

5. 爆発の影響評価(24/36)

(3) 燃料輸送車両の評価

● 対象とする燃料輸送車両

- ・発電所敷地外で最も近くを通る国道245号線での燃料輸送車両の爆発を想定
- ・可燃性ガスを輸送する燃料輸送車両は、最大クラスの燃料輸送車両(積載量:15.1t)に液化天然ガス(LNG)及び液化石油ガス(LPG)が積載された状況を想定

パラメータ	LNG(ブタン)	LPG(プロパン)
貯蔵量(t)	15.1	15.1
K値※	714	888
W値※	4	4

※ 爆風圧の評価式((3/12)頁)で用いる係数

● 爆風圧の評価

- ・燃料輸送車両の爆発評価を実施した結果、爆風圧に対する危険限界距離は最大88mであり、燃料輸送車両から最短となるタービン建屋までの離隔距離450mを下回ることを確認

(参考)陸上自衛隊では、爆薬・弾薬等の爆発時の安全確保上の離隔距離として、遮蔽物がない露天条件において、一般に450m~600mとされている。

● 飛来物の最大飛散距離の評価

- ・加圧貯蔵型のLPGを輸送する燃料輸送車両を想定し、文献を基に設定した飛来物の最高射出速度(200m/s)に対し、最大到達距離を評価した。
- ・想定する飛来物の諸元は、最大級の車両の寸法を踏まえ、飛散距離が長くなるよう保守的に設定した。

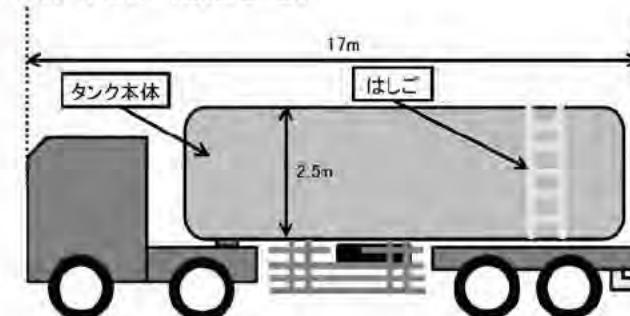
飛来物	寸法(m)	質量(kg)	備考
鋼製パイプ (梯子)	長さ×直径 17× φ 0.05	71	長いほど飛散距離が出る傾向を考慮
鋼板 (タンク)	長さ×幅×厚さ 17.0×2.5×0.01	3,336	面積大ほど飛散距離が出る傾向を考慮



図 燃料輸送車両と評価対象施設との位置関係

注:防潮堤への対応について

- ・防潮堤は図中に記載した各施設よりも公道により近い位置に設置されるが、防潮堤は原子炉の停止・冷却機能等に直接関わらないため、仮に爆薬、弾薬等の輸送車の爆発事故で損傷した場合でも、原子炉の安全上は直ちに問題となることはない。
- ・仮に、防潮堤の一部が損傷した場合は、直ちに補修等の対策を図り、防潮堤の機能を復旧させる。



5. 爆発の影響評価(25／36)

● 飛来物の最大飛散距離の評価(つづき)

- ・文献※から設定した最高射出速度:200m/s

※: The Handbook of Hazardous Materials Spills Technology

- ・運動方程式:

$$\left[\begin{array}{l} \text{水平方向: } m \frac{dV_x}{dt} = F \frac{V_x}{V(t)} \\ \text{鉛直方向: } m \frac{dV_y}{dt} = F \frac{V_y}{V(t)} - mg \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{l} F = -\frac{1}{2} C_D A \rho V(t)^2 \\ V(t) = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \end{array} \right]$$

m: 飛来物の質量 (kg), F: 空気抵抗による外力 (-)

g: 重力加速度 (9.8m/s²), C_D: 流体抗力係数 (-)

A: 飛来物の速度方向に対する投影面積 (m²)

V: 飛来物の速度 (m/s), ρ: 空気密度 (1.2kg/m³)

初速の(x, y)成分は, 射出角をパラメータとして飛距離が最大となるよう設定

<最大飛散距離の評価結果(右上表)>

- ・鋼板については, 評価対象施設に到達しないことを確認した。
- ・鋼製パイプについては, 最大飛散距離がタービン建屋, 原子炉建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋との離隔距離を上回ることを確認したため, 飛来物の衝突影響を評価した。



● 鋼製パイプの衝突影響評価(右下表)

- ・鋼製パイプの影響は, 竜巻影響評価の設計飛来物(鋼製材)の影響に包絡されるため, 上記建屋に衝突しても, 建屋の健全性に影響を与えない※ことを確認した。

※: 竜巻影響評価の結果(設計飛来物に対する構造健全性を維持)に包絡される。

爆発飛来物(燃料輸送車両)の到達評価

		飛来物	
		鋼製パイプ	鋼板
評価対象	到達距離	561	413
	離隔距離		
タービン建屋	450	×	○
原子炉建屋	510	×	○
使用済燃料乾式貯蔵建屋	520	×	○
放水路ゲート	600	○	○
主排気筒	610	○	○
残留熱除去系海水系ポンプ	760	○	○
非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ		○	○

鋼製パイプと設計竜巻飛来物の影響比較

	鋼製パイプ	竜巻飛来物(鋼製材)
運動エネルギー(kJ)	27	175.6
コンクリートに対する貫通限界厚さ※(cm)	17	26.5
鋼板に対する貫通限界厚さ※(cm)	27	31.2

※: 貫通を阻止するための最小必要厚さ

5. 爆発の影響評価(26／36)

● 飛来物の衝突影響評価

- ・鋼製パイプの影響は、竜巻影響評価の設計飛来物(鋼製材)の影響に包絡されるため、上記建屋の健全性に影響を与えない※ことを確認した。

※: 竜巻影響評価の結果(設計飛来物に対する構造健全性を維持)に包絡される。

鋼製パイプと設計竜巻飛来物の影響比較

	鋼製パイプ	竜巻飛来物 (鋼製材)
運動エネルギー (kJ)	27	175.6
コンクリートに対する 貫通限界厚さ※ (cm)	17	26.5
鋼板に対する 貫通限界厚さ※ (cm)	27	31.2

※: 貫通を阻止するための最小必要厚さ

● 設計飛来物(鋼製材:角型鋼管)

寸法: $0.3 \times 0.2 \times 4.2\text{m}$

質量: 135kg

飛来速度: 51m/s(水平)

34m/s(鉛直)



5. 爆発の影響評価(27／36)

● TNT火薬積載車両の爆発影響評価

- ・TNT火薬を積載した車両が、燃料輸送車両の評価同様、発電所に隣接する主要道路である国道245号において、評価対象施設との距離が最も短くなる地点での爆発を想定。

爆風圧の影響評価

- ・TNT火薬の爆発時の爆風圧と換算距離の関係から、爆風圧が0.01MPa(人体に対して影響を与えない圧力)以下になる爆薬量の限界を算出する。

限界爆薬量の評価結果

項目	数量	備考
換算距離 λ (m/kg ^{1/3})	14.4	TNT1kgの爆風圧が0.01MPaになる値 (出典:「石油コンビナートの防災アセスメント指針」)
離隔距離 R(m)	450	国道から評価対象施設(タービン建屋)への最短距離
TNT換算係数 a	1	TNT火薬を想定
限界爆薬量 W(t)	30.5	$\lambda = R / (W \times a)^{(1/3)}$ より, $W = \{ (R / \lambda)^3 / a \} / 1000$

- ・上記で求めた爆薬量約30.5tは、道路法による車両総重量の一般的制限値(20t※)を大きく超える値であることから、実際に国道輸送車両の爆発で爆風圧が0.01MPaを超えることはない。

※:車両自体の重量が含まれるため、爆薬の積載量は更に少ない値となる。

5. 爆発の影響評価(28／36)

(4) 燃料輸送船の評価

● 対象とする船舶

- ・保守的に対象船舶の喫水位置から火災発生位置を特定※し評価を実施
- ・日立LNG基地にLNG及びLPGを輸送する輸送船並びに内航船について各船舶の喫水から発電所までの離隔距離が最も短くなる地点での爆発を想定

※船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない位置

● 危険限界距離の評価

- ・燃料輸送船の爆発評価を実施した結果、危険限界距離は燃料輸送船から評価対象施設までの離隔距離を下回ることを確認

表 危険限界距離の評価結果

想定爆発源	ガス種類	容量 (t)	危険限界距離 (m)	離隔距離※ (m)
			335	1,100以上
			340	
			165	390以上

※ 海水ポンプ室及び放水路ゲートの高さは防潮堤高さよりも低く、直接爆風圧の影響を受けることはないため、海水ポンプ室及び放水路ゲートは評価対象外とする。離隔距離は海水ポンプ室及び放水路ゲートを除いて最も近いタービン建屋までの距離とする。

● 飛来物の最大飛散距離の評価

- ・日立LNG基地にLPGを輸送する輸送船の、タンク破裂時における破片の最大飛散距離(497m)が、輸送船から評価対象施設までの離隔距離(940m:海水ポンプ室)を下回ることを確認



図 LNG及びLPGを輸送する輸送船と評価対象施設との位置関係

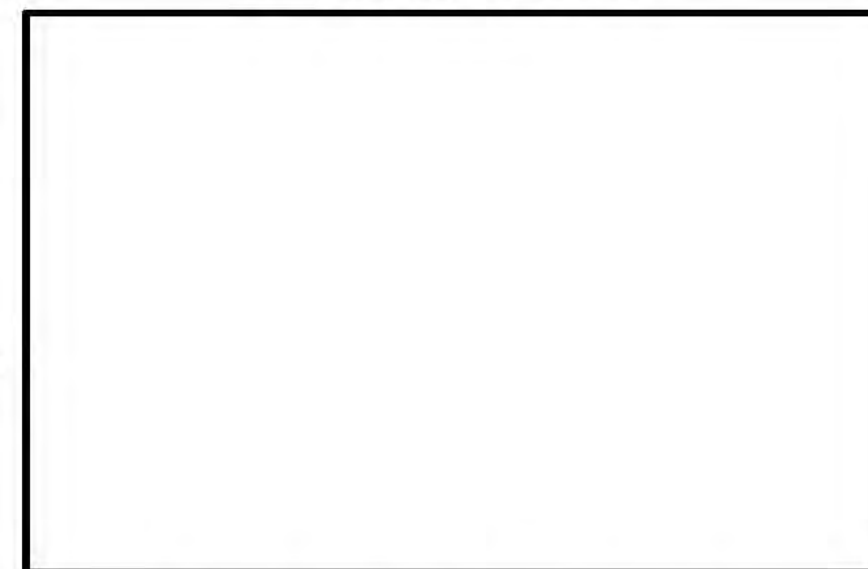


図 内航船と評価対象施設との位置関係

評価対象とした危険物等の選定

●危険物の種類の区分

- ・消防法において、危険物は、「**引火性、発火性の物資、燃焼を促進させる物質**」とされており、その種類や性質等に応じて以下の6種類に分類されている。

●発電所の評価対象とした危険物等

- ・本評価では、発電所周辺での取扱量が多く、引火性液体であり広範囲に漏えいし大規模な火災発生危険性を有する、**危険物第四類の貯蔵施設や輸送車両・輸送船等を火災源**と想定している。
- ・また、これらの危険物以外に、同様に発電所周辺での取扱量が多く、爆発時の影響が大きいと考えられる、**LNG、LPG等のガス貯蔵施設及び輸送車両・輸送船等のガス爆発**を想定している。

消防法における危険物の分類

類別	区分	性質	物品の例
第一類	酸化性固体	他の物質を強く酸化させる性質の固体で、可燃物と混合したとき極めて激しい燃焼を起こさせる。	・過酸化ナトリウム ・硝酸アンモニウム
第二類	可燃性固体	火炎で着火又は低温で引火し易い固体で、燃焼が早く消火が困難	・硫黄 ・マグネシウム粉
第三類	自然発火性物質及び禁水性物質	空気にさらされることで自然発火し、又は水と接触して発火若しくは可燃性ガスを発生する。	・ナトリウム ・水酸化ナトリウム
第四類	引火性液体	液体であって、引火性を有する。	・ガソリン ・灯油、軽油、重油
第五類	自己反応性物質	固体又は液体であって、加熱分解等により比較的低い温度で多量の熱を発生し、又は爆発的に反応が進行する。	・ニトロセルロース ・トリニトロトルエン
第六類	酸化性液体	その物自体は燃焼しない液体だが、混在する他の可燃物の燃焼を促進する。	・過酸化水素 ・硝酸

5. 爆発の影響評価(30／36)

(1) 第四類以外の危険物の影響(貯蔵等;施設)

- ・ 第四類以外の危険物について、発電所付近の施設の火災・爆発事故影響を推定した。
- ・ 東海第二発電所の付近で第四類以外の危険物を取り扱う施設の位置は右図、また内容は以下のとおり。
- ・ ここで示したとおり、当該施設は発電所付近の危険物第四類(ガソリン、灯油、軽油等)及びLNG・LPGの貯蔵施設*¹と比べて、発電所からの離隔距離が長く、また貯蔵容量ははるかに少ない。

*¹ 例: 発電所北方約1.5km, LNGタンク容量約23万m³

- ・ これより、当該施設で火災・爆発等の事故が生じたとしても、危険物第四類及びLNG・LPGの貯蔵施設の事故と比べて、発電所への影響は小さいものと推定される。

東海第二発電所付近の第四類以外の危険物施設*²

事業者名	危険物種別	タンク容量 (m ³)	発電所からの 離隔距離

*² 発電所から10km圏内の危険物施設の調査結果より

*「国土地理院地図(電子国土Web)」に加筆

東海第二発電所付近の第四類以外の危険物施設位置

5. 爆発の影響評価(31／36)

(2) 第四類以外の危険物の影響(輸送;道路)

- ・ 第四類以外の危険物について、発電所付近を走行する輸送車の火災・爆発事故影響を推定した。
- ・ 危険物第五類(自己反応性物質)として、ニトロ化合物のTNT(トリニトロトルエン)等があり、これは爆薬として利用されている。爆発影響を確認する点で代表的な化学物質と考えられる。
- ・ これまでのワーキングチームの検討において、爆薬や弾薬等の輸送車の爆発による発電所への影響を以下のとおり確認している。*

- ・ 発電所に隣接する国道245号線上^注における爆薬・弾薬の輸送車の爆発事故を想定

^注 発電所評価対象施設までの最短離隔距離450m

- ・ TNT火薬の爆風圧と換算距離、道路法の車両総重量の制限の関係より、**国道の輸送車両の爆発が発電所の評価対象施設に悪影響を与えないことを確認**

- ・ これより、**第四類以外の危険物の輸送車の火災・爆発による発電所への影響は小さいものと推定する。**

* 爆発の影響評価

「TNT火薬積載車両の爆発影響評価」参照

図 評価対象施設と公道を通行する車両の位置関係

5. 爆発の影響評価(32/36)

(3) 第四類以外の危険物の影響(輸送; 航路)

- ・ 第四類以外の危険物について、発電所付近を航行する輸送船の火災・爆発事故影響を推定した。
- ・ 東海第二発電所付近の航路は、発電所北方の茨城港日立港区から続いており、**発電所の評価対象施設から約1.4kmの離隔距離**を有している。
- ・ 発電所北方の日立港区で扱われる輸送品は、石油製品、鉱産物、工業用原料、自動車、食料品等であるが、過去2年間の荷役実績にて、**第四類以外の危険物については積み込み・積み下ろしがない**ことを確認しており、該当する危険物の輸送の可能性・頻度は低いと推定される。



- ・ 以上の(1)～(3)の確認結果より、火災・爆発の評価対象として、**危険物第四類及びLNG・LPGを選定することで、発電所に対する主な火災・爆発の影響を確認できる**と判断している。

- ・ ここで、海外における事故事例を参照すると、第四類以外の危険物の爆発事故が複数確認されている。国内では当該危険物の流通量は少なく、また危険物としての管理が行われることから、類似の爆発事故の可能性は低いと考えるが、将来的な発電所への潜在リスクを把握する観点から、今後も発電所周辺の第四類以外の危険物の情報収集を続け、外部火災の影響評価条件への影響を確認していくこととする。



* 海上保安庁HP情報(2017年集計)に加筆

東海第二発電所周辺の航路

<参考>国内外の硝酸アンモニウムの需給状況と爆発事故事例

近年、海外では硝酸アンモニウムが原因と推定される大規模な爆発事故が複数発生している。ここでは国内外の硝酸アンモニウムの需給状況と爆発事故事例についてまとめた。

●海外における硝酸アンモニウムの需給状況

- ・硝酸アンモニウム(NH_4NO_3)は、硝酸とアンモニアが結合した常温で無色結晶の固体であり、融点は169.5℃、吸湿性と水溶性が高く、硝安の名前で肥料として用いられ、また爆薬の原料でもある。^{*1}
- ・海外では、硝安は肥料としての需要が大きく、2017年における世界生産量は約2,000万トンに及ぶとされている。^{*2}

*1:ブリタニカ国際百科事典, 日本大百科全書, *2: Wikipedia

●国内における硝酸アンモニウムの需給状況

- ・一方で、国内においても硝安(硝酸アンモニウム)は生産されているが、国内の生産規模は海外に比べて小さく(2008年度の硝安生産量:30,400トン)^{*3}、また硫安、塩安、尿素等の全窒素肥料に対する硝安系肥料の割合は2%弱を占めるに過ぎないとされ、海外と比べて国内の流通量は少ない。^{*4}
- ・国内で需要が少ない理由として、降雨の多い日本では土壤中で負の電荷を持つ硝酸(NO_3^-)が流れやすく窒素成分が無駄になること、湿度が高い気候が吸湿性を有する硝安肥料に不適であること、また硝安は爆発物の指定を受け取り扱いに規制を受けること等が原因とされている。^{*4, *5, *6}

*3: 財団法人農林統計協会「ポケット肥料要覧」(硝安の以降の統計は廃止されている)

*4: 世界大百科事典(第2版), *5: 化学辞典(第2版) *6: 西尾通徳の環境保全型農業レポートNo.61,

●硝酸アンモニウムが原因とされる爆発事故事例

- ・近年、海外では硝酸アンモニウムが原因とされる大規模な爆発事故が複数発生しており、倉庫内での保管方法が不適切であったこと等が事故原因として指摘されている。(次頁以降参照)
- ・一方で、国内では近年、硝酸アンモニウムが原因とされる爆発事故は発生していない。この理由として、上述のとおり相対的に国内での取扱量が少ないことや、消防法の危険物指定に基づく管理が浸透していること等が理由として推定される。

5. 爆発の影響評価(34／36)

<参考>硝酸アンモニウムが原因とされる爆発事故事例

● 米国テキサス州の肥料工場の爆発事故

項 目	内 容
発生日時	2013年4月17日
発生場所	アメリカ合衆国テキサス州マクレナン郡ウエスト
対象施設	化学肥料会社ウエスト・ファーティライザーの肥料工場
事故内容	工場で火災が発生し、貯蔵倉庫の化学肥料(硝酸アンモニウム*)が爆発 ・事故現場に30mに及ぶクレーター形成 ・工場及び周辺の集合住宅、学校、福祉施設等60棟～80棟が破壊 ・死傷者多数発生 * 2012年時点の貯蔵量270t
事故原因	工場内で原因不明の火災発生後に、2度の大規模な爆発に至った。



化学肥料工場の事故時の状況



事故後の工場内の確認作業

5. 爆発の影響評価(35／36)

● 中華人民共和国 天津港のコンテナ倉庫群の爆発事故

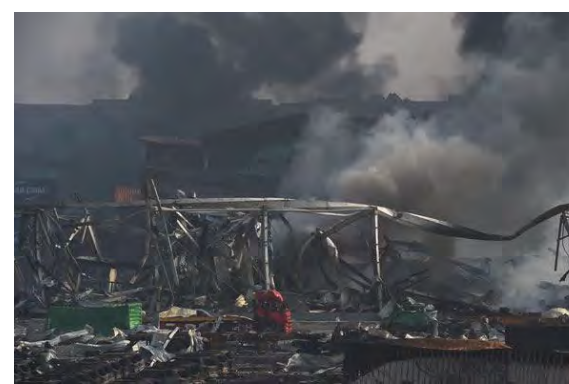
項 目	内 容
発生日時	2015年8月12日
発生場所	中華人民共和国 天津市滨海新区 天津港
対象施設	瑞海公司 ^{ルイハイ} 危険物倉庫(硝酸アンモニウム, 硝酸カリウム, 金属Na, Mg等 計2,500t)
事故内容	倉庫で保管中の硝酸アンモニウム等の引火・爆発 ・2回の爆発で直径約100mのクレーター状の巨大な穴が形成 ・約150m範囲内の建物が大破, 半径2km圏内の建物の窓ガラス等が破損 ・死傷者多数発生
事故原因	倉庫受入区のコンテナ区に保管中のニトロセルロースが不適切な扱いにより乾燥・発火し, 他の化学薬品に引火して火災が拡大, 硝酸アンモニウム等に延焼し爆発に至った。



大規模爆発の現場にできた巨大な穴



廃墟と化した爆発現場



5. 爆発の影響評価(36／36)

● レバノン バイルート港湾倉庫での爆発事故

項 目	内 容
発生日時	2020年8月4日
発生場所	バイルート 首都バイルート港湾地区
対象施設	港湾倉庫(硝酸アンモニウム 2,750t保管)
事故内容	倉庫内に保管していた大量の硝酸アンモニウムに引火, 爆発 ・2回目の爆発で, 倉庫跡に幅124m, 深さ43mのクレーター形成 ・マグニチュード3.3の地震と同等の地震波観測, 10km先まで爆風が到達
事故原因	不法運航の貨物船から没収した硝酸アンモニウムを適切な安全管理を行うことなく6年間に渡り保管。(爆発時に倉庫外壁の穴の溶接作業中との報道有)



爆発で立ち上る煙



破壊された穀物倉庫(左)と爆発現場のクレーター(右)



バイルート港の爆発跡

出典: Wikipedia 2020年バイルート爆発, THE SANKEI NEWS, NEWSWEEK

(補足説明資料 6. 近隣工場等の火災の影響評価)

6. 近隣工場等の火災の影響評価(1/10)



● 目的

発電所敷地内外で発生する火災が、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価

(1) 危険距離※¹

※¹ 火災源と発電所との間に必要となる離隔距離

● 影響評価方法

・「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B

石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」(以下「評価ガイド」という。)に従い火災を想定し、発電所への影響について評価した。

・評価対象として想定する火災源は、発電所周辺10km以内に存在する以下とする。

- (1) 敷地外の危険物貯蔵施設
- (2) 敷地内の危険物貯蔵施設等
- (3) 燃料輸送車両
- (4) 燃料輸送船

● 評価対象施設

・外部火災の影響を評価する必要がある以下の外部事象防護対象施設の評価を実施

- (1) 原子炉建屋
- (2) 使用済燃料乾式貯蔵建屋
- (3) タービン建屋
- (4) 主排気筒
- (5) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)
- (6) 残留熱除去系海水系ポンプ
- (7) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ

● 評価の流れ

(1) 敷地外の危険物貯蔵施設

- ・発電所から10km以内の危険物貯蔵施設は、周辺自治体資料、資料開示請求等を行い、対象施設の情報を入手
- ・発電所に影響を及ぼす可能性がある施設を選定
- ・選定したガス貯蔵施設に対し、評価ガイドに記載の評価式等※²を用いて、危険距離を評価し、危険物貯蔵施設から発電所までの離隔距離を下回ることを確認する。

(2) 敷地内の危険物貯蔵施設等

- ・敷地内の危険物貯蔵施設等は、現場調査等により対象施設の情報を入手
- ・選定した危険物貯蔵施設等に対し、評価ガイドに記載の評価式等を用いて、温度上昇を評価し、許容温度を下回ることを確認する。

(3) 燃料輸送車両

- ・発電所から最も近い位置にある国道245号線で最大規模の燃料輸送車両(ガソリン:30m³)の火災を想定
- ・想定する燃料輸送車両に対し、評価ガイドに記載の評価式等を用いて、危険距離を評価し、燃料輸送車両から発電所までの離隔距離を下回ることを確認する。

(4) 燃料輸送船

- ・発電所周辺の海域を航行する日立LNG基地に実際に入港する最大規模の燃料輸送船の火災を想定
- ・選定した燃料輸送船に対し、評価ガイドに記載の評価式を用いて、危険距離を評価し、燃料輸送船から発電所までの離隔距離を下回ることを確認する。

6. 近隣工場等の火災の影響評価(2/10)

● 危険距離の算出の流れ

- ①: 温度評価式を用いて許容温度となる輻射強度の算出
- ②: ①で算出した輻射強度より形態係数の算出
- ③: ②で算出した形態係数より危険距離を算出

● 許容温度となる輻射強度の算出に用いる温度評価式

(出典: 各種文献(設備毎))

- ・原子炉建屋, 使用済燃料乾式貯蔵建屋及びタービン建屋の場合
(許容温度: 200℃)

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right]$$

T: 許容温度(℃), T_0 : 初期温度(℃), E: 輻射強度(W/m²)

κ : コンクリート温度伝導率(= $\lambda / \rho C_p$)(m²/s)

ρ : コンクリート密度(kg/m³), C_p : コンクリート比熱(J/kg/K)

λ : コンクリート熱伝導率(W/m/K), t: 燃焼継続時間※(s)

x: 温度評価の対象となる深さ位置(外壁表面:m)

※ 燃焼継続時間は下式で算出

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t: 燃焼継続時間(s), V: 燃料量(m³)

R: 燃焼半径(m), v: 燃焼速度 = M / ρ (m/s)

M: 質量低下速度(kg/m²/s), ρ : 燃料密度(kg/m³)

- ・主排気筒及び放水路ゲート(許容温度: 325℃)

$$T = T_0 + \frac{E}{2h}$$

T: 許容温度(℃), T_0 : 初期温度(℃)

E: 輻射強度(W/m²), h: 熱伝達率(W/m²/K)

- ・非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)(許容温度: 53℃), 残留熱除去系海水系ポンプ(許容温度: 70℃)及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ(許容温度: 60℃)

$$T = T_0 + \frac{E \cdot A}{G \cdot C_p} + \Delta T$$

T: 許容温度(℃), T_0 : 初期温度(℃), E: 輻射強度(W/m²)

G: 重量流量(kg/s), A: 輻射を受ける面積(m²)

C_p : 空気比熱(J/kg/K)

ΔT : 構造物を介した温度上昇(℃)

6. 近隣工場等の火災の影響評価(3/10)

- 形態係数の算出に用いる輻射強度の評価式
(出典:原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

$$E = R f \cdot \Phi$$

E : 輻射強度(W/m²), R f : 輻射発散度(W/m²), Φ : 形態係数

- 危険距離の算出に用いる形態係数の評価式
(出典:原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n \sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

Φ :形態係数, L:危険距離(m), H:炎の高さ(m), R:燃焼半径(m)

※ 燃焼半径Rの算出式

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

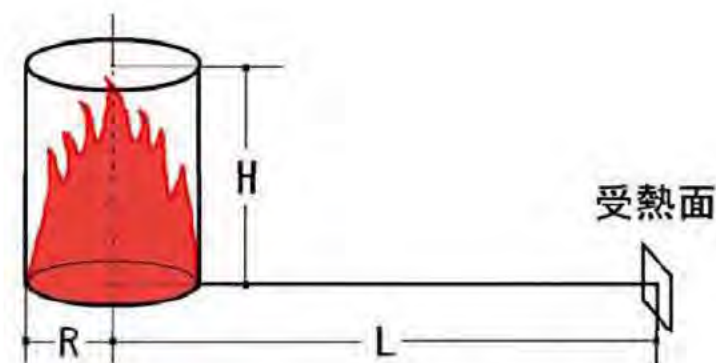
R : 燃焼半径(m), S : 防油堤面積 (= 燃焼面積) (m²)

- ◆ 輻射発散度 [参考資料 (3) より引用]

カフジ原油	41×10 ³ (35×10 ³)	メタノール	9.8×10 ³ (8.4×10 ³)
ガソリン・ナフサ	58×10 ³ (50×10 ³)	エタノール	12×10 ³ (10×10 ³)
灯油	50×10 ³ (43×10 ³)	LNG (メタン)	76×10 ³ (65×10 ³)
軽油	42×10 ³ (36×10 ³)	エチレン	134×10 ³ (115×10 ³)
重油	23×10 ³ (20×10 ³)	プロパン	74×10 ³ (64×10 ³)
ベンゼン	62×10 ³ (53×10 ³)	プロピレン	73×10 ³ (53×10 ³)
n-ヘキサン	85×10 ³ (73×10 ³)	n-ブタン	83×10 ³ (71×10 ³)

(単位は W/m², かつこ内は kcal/m²・h)

石油コンビナート等の火災想定模式図



受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。

6. 近隣工場等の火災の影響評価(4/10)

● 石油コンビナート等に対する危険限界距離の評価

- ・茨城県内において石油コンビナート等特別防災区域に指定されているのは鹿島臨海地区は、発電所から約50km離れており、発電所から10km以内に石油コンビナートは存在しないことを確認

● 石油コンビナート以外の危険物貯蔵施設に対する危険距離の評価

- 発電所から10km以内にある危険物貯蔵施設について自治体に資料開示請求を行った結果、約500カ所存在することを確認
- 10km以内にある危険物貯蔵施設の危険物貯蔵量は、石油コンビナート未満となるため、石油コンビナート相当の危険物貯蔵施設の火災評価を実施した結果、危険距離は1,329mであることを確認
- 石油コンビナート相当の危険距離1,329mを上回る1,400mを、発電所影響を及ぼす可能性がある範囲として設定し、この範囲内の危険物貯蔵施設を調査した結果、屋外貯蔵である [] の重油タンクを抽出
- 抽出した危険物貯蔵施設の火災影響を評価した結果、危険距離は火災源から発電所までの離隔距離を下回ることを確認



図 鹿島臨海地区と発電所の位置関係



図 火災源と発電所の位置関係

6. 近隣工場等の火災の影響評価(5／10)

● 評価結果

- ・各評価対象の危険距離を評価した結果、離隔距離を下回ることを確認した。

表 危険距離の評価結果

想定 火災源	燃料 種類	燃料量 (m ³)	評価対象施設	危険距離 (m)	離隔距離 (m)
重油タンク	重油	200	原子炉建屋	41	1,100
			タービン建屋		1,200
			使用済燃料乾式貯蔵建屋		800
			排気筒	10	1,200
			非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機を含む。)	17	1,100
			残留熱除去系海水系ポンプ	16	1,300
			非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機を含む。)用海水ポンプ	12	1,300
			放水路ゲート	10	1,600

6. 近隣工場等の火災の影響評価(6/10)

● 熱影響評価

- ・発電所内の現場調査を行い、発電所内にある危険物貯蔵施設等をすべて抽出
- ・評価対象抽出フローにより、対象とする火災源を抽出
- ・建屋に対する変圧器の評価では、放熱を考慮した温度評価式※を用いた評価を実施

表 危険物貯蔵施設以外の火災源一覧

設備名	製造所等区分	設置場所	危険物の種別	品名	最大貯蔵量 (kg)	評価対象有無 (○:対象、×:対象外)
中倉庫	屋内貯蔵庫	屋内	第四類 第一石油類	ガソリン	1,600	×
			第四類 第二石油類	軽油・灯油	2,200	×
			第四類 第三石油類	重油	14,200	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	21,000	×
			第五類 第一石油類	アーク溶融油	1,200	×
危険物貯蔵タンク	地下タンク貯蔵庫	地下	第四類 第二石油類	軽油	200,000	×
非常用ディーゼル発電機用タンク	地下タンク貯蔵庫	地下	第四類 第二石油類	軽油	900,000	×
燃料貯蔵槽	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	軽油	30,200	×
タービン建屋	一般倉庫	屋内	第四類 第一石油類	軽油	1,000	×
			第四類 第二石油類	重油	1,400	×
			第四類 第三石油類	潤滑油	185,200	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	1,900	×
タービン建屋	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	潤滑油	2,400	×
危険物貯蔵タンク	危険物貯蔵庫	屋外	第四類 第三石油類	軽油	19,000	○
可燃性設備用タンク	地下タンク貯蔵庫	地下	第四類 第二石油類	軽油	210,000	×
ディーゼル発電機用タンク	地下タンク貯蔵庫	地下	第四類 第二石油類	軽油	4,700	×
No.1 主給油倉庫	倉内貯蔵庫	屋内	第四類 第一石油類	ガソリン	9,100	×
			第四類 第二石油類	軽油	4,000	×
			第四類 第三石油類	潤滑油	96,000	×
No.2 主給油倉庫	倉内貯蔵庫	屋内	第四類 第三石油類	潤滑油	160,000	×
緊急時対策用建屋 (計量用対策室)	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	5,700	×
緊急時対策用建屋 (計量用対策室)	地下タンク貯蔵庫	地下	第四類 第三石油類	重油	20,000	×
絶縁油保管タンク	屋外タンク貯蔵庫	屋外	第四類 第三石油類	絶縁油	200,000	×
変圧器用絶縁油保管タンク	一般倉庫	屋外	第四類 第三石油類	絶縁油	1,000	×
緊急時対策用建屋 (計量用対策室)	地下タンク貯蔵庫	地下	第四類 第三石油類	重油	96,000	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	1,800	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	4,900	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	9,800	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	200,000	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	2,200	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	2,200	×
燃料貯蔵タンク	一般倉庫	屋内	第四類 第三石油類	重油	2,200	×

表 危険物貯蔵施設以外の火災源一覧

設備名	内容物	本数 (本)	1本当たり容量	総容量	評価対象有無 (○:対象、×:対象外)
H ₂ , CO ₂ ボンベ庫	水素	20	7 m ³	140 m ³	×
水素貯槽	水素	—	—	6.7 m ³	○
予備ボンベ庫①	水素	40	7 m ³	280 m ³	×
予備ボンベ庫②	水素	20	7 m ³	140 m ³	×
所内ボイラー	プロパン	4	50 kg	200 kg	×
焼却炉用	プロパン	5	500 kg	2500 kg	×
サービス建屋	アセチレン	3	7 kg	21 kg	×
廃棄物処理建屋	アセチレン	1	7 kg	7 kg	×
化学分析用ボンベ庫	アセチレン	1	7 m ³	28 m ³	×
食堂用プロパンボンベ庫	プロパン	18	50 kg	900 kg	×

網掛け箇所：評価対象となる設備

※ 放熱を考慮した温度評価式

$$T = T_0 + \frac{E}{h} \left[1 - \exp \left(- \frac{h^2}{\lambda \rho C_p} t \right) \right] \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{h^2 t}{\lambda \rho C_p}} \right)$$

T：表面からx(m)の位置の温度(℃)，T₀：初期温度(50℃)※1

h：熱伝達率(17W/m²/K)※2

ρ：コンクリート密度(2,400kg/m³)

C_p：コンクリート比熱(880J/kg/K)

λ：コンクリート熱伝導率(1.63W/m/K)，E：輻射強度(W/m²)

t：燃焼継続時間(11,008s)，x：コンクリート壁表面深さ(0m)

※1 本所地方気象台で観測された過去最高気温38.4℃に保守性を持たせた値
 ※2 空気調和・衛生工学便覧(外表面の熱伝達率は、受熱面の形状や周囲の環境条件を受け変化するが、一般的な値として垂直外壁面、屋根面及び上げ裏面の夏季、冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから、これらのうち最も小さい値である17W/m²/Kを用いる。)

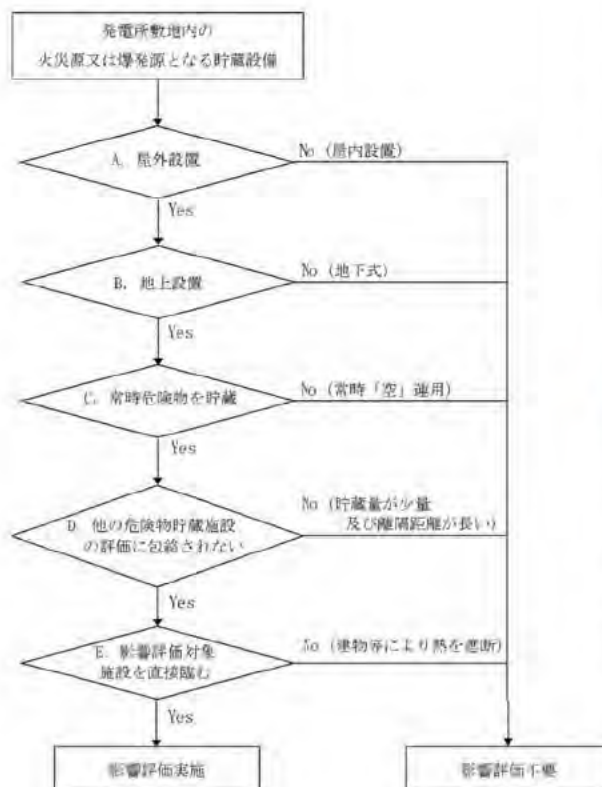


図 敷地内の火災源抽出フロー

網掛け箇所：評価対象となる設備

6. 近隣工場等の火災の影響評価(7/10)

● 評価結果

- ・各評価対象の到達温度を評価した結果, 許容温度を下回ることを確認した。

表 到達温度の評価結果

想定火災源	評価対象施設	評価温度 (°C)	許容温度 (°C)
溶融炉灯油 タンク	原子炉建屋	70	<200
	タービン建屋	57	
	主排気筒	90	<325
	残留熱除去系 海水系ポンプ	45	<70
	非常用ディーゼル発電機(高圧炉 心スプレイ系ディーゼル発電機を 含む。)用海水ポンプ	45	<60
主要変圧器	タービン建屋	149	<200
	放水路ゲート	51	<325
所内変圧器 2A	タービン建屋	187	<200
	放水路ゲート	51	<325
起動変圧器 2B	タービン建屋	182	<200

図 火災源と評価対象施設の位置関係



図 変圧器と評価対象施設の位置関係



6. 近隣工場等の火災の影響評価(8／10)

● 対象とする燃料輸送車両

- ・発電所敷地外で最も近くを通る国道245号線での燃料輸送車両の爆発を想定
- ・燃料輸送車両は、消防法令(危険物の規則に関する政令第15条第1項三号)において、移動タンク貯蔵所の上限量が定められており、公道を通行可能な上限量(=30m³)のガソリンが積載された状況を想定

● 危険距離の評価

- ・燃料輸送車両の火災評価を実施した結果、危険距離は燃料輸送車両から各評価対象施設までの離隔距離を下回ることを確認

表 危険距離の評価結果

想定火災源	評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
燃料輸送車両	原子炉建屋	23	510
	タービン建屋		450
	使用済燃料乾式貯蔵建屋		520
	排気筒	9	610
	非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)	14	510
	残留熱除去系海水系ポンプ	13	760
	非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ	11	760
	放水路ゲート	9	600



図 燃料輸送車両と評価対象施設との位置関係

6. 近隣工場等の火災の影響評価(9/10)



● 対象とする船舶

- ・日立LNG基地にLNG及びLPGを輸送する輸送船、内航船及び発電所港湾内に定期的に入港する燃料等輸送船(以下「定期船」という。)が、船舶の喫水と水深より、船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない、発電所までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定
- ・輸送船の燃料量、船舶寸法等より、LPG輸送船はLNG輸送船に、内航船は定期船に評価が包絡されるため、LNG輸送船及び定期船について評価を実施

● 危険距離の評価

- ・LNG輸送船及び定期船の火災評価を実施した結果、危険距離は燃料輸送船から評価対象施設までの離隔距離を下回ることを確認

表 危険距離の評価結果(LNG輸送船)

想定火災源	評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
LNG輸送船	原子炉建屋	263	1,100
	タービン建屋		1,100
	使用済燃料乾式貯蔵建屋		1,300
	排気筒	87	1,100
	非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)	153	1,100
	残留熱除去系海水系ポンプ	142	940
	非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ	111	940
	放水路ゲート	87	1050

表 危険距離の評価結果(定期船)

想定火災源	評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
定期船	原子炉建屋	85	300
	タービン建屋		280
	使用済燃料乾式貯蔵建屋		530
	排気筒	29	250
	非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)	50	330
	残留熱除去系海水系ポンプ	47	70
	非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ	37	70
	放水路ゲート	29	220

6. 近隣工場等の火災の影響評価(10／10)

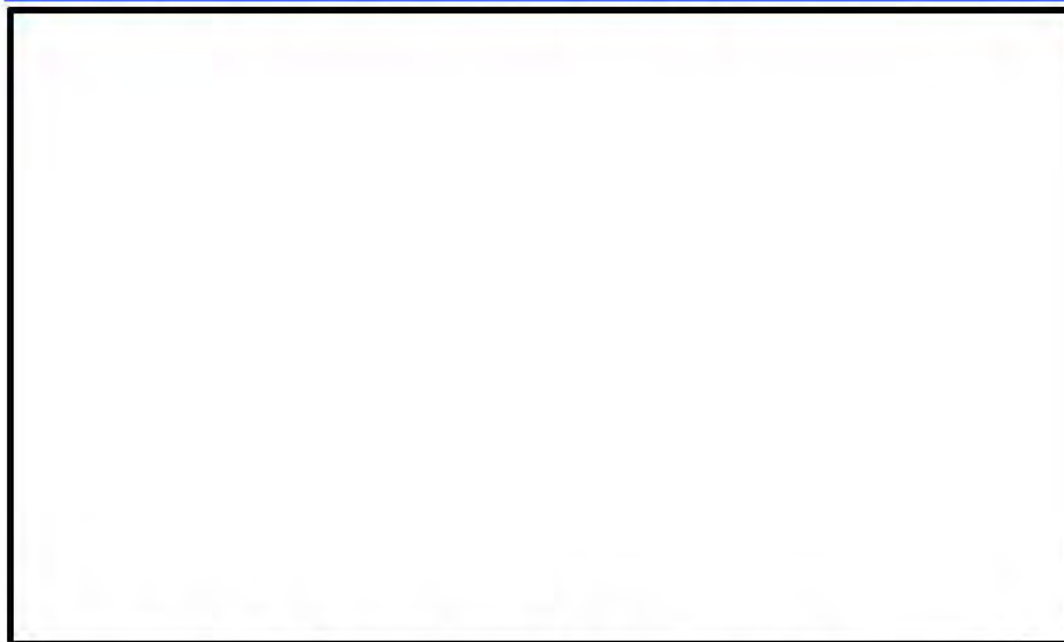


図 LNG輸送船と評価対象施設との位置関係

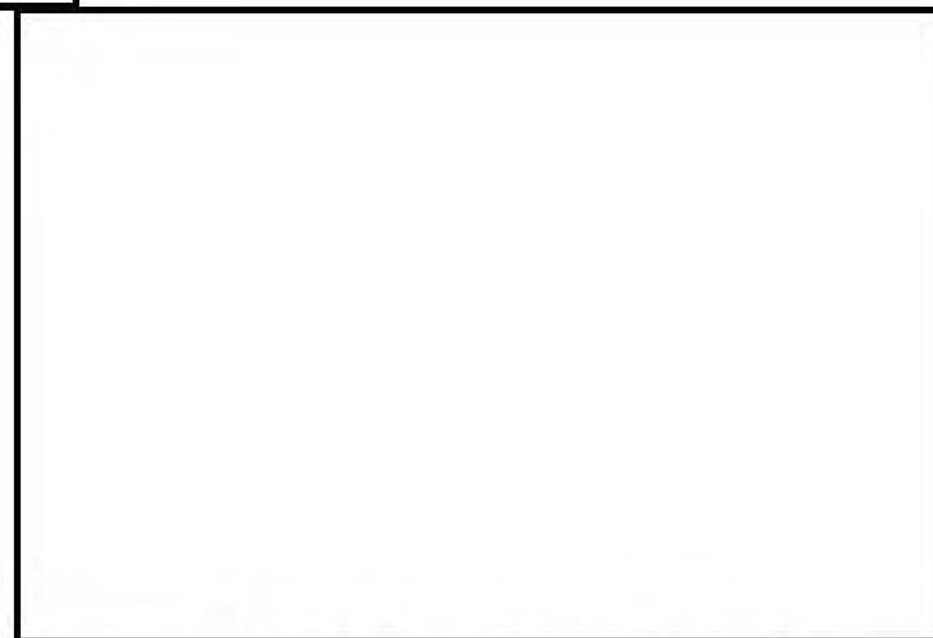


図 定期船と評価対象施設との位置関係

(補足説明資料 7. 航空機墜落による火災の影響評価)

7. 航空機墜落による火災の影響評価(1/10)



● 目的

発電所敷地への航空機の墜落によって発生する火災が、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価

- (1) 熱影響
- (2) 二次的影響

● 影響評価方法

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」(以下「評価ガイド」という。)に従い、以下の手順で発電所への影響について評価した。

(i) 航空機落下確率評価

評価条件の違い等を踏まえて設定した落下事故のカテゴリごとに燃料積載量が最大の航空機を選定する。

(ii) 対象航空機を選定

評価条件の違い等を踏まえて設定した落下事故のカテゴリごとに燃料積載量が最大の航空機を選定する。

(iii) 離隔距離の評価

「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21・06・25原院第1号)の航空機落下確率評価式に基づき、カテゴリごとに落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)に相当する面積を算出し、その結果を用いて評価対象施設に対する離隔距離を算出する。

(iv) 熱影響評価

(ii)で評価した離隔距離を踏まえて原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で航空機の墜落が発生することを想定して温度を評価し、許容温度を下回ることを確認する。

(v) 二次的影響評価

(ii)で評価した離隔距離を踏まえて使用済燃料乾式貯蔵建屋へ熱気流が直接給気口に流入する風速を評価し、水戸地方気象台で観測した過去10年間の最大風速を上回ることを確認する。

● 評価対象施設

・外部火災の影響を評価する必要がある以下の評価対象施設※¹の評価を実施

- (1) 原子炉建屋
- (2) 使用済燃料乾式貯蔵建屋
- (3) タービン建屋※²
- (4) 主排気筒
- (5) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)
- (6) 残留熱除去系海水系ポンプ
- (7) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ

・ただし、東海第二発電所の発電用原子炉施設と使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能は独立していることを踏まえ、原子炉施設と使用済燃料乾式貯蔵施設を独立として扱い評価を実施

※¹:外部事象防護対象施設は、航空機落下確率評価及び航空機墜落による火災影響評価に置いては、原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの基準を踏まえクラス1及びクラス2に属する施設及び安全評価上その機能に期待するクラス3の施設、又はそれらを内包する建屋

※²:タービン建屋内には、PS-2の主蒸気系及びMS-2の放射性気体廃棄物処理系の隔離弁があるため、タービン建屋を評価対象施設として抽出

評価で想定する落下事故のカテゴリ

落下事故のカテゴリ	
1) 計器飛行方式民間航空機	① 飛行場での離着陸時
	② 航空路を巡航中
2) 有視界飛行方式民間航空機	③ 大型機(大型固定翼機及び大型回転翼機)
	④ 小型機(小型固定翼機及び小型回転翼機)
3) 自衛隊機又は米軍機	⑤-1 空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機
	⑤-2 その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機
	⑥ 基地-訓練空域間往復時

7. 航空機墜落による火災の影響評価(2/10)



(i) 航空機落下確率評価

1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

① 飛行場での離着陸時における落下事故

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

$P_{d,a}$: 対象施設への離着陸時の航空機落下確率(回/年)

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$: 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)

平成5年～平成24年の国内の離着陸時における事故件数を使用。
離着陸時に1件, 着陸時に3件。

$E_{d,a}$: 国内での離着陸回数(離着陸回)

$N_{d,a}$: 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(km²)

$\Phi_{d,a}(r, \theta)$: 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数(/km²)

② 航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率(回/年)

$f_c = G_c / H_c$: 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)

平成5年～平成24年における国内の航空路を巡航中における事故件数を使用。
事故件数が0件であるため, 0.5件発生したものとして評価。

H_c : 延べ飛行距離(飛行回・km)

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(km²)

W : 航空路幅(km)

2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v / S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

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)

平成5年～平成24年における国内の事故件数を使用。
大型固定翼機0件, 大型回転翼機0件, 小型固定翼機35件, 小型回転翼機24件。
大型固定翼機の事故件数は0件であるため, 0.5件発生したものとして評価。

S_v : 全国土面積(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

3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

① 訓練空域外を飛行中の落下事故

$$P_{so} = f_{so} \cdot A / S_o$$

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)

A : 原子炉施設の標的面積(km²)

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)

平成5年～平成24年の国内の訓練空域外を飛行中における事故件数を使用。自衛隊機7件、米軍機5件。

② 基地－訓練空域間を往復時の落下事故

$$P_{se} = f_{se} \cdot A / S_{se}$$

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)

A : 原子炉施設の標的面積(km²)

S_{se} : 想定飛行範囲内の面積(km²)

平成5年～平成24年の国内の基地－訓練空域間を往復時における事故件数を使用。自衛隊機5件(米軍基地－訓練空域間を往復時の範囲内に東海第二発電所は含まれないため、米軍機については対象外)。

7. 航空機墜落による火災の影響評価(4/10)



(ii) カテゴリ毎の対象航空機の選定

- ・①は、評価対象となる茨城空港の定期便のうち燃料積算量が多い航空機を選定
- ・②は、評価対象航空路を飛行すると考えられる定期便のうち、燃料積載量が最大の航空機を選定
- ・③及び④は、全国の有視界飛行が可能な民間航空機のうち、燃料積載量が最大の航空機を選定
- ・⑤は、全国の自衛隊機及び米軍機のうち、用途別に燃料積載量が最大の航空機を選定
- ・⑥は、評価対象となる百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料積載量が最大の航空機を選定

落下事故のカテゴリ		対象航空機
計器飛行方式 民間航空機	①飛行場での離着陸時	B737-800
	②航空路を巡航時	B747-400
有視界飛行方式 民間航空機	③大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-400
	④小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)	Do228-200
自衛隊機又は 米軍機	⑤訓練空域 外を飛行中	空中給油機等, 高高度での巡航が想定 される大型固定翼機
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転 翼機
	⑥基地－訓練空域間往復時	F-15

(iii) カテゴリ別の離隔距離の評価



基地-訓練空域間往復時の落下事故に対する発電用原子炉施設
(使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。)の離隔距離



基地-訓練空域間往復時の落下事故に対する
使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離

7. 航空機墜落による火災の影響評価(5/10)



(iv) 熱影響評価

建屋に対する温度評価結果

落下事故のカテゴリ			対象航空機	評価温度(℃)		許容温度(℃)
				原子炉建屋及びタービン建屋	使用済燃料式貯蔵建屋	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	53	51	<200
有視界飛行方式 民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	71	58	
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	64	56	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	183	62	

主排気筒に対する温度評価結果

落下事故のカテゴリ			対象航空機	評価温度(℃)	許容温度(℃)
				主排気筒及び放水路ゲート	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	52	<325
有視界飛行方式 民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	63	
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	60	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	142	

7. 航空機墜落による火災の影響評価(6／10)



非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)に対する温度評価結果

落下事故のカテゴリ			対象航空機	評価温度(℃)	許容温度(℃)
				非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	45	<53
有視界飛行方式 民間航空機	大型機(大型固定翼機 及び大型回転翼機)		B747-400	45	
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外 を飛行中	空中給油機等, 高高度 での巡航が想定される 大型固定翼機	KC-767	45	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	50	

残留熱除去系海水系ポンプに対する温度評価結果

落下事故のカテゴリ			対象航空機	評価温度(℃)	許容温度(℃)
				残留熱除去系海水系ポンプ	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	45	<70
有視界飛行方式 民間航空機	大型機(大型固定翼機 及び大型回転翼機)		B747-400	46	
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外 を飛行中	空中給油機等, 高高度 での巡航が想定される 大型固定翼機	KC-767	46	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	59	

7. 航空機墜落による火災の影響評価(7/10)



非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプに対する温度評価結果

落下事故のカテゴリ			対象航空機	評価温度(°C)	許容温度(°C)
				非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	45	<60
有視界飛行方式 民間航空機	大型機(大型固定翼機 及び大型回転翼機)		B747-400	45	
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外 を飛行中	空中給油機等, 高高度 での巡航が想定される 大型固定翼機	KC-767	45	
	基地-訓練空域間往復時		F-15	51	

7. 航空機墜落による火災の影響評価(8/10)



- ・航空機墜落火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の火災との重畳評価を実施した結果、許容温度を下回ることを確認

重畳火災を想定した温度評価結果

重畳評価の 想定ケース	評価対象施設	評価温度 (°C)	許容温度 (°C)
溶融炉灯油タンク 及びF-15	原子炉建屋	196	<200
	タービン建屋	187	
	主排気筒	181	<325
	残留熱除去系海水系 ポンプ	59	<70
	非常用ディーゼル発 電機（高圧炉心スプ レイ系ディーゼル発 電機を含む。） 用海ポンプ	51	<60
主要変圧器 及びF-15	タービン建屋	195	<200



航空機墜落位置と危険物貯蔵施設等の位置関係

● 航空機火災が発生した場合の初期消火活動

- ・熱影響評価を行った結果、許容温度を下回るため、消火活動等を実施しなくても評価対象施設の防護は可能
- ・航空機燃料火災に対する消火対応のため、空港業務マニュアルをもとに、最大規模の航空機燃料火災にも対応できる量の泡消火薬剤を配備している。

(v) 二次的影響評価

- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋(以下「建屋」という。)においては,ドライキャスクの除熱を自然対流により実施
- ・建屋付近で発生する航空機墜落火災(機種:F-15)を想定し,給気口から熱気流が侵入した場合について評価を実施
- ・建屋は,外部火災により発生する熱気流が周囲の風況の影響により建屋に向かうことが想定されるため,火災源から発生した熱気流が風により直接給気口から流入する事象を想定
- ・火災による熱気流の主軸傾き角より,熱気流が直接給気口に流入する風速を評価した結果,水戸地方気象台で観測した過去10年間の最大風速より大きいことから,熱気流が直接給気口に流入することはない,ドライキャスクの除熱及び閉じ込め機能の監視に影響はないことを確認

・火災源と給気口と結ぶ直線の傾きの算出式

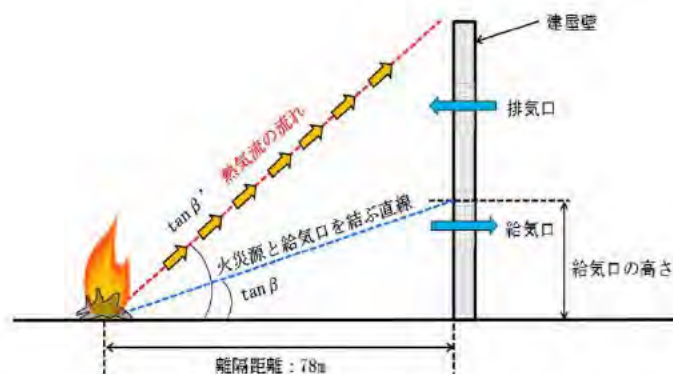
$$\tan \beta = \frac{\text{給気口の高さ}}{\text{火災源から給気口までの水平距離}}$$

・熱源寸法の算出式

$$D = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

D : 熱源寸法 (m)

S : 航空機火災 (F-15) の燃焼面積 (44.6m²)



除熱概略図

・航空機火災の発生熱量の算出式

$$Q = (1 - \chi) \Delta H_{c, \text{eff}} S M$$

Q : 発生熱量 (kW), χ : 放射分率 (0.05)

$\Delta H_{c, \text{eff}}$: 発熱量 (43,500kJ/kg)

S : 航空機火災 (F-15) の燃焼面積 (44.6m²)

M : 質量低下速度 (kg/m²/s)

・熱気流が直接給気口に流入する風速の算出式

$$\tan \beta = 0.37 \Lambda^{-9/8} Fr^{0.0975}$$

$$\Lambda = \frac{UD^{1/3}}{(Qg/C_p \rho T_0)^{1/3}}$$

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{Dg}}$$

$\tan \beta$: 火災源と給気口を結ぶ直線の傾き (rad)

Λ : 無次元パラメータ, Fr : フルード数 (-)

C_p : 空気比熱 (1.007kJ/kg/K)

ρ : 空気密度 (1.17kg/m³), T_0 : 周囲温度 (310K)

D : 航空機火災 (F-15) の燃焼面積 (44.6m²)

g : 質量低下速度 (kg/m²/s)

7. 航空機墜落による火災の影響評価(10/10)

熱気流が直接給気口に流入する風速の評価結果

評価対象施設	無次元パラメータ Λ (-)	フルード数 Fr (-)	熱気流が直接開口に 流入する風速 U (m/s)	水戸地方気象台で観測した 過去10年間の 最大風速 (m/s)
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	3.1	2.5	21.6 ~ 40.1	17.5

(補足説明資料 8. 外部事象へのソフト面による対応)

外部事象対応のうちソフト面による対応について

● 発電所の保安管理体制の検討

- ・原子力発電所に影響を及ぼし得る外部事象(自然災害及び人為事象)に対するソフト面の対応に関して、発電所の体制は、地震、津波、火山事象等の各災害に対して、**保安規定に基づく保安管理体制を整備し、その中で、災害内容に応じた体制への移行基準、活動内容等を明確にしていく。**
- ・本体制の具体的な内容(必要人数、設備・資機材等)は、**今後の保安管理体制の検討の中で定めていくため、ここでは基本設計方針に基づき、各災害事象のうちソフト面で対応する主な項目について以下に示す。**

● ソフト面の対応を行う外部事象について

- ・東海第二発電所に対し影響を及ぼし得る外部事象として抽出した事象※のうち、**次に示す3事象はハード面だけでの対応が困難であるため、ソフト面での対応が必要**となる。このソフト面の対応は、災害対策要員(初動;39名)で対応していく。

<別紙1参照>

※:風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山、生物学的事象、外部火災(森林火災、爆発及び近隣工場等の火災)、高潮、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害

なお、津波事象では、放水路からの津波の流入を防止するために、放水路に設置するゲートを開から閉とする操作が必要となる。

①火山(降下火砕物)

屋外にある複数の防護対象施設(発電所施設原子炉建屋及びタービン建屋屋根、等)については、その対象範囲の広さから、火砕物降下中のリアルタイムの除去が困難であるため、降下火砕物の短期間の負荷に対し問題ないことを確認した上で、**事象終息後に堆積物の除去を行う必要がある。**【現地作業(屋外)】

また、吸気口にフィルタを有する設備については、火砕物降下中にフィルタへの火砕物の吸着を回避することが設備の特性上困難であるため、**火砕物降下中の吸気の停止もしくはフィルタの取替・清掃作業が必要**となる。【吸気停止:中央制御室からの遠隔操作、フィルタ取替・清掃:現地作業(屋外)】

外部事象対応のうちソフト面による対応について

● ソフト面の対応を行う外部事象について(つづき)

- ・以下の事象については、ソフト面での対応も必要となる。

②竜巻(竜巻飛来物)

竜巻対策がなされた状態の常時維持を求めた場合、プラント運用に支障を来たす以下のものについては、その使用中に竜巻の襲来の可能性を覚知した場合、**竜巻の到達までに竜巻対策がなされた状態へ復旧するための運用対応が必要**となる。

- 竜巻からの防護機能を有する障壁のうち、可動式の部分(扉等)：閉止【**現地作業(屋外, 屋内)**】
- 燃料の取扱い設備：作業の中止及び退避【**現地作業(屋内)**】
- 竜巻飛来物になり得る発電所の資機材、車両等のうち、使用時には飛散防止対策(固縛, 退避等)を解除するもの：再固縛もしくは退避【**現地作業(屋外)**】

③外部火災

外部火災の特徴として、設計条件(負荷)が人為的な影響を受け得ることから、**設計条件を維持するための現場管理を実施**する。【**通常時の現地作業(屋外)**】

また、火災の二次的影響であるばい煙等の換気空調系への侵入が想定される場合には、**系統を遮断し、その侵入を防ぐ運用**とする。【**中央制御室からの遠隔操作**】

飛び火等による延焼の可能性に対しては、発生箇所の特特定が困難であるため、柔軟な対応が可能のように、**自衛消防隊により対応**する。【**現地作業(屋外)**】

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(3/20)

外部事象対応のうちソフト面による対応について

● 火山(降下火砕物)に係るソフト面の対応

- ・火山(降下火砕物)に対しては、**事象収束後の堆積物除去、フィルタの取替・清掃作業等を行う。**
- ・なお、東海第二発電所では、事業者によるモニタリングが必要な火山は無いと判断しているが、一般的には、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、**事前に対策準備が可能**である。

また、**これらの準備には長時間を要するものではないと推定**しているが、詳細は設備設置後に訓練を実施し確認する。

項 目	運用対策	共通項目
・降下火砕物の除去作業 ・除去後の降下火砕物による静的荷重や腐食等影響に対する保守管理	・降下火砕物が確認された場合、建屋や屋外設備等に長期間降下火砕物の荷重を掛け続けないこと、また降下火砕物付着による腐食等を緩和するため、 施設等に堆積した降下火砕物の除去 を実施 ・降下火砕物による影響がみられた場合、 必要に応じて補修 を実施	・体制の確立 ・保守、点検 ・教育、訓練
外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止、閉回路循環運転	・降下火砕物が確認された場合に、状況に応じて 外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転 により、 建屋内への降下火砕物の侵入を防止	
バグフィルタ、吸気フィルタ取替・清掃作業	・降下火砕物が確認された場合、換気空調設備の外気取入口のバグフィルタ差圧を確認するとともに、 状況に応じて清掃や取替を実施 ・ディーゼル発電機の運転時は、吸気フィルタの巡視点検を行い、 必要に応じて取替・清掃を実施	

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(4/20)



外部事象対応のうちソフト面による対応について

● 竜巻に係るソフト面の対応

- ・竜巻に対しては、**資機材や車両等の固縛・退避等の運用や、竜巻襲来時の施設防護の活動を行う。**

項 目	運用対策	共通項目
・資機材，車両等管理 ・資機材，車両等の飛来物発生防止対策 (固縛，固定，評価対象施設等からの隔離，建屋内収納又は撤去)	・屋外の飛散するおそれのある資機材，車両等は，飛来時の運動エネルギー等を評価し，施設等への影響の有無を予め確認 ・施設等へ影響を及ぼす資機材，車両等は，飛来物発生防止対策(固縛，固定，施設等からの隔離，建屋内収納又は撤去)の手順等を策定 ・資機材，車両等の質量，寸法，形状から算出した飛来の有無，飛来時の運動エネルギー等による飛来物発生防止対策の評価方法手順及び評価結果の管理	
施設等を防護するための 操作・確認事項	・竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後に，施設等を防護するための操作・確認，補修等が必要となる事項について手順等を策定 [操作・確認事項] ・竜巻に関する情報入手及び情報入手後の対応 (情報の入手，周知，体制判断，実施方法と手順) ・竜巻襲来が予想される場合の対応に関する運用・手順 (竜巻襲来が予想される場合の使用中の資機材の固縛等) ・竜巻襲来が予想される場合の燃料取扱作業中止の運用，手順 ・原子炉建屋の外壁各扉の閉止確認手順 [補修] ・設備が損傷した場合の代替設備確保及び補修，取替等の運用，手順	・体制の確立 ・保守，点検 ・教育，訓練

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(5/20)



外部事象対応のうちソフト面による対応について

● 外部火災に係るソフト面の対応

- ・人為的に改変され得る設計条件(負荷)に対しては、当社にて管理可能な範囲に対し※、設計条件を維持するためにパトロール等の管理を実施する。
- ・また、飛び火等による延焼に備えるための予防散水及び初期消火は、発生箇所の特定が困難であるため、固定された設備ではなく、自衛消防隊を用いて柔軟に対応する。

※:当社が管理できない設計条件(敷地外の火災源爆発物, 航空路, 等)の改変については, 自然現象への対応と同様であり, 情報を収集した上で, 必要に応じ都度再評価を行う。

項 目	運用対策	共通項目
・防火帯の維持・管理 ・植生の維持・管理	・防火帯上への 駐車禁止等の措置, 防火帯のパトロール ・発電所 敷地内外のパトロール, 植生の維持・管理	・体制の確立 ・保守, 点検 ・教育, 訓練
外気取入ダンパ閉, 閉回路循環運転	【外部火災発生時】 ・ 外気取入ダンパ閉, 閉回路循環運転の対応	
初期消火活動要員による 初期消火活動	【外部火災発生時】 ・ 火災発生現場の確認, 中央制御室への連絡 ・消火器, 消火栓, 化学消防自動車及び水槽付消防自動車を用いた 消火活動	
・自衛消防隊への連絡 ・公設消防への通報	【外部火災発生時】 ・通報連絡責任者による 自衛消防隊及び公設消防への連絡	

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(6/20)



＜別紙1＞外部事象に対するソフト面対応の要否(1/5)

自然現象に対する設計方針(1/3)

	設計上考慮すべき事象	個別事象の影響評価	ソフト面対応の要否
自然現象	洪水	発電所敷地の北側の久慈川水系がおおむね100年に1回程度起こる大雨により氾濫するとしても、洪水ハザードマップ及び浸水想定区域図により、発電所に影響が及ばないこと及び新川の浸水は丘陵地を遡上しないことから、洪水による発電所敷地への影響はない。	不要 発電所へ影響を及ぼさない事象
	風(台風)	安全施設は、建築基準法及び同施行令第86条第4項に基づく建設省告示第1454号で定められた東海村において建築物を設計する際に要求される基準風速30m/s(地上高10m, 10分間平均)に対して、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能
	竜巻	観測記録によると、竜巻検討地域の最大竜巻規模はF3(風速70m/s～92m/s)である。安全施設は、上記を包絡する 設計竜巻の最大風速100m/s による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物等の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために、 飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。 (＜別紙2＞参照)	要 ①【襲来前】防護対策設備の復旧(扉部の閉止) ②【襲来前】再固縛, 退避 ①②プラント運用上、竜巻対策の常時維持が難しい施設があるため
	凍結	安全施設は、最寄りの気象官署である水戸地方気象台の観測記録史上1位の最低気温 -12.7℃に対して、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能
	降水	安全施設は、降水に対する排水施設の規格・基準として、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」で定められた「水戸」(東海村が適用範囲内)における雨量強度127.5mm/hに対して、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能
	積雪	安全施設は、建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく茨城県建築基準法等施行細則で定められた東海村において建築物を設計する際に要求される基準積雪量30cmに対して、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(7/20)



＜別紙1＞外部事象に対するソフト面対応の要否(2/5)

自然現象に対する設計方針(2/3)

	設計上考慮すべき事象	個別事象の影響評価	ソフト面対応の要否
自然現象	落雷	安全施設は、全国雷観測ネットワーク(JLDN)により観測された落雷データ(発電所を中心とした標的面積4km ² の範囲の雷撃密度4.09回/年・km ²)及び観測記録の統計処理による年超過確率10 ⁻⁴ /年値から求めた雷撃電流値400kAに対して、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能
	火山の影響	安全施設は、文献調査、地質調査及び降下火砕物シミュレーション解析の結果等から算出した <u>降下火砕物の層厚50cm、密度1.5g/cm³(湿潤状態)、粒径8.0mm</u> に対して、 <u>直接的影響及び間接的影響を踏まえて安全機能を損なわない設計とする。</u> (＜別紙3＞参照)	要 <u>①【事象中】吸気フィルタの取替、清掃</u> <u>②【終息後】堆積物除去</u> ①設備特性上、供用中の火砕物付着回避が困難 ②対象範囲の広さから、火砕物降下中のリアルタイムの除去が困難
	生物学的事象	安全施設は、生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生及び小動物の侵入が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能
	森林火災	安全施設は、森林火災シミュレーションコード(FARSITE)による評価結果に基づき算出した <u>防火帯幅(約23m)を確保</u> することにより、安全機能が損なわれない設計とする。 また、敷地外で森林火災が発生した場合は、 <u>万が一の敷地内への延焼防止を目的として、自衛消防隊が防火帯付近へ予防散水を行う。</u> (＜別紙4＞参照)	要 <u>①【常時】設計条件維持の為の現場管理</u> <u>②【事象中】ばい煙発生時の換気系遮断</u> <u>③【事象中】自衛消防隊による予防散水</u> ①設計条件(負荷)が人為的な影響を受け得る ②設備特性上、常時隔離が困難 ③火災発生個所の特定が困難なため、柔軟な対応が必要

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(8/20)



＜別紙1＞外部事象に対するソフト面対応の要否(3/5)

自然現象に対する設計方針(3/3)

	設計上考慮すべき事象	個別事象の影響評価	ソフト面対応の要否
自然現象	高 潮	発電所周辺海域の潮位については、発電所から北方約3km地点に位置する茨城港日立港区で観測された潮位を設計潮位とする。本地点の最高潮位はT.P.(東京湾中等潮位)+1.46m(1958年9月27日)、朔望平均満潮位がT.P.+0.61mである。安全施設は、高潮の影響を受けない敷地高さ(T.P.+3.3m)以上に設置することで、安全機能を損なわない設計とする。	不要 設備設計で対応可能
	荷重の組合せ	地震、津波を含む自然現象13事象のうち、荷重により安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される <u>地震、津波、風(台風)、竜巻、積雪及び火山の影響について、荷重の性質(事象の発生頻度、荷重の大きさ)を考慮し、組み合わせる荷重を選定し、選定した組合せ荷重を設計において考慮する。</u>	— (個別事象への対応に基づく)
	津 波	放水路を経由して、津波が防潮堤の内側に流入しない設計とする。 このため、津波襲来時には、 <u>常用系海水ポンプ</u> (発電機タービンを駆動させた後の蒸気を冷却するために海水を取水する循環水ポンプ等が該当) <u>を停止したうえで、放水路に設置するゲートを開から閉にする設計とする。</u> (＜別紙5＞参照)	要 <u>①常用系海水ポンプの停止</u> <u>②放水路ゲートの閉止</u> ①, ②常用系海水ポンプ等の排水が必要となるため、通常時に放水路を閉止することは不可能

注: 自然現象でソフト面の対応が必要となる複数の事象が、万一重畳した場合においても、対応要員、対応時間、対応資機材等の観点から、それぞれの事象へのソフト面の対応が可能である。

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(9/20)



＜別紙1＞外部事象に対するソフト面対応の要否(4/5)

外部人為事象に対する設計方針(1/2)

	設計上考慮すべき事象	個別事象の影響評価	ソフト面対応の要否
外部人為事象	飛来物 (航空機落下)	・発電用原子炉施設(使用済燃料乾式貯蔵建屋を除く。)及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への航空機の落下確率は、「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」等に基づき評価した結果、<u>防護設計の要否を判断する基準である10^{-7}回/炉・年を超えないため、飛来物(航空機落下)による防護について設計上考慮する必要はない。</u> ○発電用原子炉施設(使用済燃料乾式貯蔵建屋を除く): <u>約8.5×10^{-8}回/炉・年</u> ○使用済燃料乾式貯蔵建屋: <u>約6.1×10^{-8}回/炉・年</u>	不要 防護対象施設に影響がない事象
	爆 発	・発電所敷地外10km以内の範囲において、爆発により安全施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はない。 ・<u>発電所内の危険物貯蔵施設、発電所敷地外10km以内の危険物貯蔵施設、周辺道路を通行する燃料輸送車両、発電所周辺を航行する燃料輸送船の爆発を想定しても、必要な離隔距離が確保されている。</u>	不要 発電所へ影響を及ぼさない事象
	近隣工場等の火災	・発電所敷地外10km以内の範囲において、火災により安全施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はない。 ・<u>発電所内の危険物貯蔵施設、発電所敷地外10km以内の危険物貯蔵施設、周辺道路を通行する燃料輸送車両、発電所周辺を航行する燃料輸送船の火災を想定しても、必要な離隔距離が確保されている。</u> ・<u>外部事象防護対象施設である原子炉建屋等の周辺で航空機が墜落し火災の発生を想定しても、原子炉建屋等が許容温度を超えないことを確認している。</u>	不要 発電所へ影響を及ぼさない事象
	ダムの崩壊	・発電所周辺には、発電所敷地の北側に久慈川が位置しており、その支川である山田川の上流約30kmにダムが存在するが、久慈川は敷地の北方を太平洋に向かい東進していること、発電所敷地の西側は北から南にかけてはEL.3m～EL.21mの上り勾配となっていることから、発電所敷地がダムの崩壊により影響を受けることはない。	不要 発電所へ影響を及ぼさない事象

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(10/20)



＜別紙1＞外部事象に対するソフト面対応の要否(5/5)

外部人為事象に対する設計方針(2/2)

	設計上考慮すべき事象	個別事象の影響評価	ソフト面対応の要否
外部人為事象	有毒ガス	・発電用原子炉施設と近隣の施設や周辺道路との間には離隔距離が確保されていることから、有毒ガスの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。また、敷地港湾の前面の海域を移動中の可動施設から有毒ガスの漏えいを想定した場合も同様に、離隔距離が確保されていることから、中央制御室の居住性を損なうことはない。 ・発電所敷地内に貯蔵している化学物質については、貯蔵施設からの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。また中央制御室換気系は、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより中央制御室の居住性を損なうことはない。	要 ①【事象中】ばい煙発生時の換気系遮断 ①設備特性上、常時隔離が困難 【有毒ガスに係る対応について】 発電所の敷地内外に貯蔵された有毒化学物質の調査及びスクリーニング評価を行い、有毒ガスに対する防護対策を策定した。その内容について2023年1月に原子炉設置変更許可を取得している。
	船舶の衝突	・発電所周辺の海上交通としては、最も距離の近い航路でも発電所より約1.4kmの離隔距離があり、航路を通行する船舶が港湾内に侵入する可能性は低い。 ・取水口港湾内に入港する燃料輸送船等(全長約100m×全幅約16.5m、満水時の喫水約5m)の事故が港湾内で発生した場合でも、前面のカーテンウォールにより阻害されること、半円状のカーテンウォールにより阻害され、水深が約6m確保されていることから取水性を損なうことはない。 ・小型船舶(漁船等、全長約20m×全幅約5m、満水時の喫水約2m)が発電所近傍で漂流した場合でも、防波堤等に衝突して止まることから取水性を損なうことはない。万が一防波堤を通過し、カーテンウォール前面に小型船舶が到達した場合であっても、取水口は呑み口が広いため、取水性を損なうことはない。	不要 発電所へ影響を及ぼさない事象
	電磁的障害	・安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、計装盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。	不要 設備設計で対応可能

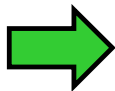
8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(11/20)

＜別紙2＞ 竜巻襲来に備えたソフト面の対応について(車両管理体制等)

● 発電所に影響を与える竜巻発生の際の兆候に応じた所内の対応

①通常時

(竜巻の兆候なし)

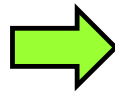


- ・要員の確保, 竜巻対応に関する教育の実施
- ・竜巻対応資機材の配置, 竜巻対応手順の整備

〔主な資機材(案): 車両及びコンテナ固縛用資機材(ワイヤー, ワイヤーボルト, コンテナ・収納ボックス等)〕

②竜巻警戒レベル1※1

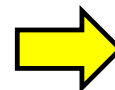
茨城県内に竜巻など激しい突風が発生しやすい気象状況の場合に日本気象協会から「竜巻注意情報」をFAX受信した場合



- ・**竜巻監視強化準備体制**※2又は**竜巻監視強化体制**※3発令
- ・竜巻監視強化(準備)基準の所内周知(ページング)
- ・竜巻注意情報等の**監視強化**
- ・通常の屋外作業の実施状況確認
- ・竜巻準備作業(固縛, 退避等)の対応体制確認
- ・竜巻防護の外殻となる建屋の扉の開閉状況確認

③竜巻警戒レベル2

発電所が立地する東海村で気象庁の発表するレーダーナウキャストの「竜巻発生確度2」及び「雷活動度2以上」を観測した場合, 又はその恐れがあると判断した場合



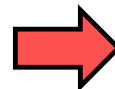
- ・**竜巻対応準備体制**発令
- ・竜巻対応準備作業開始の所内周知(ページング)
- ・屋外の固縛を解除している**物品の再固縛**の実施
- ・竜巻防護の外殻となる**建屋の扉の閉止**
- ・燃料取扱作業の中止, **クレーン等の退避**
- ・車両管理エリア内の**車両の固縛又はエリア外への退避**

＜固縛, 扉閉止等作業＞

- ・災害対策要員12名以内で対応
(24時間発電所待機)

④竜巻警戒レベル3

発電所が立地する東海村で気象庁の発表するレーダーナウキャストの「竜巻発生確度2」及び「雷活動度3以上」を観測した場合, 又はその恐れがあると判断した場合



- ・**竜巻避難基準**に到達
- ・「**警戒事態**」として**発電所警戒本部を設置**又は災害区分を「**非常事態**」に移行し**発電所災害対策本部を設置**
- ・竜巻避難基準の周知及び人員の退避に関する所内指示(ページング)
- ・発電所内人員の**屋内への避難**, 発電所への**入構制限**の実施

※1日本気象協会の気象情報提供を受信する(茨城県内に竜巻注意情報が発表された場合)

※2 **監視強化準備体制**: 監視強化体制の前段階として, 竜巻の襲来により発生するおそれがある事象(倒壊・転倒・飛散等)の防止措置及び構内巡視等を行い災害発生を最小限に抑えるための措置を講じる

※3 **監視強化体制**: 竜巻の襲来により, 発電所に災害が発生するおそれがあると判断した場合に発令し, 必要に応じて要員の招集及び資機材の確認, 巡視等, 適切な措置を講じる

注: 本運用の内容は今後の保安規定審査で原子力規制委員会による審査を受けるため, 内容に変更となる場合がある。

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(12/20)

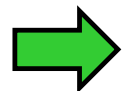


<別紙3> 火山(降下火砕物)に係るソフト面の対応について(1/6)

● 発電所に影響を与える火山の噴火レベルに応じた所内の対応

①通常時

(噴火の兆候なし)

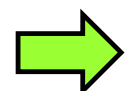


- ・降下火砕物の除去等に使用するシャベル, ゴーグル, 防護マスク及びホイールローダー等**資機材の配備状況を定期的に確認**

(主な資機材(案): 非常用ディーゼル発電機室用吸気フィルタ約430枚×3系統, 仮設照明3ヶ所×4個, 灰降ろし用ウインチ・発電機各3台, 防塵マスク約1万個, ゴーグル・手袋各約300個, ほうき・スコップ各約150組)

②近隣火山に噴火兆候あり※1

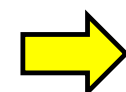
(噴火警戒レベル3(入山規制),
4(避難準備))



- ・**監視強化準備体制※2**を発令
- ・火山情報を把握し**連絡体制を強化**(要員の確認)

③降下火砕物の飛来の恐れ※1

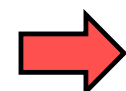
(噴火警戒レベル5(避難))



- ・**監視強化体制※3**を発令
- ・資機材の配備状況確認等に必要な**要員を招集**
- ・取水路の前面の海面に**オイルフェンスを設置**することで, 取水路への降下火砕物の流入を低減, 予め**可搬型低圧電源車を建屋内(タービン建屋)に移動**
- ・発電所内に降灰した火砕降下物を除去するため, 所内に保管しているスコップ, ほうき, マスク等**資機材の配備状況を確認**

④降下火砕物が堆積する状況

(降下火砕物が確認され, 重要安全施設の安全機能を有する設備が損傷等により機能を失う恐れがある場合)



- ・**「警戒事態」として発電所警戒本部を設置**
- ・屋外機器・建屋等に降灰した**降下火砕物を除灰**(降灰後, 事象終息以降に作業)
- ・各設備のフィルタを確認, **必要に応じてフィルタ取替, 清掃**
- ・仮に, 降下火砕物により重要安全施設の安全機能を有する設備が損傷等により機能を失った場合, 災害区分を**「非常事態」**に移行し**発電所災害対策本部を設置**, 必要な処置を実施

※1 日本気象協会の気象情報提供を受信する(範囲: 東海発電所の半径160km以内, 噴火レベル: 2以上, 降灰: 茨城県内の降灰予報)

※2 **監視強化準備体制**: 監視強化体制の前段階として, 前兆事象の影響により発生するおそれがある事象(倒壊・転倒・飛散等)の防止措置及び構内巡視等を行い災害発生を最小限に抑えるための措置を講じる

※3 **監視強化体制**: 前兆事象の影響により, 発電所に災害が発生するおそれがあると判断した場合に発令し, 必要に応じて災害対策要員の招集及び資機材の確認, 巡視等, 適切な措置を講じる

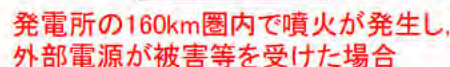
注: 本運用の内容は今後の保安規定審査で原子力規制委員会による審査を受けるため, 内容に変更となる場合がある。

● 火山噴火時の原子炉の停止基準及び降下火砕物への対応着手基準

- *火山噴火の場合には、降灰による発電所周辺の外部電源系統への被害が想定され、また、海面等への大量の降灰に伴い、原子炉の運転継続が阻害される蓋然性が高まるため、原子炉手動スクラムを含めた対応基準を設定 ※1 報道（TV、ラジオ、イ

※2 対応着手の内容

- ・非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ接続
- ・緊急時対策所の居住性確保
- ・通信連絡設備の確保



注:本運用の内容は今後の保安規定審査で原子力規制委員会による審査を受けるため、内容は変更となる場合がある。

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(14/20)

<別紙3> 火山(降下火砕物)に係るソフト面の対応について(3/6)

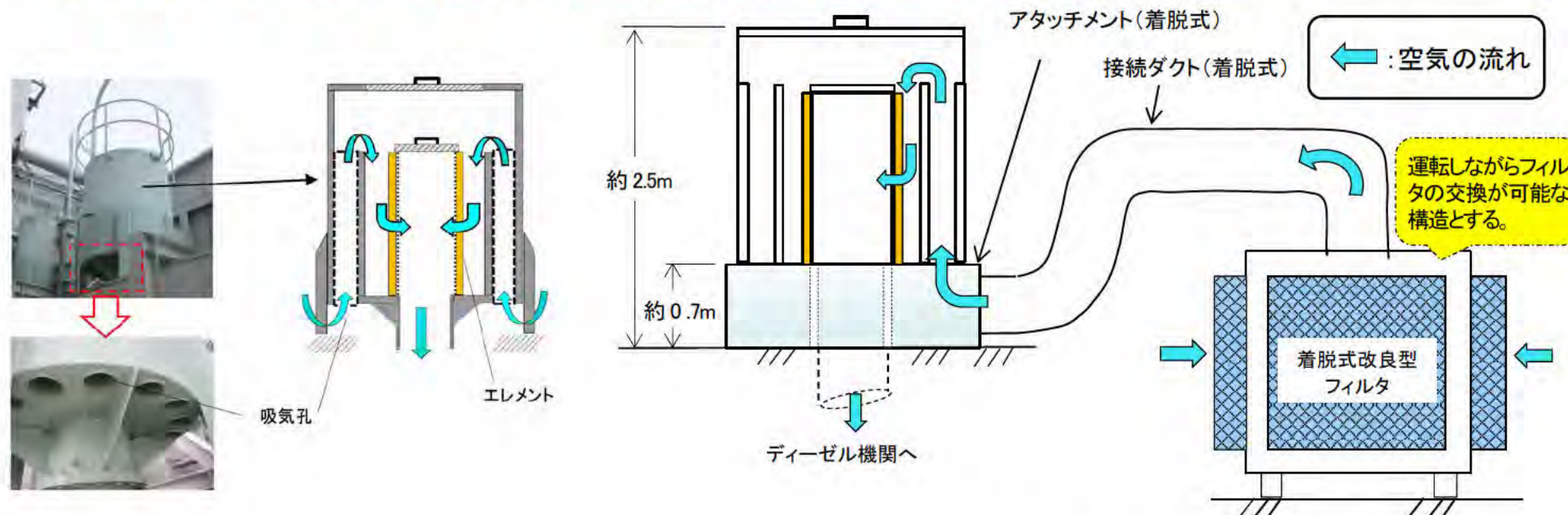
● 火山噴火時の非常用電源の確保及び全交流動力電源喪失(SBO)への対応

- ・火山噴火に伴う降下火砕物降灰時の**非常用電源の確保**及び**全交流動力電源喪失(SBO)への対応**として、非常用ディーゼル発電機の運転継続の手段に加えて、SBO発生時の原子炉冷却及び代替電源確保の手段を準備している。

- ①非常用ディーゼル発電機が既設のエLEMENT閉塞で停止することを防止するため、**非常用ディーゼル発電機が運転中でも交換可能な着脱式改良型フィルタを設置**

<フィルタ接続作業>

- ・災害対策要員4名で対応
(24時間発電所待機)



非常用ディーゼル発電機吸気口(既設)

非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ(既設)へ
着脱式改良型フィルタを取付け

着脱式改良型フィルタ設置イメージ

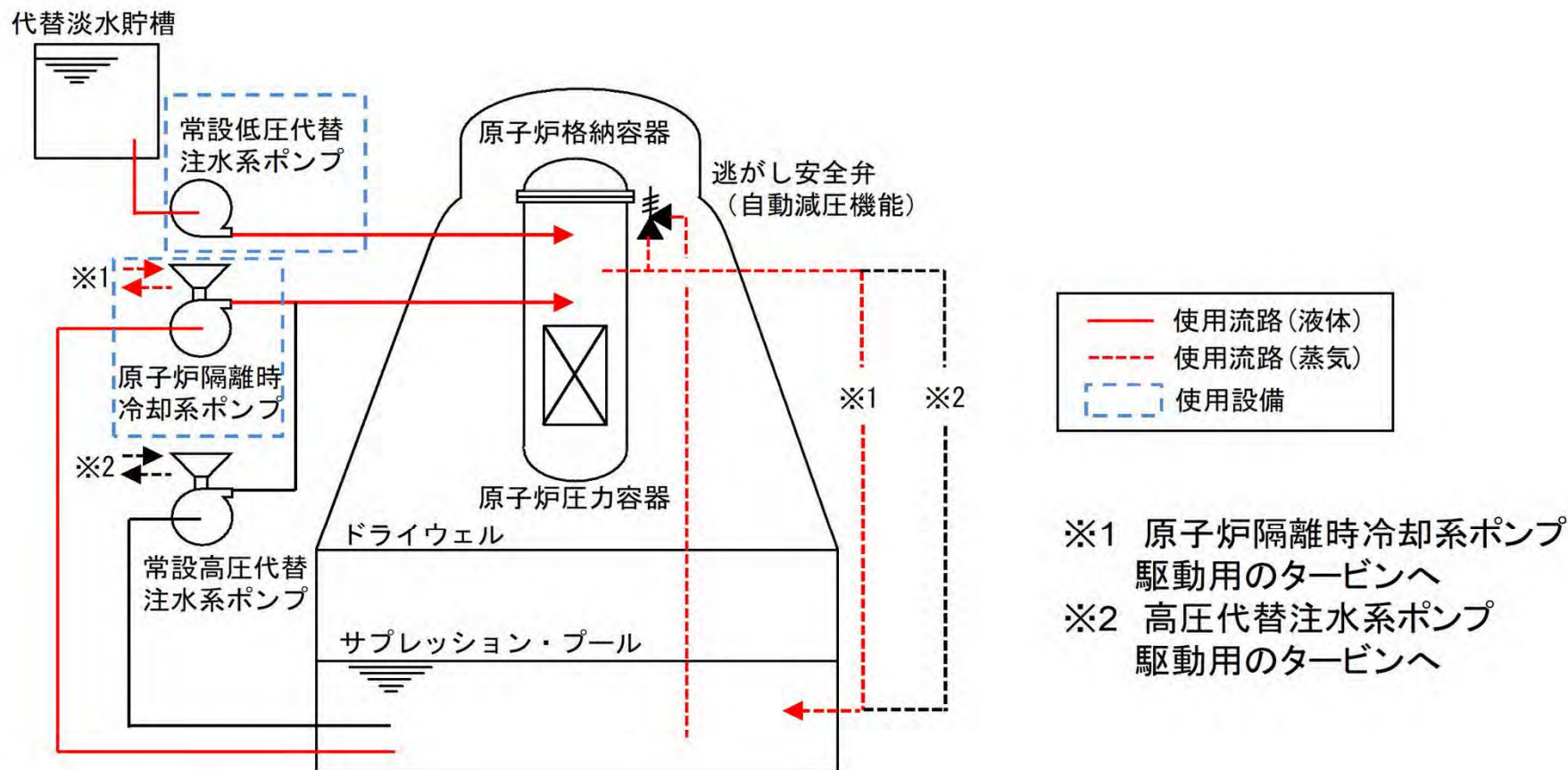
8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(15/20)

＜別紙3＞ 火山(降下火砕物)に係るソフト面の対応について(4/6)

● 非常用電源の確保及び全交流動力電源喪失(SBO)への対応

②-1＜原子炉隔離時冷却系ポンプ及び常設低圧代替注水系ポンプを使用する場合＞

①の対応にも関わらず、万一、非常用ディーゼル発電機が機能喪失し、**交流動力電源が喪失**した場合には、**原子炉隔離時冷却系ポンプ**及び代替電源設備から電源供給して**常設低圧代替注水系ポンプ**を使用し、原子炉圧力容器内へ注水することにより炉心の冷却を行う。



原子炉隔離時冷却系及び低圧代替注水系使用時の系統図

注: 本運用の内容は今後の保安規定審査で原子力規制委員会による審査を受けるため、内容は変更となる場合がある。

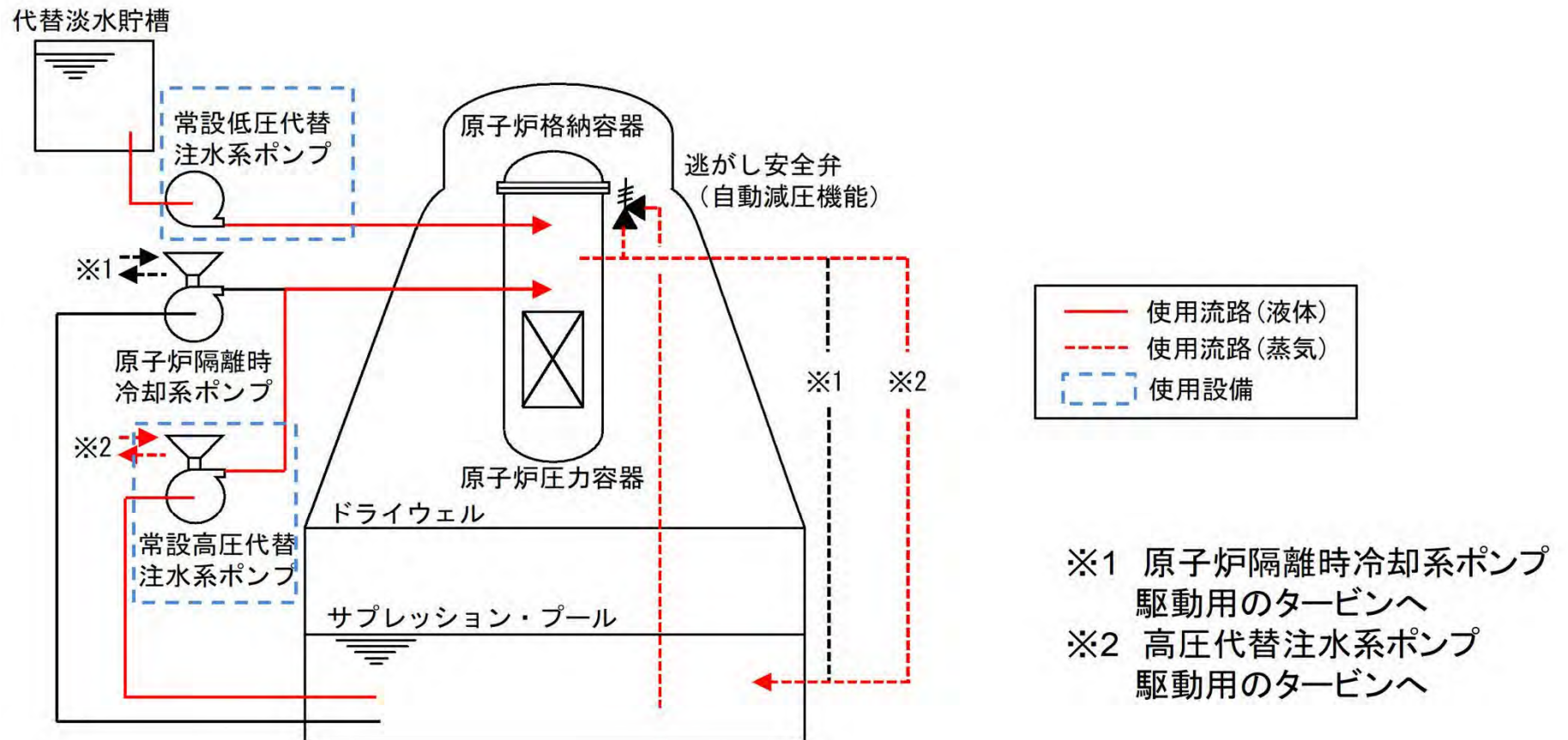
8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(16／20)

＜別紙3＞ 火山(降下火砕物)に係るソフト面の対応について(5／6)

● 非常用電源の確保及び全交流動力電源喪失(SBO)への対応

②-2 ＜常設高圧代替注水系ポンプ及び常設低圧代替注水系ポンプを使用する場合＞

①の対応にも関わらず、万一、非常用ディーゼル発電機が機能喪失し、**交流動力電源が喪失**した場合には、**常設高圧代替注水系ポンプ**及び代替電源設備から電源供給して**常設低圧代替注水系ポンプ**を使用し、原子炉圧力容器内へ注水することにより炉心の冷却を行う。



高圧代替注水系及び低圧代替注水系使用時の系統図

注: 本運用の内容は今後の保安規定審査で原子力規制委員会による審査を受けるため、内容は変更となる場合がある。

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(17/20)

<別紙3> 火山(降下火砕物)に係るソフト面の対応について(6/6)

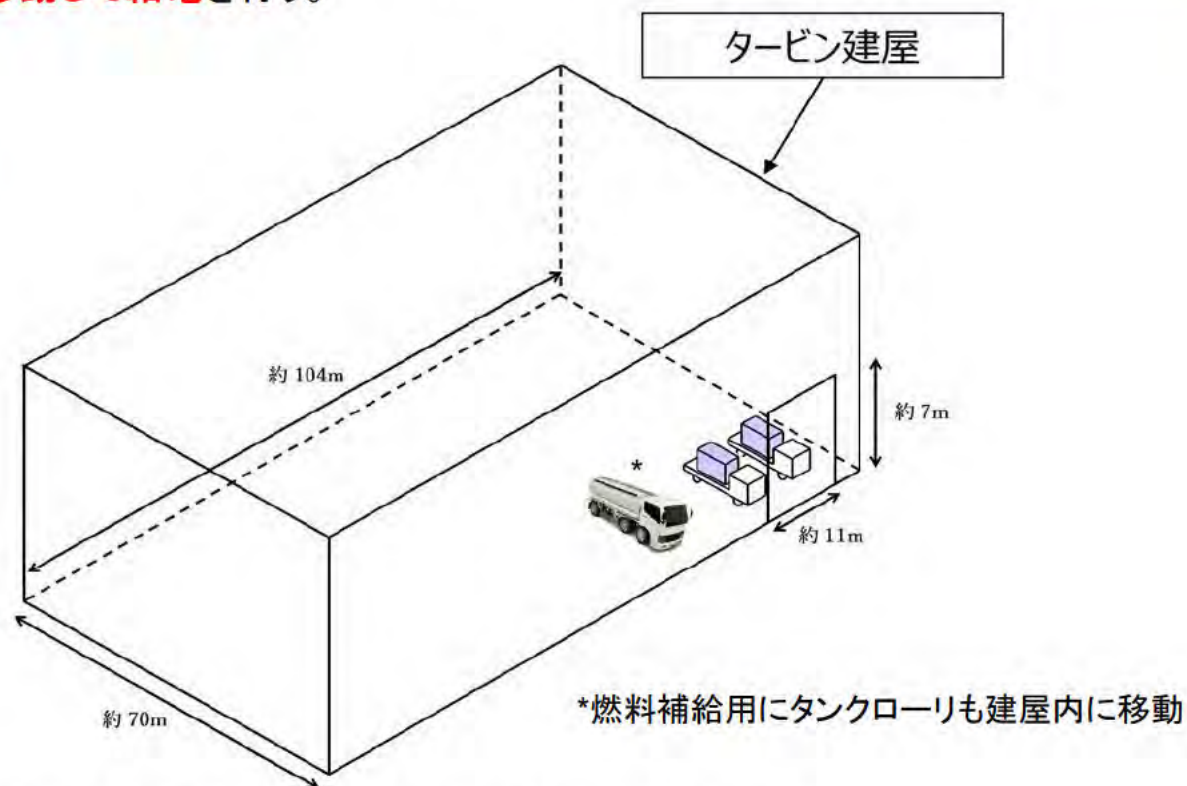
● 非常用電源の確保及び全交流動力電源喪失(SBO)への対応

- ③原子炉安全等に係る低圧電源設備は、SBO時においても機能維持できるよう**可搬型代替低圧電源車**から給電するか又は蓄電池等を使用する。

可搬型代替低圧電源車は、屋外での運用で発電機が降下火砕物による悪影響を受けないよう、降下火砕物の降灰、堆積の前に、予め、屋上への降灰の堆積に対しても強度を有する**建屋内(タービン建屋)に移動して給電**を行う。

<電源車移動・ケーブル接続、発電機運転>

・災害対策要員4名で対応
(24時間発電所待機)



可搬型代替低圧電源車外観及びタービン建屋内での配置イメージ図

＜別紙4＞ 外部火災（森林火災）に係るソフト面の対応について

● 森林火災時の自衛消防隊による対応

- ・発電所周囲での森林火災発生時において、所内の安全施設への悪影響を防止するため予め**防火帯幅(約23m)を確保**。さらに、火勢接近時は**自衛消防隊による予防散水**を行い、飛び火等による敷地内への延焼を防止する。

＜発電所自衛消防隊＞

- ・目的:発電所内の火災発生時の消火対応
- ・体制:11名(24時間待機)
- ・消火活動用資機材及び水源:

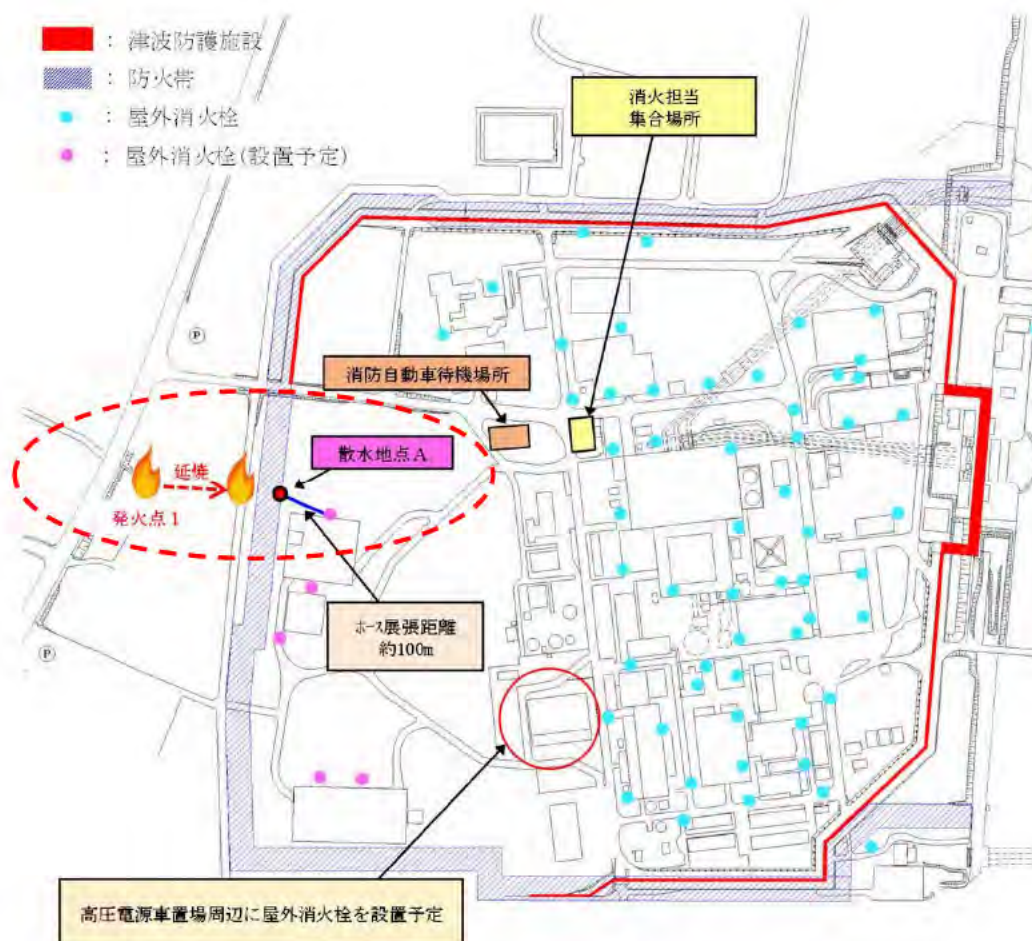
屋外消火栓及び屋内消火栓、防火水槽(5基)、消火器、化学消防自動車(1台)及び水槽付消防ポンプ自動車(1台)、消防服等の防護装備

散水開始までの所要時間の例

項目	活動内容	活動に必要なとなる所要時間 (分)			
		0	10	20	30
火災発生		▽			
連絡・火災延焼確認	火災情報を入手	▽	5分		
消火活動準備	出動準備		□		
	消火活動場所までの移動			□ 2分	
	ホース展張・散水準備			□ 4分	
消火活動開始	防火帯への散水開始			▼ 11分後 散水準備完了	

□: 訓練実績 □□: 過去の実績等から想定した時間

注:本運用の内容は今後の保安規定審査で原子力規制委員会による審査を受けるため、内容は変更となる場合がある。



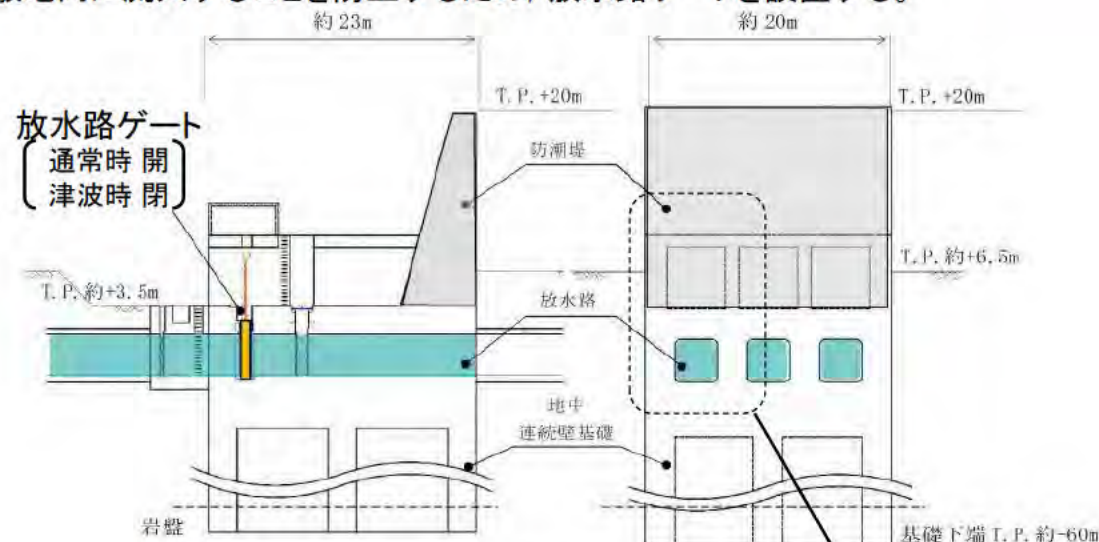
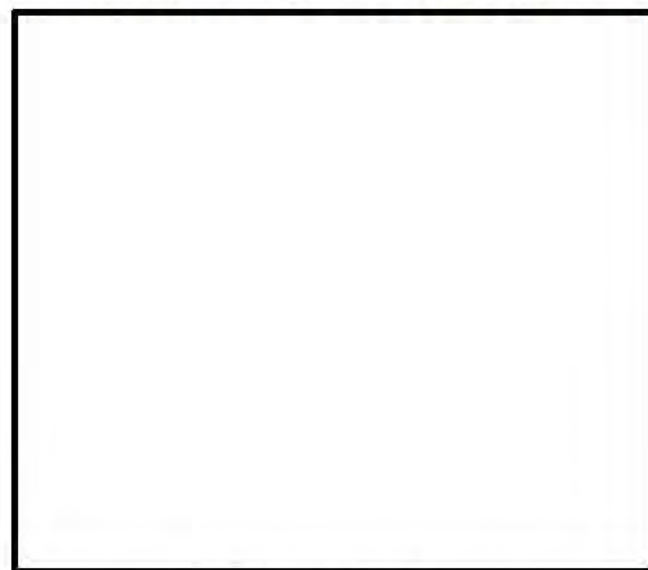
森林火災時の自衛消防隊による予防散水イメージ
外部事象-260

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(19/20)

<別紙5>放水路ゲートの構造と閉止操作について(1/2)

①外郭防護1:放水路ゲートの設置

- 津波が放水路を経由し、放水ピットの開口部から敷地内に流入することを防止するため、放水路ゲートを設置する。



放水路ゲート概略構造図 (閉止状態)

拡大図

●放水路ゲート設置エリア

●主要仕様

>主要材料

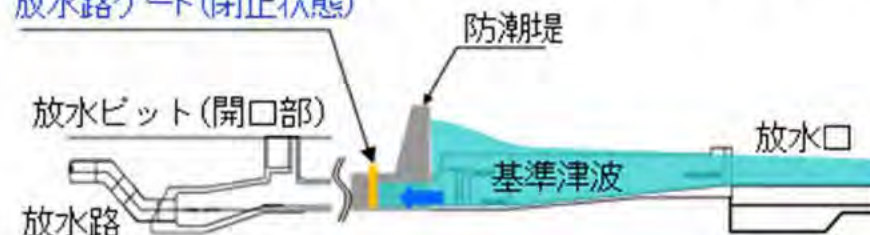
- ・基礎：鉄筋コンクリート製
- ・扉体：鋼製
- ・台数：3台 (各放水路1台)

>駆動方式：電動駆動式、自重降下式

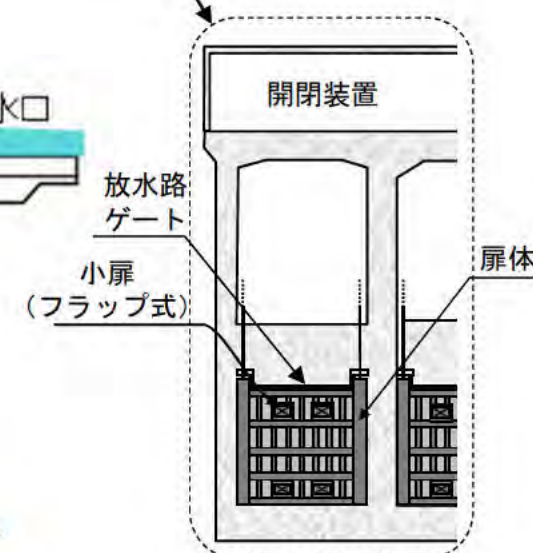
●設計方針

- >放水路ゲートは、敷地への遡上のおそれのある津波の襲来前に遠隔閉止を確実に実施するため、**重要安全施設 (MS-1)** として設計する。
- >重要安全施設として、設置許可基準規則第12条に基づき、**多重性又は多様性及び独立性**を確保し、**外部電源が利用できない場合においても機能できる設計**とする。 (「電動駆動式」及び「自重降下式」)
- >放水路ゲートが閉止している状態においても、**非常用海水ポンプの運転が可能**な設計とする。
- >また、循環水ポンプが運転中は閉止しないインターロックを設け、**運転員の誤操作による閉止を防止**する。

放水路ゲート (閉止状態)



放水路ゲート閉止による津波流入防止イメージ

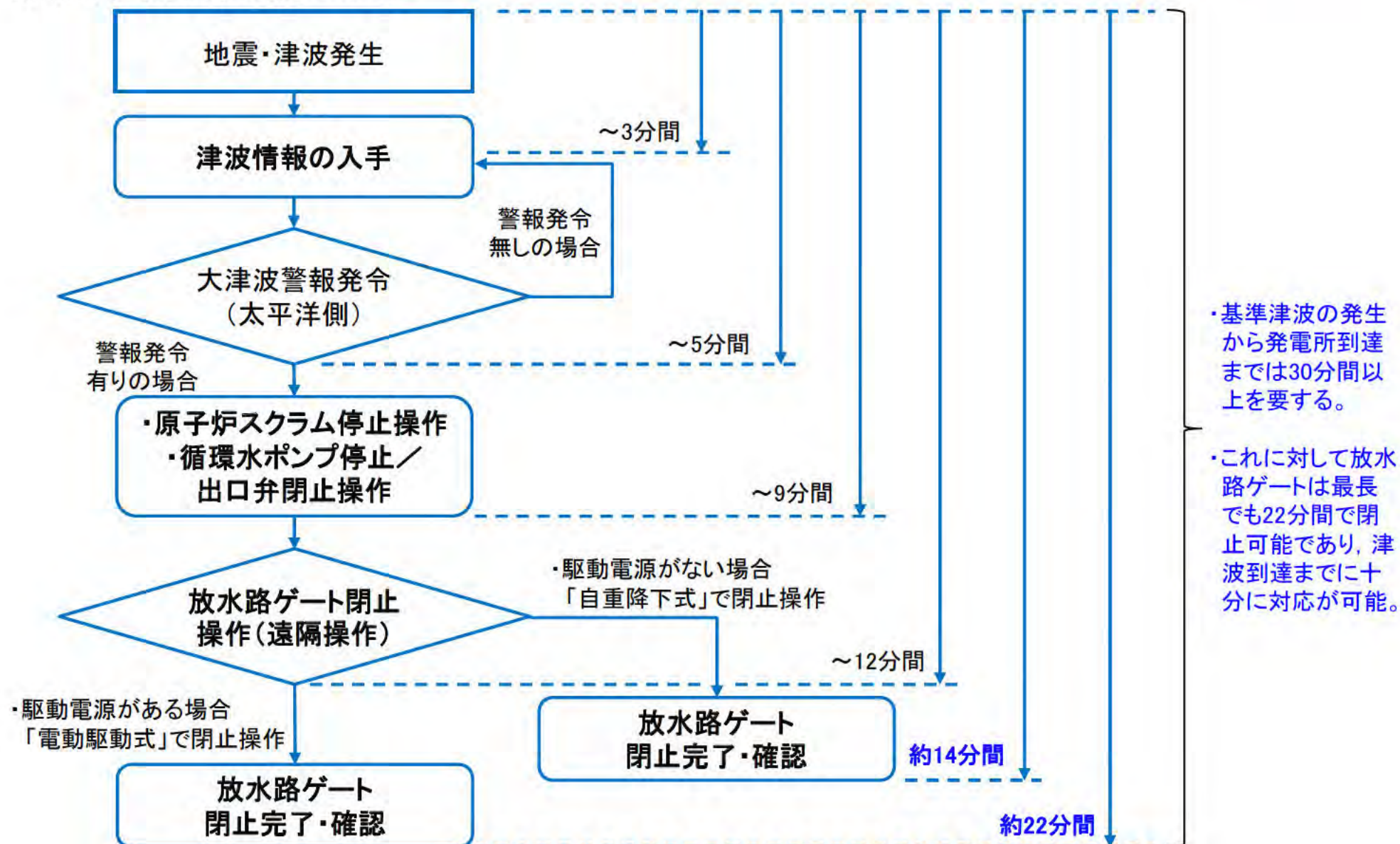


8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(20/20)

＜別紙5＞放水路ゲートの構造と閉止操作について(2/2)

津波襲来時の運用対策について

津波発生から各対応操作までの累積時間



・基準津波の発生から発電所到達までは30分間以上を要する。

・これに対して放水路ゲートは最長でも22分間で閉止可能であり、津波到達までに十分に対応が可能。

(補足説明資料 9. 近隣の原子力施設の事故影響)

9. 近隣の原子力施設の事故影響(1/15)

東海第二発電所の近隣の原子力施設の事故発災時における、発電所の事故対応への影響を検討する。

1. 近隣の原子力施設の所在と安全対策に係る審査状況

- 東海第二発電所の近隣の主な原子力施設の位置関係を示す。各施設の安全対策に係る原子力規制委員会の審査状況として、各試験研究炉等は設置変更許可取得又は廃止の方針、また再処理施設は廃止措置計画の認可を得ている。



① 日本原子力研究開発機構

試験研究炉等

- 試験研究用等原子炉施設(JRR-3)
- 原子炉安全性研究炉(NSRR)
- 定常臨界実験装置(STACY)
- 放射性廃棄物の廃棄施設

- 高速炉臨界実験装置(FCA)
- 軽水臨界実験装置(TCA)
- 過渡臨界実験装置(TRACY)

原子力規制委員会の核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査

機構はこれらの施設の廃止の方針を公表
原子力規制委員会の核燃料施設等の廃止措置計画認可に係る審査

いずれの施設も設置変更許可を得ている。

TRACYについては、廃止措置計画の認可を得て廃止措置中にある。

② 日本原子力研究開発機構

- 東海再処理施設

原子力規制委員会の東海再処理施設安全監視チームにて廃止措置計画認可に係る審査

平成30年12月6日廃止措置計画の認可を得ている。

- 以下に、①試験研究炉等及び②東海再処理施設の安全対策等について示す。

9. 近隣の原子力施設の事故影響(2/15)

2. 近隣の原子力施設の安全対策(1/2)

①試験研究炉等の原子炉施設の安全対策

- 試験研究炉等は、原子炉燃料・材料の照射試験、原子炉燃料の安全性の研究、溶液燃料に関する臨界安全性研究並びに放射性廃棄物の廃棄等を行っている施設
- 試験研究炉等の原子炉施設を対象とした新規制基準が制定され、原子力規制委員会は、事故等の防止及び影響を抑制する対策を要求
- 試験研究炉等の原子炉施設が安全性を確保するために行う対策は以下のとおりとされている。

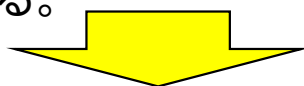
- ・福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全対策(実施済み)

(例 JRR-3: 全電源喪失時の炉内燃料等の冠水維持(冷却)対策等)

- ・新規制基準適合に係る安全対策

(炉内燃料の大量損傷を前提とした防護及び影響緩和対策、地震、津波、竜巻等想定と対策)

- これらの試験研究炉等の原子炉施設は、新規制基準適合の許可を取得又は廃止の方針を公表している。これにより、周辺環境に重大な影響を与えるような大規模な異常事態に拡大することが想定される事象に対する対策は図られる。



- ・試験研究炉等の原子炉施設では、炉内燃料の大量損傷等の苛酷な事故を想定しても、発電用原子炉と比べ出力が小さいことや新規制基準に基づく対策が講じられること等から、その影響は概ね施設敷地内に留まると考えられる。
- ・このため、これらの施設の事故影響は隣接する発電所に影響を与えず、仮に、同時期に発電所で重大事故等が発生した場合を想定しても、発電所の重大事故等への対応に影響を与えることはないと考えられる。

9. 近隣の原子力施設の事故影響(3／15)



2. 近隣の原子力施設の安全対策(2／2)

②東海再処理施設の安全対策

- 東海再処理施設は、原子力発電所で使用した核燃料(使用済燃料)から、ウラン及びプルトニウムを分離、回収する、再処理技術の開発を行っている施設
- 再処理過程で分離、回収した核燃料物質は核分裂する性質を持つため、臨界事故等を防止する対策が必要、また、発生した高レベル放射性廃液は冷却を継続し発生水素を除去する必要がある。
- 東海再処理施設が安全性を確保するためこれまでに行った対策は以下とされている。

・再処理施設の運転段階から実施してきた安全対策(実施済み)

(臨界防止対策, 火災・爆発防止対策, 停電・放射性物質・放射線漏えい防止対策)

・福島第一原子力発電所事故を踏まえた緊急安全対策による対応(実施済み)

(冷却機能確保対策, 電源確保対策, 浸水防止対策, 事故現場対応手段の拡充及び訓練等)

- 更に、東海再処理施設は平成30年6月に廃止措置計画認可申請が認められ廃止措置中にある。
- 廃止措置の進め方及び廃止措置期間中において東海再処理施設が安全確保対策として行うことを計画している対策は以下のとおりとされている。

・リスクの早期低減を優先課題とし、安全・確実に実施するため、高経年化対策等の安全性向上対策を重要事項として実施

(地震対策, 津波対策, 外部事象対策(竜巻, 森林火災, 火山等)＊)

＊ 地震, 津波, 外部事象のハザード要因の評価方法は東海第二発電所と同様(次頁参照)



- ・本方針及び安全確保対策により、東海再処理施設において周辺環境に重大な影響を与えるような事象に対する対策は図られると考えられる。

9. 近隣の原子力施設の事故影響(4/15)



東海再処理施設及び東海第二発電所の主な自然災害の想定

施 設／ 自然災害	東海再処理施設 (廃止措置中)		東海第二発電所 (許可取得済)	備 考
	自然災害想定	評価/対策		
地 震 (最大加速度 (水平))	952gal	冷却水配管及び排気筒の耐震補強を実施予定	1,009gal	・地震の震源想定, 評価方法は東二と同様 ・立地点の地盤条件等の相違により, 最大加速度の値が異なると考えられる。
津 波 (施設への 津波到達状況)	T.P.+14.2m (高放射性廃液貯蔵場 施設標高+5~7m)	建屋の浸水防止措置をT.P.+14.4mまで実施済	T.P.+17.9m (防潮堤位置 (天端高さT.P.+20m)での 入力津波の到達高さ)	・津波の波源想定, 評価方法は東二と同様 ・立地点の標高, 地形等の相違により, 津波到達高さが異なると考えられる。
竜 巻 (竜巻風速)	100m/s	・建屋コンクリート躯体は健全な見通し ・窓, 扉等の閉止措置を実施予定	100m/s	竜巻影響のハザード想定, 評価方法は東二と同様
火 山 (降下火砕物の 堆積厚さ)	50cm	制御室の居住性確保のため可搬型ブロワ, 換気ライン及びフィルタの配備予定	50cm	火山影響のハザード想定, 評価方法は東二と同様

出典:「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所再処理施設の廃止措置計画の審査方針について」
(平成30年12月19日 原子力規制庁) 及び
「再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請について(概要)」
(令和元年12月19日 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所)より一部抜粋及び加筆

9. 近隣の原子力施設の事故影響(5／15)



3. 再処理施設の重大事故の事象想定とその影響(1／2)

○再処理施設の重大事故の想定

- ・ 前項までに示したとおり、東海再処理施設は事故発生防止及び影響拡大抑制の安全確保対策を図るとしており、仮に何らかの事故が生じて、**施設の敷地を超えて事故影響を与える可能性は十分に低い**と考えられる。
- ・ しかしながら、ここでは、東海第二発電所の重大事故等への対応手段のレジリエンス*¹を確認する観点から、**仮想的に何らかの不測の事態により再処理施設が重大な事故に至り、かつ、同時に発電所も重大事故等が発生した状態で、再処理施設から発電所に影響を及ぼすような放射性物質が放出されることを想定**する。

*¹ 外部からの衝撃に対する発電所防護手段の柔軟性や適応性等を示す。

- ・ 対象施設として、東海再処理施設よりも施設規模の大きい日本原燃株式会社の**再処理事業所再処理施設(六ヶ所再処理施設)**における**重大事故**を想定し、その事故が**東海再処理施設の立地点**で発生したと仮定し、それが**東海第二の重大事故等対応に与える影響**について検討する。

施 設／仕 様	東海再処理施設 (廃止措置中)	六ヶ所再処理施設 (試験実施中)
使用済燃料処理能力	約210tU／年 (累積処理量1,140t)	約800tU／年
高レベル放射性 液体廃棄物容量	約370m ³ (貯槽内保有量* ²)	486m ³ (貯槽容量)

*² 東海再処理施設は運転停止以降12年以上が経過しており、液体廃棄物中の放射性物質の減衰により発熱量や水素発生量は減少する方向となり、事故の影響はより緩和されと考えられる。

9. 近隣の原子力施設の事故影響(6/15)

3. 再処理施設の重大事故の事象想定とその影響(2/2)

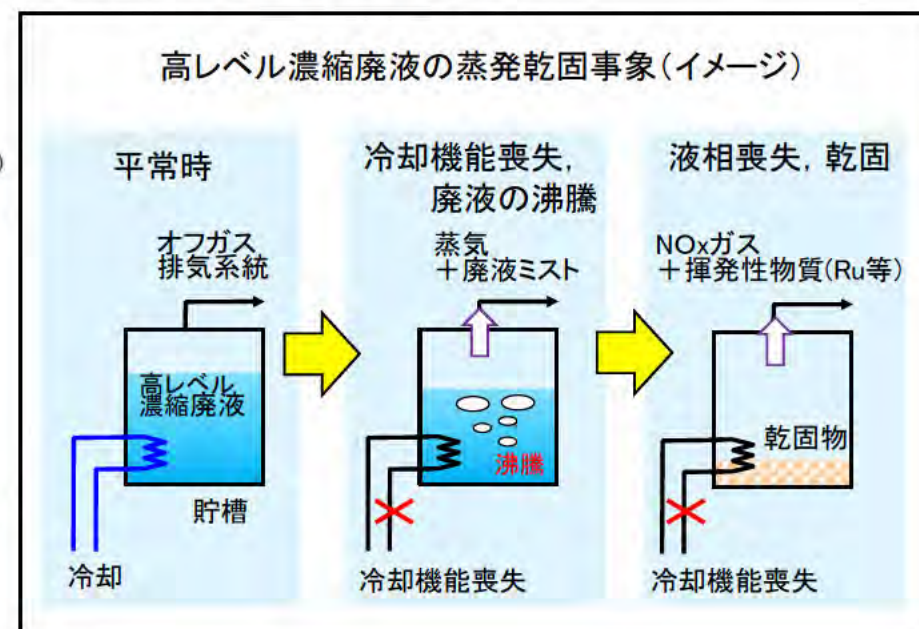
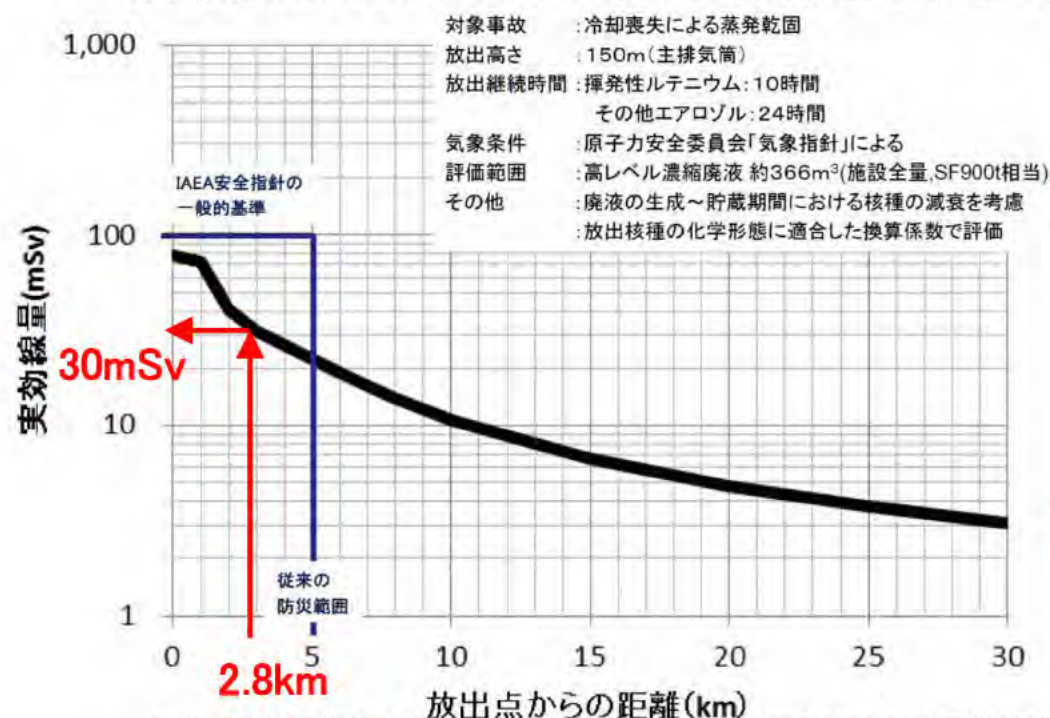
○再処理施設の重大事故想定と被ばく影響

- ・ 六ヶ所再処理施設の施設規模の再処理施設における重大な事故の発生を想定する。
- ・ 各事故のうち最も周辺環境に重大な影響を与える可能性がある「**冷却機能の喪失による蒸発乾固(高レベル濃縮廃液の沸騰事故)**」を想定し※¹, **更に安全対策が施せない厳しい条件を付加**する。
- ・ 放射性廃液の沸騰により, 揮発性の放射性物質及びエアロゾル※²が外部に放出され, 施設周辺の雰囲気線量が上昇する。事故地点を発電所から約2.8kmと想定すると, **防護対策なしで発電所敷地の屋外に1週間滞在し続けることで被ばく線量としては概ね30mSv程度の計算結果**となる。※³

※¹ 水素爆発リスクは小さいとされている。万一, 水素爆発が起きた場合でも, 爆発そのものが発電所に直接影響する恐れはない。

※² エアロゾル: 気体の中に微粒子が多数浮かんだ物質。気中分散粒子系ともいう。

※³ 発電所の重大事故等時の災害対策要員の実効線量の判断基準として100mSv以下(7日間累積)を設定している。



出典:「再処理施設の事故影響について」(平成26年3月18日 日本原燃株式会社)に一部加筆

9. 近隣の原子力施設の事故影響(7/15)



4. 再処理施設の重大事故時の発電所の重大事故等対応への影響評価(1/5)

- ・再処理施設で重大な事故が発生した場合、発電所及び周辺の雰囲気線量が上昇する。この想定と、発電所が備える各設備及び運用方法等を踏まえて評価すると、**再処理施設の重大事故を想定しても、東海第二発電所の重大事故等対応には影響を及ぼさないと判断できる。**

➤ 周辺環境の雰囲気線量の上昇に伴う影響

- ◆ 雰囲気線量が増加することに伴う災害対策要員(屋内、屋外)の被ばく線量の増加・・・①
- ◆ 発電所への参集ルートでの雰囲気線量増加及び参集要員の被ばく・・・②
- ◆ 発電所への外部支援の制限・・・③
- ◆ 後方支援拠点の設置場所の制限・・・④



➤ 周辺環境の雰囲気線量の上昇に伴う影響に対する評価と対応策(次頁参照)

- ① 災害対策要員の被ばく低減方策として、各施設の換気空調設備や放射線防護具類が活用可能
- ② 複数の発電所参集ルートから被ばく線量が最小となるルートを選定可能
- ③ 発電所内に7日間分の資機材・食料等を備えており、外部支援は雰囲気線量低下を見極めてから対応可能
- ④ 複数箇所確保した後方支援拠点から影響が低い場所を選定することで、拠点の設置及び活動が可能



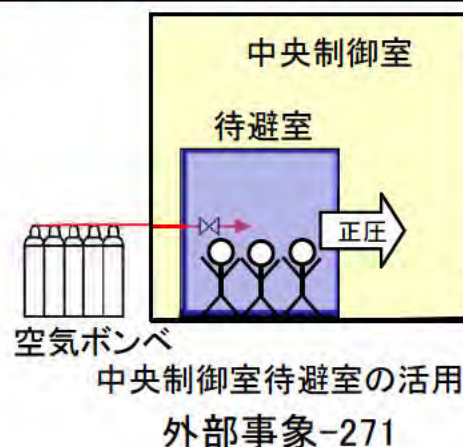
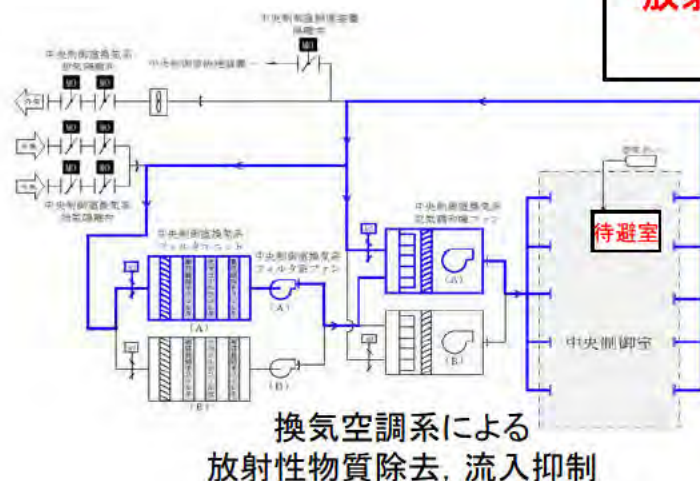
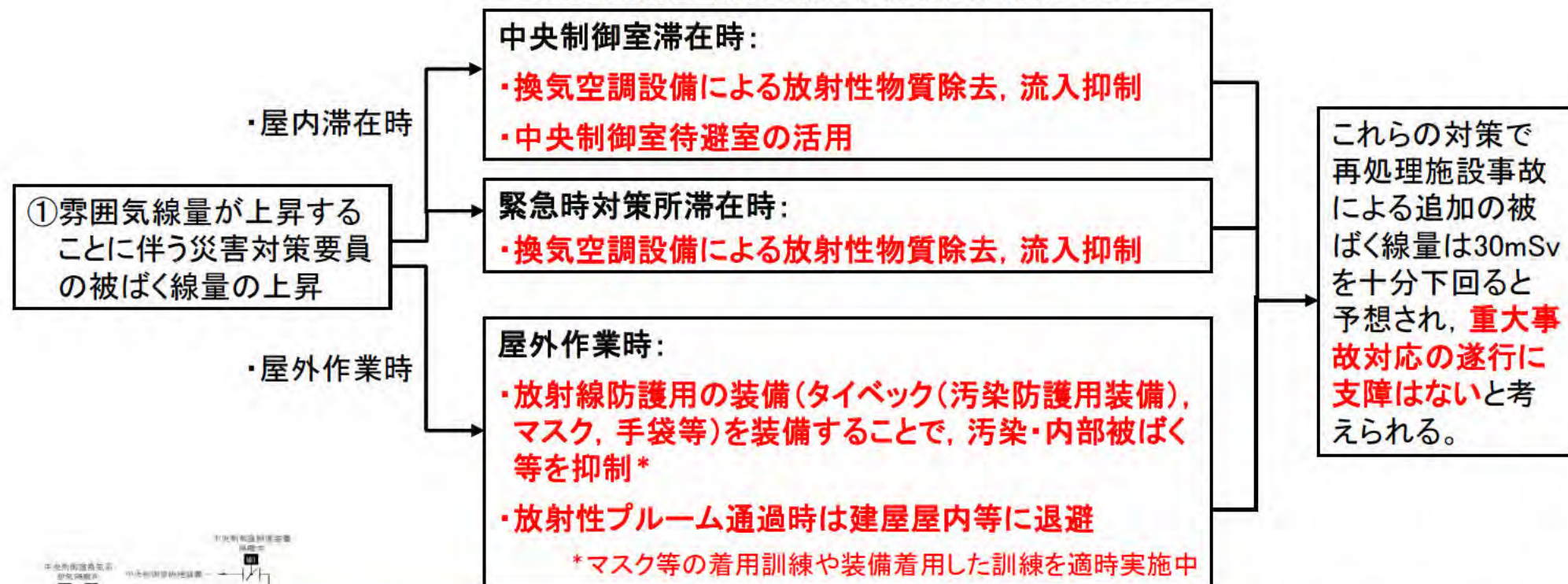
- これらより、近隣の再処理施設の重大事故を想定した場合でも、**東海第二発電所の重大事故等に対処するために整備した各施設、資機材、運用方法等を臨機応変に活用することで、発電所の重大事故等対応は実施可能であり、再処理施設事故は事故対応に影響を及ぼさないと判断**

9. 近隣の原子力施設の事故影響(8/15)

4. 再処理施設の重大事故時の発電所の重大事故等対応への影響評価(2/5)

○東海第二発電所の周辺環境の雰囲気線量の上昇に伴う影響と対応策

災害対策要員の被ばく低減方策の対応



タイベック
汚染防護用装備



全面マスク
・綿手袋
・ゴム手袋



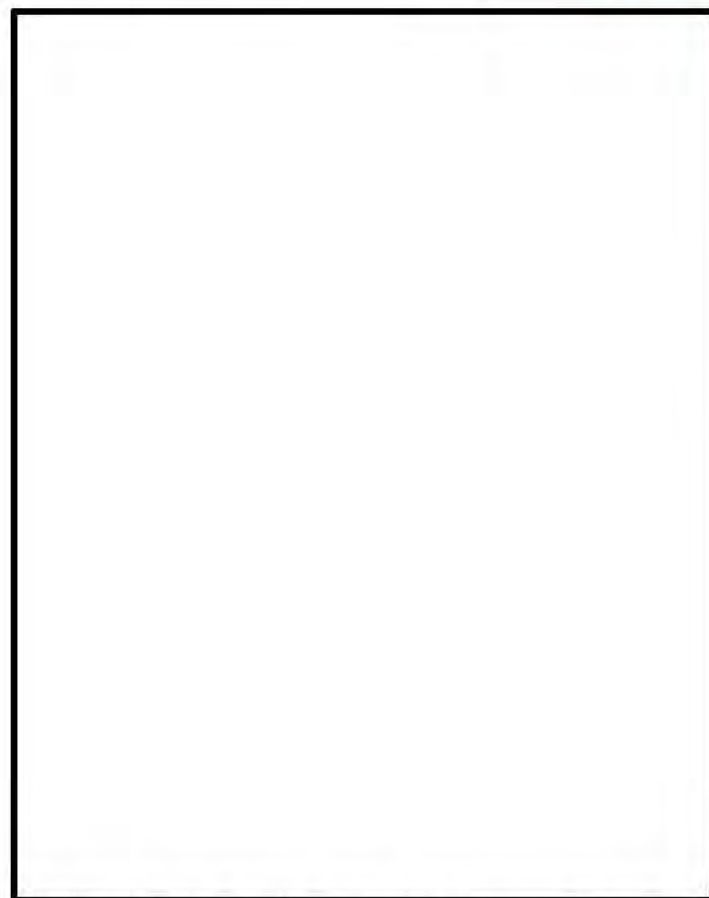
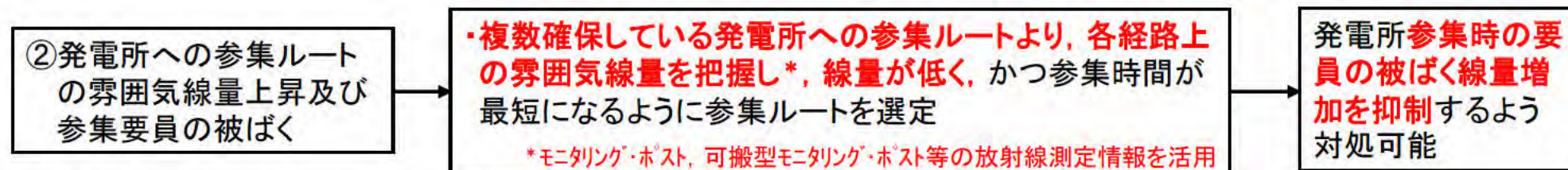
装備を着用した現場訓練

9. 近隣の原子力施設の事故影響(9/15)

4. 再処理施設の重大事故時の発電所の重大事故等対応への影響評価(3/5)

○東海第二発電所の周辺環境の雰囲気線量の上昇に伴う影響と対応策

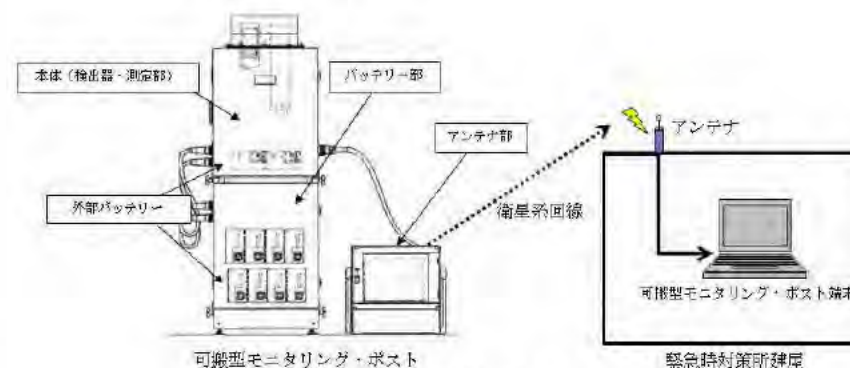
災害対策要員の被ばく低減方策の対応



発電所構内への複数の参集ルート設定と選定



モニタリング・ポスト(既存設備)による
放射線量の測定



可搬型モニタリング・ポストによる

放射線量の測定

9. 近隣の原子力施設の事故影響(10/15)

4. 再処理施設の重大事故時の発電所の重大事故等対応への影響評価(4/5)

○東海第二発電所の周辺環境の雰囲気線量の上昇に伴う影響と対応策

外部支援制限時の発電所の対応

③発電所への外部
支援の制限

・発電所内には、**災害対応を7日間継続して実施できる分の資機材や食料等を常に備えている**ことから、外部からの支援を受けずとも要員は7日間の活動が可能

所外からの資機材搬入等の
外部支援は雰囲気線量の低下を見極めてから対応可能

緊急時対策所に配備する主な資機材等(例)

(発電所内に7日間の資機材、食料等を確保)

区 分	品 名	数 量	単 位	備 考
放射線 管理用 資機材	タイベック	1,166	着	111名×7日×1.5
	アノラック	462	着	44名※1×7日×1.5
	全面マスク	333	個	111名×2日※2×1.5
	チャコールフィルタ	2,332	個	111名×7日×2×1.5
	個人線量計	333	台	111名×2台×1.5
	GM汚染サーベイメータ	5	台	2台+3台(予備)
	電離箱サーベイメータ	5	台	4台+1台(予備)
	緊急時対策所エリアモニタ	2	台	1台+1台(予備)
	可搬型モニタリング・ポスト※3	2	台	1台+1台(予備)
	ダストサンプラ	2	台	1台+1台(予備)
資料	発電所周辺地図	1	式	
	発電所周辺人口関連データ	1	式	
	主要系統模式図	1	式	
	系統図及びプラント配置図	1	式	
計器	酸素濃度計	2	台	予備含む
	二酸化炭素濃度計	2	台	予備含む
食料等	食料	2,331	食	111名×3食×7日
	飲料水(1.5ℓ/本)	1,554	本	111名×2本×7日

※1 現場の災害対策要員から自衛消防隊員を除いた数

※2 3日目以降は除染で対応する。

※3 「監視測定設備」と兼用

9. 近隣の原子力施設の事故影響(11/15)

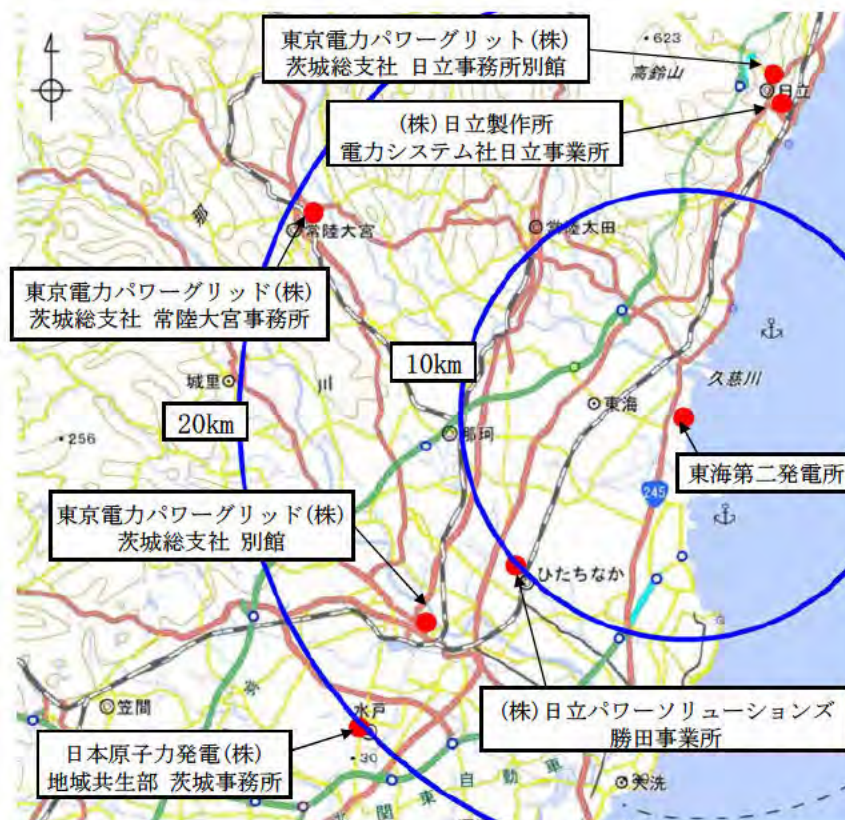
4. 再処理施設の重大事故時の発電所の重大事故等対応への影響評価(5/5)

○東海第二発電所の周辺環境の雰囲気線量の上昇に伴う影響と対応策
後方支援拠点の設置の対応

④後方支援拠点の
設置場所の制限

・後方支援拠点は複数箇所のうちから選
定できることから、放射性物質の飛散状
況を踏まえて支援活動への影響が低い
場所を選定し、拠点設置が可能

再処理施設事故の影響を抑
制しつつ、後方支援拠点の設
置及び活動が可能



災害対策の後方支援拠点の候補地を異なる方位に複数確保
外部事象-274

①試験研究用等の原子炉施設の安全対策

○試験研究炉等の原子炉施設の新規制基準への適合状況

- ・試験研究用等の原子炉施設においても、実用発電用原子炉における新規制基準の適合性審査と同様に新規制基準への適合に係る対応が求められた。
- ・日本原子力研究開発機構(JAEA)が有する試験研究用炉は、高出力試験研究炉又は低出力試験研究炉に分類され、実用発電用原子炉と比べ重大事故の対応までは求められていない。
- ・試験研究炉等の安全対策は以下のとおり

試験研究用等原子炉施設の安全性確保の要求と対策（設置変更許可取得済み）

JRR-3

（高出力試験研究炉（熱出力50MW～500kW水冷却炉））

【新規制基準の要求事項】

- 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止
- 自然現象に対する考慮（火山、竜巻、森林火災など）
- 内部溢水に対する考慮 ○ 火災に対する考慮
- 電源の信頼性 ○ その他の設備の性能
- 耐震・耐津波性能（耐震重要度分類Sクラスの設備は、基準地震動及び基準津波の策定）

> 最新の知見に基づいた多量の放射性物質の放出事故への対策

- ◆ 炉内燃料が多量に損傷する事故を仮想したうえで、その防護対策や影響緩和策

> 竜巻などの自然現象や火災への防護

- ◆ 過去の記録を元に最大の竜巻(49m/s)を考慮して、施設周辺の資材等の管理
- ◆ 施設周辺の草木の管理

> 地震対策

- ◆ 原子炉建家等について、最新の知見の反映として現行の建築基準法及びその関係法令に照らして改修

NSRR, STACY

（低出力試験研究炉（熱出力500kW未満））

【新規制基準の要求事項】

- 自然災害に対する考慮（火山、竜巻、森林火災など）
- 内部溢水に対する考慮 ○ 火災に対する考慮
- 電源の信頼性 ○ その他の設備の性能
- 耐震・耐津波性能（耐震重要度分類Sクラスの設備なし）

> 竜巻などの自然現象や火災への防護

- ◆ 過去の記録を元に最大の竜巻(49m/s)を考慮して、施設周辺の資材等の管理
- ◆ 施設周辺の草木の管理

> 地震対策

- ◆ 原子炉建家等について、最新の知見の反映として現行の建築基準法及びその関係法令に照らして改修

9. 近隣の原子力施設の事故影響(13/15)



②東海再処理施設の安全対策(1/3)

○再処理施設の安全対策と原子力規制委員会東海再処理施設安全監視チームでの検討

・東海再処理施設で実施済みの安全対策は以下のとおり。

再処理施設の安全対策(実施済み;施設運転段階における対策)

➤ 臨界事故を防止するための対策(分離、回収したウランとプルトニウムは核分裂する性質を持つため)

- ◆ 濃度や質量の制限
- ◆ 設備等の形状の制限
- ◆ 中性子吸収材の使用

それぞれの工程に応じて、これらの方法を取り入れた対策を実施

➤ 火災や爆発防止するための対策(再処理の工程で、有機溶媒などの可燃性物質を使用する必要があるため)

- ◆ 有機溶媒の漏れを未然に防ぐ
- ◆ 引火点が高い有機溶媒の使用
- ◆ 検知器により速やかに火災を検知して消火設備により消火 など

➤ 停電対策、放射性物質や放射線の漏えいの防止

- ◆ 放射性物質を扱う機械や設備はステンレス製の内張り、厚いコンクリート壁、二重底になった部屋で放射線を閉じ込め
- ◆ 建屋内部の気圧の管理により漏出の防止
- ◆ タンクや配管には腐食に強い材料を使用
- ◆ 被ばくの防止 など

福島第一原子力発電所事故後を踏まえた緊急安全対策(実施済み)

➤ 冷却機能確保(高放射性廃液を冷やす冷却水供給手段多様化)

- 発電機から冷却水ポンプ等への給電
- ポンプ車の配備
- 可搬式ポンプ及びホースの配備

➤ 水素掃気機能確保(溶液が発する水素の掃気の手段の多様化)

- 移動式発電機から排風機へ給電
- 可搬式空気圧縮機配備
- プルトニウム溶液貯槽内の水素掃気窒素ガスポンベの配備

➤ 電源確保(緊急時においても高台の発電機から重要機器へ給電)

- 移動式発電機の配備
- 軽油タンクの設置
- ローリー車の配備
- 商用電源の拡充

➤ 浸水防止(津波等により必要な設備を浸水させない対策を実施)

- 建屋開口部に浸水防止扉等の設置
- 低層階の窓の閉鎖
- ダクト開口部の延長

➤ 事故時の対応(事故発生時においても確実な対応が図れる)

- がれき撤去用の重機の配備
- 通信手段の多様化
- 照明設備の配備
- 防護服の配備

➤ 訓練(事故対応のための訓練を定期的に実施)

- 移動式発電機へのケーブルつなぎ込み
- ポンプ車からの給水

9. 近隣の原子力施設の事故影響(14/15)



②東海再処理施設の安全対策(2/3)

東海再処理施設の廃止措置の進め方及び廃止措置期間中において東海再処理施設が安全確保対策として行うことを計画している対策は以下のとおり。

廃止措置の基本方針

(リスクの早期低減を優先課題とし、安全・確実に実施するため、高経年化対策等の安全性向上対策を重要事項として実施)

➤ 保有する放射性廃棄物に伴うリスクの早期低減を当面の最優先課題とする

- ◆ 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全確保
- ◆ ガラス固化技術開発施設(TVF)におけるガラス固化
- ◆ 高放射性固体廃棄物の貯蔵庫(HASWS)の貯蔵状態の改善
- ◆ 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)におけるセメント固化

➤ 先行して除染・解体に着手する施設の工程洗浄, 系統除染により分散している核燃料物質を集約しリスク低減を図る

- ◆ 分離精製工場(MP)
- ◆ ウラン脱硝施設(DN)
- ◆ プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)
- ◆ クリプトン回収技術開発施設(Kr)

(これらの施設に貯蔵している使用済燃料等は、当面の貯蔵の安全を確保し、搬出先が確保できたものから随時施設外に搬出)

➤ 高線量系の施設から段階的に除染・解体に着手し、順次低線量系の施設の廃止を進め、全施設の管理区域解除を目指す

➤ 低レベル放射性廃棄物は、必要な処理を行い貯蔵の安全を確保。廃棄体化を進め、処分場操業開始後に随時搬出

➤ 組織のバックエンド対策の体制の強化と再処理施設保安規定を定めて、最適化する

東海再処理施設の廃止措置計画書で示されている廃止措置期間中の安全機能の確保策

(リスクの早期低減を優先課題とし、安全・確実に実施するため、高経年化対策等の安全性向上対策を重要事項として実施)

- 地震による損傷の防止(最大加速度952Gal(水平方向))
- 津波による損傷の防止(浸水高さTP.+14.2mの評価に対し、建屋の浸水防止扉を設置(T.P.+14.4m))
- 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻(風速100m/s), 森林火災, 火山(降下火砕物堆積厚50cm)など)
- 浸水防止扉の設置, 移動式発電機等の可搬型設備を高所に配備
- アクセスルート上の低耐震の冷却水配管等へのサポートの敷設
- 緊急電源接続盤の2重化及び分散配置, 漏えい液回収系の多重化 等

9. 近隣の原子力施設の事故影響(15/15)

②東海再処理施設の安全対策(3/3) 安全対策の概要

○重大事故の対策

安全機能が喪失した場合には、以下により重大事故（高放射性廃液の蒸発乾固）の発生防止、拡大防止、影響緩和を行う。

➤発生防止策

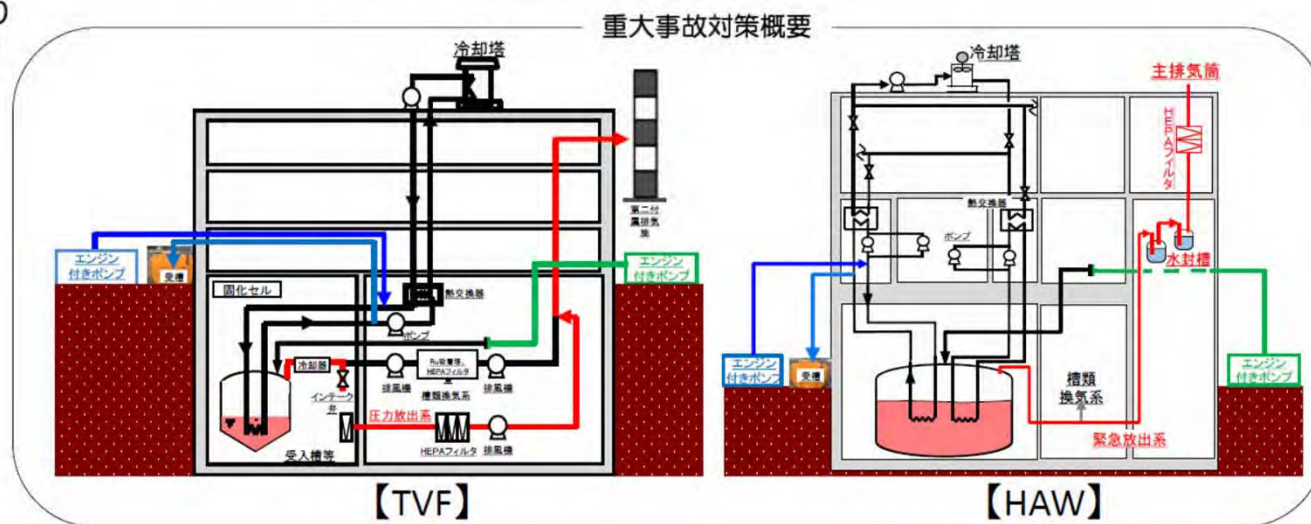
エンジン付きポンプから水を貯槽の冷却コイルへ供給し、沸騰を防止する。

➤拡大防止策

エンジン付きポンプから貯槽へ直接水を供給し、蒸発乾固を防止する。

➤影響緩和策

放射性の気体はフィルタ等により、浄化して放出する。



○安全対策工事の概要

高放射性廃液を取り扱う施設等の安全機能を維持できるよう、以下の工事等により安全性の向上を図る。その他の施設については既往の許認可に従った管理を継続する。

➤地震

- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）の一部の冷却水配管の耐震補強
- ・高放射性廃液の移送配管を内蔵するトレンチの耐震補強(周辺地盤の改良)
- ・主排気筒及び第二付属排気筒の耐震補強

➤竜巻（飛来物対策）

- ・高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）の窓、扉等の建家開口部の閉止措置

➤火山（制御室の居住性確保）

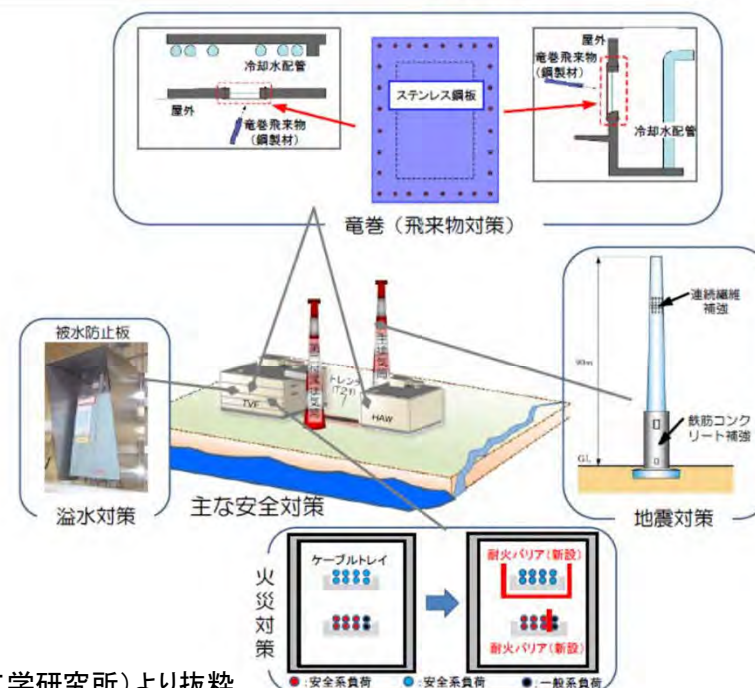
- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）への外気取込及び循環換気用可搬型ブロワ、換気ライン及びフィルタの配備

➤火災

- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）の安全系の給電ケーブルへの耐火バリアの設置

➤溢水

- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）の配管の耐震補強、被水防止板の設置、蒸気漏えいを防止するための遮断弁やカバー等の設置



出典：「再処理施設に係る廃止措置計画の変更認可申請について（概要）」

（令和元年12月19日 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所）より抜粋