

实用発電用原子炉施設への航空機落下確率に
対する評価基準について

平成14年7月22日

原子力安全・保安部会
原子炉安全小委員会

はじめに

平成13年3月6日に開催された総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会第1回原子炉安全小委員会において、

「**「实用発電用原子炉の設置許可に際しての安全審査では、航空機落下に対する設計上の対策の必要性の有無について一部確率論的な手法を用いて判断が行われている。原子力安全に関する国民への一層の説明責任を果たすため、技術的、専門的検討を深め、航空機落下評価全般を対象とした標準的な手法を明示しておくべきではないか。」**

との提言がなされ、原子炉安全小委員会の下に「安全評価第一ワーキンググループ（航空機落下評価関係）」が設置された。

一方、实用発電用原子炉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」として取り上げられている。このため、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落下を「想定される外部人為事象」として設計上考慮を必要とするか否かの判断が必要となる。**

このため、当該WGにおいては、国内における航空機飛行の現状を踏まえ、また、現在の審査内容に基づき行政庁が作成した評価基準案をもとに、平成13年5月25日から平成14年3月19日までの計6回の会合にわたって、同基準案に係る技術的、専門的検討を行った。

これらの検討では、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る必要があるか否かを判断する際の判断基準値及び原子炉施設へ航空機が落下する可能性（発生確率）を評価するための標準的な手法を対象に技術的見地からの妥当性について議論した。

その結果、原子炉施設への航空機落下評価の基準として「**「实用発電用原子炉への航空機落下確率に対する評価基準」**を取りまとめた。

目 次

1. 目的.....	基準-1
2. 基本方針.....	基準-1
3. 原子炉施設への航空機落下確率に関する判断基準.....	基準-2
4. 原子炉施設への航空機落下確率の評価手法.....	基準-2

解説

原子炉安全小委員会委員名簿

安全評価第一ワーキンググループ（航空機落下評価関係）委員名簿

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準

1. 目的

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。

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）。

本基準は原子炉施設を対象としているが、基本的な考え方及び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）。

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。

2. 基本方針

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築物、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、

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、

その結果、航空機落下が「想定される外部人為事象」とであると判断された場合には、

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築物、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。

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る標準的な手法を示す。

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）。

3. 原子炉施設への航空機落下確率に関する判断基準

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めの具体的な基準は、以下のとおりとする（解説3-1、3-2）。

- 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し、それら評価結果の総和が 10^{-7} （回／炉・年）を超えないこと
- 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的に考慮した評価を行い、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率の総和が 10^{-7} （回／炉・年）を超えないこと

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結果のいずれかが 10^{-7} （回／炉・年）を超える場合と、それぞれが 10^{-7} （回／炉・年）以下であっても総和が 10^{-7} （回／炉・年）を超える場合とがある。前者については 10^{-7} （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。

4. 原子炉施設への航空機落下確率の評価手法

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）。

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っては、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。

- 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

- 原子炉施設上空における航空路の有無
- 原子炉施設周辺における自衛隊機又は在日米軍機（以下、「米軍機」という。）の基地の有無
- 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
- 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

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。

- 1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故
 - ① 飛行場での離着陸時における落下事故
 - ② 航空路を巡航中の落下事故
- 2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故
- 3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故
 - 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
 - ② 基地－訓練空域間を往復時の落下事故

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。

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、国内において現実に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。

(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

1) 飛行場での離着陸時における落下事故

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。

- 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。

- 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
 - 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
- ② 上記①の条件をいず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)）。

（評価方法）

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。

$$P_{d,a} = f_{d,a} \cdot N_{d,a} \cdot A \cdot \Phi_{d,a}(r, \theta)$$

$P_{d,a}$ ：対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回／年）

$N_{d,a}$ ：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）

A ：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）（km²）

$\Phi_{d,a}(r, \theta)$ ：離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（／km²）

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$ ：対象航空機の離着陸時事故率（回／離着陸回）

$D_{d,a}$ ：国内での離着陸時事故件数（回）

$E_{d,a}$ ：当該飛行場での離着陸回数（離着陸回）

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（ $D_{d,a}$ ）及び運航実績（離着陸回数 $E_{d,a}$ ）の集計期間並びに原子炉施設の標的面積（ A ）に関する考え方については、解説4-3に示す。

また、離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（ $\Phi(r, \theta)$ ）は、滑走路端から距離 r 、滑走路中心線（滑走路飛行方向）から角度 θ の関数として、離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、過去の事件事例での落下位置を基に推定すべきであるが、事件事例が少

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 (r_0) 内の円内で滑走路方向両側に対し $\pm 60^\circ$ 以内の扇型 ($A_{d,a}$) 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。

(一様分布)

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

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

(正規分布)

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

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

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

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

$$\sigma = \frac{\pi r}{3 \times 2.6} \quad \left(\int_{-\pi/3}^{\pi/3} f(x) dx = 0.99, \text{ 即ち、信頼度区間 99\% のとき} \right)$$

x : 滑走路軸上から原子炉施設までの距離 (周方向)

r_p : 滑走路端から原子炉施設までの距離 (径方向)

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。

2) 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」によりその位置及び範囲が指定されている航空路、航空路誌 (AIP) に掲載された直行経路と転移経路、最大離着陸地点以遠の離着陸経路等 (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

については、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。

(評価方法)

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。

$$P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

W : 航空路幅 (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・km))

G_c : 巡航中事故件数 (回)

H_c : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

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(G_c)及び運航実績(延べ飛行距離 H_c)の集計期間、航空路幅(W)並びに原子炉施設の標的面積(A)に関する考え方については、解説4-3に示す。

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。

(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

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便であり、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。

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。

(評価方法)

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。

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_v : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_v : 全国土面積 (km²) = 37万 km²

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

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。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

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。

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

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。

（評価方法）

①原子炉施設上空に訓練空域が存在する場合

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。

$$P_{si} = \left(\frac{f_{si}}{S_i} \right) \cdot A$$

P_{si} : 訓練空域内での対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{si} : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率（回／年）

S_i : 全国の陸上の訓練空域の面積（ km^2 ）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

②原子炉施設上空に訓練空域が存在しない場合

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。

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o} \right) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（ km^2 ）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

2) 基地—訓練空域間往復時の落下事故

基地と訓練空域との往復範囲に原子炉施設が存在する場合については、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間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。

（評価方法）

①回廊中に原子炉施設が存在する場合

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。

$$P_{co} = \left(\frac{f_{co}}{S_{co}} \right) \cdot A$$

P_{co} : 対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{co} : 回廊中の落下事故率（回／年）

S_{co} : 回廊の面積（ km^2 ）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

②移動経路近傍に原子炉施設が存在する場合

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。

$$P_{tr} = f_{tr} \cdot N_{tr} \cdot A \cdot F(x)_{tr}$$

P_{tr} : 対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{tr} : 当該移動経路を巡航中の落下事故率（回／（飛行回・ km ））

N_{tr} : 当該移動経路の年間飛行数（飛行回／年）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

$$F(x)_{tr} : \text{事故点分布関数（}\text{km}^{-1}\text{）} = \frac{0.625}{2} \exp(-0.625|x|)$$

（Solomonの式：Analysis of Ground Hazards Due to Aircrafts and

Missiles By Kenneth Alvin Solomon, Ph.D. (March/April 1976)

x : 移動経路から発電所までの距離

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⁻¹)

③ 想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合

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。

$$P_{se} = \left(\frac{f_{se}}{S_{se}} \right) \cdot A$$

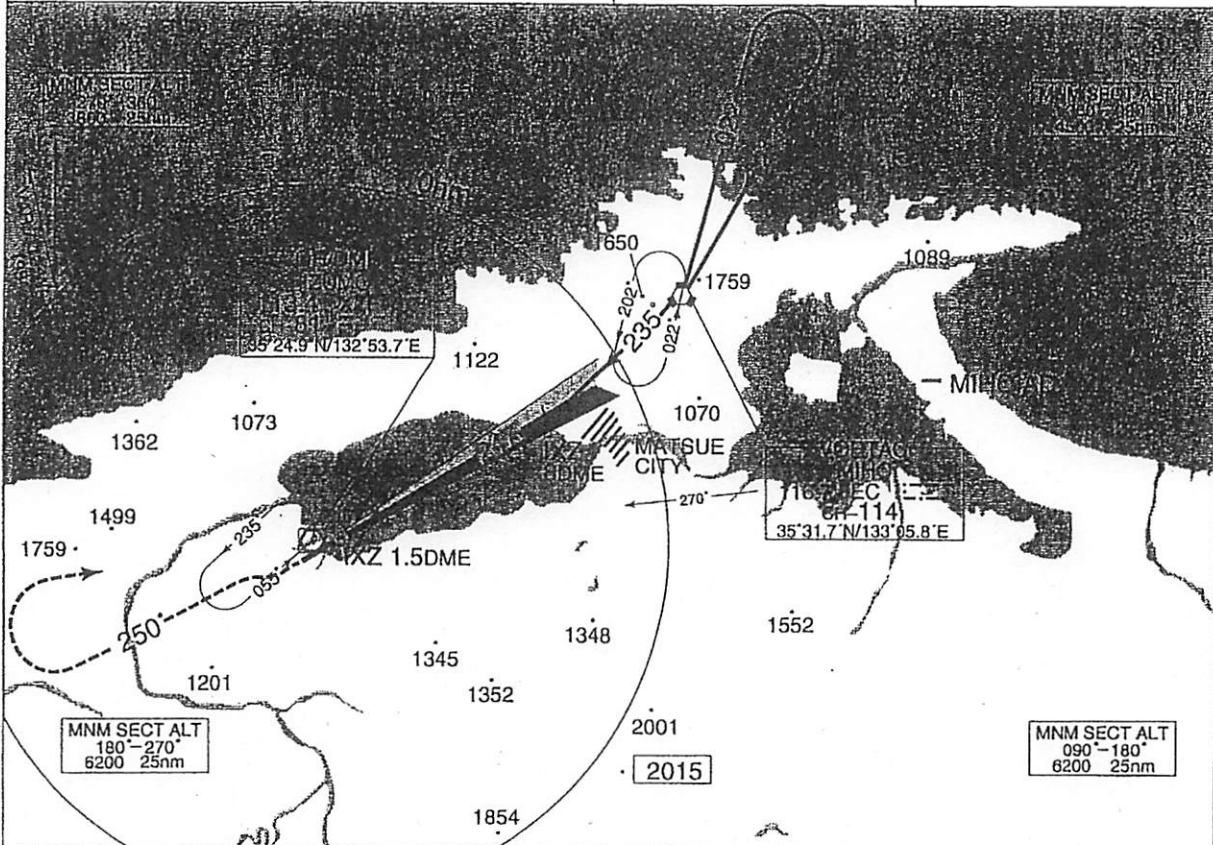
P_{se} : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{se} : 基地と訓練空域間を往復中の落下事故率 (回/年)

S_{se} : 想定飛行範囲の面積 (km²)

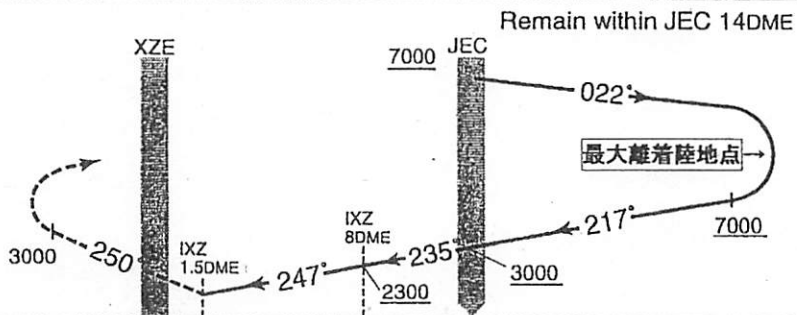
A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

MIHO APP 120.1 - 258.2 - 317.8	LLZ 111.7 IXZ 三三三 LLZ-DME CH-54	IZUMO RADIO 122.7 - 126.2	RADAR AVAILABLE
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------	-----------------



MISSED APPROACH

At IXZ 1.5DME, climb on HDG 247° to 1100', via XZE R-250 to 3000', turn right, proceed to XZE VOR/DME within XZE 10DME and hold.
Contact IZUMO RADIO



MINIMA			FIELD ELEV 6ft	
	STA TO RWY 25 MDA 560'		CIRCLING* MDA-VIS	
	SALS&RAI AVBL	SALS ONLY AVBL		
A	VIS 1200m	VIS 1200m	VIS 1400m	560'-1600m
B		VIS 1300m	VIS 1700m	560'-1700m
C	VIS 1300m	VIS 1800m	VIS 2200m	560'-2400m
D	VIS 2100m	VIS 2600m	VIS 3000m	560'-3200m

*Circling to North side of RWY only.

(EFF : 18 MAY 2000)

35°25'N - 132°54'E

34-1

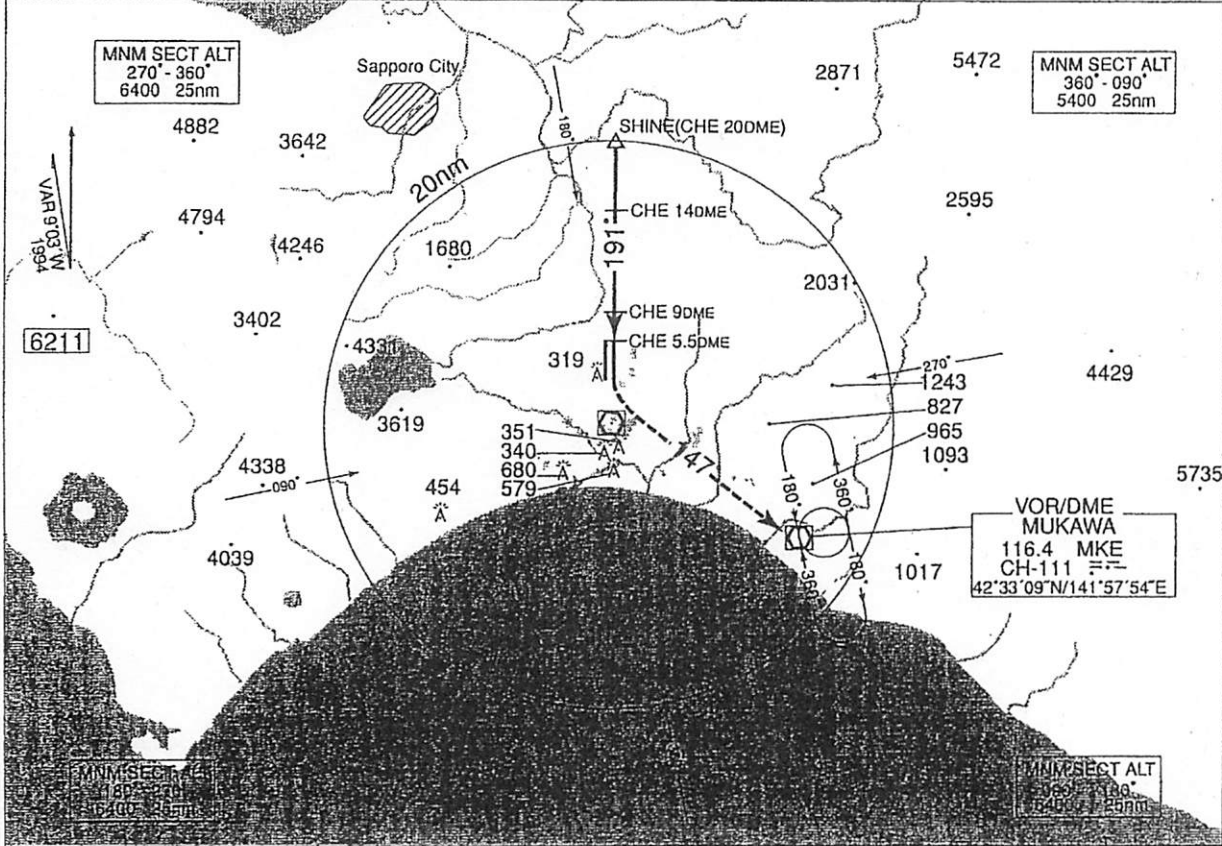
18/5/00

図1 最大離着陸地点の例 (航空路誌 (AIP) より抜粋) (その1)

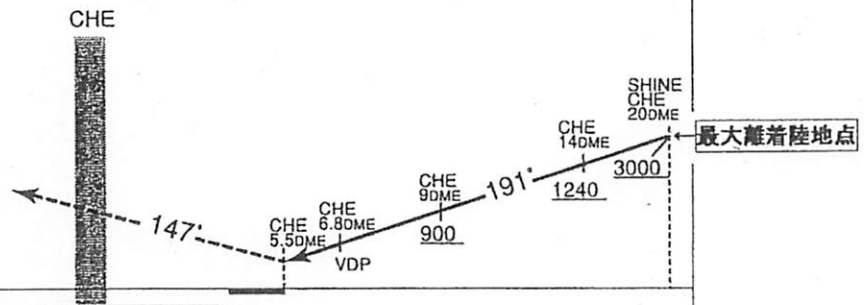
AIP JAPAN
RJCC

NEW CHITOSE VOR/DME NR 2 RWY 19L

CHITOSE APP 120.1 - 124.7	CHITOSE VOR/DME 116.9 CHE CH-116 42°41'51"N/141°41'22"E	CHITOSE TOWER 118.8 - 126.2 - 121.6G	RADAR AVAILABLE ATIS 128.6
------------------------------	--	---	-------------------------------



MISSED APPROACH
At 5.5DME prior to CHE VOR/DME, turn left, climb via MKE R-327 to 5000', proceed to MKE VOR/DME and hold. Contact CHITOSE APP.



MINIMA FIELD ELEV 70 ft

	STA TO RWY 19L MDA 620'		CIRCLING* MDA-VIS
	SALS AVBL	SALS OUT	
A	VIS 1400m	VIS 1600m	620'-1600m
B		VIS 1700m	620'-1700m
C	VIS 1700m	VIS 2200m	620'-2400m
D	VIS 2500m	VIS 3000m	640'-3200m

*Circling to East side of RWY only

(EFF : 30 NOV 2000) 42°46'N - 141°42'E 71 - 54 2/11/00

図1 最大離着陸地点の例 (航空路誌 (AIP) より抜粋) (その2)
基準-12

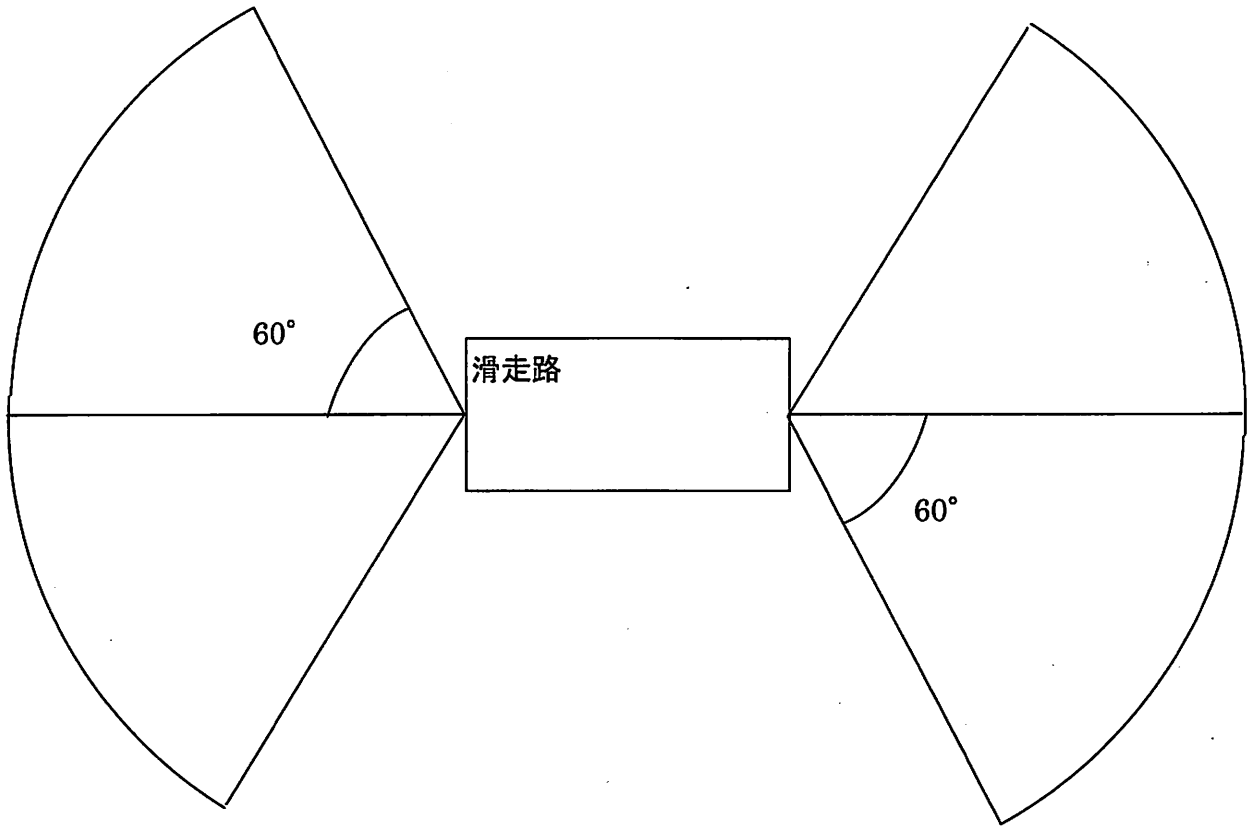


図2 最大離着陸地点までの距離内で飛行場の滑走路端から滑走路方向に対して±60° 以内の扇型区域

解説

本基準を適用するにあたって注意を必要とするか、あるいは、基準自体の意義、解釈をより明確にしておく必要があると考えられる事項について、各章に対応して、その解説を掲載することとした。なお、ここに解説として取り上げた項目は以下のとおりである。

- 解説 1-1 本基準の位置づけ (第 1 章)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 解説 4-1 評価対象航空機と事故の分類 (第 4 章)
- 解説 4-2 評価手法の保守性 (第 4 章)
- 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)
- 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)
- 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)
- 解説 4-6 基地と訓練空域間往復経路 (第 4 章)

解説 1-1 本基準の位置づけ (第 1 章)

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。

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否かを判断することが必要となる。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。

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年あ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。

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）

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及び評価手法は、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。

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、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。

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築物、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。

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。

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）

原子力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庁から運航者に指導等がなされているとともに、航空法第81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くなっている。また、航空法第73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ない」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、原子力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75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難の防止に必要な手段を尽くさなければならない」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。

*最低安全高度：航空法第81条及び航空法施行規則第174条において、以下のよう
に定められている。

有視界飛行方式により飛行する航空機にあつては、飛行中動力装置のみが停止した場合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うち何れか高いものとされている。

- ① 人又は家屋の密集している地域の上空にあつては、当該航空機を中心として水平距離600メートルの範囲内の最も高い障害物の上端から300メートルの高度
- ② 人又は家屋のない地域及び広い水面の上空にあつては、地上又は水上の人又は物件から150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
- ③ ①及び②に規定する地域以外の地域の上空にあつては、地表面又は水面から150メートル以上の高度

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）

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。

(1) 米国 (Standard Review Plan; NUREG-0800)

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。

- 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 10^{-7} /炉・年以下となること
- 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。

(2) フランス (Basic Safety Rules No.1.2.a; SIN No. Z/3253/80)

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。

- 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^{-6} / 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^{-7} / 炉・年と設定している）

- 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

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^{-7} / 炉・年を超えないよう立地選定を行っている。

- (3) ドイツ (Beschreibung der Gegenwaertigen Praxis zu den Sicherheitskriterien fuer Kernkraftwerke: Institut fuer Reactorsicherheit, RSK Safety Codes and Guides 19.1)

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。

- 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。
- 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。
- 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。

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。

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。

- (4) イギリス (Safety Assessment Principles for Nuclear Plants)

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。

- 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。

・基本安全限度： 10^{-5} / 年

・基本安全目標： 10^{-7} /年

- 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 回を下回ることを実証できない場合には設計基準解析の原則及び PSA 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。

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。

- 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 10^{-7} /炉・年未満でなければならない。
- ② 制御できない放出をもたらす全事故の発生確率は 10^{-6} /炉・年未満でなければならない。

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。

- ・ 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
- ・ 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

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)

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 10^{-7} (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 10^{-7} (回/炉・年) を設定している。

解説 4-1 評価対象航空機 (第 4 章)

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。

- (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。

- (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業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。
- (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。

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こと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。

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。

表1 評価対象航空機の取扱と種類

		民間航空機		自衛隊機、在日米軍機
		計器飛行方式	有視界飛行方式	
固定翼 (ジェット旅客機等)	大型機	定期便：評価対象 (例) 大型旅客機 (B747、 B777 等)	定期便：該当なし	評価対象 自衛隊機 (F-4EJ改、 F-15 等) 在日米軍機 (F-16、 F/A-18 等)
		不定期便：評価対象外 (注1)	不定期便：評価対象 (例) 海上保安庁のパトロール 機 (ビーチクラフト 90 型等) 民間の社有機 (三菱式 MU-300 型等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象 自衛隊機 (T-1 等)
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 本土-離島間コミュータ (DHC-6、BN-2 等) 軽飛行機 (セスナ 172 等)	
回転翼 (ヘリコプター)	大型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象 自衛隊機 (MH-53 等) 在日米軍機 (CH-53 等)
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 資材輸送 (ベル 214B、 AS332 等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象 自衛隊機 (OH-6 等) 在日米軍機 (UH-1 等)
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 離島間コミュータ (SA365 等) 資材輸送、緊急医療、報 道用等 (アエロスハシアル AS350、川崎 BK117)	

(注1) 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。

(注2) 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、運航頻度が大型機の定期便の数%であると判断できることから評価対象外とする。

(注3) 小型固定翼機及び回転翼機では、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、原則としては、有視界飛行方式による飛行形態を取っていることから、本基準では、全て有視界飛行方式として評価することとする。

解説4-2 評価手法の保守性（第4章）

(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

原子力施設付近の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力施設付近における飛行は極めて少なくなるものと考えられるが、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件数及び当該飛行場の着陸回数から求めることとしている。

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。

(2) 有視界飛行方式で飛行する民間航空機の落下事故

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81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。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

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3.6 km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、訓練空域内で訓練中あるい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。

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。

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。

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）

(1) 対象航空機

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て運航頻度が大型機の数%とわずかであるため対象外とする。

(2) 事故率 ($f_{a,d}$ 、 f_c)

①対象航空機事故

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、航空機が制御不可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。

②事故事例及び運航実績の集計期間

本項目の評価に用いる事故事例 ($D_{a,d}$ 、 G_c) 及び運航実績 ($E_{a,d}$ 、 H_c) の集計期間については、集計期間を長くにとって、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。

(3) 航空路

①対象航空路

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）等をいう。）とする。

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。

また、最近では、予め設定された航空路とは別に、任意の地点間を結ぶ広域航法経路（RNAV経路）が設定されており、今後、当該経路の増加が予想される。この増加に伴い、巡航中の飛行機は全国的に均一に分布する傾向となり、その結果、現行の航空路を飛行する航空機は減少し飛行密度が低下することとなる。一方、現在、航空路が上空にない原子炉施設では、RNAV経路の増加に伴い、そこを飛行する航空機の落下確率を評価することが必要となり得るが、当該経路を巡航する航空機の便数が大幅に増加しない限り、同経路からの落下確率は有意なものとはならず、したがって、現時点では、RNAV経路を評価対象外としても問題はないと言える。ただし、今後、頻繁に使用されるRNAV経路が確認された場合には、当該ルートを航空路と見なして評価することとする。

②航空路の幅（W）

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はずれることを考慮して、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。

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。

(4) 原子炉施設の標的面積（A）

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。

る。本基準では、原則として 0.01km^2 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^2 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。

なお、 0.01km^2 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様である。

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

(1) 対象航空機及び対象事故

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。

- ① 不定期便大型固定翼機の離着陸時の事故
- ② 不定期便大型固定翼機の巡航中の事故
- ③ 軽飛行機など小型固定翼機の離着陸時の事故
- ④ 軽飛行機など小型固定翼機の巡航中の事故
- ⑤ 回転翼機の離着陸時の事故
- ⑥ 回転翼機の巡航中の事故

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。

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。

(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

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 0.01km²を用いる。）。

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1)}も遅いため、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。

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。

表 2 代表的な戦闘機、旅客機と小型機との機体重量、飛行速度の比較

航空機タイプ	代表機種	想定重量 (kg)	飛行速度 (水平方向(m/s))
戦闘機	F-15C	20,244	130 ^{注1)}
	F-16C	11,372	150 ^{注1)}
旅客機	B747-400	394,625	256 ^{注2)}
軽飛行機	セナ172型	1,089	56 ^{注2)}
小型回転翼機	AS350B	1,900	65 ^{注2)}

注 1) 滑空速度

注 2) 巡航速度

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

(1) 対象航空機

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。

(2) 入力パラメータ

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を以下に記す。

① 単位年当たりの事故率

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。

② 訓練空域内外の面積

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（面積の総計：約80,000km²）、62カ所（同：約590,000km²）設定されている。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（面積の総計：約400km²）、22カ所（同：約110,000km²）設定されている。

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た面積）において発生したものとする。

③ 原子炉施設の標的面積

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づいて決定するものとする（原則として0.01km²を用いる。）。

解説4-6：基地と訓練空域間往復経路

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。

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。

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。

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形状の区域を指す。

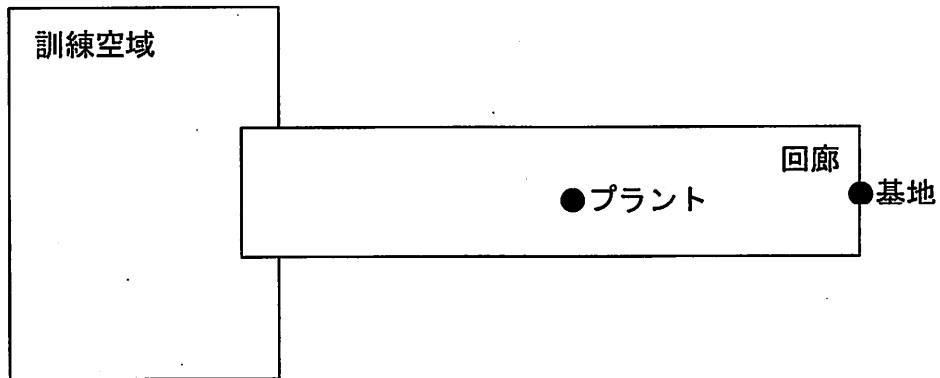


図1 回廊中に原子炉施設が存在する場合

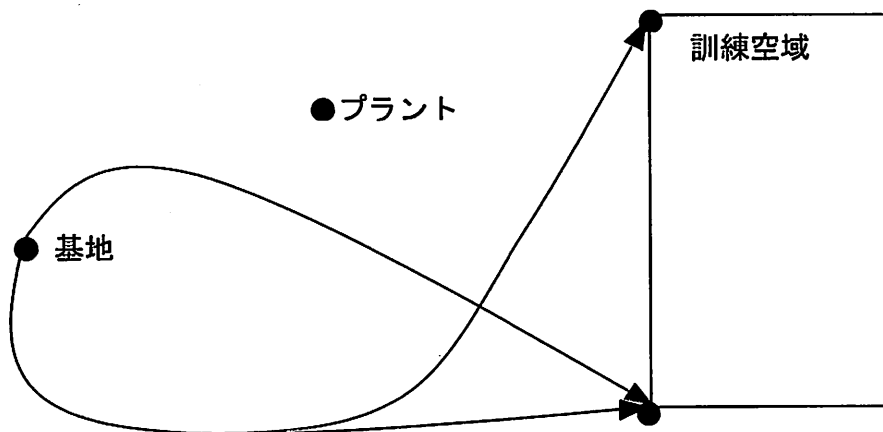


図2 移動経路近傍に原子炉施設が存在する場合

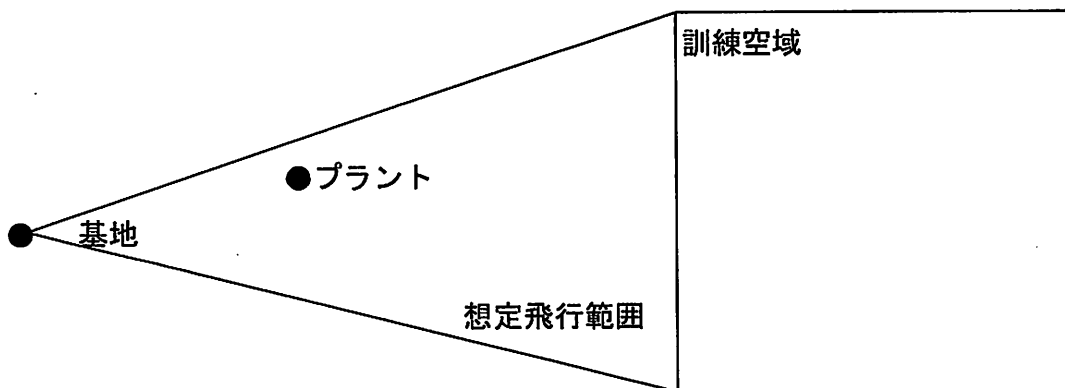


図3 想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合

原子炉安全小委員会委員名簿（五十音順、敬称略）

委員長	班目 春樹	東京大学大学院工学系研究科教授
	青山 博之	東京大学名誉教授
	朝田 泰秀	社団法人火力原子力発電技術協会技術顧問
	阿部 勝征	東京大学地震研究所教授
	阿部 清治	日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部長
	石川 迪夫	財団法人原子力発電技術機構技術顧問
	石塚 信	財団法人原子力安全技術センター客員研究員
	石野 葉	東海大学工学部教授
	大橋 弘忠	東京大学大学院工学系研究科教授
	岡 芳明	東京大学大学院工学系研究科教授
	川上 泰	財団法人原子力研究バックエンド推進センター専務理事
	近藤 駿介	東京大学大学院工学系研究科教授
	斯波 正誼	財団法人原子力発電技術機構技術顧問
	辻川 茂男	東京大学名誉教授
	宮崎 慶次	近畿職業能力開発大学校校長
	吉川 榮和	京都大学大学院エネルギー科学研究科教授

安全評価第一ワーキンググループ（航空機落下評価関係）委員名簿
（五十音順、敬称略）

主査	阿部 清治	日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部長
	石橋 明	日本ヒューマンファクター研究所事務局長・研究開発室長
	可児 吉男	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター システム技術開発部長
	田中 信夫	財団法人原子力発電技術機構安全解析所副所長
	長岡 栄	電子航法研究所電子航法開発部 管制間隔研究グループグループリーダー
	増位 和也	航空宇宙技術研究所飛行システム研究センター 飛行実験グループグループリーダー
	村松 健	日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部 安全評価研究室長