

【公開版】

|          |           |     |
|----------|-----------|-----|
| 提出年月日    | 令和2年4月13日 | R10 |
| 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)

# 第 I 部

# 本文

## 目 次

ロ．再処理施設の一般構造

ロ. 再処理施設の一般構造

- (7) その他の主要な構造
  - (i) 安全機能を有する施設
    - (a) 外部からの衝撃による損傷の防止
      - (ハ) 航空機落下

再処理施設の上空には三沢特別管制区があり、南方向約10 kmの位置には三沢対地訓練区域がある。三沢対地訓練区域で対地射爆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、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。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20 t、速度150m/s から求まる衝撃荷重を用いる。

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。

## 添付書類

## 目 次

7.4 交通運輸

7.7 参考文献一覽

## 7.4 交通運輸

再処理施設周辺の主要な道路としては、おいらせ町から太平洋岸沿いに国道338号線、野辺地町から陸奥湾沿いに国道279号線がそれぞれ北上してむつ市に向かっている。また、東京都中央区から野辺地町を経て青森市に至る国道4号線がある。むつ市から陸奥湾沿いに南下して七戸町に至る、地域高規格道路である下北半島縦貫道路は、六ヶ所インターチェンジ～野辺地インターチェンジ間で供用されている。

そのほか地方道として県道尾駈<sup>ありと</sup>有戸停車場線（尾駈～室ノ久保～有戸）、県道横浜六ヶ所線<sup>ふっこし</sup>（吹越～二又～尾駈）及び県道東北横浜線<sup>みず</sup>（水喰～室ノ久保～二又）がある。

なお、国道338号線は六ヶ所村鷹架地点で分岐し、その一方は敷地西側の境界に沿って南北に走っている。

鉄道としては、東京を起点として八戸、七戸十和田を経て新青森に至る東北新幹線、目時を起点として八戸、三沢、野辺地を経て青森に至る青い森鉄道線、野辺地を起点として陸奥横浜を経て<sup>おおみなと</sup>大湊に至る大湊線がある。

また、最寄りの<sup>(19)</sup>港湾としては、再処理施設の東方向約5 kmに港湾法に基づき重要港湾に指定（昭和52年9月）されたむつ小川原港があり、2,000 t級の公共岸壁が7バース、15,000 t級岸壁が暫定5,000 t級で2バース、50,000 t級岸壁が暫定2,000 t級で1バース供用されている。

なお、むつ小川原港（鷹架地区）から当社再処理事業所及び濃縮・埋設事業所に至る運搬専用道路がある。

航空関係<sup>(13)</sup>としては、再処理施設の南方向約28 km離れた位置に三沢空港及び三沢基地がある。再処理施設周辺の航空路等として航空路、RNAV経路及び直行経路があるが、再処理施設から最も近い航空路等として、中心線が再処理施設の東方向約7 kmの上空を通っている直行経路M I S A W A（M I S）－C H I T O S E（Z Y T）があり、再処理施設上空に当該直



行経路が存在する。また、南方向約10 k m離れた位置には三沢対地訓練区域があり、再処理施設の上空は三沢特別管制区に含まれている。

なお、航空機は原則として原子力関係施設上空を飛行しないよう規制<sup>(13)</sup> <sup>(23)</sup>される。

三沢基地には米国空軍のF-16が最も多く配備されており、次いで航空自衛隊のF-2が多い。三沢基地の航空機<sup>(14)</sup> <sup>(15)</sup>の配備状況を第7.4-1表に示す。

なお、航空自衛隊のF-1は、平成9年3月に2個飛行隊のうち第8飛行隊が双発のF-4EJ改に更新され、残りの第3飛行隊が、平成13年5月に後継機であるF-2に更新された。平成20年4月から、第8飛行隊におけるF-2の運用が開始され、平成21年3月にはF-4EJ改が退役<sup>(14)</sup>となっている。

三沢対地訓練区域での訓練飛行回数は、平成25年4月から1年間にわたって当社が調査した至近の結果では約2万回であり、そのうちF-16及びF-2で9割以上を占める。

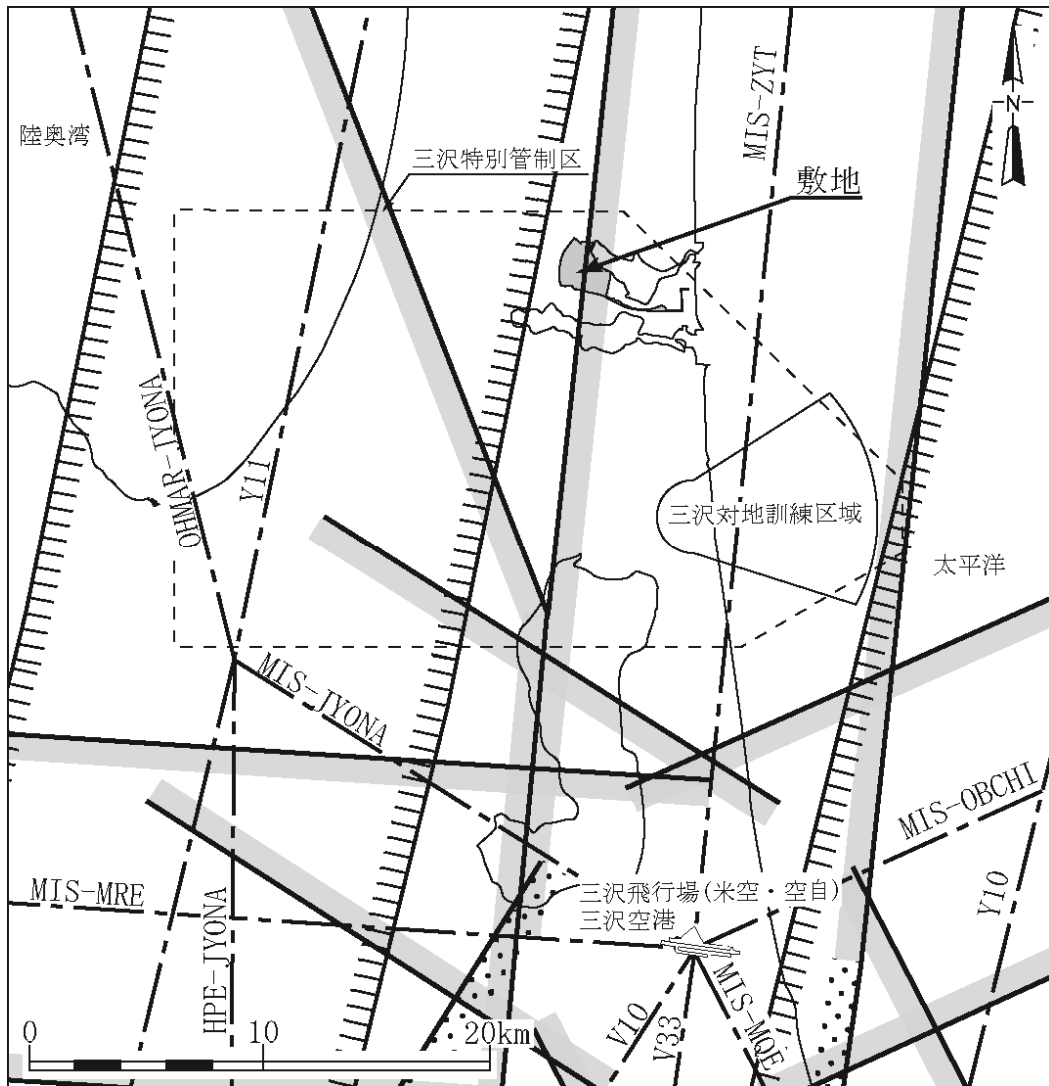
なお、航空機からの視認性向上のため灯火を設置する。

再処理施設周辺の主要な道路、鉄道及び港湾を第7.4-1図に、航空路等を第7.4-2図に示す。

第7.4-1表 三沢基地の航空機の配備状況

|           | 機 種    | 機 数    | 備 考      |
|-----------|--------|--------|----------|
| 航空<br>自衛隊 | F-2    | 約 35 機 | 戦闘機      |
|           | F-35   | 8 機    | 戦闘機      |
|           | T-4    | 約 10 機 | 中等練習機    |
|           | E-2C   | 9 機    | 早期警戒機    |
|           | CH-47J | 3 機    | 輸送ヘリコプター |
| 米<br>軍    | F-16   | 約 40 機 | 戦闘機      |
|           | P-3C   | 約 10 機 | 対潜哨戒機    |
|           | C-12   | 約 1 機  | 輸送機      |

(三沢市発行「三沢市と三沢基地」<sup>(14)</sup>及び防衛省・自衛隊ホームページ<sup>(15)</sup>を参考にして作成した。)



| 凡 例 |          |
|-----|----------|
|     | 航空路      |
|     | RNAV経路   |
|     | 直行経路     |
|     | 制限空域     |
|     | 航空路等の中心線 |

(AIP-JAPAN<sup>(13)</sup>を参考にして作成した。)

第 7.4-2 図 再処理施設周辺の航空路等図

## 7.7 参考文献一覧

- (13) 国土交通省. AIS JAPAN. 2016-11-10.  
<https://aisjapan.mlit.go.jp/Login.do>, (参照 2016-11-11).
- (14) 三沢市政策財政部基地渉外課編. 三沢市と三沢基地. 2011.
- (15) 防衛省・自衛隊. “防衛大臣記者会見概要, 平成 30 年 6 月 8 日 (09 時 17 分～09 時 40 分)” . 防衛省ホームページ.  
<http://www.mod.go.jp/j/press/kisha/2018/06/08.html>,  
(参照 2018 - 6 - 12) .
- (19) 上北地域県民局地域整備部むつ小川原港管理所. むつ小川原港要覧.  
2015.
- (23) National Geospatial-Intelligence Agency. DoD Flight  
Information Publication Area Planning Pacific-Australasia-  
Antarctica. 2016.

### 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

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。

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。

### 1.7.3.2 防護対象施設

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。

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、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。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。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。

防護設計を行う建物・構築物を、第1.7.3-1表に示す。

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<sup>(76)</sup>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。

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。

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 1 t 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經由して、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。

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。

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。

| 核種     | 放出量(Bq)              |
|--------|----------------------|
| H-3    | $6.9 \times 10^{14}$ |
| C-14   | $6.5 \times 10^{10}$ |
| Kr-85  | $4.1 \times 10^{14}$ |
| Sr-90  | $5.1 \times 10^8$    |
| Ru-106 | $7.6 \times 10^9$    |
| I-129  | $2.0 \times 10^9$    |
| I-131  | $1.5 \times 10^{10}$ |
| Pu-238 | $6.8 \times 10^7$    |
| Pu-239 | $6.1 \times 10^6$    |
| Pu-240 | $9.6 \times 10^6$    |
| Pu-241 | $2.2 \times 10^9$    |
| Am-241 | $6.0 \times 10^6$    |
| Cm-244 | $1.7 \times 10^7$    |

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。

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。

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。

$$D_I = \sum_i Q_{Ii} \cdot R \cdot \chi / Q \cdot (H_{50})_i$$

ここで、

$Q_{Ii}$  : 事故期間中の放射性核種  $i$  の大気放出量 (Bq)

$R$  : 人間の呼吸率 ( $m^3 / s$ )

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<sup>(77)</sup>」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  $3.33 \times 10^{-4}$  ( $m^3 / s$ ) を用いる。

$\chi / Q$  : 線量評価に用いる放射性物質の相対濃度 ( $s / m^3$ )



$(H_{50})_i$  : 核種  $i$  の吸入による預託線量当量換算係数<sup>(78)</sup>  
( $S_v / B_q$ )

放射性雲からのガンマ線外部被ばくに係る線量当量 $D_r (S_v)$  は、次式で計算する。

$$D_r = K \cdot D / Q \cdot Q_r$$

ここで、

$K$  : 空気吸収線量から線量当量への変換係数 ( $S_v / G_y$ ) (実効線量当量に対して $K = 1$ とする)

$D / Q$  : 相対線量 ( $G_y / B_q$ )

ここでいう $D / Q$ は、 $\chi / Q$ の代わりに空間濃度分布とガンマ線による空気カーマ計算モデルを組み合わせた相対線量である。

$Q_r$  : 事故期間中のクリプトン-85の大気放出量 ( $B_q$ ) (ガンマ線実効エネルギーの $0.5 \text{ MeV}$ 換算値)

上記に基づいて評価した敷地境界外の線量当量は、約  $1 \text{ mSv}$  である。

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。

### 1.7.3.3 防護設計条件の設定

防護設計の条件設定に当たっては、F-16<sup>(80)</sup>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いことが確認されている<sup>(81)</sup>。

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の諸元にに基づき以下のとおり設定した条件である。

F-16等の戦闘機<sup>(76)</sup>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<sup>(76)</sup>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<sup>(76)(82)</sup>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<sup>(83)</sup>する。このときの航空機<sup>(83)</sup>の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10 k g）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13 t 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16 t とする。<sup>(84)</sup>

このときの最良滑空速度を下式<sup>(85)</sup>により求めると144m/s となる。

$$V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_r}} \quad C_r = \sqrt{C_L^2 + C_D^2}$$

ここで、

V : 飛行速度(m/s)

W : M × g

M : 航空機の質量 (k g)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

ρ : 空気密度(k g/m<sup>3</sup>)

S : 主翼面積(m<sup>2</sup>)

C<sub>L</sub> : 揚力係数(-)

C<sub>D</sub> : 抗力係数(-)

上式において主翼面積は28 m<sup>2</sup><sup>(80)</sup>とし、揚力係数及び抗力係数は各々0.44, 0.044<sup>(86)</sup>とする。

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16 t, 速度150m/s から求まる衝撃荷重, 及びエンジンの質量1.5 t<sup>(80)</sup>, エンジン吸気口部直径0.98 m<sup>(87)</sup>, エンジンの衝突速度150m/s とする。

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20 t, 速度150m/s から求まる衝撃荷重を用いる。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1.9 t, エ

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。

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。

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が挙げられる。

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。

航空機の質量は、文献<sup>(88)</sup>や三沢対地訓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<sup>(76)</sup>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。

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。上式において、主翼面積は $49.2\text{ m}^2$ <sup>(88)</sup>とし、揚力係数及び抗力係数は各々0.3, 0.036<sup>(89)</sup>とする。

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1.745t/基<sup>(90)</sup>, エンジン吸気口部直径0.992m<sup>(90)</sup>, エンジンの衝突速度155m/sとする。

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20 t、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20 t、速度150m/s から求まる衝撃荷重とする。

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 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。

#### 1.7.3.4 建物・構築物の防護設計

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部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。

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。

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。

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、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。

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。この際の圧力影響は、無視できるほど小さいため<sup>(91)</sup>考慮しない。

(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  $D e g e n$  による剛飛来物の貫通限界厚さの評価式<sup>(92)</sup>に、実物航空機のエンジンを用いた実験<sup>(93)</sup>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。

$$e = 0.65 e'$$

ただし、

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

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

貫入深さ(X)は,

$$X/d \leq 2.0 \text{の場合}$$

$$X/d = 2 \left\{ (180/\sqrt{fc'}) \cdot 0.72d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} \right\}^{0.5}$$

$$X/d \geq 2.0 \text{の場合}$$

$$X/d = (180/\sqrt{fc'}) \cdot 0.72d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} + 1$$

ここで,

e : 貫通限界厚さ(in)

e' : D e g e n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/in<sup>2</sup>)

D : W/d<sup>3</sup> (lbf/in<sup>3</sup>)

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。

(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、R i e r a が理論的に導いた評価式<sup>(94)</sup>に、実物航空機を用いた実験<sup>(93)</sup>から得られた成果を反映した下式により求める。

$$F(t) = P c \{x(t)\} + 0.9\mu \{x(t)\} \cdot V(t)^2$$

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世界度(m/s)

$x(t)$  : 時刻  $t$  における機体軸方向の衝突位置(m)

$P_c \{x(t)\}$  及び  $\mu \{x(t)\}$  は、文献<sup>(93)</sup>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。

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

に対する許容値は、米国土木学会等の文献<sup>(95)</sup><sup>(96)</sup>及び日本工業規格を参考に次の値とする。

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:  $60,000 \times 10^{-6}$



### 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。

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。

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を航空機落下確率の評価対象とする。

#### (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。

##### 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 $\pm 60^\circ$ 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。

(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M I S A W

A (M I S) - C H I T O S E ( Z Y T) 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。

b. 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

再処理施設上空の三沢特別管制区は、航空法第94条の2により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、航空機落下確率評価は不要とする。

c. 自衛隊機又は米軍機の落下事故

(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。

(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。

(2) 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。

a. 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。

b. 自衛隊機又は米軍機の落下事故

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、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。

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の係数を適用することとする。

係数を適用する場合の条件を以下に示す。

(a) 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。

(b) 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。

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。

(3) 標的面積の設定

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。

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。

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。

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 $0.043 \text{ km}^2$ が最大の標的面積となる。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している建物・構築物については、1/10の係数を適用して評価することとし、標的面積は $0.031 \text{ km}^2$ 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ていない建物・構築物については、1/10の係数を適用せずに評価することとし、標的面積は $0.012 \text{ km}^2$ となる。

#### (4) 落下確率の評価方法

「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。

a. 計器飛行方式民間航空機

$$P_C = \frac{f_C \times N_C \times A}{W}$$

$P_C$ : 再処理施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

$N_C$ : 評価対象とする直行経路の年間飛行回数 (飛行回/年)

$A$ : 再処理施設の標的面積 ( $\text{k m}^2$ )

$W$ : 航空路幅 (k m)

$f_C = G_C / H_C$ : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率  
(回 / (飛行回 · k m))

$G_C$ : 巡航中事故件数 (回)

$H_C$ : 延べ飛行距離 (飛行回 · k m)

b. 自衛隊機又は米軍機

$$P_{SOX} = P_{SO1} + P_{SO2}$$

$P_{SOX}$ : 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)

$P_{SO1}$ : 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)

$P_{SO2}$ : 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としてい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)

$$P_{SO1} = \left( \frac{f_{SO1}}{S_O} \times A I \times \alpha \right) + \left( \frac{f_{SO2}}{S_O} \times A I \right)$$

$f_{SO1}$  : 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)

$S_0$  : 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  
( $\text{km}^2$ )

$A1$  : 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再  
処理施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

$\alpha$  : 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

$$P_{SO2} = \left( \frac{f_{SO1} + f_{SO2}}{S_0} \times A2 \right)$$

$f_{SO1}$  : 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)

$S_0$  : 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  
( $\text{km}^2$ )

$A2$  : 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない  
再処理施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

(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，計器飛行方式民間航空機の航空機落下確率は $2.3 \times 10^{-10}$ （回／年），自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率は $4.5 \times 10^{-8}$ （回／年），航空機落下確率の総和は， $4.6 \times 10^{-8}$ （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。

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， $8.8 \times 10^{-8}$ （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。

第 1.7.3-1 表 防護設計を行う建物・構築物及び防護方法

| 防護設計を行う建物・構築物             | 防 護 方 法                                |
|---------------------------|--|
| 使用済燃料輸送容器管理建屋             | 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫を壁等により防護する。         |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋             | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 前処理建屋                     | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 分離建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 精製建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン脱硝建屋                   | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋          | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン酸化物貯蔵建屋                | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋       | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 高レベル廃液ガラス固化建屋             | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋            | 貯蔵区域及び受入れ室を壁等により保護する。                  |
| 低レベル廃液処理建屋                | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 低レベル廃棄物処理建屋               | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理建屋 | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ハル・エンド ピース貯蔵建屋            | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 第 2 低レベル廃棄物貯蔵建屋           | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 制御建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 分析建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 非常用電源建屋                   | 電気室を壁等により保護する。第 2 非常用ディーゼル発電機は分離配置を行う。 |
| 冷却水設備の安全冷却水系              | 分離配置を行う。                               |



(つづき)

| 防護設計を行う建物・構築物  | 防 護 方 法  |
|--|--|
| <p>洞 道</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道</li> <li>・分離建屋，精製建屋，ウラン脱硝建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，低レベル廃液処理建屋，低レベル廃棄物処理建屋及び分析建屋を接続する洞道のうち，低レベル廃液処理建屋に接続する東側の洞道並びにウラン脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に接続する洞道を除く部分</li> <li>・精製建屋とウラン脱硝建屋を接続する洞道</li> <li>・精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道</li> <li>・ウラン脱硝建屋とウラン酸化物貯蔵建屋を接続する洞道</li> <li>・高レベル廃液ガラス固化建屋と第1ガラス固化体貯蔵建屋を接続する洞道</li> <li>・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋と冷却水設備の安全冷却水系を接続する洞道</li> <li>・前処理建屋，分離建屋，精製建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，制御建屋，非常用電源建屋，冷却水設備の安全冷却水系，主排気筒及び主排気筒管理建屋を接続する洞道のうち，安全上重要な施設としての排気ダクト又は主排気筒の排気筒モニタに接続する非常用所内電源ケーブルのみを収納する洞道を除く部分</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・分離配置を行う。</li> <li>・冷却水設備の安全冷却水系に接続する部分は分離配置し，その他は洞道を堅固な構造とする。</li> </ul> |

第 1.7.3-2 表 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並びに標的面積

| 工 程                   | 上段：安全上重要な施設を収納する建屋 <sup>*4</sup>  | 標的面積 <sup>*1</sup><br>A<br>(k m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---|--|
|                       | 下段：安全機能の維持に必要な施設 <sup>*4</sup>  |  |
| 使用済燃料の受入れ・貯蔵          | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋   | 0.016  |
|                       | 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B   | A1:0.010<br>A2:0.006                           |
| 前処理                   | 前処理建屋   | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                       | LPG ボンベユニット(前処理建屋), 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋), 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2*3</sup>        |  |
| 分離                    | 分離建屋  | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                       | 前処理建屋, LPG ボンベユニット(前処理建屋), 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2*3</sup>       |  |
| 精製                    | 精製建屋  | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                       | 前処理建屋, 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2*3</sup>                           |  |
| ウラン脱硝                 | ウラン脱硝建屋   | 0.005  |
|                       | 制御建屋  | A1:0.005<br>A2: -                              |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝        | ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋  | 0.043<br>A1:0.031<br>A2:0.012                  |
|                       | 前処理建屋, 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2*3</sup>      |  |
| ウラン酸化物貯蔵              | ウラン酸化物貯蔵建屋  | 0.003  |
|                       | 該当なし  | A1:0.003<br>A2: -                              |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵     | ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋   | 0.012  |
|                       | ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋, 非常用電源建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup>  | A1:0.007<br>A2:0.005                           |
| 高レベル廃液ガラス固化           | 高レベル廃液ガラス固化建屋   | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                       | 前処理建屋, LPG ボンベユニット(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2*3</sup> |  |
| ガラス固化体貯蔵              | 第1ガラス固化体貯蔵建屋  | 0.006  |
|                       | 該当なし  | A1: -<br>A2:0.006                              |
| チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理 | チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋   | 0.004  |
|                       | 該当なし  | A1:0.004<br>A2: -                              |

(つづき)

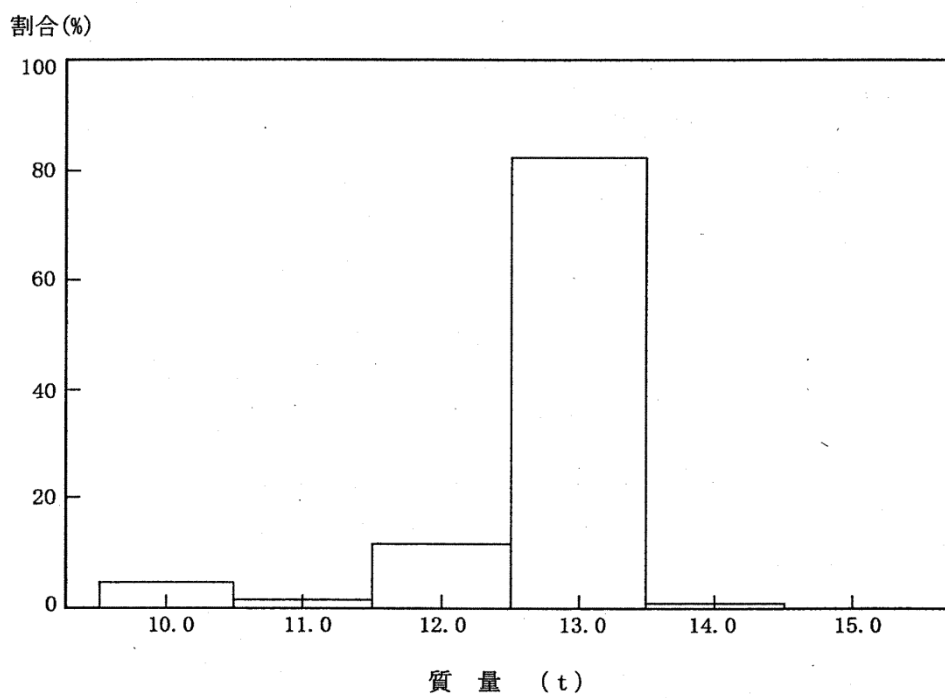
| 工 程  | 上段：安全上重要な施設を収納する建屋 <sup>※4</sup>  | 標的面積 <sup>※1</sup><br>A<br>(k m <sup>2</sup> ) |
|--|---|--|
|  | 下段：安全機能の維持に必要な施設 <sup>※4</sup>  |  |
| ハル・エンド ピース<br>貯蔵                                       | ハル・エンド ピース貯蔵建屋  | 0.003<br>A1:0.003<br>A2: -                     |
|  | 該当なし  |  |
| 分析   | 分析建屋  | 0.005<br>A1:0.005<br>A2: -                     |
|  | 該当なし  |  |
| 制御建屋 <sup>※6</sup>                                     | 該当なし  | 0.008<br>A1:0.003<br>A2:0.005                  |
|  | 非常用電源建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔<br>A, B <sup>※2</sup>   |  |
| 非常用電源建屋 <sup>※6</sup>                                  | 該当なし  | 0.005<br>A1: -<br>A2:0.005                     |
|  | 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>※2</sup>   |  |
| 使用済燃料の受入れ<br>施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔<br>A <sup>※6</sup> | 該当なし  | 0.013<br>A1:0.010<br>A2:0.003                  |
|  | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋   |  |
| 使用済燃料の受入れ<br>施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔<br>B <sup>※6</sup> | 該当なし  | 0.014<br>A1:0.010<br>A2:0.004                  |
|  | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋   |  |
| 再処理設備本体用<br>安全冷却水系冷却塔<br>A <sup>※6</sup>               | 該当なし  | 0.012<br>A1:0.006<br>A2:0.006                  |
|  | 前処理建屋, 地上部安全冷却水系配管等 (前処理建屋) <sup>※2</sup> , 非常用電源<br>建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B <sup>※2</sup>  |  |
| 再処理設備本体用<br>安全冷却水系冷却塔<br>B <sup>※6</sup>               | 該当なし  | 0.006<br>A1: -<br>A2:0.006                     |
|  | 非常用電源建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔<br>A, B <sup>※2</sup>   |  |
| 第2非常用ディーゼ<br>ル発電機用安全冷却<br>水系冷却塔A <sup>※6</sup>         | 該当なし  | 0.003<br>A1: -<br>A2:0.003                     |
|  | 非常用電源建屋   |  |
| 第2非常用ディーゼ<br>ル発電機用安全冷却<br>水系冷却塔B <sup>※6</sup>         | 該当なし  | 0.003<br>A1: -<br>A2:0.003                     |
|  | 非常用電源建屋   |  |
| 主排気筒 <sup>※6</sup>                                     | 該当なし  | 0.022<br>A1:0.018<br>A2:0.004                  |
|  | 分離建屋 <sup>※5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>※2</sup> , 精製建屋 <sup>※5</sup> , 地上部ダクト<br>(精製建屋) <sup>※2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>※5</sup> , 地上部ダクト(高レベ<br>ル廃液ガラス固化建屋) <sup>※2</sup> |  |

- ※1 A1：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・構築物の面積  
A2：建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物の面積
- ※2 竜巻防護対策設備を含む。
- ※3 主排気筒管理建屋及び地上部ダクトを含む。
- ※4 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物を斜体で示す。
- ※5 地上部ダクトの支持構造物となる建物・構築物
- ※6 前処理, 分離等の工程の安全機能の維持に必要な以下の施設について, それぞれの安全機能の維持に必要な施設の面積を合算した標的面積を示す。
- ・制御建屋, 非常用電源建屋, 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B, 第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔 A, B, 主排気筒

第 1.7.3-3 表 工 程 単 位 の 航 空 機 落 下 確 率

| 工 程                                | 標的面積<br>(k m <sup>2</sup> ) | 航空機落下確率 (回/年)         |                      |                      |                      |                      | 合 計 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|
|                                    |                             | 計器飛行方式<br>民間航空機       | 自衛隊機又は米軍機            |                      |                      | 合 計                  |     |
|                                    |                             |                       | 係数適用                 | 係数適用外                | 合 計                  |                      |     |
| 使用済燃料の受入れ・貯蔵                       | 0.016                       | 8.6×10 <sup>-11</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.9×10 <sup>-8</sup> | 1.9×10 <sup>-8</sup> |     |
| 前処理                                | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| 分離                                 | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| 精製                                 | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| ウラン脱硝建                             | 0.005                       | 2.7×10 <sup>-11</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> | —                    | 3.2×10 <sup>-9</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> |     |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝                     | 0.043                       | 2.3×10 <sup>-10</sup> | 2.0×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.5×10 <sup>-8</sup> | 4.5×10 <sup>-8</sup> |     |
| ウラン酸化物貯蔵                           | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> | —                    | 2.0×10 <sup>-9</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> |     |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵                  | 0.012                       | 6.5×10 <sup>-11</sup> | 4.5×10 <sup>-9</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> |     |
| 高レベル廃液ガラス固化                        | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| ガラス固化体貯蔵                           | 0.006                       | 3.3×10 <sup>-11</sup> | —                    | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| チャレンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理           | 0.004                       | 2.2×10 <sup>-11</sup> | 2.6×10 <sup>-9</sup> | —                    | 2.6×10 <sup>-9</sup> | 2.6×10 <sup>-9</sup> |     |
| ハル・エンド ピース貯蔵                       | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> | —                    | 2.0×10 <sup>-9</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> |     |
| 分析                                 | 0.005                       | 2.7×10 <sup>-11</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> | —                    | 3.2×10 <sup>-9</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> |     |
| 制御建屋※                              | 0.008                       | 4.3×10 <sup>-11</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| 非常用電源建屋※                           | 0.005                       | 2.7×10 <sup>-11</sup> | —                    | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> |     |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔 A※ | 0.013                       | 7.0×10 <sup>-11</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔 B※ | 0.014                       | 7.5×10 <sup>-11</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> | 8.4×10 <sup>-9</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> |     |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A※              | 0.012                       | 6.5×10 <sup>-11</sup> | 3.9×10 <sup>-9</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.7×10 <sup>-8</sup> | 1.7×10 <sup>-8</sup> |     |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B※              | 0.006                       | 3.3×10 <sup>-11</sup> | —                    | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |     |
| 第 2 非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔 A※       | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | —                    | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> |     |
| 第 2 非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔 B※       | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | —                    | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> |     |
| 主排気筒※                              | 0.022                       | 1.2×10 <sup>-10</sup> | 1.2×10 <sup>-8</sup> | 8.4×10 <sup>-9</sup> | 2.0×10 <sup>-8</sup> | 2.0×10 <sup>-8</sup> |     |

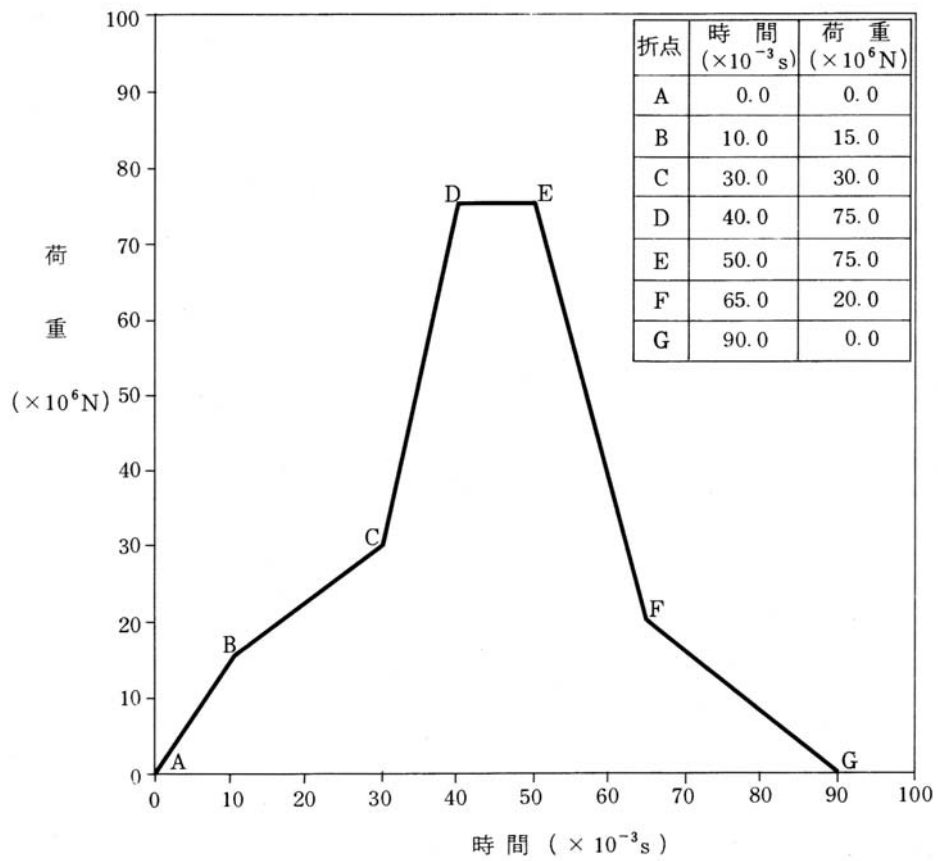
※前処理, 分離等の工程の安全機能の維持に必要な施設



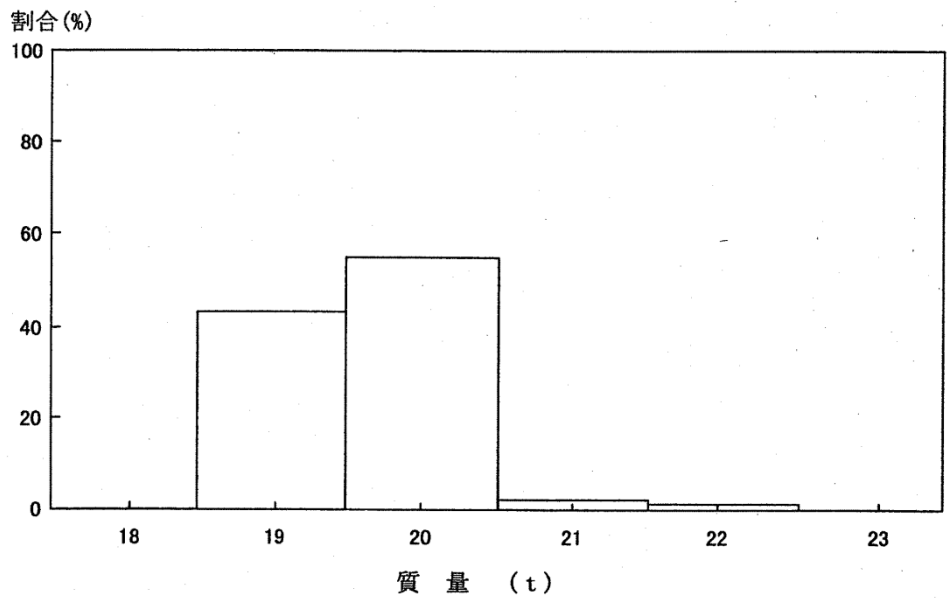
調査期間：昭和63年9月～平成2年8月

調査件数：約670件

第1.7.3-1図 F-16の出現頻度



第 1.7.3-2 図 衝撃荷重曲線



調査期間：昭和63年9月～平成6年8月

調査件数：1106件

第1.7.3-3図 F-4EJ改の出現頻度  
(F-1の観測結果に基づき算定)

### 1.9.9 外部からの衝撃による損傷の防止

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第九条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

#### 適合のための設計方針

##### 第3項について

安全機能を有する施設は、設計基準において想定される人為事象に対して再処理施設の安全性を損なわない設計とする。

##### (1) 航空機落下

航空機落下評価ガイド等に基づき、工程単位で航空機落下に対する防護設計の要否を確認することとし、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対象に航空機落下確率評価を行った。

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・構築物については1/10の係数を適用した。



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，計器飛行方式民間航空機の航空機落下確率は $2.3 \times 10^{-10}$ （回／年），自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率は $4.5 \times 10^{-8}$ （回／年），航空機落下確率の総和は， $4.6 \times 10^{-8}$ （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。

添付書類四の下記項目参照

- 2. 気 象
- 9. 火 山
- 10. 竜 巻
- 11. 生 物
- 12. 落 雷

添付書類六の下記項目参照

- 1. 1 安全設計の基本方針
- 1. 7. 3 航空機に対する防護設計
- 1. 7. 9 その他外部からの衝撃に対する考慮
- 1. 7. 10 竜巻防護に関する設計
- 1. 7. 11 外部火災防護に関する設計
- 1. 7. 12 落雷に関する設計
- 1. 7. 13 火山事象に関する設計
- 2. 施設配置
- 6. 計測制御系統施設
- 9. その他再処理設備の附属施設

## 1.10 参考文献一覧

- (76) 三菱重工業株式会社, 日本原燃株式会社. 訓練中の航空機の事故について. 平成8年9月, J/M-1001改1.
- (77) 原子力安全委員会, 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針. 1990.
- (78) Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. 1978, ICRP Publication 30.
- (79) Guidance for Defining Safety-Related Features of Nuclear Fuel Cycle Facilities. ANSI N46.1.
- (80) Taylor ; John William Ransom. JANE' S ALL THE WORLD' S AIRCRAFT 1987-1988. Jane' s Publishing, 1987.
- (81) 科学技術庁. 日本原燃株式会社の再処理事業所再処理施設及び廃棄物管理施設における航空機に対する防護設計の評価条件の確認結果について. 平成12年9月.
- (82) 航空大学校. 航空機取扱「Beechcraft Bonanza E-33」. 航空振興財団, 1970.
- (83) USAF Series T-33A NAVY Model TV-2 Flight Handbook. USAF, 1956.
- (84) B. Kinzey. F-16 Fighting Falcon in Detail & Scale. Aero Publishers, Inc, 1982.
- (85) 比良二郎. 飛行の理論. 広川書店, 2000.
- (86) L. Nguyen ; et al. Simulator Study of Stall/Post-Stall Characteristics of a Fighter Airplane with Relaxed Longitudinal Static Stability. NASA, 1979, NASA Technical Paper 1538.
- (87) 航空ジャーナル社. 航空ジャーナル臨時増刊. 1980.

- (88) Taylor ; John William Ransom. JANE'S All the World's Aircraft 1979-1980. Jane's Publishing, 1980.
- (89) Robert K. Heffley ; Wayne F. Jewell. "AIRCRAFT HANDLING QUALITIES DATA" . NASA, 1972, NASA CR-2144.
- (90) Taylor ; John William Ransom. JANE'S All the World's Aircraft 1986-1987. Jane's Publishing, 1986.
- (91) 平野敏右. ガス爆発予防技術. 海文堂, 1983.
- (92) P. P. Degen. Perforation of Reinforced Concrete Slabs by Rigid Missiles. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.106, No. ST7, July, 1980.
- (93) K. Muto et al. Experimental Studies on Local Damage of Reinforced Concrete Structures by the Impact of Deformable Missiles and Full-Scale Aircraft Impact Test for Evaluation of Impact Force. Transactions of the 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Vol. J, 1989.
- (94) J. D. Riera. A Critical Reappraisal of Nuclear Power Plant Safety against Accidental Aircraft Impact. Nuclear Engineering and Design 57, 1980.
- (95) R. P. Kennedy. A Review of Procedures for the Analysis and Design of Concrete Structures to Resist Missile Impact Effects. Nuclear Engineering and Design 37, 1976.
- (96) J. D. Stevenson et al. Structural Analysis and Design of Nuclear Plant Facilities. Editing Board and Task Groups of the Committee on Nuclear Structures and Materials of the Structural Division, ASCE, 1980.

## 第Ⅱ部

## 目 次

### 1 章 基準適合性

#### 1. 基本方針

##### 1. 1 要求事項の整理

##### 1. 2 要求事項に対する適合性

##### 1. 3 規則への適合性

#### 2. 航空機落下に対する防護設計の基本方針

##### 2. 1 航空機落下に対する防護設計の要否確認の対象の選定

##### 2. 2 評価対象とする航空機落下事故の選定

#### 3. 評価対象とする航空機落下事故

#### 4. 標的面積の設定

#### 5. 再処理施設への航空機落下確率

### 2 章 補足説明資料

## 1章 基準適合性

## 1. 基本方針

### 1. 1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、事業指定基準規則と再処理施設安全審査指針の比較並びに当該指針を踏まえたこれまでの許認可実績により、事業指定基準規則第九条において追加された要求事項を整理する。

(第9. 1表 (航空機落下))



第9. 1表 (航空機落下) 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (1 / 5)

| <p>事業指定基準規則<br/>第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p>  | <p>再処理施設安全審査指針</p>  | <p>備考</p>     |
|--|---|---------------|
| <p>1 安全機能を有する施設は、想定される自然現象 (地震及び津波を除く。次項において同じ。) が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象 (地震及び津波を除く。) に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風 (台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等をいう。</p> <p>3 第1項に規定する「想定される自然現象 (地震及び津波を除く。次項において同じ。) が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものももたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p> | <p>指針1.基本的立地条件<br/>事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、再処理施設の立地地点及びその周辺における以下の事象を検討し、安全確保上支障がないことを確認すること。</p> <p>1. 自然環境<br/>(1)地震、津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等の自然現象<br/>(2)地盤、耐力、断層等の地質及び地形等<br/>(3)風向、風速、降雨量等の気象<br/>(4)河川、地下水等の水象及び水理<br/>(解説)</p> <p>1 自然環境及び社会環境について、申請者が行った文献調査及び現地調査の結果を、建物・構築物の配置を含む設計の妥当性の判断及び各種の評価に用いることが適切であることを確認するほか、必要に応じ現地調査等を行い、申請者の行った各種の調査結果の確認を行うものとする。</p> | <p>追加要求事項</p> |

第9. 1表 (航空機落下) 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (2 / 5)

| <p>事業指定基準規則<br/>第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> | <p>再処理施設安全審査指針</p>   | <p>備考</p>     |
|---|--|---------------|
|   | <p>指針14 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 再処理施設における安全上重要な施設は、再処理施設の立地地点及びその周辺における自然環境をもとに津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等のうち予想されるものを設計基礎とすること。</li> <li>2 これらの設計基礎となる事象は、過去の記録の信頼性を十分考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、妥当とみなされるものを選定すること。</li> <li>3 過去の記録、現地調査の結果等を参考にして必要のある場合には、異種の自然現象を重畳して設計基礎とすること。</li> </ol> | <p>前記のとおり</p> |

第9. 1表 (航空機落下) 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (3 / 5)

| <p>事業指定基準規則<br/>第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p>  | <p>再処理施設安全審査指針</p>  | <p>備考</p>     |
|--|---|---------------|
| <p>2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象(地震及び津波を除く。)に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p> <p>4 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。</p> <p>5 第2項に規定する「適切に考慮したものの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。</p> | <p>指針14 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <p>1 再処理施設における安全上重要な施設は、再処理施設の立地地点及びその周辺における自然環境をもとに津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等のうち予想されるものを設計基礎とすること。</p> <p>2 これらの設計基礎となる事象は、過去の記録の信頼性を十分考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、妥当とみなされるものを選定すること。</p> <p>3 過去の記録、現地調査の結果等を参考にして必要のある場合には、異種の自然現象を重畳して設計基礎とすること。</p> | <p>追加要求事項</p> |

第9. 1表 (航空機落下) 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (4/5)

| <p>事業指定基準規則<br/>第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p>   | <p>再処理施設安全審査指針</p>  | <p>備考</p>     |
|---|---|---------------|
| <p>3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象(地震及び津波を除く。)に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p> <p>6 第3項は、設計基準において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p> | <p>指針1 基本的立地条件</p> <p>事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、再処理施設の立地地点及びその周辺における以下の事象を検討し、安全確保上支障がないことを確認すること。</p> <p>2 社会環境</p> <p>(1) 近接工場における火災、爆発等</p> <p>(2) 航空機事故等による飛来物等</p> <p>(3) 水の利用状況、飲食物の生産・流通状況、人口分布状況等</p> <p>(解説)</p> <p>2 社会環境に関する事象として注目すべき点は、近接工場における事故及び航空機に係る事故である。</p> <p>近接工場における事故については、事故の種類と施設までの離隔距離との関連においてその影響を評価した上で、必要な場合、安全上重要な施設が適切に保護されていることを確認すること。</p> <p>航空機に係る事故については、航空機に係る施設の事故防止対策として、航空機の施設上空の飛行制限等を勘案の上、その発生の可能性について評価した上で、必要な場合は、安全上重要な施設のうち特に重要と判断される施設が、適切に保護されていることを確認すること。</p> | <p>追加要求事項</p> |

第9. 1表 (航空機落下) 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (5/5)

| 事業指定基準規則<br>第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)  | 再処理施設安全審査指針 | 備考     |
|--|-------------|--------|
| <p>7 第3項に規定する「再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの(故意によるものを除く。)」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物(航空機落下等)、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。なお、上記の「航空機落下」については、「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))等に基つき、防護設計の要否について確認する。</p> <p>8 第3項に規定する「安全機能を損なわないもの」とは、想定される偶発的な外部人為事象に対し、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いう。</p> |             | 前記のとおり |

## 1. 2 要求事項に対する適合性

### (1) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全機能を有する施設は、敷地内又はその周辺の自然環境を基に想定される洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，森林火災等の自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む組合せに遭遇した場合において，自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として再処理施設で生じ得る環境条件においても，安全機能を損なわない設計とする。

なお，敷地内又はその周辺で想定される自然現象のうち，洪水，地滑りについては，立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え，安全上重要な施設は，最新の科学的技術的知見を踏まえ，当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を，それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせた条件においても，安全機能を損なわない設計とする。

また，安全機能を有する施設は，敷地内又はその周辺の状況を基に想定される飛来物（航空機落下等），ダムの崩壊，爆発，近隣工場等の火災，有毒ガス，船舶の衝突，電磁的障害等のうち再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「人為事象」という。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお，敷地内又はその周辺の状況を基に想定される人為事象のうち，ダムの崩壊，船舶の衝突については，立地的要因により設計上考慮する必要はない。

自然現象及び人為事象の組み合わせについては，地震，津波，風（台

風)、竜巻、凍結、降水、積雪、火山の影響、生物学的事象、森林火災等を考慮する。これらの事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び人為事象に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な安全機能を有する施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

また、想定される自然現象及び人為事象の発生により、再処理施設に重大な影響を及ぼすおそれがあると判断した場合は、必要に応じて使用済燃料の再処理を停止する等、再処理施設への影響を軽減するための措置を講ずるよう手順を整備する。

## (2) 航空機落下

再処理施設の上空には三沢特別管制区があり、南方向約10 kmの位置には三沢対地訓練区域がある。三沢対地訓練区域で対地射爆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、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。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20 t、速度150m/s から求まる衝撃荷重を用いる。

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。



## 1. 3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第九条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項及び第2項について

省略。

第3項について

安全機能を有する施設は、再処理施設内又はその周辺において想定される人為事象に対して安全性を損なわない設計とする。

(1) 航空機落下

航空機落下評価ガイド等に基づき、工程単位で航空機落下に対する

防護設計の要否を確認することとし、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対象に航空機落下確率評価を行った。

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・構築物については1/10の係数を適用した。

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、計器飛行方式民間航空機の航空機落下確率は  $2.3 \times 10^{-10}$  (回/年)、自衛隊機又は米軍機の航空機落下確率は  $4.5 \times 10^{-8}$  (回/年)、航空機落下確率の総和は、 $4.6 \times 10^{-8}$  (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。

## 2. 航空機落下に対する防護設計の基本方針

再処理施設の上空には三沢特別管制区があり、南方向約 10 k m の位置には三沢対地訓練区域がある。三沢対地訓練区域で対地射爆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、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。

上記の防護設計を踏まえ、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。

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を航空機落下確率の評価対象とする。

【補足説明資料 2 - 2】

## 2. 1 航空機落下に対する防護設計の要否確認の対象の選定

航空機落下評価ガイド等に基づき、航空機落下に対する防護設計の要否を確認する。

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。

航空機落下に対する追加の防護設計の要否確認の対象として、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選定する。

## 2. 2 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。

【補足説明資料 2 - 1】

### (1) 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 $\pm 60^\circ$ 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。
- 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 S E（Z Y T）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。

(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

再処理施設上空の三沢特別管制区は、航空法第94条の2により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、航空機落下確率評価は不要とする。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

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。

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。

### 3. 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<sup>※1</sup>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<sup>※2</sup>までの20年間とする。

※1 平成11年1月から平成29年12月での期間は「航空機落下事故に関するデータ（平成10～29年） 令和元年12月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」、平成30年1月から平成30年12月までの期間は「国土交通省 運輸安全委員会 報告書」検索結果による。

※2 平成11年4月から平成29年12月での期間は「航空機落下事故に関するデータ（平成10～29年） 令和元年12月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」、平成30年1月から平成31年3月までの期間は「文林堂 航空ファン（no.783-798）」による。

#### (1) 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。

#### (2) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

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」の落下確率評価においては、「小型機では機体重量、飛行速度、落下時の衝撃力（荷重）、衝突時の衝突面積が大型機に比べて小さいこと、一般に格納容器や原子炉建屋が堅固な構築物であること等から原子炉施設に落下した場合においてもその影響を及ぼす原子炉施設の範囲が大型機の落下に比べ

て著しく小さくなることを考慮する。」とされており、対象航空機の種類による係数を用いて航空機落下確率を評価することとされている。

一方、再処理施設は、再処理施設の南方向約10kmに三沢対地訓練区域があり、自衛隊機及び米軍機が訓練を行っていることから、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、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。防護設計を行う建物・構築物及び防護方法について第9.2表（航空機落下）に示す。

【補足説明資料3-1】

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の係数を適用することとする。

係数を適用する場合の条件を以下に示す。

【補足説明資料3-2】

《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。

《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。

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。

【補足説明資料 3-3】



第9. 2表 (航空機落下) 防護設計を行う建物・構築物及び防護方法

| 防護設計を行う建物・構築物             | 防 護 方 法                              |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 使用済燃料輸送容器管理建屋             | 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫を壁等により防護する。       |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋             | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 前処理建屋                     | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 分離建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 精製建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| ウラン脱硝建屋                   | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋          | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| ウラン酸化物貯蔵建屋                | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋       | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 高レベル廃液ガラス固化建屋             | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 第1 ガラス固化体貯蔵建屋             | 貯蔵区域及び受入れ室を壁等により保護する。                |
| 低レベル廃液処理建屋                | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 低レベル廃棄物処理建屋               | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理建屋 | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| ハル・エンド ピース貯蔵建屋            | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 第2 低レベル廃棄物貯蔵建屋            | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 制御建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 分析建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                  |
| 非常用電源建屋                   | 電気室を壁等により保護する。第2非常用ディーゼル発電機は分離配置を行う。 |
| 冷却水設備の安全冷却水系              | 分離配置を行う。                             |

(つづき)

| 防護設計を行う建物・構築物  | 防 護 方 法   |
|--|---|
| <p>洞 道</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道</li> <li>・分離建屋，精製建屋，ウラン脱硝建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，低レベル廃液処理建屋，低レベル廃棄物処理建屋及び分析建屋を接続する洞道のうち，低レベル廃液処理建屋に接続する東側の洞道並びにウラン脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に接続する洞道を除く部分</li> <li>・精製建屋とウラン脱硝建屋を接続する洞道</li> <li>・精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道</li> <li>・ウラン脱硝建屋とウラン酸化物貯蔵建屋を接続する洞道</li> <li>・高レベル廃液ガラス固化建屋と第1ガラス固化体貯蔵建屋を接続する洞道</li> <li>・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋と冷却水設備の安全冷却水系を接続する洞道</li> <li>・前処理建屋，分離建屋，精製建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，制御建屋，非常用電源建屋，冷却水設備の安全冷却水系，主排気筒及び主排気筒管理建屋を接続する洞道のうち，安全上重要な施設としての排気ダクト又は主排気筒の排気筒モニタに接続する非常用所内電源ケーブルのみを収納する洞道を除く部分</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・分離配置を行う。</li> <li>・冷却水設備の安全冷却水系に接続する部分は分離配置し，その他は洞道を堅固な構造とする。</li> </ul> |

#### 4. 標的面積の設定

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。

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。

安全機能を維持する観点で含める安全上重要な施設の選定結果を第9.3表（航空機落下）に、選定した安全上重要な施設に係る建物・構築物を第9.4表（航空機落下）に、また、建物・構築物の面積を第9.5表（航空機落下）及び第9.6表（航空機落下）に示す。

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並びに標的面積を第9.7表（航空機落下）に示す。

第9.7表（航空機落下）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  $0.043 \text{ k m}^2$  が最大の標的面積となる。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している建物・構築物については、1/10の係数を適用して評価することとし、標的面積は  $0.031 \text{ k m}^2$  となる。一方、建物全体を外壁及び屋根により保護する設

計としていない建物・構築物については、1/10の係数を適用せずに評価することとし、標的面積は0.012 k m<sup>2</sup>となる。

【補足説明資料4-1】

第9.3表 (航空機落下) 安全機能の維持に必要な施設の選定結果

| 工 程                               | 安全機能の維持に必要な施設             |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------------------|--------------|------|---------------|------------------------|--|--|----------------------------|---|
|                                   | 非常用所内電源系統                 |             |             |                           |              | 主排気筒 | 安全圧縮<br>空 気 系 | 安全冷却水系                 |  |  | 安全保護回路,<br>安全上重要な<br>計測制御系 |   |
|                                   | 使用済燃料の<br>受入れ施設及<br>び貯蔵施設 | 再処理<br>設備本体 | 再処理<br>設備本体 | 使用済燃料の<br>受入れ施設及<br>び貯蔵施設 | 再処理設備<br>本 体 |      |               | 第2非常用<br>ディーゼル<br>発電機用 |  |  |                            |   |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵                       | ○                         |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 前処理                               |                           |             | ○           |                           |              | ○    |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 分離                                |                           |             | ○           |                           |              | ○    |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 精製                                |                           |             | ○           |                           |              | ○    |               |                        |  |  |                            | ○ |
| ウラン脱硝                             |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝                    |                           |             | ○           |                           |              | ○    |               |                        |  |  |                            | ○ |
| ウラン酸化物貯蔵                          |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵                 |                           |             | ○           |                           |              | ○    |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 高レベル廃液ガラス固化                       |                           |             | ○           |                           |              | ○    |               |                        |  |  |                            | ○ |
| ガラス固化体貯蔵                          |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| チヤンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理           |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| ハル・エンド ピース貯蔵                      |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| 分析                                |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| 制御建屋*                             |                           |             | ○           |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 非常用電源建屋*                          |                           |             | ○           |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔A* | ○                         |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔B* | ○                         |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            |   |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A*              |                           |             | ○           |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B*              |                           |             | ○           |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 第2非常用ディーゼル発電機用<br>安全冷却水系冷却塔A*     |                           |             | ○           |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 第2非常用ディーゼル発電機用<br>安全冷却水系冷却塔B*     |                           |             | ○           |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |
| 主排気筒*                             |                           |             |             |                           |              |      |               |                        |  |  |                            | ○ |

※ 前処理, 分離等の工程の安全機能の維持に必要な施設

第9.4表 (航空機落下) 安全上重要な施設に係る建物・構築物

| 安全上重要な施設  |                           | 安全機能の維持に必要な施設  |
|-----------|---------------------------|--|
| 安全圧縮空気系   |                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・前処理建屋 (圧縮空気設備)</li> <li>・再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔</li> <li>・前処理建屋 (地上部安全冷却水系配管等)</li> <li>・非常用電源建屋 (第2非常用ディーゼル発電機)</li> <li>・第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔</li> </ul> |
|           | 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔</li> <li>・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 (第1非常用ディーゼル発電機)</li> </ul>  |
| 安全冷却水系    | 再処理設備本体用 安全冷却水系           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔</li> <li>・前処理建屋 (地上部安全冷却水系配管等)</li> <li>・非常用電源建屋 (第2非常用ディーゼル発電機)</li> <li>・第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔</li> </ul>                          |
|           | 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔</li> <li>・非常用電源建屋 (第2非常用ディーゼル発電機)</li> </ul>  |
| 非常用所内電源系統 | 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 (第1非常用ディーゼル発電機)</li> <li>・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔</li> </ul>  |
|           | 再処理設備本体                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用電源建屋 (第2非常用ディーゼル発電機)</li> <li>・第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔</li> </ul>  |
| 主排気筒      |                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離建屋, 精製建屋, 高レベル廃液ガラス固化建屋 (地上部ダクト)</li> <li>・主排気筒</li> </ul>   |
|           | 安全保護回路, 安全上重要な計測制御系       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋</li> <li>・制御建屋</li> </ul>  |

第9. 5表 (航空機落下) 安全上重要な施設を収納する建屋の面積

| 安全上重要な施設を収納する建屋             | 面積 (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|----------------------|
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋               | 9400                 |
| 前処理建屋                       | 6000                 |
| 分離建屋                        | 5700                 |
| 精製建屋                        | 6500                 |
| ウラン脱硝建屋                     | 1500                 |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋            | 4000                 |
| ウラン酸化物貯蔵建屋                  | 2700                 |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋         | 2700                 |
| 高レベル廃液ガラス固化建屋               | 5100                 |
| 第1ガラス固化体貯蔵建屋                | 5700                 |
| チャンネルボックス・バーナブル<br>ポイズン処理建屋 | 3500                 |
| ハル・エンドピース貯蔵建屋               | 2200                 |
| 分析建屋                        | 4900                 |

第9. 6表 (航空機落下) 安全機能の維持に必要な施設の面積

| 安全機能の維持に必要な施設                    | 面積 (m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|----------------------|
| LPGボンベユニット (前処理建屋)               | 40                   |
| 地上部安全冷却水系配管等 (前処理建屋)             | 770                  |
| 地上部ダクト (分離建屋)                    | 710                  |
| 地上部ダクト (精製建屋)                    | 300                  |
| 地上部ダクト (高レベル廃液ガラス固化建屋)           | 150                  |
| 制御建屋                             | 2900                 |
| 非常用電源建屋                          | 1200                 |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔A | 2200                 |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔B | 3500                 |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A              | 1700                 |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B              | 1700                 |
| 第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔A         | 1500                 |
| 第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔B         | 1500                 |
| 主排気筒                             | 2200                 |

第9. 7表 (航空機落下) 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並びに標的面積

| 工 程                     | 上段：安全上重要な施設を収納する建屋 <sup>*4</sup>  | 標的面積 <sup>*1</sup><br>A<br>(k m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|---|--|
|                         | 下段：安全機能の維持に必要な施設 <sup>*4</sup>  |  |
| 使用済燃料の受入れ・貯蔵            | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋   | 0.016  |
|                         | 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B  | A1:0.010<br>A2:0.006                           |
| 前処理                     | 前処理建屋   | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                         | LPG ボンベユニット(前処理建屋), 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋), 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2</sup> <sup>*3</sup>        |  |
| 分離                      | 分離建屋  | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                         | 前処理建屋, LPG ボンベユニット(前処理建屋), 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2</sup> <sup>*3</sup>       |  |
| 精製                      | 精製建屋  | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                         | 前処理建屋, 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2</sup> <sup>*3</sup>                           |  |
| ウラン脱硝                   | ウラン脱硝建屋   | 0.005  |
|                         | 制御建屋  | A1:0.005<br>A2: -                              |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝          | ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋  | 0.043<br>A1:0.031<br>A2:0.012                  |
|                         | 前処理建屋, 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2</sup> <sup>*3</sup>      |  |
| ウラン酸化物貯蔵                | ウラン酸化物貯蔵建屋  | 0.003  |
|                         | 該当なし  | A1:0.003<br>A2: -                              |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵       | ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋   | 0.012  |
|                         | ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋, 非常用電源建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup>   | A1:0.007<br>A2:0.005                           |
| 高レベル廃液ガラス固化             | 高レベル廃液ガラス固化建屋   | 0.039<br>A1:0.027<br>A2:0.012                  |
|                         | 前処理建屋, LPG ボンベユニット(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 地上部安全冷却水系配管等(前処理建屋) <sup>*2</sup> , 分離建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>*2</sup> , 精製建屋 <sup>*5</sup> , 地上部ダクト(精製建屋) <sup>*2</sup> , 地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋) <sup>*2</sup> , 制御建屋, 非常用電源建屋, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>*2</sup> , 主排気筒 <sup>*2</sup> <sup>*3</sup> |  |
| ガラス固化体貯蔵                | 第1ガラス固化体貯蔵建屋  | 0.006  |
|                         | 該当なし  | A1: -<br>A2:0.006                              |
| チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理 | チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理建屋   | 0.004  |
|                         | 該当なし  | A1:0.004<br>A2: -                              |



(つづき)

| 工 程  | 上段：安全上重要な施設を収納する建屋 <sup>※4</sup>  | 標的面積 <sup>※1</sup><br>A<br>(k m <sup>2</sup> ) |
|--|---|--|
|  | 下段：安全機能の維持に必要な施設 <sup>※4</sup>  |  |
| ハル・エンド ピース<br>貯蔵                                       | ハル・エンド ピース貯蔵建屋  | 0.003  |
|  | 該当なし  | A1:0.003<br>A2: -                              |
| 分析   | 分析建屋  | 0.005  |
|  | 該当なし  | A1:0.005<br>A2: -                              |
| 制御建屋 <sup>※6</sup>                                     | 該当なし  | 0.008  |
|  | 非常用電源建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔<br>A, B <sup>※2</sup>   | A1:0.003<br>A2:0.005                           |
| 非常用電源建屋 <sup>※6</sup>                                  | 該当なし  | 0.005  |
|  | 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>※2</sup>  | A1: -<br>A2:0.005                              |
| 使用済燃料の受入れ<br>施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔<br>A <sup>※6</sup> | 該当なし  | 0.013  |
|  | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋   | A1:0.010<br>A2:0.003                           |
| 使用済燃料の受入れ<br>施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔<br>B <sup>※6</sup> | 該当なし  | 0.014  |
|  | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋   | A1:0.010<br>A2:0.004                           |
| 再処理設備本体用<br>安全冷却水系冷却塔<br>A <sup>※6</sup>               | 該当なし  | 0.012  |
|  | 前処理建屋, 地上部安全冷却水系配管等 (前処理建屋) <sup>※2</sup> , 非常用電源<br>建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B <sup>※2</sup>   | A1:0.006<br>A2:0.006                           |
| 再処理設備本体用<br>安全冷却水系冷却塔<br>B <sup>※6</sup>               | 該当なし  | 0.006  |
|  | 非常用電源建屋, 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔<br>A, B <sup>※2</sup>   | A1: -<br>A2:0.006                              |
| 第2非常用ディーゼ<br>ル発電機用安全冷却<br>水系冷却塔A <sup>※6</sup>         | 該当なし  | 0.003  |
|  | 非常用電源建屋   | A1: -<br>A2:0.003                              |
| 第2非常用ディーゼ<br>ル発電機用安全冷却<br>水系冷却塔B <sup>※6</sup>         | 該当なし  | 0.003  |
|  | 非常用電源建屋   | A1: -<br>A2:0.003                              |
| 主排気筒 <sup>※6</sup>                                     | 該当なし  | 0.022  |
|  | 分離建屋 <sup>※5</sup> , 地上部ダクト(分離建屋) <sup>※2</sup> , 精製建屋 <sup>※5</sup> , 地上部ダクト<br>(精製建屋) <sup>※2</sup> , 高レベル廃液ガラス固化建屋 <sup>※5</sup> , 地上部ダクト(高レベ<br>ル廃液ガラス固化建屋) <sup>※2</sup> | A1:0.018<br>A2:0.004                           |

- ※1 A1：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・構築物の面積  
A2：建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物の面積
- ※2 竜巻防護対策設備を含む。
- ※3 主排気筒管理建屋及び地上部ダクトを含む。
- ※4 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物を斜体で示す。
- ※5 地上部ダクトの支持構造物となる建物・構築物
- ※6 前処理, 分離等の工程の安全機能の維持に必要な以下の施設について, それぞれの安全機能の維持に必要な施設の面積を合算した標的面積を示す。
  - ・制御建屋, 非常用電源建屋, 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B, 第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔A, B, 主排気筒

## 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し、最大の標的面積となるウラン・プルトニウム混合脱硝を対象とした航空機落下確率を以下に示す。

また、工程単位の航空機落下確率を第9.8表（航空機落下）に示す。

### (1) 計器飛行方式民間航空機

航空路（直行経路）を巡航中の計器飛行方式民間航空機の再処理施設への航空機落下確率を以下に示す。

$$\begin{aligned} P_C &= \frac{f_C \times N_C \times A}{W} \\ &= \frac{(0.5 / 11,497,450,753) \times 1,825 \times 0.043}{14.816} \\ &= 2.3 \times 10^{-10} \text{ (回/年)} \end{aligned}$$

$P_C$  : 再処理施設への巡航中の航空機落下確率（回/年）

$N_C$  : 評価対象とする直行経路の年間飛行回数 ; 1,825（飛行回/年）

（注1）

$A$  : 再処理施設の標的面積 ; 0.043（ $\text{km}^2$ ）

$W$  : 航空路幅 ; 14.816（ $\text{km}$ ）

$f_C = G_C / H_C$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率（回/（飛行回・ $\text{km}$ ））

$G_C$  : 巡航中事故件数 ; 0.5（回）

$H_C$  : 延べ飛行距離 ; 11,497,450,753（飛行回・ $\text{km}$ ）（注2）

（注1）国土交通省航空局に問い合わせた結果（平成27年の札幌管制区のピーク日の交通量）を365倍した値。

【補足説明資料5-1】

(注2) 平成11年1月から平成29年12月での期間は「航空機落下事故に関するデータ（平成10～29年） 令和元年12月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」、平成30年1月から平成30年12月までの期間は「航空輸送統計調査」による。

【補足説明資料5-2】

(2) 自衛隊機又は米軍機

訓練空域周辺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を以下に示す。

【補足説明資料5-3】

$$P_{sox} = P_{so1} + P_{so2}$$

$P_{sox}$  : 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）

$P_{so1}$  : 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再処理施設への航空機落下確率（回／年）

$P_{so2}$  : 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再処理施設への航空機落下確率（回／年）

a. 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再処理施設への航空機落下確率

$$\begin{aligned}
 P_{SO1} &= \left( \frac{f_{SO1}}{S_o} \times AI \times \alpha \right) + \left( \frac{f_{SO2}}{S_o} \times AI \right) \\
 &= \left( \frac{0.4}{294,881} + \frac{0.1}{372,472} \right) \times 0.031 \times 0.1 + \\
 &\quad \left( \frac{0.1}{294,881} + \frac{0.05}{372,472} \right) \times 0.031 \\
 &= 2.0 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}
 \end{aligned}$$

$f_{SO1}$  : 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) ;

自衛隊機 :  $8/20=0.4$  (回/年), 米軍機 :  $2/20=0.1$  (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) ;

自衛隊機 :  $2/20=0.1$  (回/年), 米軍機 :  $1/20=0.05$  (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 ( $\text{km}^2$ ) ;

自衛隊機 : 294,881 ( $\text{km}^2$ ), 米軍機 : 372,472 ( $\text{km}^2$ ) (注1)

$AI$  : 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再処理施設の標的面積 ; 0.031 ( $\text{km}^2$ )

$\alpha$  : 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 ; 0.1

(注1) 「航空機落下事故に関するデータ (平成 10~29 年) 令和元年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」による。

b. 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない再処理施設への航空機落下確率

$$\begin{aligned}
 P_{SO_2} &= \left( \frac{f_{SO_1} + f_{SO_2}}{S_o} \times A_2 \right) \\
 &= \left( \frac{0.4 + 0.1}{294,881} + \frac{0.1 + 0.05}{372,472} \right) \times 0.012 \\
 &= 2.6 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}
 \end{aligned}$$

$f_{SO_1}$  : 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) ;

自衛隊機 :  $8/20=0.4$  (回/年), 米軍機 :  $2/20=0.1$  (回/年)

$f_{SO_2}$  : 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) ;

自衛隊機 :  $2/20=0.1$  (回/年), 米軍機 :  $1/20=0.05$  (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 ( $\text{k m}^2$ ) ;

自衛隊機 : 294,881 ( $\text{k m}^2$ ), 米軍機 : 372,472 ( $\text{k m}^2$ ) (注1)

$A_2$  : 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない再処理施設の標的面積 ; 0.012 ( $\text{k m}^2$ )

(注1) 「航空機落下事故に関するデータ (平成 10~29 年) 令和元年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」による。

c. 自衛隊機又は米軍機の再処理施設への航空機落下確率

上記 a. 及び b. の合計値を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 P_{SOX} &= P_{SO_1} + P_{SO_2} \\
 &= 4.5 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}
 \end{aligned}$$

(3) 再処理施設への航空機落下確率

(1)及び(2)に示す計器飛行方式民間航空機及び自衛隊機又は米軍機の再処理施設への航空機落下確率の総和は、 $4.6 \times 10^{-8}$  (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。

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、 $8.8 \times 10^{-8}$  (回/年) となる。

【補足説明資料 5 - 4】

第9. 8表 (航空機落下) 工程単位の航空機落下確率

| 工 程                                | 標的面積<br>(k m <sup>2</sup> ) | 航空機落下確率 (回/年)         |                      |                      |                      | 合 計                  |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                    |                             | 計器飛行方式<br>民間航空機       |                      | 自衛隊機又は米軍機            |                      |                      |
|                                    |                             | 係数適用                  | 係数適用外                | 係数適用                 | 係数適用外                |                      |
| 使用済燃料の受入れ・貯蔵                       | 0.016                       | 8.6×10 <sup>-11</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.9×10 <sup>-8</sup> | 1.9×10 <sup>-8</sup> |
| 前処理                                | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |
| 分離                                 | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |
| 精製                                 | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |
| ウラン脱硝建                             | 0.005                       | 2.7×10 <sup>-11</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> | —                    | 3.2×10 <sup>-9</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝                     | 0.043                       | 2.3×10 <sup>-10</sup> | 2.0×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.5×10 <sup>-8</sup> | 4.6×10 <sup>-8</sup> |
| ウラン酸化物貯蔵                           | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> | —                    | 2.0×10 <sup>-9</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵                  | 0.012                       | 6.5×10 <sup>-11</sup> | 4.5×10 <sup>-9</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> |
| 高レベル廃液ガラス固化                        | 0.039                       | 2.1×10 <sup>-10</sup> | 1.8×10 <sup>-8</sup> | 2.6×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> | 4.3×10 <sup>-8</sup> |
| ガラス固化体貯蔵                           | 0.006                       | 3.3×10 <sup>-11</sup> | —                    | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |
| チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理            | 0.004                       | 2.2×10 <sup>-11</sup> | 2.6×10 <sup>-9</sup> | —                    | 2.6×10 <sup>-9</sup> | 2.6×10 <sup>-9</sup> |
| ハル・エンド ピース貯蔵                       | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> | —                    | 2.0×10 <sup>-9</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> |
| 分析                                 | 0.005                       | 2.7×10 <sup>-11</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> | —                    | 3.2×10 <sup>-9</sup> | 3.2×10 <sup>-9</sup> |
| 制御建屋※                              | 0.008                       | 4.3×10 <sup>-11</sup> | 2.0×10 <sup>-9</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |
| 非常用電源建屋※                           | 0.005                       | 2.7×10 <sup>-11</sup> | —                    | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> | 1.1×10 <sup>-8</sup> |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔 A※ | 0.013                       | 7.0×10 <sup>-11</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |
| 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用<br>安全冷却水系冷却塔 B※ | 0.014                       | 7.5×10 <sup>-11</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> | 8.4×10 <sup>-9</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> | 1.5×10 <sup>-8</sup> |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A※              | 0.012                       | 6.5×10 <sup>-11</sup> | 3.9×10 <sup>-9</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.7×10 <sup>-8</sup> | 1.7×10 <sup>-8</sup> |
| 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B※              | 0.006                       | 3.3×10 <sup>-11</sup> | —                    | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> | 1.3×10 <sup>-8</sup> |
| 第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔 A※         | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | —                    | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> |
| 第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔 B※         | 0.003                       | 1.7×10 <sup>-11</sup> | —                    | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.3×10 <sup>-9</sup> | 6.4×10 <sup>-9</sup> |
| 主排気筒※                              | 0.022                       | 1.2×10 <sup>-10</sup> | 1.2×10 <sup>-8</sup> | 8.4×10 <sup>-9</sup> | 2.0×10 <sup>-8</sup> | 2.0×10 <sup>-8</sup> |

※前処理, 分離等の工程の安全機能の維持に必要な施設

## 2 章 補足説明資料



再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト  
 第9条：外部からの衝撃による損傷の防止（航空機落下）

令和2年4月13日 R10

| 資料No.     | 再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料                 |      | 提出日  | Rev | 備考（8月提出済みの資料については、資料番号を記載）     |
|-----------|--|------|------|-----|--------------------------------|
|           | 名称                                     | 名称   |      |     |                                |
| 補足説明資料1-1 | 事業指定基準規則第9条と許認可実績等との比較表                | 欠番   |      |     |                                |
| 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                    | 新規作成 | 4/13 | 1   | 新規作成(2019/9/11審査会合 資料番号6として提出) |
| 補足説明資料2-2 | 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について        | 新規作成 | 4/13 | 5   | 新規作成                           |
| 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)                 | 新規作成 | 10/4 | 0   | 新規作成                           |
| 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                   | 新規作成 | 4/13 | 3   | 新規作成                           |
| 補足説明資料3-3 | 評価対象とする訓練空域外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 | 新規作成 | 4/13 | 3   | 新規作成(2019/9/11審査会合 資料番号6として提出) |
| 補足説明資料4-1 | 1/100の係数を適用する建物・構築物について                | 新規作成 | 4/13 | 3   | 新規作成                           |
| 補足説明資料5-1 | 評価対象となる航空路等の飛行回数                       | 新規作成 | 10/4 | 0   | 新規作成(2019/9/11審査会合 資料番号6として提出) |
| 補足説明資料5-2 | 民間航空機の延べ飛行距離                           | 新規作成 | 3/13 | 1   | 新規作成(2019/9/11審査会合 資料番号6として提出) |
| 補足説明資料5-3 | 航空機落下確率の端数処理について                       | 新規作成 | 4/13 | 5   | 新規作成                           |
| 補足説明資料5-4 | 対象となる全ての建物・構築物の面積を合算した場<br>合の航空機落下確率   | 新規作成 | 3/13 | 3   | 新規作成(2019/9/11審査会合 資料番号6として提出) |

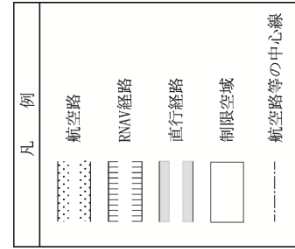
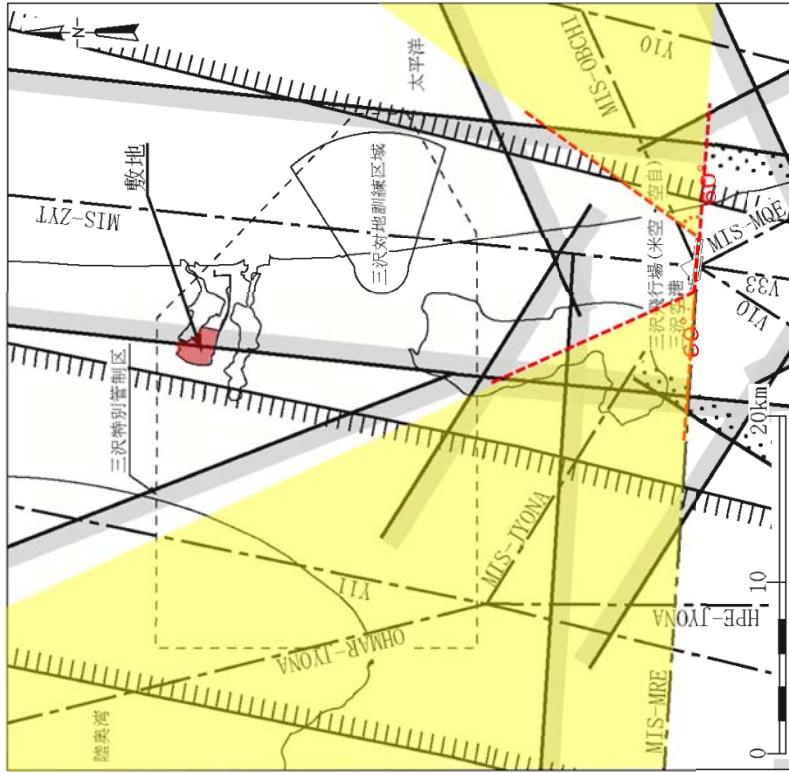
## 補足説明資料 2 - 1

評価対象とする航空機落下事故の選定結果

評価対象とする航空機落下事故の選定結果を第 2 - 1 表に示す。

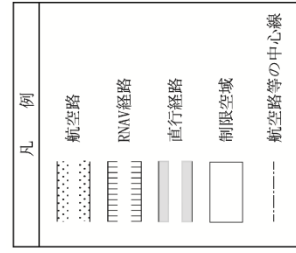
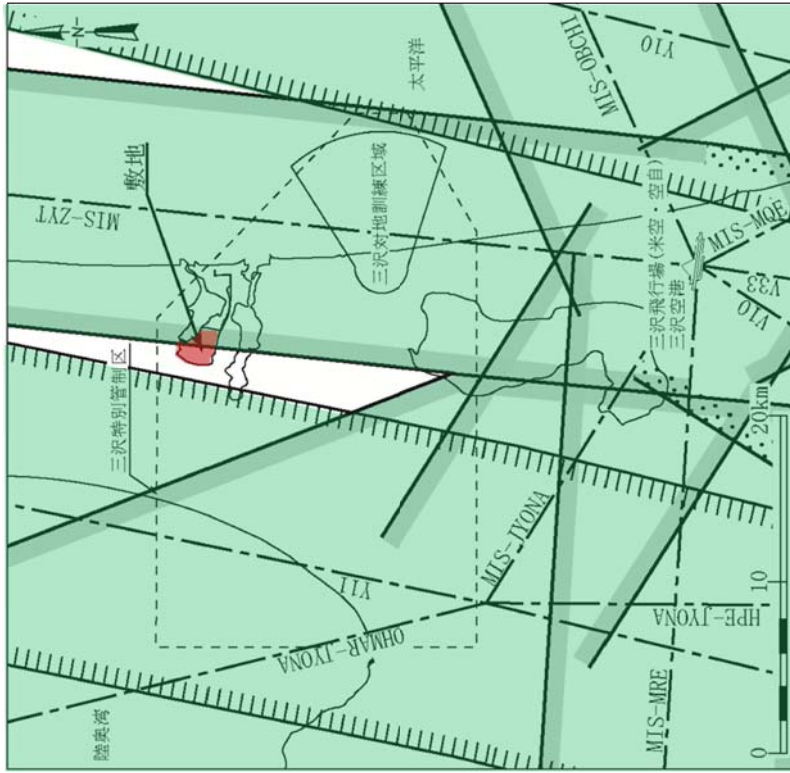
第2-1-1表 評価対象とする航空機落下事故の選定結果 (1/5)

| 落下事故の種類               |                               | 落下確率評価不要な場合  | 落下確率評価の要否   |
|-----------------------|-------------------------------|--|---|
| i) 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          | 飛行場の滑走路端から滑走路方向に $\pm 60^\circ$ の扇型区域から外れる場合は評価不要。                                   | <b>評価対象外</b><br>再処理施設は、三沢空港の滑走路端から滑走路方向に $\pm 60^\circ$ の扇型区域から外れるため評価不要。                               |
|                       | b) 航空路を巡航中の落下事故               | 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及び、航空路誌(AIP)に記載された直行経路等の航空路が施設上空に存在しない場合は評価不要。 | <b>評価対象</b><br>再処理施設上空に民間航空機は飛行しないと推察される直行経路(MISAWA(MIS)-CHITOSE(ZYT))が存在しているが、民間航空機が飛行することを想定し評価対象とする。 |
| ii) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 | —                             | —  | <b>評価対象外</b><br>再処理施設の上空の三沢特別管制区は、航空法により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、落下確率評価の対象から除外する。                    |
| iii) 自衛隊軍機の落下事故       | a) 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故 | —  | <b>評価対象</b><br>再処理施設上空に訓練空域は存在しないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。   |
|                       | b) 基地-訓練空域間の往復時の落下事故          | 基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在しない場合は評価不要。  | <b>評価対象外</b><br>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ため評価不要。   |



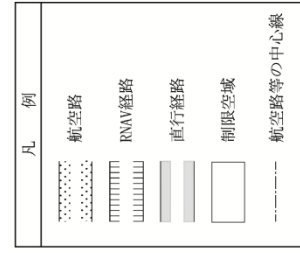
第2-1-1表 評価対象とする航空機落下事故の選定結果 (2/5)

| 落下事故の種類               |                               | 落下確率評価不要な場合  | 落下確率評価の要否  |
|-----------------------|-------------------------------|--|--|
| i) 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          | 飛行場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場合は評価不要。  | 評価対象外<br>再処理施設は、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ため評価不要。  |
|                       | b) 航空路を巡航中の落下事故               | 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及び、航空路誌(AIP)に記載された直行経路等の航空路が施設上空に存在しない場合は評価不要。 | <b>評価対象</b><br>再処理施設上空に民間航空機は飛行しないと推察される直行経路(MISAWA (MIS) - CHITOSE (ZYT)) が存在しているが、民間航空機が飛行することを想定し評価対象とする。 |
| ii) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 |                               | —  | 評価対象外<br>再処理施設の上空の三沢特別管制区は、航空法により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、落下確率評価の対象から除外する。                                |
| iii) 自衛隊機又は米軍機の落下事故   | a) 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故 | —  | <b>評価対象</b><br>再処理施設上空に訓練空域は存在しないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。  |
|                       | b) 基地-訓練空域間を往復時の落下事故          | 基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在しない場合は評価不要。  | 評価対象外<br>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ため評価不要。   |



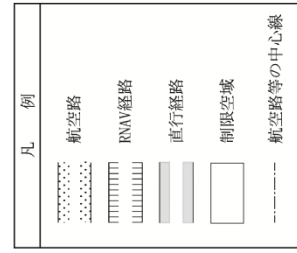
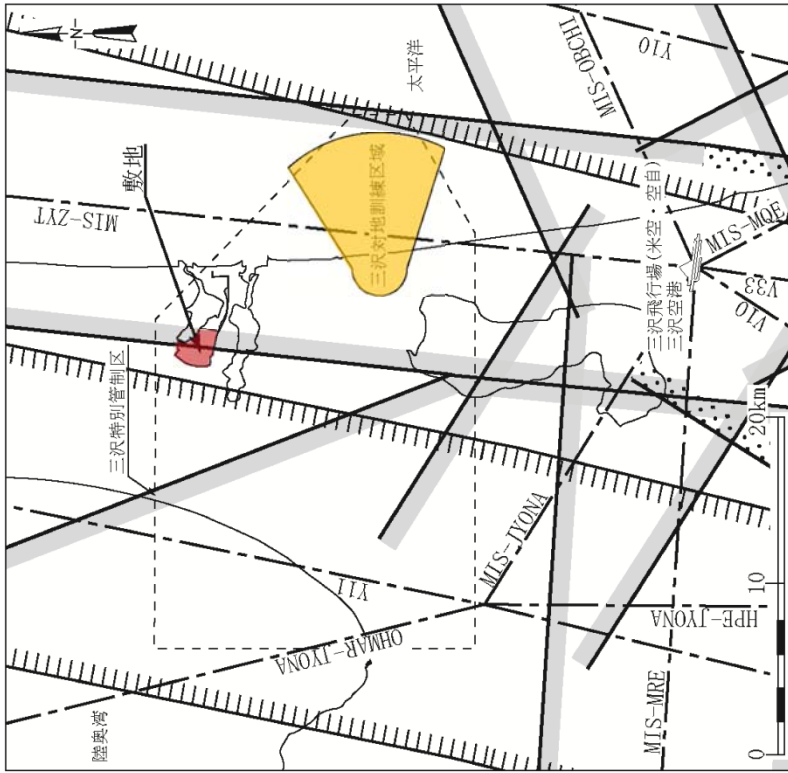
第2-1-1表 評価対象とする航空機落下事故の選定結果 (3/5)

| 落下事故の種類               |                               | 落下確率評価不要な場合  | 落下確率評価の要否  |
|-----------------------|-------------------------------|--|--|
| i) 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          | 飛行場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場合は評価不要。  | 評価対象外<br>再処理施設は、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ため評価不要。  |
|                       | b) 航空路を巡航中の落下事故               | 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及び、航空路誌(AIP)に記載された直行経路等の航空路が施設上空に存在しない場合は評価不要。 | 評価対象<br>再処理施設上空に民間航空機は飛行しないと推察される直行経路(MISAWA(MIS)-CHITOSE(ZYT))が存在しているが、民間航空機が飛行することを想定し評価対象とする。 |
| ii) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 |                               | —  | 評価対象外<br>再処理施設の上空の三沢特別管制区は、航空法により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、落下確率評価の対象から除外する。                    |
| iii) 自衛隊軍機の落下事故       | a) 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故 | —  | 評価対象<br>再処理施設上空に訓練空域は存在しないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。   |
|                       | b) 基地-訓練空域間の往復時の落下事故          | 基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在しない場合は評価不要。  | 評価対象外<br>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ため評価不要。   |



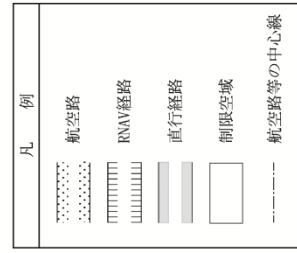
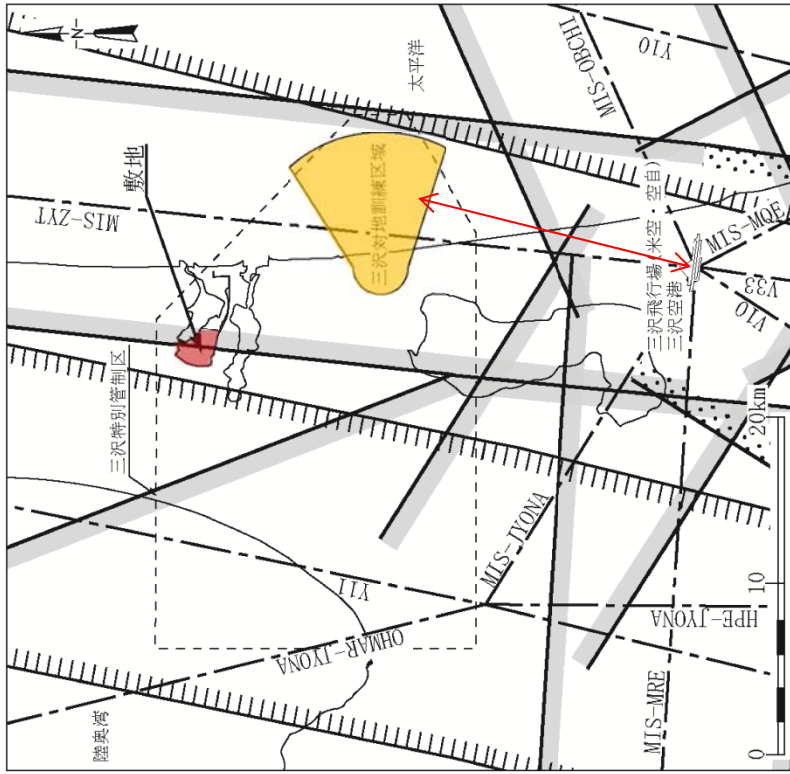
第2-1表 評価対象とする航空機落下事故の選定結果 (4/5)

| 落下事故の種類               |                               | 落下確率評価不要な場合  | 落下確率評価の要否  |
|-----------------------|-------------------------------|--|--|
| i) 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          | 飛行場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場合は評価不要。  | 評価対象外<br>再処理施設は、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ため評価不要。  |
|                       | b) 航空路を巡航中の落下事故               | 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及び、航空路誌(AIP)に記載された直行経路等の航空路が施設上空に存在しない場合は評価不要。 | 評価対象<br>再処理施設上空に民間航空機は飛行しないと推察される直行経路(MISAWA(MIS)-CHITOSE(ZYT))が存在しているが、民間航空機が飛行することを想定し評価対象とする。 |
| ii) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 |                               | —  | 評価対象外<br>再処理施設の上空の三沢特別管制区は、航空法により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、落下確率評価の対象から除外する。                    |
| iii) 自衛隊機又は米軍機の落下事故   | a) 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故 | —  | <b>評価対象</b><br>再処理施設上空に訓練空域は存在しないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。                                      |
|                       | b) 基地一訓練空域間を往復時の落下事故          | 基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在しない場合は評価不要。  | 評価対象外<br>再処理施設は、基地一訓練空域間の往復の想定飛行範囲内に位置しないため評価不要。   |



第2-1表 評価対象とする航空機落下事故の選定結果 (5/5)

| 落下事故の種類               |                               | 落下確率評価不要な場合  | 落下確率評価の要否  |
|-----------------------|-------------------------------|--|--|
| i) 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          | 飛行場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場合は評価不要。  | 評価対象外<br>再処理施設は、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ため評価不要。  |
|                       | b) 航空路を巡航中の落下事故               | 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及び、航空路誌(AIP)に記載された直行経路等の航空路が施設上空に存在しない場合は評価不要。 | 評価対象<br>再処理施設上空に民間航空機は飛行しないと推察される直行経路(MISAWA(MIS)-CHITOSE(ZYT))が存在しているが、民間航空機が飛行することを想定し評価対象とする。 |
| ii) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 |                               | —  | 評価対象外<br>再処理施設の上空の三沢特別管制区は、航空法により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、落下確率評価の対象から除外する。                    |
| iii) 自衛隊機又は米軍機の落下事故   | a) 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故 | —  | 評価対象<br>再処理施設上空に訓練空域は存在しないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。   |
|                       | b) 基地-訓練空域間の往復時の落下事故          | 基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在しない場合は評価不要。  | 評価対象外<br>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ため評価不要。   |





## 補足説明資料 2 - 2

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>1. 目的</p> <p>実用発電用原子炉施設（以下「原子炉施設」という。）への航空機落下に対する考慮については、原子力安全委員会が定めた「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日）」の「指針3. 外部人為事象に対する設計上の考慮」第1項において、「想定される外部人為事象」の一つとして取り上げられている。</p> <p>本基準は、原子炉の設置許可（変更許可を含む。）申請に係る安全審査において、原子炉施設への航空機の落下を「想定される外部人為事象」として設計上の考慮を必要とするか否かの判断のめやすとする基準値を示すとともに、原子炉施設へ航空機が落下する可能性（発生確率）を評価する標準的な手法を提示することを目的として定めたものである（解説1-1）。</p> <p>本基準は原子炉施設を対象としているが、基本的な考え方や評価手法は他の原子力施設の安全審査においても参考となり得る。ただし、判断基準となる数値及び評価に使用するパラメータについては、各施設の特徴（例えば、航空機の落下によって影響を受ける施設の範囲など）を勘案し、個別に定める必要がある（解説1-2）。</p> <p>なお、設置許可申請者による航空機落下評価が本基準に示す標準的な手法によらない場合であっても、使用した方法やデータに妥当性が認められる場合には、これを排除するものではない。また、本基準に示す評価手法については、今後の新たな知見と経験の蓄積により、必要に応じ見直しを行うものとする。</p> <p>解説1-1 本基準の位置づけ（第1章）</p> <p>原子力安全委員会の定めた「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」の「指針3. 外部人為事象に対する設計上の考慮」第1項では、「安全機能を有する構築</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性  |
|--|--|
| <p>物、系統及び機器は、想定される外部人為事象によって、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること」としており、外部人為事象の1つとして航空機落下を取り上げている。</p> <p>この指針への適合性を確認するためには、原子炉の設置許可（変更許可を含む。）に係る安全審査において、原子炉施設への航空機の落下を「想定される外部人為事象」として設計上考慮する必要があるかを判断することが必要となる。</p> <p>そこで、本基準では、原子炉施設への航空機落下の発生確率に関して、判断のめやすとなる基準値を定めるとともに、当該発生確率を評価するための具体的な手法を示す。</p> <p>なお、本基準における「原子炉施設への航空機落下確率」は、「1年当たりに原子炉施設へ航空機が落下する可能性」を指しており、したがって、「回/炉・年」という次元で表現することとしている。</p> <p>解説 1 - 2 他の原子力施設への本基準適用上の注意（第1章）</p> <p>本基準は、実用発電用原子炉施設を対象としているが、航空機落下確率評価を行うに当たっての基本的考え方や評価手法は、他の原子力施設にも適用可能である。ただし、判断基準となる数値及び使用するパラメータの一部（例えば、標的面積）については、各施設タイプごとにその特徴を踏まえて個別に設定する必要がある。</p> <p>具体的には、再処理施設や核燃料加工施設と原子炉施設とでは、安全上重要な構築物、系統及び機器に関する考え方や、取り扱う核燃料物質の形態及び量、その利用・管理の方法等に相違があることから、施設への航空機落下に伴う放射線影響も著しく異なるものと考えられる。したがって、原子炉以外の施設では、こうした点を考慮して、判断基準値を定めることが望ましい。</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、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面積を標的面積とした。</p> <p>また、再処理施設は、F-16等に対する防護設計がされていることから、有視界飛行方式民間航空機の小型機に対する落下確率評価における補正係数（1/10）の考え方を自衛隊機又は米軍機の落下事故のうち、F-16等と同程度又はそれ以下の航空機に対して適用し、落下確率評価を行った。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性  |
|--|--|
| <p>また、原子炉以外の施設では、安全性を確保する観点から保護すべき対象が各部に分散配置されている施設もある。したがって、評価手法のパラメータの1つである標的面積については、航空機落下に対して安全上重要な構造物、系統及び機器の設置状況を考慮し、航空機落下に対してクリティカルとなる建屋や設備を特定して設定することが必要となる。</p> <p>なお、本基準は実用発電用原子炉施設の安全設計に対する基準として定めたものであるが、再処理施設等については、立地条件として必要な場合には航空機落下の考慮を要することになっていることから、判断基準値の設定に当たってはこうした相違点を考慮する必要がある。</p> <p>2. 基本方針</p> <p>航空機落下に対する原子炉施設の安全性を審査するに当たっては、指針3第1項の「安全機能を有する構造物、系統及び機器は、想定される外部人為事象によって、原子炉施設の安全性を損なわない設計であること」という要求事項を満足することを確認することが必要となる。この要求を満足するためには、</p> <p>① 原子炉施設への航空機落下を「想定される外部人為事象」として設計上考慮すべきか否かを判断する、</p> <p>その結果、航空機落下が「想定される外部人為事象」であると判断された場合には、</p> <p>② その発生を仮定し、必要に応じて設備の分離配置設計や防護設計を講じる等により、安全機能を有する構造物、系統及び機器がその機能を維持することを確認する、というプロセスが必要になる。ただし、①を省略し、②を実施することも妨げるものではない。</p> | <p>2. はじめに</p> <p>原子力規制委員会の定める「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 12 月 6 日原子力規制委員会規則第二十七号）」第九条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全機能を有する施設は、工場等又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならぬとしており、工場等又はその周辺で想定される人為事象の一つとして、航空機落下を挙げている。</p> <p>三沢対地訓練区域で対地射撃訓練飛行中の航空機については、当区域が再処理施設の南方向約 10 k m と離れており、また、航空機は原則として原子力関係施設上空を飛行しないよう規制されること等から、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、仮</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性  |
|---|--|
| <p>本基準では、航空機落下を上記①の「想定される外部人為事象」として考慮すべきか否かについて、原子炉施設へ航空機が落下するという事象の発生確率を用いて判断することとし、その判断基準となる数値を示すとともに、当該確率評価に用いている標準的な手法を示す。</p> <p>なお、原子炉施設への航空機落下は、その発生原因が地震、津波等の自然現象ではなく、航空機を飛行させるという人の行為に係ることから、当該行為を規制する航空法やその他の特徴を勘案しつつ評価を行う（解説 2）。</p> <p>解説 2 原子炉施設上空における航空規制等の現状（第 2 章）</p> <p>原子炉施設付近の上空の飛行については、できる限りこれを避けるよう、国土交通省及び防衛省から運航者に指導等がなされているとともに、航空法第 8 1 条ただし書きに規定する最低安全高度*以下の飛行についての許可は行われないうこととなっている。また、航空法第 7 3 条の 2 に基づき、「機長は出発前に航空情報を確認しなければならぬ」ということとなっている。当該航空情報は航空路誌（AIP）に記載されるが、この航空路誌には、原子炉施設の場所及びその概要が含まれており、原子炉施設付近上空の飛行をできる限り避けるよう周知徹底が図られている。さらに、航空法第 7 5 条に基づき、「機長は地上又は水上の人又は物件に対する危険の防止に必要な手段を尽くさなければならぬ」ということとなっている。一方、原子炉施設には灯火が設置され、視認性の向上が図られている。</p> | <p>に訓練飛行中の航空機が施設に墜落することを想定しても安全確保上支障がないように設計する。</p> <p>上記の防護設計を踏まえ、航空機落下については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準について」（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、防護設計の要否について確認するとされているため、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・構築物については有視界飛行方式民間航空機の落下確率を求めめる際に小型機に対して用いる 1/10 の係数を適用して航空機落下確率評価を行い追加の防護設計の要否を評価した。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p>-----</p> <p>*最低安全高度：航空法第 8 1 条及び航空法施行規則第 1 7 4 条において、以下のよう<br/>に定められている。</p> <p>有視界飛行方式により飛行する航空機にあっては、飛行中動力装置のみが停止した場合<br/>に地上又は水上の人又は物件に危険を及ぼすことなく着陸できる高度及び次の高度の<br/>うち何れか高いものとされている。</p> <p>① 人又は家屋の密集している地域の上空にあっては、当該航空機を中心として水平距離<br/>6 0 0メートルの範囲内の最も高い障害物の上端から 3 0 0メートルの高度</p> <p>② 人又は家屋のない地域及び広い水面の上空にあっては、地上又は水上の人又は物件か<br/>ら 1 5 0メートル以上の距離を保って飛行することのできる高度</p> <p>③ ①及び②に規定する地域以外の地域の上空にあっては、地表面又は水面から 1 5 0メ<br/>ートル以上の高度</p> <p>-----</p> |         |
| <p>3. 原子炉施設への航空機落下確率に関する判断基準</p> <p>航空機落下を「想定される外部人為事象」として設計上考慮するか否かを判断するた<br/>めの具体的な基準は、以下のとおりとする（解説 3 - 1、3 - 2）。</p> <p>① 4. に示す標準的な評価方法に基づき、原子炉施設へ航空機が落下する確率を評価<br/>し、それら評価結果の総和が<math>10^{-7}</math>（回/炉・年）を超えないこと</p> <p>② ①を満足しない場合には、当該原子炉施設の立地点における状況を現実に考慮し<br/>た評価を行い、その妥当性を確認した上で、当該原子炉施設への航空機落下の発生確<br/>率の総和が<math>10^{-7}</math>（回/炉・年）を超えないこと</p> <p>なお、上記①を満足しない場合としては、4. の（1）～（3）に関する個別の評価</p>   |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合性について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>結果のいずれかが<math>10^{-7}</math> (回/炉・年) を超える場合と、それぞれが<math>10^{-7}</math> (回/炉・年) 以下であっても総和が<math>10^{-7}</math> (回/炉・年) を超える場合とがある。前者については<math>10^{-7}</math> (回/炉・年) を超える項目を、また、後者については少なくとも 1 つの項目を対象に、現実的な評価を行うことにより、上記②を満足することが確認できれば上記基準に適合するものと判断することとし、全ての項目について現実的な評価を行う必要はない。</p> <p>解説 3 - 1 諸外国における航空機落下に関する基準 (第 3 章)</p> <p>原子炉施設への航空機落下については、米国や欧州の主要国において基準が設定されているが、それぞれの国における考え方は異なっている。ここでは、米国、フランス、ドイツ及びイギリスにおける基準の概要をまとめる。</p> <p>(1) 米国 (Standard Review Plan; NUREG-0800)</p> <p>米国では、航空機落下を立地基準 (10 CFR Part 100) の 1 つとして設定している。具体的には、以下のような基準を設けている。</p> <p>① 「放射線影響が公衆の被ばく線量に関するガイドラインの判断基準値を超える原子炉施設への航空機落下事故」の発生確率が<math>10^{-7}</math> / 炉・年以下となること</p> <p>② 上記①を満足しない場合、あるいは、十分危険な軍事活動が特定された場合には、航空機落下に関する詳細な検討を行うこと (即ち、詳細なハザード評価を行うとともに、航空機落下事故をプラントの設計で考慮すること) を要求している。</p> <p>(2) フランス (Basic Safety Rules No. 1.2.a; SIN No. Z/3253/80)</p> <p>フランスでは、基本安全原則 1.2.a において、以下のような基準が設定されている。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>① 一般小型機、軍用機、商業用航空機を対象とし、航空機のタイプ別に、安全機能（原子炉停止及び残留熱除去、使用済燃料貯蔵、廃棄物処理）に対する落下確率評価を行い、各安全機能ごとにサイト境界で容認できない量の放射性物質が放出される確率が10<sup>-6</sup>/炉・年以下となること（なお、類似の事故による確率の増分を考慮し、各ハザードごとに各安全機能に対する最大発生確率を約10<sup>-7</sup>/炉・年と設定している）</p> <p>② 統計解析の結果に基づくと、標準プラントの構築物設計に対して考慮すべきリスクは、一般小型機によるものだけとなることから、2つのタイプの小型機（セスナ210：重量1.5トン、リアジェット23：同5.7トン）による衝突を考慮すること</p> <p>ただし、上記①の確率は、「原子炉施設に航空機が衝突して、安全機能が喪失し、さらに、容認できない放射性物質の放出が起こる」という事象の発生確率であり、実際には、特に、軍用機に対しては、原子炉施設への航空機の衝突確率が10<sup>-7</sup>/炉・年を超えないよう立地選定を行っている。</p> <p>(3) ドイツ (Beschreibung der Gegenwertigen Praxis zu den Sicherheitskriterien fuer kraftwerke: Institut fuer Reaktorsicherheit, RSK Safety Codes and Guides 19.1)</p> <p>ドイツでは、原子力発電所の立地に対して、以下のような基準が設定されている。</p> <p>① 原子力発電所は、30 トン以上の航空機が離着陸することのできる飛行場（空港）から少なくとも10km離れたところに立地しなければならない。</p> <p>② 航空機航行地図上の「controlled」区域あるいは「terminal」区域内での立地は避けなければならない。</p> <p>③ “ER-R”（制限）、“ER-D”（危険）、“ER-P”（禁止）というマークの付いた区域上空は、軍用機に対する防護帯であり、当該区域内での立地は避けなければならない。</p> |         |



実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p>い。</p> <p>さらに、連邦政府による立地基準では、上記の制限条件を考慮して、サイトを3つのカテゴリ（カテゴリⅠは理想的なサイト、カテゴリⅡは新規立地に対して防護対策が要求されるサイト、カテゴリⅢは許認可を受けるのが極めて困難なサイト）に分け、各カテゴリに対する立地要件を定めている。</p> <p>一方、安全基準では、RF-4ファントムの原子炉建家への衝突を想定して防護設計を図るよう要求している。</p> <p>(4) イギリス (Safety Assessment Principles for Nuclear Plants)</p> <p>イギリスでは、原子力発電所の安全評価原則において、以下のような要求がなされている。</p> <p>① 大規模放出を伴う可能性のある事故の全発生頻度は、以下の値を下回るものとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基本安全限度：<math>10^{-5}</math>/年</li> <li>・基本安全目標：<math>10^{-7}</math>/年</li> </ul> <p>② 全てのハザードに対し、ある事象の発生頻度が1000万年に1回を下回ることが実証できない場合には設計基準解析の原則及びPSPAの原則が満足されていることを示すものとし、また、ハザード源が十分離れている場合にはプラントへの影響を及ぼさないことを示すこととする。</p> <p>また、原子力発電所の設計安全基準において、以下の要求がある。</p> <p>① 環境中への制御できない大規模な放射能の放出をもたらすような単一の事故の発生確率は<math>10^{-7}</math>/炉・年未満でなければならない。</p> <p>② 制御できない放出をもたらす全事故の発生確率は<math>10^{-6}</math>/炉・年未満でなければならない。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性   |
|---|---|
| <p>ない。</p> <p>一方、PWRの設計ガイドラインでは、以下のような要求を課しているが、実際には、防護設計が適用された原子炉施設はない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力発電所が最も近くの飛行場あるいは軍用低空飛行区域から少なくとも10kmの位置に立地していること</li> <li>原子力発電所が最も近くの飛行場あるいは軍用低空飛行区域から10kmよりも近い位置に立地している場合には、物理的防護、分離あるいは適切な手段により航空機落下に耐えるプラント設計の必要性を考慮すること</li> </ul> <p>解説 3 - 2 諸外国の航空機落下に関する判断基準に対する本基準の保守性 (第 3 章)</p> <p>解説 3 - 1 で示した諸外国における航空機落下事故の基準では、「原子炉施設への航空機の落下により放射性物質の大規模放出をもたらす事象の発生確率が<math>10^{-7}</math> (回/炉・年) より小さければ、航空機落下に対する設計上の考慮を必要としない」とされているのに対し、本基準においては、原子炉施設への航空機落下の発生確率を「想定される外部人為事象」として設計上考慮するか否かを判断するための判断基準値として<math>10^{-7}</math> (回/炉・年) を設定している。</p> <p>4. 原子炉施設への航空機落下確率の評価手法</p> <p>本基準で評価対象とする航空機は、固定翼機 (ジェット旅客機等) と回転翼機 (ヘリコプター) とする (解説 4 - 1)。</p> <p>これらを対象に、原子炉施設への航空機落下についてその発生確率を評価するに当た</p> | <p>4. 再処理施設への航空機落下確率の評価手法</p> <p>再処理施設における航空機落下確率評価の対象となる航空機落下事故の種類については、航空機落下評価ガイドに示されている落下事故分類のうち、以下のとおり選定した。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性   |
|--|---|
| <p>つては、以下に示すような原子炉施設の周辺環境を考慮する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉施設周辺における計器飛行方式で飛行する民間航空機の飛行場の有無</li> <li>原子炉施設上空における航空路の有無</li> <li>原子炉施設周辺における自衛隊機又は日米軍機（以下、「米軍機」という。）の基地の有無</li> <li>原子炉施設及びその周辺上空における自衛隊機又は米軍機の訓練・試験空域（以下、「訓練空域」という。）の有無</li> <li>原子炉施設上空における自衛隊機又は米軍機の基地—訓練空域間往復経路の有無</li> </ul> <p>こうした周辺環境及びこれまでの事故実績を踏まえ、以下のように航空機の落下事故を分類して、原子炉施設への航空機落下の発生確率評価を行うものとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>計器飛行方式民間航空機の落下事故             <ol style="list-style-type: none"> <li>飛行場での離着陸時における落下事故</li> <li>航空路を巡航中の落下事故</li> </ol> </li> <li>有視界飛行方式民間航空機の落下事故</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>計器飛行方式民間航空機の落下事故             <ol style="list-style-type: none"> <li>飛行場での離着陸時における落下事故<br/>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した。</li> <li>航空路を巡航中の落下事故<br/>再処理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（AIP）に掲載された直行経路MISA WA (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。</li> </ol> </li> <li>有視界飛行方式民間航空機の落下事故<br/>再処理施設上空の三沢特別管制区は、航空法第94条の2により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、航空機落下確率評価は不要とした。</li> </ol> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性  |
|---|--|
| <p>3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>① 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故</p> <p>② 基地一訓練空域間を往復時の落下事故</p> <p>ただし、離着陸時において基地外に落下した事故は②に含むものとするが、自衛隊機又は米軍機の基地内での事故は、当該航空機が原子炉施設に到達する可能性はないと考えられるため対象外とする。</p> <p>以下では、上記分類ごとに標準的な評価手法を示す。当該評価手法は、国内において現実存在する航空機の飛行状況や事故事例等の実績データを使用することを前提としたものである。したがって、評価を行うに当たっては、上記分類に含まれていない航空機の飛行状況や事故の発生を含めて、最新のデータを適切に考慮した評価を行う必要がある。</p> <p>(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故</p> <p>1) 飛行場での離着陸時における落下事故</p> <p>原子炉施設周辺の飛行場における離着陸時の航空機が原子炉施設へ落下する確率の評価は、以下の2段階に分けて行うものとする。</p> <p>① 原子炉施設と飛行場との位置関係を確認し、以下の条件のいずれかを満たした場合には、離着陸時の航空機落下の発生確率評価を行う必要はないものとする。</p> <p>i) 飛行場からの最大離着陸地点（航空路誌（AIP）に記載された離着陸経路にお</p> | <p>3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>① 訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故</p> <p>再処理施設の上空に訓練空域は存在しないことから、訓練空域周辺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>② 基地一訓練空域間を往復時の落下事故</p> <p>再処理施設は、基地一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した。</p> <p>航空機落下確率評価においては、最新のデータとして計器飛行方式民間航空機の落下事故については、平成11年1月から平成30年12月、自衛隊機又は米軍機の落下事故については、平成11年4月から平成31年3月までの期間における20年間の事故を対象とした。</p> <p>(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故</p> <p>1) 飛行場での離着陸時における落下事故</p> <p>評価対象外。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>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。図1にその具体例を示す。)までの直線距離を半径とする範囲内に原子炉施設が存在しない場合</p> <p>ii) 最大離着陸地点までの直線距離を半径とする範囲内に原子炉施設が存在する場合であっても、飛行場の滑走路端から滑走路方向に対して±60°の扇型区域(図2)から外れる場合</p> <p>② 上記①の条件をいづれも満たさない場合は、当該飛行場における航空機の年間離着陸回数等を考慮し、以下の方法を用いて、原子炉施設への航空機落下の発生確率を評価する(解説4-2(1))。</p> <p>(評価方法)</p> <p>原子炉施設周辺の飛行場において離着陸時の航空機が原子炉施設へ落下する確率は、以下の式によって評価する。</p> $P_{d,a} = f_{d,a} \cdot N_{d,a} \cdot A \cdot \Phi_{d,a}(r, \theta)$ <p><math>P_{d,a}</math> : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>N_{d,a}</math> : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積) (km<sup>2</sup>)<br/> <math>\Phi_{d,a}(r, \theta)</math> : 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 (/km<sup>2</sup>)</p> $f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$ <p><math>D_{d,a}</math> : 国内での離着陸時事故数 (回)<br/> <math>E_{d,a}</math> : 国内での離着陸回数 (離着陸回)</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>ここで対象とする航空機、事故の種類、「離着陸時」の定義、事故件数 (<math>Dd, a</math>) 及び運航実績 (離着陸回数 <math>Ed, a</math>) の集計期間並びに原子炉施設の標的面積 (<math>A</math>) に関する考え方については、解説 4 - 3 に示す。</p> <p>また、離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 (<math>\Phi_{d, a}(r, \theta)</math>) は、滑走路端から距離 <math>r</math>、滑走路中心線 (滑走路飛行方向) から角度 <math>\theta</math> の関数として、離着陸時及び着陸時の航空機事故により航空機がどこに落下するかを単位面積当たりの数値で表した確率分布である。この確率分布は、過去の事故事例での落下位置を基に推定すべきであるが、事故事例が少ない場合は、滑走路端から最大離着陸地点までの直線距離 (<math>r_0</math>) 内の円内で滑走路方向両側に対し <math>\pm 60^\circ</math> 以内の扇型 (<math>A_{d, a}</math>) に一様な分布、あるいは、周方向で正規分布を仮定し、いずれか厳しい方を用いる。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性   |
|---|---|
| <p>(一様分布)</p> $\varphi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} \quad (\text{ノ km}^2)$ $A_{d,a} = \frac{2}{3} \pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$ <p>(正規分布)</p> $\varphi(r_p, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} f(x) \quad (\text{ノ km}^2)$ $A_{d,a} = \frac{2}{3} \pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$ $f(x) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cong 2.1 \times \exp\left(-\frac{30.42x^2}{\pi^2 r_p^2}\right)$ $A = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \int_{-r_p/3}^{r_p/3} P d \cong \frac{2}{3} \pi r_p$ $\sigma = \frac{\pi r_p}{3 \times 2.6} \quad \left( \int_{-r_p/3}^{r_p/3} f(x) dx = 0.99, \text{ 即ち、信頼度区間 } 99\% \text{ のとき} \right)$ <p><math>x</math>: 滑走路軸上から原子炉施設までの距離 (周方向)<br/> <math>r_p</math>: 滑走路端から原子炉施設までの距離 (径方向)</p> <p>なお、評価対象となる飛行場が複数存在する場合には、各々の飛行場に対して上<br/>         記評価を行い、その結果として得られる落下確率の総和をとるものとする。</p> <p>2) 航空路を巡航中の落下事故<br/>         航空法第 37 条に基づき「航空路の指定に関する告示」によりその位置及び範囲が<br/>         指定されている航空路、航空路誌 (A I P) に掲載された直行経路と転移経路、最大</p> | <p>2) 航空路を巡航中の落下事故<br/>         航空機落下評価ガイドに示された評価式を用いて、航空機落下確率評価を行った。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性  |
|---|--|
| <p>離着陸地点以遠の離着陸経路、広域航法 (RNAV) 経路等 (以下、これらを総称して、単に「航空路」という。) が、原子炉施設の上空に存在する場合には、航空路を巡航する航空機が原子炉施設へ落下する確率を評価する。</p> <p>(評価方法)</p> <p>原子炉施設の上空に航空路が設定されている場合、以下の式を用いて、巡航中の航空機の原子炉施設への落下確率を評価する。</p> $P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$ <p> <math>P_c</math> : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>N_c</math> : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>W</math> : 航空路幅 (km)<br/> <math>f_c = G_c / H_c</math> :<br/>           単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 (回/(飛行回・km))<br/> <math>G_c</math> : 巡航中事故件数 (回)<br/> <math>H_c</math> : 延べ飛行距離 (飛行回・km)         </p> <p>ここで対象とする航空機、事故の種類、「巡航中」の定義、事故件数 (<math>G_c</math>) 及び運航実績 (延べ飛行距離 <math>H_c</math>) の集計期間、航空路幅 (<math>A</math>) 並びに原子炉施設の標的面積 (<math>A</math>) に関する考え方については、解説 4-3 に示す。</p> <p>なお、上記 1) と同様、評価対象となる航空路が複数存在する場合、各々の航空路に対する評価を行い、落下確率の総和をとるものとする。</p> | <p>なお、平成 11 年 1 月から平成 30 年 12 月までの期間において、航空路を巡航中の落下事故は発生していないが、「0.5 回」として評価を行った。</p> <p>評価の結果、航空機落下確率は「<math>2.3 \times 10^{-10}</math> (回/年)」となる。</p> |



実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性                                    |
|---|--|
| <p>(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故</p> <p>有視界飛行方式により飛行する民間の航空機のほとんどが不定期であり、これらについては特定の飛行ルートが存在せず、また、飛行の頻度も一定でないことから、これらの航空機が陸上に落下する確率を全国平均値として用い、原子炉施設への落下確率を評価するものとする。なお、有視界飛行方式により飛行する航空機の事故のほとんどは軽飛行機等の小型機であるが、当該評価においては、これら小型機では、機体重量、飛行速度、落下時の衝撃力（荷重）、衝突時の衝突面積が大型機に比べて小さいこと、一般に格納容器や原子炉建屋が堅固な構築物であること等から原子炉施設に落下した場合においてもその影響を及ぼす原子炉施設の範囲が大型機の落下に比べて著しく小さくなることを考慮する。</p> <p>具体的な評価手法を以下に示す。ただし、原子炉施設周辺において有視界飛行中の航空機が落下した実績がある場合や、訓練飛行の回数が明らかに他の地域より著しく多いと考えられる訓練空域が原子炉施設周辺に存在する場合は、こうした実際の状況を考慮して、原子炉施設への航空機落下の確率を評価する。</p> <p>(評価方法)</p> <p>以下の式に基づき、有視界飛行方式により飛行する民間航空機が原子炉施設に落下する確率を評価する（解説 4 - 2 (2)）。なお、対象航空機としては、不定期便の大型固定翼機、軽飛行機等の小型固定翼機及び回転翼機とし、それぞれの事故事例を集計して落下確率の評価を行う。</p> | <p>(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故</p> <p>評価対象外。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;"> <math display="block">P_V = \frac{f_V}{S_V} (A \cdot \alpha)</math> </p> <p> <math>P_V</math>: 対象施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>f_V</math>: 単位年当たりの落下事故率 (回/年)<br/> <math>S_V</math>: 全国土面積 (km<sup>2</sup>) = 37万 km<sup>2</sup><br/> <math>A</math>: 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>\alpha</math>: 対象航空機の種類による係数                 </p> <p>ここで対象とする事故の種類と集計期間、原子炉施設の標的面積及び対象航空機の種類による係数についての説明と典型例を解説 4 - 4 に示す。</p> <p>(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>自衛隊機又は米軍機の落下確率評価は、以下の手法を用いて個別に行うものとする。</p> <p>1) 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</p> <p>訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中(基地と訓練空域との間の往復中を除く。)の自衛隊機又は米軍機については、以下の手法を用いて、これらの自衛隊機又は米軍機が原子炉施設に落下する確率を評価する。訓練空域内での訓練中の落下事故の評価においては、原則として原子炉施設及びその周辺上空の訓練空域からの自衛隊機又は米軍機の落下を原子炉施設の立地点ごとに評価する必要があるが、現時点ではこのような飛行形態で原子炉施設周辺に自衛隊機あるいは米軍機が落下した事例がないことに鑑み、自衛隊機又は米軍機が陸上に落下する確率の全国平均値を用いるも</p> | <p>(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>1) 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<br/>再処理施設上空には訓練空域が存在しないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を対象とし、航空機落下確率評価を行った。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

|  | 基準への適合性                                |
|--|--|
| <p>実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準</p> <p>のとする（解説 4 - 2 (3)）。ただし、今後、原子炉施設の上空あるいはその周辺の訓練空域で訓練中の自衛隊機又は米軍機が落下した場合や、原子炉施設周辺に存在する訓練空域での訓練飛行の回数が明らかに他の地域より著しく多くなつたと判断される場合は、こうした実際の状況を考慮して原子炉施設への航空機落下の確率を評価する。なお、以下の評価で対象とする航空機の種類や入力パラメータ（事故率、訓練空域の面積及び原子炉施設の標的面積）については、解説 4 - 5 にその定義や典型例を示す。</p> <p>(評価方法)</p> <p>①原子炉施設上空に訓練空域が存在する場合</p> <p>原子炉施設上空に訓練空域が存在する場合、以下の式により原子炉施設上空に設定された訓練空域内を飛行中の自衛隊機又は米軍機が、原子炉施設に落下する確率を評価する。</p> $P_{SI} = \left( \frac{f_{SI}}{S_i} \right) \cdot A$ <p><math>P_{SI}</math> : 訓練空域内での対象施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>f_{SI}</math> : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率 (回/年)<br/> <math>S_i</math> : 全国の陸上の訓練空域の面積 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)</p> | <p>①原子炉施設上空に訓練空域が存在する場合<br/>評価対象外。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性  |
|--|--|
| <p>②原子炉施設上空に訓練空域が存在しない場合</p> <p>原子炉施設上空に訓練空域が存在しない場合、以下の式により、訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機が、原子炉施設へ落下する確率を評価する。</p> $P_{SO} = \left( \frac{f_{SO}}{S_0} \right) \cdot A$ <p><math>P_{SO}</math> : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>f_{SO}</math> : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)<br/> <math>S_0</math> : 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 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)</p> | <p>②原子炉施設上空に訓練空域が存在しない場合</p> <p>再処理施設はF-16等に対する防護設計がされていることから、有視界飛行方式民間航空機の小型機に対する落下確率評価における補正係数(1/10)の考え方を自衛隊機又は米軍機の落下事故のうち、F-16等と同程度又はそれ以下の航空機に対して適用し、落下確率評価を行った。</p> <p>具体的には、外壁及び屋根で保護する設計としている建屋に対しては、係数(1/10)を適用し、それ以外の建屋等については1/10の係数を適用せず落下確率評価を行った。</p> <p>評価式を以下に示す。</p> $P_{SOX} = P_{SO1} + P_{SO2}$ <p><math>P_{SOX}</math> : 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)<br/> <math>P_{SO1}</math> : 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再処理施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>P_{SO2}</math> : 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としてい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再処理施設への航空機落下確率 (回/年)</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準 | 基準への適合性   |
|-------------------------|---|
|                         | <p> <math display="block">P_{SO_1} = \left( \frac{f_{SO_1}}{S_0} \times AI \times \alpha \right) + \left( \frac{f_{SO_2}}{S_0} \times AI \right)</math> </p> <p> <math>f_{SO_1}</math>: 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)<br/> <math>f_{SO_2}</math>: 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)<br/> <math>S_0</math>: 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 (k m<sup>2</sup>)<br/> <math>AI</math>: 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再処理施設の標的面積 (k m<sup>2</sup>)<br/> <math>\alpha</math>: <u>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 ; 0.1</u> </p> <p> <math display="block">P_{SO_2} = \left( \frac{f_{SO_1} + f_{SO_2}}{S_0} \times A_2 \right)</math> </p> <p> <math>f_{SO_1}</math>: 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)<br/> <math>f_{SO_2}</math>: 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)<br/> <math>S_0</math>: 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 (k m<sup>2</sup>)<br/> <math>A_2</math>: 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 (k m<sup>2</sup>)                 </p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性   |
|--|---|
| <p>2) 基地一訓練空域間往復時の落下事故</p> <p>基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在する場合には、基地、訓練空域及び原子炉施設の位置関係並びに基地と訓練空域との飛行頻度及び飛行経路を考慮して原子炉施設への航空機落下の確率を評価する。なお、基地と訓練空域間には、回廊又は移動経路が設定されているほか、往復時の飛行範囲として想定される区域（以下、「想定飛行範囲」という。）があり（解説 4 - 6）、このいずれかのルートに従って自衛隊機又は米軍機が往復することが考えられる。それぞれのルートに対する具体的な評価手法を以下に示す。</p> <p>(評価方法)</p> <p>①回廊中に原子炉施設が存在する場合</p> <p>回廊中に原子炉施設が存在する場合は、以下の式に基づき原子炉施設への航空機落下確率の評価を行う。</p> $P_{co} = \left( \frac{f_{co}}{S_{co}} \right) \cdot A$ <p><math>P_{co}</math> : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>f_{co}</math> : 回廊中の落下事故率 (回/年)<br/> <math>S_{co}</math> : 回廊の面積 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)</p> | <p>評価の結果、航空機落下確率は「<math>4.5 \times 10^{-8}</math> (回/年)」となる。</p> <p>2) 基地一訓練空域間往復時の落下事故<br/>評価対象外。</p> <p>(4) 再処理施設への航空機落下確率</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再処理施設への航空機落下確率の総和は、「<math>4.6 \times 10^{-8}</math> (回/年)」となり、防護設計の判断基準である <math>10^{-7}</math> (回/年) を超えないことから追加の防護設計は必要ない。</p> |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合性について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>②移動経路近傍に原子炉施設が存在する場合</p> <p>基地と訓練空域との間に移動経路が設定されており、その近傍に原子炉施設が存在する場合、以下の式に基づき原子炉施設への航空機落下確率の評価を行う。</p> $P_{ir} = f_{ir} \cdot N_{ir} \cdot A \cdot F(x)_{ir}$ <p><math>P_{ir}</math> : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>f_{ir}</math> : 当該移動経路を巡航中の落下事故率 (回/(飛行回・km))<br/> <math>N_{ir}</math> : 当該移動経路の年間飛行数 (飛行回/年)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>F(x)_{ir}</math> : 事故点分布関数 (km<sup>-1</sup>) = <math>\frac{0.625}{2} \exp(-0.625 x )</math></p> <p>(Solomon の式 : Analysis of Ground Hazards Due to Aircrafts and Missiles By Kenneth Alvin Solomon, Ph.D. (March/April 1976))<br/> <math>x</math> : 移動経路から発電所までの距離<br/> 0.625 : 過去の事故事例から軍用機の事故に対する係数として Solomon が提唱した値 (km<sup>-1</sup>)</p> <p>③想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合</p> <p>基地と訓練空域との間の想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合、以下の式に基づき原子炉施設への航空機落下確率の評価を行う。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p style="text-align: center;"> <math display="block">P_{se} = \left( \frac{f_{se}}{S_{se}} \right) \cdot A</math> </p> <p> <math>P_{se}</math> : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)<br/> <math>f_{se}</math> : 基地と訓練空域間を往復中の落下事故率 (回/年)<br/> <math>S_{se}</math> : 想定飛行範囲の面積 (km<sup>2</sup>)<br/> <math>A</math> : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)         </p> <p>解説 4-1 評価対象航空機 (第 4 章)</p> <p>本基準では、原則として、固定翼機と回転翼機を評価対象としているが、評価にあたっては、それぞれの特徴や現時点での運航状況、過去の事故実績等を考慮し、以下の観点で評価上の取扱いを整理する必要がある。表 1 に、その具体例を航空機の種類とともに示す。</p> <p>(1) 固定翼機、回転翼機とも、最大離陸重量が5,700kgを超える「大型機」とそれ以下の「小型機」とに分類する。</p> <p>(2) 現在の航空機の運航状況を踏まえて、定期航空運送事業者所有の商用航空機及び個人所有の一般航空機（これらを総称して「民間航空機」という。）、自衛隊所有の航空機（「自衛隊機」という。）及び在日米軍所有の航空機（「米軍機」という。）に分類する。</p> <p>(3) 「民間航空機」は、その飛行形態に応じて、「計器飛行方式」と「有視界飛行方式」とに分け、さらに、運航状況を踏まえて「定期便」と「不定期便」に分類する。</p> <p>表 1 に示すように、民間航空機については、旅客機など大型固定翼機で計器飛行方式の定期便、パトロール機など大型固定翼機で有視界飛行方式の不定期便並びに小型固</p> |         |



実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>定翼機及び回転翼機で有視界飛行方式の不定期便は評価対象とするが、小型固定翼機及び回転翼機の定期便については、定期航空運送事業者の登録機数の割合から運航頻度が大型固定翼機の定期便の数%であると判断できるところから評価対象外とする。また、計器飛行方式で飛行する大型固定翼機の不定期便は、定期便と比べて運航回数が極めて少ないことから評価対象外とする。なお、小型固定翼機及び回転翼機の不定期便では、リクエストベースで計器飛行方式による飛行が可能となっているが、原則として有視界飛行方式による飛行形態をとっていることから、有視界飛行方式民間航空機の落下事故に含めて評価するものとする。</p> <p>一方、「自衛隊機」と「米軍機」については、現時点での運航状況や過去の事故実績を踏まえて、大型固定翼機、小型固定翼機、大型回転翼機及び小型回転翼機の4種類とも評価対象とする。</p> <p>解説 4 - 2 評価手法の保守性 (第 4 章)</p> <p>(1) 計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における落下事故原子炉施設付近上空の飛行はできる限り避けるよう指導等がなされているため、離着陸時においても原子炉施設付近における飛行は極めて少なくなると考えられるが、当該原子炉施設に係る離着陸時の落下確率として、この指導等による効果を考慮せずに、国内の飛行場における離着陸時の事故率及び当該飛行場の離着陸回数から求めることとしている。</p> <p>さらに、評価に用いる落下地点の確率分布は、評価対象区域の扇型内一様分布及び周方向に正規分布を仮定し、いずれか厳しい方を用いている。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p>(2) 有視界飛行方式で飛行する民間航空機の落下事故</p> <p>有視界飛行方式で飛行する民間航空機の落下確率評価における評価式は、有視界飛行が全国的に均一して行われているものと仮定し全国平均値を求めることとしている。しかしながら、一般に、こうした有視界飛行については、原子力施設付近の上空をできるだけ飛行しないよう指導されていること、原子力関係施設の上空については、航空法第 8 1 条に基づく最低安全高度以下の高度での飛行に係る国土交通大臣の許可が与えられないこととなっていること、及び民間航空機の訓練空域が原子炉施設の上空に存在する場合には自衛隊の訓練空域と同様な飛行規制が取られていることから、有視界飛行中の民間航空機が原子炉施設に落下する可能性は他の地域に比べて十分低いと考えられる。さらに、原子炉施設設置者は、原子炉施設上空からの視認性を向上させるために、自主的に灯火を設置している。したがって、こうした実態を考慮すると、有視界飛行中の民間航空機の落下確率について、全国平均値を評価に用いることには十分な保守性があると言える。</p> <p>(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故</p> <p>訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機の落下確率評価式は、いずれも、訓練空域が全国的に均一して分布していると仮定し全国平均値で評価を行うというものである。しかし、自衛隊機の訓練空域が原子炉施設の上空に存在する場合には飛行規制が取られていること(当該空域における訓練飛行中は通常の飛行時に比べ機器の操作頻度が多いことに鑑み、従来から国土交通省により原子炉施設から半径 2 海里以内、高度 2,000ft 以下(半径約 3.6km 以内、高度約 600m 以下)の範囲が訓練空域から除外されている。)、米軍機についても原子炉施設上空の飛行規制</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

|   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p>実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準</p> <p>に係る協力要請を行っており周知徹底を行う旨回答を得ていること、及びこれまでの事故の実績を考慮すると、訓練空域内では訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機が原子炉施設に落下する確率として全国平均値を用いることには保守性があると言える。</p> <p>なお、海上に設定された訓練空域内外への落下事故については、機長に対して異常発生時における万一の落下を考慮して海上への回避操作を行うように指導されていることから評価対象外とする。</p> <p>これらの保守性を担保するために、今後も原子炉施設上空の飛行規制が継続されるよう引き続き国土交通省等に対して要請することとしている。</p> <p>解説 4 - 3 離着陸時及び巡航中の計器飛行方式民間航空機の原子炉施設への落下確率評価における入力パラメータ等に関する考え方（第 4 章）</p> <p>(1) 対象航空機</p> <p>本項目の評価の対象とする航空機としては、①当該原子炉施設の上空に設定されている航空路を計器飛行方式により飛行する可能性のある、又は②評価対象の飛行場を離着陸する可能性のある我が国で運航している国内機（国際線、国内線）及び外国航空会社が我が国に乗り入れている外国機（国際線）で最大離陸重量が5,700kgを超える「大型機」とする。なお、最大離陸重量が5,700kg以下の「小型機」については、定期航空運送事業者の登録機数の割合から見ると運航頻度が大型機の数%とわずかなるため対象外とする。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

|  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準</p> <p>(2) 事故率 (fa, d, fc)</p> <p>①対象航空機事故</p> <p>本項目の評価対象とする航空機事故は、国際民間航空機関 (ICAO) の定めた「航空機事故技術調査マニュアル」に従って分類された航空機の損傷が「大破」、「中破」、「小破」及び「損傷なし」のうち、航空機が制御不能になるおそれのある「大破」とする。また、事故発生時の運航形態については、「航空機事故技術調査マニュアル」に従って分類された「離陸時」、「着陸時」、「巡航中」、「滑走中」及び「地上」のうち「離陸時」、「着陸時」及び「巡航中」とする。</p> <p>②事故事例及び運航実績の集計期間</p> <p>本項目の評価に用いる事故事例 (Da, d, Gc) 及び運航実績 (Ea, d, Hc) の集計期間については、集計期間を長くとして、現在、運航されていない古い世代の航空機を対象としても現実的ではなく、また、集計期間が短かすぎると統計量として十分ではないと考えられるため、原則として最近の20年間とする。また、事故事例や運航実績は国内のデータに限定するものとする。</p> <p>(3) 航空路</p> <p>①対象航空路</p> <p>本項目の評価で対象とする航空路は、原子炉施設上空を飛行する可能性のある航空路 (航空法第37条に基づき、国土交通大臣が「航空路の指定に関する告示」によりその位置及び範囲を指定した航空路並びに航空路誌 (AIP) に掲載された直行経路、転移経路、離着陸経路 (最大離着陸地点以遠の経路)、広域航法 (RNAV) 経路等をいう。) とする。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>なお、原子炉施設上空以外に設定されている航空路を飛行する航空機の原子炉施設への落下については、その可能性が無視できるほど小さいと考えられるため評価対象外とする。</p> <p>②航空路の幅 (H)</p> <p>航空法第37条の規定に基づいて、国土交通大臣が「航空路の指定に関する告示」によりその位置及び範囲を指定した航空路は、原則として地上の航空保安無線施設を結んだ線の上空に設定されている。また、計器誤差や風による影響等で航空路の中心線をはずれないことを考慮して、航空路には原則として中心線から両側に7km又は9kmの範囲の保護空域が設定されている。したがって、「航空路の指定に関する告示」に定められた航空路については、告示に基づき14km又は18kmの幅とする。</p> <p>なお、直行経路、転移経路、離着陸経路（最大離着陸地点以遠の経路）等については経路毎に保護空域の幅が異なるため、上空に設定されたこれらの経路の幅を調査し設定することとする。</p> <p>また、広域航法（RNAV）経路については、航法精度を航空路の幅とみなして用いることとする。</p> <p>(4) 原子炉施設の標的面積 (A)</p> <p>原子炉施設への航空機落下に対する影響評価を行う場合において、航空機落下事故時の安全性を確保する観点から重要なのは、大量の放射性物質を蓄えている炉心や使用済燃料プールを保護すること、並びに、原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）を確保することである。したがって、原子炉施設への航空機落下確率評価では、これら</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p>を踏まえ、安全上重要な構築物、系統及び機器の設置状況、航空機の大きさ、突入する角度、滑り込み等を勘案して標的面積を決める必要がある。本基準では、原則として0.01km<sup>2</sup>を用いるものとするが、巡航中の航空機の落下に対しては上空からの落下を想定して対象建屋の水平断面積を、また、離着陸時の航空機の落下に対しては突入角度を考慮して対象建屋の投影面積を評価し、各々の結果が0.01km<sup>2</sup>を上回る場合には、その評価結果を用いるものとする。ただし、自衛隊機及び米軍機については、離着陸時の事故を往復中の事故に含めていることから、これらは巡航中の航空機の落下として取り扱うこととする。</p> <p>なお、0.01km<sup>2</sup>という値は、フランスの基準やドイツの評価で用いられているものと同等である。</p> <p>解説 4 - 4 有視界飛行方式で飛行する民間航空機の落下確率評価における入力パラメータ等の考え方 (第4章)</p> <p>(1) 対象航空機及び対象事故</p> <p>これまでの実績に基づき、有視界飛行方式による航空機の事故は、航空機の種類、飛行目的、飛行形態等から、以下のように分類することができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 不定期便大型固定翼機の離着陸時の事故</li> <li>② 不定期便大型固定翼機の巡航中の事故</li> <li>③ 軽飛行機など小型固定翼機の離着陸時の事故</li> <li>④ 軽飛行機など小型固定翼機の巡航中の事故</li> <li>⑤ 回転翼機の離着陸時の事故</li> <li>⑥ 回転翼機の巡航中の事故</li> </ul> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>このうち、①、②、④及び⑥は原則として評価対象とするが、小型固定翼機と回転翼機の離着陸時の事故（上記の③と⑤）については、ほとんどが飛行場内又は飛行場付近に墜落しているという実績と、離陸から巡航及び巡航から着陸までの距離が短く原子炉施設が飛行場からある程度離れた場所に立地されていることから、評価の対象から外しても問題はないと言える。</p> <p>有視界飛行方式では、離着陸経路や飛行経路が明確に定められていないことから、これらの航空機の落下確率は全国平均値として評価するものとする。また、小型固定翼機や回転翼機の巡航中事故（上記④と⑥）の中には、不時着、農薬散布、工事中や資材運搬中、ホバリング中の事故が数多く含まれているが、こうした飛行が原子炉施設上空やその近傍で行われることは考えにくく、したがって、これらの事故については原子炉施設への落下の可能性が極めて低いと考えられるため評価対象外とする。なお、単位年当たりの事故率を算出するための事故事例の集計期間は、原則として最近の20年間とする。</p> <p>(2) 原子炉施設の標的面積及び対象航空機の種類による係数</p> <p>有視界飛行方式で飛行する民間航空機としては、不定期便の大型固定翼機、軽飛行機などの小型固定翼機並びに大型及び小型の回転翼機を対象としており、機体の重量や、飛行速度、落下時の衝撃力（荷重）、衝突時の標的面積（落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積）は、これら種類によって異なるものと考えられるが、標的面積については、計器飛行方式民間航空機や自衛隊機又は米軍機の場合と同様の考え方に基づいて決定するものとする（原則として0.01km<sup>2</sup>を用いる。）。</p> <p>一方、軽飛行機などの小型固定翼機や小型回転翼機（小型機）については、表2に示すように、戦闘機や旅客機に比べてその機体重量が軽く、飛行速度注）も遅いため、</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準   | 基準への適合性 |
|---|---------|
| <p>落下時の衝撃力（荷重）も小さく、また、衝突時の衝突面積も小さくなる。さらに、一般に原子炉建屋が堅固な構築物であること等を考慮すると、小型機が原子炉施設に落下した場合においても、その影響を及ぼす原子炉施設の範囲が、戦闘機や旅客機の落下に対し著しく小さくなると言える。そこで、小型機の落下確率評価では、こうした因子を考慮し、大型機の場合に対して1/10という係数を乗ずるものとする。</p> <p>注) 小型機と戦闘機及び旅客機との間で飛行速度を比較するに当たり、小型機及び旅客機については巡航速度及び想定重量を比較することにより、小型機の衝撃力（荷重）が旅客機と比べて小さいことを示している。一方、戦闘機については滑空速度としているが、小型機より重量がある戦闘機について巡航速度より速度が遅い滑空速度を用いることは、小型機の衝撃力（荷重）が戦闘機や旅客機と比べて小さいことを示す上で、保守性があると言える。</p> <p>解説 4-5 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の自衛隊機あるいは米軍機の落下確率評価における対象航空機及び入力パラメータに関する考え方（第4章）</p> <p>(1) 対象航空機<br/>本項目の評価で対象とする航空機は、自衛隊及び米軍機の大型及び小型の固定翼機並びに大型及び小型の回転翼機とする。</p> <p>(2) 入力パラメータ<br/>本項目の評価における入力パラメータとしては、単位年当たりの事故率、訓練空域内外の面積及び原子炉施設の標的面積があるが、それらについての基本的考え方</p> |         |



実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>を以下に記す。</p> <p>① 単位年当たりの事故率<br/>                     単位年当たりの事故率を算出するにあたっては、原則として、最近の20年間に<br/>                     おいて国内で発生した事故事例を対象とする。その際、事故の種類としては、自<br/>                     衛隊機の操縦士に対して「異常発生時には落下を考慮して海上（あるいは山間<br/>                     部）への回避操作を行うよう」指導されていることを考慮し、陸上に落下した事<br/>                     例だけを対象とする。ただし、基地内での事故は対象外とする。</p> <p>② 訓練空域内外の面積<br/>                     自衛隊機用の訓練空域は、現在、陸地上空と海上に、それぞれ、27カ所（面積<br/>                     の総計：約80,000km<sup>2</sup>）、62カ所（同：約590,000km<sup>2</sup>）設定されている。<br/>                     また、米軍機用の訓練空域は、現在、陸地上空と海上に、それぞれ、8カ所<br/>                     （面積の総計：約400km<sup>2</sup>）、22カ所（同：約110,000km<sup>2</sup>）設定されている。<br/>                     上記①に述べたように、陸上に落下した事故事例のみを対象とすることから、訓<br/>                     練空域内での落下事故は、当該空域の面積に相当する陸地（陸地上空に位置する訓<br/>                     練区域面積の合計）で発生したものとし、また、訓練空域外での落下事故は、訓練<br/>                     空域に相当する陸地面積を除く陸地（即ち、日本国土面積から訓練区域面積を除い<br/>                     た面積）において発生したものとす。<br/>                     なお、評価を行う際には、航空路誌（A I P）等から得られる最新の面積を用い<br/>                     る。</p> <p>③ 原子炉施設の標的面積<br/>                     原子炉施設の標的面積は、計器飛行方式民間航空便の場合と同様の考え方に基<br/>                     づいて決定するものとする（原則として0.01km<sup>2</sup>用いる。）。</p> |         |

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準との整合について

| 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価基準  | 基準への適合性 |
|--|---------|
| <p>解説 4-6 基地と訓練空域間往復経路 (第 4 章)</p> <p>自衛隊機あるいは米軍機の基地と訓練空域との往復は、①回廊、②移動経路、あるいは、③想定飛行範囲のいずれかのルートに沿って飛行することが考えられる。</p> <p>回廊は、図 1 に示すように、基地と訓練空域との間のある区域において帯状に設定されている。</p> <p>また、移動経路は、図 2 に示すように、基地と訓練空域をその間に設定される幾つかの中継点を介して結ぶ直線ルートである。このような経路は、平成12年3月22日と同年7月4日に相次いで女川発電所近傍に自衛隊機が墜落した事故を受けて、こうした事故の再発を防止するために、原子炉施設上空を避けたルートとして新たに設定されたもので、現時点では、女川発電所近傍に存在するのみである。</p> <p>一方、想定飛行範囲は、図 3 に示すように、基地と訓練空域境界とを結ぶ三角形の区域を指す。</p> |         |

令和元年 10 月 4 日 R0

## 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）

本文「四、再処理施設の位置，構造及び設備並びに再処理の方法 ロ．再処理施設の一般構造 (6)その他の主要な構造」より抜粋

(v) 再処理施設の上空には三沢特別管制区があり，南方向約10 k mの位置には三沢対地訓練区域がある。三沢対地訓練区域で対地射爆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，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，一般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。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20 t，速度150m／s から求まる衝撃荷重を用いる。

添付書類六「1. 安全設計 1.7その他の設計方針」より抜粋

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

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，一般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。

### 1.7.3.2 防護対象施設

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、一般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。

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、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。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。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。

防護設計を行う建物・構築物を、第1.7-1表に示す。

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ペ及び第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<sup>(26)</sup>、又は仮に航空機が施設に墜落することを想定しても、一般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。

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、一般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。

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、その時点に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1 t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經由して、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。

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。

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。

| 核種     | 放出量 (Bq)             |
|--------|----------------------|
| H-3    | $6.9 \times 10^{14}$ |
| C-14   | $6.5 \times 10^{10}$ |
| Kr-85  | $4.1 \times 10^{14}$ |
| Sr-90  | $5.1 \times 10^8$    |
| Ru-106 | $7.6 \times 10^9$    |
| I-129  | $2.0 \times 10^9$    |
| I-131  | $1.5 \times 10^{10}$ |
| Pu-238 | $6.8 \times 10^7$    |
| Pu-239 | $6.1 \times 10^6$    |
| Pu-240 | $9.6 \times 10^6$    |
| Pu-241 | $2.2 \times 10^9$    |
| Am-241 | $6.0 \times 10^6$    |
| Cm-244 | $1.7 \times 10^7$    |

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。

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。

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 $D_I(S_v)$ は次式で計算する。

$$D_I = \sum_i Q_{Ii} \cdot R \cdot \chi / Q \cdot (H_{50})_i$$

ここで、

$Q_{Ii}$  : 事故期間中の放射性核種  $i$  の大気放出量 (Bq)

$R$  : 人間の呼吸率 ( $m^3 / s$ )

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<sup>(27)</sup>に基づき、短時間放出の場合の活動時間中の呼吸率 $3.33 \times 10^{-4}$  ( $m^3 / s$ )を用いる。

$\chi / Q$  : 相対濃度 ( $s / m^3$ )

(42)

$(H_{50})_i$  : 核種  $i$  の吸入による預託線量当量換算係数  
( $S_v / B_q$ )

放射性雲からのガンマ線外部被ばくに係る線量当量  $D_r (S_v)$  は、次式で計算する。

$$D_r = K \cdot D/Q \cdot Q_r$$

ここで、

$K$  : 空気吸収線量から線量当量への変換係数 ( $S_v / Gy$ ) (実効線量当量に対して  $K = 1$  とする)

$D/Q$  : 相対線量 ( $Gy / B_q$ )

$Q_r$  : 事故期間中のクリプトン-85の大気放出量 ( $B_q$ )  
(ガンマ線実効エネルギーの  $0.5 MeV$  換算値)

上記に基づいて評価した敷地境界外の線量当量は、約  $1 mS_v$  である。

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<sup>(28)</sup>、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、一般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。

### 1.7.3.3 防護設計条件の設定

防護設計の条件設定に当たっては、 $F-16$ の諸元を用い<sup>(29)</sup>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いことが確認されている。

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。

(26)

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<sup>(26)</sup>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<sup>(26)(30)</sup>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<sup>(31)</sup>する。このときの航空機の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1.7-1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。

$$V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_r}} \quad C_r = \sqrt{C_L^2 + C_D^2}$$

ここで、

V : 飛行速度 (m/s)

W : M × g

M : 航空機の質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

ρ : 空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)

S : 主翼面積 (m<sup>2</sup>)

C<sub>L</sub> : 揚力係数 (-)

C<sub>D</sub> : 抗力係数 (-)

上式において主翼面積は28m<sup>2</sup>とし、揚力係数及び抗力係数は各々0.44、0.044とする。

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から求まる衝撃荷重、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。

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から求まる衝撃荷重を用いる。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1.9 t、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。

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。

(26)

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抽出すると、エンジン推力を喪失する場合は挙げられる。

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。

(46)

航空機の質量は、文献や三沢対地訓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22 t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図に示す。なお、F-4EJ改の質量が22 t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。

(26)

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。上式において、主翼面積は49.2m<sup>2</sup>とし、揚力係数及び抗力係数は各々0.3、0.036とする。

(46)

(47)

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22 t，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<sup>(48)</sup>，エンジン吸気口部直径0.992m<sup>(48)</sup>，エンジンの衝突速度155m/s とする。

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20 t，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20 t，速度150m/s から求まる衝撃荷重とする。

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 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。

#### 1.7.3.4 建物・構築物の防護設計

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等の全体的な破壊という二つの現象を考慮する。

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

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。

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。

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、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。

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。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。<sup>(36)</sup>

- (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<sup>(37)</sup>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<sup>(38)</sup>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。

$$e = 0.65 e'$$

ただし、

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

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

貫入深さ(X)は、

X/d ≤ 2.0の場合

$$X/d = 2 \left\{ (180/\sqrt{fc'}) \cdot 0.72d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} \right\}^{0.5}$$

X/d ≥ 2.0の場合

$$X/d = (180/\sqrt{fc'}) \cdot 0.72d^{0.2} \cdot D(V/1000)^{1.8} + 1$$

ここで、

$e$  : 貫通限界厚さ (i n)

$e'$  : Degen 式による貫通限界厚さ (i n)

$X$  : 貫入深さ (i n)

$d$  : エンジン有効直径 (i n)

$fc'$  : コンクリート圧縮強度 (l b f / i n<sup>2</sup>)

$D$  :  $W / d^3$  (l b f / i n<sup>3</sup>)

$W$  : エンジン重量 (l b f)

$V$  : 衝突速度 (f t / 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。

(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<sup>(39)</sup>に、実物航空機を用いた実験<sup>(38)</sup>から得られた成果を反映した下式により求める。

$$F(t) = P_c \{x(t)\} + 0.9\mu \{x(t)\} \cdot V(t)^2$$

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 (k g / m)

$V(t)$  : 衝突面における航空機<sup>(38)</sup>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)

$P_c \{x(t)\}$  及び  $\mu \{x(t)\}$  は、文献<sup>(38)</sup>を参考に、航空機<sup>(38)</sup>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1.7-2図に示す。

- 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する許容値は，米国土木学会等<sup>(40)(41)</sup>の文献及び日本工業規格を参考に次の値とする。

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： $60,000 \times 10^{-6}$

## 1.9 参考文献一覧

- (1) 「臨界安全ハンドブック」, 科学技術庁核燃料規制課編, (1988)
- (2) 「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック」 日本原子力学会, (1988)
- (3) A. G. Croff, “A User’s Manual for the ORIGEN2 Computer Code”, ORNL/TM-7175 (1980)
- (4) S. J. Rimshaw, E. E. Ketch en, “CURIMUM DATA SHEETS”, ORNL-4357 (1969)
- (5) “SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation”, NUREG/CR-0200 ORNL/NUREG/CSD-2, Vol. 1, (July 1980)
- (6) K. Aoki, T. Takaue, et al., “Water Chemistry Experience at SHIMANE Nuclear Power Station Units No. 1 and No. 2”, WATER CHEMISTRY’ 91 PROCEEDINGS, (April 1991)
- (7) “American National Standard” ANSI/ANS-57.9-1984
- (8) M. LEDUC et al., “ETUDES DE CORROSION SUR LES MATERIAUX DESTINES AUX USINES DE RETRAITEMENT”, RECOD 87
- (9) Okubo et al, “DEMONSTRATION TESTS ON CORROSION RESISTANCE OF EQUIPMENTS FOR SPENT FUEL REPROCESSING PROCESS”, RECOD 87
- (10) A. B. McIntosh & T. E. Evans, “The Effects of Metal Species Present in Irradiated Fuel Elements on the Corrosion of Stainless Steel in Nitric Acid”, (September 1958)
- (11) 「ステンレス鋼便覧」, 日刊工業新聞社
- (12) J. BACHELAY et al., IAEA-TECDOC-421, P. 83 - 96. (1986)
- (13) 伊藤伍郎, 「腐食科学と防食技術」 コロナ社
- (14) 外山和男 他, 「破壊と新技術」 日本機械学会 シンポジウム 講



演論文 (1990)

- (15) H. Chauve et al., "ZIRCONIUM USE FOR LARGE PROCESS COMPONENTS :ZIRCONIUM BEHAVIOUR IN NITRIC MEDIA;DEVELOPMENT AND APPLICATION REPROCESSING EQUIPMENT" IAEA, Vienna, (September 1986)
- (16) J. Decours and R. Demay, "Zirconium Fabrication and Junction Between Zirconium or Titanium and Stainless Steel", ASTM STP 917
- (17) 小沼 勉 他, 「爆着接合法によるステンレス鋼とジルコニウムの異材接合技術の開発」 日本原子力学会誌 Vol. 30, No. 9 (1988)
- (18) Manson Benedict, Thomas H. Pigford, HANS Walfgang Levi 著, 清瀬量平訳, 「燃料再処理と放射性廃棄物管理の化学工学」, 原子力化学工学第IV分冊, 日本工業新聞社(昭和58年12月)
- (19) G. S. Nichols, "Decomposition of the Tributyle Phosphate-Nitrate Complexes", DP-526(1960)
- (20) T. J. Colven et al., "TNX Evaporator Incident January 12, 1953", DP-25 (1953)
- (21) R. A. Pugh, "Notes Pertaining to Recuplex Producers Evaporation" Hanford Laboratories, HW-32100(1954)
- (22) 北川徹三, 「化学安全工学」, 日刊工業新聞社 (昭和44年)
- (23) 柳生昭三, 「安全工学」, Vol. 1 No. 2, p. 100~108(1962)
- (24) Bernard Lewis, Guenther von Elbe, "Combusion, Flames and Explosion of Gases", App. B, p. 754, ACADEMIC PRESS INC(1951)
- (25) 「原子力用コンクリート格納容器設計指針案・同解説」, 日本建築学会(1978)
- (26) 「訓練中の航空機の事故について」 (J/M-1001改1), 三菱重工業株式会社, 日本原燃株式会社 (平成8年9月)

- (27) 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」, 原子力安全委員会(1990)
- (28) “Guidance for Defining Safety-Related Features of Nuclear Fuel Cycle Facilities”(ANSI N46.1)
- (29) “JANE’S All the World’s Aircraft 1987-1988”, Jane’s Publishing Company Limited, London
- (30) 「航空機取扱 (Beechcraft Bonanza E-33)」, 航空大学校, (財)航空振興財団, (昭和45年3月)
- (31) “USAF Series T-33A NAVY Model TV-2 Flight Handbook”, USAF, Naval Aeronautics Publication
- (32) B.Kinzey, “F-16 Fighting Falcon in Detail & Scale”, Aero Publishers, Inc. USA
- (33) 比良二郎, 「飛行の理論」 広川書店
- (34) L.Nguyen et al., “Simulator Study of Stall/Post-Stall Characteristics of a Fighter Airplane with Relaxed Longitudinal Static Stability”, NASA Technical Paper 1538, (1979)
- (35) 「航空ジャーナル臨時増刊」, 航空ジャーナル社(昭和55年2月)
- (36) 平野敏右, 「ガス爆発予防技術」, 海文堂
- (37) P.P.Degen, “Perforation of Reinforced Concrete Slabs by Rigid Missiles”, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.106, No.ST7, (July, 1980)
- (38) K.Muto et al., “Experimental Studies on Local Damage of Reinforced Concrete Structures by the Impact of Deformable Missiles and Full-Scale Aircraft Impact Test for Evaluation of

- Impact Force”, Transactions of the 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Vol. J, (1989)
- (39) J. D. Riera, “A Critical Reappraisal of Nuclear Power Plant Safety against Accidental Aircraft Impact”, Nuclear Engineering and Design 57, (1980)
- (40) R. P. Kennedy, “A Review of Procedures for the Analysis and Design of Concrete Structures to Resist Missile Impact Effects”, Nuclear Engineering and Design 37, (1976)
- (41) J. D. Stevenson et al., “Structural Analysis and Design of Nuclear Plant Facilities”, Editing Board and Task Groups of the Committee on Nuclear Structures and Materials of the Structural Division, ASCE, (1980)
- (42) “Limits for Intakes of Radionuclides by Workers”, ICRP Publication 30 (1978)
- (43) 「再処理施設 BWR 燃料貯蔵ラック等の臨界安全設計について」, HLR-044 訂 1, 株式会社 日立製作所 (平成 3 年 7 月)
- (44) 「再処理施設 PWR 燃料貯蔵ラック等の臨界安全設計について」, MAPI-3007 改 1, 三菱原子力工業株式会社 (平成 3 年 7 月)
- (45) D. A. Bridle et al., “a hands off technique for the internal decontamination of fuel transport flasks”, Patram’ 83
- (46) “JANE’S All the World’s Aircraft 1979-1980”, Jane’s Publishing Company Limited, London
- (47) NASA CR-2144 “AIRCRAFT HANDLING QUALITIES DATA”
- (48) “JANE’S All the World’s Aircraft 1986-1987”, Jane’s Publishing Company Limited, London

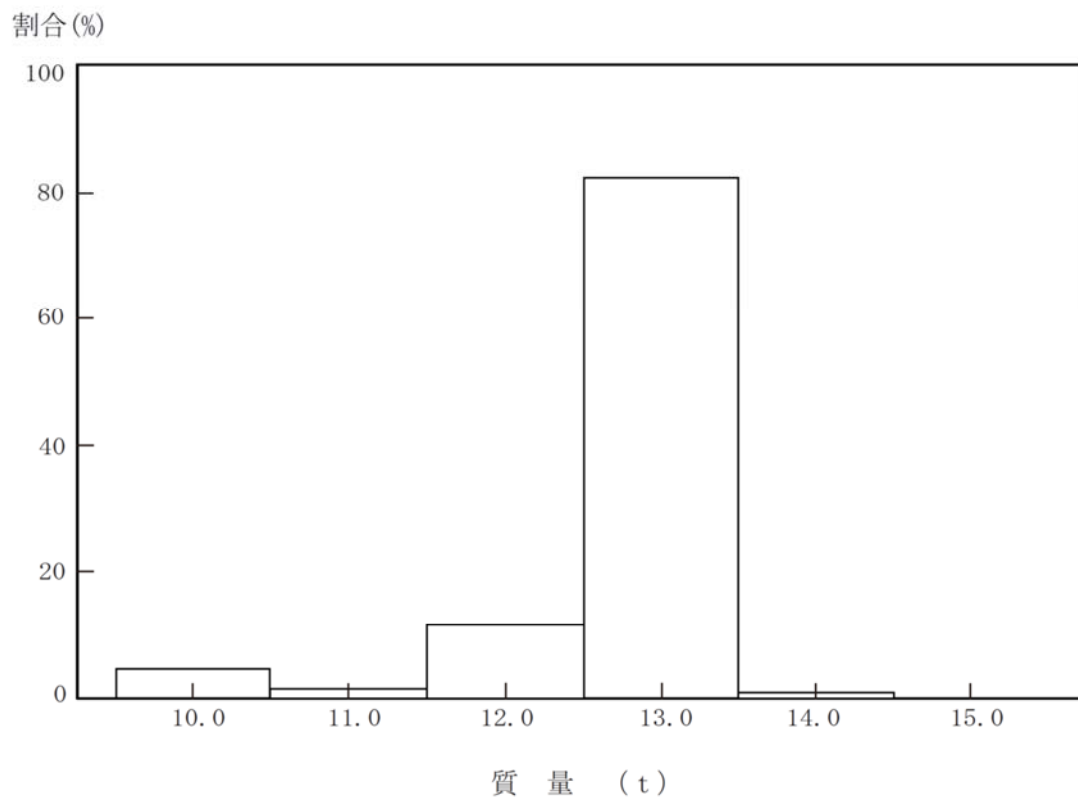
- (49) 「日本原燃株式会社の再処理事業所再処理施設及び廃棄物管理施設における航空機に対する防護設計の評価条件の確認結果について」,  
科学技術庁(平成12年9月)

第 1.7-1 表 防護設計を行う建物・構築物及び防護方法

| 防護設計を行う建物・構築物             | 防 護 方 法                                |
|---------------------------|--|
| 使用済燃料輸送容器管理建屋             | 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫を壁等により防護する。         |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋             | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 前処理建屋                     | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 分離建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 精製建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン脱硝建屋                   | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋          | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン酸化物貯蔵建屋                | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋       | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 高レベル廃液ガラス固化建屋             | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋            | 貯蔵区域及び受入れ室を壁等により保護する。                  |
| 低レベル廃液処理建屋                | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 低レベル廃棄物処理建屋               | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理建屋 | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| ハル・エンド ピース貯蔵建屋            | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 第 2 低レベル廃棄物貯蔵建屋           | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 制御建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 分析建屋                      | 建物全体を外壁及び屋根により保護する。                    |
| 非常用電源建屋                   | 電気室を壁等により保護する。第 2 非常用ディーゼル発電機は分離配置を行う。 |
| 冷却水設備の安全冷却水系              | 分離配置を行う。                               |

(つづき)

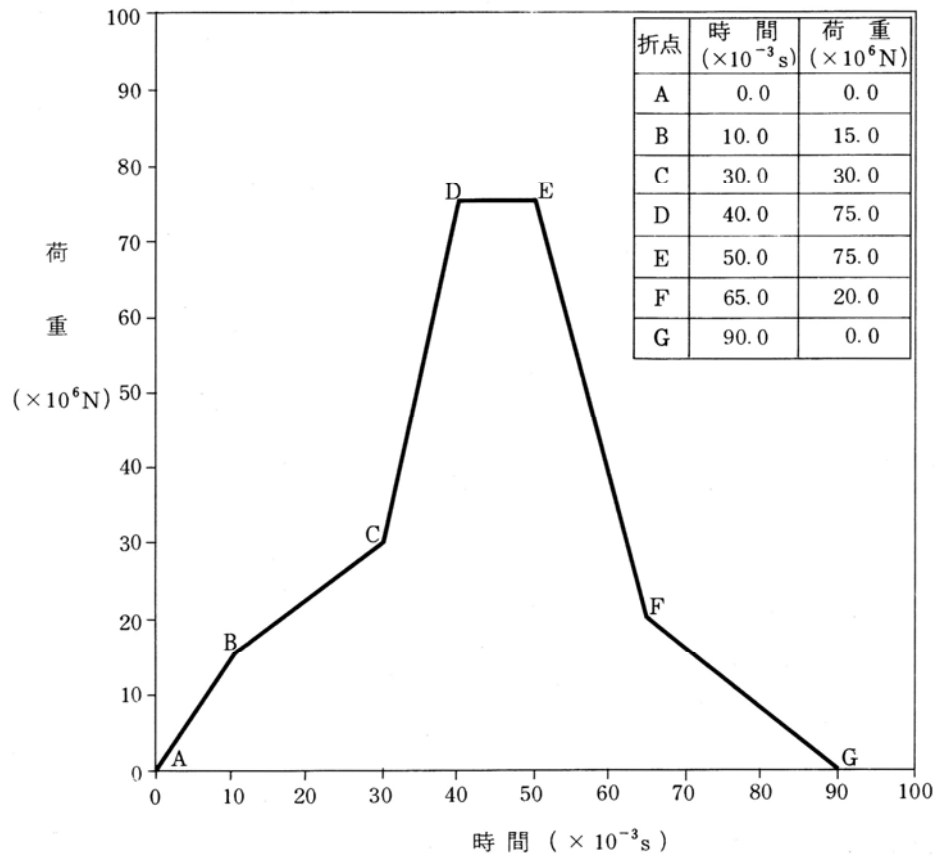
| 防護設計を行う建物・構築物  | 防 護 方 法  |
|--|--|
| <p>洞 道</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道</li> <li>・分離建屋，精製建屋，ウラン脱硝建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，低レベル廃液処理建屋，低レベル廃棄物処理建屋及び分析建屋を接続する洞道のうち，低レベル廃液処理建屋に接続する東側の洞道並びにウラン脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に接続する洞道を除く部分</li> <li>・精製建屋とウラン脱硝建屋を接続する洞道</li> <li>・精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道</li> <li>・ウラン脱硝建屋とウラン酸化物貯蔵建屋を接続する洞道</li> <li>・高レベル廃液ガラス固化建屋と第1ガラス固化体貯蔵建屋を接続する洞道</li> <li>・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋と冷却水設備の安全冷却水系を接続する洞道</li> <li>・前処理建屋，分離建屋，精製建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，制御建屋，非常用電源建屋，冷却水設備の安全冷却水系，主排気筒及び主排気筒管理建屋を接続する洞道のうち，安全上重要な施設としての排気ダクト又は主排気筒の排気筒モニタに接続する非常用所内電源ケーブルのみを収納する洞道を除く部分</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・洞道を堅固な構造とする。</li> <li>・分離配置を行う。</li> <li>・冷却水設備の安全冷却水系に接続する部分は分離配置し，その他は洞道を堅固な構造とする。</li> </ul> |



調査期間：昭和63年9月～平成2年8月

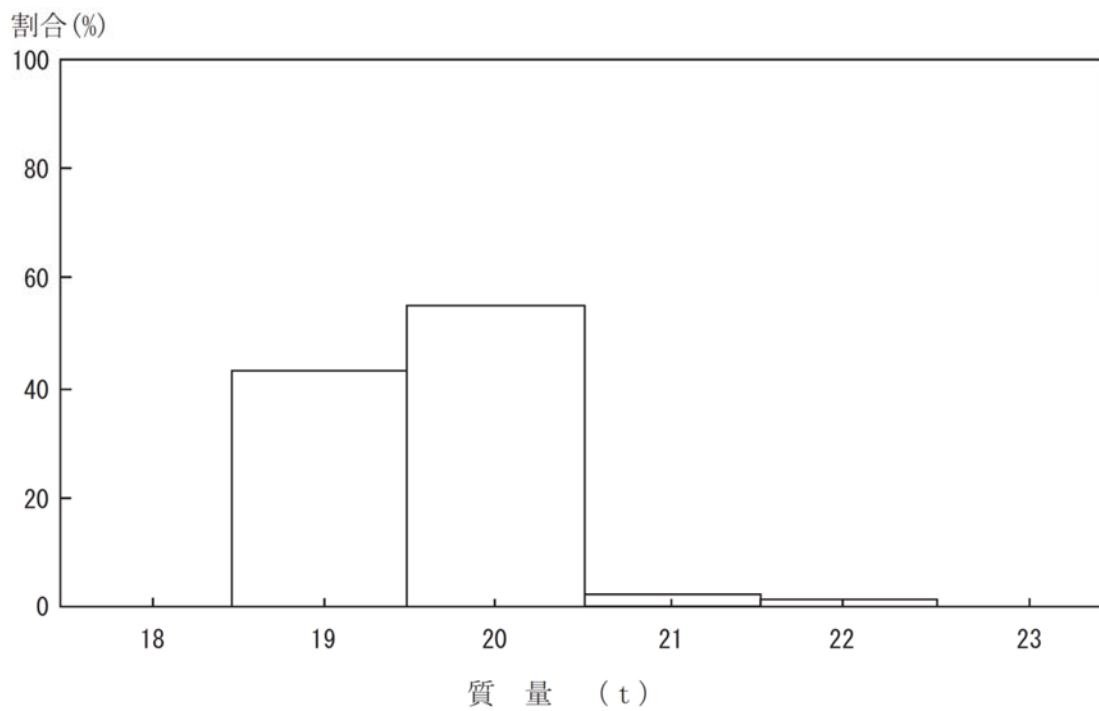
調査件数：約670件

第 1.7-1 図 F-16 の出現頻度



第 1.7-2 図 衝撃荷重曲線





調査期間：昭和63年9月～平成6年8月

調査件数：1106件

第1.7-3図 F-4EJ改の出現頻度  
(F-1の観測結果に基づき算定)

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。係数を適用する場合の条件は以下のとおり。

## 《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。

## 《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。

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

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)

$\alpha$  : 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)

このうち、航空機の破壊強度（ $P_c$ ）は、実物航空機（F-4D Phantom II）の衝突実験により求められた値である。

実験に用いた航空機は戦闘機であり、戦闘機の機体はコックピットが空洞でありその他については構造物がほぼ充填された剛な構造である。一方、戦闘機以外の航空機（回転翼機、セスナ機等）についてはコックピット以外の箇所についても乗員用および貨物スペースがあり空洞状態の多い柔な構造であると想定され、実験で求めた戦闘機の破壊強度より小さくなると想定される。

このため、たとえ機体質量や衝突速度の両方が防護設計条件を上回った場合でも衝撃荷重は防護設計条件より小さくなると推定されるが、係数適用の航空機の選定においては、安全側に機体質量、速度の両方が防護設計条件を下回る場合に係数を適用し、いずれか一方でも防護設計条件を上回る場合は係数を適用しないこととした。

また、衝撃荷重を設定する際に扱われる質量は、単位長さ当りの質量（以下「単位質量」という。）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ことから、単位質量での評価の代替手法として対象航空機の機体長さを一律5 mで等分布質量であると仮定した評価\*を実施した結果、機体質量及び速度で選定した結果が変わることはないことを確認した。

\* 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、機体長さを短く設定することで、単位長さあたりの質量が増加し厳しい評価結果を与えることから、対象航空機のうち最も短い機体長さ約10mのさらに半分となる5 mを単位質量算定用の一律の検討長さとして検討を実施した。

## 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，下式のとおりであり，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

|                           |     |  |
|---------------------------|-----|--|
| $1.52 \leq Xd \leq 13.42$ | の場合 | $e = \alpha_e \{0.69 + 1.29(Xd)\}d$  |
| $1.52 \geq Xd$            | の場合 | $e = \alpha_e \{2.2(Xd) - 0.3(Xd)^2\}d$  |
| ただし                       |     |  |
| $Xd \leq 20$              | の場合 | $Xd = 2 \{ (180\sqrt{fc'}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D(\sqrt{V1000})^{1.8} \}^{0.5}$ |
| $Xd \geq 20$              | の場合 | $Xd = (180\sqrt{fc'}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D(\sqrt{V1000})^{1.8} + 1$           |

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/in <sup>2</sup> ) |
| D          | : $W/d^3$ (lb/in <sup>3</sup> )      |
| 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                          |
| $\alpha_e$ | : 飛来物係数                              |

### 2) 裏面剥離限界厚さ

$$s = 1.84\alpha_s (V_0/V)^{0.13} \cdot (MV)^{2.04} / (d^{0.2} fc'^{0.4})$$

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/ft <sup>2</sup> ) |
| M          | : 飛来物質量 (lb)                         |
| $V_0$      | : 飛来物基準速度 (200ft/s)                  |
| V          | : 飛来物種突速度 (ft/s)                     |
| $\alpha_s$ | : 飛来物係数                              |

### 3) 単位換算

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

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

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

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

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、飛来物直径を安全側に一律 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 0.5mについては、係数の適用を検討した固定翼機（エンジン直径 0.5m～1.7m）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。

補足説明資料 3 - 3



## 評価対象とする訓練空域外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

評価対象とする訓練空域外を飛行中の落下事故を第 3 - 1 表に示す。

また、係数を適用する航空機の選定結果を第 3 - 2 表に示す。

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。

第 3 - 1 表 訓練空域外を飛行中の落下事故

| No.  | 発生日               | 機 種                         |
|------|-------------------|-----------------------------|
| 自衛隊機 |                   |                             |
| 1    | 平成 13 年 2 月 14 日  | AH1S (回転翼機)<br>OH-6D (回転翼機) |
| 2    | 平成 14 年 3 月 7 日   | OH-6D (回転翼機)                |
| 3    | 平成 16 年 2 月 23 日  | AH1S (回転翼機)                 |
| 4    | 平成 17 年 4 月 14 日  | MU-2 (固定翼機)                 |
| 5    | 平成 17 年 9 月 18 日  | AH1S (回転翼機)                 |
| 6    | 平成 19 年 3 月 30 日  | CH-47JA (回転翼機)              |
| 7    | 平成 27 年 2 月 12 日  | OH-6D (回転翼機)                |
| 8    | 平成 28 年 4 月 6 日   | U-125 (固定翼機)                |
| 9    | 平成 29 年 5 月 15 日  | LR-2 (固定翼機)                 |
| 10   | 平成 30 年 2 月 5 日   | AH-64D (回転翼機)               |
| 米軍機  |                   |                             |
| 1    | 平成 16 年 8 月 10 日  | S-3 (固定翼機)                  |
| 2    | 平成 16 年 8 月 13 日  | CH-53D (回転翼機)               |
| 3    | 平成 20 年 10 月 24 日 | セスナ機 (固定翼機)                 |

第3-2表 係数を適用する航空機の選定結果

| No.    | 機種                           | 機体重量<br>(t) | 速度*1<br>(m/s) | エンジン          |             | 係数適用 | 係数適用要否理由   |
|--------|------------------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|------|--|
|        |                              |             |               | 速度*1<br>(m/s) | 重量*2<br>(t) |      |  |
| 防護設計条件 |                              |             |               |               |             |      |  |
| F-16   |                              | 20          | 150           |               | 1.9         |      |  |
| F-4EJ改 |                              | 22          | 155           |               | 3.49        |      |  |
| 自衛隊機   |                              |             |               |               |             |      |  |
| 1      | AH-1S (回転翼機)<br>OH-6D (回転翼機) | 4.6<br>1.4  | 62<br>65      |               | -           | ○    | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局所的な破壊》<br>・エンジン重量は不明であるが、機体重量及び速度が F-16 等の防護設計条件を大きく下回る。            |
| 2      | OH-6D (回転翼機)                 | 1.4         | 65            |               | -           | ○    | 同上   |
| 3      | AH1S (回転翼機)                  | 4.6         | 62            |               | -           | ○    | 同上   |
| 4      | MU-2 (固定翼機)                  | 4.6         | 120           |               | 0.6         | ○    | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局所的な破壊》<br>・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。                       |
| 5      | AH-1S (回転翼機)                 | 4.6         | 62            |               | -           | ○    | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局所的な破壊》<br>・エンジン重量は不明であるが、機体重量及び速度が F-16 等の防護設計条件を大きく下回る。            |
| 6      | CH-47JA (回転翼機)               | 23          | 72            |               | -           |      | 《全体的な破壊》<br>・機体重量が F-16 等の防護設計条件を上回ることから、係数を適用しない。<br>《局所的な破壊》<br>・エンジン重量は不明であるが、機体重量が F-16 等の防護設計条件を上回ることから、係数を適用しない。 |
| 7      | OH-6D (回転翼機)                 | 1.4         | 65            |               | -           | ○    | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局所的な破壊》<br>・エンジン重量は不明であるが、機体重量及び速度が F-16 等の防護設計条件を大きく下回る。            |
| 8      | U-125 (固定翼機)                 | 13          | 240           |               | 0.9         |      | 《全体的な破壊》<br>・速度が F-16 等の防護設計条件を上回ることから、係数を適用しない。<br>《局所的な破壊》<br>・速度が F-16 等の防護設計条件を上回ることから、係数を適用しない。                   |
| 9      | LR-2 (固定翼機)                  | 6.9         | 130           |               | 0.5         | ○    | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局所的な破壊》<br>・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。                       |
| 10     | AH-64D (回転翼機)                | 7.3         | 73            |               | 0.5         | ○    | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局所的な破壊》<br>・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。                       |

第3-2表 係数を適用する航空機の選定結果

| No.    | 機種            | 機体重量<br>(t)       | 速度 <sup>*1</sup><br>(m/s) | エンジン                 |                      | 係数適用 | 係数適用要否理由   |
|--------|---------------|-------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|------|--|
|        |               |                   |                           | 重量 <sup>*2</sup> (t) | 重量 <sup>*2</sup> (t) |      |  |
| 防護設計条件 |               |                   |                           |                      |                      |      |  |
| F-16   |               | 20                | 150                       | 1.9                  |                      |      |  |
| F-4EJ改 |               | 22                | 155                       | 3.49                 |                      |      |  |
| 米軍機    |               |                   |                           |                      |                      |      |  |
| 1      | S-3 (固定翼機)    | 24                | 200                       | 1.4                  |                      |      | 《全体的な破壊》<br>・機体重量及び速度のいずれも F-16 等の防護設計条件を上回ることから、係数を適用しない。<br>《局部的な破壊》<br>・速度が F-16 等の防護設計条件を上回ることから、係数を適用しない。 |
| 2      | CH-53D (回転翼機) | 20                | 78                        | 0.7 <sup>*3</sup>    | ○                    |      | 《全体的な破壊》<br>・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。<br>《局部的な破壊》<br>・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。               |
| 3      | セスナ機 (固定翼機)   | 1.1 <sup>*4</sup> | 56 <sup>*4</sup>          | -                    | ○                    |      | ・詳細な機種は不明であるが、航空機落下評価ガイドにおいて小型機に分類されていることから係数を適用する。  |

※1 F-16 及び F4-EJ 改以外の航空機については巡航速度とする。

※2 双発の航空機については2基のエンジン重量とする。

※3 CH-53Dのエンジン出力が近似するエンジンの値。

※4 航空機落下評価ガイドの解説4-4 表-2に記載されている値。

《出典》

- ・AH-1S：日本航空機全集 2018
- ・OH-6D：日本航空機全集 2018
- ・MU-2 (機体重量, 速度)：2007 日本航空機全集
- ・MU-2 (エンジン重量)：JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1995-96
- ・CH-47JA：日本航空機全集 2018
- ・U-125 (機体重量, 速度)：日本航空機全集 2018
- ・U-125 (エンジン重量)：JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1995-96
- ・LR-2 (機体重量, 速度)：日本航空機全集 2018
- ・LR-2 (エンジン重量)：JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1995-96
- ・AH-64D (機体重量, 速度)：日本航空機全集 2018
- ・AH-64D (エンジン重量)：http://www.fi-powerweb.com/Engine/T700-GE-701.html
- ・S-3 (機体重量, 速度)：JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1975-76
- ・S-3 (エンジン重量)：JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1989-90
- ・CH-53D (機体重量, 速度)：JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1972-73
- ・CH-53D (エンジン重量)：www.ge.com/aviation

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

自衛隊機又は米軍機の落下確率評価において 1 / 10 の係数を用いる建物・構築物は以下のとおりとする。

1. 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

前処理建屋等については、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ことから、1 / 10 の係数を適用する建物・構築物とする。

2. 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物

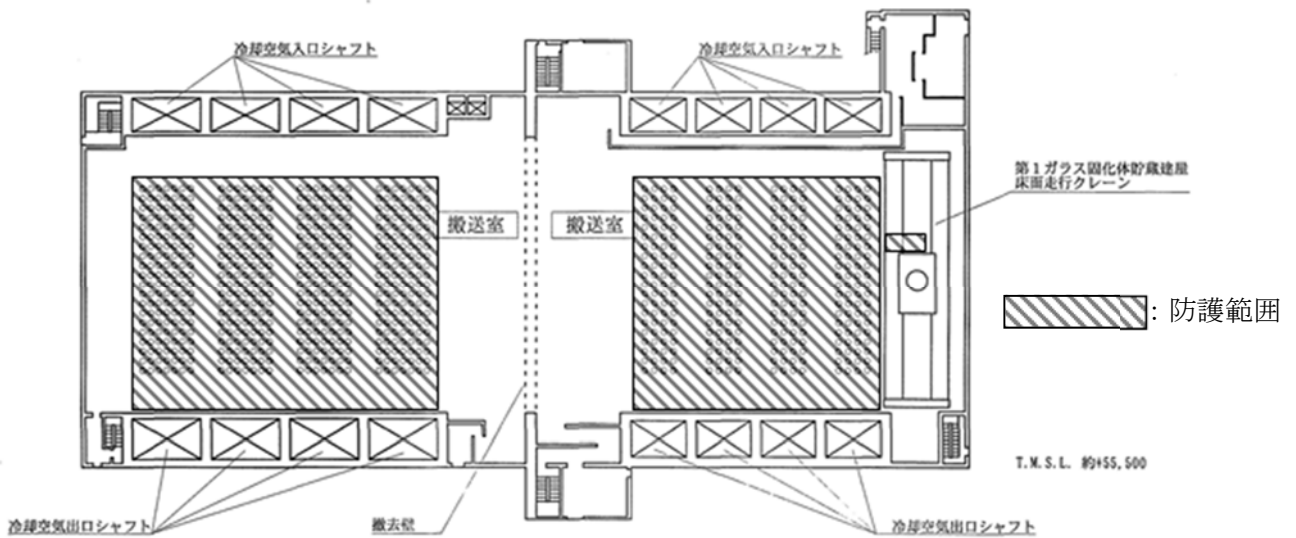
安全冷却水系冷却塔等については、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていないことから、1 / 10 の係数を適用しない建物・構築物とする。

安全上重要な施設であり防護対象外とした施設のうち、前処理建屋の安全蒸気系の LPG ボンベユニットは、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計とはしていないことから、1 / 10 の係数を適用しない建物・構築物とする。

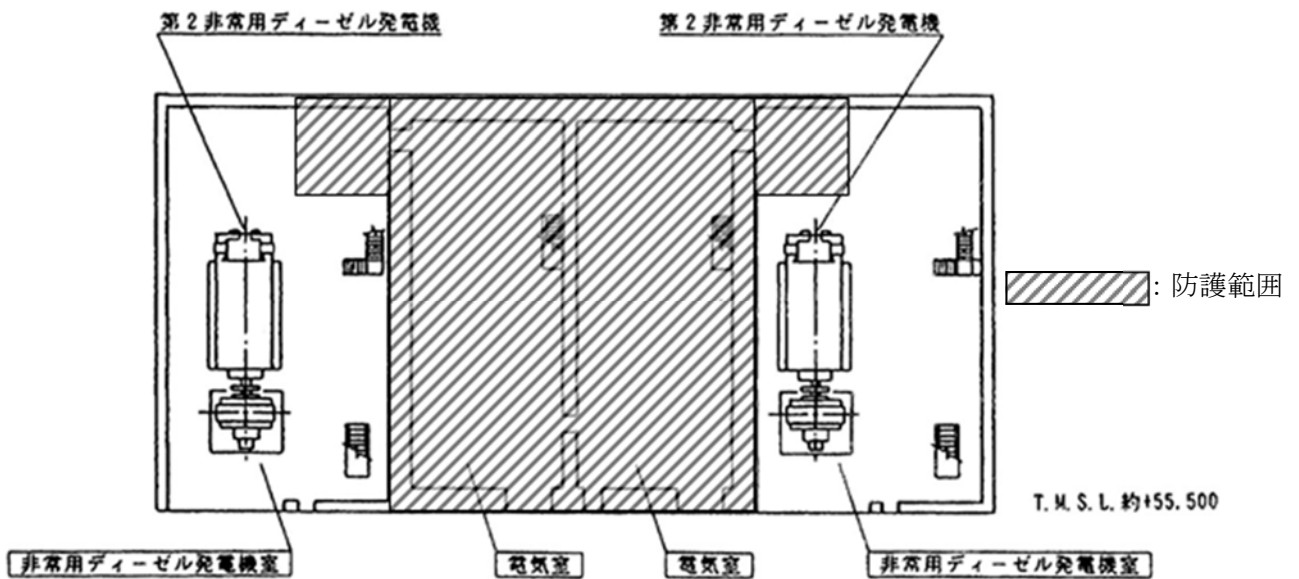
また、第 1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器を収納する第 1 ガラス固化体貯蔵建屋については、貯蔵区域及び受入れ室を壁等により保護しており、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計とはしていないことから、1 / 10 の係数を適用しない建物・構築物とする。非常用電源建屋についても電気室を壁等により保護し第 2 非常用ディーゼル発電機は分離配置を行っているが、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計とはしていないことから、1 / 10 の係数を適用しない建物・構築物とする。

第 1 ガラス固化体貯蔵建屋及び非常用電源建屋の航空機に対する防護範囲

をそれぞれ第4-1図及び第4-2図に示す。



第4-1図 第1ガラス固化体貯蔵建屋（地上1階）



第4-2図 非常用電源建屋（地上1階）

### 3. 分離建屋等の地上部ダクト等

分離建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の屋上及び壁にはダクトが設置されている。また，前処理建屋の屋上及び壁には再処理設備本体

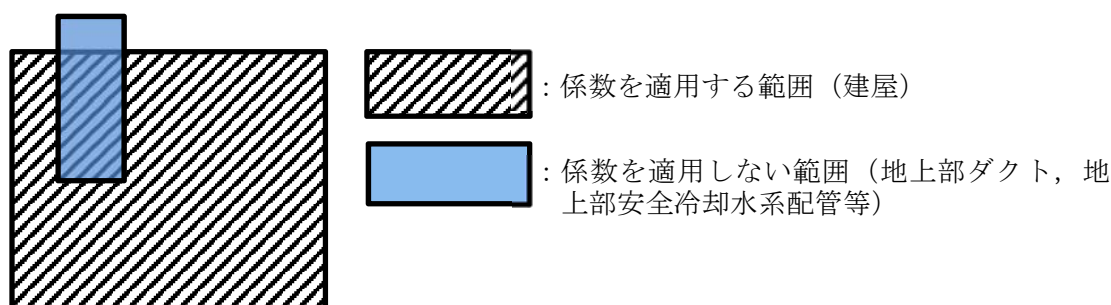
用 安全冷却水系冷却塔 A の安全冷却水系配管等が設置されている。

標的面積に地上部ダクト及び地上部安全冷却水系配管等を加える場合は、それらの支持構造物となる建屋についても標的面積として加えることとする。

分離建屋等は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が、屋上等に設置されている地上部ダクト及び前処理建屋の屋上等に設置されている地上部安全冷却水系配管等については、防護する設計としていない。

このため、自衛隊機又は米軍機の落下確率評価においては、分離建屋等の屋上等に設置されている地上部ダクト及び前処理建屋の屋上等に設置されている地上部安全冷却水系配管等については、1/10 の係数を適用しないこととする。(下図参照)

第 4-1 表に建物・構築物の一覧を示す。



建屋平面図

第 4-1 表 建物・構築物一覧

| 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  | 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物   |
|--|--|
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋, 前処理建屋, 分離建屋, 精製建屋, ウラン脱硝建屋, ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋, ウラン酸化物貯蔵建屋, ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋, 高レベル廃液ガラス固化建屋, チャンネルボックス・バーナブル ポイズン処理建屋, ハル・エンドピース貯蔵建屋, 制御建屋, 分析建屋 | LPG ボンベユニット (前処理建屋), 地上部ダクト (分離建屋), 地上部ダクト (精製建屋), 地上部ダクト (高レベル廃液ガラス固化建屋), 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋, 非常用電源建屋, 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B, 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B, 地上部安全冷却水系配管等 (前処理建屋), 第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B, 主排気筒 (主排気筒管理建屋及び地上部ダクト含む) |

令和元年 10 月 4 日 R0

## 補足説明資料 5 - 1



## 評価対象となる航空路等の飛行回数

| 評価対象となる航空路等                          | ピーク日の飛行回数※ <sup>1</sup>                           | 年間飛行回数※ <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|---|----------------------|
| 直行経路<br>(MISAWA(MIS) - CHITOSE(ZYT)) | 平成 27 年上半期：2 (4 月 1 日)<br>平成 27 年下半期：5 (8 月 26 日) | 1,825                |

※1 国土交通省航空局に問い合わせた結果（平成 27 年の札幌管制区のピーク日の交通量）を 365 倍した値。

※2 ピーク日の交通量を 365 倍した値。（ $5 \times 365 = 1,825$ ）

補足説明資料5－2

## 民間航空機の延べ飛行距離

|         | 延べ飛行<br>距離 (km) | 備 考   |
|---------|-----------------|---|
| 平成 11 年 | 459,941,610     | 「航空機落下事故に関するデー（平成 10～29 年） 令和元年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」 |
| 平成 12 年 | 480,695,802     | 同上  |
| 平成 13 年 | 489,782,465     | 同上  |
| 平成 14 年 | 498,480,635     | 同上  |
| 平成 15 年 | 519,275,755     | 同上  |
| 平成 16 年 | 517,051,659     | 同上  |
| 平成 17 年 | 527,104,292     | 同上  |
| 平成 18 年 | 555,392,832     | 同上  |
| 平成 19 年 | 559,616,583     | 同上  |
| 平成 20 年 | 554,535,973     | 同上  |
| 平成 21 年 | 544,494,742     | 同上  |
| 平成 22 年 | 548,444,056     | 同上  |
| 平成 23 年 | 554,156,367     | 同上  |
| 平成 24 年 | 607,933,799     | 同上  |
| 平成 25 年 | 656,587,038     | 同上  |
| 平成 26 年 | 678,832,124     | 同上  |
| 平成 27 年 | 681,945,100     | 同上  |
| 平成 28 年 | 682,890,250     | 同上  |
| 平成 29 年 | 689,723,341     | 同上  |
| 平成 30 年 | 690,566,330     | 「航空輸送統計調査」  |
| 合 計     | 11,497,450,753  |   |

補足説明資料5－3

## 航空機落下確率の端数処理について

航空機落下確率の評価においては、安全側の結果が得られるように、以下のとおり端数処理を行った。

- (1) インพุット条件のうち、標的面積 (A1, A2) については、複数の施設の面積を合算した値から 100 の位を切り上げとした。

ウラン・プルトニウム混合脱硝を対象とした場合の標的面積の計算を以下に例示する。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 (4,000m<sup>2</sup>) の安全機能の維持に必要な施設のうち、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・構築物として、前処理建屋 (6,000m<sup>2</sup>)、分離建屋 (5,700m<sup>2</sup>)、精製建屋 (6,500m<sup>2</sup>)、高レベル廃液ガラス固化建屋 (5,100m<sup>2</sup>)、制御建屋 (2,900m<sup>2</sup>) が該当する。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再処理施設の標的面積 A 1 は、これらの面積の合算した値 (30,200m<sup>2</sup>) から 100 の位を切り上げて 31,000m<sup>2</sup> とした。

安全機能の維持に必要な施設のうち、建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない建物・構築物として、地上部ダクト(分離建屋 ; 710m<sup>2</sup>, 精製建屋 ; 300m<sup>2</sup>, 高レベル廃液ガラス固化建屋 ; 150m<sup>2</sup>)、非常用電源建屋 (1,200m<sup>2</sup>)、再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B (A ; 1,700m<sup>2</sup>, B ; 1,700m<sup>2</sup>)、第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B (A ; 1,500m<sup>2</sup>, B ; 1,500m<sup>2</sup>)、主排気筒 (2,200m<sup>2</sup>) を選定し、また、前処理建屋の屋外に設置する地上部安全冷却水系配管等 (770m<sup>2</sup>) についても加えた。

建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない再処理施設の標的面積A<sub>2</sub>は、これらの面積の合算した値（11,730m<sup>2</sup>）から100の位を切り上げて12,000m<sup>2</sup>とした。

- (2) 航空機落下確率の計算は、途中式の計算では端数処理は行わず、最終的に算出した値に対して3桁目を切り上げて有効数字2桁とした。

ウラン・プルトニウム混合脱硝を対象とした場合の再処理施設への航空機落下確率の計算を以下に例示する。

- a. 計器飛行方式民間航空機の再処理施設への航空機落下確率

計器飛行方式民間航空機の再処理施設への航空機落下確率  $P_c$  は以下の計算結果より約  $2.3 \times 10^{-10}$  (回/年) となる。

$$P_c = \frac{(0.5 / 11,497,450,753) \times 1,825 \times 0.043}{14.816}$$

$$= 2.304 \times 10^{-10} \text{ (回/年)}$$

- b. 訓練空域周辺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

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再処理施設への航空機落下確率  $P_{so_1}$  は以下の計算結果より、3桁目を切り上げて約  $2.0 \times 10^{-8}$  (回/年) とした。

$$P_{so_1} = \left( \frac{0.4}{294,881} + \frac{0.1}{372,472} \right) \times 0.031 \times 0.1 +$$

$$\left( \frac{0.1}{294,881} + \frac{0.05}{372,472} \right) \times 0.031$$

$$= 1.972 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない再処理施設への航空機落下確率  $P_{so_2}$  は以下の計算結果より、3桁目を切り上げて約  $2.6 \times 10^{-8}$  (回/年) とした。

$$P_{so_2} = \left( \frac{0.4+0.1}{294,881} + \frac{0.1+0.05}{372,472} \right) \times 0.012$$

$$= 2.518 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

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  $P_{sox}$  は端数処理していない  $P_{so_1}$  及び  $P_{so_2}$  を用いて計算を行い、以下の計算結果より3桁目を切り上げて約  $4.5 \times 10^{-8}$  (回/年) となる。

$$P_{sox} = P_{so_1} + P_{so_2}$$

$$= 1.972 \times 10^{-8} + 2.518 \times 10^{-8}$$

$$= 4.490 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

c. 再処理施設への航空機落下確率

計器飛行方式民間航空機の再処理施設への航空機落下確率  $P_c$  と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  $P_{sox}$  の総和は、端数処理していない  $P_c$ 、 $P_{so_1}$  及び  $P_{so_2}$  を用いて計算を行い、以下の計算結果より、3桁目を切り上げて約  $4.6 \times 10^{-8}$  (回/年) とした。

$$P_c + P_{so_1} + P_{so_2} = 2.304 \times 10^{-10} + 1.972 \times 10^{-8} + 2.518 \times 10^{-8}$$

$$= 4.513 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

補足説明資料5－4



対象となる全ての建物・構築物の面積を合算した場合の航空機落下確率

対象となる全ての建物・構築物の面積を合算した面積を標的面積とした場合の再処理施設への航空機落下確率について参考として評価を実施した。評価結果を以下に示す。

(1) 計器飛行方式民間航空機

航空路（直行経路）を巡航中の計器飛行方式民間航空機の再処理施設への航空機落下確率を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 P_C &= \frac{f_C \times N_C \times A}{W} \\
 &= \frac{(0.5 / 11,497,450,753) \times 1,825 \times 0.082}{14.816} \\
 &= 4.4 \times 10^{-10} \text{ (回/年)}
 \end{aligned}$$

$P_C$  : 再処理施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

$N_C$  : 評価対象とする直行経路の年間飛行回数 ; 1,825 (飛行回/年)

(注 1)

$A$  : 再処理施設の標的面積 ; 0.082 (k m<sup>2</sup>)

$W$  : 航空路幅 ; 14.816 (k m)

$f_C = G_C / H_C$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 (回 / (飛行回・k m) )

$G_C$  : 巡航中事故件数 ; 0.5 (回)

$H_C$  : 延べ飛行距離 ; 11,497,450,753 (飛行回・k m) (注 2)

(注 1) 国土交通省航空局に問い合わせた結果 (平成27年の札幌管制区のピーク日の交通量) を365倍した値。【補足説明資料 5 - 1】

(注2) 平成11年1月から平成29年12月までの期間は「航空機落下事故に関するデータ(平成10～29年) 令和元年12月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」、平成30年1月から平成30年12月までの期間は「航空輸送統計調査」による。

【補足説明資料5-2】

(2) 自衛隊機又は米軍機

訓練空域周辺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を以下に示す。

$$P_{sox} = P_{so1} + P_{so2}$$

$P_{sox}$  : 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)

$P_{so1}$  : 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再処理施設への航空機落下確率(回/年)

$P_{so2}$  : 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としてい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再処理施設への航空機落下確率(回/年)

a. 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再処理施設への航空機落下確率

$$\begin{aligned}
 P_{SO1} &= \left( \frac{f_{SO1}}{S_o} \times AI \times \alpha \right) + \left( \frac{f_{SO2}}{S_o} \times AI \right) \\
 &= \left( \frac{0.4}{294,881} + \frac{0.1}{372,472} \right) \times 0.058 \times 0.1 + \\
 &\quad \left( \frac{0.1}{294,881} + \frac{0.05}{372,472} \right) \times 0.058 \\
 &= 3.7 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}
 \end{aligned}$$

$f_{SO1}$  : 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) ;

自衛隊機 :  $8/20=0.4$  (回/年), 米軍機 :  $2/20=0.1$  (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) ;

自衛隊機 :  $2/20=0.1$  (回/年), 米軍機 :  $1/20=0.05$  (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 ( $\text{km}^2$ ) ;

自衛隊機 :  $294,881$  ( $\text{km}^2$ ), 米軍機 :  $372,472$  ( $\text{km}^2$ ) (注1)

$AI$  : 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再処理施設の標的面積 ;  $0.058$  ( $\text{km}^2$ )

$\alpha$  : 係数 ;  $0.1$

(注1) 「航空機落下事故に関するデータ (平成 10~29 年) 令和元年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」による。

b. 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない再処理施設への  
航空機落下確率

$$\begin{aligned}
 P_{SO_2} &= \left( \frac{f_{SO_1} + f_{SO_2}}{S_o} \times A_2 \right) \\
 &= \left( \frac{0.4 + 0.1}{294,881} + \frac{0.1 + 0.05}{372,472} \right) \times 0.024 \\
 &= 5.1 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}
 \end{aligned}$$

$f_{SO_1}$  : 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) ;

自衛隊機 :  $8/20=0.4$  (回/年), 米軍機 :  $2/20=0.1$  (回/年)

$f_{SO_2}$  : 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) ;

自衛隊機 :  $2/20=0.1$  (回/年), 米軍機 :  $1/20=0.05$  (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 ( $\text{k m}^2$ ) ;

自衛隊機 : 294,881 ( $\text{k m}^2$ ), 米軍機 : 372,472 ( $\text{k m}^2$ ) (注1)

$A_2$  : 建物全体を外壁及び屋根により保護する設計としていない再処理施設の標的面積 ; 0.024 ( $\text{k m}^2$ )

(注1) 「航空機落下事故に関するデータ (平成 10~29 年) 令和元年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ」による。

- c. 自衛隊機又は米軍機の再処理施設への航空機落下確率  
上記 a. 及び b. の合計値を以下に示す。

$$\begin{aligned} P_{sox} &= P_{so1} + P_{so2} \\ &= 8.8 \times 10^{-8} \text{ (回/年)} \end{aligned}$$

- (3) 再処理施設への航空機落下確率

(1) 及び (2) に示す計器飛行方式民間航空機及び自衛隊機又は米軍機の再処理施設への航空機落下確率の総和は、 $8.8 \times 10^{-8}$  (回/年) となる。