

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外航 00-01 <u>R 1</u>
提出年月日	令和3年8月26日

設工認に係る補足説明資料

本文、添付書類、補足説明項目への展開（航空機落下）

（再処理施設）

1. 概要

- 本資料は、再処理施設の技術基準に関する規則「第8条 外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下）」に関して、基本設計方針に記載する事項、添付書類に記載すべき事項、補足説明すべき事項について整理した結果を示すものである。
- 整理にあたっては、「共通06：本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書）、添付図面で記載すべき事項」及び「共通07：添付書類等を踏まえた補足説明すべき項目の明確化」を踏まえて実施した。

2. 本資料の構成

- 「共通06：本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書）、添付図面で記載すべき事項」及び「共通07：添付書類等を踏まえた補足説明すべき項目の明確化」を踏まえて本資料において整理結果を別紙として示し、別紙を以下の通り構成する。
 - 別紙1：基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較
事業変更許可 本文、添付書類の記載をもとに設定した基本設計方針と発電炉の基本設計方針を比較し、記載程度の適正化等を図る。
 - 別紙2：基本設計方針を踏まえた添付書類の記載及び申請回次の展開（追而）
基本設計方針の項目ごとに要求種別、対象設備、添付書類等への展開事項の分類、第1回申請の対象、第2回以降の申請書ごとの対象設備を展開する。
 - 別紙3：基本設計方針の添付書類への展開（追而）
基本設計方針の項目に対して、展開事項の分類をもとに、添付書類単位で記載すべき事項を展開する。
 - 別紙4：添付書類の発電炉との比較（追而）
添付書類の記載内容に対して項目単位でその記載程度を発電炉と比較し、記載すべき事項の抜けや論点として扱うべき差がないかを確認する。なお、規則の名称、添付書類の名称など差があることが明らかな項目は比較対象としない（概要などは比較対象外）。
 - 別紙5：補足説明すべき項目の抽出（追而）
基本設計方針を起点として、添付書類での記載事項に対して補足が必要な事項を展開する。発電炉の補足説明資料の実績との比較を行い、添付書類等から展開した補足説明資料の項目に追加すべきものを抽出する。
 - 別紙6：変更前記載事項の既工認等との紐づけ
基本設計方針の変更前の記載事項に対し、既認可等との紐づけを示す。
※本別紙は、別紙1による基本設計方針の記載事項の確定後に示す。

別紙

外航00-01 【本文、添付書類、補足説明項目への展開(航空機落下)】

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙1	基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較	8/26	1	
別紙2	基本設計方針を踏まえた添付書類の記載及び申請回次の展開	8/26	0	※本別紙は追而とする。
別紙3	基本設計方針の添付書類への展開	8/26	0	※本別紙は追而とする。
別紙4	添付書類の発電炉との比較	8/26	0	※本別紙は追而とする。
別紙5	補足説明すべき項目の抽出	8/26	0	※本別紙は追而とする。
別紙6	変更前記載事項の既工認等との紐づけ	8/26	0	※本別紙は、別紙1による基本設計方針の記載事項の確定後に示す。

別紙 1

基本設計方針の許可整合性、
発電炉との比較

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条 (外部からの衝撃による損傷の防止 (航空機落下)) (1 / 15)

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
<p>第八条 2 安全機能を有する施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）により再処理施設の安全性が損なわれないよう、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。</p> <p>3 安全機能を有する施設は、航空機の墜落により再処理施設の安全性を損なうおそれがある場合において、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。航①、航②、航③、航④、航⑤、航⑥</p>	<p>3.3 外部からの衝撃による損傷の防止 3.3.5 航空機落下</p> <p>安全機能を有する施設のうち、三沢対地訓練区域で訓練飛行中の航空機が施設に衝突することを想定したときに、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えるおそれのある施設は、航空機に対して貫通が防止でき、かつ、航空機による衝撃荷重に対して健全性が確保できる堅固な建物・構築物で適切に保護する等、安全確保上支障がないように設計する。航①安全上重要な施設については原則として防護対象とする。航④</p> <p>防護方法としては、建物の外壁及び屋根により建物全体を適切に保護する方法を基本とし、放射性物質を内蔵する防護対象施設が一箇所に集中している場合は、建物の壁及び床により防護対象とする区画を適切に保護する方法を用いる。航③-1、航③-2</p> <p>また、放射性物質を内蔵しておらず、かつ、多重化が要求される場合は、同時に2系列破損しないよう十分な離隔距離をとって配置する方法を用いる。航③-3</p> <p>上記の防護設計を踏まえ、再処理施設への航空機落下確率を評価した結果、防護設計の要否を判断する基準を超えないことを評価して事業指定（変更）許可を受けている。</p> <p>設工認申請時に、事業指定（変更）許可申請時から、防護設計の要否を判断する基準を超えるような航空路の変更がないことを確認していることから、安全機能を有する施設に対して追加の防護措置その他適切な措置を講ずる必要はない。航②</p> <p>なお、定期的に航空路の変更状況を確認し、追加の防護措置の要否を判断することを保安規定に定めて、管理する。</p>	<p>ロ、(7)(a)外部からの衝撃による損傷の防止 (ハ) 航空機落下</p> <p>再処理施設の上空には三沢特別管制区があり、南方向約10kmの位置には三沢対地訓練区域がある。航①三沢対地訓練区域で対地射撃訓練飛行中の航空機が施設に墜落する可能性は極めて小さいが、当区域で多くの訓練飛行が行われているという立地地点固有の社会環境等を配慮し、航①仮に訓練飛行中の航空機が施設に墜落することを想定したときに、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えるおそれのある施設は、航空機に対して貫通が防止でき、かつ、航空機による衝撃荷重に対して健全性が確保できる堅固な建物・構築物で適切に保護する等、安全確保上支障がないように設計する。航①</p>	<p>1.7.3 航空機に対する防護設計 1.7.3.1 防護設計の基本方針</p> <p>三沢対地訓練区域で訓練飛行中の航空機が施設に墜落することを想定したときに、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えるおそれのある施設は、航空機に対して貫通が防止でき、かつ、航空機による衝撃荷重に対して健全性が確保できる堅固な建物・構築物で適切に保護する等、安全確保上支障がないように設計する。航①</p> <p>上記の防護設計を踏まえ、再処理施設への航空機落下確率を評価し、追加の防護設計の要否を確認する。航②</p> <p>1.7.3.2 防護対象施設</p> <p>三沢対地訓練区域で訓練飛行中の航空機が施設に墜落することを想定したときに、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えるおそれのある施設は防護対象とする。安全上重要な施設については原則として防護対象とする。航④</p> <p>防護方法としては、安全上重要な施設とその他の施設が同じ区域に設置されている等の再処理施設の特質を配慮して航④、建物の外壁及び屋根により建物全体を適切に保護する方法を基本とし、建物内部に設置されている施設の安全性を確保する。航③-1</p> <p>放射性物質を内蔵する防護対象施設が一箇所に集中している使用済燃料輸送容器管理建屋及び第1ガラス固化体貯蔵航④建屋は、建物の壁及び床により防護対象とする区画を適切に保護する方法を用いる。航③-2</p> <p>また、放射性物質を内蔵しておらずかつ多重化が要求される冷却水設備の安全冷却水系、非常用電源建屋の第2非常用ディーゼル発電機及び一部の洞道航④は同時に2系列破損しないよう十分な離隔距離をとって配置する方法を用いる。航③-3</p> <p>防護設計を行う建物・構築物を、第1.7.3-1表に示す。航④</p>	<p>2.3 外部からの衝撃による損傷の防止 (中略)</p> <p>想定される人為事象のうち、飛来物（航空機落下）については、防護設計の要否を判断する基準を超えないことを評価して設置（変更）許可を受けている。</p> <p>工事計画認可申請時に、設置（変更）許可申請時から、防護設計の要否を判断する基準を超えるような航空路の変更がないことを確認していることから、設計基準対象施設に対して防護措置その他適切な措置を講ずる必要はない。</p> <p>なお、定期的に航空路の変更状況を確認し、防護措置の要否を判断することを保安規定に定めて管理する。</p>	<p>航② (P6 から)</p>

(当社の記載)
<不一致の理由>
再処理施設の立地固有の記載であるため、発電炉と記載が異なる。(以下、当社のみに記載がある文章については、発電炉との不一致の理由は同様。)

【許可からの変更点等】
事業指定(変更許可)取得後において、落下確率評価の条件に変更がないことを記載する。

【許可からの変更点等】
事業指定(変更許可)取得後の確率評価の運用について追記する。

【凡例】

下線：基本設計方針に記載する事項(丸数字で紐づけ)
 波線：基本設計方針と許可の記載の内容変更部分
 灰色ハッチング：基本設計方針に記載しない事項
 黄色ハッチング：発電炉設工認と基本設計方針の記載内容が一致する箇所
 紫字：比較対象外箇所(SA設備に関する記載)
 黄色吹き出し：発電炉との差異の理由
 赤色吹き出し：許可からの変更点等
 青色吹き出し：他条文から展開した記載

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（2 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p data-bbox="1626 310 2071 478"> (発電炉の記載) <不一致の理由> 重大事故等対処設備の分散配置設計については「8.1.5 環境条件等」で展開する構成に見直したため。 </p> <p data-bbox="1626 535 2083 1207"> 安全上重要な施設であり防護対象外とする施設は、主排気筒、主排気筒の排気筒モニタ、安全蒸気系のボイラ用燃料ポンベ及び第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器である。これら施設については、航空機が施設に墜落する可能性は無視できること、又は仮に航空機が施設に墜落することを想定しても、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことから防護対象外とする。航空機 ここでは防護対象施設選定の妥当性を確認するために、仮に形状の大きい主排気筒に航空機が墜落することを想定して、公衆に与える線量当量を評価する。なお、航空機の墜落により主排気筒が破損しても、主排気筒の倒壊に至る可能性は無視できる。 本評価において、次のような経過を想定する。 </p> <p data-bbox="1626 1213 2083 1942"> 主排気筒の破損発生とともに新たに使用済燃料の処理は行わないとし、その時点でせん断処理施設のせん断機及び溶解施設の溶解槽にある使用済燃料を約1tとし、その溶解に伴って発生するクリプトン-85及び炭素-14が、気体廃棄物の廃棄施設の前処理建屋せん断処理・溶解廃ガス処理設備を経由して、破損した主排気筒から、せん断処理施設及び溶解施設の処理能力を考慮して、約6時間の間に放出されるものとする。気体廃棄物の廃棄施設の精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）のうちプルトニウム濃縮液一時貯槽等から発生する廃ガス並びに高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備のうち高レベル廃液貯蔵設備から発生する廃ガス及び低レベル廃液処理建屋塔槽類廃ガス処理設備からの廃ガスについては、平常時と同じ放射性物質が1年間にわたって放出されるものと </p>	<p data-bbox="2113 262 2582 493"> 2.3.3 設計方針 (2) 人為事象 c. 航空機の墜落 重大事故等対処設備は、建屋内に設置するか、又は屋外において設計基準対象施設等と位置的分散を図り設置する。 </p>	

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（3 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考																												
			<p>する。その他の廃ガスについては、主排気筒の破損発生に伴って工程内洗浄等の工程停止操作を行うため、1箇月以内に放射性物質の放出は収束するが、ここでは平常時と同じ放射性物質が1箇月間にわたって放出されるものとする。</p> <p>航空機の墜落による主排気筒の破損に伴い放出される廃ガス中の放射性物質の放出量は、添付書類七「4.2.2 気体廃棄物の推定放出量」に示される推定年間放出量に基づいて、前述の各発生源別の放出時間を考慮し、設定する。</p> <p>大気中への主な放射性物質の放出量は、以下のとおりである。</p> <table border="1" data-bbox="1635 800 2080 1289"> <thead> <tr> <th>核 種</th> <th>放出量(Bq)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>H-3</td><td>6.9×10^{14}</td></tr> <tr><td>C-14</td><td>6.5×10^{10}</td></tr> <tr><td>Kr-85</td><td>4.1×10^{14}</td></tr> <tr><td>Sr-90</td><td>5.1×10^8</td></tr> <tr><td>Ru-106</td><td>7.6×10^9</td></tr> <tr><td>I-129</td><td>2.0×10^9</td></tr> <tr><td>I-131</td><td>1.5×10^{10}</td></tr> <tr><td>Pu-238</td><td>6.8×10^7</td></tr> <tr><td>Pu-239</td><td>6.1×10^6</td></tr> <tr><td>Pu-240</td><td>9.6×10^6</td></tr> <tr><td>Pu-241</td><td>2.2×10^9</td></tr> <tr><td>Am-241</td><td>6.0×10^6</td></tr> <tr><td>Cm-244</td><td>1.7×10^7</td></tr> </tbody> </table> <p>線量当量の評価に当たっては、大気中へ放出される放射性物質は破損した主排気筒から放出するものとして、地上放散を仮定し計算する。</p> <p>敷地境界外の地表空气中濃度及び放射性雲からのガンマ線による外部被ばくに係る線量当量は、添付書類四「2.5 安全解析に使用する気象条件」に記述する使用済燃料受入れ・貯蔵建屋における相対濃度及び相対線量に、放射性物質の放出量を乗じて求める。</p> <p>放射性物質の吸入による敷地境界外の内部被ばくに係る線量当量D_I (Sv) は次式で計算する。</p> $D = \sum Q_{Ii} \cdot R \cdot \chi / Q \cdot (H_{50})_i$ <p>ここで、</p> <p>Q_{Ii} : 事故期間中の放射性核種 i の大気放出量 (Bq)</p> <p>R : 人間の呼吸率 (m^3 / s)</p>	核 種	放出量(Bq)	H-3	6.9×10^{14}	C-14	6.5×10^{10}	Kr-85	4.1×10^{14}	Sr-90	5.1×10^8	Ru-106	7.6×10^9	I-129	2.0×10^9	I-131	1.5×10^{10}	Pu-238	6.8×10^7	Pu-239	6.1×10^6	Pu-240	9.6×10^6	Pu-241	2.2×10^9	Am-241	6.0×10^6	Cm-244	1.7×10^7		
核 種	放出量(Bq)																																
H-3	6.9×10^{14}																																
C-14	6.5×10^{10}																																
Kr-85	4.1×10^{14}																																
Sr-90	5.1×10^8																																
Ru-106	7.6×10^9																																
I-129	2.0×10^9																																
I-131	1.5×10^{10}																																
Pu-238	6.8×10^7																																
Pu-239	6.1×10^6																																
Pu-240	9.6×10^6																																
Pu-241	2.2×10^9																																
Am-241	6.0×10^6																																
Cm-244	1.7×10^7																																

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（4 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
	(1)防護設計条件		<p>呼吸率Rは、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の付録IIに基づき、短時間放出の場合の活動時間中の呼吸率 $3.33 \times 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{s)}$ を用いる。</p> <p>x/Q : 線量評価に用いる放射性物質の相対濃度 (s/m^3)</p> <p>$(H_{50})_i$: 核種 i の吸入による預託線量当量換算係数 (Sv/Bq)</p> <p>放射性雲からのガンマ線外部被ばくに係る線量当量 $D_r \text{ (Sv)}$ は、次式で計算する。</p> $D_r = K \cdot D/Q \cdot Q_r$ <p>ここで、</p> <p>K : 空気吸収線量から線量当量への変換係数 (Sv/Gy) (実効線量当量に対して $K=1$ とする)</p> <p>D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)</p> <p>Q_r : 事故期間中のクリプトン-85の大气放出量 (Bq) (ガンマ線実効エネルギーの 0.5MeV 換算値)</p> <p>上記に基づいて評価した敷地境界外の線量当量は、約 1mSv である。</p> <p>使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋及び第1低レベル廃棄物貯蔵建屋等の安全上重要な施設を収納しない建物・構築物で防護設計を行わないものについては、航空機が施設に墜落する可能性は極めて小さいが、仮に航空機が施設に墜落することを想定しても、航空機の墜落及び火災による環境への移行率をそれぞれ1%として、線量当量評価を行った結果、主排気筒の評価値を下回っており、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。航◇</p> <p>1.7.3.3 防護設計条件の設定</p> <p>防護設計の条件設定に当たっては、F-16の諸元を用い余裕を考慮して設定した条件に平成9年3月に三沢基地に配備されたF-4EJ改を考慮する。なお、平成12年10月から順次、三沢基地に配備されるF-2について検討した結果、F-2の航空機条件は、F-16の諸元を用い余裕を考慮して設定した条件を上回るものではな</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（5 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>いことが確認されている。航◇ F-16の諸元を用い余裕を考慮して設定した条件とは、平成9年3月より以前に三沢対地訓練区域で最も多く訓練飛行を行っていた航空自衛隊のF-1及び米国空軍のF-16のうち、機体の質量が大きく、厳しい結果を与えるF-16の諸元に基づき以下のとおり設定した条件である。航◇ F-16等の戦闘機の事故要因のうち、三沢対地訓練区域での発生が考えられない要因並びに基地周辺及び訓練コース近傍でしか発生しない要因を除外し、再処理施設まで到達する可能性があるものを摘出すると、エンジン推力を喪失する場合は挙げられる。 なお、コックピット火災等によりパイロットが直ちに脱出した後も飛行を継続する場合も考えられるが、このような事象が生じる可能性は過去の事例からみて無視できる。 エンジン推力を喪失すると、通常パイロットは安全確保のために、機体の安定に必要な操作等を行った後最良滑空状態にし、基地又は海上等への到達を図る。到達が不可能と判断した場合でも、原子力関係施設等の回避を行った後、パイロット自身の安全確保等のため減速して脱出する。 このときの航空機は速度は最良滑空速度と失速速度の間にあると考えられる。回避が行われずに航空機が施設まで滑空することは考えられないが、ここでは回避が行われずに最良滑空速度で滑空する場合を想定する。 三沢対地訓練区域で訓練飛行中のF-16について、昭和63年9月から2年間にわたり当社が調査した結果では、搭載物は燃料タンク及び小型の模擬弾（約10kg）であり、質量としては、第1.7.3-1図に示すように大部分が約13t以下であるが、現実には搭載しないと考えられる訓練時の最大装備を仮定し、航空機の質量を16tとする。 このときの最良滑空速度を下式により求めると144m/sとなる。</p> $V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_r}}$ $C_r = \sqrt{C_L^2 + C_D^2}$		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（6 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
	<p>建物・構築物の防護設計においては、三沢対地訓練区域で最も多く訓練を行っている航空機のうち、厳しい結果を与える航空機を対象とした衝撃荷重に係る条件に余裕を考慮し、航空機総重量20t、速度150m/sから求める衝撃荷重を用いる。航⑤-1</p> <p>この衝撃荷重は衝突面に対し直角に作用するものとする。航⑤-3</p> <p>貫通限界厚さの算定についても同様に、余裕を考慮し、エンジン重量1.9トン、エンジン吸気口部直径0.98m、エンジンの衝突速度150m/sとする。航⑤-2</p>	<p>建物・構築物の防護設計においては、余裕を考慮し、航空機総重量20t、速度150m/sから求める衝撃荷重を用いる。航⑤-1</p> <p>上記の防護設計を踏まえ、「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」等に基づき、再処理施設への航空機落下確率を評価した結果、防護設計の要否判断基準を超えないことから、追加の防護設計は必要ない。航⑤-2</p>	<p>ここで、 V : 飛行速度(m/s) W : $M \times g$ M : 航空機の質量(kg) g : 重力加速度(m/s²) ρ : 空気密度(kg/m³) S : 主翼面積(m²) C_L : 揚力係数(-) C_D : 抗力係数(-)</p> <p>上式において主翼面積は28m²とし、揚力係数及び抗力係数は各々0.44, 0.044とする。航⑤</p> <p>航空機を対象とした衝撃荷重及びエンジンに係る条件として、航空機の質量16t、速度150m/sから求める衝撃荷重、及びエンジンの質量1.5t、エンジン吸気口部直径0.98m、エンジンの衝突速度150m/sとする。航⑤</p> <p>さらに、建物・構築物の防護設計においては、余裕を考慮し、航空機の質量20t、速度150m/sから求める衝撃荷重を用いる。航⑤-1</p> <p>また、貫通限界厚さの算定についても同様に、余裕を考慮し、エンジンの質量1.9t、エンジン吸気口部直径0.98m、エンジンの衝突速度150m/sとする。航⑤-2</p> <p>以下にF-4EJ改の航空機条件を適切に設定し、上記条件と比較する。航⑤</p> <p>F-4の事故要因のうち、三沢対地訓練区域での発生が考えられない要因並びに基地周辺及び訓練コース近傍でしか発生しない要因を除外し、再処理施設まで到達する可能性があるものを摘出すると、エンジン推力を喪失する場合は挙げられる。航⑤</p> <p>エンジン推力喪失時のパイロットの対応及び脱出時の速度は、前述の場合と同じであり、また、回避が行われずに航空機が施設まで滑空することは考えられないが、ここでも、回避が行われずに最良滑空速度で滑空する場合を想定する。航⑤</p> <p>航空機の質量は、文献や三沢対地訓</p>		<p>航⑤-3 (P8 から)</p> <p>航② (P1 ~)</p>

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（7 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
	<p>また、F-4EJ改を考慮し、エンジン重量 1.745 t / 基、エンジン吸気口部直径 0.992m 及びエンジンの衝突速度 155m / s も用いる。航⑤-2</p>		<p>練区域で訓練飛行中のF-1の外部搭載物搭載状況を昭和63年9月から6年間にわたり当社が調査した結果から22tと見積もった。F-1の観測結果に基づき算定したF-4EJ改の出現頻度を第1.7.3-3図に示す。なお、F-4EJ改の質量が22tを超える場合がわずかにあるとしても、三沢対地訓練区域で訓練飛行中の航空機の施設への墜落の可能性が極めて小さいことを考えれば、そのような航空機が施設へ墜落する可能性は無視できる。</p> <p>F-4EJ改の最良滑空速度を上式により求めると155m / s となる。</p> <p>上式において、主翼面積は49.2 m²とし、揚力係数及び抗力係数は各々0.3, 0.036とする。航⑤</p> <p>F-4EJ改を対象とした衝撃荷重及びエンジンに係る条件として航空機の質量22t, 速度155m / s から求まる衝撃荷重, 及びエンジンの質量1.745 t / 基, エンジン吸気口部直径0.992 m, エンジンの衝突速度155m / s とする。航⑤-2</p> <p>建物・構築物の防護設計においては、F-4EJ改のこれらの条件から求まる衝撃荷重の応答について評価した結果、前述の航空機の質量20t, 速度150m / s から求まる衝撃荷重の応答を上回るものではないことを確認したことから、衝撃荷重に係る条件として、F-16の諸元を用い余裕を考慮して設定した条件である航空機の質量20t, 速度150m / s から求まる衝撃荷重とする。航⑤</p> <p>また、貫通限界厚さの算定についてもF-4EJ改を考慮し、エンジンに係る条件として、F-16の諸元を用い余裕を考慮して設定した条件であるエンジンの質量1.9t, エンジン吸気口部直径0.98m 及びエンジンの衝突速度150m / s 航⑤-2 並びにF-4EJ改を対象とした条件であるエンジンの質量1.745 t / 基, エンジン吸気口部直径0.992m 及びエンジンの衝突速度155m / s とする。航⑤-2</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（8 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
	<p>(2)防護設計</p> <p>航空機衝突時の建物・構築物の損傷の評価においては、比較的硬いエンジンの衝突による貫通等の局所的な破壊と、機体全体の衝突による鉄筋コンクリート版等の全体的な破壊という二つの現象を考慮する。航⑥-1,航⑥-2</p> <p>防護設計を行う建物・構築物は、エンジンの衝突による貫通を防止でき、航空機全体の衝突荷重によるコンクリートの圧縮破壊及び鉄筋又は鋼材の破断による版の全体的な破壊を防止できる構造とする。航⑥-1,航⑥-2</p> <p>外壁等に設けられた開口部のうち開口面積の大きいものは、迷路構造により開口内部を直接見込めない構造とすること等によって防護設計を行う。航⑥-3</p> <p>なお、航空機墜落に伴う搭載燃料の燃焼による火災に対して、十分な耐火性能を有する鉄筋コンクリート版等により、防護対象とする施設を防護する。航⑥-4</p>	<p>【許可からの変更点等】 「貫通等」の指す内容は許可と同様であり、許可の記載を用いる。</p> <p>【許可からの変更点等】 「外壁等」の指す内容は許可と同様であり、許可の記載を用いる。</p> <p>【許可からの変更点等】 「開口内部を直接見込めない構造とすること等」の指す内容は許可と同様であり、許可の記載を用いる。</p> <p>【許可からの変更点等】 搭載燃料の燃焼に対する防護設計について具体化して記載する。 「十分な耐火性能を有する鉄筋コンクリート版等」の指す内容は鉄筋コンクリート版の他、鉄骨コンクリートを含んでおり、既認可の記載を踏襲する。</p>	<p>1.7.3.4 建物・構築物の防護設計</p> <p>航空機は、柔な機体とそれと比べて比較的硬いエンジンから構成されているという構造的特徴があり、航空機衝突時の建物・構築物の損傷の評価においては、比較的硬いエンジンの衝突による貫通等の局所的な破壊と機体全体の衝突による鉄筋コンクリート版等の全体的な破壊という二つの現象を考慮する。航⑥-1,航⑥-2</p> <p>防護設計を行う建物・構築物は、エンジンの衝突による貫通を防止でき、航空機全体の衝突荷重によるコンクリートの圧縮破壊及び鉄筋又は鋼材の破断による版の全体的な破壊を防止できる堅固な構造とする。航⑥-1,航⑥-2</p> <p>壁等に設けられた開口部について、開口面積の大きいものは、迷路構造により開口内部を直接見込めない構造とすること等によって防護設計を行う。航⑥-3</p> <p>また、航空機が再処理施設まで滑空する場合には、東又は南方向から角度をもって施設に向かうと考えられるが、安全側の設計として、航⑤荷重はすべての方向の壁及び天井に対して直角に作用するものとする。航⑤-3</p> <p>なお、防護設計を行う建物・構築物は航空機搭載燃料の燃焼による火災を考慮した設計とする。航⑥-4 この際の圧力影響は、無視できるほど小さいため考慮しない。航⑤</p> <p>(1) エンジンによる鉄筋コンクリート版の防護厚さは、適合性が確認されているDegenによる剛飛来物の貫通限界厚さの評価式に、実物航空機のエンジンを用いた実験から得られた成果を反映した下式により求められる貫通限界厚さを下回らないものとする。航⑤</p> $e = 0.65 e'$ <p>ただし、</p> $1.52 \leq X/d \leq 13.42 \text{ の場合 } e'/d = 0.69 + 1.29(X/d)$ $1.52 \geq X/d \text{ の場合 } e'/d = 2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2$ <p>貫入深さ(X)は、</p> $X/d \leq 2.0 \text{ の場合 } X/d = 2 \{ (180/\sqrt{f'c'}) \cdot 0.72d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} \}^{0.5}$ $X/d \geq 2.0 \text{ の場合}$	<p>航⑤-3 (P6へ)</p>	<p>備考</p>

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（9 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p> $X/d = (180/\sqrt{fc'}) \cdot 0.72 d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} + 1$ ここで、 e : 貫通限界厚さ(in) e' : Degen式による貫通限界厚さ(in) X : 貫入深さ(in) d : エンジン有効直径(in) fc' : コンクリート圧縮強度(lbf/in²) D : W/d^3 (lbf/in³) W : エンジン重量(lbf) V : 衝突速度(ft/s) なお、エンジン有効直径としては、エンジン吸気口部直径を用いることとする。航◇ </p> <p> (2) 機体全体の衝突による建物・構築物の破壊に対しては、衝撃荷重を用いた版の応答解析を行い、コンクリートの圧縮破壊及び鉄筋又は鋼材の破断を生じさせない設計とする。 a. 衝撃荷重は、Rieraが理論的に導いた評価式に、実物航空機を用いた実験から得られた成果を反映した下式により求める。航◇ </p> $F(t) = Pc \{x(t)\} + 0.9 \mu \{x(t)\} \cdot V(t)^2$ <p> ここで、 F(t) : 衝撃荷重(N) Pc {x(t)} : 衝突面における航空機の破壊強度(N) μ {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実速度(m/s) x(t) : 時刻 t における機体軸方向の衝突位置(m) Pc {x(t)} 及び μ {x(t)} は、文献を参考に、航空機の重量、長さに合わせて策定し、設計に用いる衝撃荷重曲線は、上式による算定結果に対し、全体的な形状をとらえ、力積が下回らないように平滑化した。 上記により得られた衝撃荷重曲線を第1.7.3-2図に示す。 </p> <p> b. コンクリートの圧縮破壊及び鉄筋又は鋼材の破断による版の破壊防止に対 </p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（10 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>する許容値は、米国土木学会等の文献及び日本産業規格を参考に次の値とする。航◇</p> <p>コンクリートの圧縮歪: $6,500 \times 10^{-6}$ 鉄筋及び鋼材の引張歪: $60,000 \times 10^{-6}$</p> <p>1.7.3.5 航空機落下確率評価 航空機落下確率評価に当たっては「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」（平成14・07・29 原院第4号（平成14年7月30日 原子力安全・保安院制定）（以下「航空機落下評価ガイド」という。）等に基づき、施設に対する追加の防護設計の要否を確認する。航◇</p> <p>再処理施設は、使用済燃料の受入れ・貯蔵、前処理、分離、精製等の工程ごとに安全機能が独立して複数の建屋で構成されていることから、工程単位で評価を行う。</p> <p>安全機能を有する施設は、その重要度に応じてその機能を確保することが要求されていること、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設はその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあること、並びに安全機能を有する施設は冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないことを要求されていることから、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設を収納する建屋及び安全機能の維持に必要な施設を航空機落下確率の評価対象とする。航◇</p> <p>(1) 評価対象とする航空機落下事故の選定 航空機落下については、航空機落下評価ガイドに基づき、航空機落下事故の分類ごとに航空機落下確率評価の要否を確認する。</p> <p>a. 計器飛行方式民間航空機の落下事故 (a) 飛行場での離着陸時における落下事故について、再処理施設周辺に立地する三沢空港の滑走路端から滑走路方向に対して±60°の扇型区域から外れることから、航空機落下確率評価は不要とする。</p> <p>(b) 航空路を巡航中の落下事故について、再処理施設上空に航空法第37</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（11 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>条に基づく航空路の指定に関する告示により指定されている航空路は存在しないが、航空路誌（AIP）に掲載された直行経路MISAWA（MIS）－CHITOSE（ZYT）が存在することから、当該直行経路を計器飛行方式民間航空機が飛行することを想定し、航空機落下確率評価を行う。</p> <p>b. 有視界飛行方式民間航空機の落下事故</p> <p>再処理施設上空の三沢特別管制区は、航空法第94条の2により計器飛行方式によらなければ飛行してはならないとされていることから、航空機落下確率評価は不要とする。</p> <p>c. 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>(a) 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故について、再処理施設上空に訓練空域は存在しないことから、訓練空域外を飛行中の落下事故について、航空機落下確率評価を行う。</p> <p>(b) 基地－訓練空域間往復時の落下事故について、再処理施設は、基地－訓練空域間の往復の想定飛行範囲内に位置しないことから、航空機落下確率評価は不要とする。航◇</p> <p>(2) 評価対象とする航空機落下事故</p> <p>評価対象とする航空機落下事故は、国内における落下事故とし、対象期間は計器飛行方式民間航空機については平成11年1月から平成30年12月までの20年間、自衛隊機又は米軍機については平成11年4月から平成31年3月までの20年間とする。</p> <p>a. 計器飛行方式民間航空機の落下事故</p> <p>対象期間において、航空路を巡航中の落下事故は発生していないが、安全側に事故件数を0.5回とする。</p> <p>b. 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>再処理施設は、F-16等が再処理施設に衝突した場合でも、鉄筋コンクリート版等の機体全体の衝突による全体的な破壊及びエンジンの衝突による局所的な破壊（貫通及び裏面剥離）により安全上重要な施設の安全機能が損なわれないよう、原則として建物全体を外壁及び屋根により保護する設計と</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（12 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>する。</p> <p>これらを踏まえ、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する建物・構築物に対する航空機落下確率評価においては、航空機落下評価ガイドの「有視界飛行方式民間航空機の落下事故」の落下確率評価を参考とし、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、有視界飛行方式民間航空機の落下確率を求める際に小型機に対して用いる1/10の係数を適用する。</p> <p>係数を適用する場合の条件を以下に示す。</p> <p>(a) 機体全体の衝突による全体的な破壊</p> <p>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。</p> <p>(b) エンジンの衝突による局所的な破壊</p> <p>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。</p> <p>評価対象とする航空機落下事故は、自衛隊機10回（うち8回が係数適用）及び米軍機3回（うち2回が係数適用）となる。航◇</p> <p>(3) 標的面積の設定</p> <p>再処理施設は、使用済燃料の受入れ・貯蔵、前処理、分離、精製等の工程ごとに安全機能が独立して複数の建屋で構成されていることから、追加の防護設計の要否判断は工程単位で行う。具体的には、前処理建屋等の安全上重要な施設を収納する建屋ごとに、当該建屋の面積及びその施設の安全機能の維持に必要な施設（安全冷却水系冷却塔、非常用電源建屋及び制御建屋等）の面積を合算したものを標的面積とする。</p> <p>また、安全圧縮空気系、安全冷却水系、非常用所内電源系統、主排気筒、安全保護回路及び安全上重要な計測制御系の安全上重要な施設に係る建物・構築物間に敷設する配管、ダクト及び</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（13 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>ケーブルについては、地下に位置する洞道内にあり、航空機落下の影響を受けるおそれがないことから標的面積には含めない。</p> <p>工程単位で安全上重要な施設を収納する建屋及び安全機能の維持に必要な施設の選定結果及び標的面積を第1.7.3-2表に示す。</p> <p>第1.7.3-2表に示すとおり、ウラン・プルトニウム混合脱硝を対象としたウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び安全機能の維持に必要な施設の面積を合算した場合の0.043 km²が最大の標的面積となる。</p> <p>そのうち、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計とする建物・構築物については、1/10の係数を適用して評価し、標的面積は0.031 km²となる。一方、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としない建物・構築物については、1/10の係数を適用せずに評価し、標的面積は0.012 km²となる。航◇</p> <p>(4) 落下確率の評価方法</p> <p>「計器飛行方式民間航空機」及び「自衛隊機又は米軍機」の航空機落下確率の評価式を以下に示す。</p> <p>a. 計器飛行方式民間航空機</p> $P_c = f_c \times N_c \times A / W$ <p>P_c：再処理施設への巡航中の航空機落下確率（回/年）</p> <p>N_c：評価対象とする直行経路の年間飛行回数（飛行回/年）</p> <p>A：再処理施設の標的面積（km²）</p> <p>W：航空路幅（km）</p> $f_c = G_c / H_c$ <p>f_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））</p> <p>G_c：巡航中事故件数（回）</p> <p>H_c：延べ飛行距離（飛行回・km） 航◇</p> <p>b. 自衛隊機又は米軍機</p> $P_{SOX} = P_{SO1} + P_{SO2}$ <p>P_{SOX}：訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機の再処理施設への航空機落下確率（回/年）</p> <p>P_{SO1}：建物全体を外壁及び屋根</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（14 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>により保護する設計とする再処理施設への訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率（回／年）</p> <p>PSO2：建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としない再処理施設への訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率（回／年）</p> $PSO1 = (fSO1/SO \times A1 \times \alpha) + (fSO2/SO \times A1)$ <p>fSO1：係数を適用する航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）</p> <p>fSO2：係数を適用しない航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）</p> <p>SO：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km²）</p> <p>A1：建物全体を外壁及び屋根により保護する設計とする再処理施設の標的面積（km²）</p> <p>α：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対する係数</p> $PSO2 = (fSO1 + fSO2SO \times A2)$ <p>fSO1：係数を適用する航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）</p> <p>fSO2：係数を適用しない航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）</p> <p>SO：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km²）</p> <p>A2：建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としない再処理施設の標的面積（km²）</p> <p>航◇</p> <p>(5) 再処理施設への航空機落下確率 再処理施設への航空機落下確率は、「計器飛行方式民間航空機」及び「自衛隊機又は米軍機」の航空機落下確率の総和とする。 最大の標的面積となるウラン・プルトニウム混合脱硝のウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び安全機能の維持に必要な施設を対象とした場合、計</p>		

基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較 第八条（外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下））（15 / 15）

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業指定申請書 本文	事業指定申請書 添付書類六	発電炉設工認 基本設計方針	備考
			<p>器飛行方式民間航空機の航空機落下確率は2.3×10^{-10}（回／年），自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率は4.5×10^{-8}（回／年），航空機落下確率の総和は，4.6×10^{-8}（回／年）となり，防護設計の判断基準である10^{-7}（回／年）を超えないことから，追加の防護設計は必要ない。</p> <p>なお，全ての安全上重要な施設を収納する建屋及び安全機能の維持に必要な施設の面積を合算した場合の航空機落下確率の総和は，8.8×10^{-8}（回／年）となる。工程単位の航空機落下確率を第1.7.3-3表に示す。航◇</p>		

設工認申請書 各条文の設計の考え方

第八条 外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下）					
1. 技術基準の条文，解釈への適合に関する考え方					
No.	基本設計方針に記載する事項	適合性の考え方（理由）	項・号	解釈	添付書類
航①	防護設計の基本方針	技術基準の要求を受けている内容	3	-	b
航②	防護設計の要否	技術基準の要求を受けた防護設計要否の判定	3	-	a
航③	防護の方法	技術基準の要求を受けている内容の具体化	3	-	b
航④	防護対象の選定について	要求を満たすための防護対象の範囲の考え方	3	-	b
航⑤	設計条件	防護設計で考慮する航空機の条件	3	-	b
航⑥	防護設計	防護設計の考え方について	3	-	b
2. 事業変更許可申請書の本文のうち，基本設計方針に記載しないことの考え方					
No.	項目	考え方	添付書類		
航㊦	再処理施設を取り巻く環境条件	再処理施設を取り巻く環境条件の解説であり，これを織り込んだ設計条件を記載済みである。	b		
3. 事業変更許可申請書の添六のうち，基本設計方針に記載しないことの考え方					
No.	項目	考え方	添付書類		
航◇	落下確率に基づく防護方針について	事業許可段階における防護設計要否の判定に係る記載であり，これを考慮した設計条件を記載している。	a		
航◇	再処理工場の特質	再処理施設を取り巻く環境条件の解説又は再処理施設の個々の施設の説明であり，これを織り込んだ設計条件は設工認で記載済みである。	b		
航◇	防護対象から除外する施設について	防護対象から除外する個々の施設及び除外する理由の説明であり，事業許可段階において説明済み。	-		
航◇	F-2を設計から除外する件について	設計条件としない航空機の説明であり，設計に直接関係しない。	-		
航◇	F-16の条件の計算根拠	設計条件を設定するにあたっての想定の説明であり，これを考慮した設計条件を記載済み。	-		
航◇	F-4EJ改の条件の計算根拠	同上	b		
航◇	航空燃料火災時の圧力影響	設計上考慮しない条件についての記載のため基本設計方針に記載しない	-		
航◇	評価の詳細説明	防護設計の妥当性評価する具体的な方法（計算式）であり，添付書類に記載する事項である。	b		
4. 添付書類等					
No.	書類名				
a	VI-1-1-1-6 航空機に対する防護設計に関する説明書				
b	VII-2-1 航空機に対する防護設計の基本方針				

別紙 2

基本設計方針を踏まえた添付書類の 記載及び申請回次の展開

※本別紙は追而とする。

別紙3

基本設計方針の添付書類への展開

※本別紙は追而とする。

別紙4

添付書類の発電炉との比較

※本別紙は追而とする。

別紙5

補足説明すべき項目の抽出

※本別紙は追而とする。

別紙6

変更前記載事項の 既工認等との紐づけ

※本別紙は、別紙1による基本設計方針の記載事項の確定後に示す。