

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外航 00-02 <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（外航）

（MO X燃料加工施設）

1. 概要

- 本資料は、加工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
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
別紙2で第1回申請対象とした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
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
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00-02 【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	8/10	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	8/10	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	8/10	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	8/10	0	本別紙は、追而とする。
別紙6	変更前記載事項の既設工認等との紐づけ	8/10	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 / 14)

技術基準規則	設工認申請書 基本設計方針	事業許可申請書 本文	事業許可申請書 添付書類五	発電炉工認 基本設計方針	備考
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第八条</p> <p>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。)により加工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加工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①-1～3</p>	<p>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墜落することを想定したときに、公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼす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を確保できる堅固な建物・構築物で適切に保護する設計とする。航①-1, 航①-2, 航①-3</p> <p>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・構築物全体を適切に防護する方法を基本とし、建物・構築物内部に設置されている施設の安全性を確保する。</p> <p>また、航空機に対して、貯蔵容器搬送用洞道の頂版で適切に防護することにより、施設の安全性を確保する設計とする。航③</p> <p>上記の防護設計を踏まえ、航空機落下確率が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許可(変更許可)を受けている。設工認申請時に、事業(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。</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。航②</p>	<p>本文別添</p> <p>一. 加工施設の位置、構造及び設備</p> <p>ロ. 加工施設の一般構造</p> <p>(ト) その他の主要な構造</p> <p>(1) 安全機能を有する施設</p> <p>① 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>d. 航空機落下に対する設計方針</p> <p>MOX燃料加工施設における主要な建物は、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、安全確保上支障のない構造とする。航①-1</p> <p>(当社の記載) <不一致の理由> MOX 燃料加工施設の立地固有の記載であるため、発電炉と異なる。(以下、当社のみ記載が存在する文章における発電炉との記載不一致の理由は同様である。)</p> <p>【許可からの変更点等】 航空機落下から防護する「構築物」の明確化として、建屋に加え貯蔵容器搬送用洞道に関する記載を追記する。</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、MOX燃料加工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②</p> <p>【許可からの変更点等】 事業許可(変更許可)取得時の結果に加え、取得後の確率評価の運用について追記する。</p>	<p>添付書類五</p> <p>(7) 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>⑤ 航空機落下</p> <p>a. 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可能性は極めて小さいが、航空機が墜落することを想定したときに、公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのある施設を建物・構築物で防護する等安全確保上支障のないようにする。この建物・構築物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ように設計する。航①-2</p> <p>上記の防護設計を踏まえ、MOX燃料加工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④</p>	<p>2.3 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>【凡例】</p> <p>下線：基本設計方針に記載する事項(丸数字で紐づけ)</p> <p>波線：基本設計方針と許可の記載の内容変更部分</p> <p>灰色ハッチング：基本設計方針に記載しない事項</p> <p>黄色ハッチング：発電炉工認と基本設計方針の記載内容が一致する箇所</p> <p>🗨️：発電炉との差異の理由 🟡：許可からの変更点等</p> <p>(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。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じる必要はない。</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>備考</p> <p>航①-3 (P12 から)</p> <p>航④ (P2 から)</p> <p>航③ (P2 から)</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)) (2 / 14)

			<p>b. 防護対象施設 <u>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, 公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼす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</u> 防護方法としては, <u>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加工施設の特質を配慮して航④, 建物・構築物の外壁及び屋根により建物・構築物全体を適切に防護する方法を基本とし, 建物・構築物内部に設置されている施設の安全性を確保する。航③</u></p> <p>c. 防護設計条件の設定航④ <u>戦闘機の事故要因⁽⁷⁰⁾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, 加工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が挙げられる。航④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。航④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^{(70) (71)}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⁽⁷²⁾。このときの航空機の色度は最良滑空速度と失速速度の間にあると考えられる。航④, 航④, 航④</u></p> <p><u>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。最良滑空速度は, (5.1) 式⁽⁷³⁾により求める。航④, 航④, 航④</u></p>	<p>(当社の記載) <不一致の理由> 当社の記載は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」に記載している。 <不一致の手当> 不要</p> <p>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>	<p>航④ (P1 ~)</p> <p>航③ (P1 ~)</p>
--	--	--	---	---	---

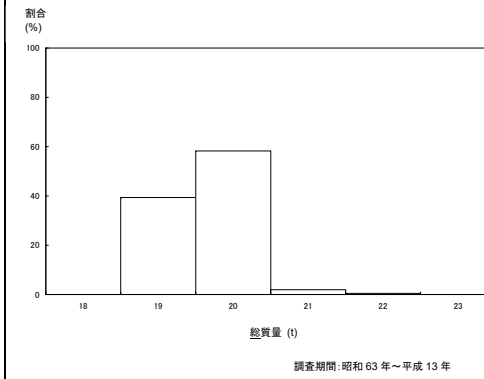
基本設計方針の許可整合性, 発電炉との比較 第八条 (外部からの衝撃による損傷の防止 (航空機落下)) (3 / 14)

			<p> $V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_r}}$ $C_r = \sqrt{C_L^2 + C_D^2} \quad (5.1)$ </p> <p>ここで,</p> <p> V : 飛行速度 (m/s) W : M × g M : 航空機の総質量 (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>防護設計の条件設定に当たっては, 三沢対地訓練区域で多く訓練飛行を行う米空軍の F-16C/D⁽⁷⁴⁾⁽⁷⁵⁾, 航空自衛隊の F-4EJ⁽⁷⁶⁾改及び F-2⁽⁷⁷⁾を考慮して, 航空機による衝撃荷重及びエンジンに係る条件を設定する。航Ⓕ, 航Ⓖ, 航Ⓗ</p> <p>三沢対地訓練区域で訓練飛行中の F-16C/D について, 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であり, 総質量としては, 添5第26図に示すように大部分が約 16t 以下である。また, F-4EJ改及び F-2 については, それぞれ添5第27図, 添5第28図に示すようにほとんどの場合 20t, 14t 以下である (F-1の外部搭載物調査結果による推定結果を追加説明書 I (航空機質量の設定における外部搭載物について) に示す)。航Ⓕ (5.1) 式による最良滑空速度の算定においては, F-16C/D, F-4EJ改及び F-2の総質量について, それぞれ 17t, 22t 及び 16t とする。また, F-16C/D, F-4EJ改及び F-2を対象とした最良滑空速度の設定に必要な諸元を添5第22表にまとめる。航Ⓕ, 航Ⓖ, 航Ⓗ</p> <p>航空機による衝撃荷重の設定に用いる F-16C/D, F-4EJ改, F-2等の諸元を添5第23表にまとめる。航Ⓕ, 航Ⓖ, 航Ⓗ</p> <p>F-2は, F-16C/Dと航空機の総質量, 衝突速度, 機体長さ及び胴体部投影面積について比較すると, 鉄筋コンクリート版に対し影響が小さくなる方向で</p>		
--	--	--	---	--	--

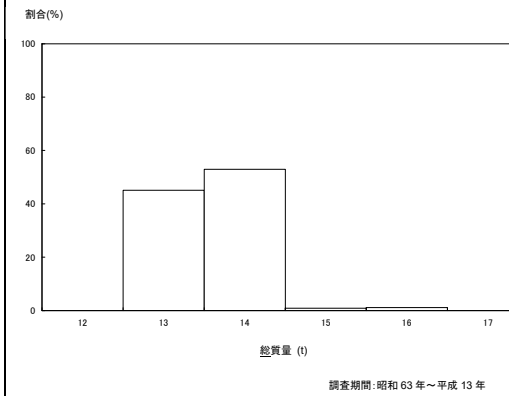
基本設計方針の許可整合性, 発電炉との比較 第八条 (外部からの衝撃による損傷の防止 (航空機落下)) (4 / 14)

	<p>(1) 防護設計条件 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、F-16C/DとF-4EJ改を包絡する条件として航空機の総重量20t、速度150m/sとしたF-16相当の航空機による衝撃荷重を設定する。航⑤-1</p> <p>この荷重は衝突面に対して直角に作用するものとする。航⑤-2 貫通限界厚さの算定については、F-4EJ改の2基のエンジン(質量1.745t/基、吸気口部直径0.992m)と等価な質量、断面積を有するエンジンとし、エンジンの質量3.49t、エンジン吸気口部直径1.403m、エンジンの衝突速度155m/sを用いる。航⑤-3</p>	<p>【許可からの変更点等】 許可添付書類「すべての方向の壁及び屋根等」を、評価条件として明確化のため「衝突面」と書き換える。</p>	<p>ある。航④ F-16C/DとF-4EJ改については、航空機の総質量、衝突速度についてF-4EJ改が影響が大きくなる方向であり、機体長さ、胴体部投影面積についてF-16C/Dが影響が大きくなる方向である。</p> <p>このため、F-16C/DとF-4EJ改を包絡する条件として航空機の総質量20t、速度150m/sとしたF-16相当の航空機による衝撃荷重を設定し航⑤-1、この衝撃荷重から求まる応答が、航空機の総質量22t、速度155m/sとしたF-4EJ改による衝撃荷重の応答よりも大きくなることを解析した(解析結果を追加説明書Ⅱ(F-4EJ改の衝撃荷重による応答の評価)に示す)。</p> <p>また、エンジンに係る条件については、安全側の条件となるよう、F-4EJ改の2基のエンジン(質量1.745t/基、吸気口部直径0.992m)と等価な質量、断面積を有するエンジンとし、エンジンの質量3.49t、エンジン吸気口部直径1.403m、エンジンの衝突速度155m/sを用いる。航⑤-3F-16C/D、F-4EJ改、F-2等のエンジン諸元を添5第24表に示す。航④、航⑤、航⑥</p> <p>追加説明書Ⅰ (航空機質量の設定における外部搭載物について) 航④</p> <p>航空機の総質量は、航空機自体の質量と外部搭載物の合算値で示しているが、航空自衛隊のF-4EJ改及びF-2について、この外部搭載物の質量を航空自衛隊のF-1の調査結果を用いて推定した。航④、航⑥</p> <p>これは、F-4EJ改及びF-2が、それぞれF-1の代替機⁽¹⁾、後継機⁽²⁾であることから同様の訓練を行うとの考え等によるものである。第1図及び第2図に示すとおり、ほとんどの場合20t、14t以下であり、F-4EJ改及びF-2の調査結果とほぼ同じである。また、F-4EJ改、F-2の総質量として設定した22t、16tは防衛庁データと比べても安全側に設定されている⁽³⁾⁽⁴⁾。航④、航⑥</p>		<p>航⑤-1 (P4, P5から)</p> <p>航⑤-2 (P9から)</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 / 14)



第1図 F-4EJ改の推定出現頻度 (F-1の外部搭載物調査結果等に基づきF-4EJ改の総質量を推定)



第2図 F-2の推定出現頻度 (F-1の外部搭載物調査結果等に基づきF-2の総質量を推定)

追加説明書Ⅱ
(F-4EJ改の衝撃荷重による応答の評価) 航⑤

建物・構築物の防護設計においては、航空機の総質量20 t, 速度150m/sとしたF-16相当の航空機による衝撃荷重 (以下, ここでは「防護設計条件」という。)を用いることとした。航⑤-1

ここでは, 第1表に示すとおり, F-16相当の航空機とF-4EJ改の諸元を比較すると, 航空機の総質量, 速度についてはF-4EJ改の方が建物・構築物の健全性への影響が厳しくなる方向であり, 機体長さ, 胴体部投影面積についてはF-16相当の航空機の方が健全性への

航⑤-1
(P4へ)

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 / 14)

影響が厳しくなる方向であるので、F-4E J改の衝撃荷重による鉄筋コンクリート版の応答と、防護設計条件による鉄筋コンクリート版の応答について比較検討する。航Ⓢ

第1表 航空機諸元の比較

諸元	F-16相当の航空機	F-4E J改
航空機の総質量 (t)	20	22
速度 (m/s)	150	155
機体長さ (m)	15.03	18.53
胴体部投影面積 (m ²)	2.66	4.6

1. 検討条件

(1) F-4E J改の衝撃荷重の設定
F-4E J改の衝撃荷重は、防護設計条件と同様に、Riera が理論的に導いた評価式⁽¹⁾に、実物航空機を用いた実験⁽²⁾から得られた成果を反映した式に基づいて算定する。航Ⓢ

なお、衝突面における航空機の破壊強度及び衝突面における航空機の単位長さ当たりの質量は、文献⁽²⁾を参考に機体の質量、長さ⁽³⁾⁽⁴⁾に合わせて策定し、衝撃荷重曲線は防護設計条件の場合と同様に平滑化する。第1図にF-4E J改による衝撃荷重曲線を防護設計条件による衝撃荷重曲線と比較して示す。航Ⓢ

(2) 衝撃荷重の作用範囲

衝撃荷重の作用範囲は、武藤等の実験⁽²⁾結果に基づき航空機の胴体部投影面積⁽⁴⁾⁽⁵⁾の2倍の面積を有する円とする。防護設計条件の作用範囲は直径2.6mの円、F-4E J改の衝撃荷重の作用範囲は直径3.4mの円とし、荷重は均一に作用するものとする。航Ⓢ

(3) 解析方法

機体全体の衝突による鉄筋コンクリート版の全体的な破壊に関する評価においては、F-4E J改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みを有限要素法を用いた版の応答解析により求め、得られた歪みと防護設計条件による歪みを比較する。解析に使用する計算機コードは、積層シェル要素を用いた「LASHET/D」である。航Ⓢ

(4) 解析モデル

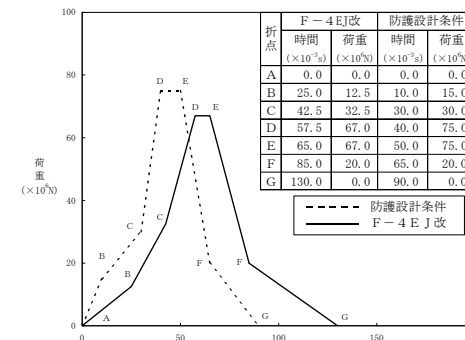
防護版の支持条件を考慮し、屋根スラブの標準的な防護版として柱支持正方形版の解析モデルを、外壁又は壁支持屋根スラブの標準的な防護版として2辺支持

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 / 14)

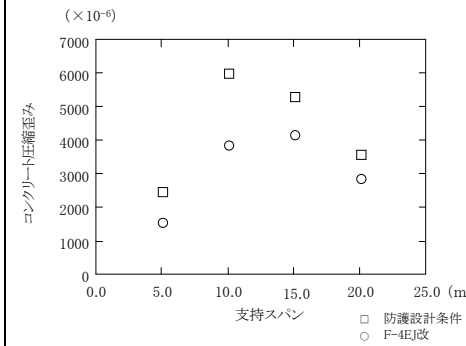
			<p>一方向版の解析モデルをそれぞれ選定する。また、支持条件とともに版の応答特性に影響の大きい版の支持スパンについては、5 m, 10m, 15m, 20mの4種類を設定する。防護版の断面は、版厚1.2 m (鉄筋比0.94%)の鉄筋コンクリート版とする。航Ⓢ</p> <p>(5) 解析用諸定数</p> <p>解析に用いる材料の物性値は、材料強度の動的増加率 (D I F) を考慮した以下の値とする。航Ⓢ</p> <p>鉄筋コンクリートの単位容積重量: 24k N/m³⁽⁶⁾</p> <p>コンクリートの圧縮強度: 37.5 N/mm² (D I F = 1.25⁽⁷⁾を考慮)</p> <p>コンクリートのヤング係数: 2.63 × 10⁴ N/mm²⁽⁶⁾ (圧縮強度 37.5 N/mm² に対するヤング係数)</p> <p>コンクリートのポアソン比: 0.2⁽⁶⁾</p> <p>鉄筋の材料強度: 414 N/mm² (D I F = 1.1⁽⁸⁾を考慮)</p> <p>鉄筋のヤング係数: 2.05 × 10⁵ N/mm²⁽⁶⁾ 航Ⓢ</p> <p>2. 解析結果</p> <p>F-4 E J改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みの最大値を防護設計条件による歪みの最大値と比較して第2図及び第3図に示す。航Ⓢ</p> <p>F-4 E J改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みは、防護版の支持条件及び支持スパンによらず、F-4 E J改の方が「機体長さ」が約1.25倍長いことにより衝撃荷重のピークが小さくなること、及び「胴体部投影面積」が大きいことにより衝撃荷重の作用範囲が約1.7倍となり単位面積当たりの衝撃荷重が小さくなることから、すべて防護設計条件による歪みを下回った。この傾向は衝撃荷重の特性そのものによるものであり、コンクリート版の版厚、種類によって変わるものではない。航Ⓢ</p> <p>3. まとめ</p> <p>F-4 E J改の衝撃荷重による鉄筋コンクリート版の応答と、防護設計条件による鉄筋コンクリート版の応答について比較検討した結果、F-4 E J改の衝撃荷重により生じるコンクリート及び鉄筋の歪みは、防護設計条件による歪みを上回るものではない。このことから、建物・構築物の防護設計における鉄筋コン</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 / 14)

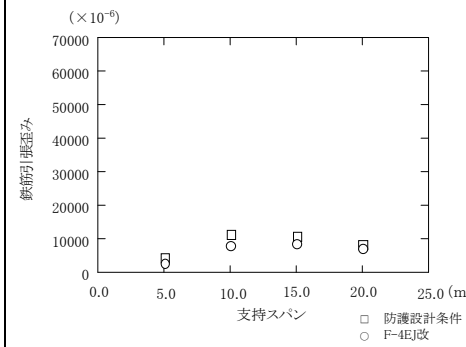
クリート版の全体的な破壊に対しては、防護設計条件を用いて設計することとした。航Ⓕ



第1図 衝撃荷重曲線の比較



第2図 柱支持正方形版の最大応答歪み



第3図 2辺支持一方向版の最大応答歪み

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 / 14)

<p>【許可からの変更点等】 「外壁等」は，外壁及び屋根を表しており，添付書類等で具体化している。</p> <p>【許可からの変更点等】 「壁等」は，壁及び天井を表しており，添付書類等で具体化している。</p>	<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の全体的な破壊という二つの現象を考慮する。航⑥-1</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，航空機全体の衝撃荷重によるコンクリートの圧縮破壊及び鉄筋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⑥-2</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，堅固な壁等による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」は，貫通及び裏面剥離を表しており，添付書類等で具体化している。</p> <p>【許可からの変更点等】 航空機の搭載燃料の燃焼による火災を考慮した設計について，具体化のために記載する。</p>	<p>d. 建物・構築物の防護設計</p> <p>航空機は，柔な機体とそれに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の全体的な破壊という二つの現象を考慮する。航⑥-1</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，航空機全体の衝撃荷重によるコンクリートの圧縮破壊及び鉄筋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⑥-2</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，堅固な壁等による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によって防護設計を行う。航⑥-3</p> <p>また，航空機が加工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，航空機荷重はすべての方向の壁及び屋根等に対して直角に作用するものとする。航⑤-2</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，無視できる程小さいため⁽⁸⁵⁾考慮しない航⑥。</p> <p>(a) 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(86)に，実物航空機のエンジンを用いた実験(87)から得られた成果を反映した (5.2) 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⑥</p> $e = 0.65(2.54 \times e') \quad (5.2)$ <p>ただし， $1.52 \leq X/d \leq 13.42$ の場合 $e'/d = 0.69 + 1.29(X/d)$ $1.52 \geq X/d$ の場合 $e'/d = 2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2$ 貫入深さ (X) は，</p>	<p>航⑤-2 (P4 ～)</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 / 14)

			<p> $X/d \leq 2.0$ の場合 $X/d = 2 \{ (180/\sqrt{fc'}) \times 0.72 d^{0.2} \times D (V/1000)^{1.8} \}^{0.5}$ $X/d \geq 2.0$ の場合 $X/d = (180/\sqrt{fc'}) \times 0.72 d^{0.2} \times D (V/1000)^{1.8} + 1$ ここで、 e : 貫通限界厚さ (cm) 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) 航Ⓢ </p> <p> 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> (b) 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の破断を生じさせない設計とする。航Ⓢ </p> <p> i. 衝撃荷重は、Riera が理論的に導いた評価式⁽⁸⁸⁾に、実物航空機を用いた実験⁽⁸⁷⁾から得られた成果を反映した (5.3) 式により求める。航Ⓢ </p> $F(t) = P_c \{x(t)\} + 0.9 \mu \{x(t)\} \times V(t)^2 \quad (5.3)$ <p> ここで、 $F(t)$: 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) $\mu \{x(t)\}$: 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) 航Ⓢ </p> <p> $P_c \{x(t)\}$ 及び $\mu \{x(t)\}$ は、文献⁽⁸⁷⁾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、(5.3) 式による算定結果に対し、全体的な形状をとらせ、力積が下回 </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 / 14)

			<p>らないように平滑化した。航Ⓢ 上記により得られた衝撃荷重曲線を添 5 第 29 図に示す。航Ⓢ</p> <p>ii. コンクリートの圧縮破壊及び鉄筋 の破断による版の破壊防止に対する許容 値は米国土木学会等⁽⁸⁹⁾⁽⁹⁰⁾の文献及び日 本産業規格を参考に次の値とする。航Ⓢ コンクリートの圧縮歪み： 6,500× 10⁻⁶ 鉄筋の引張歪み : 60,000× 10⁻⁶航Ⓢ</p> <p>e. 航空機落下確率評価 航空機落下確率評価に当たっては航 空機落下評価ガイド等に基づき，施設 に対する追加の防護設計の要否を確認 する。航Ⓢ 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臨界防止及び 閉じ込め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 納する建屋を航空機落下確率の評価対象 とする。航Ⓢ</p> <p>(a) 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>i. 計器飛行方式民間航空機の落下事故 (i) 飛行場での離着陸時における落下 事故について，MOX燃料加工施設 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。航Ⓢ</p> <p>(ii) 航空路を巡航中の落下事故につい て，MOX燃料加工施設上空に「航 空法」第 37 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 (A I P) に掲載された直行経路M I S A W A (M I S) - C H I T O</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 / 14)

			<p>SE (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。航④</p> <p>ii. 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 MOX燃料加工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。航④</p> <p>iii. 自衛隊機又は米軍機の落下事故 (i) 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，MOX燃料加工施設の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。航④ (ii) 基地－訓練空域間往復時の落下事故について，MOX燃料加工施設は，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④</p> <p>(b) 評価対象とする航空機落下事故 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。航④</p> <p>i. 計器飛行方式民間航空機の落下事故 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。航④</p> <p>ii. 自衛隊機又は米軍機の落下事故 MOX燃料加工施設は，F-16等がMOX燃料加工施設に衝突した場合でも，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よう，堅固な建物・構築物で適切に保護する設計とする。航①-3 当該設計方針が再処理施設と同様であることから，原子力規制委員会（令和元年8月21日）で航空機落下確率評価について示された再処理施設の審査方針を踏まえ，MOX燃料加工施設に対する航空機落下確率評価においては，航空機落</p>		<p>航①-3 (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)) (13 / 14)

			<p>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。航◇</p> <p>係数を適用する場合の条件を以下に示す。</p> <p>(i) 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。航◇</p> <p>(ii) 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。航◇</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>(c) 標的面積の設定</p> <p>MOX燃料加工施設の標的面積の設定に当たっては、防護設計の要否確認の対象として選定した安全上重要な施設を収納する建屋の面積を標的面積とする。</p> <p>MOX燃料加工施設において安全上重要な施設を収納する建屋は燃料加工建屋であり、燃料加工建屋の面積は0.01km²以下であるため、MOX燃料加工施設の標的面積を0.010km²とする。航◇</p> <p>(d) 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。航◇。計器飛行方式民間航空機</p> $P_c = \frac{f_c \times N_c \times A}{W}$ <p>P_c : MOX燃料加工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 : MOX燃料加工施設の標的面積 (km²)</p> <p>W : 航空路幅 (km)</p> <p>f_c = G_c/H_c : 単位飛行距離当たりの</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 / 14)

			<p>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) 航◇</p> <p>ii. 自衛隊機又は米軍機 $P_{SO} = \left(\frac{f_{SO1}}{S_o} \times A \times \alpha \right) + \left(\frac{f_{SO2}}{S_o} \times A \right)$ P_{SO}: 訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機のMOX燃料加工施設への航空機落下確率 (回/年) f_{SO1}: 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) f_{SO2}: 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) S_o: 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) A: MOX燃料加工施設の標的面積 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航◇</p> <p>(e) MOX燃料加工施設への航空機落下確率 MOX燃料加工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。 燃料加工建屋を対象とすると、計器飛行方式民間航空機の航空機落下確率は 5.4×10^{-11} (回/年)、自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率は 6.4×10^{-9} (回/年)、航空機落下確率の総和は、6.5×10^{-9} (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。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	-	-
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	-	-
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	-	-
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	-	-
航⑤	設計条件	防護設計で考慮する航空機の条件	3	-	a
航⑥	防護設計	防護設計の考え方について	3	-	a
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㊦	追加の防護設計が不要であることについて	設工認申請の対象にならない部分に関する記載であるため基本設計方針に記載しない。	-		
3. 事業変更許可申請書の添五のうち、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㊧	落下確率に基づき設計対象から除外する方針について	設工認申請の対象にならない部分に関する記載であるため基本設計方針に記載しない。	-		
航㊨	加工施設の特質	環境条件の解説であり、これを織り込んで具体化した設計条件は設工認で記載済みであるから記載しない。	a		
航㊩	三沢対地訓練区域の立地の特徴	環境条件の解説であり、これを織り込んで具体化した設計条件は設工認で記載済みであるから記載しない。	a		
航㊪	F-2を設計から除外する件について	設工認申請の対象にならない部分に関する記載であるため基本設計方針に記載しない。	-		
航㊫	F-16の条件の計算根拠	計算結果を設計条件として記載したため不要	-		
航㊬	F-4EJ改の条件の計算根拠	同上	-		
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㊮	防護設計方針	各設計対処施設の設計について航①航②で説明しており、詳細は添付書類にて記載する。	a		
4. 添付書類等					
No.	書類名				
a	既認可申請書において以下の項目で申請済み ・(V) 設計及び工事の方法の技術基準への適合性に関する説明書 添付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

注：本別紙は、追而とする。

令和3年8月10日 R0

別紙 3

基本設計方針の添付書類への展開

注：本別紙は、追而とする。

令和3年8月10日 R0

別紙 4

添付書類の発電炉との比較

注：本別紙は、追而とする。

令和3年8月10日 R O

別紙 5

補足説明すべき項目の抽出

注：本別紙は、追而とする。

別紙 6

変更前記載事項の 既設工認等との紐づけ

※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。