

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-70 改1

工事計画に係る補足説明資料

補足-70【竜巻への配慮に関する説明書】

平成30年10月

日本原子力発電株式会社

補足-70-1 【竜巻への配慮に関する説明書】

## 1.7 隣接事業所からの飛来物が想定される施設の設計方針について

## 1. 概要

本資料は、隣接事業所からの飛来物到達が想定される施設（緊急時対策所建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、タービン建屋及び放水路ゲート）の飛来物に対する設計方針について説明するものである。

## 2. 飛来物の到達を想定する施設

東海第二発電所及び周辺の敷地に対する現地調査等により想定した飛来物源のうち、設計飛来物を超える影響を有すると考えられる物品の飛散解析結果を踏まえた飛散距離の閾値（車両 190 m, その他物品 250 m）\*により、隣接事業所からの飛来物の到達を想定する竜巻の影響を考慮する施設として、図 2-1 に示すとおり、緊急時対策所建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、タービン建屋及び放水路ゲートが抽出された。

\* 注記：隣接事業所から飛来物が飛び出し得る場所と、竜巻の影響を考慮する施設の高低差を考慮した飛来物の初期高さ（0 m）における飛散距離を踏まえ設定。

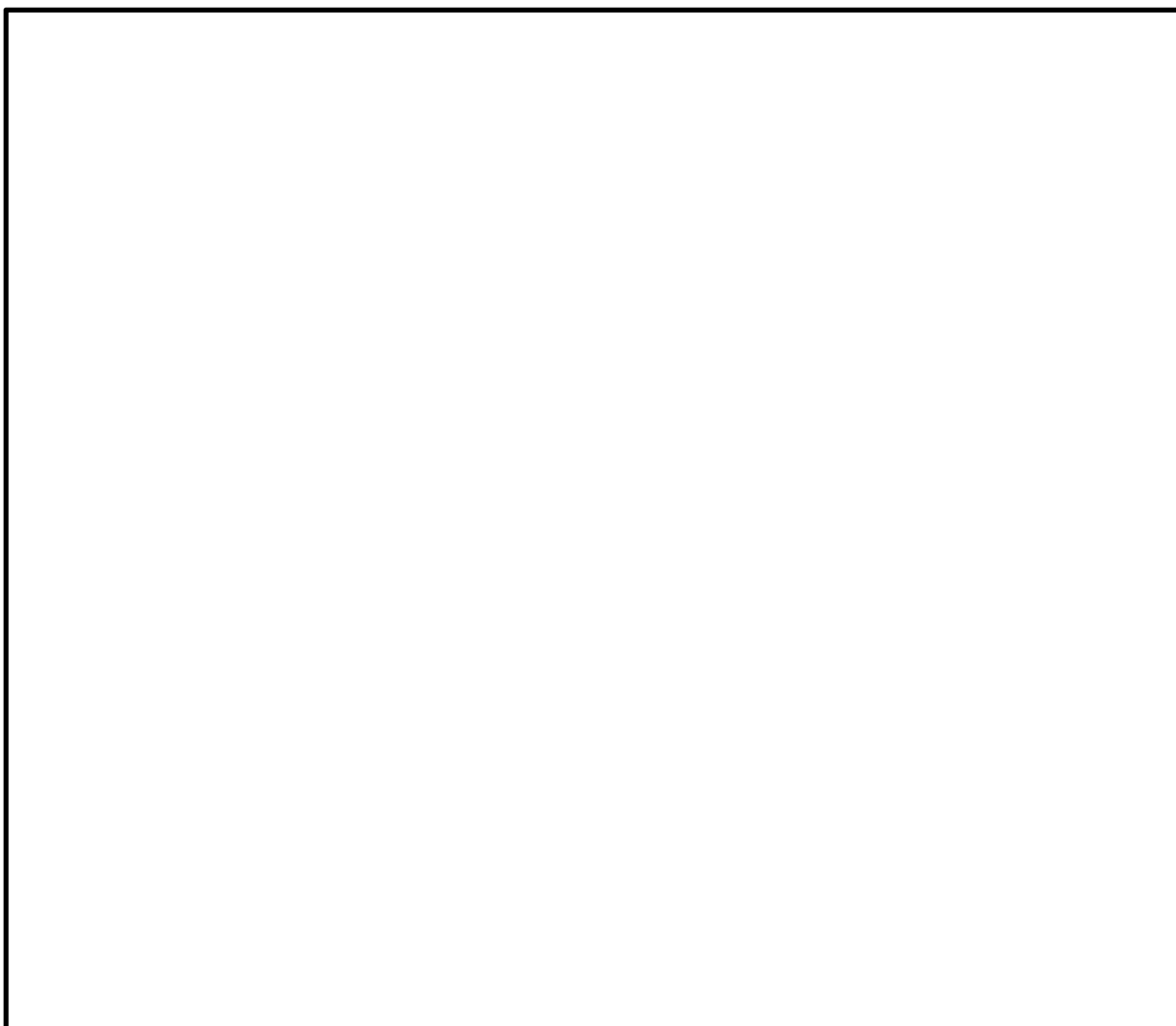


図 2-1 隣接事業所からの飛来物の到達を想定する竜巻の影響を考慮する施設の配置図

なお、緊急時対策所建屋は外部事象防護対象施設を内包していないが、重大事故等対処設備（緊急時対策所、監視測定設備等）を内包しており、緊急時対策所遮蔽の機能も有する（別紙1参照）ことから、環境条件として竜巻による風荷重に対して評価している。しかしながら、遮蔽機能を喪失した際の影響の大きさを考慮し、隣接事業所からの飛来物の影響を考慮する施設の対象とした。

抽出された竜巻の影響を考慮する施設と想定する飛来物を、表2-1に示す。

表2-1 隣接事業所からの飛来物の到達を想定する竜巻の影響を考慮する施設と飛来物

施設名	想定する飛来物*1		隣接事業所敷地*2
	車両	その他物品 (コンテナ類)	
緊急時対策所建屋	○	○	①, ②, ③
使用済燃料乾式貯蔵建屋	○	○	④-1, ④-2
タービン建屋	—	○	⑤
放水路ゲート	○	○	⑤

注記 \*1 ○：到達する —：到達しない

\*2 図2-1に示す番号と対応している。

### 3. 飛来物に対する設計方針

緊急時対策所建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、タービン建屋及び放水路ゲートに対する、隣接事業所からの設計飛来物の影響を超える飛来物に対する設計方針について、表3-1に示す。

緊急時対策所建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋及びタービン建屋における隣接事業所からの飛来物に対する設計方針の詳細は、表3-2～表3-4に示す。

放水路ゲートは、津波の流入を防ぐための閉止機能を有する外部事象防護対象施設であるが、竜巻を起因として津波が発生することはなく、独立事象としての重畳の可能性も考慮して、安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことにより安全機能を損なわない設計とするとから、飛来物による衝撃荷重の評価は行わない。

表 3-1 隣接事業所からの設計飛来物の影響を超える飛来物に対する設計方針と対象設備の関係

No	設計方針		タービン建屋	使用済燃料 乾式貯蔵建屋	緊急時対策所 建屋	放水路ゲート	備考
1	隣接事業所との合意文書に基づき飛来物となるものを配置できない設計		—	○ (フェンス)	—	—	
2	当該飛来物の衝撃荷重を考慮した設計荷重に対し、当該飛来物が衝突し得る外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する施設の構造健全性を確保する設計		—	○ (開口部対策)	—	—	
3	当該飛来物による外部事象防護対象施設の損傷を考慮	代替設備により必要な機能を確保することで安全機能を損なわない設計	—	—	—	—	代替措置にて対応することも手段として選択できる。
		安全上支障のない期間での修復等の対応を行うことで安全機能を損なわない設計	○	○ 〔 開口部対策 以外の箇所 〕	○	○	
4	No. 1～3 を適切に組み合わせることで安全機能を損なわない設計		—	○	—	—	

注) 各対象設備に対する隣接事業所からの飛来物の方針：○：該当する —：該当しない

表 3-2 緊急時対策所建屋における隣接事業所からの到達を想定する飛来物に対する評価方針

施設名	隣接事業所からの到達を想定する飛来物	飛来物から防護すべき対象	評価対象箇所	評価手法	備考
緊急時対策所建屋	<p>車両</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>以下の場所から飛来の可能性あり                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 当社敷地西端に接する隣接事業者管理道路【敷地①*1】 (一般車両通行なし)</li> <li>b) 敷地西方の隣接事業者敷地【敷地②, ③】</li> </ul> </li> <li>敷地②, ③ (最短で建屋から約 100m 超) から到達し得る物品として考えられる, 箱状の柔飛来物 (車両及びコンテナ類) *2 のうち, 敷地③の, 建屋に最も近い場所に駐車場があること, また建屋に最も近い敷地①が道路であることを考慮して, 車両を選定。</li> <li>使用済燃料乾式貯蔵建屋における評価と同様に中型トラックを想定する。                             <ul style="list-style-type: none"> <li>車高 3600 mm</li> <li>幅 2500 mm</li> <li>長さ 8600 mm</li> <li>質量 5000 kg</li> </ul> </li> </ul>	<p>外壁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遮蔽機能の確保</li> </ul>	建屋外壁及び屋根スラブ	<p>&lt;全体応答 (倒壊) &gt; 評価対象外 …建屋に対し飛来物の質量が非常に小さく, 全体応答としての建屋への影響は軽微と考えられるため。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋外設備は, 多様性の確保により機能維持を図る (別紙 1 参照)</li> <li>評価式における質量, 寸法, 飛来速度: 飛散解析の結果から抽出</li> <li>FEM 衝突解析の簡易形状 (箱状) モデル 剛性: 文献にて設定 (文献*3 より) 質量, 寸法, 飛来速度: 飛散解析の結果から抽出</li> </ul>
		<p>屋内設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>下記用途の設備が内包されている。 (別紙 1 参照) プラント状況把握用設備 通信連絡用設備 電源確保用設備 居住性確保用設備</li> </ul>		<p>&lt;局所評価&gt; 重大事故緩和施設であるため, 飛来物に対する機能維持を必須とするものではないが, 遮蔽機能の維持の可否を念のため確認する。*4 ①貫通 Degen 式によるコンクリート壁の評価若しくは FEM 衝突解析 ②裏面剥離 Chang 式によるコンクリート壁の評価若しくは FEM 衝突解析</p>	

注記 \*1 敷地番号は, 図 1 に示す番号と対応している (以下同様)。  
 \*2 現地調査等によって確認した, 種々の飛来物源の飛散解析結果を基に整理  
 \*3 水野幸治 著「自動車の衝突安全」(名古屋大学出版会)  
 \*4 設計基準事故対象施設としては, クラス 3 であるため補修による対応とする。

表 3-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋における隣接事業所からの到達を想定する飛来物に対する評価方針

施設名	隣接事業所からの到達を想定する飛来物	飛来物から防護すべき対象	評価対象箇所	評価手法	飛来物のモデル化
使用済燃料乾式貯蔵建屋	<p>車両</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>当社敷地南方の隣接事業者敷地【敷地④-1】から飛来の可能性あり (敷地④-2 は、別紙 2 のとおり物品配置を防止する措置を実施するため、飛来物は考慮しない)</li> <li>敷地④-2 と建屋の間に存在する防潮堤(高さ約 10m)を超える飛散高さを有し、かつ鋼製材の影響を超える物品(車両及びコンテナ類)のうち、敷地内に駐車場があることを踏まえ、車両を選定。</li> <li>建屋上部排気口への到達を考慮し、別紙 5 における飛散解析評価より、建屋に到達する飛来物モデルの中で浮上高さが最大となる中型トラックを想定する。 車高 3600 mm 幅 2500 mm 長さ 8600 mm 質量 5000 kg</li> </ul>	使用済燃料乾式貯蔵容器(建屋内)	<p>建屋外壁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋根面には、飛散解析結果を考慮すると、車両類はたとえ到達した場合でも、飛跡頂点から屋根面までの距離が小さく、大きな衝突速度にならないと考えられるため、同等以上の厚さの外壁(垂直壁)の評価で代表させる。 (別紙 2 参照)</li> </ul>	<p>&lt;全体応答(倒壊)&gt; 評価対象外 …建屋に対し飛来物の質量が非常に小さく、全体応答としての建屋への影響は軽微と考えられるため。</p> <p>&lt;局所評価&gt; DB 設備としての遮蔽機能の維持の可否を確認するために、評価を実施。*1 ①貫通(遮蔽) Degen 式によるコンクリート壁の評価 ②裏面剥離 Chang 式によるコンクリート壁の評価 車両の衝突を想定した F E M 衝突解析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>質量, 寸法, 飛来速度: 飛散解析の結果から抽出</li> </ul>
			<p>上部排気口(防護対策施設(車両侵入防止用))</p>	<p>防護対策設備(車両防止柵)への衝突解析 ・2 自由度系のバネ質点モデル (別紙 7 参照)</p>	<p>簡易形状(箱状)モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>剛性: 文献にて設定(文献*2より)</li> <li>質量, 寸法, 飛来速度: 飛散解析の結果から抽出</li> </ul>

注記 \*1 壁面の損傷が認められた場合でも、外部への放射線の影響は基準を上回ることにはないと評価されることから、補修による対応とする。

線量評価結果及び補修に関する方針については、別紙 3 参照。

\*2 水野幸治 著「自動車の衝突安全」(名古屋大学出版会)



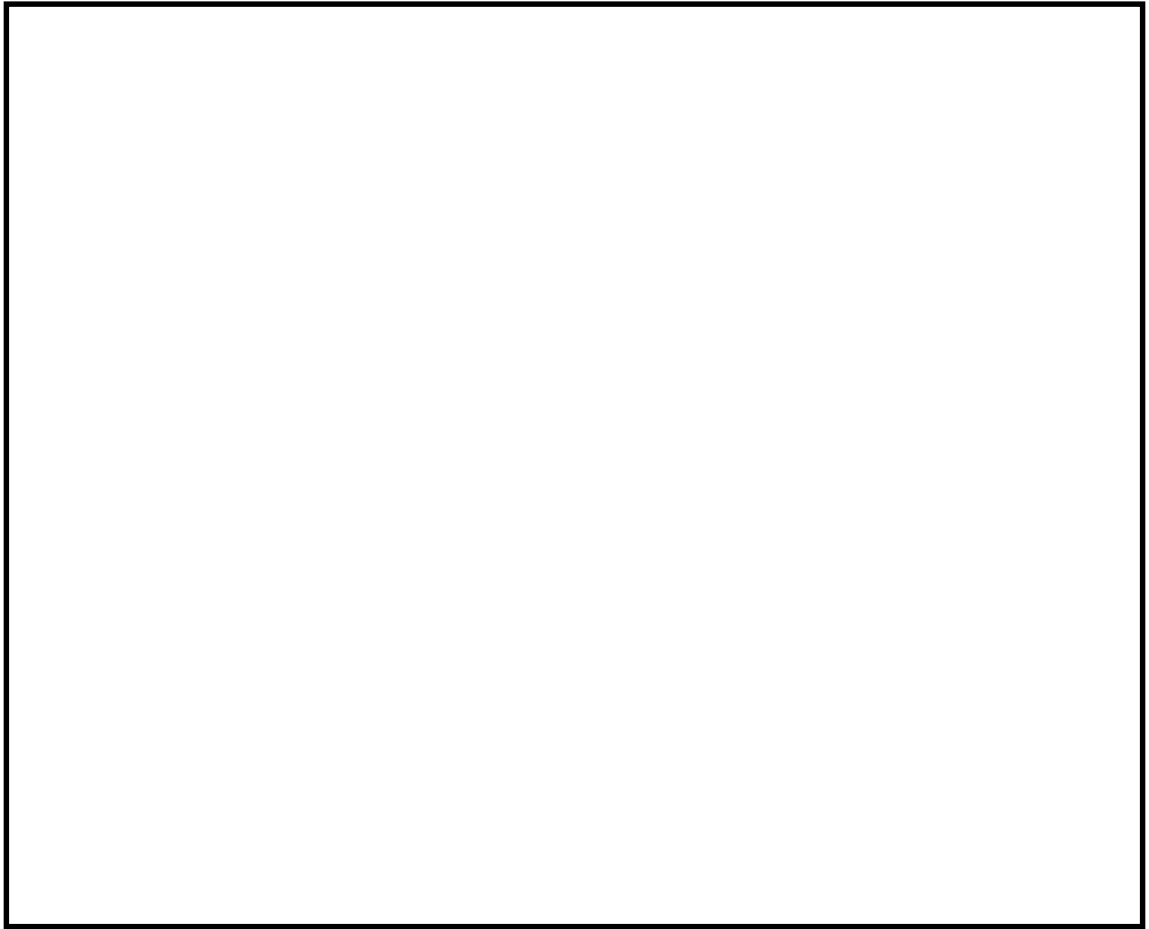
表 3-4 タービン建屋における隣接事業所からの到達を想定する飛来物に対する評価方針

施設名	隣接事業所からの到達を想定する飛来物	飛来物から防護すべき対象	評価対象箇所	評価手法	備考
タービン建屋	<p style="text-align: center;">コンテナ類 (コンテナ, プレハブ小屋, 物置等)</p> <p>・当社敷地北方の隣接事業者敷地【敷地⑤】から飛来の可能性あり                      ・敷地⑤と建屋の間に存在する防潮堤(高さ約 12m)を超える飛散高さを有し, かつ鋼製材の影響を超える物品(コンテナ類)を考慮し選定                      ・飛散解析結果から, 車両については到達しないと評価。                      (別紙 4 別図 4-2 参照)</p>	<p>・主蒸気管                      ・気体廃棄物                      処理系隔離弁</p>	<p style="text-align: center;">建屋外壁</p> <p>・タービン建屋外壁を評価対象とする。                      (別紙 4 別図 4-1 参照)                      ・屋根面は, 飛散解析結果を考慮すると, 隣接事業所からの飛来物の到達は考え難いことから, 評価対象外とする。                      (別紙 4 別図 4-2 参照)</p>	<p>&lt;全体応答(倒壊)&gt;                      評価対象外                      …建屋に対し飛来物の質量が非常に小さく, 全体応答としての建屋への影響は軽微と考えられるため。</p> <p>&lt;局所評価&gt;                      評価対象外                      …建屋外壁に貫通, 裏面剥離が発生したとしても, 当該箇所付近に外部事象防護対象施設が配置されていないことから, 外部事象防護対象施設の安全機能を損なうことはないため。</p>	

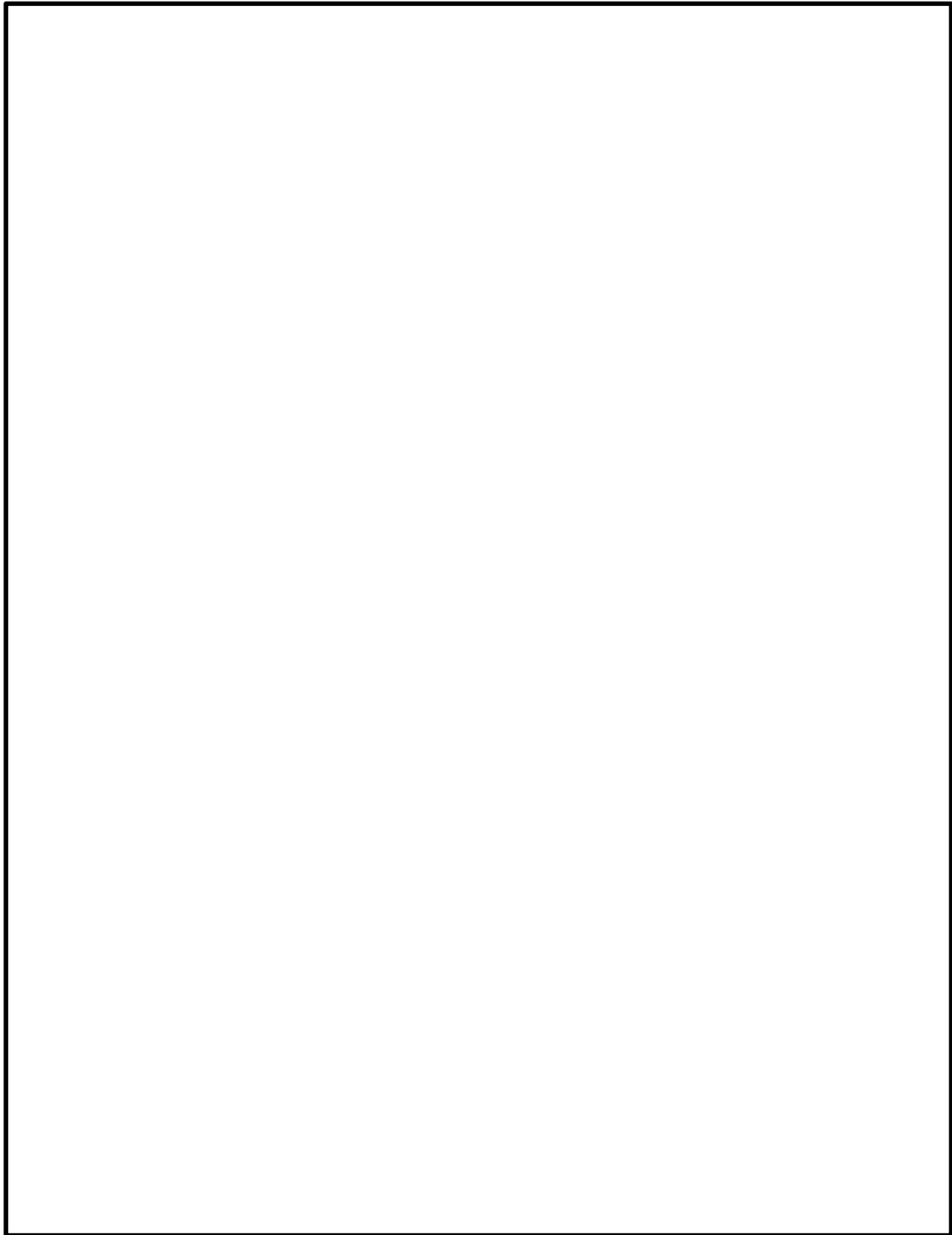
## 緊急時対策所の設備と竜巻に対する設計方針

別表 1-1 緊急時対策所の設備と竜巻に対する設計方針

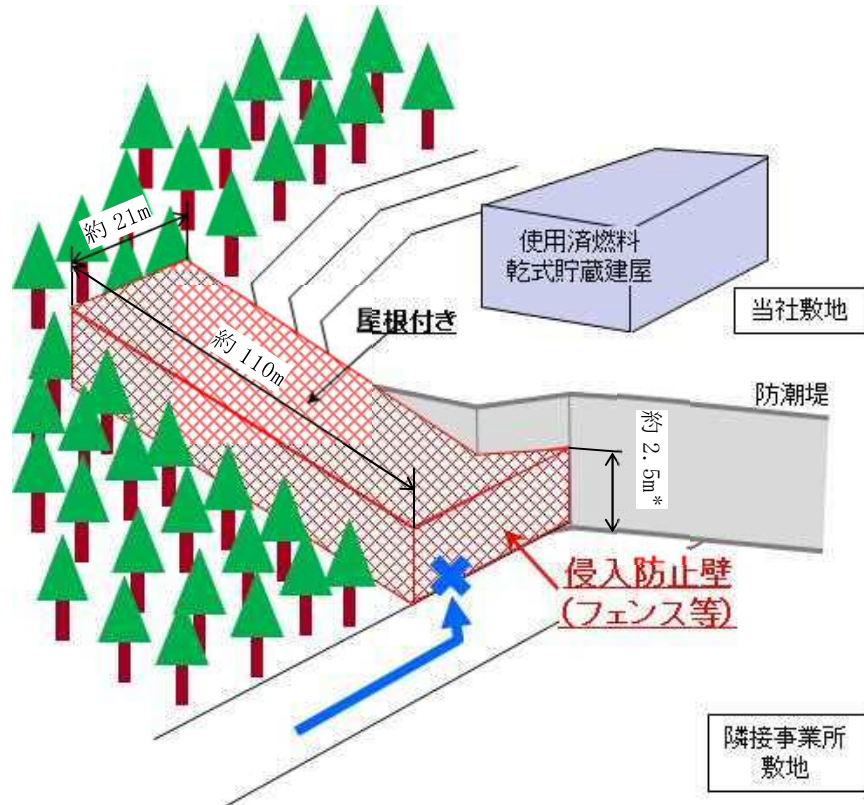
系統機能	設備		配置場所	竜巻に対する機能維持
	設計基準対象施設	重大事故等対処設備		
必要な情報の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時対策支援システム伝送装置</li> <li>・SPDSデータ表示装置</li> </ul>	同左	屋内 一部 屋外	【屋内設備】 緊急時対策所建屋(もしくは原子炉建屋)による外殻防護
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データ伝送装置</li> </ul>	同左	屋内 屋外	
通信連絡	<ul style="list-style-type: none"> <li>・統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備(テレビ会議システム, IP電話, IP-FAX)</li> <li>・携行型有線通話装置</li> <li>・衛星電話設備(固定型)</li> <li>・衛星電話設備(携帯型)</li> <li>・無線連絡設備(携帯型)</li> </ul>	同左	屋内 一部 屋外	【屋外設備】 仮に一部の設備が損傷した場合でも, 多様性を有する他の回線で代替
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力保安通信用電話設備(固定電話機, PHS端末, FAX)</li> <li>・送受話器(ページング)</li> <li>・無線連絡設備(固定型)</li> <li>・専用電話設備(ホットライン)(自治体向)</li> <li>・テレビ会議システム(社内)</li> <li>・加入電話設備(加入電話, 加入FAX)</li> </ul>	(左記設備は「自主対策設備」の位置付け)	屋内 一部 屋外	
電源の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常用所内電気設備</li> </ul>	—	屋内	【屋内設備】 緊急時対策所建屋(もしくは原子炉建屋)による外殻防護  【屋外設備】 仮に一部の設備が損傷した場合でも, 多様性を有する他の設備で代替
	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時対策所用発電機</li> <li>・緊急時対策所用発電機給油ポンプ</li> <li>・緊急時対策所用M/C</li> <li>・緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク</li> </ul>	屋内	
居住性の確保	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時対策所遮蔽</li> </ul>	屋内 屋外	【屋内の遮蔽壁】 緊急時対策所建屋外壁により防護  【屋外の遮蔽壁】 竜巻に対し構造健全性を確保
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸素濃度計</li> <li>・二酸化炭素濃度計</li> </ul>	同左	屋内	
—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時対策所非常用送風機</li> <li>・緊急時対策所非常用フィルタ装置</li> <li>・緊急時対策所加圧設備</li> <li>・緊急時対策所差圧計</li> <li>・可搬型モニタリング・ポスト</li> <li>・緊急時対策所エリアモニタ</li> </ul>	屋内	緊急時対策所建屋による外殻防護



別図 1-1 緊急時対策所建屋の構造概要

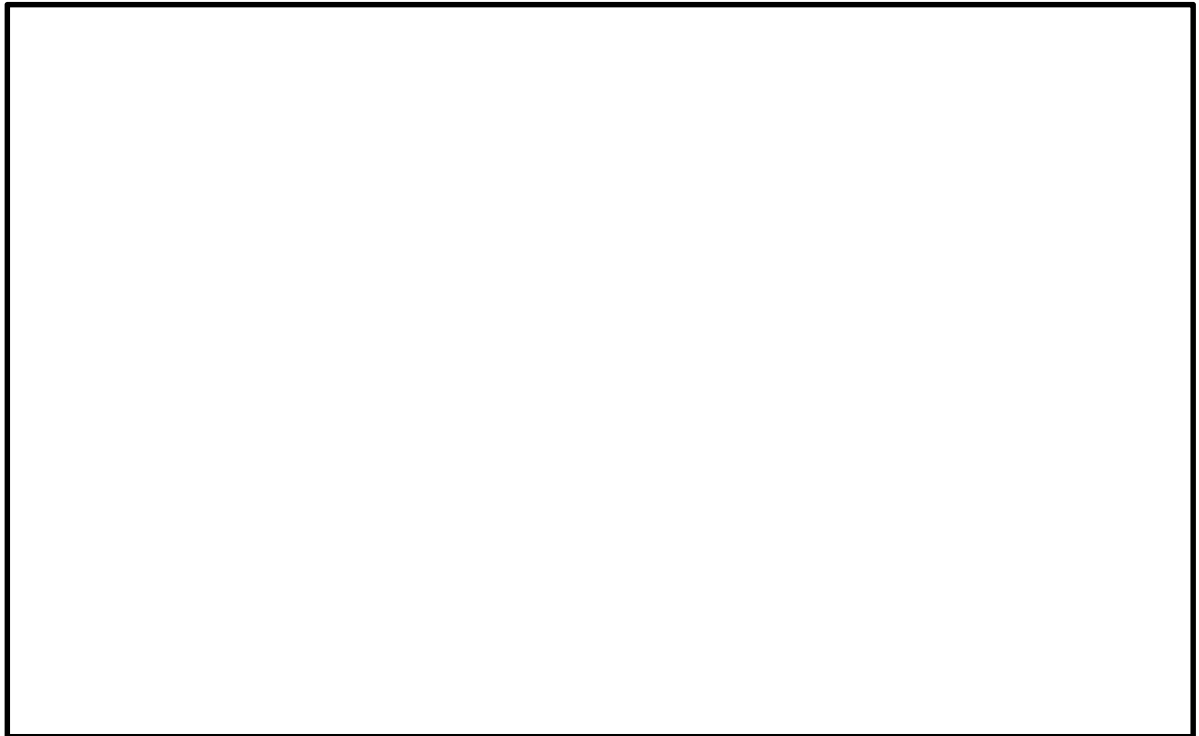


別図 2-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋と隣接事業所の敷地から  
飛来物が到達し得るエリアの位置関係



注記 \* : 内部からの点検を考慮し、人が入れる高さを確保

別図 2-2 植生管理エリアの物品配置防止措置



別図 2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造(南北断面)

## 使用済燃料乾式貯蔵建屋壁面への車両衝突時の影響評価と対応方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋へ隣接事業所からの飛来物として車両が衝突した場合には、建屋の壁面が損傷し、遮蔽機能の低下をもたらす可能性があるため、その影響と対応方針について、以下のとおり整理した。

## 1. 遮蔽機能低下の影響を考慮すべき部位

使用済燃料乾式貯蔵建屋の外壁のうち、隣接事象所敷地から設計飛来物である鋼製材の影響を上回る飛来物が到達し得る東側外壁、南側外壁及び屋根面のうち、損傷時に遮蔽機能の低下による線量増加の影響を考慮すべき部位を以下のとおり抽出した。

## 1.1 東側外壁

使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽機能に対する要求水準は、「人の居住の可能性のある敷地境界外における空気カーマが年間 50  $\mu$ Gy 以下」\*であるが、別図 3-1 に示すとおり、東側外壁は人の居住の可能性のある敷地に面していないことから、影響評価を行わない。

※「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」（平成 29 年 9 月 11 日施行、原子力規制委員会）において、第 16 条（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）第 4 項に関する解釈に、「乾式キャスクの設計の妥当性については、「原子力発電所内の使用済燃料の乾式キャスク貯蔵について（平成 4 年 8 月 27 日原子力安全委員会了承）に基づき確認する。」とされており、同文書において使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計上の判断基準として定められている。なお、第 27 条（放射性廃棄物の処理施設）にある線量目標値は、使用済燃料乾式貯蔵建屋を含む使用済燃料乾式貯蔵設備は対象でなく、第 28 条（放射性廃棄物の貯蔵施設）も同様に対象ではない。第 29 条（工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護）については、同文書の設計上の判断基準と同等の要求である。

## 1.2 南側外壁

南側外壁については、別図 3-1 に示すとおり、人の居住の可能性のある敷地に面することから、影響評価を実施する。

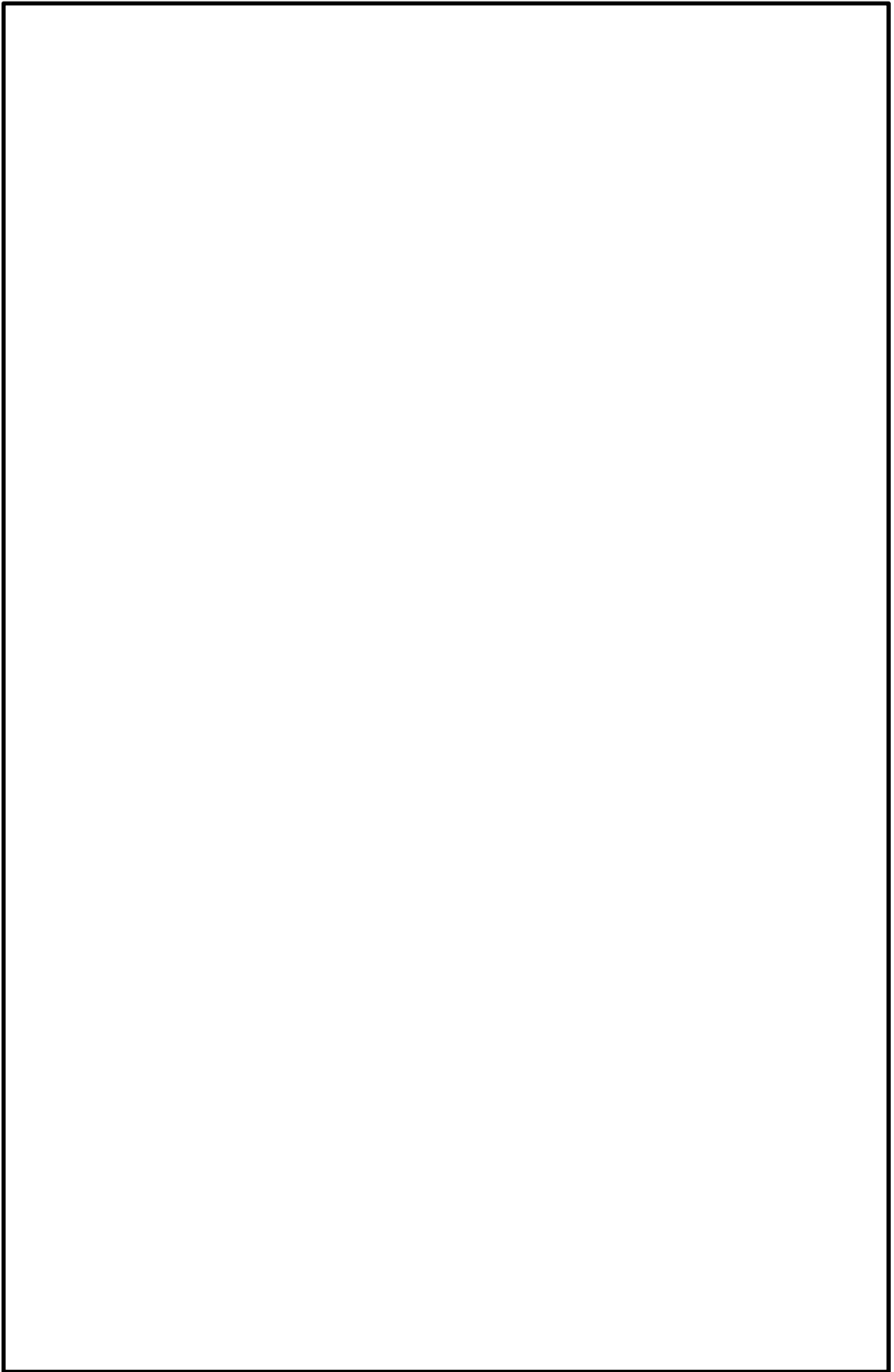
## 1.3 屋根面

屋根面については、以下の理由から南側外壁の評価に包含されると判断し、個別の影響評価は実施しない。

- 種々の飛来物源の解析結果によれば、飛来物の浮上高さは屋根面を大きく上回らないことから、下降して屋根面に衝突する時の落下速度は小さい。保守性を考慮し落

下速度を大きく見積った場合においても、運動エネルギーは設計飛来物である鋼製材と同程度となるため、屋根スラブ（厚さ約□の鉄筋コンクリート版）の大規模な損傷には至らず、遮蔽機能を大きく失うことはないと考えられる。

- ・後述のスカイシャイン線量評価では、屋根スラブと同じ厚さの南側外壁の遮蔽効果を、保守的に全喪失すると見なした場合の線量の増加率を屋根面由来の分も含めた線量に適用する手法としていることから、大きな損傷が考え難い屋根面由来の線量の増分は、この保守的な増倍率に包絡されると考えられる。



別図 3-1 東側及び南側外壁の向き並びに敷地境界の線量評価点

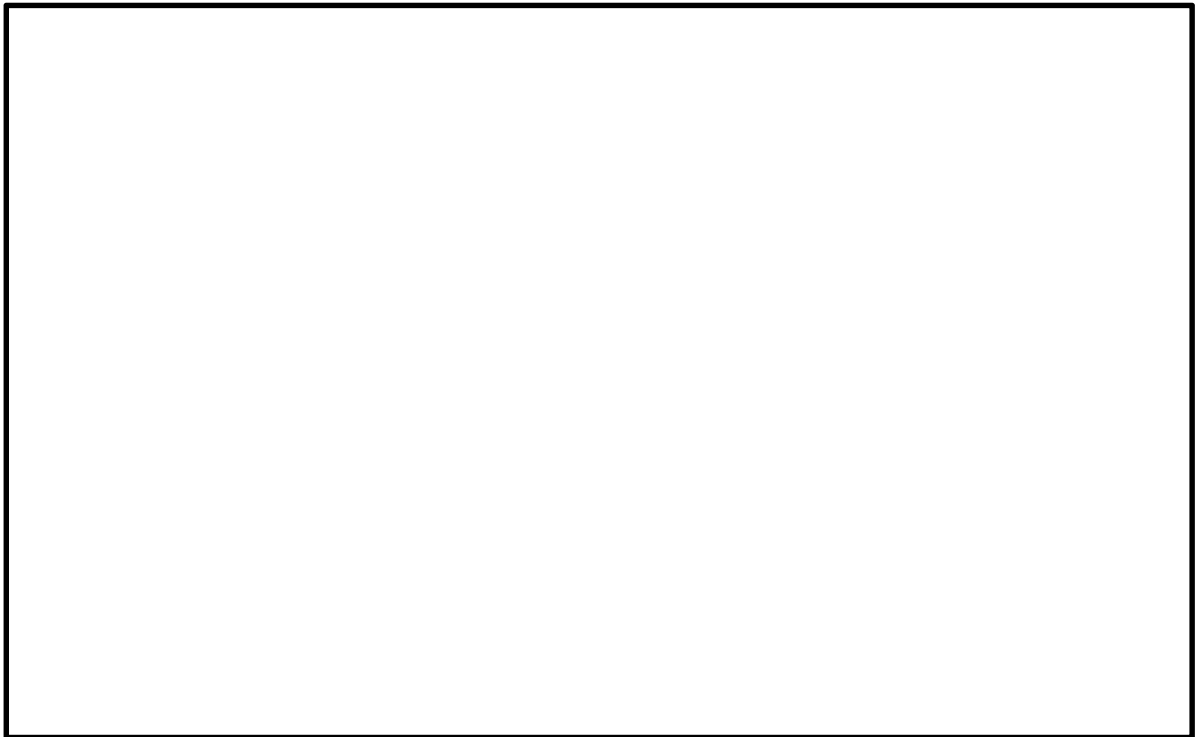


## 2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の南側外壁への飛来物の衝突による影響評価

### 2.1 建屋の構造

使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造を別図 3-2 に示す。評価対象とする南側外壁は鉄筋コンクリート製で、厚さが異なる上部と下部で構成された建屋内部には、南方への遮蔽効果を期待できる鉄筋コンクリート製の内壁が存在する。また、屋根面は鉄筋コンクリートスラブに覆われている。

このうち、影響評価の対象として抽出した南側外壁の上部外壁はスカイシャインに対する遮蔽機能を、下部外壁は直接線に対する遮蔽機能を有している。また、内壁については直接線に対する遮蔽機能を有している。



別図 3-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造

### 2.2 飛来物衝突時の南側遮蔽壁の状況想定

飛来物衝突時の使用済燃料乾式貯蔵建屋南側の遮蔽壁の状況としては、飛来物源として考えられる車両やコンテナ類の影響に近いと思われる条件での車両衝突解析の文献\*を参照すると、外壁を貫通し内壁に衝突することは考え難いため、別表 3-1 に示すとおり、南側外壁のうち上部外壁及び下部外壁のみに飛来物衝突時の損傷を想定した。その際、損傷を想定する部位の遮蔽能力は保守的に全喪失すると見なした。

注記 \*：添付「鉄筋コンクリート壁への車両衝突に関するシミュレーション事例」参照

別表 3-1 飛来物の衝突箇所に対する南側遮蔽壁の状況想定

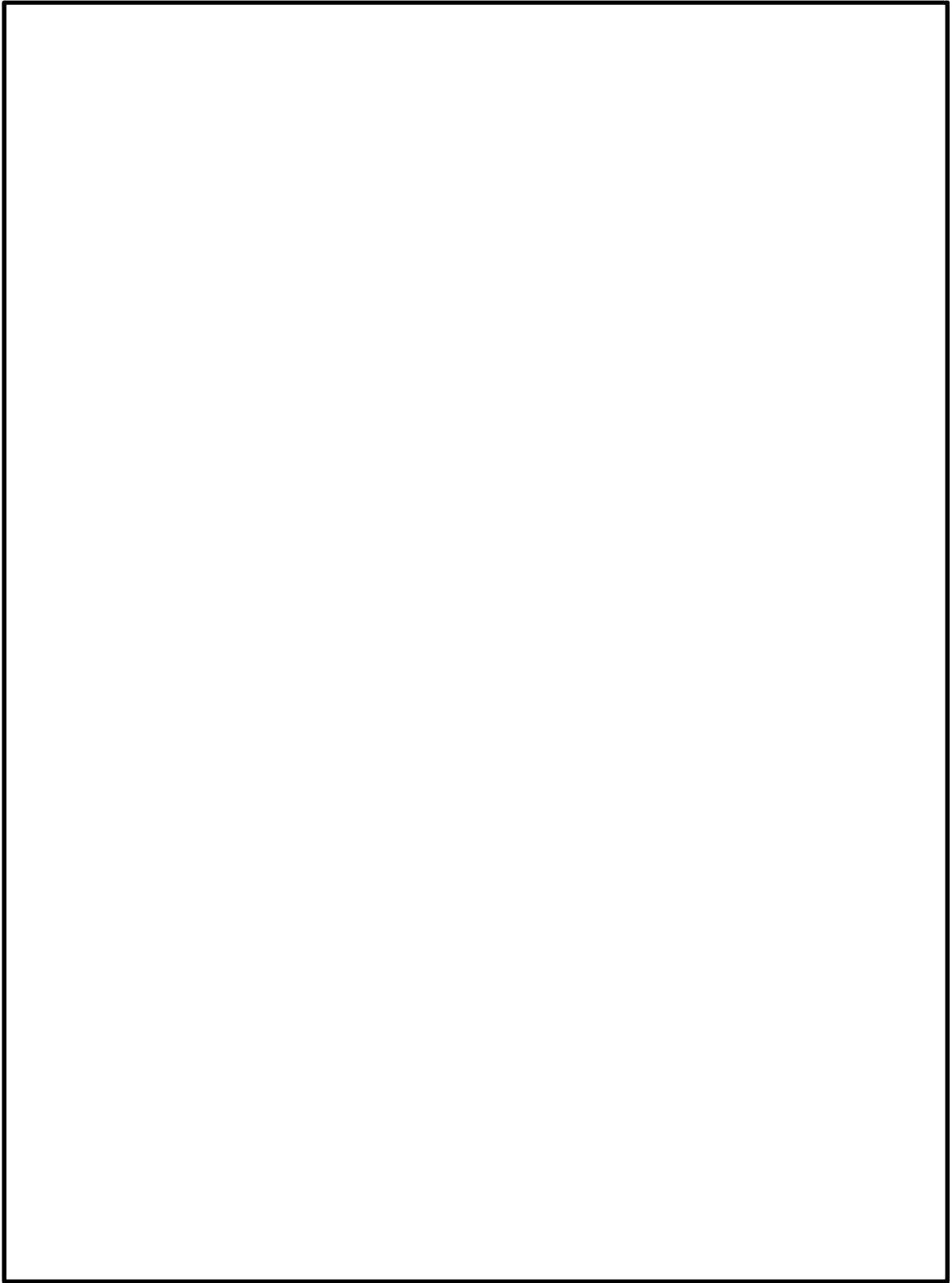
ケース		遮蔽壁の状況		スカイシャイン及び直接線に対する遮蔽厚さの変化	
1	上部外壁への衝突	上部外壁 [ ] mm)	遮蔽能力全喪失	スカイ	[ ] mm ⇒ [ ] mm
		下部外壁 [ ] mm)	健全	直接線	変化なし [ ] mm)
		内壁 [ ] mm)	健全		
2	下部外壁への衝突	上部外壁 [ ] mm)	健全	スカイ	変化なし [ ] mm)
		下部外壁 [ ] mm)	遮蔽能力全喪失	直接線	[ ] mm ⇒ [ ] mm
		内壁 [ ] mm)	健全		

### 2.3 南側外壁の損傷に対する影響評価

使用済燃料乾式貯蔵建屋からの南方への放射線に対する、人の居住の可能性のある敷地境界の評価点は、別図 3-3 に示す I 地点となる。

I 地点の方向に対する既存の線量率データのうち、最も I 地点に近い別図 3-3 に示す使用済燃料乾式貯蔵建屋の南側外壁から約 500m 離れた地点のデータを基に\*、別表 3-1 で整理した状況において、I 地点における線量が要求される水準を維持しているかを推定した。

注記 \*：建屋健全時の代表評価点は発電所敷地に近い別図 3-3 の E 地点近傍になることから、建設時に I 地点のデータは算出していない。



別図 3-3 線量評価点

別表 3-1 のケース 1 及びケース 2 において、南側外壁のうち上部及び下部外壁をそれぞれ喪失した時の遮蔽厚さの減少に伴う減衰比の変化率を基に、使用済燃料乾式貯蔵建屋南壁から 500m 地点の線量率を評価した結果を別表 3-2 に示す。

別表 3-2 想定状況に対する外部線量の推定値

評価点	ケース	線種	健全時 評価値 ( $\mu\text{Gy}/\text{y}$ )	減衰比 変化率	線量 評価値 ( $\mu\text{Gy}/\text{y}$ )	他施設の 寄与 ( $\mu\text{Gy}/\text{y}$ )	合計 ( $\mu\text{Gy}/\text{y}$ )
500 m 地点	1	スカイ シャイン	0.470	約 31 倍 <sup>*1</sup>	14.57	約 21.5 <sup>*3</sup>	約 36.3
		直接線	0.218	なし	0.218		
	2	スカイ シャイン	0.470	なし	0.470		約 43.8
		直接線	0.218	約 100 倍 <sup>*2</sup>	21.8		

注記 \*1：(鉄筋コンクリート厚  $\square$  の減衰比) / (同  $\square$  の減衰比)

健全時の値(0.470)に含まれる屋根経由の分も 31 倍することになるため、屋根スラブに起こり得る軽微な損傷の影響も包含される。

\*2：(鉄筋コンクリート厚  $\square$  の減衰比) / (同  $\square$  の減衰比)

\*3：東海第二発電所の原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋，固体廃棄物保管建屋，給水加熱器保管庫及び固体廃棄物作業建屋並びに東海発電所からの線量

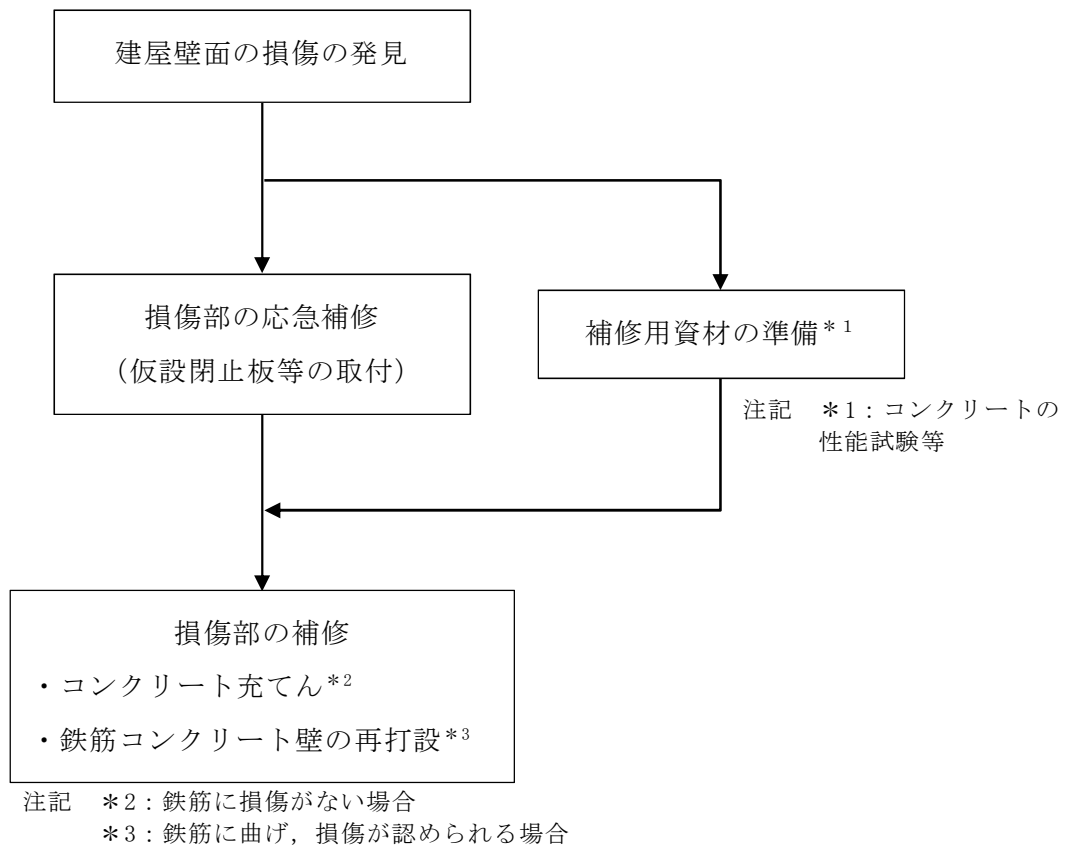
ケース 1 及びケース 2 とともに、「人の居住の可能性のある敷地境界外における空気カーマが年間  $50 \mu\text{Gy}$  以下」を 500m 地点においても満足することから、減衰が見込まれるより遠方の I 地点においても、同様に年間  $50 \mu\text{Gy}$  以下となる。

よって、使用済燃料乾式貯蔵建屋南壁の上部又は下部外壁に飛来物が衝突しても、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽機能は維持されると判断した。

### 3. 壁面損傷時の対応方針について

上述のとおり、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、隣接事業所からの飛来物により壁面に損傷を生じた場合でも遮蔽機能は維持されると評価されるが、損傷を発見した場合には、遅滞なく補修を行い、機能を復旧させる方針とする。

損傷発見時の対応方針について、別図 3-4 に基本的な考え方を示す。



別図 3-4 建屋壁面の損傷発見時の対応方針

### 鉄筋コンクリート壁への車両衝突に関するシミュレーション事例

文献\*において、鉄筋コンクリート壁に竜巻飛来物として車両を衝突させるシミュレーションの結果が示されている。

文献では車両（質量 2 t，速度 47 m/s）の正面衝突及び側面衝突の両ケースを実施しているが、当社の飛散解析手法でも、同程度の車両の飛散速度はおおむね 40 m/s 台となる。また、車両以外の物品で影響の大きなコンテナ類についても、当社の飛散解析結果から算出した運動エネルギーは本文献の車両の運動エネルギー（約 2200 kJ）とおおむね同程度以下であり、使用済燃料乾式貯蔵建屋への飛来物衝突時の影響評価に対し参考になる解析と考えられる。

下図に示すように、使用済燃料乾式貯蔵建屋の  の壁面に対しては、衝突面の損傷及び裏面剥離は見られるが、その範囲は車両の大きさと同程度に留まっており、またコンクリートの大規模な脱落や鉄筋の大変形及び破断は認められていないことから、遮蔽機能についてはある程度維持されているものと考えられる。

本文 3.2 節の影響評価では、衝突面においては遮蔽機能を全喪失したものとして評価しており、上記の解析結果から、この想定は保守性を有していると判断している。

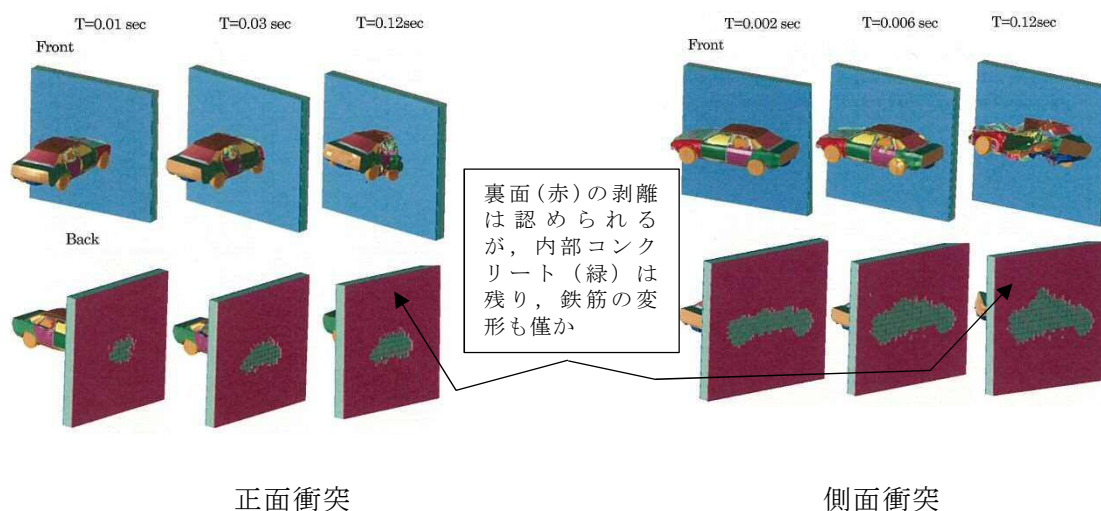
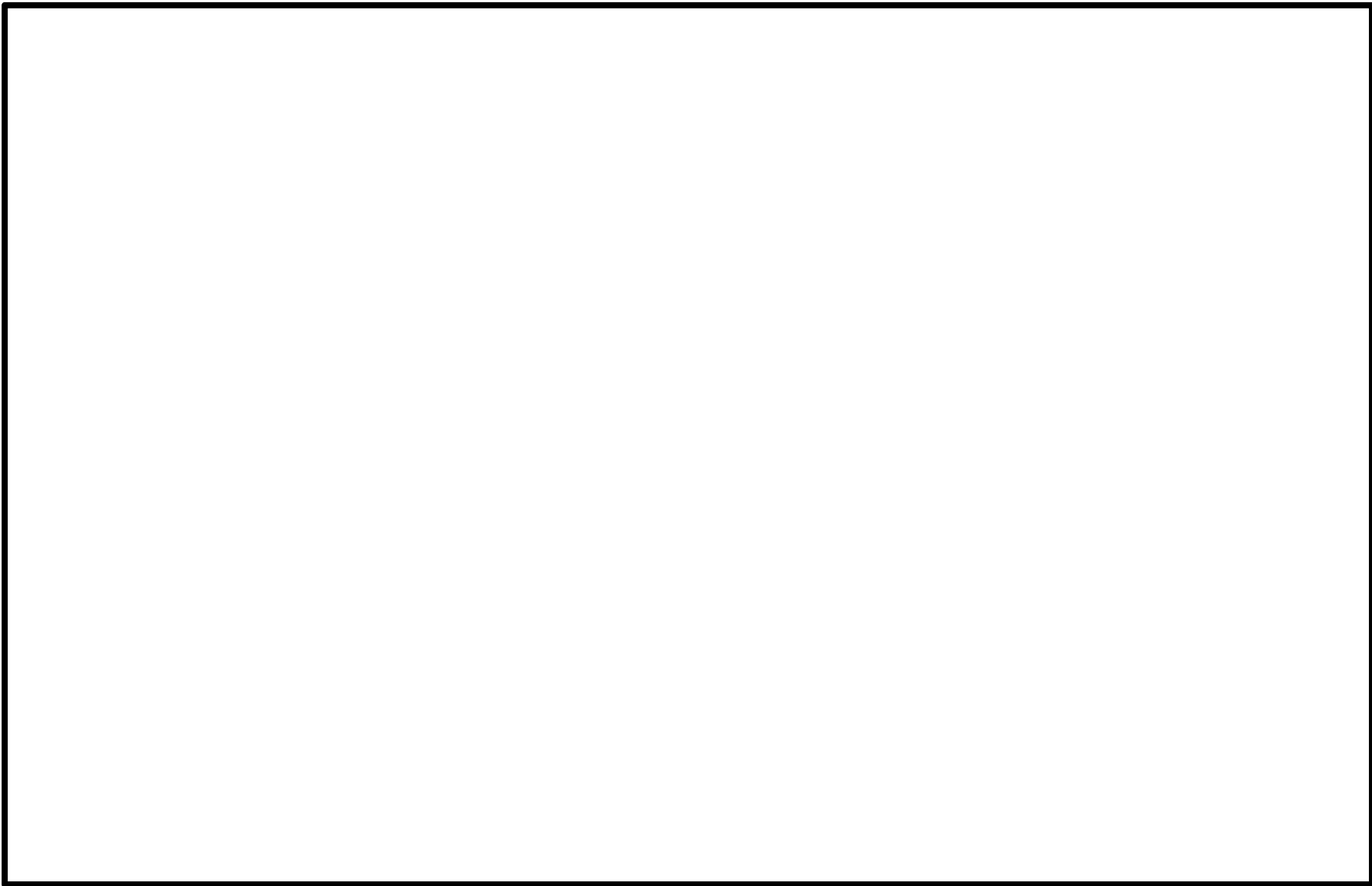
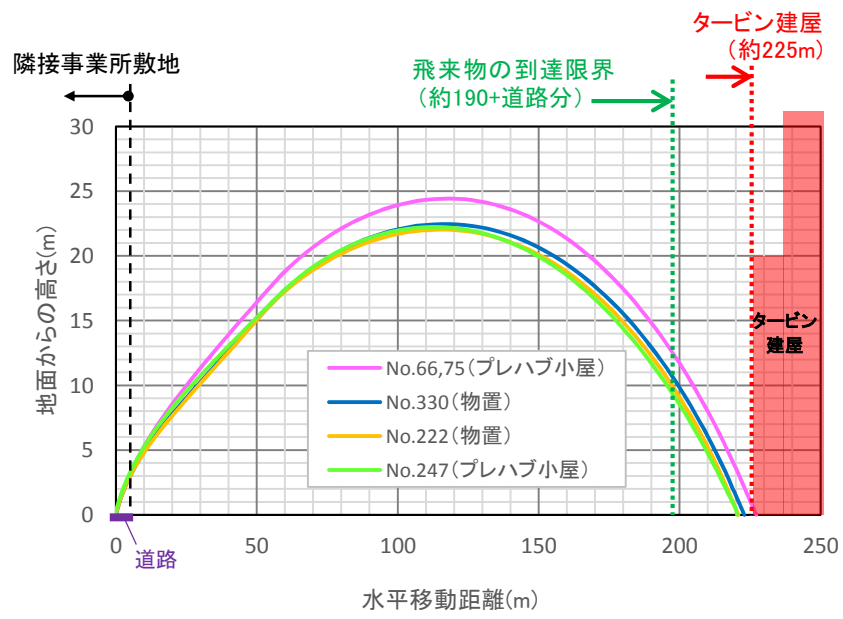


図 車両衝突時の鉄筋コンクリート壁の損傷解析

注記 \* : Madurapperuma 他, 竜巻飛来物（自動車）衝突による鉄筋コンクリート構造物の挙動, 土木学会第 11 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集, 2014



別図 4-1 タービン建屋内設備への飛来物の影響



別図 4-2 北方の隣接事業所南端からタービン建屋への飛来物の飛跡



## 車両の飛散範囲について

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タモデルを用いて算出した。

## (1) 車両の飛散解析条件

- a. 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。

注記 \*：「箱状（表面積大）」かつ「密度が低い」物品が飛散し易いことから、以下の車種を代表として選定した。

- ・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（パトロール車想定）

- b. 車両は地表面に位置する（地面からの初期高さ0）と見なす。

- c. 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は、評価対象施設等の配置状況を考慮し、別表5-1のとおり余裕をもって設定した。

別表5-1 出発点と到達点の高低差

飛来物源の位置	東海第二発電所敷地内	隣接事業所
到達有無の評価対象施設	原子炉建屋 タービン建屋 排気筒 海水ポンプ室内設備* 使用済燃料乾式貯蔵建屋	緊急時対策所建屋 タービン建屋 海水ポンプ室内設備* 使用済燃料乾式貯蔵建屋
高低差	20 m	0 m
根拠	対象施設の配置高さ（3 m盤及び8 m盤）と敷地内の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値	対象施設と周辺の車両通行箇所の高低差を考慮した値

注記 \*：以下の評価対象施設を示す。

- ・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
- ・残留熱除去系海水系ストレーナ
- ・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

別表5-2に、車両の寸法、重量、空力パラメータ、最大浮上高さ及び上記の2種類の高低差に対する最大飛散距離を示す。

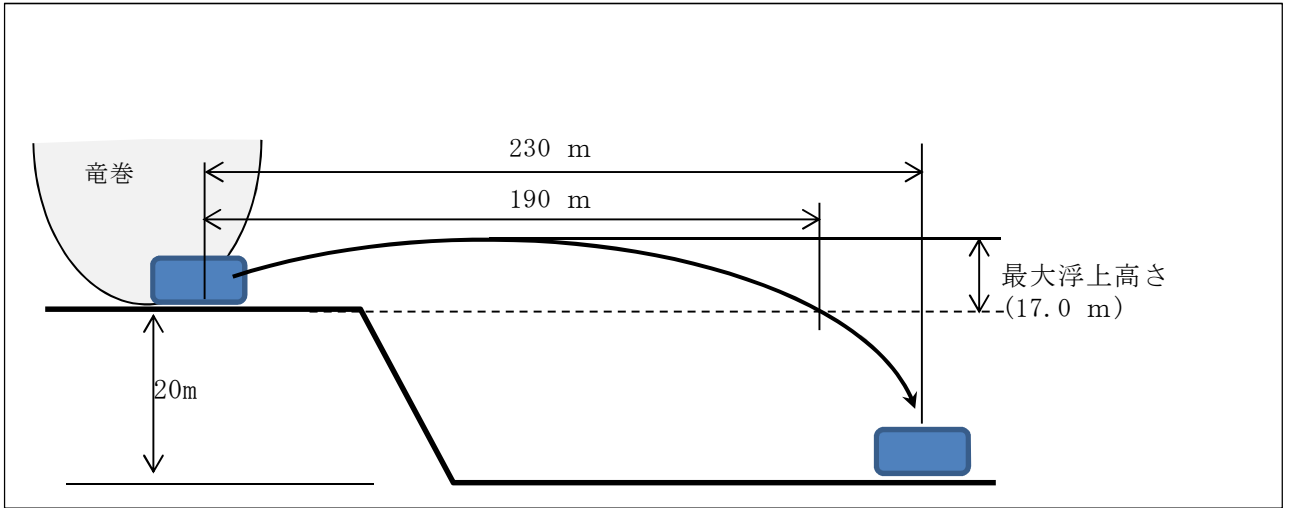
この結果より、車両の最大浮上高さはおおむね20m未満に留まると考えられ、また高低差20 m及び0 mの最大飛散距離から、車両管理エリアの設定に用いる必要離隔距離を、敷地内及び隣接事業所からについて、それぞれ230 m, 190 mとした。飛散解析においては上記の高低差の他にも保守的な取扱いがなされており、上記数値は保守性を有したものとなっている。

別表 5-2 想定する車両に対する最大飛散距離（初期高さ（高低差）による影響）

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20 m	高低差0 m	
大型トラック バン (25 t)	3.790	2.495	11.990	10900	0.0052	184	134	9.0
大型トラック 平 (25 t) ①	3.255	2.490	11.990	9180	0.0056	180	128	7.9
大型トラック 平 (25 t) ②	3.460	2.490	11.990	9310	0.0057	186	136	9.5
大型トラック 平 (25 t) ③	3.035	2.490	11.950	9210	0.0053	172	115	6.5
大型トラック 平 (25 t) ④	3.180	2.490	11.810	8970	0.0056	178	126	7.6
大型トラック 平 (11 t)	2.485	2.470	9.440	4750	0.0074	202	147	8.7
中型トラック バン (8 t)	3.525	2.495	8.565	4925	0.0081	226	183	17.0
中型トラック バン (7 t)	3.135	2.200	6.920	3490	0.0083	222	179	15.6
中型トラック 平 (8 t) ①	2.550	2.470	8.485	3690	0.0088	224	170	13.1
中型トラック 平 (8 t) ②	2.425	2.240	8.130	3220	0.0089	215	166	12.4
中型トラック 平 (8 t) ③	2.435	2.470	9.440	4120	0.0084	222	162	11.4
中型トラック バン (5 t)	2.830	1.885	4.845	2795	0.0067	186	135	8.8
中型トラック 平 (4 t)	1.990	1.695	4.690	1990	0.0069	167	101	5.1
小型トラック 平 (2 t)	2.250	2.170	6.790	2710	0.0085	199	149	10.1
小型トラック 平 (1.5 t)	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

別表 5-2 想定する車両に対する最大飛散距離（初期高さ（高低差）による影響）

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20 m	高低差0 m	
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	



別図 5-1 飛散距離と浮上高さのイメージ

## 車両以外の物品の飛散距離について

隣接事業所から飛来する、車両以外の飛来物源の到達範囲の設定値（250 m）については、現場調査によって確認された飛来物源の飛散解析結果に余裕を見て設定した。

別表6-1に、鋼製材の影響を上回ると評価された物品のうち、代表として飛散距離が大きいものの寸法、重量及び空力パラメータ、並びに初期高さ0 mにおける最大浮上高さ及び最大飛散距離を示す。

別表 6-1 車両以外の物品の最大飛散距離

物品	高さ (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)
プレハブ小屋	2.5	3.6	5	1800	0.0145	211	22.0
プレハブ小屋	2.4	2.7	5.4	1000	0.0225	228	27.5
プレハブ小屋	2.4	2.7	5.4	1000	0.0225	228	27.5
プレハブ小屋	2.3	2.8	4.4	1000	0.0191	221	24.5
プレハブ小屋	2.3	2.6	4.6	1000	0.0189	220	24.4
プレハブ小屋	2	3	4	1000	0.0172	210	21.0
物置	2.4	2.4	3.6	1000	0.0153	212	22.1
プレハブ小屋	2.4	2.4	3.6	1000	0.0153	212	22.1
プレハブ小屋	2.4	2.65	3.5	1000	0.0159	214	22.7
プレハブ小屋	2.2	2.3	4.5	900	0.0186	218	23.5
プレハブ小屋	1.85	2.6	3.65	720	0.0193	212	21.4
物置	1.9	2.05	2.4	500	0.0177	209	20.6
物置	1.9	2.3	2.9	360	0.0304	223	30.2
物置	1.4	2.1	3	300	0.0296	213	24.2
物置	1.8	2	3	270	0.0367	221	33.7
プレハブ小屋	1.3	2.2	2.4	156	0.0477	211	33.1
樹木 (倒木, 伐採木), 材木	1	1	14.2	151	0.0471	203	28.2
物置	1.1	1.3	2	143	0.0288	201	19.9
鋼製ステップ	1	1.8	2.4	120	0.0469	203	28.1
仮設トイレ	0.876	1.598	2.572	112	0.0458	208	25.5
鋼製ボックス	0.98	1.65	1.8	100	0.0420	202	25.6
バリケード	1.1	1.1	1.4	80	0.0354	205	23.9
仮設トイレ	0.8	1.1	2	71	0.0436	201	23.0
					最大値	228	33.7
					必要離隔距離	250	

## 連成ばねモデルを用いた車両防止柵への衝突荷重評価について

使用済燃料乾式貯蔵建屋への車両の衝突を想定した評価として、以下の 2 ケースを設定しているが、これらの評価に用いた衝突荷重の評価の方法は、以下の理由により異なるモデルを採用して実施した。

## ①使用済燃料乾式貯蔵建屋壁面への衝突

- ・ F E Mを用いた衝突解析

(理由) コンクリートの破壊が含まれる複雑な事象になり、簡易式等での評価が難しいため

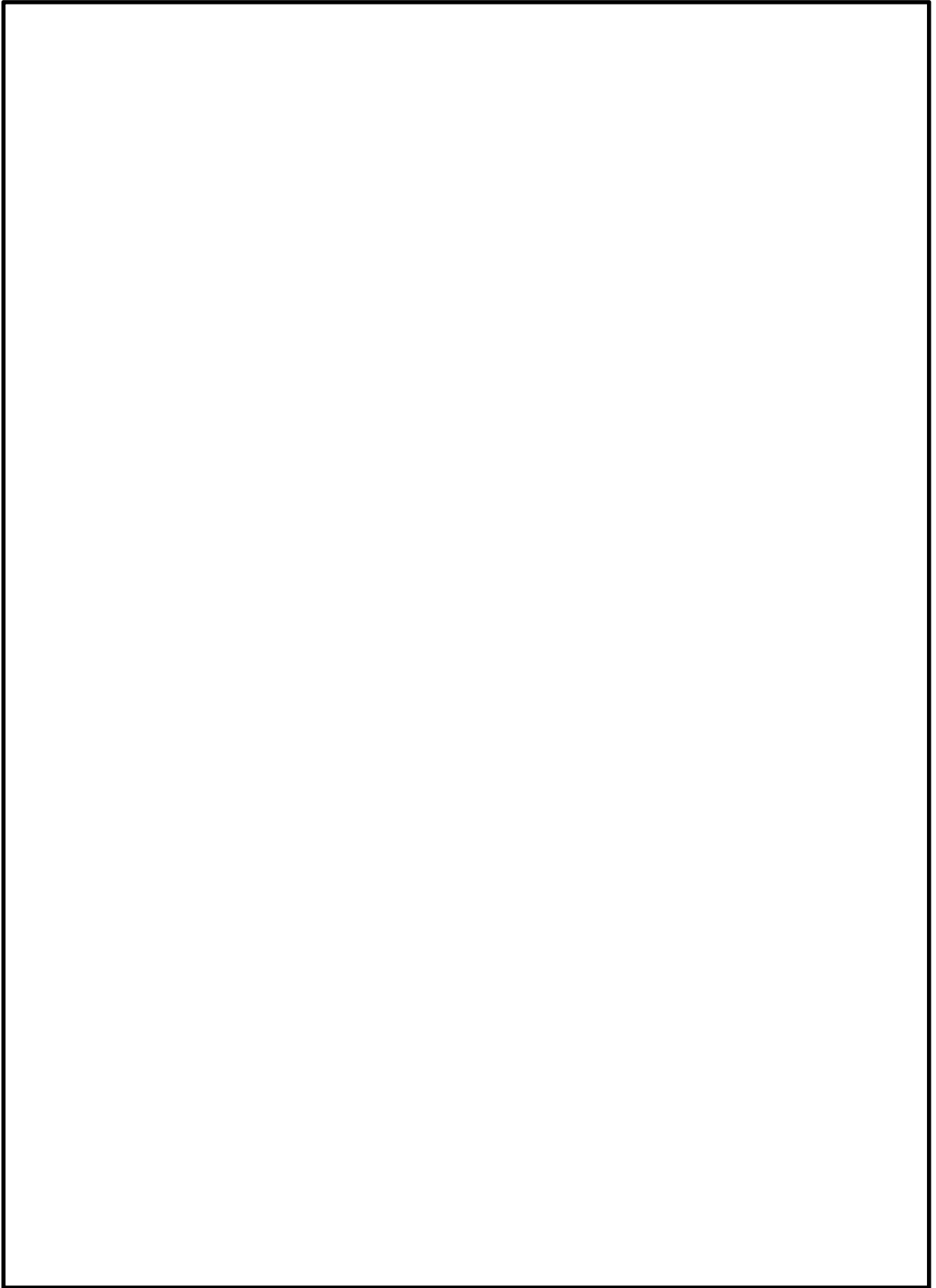
## ②使用済燃料乾式貯蔵容器防護対策施設の車両防護柵への衝突

- ・ 連成ばねモデルを用いた線形解析

(理由) 車両防護柵は鋼材で構成されるため、弾性体として扱うことが可能で、且つ机上でも計算が可能なモデルであるため。

このうち、使用済燃料乾式貯蔵容器防護対策施設の車両防護柵への衝突荷重算出において用いた、連成ばねモデルを用いた手法について、別図 7-1 に参照した文献を示す。





別図 7-1 2 自由度系のバネ質点モデルの概要  
出典：「自動車の衝突安全」（名古屋大学出版会）