

茨城県原子力安全対策委員会
東海第二発電所
安全性検討ワーキングチーム(第23回)
ご説明資料

東海第二発電所安全性検討ワーキングチーム 説明資料改訂版

2023年3月29日
日本原子力発電株式会社

東海第二発電所

外部事象対策について(改訂版)

(自然事象(地震・津波を除く)及び人為事象への対応)

2023年3月29日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

目 次

1. 外部事象の影響評価及び対策	3
2. 竜巻の影響評価及び対策	22
3. 火山の影響評価及び対策	32
4. 森林火災の影響評価及び対策	40
5. 爆発の影響評価	43
6. 近隣工場等の火災の影響評価	46
7. 航空機落下確率評価	48
8. 航空機墜落による火災の影響評価	49
9. まとめ	50

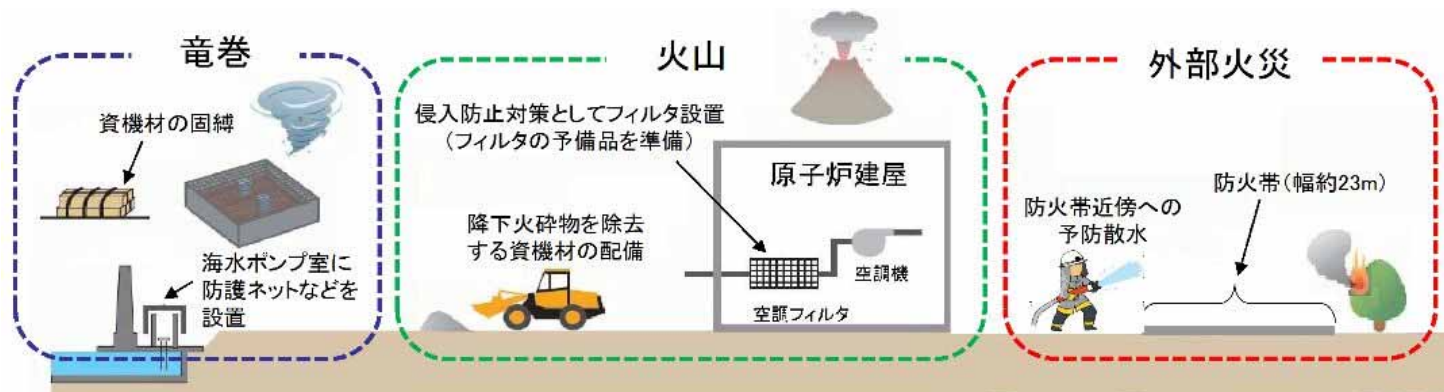
補足説明資料 外部事象の評価及び対策について

1. 外部事象の影響評価及び対策 (1 / 19)

(1) 福島第一原子力発電所事故を踏まえた外部事象に対して実施する安全対策について (1/2)

- ・想定される外部事象(自然現象, 外部人為事象)を網羅的に抽出し, 東海第二発電所の立地条件を考慮して, 考慮すべき外部事象(合計18事象: 地震・津波を除く)を選定
- ・特に考慮すべき大規模な自然災害として, 新たに竜巻, 火山及び外部火災を抽出し, これらの事象に対して影響評価及び安全対策を実施(設備対策及び運用による対策)

事象	新規制基準に基づく影響評価及び安全対策		
	主な影響評価	主な設備対策	主な運用による対策
竜巻	<ul style="list-style-type: none"> ・設計竜巻による荷重に対する構造強度評価 ・飛来物源に対する飛散解析評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・防護ネットの設置 ・防護鋼板の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・資機材及び車両の固縛, 固定 ・燃料取扱作業の中止, クレーン等の退避 ・構内の車両の退避, 防護対象施設からの離隔
火山	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物の堆積荷重に対する評価 ・空気及び海水の流路となる設備への閉塞に対する評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物侵入防止対策の設置 ・海水系流路の閉塞防止対策 	通常時 <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物を除去する資機材の配備 ・フィルタの予備品を準備
			堆積時 <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物の除去 ・各種フィルタの清掃・取替
外部火災	<ul style="list-style-type: none"> ・火災に対する影響評価 ・爆発に対する影響評価 ・火災・爆発による二次的影響に対する評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・防火帯の設置 ・軽油貯蔵タンク等の危険物施設の移設 ・森林火災用の熱感知カメラの設置 ・防火帯近傍への屋外消火栓の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・防火帯近傍への予防散水 ・植生管理(影響範囲にある隣接事業所も含む)



竜巻, 火山, 外部火災への主な安全対策のイメージ

1. 外部事象の影響評価及び対策 (2 / 19)



(1) 福島第一原子力発電所事故を踏まえた外部事象に対して実施する安全対策について (2/2)

・竜巻, 火山及び外部火災 (森林火災, 爆発, 近隣工場等の火災) 以外の事象について, 従前の影響評価及び安全対策と新規基準に基づく影響評価及び安全対策を以下に示す。

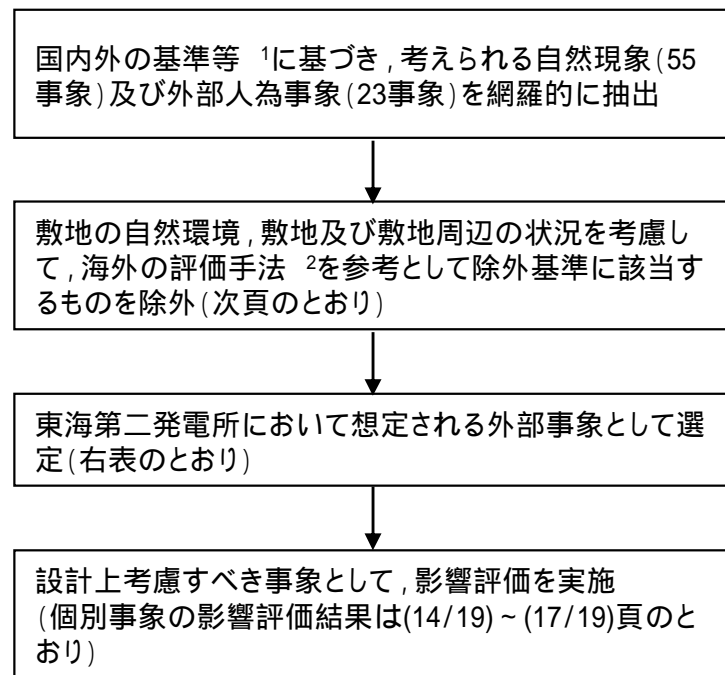
事象	従前の影響評価及び安全対策	新規基準に基づく影響評価及び安全対策	
自然現象	洪水	敷地の形状から影響ないと評価	変更なし
	風(台風)	建築基準法に基づき設定した風荷重を考慮した設計	変更なし
	降水	海域へ排水する設計(排水路及び地表面からの排水)	従前の安全対策に加えて, 防潮堤横断部へ排水路を設けることで, 海域へ排水する設計
	積雪	建築基準法に基づき設定した積雪荷重を考慮した設計	変更なし
	凍結	屋内は空調設備, 屋外は保温等により凍結しない設計	変更なし
	落雷	雷害防止対策として, 原子炉建屋等に避雷針等を設置, 設置網の敷設による設置抵抗の低減等	変更なし
	生物学的事象	海水生物に対する除塵装置の設置, 小動物に対する開口部閉止措置	変更なし
	高潮	高潮の影響を受けない敷地高さに設定	変更なし
外部人為事象	飛来物(航空機落下)	防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回/炉・年であると評価	変更なし
	ダムの崩壊	ダムの崩壊により発電所に影響を及ぼす河川はないと評価	変更なし
	有毒ガス		評価により有毒ガスの影響がないことを確認
	船舶の衝突		評価により船舶の衝突が影響がないことを確認
	電磁的障害	電磁波の侵入を防止する設計(ラインフィルタや絶縁回路の設置等)	変更なし

1. 外部事象の影響評価及び対策 (3 / 19)



(2) 設計上考慮すべき事象の選定 (1 / 2)

国内外の基準等¹に基づき、考えられる自然現象及び外部人為事象を網羅的に抽出し、敷地の状況等を考慮して東海第二発電所で想定される外部事象を選定



自然現象(11事象)		外部人為事象(7事象)
洪水	火山の影響	飛来物(航空機落下)
風(台風)	生物学的事象	ダムの崩壊
竜巻	森林火災	爆発
凍結	高潮	近隣工場等の火災
降水		有毒ガス
積雪		船舶の衝突
落雷		電磁的障害

1 DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
 Specific Safety Guide (SSG-3) "Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010
 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
 NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983
 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
 ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"
 B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC公表
 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準:2014」一般社団法人 日本原子力学会

2 ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"

1. 外部事象の影響評価及び対策 (4 / 19)



(2) 設計上考慮すべき事象の選定 (2 / 2)

除外基準に該当する事象は、設計上考慮不要としている。

除外基準	除外理由	左記除外基準に該当する外部事象
プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない事象	発電所の立地点の自然環境は一樣ではなく、発生する自然事象は地域性があるため、発電所立地点において明らかに起こり得ない事象は対象外とする。	【自然現象】 雪崩 / 草原火災 / ハリケーン / 氷壁 / 土砂崩れ(山崩れ、がけ崩れ) / 地滑り / カルスト / 地下水による浸食 / 土石流 / 水蒸気 【外部人為事象】 パイプライン事故(ガスなど) / パイプライン事故によるサイト内爆発等 / 工業施設又は軍事施設事故 / 軍事施設からのミサイル / 掘削工事 / 他のユニットからのミサイル
ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除可能な事象	事象発生時の発電所への影響の進展が緩慢であって、影響の緩和又は排除の対策が容易に講じることが出来る事象は対象外とする。例えば、発電所の海岸の浸食の事象が発生しても、進展が遅いため補強工事等により浸食を食い止めることができる。	【自然現象】 河川の迂回 / 海岸浸食 / 塩害・塩雲 / 高温水(海水温高)
プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下又はプラントの安全性が損なわれることがない事象	事象が発生しても、プラントへの影響が極めて限定的で炉心損傷事故のような重大な事故にはつながらない事象は対象外とする。例えば、外気温が上昇しても、屋外設備でも故障に至る可能性は小さく、また、冷却海水の温度が直ちに上昇しないことから冷却は維持できるので、影響は限定的である。	【自然現象】 土壌の収縮又は膨張 / 干ばつ / 濃霧 / 霜・白霜 / 極高温 / 湖又は河川の水位低下 / もや / 太陽フレア・磁気嵐 / 低温水(海水温低)
影響が他の事象に包絡される事象	プラントに対する影響が同様とみなせる事象については、相対的に影響が大きいと判断される事象に包絡して合理的に検討する。	【自然現象】 砂嵐 / 静振 / 波浪・高波 / ひょう・あられ / 満潮 / 氷結 / 氷晶 / 湖又は河川の水位上昇 / 極限的な圧力(気圧高低) / 動物 / 海水面低 / 海水面高 / 地下水による地滑り / 水中の有機物 / 毒性ガス 【外部人為事象】 交通事故(化学物質流出含む) / 自動車又は船舶の爆発 / 船舶から放出される固体液体不純物 / 水中の化学物質 / プラント外での化学物質流出 / サイト貯蔵の化学物質の流出 / 他のユニットからの火災
発生頻度が他の事象と比較して非常に低い事象	航空機落下の評価では発生頻度が低い事象(10 ⁻⁷ /年以下)は考慮すべき事象からは対象外としており、同様に発生頻度がごく稀な事象は対象外とする。	【自然現象】 隕石 【外部人為事象】 衛星の落下 / タービンミサイル
外部からの衝撃による損傷の防止とは別の条項で評価している又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止の対象外の事項	第四条 地震による損傷の防止、第五条 津波による損傷の防止、第九条 溢水による損傷の防止等、第十八条 蒸気タービンにより評価を実施するもの又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止に該当しないものについては、対象外とする。	地震活動: 「耐震性」にて評価 津波: 「耐津波性」にて評価 陥没・地盤沈下・地割れ / 地面の隆起 / 泥流出(液状化): 「地盤」にて評価 他のユニットからの内部溢水 / 内部溢水: 「内部溢水」にて評価

1. 外部事象の影響評価及び対策 (5 / 19)



(3) 設計基準値の考え方(1 / 4)

原子力発電所において準拠すべきガイド等に基づき、設計基準値を設定している

設計基準設定の準拠元	設計上考慮すべき事象	東海第二発電所の設計基準値の設定方針 ¹
原子力発電所において準拠すべきガイド / 指針が定められている事象	竜巻	原子力発電所の竜巻影響評価ガイドに基づき設定
	火山	原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき設定
	森林火災	原子力発電所の外部火災影響評価ガイドに基づき設定
	落雷	J E A G 4 6 0 8 (原子力発電所の耐雷指針) に基づき設定
	飛来物 (航空機落下)	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) に基づき設定
	爆発	原子力発電所の外部火災影響評価ガイドに基づき設定
	近隣工場等の火災	原子力発電所の外部火災影響評価ガイドに基づき設定
	有毒ガス	実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド及び原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について (内規) に基づき設定
	電磁的障害	J E C 2 1 0 (低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準) に基づき設定
国内において規則・基準類が定められている事象	洪水	河川法, 同施行令及び河川法に基づき発行された洪水ハザードマップを基に設定
	風 (台風)	建築基準法及び同施行令を準拠し設定
	降水	森林法, 林地開発許可に基づく林地開発許可の手引きに準拠し設定
	積雪	建築基準法を準拠し設定
上記 又は の定めのない事象	凍結	東海第二発電所最寄りの気象官署 (水戸地方気象台) の観測記録を基に設計基準を設定
	生物学的事象	東海第二発電所及びその周辺海域で得られた記録等を基に設計基準を設定
	高潮	東海第二発電所最寄りの港湾である日立港の観測記録を基に設計基準を設定
	ダムの崩壊	東海第二発電所及びその周辺の地形情報を基に設計基準を設定
	船舶の衝突	東海第二発電所及びその周辺の航路及び地形情報を基に設計基準を設定

1 設計基準値を設定するにあたって、年超過確率を使用する場合は、各事象に適用可能な国内法規、ガイド、指針等に準拠

1. 外部事象の影響評価及び対策 (6 / 19)



(3) 設計基準値の考え方 (2 / 4)

自然現象については、その不確実さを考慮し、設計基準値に必要な応じ余裕を持たせている。

自然事象	設計基準としての設定値	既往最厳値等	事象の発生状況	設計基準を超える可能性がある場合における運用対策実施の可否	設計基準としての設定値の考え方
降水	127.5mm/h	81.7mm/h	短期 (数十分)	不可 事象発生の予測は可能であるが、運用による防護対策を実施する時間的余裕がないため、対策は設備対策(排水設備等)とすることが適切である。	事象の発生が短期であり、運用による対策は確保できないことから、既往最厳値を参照した保守的な設定とする必要がある。
積雪	30cm	32cm	長期 (数時間)	可能 事象発生の予測が可能であり、かつ対策実施(除雪)の準備には期間的余裕が確保されているため、除雪による安全施設の安全機能の確保が可能である。	事象の発生は長期であり、除雪は実施可能であるため、設計基準としての設定を超えることのないよう管理可能であることから、規格・基準に基づいた設定とする。
火山の影響	50cm	50cm (地質調査等の結果)	長期 (数日～数週間)	可能 事象発生の予測が可能であり、かつ対策実施(除灰)の準備には期間的余裕が確保されているため、除灰による安全施設の安全機能の確保が可能である。	事象の発生は長期であり、除灰は実施可能であるため、設計基準としての設定を超えることのないよう管理可能であることから、規格・基準に基づいた設定とする。
風	30m/s	28.3m/s	瞬時(短期) (秒～数時間)	不可 事象発生の予測は可能であるが、運用による防護対策を実施する時間的余裕はないため、対策は設備対策(補強等)とすることが適切である。	事象の発生が瞬時(短期)であり、運用による対策は確保できないことから、既往最厳値を参照した保守的な設定とする必要がある。
竜巻	100m/s	80m/s (10 ⁻⁵ /年値)	瞬時(短期) (秒又は分)	不可 事象発生の予測は可能であるが、運用による防護対策を実施する時間的余裕はないため、対策は設備対策(竜巻防護等)とすることが適切である。	事象の発生が瞬時(短期)であり、運用による対策は確保できないことから、既往最厳値を参照した保守的な設定とする必要がある。
落雷	400kA	131kA	瞬時(短期) (秒)	不可 事象発生の予測は可能であるが、運用による防護対策を実施する時間的余裕はないため、対策は設備対策(避雷設備の設置等)とすることが適切である。	事象の発生が瞬時であり、運用による対策は確保できないことから、既往最厳値を参照した保守的な設定とする必要がある。

(3) 設計基準値の考え方(3 / 4)

将来的な気候変動

将来的な気候変動については、過去数十年間の発電所近隣の気象観測記録を確認した上で、設計基準値との比較等により、下記のとおり安全施設への影響はないことを確認している。

今後も最新のデータ・知見で気候変動の影響に注視し、必要に応じて設計基準の見直し等を実施する。

○東海第二発電所で設定した自然現象の規模(設計基準値)は、規格・基準類からの要求、観測記録より、地域性を考慮した値としており、これらは過去の経験及びデータに基づいた設定であるが、設計基準値の設定に当たっては、自然現象の不確実性を踏まえ、基準値超の事象が生じた場合への対応の可否も考慮したうえで、必要に応じ余裕を確保している。

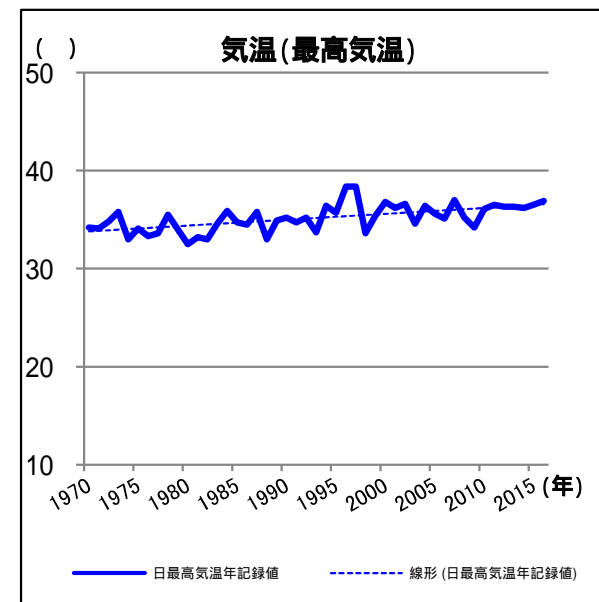
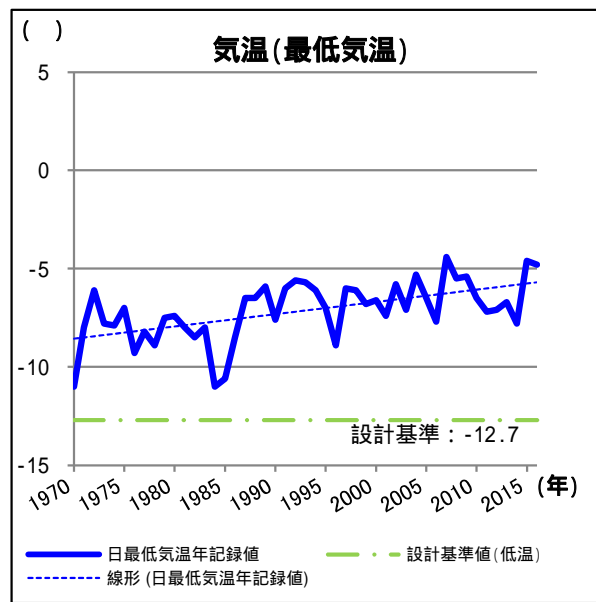
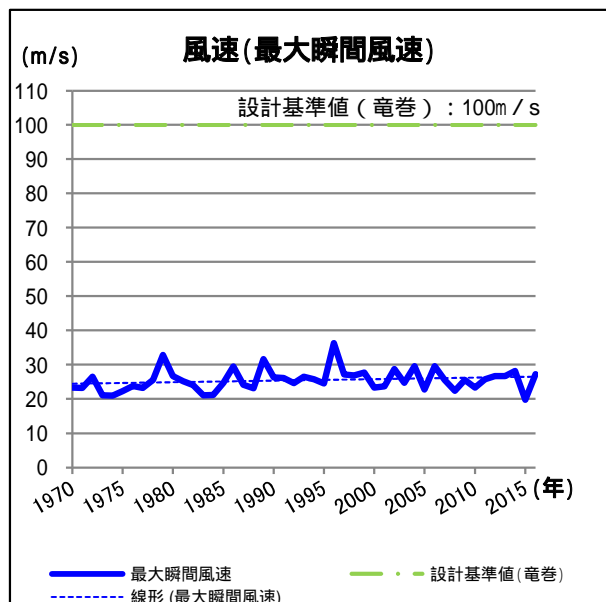
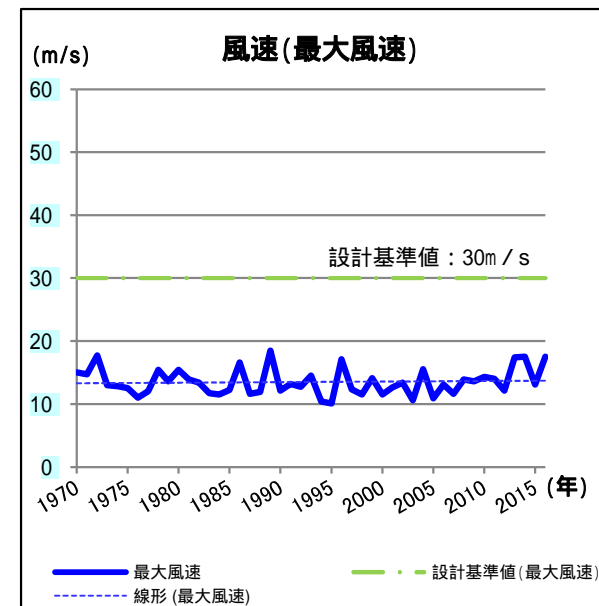
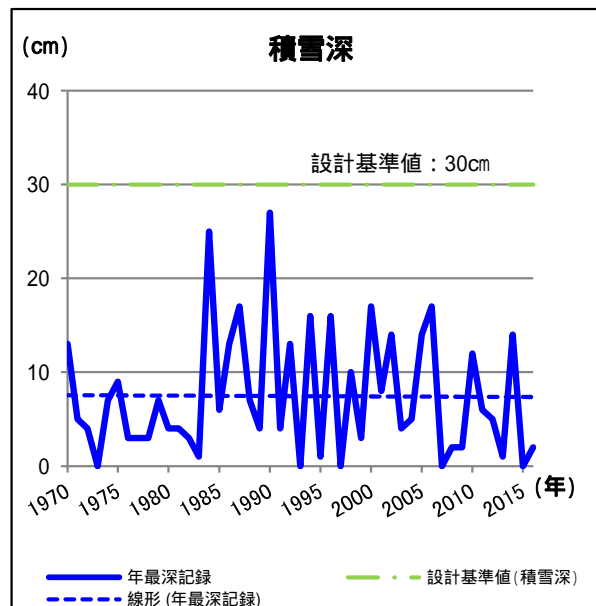
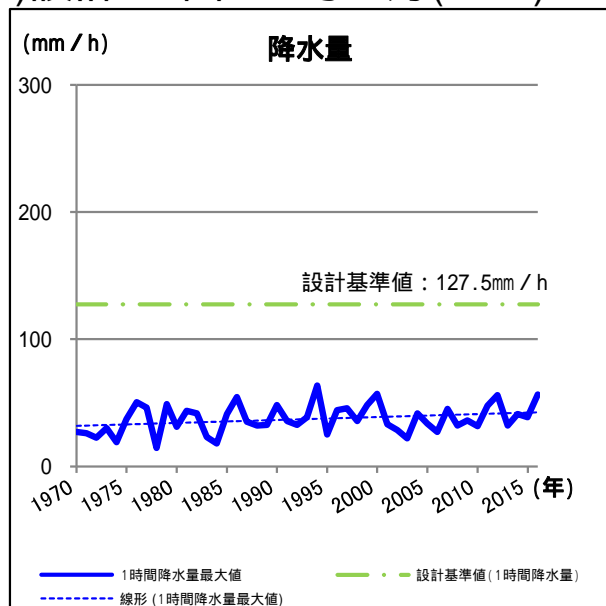
○発電所周辺の地域特性が反映された気候変動を把握する観点から、最寄りの気象官署である水戸地方気象台(水戸市)の過去数十年の観測記録(次頁)を確認し、降水量、最大瞬間風速及び最高気温・最低気温に増加・上昇の傾向が認められたものの、以下のとおり問題ないと判断した。

- ・降水量 : 増加傾向が見受けられるものの、設計基準降水量と比較して余裕を有する
- ・積雪深 : 有意な増加傾向は見受けられず。
また、防護対象の施設は降下火砕物の荷重(積雪換算で3m超)に対する健全性を確認しており、構造強度には十分な余裕がある。
- ・風速 : 最大風速は、有意な増加(又は台風の強度が強まる。)傾向は見受けられない。
最大瞬間風速は、増加傾向が見受けられる。但し、防護対象の施設は設計竜巻の最大風速100m / sを想定した荷重に対する健全性を確認しており、構造強度には十分な余裕がある。
- ・気温 : 最低気温は、上昇傾向が見受けられるものの、設計基準に対して緩やかになる方向
最高気温は、若干の上昇傾向が見受けられるものの、今後の発電所の運転期間を含め、設備の機能に悪影響を与えるようなレベルの気温上昇ではなく、安全施設への影響はないと判断

1. 外部事象の影響評価及び対策 (8 / 19)



(3) 設計基準値の考え方 (4 / 4)



水戸地方気象台(水戸市)の過去数十年の観測記録

(3) 設計基準値の考え方 (5 / 5)

人為的な状況の変化

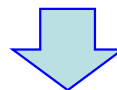
近隣の危険物施設の新設等, 人為的な外部環境についても, 評価条件への影響を定期的に確認する。
影響が認められた場合は, 再評価を行い, 必要に応じ対策を講じる。

(例) 外部火災防護

東海第二発電所の保安規定に基づき定める火災防護計画において, 安全施設を外部火災から防護するための運用等について定め実施していく。

東海第二発電所 火災防護計画

- ・計画を遂行する体制, 責任の所在, 責任者の権限, 体制の運営管理, 必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施する必要な手順等を定める。
- ・【火災防護対策の実施例】 発電用原子炉施設の安全機能を有する機器等:
火災の発生防止, 火災の早期感知・消火並びに, 火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき, 必要な火災防護対策を定める。
- ・外部火災については, 安全施設を外部火災から防護するための運用等を定める。



【外部火災影響評価への対応】

- ・発電所の防火・防災管理者は, **外部火災影響評価条件を定期的に確認**する。

評価条件の変更がない場合 確認終了

評価条件の変更により, 評価結果に影響がある場合

発電所敷地内外で発生する火災が安全施設へ影響を与えないことと, 火災の二次的影響に対する適切な防護対策が実施されていることを確認するために, 外部火災影響評価の再評価を実施

この対応により, 最新条件でも外部火災の安全施設への影響がないことを確認

1. 外部事象の影響評価及び対策 (10 / 19)



(4) 事象の重畳の考慮 (1 / 3)

自然現象の重畳の組み合わせを、発電所施設に大きな影響を及ぼす恐れがある事象間の独立性・従属性、事象の継続時間及び発生頻度等を勘案して以下のとおり設定している。

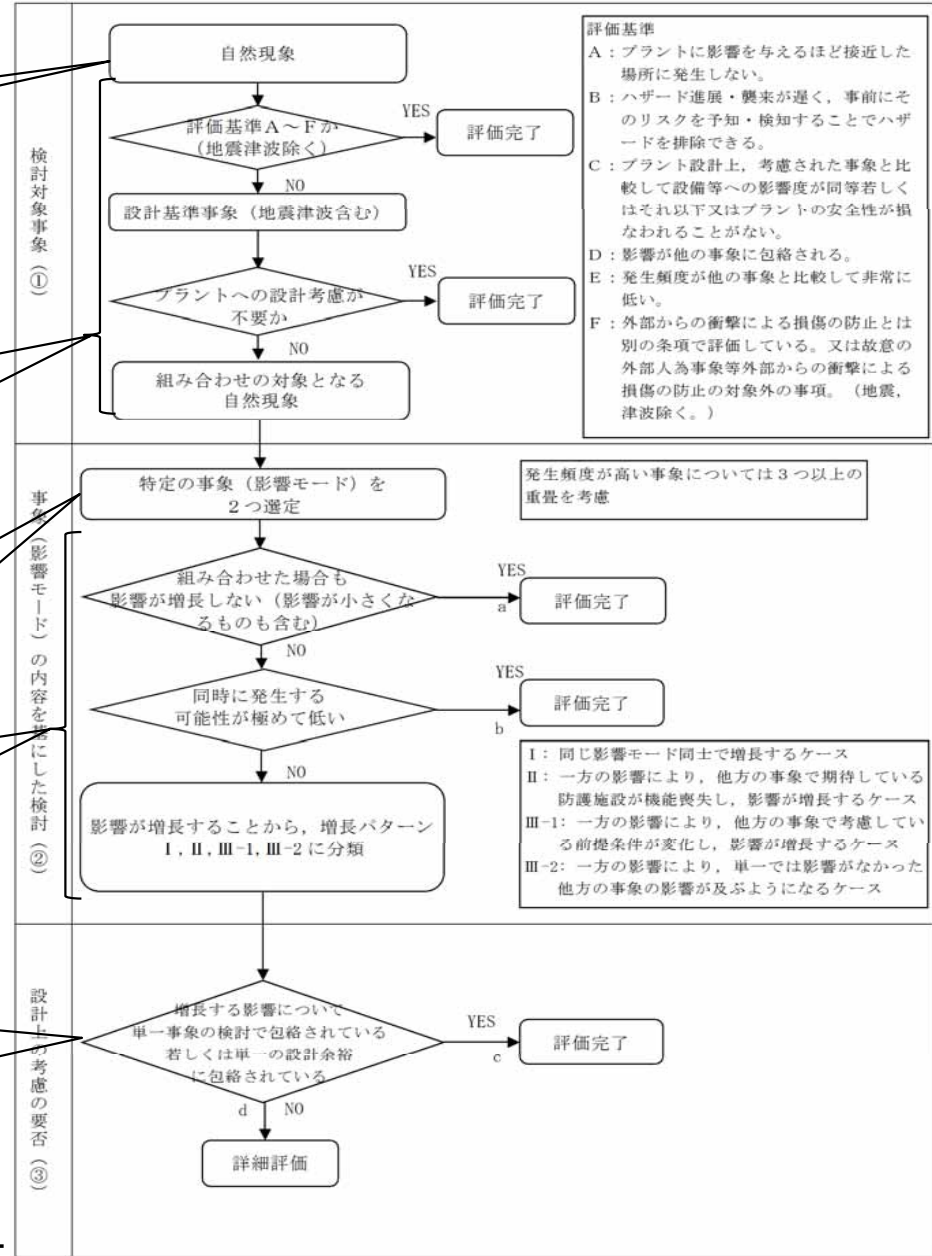
発電所敷地で想定される自然現象(地震及び津波を除く。)として選定した11事象() + 地震, 津波
 : 凍結, 降水, 積雪, 火山の影響, 生物学的事象, 風(台風), 竜巻, 森林火災, 落雷, 洪水, 高潮

以下の2つを除く11事象が評価対象となる。
 ・洪水: 発電所では被害が考えられない(基準)
 ・高潮: 津波に包含される
凍結, 降水, 地震, 積雪, 津波, 火山の影響, 生物学的事象, 風(台風), 竜巻, 森林火災, 落雷

上記11事象の組合せ

発生頻度, 施設への影響モード 及び相関性(独立又は従属)の高い事象の影響も考慮しながら, 影響が増長する組み合わせを特定
 : 影響を及ぼす時間に応じ, コンスタント型, 季節型, 持続型, 短期型及び緩慢型に分類

影響が増長する組み合わせについて, 単一事象による設計条件に包絡されないものを抽出
地震, 積雪, 津波, 火山の影響, 風(台風)及び竜巻の6事象の組み合わせを, 設計に考慮



外部事象 -

1. 外部事象の影響評価及び対策(11 / 19)



(4)事象の重畳の考慮(2 / 3)

11事象の組み合わせ影響評価マトリクス(例)(補足説明資料1-13参照)

事象1		設備の損傷・機能喪失モード		凍結		降水		地震		積雪		津波		火山の影響		
事象2	設備の損傷・機能喪失モード	備考	温度	電氣的影響	浸水	荷重(堆積)	荷重(地盤)	荷重(堆積)	電氣的影響	閉塞(吸気等)	荷重(衝突)	浸水	閉塞(海水系)	荷重(堆積)	閉塞(海水系)	閉塞(吸気等)
自然現象	設備の損傷・機能喪失モード	備考														
凍結	温度	屋外タンク及び配管内流体の凍結			a	a	a	a						a	a	a
	電氣的影響	ヒートシンク(海水)の凍結			a	a	a	a	d(I)					a	a	a
降水	浸水	着水による送電線の相間距離			a	a	a	a						a	a	a
	荷重	降水による送電線の相間距離			a	a	a	a						a	a	a
地震	荷重	荷重(地盤)			a	a	a	a						a	a	a
	電氣的影響	着霜による送電線の相間距離			a	a	a	a	d(III-1)					a	a	a
積雪	閉塞(吸気系)	給気口等の閉塞			a	a	a	a						a	a	d(I)
	荷重	荷重(堆積)			a	a	a	a						a	a	a
津波	浸水	津波による設備の浸水			a	a	a	a						a	a	a
	閉塞(海水系)	設備による取水口、海水ストレーナ等の閉塞			a	a	a	a						a	b	a
火山の影響	荷重	荷重(堆積)			a	a	a	a						a	a	a
	閉塞(海水系)	海水系ストレーナ等の閉塞			a	a	a	a						a	b	a
	閉塞(吸気系)	給気口等の閉塞			a	a	a	a						a	a	a
	腐食	腐食成分による化学的影響			a	a	a	a						a	a	a
電氣的影響	降下火砕物の付着による送電線の相間距離			a	a	a	a	d(III-1)					a	a	a	
生物学的事象	閉塞(海水系)	取水口、海水ストレーナ等の閉塞			a	a	a	a						a	c(I)	a
	電氣的影響	げっ歯類(ネズミ等)によるケーブル類の損傷			a	a	a	a						a	a	a
風(台風)	荷重	荷重(風)			a	a	a	a						a	a	a
	荷重(飛来物)				a	a	a	a						a	a	a
竜巻	荷重	荷重(飛来物)			a	a	a	a						a	a	a
	荷重(女王羽)				a	a	a	a						a	a	a
森林火災	温度	輻射熱			a	a	a	a						a	a	a
	閉塞	給気口等の閉塞			a	a	a	a						a	a	a
落雷	電氣的影響	屋内外計測用避雷器に発生するノイズ			a	a	a	a						a	a	a
		直撃雷			a	a	a	a						a	a	a
		誘導雷サージによる電気室内の電圧上昇			a	a	a	a						a	a	a

(例)火砕物と雪から、同じ影響(堆積荷重)が重畳し得る。「d()」

(例)地震と竜巻の重畳は、確率的に考え難い。「b」

- a: 組み合わせた場合も影響が増長しないもの
- b: 同時に発生する可能性が極めて低いもの
- c: 増長する影響について単一事象の検討で包絡されている、若しくは単一事象の設計余裕に包絡されているもの※
- d: c以外で影響が増長するもの※
- ※ c, dについては以下も記載
- I: 各自然現象から同じ影響がそれぞれ作用し、重ね合わさって増長するケース
- II: ある自然現象の防護施設が他の自然現象によって機能喪失することにより、影響が増長するケース
- III-1: 他の自然現象の作用により前提条件が変化し、影響が増長するケース
- III-2: 他の自然現象の作用により影響が及ぶようになるケース

影響が増長するケース

1. 外部事象の影響評価及び対策(12 / 19)



(4)事象の重畳の考慮(3 / 3)

影響が増長する組み合わせの影響評価(例)(補足説明資料1-14参照)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
凍結(電氣的影響) ×積雪(電氣的影響)	電氣的影響(相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。)は相間短絡の影響を受けない。	-
凍結(電氣的影響) ×火山の影響(電氣的影響)	電氣的影響(相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。)は相間短絡の影響を受けない。	-
凍結(温度) ×風(台風)(荷重(風))	温度	d	III-1	風(台風)の影響により、流体の凍結の可能性が高まると考えられる。 →状況に応じ、循環運転等による凍結防止措置を実施する手順により対処可能である。	-
降水(浸水) ×津波(浸水)	浸水	c	I	個別事象の重畳により、浸水の影響を受ける可能性が高まると考えられる。 →津波防護施設(防潮堤等)は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	-
降水(荷重(堆積)) ×火山の影響(荷重(堆積))	荷重	d	I	降下火砕物は湿り気を含むことで堆積荷重が増加すると考えられる。 →荷重条件として水を含んだ場合の負荷を想定し、積雪(荷重(堆積))×火山の影響(荷重(堆積))にて評価を行う。	-
降水(荷重(堆積)) ×火山の影響(電氣的影響)	電氣的影響(相間短絡)	d	III-1	湿り気と降下火砕物により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。)は相間短絡の影響を受けない。	-
地震活動(荷重(地震)) ×積雪(荷重(堆積))	荷重	d	III-1	積雪による堆積荷重の作用により、地震の荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
地震活動(荷重(地震)) ×風(台風)(荷重(風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1,2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →屋外の直接風(台風)を受ける場所に設置されている施設のうち、風(台風)荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
地震活動(荷重(地震)) ×風(台風)(荷重(飛来物))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1,2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	-
地震活動(荷重(地震)) ×落雷(電氣的影響(直撃雷))	電氣的影響(直撃雷)	c	II	地震により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 →避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	-
積雪(電氣的影響) ×凍結(電氣的影響)	電氣的影響(相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。)は相間短絡の影響を受けない。	-
積雪(荷重(堆積)) ×地震活動(荷重(地震))	荷重	d	III-1	地震の荷重の作用により、積雪による堆積荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
積雪(荷重(堆積)) ×津波(荷重(衝突))	荷重	d	III-1	津波の荷重の作用により、積雪による堆積荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
積雪(荷重(堆積)) ×火山の影響(荷重(堆積))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、堆積荷重が増加すると考えられる。 →一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するもの同士であることから、受圧面積が小さい施設又は荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組合せを考慮する。 また、荷重条件として、降下火砕物は水を含んだ場合の負荷を想定する。	○
積雪(閉塞(吸気系)) ×火山の影響(閉塞(吸気系))	閉塞(吸気系)	d	I	雪と降下火砕物の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	-

1. 外部事象の影響評価及び対策 (13 / 19)



(5) 想定される外部事象からの衝撃に対する基本方針

安全施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)及び想定される外部人為事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1, クラス2及びクラス3に属する構築物, 系統及び機器とする。

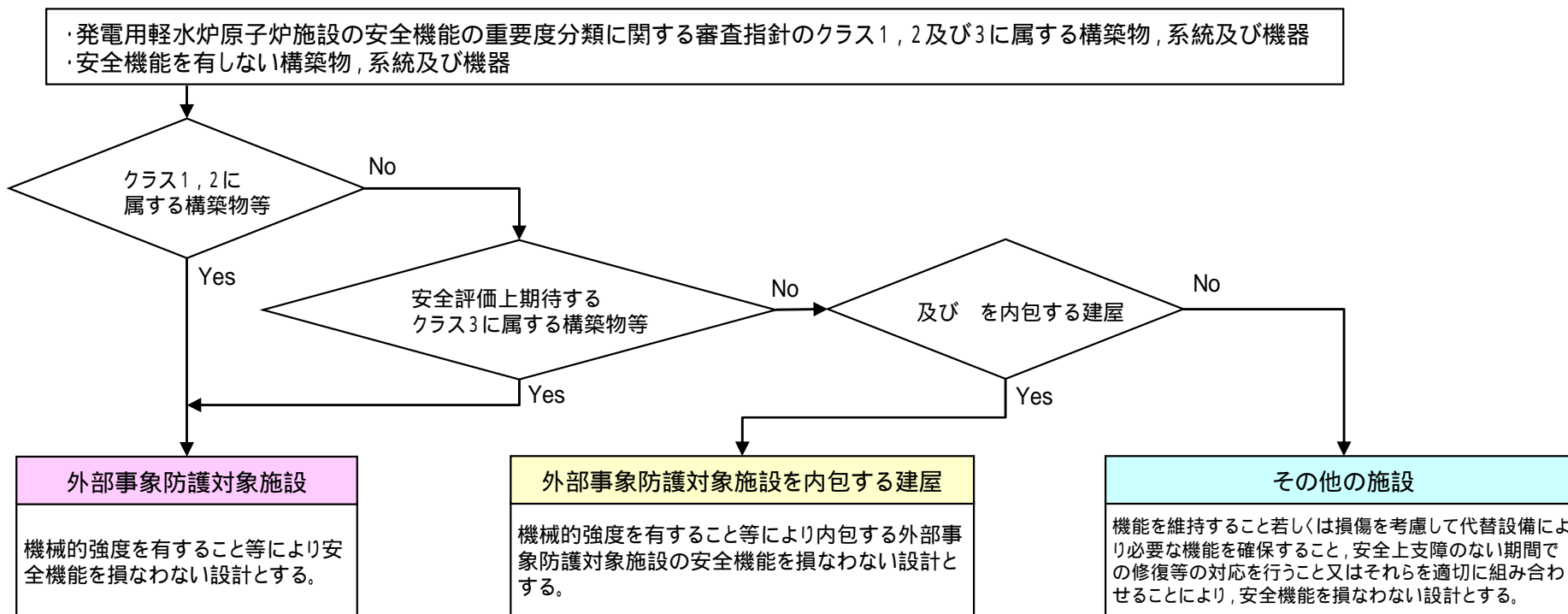
「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている重要度分類

上記構築物, 系統及び機器のうち, 以下の機能を有する安全重要度分類のクラス1, クラス2及び安全評価上その機能に期待する安全重要度分類のクラス3に属する構築物, 系統及び機器を「外部事象防護対象施設」として選定し, 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。

- 発電用原子炉を停止するため, また, 停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物等
- 使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物等

外部事象防護対象施設を内包する建屋は, 機械的強度を有すること等により内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

上記に含まれない構築物, 系統及び機器は, 安全上支障のない期間での修復等により, その安全機能を損なわない設計とする。



1. 外部事象の影響評価及び対策 (14 / 19)



自然現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	備考
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。	補足説明資料
	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。	補足説明資料
	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、 <u>飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。</u>	2.にて詳細説明
	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。	補足説明資料
	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びき」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。	補足説明資料
	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。	補足説明資料

1. 外部事象の影響評価及び対策 (15 / 19)



自然現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	備考
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。	補足説明資料
	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>	3.にて詳細説明
	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。	補足説明資料
	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>	4.にて詳細説明
	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。	補足説明資料
	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>	補足説明資料

1. 外部事象の影響評価及び対策 (16 / 19)



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	備考
外部人為事象	飛来物 (航空機落下)	<p>・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></p> <p>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></p>	7.にて 詳細説明
	爆 発	<p>・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。</p> <p>・<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></p>	5.にて 詳細説明
	近隣工場等 の火災	<p>・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。</p> <p>・<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></p> <p>・<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することを想定しても, 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></p>	6.及び 8.にて 詳細説明
	ダム の崩壊	<p>・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。</p>	補足説明 資料

1. 外部事象の影響評価及び対策 (17 / 19)



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	備考
外部人為事象	有毒ガス	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	補足説明資料
	船舶の衝突	<ul style="list-style-type: none"> ・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こと、取水性を損なうことはない。 	補足説明資料
	電磁的障害	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	補足説明資料

(6) ソフト面による対応 (1 / 2)

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に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

- ・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。

：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。

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。**

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。

(6) ソフト面による対応 (2 / 2)

ソフト面の対応を行う外部事象 (つづき)

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
- 燃料の取扱い設備 : 作業の中止及び退避
- 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

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。

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、**システムを遮断し、その侵入を防ぐ運用**とする。

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、柔軟な対応が可能なように、**自衛消防隊により対応**する。

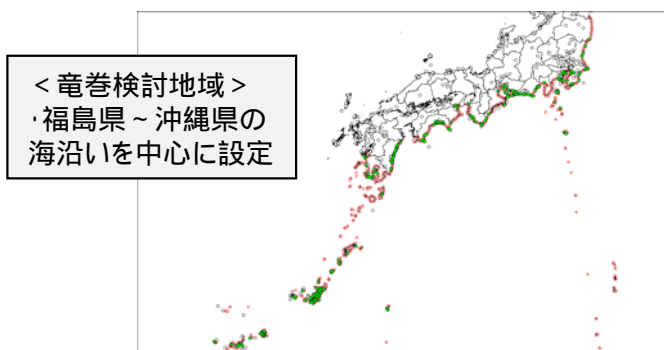
2. 竜巻の影響評価及び対策(1 / 10)

(1) 設計竜巻の設定及び設計飛来物等の設定

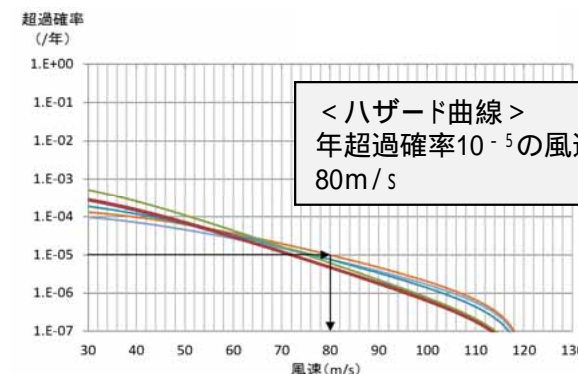
【 基準竜巻の設定】

V_{B1} : 過去に発生した竜巻による最大風速: 92m/s ... 竜巻検討地域(左下)内の既往最大竜巻(F3)の風速の上限値

V_{B2} : 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速: 80m/s ... 竜巻検討地域内の竜巻データを用いて設定



フジタスケール	風速(m/s)
F 0	17 ~ 32
F 1	33 ~ 49
F 2	50 ~ 69
F 3	70 ~ 92
F 4	93 ~ 116
F 5	117 ~ 142



【 設計竜巻の設定(最大風速及び特性値)】

V_D : (地形特性等を考慮した)設計竜巻の最大風速
... 竜巻の観測データに関する不確実性を考慮し
保守的に、100m/s へ切上げて設定

< V_D を基に設定する竜巻の特性値 >

V_T : 移動速度 (= $0.15V_D$)

V_{Rm} : 最大接線風速 (= $V_D - V_T$)

R_m : 最大接線風速半径

P_{max} : 最大気圧低下量

$(dp/dt)_{max}$: 最大気圧低下率

【 設計飛来物の設定】

現地調査等で抽出した物品(飛来物源)

飛散解析(飛散速度, 飛散距離, 浮上高さ)

設計飛来物(鋼製材)の決定
... 上記の物品の解析結果を踏まえて設定

飛来物発生防止対策の要否確認
... 貫通力又は運動エネルギーの何れかが設計飛来物に
よるものより大きい場合は, 固縛, 撤去等の措置が必要

(2)設計竜巻による荷重に対する評価

設計竜巻による荷重

設計竜巻の最大風速(V_D): 100m/s

風圧力による荷重

気圧差による荷重

設計飛来物等による衝撃荷重

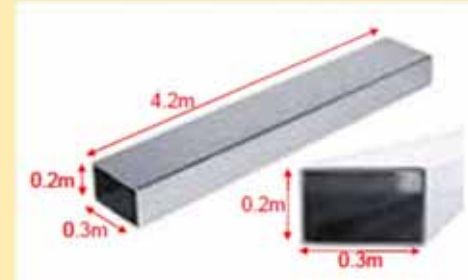
設計飛来物(鋼製材:角型鋼管)

寸法:0.3×0.2×4.2m

質量:135kg

飛来速度:51m/s(水平)

34m/s(鉛直)



隣接事業者からの飛来物(車両の飛来を考慮)

(3)設計竜巻荷重に対する主な竜巻防護対策

竜巻防護対策

飛来物発生防止対策

・資機材及び車両の固縛,固定

竜巻防護対策設備

・設計飛来物等の衝突に対する防護対象施設の防護措置

竜巻襲来予測時の運用

・燃料取扱作業の中止,クレーン等の退避

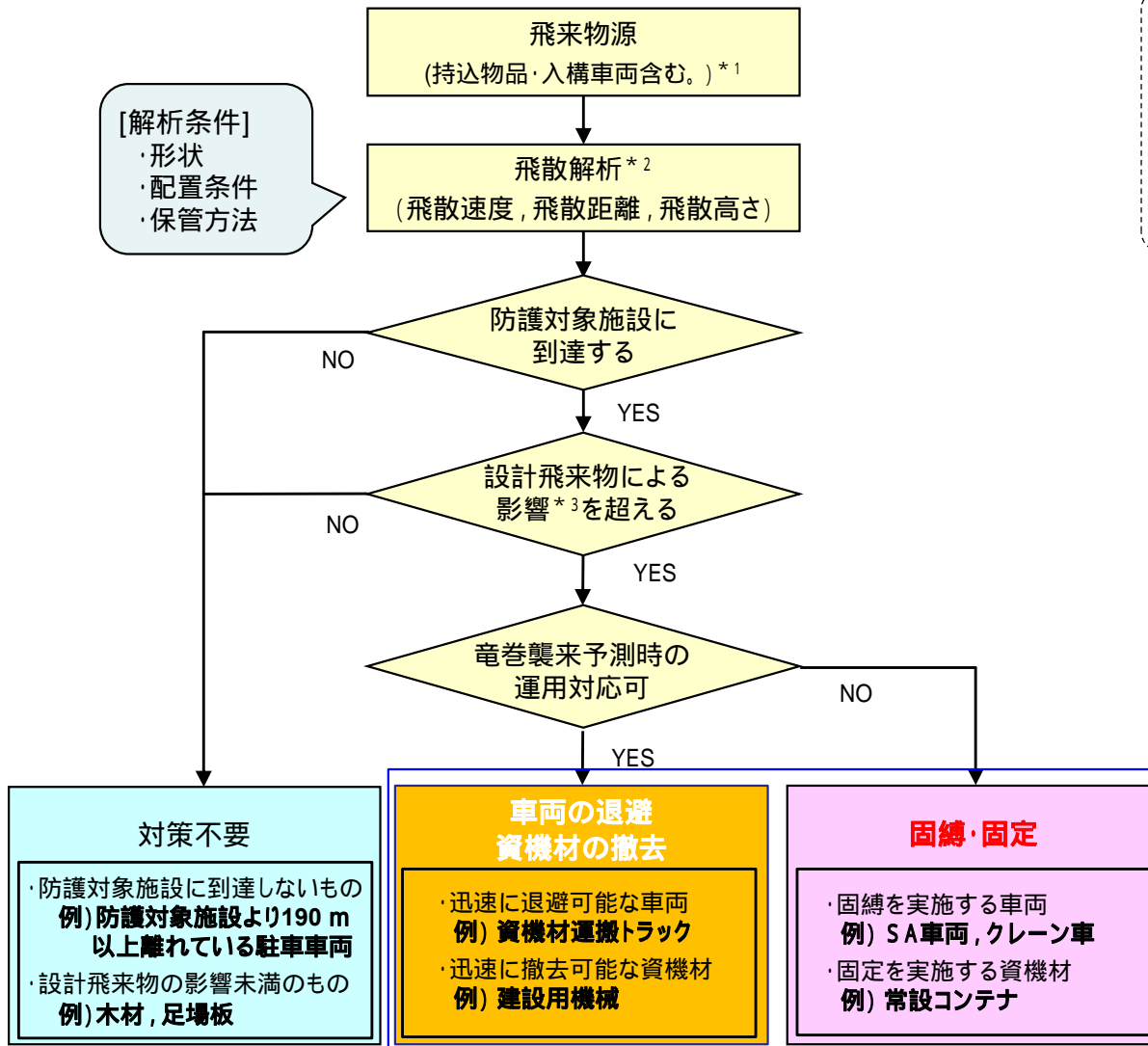
・防護対象施設の外殻となる建屋の扉の閉止確認

・構内の車両の退避,防護対象施設からの離隔

2. 竜巻の影響評価及び対策 (3 / 10)

(3)-1 飛来物発生防止対策 (基本フロー)

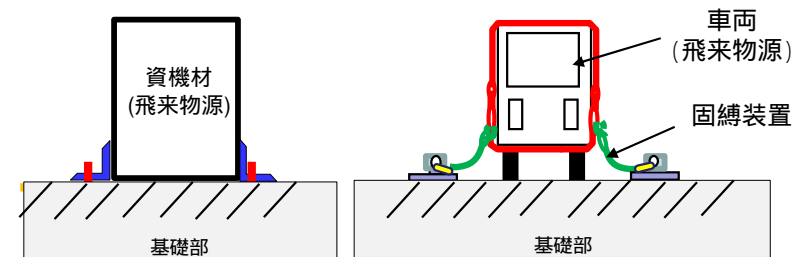
・発電所敷地内の飛来物源(資機材, 車両等)が防護対象施設に衝突し, その機能に影響を及ぼす飛来物となる可能性がある場合は, 飛来物源に対して飛来物発生防止対策を行う。



- *1 物品及び車両の形状, 重量, 保管場所, 保管状態の計画も含め, 持込・入構申請を行う。
- *2 飛散解析は, 飛来物源の形状や配置位置(高さも含む。)等の条件により, 同形状でも, 異なる結果となることから, 各飛来物源に対して実施する。
- *3 設計飛来物による運動エネルギー及び貫通力を示す。

通常時の固縛・固定

竜巻襲来時に退避・撤去が出来ない資機材(コンテナ等)及び車両については, 通常時は飛来物発生防止対策として常時固縛・固定を施す。



竜巻襲来前の対応

使用に際し固縛・固定を解除中の資機材及び車両については, 使用場所や移動可否及び竜巻準備体制の発令有無に応じて, 順次再固縛又は退避等の対応を施す。

*「車両の退避」及び「固縛・固定」の具体例を次頁より示す。

2. 竜巻の影響評価及び対策(4 / 10)

(3)-1 飛来物発生防止対策(車両の管理)

竜巻に対する車両の基本的な管理方針

- ・発電所構内での作業に関係のない車両は原則として入構を禁止
- ・発電所入構車両は、車両の飛散可能性、車両の場所、車両の状態及び竜巻準備体制の発令有無に応じて対策

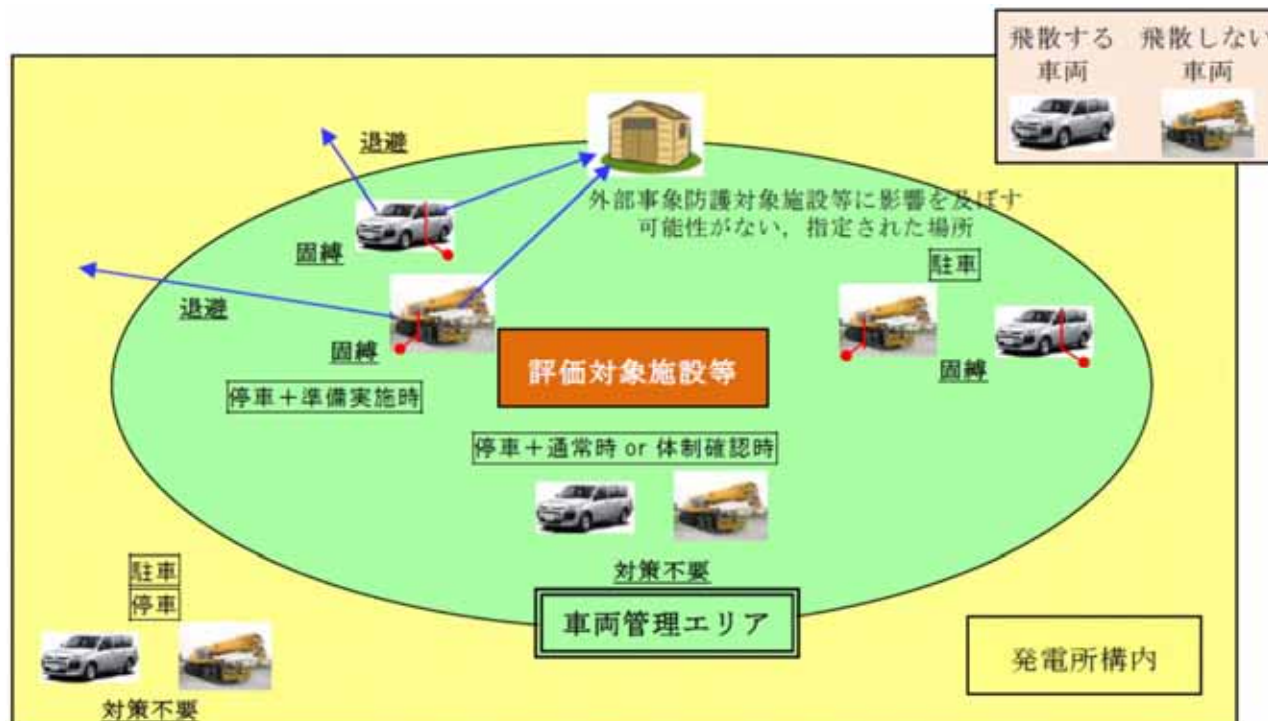
車両管理エリア*¹外 全ての車両が管理不要

車両管理エリア*¹内 ・飛散しない車両 対策不要

・飛散する車両 ・駐車*²状態の車両 固縛

・停車*²状態の車両 ・通常時、準備体制確認時*³ 対策不要

・準備作業開始時*³ 固縛又は退避



*¹ 「車両管理エリア」は、車両が飛散することによって評価対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備に衝突する可能性があるエリア

*² 「停車」とは運転手が乗車しているか、即座に駆け付けられる状態。「駐車」はそれ以外の状態

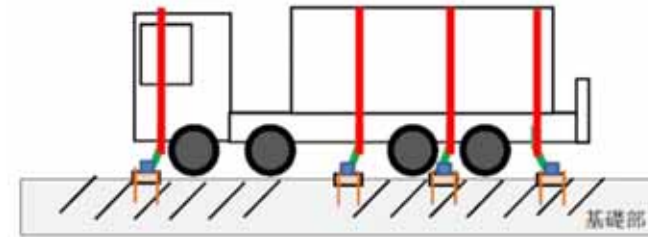
*³ 「準備体制確認」はレベル1の竜巻準備体制発令時。「準備作業開始」はレベル2の竜巻準備体制発令時

発電所への入構車両の管理イメージ

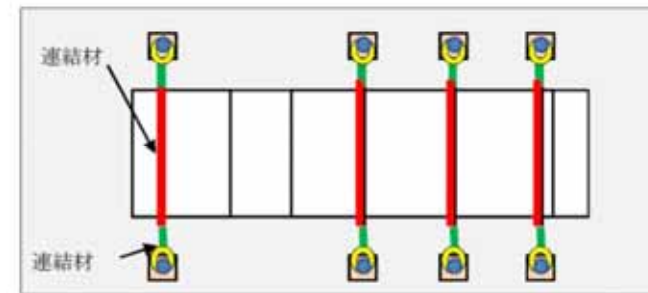
2. 竜巻の影響評価及び対策 (5 / 10)

(3)-1 飛来物発生防止対策(車両の固縛) 車両の固縛方針

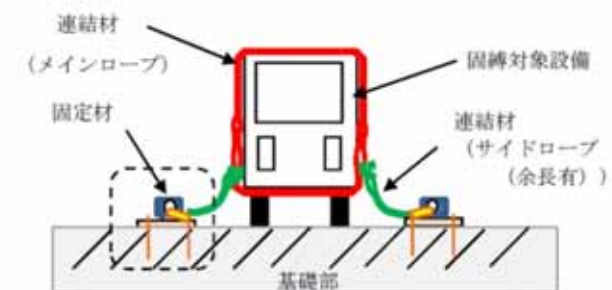
手法	飛来物発生防止対策(固定, 固縛) 概要図	
固定		飛来物源に固定金具を取り付けて固定
緊張固縛		飛来物源に車輪部を連結材と固定金具を用いて固定
		飛来物源を連結材(ロープ)を用いて固定
余長付き固縛	(通常時)	飛来物源を連結材(ロープ)を用いて固縛【動き代がある】
	(地震時)	
	(竜巻時(展張))	



(側面図)



(上面図)



車両の余長付き固縛実施例

〔 余長付き固縛は、緊張固縛に比べて地震時の車両の加振条件を緩和できる利点を有する。 〕

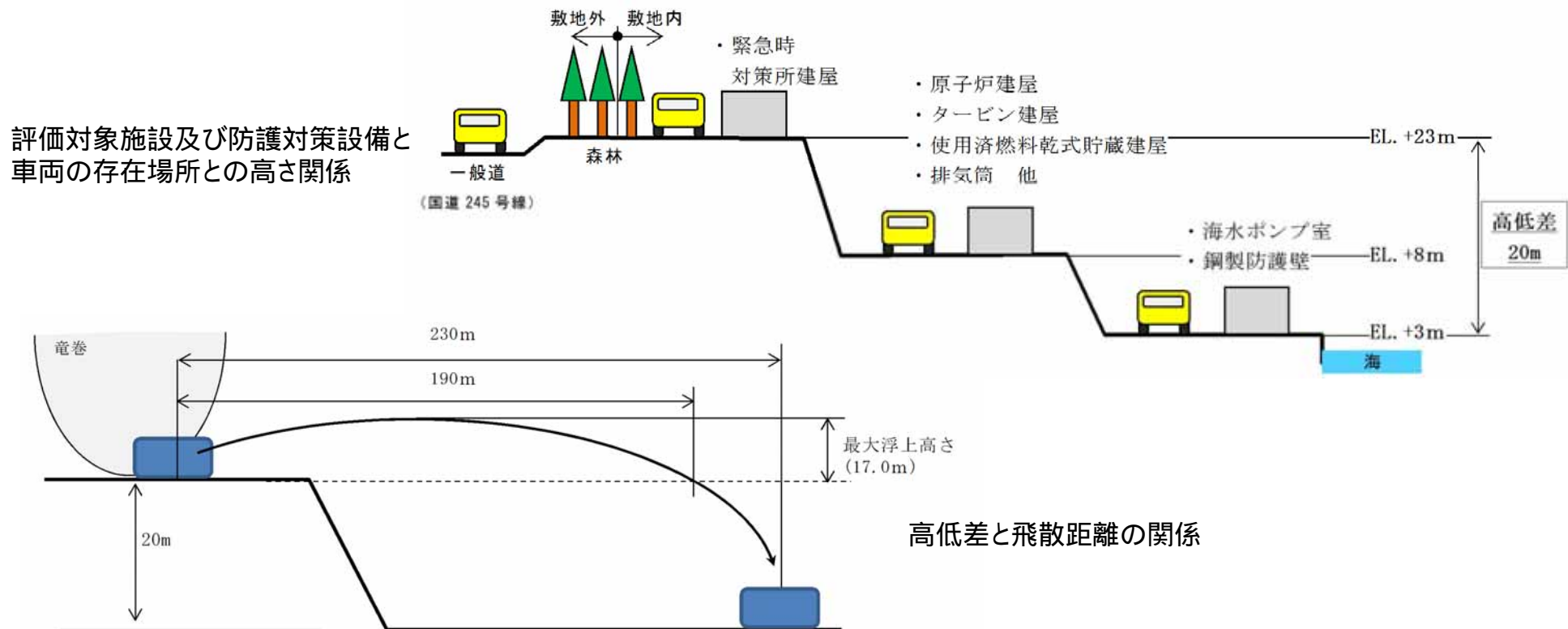
2. 竜巻の影響評価及び対策(6 / 10)

(3)-1 飛来物発生防止対策(車両の退避)(1 / 3)

車両の場所を踏まえた必要離隔距離の設定

・評価対象施設及び防護対策設備と車両の位置の高さの関係によって車両の到達距離は異なることから、個別設定の煩雑さを避けるため、下図に示す高さの関係を踏まえ以下のように設定する。

- 緊急時対策所建屋は、車両の存在が想定される周辺の地面に比べ高い位置に設置されるため、保守性も考慮し、同じ高さからの車両の最大飛散距離を丸めた値(190m)を必要離隔距離とする。
- その他の評価対象施設及び防護対策設備については、各施設と車両の存在が想定される周辺の地面との高低差は一樣ではないことから、下図に示す位置関係を包絡する、高さ20mからの車両の最大飛散距離を丸めた値(230m)を必要離隔距離とする。



2. 竜巻の影響評価及び対策(7 / 10)



(3)-1 飛来物発生防止対策(車両の退避)(2 / 3)

車両管理エリアと車両退避先

- ・車両退避先はエリアを基本とし、十分な車両を収容可能なエリア(面積:約30,000m²(大型車両で300台以上分))を車両管理エリアからの退避想定:約80台
- ・車両退避完了後に運転者が避難可能な場所を近傍に確保
- ・退避余裕時間は確保可能
 - 竜巻襲来時間余裕:約30分(竜巻,雷ナウキャスト予測値で判断)
 - への最長退避ルート所要時間:約17分
- ・連絡体制について
 - 構内放送(ページング)で周知
 - 発電所連絡体制により,PHS等も活用
 - 固縛,退避の完了確認も実施

車両管理エリア及び車両退避エリア

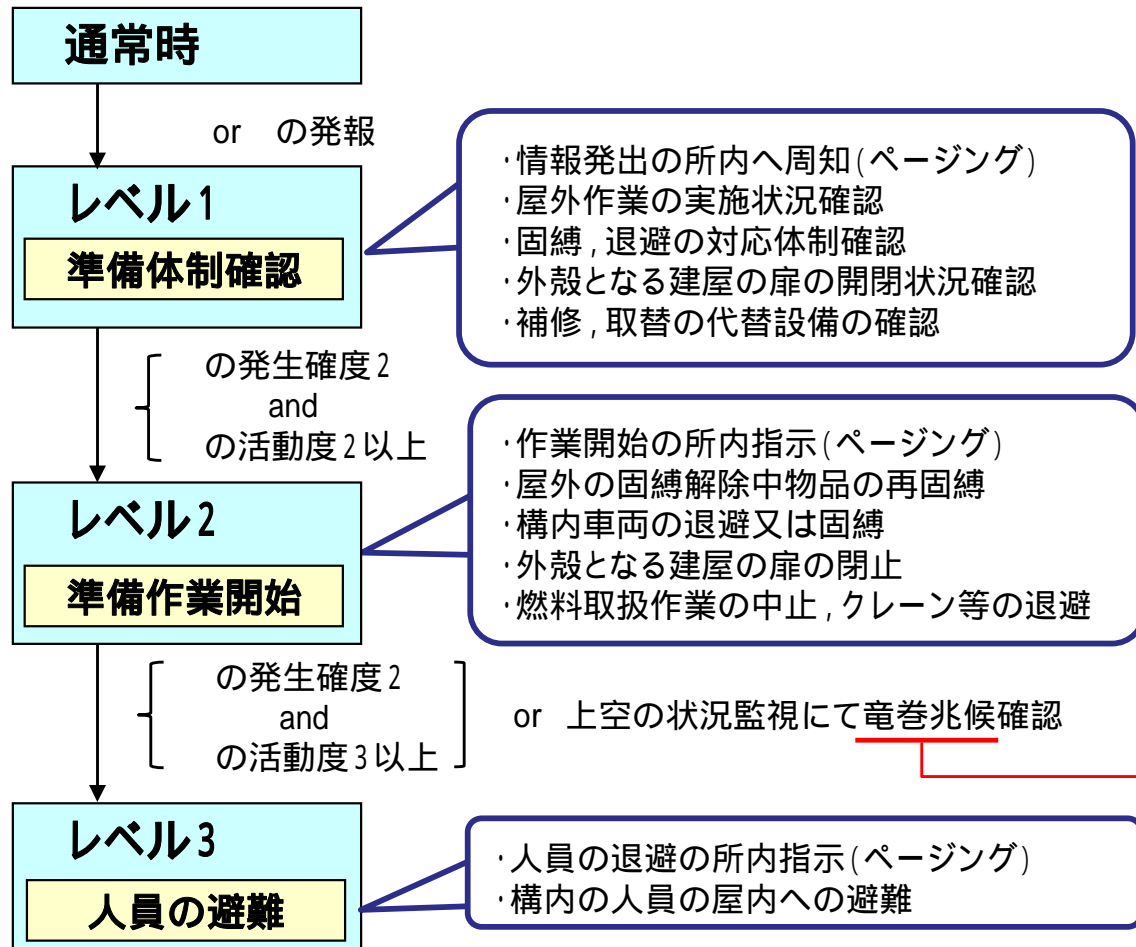
2. 竜巻の影響評価及び対策(8 / 10)

(3)-1 飛来物発生防止対策(車両の退避)(3 / 3)

対応開始のための竜巻襲来予測

竜巻の兆候の早期検知手法として気象庁から発表される以下の情報を用いて、竜巻襲来予測判断の基準を設定し、判断基準レベルに応じて、運用対策を実施する。

- 「竜巻注意情報()」, 「雷注意報(竜巻又は突風)()」,
- 「レーダーナウキャストによる予測(竜巻発生確度ナウキャスト(), 雷ナウキャスト())」



竜巻発生確度ナウキャスト

発生確度2	竜巻などの激しい突風が発生する可能性があり注意が必要である。予測の達中率は7~14%程度。捕捉率は50~70%程度である。発生確度2となっている地域に竜巻注意情報が発表される。
発生確度1	竜巻などの激しい突風が発生する可能性がある。発生確度1以上の地域では、予測の達中率は1~7%程度であり発生確度2に比べて低くなるが、捕捉率は80%程度であり見逃しが少ない。

※ 発生確度2の予測の達中率 : 発生確度2となった場合を「竜巻あり」の予測としたとき、予測回数に対して実際に竜巻が発生する割合

※※ 発生確度1以上の予測の達中率 : 発生確度1以上となった場合を「竜巻あり」の予測としたとき、予測回数に対して実際に竜巻が発生する割合

(補足) 上表中の「達中率」及び「捕捉率」は、過去30ヶ月の観測資料による検証値です。

雷ナウキャスト

活動度	雷の状況	
4	激しい雷	落雷が多数発生している。
3	やや激しい雷	落雷がある。
2	雷あり	電光が見えたり雷鳴が聞こえる。落雷の可能性が高まっている。
1	雷可能性あり	現在は雷は発生していないが、今後落雷の可能性はある。

「発達した積乱雲の近づく兆し」とは…

以下のような状況になると、竜巻の発生するような発達した積乱雲が、あなたの周辺まで近づいている可能性があります。

- ◆ 真っ黒い雲が近づき、周囲が急に暗くなる。
- ◆ 雷鳴が聞こえたり、雷光が見えたりする。
- ◆ ヒヤッとした冷たい風が吹き出す。
- ◆ 大粒の雨や「ひょう」が降り出す。

2. 竜巻の影響評価及び対策(9 / 10)

(3)-1 飛来物発生防止対策(隣接事業所の飛来物源への対応)

隣接事業所に配置される飛来物源は、発電所構内とは異なり、管理のできないものであることから、発電所敷地内の防護対象施設に対し、隣接事業所からの飛来物*が到達する範囲を確認した。当該到達範囲に対して、飛来物源の配置防止措置(フェンス等の設置)による飛来物発生防止対策を行う。

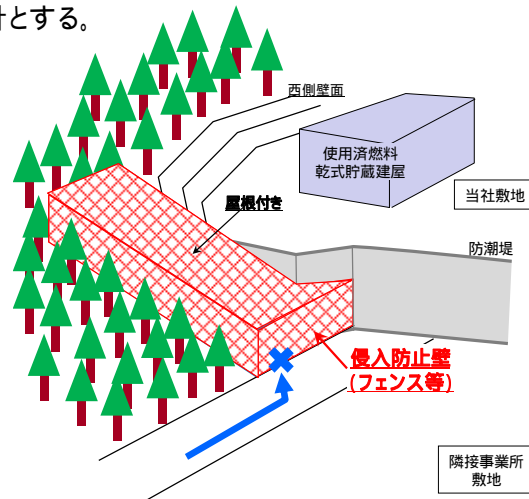
* 隣接事業所の現場調査(現状の飛来物源調査, 車両の通行状況, 飛来物源の配置可否, 標高)と防護対象施設との関係を考慮して, 想定できる最厳ケースでの車両と車両以外として設定した飛来物源

隣接事業所からの飛来物の考慮

飛来物源の配置防止措置

敷地南側の隣接事業所内植生管理エリアについては、**物品の配置を防止するための措置**(フェンス等の設置)を実施し、使用済燃料乾式貯蔵建屋西側壁面への飛来物の到達を防止する。

その他の隣接事業所敷地からの飛来物に対しては、到達の有無を考慮した上で、衝突する施設の機能が維持される設計とする。



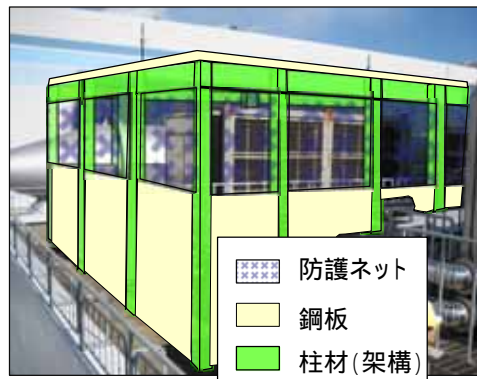
隣接事業所からの飛来物の到達範囲図

2. 竜巻の影響評価及び対策(10 / 10)

(3)-2 竜巻防護対策設備

防護対象施設や外殻となる建屋等に対して設計飛来物(鋼製材:角型鋼管)等が衝突しても,防護対象施設の機能を損なうことのないよう**防護対策設備(防護ネットや防護鋼板等)**を設置する。

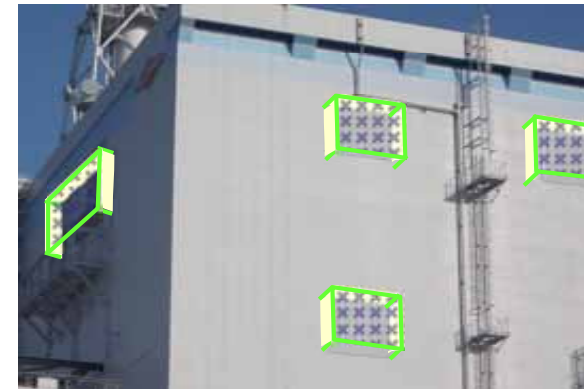
主な竜巻飛来物防護対策イメージ



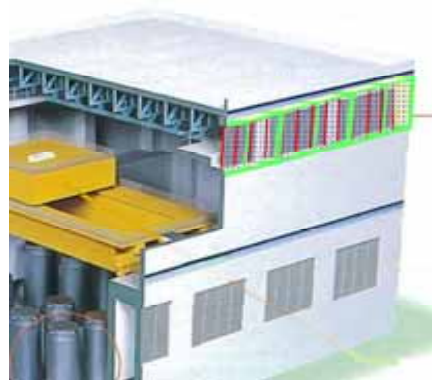
中央制御室換気系冷凍機



海水ポンプ室



原子炉建屋外側ブローアウトパネル



使用済燃料乾式貯蔵建屋 排気口

■ :車両防止柵
(東側壁面)
東側壁面の換気口は,
隣接事業所からの飛
来物(車両)を考慮して
防護措置を行う

<その他の防護対策>

・ALC パネル部の竜巻防護対策
(RC壁,鋼板壁への置換)等

:Autoclaved Lightweight aerated Concrete”
(高温高圧蒸気養生された軽量気泡コンクリート)

3. 火山の影響評価及び対策(1 / 8)

(1)原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象(1 / 2)

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

- 敷地を中心とする半径160kmの範囲に位置する第四紀火山¹ (32火山)から、**原子力発電所に影響を及ぼし得る13火山を抽出(右図及び下表)**

1: 第四紀(約258万年前から現在までの期間)に活動した火山

設計対応不可能な火山事象の影響

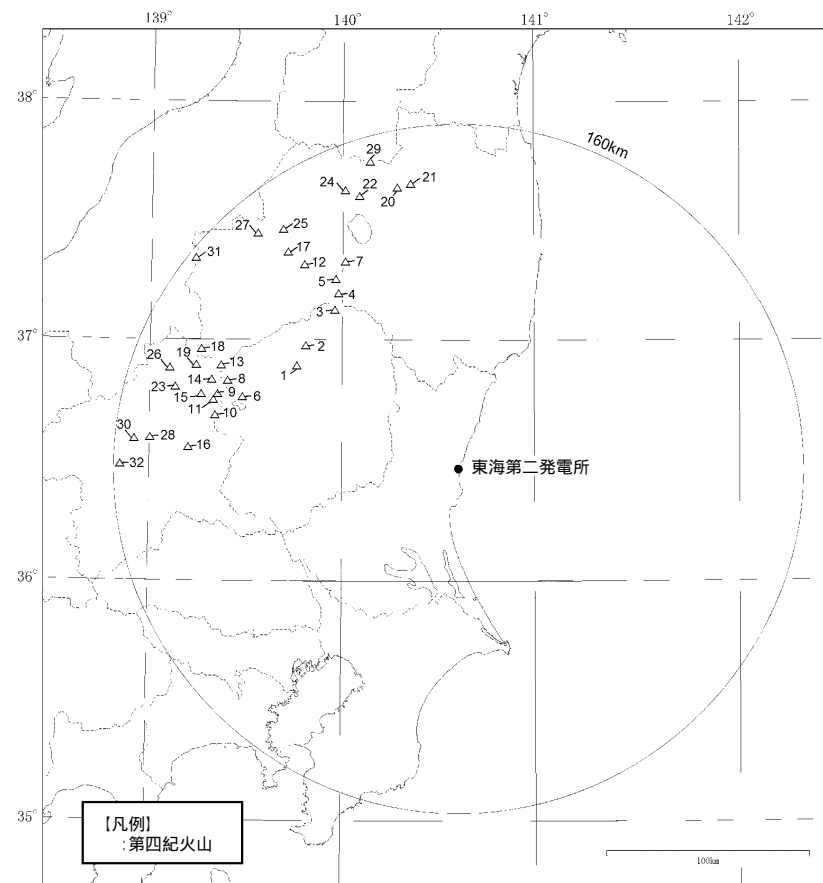
- 原子力発電所に影響を及ぼし得る13火山について、各火山の過去発生した**設計対応不可能な火山事象²の到達範囲は、敷地から十分に離れていることから原子力発電所に影響を及ぼす事はないと判断**

2: 火砕物密度流, 溶岩流, 岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊, 新しい火口の開口及び地殻変動

地理的領域内の火山による火山事象の影響

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る13火山について、敷地周辺の地形の分布等から、**降下火砕物以外の火山事象³が原子力発電所に影響を及ぼすことはないと判断**

3: 火山性土石流, 噴石, 火山ガス, その他の火山事象



No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)	No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)	No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)	No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)	
1	たかはらやま 高原山	88	7	あいづぬのびきやま 会津布引山	109	13	きぬま 鬼怒沼	120	19	だいら アヤメ平	131	
2	しおばら 塩原カルデラ	90	8	ねなくさやま 根草山	116	14	しろうだけ 四郎岳	122	20	あだたらやま 安達太良山	133	
3	なすだけ 那須岳	93	9	にっこうしらねさん 日光白根山	116	15	ぬまのかみやま 沼上山	124	21	ささもりやま 笹森山	133	
4	とう 塔のへつりカルデラ群	99	10	すかいさん 皇海山	116	16	あかささん 赤城山	127	22	ばんだいさん 磐梯山	135	
5	ふたまたやま 二岐山	104	11	すずがたけ 錫ヶ岳	117	17	はかせやま 博士山	127	23	じょうしゅうほたかやま 上州武尊山	137	
6	なんたい・にょほう 男体・女峰火山群	105	12	ひわだ 桧和田カルデラ	118	18	ひうちがたけ 燧ヶ岳	130	24	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	137	
									25	すなごほら 砂子原カルデラ	137	
										26	ならまた 奈良俣カルデラ	142
										27	ぬまざわ 沼沢	143
										28	こもちやま 子持山	145
										29	あづまやま 吾妻山	147
										30	おのこやま 小野子山	150
										31	あさくさだけ 浅草岳	156
										32	はるなさん 榛名山	157

3. 火山の影響評価及び対策(2 / 8)

(1)原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象(2 / 2)

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出

- 原子力発電所に**影響を及ぼし得る火山事象として、降下火砕物を抽出**
- 設計上考慮する降下火砕物として、層厚(50cm)、粒径(8mm)、密度(乾燥状態:0.3g/cm³、湿潤状態:1.5g/cm³)を設定(層厚は、文献調査・地質調査の結果からは40cm程度と評価されるが、降下火砕物シミュレーションによる保守性を考慮したパラメータスタディ(不確かさとして噴煙柱高度±5km、風速のバラつき±1、敷地方向への仮想風を考慮)から得られた最大層厚49cmも踏まえ、これらを総合的に判断し、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定)

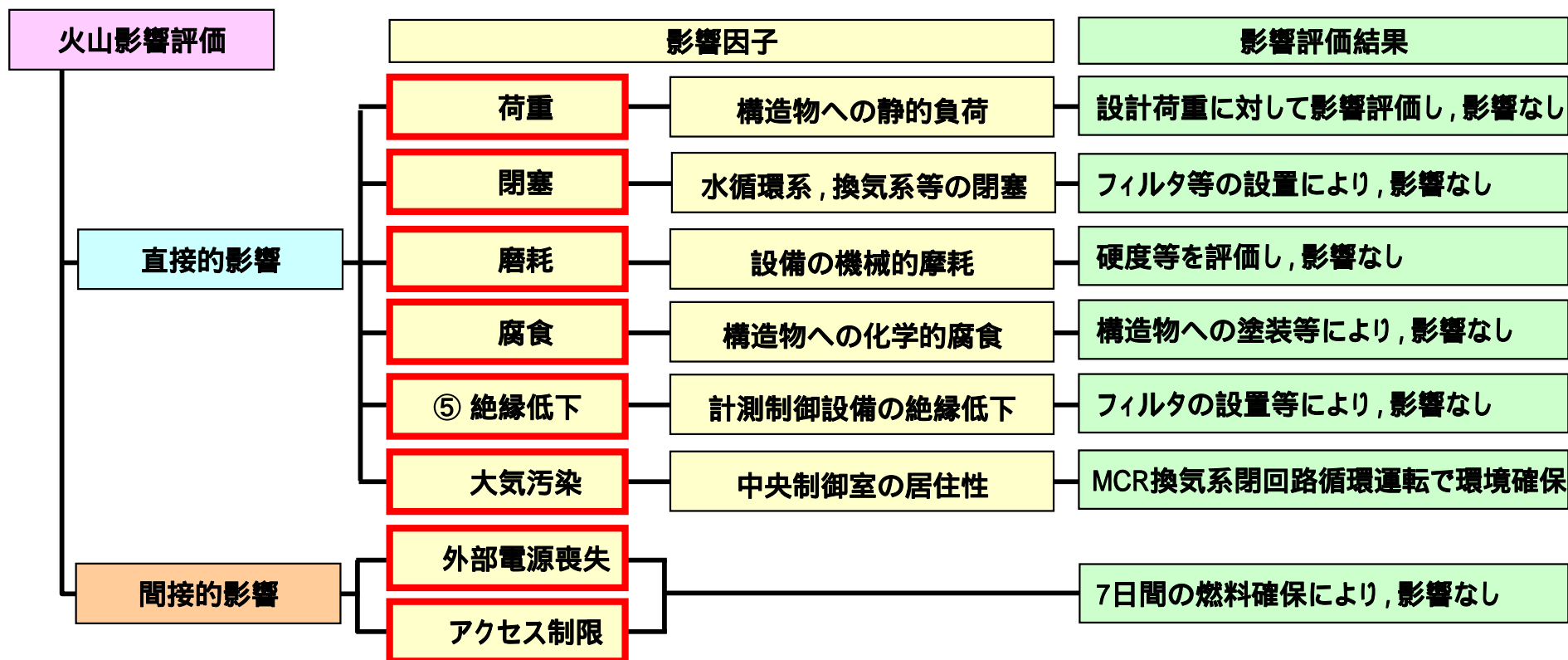
3. 火山の影響評価及び対策(3 / 8)

(2) 施設への影響評価

➤ 建屋, 設備に対して影響因子ごとに評価を行い, 各施設の機能維持に影響がないことを確認

* これらの健全性を確認した各施設は固定された常設型のものであり, また屋内に内包する各設備は降下火砕物の堆積から保護され, その機能に期待できるため, 降灰中に屋外配置の可搬設備(電源車やポンプ車)を移動させる事態には至らない。

* 仮に50cmを超える様な降灰でも, 評価上の裕度があり, また, 機能を失うことがないよう降灰中の除灰対応まで検討していく。



3. 火山の影響評価及び対策(4 / 8)

(3) 設備対策(1 / 2)

- 中央制御室換気系冷凍機

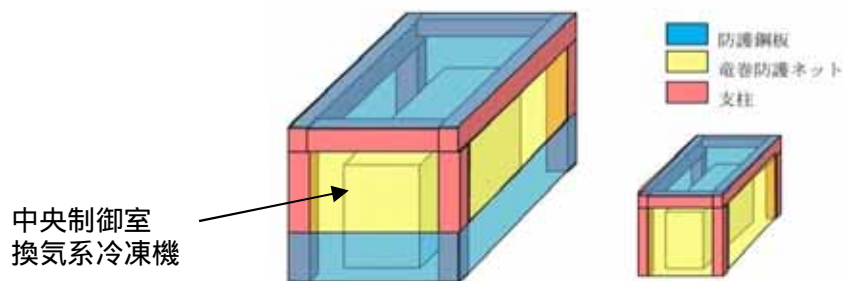
全体を防護する構造物を設置することで、降下火砕物が直接堆積しない設計とする。

- 非常用ガス処理系排気筒

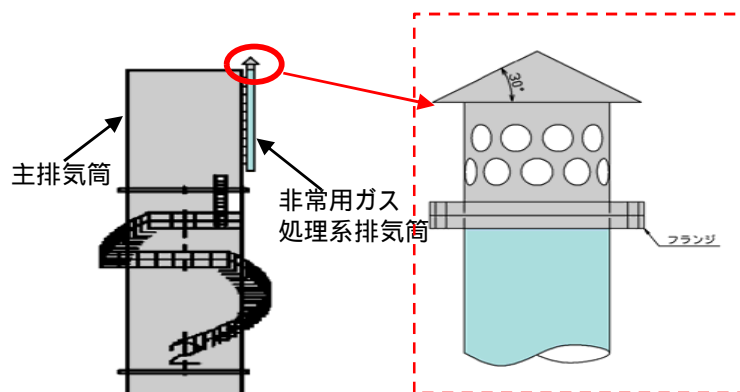
降下火砕物が堆積し難い形状の侵入防止対策を施すことで、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。

- 海水ストレーナ及び下流側機器

海水ストレーナのメッシュ径及び下流設備(DG空気冷却器, 格納容器雰囲気モニタリング系冷却器)の狭隘部を降下火砕物の最大粒径(8mm)以上に変更することで、閉塞しない設計とする。



中央制御室換気系冷凍機の防護構造物イメージ



非常用ガス処理系排気筒への侵入防止対策

海水ストレーナより下流の機器の伝熱管

機 器		伝熱管内径 (狭隘部)
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。)用冷却器	空気冷却器	取替(8mm以上)
	潤滑油冷却器	13.6mm
	清水冷却器	13.6mm
	燃料弁冷却油冷却器	13.6mm
残留熱除去系熱交換器		20.4mm
RCIC, RHR, LPCS, HPCSポンプ室空調器		13.5mm
格納容器雰囲気モニタリング系冷却器		取替(8mm以上)

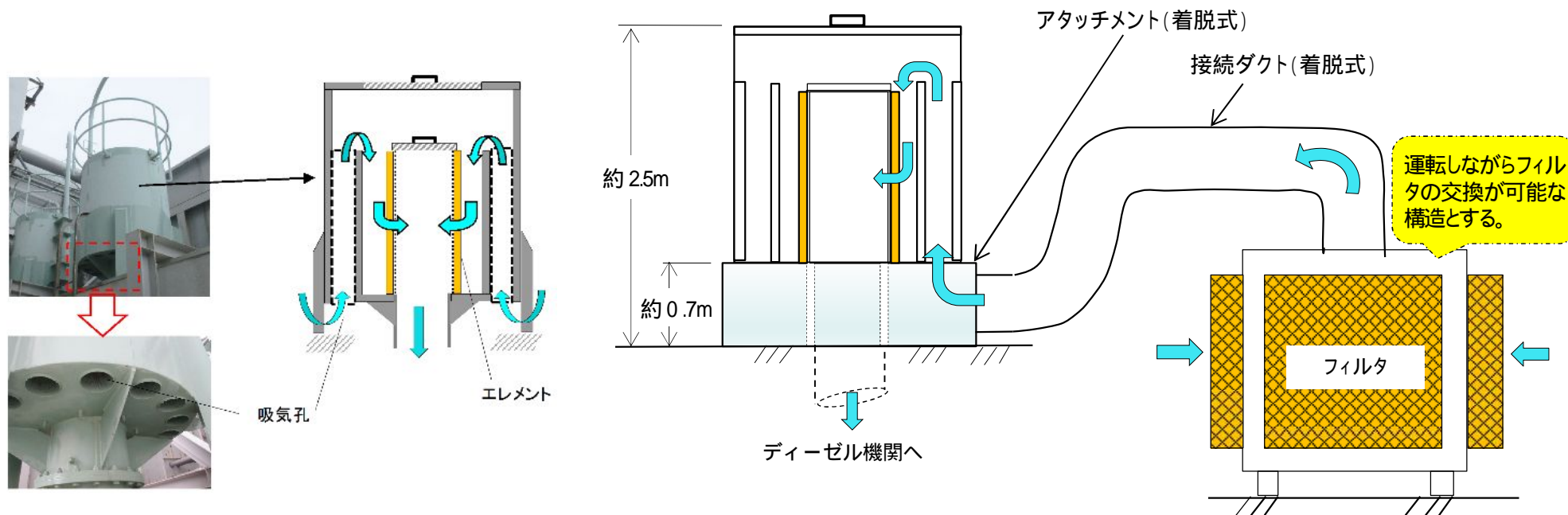
3. 火山の影響評価及び対策(5 / 8)

(3) 設備対策(2 / 2)

火山影響発生時の非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策

(実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則の一部改正(平成29年12月14日)への対応)

- 降下火砕物の気中濃度を評価し, 気中降下火砕物濃度を $3.5g / m^3$ と定めた上で, 既設のエレメントの閉塞によって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。)が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においても交換可能な着脱式フィルタを設置**



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。) 吸気フィルタ(既設) へ着脱式フィルタを取付け

非常用ディーゼル発電機吸気口(既設)

着脱式改良型フィルタ設置イメージ

3. 火山の影響評価及び対策(6 / 8)

(4) 運用による対策(1 / 3)

・堆積した降下火砕物の除去

火山事象終息後速やか(30日以内)に原子炉建屋の屋根等の除灰を実施し、荷重を低減させる。

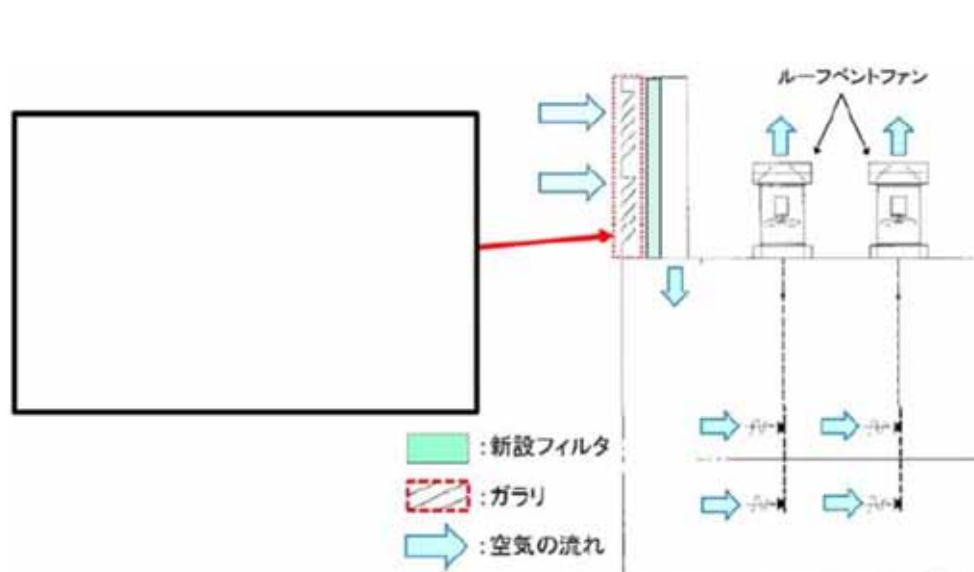
・換気空調設備(外気取入口)

吸気口のフィルタについて、必要に応じて清掃及び取り替えを実施。

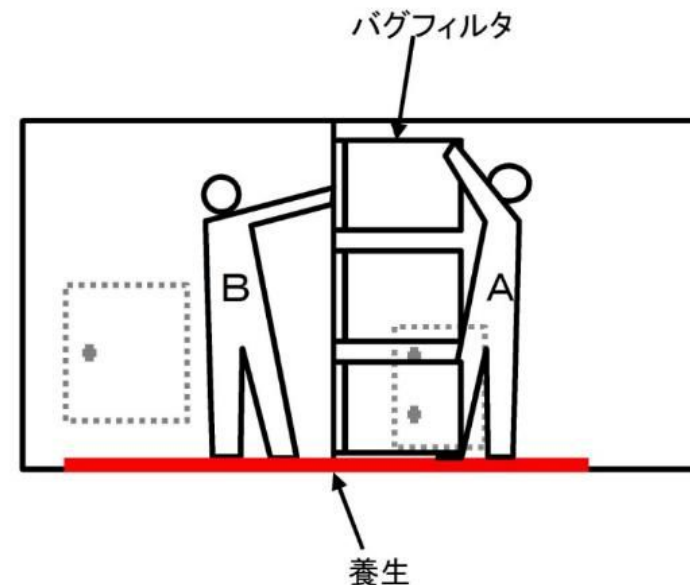
また、中央制御室換気空調系は、外気取入ダンパを閉止した閉回路循環運転も可能。

・非常用ディーゼル発電機吸気口

吸気口のフィルタについて、必要に応じて清掃及び取り替えを実施。(前頁参照)



(例) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系



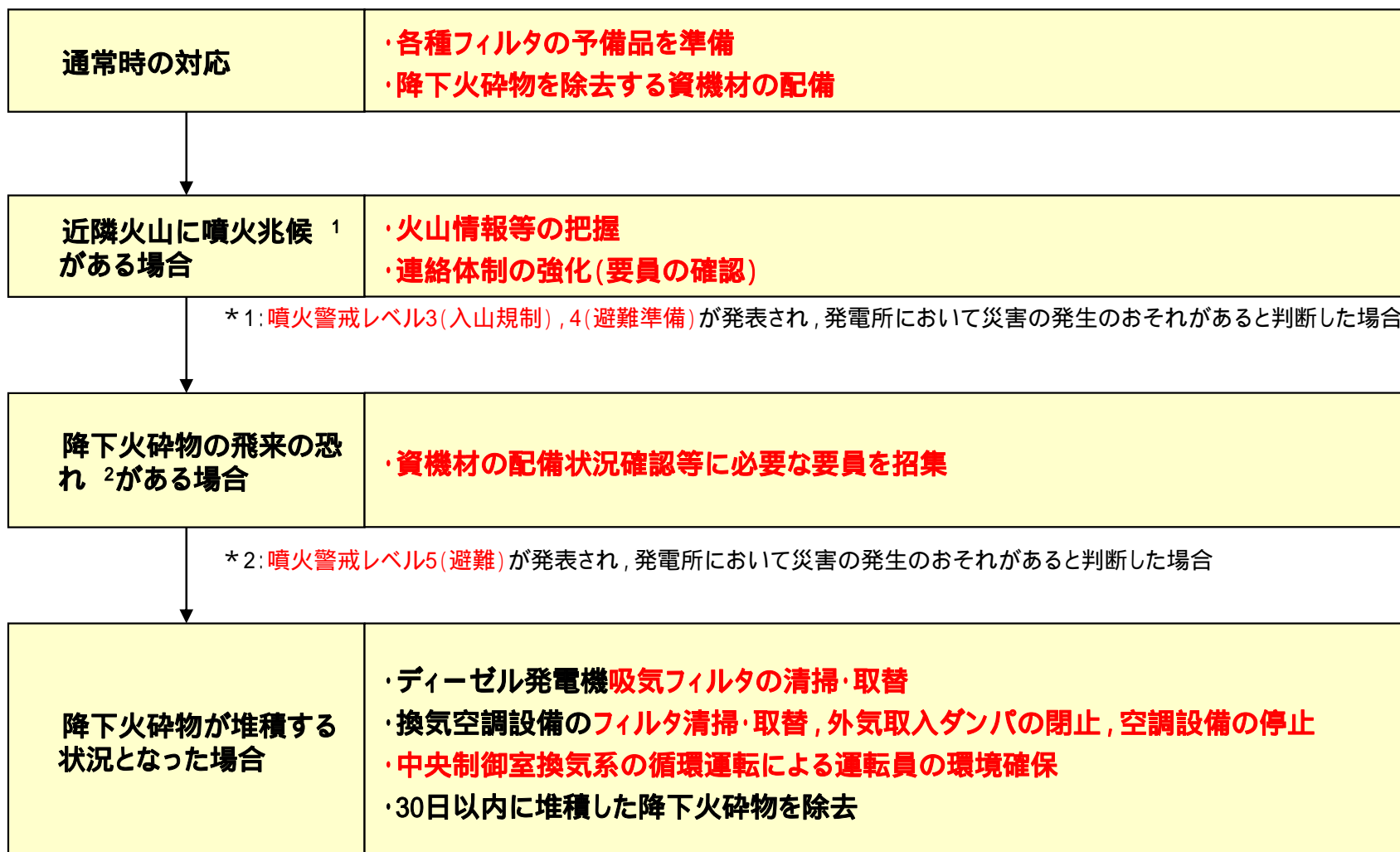
バグフィルタ取替作業イメージ

3. 火山の影響評価及び対策(7 / 8)

(4) 運用による対策(2 / 3)

運用対策の実施フロー

- 降下火砕物への運用による対策はフローの通り段階的に実施
- 想定する火山において、噴火前に火山性微動の活動等の火山情報により事前の対策準備が可能



3. 火山の影響評価及び対策(8 / 8)

(4) 運用による対策(3 / 3)

作業時の装備

➤ 降下火砕物環境下(D/Gフィルタ交換作業等)における装備

- ・火砕物の降下する中での作業時は、**作業着を着用の上、ヘルメット、ゴーグル、マスク及び手袋を着用**する。また、作業性向上の観点で、昼夜を問わず**ヘッドライトを着用**する。さらに、降灰の状況により必要に応じて**雨合羽を着用**する。これらの設備は特別なものではなく、適宜交換が可能である。



➤ 除灰に関する装備

高濃度の降下火砕物環境下における作業時の装備(イメージ)

- ・建屋屋上の除灰時は**スコップ、土のう袋、集じんマスク、ゴーグル、ほうき等軽量の資機材を使用**し、重機等の大きな荷重を伴う資機材は使用しない。
- ・重機(ホイールローダー等)については、非常用D/Gをはじめとする「止める、冷やす、閉じ込める」ための常設設備の機能維持を図ることから、**火砕物の降下中においては、重機が必須となるような大規模な除灰作業を行う必要が生じる可能性は小さい**と考えているが、運用の必要性については今後詳細に検討する。
なお、火山事象終息後の除灰作業においては、必要に応じて使用することは可能。

4. 森林火災の影響評価及び対策(1 / 3)

(1) 森林火災の評価モデル(1 / 2)

発火点の設定

評価ガイドにある森林火災の想定に基づき、以下の発火点の設定方針を踏まえ、7発火点を設定

- 卓越風向(北, 西北西)及び最大風速記録時の風向(南西, 北東)が発電所の風上になる地点
- たき火等の人為的な火災発生原因が想定される地点

表 設定した発火点

発火点	場所	想定風向	人為的な火災発生原因
発火点1	国道245号沿いの霊園	西北西	霊園における線香等の裸火の使用と残り火の不始末を想定
発火点2	海岸沿い	北	バーベキュー及び花火の不始末等を想定
発火点3	県道284号沿い水田	西北西	火入れ・たき火等を想定
発火点4	海岸沿い	北	釣り人によるたばこの投げ捨て等を想定
発火点5	危険物貯蔵施設	南西	屋外貯蔵タンクからの火災が森林に延焼することを想定
発火点6	国道245号沿い	南西	交通量が多い交差点での交通事故による車両火災を想定
発火点7	海岸沿い	北東	釣り人によるたばこの投げ捨て等を想定

図 発火点と発電所の位置関係

4. 森林火災の影響評価及び対策(2 / 3)

(1) 森林火災の評価モデル(2 / 2)

森林火災シミュレーションコード(FARSITE)へ入力した植生データ

- 森林簿(東西南北12km)の情報を用いて,土地利用データにおける森林領域を,樹種・林齢にて細分化し10mメッシュで入力
- 発電所敷地周辺は,植生調査を実施し,入力データに反映

図 FARSITEへ入力した植生データ

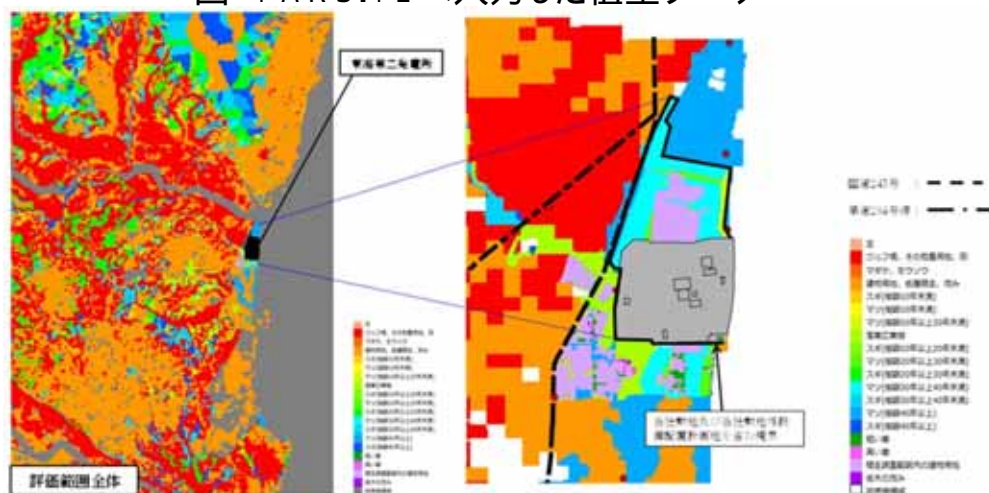


表 火災の防火帯突破率1%となる最小防火帯幅

風上に燃土が広がる場合の火線強度と最小防火帯幅の関係(火災の防火帯突破率1%)

火線強度 (kW/m)	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	16	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7	34.4	39.1

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」附属書A A-6

(2) 森林火災からの防護対策(1 / 2)

防火帯の確保

- 発電所内への森林火災の「延焼」を防ぐため防火帯(可燃物が無い帯状の地域)を設置
- 森林火災シミュレーションコードFARSITEから算出した最大火線強度6,278kW / mに基づく必要幅(21.4m)に保守性を持たせた,幅が約23mの防火帯を設定
- 防火帯はすべて当社敷地内に設置し,駐車車両等の可燃物及び消火活動に支障となるものは原則として配置しない。



図 防火帯の設定

4. 森林火災の影響評価及び対策(3 / 3)

(2) 森林火災からの防護対策(2 / 2)

火災の到達時間に消火対応が可能であることの確認

- FARSITE解析結果より, 発火点1の火災が**防火帯外縁に到達する最短時間は0.2時間(約12分)**
- 火災到達時間が最短となる発火点1から出火した森林火災が, 最短で発電所に到達する散水地点Aにおいて散水活動を行う。
- **熱感知カメラ及び防火帯近傍へ屋外消火栓を設置することで, 出動準備から散水開始までの所要時間は11分で可能であることを確認**

表 各発火点における火災到達時間

発火点位置	発火点1	発火点2	発火点3	発火点4	発火点5	発火点6	発火点7
火災到達時間(hr)	0.2	4.0	0.7	6.0	2.9	1.1	0.7

温度評価結果が許容温度を下回ることを確認

- 森林火災の「輻射熱」による発電所の施設の温度を評価
- **発電所の施設の温度評価結果が許容温度を下回ることを確認**
- 防潮堤の止水ジョイント部及び放水路ゲートは**内部への熱影響を防ぐため内側に断熱材を設置**

危険距離を上回る離隔距離の確保

- 発電所の施設は, 危険距離(発電所内の施設を森林火災の「輻射熱」から防護するため必要となる距離)を上回る離隔距離を確保
- 防潮堤を森林火災の輻射熱から防護するため, 隣接事業所の植生を管理

表 散水開始までの所要時間

項目	活動内容	活動に必要な所要時間(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	
	ホース展開・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



図 発火点1の散水位置

5. 爆発の影響評価(1 / 2)

(1) 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ 高圧ガス漏洩, 引火によるガス爆発を想定した場合において, 発電所から約1.5kmの位置にあるLNG基地に対して危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ LNG基地のタンクは低温貯蔵型タンクであり, 大規模なタンク破裂事象が発生しないため, タンクの爆発による飛来物の影響はないことを確認
- ・ 発電所敷地内にある屋外のガス貯蔵施設に対して危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認



図 発電所敷地内にある屋外のガス貯蔵施設



図 発電所と日立LNG基地の位置関係



図 発電所敷地から最も近い位置にある
高圧ガス貯蔵施設

: 400mは, LNG基地の爆発を想定した場合の危険限界距離
373mから求めた保守的な影響範囲

5. 爆発の影響評価(2 / 2)

(2) 燃料輸送車両の爆発

- ・ 高圧ガス漏洩, 引火によるガス爆発を想定した場合において, 発電所敷地周辺道路を通行する最大規模の燃料輸送車両に対して危険限界距離(88m)以上の離隔距離(450m)を確保していることを確認
- ・ 大規模なタンク破裂事象が発生する加圧貯蔵型タンクを想定し, 爆発飛来物の影響を評価した結果, 防護すべき施設への影響はない(設計竜巻飛来物の影響に包絡される)ことを確認

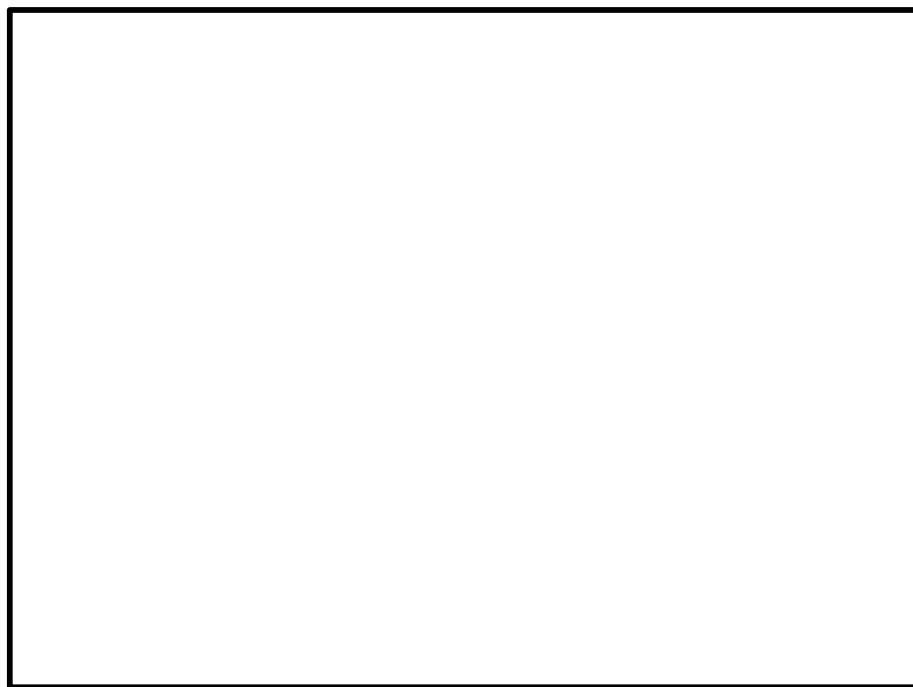


図 評価対象施設と燃料輸送車両の位置関係

(3) 燃料輸送船の爆発

- ・ 高圧ガス漏洩, 引火によるガス爆発を想定した場合において, LNG基地に入港する最大規模の燃料輸送船が, 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位置まで漂流してきたことを想定した条件で, 危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ LNG基地に実際に入港する最大規模の燃料輸送船は低温貯蔵型タンクであるため, タンクの爆発による飛来物の影響はないことを確認

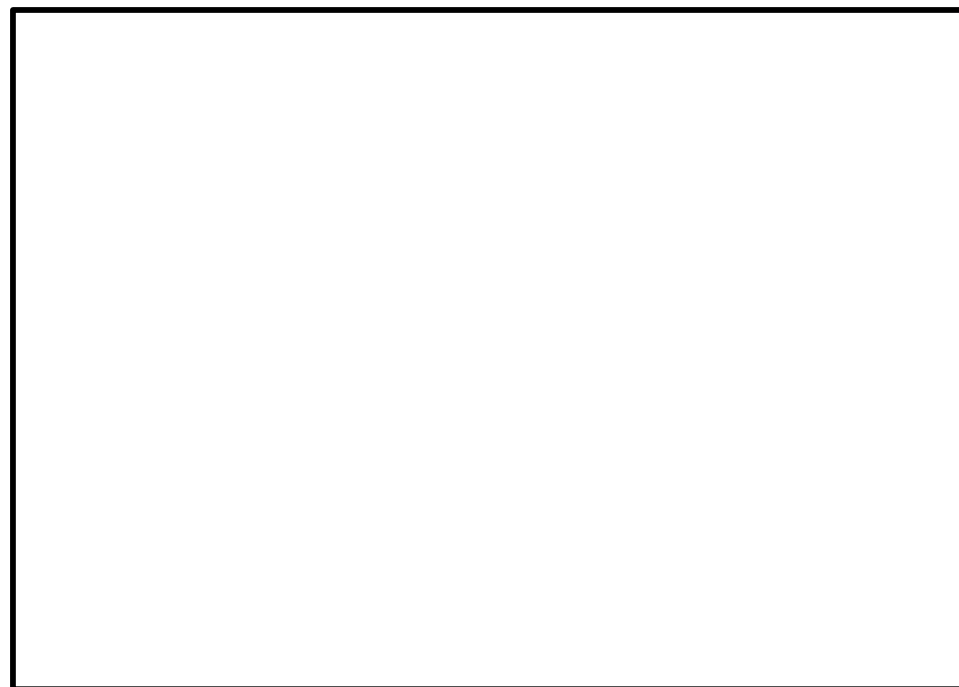


図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

6. 近隣工場等の火災の影響評価(1 / 3)

(1) 危険物貯蔵施設の火災

- ・ 発電所から10km以内(敷地内を除く)に, 第一類から第六類の危険物貯蔵施設(屋内貯蔵及び少量のものは除く)が約500カ所存在することを自治体への聞き取り調査から確認
- ・ 発電所に影響を及ぼす可能性がある危険物貯蔵施設を特定(右表のNo.1,6,11)し, 特定した**危険物貯蔵施設の火災に対して危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認**

表 発電所周辺(東海村全域及び日立市の一部)に位置する危険物貯蔵施設一覧

海群区分	No.	事業所名	品名	数量(t)	位置が1.4km以内 ○:1.4km以内 ×:1.4km以上
燃料タンク貯蔵所 又は廃油貯蔵所	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
給油取扱所	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				

:1,400mは,石油コンビナートの大規模な危険物タンク火災を想定した場合の危険距離1,329mから求めた保守的な影響範囲

図 発電所周辺(東海村全域及び日立市の一部)に位置する危険物貯蔵施設

6. 近隣工場等の火災の影響評価(2 / 3)

(2) 燃料輸送車両の火災

- ・ 発電所敷地周辺道路を通行する最大規模の燃料輸送車両の火災に対して、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認

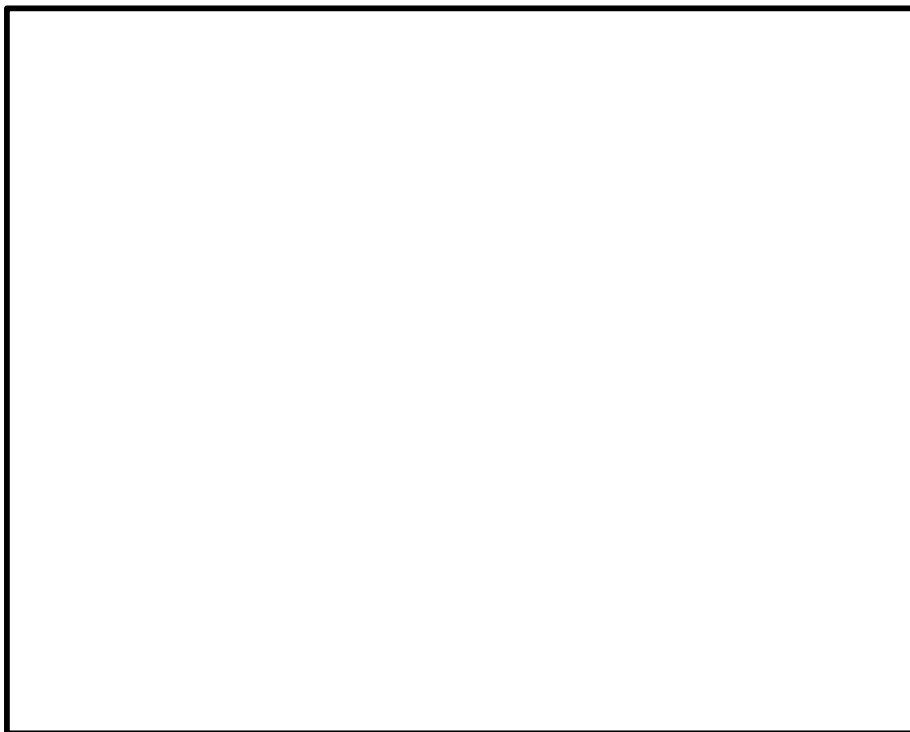


図 評価対象施設と燃料輸送車両の位置関係

(3) 燃料輸送船の火災

- ・ LNG基地に入港する最大規模の燃料輸送船の火災に対して、船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない位置まで漂流してきたことを想定した条件で、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ 発電所港湾内に入港する最大規模の定期船の火災に対して、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認

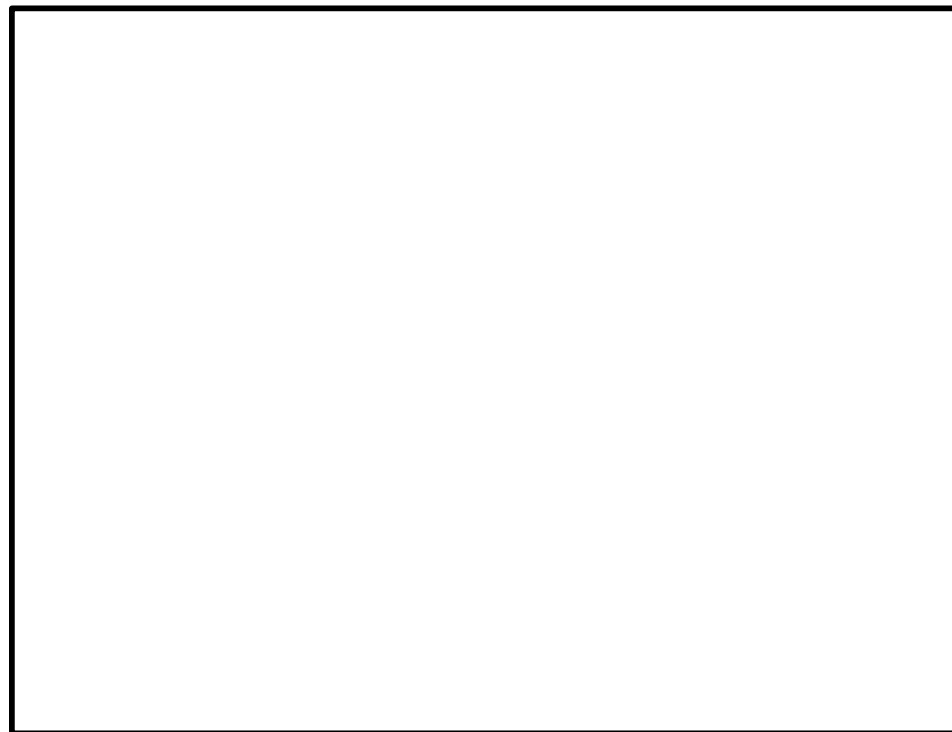


図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

6. 近隣工場等の火災の影響評価(3 / 3)

(4) 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設の火災

- ・ 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設の火災に対して温度評価結果が許容温度を下回ることを確認
- ・ 施設への火災影響が大きい危険物貯蔵施設については、地下埋設等の対策を実施(非常用ディーゼル発電機用軽油タンク及び重油貯蔵タンクの地下埋設化等)



図 敷地内に設置する危険物貯蔵施設の位置関係

(5) 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設以外の火災

- ・ 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設以外で可燃物を内包する変圧器等の火災に対して温度評価結果が許容温度を下回ることを確認
- ・ 施設への火災影響が大きい予備変圧器については、移設を実施
- ・ 燃料補充用のタンクローリ火災が発生した場合の影響については、万一の火災発生時は速やかに消火活動が可能である体制であることから、施設への影響はない



図 危険物貯蔵施設以外の火災源の位置関係

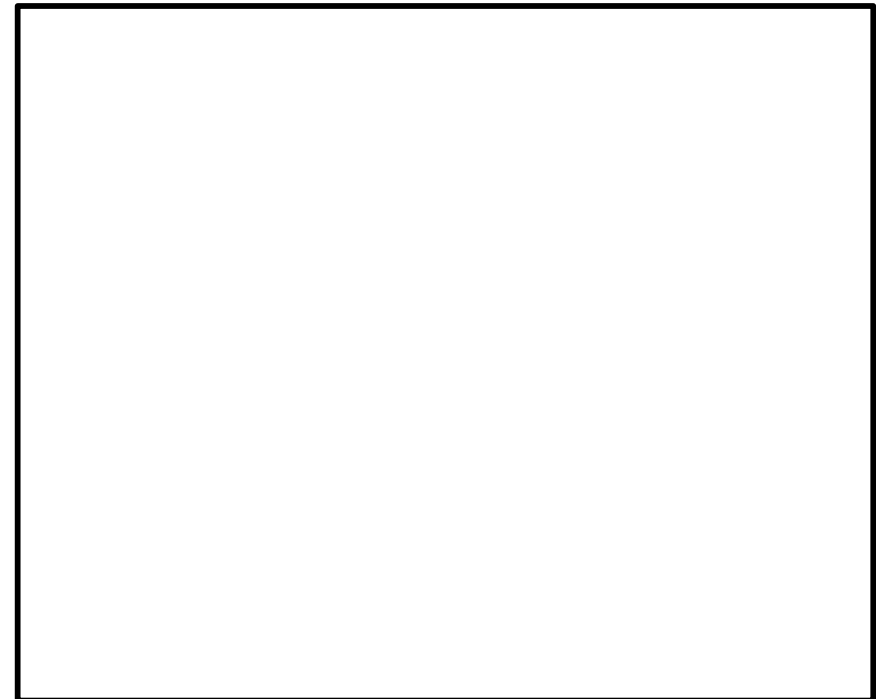
7. 航空機落下確率評価



過去の国内における航空機落下事故の実績をもとに航空機落下確率評価を実施し、航空機の衝突を設計上考慮するかどうかの判断基準である 10^{-7} 回/炉・年以下であることを確認

なお、使用済燃料乾式貯蔵建屋の安全機能については、以下の理由から、使用済燃料乾式貯蔵建屋単独で評価を実施

- 東海第二発電所の他の原子炉施設と安全機能が独立していること
- 東海第二発電所の他の原子炉施設と設置場所が隔離されていること



評価対象施設

航空機落下確率評価結果

(単位:回/炉・年)

	1)計器飛行方式民間航空機の落下事故		2)有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3)自衛隊機又は米軍機の落下事故		合計
	飛行場での離着陸時における落下事故	航空路を巡航中の落下事故		訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	基地 - 訓練空域間往復時の落下事故	
発電用原子炉施設 (使用済燃料乾式貯蔵建屋を除く。)	約 3.98×10^{-9}	約 5.93×10^{-11}	約 1.37×10^{-8}	約 2.56×10^{-8}	約 4.14×10^{-8}	約 8.5×10^{-8}
使用済燃料乾式貯蔵建屋	約 1.80×10^{-9}	約 4.30×10^{-11}	約 9.95×10^{-9}	約 1.86×10^{-8}	約 3.00×10^{-8}	約 6.1×10^{-8}

使用済燃料乾式貯蔵建屋の実際の面積(水平面積:約 0.0014km^2 , 投影面積:約 0.0019km^2)は 0.01km^2 未満であるが、航空機落下確率の評価基準に従い、保守的に標的面積を 0.01km^2 として評価している。

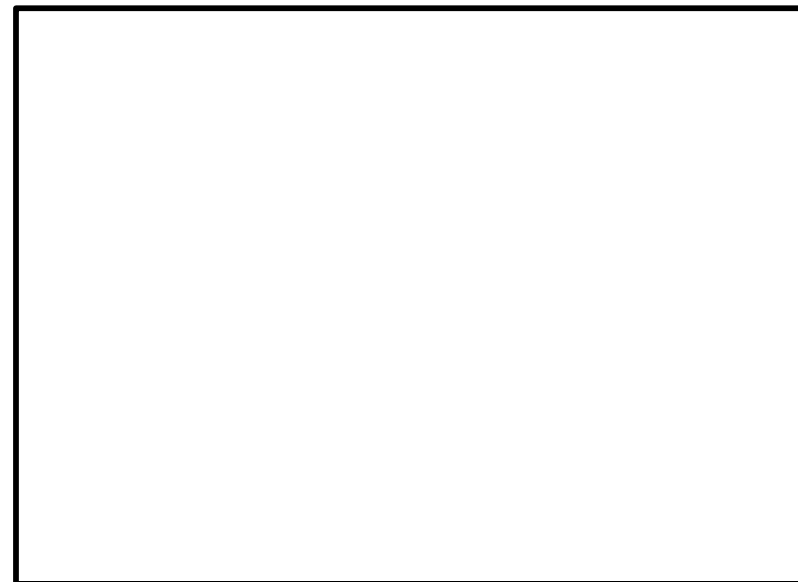
このため、使用済燃料乾式貯蔵建屋の航空機落下確率については、実態より大きな確率値として評価されており、結果として発電用原子炉施設(水平面積:約 0.0138km^2 , 投影面積:約 0.0221km^2)の航空機落下確率と近い値になっている。

8. 航空機墜落による火災の影響評価

航空機墜落による火災の温度評価が最も厳しくなるカテゴリは、**自衛隊機又は米軍機の「基地-訓練空域間往復時」**で、機種は**F-15**であることを特定

航空機落下確率評価をもとに、**想定する航空機墜落によって発生する火災に対して温度評価結果が許容温度を下回ることを確認**

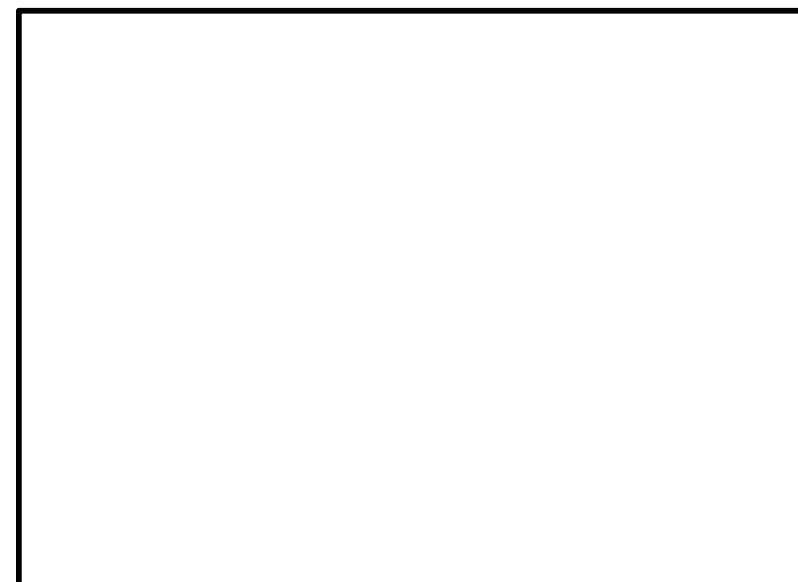
敷地内の危険物貯蔵施設等の火災と航空機墜落火災との重畳に対して温度評価結果は許容温度を下回ることを確認



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を除く。)の離隔距離



重畳評価で想定する火災源の位置関係



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

竜巻への対応

- ・過去に発生した竜巻による最大風速，竜巻検討地域内の竜巻データを用いたハザード曲線から，設計竜巻(最大風速100m/s)を設定し，設計竜巻による「風圧力による荷重」「気圧差による荷重」「設計飛来物等による衝撃荷重」に対して，**竜巻防護対策設備の設置等の設備対策，構内車両の退避等の運用による対策によって，安全施設の安全機能が損なわれない設計とする。**

火山への対応

- ・文献調査，地質調査，保守性を考慮したシミュレーションによる検討結果から，想定する降下火砕物(堆積厚50cm，密度0.3g/cm³～1.5g/cm³，粒径8mm)を設定し，「構造物への静的荷重」等の影響因子に対して，**堆積荷重に対する影響評価，降下火砕物侵入防止対策の設置等の設備対策，資機材を確保しフィルタ清掃を行う等の運用による対策によって，安全施設の安全機能が損なわれない設計とする。**

外部火災への対応

- ・森林火災に対して，シミュレーションから火線強度等のパラメータを算出し，**防火帯(約23m)を設置し安全施設の安全機能が損なわれない設計とする。**また，万が一の敷地内への延焼防止を目的として，防火帯付近に予防散水を行うことで対応する。
- ・その他の外部火災に対して，**影響評価を行い安全施設の安全機能が損なわれないことを確認した。**

その他の外部事象への対応

- ・各事象に設定した設計基準値等に対して，**影響評価を行い安全施設の安全機能が損なわれないことを確認した。**

今後の外部事象への対応

- ・**最新のデータ・知見をもって気候変動等の影響を注視し，対策が必要な場合は柔軟に対応していく。**

(補足説明資料 外部事象の評価及び対策について)

補足説明資料 目 次

1. 外部事象の影響評価及び対策	53
2. 竜巻の影響評価及び対策	82
3. 火山の影響評価及び対策	85
4. 森林火災の影響評価及び対策	133
5. 爆発の影響評価	144
6. 近隣工場等の火災の影響評価	179
7. 航空機墜落による火災の影響評価	190
8. 外部事象へのソフト面による対応	201
9. 近隣の原子力施設の事故影響	212

(補足説明資料 1. 外部事象の影響評価及び対策)

1. 外部事象の影響評価及び対策 (1 / 28)

1-1 想定される外部事象に対する影響評価 (洪水)

【影響評価結果】

・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ると、最大で約EL.7mに達するが、発電所敷地内に浸入するルートとして考えられる発電所構内進入道路への入口はEL.15mに位置してお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。

国道245号線は、北側より進入道路に向かって上り勾配であり、進入道路入口ではEL.15m以上である。

国道245号線の西側のうち発電所進入道路入口より北側は、水田(浸水想定区域)であり、EL.5m以下の低地である。進入道路入口より南側はEL.15m以上であり、かつ浸水想定区域より発電所に向かって下り勾配となる箇所がない。



1. 外部事象の影響評価及び対策 (2 / 28)

1-2 想定される外部事象に対する影響評価(風(台風))

【影響評価結果】

- ・建屋内の外部事象防護対象施設は、30m / sの風(台風)に対する風荷重が作用した場合における当該建屋の健全性を確認し、安全機能を損なわないことを確認した。
- ・屋外の外部事象防護対象施設は、30m / sの風(台風)に対する風荷重が作用した場合における当該設備の健全性を確認し、安全機能を損なわないことを確認した。
- ・台風の発生に伴う飛来物の影響は、竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されており、安全施設の安全機能を損なわないことを確認した。

【設計基準風速の設定】

設計基準風速は、規格・基準類及び観測記録を参照し設定する。

規格・基準類

建築基準法施行令第87条によると、地域ごとに定められた基準風速の風荷重に対する設計が要求されており、東海村の基準風速は30m / s (地上高10m, 10分間平均風速)である。

最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における風速の観測記録によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台(水戸市)で観測された観測史上1位の最大風速は下記のとおりである。

水戸市:最大風速 28.3m / s(1961年10月10日, 統計期間1897年1月～2012年3月)
最大瞬間風速 44.2m / s(1939年8月5日, 統計期間1937年1月～2012年3月)

設計基準風速の設定に当たっては、最大風速を採用することにより、その風速の1.5倍～2倍程度の最大瞬間風速を考慮することになること、建築基準法では最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮した係数を最大風速に乘じ風荷重を算出することが定められていることから、設計基準風速としては最大風速を設定する。

設計基準風速は、地域性を考慮した上で、建築基準法に準拠した東海村の基準風速である30m / s

1. 外部事象の影響評価及び対策 (3 / 28)

1-3 想定される外部事象に対する影響評価 (凍結)

【影響評価結果】

- ・屋内に設置されている外部事象防護対象施設は、**建屋内は換気空調設備等の運転により、極端な低温にさらされることなく、安全機能が維持可能**である。
- ・建屋外に設置されている凍結のおそれのある外部事象防護対象施設は、**保温材等による凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、最低気温が-12.7 に到達する環境において安全機能を損なわない設計とする。**

【設計基準凍結温度の設定】

設計基準凍結温度は、観測記録を参照し設定する。

最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における低温の観測記録によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台(水戸市)で観測された観測史上1位の最低気温は下記のとおりである。

水戸市:最低気温 - 12.7 (1952年2月5日,統計期間1897年1月~2012年3月)

設計基準凍結温度は、最寄りの気象官署での観測記録より、 - 12.7

1. 外部事象の影響評価及び対策 (4 / 28)

1-4 想定される外部事象に対する影響評価(降水) (1 / 2)

【影響評価結果】

- ・雨量強度127.5mm/sの排水能力をもつ一般排水路を設置することで、雨水は遅滞なく海域に排水可能であり、敷地内は浸水しない(一般排水路の排水能力を次頁に示す。)

【設計基準降水量の設定】

設計基準降水量は、規格・基準類及び観測記録を参照し設定する。

規格・基準類

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びき」(平成28年4月茨城県)及び茨城県宅地開発関係資料集(技術基準及びその他編)(監修 茨城県土木部都市局建築指導課, 一般社団法人 茨城県建築士会発行)により雨量強度を算出した。

- ・「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」によると、排水施設の設計雨量強度は、単位時間内の10年確率で想定される雨量強度となる。
- ・雨量強度は、「茨城県宅地開発関係資料集」を用いて算出することとする。東海村の雨量強度を算出する降雨強度曲線は「水戸」であり、そのうち、10年確率降雨強度式は以下となる。(降雨強度と雨量強度は同義である。)

$$r=1765/(T^{3/4}+8.22)$$

r: 降雨強度

T: 流達時間(発電所敷地内は10分とした)

この10年確率降雨強度式より、東海第二発電所の雨量強度は127.5mm/hと算出した。

最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における降水量の観測記録(第5-1表)によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方气象台(水戸市)で観測された観測史上1位の最大1時間降水量は下記のとおりであり、設計基準降水量に包絡される。

水戸市: 最大1時間降水量81.7mm/h(1947年9月15日, 統計期間1906年1月~2012年3月)

設計基準降水量は、地域性を考慮した上で、127.5mm/h

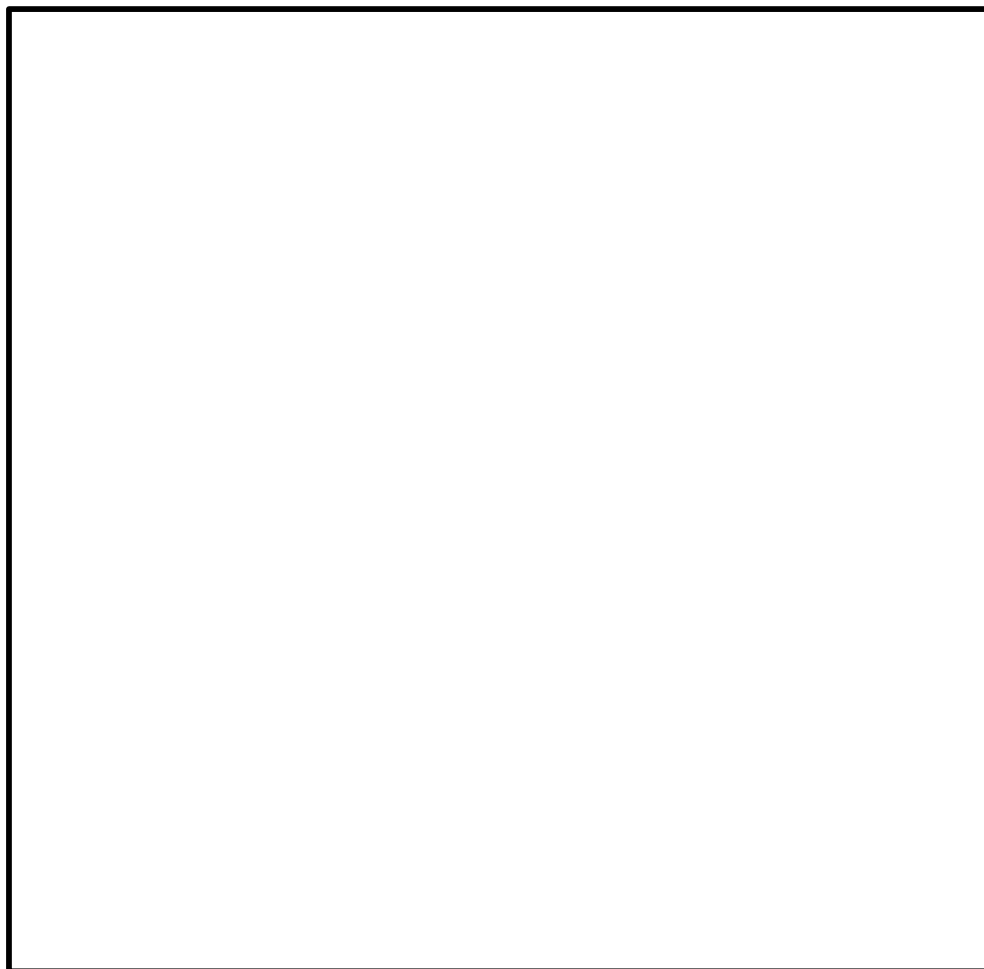
1. 外部事象の影響評価及び対策 (5 / 28)



1-4 想定される外部事象に対する影響評価(降水) (2 / 2)

雨水流出量と流末排水路の設計排水量の比較結果

集水流域	集域面積 A (ha)	雨水流出量 Q ₁ (m ³ / h)	流末	流末排水量 Q ₂ (m ³ / h)	判定 (Q ₁ < Q ₂)
	14.5	約16,200	-1	約20,700	
			-2	約 8,760	
	18.7	約18,900		約21,800	
	8.56	約9,900	-1	約 3,900	
			-2	約11,600	
	0.92	約 1,060		約 1,100	
	2.81	約 3,230		約12,000	



集水流域及び流末位置



流末排水路構造図

1. 外部事象の影響評価及び対策 (6 / 28)

1-5 想定される外部事象に対する影響評価(積雪)

【影響評価結果】

- ・建屋内の外部事象防護対象施設は、積雪30cmの荷重が作用した場合における当該建屋の健全性を確認し安全機能を損なわないことを確認した。
- ・屋外の外部事象防護対象施設は、積雪30cmの荷重が作用した場合における当該設備の健全性を確認し、安全機能を損なわないことを確認した。
- ・外気取入口等の高さが設計基準積雪量に対して高い位置に設置してあることから、閉塞によって安全機能を損なわないことを確認した。

【設計基準積雪量の設定】

設計基準積雪量は、規格・基準類及び観測記録を参照し設定する。

規格・基準類

建築物について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において、地域ごとに垂直積雪量が定められており、東海村においては、30cmである。

最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における積雪の観測記録によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台(水戸市)で観測された観測史上1位の月最深積雪は下記のとおりである。

水戸市:月最深積雪32cm(1945年2月26日,統計期間1897年1月~2012年3月)

設計基準積雪量は、地域性を考慮した上で、建築基準法に準拠した東海村の垂直積雪量である30cm

1. 外部事象の影響評価及び対策 (7 / 28)

1-6 想定される外部事象に対する影響評価 (落雷)

【影響評価結果】

- ・原子炉建屋等に**避雷設備を設置**するとともに、**避雷設備の接地極を構内接地網と接続し接地抵抗を下げる等の対策を実施**しており、影響を受けにくい設計としている。
- ・プラントトリップ機能等を有する安全保護回路への雷サージについては、**ラインフィルタ及び絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルを採用し、雷サージ電圧の侵入を抑制している**ことから影響を受けにくい。
- ・重要安全施設は、**JEC210-1981「低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準」に基づいた耐力を有している**。
- ・主排気筒については**接地を構内接地網に接続し、接地抵抗を低減**しており、影響を受けにくい設計としている。
- ・海水系ポンプについては、別途竜巻対策により設置する**防護ネット等によって遮蔽され、防護ネット等が接地網へと接続されている**ため、影響を受けにくい設計としている。

【設計基準雷撃電流の設定】

設計基準雷撃電流は、規格・基準類及び観測記録を参照し設定する。

規格・基準類

原子力発電所における耐雷設計の規格・基準として、電気技術指針JEA G4608(2007)「原子力発電所の耐雷指針」では、以下のように規定している。

- (1)電力設備の避雷設備の設計について、電力中央研究所報告T40(1996)「発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド」を参照し、275kV発電所における送電線及び電力設備に対し、100kAを想定雷撃電流として推奨している。
- (2)建築物等の避雷設備に関して、消防法通知(危険物の規則に関する規則の一部を改正する省令等の施行について、消防危第14号、平成17年1月14日)に基づく原子力発電所の危険物施設の保護レベルを採用した場合、JIS Z 9290-4(2009)「建築物内の電気及び電子システム」においては、最大雷撃電流値は、150kAと規定されている
- (3)JEA G4608(2007)において参照しているIEC / TS 61662(1995)「Assessment of the risk of damage due to lightning」においては、確率によりリスク評価を行っていることを踏まえ、東海第二発電所で、年超過頻度が 10^{-4} / 年値となる雷撃電流値を観測値から算出した結果、年超過頻度が 10^{-4} / 年値となる雷撃電流値は400kAとなる。

観測記録

雷撃電流の観測記録は全国観測ネットワーク(JLDN)により観測された落雷データを用いた。東海第二発電所構内敷地面積を包絡する標的面積4km²の範囲において1998年8月21日から2017年11月30日(約19年間)で観測された、最大雷撃電流値は131kAである。

JLDN(Japan Lightning Detection Network):落雷時に放出される電磁波を全国に設置された落雷位置標的システムを用いて落雷位置や雷撃電流の大きさを観測するネットワーク。

設計基準雷撃電流は、JEAG4608に基づき、400kA

1-7 想定される外部事象に対する影響評価 (生物学的事象)

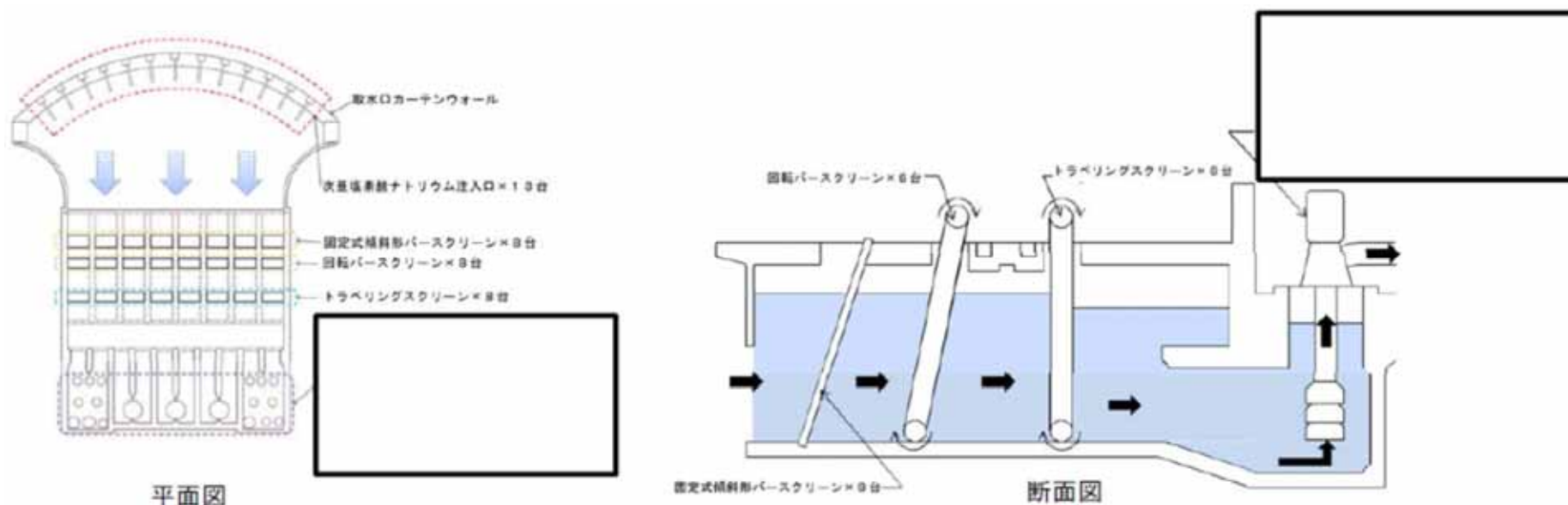
【影響評価結果】

海生生物等の発生に対する防護対策

- ・トラベリングスクリーン等により海生生物等を捕獲、除去することで、海水ポンプの取水性を維持可能である。
- ・除塵装置運転後においても、スクリーン前後の水位差が大きくなる場合は、取水量の調整及び発電機出力を抑制する。さらに、水位差の回復が困難な場合又は復水器真空度の悪化が継続し主タービンパラメータに異常な変化が確認された場合は、プラントを停止する。
- ・除塵装置を通過する貝等の海生生物についても、海水ストレーナにより残留熱除去系熱交換器等への影響を防止可能である。

小動物の侵入に対する防護対策

- ・屋外設置の端子箱内へのケーブル貫通部等の閉止処置により侵入を防止している。



固定式傾斜形バースクリーン、回転バースクリーン、トラベリングスクリーン概略図

1. 外部事象の影響評価及び対策 (9 / 28)

1-8 想定される外部事象に対する影響評価 (高潮)

【影響評価結果】

・敷地高さ (T.P. + 3.3m) 以上に安全施設を設置することで、安全機能を損なわない設計とする。

【設計基準潮位の設定】

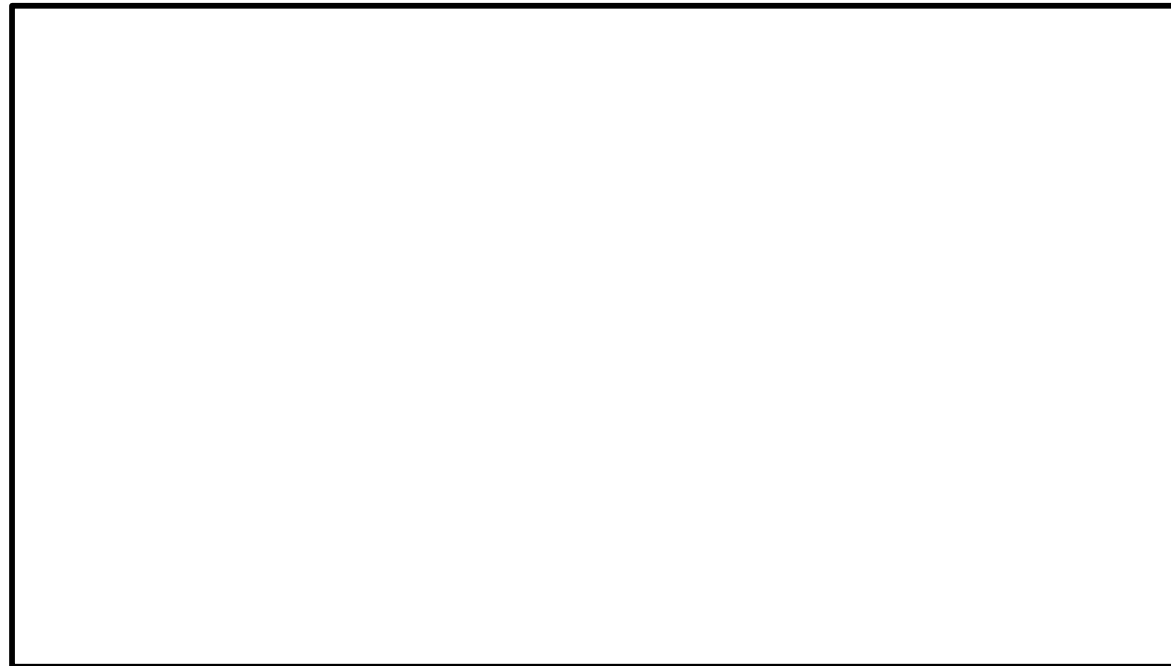
設計基準潮位は、観測記録を参照し設定する。

最寄りの観測地点の観測記録

東海第二発電所の最寄りの観測地点である茨城港日立港区で観測された最高潮位は下記のとおりである。

茨城港日立港区:最高潮位:TP. + 1.46m(1958年9月27日), 朔望平均満潮位TP. + 0.61m

設計基準潮位は、最寄りの観測地点での観測記録より, TP. + 1.46m



東海第二発電所 発電所敷地高さ

1. 外部事象の影響評価及び対策 (10 / 28)

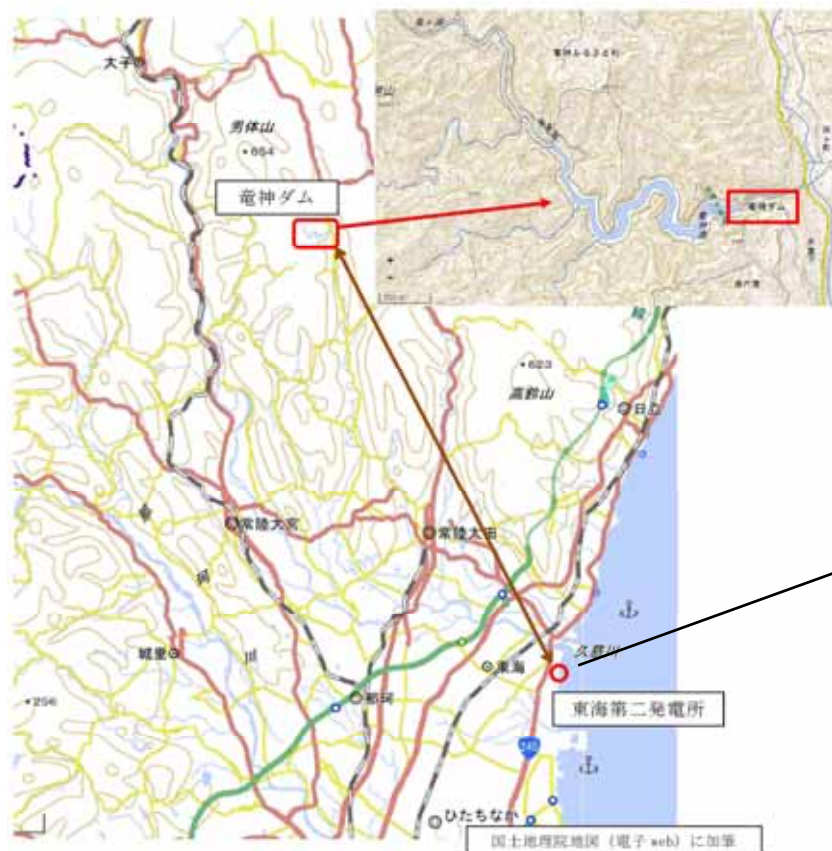
1-9 想定される外部事象に対する影響評価(ダムの崩壊)

【影響評価結果】

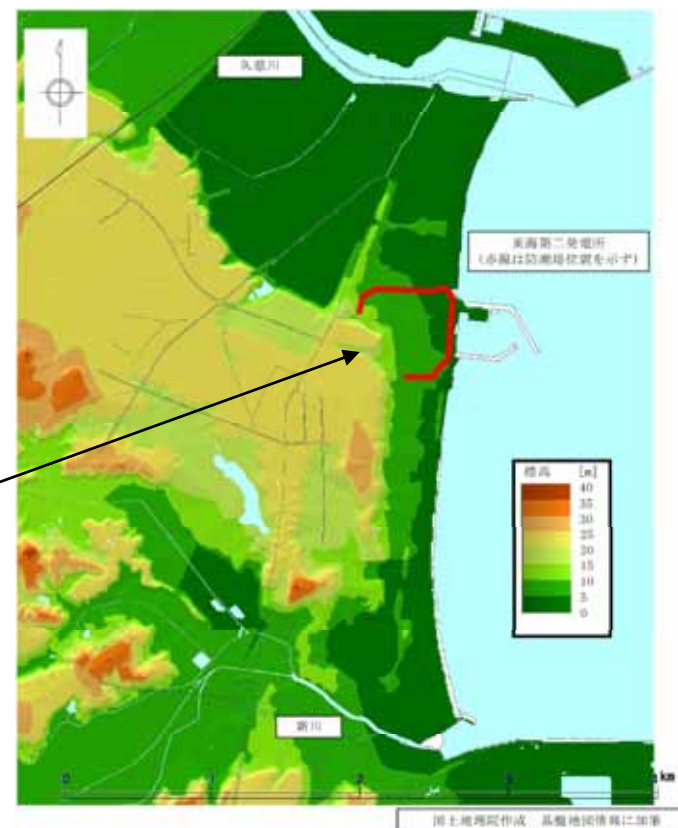
・発電所周辺には、発電所敷地の北側に久慈川が位置しており、その支川である山田川の上流約30kmにダムが存在するが、久慈川は敷地の北方を太平洋に向かい東進していること、**発電所敷地の西側は北から南にかけてEL.3m ~ 21mの上り勾配となっていることから、発電所敷地がダムの崩壊により影響を受けることはない。**

国道245号線は、北側より進入道路に向かって上り勾配であり、進入道路入口ではEL.15m以上である。

国道245号線の西側のうち発電所進入道路入口より北側は、水田(浸水想定区域)であり、EL.5m以下の低地である。発電所進入道路入口より南側は、EL.15m以上であり、かつ浸水想定区域より発電所に向かって下り勾配となる箇所がない。



敷地周辺のダム



発電所敷地周辺の河川と標高の関係

1. 外部事象の影響評価及び対策 (11 / 28)

1-10 想定される外部事象に対する影響評価(有毒ガス)(1 / 3)

【影響評価結果】

- ・石油コンビナート等災害防止法で当該施設の敷地外への影響がないことが確認されていること、最も近い石油コンビナート施設でも50km以上離隔距離が確保されていることから影響はない。
- ・道路を通行するタンクローリ及び海域を航行するケミカルタンカーにおける有毒ガスの漏えいに対する評価を行い、中央制御室の居住性を損なわないことを確認した。
- ・敷地内に貯蔵している化学物質の貯蔵施設からの漏えいに対する評価を行い、中央制御室の居住性を損なわないことを確認した。

(a) 発電所敷地外からの影響

敷地外固定施設の流出事故の影響

石油化学コンビナート等の固定施設については、当該施設の敷地外へは影響がないことが確認されている。(石油コンビナート等災害防止法に基づく) また、発電所周辺の石油化学コンビナート等の大規模な有毒物質を貯蔵する固定施設は、最も近いものでも50km以上離れているため影響を及ぼすことはない。

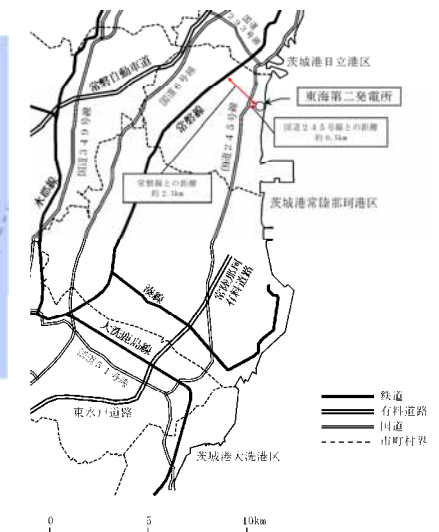
敷地外可動施設からの流出の影響

全国的に生産量及び輸送量が特に多く、専用の大型輸送容器が使用されている毒性物質の中で、特に毒性の強い塩素(輸送時の性状は液化塩素)を代表として想定し、中央制御室から最短距離となる主要道路、鉄道路線、航路における流出影響評価において、中央制御室換気系給気口での有毒ガス濃度はIDLH¹以下であり、影響のないことを確認した。(中央制御室からの離隔距離は、主要道路(国道245号線)で約0.5km、鉄道路線(東日本旅客鉄道株式会社常磐線)で約2.3km、船舶航路(発電所沖合)で約80kmである。)

放出点	タンクローリ		ケミカルタンカー	
	中央制御室換気系給気口	緊急時対策所建屋換気系給気口	中央制御室換気系給気口	緊急時対策所建屋換気系給気口
タンク貯蔵量[m ³]	10.0		300	
大気放出率[g / s]	2.27		6.81 × 10 ¹	
離隔距離[m]	490m ²	230m	740m ²	1060m
相対濃度[s / m ²]	3.46 × 10 ⁻⁴	1.15 × 10 ⁻³	3.49 × 10 ⁻⁵	3.22 × 10 ⁻⁵
換気系給気口濃度[ppm]	0.248	0.825	0.751	0.693
判断基準[ppm] (IDLH:液化塩素)	10			
評価結果	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし



液化輸送船航路



主要道路及び鉄道路線

1: 30分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限界値

2: 中央制御室換気系給気口2箇所のうち、最短距離のものを記載

1. 外部事象の影響評価及び対策 (12 / 28)

1-10 想定される外部事象に対する影響評価 (有毒ガス) (2 / 3)

(b) 原子力発電所敷地内の固定施設(屋外設備)からの影響

発電所の屋外設備に貯蔵されている化学物質(IDLHが定められているもの)は、炭酸ガス、アンモニア、硫酸、苛性ソーダ、ポリ塩化アルミニウム。(右表のとおり)

このうち、中央制御室からの離隔距離、貯蔵量、各化学物質の毒性(IDLH値)、蒸発のしやすさを比較し、最も影響のおそれのある化学物質であるアンモニアを評価対象とする。

発電所の屋外設備に貯蔵されている化学物質

薬品の種類	IDLH	沸点[]
炭酸ガス	40,000 [ppm]	-78.5(昇華点)
硫酸	15 [mg / m ³]	327
苛性ソーダ(水酸化ナトリウム)	10 [mg / m ³]	138
ポリ塩化アルミニウム(PAC)	2 [mg / m ³]	102
アンモニア	300 [ppm]	37.7

TLV - TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average)
ACGIH(米国産業衛生専門家会議)で定められた値、毎日繰り返し暴露したとき、ほとんどの労働者に悪影響がみられないような大気中の物質濃度の時間加重平均値で、通常、労働時間が8時間/日及び40時間/週での値

【評価手法】

- 貯蔵施設から流出した有毒物質の大気への放出率
貯蔵施設から流出した有毒物質水溶液の液溜りが瞬時に堰底面全体に広がった状態を想定する。液溜りから大気中への有毒物質の放出率は、有毒物質水溶液の液溜りが堰底面積全面に広がった状態で、液溜りからの蒸発及び堰内での上方への濃度拡散が最終的な定常状態にあるとして、拡散方程式に基づき評価する。
- 大気へ放出した有毒物質の大気拡散
有毒物質の濃度評価に用いる相対濃度(/ Q)は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の大気拡散の評価にしたがい、年間について小さい方から順に並べた累積出現頻度97%に当たる値を用いた。
- 中央制御室等における有毒物質の濃度評価
中央制御室等における濃度については、有毒物質の大気への放出率及び大気拡散の評価により、中央制御室等換気系給気口における有毒物質の最大濃度を評価し、判断基準と比較する。

【敷地内の固定施設(屋外設備)からの影響評価結果】

評価点	中央制御室換気系給気口		緊急時対策所建屋換気系給気口	
	1	2	1	2
タンク貯蔵量[m ³]	1.0			
大気放出率[g / s]	2.68			
離隔距離[m]	120	420	120	420
相対濃度[s / m ²]	7.44 × 10 ⁻⁴	9.54 × 10 ⁻⁵	7.44 × 10 ⁻⁴	9.54 × 10 ⁻⁵
換気系給気口濃度[ppm]	2.62 × 10 ⁰	3.36 × 10 ⁻¹	2.62 × 10 ⁰	3.36 × 10 ⁻¹
判断基準[ppm]	300			
評価結果	影響なし		影響なし	

1 中央制御室換気系給気口2箇所のうち、最短距離のものを記載
2 現設置位置との離隔距離を記載。
3 現設置位置での離隔距離等に基づいた計算値。
4 移設後は、現設置位置よりも更に中央制御室等換気系給気口より離隔距離が長くなることから、その評価結果は、現設置位置での評価に包絡される。



屋外設備の貯蔵箇所

1. 外部事象の影響評価及び対策 (13 / 28)

1-10 想定される外部事象に対する影響評価 (有毒ガス) (3 / 3)

(c-1) 原子力発電所敷地内の屋内設備からの影響

発電所の建屋内で貯蔵している有毒物質等については、逃がし安全弁駆動用窒素ガス及び消火用二酸化炭素ガスや、復水脱塩装置や廃液中和処理等で使用する硫酸等が挙げられる。

屋内貯蔵施設については、屋外設備と異なり外的衝撃力による損傷が想定しにくく、さらに国内の法規に従い貯蔵・管理されるとともに、万一漏えいが生じた場合でも各建屋の換気空調設備により十分に換気希釈されるため、建屋外の固定施設からの流出事故に包含されるものとして、対象から除外する。

また、分析等に使用する試薬については、その種類は多いものの、使用場所が限定されており、かつ適切に保管及び換気されていること、貯蔵量及び使用量が少ないことから、中央制御室等への影響は無い。

(c-2) 隣接施設の固定施設からの流出の影響

発電所の近隣に設置されている有害物質の貯蔵状況を調査した結果、敷地の南側約1kmにアンモニアの貯蔵施設が設置されていることを確認した。また、この貯蔵施設の容量は、当発電所にて設置している溶融炉アンモニアタンクより小さいことを確認した。

溶融炉アンモニアタンクと中央制御室との離隔距離120mより離隔距離が大きいこと、貯蔵されている有毒物質の容量は溶融炉アンモニアタンクの容量1.0m³より少ないことから、(b)の有毒物質濃度評価(アンモニア)に包絡されることを確認した。

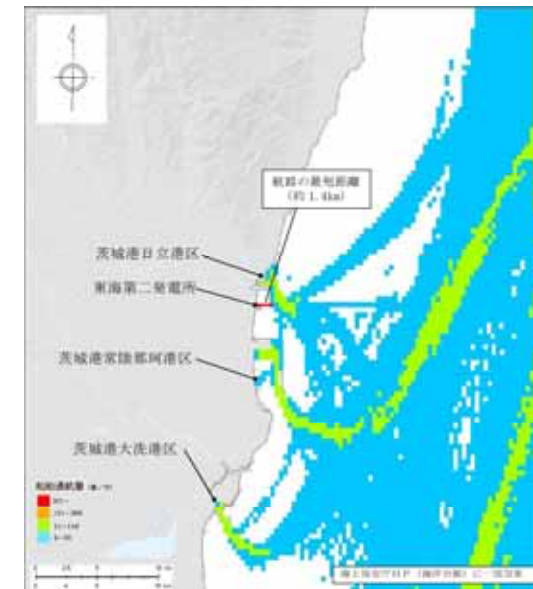
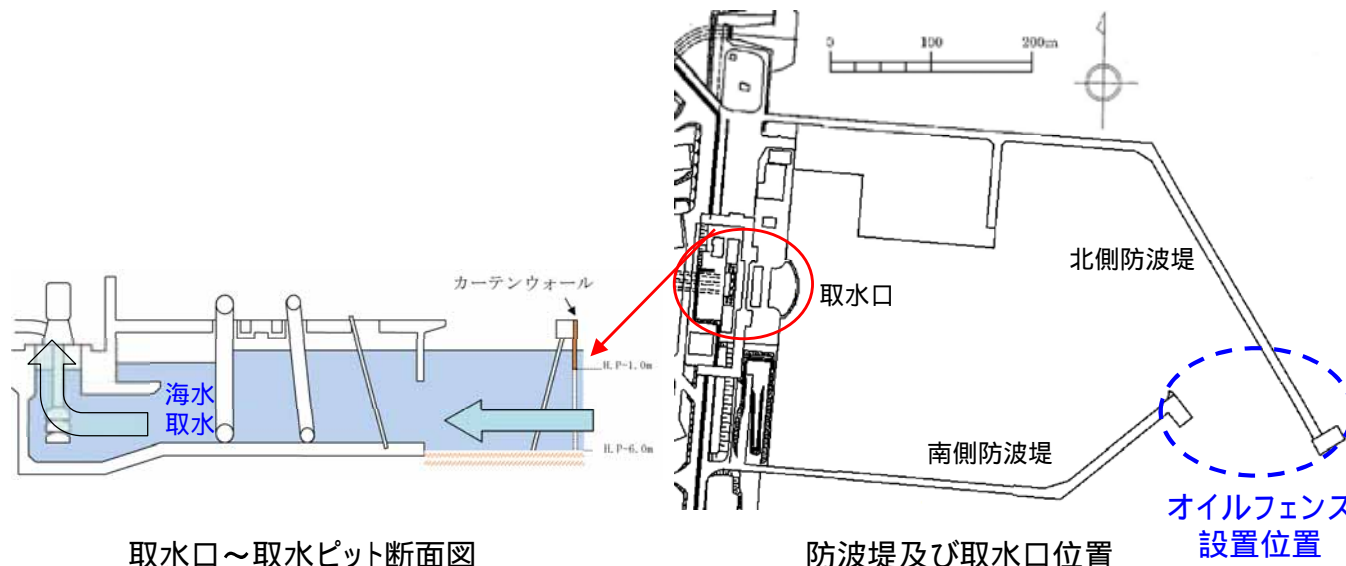
また、発電所の近隣における屋内貯蔵施設については、屋外設備と異なり外的衝撃力による損傷が想定しにくく、さらに国内の法規に従い貯蔵・管理されるとともに、万一漏えいが生じた場合でも各建屋の換気空調系により十分に換気希釈されるため、建屋外の固定施設からの流出事故に包絡されるものとして、対象から除外する。

1. 外部事象の影響評価及び対策 (14 / 28)

1-11 想定される外部事象に対する影響評価 (船舶の衝突)

【影響評価結果】

- ・発電所周辺の海上交通のうち、最も近い航路でも**発電所より約1.4kmの離隔距離が確保されていること**、**大型船舶の喫水** **及び発電所沖合約900mの水深が** **であることから、大型船舶が発電所に到達する可能性は小さい。**
- ・発電所に入港する燃料輸送船等は、異常気象・荒天が想定される場合には、必要に応じて緊急退避等の措置をとるため港湾内で事故が発生する可能性は小さい。万が一、港湾内で事故が発生し、輸送船等が取水口前面に到達した場合でも、**半円状のカーテンウォールにより阻害され、水深が** **確保されていることから取水性を損なうことはない。**
- ・漁船等の小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、**防波堤によって発電所港湾内に侵入してくる可能性は小さい。**万が一防波堤を通過した場合でも、**取水口は呑み口が広い**ため、**取水性を損なうことはない。**
- ・これらの船舶の座礁等により、積載燃料や輸送油(重油等)が流出・拡散して発電所に向かう場合を想定しても、油の比重は海水より小さく表層近くに留まることから、速やかに**オイルフェンスを設置して油の接近を抑制することで、取水口からの深層取水に悪影響を与えることはない。**なお、早期のオイルフェンス設置ができない場合でも、比重の小さい油は海面表層付近に留まることから、直ちに取水性に悪影響を与えることはない。



発電所周辺の航路

1. 外部事象の影響評価及び対策 (15 / 28)

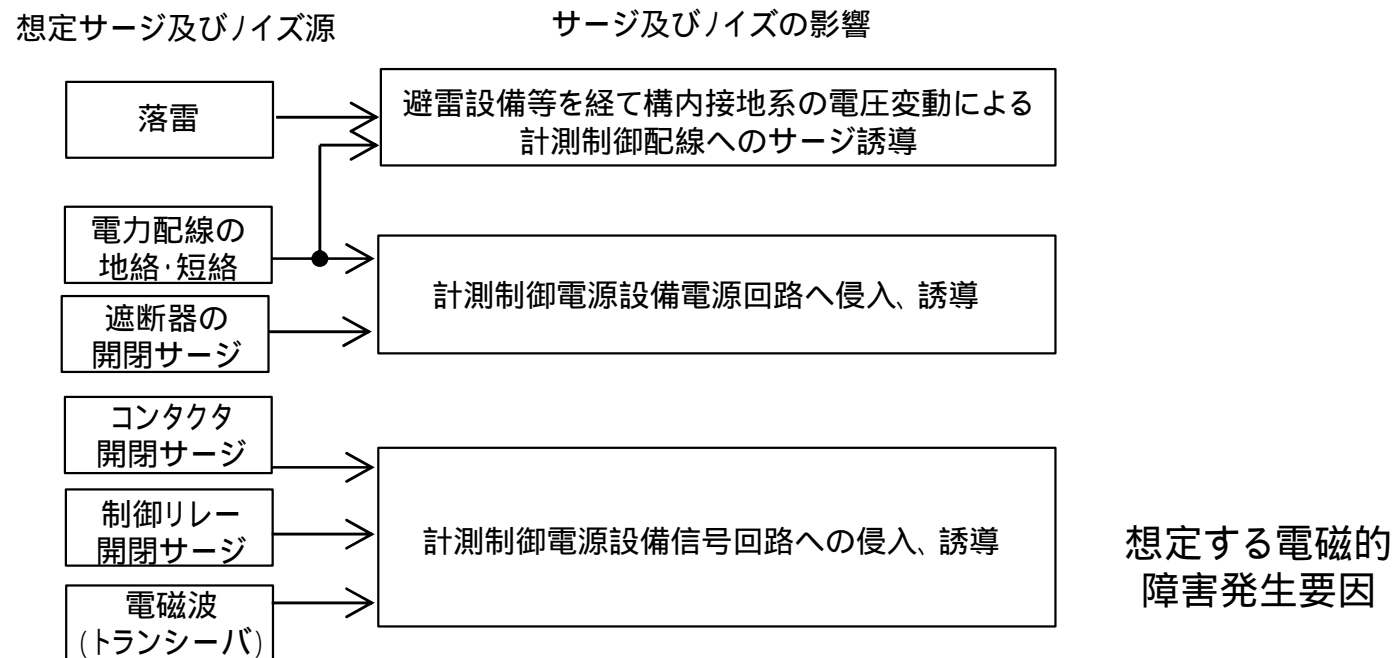
1-12 想定される外部事象に対する影響評価(電磁的障害) (1 / 4)

想定する電磁的障害等への対策

- ・電磁的障害には、落雷や配線地絡による誘導、通信機による電磁波やサージ・ノイズの侵入があり、低電圧の計測制御回路に対して影響を及ぼすおそれがあるため、安全保護回路を構成する計測制御回路は電気学会の標準規格*¹に基づき絶縁耐力を有する設計とする。
- ・安全保護回路の計測制御回路は、日本電気協会の電気技術指針*²等に基づき鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルの適用により、電磁波の侵入を防止するとともに、ラインフィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止する。 < 詳細別紙 >

*¹ J E C 210-1981 (低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準), 電気学会電気規格調査会編

*² J E A G 4608-2007 (原子力発電所の耐雷指針), 日本電気協会原子力規格委員会編



1. 外部事象の影響評価及び対策 (16 / 28)

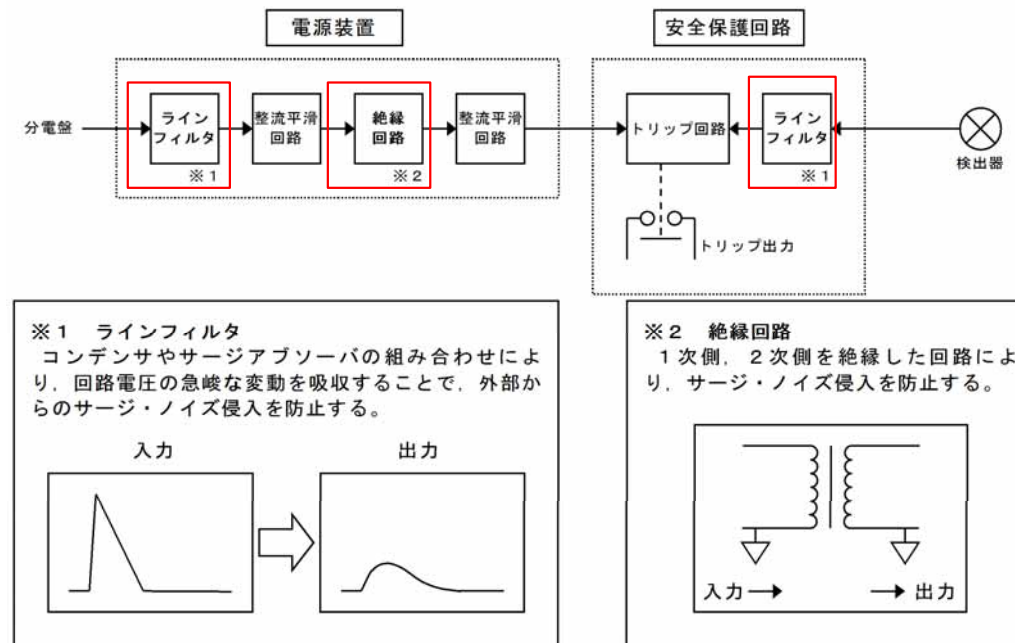
1-12 想定される外部事象に対する影響評価(電磁的障害) (2 / 4)

サージ・ノイズ, 電磁波に対する具体的な対策

計測制御回路を構成する計装盤及びケーブルは, 原則として以下の設計とする。

a. サージ・ノイズ対策*

- ・電源回路 : 計装盤へ入線する電源受電部にサージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタを設置し, 外部からのサージ・ノイズの侵入を防止
- ・信号入出力回路 : 外部からの信号入出力部にサージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタや絶縁回路を設置し, 外部からのサージ・ノイズの侵入を防止



安全保護回路に対するサージ・ノイズ対策の概要

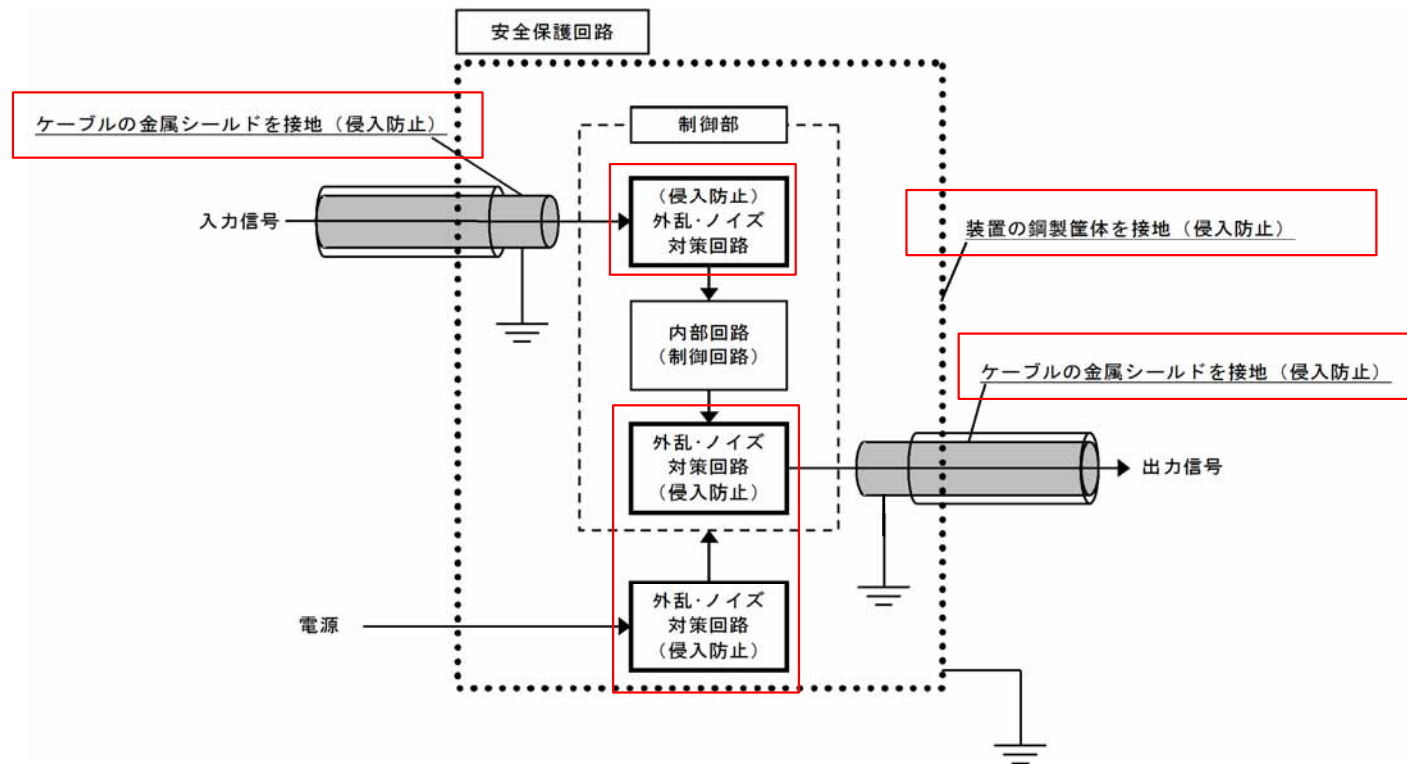
* JEAG 4608-2007 (原子力発電所の耐雷指針)

1. 外部事象の影響評価及び対策 (17 / 28)

1-12 想定される外部事象に対する影響評価 (電磁的障害) (3 / 4)

b. 電磁波対策*

- ・筐体 : 計装盤の制御部, 演算部は鋼製の筐体に格納し, 筐体は接地することで電磁波の侵入を防止
- ・ケーブル : 全て金属シールド付ケーブルを使用し, 金属シールドは接地して電磁波の侵入を防止



安全保護回路に対する電磁波侵入防止策の概要

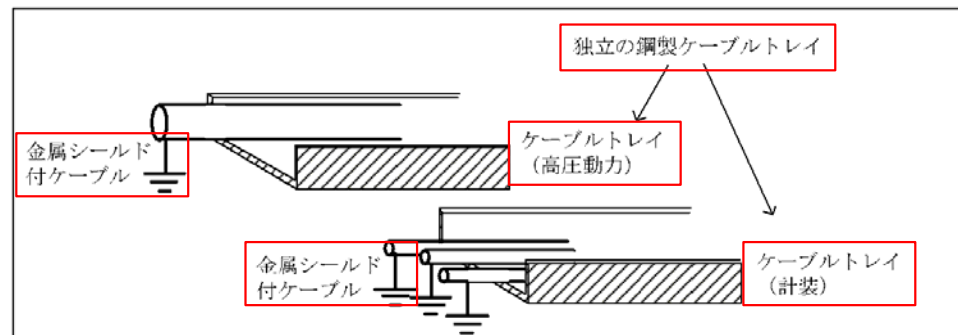
* J E A G 4608-2007 (原子力発電所の耐雷指針)

1. 外部事象の影響評価及び対策 (18 / 28)

1-12 想定される外部事象に対する影響評価(電磁的障害) (4 / 4)

電磁波等の発生源に対する対策

- ・サージ・ノイズや電磁波に対して、計装盤は侵入を防止する設計
- ・中央制御室や計装盤室では無線機器の使用を制限。また、安全系保護回路の計測盤については、至近距離(50cm)にてトランシーバ(出力5W)の出力^{*1}によりシステムに異常がないことを確認している。
- ・高圧動力ケーブルは金属シールド付とするとともに、計装ケーブルとは別の鋼製ケーブルトレイに布設^{*2}することで、高圧動力回路に地絡等が生じた場合に計装回路への電磁的影響を及ぼさない設計



電磁波等の発生源に対する対策の概要

*1 電力用規格B-402(デジタル形保護継電器および保護継電装置)

*2 JIS C 60364-4-44-2011(低圧電気設備-第4-44部:安全保護-妨害電圧及び電磁妨害に対する保護)

安全保護回路の耐ノイズ、耐サージ及び耐電圧性能の確認

安全保護回路の耐ノイズ、耐サージ及び耐電圧性能の確認として、信号入力部にAC500V 1分間^{*3}、電源に4.5kVインパルス電圧^{*4}を印加して耐性を確認

*3 計器仕様、*4 JEC210-1981(低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準)

1. 外部事象の影響評価及び対策 (19 / 28)

1-13 自然現象の重畳に対する設計上の考慮について (1 / 2)

- ・組み合わせ要否検討のうち、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地震、積雪、津波、火山の影響、風(台風)及び竜巻の6事象の検討内容を示す。
- ・この組み合わせを、工事計画認可における構造設計にも反映している。

地震、積雪、津波、火山の影響、風(台風)及び竜巻のうち、**荷重の大きさ、荷重の継続時間を踏まえて、主荷重と従荷重に分類**

表1 主荷重と従荷重

荷重の種類	事象	荷重の大きさ	最大荷重の継続時間	発生頻度(/年)
主荷重	基準地震	特大	短(30秒程度)	5.0×10^{-4}
	基準津波	特大	短(15分程度)	2.0×10^{-4}
	設計竜巻	大	短(10分程度)	2.1×10^{-6}
	火山の影響	大	長(30日程度)	2.2×10^{-5} ¹
従荷重	風(台風)	小	短(10分程度)	2.0×10^{-2} ²
	積雪	小	長(1週間程度)	2.0×10^{-2} ²

1: 発電所敷地周辺に降下火砕物の有意な堆積が確認された4万5000年前の赤城山の噴火を考慮

2: 50年再現期待値

発生頻度等を踏まえ荷重の組合せ要否の検討(次頁参照)を行い、考慮する荷重の組合せを選定(詳細は次頁)

表2 考慮する荷重の組合せ注

	主荷重				従荷重		組合せ荷重
	地震	津波	竜巻	火山	風(台風) ²	積雪 ³	
耐震設計		×	×	×			基準地震動 S_5 による地震力 + 風荷重 基準地震動 S_5 による地震力 + 積雪荷重
耐津波設計	¹		×	×			基準津波の波力 + 基準津波の波源を震源とする余震による地震力 + 風荷重 基準津波の波力 + 基準津波の波源を震源とする余震による地震力 + 積雪荷重
耐竜巻設計	×	×		×	×	×	組合せ不要
耐火山設計	×	×	×				降下火砕物堆積荷重 + 風荷重 + 積雪荷重

注：各事象の主荷重を「○(黒丸)」で記載し、その主荷重に組み合わせる別の事象の主荷重又は従荷重を「(赤丸)」で記載している。

1: 基準津波と地震の組合せでは、基準津波と基準津波の波源を震源とする余震による地震力を考慮

2: 風荷重の影響が大きいと考えられる構造や形状の施設について組合せを考慮

3: 施設の形状、配置により適切に考慮

1. 外部事象の影響評価及び対策 (20 / 28)



1-13 自然現象の重畳に対する設計上の考慮について (1 / 3)

荷重の組合せ要否の検討については、以下のとおり。

	事象	組合せの要否
主荷重 + 従荷重	基準地震と基準津波	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震の検討用地震の震源と基準津波の震源は異なることから、独立事象であり、各々の発生頻度が十分小さく、同時に発生する確率は極めて低いことから、組合せを考慮する必要はない。 ・基準地震の検討用地震の震源からの本震と当該本震に伴う津波は、伝搬速度が異なり同時に敷地に到達することはないことから、組合せは考慮不要。ただし、当該地震に伴う津波と余震は同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。 ・基準津波の波源を震源とする本震と基準津波は、伝搬速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、組合せを考慮する必要はない。ただし、基準津波と基準津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。
	基準地震と設計竜巻	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震と設計竜巻は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低いことから、組合せを考慮する必要はない。
	基準地震と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物以外の火山事象(火山性地震を含む)は東海第二発電所に影響を及ぼさない。 ・基準地震と火山事象(降下火砕物)は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、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、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。
	基準津波と設計竜巻	<ul style="list-style-type: none"> ・基準津波と設計竜巻は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、設計竜巻により津波防護設備が損傷した場合は、プラントを停止し修復を行うことから、組合せを考慮する必要はない。
	基準津波と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物以外の火山事象(火山性地震を含む)は東海第二発電所に影響を及ぼさない。 ・基準津波と火山事象(降下火砕物)は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、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、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。
	設計竜巻と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物以外の火山事象(火山性地震を含む)は東海第二発電所に影響を及ぼさない。 ・設計竜巻と火山事象(降下火砕物)は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、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、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。
主荷重 + 従荷重	基準地震と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震と風(台風)は、各々の継続時間が短く同時に最大荷重が発生する確率は低いが、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。 ・基準地震と積雪は、積雪荷重の継続時間が長いため、適切に組合せを考慮する。
	基準津波と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> ・基準津波と風(台風)は、各々の継続時間が短く同時に最大荷重が発生する確率は低いが、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。 ・基準津波と積雪は、積雪荷重の継続時間が長いため、適切に組合せを考慮する。
	設計竜巻と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> ・設計竜巻と風(台風)は、設計竜巻の風荷重に影響は包含されるため、組合せを考慮する必要はない。 ・設計竜巻と積雪は、設計竜巻による風圧によって積雪荷重が緩和されることから、組合せを考慮する必要はない。
	火山の影響と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> ・火山の影響の継続時間は他の主荷重と比較して長いため、降下火砕物に対しては、風(台風)及び積雪の荷重が同時に発生することを想定し、適切に組合せを考慮する。

1. 外部事象の影響評価及び対策 (21 / 28)



1-13 自然現象の重畳に対する設計上の考慮について (2 / 3) ○組み合わせ評価マトリクス(1 / 2)

事象1			凍結		降水		地震		積雪		津波		火山の影響			
事象2	設備の損傷・機能喪失モード	設備の損傷・機能喪失モード	温度	電氣的影響	浸水	荷重 (堆積)	荷重 (地盤)	荷重 (堆積)	電氣的影響	閉塞 (吸気等)	荷重 (衝突)	浸水	閉塞 (海水系)	荷重 (堆積)	閉塞 (海水系)	閉塞 (吸気等)
自然現象	設備の損傷・機能喪失モード		備考													
凍結	温度	屋外タンク及び配管内部配本の凍結	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		ヒートシンク (海水) の凍結	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
電氣的影響	着氷による送電線の相間距離		/	/	a	a	a	a	d(1)	a	a	a	a	a	a	a
			/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
降水	浸水	降水による設備の浸水	/	/	a	a	a	a	a	a	a	e(1)	a	a	a	a
		荷重 (堆積)	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	d(1, III-2)	a
地震	荷重	荷重 (地盤)	/	/	a	a	a	a	a	a	d(III-1)	a	a	a	a	a
		荷重 (堆積)	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
積雪	電氣的影響	着氷による送電線の相間距離	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		閉塞 (吸気系)	給気口等の閉塞	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
津波	荷重	荷重 (堆積)	/	/	a	a	b	d(III-1)	a	a	a	a	a	a	a	a
		浸水	津波による設備の浸水	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
火山の影響	閉塞 (海水系)	設備等による取水口、海水ストレーナ等の閉塞	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
		荷重 (堆積)	荷重 (堆積)	/	/	a	a	d(1)	b	d(1)	a	a	a	a	a	a
		閉塞 (海水系)	海水系ストレーナ等の閉塞	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
		閉塞 (吸気系)	給気口等の閉塞	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
生物学的事象	電氣的影響	腐食	腐食による化学的影響	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		電氣的影響	降下火砕物の付着による送電線の相間距離	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
風 (台風)	荷重	取水口、海水ストレーナ等の閉塞	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	d(1)	a	c(1)	a
		電氣的影響	げっ歯類 (ネズミ等) によるケーブル等の損傷	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
電巻	荷重	荷重 (風)	/	/	d(III-1)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		荷重 (飛来物)	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		荷重 (風)	/	/	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a
		荷重 (飛来物)	/	/	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a
森林火災	温度	荷重 (女王蛇)	/	/	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a
		輻射熱	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
落雷	電氣的影響	給気口等の閉塞	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	d(1)
		局内外計測器取付部に発生するノイズ	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		直撃雷	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		誘導雷サージによる電氣設備内の影響	/	/	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

- 【凡例】
- a: 組み合わせの場合も影響が増長しないもの
 - b: 同時に発生する可能性が極めて低いもの
 - c: 増長する影響について単一事象の検討で包絡されている、若しくは単一事象の設計余裕に包絡されているもの※
 - d: c以外で影響が増長するもの*
- ※ c, dについては以下も記載
- I: 各自然現象から同じ影響がそれぞれ作用し、重ね合わさって増長するケース
 - II: ある自然現象の防護施設が他の自然現象によって機能喪失することにより、影響が増長するケース
 - III-1: 他の自然現象の作用により前提条件が変化し、影響が増長するケース
 - III-2: 他の自然現象の作用により影響が及ぶようになるケース

影響が増長するケース

1. 外部事象の影響評価及び対策 (22 / 28)



○組み合わせ評価マトリクス(2 / 2)

事象1		設備の損傷・機能喪失モード		火山の影響		生物学的事象		風(台風)		電巻			森林火災		落雷		
事象2	設備の損傷・機能喪失モード	腐食	電氣的影響	閉塞(海水系)	電氣的影響	荷重(風)	荷重(飛来物)	荷重(風)	荷重(飛来物)	荷重(気圧差)	温度	閉塞(吸気等)	電氣的影響(ノイズ)	電氣的影響(直撃雷)	電氣的影響(雷サージ)		
自然現象	設備の損傷・機能喪失モード	備考															
凍結	温度	屋外タンク及び配管内部流体の凍結	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	電氣的影響	着氷による送電線の相間距離	a	d(I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
降水	浸水	降水による設備の浸水	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	荷重	荷重(積雪)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
地震	荷重	荷重(地震)	a	a	a	a	d(I)	e(I)	b	b	b	a	a	a	e(II)	a	
	電氣的影響	着雪による送電線の相間距離	a	d(I)	a	a	A	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
積雪	閉塞(吸気系)	給気口等の閉塞	a	a	a	a	d(III-I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	荷重	荷重(積雪)	a	a	a	a	d(I)	e(I)	b	b	b	a	a	a	e(II)	a	
津波	浸水	津波による設備の浸水	a	a	a	a	A	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	閉塞(海水系)	漂流物による取水口、海水ストレーナ等の閉塞	a	a	d(I)	a	A	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
火山の影響	荷重	荷重(積雪)			a	a	d(III-I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	閉塞(海水系)	海水系ストレーナ等の閉塞					e(I)	a	A	a	a	a	a	a	a	a	
	閉塞(吸気系)	給気口等の閉塞					a	a	d(III-I)	a	b	a	a	a	d(I)	a	
	腐食	腐食成分による化学的影響					a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
生物学的事象	閉塞(海水系)	取水口、海水ストレーナ等の閉塞	a	a			a	d(I)	a	a	a	a	a	a	a	a	
	電氣的影響	げっ歯類(ネズミ等)によるケーブル等の損傷	a	a			a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
風(台風)	荷重	荷重(風)	a	a			a	a	a	a	a	e(III-I)	d(III-I)	a	e(II)	a	
	荷重	荷重(飛来物)	a	a	d(I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	e(II)	a	
電巻	荷重	荷重(風)	a	a			a	a	a	a	a	a	a	a	e(II)	a	
	荷重	荷重(飛来物)	a	a	d(I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	e(II)	a	
森林火災	温度	輻射熱	a	a			a	a	e(III-I)	a	e(III-I)	a	a	a	a	a	
	閉塞	給気口等の閉塞	a	a			a	a	d(III-I)	a	d(III-I)	a	a	a	a	a	
落雷	電氣的影響	屋内外計測制御設備に発生するノイズ	a	a			a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	電氣的影響	直撃雷	a	a			a	a	a	a	e(II)	e(II)	a	a	a	a	
電氣的影響	誘導雷サージによる電気室内の電圧上昇	a	a			a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	

【凡例】

a: 組み合わせた場合も影響が増長しないもの

b: 同時に発生する可能性が極めて低いもの

c: 増長する影響について単一事象の検討で包絡されている、若しくは単一事象の設計余裕に包絡されているもの※

d: c以外で影響が増長するもの※

※ c, dについては以下も記載

I: 各自然現象から同じ影響がそれぞれ作用し、重ね合わさって増長するケース

II: ある自然現象の防護施設が他の自然現象によって機能喪失することにより、影響が増長するケース

III-11: 他の自然現象の作用により前提条件が変化し、影響が増長するケース

III-2: 他の自然現象の作用により影響が及ぶようになるケース

影響が増長するケース

1. 外部事象の影響評価及び対策 (23 / 28)



1-13 自然現象の重畳に対する設計上の考慮について (3 / 3)

○影響が増長する組み合わせの影響評価 (1 / 6)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
凍結 (電氣的影響) ×積雪 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。) は相間短絡の影響を受けない。	—
凍結 (電氣的影響) ×火山の影響 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。) は相間短絡の影響を受けない。	—
凍結 (温度) ×風 (台風) (荷重 (風))	温度	d	III-1	風 (台風) の影響により、流体の凍結の可能性が高まると考えられる。 →状況に応じ、循環運転等による凍結防止措置を実施する手順により対処可能である。	—
降水 (浸水) ×津波 (浸水)	浸水	c	I	個別事象の重畳により、浸水の影響を受ける可能性が高まると考えられる。 →津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
降水 (荷重 (堆積)) ×火山の影響 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	降下火砕物は湿り気を含むことで堆積荷重が増加すると考えられる。 →荷重条件として水を含んだ場合の負荷を想定し、積雪 (荷重 (堆積)) ×火山の影響 (荷重 (堆積)) にて評価を行う。	—
降水 (荷重 (堆積)) ×火山の影響 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	III-1	湿り気と降下火砕物により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。) は相間短絡の影響を受けない。	—
地震活動 (荷重 (地震)) ×積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	積雪による堆積荷重の作用により、地震の荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
地震活動 (荷重 (地震)) ×風 (台風) (荷重 (風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →屋外の直接風 (台風) を受ける場所に設置されている施設のうち、風 (台風) 荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
地震活動 (荷重 (地震)) ×風 (台風) (荷重 (飛来物))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
地震活動 (荷重 (地震)) ×落雷 (電氣的影響 (直撃雷))	電氣的影響 (直撃雷)	c	II	地震により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 →避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	—
積雪 (電氣的影響) ×凍結 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。) は相間短絡の影響を受けない。	—
積雪 (荷重 (堆積)) ×地震活動 (荷重 (地震))	荷重	d	III-1	地震の荷重の作用により、積雪による堆積荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
積雪 (荷重 (堆積)) ×津波 (荷重 (衝突))	荷重	d	III-1	津波の荷重の作用により、積雪による堆積荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
積雪 (荷重 (堆積)) ×火山の影響 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、堆積荷重が増加すると考えられる。 →一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するもの同士であることから、受圧面積が小さい施設又は荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組合せを考慮する。 また、荷重条件として、降下火砕物は水を含んだ場合の負荷を想定する。	○
積雪 (閉塞 (吸気系)) ×火山の影響 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	雪と降下火砕物の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—

1. 外部事象の影響評価及び対策 (24 / 28)



○影響が増長する組み合わせの影響評価(2 / 6)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
積雪(電気的影響) ×火山の影響(電気的影響)	電気的影響(相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。)は相間短絡の影響を受けない。	—
積雪(荷重(堆積)) ×風(台風)(荷重(風))	荷重	d	III-1	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →火山の影響(荷重(堆積))×風(台風)(荷重(風))にて評価を行う。	—
積雪(閉塞(吸気系)) ×風(台風)(荷重(風))	閉塞(吸気系)	d	III-1	風(台風)の影響により、雪の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
積雪(閉塞(吸気系)) ×竜巻(荷重(風))	閉塞(吸気系)	d	III-1	風の影響により、雪の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
積雪(閉塞(吸気系)) ×森林火災(閉塞)	閉塞(吸気系)	d	I	雪とばい煙の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
津波(浸水) ×降水(浸水)	浸水	c	I	個別事象の重畳により、浸水の影響を受ける可能性が高まると考えられる。 →津波防護施設(防潮堤等)は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
津波(荷重(衝突)) ×地震活動(荷重(地震))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →津波と地震には因果関係がある(基準津波と基準津波を発生させる地震の余震は、同時に発生することから、組合せを考慮する。	○
津波(浸水) ×地震活動(荷重(地震))	浸水	c	II	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備が損傷し、浸水の影響を受けやすくなると考えられる。 →津波と地震には因果関係がある(基準津波と基準津波を発生させる地震の余震は、同時に発生することから、損傷をもたらす荷重について、津波(荷重(衝突))×地震活動(荷重(地震))で評価する。	—
津波(閉塞(海水系)) ×地震活動(荷重(地震))	閉塞(海水系)	d	III-1	地震によりカーテンウォール等が損傷、コンクリート部材の取水設備侵入の可能性が高まると考えられる。 →コンクリート部材の倒壊による取水口の閉塞は生じない。 また、仮に取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順と同様の対応により対処可能である。	—
津波(荷重(衝突)) ×積雪(荷重(堆積))	荷重	d	III-1	積雪による堆積荷重の作用により、津波の荷重が増大すると考えられる。 →積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
津波(閉塞(海水系)) ×生物学的事象(閉塞(海水系))	閉塞(海水系)	d	I	漂流物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →除塵装置や海水ストレーナ等により海生生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
津波(荷重(衝突)) ×風(台風)(荷重(風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →屋外の直接風(台風)を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○

1. 外部事象の影響評価及び対策 (25 / 28)



○影響が増長する組み合わせの影響評価 (3 / 6)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
津波 (荷重 (衝突)) ×風 (台風) (荷重 (飛来物))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1、2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
津波 (荷重 (衝突)) ×落雷 (電氣的影響 (直撃雷))	荷重	c	II	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1、2に属する設備が損傷し、浸水の影響を受けやすくなると考えられる。 →直撃雷は避雷設備により、また、津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
火山の影響 (電氣的影響) ×凍結 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。) は相間短絡の影響を受けない。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) ×降水 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	降下火砕物は湿り気を含むことで堆積荷重が増加すると考えられる。 →荷重条件として水を含んだ場合の負荷を想定し、積雪 (荷重 (堆積)) ×火山の影響 (荷重 (堆積)) にて評価を行う。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) ×降水 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-2	斜面に堆積した火山灰が降雨によりプラント周辺まで押し寄せ、土石流のような状況になる可能性が考えられる。 →敷地内には土石流を起こすような地形は存在しない。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) ×積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、堆積荷重が増加すると考えられる。 →一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するもの同士であることから、受圧面積が小さい施設又は荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組合せを考慮する。 また、荷重条件として、降下火砕物は水を含んだ場合の負荷を想定する。	○
火山の影響 (電氣的影響) ×積雪 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、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。) は相間短絡の影響を受けない。	—
火山の影響 (閉塞 (吸気系)) ×積雪 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	降下火砕物と雪の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
火山の影響 (閉塞 (海水系)) ×生物学的事象 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	c	I	降下火砕物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →降下火砕物は、水分を含まない場合はオイルフェンスにより除去されること、また、水分を含む場合においても、海水ストレーナのメッシュ径以上のものは水分を含むことで取水路内に沈下し、海水ストレーナまで到達しないことから、個別事象と同等となる。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) ×風 (台風) (荷重 (風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1、2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →火山は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
火山の影響 (閉塞 (吸気系)) ×風 (台風) (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風 (台風) の影響により、降下火砕物の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
火山の影響 (閉塞 (吸気系)) ×森林火災 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	降下火砕物とばい煙の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—

1. 外部事象の影響評価及び対策 (26 / 28)



○影響が増長する組み合わせの影響評価 (4 / 6)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
生物的事象 (閉塞 (海水系)) ×津波 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	d	I	海生物と漂流物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
生物的事象 (閉塞 (海水系)) ×火山の影響 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	c	I	降下火砕物と海生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →降下火砕物は、水分を含まない場合はオイルフェンスにより除去されること、また、水分を含む場合においても、海水ストレーナのメッシュ径以上のものは水分を含むことで取水路内に沈下し、海水ストレーナまで到達しないことから、個別事象と同等となる。	—
生物的事象 (閉塞 (海水系)) ×風 (台風) (荷重 (飛来物))	閉塞 (海水系)	d	I	飛来物と海生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
生物的事象 (閉塞 (海水系)) ×竜巻 (荷重 (飛来物))	閉塞 (海水系)	d	I	飛来物と海生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
風 (台風) (荷重 (風)) ×地震活動 (荷重 (地震))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
風 (台風) (荷重 (飛来物)) ×地震活動 (荷重 (地震))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
風 (台風) (荷重 (風)) ×積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	風の影響により、荷重が増加し、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →風 (台風) (荷重 (風))×火山の影響 (荷重 (堆積))にて評価を行う。	—
風 (台風) (荷重 (風)) ×積雪 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、雪の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
風 (台風) (荷重 (風)) ×津波 (荷重 (衝突))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
風 (台風) (荷重 (飛来物)) ×津波 (荷重 (衝突))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
風 (台風) (荷重 (風)) ×火山の影響 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	風の影響により、荷重が増加し、安全重要度クラス1, 2に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 →火山は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○

1. 外部事象の影響評価及び対策 (27 / 28)



○影響が増長する組み合わせの影響評価 (5 / 6)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
風(台風)(荷重(風)) ×火山の影響(閉塞(吸気系))	閉塞(吸気系)	d	Ⅲ-1	風の影響により、降下火砕物の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
風(台風)(荷重(飛来物)) ×生物学的事象(閉塞(海水系))	閉塞(海水系)	d	I	飛来物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 →除塵装置や海水ストレーナ等により海生生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
風(台風)(荷重(風)) ×森林火災(温度)	温度	e	Ⅲ-1	風(台風)の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 →保守的な条件(偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重畳)により熱影響評価した温度(最大約140℃)が強度維持可能温度(建屋外壁コンクリート約200℃、主排気筒鉄塔約325℃)を上回ることはないことから、構造物の機能は維持される。	—
風(台風)(荷重(風)) ×森林火災(閉塞(吸気系))	閉塞(吸気系)	d	Ⅲ-1	風の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
竜巻(荷重(風)) ×森林火災(温度)	温度	e	Ⅲ-1	風の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 →保守的な条件(偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重畳)により熱影響評価した温度(最大約140℃)が強度維持可能温度(建屋外壁コンクリート約200℃、主排気筒鉄塔約325℃)を上回ることはないことから、構造物の機能は維持される。	—
竜巻(荷重(風)) ×森林火災(閉塞(吸気系))	閉塞(吸気系)	d	Ⅲ-1	風の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
竜巻(荷重(風)) ×落雷(電気的影響(直撃雷))	電気的影響(直撃雷)	e	Ⅱ	風荷重により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 →避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	—
竜巻(荷重(飛来物)) ×落雷(電気的影響(直撃雷))	電気的影響(直撃雷)	e	Ⅱ	飛来物により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 →避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	—
森林火災(閉塞(吸気系)) ×積雪(閉塞(吸気系))	閉塞(吸気系)	d	I	ばい煙と雪の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
森林火災(閉塞(吸気系)) ×火山の影響(閉塞(吸気系))	閉塞(吸気系)	d	I	ばい煙と降下火砕物の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
森林火災(温度) ×風(台風)(荷重(風))	温度	e	Ⅲ-1	風の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 →保守的な条件(偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重畳)により熱影響評価した温度(最大約140℃)が強度維持可能温度(建屋外壁コンクリート約200℃、主排気筒鉄塔約325℃)を上回ることはないことから、構造物の機能は維持される。	—

1. 外部事象の影響評価及び対策 (28 / 28)



○影響が増長する組み合わせの影響評価 (6 / 6)

重畳事象 (事象1×事象2の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
森林火災 (閉塞 (吸気系)) ×風 (台風) (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	Ⅲ-1	風 (台風) の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
森林火災 (温度) ×竜巻 (荷重 (風))	温度	c	Ⅲ-1	風の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐久性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 →保守的な条件 (偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重畳) により熱影響評価した温度 (最大約 140℃) が強度維持可能温度 (建屋外壁コンクリート約 200℃, 主排気筒鉄塔約 325℃) を上回ることはないことから、構造物の機能は維持される。	—
森林火災 (閉塞 (吸気系)) ×竜巻 (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	Ⅲ-1	風の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 →換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) ×地震活動 (荷重 (地震))	電気的影響 (直撃雷)	c	Ⅱ	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 →安全施設は、避雷設備により落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) ×津波 (荷重 (衝突))	荷重	c	Ⅱ	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1, 2 に属する設備が損傷し、浸水の影響を受けやすくなると考えられる。 →直撃雷は避雷設備により、また、津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) ×風 (台風) (荷重 (風))	荷重	c	Ⅱ	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 →安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) ×風 (台風) (荷重 (飛来物))	荷重	c	Ⅱ	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 →安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) ×竜巻 (荷重 (風))	荷重	c	Ⅱ	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 →安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) ×竜巻 (荷重 (飛来物))	荷重	c	Ⅱ	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 →安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—

(補足説明資料 2. 竜巻の影響評価及び対策)

2. 竜巻の影響評価及び対策(1/2)



2-1 車両の飛散解析例(1/2)

車両管理エリアの設定に必要な離隔距離等を考慮するための車両の飛散範囲(飛散距離及び浮上高さ)については、以下の方針に基づきフジモデルを用いて算出した。

- 飛散し易い形状を考慮し、代表的な寸法及び重量を選定する。飛散解析結果は次頁に示す。

種々の物品の解析結果より「箱状(表面積大)」かつ「密度が低い」物品が飛散し易い傾向が読み取れることから、以下の車種を代表として選定。

- ・トラック(大型～小型のバン及び平型)
- ・バス(大型～マイクロバス)
- ・軽自動車(最大高(面積大),最軽量)
- ・軽トラック
- ・SUV

- 上記と逆の傾向を持つ「飛ばない(飛びにくい)」車両の例は以下の様なものがある。

- ・フォークリフト,ホイールローダ
- ・移動式クレーン
- ・移動式ポンプ車

- 車両は地表面に位置する(地面からの初期高さ0)と見なして解析した。
- 飛散距離に影響を与える飛散の出発点と到達点の高低差についても、解析ケースとして考慮した。(次頁の表も参照)

**種々の車両について
寸法・重量を選定**
(飛散し易い車種を選定)



車両の飛散解析を実施
(初期位置:地表面)

**各ケースにおける
飛散距離を算定**



**最大飛散距離を包絡する
離隔距離を選定**
(230m及び190m)

2. 竜巻の影響評価及び対策(2/2)



2-1 車両の飛散解析例(2/2)

【主な評価条件】

- ・風速場: フジタモデル
- ・最大風速: 100m/s
- ・寸法, 重量: 車両メーカーカタログから代表的な数値を参照。
- ・空力パラメータ及び抗力係数:
下図のとおり

$$\frac{C_D A}{m} = c \frac{(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$$

ここで,

$\frac{C_D A}{m}$: 空力パラメータ (m²/kg)

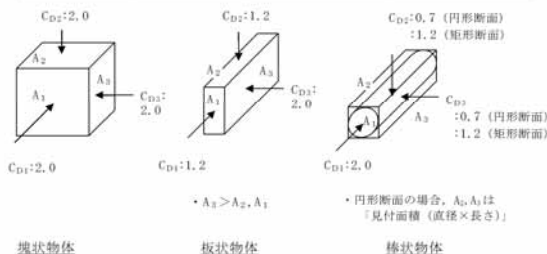
m : 物品の質量 (kg)

c : 係数 (0.33)

C_{D1}, C_{D2}, C_{D3} : 直交3方向における物品の抗力係数(別表2-1より選定)

A_1, A_2, A_3 : $C_{D1} \sim C_{D3}$ を定義した各方向に対する見付面積 (m²)

物体の形状	C_{D1}	C_{D2}	C_{D3}
塊状	2.0	2.0	2.0
板状	1.2	1.2	2.0
棒状	2.0	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)



車種	車高(m)	その他寸法(m)		重量(kg)	空力パラメータ $C_D A / m$ (m ² /kg)	最大飛散距離(m)		最大浮上高さ(m)
						高低差20m	高低差0m	
大型トラック バン (25t)	3.790	2.495	11.990	10900	0.0052	184	134	9.0
大型トラック 平 (25t) ①	3.255	2.490	11.990	9180	0.0056	180	128	7.9
大型トラック 平 (25t) ②	3.460	2.490	11.990	9310	0.0057	186	136	9.5
大型トラック 平 (25t) ③	3.035	2.490	11.950	9210	0.0053	172	115	6.5
大型トラック 平 (25t) ④	3.180	2.490	11.810	8970	0.0056	178	126	7.6
大型トラック 平 (11t)	2.485	2.470	9.440	4750	0.0074	202	147	8.7
中型トラック バン (8t)	3.525	2.495	8.565	4925	0.0081	226	183	17.0
中型トラック バン (7t)	3.135	2.200	6.920	3490	0.0083	222	179	15.6
中型トラック 平 (8t) ①	2.550	2.470	8.485	3690	0.0088	224	170	13.1
中型トラック 平 (8t) ②	2.425	2.240	8.130	3220	0.0089	215	166	12.4
中型トラック 平 (8t) ③	2.435	2.470	9.440	4120	0.0084	222	162	11.4
中型トラック バン (5t)	2.830	1.885	4.845	2795	0.0067	186	135	8.8
中型トラック 平 (4t)	1.990	1.695	4.690	1990	0.0069	167	101	5.1
小型トラック 平 (2t)	2.250	2.170	6.790	2710	0.0085	199	149	10.1
小型トラック 平 (1.5t)	1.970	1.695	4.690	2160	0.0063	156	87	4.4
大型バス ①	3.045	2.485	10.430	9260	0.0047	155	90	5.2
大型バス ②	3.130	2.490	11.450	10190	0.0047	158	94	5.4
大型バス ③	3.190	2.490	11.280	10310	0.0047	160	97	5.6
大型バス ④	3.750	2.490	11.990	12840	0.0044	168	109	6.0
大型バス ⑤	3.485	2.490	8.990	10090	0.0041	151	86	4.7
大型バス ⑥	3.520	2.490	11.990	13000	0.0042	157	94	5.0
中型バス ①	3.045	2.300	8.990	7800	0.0047	155	90	5.2
中型バス ②	2.910	2.300	8.990	8100	0.0044	136	74	4.1
中型バス ③	3.035	2.340	8.990	7100	0.0052	170	113	6.3
マイクロバス ①	2.635	2.065	6.995	3830	0.0067	181	128	7.6
マイクロバス ②	2.735	2.010	7.730	4190	0.0067	184	131	8.2
軽自動車 (車高最大レベル)	1.880	1.475	3.395	960	0.0098	213	161	9.3
軽自動車 (車高最大レベル)	1.910	1.475	3.395	950	0.0100	220	166	10.1
軽自動車 (車高最小レベル)	1.180	1.475	3.395	830	0.0086	138	65	3.2
軽自動車 (車高最小レベル)	1.280	1.475	3.395	850	0.0088	152	77	3.7
軽自動車 (最軽量レベル)	1.475	1.475	3.395	610	0.0132	222	172	10.9
軽自動車 (最軽量レベル)	1.525	1.475	3.395	650	0.0127	223	172	10.8
軽トラック 平 ①	1.745	1.475	3.395	780	0.0115	219	167	11.5
軽トラック 平 ②	1.765	1.475	3.395	680	0.0133	227	180	14.6
軽トラック 平 ③	1.885	1.475	3.395	1220	0.0077	173	111	5.5
SUV①	1.880	1.980	4.950	2430	0.0063	150	80	4.1
SUV②	1.690	1.835	4.725	1660	0.0079	168	101	4.8
SUV③	1.610	1.775	4.175	1210	0.0093	204	143	6.0
最大値						227	183	17.0
必要離隔距離						230	190	

(補足説明資料 3. 火山の影響評価及び対策)

(補足説明資料 3-1. 火山の立地, 影響評価(荷重条件))

3-1. 火山の立地，影響評価（荷重条件）（1/20） 評価の変遷



【立地評価】

➤ 申請時の評価(H26.5)

- 地理的領域内の第四紀火山「32火山」うち，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として「12火山」を抽出
- 抽出した火山による設計対応不可能な火山事象の影響はなく，モニタリング対象外



➤ 申請以降実施した調査・検討

- 地理的領域内の第四紀火山「32火山」を対象に，個別文献調査を行い，各火山の詳細な活動履歴を把握することを目的に，階段ダイヤグラムを作成



➤ 最終評価(H29.6)

- 地理的領域内の第四紀火山「32火山」うち，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として「13火山」を抽出（笹森山を追加）
- 抽出した火山による設計対応不可能な火山事象の影響はなく，モニタリング対象外

該当頁

88 ~ 94

【影響評価】

➤ 申請時の評価(H26.5) 設計上考慮する降下火砕物の層厚を40cmとした。

- 町田・新井(2011)によれば，敷地において最大層厚となる降下火砕物は赤城鹿沼テフラであり，敷地は等層厚線の10cm ~ 40cmの範囲に位置
- 敷地近傍のボーリング調査の結果，約20cmの層厚を確認



➤ 申請以降実施した調査・検討

- 文献調査……申請時の評価に山元(2013)等を追加して評価
 - 敷地に最も影響の大きい降下火砕物 赤城鹿沼テフラ
 - 山元(2013): 20cm(敷地付近), 34cm ~ 38cm(敷地南側) 40cmと評価
 - 赤城鹿沼テフラと同規模の噴火の降灰分布の事例を確認・整理: 最大約25cm
- 地質調査……申請時以降，以下の調査を実施
 - 敷地及び敷地近傍のボーリング調査: 約15 ~ 20cm
 - 敷地周辺の露頭調査: 文献の分布と整合していることを確認(10cm ~ 40cm)
 - 敷地近傍の露頭調査(東海駅露頭): 約20cm
露頭詳細観察により浸食による影響を受けていないことを立体的な堆積状況も踏まえ確認
- シミュレーション…赤城鹿沼テフラと同規模の噴火を想定したシミュレーションを実施: 約49cm(不確かさを考慮)



➤ 最終評価(H29.6)

文献調査，地質調査の結果からは40cm程度と評価されるが，さらなる保守性として検討した降下火砕物シミュレーションによる不確かさを考慮した解析の結果49cmも踏まえ，これらを総合的に判断し，設計上考慮する降下火砕物の層厚を保守的に50cmと設定

95 ~
106

3-1. 火山の影響評価及び対策 (2/20) 概要



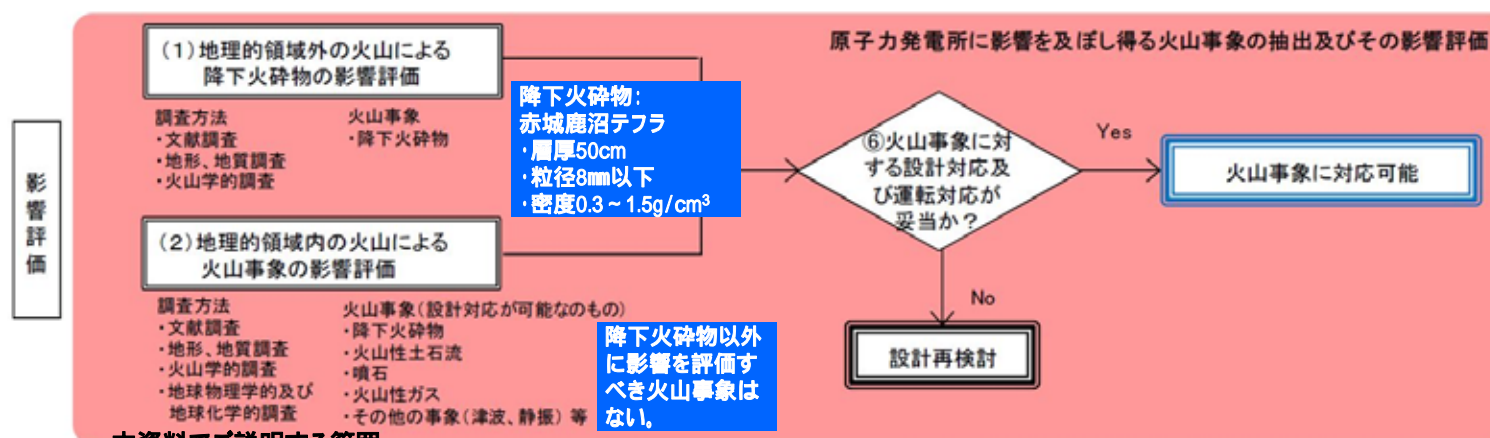
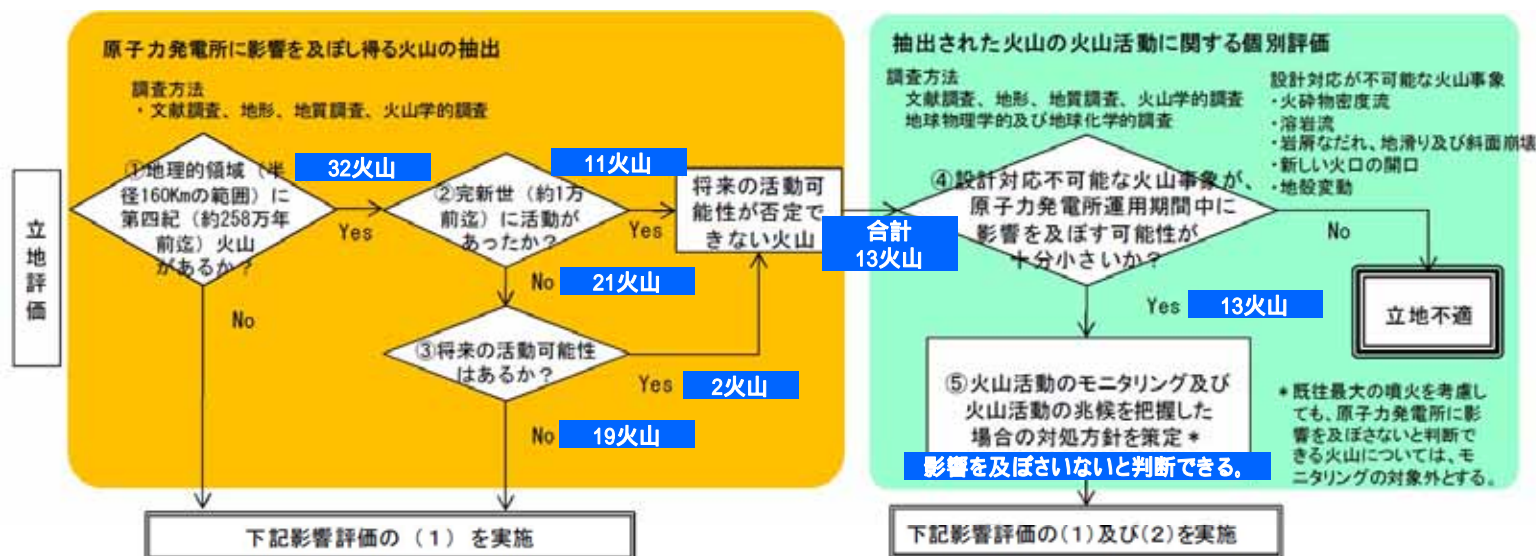
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、東海第二発電所の火山影響評価を実施した。

【立地評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として13火山を抽出
- 抽出された火山の火山活動に関する個別評価の結果、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性はないと判断される(モニタリング対象外)。

【影響評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物以外に影響評価すべき火山事象はない。
- 評価すべき降下火砕物の層厚は文献調査、地質調査及びシミュレーションの結果を総合的に評価し50cmとした。



本資料でご説明する範囲

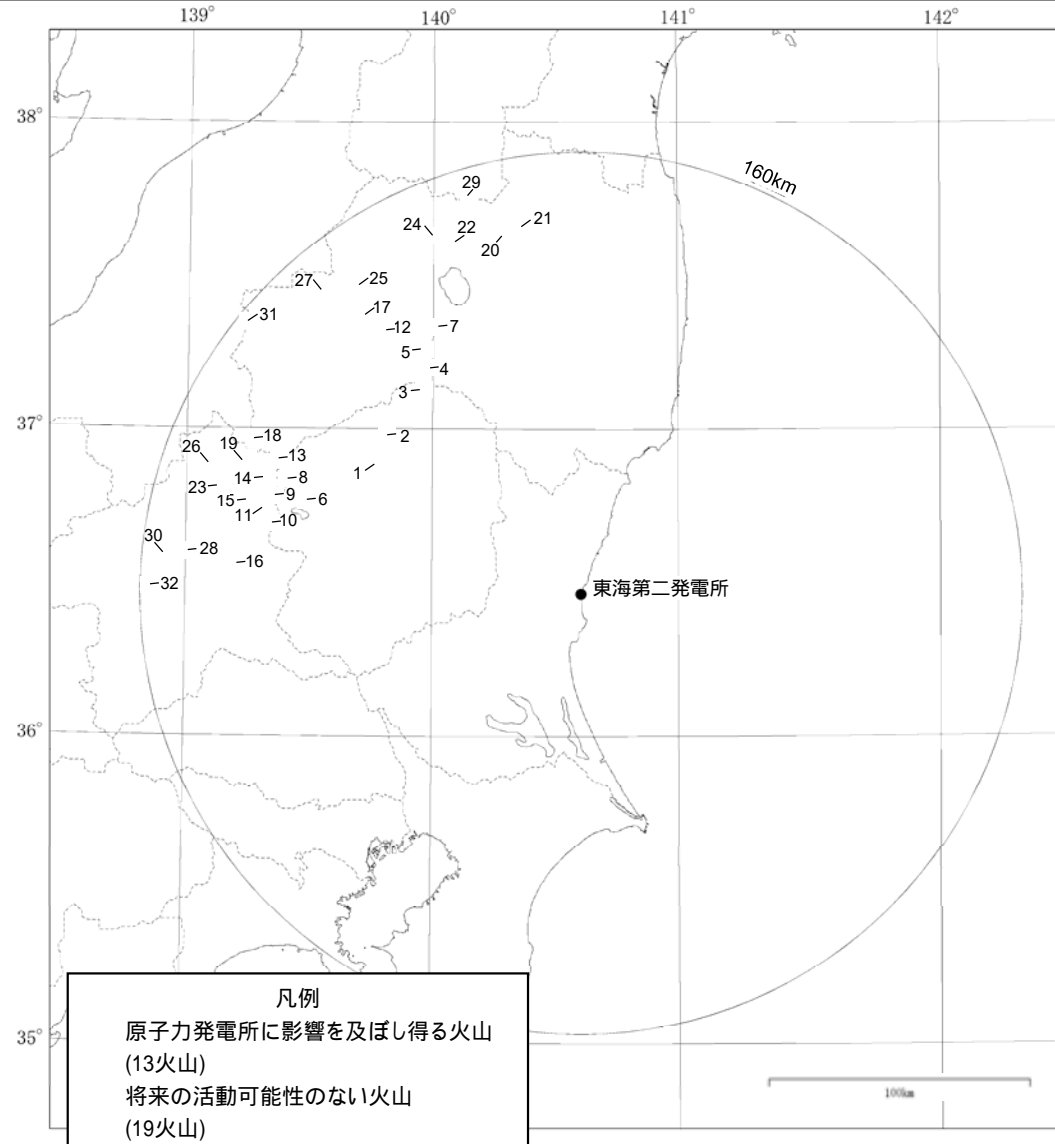
原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2013))に加筆

3-1. 火山の影響評価及び対策 (3/20) 立地評価 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出



東海第二発電所の地理的領域(半径160km範囲)に位置する第四紀(約258万年前迄)火山として、陸域の32火山が抽出された。
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出された13火山の分布は以下のとおり。

- 完新世に活動を行った火山:11火山 高原山, 那須岳, 男体・女峰火山群, 日光白根山, 赤城山, 燧ヶ岳, 安達太良山, 磐梯山, 沼沢, 吾妻山, 榛名山
- 将来の活動可能性が否定できない火山:2火山 笹森山, 子持山



No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
1	たかはらやま 高原山	88
2	しおばら 塩原カルデラ	90
3	なすだけ 那須岳	93
4	とう 塔のへつりカルデラ群	99
5	ふたまたやま 二岐山	104
6	なんたい・によほう 男体・女峰火山群	105
7	あいづぬのひきやま 会津布引山	109
8	ねなくさやま 根名草山	116
9	にっこうしらねさん 日光白根山	116
10	すかいさん 皇海山	116
11	すずがたけ 錫ヶ岳	117
12	ひわた 桧和田カルデラ	118
13	きぬぬま 鬼怒沼	120
14	しろうだけ 四郎岳	122
15	ぬまのかみやま 沼上山	124
16	あかぎさん 赤城山	127

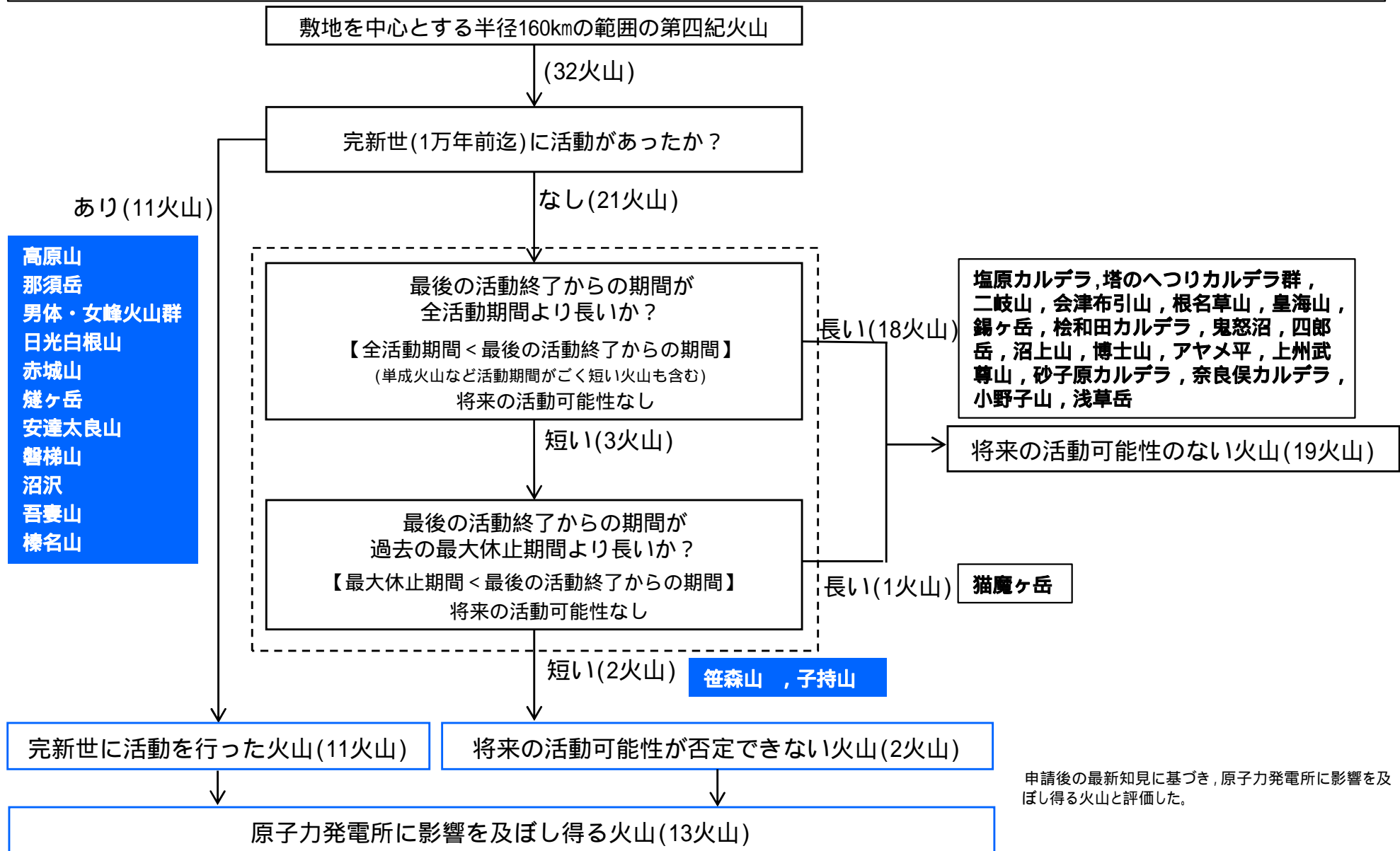
No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
17	はかせやま 博士山	127
18	ひうちがたけ 燧ヶ岳	130
19	たいら アヤメ平	131
20	あだたらやま 安達太良山	133
21	さきもりやま 笹森山	133
22	ぼんたいさん 磐梯山	135
23	じょうしゅうほたかやま 上州武尊山	137
24	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	137
25	すなごはら 砂子原カルデラ	137
26	ならまた 奈良俣カルデラ	142
27	ぬまざわ 沼沢	143
28	こもちやま 子持山	145
29	あづまやま 吾妻山	147
30	あのかやま 小野子山	150
31	あさくさだけ 浅草岳	156
32	はるなさん 榛名山	157

半径160km範囲の第四紀火山分布

3-1. 火山の影響評価及び対策 (4/20) 立地評価 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 将来の活動可能性が否定できない火山の抽出



敷地の地理的領域の第四紀火山(32火山)について、完新世の活動の有無，将来の活動性を検討した結果，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として，将来の活動可能性が否定できない13火山が抽出された。



申請後の最新知見に基づき，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山と評価した。

3-1. 火山の影響評価及び対策 (5/20) 立地評価 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 活動履歴・階段ダイアグラムの例【16.赤城山】



地理的領域内の第四紀火山について、将来の活動可能性の有無については、文献調査結果を基に、当該火山の第四紀の噴火時期、噴火規模、活動期間を以下のとおり整理し評価した。

火山名	赤城山
敷地からの距離	約127km
火山の形式	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム
活動年代	30万年前より古い ~ 1251年
概要	赤城山の活動は中央火口丘形成期, 新期成層火山形成期, 古期成層火山形成期に分けられる。最新活動期の中央火口丘形成期は4.4万年前に開始され, 最新噴火の1251年噴火による降下火砕物が確認されている(山元(2014a), 青木他(2008), 及川(2012)等)。

・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

赤城山の活動履歴

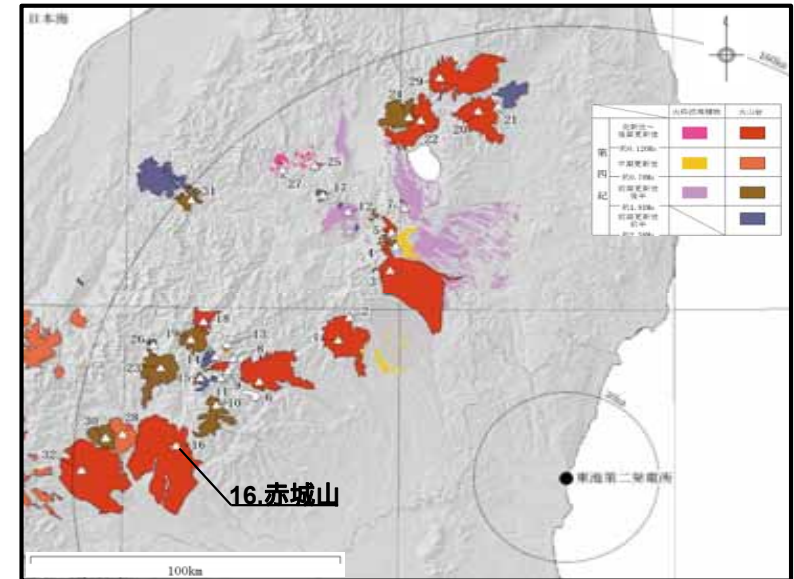
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
1251年	中央火口丘形成期	1251年噴火噴出物	2.49	大森編(1986) 鈴木(1990) 富田他(1994) 宇井編(1997) 青木他(2008)
		赤城鹿沼テフラ 等		
30万年前	新期成層火山形成期	ガラ石質火砕流 榊形山溶岩 等	>25.3	高橋他(2012) 及川(2012)
	古期成層火山形成期	荒山溶岩 沼尾川溶岩 等	58	山元(2014a) 山元(2014b) 山元(2016) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 編(2014)

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

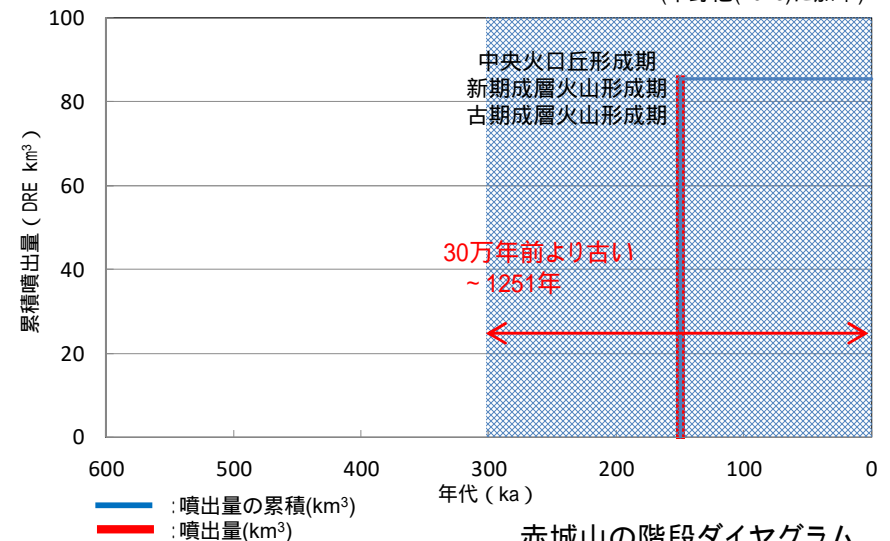
・下線: 有史以降の噴出物

気象庁編(2013)によれば、赤城山における有史以降の火山活動は1251年噴火のみ(堆積物未確認)とされるが、早川(1999)によれば、1251年噴火の根拠とされる吾妻鏡の記録は、噴火ではなく山火事の記録とされる。一方で、及川(2012)及び峰岸(2003)により、同時期の噴火を記録した別の歴史記録も報告されている。

**完新世に活動を行った火山であり、
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。**



(中野他(2013)に加筆)



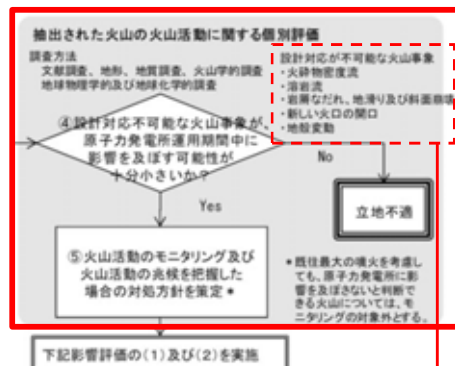
赤城山の階段ダイアグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

3-1. 火山の影響評価及び対策 (6/20) 立地評価 抽出された火山の火山活動に関する個別評価



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出された13火山について、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性について検討した。



原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩層なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微小動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注4

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。

注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2013))に加筆

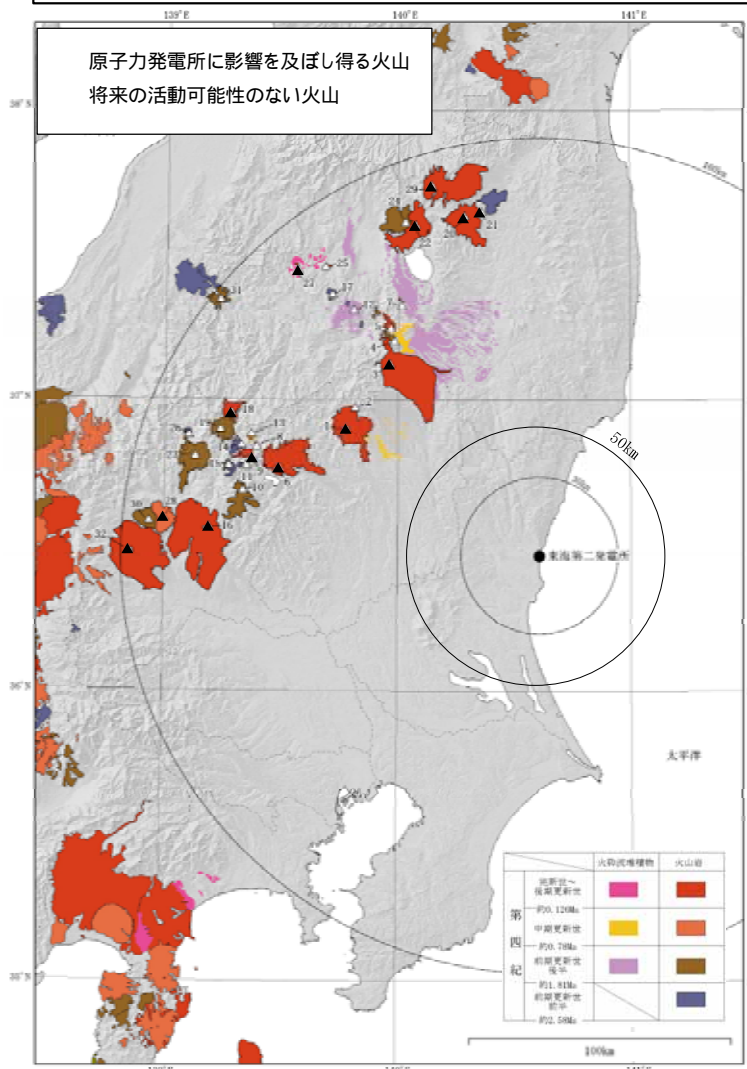
3-1. 火山の影響評価及び対策 (7/20) 立地評価

抽出された火山の火山活動に関する個別評価 評価結果



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について、設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性を以下のとおり検討した。結果は、下表に示すとおり。

- 溶岩流, 岩屑なだれについては, いずれの火山も敷地との距離が50kmより長いため評価の対象外とした。
- 新しい火口の開口, 地殻変動については, 敷地は火山フロントの前弧側(東方)に位置し, 敷地周辺では火成活動は確認されていないことから, これらの活動が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 火砕物密度流については, いずれの火山も敷地との距離が160km以内であるため, 火山の個別評価を行い影響を及ぼす可能性を検討した。



火山地質図

(中野他(2013)に加筆)

No.	火山名	敷地からの距離(km)	火砕物密度流(160km)		溶岩流 岩屑なだれ, 地すべり及び斜面崩壊 (50km)	新しい火口の開口 地殻変動
			到達可能性範囲(km)	評価結果		
1	高原山	88	-	活動履歴上, 噴出物は溶岩や火砕物が主体であり, 火砕物密度流の発生実績は認められない。	敷地と火山の距離から, 原子力発電所に影響を及ぼす可能性はない。	敷地は, 火山フロントより前弧側(東方)に位置すること, 敷地周辺では火成活動は確認されていないことから, この事象が原子力発電所の運転期間中に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
3	那須岳	93	17	敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離から, 原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。		
6	男体・女峰火山群	105	18			
9	日光白根山	116	-	活動履歴上, 噴出物は溶岩や火砕物が主体であり, 火砕物密度流の発生実績は認められない。		
16	赤城山	127	24	敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離から, 原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。		
18	燧ヶ岳	130	6			
20	安達太良山	133	16			
21	笹森山	133	13			
22	磐梯山	135	10			
27	沼沢	143	17			
28	子持山	145	6			
29	吾妻山	147	19			
32	榛名山	157	23			

- 設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流, 溶岩流, 岩屑なだれ他, 新しい火口の開口及び地殻変動)が原子力発電所に影響を及ぼす可能性はない。
- このことから抽出された13火山はモニタリングの対象とはならない。

3-1. 火山の影響評価及び対策 (8/20) 立地評価 抽出された火山の火山活動に関する個別評価 火砕物密度流の到達可能性範囲の検討の例



- 赤城山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約24kmであり、敷地から十分に離れていることから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。



3-1. 火山の影響評価及び対策 (9/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価



- 降下火砕物の評価については、火山影響評価ガイドにおいて「降下火砕物に関しては、火山抽出の結果にかかわらず、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。」とされている。このことから、地理的領域外の火山も対象に文献調査及び地質調査を行い、敷地において最大となる降下火砕物の層厚を設計上考慮する降下火砕物の層厚とする。

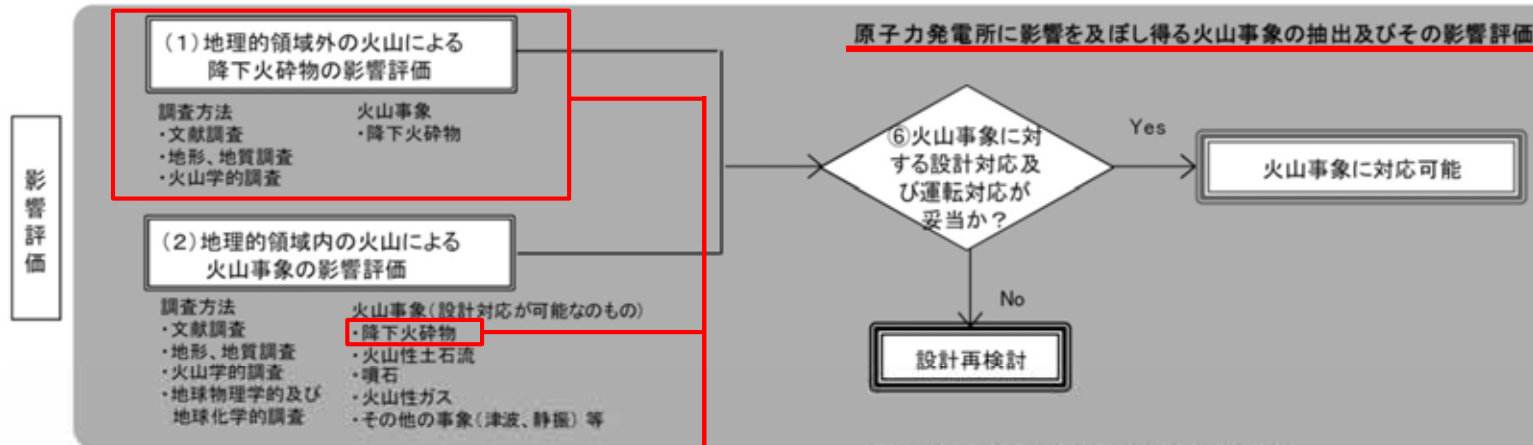


表1 原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係*

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、空中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物溶融流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	100km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	100km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静揺	水の圧縮	注4
10. 大気現象	動的過圧、雷害、ダウンバースト風	注4
11. 地盤変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的振動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性水、水の汚染、氾濫又は暴昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変質、水圧の急変	注4

[参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625]

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

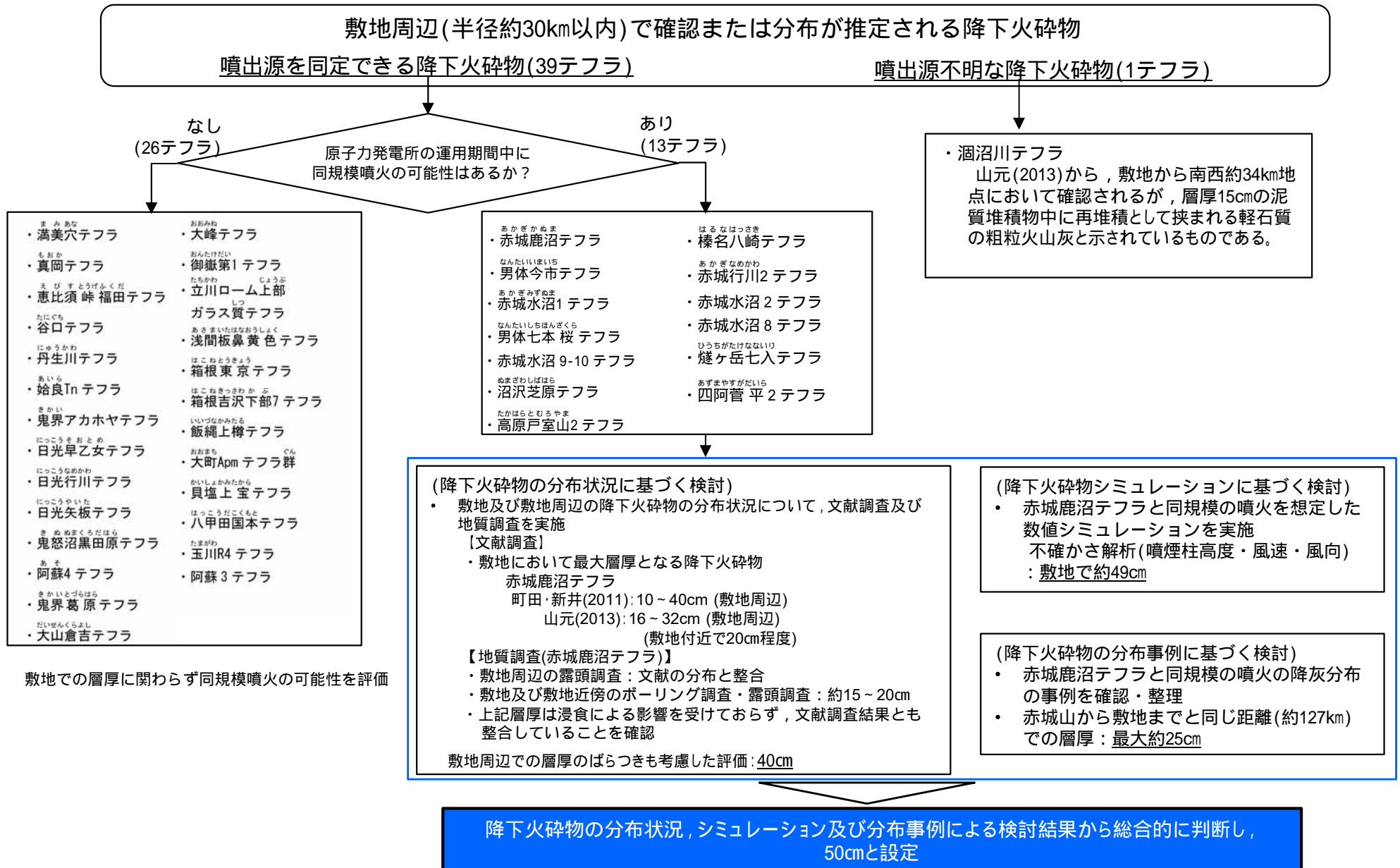
注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。

注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2013))に加筆

3-1. 火山の影響評価及び対策 (10/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 検討フロー



敷地での層厚に関わらず同規模噴火の可能性を評価

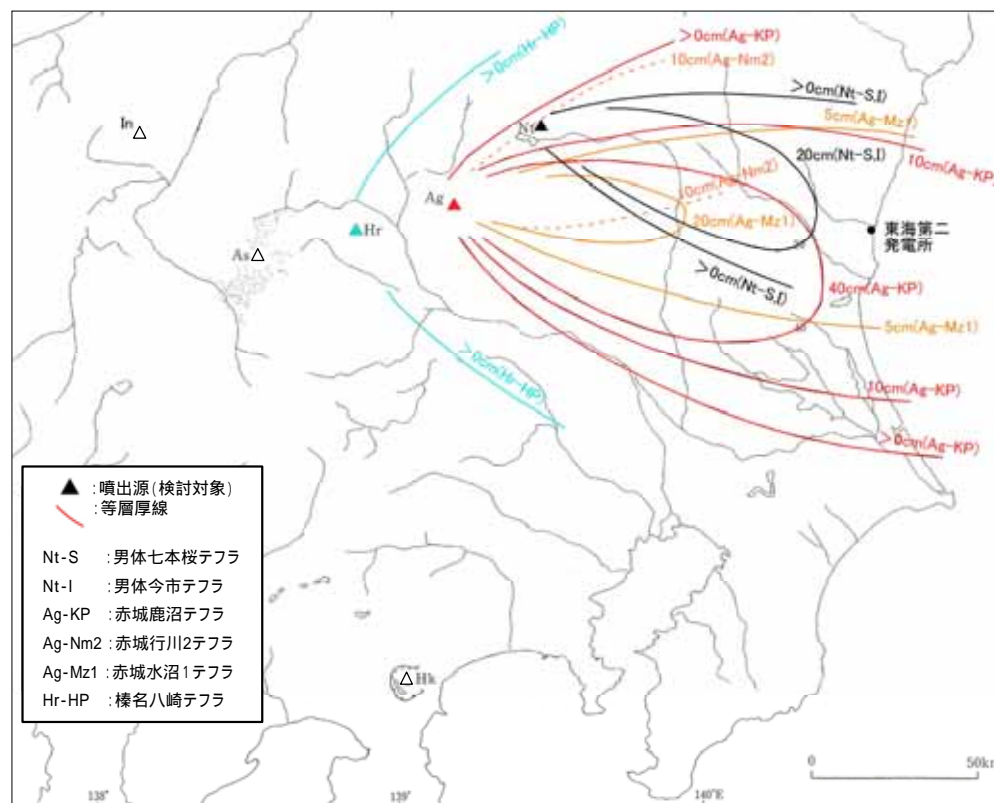
降下火砕物の分布状況、シミュレーション及び分布事例による検討結果から総合的に判断し、50cmと設定

3-1. 火山の影響評価及び対策 (11/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 文献調査 (敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物)

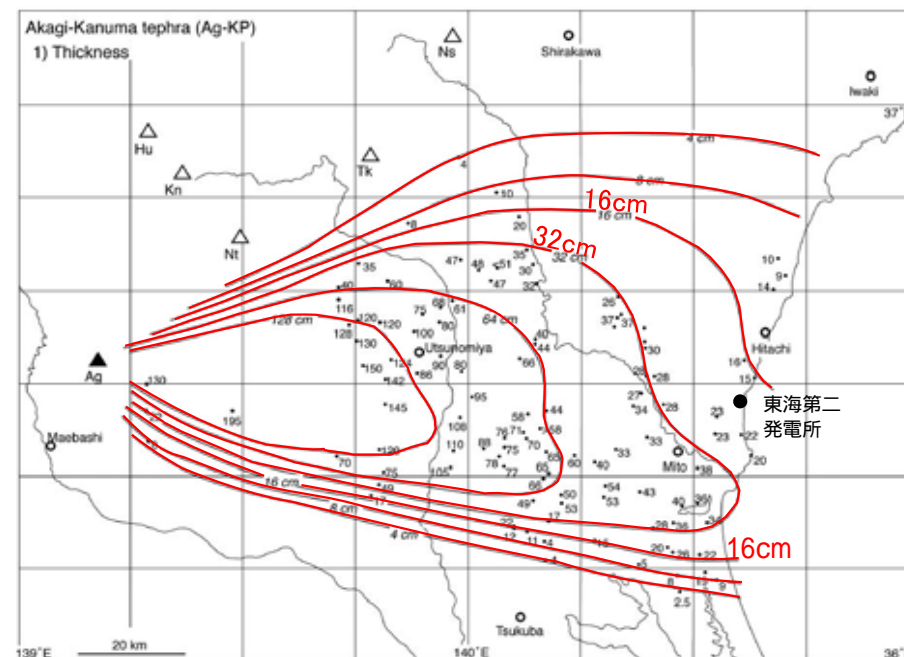


敷地周辺(半径約30km以内)で確認または分布が推定される降下火砕物のうち、原子力発電所の運用期間中に同規模噴火の可能性のある降下火砕物の分布を以降に示す。

- 敷地において最大層厚となる降下火砕物は赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) である。



敷地周辺の主な降下火砕物の分布
(町田・新井(2011)に基づき作成)



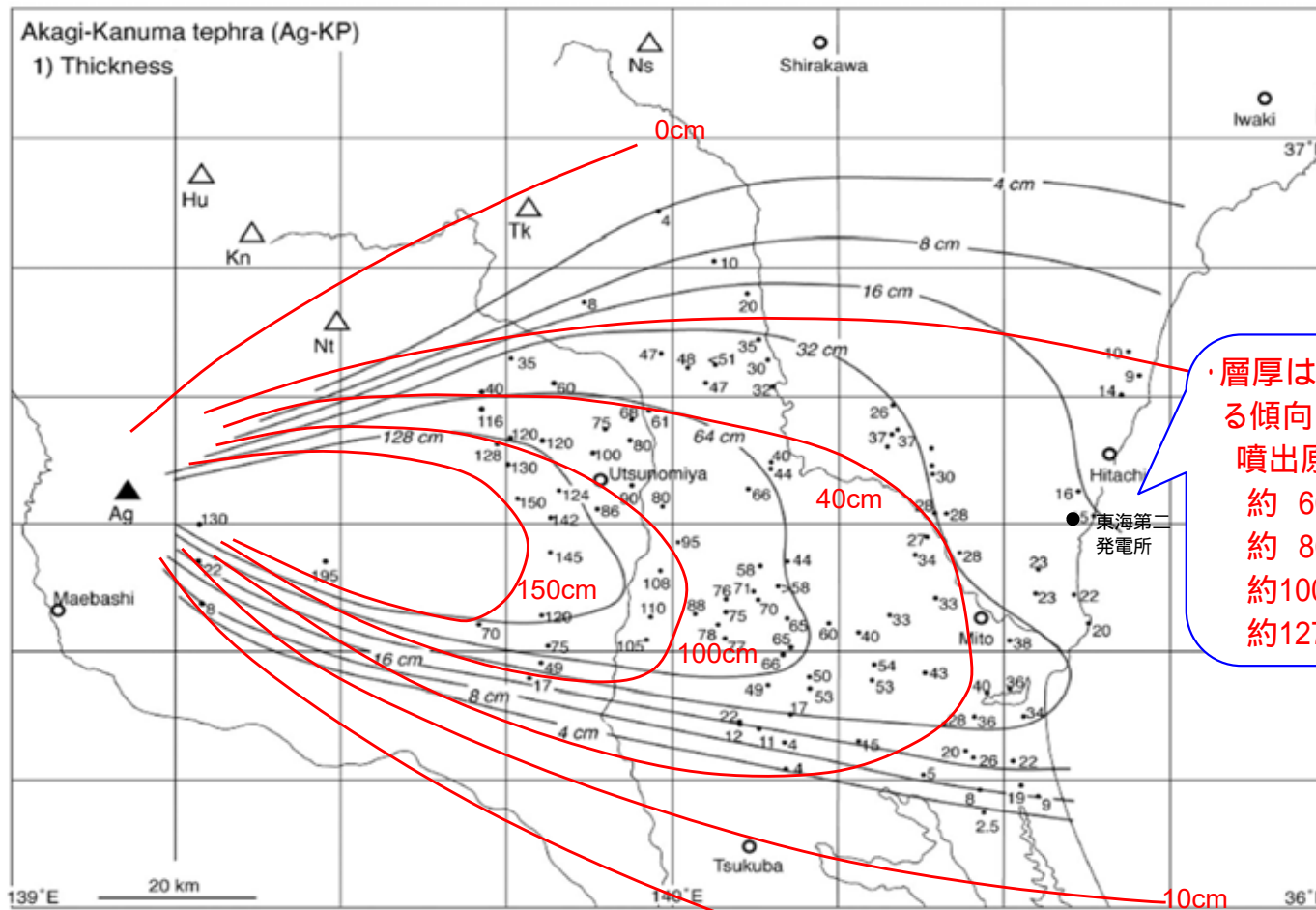
第17図 赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)の分布。
 1) 数字は降下火砕物層の厚さで、単位はcm。2) 数字は本質粒子の平均最大粒径で、単位はmm。Ag = 赤城火山、
 Ma = 榛名火山、Nm = 鬼怒沼火山、Ns = 那須火山、Nt = 男体火山、Tk = 高野火山

赤城鹿沼テフラの等層厚線図
(山元(2013)に加筆)

3-1. 火山の影響評価及び対策 (12/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 文献調査 (赤城鹿沼テフラの分布)



- 文献で確認される赤城鹿沼テフラの分布は以下のとおり。敷地の層厚の評価においては敷地周辺での層厚のばらつきも考慮し、40cmと評価する。
- ・敷地は町田・新井(2011)が示す等層厚線図の10cm～40cmの範囲に位置している。
 - ・敷地は山元(2013)が示す等層厚線図の16cm～32cmの範囲に位置している。
 - ・町田・新井(2011)と山元(2013)に示される赤城鹿沼テフラの分布傾向は概ね整合しており、山元(2013)において確認される敷地付近での層厚は20cm程度であるが、敷地の南側には赤城山から敷地までの距離と同程度の位置に34cm～38cmの層厚が確認される。
- なお、敷地及び敷地近傍のボーリング調査において、風化火山灰層中に厚さ約15cm及び20cmの黄白色の軽石層が認められ、火山灰分析の結果、赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) に対比された。



・層厚は噴出原の距離に応じて減衰する傾向がある。

噴出原からの距離 (km)	層厚 (cm)
約 60km	128cm
約 80km	64cm
約 100km	32cm
約 127km	16cm

文献によると、赤城山の活動年代は、「30万年前より古い～1251年」とされる。

▲ : 噴出源
 〰 : 町田・新井(2011)
 〰 : 山元(2013)

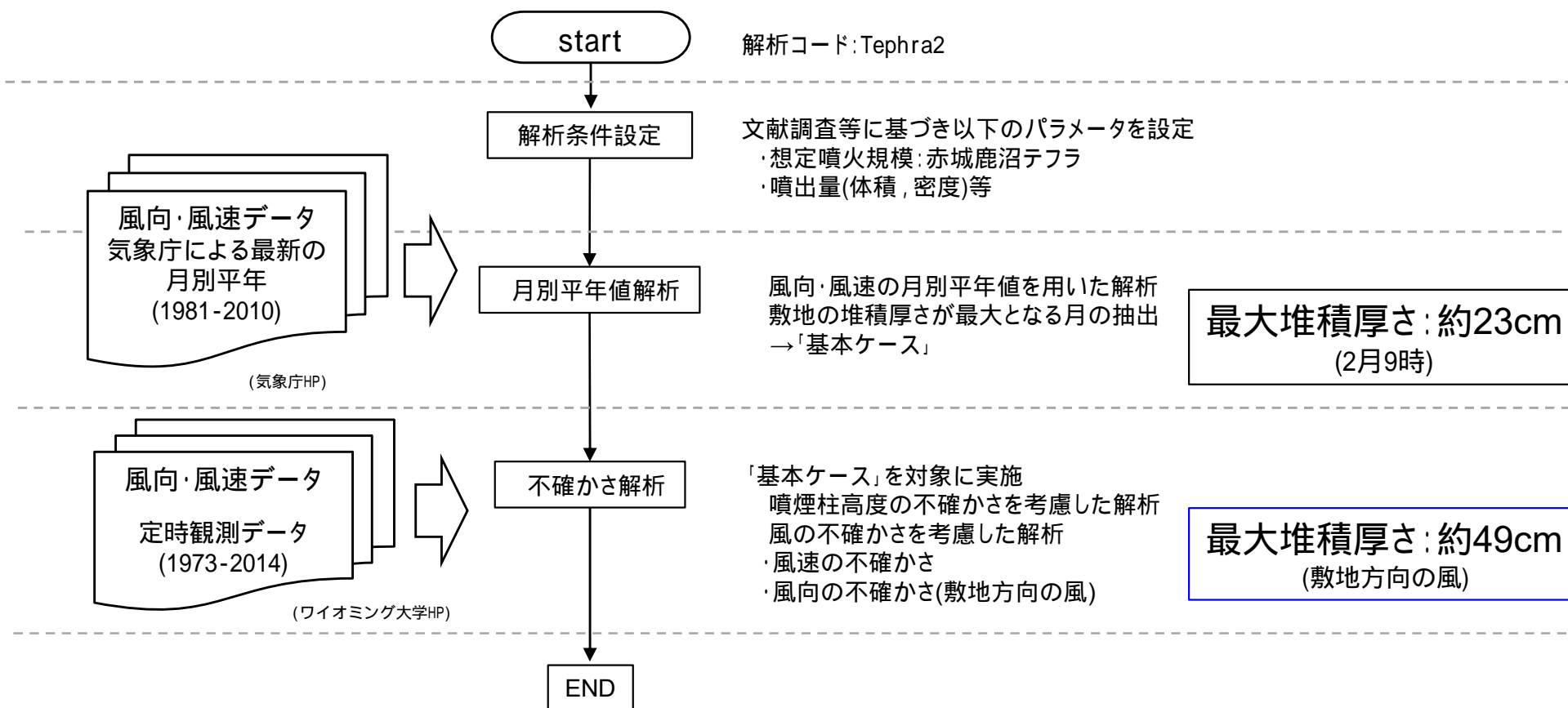
赤城鹿沼テフラの等層厚線図
 (町田・新井(2011)と山元(2013)の重ね合わせ)

0cm

3-1. 火山の影響評価及び対策 (13/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物シミュレーション



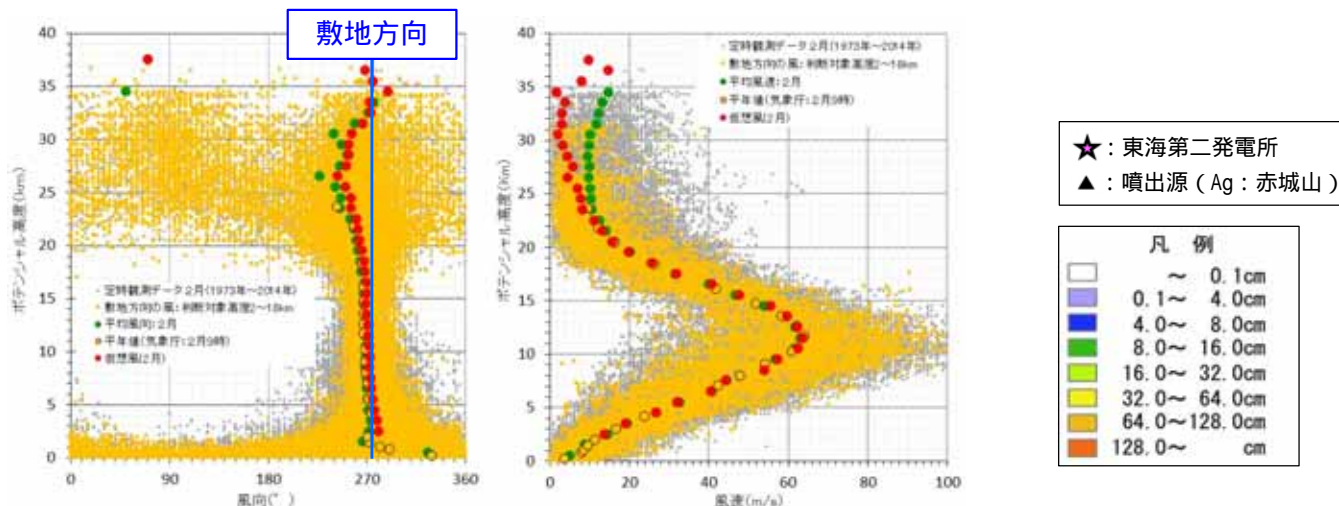
- 降下火砕物の数値シミュレーションは火山影響評価ガイドにおいては、原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合の堆積物量を設定する方法の一つとされている。
- ここでは、敷地で最大層厚となる降下火砕物(赤城鹿沼テフラ)と同等規模の噴火が発生した場合における、現在の気象条件での不確かさを考慮した敷地での層厚をシミュレーションによって確認する。
- 不確かさを考慮したシミュレーションを実施した結果、敷地での最大堆積厚さは約49cmであった。



3-1. 火山の影響評価及び対策 (14/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物シミュレーション(不確かさ解析:敷地方向の風)

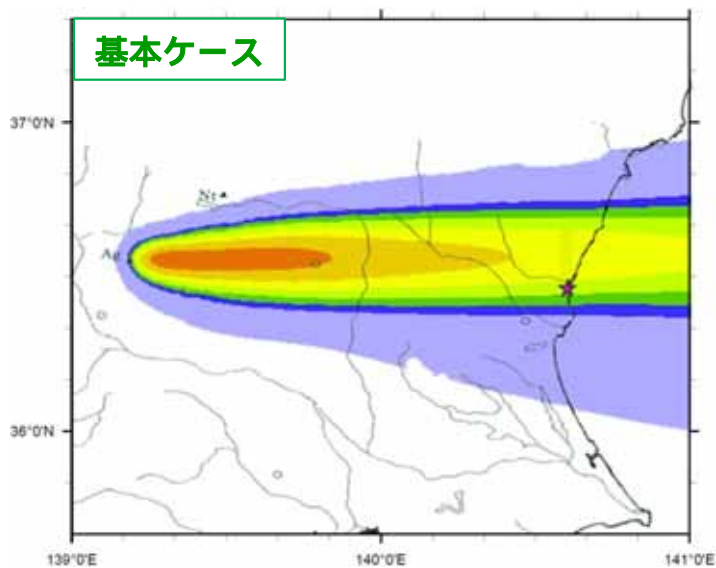


不確かさを考慮した解析として、2月の観測値(1973年～2014年)を用いて、敷地方向の風を作成して検討した結果、敷地における堆積厚さは約49 cmとなった。



2月(9時)の平年値の風

敷地方向の風

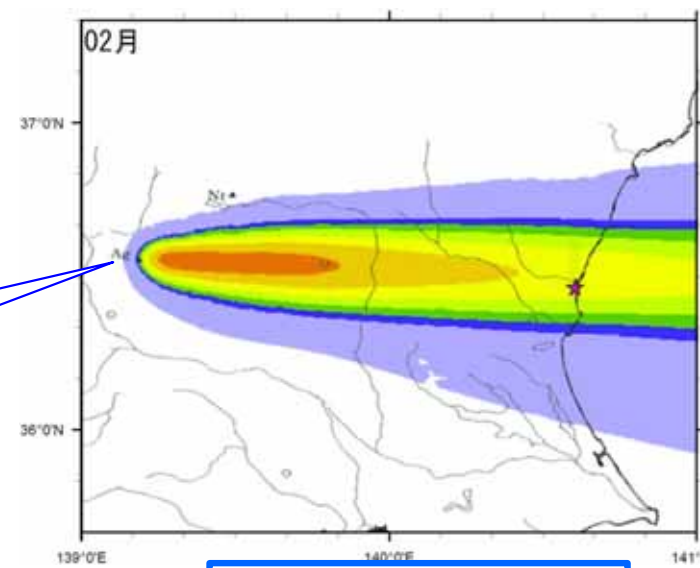


堆積厚さ:22.5cm



敷地方向の風

敷地の堆積厚さが最も大きくなるよう、「基本ケース」に対して、噴煙柱高さ、風向及び風速を調整し、より保守的な評価条件を設定している。



堆積厚さ:48.8cm

3-1. 火山の影響評価及び対策 (15/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物の粒径・密度



文献調査及び地質調査(土質試験)結果から、設計上考慮する降下火砕物の粒径及び密度を以下のとおり設定する。

調査結果

項目	文献調査 (敷地周辺)	当社の試験結果	
		最小	最大
最大粒径	最大8mm ¹	最大4.8mm ⁴	
湿潤密度	約1.0～1.2g/cm ³ ^{2, 3} (1.2g/cm ³ を超えることがある) ³	約0.9g/cm ³	約1.1g/cm ³
乾燥密度	約0.3～0.7g/cm ³ ^{2, 3}	約0.3g/cm ³	約0.5g/cm ³

1:山元(2013), 2:富田他(1994), 3:宇井編(1997)に基づく

4:発電所敷地及びJAEA大洗研究開発センター(現:大洗研究所)での試験結果の最大値

設計上考慮する降下火砕物の粒径及び密度の設定値

- ・ 粒径：8mm以下
- ・ 密度：0.3g/cm³ (乾燥状態) ～ 1.5g/cm³ (湿潤状態)⁵

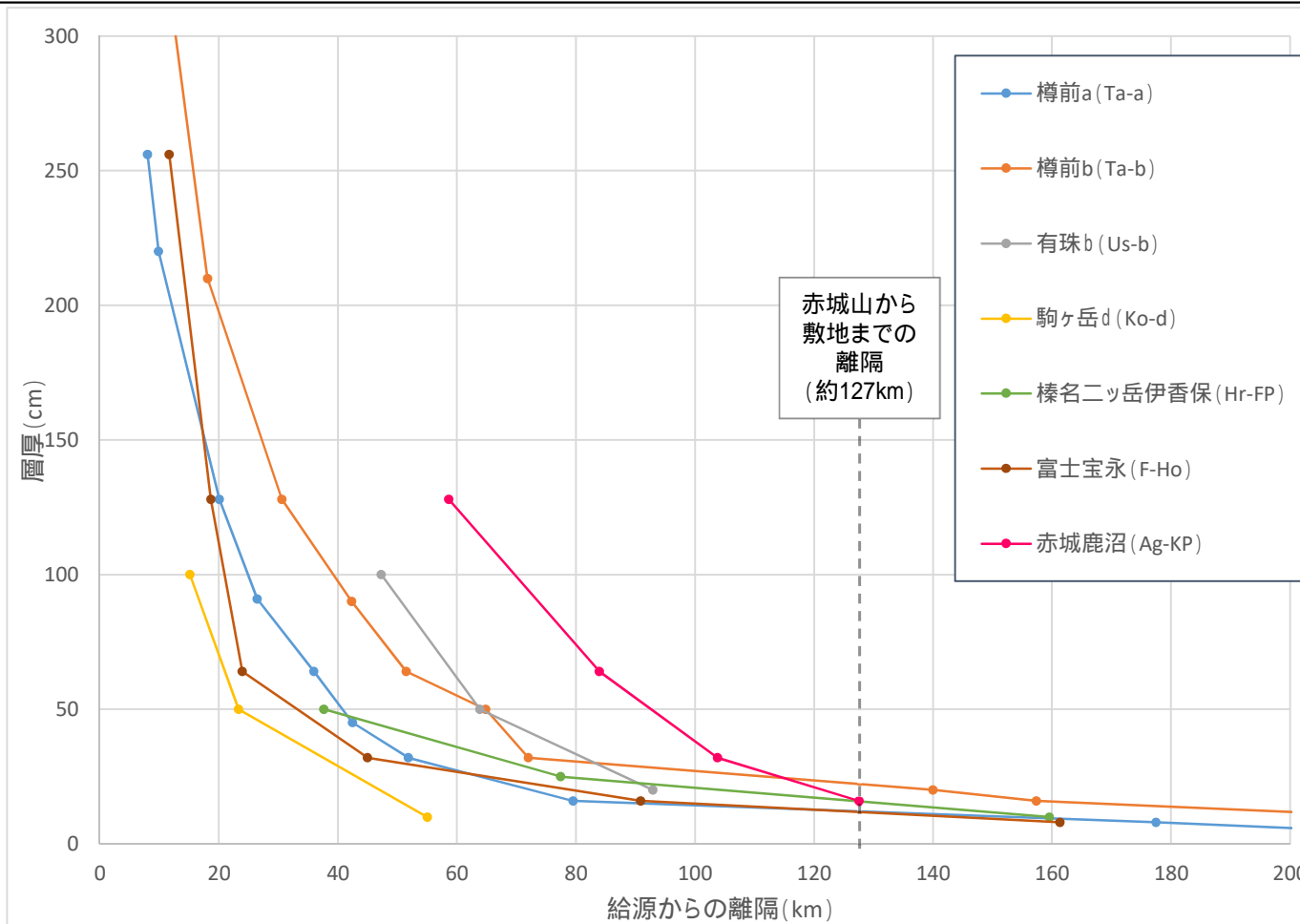
5:宇井編(1997)によると「湿ると1.2を超えることがある」とされていることを踏まえ、保守的に設定

3-1. 火山の影響評価及び対策 (16/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価



参考: 層厚分布と離隔に関する知見の整理

- 赤城鹿沼テフラと同規模 (VEI5相当) の降下火砕物の層厚分布と離隔に関する知見を以下のとおり整理した。
 - 気象庁編(2013)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014)に基づきVEI5相当の降下火砕物を抽出¹
 - 各噴火における降下火砕物の層厚減衰曲線を文献に示される層厚分布から作成
 - 赤城山から敷地までの離隔(約127km)における各層厚を確認
- 以上の整理の結果, VEI5相当の降下火砕物の分布事例において, 給源からの距離に応じて層厚は減衰する傾向がみられ, 給源からの離隔が約127km(赤城山から敷地までの距離)の地点での層厚は約25cm以下であった。



1 歴史噴火を対象に降下火砕物のみの量がVEI5相当(1~10km³)のものを抽出

テフラ名	噴出量(km ³) ²
樽前a	4.0
樽前b	2.8
有珠b	2.18
駒ヶ岳d	2.3
榛名二ッ岳伊香保	1.3
富士宝永	1.8
赤城鹿沼	5.0

2 噴出量は産業技術総合研究所総合センター編(2014), Miyaji et al.(2011)に基づく
 なお, 樽前a及び樽前bについては降下火砕物の他に火砕流の量も含まれているがその内訳は不明とされている。

3以下の知見に示される等層厚線に基づき作成
 なお, 給源からの離隔は主軸方向の層厚の到達距離(駒ヶ岳, 有珠, 榛名)町田・新井(2011)(富士)Naomichi Miyaji et al (2011)(樽前)古川・中川(2010)(赤城)山元(2013a)

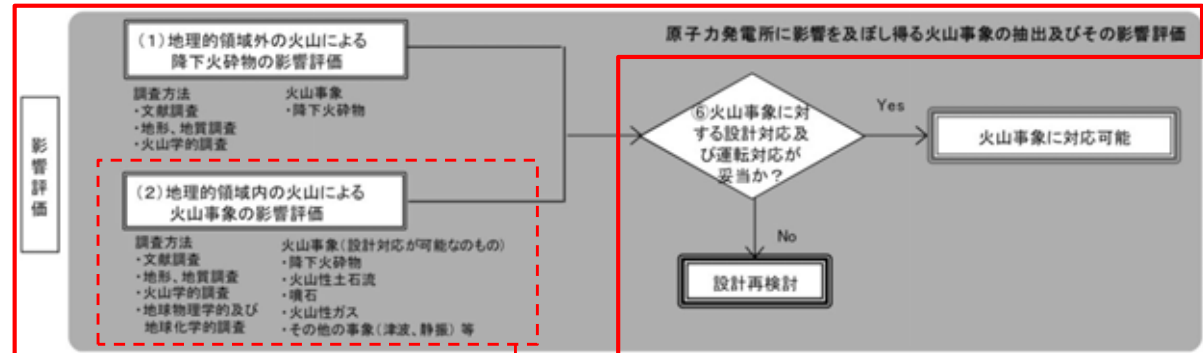
降下火砕物 (VEI5) の層厚減衰曲線³

VEI5相当の降下火砕物の分布事例において, 給源からの離隔が約127km (赤城山から敷地までの距離)の地点での層厚は約25cm以下であった。

3-1. 火山の影響評価及び対策 (17/20) 影響評価 降下火砕物の影響評価 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価



原子力発電所に影響を及ぼし得る可能性のある火山事象のうち、降下火砕物以外の火山性土石流、噴石、火山ガス、その他の火山事象等について検討した。



原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩層なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微小動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注4

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。

注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2013))に加筆

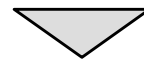
3-1. 火山の影響評価及び対策 (18/20) 影響評価 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価 評価結果



原子力発電所に影響を及ぼし得る可能性のある火山事象のうち、降下火砕物以外の火山性土石流、噴石、火山ガス、その他の火山事象等について検討した結果は以下に示すとおり。

火山事象	対象火山	評価結果
火山性土石流，火山泥流及び洪水	半径120km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [4火山]	敷地は久慈川流域に位置し，各火山の山麓の河川の流域には含まれず，久慈川流域と各火山の位置する流域の間には，八溝山地が分布，那珂川と原子力発電所の間には，那珂台地が分布している。また，敷地近傍において火山性土石流に伴う堆積物は確認されない。以上のことから，これらの火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
火山から発生する飛来物 (噴石)	半径10km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [なし]	-
火山ガス	半径160km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [13火山]	敷地は太平洋に面する那珂台地に位置し，火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから，火山ガスが原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
その他の火山事象 ・ 火山活動に起因する大気現象 ・ 火山性地震とこれに関連する事象 ・ 熱水系及び地下水の異常 ・ 津波及び静振	半径160km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [13火山]	敷地は火山フロントより前弧側(東方)に位置すること，また対象火山と十分な離隔があることから，これらの火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

噴出中心と原子力発電所との距離が，記載の距離より短ければ，火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。(火山影響評価ガイド)



降下火砕物以外に影響を評価すべき火山事象はない。

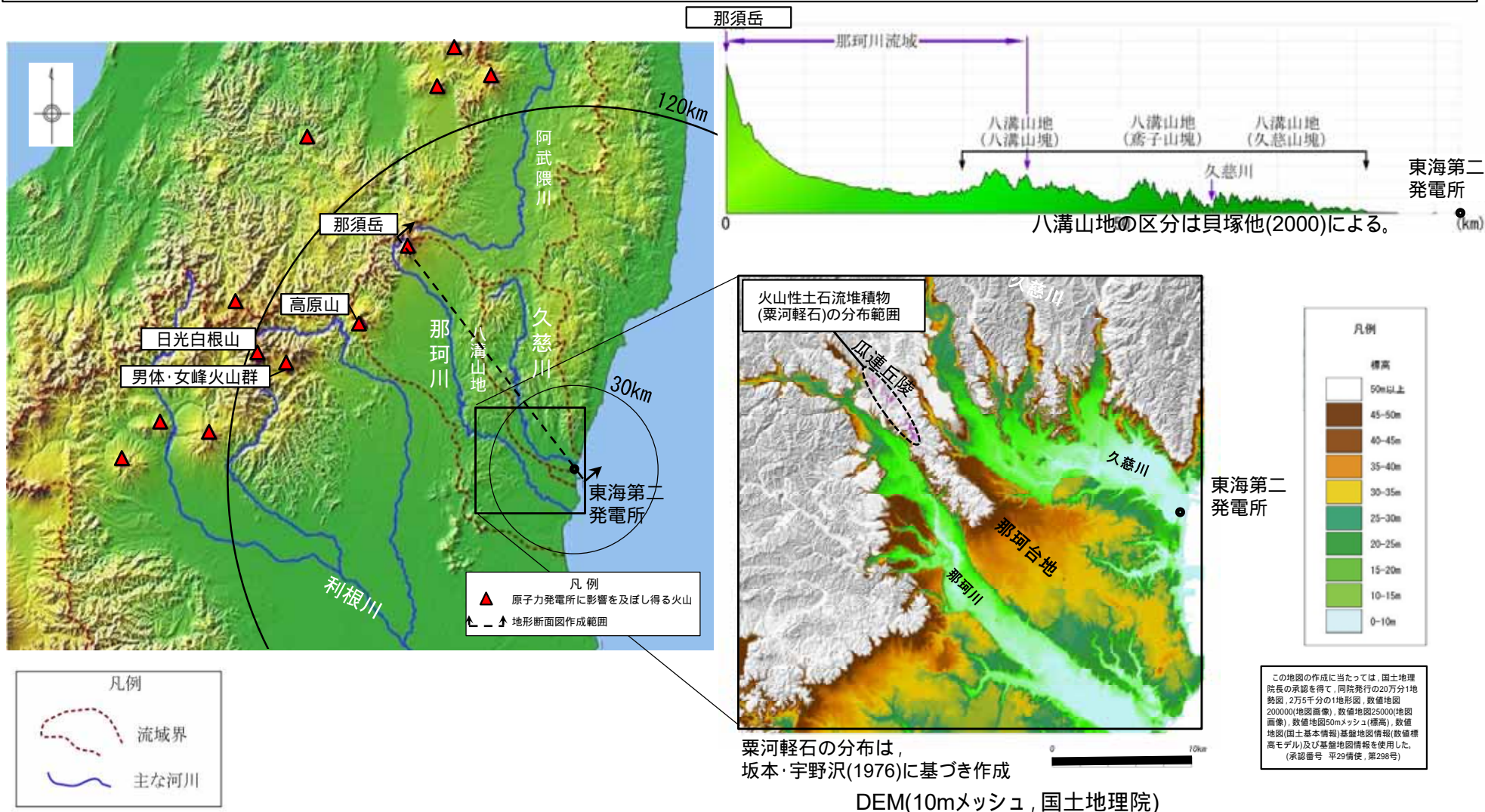
3-1. 火山の影響評価及び対策 (19/20) 影響評価

地理的領域内の火山による火山事象の影響評価 火山性土石流, 火山泥流及び洪水



火山性土石流, 火山泥流及び洪水について, 原子力発電所に影響を及ぼし得る13火山のうち, 敷地から120kmの範囲内にある4火山を対象に評価を行った。

- 敷地は久慈川流域に位置し, 各火山の山麓の河川の流域には含まれない。
- 久慈川流域と各火山の流域の間には八溝山地が分布し, 那珂川と原子力発電所の間には, 那珂台地が分布している。
- 文献調査の結果, 火山性土石流堆積物(栗河軽石)は西方約20kmの那珂川に沿う瓜連丘陵に一部分布するが, 敷地近傍及び久慈川沿いには分布していない。



以上のことから, 火山性土石流, 火山泥流及び洪水が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

- ・敷地を中心とする半径160kmの範囲には32の第四紀火山が位置する。
- ・敷地を中心とする半径160kmの範囲の第四紀火山(32火山)について、完新世の活動の有無，将来の活動可能性の検討を行い，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として，以下の13火山を抽出した。
 (高原山，那須岳，男体・女峰火山群，日光白根山，赤城山，燧ヶ岳，安達太良山，笹森山，磐梯山，沼沢，
 子持山，吾妻山，榛名山)

【抽出された火山の火山活動に関する個別評価】

- ・抽出された火山の敷地からの離隔及び敷地周辺における第四紀の火山活動の特徴の検討結果から，設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流，溶岩流，岩屑なだれ他，新しい火口の開口及び地殻変動)が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
- ・過去最大規模の噴火を考慮しても原子力発電所に影響を及ぼさないと判断できることから，モニタリングの対象となる火山はない。

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出】

- ・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象のうち，降下火砕物に関する評価の結果，原子力発電所への降下火砕物の影響評価に用いる条件を以下のとおり設定する。

項目	設定値
層厚	50cm
粒径	8mm以下
密度	乾燥状態: 0.3g/cm ³ 湿潤状態: 1.5g/cm ³

- ・火山性土石流，火山から発生する飛来物(噴石)，火山ガス及びその他の火山事象のうち，原子力発電所への影響を評価すべき事象はない。

(補足説明資料 3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策))

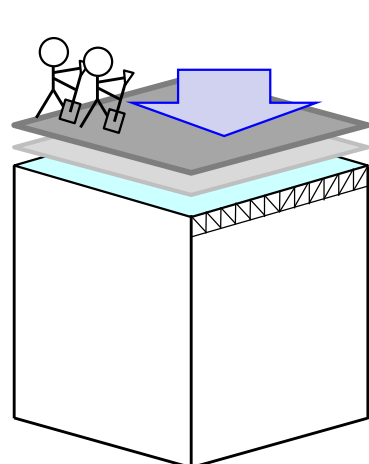
3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策) (1 / 25)

荷重

降下火砕物が建屋屋上や屋外に露出している設備の表面に堆積し、各構造物へ静的負荷を与える場合について評価・検討する。

➤ 原子炉建屋の荷重評価

- ・原子炉建屋に荷重を与える厳しい条件として、**屋上への積雪時に降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に除灰作業時の人員等の荷重も上乘せした荷重条件**で評価を行った。この評価でも屋根材の各部位が検定比を満足する(1を下回る)ことで、**降下火砕物堆積時の原子炉建屋の構造強度、気密性及び遮蔽性を損なわないことを確認**している。
- ・また、火山事象終息後に速やか(30日以内)に屋根の除灰を実施し、荷重を低減させる。



- ・降下火砕物堆積量50cm(湿潤条件(密度1.5g/cm³))(約750kg/m²)
- ・積雪堆積量(10.5cm(密度約0.2g/cm³))(約20kg/m²)
- ...建築基準法の地震荷重(主荷重)と重畳させる雪荷重(従荷重)の考え方を参考に、設計基準値(30cm)の35%と設定)
- ・屋上除灰作業時の人員等荷重を考慮(積載荷重約100kg/m²)

降下火砕物、積雪、除灰人員等荷重を合わせて、建屋屋上1m²当たり約870kgの荷重を考慮

原子炉建屋 屋根スラブ(曲げモーメント)評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	設計配筋量 (mm ²)		発生曲げモーメント(kN・m)		必要鉄筋量 (mm ²)		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 64.08m (S1-1)	705.6	705.6	5.17	2.59	323.1	161.6	0.46	0.23
EL 64.08m (S1-2)	705.6	705.6	3.52	1.98	220.2	123.9	0.32	0.18

原子炉建屋
屋根部材各
部位
(屋根スラブ・
主トラス)

原子炉建屋 荷重評価イメージ

原子炉建屋 主トラス評価結果(検定:弾性限耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
上弦材	(圧縮)	112.7	257.3	0.60
	(曲げ)	40.3	255.4	
下弦材	(引張)	157.6	258.5	0.79
	(曲げ)	44.9	195.9	
斜材	(引張)	207.8	258.5	0.81
束材	(圧縮)	152.0	158.2	0.97

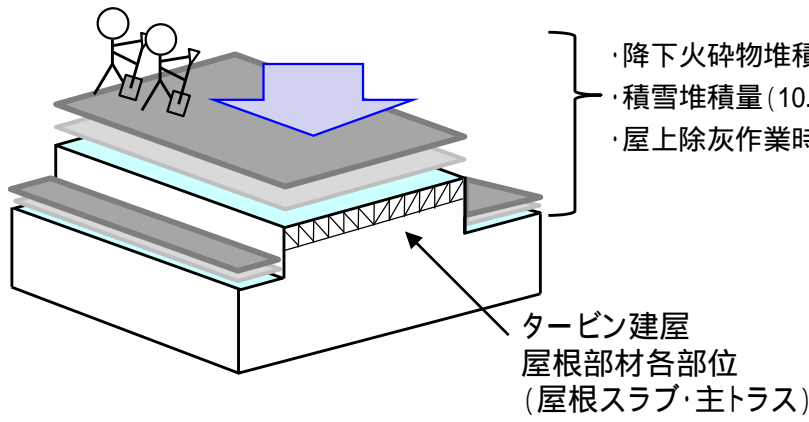
原子炉建屋 屋根スラブ(せん断力)評価結果
(検定:短期許容応力度)

部位	発生せん断力 (kN)	せん断応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
EL 64.08 (S1-1)	13.67	0.295	1.06	0.28
EL 64.08 (S1-2)	9.21	0.199	1.06	0.19

3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策) (2 / 25)

➤ タービン建屋の荷重評価

- ・タービン建屋に荷重を与える厳しい条件として、**屋上への積雪時に降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に除灰作業時の人員等の荷重も上乗せした荷重条件で評価を行った。**この評価でも屋根材の各部位が検定比を満足する(1を下回る)ことで、**降下火砕物堆積時に対しタービン建屋が構造強度を有することを確認している。**
- ・また、火山事象終息後に速やか(30日以内)に屋根の除灰を実施し、荷重を低減させる。



- ・降下火砕物堆積量50cm(湿潤条件(密度1.5g/cm³))(約750kg/m²)
 - ・積雪堆積量(10.5cm(密度約0.2g/cm³))(約20kg/m²)
 - ・屋上除灰作業時の人員等荷重を考慮(積載荷重約100kg/m²)
- 降下火砕物, 積雪, 除灰人員等荷重を合わせて, 建屋屋上1m²当たり約870kgの荷重を考慮

タービン建屋 屋根スラブ(曲げモーメント)評価結果 (検定:短期許容応力度)

部位	設計配筋量 (mm ²)		発生曲げモーメント(kN・m)		必要鉄筋量 (mm ²)		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 40.65m	635.0	635.0	7.36	4.14	460.0	258.7	0.73	0.41

タービン建屋 荷重評価イメージ

タービン建屋 屋根スラブ(せん断力)評価結果

(検定:短期許容応力度)

部位	発生せん断力 (kN)	せん断応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
EL 40.65m	17.69	0.381	1.06	0.36

タービン建屋 主トラス評価結果

(検定:弾性限耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
上弦材	(圧縮)	179.9	250.0	0.96
	(曲げ)	59.9	258.0	
下弦材	(圧縮)	55.2	152.0	1.04 ¹
	(曲げ)	162.1	241.0	
斜材	(引張)	201.7	258.0	0.79
束材	(圧縮)	184.7	212.0	0.88

タービン建屋 主トラス評価結果

(検定:終局耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
下弦材	(圧縮)	55.2	177.3	0.94
	(曲げ)	162.1	258.5	

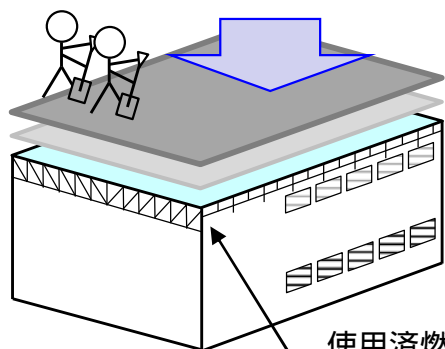
1 検定値を超過した下弦材は、終局耐力に対して評価

3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策) (3 / 25)

➤ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の荷重評価

・使用済燃料乾式貯蔵建屋に荷重を与える厳しい条件として、**屋上への積雪時に降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に除灰作業時の人員等の荷重も上乗せした荷重条件**で評価を行った。この評価でも屋根材の各部位が検定比を満足する(1を下回る)ことで、**降下火砕物堆積時に対し使用済燃料乾式貯蔵建屋が構造強度を有することを確認**している。

・また、火山事象終息後に速やか(30日以内)に屋根の除灰を実施し、荷重を低減させる。



・降下火砕物堆積量50cm(湿潤条件(密度 1.5g/cm^3))(約 750kg/m^2)
 ・積雪堆積量(10.5cm(密度約 0.2g/cm^3))(約 20kg/m^2)
 ・屋上除灰作業時の人員等荷重を考慮(積載荷重約 100kg/m^2)

降下火砕物, 積雪, 除灰人員等荷重を合わせて, 建屋屋上 1m^2 当たり約 870kg の荷重を考慮

使用済燃料乾式貯蔵建屋
屋根部材各部位
(屋根スラブ・主トラス・サブトラス)

使用済燃料乾式貯蔵建屋 荷重評価イメージ

使用済燃料乾式貯蔵建屋 屋根スラブ(曲げモーメント, せん断力)
評価結果 (検定: 短期許容応力度)

部位	発生曲げモーメント(kN・m)	鉄筋応力度(N/mm ²)	許容値(N/mm ²)	検定比
EL 29.20m	10.4	28.2	345	0.09

部位	発生せん断力(kN)	せん断応力度(N/mm ²)	許容値(N/mm ²)	検定比
EL 29.20m	25.7	0.0799	1.08	0.08

使用済燃料乾式貯蔵建屋 主トラス評価結果
(検定: 短期許容応力度)

部材	発生応力	応力度(N/mm ²)	許容値(N/mm ²)	検定比
上弦材	(圧縮)	1.6	219	0.24
	(曲げ)	53.4		
下弦材	(圧縮)	96.7	235	0.54
	(曲げ)	28.6		
斜材	(引張)	95.3	235	0.41
垂直材	(圧縮)	90.2	227	0.40

使用済燃料乾式貯蔵建屋 サブトラス評価結果
(検定: 短期許容応力度)

部材	発生応力	応力度(N/mm ²)	許容値(N/mm ²)	検定比
上弦材	(引張)	2.2	235	0.12
	(曲げ)	24.5		
下弦材	(圧縮)	62.8	93	0.78
	(曲げ)	23.6		
斜材	(圧縮)	89.2	98	0.92
垂直材	(圧縮)	56.5	180	0.32

➤ その他の屋外設備の荷重評価

・屋外に設置され、降下火砕物が堆積する可能性がある各設備について、降下火砕物が湿潤条件で最大に堆積し、更に積雪が重畳して堆積した荷重条件で評価を行い、各部位の応力が許容値を満足することで**各設備が機能維持できることを確認**している。

・非常用海水ポンプ及び海水ストレーナ

・降下火砕物等の堆積荷重により発生する応力は、**各海水ポンプ電動機フレーム及び各海水ストレーナの許容応力値以下であり、モータを含む海水ポンプ及び海水ストレーナの機能に影響を及ぼすことはない。**

・換気空調設備(外気取入口)

・中央制御室換気系冷凍機は、**全体を防護する構造物を設置することで降下火砕物が直接堆積しない設計とすることから、堆積荷重により機能に影響を及ぼすことはない。**

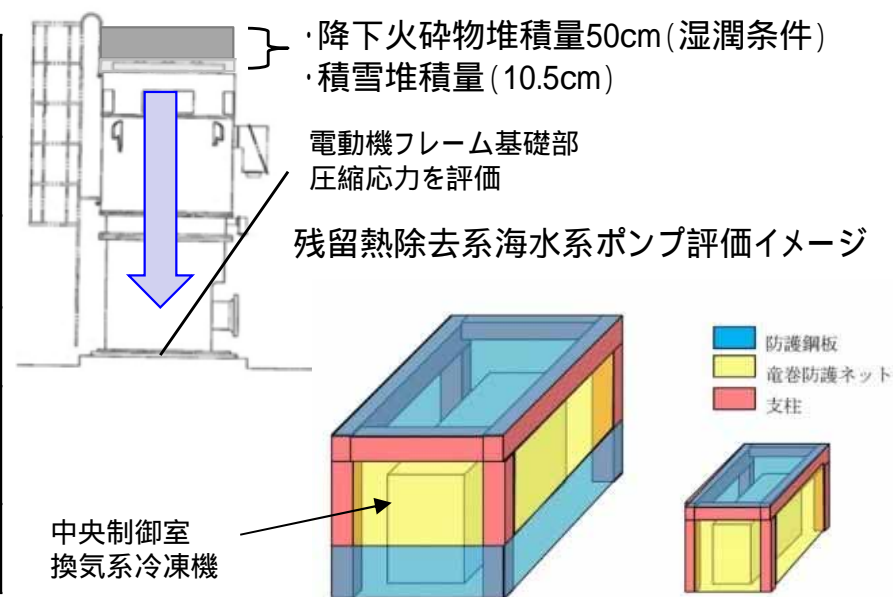
・非常用ディーゼル発電機等

・降下火砕物の堆積荷重により発生する応力は、**非常用ディーゼル発電機等の吸気口の許容応力値以下であり、吸気口の健全性に影響を及ぼすことはない。**

部材	応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定
残留熱除去系海水系ポンプ	(圧縮) 2.31	229	
非常用ディーゼル発電機*1用海水ポンプ	(圧縮) 0.61	240	
残留熱除去系海水ストレーナ	(圧縮) 2.74	184	
非常用ディーゼル発電機*1用海水ストレーナ	(圧縮) 1.75	184	
非常用ディーゼル発電機*1用吸気口	(圧縮) 0.65 (組合せ*2) 5	228 241	

*1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む

*2 最も許容値に対して余裕の割合が小さい項目



中央制御室換気系冷凍機

中央制御室換気系冷凍機の防護構造物イメージ

閉塞

降下火砕物が大気中に浮遊, 屋外施設に堆積又は海水中に沈降していき, 外気を取り込む換気系, 上方向に開口部を有する設備, 海水を取水する海水循環系等への閉塞作用を与える場合について評価・検討する。

➤ 非常用ディーゼル発電機室の閉塞対策

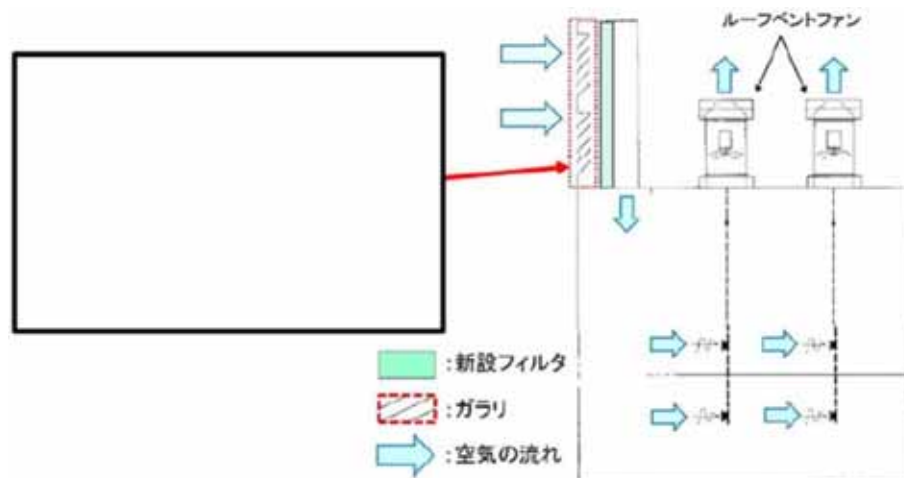
・室内への降下火砕物侵入防止対策として, 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室換気系の外気取入口にフィルタを追加し, 必要に応じて清掃及び取替え可能な設計とする。

➤ 中央制御室換気系

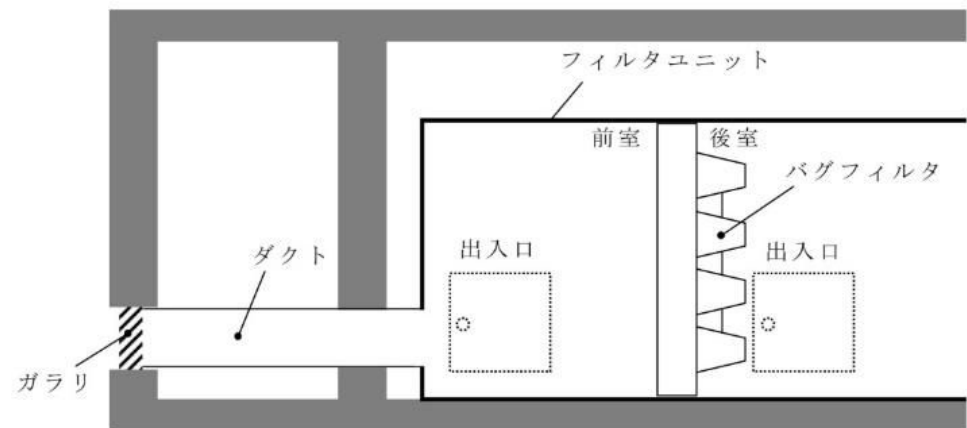
・外気取入口にはガラリが取り付けられており, 降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また, バグフィルタ(JIS Z 8901 試験用紛体11種に対して80%以上の捕集効率)が設置されており, 想定する降下火砕物は十分除去され, 系統及び機器に対して降下火砕物を与える影響は小さい。外気取入口は, 地上面又は直下にある平面部から50cm以上の高さを確保していることから, 堆積によって外気取入口が閉塞に至ることはない。

➤ その他の換気空調設備(外気取入口)

バグフィルタが設置されており, 必要に応じて清掃及び取り替え可能な設計とする。(次頁取替手順)



高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系



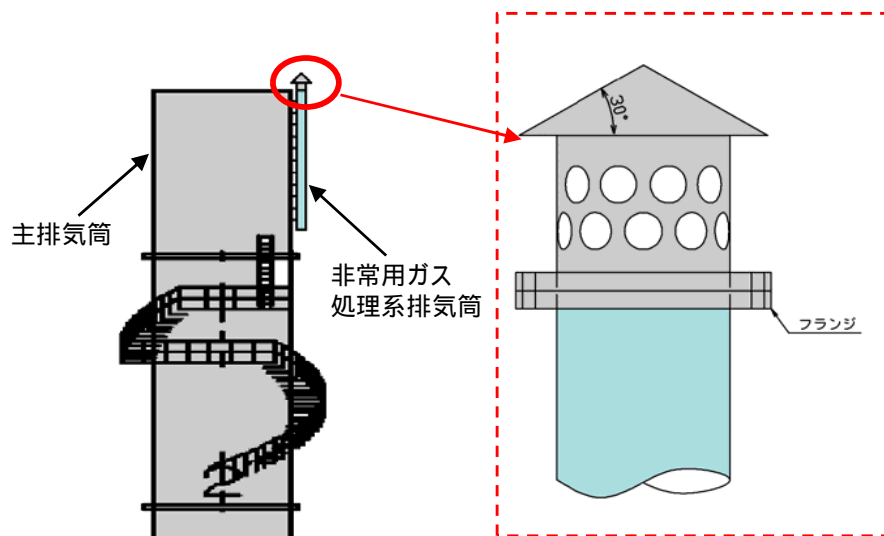
換気空調設備(外気取入口)概要図

➤非常用ガス処理系排気筒

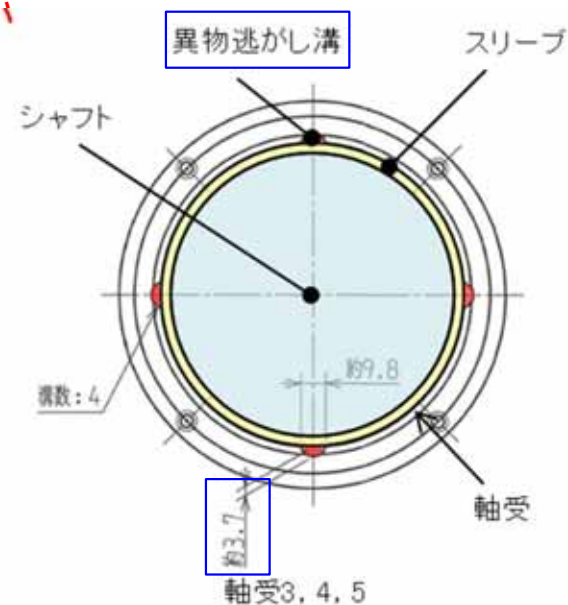
- ・開口部が上方を向いている非常用ガス処理系排気筒に対しては、降下火砕物が堆積し難い形状の侵入防止対策を施すことで、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。

➤非常用海水ポンプ

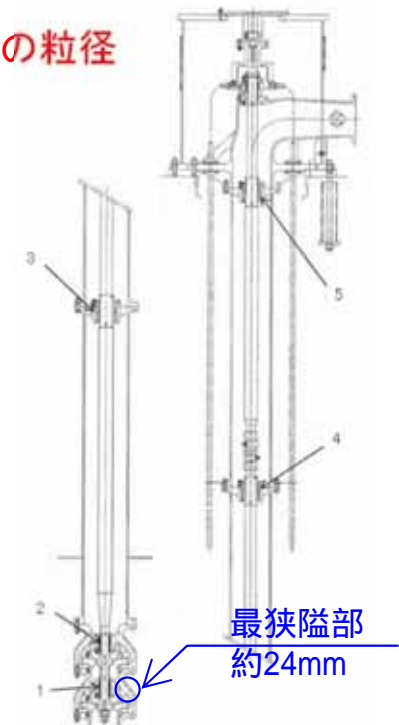
- ・**海水ポンプ流水部**：ポンプ流水部の最も狭い箇所は、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ流水部の約24mmであり、想定する降下火砕物の粒径(8mm)より大きいため、閉塞には至らない。
- ・**海水ポンプ軸受**：ポンプ軸受の隙間は、約1.0mmの許容値で管理されている。一部の降下火砕物は、軸受の隙間より軸受内部に侵入する可能性があるが、異物逃がし溝(最小約3.7mm)が設けられており、軸受部の閉塞には至らない。また、異物逃がし溝より粒径の大きい降下火砕物は軸受隙間に入り込まずにポンプ揚水とともに吐出口へ流されるため閉塞することはない。
- ・**海水ポンプモータ**：外気を直接電動機に取り入れない。モータの冷却回路は降下火砕物の粒径より大きく、機能に影響しない



非常用ガス処理系排気筒への侵入防止対策



残留熱除去系海水系ポンプ軸受部
外部事象-113



非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ断面図

➤ 海水ストレーナ及び下流側機器

・残留熱除去系海水系ストレーナ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。)用海水ストレーナ及び下流側機器の伝熱管等について、各設備の海水系流路の内径を確認。閉塞防止対策として、各海水ストレーナのメッシュ径及び下流設備である熱交換器細管等の狭隘部を8mm以上確保する仕様に変更することで、降下火砕物の最大粒径(8mm)に対し閉塞しない設計とする。

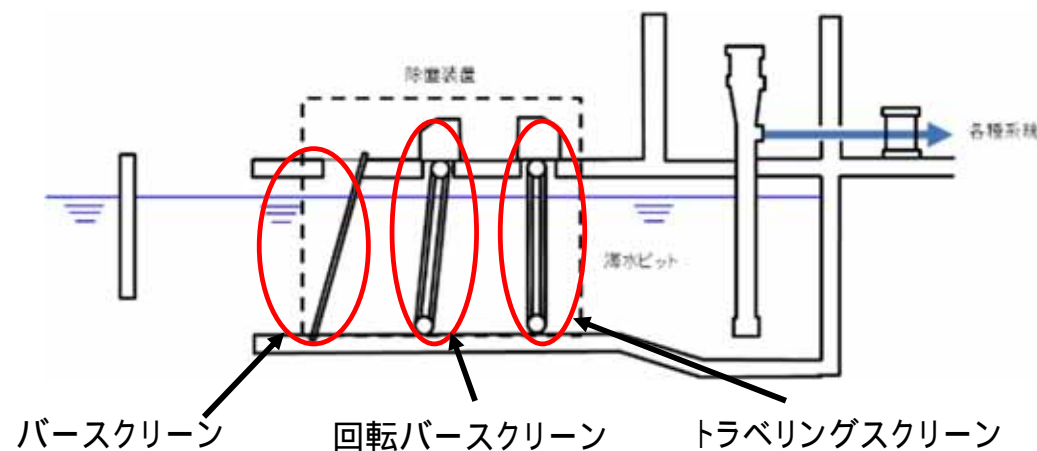
➤ 海水取水設備(除塵装置)

・非常用海水ポンプの取水口前面のバースクリーン、回転バースクリーン、トラベリングスクリーンからなる海水取水設備(除塵装置)のスクリーンには、それぞれバー枠、網枠が設置されており、それらのバーピッチ及び網枠メッシュに対して、想定する降下火砕物の粒径(最大8mm)は十分小さいこと及び粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから、海水取水設備(除塵装置)が閉塞することはなく、機能を損なうことはない。

海水ストレーナより下流の機器の伝熱管

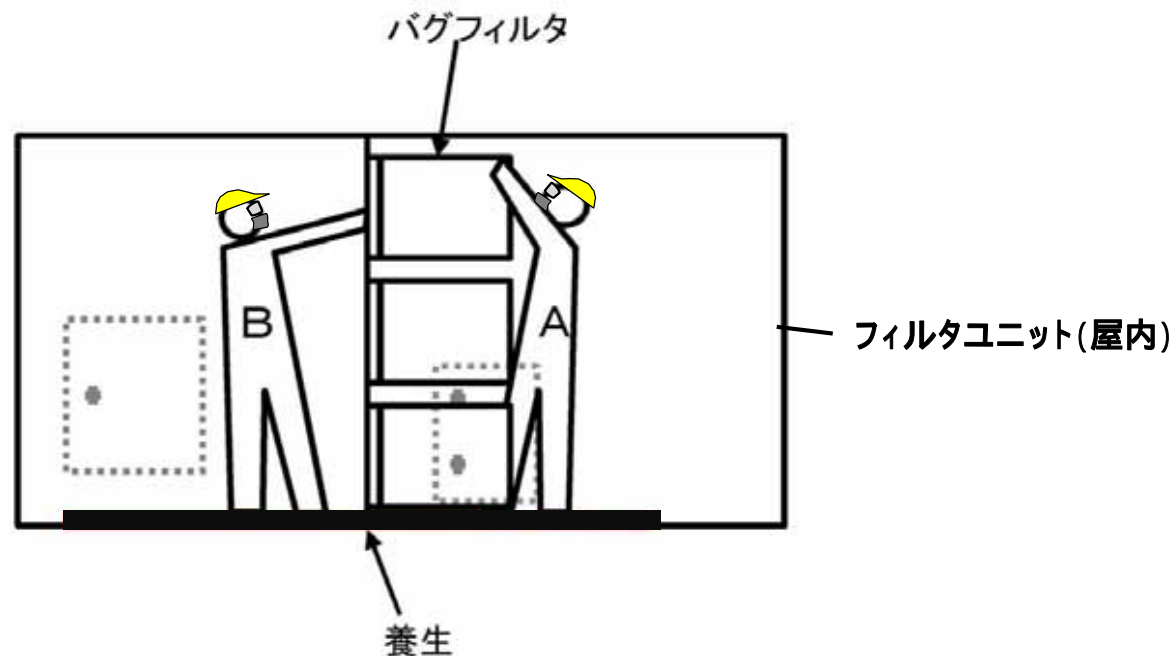
機 器	伝熱管内径 (狭隘部)	
非常用ディーゼル 発電機(高圧炉心 スプレイ系ディー ゼル発電機を含む。) 用冷却器	空気冷却器	取替(8mm以上)
	潤滑油冷却器	13.6mm
	清水冷却器	13.6mm
	燃料弁冷却油冷却器	13.6mm
残留熱除去系熱交換器	20.4mm	
RCIC, RHR, LPCS, HPCSポンプ室空調器	13.5mm	
格納容器雰囲気モニタリング系冷却器	取替(8mm以上)	

設 備	バー スクリーン	回転バー スクリーン	トラベリング スクリーン
間 隔	バーピッチ: 140mm	バーピッチ: 25mm	網枠メッシュ: 10mm



➤ 換気空調設備(外気取入口)バグフィルタの取り替え手順

- ・換気空調系の外気取入口のバグフィルタの取替作業を行う際は、対象となる系統の運転を停止し、ダンパを閉め、系統を隔離してから行う。バグフィルタの取替作業は外気の吸込みを停止し、かつ建屋(ガラリ)内で行うため、降灰中でも通常時の取替作業と作業性(作業環境)に大きな差はないと考えられる。
- ・バグフィルタ取替作業時は、作業前に建屋(ガラリ)内を養生し、作業後は清掃を行う。これらに加え、バグフィルタの取り替えを行う場合、以下の対応を行う。
 - a. フィルタの取替作業は建屋(ガラリ)内で行うが、降下火砕物の影響を考慮し保護具(マスク、めがね)を装備
 - b. 取替作業終了後は降下火砕物の再浮遊の影響を低減させるため、作業エリアの清掃を実施



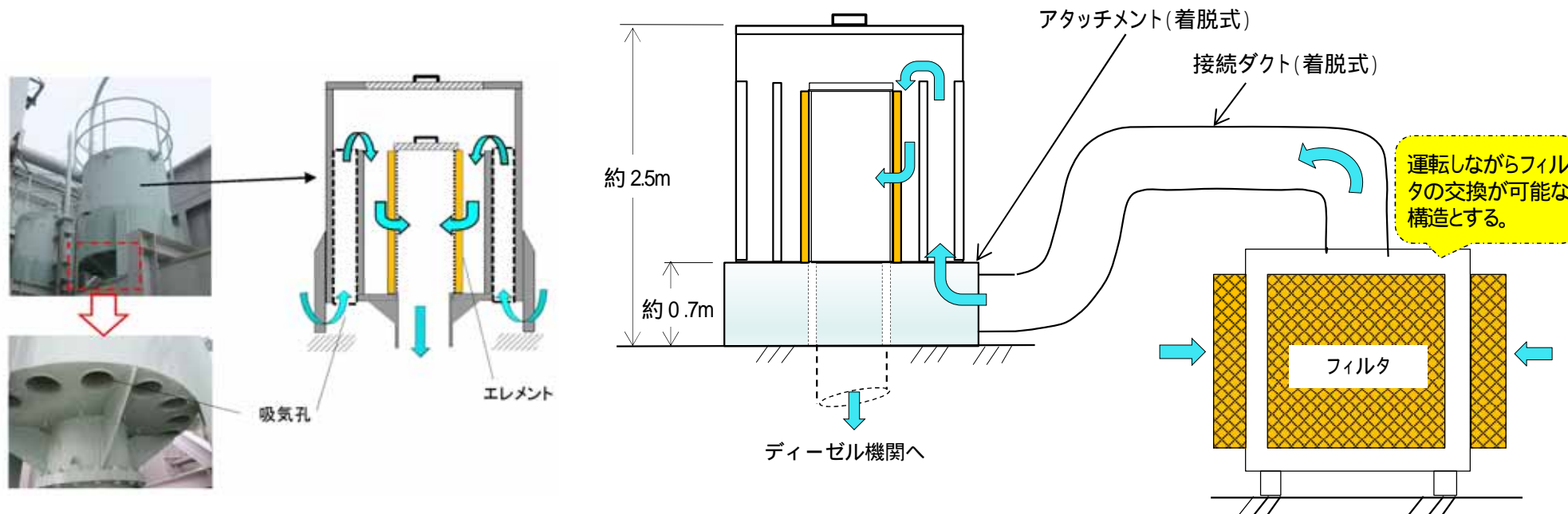
バグフィルタ取替作業イメージ
外部事象-115

3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策) (9 / 25)

➤ 火山影響発生時の非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策

(実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則の一部改正(平成29年12月14日)への対応)

- ・降下火砕物の気中濃度を評価し, 気中降下火砕物濃度を $3.5g/m^3$ と定めた上で, 既設のエレメントの閉塞によって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。)が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においても交換可能な着脱式フィルタを設置(詳細は後述)**



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。)
吸気フィルタ(既設)へ着脱式フィルタを取付け

非常用ディーゼル発電機吸気口(既設)

着脱式改良型フィルタ設置イメージ

摩耗

降下火砕物が海水中に沈降し, 海水循環系に取り込まれ場合に, 海水流路中で降下火砕物が管路との摩擦による機械的摩耗作用を与える場合について評価・検討する。

➤降下火砕物が内部流体中に混入する可能性を検討し, 可能性のある機器に対し, 狭隘部の寸法を明らかにし, 接液面との材質等との関係から摩耗の可能性を評価

・非常用海水ポンプ

降下火砕物は, 砂等比べて破碎し易く¹, 硬度が小さい²。残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)について, これまで砂等を原因とした摩耗の影響で機能が喪失した事例はなく, 砂より硬度が小さい降下火砕物が混入した海水取水によって設備に影響を与える可能性は小さい。

1 武若耕司(2004): シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状, コンクリート工学, Vol.42, No.3, p.38-47

2 恒松修二・井上耕三・松田応作(1976): シラスを主原料とする結晶化ガラス, 窯業協会誌84[6], p.32-40

・海水ストレーナ及び下流側機器

非常用海水ポンプと同じ。

・海水取水設備(除塵装置)

非常用海水ポンプと同じ。

腐食

降下火砕物が建屋屋上や屋外設備に堆積した場合や、海水循環系中に取り込まれた場合に、降下火砕物に付着又は溶出した腐食性成分が**各構造物や設備等の表面へ化学的腐食作用**を与える場合を評価・検討する。

➤建屋・構築物, 屋外機器等について, 降下火砕物の付着や溶出した成分による腐食により, その機能に影響がないことを内外面の材質, 塗装の有無等によって評価

・原子炉建屋, タービン建屋等

各建屋は, **外壁塗装及び屋上防水がなされている**ことから, 降下火砕物による**化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。**

・非常用海水ポンプ及び電動機

外面(屋外設置)

残留熱除去系海水系ポンプ, 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ(電動機)等は, **外装塗装を実施しており, 降下火砕物と金属が直接接触することはなく, 化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。**

内面(海水取水)

残留熱除去系海水系ポンプ, 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ等の接液部は, **耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼**を採用していること, 並びに連続通水状態であり, 著しい腐食環境になることはなく, **化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。**

・海水ストレーナ及び下流側機器

残留熱除去系海水系ストレーナ及び非常用ディーゼル発電機等用海水ストレーナは, **ステンレス製で内部に防食亜鉛を設けている**こと, 並びに連続通水状態であり, 著しい腐食環境になることはなく, **化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。**また下流側の機器(伝熱管)は**耐食性のある材料を用いている**ことから, **腐食により機能に影響を及ぼすことはない。**

・海水取水設備(除塵装置)

海水取水設備は**防汚塗装等を施しており, 化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。**また, 電気, 計装設備等の付帯設備については**端子箱等に納入されており, 降下火砕物の直接的影響は受けない。**

なお, 各施設・設備の降下火砕物堆積後の**長期的な腐食の影響については, 火山事象終息後に堆積した降下火砕物を除去し, 除去後の点検等において必要に応じて補修作業を実施する。**

< 参考 > 屋外設備に使用する塗装や海水系配管の内面処理について

- ・炭素鋼, 低合金鋼及びステンレス鋼の機器, 配管, 制御盤及びダクト等の屋外設備の外表面に対する塗装には, **耐食性等を考慮した塗料を使用している。**
- ・屋外設備については, 海塩粒子等の腐食性有害物質が付着しやすく, 厳しい腐食環境にさらされるため, エポキシ樹脂系等の塗料が複数層で塗布されている。**エポキシ樹脂系は, 耐薬品性が強く, 酸性物質を帯びた降下火砕物が付着, 堆積したとしても, 直ちに金属表面等の腐食が進むことはない。**
- ・また, 残留熱除去系海水系ポンプ, 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。)用海水ポンプ及び残留熱除去系海水系, ディーゼル発電機海水系配管等の**海水と直接接する系統については, ポリエチレン系やゴム系等のライニングが施されている。**

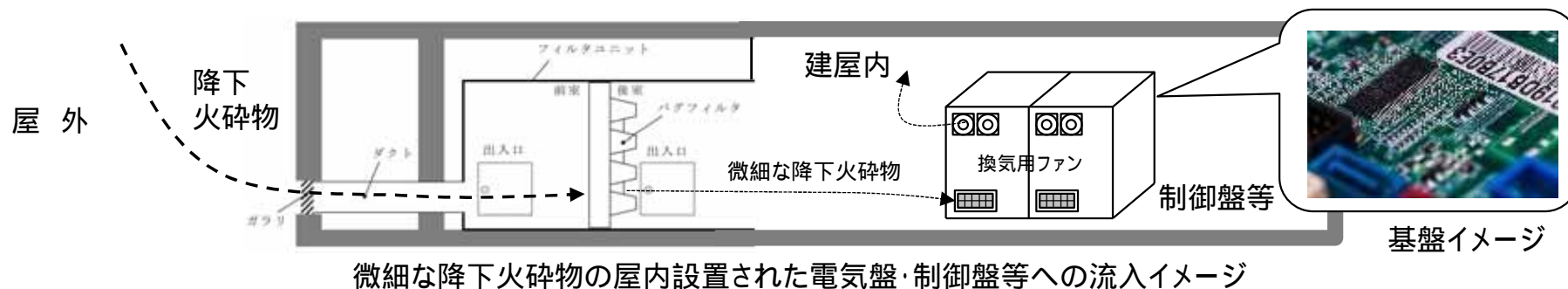
これらより, **降下火砕物の屋外設備への付着や堆積及び海水系等への混入により, 直ちに金属表面の腐食が進むことはない。**

なお, これらの塗装やライニング等は, 定期的に表面の状態の点検を行い, 必要に応じて補修を行っている。
(点検間隔: 1年 ~ 10年(設備毎に定める))

塗装ハンドブック(石塚末豊, 中道敏彦 編集)によると, 「酸, アルカリなどに水分の加わった強度腐食環境での塗装には, フェノール樹脂塗料, 塩化ゴム系塗料, エポキシ樹脂塗料, タールエポキシ樹脂塗料, ウレタン樹脂塗料, シリコンアルキド樹脂塗料, フッ素樹脂塗料などの耐薬品性のある塗料が使用される。」と記載あり。

絶縁低下影響評価

微細な降下火砕物が、建屋の換気系等から屋内に流入し、屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備(電気盤・制御盤等)に取り込まれ、**内部の基盤・回路に絶縁低下作用**を与える場合について評価・検討する。



➤ 各盤のうち、回路の発熱量が多く盤内にファンを有する計測制御設備(安全保護系)への影響がないことを評価

・計測制御設備(安全保護系)

- ・計測制御設備(安全保護系)が設置されている部屋の空調系の外気取入口には**バグフィルタ**が設置されているため、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、さらに、**外気取入ダンパ**を閉止し閉回路循環運転が可能であることなどから、**絶縁低下により計測制御設備(安全保護系)の機能に影響を及ぼすことはない。**
- ・万一、**降下火砕物が設備内に侵入したとしても、以下の観点で電気回路等に影響することはない。**

<微細な降下火砕物侵入による電気回路等への影響の考察>

- ・計測制御設備(安全保護系)の設置エリアは、中央制御室換気空調系で空調管理され、外気取入口には**バグフィルタ**(JIS Z 8901 試験用紛体11種に対して80%以上の捕集効率)が設置され、室内に侵入する降下火砕物は微量で微細な粒子と推定される。
- ・微細な粒子が計測制御設備(安全保護系)の盤内に侵入した場合、その付着等により**短絡等の影響が懸念される箇所は数μmの線間距離となっている集積回路の内部であり、これらはモールド(樹脂)で保護されているため降下火砕物が侵入することはない、絶縁低下を発生させることはない。**
- ・また、**端子台等の充電部が露出している箇所は、端子間の距離が数mm程度あり、降下火砕物の付着等により短絡等を発生させることはない。**

3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策) (14 / 25)

大気汚染

降下火砕物により発電所周辺の大気が汚染された場合に、**運転員が常時滞在する必要がある中央制御室の居住性に悪影響**を与える場合について評価・検討する。

- 汚染された大気が換気空調系を通じて中央制御室に侵入し、居住性を阻害することがないか検討する。
 - ・中央制御室換気空調系は、**外気取入ダンパを閉止した閉回路循環運転により中央制御室の居住性を維持することができるため、発電所周辺の大気汚染による短期的な影響はない。**

< 中央制御室 閉回路循環運転実施の許容時間 >

- ・酸素濃度に対して約73時間
- ・二酸化炭素濃度に対して約51時間

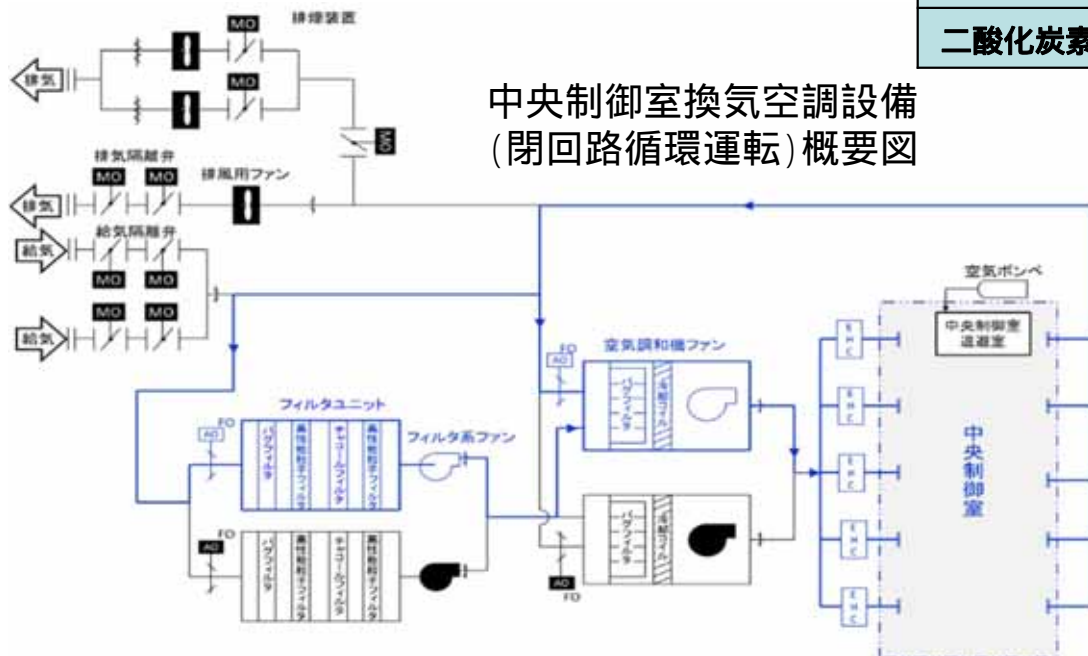
これらより閉回路循環運転は2日間以上可能

中央制御室閉回路循環運転における酸素濃度評価結果

時間	12時間	24時間	48時間	73時間	管理値
酸素濃度	20.6%	20.3%	19.6%	19.0%	19.0%

中央制御室閉回路循環運転における二酸化炭素濃度評価結果

時間	12時間	24時間	48時間	51.7時間	管理値
二酸化炭素濃度	0.26%	0.48%	0.93%	1.00%	1.00%



中央制御室換気空調設備
(閉回路循環運転) 概要図

- EHC 電気加熱コイル
- MO 電動駆動弁-開
- MO 電動駆動弁-閉
- AO 空気作動弁-開
- AO 空気作動弁-閉
- ダンパ
- ファン-運転
- ファン-停止
- 換気口
- 空気の流れ

< 評価条件 >

- ・在室人員は運転員定数に保守性を加え11人
- ・中央制御室バウンダリ内体積: 2,700m³
- ・空気流入はない扱い
- ・初期酸素濃度: 20.95%, 初期二酸化炭素濃度: 0.03%
- ・1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、24L / min
- ・1人あたりの酸素消費量は呼気の酸素濃度 16.40% から 65.52L / h, 二酸化炭素吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業での吐出量を適用して 0.046m³ / h
- ・酸素濃度管理濃度は19%以上, 二酸化炭素管理濃度は1.0%未満
(鉱山保安法施行規則)

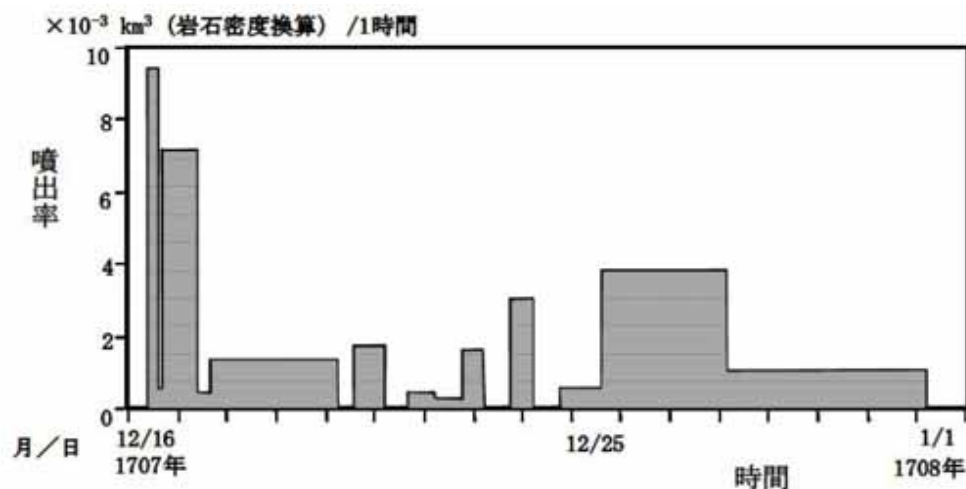
3-2. 火山の影響評価(設備影響, 対策) (15 / 25)

< 参考 > 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について

- ・富士山(宝永噴火1707年)の噴出は、断続的に16日間継続したとされている。
- ・一方で、火山観測データが存在する最近の観測記録では、噴火の継続時間はほとんどが数時間程度であり、長いものでも36時間程度に留まっている。
- ・火山観測データに基づく記録より、2日間以上の閉回路循環運転の能力を有していれば、火山噴火の継続に対しても概ね対応できると考えられる。

観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間

噴火年 (地域名)	噴煙柱高度 (km)	噴出率 (m ³ /s)	継続時間 (h)
Pinatubo 1991 (フィリピン)	35	250,000	9
Bezymianny 1956 (カムチャツカ)	36	230,000	0.5
Santa Maria 1902 (グアテマラ)	34	17,000-38,000	24-36
Hekla 1947 (アイスランド)	24	17,000	0.5
Soufriere 1979 (西インド諸島)	16	6,200	9
Mt. St. Helens 1980 (アメリカ合衆国)	18	12,600	0.23
伊豆大島 1986 (伊豆)	16	1,000	3
Soufriere 1902 (西インド諸島)	14.5-16	11,000-15,000	2.5-3.5
Hekla 1970 (アイスランド)	14	3,333	2
駒ヶ岳 1929 (北海道)	13.9	15,870	7
有珠山 1977-I (#)	12	3,375	2
Fuego 1971 (グアテマラ)	10	640	10
桜島 1914 (九州)	7-8	4,012	36
三宅島 1983A-E (伊豆)	6	570	1.5
Heimaey 1973 (アイスランド)	2-3	50	8.45
Ngauruhoe 1974 (ニュージーランド)	1.5-3.7	10	14



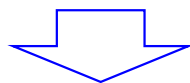
富士山(宝永噴火1707年)の噴出率の推移(宮地 他(2002))

間接的影響

火山事象時に発電所に及ぼす間接的な影響として、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所等の充電露出部等に付着し、絶縁低下を生じさせることによる広範囲な送電網損傷に伴う外部電源の喪失や、降下火砕物の道路堆積による交通途絶に伴う発電所外のアクセス性の低下を与える場合について評価・検討する。

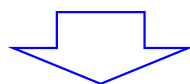
➤ 外部電源の喪失及び発電所外のアクセス性低下への対応

- ・ 降下火砕物による発電所への間接的影響として、広範囲にわたる送電網の損傷による外部電源の喪失及び発電所外の交通の途絶によるアクセス性への制限を想定



- ・ 外部電源の喪失に対しては、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。)及び耐震Sクラスの燃料貯蔵タンク(2基:800kL以上)を有する設計とする。
- ・ これにより、外部電源喪失及び外部との交通の途絶に対しても、燃料の外部からの補給を要さず、原子炉及び使用済燃料プールの燃料の冷却に係る機能を担うために必要となる電源供給が7日間に渡り継続できる。

* この対応に当たっては、屋外におけるポンプ車等による給水作業及び電源車による電源供給作業等は要さず、降下火砕物から保護された建屋内の設備のみを用いて対応が可能



- ・ この間に、発電所内のアクセスルートの復旧に加えて、外部からの復旧・支援による外部電源復旧又は外部からの燃料補給等を行うことで、7日以降も電源供給を継続することで、原子炉及び使用済燃料プールの燃料の冷却機能を維持可能

(2) 火山影響発生時の非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策

(実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則の一部改正(平成29年12月14日)への対応)

気中降下火砕物濃度の算定

- ・「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に基づき, 気中降下火砕物濃度を算定
「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」*で評価

* : **設計層厚50cmが, 24時間で堆積すると仮定**した場合の気中濃度を算出

気中降下火砕物濃度を $3.5\text{g} / \text{m}^3$ と算出

気中降下火砕物に対する設備及び運用による対応

- ・気中降下火砕物濃度 ($3.5\text{g} / \text{m}^3$) の環境下にて, 非常用ディーゼル発電機*¹が機能維持できるよう, 吸気が必要で, かつ継続的な運転が求められる設備*²として抽出された**各ディーゼル発電機の吸気フィルタに運転継続しながら取替可能となる着脱式のフィルタを設置**

*¹ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。

*² 換気空調系は, 一時的な停止及び清掃が可能

- ・今後, 上記フィルタの具体的な運用方法(体制, 要員, 取替基準, 取替手順等)を策定
- ・上記に加え, 今後, **更なる対策として以下の手段を策定**し, 要員体制の確立, 資機材の整備, 訓練等を実施
 - ・(降灰時)代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能の維持
 - ・(降灰時)交流電源を必要としない原子炉隔離時冷却系ポンプ等を用いた炉心冷却手段の確保

気中降下火砕物濃度の算出方法 (1 / 2)

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に基づく気中降下火砕物濃度の算出方法

$$\text{粒径}i\text{の降灰量 } W_i = p_i W_T$$

(p_i : 粒径 i の割合, W_T : 総降灰量)

$$\text{粒径}i\text{の堆積速度 } v_i = W_i / t = p_i W_T / t$$

(t : 降灰継続時間)

$$\text{粒径}i\text{の気中濃度 } C_i = v_i / r_i = p_i W_T / (r_i t)$$

(r_i : 粒径 i の降下火砕物の終端速度)

$$\text{気中降下火砕物濃度 } C_T = \sum_i C_i = \sum_i (p_i W_T / (r_i t))$$

表1 濃度算出条件

入力条件 / 計算結果	値	備考
設計層厚	50 cm	東海第二発電所に対して策定した設計層厚
総降灰量 W_T	$4.0 \times 10^5 \text{ g} / \text{m}^2$	設計層厚 (50cm) × 降下火砕物密度 (0.8g/cm ³)
降灰継続時間 t	24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径の割合 p_i	表2参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径の降灰量 W_i		式
粒径の堆積速度 v_i		式
粒径の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考
粒径の気中濃度 C_i		式

気中降下火砕物濃度の算出方法 (2 / 2)

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に基づく気中降下火砕物濃度の算出方法(続き)

気中降下火砕物濃度 C_T は, 下表のとおり 3.5g/m^3

表2 濃度算出結果

粒径 (μm)	~-1	-1~0 (1414)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~	合計
割合 p_i (wt%)	(0)	1.9	69	22	6.2	0.43	(0)	100
降灰量 W (g/m^2)		7.60×10^3	2.76×10^5	8.80×10^4	2.48×10^4	1.72×10^3		4.0×10^5 (= W_T)
堆積速度 v_i ($\text{g/s}\cdot\text{m}^2$)		0.088	3.2	1.02	0.29	0.020		
終端速度 r_i (m/s)		2.5	1.8	1.0	0.5	0.35		
気中濃度 C_i (g/m^3)		0.04	1.78	1.02	0.58	0.06		<u>3.5(=C_T)</u>

:端数処理の都合上, 左欄の合計と一致しないことがある。

気中降下火砕物に対する対応(1 / 6)

実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則の一部改正(平成29年12月14日)への対応

➤高い気中降下火砕物濃度を想定する場合の対応の要否を検討した結果, **ディーゼル発電機吸気フィルタへの追加対策が必要と判断した。**

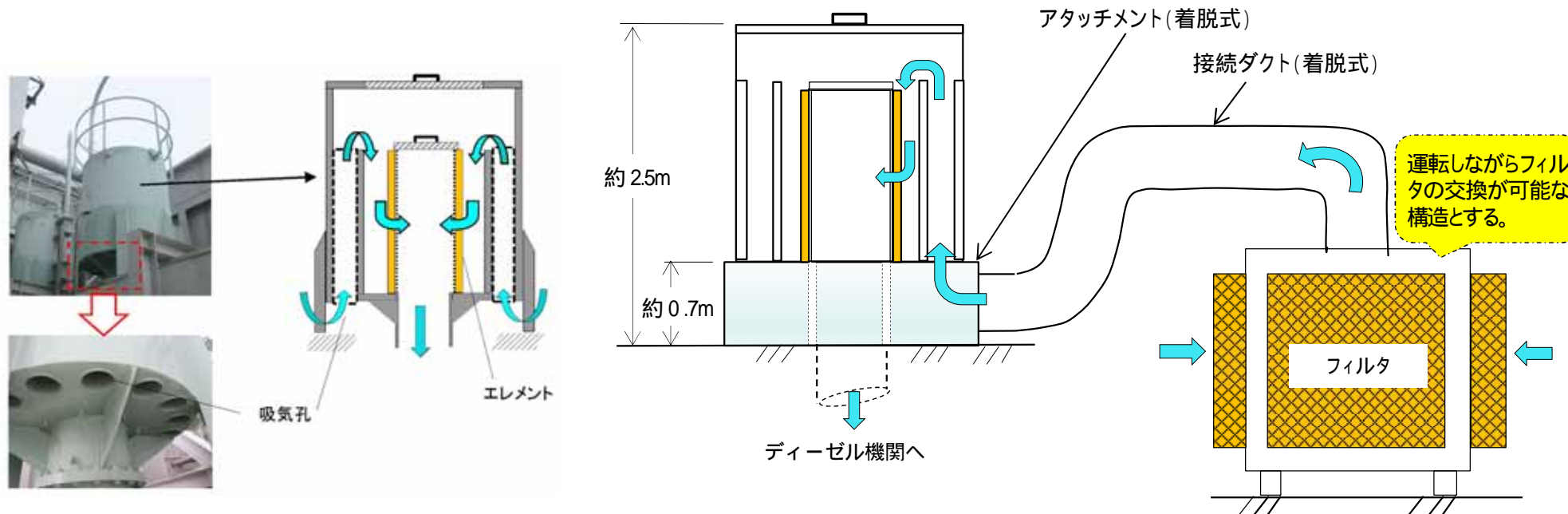
効果火砕物による影響要因	高い気中濃度による新たな影響	新たな対応
構造物への静的負荷	なし(火砕物の総量に依存)	(対策は濃度に依存しない)
水循環系の閉塞	なし(火砕物の総量, 粒径に依存)	同上
水循環系の内部における摩耗	なし(短期的な影響は軽微)	同上
換気系, 電気系及び計測制御系に対する機械的影響	あり(外気取入部の清掃間隔短縮)	<ul style="list-style-type: none"> ・D/G: 吸気フィルタの容量増強(サポート系として継続運転が必要) ・中央制御室空調: 不要(隔離しての清掃可能)
換気系, 電気系及び計測制御系に対する化学的影響	なし(短期的な影響は軽微)	(対策は濃度に依存しない)
発電所周辺の大気汚染	なし(中央制御室の居住性と直接関連がない)	同上
化学的腐食	なし(短期的な影響は軽微)	同上
絶縁低下	なし(安全保護系の設備は、中央制御室空調(への対応)にて防護可能)	同上

気中降下火砕物に対する対応(2 / 6)

実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則の一部改正(平成29年12月14日)への対応

➤ 気中降下火砕物濃度を $3.5\text{g}/\text{m}^3$ と定めた上で, 以下の対策を実施する

- ・既設エレメント閉塞によって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。)を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においても交換可能な着脱式フィルタを設置**



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。)
吸気フィルタ(既設)へ着脱式フィルタを取付け

非常用ディーゼル発電機吸気口(既設)

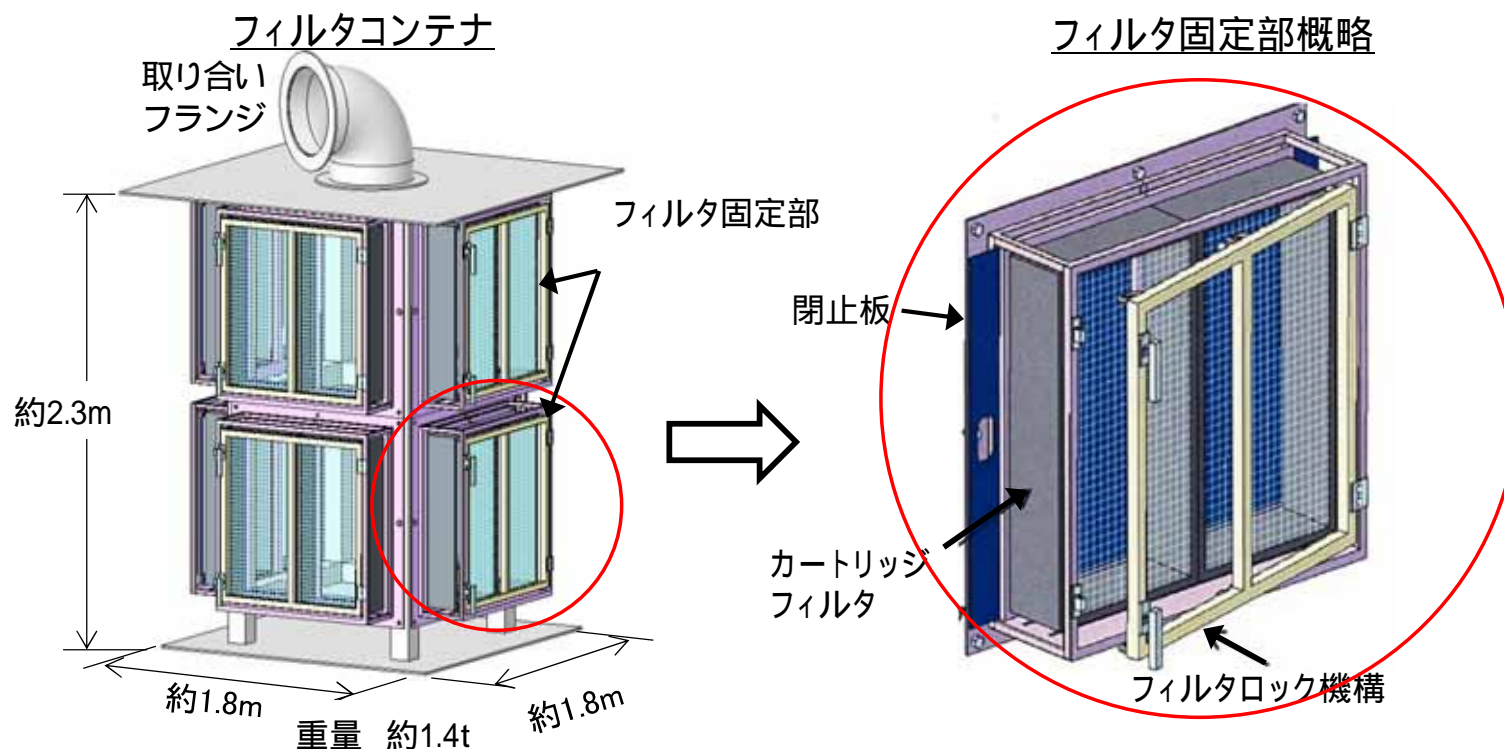
着脱式改良型フィルタ設置イメージ

気中降下火砕物に対する対応(3 / 6)

➤着脱式改良型フィルタの仕様(案)(非常用ディーゼル発電機1台当り)

- ・フィルタコンテナ台数 : 2台
- ・カートリッジフィルタ个数 : 16個(フィルタコンテナ1台当たり)
- ・カートリッジフィルタ外形寸法 : 800mm × 400mm × 150mm(有効面積:0.27m²以上)
- ・降下火砕物捕集容量 : 40,000g/m²

* フィルタ面積はフィルタ取替作業時の閉止板1枚分の余裕を考慮し, 運転中の取替でも給気流量の不足が生じない設計

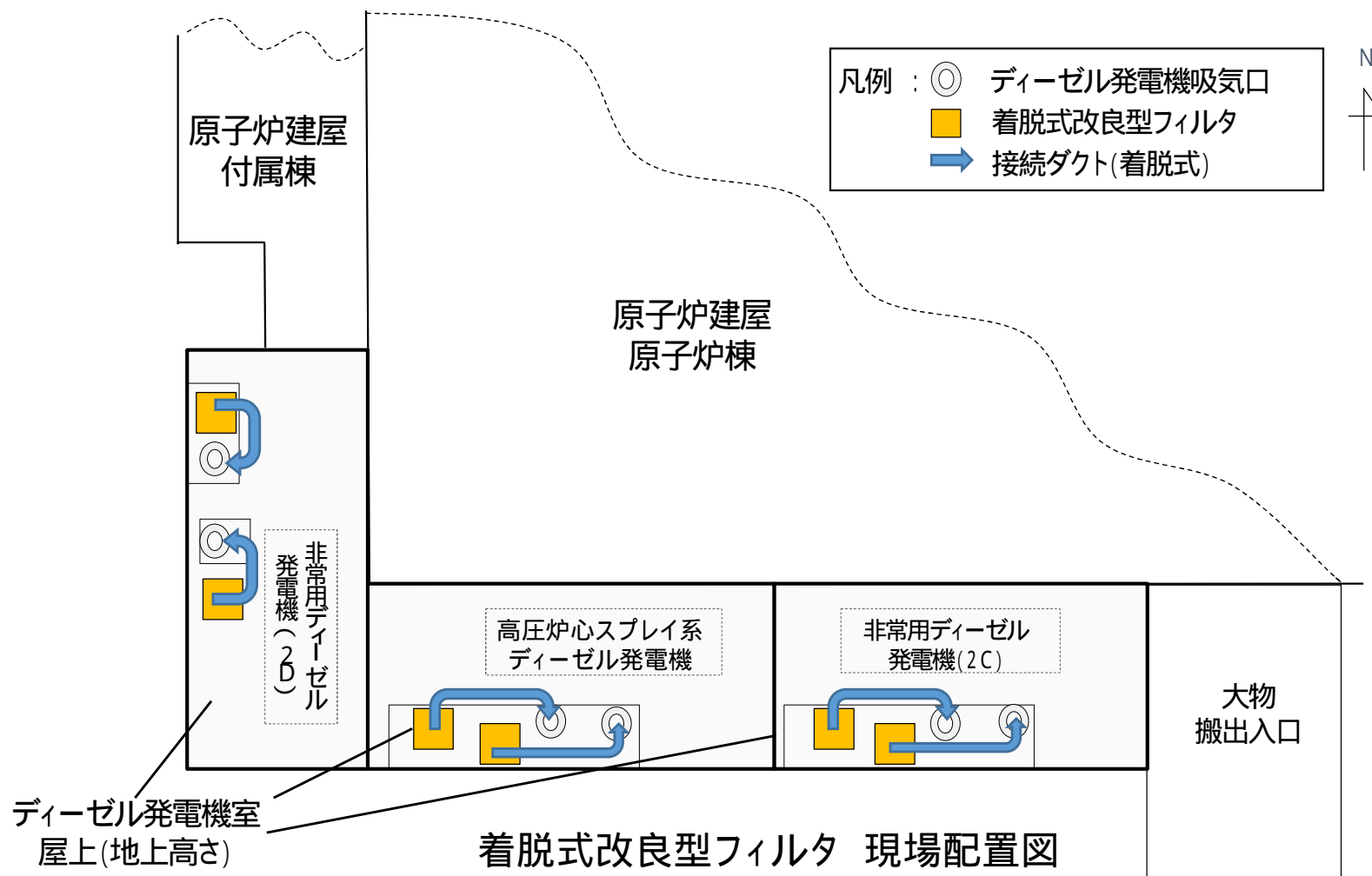


着脱式改良型フィルタ概略構造図

気中降下火砕物に対する対応(4 / 6)

➤着脱式改良型フィルタの現場配置図

- ・非常用ディーゼル発電機は原子炉建屋附属棟地下階のディーゼル発電機室に設置されており、ディーゼル発電機吸気口はディーゼル発電機室の屋上(ほぼ地上高さ)に設置されている。
- ・このため、着脱式改良型フィルタの設置、フィルタ取替等の作業性に支障はない。



気中降下火砕物に対する対応(5 / 6)

➤ 着脱式改良型フィルタの取替手順

・降灰継続中の取替作業を想定し, フィルタの取り外し・取り付け作業中に閉止板を用いることで降下火砕物が吸気口に侵入しない構造と手順にしている。

操作手順 No.	作業内容	フィルタ固定部 概略図	
		上面図	鳥瞰図
①	カートリッジフィルタをフィルタコンテナへ挿入 (降下火砕物降下前の待機状態)		
降下火砕物降下開始 フィルタ圧損上昇			
	閉止板を挿入し、カートリッジフィルタを交換する箇所から降下火砕物が侵入しないように開口を隔離		
	フィルタロック機構を開放して、カートリッジフィルタを取り外し		
	清掃後のカートリッジフィルタを挿入		
	フィルタ固定機構を操作し、カートリッジフィルタを固定		
	閉止板を取外して、フィルタを有効にする		
		フィルター圧損上昇 → 手順No.1に戻る	

着脱式改良型フィルタ 取替手順

気中降下火砕物に対する対応(6 / 6)

➤フィルタ交換作業(高濃度降下火砕物環境下)における装備

・高濃度の降下火砕物環境下での作業時は、**作業着を着用の上、ヘルメット、ゴーグル、マスク及び手袋を着用**する。また、作業性向上の観点で、昼夜を問わず**ヘッドライトを着用**する。さらに、降灰の状況により必要に応じて**雨合羽を着用**する。

これらの設備は特別なものではなく、適宜交換が可能である。



高濃度の降下火砕物環境下における作業時の装備(イメージ)

(補足説明資料 4. 森林火災の影響評価及び対策)

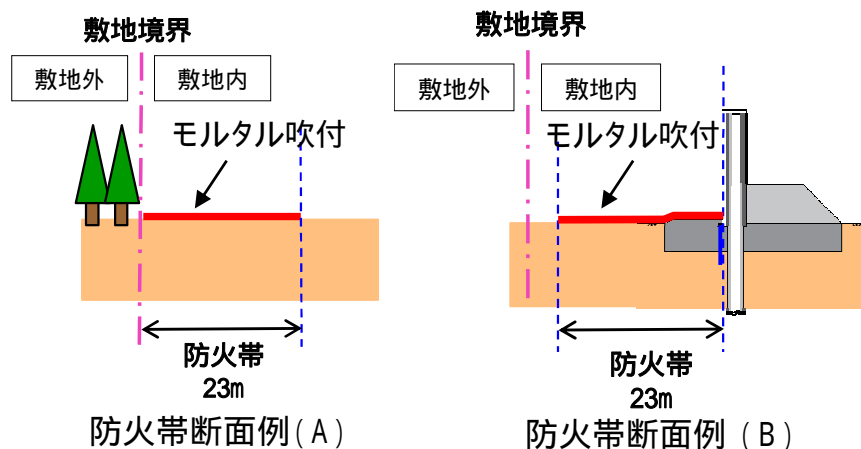
4. 森林火災の影響評価及び対策(1 / 10)

(1) 防火帯の設定

防火帯の概要

森林火災の原子炉施設への延焼防止対策として、発電所施設を取り囲むように、**発電所敷地内に約23m幅の防火帯を設定**

- 防火帯は、樹木を伐採する等、可燃物を排除して表面にモルタル吹付け等を施した**不燃の構造**
- 防潮堤は不燃構造であることから、**防潮堤のエリアも防火帯として活用**



防火帯の運用管理

- 防火帯は**表示板等で識別**する。構内道路の一部を防火帯として使用する箇所は、**駐車禁止の措置等により可燃物がない状態を維持**する。
- 防火帯内には延焼防止効果に影響を与えるような**可燃物を含む機器等は設置しない**。
- 防火帯の状況を**巡視点検で定期的に確認**する。

図 防火帯の設定

発電所敷地各所の防火帯等の設定方法(1 / 2)

- 防火帯を設定する発電所敷地に隣接して、他事業者の連絡道路及び他事業者敷地が存在している。
- 防火帯(幅約23m)は、発電所の敷地内に設定する。
- 防火帯の設定とは別に、防潮堤を森林火災の熱から防護するため、森林から防潮堤まで離隔距離(幅21m)を確保する。この距離内は他事業者敷地を含めて樹木伐採等の植生管理を行う。
- 上記を踏まえて、敷地内各所に防火帯及び防潮堤からの離隔距離等を設定する。
- 次頁に敷地内各部(~)の防火帯等の設定内容を示す。



4. 森林火災の影響評価及び対策 (3 / 10)



発電所敷地各所の防火帯等の設定方法 (2 / 2)

<p>【防潮堤なし】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯の外側が敷地境界に接するよう設定 		<p>【防潮堤あり】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯外側が敷地境界(他事業者連絡道路)に接するよう設定 防潮堤防護のため、連絡道路を含めて防潮堤まで21mの離隔距離を確保 		<p>【防潮堤あり / なし】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤エリアは防火帯内側が防潮堤に接するよう設定 防潮堤のないエリアは防火帯23m幅で東側の海まで到達 	
<p>【防潮堤なし】</p> <ul style="list-style-type: none"> 霊園付近は景観を考慮し、敷地境界内側に幅10m程度森林を残し、その内側に防火帯を設定 		<p>【防潮堤あり】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯外側が敷地境界に接するよう設定 防潮堤防護のため敷地外に植生管理エリアを設定し、連絡道路を含めて21mの離隔距離を確保 	<p>⑤</p>	<p>【防潮堤あり】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯外側が敷地境界に接するよう設定 防潮堤防護のため敷地外に植生管理エリアを設定し、防潮堤まで21mの離隔距離を確保 	
<p>【防潮堤あり】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯外側が敷地境界(他事業者連絡道路)に接するよう設定 		<p>【防潮堤あり / なし】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤エリアは防火帯外側が防潮堤から21mのラインに接するよう設定。 防潮堤のないエリアは防火帯23m幅で東側の海まで到達 		<p>【防潮堤あり】</p> <ul style="list-style-type: none"> 防火帯外側が敷地境界に接するよう設定。 防潮堤防護のため敷地外に植生管理エリアを設定し、防潮堤まで21mの離隔距離を確保 	

4. 森林火災の影響評価及び対策(4 / 10)



(2) 森林火災の影響評価

目的

発電所敷地外で発生する森林火災が、発電所に迫った場合でも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

熱影響

危険距離¹

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A 森林火災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。)に従い森林火災を想定²し、発電所への影響について評価した。
- ・なお、森林火災の解析に当たっては、評価ガイドにおいて推奨されている森林火災シミュレーション解析コード FARSITEを使用し解析を実施した。

評価の流れ

- ・項目(1)は、FARSITE解析結果である火炎到達時間、反応強度、火炎長をもとに、評価ガイドに記載の評価式等を用いて、評価対象施設の温度上昇を評価し、許容温度を下回ることを確認する。
- ・項目(2)は、FARSITE解析結果である火炎到達時間、反応強度、火炎長をもとに、評価ガイドに記載の評価式等を用いて、評価対象施設の危険距離を評価し、離隔距離を下回ることを確認する。
- ・項目(3)は、換気系統へのばい煙の影響がダンパの設置等により考慮されていること及び居住性に影響を与えないことを確認する。

- 1 防火帯外縁と発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離
- 2 森林火災の想定(評価ガイドより)
 - (1) 森林火災における各樹種の可燃物量は現地の植生から求める。
 - (2) 気象条件は過去10年間に調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温、及び最大風速の組合せとする。
 - (3) 風向は卓越方向とし、発電所の風上に発火点を設定する。ただし、発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定できるものとする。
 - (4) 発電所からの直線距離10kmの間で設定する。
 - (5) 発火源は最初に人為的行為を考え、道路沿いを発火点とする。さらに、必要に応じて想定発火点を考え評価する。

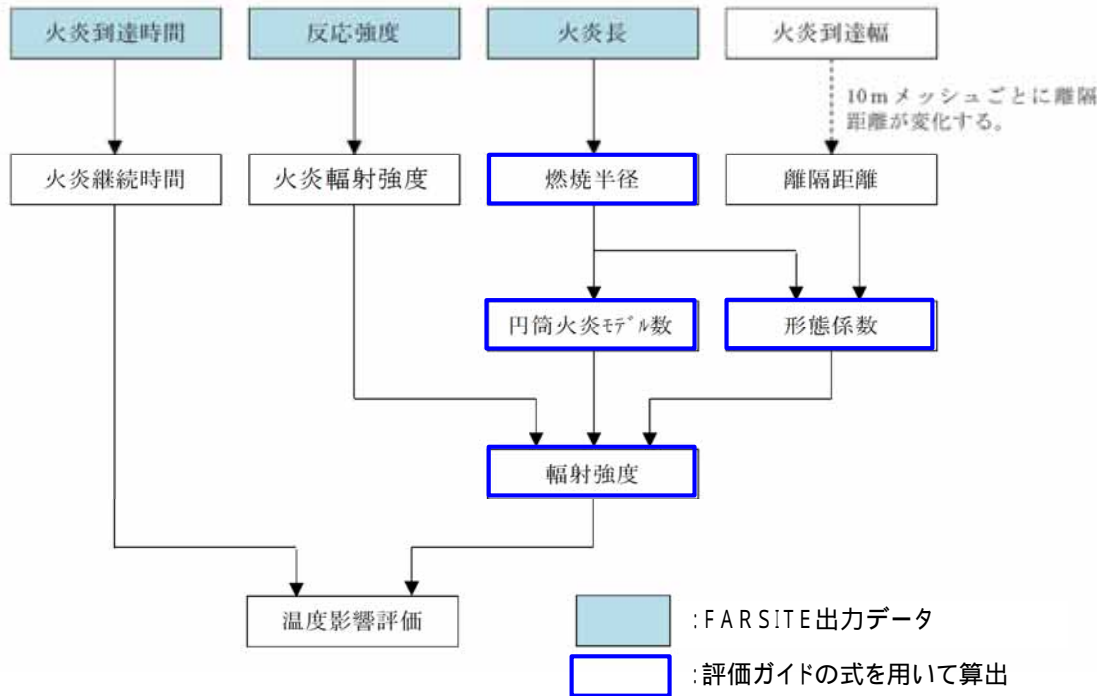
表 評価で用いるFARSITEの出力

項目	項目	内容
評価で用いるFARSITE出力	火炎到達時間 (hr)	出火から火炎の前線が該当地点に到達するまでの時間
	反応強度 (kW/m ²)	単位面積当たりの熱放出速度
	火炎長 (m)	反応強度が最大位置の火炎の高さ

4. 森林火災の影響評価及び対策 (5 / 10)



評価方法 (1 / 2)



・燃焼半径の算出式

$$R = \frac{H}{3}$$

R : 燃焼半径 (m) H : 火炎長 (m)

・円筒火炎モデル数の算出式

$$F' = \frac{10}{2R}$$

F' : 円筒火炎モデル数 (10mメッシュ) R : 燃焼半径 (m)

・形態係数の算出式

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

$$m = \frac{H}{R}, \quad n = \frac{L_i}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

ϕ_i : 円筒火炎モデルの形態係数

L_i : 離隔距離 (m), H : 火炎長 (m)

R : 燃焼半径 (m)

・火炎輻射強度の算出

反応強度に対する火炎輻射強度の割合 (0.377) を掛けることで、反応強度から火炎輻射強度を算出する。

「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering」から引用

・輻射強度の算出式

$$E_0 = \phi_0 \times F' \times R_f \quad (\text{中心火炎の場合})$$

$$E_i = \phi_i \times F' \times R_f \times 2 \quad (\text{中心以外の火炎の場合})$$

ϕ_i : 形態係数

R_f : 最大火炎輻射強度 (kW/m²)

F' : 円筒火炎モデル数 (10mメッシュ)

4. 森林火災の影響評価及び対策(6 / 10)



評価方法(2 / 2)

・建屋に対する温度評価式

$$C_p \frac{T}{t} = \frac{1}{x} \left(k \frac{T}{x} \right)$$

$$-k \frac{T}{x} = E \quad (x=0)$$

$$\frac{T}{x} = 0 \quad (x=L)$$

T: 評価温度(), E: 輻射強度(W / m²)

: 密度(kg / m³), k: 熱伝導率(W / m / K)

C_p: 比熱(J / kg / K), L: 厚さ(m)

・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含む。), 残留熱除去系海水系ポンプ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含む。)用海水ポンプに対する温度評価式

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

T: 評価温度(), T₀: 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)

T: 構造物を介した温度上昇()

・主排気筒及び放水路ゲートに対する温度評価式

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

T: 評価温度(), T₀: 初期温度()

E: 輻射強度(W / m²), h: 熱伝達率(W / m² / K)

4. 森林火災の影響評価及び対策(7 / 10)



評価結果(1 / 3)

熱影響

各評価対象施設の温度上昇を評価した結果、許容温度を下回ることを確認した。

表 各評価対象施設の温度上昇評価結果

評価対象施設	評価温度()							許容温度()
	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4	発火点 5	発火点 6	発火点 7	
原子炉建屋	53	52	53	53	53	53	53	< 200
使用済燃料乾式貯蔵建屋	96	87	93	94	99	91	92	
タービン建屋	54	53	53	53	54	53	53	
主排気筒	51	52	52	52	52	52	52	< 325
放水路ゲート	85	93	126	99	121	125	119	< 325
非常用ディーゼル発電機(高圧炉心 スプレィ系ディーゼル発電機を含む。)	45	45	45	45	45	45	45	< 53
残留熱除去系海水系ポンプ	45	45	45	45	45	45	45	< 70
非常用ディーゼル発電機(高圧炉心 スプレィ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ	45	45	45	45	45	45	45	< 60

4. 森林火災の影響評価及び対策(8 / 10)



評価結果(2 / 3)

危険距離

各評価対象の危険距離を評価した結果、危険距離 が離隔距離を下回ることを確認した。

温度評価結果が許容温度となる離隔距離

表 各評価対象施設に対する危険距離

評価対象施設	危険距離(m)							離隔距離(m)
	発火点 1	発火点 2	発火点 3	発火点 4	発火点 5	発火点 6	発火点 7	
原子炉建屋	17	15	17	17	18	16	17	267
使用済燃料乾式貯蔵建屋	17	15	17	17	18	16	17	37
タービン建屋	17	15	17	17	18	16	17	221
排気筒	12	14	20	15	19	20	19	266
放水路ゲート	12	14	20	15	19	20	19	41
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。)	18	21	28	22	28	28	27	267
残留熱除去系海水系ポンプ	17	19	27	21	26	27	26	242
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	14	16	23	18	23	23	22	242

4. 森林火災の影響評価及び対策(9 / 10)



評価結果(3 / 3)

二次的影響評価

➤ 機器への影響

- ・ばい煙の影響が想定される設備として、「外気を直接設備内に取り込む機器」、「外気を取り込む空調系統」及び「外気を取り込む屋外設置機器」について評価を実施
- ・評価の結果、外気取入フィルタの設置、閉回路循環運転等によりばい煙の影響が考慮されていることを確認

➤ 居住性への影響

- ・建屋内にばい煙を含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施
- ・評価の結果、中央制御室及び緊急時対策所の居住性に影響を与えないことを確認

ばい煙の影響を受ける設備

	分類	評価対象設備	評価結果
機器への影響	外気を直接設備内に取り込む機器	・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。)	・外気取入フィルタにより一定以上のばい煙を捕獲 ・機器の間隙は、フィルタを通過するばい煙に比べて大きく、閉塞することはない。 ・通常運転時は燃焼に伴うばい煙が発生しているが、ばい煙による不具合はない。
	外気を取り込む空調系統(室内の空気を取り込む機器を含む。)	・換気空調設備 ・計測制御設備(安全保護系)	・外気取入フィルタにより一定以上のばい煙を捕獲 ・中央制御室換気系は閉回路循環運転等を行うことで、ばい煙の侵入を阻止可能
	外気を取り込む屋外設置機器	・残留熱除去系海水系ポンプ ・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	・外気を電動機内部に取り込まない構造のため、内部にばい煙が侵入することはない ・ばい煙は冷却流路及び冷却流路出口口径と比べて小さく、閉塞することはない。
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	中央制御室、緊急時対策所	・閉回路循環運転により、酸素濃度及び炭酸ガス濃度を考慮しても長時間室内へのばい煙の侵入を阻止可能

4. 森林火災の影響評価及び対策 (10 / 10)

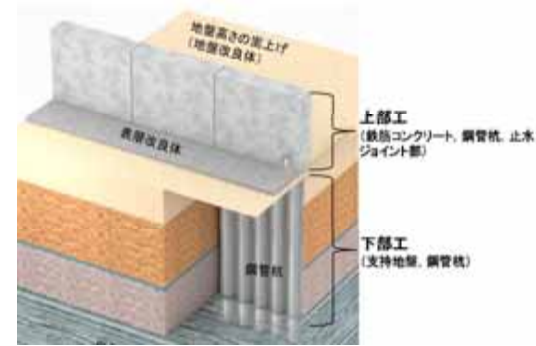
(3) 津波防護施設の影響評価

津波防護施設に対し森林火災影響評価を実施

- (1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
- (2) 止水ジョイント部
- (3) 防潮扉

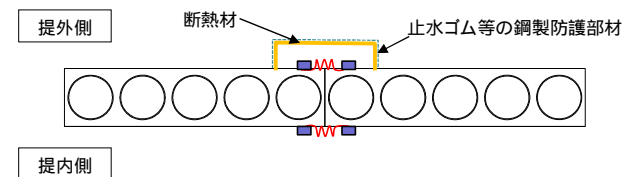
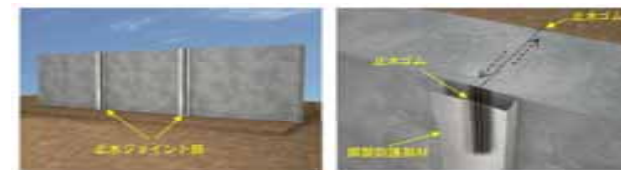
評価結果

- ・危険距離を算出し、森林からの離隔距離を下回ることを確認
- ・万が一、津波防護施設に熱影響が及んでいる可能性がある場合、当該箇所の健全性を評価し、機能に支障がある場合は、プラントを停止し速やかに強度を保つよう補修を行う。



防潮壁の概要図

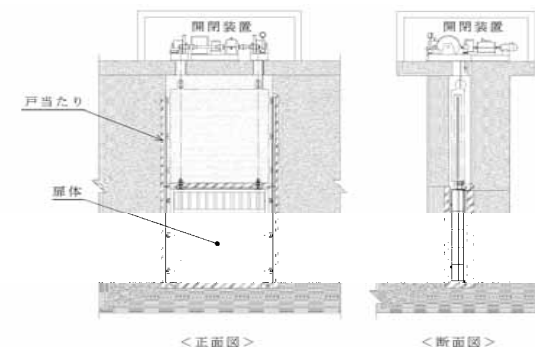
津波防護施設	危険距離 (m)	森林からの離隔距離 (m)
防潮壁	18	21
止水ジョイント部	20	21
防潮扉	20	35



止水ジョイント部の概要図



津波防護施設と森林との位置関係



防潮扉の概要図

(補足説明資料 5. 爆発の影響評価)

5. 爆発の影響評価(1 / 34)



目的

発電所敷地内外で発生する爆発が、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) 危険限界距離(爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離)
- (2) 飛来物の最大飛散距離

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。)に従い爆発を想定し、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爆発源は、発電所周辺10km以内に存在する以下とする。

- (1) 敷地外のガス貯蔵施設
- (2) 敷地内のガス貯蔵施設
- (3) 燃料輸送車両
- (4) 燃料輸送船

2 危険限界距離の算出式(出典:評価ガイド)

$$X = 0.04 \sqrt[3]{KW}$$

X:危険限界距離(m), :換算距離(=14.4 (m・kg^{-1/3})),

K:石油類の定数(-), W:設備定数(-)

3 飛来物の最大飛散距離の評価式

$$L = 90M^{0.333} \quad (\text{容積}5\text{m}^3\text{未満の容器})$$

$$L = 465M^{0.10} \quad (\text{容積}5\text{m}^3\text{以上の容器})$$

L:破片の最大飛散範囲, M:破裂時の貯蔵物質量

4 竜巻飛来物の飛散評価同様の運動方程式により評価

評価の流れ

(1) 敷地外のガス貯蔵施設

- ・周辺自治体に資料開示請求を行い、対象施設の情報を入力
- ・10km以内で最大のガス貯蔵施設である日立LNG基地の爆発評価を行い、発電所に影響を及ぼす可能性がある施設を選定
- ・選定した施設に対する危険限界距離を、評価ガイドの式²により評価し、当該施設と発電所の離隔距離を下回ることを確認
- ・加圧貯蔵型のLPGタンクは、爆発飛来物の最大飛散距離を、石油コンビナートの防災アセスメント指針の評価式³を用いて評価

(2) 敷地内のガス貯蔵施設

- ・現場調査等により対象施設の情報を入力
- ・選定した対象施設に対する危険限界距離を、評価ガイドの式²により評価し、当該施設と発電所の離隔距離を下回ることを確認

(3) 燃料輸送車両

- ・発電所から最も近い位置にある国道245号線における、最大規模の燃料輸送車両を想定
- ・想定した車両に対する危険限界距離を、評価ガイドの式²により評価し、当該車両と発電所の離隔距離を下回ることを確認
- ・加圧貯蔵型のLPGタンクは、爆発飛来物の最大飛散距離を、文献による初速に基づく飛散解析⁴により評価

(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(内航船を含む)を想定
- ・想定した各船舶に対する危険限界距離を、評価ガイドの式²により評価し、当該船舶と発電所の離隔距離を下回ることを確認
- ・加圧貯蔵型のLPGタンクは、爆発飛来物の最大飛散距離を、文献による初速に基づく飛散解析⁴により評価

5. 爆発の影響評価(2 / 34)

(1) 敷地外のガス貯蔵施設の評価

周辺自治体への資料開示請求

- ・発電所から10km以内にある高圧ガス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20カ所存在することを確認

危険限界距離の評価

- ・10km以内で最大のガス貯蔵施設である日立LNG基地の爆発評価を実施した結果、危険限界距離は373mであることを確認
- ・日立LNG基地から発電所までの離隔距離は1,500m以上あるため、判断基準を満足することを確認
- ・日立LNG基地の危険限界距離373mを上回る400mを、発電所に影響を及ぼす可能性がある範囲として設定し、この範囲内のガス貯蔵施設を調査した結果、対象のガス貯蔵施設はなく、敷地外のガス貯蔵施設の爆発が、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを確認(最も近いガス貯蔵施設でも、発電所からの離隔距離は900m以上あり。)

飛来物の最大飛散距離の評価

- ・発電所から10km以内に存在するLPGタンクを対象に最大飛散距離を評価した結果、すべてのLPGタンクの最大飛散距離は、発電所までの離隔距離を下回ることを確認
- ・日立LNG基地にもLPGタンクは存在するが、聞き取りにより、低温貯蔵型タンクであることを確認しているため、大規模なタンク破裂が発生することはない、発電所への飛来物の影響はない。



図 発電所から最も近いガス貯蔵施設の位置関係

表 飛来物の最大飛散距離の評価結果

施設名称	貯蔵量(kg)	最大飛散距離(m)	離隔距離*(m)

5. 爆発の影響評価(3 / 34)

LNG基地のLNGタンク増設による影響

- ・ LNG基地のLNGタンクは既設1基より2基に増設したことから、増設後の施設条件における爆発評価への影響を確認する。<別紙>
- ・ ガス爆発の危険限界距離*の算出式は以下のとおり。

* ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離(人体に対して影響を与えない圧力)

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{出典:原子力発電所の外部火災影響評価ガイド})$$

X:危険限界距離[m]、λ:換算距離 14.4[m・kg^{-1/3}]、K:石油類の定数[-]、W:設備定数[-]

- ・ LNGタンク増設後の危険限界距離の評価結果は以下のとおり、危険限界距離は現行施設条件の373mから増加するものの410mに留まり、発電所からの離隔距離1500mを下回ることを確認した。

評価ケース	想定爆発源	容量(t)	危険限界距離(m)	離隔距離(m)	考察
現行施設の条件	LNGタンク 1基	97,704	373	1,500m	LNGタンク増設によりガス貯蔵量が増えて危険限界距離は長くなる傾向となるが、危険限界距離はガス貯蔵量の三乗根に比例するため、貯蔵量が大幅に増えても距離への影響は小さい。
	LPGタンク 1基	31,000			
LNGタンク増設後	LNGタンク 2基	195,408	410		
	LPGタンク 1基	31,000			

5. 爆発の影響評価 (4 / 34)

LNG基地のガスタンク爆発時の飛来物の飛散距離の評価

- ・ LNG基地のガスタンク爆発時の飛来物の最大飛散距離を評価する。LNGタンク・LPGタンクは低温貯蔵型であり、タンク爆発時に飛来物に付与されるエネルギーより最高速度を求め飛散距離を算出する。
- ・ 以下の算出式により、各タンクの爆発エネルギーと飛来物の初速度を算出する。

$$v_i = \sqrt{\frac{2 \times A_{ke} \times E_{av}}{M_v}}$$

v_i : 飛散物初速度 (m/s), E_{av} : 爆発時エネルギー (J), M_v : 空タンク材重量 (kg)

A_{ke} : エネルギーの飛散物付与割合 (0.2*)

(上限: 0.6, 概算見積もり: 0.2, BLEVE (沸騰液膨張蒸気爆発): 0.04)

* 「Methods for the Calculation of Physical Effects (TNO Yellow Book, CPR14E(Part 1), 3rd edn), van den Bosch, C. J. H. & Weterings」による。

(出典: Methods for the Calculation of Physical Effects (TNO Yellow Book, CPR14E(Part 1), 3rd edn)

$$E = \frac{(1 - 2)V}{-1}$$

E : タンク爆発による発生エネルギー (J)

1: タンク内圧力 (0.19808MPa; LNG貯蔵タンク安全弁設定圧力 × 1.2), 2: 大気圧力 (0.1013MPa)

V : タンク体積 (m³), : 比熱比 (-)

- ・ ここで得られた最高速度をもとに、射出角をパラメータとした最大到達距離を評価した結果、飛来物の最大飛散距離は557mに留まり、発電所からの離隔距離1,500mを下回ることを確認した。

想定爆発源	タンク体積 (m ³)	比熱比 (-)	タンク材重量 (kg)	爆発エネルギー (J)	最高速度 (m/s)	飛散距離 (m)	離隔距離 (m)	考察
LNGタンク 1基	253,000	1.3	7.6 × 10 ⁶	8.2 × 10 ¹⁰	66	最高速度より LPGタンクで包絡	1,500m	LNGタンクの増設は飛散距離に影響しない。 (タンク単体の爆発エネルギーが各タンク構成材等に付与されるため)
LPGタンク 1基	55,000	1.1	2.7 × 10 ⁶	5.3 × 10 ¹⁰	89	・鋼製パイプ*1:557 ・コンクリート板*2 (タンク本体):244		

*1: 長さ13m × 直径1m, 重さ5t *2: 長さ13m × 幅22m × 厚さ1cm, 重さ22t (長い形状の飛来物は飛散距離が大きくなる傾向からタンク寸法に合わせて長く設定)

LNG基地の低温・低圧の貯蔵型のガスタンクの爆発形態について

- LNG基地のLNGタンク及びLPGタンクは、各ガスを沸点温度まで冷却し、液化させた状態で貯蔵する低温・低圧貯蔵型のガスタンク^{*1}である。このタイプのガスタンクは、万一の爆発事故時においても、常温・加圧貯蔵型のガスタンク^{*1}と比べて、爆発の影響は緩和する傾向とされている。

区分	ガスタンクの例	温度	圧力
低温・低圧貯蔵型	低温貯蔵LNGタンク	約 - 162	大気圧近傍
常温・加圧貯蔵型	LPGタンクローリ	常温	約2MPa

- 加圧貯蔵型のガスタンクで事故時に発生する恐れのある大規模な爆発火災事象^{*2}は、加圧され液体で貯蔵されたガスタンクが、火災で加熱されることによりタンク内の圧力が更に上昇し、タンクの一部破損で起こる液体の急激な気化に伴い発生する現象とされている。

^{*2} BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (沸騰液膨張蒸気爆発)

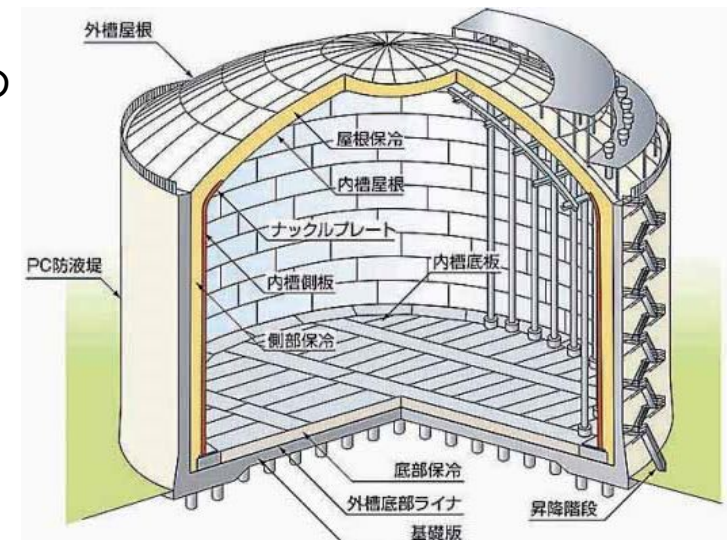
- 一方、大気圧に近い低圧で貯蔵されている低温貯蔵型のタンクは、内部が保冷層で覆われ外部から熱が入り難く、通常時はBOG圧縮機^{*3}等でタンク内圧を一定に制御していることと、耐圧設計そのものが低いことから、異常時でも加圧貯蔵タンクと比較してタンク内圧が上昇し難く、大規模な爆発火災事象は発生し難いとされている。^{*4}

^{*3} タンクから発生するボイルオフガスを再液化し、タンク内圧を一定に制御する。

^{*4} 出典「Environmental Assessment for the Sabine Pass Liquefaction Project」(次頁)

- これらより、LNG基地のLNGタンク及びLPGタンクは低温貯蔵型ガスタンクの事故時に想定される爆発形態を想定し、タンクの限界圧力まで圧力が上昇してタンクが破壊する条件^{*5}でガス爆発の飛来物影響評価を行っている。

^{*5} ガスタンクが火災で加熱されタンクの限界圧力(安全弁設定圧力×1.2倍;約0.2MPa)まで内圧上昇し破壊、発生エネルギーの一部がタンク構成材に付与され飛来物化する。



LNGタンク構造図

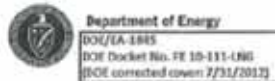
出典: 日上市報 2014年1月1日号

LNG基地の低温・低圧の貯蔵型のガスタンクの爆発形態について

Environmental Assessment for
the Sabine Pass Liquefaction Project
Cameron Parish, Louisiana

December 2011

Sabine Pass Liquefaction, LLC
and Sabine Pass LNG, L.P.
Docket No. CP11-72-000



A deflagration may propagate back to the spill site if the vapor concentration along this path is sufficiently high to support the combustion process. When the flame reaches vapor concentrations above the UFL, the deflagration could transition to a fireball and result in a pool or jet fire back at the source. A fireball would occur near the source of the release and would be of a relatively short duration compared to an ensuing jet or pool fire.

The extent of the affected area and the severity of the impacts on objects either within an ignited cloud or in the vicinity of a pool fire would primarily be dependent on the quantity and duration of the initial release, the surrounding terrain, and the environmental conditions present during the dispersion of the cloud. Radiant heat and dispersion modeling are discussed in Section 2.8.5.

Fires may also cause failures of nearby storage vessels, piping, and equipment. The failure of a pressurized vessel could cause fragments of material to fly through the air at high velocities, posing damage to surrounding structures and a hazard for operating staff, emergency personnel, or other individuals in proximity to the event. In addition, failure of a pressurized vessel when the liquid is at a temperature significantly above its normal boiling point could result in a boiling-liquid-expanding-vapor explosion (BLEVE). BLEVEs of flammable liquids can produce overpressures and a subsequent fireball when the superheated liquid rapidly changes from a liquid to a vapor upon the release from the vessel. Atmospheric storage tanks are unlikely to BLEVE due to the smaller difference between their design pressure and ambient pressure.

Overpressures

大気圧程度のガス貯蔵タンクは、タンクの設計圧力と大気圧との差が小さく、BLEVEに至り難い。(当社抄訳)

flame travel distance.

The potential for unconfined LNG vapor cloud detonations was investigated by the Coast Guard in the late 1970s at the Naval Weapons Center at China Lake, California. Using methane, the primary component of natural gas, several experiments were conducted to determine whether unconfined LNG vapor clouds would detonate. Unconfined methane vapor clouds ignited with low-energy ignition sources (13.5 J), produced flame speeds ranging from 12 to 20 mph. These flame speeds are much lower than the flame speeds associated with a deflagration with damaging overpressures or a detonation.

To examine the potential for detonation of an unconfined natural gas cloud containing heavier hydrocarbons that are more reactive, such as ethane and propane, the Coast Guard conducted further tests on ambient-temperature fuel mixtures of methane-ethane and methane-propane. The tests indicated that the addition of heavier hydrocarbons influenced the tendency of an unconfined natural gas vapor cloud to detonate. Less processed natural gas with greater amounts of heavier hydrocarbons would be more sensitive to detonation.

Although it has been possible to produce damaging overpressures and detonations of unconfined LNG vapor clouds, the natural gas delivered by pipeline for liquefaction and export would have lower ethane and propane concentrations than those that resulted in damaging overpressures and detonations. The substantial amount of initiating explosives needed to create the shock initiation during the limited range of vapor-air concentrations also renders the possibility of detonation of these vapors at an LNG plant as unrealistic. Consequently, the primary hazards to the public from an LNG spill, either on land or water, would be from dispersion of the flammable vapors or from radiant heat generated by a pool fire.

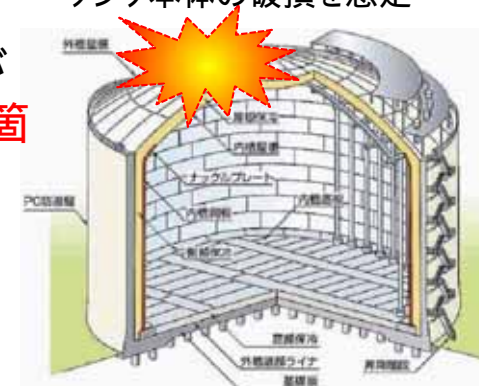
In comparison with LNG vapor clouds, there is a higher potential for unconfined propane clouds to produce damaging overpressures, and an even higher potential for unconfined ethylene vapor clouds to produce damaging overpressures. Unconfined ethylene vapor clouds also have the potential to transition

5. 爆発の影響評価(7 / 34)

LNG基地のガスタンクからの大規模漏えいの発電所への影響

- 施設の故障等でガスが漏れても、漏えいが長期継続することは考え難いが*1, 何らかの外部事象でガスタンク本体が破損, 冷却機能も喪失し, 破損箇所の隔離・漏えい停止ができないと, ガス全量が放出される恐れがある。
- この事故の場合, ガス濃度が高いタンク付近における爆発事故のリスクが最も大きい*2と考えられるが, ここでは仮想的にガス全量の大気中への放出を想定する。各タンク漏えい時のガスの挙動の推定は以下のとおり。

タンク本体の破損を想定



*1 タンク接続配管, パイプライン(設置中)等の漏えいの場合, 遠隔監視・隔離操作により漏えいを早期に停止する対応が図られる。

*2 タンクを破損させた外部事象により, 自然発火の高温条件を与える可能性もある。(ガス自然発火温度: 約500 ~ 約600)

LNGタンク漏えい時の挙動(液化天然ガス) :

空気よりも軽く, 蒸散後に上空に拡散していくため, 発電所施設に影響を与えることはない。

LPGタンク漏えい時の挙動(液化石油ガス) :

空気よりも重く, 蒸散後に風向きにより発電所に向かう可能性があるが, 発電所までは太平洋沿岸洋上を介し1.5km離れており, 流出・移動の過程で大気中に拡散していくことから, 発電所付近まで可燃濃度を保ったまま滞留し, そこで爆発するような状況は考え難い。

流出想定	貯蔵ガス種類	容量 (m ³)	沸点 ()	気体/液体容積比 (-)	気体比重 (空気:1)	可燃範囲 (Vol%)	毒性	離隔距離 (m)	考 察
LNGタンク 2基 (増設後)	液化天然ガス (メタン)	460,000	- 162	600	0.56	5.0 ~ 15.0	なし	1,500m	・液化天然ガスは空気よりも軽く上方に拡散 ・液化石油ガスは発電所に向かう可能性あり
LPGタンク1基	液化石油ガス (プロパン)	50,000	- 42	250	1.55	2.1 ~ 9.5	なし		

5. 爆発の影響評価(8 / 34)

LNG基地のガスタンクからの大規模漏えいの発電所への影響

- ・ また、何れのガスにも**毒性はなく、かつ、拡散したガスが発電所周辺まで到達しても、中央制御室等の換気設備は外気取り込みを停止可能**であり、要員の居住性に影響を与えることはない。
- ・ ここで、近年の国内外のガス爆発・災害事例を参照すると、**漏洩して建物内や下水道等の閉鎖空間に蓄積したガス溜まりや、ガスタンクそのものが爆発・火災に至る事故が大半**となっている。

発生年月	場所	ガス爆発・災害事例の概要
1963年1月	東京都江戸川区深川	地下埋設された都市ガス高圧導管の亀裂による漏えいガスが 下水道に滞留 し、爆発・火災発生
1980年8月	静岡県静岡市	静岡駅前地下街で 湧水処理槽のメタン が小規模な爆発、この爆発で都市ガスの配管が破損し、 地下街及び上部のビル内に都市ガスが滞留 し大規模な爆発・火災発生
1981年10月	北海道夕張市	北炭夕張新炭鉱の 坑道内でメタンガス突出事故 が発生し、酸欠・粉塵事故、次いで坑内火災が発生
1992年4月	メキシコ グアダハラ	送油管と配水管の接触・腐食によりガソリンが漏えい、 下水道に流入して揮発 し、引火・爆発
2011年3月	千葉県市原市	東北地方太平洋沖地震により点検作業で満水状態のLPGタンクが倒壊し、 近接する複数の配管を損傷、ガス漏えい・火災が発生し、隣接する複数のLPGタンクが爆発

出典: コスモエネルギーホールディングス株式会社「千葉製油所の火災・爆発事故について」、他

- ・ これらの内容より、**LNG基地から大規模なガス漏えいが発生しても、遠方の発電所の安全機能に影響を与えることはない**と判断する。

<参考> 日立LNG基地のガスタンクからの大量漏えいに係る検討評価(1 / 3)

日立LNG基地のガスタンクの安全性に関して、当社より東京ガス株式会社に確認を行った内容は以下のとおり要約され、基地の安全性に関しては問題ないと考える。

1. ガスタンクからのガス漏洩防止及び影響緩和の対策内容

- ・ガス工作物は可燃性ガスであるLNG/LPGを大量に取り扱うことから高い安全性が求められており、ガス事業法による公的な技術基準(ガス工作物技術基準(ガス工作物の技術上の基準を定める省令, ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示))、及び日本ガス協会による各種指針に則って設計・建設され、完成検査に合格の上、維持・運用されている。
- ・日立LNG基地のプレストレストコンクリート(以下「PC」という)LNG地上式貯槽および、PCLPG地上式貯槽についても、ガス工作物技術基準及び日本ガス協会のLNG地上式貯槽指針等に則って設計・建設されている。
- ・耐震性についても、ガス工作物技術基準、及び日本ガス協会のLNG地上式貯槽指針、製造設備等耐震設計指針等に則っており、東日本大震災を踏まえた耐震基準検討の結果においても、「主要な製造設備・高圧ガス導管に被害が生じなかったことから、『現行耐震設計基準は、妥当なものと評価できるので引き続き維持する』」(ガス安全小委員会・災害対策WG12年3月報告書)とMETI提言がなされている。
- ・PCLNG/LPG地上式貯槽は、LNG/LPGを貯蔵する自立した金属製のタンク本体(内槽)が、PC製の厚い防液堤で覆われた2重構造になっており、万一内槽からLNG/LPGの漏洩が発生したとしても、大量のLNG/LPGが防液堤外部に漏洩することは想定されない。

<参考> 日立LNG基地のガスタンクからの大量漏えいに係る検討評価(2 / 3)

日立LNG基地のガスタンクの安全性に関して、当社より東京ガス株式会社に確認を行った内容は以下のとおり要約され、基地の安全性に関しては問題ないと考える。

2. シビアアクシデントによるガス漏えい、影響評価の内容

- ・ガス事業法では、ガス工作物に関し、ガス工作物が爆発等により与える影響を及ぼさないようにするため、その外面から事業場の境界線に対し、およびその外面から保安物件(学校、病院等)に対し、必要な離隔距離を確保することを求めている(ガス工作物の技術上の基準を定める省令第6条第1項～第3項、ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示第2条～第5条)。
- ・日立LNG基地のLNG地上タンク、LPG地上タンクも、省令・告示に則り必要な離隔距離を確保されている。^注

注: 日立LNG基地付近の学校、病院等の位置を確認し、基地から近い施設までの距離は東海第二発電所からの離隔距離(約1.5km)と概ね同等であることを確認している。(当社調べ、次頁参照)

5. 爆発の影響評価(11 / 34)

< 参考 > 日立LNG基地のガスタンクからの大量漏えいに係る検討評価 (3 / 3)

日立LNG基地付近の学校, 病院等の位置の確認結果。基地から近い施設までの距離は東海第二発電所からの離隔距離(約1.5km)と概ね同等となっている。(当社調べ)



5. 爆発の影響評価(12 / 34)

LNGパイプラインの影響

- ・ 発電所から約1.5km北方にあるLNG基地より南方に向けてパイプラインを建設中。気体で高圧圧送(7MPa)されるパイプラインのガス管は地中1.2m以深に埋設され、鋼管の材質は伸び・可撓性が高く、溶接による接合方法と相まって大地震でも漏洩せず、更に、遠隔監視・操作でガスの遮断が可能とされている。<別紙>
- ・ これらより、パイプラインの爆発事故は起こり難いと考えられるが、不測の事態による爆発を仮定
- ・ パイプラインの敷設位置は防護すべき発電所施設より850m以上離れており、LNG基地のガスタンク本体(増設中のLNGタンクを含む)が爆発した場合の危険限界距離(373m及び410m)を上回る。また、発電所施設に更に近い道路を通行する燃料輸送車両の火災・爆発を評価し、この場合でも発電所施設に影響を与えないことを確認。更に、ガスパイプライン爆発事例を参照したところ、重大な被害はパイプライン近傍に留まると考えられ、850m以上離れた箇所まで被害を及ぼす恐れは小さいと考えられる。<参考>
- ・ これらより、パイプラインの万一の爆発を想定しても、発電所施設に影響を及ぼすことはないと判断される。



LNG基地から繋がるパイプライン敷設計画(建設中)



LNGパイプラインと発電所の位置関係概略図

5. 爆発の影響評価(13 / 34)



<別紙> LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設 (1 / 6)

「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

東京ガス株式会社
平成30年4月3日
広報部

東京ガス株式会社（社長：内田 高史、以下「東京ガス」）は、4月1日、今後の更なる天然ガス需要の増加に対応するため、「日立LNG基地」（茨城港日立港区内、以下「同基地」）における「2号LNGタンク」（以下「本タンク」）の建設工事に着手しました。

東京ガスは、2020年に向けた天然ガス需要の増加に対応した製造・供給インフラの柱の一つとして、2012年7月より同基地の建設に着手し、2016年3月に竣工、営業運転を開始しています。今後の更なる天然ガス需要の増加に対応するため、このたび、本タンクの建設工事に着手し、2020年度の運転開始を目指します。

なお、東京ガスは、高圧ガスパイプライン「茨城幹線」（延長 約92km、茨城県日立市～茨城県神栖市）についても、2020年度の供用開始を目指して建設工事を進めており、今後、既存の「鹿島臨海ライン」（茨城県神栖市）と「茨城～栃木幹線」（茨城県日立市～栃木県真岡市）とを接続し、高圧ガスパイプラインのループ化を更に図ることにより、首都圏全体における供給安定性の向上に貢献するとともに、供給ネットワーク全体の輸送能力の増強を図ります。

東京ガスグループは、「チャレンジ2020ビジョン」において「LNGバリューチェーンの高度化」を掲げ、その一環として「エネルギーの安全かつ安定的な供給」を推進しており、今後も更なるエネルギーの安全かつ安定的な供給に努めてまいります。

日立LNG基地および2号LNGタンクの概要

所在地	茨城県日立市 茨城港日立港区内
日立LNG基地 設備概要	<ul style="list-style-type: none">1号LNGタンク（23万kl、地上式1基）LPGタンク（5万kl、地上式1基）製造施設（LNG気化設備、3基）ローリー出荷施設大型栈橋（外航LNG船用受入設備）ほか
2号LNGタンク 仕様	<ul style="list-style-type: none">地上PC式LNGタンク貯蔵容量：23万kl、貯槽外径：約90m、高さ：約60m

出典：東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

5. 爆発の影響評価(14 / 34)

<別紙> LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設 (2 / 6)

竣工イメージ図



出典:東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

5. 爆発の影響評価(15 / 34)

< 別紙 > LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設 (3 / 6)

東京ガスの供給エリア概要図



出典:東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

5. 爆発の影響評価(16 / 34)

<別紙> LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設 (4 / 6)

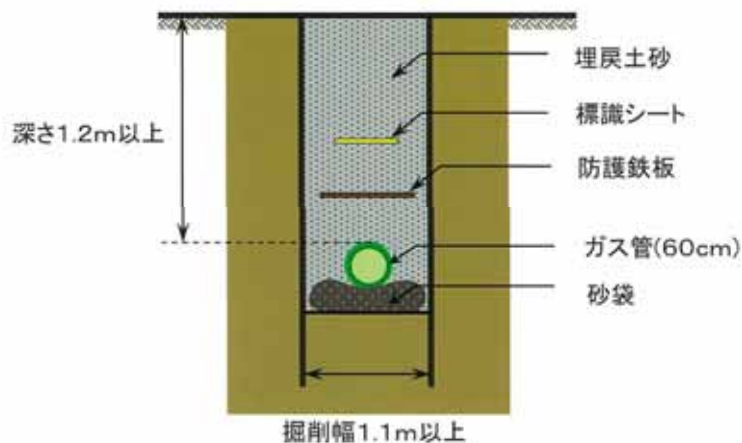
「茨城幹線」計画概要

現段階における計画概要は下表のとおりです。

工事区間	始点:茨城県日立市(日立 LNG 基地) 終点:茨城県神栖市(東和田ブロックバルブステーション)		
延長	約90km	管径	約60cm
材質	鋼管	圧力	7MPa
完成時期	2020年度末(予定)		

主な建設仕様

- ガス管の接合 —— ガス管の接合は高品質な溶接接合を採用します。
溶接接合部は、ガス事業法に基づく非破壊試験を全数実施し、十分に安全な品質であることを確認します。
- 標準断面図 —— ガス管は主に道路下に埋設します。(標準的な断面は下図の通り)



完成後に行う維持管理業務

- 路線パトロール —— 路線上で事前に照会のない他企業者の工事の発見ならびに施設の異常の有無、路線状況の変化を発見するため、パトロールを行います。
- 照会工事立会い —— 他企業者が行う工事の際には安全を確保するため、事前に十分な打ち合わせを行うとともに現場での立会いを行います。
- 施設保全 —— 各種施設の点検・検査、機器類の機能検査を定期的に行い、施設の正常作動を確認します。



出典:東京ガス株式会社 パンフレット「環境にやさしいエネルギーでより豊かな生活を - 茨城幹線 計画概要 - 」より抜粋

5. 爆発の影響評価(17 / 34)

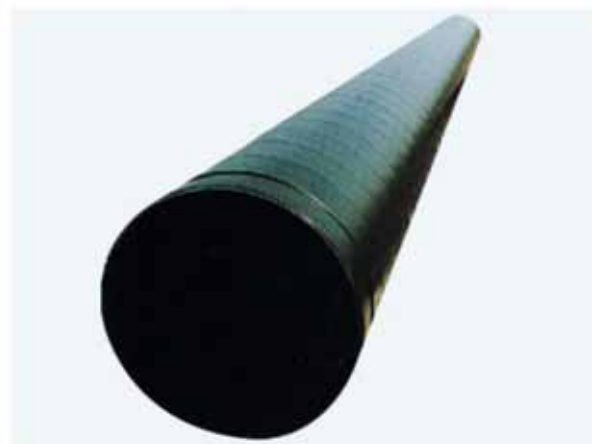
< 別紙 > LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設 (5 / 6)

輸送幹線パイプライン設備

パイプラインの材料

輸送幹線パイプラインの材料は、世界的に広く使用されている米国石油協会(API)高圧ラインパイプ(5L)規格の×-42、×-52、×-60、×-65などの鋼管を使用しており、これらの材料は引張り強度、耐力が大きく強靱で、かつ伸びも大きく可撓性のある優れたものです。

なお、パイプの外面には腐食防止のためポリエチレン、コーラルール・エナメルなどの塗覆装が施されています。



地震対策

大地震が起きても影響のない材質(鋼管)と接合方法(溶接接合)にて建設しております。これにより、阪神淡路大震災規模の地震が起きても、ガスが漏洩することはありません。

写真:

阪神淡路大震災時のガスパイプラインの状況

(第二神明道路大蔵谷IC付近)

「ガス地震対策検討会報告書(資源エネルギー庁監修)」より



出典:東京ガスパイプライン株式会社 HP

「業務内容 輸送幹線パイプライン設備」より抜粋

5. 爆発の影響評価(18 / 34)

< 別紙 > LNG基地のLNGタンク増設及びパイプライン建設 (6 / 6)

パイプラインの接合

輸送幹線パイプラインの接合は、高品質な溶接接合を採用しており、十分な品質であることを確認しています。

接合部検査

輸送幹線パイプラインの接合部(溶接部)については、すべての接合部について、外観検査・レントゲン検査(X線透過試験)などを実施しております。

バルブステーション(略称:VS)

保安上ガスを遮断する、遮断バルブを設けています。



遠隔監視・遠隔操作設備

輸送幹線パイプライン網のガバナステーション、バルブステーションは、東京ガス(株)の供給指令センターで、24時間・365日常時監視および遠隔操作できるようになっています。なお、停電時には、自動的に備え付けの予備電源に切り替わります。



東京ガス(株) 供給指令センター

出典:東京ガスパイプライン株式会社 HP

「業務内容 輸送幹線パイプライン設備」より抜粋

5. 爆発の影響評価(19 / 34)

<参考> パイプライン爆発事故事例(1 / 2)

米国 カリフォルニア州San Bruno 天然ガスパイプラインにおけるガス漏えい・爆発事故

項目	内容
発生日時	2010年9月9日
発生場所	米国カリフォルニア州 San Bruno
対象施設	PG & E社 地下埋設天然ガスパイプライン「Line132」 (鋼製, 外径762mm, 地下2mに敷設)
事故内容	パイプラインからのガス漏洩・爆発 ・爆発地点に長さ22m, 幅8mのクレーターが生成 ・パイプラインの一部(長さ8.4m, 重さ約1360kg)が約30m離れた地点に落下 ・爆発地点付近の住宅で火災発生, 死亡者発生
事故原因	1956年に設置したパイプラインの配管長手方向シーム溶接部の欠陥の長期運転に伴う拡大, 破壊・貫通に伴うガス漏洩及び引火



爆発地点のクレーターと破断した配管 外部事象 -163

事故後の2011年6月20日の現場

出典: 圧力技術
第50巻3号,
他

5. 爆発の影響評価 (20 / 34)

<参考> パイプライン爆発事故事例 (2 / 2)

台湾 高雄市ガス漏えい・爆発事故

項目	内容
発生日時	2014年7月31日～8月1日
発生場所	台湾 高雄市 Cianjhen地区
対象施設	李長榮化学工業 プロピレンガス用パイプライン(地下敷設)
事故内容	パイプラインの腐食に伴う下水道へのガス漏えい, 引火・爆発 ・下水道沿いの道路が数100m陥没, 車両が横転, 火災発生, 死亡者発生 ・原動機付自転車が5階建ビルの屋上まで飛散
事故原因	パイプラインの不適切な敷設, 不十分な保守管理による腐食に伴うガス漏洩



高雄市内の石油化学工場, パイプライン及び爆発現場の位置関係



ガス爆発現場の状況

5. 爆発の影響評価(21 / 34)



(2) 敷地内のガス貯蔵施設の評価

発電所内の現場調査

- ・発電所内の現場調査を行い、可燃性のガス貯蔵施設が9カ所存在することを確認
- ・このうち、屋内にあるガス貯蔵施設は外部への影響がないため、屋外にある水素貯槽について評価を実施

危険限界距離の評価

- ・水素貯槽の爆発評価を実施した結果、危険限界距離は7mであることを確認
- ・水素貯槽から最も近い評価対象施設であるタービン建屋までの離隔距離は35mあるため、判断基準を満足することを確認

飛来物の影響評価

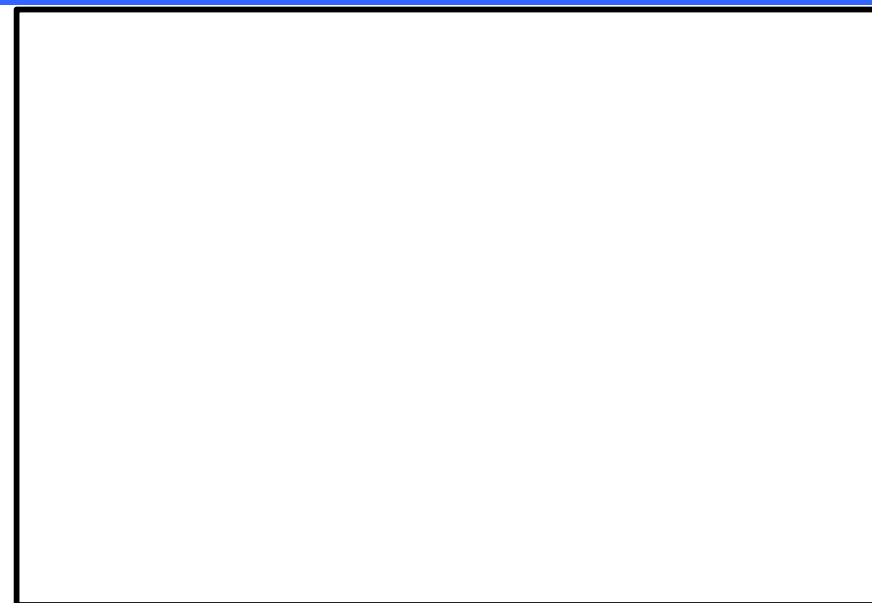
- ・加圧貯蔵型のタンクではなく、貯蔵量も少ないため、発電所への飛来物の影響はない。

表 水素貯槽及びガスに係るデータ

	水素貯槽
貯蔵ガス	水素
貯蔵量(m ³)	6.7
密度(kg/m ³)	0.08988※1
貯蔵ガスK値※2	2,860
貯蔵設備W値	0.0006

※1 一般社団法人 水素エネルギー協会 記載値

※2 コンビナート等保安規定第5条別表第二記載値



爆発源と評価対象施設の位置関係

敷地内の爆発源一覧

設備名	内容物	本数(本)	1本当たり容量	総容量	詳細評価要否 (:対象, x:対象外)
H ₂ ,CO ₂ ボンベ庫	水素	20	7 m ³	140 m ³	x (屋内配置)
水素貯槽	水素			6.7 m ³	(屋外配置)
予備ボンベ庫	水素	40	7 m ³	280 m ³	x (屋内配置)
予備ボンベ庫	水素	20	7 m ³	140 m ³	x (屋内配置)
所内ボイラー プロパンボンベ庫	プロパン	4	50 kg	200 kg	x (屋内配置)
焼却炉用 プロパンボンベ庫	プロパン	5	500 kg	2500 kg	x (屋内配置)
サービス建屋 ボンベ庫	アセチレン	3	7 kg	21 kg	x (屋内配置)
廃棄物処理建屋 化学分析用ボンベ庫	アセチレン	1	7 kg	7 kg	x (屋内配置)
	メタン+アルゴン	4	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	x (屋内配置)

5. 爆発の影響評価 (22 / 34)

(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 17×0.05	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

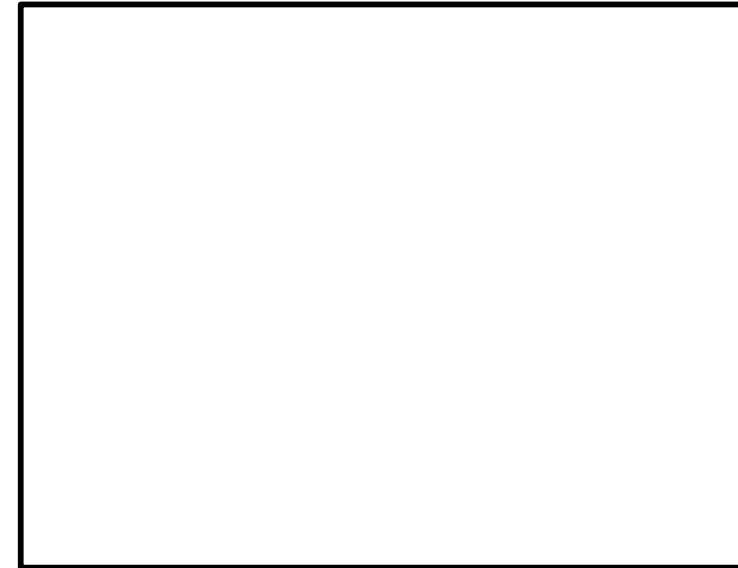
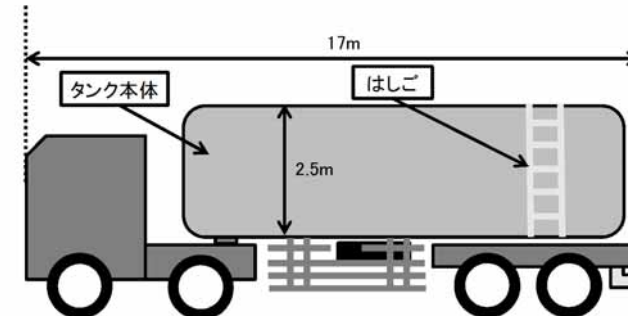


図 燃料輸送車両と評価対象施設との位置関係

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 (23 / 34)



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

評価対象	到達距離 離隔距離	飛来物	
		鋼製パイプ	鋼板
	単位:m	561	413
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(高压炉心ス 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

5. 爆発の影響評価(24 / 34)

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 × 0.2 × 4.2m

質量: 135kg

飛来速度: 51m/s(水平)
34m/s(鉛直)



5. 爆発の影響評価 (25 / 34)



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 (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	$= R / (W \times a)^{(1/3)}$ より, $W = \{ (R /)^3 / a \} / 1000$

- ・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 (26 / 34)

(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(28 / 34)

(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。

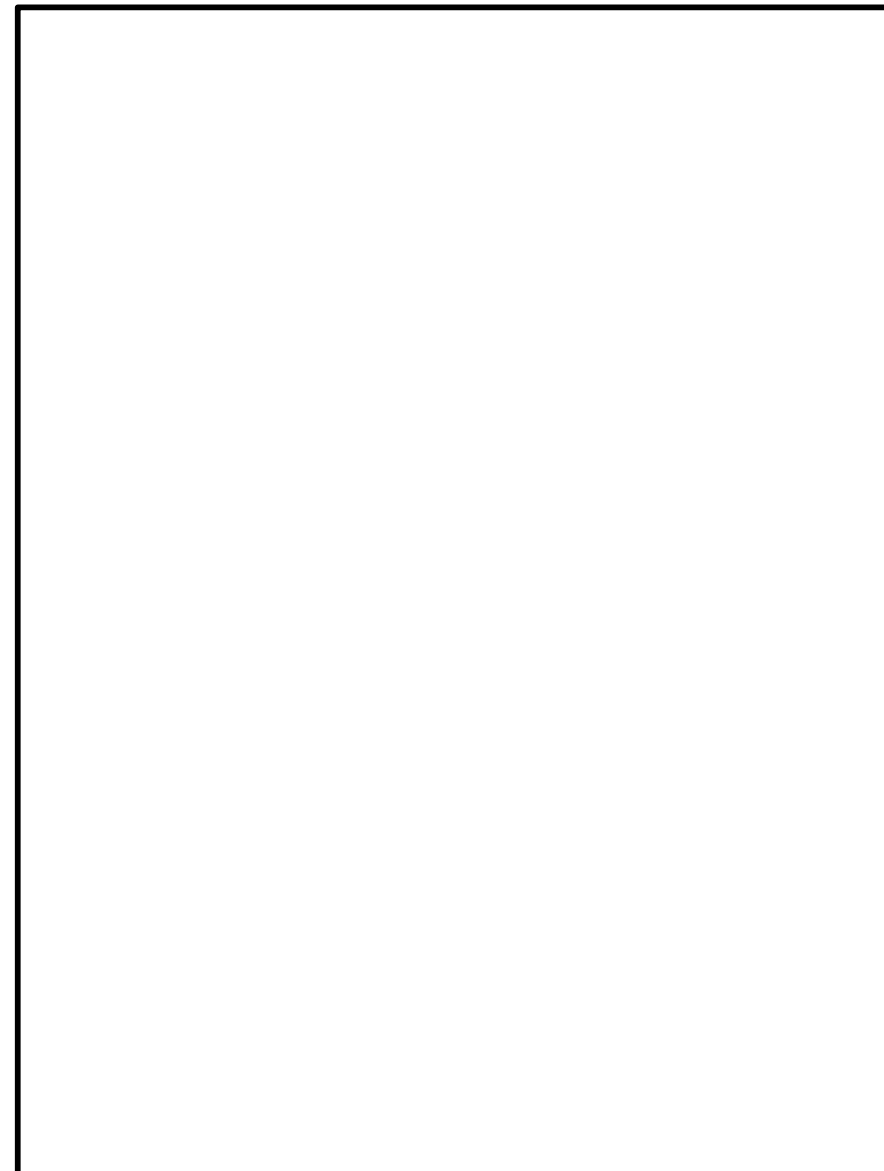
*¹ 例:発電所北方約1.5km, LNGタンク容量約23万m³

- ・ 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 (29 / 34)

(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

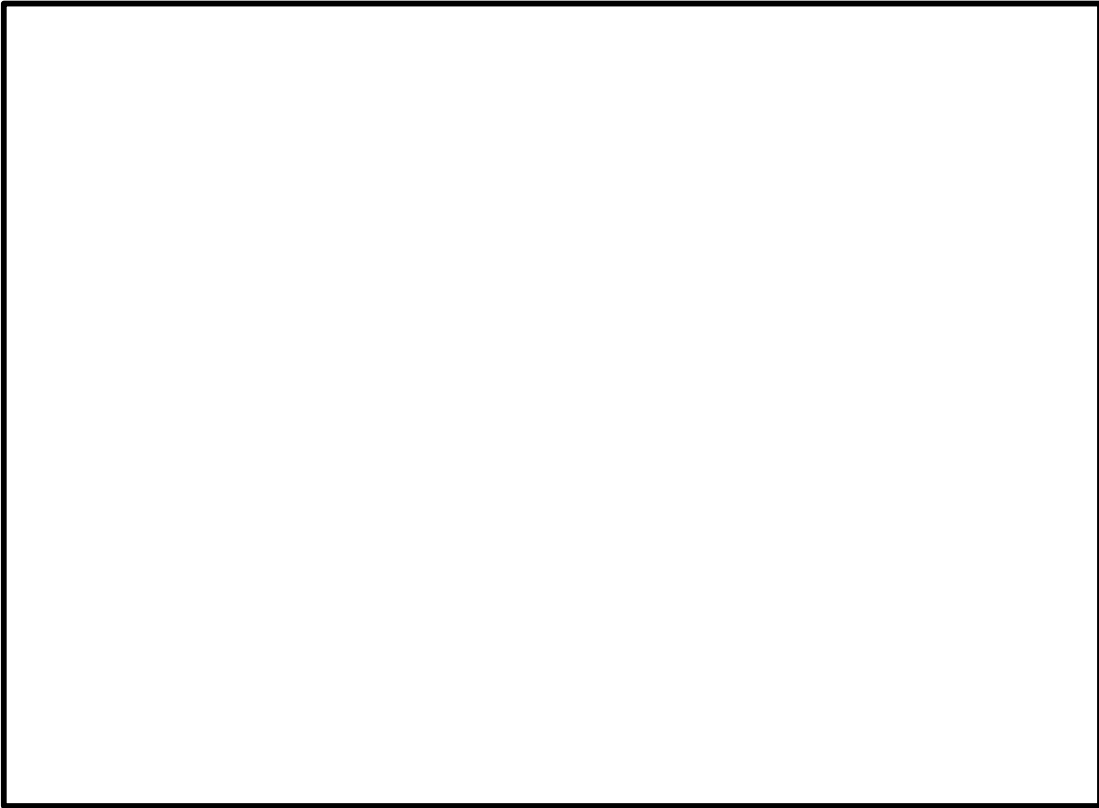


図 評価対象施設と公道を通行する車両の位置関係

5. 爆発の影響評価(30 / 34)

(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事故

- ・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。

< 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

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	瑞海公司危険物倉庫 (硝酸アンモニウム, 硝酸カルシウム, 金属Na, Mg等 計2,500t)
事故内容	<p>倉庫で保管中の硝酸アンモニウム等の引火・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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ズ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



廃虚と化した爆発現場



出典: 天津爆発事故の状況 損保ジャパン
日本興亜RMレポート, 時事通信, 他

レバノン ベ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	ベイルート 首都ベイルート港湾地区
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)



ベイルート港の爆発跡

出典: Wikipedia 2020年ベイルート爆発, 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

- : 温度評価式を用いて許容温度となる輻射強度の算出
- : で算出した輻射強度より形態係数の算出
- : 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)

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

T:許容温度(), T_0 :初期温度(), E:輻射強度(W / m²)

:コンクリート温度伝導率(= / C_p)(m² / s)

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

: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

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

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 / (m / s)

M: 質量低下速度(kg / m² / s), : 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)

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

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)

T: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

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

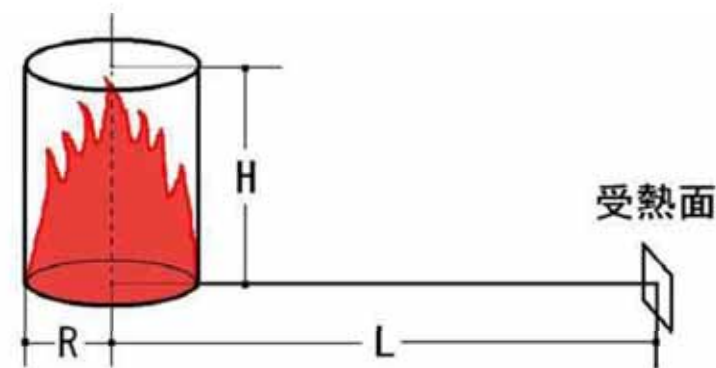
R : 燃焼半径(m), S : 防油堤面積 (= 燃焼面積) (m²)

◆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50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	危険物の類	品名	最大数量 (kg)	詳細評価要否 (○:対象, ×:対象外)
油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類 第一石油類	ガソリン	0.90	×
			第四類 第二石油類	軽油・灯油	2.20	×
			第四類 第三石油類	重油	18.20	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	21.00	×
			第四類	アルコール類	アルコール類	0.20
蓄積貯蔵タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第三石油類	重油	500.00	×
非常用ディーゼル発電機用タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第二石油類	軽油	800.00	×
原子炉建屋	一般取扱所	屋内	第四類 第二石油類	軽油	33.20	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	16.50	×
タービン建屋	一般取扱所	屋内	第四類 第二石油類	軽油	0.36	×
			第四類 第三石油類	重油	1.90	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	384.27	×
			第四類 第五石油類	トランス油	2.80	×
タービン建屋	一般取扱所	屋内	第四類 第二石油類	重油	1.80	×
燃焼貯蔵タンク	燃焼タンク貯蔵所	屋外	第四類 第三石油類	灯油	14.00	○
可燃性設備用軽油タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第二石油類	軽油	210.00	×
ディーゼル発電機用燃料タンク	少量危険物貯蔵取組所	屋外	第四類 第二石油類	軽油	0.78	×
No.1 保線用油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類 第一石油類	ガソリン	0.10	×
			第四類 第二石油類	ラッカー等	4.00	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	90.00	×
No.2 保線用油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類 第四石油類	潤滑油	100.00	×
緊急時対策用建屋 (緊急時対策室)	一般取扱所	屋内	第四類 第三石油類	重油	5.78	×
緊急時対策用建屋地下タンク (緊急時対策室)	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第三石油類	重油	20.90	×
絶縁油保管タンク	屋外タンク貯蔵所	屋外	第四類 第三石油類	絶縁油	200.00	×
常設代替昇圧変圧器設置場所	一般取扱所	屋外	第四類 第二石油類	軽油	5.97	×
			第四類 第四石油類	潤滑油	0.91	×
緊急時対策用地下タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第二石油類	軽油	90.00	×
積内積込用タンク	少量危険物貯蔵取組所	屋外	第四類 第三石油類	重油	1.92	×
廃棄物処理建屋油タンク	少量危険物貯蔵取組所	屋内	第四類 第三石油類	重油	1.90	×
種別体積処分施設用バーナ	少量危険物貯蔵取組所	屋内	第四類 第二石油類	灯油	0.92	×
緊急用エンジン発電機燃料タンク	少量危険物貯蔵取組所	屋外	第四類 第二石油類	軽油	0.80	×
緊急時対策用発電機燃料油貯蔵タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第二石油類	軽油	150.00	×
オイルサービスタンク	少量危険物未満	屋外	第四類 第二石油類	重油	0.39	×
変圧器用屋外消火ポンプ用燃料タンク	少量危険物貯蔵取組所	屋内	第四類 第二石油類	軽油	0.70	×

網掛け箇所：評価対象となる設備

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	詳細評価要否 (○: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 プロパンボンベ庫	プロパン	4	50 kg	200 kg	×
焼却炉用 プロパンボンベ庫	プロパン	5	500 kg	2500 kg	×
サービス建屋 ボンベ庫	アセチレン	3	7 kg	21 kg	×
廃棄物処理建屋 化学分析用ボンベ庫	アセチレン	1	7 kg	7 kg	×
	メタンガス	4	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

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

T：表面から x(m) の位置の温度 (°C), T₀：初期温度 (50°C) ※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 水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4°C 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。)

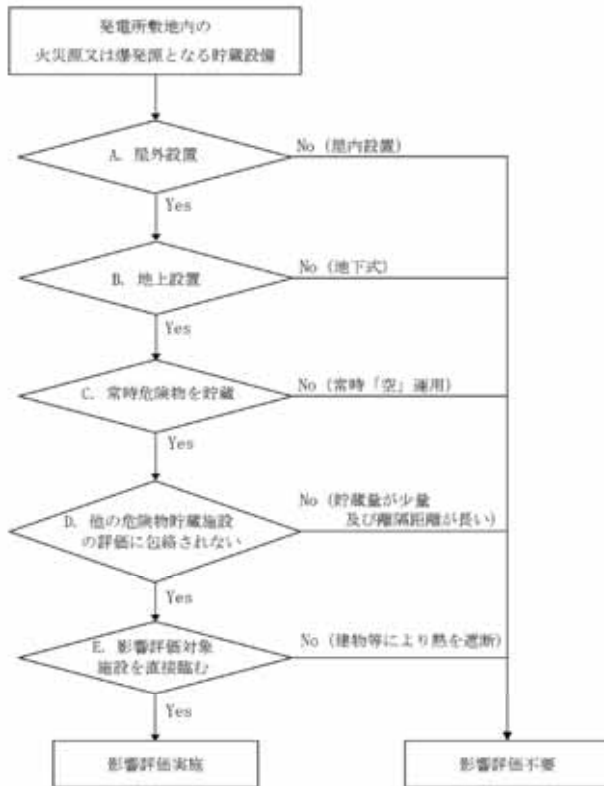


図 敷地内の火災源抽出フロー

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 ()	許容温度 ()
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 2 A	タービン建屋	187	< 200
	放水路ゲート	51	< 325
起動変圧器 2 B	タービン建屋	182	< 200

図 火災源と評価対象施設の位置関係

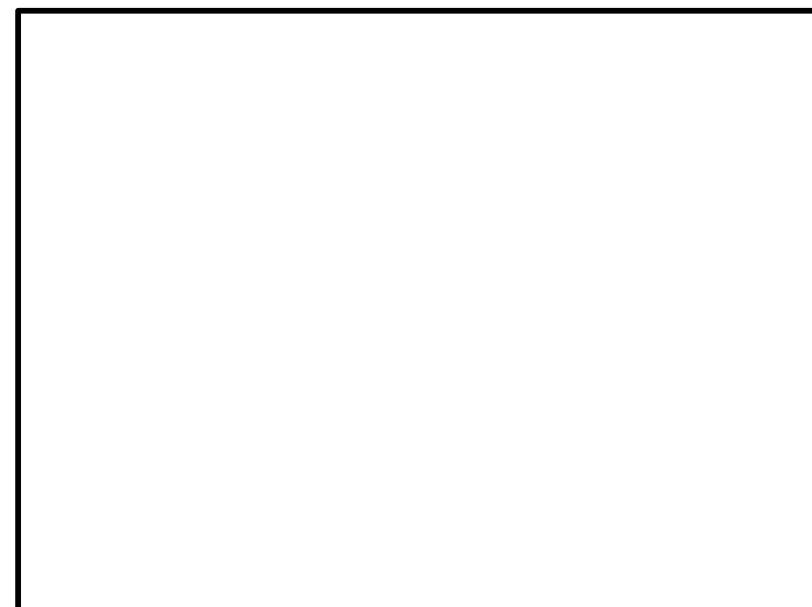
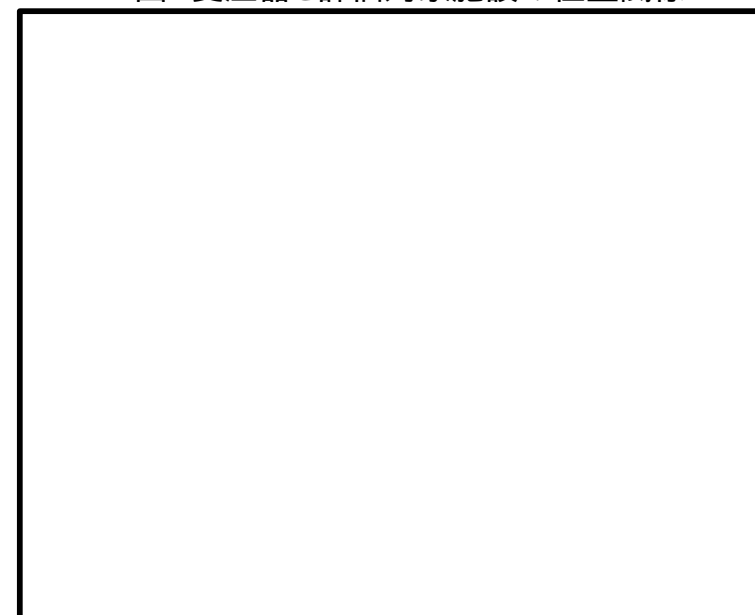


図 変圧器と評価対象施設の位置関係



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(高圧炉心スプレィ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(高圧炉心スプレィ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)

6. 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。

- () 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。
- () 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。
- () 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。
- () 熱影響評価
()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。
- () 二次的影響評価
()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 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中
	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

() 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

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 d_{a,r}(\)$$

$P_{d,a}$: 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(km^2)

$d_{a,r}(\)$: 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数(/ km^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(km^2)

W : 航空路幅(km)

2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

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

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件発生したものと評価。

S_v : 全国土面積(km^2)

A : 原子炉施設の標的面積(km^2)

: 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

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(km^2)

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)

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。

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(km^2)

S_{se} : 想定飛行範囲内の面積(km^2)

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)。

6. 航空機墜落による火災の影響評価(4 / 10)



() カテゴリ毎の対象航空機の選定

- ・ 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
- ・ 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
- ・ 及び 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
- ・ 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
- ・ 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		飛行場での離着陸時	B737-800
		航空路を巡航時	B747-400
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
		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	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
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転 翼機	F-15
		基地 - 訓練空域間往復時	F-15

() 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

6. 航空機墜落による火災の影響評価(5 / 10)



() 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	
	基地 - 訓練空域間往復時		F-15	183	

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	
	基地 - 訓練空域間往復時		F-15	

6. 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

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()	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。)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

6. 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 ()	許容温度 ()
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。

() 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と、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

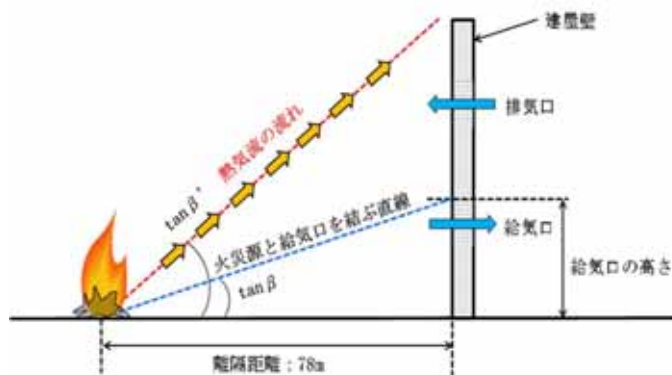
$$\tan \beta = \frac{\text{給気口の高さ}}{\text{火災源から給気口までの水平距離}}$$

・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)

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 (-)	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)

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決めていくため、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。**
: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。

火山(降下火砕物) < (8 / 10) 参照 >

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)】

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。

竜巻(竜巻飛来物) < (9 / 10) 参照 >

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)〕

外部火災 < (10 / 10) 参照 >

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、**システムを遮断し、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、発生箇所の特定が困難であるため、柔軟な対応が可能なように、**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 / 10)



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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">発電所へ影響を及ぼさない事象</p>
	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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">設備設計で対応可能</p>
	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、 <u>飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。</u>	<p style="text-align: center;">要</p> <p style="text-align: center;"><u>【襲来前】防護対策設備の復旧(扉部の閉止)</u> <u>【襲来前】再固縛, 退避</u></p> <p style="text-align: center;">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</p>
	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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">設備設計で対応可能</p>
	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びき」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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">設備設計で対応可能</p>
	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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">設備設計で対応可能</p>

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(4 / 10)



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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">設備設計で対応可能</p>
	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降下火砕物の層厚50cm、密度1.5g/cm ³ (湿潤状態)、粒径8.0mm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>	<p style="text-align: center;">要</p> <p style="text-align: center;"><u>【事象中】吸気フィルタの取替、清掃</u> <u>【終息後】堆積物除去</u></p> <p>設備特性上、供用中の火砕物付着回避が困難 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</p>
	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。	<p style="text-align: center;">不要</p> <p style="text-align: center;">設備設計で対応可能</p>
	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防火帯幅(約23m)を確保することにより、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>	<p style="text-align: center;">要</p> <p style="text-align: center;"><u>【常時】設計条件維持の為の現場管理</u> <u>【事象中】ばい煙発生時の換気系遮断</u> <u>【事象中】自衛消防隊による予防散水</u></p> <p>設計条件(負荷)が人為的な影響を受け得る 設備特性上、常時隔離が困難 火災発生個所の特定が困難なため、柔軟な対応が必要</p>

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(5 / 10)



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	放水路を經由して、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(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)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>	要 <u>常用系海水ポンプの停止</u> <u>放水路ゲートの閉止</u> 、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

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(6 / 10)



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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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> 	<p style="text-align: center;">不要</p> <p>防護対象施設に影響がない事象</p>
	爆 発	<ul style="list-style-type: none"> ・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> 	<p style="text-align: center;">不要</p> <p>発電所へ影響を及ぼさない事象</p>
	近隣工場等の火災	<ul style="list-style-type: none"> ・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落下確率が10^{-7}回/炉・年以上になる地点へ航空機が墜落することを想定しても, 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> 	<p style="text-align: center;">不要</p> <p>発電所へ影響を及ぼさない事象</p>
	ダム の 崩 壊	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p style="text-align: center;">不要</p> <p>発電所へ影響を及ぼさない事象</p>

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(7 / 10)



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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p style="text-align: center;">要</p> <p><u>【事象中】ばい煙発生時の換気系遮断</u> 設備特性上、常時隔離が困難</p> <p>【今後の対応概要について】 2019年度～2020年度にかけて、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の妥当性を確認する計画である。この妥当性確認結果を以って、2021年度以降に設置変更許可申請を行う予定。</p>
	船舶の衝突	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p style="text-align: center;">不要</p> <p>発電所へ影響を及ぼさない事象</p>
	電磁的障害	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p style="text-align: center;">不要</p> <p>設備設計で対応可能</p>

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
<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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(9 / 10)



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
<ul style="list-style-type: none"> ・資機材, 車両等管理 ・資機材, 車両等の飛来物発生防止対策 <p style="font-size: 2em; margin-left: 10px;">(</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p style="font-size: 2em; margin-left: 10px;">)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・体制の確立 ・保守, 点検 ・教育, 訓練
<p>施設等を防護するための 操作・確認事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>[操作・確認事項]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>[補修]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 	

8. 外部事象対応のうちソフト面による対応について(10 / 10)



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
<ul style="list-style-type: none"> ・防火帯の維持・管理 ・植生の維持・管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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】 <ul style="list-style-type: none"> ・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】 <ul style="list-style-type: none"> ・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 	
<ul style="list-style-type: none"> ・自衛消防隊への連絡 ・公設消防への通報 	【外部火災発生時】 <ul style="list-style-type: none"> ・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 	

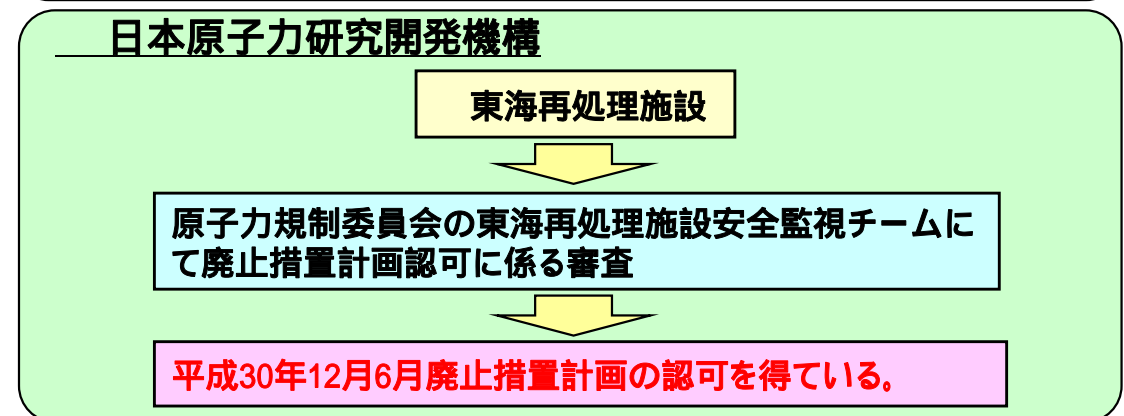
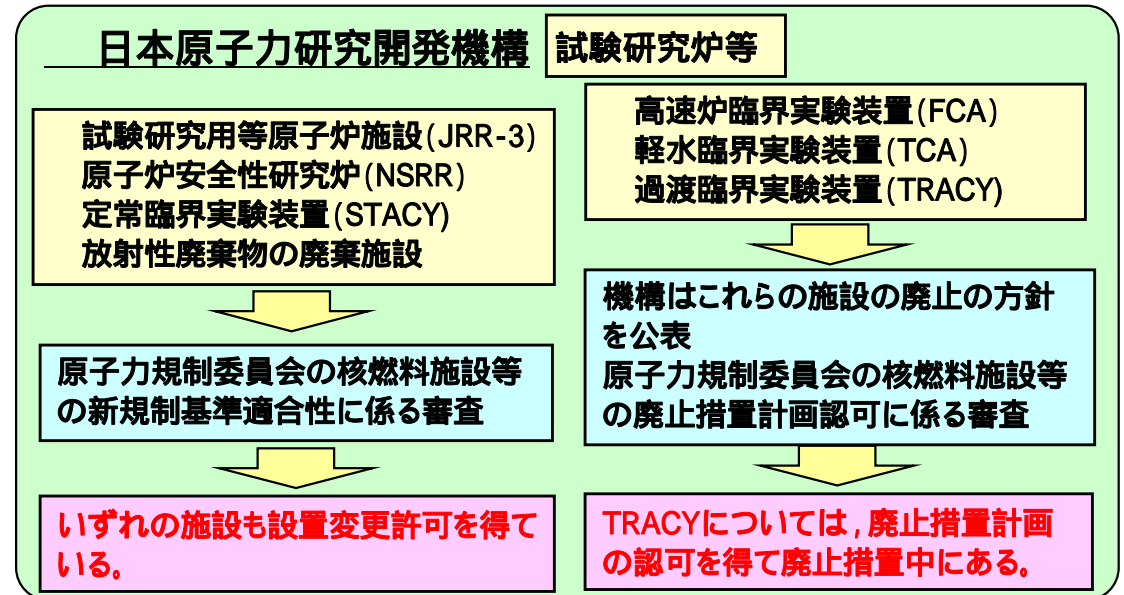
(補足説明資料 9. 近隣の原子力施設の事故影響)

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。



以下に，試験研究炉等及び東海再処理施設の安全対策等について示す。

2. 近隣の原子力施設の安全対策 (1 / 2)

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。

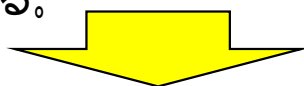
・福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全対策(実施済み)

(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)

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

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も、**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)

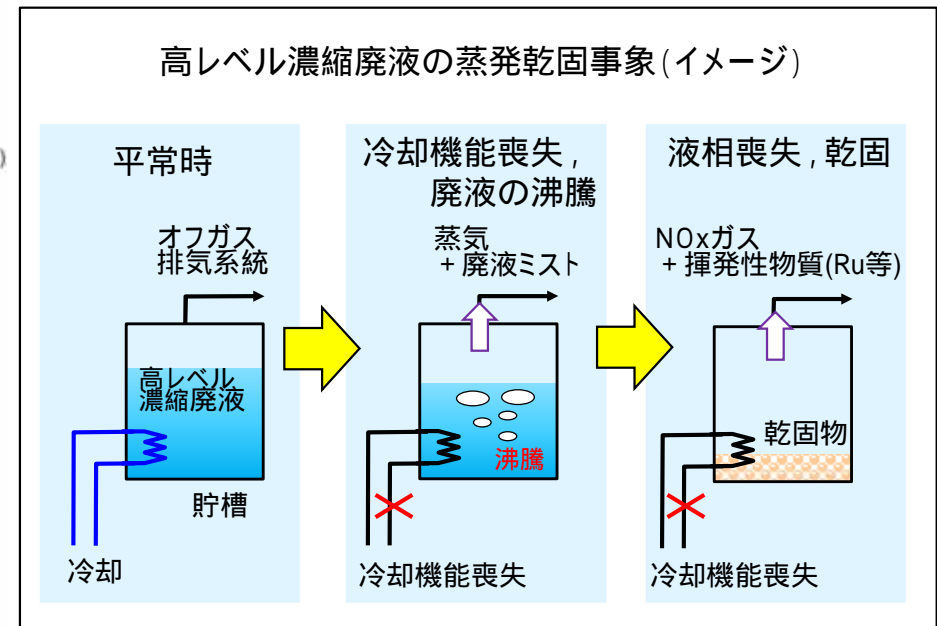
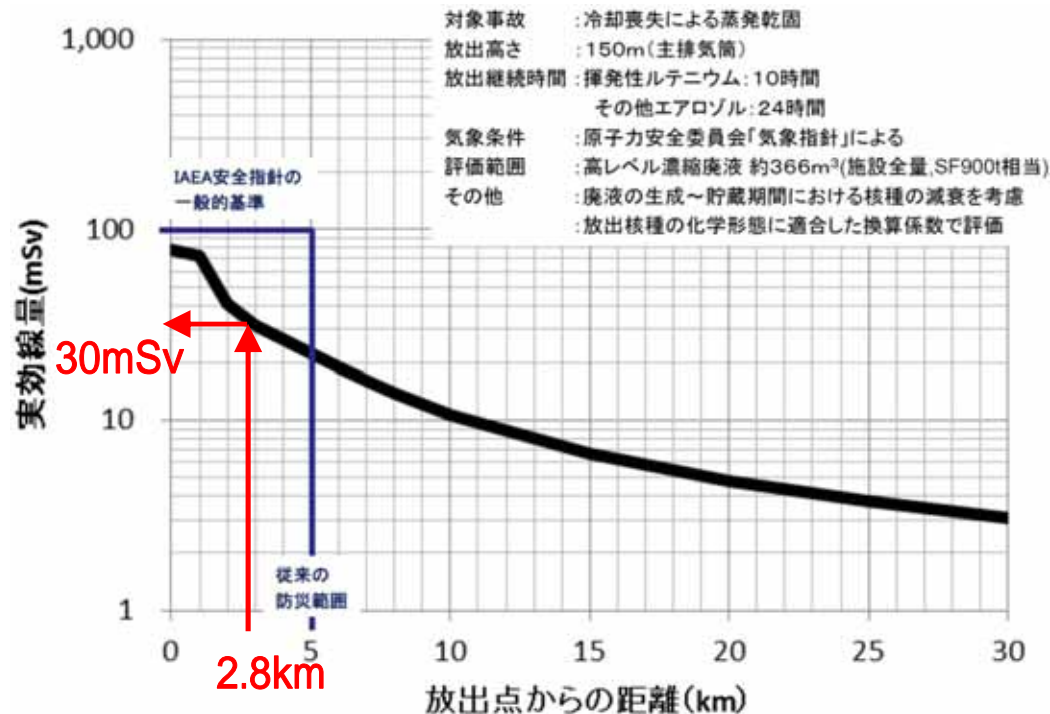
*2 東海再処理施設は運転停止以降12年以上が経過しており、液体廃棄物中の放射性物質の減衰により発熱量や水素発生量は減少する方向となり、事故の影響はより緩和されると考えられる。

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。



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)の被ばく線量の上昇・・・
発電所への参集ルートの雰囲気線量上昇及び参集要員の被ばく・・・
発電所への外部支援の制限・・・
後方支援拠点の設置場所の制限・・・



➤ 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)

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
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
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
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



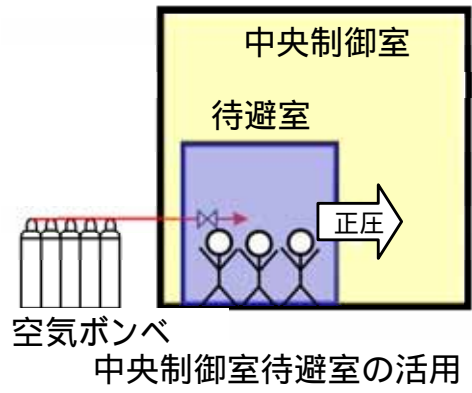
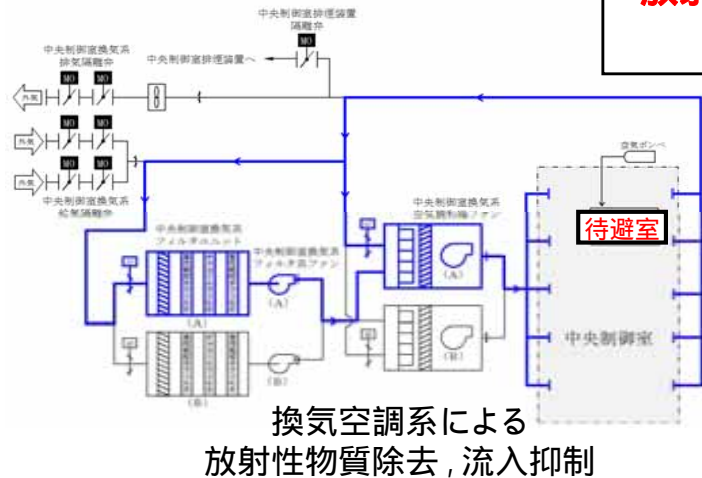
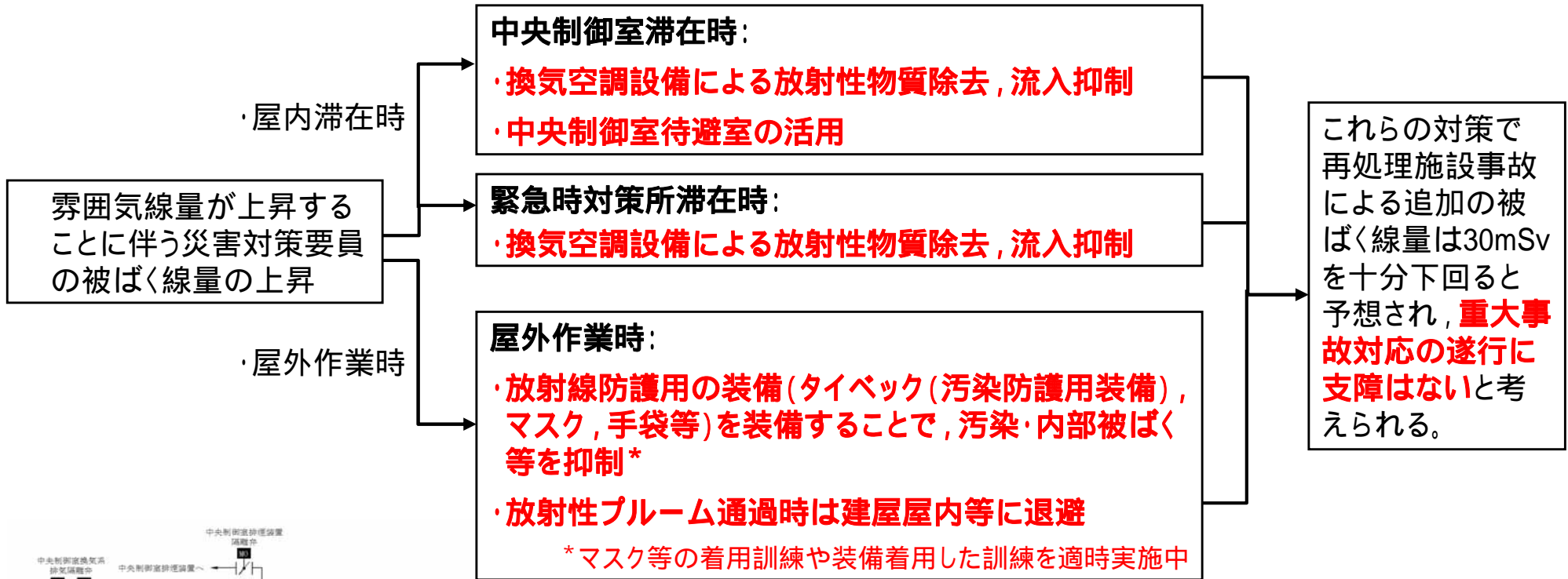
- これらより、近隣の再処理施設の重大事故を想定した場合でも、**東海第二発電所の重大事故等**に対処するために整備した各施設、資機材、運用方法等を臨機応変に活用することで、**発電所の重大事故等対応は実施可能**であり、再処理施設事故は事故対応に影響を及ぼさないと判断

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

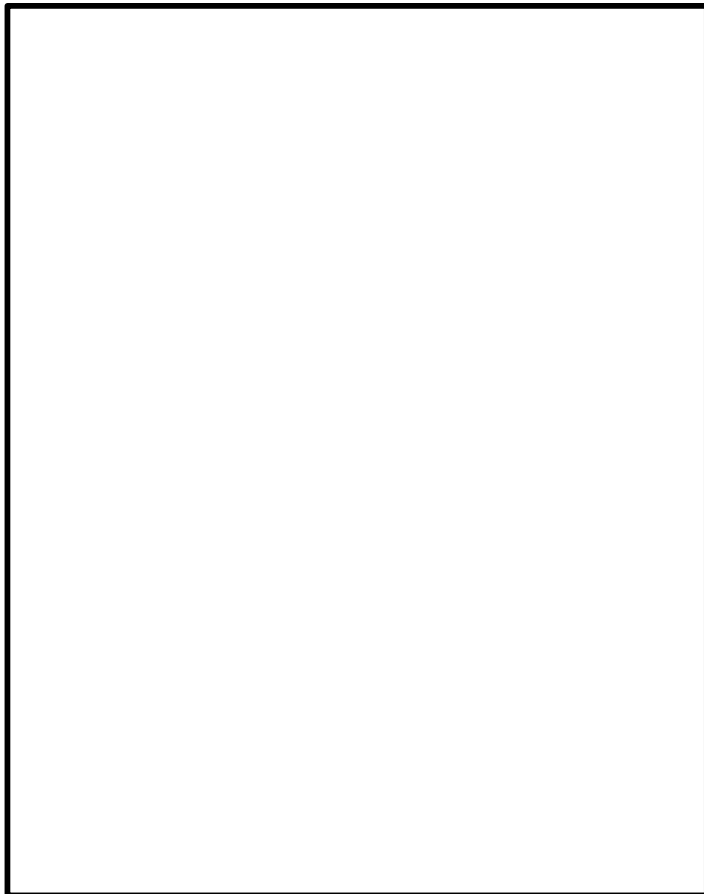
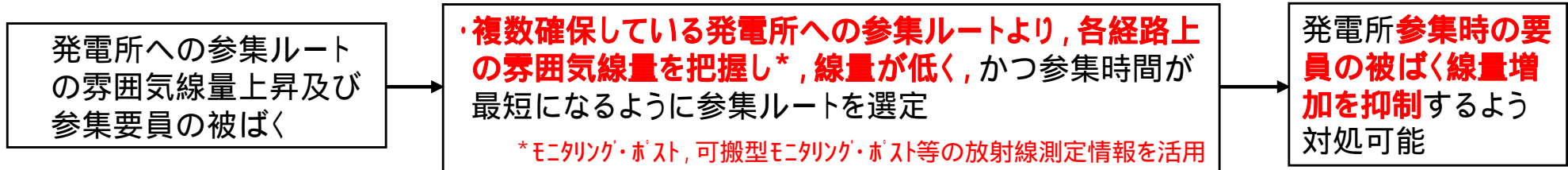


9. 近隣の原子力施設の事故影響 (9 / 15)

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

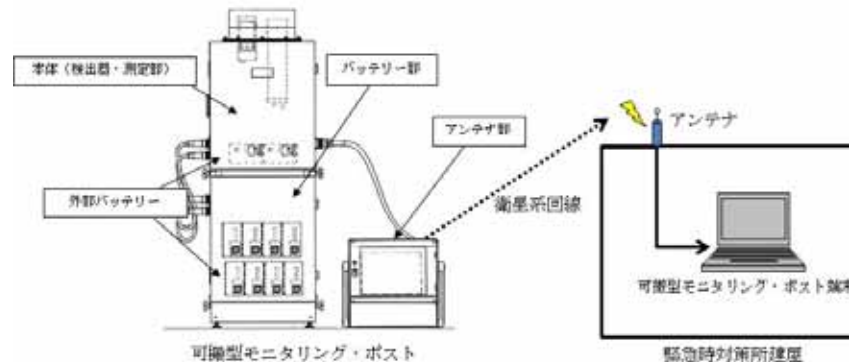
災害対策要員の被ばく低減方策の対応



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

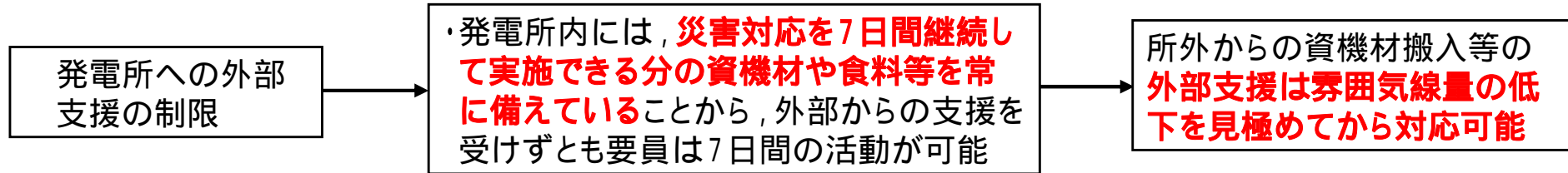
放射線量の測定

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



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

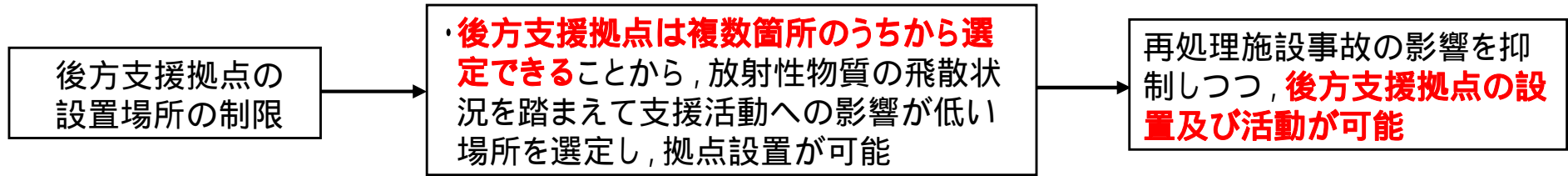
※2 3日目以降は除染で対応する。

※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



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

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)



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 (15 / 15)

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

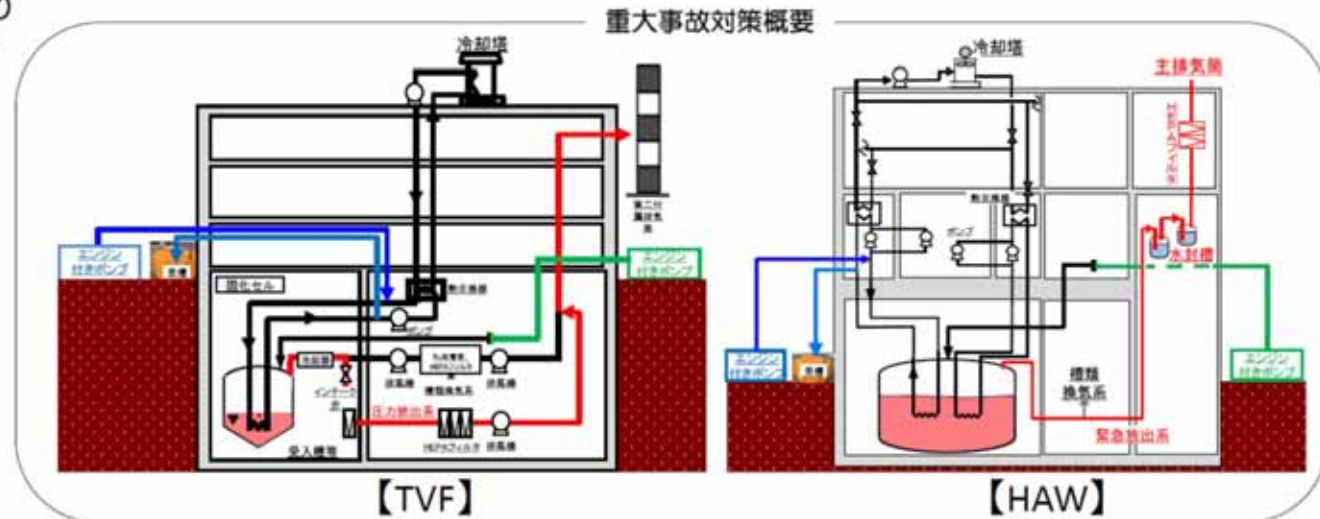
エンジン付きポンプから水を貯槽の冷却コイルへ供給し、沸騰を防止する。

➤ 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)

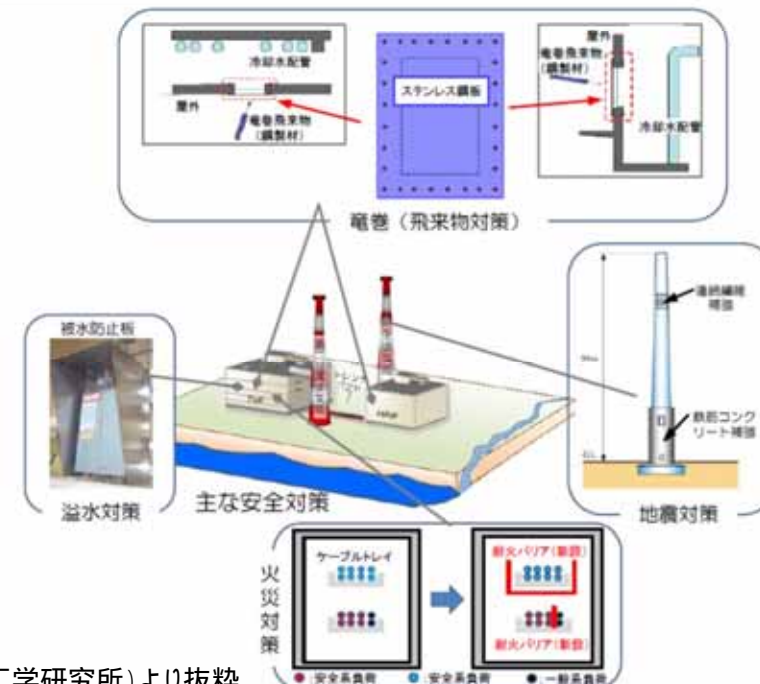
- ・ ガラス固化技術開発施設 (TVF) への外気取込及び循環換気用可搬型ブロワ、換気ライン及びフィルタの配備

➤ 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

東海第二発電所

停止・冷却設備への対応について(改訂版)

2023年3月29日

日本原子力発電株式会社

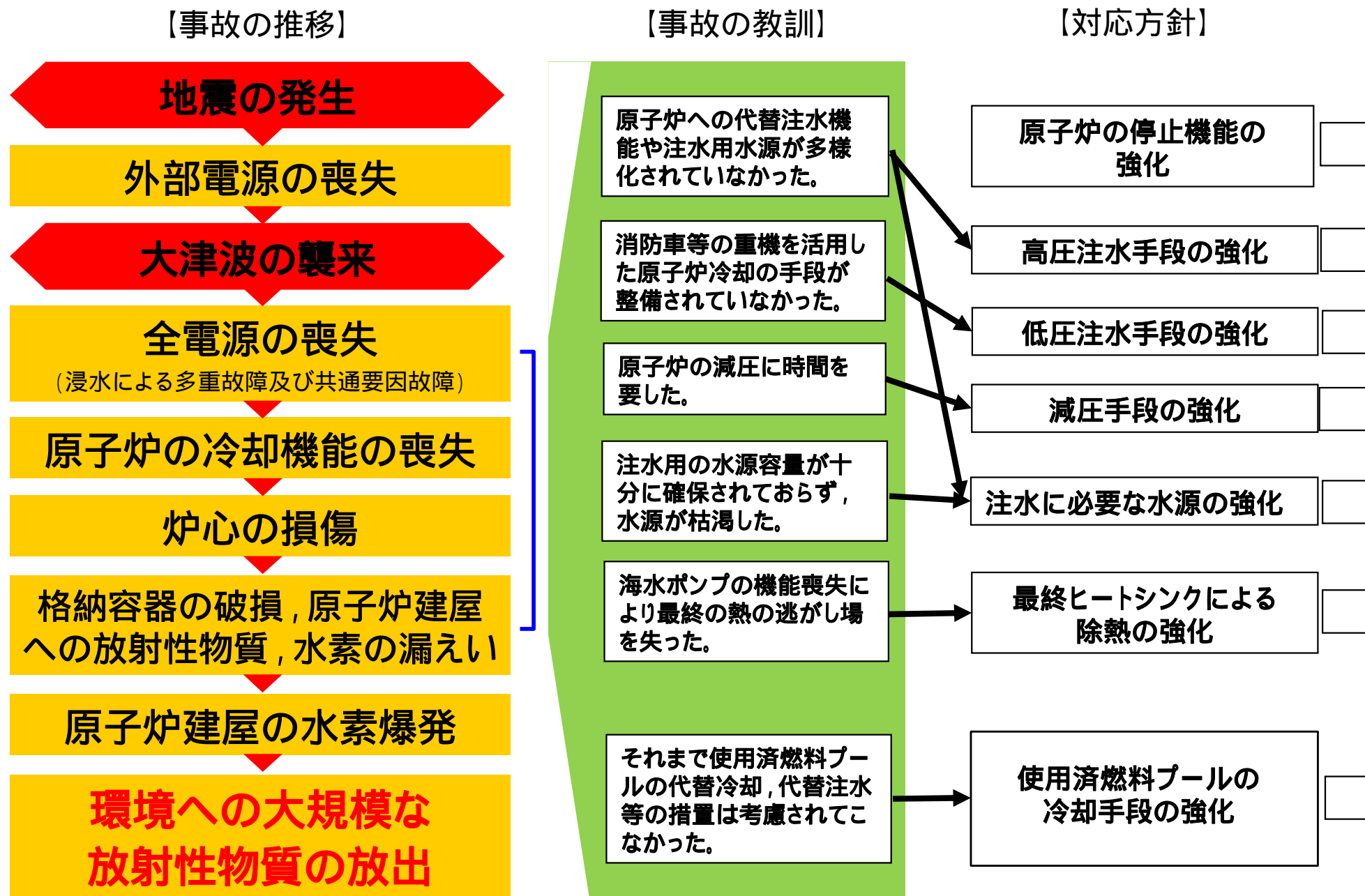
本資料のうち、 は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

目次

1 . 福島第一原子力発電所事故の教訓	3
2 . 停止・冷却設備の主要な変更	4
3 . 停止・冷却設備の概要	5
4 . 事故の教訓に基づく安全対策	6
5 . まとめ	16

補足説明資料 停止・冷却設備への対応について

1. 福島第一原子力発電所事故の教訓



2. 停止・冷却設備の主要な変更



対策の目的	対策の方向性	従来から備えていた対策	福島事故の教訓に基づく新たな安全対策	備考
(止める) ・原子炉緊急停止	原子炉の停止機能の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・代替制御棒挿入機能 ・ほう酸注入系 ・代替再循環ポンプトリップ機能 (低速度運転有) 	<ul style="list-style-type: none"> ・代替再循環ポンプ停止機能 (低速度運転電源停止) 	強化
(冷やす) ・炉心損傷防止 ・使用済燃料プール冷却	注水に必要な水源の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・復水貯蔵タンク ・サプレッション・プール 	<ul style="list-style-type: none"> ・代替淡水貯槽 ・西側淡水貯水設備 ・SA用海水ピット 	新規
	高圧注水手段の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧炉心スプレイ系ポンプ ・原子炉隔離時冷却系ポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧代替注水系 	新規
	減圧手段の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・逃がし安全弁 ・過渡時自動減圧機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・逃がし安全弁用可搬型蓄電池 ・非常用窒素供給系高圧窒素ポンプ 	強化
	低圧注水手段の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧炉心スプレイ系ポンプ ・残留熱除去系ポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧代替注水系 (常設・可搬) 	新規
	最終ヒートシンクによる除熱の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・復水器 ・残留熱除去系 ・原子炉冷却材浄化系 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急用海水系 ・代替循環冷却系 ・フィルタベント設備 	新規
	使用済燃料プールの冷却手段の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料プール冷却浄化系 ・残留熱除去系 (プール冷却モード) ・燃料プール水位計 	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧代替注水系 (常設・可搬) ・代替燃料プール冷却系 ・燃料プール監視強化 	新規

次回以降にご説明

3. 停止・冷却設備の概要



最終ヒートシンクによる除熱の強化(2) (次回以降にご説明)



原子炉の停止機能の強化

再循環ポンプ停止回路追加

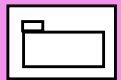
減圧手段の強化



逃がし安全弁用
可搬型蓄電池

高圧注水手段の強化

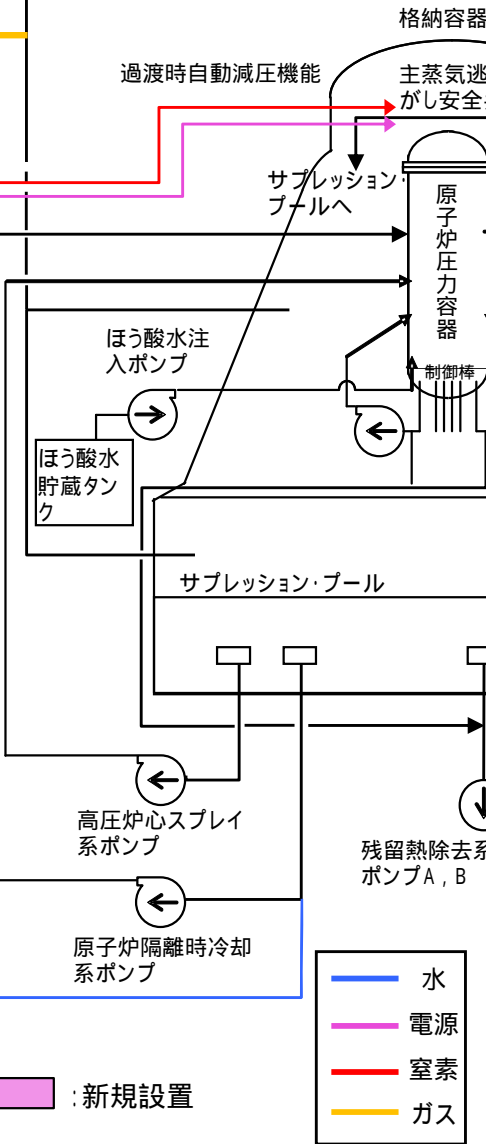
常設高圧代替注水ポンプ



緊急用125V系蓄電池
常設代替直流電源設備

可搬型低圧電源車 可搬型整流器
可搬型代替直流電源設備

非常用ガス
処理系へ



停止冷却-5

使用済燃料プール冷却手段の強化

常設低圧代替注水ポンプ

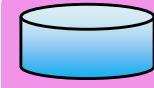
代替燃料プール冷却系熱交換器

代替燃料プール冷却系ポンプ



可搬型代替注水
大型ポンプ

注水に必要な水源の強化



代替淡水貯槽



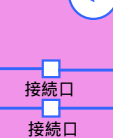
西側淡水貯水設備



SA用海水ピット

低圧注水手段の強化

常設低圧代替注水ポンプ



可搬型代替注水
大型ポンプ

最終ヒートシンクによる除熱の強化(1)

代替循環冷却系ポンプ

緊急用海水系ポンプ

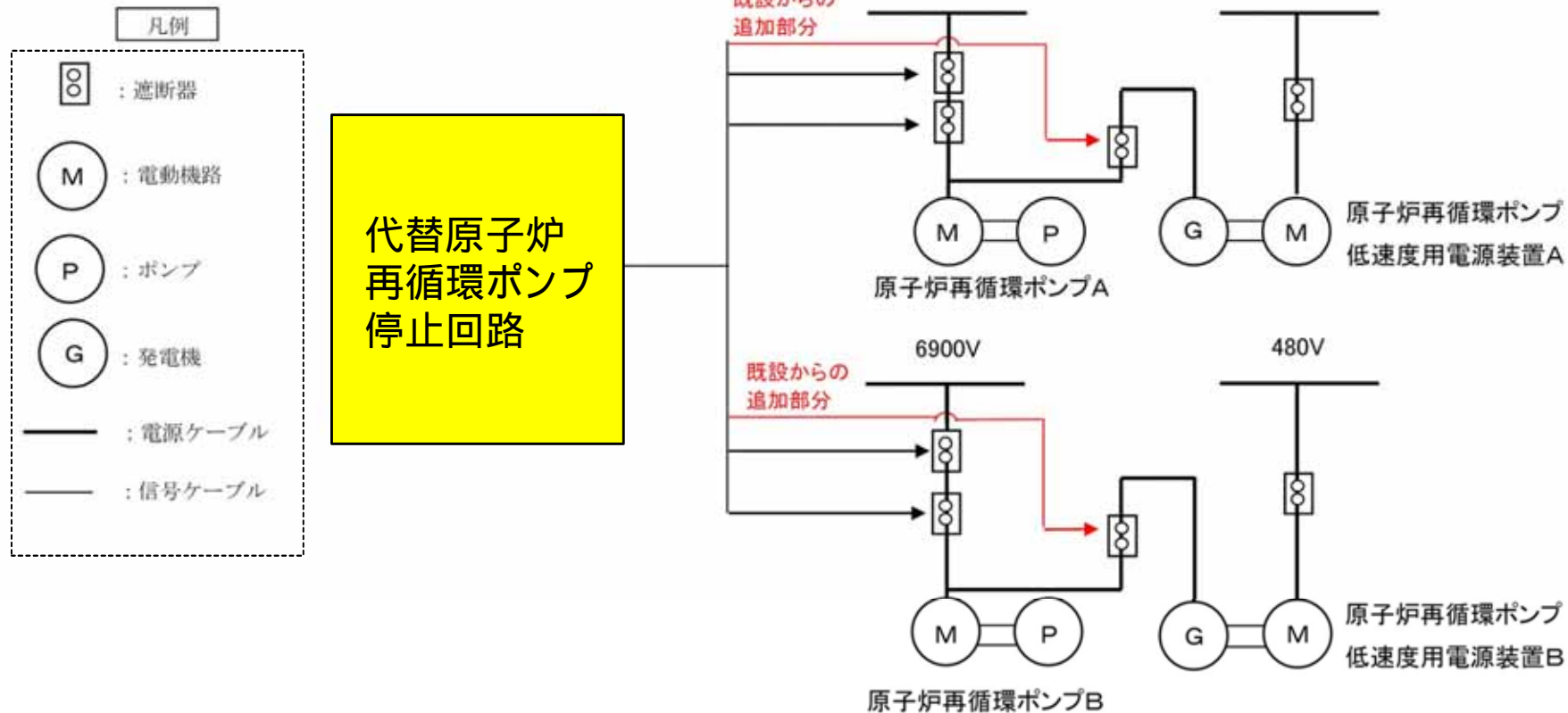


可搬型代替注水
大型ポンプ

4. 事故の教訓に基づく安全対策 原子炉の停止機能の強化

【代替再循環ポンプ停止機能】

原子炉緊急停止系による制御棒挿入の失敗時でも、再循環ポンプの停止によりボイドを増加させることで負の反応度が加わり、原子炉出力を抑制するための**原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置の遮断器開放機能**を新たに追加する。

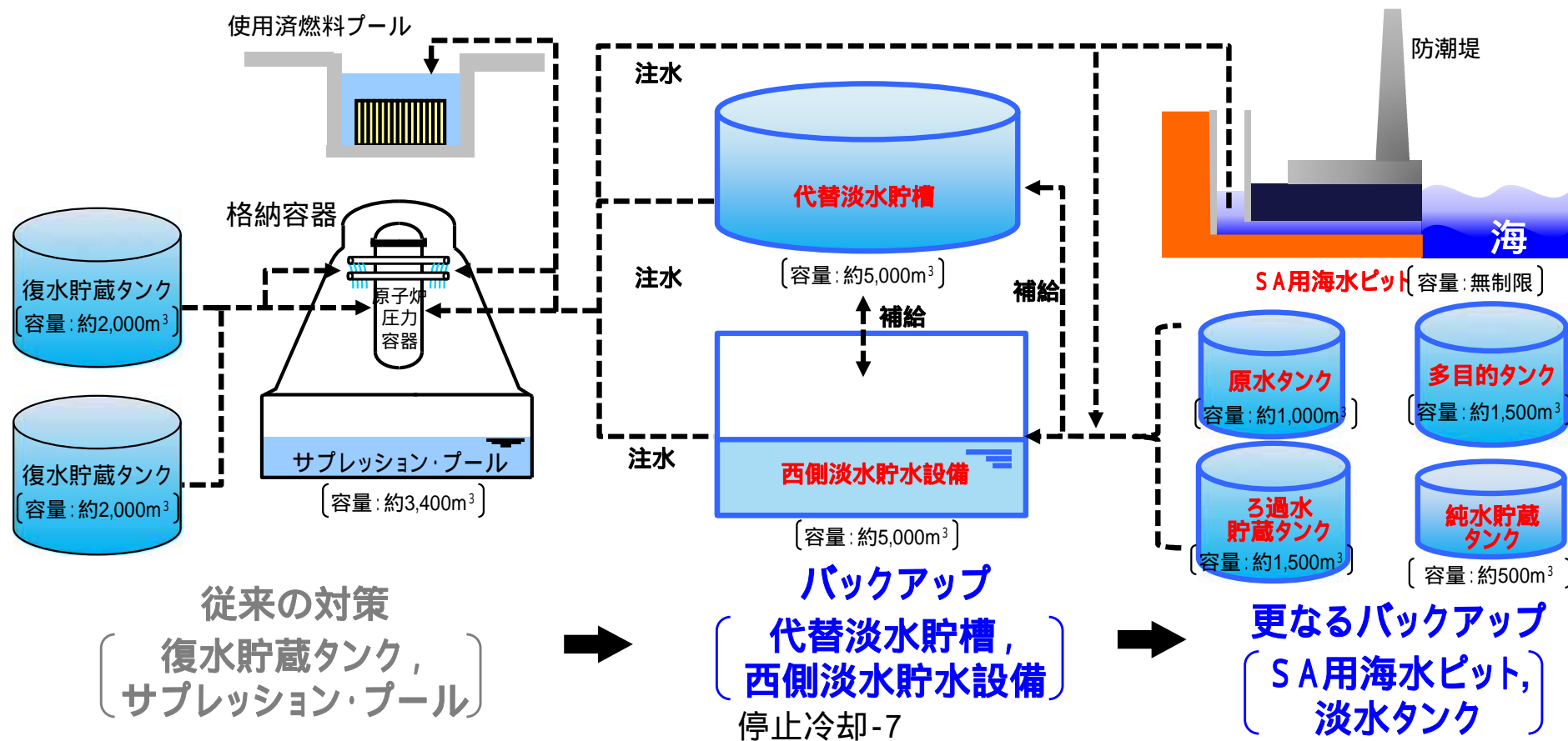


これまでは再循環ポンプを完全に停止させる設計となっていなかったが本機能追加により再循環ポンプを完全に停止させることができる。

4. 事故の教訓に基づく安全対策 注水に必要な水源の強化

【代替淡水貯槽，西側淡水貯水設備，SA用海水ピットの新設】

使用済燃料の損傷を防ぐためには，使用済燃料プールの冷却停止時やプール水漏洩時において，**使用済燃料プール**の**水位確保が重要**。このため**注水用の水源を増強**
 地下式の代替淡水貯槽，西側淡水貯水設備，SA用海水ピットを設置することで，**竜巻や，敷地に遡上する津波等の外部事象に対しても，確実に水源を確保可能**。また，既存設備の各種淡水タンクも利用可能時には活用
 代替淡水貯槽，西側淡水貯水設備には，**原子炉及び使用済燃料プールに7日間の注水が可能なた量を確保**



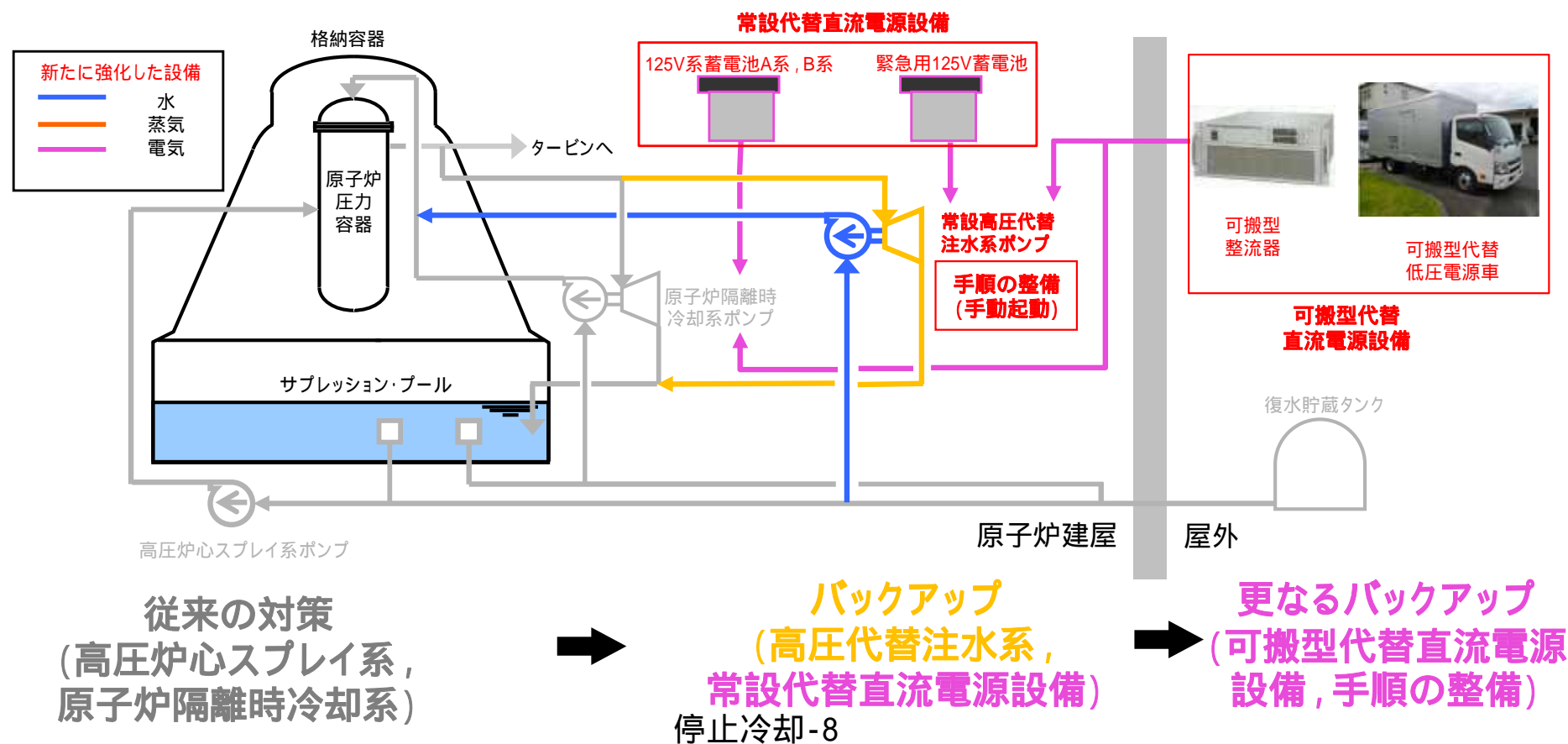
4. 事故の教訓に基づく安全対策 高圧注水手段の強化

【高圧代替注水系の新設】

高圧の注水系は炉心からの崩壊熱が大きな原子炉の停止直後から、速やかに燃料を冷却することができるため、事故直後、第一に動作が求められる。

全交流動力電源が喪失し、さらに所内常設直流電源が喪失した場合でも、高圧代替注水系により、**必要な期間にわたって(高圧の)原子炉への注水が可能。**

高圧代替注水系は、**常設代替直流電源設備又は可搬型代替直流電源設備から給電が可能。**また、**直流電源系統から電動弁への給電が喪失し、中央制御室からの遠隔操作ができなくなった場合でも、手動で運転が可能。**



4. 事故の教訓に基づく安全対策 減圧手段の強化

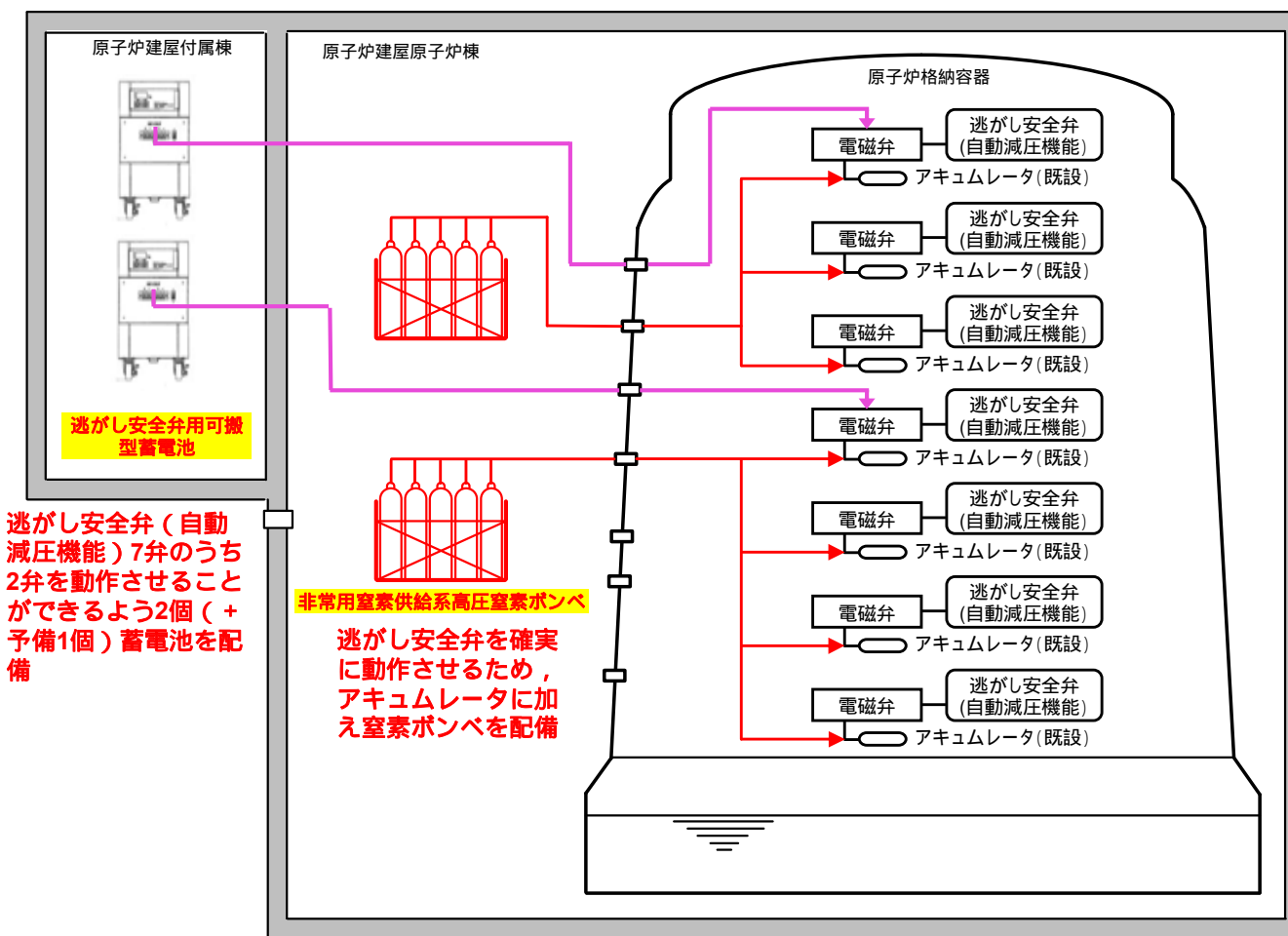


【逃がし安全弁用可搬型蓄電池及び非常用窒素供給系高圧窒素ポンベの設置】

逃がし安全弁駆動源(電源・窒素)を追加し圧力容器の減圧機能を強化する。

所内常設直流電源が喪失した場合でも、**逃がし安全弁用可搬型蓄電池により、逃がし安全弁の電磁弁に直接給電することで、逃がし安全弁を動作させ原子炉を減圧させることができるようにする。**

逃がし安全弁に動作に必要な窒素が喪失した場合でも、**非常用窒素供給系高圧窒素ポンベにより、逃がし安全弁に窒素を供給することで、逃がし安全弁を動作させ、原子炉を減圧させることができるようにする。**



逃がし安全弁(自動減圧機能)7弁のうち2弁を動作させることができるよう2個(+予備1個)蓄電池を配備

逃がし安全弁を確実に動作させるため、アキュムレータに加え窒素ポンベを配備

逃がし安全弁用可搬型蓄電池仕様

電源	個数	保管場所
DC 125V	2個 (予備1個)	原子炉建屋付属棟 (中央制御室)

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ仕様

個数	充填圧力	保管場所
10本 (予備10本)	約47L (1本当たり)	原子炉建屋 原子炉棟

新たに強化した設備

— 電源
— 窒素

4. 事故の教訓に基づく安全対策 低圧注水手段の強化

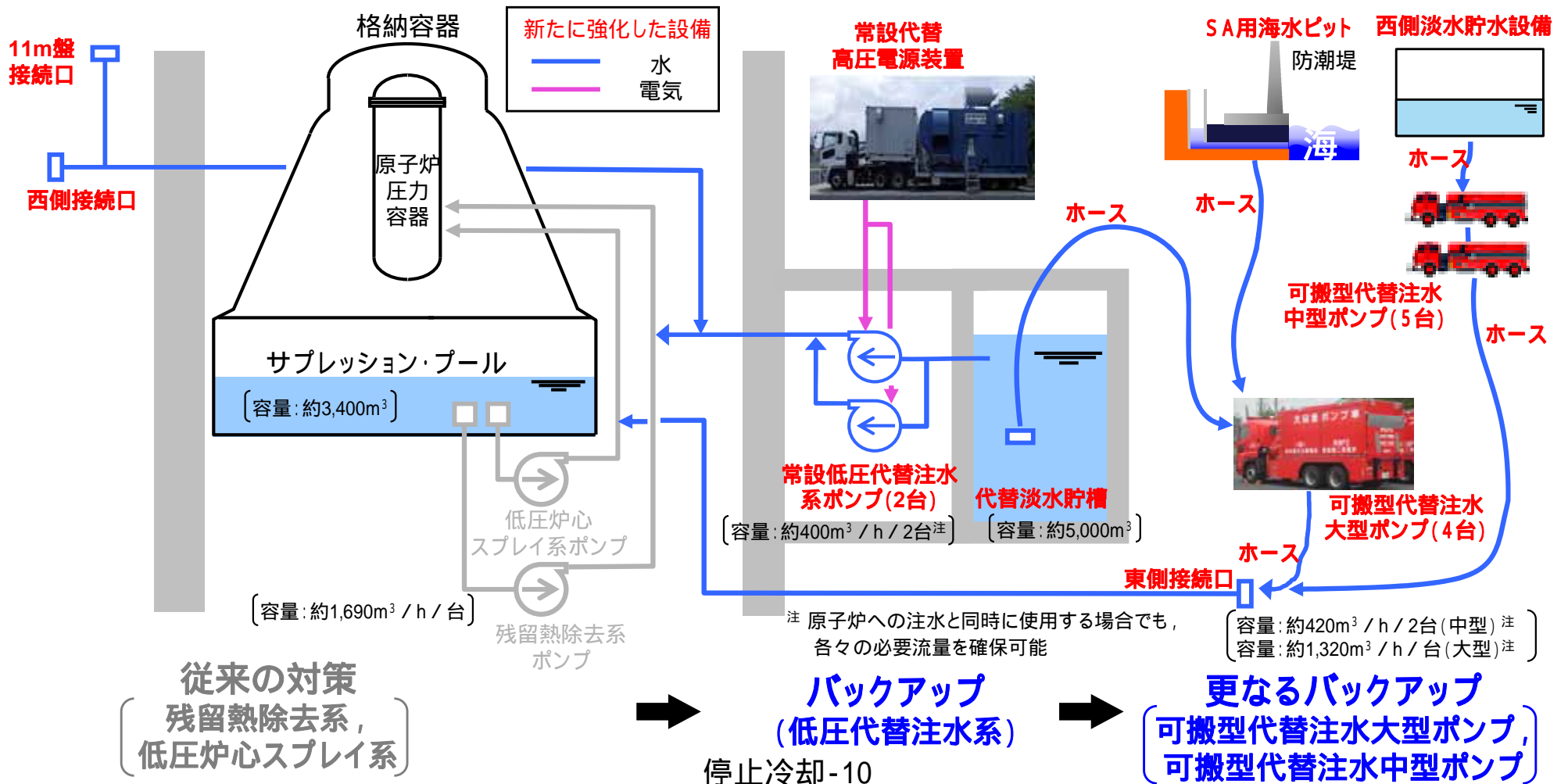


【低圧代替注水系の設置】

原子炉圧力容器内への低圧の注水について対策を講じ、原子炉の確実な冷却を可能とする。

全交流動力電源が喪失した場合でも、常設低圧代替注水系ポンプやディーゼル駆動の可搬型代替注水大型ポンプ又は可搬型代替注水中型ポンプを使用し、代替淡水貯槽等の水を(低圧の)原子炉に注水することができるようにする。

常設低圧代替注水系ポンプは、常設代替高圧電源装置からの給電により、7日間の運転が可能

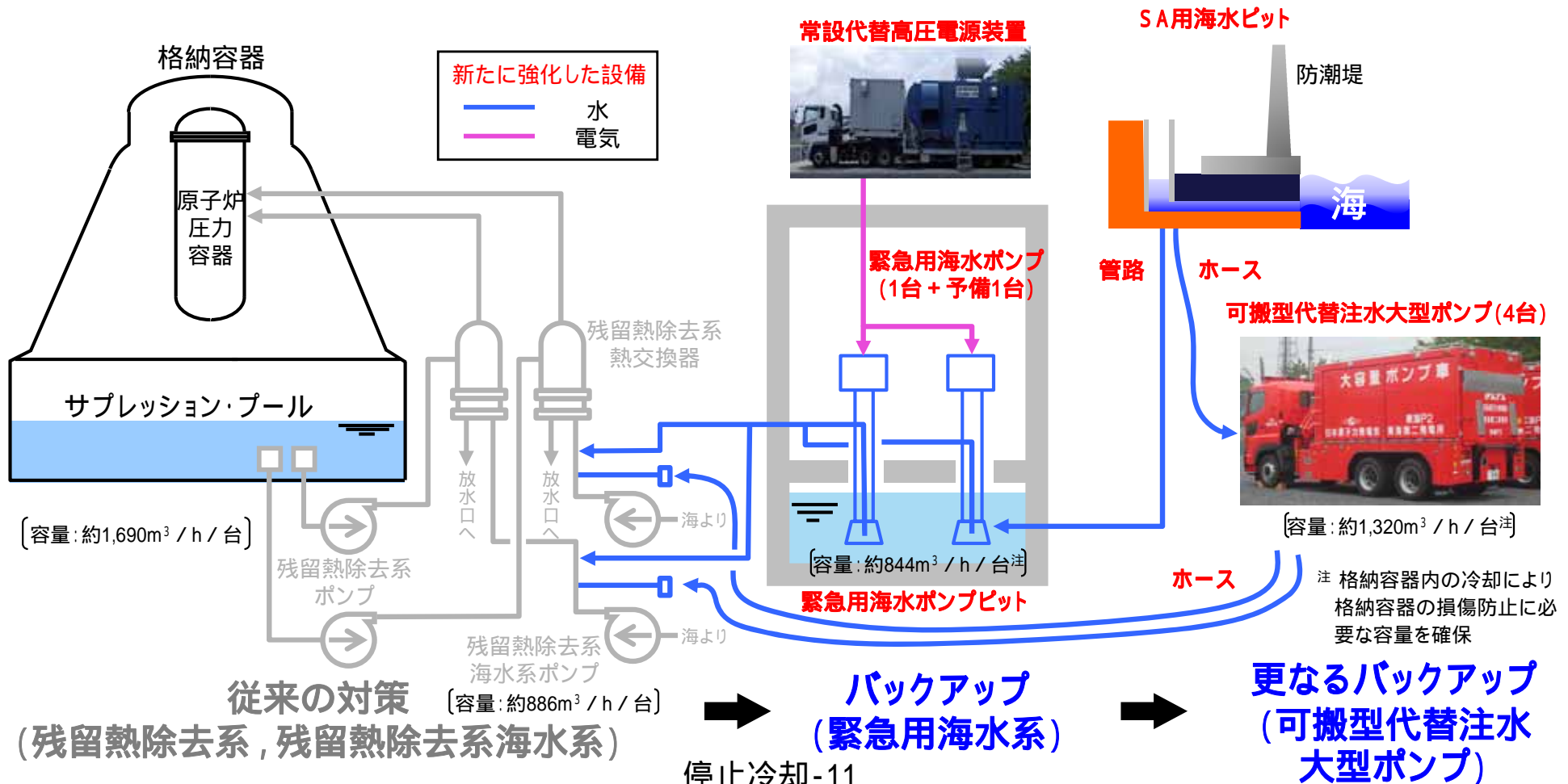


4. 事故の教訓に基づく安全対策 最終ヒートシンクによる除熱の強化(1 / 2)



【緊急用海水系の設置】

炉心から発生し、圧力容器や格納容器内に溜まっていく熱を最終的に外部(海)に逃がすための手段を増強する。
 全交流動力電源が喪失した場合や、津波により残留熱除去系の海水ポンプが機能喪失した場合でも、**緊急用海水系**により熱交換器に海水を送水し、原子炉圧力容器や格納容器内に蓄積していく熱の除去を行うことが可能
緊急用海水系は、常設代替高圧電源装置からの給電により、7日間の運転が可能
 更に、**可搬型代替注水大型ポンプ**を使用し、熱交換器に海水を送水して熱の除去を行うことも可能



4. 事故の教訓に基づく安全対策

最終ヒートシンクによる除熱の強化(2 / 2)

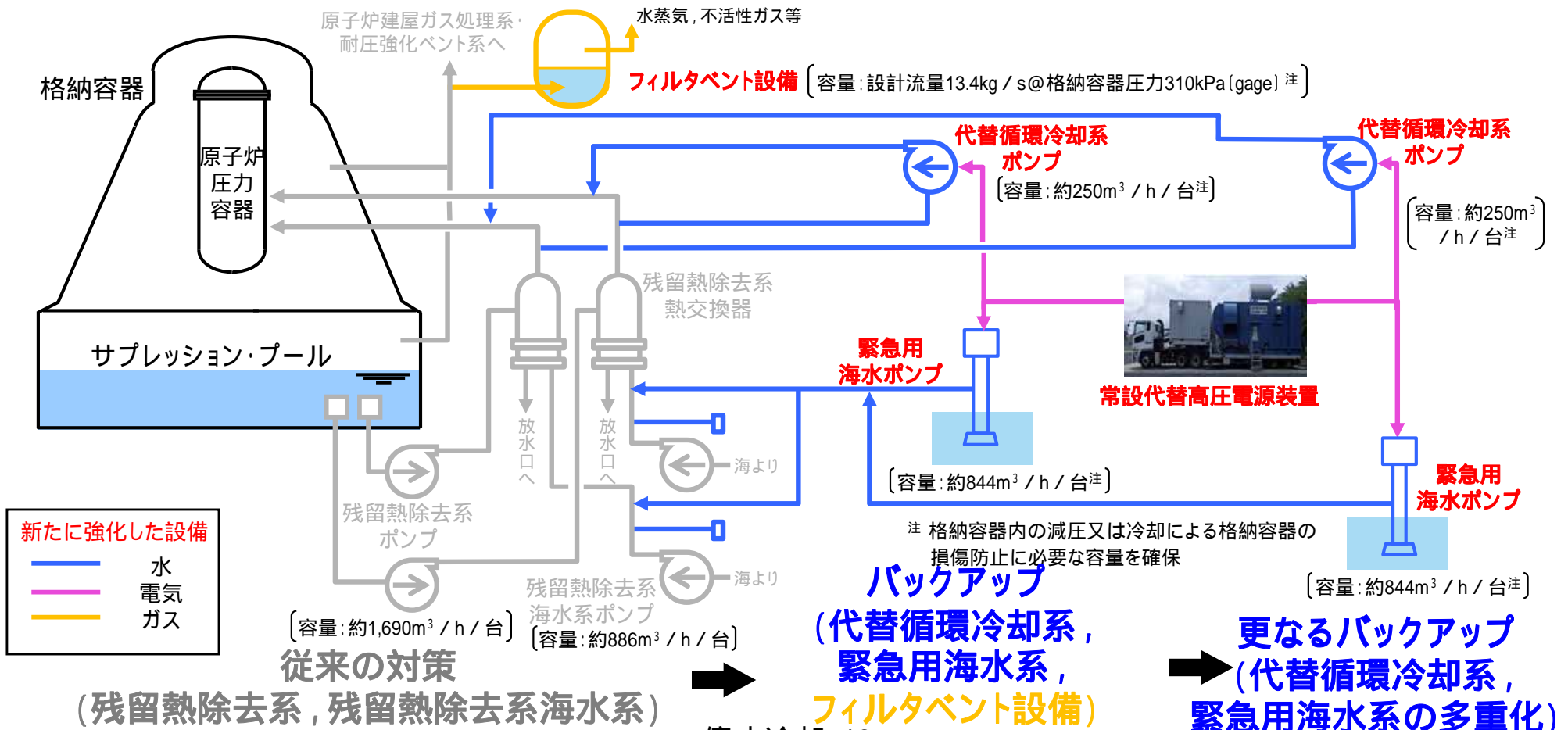


【代替循環冷却系及びフィルタベント設備の設置】

緊急用海水系に加え、**フィルタベント設備**及び**代替循環冷却系**を新設し、最終ヒートシンク(大気又は海)による除熱機能を強化

フィルタベント設備を新設し、最終ヒートシンク(大気)による除熱機能を強化する。

代替循環冷却系は、システムを**多重化**することで高い信頼性を有しており、**格納容器ベント**までの時間をできる限り延ばすことが可能



4. 事故の教訓に基づく安全対策 使用済燃料プールの冷却手段の強化(1 / 3)

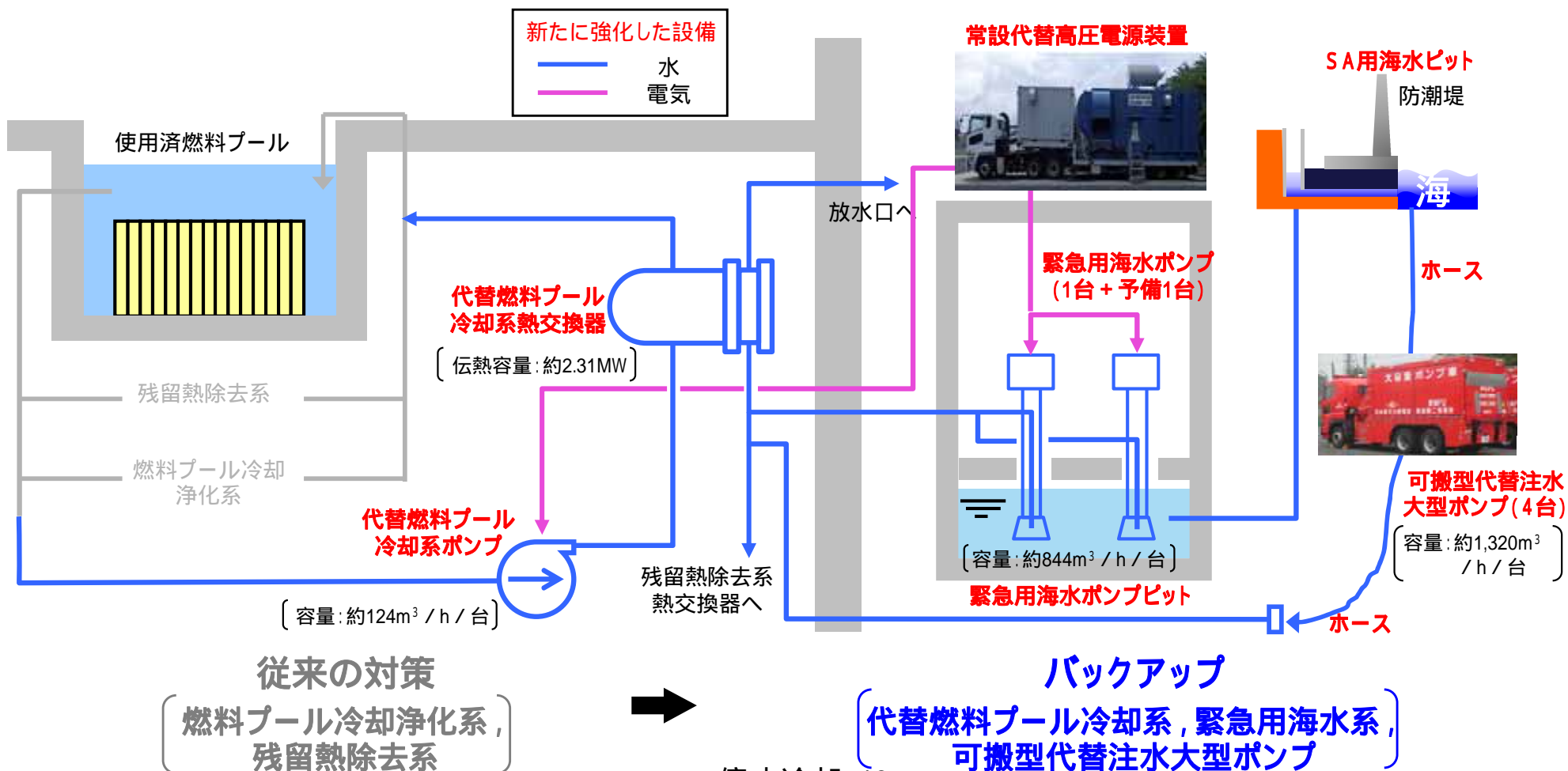


【代替燃料プール冷却系の設置】

使用済燃料プールの冷却機能が喪失し、プール内の燃料体を冷却できなくなる場合に備えて、新たに燃料プールを冷却するためのシステムを設置

既設の燃料プール冷却系及び残留熱除去系の両方の機能が喪失した場合でも、代替燃料プール冷却系により、使用済燃料プールの冷却が可能

代替燃料プール冷却系は、可搬型代替注水大型ポンプからも海水の供給が可能



4. 事故の教訓に基づく安全対策

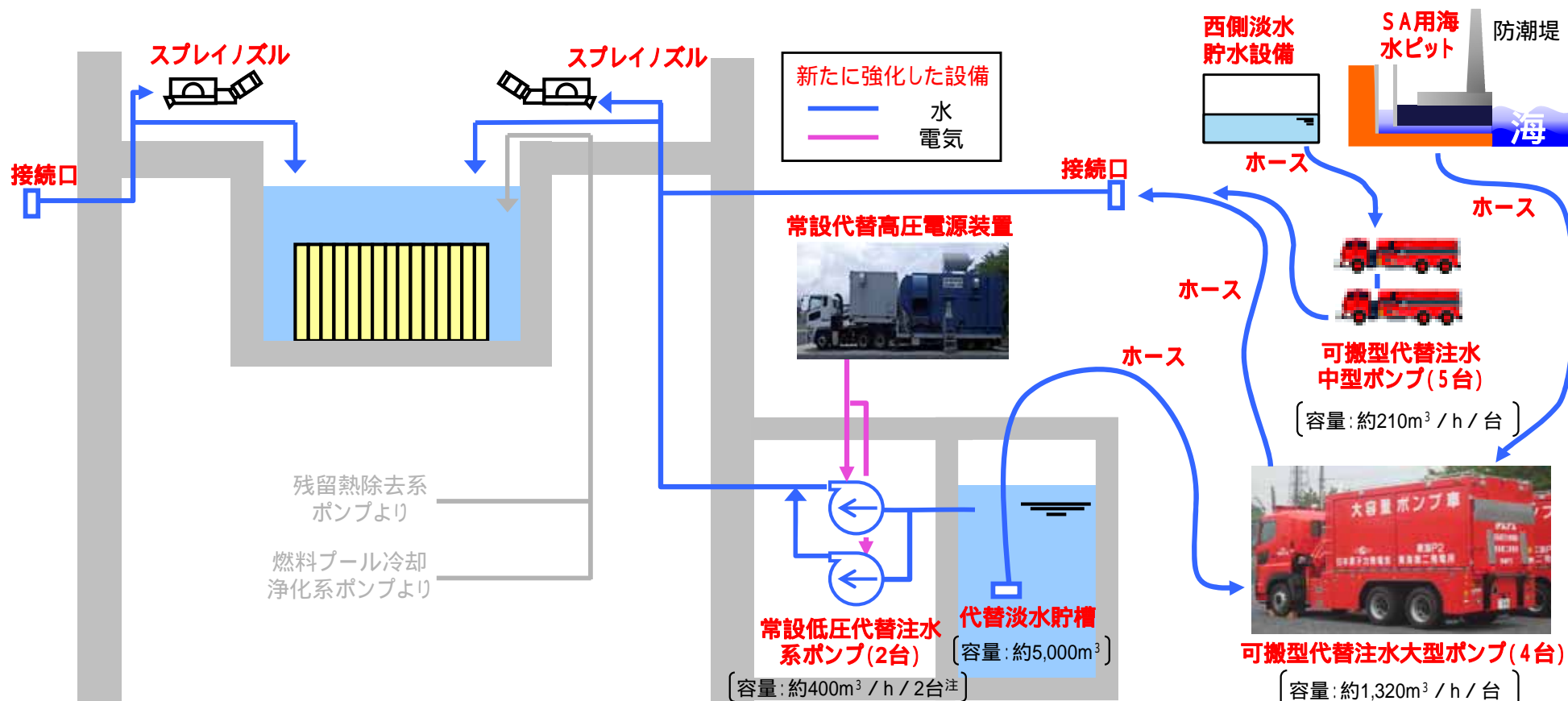
使用済燃料プールの冷却手段の強化(2 / 3)



【低圧代替注水系(常設, 可搬)を設置】

使用済燃料プールへの注水機能の喪失や, 使用済燃料プールからの水の漏えいその他の要因によりプール水位が低下した場合に備えて, 注水手段を増強

常設低圧代替注水系ポンプ又は可搬型代替注水大型ポンプ等を使用し, 代替淡水貯槽等の水を使用済燃料プールへ注水が可能



従来の対策
〔残留熱除去系, 燃料プール冷却浄化系〕

バックアップ
(低圧代替注水系)
停止冷却-14

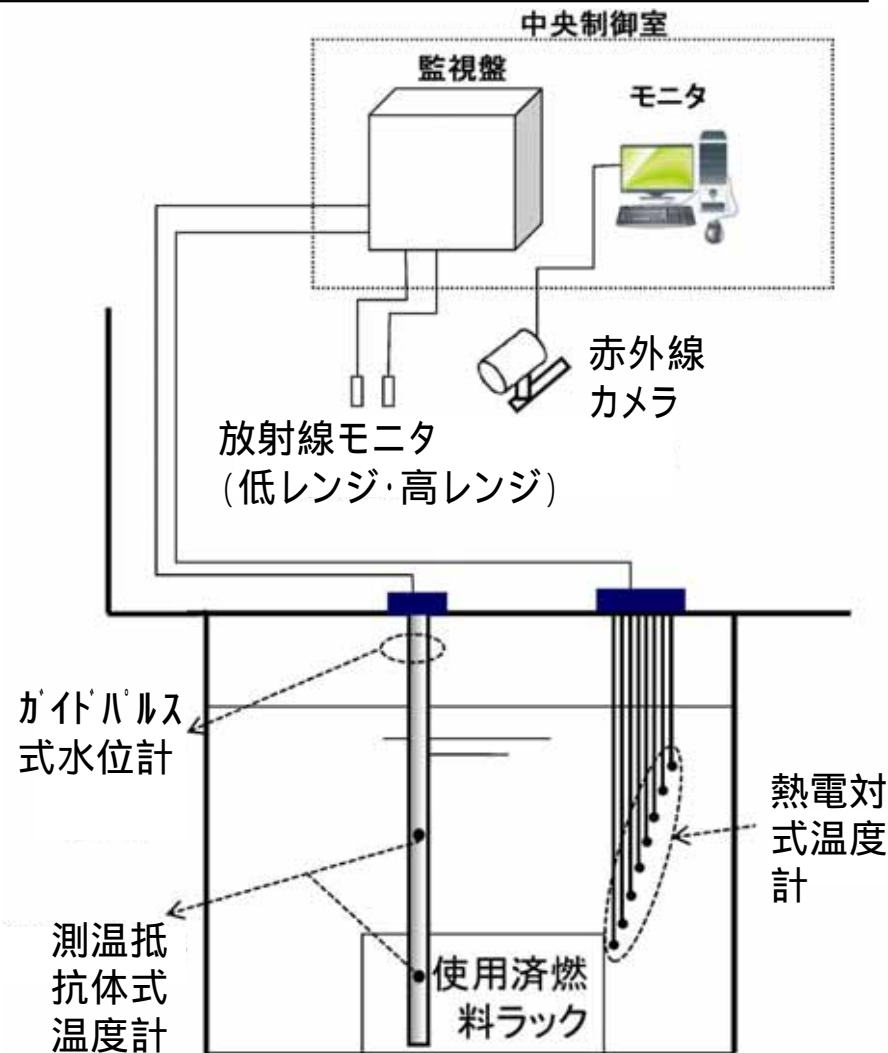
更なるバックアップ
〔可搬型代替注水大型ポンプ, 可搬型代替注水中型ポンプ〕

4. 事故の教訓に基づく安全対策 使用済燃料プールの冷却手段の強化(3 / 3)

【使用済燃料プールの監視強化】

従来の設備は異常検知(通常状態からの逸脱)が目的であったが、重大事故等時の使用済燃料プールの状態把握のため、**測定箇所、測定範囲、耐環境性を向上させた監視設備を追設**

監視項目	従来設備	追加設備
水位	レベルスイッチ2台 ・通常水位近傍を監視	水位計(ガイドパルス式*)1台 ・SFP底面 近傍まで 連続測定可能 ・耐環境性向上(～100 蒸気環境)
温度	熱電対式温度計1台 ・通常水位近傍温度を監視	熱電対式温度計1式** ・燃料頂部 付近まで8点 の温度測定可能 ・耐環境性向上(～100 蒸気環境)
		測温抵抗体式温度計2台 ・燃料体 付近まで2点 の温度測定可能 ・耐環境性向上(～100 蒸気環境)
放射線	放射線モニタ1台 ・従事者の放射線防護の観点から10mSv/hまでを監視	放射線モニタ(低レンジ・高レンジ各1台) ・重大事故等時の監視を目的として 10⁵ Sv/h までを監視 ・耐環境性向上(～100 蒸気環境)
カメラ	ITV1台 ・SFP廻り監視用	赤外線カメラ1台 ・ 赤外線監視機能 により照明停電時や蒸気雰囲気においても監視可能 ・専用空冷装置により 耐環境性向上 (～100 蒸気環境)



追加設備概要図

* :パルス信号を発信し水面からの反射波を受信するまでの時間遅れから水位を測定する。

** :福島第一原子力発電所事故後の緊急安全対策にて設置済 停止冷却-15

【まとめ】

原子炉停止機能の信頼性向上

- ・原子炉停止機能の強化として、**代替再循環ポンプ停止回路**を設置

冷却機能の信頼性向上

- ・高圧及び低圧の注水手段の強化として、**高圧及び低圧の代替注水系**を設置
- ・注水に必要な水源の強化として、**代替淡水貯槽**、**西側淡水貯水設備**、**SA用海水ピット**を設置。また、既設の**各種淡水タンク**を利用
- ・減圧手段の強化として、**逃がし安全弁駆動用可搬型蓄電池**及び**非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ**を設置
- ・最終ヒートシンクによる除熱手段の強化として、**緊急用海水系**、**代替循環冷却系**及び**フィルタベント設備**を設置
- ・使用済燃料プールの冷却手段の強化として、**低圧代替注水系**(常設、可搬)及び**代替燃料プール冷却系**を設置
- ・更なる信頼性向上として、常設の代替設備に加え、**可搬型の代替設備**(**ポンプ車**、**電源車**等)を配備
- ・代替水源、代替電源設備及び可搬型設備用燃料については、**長期間の機能維持に必要な容量**を確保

(補足説明資料 停止・冷却設備への対応について)

補足説明資料 目 次

1 . アクシデントマネジメント対策として実施済みの対策	19
2 . 新しく増える常設又は可搬型の設備・機器及び資機材等に関する メンテナンスの実施方針	21
3 . 新規制基準対応に伴う設備・機器等の新設・追設後の 作業スペースに関する考慮	26
4 . 常設及び可搬型の各冷却設備の容量 , 流量や台数並びに 水源の容量等の考え方	31
5 . 特定重大事故等対処施設を踏まえた系統変更について	37
6 . 格納容器ベント操作の実施判断基準及び判断フロー	44
7 . 重大事故等対処設備の重要度の区分	48

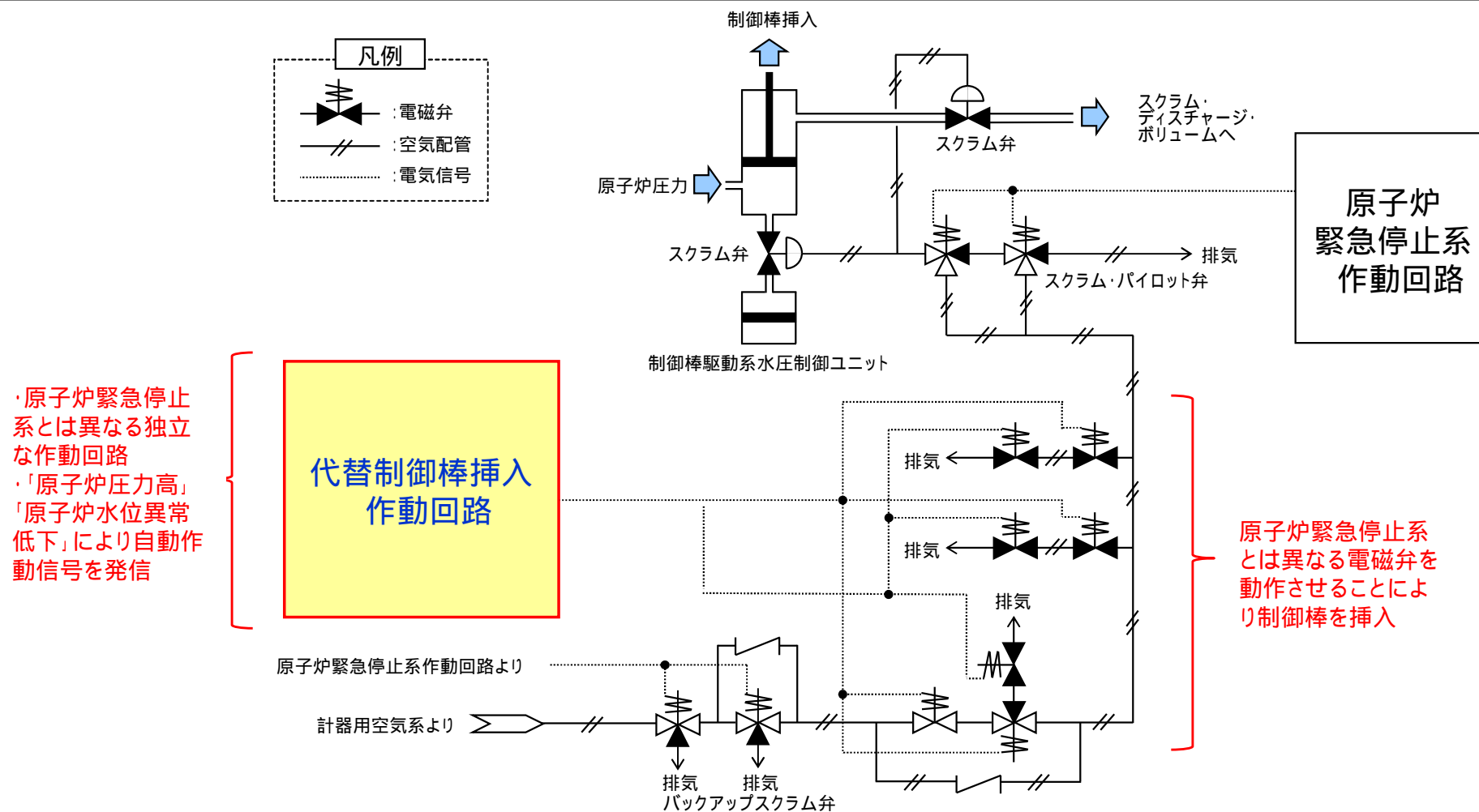
1. アクシデントマネジメント対策として実施済みの対策 原子炉の停止機能の強化



【代替制御棒挿入機能(アクシデントマネジメント対策として既設置済)】

原子炉緊急停止系機能喪失時でも原子炉を停止できるよう原子炉緊急停止系とは異なる手段により制御棒を挿入

- ・原子炉緊急停止系作動回路とは異なる独立な作動回路
- ・原子炉緊急停止系とは異なる電磁弁動作により制御棒を挿入



・原子炉緊急停止系とは異なる独立な作動回路
・「原子炉圧力高」「原子炉水位異常低下」により自動作動信号を発信

代替制御棒挿入作動回路

原子炉緊急停止系とは異なる電磁弁を動作させることにより制御棒を挿入

1. アクシデントマネジメント対策として実施済みの対策 減圧手段の強化

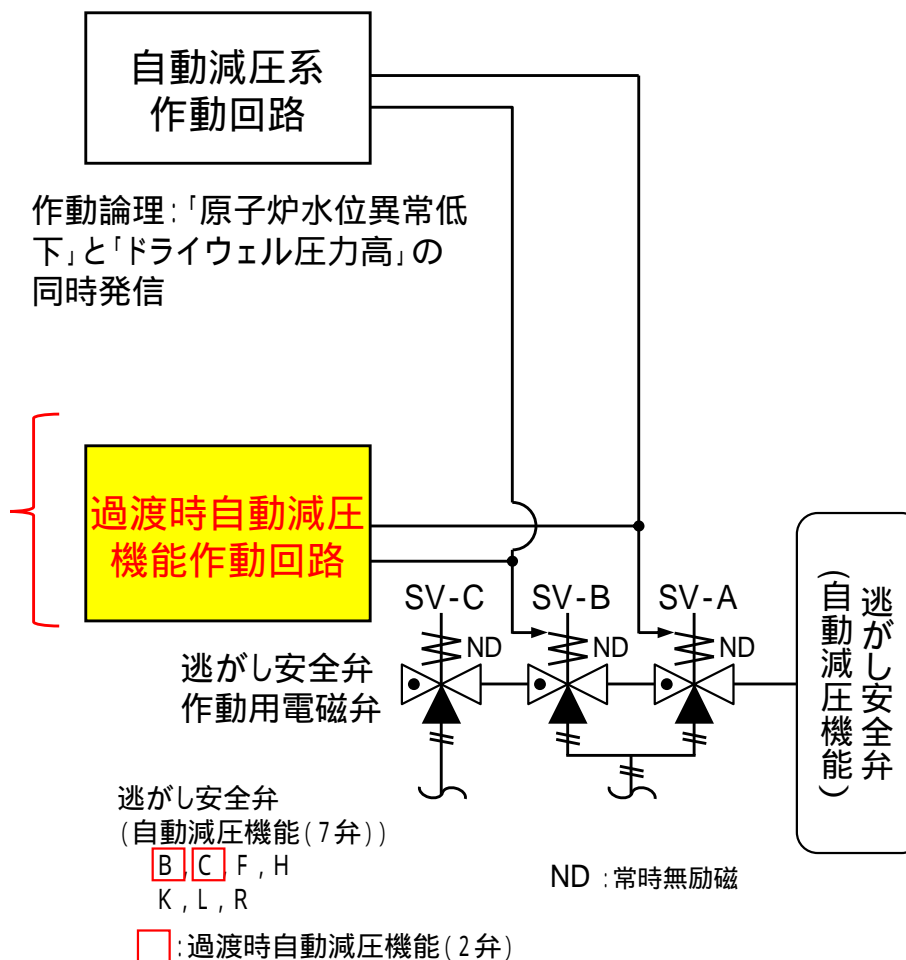


【過渡時自動減圧機能】

過渡事象時に高圧注水機能が喪失し、原子炉水位のみ低下していく事象では、「ドライウェル圧力高」が発生せず自動減圧系が自動作動しないため、原子炉が減圧されず低圧注水系による原子炉注水ができない。このような場合においても、原子炉の自動減圧が行われるよう「原子炉水位異常低下」のみで自動作動する回路を自動減圧系とは別に設ける。(アクシデントマネジメント対策で設置済、一部改造あり。)

「原子炉水位異常低下」のみで自動作動する。自動減圧系とは異なる論理、異なる回路の「過渡時自動減圧機能」作動回路を設ける。*

* : 既設の過渡時自動減圧機能作動回路は自動減圧系と同一盤内に設置しているが独立性を向上させるため当該回路を別盤に移設する。



原子力発電所では、原子炉の安全確保及び発電所の安全・安定運転のため、定期的な検査等を通じて以下の項目を適切に実施し、各設備の健全性を確認するとともに、機能の維持や信頼性の向上のための措置を図っている。

・健全性の確認：

- ・主要な設備が正常に機能することを確認する。
- ・分解点検や漏洩検査によって、設備の機能が維持されていることを点検する。

・機能維持：

- ・消耗品を交換し、補修など劣化に対する処置を行い、異常を早期に発見して必要な処置を行う。

・信頼性の向上：

- ・他の発電所で発生した事故や故障を把握し、当該発電所での類似箇所を点検し、必要に応じて処置を施す。
- ・設備、機器に交換の必要が生じたときには新品に取り替える。



原子力発電所の定期検査の目的

出典：電気事業連合会HP「検査・点検によって安全を守る」

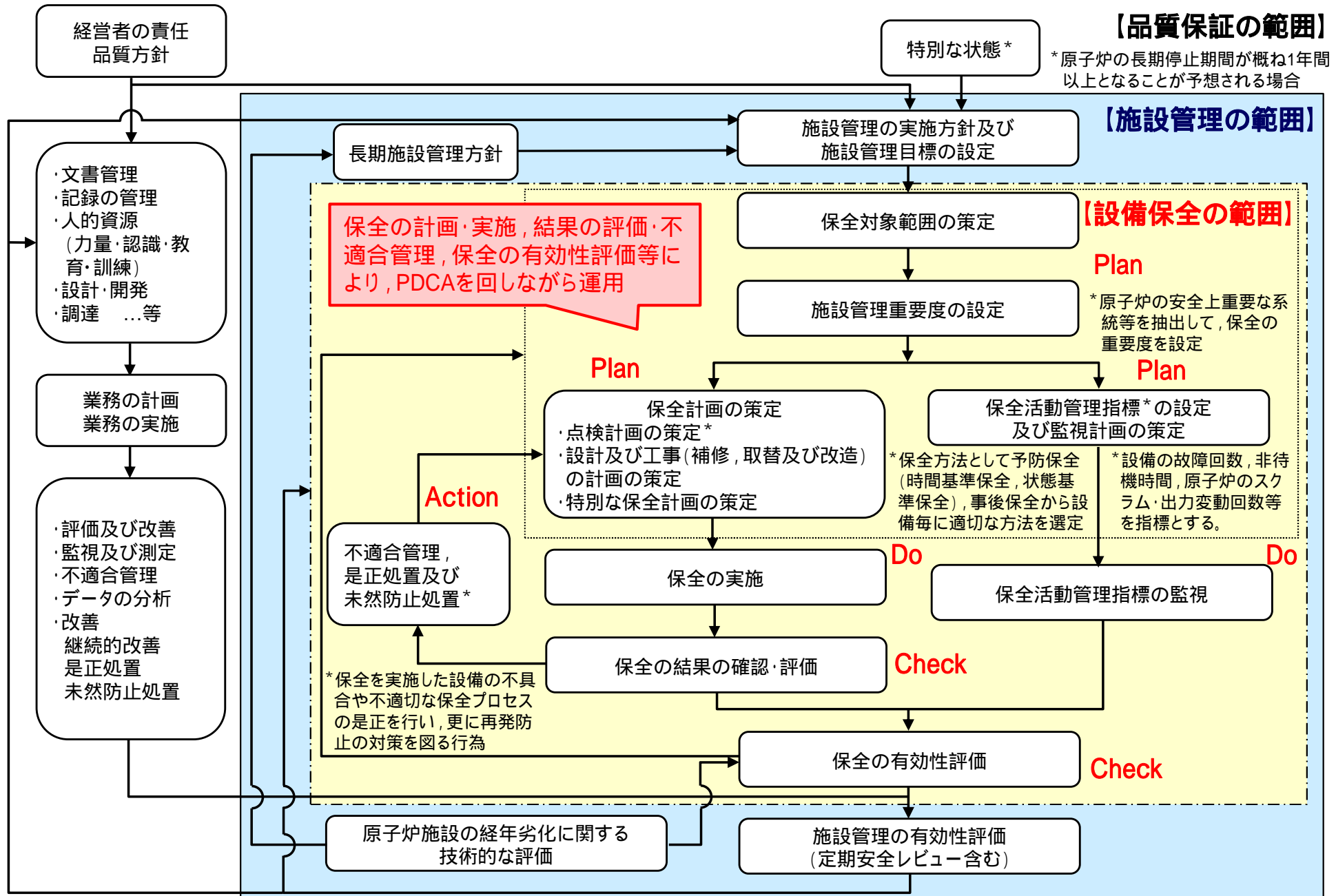
東海第二発電所では品質マネジメントシステムに基づき、上記の定期的な検査等を含め、**発電所施設の管理・設備の保全に関して包括的な社内ルール***を定め、PDCAを回しながら運用している。＜別紙1参照＞

* 「JEAC4209 原子力発電所の保守管理規程」等に基づく。対象としては施設の設計、工事、巡視、点検、検査、その他の施設の管理に必要な措置を含む。

発電所で新たに導入する**重大事故等対処設備(常設設備、可搬型設備)**及び**資機材等**についても、上記の**ルールに則り保全の計画を定めて実施していく**ことで、設備の健全性確認、機能維持及び信頼性向上等が可能と判断している。

また、上記で定めた保全計画の内容を満足するように、各設備に対して**定期的な動作・性能試験等を実施していく**。＜別紙2参照＞

<別紙1> 東海第二発電所の施設の管理, 設備の保全方法の概要



発電所で新たに導入する**重大事故等対処設備(常設設備,可搬型設備)**等については,今後,当該設備に対して**定める保全計画に基づき,定期的な動作確認・性能試験等を実施**していく。

重大事故等対処設備の動作確認・性能試験等の実施時期,頻度は,今後策定する保全計画で定める頻度を下回らないよう以下の方針で設定し,管理していく。

また,これらの機能確認以外にも,**日々の巡視点検や週次・月次の外観点検等を通じて,また訓練実施時の設備の運転状態等を把握し,設備の不具合等を早期に発見**するように努める。

本方針による代替電源設備及び代替注水設備の機能確認等の内容,頻度について,次頁に例示する。

東海第二発電所 重大事故等対処設備の主な機能確認等の頻度(案) *1

	性能確認 (定検時等毎に行う性能確認)	動作確認 (定期的に行う動作試験)	機能確認の頻度の 設定の考え方
常設の重大事故等 対処設備 (電源,ポンプ等)	定検停止毎 (定期事業者検査による 原子炉停止期間中)	1ヵ月に1回	当該設備が機能を代替する設計基準事故対処設備と同等の頻度とする。
可搬型の重大事故等 対処設備 (電源車,ポンプ車等)	定検停止毎(又は1年毎) 又は 2定検毎(又は2年毎)	3ヵ月に1回	運用管理の観点から,メーカー推奨値等に基づき保全計画で設定した定期的な運転頻度以上の頻度に設定する。

*1 試験頻度等は例示であり,内容は今後の保安規定変更認可申請の審査結果に基づき決定する。

<別紙3> 重大事故等対処設備の機能確認の内容, 頻度(代替電源設備)



重大事故等対処設備として新たに設置する代替電源設備は, 当該設備に対して定めた保全計画に基づき, 定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。主な性能確認・定期試験の内容*¹について, 代替電源設備に対応する非常用電源設備(非常用ディーゼル発電機等)と比較して下表に示す。

東海第二発電所 各電源設備の主な機能確認の内容

プラント状態	(参考) 非常用電源設備(設計基準事故対処設備) 【東海第二発電所原子炉施設保安規定より】		新たに設置する代替電源設備(案)* ¹ (重大事故等対処設備)	
定検停止時	非常用ディーゼル発電機 * ³	模擬信号による作動確認	常設代替高圧電源装置	・分解検査, 外観検査 ・模擬負荷(100%)による機能・性能確認 (性能確認の頻度: 定検停止時)
原子炉 運転時等* ²		機関の始動, 定格出力運転可能の確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)		・起動試験による動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
-	-	-	・可搬型代替低圧電源車 ・可搬型整流器	・分解検査 ・模擬負荷(100%)による出力特性の確認 ・可搬型整流器の出力特性確認 (性能確認の頻度: 1年に1回) ・外観検査, 運転状態確認 (定期試験頻度: 3ヵ月に1回)
定検停止時	直流電源 (蓄電池及び充電器* ⁴)	直流電源(蓄電池及び充電器)機能確認	緊急用125系蓄電池	・外観検査 ・蓄電池及び充電器の電圧確認 (性能確認の頻度: 定検停止時) (定期試験頻度: 1週間に1回)
原子炉 運転時等* ²		蓄電池及び充電器の電圧の確認 (定期試験頻度: 1週間に1回)		
原子炉 運転時等* ²	所内電源系統 (非常用交流高圧電源母線, 直流電源母線及び原子炉保護系母線* ⁵)	電源母線の受電の確認 (定期試験頻度: 1週間に1回)	代替所内電気設備 (代替電源設備の電源盤等が使用可能であることの確認)	・遮断器の動作確認 (性能確認の頻度: 定検停止時) ・外観検査, 電圧の確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)

*¹ 代替電源設備の記載内容は例示であり, 性能確認及び定期試験の内容は今後の保安規定変更認可申請の審査結果, 保全計画策定により決定する。

*² 原子炉運転時(運転, 起動及び高温停止)及び原子炉停止時(低温停止及び燃料交換)

*³ 原子炉運転時: 非常用ディーゼル発電機2C系, 2D系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の3台

原子炉停止時: 非常用ディーゼル発電機及び電力供給が可能な非常用発電機(合計2台)

*⁴ 原子炉運転時: 2A系, 2B系及び高圧炉心スプレイ系 原子炉停止時: 計装制御, 原子炉停止時冷却及び非常用炉心冷却系の一部に係る電源

*⁵ 原子炉運転時: 2A系, 2B系, 2C系, 2D系及び高圧炉心スプレイ系 原子炉停止時: 計装制御, 原子炉停止時冷却及び非常用炉心冷却系の一部に係る電源

< 別紙4 > 重大事故等対処設備の機能確認の内容, 頻度(代替注水設備)



重大事故等対処設備として新たに設置する代替注水設備は, 当該設備に対して定めた保全計画に基づき, 定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。主な性能確認・定期試験の内容*¹について, 代替注水設備に対応する非常用炉心冷却系等と比較して下表に示す。

東海第二発電所 各注水設備の主な機能確認の内容

プラント状態	(参考) 非常用炉心冷却系等(設計基準事故対処設備) 【東海第二発電所原子炉施設保安規定より】		新たに設置する代替注水設備(案)* ¹ (重大事故等対処設備)	
定検停止時	・高圧炉心スプレイ系 ・低圧炉心スプレイ系 ・残留熱除去系 (低圧炉心注水系等)	模擬信号による作動確認	低圧代替注水系(常設) (常設低圧代替注水系ポンプ)	・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の開閉動作の確認 ・分解検査
原子炉 運転時* ²		・ポンプの作動, 吐出圧力・流量の 確認 ・注入弁等の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)		・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
定期検査時	原子炉隔離時冷却系	模擬信号による作動確認	高圧代替注水系 (常設高圧代替注水系ポンプ)	・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の開閉動作の確認 ・分解検査
原子炉 運転時* ²		・ポンプの作動, 吐出圧力・流量の 確認 ・注入弁等の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)		・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
-	-	-	低圧代替注水系(可搬型) ・可搬型代替注水大型ポンプ ・可搬型代替注水中型ポンプ	・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の開閉動作の確認 ・分解検査* ³ ・車両の走行確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)

*¹ 代替注水設備の試験頻度等は例示であり, 内容は今後の保安規定変更認可申請審査, 保全計画策定により決定する。

*² 原子炉運転時(運転, 起動及び高温停止)

*³ ポンプの検査は定期検査時及び原子炉運転時に実施, 弁の検査は定期検査時に実施

東海第二発電所では，新規基準に対応した重大事故等対処設備等を新たに設置・配備する。これらの設備の導入に当たっては，主に以下の要件を守るよう設計している。

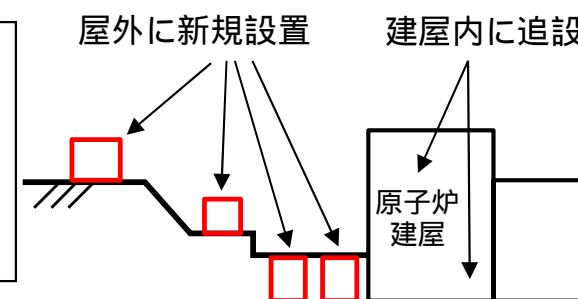
・独立性及び位置的分散の確保	: 対応する設計基準事故対処設備(既存設備)との独立性を確保
・環境条件及び荷重条件	: 地震や津波，その他の外部事象時や，重大事故等発生時の温度，放射線，荷重等の使用条件下でも機能を発揮
・操作性	: 重大事故等が発生した場合に確実に操作可能
・試験検査	: 運転中又は停止中に試験又は検査が可能
・切替えの容易性	: 本来の用途以外の用途で重大事故に対処する設備は，通常時に使用する系統から速やかに切り替えが可能
・悪影響の防止	: 工場等内の他の設備に対して悪影響を及ぼさないもの
・容量	: 重大事故等の収束に必要な容量を有する

主に中央制御室からの遠隔操作，一部設備は現場操作

外観の確認，漏えい確認，分解検査等

上記要件のうち，設置エリアの作業スペースが関係するのは主に「操作性」及び「試験検査」となる。新たな設備の導入に当たってはこれらを考慮して設置場所の検討を行う。

原子炉建屋の外部(屋外)に新たに設備を設ける場合:
屋外に新たに施設を設ける。設備の設置エリアに加えて運転操作や試験検査等に必要なスペースを考慮した上で設計を行うため，配置上の問題は生じない。
原子炉建屋の内部(屋内)に設備を追設する場合:
要件を満たしつつ作業スペースが確保できる建屋内設置エリアを選定する必要あり。



ここで，多くの新設の設備は 屋外設置に該当し，配置上の問題は生じない。

原子炉建屋内に追設し，かつ，ポンプ・電動機等の動的機器を有し分解点検等を行う主な設備は，常設高压代替注水系ポンプ，代替循環冷却系ポンプ及び代替燃料プール冷却系ポンプが該当する。いずれの設備の設置場所についても，現場操作や試験検査等に必要なスペースを有することを確認している。<別紙3参照>

東海第二発電所に新たに設置・配備する設備や既設の設備の対策として、主な重大事故等対処設備、設計基準対象施設等の配置区分を示す。多くの新規設備は、原子炉建屋外の地下又は高所等に新たに設置・配備している。

原子炉建屋内に設置する設備で、ポンプ・電動機等の動的機器を有し分解点検等を行う主な設備としては、常設高圧代替注水系ポンプ、代替循環冷却系ポンプ及び代替燃料プール冷却系ポンプが該当する。いずれの設備の設置場所についても、現場操作や試験検査等に必要なスペースを有することを確認している。

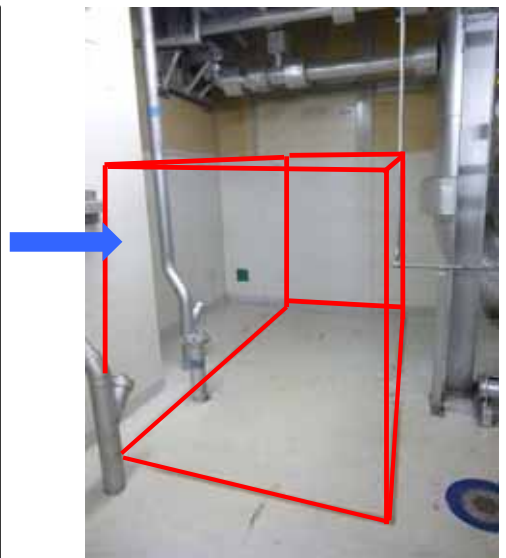
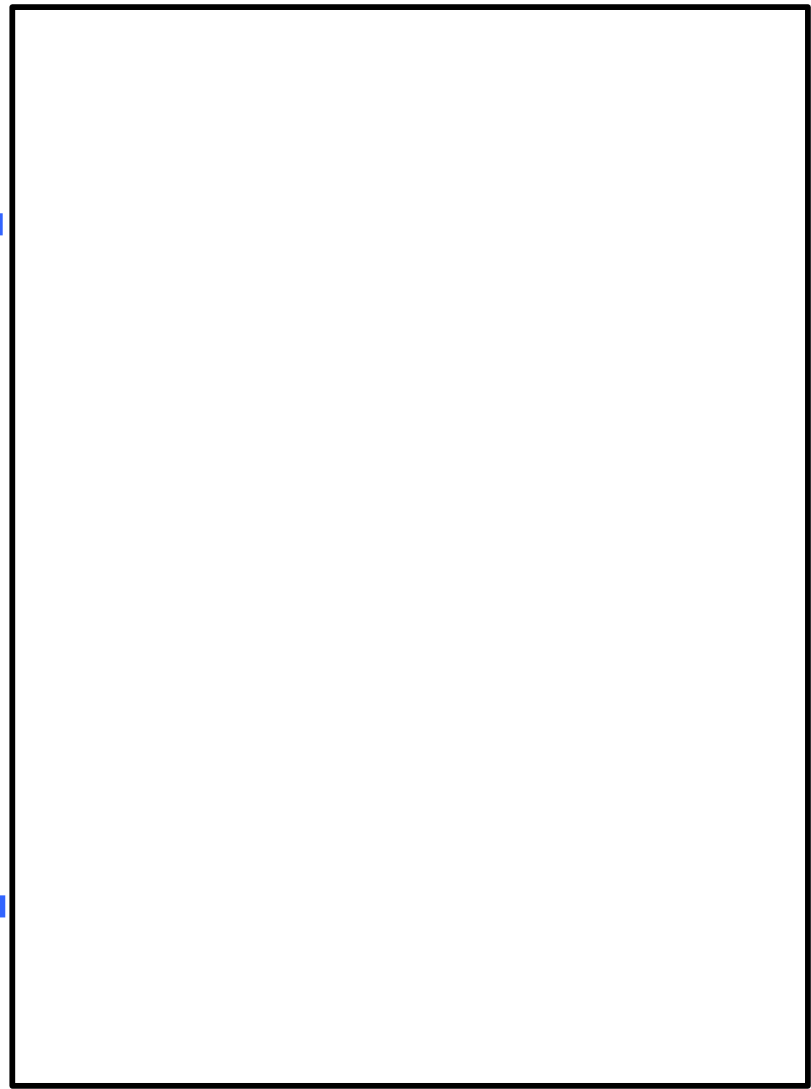
原子炉建屋内(屋内)に設置する主な設備及び屋内の設備等に対する対策			
地震対策(屋内設備の耐震性向上)	溢水対策(機器補強, 浸水防止堰, 水密扉整備, 漏えい検知装置等)	火災対策(耐火壁, ケーブル取替・防火シート, 感知消火設備追設等)	緊急用125V蓄電池, 盤
常設高圧代替注水系ポンプ	代替循環冷却系ポンプ	代替燃料プール冷却系ポンプ ・代替燃料プール冷却系熱交換器	高圧窒素ポンベ・蓄電池 (逃がし安全弁作動用)
代替燃料プール注水系 常設スプレイヘッド	格納容器ペDESTAL防護対策	格納容器頂部注水系(常設)	静的触媒式水素再結合器

原子炉建屋外(屋外)に設置する主な設備及び屋外の設備等に対する対策			
地震対策(屋外設備の耐震性向上)	津波対策(防潮堤, 貯留堰, 放水路ゲート設置, 屋外施設水密対策等)	竜巻対策(建屋外壁等補強*, 屋外設備防護, 固縛対策等)	外部火災対策(防火帯の設定, 油タンク等の火災源移設等)
火山対策(降下火災物侵入防止, 着脱式フィルタ設置等)	常設代替高圧電源装置	軽油貯蔵タンク	可搬型代替低圧電源車・可搬型整流器
接続口(水系, 電気系, 窒素系)	可搬型設備用軽油タンク	タンクローリ	ホイールローダ等
常設低圧代替注水系ポンプ	可搬型代替注水大型ポンプ・可搬型代替注水中型ポンプ	西側淡水貯水設備	代替淡水貯槽
緊急用海水ポンプ	SA用海水ピット・海水引き込み管・SA用海水ピット取水塔	格納容器圧力逃がし装置	可搬型窒素供給装置 (窒素供給装置及び電源車)
ブローアウトパネル閉止装置・ブローアウトパネル強制開放装置*	放水砲, 汚濁防止膜, 泡消火薬剤容器等	予備品(残留熱除去系海水系ポンプ電動機), トレーラー, クレーン	緊急時対策所建屋

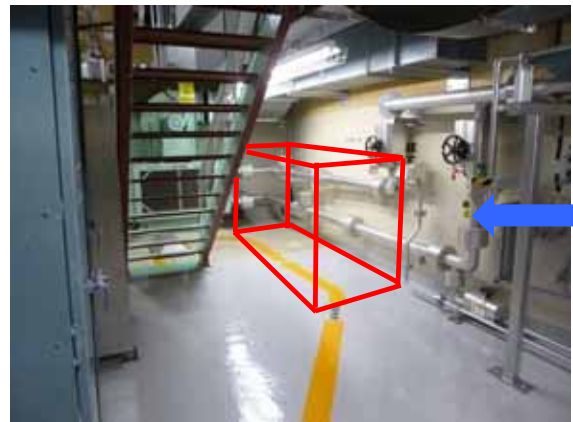
* 建屋の外壁, 外壁境界部の対策は屋外側に区分している。



代替循環冷却系ポンプ(B)
設置場所イメージ



代替循環冷却系ポンプ(A)
設置場所イメージ

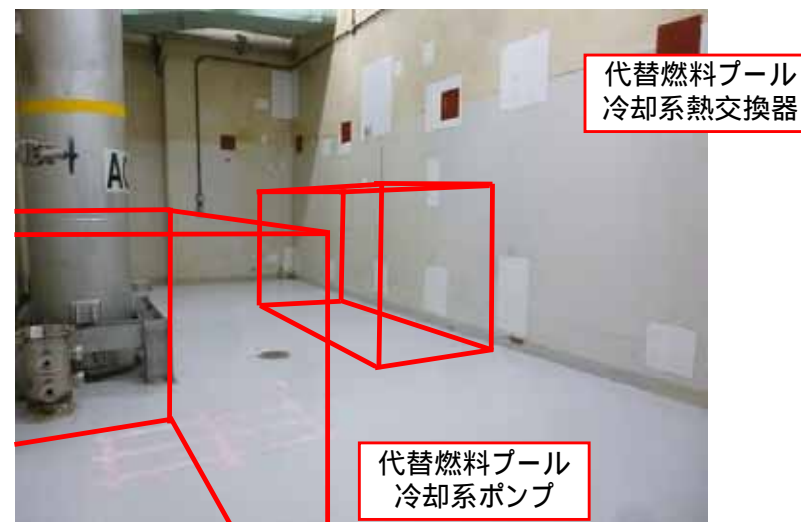


常設高圧代替注水系ポンプ
設置場所イメージ



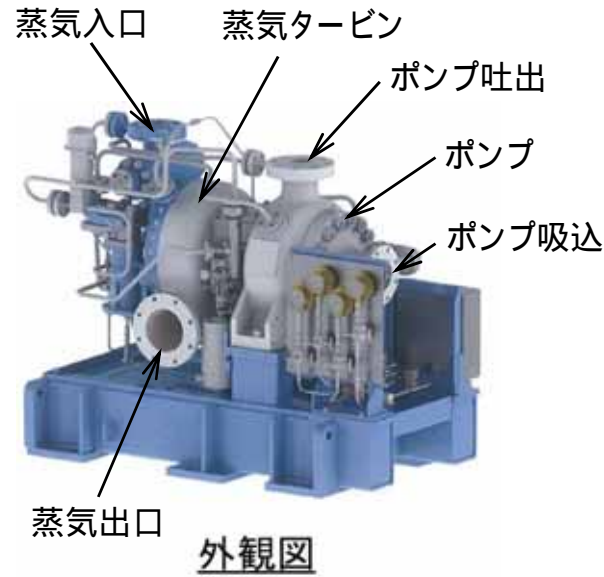
<参考> 原子炉隔離時冷却系ポンプ・タービン
設置場所(既設設備の配置例)

原子炉建屋内の高圧代替注水系及び代替循環冷却系の配置場所

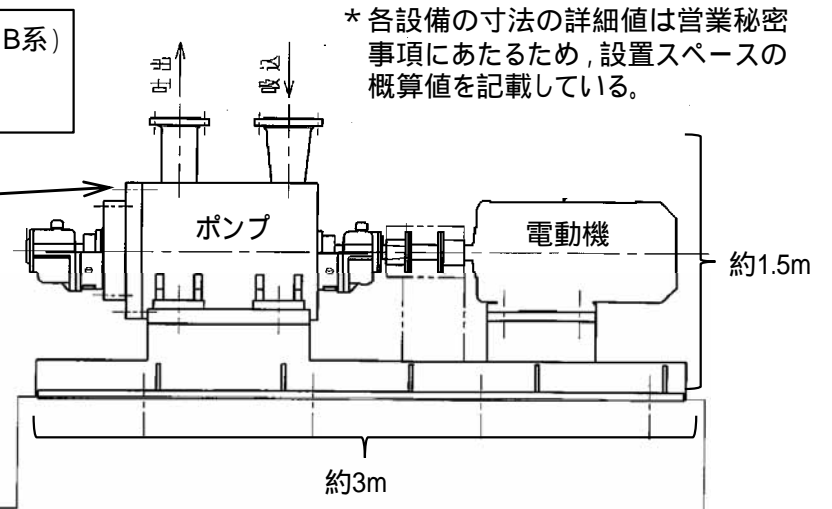
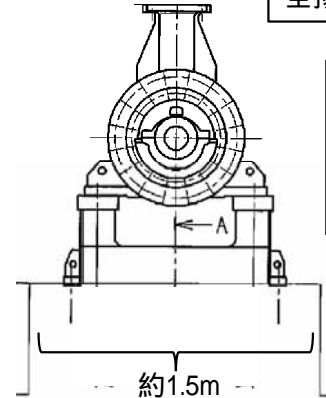


代替燃料プール冷却系ポンプ及び代替燃料プール冷却系熱交換器
設置場所イメージ

原子炉建屋内の代替燃料プール冷却系の設置場所



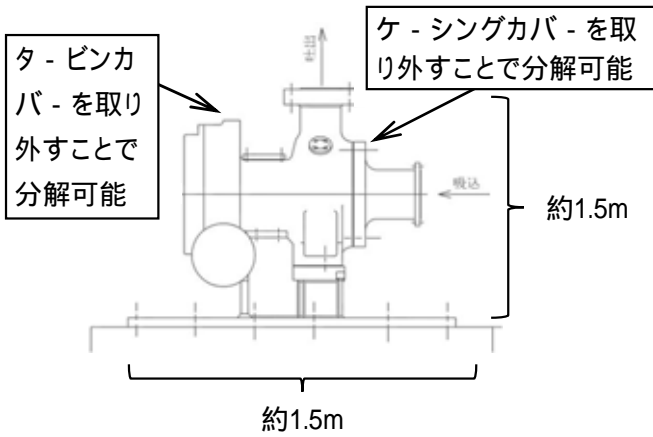
台数 : 2台 (A系, B系)
容量 : 250m³ / h
全揚程 : 120m



* 各設備の寸法の詳細値は営業秘密事項にあたるため、設置スペースの概算値を記載している。

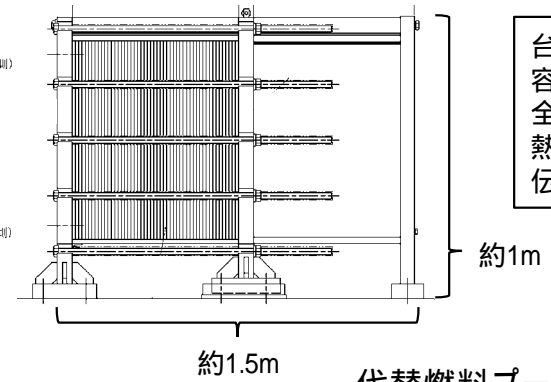
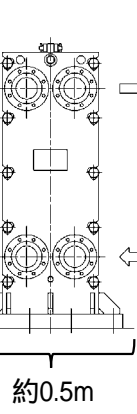
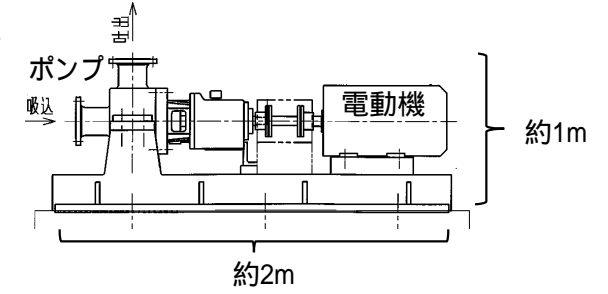
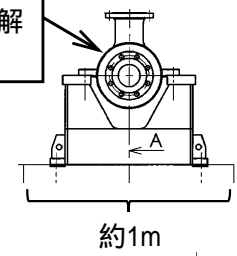
代替循環冷却系ポンプ外観図及び主要仕様

台数 : 1台
容量 : 約137m³ / h
全揚程 : 約900m



常設高圧代替注水系ポンプ外観図及び主要仕様

ケーシングカバーを取り外すことで分解点検可能



台数 : 1台
容量 : 約124m³ / h
全揚程 : 約40m
熱交換器容量 : 約2.31MW
伝熱面積 : 51.1m²以上

代替燃料プール冷却系ポンプ及び熱交換器外観図及び主要仕様

1. 常設ポンプの容量及び台数並びに水源の容量等の考え方

シビアアクシデントに対応して設置する**常設ポンプの容量と設定根拠**は以下のとおり。いずれの設備も**緊急時に原子炉及び使用済燃料プール等の冷却に必要な十分な量の水を供給できるポンプ容量**を備えており，更に，**予備や代替手段等を確保**している。

第1表 常設の冷却設備の容量，流量，台数，容量等の考え方

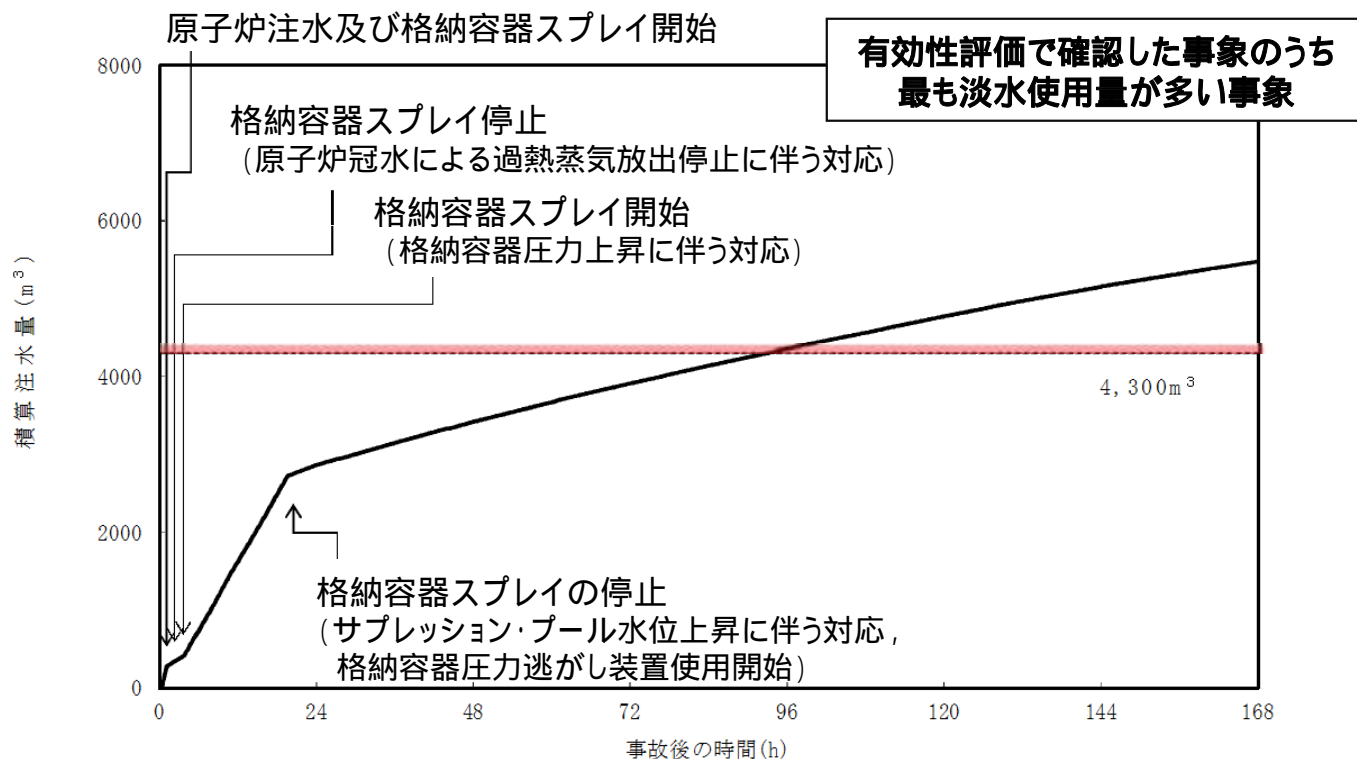
No.	設備名称	容量	台数,予備	設定根拠
1	常設高圧代替注水系ポンプ	約136.7m ³ /h/台	1台*	原子炉停止後15分後に注水を確立した場合に炉心損傷を防止できる流量を確保 *全交流動力電源喪失時の原子炉高圧時の注水手段としては，既存設備の原子炉隔離時冷却系(RCIC)もある。
2	常設低圧代替注水系ポンプ	約200m ³ /h/台 (約400m ³ /h/2台)	2台*	・重大事故等対策の有効性評価で，事象発生後初期の原子炉への注水流量を最大378m ³ /hとしている。ポンプ2台運転においてこれを上回る容量を確保 ・別紙に示す各注水ケースを容量が上回ることを確認 *本ポンプ故障時等のバックアップとして，可搬型のポンプを複数確保している。
3	代替循環冷却系ポンプ	約250m ³ /h/台	2台(2系統)	重大事故等対策の有効性評価で期待している流量
4	代替燃料プール冷却系ポンプ	約124m ³ /h/台	1台*	使用済燃料プール内に貯蔵する使用済燃料から発生する崩壊熱を冷却するのに必要な容量(124m ³ /h)を確保 *仮に本ポンプが故障し，既存設備の残留熱除去系等も使えない場合は，注水による冷却が可能である。
5	緊急用海水ポンプ	約844m ³ /h/台	1台 + 予備1台	格納容器ベントを行うことなく格納容器からの除熱が可能 な流量として834m ³ /hが必要となることから，これを上回る容量を確保

4. 常設及び可搬型の各冷却設備の容量, 流量や台数並びに水源の容量等の考え方

シビアアクシデントに対応して設置する**水源の容量と設定根拠**は以下のとおり。**緊急時に原子炉及び使用済燃料プール等の冷却に必要な十分な量の水を供給できる容量**を備えている。

第2表 水源の容量等の考え方

No.	設備名称	容量	台数, 予備	設定根拠
6	代替淡水貯槽	約5,000m ³	1基*	代替淡水貯槽への水の補給開始(事象発生後3日以内)までに必要な淡水量 4,300m³ を上回る容量 *7日間で約 5,490m³ を使用する。
7	西側淡水貯水設備	約5,000m ³	1基	代替淡水貯槽と同様の容量を確保



常設低圧代替注水系ポンプによる積算注水量

2. 可搬型のポンプの容量，台数等の考え方

シビアアクシデントに対応して設置 / 配備する **可搬型のポンプの容量と設定根拠**は以下のとおり。いずれの設備も **緊急時に原子炉及び使用済燃料プールに必要な十分な量の水を供給できる容量**を備えており，更に，**予備等を確保**している。(注水用設備は必要容量分を2セット，放水用設備は1セット)

事故後のプラント状態に応じて，**同一のポンプを用いて複数個所への同時注水を行う場合も想定**し，これらをすべて合わせた**必要容量を有するポンプを2セット確保**し，更に**故障及び設備点検時のバックアップとして予備のポンプも確保**している。 < 別紙参照 >

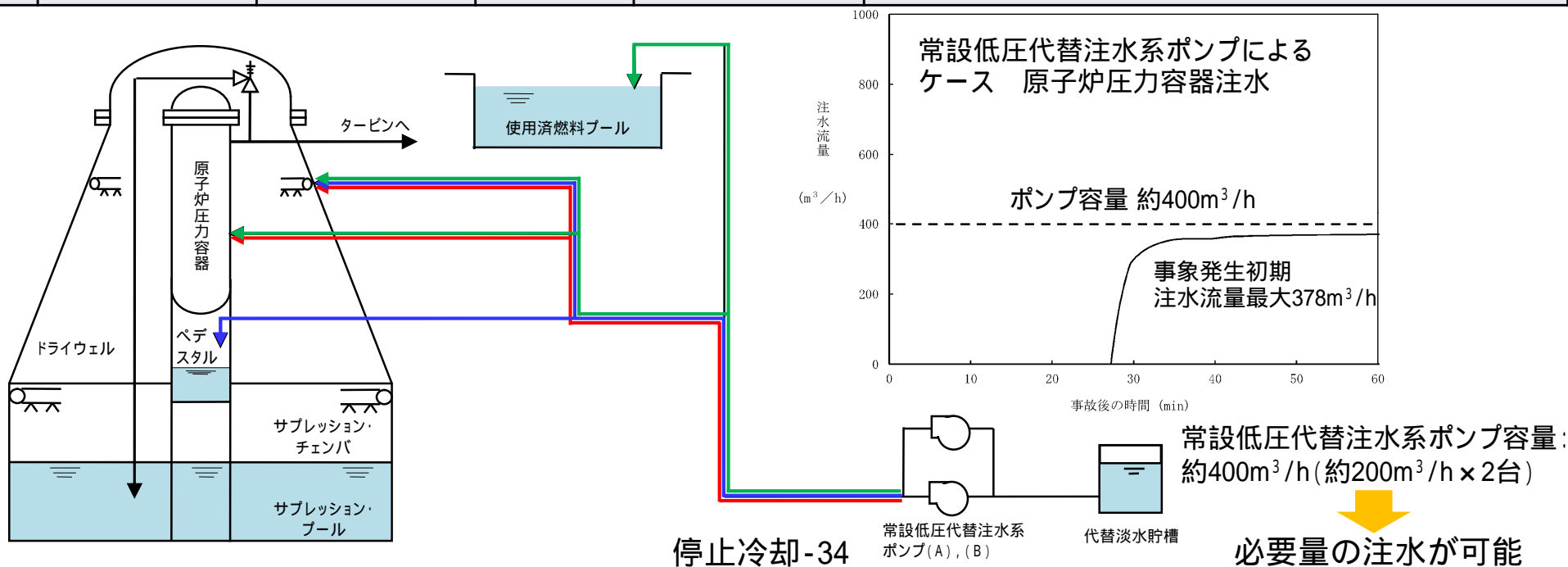
第3表 可搬型の冷却設備の容量，流量，台数等の考え方

No.	設備名称	容量	系統数,予備	設定根拠
8	可搬型代替注水 大型ポンプ(注水用)	約1,320m ³ /h/台	2台(1台×2セット) + 予備2台*	<ul style="list-style-type: none"> 最も注水量が多くなる，原子炉注水(50m³/h)，格納容器スプレイ(130m³/h)及び使用済燃料プールへの注水(16m³/h)を同時に実施可能な容量を確保 (合計196m³/h以上) 必要容量を有する設備を2セット，故障及び点検時のバックアップとして予備2台*
9	可搬型代替注水 中型ポンプ	約210m ³ /h/台 (2台のポンプを 直列接続)	4台(2台×2セット) + 予備1台	<ul style="list-style-type: none"> 最も注水量が多くなる，原子炉注水(50m³/h)，格納容器スプレイ(130m³/h)及び使用済燃料プールへの注水(16m³/h)を同時に実施可能な容量を確保 (合計196m³/h以上) 必要容量を有する設備を2セット，故障及び点検時のバックアップとして予備1台
10	可搬型代替注水 大型ポンプ(放水用)	約1,380m ³ /h/台	1台 + 予備1台*	原子炉建屋原子炉棟の屋上へ網羅的に放水するために必要となる容量を確保 (1,338m³/h以上)

*注水用も放水用も大型ポンプの型式は同じであり，予備を共用している。(予備は注水用と放水用で合わせて2台)

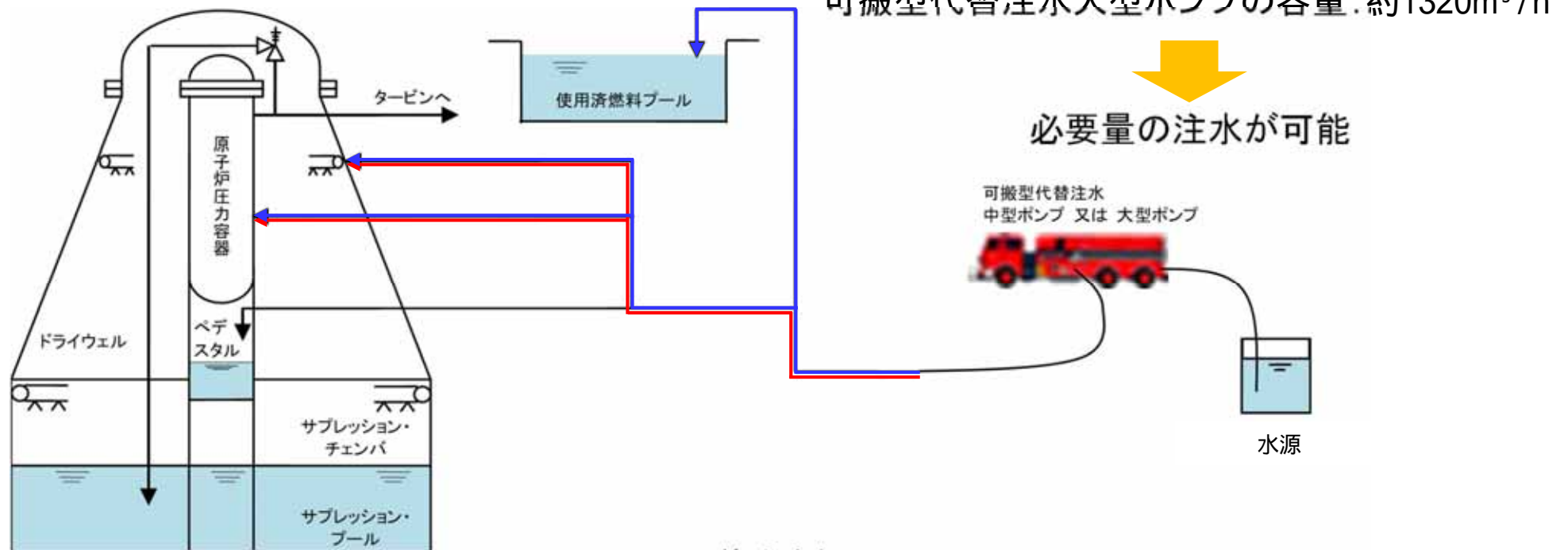
有効性評価における常設低圧代替注水系ポンプを用いた注水ケース

ケース	原子炉 圧力容器	原子炉 格納容器	ペデス タル	使用済 燃料プール	備考
	378m ³ /h	-	-	-	事象発生初期の注水段階の流量(最大378m ³ /h)
	230m ³ /h	130m ³ /h	-	-	原子炉水位の回復, 格納容器スプレイによる圧力・温度抑制(合計360m ³ /h)
	-	300m ³ /h	80m ³ /h	-	原子炉圧力容器破損後の格納容器スプレイ, ペデスタルの溶融炉心冷却(合計380m ³ /h)
	50m ³ /h	130m ³ /h	-	114m ³ /h	原子炉水位回復後の水位維持, 格納容器スプレイによる圧力・温度抑制, 使用済燃料プールへの注水(合計294m ³ /h)



有効性評価における可搬型代替注水中型ポンプ又は大型ポンプを用いた同時注水ケース

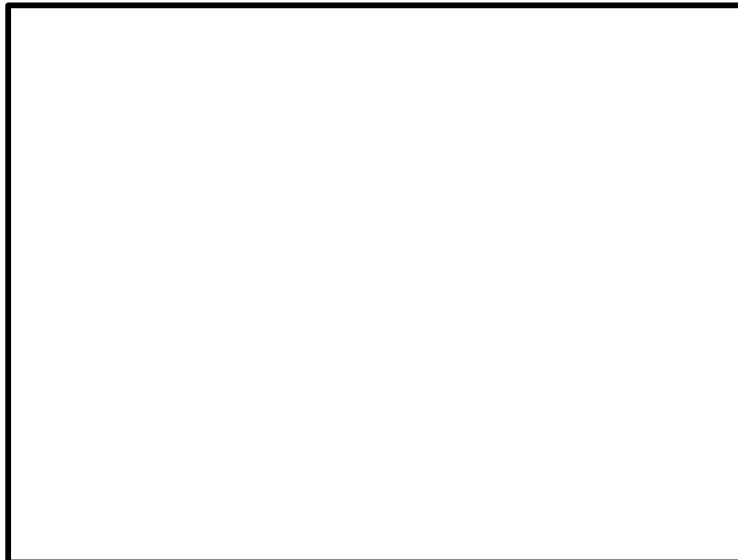
ケース	原子炉 圧力容器	原子炉 格納容器	ペDESTAL	使用済 燃料プール	備考
	50m ³ /h	130m ³ /h	-	-	原子炉水位回復後の水位維持, 格納容器スプレイによる圧力・温度抑制 (合計180m ³ /h)
	50m ³ /h	130m ³ /h	-	16m ³ /h	原子炉水位回復後の水位維持, 格納容器スプレイによる圧力・温度抑制, 使用済燃料プールへの注水 (合計196m ³ /h)



<別紙2> 接続口の位置と可搬型設備により供給できる手段



接続口		可搬型設備により供給できる手段											
		注 水				冷 却		電 源		窒 素			
設置高さ	設置場所	低圧代替注水	代替格納容器スプレイ冷却	代替燃料プール注水系	格納容器下部注水系	格納容器頂部注水	代替燃料プール冷却系(海水系)	代替残留熱除去系海水系	可搬型代替低圧電源車	可搬型整流器	格納容器窒素ガス供給系(D/W)	格納容器窒素ガス供給系(S/C)	格納容器窒素ガス供給系(FCVS)
11m盤	高所東側接続口						-	-	-	-	-	-	-
	高所西側接続口						-	-	-	-	-	-	-
8m盤	原子炉建屋東側接続口												-
	原子炉建屋西側接続口												
可搬型設備		可搬型代替注水中型ポンプ 可搬型代替注水大型ポンプ				可搬型代替注水大型ポンプ		可搬型代替低圧電源車・可搬型整流器		可搬型窒素供給装置			



接続口の位置と可搬型設備等の移動経路図

【高所接続口(11m盤)の設置】

全交流電源喪失時の事象進展緩和のためには、可搬型設備を活用した速やかな原子炉注水や、格納容器冷却及び使用済燃料プールへの注水等が必要。

高所接続口を活用することで、可搬型設備による迅速な注水対応が可能。

高所接続口は敷地遡上津波の浸水範囲外にあり、津波襲来中でも可搬型設備の移動及び接続に支障はない。

【原子炉建屋接続口(8m盤)の設置】

原子炉建屋側の接続口は、上記の注水手段等に加えて、冷却用海水送水、電源供給及び窒素ガス供給手段を設置。これらは事象発生後、比較的時間余裕がある対応として必要となるもの。

敷地遡上津波時等に使用する場合、敷地浸水が排水後、ホイールローダにより障害物を除去し、接続口にアクセスする。(高所接続口を優先的に使用するため事故対応上支障はない)

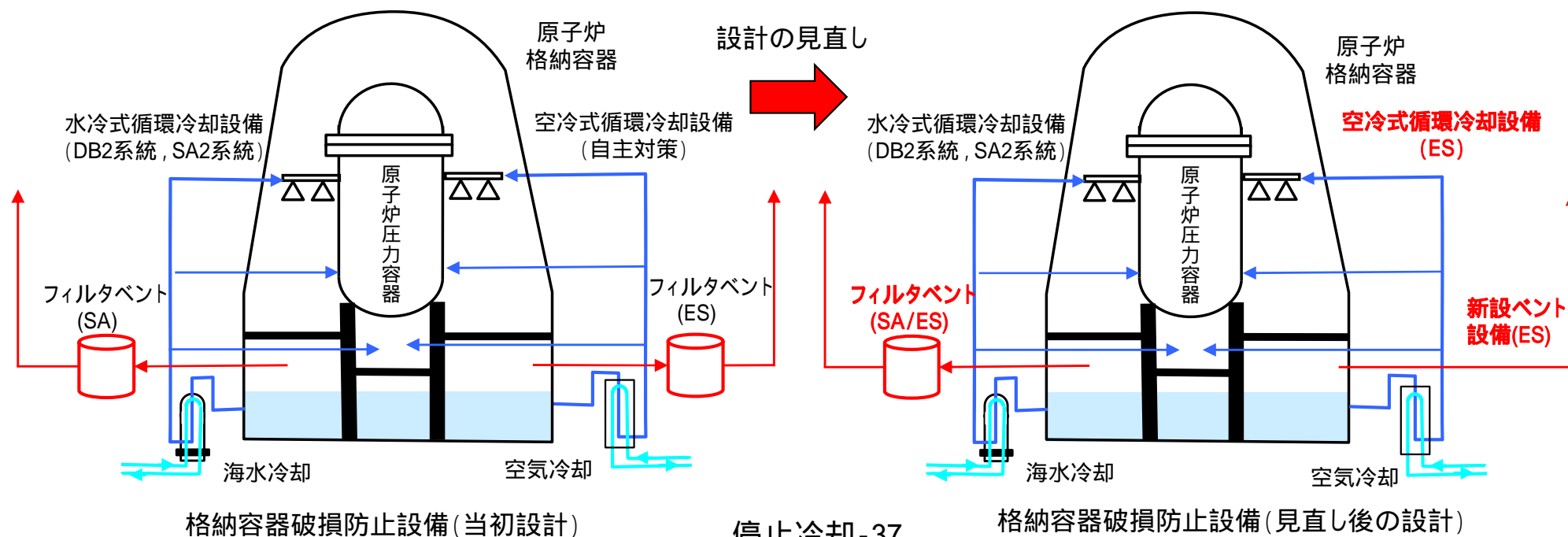
5. 特定重大事故等対処施設を踏まえた系統変更について

東海第二発電所においては、原子炉格納容器を守るための設備として、従来より循環冷却設備を設けている。これは、格納容器下部に貯められている水を原子炉圧力容器や格納容器上部へ流すことで事故時に燃料から発する熱を冷却することで、圧力上昇を抑制する設備であり、除去した熱は熱交換器を経て海へ逃がす設計である。

○東海第二発電所では、重大事故によるSA事象時に使用する水冷式循環冷却設備とフィルタベントに加え、ES事象*時に使用するフィルタベントを設置する計画としていたが、国の審査を経て、熱を大気へ逃がす空冷式循環冷却設備を自主対策設備からES設備へ格上げし、併せてフィルタベントとは位置的分散を図ったES用新設ベント設備を新設することとした。

○以上の設備を追加し、格納容器を守る機能を強化したことより、従来のフィルタベントをSA/ESで兼用化することとした。兼用は東海第二発電所独特の設計となるが、同じ設備を2個設置するよりも、同じ機能を持つ別のシステムを設置することで、共通要因による故障を回避できるよう、多様性を持たせた方が有利と判断したためである。

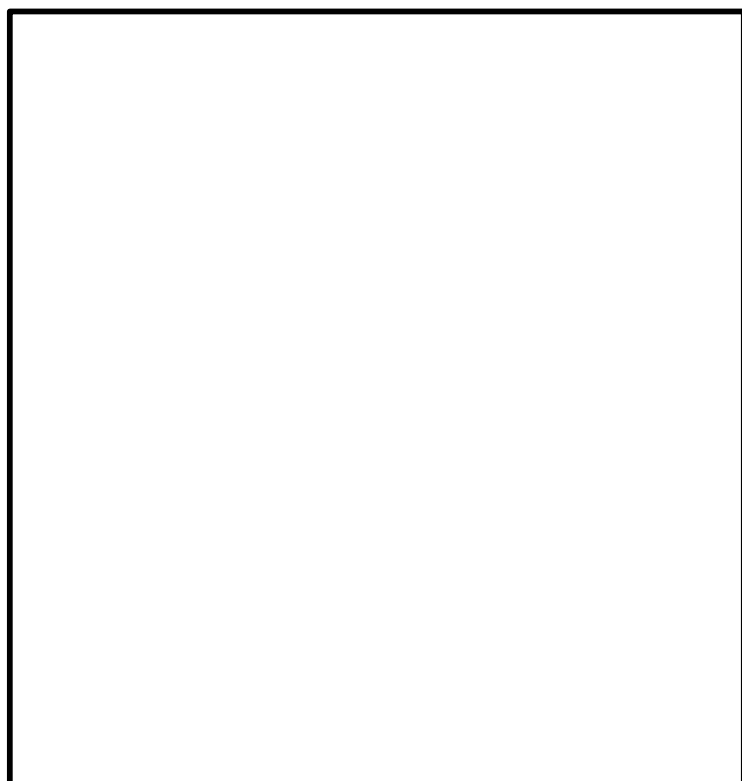
*ES事象：大型航空機の衝突等、特定重大事故等対処施設で対処すべき事象



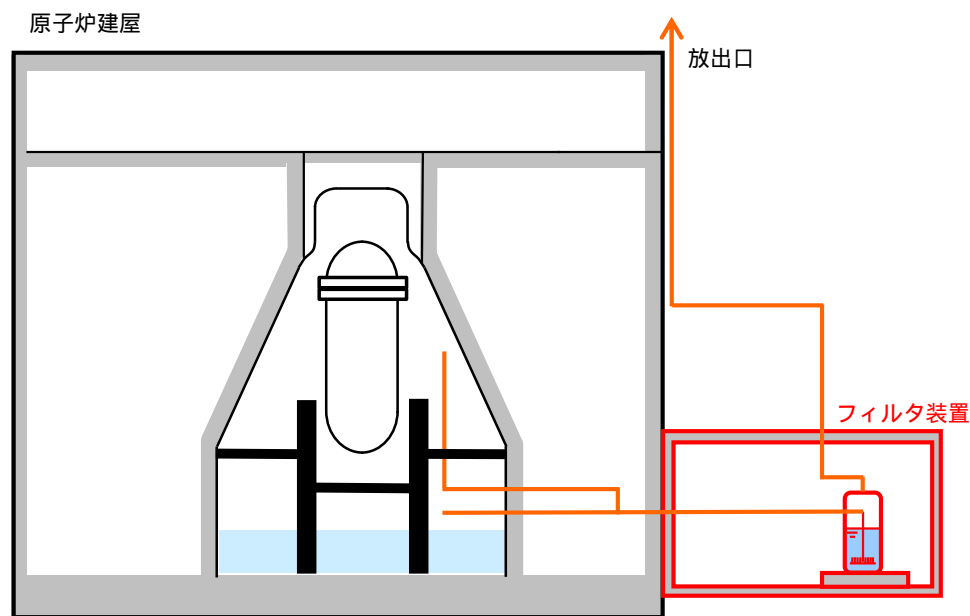
東海第二発電所では、万一原子炉が破損した場合においても、原子炉格納容器を守ることによって周辺環境への影響を最小化し、長期的な住民避難を伴う事故を防ぐために「格納容器圧力逃がし装置(フィルタ装置)」を用いたフィルタベントを設けることとしている。

○フィルタベントは、原子炉格納容器内から放射性物質を含む蒸気を配管で導いて内部に通気することで、エアロゾル状の放射性物質やよう素の多くを装置で除去した上で、蒸気を大気に放出することで、原子炉格納容器の破損を防止するものである。

フィルタベントは、原子炉格納容器で発生した水蒸気の圧力のみで使用できるため、電源が不要であり、ポンプのような可動部もなく、信頼性が極めて高いことが特徴である。



フィルタ装置概要



東海第二発電所 フィルタベント系統図

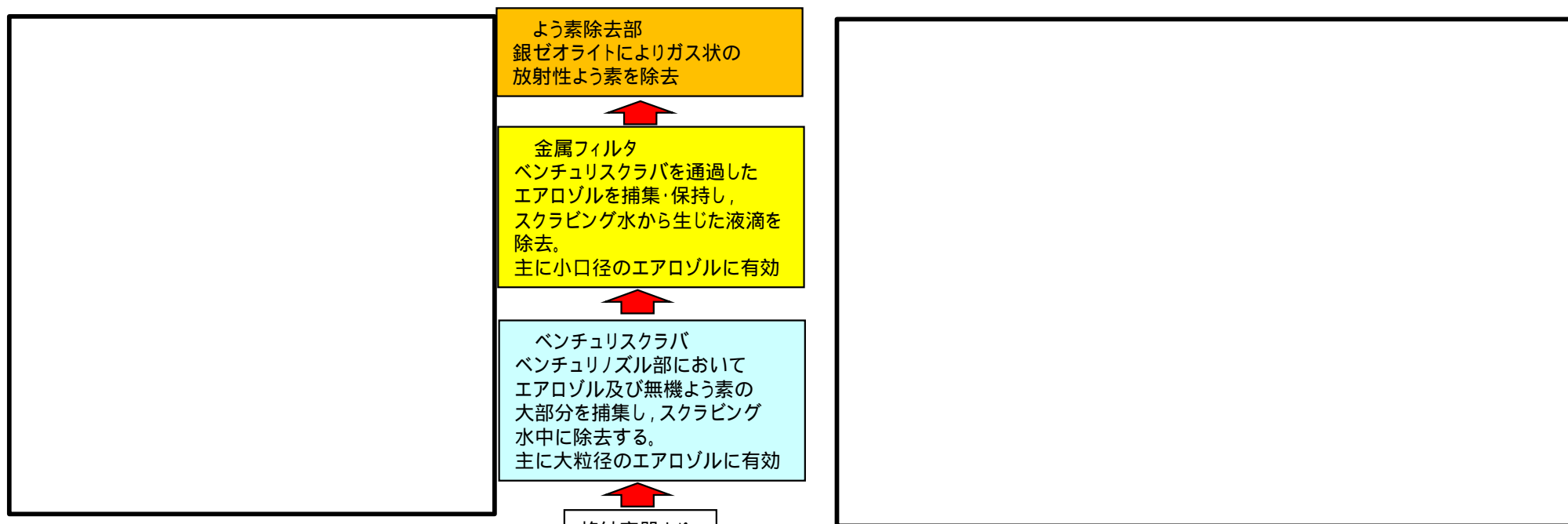
フィルタ装置は、ベンチュリスクラバ、金属フィルタ、よう素除去部の3つのセクションで構成されており、**大気へ放出されるセシウム137の量を1/1000に減少させることができる。**

- ベンチュリスクラバ : 薬液にてエアロゾル(ほこり状の放射性物質)やよう素を除去する
- 金属フィルタ : で除去しきれなかったエアロゾルをフィルタで除去する
- よう素除去部 : で除去しきれなかったよう素を銀ゼオライトに吸着させる

フィルタ装置の除染性能については、ドイツのカールシュタインにある試験施設(JAVA)にて、電力会社・ドイツ原子力安全委員会・その他第三者機関立会いの下、性能試験を行っている。

東海第二発電所で採用するフィルタ装置は、上記の試験結果に基づき設計したものを採用する。

なお、フィルタベントは、ドイツ・フランス・フィンランドなど諸外国においても採用されている。



フィルタ装置で放射性物質を吸着する仕組み

JAVA試験におけるフィルタ装置の除染性能の例
(金属フィルタ部)

フィルタ装置自体に動力は不要であるが、フィルタ装置へ水蒸気を導くための弁を開ける必要がある。そのため、系統中の弁は外部電源や非常用発電機が使用できない場合においても発電が可能であるSA用電源装置及びES用電源装置からの給電で動作する**電動弁を採用し**、万一弁が動作しなかった場合のために**バイパス弁を設置し、多重化する**。加えて、電動での操作が出来ない場合においても遮蔽を通して人力で弁を開けられるよう、**遠隔人力操作機構も設置する**。また、**取出口は2箇所設置する**。

フィルタベントは既設の不活性ガス系との接続があるが、**仕切り弁は多重化されており、ベント前に隔離確認をする手順を設ける**。また、**非常用ガス処理系・耐圧強化ベント系とは独立した系統としている**。

○フィルタベント使用中は、フィルタ装置の薬液が蒸発し、水位が減少する。このため、ベントから**7日間は補給が不要となる水量を確保し**、その後は薬液を補充することができる**補給水ラインを設ける**。

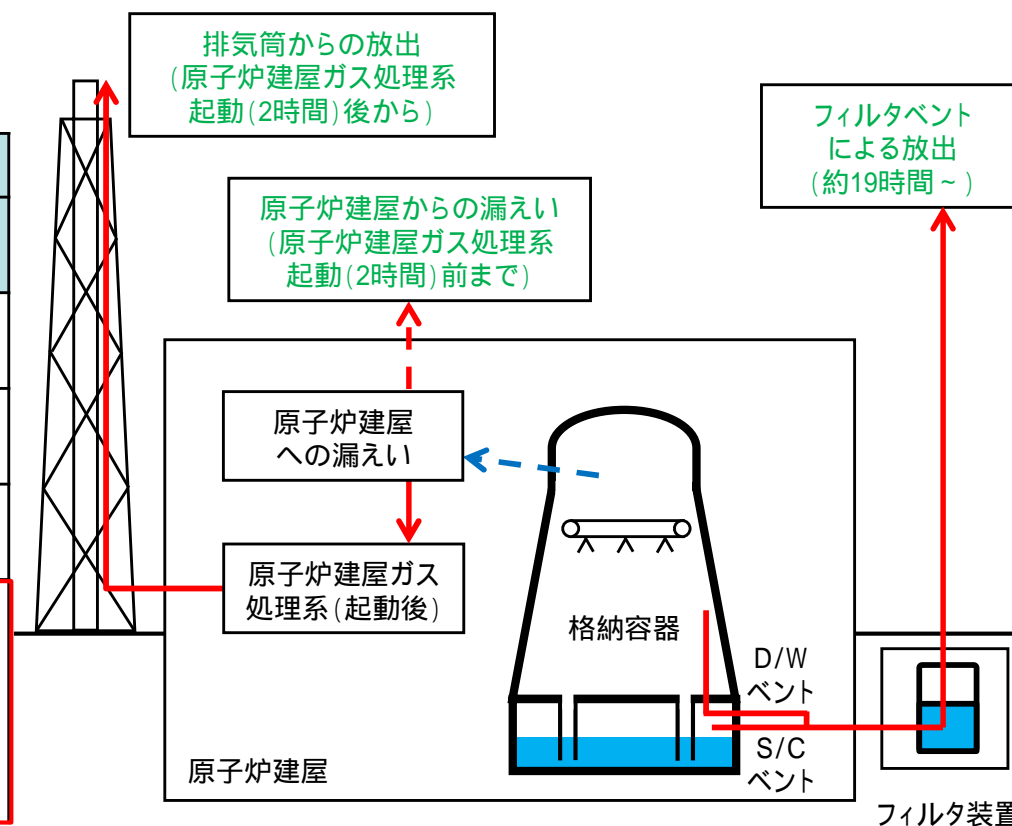
○ES兼用化により、これらの配管・弁においては、基準地震動が発生した場合においても、より裕度を持って耐えられる。

重大事故等が発生した場合においても、Cs-137の総放出量は**100TBq以下**に抑えることが新規規制基準にて要求されているため、フィルタベントを行った場合の環境への放出量を評価している。

大気への放出経路としては、「原子炉建屋からの漏えい(事象発生2時間後からは原子炉建屋ガス処理系を通した排気筒からの放出)」「フィルタベントによる放出」があり、**事象発生から100日後においても総放出量は100TBqを十分下回ることを確認している。**

フィルタベント時のCs-137評価結果

	評価結果		
	事象発生 7日間	事象発生 30日間	事象発生 100日間
建屋漏えい	約14.3TBq	約14.4TBq	約15.5TBq
フィルタベント 放出量(S/C)	約0.00012TBq	約0.00013TBq	約0.00015TBq
フィルタベント 放出量(D/W)	約0.73TBq	約0.94TBq	約0.98TBq
環境への 総放出量 (建屋漏えい + フィルタベント 放出量)	約16TBq (約15TBq)	約16TBq (約15TBq)	約17TBq (約16TBq)



()はフィルタベント放出量(S/C)時の値を示す

フィルタベントの放出経路は、従来から設置されている耐圧強化ベント系とは異なり、**排気筒(スタック)からの放出ではなく、独立した排気口を新たに設ける。**

- ・重大事故によるSA事象時に使用する排気口: 原子炉建屋屋上付近に設置
- ・ES事象時に使用する排気口: 大型航空機の衝突その他のテロリズムへの耐性を有する場所に設置

○フィルタベントの放出経路には、大気へ放出する放射性物質濃度を監視するため、排気中の放射性物質からの線強度を測定する**放射線モニタが設けられている**。この放射線モニタの指示値上昇を確認することで、フィルタベントが成功した事が確認できる。



放射線モニタは格納容器内にも設置されており、線量率を監視しているが、核種の特定まではできないため、通常運転中は定期的にサンプリングすることで核種の分析を行い、燃料破損等の事故の予兆を確認する。

事故時にフィルタベントにて大気に放出される核種は、フィルタ装置で除去しきれない希ガス及びよう素となる。これらの線量率を評価した結果、希ガスの量が支配的であるため、ベント時に放出される主な希ガスの核種としてKr,Xeを想定する。

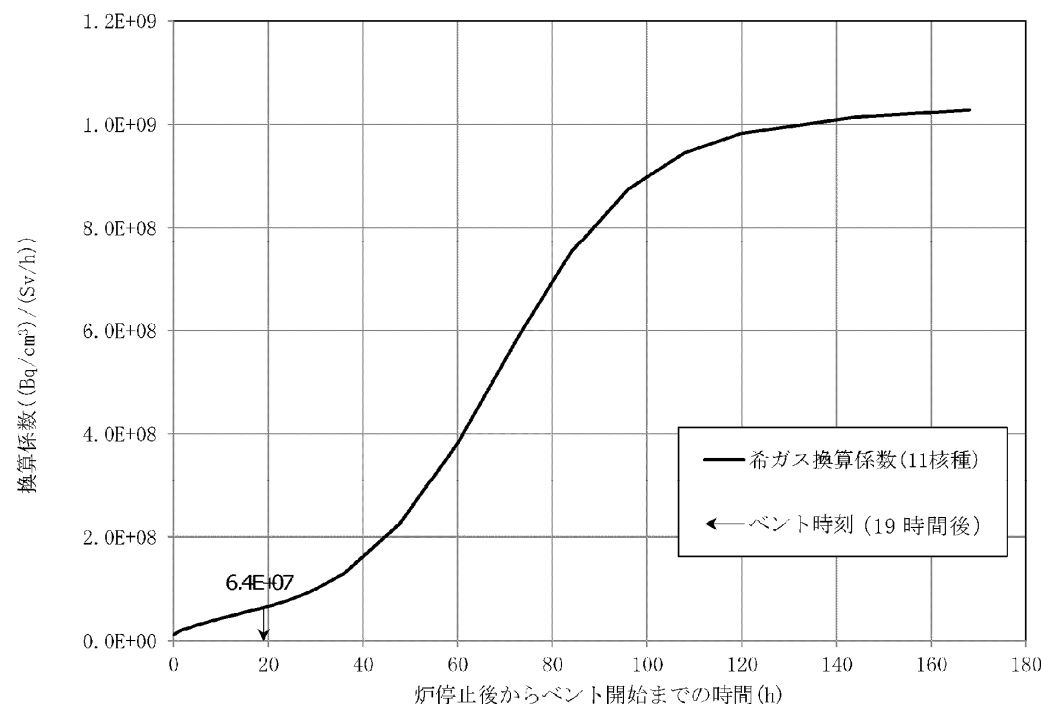
○フィルタベントの排出経路に設ける放射線モニタで測定された線量率(Sv/h)は、換算係数を用いることで放出放射エネルギー(Bq)を求めることができる。換算係数は、解析で求めた希ガス総量や、時間経過による核種の減衰量などで決まるため、あらかじめグラフを準備しておくことで、放射線モニタの線量率から放出される放射エネルギーを把握することができる。

ベントガスに含まれる核種

評価対象核種	希ガス類: Kr-83m, Kr-85m, Kr-85, Kr-87, Kr-88, Xe-131m, Xe-133m, Xe-133, Xe-135m, Xe-135, Xe-138 よう素: I-131, I-132, I-133, I-134, I-135
--------	--

ベントガスに含まれる希ガスとよう素の割合

ベント開始時間	希ガス線量率 (Sv/h)	よう素線量率 (Sv/h)	/
事象発生から19時間後	1.5×10^1	1.5×10^{-1}	1.0×10^2



換算係数グラフ

6. 格納容器ベント操作の実施判断基準及び判断フロー



- 格納容器圧力逃がし装置によるベント操作は、実施判断基準に到達した場合に実施する。
- ベント実施判断基準の到達までに確実にベント準備操作が完了する基準として、炉心損傷¹の有無に関わらず、**サプレッション・プール通常水位 + 5.0 m到達²**により**ベント準備操作**を開始する。

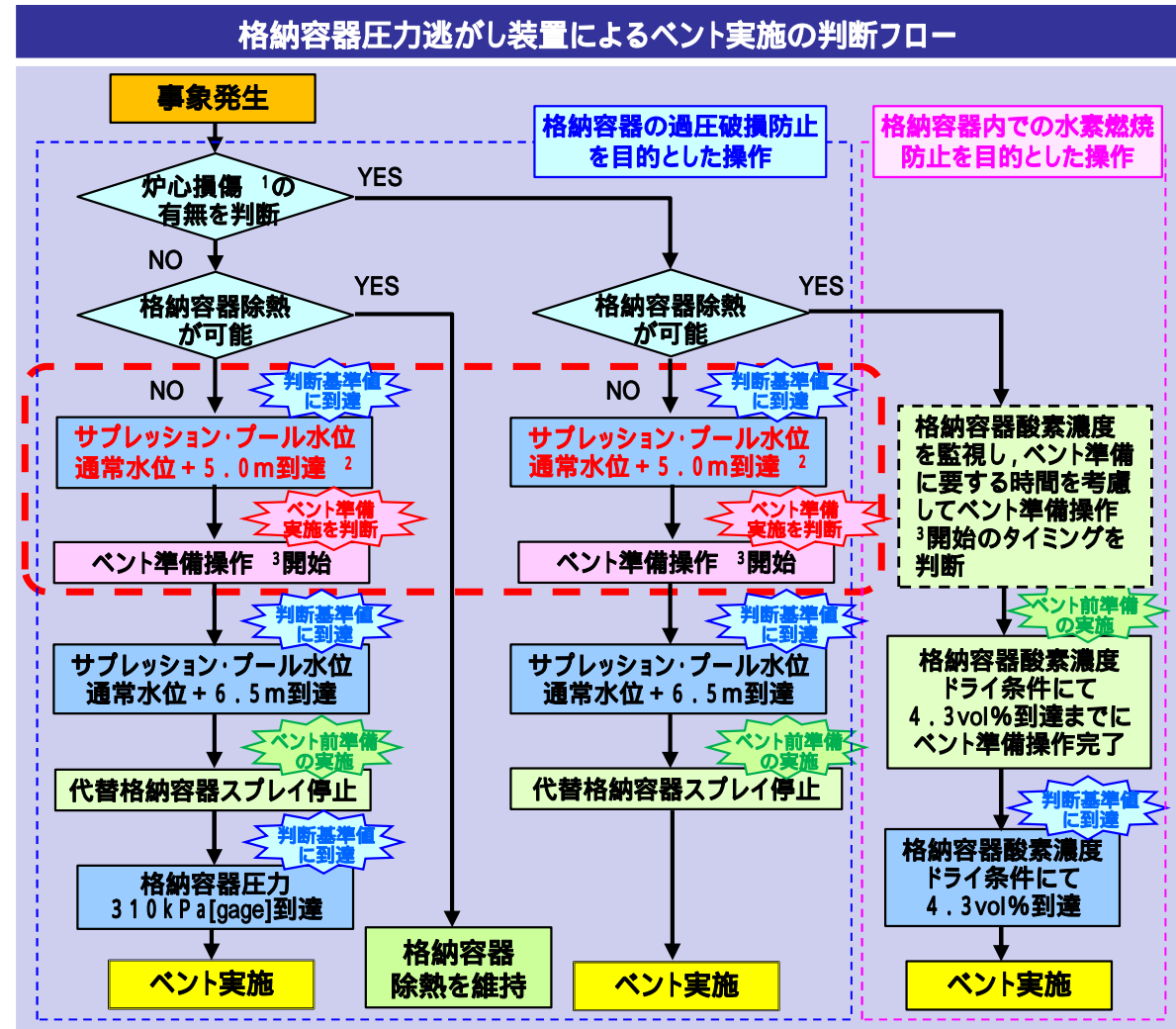
ベント実施判断基準		
炉心の状態	目的	実施判断基準
炉心損傷 ¹ なし	過圧破損防止	格納容器圧力310 kPa[gage] (最高使用圧力)到達
炉心損傷 ¹ を判断した場合		サプレッション・プール通常水位 + 6.5 m到達
	水素燃焼防止	格納容器酸素濃度がドライ条件にて4.3 vol%到達

1 【炉心損傷の判断】

格納容器雰囲気放射線モニタでドライウェル又はサプレッション・チェンバ内のガンマ線線量率が、設計基準事故相当のガンマ線線量率の10倍以上となった場合、又は格納容器雰囲気放射線モニタが使用できない場合に原子炉圧力容器温度で300以上を確認した場合。

2 格納容器ベント取り出し口(ベントライン下端:サプレッション・プール通常水位 + 8.143 m)の水没防止のため、外部水源制限水位として定めたサプレッション・プール通常水位 + 6.5 m到達までの余裕を考慮し、サプレッション・プール通常水位 + 5.0 mでベント準備操作を開始する。

3 ベント実施時の排出経路を構成するため、ベント準備操作としてFV装置入口第一弁を「開」する。
FV装置入口第一弁は、中央制御室から遠隔操作で「開」操作を行うが、遠隔操作が不可の場合は原子炉建屋内で手動で「開」操作を行うことから、現場での手動操作時間(130分)を考慮し、操作を開始する。

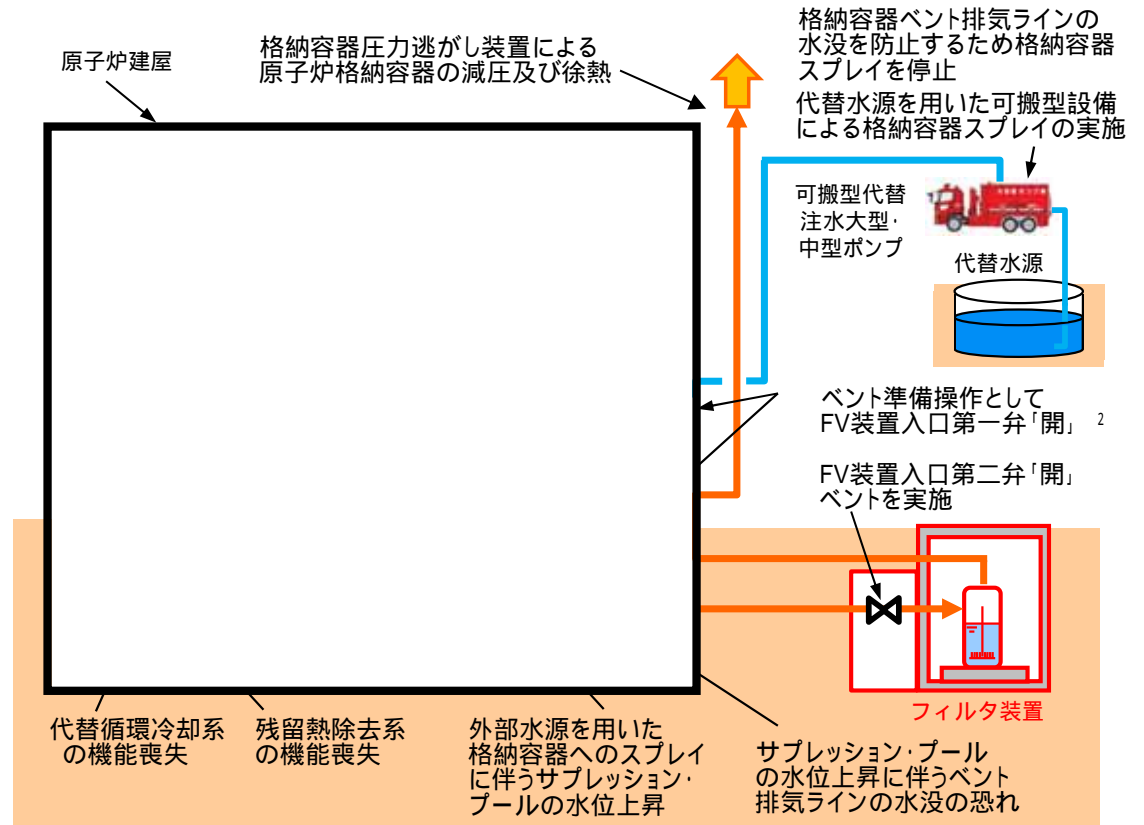
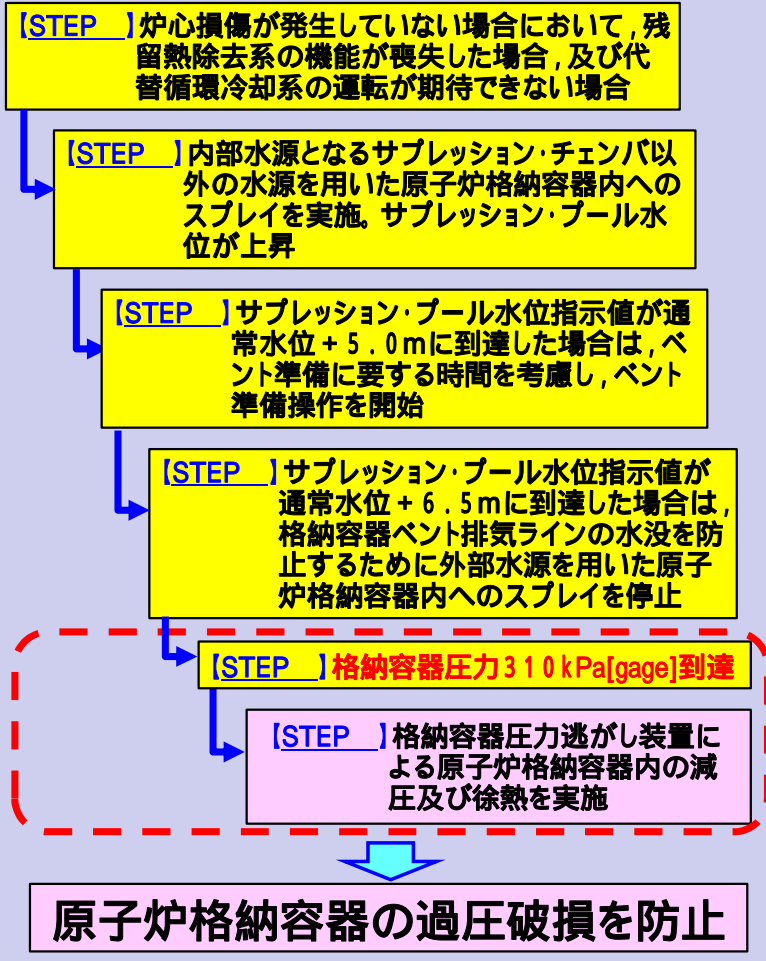


【炉心損傷していない場合】過圧破損防止のためベント操作手順

➤ 格納容器除熱ができない場合, 原子炉格納容器内の圧力及び温度が上昇し, 原子炉格納容器の過圧破損に至るおそれがある。このため, **格納容器圧力310 kPa[gage]¹に到達した時点で格納容器ベントを実施**する。

¹ 格納容器最高使用圧力310 kPa[gage]: 格納容器限界圧力(620 kPa[gage])までの余裕を考慮し, 格納容器ベントを実施する。

格納容器圧力逃がし装置によるベントを実施するまでの流れ



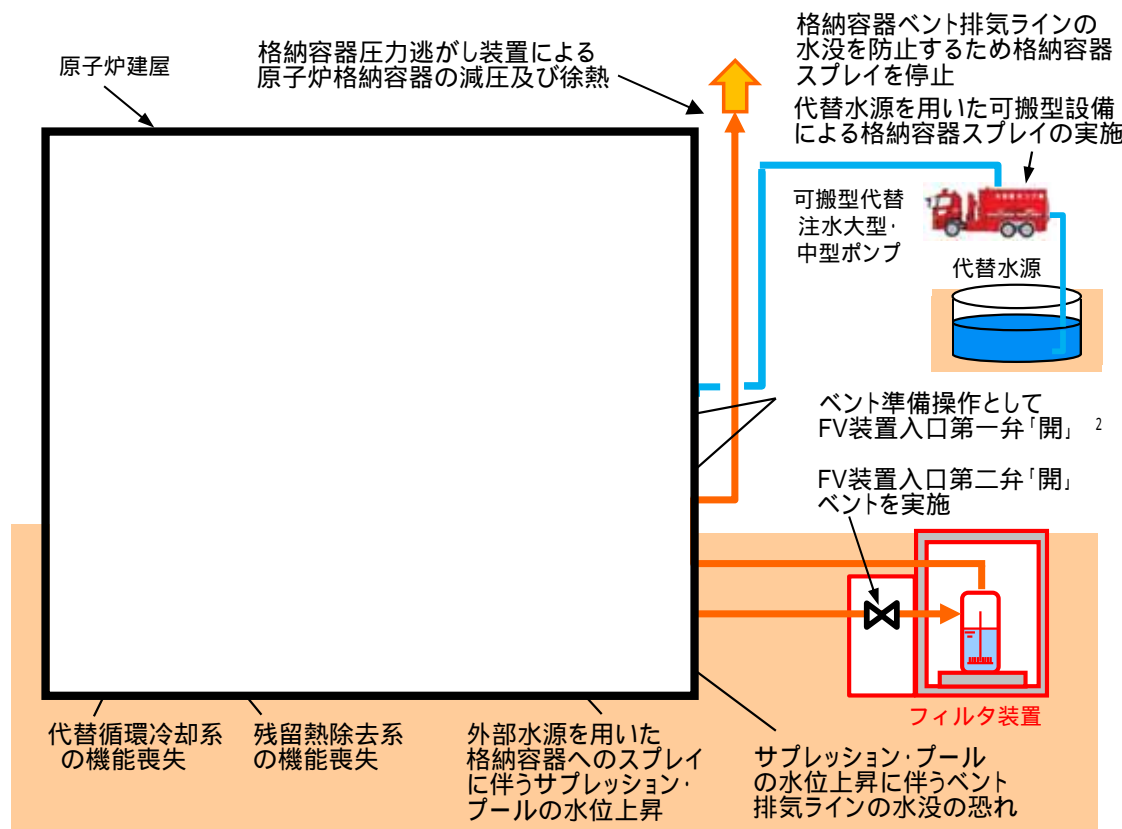
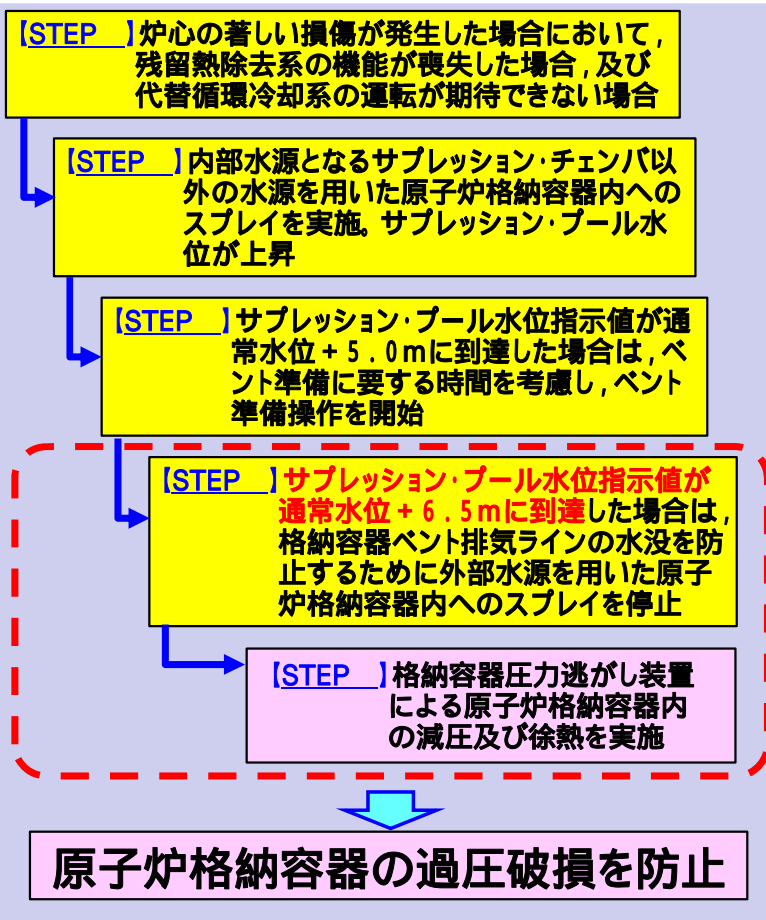
² 放出系統として, サプレッション・チェンバからとドライウェルから放出する系統と2通りがあるが, サプレッション・プールにおけるスクラビング効果(エアロゾル等の低減効果)が期待できるサプレッション・チェンバからのベントを優先して使用

【炉心損傷している場合 & 格納容器除熱ができない場合】過圧破損防止のためのベント操作手順

➤ 炉心の著しい損傷が発生した場合において、格納容器除熱ができない場合、原子炉格納容器の過圧破損に至るおそれがある。このため、**サプレッション・プール水位指示値が通常水位 + 6.5 m¹ に到達した時点で格納容器ベントを実施**する。

1 炉心損傷後の外部水源によるスプレイ時、格納容器圧力は最高使用圧力を上回る範囲で維持される。スプレイ停止後は、格納容器限界圧力までの余裕を考慮して速やかにベントを実施する。

格納容器圧力逃がし装置によるベントを実施するまでの流れ



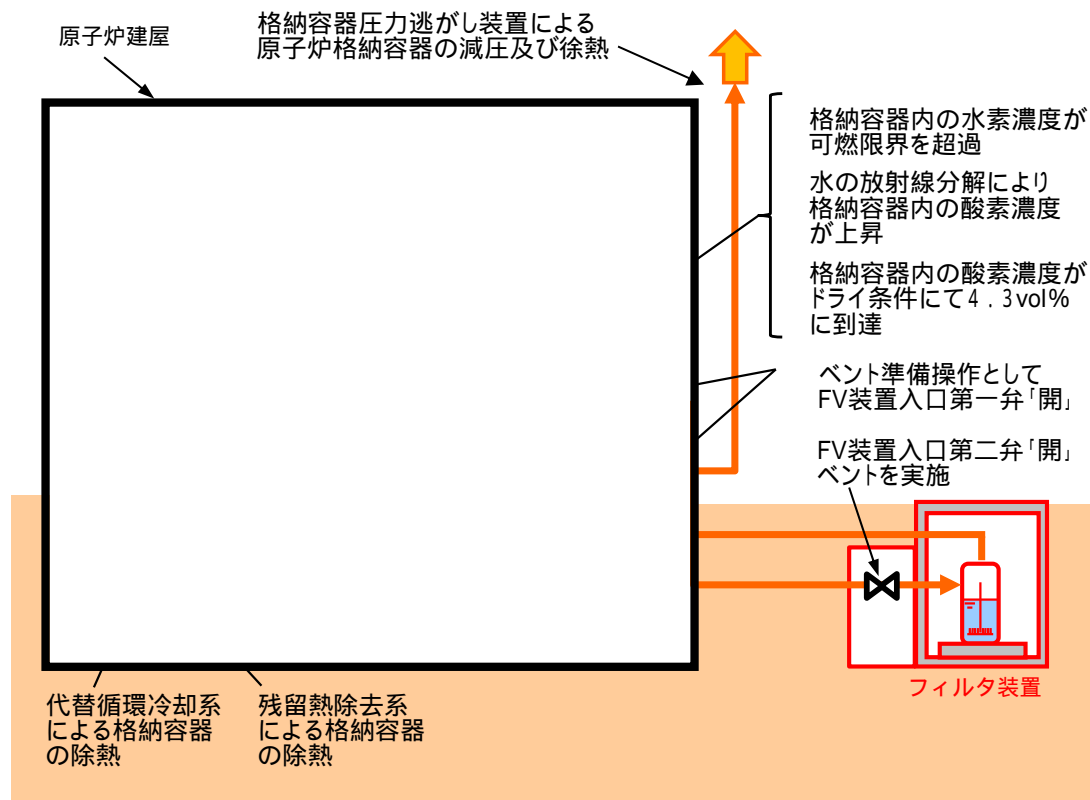
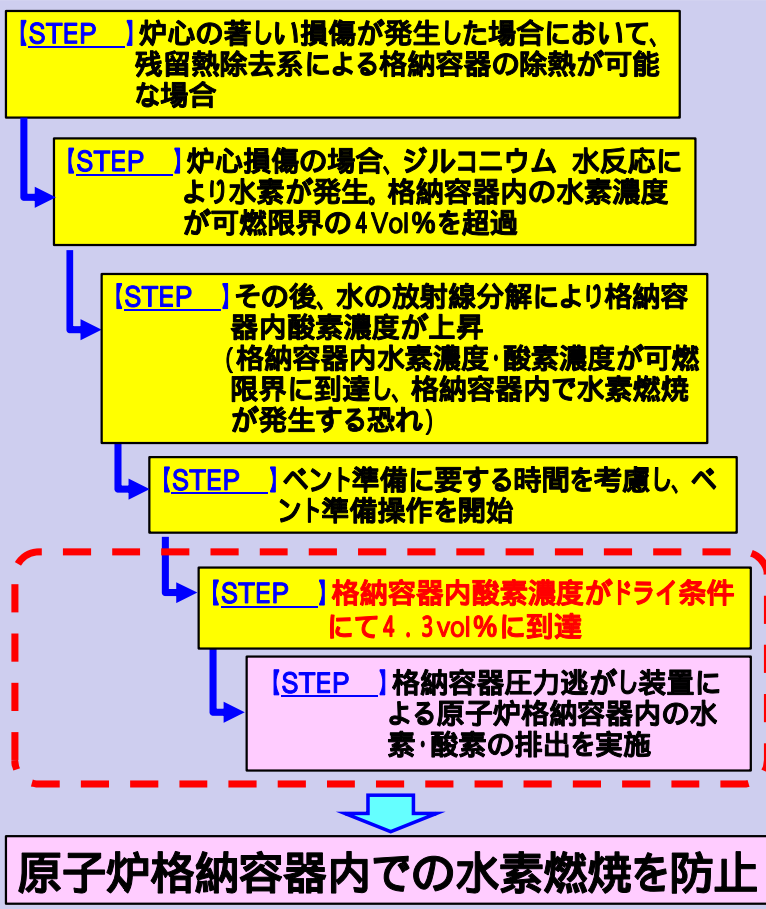
2 放出系統として、サプレッション・チェンバからとドライウェルから放出する系統と2通りがあるが、サプレッション・プールにおけるスクラビング効果(エアロゾル等の低減効果)が期待できるサプレッション・チェンバからのベントを優先して使用

【炉心損傷している場合 & 格納容器除熱ができる場合】水素燃焼防止のためのベント操作手順

➤ 炉心の著しい損傷が発生した場合において、格納容器除熱が可能な場合、格納容器圧力の上昇は抑制されるが、ジルコニウム-水反応により発生した水素及び水の放射線分解により発生した酸素により、格納容器内で水素燃焼が発生する恐れがある。このため、**格納容器内酸素濃度が4.3vol%¹に到達した時点で格納容器ベントを実施**する。

1 4.3 vol% (ドライ条件) : 水素燃焼が生じる酸素濃度の可燃限界 (5 vol% 以上) に対し、格納容器内酸素濃度計の測定誤差と余裕を考慮して設定

格納容器圧力逃がし装置によるベントを実施するまでの流れ



2 放出系統として、サプレッション・チェンバからとドライウェルから放出する系統と2通りあるが、サプレッション・プールにおけるスクラビング効果(エアロゾル等の低減効果)が期待できるサプレッション・チェンバからのベントを優先して使用

○重大事故等対処設備(以下「SA設備」という。)の区分

➤SA設備の材料及び構造等の区分

・実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(以下「技術基準規則」という。)の解釈では、規定に適合する**材料及び構造は、JSMEの規定・要件による**こととしている。 <表1参照>

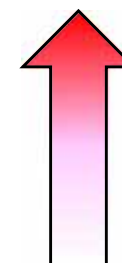
注)施設時にJSMEが適用されていない設備については、施設時に適用された規格(「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和55年通商産業省告示第501号)」等)による。

日本機械学会の『発電用原子力設備規格 設計・建設規格JSME S NC1-2005等』

表1. 材料及び構造による重大事故等クラスの区分 <DB設備の区分は別紙1参照>

材料及び構造によるSA設備クラス	技術基準規則によるSA設備クラス区分の定義	設計条件等	JSMEクラス
重大事故等クラス1	重大事故等対処設備のうち 特定重大事故等対処施設 に属する容器、管、ポンプ又は弁	特重時の環境条件(大型航空機の衝突その他テロリズム等含む)及び一定程度の裕度を確保	クラス2 (クラス1)
重大事故等クラス2	重大事故等対処設備のうち 常設のもの に属する容器、管、ポンプ又は弁(特定重大事故等対処施設を除く)	SA事象時の環境条件(温度、放射線、荷重)	
重大事故等クラス3	可搬型重大事故等対処設備 に属する容器、管、ポンプ又は弁	SA事象時の環境条件にて、JSMEによる評価または完成品においては一般産業品の規格及び基準が妥当と確認されたもので評価	クラス3

強度要求及び設計条件大



・SA設備は、材料及び構造による既設時からの区分の**クラスアップ¹**、**条件アップ²**及び**耐震重要度分類Sクラス³**としての評価により、SA時においても、**必要な機能が損なわれるおそれがないよう設計を行っている。**

1 既設時の区分が同じまたは上位は除く

2 SA事象時の条件が設計基準事故時の条件に包絡されていない場合

3 全体的な変形を弾性域に抑え、延性破断や座屈を生じない設計 <耐震上の区分は別紙2参照>

・保安規定にて保全プログラム(保全計画)を策定し**保全及び有効性評価等を行う**こととしている。

<保全計画の詳細は別紙3参照>

○技術基準規則の解釈における**DB設備**の機器クラスとJSMEにおける**機器クラス**の比較

材料及び構造区分	技術基準 第二条 DB設備のクラス区分定義	JSMEにおける定義
クラス1	・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する容器, 管, ポンプ又は弁をいう。	・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器をいう。
クラス2	<p>・イ 設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される環境条件において、発電用原子炉を安全に停止するため又は発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な設備であって、その損壊又は故障その他の異常により公衆に放射線障害を及ぼすおそれを間接に生じさせるものに属する機器(放射線管理施設又は原子炉格納施設(非常用ガス処理設備に限る。)に属するダクトにあっては、原子炉格納容器の貫通部から外側隔離弁までの部分に限る。)</p> <p>・ロ 蒸気タービンを駆動させることを主たる目的とする流体(蒸気及び給水をいう。)が循環する回路に係る設備に属する機器であって、クラス1機器(クラス1容器, クラス1管, クラス1ポンプ又はクラス1弁をいう。以下同じ。)の下流側に位置する蒸気系統のうちクラス1機器からこれに最も近い止め弁までのもの及びクラス1機器の上流側に位置する給水系統のうちクラス1機器からこれに最も近い止め弁までのもの</p> <p>・ハイ及びロに掲げる機器以外の機器であって、原子炉格納容器の貫通部から内側隔離弁又は外側隔離弁までのもの</p>	<p>・a) 原子炉を安全に停止するために必要な設備または非常時に安全を確保するために必要な設備であって、その故障, 損壊等により公衆に放射線障害を及ぼすおそれを間接に生じさせるものに属する機器(放射線管理設備に属するダクトにあっては原子炉格納容器の貫通部から外側隔離弁までの部分に限る)</p> <p>・b) タービンを駆動させることを主たる目的とする流体が循環する回路に係る設備に属する機器であって、クラス1機器からこれに最も近い止め弁までのもの</p> <p>・c) a)およびb)に掲げる機器以外の機器であって原子炉格納容器の貫通部から内側隔離弁または外側隔離弁までのもの</p>
クラス3	<p>・それぞれクラス1機器, クラス2機器(クラス2容器, クラス2管, クラス2ポンプ又はクラス2弁をいう。以下同じ。), 原子炉格納容器及び放射線管理施設若しくは原子炉格納施設(非常用ガス処理設備に限る。)に属するダクト以外の設計基準対象施設に属する容器又は管(内包する流体の放射性物質の濃度が三十七ミリベクレル毎立方センチメートル(流体が液体の場合にあっては、三十七キロベクレル毎立方センチメートル)以上の管又は最高使用圧力が零メガパスカルを超える管に限る。)をいう。</p>	<p>・a) クラス1機器, クラスMC容器, クラス2機器および放射線管理設備に属するダクト以外の容器および管(内包する流体の放射性物質の濃度37 mBq/cm³(流体が液体の場合にあっては、37 kBq/cm³)以上の管または最高使用圧力0 MPaを超える管に限る)。 クラスMCの該当は原子炉格納容器のみため記載省略</p> <p>・b) 原子炉を安全に停止するためまたは非常時に安全を確保するために必要な設備を二次的に冷却するために設けられているポンプ及び弁, またはこれに準ずる機能を果たすために設けられているポンプおよび弁</p> <p>・c) b)に掲げる機器以外のポンプおよび弁であって、使用済み燃料貯蔵設備を冷却するために設けられているポンプおよび弁, またはこれに準ずる機能を果たすために設けられているポンプおよび弁</p> <p>・d) b)およびc)に掲げる機器以外のポンプおよび弁であって、原子炉冷却材圧力バウンダリに接続する系統のうち、2つの弁(通常時閉あるいは自動閉可能)により原子炉冷却材圧力バウンダリから隔離できる範囲に属するポンプおよび弁(なお、この場合において、上位のクラスに属するものおよび第3の弁により隔離可能な範囲に属するものは除く)</p>
クラス4	<p>・放射線管理施設又は原子炉格納施設(非常用ガス処理設備に限る。)に属するダクトであって、内包する流体の放射性物質の濃度が三十七ミリベクレル毎立方センチメートル以上のもの(クラス2管に属する部分を除く。)をいう。</p>	<p>・放射線管理施設に属するダクトであって内包する流体の放射性物質の濃度が37 mBq/cm³以上のもの(クラス2配管に属する部分を除く)</p>

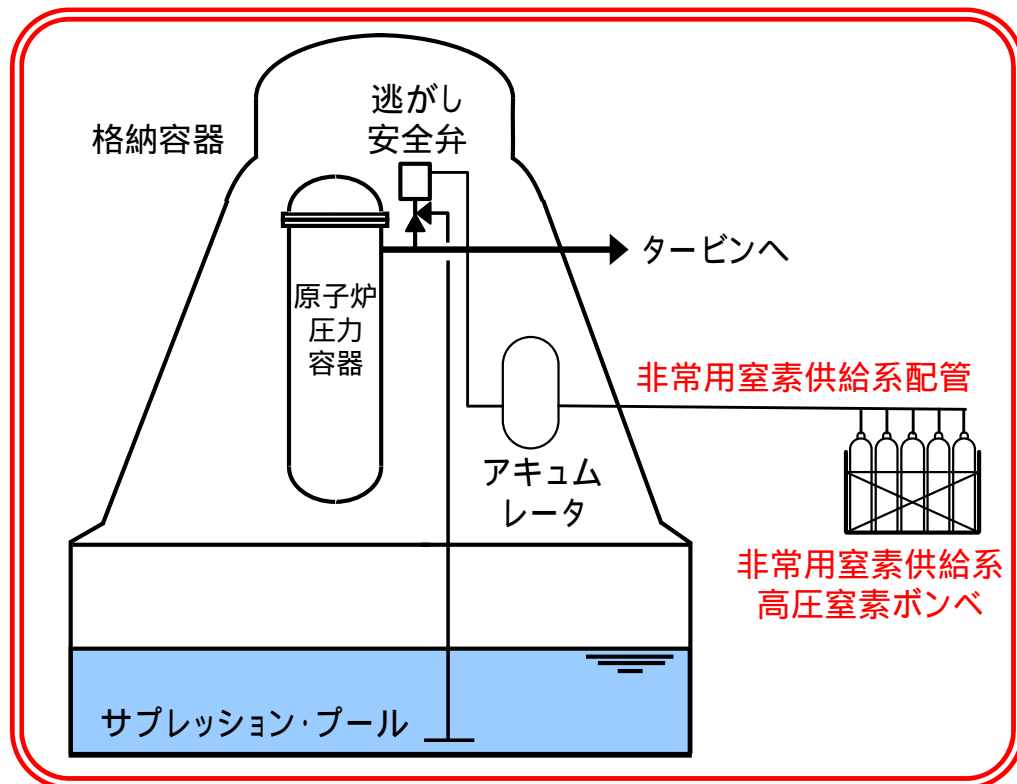
➤ 上記比較より、DB設備における技術基準とJSMEの機器クラスは同等である。

○重大事故等対処設備は、要求される機能に応じて、**重大事故等の発生を防止する機能を有する設備**(重大事故防止設備)、又は**事故の拡大を防止しまたその影響を緩和するための設備**(重大事故緩和設備)に区分し、さらに設置方法により**常設、可搬に区分**される。

○これら設備区分に応じ耐震評価に適用する設計用地震力は下表のとおりとなる。

設備区分		該当する施設 (設備, 機能の例)	設計用地震力
重大事故 防止設備	常設耐震重要 重大事故防止設備	重大事故防止設備のうち 常設 のものであって、重大事故等時において 耐震Sクラス に属する設備の機能を代替するもの (代替制御棒挿入機能, 高压代替注水系による原子炉注水)	基準地震動 S_s による地震力
	常設耐震重要重大事故 防止施設以外の 常設重大事故防止設備	重大事故防止設備のうち 常設 のものであって、重大事故等時において 耐震Bクラス及び耐震Cクラス に属する設備の機能を代替するもの (使用済燃料プール水位・温度監視設備(主要監視設備の代替機能))	代替する設備の耐震クラス(Bクラス又はCクラス)に対する地震力 ・Bクラスを代替する設備: $2.4C_i^*$ ・Cクラスを代替する設備: $1.2C_i$ *: 共振する可能性がある設備: $S_d \times 1/2$
	可搬型重大事故防止設備	重大事故防止設備のうち 可搬型 のもの (可搬型代替注水中型/大型ポンプ, 可搬型代替低圧電源装置)	基準地震動 S_s による地震力
	常設耐震重要重大事故防止設備 及び可搬型重大事故防止設備が 設置される 重大事故等対処施設	常設耐震重要重大事故防止設備及び可搬型重大事故防止設備が設置される 建物・構築物及び土木構造物 (原子炉建屋)	基準地震動 S_s による地震力
重大事故 緩和設備	常設重大事故 緩和設備	重大事故緩和設備のうち 常設 のもの (格納容器圧力逃がし装置)	基準地震動 S_s による地震力
	可搬型重大事故 緩和設備	重大事故緩和設備のうち 可搬型 のもの	基準地震動 S_s による地震力
	常設重大事故緩和設備及び可搬 型重大事故緩和設備が設置され る 重大事故等対処施設	常設重大事故緩和設備及び可搬型重大事故緩和設備が設置される 建物・構築物及び土木構造物	基準地震動 S_s による地震力

原子炉建屋



非常用窒素供給設備*のうち、非常用窒素供給系配管は「常設耐震重要重大事故防止設備」に、非常用窒素供給系高圧窒素ポンベは「可搬型重大事故防止設備」に該当するため、いずれも基準地震動 S_s による地震力を用いた評価を行い、発生値が許容値に収まることを確認している。

また、これら設備が設置される原子炉建屋についても、「常設耐震重要重大事故防止設備等」が設置される建物として基準地震動による地震力により発生値が許容値に収まることを確認している。

* 減圧手段の強化の一つとして、逃がし安全弁に動作に必要な窒素が喪失した場合でも、非常用窒素供給系高圧窒素ポンベにより、逃がし安全弁に窒素を供給することで、逃がし安全弁を動作させ、原子炉を減圧させることができるようにする。

評価対象設備 (設備区分)	設計用 地震力	評価項目	評価部位	応力分類	発生値	許容値
非常用窒素供給系配管 (常設耐震重要重大事故防止設備)	S_s	構造強度	配管本体	一次応力	144 MPa	371 MPa
非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ (可搬型重大事故防止設備)	S_s	構造強度	アンプレート	せん断	13 MPa	70 MPa
原子炉建屋 (常設耐震重要重大事故防止設備等が設置される重大事故等対処施設)	S_s	構造強度	耐震壁	せん断ひずみ	0.60×10^{-3}	2.0×10^{-3}

発電所で新たに導入するSA設備(常設設備,可搬型設備)等については,今後,当該設備に対して定める保全計画に基づき,定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。

SA設備の動作確認・性能試験等の実施時期,頻度は,今後策定する保全計画で定める頻度を下回らないよう以下の方針で設定し,管理していく。

また,これらの機能確認以外にも,日々の巡視点検や週次・月次の外観点検等を通じて,また訓練実施時の設備の運転状態等を把握し,設備の不具合等を早期に発見するように努める。

本方針による代替電源設備及び代替注水設備の機能確認等の内容,頻度について,次頁に例示する。

東海第二発電所 SA設備の主な機能確認等の頻度(案) *1

	性能確認 (定検時等毎に行う性能確認)	動作確認 (定期的に行う動作試験)	機能確認の頻度の 設定の考え方
常設のSA設備 (電源,ポンプ等)	定検停止毎 (定期事業者検査による 原子炉停止期間中)	1ヵ月に1回	当該設備が機能を代替する 設計基準事故対処設備と 同等の頻度とする。
可搬型のSA設備 (電源車,ポンプ車等)	定検停止毎(又は1年毎) 又は 2定検毎(又は2年毎)	3ヵ月に1回	運用管理の観点から,メー カー推奨値等に基づき保全 計画で設定した定期的な運 転頻度以上の頻度に設定 する。

*1 試験頻度等は例示であり,内容は今後の保安規定変更認可申請の審査結果に基づき決定する。

SA設備として新たに設置する代替電源設備は, 当該設備に対して定めた保全計画に基づき, 定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。主な性能確認・定期試験の内容*1について, 代替電源設備に対応する非常用電源設備(非常用ディーゼル発電機等)と比較して下表に示す。

東海第二発電所 各電源設備の主な機能確認の内容

プラント状態	(参考) 非常用電源設備(DB設備) 【東海第二発電所原子炉施設保安規定より】		新たに設置する代替電源設備(案)*1 (SA設備)	
定検停止時	非常用ディーゼル発電機 *3	模擬信号による作動確認	常設代替高圧電源装置	・分解検査, 外観検査 ・模擬負荷(100%)による機能・性能確認 (性能確認の頻度: 定検停止時)
原子炉 運転時等*2		機関の始動, 定格出力運転可能の確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)		・起動試験による動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
-	-	-	・可搬型代替低圧電源車 ・可搬型整流器	・分解検査 ・模擬負荷(100%)による出力特性の確認 ・可搬型整流器の出力特性確認 (性能確認の頻度: 1年に1回) ・外観検査, 運転状態確認 (定期試験頻度: 3ヵ月に1回)
定検停止時	直流電源 (蓄電池及び充電器*4)	直流電源(蓄電池及び充電器)機能確認	緊急用125系蓄電池	・外観検査 ・蓄電池及び充電器の電圧確認 (性能確認の頻度: 定検停止時) (定期試験頻度: 1週間に1回)
原子炉 運転時等*2		蓄電池及び充電器の電圧の確認 (定期試験頻度: 1週間に1回)		・遮断器の動作確認 (性能確認の頻度: 定検停止時) ・外観検査, 電圧の確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
原子炉 運転時等*2	所内電源系統 (非常用交流高圧電源母線, 直流電源母線及び原子炉保護系母線*5)	電源母線の受電の確認 (定期試験頻度: 1週間に1回)	代替所内電気設備 (代替電源設備の電源盤等が使用可能であることの確認)	・遮断器の動作確認 (性能確認の頻度: 定検停止時) ・外観検査, 電圧の確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)

*1 代替電源設備の記載内容は例示であり, 性能確認及び定期試験の内容は今後の保安規定変更認可申請の審査結果, 保全計画策定により決定する。

*2 原子炉運転時(運転, 起動及び高温停止)及び原子炉停止時(低温停止及び燃料交換)

*3 原子炉運転時: 非常用ディーゼル発電機2C系, 2D系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の3台

原子炉停止時: 非常用ディーゼル発電機及び電力供給が可能な非常用発電機(合計2台)

*4 原子炉運転時: 2A系, 2B系及び高圧炉心スプレイ系 原子炉停止時: 計装制御, 原子炉停止時冷却及び非常用炉心冷却系の一部に係る電源

*5 原子炉運転時: 2A系, 2B系, 2C系, 2D系及び高圧炉心スプレイ系 原子炉停止時: 計装制御, 原子炉停止時冷却及び非常用炉心冷却系の一部に係る電源

SA設備として新たに設置する代替注水設備は, 当該設備に対して定めた保全計画に基づき, 定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。主な性能確認・定期試験の内容*¹について, 代替注水設備に対応する非常用炉心冷却系等と比較して下表に示す。

東海第二発電所 各注水設備の主な機能確認の内容

プラント状態	(参考) 非常用炉心冷却系等(DB設備) 【東海第二発電所原子炉施設保安規定より】		新たに設置する代替注水設備(案)* ¹ (SA設備)	
定検停止時	・高圧炉心スプレイ系 ・低圧炉心スプレイ系 ・残留熱除去系 (低圧炉心注水系等)	模擬信号による作動確認	低圧代替注水系(常設) (常設低圧代替注水系ポンプ)	・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の開閉動作の確認 ・分解検査
原子炉 運転時* ²		・ポンプの作動, 吐出圧力・ 流量の確認 ・注入弁等の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)		・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
定期検査時	原子炉隔離時冷却系	模擬信号による作動確認	高圧代替注水系 (常設高圧代替注水系ポンプ)	・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の開閉動作の確認 ・分解検査
原子炉 運転時* ²		・ポンプの作動, 吐出圧力・ 流量の確認 ・注入弁等の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)		・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の動作確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)
-	-	-	低圧代替注水系(可搬型) ・可搬型代替注水大型ポンプ ・可搬型代替注水中型ポンプ	・ポンプの運転性能, 漏えい・外観確認 ・弁の開閉動作の確認 ・分解検査* ³ ・車両の走行確認 (定期試験頻度: 1ヵ月に1回)

*¹ 代替注水設備の試験頻度等は例示であり, 内容は今後の保安規定変更認可申請審査, 保全計画策定により決定する。

*² 原子炉運転時(運転, 起動及び高温停止)

*³ ポンプの検査は定期検査時及び原子炉運転時に実施, 弁の検査は定期検査時に実施

➤ SA設備の安全機能に関する重要度分類との関係

- ・原子力発電所が従来より備える**設計基準対象施設 (DB設備)**については、施設の安全性を確保するために必要な安全機能について、**安全上の見地から相対的な重要度を定めている**。

原子力安全委員会『発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針』

- ・一方、**SA設備**は、いずれの設備も、DB設備の機能が失われた場合又はDB設備で対処しきれない、重大事故等に対処するための設備であり、**安全機能について直接的な分類はなされていない**。

発電用軽水型原子炉施設の安全上の機能別重要度分類とSA設備の対応

設 備	重要度による分類	設備の例	設計上の基本的目標
設計基準対象施設 (DB設備)	クラス 1	・非常用ディーゼル発電機 ・非常用炉心冷却系	合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
	クラス 2	・使用済燃料プール冷却系	高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
	クラス 3	・タービン、主発電機	一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
重大事故等対処設備 (SA設備)	安全機能の直接的な 分類なし	・常設代替高圧電源装置 ・低圧代替注水系	重大事故等が発生した場合に対処するために必要な機能を有効に発揮するものであること。

技術基準規則の解釈により、材料及び構造の適用すべき規格が記載されている。

○また、「技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、**本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。**」との記載もあるため、ここでは**東海第二における対応**を記載する。

DB設備	材料及び構造の東海第二における評価対応方針
クラス1	・施設時:昭和45年告示第501号 JSME or 昭和45年告示第501号(安全側) ・施設時:平成6年告示第501号 JSME ・その他:JSME
クラス2	・JSME
クラス3	・火災防護設備用 水源タンク (原水タンクを除く):JIS B 8501(1995)「 鋼製石油貯槽の構造 (全溶接製)」 ・消火設備用 ポンベ及び消火器 : 高圧ガス保安法及び消防法 ・その他:JSME
クラス4	・JSME

平成6年告示第501号の評価式は、ほぼJSME規格と同じものであることから、JSME規格にて評価を行う。

- 【凡例】・昭和45年告示第501号：「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和45年9月3日、昭和55年10月30日通商産業省告示第501号)
 ・平成6年告示第501号：「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(平成6年7月21日 通商産業省告示第501号)
 ・JSME：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)等

SA設備	材料及び構造の東海第二における評価対応方針
重大事故等クラス1 (特重)	・JSME
重大事故等クラス2 (常設SA設備)	・施設時:告示第501号 JSME or 告示第501号(安全側) ・非常用炉心冷却設備に係る ろ過装置(ストレーナ) :「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係る ろ過装置の性能評価等について(内規) 」(平成20・02・12原院第5号(平成20年2月27日原子力安全・保安院制定))要求 ・その他:JSME または 規定によらない評価 (例:長方形板の大たわみ式、ねじ山のせん断破壊式、クラス1容器準用等)
重大事故等クラス3 (可搬型SA設備)	・JSME (完成品は一般産業品の規格及び基準)