

放射性廃棄物処理場における航空機落下確率評価に係る  
確認事項

令和2年7月8日

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

バックエンド技術部



(資料 処理場－96－1の抜粋に航空機落下確率評価式の追加)

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

原子炉設置変更許可申請

[放射性廃棄物の廃棄施設等の変更]

第3回補正 コメント回答

(その3)

平成29年12月19日

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

バックエンド技術部

## I. 補正を要するもの

### 廃棄物処理場補正申請 (H29. 10. 27) に対するコメント No. 12 (H29. 12. 5)

添付書類八 p. 8-8

航空機落下確率の標的面積について、既に許可となった加工施設等の考え方を参考に考え方を整理しなおすこと。

#### <回答>

##### 1. 評価の見直しについて

放射性廃棄物の廃棄施設への航空機の落下確率については、「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））等に基づき評価している。今回、コメントを踏まえ、加工施設等の考え方を参考に、標的面積の考え方を見直し、以下の 2 ケースで再評価を実施した。

##### <ケース A>

放射性廃棄物の廃棄施設の各施設は、各々独立した施設であり、お互いに安全機能の関連性がないことを考慮し、標的面積を施設毎に評価する。複数の構築物から構成される施設については、個々の構築物の面積の総和を標的面積とする。

##### <ケース B>

航空機の種類により落下の影響が及ぶおそれのある範囲等を考慮し、有視界飛行方式民間航空機（小型機）以外の航空機にあっては、近接する施設への落下が標的となる施設に影響を及ぼすと仮定<sup>※1</sup>し、一つの施設に落下した場合の施設の面積と近接する施設の面積を合算し、標的面積とする。標的面積の考え方を図 1 に示す。

なお、各ケースの評価にあたっては、外部からの衝撃による損傷の防止に係る安全機能維持の説明<sup>※2</sup>において、すべての安全施設を防護対象とする考え方を示したことから、排水貯留ポンドを防護対象に加えた。

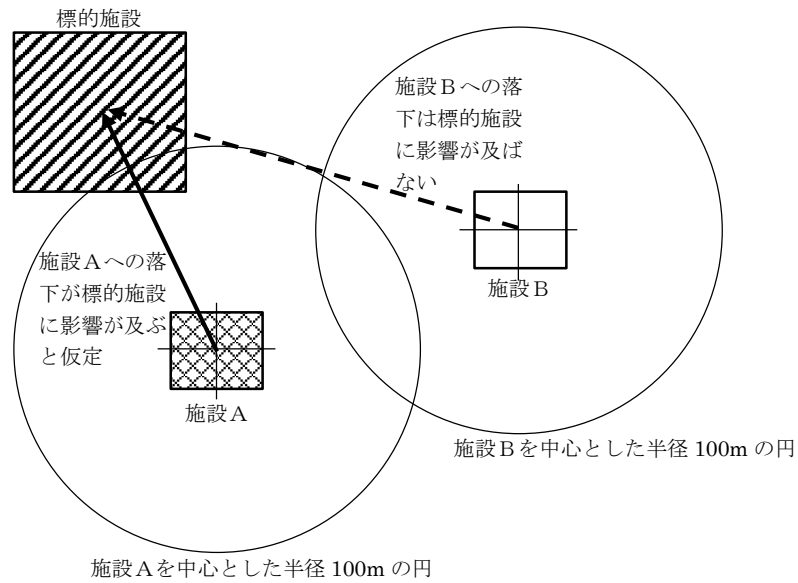
※ 1 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」において故意による大型航空機の衝突の場合であっても同時に影響を受けないとされる離隔距離 100m を参考に、施設中心から半径 100m 以内を影響が及ぶ範囲と仮定する。

※ 2 第 214 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 資料 2 - 1

## 2. 再評価結果

標的面積を施設毎として評価した結果、航空機落下確率が最大となる施設は、保管廃棄施設・Lの約 $6.4 \times 10^{-8}$ 回/炉・年（表1-1参照）であり、防護設計の可否を判断する基準である $10^{-7}$ 回/炉・年を超えない。また、有視界飛行方式民間航空機（小型機）以外の航空機にあつては、近接する施設への落下が標的となる施設に影響を及ぼすと仮定し、一つの施設に落下した場合の施設の面積と近接する施設の面積を合算し、標的面積として評価した結果、航空機落下確率が最大となる施設は減容処理棟の約 $8.2 \times 10^{-8}$ 回/炉・年（表1-2及び図2参照）であり、防護設計の可否を判断する基準である $10^{-7}$ 回/炉・年を超えない。よって、放射性廃棄物の廃棄施設は航空機落下に対する考慮をする必要はなく、航空機落下により安全性を損なうことはない。

標的面積の考え方の見直しに伴い、航空機落下確率が変更になったため、原子炉設置変更許可申請書を表2に示すとおり補正する。



有視界飛行方式民間航空機（小型機）以外の航空機の評価にあつては、標的施設の面積に施設Aの面積を合算し、標的面積とする。



(標的面積 =  +  )

図1 標的面積の考え方

表1-1 航空機落下確率一覧（ケースAによる評価）

標的施設	標的面積(km <sup>2</sup> )		航空機落下確率 (回/炉・年)
	X-Y平面	投影面	
第1 廃棄物処理棟	0.00064	0.00079	$1.03 \times 10^{-8}$
第2 廃棄物処理棟	0.00225	0.00245	$3.60 \times 10^{-8}$
第3 廃棄物処理棟	0.00110	0.00124	$1.76 \times 10^{-8}$
減容処理棟	0.00290	0.00310	$4.63 \times 10^{-8}$
解体分別保管棟	0.00239	0.00281	$3.81 \times 10^{-8}$
固体廃棄物一時保管棟	0.00021	0.00027	$3.40 \times 10^{-9}$
<b>保管廃棄施設・L</b>	<b>0.00399</b>	<b>0.00399</b>	<b><math>6.36 \times 10^{-8}</math></b>
保管廃棄施設・M-1	0.00058	0.00058	$9.30 \times 10^{-9}$
保管廃棄施設・M-2	0.00113	0.00113	$1.81 \times 10^{-8}$
特定廃棄物の保管廃棄施設（インパイルループ用）	0.00004	0.00005	$7.00 \times 10^{-10}$
特定廃棄物の保管廃棄施設（照射試料用）	0.00014	0.00014	$2.30 \times 10^{-9}$
排水貯留 Pond	0.00058	0.00058	$9.30 \times 10^{-9}$
廃棄物保管棟・I	0.00108	0.00129	$1.72 \times 10^{-8}$
廃棄物保管棟・II	0.00133	0.00170	$2.12 \times 10^{-8}$
保管廃棄施設・NL	0.00116	0.00116	$1.86 \times 10^{-8}$

表 1 - 2 ( 1 / 2 ) 航空機落下確率一覧 ( ケース B による評価 )

標的施設	標的施設に影響が及ぶ おそれのある施設	標的面積 (km <sup>2</sup> )				航空機落下 確率 (回/年)
		標的施設の面積		標的施設の面積及び標 的施設に影響が及ぶお それのある施設の面積 の総和		
		X-Y 平面	投影面	X-Y 平面	投影面	
第 1 廃棄物 処理棟	第 2 廃棄物処理棟 第 3 廃棄物処理棟 固体廃棄物一時保管棟	0.00064	0.00079	0.00421	0.00475	$3.86 \times 10^{-8}$
第 2 廃棄物 処理棟	第 1 廃棄物処理棟 第 3 廃棄物処理棟 固体廃棄物一時保管棟 排水貯留 Pond	0.00225	0.00245	0.00479	0.00533	$5.62 \times 10^{-8}$
第 3 廃棄物 処理棟	第 2 廃棄物処理棟 第 3 廃棄物処理棟 固体廃棄物一時保管棟	0.00110	0.00124	0.00421	0.00475	$4.23 \times 10^{-8}$
減容処理棟	解体分別保管棟 固体廃棄物一時保管棟 保管廃棄施設・M-1 保管廃棄施設・M-2 特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用) 特定廃棄物の保管廃棄施設 (照射試料用)	0.00290	0.00310	0.00739	0.00808	$8.20 \times 10^{-8}$
解体分別保 管棟	減容処理棟 固体廃棄物一時保管棟 保管廃棄施設・M-1 保管廃棄施設・M-2 特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用) 特定廃棄物の保管廃棄施設 (照射試料用)	0.00239	0.00281	0.00739	0.00808	$7.79 \times 10^{-8}$
固体廃棄物 一時保管棟	第 1 廃棄物処理棟 第 2 廃棄物処理棟 第 3 廃棄物処理棟 解体分別保管棟	0.00021	0.00027	0.00660	0.00756	$5.28 \times 10^{-8}$
保管廃棄施 設・L	特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用) 特定廃棄物の保管廃棄施設 (照射試料用) 排水貯留 Pond	0.00399	0.00399	0.00475	0.00476	$6.97 \times 10^{-8}$

表 1 - 2 ( 2 / 2 ) 航空機落下確率一覧 ( ケース B による評価 )

標的施設	標的施設に影響が及ぶ おそれのある施設	標的面積 (km <sup>2</sup> )				航空機落下 確率 (回/炉・ 年)
		標的施設の面積		標的施設の面積及び標 的施設に影響が及ぶお それのある施設の面積 の総和		
		X-Y 平面	投影面	X-Y 平面	投影面	
保管廃棄施 設・M-1	減容処理棟 解体分別保管棟 保管廃棄施設・M-2 特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用) 特定廃棄物の保管廃棄施設 (照射試料用) 排水貯留ポンド	0.00058	0.00058	0.00777	0.00839	$6.63 \times 10^{-8}$
保管廃棄施 設・M-2	減容処理棟 解体分別保管棟 保管廃棄施設・M-1 特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用) 特定廃棄物の保管廃棄施設 (照射試料用) 排水貯留ポンド	0.00113	0.00113	0.00777	0.00839	$7.07 \times 10^{-8}$
特定廃棄物 の保管廃棄 施設 (イン パイルル ープ用)	減容処理棟 解体分別保管棟 保管廃棄施設・M-1 保管廃棄施設・M-2 特定廃棄物の保管廃棄施設 (照射試料用)	0.00004	0.00005	0.00718	0.00781	$5.74 \times 10^{-8}$
特定廃棄物 の保管廃棄 施設 (照射 試料用)	減容処理棟 解体分別保管棟 保管廃棄施設・M-1 保管廃棄施設・M-2 特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用)	0.00014	0.00014	0.00718	0.00781	$5.82 \times 10^{-8}$
排水貯留ポ ンド	第2廃棄物処理棟 保管廃棄施設・L 特定廃棄物の保管廃棄施設 (インパイルループ用)	0.00058	0.00058	0.00686	0.00707	$5.77 \times 10^{-8}$
廃棄物保管 棟・I	廃棄物保管棟・II 保管廃棄施設・NL	0.00108	0.00129	0.00356	0.00414	$3.70 \times 10^{-8}$
廃棄物保管 棟・II	廃棄物保管棟・I 保管廃棄施設・NL	0.00133	0.00170	0.00356	0.00414	$3.90 \times 10^{-8}$
保管廃棄施 設・NL	廃棄物保管棟・I 廃棄物保管棟・II	0.00116	0.00116	0.00356	0.00414	$3.77 \times 10^{-8}$



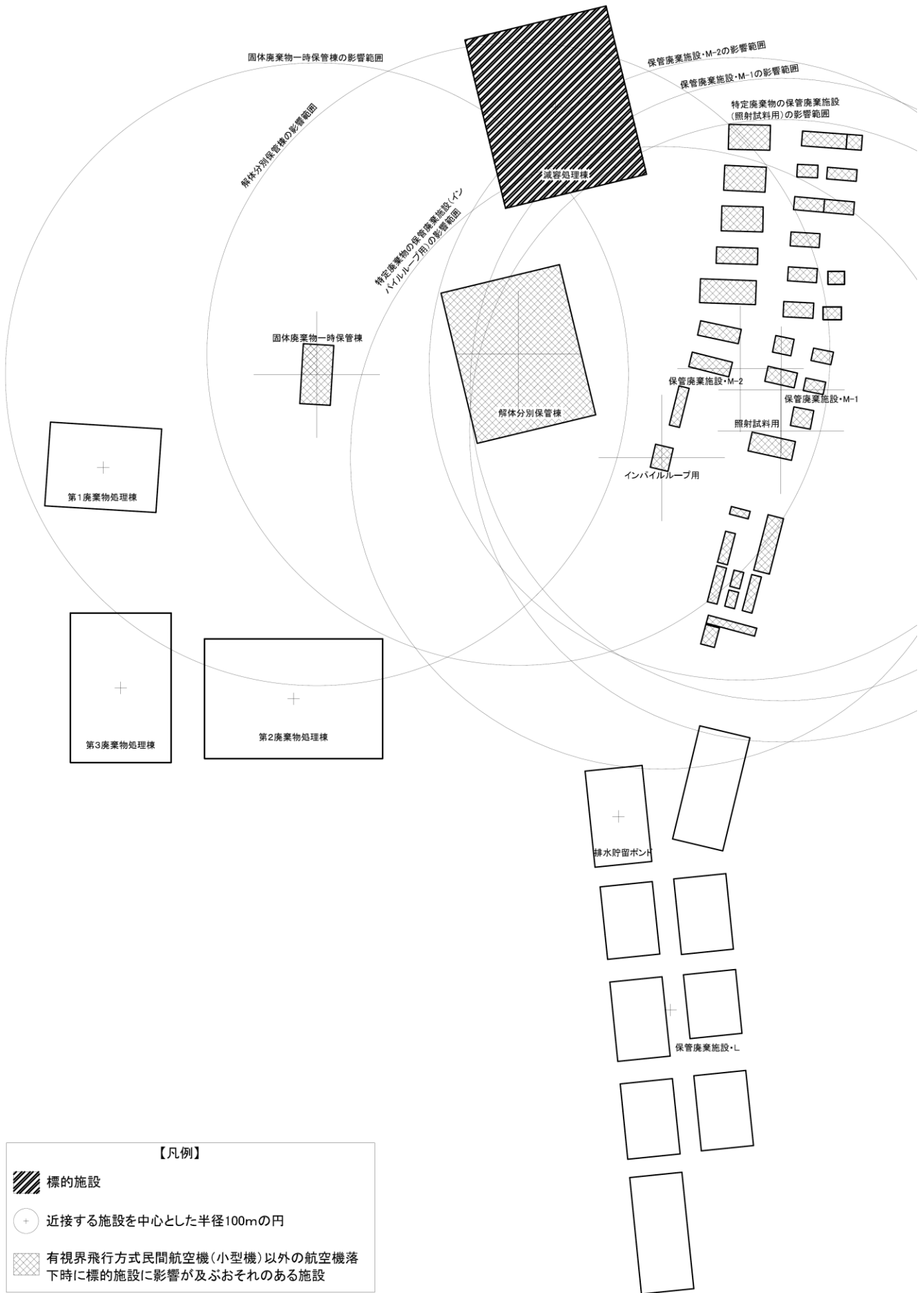


図2 標的施設に影響が及ぶおそれのある施設 (標的施設：減容処理棟)

## 航空機落下確率評価

### 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

対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)  $P_{d,a}$

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

$f_{d,a} = D_{d,a}/E_{d,a}$	対象航空機の国内での離着陸時事故確率 (回/離着陸回)	$1.30 \times 10^{-7}$
$D_{d,a}^{*1}$	国内での離着陸事故件数 (回)	4
$E_{d,a}^{*1}$	国内での離着陸回数 (離着陸回数)	30,685,564
$N_{d,a}^{*2}$	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)	3,328
$A^{*3}$	原子炉施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )	表 1-1 及び表 1-2 参 照
$\Phi_{d,a}(r, \theta)^{*4}$	離着陸時の事故における落下地点確率分 布関数	正規分布: $3.01 \times 10^{-4}$ 一様分布: $1.55 \times 10^{-4}$

※1: 「JNES-RE-2013-9011 航空機落下事故に関するデータの整備」(原子力安全基盤機構) による。

※2: 「暦年・年度別空港管理状況調書」(国土交通省航空局) による着陸回数(平成23年: 国際線 218 回、国内線 1,446 回) を 2 倍した値とする。

※3: 表 1-1 に示す「標的面積(投影面)」及び表 1-2 に示す「標的施設の面積及び標的施設に影響が及ぶおそれのある施設の面積の総和(投影面)」の値を用いる。

※4: 評価基準に従い、正規分布又は一様分布を仮定し、いずれか厳しい方を用いる。

1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

② 航空路を巡航中の落下事故

対象施設への巡航中の航空機落下確率（回/年） $P_c$

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

対象航空路 <sup>※1</sup>	直行経路：IXE-SWAMP、 直行経路：IXE-KZE、 RNAV 経路：Y30	
$f_c = G_c/H_c$	単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率（回/飛行回・km）	$5.26 \times 10^{-11}$
$G_c$ <sup>※2</sup>	巡航中の事故件数（回）	0.5
$H_c$ <sup>※2</sup>	延べ飛行距離（飛行回・km）	9,499,283,168
$N_c$ <sup>※3</sup>	評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回/年）	直行経路 IXE-SWAMP : 182.5 回 直行経路 IXE-KZE : 182.5 回 RNAV 経路 Y30 : 22,630 回
$A$	原子炉施設の標的面積（km <sup>2</sup> ）	表 1-1 及び表 1-2 参照
$W$ <sup>※4</sup>	航空路幅（km）	直行経路 : 14.816km (8NM) RNAV 経路 : 18.520km (10NM)

※1：エンルートチャート及び国土交通省航空局への問い合わせにより確認

※2：「JNES-RE-2013-9011 航空機落下事故に関するデータの整備」（原子力安全基盤機構）による。ただし、 $G_c$ については、平成4年から平成23年までの20年間の巡航中事故件数は0回であるため、保守的に0.5回とした。

※3：国土交通省航空局への問い合わせ結果（平成23年下期のピークデイ値）を365倍した。ただし、直行経路については0回であるため、1日の飛行回数を保守的に0.5回とした。

※4：直行経路については「航空路等設定基準」を参照した。RNAV経路については、航法精度（10NM=18.52km）を航空路の幅とした。

2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

対象施設への航空機落下確率 (回/年)  $P_v$

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

$f_v^{※1}$	単位年あたりの落下事故確率 (回/年)	大型固定翼機 : 0.5/20=0.025 小型固定翼機 : 35.0/20=1.750 大型回転翼機 : 1.0/20=0.050 小型回転翼機 : 25.0/20=1.250
$S_v^{※1}$	全国土面積 (km <sup>2</sup> )	372,907
$A$	原子炉施設の標的面積 (km <sup>2</sup> )	表1-1及び表1-2参照
$\alpha^{※2}$	対象航空機の機種による係数	大型固定翼機、大型回転翼機 : 1 小型固定翼機、小型回転翼機 : 1

※1 : 「JNES-RE-2013-9011 航空機落下事故に関するデータの整備」(原子力安全基盤機構)による。

※2 : 大型固定翼機、大型回転翼機は「評価基準」に従い1を用いるが、小型固定翼機、小型回転翼機については発電用原子炉に比べ堅固な建家ではないため0.1ではなく1を用いる。

3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

① 訓練空域外を飛行中の落下事故 (原子炉施設上空に訓練空域が存在しない場合)

訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)  $P_{so}$

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

$f_{so}^{※1}$	単位年あたりの訓練空域外落下事故確率 (回/年)	自衛隊機 : 8/20=0.40 米軍機 : 5/20=0.25
$S_o^{※1}$	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> )	自衛隊機 : 295,675 米軍機 : 372,410
$A$	原子炉施設の標的面積 (km <sup>2</sup> )	表1-1及び表1-2参照

※1 : 「JNES-RE-2013-9011 航空機落下事故に関するデータの整備」(原子力安全基盤機構)による。

3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

② 基地-訓練空域を往復時の落下事故

(想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合 (自衛隊機))

対象施設への航空機落下確率 (回/年)  $P_{se}$

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

$f_{se}^{※1}$	基地と訓練空域間を往復中の落下事故確率 (回/年)	自衛隊機 : 0.5/20=0.025
$S_{se}^{※2}$	想定飛行範囲の面積 (km <sup>2</sup> )	自衛隊機 : 4,541
$A$	原子炉施設の標的面積 (km <sup>2</sup> )	表 1 - 1 及び表 1 - 2 参照

※1 : 平成 4 年～平成 23 年の 20 年間に当該想定飛行範囲内で自衛隊機の移動時の落下事故は発生していないことから、事故件数を保守的に 0.5 件として評価した。

※2 : 百里基地 (飛行場) と自衛隊機の訓練空域 (Area 1, Area E 「E-1, E-2, E-3, E-4」の全域) 境界間を直線で結んだ想定飛行範囲の面積。なお、自衛隊訓練空域 (E1, E2) については、AIP JAPAN に “Excluding R-121 “と記載のあることから、米軍の訓練空域 (R-121) を除いている。