

再処理工場の設計基準への対応等について
～安全設計における想定への対応～

令和元年12月19日



日本原燃株式会社

目次



1. 事業指定基準規則要求への対応について.....	P3
2. 内部火災.....	P6
3. 溢水.....	P22
4. 化学薬品漏えい.....	P31
5. 竜巻.....	P41
6. 落雷.....	P52
7. 航空機落下.....	P63
8. 外部火災.....	P76
9. 火山.....	P93

1. 事業指定基準規則要求への対応について



<至近1ヶ月の審査状況>

➤ 11月25日 第316回審査会合

- ・設計基準 第5条:火災等による損傷の防止
第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災、航空機落下、火山、竜巻 等)
第11条:溢水による損傷の防止 等

➤ 12月10日 第320回審査会合

- ・設計基準 第5条:火災等による損傷の防止
第12条:化学薬品の漏えいによる損傷の防止
- ・重大事故 第34条:臨界事故
第35条:冷却機能の喪失による蒸発乾固 等

➤ 12月17日 第322回審査会合

- ・重大事故 第36条:放射線分解により発生する水素による爆発
第37条:有機溶媒等による火災又は爆発 等

1. 事業指定基準規則要求への対応について

- 新規制基準において「追加要求事項」がある条文と「変更なし」に分類
- 「追加要求事項」に分類した条文のうち、新規制基準で特徴的な条文について、網掛けで示す。
- これらの条文について、これまでの審査における論点等を整理した結果を示す。

事業指定基準規則 条文		分類
第2条	核燃料物質の臨界防止	変更なし
第3条	遮蔽等	変更なし
第4条	閉じ込めの機能	変更なし
第5条	火災等による損傷の防止	追加要求事項
第6条	安全機能を有する地盤	追加要求事項
第7条	地震による損傷の防止	追加要求事項
第8条	津波による損傷の防止	追加要求事項
第9条	外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)	追加要求事項
	外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)	追加要求事項
	外部からの衝撃による損傷の防止(航空機落下)	追加要求事項
	外部からの衝撃による損傷の防止(落雷)	追加要求事項
	外部からの衝撃による損傷の防止(火山)	追加要求事項
	外部からの衝撃による損傷の防止(その他外部衝撃)	追加要求事項

1. 事業指定基準規則要求への対応について



事業指定基準規則 条文		分類
第10条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	追加要求事項
第11条	溢水による損傷の防止	追加要求事項
第12条	化学薬品の漏えいによる損傷の防止	追加要求事項
第13条	誤操作の防止	追加要求事項
第14条	安全避難通路等	追加要求事項
第15条	安全機能を有する施設	追加要求事項
第16条	運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大防止	変更なし
第17条	使用済燃料の貯蔵施設等	変更なし
第18条	計測制御系統施設	変更なし
第19条	安全保護回路	変更なし
第20条	制御室等	追加要求事項
第21条	廃棄施設	変更なし
第22条	保管廃棄施設	変更なし
第23条	放射線管理施設	変更なし
第24条	監視設備	追加要求事項
第25条	保安電源設備	追加要求事項
第26条	緊急時対策所	変更なし
第27条	通信連絡設備	追加要求事項

2. 内部火災

再処理事業指定基準規則第5条 火災等による損傷の防止

2. 内部火災

2.1 要求事項



事業規則

(火災等による損傷の防止)

第五条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により再処理施設の安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。)及び早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備(安全機能を有する施設に属するものに限る。)は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。

- 原子力規制委員会「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」を参考に審査される。

2. 内部火災

2.2 基本的考え方



再処理施設の火災防護に係る設計基本方針

(1) 現状の再処理施設の火災防護設計

- 再処理施設は再処理安全審査指針(指針15)の要求を受け、施設(工程)と取り扱う物質の性状に応じた『再処理施設特有の火災』に対する火災防護設計を講じてきた。
- また、上記に加え一般火災についても、消防法、建築基準法に準拠するとともに、発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針、及び原子力発電所の火災防護指針(JEAG4607)を参考に火災防護設計を講じてきた。

(2) 新規制基準を受けた追加対策

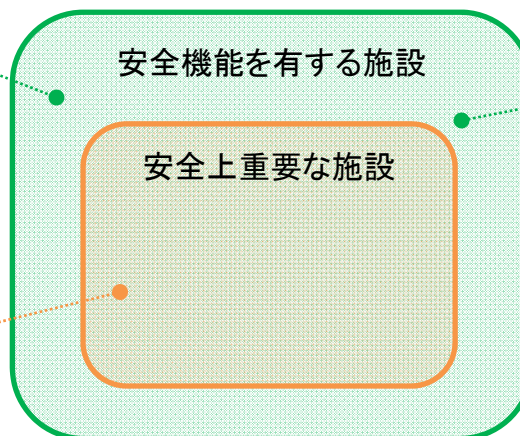
- 再処理施設特有の火災については、従来の再処理安全審査指針(指針15)の要求内容と同じであることを確認した。
- 一般火災については、再処理の火災防護設計の向上を図るため、新たに制定された「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」を参考に追加すべき対策を抽出し、対策を実施する。

(3) 火災防護設計の妥当性の確認

- 従来から講じてきた火災防護設計及び追加対策の妥当性確認として、火災等の発生を想定し臨界防止、閉じ込め等の安全機能への影響評価を実施する。

現行設備の設計

- 再処理施設特有の火災・爆発
⇒再処理施設安全審査指針による火災防護設計
- 一般火災
⇒消防法、建築基準法、発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針、原子力発電所の火災防護指針JEAG4607等による火災防護設計
- 万一の火災に対し、安全上重要な施設に対しては適切に火災区域を設定し、火災影響を軽減



新規制対応(現状設計からの追加対策等)

- 再処理特有火災・爆発に対しては変更なし。
 - 一般火災については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」を参考に追加対策を抽出し、対策を実施
- ↓
- 追加対策を含めた火災防護設計の妥当性の確認として、「内部火災影響評価ガイド」参考とする安全上重要な施設への影響評価を実施し、必要に応じて火災防護対策の強化を講ずる。

2. 内部火災

2.3 再処理工場特有の火災・爆発



施設名	機器名	考慮する事象
せん断処理施設	せん断機	ジルコニウム及びその合金粉末の火災
溶解施設	中間ポット	溶液の放射線分解により発生する水素の爆発
	不溶解残渣回収槽	
	計量・調整槽等	
分離施設	抽出塔	有機溶媒のセル内火災及び機器内火災
	ウラン逆抽出器等	
	ウラン濃縮缶	TBP等の錯体の急激な分解反応
	溶解液中間貯槽	溶液及び有機溶媒の放射線分解により発生する水素の爆発
	抽出塔等	
精製施設	抽出塔	有機溶媒のセル内及び機器内火災
	逆抽出塔等	
	プルトニウム濃縮缶等	TBP等の錯体の急激な分解反応
	プルトニウム溶液供給槽	溶液及び有機溶媒の放射線分解により発生する水素の爆発
	抽出塔等	
脱硝施設	還元炉	還元用ガス中の水素の爆発
	硝酸プルトニウム貯槽等	溶液の放射線分解により発生する水素の爆発
酸及び溶媒の回収施設	蒸発缶(第2酸回収系)	TBP等の錯体の急激な分解反応
	第1洗浄器(分離・分配系)	有機溶媒のセル内及び機器内火災
	第3洗浄器(分離・分配系)等	
	第1洗浄器(分離・分配系)	溶液及び有機溶媒の放射線分解により発生する水素の爆発
液体廃棄物の廃棄施設	高レベル廃液濃縮缶	TBP等の錯体の急激な分解反応
	高レベル濃縮廃液貯槽	溶液の放射線分解により発生する水素の爆発
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	
	不溶解残渣廃液貯槽	
	高レベル廃液共用貯槽	
固体廃棄物の廃棄施設	高レベル廃液混合槽	溶液の放射線分解により発生する水素の爆発
	供給液槽	
	供給槽	
	熱分解装置	有機溶媒の室内及び機器内火災

2. 内部火災

2.4 再処理工場特有の火災・爆発に対する現行設計の対策



発生防止対策

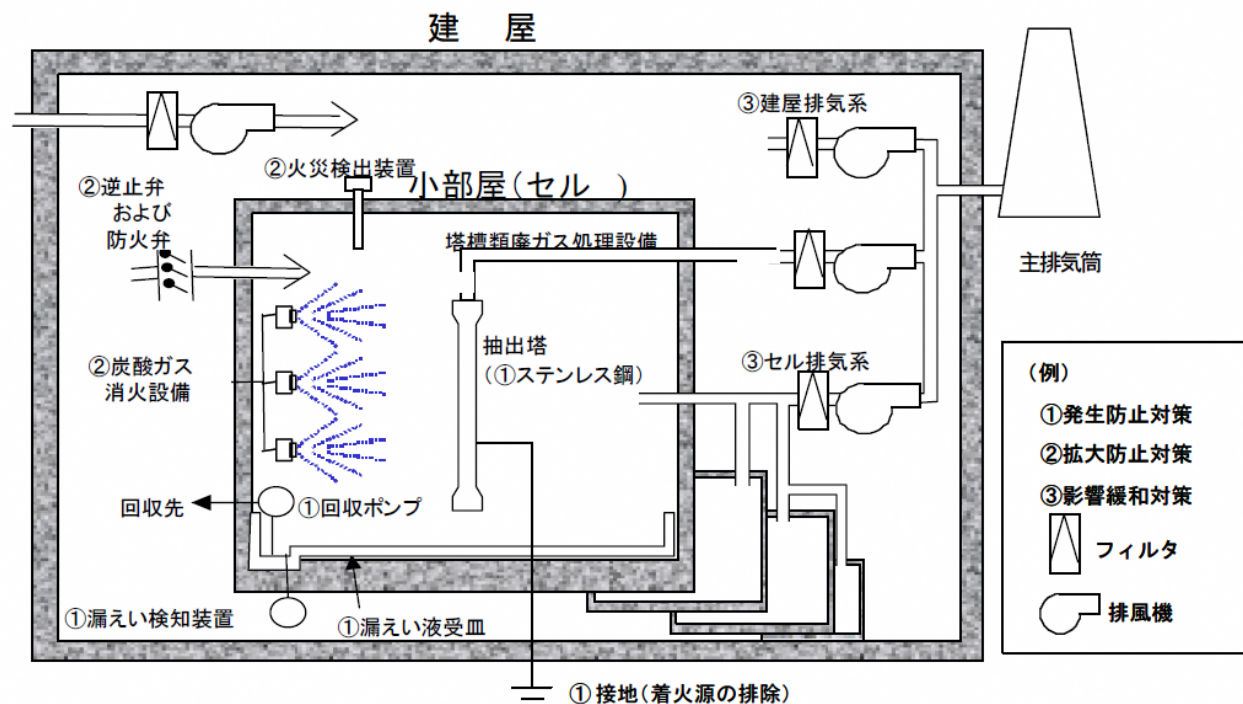
- ・火災・爆発が発生する条件を取り除くことで、発生防止を図る
- ・重要な設備には、不燃性または難燃性材料を使用
- ・静電気が発生するおそれがある機器には、接地(アース)を設置
- ・有機溶媒を取り扱う機器は、温度を適切に管理
- ・セル内に油が漏れいした場合には、漏れいを検知して直ちに回収
- ・機器の中に放射性分解による水素が溜まらないよう、空気を流して水素を追い出す

拡大防止対策

- ・火災検出装置、消火装置を設置し、火災を検知した場合には速やかに消火
- ・適切に設置された耐火壁により、延焼を防止

影響緩和対策

- ・機器またはセル内を負圧に維持して、放射性物質をセルの内側に閉じ込める
- ・機器またはセル内の空気は、フィルタを通し、できる限り除去した後、主排気筒から放出



セル内火災への対策

2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策



一般火災に対する追加対策の選定において、以下のことを考慮した。

- 再処理の新規制基準の審査において火災防護に係る審査基準が参考とされることを踏まえ、再処理施設に適用する項目について火災防護に係る審査基準とJEAG4607の比較を実施
- 要求事項が追加されたもの等を明確にした上で、再処理施設の火災防護設計の対応を整理

比較の結果、追加の対応が必要な火災防護対策は、以下の通りである。

火災の深層防護(火災三方策)

発生防止 感知・消火 影響軽減

火災等の発生防止

- a. 難燃性ケーブルに係る
実証試験の実施
- b. グローブボックスにおける
不燃・難燃性材料の使用
- c. 蓄電池室への水素濃度計の設置

火災の影響軽減

- h. 耐火壁の3時間耐火性能
- i. 系統分離対策
- j. 内部火災影響評価の実施

火災の感知, 消火

- d. 火災感知器の多様化
- e. 固定式消火設備の設置
- f. 消火配管の地盤変位対策
- g. 消火設備からの溢水による影響評価※

※溢水(第11条)への対処にて評価済み

その他

- k. 火災防護計画の策定

2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(発生防止)

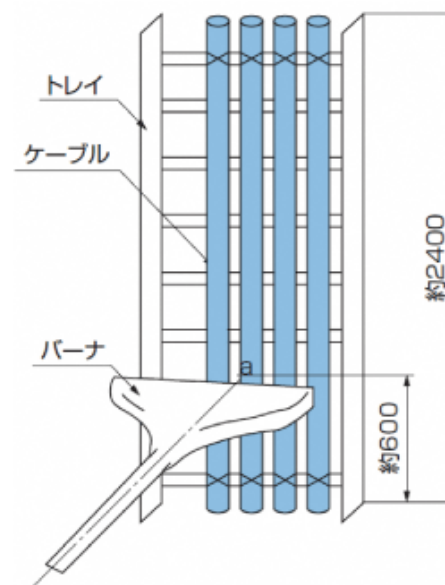


a. 難燃性ケーブルに係る実証実験の実施

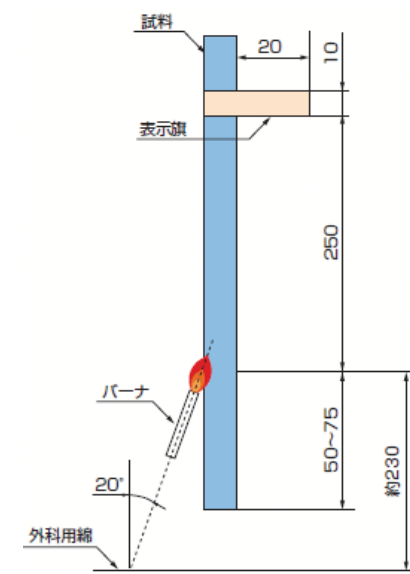
- 安全上重要な施設に使用する難燃性ケーブルには、実証試験により**延焼性**(米国電気電子工学学会規格IEEE383-1974又はIEEE1202-1991垂直トレイ燃焼試験相当)及び**自己消火性**(UL1581 1080 VW-1 UL垂直燃焼試験相当)を確認したケーブルを使用する設計とする。

- ✓ ケーブルの難燃性は、IEEE383 又はIEEE1202相当の延焼性及びUL垂直燃焼試験(UL-1581 VW-1)相当の自己消火性を有していることを以下の試験により確認する。

- ① 自己消火性を確認する実証試験
- ② 延焼性を確認する実証試験
- ③ 光ファイバーケーブルの延焼性を確認する実証試験



IEEE383-1974試験



UL垂直燃焼試験

ケーブル燃焼試験の概要

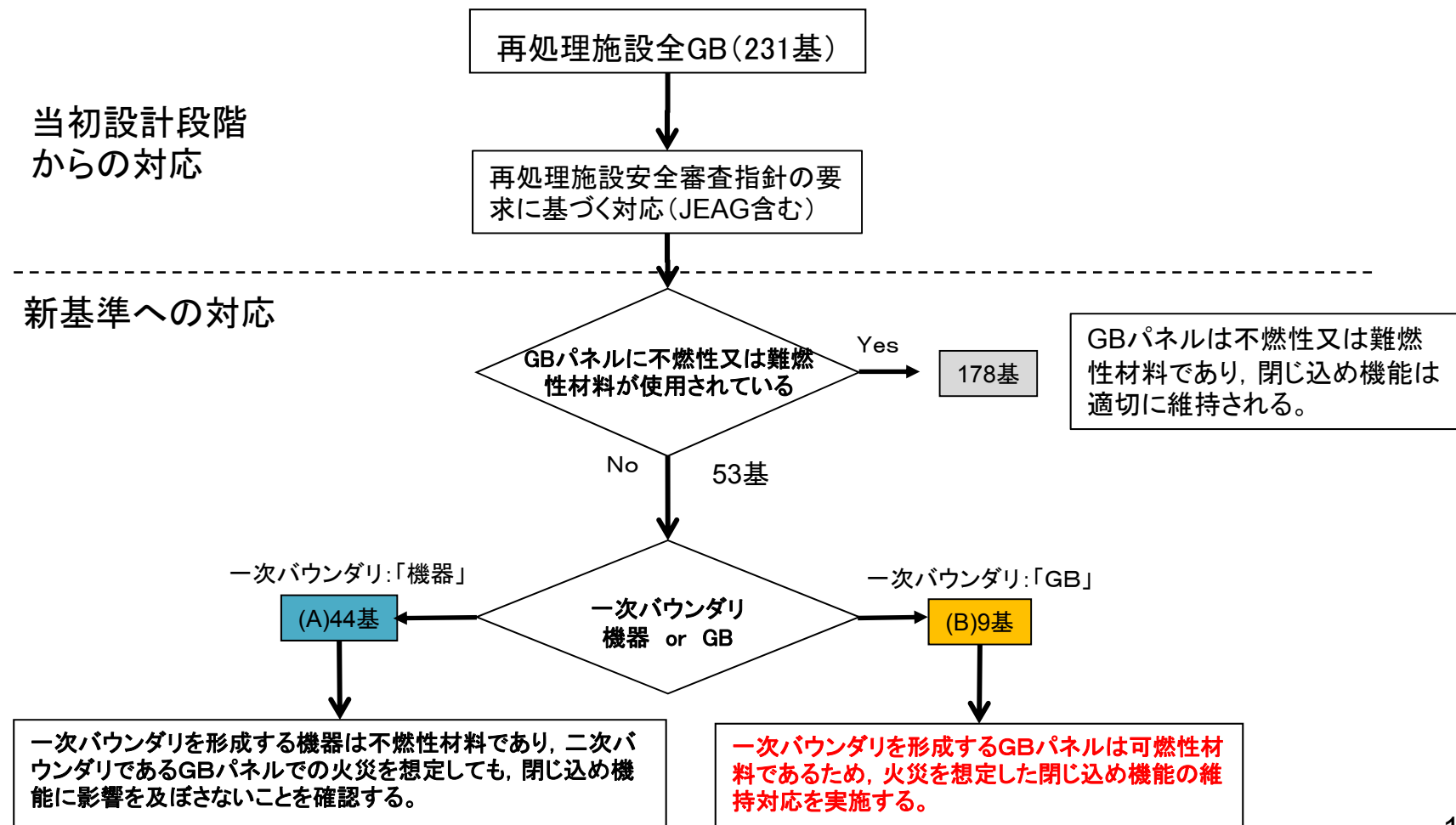
2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(発生防止)



b. グローブボックスにおける不燃・難燃性材料の使用

- 放射性物質を内包する機器を収納するグローブボックス(GB)等は、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とし、**パネルに可燃性材料を使用する場合は、火災によるパネルの損傷を考慮しても収納する機器の閉じ込め機能を損なわない設計とする。**(分析設備のグローブボックスも同様)



2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(発生防止)



パネルが可燃性で一次バウンダリを形成するGB

a. 一次閉じ込め機能の維持対応

GBパネルが可燃性であり、一次バウンダリを形成するGBに対し、GBの内外における火災を想定しても閉じ込め機能が維持できるよう難燃性パネルを設置する対策を行う。

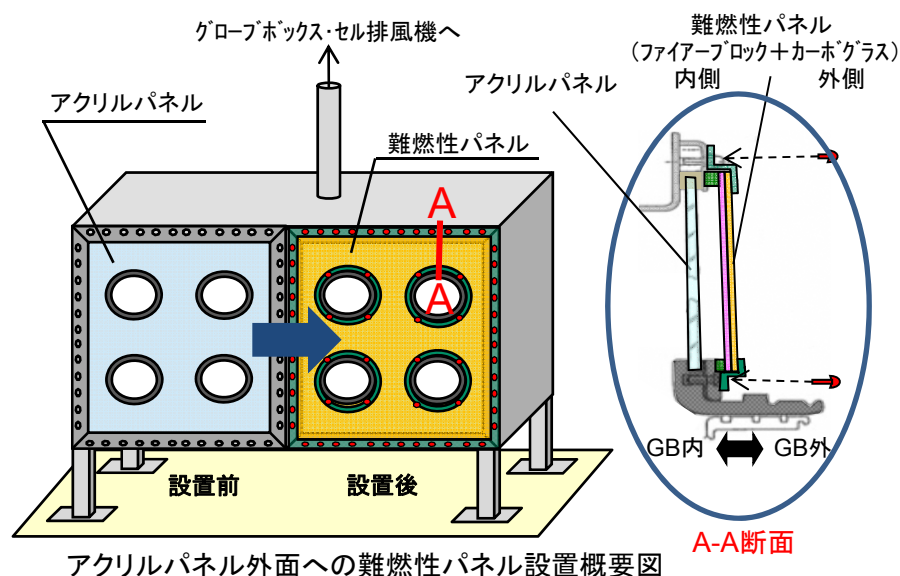
b. 難燃性パネルの追設

(a) 難燃性パネル設置対象GB

GB型式	GB名	基数
⑤軽しゃへい型	粉末分析GB	6
⑥しゃへいなし	分析GB	2
	機器調整用GB	1

(b) 難燃性パネル設置方法

難燃性認証を取得した材料を組み合わせ、GBの亚克力パネル外表面に難燃性パネルを設置する。



亚克力パネル外面への難燃性パネル設置概要図

(c) 材料の難燃性認定

難燃性パネルに使用する材料は、認証機関(UL及びJIS)における耐燃性試験を実施し、難燃性材料としての性能を有することを確認している。

難燃性材料	ファイアーブロック	カーボグラス
主原料	水ガラス	ポリカーボネート
試験体	亚克力をファイアーブロックで被覆	亚克力をカーボグラスで被覆
UL試験*1 (V判定)	V-1	V-0
JIS試験*2 (酸素指数)	37.6	40.1

*1: UL試験は自己消火性がある材料を用い、難燃性の度合いを確認するものであり、V判定の材料は、V-2以上で一般的に難燃性を表す。

$V-2 < V-1 < V-0 < 5VA$

*2: 消防法に基づく難燃性の判断基準は、酸素指数26以上の材料である。

c. 難燃性パネル設置による閉じ込め機能の維持

(a) 材料の適合性

亚克力パネルの外表面を難燃性パネルで被覆することでGBのバウンダリを不燃性材料(缶体)及び難燃性材料(パネル)で形成する。

(b) 想定火災による閉じ込め機能の維持

- GB外部の火災に対しては、難燃性材料で亚克力の損傷を防止することで核燃料物質の閉じ込め機能を維持できる。
- GB内部の火災に対しては、GBがグローブボックス・セル排風機に接続され負圧下であり、亚克力パネルが火災により損傷しても難燃性パネルがバウンダリを形成する(火災試験により確認済み)ため、閉じ込め機能を維持できる。

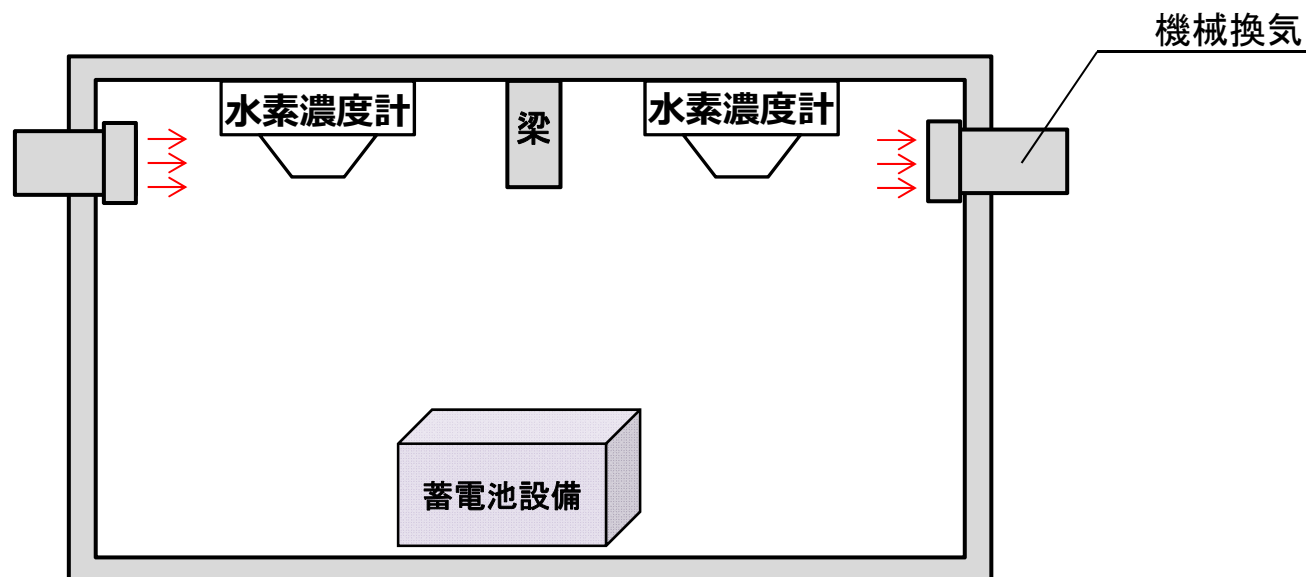
2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(発生防止)



c. 蓄電池室への水素濃度計の設置

- 水素が漏えいするおそれのある火災区域において、水素内包設備は溶接構造等により雰囲気への水素漏えいを防止するとともに、機械換気を行うことにより、水素濃度を燃焼限界濃度以下となる設計とする。
- 蓄電池を設置する火災区域は、充電時において蓄電池から水素が発生するおそれがあることから、当該区域に可燃物を持ち込まないこととする。
- 蓄電池室上部に水素濃度計を設置し、水素の燃焼限界濃度である4Vol%の1/4以下で中操制御室又は使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室に警報を発する設計とする。



水素濃度計の設置イメージ図

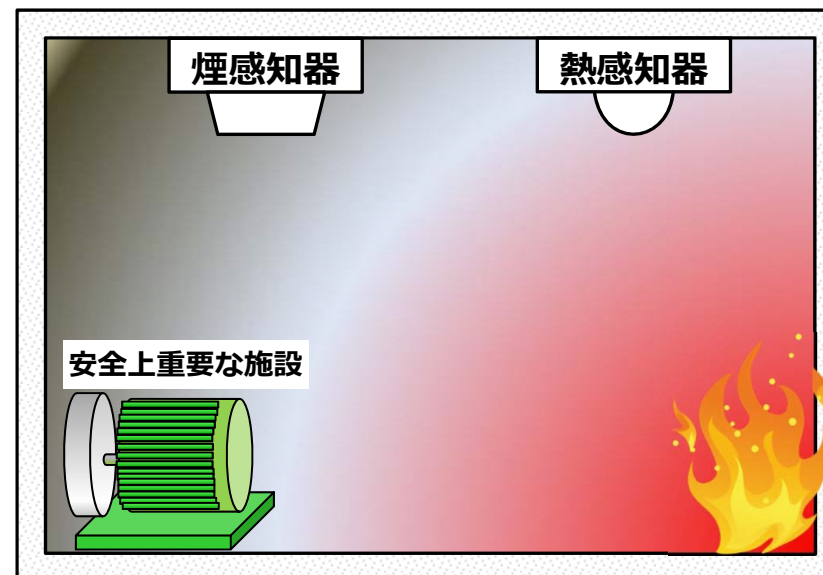
2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(感知, 消火)



d. 火災感知器の多様化

- 安全上重要な施設に影響を及ぼすおそれのある火災を早期に感知するために固有の信号を発する異なる種類の火災感知器又は同等の機能を有する機器を組み合わせて設け、中央制御室及び中央安全監視室並びに使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室に設置する火災報知盤又は火災監視盤に火災信号を表示するとともに警報を発する設計とする。



煙感知器



サーマルカメラ



炎感知器

2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(感知, 消火)



e. 固定式消火設備の設置

- 放射線や煙の充満により、**人が立ち入り消火活動を実施することの困難な区域**のうち、火災の影響をうける安全上重要な施設が設置される区域に対して、固定式消火設備を設置し、早期消火ができる設計とする。

(1) 消火困難区域への固定式消火設備の設置箇所の考え方

- 多量の可燃物を取扱う火災区域又は火災区画
- 可燃物を取扱い構造上消火困難となる火災区域又は火災区画(制御室床下、共同溝)
- 等価火災時間が3時間を超える火災区域又は火災区画
- 安全上重要な電気品室となる火災区域又は火災区画

(2) 上記以外の区域については、再処理施設は動的閉じ込めを基本としており、換気設備により常時換気されることから煙が滞留し難いため、人により消火活動を行う。

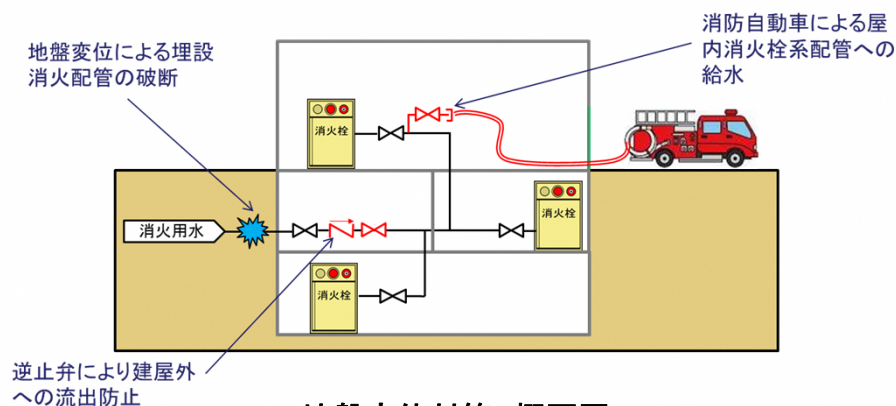


可搬型排風機

消火活動において必要となる、可搬型排風機、耐火服、空気呼吸器、サーモグラフィ等の火災防護に必要な資機材の点検及び配備について、火災防護計画に定める。

f. 消火配管の地盤変位対策

- 消火栓設備は、再処理施設における消火活動に対処できるように配置する設計とする。また、安全上重要な施設を収納する建物の屋内消火栓設備は、**地震時における地盤変位により、消火水を建物へ供給する消火配管が破断した場合でも**大型化学高所放水車又は消防ポンプ付水槽車から消火水を供給できる設計とする。



地盤変位対策 概要図

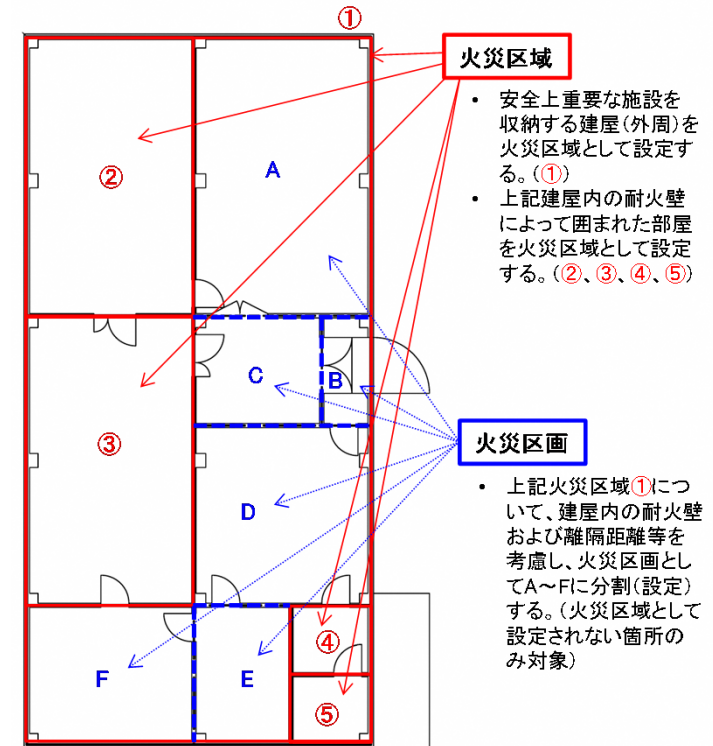
2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(影響軽減)

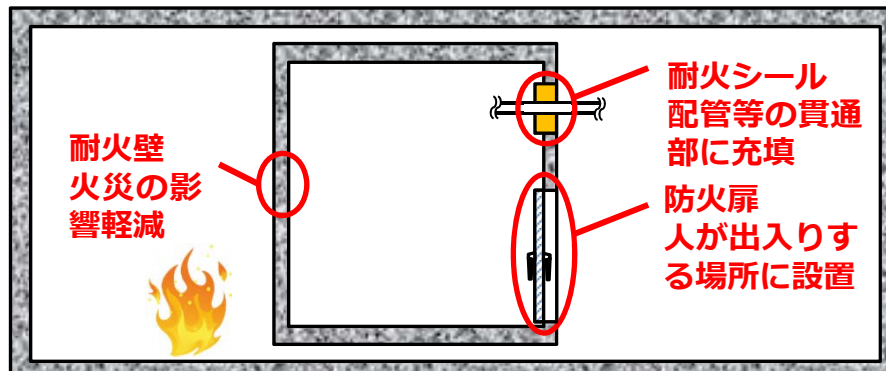


h. 耐火壁の3時間耐火性能

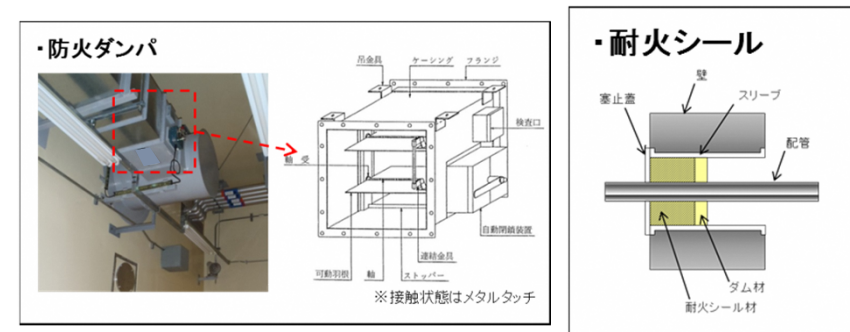
- **安全上重要な施設を収納する建屋、及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器等が収納される建屋**に、耐火壁によって囲われた**火災区域**を設定する。
- また、上記のうち、安全上重要な施設を収納する建屋に耐火壁、離隔距離等により分離された**火災区画**を設定する。
- **屋外の安全上重要な施設を設置する区域**については、周囲からの延焼防止のために**火災区域**を設定する。
- 他の火災区域と隣接する場合は、**3時間以上の耐火能力を有する耐火壁**によって他の区域と分離する。
(屋外の火災区域を除く)



火災区域および区画の設定例



3時間耐火対策イメージ図



3時間耐火対策例

2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(影響軽減)



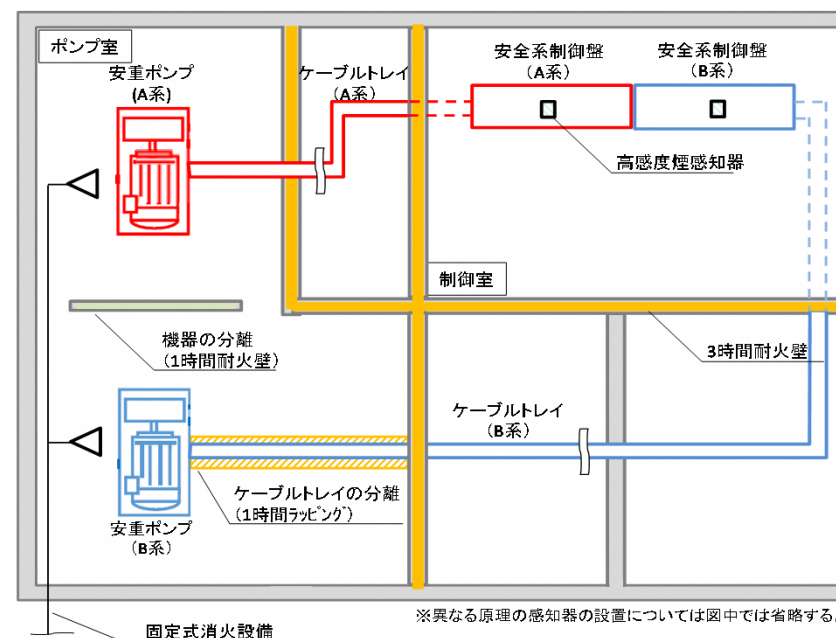
i. 系統分離対策

➤ 再処理施設における安全上重要な施設の中でも、**火災防護上の最重要設備である以下の機能を有する設備に対し、系統分離を行う**設計とする。

- プルトニウムを含む溶液又は粉末及び高レベル放射性液体廃棄物の閉じ込め機能(排気機能, PS)を有する気体廃棄物の排気設備の排風機
- 崩壊熱除去機能のうち安全冷却水系のうち重要度の高いもの, ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備貯蔵室からの排気系
- 安全圧縮空気系
- 上記機能の維持に必要な支援機能である非常用所内電源系統

➤ 系統分離対策は下記のいずれかの対策を講じる設計とする。

- a. **3時間以上の耐火能力を有する隔壁**で分離
- b. 互いに相違する**系列間の水平距離を6m以上**確保し、**火災感知設備及び自動消火設備を設置**して分離
- c. 互いに相違する系列間を**1時間の耐火能力を有する隔壁**で分離し、**火災感知設備及び自動消火設備を設置**して分離



系統分離対策のイメージ図

2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(影響軽減)



j. 内部火災影響評価の実施

【事業指定基準規則における要求事項】

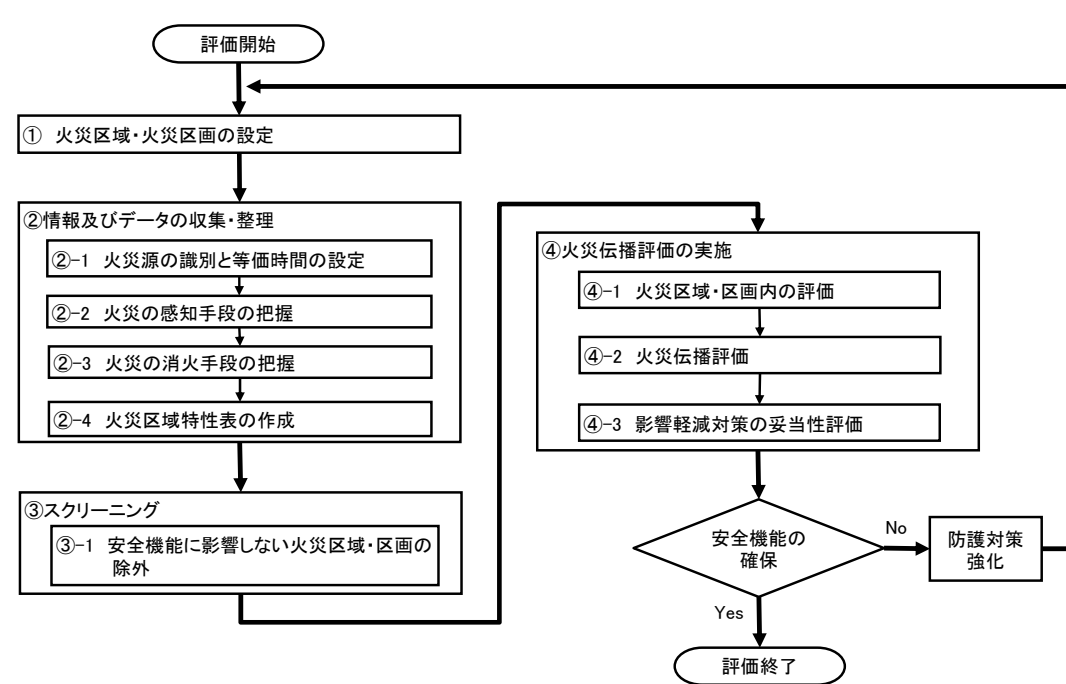
・事業指定基準規則の解釈(第5条2項7号)

2 第1項に規定する「火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。)及び早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有する」とは、以下の各号に掲げるものをいう。

七. 火災等が発生しても臨界防止、閉じ込め等の安全機能が損なわれないこと

3 第五条の規定において、上記1以外の原因により建物内外で発生する通常の火災等として、例えば、電気系統の機器又はケーブルの短絡や地落、落雷等の自然現象及び漏えいした潤滑油の引火等に起因するものを考慮するものとする。

再処理施設の特徴を踏まえ、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に、**安全機能を有する施設が火災等の発生により『臨界防止、閉じ込め等の安全機能を損なわないこと』に対して、影響評価を実施する。**



火災影響評価実施フロー

2. 内部火災

2.5 追加の火災防護対策(その他)



k. 火災防護計画の策定

再処理事業所においては、現在、消防法に基づき、人を防護すること、被害の軽減を目的とし実施する防護対策、組織を規定する「消防計画」により、日常の防火管理、火災対応等を定めている。

一方、「「**実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準**」を参考に「**火災防護計画**」を新たに作成し、安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的とした火災防護対策（発生防止、検知・消火、影響緩和）、運営管理のための手順、機器、組織体制および教育を規定する。

「火災防護計画」と「消防計画」における目的が異なることから、それぞれ定めることとする。

3. 溢水

再処理事業指定基準規則第11条

溢水による損傷の防止

3. 溢水

3.1 要求事項



事業規則

(溢水による損傷の防止)

第十一条 安全機能を有する施設は、再処理施設内における溢水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。

- 原子力規制委員会「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」を参考に審査される。

3. 溢水

3.2 基本的考え方



<基本的考え方>

- ▶安全機能を有する施設は、再処理施設が溢水の影響を受ける場合においても、その安全機能を確保するために、溢水に対して安全機能を損なわない方針とする。
- ▶その上で、これらの機能を維持するために必要な設備（以下「溢水防護対象設備」という。）として、事業指定基準規則第十一条の要求事項を踏まえ「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド（平成25年6月19日原規技発第13061913号原子力規制委員会決定）」（以下「内部溢水ガイド」という。）を参考に、安全上重要な施設の構築物、系統及び機器を選定する。
- ▶溢水防護対象設備が、想定破損による溢水、消火水の放水による溢水、地震起因による溢水及びその他の溢水に対して、溢水防護対象設備が没水、被水及び蒸気の影響を受けて、安全機能を損なわない設計とするとともに、燃料貯蔵プール・ピット等のスロッシングによる水位低下を考慮しても、燃料貯蔵プール・ピット等の冷却及び給水の機能を維持できる設計とする。

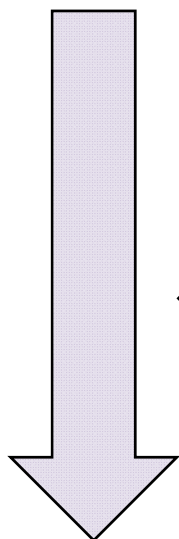
3. 溢水



3.3 溢水防護対象設備の選定方針

● 溢水防護対象設備

- 想定される溢水が発生した場合においても、冷却、水素掃気、火災及び爆発の防止、臨界防止、遮蔽並びに閉じ込めの機能を維持するために必要な安全上重要な施設



以下の設備は溢水により安全機能を損なうおそれがないことから、影響評価の対象として抽出しない。

- 臨界管理対象設備のうち溢水により臨界の発生に至らないもの没水を想定しても臨界に至らないと評価された臨界管理対象設備は、溢水影響を受けることはない。
- 構造が単純で外部から動力の供給を必要としない静的な安全機能を有する以下の構築物、系統及び機器
 - ・燃料貯蔵プール、セル、躯体等の構築物
 - ・容器、熱交換器、配管、手動弁等の静的設備
- 没水に対する耐性を有する被覆されているケーブル
- 水中設置の機器
- 動的機能が喪失しても安全機能に影響しない機器（フェイルセーフ機能を持つ設備を含む）

● 上記を踏まえた溢水防護対象設備

- 溢水により臨界の発生に至る可能性のある臨界管理対象機器、ポンプ類、送風機、排風機、ボイラ、冷凍機、ディーゼル発電機、脱湿装置、空気圧縮機、収納管、通風管、自動ダンパ、自動弁、盤、計器 等

3. 溢水

3.4 溢水源の選定方針



●考慮する溢水源は以下のとおり

➤ 想定破損による溢水

溢水防護対象設備に与える没水、被水及び蒸気漏えいの影響評価ごとに、溢水源、溢水量の観点から、溢水防護対象設備への影響が最も大きい位置での配管の破損を想定し、溢水源とする。

➤ 消火水の放水による溢水

「火災等による損傷の防止」において設置するとした消火設備からの放水による溢水を想定。消火方法を水による消火活動としている火災源に対して、溢水防護対象設備を収納する建屋に設置される消火栓、水噴霧消火設備及び連結散水からの放水を溢水源とする。

➤ 地震による溢水

基準地震動による地震力により再処理施設内で発生する溢水を想定。溢水防護対象設備を収納する建屋並びにその隣接建屋に連結されており、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されない耐震上の重要度分類におけるBクラス及びCクラスの常時流体を内包する機器を溢水源とする。また、基準地震動の地震力による燃料貯蔵プール・ピット等のスロッシングによる漏えい水を溢水源とする。

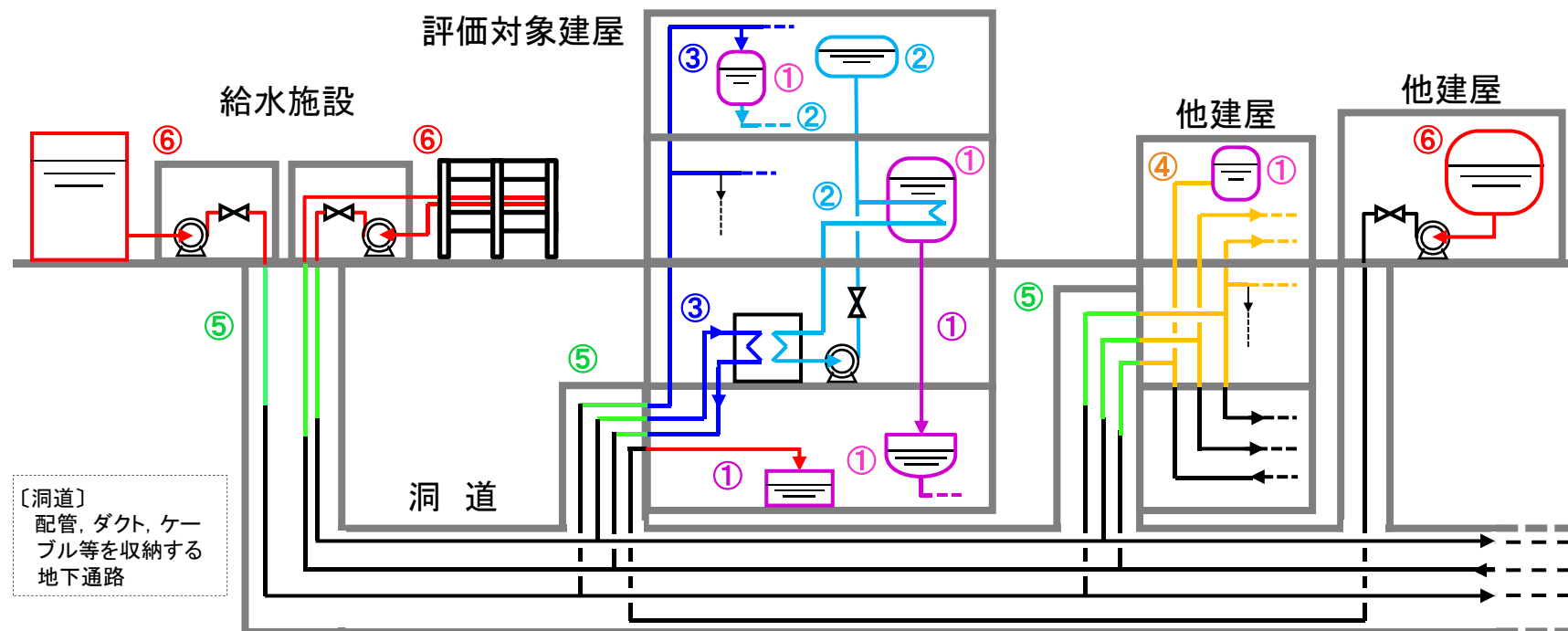
3. 溢水

3.5 溢水量の算定の例



【配管保有水量の算定】

	自建屋保有水量			建屋外供給水量		
	機器からの 溢水量	配管からの溢水量 他建屋と接続していない配管	配管からの溢水量 他建屋と接続している配管	他建屋内配管 からの溢水量	洞道内配管 からの溢水量	ポンプによって供給 される溢水量
溢水源(流体の種類)	①	②	③	④	⑤	⑥



【破損配管からの流出量の算定】

$$\text{破損配管からの流出量} = (\text{システムの定格流量}) \times (\text{隔離までの時間})$$

3. 溢水

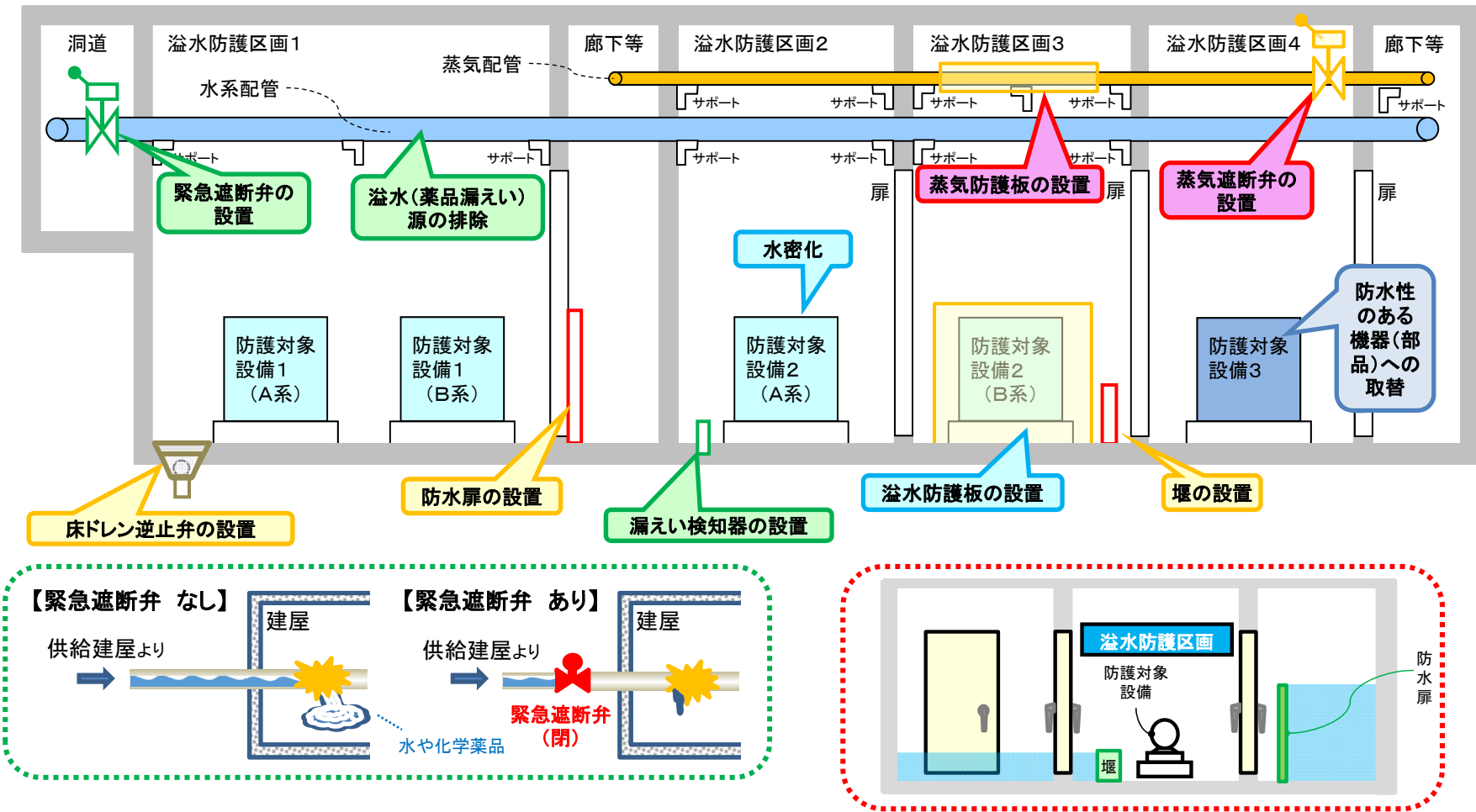
3.6 溢水に対する防護設計方針(1/2)



項目	対応内容
溢水量の低減	<ul style="list-style-type: none">・建屋取合部へ地震を検知し作動する緊急遮断弁の設置による建屋流入量の低減・溢水源の排除(基準地震動による地震に対して耐震性を確保, 想定破損評価⇒評価ガイドの附属書Aに基づく応力評価⇒応力低減工事⇒溢水源の排除⇒影響の再評価)・漏えい検知器の設置による想定破損時の早期隔離によるさらなる溢水量の低減
流入防止	<ul style="list-style-type: none">・堰又は防水扉及び床ドレン逆止弁の設置(溢水の流入を防止)
被水防護措置	<ul style="list-style-type: none">・被水防護措置(溢水防護板の設置又は水密処理により, 被水を防止)
蒸気の影響緩和	<ul style="list-style-type: none">・蒸気漏えいを検知し作動する蒸気遮断弁の設置による蒸気流出量の低減・漏えい蒸気からの影響緩和措置(漏えい源へ防護板等を設置し, 漏えい蒸気の影響を緩和)

3. 溢水

3.6 溢水に対する防護設計方針(2/2)



溢水防護対策の概要図

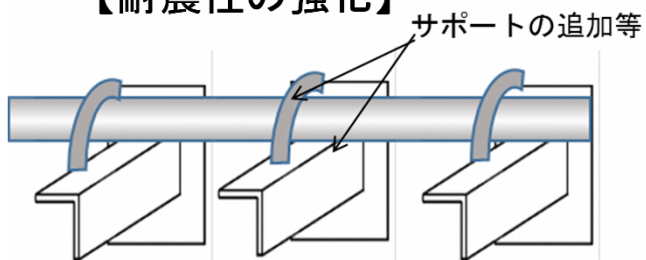
3. 溢水

3.7 没水・被水に対する防護対策の例

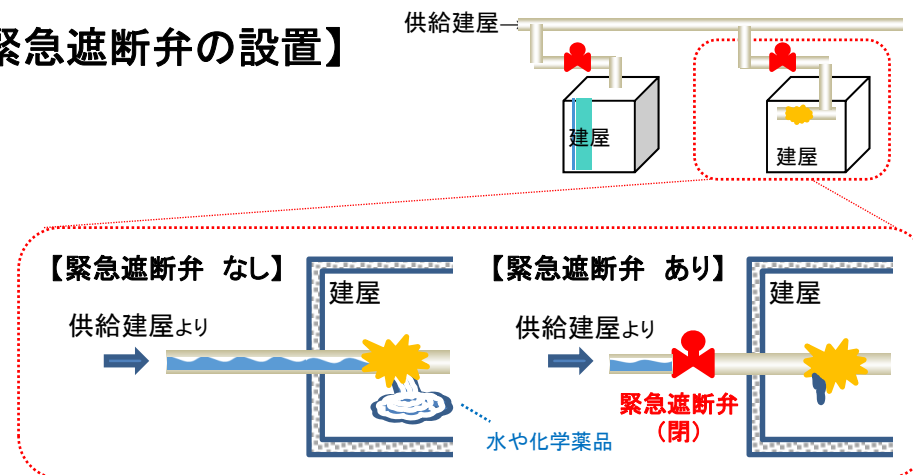


●水や化学薬品の漏えい量の低減

【耐震性の強化】



【緊急遮断弁の設置】

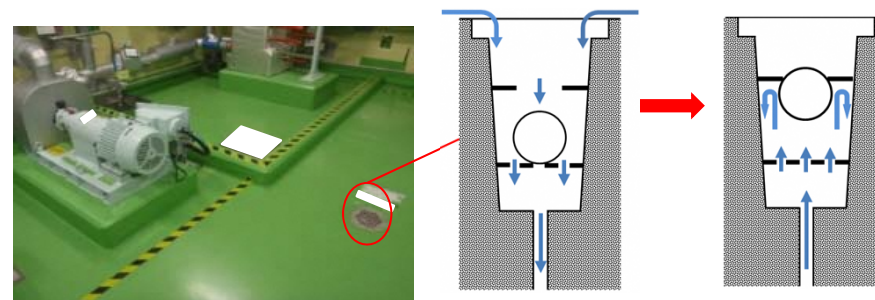


●水や化学薬品流入の防止

【堰や防水扉の設置】



【逆流防止措置の設置】



逆流防止

4. 化学薬品漏えい

再処理事業指定基準規則第12条

化学薬品の漏えいによる損傷の防止

4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.1 要求事項



事業規則

(化学薬品の漏えいによる損傷の防止)

第十二条 安全機能を有する施設は、再処理施設内における化学薬品の漏えい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。

- 原子力規制委員会「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」を参考に審査される。

4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.2 基本的考え方



<基本的考え方>

- 安全機能を有する施設は、再処理施設が化学薬品の漏えいの影響を受け
る場合においても、その安全機能を確保するために、化学薬品の漏えい
に対して安全機能を損なわない方針とする。
- その上で、これらの機能を維持するために必要な設備（以下「化学薬品防
護対象設備」という。）について、事業指定基準規則第十二条の要求事項
を踏まえ、内部溢水ガイドを参考に、安全上重要な機能を有する構築物、
系統及び機器を選定する。
- 化学薬品防護対象設備が、想定破損による化学薬品の漏えい、消火剤の
放出による化学薬品の漏えい、地震による化学薬品の漏えい及びその他
の化学薬品の漏えいに対して、化学薬品防護対象設備が化学薬品の没水、
被液及び腐食性ガスの影響を受けて、安全機能を損なわない設計とする。

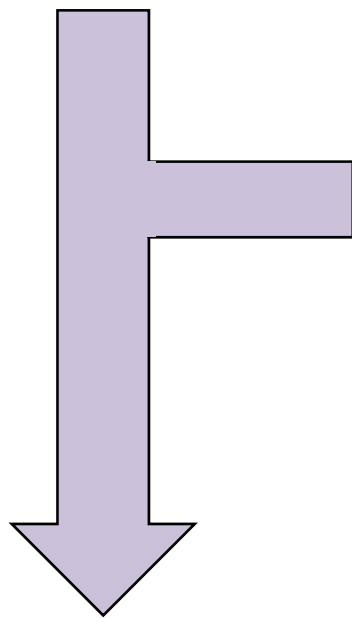
4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.3 化学薬品の選定方針 (1/2)



●再処理プロセスにおいて使用する化学薬品

- 液体として硝酸, 水酸化ナトリウム, TBP, n-ドデカン, 硝酸ヒドラジン, 硝酸ヒドロキシルアミン, 硝酸ガドリニウム, 硝酸ナトリウム, 炭酸ナトリウム, 亜硝酸ナトリウム, 模擬廃液, 調整液, 溶解液, 硝酸ウラニル, 硝酸プルトニウム, 硝酸ウラナス, 放射性廃液及び重油
- 気体としてNO_xガス, 水素ガス, 窒素ガス及び酸素ガス
- 固体として, 模擬ガラスビーズ, 放射性廃棄物



(次ページへ続く)

●安全上重要な施設で使用されている主な構成部材

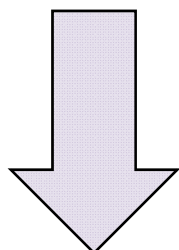
材質		使用例
金属	炭素鋼	貯槽, 配管, フィルタ類 等
	ステンレス鋼	塔槽類, 配管 等
	ジルコニウム	溶解槽
	ハステロイ	焙焼炉, 還元炉 等
	アルミニウム	粉末缶, 計装機器カバー
コンクリート		躯体
プラスチック	PVC	ケーブル被覆 等
	ポリエチレン	遮へい扉, 遮へいスラブ 等
ガラス	ほうけい酸ガラス	遮へい窓
	ガラス繊維	フィルタろ材

4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.3 化学薬品の選定方針 (2/2)



(前ページからの続き)



文献調査及び試験より、化学薬品防護対象設備の構成部材に影響を及ぼすおそれのある化学薬品と構成部材の組合せを決定

●化学薬品の漏えいによる損傷の防止を検討する化学薬品

- 直ちに損傷する化学薬品と化学薬品防護対象設備の構成部材の組合せを考慮し、以下の化学薬品を損傷の防止を検討する化学薬品として選定

	酸性水溶液 (硝酸溶液)	アルカリ性水溶液 (水酸化ナトリウム)	有機溶媒 (TBP, n-ドデカン)	腐食性ガス (NO _x ガス)
炭素鋼, アルミニウム	○	○ (アルミニウム)	—	○ (電子部品)
プラスチック	—	—	○	—

(○:影響(作用)あり)

(ステンレス鋼, ジルコニウム, ハステロイ, コンクリート及びガラスは化学薬品により直ちに損傷することはない)

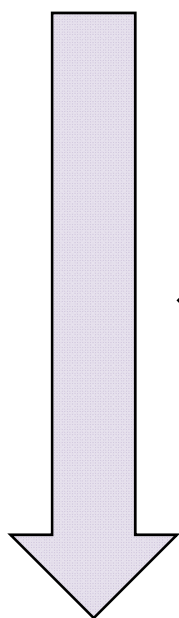
4. 化学薬品漏えいの防護設計



4.4 化学薬品防護対象設備の選定方針

●化学薬品防護対象設備

- 想定される化学薬品の漏えいが発生した場合においても、冷却、水素掃気、火災及び爆発の防止、臨界防止、遮蔽並びに閉じ込めの機能を維持するために必要な安全上重要な施設



化学薬品の漏えいは、溢水の一形態と考えられるため、溢水影響評価で対象とした設備については必然的に化学薬品の漏えいによる評価対象となる。

さらに、溢水影響評価の対象外とした設備についても、化学薬品により影響を受ける可能性があるため、以下のいずれにも該当しない設備を化学薬品の漏えい影響評価の対象とする。

- 化学薬品の影響を直ちに受けにくい構成部材で構成されるコンクリート構造物、容器、配管、手動弁等の設備
- 動的設備のうち、動的機能が喪失しても安全機能に影響しない設備（フェイルセーフ機能を持つ設備を含む。）

●化学薬品の漏えい影響評価の対象とする化学薬品防護対象設備

化学薬品の漏えいにより臨界の発生に至る可能性のある臨界管理対象機器、ポンプ類、送風機、排風機、ボイラ、冷凍機、ディーゼル発電機、脱湿装置、空気圧縮機、収納管、通風管、自動ダンパ、自動弁、盤、計器 等

4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.5 化学薬品の漏えいの想定



【化学薬品の漏えいの想定】

- 化学薬品の漏えい源及び化学薬品の漏えい量としては、発生要因別に分類した以下の化学薬品の漏えいを想定して評価することとし、評価条件については内部溢水ガイドを参考とする。
 - ✓ 化学薬品の漏えいの影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる化学薬品の漏えい(想定破損による化学薬品の漏えい)
 - ✓ 再処理施設内で生じる異常状態(火災を含む。)の拡大防止のために設置される設備からの消火剤の放出による化学薬品の漏えい(消火剤の放出による化学薬品の漏えい)
 - ✓ 地震に起因する機器の破損等により生じる化学薬品の漏えい(地震による化学薬品の漏えい)
 - ✓ その他の要因(地震以外の自然現象, 誤操作等)により生じる化学薬品の漏えい(その他の化学薬品の漏えい)

4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.6 化学薬品の漏えい源の選定方針



●考慮する漏えい源は以下のとおり

➤ 想定破損による化学薬品の漏えい

化学薬品防護対象設備に与える化学薬品による没水、被液及び腐食性ガスの影響評価ごとに、化学薬品の漏えい、化学薬品の漏えい量の観点から、化学薬品防護対象設備への影響が最も大きい位置での配管の破損を想定し、化学薬品の漏えい源とする。

➤ 消火剤の放出による化学薬品の漏えい

内部溢水ガイドの消火水の放水は、化学薬品の漏えいにおいては消火剤の放出に該当する。但し、設備の破壊、誤作動又は誤操作により消火剤が放出されても、化学薬品防護対象設備（即ち安全上重要な施設）に影響を与えない設計としているため、化学薬品の漏えい源としては想定しない。

➤ 地震による化学薬品の漏えい

基準地震動による地震力により再処理施設内で発生する化学薬品の漏えいを想定。化学薬品防護対象設備を収納する建屋並びにその隣接建屋に連結されており、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されない耐震上の重要度分類におけるBクラス及びCクラスの化学薬品を内包する機器を化学薬品の漏えい源とする。

➤ その他の化学薬品の漏えい

その他の化学薬品の漏えいについては、地震以外の自然現象やその波及的影響に伴う化学薬品の漏えい、化学薬品防護区画内にて発生が想定されるその他の漏えい事象を想定する。

4. 化学薬品漏えいの防護設計

4.7 化学薬品漏えいに対する防護設計方針(1/2)



項目	対応内容
化学薬品漏えい源の排除／漏えい量の低減	<ul style="list-style-type: none">・化学薬品の漏えい源の排除<ul style="list-style-type: none">・基準地震動による地震に対して耐震性を確保・想定破損評価⇒評価ガイドの附属書Aに基づく応力評価⇒応力低減工事⇒化学薬品の漏えい源の排除⇒影響の再評価・漏えい検知器の設置による想定破損時の早期隔離による化学薬品漏えいの低減・破損を想定する配管に機器収納ボックスや二重管等を設置
漏えいした化学薬品の流入防止	<ul style="list-style-type: none">・耐薬品性を有する堰又は防水扉及び床ドレン逆止弁の設置 (漏えいした化学薬品の流入を防止)
化学薬品の没水防護措置	<ul style="list-style-type: none">・化学薬品防護対象設備の機能喪失高さが、発生した化学薬品による液位を上回るよう、化学薬品防護対象設備の設置高さを嵩上げ
被液防護措置	<ul style="list-style-type: none">・被液防護措置(薬品防護板の設置又は水密処理により、被液を防止)
化学薬品防護対象設備への対策	<ul style="list-style-type: none">・耐薬品性を有する機器への取替え(耐薬品性を有する部品の取替えを含む)・耐薬品性を有する塗装材やシール材を化学薬品防護対象設備に塗布
腐食性ガスからの防護	<ul style="list-style-type: none">・化学薬品の漏えい経路にある開口部に気密処理を実施することにより、化学薬品防護対象設備の設置区画への化学薬品の移行を防止

4. 化学薬品漏えいの防護設計

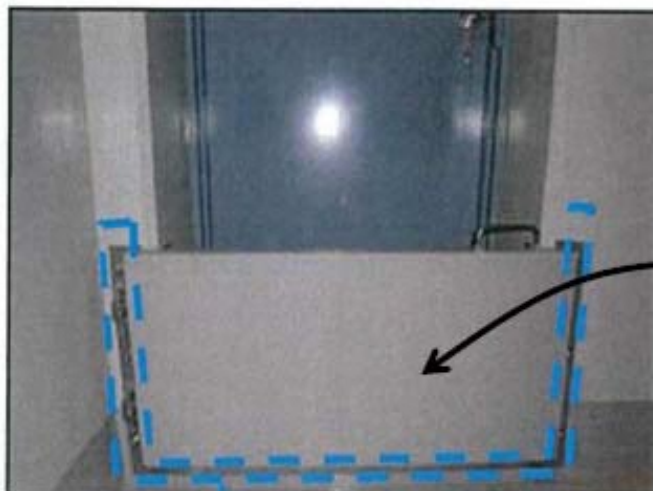
4.7 化学薬品漏えいに対する防護設計方針(2/2)



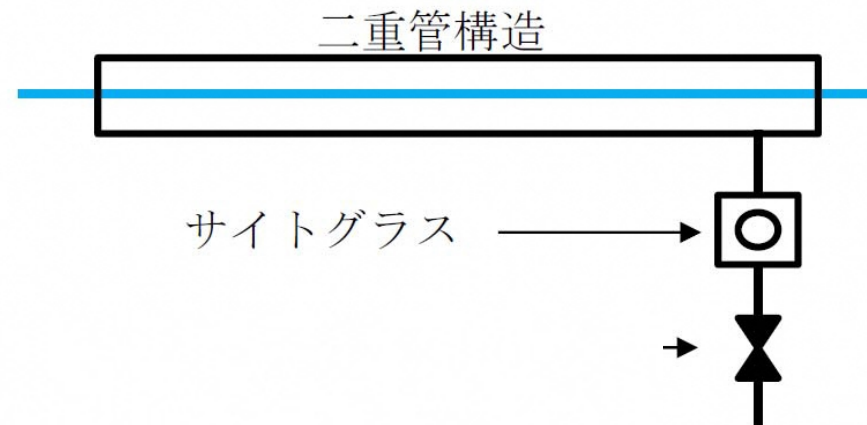
漏えいした化学薬品から溢水防護対象設備を防護する方法としては、基本的に溢水と同様だが、化学薬品の特性を考慮して異なる部分もある。

- 防護対象設備や経路を維持するための防水扉などの表面に耐薬品性を有するエポキシ樹脂系の塗装材やシール材を塗布することにより防護する
- 系統として耐震性を確保する及び二重管等を用いることにより、可能な限り漏えいさせない

設備対応の例



防水扉の構造材としてステンレス鋼を使用又は炭素鋼の場合は耐薬品性の塗装を実施



5. 竜巻

再処理事業指定基準規則第9条

外部からの衝撃による損傷の防止

5. 竜巻

5.1 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(竜巻)の該当箇所

- 原子力規制委員会「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考に審査される。

5. 竜巻

5.2 基本的考え方



<基本的考え方>

- 安全機能を有する施設は、再処理施設が竜巻の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために竜巻に対して安全機能を損なわない設計とする。
- 竜巻に対する影響評価は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(平成25年6月19日 原規技発第13061911号 原子力規制委員会決定)(以下「竜巻ガイド」という。)を参考に実施する。
- 竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設は、全ての安全機能を有する構築物、系統及び機器とする。設計竜巻から防護する施設(以下、「竜巻防護施設」という。)としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物、系統及び機器を抽出し、竜巻により冷却、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よう機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。
- また、当該施設の破損等により竜巻防護施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させるおそれがある施設は、機械的強度を有すること等により、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

5. 竜巻

5.3 竜巻に対する設計対象施設の選定方針

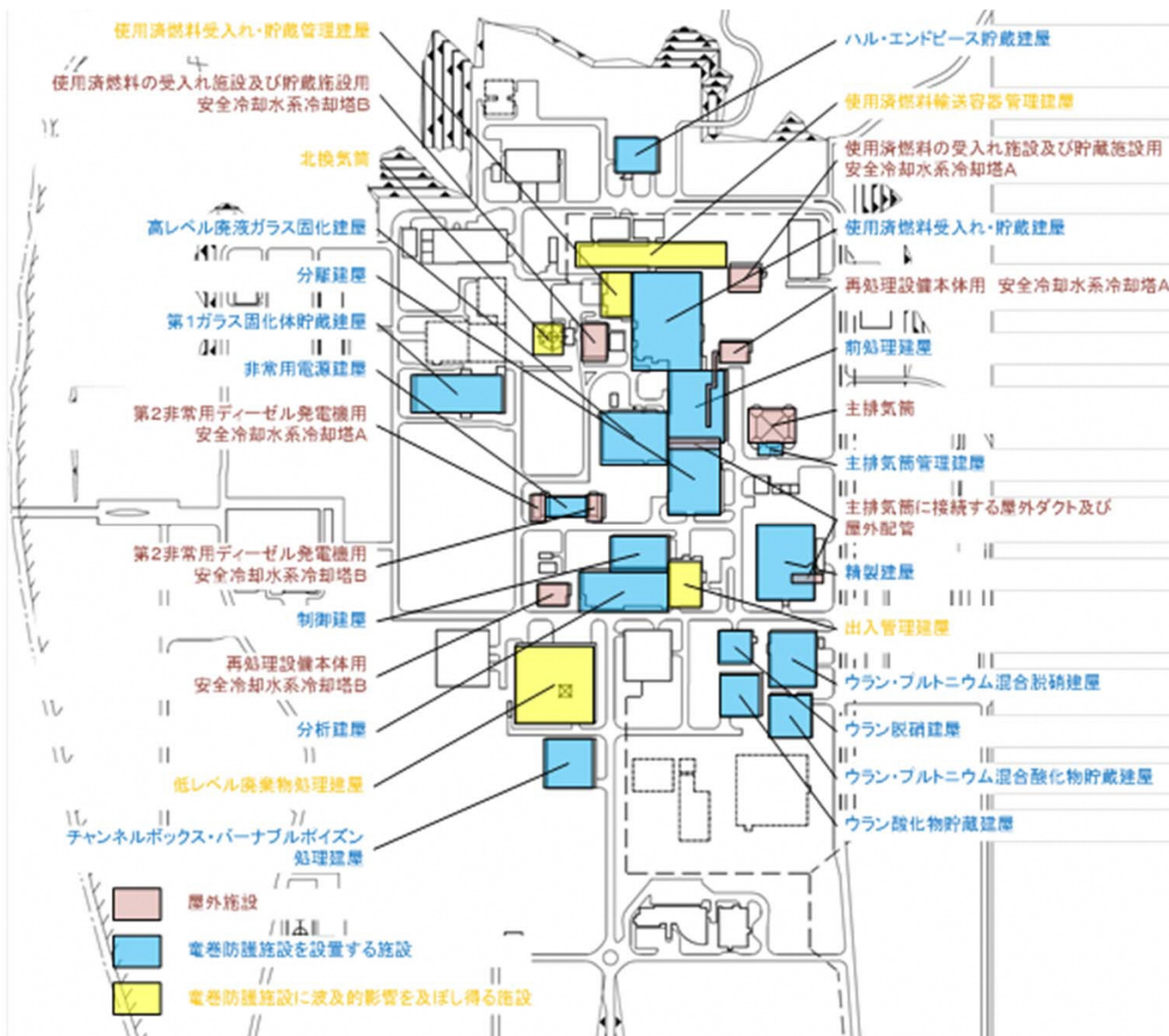


<設計対象施設>

- 安全機能を有する施設のうち、安全評価上その機能を期待する施設の安全機能を維持し、かつ、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ようにするため、安全上重要な施設を竜巻防護施設とする。
- 竜巻防護施設を設置する建屋については、竜巻防護施設を設置する施設として選定する。
- また、建屋・構築物の高さと、竜巻防護施設又は竜巻防護施設を設置する施設との距離を考慮し、破損又は転倒により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させるおそれのある施設を、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として選定する。

5. 竜巻

5.4 設計対象施設



5. 竜巻

5.5 設計竜巻の想定(1/3)



過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})

- 竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大規模はF2(最大風速69m/s)である。
- 国内で発生した最大規模の竜巻の規模はF3(最大風速92m/s)である。
- 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})の設定にあたっては、国内で発生した竜巻の最大風速をもとに、 V_{B1} を92m/sとする。



再処理施設の竜巻検討地域

竜巻検討地域における過去最大竜巻の一覧
(1961年～2013年12月)

発生日時	発生場所		藤田 スケール
	都道府県	市町村	
1965年09月05日11時40分	青森県	むつ市	(F2)
1980年10月31日09時30分	北海道日高支庁	門別町	(F1~F2)
1994年10月05日06時35分	北海道日高支庁	門別町	F1~F2
2004年10月22日16時50分	北海道日高支庁	門別町	F2

日本全国における過去最大竜巻の一覧
(1961年～2013年12月)

発生日時	発生場所		藤田 スケール
	都道府県	市町村	
1971年07月07日 07時50分	埼玉県	浦和市	(F3)
1990年12月11日19時13分	千葉県	茂原市	F3
1999年09月24日11時07分	愛知県	豊橋市	F3
2006年11月07日13時23分	北海道網走支庁	佐呂間町	F3
2012年05月06日12時35分	茨城県	常総市	F3

5. 竜巻

5.5 設計竜巻の想定(2/3)



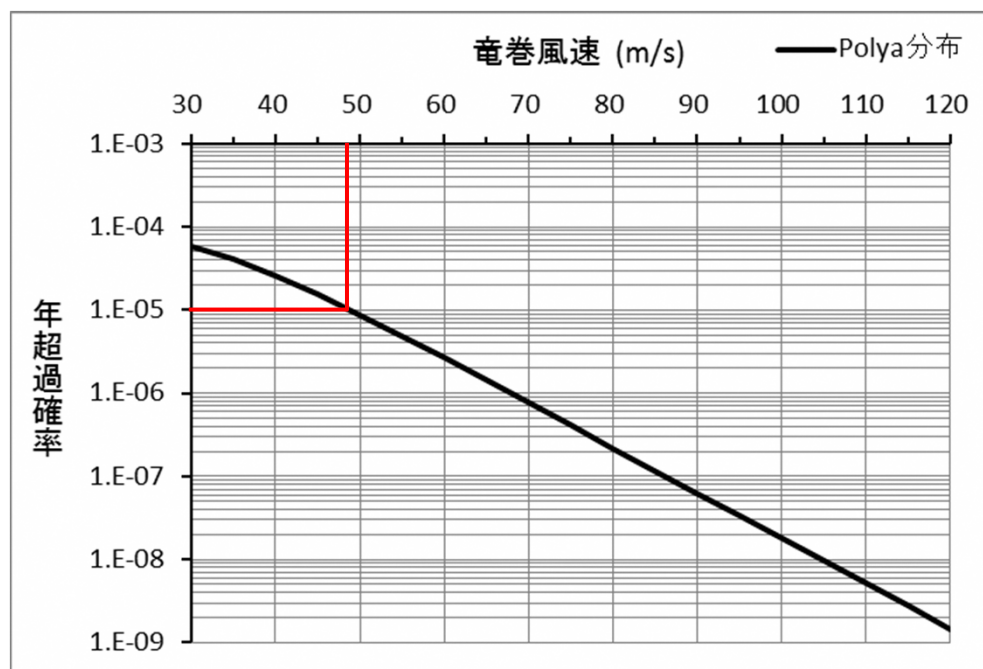
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})

●ハザード曲線の算定

➤ T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。

●竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})

➤ 竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、竜巻ガイドを参考に年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし、49m/sとする。



竜巻最大風速のハザード曲線(竜巻検討地域)

5. 竜巻

5.5 設計竜巻の想定(3/3)



基準竜巻の最大風速

- 日本で過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}=92\text{m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}=49\text{m/s}$ より、再処理施設における基準竜巻の最大風速 V_B は 92m/s とする。

設計竜巻の最大風速の設定

- 再処理施設では、敷地の周辺が平坦であり、地形効果による竜巻の増幅を考慮する必要はないと考えられるため、基準竜巻の最大風速に対する割り増しは行わず、設計竜巻の最大風速は 92m/s となる。
- 竜巻に対する設計に当たっては、蓄積されている知見の少なさといった不確定要素を考慮し、設計及び運用に安全余裕を持たせるために、設計竜巻の最大風速を 100m/s とする。
- 風速 100m/s に相当する年超過確率は、ハザード曲線より 1.86×10^{-8} である。

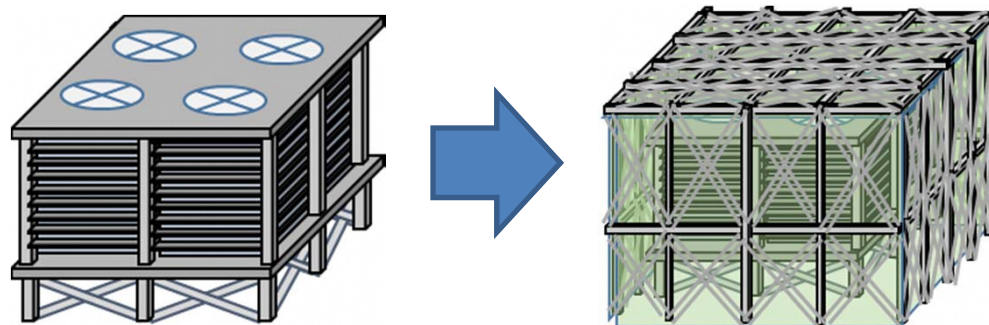
5. 竜巻

5.6 竜巻防護設計(1/3)



(1) 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の例

- 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用の安全冷却水系は、独立した2系列の冷却塔、冷却水循環ポンプ及び配管系により構成する。
- 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は、風圧力による荷重及び冷却塔の自重に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする。
- その上で、2系列の冷却塔に対して、飛来物防護ネット及び飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による損傷を防止することによって、安全機能を損なわない設計とする。



防護ネットの設置
〈冷却塔〉

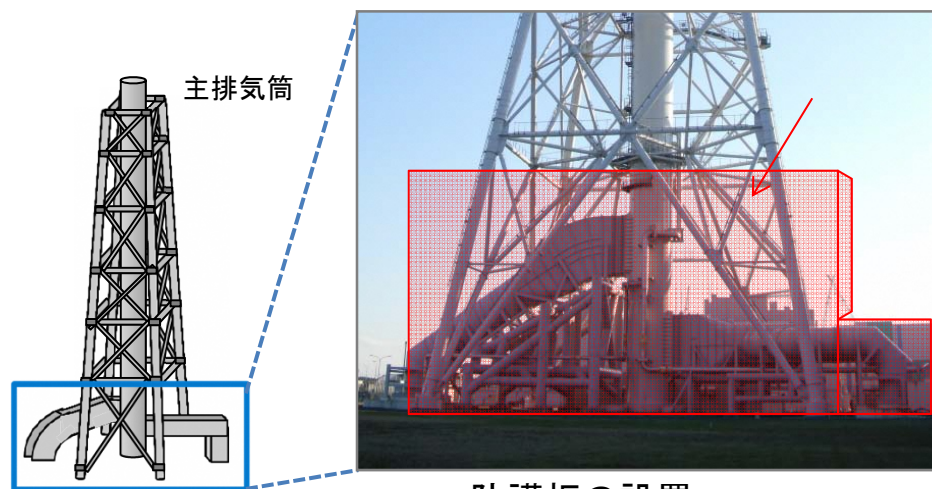
5. 竜巻

5.6 竜巻防護設計(2/3)



(2) 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの例

- 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトは、風圧力による荷重及び自重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。
- また、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトに対しては、設計飛来物の衝突により損傷することを考慮して、飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による貫通を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。



防護板の設置
〈屋外ダクト, 屋外配管, 排気モニタ〉

5. 竜巻

5.6 竜巻防護設計(3/3)



(3) 飛来物発生防止対策の例

- 車両については、周辺防護区域内への入構を管理するとともに、竜巻の襲来が予想される場合に車両が飛来物とならないよう固縛又は退避する運用とする。

車両の固縛

ナイロンスリング等



6. 落雷

再処理事業指定基準規則第9条

外部からの衝撃による損傷の防止

6. 落雷

6.1 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(落雷)の該当箇所

6. 落雷

6.2 基本的考え方



<基本的考え方>

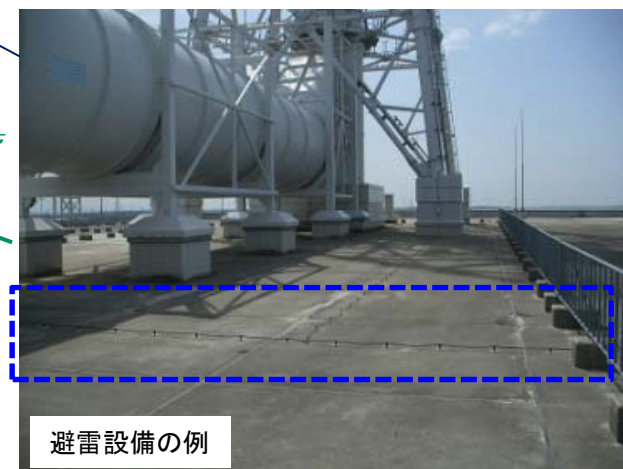
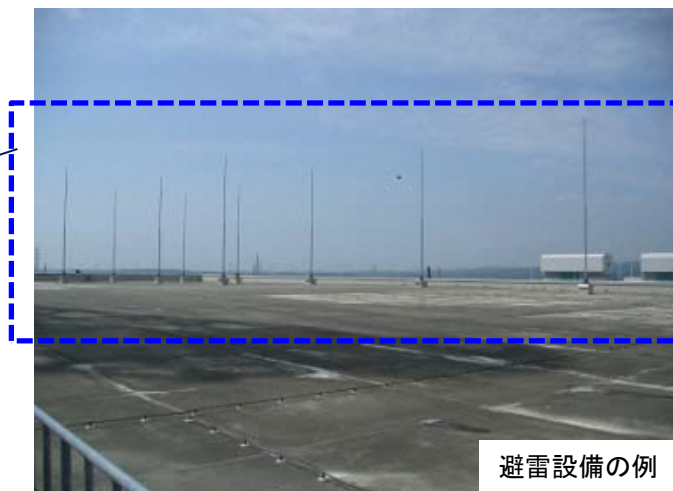
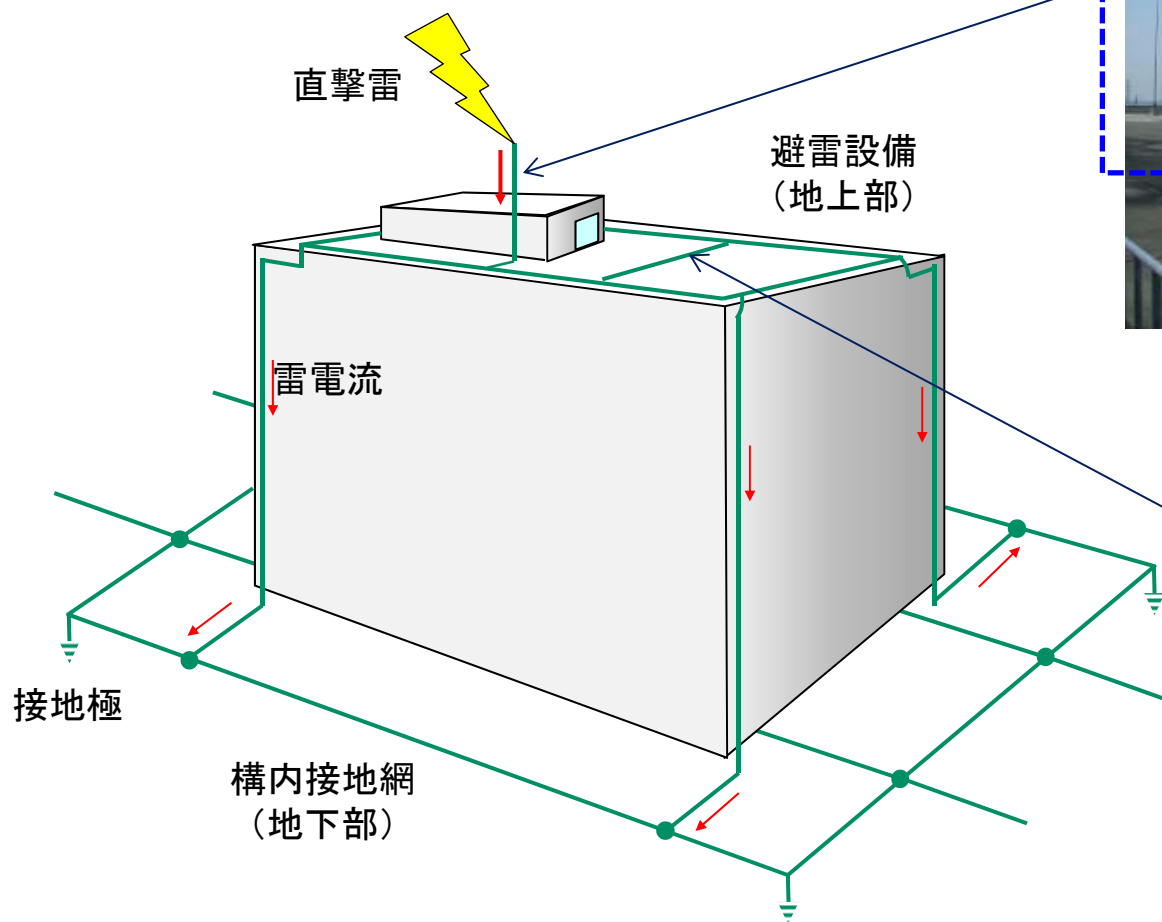
- 安全機能を有する施設は、落雷によってもたらされる影響及び再処理施設の特徴を考慮し、直撃雷に対する防護対象施設及び間接雷に対する防護対象施設を選定して耐雷設計を行う。
- 落雷によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を、全ての安全機能を有する構築物、系統及び機器とする。
- 落雷に対する防護対象施設としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物、系統及び機器を抽出し、落雷により冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわない設計とする。

6. 落雷

6.3 落雷に対する現行設計の対策



避雷設備(避雷針)を設置することで、落雷による機器の損傷を防止



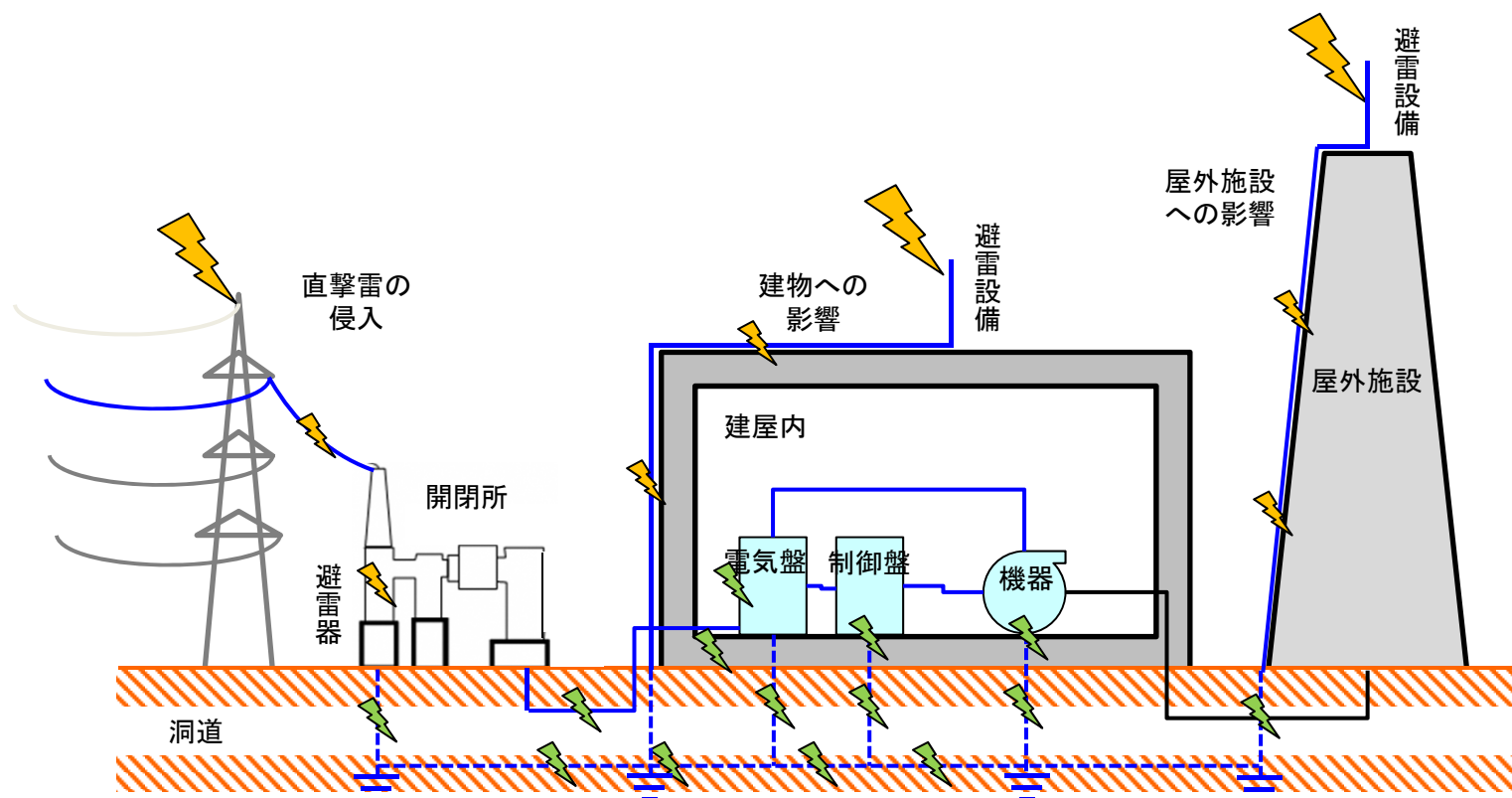
6. 落雷

6.4 防護対象施設の選定方針(1/2)



<防護対象施設選定の考え方>

- 落雷による影響としては、直撃雷による影響と、間接雷による影響がある。
- 直撃雷は、建物や屋外施設など大気に曝された施設に対して大規模な雷撃電流が流れることにより影響を与える。
- 直撃雷の侵入経路としては、屋外の避雷設備、送電線からの侵入が想定される。
- 間接雷は、建物や屋外施設などに落雷した雷撃電流が、避雷設備を介して大地へ拡散・分流する過程で、建屋内に設置される施設に対して影響を与える。
- 間接雷による雷サージの侵入経路としては、構内接地系からの侵入が想定される。
- 落雷に伴う直撃雷と間接雷の影響及び再処理施設の特徴を考慮し、防護対象施設を選定する。



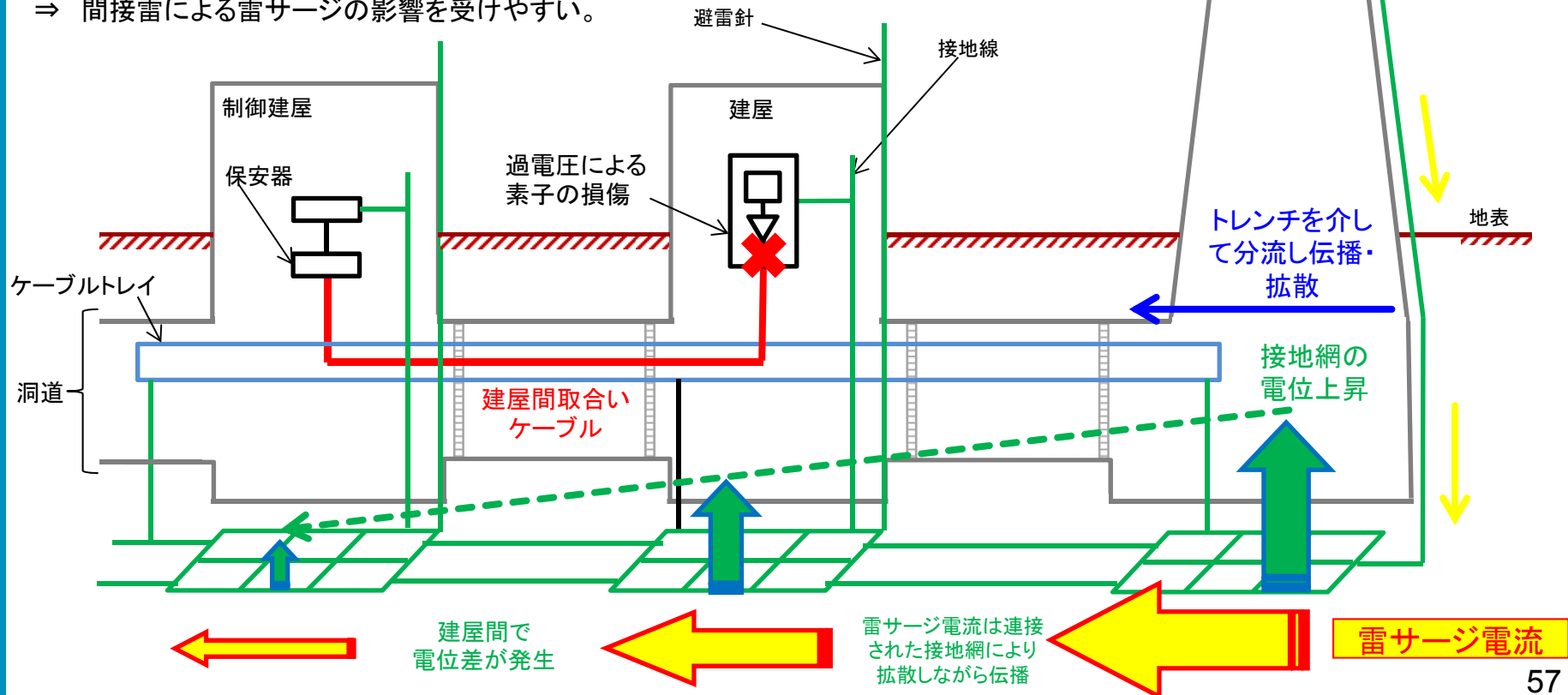
6. 落雷

6.4 防護対象施設の選定方針(2/2)



<再処理施設の特徴>

- 再処理施設は、敷地内で最も高い構築物である主排気筒（高さ150m）への落雷（誘雷）を考慮した建屋配置とする。
- ⇒ 大規模な落雷は主排気筒へ直撃しやすい。
- 建屋間には、配管、ダクト、ケーブル等を收容するトレンチを設置する。
- 各施設の監視・制御は制御建屋で集中的に行われる設計としている。
- ⇒ 間接雷による雷サージの影響を受けやすい。



6. 落雷

6.5 防護対象施設の選定結果(1/2)



<直撃雷に対する防護対象施設一覧>

建築基準法または消防法の適用を受ける建屋及び構築物、安全上重要な施設内包する建屋、安全上重要な構築物は、避雷設備を設ける設計とする。

建屋／構築物	対象		
	安	建	消
使用済燃料輸送容器管理建屋	—	○	—
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○	○	—
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	—	—	—
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	○	○	—
低レベル廃液処理建屋	—	○	—
低レベル廃棄物処理建屋	—	○	○
チャンネルボックス・パナブルポイズン処理建屋	○	○	—
ハル・エンドピース貯蔵建屋	○	○	—
第1低レベル廃棄物貯蔵建屋	—	—	—

建屋／構築物	対象		
	安	建	消
第2低レベル廃棄物貯蔵建屋	—	—	—
第4低レベル廃棄物貯蔵建屋	—	—	—
分析建屋	○	○	—
制御建屋	○	—	—
非常用電源建屋	○	—	○
主排気筒管理建屋	○	—	○
北換気筒管理建屋	—	—	—
緊急時対策所	—	—	—
第1保管庫・貯水所	—	—	—
第2保管庫・貯水所	—	—	—
出入管理建屋	—	○	—
主排気筒	○	○	—
北換気筒	—	○	—
低レベル廃棄物処理建屋換気筒	—	○	—
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 安全冷却水系冷却塔	○	—	—

<凡例> 安：安全上重要な施設を内包するため対象となるもの
 建：建築基準法の適用を受けるため対象となるもの
 消：消防法の適用を受けるため対象となるもの

○：防護対象施設に該当
 —：防護対象施設に該当しない

6. 落雷

6.5 防護対象施設の選定結果(2/2)



<間接雷による雷サージの影響に対する防護対象施設一覧>

安全機能を有する施設のうち、建屋間を取り合う計測制御設備、電気設備等は、間接雷による雷サージの影響に対する防護対象施設とする。

建屋／構築物	対象	
	建屋間 取合い	安重の 有無
使用済燃料輸送容器管理建屋	○	—
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○	○
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	○	—
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	○	—
低レベル廃液処理建屋	○	—
低レベル廃棄物処理建屋	○	—
チャンネルボックス・バーナブルホイスン処理建屋	○	—
ハル・エンドピース貯蔵建屋	○	—
第1低レベル廃棄物貯蔵建屋	—	—

<凡例> 建屋間取合い

○： 建屋間を取り合う電気設備、計測制御設備があるもの
—： 〃 がないもの

建屋／構築物	対象	
	建屋間 取合い	安重の 有無
第2低レベル廃棄物貯蔵建屋	○	—
第4低レベル廃棄物貯蔵建屋	—	—
分析建屋	×	—
制御建屋	○	○
非常用電源建屋	○	○
主排気筒管理建屋	○	○
北換気筒管理建屋	○	—
緊急時対策所	×	×
第1保管庫・貯水所	×	×
第2保管庫・貯水所	×	×
出入管理建屋	×	×
主排気筒	○	—
北換気筒	○	—
低レベル廃棄物処理建屋換気筒	○	—
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 安全冷却水系冷却塔	○	—

安重の有無

○： 対象施設に安全上重要な計測制御設備、電気設備があるもの
—： 〃 がないもの

6. 落雷

6.6 想定する落雷の規模



●地域特性を考慮した落雷の規模

- 再処理施設の敷地で過去に確認されている落雷のデータのうち最大のものを参考に落雷の規模を想定する。
- 過去に再処理施設の敷地で観測された落雷の最大雷撃電流は211kAであるため、安全上重要な施設の設計にあたってはこれを参考に、設計余裕を考慮し、270kA※1の雷撃電流を想定する。

$$\text{※1 } 211 / (1 - 0.2) = 264 \div 270 \text{ (kA)}$$

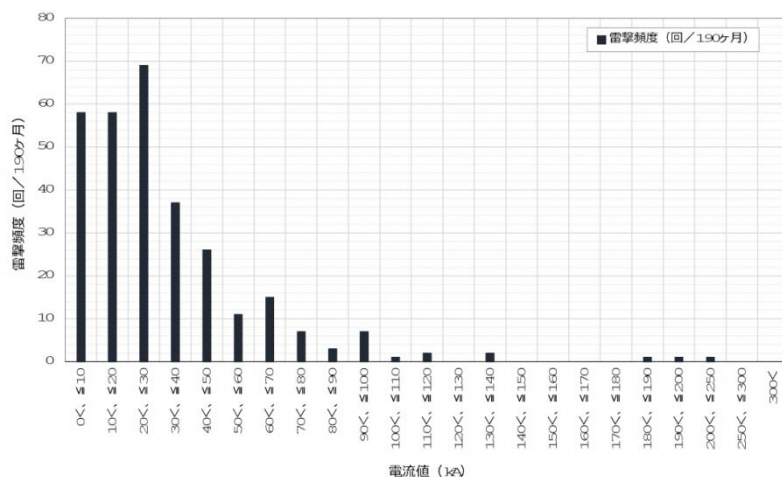


図 再処理施設の敷地で過去に観測された落雷データの頻度分布
(統計期間:2000年1月～2015年10月)

表 再処理施設の敷地で過去に観測された落雷データ
(統計期間:2000年1月～2015年10月)

順位	雷撃電流(kA)	発生年月日	発生時刻
1	211	2000年7月25日	15時04分
2	-196	2015年8月2日	18時52分
3	-183	2015年8月2日	18時55分

出典:フランクリンジャパン:落雷解析データ

6. 落雷

6.7 落雷に対する防護設計方針



●設計の想定, 防護設計方針及び防護設計に求められる機能

想定内容	防護対象	防護設計方針	防護設計に求められる機能
建屋, 構築物に落雷が発生する。	直撃雷に対する防護対象施設 • 建築基準法又は消防法により避雷設備の設置を要求される施設 • 屋外の安全上重要な施設 • 安全上重要な施設を内包する施設	日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する。	雷撃を受雷し, 雷撃電流を大地へ放流する(建屋, 構築物への直撃を防止する)。
主排気筒に雷撃電流270kAの落雷が発生し, 建屋間を取り合う計測制御系統施設等に過電圧が印加される。	間接雷に対する防護対象施設 • 建屋間を取り合う計測制御系統施設のうち安全上重要な施設	想定される過電圧が印加されても安全機能を損なわない設計とする。	安全上重要な計測制御系統施設の故障を防止する。

次頁
参照

6. 落雷

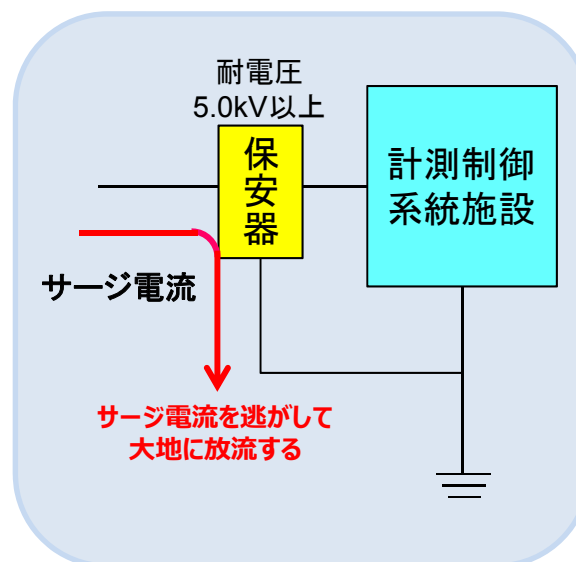
6.8 防護設計の例



○間接雷に対する防護対象施設

施設名(防護対象)	防護設計
計測制御系統施設等(安全上重要な施設)	過電圧に対して十分な耐力を有する保安器(5.0kV以上)を設置する。
計測制御系統施設等(安全上重要な施設を除く)	落雷による損傷を考慮し、代替設備による機能の確保、安全上支障のない期間での修復を行う。

計測制御系統施設等 (安全上重要な施設)



7. 航空機落下 再処理事業指定基準規則第9条 外部からの衝撃による損傷の防止

7. 航空機落下

7.1 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。

7. 航空機落下

7.2 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。

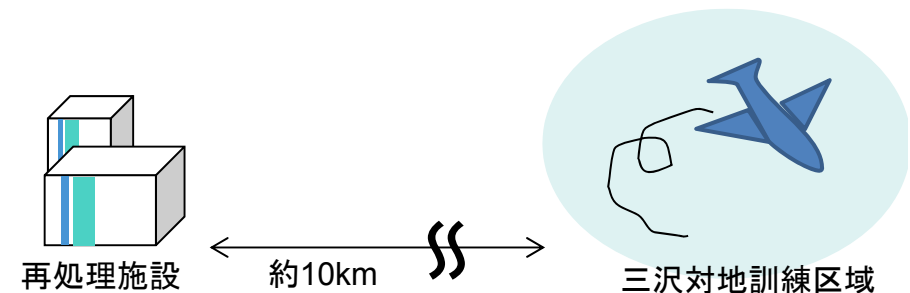
7. 航空機落下

7.3 航空機落下に対する現行設計の対策



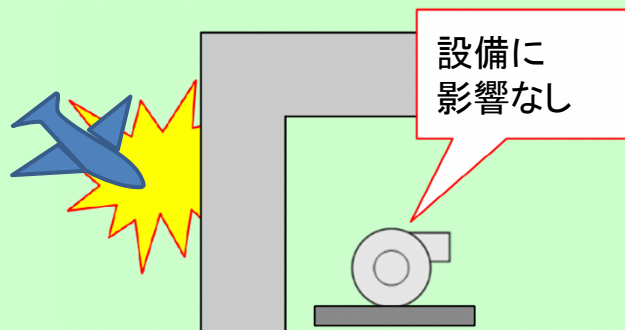
航空機が再処理施設に落下する可能性は極めて小さいものの、万が一に備えた対策を実施

- 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

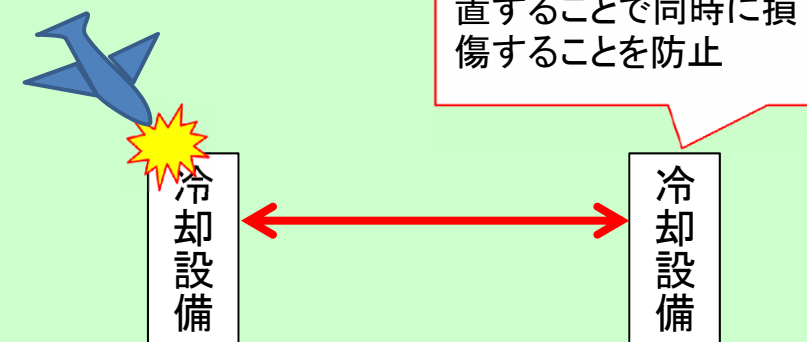


【航空機の落下対策】

① 堅固な構築物による保護



② 離隔距離の確保



7. 航空機落下

7.4 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。

《分離建屋の例》

- ✓ 分離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、分離建屋等の「0.050km²」）

7. 航空機落下

7.5 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



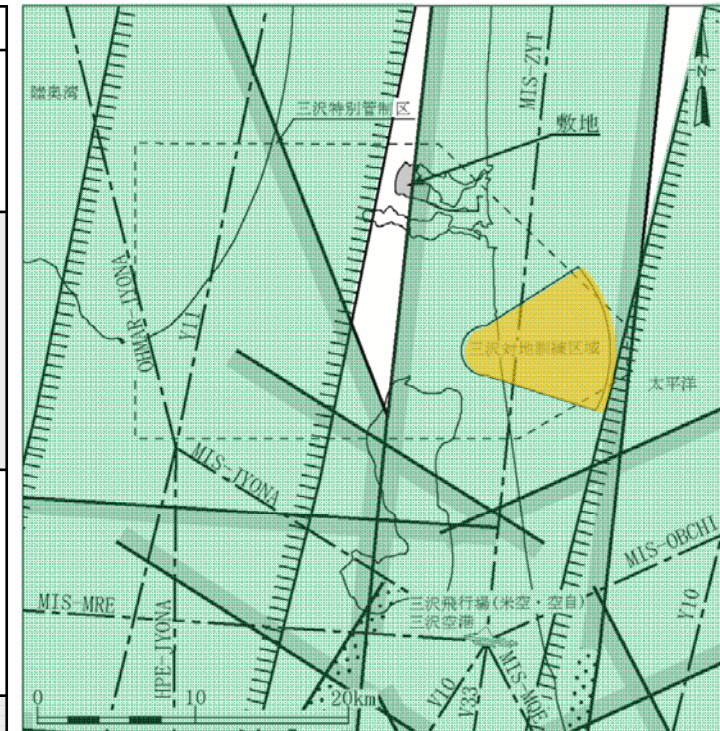
建物・構築物	非常用所内電源系統		安全圧縮空気系	主排気筒	安全冷却水系			安全保護回路、安全上重要な計測制御系
	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	再処理設備本体			使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用	再処理設備本体用	第2非常用ディーゼル発電機用	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○				○			○
前処理建屋		○	○	○		○	○	○
分離建屋		○	○	○		○	○	○
精製建屋		○	○	○		○	○	○
ウラン脱硝建屋								○
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋		○	○	○		○	○	○
ウラン酸化物貯蔵建屋								
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建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

7. 航空機落下

7.6 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>



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

7. 航空機落下

7.7 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)	○

7. 航空機落下

7.8 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。

$$P_c = \frac{f_c \times N_c \times A}{W}$$
$$= 2.7 \times 10^{-10} \text{ (回/年)}$$

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 ; 0.050 (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)

7. 航空機落下

7.9 自衛隊機又は米軍機の落下確率の評価(1/4) (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)

7. 航空機落下

7.9 自衛隊機又は米軍機の落下確率の評価(2/4) (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

$$P_{SO_1} = \left(\frac{f_{SO_1}}{S_O} \times A1 \times \alpha \right) + \left(\frac{f_{SO_2}}{S_O} \times A1 \right)$$
$$= 1.9 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

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 : 295,675 (km^2) , 米軍機 : 372,410 (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 ;

0.030 (km^2)

α : 係数 ; 0.1

7. 航空機落下

7.9 自衛隊機又は米軍機の落下確率の評価(3/4) (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

$$P_{SO_2} = \left(\frac{f_{SO_1} + f_{SO_2}}{S_o} \times A_2 \right)$$
$$= 4.2 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

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 ;

0.020 (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

$$P_{SOX} = P_{SO_1} + P_{SO_2}$$
$$= 6.1 \times 10^{-8} \text{ (回/年)}$$

7. 航空機落下

7.10 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、 6.2×10^{-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。

8. 外部火災

再処理事業指定基準規則第9条

外部からの衝撃による損傷の防止

8. 外部火災

8.1 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(外部火災)の該当箇所

- 原子力規制委員会「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参考に審査される。

8. 外部火災

8.2 基本的考え方



<基本的考え方>

- 安全機能を有する施設は、敷地及び敷地周辺で想定される自然現象並びに人為事象による火災及び爆発(以下「外部火災」という。)の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護等により、外部火災に対して安全機能を損なわない設計とする。
- 外部火災の影響評価は、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」(平成25年6月19日 原規技発第13061912号 原子力規制委員会決定)(以下「外部火災ガイド」という。)を参考として影響を評価する。

8. 外部火災

8.3 外部火災防護施設の選定方針(1/2)

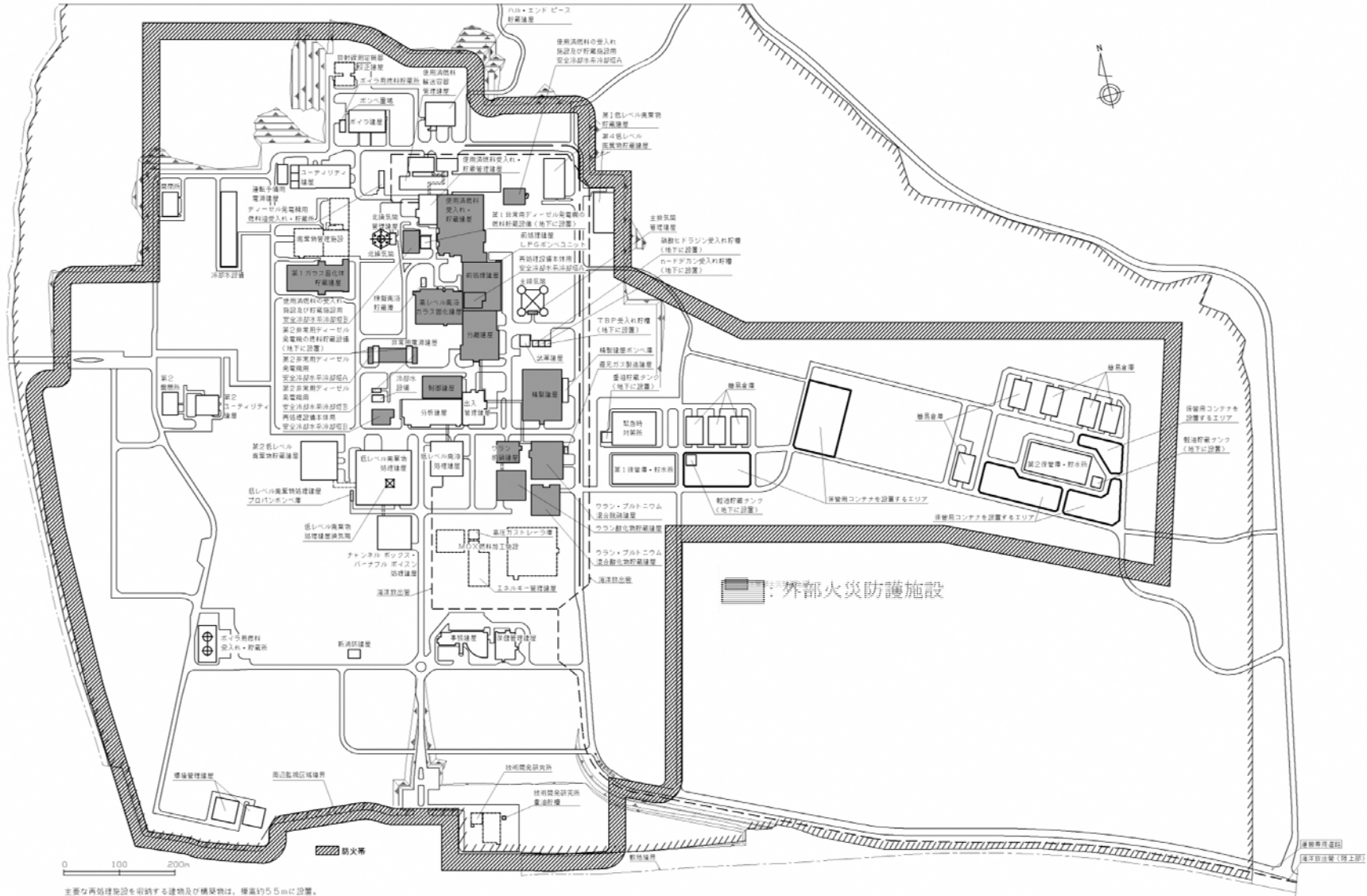


<外部火災防護施設の選定方針>

- 安全機能を有する施設は、外部火災の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護等により、外部火災に対して安全機能を損なわない設計とする。
- その上で、外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を、全ての安全機能を有する構築物、系統及び機器とする。外部火災から防護する施設(以下、「外部火災防護対象設備」という。)としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物、系統及び機器を抽出し、外部火災により冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界の防止等の安全機能を損なわないよう機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。
- 上記に含まれない安全機能を有する施設については、外部火災に対して機能を維持すること若しくは外部火災により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間での修復を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。
- 外部火災防護対象設備は、建物内に収納され防護される設備及び屋外に設置される設備に分類されることから、外部火災防護対象設備を収納する建屋及び屋外に設置する外部火災防護対象設備を外部火災防護施設とする。

8. 外部火災

8.3 外部火災防護施設の選定方針(2/2)



外部火災防護施設等の配置図

8. 外部火災

8.4 外部火災にて想定する火災及び爆発



考慮すべき外部火災としては、外部火災ガイドを参考に、森林火災、近隣工場等の火災又は爆発、航空機落下による火災及び敷地内に存在する屋外の危険物タンク及び可燃性ガスボンベ（以下「危険物タンク等」という。）の火災又は爆発を選定し、二次的影響としてばい煙及び有毒ガスによる影響を選定する。

外部火災にて想定する火災及び爆発

種別	考慮すべき火災及び爆発
森林火災	敷地周辺10km以内に発火点を設定した再処理施設に迫る火災
近隣工場等の火災及び爆発	敷地周辺10km以内に存在する石油備蓄基地の火災
	敷地内に存在する屋外の危険物タンク等の火災
	敷地内に設置されるMOX燃料加工施設のエネルギー管理建屋に隣接する高圧ガストレーラ庫における水素の爆発
航空機落下による火災	敷地内への航空機落下時の火災

8. 外部火災

8.5 森林火災に対する影響評価



○森林火災については、外部火災ガイドを参考とし、森林火災シミュレーション解析コード（以下「FARSITE」という。）を用いて以下の手順により評価を実施した。

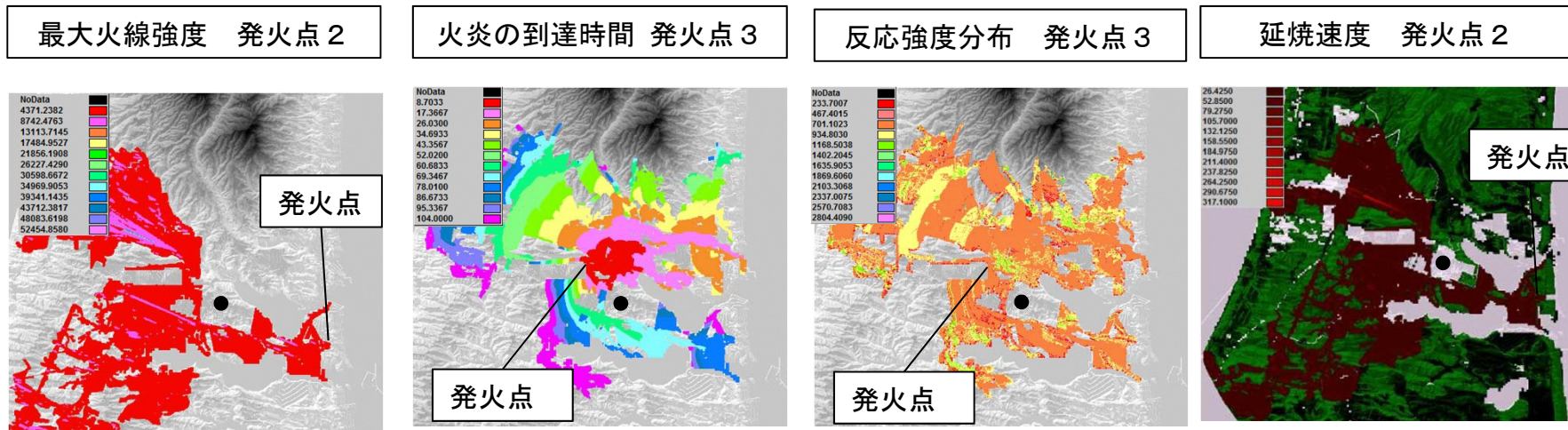
評価手順		実施事項
(1)	FARSITE 入力条件検討	<ul style="list-style-type: none">・再処理施設周辺の森林状況をふまえた樹種の設定・森林火災の発生件数を考慮した気象条件の設定・再処理施設周辺の森林火災に至る発火点の設定
(2)	FARSITE 森林火災解析	<ul style="list-style-type: none">・森林火災の大きさ（火線強度，反応強度 [火炎輻射強度]，火炎長等）の算出・再処理施設への火炎の到達時間の算出
(3)	FARSITEの解 析結果を用い た外部火災防 護施設への影 響評価	<ul style="list-style-type: none">・延焼を防止するための防火帯の設定 （防火帯として必要な幅は，火線強度より算出）・外部火災防護施設に対する熱影響評価
		<ul style="list-style-type: none">・火炎の到達時間を考慮した消火活動体制の確認

8. 外部火災

8.6 森林火災に対する影響評価結果



<FARSITEの影響評価結果>



● : 再処理施設

項目	内容	解析結果
延焼速度	全燃焼セルにおける延焼速度	発火点1: 最大4.7m/s, 平均0.07m/s 発火点2: 最大5.3m/s, 平均0.08m/s 発火点3: 最大3.5m/s, 平均0.04m/s
最大火線強度	火線最前線の最大火線強度(防火帯幅算出に用いる)	発火点1: 1,527 kW/m 発火点2: 9,128 kW/m 発火点3: 2,325 kW/m
火炎の到達時間	発火から敷地内に最も早く到達する時間	発火点1: 30時間 1分 発火点2: 18時間37分 発火点3: 5時間 1分
輻射強度	防火帯から任意の位置(170m)における輻射強度(熱影響評価に用いる発火点の選定)	発火点1: 0.53kW/m ² 発火点2: 0.82kW/m ² 発火点3: 1.4kW/m²

8. 外部火災

8.7 森林火災に対する防護設計方針(1/2)

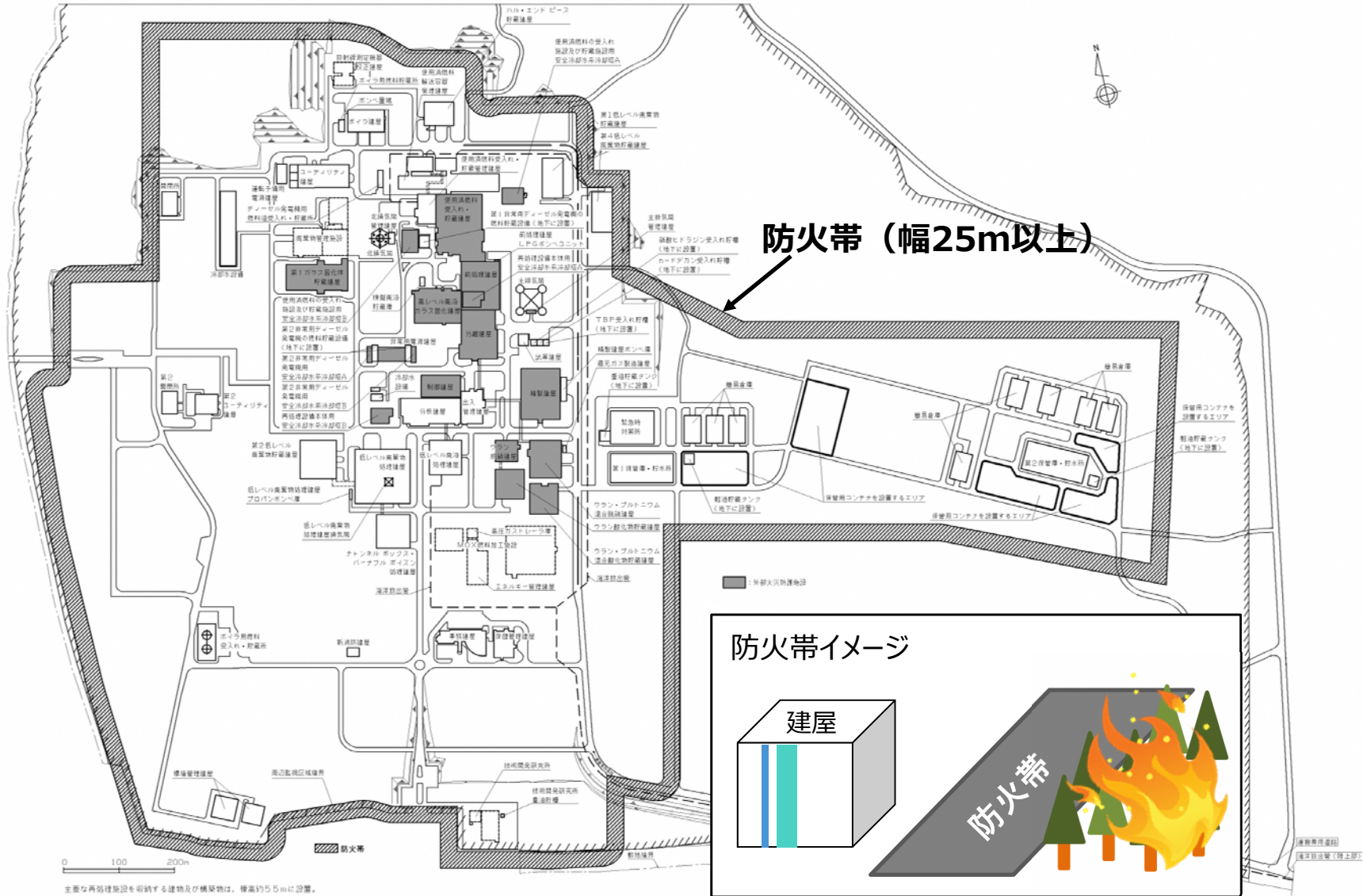


<森林火災に対する防護設計方針>

- 発火点から防火帯までの到達時間は約5時間。
⇒敷地内に常駐する自衛消防隊の消火班により、飛び火による火災の延焼を防止することが可能。
- FARSITEにより算出される最大火線強度から、必要な防火帯幅は24.9m。
⇒森林伐採により25m以上の防火帯幅を確保。
- 外部火災防護施設のうち、建屋については、防火帯の外縁(火炎側)からの離隔距離を、コンクリートの強度が維持できる温度となる危険距離23m以上確保。
- 外部火災防護施設のうち、建屋については、防火帯外縁における森林火災から最も近い建屋の外壁温度が熱に対するコンクリートの強度が維持できる温度以下とし、かつ、建屋内の外部火災防護対象設備の安全機能を損なわないように設計する。
- 外部火災防護施設のうち、屋外に設置される外部火災防護対象設備については、森林火災に伴う冷却水の温度上昇により安全機能が損なわれないように設計する。
- その他の安全機能を有する施設については、外部火災に対して機能を維持すること若しくは外部火災により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間での修復を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

8. 外部火災

8.7 森林火災に対する防護設計方針(2/2)



防火帯の配置図

8. 外部火災

8.8 近隣工場等の火災・爆発に対する選定方針



<評価対象の選定方針>

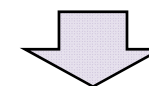
近隣工場等の対象については、外部火災ガイドを参考とし、敷地周辺の10km以内に存在する石油コンビナート等特別防災区域内の施設、危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設を網羅的に調査し、再処理施設への影響を保守側に評価するよう評価対象を選定する。

危険物貯蔵所及び高圧ガス貯蔵施設については、危険物設置許可申請書及び高圧ガス保安法に基づく申請施設を聞き取り調査により調査した。

調査結果を以下の表に示す。

評価対象候補	
石油コンビナート等 特別防災区域内の施設	石油備蓄基地
	中継ポンプ場
	パイプライン
危険物貯蔵所 【99施設】	六ヶ所ウラン濃縮工場
	給油取扱所
	周辺企業屋外タンク貯蔵所
高圧ガス貯蔵施設 【10件】	濃縮機器製造工場
	MOX燃料加工施設
	周辺企業高圧ガス施設
	プロパンガス販売所

このうち、火災又は爆発により再処理施設に影響を与えるか等で選定した結果



石油備蓄基地、MOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫、ボイラ用燃料貯蔵所、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所を評価対象

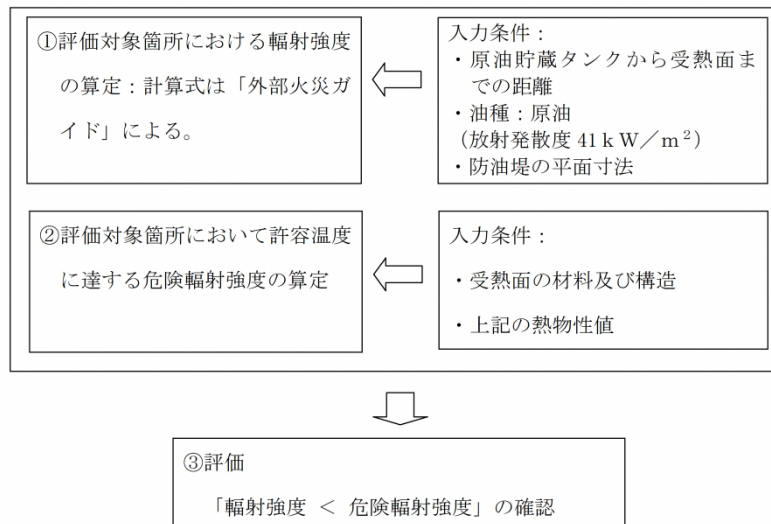
8. 外部火災

8.9 近隣工場等の火災・爆発に対する影響評価



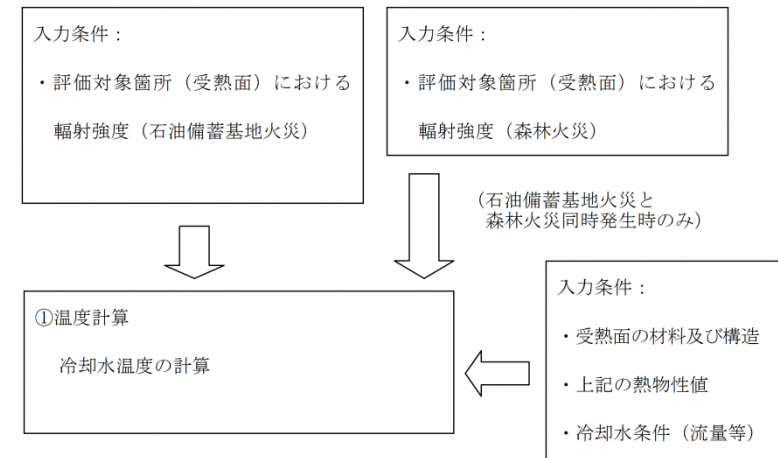
＜近隣工場等の火災・爆発に対する評価方法＞（例：石油備蓄基地火災）

(a) 外部火災防護対象設備を収納する建屋
想定される石油備蓄基地火災により建屋外壁で受ける火災からの輻射強度が、コンクリートの許容温度となる危険輻射強度（ 2.3 kW/m^2 ）以下となり、建屋内の外部火災防護対象設備の安全機能を損なわない設計とする。



外部火災防護対象設備を収納する建屋
に対する影響評価フロー

(b) 屋外に設置する外部火災防護対象設備
想定される石油備蓄基地火災から受ける火災からの輻射強度に基づき、冷却水出口温度を評価し、最大運転温度以下とすることで外部火災防護対象設備の安全機能を損なわない設計とする。



屋外に設置する外部火災防護対象設備
に対する影響評価フロー

8. 外部火災

8.10 近隣工場等の火災・爆発に対する影響評価結果



<評価結果>

○石油備蓄基地火災における熱影響評価

- 火災による輻射強度が危険輻射強度以下
- 安全冷却水系冷却塔は、通常時の出口温度に対して、冷却水の温度上昇はわずか（通常時出口温度 約35℃ ⇒ 温度上昇 0.04℃）
⇒外部火災防護対象設備の安全機能を損なうことはない。

○危険物タンク等の火災

- 評価対象建屋の外壁表面温度は、コンクリートの許容温度以下
- 安全冷却水系冷却塔は、通常時の出口温度に対して、冷却水の温度上昇はわずか（通常時出口温度 約35℃ ⇒ 温度上昇 0.01℃）
⇒外部火災防護対象設備の安全機能を損なうことはない。

○OMOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫

- 着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造とし、爆発を防止する設計
- 爆発時に発生する爆風が上位方向に開放されることを妨げない設計
⇒外部火災防護対象設備の安全機能を損なうことはない。

8. 外部火災

8.11 航空機落下による火災に対する設計方針



<設計方針>

- 航空機墜落による火災については、外部火災ガイド及び「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年7月30日原子力安全・保安院制定)」(以下「航空機落下確率評価ガイド」という。)を参考として、航空機墜落による火災の条件となる航空機の選定を行う。
- 航空機墜落地点については、建屋外壁等で火災が発生することを想定する。この航空機墜落による火災の輻射強度を考慮した場合において、外部火災防護対象設備の安全機能を損なわない設計とする。
- また、危険物タンク等が、航空機落下に起因して外部火災源となる場合には、航空機落下による火災と重畳した場合においても、外部火災防護対象設備の安全機能を損なわない設計とする。

8. 外部火災

8.12 航空機落下による火災に対する評価方法



<墜落による火災を想定する航空機の選定>

外部火災ガイドを参考に、航空機墜落火災の対象航空機については、航空機落下確率評価ガイドの落下事故の分類を踏まえ、以下の航空機の落下事故における航空機を選定する。

- 自衛隊機又は米軍機の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
 - 外部火災ガイドを参考として、燃料積載量が最大の自衛隊機であるKC-767を選定。
 - 三沢対地訓練区域を訓練飛行中の自衛隊機又は米軍機のうち、当社による調査結果から、自衛隊機のF-2又は米軍機のF-16を選定。さらに、今後、訓練飛行を行う主要な航空機となる可能性のあるF-35についても選定。
- 計器飛行方式民間航空機の空路を巡航中の落下事故の航空機
 - 墜落地点が敷地外となることから、影響は近隣工場等の石油備蓄基地火災の影響評価に包含される。

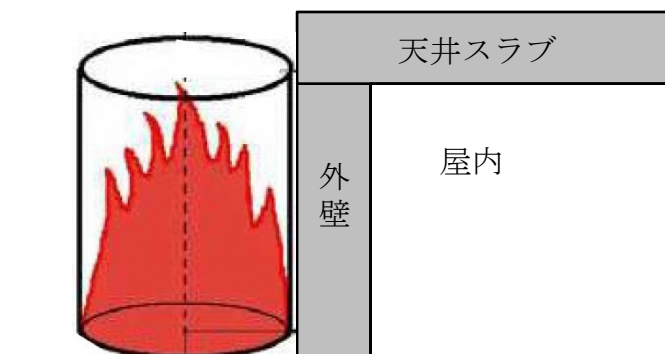
8. 外部火災

8.12 航空機墜落による火災に対する評価方法



< 航空機墜落地点の設定 >

再処理施設は敷地内に放射性物質を取り扱う建屋が多く、面的に広く分布していることを踏まえ、離隔距離を想定しない航空機墜落による火災としてとらえ、航空機墜落地点は、建屋外壁等の外部火災防護施設への影響が厳しい地点とする。



航空機墜落地点のイメージ図

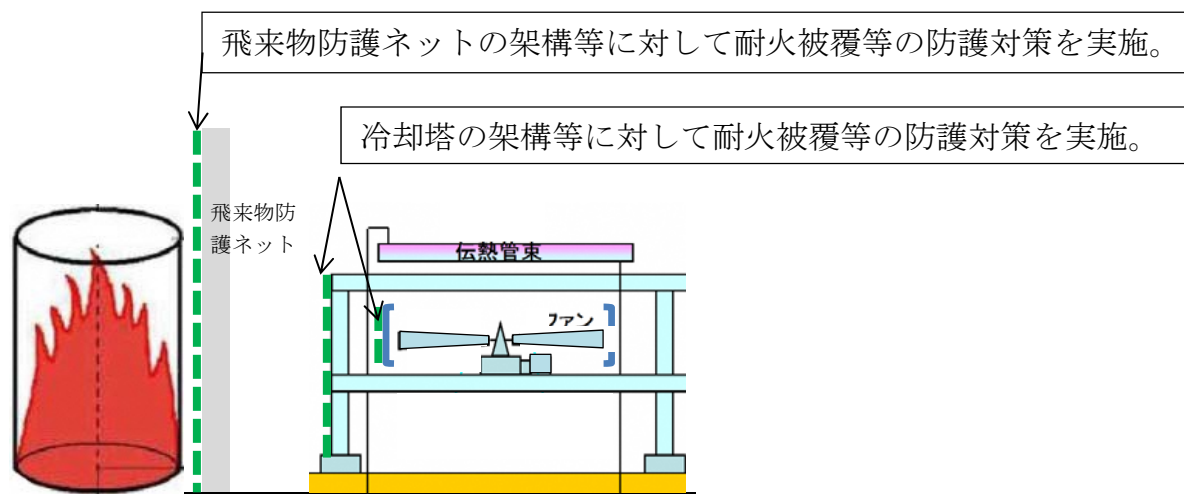
8. 外部火災

8.12 航空機落下による火災に対する評価方法



<航空機墜落による火災に対する影響評価及び防護対策>

- 外部火災防護施設のうち、建屋については、建屋外壁の温度上昇により建屋内の外部火災防護対象設備の安全機能を損なわない及び建屋外壁が要求される機能を損なわない設計とする。
⇒ 外壁表面より約17cmで入熱による影響がなくなることから、建屋内に設置する外部火災防護対象設備の安全機能は損なわれない。
- 屋外に設置する外部火災防護施設については、火災からの輻射熱を受けて高温になることが想定される。そのため、耐火被覆、遮熱板等の防護対策を実施することにより、外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。また、安全冷却水系冷却塔については、冷却水出口温度を最大運転温度以下とすることで安全機能を損なわない設計とする。
- 屋外に設置する外部火災防護施設に対する竜巻防護対策設備については、外部火災防護施設に波及的影響を与える場合は、耐火被覆、遮熱板等の防護対策を講ずる設計とする。



<冷却塔の防護対策のイメージ図>

9. 火山

再処理事業指定基準規則第9条

外部からの衝撃による損傷の防止

9. 火山

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(火山)の該当箇所

- 原子力規制委員会「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参考に審査される。

9. 火山

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、再処理施設の運用期間中に想定される火山事象である降下火砕物の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、降下火砕物に対して安全機能を損なわない設計とする。
- 火山事象の評価においては、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(平成25年6月19日 原規技発第13061910号 原子力規制委員会決定)を参考に実施する。

9. 火山

9.3 防護対象施設の選定方針



○降下火砕物防護施設の選定

- 安全機能を有する施設は、再処理施設の運用期間中に想定される火山事象である降下火砕物の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、降下火砕物に対して安全機能を損なわない設計とする。
- その上で、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を、全ての安全機能を有する構築物、系統及び機器とする。降下火砕物から防護する施設(以下、「降下火砕物防護対象設備」という。)としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物、系統及び機器を抽出し、降下火砕物により冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界の防止等の安全機能を損なわないよう機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。
- 降下火砕物防護対象設備は、建屋内に収納され防護される設備、建屋内に収納されるが外気を直接取り込む設備及び屋外に設置される設備に分類される。そのため、降下火砕物防護対象設備を収納する建屋、建屋内に収納されるが外気を直接取り込む降下火砕物防護対象設備及び屋外に設置する降下火砕物防護対象設備を降下火砕物防護施設とする。

9. 火山

9.4 降下火砕物による影響の選定方針(1/2)



○降下火砕物(火山灰)による再処理施設への影響因子を以下にまとめる。

表 再処理施設への影響因子(1/2)

影響モード	影響因子
構造物への荷重	<p><構造物への静的負荷> 降下火砕物防護施設のうち、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に対して、降下火砕物が堆積し静的な荷重負荷を与えることを考慮する。 降下火砕物の荷重は、堆積厚さ55cm、密度1.3g/cm³(湿潤状態)に基づくとともに、火山以外の自然現象として積雪及び風(台風)による荷重の組合せを考慮する。</p>
衝突	<p><粒子の衝突> 降下火砕物防護施設のうち、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に対して、降下火砕物が降灰時に衝撃荷重を与えることを考慮する。</p>
閉塞	<p><換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響(閉塞)> 降下火砕物防護施設に対して、降下火砕物の侵入による閉塞、降下火砕物を含む空気による換気系及び機器の吸気系並びに冷却空気の流路の閉塞を考慮する。</p>
磨耗	<p><換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響(磨耗)> 降下火砕物防護施設に対して、大気に含まれる降下火砕物により、動的機器を磨耗させることを考慮する。</p>
腐食	<p><構造物への化学的影響(腐食)> <換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響(腐食)> 降下火砕物防護施設のうち、降下火砕物防護施設のうち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に対して、腐食性ガスが付着した降下火砕物に接することにより接触面を腐食させることを考慮する。換気系、電気系及び計測制御系において、降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させることを考慮する。</p>

9. 火山

9.4 降下火砕物による影響の選定方針(2/2)



○降下火砕物(火山灰)による再処理施設への影響因子を以下にまとめる。

表 再処理施設への影響因子(2/2)

影響モード	影響因子
大気汚染	<中央制御室の大気汚染> 降下火砕物防護施設のうち、制御建屋の中央制御室において、降下火砕物自体の侵入又はそれに付着した腐食性ガスの侵入による居住性を劣化を考慮する。
水質汚染	<取水源の水質汚染> 降下火砕物防護施設のうち、水を必要とする降下火砕物防護対象設備に対して、取水に使用する二又川への降下火砕物の混入による水質汚染の影響を考慮する。
絶縁低下	<電気系及び計測制御系の絶縁低下> 降下火砕物防護施設に対して、湿った降下火砕物が電気系及び計測制御系の絶縁部に導電性を生じさせることによる絶縁低下の影響を考慮する。
外部電源喪失	<外部電源喪失> 送電網への降下火砕物の影響により発生する長期間(7日間)の外部電源喪失を考慮する。
アクセス制限	<アクセス制限> 敷地内外に降下火砕物が堆積し、交通の途絶が発生すること考慮する。

9. 火山

9.5 防護設計方針(1/3)



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

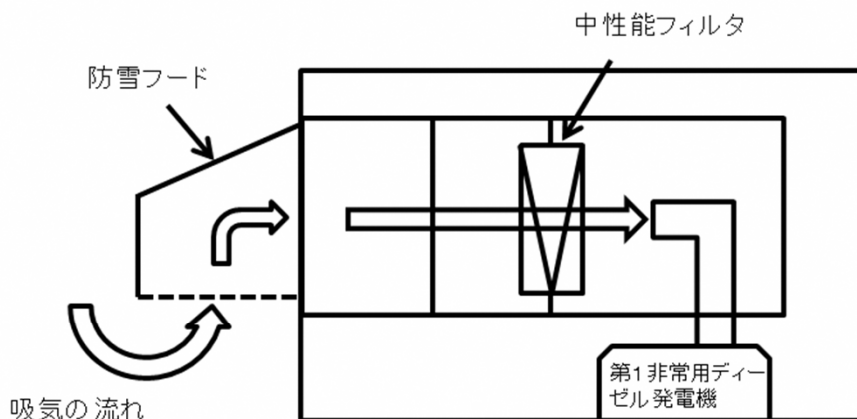
9. 火山

9.5 防護設計方針(2/3)

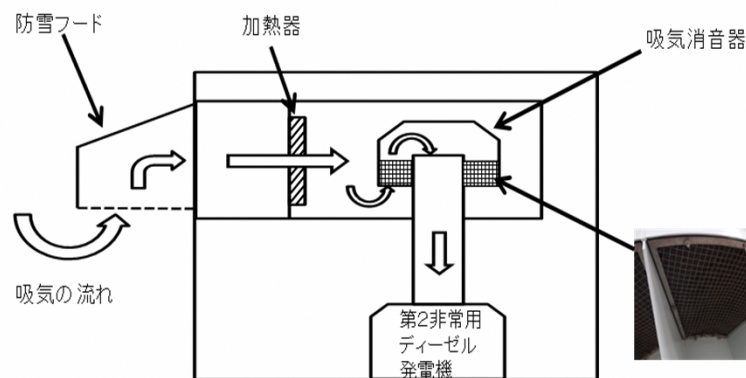


降下火砕物への対処の方針

- ◆非常用ディーゼル発電機には、以下のようにフィルタが設置されており、降下火砕物がフィルタに付着した場合でもフィルタの交換又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物による閉塞しない設計としている。



第1非常用ディーゼル発電機外気取入概要



第2非常用ディーゼル発電機外気取入概要図



フィルタ
(ステンレス製ワイヤーネット
8枚のうち1枚)



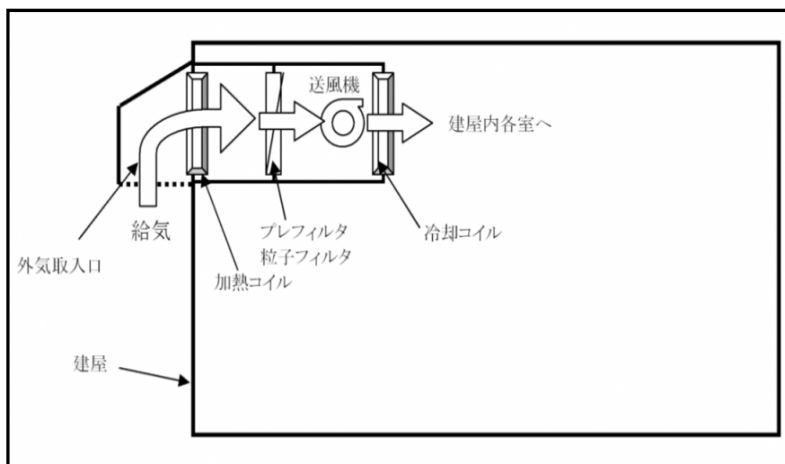
9. 火山

9.5 防護設計方針(3/3)

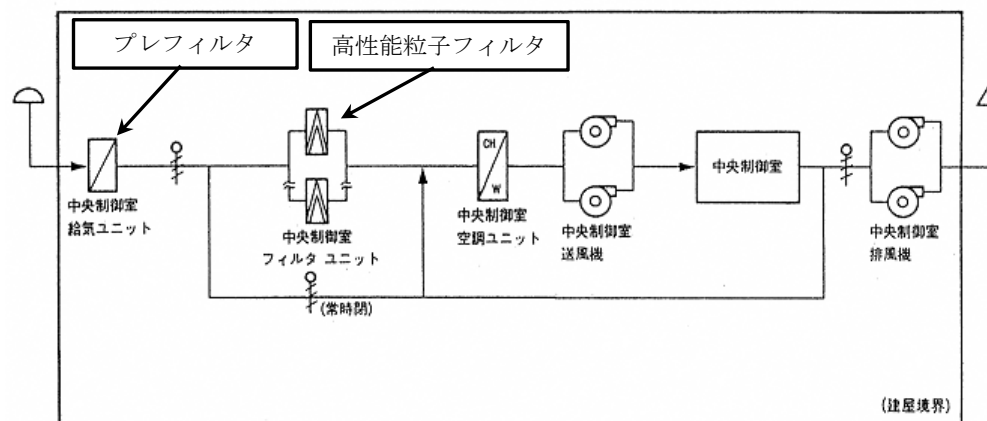


降下火砕物への対処の方針

- ◆ 建屋内に設置される降下火砕物防護対象設備に対しては、建屋換気設備の外気取入口が以下のようにフィルタが設置されているとともに、降下火砕物がフィルタに付着した場合でも交換又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物による閉塞、磨耗、腐食、大気汚染等の影響を受けない設計としている。



建屋換気設備外気取入口概要図



中央制御室換気設備系統概要図