

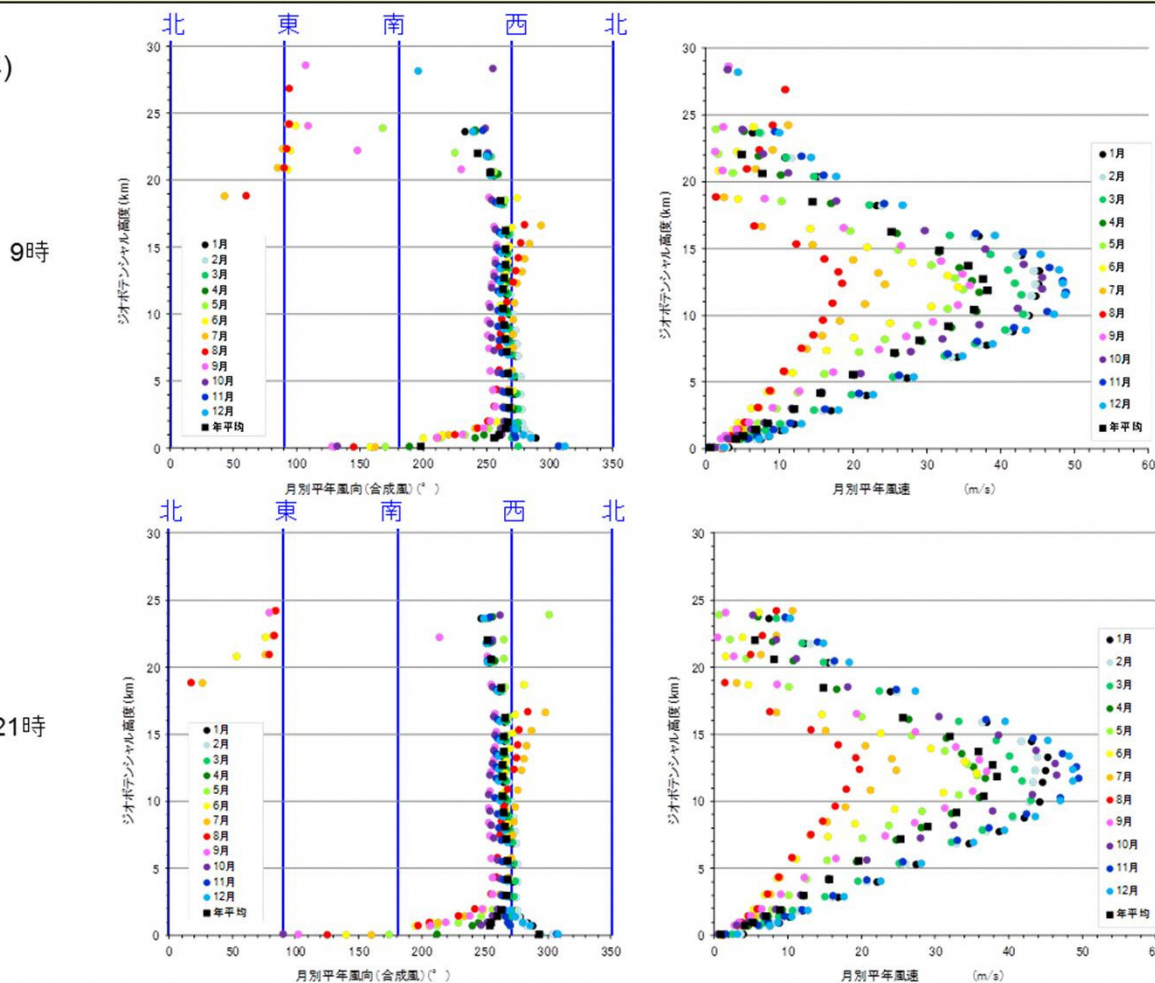
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要③)

●降下火砕物シミュレーションに用いる気象データ(月別平年値)

- 風向は、各月とも2km~18kmでは西風が卓越する。18km以上では、月によるばらつきがあり、6月~9月では東風が卓越する。
- 風速は、ジェット気流の影響で各月とも高度12km付近が最も大きい。また夏季に小さく、冬季に大きい傾向があり、8月が最も小さい。

月別平年値
(1981~2010年)



気象庁
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/upper/>による。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要(八甲田山:甲地軽石))

●降下火砕物シミュレーションの入力パラメータ(甲地軽石)

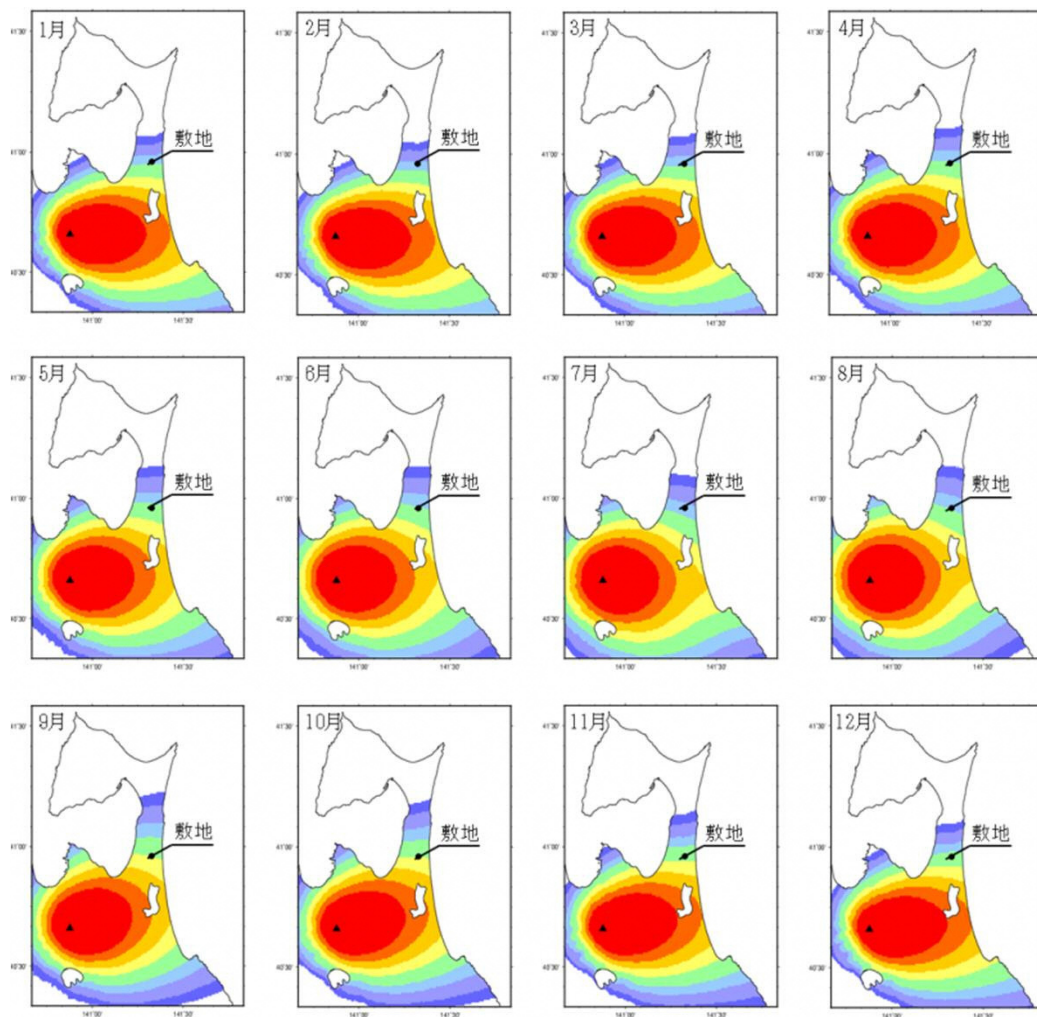
パラメータ		単位	値	設定根拠等
噴出物量		kg	8.25×10^{12}	工藤ほか(2004)に基づいて設定 (噴出量: 3.3km^3 (DRE), マグマ密度 2.5t/m^3)
噴煙柱高度		m	25,000	再現解析結果に基づき設定
噴煙柱分割高さ		m	100	萬年(2013)より設定
粒径	最大	ϕ ($2^{-\phi}\text{mm}$)	-10 ($1.02 \times 10^3\text{mm}$)	Tephra2推奨値
	最小	ϕ ($2^{-\phi}\text{mm}$)	10 ($9.77 \times 10^{-4}\text{mm}$)	Tephra2推奨値
	中央	ϕ ($2^{-\phi}\text{mm}$)	-3 (8mm)	再現解析結果に基づき設定
	標準偏差	ϕ	2.5	再現解析結果に基づき設定
岩片密度		t/m^3	2.6	Tephra2推奨値
軽石粒子密度		t/m^3	1.0	Tephra2推奨値
渦拡散係数		m^2/s	0.04	萬年(2013)より設定
拡散係数		m^2/s	75,000	再現解析結果に基づき設定
Fall Time Threshold		s	3,600	萬年(2013)より設定
給源	X座標(UTM:54N)	m	489,622	大岳山頂のUTM座標
	Y座標(UTM:54N)	m	4,500,900	
	標高	m	1,584	大岳山頂の標高

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要(八甲田山:甲地軽石))

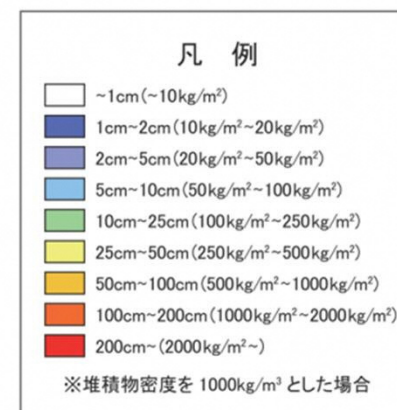
●降下火砕物シミュレーション(月別平年値の風)

- 八甲田山の甲地軽石相当の噴火について、月別平年値の風を用いた降下火砕物シミュレーションの結果を示す。
- 敷地における火山灰厚さは6.1cm~25cmと評価。



	質量 (kg/m ²)	層厚 (cm)
1月	8.4×10^1	8.4×10^0
2月	6.1×10^1	6.1×10^0
3月	8.8×10^1	8.8×10^0
4月	1.1×10^2	1.1×10^1
5月	1.3×10^2	1.3×10^1
6月	1.1×10^2	1.1×10^1
7月	6.7×10^1	6.7×10^0
8月	9.3×10^1	9.3×10^0
9月	2.5×10^2	2.5×10^1
10月	2.5×10^2	2.5×10^1
11月	1.9×10^2	1.9×10^1
12月	1.3×10^2	1.3×10^1

月別平年値(9時)の風の際の敷地での層厚
(1981~2010年)



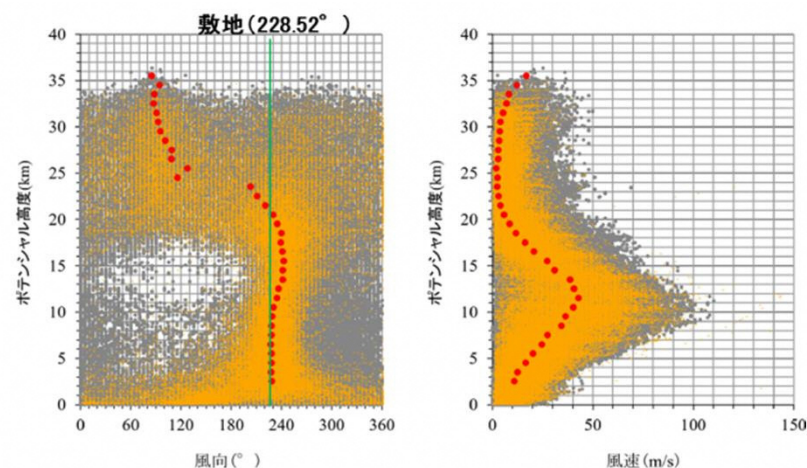
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要(八甲田山:甲地軽石))

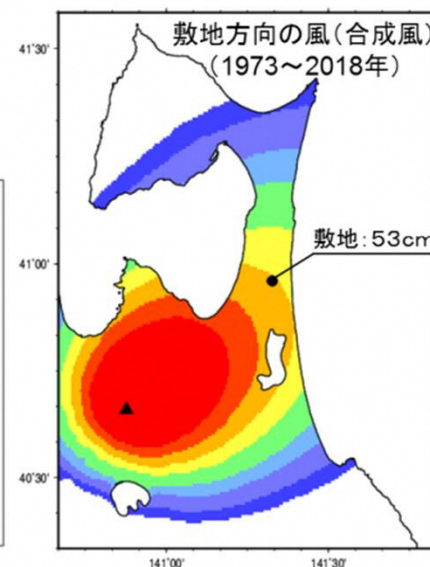
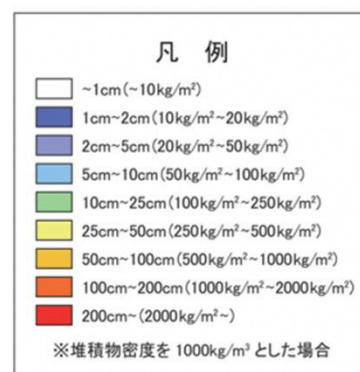
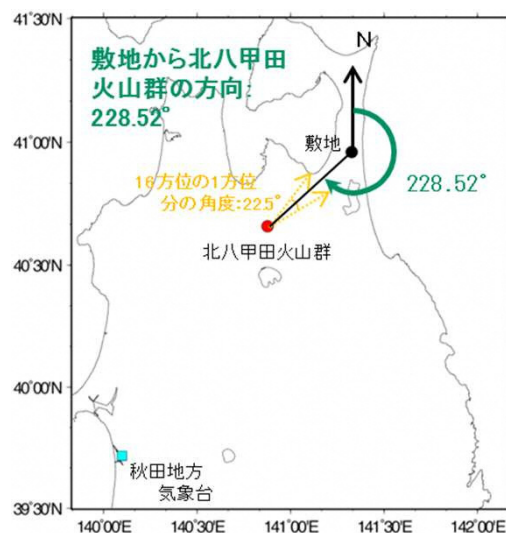
●降下火砕物シミュレーション(風向の不確かさ)

- 敷地は八甲田山の北東方向に位置しており、風向の不確かさとして、敷地方向の風を考慮した場合に最も影響を受けると考えられる。
- したがって、敷地方向の風を抽出・平均して作成した風を用いて検討した結果、敷地における火山灰厚さは53cm。

※観測値のうち高度2km~18kmにおける風向の平均値が抽出範囲内
 [敷地(228.52°)を中心とし、16方位の1方位分の角度:±11.25°]に入る風を抽出し、その高度別平均値を用いて解析



- 観測値 (2015~2018年のデータのみ記載)
- 観測値(敷地方向の風) (1973~2018年のデータ)
- 敷地方向の風(合成風) (1973~2018年のデータ)



8. 火山評価

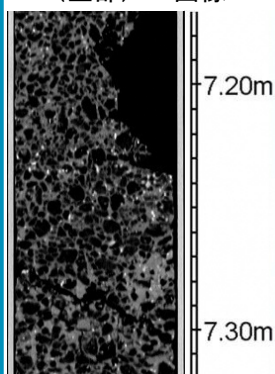
8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要(八甲田山:甲地軽石))

●甲地軽石の密度

当社の甲地軽石の密度試験結果

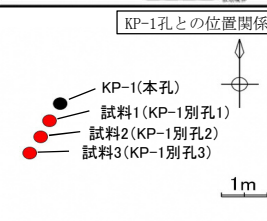
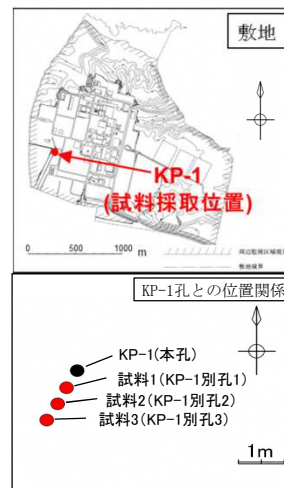
試料名	試料1	試料2	試料3	平均
乾燥密度	g/cm ³ 0.36	0.50	0.42	0.43
湿潤密度	g/cm ³ 1.14	1.20	1.14	1.16
飽和密度	g/cm ³ 1.21	1.30	1.25	1.25

KP-1孔甲地軽石(主部) CT画像

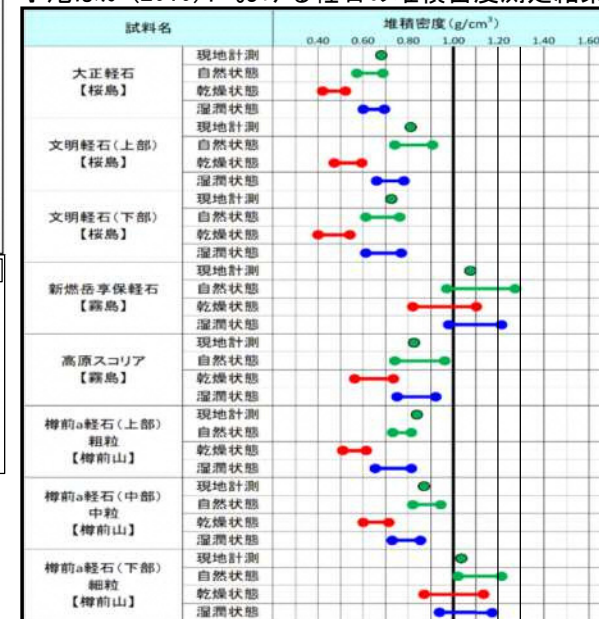


密度試験試料(KP-1別孔の甲地軽石(主部))

層厚が最大となるKP-1孔の甲地軽石(主部)の密度試験の結果、乾燥密度は0.43g/cm³、湿潤密度は1.16g/cm³、飽和密度1.25g/cm³である。



小尾ほか(2019)における軽石の堆積密度測定結果



- ▶ 宇井編(1997)によると、「乾燥した火山灰は密度が0.4~0.7であるが、湿ると1.2を超えることがある。」としている。
- ▶ 新版地学事典(2007)によると、軽石を「火山砕屑物の一種で、多孔質で見かけ密度が小さく淡色を呈するもの」としている。
- ▶ 小尾ほか(2019)において、細粒火山灰との比較検討として有史以降の噴火の軽石を対象とした堆積密度を計測しており、乾燥状態では約0.4g/cm³~約1.2g/cm³、自然状態では約0.5g/cm³~約1.3g/cm³、湿潤状態(試料を2日間浸水させて計測した密度)で約0.6g/cm³~約1.3g/cm³の測定結果を示している。

コア観察およびCT画像より甲地軽石は軽石が主体であり、密度試験結果並びに軽石の文献調査結果を踏まえ設計に用いる降下火砕物の密度は、湿潤状態※1.3g/cm³とする。

※飽和状態(降下火砕物の空隙に水が満たされた状態、飽和密度)を含む値として1.3g/cm³とした。

8. 火山評価

8.4 火山影響評価結果(まとめ)

設計対応不可能な火山事象(火砕流)の評価

- 文献調査の結果, 十和田及び八甲田山の巨大噴火において, 火砕流の到達可能性範囲に敷地または敷地近傍が含まれることから, 両火山の詳細な調査・検討を実施。
- 地質調査及び火山学的調査から, 十和田の場合, 敷地は巨大噴火による火砕流の末端に位置すると考えられるが, 八甲田山の場合, 敷地に到達していないと考えられる。
- また, 活動履歴, 地震波速度構造, 比抵抗構造, 地震・地殻変動データ等から, 両火山ともに, 巨大噴火が差し迫った状態ではなく, 巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的根拠があるとはいえないことから, 少なくとも施設運用期間中は, 巨大噴火の可能性は十分小さいと評価した。
- 十和田および八甲田山を対象に火山活動のモニタリングを実施し, 巨大噴火の可能性が十分小さいと評価した根拠が継続していることを確認する。

設計対応可能な火山事象(火山灰)の影響評価

- 降下火砕物シミュレーション結果および密度試験結果を踏まえ, 設計に用いる層厚を55cm, 密度(湿潤状態)を 1.3g/cm^3 とした。

8. 火山

8.5 防護設計方針

<参考>

第1回専門家会合(令和元年12月19日)
資料2より抜粋



降下火砕物への対処の方針

◆降下火砕物防護対象設備を収納する建屋及び屋外に設置する降下火砕物防護対象設備の許容荷重が、設計荷重(火山)に対して安全余裕を有することにより、構造健全性を失わない設計とする。

(1) 降下火砕物の堆積荷重

- ・密度(湿潤状態) : 1.3g/cm^3 (降下火砕物の層厚1cm当たり 130N/m^2)
- ・堆積厚さ : 55cm

$$\text{降下火砕物荷重} = 130 (\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 55 (\text{cm}) = 7,150 (\text{N/m}^2)$$

(2) 降下火砕物と火山以外の自然現象を組み合わせる場合

① 降下火砕物

- ・密度(湿潤状態) : 1.3g/cm^3 (降下火砕物の層厚1cm当たり 130N/m^2)
- ・堆積厚さ : 55cm

$$\text{降下火砕物荷重} = 130 (\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 55 (\text{cm}) = 7,150 (\text{N/m}^2)$$

② 積雪

- ・密度 : 0.3g/cm^3 (積雪の単位荷重は1cm当たり 30N/m^2)
- ・堆積量 : 150cm

$$\text{積雪荷重} = 30 (\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 150 (\text{cm}) = 4,500 (\text{N/m}^2)$$

③ 風

- ・基準風速 : 34m/s
- ・水平力として考慮

9. 航空機落下(事業規則第九条)

第九条:外部からの衝撃による損傷の防止

9. 航空機落下

9.1 要求事項



事業規則

(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、津波を除く。事項において同じ。)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。

: 外部からの衝撃による損傷の防止(航空機落下)の該当箇所

- 原子力安全・保安院「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」を参考に審査される。

9. 航空機落下

9.2 基本的考え方



<基本的考え方>

- 安全機能を有する施設は、安全機能の重要度に応じて機能を確保することとし、航空機落下に対して安全機能を損なわない設計とする。
- 「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。)を参考として、施設に対する防護設計の要否を確認する。

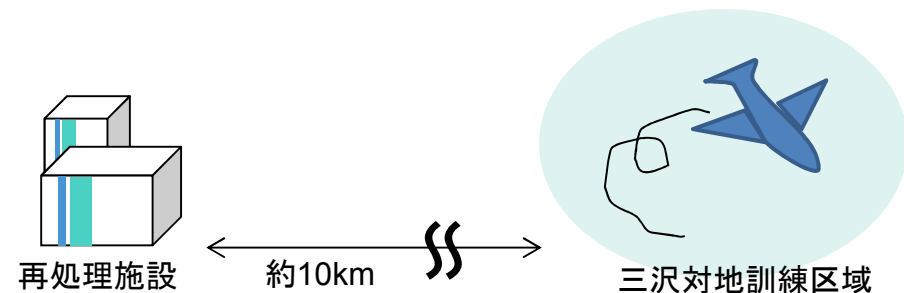
9. 航空機落下

9.3 航空機落下に対する現行設計の対策



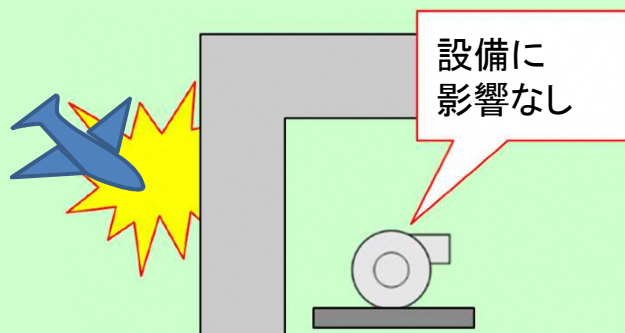
航空機が再処理施設に落下する可能性は極めて小さいものの、万が一に備えた対策を実施

- 再処理施設は、三沢空港、民間定期航空路および三沢対地訓練区域から離れている
- 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ている

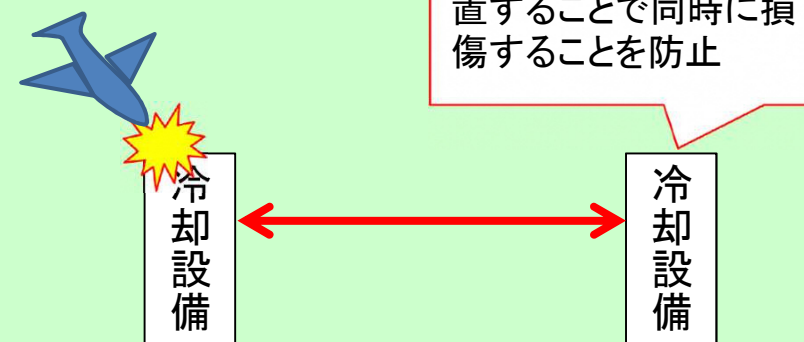


【航空機の落下対策】

① 堅固な構築物による保護



② 離隔距離の確保



9. 航空機落下

9.4 評価対象施設の選定及び標的面積の設定方針



(1) 評価対象施設の選定

- 評価対象とする建物・構築物は、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※¹及び屋外に設置する安全上重要な施設※²を選定。

※1：前処理建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋 他

※2：安全冷却水系冷却塔 他

(2) 標的面積の設定

- 再処理施設は工程ごとに建屋が分散配置されていることから、安全上重要な施設を収納している建屋毎とするとともに、安全機能の維持に必要な施設の面積を合算。

《ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の例》

- ✓ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の面積に、安全機能の維持に必要な施設として、前処理建屋，再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔，非常用電源建屋等の面積を合算（最大となる標的面積は、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の「0.043km²」）

9. 航空機落下

9.5 評価対象施設及び安全機能の維持に必要な安全上重要な施設の選定結果



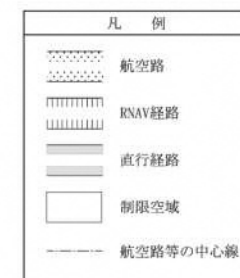
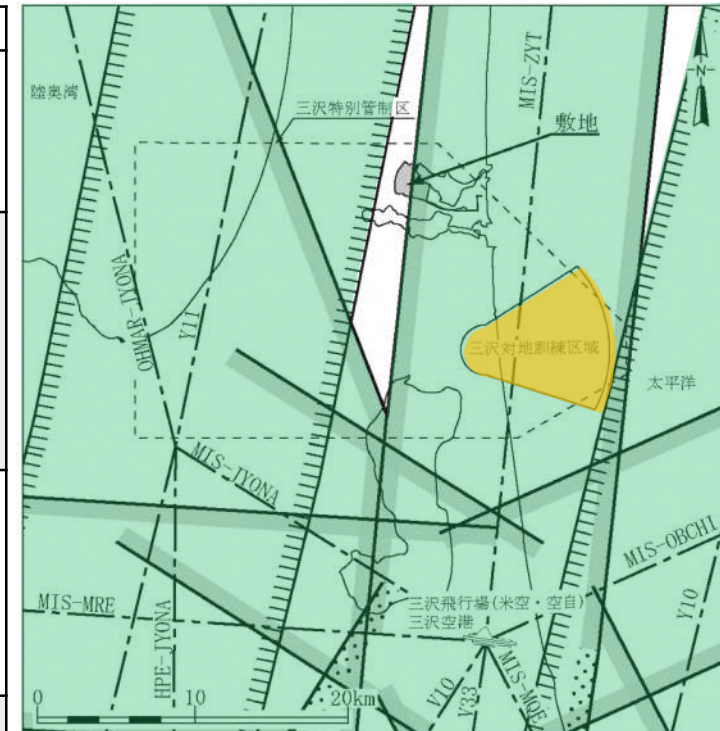
建物・構築物	非常用所内電源系統		安全圧縮空気系	主排気筒	安全冷却水系			安全保護回路、安全上重要な計測制御系
	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	再処理設備本体			使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用	再処理設備本体用	第2非常用ディーゼル発電機用	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○				○			○
前処理建屋		○	○	○		○	○	○
分離建屋		○	○	○		○	○	○
精製建屋		○	○	○		○	○	○
ウラン脱硝建屋								○
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋		○	○	○		○	○	○
ウラン酸化物貯蔵建屋								
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋		○					○	
高レベル廃液ガラス固化建屋		○	○	○		○	○	○
第1ガラス固化体貯蔵建屋								
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								
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				○				

9. 航空機落下

9.6 評価対象とする落下事故の種類



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	<p>評価対象外</p> <p>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場合は評価不要。</p>
	b) 航空路を巡航中の落下事故	<p>評価対象</p> <p>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。</p>
ii) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	-	<p>評価対象外</p> <p>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。</p>
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	<p>評価対象</p> <p>再処理施設上空に訓練空域は存在しないため、訓練空域周辺を飛行中の落下事故を評価対象とする。</p>
	b) 基地 - 訓練空域間を往復時の落下事故	<p>評価対象外</p> <p>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。</p>



9. 航空機落下

9.7 評価対象事故の選定



- 評価対象事故は、自衛隊機10回、米軍機3回。（計器飛行方式民間航空機は「0回」※1）
- 再処理施設の防護設計条件であるF-16等と同程度又はそれ以下の航空機については係数※2を考慮。

※1：航空機落下確率表評価においては「0.5回」とする。

※2：航空機落下評価ガイドでは、有視界飛行方式民間航空機の落下事故に対する落下確率評価においては、原子炉建屋等が堅固な構築物であることから、小型機の落下事故については係数（1/10）を考慮することとされている。

No.	発生日	機種	係数適用
自衛隊機			
1	平成13年2月14日	AH1S(回転翼機) 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)	○

9. 航空機落下

9.8 計器飛行方式民間航空機の落下確率の評価 (航空路を巡航中の落下事故)

➤ 航空機落下評価ガイドを参考に、以下の式により評価。

$$P_c = \frac{f_c \times N_c \times A}{W}$$
$$= 2.3 \times 10^{-10} \text{ (回/年)}$$

P_c : 再処理施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

N_c : 評価対象とする航空路の年間飛行回数 ; 1,825 (飛行回/年)

A : 再処理施設の標的面積 ; 0.043 (km²)

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)

9. 航空機落下

9.9 自衛隊機又は米軍機の落下確率の評価(1/3) (訓練空域外を飛行中の落下事故)



- 再処理施設はF-16等に対する防護設計を行っていることから、建物全体を壁及び屋根で保護する設計としている建屋※¹とそれ以外の建屋※²に分類。
- 評価対象とする落下事故のうち、F-16等と同程度又はそれ以下の航空機の落下事故については、建物全体を壁及び屋根で保護する設計としている建屋に対する落下確率評価において係数(1/10)を考慮し、以下の評価式により評価。

※1：前処理建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋 他

※2：安全冷却水系冷却塔，主排気筒，分離建屋等の地上部ダクト 他

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

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)

9. 航空機落下

9.9 自衛隊機又は米軍機の落下確率の評価(2/3) (訓練空域外を飛行中の落下事故)



(1) 建物全体を壁及び屋根で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

$$P_{SO_1} = \left(\frac{f_{SO_1}}{S_0} \times A1 \times \alpha \right) + \left(\frac{f_{SO_2}}{S_0} \times A1 \right)$$
$$= 2.0 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

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_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 (km²) ;

自衛隊機 : 295,675 (km²) , 米軍機 : 372,410 (km²)

$A1$: 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 (km²)

α : 係数 ; 0.1

9. 航空機落下

9.9 自衛隊機又は米軍機の落下確率の評価(3/3) (訓練空域外を飛行中の落下事故)



(2) 建物全体を壁及び屋根で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

$$P_{SO_2} = \left(\frac{f_{SO_1} + f_{SO_2}}{S_o} \times A_2 \right)$$
$$= 2.6 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

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 : $2/20=0.1$ (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 (km²) ;

自衛隊機 : 295,675 (km²) , 米軍機 : 372,410 (km²)

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 (km²)

(3) 自衛隊機又は米軍機の再処理施設への航空機落下確率

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

9. 航空機落下

9.10 航空機落下確率の評価結果



「航空路を巡航中の計器飛行方式民間航空機の落下事故」及び「自衛隊機又は米軍機の訓練空域外を飛行中の落下事故」を対象とした航空機落下確率の総和は、 4.5×10^{-8} (回／年) となり、判断基準である 10^{-7} (回／年) を超えないことから、追加の防護設計は不要である。

(参考)

全ての評価対象となる建物・構築物を合算した場合： 8.8×10^{-8} (回／年)