

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10回)  
ご説明資料

# 東海第二発電所

## 外部事象対策について

(自然事象(地震・津波を除く)及び人為事象への対応)

平成30年8月6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. 外部事象の評価と及び対策	2-3-3
2. 竜巻の影響評価及び対策	2-3-13
3. 火山の影響評価及び対策	2-3-19
4. 森林火災の影響評価及び対策	2-3-24
5. 爆発の影響評価	2-3-27
6. 近隣工場等の火災の影響評価	2-3-29
7. 航空機落下確率評価	2-3-32
8. 航空機墜落による火災の影響評価	2-3-33
9. まとめ	2-3-34

補足説明資料 外部事象の評価及び対策について

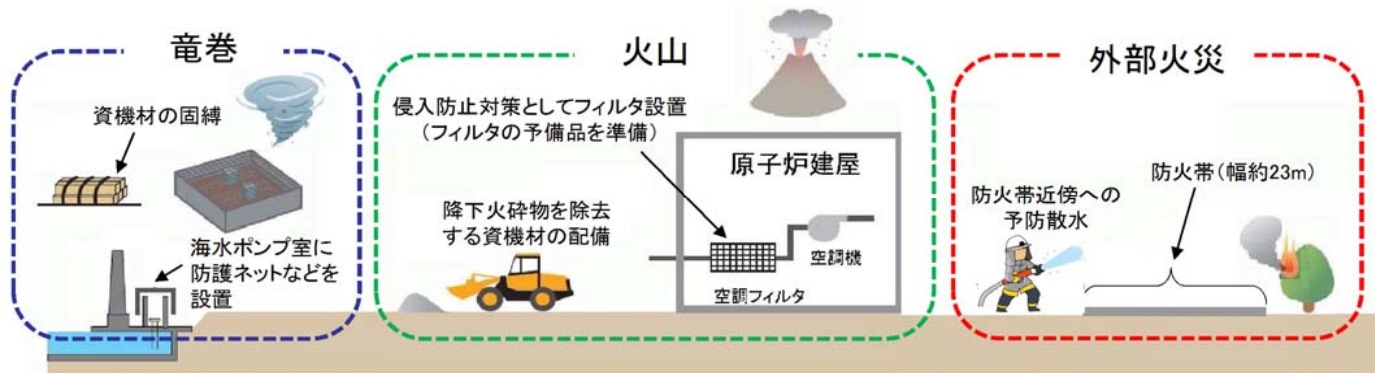
# 1. 外部事象の評価及び対策(1/9)



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



竜巻, 火山, 外部火災への主な安全対策のイメージ

# 1. 外部事象の評価及び対策(1/9)



## (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。

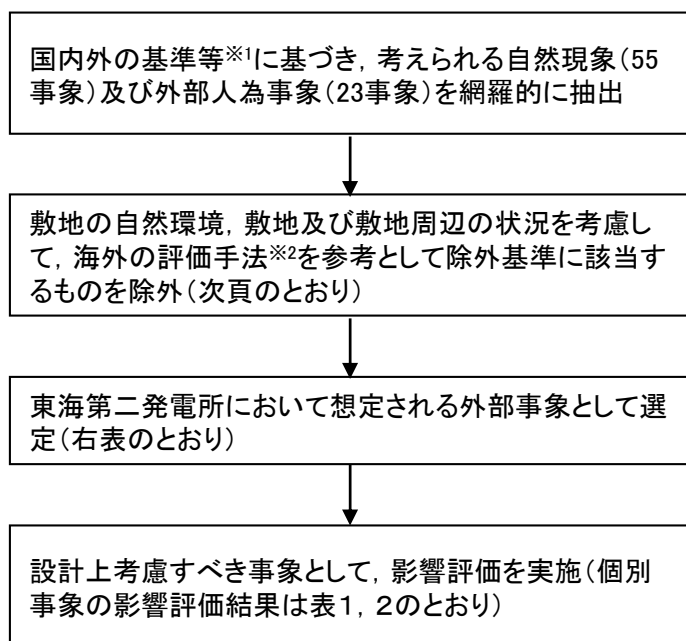
事象		従前の影響評価及び安全対策	新規基準に基づく影響評価及び安全対策
自然現象	洪水	敷地の形状から影響ないと評価	変更なし
	風(台風)	建築基準法に基づき設定した風荷重を考慮した設計	変更なし
	降水	海域へ排水する設計(排水路及び地表面からの排水)	従前の安全対策に加えて, 防潮堤横断部へ排水路を設けることで, 海域へ排水する設計
	積雪	建築基準法に基づき設定した積雪荷重を考慮した設計	変更なし
	凍結	屋内は空調設備, 屋外は保温等により凍結しない設計	変更なし
	落雷	雷害防止対策として, 原子炉建屋等に避雷針等を設置, 設置網の敷設による設置抵抗の低減等	変更なし
	生物学的事象	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. 外部事象の評価及び対策(2/9)



## (2) 想定される外部事象の選定

国内外の基準等に基づき、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 ① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)  
 ② 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年  
 ③ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010  
 ④ 「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)  
 ⑤ NUREG/CR-2300“PRA PROCEDURES GUIDE”,NRC, January 1983  
 ⑥ 「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)  
 ⑦ 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”  
 ⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC公表  
 ⑨ 「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. 外部事象の評価及び対策(3/9)



## (2) 設計上考慮すべき事象についての設計方針の考え方

### 原子力発電所において準拠すべきガイド等に基づき、設計規準値を設定

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
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	JEAG4608(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	JEC210(低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準)に基づき設定
②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びきを準拠し設定
	積雪	建築基準法を準拠し設定
③上記①又は②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、**2-3-6** 各事象に適用可能な国内法規、ガイド、指針等を準拠

# 1. 外部事象の評価及び対策(4/9)



## (3) 外部からの衝撃を考慮不要とした除外理由

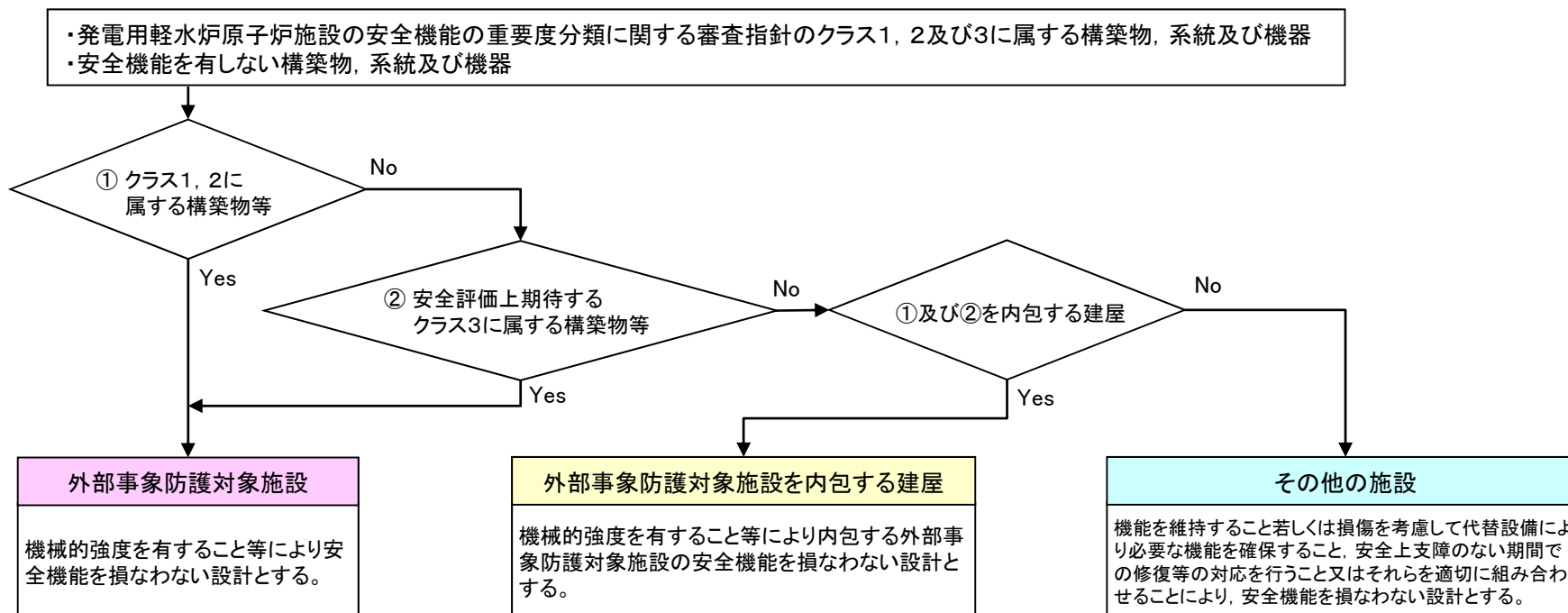
除外基準	除外理由	左記除外基準に該当する外部事象
プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない事象	発電所の立地点の自然環境は一樣ではなく、発生する自然事象は地域性があるため、発電所立地点において明らかに起こり得ない事象は対象外とする。	<p>【自然現象】 雪崩／草原火災／ハリケーン／氷壁／土砂崩れ(山崩れ、がけ崩れ)／地滑り／カルスト／地下水による浸食／土石流／水蒸気</p> <p>【外部人為事象】 パイプライン事故(ガスなど)、パイプライン事故によるサイト内爆発等／工業施設又は軍事施設事故／軍事施設からのミサイル／掘削工事／他のユニットからのミサイル</p>
ハザード進展・襲来が遅く、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。	<p>【自然現象】 河川の迂回／海岸浸食／塩害・塩雲／高温水(海水温高)</p>
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。	<p>【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)</p>
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。	<p>【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</p> <p>【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</p>
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 <sup>-7</sup> /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。	<p>【自然現象】 隕石</p> <p>【外部人為事象】 衛星の落下／タービンミサイル</p>
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。	<p>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</p>

# 1. 外部事象の評価及び対策(5/9)



## (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. 外部事象の評価及び対策(6/9)



表1 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. 外部事象の評価及び対策(7/9)



表1 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 <sup>2</sup> の範囲の雷撃密度4.09回/年・km <sup>2</sup> )及び観測記録の統計処理による年超過確率10 <sup>-4</sup> /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/cm<sup>3</sup>(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</u> について、 <u>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. 外部事象の評価及び対策(8/9)



表2 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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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<math>10^{-7}</math>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> <ul style="list-style-type: none"> <li>○発電用原子炉施設(使用済燃料乾式貯蔵建屋を除く): <u>約<math>8.5 \times 10^{-8}</math>回/炉・年</u></li> <li>○使用済燃料乾式貯蔵建屋: <u>約<math>6.1 \times 10^{-8}</math>回/炉・年</u></li> </ul> </li> </ul>	7. にて詳細説明
	爆 発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・<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></li> </ul>	5. にて詳細説明
	近隣工場等の火災	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・<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></li> <li>・<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<math>10^{-7}</math>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></li> </ul>	6. 及び8. にて詳細説明
	ダムの崩壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>	補足説明資料

# 1. 外部事象の評価と対策(9/9)



表2 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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	補足説明資料
	船舶の衝突	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	補足説明資料
	電磁的障害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>	補足説明資料

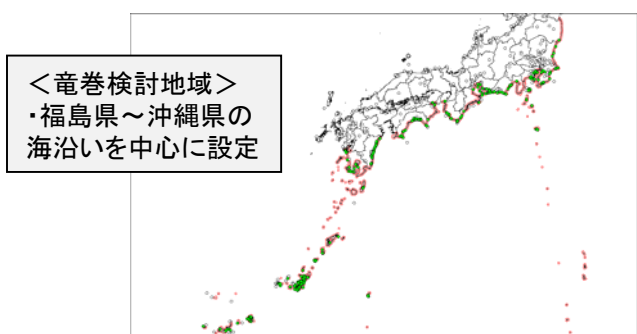
## 2. 竜巻の影響評価及び対策(1/6)

### 設計竜巻の設定及び設計飛来物等の設定

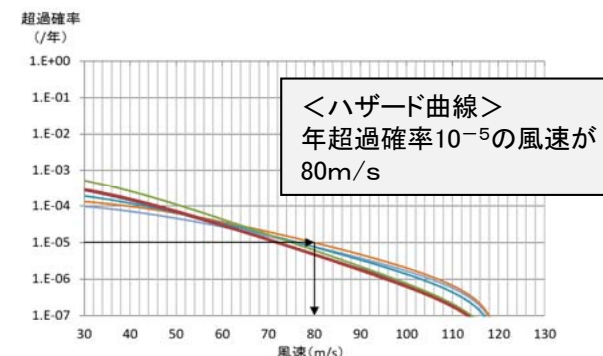
#### 【①基準竜巻の設定】

$V_{B1}$ : 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)
F0	17～32
F1	33～49
F2	50～69
F3	70～92
F4	93～116
F5	117～142



#### 【②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

$\Delta P_{max}$ : 最大気圧低下量

$(dp/dt)_{max}$ : 最大気圧低下率

#### 【③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. 竜巻の影響評価及び対策(2/6)



### ●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

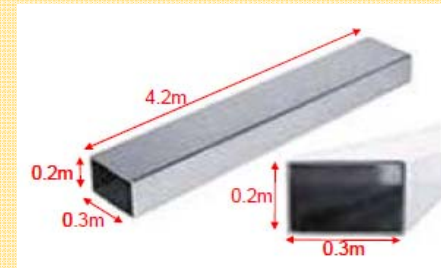
#### ●設計飛来物(鋼製材:角型鋼管)

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

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)

### ●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

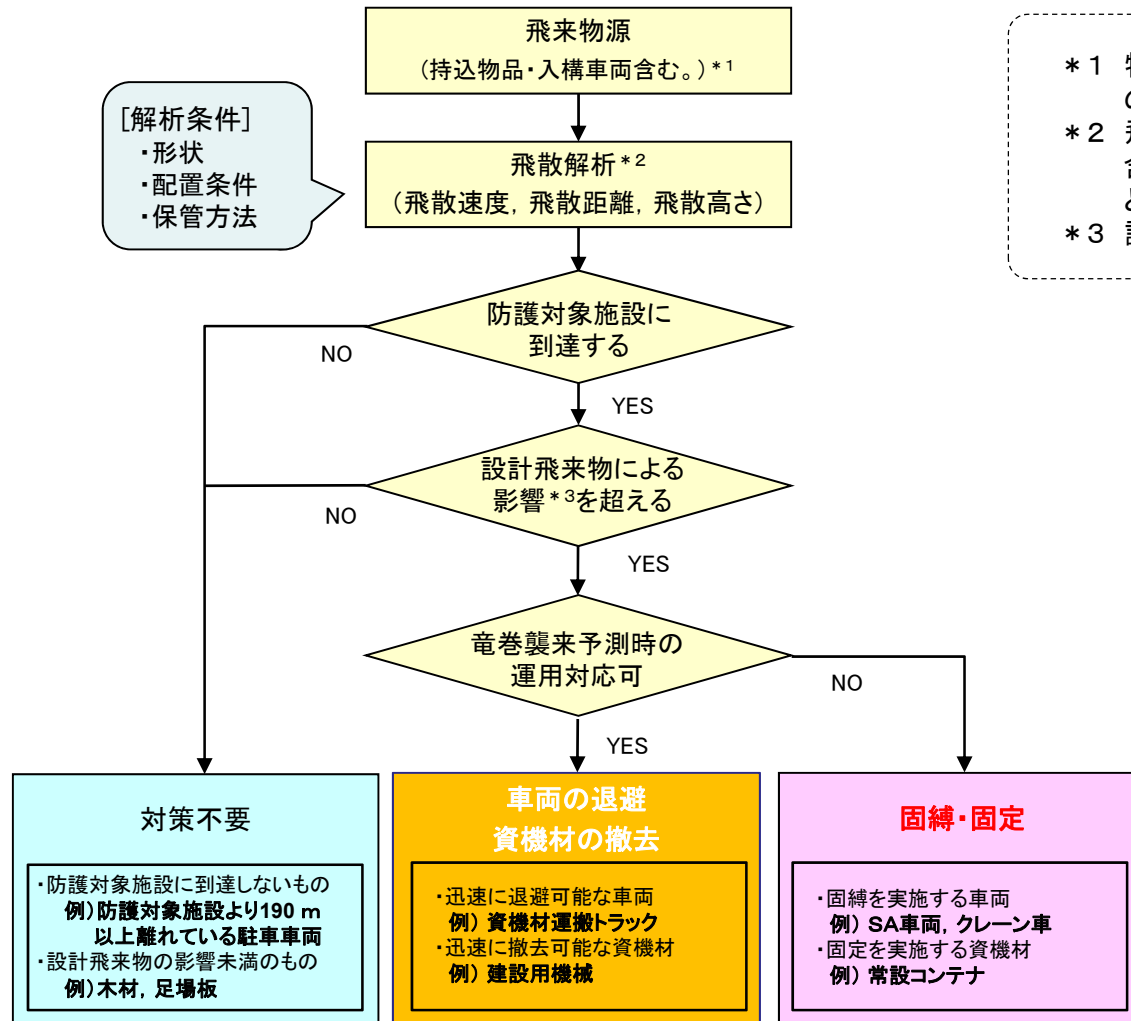
・構内の車両の退避, 防護対象施設からの離隔

## 2. 竜巻の影響評価及び対策(3/6)



### 飛来物発生防止対策

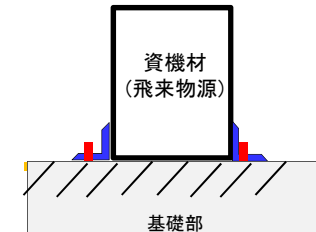
発電所敷地内の飛来物源(資機材, 車両等)が防護対象施設に衝突し, その機能に影響を及ぼす飛来物となる可能性がある場合は, 飛来物源に対して飛来物発生防止対策を行う。



- \*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。

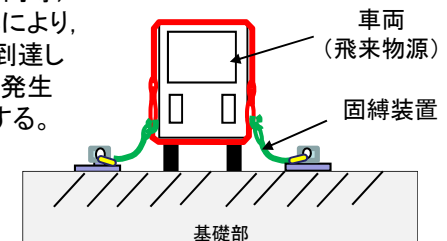
#### ●資機材の固定

竜巻襲来時に, 撤去できない資機材(コンテナ等)については, 固定により, 防護対象施設へ到達しないように飛来物発生防止対策を実施する。



#### ●車両の固縛

竜巻襲来時に, 退避できない車両(SA車両等)については, 固縛により, 防護対象施設へ到達しないように飛来物発生防止対策を実施する。



## 2. 竜巻の影響評価及び対策(4/6)



### 飛来物発生防止対策

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、隣接事象所からの飛来物\*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。

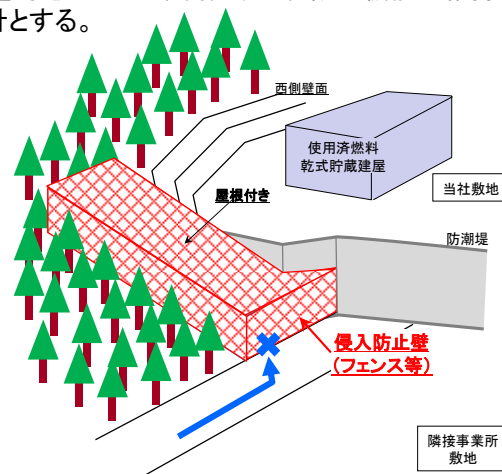
\* 隣接事象所の現場調査(現状の飛来物源調査, 車両の通行状況, 飛来物源の配置可否, 標高)と防護対象施設との関係を考慮して, 想定できる最厳ケースでの車両と車両以外として設定した飛来物源

#### ●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



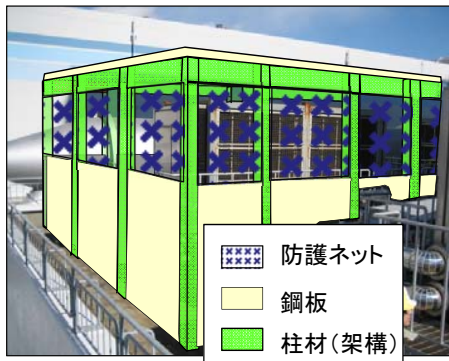
## 2. 竜巻の影響評価及び対策(5/6)



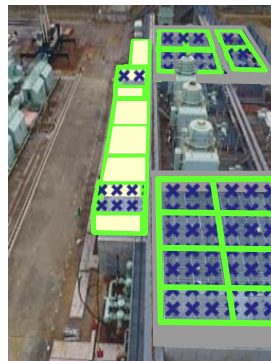
### 竜巻防護対策設備

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。

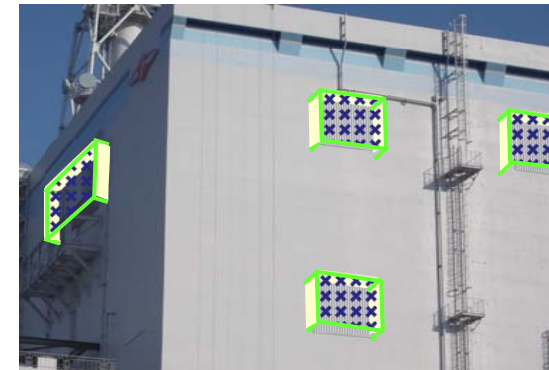
#### 主な竜巻飛来物防護対策イメージ



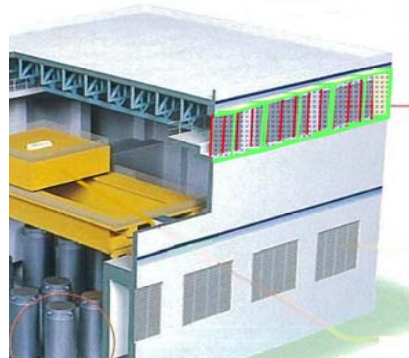
中央制御室換気系冷凍機



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)

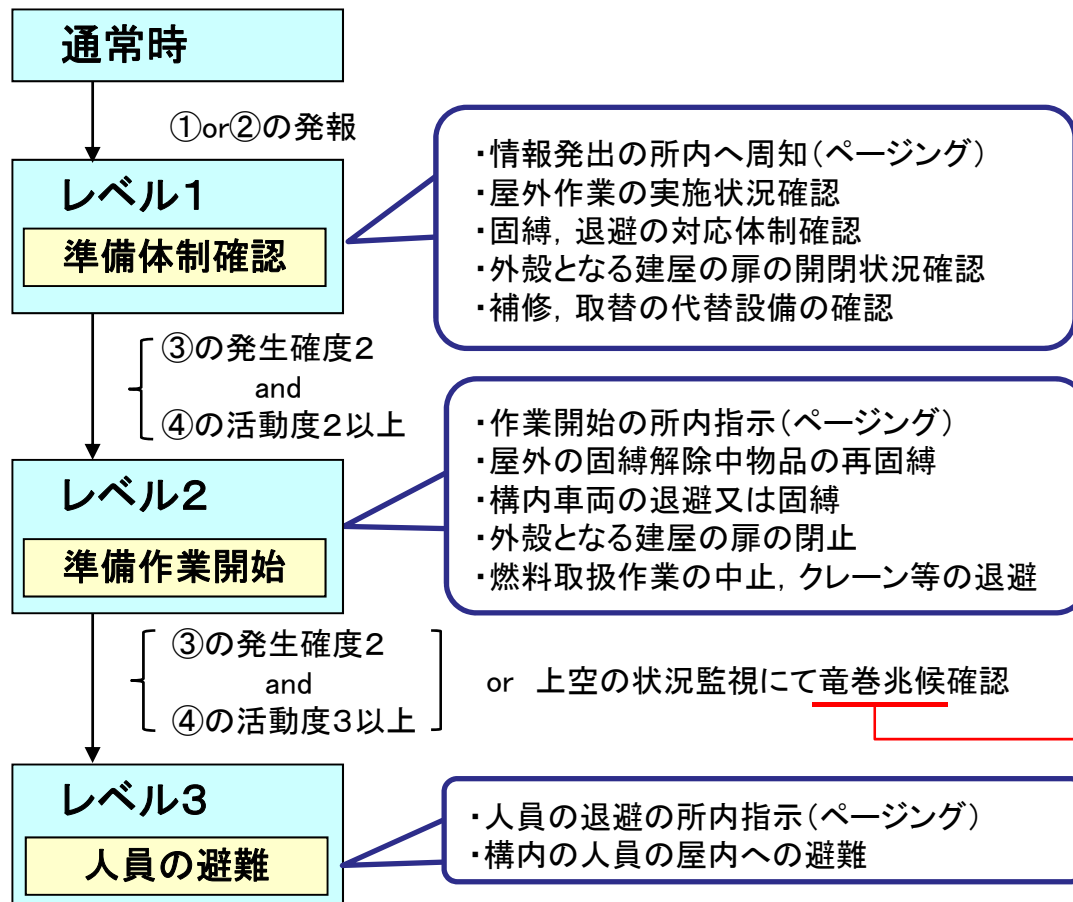
## 2. 竜巻の影響評価及び対策(6/6)



### 竜巻襲来予測時の運用

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(①)」、「雷注意報(竜巻又は突風)(②)」、  
「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(③)、雷ナウキャスト(④))」



### 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。予測の適中率※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、予測の適中率※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の予測の適中率 : 発生確度2となった場合に「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以上の予測の適中率 : 発生確度1以上となった場合に「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「適中率」及び「捕捉率」は、過去30ヶ月の従属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。落雷の可能性が高くなっている。
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、あなたの間近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。

### 3. 火山の影響評価及び対策(1/5)



#### ● 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

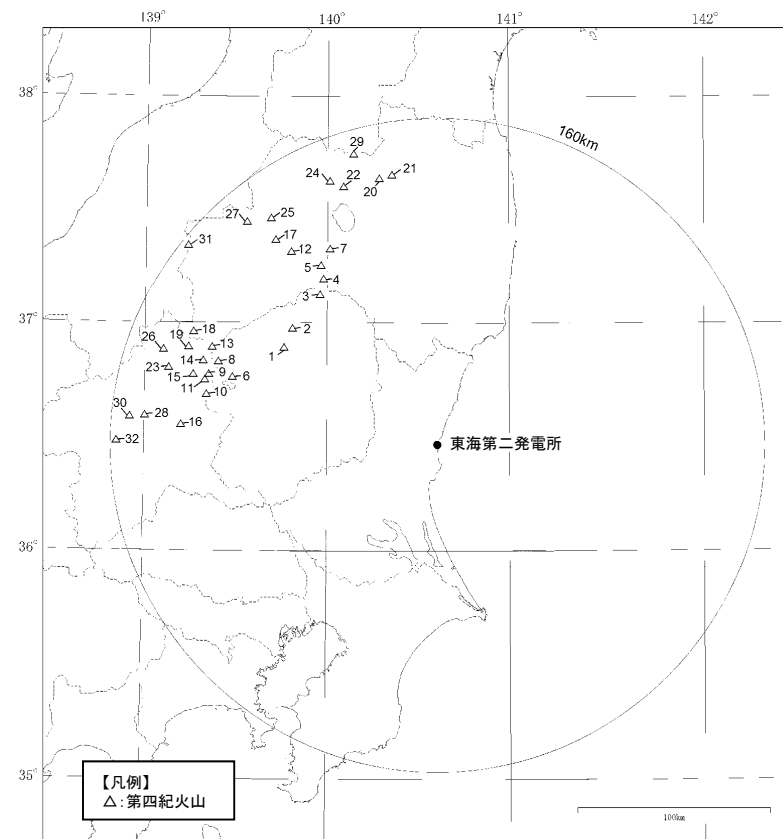
- 原子力発電所に影響を及ぼし得る13火山について、各火山の過去発生した設計対応不可能な火山事象※2の到達範囲は、敷地から十分に離れていることから原子力発電所に影響を及ぼす事はないと判断

※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)
1	たかはらやま 高原山	88
2	しおぼら 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

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
7	あいづぬのびきやま 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	ひわだ 檜和田カルデラ	118

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
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
17	はかせやま 博士山	127
18	ひうちがたけ 燧ヶ岳	130

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
19	だいら アヤメ平	131
20	あたたらやま 安達太良山	133
21	ささもりやま 笹森山	133
22	ほんだいさん 磐梯山	135
23	じょうしゅうぼたかやま 上州武尊山	137
24	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	137
25	すなごほら 砂子原カルデラ	137

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
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

青字: 原子力発電所に影響を及ぼし得る13火山

### 3. 火山の影響評価及び対策(2/5)

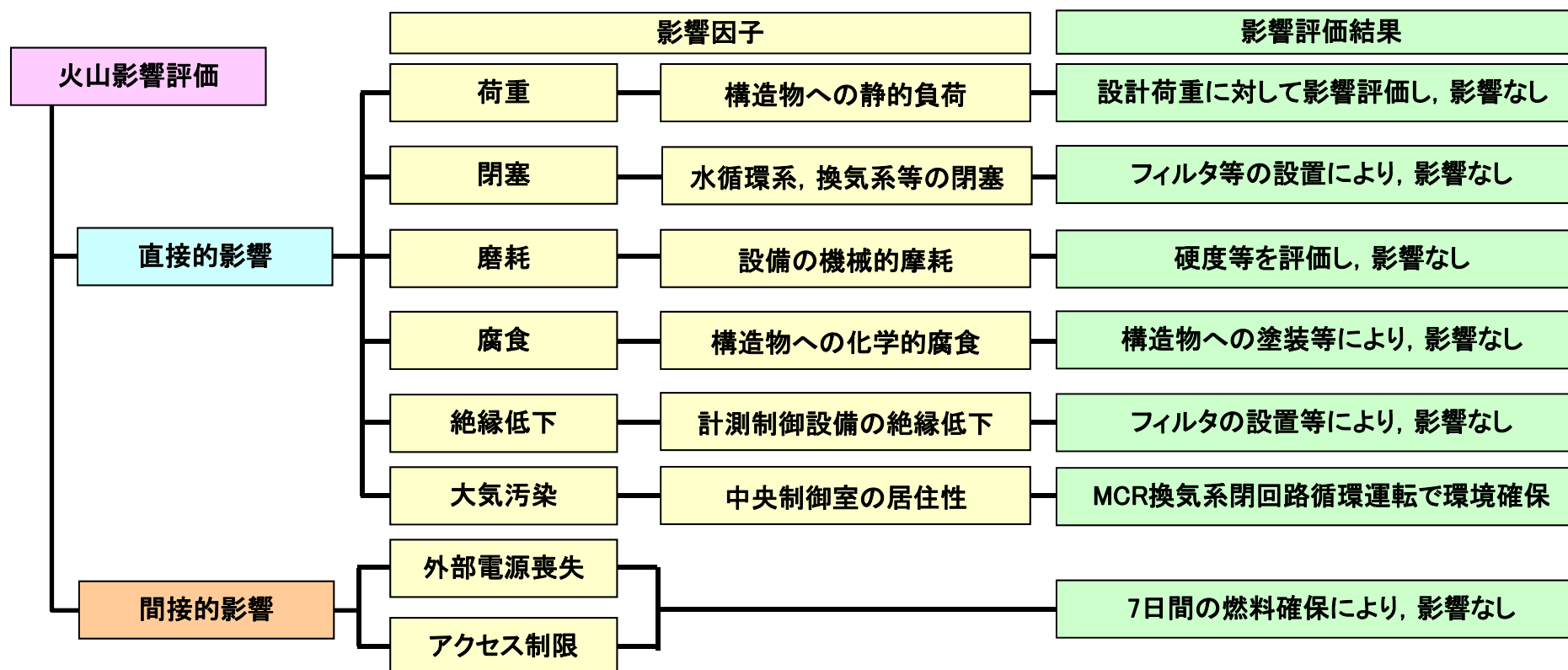


#### ● 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象

- 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/cm<sup>3</sup>, 湿潤状態:1.5g/cm<sup>3</sup>)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±1σ, 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保守的に50cmと設定)

#### ● 火山影響評価

- **建屋, 設備に対して影響因子ごとに評価を行い, 影響がないことを確認**

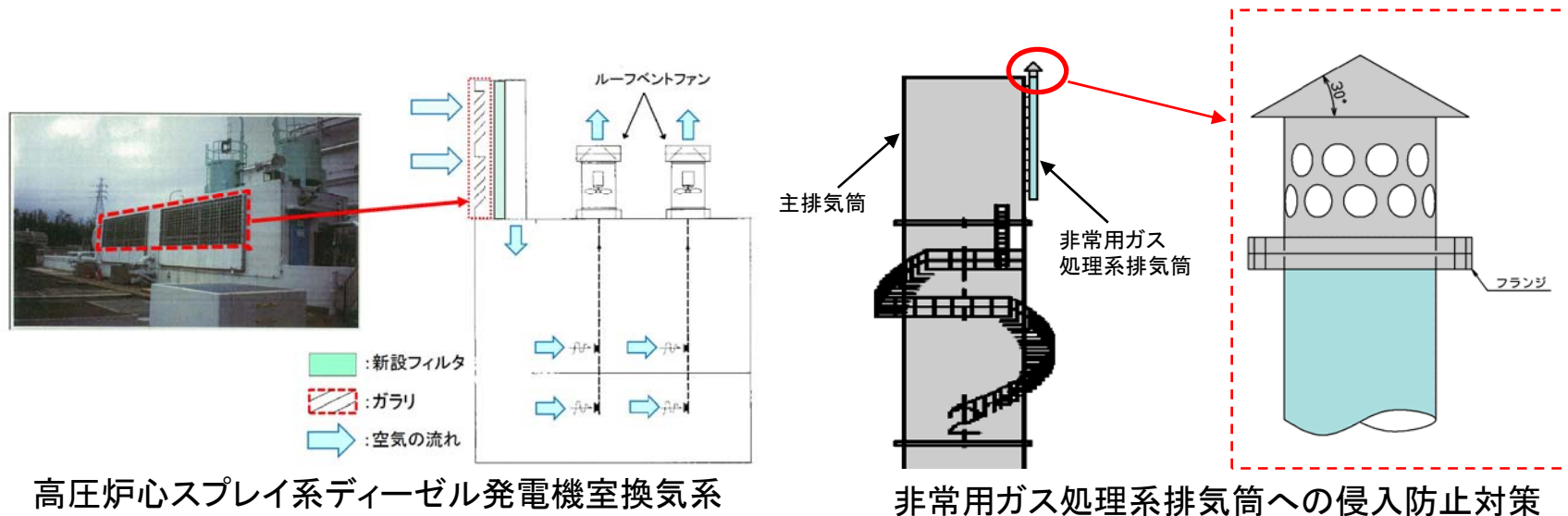


### 3. 火山の影響評価及び対策(3/5)

#### ● 設備対策

➤ 影響評価を踏まえて、設備対策を実施。主な対策は以下のとおり。

- ・ 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(高圧炉心スプレー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設
- ・ 非常用ガス処理系排気筒への降下火砕物侵入防止対策
- ・ 海水系流路の閉塞防止対策として、非常用ディーゼル発電機海水用ストレーナのメッシュ径、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



高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機室換気系

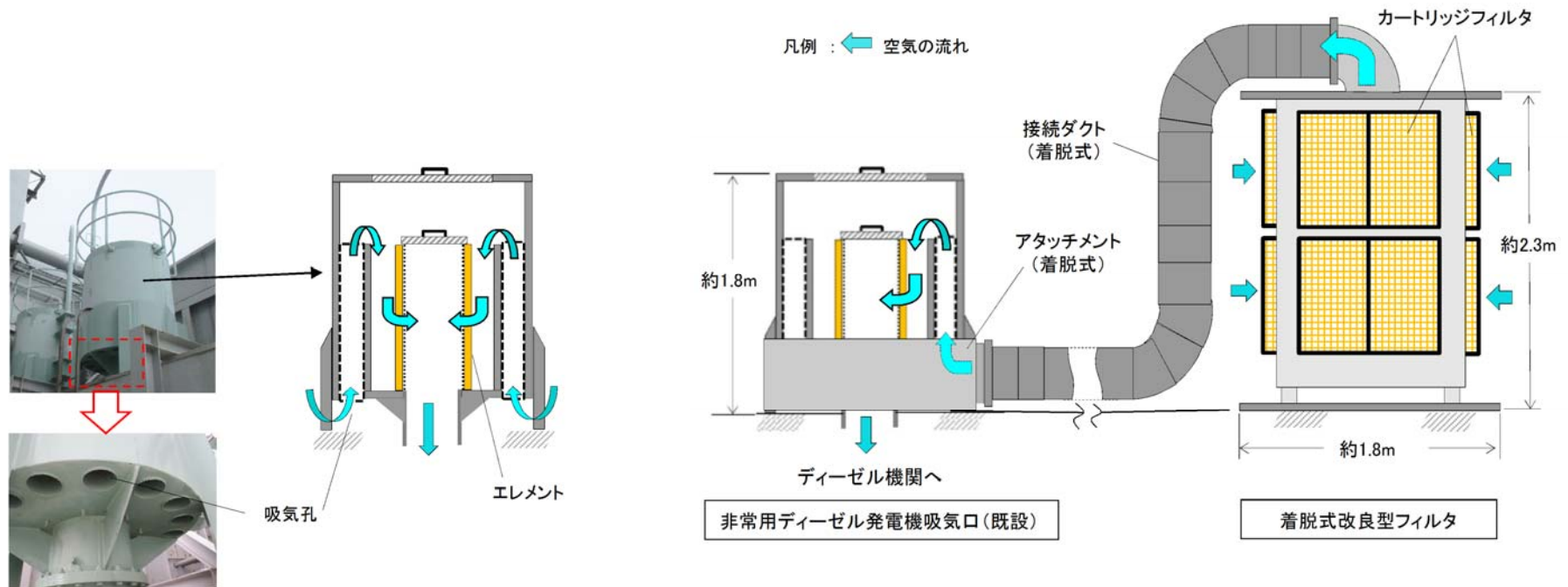
非常用ガス処理系排気筒への侵入防止対策

### 3. 火山の影響評価及び対策(4/5)

#### ● 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吸気口(既設)

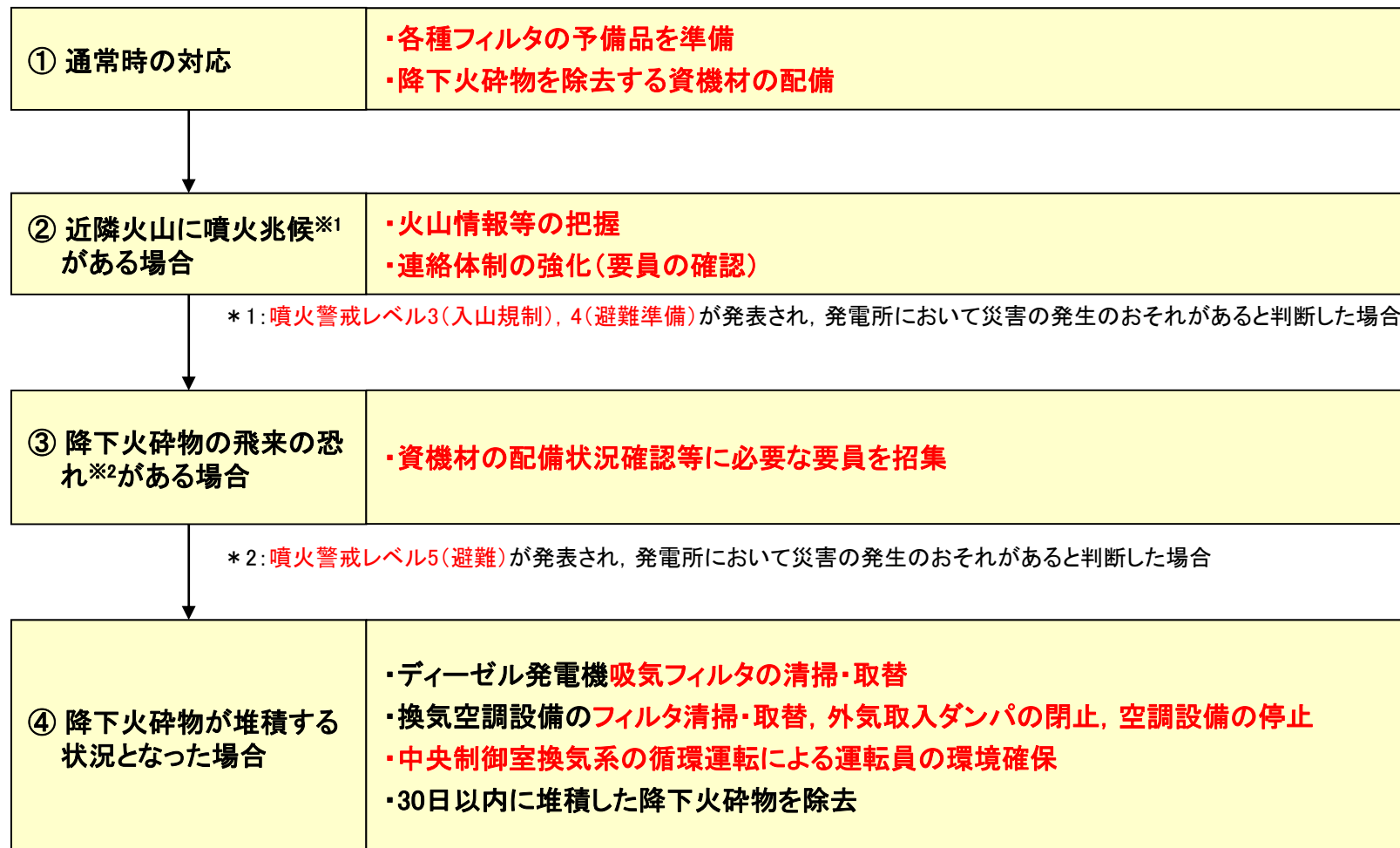
着脱式フィルタ設置イメージ

### 3. 火山の影響評価及び対策(5/5)



#### ● 運用による対策

- 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



## 4. 森林火災の影響評価及び対策(1/3)



### ● 森林火災の発火点の設定について

#### ➤ 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

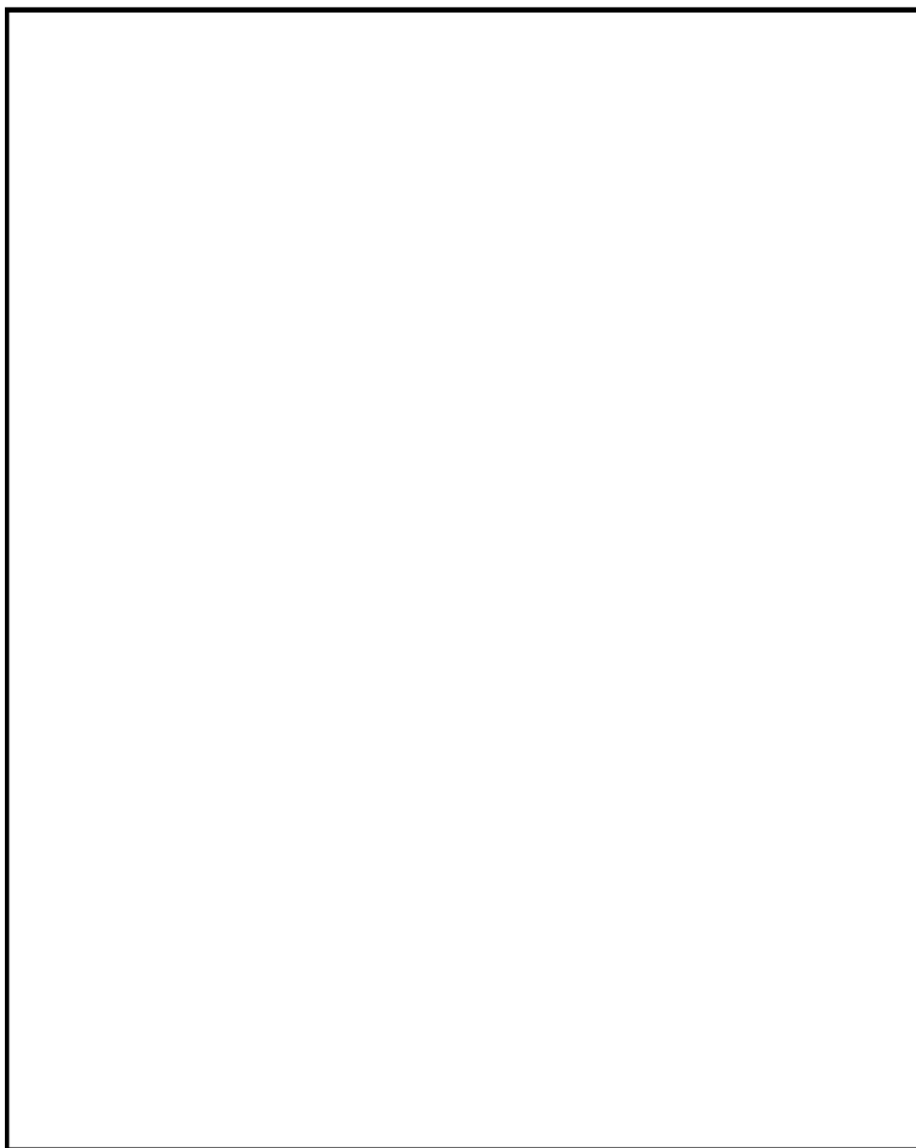


図 発火点と発電所の位置関係





## 4. 森林火災の影響評価及び対策(3/3)

### ● 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を確認

- 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

- 危険距離とは, 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
- **発電所の施設は, 危険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		▽		
消火活動準備	出動準備		□		
	消火活動場所までの移動			□	
消火活動開始	ホース展開・散水準備			□	
	防火帯への散水開始				▽

□: 訓練実績 □: 過去の実績等から想定した時間

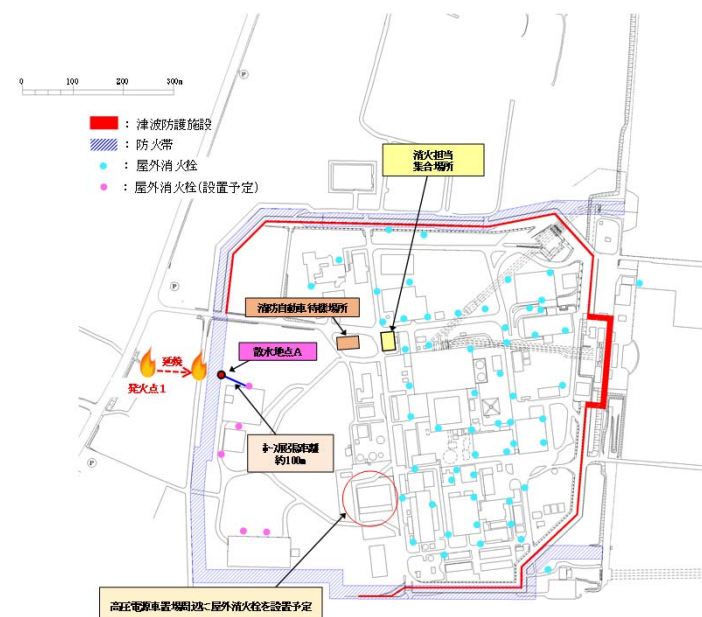


図 発火点1の散水位置

## 5. 爆発の影響評価(1/2)

### ● 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

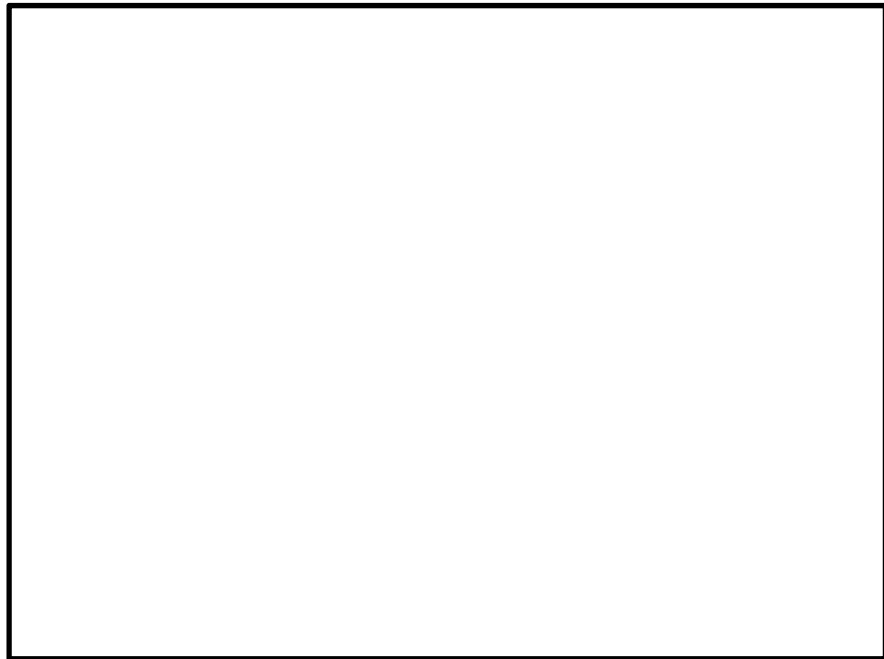


図 発電所敷地内にある屋外のガス貯蔵施設



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)



### ● 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**危険限界距離以上の離隔距離を確保**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**ことを確認

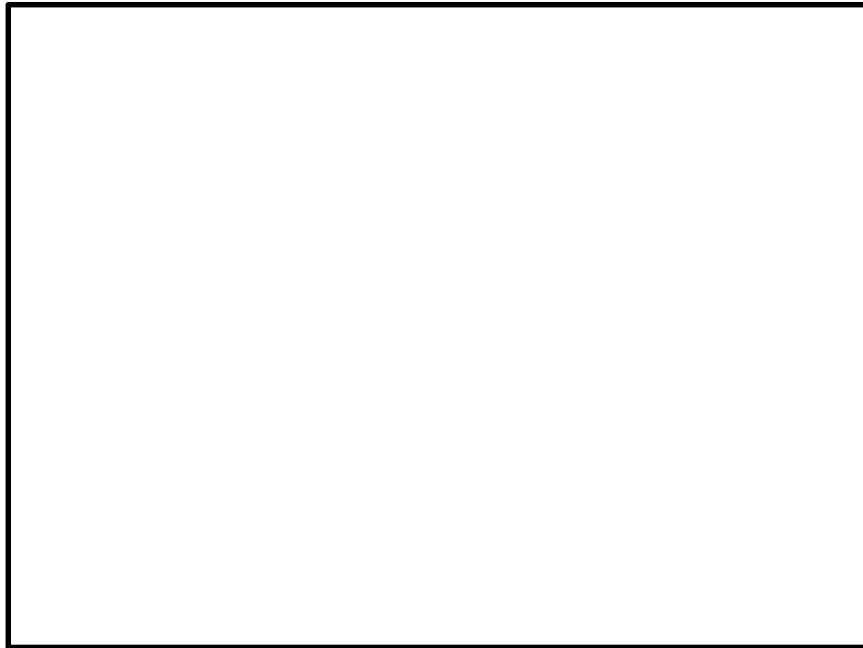


図 評価対象施設と燃料輸送車両の位置関係

### ● 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、水深が11mとなる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

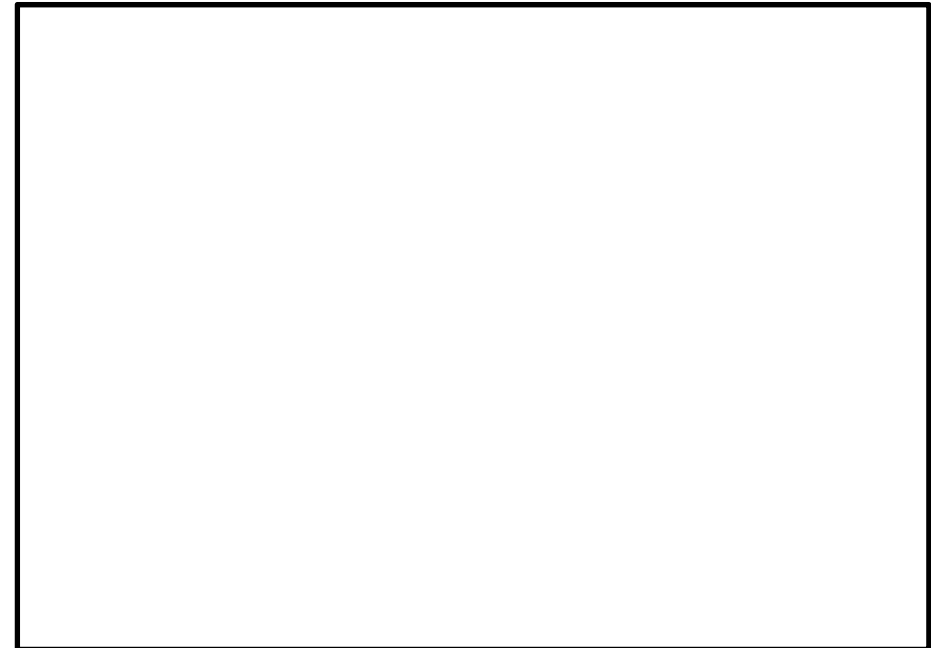


図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

## 6. 近隣工場等の火災の影響評価(1/3)



### ● 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**

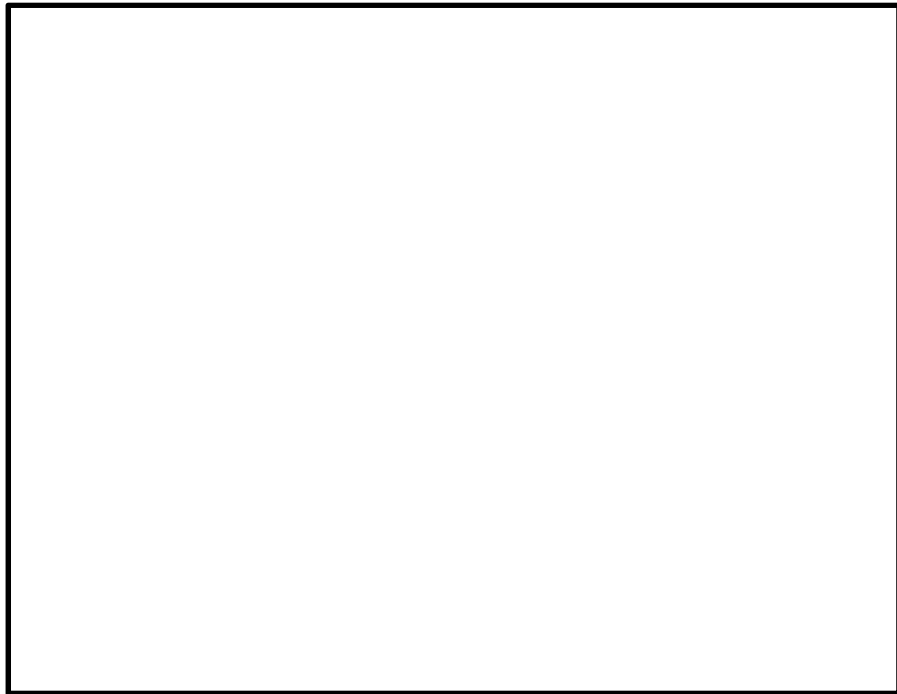


表 発電所周辺(東海村全域及び日立市の一部)に位置する危険物貯蔵施設一覧

施設区分	No.	事業所名	油種	数量(L)	位置が1.4km以内 ○:1.4km以内 ×:1.4km未満
屋外タンク貯蔵所 又は屋外貯蔵所	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
給油取扱所	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

※:1,400ml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)



### ● 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

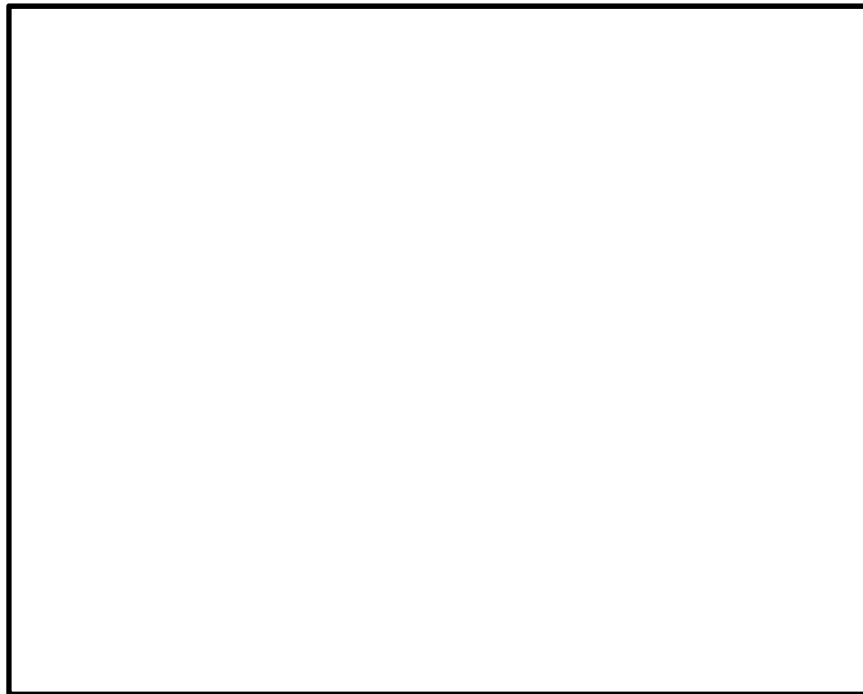


図 評価対象施設と燃料輸送車両の位置関係

### ● 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、水深が11mとなる位置で、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

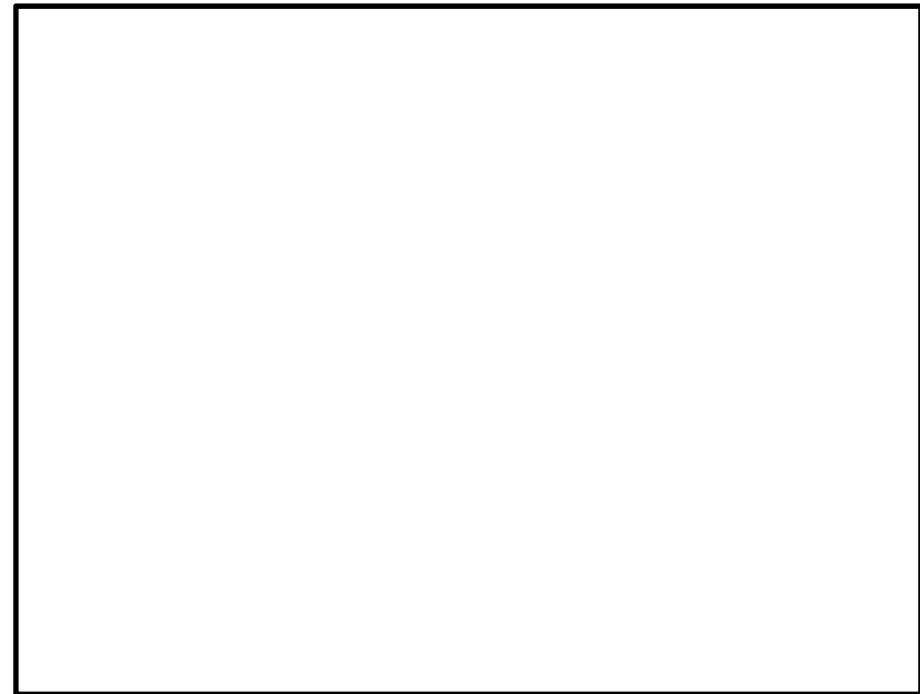


図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

## 6. 近隣工場等の火災の影響評価(3/3)

### ● 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)

### ● 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

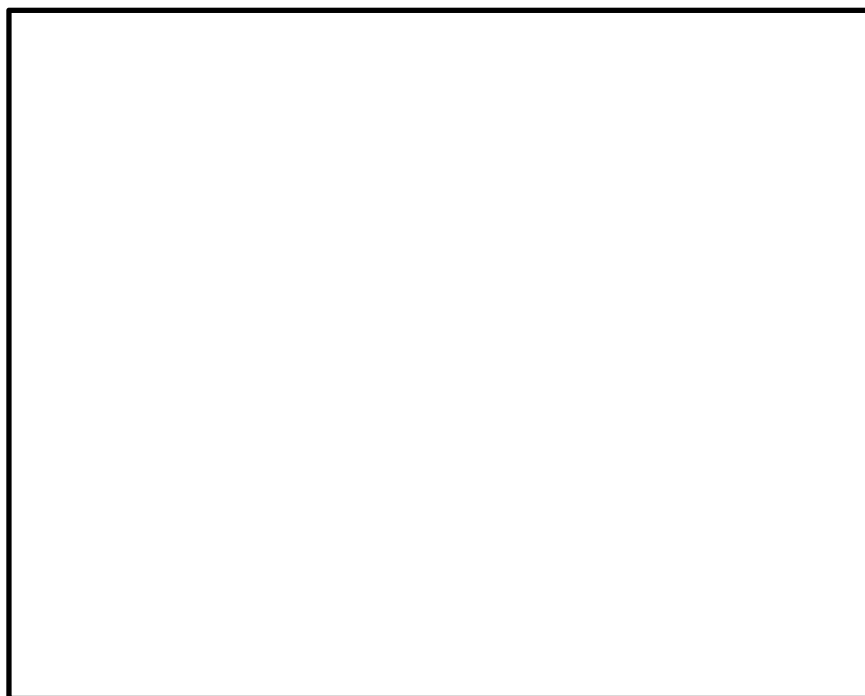


図 敷地内に設置する危険物貯蔵施設の位置関係

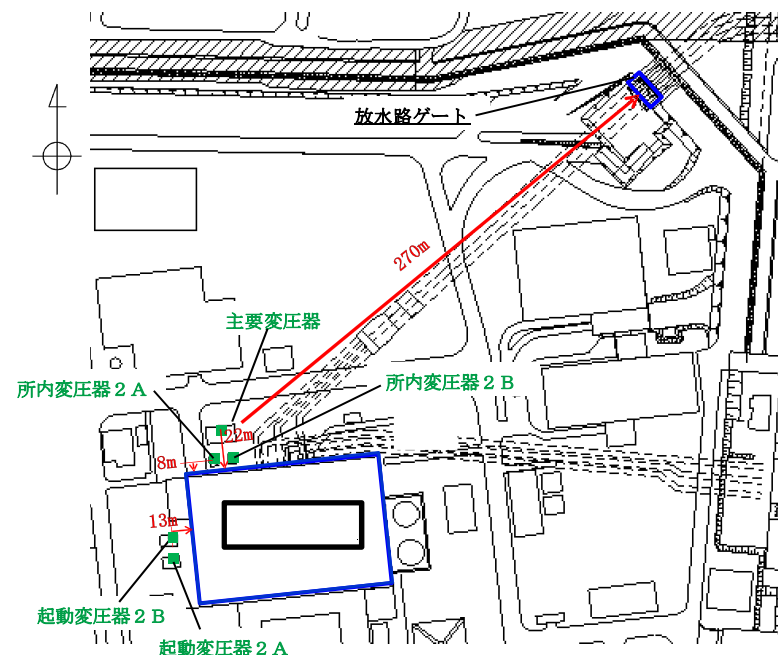
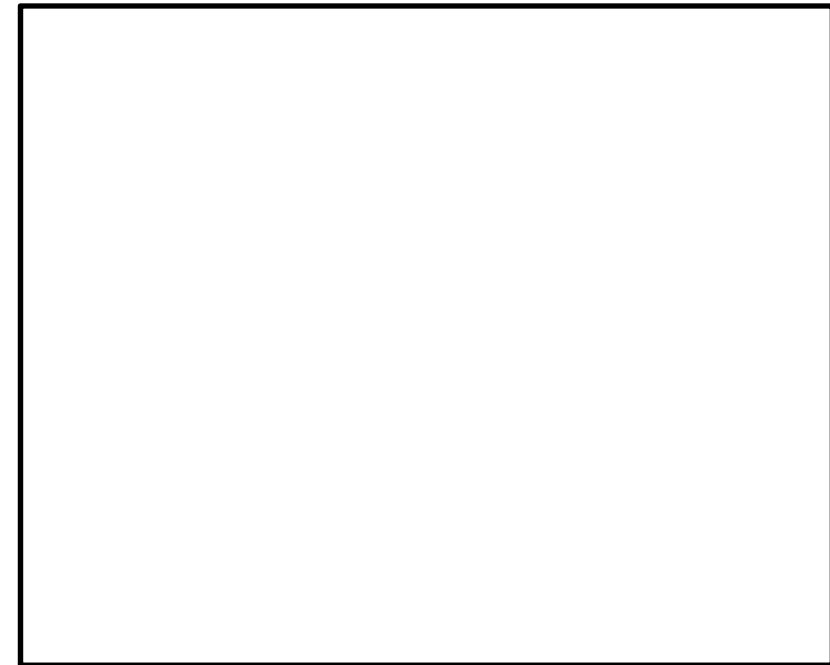


図 危険物貯蔵施設以外の火災源の位置関係

## 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離隔されていること



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
	①飛行場での離着陸時における落下事故	②航空路を巡航中の落下事故		①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	②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 $3.98 \times 10^{-9}$	約 $5.93 \times 10^{-11}$	約 $1.37 \times 10^{-8}$	約 $2.56 \times 10^{-8}$	約 $4.14 \times 10^{-8}$	約 $8.5 \times 10^{-8}$
使用済燃料乾式貯蔵建屋	約 $1.80 \times 10^{-9}$	約 $4.30 \times 10^{-11}$	約 $9.95 \times 10^{-9}$	約 $1.86 \times 10^{-8}$	約 $3.00 \times 10^{-8}$	約 $6.1 \times 10^{-8}$

※ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の実際の面積(水平面積: 約 $0.0014\text{km}^2$ , 投影面積: 約 $0.0019\text{km}^2$ )は $0.01\text{km}^2$ 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 $0.01\text{km}^2$ として評価している。

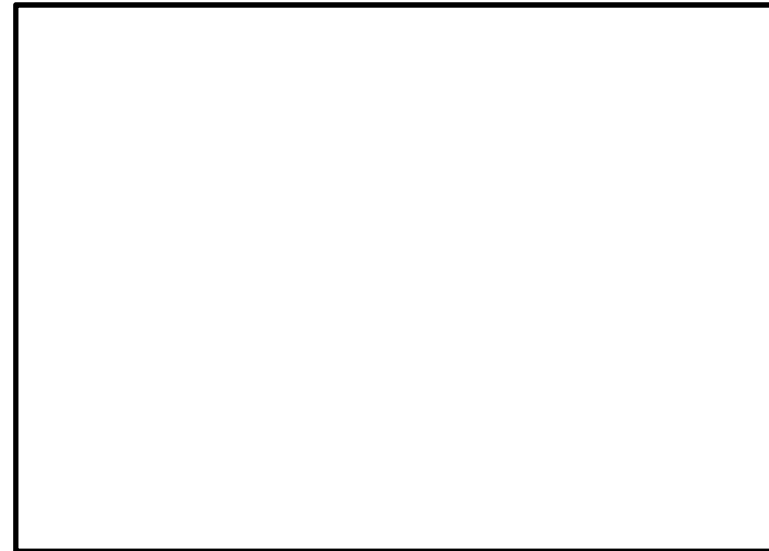
このため、使用済燃料乾式貯蔵建屋の航空機落下確率については、実態より大きな確率値として評価されており、結果として発電用原子炉施設(水平面積: 約 $0.0138\text{km}^2$ , 投影面積: 約 $0.0221\text{km}^2$ )の航空機落下確率と近い値になっている。



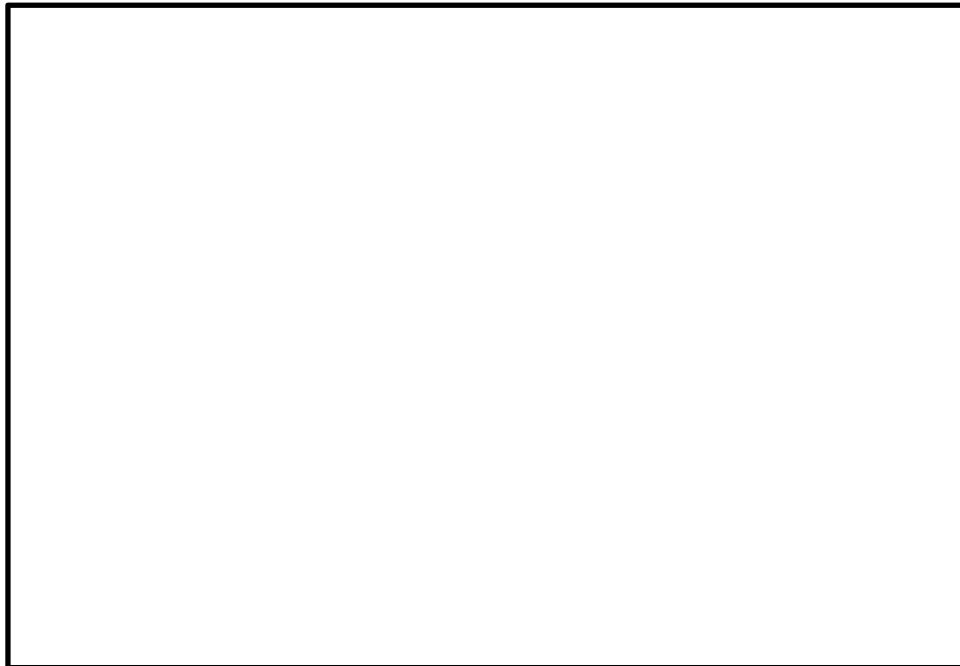
## 8. 航空機墜落による火災の影響評価



- ・ 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も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，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/cm<sup>3</sup>～1.5g/cm<sup>3</sup>，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. 外部事象の評価及び対策	2-3-37
2. 火山の影響評価及び対策	2-3-55
3. 森林火災の影響評価及び対策	2-3-75
4. 爆発の影響評価	2-3-83
5. 近隣工場等の火災の影響評価	2-3-89
6. 航空機墜落による火災の影響評価	2-3-100

(補足説明資料 1. 外部事象の評価及び対策)

# 1. 外部事象の評価及び対策(1/17)

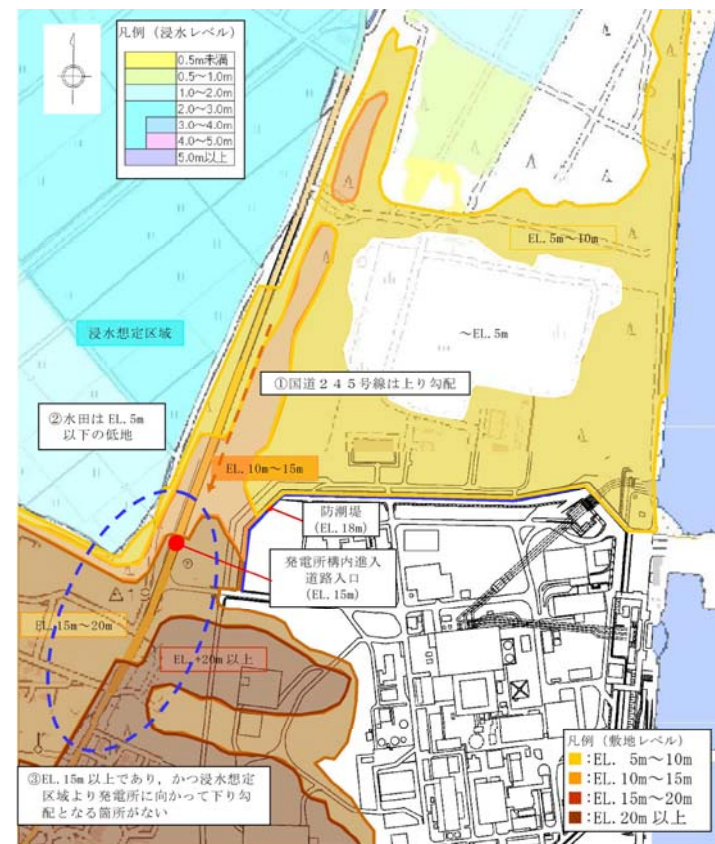
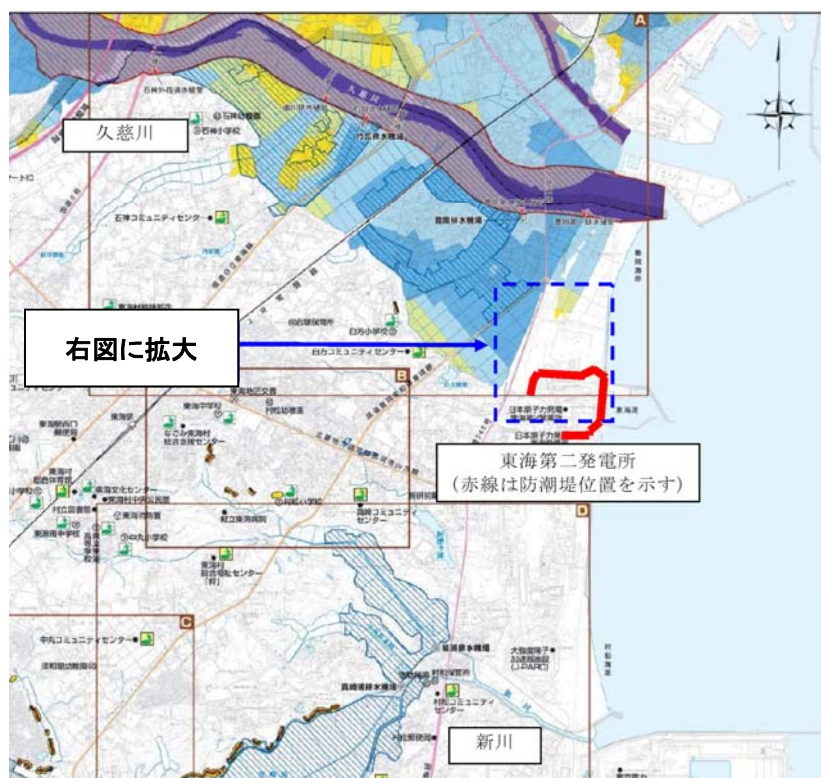


## 1-1 想定される外部事象に対する影響評価(洪水)

### 【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。

- ①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。
- ②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. 外部事象の評価及び対策(2/17)



## 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。

#### ①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。

#### ②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气象台(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. 外部事象の評価及び対策(3/17)



## 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。

#### ①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. 外部事象の評価及び対策(4/17)



## 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。

#### ①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。

#### ②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気象台(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。

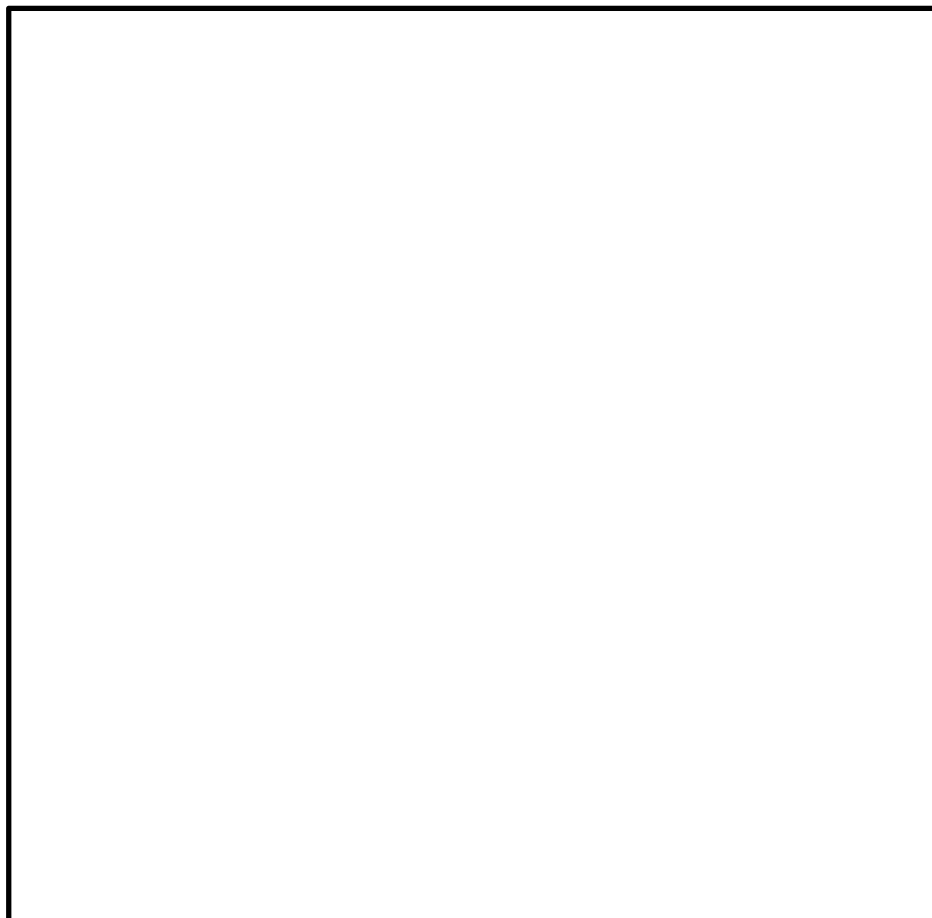
水戸市: 最大1時間降水量81.7mm/h(1947年9月15日, 統計期間1906年1月~2012年3月)

設計基準降水量は、地域性を考慮した上で、127.5mm/h

# 1. 外部事象の評価及び対策(5/17)



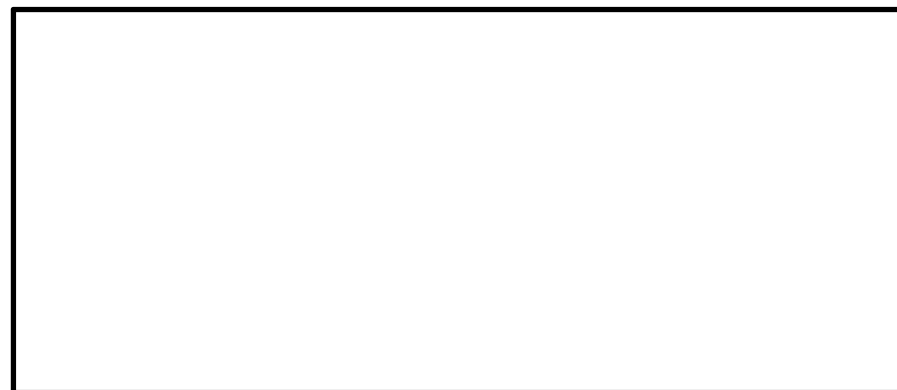
## 1-4 想定される外部事象に対する影響評価(降水)(2/2)



集水流域及び流末位置

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 <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /h)	流末	流末排水量※ Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /h)	判定 (Q <sub>1</sub> < Q <sub>2</sub> )
①	14.5	約16,200	①-1	約20,700	○
			①-2	約 8,760	
②	18.7	約18,900	②	約21,800	○
③	8.56	約9,900	③-1	約 3,900	○
			③-2	約11,600	
④	0.92	約 1,060	④	約 1,100	○
⑤	2.81	約 3,230	⑤	約12,000	○



流末排水路構造図

# 1. 外部事象の評価及び対策(6/17)



## 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。

#### ①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。

#### ②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气象台(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. 外部事象の評価及び対策(7/17)



## 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。

#### ①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JEAG4608(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)JEAG4608(2007)において参照しているIEC/TS61662(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。

#### ②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4km<sup>2</sup>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. 外部事象の評価及び対策(8/17)



## 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)

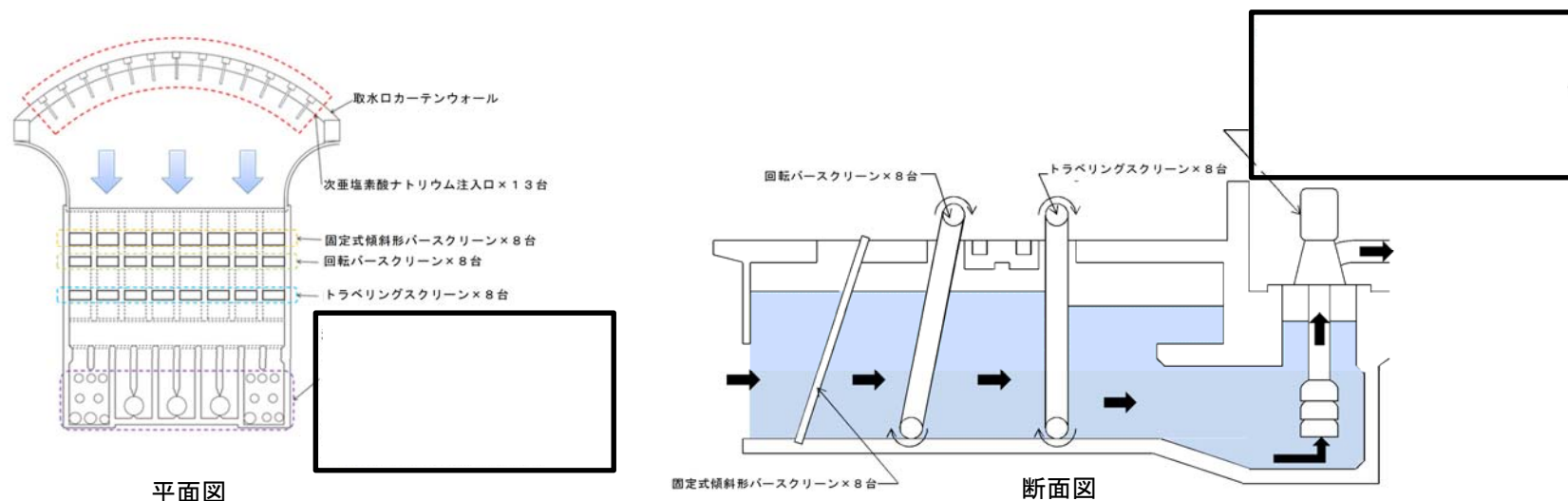
### 【影響評価結果】

#### ○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. 外部事象の評価及び対策(9/17)



## 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】

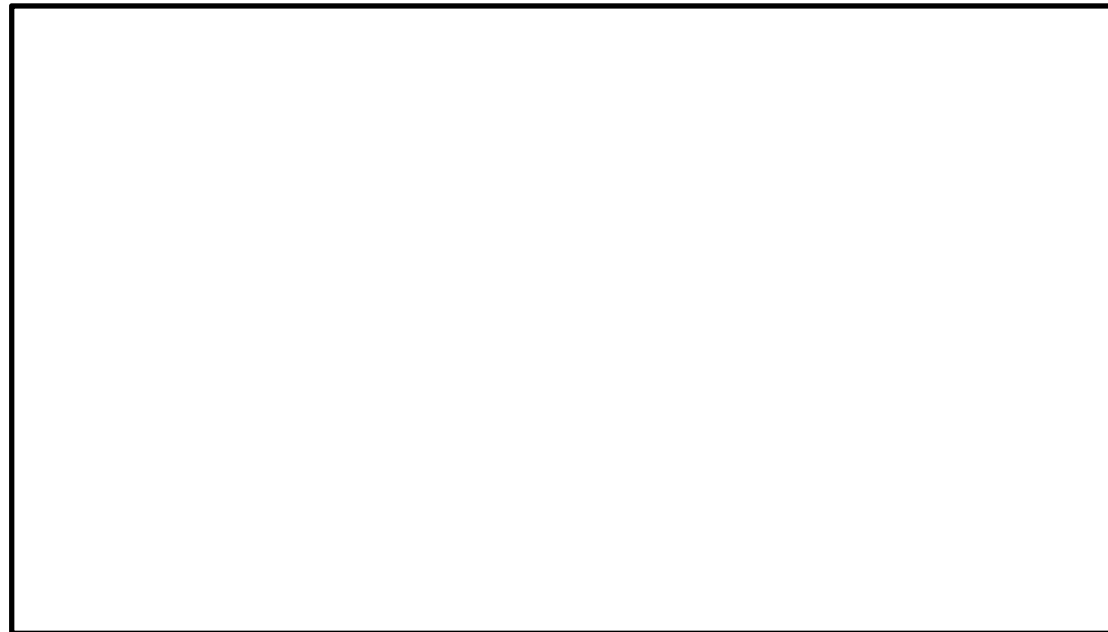
設計基準潮位は、観測記録を参照し設定する。

#### ①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

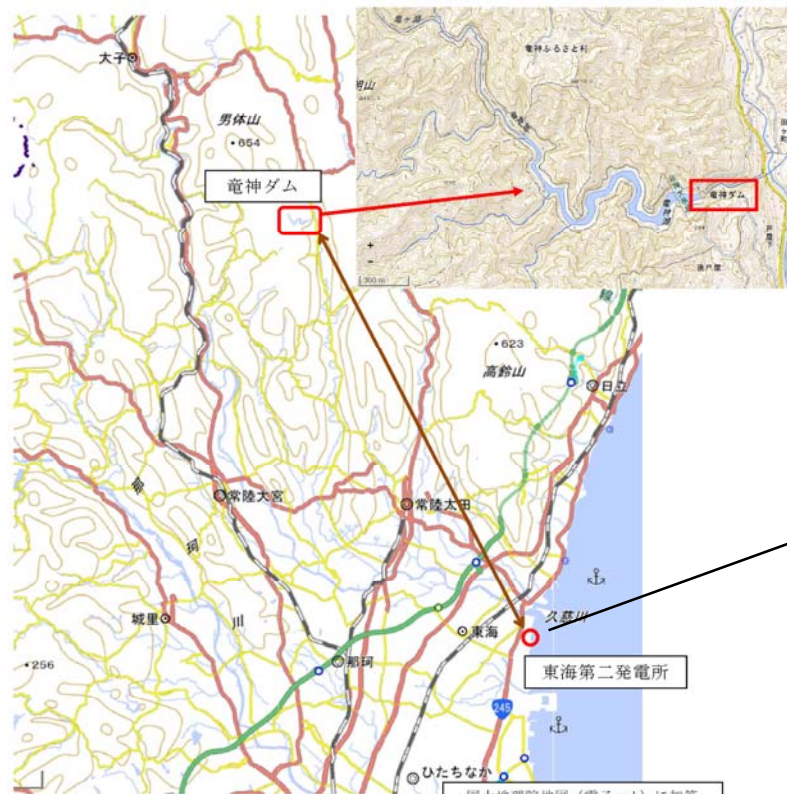
# 1. 外部事象の評価及び対策(10/17)

## 1-9 想定される外部事象に対する影響評価(ダムの崩壊)

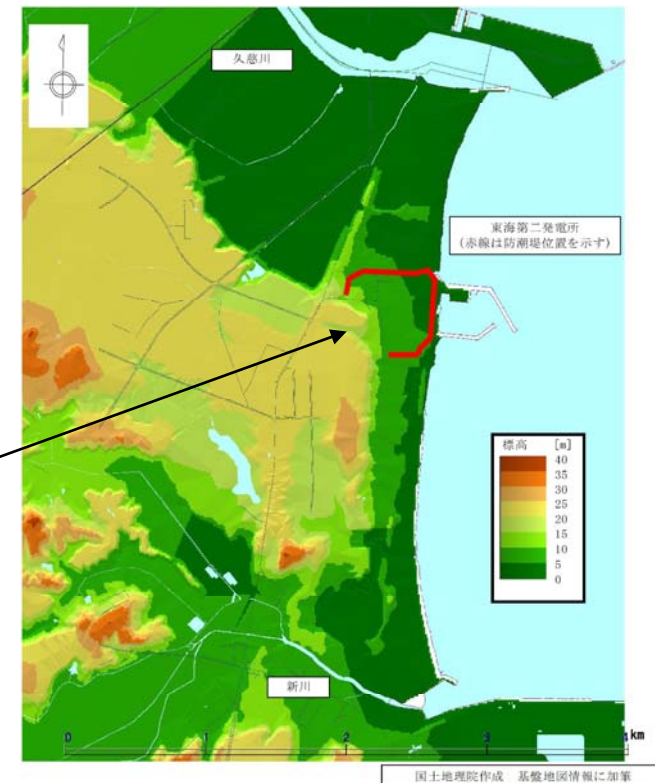
### 【影響評価結果】

・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。**

- ①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。
- ②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. 外部事象の評価及び対策(11/17)



## 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

##### ①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。

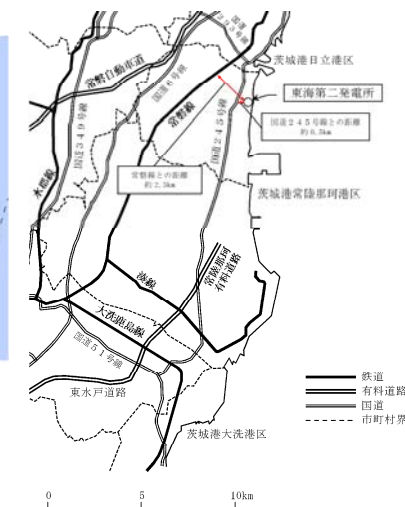
##### ②敷地外可動施設からの流出の影響

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IDLH<sup>※1</sup>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 <sup>3</sup> ]	10.0		300	
大気放出率[g/s]	2.27		6.81 × 10 <sup>1</sup>	
離隔距離[m]	490m <sup>※2</sup>	230m	740m <sup>※2</sup>	1060m
相対濃度[s/m <sup>2</sup> ]	3.46 × 10 <sup>-4</sup>	1.15 × 10 <sup>-3</sup>	3.49 × 10 <sup>-5</sup>	3.22 × 10 <sup>-5</sup>
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. 外部事象の評価及び対策(12/17)



## 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。

**【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( $\chi/Q$ )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。

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[°C]
炭酸ガス	40,000 [ppm]	-78.5(昇華点)
硫酸	15 [mg/m <sup>3</sup> ]	327
苛性ソーダ(水酸化ナトリウム)	10 [mg/m <sup>3</sup> ]	138
ポリ塩化アルミニウム(PAC)	2 [mg/m <sup>3</sup> ]*	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

【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
タンク貯蔵量[m <sup>3</sup> ]		1.0
大気放出率[g/s]		2.68
離隔距離[m]	120※1※2	420※2
相対濃度[s/m <sup>2</sup> ]	7.44 × 10 <sup>-4</sup> ※3	9.54 × 10 <sup>-5</sup> ※3
換気系給気口濃度[ppm]	2.62 × 10 <sup>0</sup> ※3	3.36 × 10 <sup>-1</sup> ※3
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. 外部事象の評価及び対策(13/17)



## 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熔融炉アンモニアタンクより小さいことを確認した。

熔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熔融炉アンモニアタンクの容量1.0m<sup>3</sup>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。

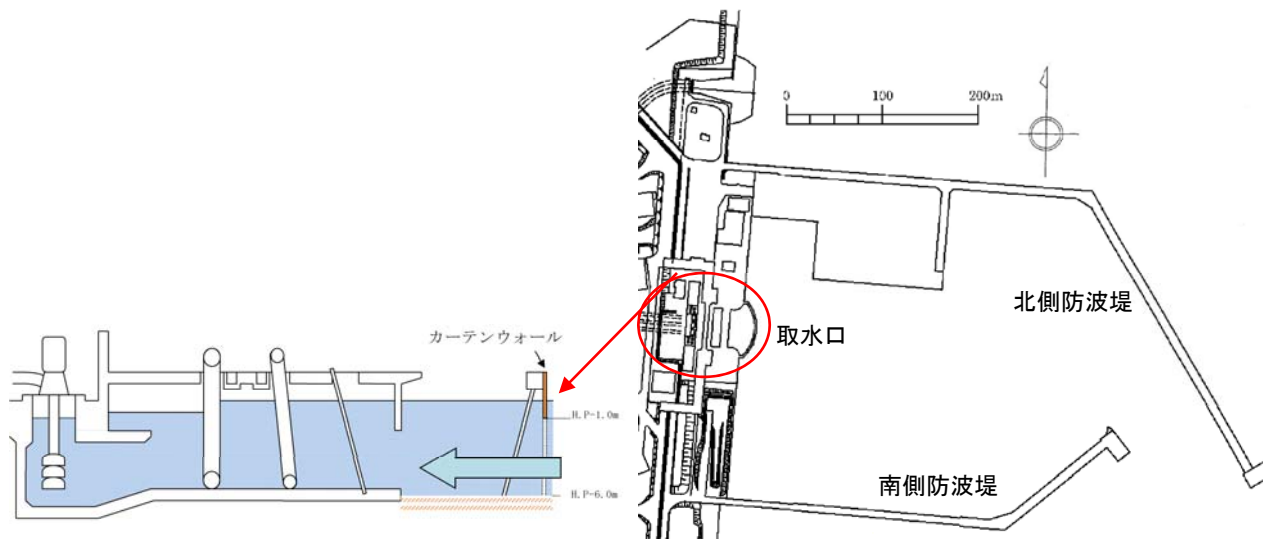
# 1. 外部事象の評価及び対策(14/17)



## 1-11 想定される外部事象に対する影響評価(船舶の衝突)

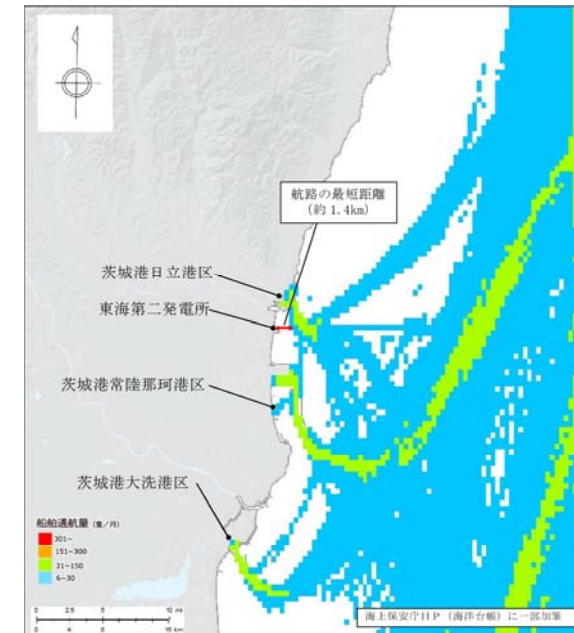
### 【影響評価結果】

- ・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11.5m及び発電所沖合約900mの水深が11.0mであることを踏まえると**、**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。**
- ・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。**



取水口～取水ピット断面図

防波堤及び取水口位置



発電所周辺の航路

# 1. 外部事象の評価及び対策(15/17)

## 1-12 想定される外部事象に対する影響評価(電磁的障害)

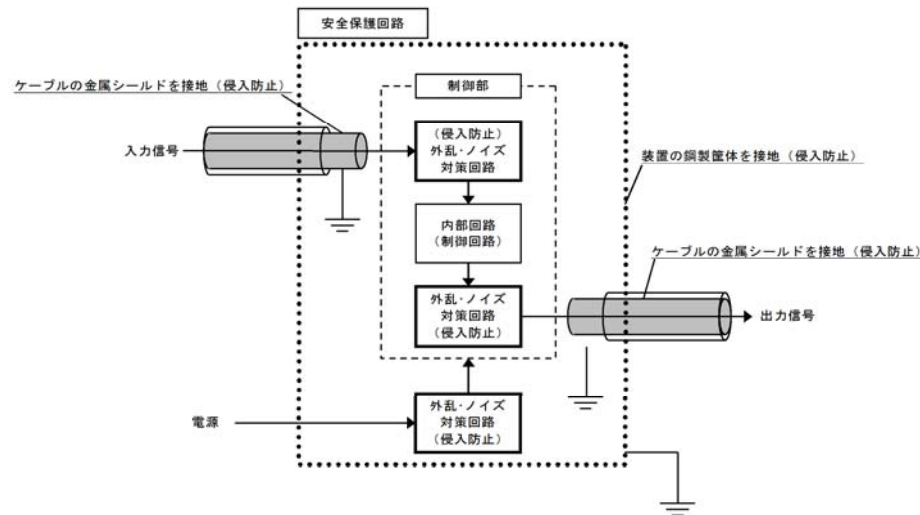
### 【影響評価結果】

#### ○電磁波等の発生源への対策

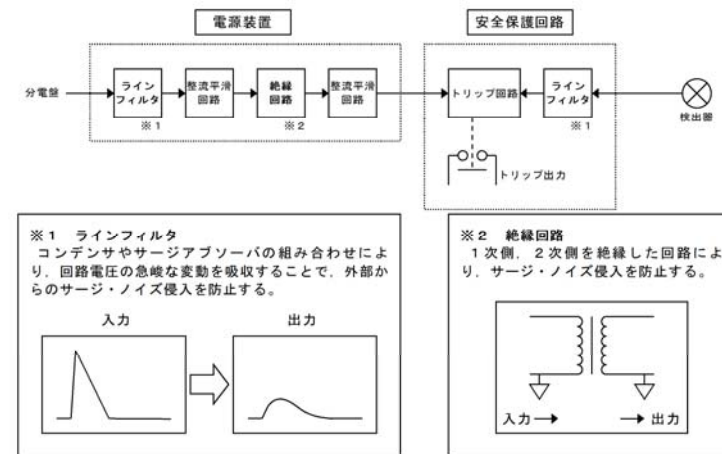
- ・サージ・ノイズや電磁波に対して、計装盤は電磁波の侵入を防止する設計としている。
- ・中央制御室や計装盤室では無線機器の使用を制限している
- ・高圧動力ケーブルは金属シールド付とするとともに、計装ケーブルとは別の鋼製ケーブルトレイに布設することで、高圧動力回路に地絡等が生じた場合に計装回路への電磁的影響を及ぼさない設計としている。

#### ○安全保護回路の耐ノイズ、耐サージ及び耐電圧性能

- ・安全保護回路の耐ノイズ、耐サージ及び耐電圧性能については、信号入力部にAC500V 1分間、電源に4.5kVインパルス電圧を印加して耐性を確認している。



安全保護回路に対する電磁波侵入防止策の概要



安全保護回路に対するサージ・ノイズ対策の概要

# 1. 外部事象の評価及び対策(16/17)



## 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)

○組合せを検討する自然現象の抽出

- ・荷重の組合せを検討する事象は、想定される自然現象13事象(地震・津波を含む)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**

○荷重の性質

- ・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)

○考慮する荷重の組合せ

- ・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(表2)

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)	$5.0 \times 10^{-4}$
	基準津波	特大	短(15分程度)	$2.0 \times 10^{-4}$
	設計竜巻	大	短(10分程度)	$2.1 \times 10^{-6}$
	火山の影響	大	長(30日程度)	$2.2 \times 10^{-5}$ ※1
従荷重	風(台風)	小	短(10分程度)	$2.0 \times 10^{-2}$ ※2
	積雪	小	長(1週間程度)	$2.0 \times 10^{-2}$ ※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

表2 考慮する荷重の組合せ

	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 $S_S$ による地震力+風荷重 基準地震動 $S_S$ 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

※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. 外部事象の評価及び対策(17/17)



## 1-13 自然現象の重畳に対する設計上の考慮について(2/2)

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"> <li>・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。</li> <li>・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、<b>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。</b></li> <li>・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、<b>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。</b></li> </ul>
	基準地震と設計竜巻	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>
	基準地震と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
	基準津波と設計竜巻	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>
	基準津波と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
	設計竜巻と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
主荷重 + 従荷重	基準地震と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>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</b>が、<b>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。</b></li> <li>・<b>基準地震と積雪は、積雪荷重の継続時間が長い</b>ため、<b>適切に組合せを考慮する。</b></li> </ul>
	基準津波と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>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</b>が、<b>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。</b></li> <li>・<b>基準津波と積雪は、積雪荷重の継続時間が長い</b>ため、<b>適切に組合せを考慮する。</b></li> </ul>
	設計竜巻と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
	火山の影響と風(台風)、積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>火山の影響の継続時間は他の主荷重と比較して長い</b>ため、降下火砕物に対しては、<b>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。</b></li> </ul>

## (補足説明資料 2. 火山の影響評価及び対策)

## 2. 火山の影響評価及び対策（1/19） 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

### 【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



## 2. 火山の影響評価及び対策 (2/19) 概要



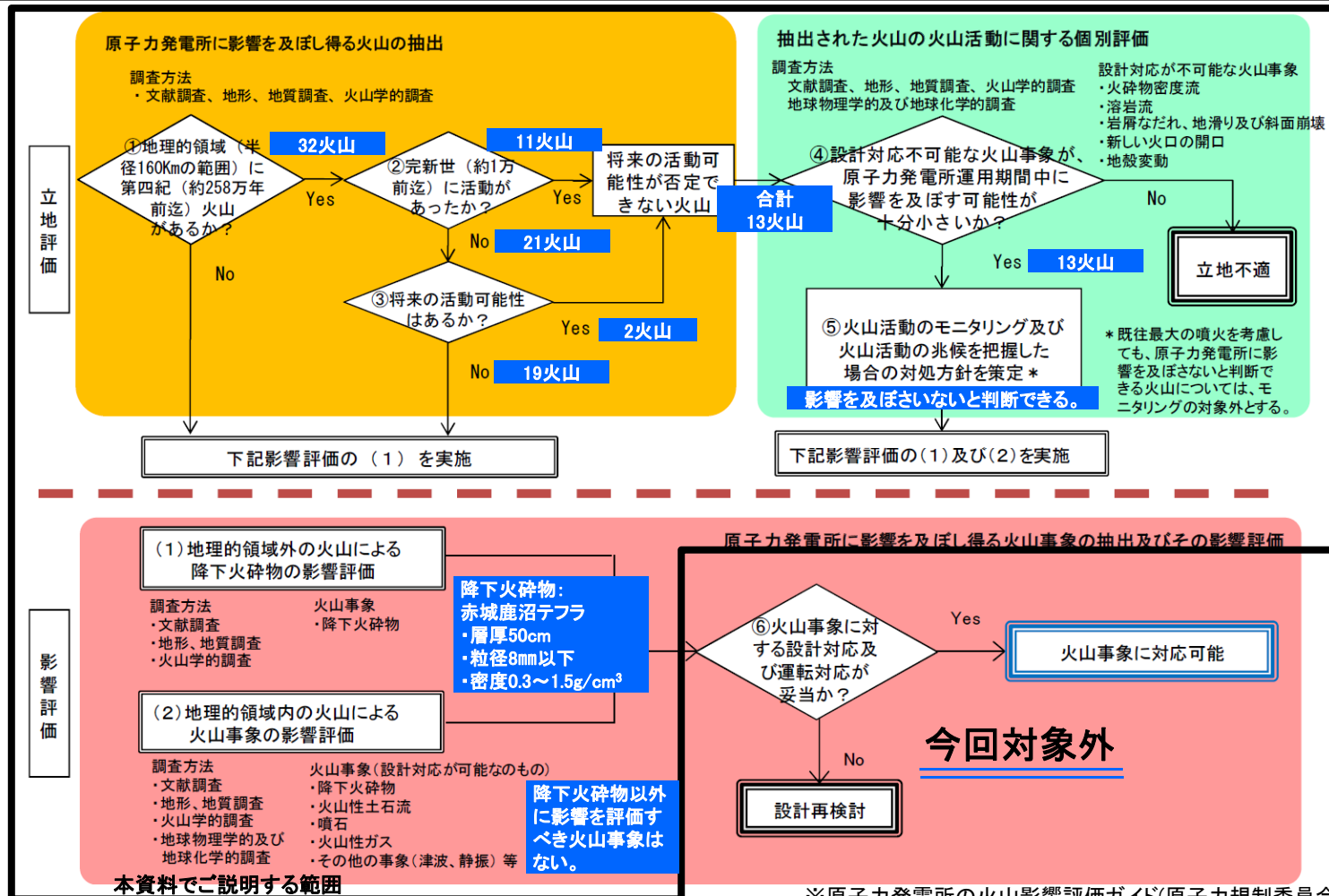
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、東海第二発電所の火山影響評価を実施した。

### 【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。

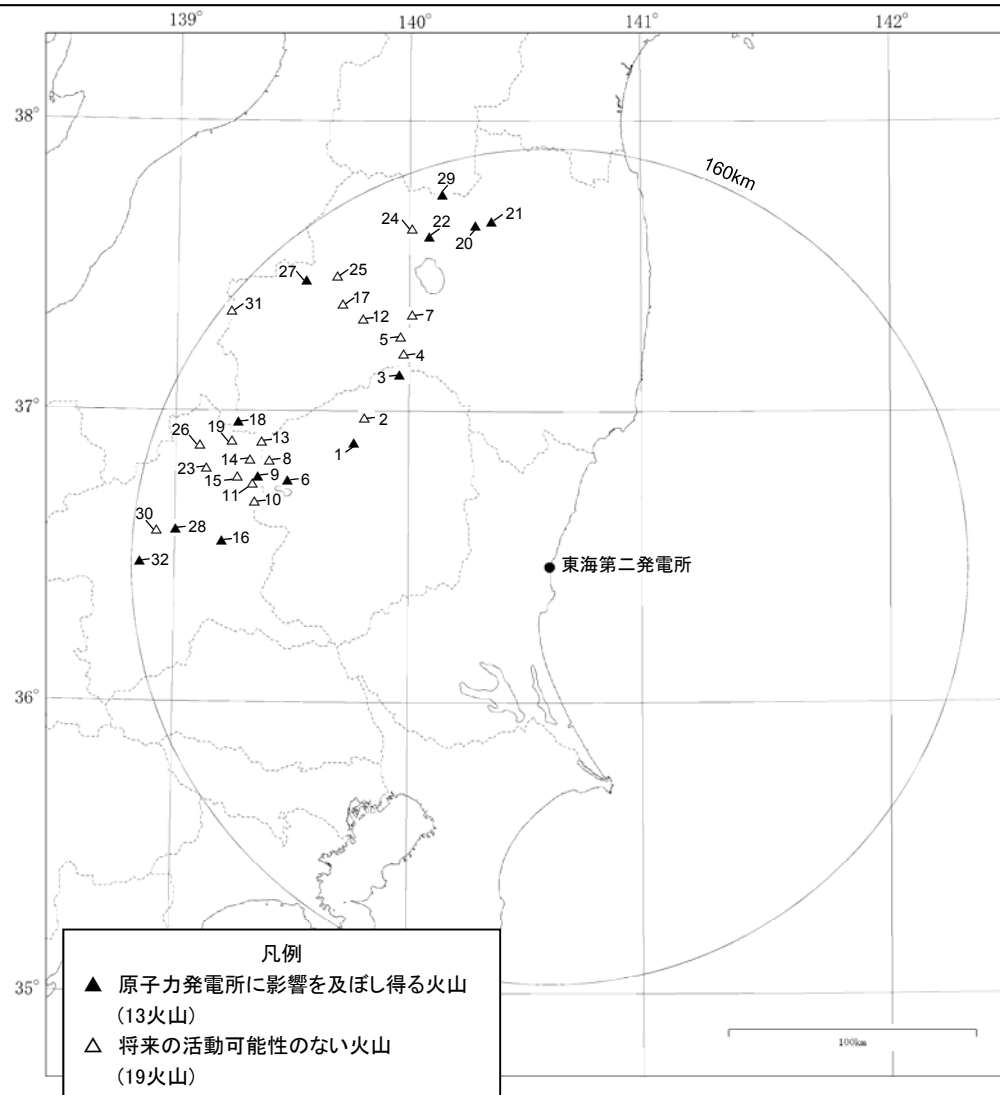


## 2. 火山の影響評価及び対策 (3/19) 立地評価 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出



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



半径160km範囲の第四紀火山分布

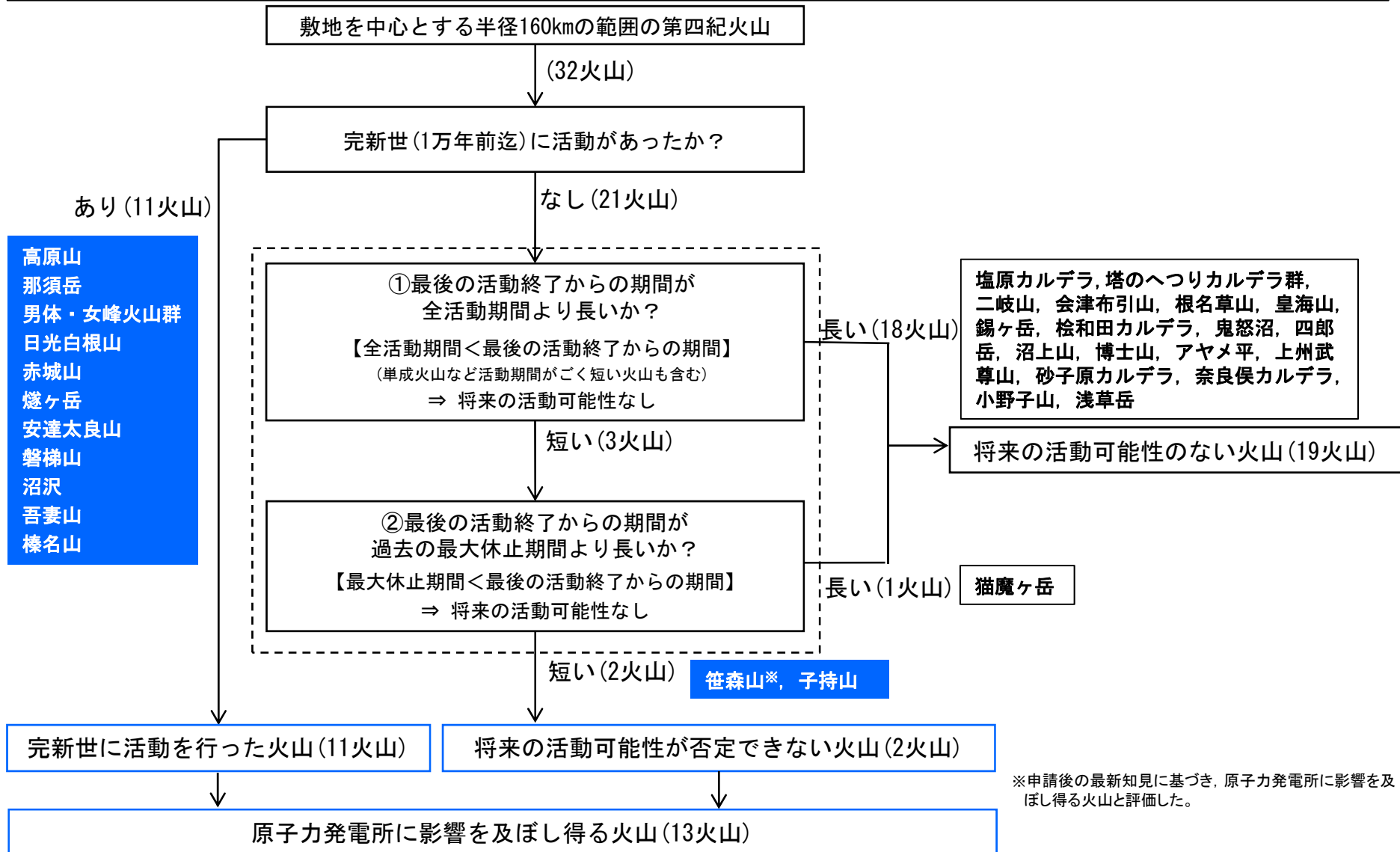
No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
1	たかはらやま 高原山	88
2	しおぼら 塩原カルデラ	90
3	なすだけ 那須岳	93
4	とう 塔のへつりカルデラ群	99
5	ふたまたやま 二岐山	104
6	なんたい・によほう 男体・女峰火山群	105
7	あいつぬのひきやま 会津布引山	109
8	ねなくさやま 根名草山	116
9	にっこうしらねさん 日光白根山	116
10	すかいさん 皇海山	116
11	すずがたけ 錫ヶ岳	117
12	ひわだ 桧和田カルデラ	118
13	きぬぬま 鬼怒沼	120
14	しろうだけ 四郎岳	122
15	ぬまのかみやま 沼上山	124
16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

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
17	ほかせやま 博士山	127
18	ひうちがたけ 燧ヶ岳	130
19	だいら 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	ぼんだいさん 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

## 2. 火山の影響評価及び対策 (4/19) 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。



## 2. 火山の影響評価及び対策 (5/19) 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・階段ダイヤグラムの例【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

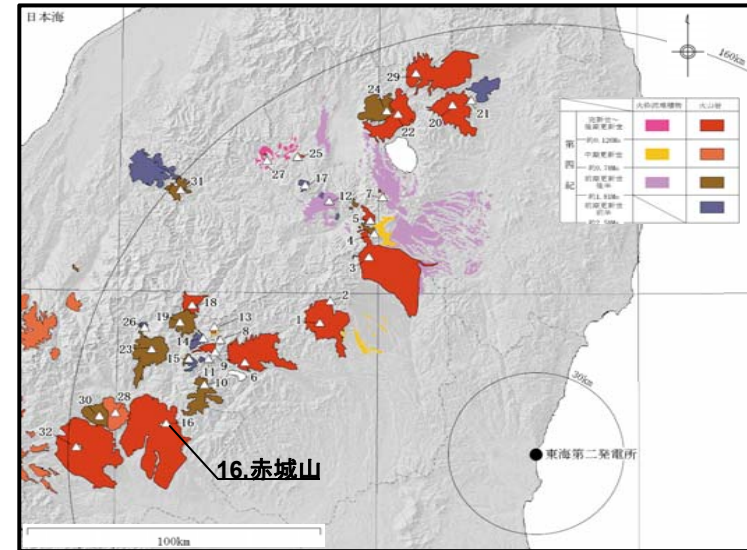
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1251年	中央火口丘形成期	1251年噴火噴出物 <sup>※</sup> 赤城鹿沼テフラ 等	2.49	大森編(1986) 鈴木(1990) 富田他(1994) 宇井編(1997) 青木他(2008) 高橋他(2012) 及川(2012) 山元(2014a) 山元(2014b) 山元(2016) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 編(2014)
		新期成層火山形成期		
	古期成層火山形成期	荒山溶岩 沼尾川溶岩 等	58	
30万年前				

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

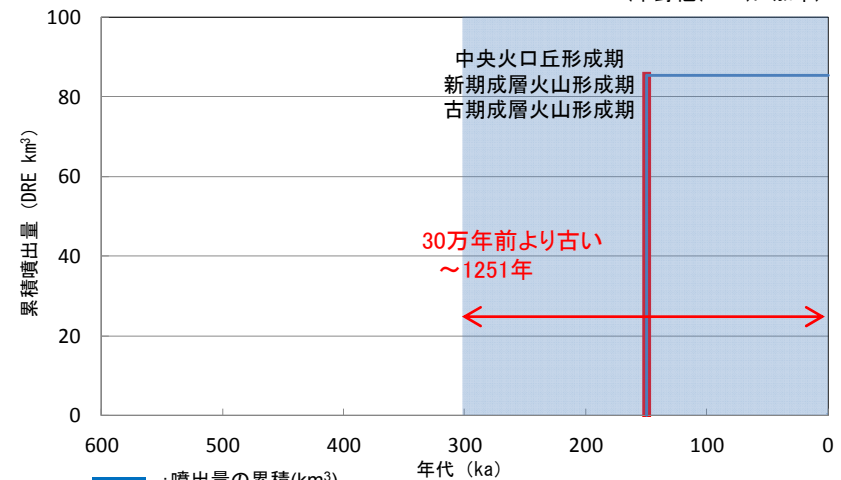
・下線: 有史以降の噴出物

※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)



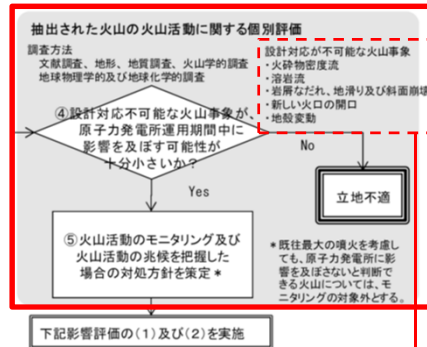
赤城山の階段ダイヤグラム

・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。

## 2. 火山の影響評価及び対策 (6/19) 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、サージ及びブラスト	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	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

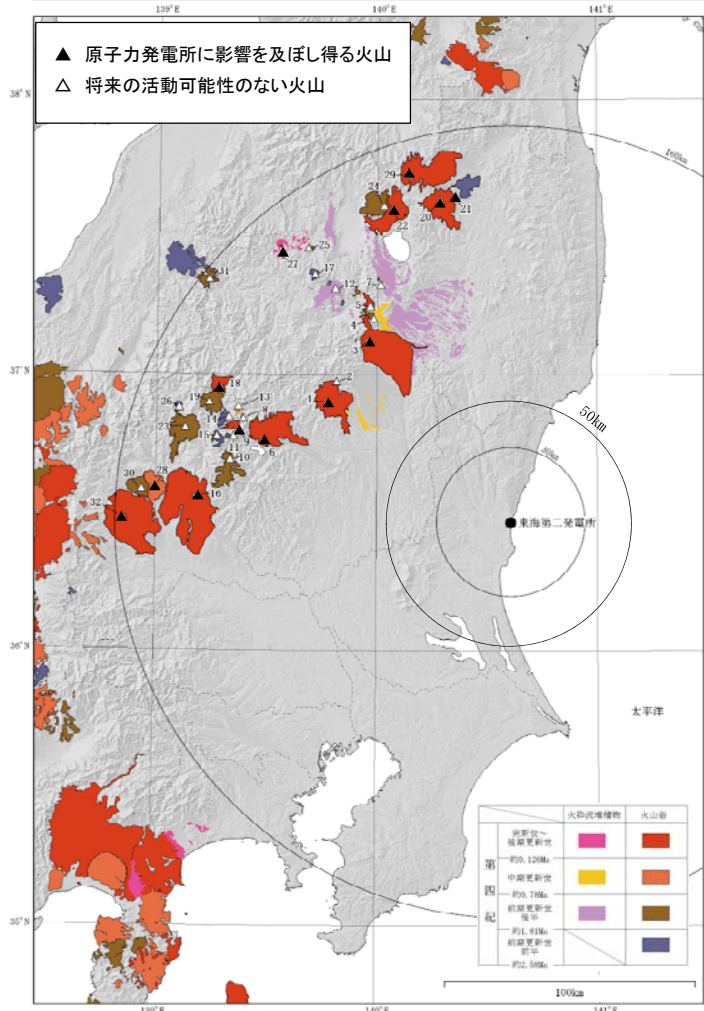
## 2. 火山の影響評価及び対策 (7/19) 立地評価

### 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)

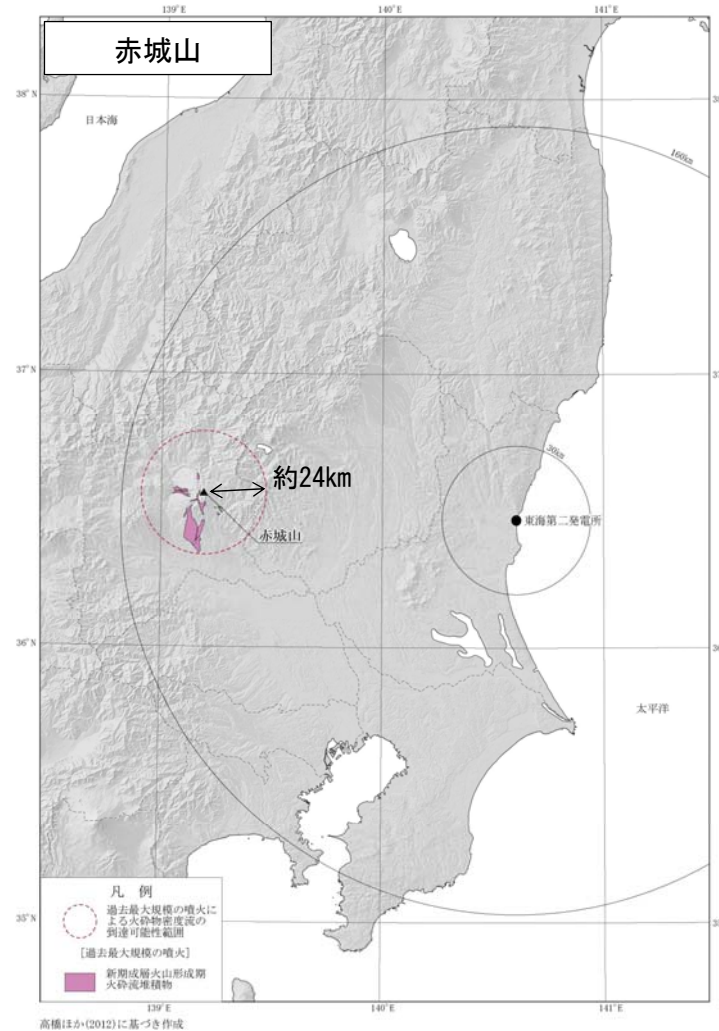
No.	火山名	敷地からの距離(km)	火砕物密度流(160km)		溶岩流 岩屑なだれ、地すべり及び斜面崩壊 (50km)	新しい火口の開口 地殻変動
			到達可能性範囲(km)	評価結果		
1	高原山	88	-	活動履歴上、噴出物は溶岩や火砕物が主体であり、火砕物密度流の発生実績は認められない。	敷地と火山の距離から、原子力発電所に影響を及ぼす可能性はない。	敷地は、火山フロントより前弧側(東方)に位置すること、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、この事象が原子力発電所の運転期間中に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
3	那須岳	93	17	敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離から、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	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。		
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	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。		

- 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。

## 2. 火山の影響評価及び対策 (8/19)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。



## 2. 火山の影響評価及び対策 (9/19) 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。

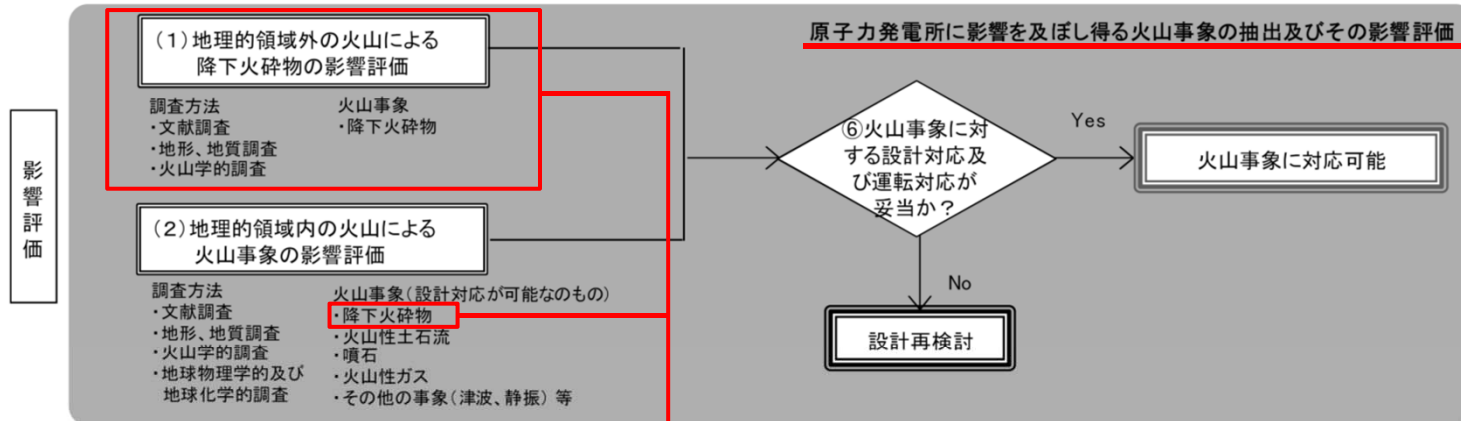


表1 原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係<sup>注1)</sup>

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、サージ及びブラスト	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	継続的微小、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

(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。

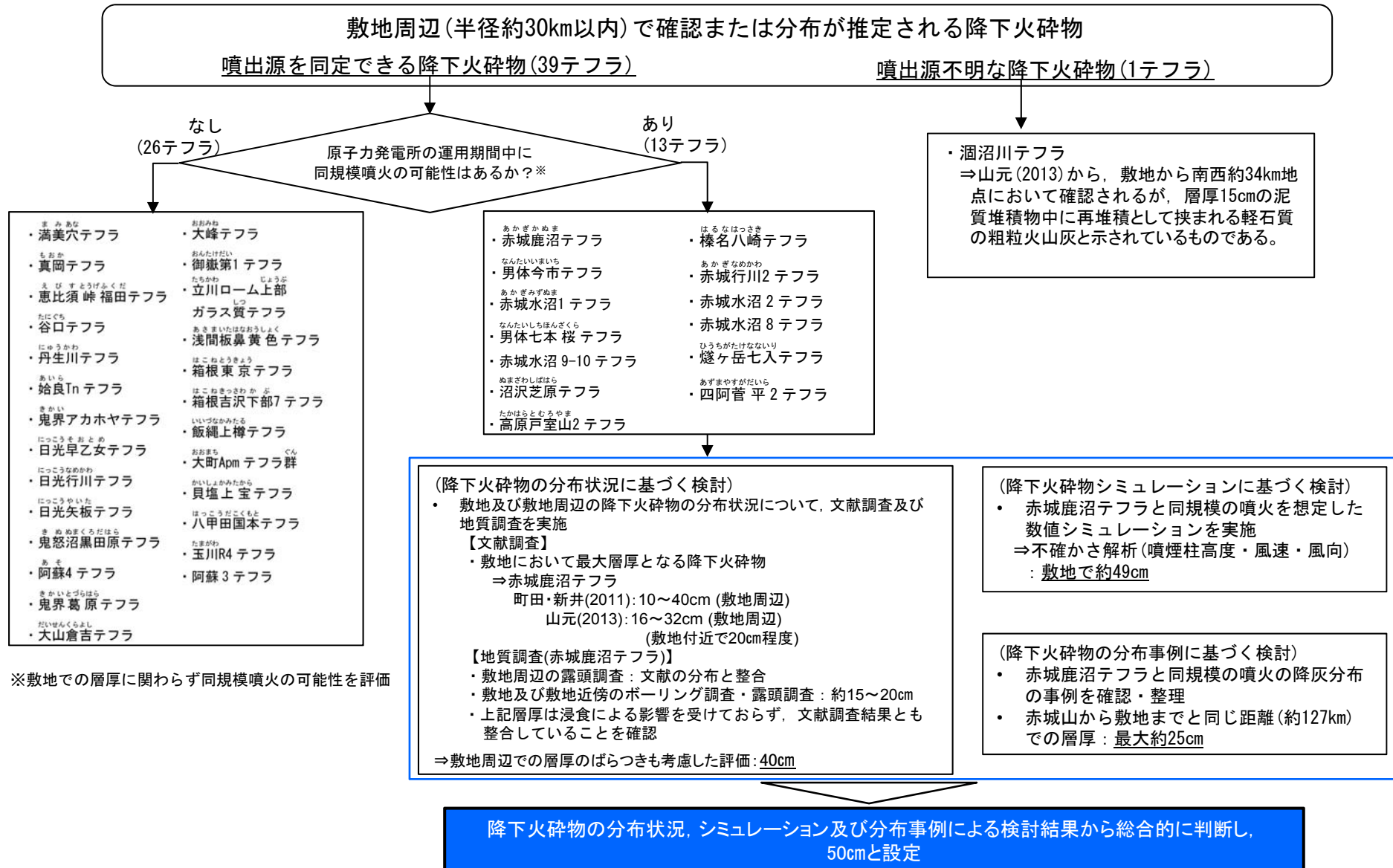
注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

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。



## 2. 火山の影響評価及び対策 (10/19) 影響評価 降下火砕物の影響評価 検討フロー

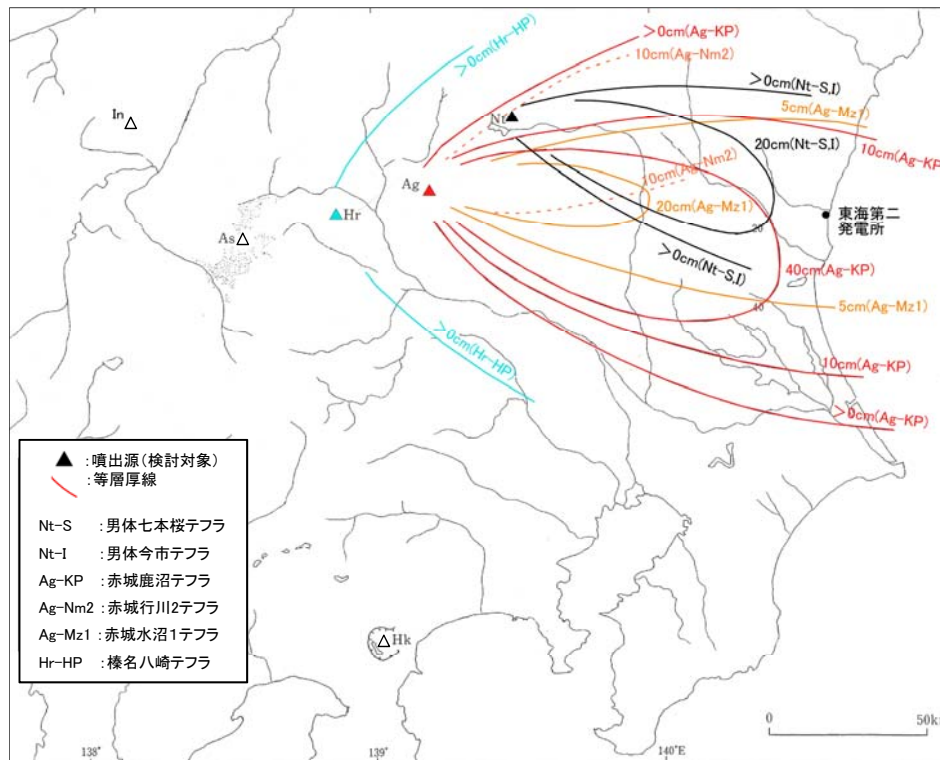


## 2. 火山の影響評価及び対策 (11/19) 影響評価 降下火砕物の影響評価 文献調査(敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物)

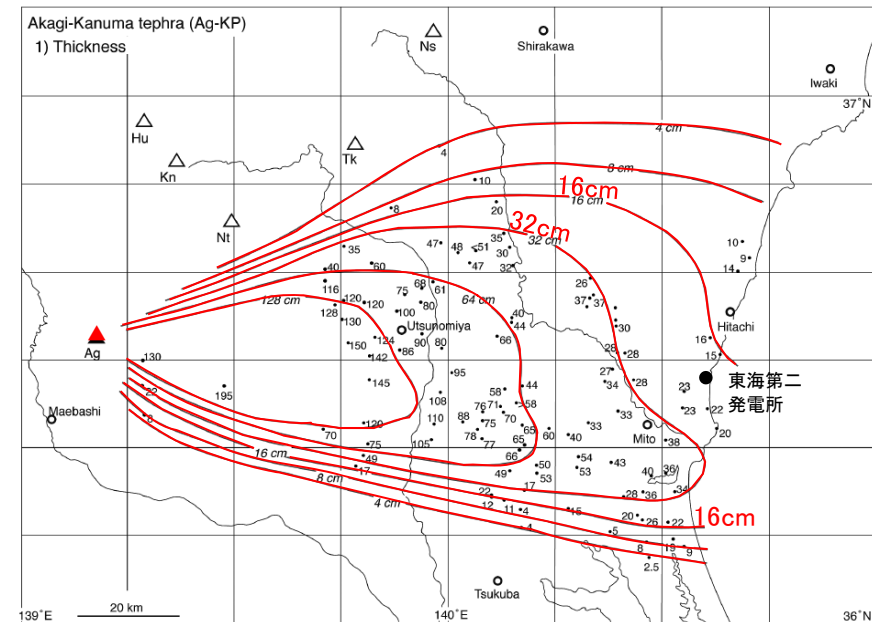


敷地周辺(半径約30km以内)で確認または分布が推定される降下火砕物のうち、原子力発電所の運用期間中に同規模噴火の可能性のある降下火砕物の分布を以降に示す。

- 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) 数字は降下火砕堆積物の層厚で、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；  
 Hu = 嬬ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；Ns = 那須火山；Nt = 男体火山；Tk = 高原火山。

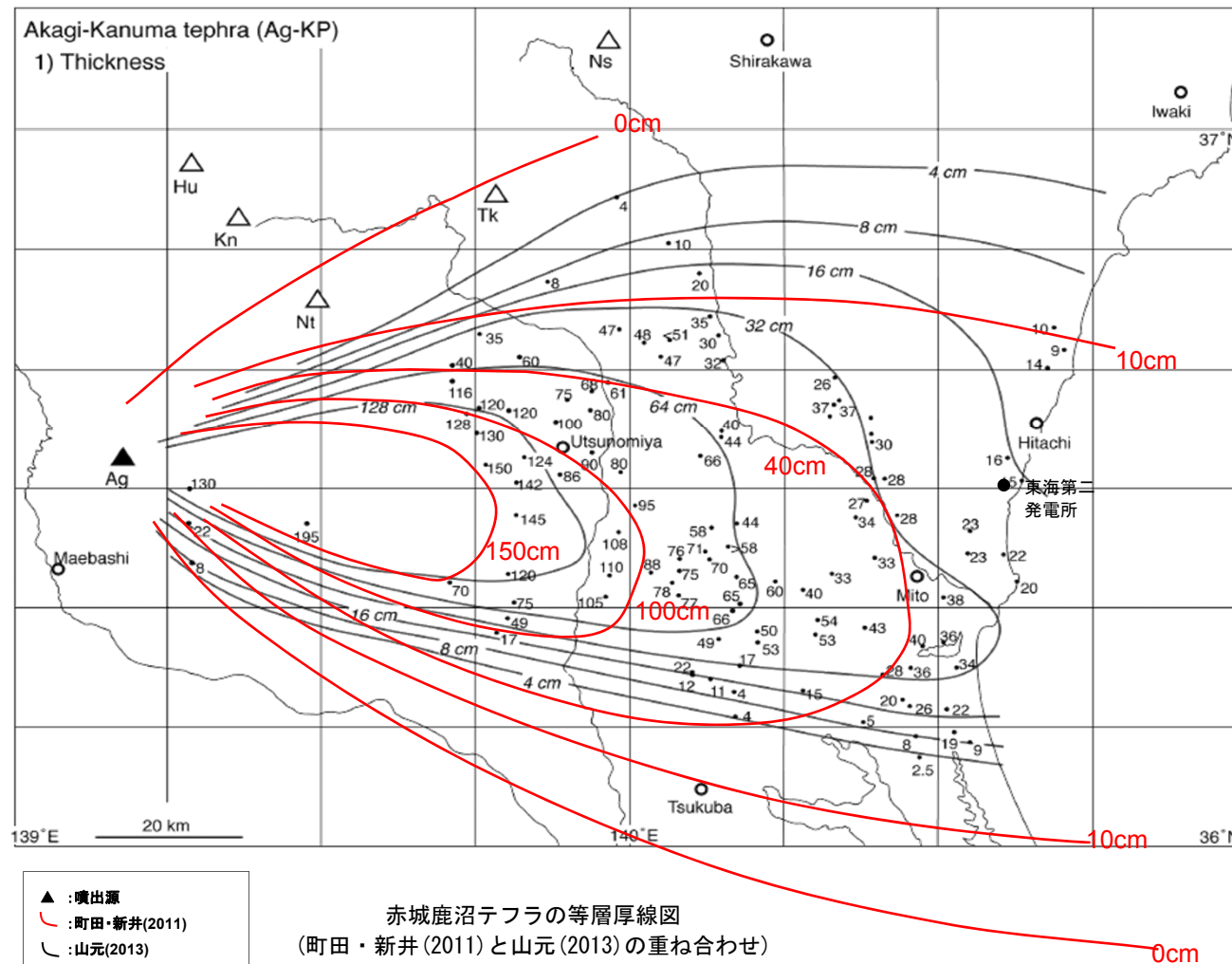
赤城鹿沼テフラの等層厚線図  
(山元(2013)に加筆)

## 2. 火山の影響評価及び対策 (12/19) 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。

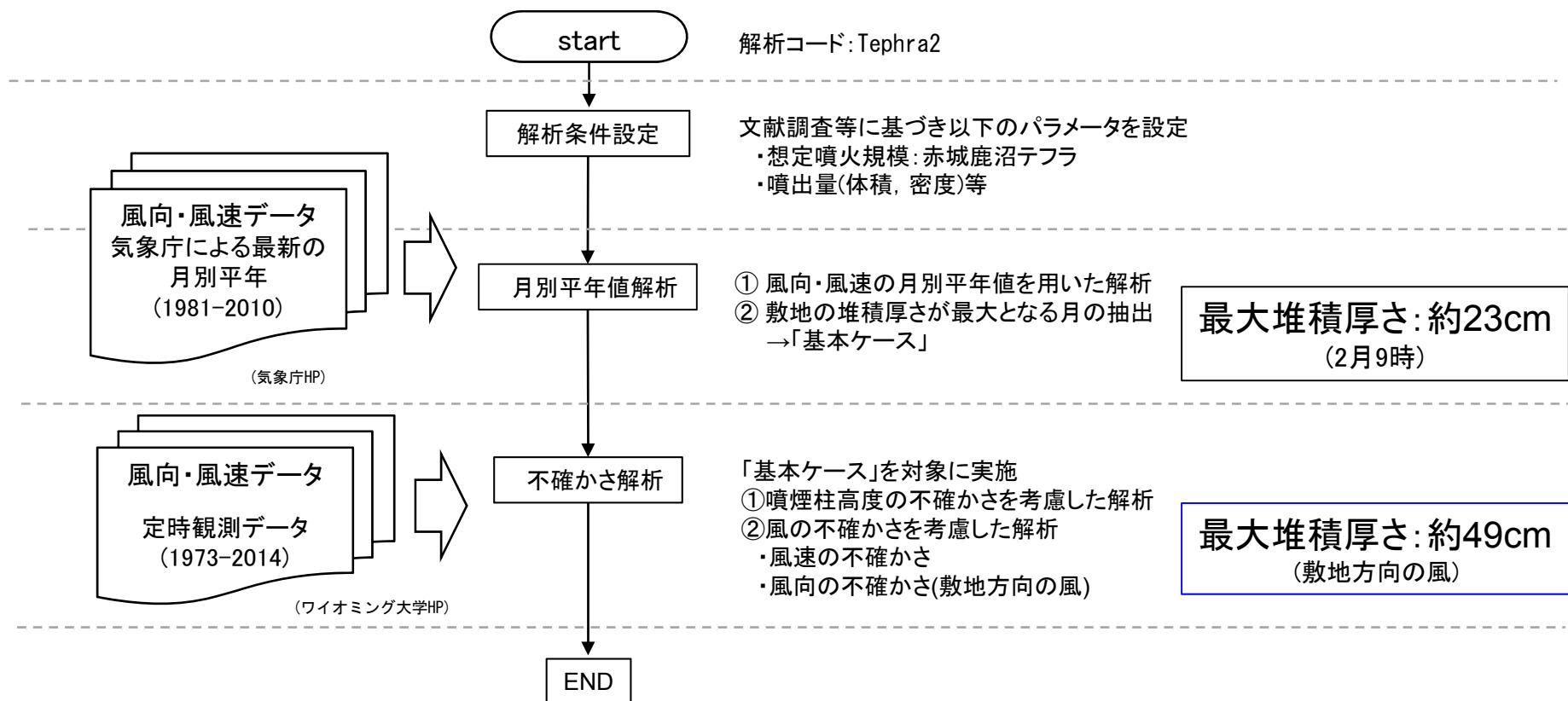
- ・敷地は町田・新井(2011)が示す等層厚線図の10cm~40cmの範囲に位置している。
- ・敷地は山元(2013)が示す等層厚線図の16cm~32cmの範囲に位置している。
- ・町田・新井(2011)と山元(2013)に示される赤城鹿沼テフラの分布傾向は概ね整合しており、山元(2013)において確認される敷地付近での層厚は20cm程度であるが、敷地の南側には赤城山から敷地までの距離と同程度の位置に34cm~38cmの層厚が確認される。



## 2. 火山の影響評価及び対策 (13/19) 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



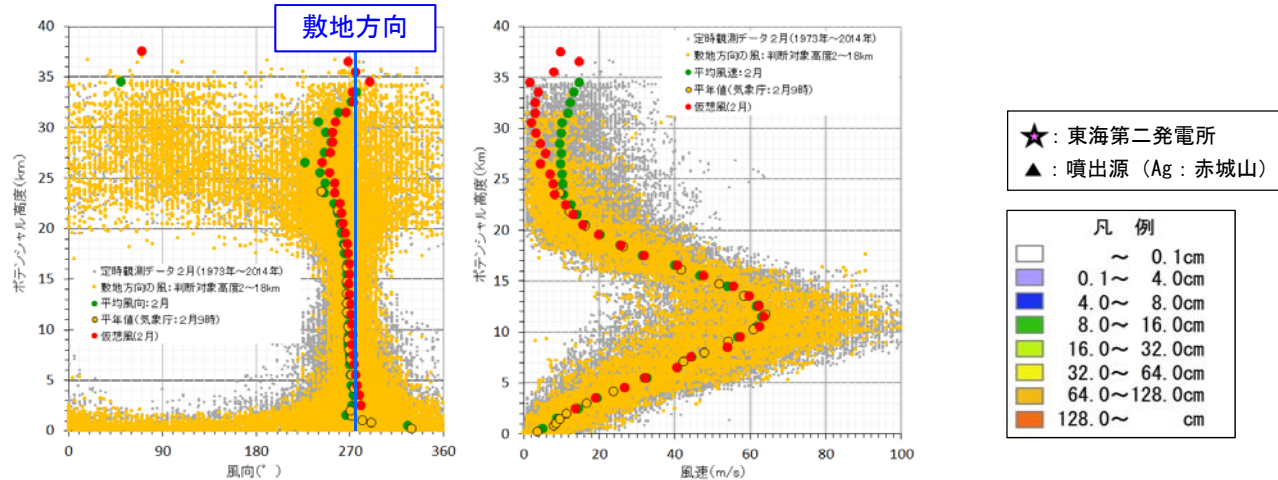
- 降下火砕物の数値シミュレーションは火山影響評価ガイドにおいては、原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合の堆積物量を設定する方法の一つとされている。
- ここでは、敷地で最大層厚となる降下火砕物(赤城鹿沼テフラ)と同等規模の噴火が発生した場合における、現在の気象条件での不確かさを考慮した敷地での層厚をシミュレーションによって確認する。
- 不確かさを考慮したシミュレーションを実施した結果、敷地での最大堆積厚さは約49cmであった。



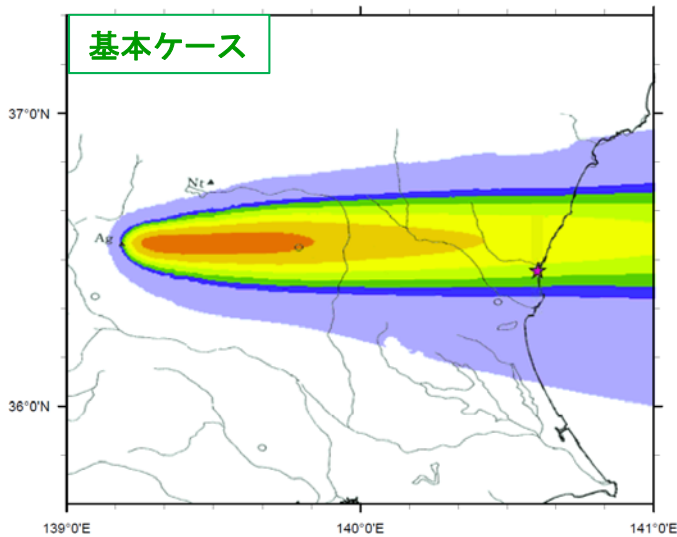
## 2. 火山の影響評価及び対策 (14/19) 影響評価 降下火砕物の影響評価 降下火砕物シミュレーション(不確かさ解析:敷地方向の風)



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

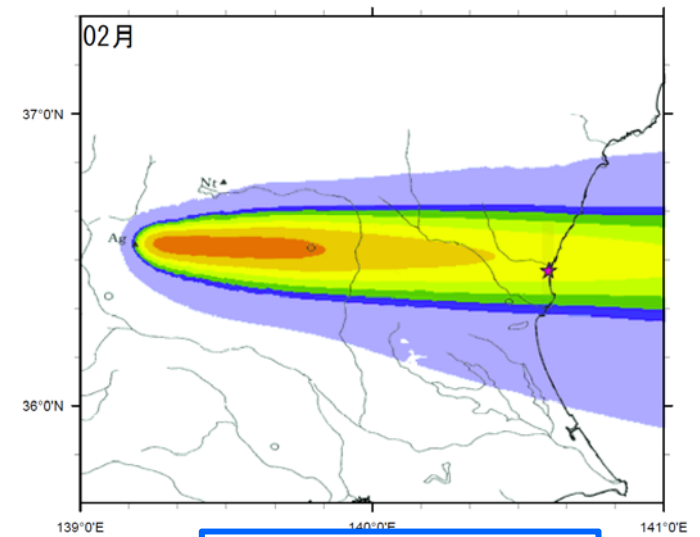


堆積厚さ: 22.5cm



敷地方向の風

### ◇ 敷地方向の風



堆積厚さ: 48.8cm

## 2. 火山の影響評価及び対策 (15/19) 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 <sup>※1</sup>	最大4.8mm <sup>※4</sup>	
湿潤密度	約1.0~1.2g/cm <sup>3</sup> <sup>※2,※3</sup> (1.2g/cm <sup>3</sup> を超えることがある) <sup>※3</sup>	約0.9g/cm <sup>3</sup>	約1.1g/cm <sup>3</sup>
乾燥密度	約0.3~0.7g/cm <sup>3</sup> <sup>※2,※3</sup>	約0.3g/cm <sup>3</sup>	約0.5g/cm <sup>3</sup>

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

※4:敷地及び大洗研究開発センター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

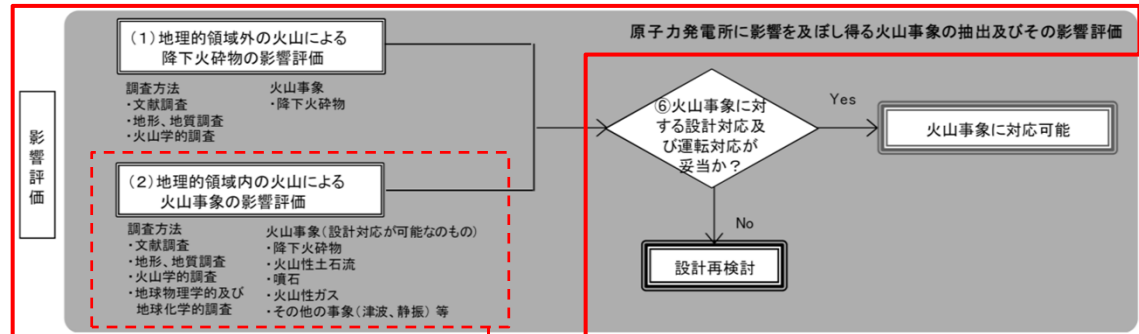
- ・ 粒径 : 8mm以下
- ・ 密度 : 0.3g/cm<sup>3</sup> (乾燥状態) ~ 1.5g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態) <sup>※5</sup>

※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

## 2, 火山の影響評価及び対策 (16/19) 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、サージ及びブラスト	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	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

## 2. 火山の影響評価及び対策 (17/19) 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。**



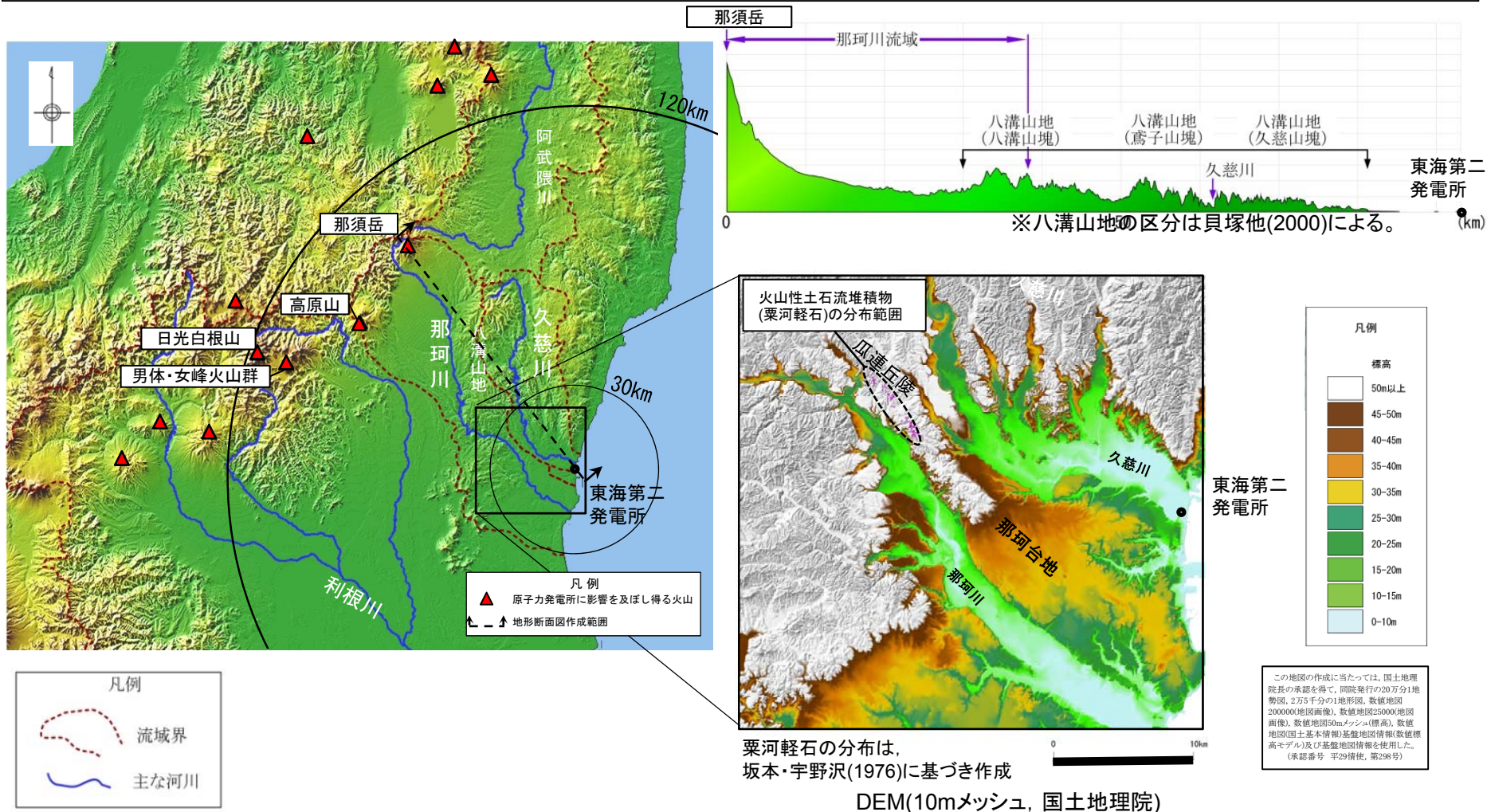
## 2. 火山の影響評価及び対策 (18/19) 影響評価

### 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。

## 2. 火山の影響評価及び対策 (19/19) 立地評価・影響評価のまとめ



### 【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 <sup>3</sup> 湿潤状態:1.5g/cm <sup>3</sup>

- ・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. 森林火災の影響評価及び対策)

### 3. 森林火災の影響評価及び対策(1/7)



#### ● 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

- (1) 熱影響
- (2) 危険距離※1
- (3) 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。

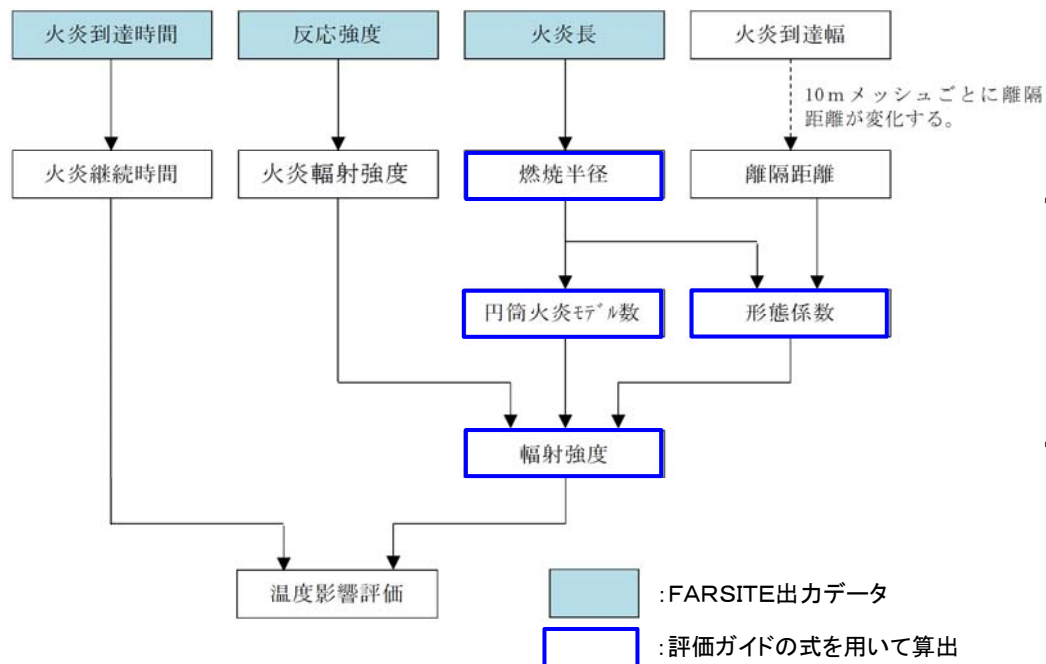
表 評価で用いるFARSITEの出力

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 <sup>2</sup> )	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

### 3. 森林火災の影響評価及び対策(2/7)



#### ● 評価方法



#### ・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

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

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

$\phi_i$  : 円筒火炎モデルの形態係数

$L_i$  : 隔離距離(m), H : 火炎長(m)

R : 燃焼半径(m)

#### ・火炎放射強度の算出

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

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

#### ・放射強度の算出式

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

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

$\phi_i$  : 形態係数

$R_f$  : 最大火炎放射強度(kW/m<sup>2</sup>)

F' : 円筒火炎モデル数(10mメッシュ)

### 3. 森林火災の影響評価及び対策(3/7)



・建屋に対する温度評価式

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

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

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

T: 評価温度(°C), E: 輻射強度(W/m<sup>2</sup>)

$\rho$ : 密度(kg/m<sup>3</sup>), 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

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

T: 評価温度(°C),  $T_0$ : 初期温度(°C), E: 輻射強度(W/m<sup>2</sup>)

G: 重量流量(kg/s), A: 輻射を受ける面積(m<sup>2</sup>)

$C_p$ : 空気比熱(J/kg/K)

$\Delta T$ : 構造物を介した温度上昇(°C)

・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(°C),  $T_0$ : 初期温度(°C)

E: 輻射強度(W/m<sup>2</sup>), h: 熱伝達率(W/m<sup>2</sup>/K)

### 3. 森林火災の影響評価及び対策(4/7)



#### ● 評価結果

(1) 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(°C)							許容温度(°C)
	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 スプレイ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 スプレイ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

### 3. 森林火災の影響評価及び対策(5/7)



(2)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



### 3. 森林火災の影響評価及び対策(6/7)

#### ● 津波防護施設の防護

・森林火災の影響を受ける以下対象に対し評価を実施

- (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。

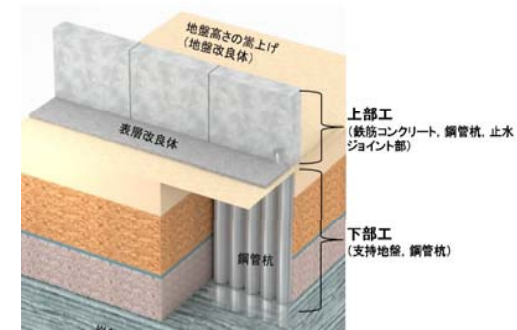


図 防潮壁の概要図

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

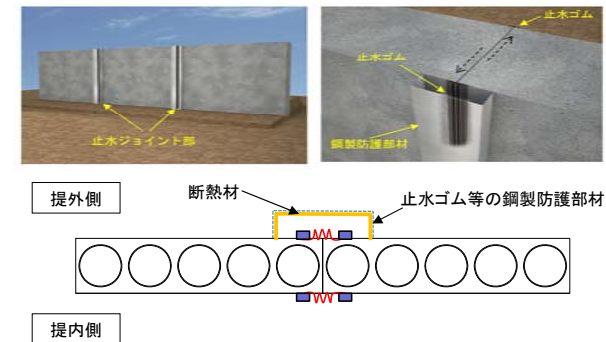


図 止水ジョイント部の概要図

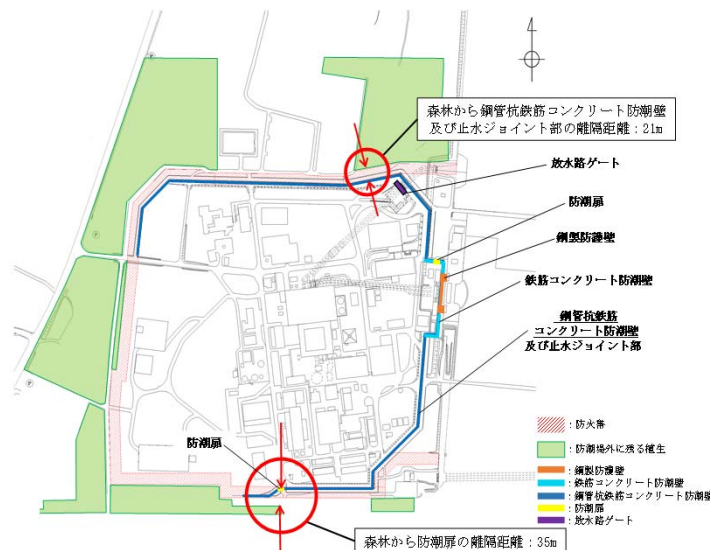


図 津波防護施設と森林との位置関係

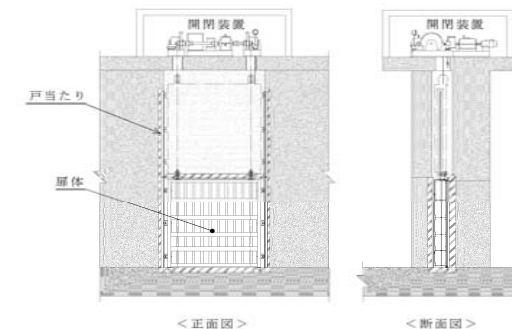


図 防潮扉の概要図

### 3. 森林火災の影響評価及び対策(7/7)



#### ● 森林火災の二次的影響評価

##### ➤ 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

表 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

## (補足説明資料 4. 爆発の影響評価)

## 4. 爆発の影響評価(1/5)



### ● 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※1
- (2) 飛来物の最大飛散距離

※1 爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離

### ● 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

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W}$$

X: 危険限界距離[m]、λ: 換算距離 14.4[m・kg<sup>-1/3</sup>]、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: 破裂時の貯蔵物質質量

### ● 評価の流れ

#### (1) 敷地外のガス貯蔵施設

- ・敷地外のガス貯蔵施設は、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
- ・選定したガス貯蔵施設に対し、評価ガイドに記載の評価式※2を用いて危険限界距離を評価し、ガス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。
- ・加圧貯蔵型のLPGタンクは、石油コンビナートの防災アセスメント指針に記載の評価式を用いて、飛来物の最大飛散距離を評価※3

#### (2) 敷地内のガス貯蔵施設

- ・敷地内のガス貯蔵施設は、現場調査等により対象施設の情報を入力
- ・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を用いて危険限界距離を評価し、ガス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。

#### (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が爆発したことを想定
- ・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を用いて危険限界距離を評価し、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。
- ・加圧貯蔵型のLPGタンクは、石油コンビナートの防災アセスメント指針に記載の評価式等を用いて、飛来物の最大飛散距離を評価※3

#### (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限界距離を評価し、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。

## 4. 爆発の影響評価(2/5)



### ● 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)

## 4. 爆発の影響評価(3/5)



### ● 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

### ● 飛来物の最大飛散距離の評価

- ・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。



図 爆発源と評価対象施設の位置関係

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 <sup>3</sup> )	6.7
密度(kg/m <sup>3</sup> )	0.08988 <sup>*1</sup>
貯蔵ガスK値 <sup>*2</sup>	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

表 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, ×:対象外)
H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ボンベ庫	水素	20	7 m <sup>3</sup>	140 m <sup>3</sup>	× (屋内配置)
<b>水素貯槽</b>	<b>水素</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>6.7 m<sup>3</sup></b>	<b>○ (屋外配置)</b>
予備ボンベ庫①	水素	40	7 m <sup>3</sup>	280 m <sup>3</sup>	× (屋内配置)
予備ボンベ庫②	水素	20	7 m <sup>3</sup>	140 m <sup>3</sup>	× (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	× (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	× (屋内配置)
サービス建屋 ボンベ庫	アセチレン	3	7 kg	21 kg	× (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	× (屋内配置)
	メタン+プロパン	4	7 m <sup>3</sup>	28 m <sup>3</sup>	
食堂用プロパンボンベ庫	プロパン	18	50 kg	900 kg	× (屋内配置)

## 4. 爆発の影響評価(4/5)

### ● 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

### ● 危険限界距離の評価

- ・燃料輸送車両の爆発評価を実施した結果、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

### ● 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、飛来物の最大飛散距離を、竜巻飛来物評価でも採用する詳細な評価式※を用いて評価した結果、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

#### ※ 最大飛散距離の詳細な評価式

$$\text{水平方向：} m \frac{dv_x}{dt} = F \frac{v_x}{V(t)}$$

$$\text{鉛直方向：} m \frac{dv_y}{dt} = F \frac{v_y}{V(t)} - m g$$

$$F = -\frac{1}{2} C_D \Lambda \rho V(t)^2$$

$$V(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

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/s<sup>2</sup>)，C<sub>D</sub>：流体抗力係数 (-)

Λ：飛来物の速度方向に対する投影面積 (m<sup>2</sup>)

V：飛来物の速度(m/s)，ρ：空気密度(1.2kg/m<sup>3</sup>)

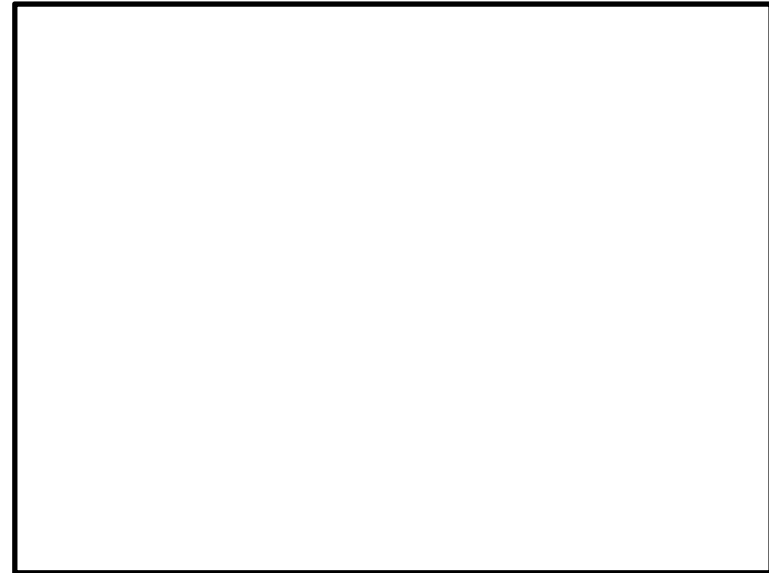


図 燃料輸送車両と評価対象施設との位置関係

表 飛来物の最大飛散距離の評価結果

飛来物の種類	鋼製パイプ (はしご)	鋼板 (タンク本体)
サイズ (m)	長さ×直径 (17.0 <sup>*1</sup> ×0.05 <sup>*2</sup> )	長さ×幅×厚さ (17.0 <sup>*1</sup> ×2.5 <sup>*1</sup> ×0.01 <sup>*4</sup> )
質量 (kg)	71 <sup>*2</sup>	3,336 <sup>*3</sup>
飛散距離 (m)	435	330
離隔距離 (m)	450 (国道245号線から最も近い発電用原子炉施設(タービン建屋)までの距離)	

※1 車両制限令第3条3項及び通達で定められた指定道路を通行できるセミトレーラー車両の最大限度(長さ17.0m、幅2.5m)

※2 鋼製パイプの直径及び、質量については、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考に設定した。直径0.05mは、構造図上のはしごの直径約0.04mを包絡する。

※3 鋼板の質量については、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考に設定した。

※4 「高圧ガスタンクローリーの事故防止について」(高圧ガス保安協会)の構造図よりタンク板厚0.01mと設定した。

## 4. 爆発の影響評価(5/5)



- 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燃料輸送船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
- 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
- 飛来物の最大飛散距離の評価
  - ・以下の理由により、想定した漂流船舶の飛来物が発電所に影響を及ぼすことはない。
    - 船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には、作業を中止した上で、緊急退避又は係留避泊する運用としており、実際に漂流し発電所に接近する可能性は低い。
    - 漂流した船舶が、日立LNG基地がある1.5 km先から発電所周辺まで流れてくる可能性は低く、それに加えて、評価対象施設に衝突する水平方向の飛散角度は数度程度の範囲に限られるため、飛来物が評価対象施設に衝突する可能性は低い。

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。



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



---

(補足説明資料 5. 近隣工場等の火災の影響評価)

## 5. 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。

## 5. 近隣工場等の火災の影響評価(2/10)



### ● 危険距離の算出の流れ

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

### ● 許容温度となる輻射強度の算出に用いる温度評価式

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

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

T: 許容温度(°C),  $T_0$ : 初期温度(°C), E: 輻射強度(W/m<sup>2</sup>)

$\kappa$ : コンクリート温度伝導率(=  $\lambda / \rho C_p$ )(m<sup>2</sup>/s)

$\rho$ : コンクリート密度(kg/m<sup>3</sup>),  $C_p$ : コンクリート比熱(J/kg/K)

$\lambda$ : コンクリート熱伝導率(W/m/K), t: 燃焼継続時間(s)

x: 温度評価の対象となる深さ位置(外壁表面:m)

※ 燃焼継続時間は下式で算出

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

t: 燃焼継続時間(s), V: 燃料量(m<sup>3</sup>)

R: 燃焼半径(m), v: 燃焼速度 =  $M / \rho$  (m/s)

M: 質量低下速度(kg/m<sup>2</sup>/s),  $\rho$ : 燃料密度(kg/m<sup>3</sup>)

- ・主排気筒及び放水路ゲート(許容温度: 325°C)

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

T: 許容温度(°C),  $T_0$ : 初期温度(°C)

E: 輻射強度(W/m<sup>2</sup>), h: 熱伝達率(W/m<sup>2</sup>/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°C), 残留熱除去系海水系ポンプ(許容温度: 70°C)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°C)

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

T: 許容温度(°C),  $T_0$ : 初期温度(°C), E: 輻射強度(W/m<sup>2</sup>)

G: 重量流量(kg/s), A: 輻射を受ける面積(m<sup>2</sup>)

$C_p$ : 空気比熱(J/kg/K)

$\Delta T$ : 構造物を介した温度上昇(°C)

## 5. 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:評価ガイド)

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

E : 輻射強度 (W/m<sup>2</sup>), R f : 輻射発散度 (W/m<sup>2</sup>), 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: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)

### ※ 燃焼半径の算出式(出典:評価ガイド)

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

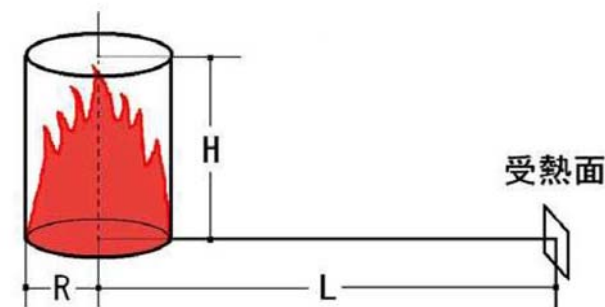
R : 燃焼半径 (m), S : 防油堤面積 (= 燃焼面積) (m<sup>2</sup>)

### ◆ 輻射発散度 [参考資料(3)より引用]

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

(単位は W/m<sup>2</sup>、かつこ内は kcal/m<sup>2</sup>・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。

## 5. 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

## 5. 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、危険距離※が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 <sup>3</sup> )	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

# 5. 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 (m <sup>3</sup> )	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	× (屋内設置 → A)
			第四類 第二石油類	軽油・灯油	2.20	× (屋内設置 → A)
			第四類 第二石油類	潤滑油	18.20	× (屋内設置 → A)
			第四類 第四石油類	潤滑油	21.00	× (屋内設置 → A)
			第四類 アルコール類	アルコール類	0.20	× (屋内設置 → A)
重油貯蔵タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第三石油類	重油	500.00	× (地下式 → B)
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	× (地下式 → B)
原子炉建屋	一般取扱所	屋内	第四類 第二石油類	軽油	33.20	× (屋内設置 → A)
			第四類 第四石油類	潤滑油	16.50	× (屋内設置 → A)
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	× (屋内設置 → A)
			第四類 第三石油類	重油	1.90	× (屋内設置 → A)
			第四類 第四石油類	潤滑油	185.23	× (屋内設置 → A)
			第四類 第四石油類	ワセリン	7.93	× (屋内設置 → A)
サービス建屋	一般取扱所	屋内	第四類 第三石油類	重油	2.40	× (屋内設置 → A)
			第四類 第二石油類	軽油	10.00	○
可搬型設備用軽油タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第二石油類	軽油	210.00	× (地下式 → B)
ディーゼル発電機用燃料タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋外	第四類 第二石油類	軽油	0.78	× (他評価に包摂 → D)
No.1 保修用油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類 第一石油類	ガソリン	0.10	× (屋内設置 → A)
			第四類 第二石油類	タッカー等	4.00	× (屋内設置 → A)
			第四類 第四石油類	潤滑油	90.00	× (屋内設置 → A)
No.2 保修用油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類 第四石油類	潤滑油	100.00	× (屋内設置 → A)
			第四類 第三石油類	重油	5.76	× (屋内設置 → A)
緊急時対策用建屋 (自緊急時対策)	一般取扱所	屋内	第四類 第三石油類	重油	20.00	× (地下式 → B)
緊急時対策用建屋地下タンク (自緊急時対策)	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第三石油類	重油	20.00	× (地下式 → B)
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	× (室内「空」→C)
変圧代替高圧変圧器設置設備	一般取扱所	屋外	第四類 第二石油類	軽油	5.97	× (他評価に包摂 → D)
			第四類 第四石油類	潤滑油	0.94	× (他評価に包摂 → D)
緊急時安全対策用地下タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類 第二石油類	軽油	90.00	× (地下式 → B)
構内製氷用タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋外	第四類 第三石油類	重油	1.82	× (他評価に包摂 → D)
廃棄物処理用タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類 第三石油類	重油	1.90	× (屋内設置 → A)
固体廃棄物処理設備用バーナ	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類 第二石油類	灯油	0.93	× (室内「空」→C)
緊急用エンジン発電機燃料タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋外	第四類 第二石油類	軽油	0.80	× (室内「空」→C)
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	× (地下式 → B)
オイルサービスタンク	少量危険物貯蔵	屋外	第四類 第二石油類	重油	0.39	× (他評価に包摂 → D)
変圧器用屋外油ガソリン用燃料タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類 第二石油類	軽油	0.70	× (他評価に包摂 → D)

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 <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ボンベ庫	水素	20	7 m <sup>3</sup>	140 m <sup>3</sup>	× (屋内設置 → A)
水素貯槽	水素	—	—	6.7 m <sup>3</sup>	○
予備ボンベ庫①	水素	40	7 m <sup>3</sup>	280 m <sup>3</sup>	× (屋内設置 → A)
予備ボンベ庫②	水素	20	7 m <sup>3</sup>	140 m <sup>3</sup>	× (屋内設置 → A)
所内ボイラー プロパンボンベ庫	プロパン	4	50 kg	200 kg	× (屋内設置 → A)
焼却炉用 プロパンボンベ庫	プロパン	5	500 kg	2500 kg	× (屋内設置 → A)
サービス建屋 ボンベ庫	アセチレン	3	7 kg	21 kg	× (屋内設置 → A)
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	× (屋内設置 → A)
	メタンガス	4	7 m <sup>3</sup>	28 m <sup>3</sup>	× (屋内設置 → A)
食堂用プロパンボンベ庫	プロパン	18	50 kg	900 kg	× (屋内設置 → A)

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), T<sub>0</sub>：初期温度(50°C)<sup>※1</sup>

h：熱伝達率(17W/m<sup>2</sup>/K)<sup>※2</sup>

ρ：コンクリート密度(2,400kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>p</sub>：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/m<sup>2</sup>)

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/m<sup>2</sup>/K を用いる。)

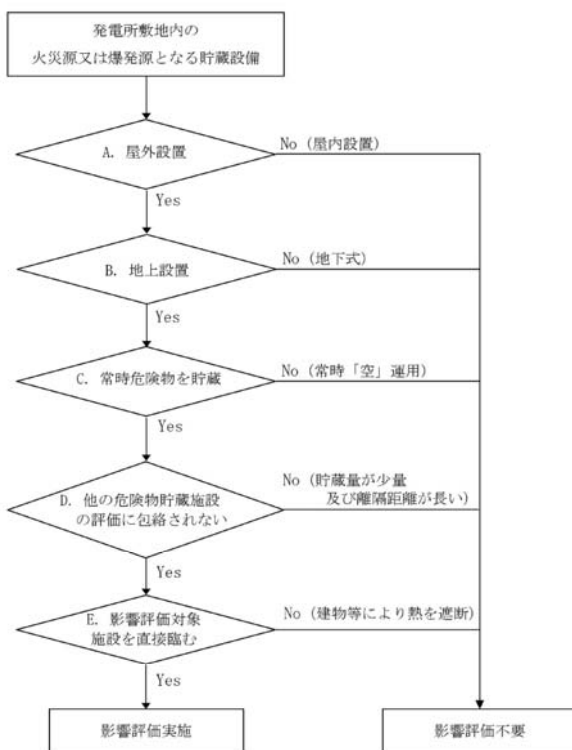


図 敷地内の火災源抽出フロー

## 5. 近隣工場等の火災の影響評価(7/10)

### ● 評価結果

- 各評価対象の到達温度を評価した結果、許容温度を下回ることを確認した。

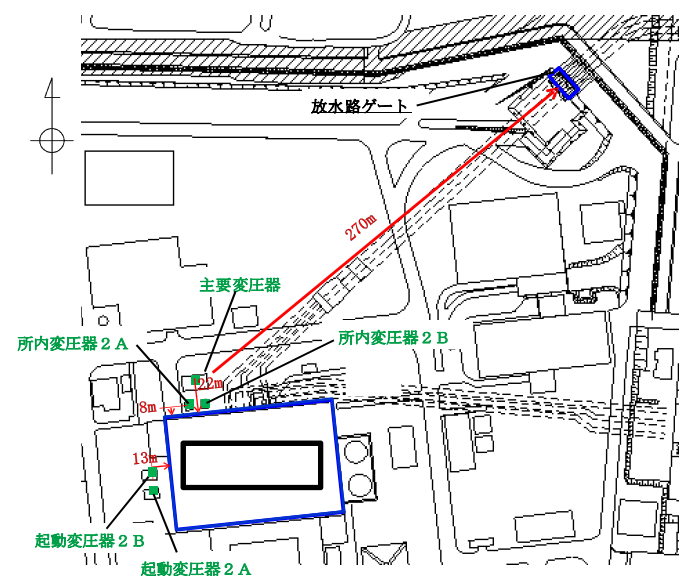
表 到達温度の評価結果

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

図 火災源と評価対象施設の位置関係



図 変圧器と評価対象施設の位置関係





## 5. 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(=30m<sup>3</sup>)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

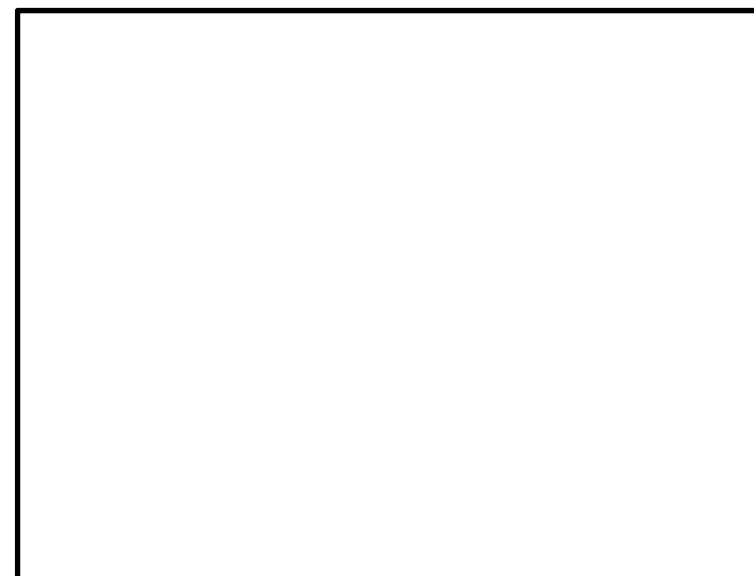


図 燃料輸送車両と評価対象施設との位置関係

## 5. 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

## 5. 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

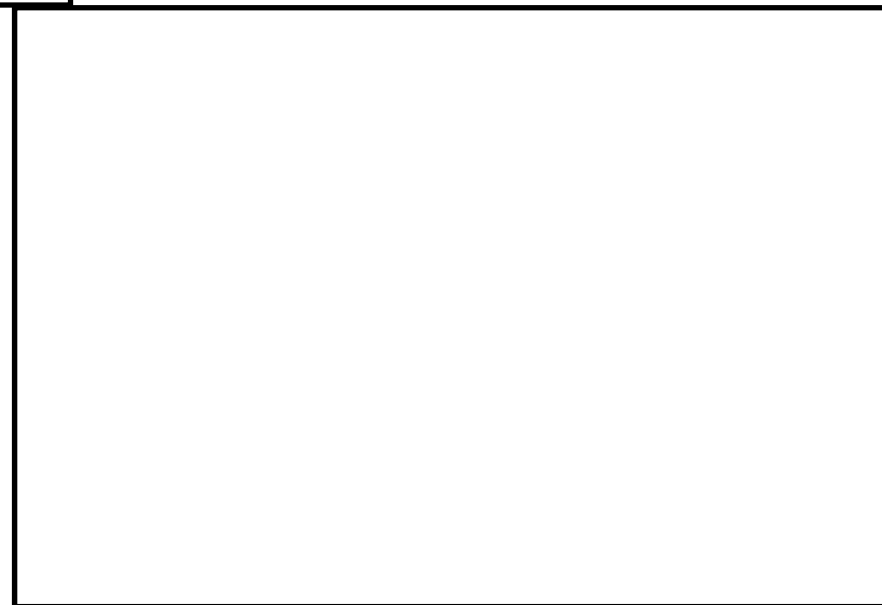


図 定期船と評価対象施設との位置関係

## (補足説明資料 6. 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。

#### (i) 航空機落下確率評価

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

#### (ii) 対象航空機を選定

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

#### (iii) 離隔距離の評価

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」(平成21・06・25原院第1号)の航空機落下確率評価式に基づき、カテゴリごとに落下確率が $10^{-7}$ (回/炉・年)に相当する面積を算出し、その結果を用いて評価対象施設に対する離隔距離を算出する。

#### (iv) 熱影響評価

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

#### (v) 二次的影響評価

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

### ● 評価対象施設

・外部火災の影響を評価する必要がある以下の評価対象施設<sup>※1</sup>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<sup>※2</sup>
- (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

## 6. 航空機墜落による火災の影響評価(2/10)



### (i) 航空機落下確率評価

#### 1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

##### ① 飛行場での離着陸時における落下事故

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

$P_{d,a}$ : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率(回/年)

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$ : 対象航空機の国内での離着陸時事故率(回/離着陸回)

$D_{d,a}$ : 国内での離着陸時事故件数(回)

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

$E_{d,a}$ : 国内での離着陸回数(離着陸回)

$N_{d,a}$ : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数(離着陸回/年)

$A$ : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

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

##### 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<sup>2</sup>)

$W$ : 航空路幅(km)

#### 2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

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

$P_v$ : 対象施設への航空機落下確率(回/年)

$f_v$ : 単位年当たりの落下事故率(回/年)

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

$S_v$ : 全国土面積(km<sup>2</sup>)

$A$ : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

$\alpha$ : 対象航空機の種類による係数

## 6. 航空機墜落による火災の影響評価(3/10)



### 3)自衛隊機又は米軍機の落下事故

#### ①訓練空域外を飛行中の落下事故

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

$P_{so}$ : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率(回/年)

$f_{so}$ : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率(回/年)

A : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

$S_o$ : 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<sup>2</sup>)



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

#### ②基地－訓練空域間を往復時の落下事故

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

$P_{se}$ : 対象施設への航空機落下確率(回/年)

$f_{se}$ : 基地と訓練空域間を往復中の落下事故率(回/年)

A : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

$S_{se}$ : 想定飛行範囲内の面積(km<sup>2</sup>)



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)



### (ii) カテゴリ毎の対象航空機の選定

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

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

### (iii) カテゴリ別の離隔距離の評価



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



基地-訓練空域間往復時の落下事故に対する  
使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離



## 6. 航空機墜落による火災の影響評価(5/10)



### (iv) 熱影響評価

建屋に対する温度評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度(°C)		許容温度(°C)
			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(°C)	許容温度(°C)
			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(°C)	許容温度(°C)
			非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)	
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	45	
	基地-訓練空域間往復時		F-15	

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(°C)	許容温度(°C)
			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	46	
	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(7/10)



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

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

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



航空機墜落位置と危険物貯蔵施設等の位置関係

### ● 航空機火災が発生した場合の初期消火活動

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

## 6. 航空機墜落による火災の影響評価(9/10)



### (v) 二次的影響評価

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

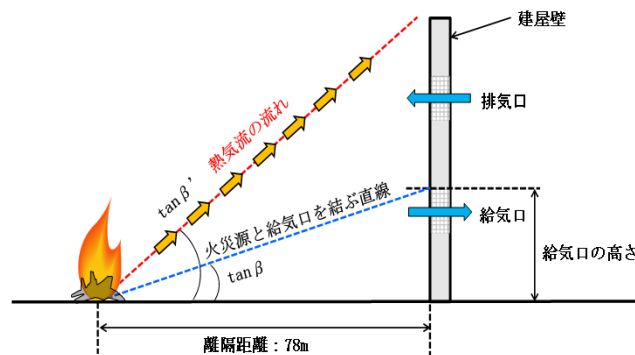
$$\tan \beta = \frac{\text{給気口の高さ}}{\text{火災源から給気口までの水平距離}}$$

#### ・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(44.6m<sup>2</sup>)



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) ,  $\chi$  : 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(44.6m<sup>2</sup>)

M : 質量低下速度(kg/m<sup>2</sup>/s)

#### ・熱気流が直接給気口に流入する風速の算出式

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

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

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

$\tan \beta$  : 火災源と給気口を結ぶ直線の傾き (rad)

$\Lambda$  : 無次元パラメータ, Fr : フルード数 (-)

$C_p$  : 空気比熱(1.007kJ/kg/K)

$\rho$  : 空気密度 (1.17kg/m<sup>3</sup>) ,  $T_0$  : 周囲温度 (310K)

D : 航空機火災 (F-15) の燃焼面積(44.6m<sup>2</sup>)

g : 質量低下速度(kg/m<sup>2</sup>/s)

## 6. 航空機墜落による火災の影響評価(10/10)



熱気流が直接給気口に流入する風速の評価結果

評価対象施設	無次元パラメータ $\Lambda$ (-)	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