【公開版】

提出年月日	令和２年３月 13 日　R9
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）

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

令和２年３月 13 日　R7

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１－１表）

第１－１表　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）

事業指定基準規則 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
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。 （解釈） 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。 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。 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、自然事象そのものが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。	指針1.基本的立地条件 　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。 1.　自然環境 (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 (2)地盤、地耐力、断層等の地質及び地形等 (3)風向、風速、降雨量等の気象 (4)河川、地下水等の水象及び水理 （解説） 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。	追加要求事項

第１－１表　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）

事業指定基準規則 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
	指針14　地震以外の自然現象に対する考慮 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。 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。 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。	前記のとおり

第１－１表　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）

事業指定基準規則 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
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。 （解釈） 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。 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。 ５ 第２項に規定する「適切に考慮したもの」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変化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。	指針14　地震以外の自然現象に対する考慮 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。 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。 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。	追加要求事項

第１－１表　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）

事業指定基準規則 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
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。 （解釈） 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。 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。	指針1　基本的立地条件 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。 2　社会環境 (1)　近接工場における火災、爆発等 (2)　航空機事故等による飛来物等 (3)　水の利用状況、飲食物の生産・流通状況、人口分布状況等 （解説） 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。 　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。 　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。	追加要求事項

第１－１表　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 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
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って人為によるもの（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））等に基づき、防護設計の要否について確認する。 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。		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，再処理施設敷地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当該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，再処理施設敷地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，安全上重要な施設に対しては，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変化を考慮して適切に組み合わせる。

また，安全機能を有する施設は，再処理施設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，再処理施設敷地又はその周辺において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（故意によるものを除く。）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。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（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。

(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10ｋｍ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20ｔ，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（内規）（平成１４・０７・２９原院第４号）」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。

想定される人為事象は，国内外の文献を参考に人為事象を抽出し，再処理施設の立地及び周辺環境を踏まえて再処理施設の安全性に影響を与える可能性のある事象を選定した上で，設計上の考慮が必要な人

為事象を想定する。

(1)　航空機落下

三沢対地訓練区域で対地射爆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10ｋｍ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。

その上で，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対象に，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・構築物については係数を適用して工程単位で航空機落下確率を評価した。

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建物・構築物を対象とした場合，計器飛行方式民間航空機の航空機落下確率は2.3×10^{-10}（回／年），自衛隊機又は米軍機のうち係数を適用した航空機落下確率は2.0×10^{-8}（回／年），係数を適用しない航空機落下確率は2.6×10^{-8}（回／年），航空機落下確率の総和は，4.6×10^{-8}

（回／年）となり，防護設計の判断基準である 10^{-7}（回／年）を超えないことから，追加の防護設計は必要ない。

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 10ｋｍ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。

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（内規）（平成１４・０７・２９原院第４号）」（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±60°の扇型区域から外れることから，航空機落下確率評価は不要とする。

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ＭＩＳＡＷＡ（ＭＩＳ）－ＣＨＩＴＯＳＥ（ＺＹＴ）が存在することから，当該直行経路を計器飛行方式民間航空機が飛行することを想定し，航空機落下確率評価を行う。

(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．訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺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。

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※1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※2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部的な破壊（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３－１表に示す。

【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，対象航空機の種類による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部的な破壊》

・　局部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
洞　道	
・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	・洞道を堅固な構造とする。
・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	・洞道を堅固な構造とする。
・精製建屋とウラン脱硝建屋を接続する洞道	・洞道を堅固な構造とする。
・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	・洞道を堅固な構造とする。
・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	・洞道を堅固な構造とする。
・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	・洞道を堅固な構造とする。
・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	・分離配置を行う。
・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	・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。

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。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建物・構築物を工程単位で選定し，それらを合算した面積を標的面積とする。

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４－１表に，選定した安全上重要な施設に係る建物・構築物を第４－２表に，また，建物・構築物の面積を第４－３表及び第４－４表に示す。

第４－５表に工程単位の標的面積を示す。

第４－５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建物・構築物の面積を合算した場合の 0.043ｋｍ^{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，係数を適用して評価することとし，標的面積は 0.031ｋｍ^{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，係数を適用せずに評価することとし，標的面積は0.012ｋｍ^{2}となる。

【補足説明資料４－１】

第４－１表　安全機能の維持に必要な安全上重要な施設の選定結果

工　程	各建屋に収容する安全上重要な施設の安全機能の維持に必要な建物・構築物							
	非常用所内電源系統		安全圧縮空気系	主排気筒	安全冷却水系			安全保護回路，安全上重要な計測制御系
	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	再処理設備本体			使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用	再処理設備本体用	第２非常用ディーゼル発電機用	
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								
チャンネル 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 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 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 安全冷却水系冷却塔Ａ※		○					○	
第２非常用ディーゼル発電機用 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建物・構築物

第４－２表　安全上重要な施設に係る建物・構築物

安全上重要な施設		安全上重要な施設の安全機能の維持に必要な建物・構築物
安全圧縮空気系		・前処理建屋（圧縮空気設備） ・再処理設備本体用　安全冷却水系冷却塔 ・前処理建屋（地上部安全冷却水系配管等） ・非常用電源建屋（第２非常用ディーゼル発電機） ・第２非常用ディーゼル発電機用　安全冷却水系冷却塔
安全冷却水系	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用　安全冷却水系	・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 ・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）
	再処理設備本体用　安全冷却水系	・再処理設備本体用　安全冷却水系冷却塔 ・前処理建屋（地上部安全冷却水系配管等） ・非常用電源建屋（第２非常用ディーゼル発電機） ・第２非常用ディーゼル発電機用　安全冷却水系冷却塔
	第２非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系	・第２非常用ディーゼル発電機用　安全冷却水系冷却塔 ・非常用電源建屋（第２非常用ディーゼル発電機）
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	・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） ・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
	再処理設備本体	・非常用電源建屋（第２非常用ディーゼル発電機） ・第２非常用ディーゼル発電機用　安全冷却水系冷却塔
主排気筒		・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） ・主排気筒
安全保護回路，安全上重要な計測制御系	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
	再処理設備本体	・制御建屋

第４－３表　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^2）
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 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４－４表　安全機能の維持に必要な建物・構築物の面積

安全機能の維持に必要な建物・構築物	面積（m^2）
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 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 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４－５表　工程単位の標的面積

工　程	上段：安全上重要な施設を収納する建屋※4 下段：安全機能の維持に必要な建物・構築物※4	標的面積※1 A （ｋｍ^2）
使用済燃料の受入れ・貯蔵	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 *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*	0.016 A1:0.010 A2:0.006
前処理	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）*※2，分離建屋※5，*地上部ダクト(分離建屋)*※2，精製建屋※5，*地上部ダクト(精製建屋)*，高レベル廃液ガラス固化建屋※5，*地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋)*※2，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*※2，*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*※2，*主排気筒*※2※3	0.039 A1:0.027 A2:0.012
分離	分離建屋 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）*※2，*地上部ダクト(分離建屋)*※2，精製建屋※5，*地上部ダクト(精製建屋)*※2，高レベル廃液ガラス固化建屋※5，*地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋)*※2，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*※2，*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*※2，*主排気筒*※2※3	0.039 A1:0.027 A2:0.012
精製	精製建屋 前処理建屋，*地上部安全冷却水系配管等（前処理建屋）*※2，分離建屋※5，*地上部ダクト(分離建屋)*※2，*地上部ダクト(精製建屋)*※2，高レベル廃液ガラス固化建屋※5，*地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋)*※2，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*※2，*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*※2，*主排気筒*※2※3	0.039 A1:0.027 A2:0.012
ウラン脱硝	ウラン脱硝建屋 制御建屋	0.005 A1:0.005 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 前処理建屋，*地上部安全冷却水系配管等（前処理建屋）*※2，分離建屋※5，*地上部ダクト(分離建屋)*※2，精製建屋※5，*地上部ダクト(精製建屋)*※2，高レベル廃液ガラス固化建屋※5，*地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋)*※2，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*※2，*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*※2，*主排気筒*※2※3	0.043 A1:0.031 A2:0.012
ウラン酸化物貯蔵	ウラン酸化物貯蔵建屋 該当なし	0.003 A1:0.003 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 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*※2	0.012 A1:0.007 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 前処理建屋，*LPG ボンベユニット(前処理建屋)*※2，*地上部安全冷却水系配管等（前処理建屋）*※2，分離建屋※5，*地上部ダクト(分離建屋)*※2，精製建屋※5，*地上部ダクト(精製建屋)*※2，*地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋)*※2，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*※2，*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*※2，*主排気筒*※2※3	0.039 A1:0.027 A2:0.012
ガラス固化体貯蔵	*第１ガラス固化体貯蔵建屋* 該当なし	0.006 A1: － 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 該当なし	0.004 A1:0.004 A2: －

（つづき）

工　程	上段：安全上重要な施設を収納する建屋※4 下段：安全機能の維持に必要な建物・構築物※4	標的面積※1 A （ｋｍ^2）
ハル・エンド ピース貯蔵	ハル・エンド ピース貯蔵建屋 該当なし	0.003 A1:0.003 A2: －
分析	分析建屋 該当なし	0.005 A1:0.005 A2: －
制御建屋※6	該当なし *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※2*	0.008 A1:0.003 A2:0.005
非常用電源建屋※6	該当なし *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※2*	0.005 A1: － A2:0.005
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※6	該当なし 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	0.013 A1:0.010 A2:0.003
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Ｂ※6	該当なし 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	0.014 A1:0.010 A2:0.004
再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔Ａ※6	該当なし 前処理建屋，*地上部安全冷却水系配管等（前処理建屋）※2，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※2*	0.012 A1:0.006 A2:0.006
再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔Ｂ※6	該当なし *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※2*	0.006 A1: － A2:0.006
第２非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔Ａ※6	該当なし *非常用電源建屋*	0.003 A1: － A2:0.003
第２非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔Ｂ※6	該当なし *非常用電源建屋*	0.003 A1: － A2:0.003
主排気筒※6	該当なし 分離建屋※5，*地上部ダクト(分離建屋)※2*，精製建屋※5，*地上部ダクト(精製建屋)※2*，高レベル廃液ガラス固化建屋※5，*地上部ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋)※2*	0.022 A1:0.018 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建物・構築物について，それぞれの安全機能の維持に必要な建物・構築物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５－１表に示す。

(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（ｋｍ^2）

W：航空路幅；14.816（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；0.5（回）

H_C：延べ飛行距離；11,497,450,753（飛行回・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デイの交通量）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】

$$P_{SOX} = P_{SO_1} + P_{SO_2}$$

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_{SO_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_{SO_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

$$P_{SO1} = \left(\frac{f_{SO1}}{S_O} \times A1 \times \alpha\right) + \left(\frac{f_{SO2}}{S_O} \times A1\right)$$

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

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

$$= 2.0 \times 10^{-8} \text{（回／年）}$$

f_{SO1}：係数を適用する航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）；

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（km^2）；

自衛隊機：<u>294,881</u>（km^2），米軍機：<u>372,472</u>（km^2）（注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再処理施設の標的面積；0.031（km^2）

α：係数；0.1

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

$$P_{SO_2} = \left(\frac{f_{SO_1} + f_{SO_2}}{S_O} \times A2 \right)$$

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

$$= 2.6 \times 10^{-8} \text{（回／年）}$$

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（ｋｍ^2）；

自衛隊機：294,881（ｋｍ^2），米軍機：372,472（ｋｍ^2）（注１）

$A2$：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；0.012（ｋｍ^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。

$$P_{SOX} = P_{SO_1} + P_{SO_2}$$

$$= 4.5 \times 10^{-8} \text{（回／年）}$$

(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，4.6×10^{-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。

【補足説明資料５－４】

第５－１表　工程単位の航空機落下確率

工 程	標的面積（ｋｍ^2）	航空機落下確率（回／年）				
		計器飛行方式民間航空機	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^{-11}	6.4×10^{-9}	1.3×10^{-8}	1.9×10^{-8}	1.9×10^{-8}
前処理	0.039	2.1×10^{-10}	1.8×10^{-8}	2.6×10^{-8}	4.3×10^{-8}	4.3×10^{-8}
分離	0.039	2.1×10^{-10}	1.8×10^{-8}	2.6×10^{-8}	4.3×10^{-8}	4.3×10^{-8}
精製	0.039	2.1×10^{-10}	1.8×10^{-8}	2.6×10^{-8}	4.3×10^{-8}	4.3×10^{-8}
ウラン脱硝建	0.005	2.7×10^{-11}	3.2×10^{-9}	—	3.2×10^{-9}	3.2×10^{-9}
ウラン・プルトニウム混合脱硝	0.043	2.3×10^{-10}	2.0×10^{-8}	2.6×10^{-8}	4.5×10^{-8}	4.6×10^{-8}
ウラン酸化物貯蔵	0.003	1.7×10^{-11}	2.0×10^{-9}	—	2.0×10^{-9}	2.0×10^{-9}
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵	0.012	6.5×10^{-11}	4.5×10^{-9}	1.1×10^{-8}	1.5×10^{-8}	1.5×10^{-8}
高レベル廃液ガラス固化	0.039	2.1×10^{-10}	1.8×10^{-8}	2.6×10^{-8}	4.3×10^{-8}	4.3×10^{-8}
ガラス固化体貯蔵	0.006	3.3×10^{-11}	—	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}
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^{-11}	2.6×10^{-9}	—	2.6×10^{-9}	2.6×10^{-9}
ハル・エンド ピース貯蔵	0.003	1.7×10^{-11}	2.0×10^{-9}	—	2.0×10^{-9}	2.0×10^{-9}
分析	0.005	2.7×10^{-11}	3.2×10^{-9}	—	3.2×10^{-9}	3.2×10^{-9}
制御建屋※	0.008	4.3×10^{-11}	2.0×10^{-9}	1.1×10^{-8}	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}
非常用電源建屋※	0.005	2.7×10^{-11}	—	1.1×10^{-8}	1.1×10^{-8}	1.1×10^{-8}
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※	0.013	7.0×10^{-11}	6.4×10^{-9}	6.3×10^{-9}	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}
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Ｂ※	0.014	7.5×10^{-11}	6.4×10^{-9}	8.4×10^{-9}	1.5×10^{-8}	1.5×10^{-8}
再処理設備本体用　安全冷却水系冷却塔Ａ※	0.012	6.5×10^{-11}	3.9×10^{-9}	1.3×10^{-8}	1.7×10^{-8}	1.7×10^{-8}
再処理設備本体用　安全冷却水系冷却塔Ｂ※	0.006	3.3×10^{-11}	—	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}
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^{-11}	—	6.3×10^{-9}	6.3×10^{-9}	6.4×10^{-9}
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^{-11}	—	6.3×10^{-9}	6.3×10^{-9}	6.4×10^{-9}
主排気筒※	0.022	1.2×10^{-10}	1.2×10^{-8}	8.4×10^{-9}	2.0×10^{-8}	2.0×10^{-8}

※前処理，分離等の工程の安全機能の維持に必要な建物・構築物

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）

再処理施設　安全審査　整理資料　補足説明資料				備考（8月提出済みの資料については、資料番号を記載）
資料№	名称	提出日	Rev	
~~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	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	3/13	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）	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	12/9	2	新規作成
補足説明資料３－３	評価対象とする訓練空域周辺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	12/9	2	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	１／10の係数を適用する建物・構築物について	12/9	2	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	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	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	3/13	4	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合の航空機落下確率	3/13	3	新規作成（2019/9/11審査会合　資料番号6として提出）

令和２年３月 13 日　R5

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
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。 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	

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
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。	
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。	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建物・構築物の面積を合算した面積を標的面積とした。 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。

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
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。	
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」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。	２．はじめに 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。 三沢対地訓練区域で対地射爆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 10ｋｍ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

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
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わることから、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）。 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いこととなっている。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、原子力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。	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。 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・構築物については係数を適用して航空機落下確率評を行い追加の防護設計の要否を評価した。

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
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っては、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っては、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っては、地表面又は水面から１５０メートル以上の高度 ---------- 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）	

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
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。 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	

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
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 Sicherheitskrirerien fuer kraftwerke: Institut fuer Reacktorsichelheit, 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。	

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
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回を下回ることが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。	

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
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。	
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。	４．再処理施設への航空機落下確率の評価手法 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。

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
・　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	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 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。
②航空路を巡航中の落下事故	②航空路を巡航中の落下事故 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ＭＩＳＡＷＡ（ＭＩＳ）－ＣＨＩＴＯＳＥ（ＺＹＴ）が存在することから，当該直行経路を計器飛行方式民間航空機が飛行することを想定し，航空機落下確率評価を行う。
２）有視界飛行方式民間航空機の落下事故	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した。

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
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。	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 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。 ②基地－訓練空域間を往復時の落下事故 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した。
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。	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。
（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	（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 評価対象外。

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
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。 $P_{d,a} = f_{d,a} \bullet N_{d,a} \bullet A \bullet \Phi_{d,a}(r,\theta)$ $P_{d,a}$：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）（km^2） $\Phi_{d,a}(r,\theta)$：離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（／km^2） $f_{d,a}=D_{d,a}/E_{d,a}$：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） $E_{d,a}$：国内での離着陸回数（離着陸回）	

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
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（Dd,a）及び運航実績（離着陸回数Ed,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（$\Phi d,a(r,\theta)$）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（$r0$）内の円内で滑走路方向両側に対し±60°以内の扇型（Ad,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。	

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
（一様分布） $\Phi(r_0,\theta)=\frac{1}{A_{d,a}}$ （／km2） $A_{d,a}=\frac{2}{3}\pi r_0^{\ 2}$ （km2） （正規分布） $\Phi(r_P,\theta)=\frac{1}{A_{d,a}}f(x)$ （／km2） $A_{d,a}=\frac{2}{3}\pi r_0^{\ 2}$ （km2） $f(x)=\frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp(-\frac{x^2}{2\sigma^2})\cong 2.1\times\exp(\frac{-30.42x^2}{\pi^2 r_P^{\ 2}})$ $A=\int_{-\infty}^{+\infty}f(x)dx=\int_{-\pi r/3}^{\pi r/3}P\ d=x\frac{2}{3}\pi r_P$ $\sigma=\frac{\pi r}{3\times 2.6}$ （$\int_{-\pi r/3}^{\pi r/3}f(x)dx=0.99$、即ち、信頼度区間 99%のとき） 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	２）航空路を巡航中の落下事故 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。 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

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
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。 $P_c = \frac{f_c \bullet N_c \bullet A}{W}$ 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（km^2） 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。	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。 評価の結果，航空機落下確率は「2.3×10^{-10}（回／年）」となる。

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
（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。	（２）有視界飛行方式民間航空機の落下事故 評価対象外。

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
$P_v = \frac{f_v}{S_v}(A \bullet \alpha)$ 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。	（３）自衛隊機又は米軍機の落下事故
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	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 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。

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
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っ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。 $P_{si} = (\frac{f_{si}}{S_i}) \bullet A$ 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）	①原子炉施設上空に訓練空域が存在する場合 評価対象外。

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
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。 $P_{so} = (\frac{f_{so}}{S_o}) \bullet A$ 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（km²） A：原子炉施設の標的面積（km²）	②原子炉施設上空に訓練空域が存在しない場合 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。 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係数を適用せず落下確率評価を行った。 評価式を以下に示す。 $P_{SOX} = P_{SO_1} + P_{SO_2}$ 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_{SO_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_{SO_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）

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
	$P_{SO_1} = \left(\frac{f_{SO1}}{S_O} \times A1 \times \alpha \right) + \left(\frac{f_{SO2}}{S_O} \times A1 \right)$ 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_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） $A1$：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（km^2） α：係数；0.1 $P_{SO_2} = \left(\frac{f_{SO1} + f_{SO2}}{S_O} \times A2 \right)$ 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_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） $A2$：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（km^2） 評価の結果，航空機落下確率は「4.5×10^{-8}（回／年)」となる。

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
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。 $P_{co} = (\frac{f_{co}}{S_{co}}) \bullet A$ P_{co}：対象施設への航空機落下確率（回／年） f_{co_o}：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）基地－訓練空域間往復時の落下事故 評価対象外。 （４）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，「4.6×10^{-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。

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
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。 $P_{tr} = f_{tr} \bullet N_{tr} \bullet A \bullet F(x)_{tr}$ 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） $F(x)_{tr}$：事故点分布関数（km^{-1}）$= \frac{0.625}{2}\exp(-0.625\lvert x\rvert)$ （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。	

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
$P_{se} = (\frac{f_{se}}{S_{se}}) \bullet A$ 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（km^2） A：原子炉施設の標的面積（km^2） 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	

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
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。 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。 　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るとしている。	

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
(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3.6km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	

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
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。	

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
(2)　事故率（*fa, d*、*fc*） 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（*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）、広域航法（ＲＮＡＶ）経路等をいう。）とする。	

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
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。 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を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。 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。 (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	

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
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^{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等である。 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（第４章） (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	

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
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0.01km^{2}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）も遅いため、	

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
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。 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） (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	

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
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80,000km^2）、62 カ所（同：約590,000km^2）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400km^2）、22カ所（同：約110,000km^2）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。 なお、評価を行う際には、航空路誌（ＡＩＰ）等から得られる最新の面積を用いる。 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0.01km^{2}用いる。）。	

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
解説４－６　基地と訓練空域間往復経路（第４章） 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状の区域を指す。	

令和２年３月 13 日　R1

補足説明資料５－２

民間航空機の延べ飛行距離

	延べ飛行距離(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	

令和２年３月 13 日　R4

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)　インプット条件のうち，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^2）の安全機能の維持に必要な建物・構築物のうち，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^2），分離建屋（5,700ｍ^2），精製建屋（6,500ｍ^2），高レベル廃液ガラス固化建屋（5,100ｍ^2），制御建屋（2,900ｍ^2）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Ａ１は，これらの面積の合算した値（30,200ｍ^2）から 100 の位を切り上げて 31,000ｍ^{2}とした。

安全機能の維持に必要な建物・構築物のうち，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^2，精製建屋；300ｍ^2，高レベル廃液ガラス固化建屋；150ｍ^2)，非常用電源建屋（1,200ｍ^2），再処理設備本体用　安全冷却水系冷却塔Ａ，Ｂ（Ａ；1,700ｍ^2，Ｂ；1,700ｍ^2），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^2，Ｂ；1,500ｍ^2），主排気筒（2,200ｍ^2）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^2）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Ａ２は，これらの面積の合算した値（11,730m^2）から100の位を切り上げて12,000m^{2}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Pcは以下の計算結果より約2.3×10^{-10}（回／年）となる。

$$Pc = \frac{(0.5/11,497,450,753)\times1,825\times0.043}{14.816}$$
$$= 2.304\times10^{-10}\text{（回／年）}$$

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Pso_1は以下の計算結果より，３桁目を切り上げて約2.0×10^{-8}（回／年）とした。

$$Pso_1 = \left(\frac{0.4}{\underline{294,881}} + \frac{0.1}{\underline{372,472}}\right)\times0.031\times0.1 + \left(\frac{0.1}{\underline{294,881}} + \frac{0.05}{\underline{372,472}}\right)\times0.031$$
$$= \underline{1.972}\times10^{-8}\text{（回／年）}$$

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 2.6×10^{-8}（回／年）とした。

$$P_{SO_2}=\left(\frac{0.4+0.1}{\underline{294,881}}+\frac{0.1+0.05}{\underline{372,472}}\right)\times0.012$$

$$=\underline{2.518}\times10^{-8}\text{（回／年）}$$

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 4.5×10^{-8}（回／年）となる。

$$P_{SOX}=P_{SO_1}+P_{SO_2}$$

$$=\underline{1.972}\times10^{-8}+\underline{2.518}\times10^{-8}$$

$$=\underline{4.490}\times10^{-8}\text{（回／年）}$$

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Pc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Pc，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 $\underline{4.6}\times10^{-8}$（回／年）とした。

$$Pc+P_{SO1}+P_{SO2}=2.304\times10^{-10}+\underline{1.972}\times10^{-8}+\underline{2.518}\times10^{-8}$$

$$=\underline{4.513}\times10^{-8}\text{（回／年）}$$

令和２年３月 13 日　R3

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。

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

$$= \frac{(0.5／11,497,450,753) \times 1,825 \times 0.082}{14.816}$$

$$= 4.4 \times 10^{-10}\ (回／年)$$

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（ｋｍ^2）

W：航空路幅；14.816（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；0.5（回）

H_C：延べ飛行距離；11,497,450,753（飛行回・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デイの交通量）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。

$$P_{SOX} = P_{SO_1} + P_{SO_2}$$

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_{SO_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_{SO_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

$$P_{SO1} = \left(\frac{f_{SO1}}{S_O} \times A1 \times \alpha\right) + \left(\frac{f_{SO2}}{S_O} \times A1\right)$$

$$= \left(\frac{0.4}{\underline{294,881}} + \frac{0.1}{\underline{372,472}}\right) \times 0.058 \times 0.1 + \left(\frac{0.1}{\underline{294,881}} + \frac{0.05}{\underline{372,472}}\right)) \times 0.058$$

$$= 3.7 \times 10^{-8} \text{（回／年）}$$

f_{SO1}：係数を適用する航空機による単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）；

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（km^2）；

自衛隊機：<u>294,881</u>（km^2），米軍機：<u>372,472</u>（km^2）（注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再処理施設の標的面積；0.058（km^2）

α：係数；0.1

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

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

$$= \left(\frac{0.4+0.1}{294,881} + \frac{0.1+0.05}{372,472} \right) \times 0.024$$

$$= 5.1 \times 10^{-8} \text{（回／年）}$$

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（km^2）；

自衛隊機：294,881（km^2），米軍機：372,472（km^2）（注１）

$A2$：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；0.024（km^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。

$$P_{SOX} = P_{SO_1} + P_{SO_2}$$

$$= 8.8 \times 10^{-8} \text{（回／年）}$$

(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，8.8×10^{-8}（回／年）となる。