

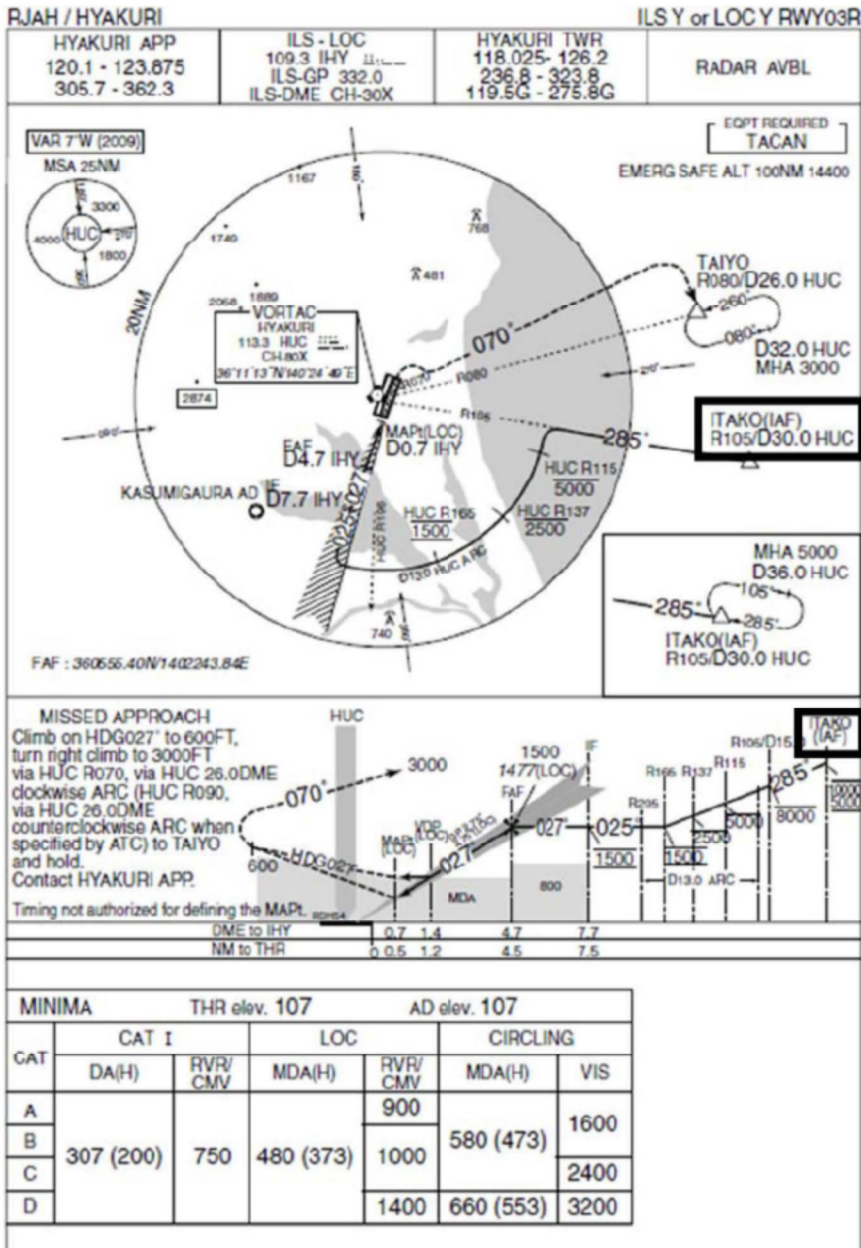
百里飛行場の最大離着陸距離

再処理施設から約 33 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。

RJAH-AD2-24.15

AIP Japan  
HYAKURI

INSTRUMENT APPROACH CHART



Civil Aviation Bureau, Japan (EFF:5 APR 2012)

8/3/12

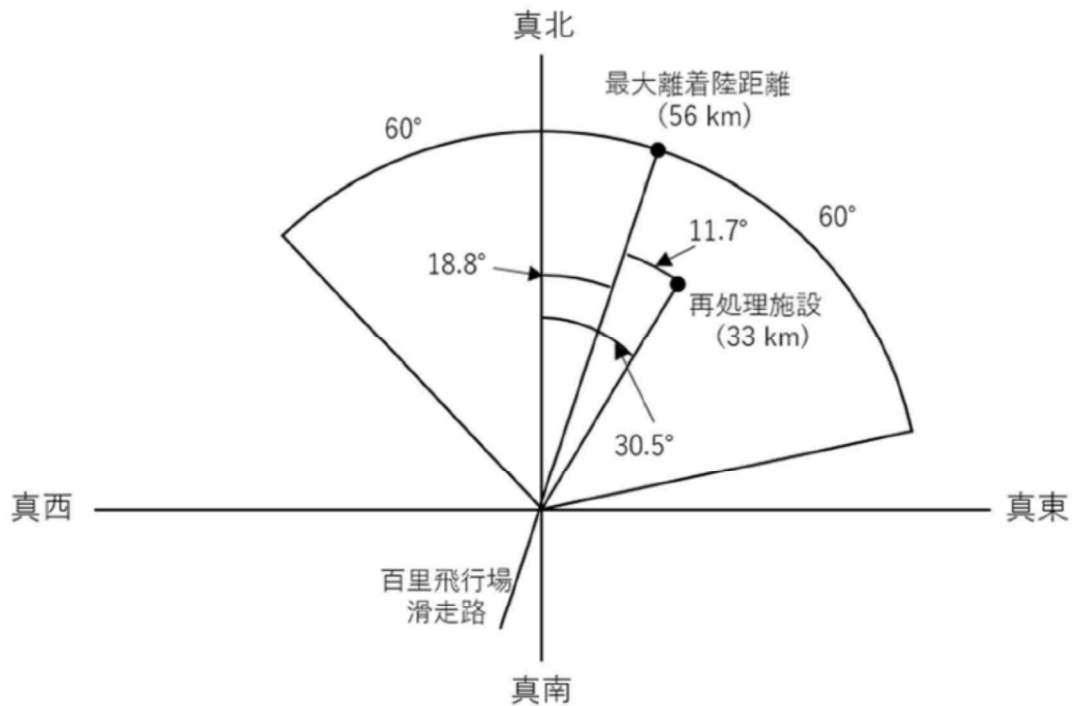
出典 : AIP

## 百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場—再処理施設の角度

百里飛行場の磁方位は  $26^\circ$  <sup>※1</sup> より、百里飛行場の偏角を考慮し、真方位は約  $18.8^\circ$  である<sup>※2</sup>。

また、百里飛行場—再処理施設の方位は約  $30.5^\circ$ （真方位）である<sup>※3</sup>。

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—再処理施設の角度は、約  $11.7^\circ$  となる。



※1 茨城空港利用促進等協議会より

※2 国土地理院磁気偏角一覧図（2015年値）をもとにしたHPツールより計算

※3 百里飛行場と再処理施設の緯度、経度より計測

## 再処理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理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 にエンルートチャート（再処理施設付近）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理施設の最小距離※ <sup>1</sup>	片側の航空路幅※ <sup>2</sup>	評価対象
直行経路 R211 DAIGO(GOC)－SWAMP	10.13 km	7 km	×
直行経路 IWAKI(IXE)－SWAMP	0.20 km	約 7.41 km (4 nm)	○
直行経路 IWAKI(IXE)－ KISARAZU(KZE)	5.14 km	約 7.41 km (4 nm)	○
直行経路 IWAKI(IXE)－NAKAH	16.70 km	約 7.41 km (4 nm)	×
広域航法航路 Y30 LOTUS－SWAMP	1.72 km	約 9.26 km (5 nm)	○
広域航法航路 Y108 (DAIGO(GOC)－ CHOSHI(CVC))	10.05 km	約 9.26 km (5 nm)	×

※<sup>1</sup> 施設と航空路の緯度及び経度より計測した。

※<sup>2</sup> 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。直行経路については、「航空路等設定基準」を参照した。RNAV 経路については、航法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。）。

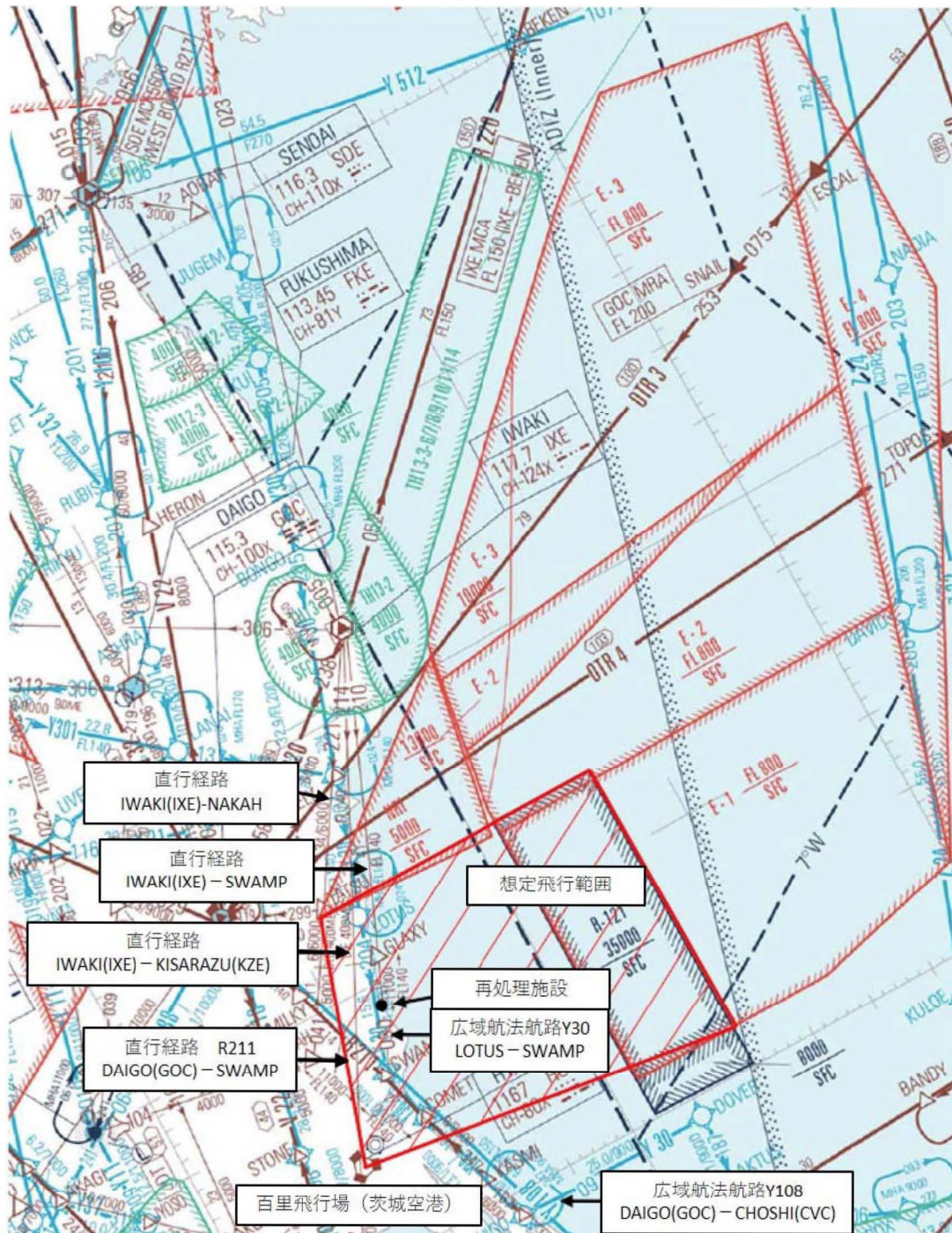


図-1 エンルートチャート (再処理施設付近)



## 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、影響評価対象施設近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 ( $a_i$ ,  $b_i$ ) 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近辺の航空機が落下しない範囲 (面積:  $S_i$ ) 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。

$$S_i = \pi L^2 + 2(a_i + b_i)L + a_i b_i \quad (1)$$

## 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 ( $R_i$ ) 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近辺の航空機が落下しない範囲 (面積:  $S_i$ ) 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。

$$S_i = \pi(R_i + L)^2 = \pi L^2 + 2\pi R_i L + \pi R_i^2 \quad (2)$$





## 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の施設データを表 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  $S_i$  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	$a_i$	$b_i$	$R_i$
HAW	 m	 m	—
TVF	 m	 m	—
第二付属排気筒	—	—	3.23 m

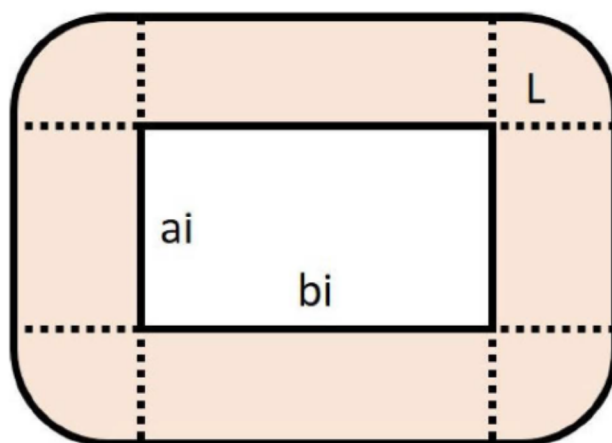


図 2.1-1 断面が矩形の場合の離隔距離の概念図

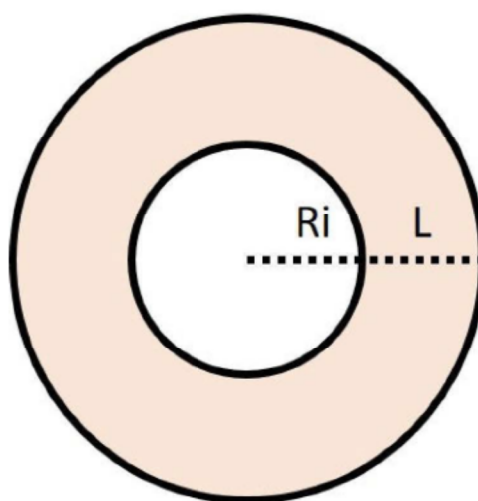


図 2.2-1 断面が円形の場合の離隔距離の概念図

## 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 $\pm 60^\circ$  以内の扇型に一樣な分布又は周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 一樣分布

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} \quad (\text{1/km}^2)$$

$$A_{d,a} = \frac{2}{3}\pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$$

$r_0$  : 最大離着陸地点までの直線距離 (55.56 km)

これらの式より一樣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、 $1.55 \times 10^{-4} \text{ 1/km}^2$  となる。

## 2.2 正規分布

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} f(x) \quad (\text{1/km}^2)$$

$$A_{d,a} = \frac{2}{3}\pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$$

$$f(x) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cong 2.1 \times \exp\left(\frac{-30.42x^2}{\pi^2 r_p^2}\right)$$

$$A \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx \equiv \int_{-\pi r/3}^{\pi r/3} P dx \equiv \frac{2}{3}\pi r_p$$

$$\sigma = \frac{\pi r}{3 \times 2.6}$$

$r_0$  : 最大離着陸地点までの直線距離 (55.56 km)

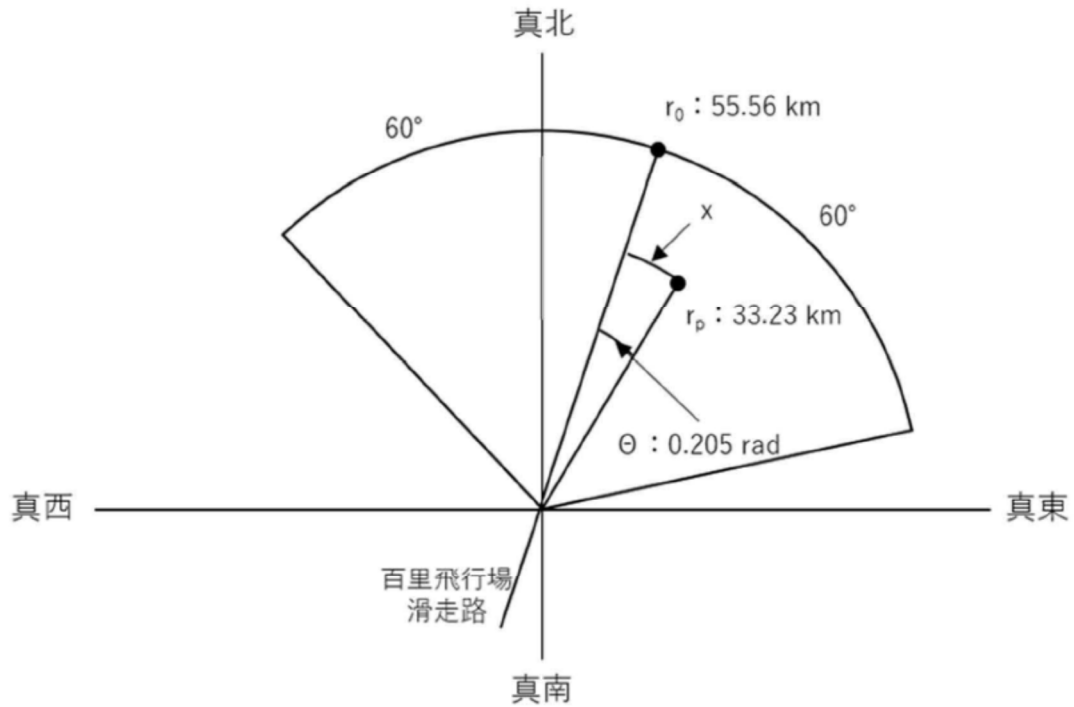
$x$  : 滑走路軸上から原子炉施設までの距離（周方向）(6.80 km)

$$x = r_p \times \theta$$

$\theta$  : 滑走路方向に対する百里飛行場-再処理施設の角度 (0.205 rad)

$r_p$  : 滑走路端から再処理施設までの距離 (径方向) (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確率分布関数  $\Phi(r_0, \theta)$  を求めると,  $2.85 \times 10^{-4} / \text{km}^2$  となる。



### 2.3 算出結果

以上の結果より, より厳しい正規分布を仮定した方法を用いることとした。



## ピークデイにおける航空交通量について

国土交通省航空局交通管制部に問い合わせたピークデイにおける航空交通量を示す。

対象経路	平成 24 年ピークデイにおける航空交通量
IWAKI(IXE)－SWAMP	0
IWAKI(IXE)－KISARAZU(KZE)	0
Y30 (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、再処理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 2 倍した値（以下「全国平均の落下確率の 2 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。

$$Pse = fse \cdot A / Sse \cdot 2$$

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：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（km<sup>2</sup>）

Sse：想定飛行範囲の面積（km<sup>2</sup>）

fse <sup>※1</sup>	自衛隊機 0.25 (=5/20)
Sse <sup>※2</sup>	175720
Pse <sup>※3</sup>	$3.00 \times 10^{-6}$

※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 fse, Sseから算出された約 $1.42 \times 10^{-6}$ 回／（年・km<sup>2</sup>）を保守的に2倍した。

### 3. 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与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5件落下実績が存在する。全国平均の落下確率は、評価の母集団を大きくすることにより落下事故件数を実績値（5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られる。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。図3-1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  
陸幕航第 59 号

改正 平成 10 年 3 月 23 日陸幕運第 145 号 平成 19 年 1 月 9 日陸幕法第 1 号  
平成 19 年 3 月 28 日陸幕法第 61 号 平成 21 年 2 月 3 日陸幕法第 10 号

各方面総監  
中央即応集団司令官 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

（例規 99）

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、その後さらに細部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、陸幕航第 583 号（43. 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路図誌（防衛省監修）に記載され、その設置・廃止等の状況は逐次追録されるので、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：データの算出について

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<sup>[1]</sup>」（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 評価機種を選定

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視界方式民間航空機の「③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) 有視界方式民間航空機の「④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」については、燃料積載量が最大となる Do228-200 であっても 3 m<sup>3</sup> と F-15 の 15 m<sup>3</sup> に比べて燃料積載量が少ないため、より離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の「⑦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「⑥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 F-15 でありより離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の「⑦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]
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	228
有視界方式 民間航空機	大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-400	209
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外を飛行中，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	KC-767	200
	基地－訓練空域間往復時	F-15	39

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 <sup>3</sup> ]	輻射発散度 [W/m <sup>2</sup> ]	質量低下速度 [kg/m <sup>2</sup> /s]	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼面積 [m <sup>2</sup> ]
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	JET A-1	26.02 <sup>※1</sup>	50000	0.039 <sup>※4</sup>	840 <sup>※5</sup>	126 <sup>※6</sup>
	有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）	B747-400	216.84 <sup>※1</sup>				700 <sup>※6</sup>
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	KC-767	JP-4	145.04 <sup>※2</sup>	58000	0.051 <sup>※4</sup>	760 <sup>※4</sup>	406 <sup>※6</sup>
	基地－訓練空域間往復時	F-15	JP-4	14.87 <sup>※3</sup>				45 <sup>※7</sup>

※1：ボーイングジャパン ホームページ“737, 747 型機情報”

※2：「世界航空機年間 2012-2013」記載値

※3：航空ジャーナル 2月号増刊 F-15 イーグル（航空ジャーナル社 昭和 55 年 2 月 5 日発行）記載値

※4：NUREG-1805 記載値

※5：JISK2209-1991 記載の 1 号の値

※6：ボーイング社 web 資料記載の図面より，主翼並びに胴体下部が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値

※7：※3 記載の機体図面より燃料タンクの配置並びに大きさを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[m<sup>2</sup>]

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（＝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 [m<sup>3</sup>],  $R$  : 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

落下事故のカテゴリ		対象航空機	燃焼面積 [m <sup>2</sup> ]	燃料量 [m <sup>3</sup> ]	燃焼半径[m]	質量低下速度 [kg/m <sup>2</sup> /s]	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼継続時間 [s]
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	126	26.02	6.34	0.039	840	4451
	有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） B747-400	700	216.84	14.93			6677
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	KC-767	406	145.04	11.37	0.051	760	5325
	基地－訓練空域間往復時	F-15	45	14.87	3.79			4925

### 3. 輻射強度の算出

ガイドに従い、火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度を求めた。航空機墜落火災からの輻射強度を表 3-1 に示す。

#### 3.1 形態係数の算出

ガイドに従い、以下の式から形態係数を算出した。

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

ただし  $m = \frac{H}{R} \cong 3$  ,  $n = \frac{L}{R}$  ,  $A = (1 + n)^2 + m^2$  ,  $B = (1 - n)^2 + m^2$

$\phi$ :形態係数, L:離隔距離[m], H:炎の高さ[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、輻射発散度に形態係数を乗じて算出した。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>], Rf:燃料輻射発散度[W/m<sup>2</sup>],  $\phi$ :形態係数

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輻射強度

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]	燃焼 半径 [m]	形態係数 [-]	燃料輻射 発散度 [W/m <sup>2</sup> ]	輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	228	6.34	1.51×10 <sup>-3</sup>	50000	76
	有視界方式民 間航空機	大型機（大型固定翼機 及び大型回転翼機）	B747-400	209	14.93		1.00×10 <sup>-2</sup>
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	KC-767	200	11.37	6.40×10 <sup>-3</sup>	58000	372
	基地－訓練空域間往復 時	F-15	39	3.79	1.90×10 <sup>-2</sup>		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

## 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

## 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°Cを許容温度とした(別紙6-1-4-10-3-1「コンクリートの許容温度について」参照)。

## 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°C\*以下とした。

\* 「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°C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<sup>[1]</sup>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°C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°Cとなる輻射強度を算出した。

$$T = T_0 + \left(\frac{E}{h}\right) \left[ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}}\right) - \exp\left(\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}kt\right) \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}} + \frac{h}{\lambda\sqrt{kt}}\right) \right\} \right] \quad (1)$$

$T$  : コンクリート表面からx[m]の位置の温度[°C]

$T_0$  : 初期温度 (50 [°C]) \*<sup>1</sup>

$h$  : 熱伝達率 (17 [W/m<sup>2</sup>/K]) <sup>[2]</sup>

$\kappa$  : コンクリート温度伝導率 ( $=\lambda/(\rho C_p)$ ) [m<sup>2</sup>/s]

$\rho$  : コンクリート密度 (2400 [kg/m<sup>3</sup>]) [3]

$C_p$  : コンクリート比熱 (963 [J/kg/K]) [3]

$\lambda$  : コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) [3]

$E$  : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

$t$  : 燃焼継続時間[s]

$x$  : コンクリート壁表面深さ (0[m])

※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  $\phi$  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<sup>[4]</sup>」(以下「ガイド」という。)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/m<sup>2</sup>]

$R_f$  : 火炎輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

$\phi$  : 形態係数

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

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

ただし  $m = \frac{H}{R} \cong 3$  ,  $n = \frac{L}{R}$  ,  $A = (1 + n)^2 + m^2$  ,  $B = (1 - n)^2 + m^2$

$\phi$  : 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、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包絡されるため実

施さない。

- ・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。

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離隔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<sup>[6]</sup>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。

$$T = \frac{E}{2h} + T_0 \quad (1)$$

T：温度 [℃]

E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

h：熱伝達率 (17.0 [W/m<sup>2</sup>/K]) <sup>[2]</sup>

T<sub>0</sub>：周囲空気温度 (50 [℃]) <sup>\*1</sup>

\*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、ガイドに従い(2)式により算出した。

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

E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

R<sub>f</sub>：火炎輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

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。

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

ただし  $m = \frac{H}{R} \cong 3$  ,  $n = \frac{L}{R}$  ,  $A = (1 + n)^2 + m^2$  ,  $B = (1 - n)^2 + m^2$

- 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、影響評価対象施設までの離隔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。

第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表2.3・1に示す。

第二付属排気筒の温度上昇を評価した結果、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離隔距離を下回っていることを確認した。

表 2.2-1 コンク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 [°C]	危険距離 [m]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	51.9	23
有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）	B747-400	63.9	57
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	KC-767	59.7	46
	基地－訓練空域間往復時	F-15	77.9	15

表 2.3-1 第二付属排気筒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 [°C]	危険距離 [m]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	52.3	15
有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）	B747-400	64.8	36
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	KC-767	61.0	31
	基地－訓練空域間往復時	F-15	82.5	11

### 3. 参考文献

- [1]安全工学講座1 火災，海文堂出版，（1983）
- [2] 空気調和・衛生工学会，空気調和・衛生工学便覧，（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）」<sup>[1]</sup>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。

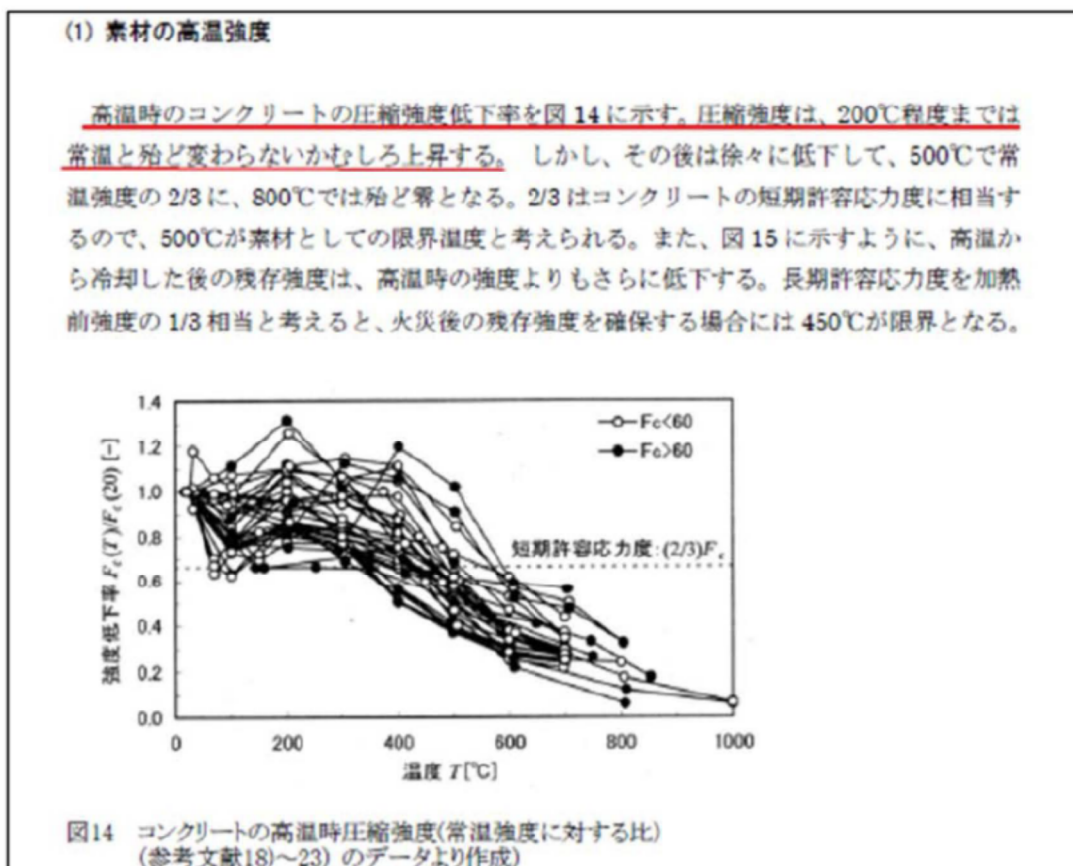


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

## 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

航空機が森林に落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添 6-1-4-8 「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」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[°C]*	上昇温度[°C]	壁面温度[°C]*	上昇温度[°C]
航空機墜落火災 (F-15)	77.9	27.9	77.9	27.9
森林火災 (発火点 1)	79	29	121	71

※初期温度は 50°C

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[°C]*	上昇温度[°C]
航空機墜落火災 (F-15)	82.5	32.5
森林火災 (発火点 3)	77	27

※初期温度は 50°C

### 3. 評価結果

両火災源の上昇温度より重畳評価を行った。重畳評価結果を表 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 重畳評価結果

施設	壁面温度[℃] ※	許容温度[℃]
HAW	106.9	200
TVF	148.9	200
第二付属排気筒	109.5	350

※初期温度は 50℃