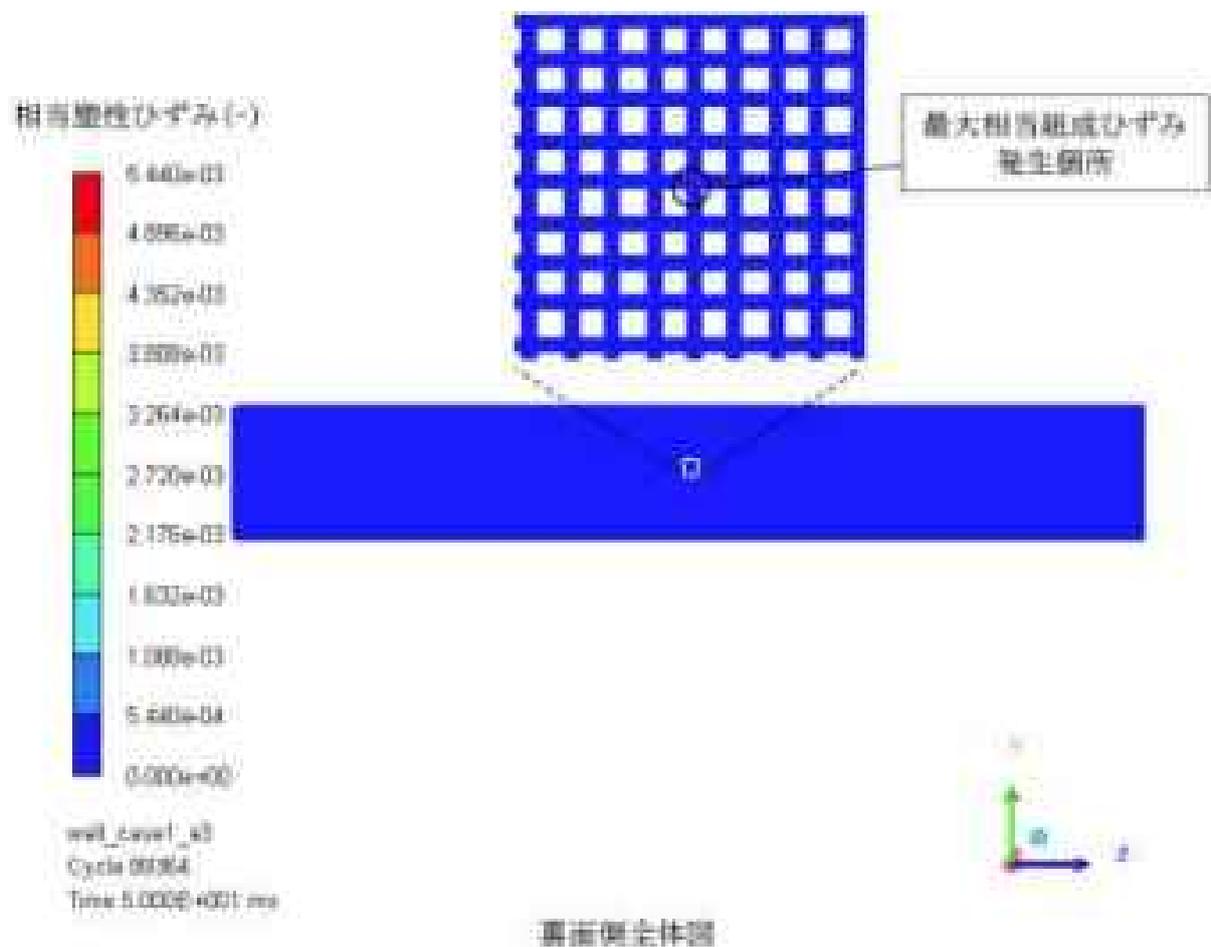
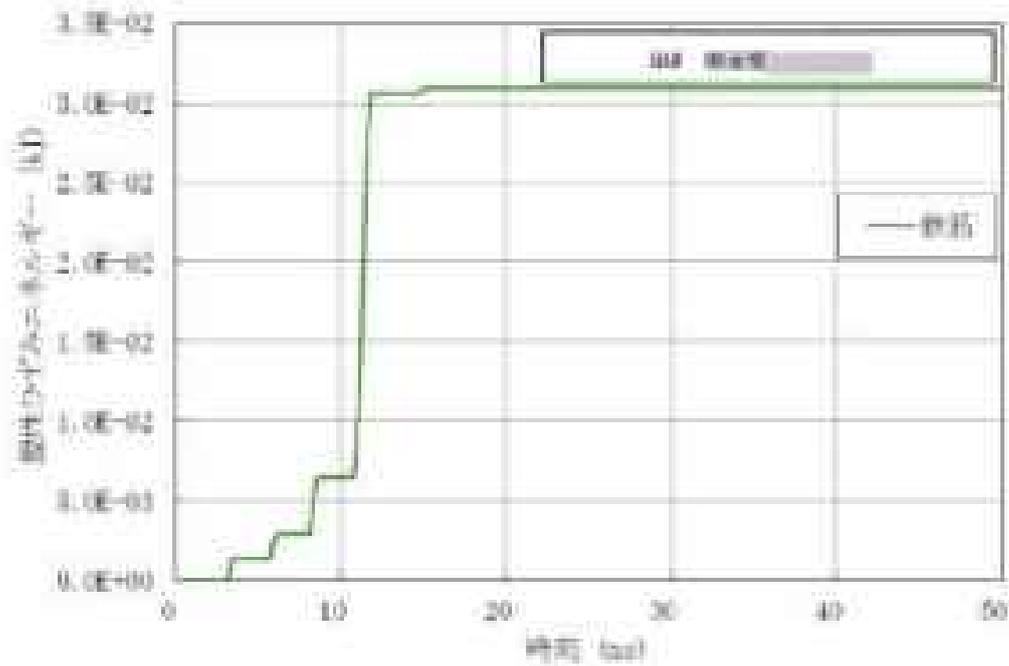
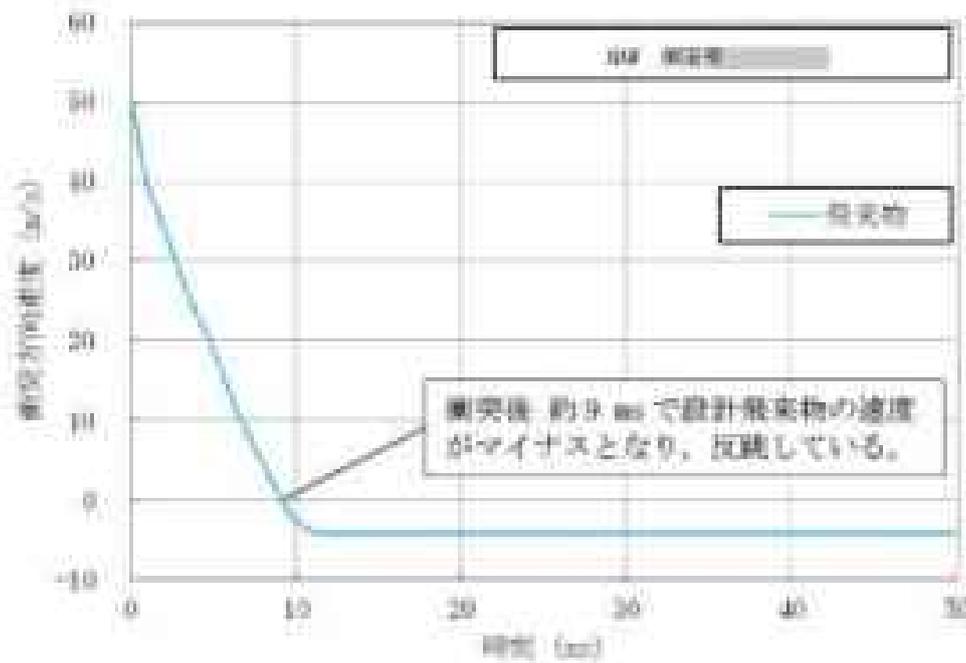


図 3-2 高放射線耐液貯蔵場 (HAR) の側壁面 (裏面側) の断面の最大相当歪みひずみコンター図 (衝突後 50 ms)

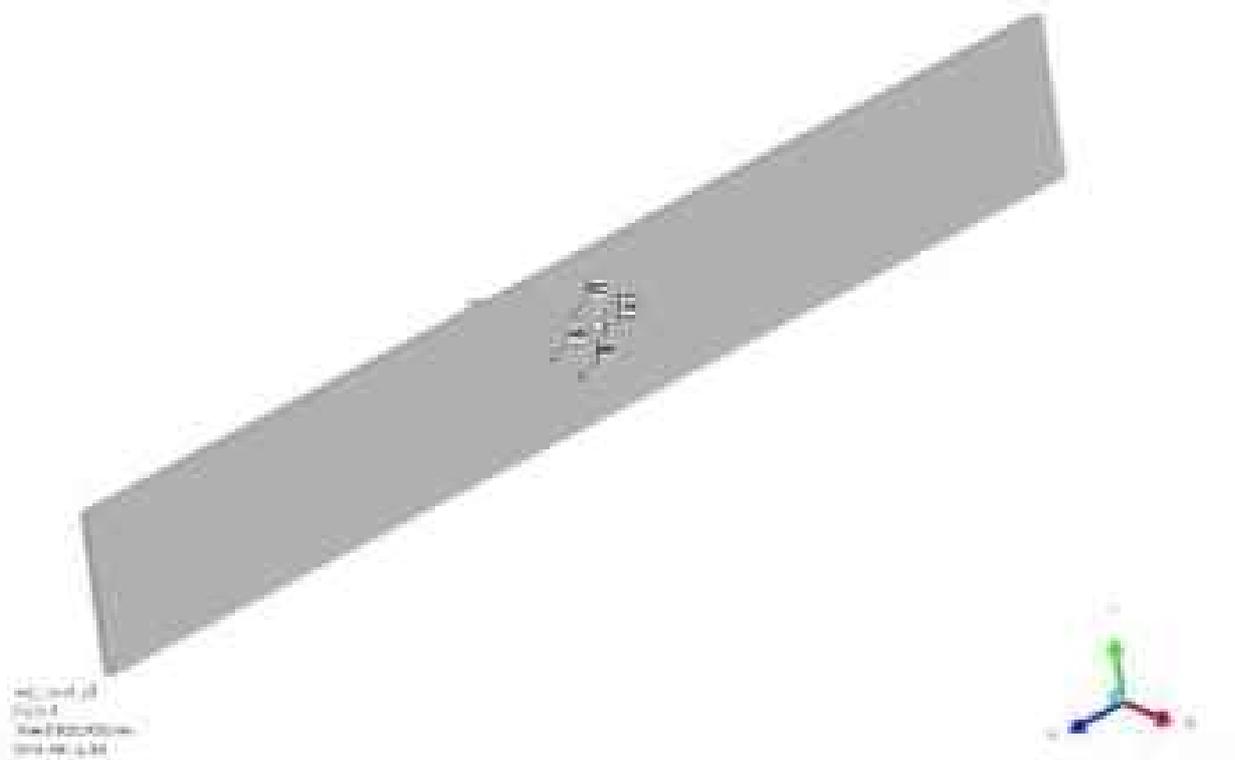


a) 鉄筋の最大ひずみエネルギー時刻歴

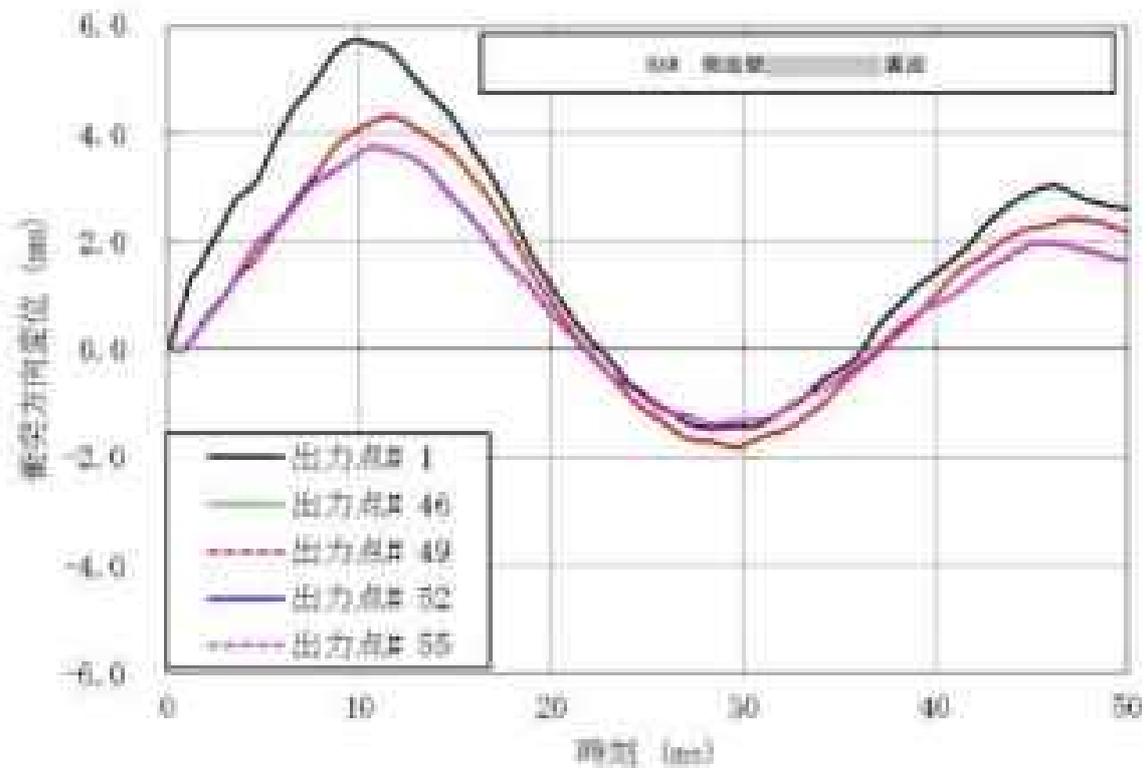


b) 設計衝突物の衝突方向速度時刻歴

図 3-3 高放射線処理貯蔵場 (JMR) の倒壊面()の時刻歴
(鉄筋の最大ひずみエネルギー及び設計衝突物の衝突方向速度)



a) 変位時刻歴データを抽出する要素の位置 (断面位置の裏面の中心1点と周辺4点)



b) 変位時刻歴データを抽出した要素の変位時刻歴

図 3-4 高放射性線状加速器 (LIA) の側面図 (a) の衝突方向変位と時刻の関係

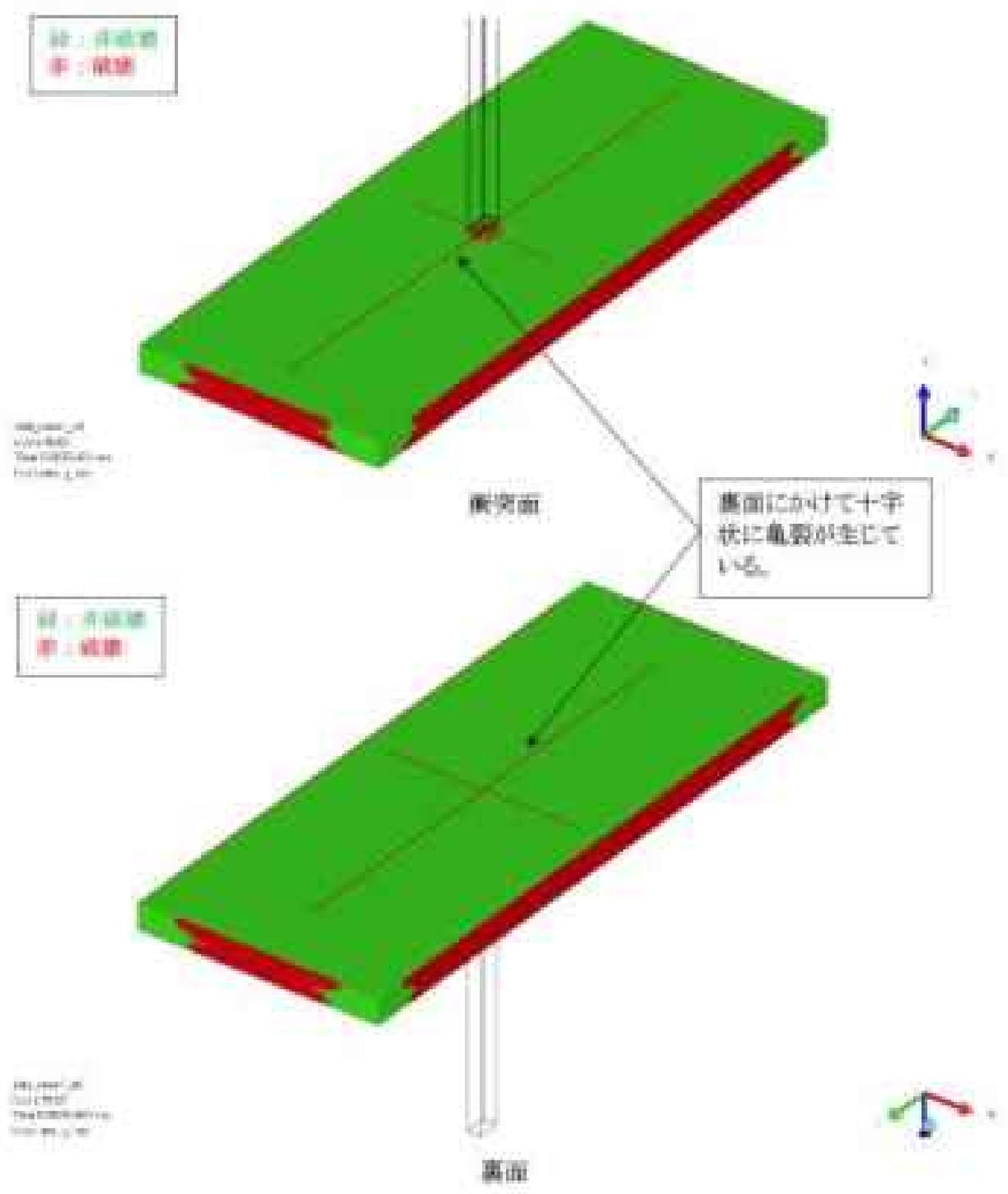


図3-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAF) の屋上スラブの損傷状態図 (1/2)
(衝突後 50 ㎓ 全体)

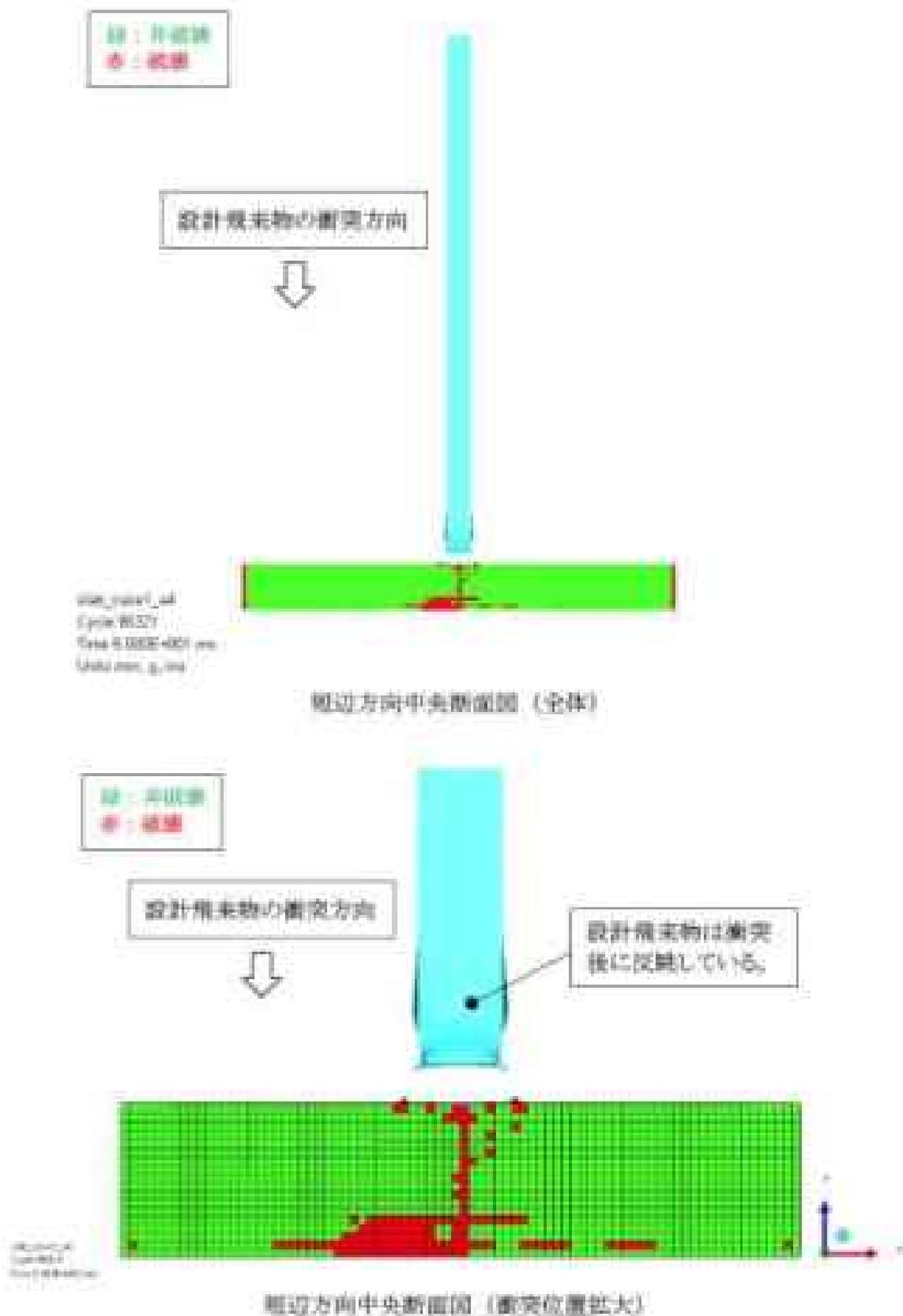


図 3-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAF) の地上スラブの損傷状態図 (2/2)
 (衝突後 50 ms 短辺方向中央断面図)

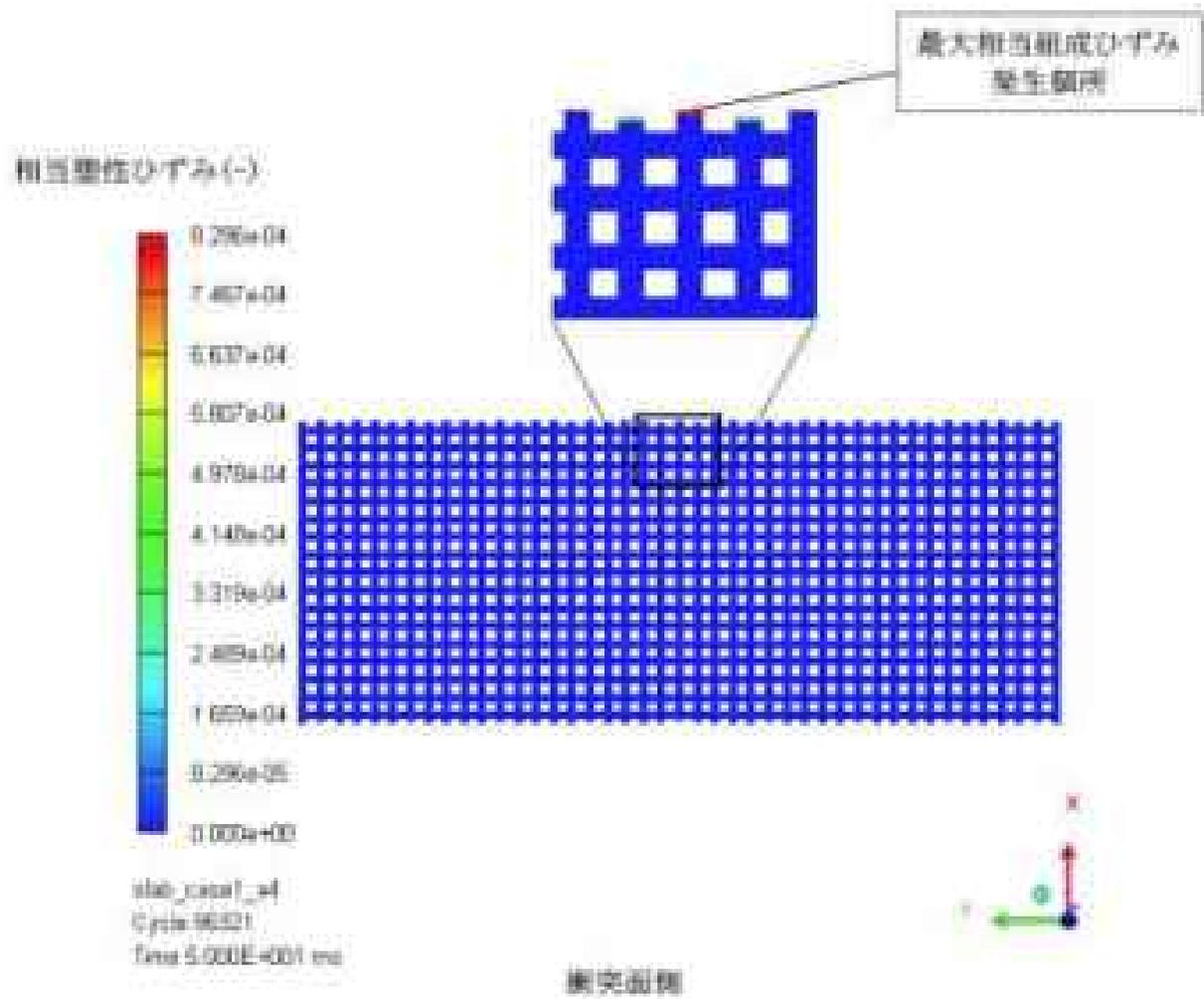
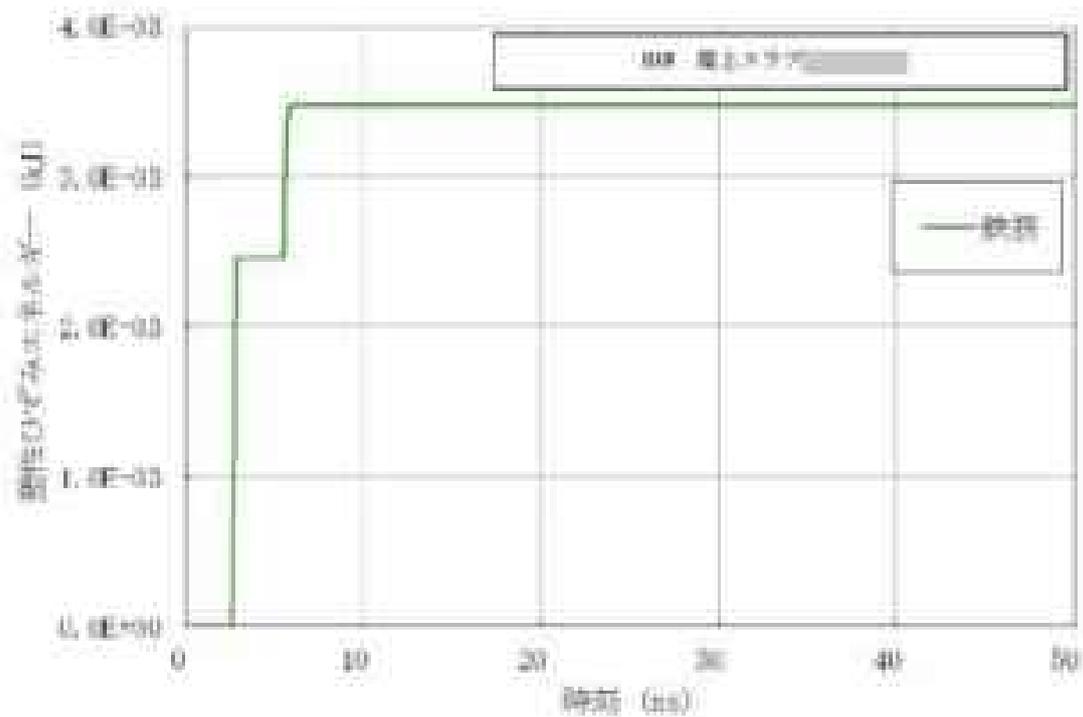
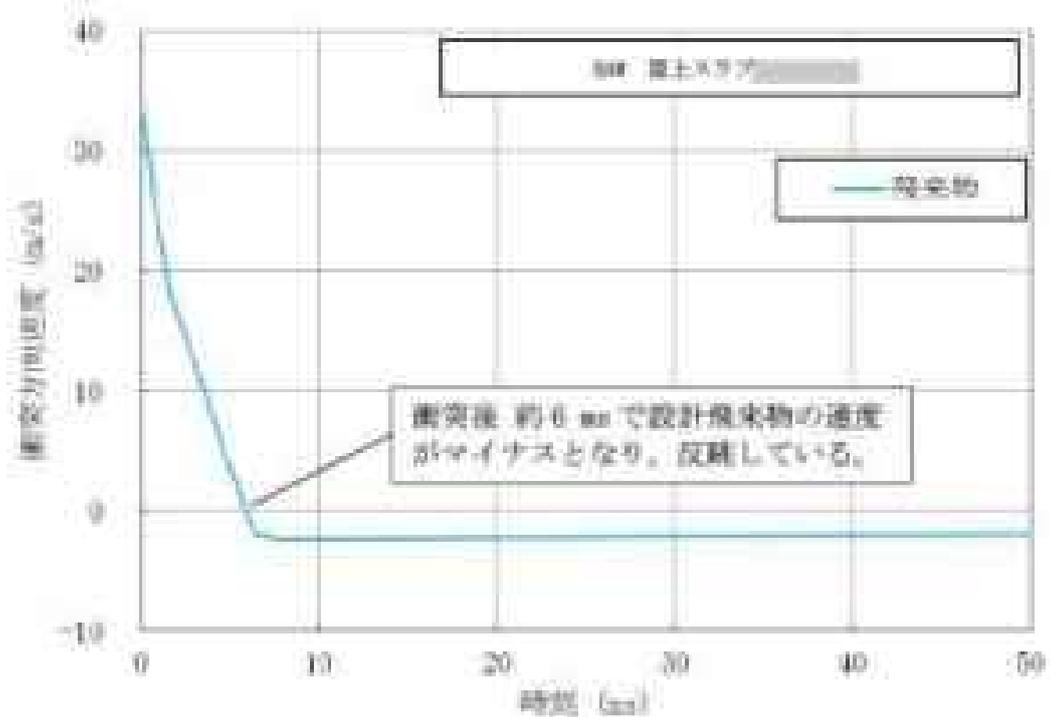


図 3-6 高放射性廃液貯蔵罐 (HAW) の地上スラブの鉄筋の最大相当塑性ひずみコンター図 (衝突後 50 sec)

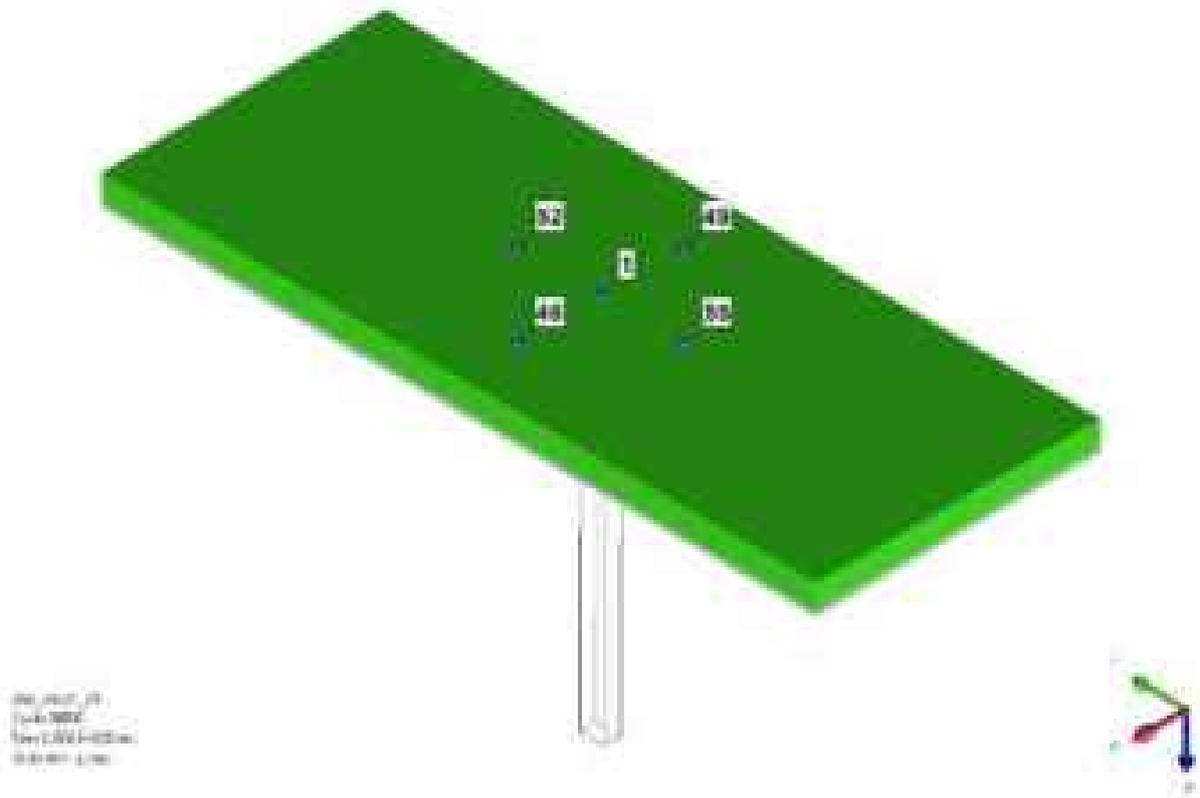


a) 鉄筋の弾性ひずみエネルギー—時刻歴

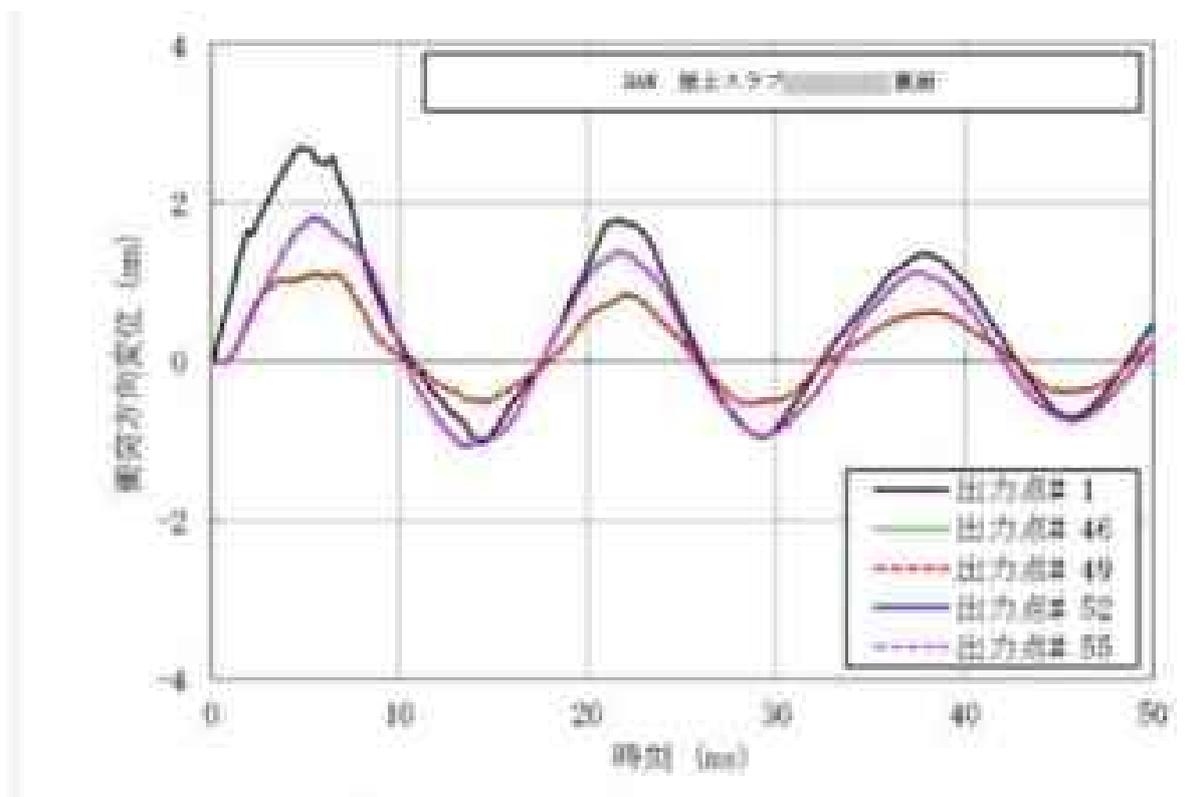


b) 設計飛来物の衝突方向速度時刻歴

図 3-7 高放射線廃液貯蔵場 (IIR) の畳上スラブの時刻歴
(鉄筋の弾性ひずみエネルギー及び設計飛来物の衝突方向速度)



a) 変位時刻歴データを抽出する要素の位置（衝突位置の真面の中心 1 点と周辺 4 点）



b) 変位時刻歴データを抽出した要素の変位時刻歴

図 3-8 高放射線照射装置 (HAR) の屋上ステップの衝突方向変位と時刻の関係

緑：非破壊
赤：破壊

Copyright ©
Copyright ©
Copyright ©

緑：非破壊
赤：破壊

Copyright ©
Copyright ©
Copyright ©

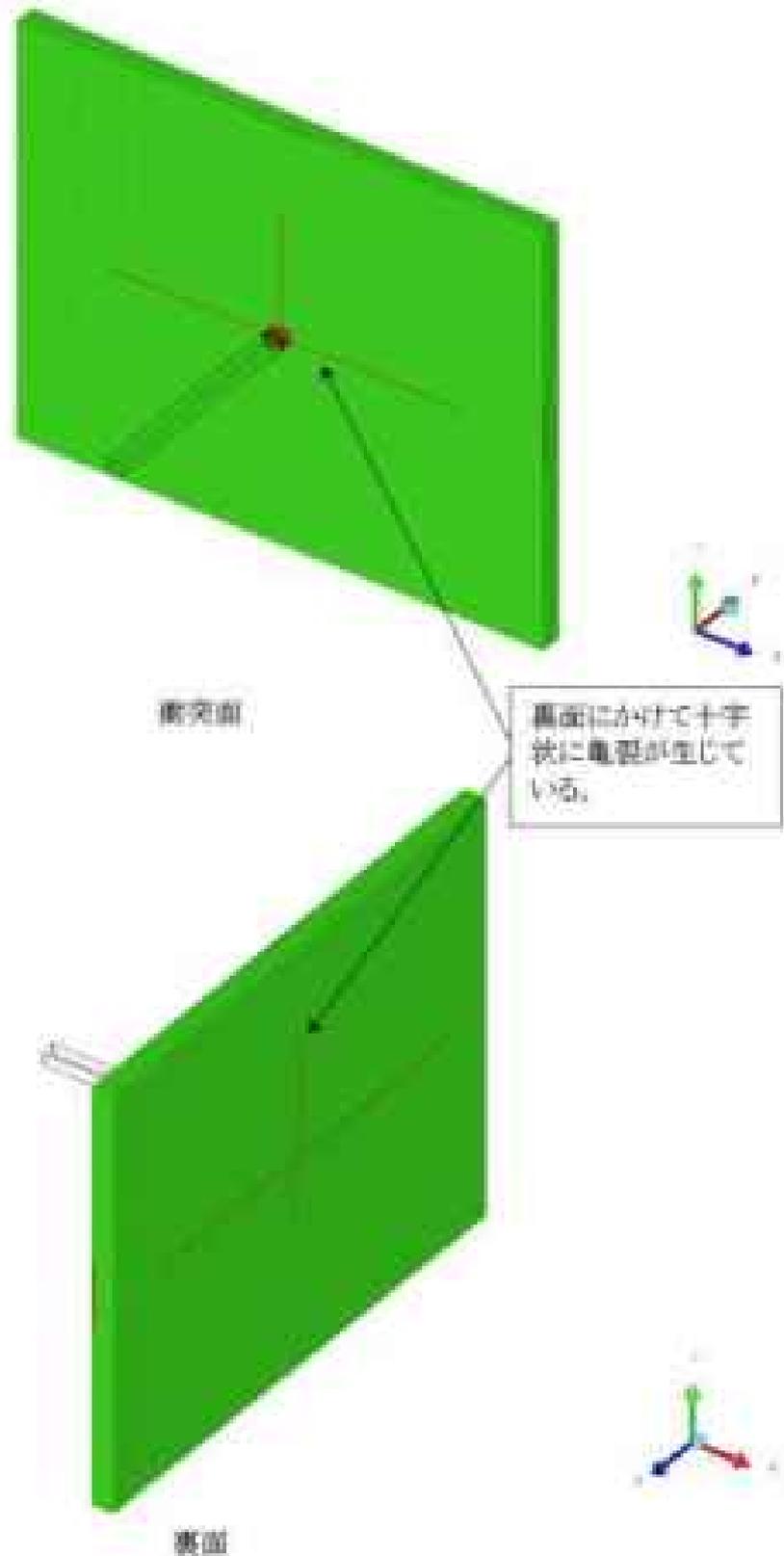


図 3-9 ガラス強化技術開発施設 (TVF) ガラス強化技術開発棟の割裂面の損傷状態図 (1/2)
(割裂後 50 mm 全体)

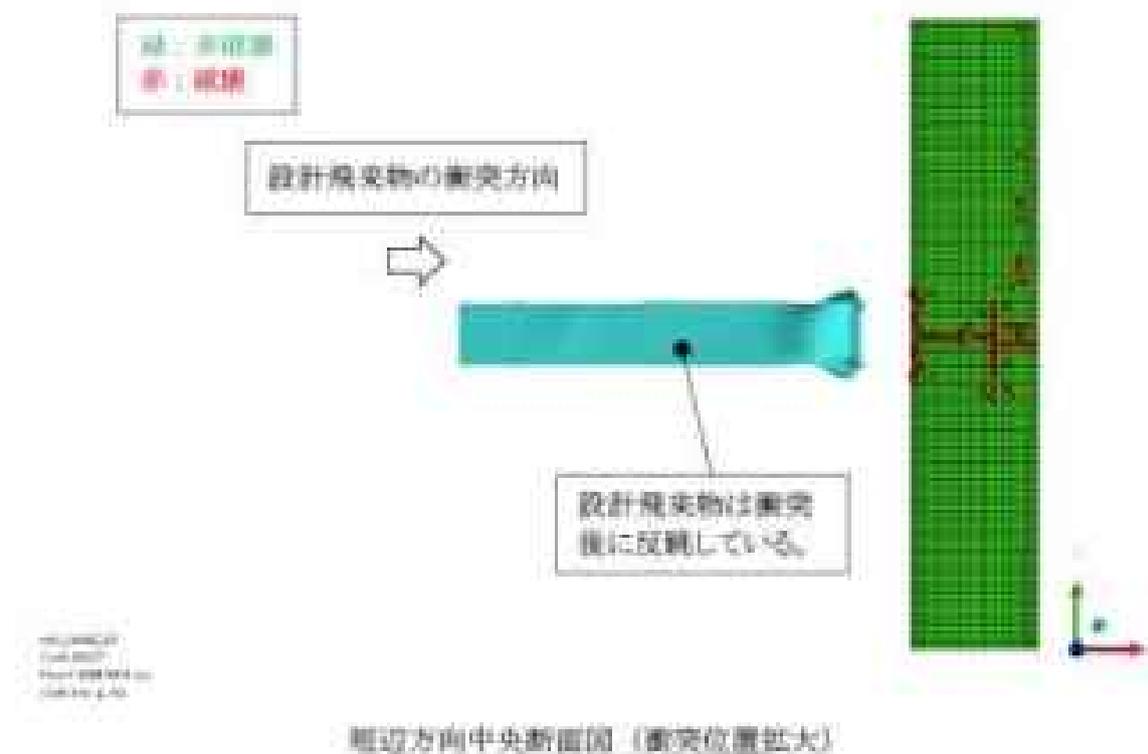
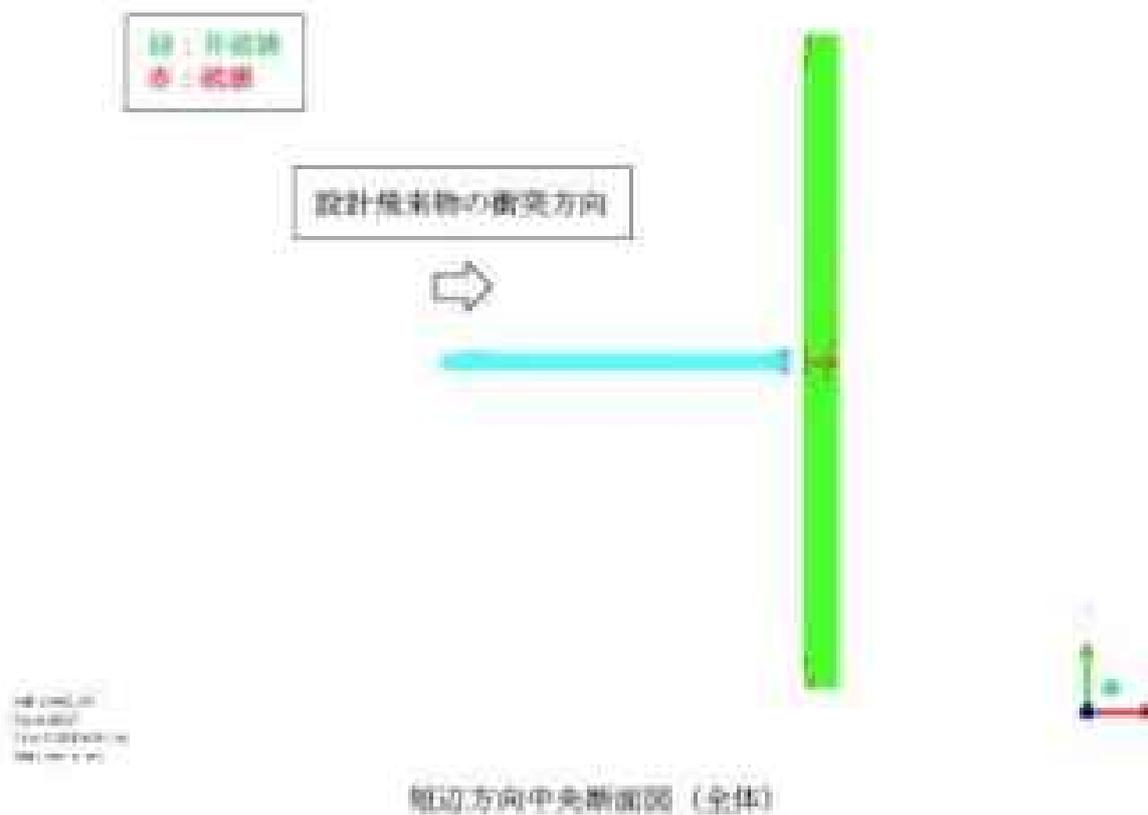


図 3-9 ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の側壁面の損傷状態図（2/2）
（衝突後 50 ms 全体）

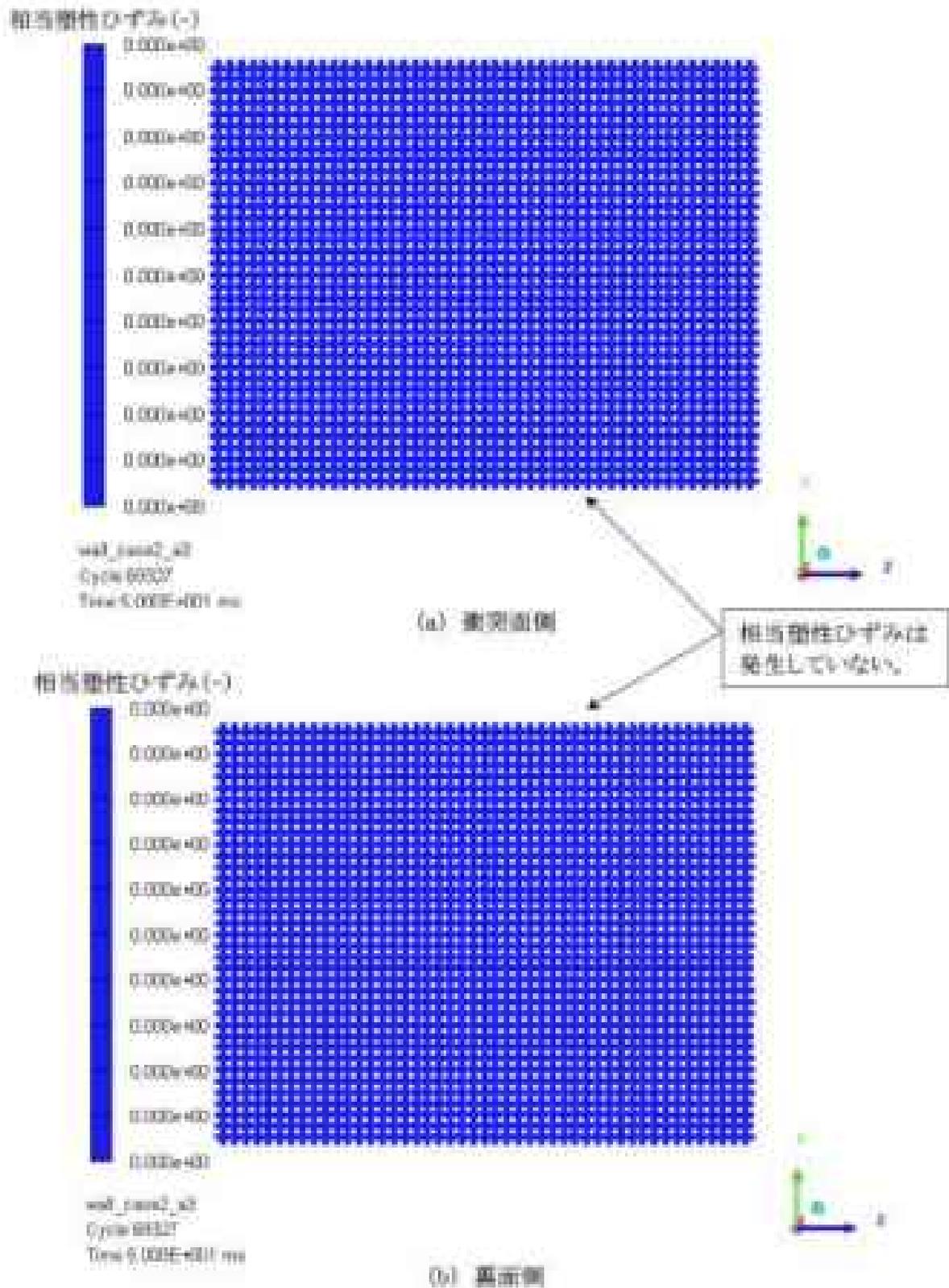
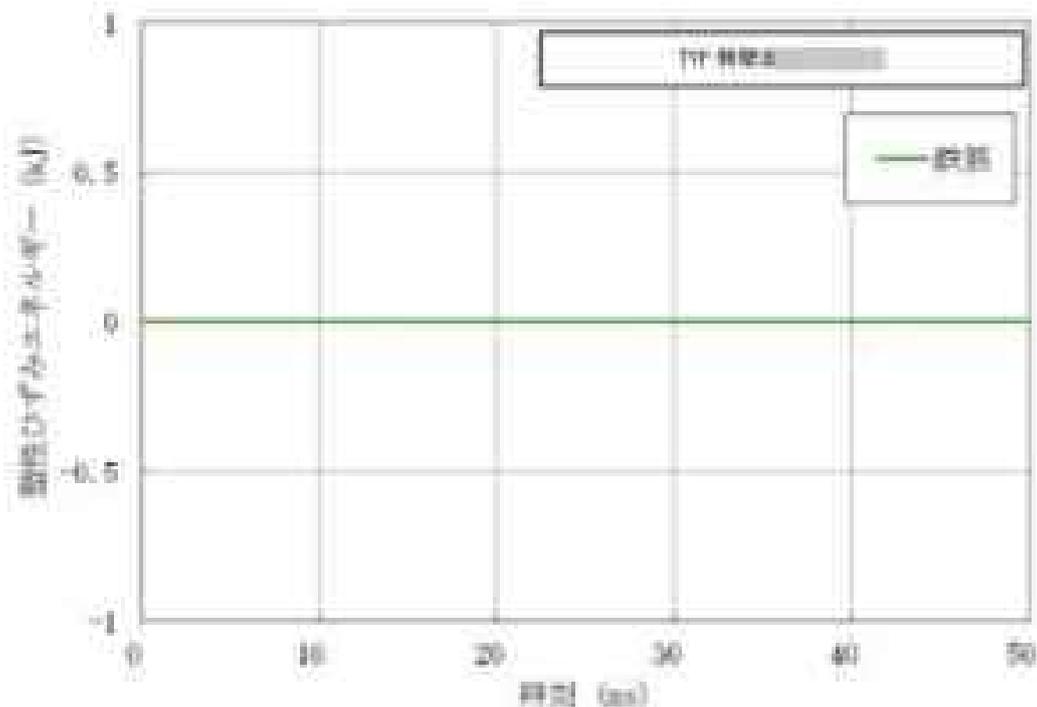
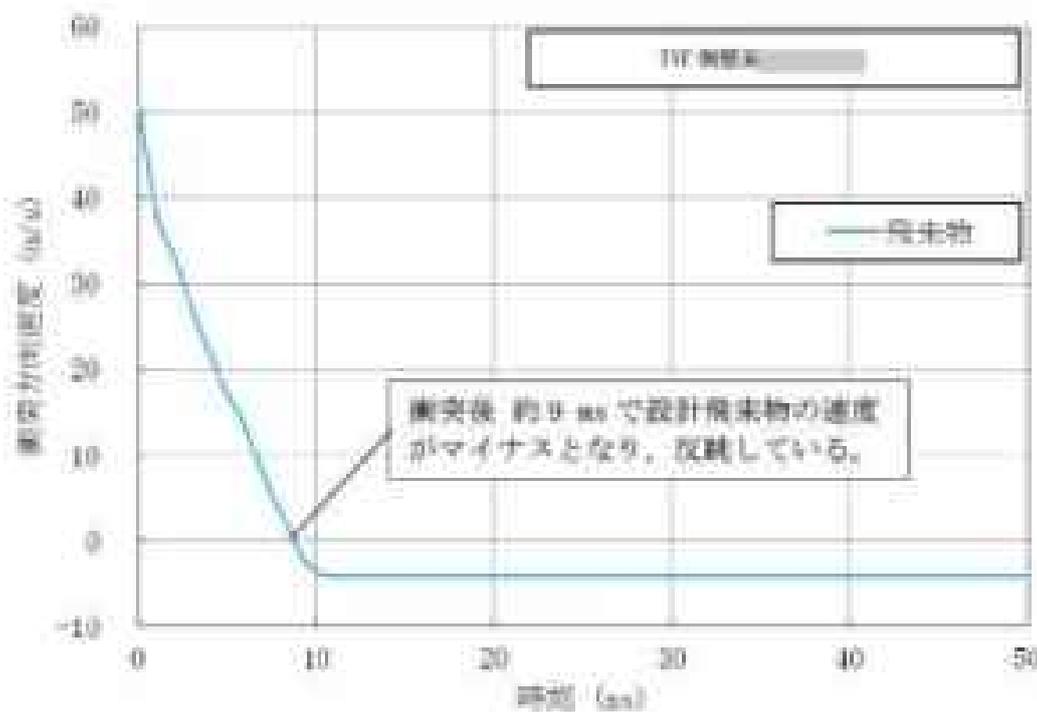


図 4-10 ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟の衝突直前直後の最大相当塑性ひずみコンター図 (衝突後 50 ms)

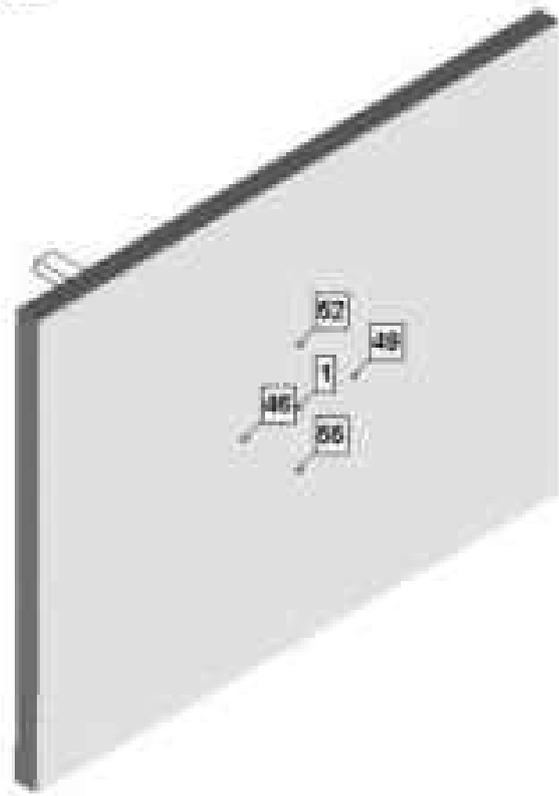


a) 鉄筋の弾性ひずみエネルギー時刻歴

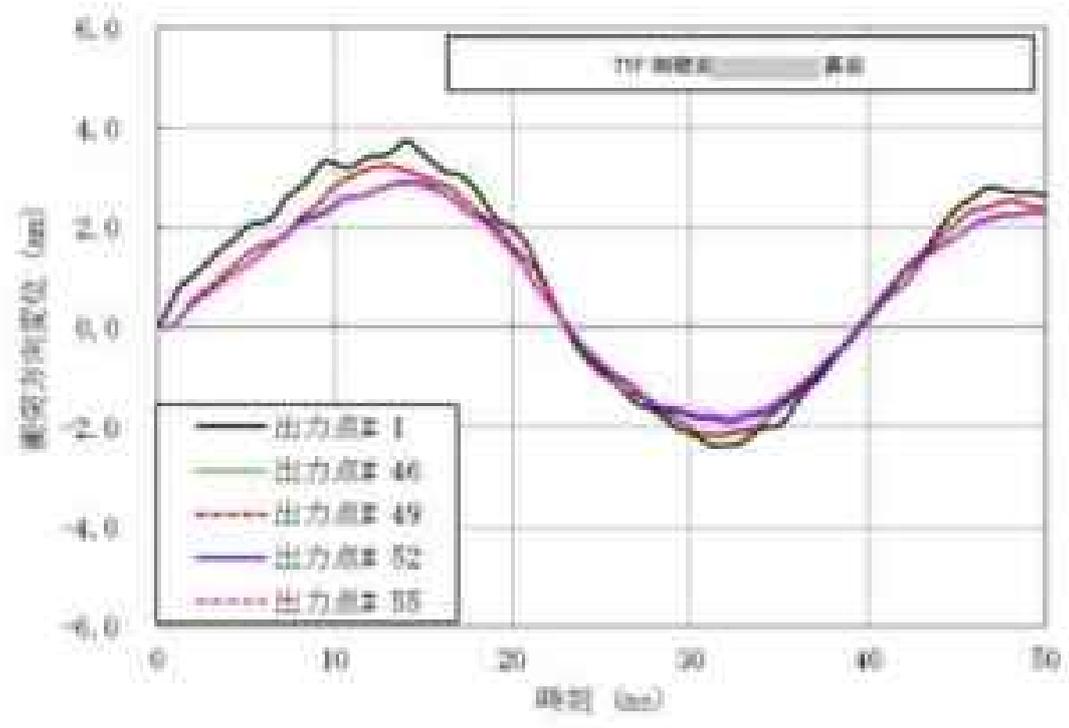


b) 設計飛来物の衝突方向速度時刻歴

図 3-11) ガラス固化技術開発施設 (TTF) ガラス固化技術開発棟の基礎部()の時刻歴 (鉄筋の弾性ひずみエネルギー及び設計飛来物の衝突方向速度)



a) 変位時系列データを抽出する要素の位置 (衝突位置の裏面の中心 1 点と周囲 4 点)



b) 変位時系列データを抽出した要素の変位時系列

図 3-12 ガラス強化技術開発施設 (TRF) ガラス強化技術開発棟の側壁面
の突方向変位と時刻の関係

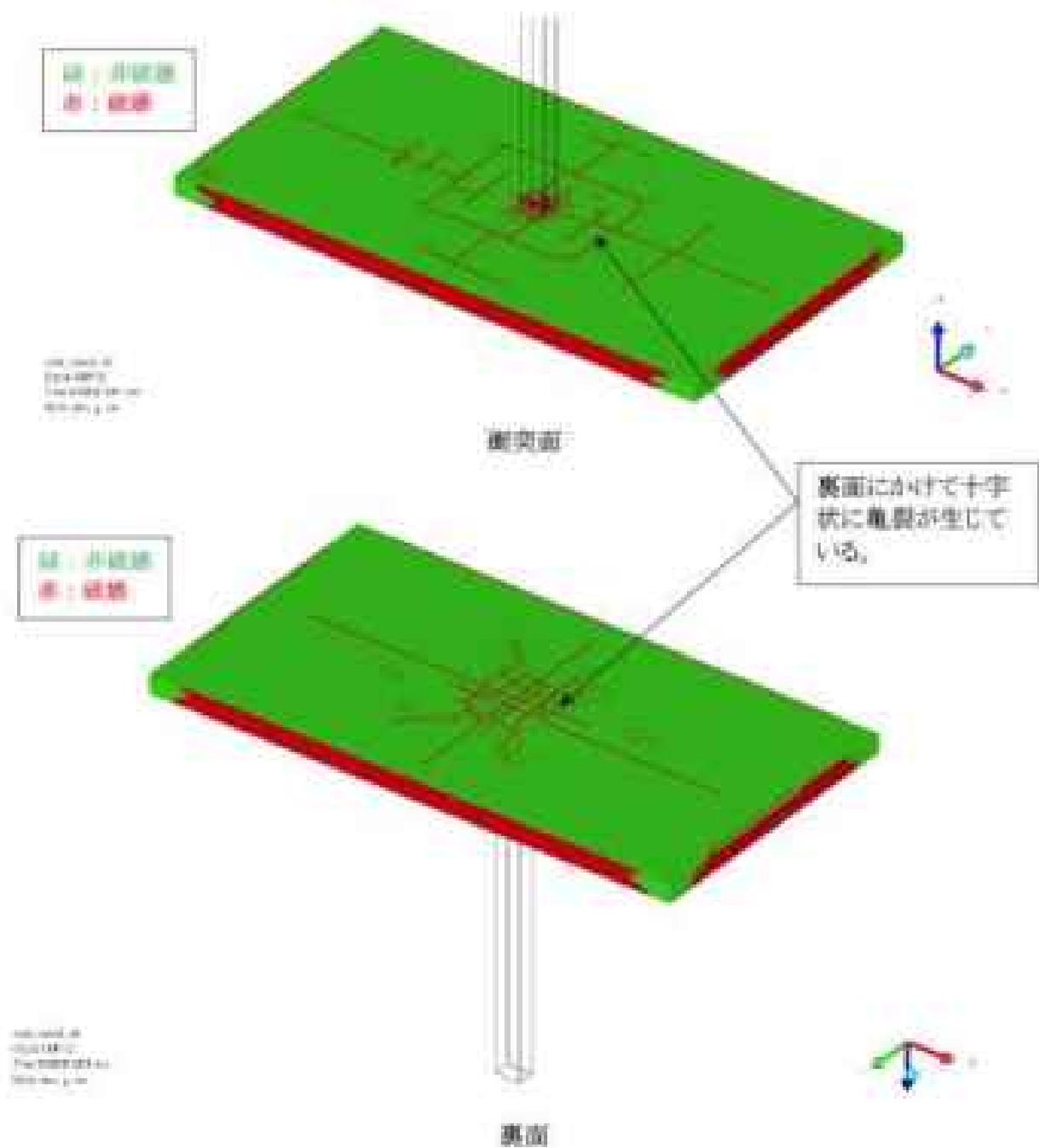


図3-13 ガラス固化技術開発施設（TF）ガラス固化技術開発棟の屋上スラブの損傷状態図（1/2）
（衝突後50 mm全体）

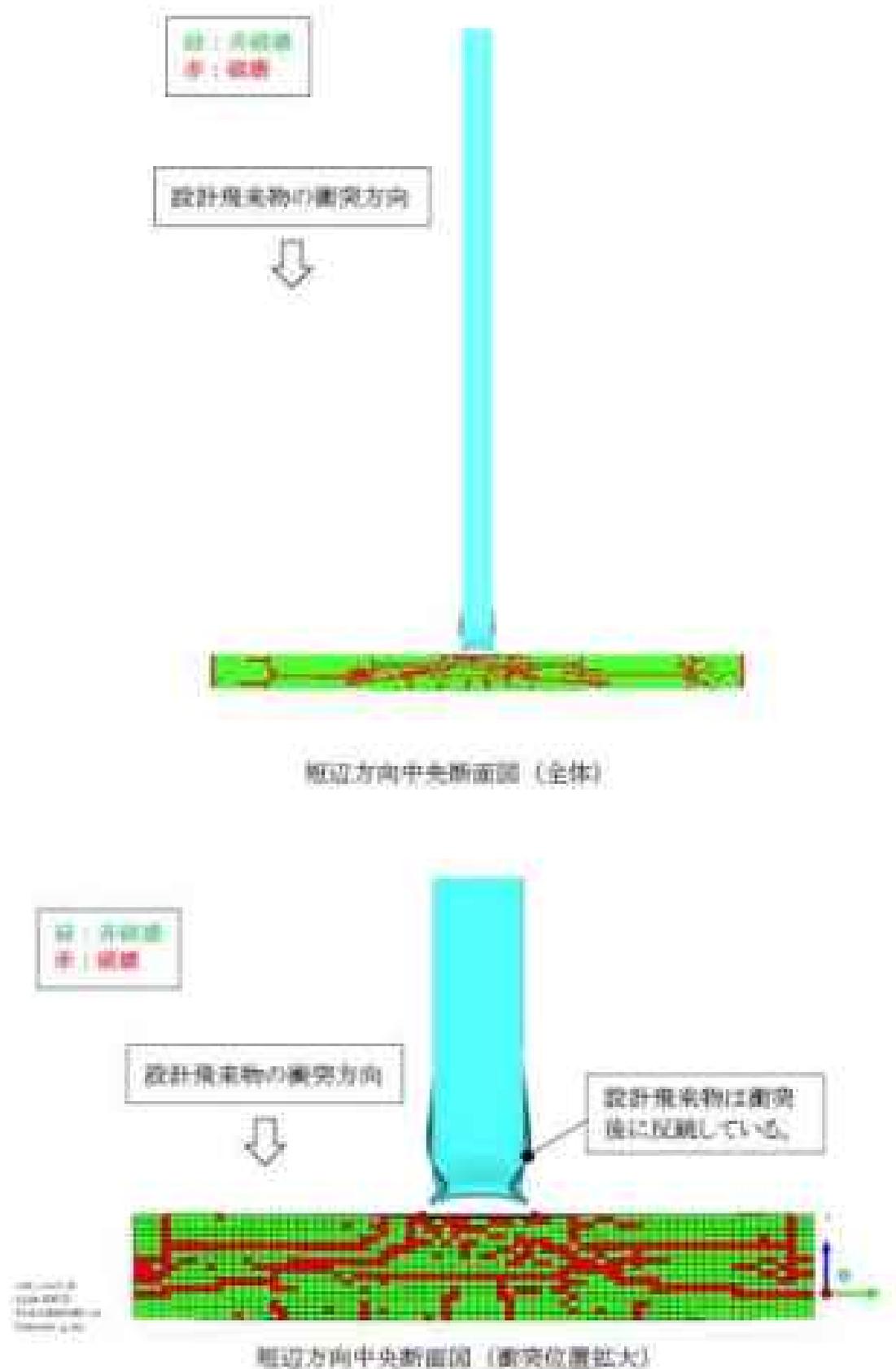


図 3-13 ガラス強化技術開発施設 (ITF) ガラス強化技術開発棟の屋上スラブの損傷状態図 (2/2)
(衝突後 50 ms 全体)

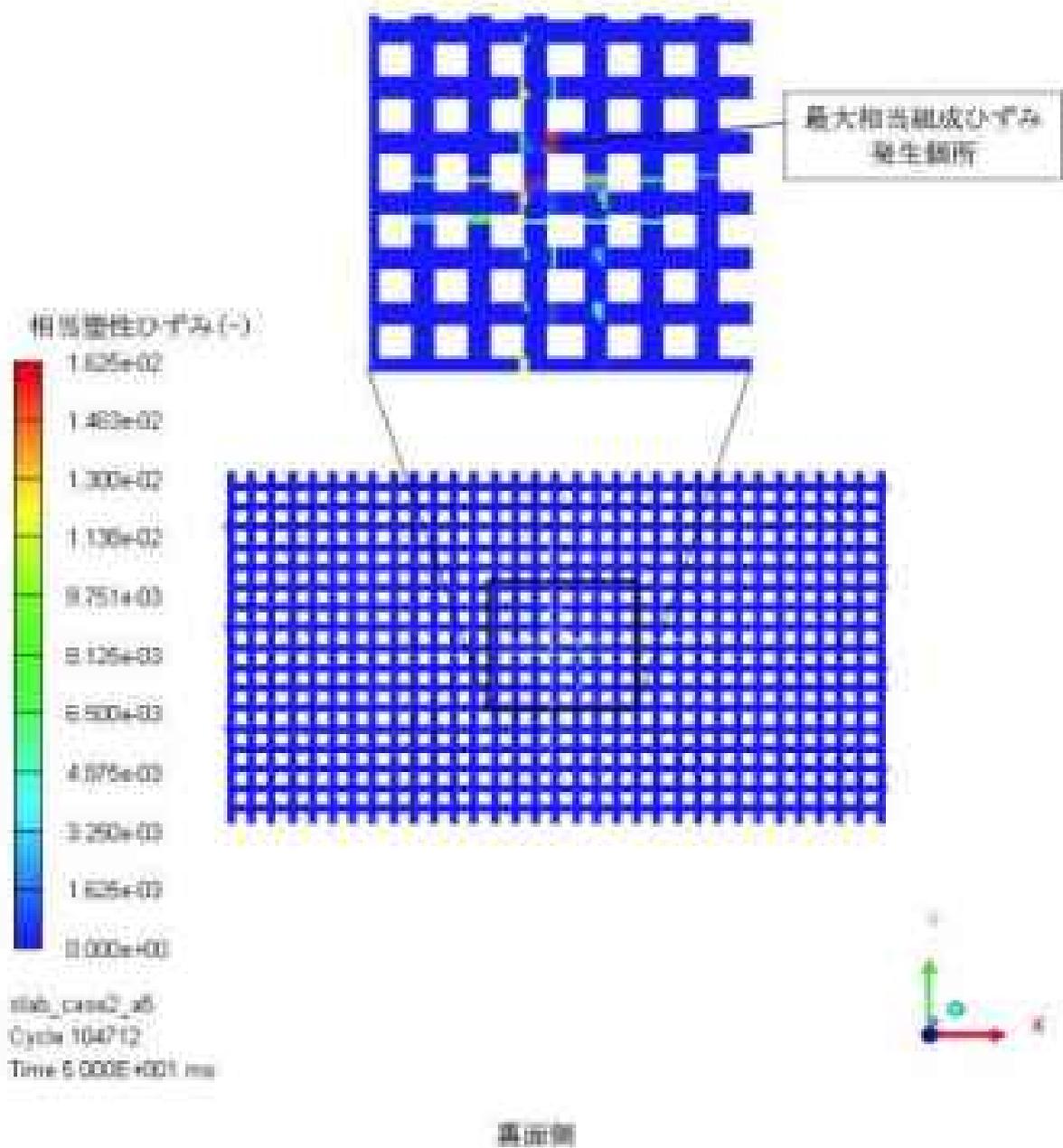
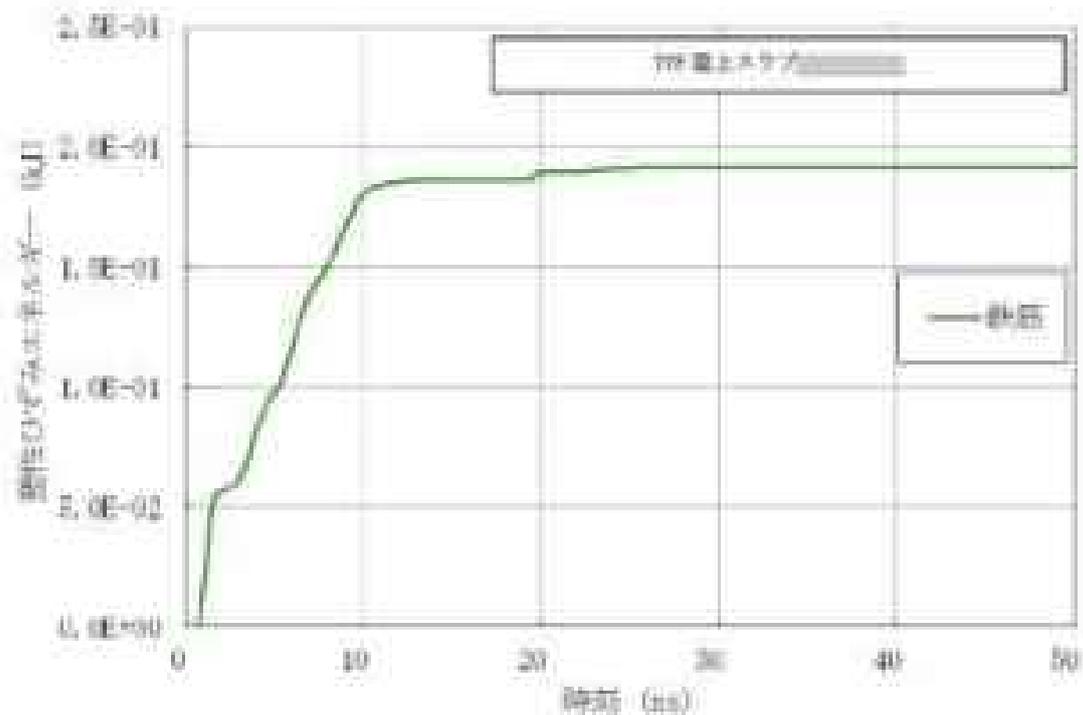
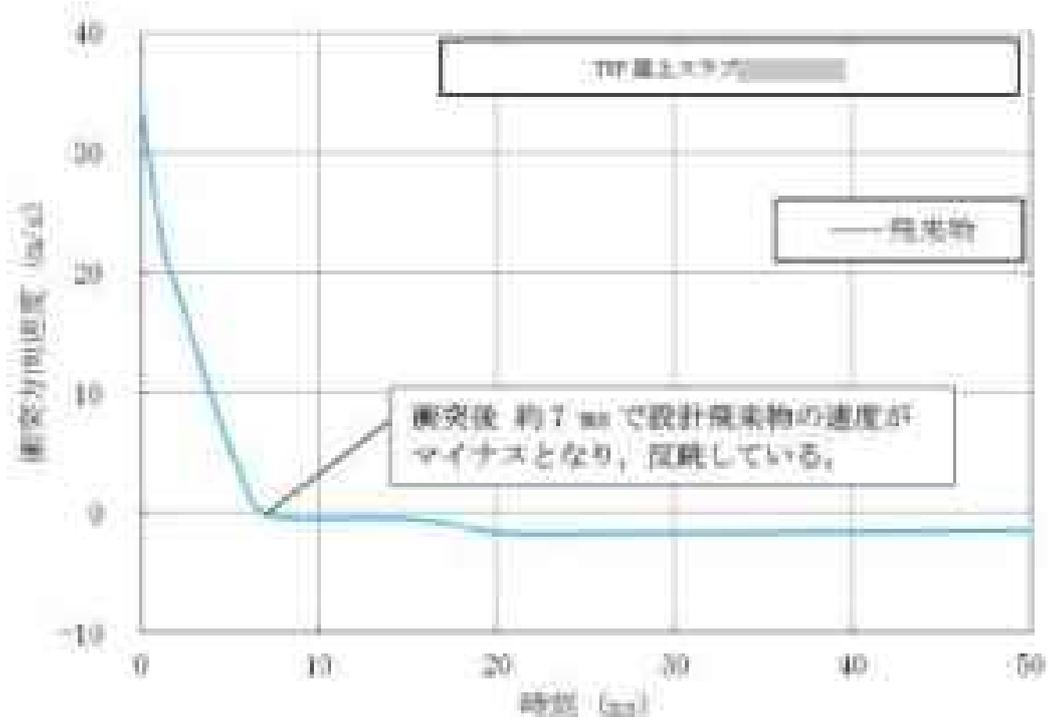


図 3-14 ガラス固化技術開発施設 (TYF) ガラス固化技術開発棟の地上スラブの鉄骨の最大相当歪みひずみコンター図 (衝突後 50 ms)

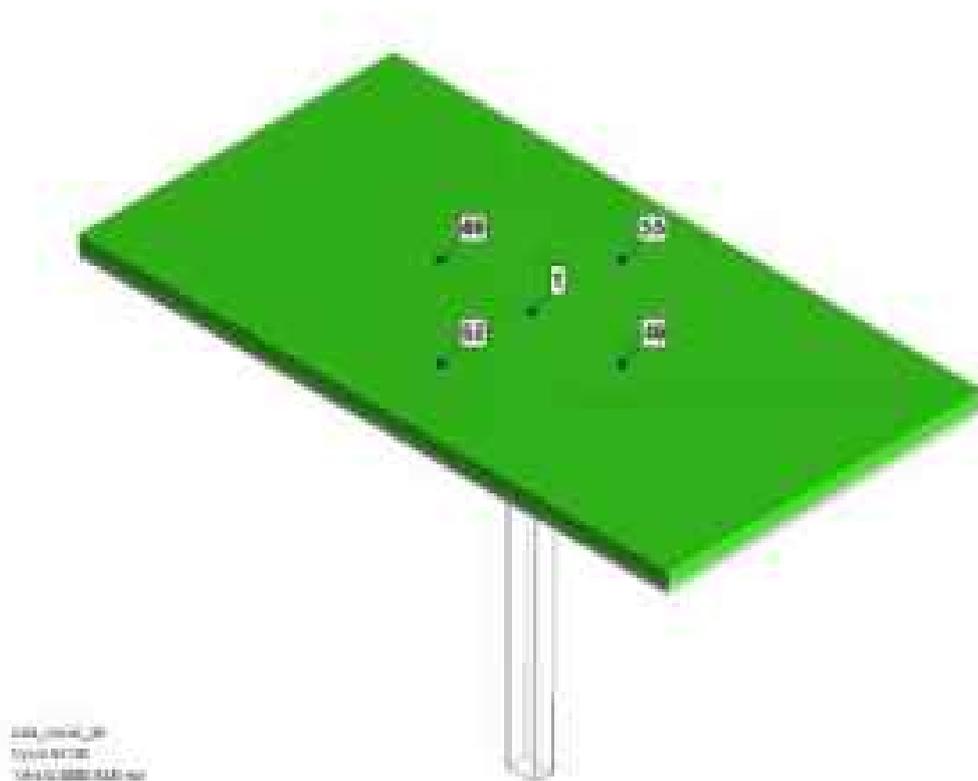


a) 鉄筋の弾性ひずみエネルギー—時刻歴

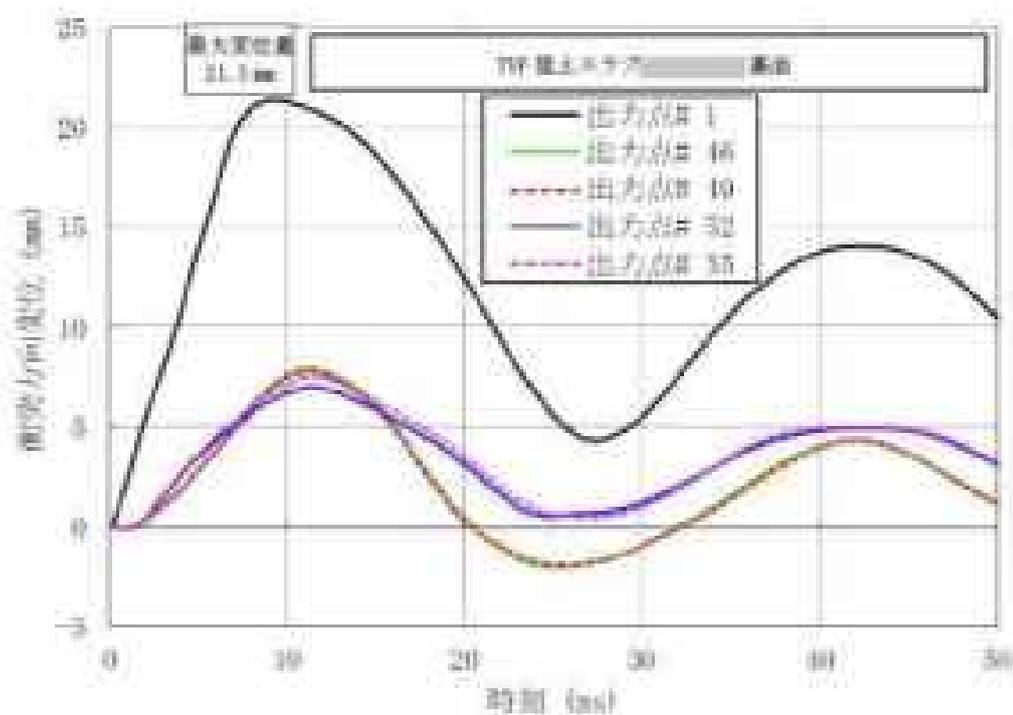


b) 設計対象物の衝突方向速度時刻歴

図 2-18 ガラス強化技術開発施設 (TFT) ガラス強化技術開発棟の屋上スラブの時刻歴 (鉄筋の弾性ひずみエネルギー及び設計対象物の衝突方向速度)



a) 変位時刻歴データを抽出する要素の位置（衝突位置の裏面の中心1点と周囲4点）



b) 変位時刻歴データを抽出した要素の変位時刻歴

図 3-16 ガラス強化技術開発施設（TVF）ガラス強化技術開発棟の積上スラブの突方向変位と時刻の関係

計算プログラム（解析コード）ANSYS AUTODYNの概要

1. 概要

再処理施設の設計機実物に対する健全性の健全性評価に用いた解析コードであるANSYS AUTODYN（以下「AUTODYN」という。）について、検証等を行った結果を以下に示す。

2. コードの概要及び検証等

コード名	ANSYS AUTODYN
開発機関	米国Century Dynamics社（2005年 ANSYS社と合併）
開発時期	1985年
使用バージョン	Version 14
使用目的	衝撃問題の非線形時空解析
コードの概要	<p>AUTODYNは、爆発・衝撃問題といった非線形時空解析に特化した解析の専用ツールとして、1985年に米国Century Dynamics社（2005年 ANSYS社と合併）によって開発されている。</p> <p>AUTODYNは、陰解法ソルバを採用した有限要素法解析ツールとは異なり、収束計算を必要としない陽解法ソルバを採用しているため、爆発・衝撃のような非線形性の強い問題の解析に適している。</p> <p>☆ 時空解析には「陰解法」と「陽解法」の種類の手法があり、陰解法は解を求めるために収束計算を必要とすることから、非線形性の強い問題の場合は解が暴散して計算が継続できなくなる場合がある。一方、陽解法は収束計算の必要がないことから、比較的短時間で安定して解が得られる。</p> <p>AUTODYNには、気体/液体/固体等の解析対象に応じた要素の使い分けや、異なる要素タイプ間での連続解析が可能であり、変形レベルの大きい変形部分と比較的変形レベルの小さい構造物部分の要素を使い分けてモデル化し、それらを連続させて計算することで、衝撃荷重を伴う変形-構造連続問題を解くことができる。AUTODYNの基礎方程式は以下の3つである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・質量保存則 ・運動量保存則 ・エネルギー保存則

<p>コードの概要</p>	<p>これら3保存期に加え、物質の特性を決定づける状態方程式と構成則を連立して解いている。さらに、誤差則を定義することで物体の破壊挙動を評価できる。</p>
<p>検証及び 妥当性確認</p>	<p>AUTOYN Version 10は、飛来飛来物と爆発性燃の衝突解析に使用している。</p> <p>【検証】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄筋コンクリート壁への衝突試験について、AUTOYN Version 10 による解析結果が実験結果をよく再現していることを確認している¹⁾。 ・ 本解析手法と同様な手法によるAUTOYN Version 15を用いた鉄筋コンクリート壁への衝突解析の結果と実験値を比較した結果、飛来物（鋼球）の実験での貫入深さに対して、解析による貫入深さがよく合っていることを確認している²⁾。 ・ OECD/NEA（経済協力開発機構/原子力機関）による航空機等の衝突に対する原子力施設的安全性評価技術の改良整備を目的とした国際プロジェクト（JITP）に参加した原子力安全基盤機構による鉄筋コンクリート壁に対する衝突試験を再現する解析において「3次元FEM モデルを用いた高機橋コード（AUTOYN Version 6.1）とCAEANS 構成則の組合せ）によるミサイル衝突解析手法は、コンクリート材料構成則パラメータを適切に設定すれば、ある程度精度が高い計算を実施できると思われる。」と評価されていることを確認している³⁾。 ・ AUTOYN Version 6.1、Version 10及びVersion 15との間で計算結果に大きな差異が生じないことを確認している。 <p>【妥当性確認】</p> <p>AUTOYNを電算により発生する飛来物の衝突解析の評価に使用することは次のとおり要項である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JAEA 5-1001-2019 飛来物原子力設備機構、飛来飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドラインにおいて、評価評価に用いる解析コードとして記載されている。 ・ 本解析コードは、爆発・衝撃荷重といった非線形弾性塑性解析の専用ツールとして開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・ コンクリート材料構成則パラメータを選択することで、ある程度精度が高い計算を実施できる。

3. 検証方法

3.1 衝突試験と解析結果の比較¹⁰⁾

1) 衝突試験

ほぼ剛体とみなすことができる飛翔体の衝突実験^{10)~12)}を公開論文から選定し、それらを対象として二次元解析を実施している。衝突実験は、飛翔体の先端が先の尖った棒あるいは平坦な形状で実施している。

実験条件を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 衝突実験の条件¹⁰⁾

試験	飛翔体			コンクリート
	先端形状	速度 (m/s)	質量 (kg)	圧縮強度 (N/mm ²)
Forrestal-1	尖頭型	277~330	0.9	32~40
Forrestal-2	尖頭型	405~651	1.6	51
EMI	平坦型	155~213	2.2	35~40
Kushika	平坦型	400	0.098	24.3

2) 解析

解析体系は二次元軸対称として解析を行っている。飛翔体とコンクリート板の要素分割を図 3.1-1 に示す。飛翔体とコンクリート板の計算要素にはラグランジュ¹³⁾表示の四角形ソリッド要素を用いた。

なお、ラグランジュ・ソリッド要素は過度に変形すると解析の続行を阻害するため、相当ひずみが 200%を超える要素は、解析体系から自動的に削除している。

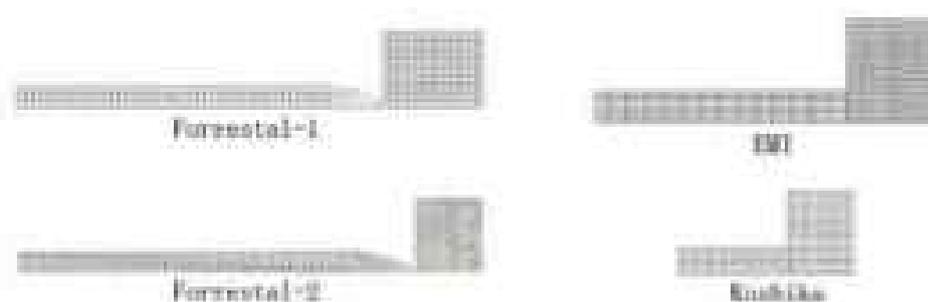


図 3.1-1 二次元解析の計算メッシュ¹⁰⁾

3) 解析結果と評価

表 3.1-2 に、剛梁型体の実験ケースに対する真入深きの比較を示す。Forrestal-1 の衝突速度が 277 m/s のケースと EMI の衝突速度が 213 m/s のケースでは 10% を越える誤差があるが、それ以外では解析による真入深きは実験値とよく合っている。梁型体の先端形状や衝突速度、コンクリート強度が異なっているにもかかわらず、精度よく模擬できることが確認できる。

図 3.1-2 には代表的な解析ケースのコンクリート下の損傷状況を示した。赤色の領域はスゴール破壊した計算要素を表している。

表 3.1-2 実験による貫入深さと解析結果の比較⁽²⁾

ケース	鋼材試験	鋼材値				コンクリート値		貫入深さ (mm)		誤差 (%)
		質量 (kg)	直径 (mm)	速度 (m/s)	先端形状	標準 (mm)	圧縮強度 (MPa)	実験結果	解析結果	
1	Ferretal11	0.9	25.0	277	先端型	100	35.2	173	194	+12
2				410				322	+4	
3				499				458	+8	
4				591				513	+9	
5				631				632	+4	
6				642				637	+0	
7				660				640	-5	
8	Ferretal212	1.8	30.3	460	先端型	1000	61	379	379	+1
9				460				437	-1	
10				540				537	-1	
11				651				733	+8	
12	鋼	2.56	40	155	平頭型	211	55	98	97	-1
13				160				168	+6	
14				210				148	+12	
15	Steelite	2.100	20	490	平頭型	120	24.3	82	85	+6

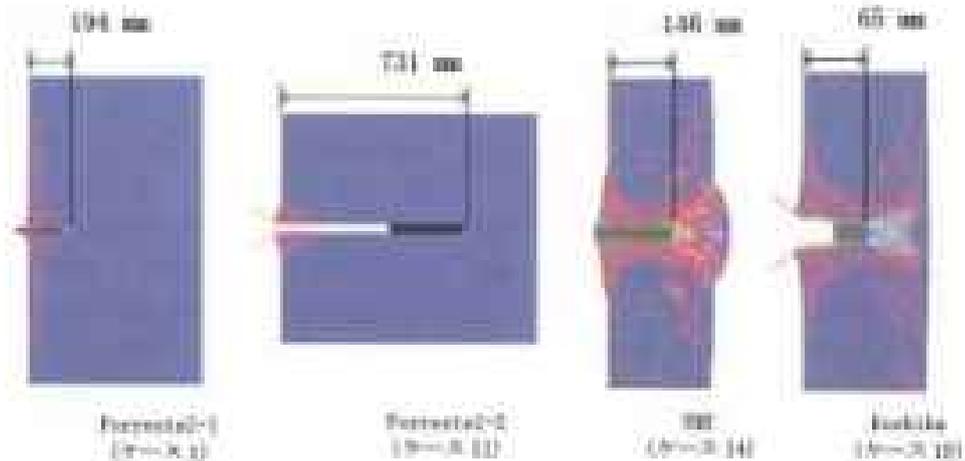


図 3.1-2 二次元解析によるコンクリート板の損傷図⁽²⁾

＜参考文献＞

- (1) Itoh, M. et al., Numerical Simulations of RC Slabs Subject to Impact Loadings by Using the Improved Concrete Constitutive Model, 19th International conference on Shock & impact Loads on Structures, 2003.
- (2) 高速度衝撃を受けるコンクリート構造物の動弾性状に対する設計ガイドライン（案），平成25年3月，防衛施設学会，150-165.
- (3) 安全研究年報（平成24年度）（JNEP-2012-0091-Rev.1），平成25年8月，独立行政法人原子力安全基盤機構，105-107.
- (4) Forcival, M.J. et al., An empirical equation depth of ogive nose projectiles into concrete targets, International Journal of Impact Engineering, 1994, 15, 390-405.
- (5) Forcival, M.J. et al., Penetration of armor and concrete targets with ogive nose steel projectiles, International Journal of Impact Engineering, 1996, 19, 465-476.
- (6) Langhein, H., Impactuntersuchungen an armierten Betondeckplatten, Ernst Rich Institute Report, E14, Zurich, 1977.
- (7) Mita, K. et al., Experimental studies on local damage of reinforced concrete structures by the impact of deformable missiles part 1: outline of test programs and small-scale test, Trans. of 10th IABIT, 1989, 257-264.

設計飛来物に対する電磁防護対策（開口部の閉止措置）の概要

1. 防護方針

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家内に設置する閉じ込め機能及び腐蝕熱除去機能を担う施設は、閉止措置計画用設計電量の荷重に対して、建家外側の防護構造により当該健全性を維持する。

建家内に設置する閉じ込め機能及び腐蝕熱除去機能を担う施設のうち、一部の施設は、密等の開口部に近接しており、設計飛来物の衝突等により機能喪失することがないように、開口部の閉止措置を実施する。

2. 対策箇所

2.1 高放射性廃液貯蔵場（HAW）

設計飛来物の衝突等を考慮する必要がある地上層における屋内の閉じ込め機能及び腐蝕熱除去機能を担う施設の配置図を図2.1-1～図2.1-3に示す。

なお、浸水防止対策を実施している箇所では、浸水防止層等の鋼材厚さが設計飛来物の貫通限界厚さを超えるものについては、浸水防止対策により設計飛来物に対しても防護機能に期待できるものとして、新たな対策を実施しないものとする。

2.2 ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟

設計飛来物の衝突等を考慮する必要がある地上層における屋内の閉じ込め機能及び腐蝕熱除去機能を担う施設の配置図を図2.2-1～図2.2-3に示す。

なお、浸水防止対策を実施している箇所では、浸水防止層等の鋼材厚さが設計飛来物の貫通限界厚さを超えるものについては、浸水防止対策により設計飛来物に対しても防護機能に期待できるものとして、新たな対策を実施しないものとする。

3. 設計飛来物への防護対策の考え方

「タービンミサイル評価について（昭和52年7月26日原子伊安全専門委員会）」中で、鋼板に対する貫通厚さの算出式に使用されているBML式を用いて貫通限界厚さ T を算定し、鋼板に対する設計飛来物の貫通厚さ T を超える鋼板厚さで開口部の閉止措置を設計することとする。

BML式

$$T^2 = \frac{0.38W^2}{14.6667V^2 + d^2}$$

$$T = \left(\frac{1.29M^2}{1.41 \times 10^6 \times V^2 \times d^3} \right)^{\frac{1}{3}}$$

≒ 3.91 (mm)

ここで、

T : 鋼板直線境界厚さ (mm)

M : 設計飛来物の質量 135 (kg)

V : 設計飛来物の最大水平衝突速度 51 (m/s)

d : 設計飛来物の直径 0.276 (m)

(設計飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)

K : 鋼板の材質に関する係数 (=1)

4. 電磁防護対策の概要

高放射性源貯蔵庫 (GR) の閉止措置等の対策を表 4-1 に、ガラス固化技術開発施設 (TRF) ガラス固化技術開発棟の閉止措置等の対策を表 4-2 に示す。また、開口部に対する電磁防護対策の概要を図 4-1～図 4-3 に示す。

以上

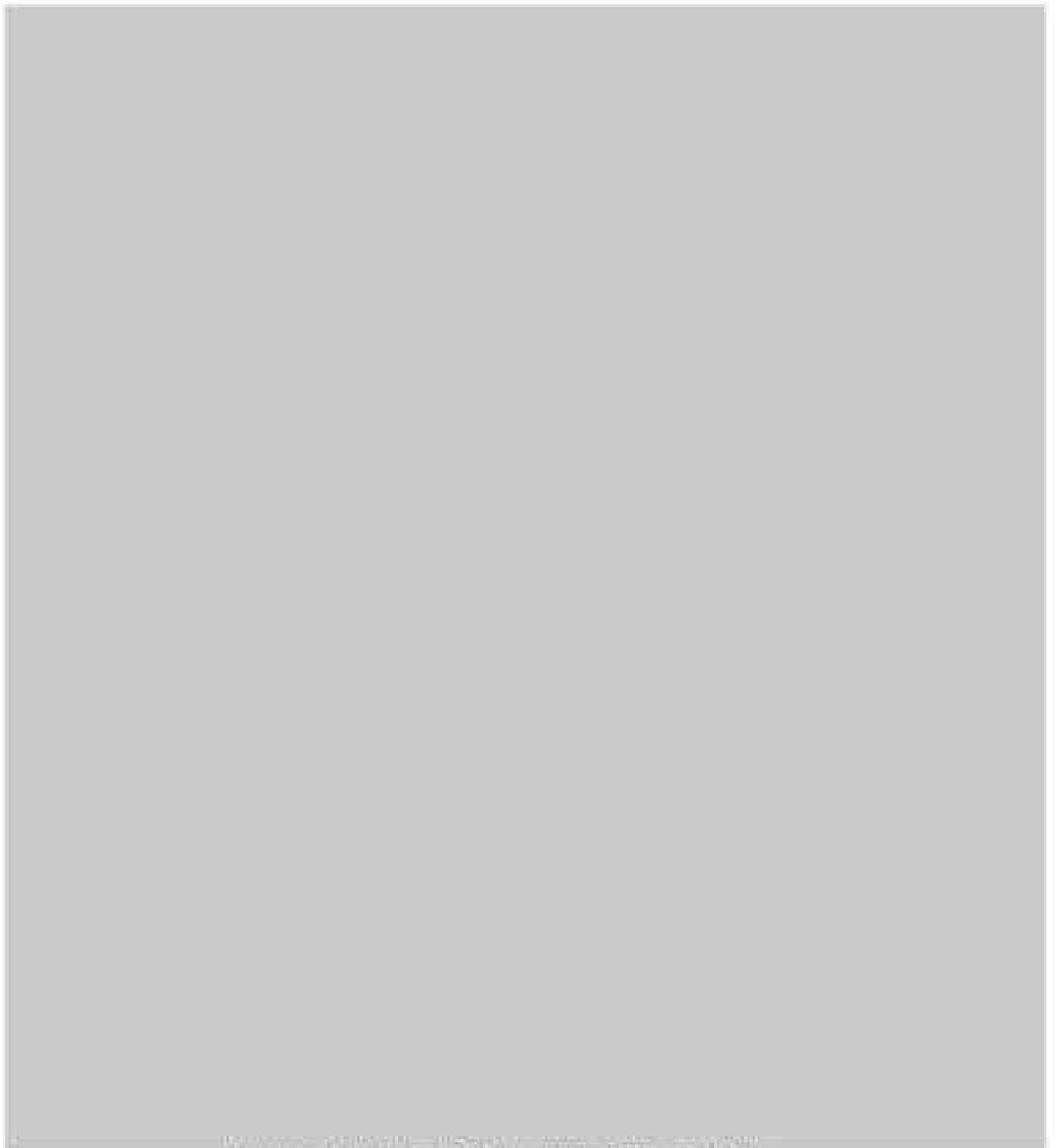


図 2-1-1 高放射性能量加速器 (HVE) の計画図 (3階)

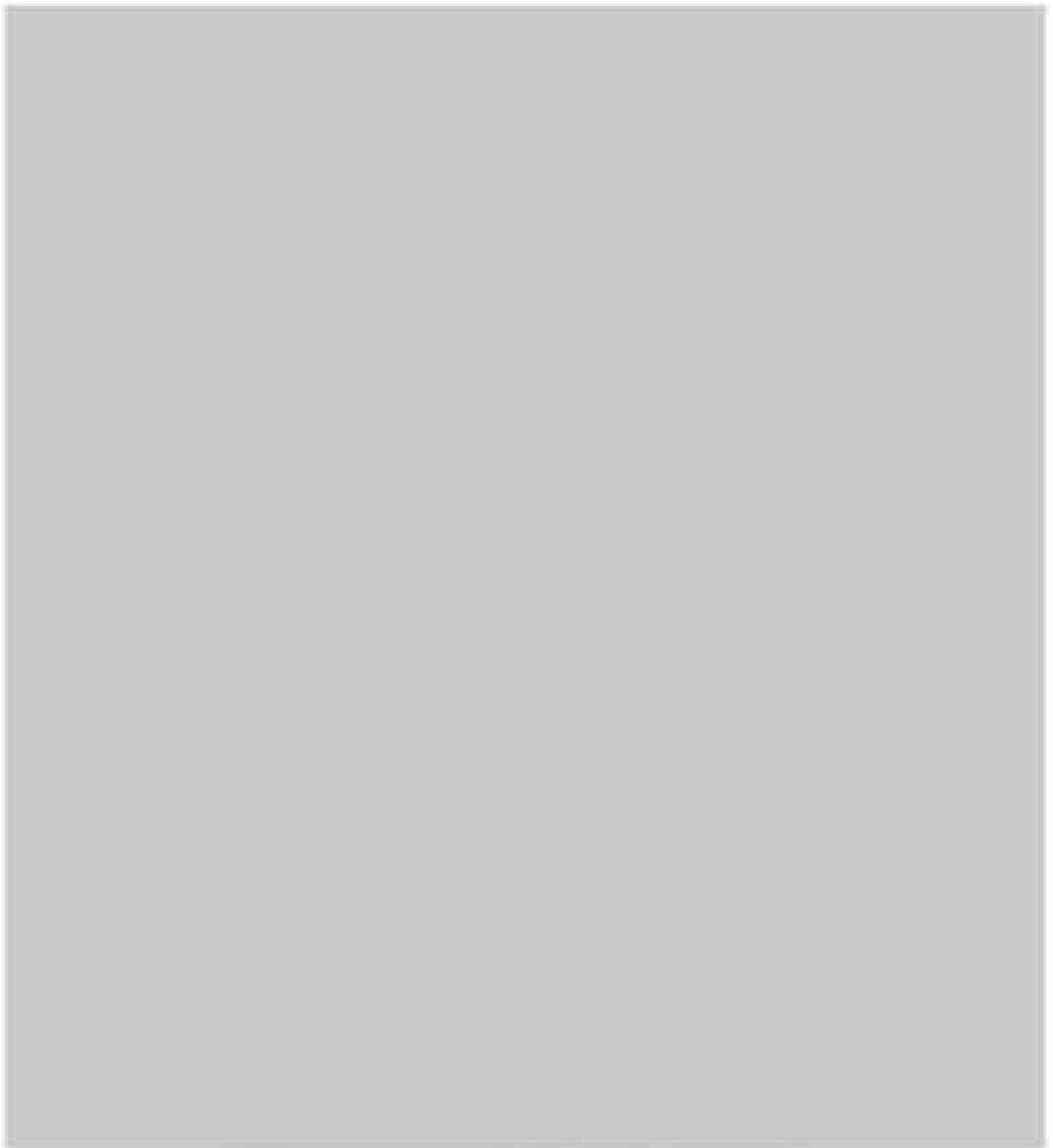


図 2-1-2 高放射性性廃液貯蔵場 (HAW) の平面図 (4 陸)

図2-2-1) 岩手県国土地理院編纂部 (ITSP) 岩手県国土地理院編纂部の平面図 (2頁)



図 2.2.22 ガラス回収社市間競争施設 (TVP) ガラス回収技術開発各種の平面図 (2) (陸)

表 4-1 高放射線施設貯蔵場 (HAW) の閉止措置等の対策箇所

開口部の位置	種類	基数	防護対策イメージ
2階 (廊下-屋外)	窓	5	図 4-1
	扉 (閉止板 (遮式角部とし) 有)	1	図 4-2
4階 (廊下-屋外)	窓	5	図 4-1
	扉	1	図 4-2
	ガラス	1	図 4-3

表 4-2 ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発棟の閉止措置等の対策箇所

開口部の位置	種類 (要約)	基数	防護対策の概要
2階 (換気室-屋外)	窓 (アクリル板 有)	4	図 4-1
	扉 (閉止板 (遮式角部とし) 有)	1	図 4-2
	ガラス	1	図 4-3
2階 (換気室-屋外)	窓 (鋼板 (5 mm) 有)	2	図 4-1
	扉 (閉止板 (遮式角部とし) 有)	1	図 4-2
2階 (排気室-屋外)	窓 (鋼板 (5 mm) 有)	2	図 4-1
2階 (加減圧室-屋外)	扉 (閉止板 (遮式角部とし) 有) *	1	図 4-2
2階 (排気フィルタ室-屋外)	扉 (閉止板 (遮式角部とし) 有)	1	図 4-2
2階 (ホーテリライズ室-屋外)	窓	4	図 4-1
	扉	1	図 4-2
	ガラス	2	図 4-3
2階 (給気室-屋外)	窓	2	図 4-1
	扉	1	図 4-2
	ガラス	2	図 4-3
2階 (排気機械室-屋外)	扉	2	図 4-2
2階 (換気室-屋外)	ガラス	1	図 4-3

*1 設計完成物が当該室を貫通した場合、内側にある壁による防護に期待できなく、フィルタが損傷するおそれがあることから閉止措置を行う。

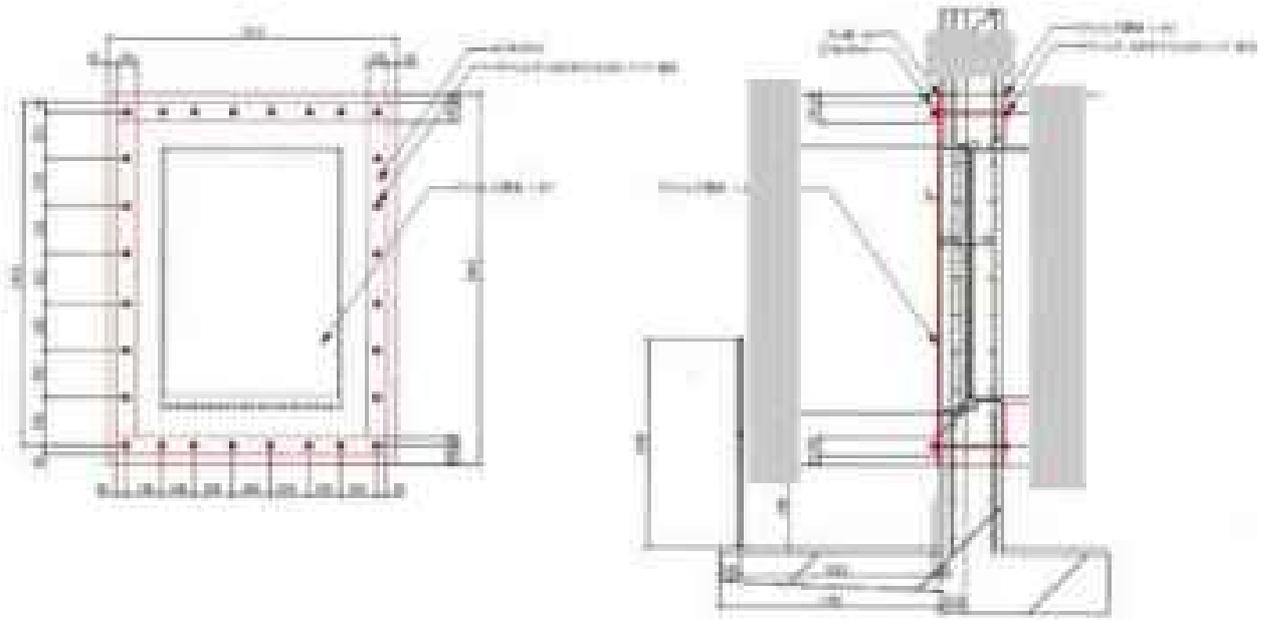


図 4-1 窓に対する閉止装置のイメージ図

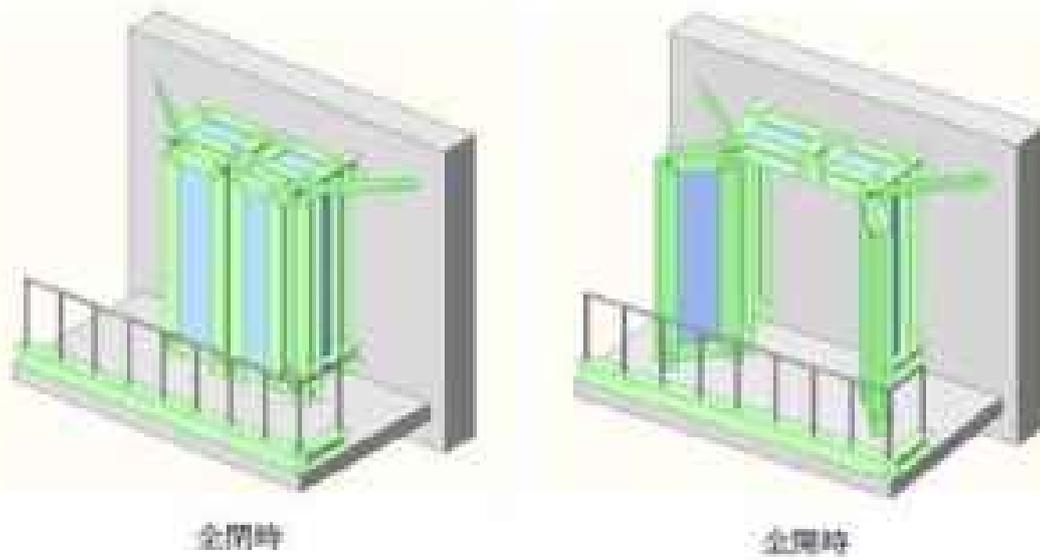
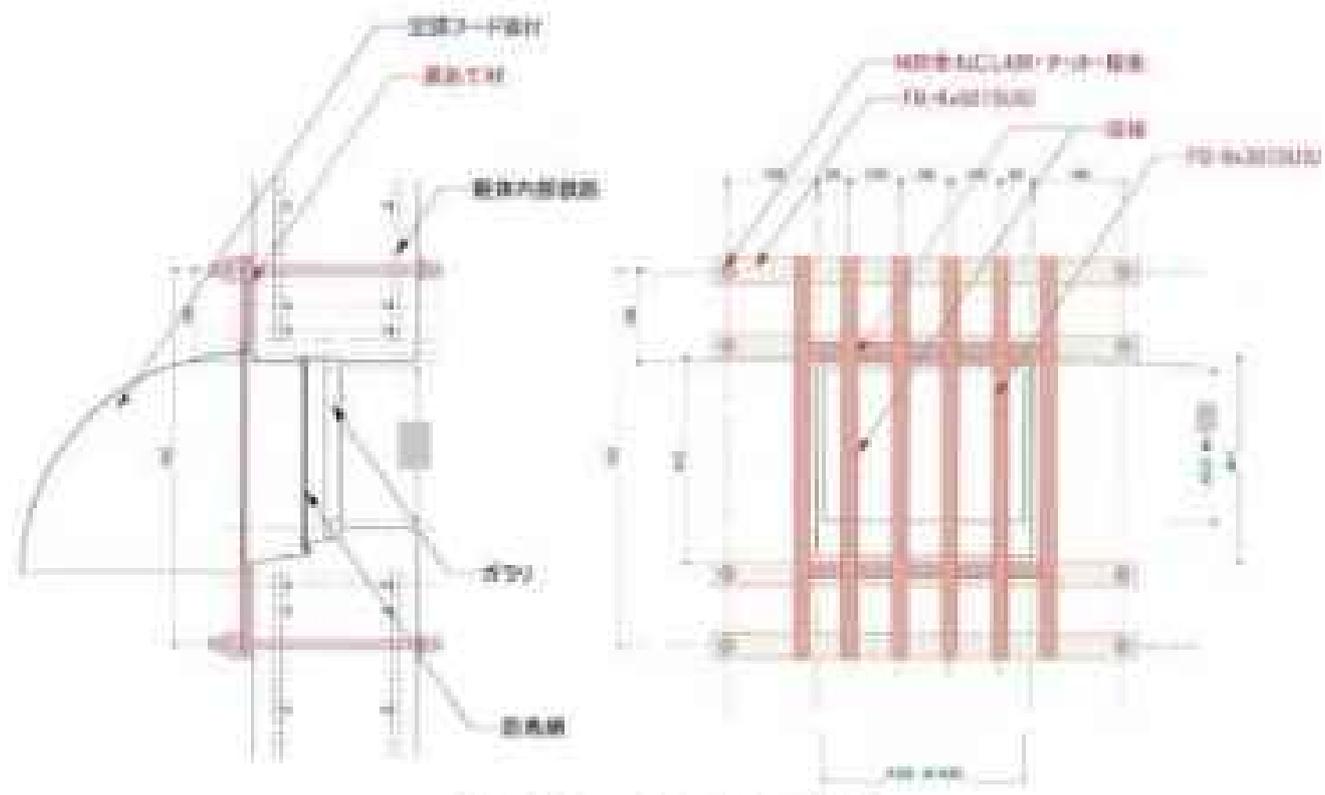
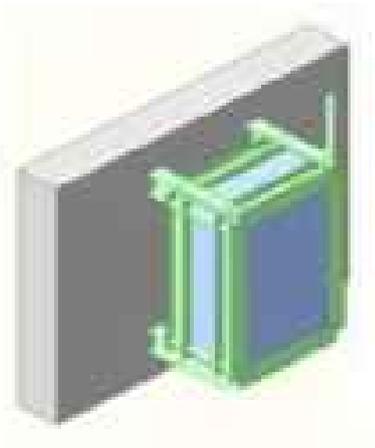


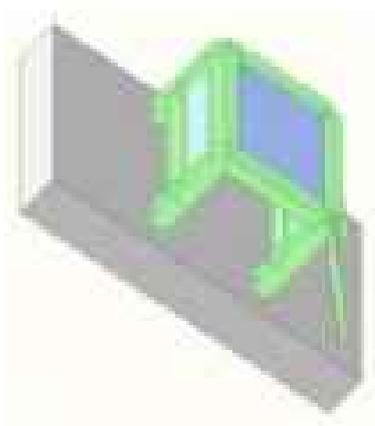
図 4-2 扉に対する閉止装置のイメージ図



ガラスに対する閉止措置の方法①



全体



足上げ

ガラスに対する閉止措置の方法②

図4-3 ガラスに対する閉止措置のイメージ図

再処理施設の火山事象対策の基本的考え方

再処理施設の火山事象対策の基本的考え方

廃止措置段階にある再処理施設においてはリスクが特定の施設に集中している。高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HLL）と、長期間ではないものの分離精製工場（DF）等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理を含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、安全対策を最優先で講ずる必要がある。

このため、高放射性廃液貯蔵場（HLL）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、地震対策や津波対策と同様、廃止措置計画裡火山事象に基づく降下火砕物による影響に対しても、設備と運用による対策を組み合わせて、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることのないよう以下の対策を講ずる。

- ・ 閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う設備²¹を降下火砕物から防護するために、それら設備を内包する高放射性廃液貯蔵場（HLL）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家を降下火砕物の堆積荷重に耐え得るようにすることで重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を損なわない設計とする。
- ・ 建家の防護設計では、想定する降下火砕物の荷重に加え、常時作用する荷重及び自然現象（積雪）の荷重を組み合わせる。
- ・ 気象庁の発表等による火山の噴火及び降灰予報情報に基づき、降下火砕物により高放射性廃液貯蔵場（HLL）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に影響が及ぶおそれがある場合には、屋上に堆積する降下火砕物の除去や換気系給気フィルタの交換等の必要な措置を行う。
- ・ 降下火砕物の影響による高放射性廃液貯蔵場（HLL）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に電力やユーティリティを供給する既設の仮設設備（外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設）の機能喪失を想定し、代替策としての有効性を確認した上で事故対応設備として配備する設備²²等が活用できるよう必要な対策を実施する。
- ・ 上記で使用する可搬型の事故対応設備については、降下火砕物が直接堆積しないように地内に設置する、あるいは屋外に設置する場合はカバー等を設けるとともに降灰が観測された場合には堆積物の除去等の対策を行う。

上記以外の施設については、今後とも安全かつ継続して稼働を運用し計画的に廃止措置を講ずることができるよう、それぞれのリスクに応じた対策を講ずることとする。

※1 別添6-1-1①「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方」に示した崩壊熱除去機能及び閉込め機能を担う設備。

※2 別添6-1-2①「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方」に示した事故対応設備。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及び
ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の
火山事象対策に関する説明書

1. 概要

本資料は、「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「再処理技術基準規則」という。）の第8条第1項に基づき、別添 6-1-4-6「火山影響評価」に示す「廃止措置計画用火山事象」について、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発種の火山事象（降下火砕物）対策を説明するものである。

2. 火山事象対策の基本的考え方

再処理施設の廃止措置計画において、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発種の廃止措置計画用火山事象（以下「火山事象」という。）に対する安全対策の検討は、別添 6-1-4-6「再処理施設の火山事象対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日付け原規技登 13061819 号（最終改正 令和元年 12 月 18 日付け）、以下「ガイド」という。）を参考に実施する。

3. 降下火砕物による影響評価

3.1 降下火砕物の設計条件

別添 6-1-4-6「火山影響評価」に示すとおり、降下火砕物の設計条件を粒径 8 mm 以下、充填密度 1.5 g/cm³、乾燥密度 0.9 g/cm³ 及び層厚 50 cm とする。また、文献調査の結果から、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (1) 火山ガラス片及び鉱物結晶片から成る⁽¹⁾。ただし、非常に破砕しやすく脆性である⁽²⁾。
- (2) 硫酸等を含む腐食性のガスが付着している⁽³⁾。ただし、金属腐食研究の結果から、直ちに金属腐食を生じさせることはない⁽⁴⁾。
- (3) 乾燥した火山灰粒子は絶縁体であるが、水に濡れると硫酸イオンにより導電性を生じる⁽⁵⁾。
- (4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽⁶⁾。
- (5) 降下火砕物粒子の融点は約 1000℃であり、一般的な砂に比べ低い⁽⁷⁾。

3.2 降下火砕物影響の想定

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発種の重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を取り設備について、降下火砕物による影響を表 3-1-4-4 のとおり整理した。なお、以下に示す設備については、高性能フィルタを介して設営する管理区域内に設置していることから、影響評価の対象から除外した。

- (1) 高放射性廃液貯蔵場 (HLL) の閉じ込め機能を担う設備のうち、管理区域内に設置しているもの

高放射性廃液貯蔵槽、中間貯蔵槽、分配器、水封槽、ドリップトレイ、高放射性廃液貯蔵セル、中間貯蔵セル、分配器セル、洗浄塔、除湿器、電気加熱器、フィルタ、よう素フィルタ、冷却器、槽間換気系排風機、セル換気系フィルタユニット、セル換気系排風機、入気ブロワ、空気圧縮機、スチームジェット、漏えい検知装置、トランスミッタラック、主制御盤及び動力分電盤

- (2) 高放射性廃液貯蔵場 (HLL) の崩壊熱除去機能を担う設備のうち、管理区域内に設置しているもの

熱交換器、一次系の送水ポンプ、一次系の予備循環ポンプ、ガンマボット、主制御盤及び動力分電盤

- (3) ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発槽の閉じ込め機能を担う設備のうち、管理区域内に設置しているもの

受入槽、回収液槽、水封槽、濃縮器、濃縮液槽、濃縮液供給槽、気液分離器、溶融炉、ポンプ、ドリップトレイ、固化セル、A台車、冷却器、蒸発器、デミスタ、スクラッパ、ベンチュリスクラッパ、吸収塔、洗浄塔、加熱器、ルアニウム吸着塔、よう素吸着塔、フィルタ、排風機、インセルクーラ、冷却機、冷却器、ポンプ、貯留水槽、スチームジェット、セル内ドリップトレイ液面上部警報、トランスミッタラック、工程制御盤、工程監視盤、変換器盤、計装設備分電盤、分電盤のうち重要系 VPI 及び一般系 VPI、電線分電盤、ガラス固化体取扱設備操作盤、重量計制御盤、減下ノズル加熱停止回路、A台車の定位装置、A台車の直上取操作装置及び換気用動力分電盤

- (4) ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発槽の崩壊熱除去機能を担う設備のうち、管理区域内に設置しているもの

冷却器、ポンプのうち GRP13 及び GRP12、貯留水槽のうち GRV11 及び GRV11、分電盤のうち重要系 VPI 及び一般系 VPI、工程制御盤、操作盤、現場制御盤、電線分電盤、工程監視盤及び計装設備分電盤

3.3 個別影響に対する評価

高放射性廃液貯蔵場 (HLL) 及びガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発槽の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う設備について、想定した降下火砕物による影響に対して個別評価を行った。以下に示すとおり、降下火砕物の除去等の対策を行うことに

より、閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能は維持される。

(1) 静的負荷

静的負荷の影響を受ける設備は、高放射性廃液貯蔵罐 (HAW) の二次系の送水ポンプ、冷却塔、浄水受槽、浄水ポンプ、サージョタンク及び建家である。これらのうち、建家を除いてはその形状から多量の降下火砕物の堆積は想定されず、降灰が確認された場合には除去作業を実施することから、静的負荷により閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能は喪失しない。建家については、次章のとおり層板スラブは静的負荷に耐え得ることを確認した。

ガラス固化技術開発施設 (TRU) ガラス固化技術開発棟のポンプ、冷却塔、貯留水槽及び第二付属排気筒についても、その形状から多量の降下火砕物の堆積は想定されず、ポンプ、冷却塔及び貯留水槽については、降灰が確認された場合には除去作業を実施することから、静的負荷により閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能は喪失しない。建家についても高放射性廃液貯蔵罐 (HAW) と同様に、次章のとおり層板スラブは静的負荷に耐え得ることを確認した。

(2) 腐食

降下火砕物には硫酸等を含む腐食性のガスが付着していることから、設備への腐食が考えられるが、降灰後直ちに影響を及ぼすものではないことから、清拭又は洗浄により腐食成分を除去することが可能である。このため、閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能への影響はない。

(3) 粒子の衝突

別添6-1-1-3「大山影響評価」に示す降下火砕物シミュレーション結果に基づき、降下火砕物粒子の落下時の風速を 8 m/s （水平方向）とし、Nakanoらによる値に対する実験結果¹⁹⁾を参考に、降下火砕物粒子の終端速度を 10 m/s （鉛直方向）として、降下火砕物粒子の衝突速度を 13 m/s に設定した。また、設定した降下火砕物の条件に基づき、衝突粒子の直径を 8 mm 、質量 1.6 g/cm^3 とした。添付資料6-1-1-4「高放射性廃液貯蔵罐 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TRU) ガラス固化技術開発棟の電磁影響評価について」と同様の方法によるコンクリートの表面剥離厚さ及び鋼板の貫通限界厚さを算定した結果は、それぞれ 2.4 mm 及び $10\text{ }\mu\text{m}$ であり、粒子の衝突による閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能への影響はない。

(4) 概要

人気フィルタは降下火砕物を含む空気によりフィルタ差圧が上昇することが想定される。フィルタ差圧は常時監視しており、フィルタ差圧が運転範囲の上限まで上昇した場合には、フィルタを交換することで通常の差圧状態に復旧できる。加えて、気象庁による降灰予報発表時には、高放射線能率的燃焼 (HR) の空気取り入れ口にフィルタを設置し、降下火砕物が施設に与える影響を最小限に留める。

計装用圧縮空気を製造する圧縮機に降下火砕物が混入することにより、圧縮機が故障することが想定される。計装用圧縮空気を貯留する空気槽は、ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟において使用する 30 分間分 (10.0 m³) の圧縮空気を常時貯留しており、圧縮機が停止することにより直ちに閉じ込め機能を喪失することはない。圧縮機が故障により停止した場合には、30 分以内に予備機への切り替えを行う。

第二付属排気筒は、常時約 9000 m³/h 以上の風量で排気しているとともに、排気ダクトの接続部の内径が約 1800 mm の寸法であることから、降下火砕物の堆積 (層厚 50 mm) による閉塞は想定されない。

高放射線能率的貯蔵場 (HR) の冷却塔は、炭酸ガス工業用水道の浄水を、核燃料サイクル工学研究所内の工業用水受水槽 (5000 m³) 及び再処理施設の地下浄水貯槽 (200 m³×2基) に貯留し、浄水貯槽及び浄水ポンプを介して蒸発冷却のため受け入れている。このため、浄水に降下火砕物が混入し、直ちにろ過除去機能が喪失する可能性は小さい。冷却塔は、図 9-1 に示す構造となっており、散水ポンプにより下部のパンセクションに貯留した浄水を循環して散水することにより、冷却コイル中の二次冷却水を冷却している。このため、降下火砕物の降灰の確認時には、降下火砕物が散水ポンプ入口に達しないように、排水口からパンセクションの浄水を排水するとともに、浄水の供給を増やすことで、冷却塔の閉塞防止を図る。

ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟の冷却塔も高放射線能率的貯蔵場 (HR) と同様再処理施設の地下浄水貯槽から浄水を受け入れている。このため、浄水に降下火砕物が混入し、直ちにろ過除去機能が喪失する可能性は小さい。冷却塔は、図 9-2 に示す構造となっており、散水ポンプにより下部水槽に貯留した浄水を循環して散水することにより、コイルユニット内の冷却水を冷却している。このため、降下火砕物の降灰の確認時には、降下火砕物がストレーナに達しないように、ドレンから浄水を排水するとともに、浄水の供給を増やすことで、冷却塔の閉塞防止を図る。

(5) 摩耗

降下火砕物を含む空気が屋外又はホワイト区域に設置したポンプ等のモーター部に侵入することで、設備の摩耗が考えられるが、降灰直直ちに影響を及ぼすものではないことから、清浄又は洗浄により降下火砕物を除去することが可能である。このため、閉じ込め構造及び積熱除去機能への影響はない。

(6) 大気汚染

高放射性廃液貯蔵場 (HML) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の制御室は管理区域内に設置しており、降下火砕物は放射性に影響を与えない。

(7) 絶縁低下

降下火砕物は乾燥時には導電性を有しないが、空内の水分を吸湿した場合に降下火砕物に含まれる硫酸等のイオンにより導電性を生じ、制御室等の絶縁低下を招くおそれがある。制御室等のうち、ファンにより強制換気を行っているものは、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の高圧受電盤、機柱動力配電盤及び無停電電源装置であり、いずれもホワイト区域に設置している。ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の制御室等を設置しているホワイト区域は、通常時からプレフィルタを介した給気を行っており、降下火砕物が設備に与える影響は小さい。その他の抽出した制御室等にはファンが設置されていないことから、有意量の降下火砕物を室内に取り込む可能性は小さい。加えて、高放射性廃液貯蔵場 (HML) のホワイト区域については、気象庁による降灰予報発表時に換気を停止し、降下火砕物が設備に与える影響を最小限に留める。

屋外に設置している機器（高放射性廃液貯蔵場 (HML) においてはポンプ、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟においては、ポンプ及び冷却塔）の制御室には、ファンは設置されておらず、室内に侵入する降下火砕物の量は限られるが、降下火砕物の降灰の確率時に定期的に点検・清掃を行うことにより、降下火砕物が設備に与える影響を最小限に留める。

3.4 間接的影響に対する評価

降下火砕物の影響により、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び研究棟外での交通途絶によるアクセス制限を想定し、高放射性廃液貯蔵場 (HML) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の閉じ込め構造及び積熱除去機能を確保するため、気象庁による降灰予報発表時には、事故対応設備による対応及び降下火砕物への対応に係る要員を招集し、対応準備を行う。

表 3-1 高放射性廃液貯蔵場 (100ℓ) の閉じ込め機能を担う設備

降下火砕物による影響	静的負荷	腐食	粒子の衝突	増温	摩耗	大さびれ	給水の汚染	絶縁低下
高圧受電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
低圧配電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
入気フィルター	—	レ	レ	レ	—	—	—	—
制御室	—	—	—	—	—	レ	—	—
建屋	レ	—	レ	—	—	—	—	—

—：影響を受けない
レ：影響評価し対策を行う

表 3-2 高放射性廃液貯蔵場 (100ℓ) の前脱熱除去機能を担う設備

降下火砕物による影響	静的負荷	腐食	粒子の衝突	増温	摩耗	大さびれ	給水の汚染	絶縁低下
二次系の送水ポンプ	レ	レ	レ	—	レ	—	—	—
冷却機	レ	レ	レ	レ	レ	—	レ	レ
貯水設備	レ	レ	レ	レ	—	—	レ	—
浄水ポンプ	レ	レ	レ	レ	レ	—	—	—
セージタンク	レ	レ	レ	—	—	—	—	—
制御室	—	—	—	—	—	レ	—	—
建屋	レ	—	レ	—	—	—	—	—

—：影響を受けない
レ：影響評価し対策を行う

表 3-2 ガラス固化技術開発施設（TYE）ガラス固化技術開発棟の
閉込め機能を担う設備

降下大粒子による影響	音的負荷	塵食	粒子の衝突	閉塞	腐蝕	大気汚染	給水の汚染	放射能汚染
高圧受電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
低圧動力配電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
無停電電源装置	—	レ	—	—	—	—	—	レ
低圧照明配電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
直流電源装置	—	レ	—	—	—	—	—	レ
一般系分電盤(VFP3)	—	レ	—	—	—	—	—	レ
純水貯槽	—	シ	—	—	—	—	レ	—
純水ポンプ	—	レ	—	—	—	—	レ	—
空気圧縮機	—	レ	—	レ	レ	—	—	—
入気フィルタ	—	レ	レ	レ	—	—	—	—
制御室	—	—	—	—	—	レ	—	—
建家	レ	—	レ	—	—	—	—	—
第二付属棟支路	レ	レ	レ	レ	—	—	—	—

—：影響を受けない

レ：影響評価し対策を行う

表 3-4 ガラス固化技術開発施設（TYE）ガラス固化技術開発棟の
扇熱除去機能を担う設備

降下大粒子による影響	音的負荷	塵食	粒子の衝突	閉塞	腐蝕	大気汚染	給水の汚染	放射能汚染
ポンプ	レ	レ	レ	—	レ	—	レ	レ
冷却塔	レ	レ	レ	レ	レ	—	レ	レ
膨張水槽	レ	レ	レ	—	—	—	レ	—
高圧受電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
低圧動力配電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
無停電電源装置	—	レ	—	—	—	—	—	レ
低圧照明配電盤	—	レ	—	—	—	—	—	レ
直流電源装置	—	レ	—	—	—	—	—	レ
一般系分電盤(VFP3)	—	レ	—	—	—	—	—	レ
制御室	—	—	—	—	—	レ	—	—
建家	レ	—	レ	—	—	—	—	—

—：影響を受けない

レ：影響評価し対策を行う

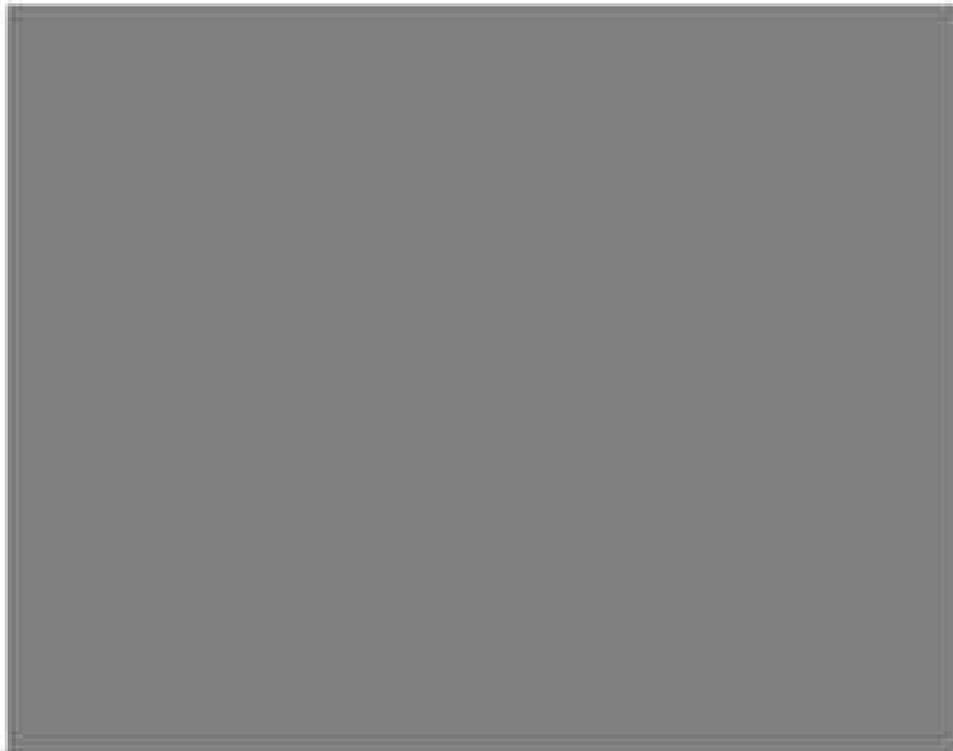


図 3-1 高放射線透過性樹脂 (GMA) 冷却塔概要図



図 3-2 ガラス固化技術開発施設 (TVP) ガラス固化技術開発棟
冷却塔概要図

4. 建築への降下火砕物による積荷荷重に対する健全性評価

4.1 降下火砕物による荷重の設定

別添6-1-1-5「火山影響評価」に示す既測密度 1.0 g/cm^3 、層厚 50 cm の降下火砕物による堆積荷重として、 750 N/m^2 を設定する。その他の荷重として、以下の従荷重及び動床時の人員荷重を重畳させ、自重、積荷荷重の他、建築指向方向に作用する荷重として合計 8040 N/m^2 を設定する。

(1) 降水

火山灰は一般に透水性が高く、降水が蓄え込まれて荷重が増加することは考えにくい。湿潤状態の火山灰の密度として 1.6 g/cm^3 を考慮することで、乾燥状態の密度 0.7 g/cm^3 よりも 1.2 g/cm^3 大きな密度を考慮していることから、降水に伴う従荷重は考慮済みである。

(2) 積雪

再処理施設のある茨城県那珂市東海村は、建築基準法での多雪区域に当たらないが、多雪区域と同等の重ね合わせを考慮する。建築基準法では、多雪区域において暴風時及び地震時の荷重評価の際に積雪の重ね合わせを求めているが、その際実たる積雪荷重はまれに起こる積雪荷重ではなく、平均的な積雪荷重としており、平均的な積雪荷重は初期積雪荷重の 0.36 倍としている。茨城県建築基準法施行細則による東海村の垂直積雪量は 30 cm であり、この 0.36 倍の 10.8 cm の積雪を考慮する。建築基準法での積雪の単位荷重は積雪量 1 cm 当たり 20 N/m^2 であり、重畳する積雪荷重として 216 N/m^2 を考慮する。

(3) 風

施設は陸屋根であり、降下火砕物による堆積荷重は鉛直方向に作用する。一方、風荷重は水平方向に作用することから、各々独立に評価できる。

(4) 地震活動

廃止措置計画再設計地震動の震源と火山とは十分な距離があることから、各々独立した事象として扱い、重畳は考慮しない。

火山性地震については、火山と敷地が 30 km 以上離れていることから、重畳は考慮しない。

(5) 津波

廃止措置計画再設計津波を発生させる地震の震源と火山とは十分な距離があ

ることから、各々独立した事象として扱い、重畳は考慮しない。

(6) 外部人為事象

火山事象と外部人為事象はそれぞれ独立した事象であり、外部人為事象による荷重は考慮しない。

(7) 設計基準事故時の荷重

平成 18 年 6 月 29 日に許可を受けた「再処理事業指定申請書」における設計基準事故は、トリプトン回収技術開発施設からのトリプトンを含むガスの大気中への放出、プルトニウム転換技術開発施設焼還炉における水素爆発、ガラス固化技術開発施設における溶融ガラスの逆流下、ガラス固化技術開発施設における短時間の全動力電源の喪失並びにリサイクル機器試験施設における運転時の異常な過渡変化及び運転時の異常な過渡変化を超える事象であり、これらはいずれも降下火砕物による堆積荷重に重畳する負荷を与えない。

(8) 除灰時の人員荷重

降下火砕物を除灰する際の人員の荷重については、建築健全性評価において「建築構造設計基準の資料」(国土文庫第 1 号 平成 30 年版)に示される屋上の通常人が使用しない場合の床版計算用積載荷重 900 N/m²を考慮し、健全性確認を行う。

なお、建築屋上除灰時は、シャベル、箒、エアードスター、除灰ポリ袋、ゴーグル、防塵マスク等軽量の資材を使用し、重機等の大きな荷重を伴う資機材は使用せず、堆積した降下火砕物は可能な限り均等に配置し、灰置場に運搬する。

7.2 評価方法

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2016 (日本建築学会) Ⅱ」(RC 規準)に記載された計算式に基づき屋根スラブに作用する曲げモーメント評価を実施する。

等分布荷重を受ける長方形スラブの曲げモーメントは次式で表される。

短辺 l_y 方向の曲げモーメント(単位幅につき)

両端最大負曲げモーメント

$$M_{x1} = -\frac{1}{12} w_y l_y^2 \quad \dots \dots (1)$$

中央部最大正曲げモーメント

$$M_{x2} = \frac{1}{18} w_y l_y^2 \quad \dots \dots (2)$$

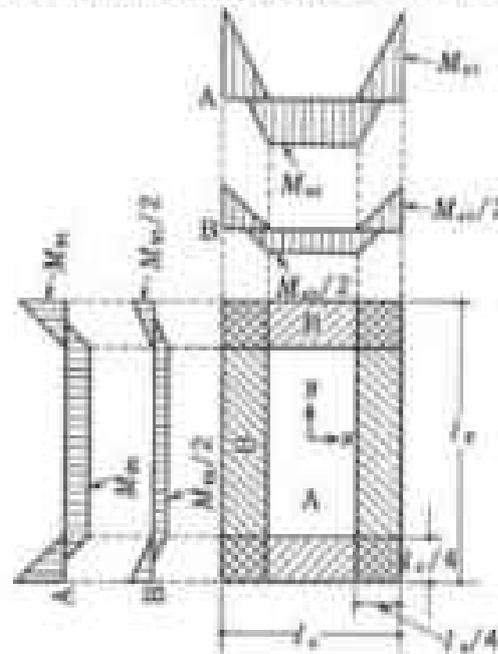
長辺方向の曲げモーメント（単位幅につき）
両端最大負曲げモーメント

$$M_{y1} = -\frac{1}{24} w l_y^2 \quad \dots (3)$$

中央部最大正曲げモーメント

$$M_{y2} = \frac{1}{36} w l_y^2 \quad \dots (4)$$

ここで、各曲げモーメントが作用する位置は長方形スラブに対して、



であり、

- ①：短辺有効スパン
- ②：長辺有効スパン
- ③：単位面積についての全荷重

$$w_s = \frac{f_c}{f_c + f_s} w \quad \dots (5)$$

である。ただし、有効スパンとは、支持部材間の内法寸法をいう。支線では、短辺より1/4幅のB部分については、短辺に平行な方向の曲げモーメントを半減できるとしているが、ここではスラブに作用する最大曲げモーメントを考慮するので、A部分について許容曲げモーメントと比較する。③は長辺方向への荷重分積分を減じた荷重であり、 $l_x = l_y$ の場合に③となり長辺方向の曲げモーメントと短辺方向の曲げモーメントは一致する。 $l_x / l_y < 1$ では、 $w_s / w > 1/2$ となり $w_s / l_x > 1/2$ となることから、本算定方式ではA部分に生じる短辺方向両端最大負曲げモーメントが絶対値として最大となる。

スラブの許容曲げモーメント M は、壁に対する算定式を用いることができ、引張鉄筋比が釣合鉄筋比以下のときは、次式で算出できる。

$$M = \alpha_1 \sigma_s \frac{\gamma}{8} d^2 \quad \dots (6)$$

ここで、 α_1 は引張鉄筋断面積（単位長当たりの上部鉄筋断面積）、 σ_s は鉄筋の許容引張応力度、 d は有効せい（圧縮線から引張鉄筋中心までの距離）である。引張鉄筋比 α_1 及び釣合鉄筋比 α_{eq} は次のとおり計算される。

$$\alpha_1 = \frac{A_s}{bd} \quad \dots (7)$$

$$\alpha_{eq} = \frac{1}{2 \left(1 + \frac{f_c}{\alpha'_1 \sigma'_c} \right) \left[\frac{f_c}{\alpha'_1 \sigma'_c} \{ n + (n-1) r d_{eq} \} + (n-1) r (1 - d_{eq}) \right]} \quad \dots (8)$$

ここで、 b は幅寸でありスラブの場合は単位長となる、 f_c はコンクリートの許容圧縮応力度、 n はヤング係数比でコンクリートの設計基準強度に対して次のとおり与えられる。

コンクリートの設計基準強度 (N/mm ²)	ヤング係数比： n
27以下	15
27を超え、36以下	13
36を超え、48以下	11
48を超え、60以下	9

γ は鉄筋比 A_s/A_c であり、 A_c は圧縮鉄筋断面積で、上部配筋と下部配筋が同様であれば A_s と A_c は等しく、 γ は1となる。また、 d_{eq} は次式で定義され、

$$d_{eq} = \frac{d_s}{2} \quad \dots (9)$$

d_s は圧縮線から圧縮鉄筋中心までの距離である。

建家のスラブの健全性は、スラブの許容曲げモーメント M が A 部分に生じる短辺方向両端最大負曲げモーメント M_u の絶対値を上回ることで評価する。

4.3 高放射性廃液貯蔵場 (HML) の健全性評価

高放射性廃液貯蔵場 (HML) の屋上スラブは図 4-1、4-2 に示すとおり設計、施工されている。

コンクリートの設計基準強度は 210 kg/cm² (SI 単位では 20.6 N/mm²)、異形鉄筋の許容応力度は 3000 kg/cm² (SI 単位では 294 N/mm²) である。降下火砕物による除染作業を実施することから、短期荷重に対するコンクリートの許容圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度を用い、それぞれは 7 N/mm² 及び 294 N/mm² と

して割合鉄筋比(ρ_{c})を算出した場合、PR 階に対して $\frac{1}{10}$ 、5 階に対して $\frac{1}{15}$ となる。スラブの形状から算出される引張鉄筋比(ρ_{t})は PR 階スラブ及び5階スラブいずれも $\frac{1}{10}$ であり、割合鉄筋比を下回っている。

PR 階スラブについては、積載荷重はいずれの位置でも 300 kg/m^2 (SI 単位では $7.84 \times 10^4 \text{ N/m}^2$)にて設計しており、5 階スラブについては、特殊荷重として図 4-3 に示す位置に対して 1200 kg/m^2 (SI 単位では $1.276 \times 10^6 \text{ N/m}^2$)にて設計していることから、PR 階スラブは短辺が最も長い國中 A の位置のスラブを、5 階スラブは短辺スラブが最も長いスラブのうち、特殊荷重にて設計している B の位置のスラブを評価対象とした。

建築鉛直方向に作用する負荷による曲げモーメントを、引張鉄筋の経路許容応力度より算出した許容曲げモーメントと比較した結果を表 4-11 に示す。これらから、PR 階及び5階スラブは降下大砕物等による静的荷重に耐え得る。

4.4 ガラス固化技術開発施設 (TP) ガラス固化技術開発棟の健全性評価

ガラス固化技術開発施設 (TP) ガラス固化技術開発棟の屋上スラブは PR 階と 8 階のスラブがあり、それぞれ複数種類がある (図 4-1)。

スラブの配置はスラブ伏図 (図 4-6) に示すとおりであり、一部には上部鉄筋の短辺方向に複数種類の異形鉄筋を交互に配置している (図 4-6)。スラブ厚さ及び異形鉄筋の配置状況は表 4-2 のとおりである。

コンクリートの設計基準強度は 22.5 kg/cm^2 (SI 単位では 22.1 N/cm^2)、異形鉄筋の許容応力度は 3000 kg/cm^2 (SI 単位では 294 N/cm^2)である。降下大砕物は適宜除去作業を実施することから、短期荷重に対するコンクリートの許容圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度を用い、それぞれ 14.7 N/cm^2 及び 294 N/cm^2 として割合鉄筋比(ρ_{c})を算出し、スラブの形状から算出される引張鉄筋比(ρ_{t})と比較した結果を併せて表 4-2 に示した。いずれのスラブも引張鉄筋比は割合鉄筋比を下回っている。

屋上スラブのうち、図 4-5 に示したスラブ伏図において破線で示した位置について特殊荷重を考慮している。また、スラブの種類も多様であることから、それぞれの種類について最も短辺が長いものを抽出し、図 4-5 中 A~F のスラブについて健全性評価を実施した。

建築鉛直方向に作用する負荷による曲げモーメントを、引張鉄筋の経路許容応力度より算出した許容曲げモーメントと比較した結果を表 4-11 に示す。これらから、PR 階及び8階スラブは降下大砕物等による静的荷重に耐え得る。

表 4-1 高放射線照射貯蔵場 (DRF) 屋上スラブの健全性評価結果

	PR 屋上スラブ	5階スラブ
短辺有効スパン (m)	■	■
長辺有効スパン (m)	■	■
自重 (N/m ²)	■	■
積載荷重 (N/m ²)	■	■
降下大砂物等による荷重 (N/m ²)	■	■
W_d (N/m ²)	■	■
M_d (N)	■	■
引張鉄筋断面積 (mm ²)	■	■
有効せり (mm)	■	■
M (N)	■	■
M_d/M	0.90	0.29

表 4-2 ガラス固化技術開発施設 (TP) ガラス固化技術開発棟 スラブ部

スラブ	厚さ (mm)	異形鉄筋 A (○印)	異形鉄筋 B (●印)	約金鉄筋比	引張鉄筋比
PRX1	■	D10	D10	■	■
PRX2	■	D10	D13	■	■
BS1	■	D10	D10	■	■
BS2	■	D10	D13	■	■
BS3	■	D13	D13	■	■
BS4	■	D13	D13	■	■

表 4-3 ガラス固化技術開発施設 (TP) ガラス固化技術開発棟 屋上スラブの健全性評価結果

	改修スラブ		既存スラブ			
	A (PRS1)	B (PRS2)	C (RS1)	D (RS2)	E (RS3)	F (RS4)
短辺有効スパン (m)	■	■	■	■	■	■
長辺有効スパン (m)	■	■	■	■	■	■
自重 (N/m ²)	■	■	■	■	■	■
積載荷重 (N/m ²)	■	■	■	■	■	■
降下火砕物等による荷重 (N/m ²)	■	■	■	■	■	■
V_u (N/m ²)	■	■	■	■	■	■
M_u (N)	■	■	■	■	■	■
引張鉄筋断面積 (cm ²)	■	■	■	■	■	■
有効せい (cm)	■	■	■	■	■	■
M (N)	■	■	■	■	■	■
M_u/M	0.49	0.80	0.37	0.92	0.97	0.60

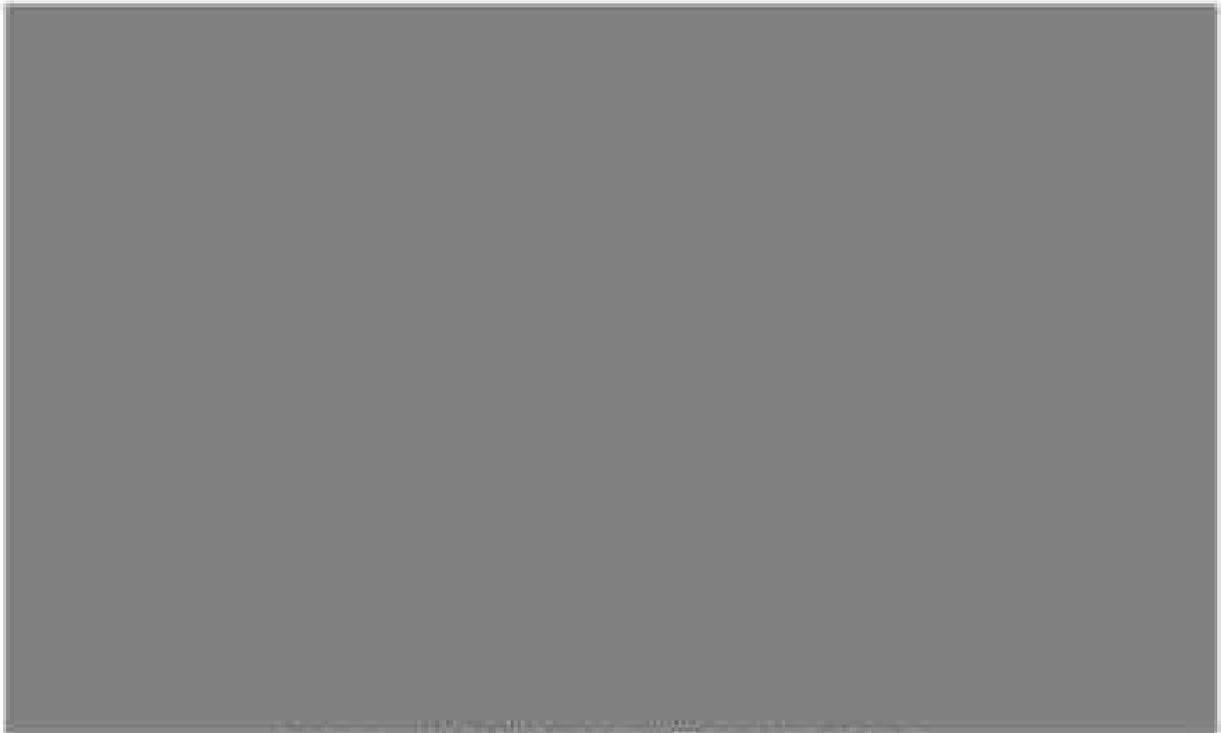


図 4-1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 鳥瞰図



図 4-2 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) スラブ断面概略図



図 4-3 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) スラブ伏図



図 4-4 ガラス固化技術開発施設 (TVF) 鳥瞰図

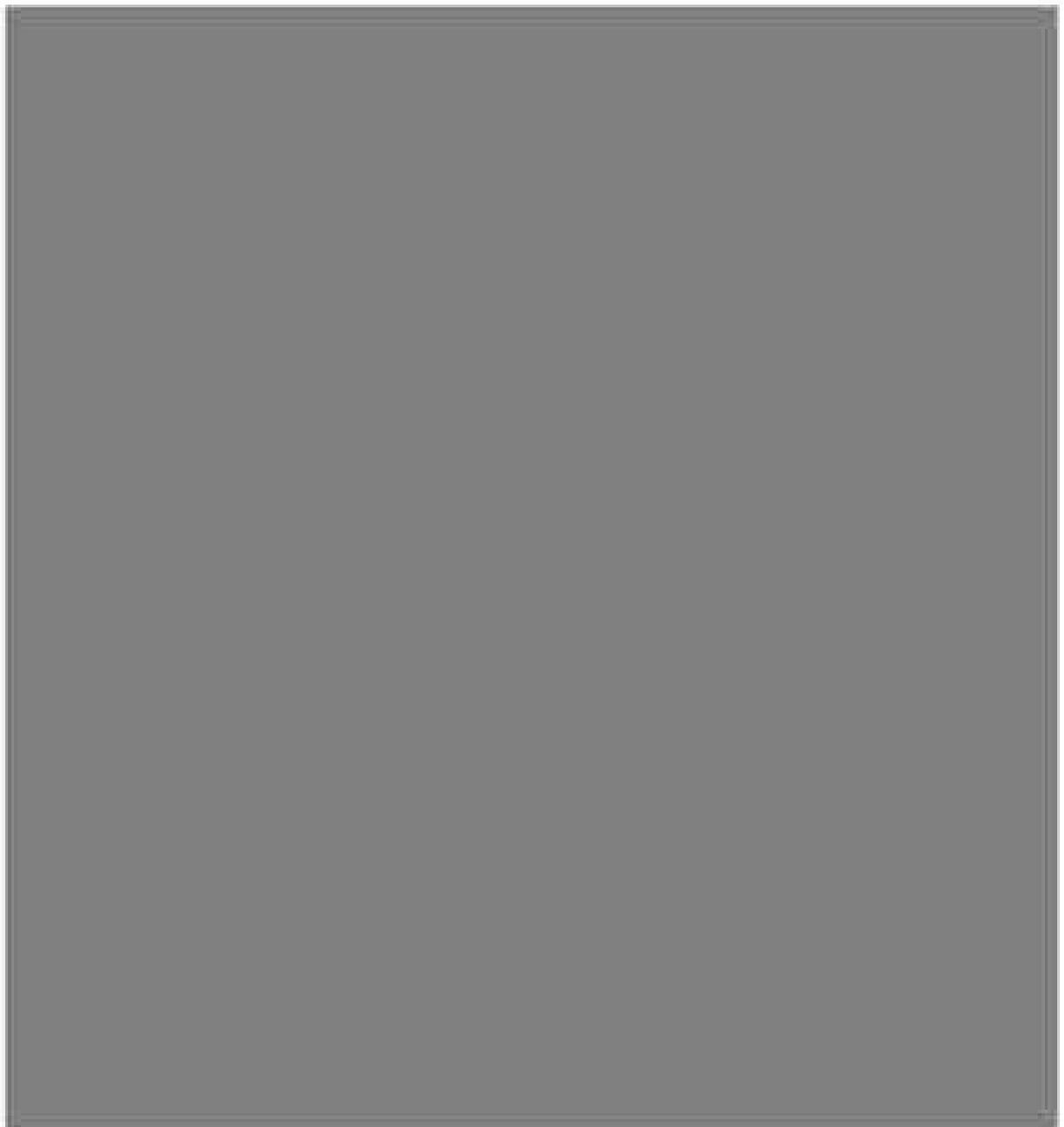


図 4-5 ガラス調化技術開発施設 (TV) ガラス調化技術開発棟 スラブ伏図

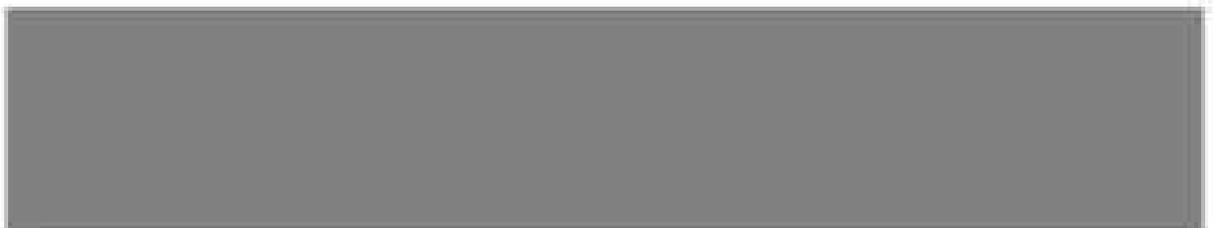


図 4-6 ガラス調化技術開発施設 (TV) ガラス調化技術開発棟
縦壁方向スラブ断面概念図

6. 降下火砕物の除去等の対策

6.1 降下火砕物に対応するための運用管理

降下火砕物に備え、手順を整備し、図5-1のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については保安規定に基づく保安体制として整備し、その中で体制の移行手順、活動内容についても明確にする。

(1) 通常時の対応

降下火砕物に備え、降下火砕物の除去に使用する資機材（シャベル、箒、エアードスター、除灰ポリ袋、ゴーグル、防護マスク等）について配備し、定期的に点検する。

(2) 近隣火山に噴火の兆候がある場合

近隣火山で噴火警戒レベルが「レベル4」（避難準備）又は「レベル3」（避難）となる引き上げが発表された場合、保安規定に従って監視強化準備体制を発令し、火山情報等を把握するとともに、準備体制を強化する。

(3) 気象庁により降灰予報が発表された場合

気象庁により再処理施設への「やや多量」又は「多量」の降灰予報が発表された場合、保安規定に従って監視強化体制を発令し、降下火砕物への対応、外部電源喪失及び交通の遮断を考慮した事故対応に必要な要員を招集する。

高放射性廃液貯蔵場（HAF）においては、高放射性廃液貯槽から移送中の高放射性廃液がある場合、ガラス固化技術開発施設（GVF）ガラス固化技術開発棟の受入槽に移送を完了する、又は再び高放射性廃液貯槽に戻すことにより、リスタを高放射性廃液貯槽に集中する。ホゾイト区域の換気を停止するとともに、入気ガタリヘフィルタを設置する。降下火砕物の降灰に備えて、交換用入気フィルタを準備するとともに、降下火砕物の除去に使用する資機材を準備する。

ガラス固化技術開発施設（GVF）ガラス固化技術開発棟においては、ガラス固化工程を安全に停止するため、減下停止操作及び海継ぎ停止に向けたリスタ撤かし込み作業を行い、外部電源や給水の供給停止に備える。降下火砕物の降灰に備えて、交換用入気フィルタを準備するとともに、降下火砕物の除去に使用する資機材を準備する。

(4) 降下火砕物の降灰が確認された場合

降下火砕物の降灰が確認された場合、保安規定に従って火山非常体制を発令し、

建家入気フィルタ高圧の監視を強化する。フィルタ高圧が運転範囲の上限まで上昇した場合には、フィルタ交換により通常の運転状態に復旧する。冷却塔への降下火砕物の堆積状況を定期的に確認し、排水口又はドレンの流量調整を行うことで降下火砕物の排水ポンプへの侵入を防止する。屋上及び屋外の監視を強化し、堆積状況に応じて屋外機器、建家及び建家周辺から降下火砕物を除去する。

降下火砕物により閉じ込め機能及び融凍熱除去機能を喪失するおそれがある場合、保安規定に従って非常時の組織により必要な処置を行う。

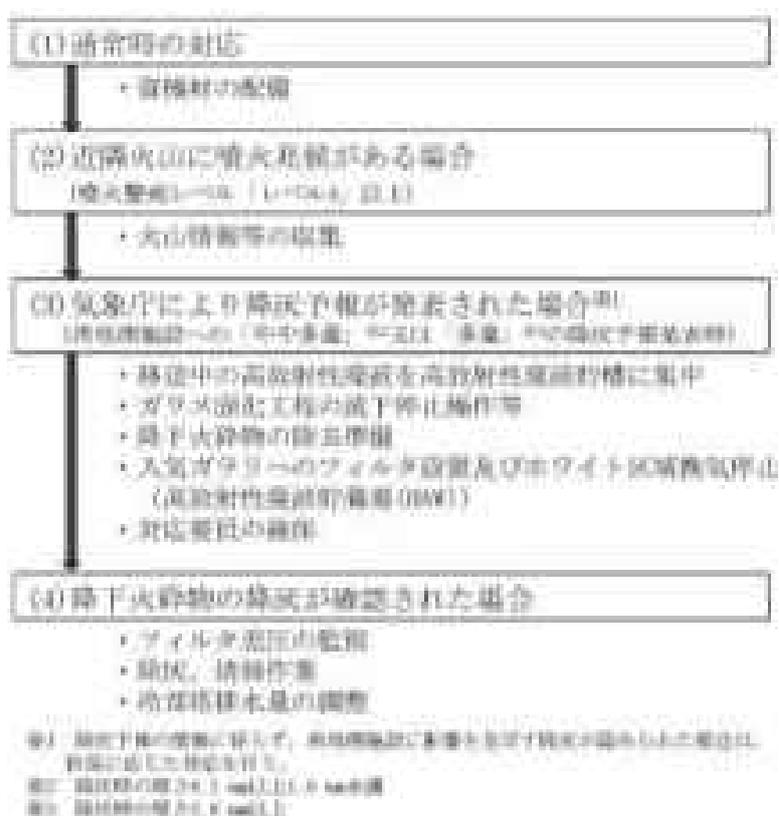


図 5-1 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

4. まとめ

降下火砕物による高放射線廃液貯蔵庫(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TV)ガラス固化技術開発棟の安全対策について評価した結果、降下火砕物による影響により閉じ込め機能及び融凍熱除去機能を喪失することはないことを確認した。

7. 参考文献

- (1) 内閣府, 広域的な火山防災対策に係る検討会(第3回)資料2(2012)
- (2) 武若謙司, シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状, コンクリート工学, vol. 42 No. 3, pp. 38-47 (2004)
- (3) 田宮茂人, 末吉寿一朗, 火山環境における金属材料の腐食, 防食技術, vol. 39, pp. 247-252 (1990)
- (4) H. J. Matsen, A. W. Duggins, The Direct Measurement of the Size, Shape and Kinematics of Falling Ballstones, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 37, pp. 1107-1120 (1980)
- (5) 住田法人, 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 2010改定, (2010)

再処理施設の外部火災対策の基本的考え方

廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中している。高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HAW）と、長期間ではないものの分離・精製工程（MP）等の工程洗浄や系統掃除に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種については、安全対策を最優先で講じる必要がある。

このため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種については、地震対策や津波対策と同様、想定される自然現象のうち外部火災に対しても、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることのないよう以下の対策を講ずる。

- ・ 安全対策の検討において想定する外部火災として、敷地外で発生する森林火災、近隣工場の大気爆発、敷地内への航空機落下を考慮する。
- ・ 閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う設備⁷は、それら設備を内包している高放射耐性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種の建家の外殻のコンクリートによって、外部火災の影響から防護する。
- ・ 外部火災における建家の外殻のコンクリート表面温度が許容温度以下となるよう、防火帯の設置等により適切な確保距離を確保する。
- ・ 外部火災の二次的影響として、火災によって生じるばい塵、有毒ガス等の影響を考慮し、当該施設の換気空調系設備や施設内部で行う人的活動に影響を及ぼさないようにする。
- ・ 外部火災により高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発種に電力やユーティリティを供給する施設の恒設設備（外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設）の機能喪失を想定し、代替策としての有効性を確認した上で事故対応設備として配属する設備⁸等が使用できるよう必要な対策を実施する。
- ・ 上記で使用する可搬型の事故対応設備については、以下の対応を行うことにより外部火災から防護する。
 - ① 森林火災から防護するため、可搬型の事故対応設備の配属場所にも適切な防火帯を設ける。
 - ② 近隣の産業施設の大気・爆発から防護するため、可搬型の事故対応設備の配

備場所は適切な覆層距離を確保する。

- 航空機落下による火災によって一度に全てが損傷しないように可搬型の事故対応設備は分散配置を行う。

上記以外の施設については、今後とも安全かつ継続して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう、それぞれのリスクに応じた対策を講ずることとする。

- ※別添6-1-3-1「再処理施設の廃止措置を進めていく上での施設対策の基本的考え方」で示した環境防壁機能及び閉じ込め機能を担う設備

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び
ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の
森林火災影響評価に関する説明書

1. 基本方針

再処理施設の廃止措置計画において、高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の外部火災(森林火災)に対する安全対策の検討は、別添 6-1-4-7「再処理施設の外部火災対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の外部火災影響評価のガイド」(原子力規制委員会、平成25年4月19日)^①(以下「ガイド」という。)を参考に実施する。

2. 評価条件

ガイドに記し、森林火災解析コード FARSITE を用いて以下の項目について解析・評価を行う。

- ① 燃焼速度、② 火線強度、③ 火炎長、④ 単位面積当たりの熱量、⑤ 火炎輻射強度、⑥ 火炎到達幅、⑦ 発火点から対象施設までの気候到達時間、⑧ 火災時の建家破面温度、⑨ 危険距離

2.1 使用コード

森林火災評価で使用したコードを以下に示す。なお、FARSITE にて利用できるよう地理的な位置情報を扱う地理情報システム (GIS) に植生情報を入力してデータを作成した

森林火災コード FARSITE^② 4.1.055

- ^② FARSITE は、世界で最も高性能かつ広く用いられている森林火災シミュレーションモデルの一つであり、米国農務省 USDA Forest Service で開発され、米国内の森林火災において実践的に利用されている。

2.2 入力データ作成

2.2.1 FARSITE 入力データ

FARSITE により、再処理施設の敷地内で発生する森林火災からの当該施設への影響評価の実施に際して、評価範囲を定めた上で、必要となる入力データを表 2.2.1-1 に示すとおり収集し整理した。なお、FARSITE の入力データの詳細は添付資料 6-1-4-8-1「FARSITE 入力データ」に示す。

2.2.2 解析範囲

対象範囲について、ガイドに記し再処理施設から 10 km の間を最大限とし、当該施設を含む東西 12 km、南北 12 km の範囲を評価対象とした。ただし、当該施設から東側 4 km 以降は一律非燃焼区域の画となることから、対象範囲から除外した。

2.2.3 発火点

ガイドに従い、人為的行為を想定し道路沿いを発火点とした。また、核燃料サイクル工学研究所の敷地外の 10 km 以内かつ敷地の風上に発火点を設定した。ただし、発火点と敷地の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定する。発火点設定の位置判断には上空写真を用いる。図 2.2.3-1 に発火点位置を示す。なお、発火点の考え方の詳細は添付資料 6-1-4-8-2「発火点の考え方について」に示す。

各発火点は以下のシナリオにて設定した。

発火点 1: 最大風速記録時の風向である北北東において、海岸でのたばこの投げ捨てにより原子力科学研究所敷地内の森林に引火することを原因とし、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟から北北東の方角上に当たる点を発火点とした。

発火点 2: 卓越風向 (西北西) において、国道 245 号線からのたばこの投げ捨てにより、長坂東病院の森林に引火することを原因とし、周辺の植生も同程度の燃えやすさであることから、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟から西北西の方角上に当たる点を発火点とした。

発火点 3: 南西方面において、国道 245 号線、県道 62 号線 (たばこの投げ捨て)、如意輪寺霊園 (薪木の残り火) からの発火を想定し、評価上、火災強度が保守的になると予想された如意輪寺霊園を発火点とした。

発火点 4: 南方面において、県道 62 号線からのたばこの投げ捨てにより、核燃料サイクル工学研究所敷地の森林に引火することを原因とし、県道 62 号線沿線の植生のなかで比較的燃えやすい「Tall grass」のある交差点付近を発火点とした。

2.2.4 再処理施設の敷地境界設定

「再処理施設の敷地境界の範囲図」より、境界を設定した。図 2.2.4-1 に設定した境界を示す。表 2.2.4-1 に熱的影響評価対象施設の距離距離 (各境界までの最短距離) を示す。

2.3 実施ケース

2.2 項で作成した入力データを用いて、4.1.4 節の発火点位置の延焼を想定した森林火災シミュレーションを実施した。表 2.3-1 に実施ケースの一覧を示す。

表 2.2-1-1 森林火災評価のための入力データの一覧

データ種類	入手・整備要領
地形データ	<p>現況状況をできるだけ複製するため、公開情報である国土情報院基盤地図情報の 30m メッシュの標高データを使用した。ただし、震災による地盤沈下が確認されているため、標高データを修正^{*)}（基盤地図情報数値標高モデル、2009年公開）した。</p> <p>傾斜度、傾斜方位については標高データから計算した。</p>
土地利用データ	<p>現況状況をできるだけ複製するため、公開情報の中でも高い空間解像度である 100m メッシュの土地利用データを使用した。</p> <p>（国土数値情報（国土交通省） 土地利用細分メッシュ、平成21年度）</p>
植生データ	<p>現況状況をできるだけ複製するため、樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを使用した。森林簿の情報を元にして、土地利用データにおける森林領域を樹種・林齢によりさらに細分化（森林簿、森林計画区及び緑地計画区）した。</p> <p>敷地内植生については現地調査結果より細分化した。</p>
気象データ	<p>現況にて起こりうる最悪の条件を検討するため、平成 28 年から過去 10 年間の最多風向、最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用した^{**)}。</p> <p>（気象データ：気象庁 JPF）</p>

*) 国土情報院公開ツール「地政変動に伴う標高修正を行う標高修正ソフトウェア Patch3D(標高版)」を用いた。

**) データの記載内容に準ずると、森林火災の多い月のみを採用となるが、保守的に年間における最小湿度、最高気温及び最大風速を採用した。

表 2.2.4-1 熱的影響評価対象施設の離隔距離

施設名称	離隔距離(m)
ILAW	137
TYF	21
第二村岡浄水場	71

* 離隔距離は保守性を考慮し、小数点第1位で切り上げ

表 2.2-1 実施ケース一覧

発火点名	風向 (10deg)	解析範囲	林齢設定
発火点1	北北東：23 (最大風速時風向)	敷地より 12km 範囲	林齢 20年以上 について 10年以上～20 年未満
発火点2	西西北：203 (最大風向)		
発火点3	南西：225		
発火点4	南：180		



図 2.2.3-1 発火点位置



図3.2.4-1 再処理座敷地境界の設定（図中赤線に囲まれた部分）

3. 評価結果

3.1 森林火災の影響評価

設定した再処理施設境界において、各発火点での森林火災影響評価を FARSITE により実施した。評価結果を表 3.1-1 に示す。なお、FARSITE の解析結果の詳細は添付資料 6-1-4-8-3「FARSITE の解析結果」に示す。

3.2 火災の到達時間評価

3.2.1 火災到達時間分布

各発火点から再処理施設の境界に最も早く火災が到達する火災到達時間一覧を表 3.2-1 に示す。

発火点 4 の火災到達時間が 0.7 時間と最も短くなった。原因として、発火点から風下に位置する植生の影響が考えられる。図 3.2-1 に発火点 4 における火災到達時間分布及び植生分布を示す。

3.2.2 初期消火活動及び体制

高放射性廃液貯蔵場 (HAW)、ガラス固化技術開発施設 (TVF)、ガラス固化技術開発棟及び第二村岡排気筒の周辺には防火帯を設定するため、森林火災がこれらの施設に影響を及ぼすことはないが、龍び火等による延焼には以下に示すように対応することが可能である。

- ・核燃料サイクル工学研究所には、自衛消防隊が組織されており、24 時間対応が可能である。詳細を添付資料 6-1-4-8-4「核燃料サイクル工学研究所自衛消防隊について」に示す。
- ・核燃料サイクル工学研究所内で火災が発生された場合は、発見者は公設消防に直ちに通報するとともに、核燃料サイクル工学研究所内の緊急電話を用いて通報する。初期消火活動実施までの通報連絡体制を図 3.2-2 に示す。
- ・通報を受けると、自衛消防隊が召集され火災に対応する。詳細を別紙 6-1-4-8-4-1「森林火災発生時の核燃料サイクル工学研究所自衛消防隊の対応について」に示す。また、休日・夜間においても、常駐者により編成される自衛消防隊である常駐隊が対応する体制となっている。

3.3 熱的影響評価

評価対象施設の熱的影響評価結果を表 3.3-1 及び表 3.3-2 に示す。評価方法及び評価に必要な入力データは、添付資料 6-1-4-8-5「熱影響評価方法について」に示す。

森林火災による熱的影響については、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF)、ガラス固化技術開発棟に対して評価し許容温度 200℃¹⁾ に対して壁面温度は最大で約 121℃となり、許容温度を下回ることを確認した。また、第二村岡排気筒に

対して評価し許容温度 350℃^④ に対して壁面温度は最大で約 77℃となり、許容温度を下回ることを確認した。なお、コンクリート製である土排気筒については、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟に比べ離隔距離が長いので、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の評価に包含される。

また、許容温度となる危険距離を算出し、離隔距離が確保されていることを確認した。

③ 「建築火災のメカニズムと火災安全設計 (財団法人 日本建築センター)」に基づき、コンクリートにおける常温時の強度が維持される保守的な温度である 200℃を許容温度とする。

④ 「発電用原子力設備設計 材料規格 (JSMR)」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である 350℃を許容温度とする。

3.4 防火帯評価

3.4.1 防火帯幅の設定

ガイドに示す「Alexanderand Fogarty」の手法^⑤を用いて、防火帯幅(火災の防火帯突破確率 1%の値)を算出した。火線強度と防火帯幅の相関を表 3.4.1-1 に示す。

FARSTTE 解析結果から算出された、最大火線強度は、発火点までの 6085 kW/m であることから、Alexanderand Fogarty の手法より、風上に樹木がない場合の最小防火帯幅は 8.5 m、風上に樹木がある場合の最小防火帯幅は 21 m と算出した。

3.4.2 防火帯の設定

重要な安全機能を有する高放射性廃液貯蔵場 (HAW)、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒を囲むように設定する。防火帯には線架等を含めず、既にアスファルトで舗装されている構内舗装道路を防火帯として利用する。

ガイドより算出した最小防火帯幅は、南側は風上に樹木があることから防火帯幅を 21 m 確保することとし、それ以外の側については風上に樹木がない場合である 9 m を確保する。防火帯の配置図を図 3.4.2-1 に示す。設定の考え方を別添資料 ④1-4-8-6 「防火帯の計画検討について」に示す。

なお南東側の一部は現在は樹木が自生しているが、この場所以に事故対応設備を配置することから、施設改良工事を行う計画であり、その際にこれらの樹木の伐採が行われる。

また、防火帯に囲まれる区域内には高放射性廃液貯蔵場 (HAW)、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒以外の施設が存在することから、これらの施設において火災が発生したとしても、想定した森林火災の影響を超えるものとならないよう、可燃物管理や防火設備・作業者の配置が重要となるが、これらについては令和 2 年 10 月に予定している廃止措置計画の変更において明確に示すこととする。

3.4.3 防火帯の管理

防火帯の管理については火災防護計画に定め、樹木を伐採する等、可燃物を排除し、防火帯内に草木が生えないように処理を行う。また、不燃材で構築された施設建家内部を除き、駐車車両等の可燃物及び消火活動に支障となるものは原則として配置しない管理を行う。なお、防火帯の管理方針の詳細は別紙 6-1-4-8-6-1「防火帯の管理方針について」に示す。

3.5 有毒ガス影響評価

3.5.1 概要

森林火災による二次的影響の一つである有毒ガスの濃度評価をした。

本評価においては、火災による有毒ガス発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象となる再処理施設の有毒ガス濃度を求めた。

表 3.5.1-1 に「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」で判断基準とされている IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) の一覧を示す。IDLH 濃度は 30 分間の暴露限界濃度であり、NRC Regulatory Guide 1.78 Rev.1 において制錬所の居住性の基準値として参照されていることから、本評価においては、算出された濃度を IDLH と比較し、これを下回ることを確認した。

有毒ガス影響評価は、再処理施設における以下の 2 施設の入り口位置における評価をした。

- ㉠ 高放射性廃液貯蔵槽 (HLAW)
- ㉡ ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

詳細な評価方法は、別紙資料 6-1-4-8-7「有毒ガス・ばい塵影響評価の方法」に示す。

3.5.2 評価結果

表 3.5.2-1 に、森林火災による有毒ガス濃度の最大値を示す。

評価においては、全ての評価対象において IDLH を下回ることを確認した。

3.6 ばい塵影響評価

3.6.1 概要

森林火災による二次的影響の一つであるばい塵の濃度評価をした。

本評価においては、火災によるばい塵発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象となる再処理施設のばい塵濃度を求めた。なお、ばい塵発生量は PM10 として算出し、カーボンブラックとし

て評価した。

表 3.6.1-1 に「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」で判断基準とされている IDLH の一覧を示す。なお、ばい煙はカーボンブラックとして評価した。IDLH 濃度は 30 分間の暴露限界濃度であり、NRC Regulatory Guide 1.78 Rev.1 において耐煙気の居住性の基準値として参照されていることから、本評価においては、算出された濃度を IDLH と比較し、これを下回ることを確認した。

ばい煙影響評価は、再処理施設における以下の 2 施設の入気口位置における評価をした。

- ① 高放射性廃液貯蔵場 (HAW)
- ② ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

詳細な評価方法は、添付資料 6-1-4-8-7「有毒ガス・ばい煙影響評価の方法」に示す。

3.6.2 評価結果

表 3.6.2-1 に、森林火災によるばい煙濃度の最大値を示す。

評価においては、全ての評価対象において IDLH を下回ることを確認した。

また、全ての評価対象においてばい煙の濃度が低く、また評価対象建物の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。HAW 換気系の系統概略図を図 3.6.2-1 に、TVF 換気系の系統概略図を図 3.6.2-2 に示す。

表 3.1-1 森林火災影響評価結果

項目	発火点1	発火点2	発火点3	発火点4
火熱密度 [kW/m]	2215	6023	5748	6085
風速密度 [m/s]	0.29	0.08	0.64	0.67
火炎の到達時間* [hr]	12.9	2.1	1.8	0.7
火炎放射強度 [kW/m ²]	438	435	440	429
火炎到達距離 [m]	780	1020	1020	1020
火炎継続時間 [hr]	0.06	0.12	0.06	0.13
火炎雲 [m]	1.6	1.2	1.7	1.7
燃焼半徑 [m]	0.6	0.4	0.6	0.4
付着火炎サイズ数	10	14	10	15
単位面積当たり熱量 [kJ/m ²]	7720	8657	18188	19865
評価期間 [hour]	17.9	24.7	26.1	16.8

*到達時間は保守的に取り下げ

表 3.2.1-1 火炎到達時間一覧

項目	発火点1	発火点2	発火点3	発火点4
火炎の到達時間 [hr]	12.9	2.1	1.8	0.7

表 3.3-1 熱的影響評価結果（コンタクト建築）

対象施設	項目	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4
HAW	危険距離 [m]	14	13	13	13
	最高温度 [℃]	79	78	78	77
	放射強度 [W/m ²]	2912	2161	3153	1050
	火災継続時間 [hr]	0.06	0.12	0.05	0.13
TVF	危険距離 [m]	19	19	19	18
	最高温度 [℃]	121	121	118	117
	放射強度 [W/m ²]	7040	5801	8306	5310
	火災継続時間 [hr]	0.06	0.12	0.05	0.13

表 3.3-2 熱的影響評価結果（第二付属機室）

対象施設	項目	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4
第二付属 機室	危険距離 [m]	19	15	19	14
	温度 [℃]	75	69	77	67
	放射強度 [W/m ²]	629	616	627	528
	火災継続時間 [hr]	0.06	0.12	0.05	0.13

表 3.4.1-1 火源強度と防火帯幅の相関

風上に雨水が降りぬ場合の火源強度と最小防火帯幅の相関（火災の防火帯突破率 1%）

火源強度 (kW/m)	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	6.2	6.4	6.7	7.1	7.4	7.8	9.3	11.3	13.1	14.8

風上に雨水が落ちる場合の火源強度と最小防火帯幅の相関（火災の防火帯突破率 1%）

火源強度 (kW/m)	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	16	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7	34.4	39.1

表 3.5.1-1 IDLH一覧

化学種	IDLH値
CO ₂	4000 [ppm]
CO	1200 [ppm]

表 3.5.2-1 有毒ガス (CO₂, CO) 濃度最大値

発火点	CO ₂ の最大濃度[ppm]	
	HAW	TVF
発火点1	206	238
発火点2	74	68
発火点3	30	33
発火点4	4	14
IDLH	4000[ppm]	

発火点	COの最大濃度[ppm]	
	HAW	TVF
発火点1	17.77	18.91
発火点2	6.80	6.02
発火点3	6.92	1.14
発火点4	0.41	1.03
IDLH	1200[ppm]	

表 3.6.1-1 IDLH一覧

種類	IDLH値
ばい煙 (カーボンブラック)	1750 (mg/m ³)

表 3.6.2-1 ばい煙濃度最大値

測定点	ばい煙 (PM10) 最大濃度[mg/m ³]	
	HAW	TVF
測定点 1	0.52	0.52
測定点 2	0.18	0.16
測定点 3	0.03	0.04
測定点 4	0.02	0.04

IDLH	1750(mg/m ³)
------	--------------------------

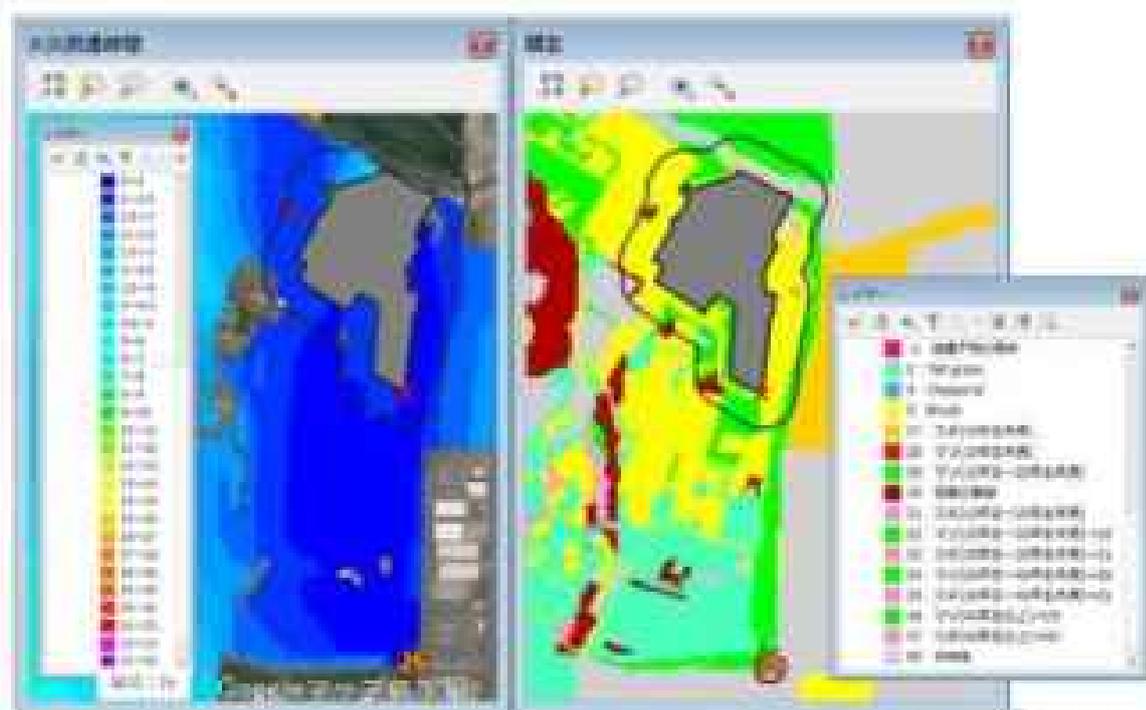


図3.2.3-1 発火点4の火災到達時刻に影響していると考えられる植生

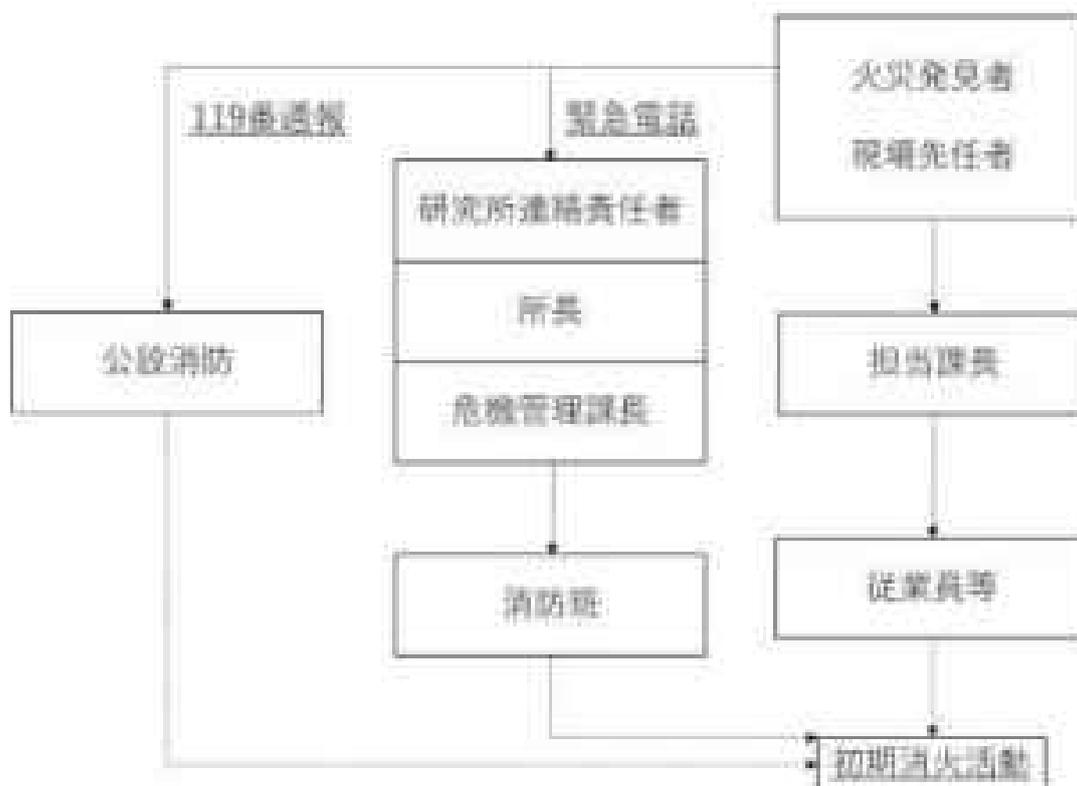


図3.2.2-1 初期消火活動実施までの通報連絡体制

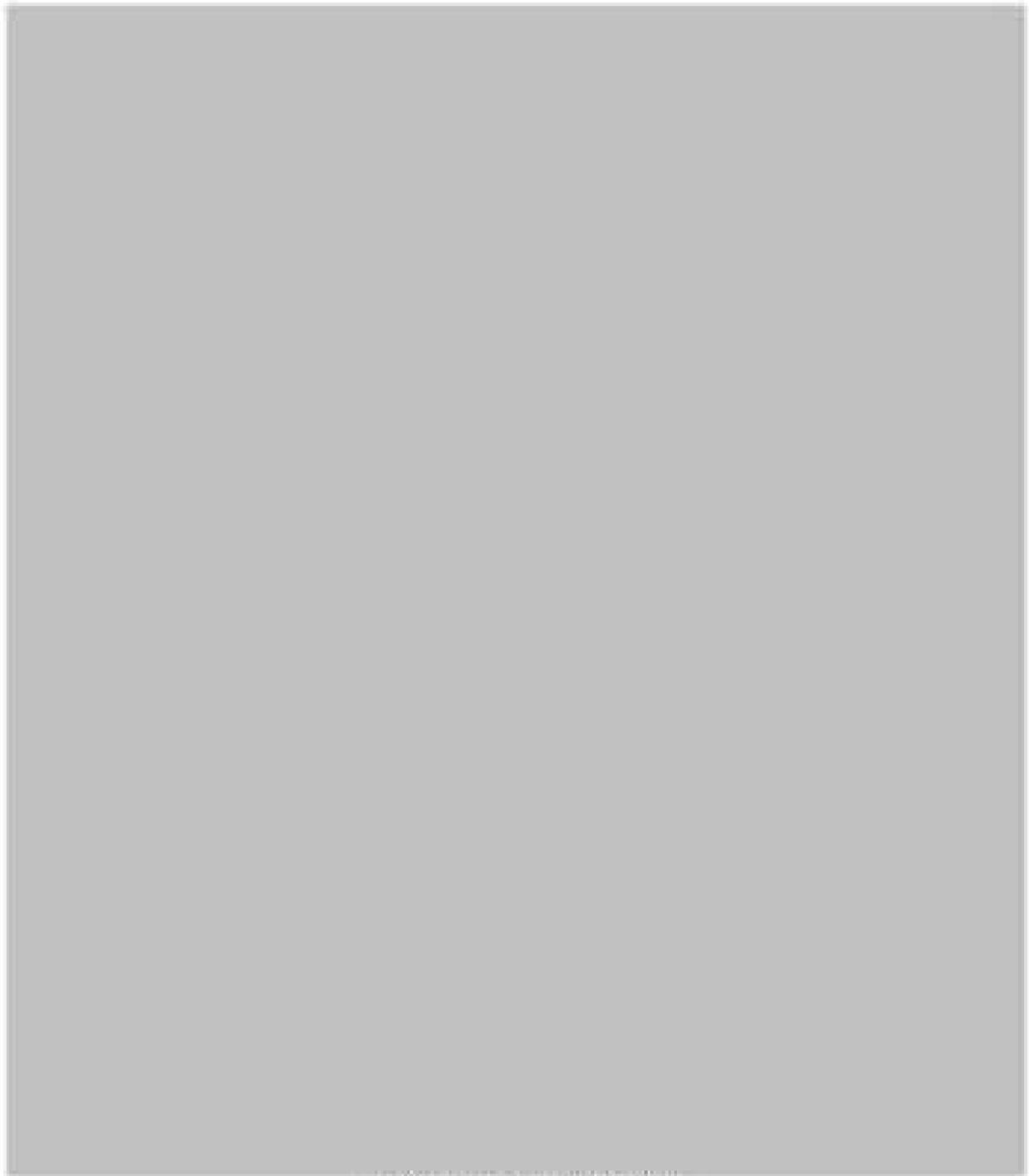


図 3.4.2-1 防火帯の配置図

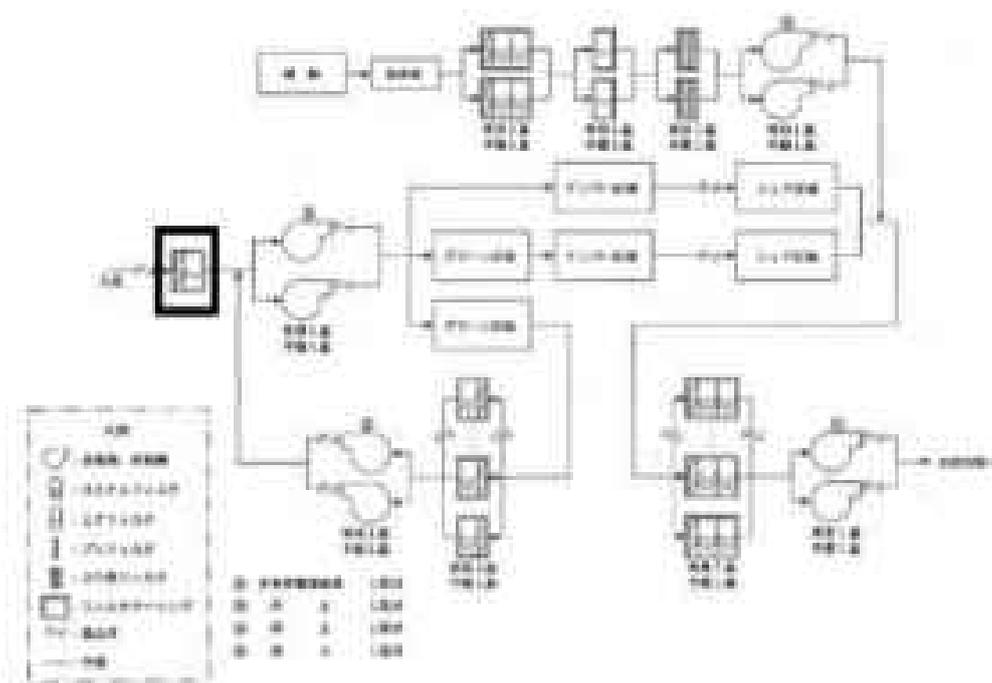


図 3.0.2-1 HAW 換気系の系統概略図

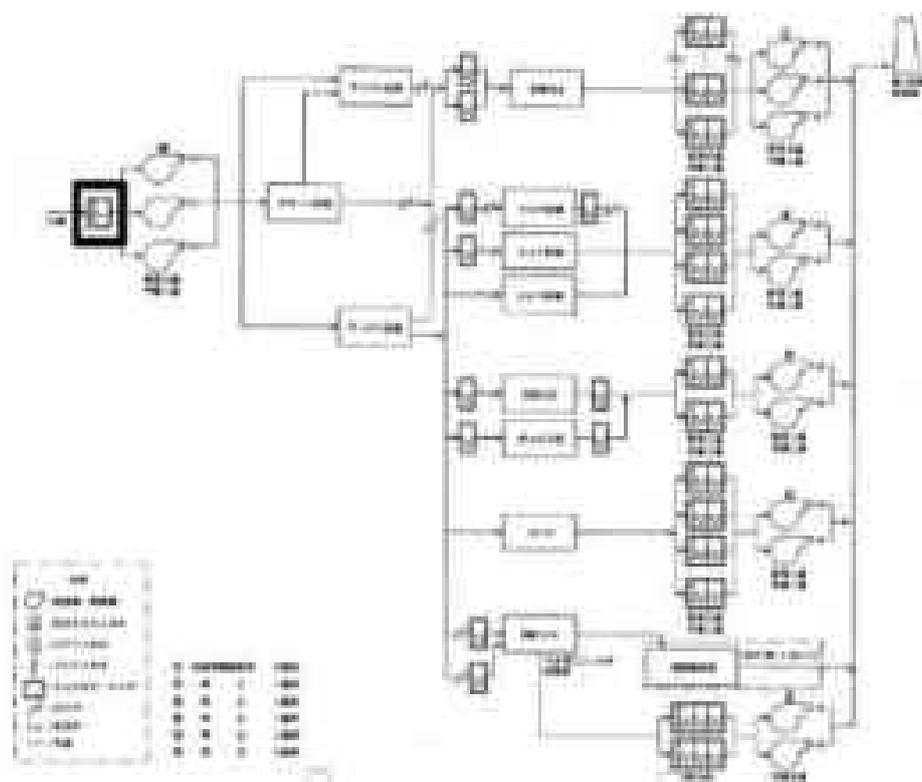


図 3.0.2-2 TVR 換気系の系統概略図

4. まとめ

以下のとおり、高放射線照射貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒は、森林火災に対し健全性を維持できることを確認した。

- 森林火災の到達前に、自動消防隊による対応が可能であることを確認した。
- 森林火災による熱的影響については、高放射線照射貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒に対して許容温度を下回ることを確認した。
- 森林火災に対して必要な防火荷重であることを確認した。また、屋根構造が危険許限以上であることを確認した。
- 森林火災に対する有毒ガス濃度の評価においては、全ての評価対象において基準濃度を下回ることを確認した。
- 森林火災に対するばい煙の評価においては、全ての評価対象においてばい煙の濃度が低く、また評価対象建家の入気口にはフィルターが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。

5. 参考文献

- [1] 原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの制定について、（平成 25 年 6 月）
- [2] 原子力規制委員会、有毒ガス防護に係る影響評価ガイド、（平成 29 年 4 月）

FARSITE入力データ

1. 概要

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 A 森林火災の原子力発電所への影響評価について²⁾」(以下「ガイド」という。)に従い、森林火災シミュレーション解析コード FARSITE を使用し解析を実施した。

2. 地形データ

現地状況をできるだけ模倣するため、公開情報（国土地理院 基礎地図情報ダウンロードサービス、<http://gdl.gsi.go.jp/download/>）である基礎地図情報数値標高モデルの 10 m メッシュ標高データを用いた。傾斜及び傾斜方位については標高より計算した。

標高データについては、公開データに対して修正を行った。

- (1) 標高データについては必要に応じて国土地理院公開の補正パラメータにより考慮した。（東北地方太平洋沖地震に伴う地盤変動の影響等）

http://vhl.gsi.go.jp/sekuchi/patchgd_h/kowalnd/index.html

- (2) 地盤変動を考慮すると低標高地域は海抜以下となる場合があるが、FARSITE ではマイナス標高は非数値扱いとなるため、海抜以下の領域の標高は 0 m に補正した。

地形データを図 2-1 に示す。

3. 植生データ

3.1. カスタム植生タイプ

カスタム植生タイプは「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価²⁾」（独立行政法人原子力安全基盤機構）に従い設定した。

3.2. 植生・樹冠率データ

FARSITE の入力パラメータにおける植生・樹冠率データについてはガイドに従い、以下の手順で入力した。

3.2.1. 土地利用データの入力

現地状況をできるだけ模倣するため、公開情報の中でも高い空間解像度である国土数値情報土地利用区分メッシュデータ(100 m メッシュ)を用いた。土地利用データを図 3.2.1-1 に示す。

FARSITE に利用した土地利用データ(可燃物データ)と FARSITE の燃料モデル(Fuel

Model) タイプの対応及び土地利用データ (樹冠率) と FARSITE の Canopy Cover カテゴリについては「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価 Ⅲ」における「表 3.2 FARSITE に利用した土地利用データの項目」(表 3.2.1-1 参照) 及び「(設) 表 B-1 FARSITE の Fuel Model」(表 3.2.1-2 参照) に従い設定した。

3.2.2 森林領域の細分化

土地利用データにおける森林領域については、現地の森林簿データに基づき樹種・林齢により細分化し、現地森林の樹種と林齢を考慮したパラメータを設定した(表 3.2.2-1 参照)。

さらに断折の保守性を考慮し、森林の林齢については表 3.2.2-2 のとおり読み替え、森林可燃物設定パラメータを設定した。

また、森林(スギ、マツ及び広葉樹)の樹冠率については FARSITE の区分 3 (樹冠率 61%~80%相当) 及び区分 4 (樹冠率 81%~100%相当) の中から、火源強度が強くなる区分 3 を設定した(表 3.2.2-3 及び表 3.2.2-4 参照)。

3.2.3 現地植生調査・常陸那珂火力発電所緑地計画図の反映

植生科サイタル工学研究所の調査領域については、植生調査結果に基づき、土地利用データ及び森林領域の細分化情報を反映した。なお、植生調査結果の詳細は別紙 0-1-4-B-1-1「植生調査」に示す。

なお、植生調査結果における区分において、表 3.2.1-1「表 3.2 FARSITE に利用した土地利用データの項目」に記載されていない項目については「伊方発電所 3 号炉外部火災影響評価補足説明資料 (DB-8-21(補) 改 4) Ⅲ」を参考に設定した。

常陸那珂火力発電所の敷地については、常陸那珂火力発電所緑地計画図に基づき、土地利用データ及び森林領域の細分化情報を反映した。

ただし、評価範囲にある Tall grass 及び林齢 10 年未満の森林については、現地植生の改良を前提として、全て Brush に変更した。植生データを図 3.2.3-1 に示す。

表 3.2.1-1 福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価より
(表 3.2 FARSITE に利用した土地利用データの項目)

表 3.2 FARSITE に利用した土地利用データの項目

土地利用 No.	対応す る内容	定義	FARSITE の Fuel Model の タイプ番号 (10) の D1 参照)	FARSITE の Canopy Cover のタイプ名 (10) の D2 参照)	備考
1	樹	落葉・常緑・高木・灌叢及び樹木等。	1	0000	樹の葉面 を考慮
2	その他の 林野用 地	草・雑草・野草・雑木・芝草・竹林・ 樹・樹・アサガオ・菜・藁・はば・ユウゴ・ シラカサ等が混在する土地とする。	2	0000	樹の葉面 を考慮
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	森林	森林が混在している地域とする。	3	3	
6	荒地	山林・荒地・山打・藪・竹林等・雑草・ 雑木等が混在する地域とする。	3	0000	樹の葉面 を考慮
7	建物用 地	住宅地・商業地等で建物が密集してい る地域とする。	0000	0000	
8	-	-	-	-	-
9	道路で 舗装地	道路・歩道・橋を舗装して、道路に閉じ られる地域とする。	0000	0000	
A	その他の 用地	運動場・公園・広場・緑地帯・芝草・草 野・雑草地・人工造成地等の地域とす る。	0000	0000	
B	河川用 及び湖 沼	人工湖・自然湖・池・ダム湖等です。水 が溜まる地域である。川・湖・沼は河 川・湖沼の属性が異なる。	0000	0000	
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	海岸	海岸に面する地域。水が溜まる。	0000	0000	
F	海岸線	海岸線、干潟、ビーチ等が混在する。	0000	0000	
G	沢水 池	川・湖・池・ダム・湖等の水が溜まってい る地域。アサガオ・草・藁・ユウゴ等の 植物が混在する。	3	0000	樹の葉面 を考慮

表 3.2.1-2 福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価より
 (※ 表 D-1 FARSITE の Fuel Model)

(図) 表 D-1 FARSITE の Fuel Model

火災種別	モデル番号	燃料種別	特徴
Grass 草類	1	Short grass	約10cmの高さまで 【燃料特性：高、火力：高】
	2	Timber/grass and understorey	草類の層がある 【燃料特性：高、火力：中】
	3	Tall grass	約1mの高さまで 【燃料特性：高、火力：高】
Brush 低木層	4	chopped	草類の層から切り取られた 【燃料特性：高、火力：高】
	5	Brush	低木層(樹木で約1mの高さまで) 【燃料特性：中、火力：中】
	6	Dominant brush, hardwood slash	低木層が主体、硬木層が追加 【燃料特性：高、火力：中】
	7	Southern rough	Florida 州に典型的な低木層
Timber 立木	8	Clear timber litter	立木の葉が落ちた状態 【燃料特性：低、火力：中】
	9	Hardwood litter	硬木層の葉が落ちた状態 【燃料特性：低、火力：中】
	10	Timber (litter and understorey)	立木と低木層 【燃料特性：中、火力：高】
Slash 伐削材	11	Light logging slash	軽伐材
	12	Medium logging slash	中程度の伐削材
	13	Heavy logging slash	重伐材
その他	9999		

表3.2.2-1 森林可燃物等の設定（下掲には現地植生調査で確認された樹種）（1/2）

No.	樹種区分 (土地利用種別・森林種)	可燃物パラメータ設定	燃料モデル
1	マツ、カラマツ、モミ、 <u>スロマツ</u> 、 <u>アカマツ</u> 林齢10年生未満	マツ林齢10年生未満	28
2	マツ、カラマツ、モミ、 <u>スロマツ</u> 、 <u>アカマツ</u> 林齢10年生～林齢20年生	マツ林齢10年生 ～林齢20年生未満	29
3	マツ、カラマツ、モミ、 <u>スロマツ</u> 、 <u>アカマツ</u> 林齢20年生～林齢30年生	マツ林齢20年生 ～林齢30年生未満	32
4	マツ、カラマツ、モミ、 <u>スロマツ</u> 、 <u>アカマツ</u> 林齢30年生～林齢40年生	マツ林齢30年生 ～林齢40年生未満	34
5	マツ、カラマツ、モミ、 <u>スロマツ</u> 、 <u>アカマツ</u> 林齢40年生以上	マツ林齢40年生以上	36
6	スギ、ヒノキ、 <u>スギ混林</u> 林齢10年生未満	スギ林齢10年生未満	27
7	スギ、ヒノキ、 <u>スギ混林</u> 林齢10年生～林齢20年生	スギ林齢10年生 ～林齢20年生未満	31
8	スギ、ヒノキ、 <u>スギ混林</u> 林齢20年生～林齢30年生	スギ林齢20年生 ～林齢30年生未満	33
9	スギ、ヒノキ、 <u>スギ混林</u> 林齢30年生～林齢40年生	スギ林齢30年生 ～林齢40年生未満	35
10	スギ、ヒノキ、 <u>スギ混林</u> 林齢40年生以上	スギ林齢40年生以上	37
11	広葉樹（ブナ、クヌギ、シイ・カシ二次林、落葉広葉樹二次林等） 全林齢	落葉広葉樹	30
12	マダ、 <u>笹</u>	Chaperal：乱木の茂み (高さ5ft程度)	4

表3.2.2-1 森林可燃物等の設定（下掲には現地植生調査で確認された樹種）（2/2）

No.	樹種区分 (土地利用種別・森林種)	可燃物パラメータ設定	燃料モデル
13	採伐不用の森林	異化する保守的な樹種を人力 スギ>マツ>広葉樹	13
14	田、その他農用地、ゴルフ場、樹 齢10未満、水田雑草群落、放棄樹 齢10未満、放棄水田雑草群落、落 葉・空地雑草群落、芝地	Tall grass : 高い草 (高さ2.5 feet程度)	3
15	荒地、積物堆地、薪の多い住宅地、 市街地	Brush : 茂み (田木ではない) (高さ2.5 feet程度)	5
16	河川堤、道路、鉄道、橋脚、その他 植の用地、河川地及び湖沼、造成 地、置置水産	非植生とした	00 ^{*)}

※「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」において燃料モデルを「4000」とする箇
所については、「00」と読み替えて入力する。

表3.2.2-2 林齢の読み替え

読み替え前		読み替え後	
作成データの燃料モデル番号		保守性を考慮した燃料モデル番号	
番号	燃料モデル名	番号	燃料モデル名
27	スギ (林齢 10 年未満)	27	スギ (林齢 10 年未満)
28	マツ (林齢 10 年未満)	28	マツ (林齢 10 年未満)
29	マツ (林齢 10 年以上 20 年未満)	29	マツ (林齢 10 年以上 20 年未満)
30	落葉広葉樹 (全林齢)	30	落葉広葉樹 (全林齢)
31	スギ (林齢 10 年以上 20 年未満)	31	スギ (林齢 10 年以上 20 年未満)
32	マツ (林齢 20 年以上 30 年未満)	29	マツ (林齢 10 年以上 20 年未満)
33	スギ (林齢 20 年以上 30 年未満)	31	スギ (林齢 10 年以上 20 年未満)
34	マツ (林齢 30 年以上 40 年未満)	29	マツ (林齢 10 年以上 20 年未満)
35	スギ (林齢 30 年以上 40 年未満)	31	スギ (林齢 10 年以上 20 年未満)
36	マツ (林齢 40 年以上)	29	マツ (林齢 10 年以上 20 年未満)
37	スギ (林齢 40 年以上)	31	スギ (林齢 10 年以上 20 年未満)

表 3.2.2-3 FARSITE 上の樹冠率設定

FARSITE 区分	樹冠率 [%]	備考
1	<20	—
2	21~50	森林をさむ状況
3	51~80	一般的な森林
4	81~100	原生林等

表 3.2.2-4 FARSITE 上の樹冠率区分による効果

	区分3の場合	区分4の場合
風速削減効果	風速があまりに低い	風速が過剰
日照削減効果	地面下草が燃えやすい	地面下草が燃えにくい

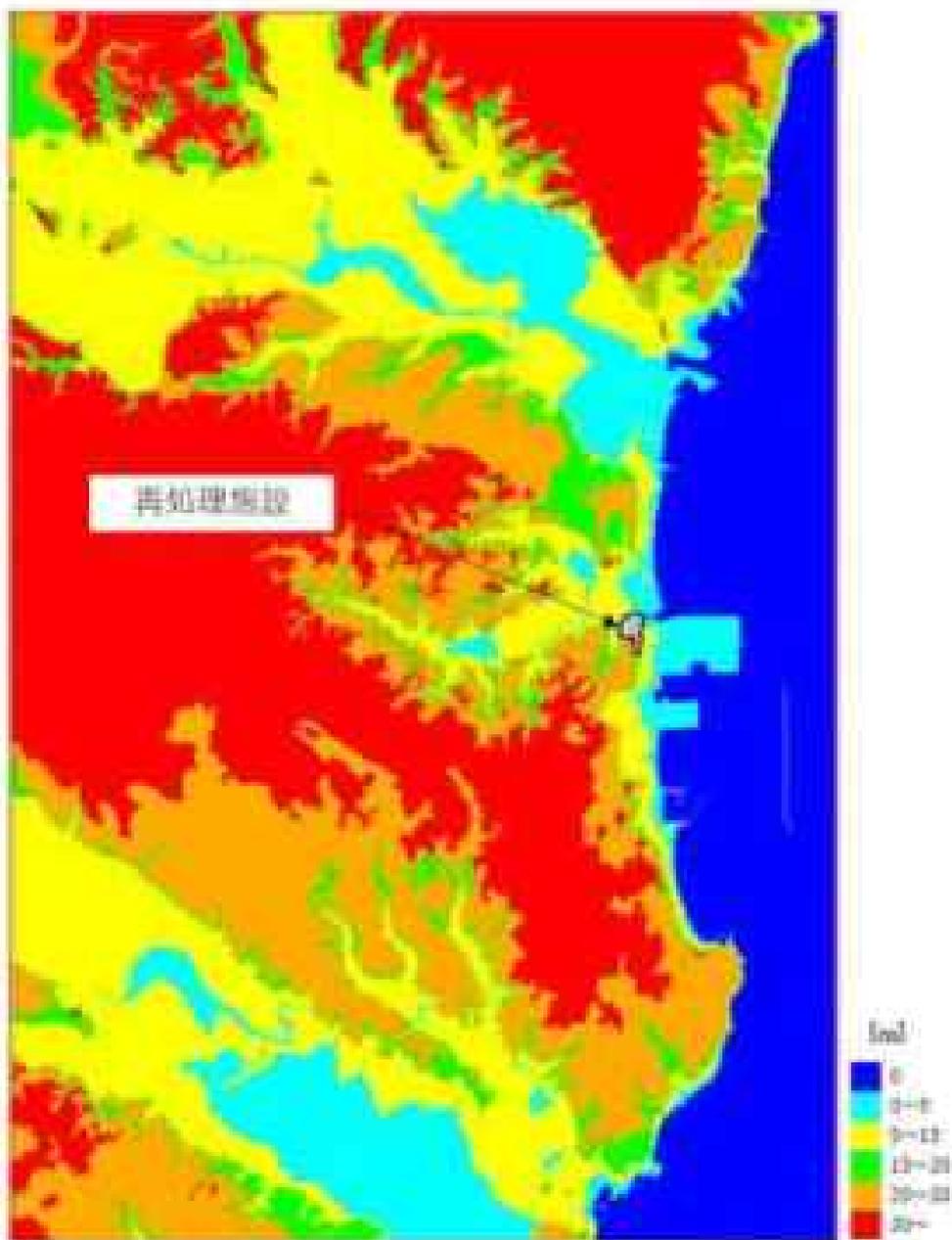


図 2-1 地形データ

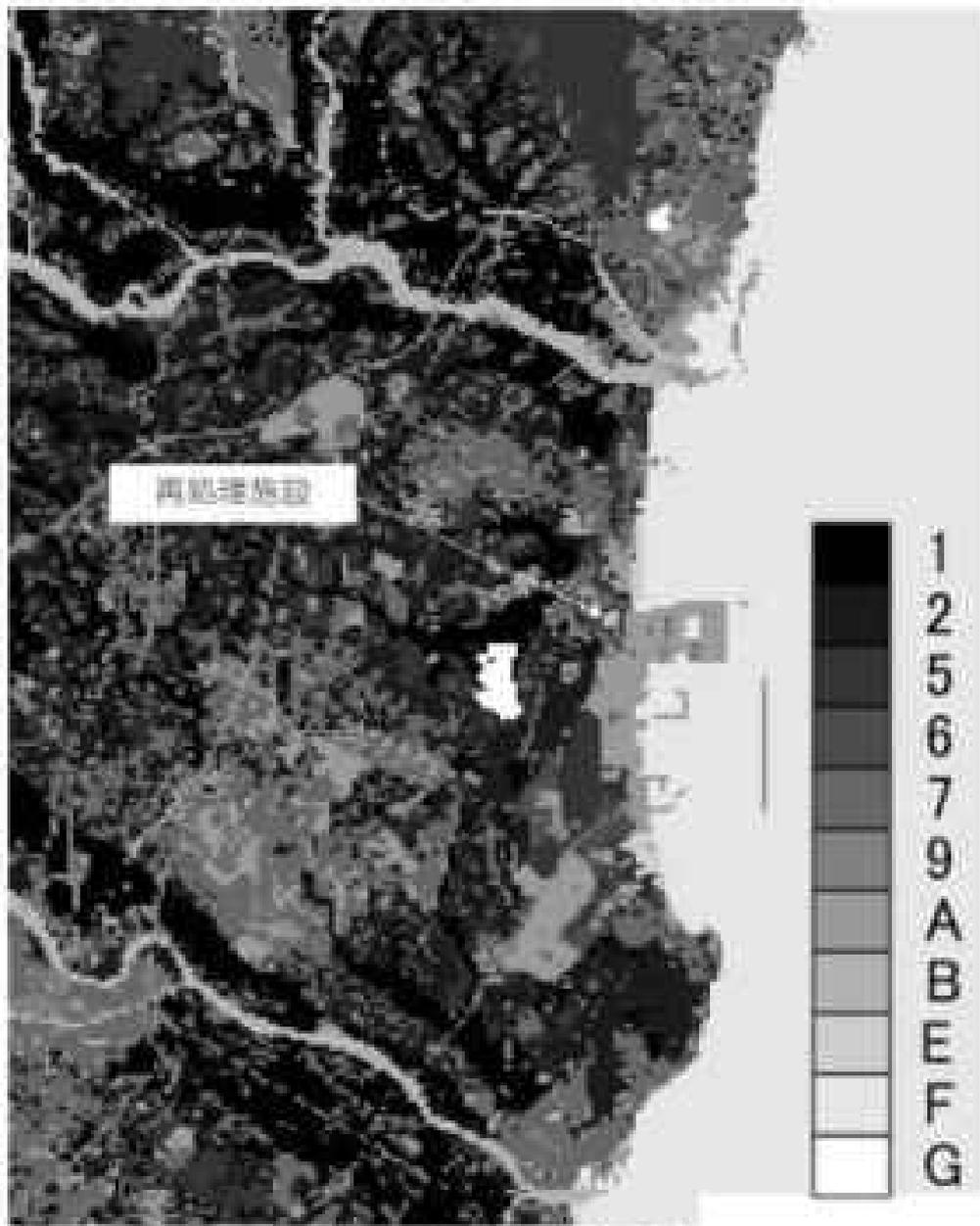


図 3.2.1-1 土地利用データ

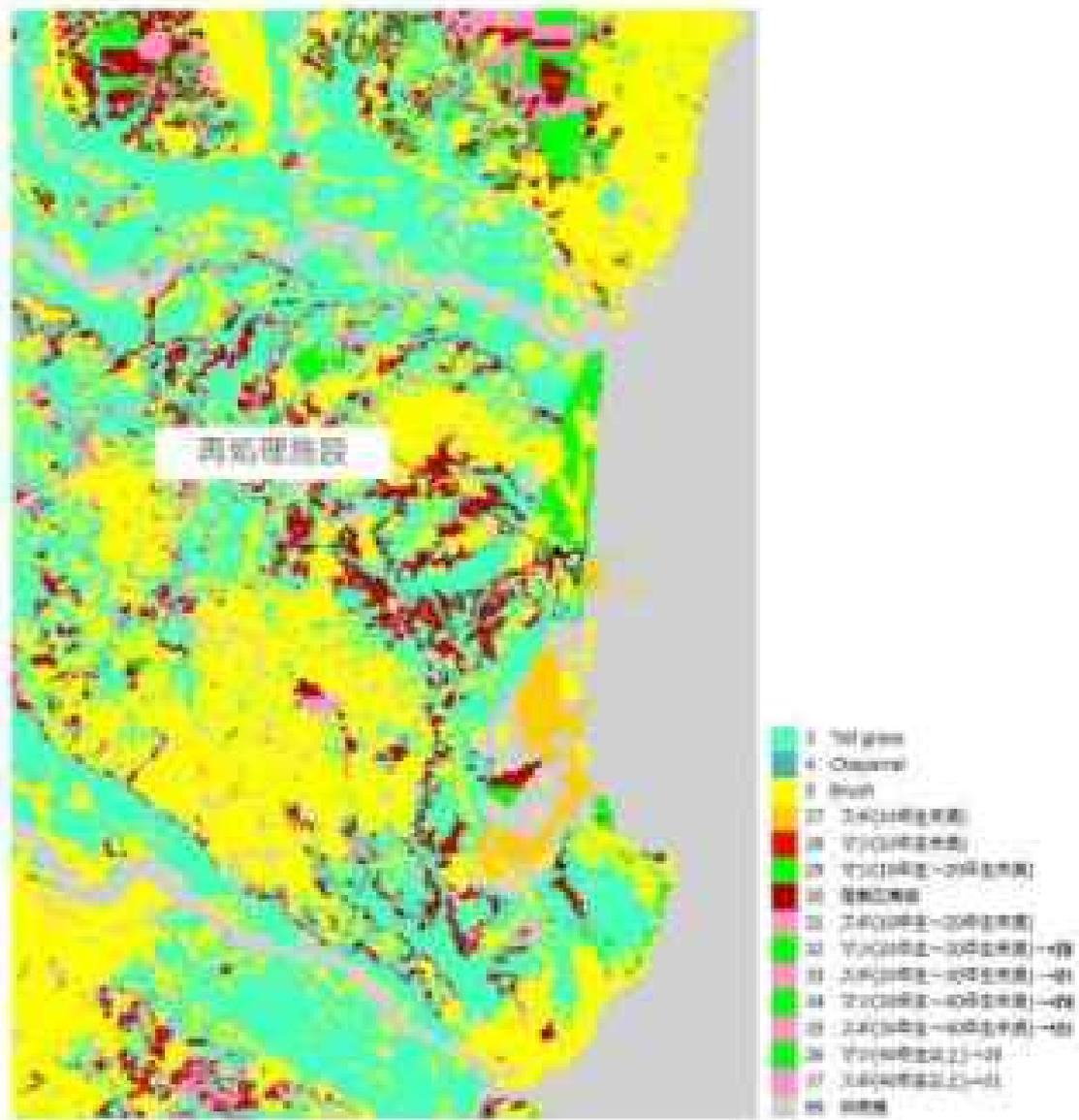


図4.3.3-1 植生ゾーン

4. 気象・風況

気象・風況は近隣自治体にある気象観測所の観測データを過去10年間調査し、自治体から入手した森林火災の発生件数の多い月²の最小湿度、最高気温及び最大風速の組合せを用いた。データは気象庁ホームページより入手した。

- (1) 気温は水戸・日立・常陸大宮・笠間・群馬気象観測所の2007年～2017年の最高気温38.2℃を用いた。
- (2) 湿度は水戸気象観測所の2007年～2017年の最小湿度11%を用いた。
- (3) 風速は水戸・日立・常陸大宮・笠間・群馬気象観測所の2007年～2017年の最大風速17.5 m/sを用いた。
- (4) 風向は(3)で選定した最大風速時風向である北北東と筑波材料サイタル工学研究所で観測した最多風向である西北西を用いた。

FARSITEの入力データ作成以下のとおり。

- (1) FARSITE入力値は整数で入力する必要があるため湿度、風速については小数点以下切り上げとした。風向については小数点以下四捨五入とした。
- (2) 風速単位は公開データ系である m/s から FARSITE 入力単位系 km/hour に変換した。
- (3) 降水量、雲量（日射に影響するパラメータ）は保守性を考慮して、どちらも0（デフォルト値）を用いた。
- (4) 天候データで入力する標高は気温補正に使用されるため、最高気温を採用した観測所標高を用いた。
- (5) 天候については保守的な条件が継続すると仮定するため時間的な変化は考慮しなかった。そのため、最低及び最高気温記録時刻についてはデフォルト値である5:00（最低）、15:00（最高）を用いた。

各ガイドの記載内容に準ずると、森林火災の多い月のみを採用となるが、保守的に年間でかける最小湿度、最高気温及び最大風速を採用した。

5. FAISITE 入力データ

FAISITE については、保守的な評価となるよう以下の観点から入力値を設定した。表 5-1 に FAISITE 入力データを示す。

表5-1 FARSITE入力データ (1/2)

項目		入力データ	備考
地形データ	標高、地形	国土1巻紙	ガイドに従い、「基礎地図情報 数値標高モデル 10 mメッシュ」の標高データ及び標高データから算出した傾斜、傾斜方位を入力
	土地利用データ	国土21-1巻紙	ガイドに従い、国土数値情報土地利用種別メッシュデータ(100 mメッシュ)より再処理施設周辺の建物用地、交通用地、河川等を再現
植生データ	場所	国土21-1巻紙	ガイドに従い、森林標データ、現地調査等で特定した植生ごとの植生場所を入力
	種類	9区分	3: Tallgrass, 4: Chaparral, 5: Brush, 27: スギ(10年生未満), 28: マツ(10年生未満), 29: マツ(10年生~20年生未満), 30: 落葉広葉樹, 31: スギ(10年生~20年生未満), 39: 草原地
	林齢	2区分	林齢の違いによる可燃物のバイオマータの保守性。下草の発火状況から保守的に20年生以上の林齢については10年生~20年生未満に読み替えて入力
	樹冠率	区分3	日影や風速への影響を考慮し、保守的な樹冠率区分(3:一般的な森林)を入力
気象データ	風速(km/hr)	63	水戸・日立・常陸大宮・笠間・鉾田気象観測所の2007年~2017年の最大風速(17.5 m/s)に相当する63 km/hrを入力*
	風向(deg)	23(発火点1)	ガイドに従い、最大風速時の風向を入力
		250(発火点2)	ガイドに従い、中速風向を入力
		225(発火点3)	保守的に、発火点から評価対象方向へ向かう風向を入力
		180(発火点4)	保守的に、発火点から評価対象方向へ向かう風向を入力

※ガイドの記載内容に基づくと、森林火災の多い月のみを採用となるが、保守的に年間における最小風速、最高気温及び最大風速を採用した。

表3) FAISITE入力データ (2/2)

項目	入力データ	備考	
気象データ	気温 (℃)	30	最高気温。最低気温共に保守的に、水戸・日光・常陸大宮・笠間・鉾田気象観測所の2007年～2017年の最高気温38.2℃を入力 [※]
	湿度 (%)	11	最高湿度。最低湿度共に保守的に、水戸気象観測所の2007年～2017年の最小湿度11%を入力 [※]
	降水量 (mm)	0	保守性を考慮して、降水量は0を入力
	雲量 (%)	0	保守性を考慮して、雲量は0を入力
	時刻	5:00 (最低) 15:00 (最高)	気象データについては保守的な条件が継続すると仮定するため時間的な変化は考慮しなかった。そのため、最低及び最高気温記録時刻についてはデフォルト値である5:00 (最低)、15:00 (最高)を用いた。

※ガイドの記載内容に準ずると、森林火災の多い月のみを採用となるが、保守的に年間における最小湿度、最高気温及び最大風速を採用した。

6. 参考文献

- 1) 原子力規制委員会。原子力発電所の外部火災影響評価ガイド。附属書A 森林火災の原子力発電所への影響評価について。(平成 25 年 6 月)
- 2) 独立行政法人原子力安全基盤機構。福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価。(平成 24 年 6 月)
- 3) 西国電力株式会社。伊方発電所3号炉外部火災影響評価補足説明資料 (DB-8-01 (補) 改訂)。(平成 25 年 8 月)

植生調査

1. 調査内容

植生調査に適した資格・経験年数を有している者により、再処理施設周辺の森林に対して植生調査を実施した。植生調査代表者の力量を表1-1に示す。敷地内及び敷地周辺の緑地に1000㎡（約30m×30m）の方形区を計49地点設定し、各地点において植生調査を行った。また、調査範囲全体の植生分布状況を既存の空中写真及び現地確認によって把握し、植生図を作成した。また、タロマヅ植林、アカマヅ植林、スギ植林については、当該地方の林分収獲表より林齢を推定し、過去と現在の空中写真を比較し補正を行った。植生調査点図を表1-1に示す。

表1-1 植生調査代表者の力量

経験年数	10年以上
資格	技術士（環境部門） 環境アセスメント士（自然環境部門）



圖 1-1 樣生調查點

2. 調査結果

植生調査結果を図2-1に示す。植生調査により大部分が樹齢20年生以上であることを確認したが、FARSTYSに入力する際には、解読の保守性を考慮し、10年以上20年未満を入力した。代表的な植生写真を図2-1に示す。

図2-1 植生調査結果 (1/2)

No	敷地 内/外	群落名	樹齢
1	内	アカマツ雑林	20年生
2	内	アカマツ雑林	20年生
3	内	アカマツ雑林	40年生以上
4	内	アカマツ雑林	40年生以上
5	内	落葉広葉樹二次林	40年生以上
6	内	落葉広葉樹二次林	40年生以上
7	内	アカマツ雑林	40年生以上
8	内	アカマツ雑林	20年生
9	外	スギ雑林	40年生以上
10	内	落葉広葉樹二次林	40年生以上
11	内	落葉広葉樹二次林	40年生以上
12	内	落葉広葉樹二次林	40年生以上
13	内	落葉広葉樹二次林	40年生以上
14	外	シイ・カシ二次林	30年生
15	外	シイ・カシ二次林	30年生
16	外	落葉広葉樹二次林	30年生
17	内	アカマツ雑林	40年生以上
18	内	アカマツ雑林	40年生以上
19	内	アカマツ雑林	40年生以上
20	内	アカマツ雑林	40年生以上
21	内	アカマツ雑林	40年生以上
22	内	アカマツ雑林	40年生以上
23	内	アカマツ雑林	40年生以上
24	内	アカマツ雑林	40年生以上
25	内	アカマツ雑林	40年生以上
26	外	アカマツ雑林	40年生以上
27	外	アカマツ雑林	40年生以上

表21 継手調査結果 (2/2)

No.	敷地 内/外	継手名	積層
28	外	アロマツ継手	40年生以上
29	外	クロマツ継手	40年生以上
30	外	クロマツ継手	40年生以上
31	内	クロマツ継手	20年生
32	外	クロマツ継手	40年生以上
33	外	クロマツ継手	20年生
34	内	クロマツ継手	10年生
35	内	クロマツ継手	10年生
36	内	クロマツ継手	10年生
37	内	クロマツ継手	20年生
38	内	クロマツ継手	20年生
39	内	クロマツ継手	20年生
40	内	クロマツ継手	10年生
41	内	クロマツ継手	10年生
42	内	クロマツ継手	10年生
43	外	エギ継手	40年生以上
44	外	エギ継手	40年生以上
45	外	西宮三葉松二次林	40年生以上
46	外	西宮三葉松二次林	20年生
47	外	西宮三葉松二次林	20年生
48	外	西宮三葉松二次林	40年生以上
49	外	アロマツ継手	40年生以上

調査点	植生区分	植生写真
1	ブナコブ植林 20年生	
3	ブナコブ植林 40年生以上	
40	ブナコブ植林 10年生	

図表1 代表的な植生写真 (1/4)

調査点	継生区分	継生写真
33	ブナコブ植林 20年生	
34	ブナコブ植林 30年生	
35	ブナコブ植林 40年生以上	

図表1 代表的な継生写真 (2/4)

調査点	継生区分	継生写真
40	落葉広葉樹二次林 20年生	
10	落葉広葉樹二次林 30年生	
3	落葉広葉樹二次林 40年生以上	

図表1 代表的な継生写真 (3/4)

調査点	植生区分	植生写真
14	シイ・カシ二次林 30年生	
15	二次植林 40年生以上	

図2-1 代表的な植生写真（4/4）

発火点の考え方について

1. 発火点の設定方針

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附録書 A 森林火災の原子力発電所への影響評価について¹⁴⁾」にある森林火災の想定に基づき、発火点の設定は以下の方針とした。

- ・卓越風向、最大風速記録時の風向が再処理施設の上になる地点
- ・たき火等の人為的な火災発生原因が想定される地点

なお、茨城県内での主な発火源は、「消防防災年報」(茨城県 平成29年)によると、たき火、こんろ及びたばこであった。発火源の割合を図1-1に示す。

この結果に加え、再処理施設周囲の地理的状況等を考慮し、人為的な火災発生原因を想定した。

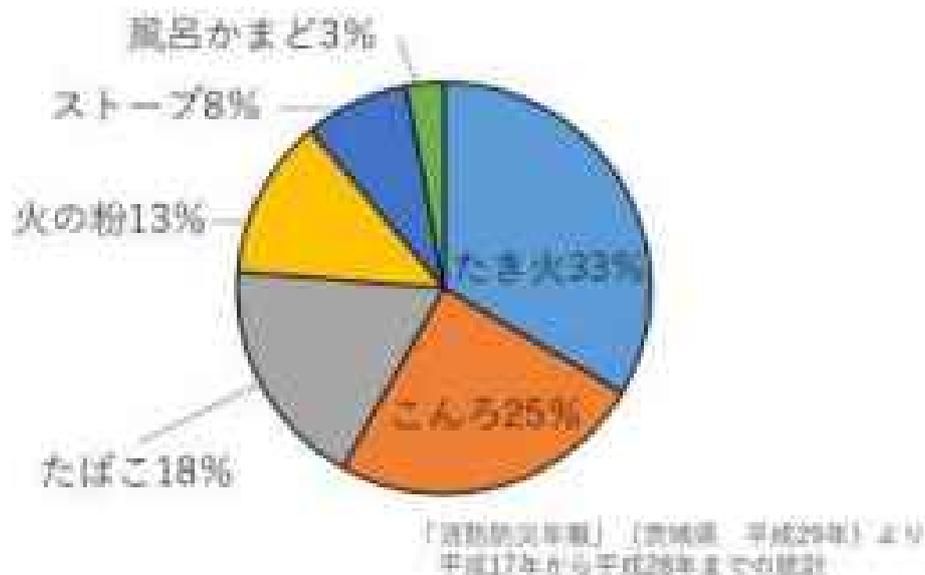


図1-1 発火源の割合

2. 発火点の設定

再処理施設周囲の特徴として以下のことがあげられる。

- ・再処理施設の西側に国道 245 号線が通る。
- ・再処理施設の南側に県道 62 号線が通る。
- ・再処理施設の北側に川がある。
- ・再処理施設の南西に住宅地が多い。

第 1 項で設定した方針及び上記の特徴を踏まえ、発火点を以下のとおり設定した。発火点位置と植生データを図 2-1 に示す。

発火点 1：最大風速記録時の風向である北北東において、海岸でのたき火の不始末、たばこの投げ捨て等により原子力科学研究所敷地内の森林に引火することを原因とし、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟から北北東の方角上に当たる点を発火点とした。

発火点 2：卓越風向である西北西において、国道 245 号線からのたばこの投げ捨てにより、茨城東病院の森林に引火することを原因とし、周辺の植生も同程度の燃えやすさであることから、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟から西北西の方角上に当たる点を発火点とした。

発火点 3：南西方面において、国道 245 号線、県道 62 号線 (たばこの投げ捨て)、如意輪寺霊園 (薪の積り火) からの発火を想定し、評価上、火源強度が保守的になると予想された如意輪寺霊園を発火点とした。

発火点 4：南方面において、県道 62 号線からのたばこの投げ捨てにより、経産省サイクル工学研究所敷地の森林に引火することを原因とし、県道 62 号線沿線の植生のなかで比較的燃えやすい「Tall grass」のある交差点付近を発火点とした。

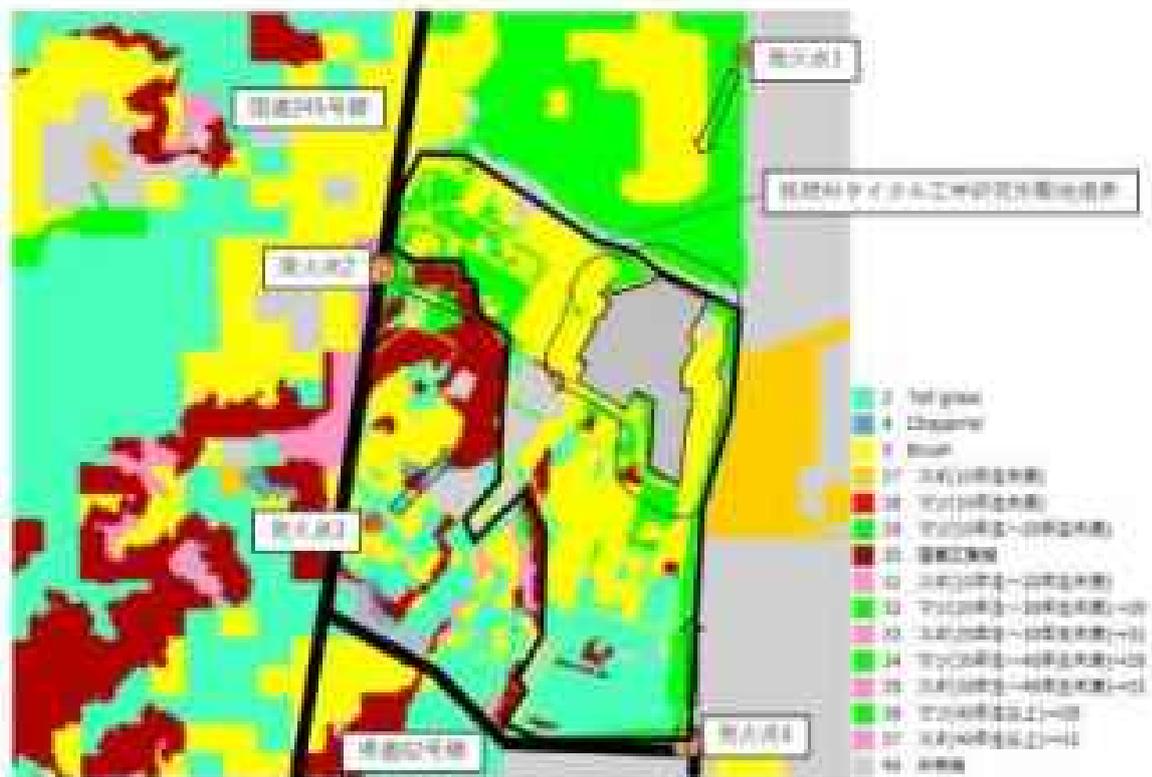


図2-1 火災位置図と植生ゾーンの図

2. 発火点の妥当性設定

2.1 発火点1の妥当性

発火点1は最大風速記録時の風向である北北東に設定しており、周辺はマツ10年生～20年生未満（評価上）であり、砂浜と森林の境界に設定している。発火点を多少移動させたとしても周囲の植生に大きな違いはないことから、発火点1の評価結果に包摂される。

2.2 発火点2の妥当性

発火点2は卓越風向である西西北に設定しており、周辺はマツ10年生～20年生未満（評価上）であり、国道245号線上に設定している。発火点を多少移動させたとしても周囲の植生も同程度の燃えやすさであることから、発火点2の評価結果に包摂される。

2.3 発火点3の妥当性

発火点3は国道245号線及び国道62号線からのたばこの投げ捨ての他に、雑草の残り火を想定し、如意輪寺霊園からの発火を想定し設定した。

2.4 発火点4の妥当性

発火点4の周辺は国道62号線沿線の植生のなかで比較的燃えやすい・Tall grassであり、核燃料サイクル工学研究所敷地境界に設定した。

4. 参考文献

日本原子力発電委員会、原子力発電所の外部火災影響評価サイト、附属書A 森林火災の原子力発電所への影響評価について。（平成25年6月）

FARSITE の解析結果

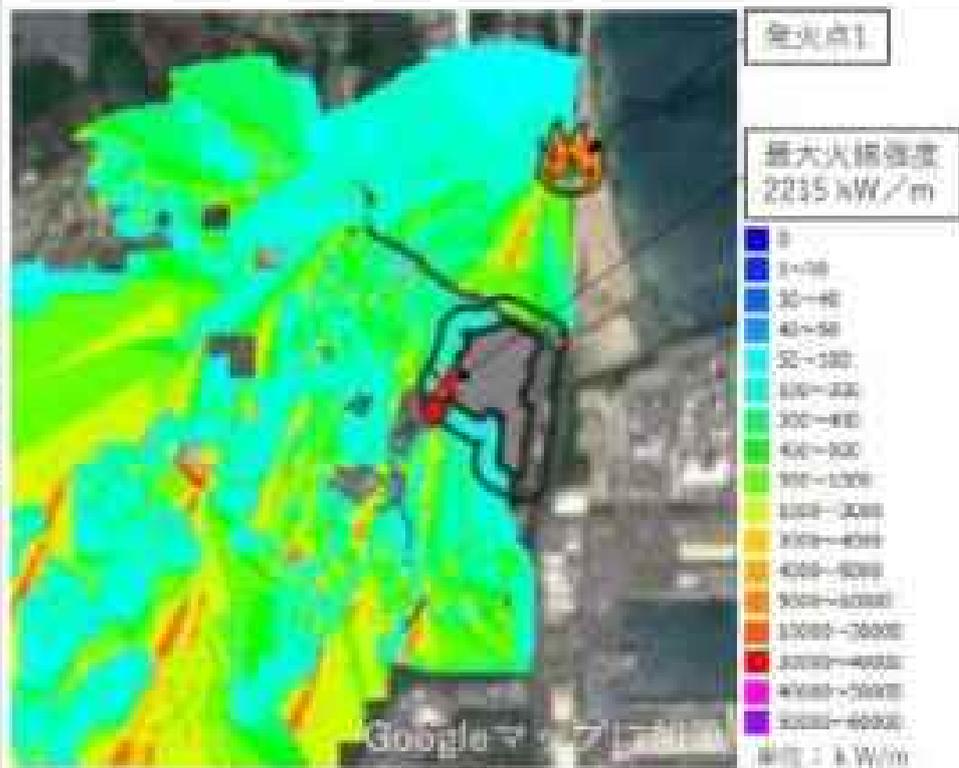
1. FARSITE 出力情報

FARSITE の解析より得た、各発火点における再地理施設敷地境界に最も早く火炎が到達する火炎到達時間と、再地理施設敷地境界より 100 m の範囲における最大火熱強度の解析結果を表 1-1 に示す。また、各発火点の延焼状況をそれぞれ図 1-1 から図 1-4 に示す。

表 1-1 解析結果

発火点位置	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4
最大火熱強度 (kW/m)	3210	6025	5748	6680
火炎到達時間 (hr)	12.9	2.1	1.8	0.7

火源強度



火炎到達時間

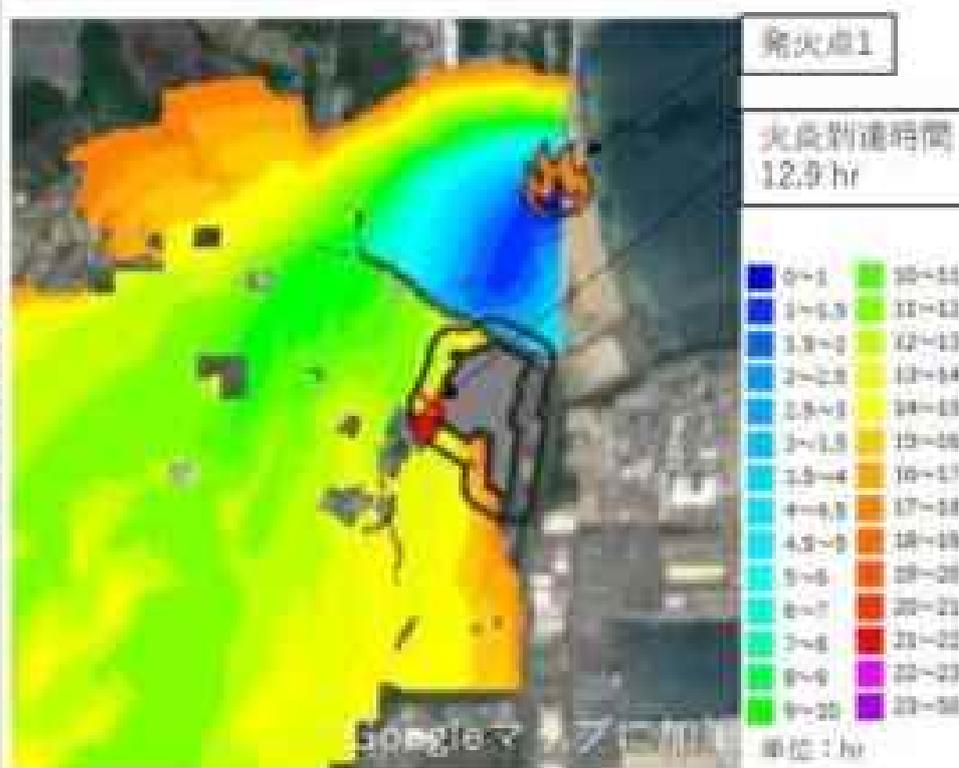
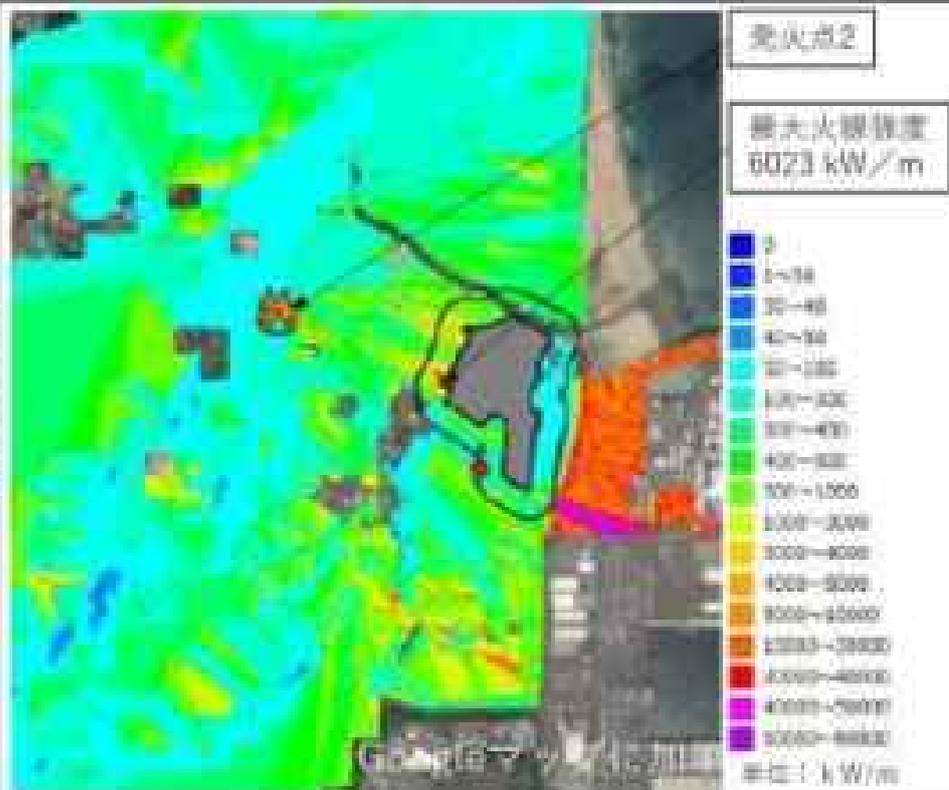


図1-1 発火点1の延焼状況

火熱強度



火炎到達時間

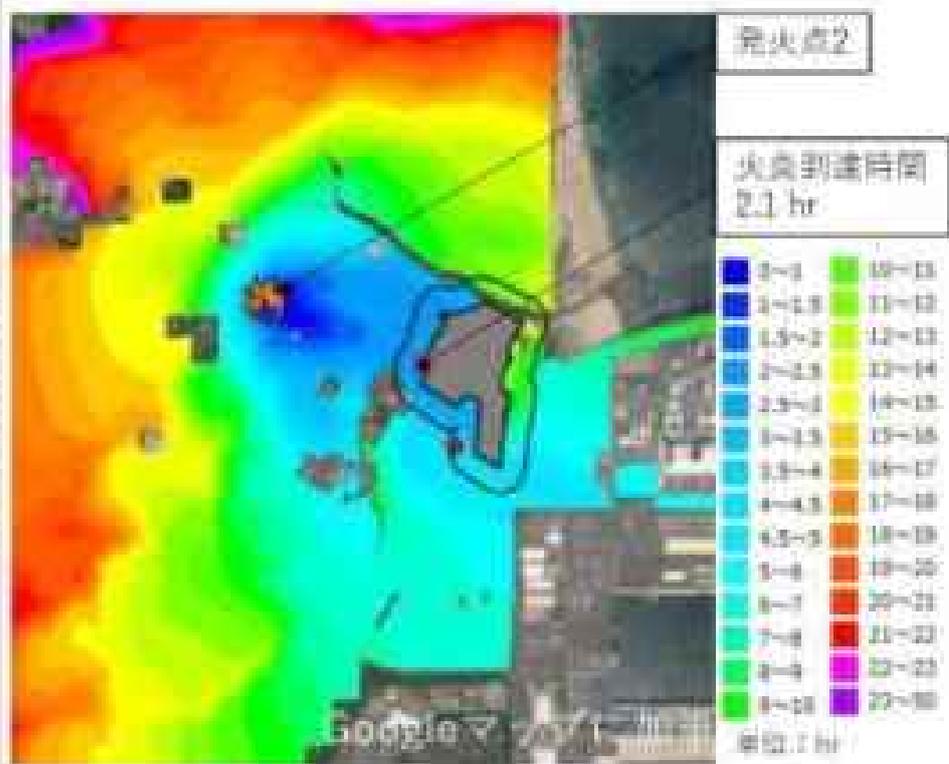
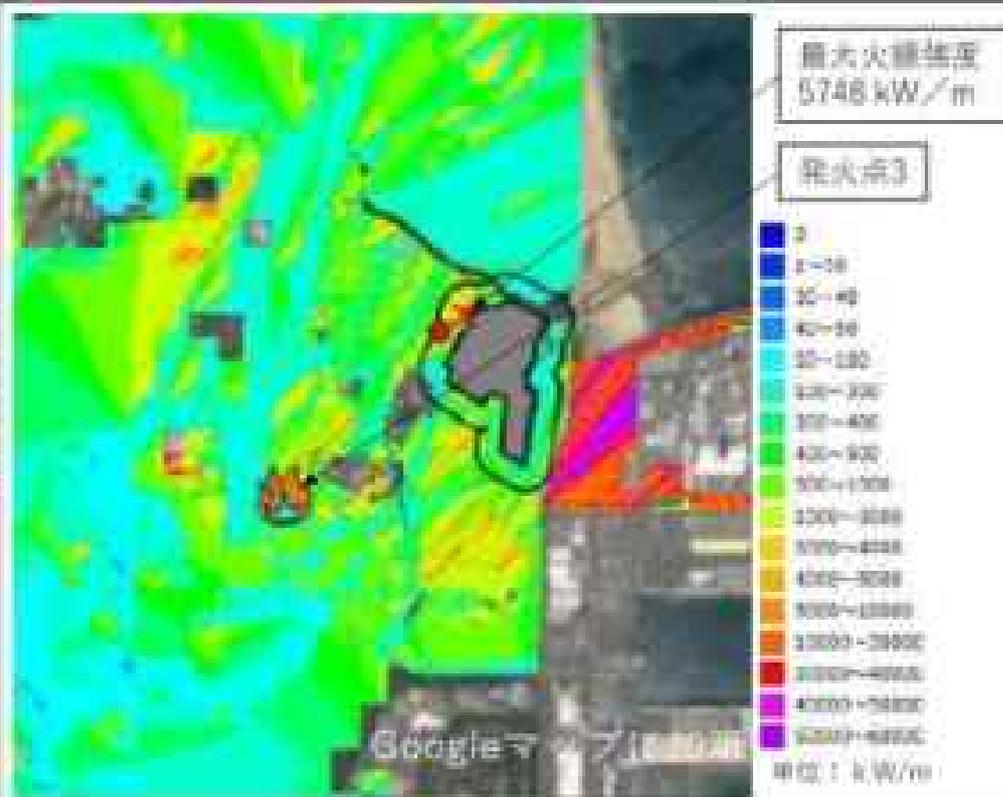


図1-2 発火点2の延焼状況

火熱強度



火炎到達時間

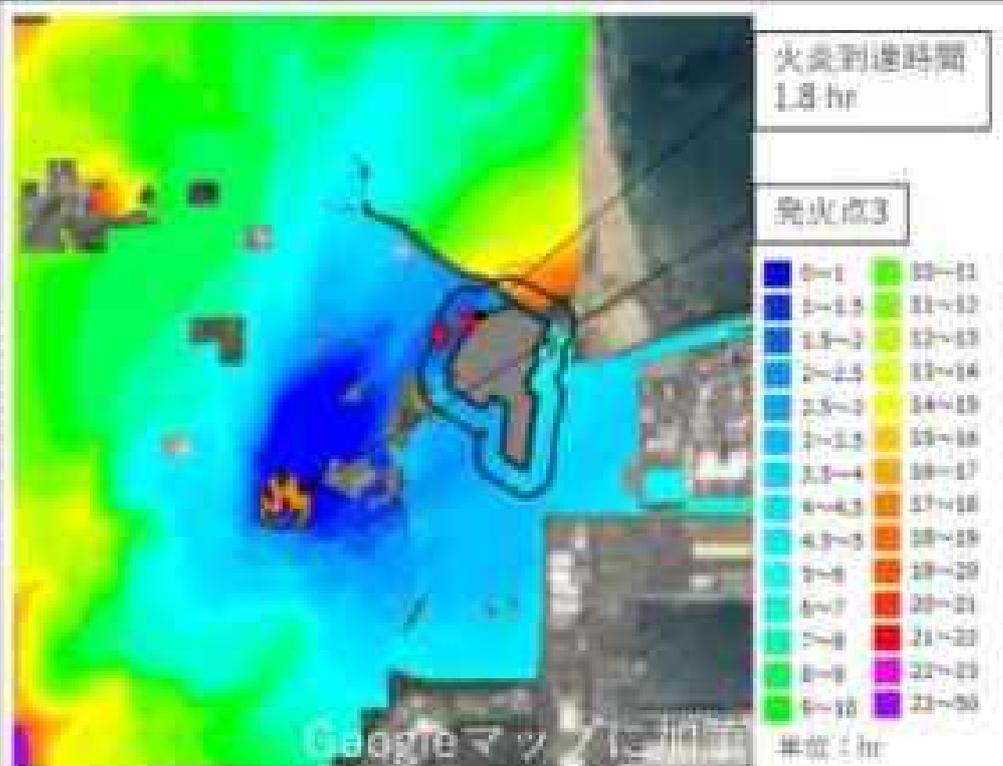


図1-3 発火点3の延焼状況

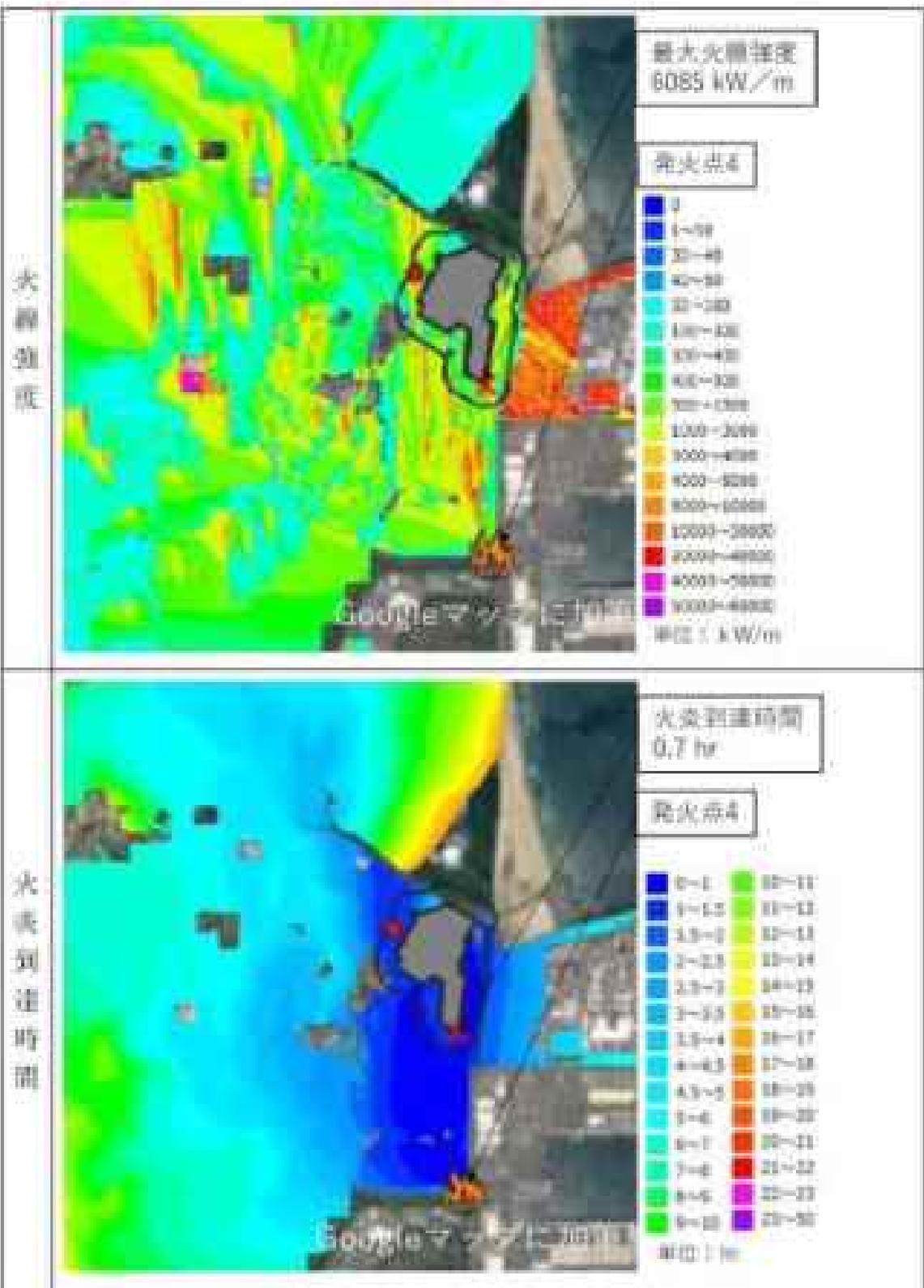


図14 発火点4の風況状況

核燃料サイクル工学研究所自衛消防隊について

1. 概要

核燃料サイクル工学研究所では核燃料サイクル工学研究所内及び近隣地域において発生した火災等の災害から従業員生命並びに核燃料サイクル工学研究所の財産を保護するとともに、災害による被害を軽減することを目的に自衛消防隊として消防隊が組織されている。消防隊は5分隊構成とし、そのうち1分隊は常駐隊である。常駐隊を除く各分隊は専らその班員をもって編成し、常駐隊は4名の班員をもって編成する。消防隊の組織図を図1-1に示す。消防隊の対応内容を別紙6-1-4-8-4-1「森林火災発生時の核燃料サイクル工学研究所自衛消防隊の対応について」に示す。

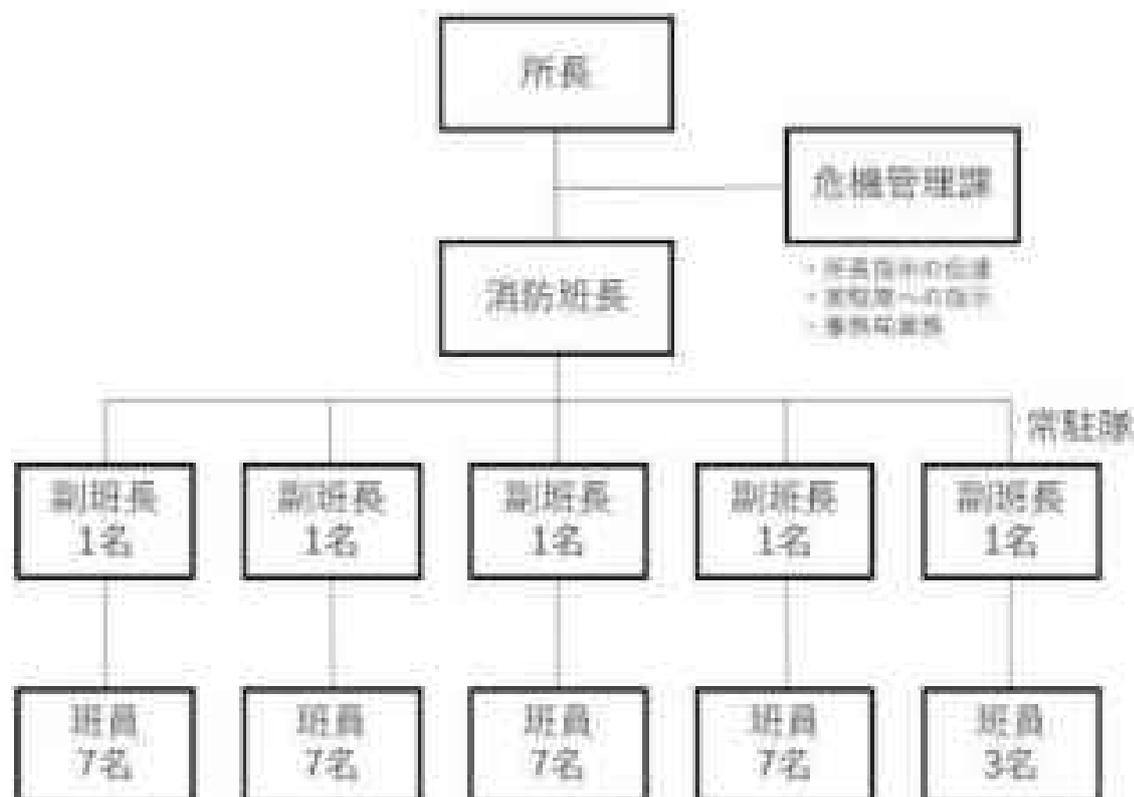


図1-1 消防隊の組織図の位置関係

2. 消防設備

森林火災が発生した際の消火活動に使用する消防設備として以下の設備を備えている。

2.1 消防タンク車

消防タンク車の仕様を表 2.1-1 に示す。消防タンク車の写真を図 2.1-1 に示す。

2.2 消防化学車

消防化学車の仕様を表 2.2-1 に示す。消防化学車の写真を図 2.2-1 に示す。

2.3 屋外消火栓

屋外消火栓の仕様を表 2.3-1 に示す。

表 2.1-1 消防タンク車の仕様

タンク容量	1500 L
放水量	2.8 m ³ /min
台数	4 台

表 2.2-1 消防化学車の仕様

タンク容量	1500 L
放水量	2.8 m ³ /min
消火剤	合成界面活性剤消火薬剤
消火容量	300 L
台数	1 台

表 2.3-1 屋外消火栓の仕様

林産科サイクル工学研究所内	102 台
再処理施設内	41 台
防火倉内	7 台
放水ホース	3 本 × 20 m



図 2.1-1 消防タンク車



図 2.2-1 消防化学車

2. 訓練

2.1 自衛消防隊

消防隊は、毎月2回消防訓練を行っている。

訓練では、召集訓練、消防車を用いての操作訓練、放水訓練等を行っている。

2.2 合同訓練

積燃料サイクル工学研究所では、公設消防との連携強化を目的として、年1回以上公設消防と合同消防訓練を行っている。

訓練では、消防車を用いての操作訓練、放水訓練、中継放水訓練等を行っている。

合同訓練の様子を図3.2.1に示す。



圖 3.2.1 (合同調達の様子)

森林火災発生時の核燃料サイクル工学研究所自衛消防隊の対応について

1. 概要

高放射性廃液貯蔵庫（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属棟気筒の周辺には防火帯を設定するため、森林火災がこれらの施設に影響を及ぼすことはないが、森林火災の状況に応じて防火帯付近にて散水を行い、万一の飛び火による延焼を防止する。

2. 森林火災発生時の対応

森林火災が発生又はそのおそれがあると判断した場合には、所長は直ちに危機管理課長に対して自衛消防隊の招集を指示し、出動させる。

指示を受けた自衛消防隊は緊急自動車車庫前に集合し、消防タンク車又は消防化学車により出動し、再処理施設内又は再処理施設周辺に到着し、消防タンク車又は消防化学車による散水活動を行うことができる。また、常駐隊は正門警備所より消防タンク車により出動し、再処理施設内又は再処理施設周辺に到着し、消防タンク車による散水活動を行うことができる。図 2-1 に自衛消防隊のアクセスルートを図 2-2 に防火帯周辺の消火栓配置図を示す。



【図2-1】 自衛消防隊のアクセスルート

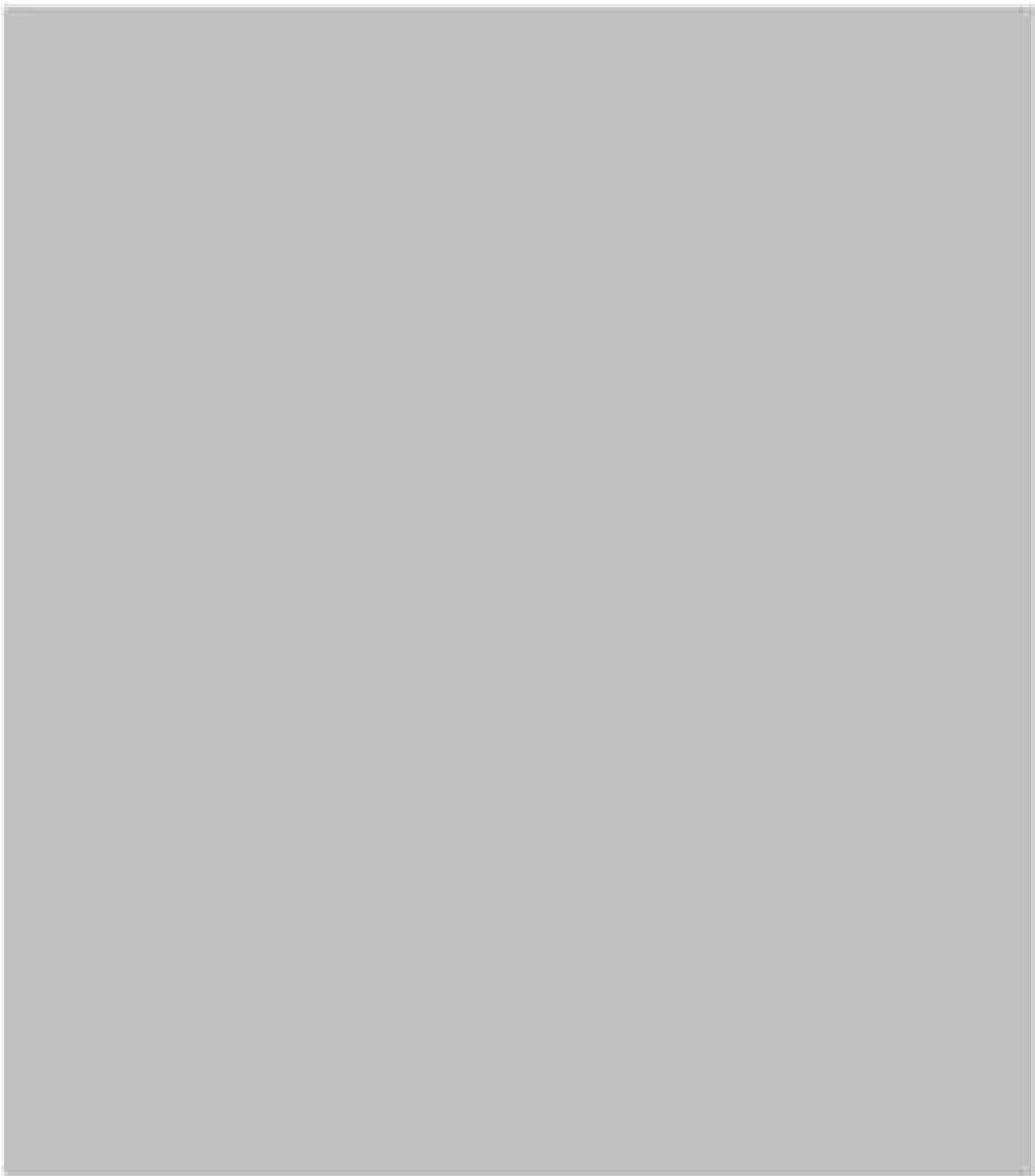


图 2-2 防火带周边消防栓配置图

熱影響評価方法について

1. パラメータの算出

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 A 森林火災の原子力発電所への影響評価について¹⁴⁾」(以下「ガイド」という。)に従い、FARSITE 解析結果である反応強度、火炎長及び火炎到達時間から、熱影響評価に必要なデータを算出した。熱影響評価に用いたデータの説明を表 1-1 に、FARSITE 出力データ及び算出データを表 1-2 に示す。

火炎継続時間については、最大火炎幅射強度の発生メッシュと隣接メッシュにおける火炎到達時間の差より算出した。2つ以上の方向がある場合は、最大時間を選択した。森林火災評価における火炎継続時間の概念図を図 1-1 に示す。

表 1-1 評価方法一覧

	項目	出力値の内容	評価方法
FAIRSITE 出力	大気熱流 [kW/m ²]	大気放射から単位時間に放出される熱量	敷地境界から 300 m 範囲における最大値。ただし常陸那珂火力発電所の敷地は除外
	反応熱流 [kW/m ²]	単位面積当たりの熱流の速度であり、大気放射熱流の併発となる大気放射	敷地境界から 300 m 範囲における最大値。ただし常陸那珂火力発電所の敷地は除外
	大気長 [m]	大気の高さ	最大大気放射熱流（反応熱流）位置における値
	大気到達時間 [hour]	出火から大気の流れが観測地点に到達するまでの時間	敷地境界における最小値
	到達速度[m/s]	大気の流れる速さ	最大大気放射熱流位置における値
	単位面積当たり熱流[kJ/m ²]	単位面積当たりの放出熱量	最大大気放射熱流位置における値
FAIRSITE 出力より算出したデータ	大気放射熱流 [kW/m ²]	反応熱流に米国 NFPA の係数 0.377 を乗じて算出	
	大気到達時間 [hour]	到着時間から算出	最大大気放射熱流位置と隣接する位置（大気放射方向）における到達時間の平均最大値（図 1-1 参照）
	大気到達幅 [m]	敷地境界の大気放射線の長さ	敷地境界で接続したセル数×10 m で算定
	到達半径 [m]	大気長に基づき算出	ダイヤに従い、大気長/8 で算定

表 1-2 FARSITE 出力データ及び算出データ

項目	燃火点 1	燃火点 2	燃火点 3	燃火点 4
火炎長 [m]	1.4	1.2	1.7	1.1
火炎到達時間 [hour]	12.9	2.1	1.8	0.7
火炎輻射強度 [kW/m ²]	438	435	440	410
火炎継続時間 [hour]	0.08	0.12	0.05	0.13
火炎到達幅 [m]	780	1620	1620	1620
燃焼半径 [m]	0.6	0.4	0.6	0.4



図 1-1 森林火災評価における火炎継続時間の概念図

2. 輻射強度の算出

表1-2で算出したデータに基づき、評価対象燃焼受熱面における輻射強度を算出した。ガイドにしたがって、算出した火炎長と燃焼半径を有する円筒火炎が火炎到達幅の分だけ横一列に並ぶものとし、離隔距離分だけ離れた位置にある円筒火炎から燃焼開始後、火炎継続時間経過後に隣接するセル（セル幅 10 m）に延焼するものとした。図2-1に森林火災評価における円筒火炎モデルの概念図を示す。円筒火炎による輻射強度に関しては、ガイドにしたがって円筒火炎モデルの形態係数を算出し、これを火炎輻射強度と乗ずることで輻射強度を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right) \right]$$

$$A = (1+n)^2 + m^2$$

$$B = (1-n)^2 + m^2$$

$$m = H/R$$

$$n = L/R$$

ϕ : 形態係数

H : 火炎長 [m]

L : 離隔距離 [m]

R : 燃焼半径 [m]

さらに 10 m メッシュ内には燃焼半径から算出した N 個の火炎が存在するものとして、評価対象が受ける輻射強度に火炎数を乗じて算出した。

$$E = F \cdot R_f \cdot \phi \quad (\text{中心位置の火炎})$$

$$E = 2 \cdot F \cdot R_f \cdot \phi \quad (\text{中心以外の火炎、移動値})$$

E : 輻射強度 [W/m²]

ϕ : 形態係数

R_f : 火炎輻射強度 [W/m²]

F : 円筒火炎モデル数 (10 m メッシュ)

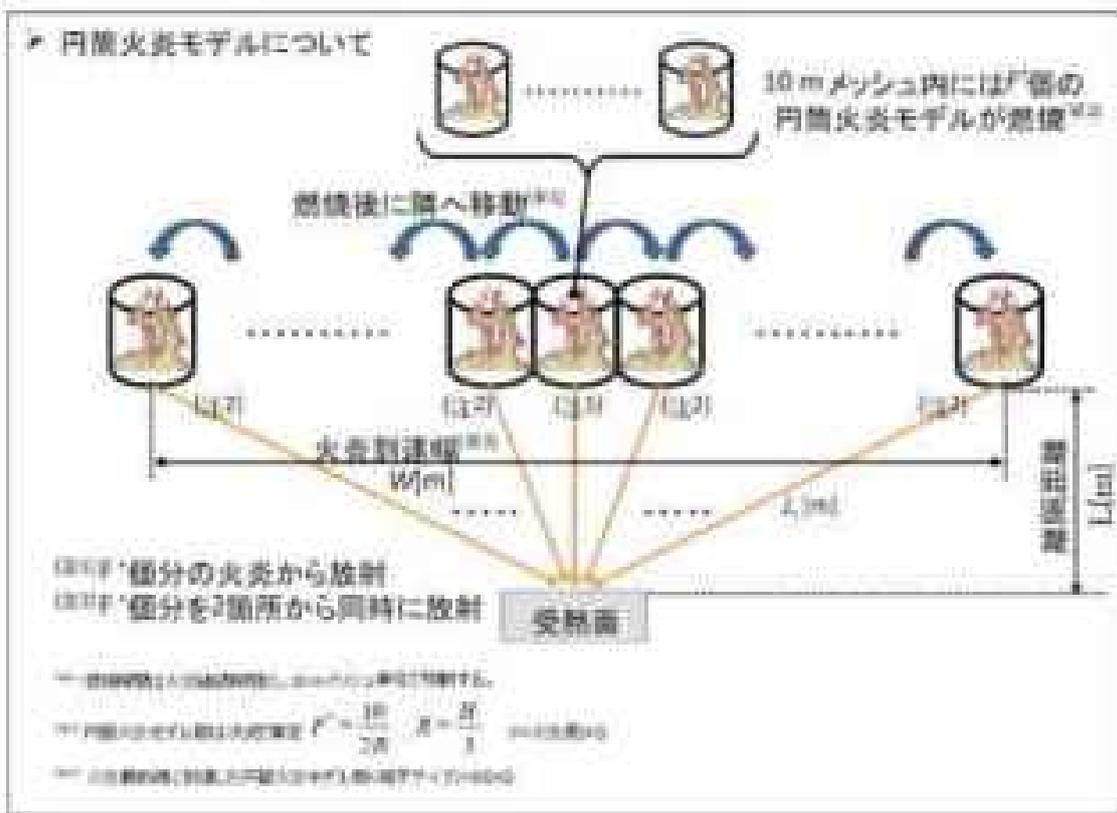


図2-1 森林火災評価における円筒火炎モデルの概念図

2. 熱影響評価

2.1 離隔距離

熱影響評価対象施設から最も近い再地理施設敷地境界までの離隔距離を用いて評価を行った。熱影響評価対象施設から最も近い再地理施設敷地境界までの離隔距離を表3-1及び図3-1に示す。

2.2 許容温度

2.2.1 コンクリート製構造物

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃以下とした。(附紙 6-1-4-8-5-1「コンクリートの許容温度について」参照) なお、再建にはガラク、配管貫通部等が存在するが、これらに対する火災影響は敷地内火災に包囲されるため本評価では対象外とした。

2.2.2 鋼材製構造物

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、鋼材 (SMA41) の強度が維持される保守的な温度 350℃^{*)}以下とした。

^{*)} 「免震用鋼筋力設計規格 材料規格 (JSMR)」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である 350℃を許容温度とする。

2.3 評価方法

2.3.1 コンクリート製構造物

建家外壁温度は次式に示す 1 次元非定常熱伝導方程式¹⁾を差分法により解くことで評価した。また、同式を用いて、外壁表面の温度が 200℃となる相対強度を算出した。

$$\rho \cdot C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1)$$

$$-k \frac{\partial T}{\partial x} = E - H(T - T_a) \quad (x=0)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x=L)$$

T : 温度 [℃]

ρ : 密度 (2400 [kg/m³])

C_p : 比熱 (963 [J/kg/K])²⁾

k : 熱伝導率 (1.74 [W/m/K])³⁾

- E : 輻射強度 [W/m²]
- L : 厚さ [m]
- k : 熱伝達率 (17.0 [W/m²K])[※]
- T₀ : 周囲空気温度 (30 [°C])[※]

※：水戸地方気象台で観測された過去 10 年間の最高気温である 38.2°C に保守性を付与させた値。

(1) 式で求めた輻射強度となる形態係数φを、ガイドに従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

- E : 輻射強度 [W/m²]
- R_f : 大気輻射強度 [W/m²]
- φ : 形態係数

(2) 式で求めた形態係数φとなる危険距離Lをガイドに従い(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

$$A = (1+n)^2 + m^2$$

$$B = (1-n)^2 + m^2$$

$$m = H/R$$

$$n = L/R$$

- φ : 形態係数
- H : 火炎長 [m]
- L : 危険距離 [m]
- R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、最も近い防火扉外縁から影響評価対象施設までの危険距離を下回るφ評価した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包摂されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響は

ない。

- ・大変長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

3.3.2 第二付属空気層

第二付属空気層外壁温度は定常状態における温度評価とし、次式に示す熱バランス式を解くことで評価した。また、同式を用いて、外壁表面の温度が 35.0℃となる輻射強度を算出した。

$$T = \frac{E}{h} + T_a \quad (1)$$

T : 温度 [℃]

E : 輻射強度 [W/m²]

h : 熱伝達率 (17.0 [W/m²・K])⁽⁴⁾

T_a : 周囲空気温度 (5.0 [℃])⁽⁵⁾

※：水戸地方気象台で観測された過去 10 年間の最高気温である 38.2℃に保守性を持たせた値

(1) 式で求めた輻射強度となる形係数 ϕ を、ガイドに従い (2) 式により算出した。

$$E = R_p \cdot \phi \quad (2)$$

E : 輻射強度 [W/m²]

R_p : 大気輻射強度 [W/m²]

ϕ : 形係数

(2) 式で求めた形係数 ϕ となる危険距離 L をガイドに従い (3) 式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{\pi}{\sqrt{b^2 - 1}} \right) + \frac{\pi}{\pi} \left[\frac{(A - 2b)}{b\sqrt{AB}} \right] \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(b-1)}}{\sqrt{B(b+1)}} \right) - \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{(b-1)}{\sqrt{(b+1)}} \right) \quad (3)$$

$$A = (1 + n)^2 + m^2$$

$$B = (1 - n)^2 + m^2$$

$$m = H / R$$

$$n = L / R$$

φ : 形係数

H : 火炎長 [m]

L : 障礙距離 [m]

R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、最も近い防火帯外縁から影響評価対象施設までの障礙距離を下記の如く評価した。

表 3-1 熱影響評価対象施設から最も近い再処理施設敷地境界までの離隔距離

施設名称	離隔距離(m)
HAW	37
TVF	21
第二付属排気筒	77

*離隔距離は保守性を考慮し、小数点第1位で切り下げ



図 3-1 熱影響評価対象施設から最も近い再処理施設敷地境界までの離隔距離

4. 参考文献

- [1] 原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイド、附録書A 森林火災の原子力発電所への影響評価について、(平成 25 年 6 月)
- [2] 東京大学出版会、伝熱工学、(1985)
- [3] 日本建築学会、原子炉建屋構造設計指針 同解説、(1988)
- [4] 空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学概説、(2010)
- [5] 原田和典、財団法人日本建築センター、建築火災のメカニズムと火災安全設計、(2007)

コンクリートの許容温度について

1. コンクリートの許容温度

「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」¹⁾に基づき、コンクリートの強度が維持される温度である 200℃を許容温度として設定する。図 1-1 に「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋を示す。

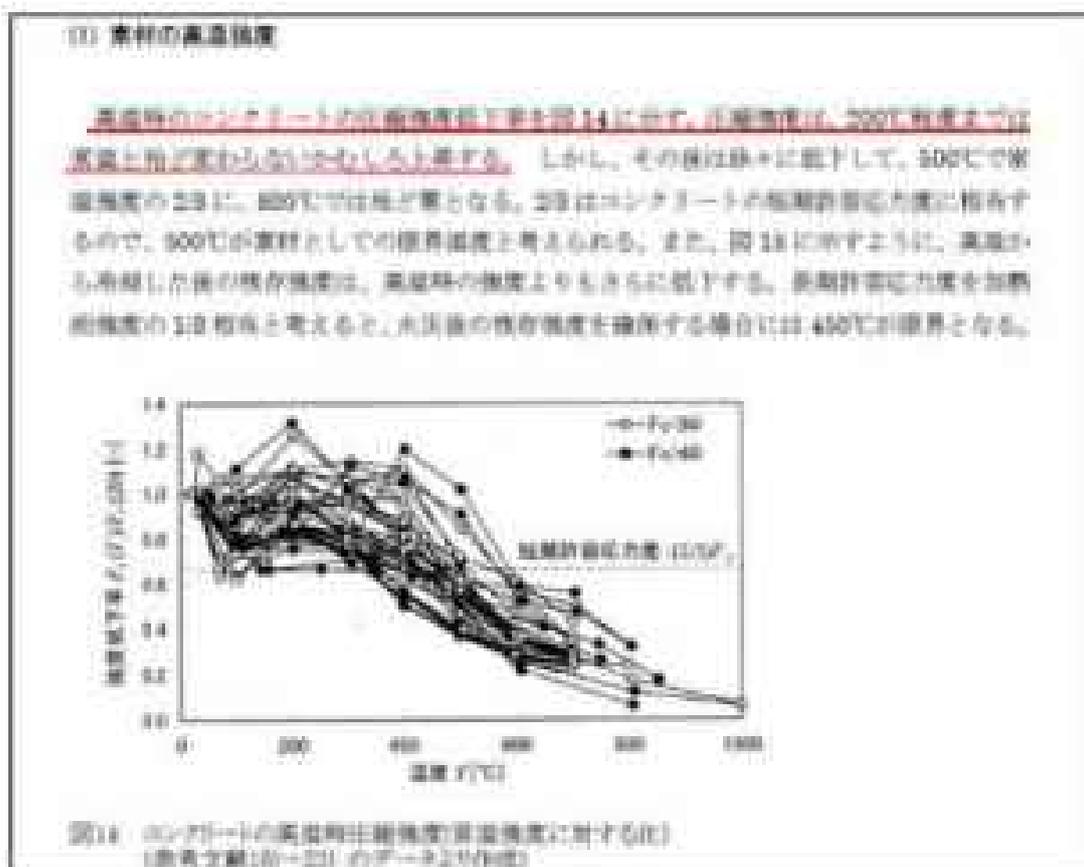


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

2. 参考文献

- 1) 原田和典、財団法人日本建築センター、建築火災のメカニズムと安全設計、(2007年)

防火帯の計画検討について

1. 概要

想定する森林火災から高放射性廃液貯蔵場（HLW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）/ガラス固化技術開発棟を防護するために設ける防火帯について、周辺の鉄筋コンクリート造建家を建地障壁とすることにより防護する建家周辺に近い位置に配置するケース（計画 A、図 1-1）と、防火帯内に建家・構造物を含めずに配置するケース（計画 B、図 1-2）を検討した。以下にその詳細を示す。

2. 防火帯に求める要件

検討する防火帯は以下に示す「配置要件」と「管理要件」を満足するものとする。

○ 配置要件

- a. 防火帯は防護する建家周囲を切れ目なく囲む帯状の区域とすること。
- b. 以下の必要防火帯幅を確保すること。

風上（防火帯外縁方向）に樹木がない場合	：8.5 m 以上
風上（防火帯外縁方向）に樹木がある場合	：21 m 以上
- c. 以下の危険距離（防護する建家外壁と火災の離隔距離として最低限必要な距離）以上の確保距離を確保すること。

高放射性廃液貯蔵場（HLW）	：14 m
ガラス固化技術開発施設（TVF）/ガラス固化技術開発棟	：13 m
第二種特殊気筒	：19 m
- d. 自衛消防による災境防止活動が可能であること。

○ 管理要件

- a. 防火帯内には可燃物がないこと。
- b. 防火帯内には樹木がないこと。また草木の自生を防止すること。
- c. 防火帯内に車両等を駐車しないこと（一時的な通過・停車は除く）。

3. 計画 A について

3.1 検討の方針

汚染施設は狭小な敷地に多数の建家が密集して建設されていることから、高放射性廃液貯蔵場（HLW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）/ガラス固化技術開発棟においても隣接建家が近くに存在する。しかしながら、これらの隣接建家は原子力施設として建設された堅牢な鉄筋コンクリート造建家であり、火災に対して有効な防護障壁となることが期待される。

そこで、これらの建家を防火帯の一部に組み込むことにより防火帯面積を少なくすることが可能となることから、短期間での整備及び自衛消防による災境防止活動の非

帯を囲むという範囲に基づき検討した(参考図1-1)。南側の防火帯はその風上に樹木があることから防火帯幅を21 m確保することとし、高放射性廃液貯蔵場(HAW)については北側及び東側の一部に隣接建家(分庫精製工場(MP)及びブルトニウム転換技術開発施設(PCDF))、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発施設については北側の一部に隣接建家(クリプトン回収技術開発施設(Kr))を組み込む。また南側とも南側の一部に隣接建家(リサイクル機選試験施設(RCTF))を組み込む。

なお南側側の一部は現在は樹木が生えているが、この場所には事故対策設備を配備することから地盤改良工事を行う計画であり、その際にこれらの樹木の伐採が行われる。

3.2 計画のメリット

防火帯面積が少ないことから防火帯の整備期間が短く、守備範囲が狭いことから自衛消防による延焼防止活動も容易となる。図3.2-1に最も火災到達時間が短い突火点4による森林火災発生時の自衛消防隊のアプローチルートと、図3.2-2に防火帯周辺の消火栓の配置図を示す(消火栓及び消防車を中心とした円は消防ホースを延長可能な直線距離を示す。なお延長ホース長は消火栓に付属の消防ホース格納庫に配置されている20 mホース本分を使用した場合である。)

3.3 計画のデメリット

防火帯内に堅牢な鉄筋コンクリート建家を含め、この構造体の防火・耐火性能により森林火災の延焼防止及び輻射熱の遮断を期待することとしている。これらの建家は原子力施設として建設されたものであることから壁も十分厚く、窓等の開口部が少ないこと、内部には消火設備が設けられていることから、外部からの火災の伝播を防止する機能が十分あると考えられる。しかしながら、万が一、建家内部に延焼した場合には、建家内部を火災が伝播し、特に高放射性廃液貯蔵場(HAW)と分庫精製工場(MP)は連絡通路等で接続されているため、これらからの延焼防止の対策が必要となる。なお、高放射性廃液貯蔵場(HAW)と分庫精製工場(MP)の向かい合い壁は鉄筋コンクリート壁であり、開口部はない(既設開口部は津波浸水防止のため鉄板により閉止済み)。

4. 計画Bについて

4.1 検討の方針

計画Aと異なり、建家等を含めずに防火帯の配置を計画する。その際には、先行策設(高圧工学試験研究所)の例を参考に、既にアスファルトで舗装されている構内舗装道路を防火帯として利用する(参考図1-2)。

南側の防火帯はその風上に樹木があることから防火帯幅を21 m確保することとす

る。防火帯は、分庫精製工場（MP）を中心として建設されている再処理施設の世帯群を囲むように敷設されている舗装道路沿いに設置し、南側については再処理施設とブルトニウム燃料技術開発センターの間の舗装道路の一部を防火帯とする。

なお南東側の一部は現在は樹木が自生しているが、この場所に事故対応設備を配備することから、地盤改良工事を行う計画であり、その際にこれらの樹木の伐採が行われる。

4.2 計画のメリット

防火帯内に建家等の構造物がないため、2項に示した管理要件を満足するように維持管理することは容易となる。また、標識等を設置することにより防火帯を明確に示すことができる。

4.3 計画のデメリット

防火帯の範囲が広がるため、自衛消防による延焼防止活動の守備範囲が広がる。しかしながら、図4.3.1に示す通り、最も大気到達時間が短い受火点4による森林火災発生時の自衛消防隊のアクセスルートは計画Aと変わらない。また、図4.3.2に示すように防火帯周辺に利用可能な消火栓が配設されており、これらの消火栓と消防タンク車を組み合わせた延焼防止活動が可能である。

5. 計画Aと計画Bの比較

上記の検討に基づくと、防火帯の整備においては計画Aに利点があるものの、その後の運用の容易さ・確実さの点からは構造が簡易な計画Bが優れている。自衛消防による延焼防止活動についても計画Aの方が範囲が狭いため容易であるものの、計画Bにおいても既存の消火栓・水栓や消防ポンプ車を用いた延焼防止活動は可能である。

また整備完了時期については両計画とも南東側にある事故対応設備の配備場所の地盤改良工事後となるため差が生じない。

以上のことから、防火帯としての明確さ・運用の容易さを重視し、計画Bに基づく防火帯の設置についての詳細検討を進める。

詳細検討では、事故対応設備を森林火災影響から防護するため、配備場所（ブルトニウム燃料技術開発施設管理棟駐車場）となる防火帯南東側の延焼について検討が必要となる。森林火災時の事故対応の有効性に関しては、事故対応設備が森林火災により損傷しないことが前提となることから、防火帯設置の検討及び整備された防火帯における自衛消防隊の延焼防止活動の実行可能性確認について、事故対応設備配備場所地盤改良工事の具体化及び事故対応の有効性評価に合わせて示すこととする。

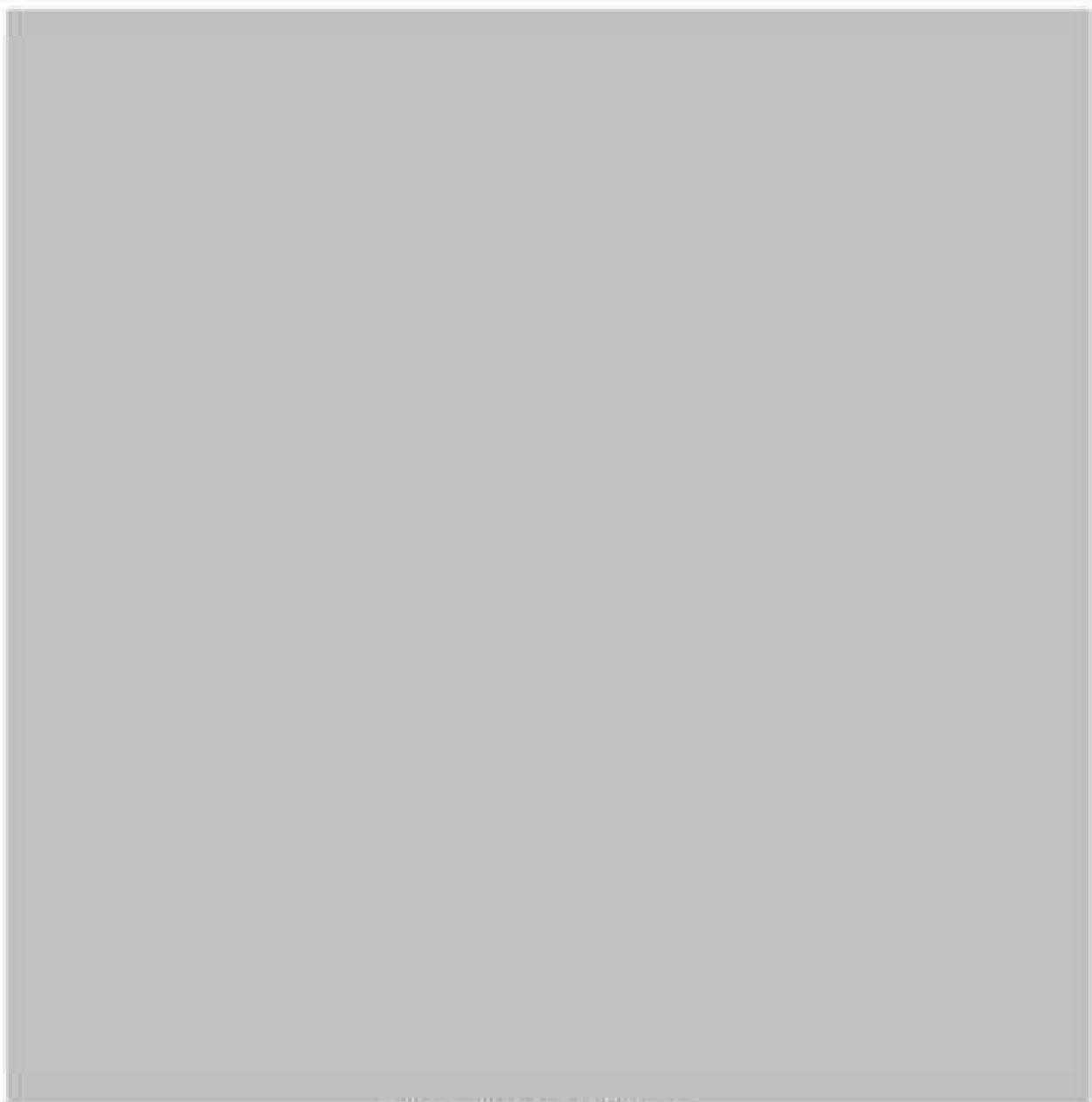


図 1-1 防火帯の設置計画A

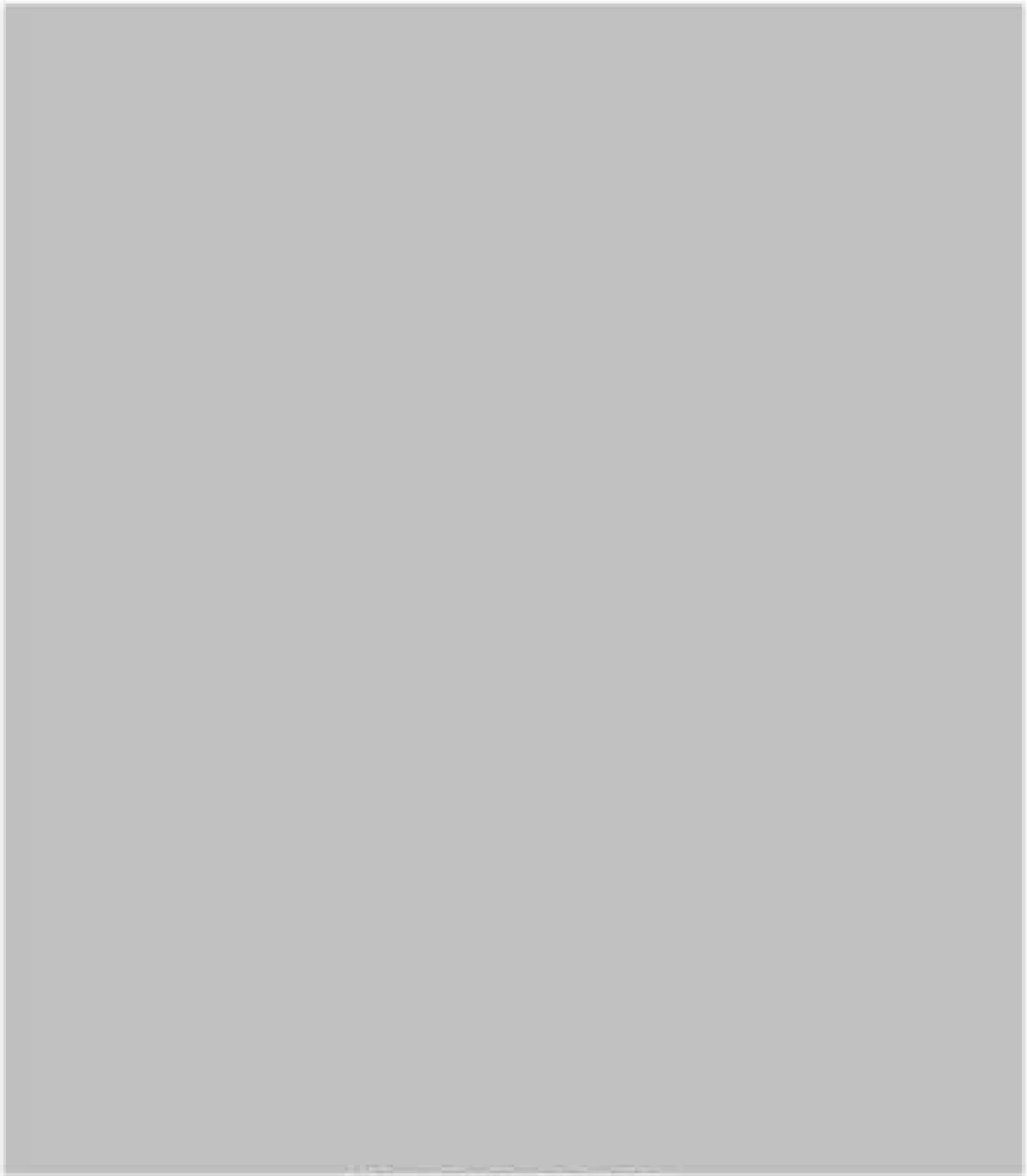


図 1-2 防火帯の設置計画書



図 3.2-1 自衛防衛隊のアクセスルート (計画 A)



図 3.2-2 防火帯周辺の消火栓配置図（計画 A）



図 4.3-1 自衛防衛隊のアクセスルート (計画 10)



図 4.3.2 防火帯周辺の消火栓配置図（計画図）

防火帯の管理方針について

1. はじめに

森林火災評価結果に基づき、森林火災による施設への延焼防止対策として、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（VTF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属棟周囲の周りに防火帯を設定する。防火帯内に他の法令要求等による可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とし、防火帯の延焼防止効果を損なわない設計とする。防火帯の管理方法について以下に示す。

2. 防火帯の管理方針

防火帯の設定に当たっては、雑木を伐採する等、可燃物を排除し、防火帯内に草木が生えないように、モルタル吹付け、砕削、防草シート等の処理を行う。

また、防火帯は表示板等で明確に区別するとともに、構内道路の一部を防火帯として使用している箇所については、駐車禁止の措置等により、原則として可燃物がない状態を維持する。

防火帯には延焼防止効果に影響を与えるような可燃物を含む機器等は、原則的に設置しない方針であるが、防火帯の位置設定においては構内道路等の条件を考慮して設定するため、他の法令要求等により機器等を設置する場合は、延焼防止効果への影響の有無を評価し、必要な対策を講じる設計とする。

表2-1 に防火帯内に設置される機器等の例について示す。

表2-1 防火帯内に設置される機器等の評価及び管理方針の例

分類		対象例	評価及び管理方針
不燃性の機器等		<ul style="list-style-type: none"> ・排気筒 ・圧電機 ・ケーブル 	火災により燃焼しない、防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから、当該対象に対して対策は不要である。
可燃性を含む機器等	局所的な設置機器	<ul style="list-style-type: none"> ・標識 ・構内監視カメラ 	局所的な火災にとどまるため防火帯の機能に影響はない、防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから、当該対象に対して対策は不要である。
	防火帯を横断して設定	<ul style="list-style-type: none"> ・道路 	道路上に設定される防火帯内は車道の駐車禁止、可燃物を配置しない管理を行うことで、延焼防止効果に影響を与えない。

有毒ガス・ばい煙影響評価の方法

1. 概要

外部火災により発生するばい煙については、火災による上昇気流により上空に運ばれるため、ばい煙が防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが、ばい煙及び有毒ガスが設備に与える影響について評価する。

2. 評価対象

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」では、ばい煙による安全上重要な設備に対する影響として、燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼルの故障及び有毒ガスによる影響等が挙げられている。

高放射性廃液貯蔵罐（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に電力やユーティリティを供給する既設の加圧設備（外部電源及び非常用発電機並びに蒸気及び工業用水の供給施設）については事故対応設備として配備する設備により代替するため、ばい煙の影響が想定される設備として、「外気を取り込む空調系統」について評価する。また、陸室内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の存在性の観点から評価する。影響評価対象設備を表ま1に示す。

なお、ばい煙の粒径については浮遊粒子状物質の粒径である $10\ \mu\text{m}$ 以下を想定し、PM10により評価した。

表ま1 ばい煙及び有毒ガスによる影響評価対象設備

分類	評価対象設備	
機器への影響	外気を取り込む空調系統	換気系設備
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	HAW 内居住空間 TVF 内居住空間

2. 評価結果

2.1 外気を取り込む空調系統

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の換気系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。捕集率 85%以上（粒径 10 μm）のプレフィルタ及び捕集率 97%以上（粒径 0.3 μm）のフィルタを有しているため、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい塵は、このフィルタにより侵入を阻止可能である。また、ばい塵によるフィルタの閉塞については、フィルタ選任は常時監視しており、フィルタ選任が運転範囲の上限まで上昇した場合には、フィルタを交換することで通常の運用状態に復旧できる。

したがって、ばい塵の影響により外気を取り込む空調系統に直ちに影響を与えることはない。

HAW 換気系の系統図略図を図 3-1 に、TVF 換気系の系統図略図を図 3-2 に示す。

2.2 居住性評価

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に侵入する有毒物質（CO、CO₂及びPM10（ばい塵））の最大濃度を「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」¹⁴で判断基準とされている Immediately Dangerous to Life or Health¹⁵（以下「IDLH」という。）と比較することで、有毒ガスに対する評価し、作業員に影響を及ぼさないことを評価した。

森林火災により発生する有毒ガス及びばい塵の濃度については、FARSITE の解析である火災による有毒ガス発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で採用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象となる再処理施設の有毒ガス濃度を求めた。表 3-1 に、森林火災に対する有毒ガス濃度の最大値及び発生時刻を表 3-2 に、森林火災に対するばい塵濃度の最大値及び発生時刻を示す。

詳細な評価方法及び評価に必要な入力データは、別紙 6-1-4-8-7-1「有毒ガス・ばい塵発生量の算出について」に示す。

評価の結果、全ての評価対象において IDLH 以下であり、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の居住性が直ちに損なわれることはないと確認した。

運転員が常駐するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の避難室については、30 分以内に給気ダンパを閉止して外気と隔離することを可能とする措置を講じる。また、外部火災発生時に高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室に常駐する必要はないため、30 分以内に避難可能であるとともに、外部火災の影響下で現場操作等が必要な場合に備えて、酸素マスク等の装備を配備する。以上の安全対策により森林火災時においても施設内で必要な活動を継続することができる。

なお、日本産業衛生学会の報告する許容濃度値と比較しても十分低いことを確認している。詳細は別紙 6-1-4-6-7-2「有毒ガス・ばい煙濃度と許容濃度の比較」に示す。

※：30分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の手戻も考慮されている。

表 3.2-1 有毒岸外濃度最大値及び最大値発生時刻

CO₂濃度

発火点	HAW		TVF	
	最大濃度 [ppm]	発生時刻 [hr]	最大濃度 [ppm]	発生時刻 [hr]
発火点 1	285	2.5	238	2.0
発火点 2	74	1.5	68	1.5
発火点 3	20	0.0	23	0.5
発火点 4	4	1.5	14	1.0
IDLH	40000[ppm]			

CO濃度

発火点	HAW		TVF	
	最大濃度 [ppm]	発生時刻 [hr]	最大濃度 [ppm]	発生時刻 [hr]
発火点 1	17.77	2.5	18.91	1.0
発火点 2	6.80	0.25	6.02	0.25
発火点 3	0.92	0.0	1.14	0.0
発火点 4	0.41	1.5	1.03	1.0
IDLH	1200[ppm]			

表 3.3-2 ばい煙濃度最大値及び最大値発生時刻

ばい煙 (PM10) 濃度

発火点	HAW		TVF	
	最大濃度 [mg/m ³]	発生時刻 [hr]	最大濃度 [mg/m ³]	発生時刻 [hr]
発火点 1	0.62	2.5	0.62	2.5
発火点 2	0.18	0.25	0.16	0.25
発火点 3	0.03	3.0	0.04	0.5
発火点 4	0.02	1.5	0.04	1.0

IDLH	175[mg/m ³]
------	-------------------------

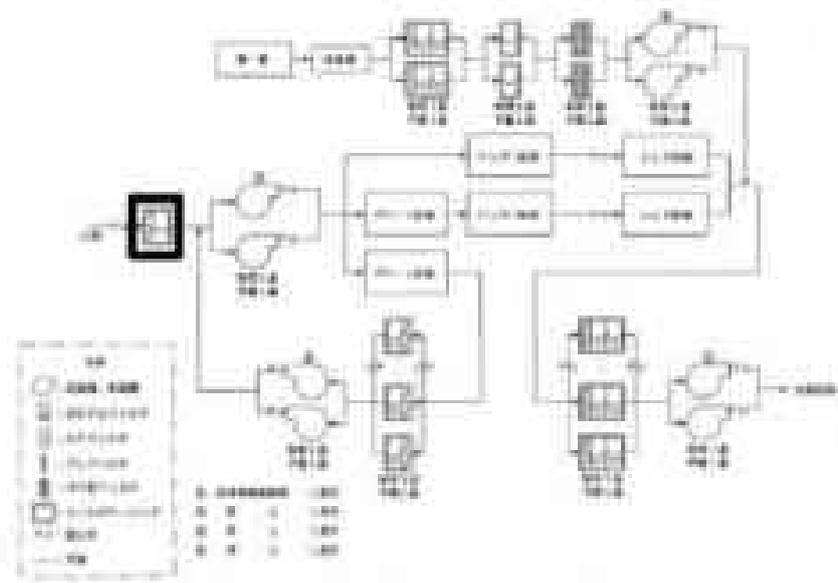


図 3-1 HAW 換気系の系統図

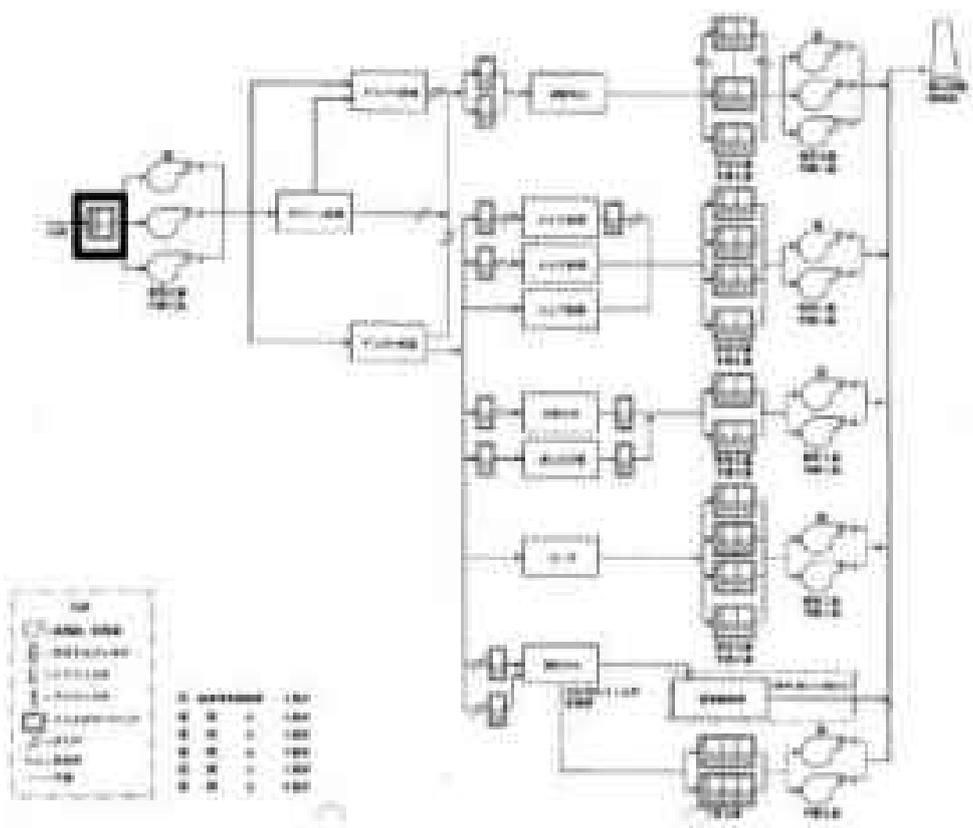


図 3-2 TVF 換気系の系統図

4. 参考文献

- [1]原子力規制委員会。原子力発電所の外部大気影響評価ガイド。(平成25年4月)
- [2]環境庁告示26号。大気の汚染に係る環境基準について。(昭和48年5月8日)
- [3]森本 正俊。ばい塵発生施設からのばいじん粒子の解析。愛知県環境調査センター所報。38号。p.1-6。(2010)
- [4]原子力規制委員会。有害ガス防護に係る影響評価ガイド。(平成29年4月)
- [5]The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values
<https://www.cdc.gov/niosh/dllh/intelidl4.html>
- [6]日本産業衛生学会。許容濃度等の検討(2019年度)。産業衛生学会誌。(2019年6月)

有毒ガス・ばい煙発生量の算出について

1. 評価方法

FARSITE 解析より得た各種発生量及び発生熱量を入力とした。

FARSITE の解析結果のうち、有毒ガス・ばい煙濃度評価に用いるデータを以下に示す。

- (a) CO₂ 発生量
- (b) CO 発生量
- (c) PM10 発生量
- (d) 発生熱量

前述の入力データ(a)～(d)を用いて、以下に示す評価式より評価対象施設における有毒ガス・ばい煙濃度を求めた。

(有風時ブルーム式)

$$C_{con} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

(有風時浮力ブルーム上昇量評価式 (CONCAWE 式))

$$H_e = 0.175Q_e^{0.72} W^{0.14}$$

C_{con}	: 濃度【体積分率又は kg/m ³ 】
Q	: 有毒ガス発生量【m ³ /s 又は kg/s】
H_e	: 有効発生高さ【m】
σ_y, σ_z	: 拡散パラメータ
Q_e	: 排気熱量【cal/s】
u	: 風速【m/s】
y	: 排気ブルーム軸からの距離【m】
z	: 発生源と鉛直口との鉛直方向距離【m】

複雑地形の影響については、CISTER モデルにより考慮した。図 1-1 に概念図を示す。

- ・発生源の標高≧評価点の標高
 - 発生源の標高を評価点の標高とする
- ・発生源の標高<評価点の標高
 - 評価点の標高をそのまま用いる

浮遊粒子状物質の評価については、ストークスの式より粒子の沈降速度を考慮した。図1-2-2に概念図を示す。

$$T_d = \frac{2(D/2)^2 \cdot \rho_s \cdot g}{9 \cdot \nu \cdot \rho_a}$$

- V_d : 粒子の沈降速度[m/s]
- D : 粒径[μm]
- ρ_s : 粒子の密度[g/cm³]
- g : 重力加速度[m/s²]
- ν : 空気の動粘性係数[m²/s]
- ρ_a : 空気の密度[g/cm³]

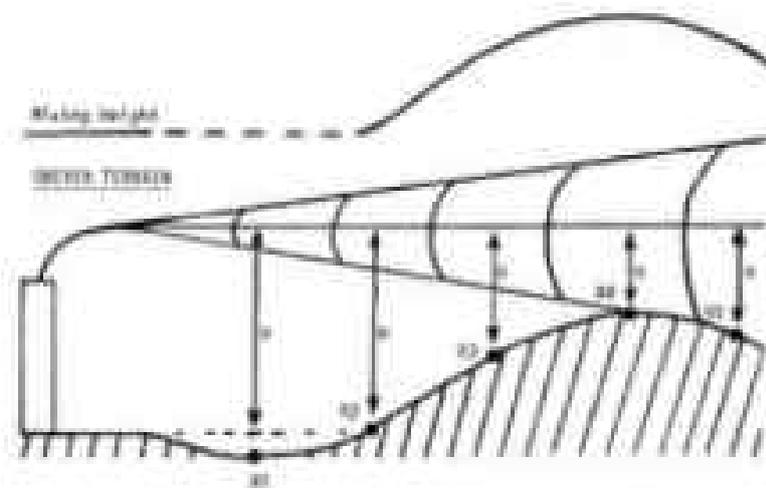


図 1-1 CISTER コードで採用されている複雑地形効果の概念図

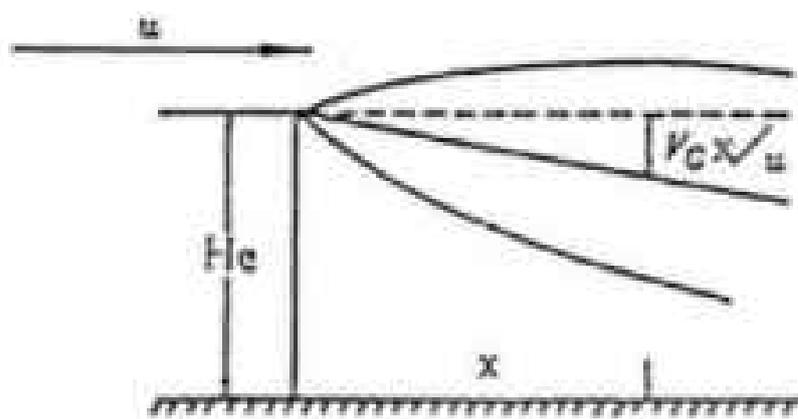


図 1-2 有毒ガス・ばい塵の電力減衰の概念図

2. 評価に必要な入力データ

評価の実施に当たって、以下に示す入力データを設定した。

- ・評価対象の位置及び高さ
- ・有毒ガス・ばい煙の発生量
- ・火災源からの発熱量
- ・気象等の環境条件

以下に、その詳細を示す。

2.1 評価対象の位置及び高さ

有毒ガス・ばい煙は、浮力ブルームを形成して上空に到達後に拡散することから、各評価対象施設における評価点位置は建物の天井中心位置とした。

評価点高さは天井基準で設定した。表 2-1 に評価点の高さを示す。

2.2 有毒ガス・ばい煙の発生量

FARSITE の計算結果により出力される有毒ガス・ばい煙発生量を採用した。評価対象とした成分は以下のとおりである。

- ・有毒ガス： CO 及び CO₂
- ・ばい煙： PM10

2.3 火災源からの発熱量

浮力ブルームの上昇量算出のために用いる。FARSITE の計算結果出力を採用した。

2.4 気象等の環境条件

風向及び風速については、FARSITE の入力値と同じ値を採用した。

また、評価においては大気拡散パラメータ（表 2-2）を指定する必要がある。大気拡散パラメータについては、ブルーム軸が上空数十 m～数百 m に位置するため、地表付近の有毒ガス・ばい煙濃度に対しては、拡散が強いほど濃度が高くなり保守的な評価となるため、最も拡散が弱くなる大気安定度 A における拡散パラメータを採用した。

2.5 実験ケース

森林火気評価実験ケースにおいて、発火点 1～4 での有毒ガス・ばい煙濃度評価した。

表 2-1 有毒ガス・ばい煙評価における評価点の高さ

評価対象	評価点	評価点 地上高(m)	標高(P+em)	
			地上(標地高)	評価点高さ
HAW	大気チャンバー	21.00	4.00	27.00
TVF	給気筒（大気口）	25.45	7.65	33.10

表 2-2 大気拡散パラメータ(Briggs の内挿式)

Pasquill type	σ_y, m	σ_z, m
Open-Country Conditions		
A	$0.22x(1 + 0.0001x)^{-0.5}$	$0.20x$
B	$0.16x(1 + 0.0001x)^{-0.5}$	$0.12x$
C	$0.11x(1 + 0.0001x)^{-0.5}$	$0.08x(1 + 0.0002x)^{-0.5}$
D	$0.08x(1 + 0.0001x)^{-0.5}$	$0.06x(1 + 0.0015x)^{-0.5}$
E	$0.06x(1 + 0.0001x)^{-0.5}$	$0.03x(1 + 0.0003x)^{-0.5}$
F	$0.04x(1 + 0.0001x)^{-0.5}$	$0.016x(1 + 0.0003x)^{-0.5}$
Urban Conditions		
A-B	$0.32x(1 + 0.0004x)^{-0.5}$	$0.24x(1 + 0.001x)^{-0.5}$
C	$0.22x(1 + 0.0004x)^{-0.5}$	$0.20x$
D	$0.16x(1 + 0.0004x)^{-0.5}$	$0.14x(1 + 0.0003x)^{-0.5}$
E-F	$0.11x(1 + 0.0004x)^{-0.5}$	$0.08x(1 + 0.00015x)^{-0.5}$

①、実験結果

図①から図⑫に、有毒ガス・ばい煙濃度の最大発生時刻における濃度分布を示す。

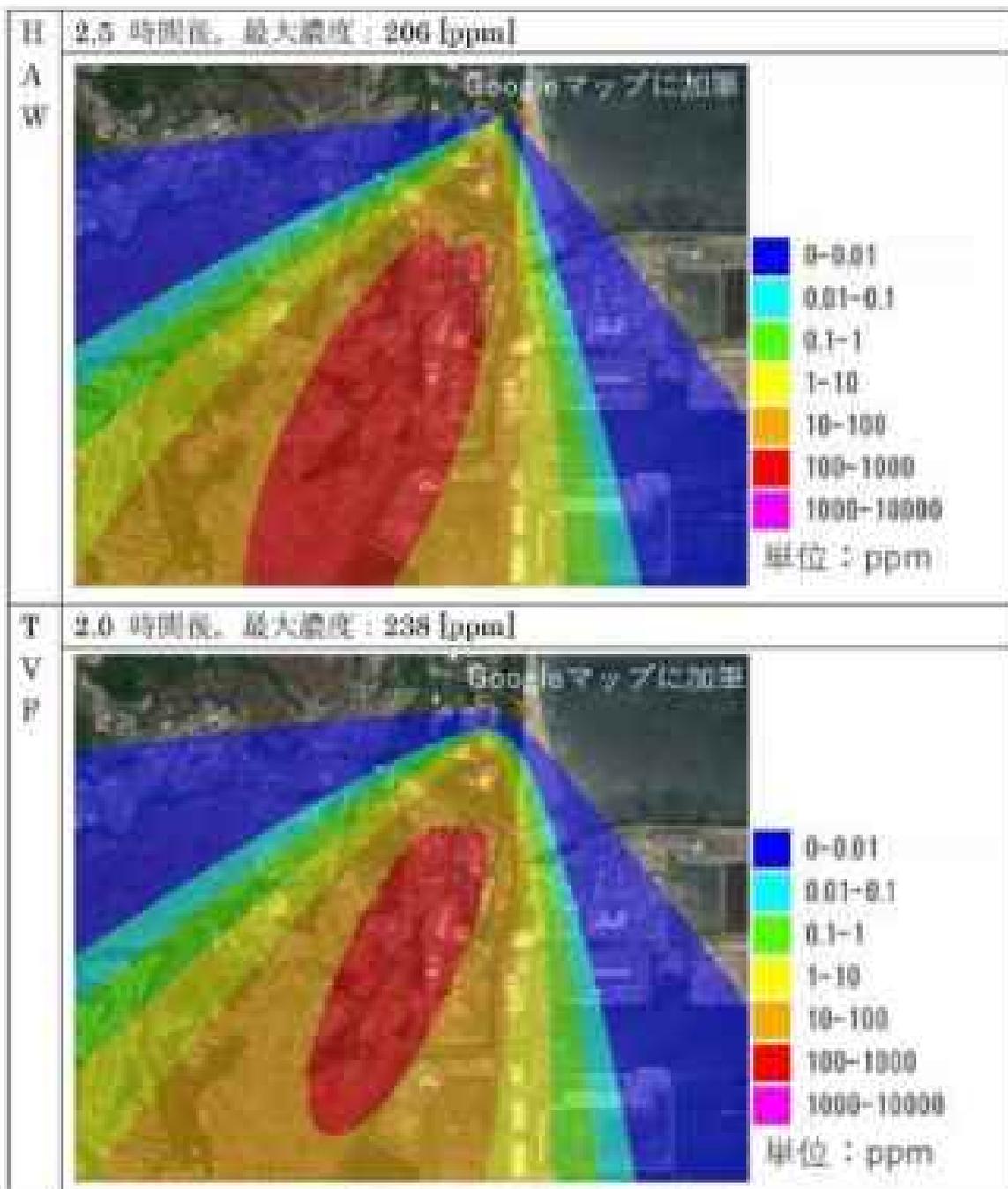


図11 CO₂濃度分布(受火点1)

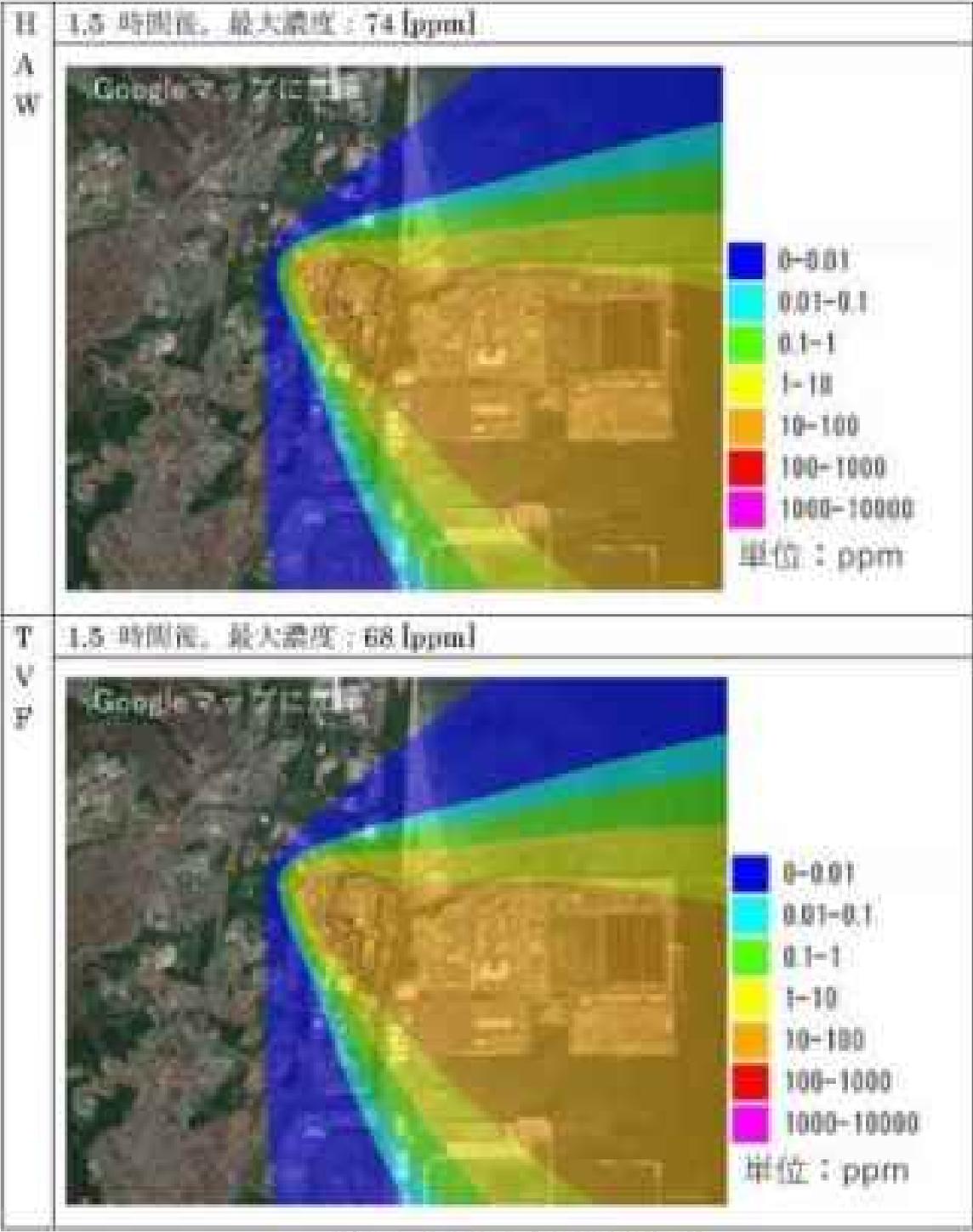


図 3-2 CO₂ 濃度分布 (最大点値)

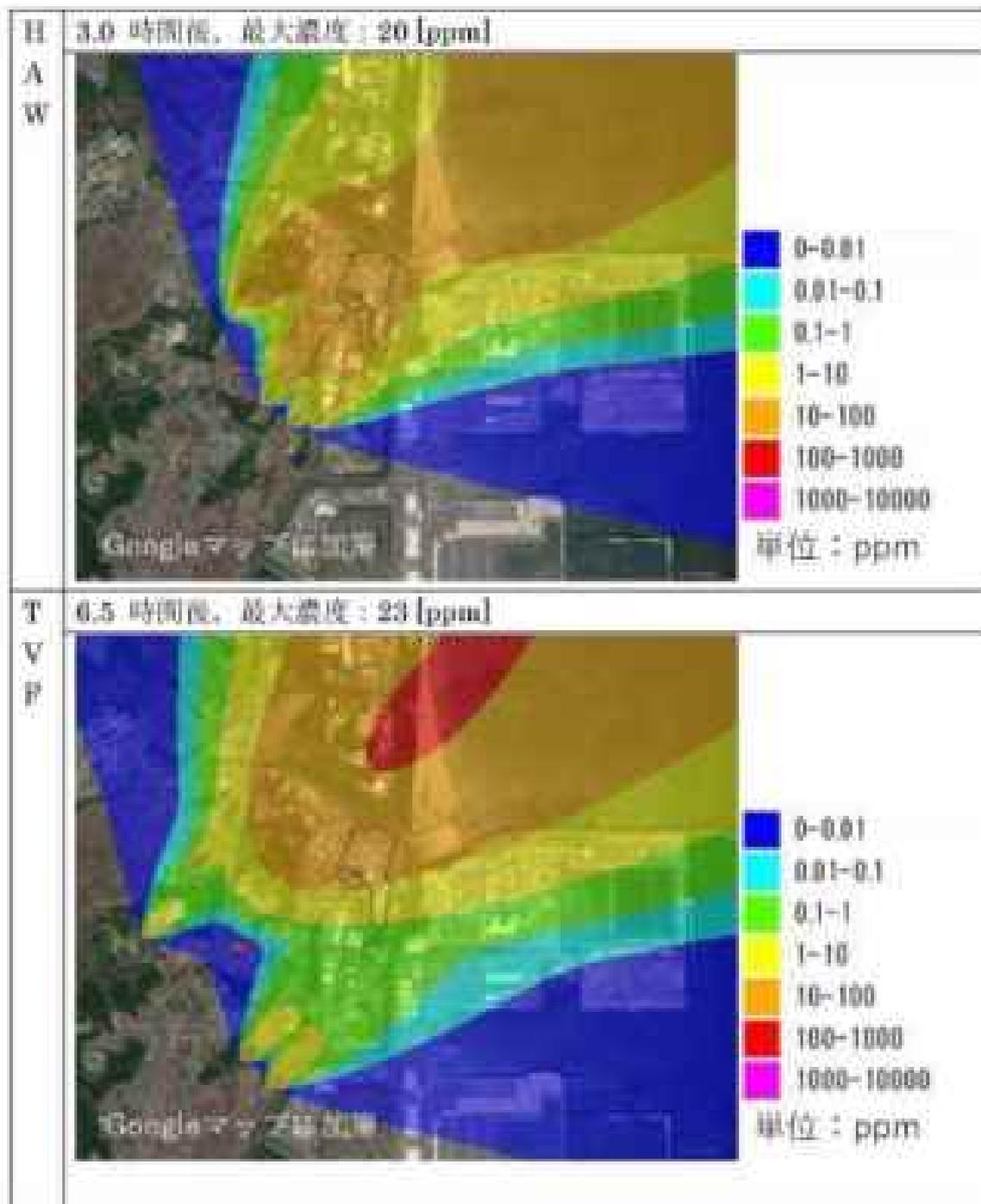


図3-4 CO₂濃度分析（最大濃度）

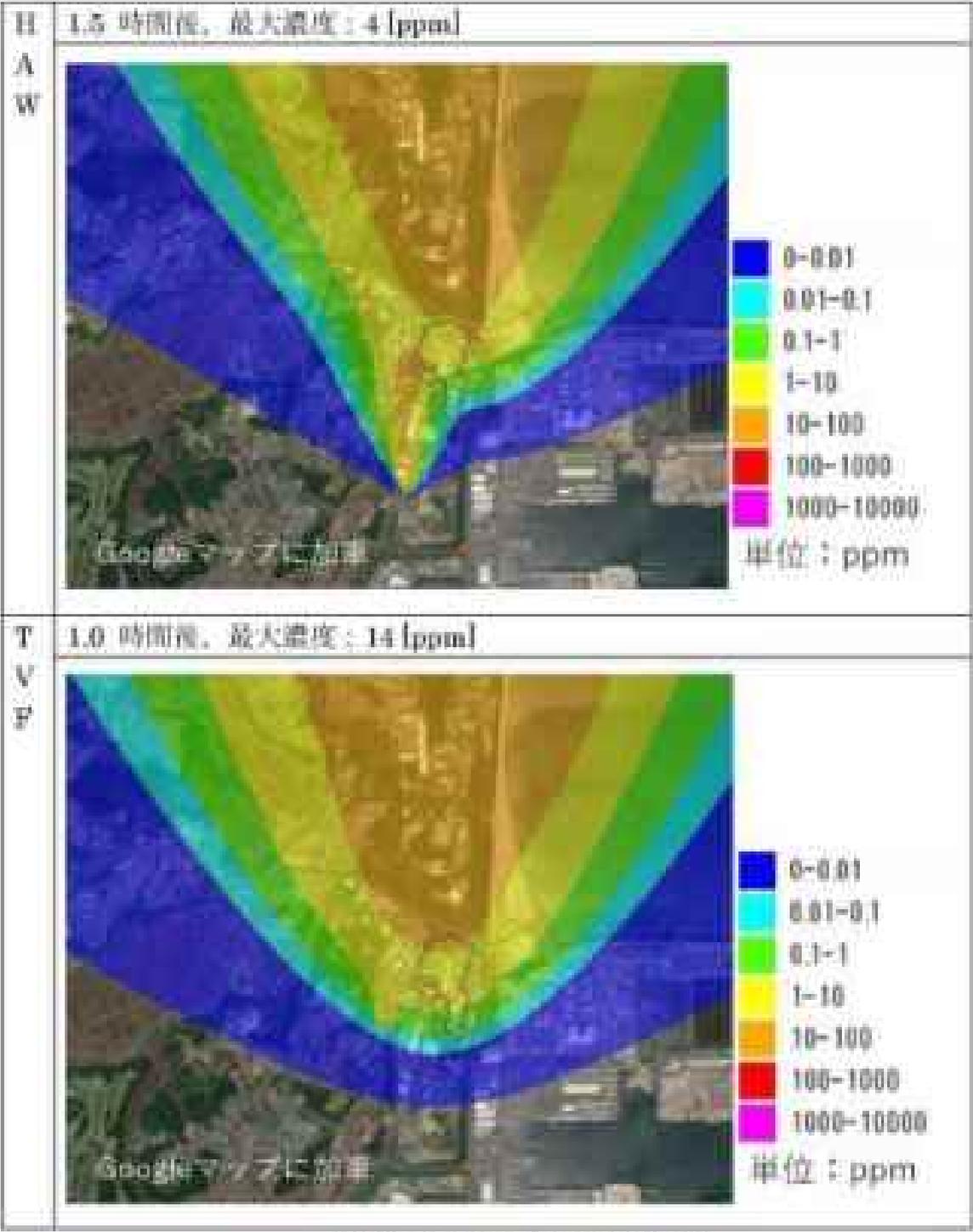


図3-4 CO₂濃度分布（発火点中心）

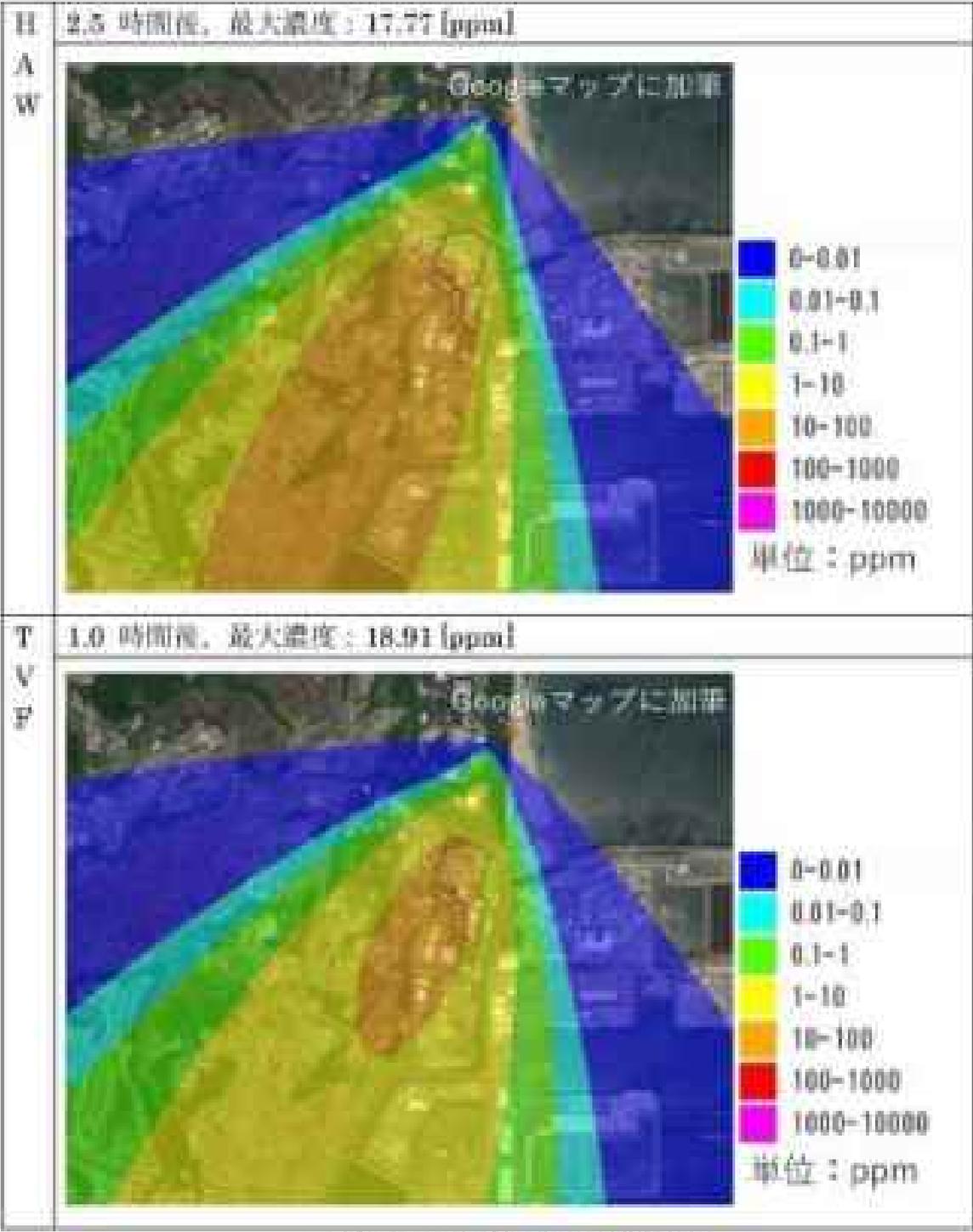


図3-5 CO濃度分布(単位左1)

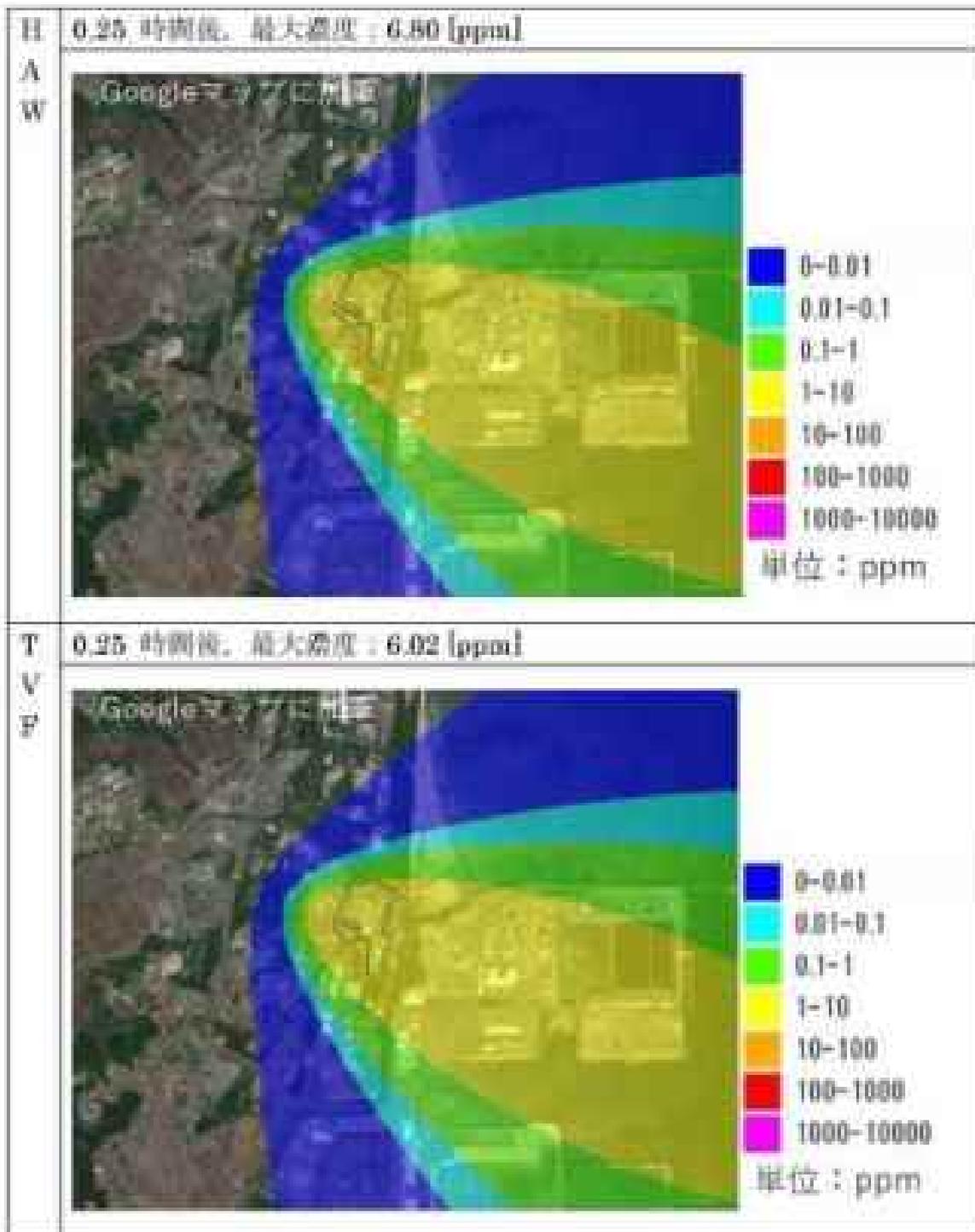


圖 3-6 CO 濃度分布 (參考左圖)

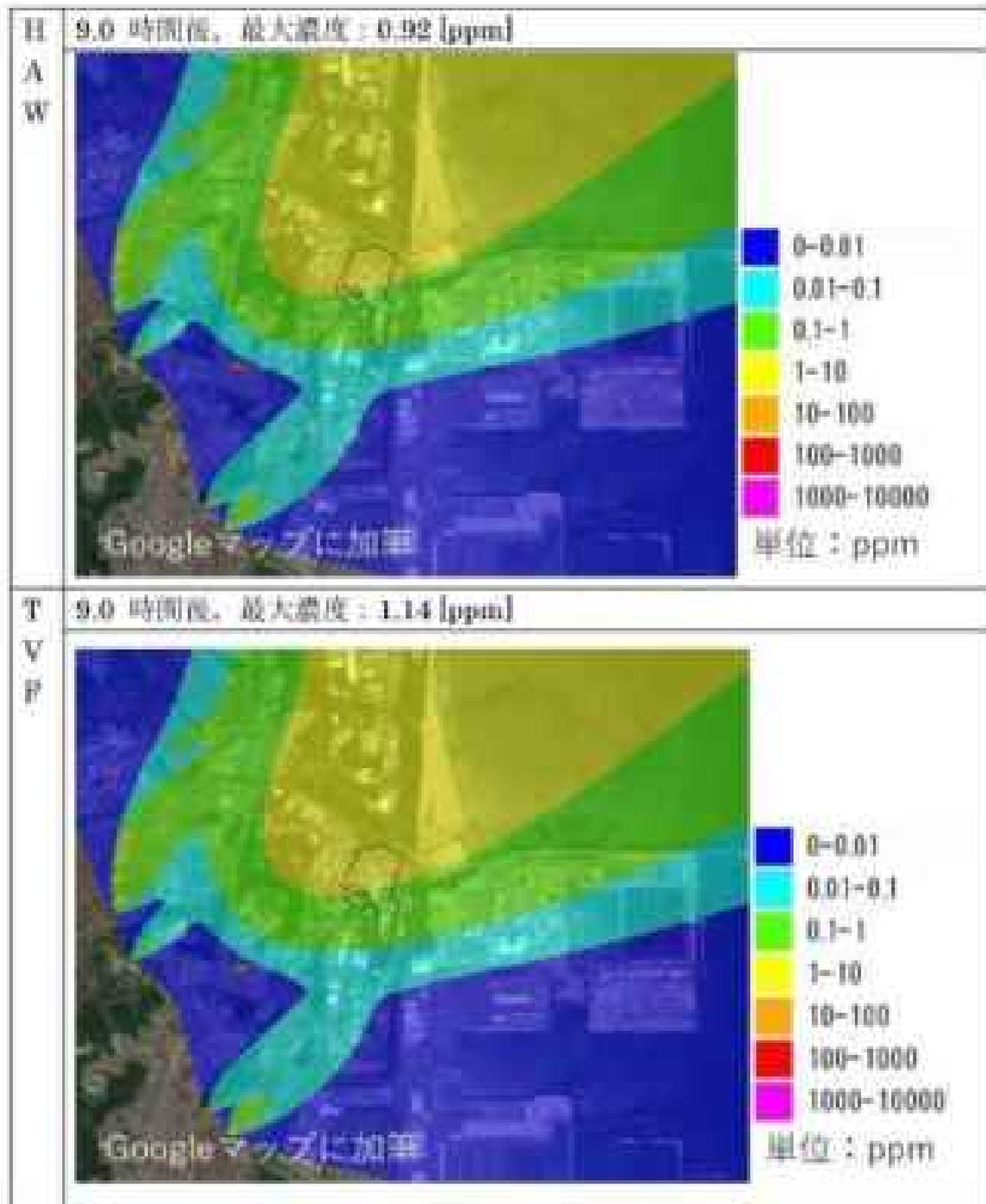


図3-7 CO濃度分析（発火点3）

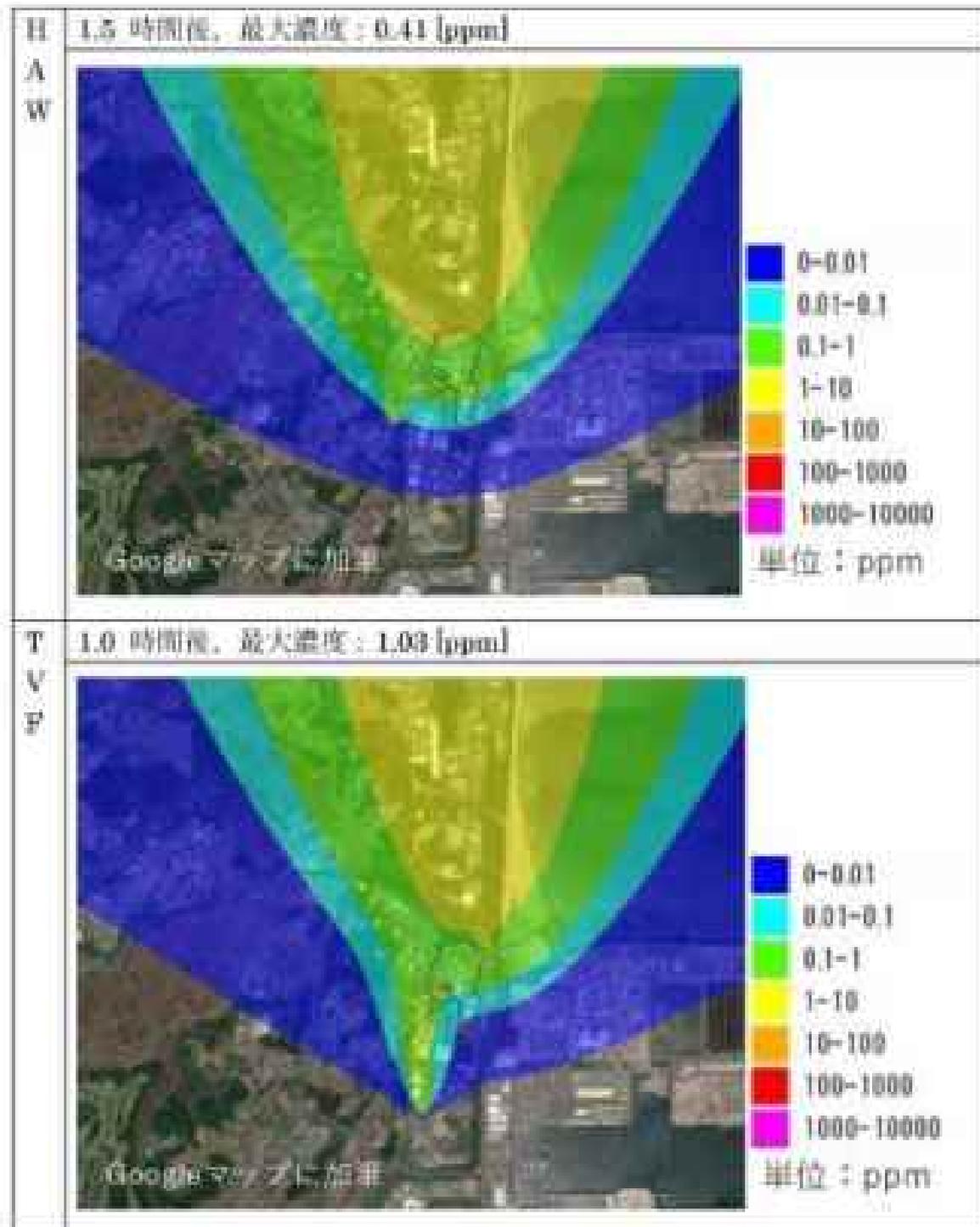


図3-8 CO濃度分布（昼と夜）

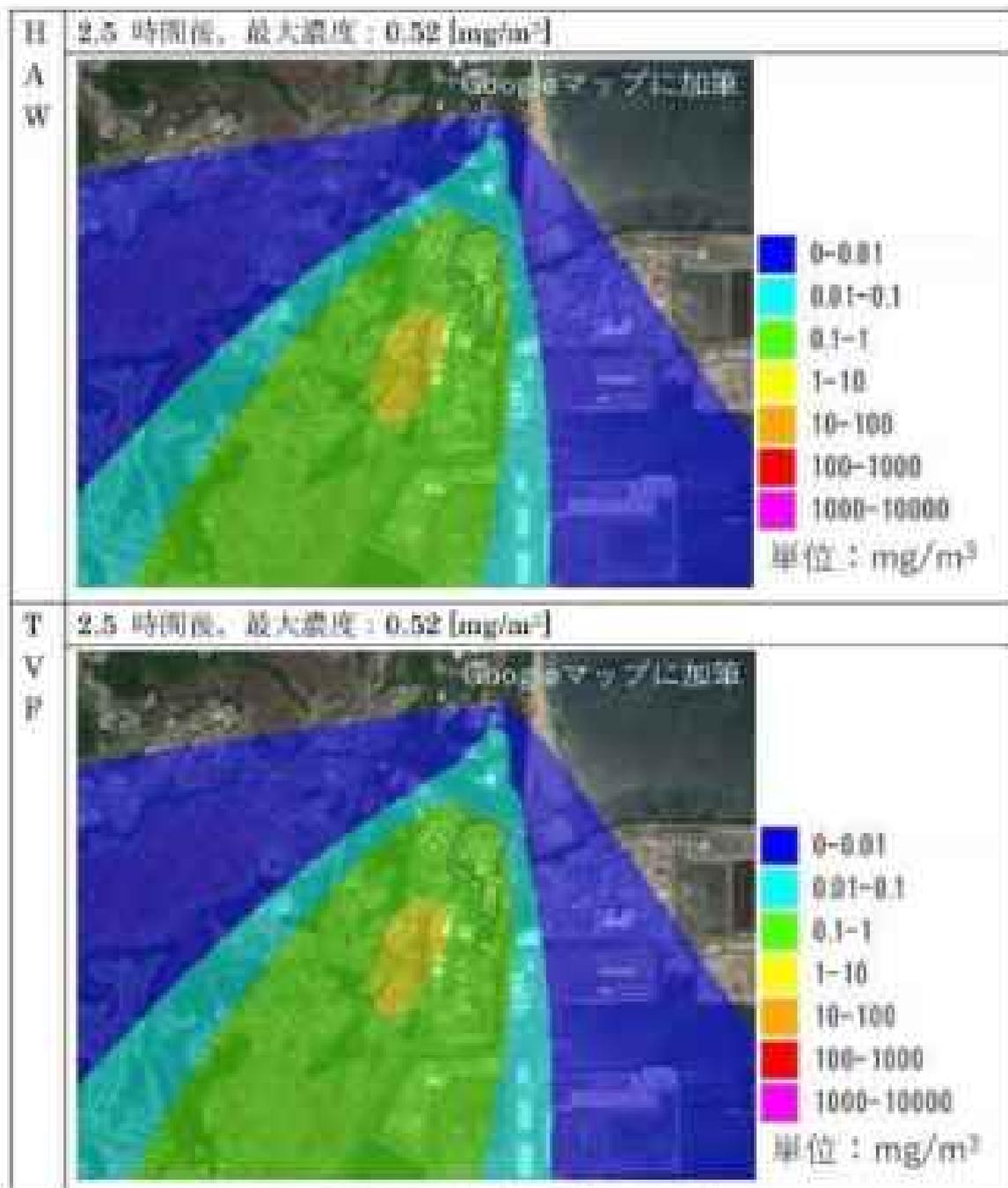


図 3-9 PM10 濃度分布（発火点1）

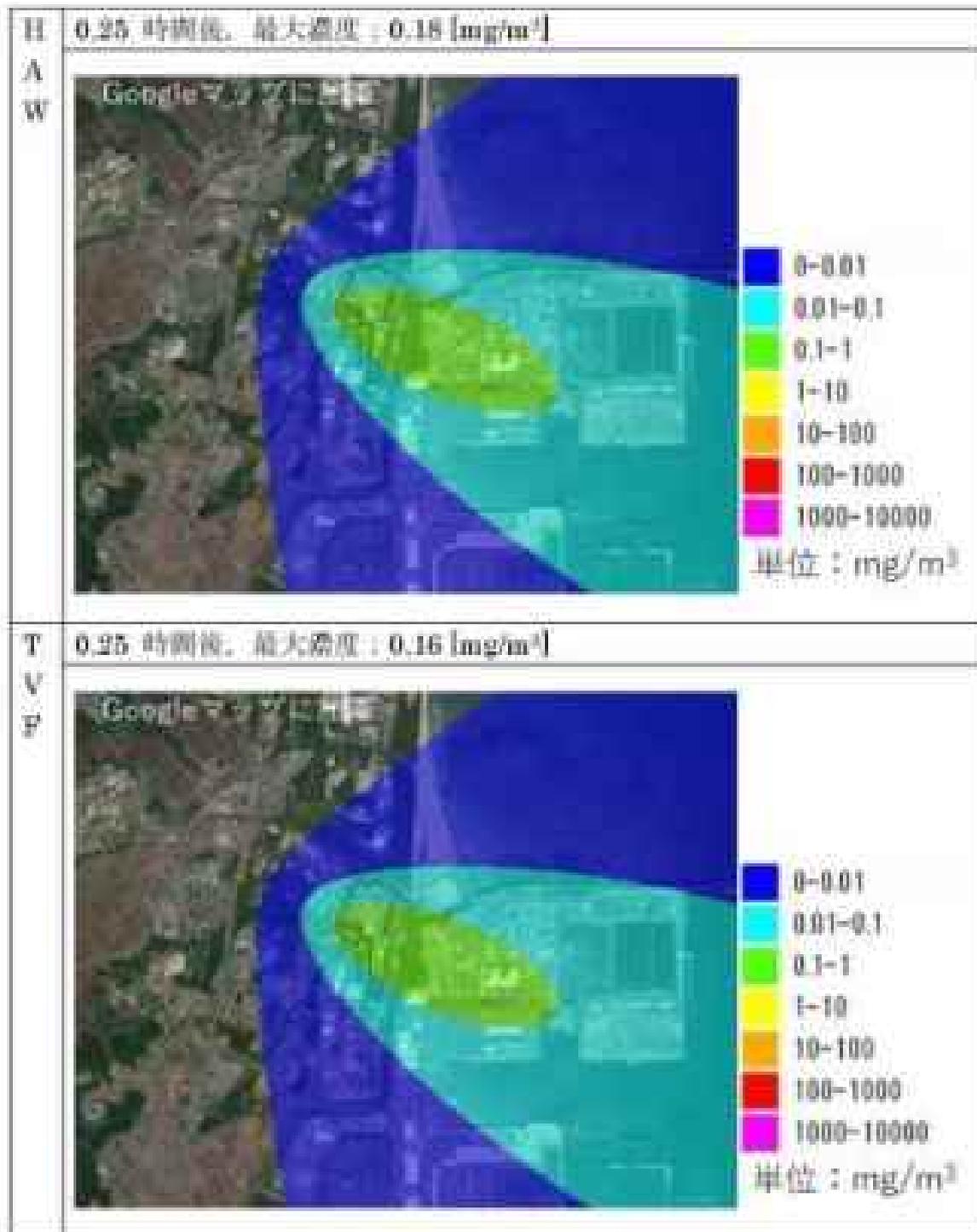


図 3-10 PM10 濃度分布 (最大点)

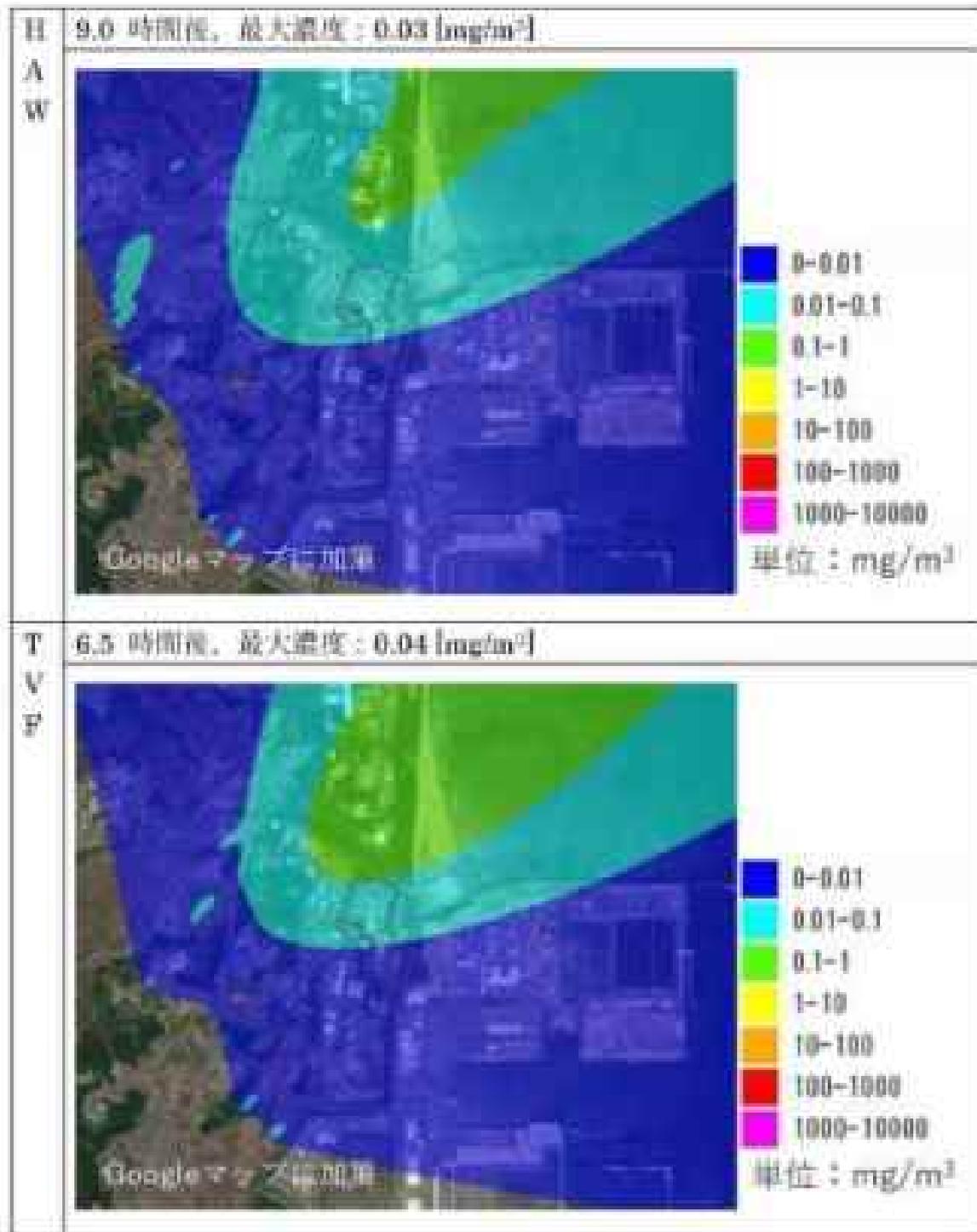


圖 3-11 PM10 濃度分布 (樂大區 3)

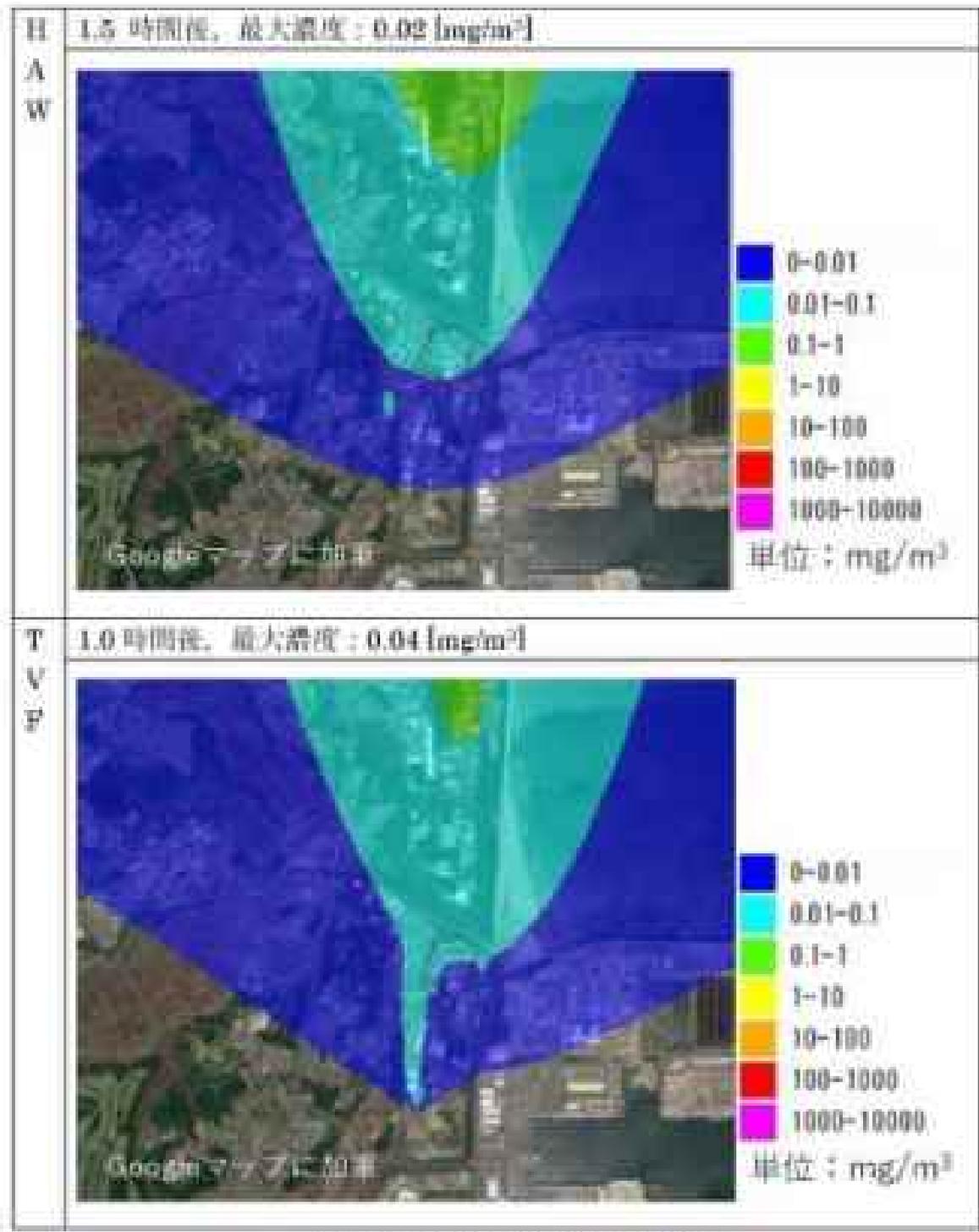


圖 3-12 PM10 濃度分布 (變大点 4)

4. 参考文献

- 1) 公害研究対策センター、「環境化学物質量算材料マニュアル[新版]」, (2008)
- 2) U. S. Environmental Protection Agency, "User's Manual for Single-Source (CENSTEK) Model, EPA-450/2-77/013, (1977)

有毒ガス・ばい煙濃度と許容濃度の比較

1. 概要

森林火災により発生する有毒ガス・ばい煙濃度について、日本産業衛生学会の報告する許容濃度¹⁾の比較を行った。

許容濃度とは、労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に重くない労働強度で有害物質に曝露される場合に、当該有害物質の平均曝露濃度がこの数値以下であれば、ほとんど全ての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度である。

2. 評価結果

評価対象となる有毒ガス（CO₂及びCO）及びばい煙濃度の最大値と許容濃度を比較した。表2-1に最大濃度と許容濃度の比較結果を示す。なお、ばい煙濃度はカーボンブラックとして評価し、捕集率85%以上（粒径10µm）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径0.3µm）のフィルタによる削減効果を考慮した。

その結果、有毒ガス（CO₂及びCO）及びばい煙濃度は許容濃度に比べて十分低いことを確認した。

表2-1 最大濃度と許容濃度の比較結果

物質名		CO ₂ [ppm]	CO [ppm]	ばい煙 ²⁾ [mg/m ³]
許容濃度		3000	50	1
最大濃度	HAW	206	17.7	0.0023
	TVF	218	18.0	0.0023

※ばい煙はカーボンブラックとして評価

3. 参考文献

- [1] 日本産業衛生学会、許容濃度等の報告（2019年度）、産業衛生学会誌、（2019年6月）

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設
（TVF）ガラス固化技術開発棟の近隣の産業施設の
火災・爆発影響評価に関する説明書

1. 基本方針

再処理施設の廃止措置計画において、高放射性廃液貯蔵場（HLAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の外部火災（石油コンビナート等火災・爆発）に対する安全対策の検討は、添付資料 6-1-4-7「再処理施設の外部火災対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（原子力規制委員会、平成25年6月19日）¹⁰（以下「ガイド」という。）を参考に実施する。

2. 石油コンビナート等について

茨城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナート等特別防災区域に指定されているのは以下の区域である（茨城県地域防災計画資料編¹¹より抜粋）。また、石油コンビナート等特別防災区域を図2-1に示す。

- (1) 茨城県鹿嶋市大字田末字北浜山、字南浜山及び字海岸砂地、大字泉川字北浜山、字南浜山、字浜屋敷及び字武東、大字新浜、大字光字光2番地から4番地並びにこれらの区域に介在する道路の区域。
- (2) 茨城県神栖市北區1番地から4番地まで、3番地及び4番地に隣接する国有無番地、6番地から16番地まで、19番地の1（工業専用地域（都市計画法（昭和43年法律第100号）第1条第12項に規定する地域をいう。以下同じ。）に限る。）、19番地2、20番地から24番地まで、27番地、3671番地6、3671番地37から3671番地41まで、3671番地44から3671番地46まで、6223番地54、6223番地55（工業専用地域に限る。）、6223番地60、6223番地61並びに6318番地、地野谷字西野6223番地65、6225番地40、6225番地606、6225番地621、6225番地632及び6225番地633並びに宇東和165684番地2、5500番地9、5501番地1、5508番地1、5509番地7及び5600番地5、東和165684番地1及び30番地2を除く。）並びに東深芝1番地から20番地まで、21番地2から21番地4まで、22番地2、2番地3、22番地17から22番地21まで、34番地9、34番地10及び34番地13から34番地21まで並びに宇高山2988番地の区域並びに当該区域に介在する道路の区域。

これらの石油コンビナート等特別防災区域に指定されている区域は、再処理施設から10 km以上（53 km）離れていることから評価対象外とした。再処理施設と石油コンビナートとの位置関係を図2-2に示す。

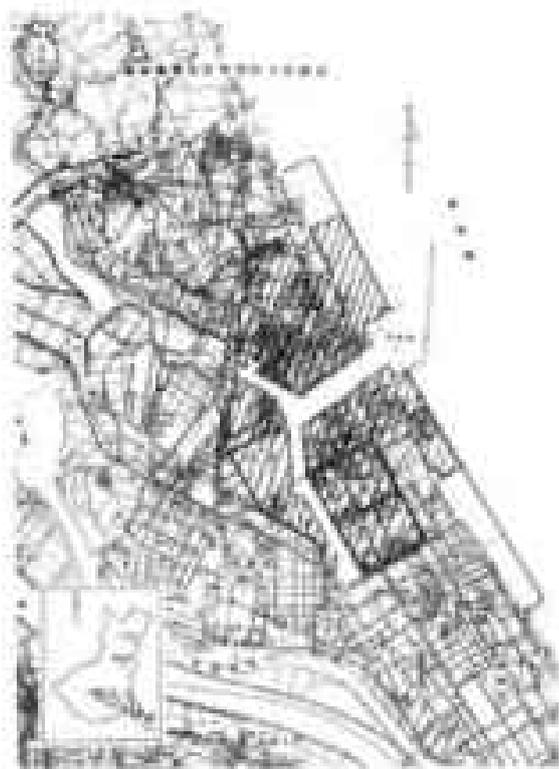


図2-1 石油コンビナート等特別防災区域（胆振臨海地区）



図2-2 再処埋施設と石油コンビナートとの位置関係

2. 石油類貯蔵施設における火災熱影響評価

以下のゲートをもとに石油類貯蔵施設における火災熱影響評価をした。

2.1 評価条件

2.1.1 評価対象施設

再処理施設から 10 km の範囲内には危険物施設である石油類貯蔵施設が約 500 か所存在する（屋内貯蔵及び少量のものは除く。）。再処理施設から 10 km 以内に存在する石油類貯蔵施設を図 2.1-1 に示す。

この調査結果をもとに、以下の方針に従い、評価対象施設を絞り込み、評価対象となった石油類貯蔵施設を図 2.1-1 に示す。

- (1) 危険物施設のうち、屋外貯蔵施設を評価対象施設とした。
- (2) 再処理施設に隣接し、貯蔵量が多いタンクを保有する株式会社JRCRA常陸那珂火力発電所内の屋外貯蔵施設について優先評価した。なお、同火力発電所の危険距離よりも遠くにあるかつ上記の評価対象としたタンクよりも貯蔵量が少ない屋外貯蔵施設についての評価は本評価に包括できるため、評価対象から除外した。
- (3) 株式会社JRCRA常陸那珂火力発電所内の屋外貯蔵施設よりも貯蔵量が多く、同火力発電所の評価に包括できない屋外貯蔵施設については個別に評価対象とした。

2.1.2 石油類貯蔵施設における火災の想定

石油類貯蔵施設の火災の想定は以下のとおりとした。

(1) 想定条件

- a. 評価対象とする石油類貯蔵施設は、株式会社JRCRA常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク及び2号軽油サービスタンク）、出光興産株式会社日立康橋所と株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルとした。なお、出光興産株式会社日立康橋所と株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルは隣接した施設であるため、合算して評価した。
- b. タンクの燃料は満載した状態を想定した。
- c. 燃焼距離は評価上短くなるよう、a. で想定した石油類貯蔵施設の位置から再処理施設までの直線距離とした。
- d. 火災はタンクの破損等による防滴屋内の全雨火災を想定した。
- e. 気象条件は無風状態とした。

(2) 輻射強度の算定

火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半

径が1.5 m以上の場合で、火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火炎モデルを採用した。

3.2 データの算出

熱影響評価するため、以下のデータを算出した。

- ・石油貯蔵施設及び燃料に係るデータ
- ・燃焼半径の算出
- ・燃焼継続時間の算出
- ・石油貯蔵施設と影響評価対象施設までの距離距離
- ・熱伝達係数の算出
- ・輻射強度の評価

データの算出過程を添付資料6-1-4-9「石油貯蔵施設及び屋外の施設からの熱影響評価：データの算出について」に示す。石油貯蔵施設と再処理施設までの距離距離を表3.2-1に示す。石油貯蔵施設と再処理施設の位置関係を図3.2-1及び図3.2-2に示す。

3.3 外壁に対する熱影響評価

(1) 影響評価対象範囲

株式会社JEA常陸那珂火力発電所（石油貯蔵タンク及び2号軽油サービスタンク）を発火源と想定した場合及び株式会社東産株式会社日立油槽所及び株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算したものを発火源と想定した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟コンタリート再建室並びに第二付属棟気筒の強度評価をした。

(2) 評価手法及び結果

① 許容温度

コンタリート製建室については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンタリート打層強度が維持される保守的な温度200℃^{*)}を許容温度とした。第二付属棟気筒については、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃^{**)}以下とした。

*) 「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」に基づき、コンタリートにおける常温時の強度が維持される保守的な温度である200℃を許容温度とする。

**) 「発電用原子力設備規格・材料規格（JSMR）」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

h.コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を表3.3-1に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-9-2「石油貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。気流発生に必要な距離である危険距離についても危険距離を下回っていることを確認した。なお、コンクリート製である正排気筒の評価についても本評価に含まれる。

e.第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして、第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表3.3-2に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-9-2「石油貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は52.2℃であり、許容温度である150℃以下であることを確認した。危険距離についても危険距離を下回っていることを確認した。

表 3.1-1 再処理施設周辺に位置する評価対象となった石炭貯蔵施設

事業者名	評価採用油種	数量 [t]
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所 軽油貯蔵タンク	軽油	■
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所 2号軽油サービスタンク	軽油	■
川光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ 日立オイルターミナル ^(※)	ガソリン	■

(※) 日立油槽所と日立オイルターミナルについては隣接して設置されているため、2施設の貯蔵数量を合算して評価した。また、当該施設は複数の油種が混在して貯蔵されていることから、当該施設で貯蔵されている油種の中で最も保守的な物性値となるガソリンが一律貯蔵されているとみなして評価した。

表 3.2-1 石炭貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	1600
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	600
川光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	6000

表 3.3-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [℃]	50秒貯蔵 量 [t]
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.7	116
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.6	29
川光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.0	257

表 3.1-2 第二付録揚気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価風速 [C]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所新設の煙突	32.2	17
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号煙突サービスタンク	34.4	15
出光興産株式会社日立給煤所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	34.2	127



図 3.1-1 再処理施設から 10 km 以内に存在する石油物貯蔵施設



図表2-1 石川製鉄所施設と再処理施設の位置関係（1）



図表2-2 石油貯貯蔵施設と再処埋施設の位置関係（2）

4 核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設における火災熱影響評価

以下のデータをもとに核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設（以下「屋外貯蔵施設」という。）における火災熱影響評価をした。

4.1 評価条件

4.1.1 評価対象施設

核燃料サイクル工学研究所内には危険物施設である屋外貯蔵施設がいくつか存在する。これらの評価対象とした。なお、地下タンク貯蔵所については、地表面で火災が発生する可能性は低いことから、評価対象外とした。評価対象となった屋外貯蔵施設を表 4.1.1-1 に示す。屋外貯蔵施設の配置図を図 4.1.1-1 に示す。

4.1.2 屋外貯蔵施設における火災の想定

屋外貯蔵施設の火災の想定は以下のとおりとした。

(1) 想定条件

- a 評価対象とする屋外貯蔵施設は、ウラン濃縮廃棄物処理場屋外タンク、中央運転管理棟屋外重油タンク（11-7、11-8、11-9）、廃棄物処理場屋外タンク、屋外軽油タンク（南東地区）（No.1・No.2）及び低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンクとした。
- b タンクの燃料は満載した状態を想定した。
- c 燃焼距離は評価上厳しくなるよう、a で想定した屋外貯蔵施設の位置から高放射性廃棄物貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属棟気筒までの直線距離とした。
- d 火災はタンクの破損等による誘引場内の全面火災を想定した。
- e 気象条件は無風状態とした。

(2) 輻射強度の算定

鎮火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半径が1.5 m以上の場合で、火災の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用した。

4.2 データの算出

熱影響評価するため、以下のデータを算出した。

- ・屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータ
- ・燃焼半径の算出
- ・燃焼継続時間の算出

- ・屋外貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離
- ・形態係数の算出
- ・輻射強度の評価

データの算出過程を添付資料6-1-4-9-1「石油貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：データの算出について」に示す。屋外貯蔵施設と高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）/ガラス固化技術開発棟及び第二付属棟気筒までの離隔距離を表4.2-1に示す。

4.3 外壁に対する熱影響評価

(1) 影響評価対象範囲

屋外貯蔵施設を火源と想定した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）/ガラス固化技術開発棟コンクリート外壁面並びに第二付属棟気筒の温度評価を実施した。

(2) 評価手法及び結果

a.許容温度

コンクリート製建家については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200°C^{*1} を許容温度とした。第二付属棟気筒については、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度 150°C^{*2} 以下とした。

- *1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」に基づき、コンクリートにおける常温時の強度が維持される保守的な温度である 200°C を許容温度とする。
- *2 「発電用原子力設備規格-材料規格（JSMR）」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である 150°C を許容温度とする。

b.コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を表4.3-1に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-9-2「石油貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、コンクリート表面の最高温度は 50.9°C であり、許容温度である 200°C 以下であることを確認した。同様に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

また、最も影響の大きい中央運転管理室屋外重油タンク（11-7、11-8、11-9）による火災と、最も影響の大きい条件である森林火災を想定し、それぞれの上昇温度より重畳を考慮し評価したとしても、コンクリート表面の最高温度は121.8℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表4.3-2に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-9-2「核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設火災と森林火災の重畳評価」に示す。なお、コンクリート製である主排気筒については、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TFE）ガラス固化技術開発棟に比べ層間距離が長いため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TFE）ガラス固化技術開発棟の評価に包含される。

㉔.第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして、第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表4.3-3に示す。評価の詳細を別紙資料6-1-4-9-2「石浜貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は50.6℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。層間距離についても層間距離を下回っていることを確認した。

また、最も影響の大きい中央運転管理室屋外重油タンク（11-7、11-8、11-9）による火災と、最も影響の大きい条件である森林火災を想定し、それぞれの上昇温度より重畳を考慮し評価したとしても、第二付属排気筒の最高温度は77.6℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表4.3-4に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-9-2「核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設火災と森林火災の重畳評価」に示す。

表 4.1.1-1 評価対象となった屋外貯蔵施設

施設名	燃料の種類	燃料量[m ³]	
ウラン系廃棄物焼却場 屋外タンク	灯油	1.05	
中央運転管理施設 屋外重油タンク (11-7、11-8、11-9)	重油	100	500
	重油	100	
	重油	100	
廃棄物焼却場 屋外タンク	オクタン酸カレンナム	1.2	5.0
	ケロシン	4.0	
屋外燃料タンク (南東地区) (No.1・No.2)	軽油	105	100
	軽油	105	
放射性廃棄物処理施設 併設発電機 屋外タンク	灯油	7.0	

表 4.2-1 屋外貯蔵施設と影響評価対象施設までの距離距離

想定火災源	距離距離[m]		
	HAW	TVF	近二付属 貯蔵筒
ケラシ系燃焼物地中埋設外タンク	316	255	125
中央運転室燃焼物地中埋設外タンク (11-7、11-8、11-9)	462	335	124
燃焼物地中埋設外タンク	170	100	220
屋外貯蔵タンク（南東地区） (No.1・No.2)	650	600	660
低放射性燃焼物地中埋設外タンク	100	200	120

表 4.3-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度[℃]		危険距離[m]
	HAW	TVF	
ケラシ系燃焼物地中埋設外タンク	70.1	50.1	3
中央運転室燃焼物地中埋設外タンク (11-7、11-8、11-9)	70.9	50.8	31
燃焼物地中埋設外タンク	70.7	50.6	11
屋外貯蔵タンク（南東地区） (No.1・No.2)	70.4	50.3	28
低放射性燃焼物地中埋設外タンク	70.5	50.5	10

表 4.3-2 熱影響評価結果

施設	影響温度(℃)
ILAW	59.9
TVF	121.8

表 4.3-3 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

施設名/風向	評価温度(℃)	全向距離(m)
ウラン濃縮燃料乾留炉排気筒	50.1	0
中央運転管理棟屋外冷却タンク (11-7、11-8、11-9)	50.0	12
廃棄物処理施設排気筒	50.8	8
屋外冷却タンク(西向き)(No.1・No.2)	50.0	18
放射性廃棄物処理棟屋外冷却タンク	50.4	0

表 4.3-4 熱影響評価結果

施設	影響温度(℃)
第二付属排気筒	77.0

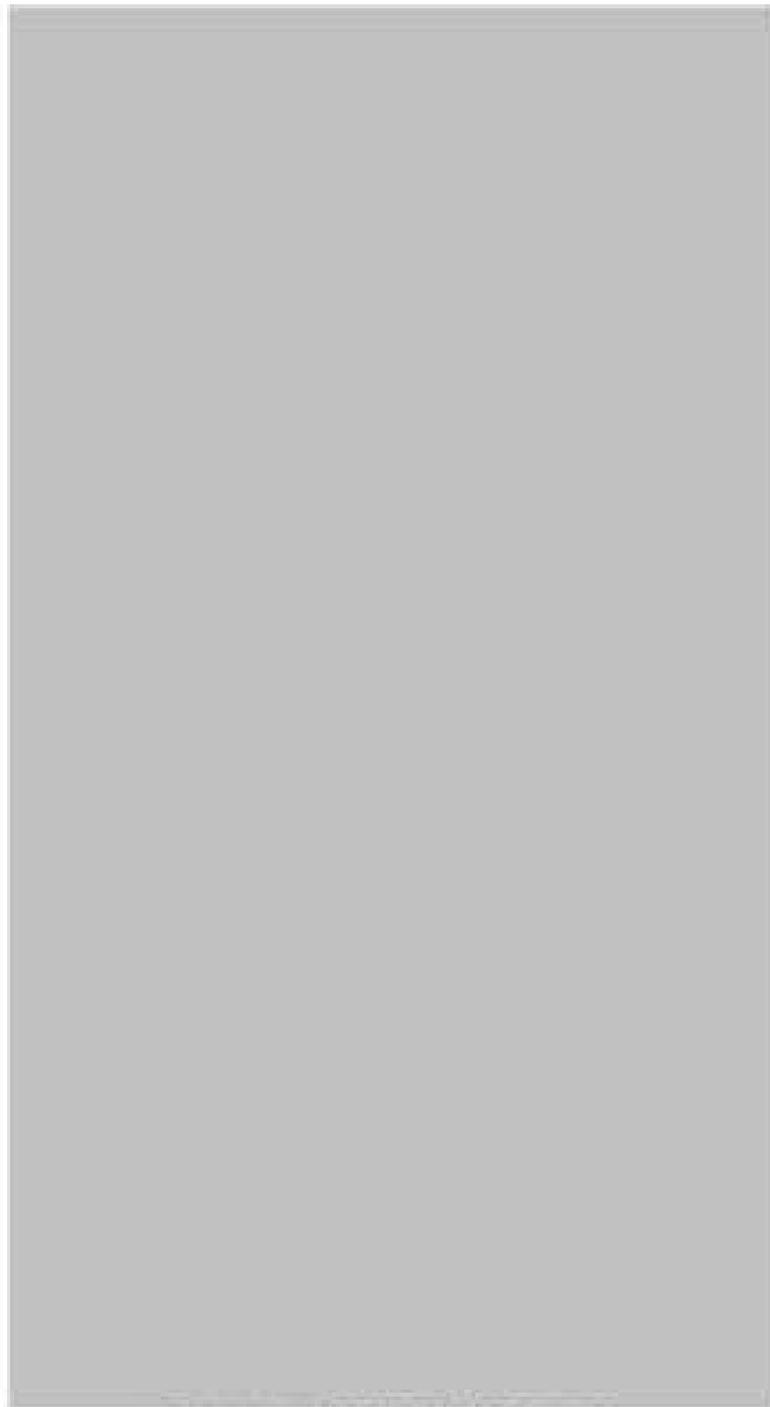


圖 4.1.1-1 屋外貯藏桶設置位置圖

5. 有毒ガス影響評価

5.1 目的

再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災による有毒ガス濃度評価を実施した。

想定事象は4項で実施した屋外貯蔵施設における火災とした。

5.2 評価手法

火災による有毒ガス発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で用いられる有風時ブルーム式を用いて、評価対象施設入気口における有毒ガス濃度を評価した。入気口における有毒ガス濃度の計算に用いる手法を添付資料 6-1-4-9-3「有毒ガス及びばい煙の影響評価について」に示す。

図 5-2-1 に、評価手法の概要を示す。

本評価では、屋外貯蔵施設における火災を想定し、火災により発生する有毒ガスの入気口位置における濃度を求めた。火災源に対して算出した入気口位置の有毒ガス濃度を評価値として、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」¹⁹⁾で所定基準とされている IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)¹⁹⁾の値以下であることを確認した。IDLH 値を表 5-2-1 に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有毒ガス発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 積標上昇曲式を用いて、入気口中央の地表面からの高さと同しくなる風速を求める。
- ④ 有風時ブルーム式を用いて、入気口における有毒ガス濃度を求める。

5.3 評価に用いるデータ

5.3.1 評価対象となる入気口

以下の25ヶ所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設 (TFV) ガラス固化技術開発棟給気塔

5.3.2 火災発生時の有毒ガス発生量の算出

有毒ガスの発生量は以下のとおり算出した。

- ・CO₂発生量：環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル²⁰⁾に基づき算出

- ・CO発生量：取組大気試験所の計測結果を採用
- ・SO₂及びNO_x発生量：米国EPA（環境省）及びFRA（連邦航空局）が提示するEmission Factorを使用¹⁷⁾

5.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

(1) 屋外貯蔵施設における火災

- ・ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク
- ・中央運転管理室屋外直油タンク（11-7、11-8、11-9）
- ・廃棄物処理場屋外タンク
- ・屋外貯油タンク（南東地区）（No.1・No.2）
- ・放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク

有毒ガス影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ（層構造、高さ等）
- ・燃焼特性に関するデータ（発熱量、質量純度等、他）
- ・火災源に関するデータ（燃焼面積、風速、他）
- ・積穀パターデータ

データの算出を別紙中1-4-3-1「有毒ガス及び放射性物質の影響評価：データの算出について」に示す。

5.4 有毒ガス影響評価結果

表5.4-1～表5.4-5に有毒ガス影響評価の結果及びIDLH値を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、全対象についてIDLH値以下となった。

表 5.2-1 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health)：値

基準	ガス濃度(ppm)			
	CO ₂	CO	SO ₂	NO ₂
IDLH値	40000	1200	100	20

表 5.4-1 評価結果(ウラン濃縮業務焼却炉屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	流量パフメータ		ガス濃度[ppm] QDLH 値			
			α [m]	β [m]	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW 入気チャンバー	■	13.8	23.38	13.80	0	0.15	0.01	0.04
TVF給気塔	■	0.8	10.04	12.90	17	0.27	0.01	0.07

表 5.4-2 評価結果(中央運転管理室屋外取入れタンク (11-7, 11-8, 11-9))

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	流量パフメータ		ガス濃度[ppm] QDLH 値			
			α [m]	β [m]	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW 入気チャンバー	■	75.2	34.41	16.44	65	1.03	1.26	0.15
TVF給気塔	■	60.5	37.91	20.41	60	0.93	1.14	0.14

表 5.4-3 評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	流量パフメータ		ガス濃度[ppm] QDLH 値			
			α [m]	β [m]	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW 入気チャンバー	■	16.0	13.71	10.10	108	1.73	0.05	0.20
TVF給気塔	■	10.0	15.32	11.55	96	1.54	0.05	0.18

表5.4-4 評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2))

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	燃焼パフォーマンス		ガス濃度[ppm] (0.01%)			
			α [m]	α [m]	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW 入気チャンバー	■	106.8	58.00	28.41	10	0.20	0.04	0.03
TVF給気塔	■	92.0	61.21	29.82	10	0.20	0.04	0.03

表5.4-5 評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	燃焼パフォーマンス		ガス濃度[ppm] (0.01%)			
			α [m]	α [m]	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW 入気チャンバー	■	16.5	14.70	10.48	70	1.11	0.02	0.13
TVF給気塔	■	14.1	15.30	11.02	71	1.15	0.02	0.13

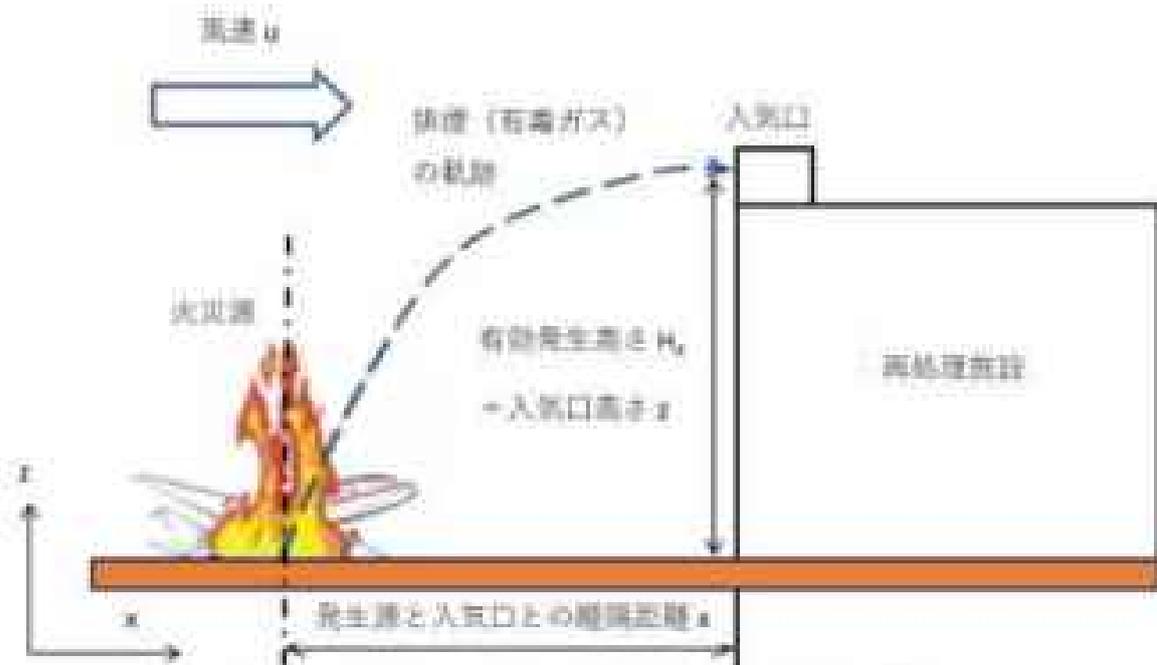


図5.2-1 入気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

6. ばい煙影響評価

6.1 目的

再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災によればい煙濃度を評価した。想定事象は、4項で記載した屋外貯蔵施設における火災とした。

6.2 評価手法

「5. 有毒ガス影響評価」と同様な手法により、評価対象施設入気口におけるばい煙濃度を評価した。入気口におけるばい煙濃度の計算に用いる手法を添付資料 6-1-4-9-3「有毒ガス及びばい煙の影響評価について」に示す。

本評価では、屋外貯蔵施設における火災を想定し、火災により発生するばい煙の入気口位置における濃度を求めた。火災源に対して算出した入気口位置のばい煙濃度を評価値として、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」で判断基準とされている IDLH 値以下であることを確認した。IDLH 値を表 6.2-1 に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生するばい煙発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排煙上昇速度式を用いて、入気口中央の地表面からの高さとなる風速を求める。
- ④ 有風時ブルーム式を用いて、入気口におけるばい煙濃度を求める。

6.3 評価に用いるデータ

6.3.1 評価対象となる入気口

以下の2ヵ所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃棄物貯蔵場 (HLAW) 入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟給気路

6.3.2 火災発生時のばい煙発生量の算出

ばい煙の発生量は以下とおり算出した。

- ・ばい煙発生量：消防研報告書¹⁴⁾より、燃取率¹⁵⁾は0.10～0.15となることから、保守的に燃取率0.10として算出
- ・燃取率：燃料中の炭素が煙に変換する割合

6.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

- (1) 屋外貯蔵施設における火災
 - ・ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク

- ・中央運転管理室屋外重油タンク（11-7、11-8、11-9）
- ・廃棄物処理場屋外タンク
- ・屋外軽油タンク（南東地区）（No.1・No.2）
- ・低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク

ばい塵影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ（距離距離、高径比）
- ・燃焼特性に関するデータ（発熱量、質量低下率等、他）
- ・火災源に関するデータ（燃焼面積、風速、他）
- ・拡散パラメータ

データの算出を別紙6-1-4(カ)「有毒ガス及びばい塵の影響評価：データの算出について」に示す。

6.4.1 ばい塵影響評価結果

表6.4-1～表6.4-5にばい塵影響評価の結果を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、全ての評価対象においてばい塵の濃度はIDLH値以下であり、また評価対象建物の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことが確認された。HAW換気系の系統概略図を図6.4-1に、TVF換気系の系統概略図を図6.4-2に示す。

表 6.2-1 IDLH値

基準	ばい塵濃度(mg/m ³)
IDLH値	1750

表 6.4-1 評価結果(ウラン系廃棄物焼却炉屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パラメータ		ばい煙濃度[mg/m ³] IDLH 1750[mg/m ³]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	13.8	23.38	13.89	1
TVP給気塔	■	9.8	19.04	12.99	2

表 6.4-2 評価結果(中央部転管理室屋外前面タンク (11-7, 11-8, 11-9))

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パラメータ		ばい煙濃度[mg/m ³] IDLH 1750[mg/m ³]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	75.2	34.41	18.44	7
TVP給気塔	■	95.5	37.91	20.41	6

表 6.4-3 評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パラメータ		ばい煙濃度[mg/m ³] IDLH 1750[mg/m ³]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	18.0	13.73	13.19	11
TVP給気塔	■	18.0	15.12	11.55	10

表 6.4-4 評価結果(屋外貯油タンク (南東地区) (No.1・No.2))

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パラメータ		ばい煙濃度[mg/m ³] IDLH 1750[mg/m ³]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	108.8	58.07	28.41	2
TVP給気塔	■	122.6	61.21	29.82	2

表 6-4-3 評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	試験パラメータ		ばい-濃度 (mg/m^3) IDLH 1750 (mg/m^3)
			α [m]	α_0 [m]	
HAW入気チャンバー	■	10.5	14.70	10.48	7
TVF給気系	■	14.1	10.73	11.60	7

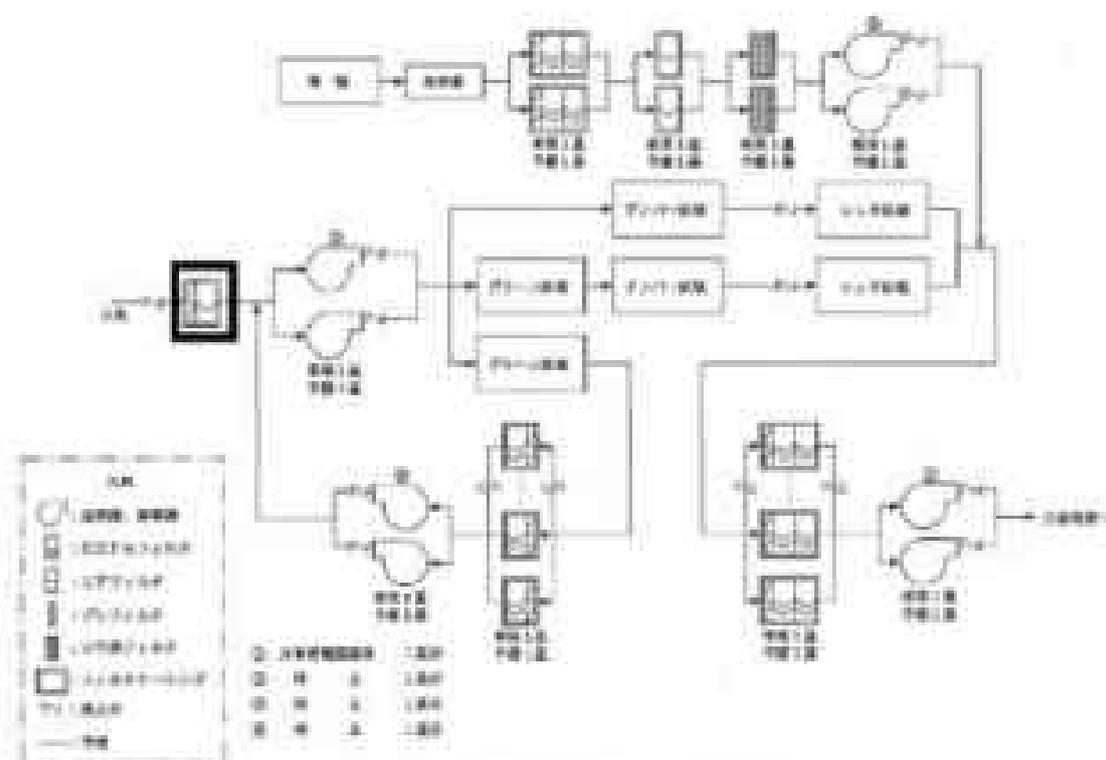


図 6-4-1 HAW 換気系の系統概略図

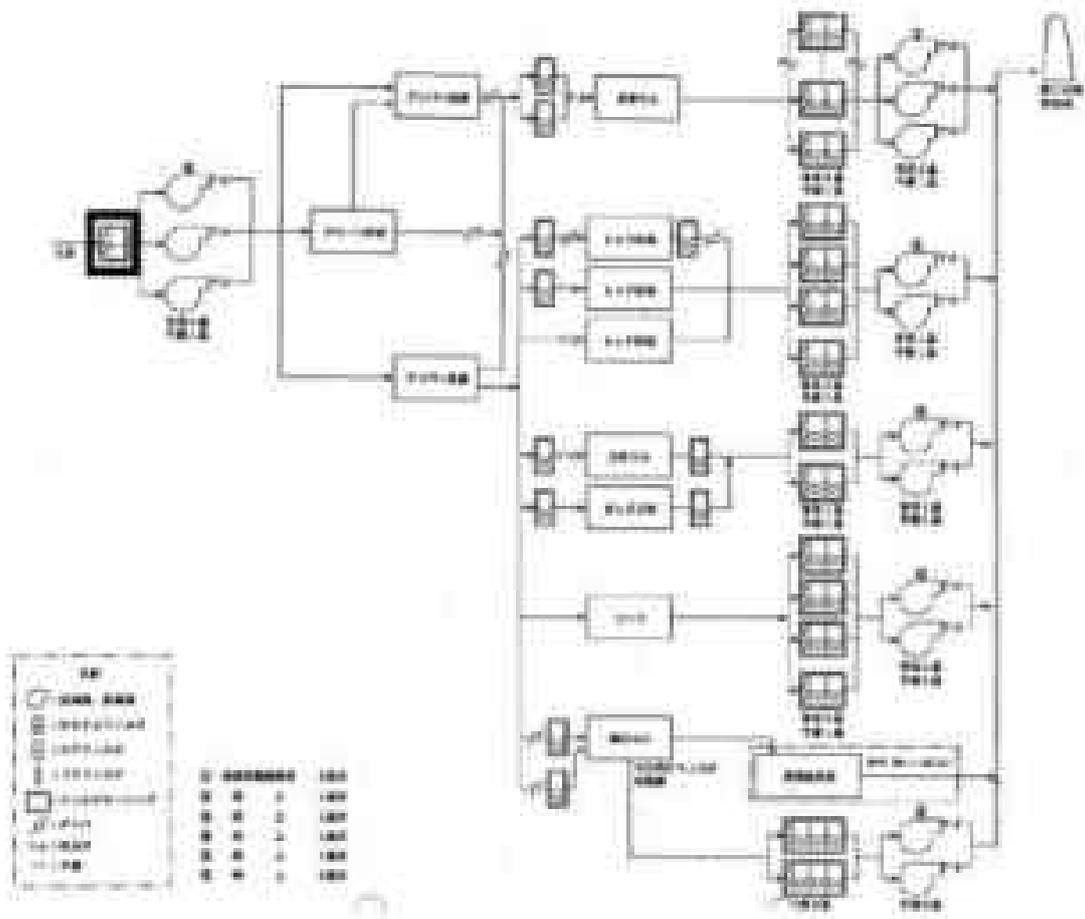


図 6.4-2 TVF 機関系の系統概略図

7. 高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価

以下のデータをもとに高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発影響評価を実施した。

7.1. 評価条件

7.1.1. 評価対象施設

再処理施設から 10 km の範囲内には高圧ガス貯蔵施設が複数存在する。その中で貯蔵量が最大となる東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG、LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクを評価対象とした。再処理施設と日立 LNG 基地の位置関係を図 7.1-1 に示す。

7.1.2. 高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発の想定

高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発の想定条件は以下のとおりとした。

- a. 評価対象とする高圧ガス貯蔵施設は、東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG、LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクとした。評価対象となった日立 LNG 基地の想定条件を表 7.1-2-1 に示す。
- b. タンクの高圧ガスは満載した状態を想定した。
- c. 気象条件は無風状態とした。
- d. 高圧ガス漏えい、引火によるガス爆発とした。

7.2. データの算出

ガス爆発影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・設備定数
- ・危険限界距離²⁾

データの算出過程を添付資料 6-1-4-9-4「高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価」に示す。空ガス爆発の爆風圧が 0.01 MPa 以下になる距離

7.3. 爆風圧の影響評価

(1) 影響評価対象範囲

東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG、LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクを合算したものを爆発源と想定した場合のガス爆発による爆風圧の影響評価を実施した。

(2) 評価手法及び結果

- a. 危険限界距離

ガス燃発の爆風圧が0.01 MPa以下になる距離である危険境界距離を算出した。

h. 爆風圧の影響評価結果

東京ガス株式会社の日立LNG基地内にある全てのガスを合算し、爆風圧影響を評価した。爆風圧の影響評価結果を表7.3-1に示す。

評価の結果、危険境界距離は407 mであり、離隔距離である4 km以下であることを確認した。

表7.1-1 日立LNG基地の想定条件

想定爆発源	ガス種類	タンク容量 [m ³]
1号LNGタンク	液化天然ガス (メタン)	20000
LPGタンク	液化石油ガス (プロパン)	5000
2号LNGタンク	液化天然ガス (メタン)	20000

表7.3-1 爆風圧の影響評価結果

想定火災源	危険境界距離 [m]	離隔距離 [m]
東京ガス株式会社日立LNG基地	407	4000



図7.3-1 再気液施設と日立LNG基地の位置関係

5. 結論

再処理施設から10 kmの範囲内の石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設において火災が発生した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建屋コンクリート表面及び第二付属排気筒表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり、許容温度を下回ることから高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の健全性に影響を与えないことを確認した。また、第二付属排気筒表面の最高温度は52.2℃であり、許容温度を下回ることから第二付属排気筒の健全性に影響を与えないことを確認した。

なお、屋外貯蔵施設による火災と森林火災との重畳を考慮し評価をしたとしてもコンクリート表面の最高温度は121.8℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。同様に、第二付属排気筒の最高温度は77.6℃であり、許容温度である300℃以下であることを確認した。

屋外貯蔵施設による火災が発生した場合の有毒ガスの濃度はIDLHの値を下回ることから、有毒ガスによる影響はないことを確認した。また、同火災を想定したばい煙の影響評価については、全ての評価対象においてばい煙の濃度が低く、また評価対象建屋の入気口にはフィルターが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。

再処理施設から10 kmの範囲内の高圧ガス貯蔵施設においてガス爆発が発生した場合、応答距離影響は距離影響を下回っており、再処理施設の健全性に影響を与えないことを確認した。

以上の結果から、再処理施設の敷地外において火災又は爆発が発生した場合及び屋外貯蔵施設において火災が発生した場合、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒への影響はなく、これらの施設に内包される安全機能を有する構築物・系統及び機器に影響を及ぼさないものと評価した。

なお、燃料タンク爆発等による飛来物の影響については、同様に日立 LNG 基地を考慮している日本原子力発電株式会社 東海第二発電所の評価において、想定飛来物の飛散距離（鋼製パイプで557m）は距離影響（1500m）より短く原子炉施設に到達しない結果となっており¹⁰、再処理施設の距離影響（4000m）は東海第二発電所の距離影響より十分大きいことから飛来物の影響はないと判断した。

D. 参考文献

- [1]原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの制定について、(平成25年6月)
- [2]茨城県防犯会議、茨城県防犯計画 資料編
- [3]原子力規制委員会、有害ガス防護に係る影響評価ガイド、(平成29年4月)
- [4]The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values*
(<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/introidl.html>)
- [5]環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.0)
- [6]Ross J.L., Forek R.J., and Hobbs P.V., " Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean" , *J. Air & Water Manage. Assoc.* ,46 , pp.251-259, (1980).
- [7]U.S. EPA AP-42, " Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources".
- [8]FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [9]消防研究所研究資料第46号、大規模石炭タンクの燃焼に関する研究報告書、(平成11年)
- [10]日本原子力発電株式会社、東海第二発電所外部火災影響評価について 別添3.9 地上設置の高温貯蔵タンク爆発による燃焼物影響評価について、(平成29年10月)

石油燃料貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価[※]データの算出について

1. 石油類貯蔵施設、屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータ

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について^{※1)}」(以下「ガイド」という。)に従い、石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価を行った。石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータを表1-1に、屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータを表1-2に示す。屋外貯蔵施設と評価対象施設までの距離距離を表1-3に示す。

表1-1 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 [t]	燃料 発熱量 ^{※1)} [W/m ³]	質量比 比重 ^{※2)} [kg/m ³]	燃料密度 [kg/m ³]	燃料体 積積 [m ³]	燃料総 量[kg]
株式会社JFE 茨城工場火力発電所 軽油貯蔵タンク	軽油	■	■	■	■ ^{※3)}	■	1000
株式会社JFE 茨城工場火力発電所 2号軽油サービス タンク	軽油	■	■	■	■ ^{※3)}	■	600
出光興産株式会社 立川研究所及び 株式会社日立ハイテ クイアリアルズ 日立オイルターミナ ル	ガソリン	■	■	■	■ ^{※4)}	■	800

※1：ガイド記載値

※2：NITEK5-1000記載値

※3：JIS K2204-2007記載値

※4：JIS K2202-2012記載値

表 1-2 屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 [m ³]		燃料発熱量 ^{※1} [W/m ³]	質量低下速度 ^{※2} [kg/m ² h]	燃料密度 [kg/m ³]	貯蔵体面積 [m ²]
ウラン系廃棄物処理施設屋外タンク	灯油	1.05		50000	0.030	800 ^{※3}	4.21
中央運転管理室燃料油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	重油	100	588	20000	0.035	900 ^{※4}	341.00 (二基分 合算)
	重油	100		20000	0.035	900 ^{※4}	
	重油	100		20000	0.035	900 ^{※4}	
廃棄物の貯蔵施設屋外タンク	オクテレン酸カルシウム ^{※5}	1.2	5.8	50000	0.030	800 ^{※6}	28.24 (二基分 合算)
	ケロシン	4.6		50000	0.030	800 ^{※6}	
屋外軽油タンク (廃棄物) (No.1・No.2)	軽油	105	200	42000	0.044	800 ^{※6}	231.40 (二基分 合算)
	軽油	105		42000	0.044	800 ^{※6}	
低放射性廃棄物の埋没処理施設屋外タンク	灯油	2.5		50000	0.030	800 ^{※6}	15.70

※1：ガイド記載値

※2：NUREG-1805記載値

※3：EN8087貯蔵安全データシート記載値

※4：EN808 A重油安全データシート記載値

※5：JIS K2204-2007記載値

※6：オクテレン酸カルシウムについては、評価に必要な数値が記載された文献がないことから、評価上保守的な特性値である灯油とみなして評価した。

表 1-3 屋外貯蔵施設と評価対象施設までの距離距離

想定火災源	距離距離[m]		
	HAW	TVF	第二付属 伊気筒
ウラン系廃棄物処理場屋外タンク	318	355	325
中央冷却処理場屋外タンク (11-7, 11-8, 11-9)	482	535	524
廃棄物処理場屋外タンク	179	188	220
最終処分タンク (南東地区) (No.1・No.2)	855	883	880
低放射性廃棄物処理場開発施設 タンク	103	203	227

2. 燃焼半径及び燃焼継続時間の算出

円筒火炎モデルとして評価するため、ガイドに依り、燃焼半径及び燃焼継続時間を算出した。石油類貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間を表2-1に、屋外貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間を表2-2に示す。

2.1 燃焼半径の算出

燃焼半径は防油壁面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

$$R = \sqrt{S/\pi} \quad [\text{m}]$$

R : 燃焼半径 [m]、 S : 防油壁面積 (= 燃焼面積) [m²]

計算結果は小数点第3位以下を切り上げとした。

2.2 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度 (= 質量低下速度/燃料密度) で除して算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 [s]、 V : 燃料量 [m³]

R : 燃焼半径 [m]、 v : 燃焼速度 [m/s]

計算結果は小数点以下を切り上げとした。

表 2-1 石油類貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間

想定火災源	貯蔵容 積[m ³]	燃料量 [m ³]	燃焼半 径[m]	質量 低下速度 [kg/m ² /s]	燃料密度 [kg/m ³]	燃焼継続 時間 [s]
株式会社JFE北九州製鉄所大 力発電所燃料貯蔵タンク	■	■	■	■	■	11803
株式会社JFE北九州製鉄所大 力発電所2号軽油サービスタ ンク	■	■	■	■	■	18347
山光興産株式会社日立油槽 所及び 株式会社日立ハイアタマア リアルズ日立オイルターミ ナル	■	■	■	■	■	44178

表 2-2 屋外貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間

想定火災源	貯蔵容 積[m ³]	燃料量 [m ³]	燃焼半 径[m]	質量 低下速度 [kg/m ² /s]	燃料密度 [kg/m ³]	燃焼継続 時間 [s]
マラン系産業物産卸場 屋外タンク	421	1.05	1.16	0.039	800	5118
中央運輸管理施設外 置油タンク (11-7、11-8、11-9)	841.00	2.88	10.42	0.035	800	44412
産業物産卸場屋外タンク	28.34	5.8	3.00	0.039	800	4180
屋外積油タンク (南地区内) (No.1・No.2)	231.40	890	6.50	0.044	800	32974
石油貯蔵施設 北九州製鉄所施設タンク	18.99	7.5	2.40	0.039	800	4448

3. 輻射強度の算出

ガイドに従い、火災の火災から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度 E を求めた。右図即貯蔵施設の輻射強度を表3-1に、屋外貯蔵施設の輻射強度を表3-2に示す。

3.1 形係数の算出

ガイドに従い、形係数 ϕ は以下の式から算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{l} \left(\frac{\delta - 2n}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right)$$

ただし、 $m = \frac{r}{2} \sin \alpha$ 、 $n = \frac{l}{2}$ 、 $A = (l+a)^2 + m^2$ 、 $B = (l-a)^2 + m^2$

ϕ ：形係数、 l ：距離距離 [m]、 H ：火の高さ [m]、 R ：燃焼半径 [m]

3.2 輻射強度の算出

ガイドに従い、輻射強度 E は、輻射熱密度に形係数を乗じて算出した。

$$E = RQ \cdot \phi$$

E ：輻射強度 [W/m²]、 RQ ：燃料輻射熱密度 [W/m²]、 ϕ ：形係数

計算結果は小数点第3位以下を切り上げとした。

表 3-1 石巻郊野高層水の放射強度

想定火災源	燃料容量 [ml]	燃焼率 [ml・ 分]	燃焼時間 [分]	燃料放射量強度 [W/m ²]	放射強度 [W/m ²]
株式会社JRCIA常陸那珂火力 発電所 軽油貯蔵タンク	1000	■	1.75×10 ⁴	■	73.50
株式会社JRCIA常陸那珂火力 発電所 2号軽油サービスタンク	600	■	2.73×10 ⁴	■	11.67
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテク マテリアルズ 日立オイルターミナル	9800	■	9.80×10 ⁴	■	6.45

表3-2 屋外貯蔵施設の放射強度

想定火災源	評価対象 施設	燃焼距離 [m]	燃焼半径 [m]	単位体積 [t]	燃料放射率密度 [W/m ³]	放射強度 [W/m ²]
ウラン系燃焼物焼 却燃焼炉タンク	HAW	318	1.16	2.53×10^4	20000	0.28
	TVF	255		3.07×10^4		1.09
	第二付属 炉気筒	225		2.45×10^4		1.23
中央運転管理棟屋 外燃焼タンク (11-A、11-B、 11-C)	HAW	482	10.42	9.00×10^4	25000	20.84
	TVF	535		7.35×10^4		16.01
	第二付属 炉気筒	524		7.00×10^4		17.02
燃焼物処理場 屋外タンク	HAW	170	3.00	5.41×10^4	50000	27.15
	TVF	189		4.39×10^4		21.05
	第二付属 炉気筒	220		3.50×10^4		17.35
屋外燃焼タンク (南東地区) (No.1・No.2)	HAW	855	8.70	1.05×10^4	42000	8.10
	TVF	806		1.77×10^4		7.44
	第二付属 炉気筒	880		1.80×10^4		7.00
放射性廃棄物処 理施設燃焼施設タ ンク	HAW	193	2.40	3.14×10^4	50000	15.70
	TVF	202		2.80×10^4		14.30
	第二付属 炉気筒	227		2.27×10^4		11.55

4. 参考文献

[1] 原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附編巻目 石油コンビナート等大災・爆発の原子力発電所への影響評価について、(平成25年6月)

石油貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価
 ① 外壁に対する熱影響評価について

1. 影響評価対象範囲

再処理施設から10 kmの範囲内の石油貯蔵施設である株式会社JERA富岡郡河火力発電所（軽油貯蔵タンク、2号軽油サービスタンク）及び出光興産株式会社日立油槽所及び株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算した場合並びに屋外貯蔵施設をそれぞれ発火源と想定した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）コンクリート外壁面、ガラス硝化技術開発施設（TVF）ガラス硝化技術開発棟コンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

2. 評価手法

2.1 許容温度

2.1.1 コンクリート製建家

コンクリート製建家については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃を許容温度とした（別紙6-1-4-9-2「コンクリートの許容温度について」）。

2.1.2 第二付属排気筒

第二付属排気筒については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃[※]以下とした。
 ※ 「発電用原子力設備規格 材料規格（GSME）」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

2.2 コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式^①よりコンクリート表面の温度上昇を求め、コンクリート外壁表面の温度Tが許容温度200℃以下であるかを評価した。また、同式を用いて、外壁表面の温度が200℃となる輻射強度を算出した。

$$T = T_0 + \left(\frac{q}{\lambda}\right) \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{\alpha t}}\right) - \exp\left(\frac{q}{\lambda}x + \frac{q^2}{4\lambda^2}\alpha t\right) \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{\alpha t}} + \frac{q}{\sqrt{\lambda^2\alpha t}}\right) \right\} \right] \quad (1)$$

① T：コンクリート表面からx[mm]の位置の温度[℃]

- T_0 : 初期温度 (50 [°C])⁽¹⁾
- k : 熱伝達率 (17 [W/m²/K])⁽²⁾
- \dot{m} : コンクリート温度伝導率 (= $\lambda(\rho C_p)$) [m²/s]
- ρ : コンクリート密度 (2400 [kg/m³])⁽³⁾
- C_p : コンクリート比熱 (963 [J/kg/K])⁽⁴⁾
- λ : コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K])⁽⁵⁾
- E : 輻射強度 [W/m²]
- t : 燃焼継続時間[s]
- x : コンクリート壁表面深さ (0 [m])

注1 : 本庁地方気象台で観測された過去10年間の最高気温である38.2°Cに保守性を持たせた値

(1) 式で求めた輻射強度となる形数係数 ϕ を、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 用紙書体 石油コンビナート等大気・爆発の原子力発電所への影響評価について(4)」（以下「ガイド」という。）に依り(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

- E : 輻射強度 [W/m²]
- R_f : 火炎輻射強度 [W/m²]
- ϕ : 形数係数

(2) 式で求めた形数係数 ϕ となる危険距離 L をガイドに依り(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{x} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

ただし、 $m = \frac{R}{L} \sin \theta$ 、 $n = \frac{L}{R}$ 、 $A = L^2 + n^2 + m^2$ 、 $B = L^2 + n^2 + m^2$

- ϕ : 形数係数
- H : 火炎長 [m]
- L : 危険距離 [m]
- R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの距離距離を下回るか評価した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に反映されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

石井町野蔵施設のコンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2.11に、屋外貯蔵施設のコンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2.12に示す。

コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり許容温度である200℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても距離距離を下回っていることを確認した。

2.3 第二付属棟気密熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の熱バランス式⁽¹⁾より第二付属棟気密の温度上昇を求め、第二付属棟気密の温度Tが許容温度350℃以下であることを評価した。また、同式を用いて、第二付属棟気密の温度が350℃となる輻射強度を算出した。

$$T = \frac{E}{h} + T_0 \quad (1)$$

T：温度 [℃]

E：輻射強度 [W/m²]

h：熱伝達率 (17.0 [W/m²K])⁽²⁾

T₀：周囲空気温度 (50 [℃])⁽³⁾

※1：水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温である38.2℃に保守性を持たせた値

(1)式で求めた輻射強度となる形係数 ψ を、ガイドに記し、(2)式により算出した。

$$E = H_f \cdot \psi \quad (2)$$

E：輻射強度 [W/m²]

H_f：火炎輻射強度 [W/m²]

φ：影響係数

(2)式で求めた影響係数φとなる危険距離Lをガイドに使い、(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right) \quad (3)$$

ただし、 $m = \frac{H}{R}$ 、 $n = \frac{L}{R}$ 、 $A = (1 + n^2 + m^2)$ 、 $B = (1 - n^2 + m^2)$

φ：影響係数

H：火炎長 [m]

L：危険距離 [m]

R：燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの距離距離を下記の評価した。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

右側貯蔵施設の第二付属気筒に対する熱影響評価結果を表2.11に、組外貯蔵施設の第二付属気筒に対する熱影響評価結果を表2.12に示す。

第二付属気筒の温度上昇を評価した結果、第二付属気筒の最高温度は62.2℃であり許容温度である35℃以下であることを確認した。危険距離についても距離距離を下回っていることを確認した。

表2.2.1 石油貯蔵施設のコントリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [℃]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.7	100
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.6	20
出光興産株式会社日立調機所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.8	257

表2.2.2 屋外の設備設のコントリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度[℃]		危険距離[m]
	HAW	TVP	
フランネル製熱処理炉外タンク	50.1	50.1	5
中央運転管理棟屋外油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	50.9	50.8	31
産業物処理棟屋外タンク	50.7	51.0	11
屋外軽油タンク (有床埋込) (No.1・No.2)	50.4	50.3	38
炭酸ガス処理棟貯蔵技術開発施設 タンク	50.5	50.5	10

表2.2.3 石油貯蔵施設の本二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [℃]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.8	97
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.4	15
出光興産株式会社日立調機所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.8	127

表 2.3.2 屋外貯蔵施設の第二付属機気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
ケタン系廃棄物処理機屋外タンク	50.1	3
中央運転管理室屋外蓄電池タンク (11-7, 11-8, 11-9)	50.6	12
廃棄物処理機屋外タンク	50.6	8
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	50.3	18
低放射性廃棄物処理装置気筒設置タンク	50.4	6

2. 参考文献

- [1]安全工学講座1 火災。南堂堂出版。(1983)
- [2]空気調和・衛生工学会。空気調和・衛生工学雑誌(2010)
- [3]日本機械学会。伝熱工学資料改訂第5版。(2009)
- [4]原子力規制委員会。原子力発電所の外部火災影響評価ガイド。附録書 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について。(平成 25 年 6 月)
- [5]原田和典。建築火災のメカニズムと火災安全設計。財団法人日本建築センター。(2007)

コンクリートの許容温度について

1. コンクリートの許容温度

「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」^[1]に基づき、コンクリートの強度が維持される温度である 300℃を許容温度として設定する。図 1-1 に「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋を示す。

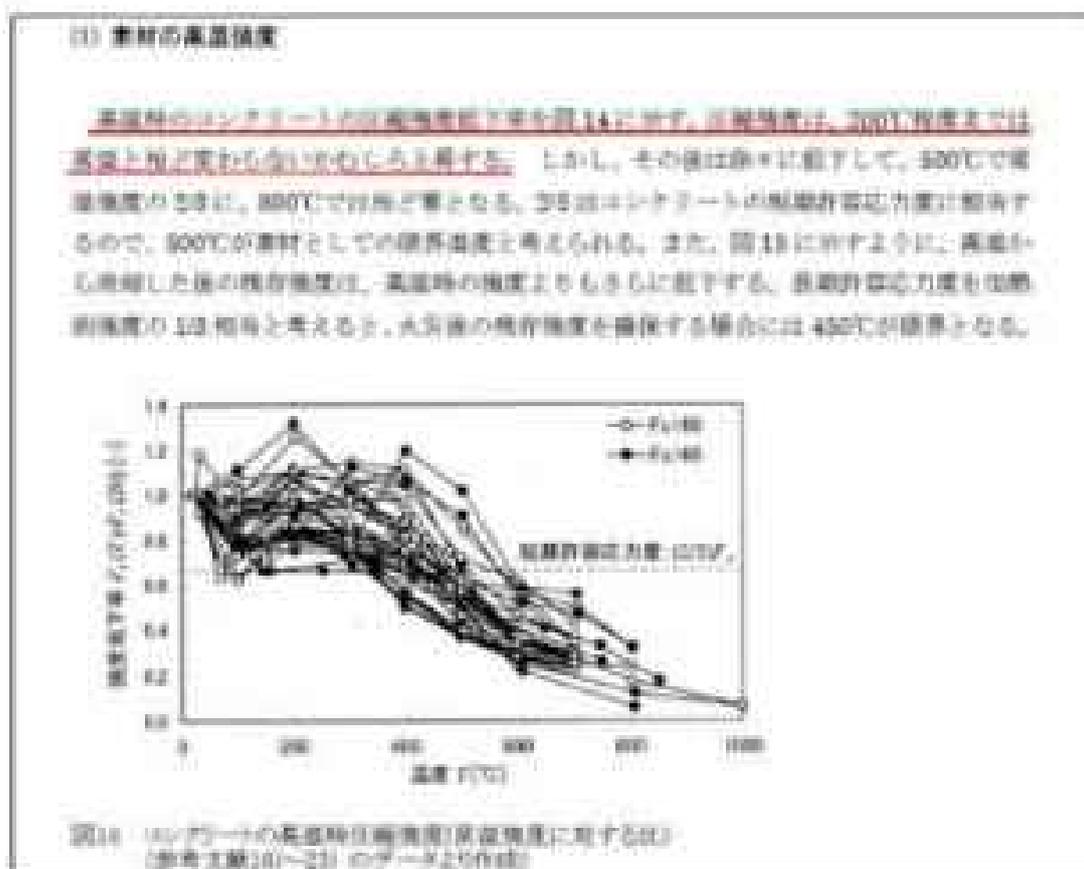


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

2. 参考文献

- [1] 建築火災のメカニズムと安全設計，原田和典，財団法人日本建築センター，(2007)

機燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設火災と森林火災の重量評価

1. 重量評価で想定するケースの検討

機燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設（以下「屋外貯蔵施設」という。）からの火災が森林に延焼したことを想定して、航空機墜落火災と森林火災による重量評価した。

想定する屋外貯蔵施設は添付資料 6-1-4-9-2「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価の評価結果：外壁に対する熱影響評価について」より、最も熱影響が大きい中央運転管理室屋外重油タンクとした。

森林火災として想定するケースは別添 6-1-4-8「高放射性廃液貯蔵場（HLW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の森林火災影響評価に関する説明書」の評価結果より、コンクリート製建家については最も熱影響が大きい発火点1、第二付属排気筒については発火点3とした。

2. 評価に使用したデータ

重量評価に使用したデータを表21及び表22に示す。

表21 重量評価に使用したデータ（コンクリート製建家）

火災源	HLW		TVF	
	壁面温度(℃) ^a	上層温度(℃)	壁面温度(℃) ^a	上層温度(℃)
屋外貯蔵施設 （中央運転管理 室屋外重油タン ク）	50.0	0.0	50.6	0.8
森林火災 （発火点1）	79	20	121	71

※1) 壁面温度は 90℃

表 2-2 直接評価に使用したデータ（第二付属機気筒）

火災源	第二付属機気筒	
	燃焼温度[℃] [※]	上昇温度[℃]
屋外打撃施設 (中央連絡管機室屋外直撃タンク)	50.6	0.6
轟音火災 (突火点10)	77.1	25

※初期温度は 50℃

3. 評価結果

両火災源の上昇温度より直接評価を行った。直接評価結果を表 3-1 に示す。

どのケースにおいてもコンタリートの許容温度 200℃及び鋼材（SMA41）の許容温度 150℃を下回ることを確認した。

表 3-1 直接評価結果

施設	燃焼温度[℃] [※]	許容温度[℃]
HAW	79.9	200
TVF	121.8	200
第二付属機気筒	77.6	150

※初期温度は 50℃

有毒ガス及びばい塵の影響評価について

1. 概要

外部火災により発生するばい塵については、火災による上昇気流により上空に舞び回るため、ばい塵が防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが、ばい塵及び有毒ガスが設備に与える影響について、評価する。

2. 評価対象

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」では、ばい塵による安全と重要な設備に対する影響として、燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等が挙げられている。

高放射性廃液貯蔵場（HLW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に電力やユーティリティを供給する既設の保護設備（外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設）については事故対処設備として配備する設備により代替するため、ばい塵の影響が想定される設備として、「外気を取り込む空調系統」について評価する。また、建屋内にばい塵及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価する。影響評価対象設備を表2-1に示す。

なお、ばい塵の粒径については汗道粒子状物質の粒径である $10\ \mu\text{m}$ ⁽¹⁾を想定し、PM10により評価した。

表2-1 ばい塵及び有毒ガスによる影響評価対象

分類	評価対象設備	
機能への影響	外気を取り込む空調系統	換気系設備
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	HLW 内居住空間 TVF 内居住空間

3. 評価結果

3.1 外気を取り込む空調系統

高放射性廃液貯蔵場（HLW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の換気系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。捕集率85%以上（粒径 $10\ \mu\text{m}$ ）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径 $3\ \mu\text{m}$ ）のフィルタを有しているため、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい塵は、このフィルタにより侵入を阻止可能である。また、ばい塵によるフィルタの閉塞については、フィルタ劣化は常時監視しており、フィルタ劣化が運転期間の上限まで上昇した場合には、フ

フィルタを交換することで通常の運転状態に復帰できる。

したがって、ばい煙の影響により外気を取り込む空調系統に直ちに影響を与えることはない。

HAW機気系の系統概略図を図3-1に、TVF機気系の系統概略図を図3-2に示す。

3.2 居住性評価

高放射線廃燃料貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に侵入する有毒物質（CO、CO₂及びPM10（ばい煙））の最大濃度を「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」¹⁴⁾で判断基準とされているImmediately Dangerous to Life of Health¹⁵⁾（以下「IDLH」という。）と比較することで、有毒ガスに対する評価し、作業員に影響を及ぼさないことを評価した。

なお、外部火災発生時に高放射線廃燃料貯蔵場（HAW）副露室に常駐する必要はなく、30分以内に退避可能である。

空の分庫庫によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、曝出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

3.2.1 影響評価手法

火災による有毒ガス及びばい煙の発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象施設入気口における有毒ガス濃度及びばい煙濃度 C_{GSE} を評価した。

（有風時ブルーム式）¹⁴⁾

$$C_{GSE} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left(-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right) \quad (1)$$

（Briggs¹⁶⁾の経験上昇係数式）¹⁷⁾

$$H_e = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot z^{\frac{1}{3}} \cdot U^{-1} \quad (2)$$

- C_{GSE} : 濃度
- Q : 有毒ガス・ばい煙発生量 (Nm³/s)
- H_e : 有効発生高さ (m)
- σ_y, σ_z : 拡散パラメータ (m)
- U : 風速 (m/s)
- F : 熱フラックス (m²/s²) = 0.437 Q_h

Q_W	: 排気熱量 (kcal/s) = $mv\Delta H_{c,eff}$
$\Delta H_{c,eff}$: 焼却時発熱量 (kcal/kg)
A	: 燃焼面積 (m ²)
m	: 質量低下速度 (kg/m ² s)
x	: 発生源と入気口との幅隔距離 (m)
z	: 発生源と入気口との鉛直方向距離 (m)
r	: 排気ブローム幅からの距離 (m)

図3.2.11に、入気口における有害ガス・ばい塵濃度評価手法の概要を示す。

本評価では、屋外貯蔵施設の火災を想定し、それぞれの火災により発生する有害ガス及びばい塵の入気口位置における濃度を求める。評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有害ガス・ばい塵発生量 Q を算出する。
- ② 火災源における排気熱量 Q_w を算出する。
- ③ 式(1)を用いて、入気口中央の地表面からの高さ $1L$ と等しくなる風速 w を求める。
- ④ 式(1)を用いて、入気口における有害ガス・ばい塵濃度を求める。

有害ガスの場合、それぞれの火災源に対して算出した入気口位置の有害ガス濃度の合算値を評価値として、IDLHの値以下であることを確認した。評価結果を表3.2.11から表3.2.10に示す。算出に用いた評価データは別紙6-1-4-9-1「有害ガス及びばい塵の影響評価：データの算出について」に示す。

その結果、全ての評価対象においてIDLH以下であり、高放射線廃棄貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の居住性が直ちに損なわれることはないと評価できた。

運転員が常駐するガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の制御室については、30分以内に給気ダンプを閉止して外気と隔離することを可能とする措置を講じる。また、外部火災発生時に高放射線廃棄貯蔵場 (HAW) 制御室に常駐する必要はないため、30分以内に避難可能であるとともに、外部火災の影響下で現場操作等が必要な場合に備えて、酸素マスク等の装備を配備する。以上の安全対策により屋外貯蔵施設による火災時においても施設内で必要な活動を継続することができる。

なお、日本産業衛生学会の勧告する許容濃度¹⁾と比較しても十分低いことを確認している。詳細は別紙6-1-4-9-2「有害ガス・ばい塵濃度と許容濃度の比較」に示す。

表 3.2.1-1 ガス濃度評価結果(ケタン系廃棄物焼却施設外タンク)

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW入気チャンバー	9	0.15	0.01	0.04
TVF給気塔	17	0.27	0.01	0.05

表 3.2.1-2 ばい煙濃度評価結果(ケタン系廃棄物焼却施設外タンク)

評価対象	ばい煙濃度(mg/m ³)	
	IDLH 1750(mg/m ³)	
HAW入気チャンバー	1	
TVF給気塔	2	

表 3.2.1-3 ガス濃度評価結果(中央運転管理室外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9))

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW入気チャンバー	66	1.00	1.20	0.15
TVF給気塔	90	0.30	1.14	0.14

表 3.2.1-4 ばい煙濃度評価結果(中央運転管理室外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9))

評価対象	ばい煙濃度(mg/m ³)	
	IDLH 1750(mg/m ³)	
HAW入気チャンバー	7	
TVF給気塔	6	

表 3.2.1-6 ガス濃度評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW入気チャンバー	108	1.73	0.03	0.20
TVF給気塔	90	1.54	0.03	0.18

表 3.2.1-6 ばい塵濃度評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	ばい塵濃度(mg/m ³)	
	IDLH 1750(mg/m ³)	
HAW入気チャンバー	11	
TVF給気塔	10	

表 3.2.1-7 ガス濃度評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2))

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO _x (20)
HAW入気チャンバー	19	0.29	0.04	0.03
TVF給気塔	19	0.29	0.04	0.03

表 3.2.1-8 ばい塵濃度評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2))

評価対象	ばい塵濃度(mg/m ³)	
	IDLH 1750(mg/m ³)	
HAW入気チャンバー	2	
TVF給気塔	2	

表 3.2.1-9 ガス濃度評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設除外タンク)

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH 値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバー	70	1.13	0.02	0.13
TVF給気塔	71	1.13	0.02	0.13

表 3.2.1-10 ばい煙濃度評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設除外タンク)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m ³]	
	IDLH 1750[mg/m ³]	
HAW入気チャンバー	↓	
TVF給気塔	↓	

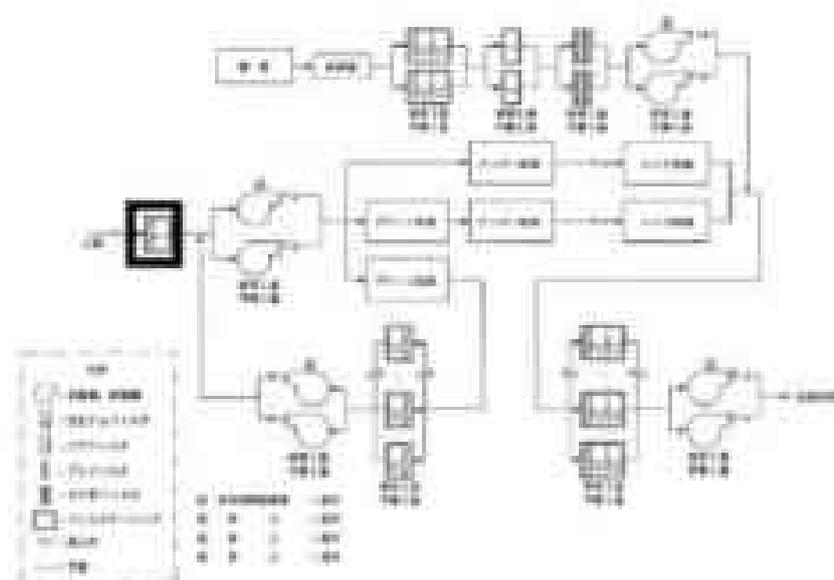


図 3.2-1 HAW換気系の系統図

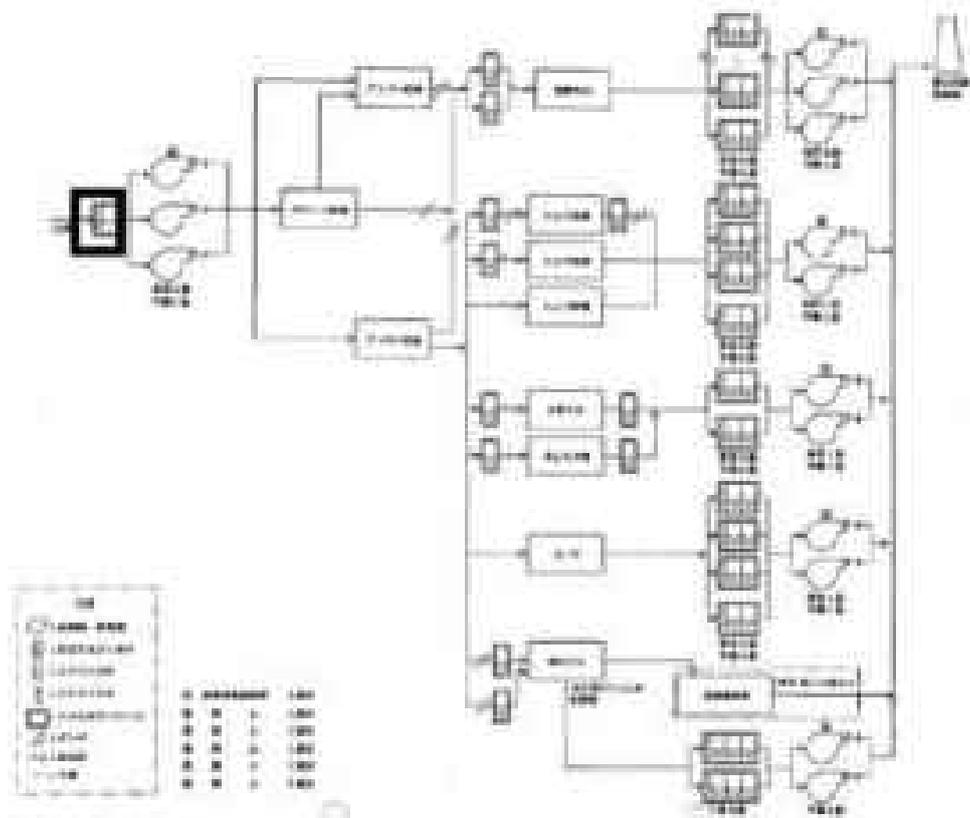


図 3.2-2 TVF 換気系の系統概略図

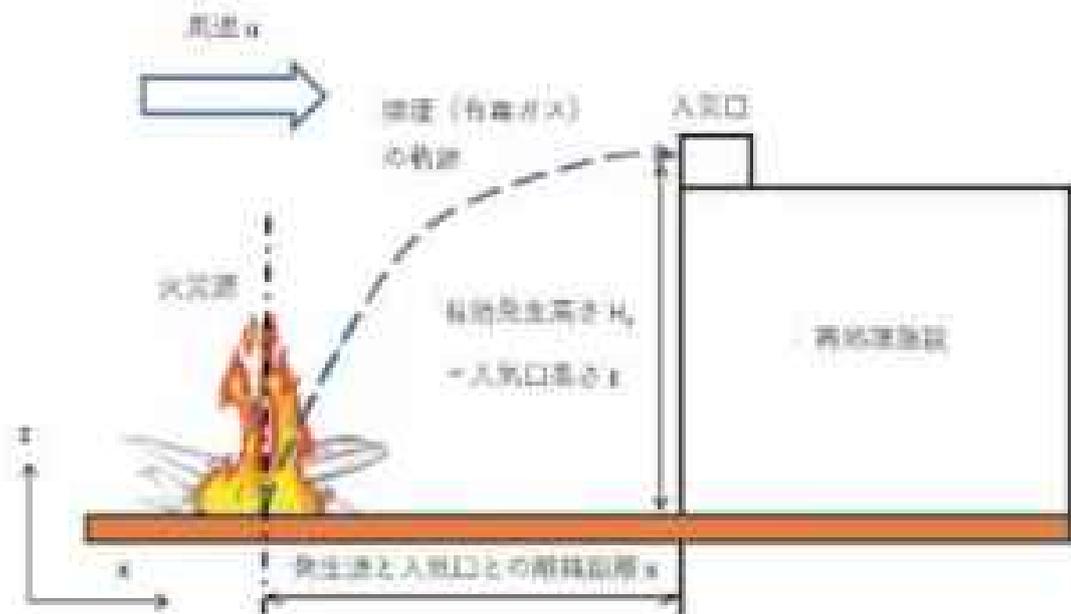


図 3.2.1-1 入気口における有害ガス・ばい煙濃度評価手法の概要

4. 参考文献

- [1]原子力規制委員会。原子力発電所の外部大気影響評価ガイド。(平成25年8月)
- [2]環境庁告示26号。大気汚染に係る環境基準について。(昭和48年5月8日)
- [3]森本 正俊。ばい煙発生施設からのばいじん粒子の解析。愛知県環境調査センター所報。28号。p.1-6。(2010)
- [4]原子力規制委員会。有害ガス防護に係る影響評価ガイド。(平成29年4月)
- [5]The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values
<https://www.cdc.gov/niosh/dllh/intelid4.html>
- [6]公害研究財団センター。「空気汚染物質濃度規制マニュアル(新編)」。(2000)
- [7]S.R.Hanna, G.A.Briggs and R.P.Hosker, Jr., "Handbook on Atmospheric Diffusion", pp.13-15, DOE/TIC-11223, U.S. DOE.
- [8]日本産業衛生学会。許容濃度等の報告(2019年度)。産業衛生学会誌。(2019年5月)

有毒ガス及び臭い等の影響評価：データの算出について

E. 評価対象及び天気値に関するデータ

表1-1から表1-5に評価対象からの距離に関するデータを示す。

表 1-1 ウラン系廃棄物処分場屋外タンク

評価対象	距離距離 m	天気口高さ m
HAW入気チャンバー	318	
TVF排気塔	255	

表 1-2 中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)

評価対象	距離距離 m	天気口高さ m
HAW入気チャンバー	492	
TVF排気塔	535	

表 1-3 廃棄物処理場屋外タンク

評価対象	距離距離 m	天気口高さ m
HAW入気チャンバー	179	
TVF排気塔	160	

表 1-4 屋外軽油タンク (高圧配管) (No.1・No.2)

評価対象	距離距離 m	天気口高さ m
HAW入気チャンバー	855	
TVF排気塔	891	

表 1-6 低放射性廃棄物処理技術開発施設タンク

対象	体積 l	入気口高さ l
HAWA気チャンバー	400	
TVF給気塔	200	

2. 火災発生時の有毒ガス・ばい塵の発生量の算出

表 2-1 に燃焼特性に関するデータを、表 2-2 に火災源に関するデータを示す。

表 2-1 燃焼特性に関するデータ

	軽油	重油	灯油
発熱量 [kcal/kg] ^{※1}	44000	39700	43200
[kcal/l] ^{※2}	10000	9400	10000
質量低下速度 [kg/m ² h] ^{※3}	0.044	0.039	0.043
Emission Factor [kg/kg]			
CO ₂ ^{※4}	3.0000	3.0120	3.0000
CO ^{※5}	0.0000	0.0000	0.0000
SO ₂ ^{※5}	0.0000	0.0040	0.0010
NO _x ^{※6}	0.0040	0.0070	0.0040
ばい塵 ^{※6}	0.1467	0.1473	0.1467

※1：NUREG-1695 記載値

※2：4.184 J=1 kcal で換算し百の位に丸めた。

※3：環境省の放射線緊急ガス移行量算定・報告マニュアルに基づき算出^{※7}

※4：厚労省火災実験の計算結果を採用^{※8}

※5：米国 EPA（環境省）及び FAA（国土航空局）が提示する Emission Factor を使用^{※9}

※6：JIS規格値より、燃焼率は 0.10~0.15 となることから、保守的に燃焼率 0.15 として算出^{※8}

表 2-2 大気源に関するデータ（屋外の焼油類）

大気源	油種	燃焼 油類	燃料 消費 速度	供出 熱量	燃焼 スプレッド アス	ガス発生量(Nm ³ /h)				ばい 塵発 生量 (kg/h)
		[m ³]	[kg/h]	[kcal/h]	[m ² /h]	CO ₂	CO	SO ₂	NO _x	
ワラン系 産業物焼 却場屋外 タンク	灯 油	424	0.16	1600	59	0.245	0.004	0.0001	0.001	0.024
中央環境 管理系 屋外焼却 タンク (11-7, 11-8, 11-9)	重 油	341.00	11.90	112100	4147	18.294	0.287	0.0008	0.041	1.758
産業物焼 却場 屋外タン ク	灯 油	28.24	1.16	11000	418	1.680	0.027	0.0004	0.003	0.102
屋外軽油 タンク (南東地 区) (No.1・ No.2)	軽 油	211.40	10.18	107000	3832	15.548	0.245	0.0281	0.020	1.494
低汚濁性 産業物焼 却場前開 用施設 屋外タン ク	灯 油	18.94	0.73	7000	277	1.115	0.018	0.0003	0.002	0.108

※：ガス発生量＝燃料消費速度・Emission Factor・22.4(L/Nm³)・ガス成分の分子量

※：ばい塵発生量＝燃料消費速度・Emission Factor

2. 評価対象

表3-16から表3-26に入気口における風速を示す。

表 3-1 クラン蒸気集約機却熱給外タンク

評価対象	換気距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m/s]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	018		59	13.8
TVF給気塔	253		59	6.8

表 3-2 中央操縦管理室屋外電機タンク (11-7, 11-8, 11-9)

評価対象	換気距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m/s]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	492		1147	75.2
TVF給気塔	535		1147	61.5

表 3-3 産業物処理塔屋外タンク

評価対象	換気距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m/s]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	179		418	18.0
TVF給気塔	199		418	10.0

表 3-4 屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)

評価対象	換気距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m/s]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	855		1082	106.8
TVF給気塔	890		1082	52.6

表 3-5 低放射性廃棄物処理装置開発装置屋外タンク

評価対象	総処理量 [ml]	入気口高さ [ml]	排熱 ブランクス [m ² /h]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	193	■	277	10.5
TVP給気塔	202	■	277	14.1

4. 拡散パラメータ

前述の表4-1から表4-5において、風速は6 m/s以上となっている。

表4-1に示す大気安定度分類表より、風速6 m/s以上については大気安定度C又はDとなることから、保守性を考慮して大気拡散の弱い大気安定度Dを採用した。

表4-2に示すPasquill・Gifford関の近似関係（離隔距離＝風下距離0 ～ 1000 m）の安定度C、Dの式より拡散パラメータ $\sigma_y(x)$ 及び $\sigma_z(x)$ を算出した。算出した拡散パラメータは風による拡散しか考慮されていないため、鉛直方向の拡散パラメータ $\sigma_z(x)$ については、浮力拡散を考慮するために表4-3に示すMie910を加えた値を採用した。なお、Mieは入気口高さとした。

表 4-1 大気安定度分類表

風速 (U) m/s	日射量 (T) kW/m ²				放射収量 (Q) kW/m ²		
	T _{≥0.00}	0.00>T ≥0.10	0.10>T ≥0.15	0.15>T	Q _{≥0.020}	0.020>Q ≥0.040	0.040>Q
U<2	A	A-D	B	D	D	G	G
2≤U<3	A-D	D	C	D	D	E	F
3≤U<4	B	B-C	C	D	D	D	E
4≤U<6	C	C-D	D	D	D	D	D
6≤U	C	D	D	D	D	D	D

〔発電用原子炉施設の安全解析に関する気象資料¹⁰⁾より抜粋〕

表 4-2 拡散パラメータ（気象観測物質量規制マニュアル¹¹⁾より抜粋）

Pasquill・Gifford関の近似関係

$$\sigma_y(x) = T_1 \cdot x^{0.8}$$

安定度	σ_y	σ_z	風下距離 x [m]
C	0.024	0.1772	0～1000
D	0.020	0.1107	0～1000

$$\sigma_z(x) = T_2 \cdot x^{0.8}$$

安定度	σ_z	σ_y	風下距離 x [m]
C	0.018	0.1038	0～1000
D	0.026	0.1146	0～1000

表 4-3 拡散パラメータ σ_x

TABLE 2. SUMMARY OF RECOMMENDATION FOR INITIAL CHANGES IN THE ADJUSTED VALUES OF THE DISPERSION PARAMETERS σ_x AND σ_y

<p>For <u>vertical spread</u> σ_z, irrespective of the terrain roughness, release height and sampling duration as far up to about 1 hour, use the formula¹⁾</p> $\sigma_z^2 = \sigma_z^2 f(x), \sigma_z \text{ in meters}$ <p>with σ_z^2 the best available estimate of the standard deviation of the wind direction fluctuation for the sampling time of interest and for the height at which it is specified, and with values of $f(x)$ as follows:</p> <table border="1"> <tr> <td>$x(\text{m})$</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>$f(x)$</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> <td>0.65</td> <td>0.4</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.25</td> <td>$0.25(10/x)^{0.5}$</td> </tr> </table> <p>For $x \geq 10$ m add to the square of the σ_z^2 as obtained above the quantity $0.25x^2 \text{ s}^{-2}$ and take the square root to give the total σ_z, with x the total change of mean wind direction over the depth of the plume.</p>	$x(\text{m})$	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	>10	$f(x)$	0.8	0.7	0.65	0.4	0.3	0.4	0.25	$0.25(10/x)^{0.5}$
$x(\text{m})$	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	>10										
$f(x)$	0.8	0.7	0.65	0.4	0.3	0.4	0.25	$0.25(10/x)^{0.5}$										
<p>For <u>vertical spread</u> σ_z, for any sampling time for a surface release, and say 100 m for an elevated release (see Section 2), use the existing Workbook curves with adjustment or correction as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> For terrain slope α, different from 2 (or other factors listed in F. 8. Smith's Workbook (Def. 1 or Def. 6, p. 277)) To allow for 'urban heating' when a stability category one-half category more unstable than that prescribed in the normal use in the Workbook For evaluating the concentration at the surface from a surface release, consider estimates of the <u>effective wind speed</u> U^* at the direction of sampling, incorporating especially its growth from very small values or stable nights, and then adopt either σ_z^2 as given by the curves, or $0.25x^2$, whichever is the smaller, for substitution in Eq. (2). For buoyant plumes, increase the σ_z^2 obtained from the curves by adding on 100 where x is the extracted plume size. 																		

¹⁾ f see Tables in Table 2'

5. 参考文献

- 11] 環境省環境効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver1.1)
- 12] Ross J.L., Ferrel R.J. and Hobbs P.V., "Particulate and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean", *J. Air & Water Manage. Assoc.*, 40, pp.251-259, (1996).
- 13] U.S. EPA AP-42, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I Stationary Point and Area Sources".
- 14] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- 15] 消防研究所研究資料第46号, 大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書, (平成11年)
- 16] 豊田川原子炉施設の安全解析に関する気象推計, 原子力安全委員会決定 (3000), (昭和57年1月28日)
- 17] 公害研究財団センター, 「空気汚染物質微量規制マニュアル[新編]」, (2000)
- 18] Chandler, M. W. Summary Report of the NCAQ Atmospheric Dispersion Modeling Panel Volume 2 Prepared for The National Commission on Air Quality, (March 1980)

有毒ガス・ばい煙濃度と許容濃度の比較

1. 概要

屋外貯蔵施設における火災により発生する有毒ガス・ばい煙濃度について、日本産業衛生学会の報告する許容濃度¹⁾の比較を行った。

許容濃度とは、労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に重くない労働強度で有害物質に曝露される場合に、当該有害物質の平均曝露濃度がこの数値以下であれば、ほとんど全ての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度である。

2. 評価結果

評価対象となる有毒ガス（CO₂及びCO）及びばい煙濃度の最大値と許容濃度を比較した。表2-1に最大濃度と許容濃度の比較結果を示す。なお、ばい煙濃度はカーボンブラックとして評価し、捕集率85%以上（粒径10µm）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径0.3µm）のフィルタによる削減効果を考慮した。また、SO₂及びNO_xについては、まだ許容濃度が定まっていないため比較評価は行っていない。

その結果、有毒ガス（CO₂及びCO）及びばい煙濃度は許容濃度比べて十分低いことを確認した。

表2-1 最大濃度と許容濃度の比較結果

物質名		CO ₂ [ppm]	CO [ppm]	ばい煙 [※] [mg/m ³]
許容濃度		5000	50	1
最大濃度	FLAW	105	1.7	0.050
	TVF	95	1.5	0.045

※ばい煙はカーボンブラックとして評価。

1. 参考文献

1) 日本産業衛生学会、許容濃度等の報告（2019年度）、産業衛生学会誌、（2019年5月）

高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価

1. 影響評価対象範囲

所在地施設より約 4000 m の位置にある東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1号 LNG タンク、LPG タンク及び現在建設中の 2号 LNG タンクを合算したものを爆発源と想定した場合のガス爆発影響評価を「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について²⁾」(以下「ガイド」という。)に基づき実施した。

2. 高圧ガス貯蔵施設及び燃料に係るデータ

石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータを表 2-1 に示す。

表 2-1 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

	1号LNGタンク	LPGタンク	2号LNGタンク
ガス種類	液化天然ガス (メタン)	液化石油ガス (プロパン)	液化天然ガス (メタン)
タンク容量 [m ³]	230000	50000	230000
ガス密度 [kg/m ³]	424.8 ¹⁾	420 ²⁾	424.8 ¹⁾
K値 [-] ³⁾	714	888	714
ガス質量 [t]	97704	21000	97704

脚1：位相工学資料第 5 版記載値

脚2：JIS K2240-2013 記載値

脚3：ガイド記載値

3. 評価手法

日立 LNG 基地内には 2 種類のガスが貯蔵されているため、ガイドに基づき以下の式より危険限界距離を算出した。

$$X = 0.04A \sqrt{K} \times W$$

X：危険限界距離[m]

A：換算距離 (14.4[m・kg^{1/2}])

K：石油類の定数[-]

W：設備定数[-]

また、ガイドには、2つ以上のガスがある場合においては、それぞれのガスの量（単位：トン）の合計量の平方根の数値にそれぞれのガスの量の当該合計量に対する割合を乗じて得た数値に、それぞれのガスに係るKを乗じて得た数値の合計により、危険限界距離を算出するとある。

それぞれのガス量の当該合計量に対する割合は更2-1より

$$\begin{aligned}\text{液化天然ガス（メタン）} & : A = (97704 + 97704) / (97704 + 31000 + 97704) \\ & = 0.863\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{液化天然ガス（プロパン）} & : B = 31000 / (97704 + 31000 + 97704) \\ & = 0.137\end{aligned}$$

次にガスの量の合計値の平方根であるWtは表2-1より、

$$Wt = \sqrt{97704 + 31000 + 97704} = 475.823$$

したがって、危険限界距離Xは、

$$X = 0.04 \times 14.4 \sqrt{(714 \times 1000 \times A \times Wt) + (888 \times 1000 \times B \times Wt)} = 407$$

以上より、日立LNG基地までの距離4000mは危険限界距離407mを上回っているため、日立LNG基地がガス爆発を起こしても再処理施設への影響がないことを確認した。

4. 参考文献

- 1) 原子力規制委員会、原子力発電所の外部大気影響評価ガイド 附属書B 石炭コンベヤ・ト等大気・爆発の原子力発電所への影響評価について、（平成 25 年 6 月）

燃料輸送車両の火災・爆発について

1. 評価方法

核燃料サイクル工学研究所敷地外で発生する燃料輸送車両の火災やガス爆発により、高放射能液体貯蔵罐（HLW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に影響を及ぼさないことについて、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（附属書Ⅱ「石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」）」に従い、評価を行った。

2. 評価対象

核燃料サイクル工学研究所敷地外の公道上での燃料輸送車両の火災・爆発を評価対象とした。火災・爆発の発生場所として、核燃料サイクル工学研究所敷地外の近隣の国道 246 号上の再地理施設境界に最も近い 600 m 離れた場所を想定した。再地理施設と国道 246 号の位置関係を図 2-1 に示す。なお、公道より核燃料サイクル工学研究所内に入所してくる燃料輸送車両については、燃料補給時は監視人が充弁を実施し、万一の火災発生時は速やかに消火活動が可能であることから、評価対象外とした。

2.1 燃料輸送車両の火災影響評価

燃料輸送車両は、消防法令（危険物の規制に関する政令第 15 条第 1 項第 3 号）において、移動タンク貯蔵車の上限量が定められており、公道を通行可能な上限量（≒30 m³）のガソリンが積載された状況を想定した。

2.2 燃料輸送車両の爆発影響評価

燃料輸送車両は、最大クラスの燃料輸送車両（積載量：15.1 t）に液化天然ガス（LNG）及び液化石油ガス（LPG）が積載された状況を想定した。



図 2) 再処理施設と国研 24 号の位置関係

1. 評価結果

3.1 燃料輸送車両の火災影響評価

添付資料 6-1-4-9-1「石油地貯蔵施設及び陸揚貯蔵施設からの燃料運搬評価：データの取

出について」及び添付資料6-1-4-9②「石油貯蔵施設及び燃料貯蔵施設からの熱影響評価（外壁に対する熱影響評価について）」より、再処理施設に隣接し、7322.6 m³の軽油を保有する株式会社JFEHA 常陸那珂火力発電所内軽油貯蔵タンクの危険距離は、より距離のあるコンクリート外壁において195 mである。

想定する燃料輸送車両の積載量は、株式会社JFEHA 常陸那珂火力発電所内軽油貯蔵タンクに比べ十分少なく、危険距離である195 mより離れているため、株式会社JFEHA 常陸那珂火力発電所内軽油貯蔵タンクの評価に内包される。

② 燃料輸送車両の爆発影響評価

添付資料6-1-4-9④「高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価」より、19.6万tのLNG及び3.1万tのLPGを保有する東京ガス株式会社の日立LNG基地の危険限界距離は407 mである。想定する燃料輸送車両の積載量は、東京ガス株式会社の日立LNG基地に比べ十分少なく、危険限界距離である407 mより離れているため、東京ガス株式会社の日立LNG基地の評価に内包される。

なお、爆発発生時の影響については同じ燃料輸送車の爆発発生時を評価した日本原子力発電株式会社 東海第二発電所において飛散距離は485 mとなっていることから、再処理施設との距離距離（650 m）を考慮して影響がないものと判断した。

4. 参考文献

- [1]原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について。（平成25年4月）
- [2]日本原子力発電株式会社、東海第二発電所外部火災影響評価について 添付資料④ 燃料輸送車両の火災・爆発について。（平成29年10月）

漂流船舶の爆発について

1. 評価方法

積燃料サイクル工学研究所敷地外で発生する漂流船舶のガス爆発が、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）/ガラス固化技術開発棟に影響を及ぼさないことについて、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書Ⅲ 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について³⁴⁾」に従い、評価を行った。

2. 評価対象

爆発の可能性のある高圧ガスを搭載した最大の船舶としては、再処理施設より約 4000 m の位置にある東証ガス株式会社の日立 LNG 基地に入港する可能性のある LNG 船「エネルギーコンフィデンス」がある。LNG 船の満載喫水は 11.875 m であるため、再処理施設近傍の海岸線まで漂流することはないものの、爆発の発生場所として再処理施設に最も近い海岸線である 450 m 離れた場所を保守的に想定した。再処理施設と海岸線の位置関係を図 2-1 に示す。

また LNG 船は、最大積載量である 7000 t が搭載された状況を想定した³⁵⁾。



図 2-1 再処理解説と海岸標の位置関係

2. 評価結果

資料資料 01-49-4「高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価」より、19.5万tのLNG及び3.1万tのLPGを保有する東京ガス株式会社の日立LNG基地の危険限界距離は407mである。想定するLNG船の積載量は、東京ガス株式会社の日立LNG基地に比べて少なく、危険限界距離である407mより離れているため、東京ガス株式会社の日立LNG基地の評価に内包される。

また、優等時の建造物については、優等想定位置から高放射線電波計測場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟へは770m以上の離隔距離があることから、上記と同様に東京ガス株式会社の日立LNG基地の評価に内包される。

4. 参考文献

- 1) 原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について、（平成25年6月）
- 2) 東京ガス、「自社管理LNG船(7番船)の命名について」、プレスリリース（平成21年4月14日）、<https://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20090414-01.html>

廃油泥及びアスファルト固化体の評価について

再処理施設内には可燃物としての廃油泥及びアスファルト固化体を貯蔵する施設が複数存在している。廃油泥及びアスファルト固化体は施設内に貯蔵されており、火災が発生しても原子力施設としての消防設備があるため消火が可能である。また、廃油泥及びアスファルト固化体は施設内に貯蔵されていること及び影響評価対象施設を直接臨まないことより、火災が発生してもその影響が及ぶことはない。廃油泥及びアスファルト固化体貯蔵施設の配置図を図-1に示す。

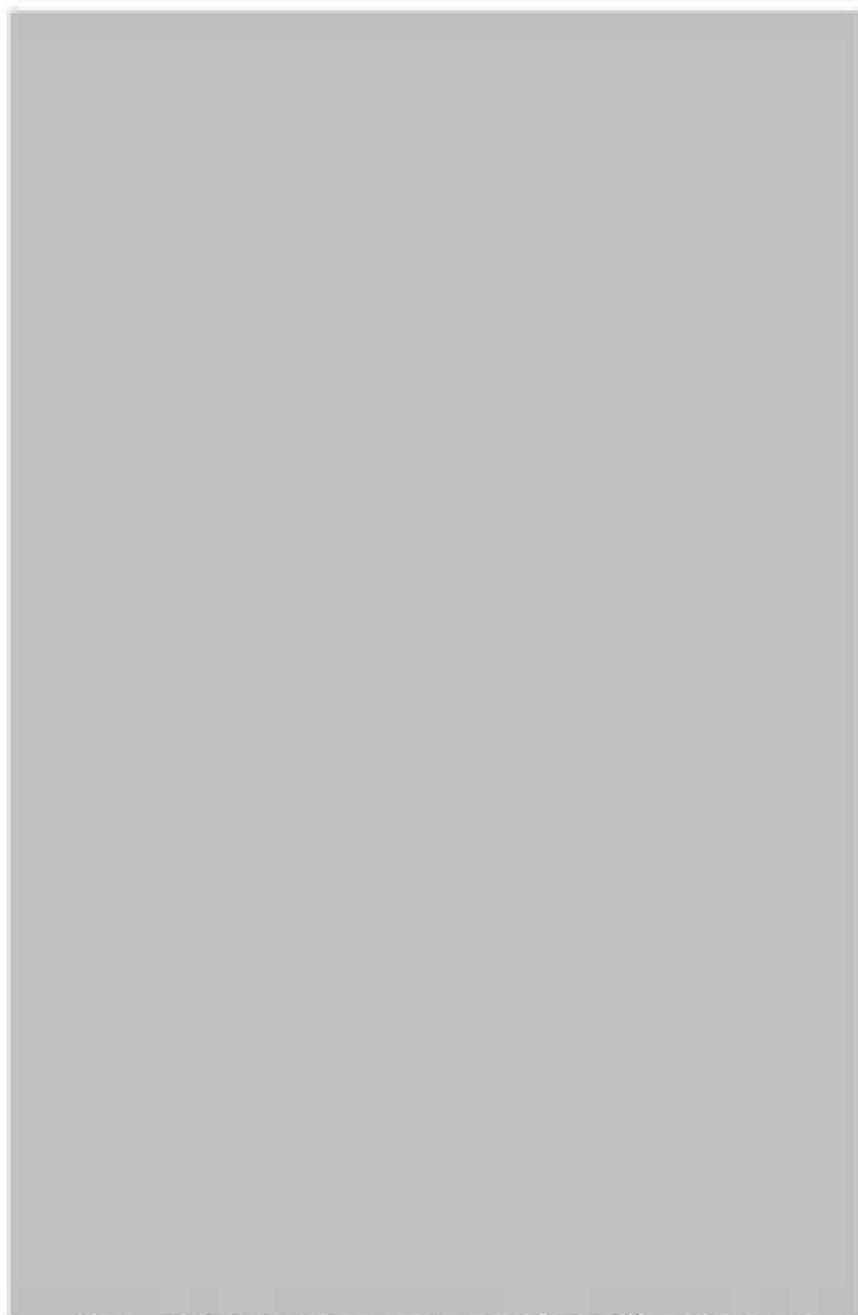


図1 廃油線及びアスファルト固化処理線施設の配置図

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設
（TVF）ガラス固化技術開発棟の航空機墜落による火災に関する
説明書

1 基本方針

再処理施設の廃止措置計画において、高放射性廃液貯蔵場（HLAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の外部火災（原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災）に対する安全対策の検討は、別添 0-1-4-7「再処理施設の外部火災対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（原子力規制委員会、平成25年6月19日）¹¹（以下「ガイド」という。）を参考を実施する。

2 航空機墜落における火災熱影響評価

以下のデータをもとに航空機墜落における火災熱影響評価を実施した。

2.1 評価条件

2.1.1 航空機墜落における火災の想定

航空機墜落の火災の想定は以下のとおりとした。

(1) 想定条件

- a. 航空機は当該再処理施設における航空機墜落評価の対象機種のうち燃料積載量が最大の機種とした。
- b. 航空機は燃料を満載した状態を想定した。
- c. 航空機の落下は再処理施設敷地内であって落下確率が 10^{-4} （回/年）以上になる範囲のうち再処理施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定した。
- d. 航空機の墜落によって燃料に着火し、火災が起こることを想定した。
- e. 気象条件は無風状態とした。

(2) 放射強度の算定

大火災において任意の位置にある放射強度（熱）を計算により求めるために、半径が1.5 m以上の場合で、火災の高さ（放射線）を半径の0倍にした円筒火災モデルを採用した。

2.1.2 航空機の選定

航空機落下確率評価では、評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を求めている。また、機種によって翼幅、機体形状等が同一ではなく、落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。したがって、これらを考慮したカテゴリごとに航空機墜落による火災の影響評価を実施する。

考慮する航空機を表2.1.2-1に示す。選定の詳細を添付資料0-1-4-10-1「航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について」に示す。

2.2 データの算出

熱影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・航空機及び燃料に係るデータ
- ・燃焼半径の算出
- ・燃焼継続時間の算出
- ・航空機墜落地点と影響評価対象施設までの距離距離
- ・燃焼半径の算出
- ・輻射強度の評価

データの算出過程を添付資料 6-1-4-10-1「航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について」及び添付資料 6-1-4-10-2「航空機墜落における火災熱影響評価：データの算出について」に示す。航空機墜落率が 10^{-7} (回/年) に相当する面積より、航空機墜落率評価で標的面積として考慮している影響評価対象施設からの距離距離（墜落地点）を求めた。なお、各施設間の距離が短く、航空機が墜下しない範囲が重なる場合も、保守的に重なった面積を再分配せず距離距離を求めた。墜下事故のカテゴリごとの距離距離を表 2-2-1 に示す。航空機墜落率が 10^{-7} (回/年) に相当する範囲を表 2-2-1 に示す。

計器飛行方式民間航空機の「①航空路を巡航時」、石炭系方式民間航空機の「①小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」及び自衛隊機又は米軍機の訓練区域外を飛行中の「②その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機」については、他のカテゴリの評価に内包されるため評価対象外とした。

2.3 外壁に対する熱影響評価

(1) 影響評価対象範囲

カテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定した場合のコンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

(2) 評価手法

a. 許容温度

コンクリート製壁面については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃を許容温度とした。第二付属排気筒については、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃以下とした。

b. コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、コンクリート製機室表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を表2.3-1に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-10-3「航空機墜落における火災熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、コンクリート表面の最高温度は77.9℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても危険距離を下回っていることを確認した。なお、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に隣接する主排気筒を評価対象に加えても危険距離が変わらないことから、コンクリート製である主排気筒の評価は高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の評価に含まれる。

また、最も影響の大きいP-15による墜落火災と、最も影響の大きい条件である森林火災又は最も影響の大きい核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設による火災を想定し、それぞれの上昇温度より重畳を考慮し評価したとしても、コンクリート表面の最高温度は148.9℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表2.3-2に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-10-3-2「航空機墜落火災と森林火災の重畳評価」及び別紙6-1-4-10-3-3「航空機墜落火災と核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設の重畳評価」に示す。

e. 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして、第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表2.3-3に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-10-3「航空機墜落における火災熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は82.5℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても危険距離を下回っていることを確認した。

また、最も影響の大きいP-15による墜落火災と、最も影響の大きい条件である森林火災又は最も影響の大きい核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設による火災を想定し、それぞれの上昇温度より重畳を考慮し評価したとしても、第二付属排気筒の最高温度は109.5℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表2.3-4に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-10-3-2「航空機墜落火災と森林火災の重畳評価」及び別紙6-1-4-10-3-3「航空機墜落火災と核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設の重畳評価」に示す。

表2.12-1 考慮する航空機

落下事故のモデル		対象航空機	
目視飛行方式 通常航空機	飛行前での離陸直時	F747-800	
	航空路を巡航時	F747-400	
有視界方式 通常航空機	大型機 〔大型認定翼機及び大型対転翼機〕	F747-400	
	小型機 〔小型認定翼機及び小型対転翼機〕	D-228-200	
目視飛行 又は実用機	訓練区域外 を飛行中	空中給油機等、高度度での巡航 が想定される大型固定翼機	KC-767
		その他の大型固定翼機、小型固 定翼機及び対転翼機	F-15
	其他一訓練区域別行直時	F-15	

表2.2-1 落下事故のカテゴリごとの離隔距離

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]	
計画飛行方式 民間航空機	①飛行場での離陸時	B737-800	228	
	②航空路を巡航時	B747-800	315	
有視界又は 民間航空機	②大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-800	209	
	③小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)	D6228-200	65	
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外 全飛行中	④空中給油機等、高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-707	209
		⑤その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	F-15	64
	⑥基地－訓練区域間飛行時	F-15	30	

表2.2-2 コンタクト外域に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価高度 [C]	危険距離 [m]
飛行場での離陸時		B737-800	51.0	29
大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)		B747-800	63.0	57
訓練空域外を 飛行中	空中給油機等、高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-707	59.7	40
基地－訓練区域間飛行時		F-15	57.0	15

表 2.3-2 電燈評価結果

施設	調査対象	燃焼温度(℃)
JLW	森林火災	100.9
	林産科ナショナル工学研究所内 屋外貯蔵施設火災	79.8
TVP	森林火災	148.9
	林産科ナショナル工学研究所内 屋外貯蔵施設火災	78.7

表 2.3-3 第二付属機室高に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 (℃)	危険評価 level
飛行機での離発着時		B737-800	52.8	15
大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	64.8	24
訓練空域外を 飛行中	空中給油機等、高高度での巡航 が想定される大型固定翼機	B777	81.0	31
基座一訓練空域飛行機等		F-15	82.5	11

表 2.3-4 電燈評価結果

施設	調査対象	燃焼温度(℃)
第二付属機室	森林火災	100.0
	林産科ナショナル工学研究所内 屋外貯蔵施設火災	83.1

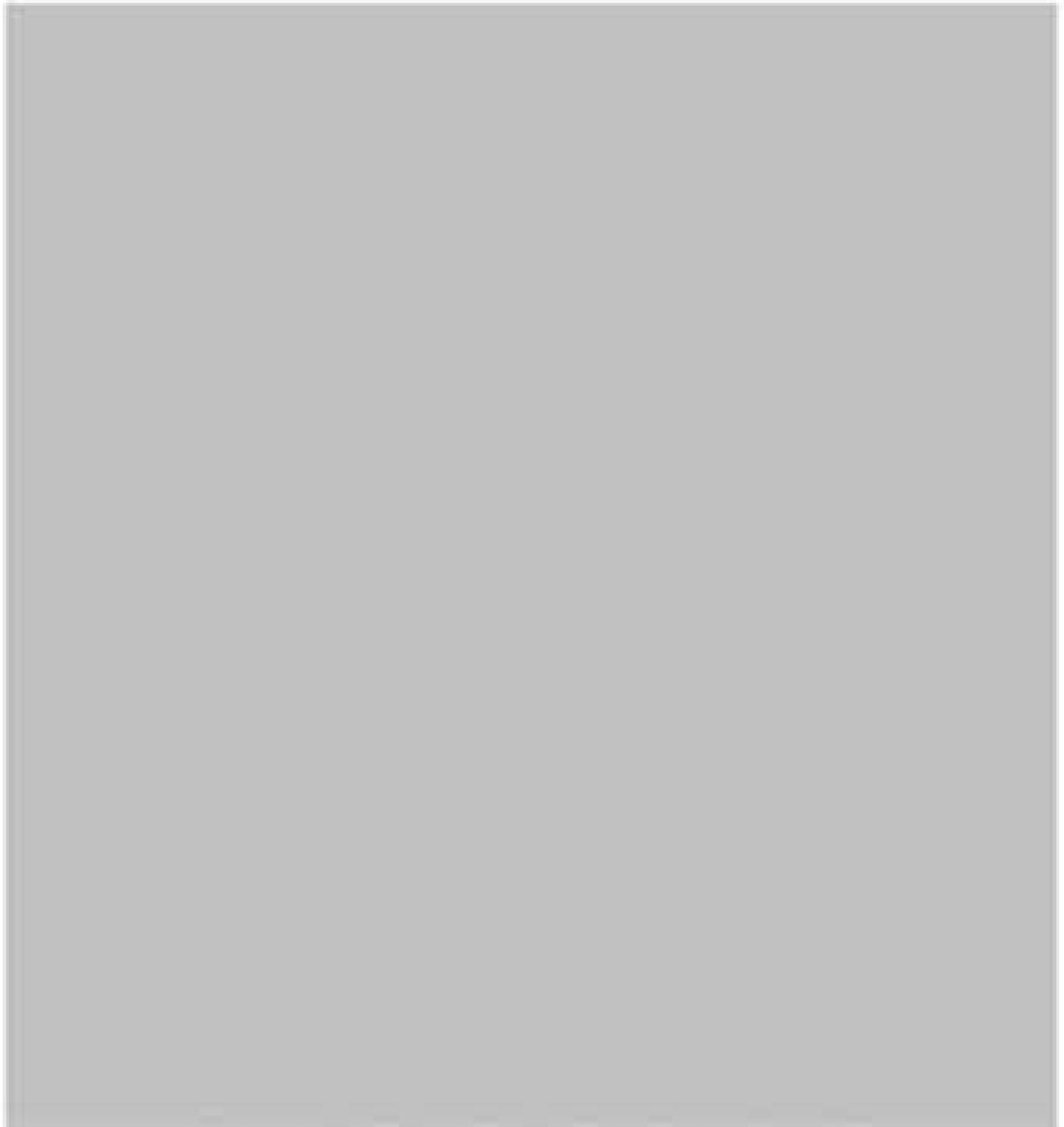


図 2.2-1 航空機落下確率が 10^{-7} (回/年) に相当する範囲

2. 有毒ガス影響評価

2.1. 目的

再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災による有毒ガス濃度の評価を実施した。

想定事象は2項で実施した航空機墜落における火災とした。

2.2. 評価手法

火災による有毒ガス発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象施設入気口における有毒ガス濃度を評価した。入気口における有毒ガス濃度の計算に用いる手法を添付資料 6-1-10-4「有毒ガス及び放射性物質の影響評価について」に示す。

図 2.2-1 に、評価手法の概要を示す。

本評価では、航空機墜落における火災を想定し、火災により発生する有毒ガスの入気口位置における濃度を求めた。火災源に対して算出した入気口位置の有毒ガス濃度を評価値として、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」¹⁴⁾で判断基準とされている IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)¹⁵⁾の値以下であることを確認した。IDLH 値を図 2.2-1 に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有毒ガス発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排煙上昇過程式を用いて、入気口中央の地表面からの高さと同しくなる風速を求める。
- ④ 有風時ブルーム式を用いて、入気口における有毒ガス濃度を求める。

2.3. 評価に用いるデータ

2.3.1. 評価対象となる入気口

以下の26ヶ所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発排気塔

2.3.2. 火災発生時の有毒ガス発生量の算出

有毒ガスの発生量は以下のとおり算出した。

- ・CO₂発生量：環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル¹⁶⁾に基づき算出

- ・CO発生量：取崩火災試験²⁹⁾の計測結果を採用
- ・SO₂及びNO_x発生量：米国EPA（環境省）及びFAA（連邦航空局）が提示するEmission Factorを使用³⁰⁾

3.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

(1) 航空機墜落における火災

- ・計器飛行方式民間航空機 B737-800
- ・有視界方式民間航空機大型機 B747-400
- ・自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767
- ・自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域)F-15

有毒ガス影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ（座標距離、高低差）
- ・燃焼特性に関するデータ（発熱量、質量低下速度、他）
- ・火災源に関するデータ（燃焼面積、風速、他）
- ・拡散パラメータ

データの算出を別紙6-1-4-10-4-1「有毒ガス及びCO₂等の影響評価：データの算出について」に示す。

3.4 有毒ガス影響評価結果

表3.4-1～表3.4-4に有毒ガス影響評価の結果及びIDLH値を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、全対象についてIDLH値以下となった。

表 3.2-1 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health) 値

基準	ガス濃度(ppm)			
	CO ₂	CO	SO ₂	NO _x
IDLH値	40000	1200	100	20

表 3.4-1 評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	気象パラメータ		ガス濃度[ppm]			
			CO ₂ [ppm]	CO [ppm]	SO _x [ppm]	NO _x [ppm]		
HAW 入気チャンバー	■	35.0	17.36	11.40	171 (40000)	2.75 (1200)	0.05 (100)	0.28 (20)
TVP総気流	■	28.8	17.36	12.29	192	0.1	0.05	0.32

表 3.4-2 評価結果(右翼昇方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	気象パラメータ		ガス濃度[ppm]			
			CO ₂ [ppm]	CO [ppm]	SO _x [ppm]	NO _x [ppm]		
HAW 入気チャンバー	■	58.5	15.83	10.89	613 (40000)	10.36 (1200)	0.16 (100)	1.06 (20)
TVP総気流	■	48.3	15.83	11.80	719	11.58	0.17	1.19

表 3.4-3 評価結果(自衛隊機及び自衛隊訓練空域外高高度飛行)KC-707)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	気象パラメータ		ガス濃度[ppm]			
			CO ₂ [ppm]	CO [ppm]	SO _x [ppm]	NO _x [ppm]		
HAW 入気チャンバー	■	51.8	15.39	10.65	632 (40000)	9.45 (1200)	0.09 (100)	0.97 (20)
TVP総気流	■	43.7	15.39	11.58	683	10.54	0.10	1.09

表 3.4-4 評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域注視)P-15)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	距離パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			r_0 [m]	r_1 [m]	CO ₂ (40000)	CO (1250)	SO ₂ (1000)	NO _x (20)
HAW 入気チャンセル	■	8.1	3.32	7.02	2929	45.24	0.42	4.94
TV射撃処理	■	6.8	3.32	8.44	2971	45.90	0.42	5.01

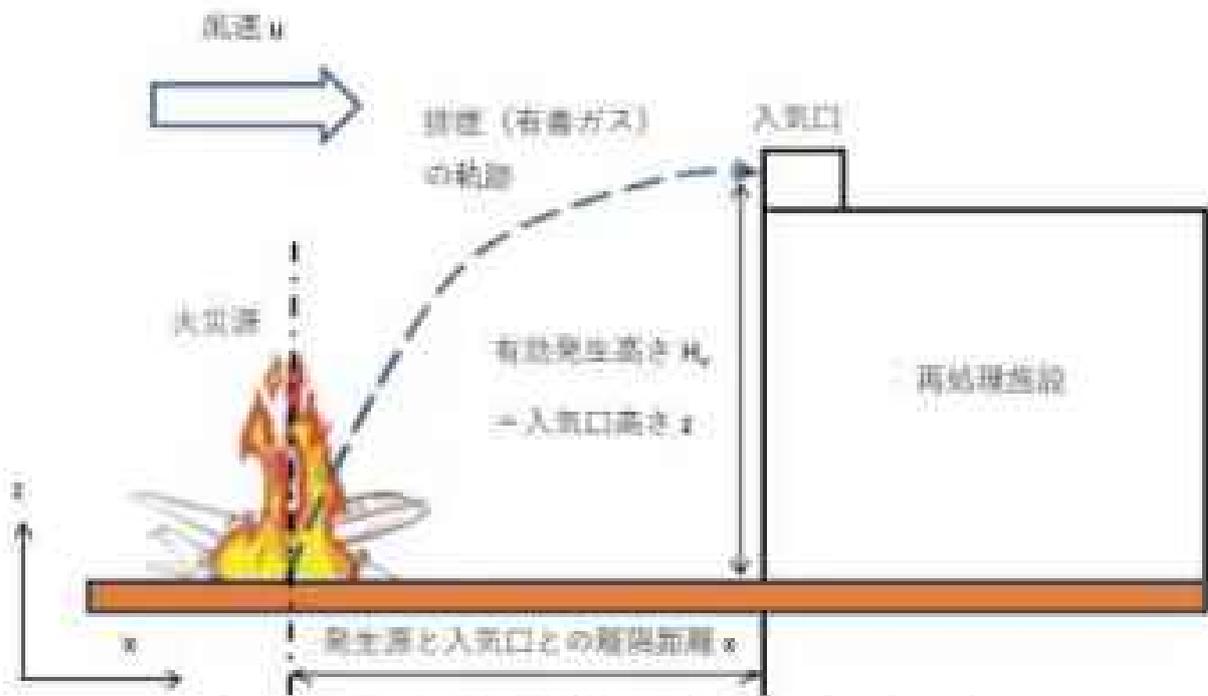


図 3.2-1 入気口における有毒ガス濃度評価手法の概観

4. ばい煙影響評価

4.1. 目的

再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災によるばい煙濃度の評価を実施した。

想定事象は、2項で実施した航空機墜落における火災とした。

4.2. 評価手法

「Ⅱ-有毒ガス影響評価」と同様な手法により、評価対象施設入気口におけるばい煙濃度を評価した。入気口におけるばい煙濃度の計算に用いる手法を添付資料⑥1-4-10-4「有毒ガス及びばい煙の影響評価について」に示す。

本評価では、航空機墜落における火災を想定し、火災により発生するばい煙の入気口位置における濃度を求めた。火災源に対して算出した入気口位置のばい煙濃度を評価値として、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」で判断基準とされているIDLH値以下であることを確認した。IDLH値を表4.2-1に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生するばい煙発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排気上昇過程式を用いて、入気口中央の地表面からの高さとなる風速を求める。
- ④ 有風時ブルーム式を用いて、入気口におけるばい煙濃度を求める。

4.3. 評価に用いるデータ

4.3.1. 評価対象となる入気口

以下の2か所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射線受量貯蔵場（HAW）入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発排気塔

4.3.2. 火災発生時のばい煙発生量の算出

ばい煙の発生量は以下のとおり算出した。

- ・ばい煙発生量：消防研報告書⁶⁾より、燃取率⁷⁾は0.10～0.15となることから、保守的に燃取率0.15として算出
※燃取率：燃料中の炭素が煙に変換する割合

4.3.3. 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

- (1) 航空機墜落における火災

- ・評価機行方式民間航空機 B737-800
- ・有復原方式民間航空機大型機 B747-400
- ・自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767
- ・自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域内)F-15

ばい煙影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ (距離距離、高低差)
- ・燃焼特性に関するデータ (発熱量、質量低下率等、他)
- ・火災源に関するデータ (燃焼面積、風速、他)
- ・拡散パラメータ

データの算出を別紙6-1-4-10-4-1「有毒ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について」に示す。

4.4 ばい煙影響評価結果

表4.4-1～表4.4-4にばい煙影響評価の結果を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、全ての評価対象においてばい煙の濃度はIDLH値以下であり、また評価対象建家の人気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことが確認された。HAW換気系の系統概略図を図4.4-1に、TVF換気系の系統概略図を図4.4-2に示す。

表 4.2-1 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health) 値

基準	ばい煙濃度(mg/m ³)
IDLH値	1750

表 4.4-1 評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パフォーマンス		(E) 曝露量[$\mu\text{g}/\text{m}^3$] IDLH 1750[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	35.0	17.16	11.40	17
TVF給気部	■	28.8	17.16	12.29	19

表 4.4-2 評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パフォーマンス		(E) 曝露量[$\mu\text{g}/\text{m}^3$] IDLH 1750[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	58.5	10.83	10.89	62
TVF給気部	■	48.3	15.83	11.80	70

表 4.4-3 評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-707)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パフォーマンス		(E) 曝露量[$\mu\text{g}/\text{m}^3$] IDLH 1750[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	51.8	15.19	10.65	59
TVF給気部	■	42.7	15.19	11.58	66

表 4.4-4 評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域以外)F-15)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	計算パフォーマンス		(E) 曝露量[$\mu\text{g}/\text{m}^3$] IDLH 1750[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
			α [m]	α [m]	
HAW入気チャンバー	■	8.3	3.32	7.02	282
TVF給気部	■	6.8	3.32	8.44	286

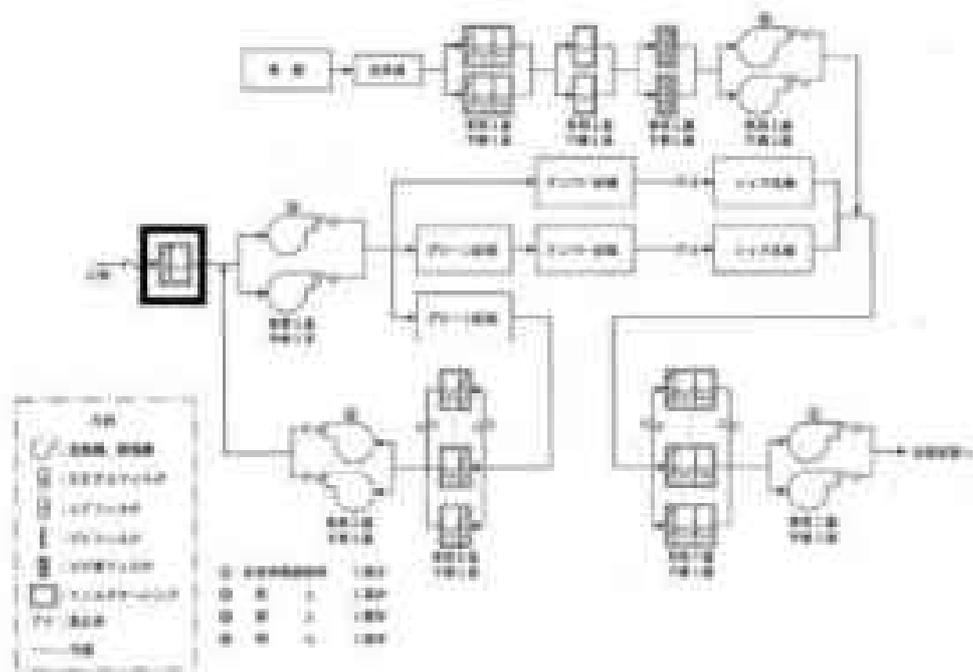


図 4.4-1 HAW 換気系の系統概略図

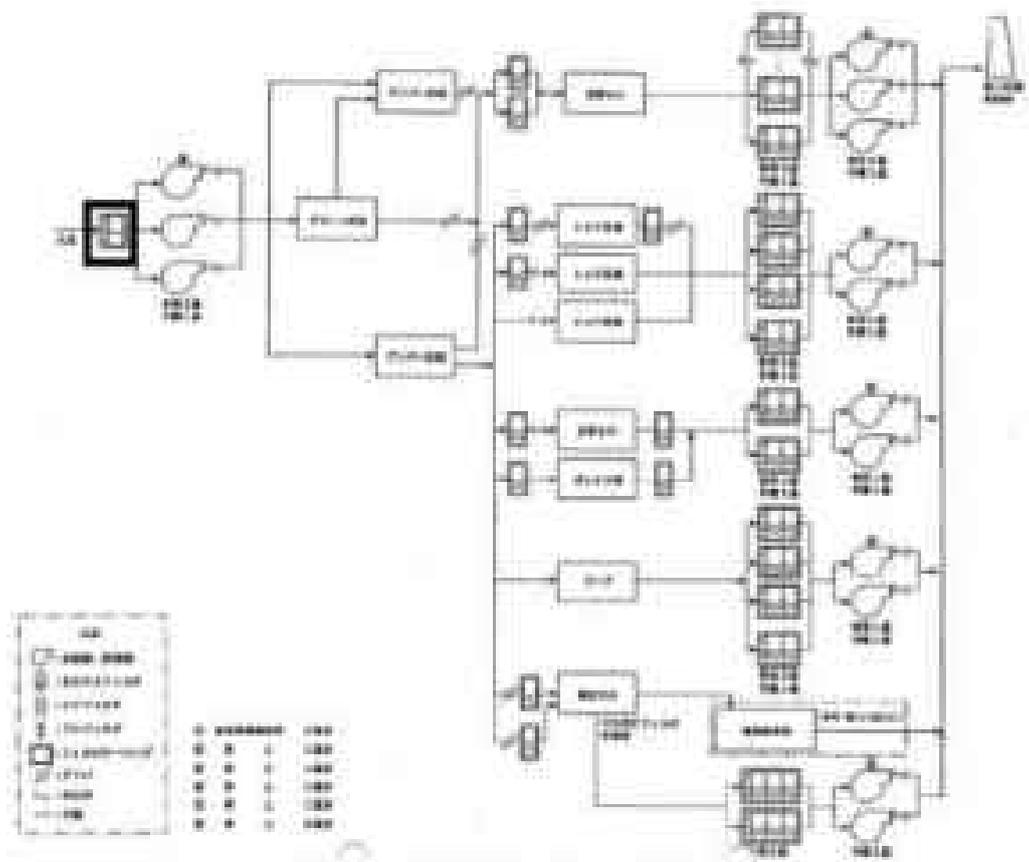


図 4.4-2 TVP 換気系の系統概略図

5. 結論

落下確率が 10^{-4} (回/年) 以上になる範囲のうち再処理施設への影響が最も厳しくなる地点に墜落した航空機において火災が発生した場合、高放射性廃液貯蔵場 (HLAW) コンクリート表面、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建築コンクリート表面及び第二付属排気筒の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は77.9℃であり、許容温度を下回ることから高放射性廃液貯蔵場 (HLAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の健全性に影響を与えないことを確認した。また第二付属排気筒の最高温度は82.6℃であり、許容温度を下回ることから第二付属排気筒の健全性に影響を与えないことを確認した。

なお、航空機が森林に落下した場合の航空機墜落による火災と森林火災又は燃料サイタル工学研究所内屋外貯蔵施設による火災との重畳を考慮し評価をしたとしてもコンクリート表面の最高温度は148.9℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。同様に、第二付属排気筒の最高温度は109.6℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。

落下確率が 10^{-4} (回/年) 以上になる範囲のうち (HLAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建築への影響が最も厳しくなる地点に墜落した航空機において火災が発生した場合の有毒ガスの濃度はTDL値を下回ることから、有毒ガスによる影響はないことを確認した。また、同火災を想定したばい塵の影響評価については、全ての評価対象においてばい塵の濃度が低く、また評価対象建築の入り口にはフィルダが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。

以上の結果から、再処理施設の敷地内において航空機墜落による火災が発生した場合、高放射性廃液貯蔵場 (HLAW)、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒への影響はなく、これらの施設に内蔵される安全機能を有する構築物・系統及び機器に影響を及ぼさないものと評価した。

6. 参考文献

- [1] 原子力規制委員会、原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの制定について、（平成25年6月）
- [2] 原子力規制委員会、有害ガス防護に係る影響評価ガイド、（平成29年4月）
- [3] The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values
<https://www.cdc.gov/niosh/fidh/intridlh.html>
- [4] 環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（Ver3.0）
- [5] Ross J.L., Forek R.J. and Hobbs P.V., " Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean", J. Air & Water Manage. Assoc., 46, pp.251-259, (1996).
- [6] U.S. EPA AP-42, " Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources".
- [7] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [8] 消防研究所研究資料第46号、大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書、（平成11年）

航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について

1. 対象航空機の選定

航空機墜下途中評価では、評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて墜下率を求めている。また、機種によって装備、飛行形態等が同一ではなく、墜下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。したがって、これらを考慮したカテゴリごとに航空機の選定を実施した。墜下事故のカテゴリを表1-1に示す。

1.1 計器飛行方式民間航空機

計器飛行方式民間航空機の墜下事故には、「①飛行場での離発着時」における墜下事故及び「②航空路を巡航時」における墜下事故がある。

①については、再処埋施設から約03 km離れた位置に百里飛行場（茨城空港）があり、最大離着陸距離（最大離着陸地点（航空路誌（AIR）に記載された離着陸経路において着陸態勢に入る地点あるいは離陸態勢を終える地点をいう。）までの直線距離）約26 kmを半径とし、飛行場の滑走路端から滑走路方向に対して45°の扇型区域に再処埋施設が存在するため、評価対象とする。詳細を別紙6-1-4-10-1-1「百里飛行場の最大離着陸距離」及び別紙6-1-4-10-1-2「百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場—再処埋施設の角度」に示す。

①における航空機は、百里飛行場の定期便のうち、燃料積載量が多い航空機（B737-800）を選定した。

②については、再処埋施設上空に航空路が存在するため、評価対象とする。詳細を別紙6-1-4-10-1-3「再処埋施設周辺における航空路と各航路の幅」に示す。

②における航空機は、評価対象航空路を飛行すると考えられる定期便のうち燃料積載量が最大の航空機（B747-400）を選定した。

1.2 有視界飛行方式民間航空機

有視界飛行方式民間航空機の墜下事故には、「①大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）」の墜下事故と「②小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」の墜下事故がある。

①における航空機については、全国の有視界飛行が可能な民間航空機のうち、燃料積載量が最大となる航空機（B747-400）を選定した。

②における航空機については、全国の有視界飛行が可能な小型民間航空機のうち、燃料積載量が最大となる航空機（Duc228-200）を選定した。

1.3 自衛隊機又は米軍機

自衛隊機又は米軍機の落下事故には、「訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中①②」の落下事故と「③基地－訓練空域間在航時」の落下事故がある。

④については、再処理施設周辺上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。

⑤における航空機については、全国の自衛隊機及び米軍機のうち燃料積載量が最大となる航空機（B777）を選定した。

⑥における航空機については、全国の自衛隊機及び米軍機のうち空中給油機の最高高度での飛行が想定される大型機を除き燃料積載量が最大となる航空機（F-15）を選定した。

⑦については、再処理施設周辺の太平洋沖合上空に自衛隊機の訓練空域があり、再処理施設は自衛隊の百里基地と訓練空域間の想定飛行範囲（基地と訓練空域間を在航時の飛行範囲として、想定される区域）内に位置することから、自衛隊機の落下事故を評価対象とする。

⑧における航空機については、百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料積載量が最大となる航空機（F-15）を選定した。

表E-1 落下事故のカテゴリ

落下事故のカテゴリ		
計画飛行方式 民間航空機	①飛行場での離発着時	
	②航空路を巡航中	
有境界方式 民間航空機	③大型機 〔大型固定翼機及び大型回転翼機〕	
	④小型機 〔小型固定翼機及び小型回転翼機〕	
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外 を飛行中	⑤空中給油機等、最高高度での巡航が想定される大型固定翼機
		⑥その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機
	⑦基地－訓練空域間在航時	

3. 環境影響の評価

影響評価対象施設として、高放射能廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設

(TVF) ガラス固化技術開発機及び第二付属機を考慮し、「実用受電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」(平成21・06・25 厚院第1号)の航空機落下確率評価式に基づき、カテゴリごとに落下確率が 10^{-4} (回/年)に相当する面積を算出し、その結果を用いて影響評価対象施設に対する厚隔距離を算出した。厚隔距離の算出方法を別紙6-1-4-10-1-4「厚隔距離の算出方法について」に示す。

2.1 計算飛行方式民間航空機の評価

① 飛行場での離陸時

$$Pd,a = Pd,a \cdot Nd,a \cdot A \cdot \Phi d,a(r, \theta)$$

Pd,a : 対象施設への離陸時の航空機落下確率 (回/年)

$fLa = Pd,a / DLa$: 対象航空機の国内での離陸時事故率 (回/離陸回)

DLa : 国内での離陸時事故件数 (回)

ELa : 国内での離陸回数 (離陸回)

Nd,a : 当該飛行場での対象航空機の年間離陸回数 (離陸回/年)

A : 標的面積 (km²)

$\Phi d,a(r, \theta)$: 離陸時の事故における落下地点確率分布関数 (1/km²)

飛行場	百里飛行場
$fLa^{※1}$	約 1.40×10^{-4} (=427857/306)
$Nd,a^{※2}$	4,210
$\Phi d,a(r, \theta)^{※3}$	2.855×10^{-4}
空港までの距離 ^{※4}	約0.2 km
滑走路方向に対する角度 ^{※4}	11.7°
最大着陸距離 ^{※4}	約56 km (30 nm)

※1 離陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において離陸時に1件、着陸時に3件

離陸回数数は、平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表(統計表 1.輸送実績)」における運輸回数の国内の値及び国際の値の合計値

※2 1924年空港管理状況調査(国土交通省)における百里(共用)の着陸回数を2倍した値

※3 別紙6-1-4-10-1-5「計算飛行方式民間航空機における離陸時の事故における落下地点確率分布関数の算出」のとおり

※4 併存機施設と空港の緯度及び経度から、簡易計算サイトより算出

- ※5 別添6-1-4-10-1-2「百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場―西地理施設の角度」のとおり
- ※6 AIP JAPANに基づき設定。別添6-1-4-10-1-1「百里飛行場の最大権者距離線」参照

これらの式より $PL_{A=10}$ に相当する標的面積 A を求めると約 0.58 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の権限距離を求めると、 228 m となる。

②航空路を飛行中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A/W$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

$f_c = G_c/H_c$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率
(回/(飛行回・km))

G_c : 巡航中事故件数 (回)

H_c : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

A : 標的面積 (km^2)

W : 航空路幅 (km)

	直行経路	迂回航行経路
対象航空路 ^{※1)}	IWAKI0510-SWAMP IWAKI0510- ICISARA00020	Y10 (IYUUS-SWAMP)
$f_c^{※2)}$	約 5.15×10^{-11} (=0.50740011768)	
$N_c^{※3)}$	365	3560
$W^{※4)}$	14.810	18.52

※1 別添6-1-4-10-1-3「西地理施設周辺における航空路と各航路の幅」のとおり

- ※2 飛行時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年に3回、0件であるため、0.5件発生したものとして評価
延べ飛行距離は平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の毎年輸送実績の国内の合計値
- ※3 国土交通省航空局への問い合わせ結果(ピークデーの値)を365倍した

値。別紙6-1-4-10-1-6「ピークデイにおける航空交通量について」参照
 ※4 直行路線については「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については、航法精度を航空路の幅とみなして用いた。(1nm＝1.852kmとして換算した。)別紙6-1-4-10-1-3「再処理施設周辺における航空路と各航路の幅」参照

これらの式より $P_v=10^{-7}$ に相当する標的面積Aを求めると約1.06km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の標的距離を求めると、315mとなる。

2.2 右視界飛行方式民間航空機の評価

①大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v ：対象施設への航空機落下確率（2d/年）

f_v ：単位年当たりの落下事故率（2d/年）

S_v ：全国土面積（km²）

A：標的面積（km²）

α ：対象航空機の種類による係数

f_v^{2d}	大型固定翼機 0.025（＝0.5/20） 大型回転翼機 0.05（＝1/20）
S_v^{2d}	472,330
α^{2d}	1

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において大型固定翼機で0件、大型回転翼機で1件、0件であったものは0.5件発生したのものとして評価

※2 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

※3 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成24年6月 経済産業省原子力安全・保安院）による。

これらの式より $P_v=10^{-7}$ に相当する標的面積Aを求めると約0.50km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の標的距離を求めると、209mとなる。

④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v ：対象施設への航空機落下確率（回/年）

f_v ：単位年当たりの落下事故率（回/年）

S_v ：全国上面積（ km^2 ）

A ：標的面積（ km^2 ）

α ：対象航空機の機型による係数

f_v^{21}	小型固定翼機 1.75（＝25/20） 大型回転翼機 1.20（＝24/20）
S_v^{21}	372万
α^{21}	0.1

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年4月 原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において小型固定翼機で25件、大型回転翼機で24件

※2 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年4月 原子力規制委員会）による。

※3 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成21年4月 経済産業省原子力安全・保安院）による。

これらの式より $P_v=10^{-4}$ に相当する標的面積 A を求めると約13 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の施設距離を求めると、95 mとなる。

2.3 自衛隊機又は米軍機の評価

⑤空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機
（訓練区域外を飛行中）

$$P_{vo} = f_{vo} \cdot A/S_o$$

P_{vo} ：訓練区域外での対象施設への航空機落下確率（回/年）

f_{vo} ：単位年当たりの訓練区域外落下事故率（回/年）

A ：標的面積（ km^2 ）

S_o ：全国上面積から空域の位上の訓練空域の面積を引いた面積（ km^2 ）

$f_{a1}^{*2)}$	自衛隊機 0.025 (=0.5/20) 米軍機 0.05 (=1/20)
$S_{a1}^{*2)}$	自衛隊機 29.5万 米軍機 37.5万

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において自衛隊機で9件、米軍機で1件、0件であったものは0.5件発生したものと評価

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

これらの式より $P_{a1} \sim 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約0.40 km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の應隔距離を求めると、280 mとなる。

④その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び700名乗機(訓練空域外を飛行中)

$$P_{a2} = f_{a2} \cdot A / S_{a2}$$

P_{a2} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{a2} : 単位年当たり訓練空域外落下事故率 (回/年)

A : 標的面積 (km²)

S_{a2} : 全国土面積から全国の上の訓練空域の面積を除いた面積 (km²)

$f_{a2}^{*2)}$	自衛隊機 0.15 (=3/20) 米軍機 0.20 (=4/20)
$S_{a2}^{*2)}$	自衛隊機 29.5万 米軍機 37.5万

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において自衛隊機で7件、米軍機で4件

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

これらの式より $P_{a2} \sim 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約0.058 km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の應隔距離を求めると、58 mとなる。

①基地－訓練空域間往復時

(想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合)

$$P_{se} = f_{se} \cdot A / S_{se} \cdot 2$$

P_{se} ：対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{se} ：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率 (回/年)

A ：原子炉施設の標的面積 (km²)

S_{se} ：想定飛行範囲の面積 (km²)

$f_{se}^{推定}$	0.25 (=5/20)
$S_{se}^{推定}$	177720
$P_{se}^{推定}$	3.00×10^{-4}

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年において0件であったため、全国の基地－訓練空域間の落下実績5件を用いた。

※2 全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積

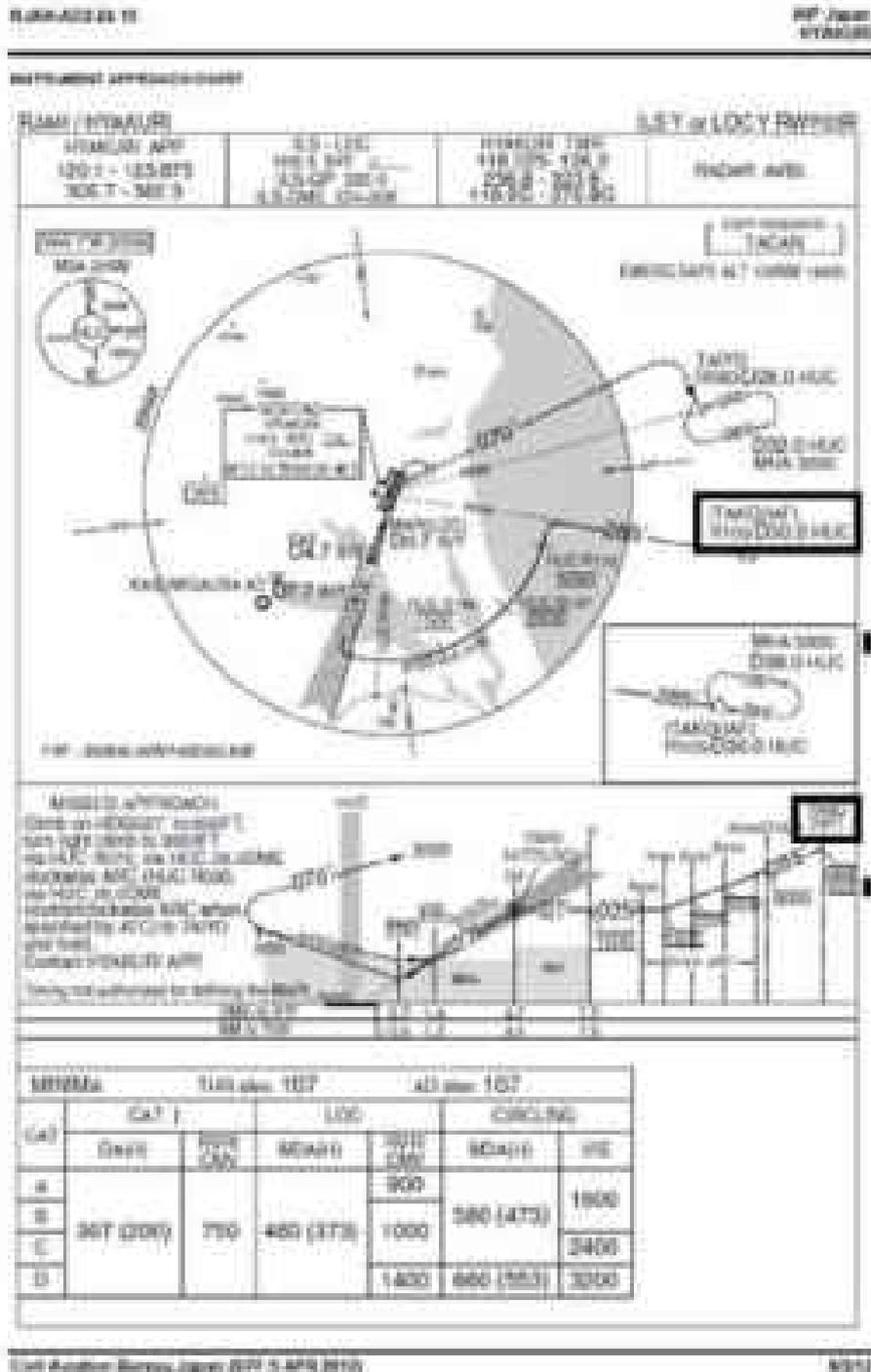
※3 f_{se} 、 S_{se} から算出された約 1.42×10^{-4} 回/(年・km²)を保守的に増倍し切り上げた値

別紙0-14-10-1-7「基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定について」参照

これらの式より $P_{se} = 10^{-4}$ に相当する標的面積 A を求めると約0.033 km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、359 mとなる。

百里飛行場の最大離着陸距離

再処理施設から約 53 km 離れた位置にある百里飛行場の最大離着陸距離は 55.56 km (30 nm) であるため、評価対象とする。

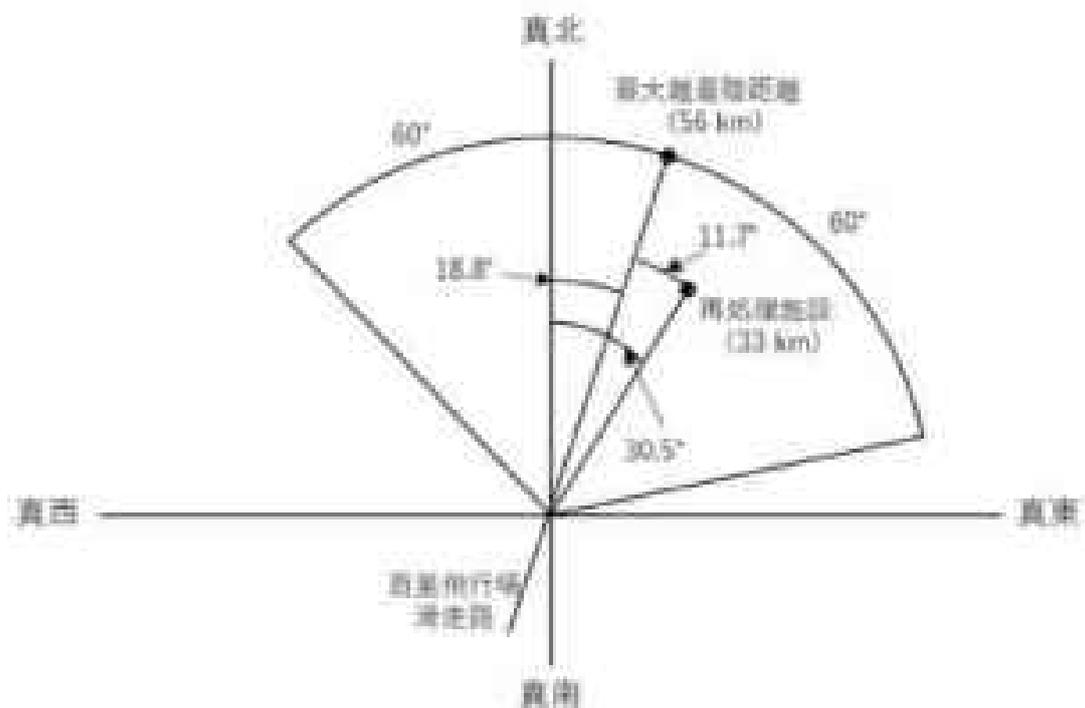


百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場一再処理施設の角度

百里飛行場の磁方位は 26° より、百里飛行場の偏角を考慮し、真方位は約 18.8° である^{※1}。

また、百里飛行場一再処理施設の方位は約 30.5° （真方位）である^{※2}。

したがって、百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場一再処理施設の角度は、約 11.7° となる。



※1 天城空港利用促進等協議会より

※2 国土地理院偏角偏角一覧図（2015年版）をもちにしたITPツールより計算

※3 百里飛行場と再処理施設の緯度、経度より計算

再処埋施設周辺における航空路と各航路の幅

各航空路の中心線と再処埋施設の最小距離が各航空路の片側の航空路幅を下回るものを評価対象として選定した。表-1に各航空路の片側の航空路幅を図-1にニシルートチャート（再処埋施設付近）を示す。

表-1 各航空路の片側の航空路幅

周辺の航空路の名称	航空路の中心線と再処埋施設の最小距離*	片側の航空路幅**	評価対象
直行航路 R211 DAIKOROJOCU-SWAMP	11.17 km	7 km	×
直行航路 IWAOKUXIO-SWAMP	6.20 km	約 7.41 km (4 nm)	□
直行航路 IWAOKUXIO- KISAHAZUOKZO	5.14 km	約 7.41 km (4 nm)	○
直行航路 IWAHINEI-NAKAH	11.70 km	約 7.41 km (4 nm)	×
広域航路航路 Y10 LOTUS-SWAMP	1.72 km	約 9.26 km (5 nm)	□
広域航路航路 Y10B DAIKOROJOCU- CHOSHICVCU	10.05 km	約 9.26 km (5 nm)	×

※1 施設と航空路の精度及び精度より計算した。

※2 航空路 R211 については、「航空路の指定に関する告示」に記載の値とした。直行航路については、「航空路係数設定基準」を参照した。RNAV 航路については、航路精度を航空路幅とみなして用いた（1 nm=1.852 km として換算した。）。



図1 コンロードプロジェクト (再開発施設付託)

離隔距離の算出方法について

1. 考え方

各影響評価対象施設における離隔距離が一定に確保されるように、影響評価対象施設周辺の航空機が落下しない範囲の面積の和が落下確率 10^{-7} (回/年) に相当する面積となるまで標的面積を拡大させたときの離隔距離を算出した。

2. 離隔距離算出方法

2.1 断面が矩形の場合

影響評価対象施設の各辺の長さを (a, b) とした場合、離隔距離を L とすると、当該影響評価対象施設周辺の航空機が落下しない範囲 (面積: S) は以下の式で表される。断面が矩形の場合の離隔距離の概念図を図 2.1-1 に示す。

$$S_1 = \pi L^2 + 2(a_1 + b_1)L + a_1 b_1 \quad (1)$$

2.2 断面が円形の場合

影響評価対象施設の半径の長さを (R) とした場合、離隔距離を L とすると、当該影響評価対象施設周辺の航空機が落下しない範囲 (面積: S) は以下の式で表される。断面が円形の場合の離隔距離の概念図を図 2.2-1 に示す。

$$S_1 = \pi(R_1 + L)^2 = \pi L^2 + 2\pi R_1 L + \pi R_1^2 \quad (2)$$

2.3 影響評価対象施設

影響評価対象施設である高放射線束照射線場 (HAW)、ガラス固化技術開発施設 (TVF)、ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒の施設アークを表 2.3-1 に示す。

2.4 離隔距離の算出結果

(1) (2) 式を用いて、全ての影響評価対象施設に対して S_1 を計算し、それらを合計した上で L について解くことで離隔距離を得た。

表 2.3-1 施設データ

施設名	a_i	b_i	R_i
ILAW	 m	 m	—
TVF	 m	 m	—
第二貯蔵庫気筒	—	—	3.23 m

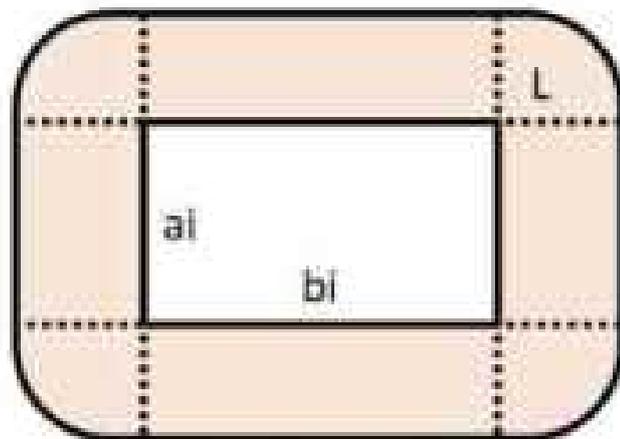


図 2.1-1 断面が矩形の場合の施設半径の概念図

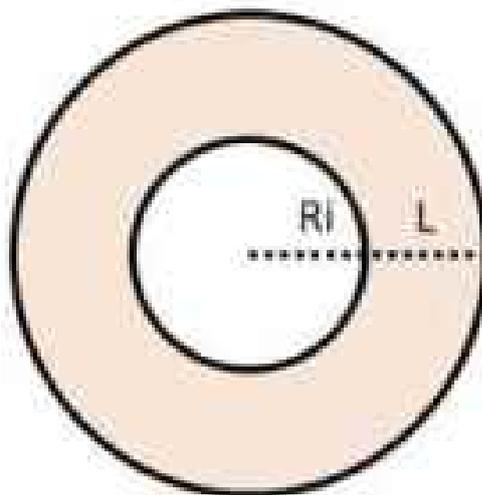


図 2.2-1 断面が円形の場合の施設半径の概念図

計器飛行方式民間航空機における離着陸時の事故における落下地点確率分布関数の算出

1. 考え方

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（内規）」に基づき、計器飛行方式民間航空機の「①飛行場での離着陸時」における落下事故の確率分布関数には、滑走路端から最大離着陸地点までの直線距離（ r_0 ）内の内円で滑走路方向両側に対し±90°以内の扇型に一律な分布又は両方向で正規分布を仮定し、評価結果が厳しい方を用いる。

2. 確率分布関数の算出

2.1 一律分布

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{tot}} \quad (/km^2)$$

$$A_{tot} = \frac{2}{3}\pi r_0^2 \quad (km^2)$$

r_0 ：最大離着陸地点までの直線距離（55.56 km）

これらの式より一律分布における百里飛行場での落下事故の確率分布関数 $\Phi(r_0, \theta)$ を求めると、 $1.55 \times 10^{-4} / km^2$ となる。

2.2 正規分布

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{tot}} f(x) \quad (/km^2)$$

$$A_{tot} = \frac{2}{3}\pi r_0^2 \quad (km^2)$$

$$f(x) = \frac{A}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \approx 2.1 \times \exp\left(\frac{-30.42x^2}{\sigma^2 r_0^2}\right)$$

$$A \approx \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx \approx \int_{-\pi/3}^{\pi/3} f dx \approx \frac{2}{3}\pi r_0$$

$$\sigma \approx \frac{\pi r_0}{3 \times 2.6}$$

r_0 ：最大離着陸地点までの直線距離（55.56 km）

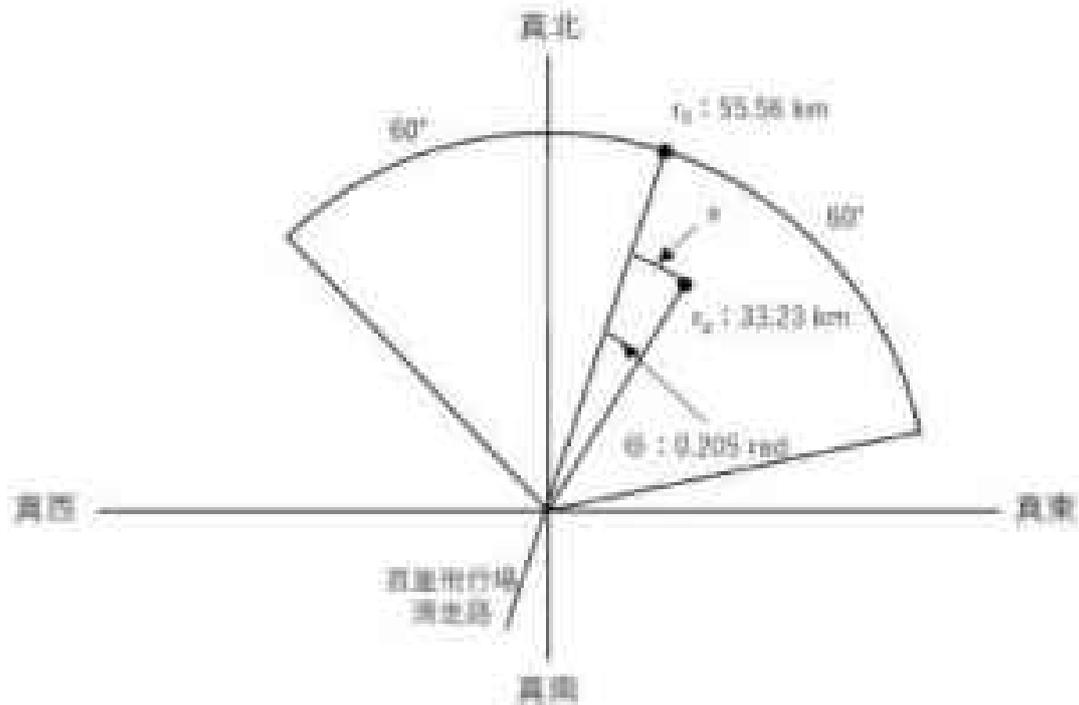
x ：滑走路軸上から原子炉施設までの距離（両方向）（6.80 km）

$$s = r_0 \times \theta$$

θ : 滑走路方向に対する百里飛行場～再処埋施設の角度 (0.205 rad)

r_0 : 滑走路端から再処埋施設までの距離 (陸方向) (33.23 km)

これらの式より正規分布における百里飛行場での落下事故の線形分布関数 $\Phi(r, \theta)$ を求めると、 $2.85 \times 10^{-6} / \text{km}^2$ となる。



2.8 算出結果

以上の結果より、より細かい正規分布を仮定した方法を用いることとした。

ピークデーにおける航空交通量について

国土交通省航空局交通規制部にお問い合わせしたピークデーにおける航空交通量を示す。

対象経路	平成 24 年ピークデーにおける航空交通量
IWAKIHXD-SWAMP	0
IWAKIHXD-KINARAZUKZO	0
YTO (LOTUS-SWAMP)	92

基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定について

1. 評価方法

基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定に当たり、再燃焼施設上空に存在する「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」において、過去 20 年間に於ける事故実績はない。しかし、全国では基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下が過去 20 年間に 5 件発生している。

そこで、本航空機落下確率の算出においては、実際に落下事故実績のある全国の基地と訓練空域間を往復時の落下事故件数及び全国の基地の想定飛行範囲の面積を用いて算出した全国平均の基地－訓練空域間往復時の航空機落下確率を 5 倍した値（以下「全国平均の落下確率の 5 倍値」という。）を「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率とする。

2. 評価結果

1. で示した評価方法により、基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率に必要なデータを算出した。

$$P_{se} = f_{se} \cdot A / S_{se} \cdot 5$$

P_{se} ：対象施設への航空機落下確率（回/年）

f_{se} ：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回/年）

A ：原子力施設の標的面積（ km^2 ）

S_{se} ：想定飛行範囲の面積（ km^2 ）

$f_{se}^{※1}$	自衛隊機 0.25 (=5/20)
$S_{se}^{※2}$	170720
$P_{se}^{※3}$	3.00×10^{-6}

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月、原子力規制委員会）より、百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年に3回・7件であったため、全国の基地－訓練空域間の落下実績件数を用いた。

※2 全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積

※3 f_{se} 、 S_{se} から算出された約 1.42×10^{-6} /（年・ km^2 ）を保守的に2倍した。

Ⅱ 全国平均の落下確率の2倍値を用いることの保守性について

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」は過去20年間落下実績がなく、航空機落下確率算出時の発生件数のみえ方に不確かさが存在する一方で、全国の基地－訓練空域間の往復時は過去20年間でも件落下実績が存在する。全国平均の落下確率は、評価の得集積を大きくすることにより落下事故件数を実績値（0件）に基づき評価していること、基地－訓練空域間を往復時の落下確率が基地ごとに大きく異なることは考えにくいこと、百里基地特有の特殊な機種は配備されていないことを考慮すると、全国平均の落下確率は国内における平均的な落下確率として信頼性があると考え、本評価ではさらに保守性を考慮するために全国平均の落下確率の2倍値を用いることとする。

また、百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲の面積は小さいこと、原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること、やむを得ず原子力関連施設の上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生しても原子力関連施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行することについて評価上考慮しておらず、この点においても保守性は確保されている。同31に「原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）」を示す。

原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

昭和44年2月6日
防衛航第10号

改正 平成10年3月23日防衛航第10号 平成16年1月31日防衛航第1号
平成16年3月23日防衛航第44号 平成21年2月23日防衛航第10号

各府省機関
中央官庁長官府省庁 殿
中央管制気象隊長
航空学校長

陸上幕僚長の命により
総務課長

（別紙 甲）

原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

標記について、さきに防衛事務次官の指示に基づきその実施について通達したところであるが、その後さらに細則について示されたので、今後下記により実施されたい。

なお、防衛航第100号（は、9、2）は廃止する。

記

- 1 原子力関連施設上空の飛行は、原則として行わないものとする。
- 2 管制機関の指示又は原子力関連施設の位置等の関係から、やむを得ずその上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生してもこれらの施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行するものとする。
- 3 原子力関連施設は航空機対応（防衛省管轄）に記載され、その設置・廃止等の状況は逐次登録されるので、関係者に当該施設の位置を周知徹底させるものとする。

図 3-1 「原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）」

航空機墜落における火災熱影響評価：データの抽出について

1. 航空機墜落における火災熱影響評価

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書に原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について¹⁾」(以下「ガイド」という。)に従い、航空機墜落火災からの熱影響評価を行った。

1.1 評価機種の選定

添付資料 6-1-4-10-1「航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について」により抽出した航空機より、他のカテゴリの評価に内包されるものについては、以下のとおり評価対象外とした。落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種を表 1.1-1 に示す。

- (1) 計器飛行方式民間航空機の「②航空路を巡航時」については、対象航空機が同じ B747-400 でありより離隔距離の短い有界方式民間航空機の「①大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)」の評価に内包されるため評価対象外とした。
- (2) 有界方式民間航空機の「①小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)」については、燃料搭載量が最大となる JAL228-200 であっても 3 m³ と 15 の 15 m³ に比べて燃料搭載量が少ないため、より離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の「①基地-訓練空域間往復時」の評価に内包されるため評価対象外とした。
- (3) 自衛隊機又は米軍機の訓練区域外を飛行中の「②その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機」については、対象航空機が同じ 3 m³ でありより離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の「①基地-訓練空域間往復時」の評価に内包されるため評価対象外とした。

1.2 各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータ

各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータを表 1.2-1 に示す。

表1.1-1 落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]
長距離飛行方式 民間航空機	飛行場での離陸直時	E737-800	225
有視界方式 民間航空機	大型機 (大型指定貨機及び大型特殊貨機)	E747-400	200
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外を飛行中、空中給油機等、高高度 での巡航が想定される大型指定貨機	F-15	200
	基地一訓練空域内を飛行時	F-15	100

表 1.2-1 各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータ

落下事故のカテゴリ		対象 航空機	燃料の 種類	燃料量 [m ³]	燃料燃 費率 [W/m ³]	質量低下 速度 [kg/m ³ /s]	燃料燃費 [kg/m ³]	燃焼 面積 [m ²]
計器機行 方式民間 航空機	飛行場での離陸 直時	B737- 800	JET A-1	30.02 ^{※1}	50000	0.000 ^{※4}	880 ^{※3}	135 ^{※2}
	有翼昇空 式民間航 空機	B747- 400	JET A-1	210.84 ^{※1}				700 ^{※2}
目撃目撃 又は 気象機	訓練空域外を飛 行中 空中給油機等、 高高度での巡航 が想定される大 型旅客機	EC- 767	JP-4	145.04 ^{※5}	50000	0.051 ^{※4}	780 ^{※3}	400 ^{※2}
	基地-訓練空域 間往復時	F-15	JP-4	14.87 ^{※7}				45 ^{※2}

※1：ボーイングジャパン ホームページ「737, 747 型機情報」

※2：「世界航空機年刊 2012-2013」記載値

※3：航空ジャーナル 2月号増刊号「15 イーグル」(航空ジャーナル社 昭和35年2月5日発
行) 記載値

※4：NUTRO-1805 記載値

※5：JISK2209-1991 記載の1号の値

※6：ボーイング社 web 資料記載の値面より、主翼並びに胴体下部が燃料タンク面積と同率と想
定し算出した値

※7：表3 記載の機体図面より燃料タンクの配設並びに大きさをも想定し面積を算出した値

2. 燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため、ガイドに従い、燃焼半径及び燃焼継続時間を算出した。航空機の燃焼半径及び燃焼継続時間を表 2-1 に示す。

2.1 燃焼半径の算出

燃焼半径 R は燃焼面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

$$R = \sqrt{S/\pi} \quad [\text{m}]$$

R : 燃焼半径[m], S : 燃焼面積[m²]

計算結果は小数点第3位以下を切り上げた。

2.2 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度（一質量低下速度/燃料密度）で除して算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 [s], V : 燃料量 [m³], R : 燃焼半径 [m], v : 燃焼速度 [m/s]

計算結果は小数点以下を切り上げた。

表 2-1 航空機の燃焼半径及び燃焼継続時間

落下事故のケース別		対象航空機	燃焼面積 [m ²]	燃料量 [m ³]	燃焼半径 [m]	質量低下速度 [kg/m ² s]	燃料密度 [kg/m ³]	燃焼継続時間 [s]
計器機行方式汎用航空機	機行編での離陸直時	B737-800	129	20.02	0.34	0.009	800	4451
	有翼機方式汎用航空機	B747-400	700	216.84	14.00			6075
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中、空中給油機等、高高度での燃焼が想定される大型固定翼機	KC-707	400	145.04	11.07	0.051	700	5325
	基地一訓練空域内直下時	F-15	45	14.87	0.70			4025

3. 放射強度の算出

ガイドに記し、火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度を求めた。航空機墜落火災からの放射強度を表 3-1 に示す。

3.1 形態係数の算出

ガイドに記し、以下の式から形態係数を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、 $m = \frac{r}{x}$ 、 $n = \frac{z}{x}$ 、 $A = (1+n)^2 + m^2$ 、 $B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数、 L : 燃焼距離[m]、 H : 円筒の高さ[m]、 R : 燃焼半径[m]

3.2 放射強度の算出

ガイドに従い、放射強度 E は、燃料放射能密度 Rf に形係数 ϕ を乗じて算出した。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E :放射強度[W/m²]、 Rf :燃料放射能密度[W/m³]、 ϕ :形係数

計算結果は小数点第3位以下を切り上げた。

表 3-1 航空機墜落火災からの放射強度

落下事故のカテゴリ		対象航空機	墜落距離 (m)	燃焼 半径 (m)	形係数 ϕ	燃料放射 能密度 (W/m ³)	放射強度 (W/m ²)
非着陸方式 民間航空機	飛行場での離着陸時	B737-800	228	8.34	1.51×10^4	50000	76
	有重量方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）	B747-400	280	14.85		1.00×10^4
自衛隊機又は 米軍機	訓練空域外を飛行中空 中給油機等、高高度での 巡航が想定される大 型固定翼機	F-15	280	11.87	6.40×10^4	50000	572
	高高度訓練空域常任航 路	F-15	30	4.79	1.90×10^4		1102

4. 参考文献

- [1] 原子力規制委員会、発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について。（平成25年6月）

航空機壁部における火災熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について

1. 影響評価対象範囲

コナクリートにおける航空機壁部によって発生する火災を想定した場合のコナクリート外壁面及び第二付属機気筒の温度評価を実施した。

2. 評価手法

2.1 許容温度

2.1.1 コナクリート製壁面

コナクリート製壁面については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コナクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃を許容温度とした（添付資料6-1-4-10-3-1「コナクリートの許容温度について」参照）。

2.1.2 第二付属機気筒

第二付属機気筒については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃^{*)}以下とした。
 *) 「発電用原子力設備規格 材料規格 (ASMRC)」に基づき、鋼材における高温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

2.2 コナクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の相対強度で外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式^{*)}よりコナクリート表面の温度上昇を求め、コナクリート外壁表面の温度Tが許容温度200℃以下であるかを評価した。また、同式を用いて、外壁表面の温度が200℃となる輻射強度を算出した。

$$T = T_a + \left(\frac{q}{k}\right) \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4at}}\right) - \exp\left(\frac{h}{k}x + \frac{h^2}{4a}t\right) \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4at}} + \frac{h}{\sqrt{4a}}t\right) \right] \right] \quad (1)$$

T : コナクリート表面からx[m]の位置の温度[℃]

T_a : 初期温度 (50 [℃])^{*)}

h : 熱伝達率 (17 [W/m²K])^{*)}

ρ : コンクリート密度伝導率 ($=\lambda/\rho C_p$) [m²/s]

ρ : コンクリート密度 (2400 [kg/m³]) [kg/m³]

C_p : コンクリート比熱 (960 [J/kg/K]) [J/kg/K]

λ : コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) [W/m/K]

E : 放射強度 [W/m²]

t : 燃焼継続時間[s]

x : コンクリート壁表面深さ (0[m])

※1 : 本庁地方気象台で観測された過去10年間の最高気温である38.2℃に保守性を付与した値

(1) 式で求めた放射強度となる形係数を、『原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書C原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について』(以下「ガイド」という。)に使い、(2) 式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

E : 放射強度 [W/m²]

R_f : 火災放射強度 [W/m²]

ϕ : 形係数

(2) 式で求めた形係数 ϕ となる危険距離 L をガイドに使い、(3) 式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{L - 2a}{n\sqrt{AB}} \right] \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{B(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right) \quad (3)$$

ただし $m = \frac{R}{a}$, $n = \frac{L}{a}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形係数

R : 火炎長 [m]

L : 危険距離 [m]

a : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの距離距離を下回るか評価を実施した。なお、天井スタブは以下の理由により、各壁の評価に包含されるため実

無しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

なお、温度については小数点1前で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

コンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2.1に示す。

コンクリート製建築表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は77.9℃であり許容温度である200℃以下であることを確認した。気流防止に必要な距離である危険距離についても危険距離を下回っていることを確認した。

2.3. 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の熱バランス式²⁾より第二付属排気筒の温度上昇を求め、第二付属排気筒の温度Tが許容温度350℃以下であることを評価した。また、同式を用いて、第二付属排気筒の温度が350℃となる輻射強度を算出した。

$$T = \frac{E}{h} + T_0 \quad (1)$$

T：温度 [℃]

E：輻射強度 [W/m²]

h：熱伝達率 (17.0 [W/m²/K])³⁾

T₀：周囲空気温度 (50 [℃])⁴⁾

※1：水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温である38.2℃に保守性を持たせた値

(1)式で求めた輻射強度となる形態係数φを、ガイドに依り(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

R_f：輻射強度 [W/m²]

R_f：火炎輻射強度 [W/m²]

φ：形態係数

(2)式で求めた形態係数φとなる危険距離Lをガイドに依り(3)式より算出し

た。

$$\phi = \frac{1}{m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{x} \left[\frac{(A + 2n)}{n\sqrt{AB}} \right] \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \quad (3)$$

ただし、 $m = \frac{R}{r} \approx 3$ 、 $n = \frac{L}{r}$ 、 $A = (1 + n)^2 + m^2$ 、 $B = (1 - n)^2 + m^2$

- φ：影響係数
- H：火炎長 [m]
- L：危険距離 [m]
- R：燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの危険距離を下回るか評価を実施した。

なお、温度については小数点1附で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

第二付属機材に対する熱影響評価結果を表2.2-1に示す。

第二付属機材の温度上昇を評価した結果、第二付属機材の最高温度は83.5℃であり許容温度である55℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても危険距離を下回っていることを確認した。

表2.2-1 コンタリート製外壁に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [℃]	危険距離 [m]
計画飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	51.9	23
有燃料方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）	B747-400	43.9	37
自衛隊機又は民間機	訓練空域外を飛行中空中給油機等、高度度での巡航が想定される大型固定翼機	F-707	59.7	40
	基地～訓練空域間飛行時	F-15	77.9	10

表 2.3-1 第二付属機室筒に対する熱影響評価結果

落下事故のシナリオ		対象航空機	評価高度 [C]	見通距離 [m]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	62.5	15
有視界方式 低空受機	大型機（大型固定翼機及び大型 回転翼機）	B747-400	64.5	30
自衛隊機又は 元米機	訓練空域外を飛行中空中給油機 等、高高度での巡航が想定され る大型固定翼機	RQ-707	61.0	31
	基地～訓練空域間在空時	F-15	62.5	11

1. 参考文献

- [1]安全工学講座「火災」，南文堂出版，（1983）
- [2] 空気調和・衛生工学会，空気調和・衛生工学概説，（2010）
- [3] 日本機械学会 伝熱工学資料改訂第3版，（2000）
- [4] 原子力規制委員会，原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書C 原子力発電所の敷
地内への航空機墜落による火災の影響評価について，（平成25年6月）
- [5] 建築火災のメカニズムと火災安全設計，原田和典，財団法人日本建築センター，（2007）

コンクリートの許容温度について

1. コンクリートの許容温度

「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」^[1]に基づき、コンクリートの強度が維持される温度である 200℃を許容温度として設定する。図 1-1 に「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋を示す。

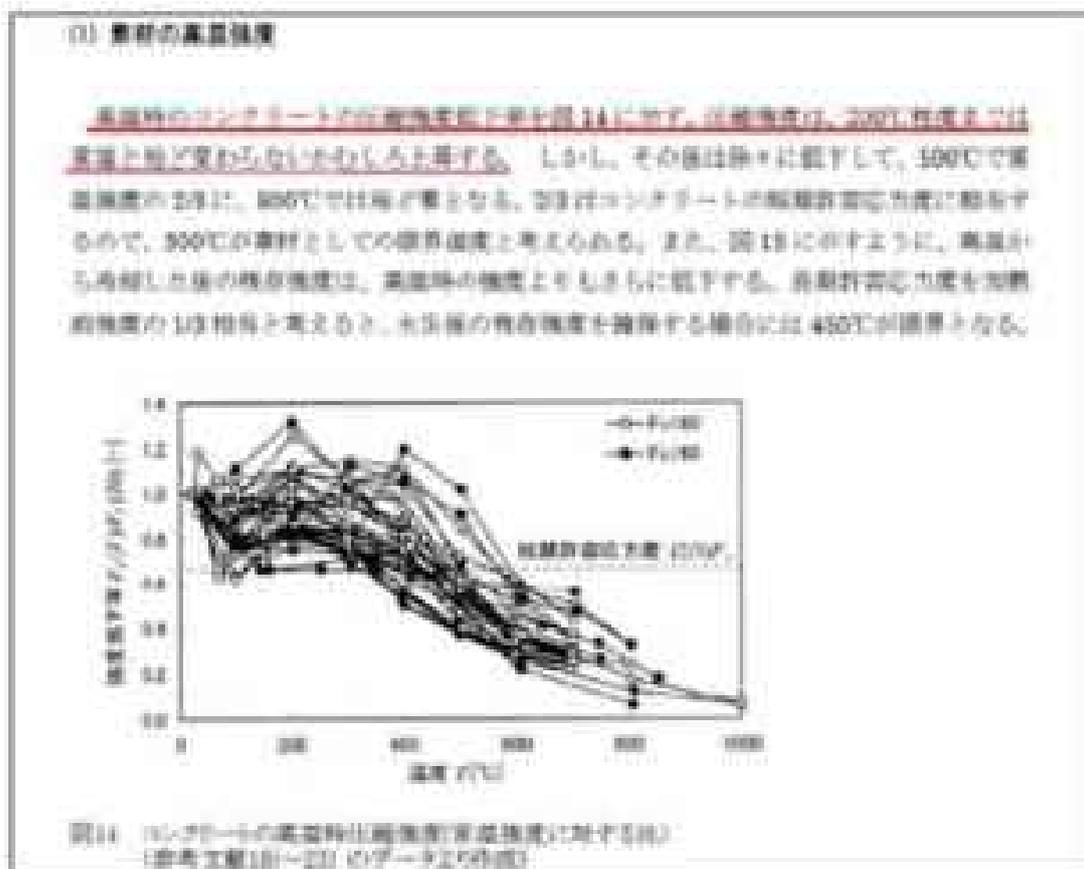


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

2. 参考文献

- [1] 原田和典。建築火災のメカニズムと安全設計。財団法人日本建築センター。(2007年)

航空機墜落火災と森林火災の重畳評価

1. 重畳評価で想定するケースの検討

航空機が森林に墜下したことを想定して、航空機墜落火災と森林火災による重畳評価を実施した。

航空機墜落火災として想定する機種は添付資料 6-1-4-10-3 「航空機墜落における火災熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」の評価結果より、最も熱影響が大きいF-15とした。

森林火災として想定するケースは別紙 6-1-4-8 「高放射性廃油貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発施設の森林火災影響評価に関する説明書」の評価結果より、コンクリート製建家については最も熱影響が大きい発火点1、第二付属排気筒については発火点3とした。

2. 評価に使用したデータ

重畳評価に使用したデータを表2-1及び表2-2に示す。

表2-1 重畳評価に使用したデータ（コンクリート製建家）

火災源	HAW		TVF	
	壁面温度[℃] [※]	上昇温度[℃]	壁面温度[℃] [※]	上昇温度[℃]
航空機墜落火災 (F-15)	77.0	27.0	77.0	27.0
森林火災 (発火点1)	70	20	101	71

※初期温度は 50℃

表2-2 重畳評価に使用したデータ（第二付属排気筒）

火災源	第二付属排気筒	
	壁面温度[℃] [※]	上昇温度[℃]
航空機墜落火災 (F-15)	92.5	02.5
森林火災 (発火点1)	77	27

※初期温度は 50℃

1. 評価結果

両火気源の上昇温度より重量評価を行った。重量評価結果を表3-1に示す。

どのケースにおいてもコンクリートの許容温度 200℃及び鋼材 (SMA41) の許容温度 350℃を下回ることを確認した。

表3-1 重量評価結果

施設	最高温度[℃] ^{a)}	許容温度[℃]
HAW	100.9	200
TVF	148.9	200
第二台風機気筒	100.5	350

^{a)} 平均最高温度は 54℃

航空機墜落火災と積燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設の重畳評価

1. 重畳評価で想定するケースの検討

航空機が積燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設（以下「屋外貯蔵施設」という）に落下したことを想定して、航空機墜落火災と屋外貯蔵施設火災による重畳評価を実施した。

航空機墜落火災として想定する機種は添付資料 6-1-4-10-3 「航空機墜落における火災熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」の評価結果より、最も熱影響が大きいA-15とした。

想定する屋外貯蔵施設は添付資料 6-1-4-2 「石油貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」の評価結果より、最も熱影響が大きい中央運転管理室屋外直液タンクとした。

航空機落下確率が 10^{-6} (回/年) に相当する面積と屋外貯蔵施設の位置関係を図 1-1 に示す。



図 1-1 航空機落下確率が 10^{-7} (98%/年) に相当する面積と揚子貯蔵施設的位置関係

2. 評価に使用したデータ

重量評価に使用したデータを表2-1及び表2-2に示す。

表2-1 重量評価に使用したデータ（コンクリート製機室）

火災源	HLW		TVF	
	燃焼温度[℃] [※]	上昇温度[℃]	燃焼温度[℃] [※]	上昇温度[℃]
航空機墜落火災 (P-15)	77.9	27.9	77.9	27.9
屋外貯蔵施設 (中央運輸管理 屋外電源タンク)	50.9	0.0	50.8	0.8

※初期温度は50℃

表2-2 重量評価に使用したデータ（第二付属排気筒）

火災源	第二付属排気筒	
	燃焼温度[℃] [※]	上昇温度[℃]
航空機墜落火災 (P-15)	82.5	32.5
屋外貯蔵施設 (中央運輸管理 屋外電源タンク)	50.0	0.0

※初期温度は50℃

1. 評価結果

両火災源の上昇温度より重量評価を行った。重量評価結果を表3-1に示す。

どのケースにおいてもコンクリートの許容温度 200℃及び鋼材 (SMA41) の許容温度 150℃を下回ることを確認した。

表3-1 重量評価結果

施設	燃焼温度[℃] [※]	許容温度[℃]
HLW	78.9	200
TVF	78.7	200
第二付属排気筒	83.1	150

※初期温度は50℃

有毒ガス及びばい塵の影響評価について

1. 概要

外部火災により発生するばい塵については、火災による上昇気流により上空に運ばれるため、ばい塵が防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが、ばい塵及び有毒ガスが設備に与える影響について、評価を実施する。

2. 評価対象

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド¹⁾」では、ばい塵による安全上重要な設備に対する影響として、燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による換気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等が挙げられている。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に電力やユーティリティを供給する施設の恒設設備（外部電源及び非常用変電場、蒸気及び工業用水の供給施設）については事故対処設備として配備する設備により代替するため、ばい塵の影響が想定される設備として、「外気を取り込む空調系統」について評価を実施する。また、建室内にばい塵及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。影響評価対象設備を表2-1に示す。

なお、ばい塵の粒径については浮遊粒子状物質の粒径である $10\ \mu\text{m}$ ²⁾を想定し、PM10により評価した。

表2-1 ばい塵及び有毒ガスによる影響評価対象

分類	評価対象設備	
機器への影響	外気を取り込む空調系統	換気系設備
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	HAW 内居住空間 TVF 内居住空間

3. 評価結果

3.1 外気を取り込む空調系統

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の換気系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。捕集率97%以上（粒径 $10\ \mu\text{m}$ ）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径 $0.3\ \mu\text{m}$ ）の高性能フィルタを有しているため、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい塵は、このフィルタにより侵入を阻止可能である。また、ばい塵によるフィルタの閉塞については、プ

フィルタ差圧は常時監視しており、フィルタ差圧が運転範囲の上限まで上昇した場合には、フィルタを交換することで通常の運転状態に復旧できる。

したがって、ばい塵の影響により外気を取り込む空調系統に直ちに影響を与えることはない。

HLAW換気系の系統概略図を図3.1-1に、TVF換気系の系統概略図を図3.1-2に示す。

3.2 可能性評価

高放射性廃液貯蔵場（HLAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に投入する有毒物質（CO、CO₂及びPM10（ばい塵））の最大濃度を「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」⁽¹⁴⁾で判断基準とされているImmediately Dangerous to Life or Health⁽¹⁵⁾（以下「IDLH」という。）と比較することで、有毒ガスに対する評価を実施し、作業員に影響を及ぼさないことを評価した。

なお、外部火災発生時に高放射性廃液貯蔵場（HLAW）倒壊時に対応する必要はなく、30分以内に退避可能である。

※30分爆風によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

3.2.1 影響評価手法

火災による有毒ガス及びばい塵の発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象施設入り口における有毒ガス濃度及びばい塵濃度 C_{TSP} を評価した。

（有風時ブルーム式）⁽¹⁶⁾

$$C_{TSP} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left(-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right) \quad (1)$$

（Briggの値地上昇過程式）⁽¹⁷⁾

$$H_e = 1.6r^{1/4} + z^2 + u^{-1} \quad (2)$$

- C_{TSP} : 濃度
- Q : 有毒ガス・ばい塵発生量 (No³/s)
- H_e : 有効発生高さ (m)
- σ_y, σ_z : 拡散パラメータ (m)
- u : 風速 (m/s)

F	： 換熱フラックス (m^2/s^2) = $0.037 Q_H$
Q_H	： 換熱熱量 (kcal/s) = $m A \Delta H_{c,eff}$
$\Delta H_{c,eff}$	： 換熱時発熱量 (kcal/kg)
A	： 燃焼面積 (m^2)
m	： 質量低下速度 ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)
x	： 発生源と入気口との横断距離 (m)
r	： 発生源と入気口との鉛直方向距離 (m)
r_0	： 換気ブルーム軸からの距離 (m)

図 3.2.1-1 に、入気口における有害ガス・ばい煙濃度評価手法の概要を示す。

本評価では、航空機庫等火災を想定し、それぞれの火災により発生する有害ガス及びばい煙の入気口位置における濃度を求める。評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有害ガス・ばい煙発生量 Q を算出する。
- ② 火災源における換熱熱量 Q_H を算出する。
- ③ 式 (2) を用いて、入気口中央の地表面からの高さ H と等しくなる風速 w を求める。
- ④ 式 (1) を用いて、入気口における有害ガス・ばい煙濃度を求める。

有害ガスの場合、それぞれの火災源に対して算出した入気口位置の有害ガス濃度の合算値を評価値として、IDLH の値以下であることを確認した。評価結果を表 3.2.1-1 から表 3.2.1-8 に示す。算出に用いた詳細なデータを別紙 (6-1-4-10-4) 「有害ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について」に示す。

その結果、全ての評価対象において IDLH 以下であり、高放射線施設貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の耐震性が直ちに損なわれることはないと評価できた。

運転員が常駐するガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の制御室については、30 分以内に給気ダンプを閉止して外気と隔離することを可能とする措置を講じる。また、外部火災発生時に高放射線施設貯蔵場 (HAW) 制御室に常駐する必要はないため、30 分以内に退避可能であるとともに、外部火災の影響下で現場操作等が必要な場合に備えて、防護マスク等の装備を配備する。以上の安全対策により航空機の墜落による火災時においても施設内で必要な活動を継続することができる。

なお、日本産業衛生学会の勧告する許容濃度²⁾と比較しても有害ガス濃度は低く、ばい煙濃度は許容値を超えるが大きく違わないことを確認している。詳細は別紙 6-1-10-4-2 「有害ガス・ばい煙濃度と許容濃度の比較」に示す。

表 3.2.1-1 ガス濃度評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH 値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバー	171	2.75	0.05	0.28
TVF給気座	192	3.1	0.05	0.32

表 3.2.1-2 ばい煙濃度評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	ばい煙濃度(mg/m ³)	
	IDLH	1750(mg/m ³)
HAW入気チャンバー	17	
TVF給気座	19	

表 3.2.1-3 ガス濃度評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH 値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバー	643	10.36	0.16	1.06
TVF給気座	719	11.38	0.17	1.19

表 3.2.1-4 ばい煙濃度評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	ばい煙濃度(mg/m ³)	
	IDLH	1750(mg/m ³)
HAW入気チャンバー	62	
TVF給気座	70	

表 3.2.1-5 ガス濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行KC-767))

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH 値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバー	612	9.45	0.09	0.97
TVF排気塔	682	10.54	0.10	1.09

表 3.2.1-6 (b)・煙濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行KC-767))

評価対象	(b)・煙濃度(mg/m ³)	
	IDLH 1750(mg/m ³)	
HAW入気チャンバー	59	
TVF排気塔	66	

表 3.2.1-7 ガス濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域注視)F-15)

評価対象	ガス濃度(ppm)			
	IDLH 値			
	CO ₂ (40000)	CO (1200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバー	2929	45.24	0.42	4.94
TVF排気塔	2971	45.90	0.42	5.01

表 3.2.1-8 (b)・煙濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域注視)F-15)

評価対象	(b)・煙濃度(mg/m ³)	
	IDLH 1750(mg/m ³)	
HAW入気チャンバー	283	
TVF排気塔	286	

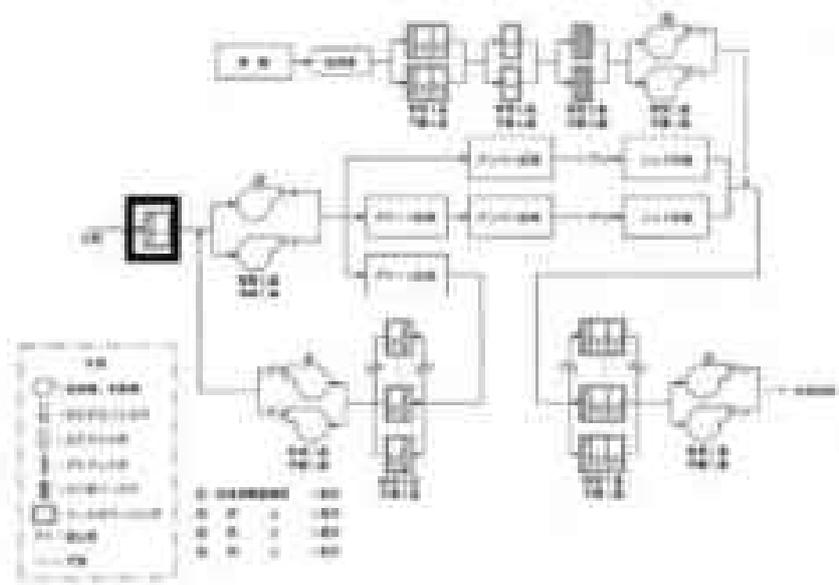


図 3.1-1 HAW 換気系の系統概略図

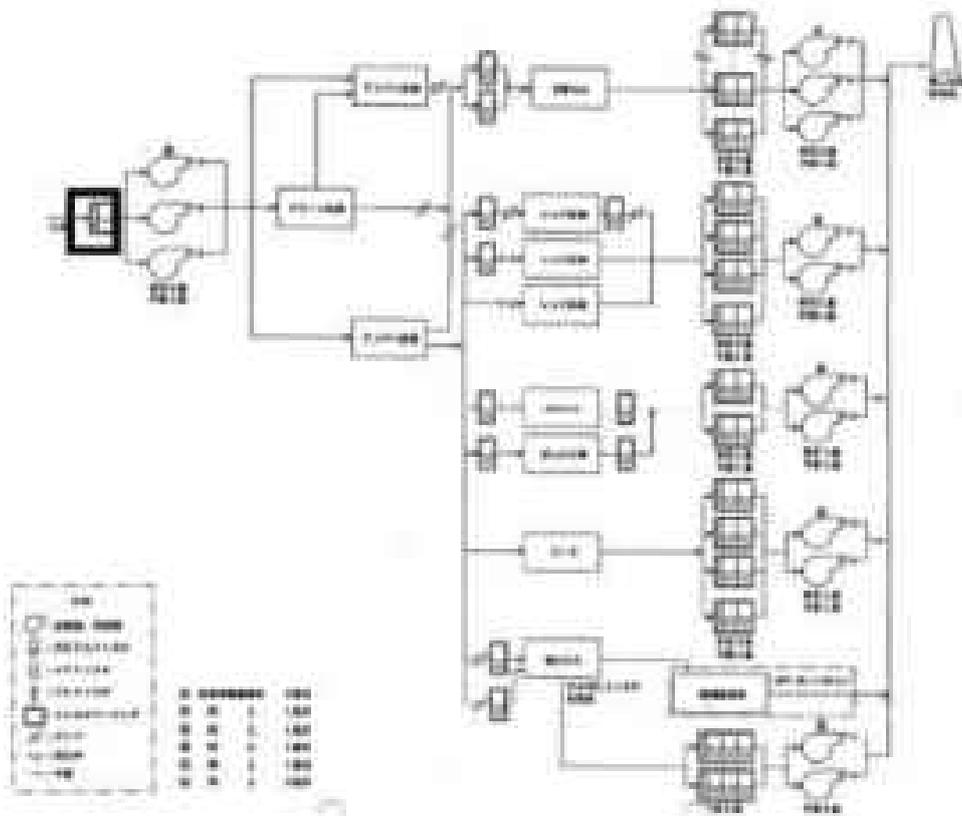


図 3.1-2 TVF 換気系の系統概略図

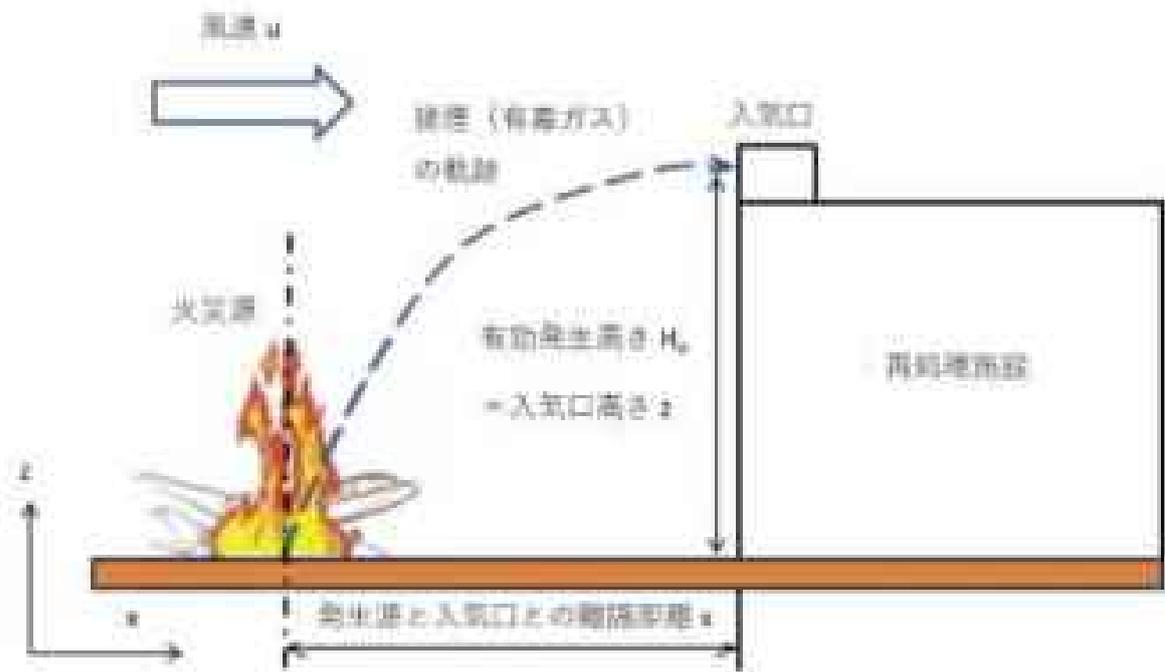


図3.2.1-1 入気口における有害ガス・ばい煙濃度評価手順の概念

4. 参考文献

- [1]原子力規制委員会。原子力発電所の外部大気影響評価ガイド。(平成25年8月)
- [2]環境庁告示25号。大気の大気汚染に係る環境基準について。(昭和48年5月8日)
- [3]森本 正徳。ばい煙発生施設からのばいじん粒子の解析。愛知県環境調査センター所報。38号。p.1-6。(2010)
- [4]原子力規制委員会。有毒ガス防護に係る影響評価ガイド。(平成29年4月)
- [5]The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values
<https://www.cdc.gov/niosh/dlh/intel/dlh.html>
- [6]公益研究センター要素化学物質規制マニュアル
- [7]S.R.Hanna, G.A.Briggs and R.P.Husker, Jr., "Handbook on Atmospheric Diffusion", pp.13-15, DOE/TIC-11223, U.S. DOE.
- [8]日本産業衛生学会。評価濃度等の報告(2019年度)。産業衛生学会誌。(2019年5月)

有毒ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について

1. 評価対象及び火災源に関するデータ

表1-1から表1-4に評価対象からの距離に関するデータを示す。

表 1-1 非営飛行方式民間航空機 及 737-800

評価対象	距離距離 [m]	人口密度 [人]
HAWA気チャンバー	224	■
TVF給気塔	224	■

表 1-2 有界方式民間航空機大型機 B747-400

評価対象	距離距離 [m]	人口密度 [人]
HAWA気チャンバー	200	■
TVF給気塔	200	■

表 1-3 自衛隊機及び米軍機(訓練空域外)高高度飛行 KC-707

評価対象	距離距離 [m]	人口密度 [人]
HAWA気チャンバー	300	■
TVF給気塔	300	■

表 1-4 自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域) KC-10

評価対象	距離距離 [m]	人口密度 [人]
HAWA気チャンバー	30	■
TVF給気塔	30	■

2. 火災発生時の有毒ガス・ばい煙の発生量の算出

表2-1に燃焼特性に関するデータを、表2-2に火災規模に関するデータを示す。

表 2-1 燃焼特性に関するデータ

	JetA-1	JP-4
発熱量 $[kJ/kg]^{※1}$	43200	43500
$[kcal/kg]^{※2}$	10300	10300
質量低下速度 $[kg/m^3]^{※3}$	0.039	0.051
Emission Factor $[kg/kg]$		
$CO_2^{※4}$	2.9250	0.0530
$CO^{※4}$	0.0300	0.0300
$SO_2^{※4}$	0.0010	0.0005
$NO_2^{※4}$	0.0050	0.0050
ばい煙 ^{※5}	0.1433	0.1493

※1：NUREG-1466 記載値

※2：4,184 J=1 kcal で換算しおの値に求めた。

※3：環境省の航空機事故ガス排出量算定・報告マニュアルに基づき算出^①

※4：原油火災試験の計測結果を採用^②

※5：米国 EPA（環境省）及び FAA（連邦航空局）が提示する Emission Factor を
採用^{③④}

※6：消防庁報告より、燃収率は0.10～0.15となることから、保守的に燃収率0.15
として算出^⑤

表 2-2 大気源に関するデータ（概算値）

大気源	出 量	燃焼 面積	燃料 消費 速度	排出 熱量	燃焼 プラッ クス	ガス発生量(Nm ³ /h)				ばい煙 発生量 (kg/h)
		km ²	kg/s	hcal/s	km ³ /h	CO ₂	CO	SO ₂	NO _x	
計器機 行方式 民間航 空機 BT37- 800	Jet A-1	120.0	4.91	50500	1808	7.322	0.118	0.0018	0.012	0.704
有翼機 方式 民間航 空機大 型機 BT47- 400	Jet A-1	700.0	27.30	281100	10400	40.708	0.656	0.0096	0.067	3.913
自動車 種及び 大車種 （乗用車 軽乗用車 大型車） KC-767	JP -4	400.0	20.70	210200	7888	32.174	0.497	0.0044	0.051	3.091
自動車 種及び 大車種 （乗用車 軽乗用車 大型車） F-15	JP -4	65.0	2.29	23500	893	3.593	0.055	0.0005	0.008	0.342

※：ガス発生量＝燃料消費速度×Emission Factor×22.40(Nm³)←ガス成分の分子量

※：ばい煙発生量＝燃料消費速度×Emission Factor

2. 評価対象

表3-1から表3-4に入気口における流速を示す。

表 3-1 計器飛行方式民間航空機 B737-800

評価対象	機体距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m ³ /s]	流速 [m/s]
HAW入気チャンパー	228	■	1908	33.0
TVP給気機	228	■	1908	28.8

表 3-2 右座席方式民間航空機大型機 B747-400

評価対象	機体距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m ³ /s]	流速 [m/s]
HAW入気チャンパー	209	■	10400	58.5
TVP給気機	209	■	10400	49.3

表 3-3 自衛隊機及び米軍機(訓練空域外)高高度飛行KC-707

評価対象	機体距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m ³ /s]	流速 [m/s]
HAW入気チャンパー	200	■	7888	51.8
TVP給気機	200	■	7888	42.7

表 3-4 自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域内)F-15

評価対象	機体距離 [m]	入気口高さ [m]	評価 フラックス [m ³ /s]	流速 [m/s]
HAW入気チャンパー	83	■	860	8.3
TVP給気機	83	■	860	6.8

4. 拡散パラメータ

前述の表3-1から表3-4において、風速は4 m/s以上となっている。

表4-1に示す大気安定度分類表より、風速4 m/s以上については大気安定度C又はDとなることから、保守性を考慮して大気拡散の弱い大気安定度Dを採用した。

表4-2に示すPasquill・Gifford法の近似関係（離隔距離＝風下距離0～1000 m）の安定度C、Dの式より拡散パラメータ $\sigma_y(x)$ 及び $\sigma_z(x)$ を算出した。算出した拡散パラメータは、風による拡散しか考慮されていないため、鉛直方向の拡散パラメータ $\sigma_z(x)$ については、浮力拡散を考慮するために表4-2に示すNtzevichを加えた値を採用した。なお、Ntzevichは入気口高さとした。

表4-1 大気安定度分類表

風速 (U) m/s	日射量 (T) kW/m ²				日照収支差 (Q) kW/m ²		
	T ≥ 0.00	0.00 > T ≥ 0.10	0.30 > T ≥ 0.15	0.15 > T	Q ≥ -0.020	0.020 > Q ≥ -0.040	-0.040 > Q
U < 2	A	A-B	B	D	D	C	C
2 ≤ U < 3	A-B	D	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

（発電用原子炉施設の安全解析に関する気象資料^Ⅲより抜粋）

表4-2 拡散パラメータ（有害酸化物総量規制マニュアル^Ⅲより抜粋）

Pasquill・Gifford法の近似関係

$$\sigma_y(x) = Y_1 \cdot x^{0.8}$$

安定度	σ_y	Y_1	風下距離 x [m]
C	0.024	0.1772	0～1000
D	0.020	0.1107	0～1000

$$\sigma_z(x) = Y_2 \cdot x^{0.8}$$

安定度	σ_z	Y_2	風下距離 x [m]
C	0.018	0.1008	0～1000
D	0.026	0.1001	0～1000

表 4-3 距離-時間-σ_z

TABLE 3. TABLE OF REPRESENTATION FOR INTERIM CHANGES IN THE WORKBOOK VALUES OF THE DISPERSION PARAMETERS σ_y AND σ_z

For horizontal spread σ_y , irrespective of the terrain roughness, release height and sampling duration up to up to about 1 hour, use the formula:

$$\sigma_y^2 = \sigma_y^2(x), \quad \sigma_y \text{ in meters}$$

with σ_y^2 the best available estimate of the standard deviation of the wind direction fluctuation for the sampling time of interest and for the height at which σ is specified, and with values of $f(x)$ as follows:

$x(\text{m})$	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	∞
$f(x)$	1.0	0.7	0.65	0.4	0.3	0.4	0.35	$1.3503(x)^{0.17}$

For $x \geq 20$ m add to the square of the σ_y^2 as obtained above the quantity $0.02(x)^{1.5}$ and take the square root to give the total σ_y , with x the total change of mean wind direction over the depth of the plume.

For vertical spread σ_z , for air sampling time for a surface release, and say 100 min for an elevated release (see Section 3), use the existing workbook curves with adjustment or correction as follows:

- For sampling with σ_z obtained from 2.00 using factors listed in P. 6, Smith's diagram (Ref. 1 or Ref. 6, p. 377)
- To allow for 'urban heating' when a stability category one-half category more unstable than that prescribed in the model was in the ambient
- For evaluating the concentration at the surface from a surface release, consider estimates of the effective plume height z^* at the exit-time of sampling, recognizing especially its growth from very small values in stable states, and then adjust either σ_z as given by the curves, or 0.85 z^* , whichever is the smaller, for substitution in eq. (6).
- For buoyant plumes, increase the σ_z obtained from the curves by adding 20% above z^* to the estimated plume rise.

* P. 6 see Notes on Table 2

Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling Part II¹⁰ 2.9 (47)

5. 参考文献

- [1] 環境省 固定燃焼ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.4)
- [2] Russ J.L., Ferek R.J. and Hubbe P.V., "Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean", *J. Air & Water Manage. Assoc.*, 40, pp.251-259, (1990).
- [3] U.S. EPA AP-42, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I Stationary Point and Area Sources".
- [4] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [5] 消防研究所研究資料第46号, 大塚橋石油タンクの燃焼に関する研究報告書, (平成11年).
- [6] 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針, 原子力安全委員会決定 (初版), (昭和57年1月28日)
- [7] 公害研究開発センター, 「固定燃焼炉排煙量規制マニュアル[新編]」, (2000)
- [8] Chandler, M. W. Summary Report of the NCAQ Atmospheric Dispersion Modeling Panel Volume 2 Prepared for The National Commission on Air Quality, (March, 1980)

有毒ガス・ばい塵濃度と許容濃度の比較

1. 概要

屋外貯蔵施設における大気により発生する有毒ガス・ばい塵濃度について、日本産業衛生学会の報告する許容濃度¹⁾の比較を行った。

許容濃度とは、労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に重くない労働強度で有害物質に曝露される場合に、当該有害物質の平均曝露濃度がこの数値以下であれば、ほとんど全ての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度である。

2. 評価結果

評価対象となる有毒ガス（CO₂及びCO）及びばい塵濃度の最大値と許容濃度を比較した。表2-1に最大濃度と許容濃度の比較結果を示す。なお、ばい塵濃度はカーボンブラックとして評価し、捕集率85%以上（粒径10µm）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径0.3µm）のフィルタによる削減効果を考慮した。また、SO₂及びNO₂については、まだ許容濃度が定まっていないため比較評価は行っていない。

その結果、有毒ガス（CO₂及びCO）は許容濃度に対して低いことを確認した。また、ばい塵濃度は許容濃度を超えているが大きく変わらないことを確認した。

表2-1 最大濃度と許容濃度の比較結果

物質名		CO ₂ [ppm]	CO [ppm]	ばい塵 ²⁾ [mg/m ³]
許容濃度		5000	50	1
最大濃度	FLAW	2918	45.1	1.29
	TVF	2932	45.8	1.29

※ばい塵はカーボンブラックとして評価。

3. 参考文献

1) 日本産業衛生学会、許容濃度等の報告（2019年度）、産業衛生学雑誌、（2019年5月）

再処理施設の溢水防護対策の基本的考え方

廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HAW）と、長期間ではないものの分離精製工場等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、安全対策を最優先で講じる必要がある。

このため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、地震対策や津波対策と同様、施設内での溢水（以下「内部溢水」という。）に対しても、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることのないよう以下の対策を講ずる。

1. 防護対象について

- ① 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の各建家に設置されている重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を担う施設^{※1}を内部溢水の防護対象とする。

2. 溢水影響評価について

- ① 内部溢水の影響として、配管等の想定破損、地震による破損に伴う没水影響、被水影響、蒸気影響及び消火活動に伴う没水影響、被水影響を考慮する。
- ② 溢水源については、現場調査による配管ルート等の確認、開口部貫通部等の確認を行い、破損の想定においては単一の溢水源について系統の保有水量が漏えいする、地震についてはB,Cクラスの配管等は全て破損するものとして保守的な溢水量を設定する。
- ③ 保守的な溢水源の設定において「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」に基づく溢水影響評価を行い、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）に係る防護対象設備に対して、没水影響、被水影響、蒸気影響により多重化された2系統が共に機能喪失に至る溢水源を特定する。

- ・ 没水影響については、没水高さが機能喪失高さを超えた場合に防護対象設備が損傷する。
- ・ 被水影響については、溢水源と防護対象機器の間に被水防止板等の障害物がなければ距離によらず被水するものとし、防滴仕様でない設備は被水により損傷する。
- ・ 蒸気影響については、防護対象設備がある区画内に蒸気配管がある場合には想定破損、地震起因の破損による蒸気漏えいにより防護対象設備が損傷する。

3. 溢水防護対策について

① 重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることを防止するため、溢水源又は防護対象機器に対して以下のいずれかの対策を講じる。

- ・ 2系統が共に機能喪失に至ると評価された溢水源に対して、ガイドに基づく想定破損の応力評価又は基準地震動に対する応力評価を実施し、溢水源から除外できるかを評価する。許容応力を満足できないものについては補強対策により溢水源とならないよう対策を行う。

- ・ 被水影響により機能喪失に至るおそれのあるものは、被水防止板、被水防止シートの設置又は耐候仕様とする等の対策を行う。

なお、電気盤等の電気設備の消火には水を用いない手段で消火活動を行う。

- ・ 没水影響により機能喪失に至るおそれのあるものは、堰を設置する等の対策を実施する。なお、区画境界の扉を開放して消火活動を行う場合には、開放扉からの溢水流出を考慮する。

- ・ 蒸気影響等、建家外からの供給が継続することでの溢水影響により機能喪失に至るおそれがあるものは、供給停止操作を行うよう対策する。また、必要に応じて供給停止操作に必要な手動弁、遮断弁を設置する。

② 一方、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を担う施設のうち、溢水影響に耐えるように対策することが困難又は合理的でない場合においては、代替策としての有効性を確認した上で事故対処設備^{※2}等により閉じ込め及び崩壊熱除去に必要な安全機能が維持できるようにする。

上記を踏まえ、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の溢水影響評価、防護対策の設計を令和2年度末までに行い、設計及び工事の計画として溢水防護対策に係る廃止措置変更認可申請を令和3年4月に行う。溢水防護対策に係る対応スケジュールを表-1に示す。

上記以外の施設については、今後とも安全かつ継続して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう、それぞれのリスクに応じた対策を講じることとする。

※1 内部溢水に対して安全機能を維持すべき対象設備は、別添 6-1-2-1「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方」で示した閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う設備とする。

なお、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を担う施設のうち、溢水影響により安全機能が損なわれない設備（容器，熱交換器，配管等）は溢水影響評価対象から除外する。また，屋上に設置する屋外設備は耐候性を有することから溢水影響評価対象から除外する。さらに，当該機器が機能喪失しても重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）に影響しない機器についても溢水影響評価対象から除外する（フェイルセーフ機能を持つ設備を含む）。

なお，非常用発電機については，建家の耐震性が担保できないことに伴う機器及び配管の様々な破損が想定され，基準の要求を合理的に満足することが困難であることから評価対象から除外する。

※2 別添 6-1-2-1「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方」に示した事故対処設備。

表-1 溢水防護対策に係る対応スケジュール

		R2年度				R3年度				R4年度								
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1	第2	第3	第4	第1	第2	第3	第4					
溢水防護対策に係る設計	溢水源等の種類調査 ・配管ルート等の確認 ・開口部、貫通部等の確認	HAW																
		TVF																
	仮定的な溢水量での溢水影響評価 (当該施設が機能喪失するおそれのある溢水源の特定)	HAW																
		TVF																
溢水源の特定と対策の検討	・詳細能力評価による溢水源の特定 ・防護対策の検討 (配管補強、浸水対策、漏水対策、漏気対策)		HAW															
				TVF														
防護対策の設計	・配管補強 ・漏水防止板等の設置 ・扉等の設置 ・漏気等の供給停止							HAW、TVF										
									変更申請									
対策工事	溢水防護対策工事の実施									準備/工事 (HAW) ※								
										準備(TVF)	工事(TVF)					工事(TVF)		

※HAWの対策工事については、溢水防護対策の設計結果を踏まえて検討する。

再処理施設の制御室の安全対策の基本的考え方

廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HAW）と、長期間ではないものの分離精製工場等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、安全対策を最優先で講じる必要がある。

このため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、制御室について想定される事象を踏まえて必要な安全機能を整理し、重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることのないよう以下の方針で対策を講じる。制御室の安全対策に係る対応スケジュールを表－1に示す。

1. 制御室の現状について

- ① ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、TVF 制御室に工程監視盤等が設置されており、運転員が常駐してパラメータの監視を行っている。高放射性廃液貯蔵場（HAW）については、廃液の貯蔵を行っている施設であり運転員が常駐せずに、巡視によりパラメータの監視を行っており、通常時は、分離精製工場（MP）の中央制御室にて常駐する運転員が高放射性廃液貯蔵場（HAW）の警報等の監視を行っている。

2. 制御室の想定事象について

- ① 地震、津波、竜巻、外部火災等の外部事象の発生を想定する。外部火災等については、発生する有毒ガスの影響を考慮する。
- ② 重大事故として、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における高放射性廃液の蒸発乾固を想定する。蒸発乾固に伴い放出する放射性物質の影響を考慮する。

3. 制御室の安全対策について

- ① 地震、津波、竜巻、外部火災等の外部事象が発生した場合においても、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）に係るパラメータを監視できるようにする。
- ② 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発

棟に影響を及ぼすおそれのある地震，津波，竜巻，外部火災等の外部の状況を把握できるようにする。

- ③ 重大事故（高放射性廃液の蒸発乾固）が発生した場合においても，運転員が施設内にアクセスし，制御室にとどまって，事故対処に必要な運転・操作等として，温度，液位等のパラメータの監視を行えるようにする。
- ④ 制御室について対策することが施設の現況等に照らし，合理的ではない場合又はより難しい事情がある場合には，代替策としての有効性を確認した上で事故対処設備^{※1}等により閉じ込め及び崩壊熱除去に必要な安全機能が維持できるようにする。

上記を踏まえ，高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室の安全対策に係る検討を行う。ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については，設計及び工事の計画として制御室に係る廃止措置計画変更認可申請を令和2年10月に行う。高放射性廃液貯蔵場（HAW）については，検討結果を踏まえて，廃止措置計画変更認可申請及び対策工事を検討する。

上記以外の施設については，今後とも安全かつ継続して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう，それぞれのリスクに応じた対策を講じることとする。

※1 別添 6-1-2-1「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方」に示した事故対処設備。

表-1 制御室の安全対策に係る対応スケジュール

	R2年度				R3年度				R4年度			
	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1	第2	第3	第4	第1	第2	第3	第4
制御室の安全対策に係る設計												
	事故時の居住性、有毒ガス対策の設計			▽ 変更申請※								
制御室の対策工事※					準備、製作			工事				

※HAWの変更申請，対策工事については，制御室の安全対策の設計結果を踏まえて検討する。

(別冊 1-13)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(ガラス固化技術開発施設 (TVF) の廃燃料の結合装置の製作及び交換)

その他再処理設備の附属施設（その18）

ガラス固化技術開発施設

目 次

	頁
1. 変更の概要	1
2. 準備すべき法令、基準及び規格	2
3. 設計の基本方針	3
4. 設計条件及び仕様	4
5. 工事の方法	6
6. 工事の工程	10

別 図 一 覧

- 別図-1 結合装置 (G21M11) の構造概要
- 別図-2 減圧ノズルと加熱コイルのタリアランスの確保方法
- 別図-3 加熱コイルの内部及び取付位置
- 別図-4 結合装置 (G21M11) の系統概要
- 別図-5 結合装置 (G21M11) の製作及び交換に係る工事フロー

表 一 覧

表一-1 総合装置 (G21M11) の仕様

表一-2 総合装置 (G21M11) の製作及び交換に係る工事工程表

1. 変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 104 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 100 号）第 44 条第 1 項の附則があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 15 日付け原規発第 1406132 号をもって認可を受け、令和 2 年 7 月 10 日付け原規発第 2007104 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

今回、工事を行うガラス固化技術開発施設（ITV）の溶融炉の結合装置の製作及び交換に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成元年 1 月 11 日に認可（安（核規）第 761 号）を受けた後、平成 12 年 12 月 13 日に「溶融炉等の更新」にて設計及び工事の方法の認可（平成 12・11・01 原第 6 号）を受け、その後、平成 14 年 5 月 20 日に「溶融炉等の更新に係る一部変更」にて設計及び工事の方法の変更の認可（平成 14・04・20 原第 6 号）を受けた「その他再処理施設の耐震施設（その 18）ガラス固化技術開発施設」のうち、溶融炉（021 炉 10）の運転に伴う加熱及び冷却により流下ノズルに傾きが生じ、流下ノズルが加熱コイルに接触して漏電リレーが作動し、流下操作の自動停止が生じたことから、流下ノズルの傾き方向に加熱コイルの取付位置を調整するとともに加熱コイル径を拡大することで、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確保した結合装置（021M11）を製作し、交換するものである。

本結合装置（021M11）の製作及び交換に関する設計及び工事の計画に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成 16 年 11 月 24 日の使用前検査合格証（平成 14・03・20 原第 8 号）の取得後、最初のものである。

2. 準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

(昭和 32 年法律第 160 号)

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」(昭和 46 年総理府令第 10 号)

「再処理施設の技術基準に関する規則」(令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号)

「日本産業規格 (JIS)」

3. 設計の基本方針

本申請に係る溶融炉（G21M00）の結合装置（G21M11）は、ガラス固化体容器上に搭載されたガラスサンプリング装置と溶融炉を結合し、溶融炉下部にある流下ノズルを加熱コイルにより加熱することで、溶融ガラスをガラス固化体容器に流下するための装置である。

本申請は、流下ノズルの傾き方向に加熱コイルの取付位置を調整するとともに加熱コイル径を拡大した結合装置（G21M11）を製作し、交換するものであり、再処理施設の技術基準に関する規則（令和2年原子力規制委員会規則第9号）第6条第2項並びに第10条第2項及び第3項に規定する技術上の基準を満足するよう行う。

4. 設計条件及び仕様

(1) 設計条件

結合装置 (G21M1) は、溶融炉 (G21M10) との接続を行う結合フランジ。ガラス因化体容器上に搭載されたガラスサンプリング装置と溶融炉 (G21M10) の結合を行うペローズ駆動部、流下ノズルの加熱を行う加熱コイル、給電フィード、ガイド管、のぞき窓、流下ノズルの冷却空気配管、ペローズ駆動用の操作空気配管等から構成され、遠隔操作により装置一体での交換が可能となるよう設計されており、本申請により製作する結合装置 (G21M1) においても、これらの設計内容に変更はない。

本申請により製作する結合装置 (G21M1) は、溶融炉 (G21M10) の運転に伴う加熱及び冷却により流下ノズルに傾きが生じ、流下ノズルが加熱コイルに接触して漏電リレーが作動し、流下操作の自動停止が生じた対策として、流下ノズルの加熱を行う加熱コイルについて、流下ノズルの傾き方向に取付位置を調整するとともに内径を拡大することで、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確保する。

結合装置 (G21M1) の構造概要を別図-1、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスの確保方法を別図-2、加熱コイルの内径及び取付位置を別図-3、結合装置 (G21M1) の系統概要を別図-4に示す。

(2) 仕様

結合装置 (G21M1) の仕様を表-1に示す。

表-1 結合装置 (G21M1) の仕様

項目	仕様
方式	圧空駆動方式
主要材料	SUS304、SUS304LTP、 SUSP304、SUSP304L
最高使用温度 (℃)	200
使用圧力 (kPa)	0.9~1.0
ペローズ変位量 (mm)	約 40
設計重量 (kg)	約 404

(5) 保守

結合装置（G21M1）は、遠隔交換可能な構造とする。また、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。

保守において交換する付属品等は、ガイド管、冷媒空気配管用ジャンパ管、操作空気配管用ジャンパ管及び給電スペース用ジャンパ管であり、これらの予備品を確保し、再処理施設保安規定に基づき、適宜、交換する。

5. 工事の方法

本申請に係る結合装置 (G2IM1) は、再処理施設の事業指定を受けたものである。本申請における工事については、再処理施設の技術基準に関する規則に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

(1) 工事の手順

本申請により製作する結合装置 (G2IM1) は、材料確認検査、寸法検査、重量検査及び外観検査により、仕様を満足していることを確認する。

結合装置 (G2IM1) の交換作業は、遠隔操作にて結合装置 (G2IM1) に付帯するジャンパ管の取り外し後、遠隔交換装置等により既設結合装置を取り外す。また、新規結合装置を隔離セル (R10) を介して固化セル (R00) へ搬入し、遠隔交換装置等により新規結合装置を取り付ける。その後、遠隔操作にて結合装置 (G2IM1) に付帯するジャンパ管を取り付け、試験・検査を適時行う。

結合装置 (G2IM1) の固化セル (R00) 内への搬入及び交換作業に際しては、クレーン (G5IM100, M101, M105)、円筒型マニプレータ (G5IM120)、パワーマニプレータ (G5IM160)、台車 (G5IM115) 等による遠隔保守作業、重量物運搬等の所要の作業に対して安全対策を施して行う。

取り外した既設結合装置は、放射性廃棄物として保管廃棄する。

結合装置 (G2IM1) の製作及び交換に係る工事フローを別図一に示す。

本工事において実施する試験・検査項目、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

① 材料確認検査

対 象：結合装置 (G2IM1) の主要部材

方 法：結合装置 (G2IM1) の主要部材の材料 (材質・化学成分・機械的性質) について、材料証明書等により確認する。

判 定：結合装置 (G2IM1) の主要部材が、表一に示す材料 (材質・化学成分・機械的性質) であること。

② 寸法検査

対 象：結合装置 (G2IM1) の主要な寸法、加熱コイルの内径及び取付位置

方 法：結合装置（G21M11）の主要な寸法、加熱コイルの内径及び取付位置について、適切な測定機器（ノギス、金属製直尺、鋼製巻尺等）等により確認する。

規 定：結合装置（G21M11）の主要な寸法が、別図－1に示す所定の寸法であること。

結合装置（G21M11）の加熱コイルの内径及び取付位置が、別図－3に示す所定の寸法及び取付位置にあること。

② 重量検査

対 象：結合装置（G21M11）の重量

方 法：結合装置（G21M11）の重量について、適切な測定機器（はかり等）等にて測定する。

規 定：結合装置（G21M11）の重量が404 g以下であること。

③ 外観検査(1)

対 象：結合装置（G21M11）の外観

方 法：結合装置（G21M11）の外観を目視により確認する。

規 定：結合装置（G21M11）の外観に使用上有害な傷、変形がないこと。

④ 外観検査(2)

対 象：結合装置（G21M11）の設置位置、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス

方 法：交換した結合装置（G21M11）の設置位置をITVカメラにより確認する。交換した結合装置（G21M11）の流下ノズルと加熱コイルの位置関係をITVカメラにより撮影し、撮影した画像から求める加熱コイルの内径、流下ノズルと加熱コイルの距離及び結合装置（G21M11）製作時の加熱コイル内径の実測寸法等を用いて、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確認する。

規 定：交換した結合装置（G21M11）が溶融炉下部に設置されていること。

画像処理により求めた流下ノズルと加熱コイルのクリアランスが4 mm以上確保されていること。

⑥ 作動試験(1)

対 象：台車と結合装置のインターロック機能

方 法：A台車（GS1M15A）が流下位置で、結合装置（G21M11）が非結合状態において、流下ノズルの加熱が行えないことを確認する。

A台車（GS1M15A）が非流下位置で、結合装置（G21M11）がB台車（GS1M15B）上の結合装置スペースと結合状態において、流下ノズルの加熱が行えないことを確認する。

判 定：工機制御装置（DC）の温度計（G21TR10.12）が温度上昇を示さず、流下ノズルが加熱されないこと。

⑦ 作動試験(2)

対 象：溶融炉（G21RE10）の流下操作

方 法：溶融炉（G21RE10）を運転状態とし、溶融炉（G21RE10）とガラス溶化炉容器上に設置されたガラスサンプリング装置との間が結合装置（G21M11）により結合された状態で流下操作を行い、流下ノズルの加熱ができ正常に流下できることを確認する。

判 定：流下操作中に流下ノズルと加熱コイルの接触がなく、正常に流下できること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

- ① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に及び、作業者に係る労働災害の防止に努める。
- ② 結合装置（G21M11）の交換は、溶融炉（G21RE10）の停止中に行う。
- ③ 結合装置（G21M11）の除染セル（2101）への搬入は、作業員が直接セルに入城し、作業を行うことから、作業手順、虫歯、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。また、系統及び設備の高年変化により、作業場所が高線量となっていることを考慮し、作業場所の線量評価を実施するとともに、必要に応じて、除染、遮蔽の設置等を行い作業者の被ばくの低減を図る。

- ④ 結合装置 (G21M11) の交換に係る容器部 (G21ME10) の遠隔保守及び重積物の運搬については、クレーン (G51M100, M101, M155)、両腕型マニピュレータ (G61M120)、パワーマニピュレータ (G61M160)、台車 (G61M115) 等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。
- ⑤ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。
- ⑥ 結合装置 (G21M11) の交換作業に伴うジャンパ管等の取り外し前に、圧空系統のセル外第1弁 (G21W209, G21W212, G21W214, G21W218, G21W237)、冷却水系統の入口側弁 (G21W244, G21W245) 及び出口側弁 (G21W248, G21W250) を閉止するとともに、「操作禁止」の表示を行う。
- ⑦ 結合装置 (G21M11) の交換作業後の炉内圧力が正常な範囲内にあることを確認する。また、結合装置 (G21M11) の交換作業に伴い遠隔コネクタを取り外す熱電対の温度指示値について、作業前後の指示値を確認し、正常に復帰していることを確認する。
- ⑧ 本工事においては、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-2に示す。

表-2 結合装置（G2IM1）の製作及び交換に係る工事工程表

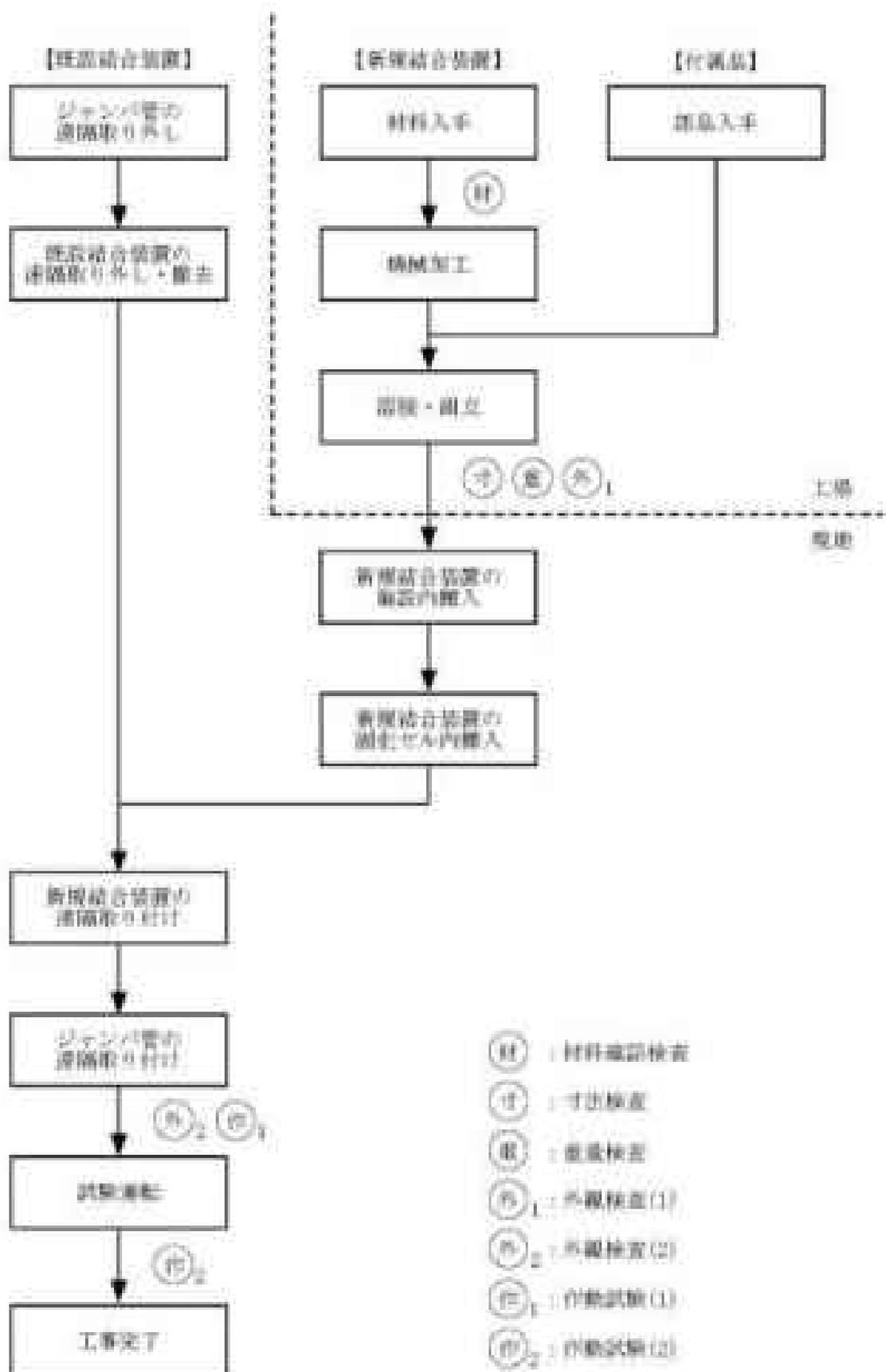
	令和2年度			令和3年度			備考
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
結合装置（G2IM1） の製作及び交換		工 事					

別

図



図-3 加熱コイルの内径及び取付位置



図一五 結合装置 (G21M1) の製作及び交換に係る工事フロー

添付書類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性
2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」
との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技 術 上 の 基 準		評価の必要性の有無		備 考
		有・無	項・号	
第一条	定義	—	—	—
第二条	特殊な設計による再処理施設	—	—	—
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	—	—	—
第四条	放射性物質の漏洩防止	無	—	—
第五条	安全機能を有する施設の種類	無	—	—
第六条	地震による損傷の防止	有	第三項	別紙一に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	—	—
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	—	—
第九条	再処理施設への人の不慮な侵入等の防止	無	—	—
第十条	閉じ込めの機能	無	—	—
第十一条	火災等による損傷の防止	無	—	—
第十二条	再処理施設内における洪水による損傷の防止	無	—	—
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	—	—
第十四条	安全避難通路等	無	—	—
第十五条	安全上重要な施設	無	—	—
第十六条	安全機能を有する施設	有	第二、三項	別紙一に示すとおり
第十七条	材料及び構造	無	—	—
第十八条	搬送設備	無	—	—
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	—	—
第二十条	計測制御系統施設	無	—	—
第二十一条	放射線管理施設	無	—	—
第二十二条	安全保護回路	無	—	—

「国・都・道」の「条」の「項」		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	有・無	
第二十三条	制震定等	無	—	—
第二十四条	震害施設	無	—	—
第二十五条	所管建築物施設	無	—	—
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	—	—
第二十七条	遮蔽	無	—	—
第二十八条	換気設備	無	—	—
第二十九条	保安電源設備	無	—	—
第三十条	緊急時対策等	無	—	—
第三十一条	通信連絡設備	無	—	—
第三十二条	重大事故等対策施設の設置	無	—	—
第三十三条	地震による損傷の防止	無	—	—
第三十四条	津波による損傷の防止	無	—	—
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	—	—
第三十六条	重大事故等対策設備	無	—	—
第三十七条	材料及び構造	無	—	—
第三十八条	爆発事故の拡大を防止するための設備	無	—	—
第三十九条	冷却回路の喪失による異常圧力に対処するための設備	無	—	—
第四十条	放射線分解により発生する気体による爆発に対処するための設備	無	—	—
第四十一条	有機溶剤等による火災又は爆発に対処するための設備	無	—	—
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	—	—
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	—	—
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	—	—
第四十五条	重大事故等への対応に必要なもの供給設備	無	—	—
第四十六条	電源設備	無	—	—

法 規 基 準 の 条 号		評価の必要性の有無		適 合 性
		有・無	有・無	
第四十七条	計量設備	無	—	—
第四十八条	制測定	無	—	—
第四十九条	監視測定設備	無	—	—
第五十条	型と時計装置	無	—	—
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	—	—
第五十二条	電子的記録媒体による手続	—	—	—

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損傷により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

2 耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

3 耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

2 本申請により製作・交換する結合装置（G21ME1）は、既設と同仕様であり、既設結合装置の重量（設計重量：約 404 kg、製作重量：約 388 kg）に対して加熱ゴイム種の拡大に伴う重量増加は約 0.6 kg と十分に小さく、設計重量に変更は生じないことから、炉罐体（G21ME10）の耐震評価に影響は生じない。

炉罐体（G21ME10）の耐震評価に影響が生じないことを結合装置（G21ME1）の重量検査により確認する。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

- 2 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。
- 3 安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。
- 4 安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。
- 5 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

- 2 結合装置（62181）は、制御室からの圧力、温度状況の確認及び ITV カメラによる肉眼確認により、検査又は試験（台車と結合装置のインターロックの作動試験）が可能である。

交換機においても、結合装置（62181）の検査又は試験（台車と結合装置のインターロックの作動試験）ができるように施設された構造を変更するものではないため、影響はない。

- 3 結合装置（63181）は、遠隔操作により交換等の適切な保守及び修理が可能である。

交換機においても、結合装置（62181）の適切な保守及び修理ができるように施設された構造を変更するものではないため、影響はない。

2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第5条第6項において読み替えて準用する同法第4条第1項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成16年法律第155号）附則第13条第1項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和2年4月22日付け令02原機（再）007により届出を行っているところによる。

(別冊 1-14)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の耐津波補強工事)

建物（その 16）高放射性廃液貯蔵場

目 次

	頁
1. 変更の概要	1
2. 準拠すべき法令、基準及び規格	2
3. 設計の基本方針	3
4. 設計条件及び仕様	4
5. 工事の方法	7
6. 工事の工程	10

別 図 一 覧

- 別図-1 再処理施設の構成及び申請範囲
- 別図-2 高放射性廃液貯蔵場 (HAF) 平面図 (1階)
- 別図-3 高放射性廃液貯蔵場 (HAF) 断面図 (2F 通り)
- 別図-4 増打ち壁 配筋詳細図(建室内側部)
- 別図-5 増打ち壁 配筋詳細図(建室外側部)
- 別図-6 増打ち壁及び床 配筋詳細図(a断面、b断面、c断面、d断面)
- 別図-7 増打ち壁 配筋詳細図(e断面、f断面)
- 別図-8 増打ち床 配筋詳細図(g断面、h部)
- 別図-9 壁及び床の鉄筋コンクリート増打ち補強工事フロー図

表 一 覧

- 表-1 設計条件
- 表-2 設計仕様
- 表-3 鋼材等の種類
- 表-4 鉄筋の継手の長さ
- 表-5 鉄筋の定着の長さ
- 表-6 鉄筋と型枠とのかぶり厚さ
- 表-7 型枠の寸法許容差
- 表-8 コンクリートの材料表
- 表-9 構造体強度補正値と適用期間
- 表-10 高放射性廃液貯蔵場（HLL）の前線設備施工工程表

1. 変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 100 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、核燃料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 21 年法律第 100 号）第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1900132 号をもって認可を受け、令和 2 年 7 月 10 日付け原規規発第 2007104 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建築開口部補強に係る廃止措置計画変更認可の申請は、昭和 57 年 11 月 6 日に認可（57 安（核規）第 304 号）を受けた「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その 25）」について、再処理施設の技術基準に関する規制に基づき実施するものである。

今回、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の津波防護として HAW 建築開口部周辺外壁の増打ち補強を行う。補強後の開口部周辺外壁の強度評価を別添 0-1-2-2-1 に示す。

2. 準拠すべき法令、基準及び規格

- 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和 32 年法律第 166 号)
- 「再処理施設の技術基準に関する規則」(令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号)
- 「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
(平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号)
- 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
(平成 24 年 原子力規制委員会規則第 5 号)
- 「建築基準法・同施行令」(昭和 25 年法律第 201 号)
- 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEM4601)」(日本電気協会)
- 「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEM4601)」(日本電気協会)
- 「2010年版建築物の構造関係技術基準解説書」(建築行政情報センター)
- 「建築物の構造規定」(日本建築センター)
- 「あと施工アンカー・連続鉄筋補強設計・施工指針」(国土交通省)
- 「鉄骨造ビル等の構造上の要件の解説」(国建研資料 第673号、平成24年)
- 「公共建築工事標準仕様書」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「公共建築改修工事標準仕様書」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「建築工事監理指針」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「建築改修工事監理指針」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「建築工事標準仕様書・同解説 (JASS)」(日本建築学会)
- 「日本産業規格 (JIS)」
- 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会)
- 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会)
- 「建築物荷重指針・同解説」(日本建築学会)
- 「道路標示方書・同解説」(共通編、Y耐震設計編) (日本道路協会、2017年)

3. 設計の基本方針

高放射線環境野廃場 (BAR) の建設時における耐摩耗性向上のため、壁及び床の鉄筋コンクリート構打も補強を行う。

4. 設計条件及び仕様

(1) 設計条件

表-1 設計条件

名 称	高放射性廃液貯蔵場 (HAF)
耐震重要度分類	セル エタラス (旧 A 類) 建家 B エタラス (旧 B 類)
構 造	鉄筋コンクリート造

(2) 仕様

高放射性廃液貯蔵場 (HAF) の耐震性能向上のため、以下の施工を行う。

表-2 設計仕様

名 称	高放射性廃液貯蔵場 (HAF)
仕 様	壁及び床の鉄筋コンクリート増打ち補修
補修部材 主要材料	鉄筋 : S0295A (JIS G 3112) コンクリート : 普通コンクリート (JIS A 5008) アンカー筋 : S0295A (JIS G 3112)
図	別図-1～別図-8

表-3 部材等の種類

部材	材 料	備考
鉄筋	S0295A (D10, D16, D22)	JIS G 3112
アンカー筋	S0295A (D10, D16, D22)	JIS G 3112
あと施工アンカー (検査系・カプセル型)	D12～D22 用	JCAA 認証品

表-4 鉄筋の継手の長さ

鉄筋の種類	継手の長さ		備考
SD295B	電焊継手	35d 又は 25d フック付き	JASS 5K
共通	ブリア溶接	片面 16d 又は両面 5d	建築改修工事監理指針

表-5 鉄筋の定着の長さ

鉄筋の種類	定着長さ		備考
SD295A	鉄筋	30d 又は 20d フック付き	JASS 5B

表-6 鉄筋と型枠とのかぶり厚さ

部位		かぶり厚さ (mm)	備考	
土に接しない部分	床スラブ	40	JASS 5B	
	耐力壁	屋内		40
		屋外		50
土に接する部分	耐力壁	50		

表-7 型枠の寸法許容差

項目	許容差 (mm)	備考
壁・スラブの断面寸法	-5 +10	JASS 5N

表-8 コンクリートの材料表

普通コンクリート		備考
設計基準強度 (N/mm ²)	品質基準強度 (N/mm ²)	
24	24	JASS 5N

表-9 構造体強度補正係と適用期間

(強度管理材料齢 28 日)

適用期間	構造体強度補正係 (γ_{con})
3月 12 日～ 7月 27 日	3
7月 28 日～ 8月 23 日	6
8月 24 日～ 11月 14 日	3
11月 15 日～ 3月 11 日	6

茨城県北関東コンクリート協同組合の通達による。

5. 工事の方法

(1) 工事の方法及び手順

本工事のフローを別図-9 に示す。また、本工事において実施する試験・検査項目、検査方法及び判定基準を以下に示す。

1) 試験・検査項目

①材料検査

方法：イ、鉄筋及びアンカー筋の材料を材料証明書等により確認する。

ロ、あと施工アンカー（接着系・カプセル型）の材料が副製品であることを確認する。

判定：イ、鉄筋及びアンカー筋が表-3に示す材料であること。

ロ、あと施工アンカー（接着系・カプセル型）が表-3に示す材料であること。

②構造検査（配筋検査）

方法：イ、鉄筋及びアンカー筋の径（呼び径）を目視により確認する。

ロ、鉄筋及びアンカー筋の本数又は間隔を目視又は測定により確認する。

ハ、アンカー筋の埋め込み長さ及び定着長さが確保されていることを目視又は測定により確認する。

ニ、鉄筋の継手長さ及び定着長さを目視又は測定により確認する。

また、フレア溶接を行う継手については、フレア溶接部を目視により確認する。

ホ、鉄筋と型枠とのかぶり厚さを目視又は測定により確認する。

判定：イ、鉄筋及びアンカー筋が別図-4～別図-8に示す径（呼び径）であること。

ロ、鉄筋及びアンカー筋が別図-4～別図-8に示す本数又は間隔であること。

ハ、アンカー筋の埋め込み長さ及び定着長さが別図-4～別図-8に示す埋め込み長さ及び定着長さを確保していること。

ニ、鉄筋の継手長さ及び定着長さが表-4及び表-5に示した値以上で

あること。また、フレア接合部について、割れ等の有害な欠陥がないこと。

中、鉄筋と型枠とのかぶり厚さが表-6に示す値以上であること。

②構造検査2（型枠検査）

方法：型枠の寸法を測定により確認する。

判定：型枠が表-7に示す寸法許容差の範囲内であること。

③強度検査（コンクリート及び無収縮モルタルの強度試験）

方法：コンクリート及び無収縮モルタルの強度を圧縮強度試験により確認する。なお、無収縮モルタルについてはドラウト圧入を行う壁頂部の無収縮モルタルを対象とする。

判定：普通コンクリートの圧縮強度の平均値が表-8に示す品質基準強度に表-9に示す構造体強度補正値を加えた値以上でありかつ個々の値が表-8に示す品質基準強度に表-9に示す構造体強度補正値を加えた値の80%以上であること。無収縮モルタルの圧縮強度の個々の値が 30 N/mm^2 以上であること。

④外観検査1（外観検査）

方法：壁及び床の増打ちの表面を目視により確認する。

判定：壁及び床の増打ちの表面に有害な傷、へこみ等がないこと。

⑤外観検査2（配筋検査）

方法：壁及び床の増打ちを目視により確認する。

判定：壁及び床の増打ちが別図-2及び別図-3に示す位置に配置されていること。

(4) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

- ① 本工事の保安については、再処埋施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。
- ② 本工事においては、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業を実施する。

- ③ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。
- ④ 本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。
- ⑤ 本工事における高所作業時は、墜落制止用器具等の保護具を着用し、災害防止に努める。

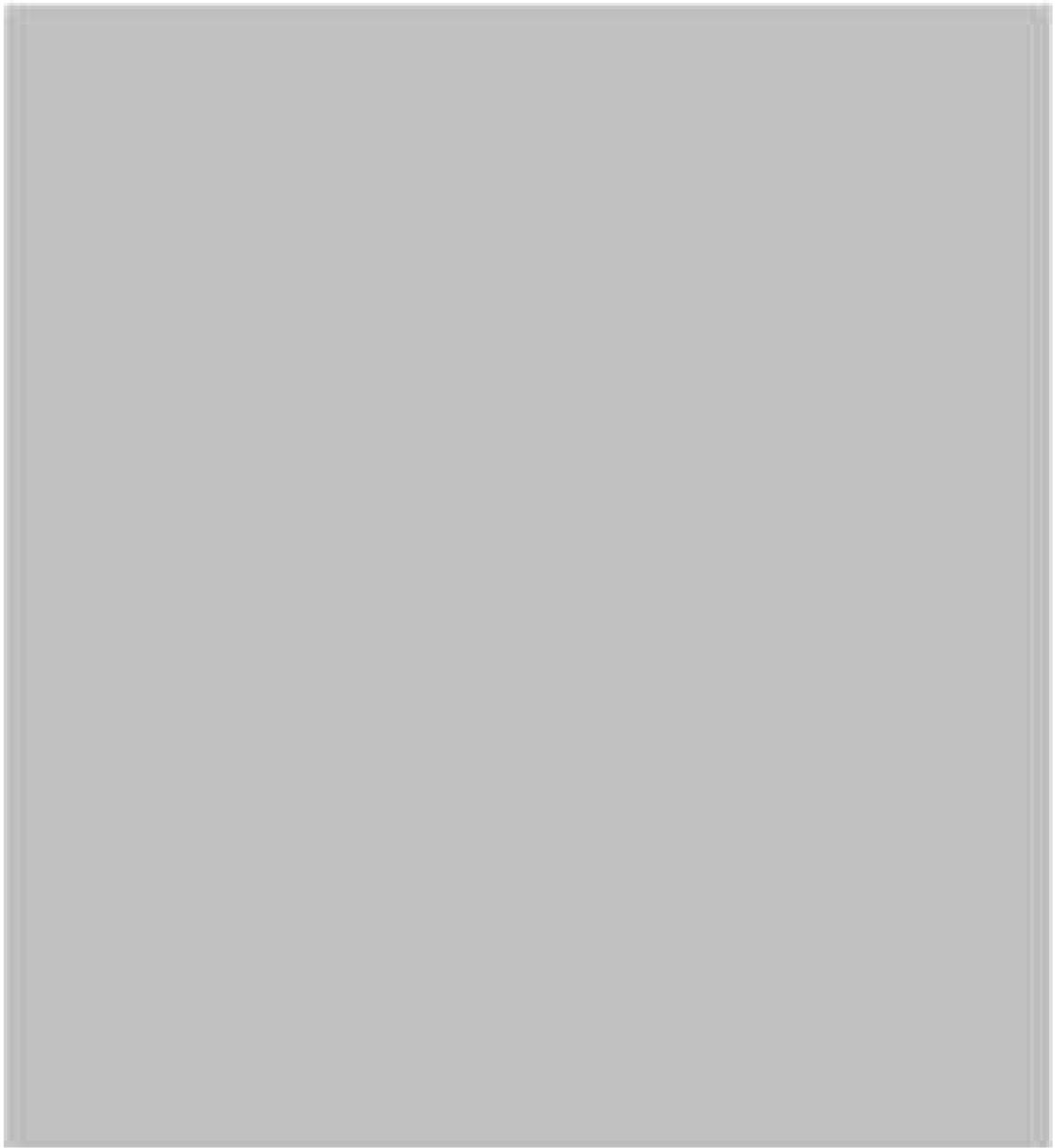
6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-10 に示す。

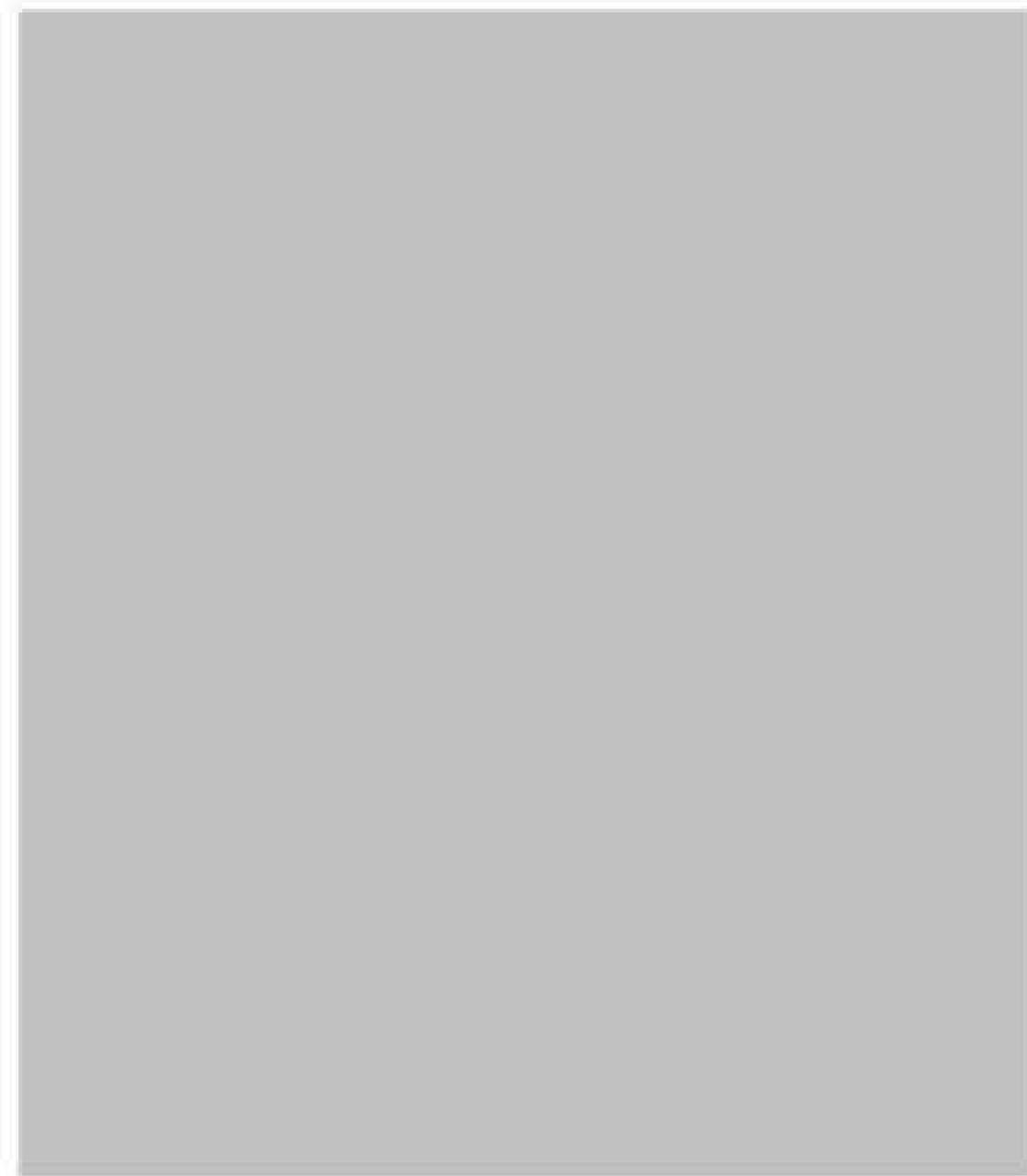
表-10 高放射線廃液貯蔵場 (R4) の配管改修工事工程表

	令和2年度								備 考
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
増打と補修									
	工事								

(別図)



創図-1 再処理施設の構成及び申請範囲



圖(附-2) 高放射性能源貯藏場 (HAN) 平面圖 (1 階)



圖 3-3 高放射性廢液貯藏罐 (HLAW) 斷面圖 (20° 透視)



図面①-6 増打工事 配筋詳細図(建室内側部)

- 鉄筋との干渉により、補修部材の位置等を支障することがある。この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。

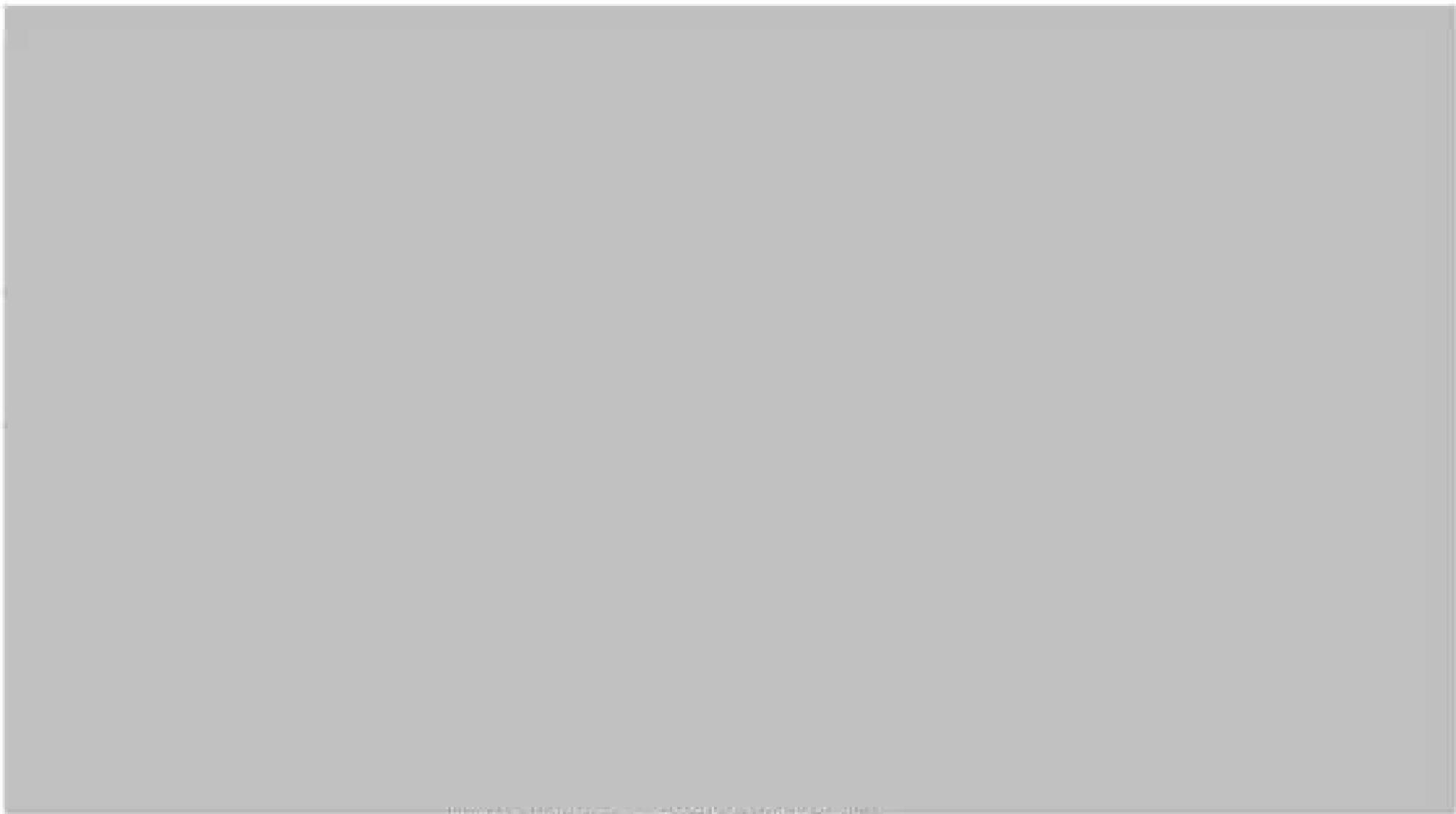


图 6-5 墙打与壁 配筋详图(墙外外侧)