

【公開版】

提出年月日	令和元年 11 月 1 日	R2
日本原燃株式会社		

六ヶ所再処理施設における
新規制基準に対する適合性

安全審査 整理資料

第9条：外部からの衝撃による損傷の防止
(航空機落下)

2 章 補足説明資料

第9条：外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下）

再処理施設 安全審査補足説明資料（今回提出）		備考（8月提出済みの資料については、資料番号を記載）	
資料No.	名称	提出日	Rev
補足説明資料2-1	評価対象とする航空機落下事故の選定結果	10/4	0
補足説明資料3-1	再処理施設の防護設計について（既許可申請書）	10/4	0
補足説明資料3-2	係数を適用する航空機選定の考え方について	11/1	1
補足説明資料3-3	評価対象とする訓練空域周辺を飛行中の落下事故及び係数を適用する航空機の選定結果	10/4	0
補足説明資料4-1	1/10の係数を適用する建物・構築物について	10/4	0
補足説明資料5-1	評価対象となる航空路等の飛行回数	10/4	0
補足説明資料5-2	民間航空機の延べ飛行距離	10/4	0

補足説明資料 3 - 2

係数を適用する航空機選定の考え方について

再処理施設のうち建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としている建物・構築物に対する航空機落下確率評価においては、航空機の衝突による影響がF-16等と同程度かそれ以下の航空機については、対象航空機の種類による係数を適用する。係数を適用する場合の条件を以下のとおり。

《機体全体の衝突による全体的な破壊》

- ・ 全体的な破壊に用いる衝撃荷重の設定要素となる機体重量、速度のいずれもF-16等の防護設計条件を下回る場合は係数を適用することとする。

《エンジンの衝突による局所的な破壊》

- ・ 局所的な破壊に用いる貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さの算定要素となるエンジン重量及び速度のいずれもF-16等の防護設計条件を下回る場合は係数を適用することとする。

本資料では、速度と重量による選定の妥当性について以下のとおり示す。

1. 機体全体の衝突による全体的な破壊

現状の防護設計で用いている衝撃荷重の算定式は、Riera が理論的に導いた評価式に、武藤等による実物航空機（F-4D Phantom II）を用いた剛版への衝撃実験から得られた成果を反映した下式に基づいており、質量（ $\mu \{x(t)\}$ ）と速度（ $V(t)$ ）の二乗が支配的な要素である。

したがって、機体重量、速度のいずれもF-16等の防護設計条件を下回る場合は係数を適用することとした。

$$F(t) = P_c \{x(t)\} + \underline{\alpha} \times \mu \{x(t)\} \times V(t)^2$$

ただし、

$F(t)$: 衝撃荷重 (N)

$P_c \{x(t)\}$: 衝突面における航空機の破壊強度 (N)

$\underline{\alpha}$: 武藤等による実験から得られた有効質量の係数 (=0.9)

$\mu \{x(t)\}$: 衝突面における航空機の単位長さ当たりの質量 (kg/m)

$V(t)$: 衝突面における航空機の速度 (m/s)

$x(t)$: 時刻 t における機体軸方向の衝突位置 (m)

ただし、ここで扱われる質量は単位長さ当たりの質量であり、単に重量のみで適用の可否を選定すると不確かさが残る。各種機体の重量分布を把握することは困難であるものの、機体長さは短い方が厳しい結果を与えることをふまえ、機体長さを一律 5 m と仮定して評価を実施した結果、選定結果が変わることはないことを確認した。

2. 局所的な破壊（エンジンの貫通防止）

現状の防護設計で用いている貫通、裏面剥離の限界厚さ算定式は、下式に基づいており、式を展開すると飛来物重量（エンジン重量）と速度の二乗が支配的な要素となる。

したがって、エンジン重量及び速度のいずれも F-16 等の防護設計条件を下回る場合は係数を適用することとした。

1) 貫通限界厚さ

$$1.52 \leq X/d \leq 13.42 \quad \text{の場合} \quad e = \alpha_e \{0.69 + 1.29(X/d)\}d$$

$$1.52 \geq X/d \quad \text{の場合} \quad e = \alpha_e \{2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2\}d$$

ただし

$$X/d \leq 20 \quad \text{の場合} \quad X/d = 2 \{ (180 \sqrt{fc'}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} \}^{0.5}$$

$$X/d \geq 20 \quad \text{の場合} \quad X/d = (180 \sqrt{fc'}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} + 1$$

ここで

e : 貫通限界厚さ (in)

X : 貫入深さ (in)

d : 飛来物直径 (in)

fc' : コンクリート設計基準強度 (lb/in²)

D : W/d³ (lb/in³)

W : 飛来物重量 (lb)

V : 飛来物種突速度 (ft/s)

N : 飛来物先端形状係数

α_e : 飛来物係数

2) 裏面剥離限界厚さ

$$s = 1.84 \alpha_s (V_0/V)^{0.13} \cdot (MV)^{0.4} / (d^{0.2} fc'^{0.4})$$

ここで

s : 裏面剥離限界厚さ (ft)

d : 飛来物直径 (ft)

fc' : コンクリート設計基準強度 (lb/ft²)

M : 飛来物質量 (lb)

V₀ : 飛来物基準速度 (200ft/s)

V : 飛来物種突速度 (ft/s)

α_s : 飛来物係数

3) 単位換算

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm} (= 12 \text{ in})$$

$$1 \text{ lb} = 0.453592 \text{ kg}$$

$$G = 196133/6096 \text{ lb} \cdot \text{ft}/\text{s}^2 = 980.665 \text{ g} \cdot \text{cm}/\text{s}^2$$

ただし、算定式には、飛来物直径が含まれていることから、係数を適用するにあたって、飛来物直径の考慮の必要性について確認する必要がある。飛来物直径は短い方が厳しい結果を与えることをふまえ、飛来物直径を一律 0.5mとして貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さを算定した結果、選定結果が変わることはないことを確認した。なお、飛来物直径 0.5 mについては、係数の適用を検討した固定翼機のうち最もエンジン直径が短いものが約 0.5mであることから設定した。