

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～

概要

令和元年12月19日

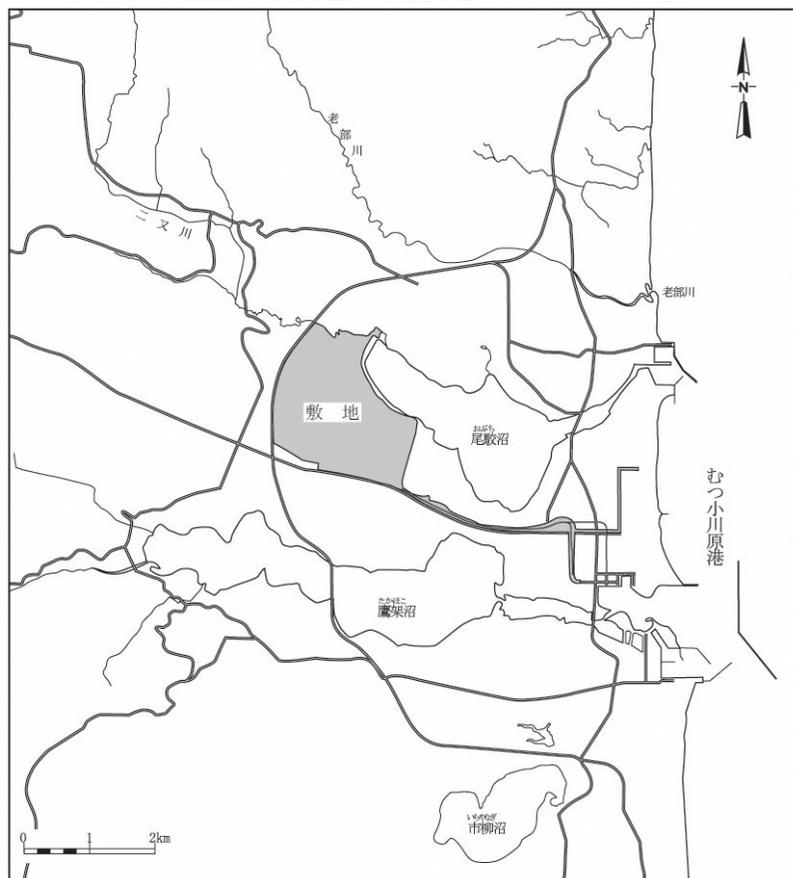


日本原燃株式会社

1. 六ヶ所再処理施設の概要	P3
2. 新規制基準の要求事項	P5
3. 適合審査の経緯	P6
4. 設計基準	
4. 1 火災等による損傷の防止	P7
4. 2 溢水による損傷の防止溢水	P9
4. 3 化学薬品の漏えいによる損傷の防止	P11
4. 4 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)	P13
4. 5 外部からの衝撃による損傷の防止(落雷)	P15
4. 6 外部からの衝撃による損傷の防止(航空機落下)	P17
4. 7 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)	P19
4. 8 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)	P22

1. 六ヶ所再処理施設の概要(1/2)

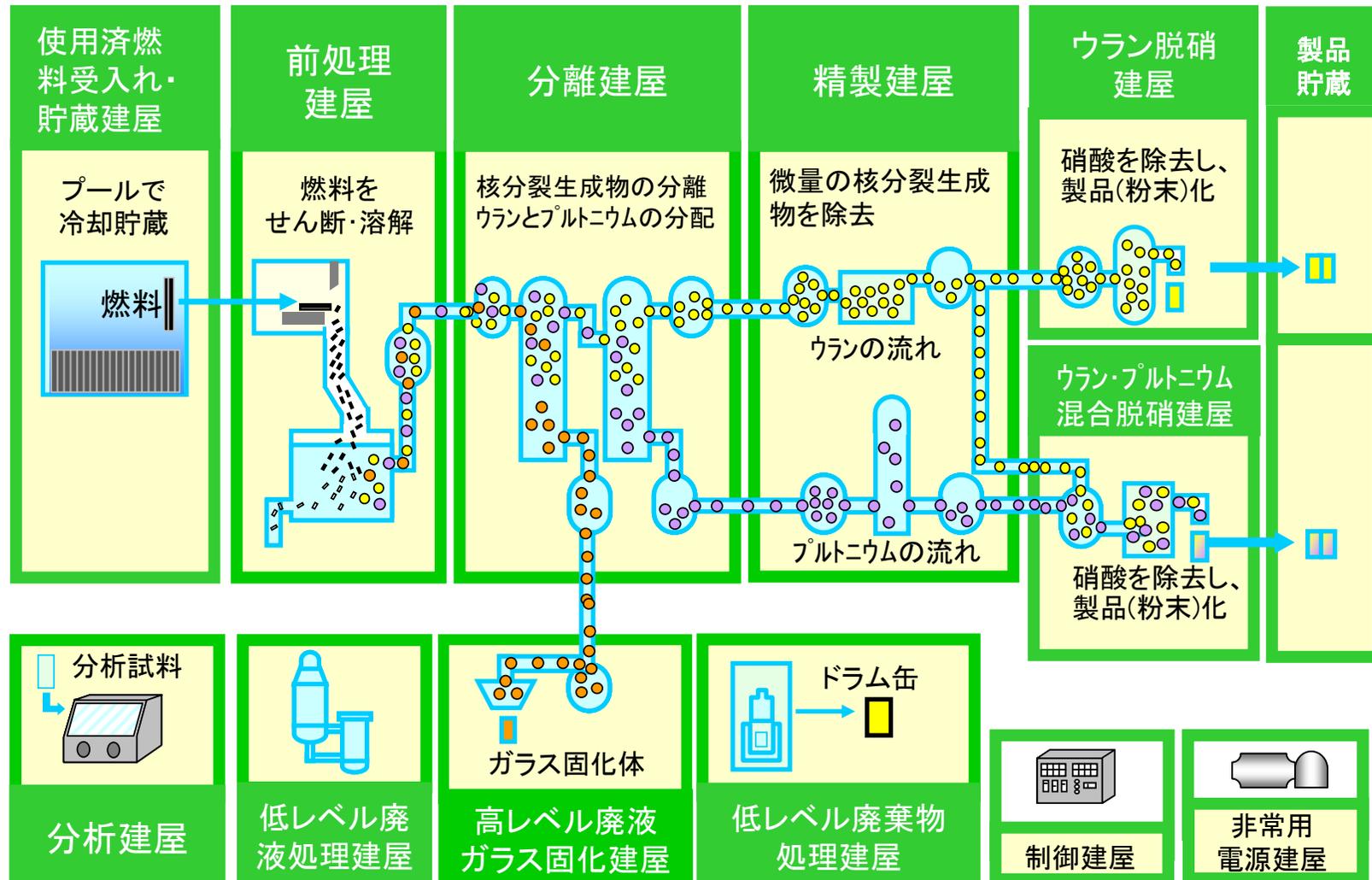
- 再処理施設は、青森県上北郡六ヶ所村に位置し、標高約55m、海岸から約5km離れた場所に整地造成して設置している。
- 北東部が尾駁沼に面している。
- 再処理事業所の敷地の総面積は約390万m²である。
- 年間の最大再処理能力:800t・U₂₃₅



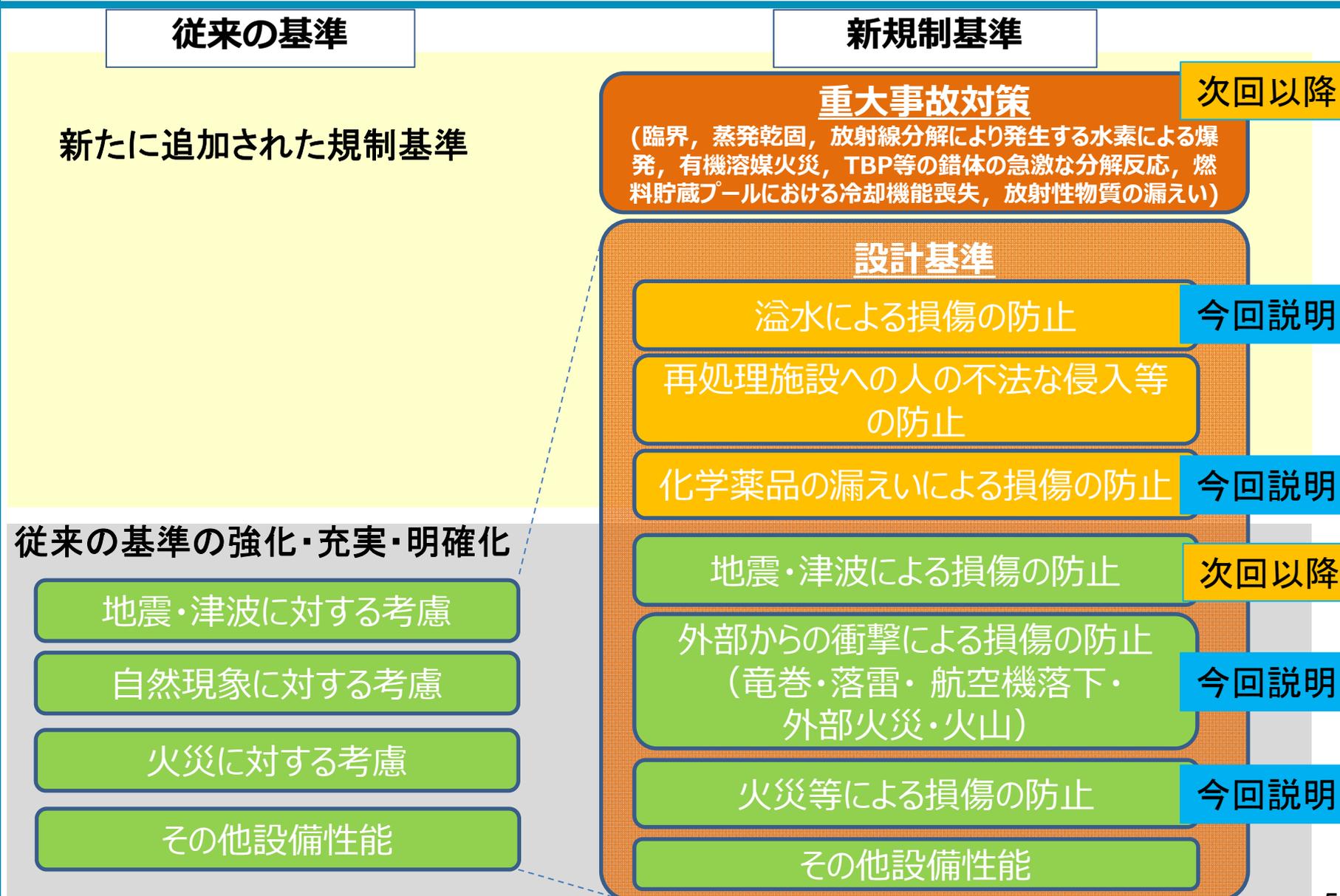
1. 六ヶ所再処理施設の概要(2/2)



【各工程の概要】



2. 新規制基準の要求事項

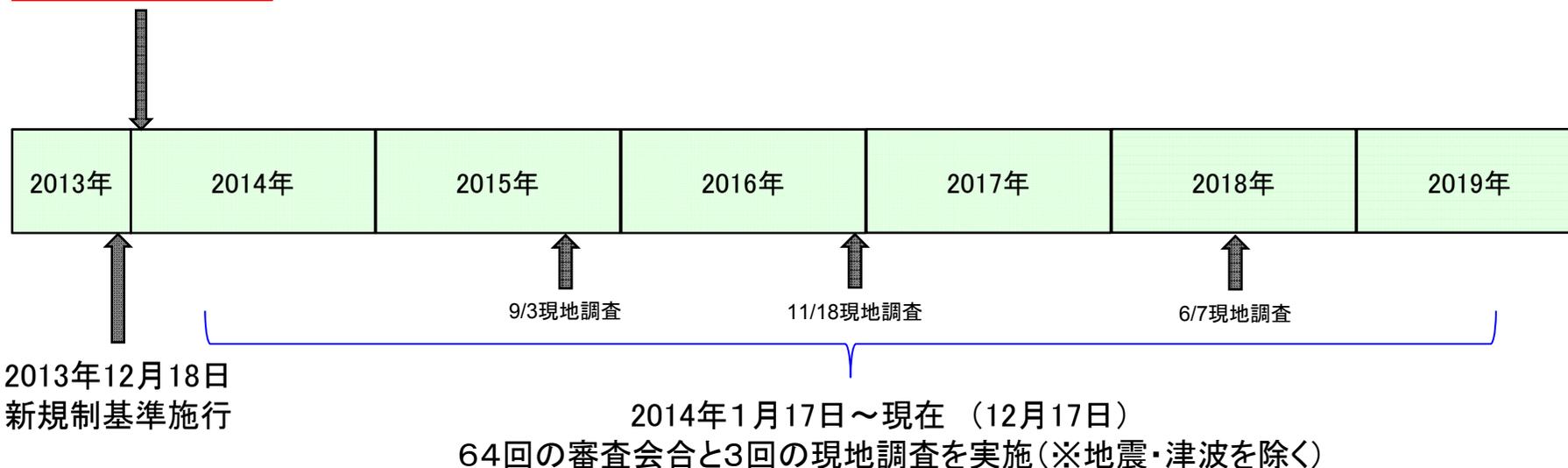


3. 適合審査の経緯

<六ヶ所再処理施設の適合性審査の経緯>

- 福島事故を教訓として、再処理施設で仮に重大事故が起こった場合に、公衆を放射線被ばくのリスクから守ることを最大の目的として事業変更許可申請をした。
- 新規制基準の適合性審査として64回の審査会合と3回の現地調査を実施した(※地震・津波を除く)。

2014年1月7日
事業変更許可申請



4. 設計基準

4.1 火災等による損傷の防止(1/2)



- 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

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. 内部火災影響評価の実施
- j. 系統分離対策

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

その他

- k. 火災防護計画の策定

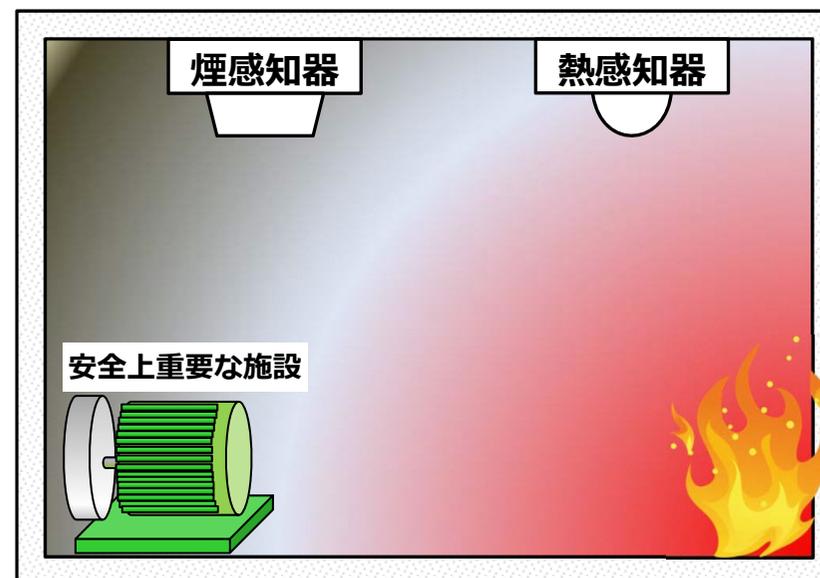
4. 設計基準

4.1 火災等による損傷の防止(2/2)



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



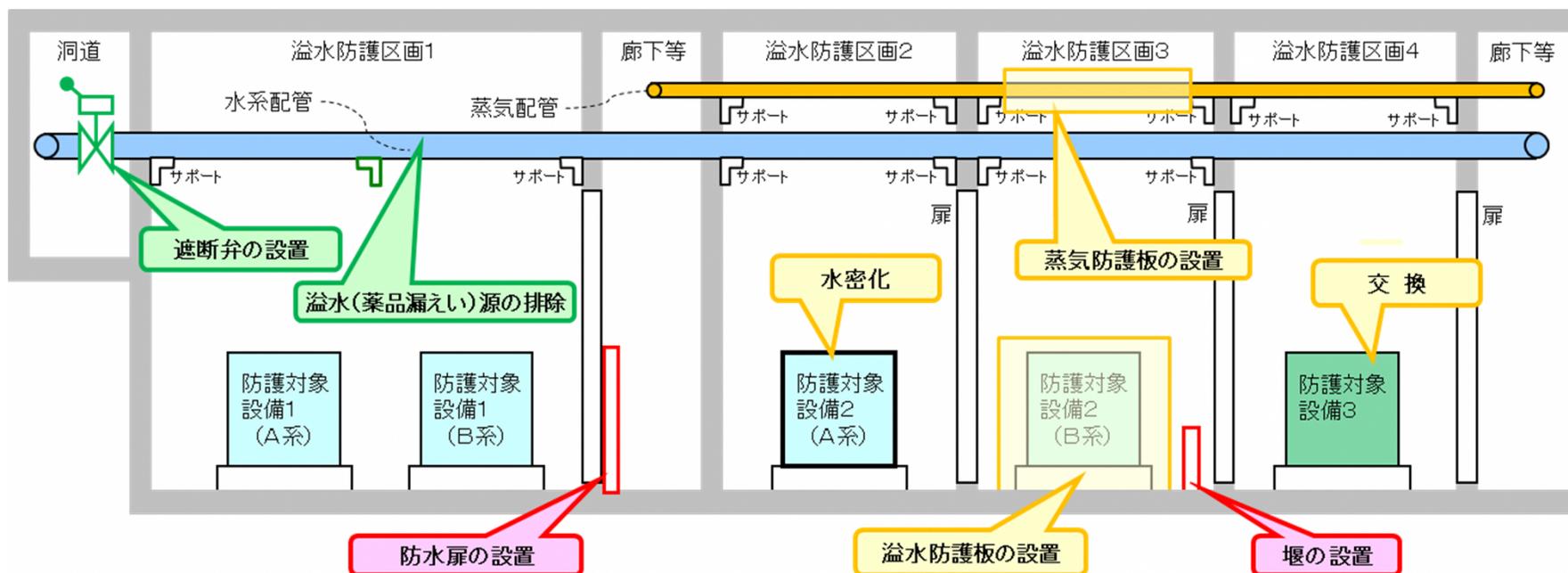
炎感知器

4. 設計基準

4.2 溢水による損傷の防止(1/2)



影響を評価する建屋内に保有する水量に加え、溢水源となる機器・配管に接続される他建屋及び洞道が保有する水量を加えて溢水量を算出し、溢水源の排除、遮断弁の設置、堰・防水扉の設置等により、溢水から防護対象設備の防護を実施。



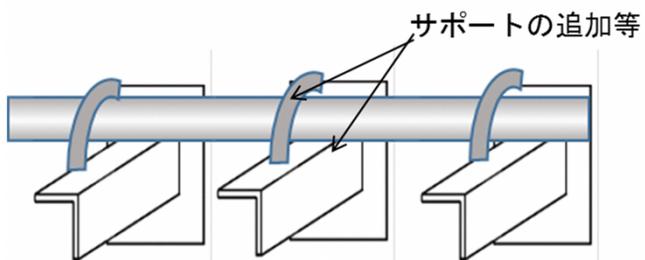
4. 設計基準

4.2 溢水による損傷の防止(2/2)



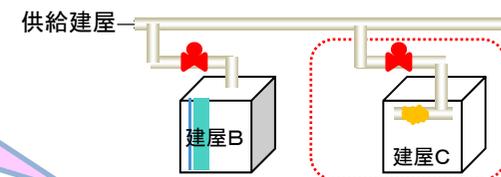
漏えい量の低減

【耐震性の強化】



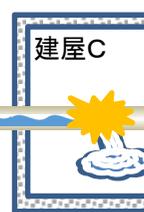
【緊急遮断弁の設置】

一定以上の規模の地震を検知した場合緊急遮断弁を閉じることで漏えい量を最小限に抑える



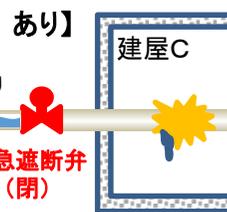
【緊急遮断弁 なし】

供給建屋より



【緊急遮断弁 あり】

供給建屋より



水や化学薬品

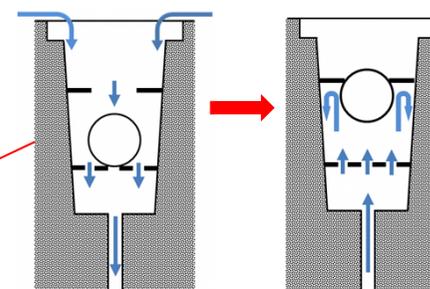
緊急遮断弁
(閉)

機器のある部屋への流入防止

【堰や防水扉の設置】



【逆流防止措置の設置】



4. 設計基準

4.3 化学薬品の漏えいによる損傷の防止(1/2)



安全機能を有する施設について、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設備を化学薬品防護対象設備とし、当該設備が有する安全機能を損なわないよう化学薬品の漏えいに対する防護設計を講ずる。

化学薬品防護対象設備としては、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・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋及び洞道に設置される、炭素鋼製の建物(遮蔽)、配管、堰、防水扉、常時正圧のダクト、清澄機、ポンプ、排風機、自動ダンパ、フィルタ類、自動弁、盤、計器及びケーブルを対象とする。

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と防護対象設備を構成する部材の組合せを以下に示す。

- ・構成部材がただちに腐食又は劣化により影響を受けるおそれのある、
0.2mol/L以上の硝酸を含む溶液と炭素鋼とアルミニウム、
水酸化ナトリウム溶液とアルミニウム、
TBP, n-ドデカンとプラスチック、
NO_xガスと電子部品

4. 設計基準

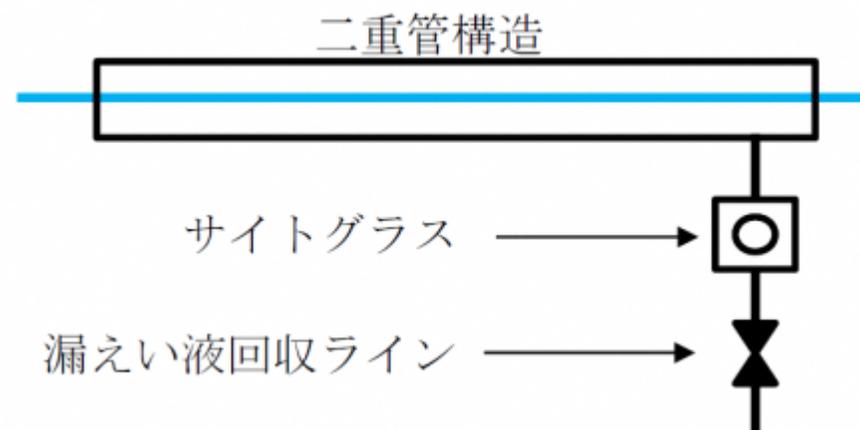
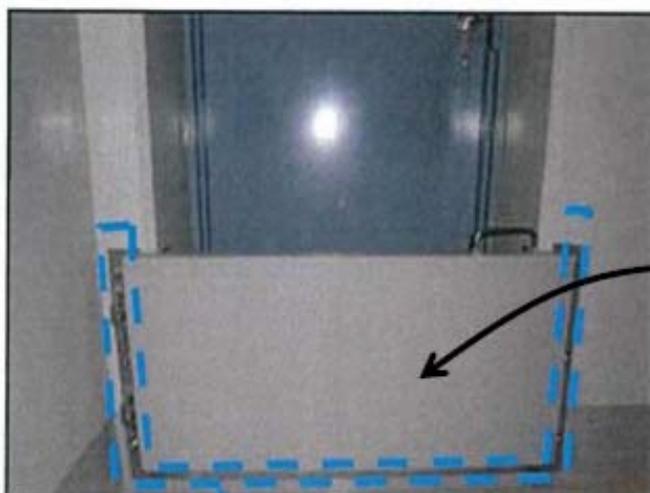
4.3 化学薬品の漏えいによる損傷の防止(2/2)



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

4. 設計基準

4.4 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)(1/2)



- 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。
- 国内で過去に発生した最大級の竜巻がF3であることから、今後の気象条件の変動等の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。

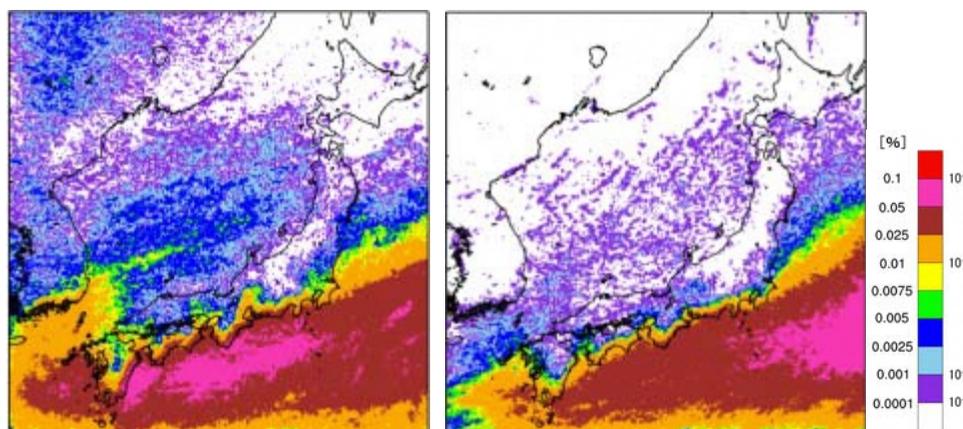


再処理施設の竜巻検討地域
竜巻検討地域における過去最大竜巻の一覧
(1961年～2013年12月)

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



暖候期(5月～10月)における
CAPE \geq 1200 J/kg かつ SReH \geq 350 m 2 /s 2
寒候期(11月～4月)における
CAPE \geq 500 J/kg かつ SReH \geq 350 m 2 /s 2

CAPE, SReHの同時超過頻度分布の算出結果

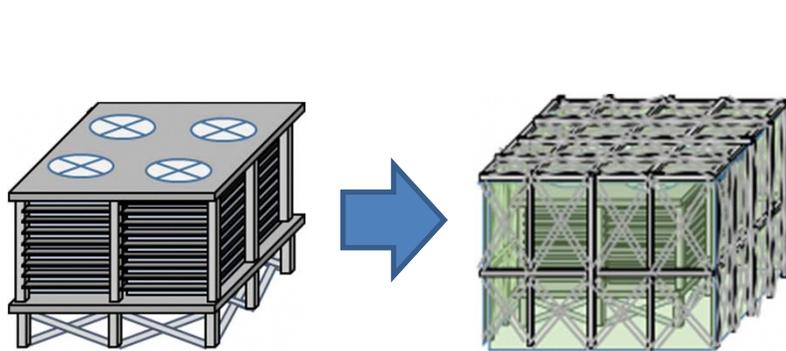
4. 設計基準

4.4 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)(2/2)

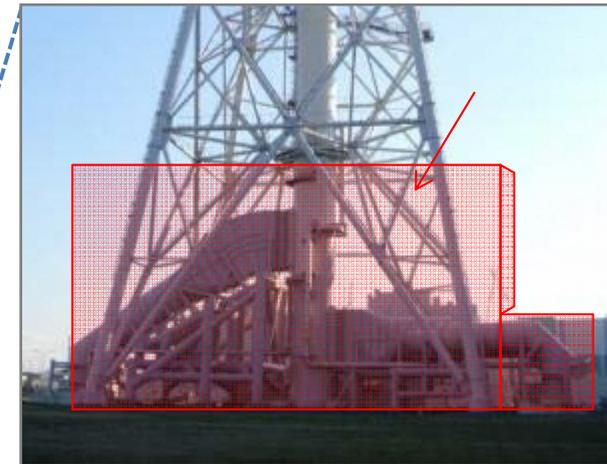
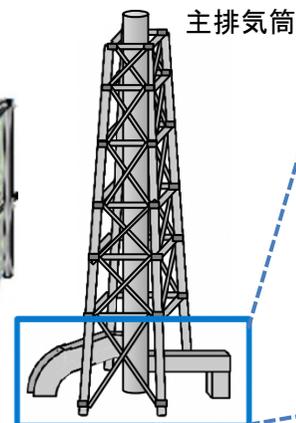


○屋外の竜巻防護施設等(飛来物に対する防護設計)

【飛来物防護】



防護ネットの設置
〈冷却塔〉



防護板の設置
〈屋外ダクト, 屋外配管, 排気モニタ〉

【車両の飛来防止】

車両の固縛



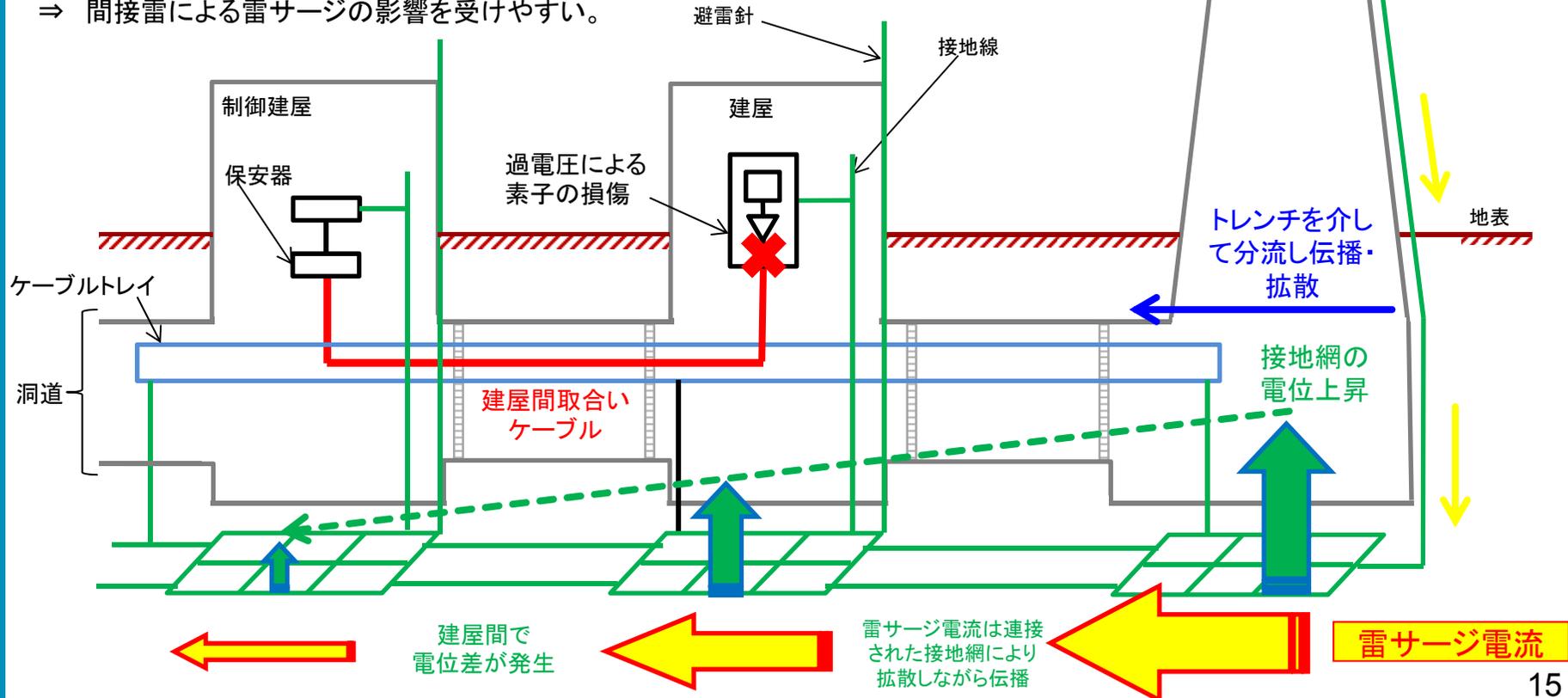
4. 設計基準

4.5 外部からの衝撃による損傷の防止(落雷)(1/2)



<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、ケーブル等を収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。



4. 設計基準

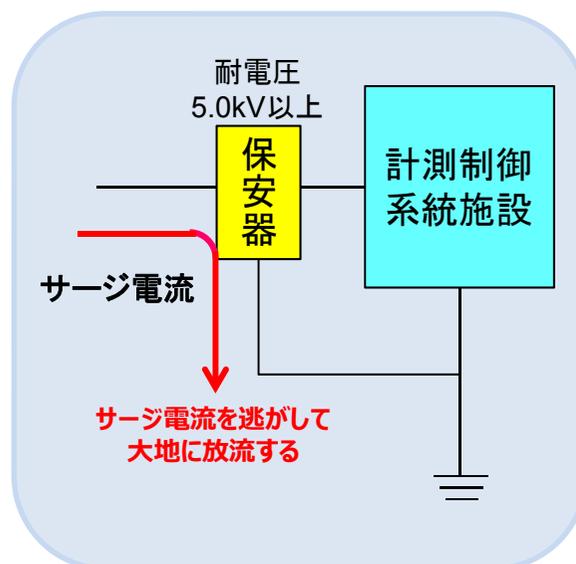
4.5 外部からの衝撃による損傷の防止(落雷)(2/2)



○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)



4. 設計基準

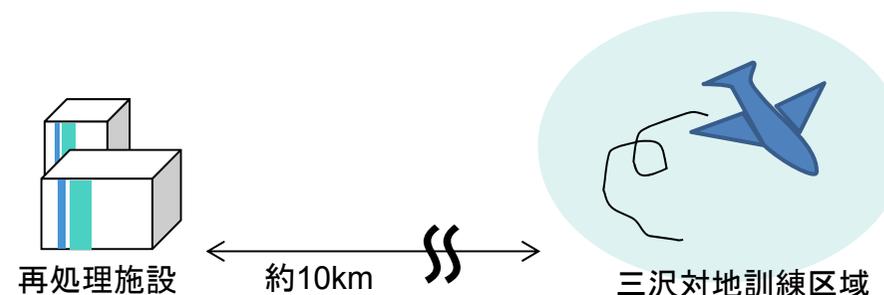
4.6 外部からの衝撃による損傷の防止(航空機落下)(1/2)



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。

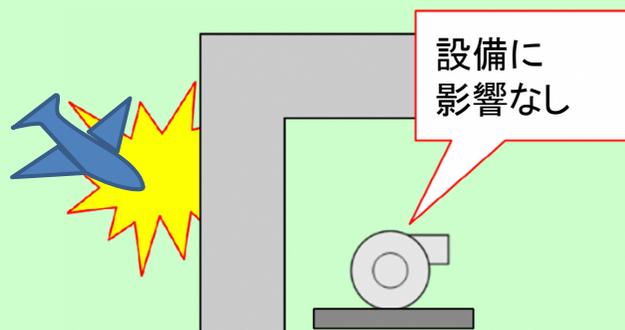
航空機が再処理施設に落下する可能性は極めて小さいものの、万が一に備えた対策を実施

- 再処理工場は、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

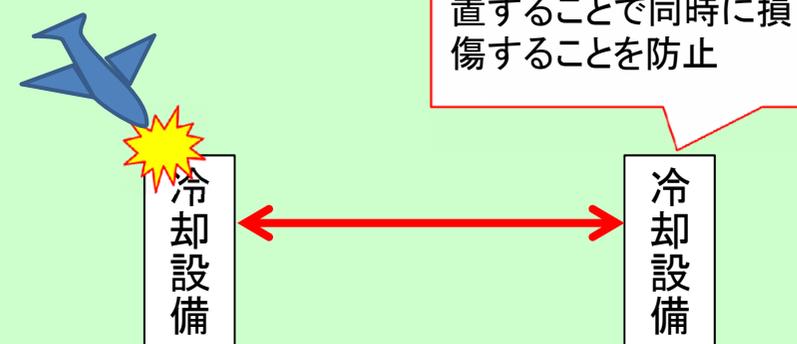


【航空機の落下対策】

① 堅固な構築物による保護



② 離隔距離の確保



4. 設計基準

4.6 外部からの衝撃による損傷の防止(航空機落下)(2/2)



- 航空機落下評価ガイドを参考に、航空機落下確率を評価
- 評価対象とする建物・構築物は、安全上重要な施設を収納する建屋及び屋外に設置する安全上重要な施設を選定
- 評価対象の落下事故として、「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」を想定
- 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、F-16等と同程度またはそれ以下の航空機落下事故に対して係数を考慮

「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

4. 設計基準

4.7 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)(1/3)



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

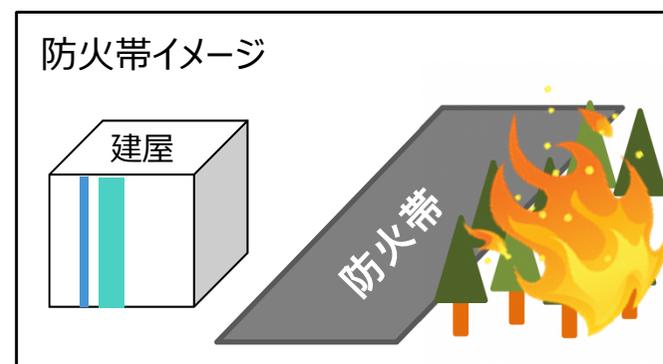
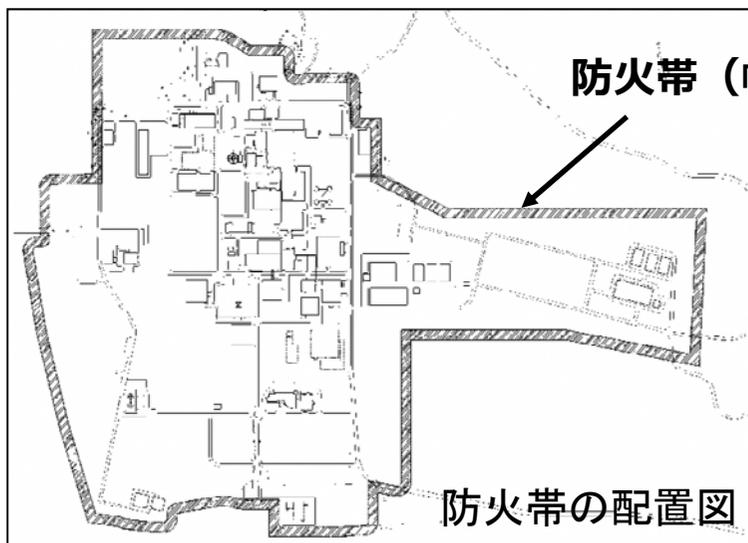
種別	考慮すべき火災及び爆発
森林火災	敷地周辺10km以内に発火点を設定した再処理施設に迫る火災
近隣工場等の火災及び爆発	敷地周辺10km以内に存在する石油備蓄基地の火災
	敷地内に存在する屋外の危険物タンク等の火災
	敷地内に設置されるMOX燃料加工施設のエネルギー管理建屋に隣接する高圧ガストレーラ庫における水素の爆発
航空機落下による火災	敷地内への航空機落下時の火災

4. 設計基準

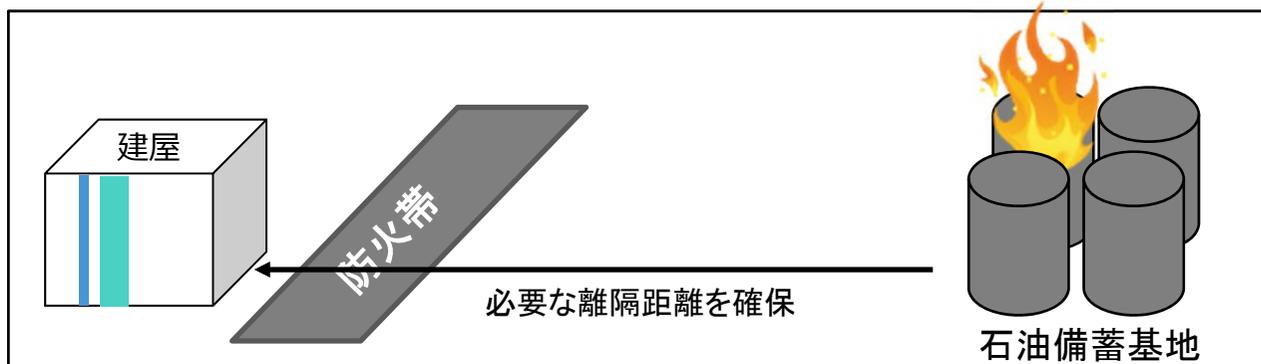
4.7 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)(2/3)



<森林火災に対する防護対策>



<石油備蓄基地火災に対する防護対策>

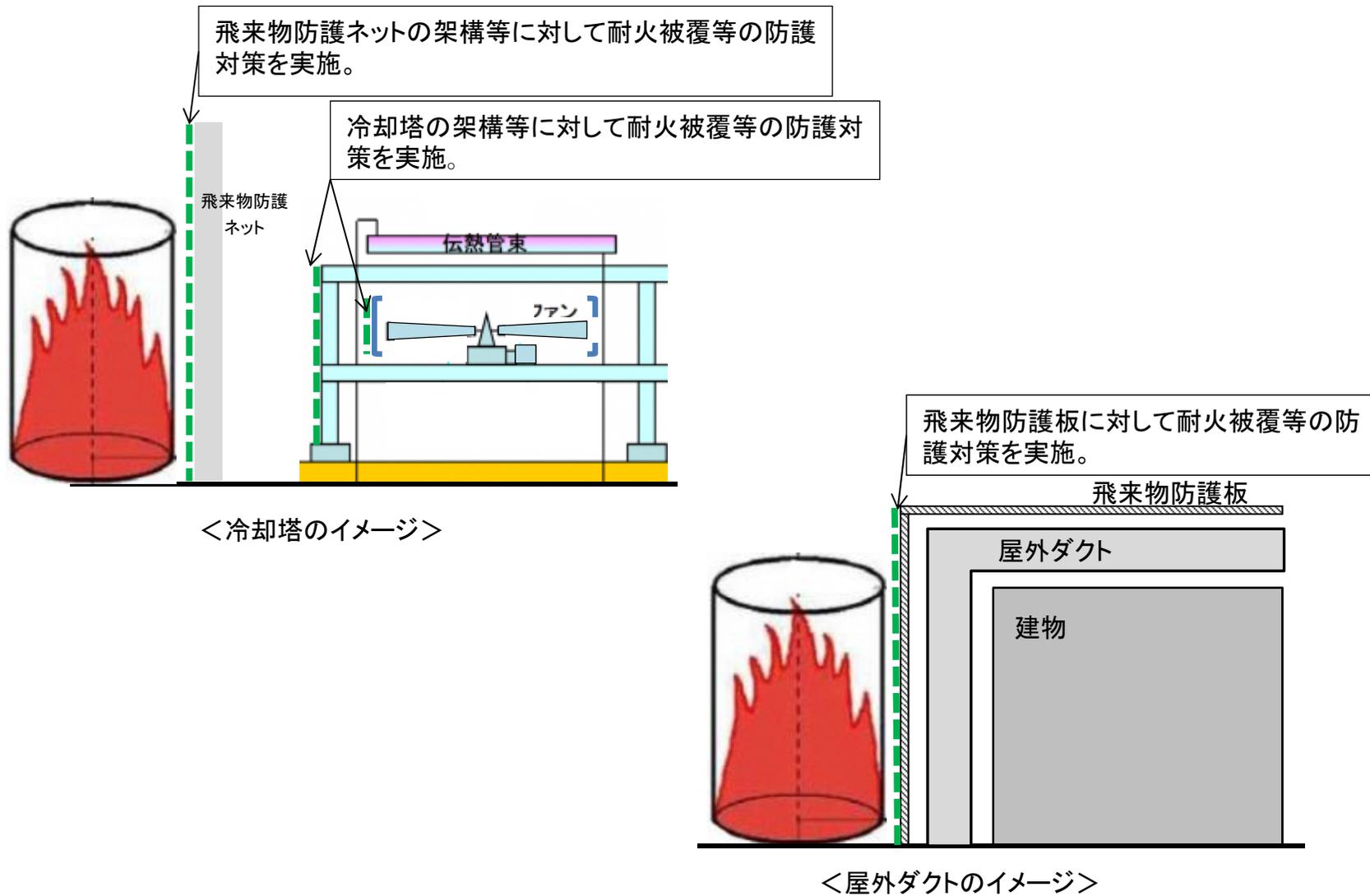


4. 設計基準

4.7 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)(3/3)



<航空機墜落火災に対する防護対策>



4. 設計基準

4.8 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)(1/5)



○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>

4. 設計基準

4.8 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)(2/5)



○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。

4. 設計基準

4.8 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)(3/5)



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

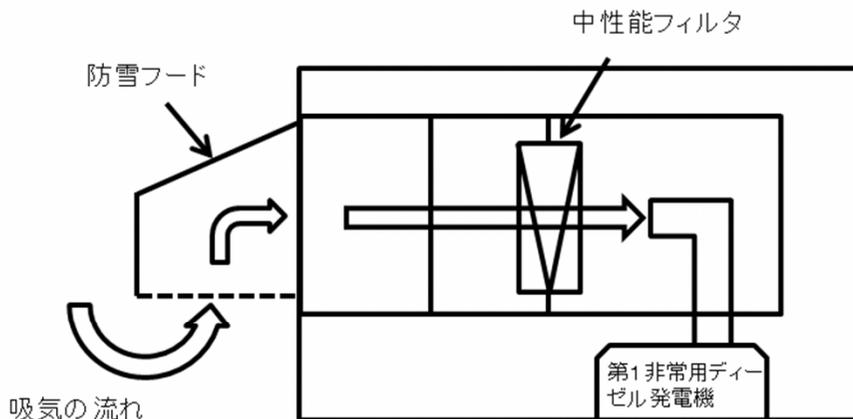
4. 設計基準

4.8 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)(4/5)

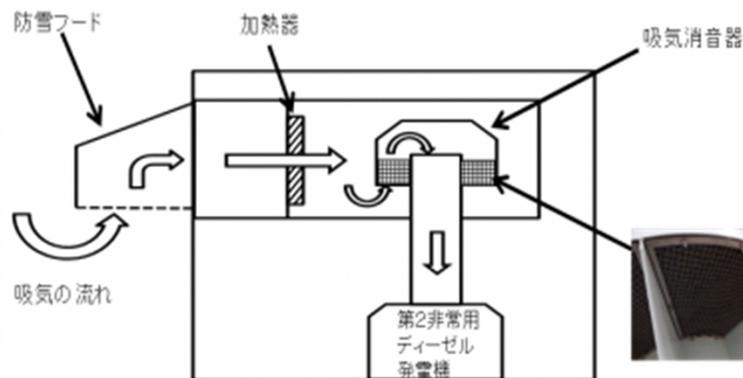


降下火砕物への対処の方針

- ◆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枚のうちの1枚)



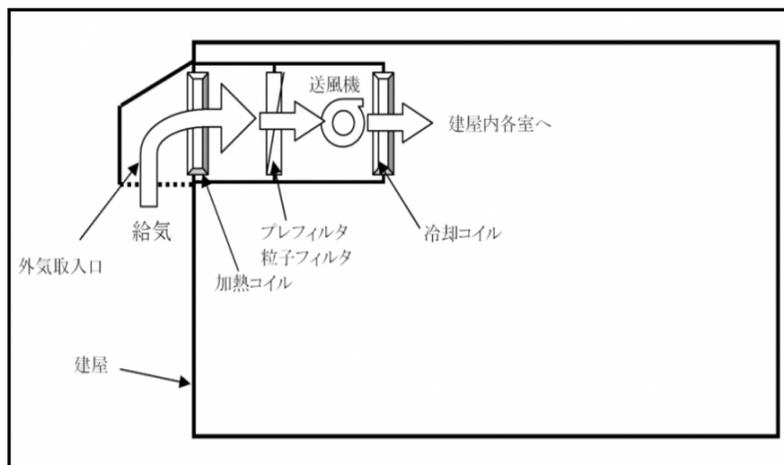
4. 設計基準

4.8 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)(5/5)

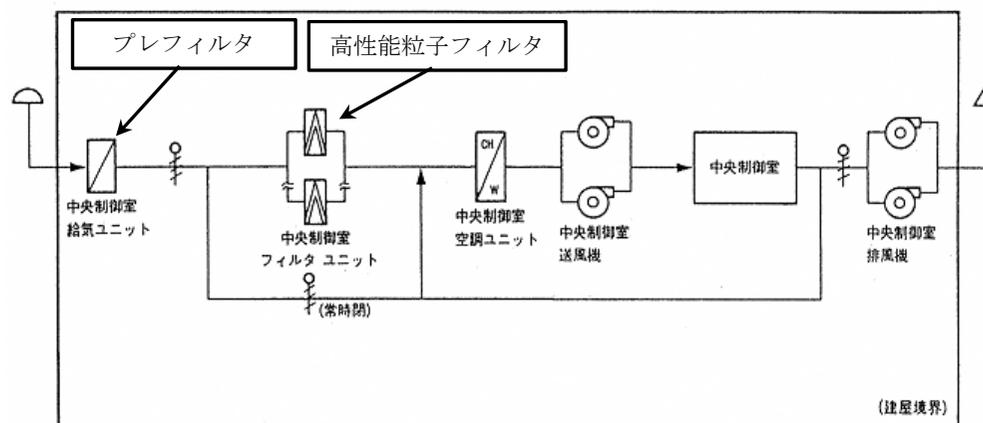


降下火砕物への対処の方針

- ◆ 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

参考

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則



条	見出し
第一章 総論	
第一条	定義
第二章 安全機能を有する施設	
第二条	核燃料物質の臨界防止
第三条	遮蔽等
第四条	閉じ込めの機能
第五条	火災等による損傷の防止
第六条	安全機能を有する施設の地盤
第七条	地震による損傷の防止
第八条	津波による損傷の防止
第九条	外部からの衝撃による損傷の防止
第十条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止
第十一条	溢水による損傷の防止
第十二条	化学薬品の漏えいによる損傷の防止
第十三条	誤操作の防止
第十四条	安全避難通路等
第十五条	安全機能を有する施設

条	見出し
第十六条	運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止
第十七条	使用済燃料の貯蔵施設等
第十八条	計測制御系等施設
第十九条	安全保護回路
第二十条	制御室等
第二十一条	廃棄施設
第二十二条	保管廃棄施設
第二十三条	放射線管理施設
第二十四条	監視設備
第二十五条	保安電源設備
第二十六条	緊急時対策所
第二十七条	通信連絡設備
第三章 重大事故等対処施設	
第二十八条	重大事故等の拡大の防止等
第二十九条	火災等による損傷の防止
第三十条	重大事故等対処施設の地盤
第三十一条	地震による損傷の防止

条	見出し
第三十二条	津波による損傷の防止
第三十三条	重大事故等対処設備
第三十四条	臨界事故の拡大を防止するための設備
第三十五条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備
第三十六条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備
第三十七条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備
第三十八条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備
第三十九条	放射性物質の漏えいに対処するための設備
第四十条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備
第四十一条	重大事故等への対処に必要な水の供給設備
第四十二条	電源設備
第四十三条	計装設備
第四十四条	制御室
第四十五条	監視測定設備
第四十六条	緊急時対策所
第四十七条	通信連絡を行うために必要な設備