

【公開版】

提出年月日	令和元年 12 月 10 日	R10
日本原燃株式会社		

六ヶ所再処理施設における
新規制基準に対する適合性

安全審査 整理資料

第9条：外部からの衝撃による損傷の防止
(竜巻)

目 次

1 章 基準適合性

1. 基本方針

- 1. 1 要求事項の整理
- 1. 2 要求事項に対する適合性
- 1. 3 規則への適合性

2. 竜巻影響評価の基本方針

3. 設計対象施設

4. 基準竜巻・設計竜巻の設定

- 4. 1 竜巻検討地域の設定
- 4. 2 基準竜巻の最大風速の設定
- 4. 3 設計竜巻の最大風速の設定

5. 設計荷重（竜巻）の設定

- 5. 1 設計飛来物の設定
- 5. 2 荷重の組合せと許容限界

6. 評価に使用する風速場モデルについて

7. 竜巻防護設計

- 7. 1 竜巻防護施設のうち建屋に設置される竜巻防護施設（外気と繋がっている竜巻防護施設を除く）
- 7. 2 竜巻防護施設のうち建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設
- 7. 3 竜巻防護施設のうち屋外の竜巻防護施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設
- 7. 4 竜巻防護施設を設置する施設
- 7. 5 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- 7. 6 竜巻随伴事象に対する設計
- 8. 手順等
- 9. 竜巻防護対策設備
 - 9. 1 概要
 - 9. 2 設計方針
 - 9. 3 主要設備の仕様
 - 9. 4 主要設備
 - 9. 5 試験・検査
 - 9. 6 評価

2章 補足説明資料

1 章 基準適合性

1. 基本方針

1. 1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針の比較並びに当該指針を踏まえたこれまでの許認可実績により、事業指定基準規則第九条において追加された要求事項を整理する。（第1-1表）

第1-1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (1/5)

事業指定基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
<p>1 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的現象、森林火災等をいう。</p> <p>3 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p>	<p>指針1. 基本的立地条件</p> <p>事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、再処理施設の立地地点及びその周辺における以下の事象を検討し、安全確保上支障がないことを確認すること。</p> <p>1. 自然環境</p> <p>(1) 地震、津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等の自然現象</p> <p>(2) 地盤、地耐力、断層等の地質及び地形等</p> <p>(3) 風向、風速、降雨量等の気象</p> <p>(4) 河川、地下水等の水象及び水理</p> <p>(解説)</p> <p>1 自然環境及び社会環境について、申請者が行った文献調査及び現地調査の結果を、建物・構築物の配置を含む設計の妥当性の判断及び各種の評価に用いることが適切であることを確認するほか、必要に応じ現地調査等を行い、申請者の行った各種の調査結果の確認を行うものとする。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1-1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (2/5)

事業指定基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
	<p>指針14 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 再処理施設における安全上重要な施設は、再処理施設の立地地点及びその周辺における自然環境をもとに津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等のうち予想されるものを設計基礎とすること。 2 これらの設計基礎となる事象は、過去の記録の信頼性を十分考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、妥当とみなされるものを選定すること。 3 過去の記録、現地調査の結果等を参考にして必要のある場合には、異種の自然現象を重畳して設計基礎とすること。 	前記のとおり

第1-1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (3/5)

事業指定基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
<p>2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるとして想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>4 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがある」と想定される自然現象とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。</p> <p>5 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することとを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。</p>	<p>指針14 地震以外の自然現象に対する考慮</p> <p>1 再処理施設における安全上重要な施設は、再処理施設の立地地点及びその周辺における自然環境をもとに津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等のうち予想されるものを設計基礎とすること。</p> <p>2 これらの設計基礎となる事象は、過去の記録の信頼性を十分考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、妥当とみなされるものを選定すること。</p> <p>3 過去の記録、現地調査の結果等を参考にして必要のある場合には、異種の自然現象を重畳して設計基礎とすること。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1-1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (4/5)

事業指定基準規則 第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
<p>3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第9条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p> <p>6 第3項は、設計基準において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な重大事故等対処設備への措置を含む。</p>	<p>指針1 基本的立地条件</p> <p>事故の誘因を排除し、災害の拡大を防止する観点から、再処理施設の立地地点及びその周辺における以下の事象を検討し、安全確保上支障がないことを確認すること。</p> <p>2 社会環境</p> <p>(1) 近接工場における火災、爆発等</p> <p>(2) 航空機事故等による飛来物等</p> <p>(3) 水の利用状況、飲食物の生産・流通状況、人口分布状況等</p> <p>(解説)</p> <p>2 社会環境に関する事象として注目すべき点は、近接工場における事故及び航空機に係る事故である。</p> <p>近接工場における事故については、事故の種類と施設までの離隔距離との関連においてその影響を評価した上で、必要な場合、安全上重要な施設が適切に保護されていることを確認すること。</p> <p>航空機に係る事故については、航空機に係る施設の事故防止対策として、航空機の施設上空の飛行制限等を勘案の上、その発生の可能性について評価した上で、必要な場合は、安全上重要な施設のうち特に重要と判断される施設が、適切に保護されていることを確認すること。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1-1表 事業指定基準規則第九条と再処理施設安全審査指針 比較表 (5 / 5)

事業指定基準規則	再処理施設安全審査指針	備考
<p>第九条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>7 第3項に規定する「再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの(故意によるものを除く。)」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物(航空機落下等)、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等という。なお、上記の「航空機落下」については、「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」(平成14・07・29原院第4号(平成14年7月30日原子力安全・保安院制定))等に基つき、防護設計の要否について確認する。</p> <p>8 第3項に規定する「安全機能を損なわないもの」とは、想定される偶発的な外部人為事象に対し、冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないことをいう。</p>		前記のとおり

1. 2 要求事項に対する適合性

(1) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全機能を有する施設は、再処理施設敷地の自然環境を基に想定される洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等の自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。

なお、再処理施設敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑りについては、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え、安全上重要な施設に対しては、最新の科学的技術的知見を踏まえ、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせる。

また、安全機能を有する施設は、再処理施設敷地内又はその周辺の状況を基に想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等のうち再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下、「人為事象」という。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、再処理施設敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、ダムの崩壊、船舶の衝突については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

自然現象及び人為事象（故意によるものを除く。）の組み合わせにつ

いては、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、火山の影響、生物学的事象、森林火災等を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び人為事象（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を有する施設が安全機能を損なわないために必要な安全機能を有する施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

（２）竜巻

安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して防護する施設（以下「竜巻防護施設」という。）とし、その安全機能を損なわない設計とする。また、その他の安全機能を有する施設については、竜巻及びその随伴事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随伴事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障が生じない期間での修復を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は 100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びに竜巻防護施設の安全機能を損なわないよう、設計竜巻に対して設計上の考慮を行う施設全体（以下「設計対象施設」という。）に常時作用する荷重、運転

時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定する。

竜巻防護施設の安全機能を損なわないようにするため、設計対象施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、運動エネルギー及び貫通力の大きさを踏まえ、設計上考慮すべき飛来物（以下「設計飛来物」という。）を設定する。なお、飛来物となり得る資機材及び車両のうち、竜巻防護対策によって防護できない可能性のあるものは、固縛、建屋収納、退避又は撤去を実施する。

また、敷地外から飛来するおそれがあり、かつ敷地内からの飛来物による衝撃荷重を上回ると想定されるものとして、むつ小川原ウィンドファームの風力発電のブレードがあるが、ブレードの飛来距離を考慮すると、ブレードが設計対象施設まで到達するおそれはないことから、ブレードは設計飛来物として考慮しない。

1. 3 規則への適合性

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第九条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項及び第2項について

安全機能を有する施設は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して再処理施設の安全性を損なわない設計とする。また、安全上重要な施設は、想定される自然現象により作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮する。

(1) 竜巻

安全機能を有する施設は、竜巻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。

安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される竜巻により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮した設計とする。

2. 竜巻影響評価の基本方針

原子力規制委員会の定める「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年12月6日原子力規制委員会規則第二十七号）」第九条では、外部からの衝撃による損傷防止として、安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、竜巻を挙げている。

再処理施設の供用期間中に極めてまれに発生する突風、強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随件事象等によって安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計であることを評価するため、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成25年6月19日 原規技発第13061911号 原子力規制委員会決定）（以下「竜巻ガイド」という。）を参照し、以下の竜巻影響評価について実施する。

- (1) 設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組合せ荷重）の設定
- (2) 再処理施設における飛来物に係る調査
- (3) 飛来物発生防止対策
- (4) 考慮すべき設計荷重に対する設計対象施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることの確認

安全機能を有する施設は、再処理施設が竜巻の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、竜巻に対して安全機能を損なわない設計とする。

その上で、竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する施設を、全ての安全機能を有する構築物、系統及び機器とする。設計竜巻から防護する施設（以下「竜巻防護施設」という。）としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な構築物、系統及び機器を抽出し、竜巻により冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないよう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。

また、竜巻防護施設を設置する建屋及びその施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性がある施設は、機械的強度を有すること等により、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。ここで、竜巻防護施設、竜巻防護施設を設置する建屋及びその施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性がある施設を併せて、設計対象施設という。

上記に含まれない安全機能を有する施設は、竜巻及びその随伴事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随伴事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

なお、使用済燃料輸送容器（以下「キャスク」という。）に使用済燃料が収納された使用済燃料収納キャスクは再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、竜巻により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

【補足説明資料 2-2】

3. 設計対象施設

設計対象施設は、竜巻防護施設の安全機能を損なわないよう、設計竜巻に対して設計上の考慮を行う施設全体とする。

安全機能を有する施設のうち、安全評価上その機能を期待する施設の安全機能を維持し、かつ、冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないようにするため、安全上重要な施設を竜巻防護施設とする。

これらの施設を第3-1図から第3-3図に示す選定フローに従い、竜巻による風圧力、気圧差及び飛来物に対する設計対象施設として選定する。ただし、竜巻防護施設を設置する建屋については、「竜巻防護施設を設置する施設」として設計対象施設に選定する。また、建屋に設置される竜巻防護施設のうち第3-4図に示す選定フローに従い選定される設計荷重（竜巻）に対して十分な耐力を有さない建屋に設置される竜巻防護施設及び開口部を有する室に設置される竜巻防護施設のうち第3-5図に示す選定フローに従い選定される竜巻防護施設は、建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設として選定する。

以上の選定結果から、竜巻防護施設は以下のように分類できる。

- a. 建屋に設置される竜巻防護施設（外気と繋がっている竜巻防護施設を除く）
- b. 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設
- c. 屋外の竜巻防護施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設

また、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設については、建物・構築物の高さ、竜巻防護施設又は竜巻防護施設を設置する施設との

距離を考慮し、破損又は転倒により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させるおそれのあるものを、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として選定する。

選定した結果から、設計対象施設は以下に分類される。

- ・ 屋外の竜巻防護施設
- ・ 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設
- ・ 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設
- ・ 竜巻防護施設を設置する施設
- ・ 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設のうち、建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設、屋外の竜巻防護施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設を以下のとおり選定する。

- a. 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設
 - (a) 第2非常用ディーゼル発電機
 - (b) 前処理建屋の安全蒸気系
 - (c) 前処理建屋の非常用所内電源系統
 - (d) 前処理建屋の計測制御系統施設
 - (e) 精製建屋の非常用所内電源系統
 - (f) 精製建屋の計測制御系統施設
 - (g) 高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統
 - (h) 高レベル廃液ガラス固化建屋の計測制御系統施設
 - (i) 高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系
 - (j) 第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器
 - (k) 非常用電源建屋の非常用所内電源系統
 - (l) 主排気筒の排気筒モニタ

(m) 制御建屋中央制御室換気設備

b. 屋外の竜巻防護施設

(a) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔

(b) 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔

(c) 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔に接続する屋外設備

(d) 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔

(e) 主排気筒

(f) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備

(g) 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備

(h) 前処理建屋換気設備

(i) 分離建屋換気設備

(j) 精製建屋換気設備

(k) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備

(l) 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備

なお、屋外の竜巻防護施設のうち、(c)を「冷却塔に接続する屋外設備」、(e)～(k)を合わせて「主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト」という。

c. 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設

(a) せん断処理・溶解廃ガス処理設備

(b) 前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備

(c) 分離建屋塔槽類廃ガス処理設備

(d) 精製建屋塔槽類廃ガス処理設備

(e) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備

(f) 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備

(g) 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備

- (h) 前処理建屋換気設備の排気系
- (i) 分離建屋換気設備の排気系
- (j) 精製建屋換気設備の排気系
- (k) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系
- (l) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系
- (m) 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系
- (n) ガラス固化体貯蔵設備の収納管
- (o) 制御建屋中央制御室換気設備

竜巻防護施設を設置する施設を以下のとおり選定する。

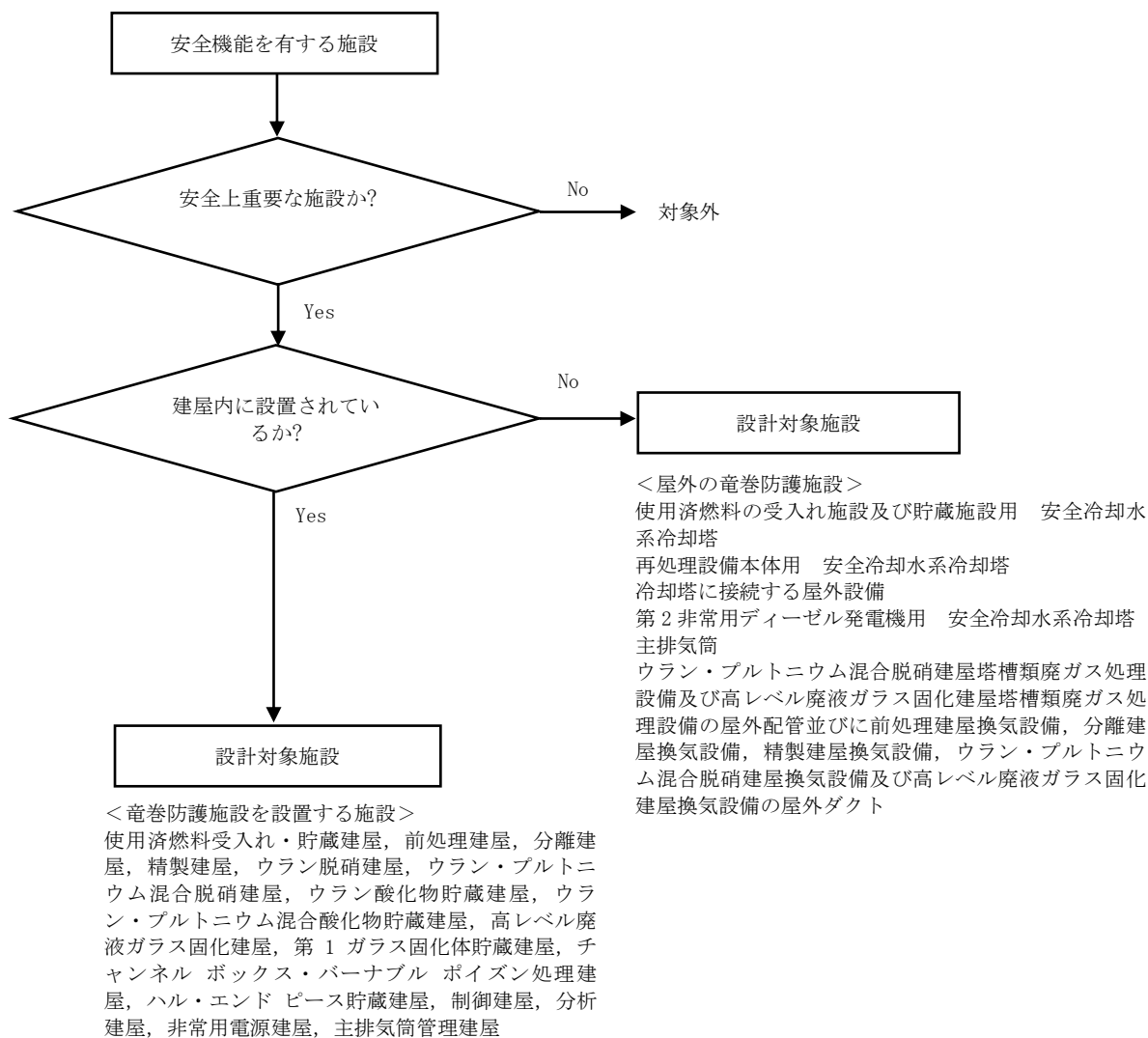
- (1) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- (2) 前処理建屋
- (3) 分離建屋
- (4) 精製建屋
- (5) ウラン脱硝建屋
- (6) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- (7) ウラン酸化物貯蔵建屋
- (8) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- (9) 高レベル廃液ガラス固化建屋
- (10) 第1 ガラス固化体貯蔵建屋
- (11) チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン処理建屋
- (12) ハル・エンド ピース貯蔵建屋
- (13) 制御建屋
- (14) 分析建屋
- (15) 非常用電源建屋
- (16) 主排気筒管理建屋

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として選定する。

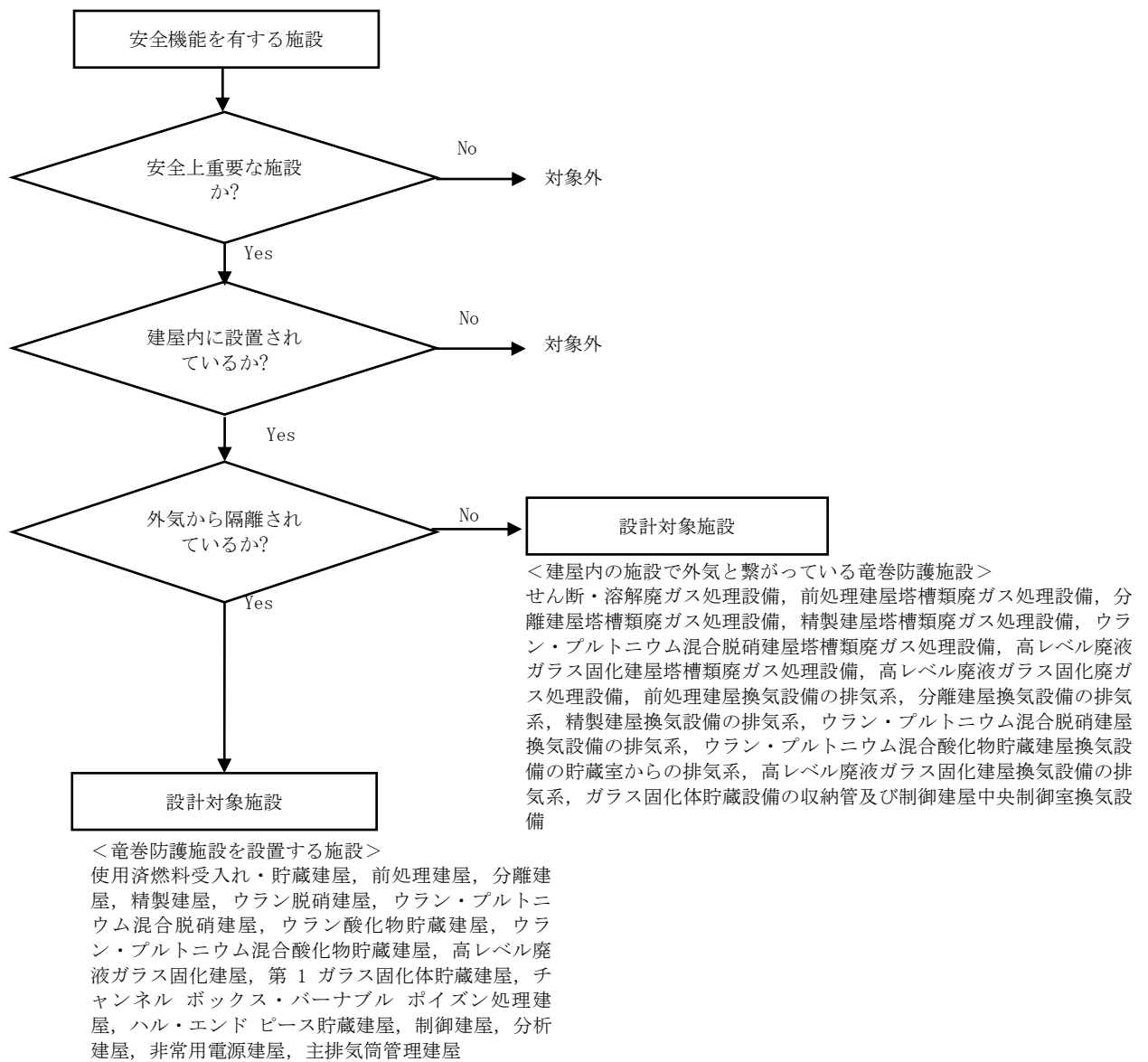
- (1) 北換気筒
- (2) 使用済燃料輸送容器管理建屋
- (3) 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋
- (4) 低レベル廃棄物処理建屋
- (5) 出入管理建屋

なお、再処理施設内に一時的に保管される使用済燃料収納キャスクは、竜巻により波及的破損を与えない設計とする。

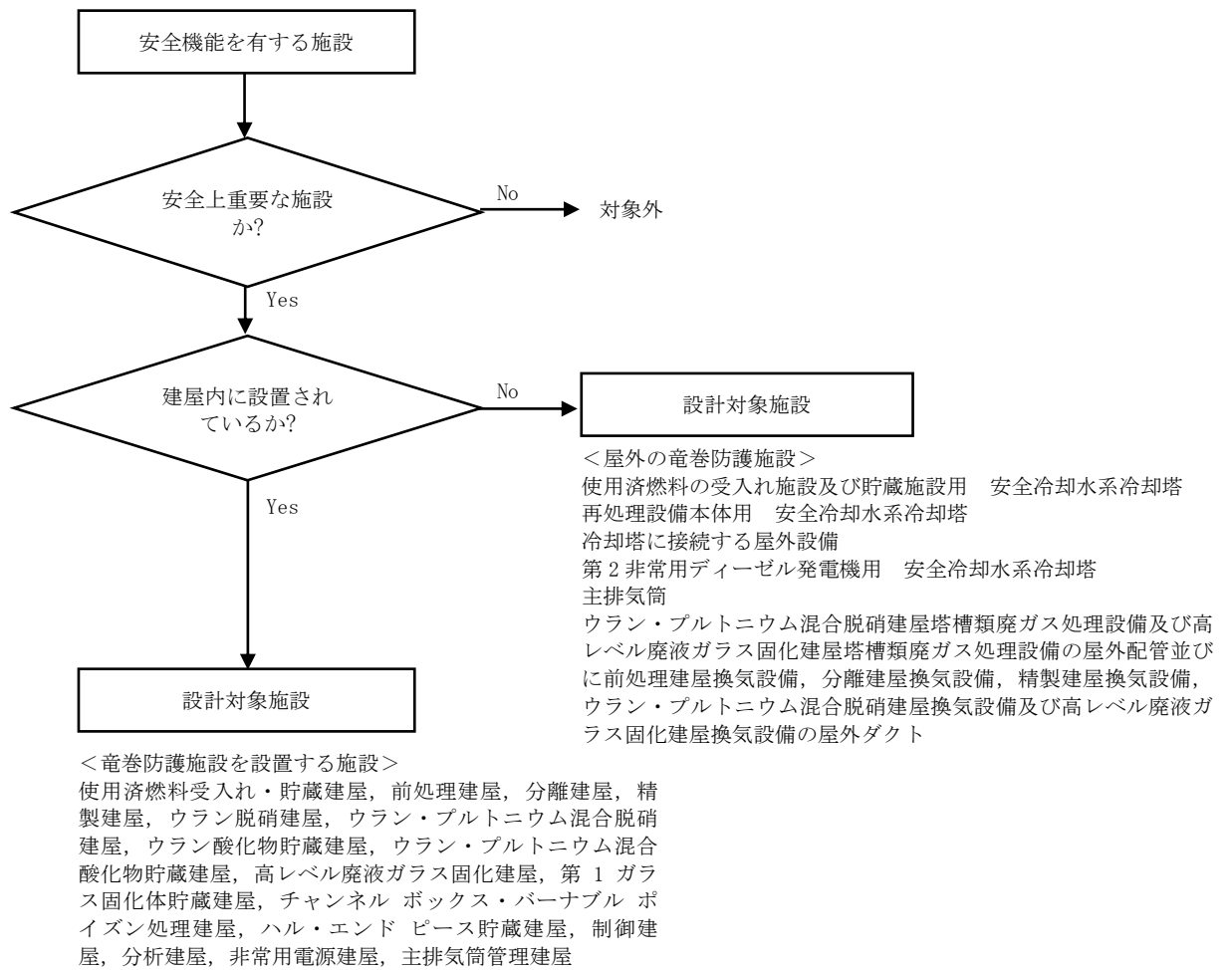
【補足説明資料 3-1～3-3】



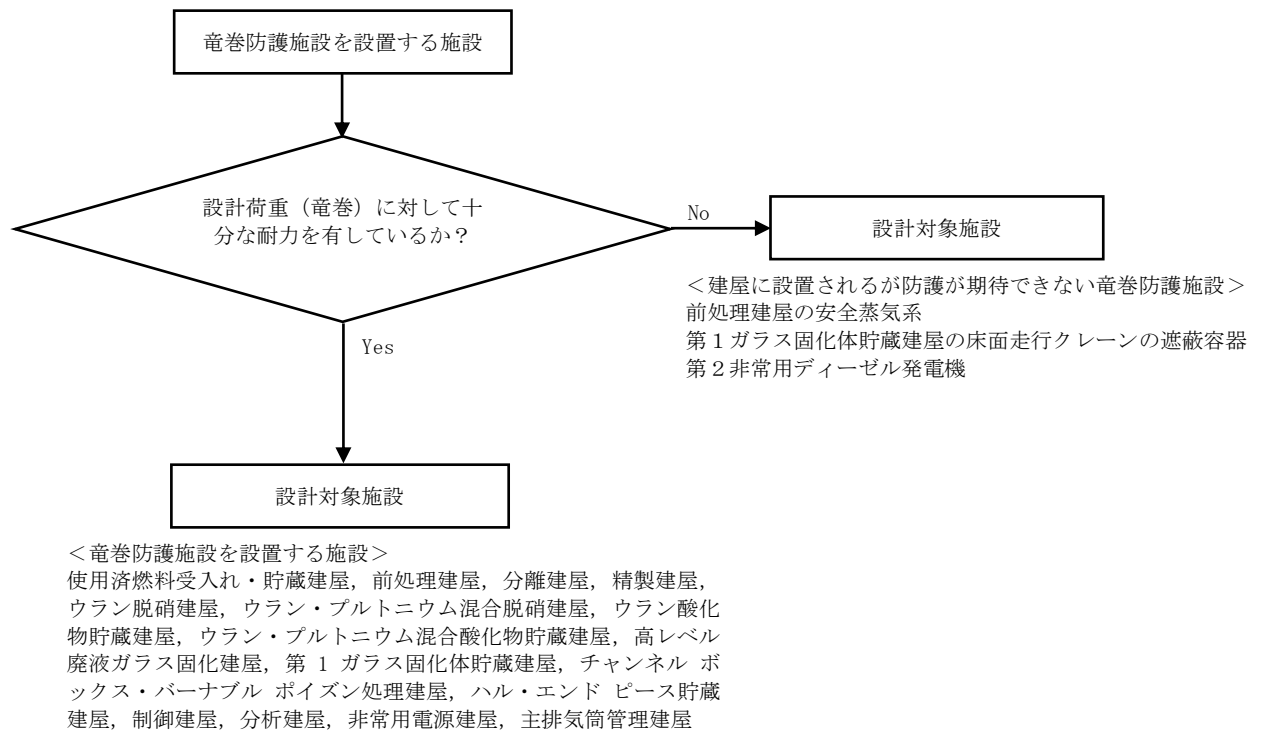
第3-1図 風圧力に対する設計対象施設の選定フロー



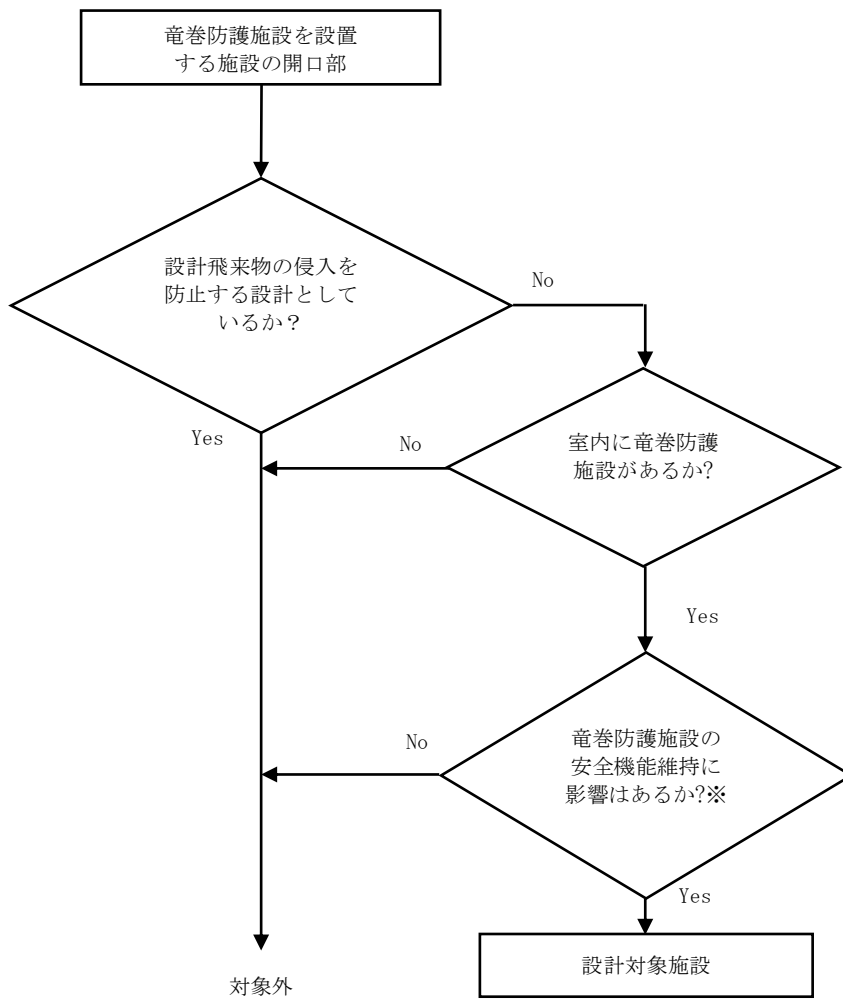
第3-2図 気圧差に対する設計対象施設の選定フロー



第3-3図 飛来物に対する設計対象施設の選定フロー



第3-4図 建屋の耐力に関する設計対象施設の選定フロー



< 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設 >
 前処理建屋の安全蒸気系
 前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の
 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設
 高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系
 非常用電源建屋の非常用所内電源系統
 制御建屋中央制御室換気設備

※設計飛来物が開口部を通じて室内へ侵入した場合に，
 安全上重要な施設へ衝突する可能性の有無を確認する。

第 3 - 5 図 開口部に対する設計対象施設の選定フロー

4. 基準竜巻・設計竜巻の設定

基準竜巻及び設計竜巻の設定は竜巻ガイドを参考に実施する。

基準竜巻及び設計竜巻の設定は、竜巻検討地域の設定、基準竜巻の最大風速の設定及び設計竜巻の最大風速の設定の流れで実施する。

4. 1 竜巻検討地域の設定

竜巻検討地域の設定は、竜巻ガイドを参考に再処理施設が立地する地域、気象条件の類似性を考慮して実施する。

(1) 再処理施設が立地する地域の気候

再処理施設が立地する地域は、竜飛岬から奥羽山脈の分水嶺より東側にあり、その地域の気候は、日本海側の気候と太平洋側の気候の両面の特徴を合わせもっている。東北地方を気温、降水及び風により詳細に区分した気候区分を第4-1図に示す。これによると、再処理施設が立地する地域は、区分Ⅲ（青森県北部及び東部地域）のうち区分Ⅲb（太平洋側にあるが冬は日本海側の気候でやませの影響が強い）に属している。

(2) 再処理施設が立地する地域の竜巻発生の特徴

第4-2図に示すとおり、再処理施設が立地する地域周辺においては、もともと竜巻の発生数は少なく、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究の成果（以下「東京工芸大学委託成果」という。）で示されている、全国19個の竜巻集中地域からも離れている。

竜巻発生時の総観場は、東京工芸大学委託成果を参考に、気象庁「竜巻等の突風データベース」の総観場を、竜巻を発生させる親雲の発生要因を考慮して、7種に再編した総観場を用い、竜巻の発生要因別の地域分布の特徴を把握した。竜巻の発生要因別地域分布を第4-

3 図に、その特徴を第 4 - 1 表に示す。

立地地域周辺における竜巻の発生状況は、日本海側や、茨城県以西の太平洋側における発生状況とも特徴が異なり、日本海側に特徴的な寒候期の竜巻の発生はほとんどなく、暖候期に竜巻が発生している。また、茨城県以西の太平洋側で特徴的な台風起源の竜巻の発生はなく、太平洋海岸付近及び海上での竜巻の発生はほとんどない。

(3) 竜巻検討地域

竜巻検討地域の設定は、竜巻ガイドを参考に、再処理施設が立地する地域の気候及び竜巻発生観点での特徴を踏まえて実施する。当該地域はもともと竜巻の発生数が少ないため、以下の a. から d. に示す条件を考慮して、青森県から岩手県の太平洋側（竜飛岬から御崎岬）及び北海道地方の南側（白神岬から襟裳岬）の海岸線に沿った海側 5 k m 及び陸側 10 k m の範囲を竜巻検討地域に設定する（面積約 18, 000 k m²）。第 4 - 4 図に竜巻検討地域を示す。

- a. 立地地域の気候及び竜巻発生観点での特徴を踏まえ、青森県（竜飛岬より太平洋側）から岩手県を基本とする。
- b. I A E A の基準を参考に、再処理施設を中心とする 10 万 k m²（半径約 180 k m）の範囲を目安とし、その範囲に掛かる北海道南西部は、立地地域と同じ太平洋側に面していることを考慮して、竜巻検討地域に含める。
- c. 竜巻検討地域は、分水嶺及び関口武による気候区分（1959）を参考に設定する。
- d. 再処理施設が海岸線から約 5 k m の位置に立地していること及び竜巻の発生がほとんど海岸線付近であることから、海岸線に沿った海側 5 k m 及び陸側 10 k m の範囲を考える。

ここで、設定した竜巻検討地域の妥当性を確認するために、竜巻検討地域における竜巻の発生要因の出現比率と、日本海側及び太平洋側における出現比率とを比較した結果を第4-5図に示す。竜巻検討地域における竜巻の発生要因の出現比率は、日本海側及び太平洋側の出現比率とも傾向が異なっていることが確認できる。

また、藤田スケール3以上の竜巻の発生しやすさの地域性の検討として、「突風関連指数」による解析を行う。突風関連指数として、積乱雲を発生させる上昇流の強さの目安であるCAPE (Convective Available Potential Energy: 対流有効位置エネルギー) 及び積乱雲がスーパーセルに発達しやすいかどうかの指標となるSReH (Storm Relative Helicity: ストームの動きに相対的なヘリシティ) を算出する。

これらの指数は、竜巻発生環境場との関連づけで、国内外で広く利用され知見が蓄積されている。CAPEの概念を第4-6図に、SReHの概念を第4-7図に示す。

$$CAPE = \int_{LFC}^{EL} g \frac{\theta'(z) - \theta(z)}{\theta(z)} dz \quad (a)$$

$$SReH = \int_{地上}^{高度3km} (\mathbf{V} - \mathbf{C}) \cdot \boldsymbol{\omega} dz \quad (b)$$

ここで、式(a)のgは重力加速度、 θ はストーム周囲の温位、 θ' は下層の空気塊を上空に持ち上げた際の温位であり、dzは鉛直方向の層厚である。LFCは自由対流高度、ELは平衡高度である。式(b)のVは水平風速ベクトル、 $\boldsymbol{\omega}$ は鉛直シアに伴う水平渦度、Cはストームの移動速度である。

各指数の計算は、ヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) の再

解析データ ECMWF-Interim (1989年以降：水平分解能約70 km) 及びERA40 (1989年まで：水平分解能約250 km) を基に，水平分解能5 km，時間分解能1時間に解析した気象データセットを用いて，1961年から2010年までの50年間について行い，それに基づいて両指数が同時に閾値を超過する頻度を計算する。同時超過頻度の算出に当たっては，竜巻発生時には少なからず降水がもたらされるため，降水量の閾値(4 mm/h)を設定する。また，CAPEは降水過程により安定化し小さくなり得るため，周辺のCAPEの大きな空気塊が当該メッシュに向かって流入することを考慮した方法を参考に，当該メッシュの風上側半径25 kmの扇状範囲内のCAPEの最大値を算出する。

CAPEについては，緯度及び季節で絶対値が大きく変動するため，暖候期(5月～10月)及び寒候期(11月～4月)に分けて，それぞれ閾値を設定する。藤田スケール3以上の竜巻が発生し得る環境場として以下の閾値を用いる。

[暖候期(5月～10月)]

$$\text{CAPE} : 1,200 \text{ J/k g}, \quad \text{SR e H} : 350 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

[寒候期(11月～4月)]

$$\text{CAPE} : 500 \text{ J/k g}, \quad \text{SR e H} : 350 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

暖候期及び寒候期に対する同時超過頻度分布の算出結果を第4-8図に示す。暖候期においては，太平洋側及び東シナ海から対馬海峡にかけては比較的大きな値となっている。また，沿岸域では，茨城県東海岸から西の本州太平洋側，九州太平洋側及び東シナ海側で高く，特に宮崎平野沿岸では大きい値となっている。それに比べて，日本海側及び茨城県以北の太平洋側の値は1～2桁以上小さな値であり，藤田スケール3規

模の竜巻の発生が未だ確認されていないことと対応している。

本手法による解析により、藤田スケール3以上の竜巻の発生しやすさの地域性を特定でき、竜巻検討地域において藤田スケール3以上の竜巻は極めて発生し難いといえる。

4. 2 基準竜巻の最大風速の設定

基準竜巻の最大風速は、竜巻ガイドを参考に、過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1}) 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2}) のうち、大きな風速を設定する。

(1) 過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})

過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1}) の設定に当たっては、日本で過去 (1961年から2013年12月) に発生した最大の竜巻は藤田スケール3であり、藤田スケール3における風速は70m/s ~ 92m/s であることから、その最大風速を基に V_{B1} を92m/s とする。第4-2表に日本で過去に発生した藤田スケール3の竜巻の一覧を示す。

(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

竜巻最大風速のハザード曲線は、竜巻ガイドを参考とした既往の算定方法に基づき、具体的には、東京工芸大学委託成果を参考に算定する。本評価は、竜巻データの分析、竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率密度分布の算定、相関係数の算定並びにハザード曲線の算定によって構成される。

a. 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」に掲載されている竜巻年別発生確認数 (第4-9図) を基に、竜巻検討地域 (海岸線から陸側に10km、海側に5kmの計15km幅の範囲) における1961年から2013年12月までの53年間の統計量を藤田スケール別に算出する。また、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の(a)から(c)の基本的な考え方に基づいて整理を行う。

(a) 被害が小さくて見過ごされやすい藤田スケール0及び藤田スケール不明の竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生

数や標準偏差を用いる。

- (b) 被害が比較的軽微な藤田スケール 1 竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。
- (c) 被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられる藤田スケール 2 及び藤田スケール 3 竜巻に対しては、観測記録が整備された1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を用いる。

また、藤田スケール不明の竜巻については、以下の取扱いを行う。

陸上で発生した竜巻及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてその藤田スケールが推定されるため、陸上での藤田スケール不明の竜巻は、被害が少ない藤田スケール 0 竜巻とみなす。

一方、海上で発生しその後上陸しなかった竜巻については、その竜巻の藤田スケールを推定することは困難であることから、「沿岸部近傍での竜巻の発生特性は、陸上と海上とで類似している」という仮定に基づいて各藤田スケールに分類する。

以上を踏まえて、第 4 - 3 表のとおり、観測データから53年間の推定データを評価する。

竜巻は気象事象の中でも極めて稀に発生する事象であり、発生数の変動（標準偏差）が大きい分布となり、東京工芸大学委託成果にポリヤ分布への適合性が良いことが示されている。以上より、ハザード曲線の評価に当たって使用する竜巻の年発生数の確率分布は、第 4 - 10 図に示すとおりポリヤ分布を採用する。

b. 竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率密度分布並びに相関係数

竜巻検討地域における53年間の竜巻の発生数、被害幅及び被害長さを基に、確率密度分布については竜巻ガイド及び竜巻ガイドが参考と

している東京工芸大学委託成果を参考に、第4-11図から第4-13図に示すとおり対数正規分布に従うものとする。

また、53年間の推定データの作成に伴う被害幅又は被害長さの情報がない竜巻には、被害幅又は被害長さを有する竜巻の観測値を与える。その際は、被害幅又は被害長さが長いほうから優先的に用いることで、被害幅又は被害長さの平均値が大きくなるように評価を行う。

さらに、1961年以降の観測データのみを用いて、第4-4表に示すとおり竜巻風速、被害幅及び被害長さについて相関係数を求める。

c. 竜巻影響エリアの設定

再処理施設においては設計対象施設が敷地内に分散しているため、それぞれの設計対象施設を包含する円を設置面積とみなし、これらの設置面積の合計値と等価な面積の円を第4-14図に示すとおり竜巻影響エリアとして設定する。

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。

d. ハザード曲線の算定

T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ、竜巻風速が V_0 以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。

前述のとおり、竜巻の年発生数の確率分布としてポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は式(a)で示される(Wen and Chu)。

$$P_T(N) = \frac{(vT)^N}{N!} (1 + \beta vT)^{-N-1/\beta} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k) \quad (a)$$

ここで、Nは竜巻の年発生数、 v は竜巻の年平均発生数、Tは年数である。 β は分布パラメータであり、式(b)で示される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{\nu} - 1 \right) \times \frac{1}{\nu} \quad (b)$$

ここで、 σ は竜巻の年発生数の標準偏差である。

Dを竜巻影響評価の対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し、対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、その竜巻の風速が V_0 以上となる確率を $R(V_0)$ としたとき、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ、竜巻風速が V_0 以上となる確率は式(c)で示される。

$$P_{V_0,T}(D) = 1 - [1 + \beta \nu R(V_0) T]^{-1/\beta} \quad (c)$$

この $R(V_0)$ は、竜巻影響評価の対象地域の面積を A_0 （すなわち、竜巻検討地域の面積約 $1.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ ）、1つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると式(d)で示される。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (d)$$

ここで、 $E[DA(V_0)]$ は $DA(V_0)$ の期待値を意味する。

本評価では、以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し、式(d)により $R(V_0)$ を推定して、式(c)により $P_{V_0,T}(D)$ を求める。風速を V 、被害幅を w 、被害長さを l 、移動方向を α とし、同時確率密度関数を用いると、 $DA(V_0)$ の期待値は式(e)で示される(Garson et al.)。

$$\begin{aligned} E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\ & + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha \\ & + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha \\ & + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} \quad (e)$$

ここで、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面に対象構造物を投影したときの長さである。竜巻影響エリアを円形で設定しているため、 $H(\alpha)$ 、 $G(\alpha)$ とともに竜巻影響エリアの直径560mで一定となる（竜巻の移動方向に依存しない）。 S は竜巻影響エリアの面積（直径560mの円の面積：約 $2.5 \times 10^5 \text{ m}^2$ ）を表す。竜巻影響エリアの直径を D_0 とした場合の計算式は式 (f) で示される。

$$\begin{aligned}
 E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
 & + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl \\
 & + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw \\
 & + (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV
 \end{aligned} \tag{f}$$

風速の積分範囲の上限値は、ハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として 120 m/s に設定する。

また、 $W(V_0)$ は、竜巻の被害幅のうち風速が V_0 を超える部分の幅であり、式 (g) で示される。この式により、被害幅内の風速分布に応じて被害様相に分布がある（被害幅の端ほど風速が小さくなる）ことが考慮されている（Garson et al.）。

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{\min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w \tag{g}$$

ここで、係数の1.6について、既往の研究では例えば0.5や1.0などの値も提案されている。竜巻ガイドが参考としている文献（Garson et al.）では、観測値が不十分であるため、より厳しい評価となるよう1.6を用いることが推奨されており、本検討でも1.6を用

いる。また、再処理施設の竜巻影響評価では、ランキン渦モデルによる竜巻風速分布に基づいて設計竜巻の特性値を設定する。ランキン渦モデルは高さ方向によって風速及び気圧が変化しないため、地表から上空まで式（g）を適用できる。なお、式（g）において係数を1.0とした場合がランキン渦モデルに該当する。

また、 V_{min} は、*gale intensity velocity* と呼ばれ、被害が発生し始める風速に位置づけられる。米国気象局 NWS（*National Weather Service*）では、*gale intensity velocity* は34～47ノット（17.5～24.2m/s）とされている。また、気象庁が使用している風力階級では、風力8は疾強風（*gale*：17.2～20.7m/s）、風力9は大強風（*strong gale*：20.8～24.4m/s）と分類されており、風力9では「屋根瓦が飛ぶ。人家に被害が出始める。」とされている。以上を参考に、本評価においては、 $V_{min}=25\text{m/s}$ とする。なお、この値は藤田スケール0（17～32m/s）のほぼ中央値に相当する。

以上より、竜巻検討地域を対象に算定したハザード曲線を第4-15図に示す。

e. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速（ V_{B2} ）

竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、竜巻ガイドを参考に年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし、49m/sとする。

f. 1km範囲ごとの評価（参考評価）

竜巻検討地域を海岸線に沿って1km範囲ごとに細分化した短冊状の範囲を対象にハザード曲線を求める。評価の条件として、発生数は、短冊状の範囲を通過した竜巻もカウントしている。被害幅及び被害長

さは、それぞれ 1 k m 範囲内の被害幅及び被害長さを用いる。以上に基づいて、竜巻検討地域の評価と同様の方法で算定したハザード曲線を第 4-16 図に示す。これより、年超過確率 10^{-5} に相当する風速を求めると、海岸線から陸側 1 k m を対象とした場合の 65 m/s が最大となる。ただし、再処理施設は海岸線から陸側 1 k m の範囲にないため、本評価は参考とする。

(3) 基準竜巻の最大風速

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1} = 92\text{ m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2} = 49\text{ m/s}$ より、再処理施設における基準竜巻の最大風速 V_B は 92 m/s とする。風速 92 m/s に相当する年超過確率は、ハザード曲線より 5.2×10^{-8} である。

4. 3 設計竜巻の最大風速の設定

再処理施設が立地する地域の特性を考慮して、基準竜巻の最大風速の割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。

再処理施設では、敷地周辺が平坦であり、地形効果による竜巻の増幅を考慮する必要はないと考えられるため、基準竜巻の最大風速に対する割り増しは行わず、設計竜巻の最大風速は 92m/s となるが、竜巻に対する設計に当たっては、蓄積されている知見の少なさといった不確定要素を考慮し、設計及び運用に安全余裕を持たせるために、設計竜巻の最大風速を 100m/s とする。風速 100m/s に相当する年超過確率は、ハザード曲線より 1.86×10^{-8} である。

【補足説明資料 4-1～4-7】

第4-1表 竜巻の発生要因別の地域分布の特徴

総観場 ^{注)}	気象庁竜巻データベースの分類	発生分布の特徴
台風	台風	関東以西の太平洋側(特に東～南方向に開けた地域)で発生頻度が高く、F2、F3スケールの強い竜巻も多い。
温帯低気圧	南岸低気圧、日本海低気圧、二つ玉低気圧、東シナ海低気圧、オホーツク海低気圧、その他(低気圧)、寒冷前線、温暖前線、閉塞前線	全国的に発生頻度が高く、F2、F3スケールの竜巻も見られる。特に、南～西方向に開けた地域はより頻度が高い。
季節風(夏)	暖気の移流、熱帯低気圧、湿舌、太平洋高気圧	太平洋側や内陸を中心に、全国的に多くみられる。
季節風(冬)	寒気の移流、気圧の谷、大陸高気圧、季節風	日本海側や関東以北で発生頻度が高い。
停滞前線	停滞前線、梅雨前線、前線帯、不安定線、その他(前線)	関東以西でみられる。
局地性	局地性擾乱、雷雨(熱雷)、雷雨(熱雷を除く)、地形効果、局地性降水	地形的な影響によるものであり、全国で発生している。
その他	移動性高気圧、中緯度高気圧、オホーツク海高気圧、帯状高気圧、その他(高気圧)、大循環異常、その他	全国的に発生数が少なく、地域差はみられない。

注) 東京工芸大学委託成果を参考に、気象庁「竜巻等の突風データベース」の総観場を、竜巻を発生させる親雲の発生要因を考慮して、7種に再編した。

第4-2表 日本で過去に発生したF3竜巻

(気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成)

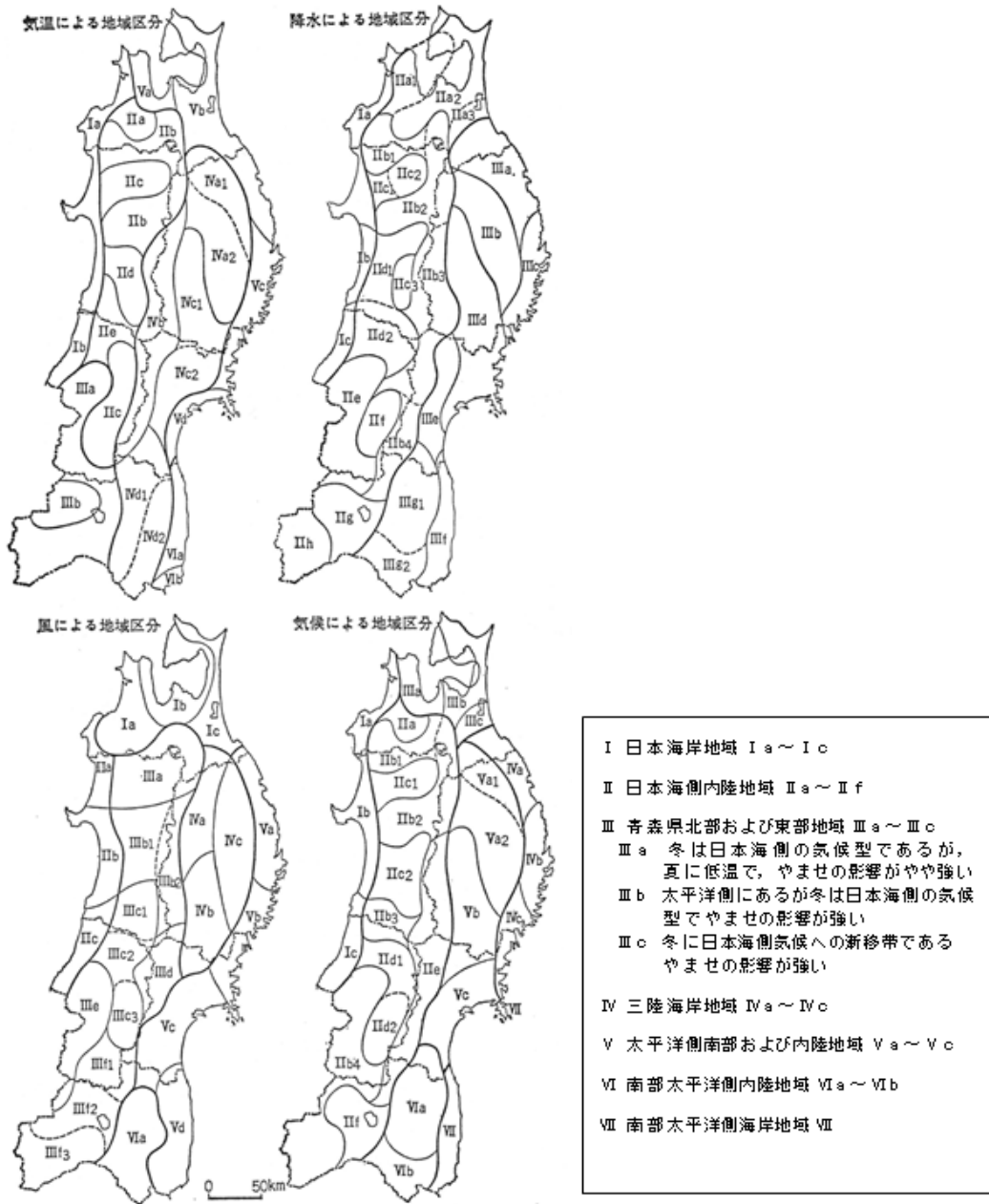
発生日時	発生場所			
	緯度	経度	都道府県	市町村
1971年07月07日07時50分	35度54分20秒	139度40分45秒	埼玉県	大宮市
1990年12月11日19時13分	35度28分39秒	140度18分57秒	千葉県	茂原市
1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県	豊橋市
2006年11月07日13時23分	43度59分20秒	143度42分25秒	北海道 網走支庁	佐呂間町
2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県	つくば市

第4-3表 竜巻発生数の分析結果

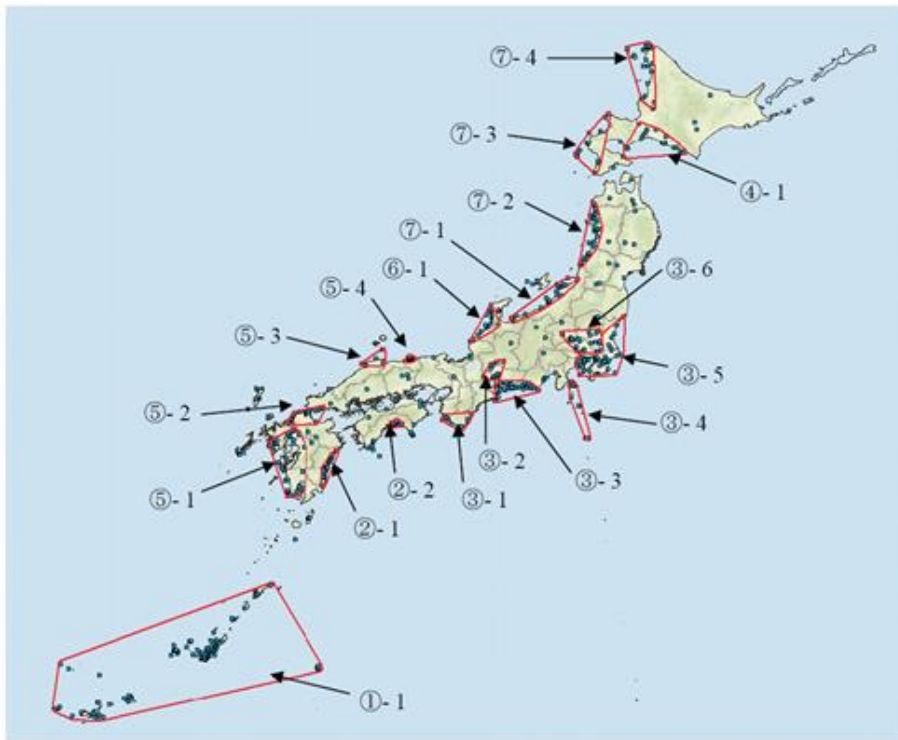
発生数の統計	(陸上+上陸) 竜巻										海上竜巻	総数
	F0	F1	F2	F3	F4	不明	小計	不明				
1961/1～2013/12 (53年間)	期間内総数 (個)	6	9	4	0	0	0	0	1	20	5	25
	年平均 (個)	0.11	0.17	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.38	0.09	0.47
	標準偏差 (個)	0.58	0.51	0.27	0.00	0.00	0.14	0.97	0.41	1.08		
1991/1～2013/12 (23年間)	期間内総数 (個)	6	9	2	0	0	0	1	1	18	5	23
	年平均 (個)	0.26	0.39	0.09	0.00	0.00	0.04	0.78	0.04	0.22	1.00	1.00
	標準偏差 (個)	0.86	0.72	0.29	0.00	0.00	0.21	1.35	0.60	1.48		
2007/1～2013/12 (7年間)	期間内総数 (個)	5	3	0	0	0	0	8	0	4	12	12
	年平均 (個)	0.71	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.57	1.71	1.71
	標準偏差 (個)	1.50	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86	0.98	2.06		
推定データ (53年間) (抜分後)	期間内総数 (個)	57	32	6	0	0	0	95	0	95		95
	年平均 (個)	1.07	0.58	0.11	0.00	0.00	0.00	1.76	0.00	1.76		1.76
	標準偏差 (個)	1.83	0.88	0.33	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	2.06		2.06
推定データ (53年間) (全竜巻)	期間内総数 (個)	57	32	6	0	0	0	95	0	95		95
	年平均 (個)	1.08	0.60	0.11	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	1.79		1.79
	標準偏差 (個)	1.83	0.88	0.33	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	2.06		2.06

第4-4表 竜巻風速，被害幅及び被害長さの相関係数

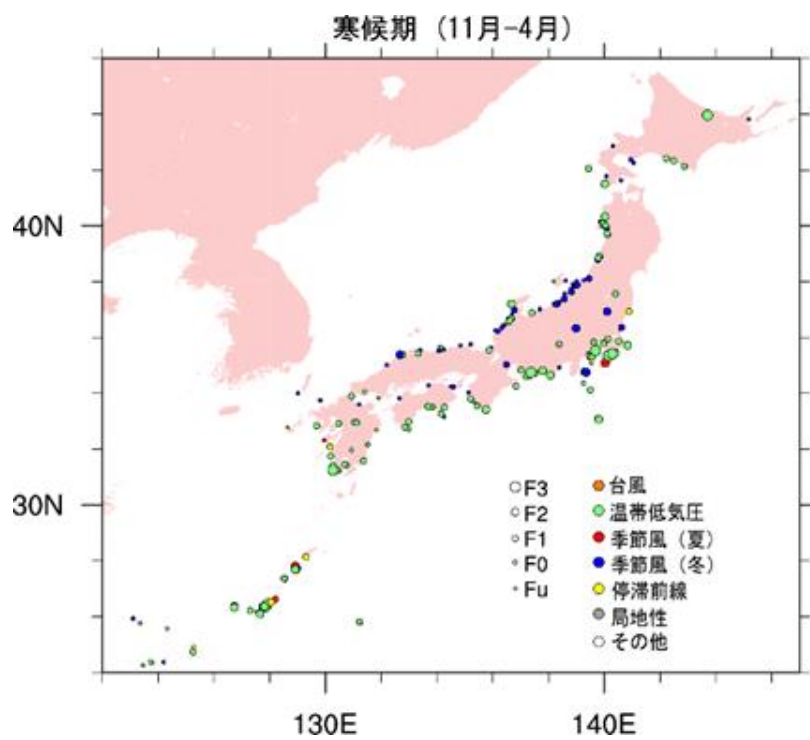
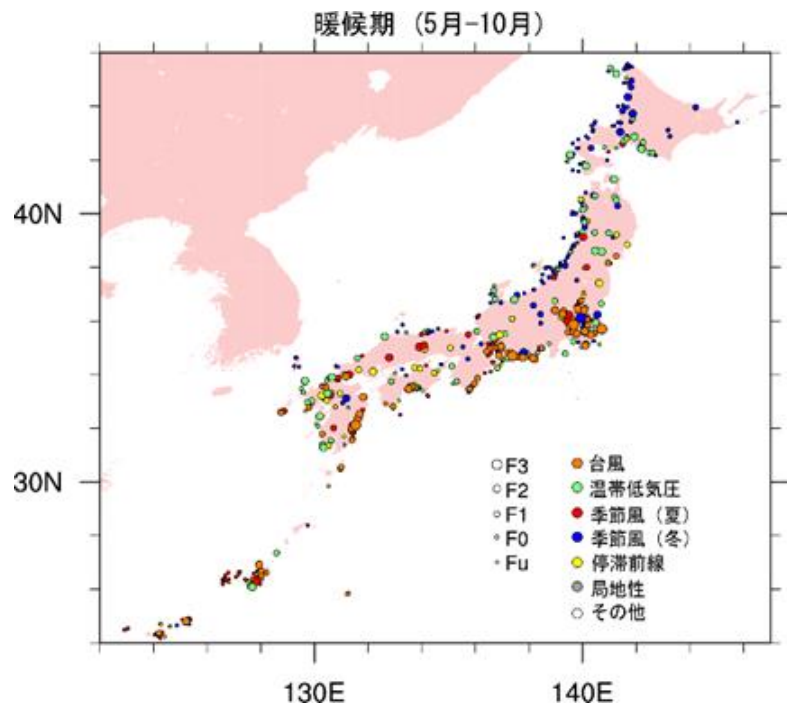
相関係数 (対数)	風速 (m/s)	被害幅 (m)	被害長さ (m)
風速 (m/s)	1.0000	0.0800	0.4646
被害幅 (m)	0.0800	1.0000	0.2418
被害長さ (m)	0.4646	0.2418	1.0000



第4-1図 吉野正敏（1967～）による東北地方の気候区分



第4-2図 竜巻の発生地点と竜巻が集中する19個の地域

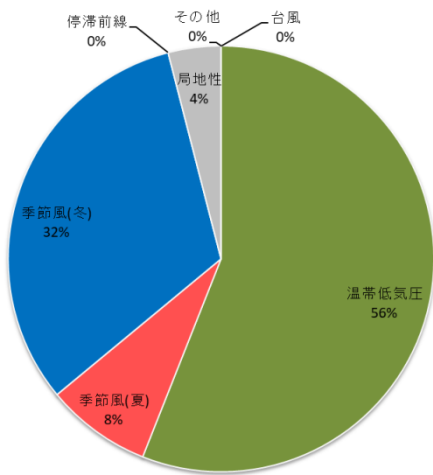


第4-3図 竜巻の発生要因別地域分布



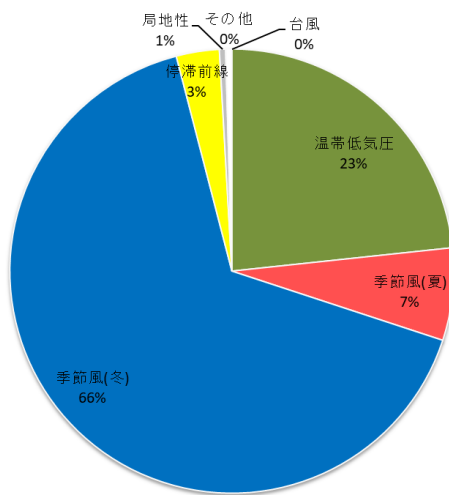
第 4 - 4 図 竜巻検討地域

関口武 (1959) : 日本の気候区分を基に作成



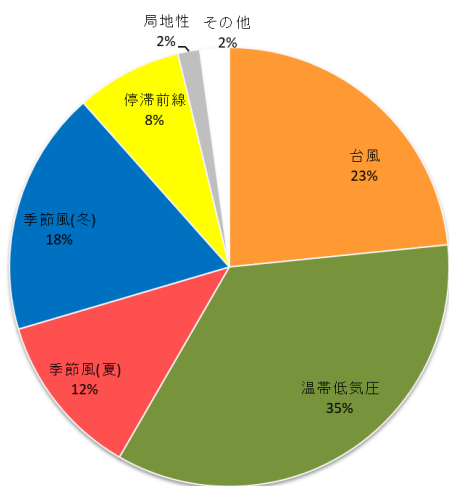
◆ 竜巻検討地域

- ・ 「温帯低気圧」を起源とする竜巻が多い。
- ・ 太平洋側で多くみられる「台風」を起源とする竜巻は確認されていない。



◆ 北海道～山口県の日本海側 (223 事例)

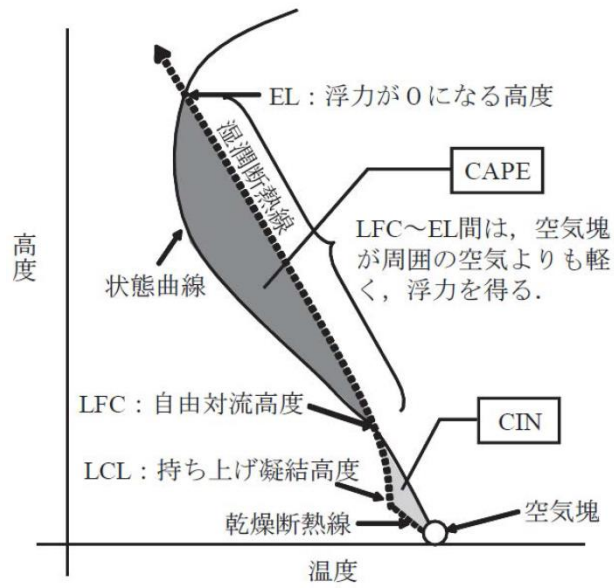
- ・ 「季節風(冬)」を起源とする竜巻が多い。
- ・ 「台風」を起源とする竜巻は確認されていない。



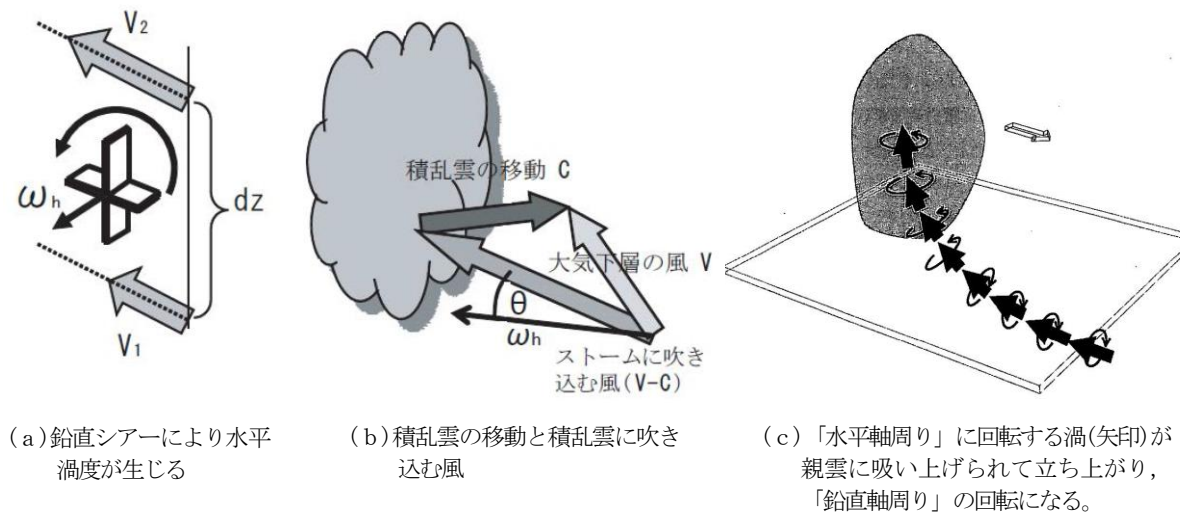
◆ 茨城県以西の太平洋側 (372 事例)

- ・ 竜巻検討地域と比較して、「台風」、「季節風(夏)」、「停滞前線」を起源とする竜巻が多い。
- ・ 太平洋側から暖かく湿った気流が、竜巻の親雲の発達を促すと考えられる。

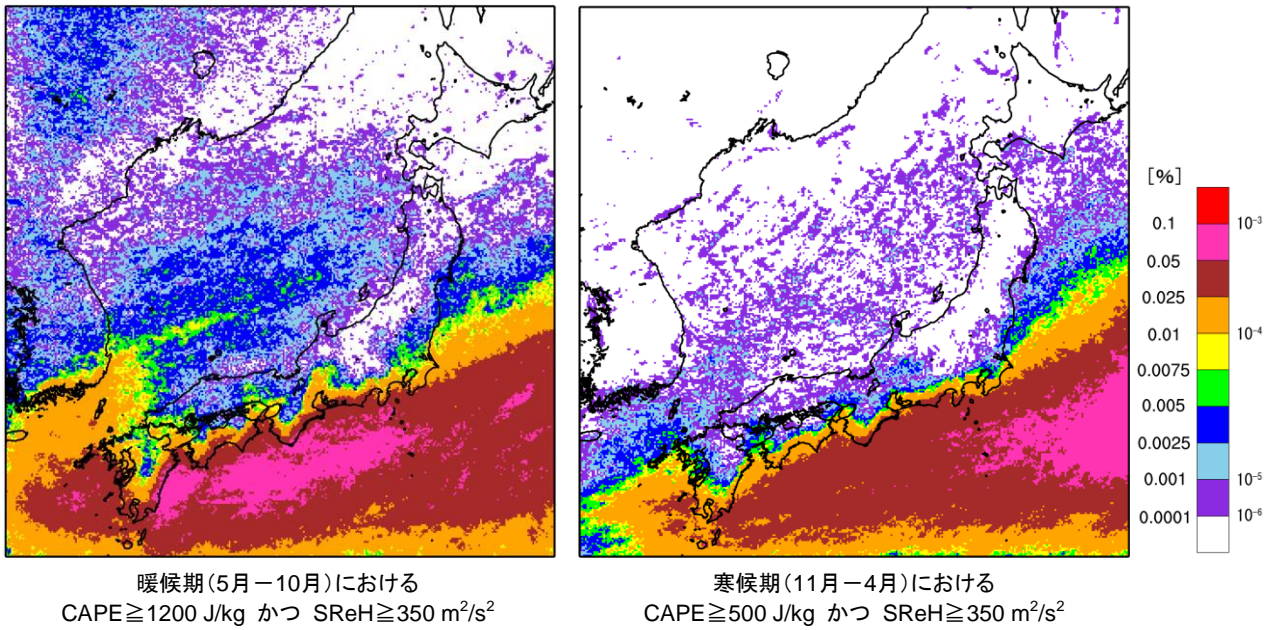
第4-5図 竜巻検討地域等における竜巻の発生要因の出現比率



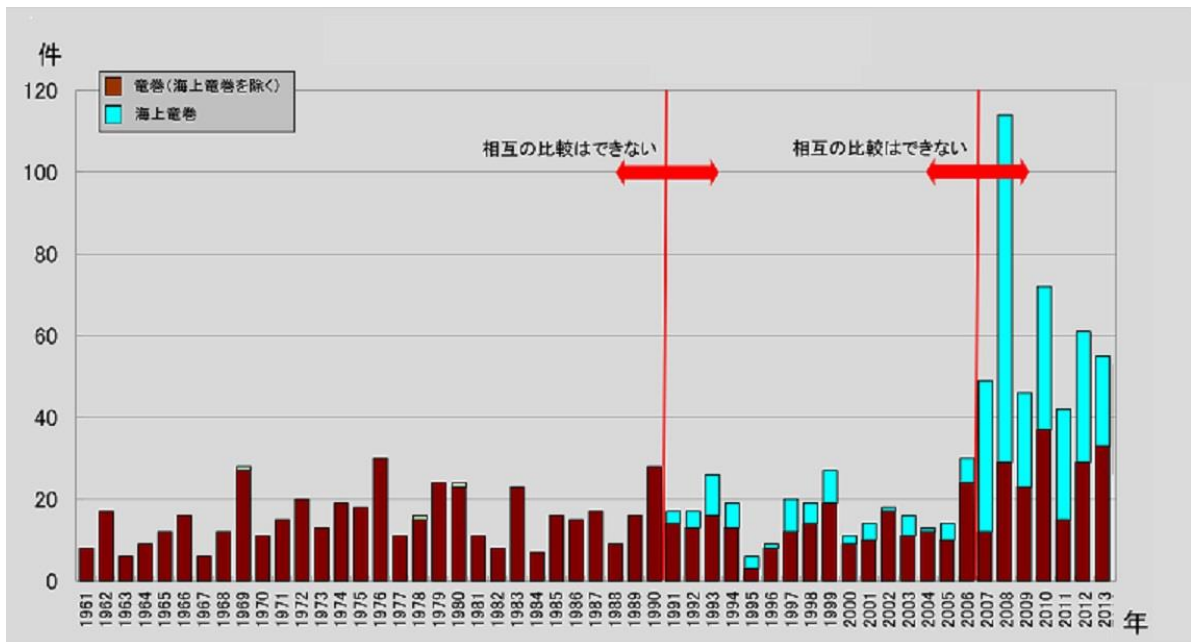
第4-6図 CAPEの概念



第4-7図 SReHの概念

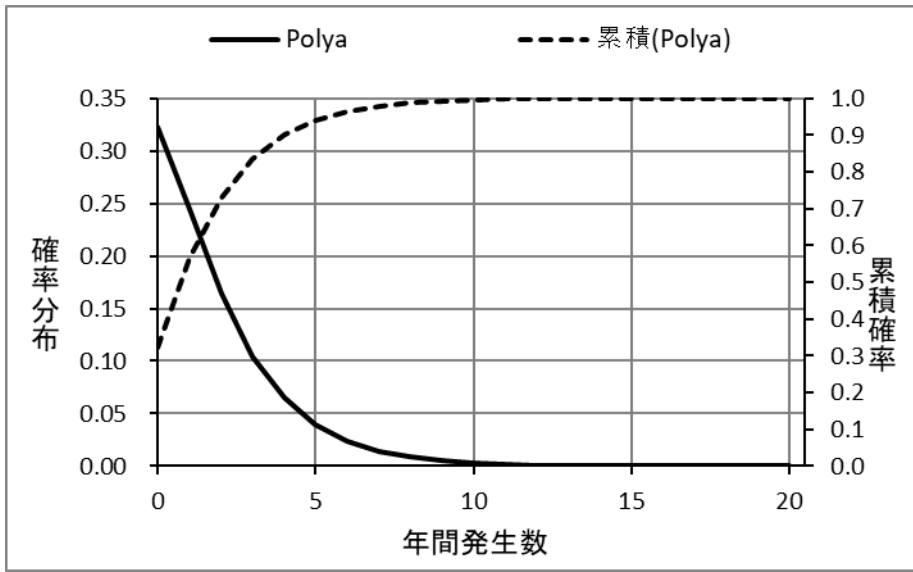


第4-8図 同時超過頻度分布の算出結果

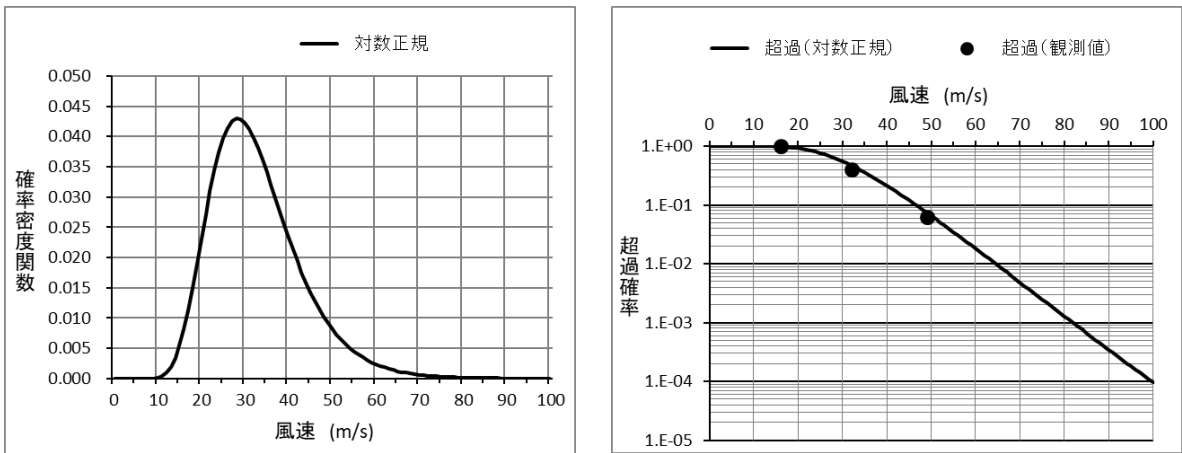


(出典：気象庁「竜巻等の突風データベース」)

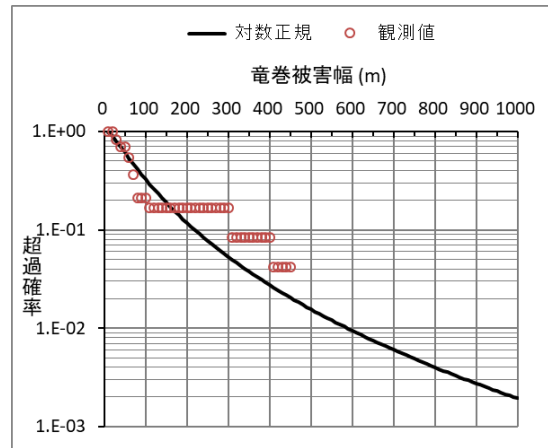
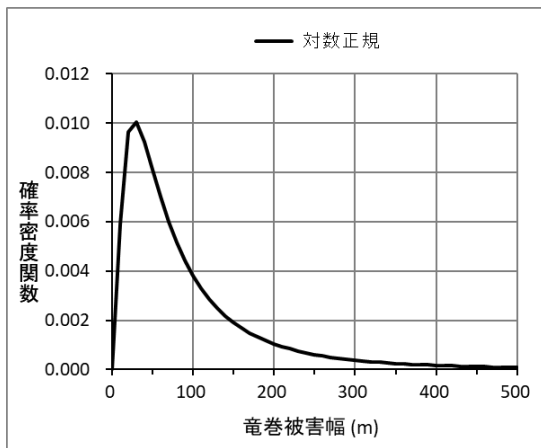
第4-9図 竜巻年別発生確認数



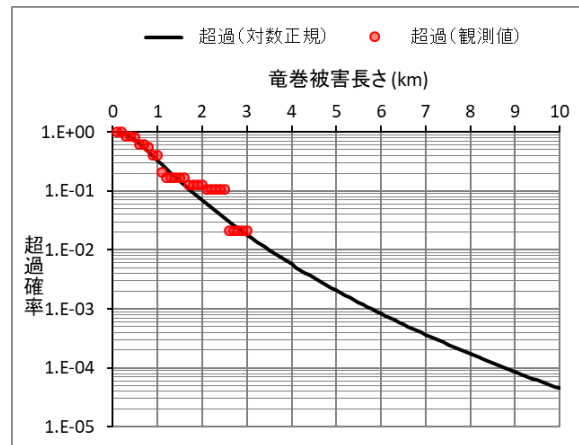
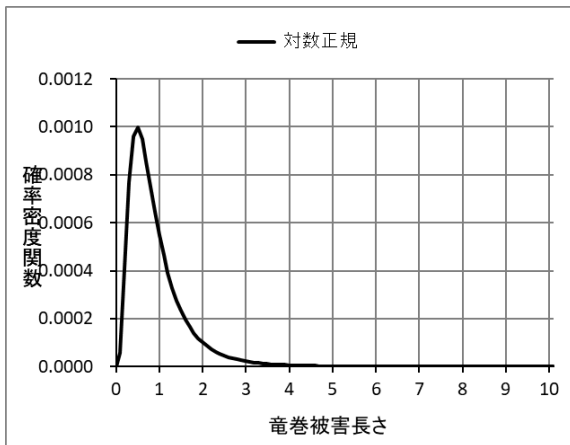
第 4 - 10 図 竜巻検討地域における竜巻発生数の確率分布と累積確率



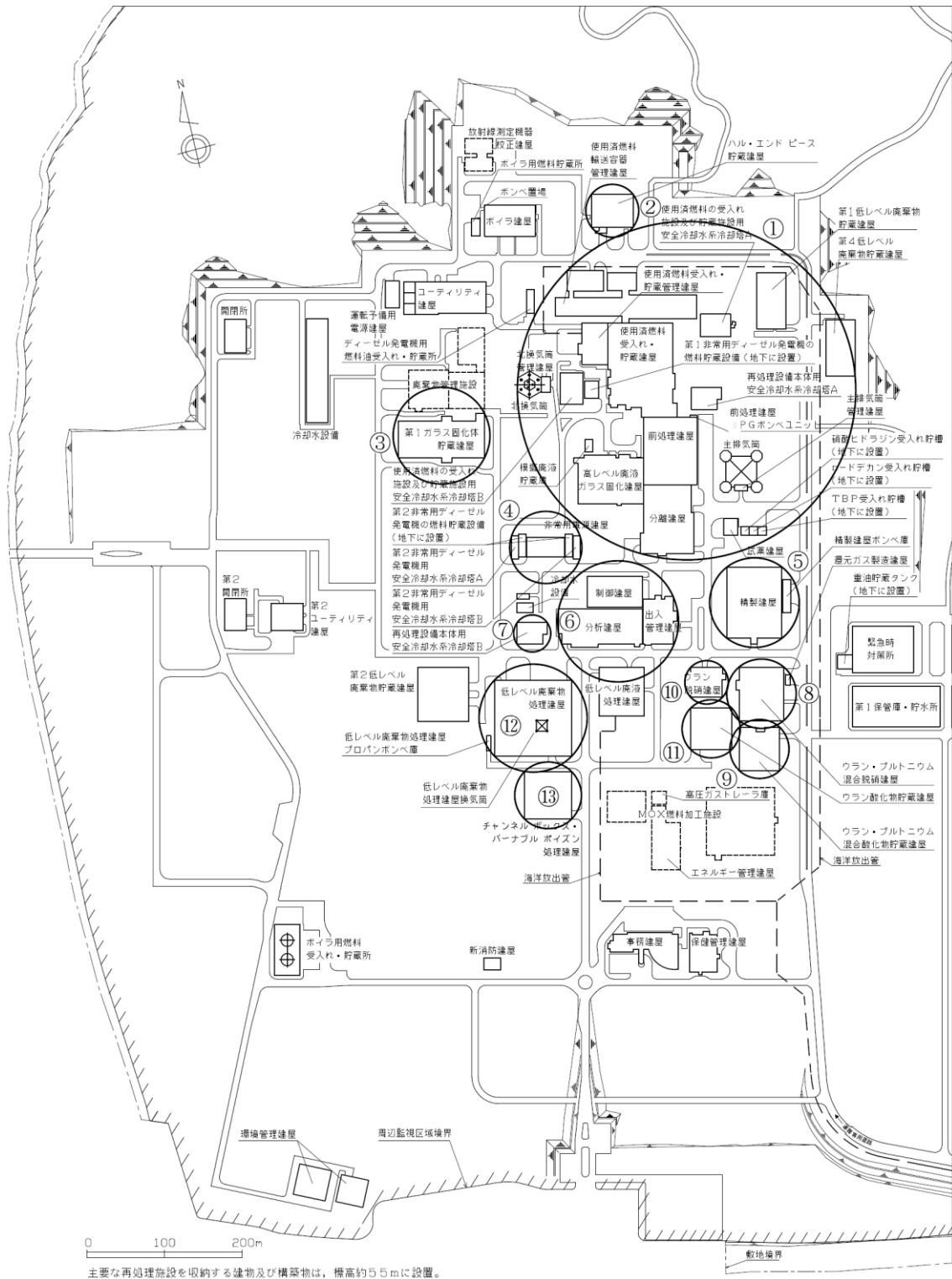
第 4 - 11 図 風速の確率密度分布 (左) と超過確率 (右)



第4-12図 被害幅の確率密度分布（左）と超過確率（右）



第4-13図 被害長さの確率密度分布（左）と超過確率（右）



主要な再処理施設を収納する建物及び構築物は、概高約55mに設置。

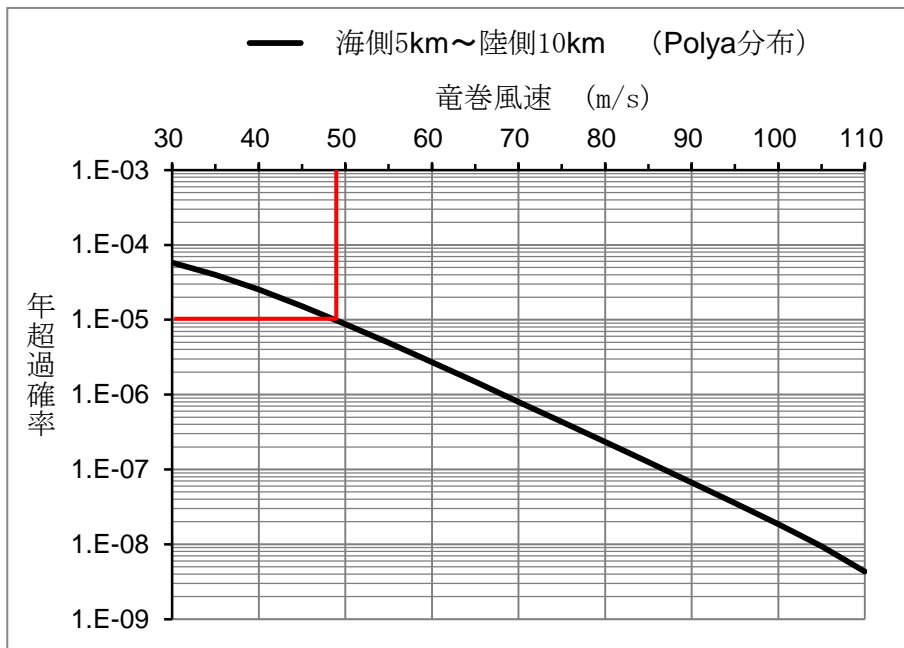
エリア番号	直径 (m)	面積 (m ²)
①	437	1.5×10 ⁵
②	68	3.7×10 ³
③	126	1.2×10 ⁴
④	93	6.8×10 ³
⑤	116	1.1×10 ⁴

エリア番号	直径 (m)	面積 (m ²)
⑥	157	1.9×10 ⁴
⑦	48	1.8×10 ³
⑧	89	6.3×10 ³
⑨	76	4.5×10 ³
⑩	56	2.5×10 ³

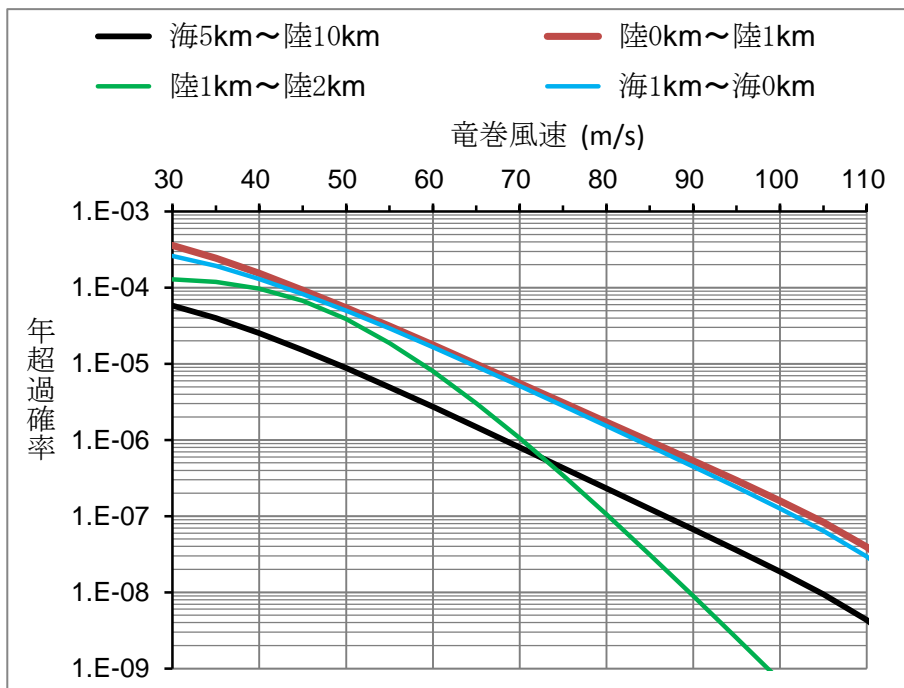
エリア番号	直径 (m)	面積 (m ²)
⑪	75	4.4×10 ³
⑫	143	1.6×10 ⁴
⑬	86	5.8×10 ³
合計値	(557)	2.4×10 ⁵
評価に用いる値	560	2.5×10 ⁵

()内は換算値

第4-14図 竜巻影響エリア



第4-15図 竜巻最大風速のハザード曲線（竜巻検討地域）



第4-16図 竜巻最大風速のハザード曲線（1 km範囲）（参考）

5. 設計荷重（竜巻）の設定

設計竜巻の特性値については、現状、設定に足る十分な信頼性を有した観測記録等が無い場合、竜巻ガイドを参考に設定する。設計竜巻の特性値を第5-1表に示す。また、設計竜巻については、今後も継続的に観測データ及び増幅に関する新たな知見の収集に取り組み、必要な事項については適切に反映を行う。

(1)設計竜巻の移動速度（ V_T ）

設計竜巻の移動速度（ V_T ）は、東京工芸大学委託成果を参考に、日本の竜巻における移動速度と最大竜巻風速の関係に基づく以下の式を用いて算定する。

$$V_T = 0.15 \times V_D$$

V_D （m/s）：設計竜巻の最大風速

(2)設計竜巻の最大接線風速（ V_{Rm} ）

設計竜巻の最大接線風速（ V_{Rm} ）は、米国原子力規制委員会の基準類を参考に、以下の式を用いて算定する。

$$V_{Rm} = V_D - V_T$$

(3)設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径（ R_m ）

設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径（ R_m ）は、東京工芸大学委託成果による日本の竜巻の観測記録を基に提案されたモデルを参考として、以下の値を用いる。

$$R_m = 30 \text{ (m)}$$

(4)設計竜巻の最大気圧低下量（ ΔP_{max} ）

設計竜巻の最大気圧低下量（ ΔP_{max} ）は、米国原子力規制委員会の基準類のランキン渦モデルによる風速分布を参考に、以下の式を用いて算定する。

$$\Delta P_{\max} = \rho \times V_{Rm}^2$$

ρ : 空気密度 (1.22 (kg/m³))

(5)設計竜巻の最大気圧低下率 ((dp/dt)_{max})

設計竜巻の最大気圧低下率 ((dp/dt)_{max}) は、米国原子力規制委員会の基準類のランキン渦モデルによる風速分布を参考に、以下の式を用いて算定する。

$$(dp/dt)_{\max} = (V_T/R_m) \times \Delta P_{\max}$$

5. 1 設計飛来物の設定

竜巻ガイドを参考に現地調査により敷地内をふかんした調査及び検討を行い、敷地内の資機材の設置状況を踏まえ、設計対象施設に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。抽出した飛来物に竜巻ガイドに例示される飛来物を加え、それぞれの寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー及び貫通力を考慮して、竜巻防護対策によって防護が出来ない可能性があるものは、浮き上がり又は横滑りの有無を考慮した上で、固縛、建屋収納又は敷地からの撤去により飛来物とならないようにする。

設計対象施設以外の建屋及び屋外施設は、竜巻防護対策によって防護出来ない可能性のある飛来物を発生させることのないよう、建屋の屋根及び外壁を固定する運用とすることから、飛来物の発生源として考慮しない。

車両については、周辺防護区域への入構を管理するとともに、固縛又は退避を必要とする区域（以下「飛来対策区域」という。）を設定し、竜巻の襲来が予想される場合には、停車又は走行している場所に応じて固縛するか又は飛来対策区域外の避難場所へ退避することにより、飛来物とならないよう管理を行うことから、設計飛来物として考慮しない。

また、敷地外から飛来するおそれがあり、かつ敷地内からの飛来物による衝撃荷重を上回ると想定されるものとしてむつ小川原ウィンドファームの風力発電施設のブレードがある。むつ小川原ウィンドファームの風力発電施設から設計対象施設までの距離及び設計竜巻によるブレードの飛来距離を考慮すると、ブレードが設計対象施設まで到達するおそれはないことから、ブレードは設計飛来物として考慮しない。

以上のことから、設計対象施設に衝突する可能性がある飛来物として、竜巻ガイドに例示される鋼製材を設計飛来物として設定する。更に、飛来物防護ネットの形状及び寸法を考慮して、鋼製材より小さく飛来物防護ネ

ットを通過する可能性がある設計飛来物として、竜巻ガイドに例示される鋼製パイプを設定する。

なお、降下火砕物の粒子による影響については、設計飛来物の影響に包含される。

第5－2表に再処理施設における設計飛来物を示す。

5. 2 荷重の組合せと許容限界

(1) 竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重

設計竜巻により設計対象施設に作用する設計竜巻荷重を以下に示す。

a. 風圧力による荷重

竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

W_w : 風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数 (=1.0)

C : 風力係数 (施設の形状や風圧力が作用する部位に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

である。ここで、

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

である。

ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対してぜい弱と考えられる設計対象施設が存在する場合には、鉛直方向の最大風速に基づいて算出した鉛直方向の風圧力による荷重についても考慮した設計とする。

b. 気圧差による荷重

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受け

る設備並びに竜巻防護施設を設置する施設の建屋壁及び屋根においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる設計対象施設の内外の気圧差による圧力荷重を考慮し、より厳しい結果を与える「閉じた施設」を想定して次式のとおり算出する。「閉じた施設」とは通気がない施設であり、施設内部の圧力が竜巻の通過以前と以後で等しいとみなせる。他方、施設の外側の圧力は竜巻の通過中に変化し、施設内外に圧力を生じさせる。

$$W_P = \Delta P_{\max} \cdot A$$

ここで、

W_P : 気圧差による荷重

ΔP_{\max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

である。

c. 飛来物の衝撃荷重

竜巻ガイドを参考に、衝突時の荷重が大きくなる向きで設計飛来物が設計対象施設に衝突した場合の衝撃荷重を算出する。

また、貫通評価においても、設計飛来物の貫通力が大きくなる向きで衝突することを考慮して評価を行う。

(2) 設計竜巻荷重の組合せ

設計対象施設の設計に用いる設計竜巻荷重は、竜巻ガイドを参考に風圧力による荷重 (W_W)、気圧差による荷重 (W_P) 及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) を組み合わせた複合荷重とし、複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + (1/2) \cdot W_P + W_M$$

設計対象施設には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

(3) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。

a. 竜巻防護施設等に常時作用する荷重及び運転時荷重

設計対象施設に常時作用する荷重及び運転時荷重としては、死荷重（固定荷重）及び活荷重（積載荷重，機器・配管からの荷重等）を適切に組み合わせる。

b. 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり，積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は，落雷，積雪，降雹及び降水である。これらの自然現象により発生する荷重の組合せの考慮は，以下のとおりとする。

なお，風（台風）に対しては，「その他外部衝撃」にて考慮することとしている建築基準法に基づく風荷重が設計竜巻を大きく下回ることから，設計竜巻荷重に包含される。

ただし，竜巻と同時に発生する自然現象については，今後も継続的に新たな知見の収集に取り組み，必要な事項については適切に反映を行う。

(a) 落 雷

竜巻及び落雷が同時に発生する場合においても，落雷による影響は雷撃であり，荷重は発生しない。

(b) 積 雪

再処理施設の立地地域は，冬季においては積雪があるため，冬季における竜巻の発生を想定し，建築基準法に基づいて積雪の荷重を適切

に考慮する。

(c) 降 雹

降雹は積乱雲から降る直径5 mm以上の氷の粒であり、仮に直径10 cm程度の大型の降雹を仮定した場合でも、その質量は約0.5 kgである。竜巻及び降雹が同時に発生する場合においても、直径10 cm程度の降雹の終端速度は59 m/s、運動エネルギーは約0.9 kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べて十分小さく、降雹の衝突による荷重は設計竜巻荷重に包含される。

(d) 降 水

竜巻及び降水が同時に発生する場合においても、降水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降水による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包含される。

c. 設計基準事故時荷重

設計対象施設に作用させる設計竜巻荷重には、設計基準事故時に生ずる応力の組み合わせを適切に考慮する設計とする。

設計基準事故は、設備又は系統における内部事象を起因とするものであり、外部からの荷重である竜巻との因果関係はない。また、竜巻に対して安全上重要な施設の安全機能を損なわない設計とすることから、竜巻の影響及び時間的变化による設計基準事故への進展も考えられない。したがって、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。独立事象である設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいと考えられる。以上のことから、設計竜巻荷重と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。

仮に、設計基準事故発生時に、風速が小さく発生頻度の高い竜巻が襲来したとしても、設計基準事故時に期待する影響緩和機能は、竜巻

による影響を受けない設計とすることから、設計基準事故発生時の竜巻の襲来を考慮する必要はない。

(4) 許容限界

建屋・構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さ及び部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重（竜巻）により発生する変形又は応力が安全上適切と認められる規格及び規準による許容応力度等の許容限界に対して安全余裕を有する設計とする。

設備の設計においては、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価について、貫通が発生する限界厚さ及び部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重（竜巻）により発生する応力が安全上適切と認められる規格及び規準による許容応力の許容限界に対して安全余裕を有する設計とする。

【補足説明資料 5-1～5-6】

第5-1表 設計竜巻の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	最大接線風速半径 R_m (m)	最大気圧低下量 ΔP_{max} (hPa)	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$ (hPa/s)
100	15	85	30	89	45

第5-2表 再処理施設における設計飛来物

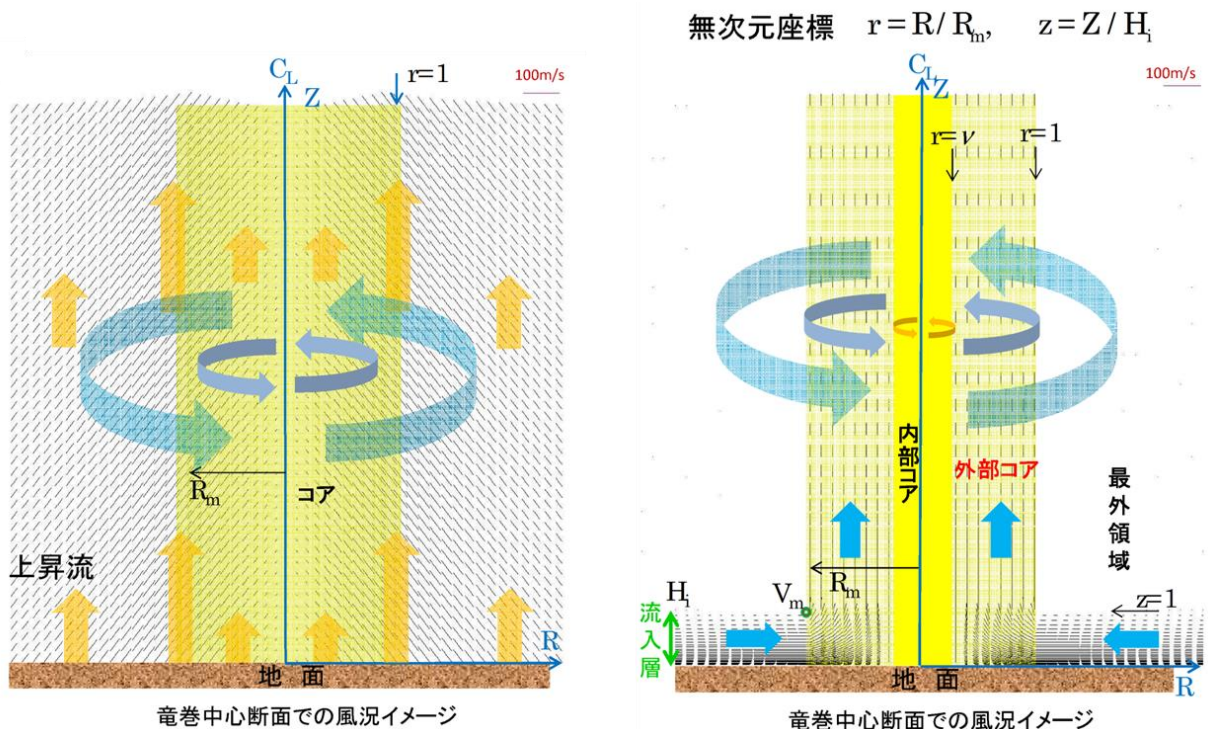
飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材
寸法 (m)	長さ×直径 2.0×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2× 0.3×0.2
質量 (kg)	8.4	135
最大水平速度 (m/s)	49	51
最大鉛直速度 (m/s)	33	34

6. 評価に使用する風速場モデルについて

ランキン渦モデルはNRCガイドで採用されており，利用実績が高く，非常に簡単な式で風速場を記述することができる。しかし，風速場が高さに依存しないため，地表面付近では非現実的な風速場となることがデメリットとしてあげられる。

フジタモデルはランキン渦モデルと比較して，解析プログラムが複雑であるが，観測に基づき考案され，実際に近い竜巻風速場をモデル化している。第6-1図に風速場モデルを示す。

再処理施設の竜巻影響評価では，基本的にランキン渦モデルを採用するが，車両の固縛又は退避の運用において考慮する離隔距離の設定においては，車両が全て地表面にあることから，地表面の風速場をよく再現しているフジタモデルを採用する。



第6-1図 風速場モデル

(ランキン渦モデル (左) , フジタモデル (右))

【補足説明資料 6-1】

7. 竜巻防護設計

竜巻に対する防護設計においては、竜巻ガイドを参考に、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、竜巻防護施設を設置する区画の構造健全性を確保するため、建物の外壁及び屋根により建物全体を保護し、以下の事項に対して安全機能を損なわない設計とする。

- (1) 飛来物の衝突による建屋・構築物の貫通，裏面剥離及び設備（系統・機器）の損傷
- (2) 設計竜巻荷重及びその他の荷重（常時作用する荷重，運転時荷重，竜巻以外の自然現象による荷重及び設計基準事故時荷重）を適切に組み合わせた設計荷重（竜巻）
- (3) 竜巻による気圧の低下

竜巻防護施設，竜巻防護施設を設置する施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の設計竜巻からの防護設計方針を以下に示す。また，竜巻防護施設及び防護対策等を第7－1表に，竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び防護対策等を第7－2表に，竜巻防護施設を設置する施設及び防護対策等を第7－3表に示す。

7. 1 竜巻防護施設のうち建屋に設置される竜巻防護施設（外気と繋がっている竜巻防護施設を除く）

竜巻防護施設のうち建屋に設置され防護される竜巻防護施設（外気と繋がっている竜巻防護施設を除く）は、建屋による防護により、設計荷重（竜巻）による影響に対して安全機能を損なわない設計とする。具体的には以下のとおりである。

建屋内に設置される竜巻防護施設（外気と繋がっている竜巻防護施設を除く）は、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋，前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン脱硝建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，ウラン酸化物貯蔵建屋，ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋，第1ガラス固化体貯蔵建屋，チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋，ハル・エンドピース貯蔵建屋，制御建屋，分析建屋及び非常用電源建屋に設置され，設計荷重（竜巻）並びに設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

ただし，建屋による防護が期待できない場合には7. 2のとおりとする。

7. 2 竜巻防護施設のうち建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設

建屋に設置される竜巻防護施設のうち、建屋が設計竜巻の影響により損傷する可能性があるために設計竜巻による影響から防護できない可能性のある竜巻防護施設は、竜巻防護対策を実施することにより、設計荷重（竜巻）による影響に対して、安全機能を損なわない設計とし、安全上重要な施設の安全機能が維持される設計とする。また、設計飛来物の衝突により、開口部の建具の貫通が発生することを考慮し、建具の補強等の防護対策を講じることにより安全機能が維持される設計とする。具体的には以下のとおりである。

a. 第2非常用ディーゼル発電機

第2非常用ディーゼル発電機は、外部電源が喪失した場合に、再処理施設（使用済燃料の受入れ及び貯蔵に必要な施設を除く）の安全上重要な施設の安全機能確保に電源が必要な機器（以下「安全上重要な負荷」という。）に給電するための非常用所内電源として2台備える。

設計飛来物の衝突により、第2非常用ディーゼル発電機の安全機能が喪失するおそれのある建屋外壁及び開口部には、飛来物防護板を設置し、設計飛来物の衝突による貫通を防止することによって、竜巻による外部電源喪失時にも安全機能を損なわない設計とする。

b. 前処理建屋の安全蒸気系

安全蒸気系は、崩壊熱による沸騰のおそれがあるか、又はn-ドデカンの引火点に達するおそれのある漏えい液を安全に移送するためのスチームジェットポンプに蒸気を供給するための設備であり、セル等内に設置の機器から液体状の放射性物質の漏えいが生じた場合で一般蒸気系が使用できない場合に使用する。

前処理建屋の安全蒸気系を設置する室の外壁及び屋根並びに前処理建屋の安全蒸気系の安全機能が喪失するおそれのある建屋開口部には飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

- c. 前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設並びに高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系

前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統は，6.9 k V 非常用主母線から変圧器を通して460 V 非常用母線に受電し，前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋内の安全上重要な負荷に給電する。

また，前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の計測制御系統施設は，安全機能を有する施設の健全性に係るプロセス変数を集中的に監視及び制御する。

高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系は，冷却水によってその安全機能が維持される再処理施設の安全上重要な施設のうち高レベル廃液ガラス固化建屋に設置される施設へ冷却水を供給する。

設計飛来物の衝突により，非常用所内電源系統，計測制御系統施設及び安全冷却水系の安全機能が喪失するおそれのある建屋開口部には，飛来物防護板を設置し，設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

- d. 第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器

第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンに設置する遮蔽容器は，ガラス固化体3本，収納管プラグ及び収納管ふたを収納する。

第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器を設置する

室の外壁には飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止することによって遮蔽容器の安全機能を損なわない設計とする。

e. 非常用電源建屋の非常用所内電源系統

非常用電源建屋の非常用所内電源系統は、第2非常用ディーゼル発電機から6.9 kV非常用主母線を通して各建屋の460V主母線に給電する。これらの一連の非常用所内電源系統に対して建屋開口部に飛来物防護板を設置し、設計飛来物の衝突による貫通を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

f. 主排気筒の排気筒モニタ

主排気筒管理建屋に設置される排気筒モニタは、主排気筒から放出される気体廃棄物に含まれる放射性希ガスを連続監視する。

主排気筒の排気筒モニタ及びこれを設置する主排気筒管理建屋に飛来物防護板を設置し、設計飛来物の衝突による貫通を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

g. 制御建屋中央制御室換気設備

制御建屋中央制御室換気設備は、気体状の放射性物質及び外部火災により発生する有毒ガスに対して、運転員その他の従事者を防護する設備である。

設計飛来物の衝突により当該機能が喪失するおそれのある建屋開口部に飛来物防護板を設置し、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

7. 3 竜巻防護施設のうち屋外の竜巻防護施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設

屋外の竜巻防護施設は、設計荷重（竜巻）による影響を受ける場合には、竜巻防護対策を実施することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、外気と繋がっている竜巻防護施設は、気圧差荷重に対して健全性が維持できるものとする。

a. 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用の安全冷却水系は、独立した2系列の冷却塔、冷却水循環ポンプ及び配管系により構成する。

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔は、風圧力による荷重及び冷却塔の自重に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、2系列の冷却塔に対して、飛来物防護ネット及び飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による損傷を防止することによって、安全機能を損なわない設計とする。

b. 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔

再処理設備本体用 安全冷却水系は、独立した2系列の冷却塔、冷却水循環ポンプ及び配管系により構成する。

再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔は、風圧力による荷重及び冷却塔の自重に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、2系列の冷却塔に対して、飛来物防護ネット及び飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による損傷を防止することによって、

安全機能を損なわない設計とする。

c. 冷却塔に接続する屋外設備

冷却塔に接続する屋外設備は、再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A にて除熱した安全冷却水を、再処理設備本体用の安全冷却水系に供給するための冷却水配管及び再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A への給電系統のうち屋外に設置される範囲をいう。

冷却塔に接続する屋外設備は、設計荷重（竜巻）に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする。また、冷却塔に接続する屋外設備は、飛来物の衝突による貫通を防止することができるように、それ自体が十分な厚さを有する配管又は鋼板で構成し、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、設計飛来物の衝突により損傷するおそれがある一部の箇所について、飛来物防護板を設置することによって安全機能を損なわない設計とする。

d. 第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔

第 2 非常用ディーゼル発電機は、独立した 2 系列の冷却塔を有する設計とする。

冷却塔は、風圧力による荷重及び冷却塔の自重に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、飛来物防護ネット及び飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による損傷を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

e. 主排気筒

主排気筒は、せん断処理・溶解廃ガス処理設備、塔槽類廃ガス処理設備及び高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備で処理した気体状の

放射性物質を，換気設備の排気とともに大気へ放出する。

主排気筒は，設計荷重（竜巻）に対して構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とする。また，主排気筒の筒身は，飛来物の衝突によって貫通し，排気経路の維持機能を損なわないよう十分な厚さを有する設計とする。

f. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備及び高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備の屋外配管並びに前処理建屋換気設備，分離建屋換気設備，精製建屋換気設備，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備及び高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の屋外ダクト（以下「主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト」という。）は，風圧力による荷重及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの自重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。また，主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトに対しては，設計飛来物の衝突により損傷することを考慮して，飛来物防護板を設置し，飛来物の衝突による貫通を防止することによって安全機能を損なわない設計とする。

g. 外気と繋がっている竜巻防護施設

せん断処理・溶解廃ガス処理設備，前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備，分離建屋塔槽類廃ガス処理設備，精製建屋塔槽類廃ガス処理設備，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備，高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備，高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備，前処理建屋換気設備の排気系，分離建屋換気設備の排気系，精製建屋換気設備の排気系，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系，ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換

気設備の貯蔵室からの排気系及び高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系は、気圧差荷重に対して健全性を維持できるよう十分な強度を有する設計とする。

ガラス固化体貯蔵設備の収納管は、通風管との間に冷却空気を流す構造としている。収納管は気圧差による荷重に対して健全性を維持できるよう十分な強度を有する設計とする。

7. 4 竜巻防護施設を設置する施設

竜巻防護施設を設置する施設は、設計荷重（竜巻）に対して、主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。具体的には以下のとおりである。

- a. 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋，分離建屋，ウラン脱硝建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，ウラン酸化物貯蔵建屋，ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋，チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋，ハル・エンドピース貯蔵建屋及び分析建屋

設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

- b. 前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋

設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

非常用所内電源系統，計測制御系統施設，安全冷却水系及び安全蒸気系を設置する室の外壁，屋根及び開口部には飛来物防護板を設置し，設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止する設計とする。

c. 第1 ガラス固化体貯蔵建屋

設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持する設計とするとともに、個々の部材の破損により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器を設置する室の外壁には飛来物防護板を設置し、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止する設計とする。

d. 非常用電源建屋

設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持する設計とするとともに、個々の部材の破損により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

第2 非常用ディーゼル発電機及びこれに接続される非常用所内電源系統を設置する室の外壁及び開口部には飛来物防護板を設置し、設計飛来物の衝突による貫通を防止する設計とする。

e. 主排気筒管理建屋

設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持する設計とする。

主排気筒の排気筒モニタを設置する室の外壁及び屋根には飛来物防護板を設置し、飛来物の衝突による貫通を防止する設計とする。

f. 制御建屋

設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

制御建屋中央制御室換気設備を設置する室の開口部には飛来物防護

板を設置し，設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離を防止する設計とする。

7. 5 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、設計荷重（竜巻）を考慮しても転倒に至らない設計とし、周辺の竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。具体的には以下のとおりである。

北換気筒，使用済燃料輸送容器管理建屋，使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋，低レベル廃棄物処理建屋及び出入管理建屋は，転倒に至った場合には周辺の施設に波及的影響を及ぼすおそれがあることから，設計飛来物の衝突による貫通及び風圧力による荷重を考慮しても転倒に至らない設計とし，周辺の竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

7. 6 竜巻随件事象に対する設計

竜巻ガイドを参考に、竜巻随件事象として以下の事象を想定し、これらの事象が発生した場合においても、竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

(1) 火 災

竜巻により敷地内にある危険物タンク（ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及びボイラ用燃料貯蔵所）が損傷し、漏えい及び防油堤内での火災が発生したとしても、火災源と竜巻防護施設の位置関係を踏まえて熱影響を評価した上で、竜巻防護施設の許容温度を超えないように防護対策を講じ、竜巻防護施設の安全機能に影響を与えない設計とすることを「外部火災防護に関する設計」にて考慮する。

建屋内に設置される竜巻防護施設のうち開口部を有する室に設置されるものは、飛来物防護板の設置による防護対策を行うことを考慮すると、設計飛来物が当該室に侵入することはないことから、設計竜巻により建屋内に火災が発生し、竜巻防護施設に影響を及ぼすことは考えられない。

(2) 溢 水

屋外タンクの破損による溢水を想定し、溢水源と竜巻防護施設の位置関係を踏まえた影響評価を行った上で、竜巻防護施設の安全機能が損なわれないよう必要に応じて堰を設ける等の防護対策を講じ、竜巻防護施設の安全機能に影響を与えない設計とすることを「溢水による損傷の防止に関する設計」にて考慮する。

(3) 外部電源喪失

設計竜巻と同時に発生する外部電源喪失に対しては、第2非常用デ

ィーゼル発電機及び非常用所内電源系統の安全機能を確保できる設計とすることにより，安全機能を維持する設計とする。

【補足説明資料 7-2～7-3】

第7-1表 竜巻防護施設及び防護対策等

竜巻防護施設	竜巻の最大風速条件	想定する設計飛来物	飛来物対策	防護対策
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	飛来物防護ネット及び飛来物防護板
再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔				飛来物防護ネット及び飛来物防護板
冷却塔に接続する屋外設備				設計飛来物に対して貫通しない十分な厚さを有する設計 損傷するおそれがある一部の箇所への飛来物防護板設置
第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔				飛来物防護ネット及び飛来物防護板
主排気筒				設計飛来物に対して貫通しない十分な厚さを有する設計
主排気筒の排気筒モニタ				排気筒モニタ並びに主排気筒管理建屋外壁及び屋根への飛来物防護板設置
非常用所内電源系統 第2非常用ディーゼル発電機				非常用電源建屋外壁への飛来物防護板設置
前処理建屋の安全蒸気系				室の外壁、屋根及び開口部への飛来物防護板設置
前処理建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設 精製建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設 高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統、計測制御系統 施設及び安全冷却水系 非常用電源建屋の非常用所内電源系統 制御建屋中央制御室換気設備				室の開口部への飛来物防護板設置
第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器				室の外壁への飛来物防護板設置（第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器が設置される室のみ）

第7-1表 竜巻防護施設及び防護対策等（つづき）

竜巻防護施設	竜巻の最大風速条件	想定する設計飛来物	飛来物対策	防護対策
せん断処理・溶解塵ガス処理設備 前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備 分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 前処理建屋換気設備の排気系 分離建屋換気設備の排気系 精製建屋換気設備の排気系 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系 ウラン・プルトニウム混合脱硝化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系 ガラス固化体貯蔵設備の収納管 制御建屋中央制御室換気設備	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	気圧差荷重に対して健全性を維持できる十分な強度を有する設計 主排気筒に接続する屋外ダクトへの飛来物防護板設置

第7-2表 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び防護対策等

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設	竜巻の最大風速条件	想定する設計飛来物	飛来物対策	防護対策
北換気筒 使用済燃料輸送器管理建屋 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋 低レベル廃棄物処理建屋 出入管理建屋	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	風荷重及び設計飛来物の衝撃荷重に対し転倒しない強度を有する設計

第7-3表 竜巻防護施設を設置する施設及び防護対策等

竜巻防護施設を設置する施設	竜巻の最大風速条件	想定する設計飛来物	飛来物対策	防護対策
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 分離建屋 ウラン脱硝建屋 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 ウラン酸化物貯蔵建屋 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 チャヤネル ボックス・バーナブル ポイズン 処理建屋 ハル・エントド ピース貯蔵建屋 分析建屋	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計
前処理建屋	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設を設置する室の開口部への飛来物防護板設置 安全蒸気系を設置する室の外壁、屋根及び開口部への飛来物防護板の設置
精製建屋	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設を設置する室の開口部への飛来物防護板設置
高レベル廃液ガラス固化建屋	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計 非常用所内電源系統、計測制御系統施設及び安全冷却水系を設置する室の開口部への飛来物防護板設置

第7-3表 竜巻防護施設を設置する施設及び防護対策等（つづき）

竜巻防護施設を設置する施設	竜巻の最大風速条件	想定する設計飛来物	飛来物対策	防護対策
第1ガラス固化体貯蔵建屋				<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計 第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器を設置する室の外壁への飛来物防護板設置
主排気筒管理建屋				<ul style="list-style-type: none"> 主排気筒の排気筒モニタを設置する室の外壁及び屋根に飛来物防護板設置
非常用電源建屋	100m/s	鋼製材 鋼製パイプ	固縛又は車両の退避等の飛来物発生防止	<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計 第2非常用ディーゼル発電機を設置する室の外壁及び開口部への飛来物防護板設置 第2非常用ディーゼル発電機に接続する非常用所内電源系統を設置する室の開口部への飛来物防護板設置
制御建屋				<ul style="list-style-type: none"> 設計荷重（竜巻）に対して主架構の構造健全性を維持するとともに、個々の部材の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計 設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離により安全機能を損なわない設計 制御建屋中央制御室換気設備を設置する室の開口部への飛来物防護板設置

8. 手順等

(1) 飛来物発生防止対策

設計竜巻による飛来物の発生防止を図るため、以下の事項を考慮した手順を定める。

- 設計対象施設以外の建屋、屋外施設及び資機材で飛来物となる可能性のあるものは、浮き上がり又は横滑りの有無を考慮した上で、飛来時の運動エネルギー及び貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きなものについて、設置場所に応じて固定、固縛、建屋収納又は敷地からの撤去を行う。
- 車両については、周辺防護区域内への入構を管理するとともに、飛来対策区域を設定し、竜巻の襲来が予想される場合に車両が飛来物とならないよう固縛又は飛来対策区域外の退避場所へ退避する。
- 飛来対策区域は、車両から距離を取るべき離隔対象施設と車両との間を取るべき離隔距離を考慮して設定する。

離隔距離の検討に当たっては、先ず解析により車両の最大飛来距離を求める。解析においては、フジタモデルの方がランキン渦モデルよりも地表面における竜巻の風速場をよく再現していること及び車両は地表面にあることから、フジタモデルを適用する。フジタモデルを適用した車両の最大飛来距離の算出結果を第8-1表に示す。車両の最大飛来距離の算出結果は170mであるが、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、算出結果に安全余裕を考慮して、離隔距離を200mとする。

飛来対策区域を第8-1図のとおりとする。

- 車両の退避場所は、周辺防護区域内及び周辺防護区域外に設ける。

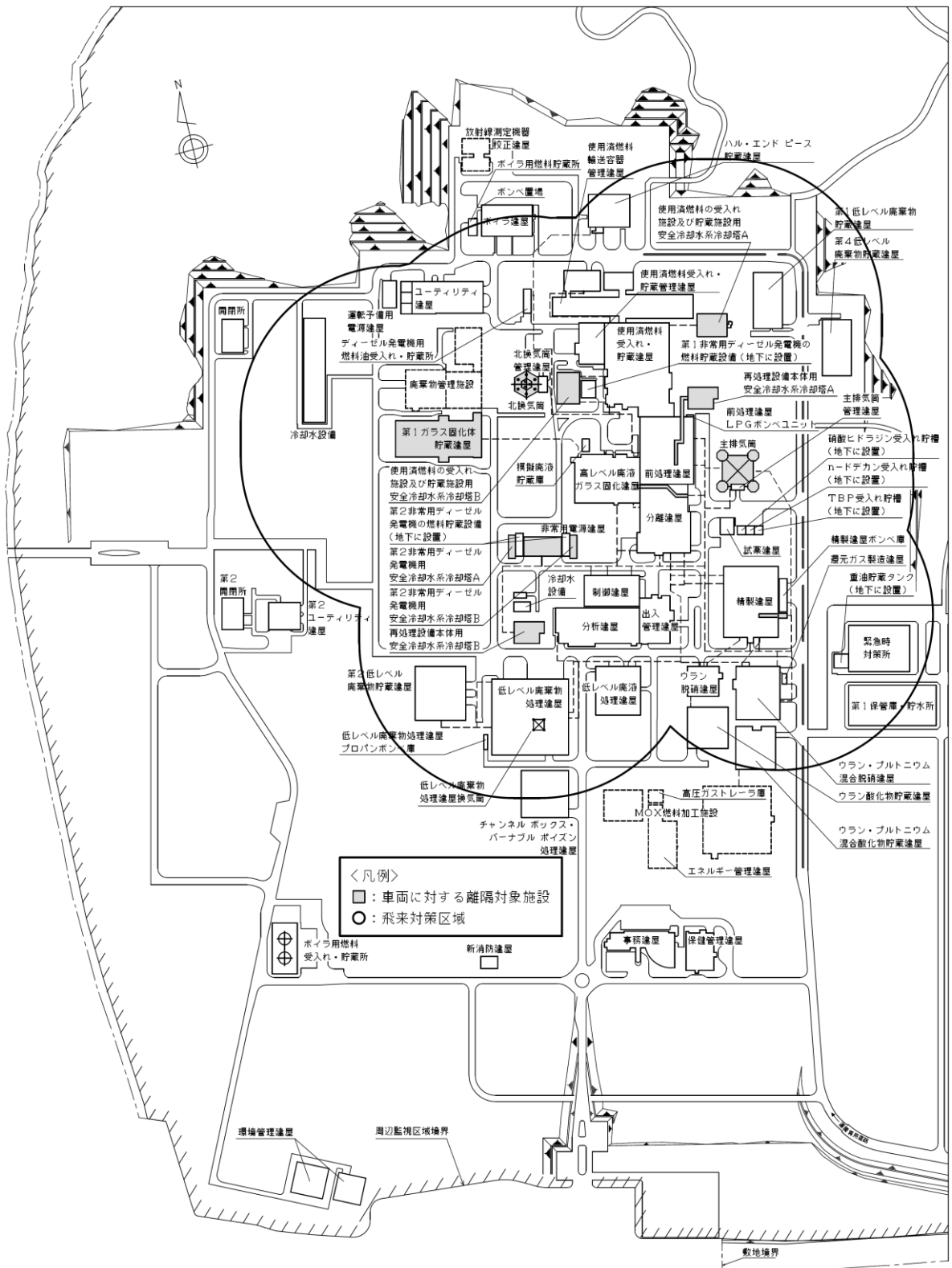
また、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、周辺防護区域内の退避場所に退避する車両については固縛の対象とする。

- 竜巻に対する運用管理を確実に実施するために必要な技術的能力を維持・向上させることを目的とし、教育及び訓練を定期的を実施する。

【補足説明資料 8-1～8-5】

第 8 - 1 表 現地調査にて抽出した車両の諸元及び最大飛来距離

車両の種類	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	質量 (k g)	最大飛来距離 (m)
大型バス	12	2.5	3.8	12,100	130
トラック	8.5	2.2	2.5	3,790	160
乗用車 普通	4.4	1.7	1.5	1,140	150
乗用車 ワゴン 1	4.8	1.8	1.5	1,510	90
乗用車 ワゴン 2	5.2	1.9	2.3	1,890	170
軽自動車 1	3.4	1.5	1.6	840	160
軽自動車 2	3.4	1.5	1.5	710	170



第8-1図 車両に対する隔離対象施設及び飛来対策区域

9. 竜巻防護対策設備

9. 1 概 要

竜巻防護対策設備は、竜巻が襲来した場合において竜巻防護施設を設計飛来物の衝突から防護するためのものであり、飛来物防護板及び飛来物防護ネットで構成する。

飛来物防護板は、前処理建屋のうち安全蒸気系を設置する室の外壁、屋根及び開口部、前処理建屋、精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋のうち非常用所内電源系統を設置する室、計測制御系統施設を設置する室及び安全冷却水系を設置する室の開口部、非常用電源建屋のうち第2非常用ディーゼル発電機を設置する室の外壁及び開口部並びに非常用所内電源系統を設置する室の開口部、第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器を設置する室の外壁、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト、主排気筒の排気筒モニタ及びこれを設置する主排気筒管理建屋、制御建屋中央制御室換気設備を設置する室の開口部並びに冷却塔に接続する屋外設備に設置する。

飛来物防護ネットは、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔、再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔及び第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔に設置し、飛来物防護ネットが設置出来ない部分については飛来物防護板を設置する。

9. 2 設計方針

竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。

(1) 飛来物防護板

- a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。
- b. 地震及び火山の影響により竜巻防護施設に波及的影響を与えない設計とする。
- c. 竜巻防護施設の安全機能に影響を与えない設計とする。
- d. 設計荷重（竜巻）に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。

(2) 飛来物防護ネット

- a. 設計飛来物の運動エネルギーを吸収することができる設計とする。
- b. 設計飛来物の通過を防止できる設計とする。
- c. 地震及び火山の影響により竜巻防護施設に波及的影響を与えない設計とする。
- d. 冷却塔の冷却性能に影響を与えない設計とする。
- e. 設計荷重（竜巻）に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。

9. 3 主要設備の仕様

竜巻防護対策設備の仕様を第9-1表に示す。

9. 4 主要設備

(1) 飛来物防護板

飛来物防護板は、前処理建屋のうち安全蒸気系を設置する室の外壁、屋根及び開口部、前処理建屋、精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋内のうち非常用所内電源系統を設置する室、計測制御系統施設を設置する室及び安全冷却水系を設置する室の開口部、非常用電源建屋のうち第2非常用ディーゼル発電機を設置する室の外壁及び開口部並びに非常用所内電源系統を設置する室の開口部、第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器を設置する室の外壁、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト、主排気筒の排気筒モニタを設置する室の外壁及び屋根、制御建屋のうち制御建屋中央制御室換気設備を設置する室の開口部並びに冷却塔に接続する屋外設備に設ける設計とする。

飛来物防護板の配置を第9-1図に、飛来物防護板の概略図を第9-2図に示す。

(2) 飛来物防護ネット

飛来物防護ネットは、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔、再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔及び第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔に向かってあらゆる方向から飛来する設計飛来物から防護するため、それぞれの冷却塔全体を覆う設計とする。

また、飛来物防護ネットが設置出来ない部分には飛来物防護板を設け、設計飛来物から防護する設計とする。

飛来物防護ネットの設置位置を第9-1図に、飛来物防護ネットの概略図を第9-3図に示す。

9. 5 試験・検査

飛来物防護板及び飛来物防護ネットは，定期的に検査を行うことによりその健全性を確認する。

9. 6 評 価

(1) 飛来物防護板

- a. 飛来物防護板は、設計飛来物の貫通を防止することができる設計とすることから、竜巻防護施設が損傷を受けることはなく、安全機能を損なうことはない。
- b. 飛来物防護板は、地震及び火山の影響によって竜巻防護施設に波及的影響を及ぼさない設計とすることから、竜巻防護施設の安全機能を損なうことはない。
- c. 飛来物防護板は、設計荷重（竜巻）に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とすることから、竜巻防護施設が損傷を受けることはなく、安全機能を損なうことはない。
- d. 飛来物防護板は定期的に検査を行うことから、その健全性を維持することができる。

(2) 飛来物防護ネット

- a. 飛来物防護ネットは、設計飛来物の運動エネルギーを吸収することができる、かつ、設計飛来物の通過を防止できる設計とすることから、設計飛来物が竜巻防護施設に衝突することはない。
- b. 飛来物防護ネットは、地震及び火山の影響によって竜巻防護施設に波及的影響を及ぼさない設計とすることから、竜巻防護施設の安全機能を損なうことはない。
- c. 飛来物防護ネットは、冷却塔の冷却性能に影響を与えない設計とすることから、安全上重要な施設の冷却機能を維持することができる。
- d. 飛来物防護ネットは、設計荷重（竜巻）に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とすることから、竜巻防護施設が損傷を受けることはなく、安全機能を損なうことはない。

- e. 飛来物防護ネットは定期的に検査を行うことから、その健全性を維持することができる。

【補足説明資料9-1, 9-2】

第9-1表 竜巻防護対策設備の仕様

(1) 飛来物防護板

a. 前処理建屋の安全蒸気系設置室の飛来物防護板

種 類	防護板
基 数	1 式
材 料	鋼材又は鉄筋コンクリート*

b. 前処理建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室の飛来物防護板

種 類	防護板
基 数	3 式
材 料	鋼材又は鉄筋コンクリート*

c. 精製建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室の飛来物防護板

種 類	防護板
基 数	2 式
材 料	鋼材又は鉄筋コンクリート*

d. 高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統，計測制御系統施設及び安全冷却水系設置室の飛来物防護板

種 類	防護板
基 数	3 式
材 料	鋼材又は鉄筋コンクリート*

e. 非常用電源建屋の第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室の飛来物防護板

種 類	防護板
基 数	4 式

材 料 鋼材又は鉄筋コンクリート*

f. 第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器設置室の飛来物防護板

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材又は鉄筋コンクリート*

g. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板
(主排気筒周り)

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材

h. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板
(分離建屋屋外)

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材

i. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板
(精製建屋屋外)

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材

j. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板
(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材

k. 制御建屋中央制御室換気設備設置室の飛来物防護板

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材又は鉄筋コンクリート*

1. 冷却塔に接続する屋外設備の飛来物防護板

種 類 防護板

基 数 1 式

材 料 鋼材

注) *印の材料は、開口部周辺の設計条件を考慮して適切なものを選定する。

(2) 飛来物防護ネット

a. 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔の飛来物防護ネット* (一部, 飛来物防護板)

種 類 防護ネット

基 数 2 式

主要材料 鋼線 (ネット)
鋼材 (支持架構)

種 類 防護板

基 数 2 式

材 料 鋼材

b. 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔の飛来物防護ネット (一部, 飛来物防護板)

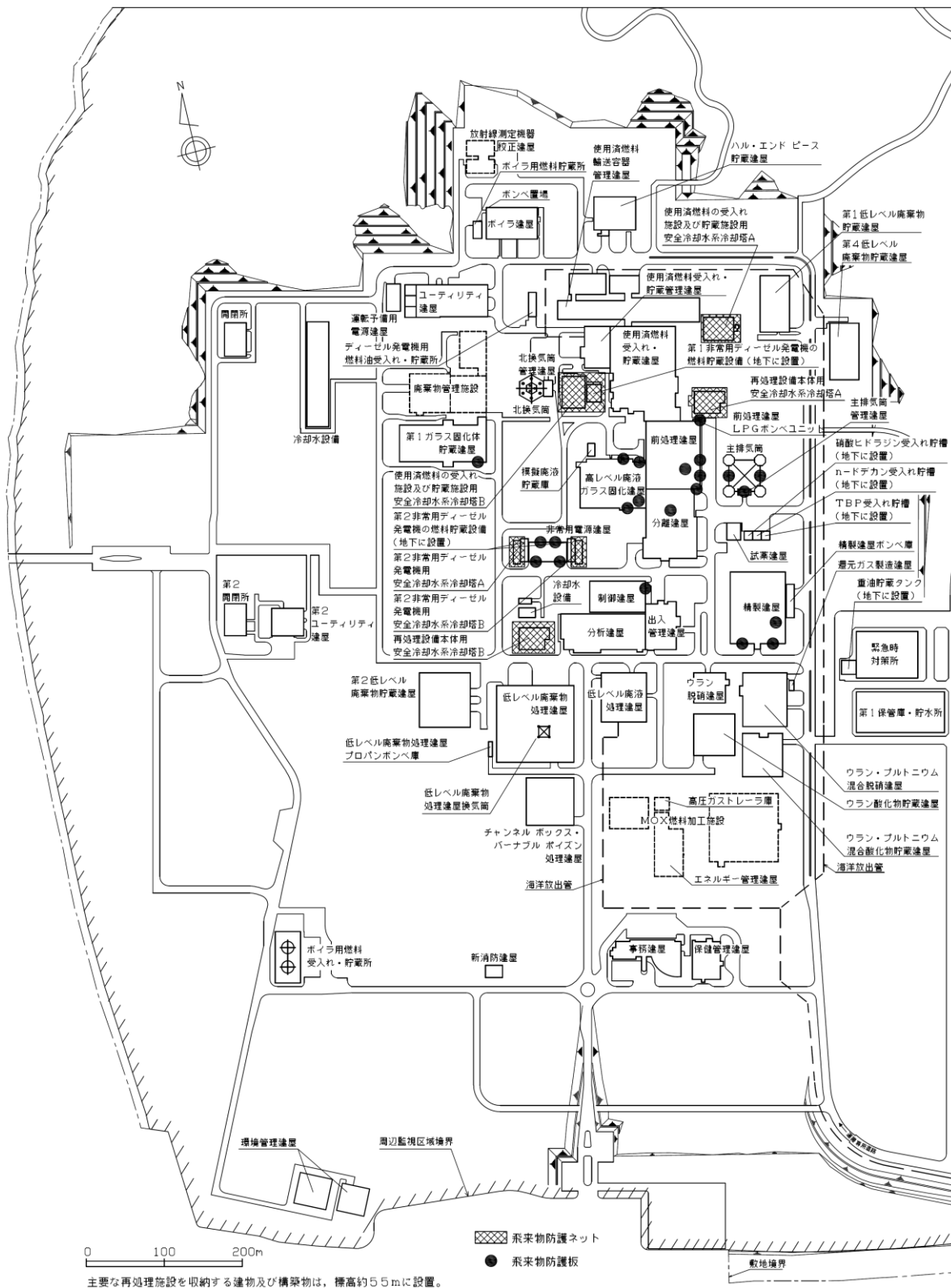
種 類 防護ネット

基 数	<u>2 式</u>
主要材料	鋼線 (ネット)
	鋼材 (支持架構)
種 類	防護板
基 数	1 式
材 料	鋼材

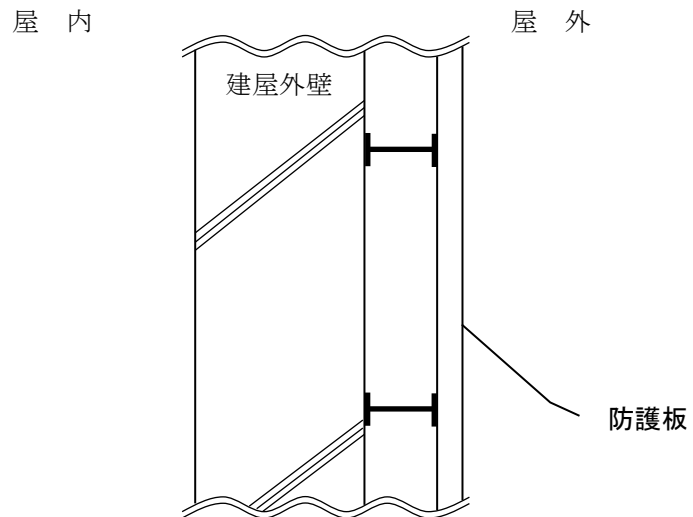
c. 第2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔の飛来物防護ネット (一部, 飛来物防護板)

種 類	防護ネット
基 数	2 式
主要材料	鋼線 (ネット)
	鋼材 (支持架構)
種 類	防護板
基 数	2 式
材 料	鋼材

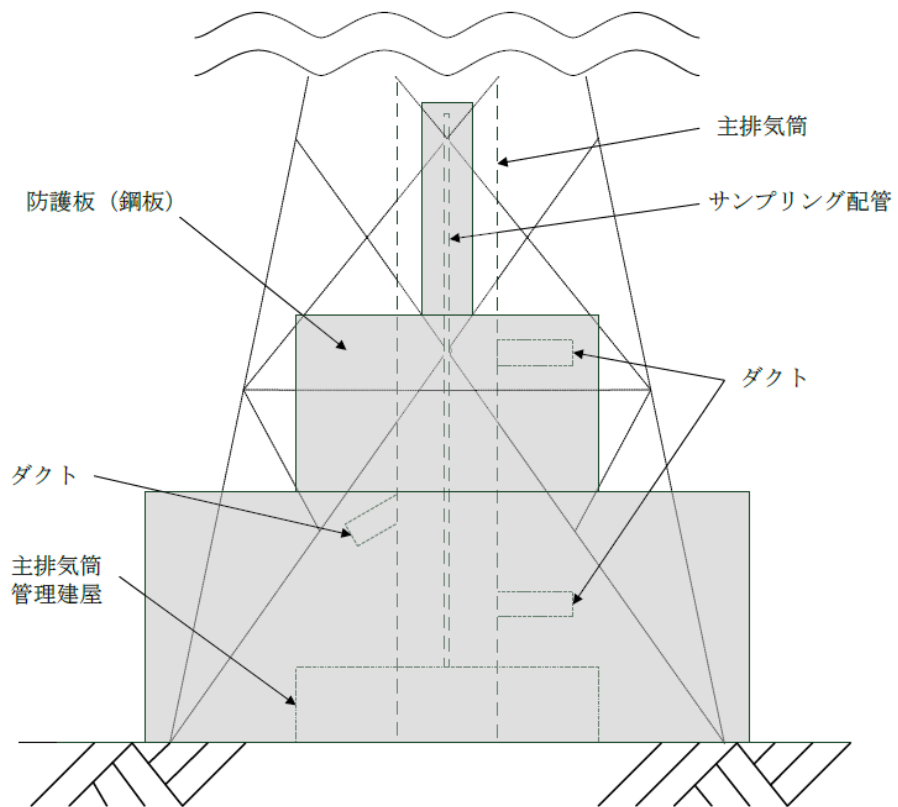
注) *印の設備は, 使用済燃料の受入れ及び貯蔵に係る設備である。



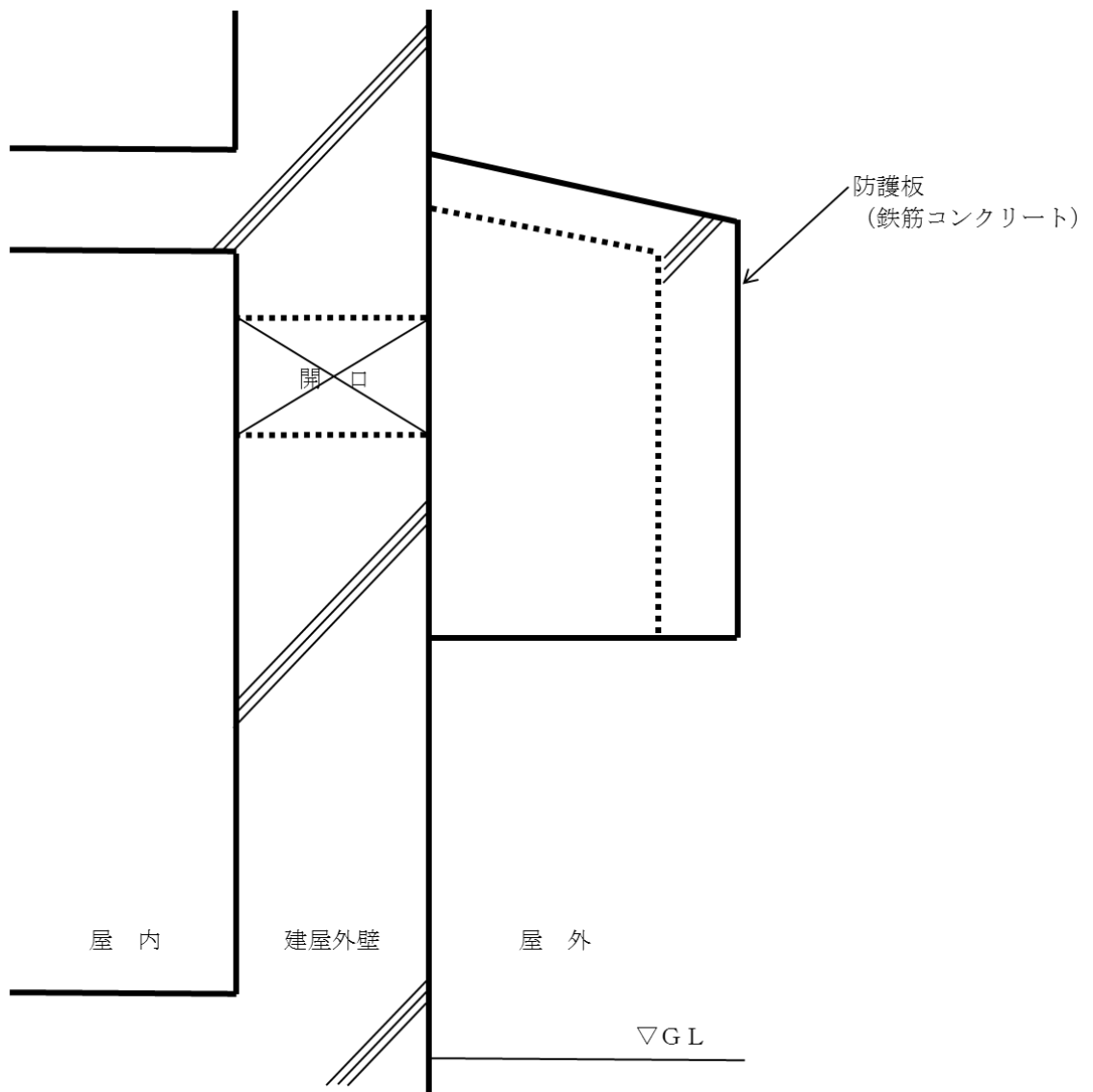
第9-1図 竜巻防護対策設備配置図



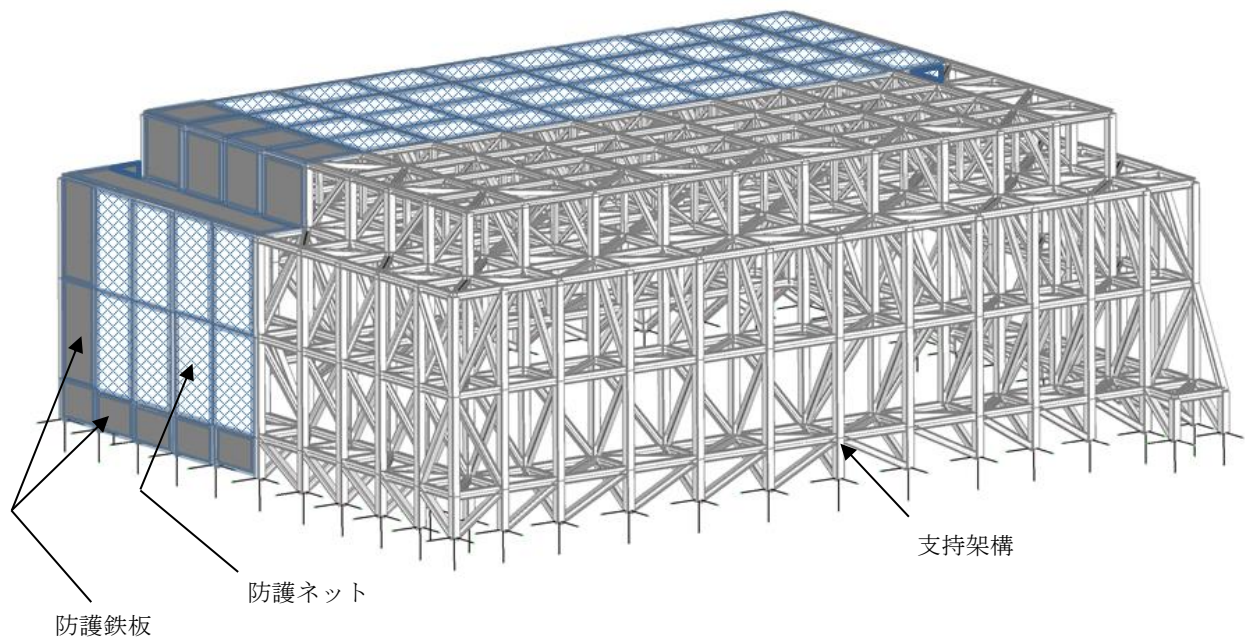
第9-2図(1) 飛来物防護板概略図



第9-2図(2) 飛来物防護板概略図(主排気筒周辺)



第9-2図(3) 飛来物防護板概略図(開口部)



第9-3図 飛来物防護ネット概略図

2 章 補足説明資料

第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料1-1	事業指定基準規則第9条と許認可実績等との比較表	11/15	1	新規作成
補足説明資料2-1	その他の安全機能を有する施設の対処について	10/18	0	第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(その他外部衝撃)にて提出
補足説明資料2-2	竜巻影響評価ガイドへの適合性	11/21	2	新規作成
補足説明資料3-1	設計対象施設の選定について	12/10	4	別添資料-1 I. 設計対象施設
				添付資料1 設計対象施設の選定について
補足説明資料3-2	竜巻に対して防護する必要のある開口部の選定について	12/10	2	新規作成
補足説明資料3-3	耐震Sクラス施設について	11/21	2	添付資料2 耐震Sクラス施設について
補足説明資料4-1	竜巻検討地域の設定について	11/15	2	添付資料3 竜巻検討地域の設定について
補足説明資料4-2	竜巻検討地域の範囲設定について	11/15	2	新規作成
補足説明資料4-3	竜巻検討地域の設定の妥当性について	11/21	1	新規作成
補足説明資料4-4	竜巻影響エリアの設定の妥当性について	12/10	3	新規作成
補足説明資料4-5	ハザード曲線による竜巻最大風速(V_{B2})の計算について	12/10	4	添付資料4 ハザード曲線による竜巻最大風速(V_{B2})の計算について
補足説明資料4-6	海上のFスケール不明竜巻の按分方法の妥当性について	11/21	2	別紙4-1 海上のFスケール不明竜巻の按分方法の妥当性について
補足説明資料4-7	竜巻発生数の確率分布(ポアソン, ポリヤ分布)がハザード結果に及ぼす影響について	11/6	2	別紙4-2 竜巻発生数の確率分布(ポアソン, ポリヤ分布)がハザード結果に及ぼす影響について
補足説明資料5-1	評価対象施設等の設計荷重について	12/10	1	別紙5-1 評価対象施設等の設計荷重について
補足説明資料5-2	設計飛来物の設定	12/10	2	別添資料-1 参考3 設計飛来物の設定
補足説明資料5-3	敷地外からの飛来物の考慮について	10/18	0	別添資料-1 参考4 敷地外からの飛来物の考慮について
補足説明資料5-4	設計飛来物の設定における1次スクリーニングについて	11/6	2	別紙6-1 設計飛来物の設定における1次スクリーニングについて
補足説明資料5-5	竜巻時に発生する降雷について	10/18	1	添付資料7 竜巻時に発生する降雷について
補足説明資料5-6	空力パラメータについて	11/6	2	別紙6-2 空力パラメータについて
補足説明資料5-7	竜巻に伴う気圧低下による塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備への影響について	10/18	0	補足説明資料7-3に移動

第9条:外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料6-1	ランキン渦モデルとフジタモデルの適用の考え方について	11/15	1	新規作成
参考資料1	フジタモデルの適用について	12/10	4	別添資料-1 参考1フジタモデルについて, 参考2竜巻による物体の浮上・飛来解析について
参考資料2	竜巻による物体の浮上・飛来解析について	10/18	0	新規作成
補足説明資料7-1	安全冷却水系の系統構成	11/15	1	新規作成
補足説明資料7-2	竜巻随件事象の抽出及び設計について	12/10	4	別添資料-1 IV. 3. 竜巻防護対策
補足説明資料7-3	竜巻に伴う気圧低下による塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備への影響について	11/15	2	新規作成
補足説明資料8-1	車両の飛来防止対策について	12/10	4	別添資料-1 V. 手順等
補足説明資料8-2	車両の退避について	12/10	3	新規作成
補足説明資料8-3	竜巻襲来までに要する時間の設定の妥当性について	12/10	2	新規作成
補足説明資料8-4	再処理施設 運用, 手順説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)	12/10	2	添付資料8 再処理施設 運用, 手順説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)
補足説明資料8-5	竜巻発生確度ナウキャスト及び雷ナウキャストについて	12/10	3	新規作成
補足説明資料9-1	竜巻防護対策設備の設計について	11/15	1	別添資料-1 IV. 3. 竜巻防護対策
補足説明資料9-2	竜巻防護対策設備の設計及び評価方針	12/10	2	新規作成

令和元年 12 月 10 日 R4

補足説明資料 3 - 1 (9 条 竜巻)

設計対象施設の選定について

1. 設計対象施設の選定方針

設計竜巻から防護する施設（竜巻防護施設）は、安全上重要な施設とする。これらの施設を第1図～第3図に示す選定フローに従い、竜巻による風圧力、気圧差及び飛来物に対する設計対象施設として選定する。ただし、竜巻防護施設を設置する建屋については、竜巻防護施設を設置する施設として設計対象施設に選定する。

また、建屋に設置される竜巻防護施設のうち第4図に示す選定フローに従い選定される設計荷重（竜巻）に対して十分な耐力を有さない建屋に設置される竜巻防護施設及び開口部を有する室に設置される竜巻防護施設のうち第5図に示す選定フローに従い選定される竜巻防護施設は、建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設として選定する。

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は、当該施設の破損又は転倒により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させるおそれがある施設、又はその施設の特定の区画とする。具体的には、構内配置図及び現地調査によって竜巻防護施設又は竜巻防護施設を設置する施設の周囲にある建屋・構築物を抽出し、それらが転倒するおそれがあるか、若しくは転倒した場合に竜巻防護施設又は竜巻防護施設を設置する施設に影響を与えるおそれがあるか検討し、影響を与えるお

それがあると判断したものを竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として選定する。

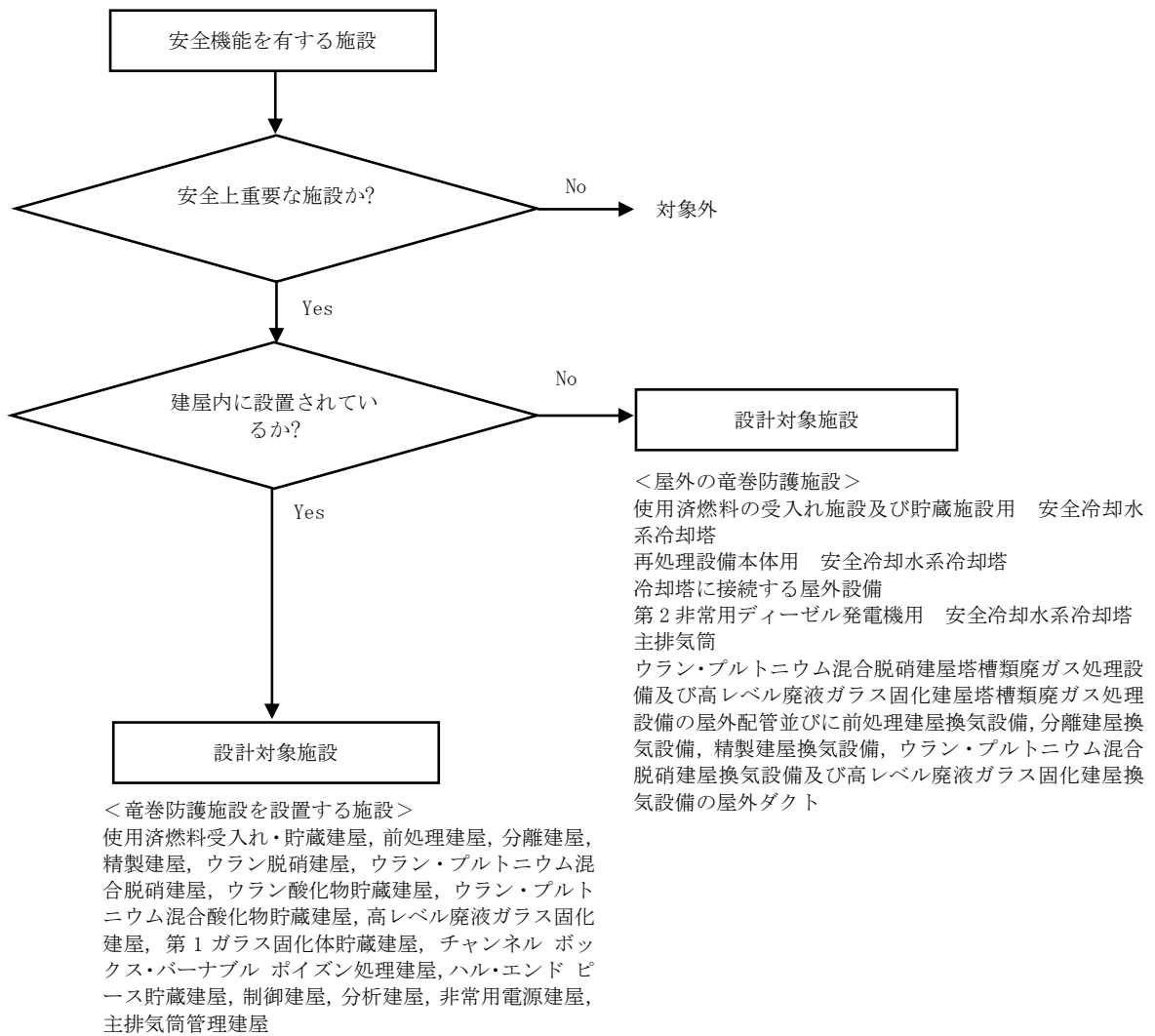
2. 設計対象施設の選定結果

再処理事業指定申請書 添付書類六の「第 1.7.7-1 表 安全上重要な施設」に基づいて、設計対象施設の選定を行った結果を第 1 表に示す。また、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の選定結果を第 2 表に示す。

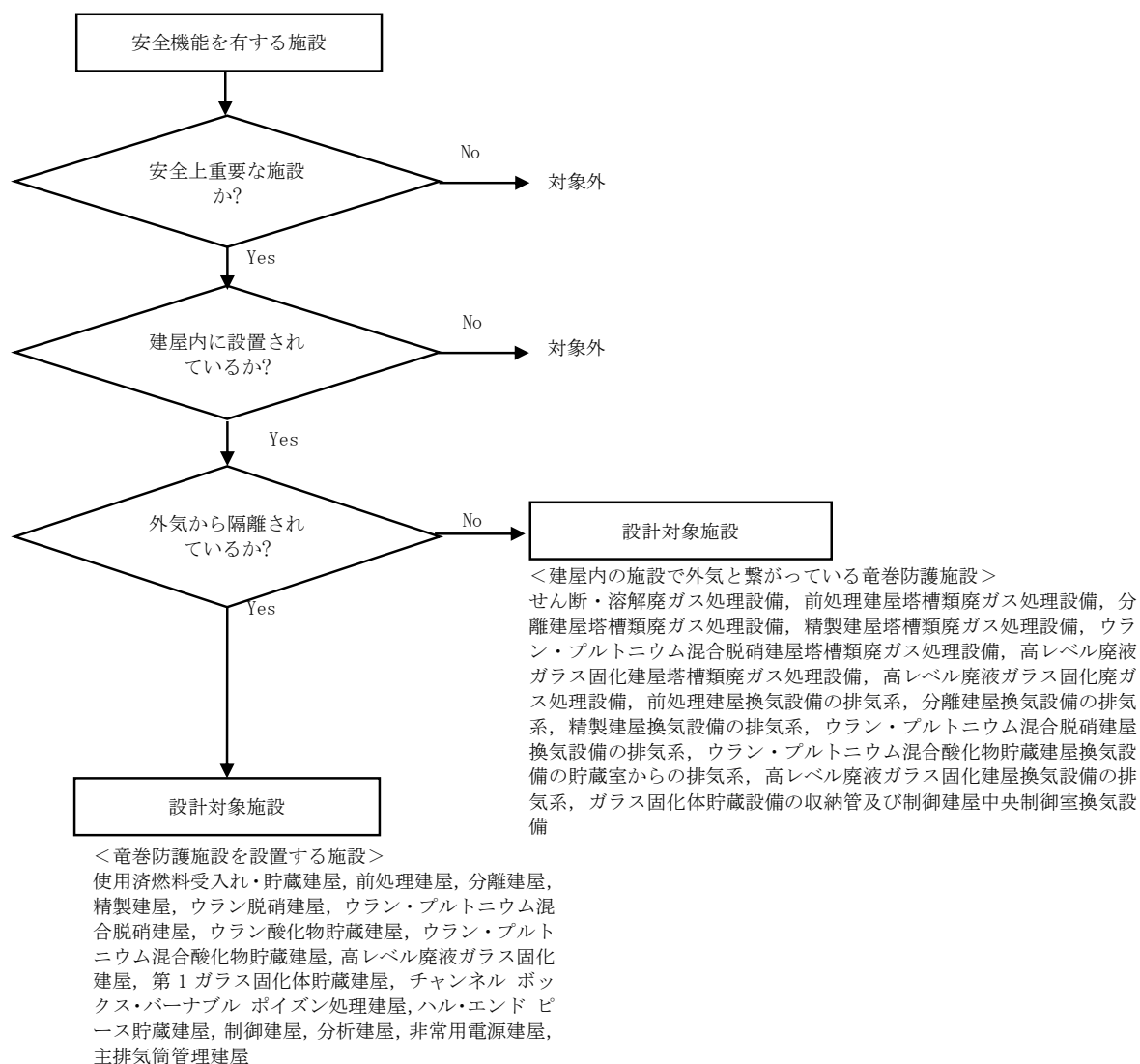
3. 設計対象施設と設計対象項目

上記 2. の結果から得られた竜巻に対する設計対象施設及びその設計対象項目を第 3 表に示すとともに、竜巻防護施設を設置する施設、屋外施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の配置を第 6 図に示す。

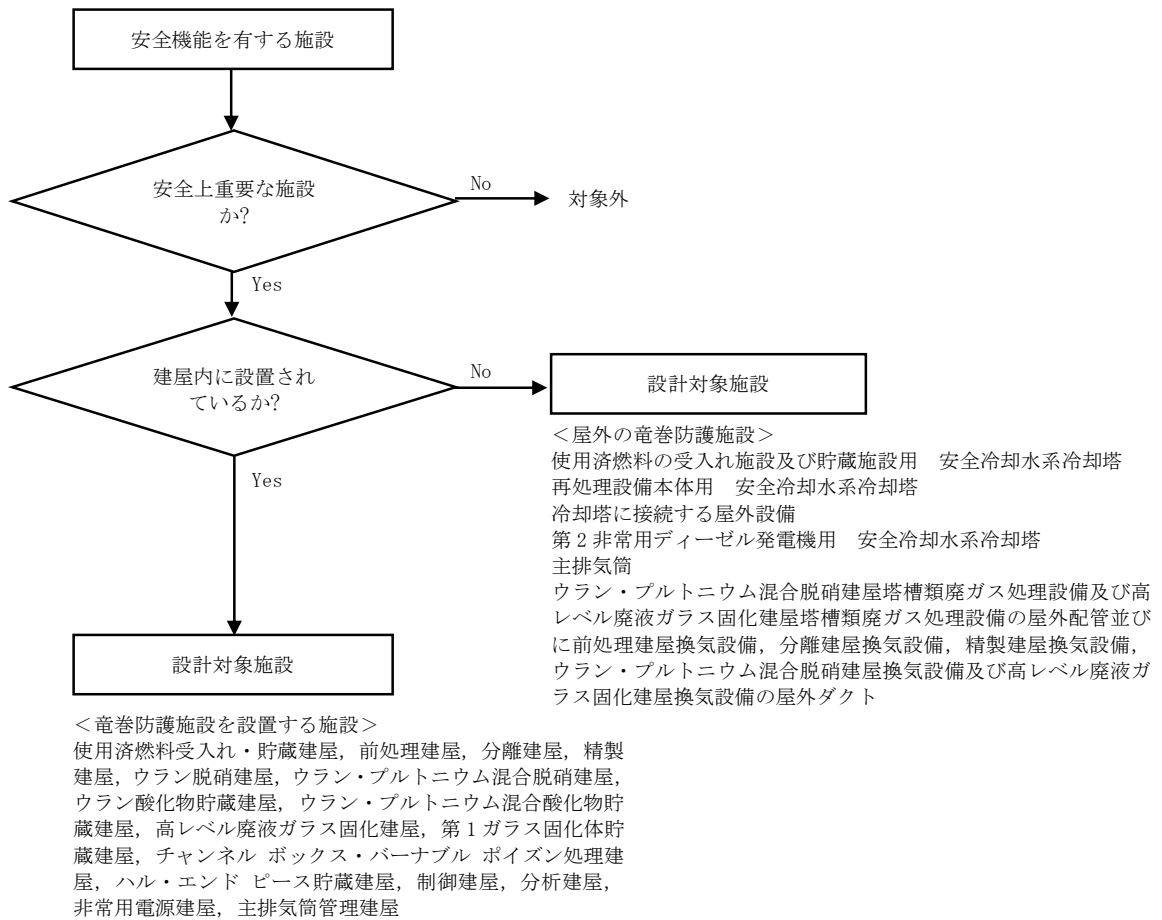
以 上



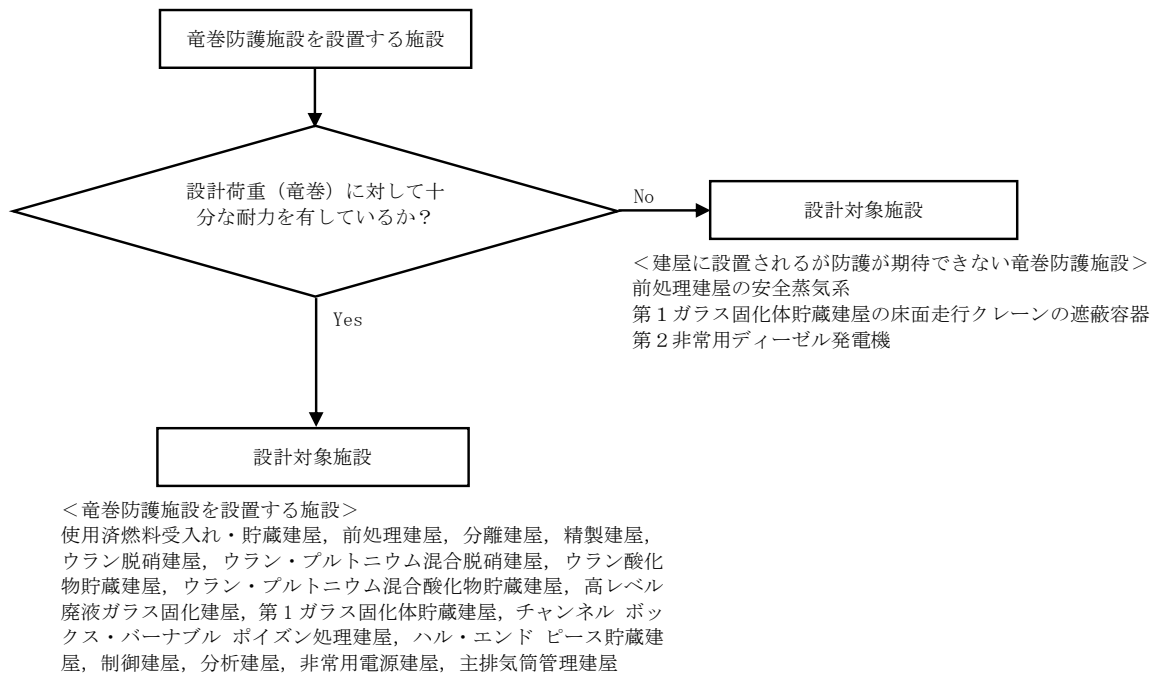
第 1 図 風圧力に対する設計対象施設の選定フロー



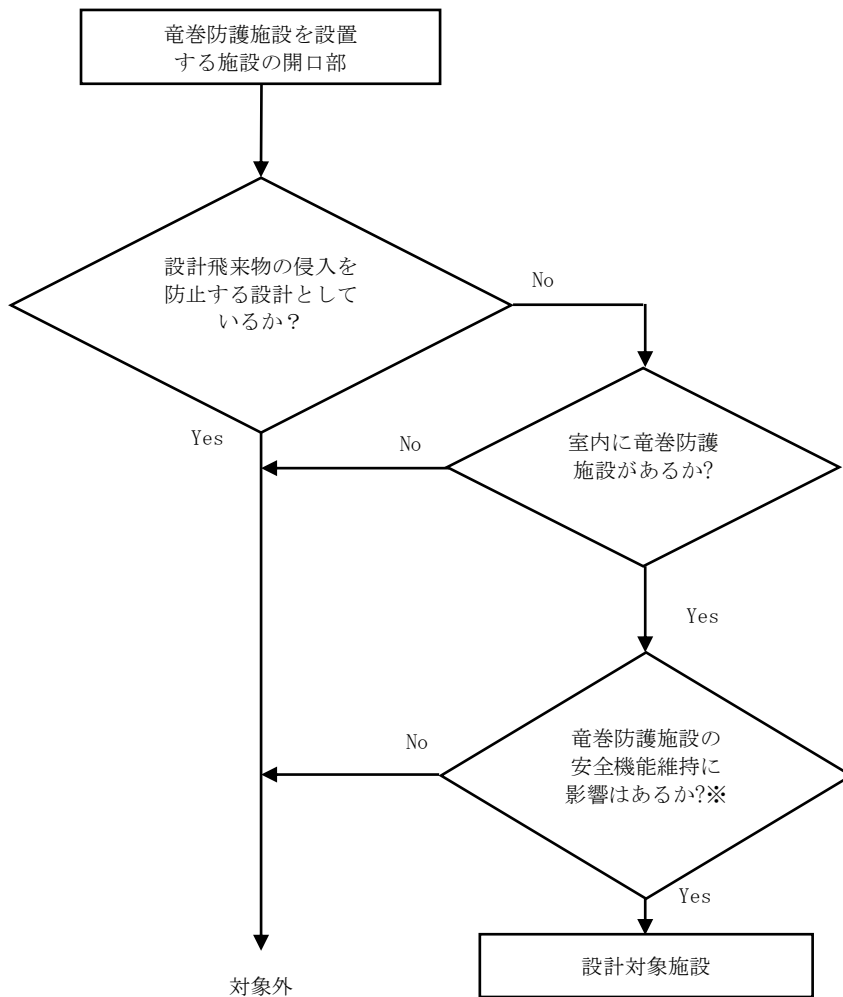
第2図 気圧差に対する設計対象施設の選定フロー



第3図 飛来物に対する設計対象施設の選定フロー



第4図 建屋の耐力に関する設計対象施設の選定フロー



<建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設>
 前処理建屋の安全蒸気系
 前処理建屋、精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設
 高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系
 非常用電源建屋の非常用所内電源系統
 制御建屋中央制御室換気設備

※設計飛来物が開口部を通じて室内へ侵入した場合に、安全上重要な施設へ衝突する可能性の有無を確認する。

第5図 開口部に対する設計対象施設の選定フロー

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目			
			風圧力	気圧差	飛来物	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×	×	
	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値 (形状寸法管理の機器)	臨界安全管理表に寸法が記載されている機器				
		燃焼度計測前燃料仮置きラック	×	×	×	
		燃焼度計測後燃料仮置きラック	×	×	×	
		低残留濃縮度 BWR 燃料貯蔵ラック	×	×	×	
		低残留濃縮度 PWR 燃料貯蔵ラック	×	×	×	
		高残留濃縮度 BWR 燃料貯蔵ラック	×	×	×	
		高残留濃縮度 PWR 燃料貯蔵ラック	×	×	×	
		BWR 燃料用バスケット	×	×	×	
		PWR 燃料用バスケット	×	×	×	
		隣接する低残留濃縮度 BWR 燃料貯蔵ラックと低残留濃縮度 PWR 燃料貯蔵ラック	×	×	×	
		上記以外の異なる種類のラック及びバスケット	×	×	×	
	○核的制限値 (核的制限値を維持する計測制御設備及び動作機器)	燃焼度計測装置	×	×	×	

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目			
			風圧力	気圧差	飛来物	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋（続き）	10 使用済燃料を貯蔵するための施設	燃料取出しピット	×	×	×	
		燃料仮置きピット	×	×	×	
		燃料貯蔵プール	×	×	×	
		チャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピット	×	×	×	
		燃料移送水路	×	×	×	
		燃料送出しピット	×	×	×	
		バスケット仮置き架台	×	×	×	
		使用済燃料受入れ・貯蔵建屋天井クレーン	×	×	×	
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統，冷却水系統等 ○ 冷却設備	プール水冷却系	×	×	×	
		安全冷却水系	○	-	○	
		補給水設備	×	×	×	
	前処理建屋	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	溶解槽	×	×	×
			第1よう素追出し槽	×	×	×
第2よう素追出し槽			×	×	×	
中間ポット			×	×	×	
中継槽			×	×	×	
清澄機			×	×	×	
計量前中間貯槽			×	×	×	
計量・調整槽			×	×	×	
計量後中間貯槽			×	×	×	
リサイクル槽			×	×	×	
計量補助槽		×	×	×		
2 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器		不溶解残渣回収槽	×	×	×	
		清澄機	×	×	×	

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
前処理建屋(続き)	3 上記1及び2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備	×	○	×
		せん断処理・溶解廃ガス処理設備	×	○	×
		7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の高性能粒子フィルタ			
		せん断処理・溶解廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		せん断処理・溶解廃ガス処理設備のよう素フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の排風機			
		せん断処理・溶解廃ガス処理設備の排風機	×	○	×
		前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備の排風機	×	○	×
	4 上記1及び2の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等	上記1及び2の系統及び機器を収納するセル及びグローブボックス並びにせん断セル	×	×	×
	5 上記4の換気系統	前処理建屋換気設備	×	○	×
		中継槽セル等からの排気系	×	○	×
		溶解槽セル等からのA排気系	×	○	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
前処理建屋(続き)	5 上記4の換気系統	溶解槽セル等からのB排気系	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ			
		前処理建屋換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機			
		前処理建屋換気設備の建屋排風機、セル排風機、溶解槽セルA排風機、溶解槽セルB排風機	×	○	×
	6 上記4のセル等を収納する構築物及びその換気系統	前処理建屋	○	○	○
		前処理建屋換気設備(屋外ダクト)	○	—	○
		前処理建屋換気設備汚染のおそれのある区域からの排気系	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機	×	○	×

○：評価対象
 —：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
前処理建屋(続き)	8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×	○
		安全蒸気系	×	×	○
		安全圧縮空気系	×	×	×
	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値 (形状寸法管理の機器)	溶解設備の主要設備の臨界安全管理表に寸法が記載されている機器			
		溶解槽	×	×	×
	○ 核的制限値 (核的制限値を維持する計測制御設備及び動作機器)	燃料せん断長位置異常によるせん断停止回路	×	×	○
		エントピースせん断位置異常によるせん断停止回路	×	×	○
		溶解槽溶解液密度高によるせん断停止回路	×	×	○
		エントピース酸洗浄槽洗浄液密度高によるせん断停止回路	×	×	○
		第1よう素追出し槽及び第2よう素追出し槽の溶解液密度による高警報	×	×	×
	12 安全保護回路	可溶性中性子吸収材緊急供給回路及びせん断停止回路	×	×	○
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統, 冷却水系統等 ○ 計測制御設備	以下の信号によるせん断停止回路			
		・せん断刃位置異常	×	×	○
		・溶解槽溶解液温度低	×	×	○
		・硝酸供給槽硝酸密度低	×	×	○
	・溶解槽供給硝酸流量低	×	×	○	

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
前処理建屋(続き)	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統, 冷却水系統等 ○ 計測制御設備	・可溶性中性子吸収材緊急供給槽液位低	×	×	○
		・エンドピース酸洗浄槽洗浄液温度低	×	×	○
		・エンドピース酸洗浄槽供給硝酸密度低	×	×	○
		・エンドピース酸洗浄槽供給硝酸流量低	×	×	○
		以下のセルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報			
		・溶解槽セル	×	×	×
		・中継槽セル	×	×	×
		・清澄機セル	×	×	×
		・計量・調整槽セル	×	×	×
		・計量後中間貯槽セル	×	×	×
		・放射性配管分岐第1セル	×	×	×
		・放射性配管分岐第4セル	×	×	×
		せん断処理・溶解廃ガス処理設備の系統の圧力警報	×	×	×
		前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備の系統の圧力警報	×	×	×
		○ 冷却設備	安全冷却水系(外部ループ)	○	-
		安全冷却水系(内部ループ)から崩壊熱除去用冷却水を必要とする機器までの配管			

○ : 評価対象
- : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
前処理建屋(続き)	○ 冷却設備	中間ポット	×	×	×
		中継槽	×	×	×
		不溶解残渣回収槽	×	×	×
		リサイクル槽	×	×	×
		計量前中間貯槽	×	×	×
		計量・調整槽	×	×	×
		計量補助槽	×	×	×
		計量後中間貯槽	×	×	×
	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用配管	水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用配管			
		ハル洗浄槽	×	×	×
		中間ポット	×	×	×
		水バッファ槽	×	×	×
		中継槽	×	×	×
		不溶解残渣回収槽	×	×	×
		リサイクル槽	×	×	×
		計量前中間貯槽	×	×	×
		計量・調整槽	×	×	×
		計量補助槽	×	×	×
		計量後中間貯槽	×	×	×
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統, 冷却水系統等(続き) ○ 漏えい液回収系統	溶解槽セル、中継槽セル、清澄機セル、計量・調整槽セル、計量後中間貯槽セル、放射性配管分岐第1セル及び放射性配管分岐第4セルの漏えい液受皿から漏えい液を回収する系統	×	×	×
		○ 上記12の安全保護回路により保護動作を行う機器及び系統	×	×	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
前処理建屋(続き)	○ 安全圧縮空気系から上記9, 12及び15の計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	×	×	×
	○ 上記3, 5及び6の放射性物質の閉じ込め機能を支援する施設	せん断処理・溶解廃ガス処理設備の加熱器	×	×	×
分離建屋	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	溶解液中間貯槽	×	×	×
		溶解液供給槽	×	×	×
		抽出塔	×	×	×
		第1洗浄塔	×	×	×
		第2洗浄塔	×	×	×
		プルトニウム分配塔	×	×	×
		ウラン洗浄塔	×	×	×
		プルトニウム溶液TBP洗浄器	×	×	×
		プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		プルトニウム溶液中間貯槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
	2 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器	抽出塔	×	×	×
		TBP洗浄塔	×	×	×
		抽出廃液受槽	×	×	×
		抽出廃液中間貯槽	×	×	×
		抽出廃液供給槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋 (続き)	2 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器	第4一時貯留処理槽	×	×	×
		第6一時貯留処理槽	×	×	×
		第7一時貯留処理槽	×	×	×
		高レベル廃液供給槽	×	×	×
		高レベル廃液濃縮缶	×	×	×
	3 上記1及び2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系	×	○	×
		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ廃ガス処理系	×	○	×
		高レベル廃液濃縮缶凝縮器	×	×	×
		減衰器	×	×	×
		7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の高性能粒子フィルタ			
		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ廃ガス処理系の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の排風機			
		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系の排風機	×	○	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋（続き）	3 上記1及び2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ 廃ガス処理系の排風機	×	○	×
		4 上記1及び2の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等	上記1及び2の系統及び機器を収納するセル及びグローブ ボックス並びにせん断セル	×	×
		下記の洞道に設置する配管収納容器のうち, 上記1及び2の配管を収納する配管収納容器			
		分離建屋と精製建屋を接続する洞道	—	—	—
		分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道	—	—	—
	5 上記4の換気系統	分離建屋換気設備 プルトニウム溶液中間貯槽セル等からの排気系	×	○	×
		7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ			
		分離建屋換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機			
		分離建屋換気設備の建屋排風機、グローブボックス・セル排風機	×	○	×

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋 (続き)	6 上記4のセル等を収納する構築物及びその換気系統	分離建屋	○	○	○
		分離建屋換気設備(屋外ダクト)	○	—	○
		分離建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機	×	○	×
		下記の洞道のうち, 上記1及び2の配管を収納する洞道			
		分離建屋と精製建屋を接続する洞道	—	—	—
		分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道	—	—	—
8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×	×	
9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値 (形状寸法管理の機器)	分離設備, 分配設備, 分離建屋一時貯留処理設備の主要設備の臨界安全管理表に寸法が記載されている機器				
	抽出塔	×	×	×	

○ : 評価対象
— : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋（続き）	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値（形状寸法管理の機器）	第1洗浄塔	×	×	×
		第2洗浄塔	×	×	×
		T B P 洗浄塔	×	×	×
		プルトニウム分配塔	×	×	×
		ウラン洗浄塔	×	×	×
		プルトニウム溶液 T B P 洗浄器	×	×	×
		プルトニウム洗浄器	×	×	×
		プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		プルトニウム溶液中間貯槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第7一時貯留処理槽	×	×	×
		第8一時貯留処理槽	×	×	×
		第5一時貯留処理槽	×	×	×
		補助抽出器	×	×	×
	T B P 洗浄器	×	×	×	
	○ 核的制限値（核的制限値を維持する計測制御設備及び動作機器）	プルトニウム洗浄器アルファ線検出器の計数率高による警報	×	×	×
	12 安全保護回路	高レベル廃液濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路	×	×	×
		プルトニウム洗浄器中性子検出器の計数率高による工程停止回路	×	×	×
		高レベル廃液濃縮缶凝縮器排気出口温度高による加熱停止回路	×	×	×

○：評価対象
－：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋（続き）	12 安全保護回路	分離施設のウラン濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路	×	×	×
		外部電源喪失による建屋給気閉止ダンパの閉止回路（分離建屋）	×	×	×
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統，冷却水系統等 ○ 計測制御設備	以下のセルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報			
		・溶解液中間貯槽セル	×	×	×
		・溶解液供給槽セル	×	×	×
		・抽出塔セル	×	×	×
		・プルトニウム洗浄器セル	×	×	×
		・抽出廃液受槽セル	×	×	×
		・抽出廃液供給槽セル	×	×	×
		・分離建屋一時貯留処理槽第1セル	×	×	×
		・分離建屋一時貯留処理槽第2セル	×	×	×
		・放射性配管分岐第2セル	×	×	×
		・高レベル廃液供給槽セル	×	×	×
		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系の系統の圧力警報	×	×	×
		○ 冷却設備	高レベル廃液濃縮缶の加熱蒸気と冷却水の切替弁	×	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋 (続き)	○ 冷却設備	安全冷却水系から第9.5-2表に記載の崩壊熱除去用冷却水を必要とする機器までの配管			
		溶解液中間貯槽	×	×	×
		溶解液供給槽	×	×	×
		抽出廃液受槽	×	×	×
		抽出廃液中間貯槽	×	×	×
		抽出廃液供給槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
		第4一時貯留処理槽	×	×	×
		第6一時貯留処理槽	×	×	×
		第7一時貯留処理槽	×	×	×
		第8一時貯留処理槽	×	×	×
		高レベル廃液供給槽	×	×	×
		高レベル廃液濃縮缶	×	×	×
	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から第9.3-2表に記載の水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管	水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管			
		溶解液中間貯槽	×	×	×
		溶解液供給槽	×	×	×
		抽出塔	×	×	×
		第1洗浄塔	×	×	×
		第2洗浄塔	×	×	×
		T B P 洗浄塔	×	×	×
		抽出廃液受槽	×	×	×
		抽出廃液中間貯槽	×	×	×
		抽出廃液供給槽	×	×	×
		プルトニウム分配塔	×	×	×
		ウラン洗浄塔	×	×	×
プルトニウム洗浄器	×	×	×		

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋（続き）	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から第9.3-2表に記載の水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管	プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		プルトニウム溶液中間貯槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
		第4一時貯留処理槽	×	×	×
		第5一時貯留処理槽	×	×	×
		第6一時貯留処理槽	×	×	×
		第7一時貯留処理槽	×	×	×
		第8一時貯留処理槽	×	×	×
		第9一時貯留処理槽	×	×	×
		第10一時貯留処理槽	×	×	×
		溶媒再生系 分離・分配系 第1洗浄器	×	×	×
		高レベル廃液供給槽	×	×	×
	高レベル廃液濃縮缶	×	×	×	
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統，冷却水系統等 ○ 漏えい液回収系統	溶解液中間貯槽セル	×	×	×
		溶解液供給槽セル	×	×	×
		抽出塔セル	×	×	×
		プルトニウム洗浄器セル	×	×	×
		抽出廃液受槽セル	×	×	×
		抽出廃液供給槽セル	×	×	×
		放射性配管分岐第2セル	×	×	×
		高レベル廃液供給槽セル	×	×	×
		分離建屋一時貯留処理槽第1セル	×	×	×
分離建屋一時貯留処理槽第2セル		×	×	×	

○：評価対象
－：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
分離建屋 (続き)	○ 上記 12 の安全保護回路により保護動作を行う機器及び系統	高レベル廃液濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁	×	×	×
		分離施設のウラン濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁	×	×	×
		プルトニウム洗浄器中性子検出器の計数率高による工程停止回路に係る遮断弁	×	×	×
		建屋給気閉止ダンパ(分離建屋換気設備)	×	○	×
	○ 計装用空気を供給する安全圧縮空気系から上記 9、12 及び 15 項記載の計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	×	×	×
○ 上記 3、5 及び 6 項記載の放射性物質の閉じ込め機能を支援する施設	建屋給気閉止ダンパ	×	×	×	
精製建屋	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	プルトニウム溶液供給槽	×	×	×
		第1酸化塔	×	×	×
		第1脱ガス塔	×	×	×
		抽出塔	×	×	×
		核分裂生成物洗浄塔	×	×	×
		逆抽出塔	×	×	×
		ウラン洗浄塔	×	×	×
補助油水分離槽	×	×	×		

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	TBP 洗浄器	×	×	×
		第2酸化塔	×	×	×
		第2脱ガスタ	×	×	×
		プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		油水分離槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶供給槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶	×	×	×
		プルトニウム濃縮液受槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液計量槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液中間貯槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液一時貯槽	×	×	×
		リサイクル槽	×	×	×
		希釈槽	×	×	×
		プルトニウム溶液一時貯槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
		第7一時貯留処理槽	×	×	×
		プルトニウムを含む溶液又は粉末の主要な流れを構成する配管	×	×	×
	3 上記1及び2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系(Pu系)	×	○	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	3 上記1及び2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ廃ガス処理系	×	○	×
		7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の高性能粒子フィルタ			
		精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系 (Pu 系) の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ廃ガス処理系の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の排風機			
		精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系 (Pu 系) の排風機	×	○	×
		精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ廃ガス処理系の排風機	×	○	×
精製建屋 (続き)	4 上記1及び2の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等	上記1及び2の系統及び機器を収納するセル及びグローブ ボックス	×	×	×
		プルトニウム精製設備の安全上重要な施設の配管を収納する二重配管の外管	×	×	×
精製建屋 (続き)	4 上記1及び2の系統及び機器並びにせん断	下記の洞道に設置する配管収納容器のうち, 上			

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
	工程を収納するセル等	記1及び2の配管を収納する配管収納容器			
		分離建屋と精製建屋を接続する洞道	—	—	—
		精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道	—	—	—
	5 上記4の換気系統	精製建屋換気設備 プルトニウム濃縮缶セル等からの排気系	×	○	×
		グローブボックス等からの排気系	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ			
		精製建屋換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機			
		精製建屋換気設備の建屋排風機、グローブボックス・セル排風機	×	○	×
		6 上記4のセル等を収納する構築物及びその換気系統	精製建屋	○	○
		精製建屋換気設備(屋外ダクト)	○	—	○

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	6 上記4のセル等を収納する構築物及びその換気系統	精製建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機	×	○	×
		下記の洞道のうち, 上記1及び2の配管を収納する洞道			
		分離建屋と精製建屋を接続する洞道	—	—	—
		精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道	—	—	—
		8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×
9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○核的制限値 (形状寸法管理の機器)	プルトニウム精製設備, 精製建屋一時貯留処理設備の主要設備の臨界安全管理表に寸法が記載されている機器				
	抽出塔	×	×	×	
	核分裂生成物洗浄塔	×	×	×	
	逆抽出塔	×	×	×	
	ウラン洗浄塔	×	×	×	

○ : 評価対象
 — : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○核的制限値 (形状寸法管理の機器)	補助油水分離槽	×	×	×
		TBP 洗浄器	×	×	×
		第2酸化塔	×	×	×
		第2脱ガス塔	×	×	×
		プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		油水分離槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶供給槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶	×	×	×
		プルトニウム濃縮液受槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液計量槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液中間貯槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液一時貯槽	×	×	×
		リサイクル槽	×	×	×
		希釈槽	×	×	×
		プルトニウム溶液一時貯槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
		第4一時貯留処理槽	×	×	×
		プルトニウム溶液供給槽	×	×	×
		第1酸化塔	×	×	×
		第1脱ガス塔	×	×	×
		TBP 洗浄塔	×	×	×
プルトニウム洗浄器	×	×	×		
抽出廃液受槽	×	×	×		

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋（続き）	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値（形状寸法管理の機器）	抽出廃液中間貯槽	×	×	×
		凝縮液受槽	×	×	×
	○ 核的制限値（核的制限値を維持する計測制御及び動作機器）	プルトニウム洗浄器アルファ線検出器の計数率高による警報	×	×	○
	12 安全保護回路	プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路	×	×	○
		第2酸回収系の蒸発缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路	×	×	○
		逆抽出塔溶液温度高による加熱停止回路	×	×	○
		外部電源喪失による建屋給気閉止ダンパの閉止回路（精製建屋）	×	×	○
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備	以下のセルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報			
		・プルトニウム濃縮液受槽セル	×	×	○
		・プルトニウム濃縮液一時貯槽セル	×	×	○
		・プルトニウム濃縮液計量槽セル	×	×	○

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備	以下のセルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報(臨界)			
		・プルトニウム精製塔セル	×	×	×
		・プルトニウム濃縮缶供給槽セル	×	×	○
		・油水分離槽セル	×	×	×
		・放射性配管分岐第1セル	×	×	○
		精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系 (Pu系)の圧力警報	×	×	○
	○ 冷却設備	安全冷却水系から崩壊熱除去用冷却水が必要とする機器までの配管			
		プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		油水分離槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶供給槽	×	×	×
		プルトニウム溶液一時貯槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液受槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液計量槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液中間貯槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液一時貯槽	×	×	×
		リサイクル槽	×	×	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	○ 冷却設備	希釈槽	×	×	×
		第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管	水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管			
		プルトニウム溶液供給槽	×	×	×
		抽出塔	×	×	×
		核分裂生成物洗浄塔	×	×	×
		逆抽出塔	×	×	×
		ウラン洗浄塔	×	×	×
		補助油水分離槽	×	×	×
		TBP 洗浄器	×	×	×
		プルトニウム溶液受槽	×	×	×
		油水分離槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶供給槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶	×	×	×
		プルトニウム溶液一時貯槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液受槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液計量槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液中間貯槽	×	×	×
		プルトニウム濃縮液一時貯槽	×	×	×
リサイクル槽	×	×	×		
希釈槽	×	×	×		

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
精製建屋 (続き)	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管	第1一時貯留処理槽	×	×	×
		第2一時貯留処理槽	×	×	×
		第3一時貯留処理槽	×	×	×
		第4一時貯留処理槽	×	×	×
		第7一時貯留処理槽	×	×	×
	○ 漏えい液回収系統	精製建屋のプルトニウム濃縮液受槽セル、プルトニウム濃縮液一時貯留槽セル、プルトニウム濃縮液計量槽セル	×	×	×
	○ 上記12の安全保護回路により保護動作を行う機器及び系統	逆抽出塔溶液温度高による加熱停止回路に係る遮断弁	×	×	×
		建屋給気閉止ダンパ(精製建屋換気設備)	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁	×	×	×
		第2酸回収系の蒸発缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁	×	×	×
	○ 計装用空気を供給する安全圧縮空気系から上記9、12及び15の計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	×	×	×
	○ 上記3、5及び6の放射性物質の閉じ込め機能を支援する施設	建屋給気閉止ダンパ(精製建屋換気設備)	×	○	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目			
			風圧力	気圧差	飛来物	
ウラン脱硝建屋及びウラン酸化物貯蔵建屋	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 形状寸法管理の機器	臨界安全管理表に寸法が記載されている機器				
		脱硝塔	×	×	×	
		シール槽	×	×	×	
		UO ₃ 受槽	×	×	×	
		規格外製品受槽	×	×	×	
		規格外製品容器	×	×	×	
		UO ₃ 溶解槽	×	×	×	
		貯蔵バスケット	×	×	×	
		ウラン酸化物貯蔵容器	×	×	×	
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統, 冷却水系統等 ○ 計測制御設備	脱硝塔内部の温度低による硝酸ウラニル濃縮液の供給停止回路	×	×	×	
		ウラン酸化物貯蔵容器充てん定位置の検知によるUO ₃ 粉末の充てん起動回路	×	×	×	
		○ 計測制御設備に係る動作機器	脱硝塔内部の温度低による硝酸ウラニル濃縮液の供給停止回路に係る遮断弁	×	×	×
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	硝酸プルトニウム貯槽	×	×	×
			混合槽	×	×	×
			一時貯槽	×	×	×
定量ポット			×	×	×	
中間ポット			×	×	×	
脱硝装置			×	×	×	
焙焼炉			×	×	×	
還元炉			×	×	×	
固気分離器			×	×	×	
粉末ホッパ	×	×	×			

○ : 評価対象
- : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋(続き)	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	粉砕機	×	×	×
		混合機	×	×	×
		粉末充てん機	×	×	×
		保管容器	×	×	×
		粉末缶	×	×	×
		混合酸化物貯蔵容器	×	×	×
		プルトニウムを含む溶液又は粉末の主要な流れを構成する配管	×	×	×
	3 上記1及び2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備(屋外ダクト)	○	—	○
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○	—
		安全上重要な施設の固気分離器からウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備のグローブボックス・セル排気系統への接続部までの系統	×	×	×
		高性能粒子フィルタ(空気輸送)	×	×	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の高性能粒子フィルタ			
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象(ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋(続き)	1 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	上記の気体廃棄物の廃棄施設の排風機			
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備の排風機	×	○	×
	4 上記1及び2の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等	上記1及び2の系統及び機器を収納するセル及びグローブボックス	×	×	×
		ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の安全上重要な施設の配管を収納する二重配管の外管	×	×	×
		下記の洞道のうち, 上記1及び2の配管を収納する洞道			
		精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道	—	—	—
		5 上記4の換気系統	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備硝酸プルトニウム貯槽セル等及びグローブボックス等からの排気系	×	○
	7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ				
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋(続き)	5 上記4の換気系統	上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機			
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の建屋排風機、グローブボックス・セル排風機	×	○	×
	6 上記4のセル等を収納する構築物及びその換気系統	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	○	○	○
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備(屋外ダクト)	○	—	○
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備汚染のおそれのある区域からの排気系	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機	×	○	×
		下記の洞道に設置する配管収納容器のうち、上記1及び2の配管を収納する配管収納容器			
		精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道	—	—	—

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋(続き)	8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×	×
		安全圧縮空気系	×	×	×
	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値 (形状寸法管理の機器)	臨界安全管理表に寸法が記載されている機器			
		硝酸プルトニウム貯槽	×	×	×
		混合槽	×	×	×
		一時貯槽	×	×	×
		定量ポット	×	×	×
		中間ポット	×	×	×
		脱硝装置 (脱硝皿)	×	×	×
		凝縮廃液ろ過器	×	×	×
		凝縮廃液受槽	×	×	×
		焙焼炉	×	×	×
		還元炉	×	×	×
		固気分離器	×	×	×
		粉末ホッパ	×	×	×
		粉砕機	×	×	×
		混合機	×	×	×
		粉末充てん機	×	×	×
		保管容器	×	×	×
		保管ピット	×	×	×
		混合酸化物貯蔵容器	×	×	×
	貯蔵ホール	×	×	×	
	○ 核的制限値 (核的制限値を維持する計測制御及び動作機器)	粉末缶 MOX 粉末重量確認による粉末缶払出装の起動回路	×	×	×
12 安全保護回路	還元ガス受槽水素濃度高による還元ガス供給停止回路	×	×	×	

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋(続き)	12 安全保護回路	還元炉ヒータ部温度高による加熱停止回路	×	×	×
		焙焼炉ヒータ部温度高による加熱停止回路	×	×	×
	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御システム、冷却水システム等 ○ 計測制御設備	ウラン・プルトニウム混合脱硝設備に係る計測制御設備			
		・脱硝装置の温度計による脱硝皿取扱装置の起動回路及び照度計によるシャッタの起動回路	×	×	×
		・空気輸送終了検知及び脱硝皿の重量確認による脱硝皿取扱装置の起動回路	×	×	×
		・保管容器充てん定位置の検知によるMOX粉末の充てん起動回路	×	×	×
		・粉末缶充てん定位置の検知によるMOX粉末の充てん起動回路	×	×	×
		・硝酸プルトニウム貯槽セル, 混合槽セル及び一次貯槽セルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報	×	×	×
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備の圧力警報	×	×	×
	○ 冷却設備	安全冷却水系から崩壊熱除去用冷却水を必要とする機器までの配管			
		硝酸プルトニウム貯槽	×	×	×

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目			
			風圧力	気圧差	飛来物	
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋(続き)	○ 冷却設備	混合槽	×	×	×	
		一時貯槽	×	×	×	
		ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備 貯蔵室からの排気系	×	○	×	
	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管	水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気用の圧縮空気を供給する以下の機器までの水素掃気用の配管				
		硝酸プルトニウム貯槽	×	×	×	
		混合槽	×	×	×	
		一時貯槽	×	×	×	
	○ 漏えい液を回収するための系統	下記のセルの漏えい液受け皿から漏えい液を回収するための系統				
		・硝酸プルトニウム貯槽セル	×	×	×	
		・混合槽セル	×	×	×	
		・一時貯槽セル	×	×	×	
	○ 上記 12 の安全保護回路により保護動作を行う機器及び系統	還元ガス受槽水素濃度高による還元ガス供給停止回路に係る遮断弁	×	×	×	
	○ 計装用空気を供給する安全圧縮空気系から上記 9, 12 及び 15 の計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	×	×	×	

○ : 評価対象
 - : 評価対象外

× : 評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋	2 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器	高レベル濃縮廃液貯槽	×	×	×
		不溶解残渣廃液貯槽	×	×	×
		高レベル廃液共用貯槽	×	×	×
		高レベル濃縮廃液一時貯槽	×	×	×
		不溶解残渣廃液一時貯槽	×	×	×
		高レベル廃液混合槽	×	×	×
		供給液槽	×	×	×
		供給槽	×	×	×
		ガラス溶融炉	×	×	×
		高レベル廃液の主要な流れを構成する配管	×	×	×
	3 上記2の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統	高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備（屋外ダクト）	○	—	○
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル濃縮廃液廃ガス処理系	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 不溶解残渣廃液廃ガス処理系	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備	×	○	×
		7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の高性能粒子フィルタ			

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	2 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器	高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル濃縮廃液廃ガス処理系の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 不溶解残渣廃液廃ガス処理系の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の廃ガス洗浄器, 吸収塔及びルテニウム吸着塔	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の排風機			
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル濃縮廃液廃ガス処理系の排風機	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 不溶解残渣廃液廃ガス処理系の排風機	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の排風機	×	○	×

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	4 上記2の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等	上記2の系統及び機器を収納するセル及びグローブボックス並びにせん断セル	×	×	×
		下記の洞道に設置する配管収納容器のうち, 上記1及び2の配管を収納する配管収納容器			
		分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道	—	—	—
	5 上記4の換気系統	高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備			
		・高レベル濃縮廃液貯槽セル等からの排気系	×	○	×
		・固化セル圧力放出系	×	○	×
		・固化セル換気系	×	○	×
		・固化セル換気系の洗浄塔及びルテニウム吸着塔	×	○	×
		7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ			
		高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
	上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機				

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	5 上記4の換気系統	高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の建屋排風機、セル排風機、固化セル換気系排風機	×	○	×
	6 上記4のセル等を収納する構築物及びその換気系統	高レベル廃液ガラス固化建屋	○	○	○
		高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備(屋外ダクト)	○	—	○
		高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系	×	○	×
		7.2 節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ	×	○	×
		上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機	×	○	×
		下記の洞道のうち, 上記1及び2の配管を収納する洞道			
		分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道	—	—	—

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×	○
		安全圧縮空気系	×	×	×
		安全蒸気系	×	×	×
	11 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設	高レベル廃液ガラス固化建屋・第1 ガラス固化体貯蔵建屋の収納管	×	○	×
		高レベル廃液ガラス固化建屋・第1 ガラス固化体貯蔵建屋の通風管	×	×	×
		以下の室等の遮蔽設備			
		・ガラス固化体除染室	—	—	—
		・ガラス固化体検査室	—	—	—
		・貯蔵区域	—	—	—
		・受入れ室	—	—	—
		第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽設備	×	×	○
		第1 ガラス固化体貯蔵建屋トレンチ移送台車の遮蔽設備	×	×	×
	12 安全保護回路	固化セル移送台車上の質量高によるガラス流下停止回路	×	×	○
		固化セル圧力高による固化セル隔離ダンパの閉止回路	×	×	○

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備	高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備の系統の 圧力警報	×	×	○
		高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の系統の 圧力警報	×	×	○
		以下のセルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報			
		・高レベル廃液供給槽セル	×	×	○
		・高レベル濃縮廃液貯槽セル	×	×	○
		・不溶解残渣廃液貯槽セル	×	×	○
		・高レベル廃液共用貯槽セル	×	×	○
		・高レベル濃縮廃液一時貯槽セル	×	×	○
		・不溶解残渣廃液一時貯槽セル	×	×	○
		・高レベル廃液混合槽セル	×	×	○
		・固化セル	×	×	○
		結合装置圧力信号による流下ノズル加熱停止回路	×	×	○
		○ 冷却設備	安全冷却水系から崩壊熱除去用冷却水を必要とする機器までの配管	×	×
	高レベル濃縮廃液貯槽		×	×	×
不溶解残渣廃液貯槽	×		×	×	

○：評価対象
－：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	○ 冷却設備	高レベル廃液共用貯槽	×	×	×
		高レベル濃縮廃液一時貯槽	×	×	×
		不溶解残渣廃液一時貯槽	×	×	×
		高レベル廃液混合槽	×	×	×
		供給液槽	×	×	×
		供給槽	×	×	×
	○ 冷却空気用配管	安全圧縮空気系から高レベル廃液ガラス固化設備のガラス溶融炉の流下停止系までの冷却用空気を供給する配管	×	×	×
	○ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気を必要とする以下の機器までの水素掃気用の配管	水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から水素掃気用の圧縮空気を供給する機器までの水素掃気用の配管	—	—	—
		高レベル濃縮廃液貯槽	×	×	×
		不溶解残渣廃液貯槽	×	×	×
		高レベル廃液共用貯槽	×	×	×
		高レベル濃縮廃液一時貯槽	×	×	×
		不溶解残渣廃液一時貯槽	×	×	×
		高レベル廃液混合槽	×	×	×
		供給液槽	×	×	×
供給槽	×	×	×		

○：評価対象
 —：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	○ 漏えい液回収系統	下記のセルの漏えい液受け皿から漏えい液を回収するための系統			
		・高レベル濃縮廃液貯槽セル	×	×	×
		・高レベル濃縮廃液一時貯槽セル	×	×	×
		・高レベル廃液共用貯槽セル	×	×	×
		・高レベル廃液混合槽セル	×	×	×
		・不溶解残渣廃液貯槽セル	×	×	×
		・不溶解残渣廃液一時貯槽セル	×	×	×
		・固化セル	×	×	×
	○ 上記 12 の安全保護回路により保護動作を行う機器及び系統	ガラス溶融炉の流下停止系	×	×	×
		固化セル隔離ダンパ	×	×	×
	○ 計装用空気を供給する安全圧縮空気系から上記 9, 12 及び 15 の計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管	×	×	×
		○ 上記 3, 5 及び 6 の放射性物質の閉じ込め機能を支援する施設	高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 吸収塔の純水系	×	×
高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 廃ガス洗浄器, 吸収塔及び凝縮器の冷水系	×		×	×	

○：評価対象
 -：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
高レベル廃液ガラス固化建屋及び第1 ガラス固化体貯蔵建屋（続き）	○ 上記 3,5 及び 6 の放射性物質の閉じ込め機能を支援する施設	高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 セル内クーラ	×	×	×
		高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 固化セル隔離ダンパ	×	×	×
	○ 高レベル廃液ガラス固化設備	固化セル移送台車	×	×	×
その他の主要な施設	8 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源	非常用所内電源系統	×	×	○
		安全蒸気系	×	×	×
		安全圧縮空気系(かくはん等のための圧縮空気を供給する系統は除く)	×	×	×
	9 熱的, 化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器	分析済溶液処理系の主要設備の臨界安全管理表に寸法が記載されている機器			
		分析済溶液受槽	×	×	×
		分析済溶液供給槽	×	×	×
		濃縮液受槽	×	×	×
		濃縮液供給槽	×	×	×
		抽出液受槽	×	×	×
		抽出残液受槽	×	×	×
		分析残液受槽	×	×	×
	分析残液希釈槽	×	×	×	
	13 排気筒	主排気筒	○	—	○
	14 制御室等及びその換気空調系統	中央制御室	×	×	×
制御建屋中央制御室換気設備		×	○	○	

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象（ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象）

第1表 竜巻防護施設の選定結果一覧

建屋	分類	安全上重要な施設	(竜巻) 設計項目		
			風圧力	気圧差	飛来物
その他の主要な施設 (続き)	15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統, 冷却水系統等	安全冷却水系	○	—	○
		チャンネルボックス・バーナブルポイント処理建屋の貯蔵室の遮蔽設備	×	×	×
		ハル・エンドピース貯蔵建屋の貯蔵プールの遮蔽設備	×	×	×
		主排気筒の排気筒モニタ	×	×	○

○：評価対象
—：評価対象外

×：評価対象 (ただし、当該設備を設置する建屋が評価対象)

第2表 波及的影響を及ぼし得る施設の検討結果一覧

設計対象施設	周辺の施設	判定	備考
前処理建屋	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	－	設計対象施設
	冷却塔 A (使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	－	設計対象施設
	冷却塔 A (再処理設備本体用)	－	設計対象施設
	主排気筒	－	設計対象施設
	分離建屋	－	設計対象施設
	高レベル廃液ガラス固化建屋	－	設計対象施設
分離建屋	前処理建屋	－	設計対象施設
	冷却塔 A (再処理設備本体用)	－	設計対象施設
	主排気筒	－	設計対象施設
	試薬建屋	(1)	離隔距離(約 30m) > 建屋高さ(約 12m)
	ヒドラジン貯槽	(2)	移設により波及的影響を及ぼさない
	精製建屋	－	設計対象施設
	出入管理建屋	(1)	離隔距離(約 50m) > 建屋高さ(約 24m)
	制御建屋	－	設計対象施設
	冷却塔 B (第2非常用ディーゼル発電機用)	－	設計対象施設
精製建屋	高レベル廃液ガラス固化建屋	－	設計対象施設
	分離建屋	－	設計対象施設
	主排気筒	－	設計対象施設
	試薬建屋	(1)	離隔距離(約 40m) > 建屋高さ(約 12m)
	ヒドラジン貯槽	(2)	移設により波及的影響を及ぼさない
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	－	設計対象施設
	ウラン脱硝建屋	－	設計対象施設
	分析建屋	(1)	間に出入管理建屋がある
出入管理建屋	(1)	離隔距離(約 70m) > 建屋高さ(約 24m)	
ハル・エンドピース貯蔵建屋	使用済燃料輸送容器管理建屋	(1)	離隔距離(約 55m) > 建屋高さ(約 15m)
	ボイラ建屋	(1)	離隔距離(約 70m) > 建屋高さ(約 19m)
	煙突	(1)	離隔距離(約 90m) > 煙突高さ(約 50m)
制御建屋	高レベル廃液ガラス固化建屋	－	設計対象施設
	分離建屋	－	設計対象施設
	精製建屋	－	設計対象施設
	出入管理建屋	○	
	分析建屋	－	設計対象施設
	冷却塔 B (第2非常用ディーゼル発電機用)	－	設計対象施設

<判定>

○ 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

(1) 「設計対象施設への距離 > 建屋・構築物の高さ」の条件を満たすため、
波及的影響を及ぼすおそれのないもの。

(2) その他

第2表 波及的影響を及ぼし得る施設の検討結果一覧

設計対象施設	周辺の施設	判定	備考
主排気筒	再処理建設事務所	(1)	離隔距離(約 90m) > 建屋高さ(約 10m)
	精製建屋	—	設計対象施設
	試薬建屋	(1)	離隔距離(約 30m) > 建屋高さ(約 12m)
	ヒドラジン貯槽	(2)	移設により波及的影響を及ぼさない
	分離建屋	—	設計対象施設
	前処理建屋	—	設計対象施設
	冷却塔 A (再処理設備本体用)	—	設計対象施設
冷却塔 A (再処理本体用)	前処理建屋	—	設計対象施設
	分離建屋	—	設計対象施設
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	—	設計対象施設
	主排気筒	—	設計対象施設
	冷却塔 A (使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	—	設計対象施設
冷却塔 B (再処理本体用)	運転予備用冷却水設備	(1)	離隔距離(約 10m) > 建屋高さ(約 9m)
	分析建屋	—	設計対象施設
	低レベル廃棄物処理建屋	(1)	離隔距離(約 45m) > 建屋高さ(約 29m)
	低レベル廃棄物処理建屋換気筒	(1)	離隔距離(約 90m) > 建屋高さ(約 46m)
	第2低レベル廃棄物貯蔵建屋	(1)	離隔距離(約 70m) > 建屋高さ(約 13m)
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	精製建屋	—	設計対象施設
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	—	設計対象施設
	ウラン酸化物貯蔵建屋	—	設計対象施設
	ウラン脱硝建屋	—	設計対象施設
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	—	設計対象施設
	ウラン酸化物貯蔵建屋	—	設計対象施設
チャンネルボックス・ハートナブルホイスン処理建屋	低レベル廃棄物処理建屋	○	
	低レベル廃棄物処理建屋換気筒	(1)	離隔距離(約 50m) > 排気筒高さ(約 46m)
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	○	
	使用済燃料輸送容器管理建屋	○	
	冷却塔 A (使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	—	設計対象施設
	前処理建屋	—	設計対象施設
	高レベル廃液ガラス固化建屋	—	設計対象施設
	冷却塔 B (使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	—	設計対象施設
	冷却塔 A (再処理設備本体用)	—	設計対象施設
冷却塔 A (使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	第1低レベル廃棄物貯蔵建屋	(1)	離隔距離(約 30m) > 建屋高さ(約 10m)
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	—	設計対象施設
	使用済燃料輸送容器管理建屋	○	
	冷却塔 A (再処理設備本体用)	—	設計対象施設

<判定>

○ 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

(1) 「設計対象施設への距離 > 建屋・構築物の高さ」の条件を満たすため、波及的影響を及ぼすおそれのないもの。

(2) その他

第2表 波及的影響を及ぼし得る施設の検討結果一覧

設計対象施設	周辺の施設	判定	備考
冷却塔B(使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	○	
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	—	設計対象施設
	前処理建屋	—	設計対象施設
	高レベル廃液ガラス固化建屋	—	設計対象施設
	北換気筒	○	
非常用電源建屋	高レベル廃液ガラス固化建屋	—	設計対象施設
	冷却塔B(第2非常用ディーゼル発電機用)	—	設計対象施設
	運転予備用冷却水設備	(1)	離隔距離(約45m) > 建屋高さ(約9m)
	冷却塔A(第2非常用ディーゼル発電機用)	—	設計対象施設
	北換気筒	(1)	離隔距離(約180m) > 換気筒高さ(約75m)
冷却塔A(第2非常用DG用)	非常用電源建屋	—	設計対象施設
	運転予備用冷却水設備	(1)	離隔距離(約45m) > 建屋高さ(約9m)
	北換気筒	(1)	離隔距離(約180m) > 換気筒高さ(約75m)
冷却塔B(第2非常用DG用)	高レベル廃液ガラス固化建屋	—	設計対象施設
	分離建屋	—	設計対象施設
	制御建屋	—	設計対象施設
	非常用電源建屋	—	設計対象施設
	北換気筒	(1)	離隔距離(約180m) > 換気筒高さ(約75m)
高レベル廃液ガラス固化建屋	前処理建屋	—	設計対象施設
	分離建屋	—	設計対象施設
	制御建屋	—	設計対象施設
	冷却塔B(第2非常用ディーゼル発電機用)	—	設計対象施設
	非常用電源建屋	—	設計対象施設
	北換気筒	(1)	離隔距離(約90m) > 建屋高さ(約75m)
	冷却塔B(使用済燃料の受入れ・貯蔵施設用)	—	設計対象施設
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	—	設計対象施設
第1ガラス固化体貯蔵建屋	ガラス固化体受入れ建屋	—	設計対象施設
	ガラス固化体貯蔵建屋	—	設計対象施設
	北換気筒	○	

<判定>

○ 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

(1) 「設計対象施設への距離 > 建屋・構築物の高さ」の条件を満たすため、
波及的影響を及ぼすおそれのないもの。

(2) その他

第3表 設計対象施設と設計対象項目

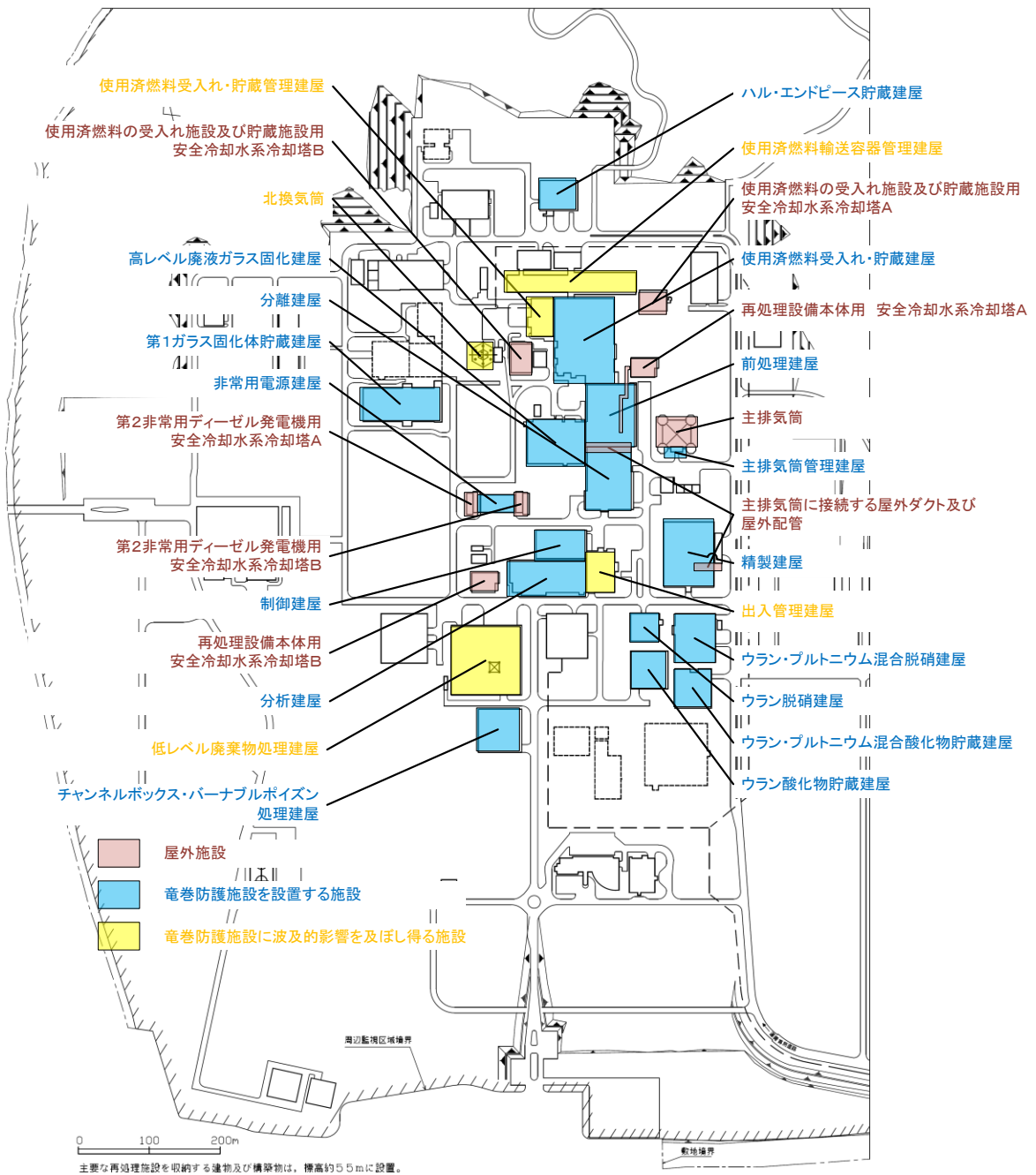
設計対象施設		設計対象項目		
		風圧力	気圧差	飛来物
竜巻防護施設を設置する施設	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○	○	○
	・前処理建屋	○	○	○
	・分離建屋	○	○	○
	・精製建屋	○	○	○
	・ウラン脱硝建屋	○	○	○
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	○	○	○
	・ウラン酸化物貯蔵建屋	○	○	○
	・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	○	○	○
	・高レベル廃液ガラス固化建屋	○	○	○
	・第1ガラス固化体貯蔵建屋	○	○	○
	・チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	○	○	○
	・ハル・エンドピース貯蔵建屋	○	○	○
	・制御建屋	○	○	○
	・分析建屋	○	○	○
・非常用電源建屋	○	○	○	
・主排気筒管理建屋	○	○	○	
屋外施設	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用安全冷却水系冷却塔	○	—	○
	・再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔	○	—	○
	・冷却塔に接続する屋外設備	○	—	○
	・第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔	○	—	○
	・主排気筒	○	—	○
	・主排気筒に接続する屋外ダクト及び屋外配管	○	—	○
建屋に設置されるが防護が期待できない施設	・第2非常用ディーゼル発電機	—	—	○
	・非常用電源建屋の非常用所内電源系統	—	—	○
	・前処理建屋の非常用所内電源系統、計測制御系統施設及び安全蒸気系	—	—	○
	・精製建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設	—	—	○
	・高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統、計測制御系統施設及び安全冷却水系	—	—	○
	・第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器	—	—	○
	・制御建屋中央制御室換気設備	—	○	○
	・主排気筒の排気筒モニタ	—	—	○

凡例) ○：設計対象 —：設計対象外

第3表 設計対象施設と設計対象項目（続き）

設計対象施設		設計対象項目		
		風圧力	気圧差	飛来物
竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設	・北換気筒	○	—	○
	・使用済燃料輸送容器管理建屋	○	○	○
	・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	○	○	○
	・低レベル廃棄物処理建屋	○	○	○
	・出入管理建屋	○	○	○
建屋内の施設で外気と繋がっている施設	・せん断処理・溶解廃ガス処理設備	—	○	—
	・前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○	—
	・分離建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○	—
	・精製建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○	—
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○	—
	・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備	—	○	—
	・高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備	—	○	—
	・前処理建屋換気設備の排気系	—	○	—
	・分離建屋換気設備の排気系	—	○	—
	・精製建屋換気設備の排気系	—	○	—
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系	—	○	—
	・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系	—	○	—
	・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系	—	○	—
・ガラス固化体貯蔵設備の収納管	—	○	—	
・制御建屋中央制御室換気設備	—	○	○	

凡例) ○：設計対象 —：設計対象外



第6図 設計対象施設の配置

令和元年 12 月 10 日 R2

補足説明資料 3 - 2 (9 条 竜巻)

竜巻に対して防護する必要のある開口部の選定について

1. 選定方針

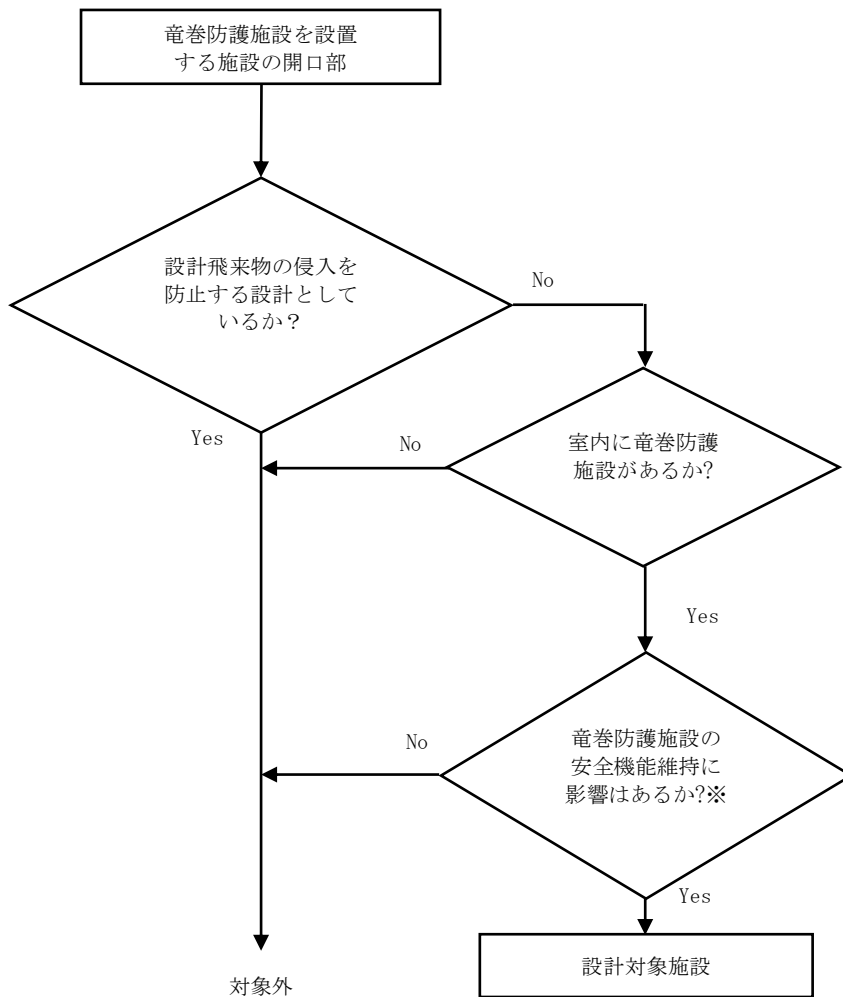
建屋に設置される開口部は、第1図に示す選定フローに従って竜巻防護施設への影響の有無を検討し、影響を受ける竜巻防護施設については、「建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設」として選定する。

具体的には、開口部を有する室に竜巻防護施設が設置されているか現地調査又は図面によって確認し、設置されている場合には、開口部からの飛来物侵入により竜巻防護施設に影響を与えるおそれがあるか検討する。影響を与えるおそれがあると判断した開口部は防護対策を施す対象とするとともに、影響を受ける竜巻防護施設を、「建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設」として選定する。

2. 設計対象施設の選定結果

第1図に示す選定フローに従い選定した開口部及び、「建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設」を第1表に示す。

以 上



<建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設>
 前処理建屋の安全蒸気系
 前処理建屋、精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設
 高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系
 非常用電源建屋の非常用所内電源系統
 制御建屋中央制御室換気設備

※設計飛来物が開口部を通じて室内へ侵入した場合に、安全上重要な施設へ衝突する可能性の有無を確認する。

第 1 図 開口部に対する設計対象施設の選定フロー

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	1	SAT39		第1非常用ディーゼル発電機 A	無	SAT39は飛来物防護扉であり、安全機能へ影響を与えることはない。
前処理建屋	1	SSD501		安全蒸気系	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSD507		なし	無	
	1	SSD509		なし	無	
	1	排気口		なし	無	
	1	SSD512		なし	無	
	1	SSD513		なし	無	
	1	SSD514		電気設備 計測制御設備	無	SSD514は飛来物防護扉である。
	1	排気口		電気設備(B) 計測制御設備(B) 安全保護回路(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSD517		なし	無	
	1	SSD521		電気設備(A) 計測制御設備(A) 安全保護回路(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	排気口		電気設備(A) 計測制御設備(A) 安全保護回路(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSD552		なし	無	
	1	SSD560		前処理建屋換気設備	無	セル排気系ダクトは開口部上端よりも高い位置に配置されているため、当該ダクトを損傷するおそれはない。
	3	SSD705		なし	無	
	3	SSD767		なし	無	
	4	SSD824		安全冷却水系	無	安全冷却水系配管は、開口部より離れた位置に設置されているため、当該配管を損傷するおそれはない。
	4	SSD804		安全冷却水系	無	安全冷却水系配管は、開口部より離れた位置に設置されているため、当該配管を損傷するおそれはない。
	5	SSD925		なし	無	
RF	SSD924		なし	無		
RF	SSD917		なし	無		
分離建屋	1	1F-M-01		なし	無	
	1	1F-M-02		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系 分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 パルセータ廃ガス処理系 分離建屋換気設備 分離設備 分配設備 分離建屋一時貯留処理設備 冷却水設備 安全冷却水 蒸気供給設備 安全蒸気系 圧縮空気設備 安全圧縮空気系 安全保護回路 計測制御設備 電気設備 建物(遮蔽) 溢水防護設備 [分離建屋堰]	無	配管等は、開口部より離れた位置に設置されているため、配管等を損傷するおそれはない。

■については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
分離建屋	1	1F-P-02		安全保護回路 電気設備 計測制御設備	無	開口部外側に耐震壁(壁厚さ:1200mm)があり、飛来物が直接開口部に達するおそれはない。
	1	1F-P-03		安全保護回路 計測制御設備 電気設備 溢水防護設備 [分離建屋防水扉]	無	開口部外側に耐震壁(壁厚さ:1200mm)があり、飛来物が直接開口部に達するおそれはない。
	1	1F-P-04		なし	無	
	1	1F-D-01		なし	無	
	2	2F-D-02		安全保護回路 計測制御設備 電気設備 溢水防護設備 [分離建屋防水扉]	無	開口部外側に耐震壁(壁厚さ:1200mm)があり、飛来物が直接開口部に達するおそれはない。
	2	2F-D-03		なし	無	
	3	3F-M-01		安全保護回路 溢水防護設備 [分離建屋防水扉]	無	安全保護回路は、開口部より離れた位置に設置されているため、安全保護回路を損傷するおそれはない。
	3	3F-M-02		安全保護回路 溢水防護設備 [分離建屋防水扉]	無	安全保護回路は、開口部より離れた位置に設置されているため、安全保護回路を損傷するおそれはない。
	3	3F-M-03		安全保護回路	無	安全保護回路は、開口部より離れた位置に設置されているため、安全保護回路を損傷するおそれはない。
	4	4F-M-01		なし	無	
	4	4F-M-04		なし	無	
	RF	RF-P-01		冷却水設備 安全冷却水 高レベル廃液濃縮設備 計測制御設備 電気設備 溢水防護設備 [分離建屋防水扉]	無	安全冷却水系等は開口部から距離があること、および飛来物は天井開口部から垂直に侵入するため、飛来物により損傷するおそれは無い。
	1	給気口1		なし	無	
	1	排気口1		なし	無	
	1	排気口2		安全保護回路 計測制御設備 電気設備 溢水防護設備 [分離建屋防水扉]	無	開口部外側に耐震壁(壁厚さ:1200mm)があり、飛来物が直接開口部に達するおそれはない。
	2	排気口3		なし	無	
	2	排気口4		なし	無	
精製建屋	1	PP01		なし	無	
	1	PP08		なし	無	
	1	PP45		なし	無	
	1	PP108		なし	無	
	1	PP79		計測制御設備 安全保護回路 電気設備	無	当該ケーブルの設置位置は、開口部上端より上の位置であり、扉の設置されている壁寄りに設置されていることから、侵入する飛来物により破損するおそれはない。
	1	PP96		なし	無	
	1	PP94		計測制御設備 安全保護回路 電気設備	無	当該ケーブルの設置位置は、開口部上端より上の位置であり、扉の設置されている壁寄りに設置されていることから、侵入する飛来物により破損するおそれはない。
	1	SAT107		なし	無	
	1	SS101		なし	無	
	1	BS38		なし	無	
	1	BS46		なし	無	
	1	BS104		なし	無	
	1	BS105		なし	無	
1	BS108		なし	無		

■については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
精製建屋	1	BS81		計測制御設備(A) 安全保護回路(A) 電気設備(A)	有	外気取入口が鉤型のコンクリート(厚さ30cm)で防護されているが、飛来物の裏面剥離限界厚さを下回るため、影響が建屋内に及ぶおそれがある。
	1	BS82		計測制御設備(A) 安全保護回路(A) 電気設備(A)	有	外気取入口が鉤型のコンクリート(厚さ30cm)で防護されているが、飛来物の裏面剥離限界厚さを下回るため、影響が建屋内に及ぶおそれがある。
	1	BS84		計測制御設備	無	電線管は、開口部より離れた位置に設置されているため、電線管を損傷するおそれはない。
	1	BS85		計測制御設備	無	電線管は、開口部より離れた位置に設置されているため、電線管を損傷するおそれはない。
	1	BS88		なし	無	
	1	BS89		なし	無	
	1	BS91		計測制御設備(B) 安全保護回路(B) 電気設備(B)	有	外気取入口が鉤型のコンクリート(厚さ30cm)で防護されているが、飛来物の裏面剥離限界厚さを下回るため、影響が建屋内に及ぶおそれがある。
	1	BS92		計測制御設備(B) 安全保護回路(B) 電気設備(B)	有	外気取入口が鉤型のコンクリート(厚さ30cm)で防護されているが、飛来物の裏面剥離限界厚さを下回るため、影響が建屋内に及ぶおそれがある。
	4	SAT93		なし	無	
	4	AT112		計測制御設備 安全保護回路 電気設備	無	当該ケーブルの設置位置は、開口部上端より上の位置であり、扉の設置されている壁寄りに設置されていることから、侵入する飛来物により破損するおそれはない。
	4	BS108		計測制御設備 安全保護回路 電気設備	無	電線管は、開口部より離れた位置に設置されているため、電線管を損傷するおそれはない。
	4	BS110		計測制御設備 安全保護回路 電気設備 溢水防護設備[精製建屋 堰]	無	当該ケーブルの設置位置は、開口部上端より上の位置であり、侵入する飛来物により破損するおそれはない。
	5	SAT45		なし	無	
	5	AT112		なし	無	
	5	HCC-1		なし	無	
	5	HCC-2		なし	無	
	5	HCC-3		精製建屋換気設備 電気設備	無	ダクト等は、開口部より離れた位置に設置されているため、ダクト等を損傷するおそれはない。
	5	HCC-4		精製建屋換気設備	無	ダクトは、開口部より離れた位置に設置されているため、ダクトを損傷するおそれはない。
	5	HCC-5		なし	無	
	5	HCC-6		なし	無	
	5	5F-P-01		なし	無	
	5	5F-P-02		なし	無	
	5	5F-P-03		なし	無	
	5	5F-P-04		なし	無	
	5	5F-P-05		なし	無	
	5	5F-P-06		なし	無	
	5	5F-P-07		なし	無	
	5	5F-P-08		なし	無	
	5	5F-P-09		なし	無	
	5	5F-P-10		なし	無	
5	5F-P-11		なし	無		
5	5F-P-12		なし	無		
5	5F-P-13		なし	無		
5	5F-P-14		なし	無		
5	5F-P-15		なし	無		

については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
精製建屋	5	5F-P-16		なし	無	
	5	5F-D-17		なし	無	
	5	5F-D-18		なし	無	
	5	5F-M-11		なし	無	
	5	5F-M-12		なし	無	
	5	5F-M-20		なし	無	
	6	6F-M-21		なし	無	
	6	6F-M-22		なし	無	
ハル・エンドピース 貯蔵建屋		対象なし	対象なし	対象なし	無	
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	1	PP302		なし	無	
	1	SAT304		なし	無	
	1	SSS301		なし	無	
	1	PP304		なし	無	
	1	PP306		なし	無	
	2	KK404		なし	無	
	2	A-4-13		なし	無	
	2	A-4-14	-	なし	無	
	2	A-4-15		計測制御設備	無	計測制御設備は、開口部より離れた位置に設置されているため、計測制御設備を損傷するおそれはない。
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋	1	PP501		なし	無	
	1	PP501		なし	無	
	1	PP501		なし	無	
	1	PP502		なし	無	
	1	PP504		なし	無	
	1	PP502		なし	無	
	1	PP503		なし	無	
チャンネルボックス・ハーナブル ボイスン処理建屋		対象なし	対象なし	対象なし	無	
高レベル廃液 ガラス固化建屋	1	PP501		電気設備	無	当該ケーブルの設置位置は、開口部上端より上の位置であり、侵入する飛来物により破損するおそれはない。
	1	SSS501		なし	無	
	1	SSD502		なし	無	
	1	PPB501		なし	無	
	1	PP502		なし	無	
	1	B501		なし	無	
	1	PPB502		計測制御設備(A) 安全保護回路(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSD502		なし	無	
	1	SSS502		なし	無	
	1	PP501		高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 高レベル廃液ガラス 固化建屋排気系 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 電気設備 安全保護回路	無	開口部の外側はコンクリート壁に囲まれているため、飛来物は、開口部に対し垂直に近い形で侵入すると考えられる。当該ダクト等の位置は、開口上端(約 EL57500)より上であり、扉の設置されている壁寄りに設置されていることから、侵入する飛来物により破損するおそれはない。
	1	PP501		なし	無	
	2	B601		なし	無	
	2	B601		なし	無	
	2	B601		なし	無	
	2	B601		なし	無	
	2	B603		計測制御設備(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
2	B604		安全保護回路(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。	

については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
高レベル廃液 ガラス固化建屋	2	B604		冷却水設備 安全冷却水系(B) 電気設備(A/B) 安全保護回路(A/B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	2	B602		なし	無	
	2	B604		なし	無	
	2	B603		なし	無	
	2	PPB601		なし	無	
	R	B702		なし	無	
	R	B702		なし	無	
	R	B702		なし	無	
	R	B702		なし	無	
	R	B701	建屋給気口	なし	無	
	R	SSD701		なし	無	
	R	SSD702		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レ ベル濃縮廃液廃ガス処理系 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 高レベル廃液ガラス 固化建屋排気系	無	当該開口部は、分離建屋に面しており直接飛来物が侵入しがたい配 置となっていることから、飛来物により破損するおそれはない。
第1 ガラス固化体 貯蔵建屋	1	SAT315		なし	無	
	1	SSS331		なし	無	
	1	AT307		なし	無	
	1	SAT301		なし	無	
	1	SSS332		なし	無	
	1	- (南側)		なし	無	
	1	- (北側)		なし	無	
	1	SAT316		なし	無	
	1	AT313		なし	無	
	1	BS341		なし	無	
	1	BS342		なし	無	
	1	BS343		なし	無	
	1	BS344		なし	無	
	R	BS501		なし	無	
	R	BS502		なし	無	
	R	BS503		なし	無	
	R	BS504		なし	無	
	R	BS505		なし	無	
	R	BS506		なし	無	
	R	BS507		なし	無	
R	BS508		なし	無		
R	SAT402		なし	無		
R	SAT403		なし	無		
R	BS411		なし	無		
R	BS412		なし	無		
R	BS413		なし	無		
非常用電源建屋	1	PPL1 PPL2		非常用所内電源系統(A) 直流電源設備(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	TD202		非常用所内電源系統 直流電源設備	無	TD202 は飛来物防護扉である。
	1	PPL1		非常用所内電源系統(B) 直流電源設備(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	TD204		非常用所内電源系統 直流電源設備	無	TD204 は飛来物防護扉である。

■については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
非常用電源建屋	1	PP203		非常用所内電源系統(B) 直流電源設備(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSS201		非常用ディーゼル発電機A 第2非常用ディーゼル発電機ターニング現場盤 A 燃料油系(A) 安全冷却水系(A) 起動空気系(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSS202		非常用ディーゼル発電機B 第2非常用ディーゼル発電機ターニング現場盤 B 燃料油系(B) 安全冷却水系(B) 起動空気系(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSD201		非常用ディーゼル発電機A 第2非常用ディーゼル発電機ターニング現場盤 A 燃料油系(A) 安全冷却水系(A) 起動空気系(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SSD205		非常用ディーゼル発電機B 第2非常用ディーゼル発電機ターニング現場盤 B 燃料油系(B) 安全冷却水系(B) 起動空気系(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SL1		非常用ディーゼル発電機A 第2非常用ディーゼル発電機ターニング現場盤 A 燃料油系(A) 安全冷却水系(A) 起動空気系(A)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	SL1		非常用ディーゼル発電機B 第2非常用ディーゼル発電機ターニング現場盤 B 燃料油系(B) 安全冷却水系(B) 起動空気系(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	PPL2		非常用所内電源系統(B) 直流電源設備(B)	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	2	SSD403		なし	無	
	2	—	屋上	なし	無	
	2	SL2		なし	無	
	2	SL3		なし	無	
	2	SL4		なし	無	
	2	SL4		なし	無	
	2	SSD409		なし	無	
	2	SSD408		なし	無	
	2	SSD407		なし	無	
	2	SSD406		なし	無	
2	SSD410		なし	無		
2	SSD411		なし	無		
2	SSD412		なし	無		

■については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
制御建屋	2	SSD413		なし	無	
	2	SSD414		なし	無	
	2	SL5 SL6		なし	無	
	2	SSD402	通路	なし	無	
	2	SL5 SL6		なし	無	
	2	SSD405	通路	なし	無	
	1	1F-M-01		なし	無	
	1	1F-M-02		なし	無	
	1	1F-M-03		なし	無	
	2	2F-M-01		なし	無	
	3	3F-M-01		なし	無	
	3	3F-M-02		なし	無	
	3	3F-M-03		なし	無	
	3	3F-M-04		なし	無	
	3	3F-D-01		中央制御室換気設備 中央制御室排気隔離ダンパ A/B	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	3	3F-D-02		なし	無	
3	3F-D-03		なし	無		
主排気筒管理建屋	1	SSD121		なし	無	
	1	A-4 15(1)		なし	無	
	1	AG101		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	A-4 15(2)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	A-4 15(3)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	A-4 15(4)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	A-4 15(5)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	A-4 15(6)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
	1	A-4 15(7)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。
1	A-4 15(8)		主排気筒の排気筒モニタ	有	飛来物が建屋内に侵入した場合、安全機能への影響有り。	
ウラン脱硝建屋	1	PP201		なし	無	
	1	SS224		なし	無	
	1	AG225		なし	無	
	1	PPL227		なし	無	
	1	PP210		なし	無	
	1	PPL228		電気設備	無	電気設備は、開口部より離れた位置に設置されているため、電気設備を損傷するおそれはない。
	1	F0226		電気設備	無	電気設備は、開口部より離れた位置に設置されているため、電気設備を損傷するおそれはない。
	1	PP223		なし	無	
	4	SD533		なし	無	
	5	PPSL607		なし	無	
	5	AG605		なし	無	
	5	PPSL608		なし	無	
5	AF606		なし	無		
ウラン酸化物 貯蔵建屋	1	SS0306		なし	無	
	1	PPL319		なし	無	
	1	AG315		なし	無	
	1	AG316		なし	無	
	1	PPL320		なし	無	

■については商業機密の観点から公開できません。

第1表 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設の選定結果

建屋	階層	開口部番号	安全上重要な施設		安全機能への影響	
			部屋番号	機器名称	有無	備考
ウラン酸化物 貯蔵建屋	1	AG317	■	なし	無	
	1	AG381	■	なし	無	
	1	SS314	■	なし	無	
	2	PP307	■	なし	無	
	2	PPSL412	■	なし	無	
	2	AG408	■	なし	無	
	2	PPSL411	■	なし	無	
	2	AG407	■	なし	無	
	2	PPSL409	■	なし	無	
	2	AG405	■	なし	無	
	2	PPSL410	■	なし	無	
2	AG406	■	なし	無		

■については商業機密の観点から公開できません。

令和元年 12 月 10 日 R3

補足説明資料 4 - 4 (9 条 竜巻)

竜巻影響エリアの設定の妥当性について

竜巻影響エリアは、発電所の評価対象施設の面積及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する単一の円形のエリアとして設定している。

原子力発電所の場合、評価対象施設が一か所に集中して配置される場合は、竜巻影響エリアはそれらを包絡する単一の円としている。また、海水ポンプ所のように複数個所に分散した位置にも評価対象施設が設置される場合、個別の評価対象施設を包絡する円を単一の直線上に並べ、それらを包絡する単一の円をサイト全体の等価円として設定している例が見られる（第1図はT2発電所の例）。

後者の方法では、個別の評価対象施設の円の個数が多いほど、発電所全体の等価円の面積はより保守的になる傾向となる。たとえば、3個の円と直径の合計が等しい単一の円の面積は、個別の円の合計面積に対して最大で3倍となる。

再処理施設は、化学プロセスの流れに従って多数の建屋がゆるやかに南北に長く配置されており、原子力発電所でみられるような主要な建屋が一か所に集中した配置になっていない。

また、原子力発電所では、海水ポンプ所のように、主要な建屋から極端に離れた位置に評価対象施設が設置される場

合があるが，再処理施設ではそのような孤立した施設をもたない。

このような特徴をもつ再処理施設において，竜巻影響エリアを設定するにあたり，設計対象施設を包含する円を13個設定した。このような場合，個別の円と直径の合計が等しい等価円を竜巻影響エリアとすると，過度に保守的になる。

そこで再処理施設では個別の円の面積の合計と等しい面積の円を竜巻影響エリアとした。（第2表）

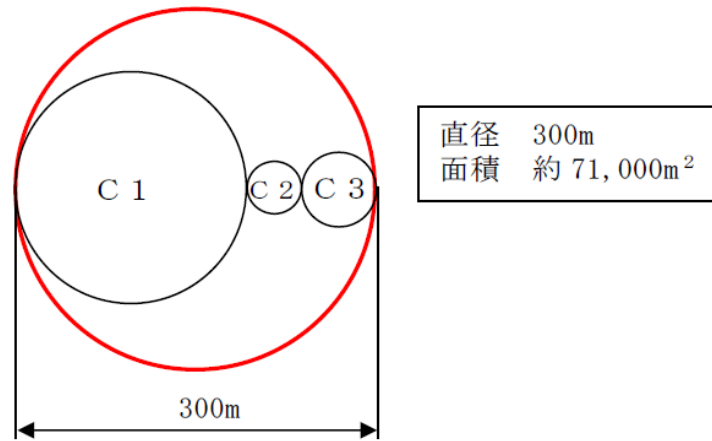
再処理施設と主要な原子力発電所について，設計対象施設（評価対象施設）の設置面積と竜巻影響エリアの面積の比率を算出し比較した結果を第1表に示す。

比率が小さいほど竜巻影響エリアは保守的に設定されているといえる。この結果から，再処理施設の竜巻影響エリアは原子力発電所と比べても同等な設定となっていることが確認できる。

参考文献：

「軽水炉原子力発電所の竜巻影響評価における設計竜巻風速および飛来物速度の設定に関するガイドライン」（JSM-NRE-009）日本保全学会原子力規制関連事項検討会，平成27年1月，pp.10-11，解説5-4

以上



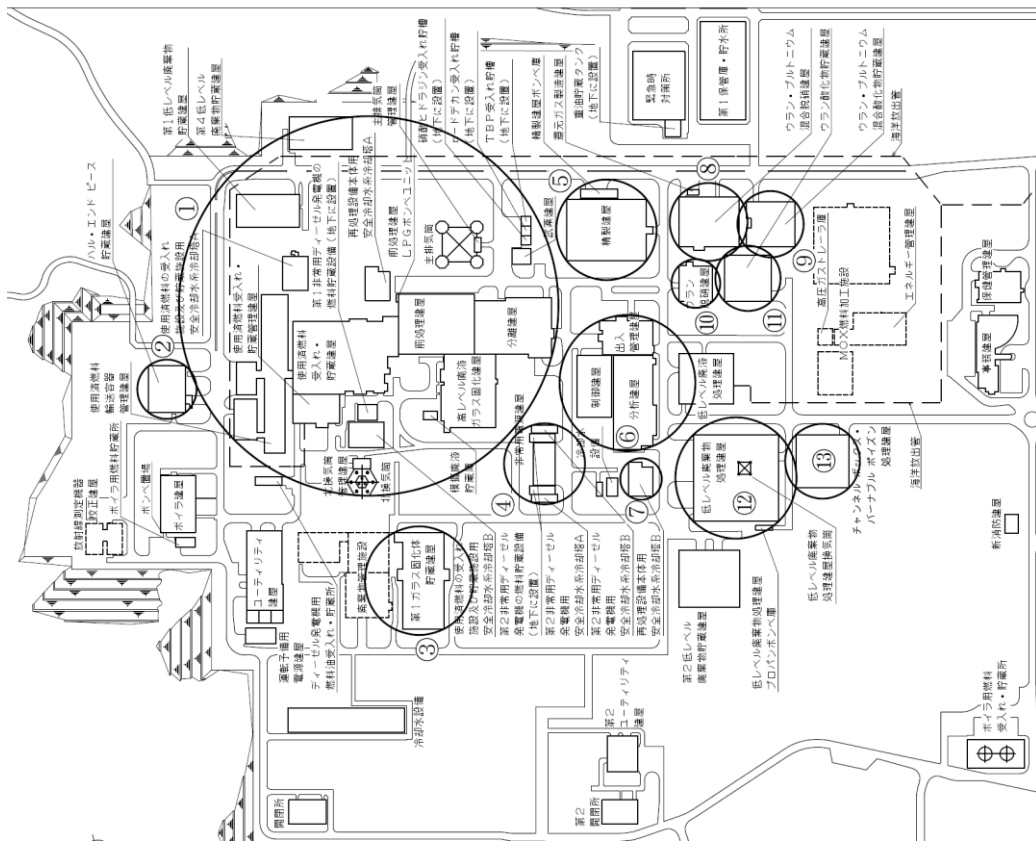
第 1 図 T 2 原子力発電所の竜巻影響エリアモデル例

第1表 原子力施設の評価対象施設の設置面積と竜巻対象エリアの面積の比較

施設	評価対象施設の設置面積 (m ²) [A]	包絡円の の個数	竜巻対象エリアの直径 (m)	竜巻対象エリアの面積 (m ²) [B]	比率 [A]/[B]
T 2 発電所	約 14,450	3	300	7.09E+04	0.20
T K 発電所	28,797	1	350	9.62E+04	0.30
S 発電所	30,050	2	340	9.10E+04	0.31
O 発電所	36,934	1	350	9.62E+04	0.39
I 発電所	22,343	1	420	1.38E+05	0.16
再処理施設	91,300	13	560	2.5E+05	0.37

第2表 再処理施設の設計対象施設の設置面積と竜巻影響エリアの比較

エリア番号	設計対象施設の設置面積 (m ²) [A]	エリア直径 (m)	エリア面積 (m ²) [B]	比率 [A]/[B]
1	41,400	437	1.5 × 10 ⁵	—
2	2,200	68	3.7 × 10 ³	—
3	5,700	126	1.2 × 10 ⁴	—
4	1,500	93	0.9 × 10 ³	—
5	6,500	116	1.1 × 10 ⁴	—
6	10,300	157	1.9 × 10 ⁴	—
7	1,100	48	1.8 × 10 ³	—
8	2,700	89	6.3 × 10 ³	—
9	2,700	76	4.5 × 10 ³	—
10	1,500	56	2.5 × 10 ³	—
11	2,700	75	4.4 × 10 ³	—
12	9,500	143	1.6 × 10 ⁴	—
13	3,500	86	5.8 × 10 ³	—
合計値	91,300	(557)	2.4 × 10 ⁵	—
評価に用いる値	91,300	560	2.5 × 10 ⁵	0.37



令和元年 12 月 10 日 R4

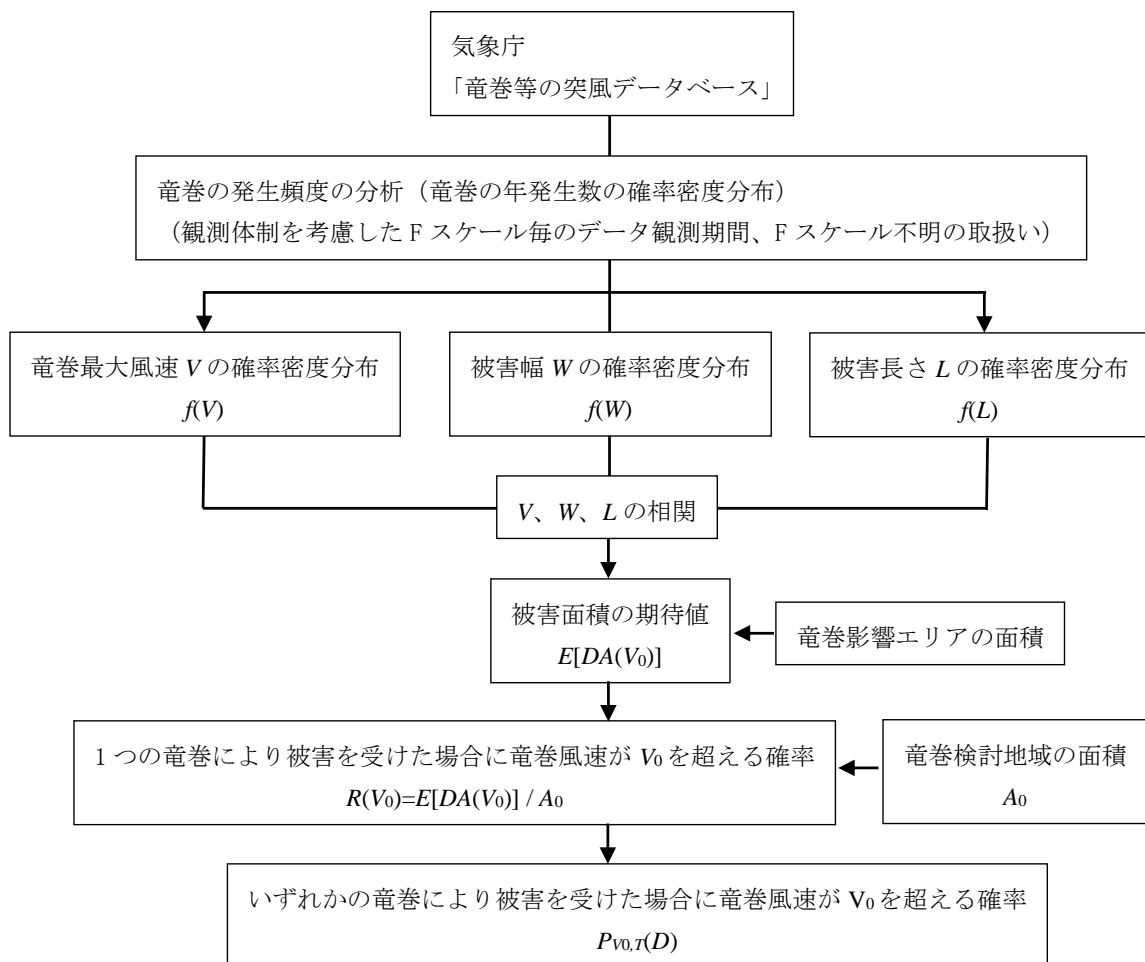
補足説明資料 4 - 5 (9 条 竜巻)

ハザード曲線による竜巻最大風速 (V_{B2}) の計算について

1. 評価フロー

竜巻ガイドの解説 3.3.2 に例示された $Wen \& Chu^{(1)}$ 及び $Garrison \ et \ al.^{(2)(3)}$ による最大風速 V_{B2} を算定する。具体的な算定方法については、東京工芸大学委託成果「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾ を参考とする。

第 1-1 図にハザード曲線の算定フローを示す。



第 1-1 図 ハザード曲線の算定フロー

2. 竜巻発生頻度の分析

(1) 竜巻発生頻度の補正

気象庁「竜巻等の突風データベース」より、竜巻検討地域における1961年1月～2013年12月のデータを用いて、竜巻の発生数を分析する。観測体制が段階的に強化されたため、観測データの精度には差がある。特に2007年以降の発生数は非常に多くなっている。したがって、観測データを以下の3つの期間に分け、補正を行う。

- a. 2007年1月～2013年12月（7年間）
- b. 1991年1月～2013年12月（23年間）
- c. 1961年1月～2013年12月（53年間）

上記3つの観測期間それぞれに対して、竜巻発生数、年間平均発生数及びその標準偏差をFスケール毎に調査した結果を第1表に示す。

擬似的な53年間のデータや統計量は以下を基本的な考え方として作成した。

- a. F 0 及び F スケール不明の竜巻については、観測体制が強化される前は見過ごされた可能性が高いことから、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を採用する。
- b. F 1 の竜巻については、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を採用する。
- c. F 2 及び F 3 スケールの竜巻については、見逃される可能性が少ないため1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を採用する。

d. 53年間の発生数を上記 a～c の観測期間との比率から F スケールごとに推計する。

e. 海上の F スケール不明竜巻については補足説明資料 4-6 に記載のとおり，按分する。陸上の F スケール不明竜巻については，被害が確認されなかったということであるため F0 竜巻とする。

以上の分析結果を第 1 表に示す。竜巻検討地域において，53 年間に 25 個の竜巻が観測されたことに対し，95 個の竜巻が発生したと推定した。

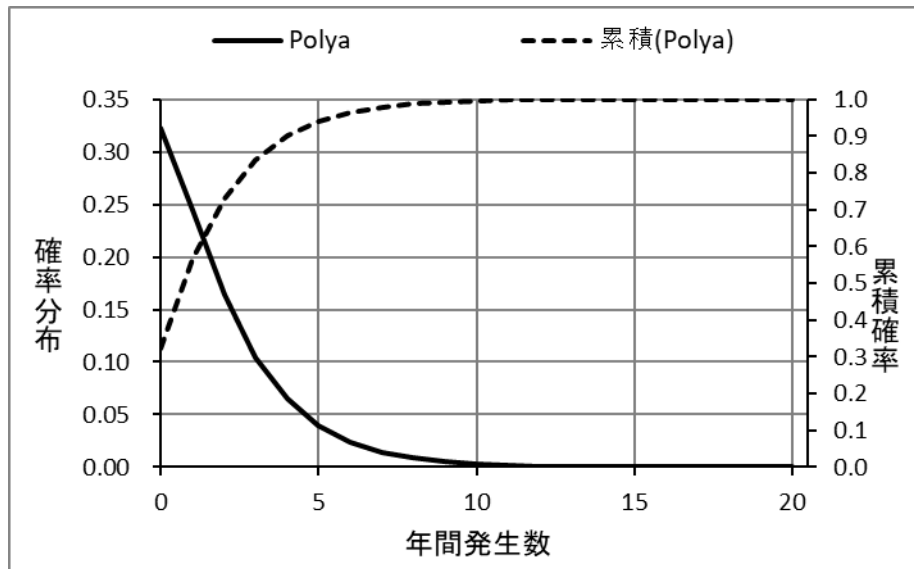
第 1 表 竜巻発生数の分析結果

	発生数の統計	(陸上+上陸) 竜巻						小計	海上竜巻 不明	総数
		竜巻スケール								
		F0	F1	F2	F3	F4	不明			
1961_01～ 2013_12 (53年間)	期間内総数(個)	6	9	4	0	0	1	20	5	25
	年平均(個)	0.11	0.17	0.08	0.00	0.00	0.02	0.38	0.09	0.47
	標準偏差(個)	0.58	0.51	0.27	0.00	0.00	0.14	0.97	0.41	1.08
1991_01～ 2013_12 (23年間)	期間内総数(個)	6	9	2	0	0	1	18	5	23
	年平均(個)	0.26	0.39	0.09	0.00	0.00	0.04	0.78	0.22	1.00
	標準偏差(個)	0.86	0.72	0.29	0.00	0.00	0.21	1.35	0.60	1.48
2007_01～ 2013_12 (7年間)	期間内総数(個)	5	3	0	0	0	0	8	4	12
	年平均(個)	0.71	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.57	1.71
	標準偏差(個)	1.50	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86	0.98	2.06

	発生数の統計	竜巻スケール						総数
		F0	F1	F2	F3	F4	不明	
疑似 (53年間) (按分後)	期間内総数(個)	57	32	6	0	0	0	95
	年平均(個)	1.07	0.58	0.11	0.00	0.00	0.00	1.76
	標準偏差(個)	1.83	0.88	0.33	0.00	0.00	0.00	2.06
疑似 (53年間) (全竜巻)	期間内総数(個)	57	32	6	0	0	0	95
	年平均(個)	1.08	0.60	0.11	0.00	0.00	0.00	1.79
	標準偏差(個)	1.83	0.88	0.33	0.00	0.00	0.00	2.06

(2)年発生数の確率密度分布の設定

竜巻の年発生数の確率密度分布の設定に当たっては、竜巻は気象条件の中でも極めて稀に発生する事象であり、発生数の変動（標準偏差）が大きい分布となり、東京工芸大学委託成果にポリヤ分布への適合性が良いことが示されているため、ハザード曲線の評価に当たって使用する竜巻の年発生数の確率分布は第1図に示すポリヤ分布を採用する。



第1図 竜巻検討地域における竜巻発生数の確率密度分布と累積確率

3. 竜巻の被害幅及び被害長さの分析

被害幅及び被害長さについても発生数と同様に解析する。被害幅及び被害長さの解析に利用可能なデータ数は、発生数のデータ数に比べてかなり少ない。したがって、以下の手順で53年間の被害幅及び被害長さの統計量の分析を行った。

- a. 統計量を確保するために、1961年以降の観測データを使用し、被害幅及び被害長さのデータをFスケール別に抽出する。
- b. 抽出されたFスケール別の被害幅データを大きい順に並び替え、53年間の発生数分だけ繰り返しサンプリングを行い、擬似53年間のデータとする。
- c. 擬似53年間のデータについて平均値及び標準偏差を求める。

第2表及び第3表に擬似53年間のデータを基に分析した被害幅及び被害長さの平均値及び標準偏差を示す。

第2表 被害幅の統計量

	竜巻幅 の統計 (m)	計	竜巻スケール					不明	総数
			F0	F1	F2	F3	F4		
1961_01～ 2013_12 (53年間)	期間内総数	15	4	9	2	0	0	10	25
	平均値 (m)	130	50	188	33	0	0		
	標準偏差 (m)	146	22	174	4	0	0		
疑似 (53年間) (全竜巻)	期間内総数	95	57	32	6	0	0	0	95
	平均値 (m)	102	50	207	33	0	0		
	標準偏差 (m)	123	19	166	3	0	0		

第3表 被害長さの統計量

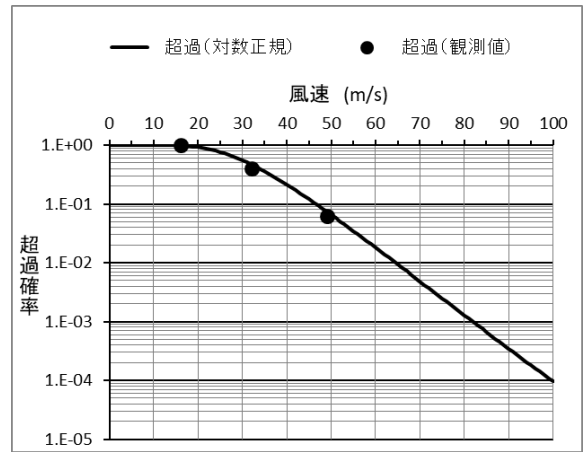
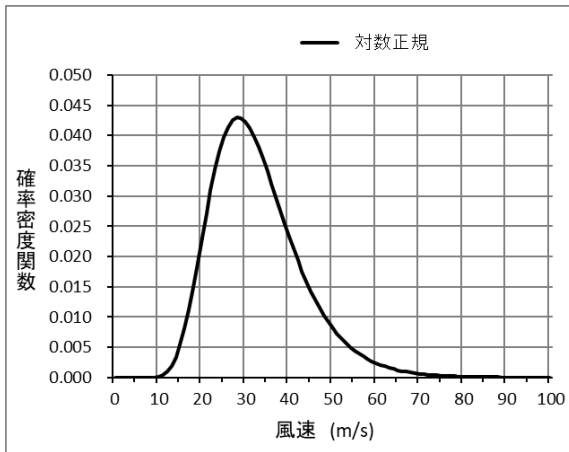
	被害長さ の統計 (km)	計	竜巻スケール					不明	総数
			F0	F1	F2	F3	F4		
1961_01～ 2013_12 (53年間)	期間内総数	16	4	9	3	0	0	9	25
	平均値 (m)	1,188	625	1,222	1,833	0	0		
	標準偏差 (m)	845	350	807	1,258	0	0		
疑似 (53年間) (全竜巻)	期間内総数	95	57	32	6	0	0	0	95
	平均値 (m)	934	632	1,303	1,833	0	0		
	標準偏差 (m)	692	307	781	1,125	0	0		

4. 竜巻風速，被害幅及び被害長さの確率密度分布及び相関係数

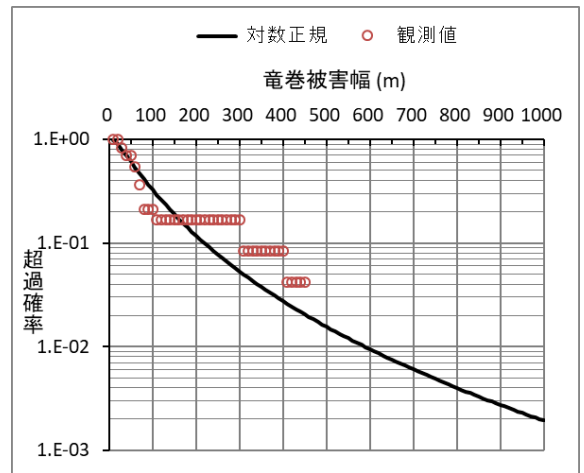
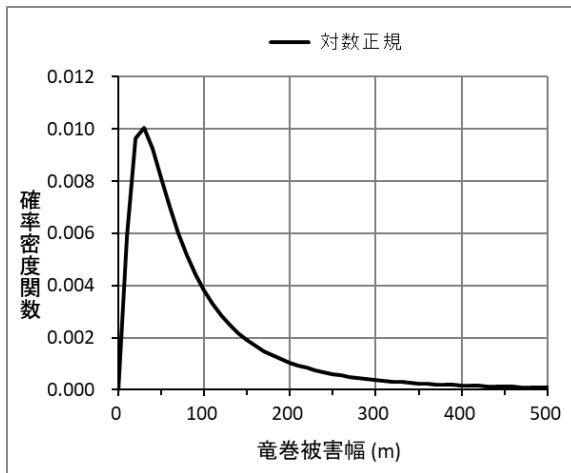
竜巻検討地域における竜巻の発生数，被害幅及び被害長さは，前記で評価した統計量を有する対数正規分布に従うものとする。第4表に統計量を示す。それぞれの確立密度分布については，第2図～第4図に示す。さらに，1961年以降の観測データのみを用いて，第5表に示すとおり竜巻風速，被害幅及び被害長さについて相関係数を求める。

第4表 発生数，被害幅及び被害長さの統計量

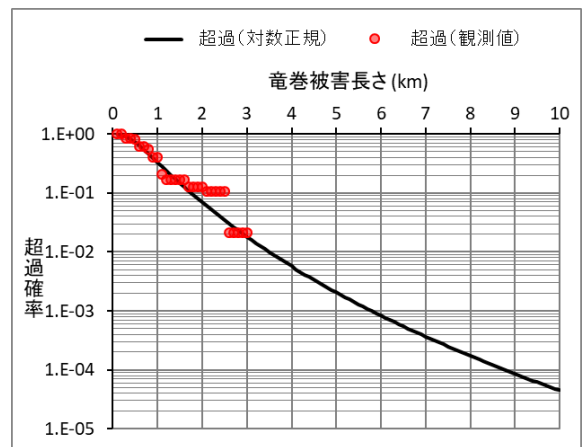
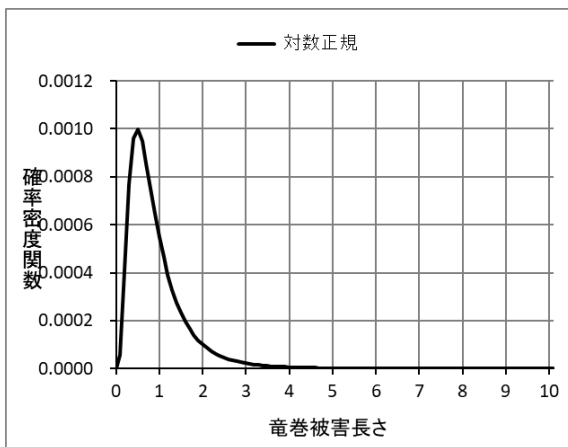
			計	竜巻スケール				
				F0	F1	F2	F3	F4
疑似 (53年間) (全竜巻)	発生数	期間内総数	95	57	32	6	0	0
		年平均(個)	1.79	1.08	0.60	0.11	0.00	0.00
		標準偏差(個)	2.06	1.83	0.88	0.33	0.00	0.00
	被害幅	期間内総数	95	57	32	6	0	0
		平均値(m)	102	50	207	33	0	0
		標準偏差(m)	123	19	166	3	0	0
	被害長	期間内総数	95	57	32	6	0	0
		平均値(m)	934	632	1,303	1,833	0	0
		標準偏差(m)	692	307	781	1,125	0	0



第 2 図 風速の確率密度分布（左）と超過確率（右）



第 3 図 被害幅の確率密度分布（左）と超過確率（右）



第 4 図 被害長さの確率密度分布（左）と超過確率（右）

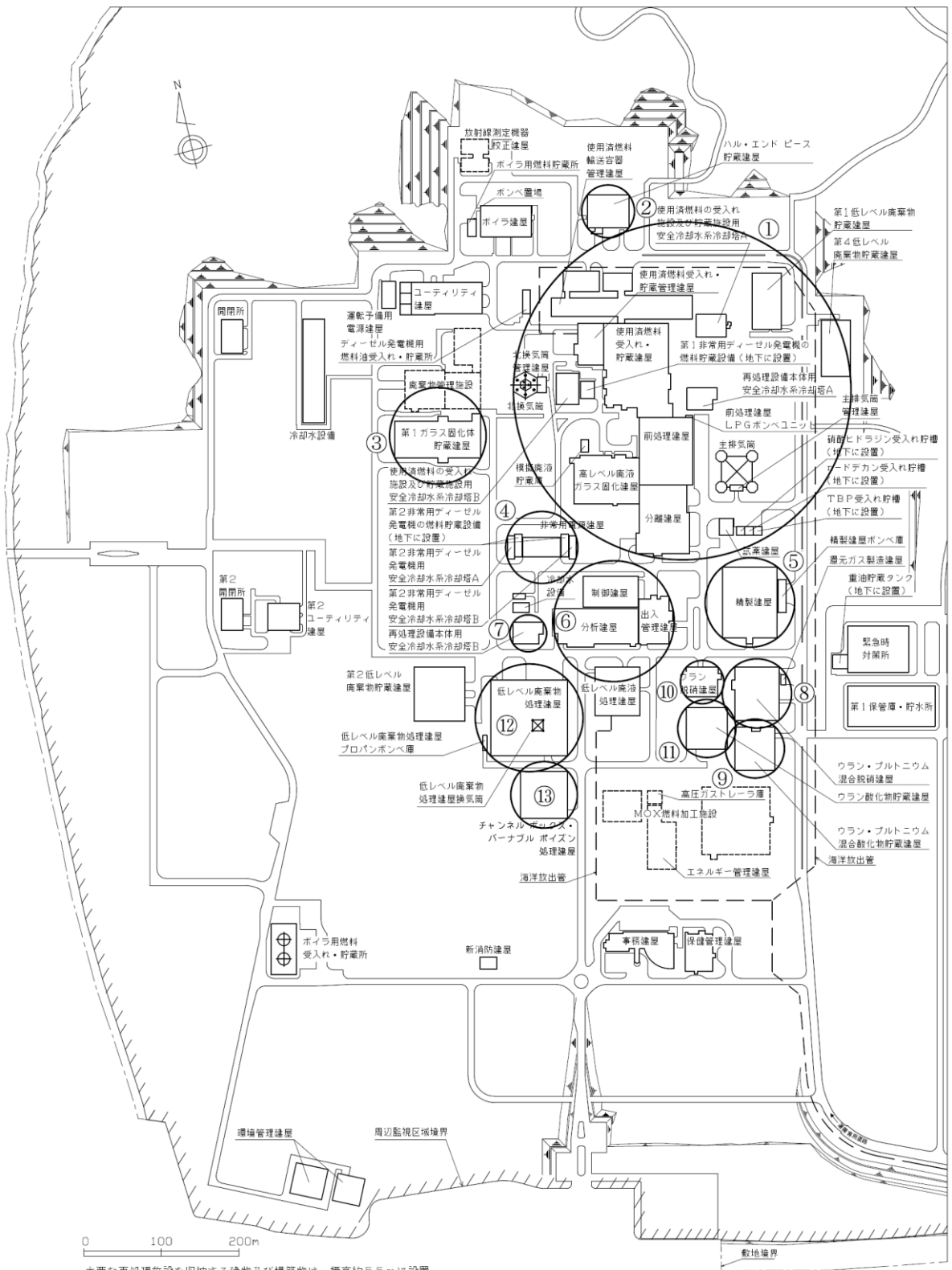
第5表 竜巻風速，被害幅及び被害長さの相関係数

相関係数（対数）	風速 (m/s)	被害幅 (m)	被害長さ (m)
風速 (m/s)	1.0000	0.0800	0.4646
被害幅 (m)	0.0800	1.0000	0.2418
被害長さ (m)	0.4646	0.2418	1.0000

5. 竜巻影響エリアの設定

再処理施設においては設計対象施設が敷地内に分散しているため、それぞれの設計対象施設を包含する円を設置面積とみなし、これらの設置面積の合計値と等価な面積の円を第5図に示すとおり竜巻影響エリアとして設定する。

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。



主要な再処理施設を収納する建物及び構築物は、標高約5.5mに設置。

エリア番号	直径 (m)	面積 (m ²)
①	437	1.5×10 ⁵
②	68	3.7×10 ³
③	126	1.2×10 ⁴
④	93	6.8×10 ³
⑤	116	1.1×10 ⁴

エリア番号	直径 (m)	面積 (m ²)
⑥	157	1.9×10 ⁴
⑦	48	1.8×10 ³
⑧	89	6.3×10 ³
⑨	76	4.5×10 ³
⑩	56	2.5×10 ³

エリア番号	直径 (m)	面積 (m ²)
⑪	75	4.4×10 ³
⑫	143	1.6×10 ⁴
⑬	86	5.8×10 ³
合計値	(557)	2.4×10 ⁵
評価に用いる値	560	2.5×10 ⁵

()内は換算値

第5図 竜巻影響エリア

6. ハザード曲線の算定方法

前記で設定した竜巻の年発生数の確率分布及び最大風速の確率分布をもとに、以下に示すとおり竜巻ガイドの解説 3. 3. 2 に例示された W e n & C h u 及び G a r s o n e t a l . の方法に沿って、ハザード曲線を算定する。

(1) 評価方法

D を評価対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象とし、ある竜巻が評価対象構造物を襲い、その竜巻の風速が V_0 以上となる確率を $R(V_0)$ とする。また、ある竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とする。また、その期待値を $E[DA(V_0)]$ にて表す。

a. 前記に基づき、竜巻の最大風速 V 、被害幅 w 及び被害長さ l の統計値から、次式の 3 次元対数正規分布型の確率密度分布を与える。

$$f(V, w, l) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^3 |\Sigma|^{1/2}} \frac{1}{Vwl} \exp\left(-\frac{1}{2}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})^T \Sigma^{-1}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})\right)$$

ここで、

$$\mathbf{x} = \begin{Bmatrix} \ln(V) \\ \ln(w) \\ \ln(l) \end{Bmatrix}, \quad \boldsymbol{\mu} = \begin{Bmatrix} \mu_V \\ \mu_w \\ \mu_l \end{Bmatrix}, \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_V^2 & \sigma_V \sigma_w \rho_{Vw} & \sigma_V \sigma_l \rho_{Vl} \\ \sigma_V \sigma_w \rho_{Vw} & \sigma_w^2 & \sigma_w \sigma_l \rho_{wl} \\ \sigma_V \sigma_l \rho_{Vl} & \sigma_w \sigma_l \rho_{wl} & \sigma_l^2 \end{bmatrix}$$

である。

\mathbf{x} は最大風速、被害幅及び被害長さの対数値 $\ln(V)$ 、 $\ln(w)$ 、 $\ln(l)$ によるベクトル、 $\boldsymbol{\mu}$ は各統計値から評価した最大風速、被害幅及び被害長さの対数値の平均からなるベクトル、 Σ は $\ln(V)$ 、 $\ln(w)$ 、 $\ln(l)$ から評価した標準偏差 σ_V 、 σ_w 、 σ_l と相関係数 ρ_{Vw} 、 ρ_{wl} 、 ρ_{Vl} からな

る分散共分散行列である。

- b. 被災領域内には，竜巻の被害幅のうち風速が V_D を超える部分の幅を与える次式を考慮する。

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w$$

ここで， V_{min} は，*G a l e i n t e n s i t y* と呼ばれ（*G a l e* は「非常に強い風」という意味），被害が発生し始める風速に位置づけられる。米国気象局 *N W S*（*N a t i o n a l W e a t h e r S e r v i c e*）では，34 ノット～47 ノット（ $17.5 \text{ m} / \text{ s} \sim 24.2 \text{ m} / \text{ s}$ ）とされ，また，気象庁が使用している風力階級では，風力 9 は大強風（*s t r o n g g a l e* : $20.8 \text{ m} / \text{ s} \sim 24.4 \text{ m} / \text{ s}$ ）と分類され，「屋根瓦が飛ぶ。人家に被害が出始める。」とされていることを参考に， V_{min} を $25 \text{ m} / \text{ s}$ とした。なお，この値は *F 0*（ $17 \text{ m} / \text{ s} \sim 32 \text{ m} / \text{ s}$ ）のほぼ中央値に相当する。

- c. 得られた平均と分散共分散行列を基に，竜巻影響エリアの代表幅 D_0 を考慮し，次式にて，被災面積期待値 $E [D A (V_0)]$ を算定する。

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0)lf(V, w, l)dVdw dl \\
&+ \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty H(\alpha)lf(V, l, \alpha)dVdl d\alpha \\
&+ \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0)G(\alpha)f(V, w, \alpha)dVdw d\alpha + S \int_{V_0}^\infty f(V)dV
\end{aligned}$$

ここで、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ は、それぞれ竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面に竜巻影響評価対象構造物を投影した時の長さである。

$$H(\alpha) = B|\sin \alpha| + A|\cos \alpha|$$

$$G(\alpha) = A|\sin \alpha| + B|\cos \alpha|$$

ここで、 α は竜巻の移動方向であり、 A と B は評価対象構造物（四角形）の寸法である。

一方、設計対象施設では、竜巻影響エリアを円形で設定しているため、 H 及び G ともに竜巻影響エリアの直径で一定（竜巻の移動方向に依存しない。）となる。

S は竜巻影響エリアの面積（約 $2.5 \times 10^5 \text{ m}^2$ ）を表わす。円の直径を D_0 とした場合は、以下の式にて表わされる。

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0)lf(V, w, l)dVdw dl + D_0 \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty lf(V, l)dVdl \\
&+ D_0 \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0)f(V, w)dVdw + S \int_{V_0}^\infty f(V)dV
\end{aligned}$$

ここで、 $f(V, l)$ 、 $f(V, w)$ 、 $f(V)$ は、多変量の対数正規分布である $f(V, w, l)$ をもとに各成分を抽出した関数

である。

- d. 竜巻検討地域の面積 A_0 (約 $18,000 \text{ km}^2$) 及び上記の被災面積期待値 $E[DA(V_0)]$ から、評価対象構造物が竜巻による被害を受け、その竜巻の風速が V_0 以上となる確率 $R(V_0)$ を次式にて算定する。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0}$$

- e. 前述のとおり、竜巻の年発生数の確率密度分布としては、ポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は次式で示される。

$$P_T(N) = \frac{(vT)^N}{N!} (1 + \beta vT)^{-(N+1/\beta)} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k)$$

ここで、 N : 竜巻の年発生数

v : 竜巻の年平均発生数

T : 年数

β : 分布パラメータであり次式で示される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{v} - 1 \right) \times \frac{1}{v}$$

σ : 竜巻の年発生数の標準偏差

である。

発生数がポリヤ分布に従うものとし、年超過確率 P_{V_0} を以下の式により算出する。なお、年超過確率 P_{V_0} は、年被災確率が十分小さいことより、Garson et al. が示す近似式を用いて表すことができる。

$$P_{V_0} = 1 - [1 + \beta v R(V_0)]^{-1/\beta} = 1 - \left[1 - \frac{1}{\beta} (\beta v R(V_0)) + \dots \right] \approx v R(V_0)$$

$$= \frac{v}{A_0} E[DA(V_0)] = p E[DA(V_0)]$$

ここで、P は単位面積当たりの年被災確率である。

以上のことから、竜巻のように被災確率が非常に小さな現象に対しては、年超過確率は竜巻発生数の平均値のみに依存し、発生数の確率密度分布形状にはほとんど無関係であることがわかる。

(2) ハザード曲線

前項で示した評価方法に基づいて、竜巻影響評価の対象構造物が、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率 $P_{V_0,T}$ を次式によって算出し、ハザード曲線を算定する。

$$P_{V_0,T}(D) = 1 - [1 + \beta v R(V_0) T]^{-1/\beta}$$

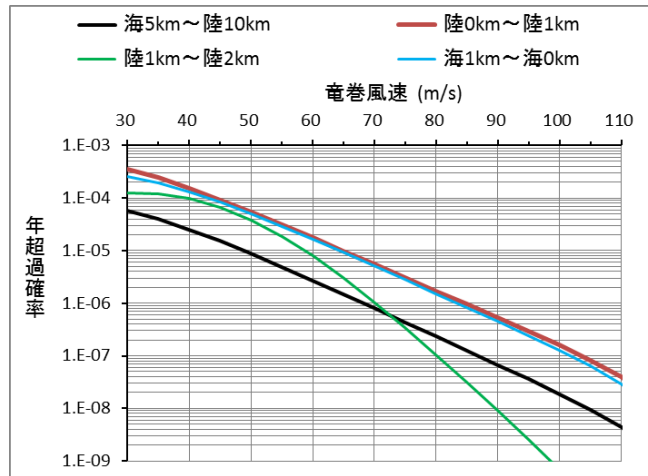
また、ハザード曲線の算定において、風速の積分範囲の上限値はハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として 120m / s に設定する。

7. 竜巻最大風速のハザード曲線

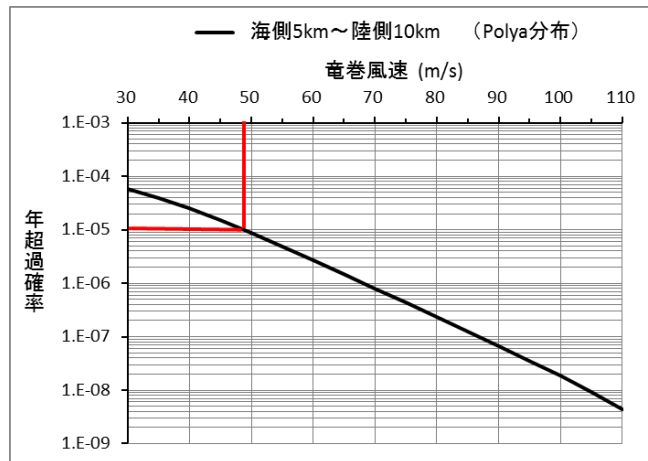
算定した竜巻最大風速のハザード曲線を，第6図に示す。

ハザード曲線により設定する最大風速（ V_{B2} ）は竜巻ガイドを参考に，年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし， 49m/s とする。

なお，竜巻検討地域を海岸線に沿って 1km 範囲ごとに細分化した短冊状の範囲を対象にハザード曲線を求めた結果，陸側 0km から 1km までの 1km 幅領域における 65m/s が最大となるが，再処理施設は海岸線から陸側 1km の範囲にないため，本評価は参考とする。



(a) ハザード曲線算定結果



(b) V_{B2} に相当するハザード曲線 (陸側 0 - 1 km 領域)

第 6 図 竜巻検討地域でのハザード曲線

8. 参考資料

- (1) Yi-kwei Wen and Shin-Lung Chu. “Tornado Risks and Design Wind Speed” . Journal of the Structural Division, ASCE, 1973-12, Vol. 99, No. 12.
- (2) Robert C. Galson, C. Allin Cornell and Jose Morla Catalan. “Tornado Design Winds Based on Risk” . Journal of the Structural Division, ACSE, 1975-09, Vol. 101, No. 9.
- (3) Robert C. Galson, C. Allin Cornell and Jose Morla Catalan. “Tornado Risk Evaluation Using Wind Speed Profiles” . Journal of the Structural Division, ASCE, 1975-05, Vol. 101, No. 5.
- (4) 東京工芸大学. 平成 21～22 年原子力安全基盤調査研究（平成 22 年度）: 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究. 2011-02.

以上

令和元年 12 月 10 日 R1

補足説明資料 5 - 1 (9 条 竜巻)

評価対象施設等の設計荷重について

設計対象施設の評価に用いる評価荷重について別表 1 に整理する。

別表1 設計対象施設の評価に用いる評価荷重一覧表(1/3)

設計対象施設	設計電巻荷重							備考			
	W _w , W _M , W _P の選定※1				複合荷重の設定※2						
	設置場所	W _w	W _M	W _P	W _H	W _{T1} W _P	W _{T2} 0.5W _P		W _U		
電巻防護施設を設置する施設	・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・前処理建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3
	・分離建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・精製建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3
	・ウラン脱硝建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・ウラン酸化物貯蔵建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・高レベル廃液ガラス固化建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3
	・第1ガラス固化体貯蔵建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3
	・チャレンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・ハル・エンドピース貯蔵建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・制御建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3
	・分析建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・非常用電源建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3
	・主排気筒管理建屋	屋外	○	○	○	○	○	○	○	○	※3

注記)

- ※1 表中記号について対象とする荷重の考慮の有無を示す。○：考慮する ×：考慮しない
- ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。○：実施ケース -：該当しないケース
- ※3 防護対策（飛来物防護ネット又は飛来物防護板）により全荷重又は一部荷重を受け持つ。

別表1 設計対象施設の評価に用いる評価荷重一覧表(2/3)

設計対象施設	設計対象荷重										備考			
	W _w , W _M , W _P の選定 ^{※1}					複合荷重の設定 ^{※2}								
	設置場所	W _w	W _M	W _P	W _U	W _{T1}	W _{T2}	W _{T3}	W _{T4}	W _U				
屋外施設	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用安全冷却水系冷却塔	屋外	○		×		○			○			○	※3
	・再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔	屋外	○		×		○			○			○	※3
	・冷却塔に接続する屋外設備	屋外	○		×		○			○			○	※3
	・第2非常用ディーゼル発電機用安全冷却水系冷却塔	屋外	○		×		○			○			○	※3
	・主排気筒	屋外	○		×		○			○			○	※3
	・主排気筒に接続する屋外ダクト及び屋外配管	屋外	○		×		○			○			○	※3
	・第2非常用ディーゼル発電機	屋内	×		×		○			○			○	※3
	・非常用電源建屋の非常用所内電源系統	屋内	×		×		○			○			○	※3
	・前処理建屋の非常用所内電源系統、計測制御系統施設及び安全蒸気系	屋内	×		×		○			○			○	※3
	・精製建屋の非常用所内電源系統及び計測制御系統施設	屋内	×		×		○			○			○	※3
	・高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統、計測制御系統施設及び安全冷却水系	屋内	×		×		○			○			○	※3
	・第1ガラス固化貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器	屋内	×		×		○			○			○	※3
	・主排気筒の排気筒モニタ	屋内	×		×		○			○			○	※3
屋外施設に波及的影響を及ぼし得る施設	・制御建屋中央制御室換気設備	屋内	×		○		○			○			○	※3
	・北換気筒	屋外	○		×		○			○			○	
	・使用済燃料輸送容器管理建屋	屋外	○		○		○			○			○	
	・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	屋外	○		○		○			○			○	
	・低レベル廃棄物処理建屋	屋外	○		○		○			○			○	
	・出入管理建屋	屋外	○		○		○			○			○	

注記)

- ※1 表中記号について対象とする荷重の有無を示す。○：考慮する ×：考慮しない
- ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。○：実施ケース -：該当しないケース
- ※3 防護対策（飛来物防護ネット又は飛来物防護板）により全荷重又は一部荷重を受け持つ。

別表1 設計対象施設の評価に用いる評価荷重一覧表（3 / 3）

設計対象施設	設計対象荷重										備考								
	W _w , W _M , W _P の選定 ^{※1}			複合荷重の設定 ^{※2}															
	設置場所	W _w	W _P	W _M	W _{TP}	W _{TP}	0.5W _P	W _{TP}	W _M	W _M									
												W _{TP}	W _P						
建物内の施設で外気と繋がっている施設	・せん断処理・溶解ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	・分離建屋塔槽類廃ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・精製建屋塔槽類廃ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・前処理建屋換気設備の排気系	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・分離建屋換気設備の排気系	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・精製建屋換気設備の排気系	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・ガラス固化体貯蔵設備の収納管	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	・制御建屋中央制御室換気設備	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注記)

- ※1 表中記号について対象とする荷重の考慮の有無を示す。○：考慮する ×：考慮しない
- ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。○：実施ケース -：該当しないケース
- ※3 防護対策（飛来物防護ネット又は飛来物防護板）により全荷重又は一部荷重を受け持つ。

以上

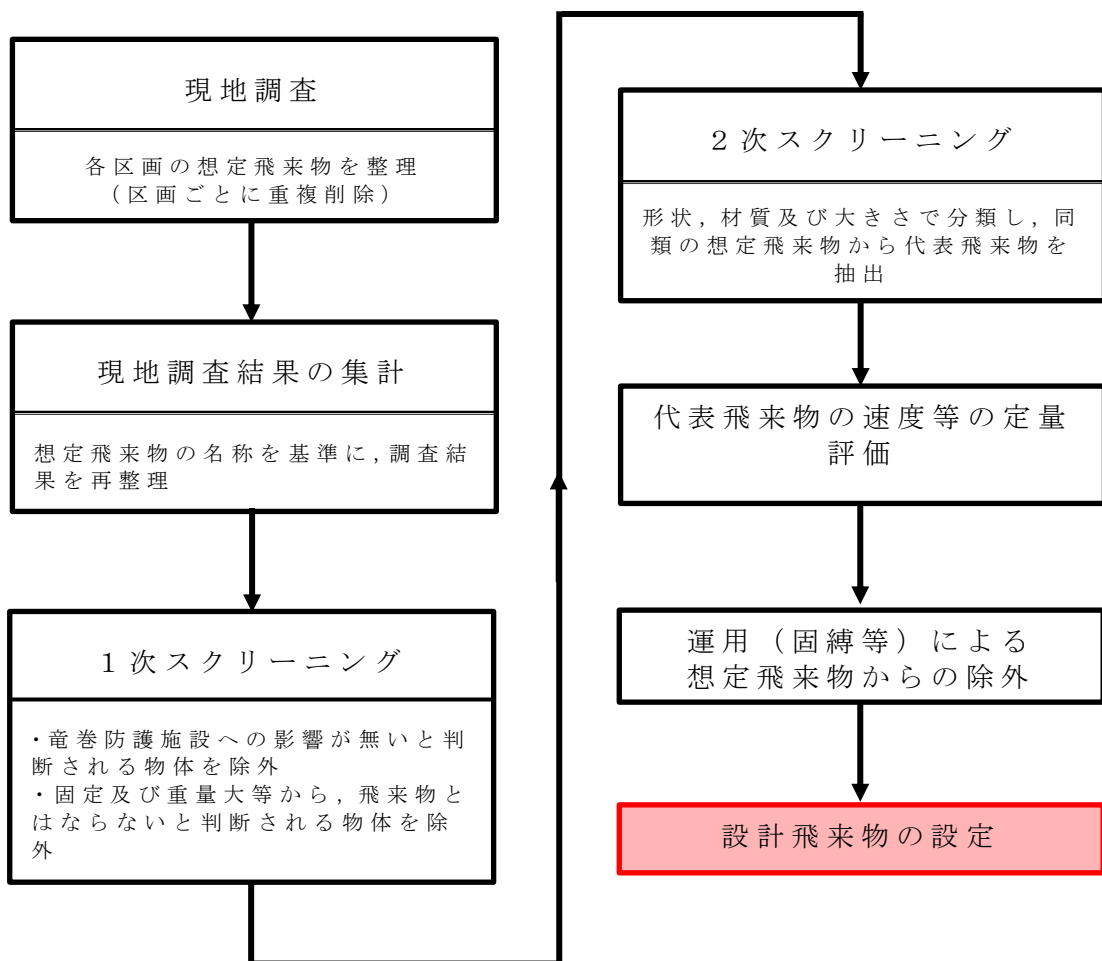
令和元年 12 月 10 日 R2

補足説明資料 5 - 2 (9 条 竜巻)

設計飛来物の設定

1. はじめに

設計飛来物の設定にあたっては、六ヶ所再処理施設において、飛来物となる可能性のある対象物（以下「想定飛来物」という。）を現地調査し、これらの中から竜巻影響評価に用いる代表的な飛来物（以下「代表飛来物」という。）について定量評価を行った上で、設計飛来物の設定を行った。第1図に設計飛来物の設定フローを示す。



第1図 設計飛来物の設定フロー

第1表 現地調査結果の集計

1	仮設足場	26	仮設トイレ	51	航空障害灯	76	コンクリート ミキサ車
2	足場板	27	カラーコーン	52	高所作業車	77	コンテナ
3	足場階段	28	ガラス扉	53	鋼製足場	78	コンテナ (バンボディ)
4	LPガス 容器置場	29	仮囲い用 鉄板	54	鋼製階段	79	コンプレッサー
5	アスファルト 残材	30	換気口	55	鋼製カゴ	80	柵(単管 パイプ)
6	アルミ製 ステップ	31	監視用電柱	56	鋼製架台	81	産廃コンテナ (鋼製)
7	アルミ製 はしご	32	看板	57	鋼製架台 (フレーム)	82	産廃ボックス (カゴ)
8	アルミ製蓋	33	看板(合成樹脂 製)	58	鋼製材	83	室外機
9	アルミ フェンス	34	危険物倉庫	59	鋼製残材	84	室外機囲い
10	アンテナ	35	気象海象観測 ブイ	60	鋼製スリーブ	85	自動販売機
11	石	36	気象海象観測 ブイ架台	61	鋼製スロープ	86	しゃへいプロ ック用型枠
12	移動式タンク	37	気象海象観測 ブイ部品	62	鋼製朝礼台	87	砂利
13	埋込金物	38	救急車	63	鋼製箱	88	重機(パワー ショベル)
14	液化酸素 タンク	39	給水車	64	鋼製バリケード	89	重機(ホイール ローダ)
15	液化窒素 タンク	40	給油口	65	鋼製蓋	90	重機(クローラ キャリア)
16	塩ビパイプ	41	重機(杭打機)	66	鋼製フレーム	91	重機(クローラ クレーン)
17	大型バス	42	クランプ	67	構台	92	重機用 バケット
18	覆工板	43	乗用車	68	鋼矢板 (廃材)	93	合成樹脂製 資材
19	ガードレール	44	グレーチング	69	コンクリート U字溝	94	合成樹脂製 タンク
20	ガードレール ポスト	45	重機(ラフター クレーン)	70	コンクリート 残材	95	合成樹脂製 パレット
21	カーブミラー	46	軽トラック	71	コンクリート 試験体	96	合成樹脂製 蓋
22	加工台	47	ケーブル	72	コンクリート 製蓋	97	合成樹脂製 水タンク
23	ガスボンベ	48	木製ケーブル ドラム	73	コンクリート 製ポール	98	消火器
24	仮設小屋	49	鋼管	74	コンクリート 棒	99	消火器格納箱
25	仮設タンク	50	航空識別灯 管制器	75	コンクリート ポンプ車	100	消火栓

第1表 現地調査結果の集計（つづき）

101	昇降機カゴ	126	貯湯槽	151	バリケード部品 (合成樹脂製)	176	木製パレット
102	消防自動車	127	ディーゼル ポンプ	152	反射鏡	177	木製蓋
103	照明	128	鉄筋	153	ヒートポンプ チラー	178	モルタル ブロック
104	照明器具	129	形鋼	154	百葉箱	179	融雪制御盤
105	照明塔	130	鉄板	155	標識	180	ハンド パレット
106	水槽	131	電光掲示板	156	フェンス	181	リヤカー
107	制御盤	132	電信柱	157	フォークリフト	182	冷却器
108	設備機器	133	テント	158	合成樹脂製箱	183	レーダー
109	設備小屋	134	電話ボックス	159	合成樹脂製 バリケード	184	ワイヤー
110	側溝グレーチン グ	135	投光器	160	プレハブ小屋	185	ワイヤ メッシュ
111	側溝コンクリー ト製蓋	136	道路緩衝材	161	プレハブ倉庫	186	散水車
112	台車	137	土のう	162	分電盤	187	避雷針
113	タイヤ	138	トラック	163	木製板		
114	担架格納箱	139	トラック (ユニック)	164	ベンチ		
115	単管ごみ 置き場	140	ドラム缶	165	防雪フェンス		
116	単管製小屋	141	泥落とし機	166	ホース		
117	単管手摺	142	ネコ車	167	ホース格納箱		
118	鉄鋼パイプ	143	燃料タンク	168	ポンプ		
119	単管バリケード	144	配管	169	マンホール蓋		
120	脚立	145	配管用部品	170	水タンク		
121	タンク	146	配電盤	171	木・合成樹脂 廃材		
122	タンクローリー	147	バケツ	172	木製角材		
123	端子盤	148	発電機	173	木製朝礼台		
124	ダンプトラック	149	鋼製ハッチ	174	木製廃材		
125	貯水タンク	150	パラボナ アンテナ	175	木製箱		

2. 1次スクリーニング

1次スクリーニングでは、現地調査の集計結果のうち、想定飛来物が以下に示す条件を満たすものを設計飛来物の選定から除外する。

- ・強固に固定されている想定飛来物
- ・体積に対する重量が非常に大きく、設計飛来物とはならないと判断される想定飛来物
- ・強度及び剛性が低く、竜巻防護施設に与える影響が小さいと判断される想定飛来物


1次スクリーニングにおいて除外される想定飛来物を、第2表に示す。

第2表 設計飛来物から除外する想定飛来物

強固に固定されているため、あるいは、体積に対する重量が非常に大きい ため、設計飛来物とはならないと判断 されるもの		強度及び剛性が低く、竜巻防護施設に影響を 及ぼさないと判断されるもの		
				
構台	水槽	木・合成樹脂廃材	木製板	カラーコーン
				
貯湯槽	ヒートポンプ チラー	タイヤ	塩ビパイプ	木製朝礼台
				
換気口	室外機（業務用大型）	ベンチ	プレハブ小屋	ケーブル
				
ポンプ	重機（クローラ クレーン）	木製パレット	木製ケーブル ドラム	プレハブ倉庫
				
電話ボックス	危険物倉庫	ホース	木製蓋	合成樹脂製資材
				
設備機器	冷却器	標識（合成樹脂製）	ワイヤー	看板（合成樹脂製）

第2表 設計飛来物から除外する想定飛来物（つづき）

強固に固定されているため、あるいは、体積に対する重量が非常に大きいため、設計飛来物とはならないと判断されるもの		強度及び剛性が低く、竜巻防護施設に影響を及ぼさないと判断されるもの		
				
液化酸素タンク	電信柱	合成樹脂製タンク	テント	バリケード部品 (合成樹脂製)
				
重機（杭打機）	液化窒素タンク	看板（木製）	百葉箱	水タンク
				
コンプレッサー	監視用電柱	木製角材	パラボナアンテナ	土のう
				
制御盤	貯水タンク	仮設トイレ	アルミフェンス	フェンス
				
コンクリート製蓋 (固定されたもの)	照明塔	木製廃材	ガラス扉	合成樹脂製 パレット
				
端子盤	重機 (パワーショベル)	ワイヤメッシュ	木製箱	合成樹脂製蓋

 については核不拡散の観点から公開できません。

第2表 設計飛来物から除外する想定飛来物（つづき）

強固に固定されているため、あるいは、体積に対する重量が非常に大きいため、設計飛来物とはならないと判断されるもの		強度及び剛性が低く、竜巻防護施設に影響を及ぼさないと判断されるもの		
				
給油口	コンクリート試験体	仮設小屋	道路緩衝材	
				
避雷針	融雪制御盤			
				
配管	鋼製ハッチ			

注) 本表の写真は代表例を示す。

3. 2次スクリーニング

2次スクリーニングでは，1次スクリーニングで除外の対象とならなかった想定飛来物を対象に，飛来物の定量評価に資するためのスクリーニングを実施する。

2次スクリーニングの実施方針，手順を以下に示す。

- ・ 想定飛来物を棒状，板状及び塊状の3つの形状に分類する。
- ・ さらに，面積や重量などの観点から同類と見做せるものに分類し，代表飛来物を抽出する。その際，竜巻影響評価ガイドに例示された飛来物も代表飛来物とすることを考慮する。
- ・ 分類された想定飛来物から，定量評価に用いる代表飛来物を抽出する。抽出は，主として外形寸法に着目して実施する。いずれの分類にも属しない想定飛来物は，そのまま代表飛来物として選定とする。

第3表に棒状，板状及び塊状に分類した想定飛来物の代表を，それぞれ示す。各形状で代表とする想定飛来物は以下である。

棒状：鋼製パイプ／形鋼／角形鋼管／鋼管

板状：マンホール蓋／敷き鉄板／覆工板

塊状：コンクリートU字溝／自動販売機／室外機／

コンテナ／産廃コンテナ／発電機／気象海象観測ブイ

第3表 2次スクリーニング結果まとめ

代表飛来物	棒状	板状	塊状		
複数の想定飛来物の代表として抽出した飛来物					
	鋼鉄パイプ	マンホール蓋	コンクリートU字溝	産廃コンテナ	
					
	形鋼	敷き鉄板	自動販売機	発電機	
					
	角形鋼管	覆工板	室外機	気象海象観測ブイ	
					
角形鋼管		コンテナ			

第3表 2次スクリーニング結果まとめ (つづき)

代表飛来物	棒状	板状	塊状		
単独で代表として選定した飛来物					
	コンクリート製ポール	鋼製架台	乗用車	フォークリフト	高所作業車
					
	コンクリート棒	コンクリート製蓋	トラック	クローラキャリア	コンクリートポンプ車
					
	ドラム缶	側溝コンクリート製蓋	ホイールローダー	消防自動車	コンクリートミキサ車
					
	ガスポンペ		ラフタークレーン	タンクローリー	ダンプトラック
					
鉄筋		大型バス	散水車	砂利	

4. 代表飛来物の定量評価

4. 1 評価方法

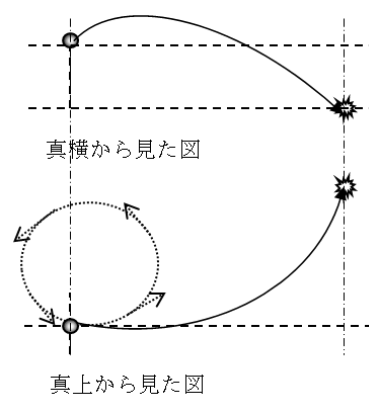
代表的な飛来物の速度，飛散距離および飛散高さは，竜巻による風速場の中での飛来物の軌跡を計算することで評価する。仮定する風速場は，鉛直方向には構造が変化しないランキン渦とする。その風速場の中で，質点系にモデル化した飛来物は，相対速度の2乗に比例した抗力を受けるものとする。この時，飛来物の運動は次式にて表される。

$$m\ddot{x}(t) = \frac{1}{2}\rho C_D A \left(V(x(t)) - \dot{x}(t) \right) |V(x(t)) - \dot{x}(t)| - mgJ$$

ここで、飛来物の質量を m ，代表面積を A ，抗力係数を C_D ，時刻 t での飛来物の位置を $x(t)$ ，速度を $\dot{x}(t)$ ，加速度を $\ddot{x}(t)$ ，時刻 t での飛来物位置での風速を $V(x(t))$ ，空気密度を ρ ，重力を g ，重力方向成分のみ 1 のベクトルを J とする。

なお，抗力係数 C_D は，3方向の面積で重みづけした平均とする。

具体的な飛散距離および飛散高さの評価においては，上式を離散化することで計算を行う。



第2図 飛来物の軌跡評価のイメージ

4. 2 評価条件

竜巻の最大風速，移動速度，旋回風速，最大半径（ R_m とする）及び空気密度は，第4表のとおりとする。

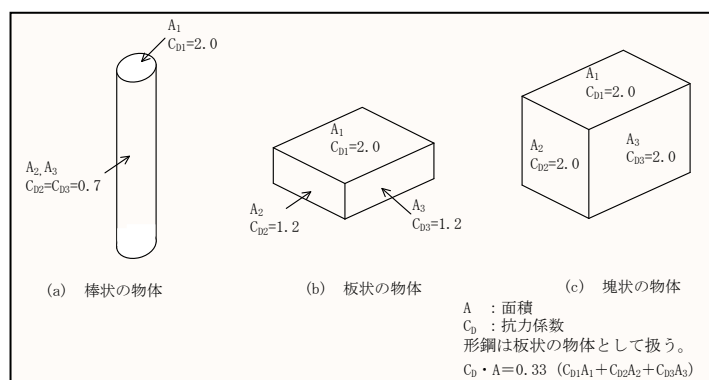
飛来物の初期位置は，水平方向には竜巻の中心より $2R_m$ の円の内部領域に，半径について $0.1R_m$ ごと，角度方向について5度ごとの位置にばら撒かれているものとする。鉛直方向には高さ40mの位置にあるものとする。初速は 0 m/s とする。

飛来物が高さ 0 m の位置に到達するまでの間の最大速度，最大高さ及び最大飛距離を算定する。

抗力係数は既往文献⁽¹⁾に基づいて，第3図のとおりとする。

第4表 飛来物評価時の竜巻諸元

最大風速（ m/s ）	100
移動速度（ m/s ）	15
旋回風速（ m/s ）	85
最大半径（ m ）	30
空気密度（ kg/m^3 ）	1.22



第3図 抗力係数

4. 3 評価結果

3項で選定した代表飛来物を対象に、竜巻速度が100m/sにおける飛来物の諸元を定量評価した結果を第5表に示す。

第5表 代表飛来物の諸元算定結果

代表飛来物	サイズ			質量 [kg]	空力パラメータ	速度 [m/s]	運動エネルギー [kJ]	備考
	長さ [m]	幅 [m]	奥行 [m]					
棒状 コンクリート製ボール	16	0.40	0.40	1400	0.0022	39	1064700	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
棒状 コンクリート製ボール	12	0.35	0.35	930	0.0022	39	707265	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
棒状 角形鋼管 (□-300×300)	6.1	0.30	0.30	492	0.0041	45	498150	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 鉄筋 (D13)	12	0.013	0.013	11.9	0.0061	49	14286	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 鉄筋 (D38)	12	0.038	0.038	107	0.0020	38	77254	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
棒状 形鋼 (H-300×300)	4.0	0.30	0.30	372	0.0036	43	343914	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 形鋼 (H-200×200)	5.0	0.20	0.20	250	0.0043	45	253125	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 形鋼 (H-200×150)	6.0	0.19	0.15	179	0.0063	49	214890	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 形鋼 (H-175×175)	5.0	0.18	0.18	202	0.0048	46	213716	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 鋼管 (250φ)	6.0	0.27	0.27	254	0.0031	42	224028	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
棒状 鋼管 (200φ)	6.0	0.22	0.22	181	0.0036	43	167335	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 鋼製材	4.2	0.30	0.20	135	0.0089	51	219308	設計飛来物とする。
棒状 角形鋼管 (□-100×100)	4.0	0.10	0.10	96.4	0.0045	46	101991	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 コンクリート棒	2.0	0.16	0.16	123	0.0029	41	103382	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 鉄筋 (D38)	6.0	0.038	0.038	53.7	0.0020	38	38771	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
棒状 形鋼 (H-400×200)	1.7	0.40	0.20	111	0.0056	48	127872	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 鋼管 (100φ)	5.0	0.11	0.11	61.0	0.0043	45	61763	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 鉄筋 (D13)	6.0	0.013	0.013	5.97	0.0061	49	7167	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 ドラム缶 (軽油200L入り)	0.89	0.59	0.59	188	0.0023	39	142974	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
棒状 ガスボンベ	1.5	0.23	0.23	57.0	0.0033	43	52697	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 鋼製パイプ	6.0	0.049	0.049	16.4	0.0084	52	22173	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
棒状 鋼製パイプ	2.0	0.050	0.050	8.40	0.0057	49	10084	設計飛来物とする。
棒状 ドラム缶	0.90	0.60	0.60	24.0	0.0203	63	47628	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
板状 鋼板 (敷鉄板) 大	6.1	1.5	0.022	1600	0.0039	44	1548800	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
板状 鋼板 (敷鉄板) 小	3.0	1.5	0.022	802	0.0038	44	776336	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
板状 鋼製架台	2.6	2.8	0.20	1640	0.0032	42	1446480	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
板状 覆工板	3.0	1.0	0.19	640	0.0036	43	591680	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
板状 コンクリート板	1.5	1.0	0.15	540	0.0021	39	410670	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
板状 覆工板	2.0	1.0	0.19	430	0.0036	43	397535	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
板状 マンホール蓋 (大)	0.98	0.98	0.060	88.0	0.0062	49	105644	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
板状 コンクリート製蓋	0.80	0.50	0.10	96.0	0.0033	43	88752	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
板状 側溝コンクリート製蓋	1.0	0.40	0.060	57.6	0.0052	47	63619	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
板状 マンホール蓋 (小)	0.65	0.65	0.050	33.5	0.0074	51	43567	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。

第5表 代表飛来物の諸元算定結果（つづき）

代表飛来物	サイズ			質量 [kg]	空力パラメータ	速度 [m/s]	運動エネルギー [kJ]	備考
	長さ [m]	幅 [m]	奥行 [m]					
空調室外機	0.80	0.25	0.30	10.0	0.0343	—	—	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
ラフタークレーン（1）	11	2.6	3.5	26500	0.0019	37	18139250	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
ラフタークレーン（2）	11	2.6	3.5	31900	0.0016	32	16332800	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
消防自動車	9.5	2.5	3.4	16200	0.0027	41	13616100	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
大型バス	12	2.5	3.8	12100	0.0047	46	12801800	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
コンクリートミキサ車	7.9	2.5	3.7	10200	0.0038	44	9873600	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
ダンプトラック	7.7	2.5	3.3	10500	0.0034	43	9707250	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
コンクリートポンプ車	7.5	2.2	3.0	9170	0.0033	43	8477665	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
タンクローリー	9.2	2.5	3.0	8660	0.0045	46	9162280	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
高所作業車	7.4	2.2	3.6	7870	0.0043	45	7968375	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
クローラキャリア	5.7	2.5	2.9	11500	0.0022	39	8745750	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
発電機（大）	4.2	1.4	2.1	6060	0.0020	38	4375320	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
ホイールローダー	6.2	2.3	3.0	7270	0.0037	44	7037360	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
トラック	5.0	1.9	1.3	4750	0.0026	40	3800000	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
フォークリフト	3.8	1.3	2.1	4350	0.0024	40	3480000	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
フォークリフト	3.6	1.1	2.1	3600	0.0026	40	2880000	空力パラメータが0.0028以下であり、浮き上がらない。
トラック	8.5	2.2	2.5	3790	0.0080	52	5124080	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
気象海象観測ブイ	8.0	2.5	2.5	4000	0.0075	51	5202000	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
散水車	5.7	2.2	2.3	3420	0.0060	49	4105710	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
コンテナ	6.0	2.4	2.6	2300	0.0105	60	4140000	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
乗用車ワゴン2	5.2	1.9	2.3	1890	0.0092	53	2654505	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
発電機（中）	2.1	1.0	1.6	1640	0.0029	41	1378420	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
乗用車ワゴン1	4.8	1.8	1.5	1510	0.0082	52	2041520	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
乗用車	3.1	1.6	1.3	1430	0.0052	47	1579435	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
乗用車普通	4.4	1.7	1.5	1140	0.0097	54	1662120	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
発電機（小）	1.5	0.65	1.2	670	0.0036	43	619415	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
乗用車軽自動車1	3.4	1.5	1.6	840	0.0102	55	1270500	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
コンテナ	2.4	2.3	3.7	1100	0.0138	59	1914550	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
乗用車軽自動車2	3.4	1.5	1.5	710	0.0116	56	1113280	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
コンクリートU字溝	2.0	0.45	0.40	290	0.0043	45	293625	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
自動販売機（大）	1.8	1.4	0.74	365	0.0089	53	512643	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
室外機（オフィス用）	1.4	0.94	0.32	140	0.0098	54	204120	浮き上がるが設計飛来物による防護で対策可能。
産廃コンテナ	1.9	1.9	1.1	260	0.0198	63	515970	飛散対策により、飛来物とならないようにする。
鉄球	0.025	0.025	0.025	0.0669	0.0034	43	62	評価上浮き上がるが、運動エネルギーは十分小さい。
砂利	0.010	0.010	0.010	0.00134	0.0233	65	3	評価上浮き上がるが、運動エネルギーは十分小さい。

注) 空力パラメーター0.025を超えるものについては算定不可

5. 設計飛来物の設定

運動エネルギー及び貫通限界厚さが鋼製材よりも大きなものは適切な対策を実施し飛来物としないことから、残りのものうち、最も運動エネルギー及び貫通限界厚さが大きな鋼製材を設計飛来物として設定した。また、防護対象施設の評価において鋼製材の評価に包含できないものとして、竜巻防護ネットを通過する可能性がある鋼製パイプを設計飛来物として設定した。第6表に設計飛来物を示す。

第6表 設計飛来物

飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材
寸法 (m)	長さ×直径 2.0×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	8.4	135
最大水平速度 (m/s)	49	51

<参考文献>

- (1) 【JNES】東京工芸大学：竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究，平成21～22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度），平成23年2月

以上

令和元年 12 月 10 日 R4

補足説明資料 6 - 1 (9 条 竜巻)

参考資料 1

フジタモデルの適用について

1. 概要

フジタモデルは、米国NRCの要望により藤田博士が開発した竜巻風速場の工学モデルであり、竜巻動画の写真図化分析、竜巻の地上痕跡調査及び被災状況調査に基づき提案されたものである。ランキン渦と同様に代数式で風速場が表現されるが、数式はやや複雑である。

フジタモデルは、半径方向に3つの領域（内部コア・外部コア・最外領域）、高さ方向に2つの領域（流入層、非流入層）に分割して風速場をモデル化している。上昇流（ V_z ）は外部コアのみに存在し、地表面付近で竜巻中心に向かう強い流れ（ V_r ）があるほか、接線風速 V_θ は高さ依存性がある。

フジタモデルには以下の特徴がある。

- －観測に基づき考案され、実際に近い竜巻風速場をモデル化している。
- －比較的簡単な代数式で風速場を表現しうる。
- －米国NRCガイドでもランキン渦モデルと並列に参照されている。
- －ランキン渦モデルと比較して、風況をモデル化する上で解析プログラムが複雑（近年の計算機能力向上と竜巻評価コードの高度化により、問題点は解決された）。

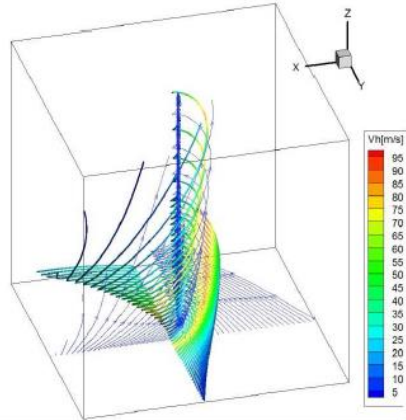
具体的な工学モデルは参考資料2に示す。

竜巻の風速場モデルとして利用されている「ランキン渦モデル」、「フジタモデル」の風況イメージを第1図に示す。

ランキン渦モデル

モデル概要

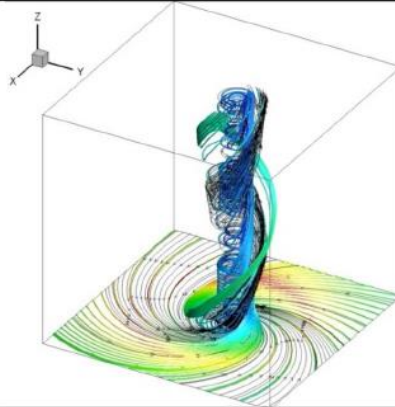
地面からも上昇流が発生するモデルであり、実現象と乖離。



フジタモデル

モデル概要

地表面で渦の中心に向かう水平方向の流れがモデル化されており、実現象をよく再現。



出典：原子力発電所の竜巻影響評価について ―設計風速および飛来物速度の評価― 改定4
2014年9月9日 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会

第1図 「ランキン渦モデル」, 「フジタモデル」の風況イメージ

2. フジタモデルの適用の可能性について

(1) 自動車飛散実績との比較

藤田スケール（以下、「Fスケール」という。）の風速条件で自動車の浮上・飛散をフジタモデルで計算した結果と、各Fスケールにおける実際の被災状況を比較すると、第1表及び第2表に示すとおりよく一致しており、フジタモデルは実際に近い竜巻風速場をモデル化していると言える。

第1表 竜巻による自動車飛散実績（Fスケール別）

Fスケール	風速[m/s]	自動車の被災状況
F 2	50～69	⁽¹⁾ cars blown off highway（自動車が道から ⁽²⁾ 吹き飛ばされる）
F 3	70～92	⁽¹⁾ cars lifted off the ground（自動車はも ⁽²⁾ ち上げられて飛ばされる）
F 4	93～116	cars thrown some distances or rolled ⁽¹⁾ considerable distances ⁽²⁾ （自動車は何十メートルも空中飛行する）

第2表 フジタモデルによる自動車の飛散評価結果 (江口ら)⁽³⁾

F スケール との対応	最大水 平風速 V_D [m/s]	竜巻接 線速度 V_m [m/s]	竜巻移動 速度 V_{tr} [m/s]	計算結果		
				速度 [m/s]	距離 [m]	高さ [m]
F2 (静止)	69	59	10	1.0	1.4	0
F2 (走行) ※	89	59	30	23	25	0.9
F3 (静止)	92	79	13	23	34	1.1
F4 (静止)	116	99	17	42	59	3.1

※ 竜巻移動速度に対する自動車の相対走行速度を 20m/s (72km/h) と仮定し、竜巻の移動速度に加えた場合

(2) 1978年4月17日, Grand Gulf 原子力発電所の竜巻被災事例

過去に発生した竜巻による被害状況とフジタモデルによる再現計算との比較を文献調査した。

1978年4月17日, ミシシッピ州で建設中の Grand Gulf 原子力発電所に来襲した竜巻の規模は, 風速はF 2相当の 56~67 m/s と⁽⁵⁾推定されるが, 変電設備でF 3竜巻相当の被害が見られた。⁽⁴⁾

冷却塔の耐風設計風速は 40 m/s であり, これを 40~70%超える風速にも耐えたが,⁽⁵⁾冷却塔内部に設置されていたコンクリート流し込み用のクレーンが倒壊し, 建設中の冷却塔(高さ 138 m)に衝突し, 一部が破損した。

Grand Gulf 原子力発電所資材置き場のパイプ飛散状況は, 次のように報告されている。

パイプを収納した木箱(一部2段重ね)は浮上せず転倒しパイプが散乱するが, 7~9 mにとどまる。(Pieces of pipe were scattered over a large area, but none travelled more than 25-30⁽⁵⁾ ft.)

上に掲げる実際の Grand Gulf 原子力発電所資材置き場のパイプ飛散被害状況に対して, 工学モデルを用いた再現計算をして比較する。

計算条件は第3表のとおりとする。

第3表 Grand Gulf 原子力発電所パイプ飛散の計算条件

パイプ仕様	名称：Transite パイプ，材質：コンクリート・石綿製，長さ：8 ft.，直径（内径）：8 in.
計算での仮定	外径 9 in.，密度 1700 kg/m^3 ， →飛行定数 $C_d A / m = 0.008 \text{ m}^2 / \text{kg}$ ，物体高さ $d = 0.229 \text{ m}$
竜巻条件	最大風速 $V_d = 67 \text{ m/s}$ ，最大接線風速 $V_m = 53.6 \text{ m/s}$ ， 移動速度 13.4 m/s ，竜巻半径 $R_m = 45.7 \text{ m}$

計算結果は第4表のとおりであった。

第4表 Grand Gulf 原子力発電所パイプ飛散の計算結果

モデル	初期高さ (m)	飛散距離 (m)	飛散高さ (初期高さからの 浮上高さ)	最大水平速度 (m/s)
フジタモデル	1 *	1.2	浮上なし	4.9
ランキン渦モデル	40	227	0.34 m	40.9
ランキン渦モデル	1	42.6	0.34 m	30.7

* 2段重ねで配置されていた状況を踏まえ設定

再現計算結果と実際の被災状況の記録を比較すると、フジタモデルでは、初期高さから浮上しないとの結果が得られ、実際に確認された状況（浮上せずに転倒した木箱からパイプが散乱）を再現して

いると評価できる。

一方、ランキン渦モデルでは、飛散高さが初期高さを1 mとした場合においても実際に確認された状況とパイプの飛散状況に大きな差があり、地表面での風況場は過大な結果を与えることがわかった。

よって、竜巻対策を実施する上で、ランキン渦モデルを用いた場合は非常に過大な対策となるが、フジタモデルを用いた場合は実現象に即したより現実的な対策が可能といえる。

(3) 佐呂間竜巻（平成 18 年 11 月 7 日）による被災事例

a. 佐呂間竜巻の被害状況から確認されたパラメータを用いた飛来距離計算

平成 18 年 11 月 7 日に北海道網走支庁佐呂間町に発生した竜巻（以下「佐呂間竜巻」という。）により工事事務所敷地内の車両が被災した事例について、実際の被災状況と、工学モデルによる飛来距離の計算結果を比較した。

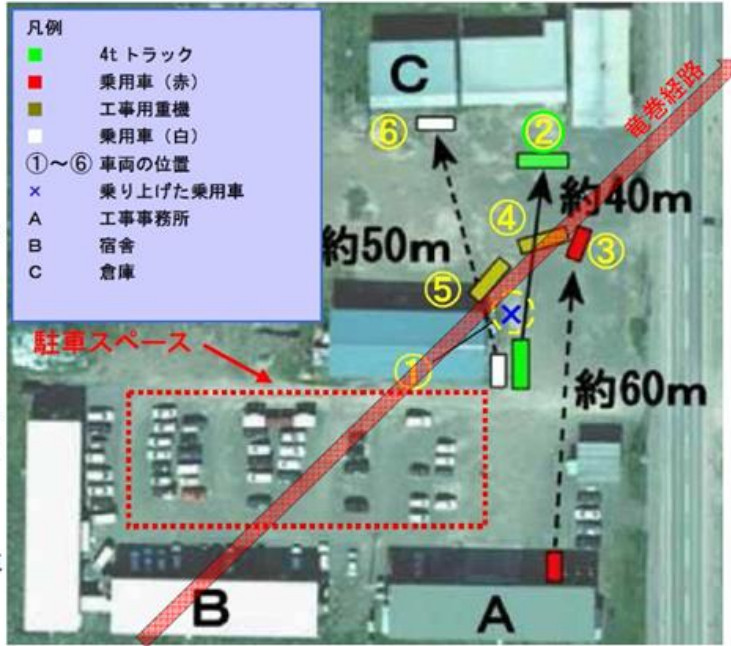
この被災事例では、工事事務所近傍に停車していた 4 トントラック（第 2 図の②）に乗車していた 2 名が竜巻来襲時の被災状況の一部（竜巻来襲前の車両位置等）を証言している。この 2 名は来襲直前に座席下に潜り込んだが直後に気絶し、着地点付近で車外に投げ出されたところを救出されている。

佐呂間竜巻による被害状況から確認されたパラメータを用い、解析コードにより飛来距離算定を行った結果、竜巻の移動経路と車両の位置関係に依存するが、確認された被害状況（4 トントラック②の移動距離 40m）と概ね合致した。

4tトラック②に乗車していた2名が竜巻来襲時の被災状況の一部(右図、工事事務所Aの飛散開始、車両②および⑥の竜巻来襲前の車両位置)を証言している。
この2名は来襲直前に座席下に潜り込んだが直後に気絶し、着地点付近で車外に投げ出されたところを救出されている。

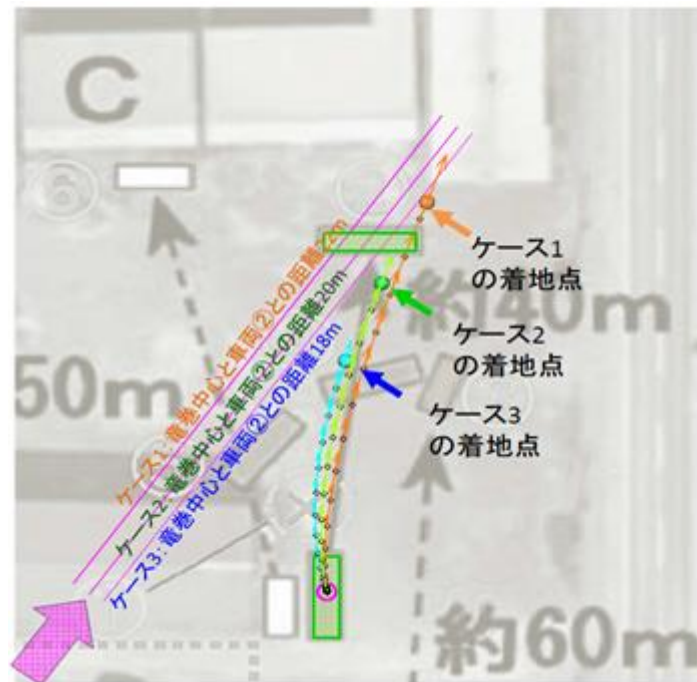
- ①乗用車×: 他の乗用車に乗り上げ(元の駐車位置は不明)
- ②4tトラック■: 竜巻経路の左側(約45°方向)に約40m移動
- ③乗用車■: 約60m移動(全壊・飛散した工事事務所Aの瓦礫とともに移動したものと考えられる)
- ④⑤重機: (元の駐機位置は不明)
- ⑥乗用車□: 竜巻経路の左側(約65°方向)に約50m移動(駐車位置横の倉庫は全壊・飛散)

周囲の建物や大型車両の影響が少ない4tトラック■を計算対象として選択



竜巻の前後に位置が確認された車両の移動状況[文献(3)](写真は被災前の航空写真。文献(4)で示されている竜巻経路を➡で加筆。)

第2図 佐呂間竜巻による被災状況⁽⁶⁾⁽⁷⁾



第3図 佐呂間竜巻のパラメータを用いた飛来距離計算結果

第5表 佐呂間竜巻による飛来距離の算定条件と結果

条件	算定条件・結果	備考
空力パラメータ	$C_L a / m = 0.0044$ $C_D A / m = 0.0056$	被災した4トントラックは車種不明のため、三菱ふそう PA-FK71D (8.1 m × 2.24 m × 高さ 2.5 m, 質量 4,000 kg) の仕様を採用した。物体が空中にある場合の抗力の算定には $C_D A / m$ の値を用い、揚力の算定には $C_L a / m = 0.0044$ に相当する条件を設定*。物体高さ $d = 2.5$ m とする。
竜巻と車両の位置関係	竜巻の進行方向の右側，中心移動経路から 18～22 m の位置	被害状況から推定される位置関係を入力条件として設定。現場の詳細が不明のため，18, 20, 22m の 3 パターンについて評価を実施した。
竜巻最大風速	92 m / s	被害状況から推定される風速 (F 3) を設定。
竜巻移動速度	22 m / s	被害記録から算定される移動速度を設定。
最大接線風速半径	20 m	被害状況から推定される最大接線風速半径を設定。
飛来距離	26～45 m	実際に確認された車両の移動距離 (約 40m) と概ね合致。

※竜巻は遠方から接近するため，参考文献(8)の風洞試験結果を参考として，「風速 60 m/s 以下では浮上・移動しない条件」を設定する。 $C_L a / m = 0.0044$ は，風速 60m/s 以下では浮上/移動しない条件に相当する。

b. 佐呂間竜巻の条件を用いた場合の最大飛来距離の算定

佐呂間竜巻における被害状況から確認された各種パラメータを用いて、解析コードによる最大飛来距離の算定を行った。

最大飛来距離の算定においては、空力パラメータ（揚力の算定）に保守性を考慮した。

最大飛来距離の算定結果は 82m となり、実際に確認された車両の移動距離（約 40m）に比べて大きい算定結果が得られた。

第 6 表 佐呂間竜巻のパラメータを用いた場合の最大飛来距離の算定条件と結果

条件	算定条件・結果	備考
空力パラメータ	$C_L a / m = 0.0056$ $C_D A / m = 0.0056$	揚力の算定においても $C_D A / m$ の値を設定。
車両の位置関係	竜巻の進行方向に対して右側 90°，最大接線風速半径の真下付近	車両が竜巻の最大風速を受ける位置関係を設定。
最大風速	92 m/s	被害状況から推定される風速（F3）を設定。
移動速度	22 m/s	被害記録から算定される移動速度を設定。
最大接線風速半径	20 m	被害状況から推定される最大接線風速半径を設定。
最大飛来距離	82 m	

出典：原子力発電所の竜巻影響評価について ― 設計風速および飛来物速度の評価 ― 改定 4，2014 年 9 月 4 日 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会

3. まとめ

フジタモデルは観測に基づき考案された竜巻風速場の工学モデルであり、実際に近い竜巻風速場をモデル化している。1978年の Grand Gulf 原子力発電所の竜巻被災や、平成 18 年の佐呂間町での竜巻被災における地上物の転倒または移動状況は、フジタモデルを用いると実際に確認された状況をよく再現することがわかっている。

4. 参考文献

- (1) Fujita, T. T., Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity, SMRP Research Paper 91 (1971), University of Chicago, Chicago, IL, p.42.
- (2) 気象庁 HP
- (3) 江口 譲, 杉本聡一郎, 平口博丸, 竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発, 電力中央研究所 研究報告 N14002, 2014
- (4) J. R. McDonald, T. Theodore Fujita : His Contribution to Tornado Knowledge through Damage Documentation and the Fujita Scale, pp.63-72, vol.82, no.1, Bull. of Amer. Meteor. Soc., 2001
- (5) T. Fujita and J. R. McDonald : Tornado damage at the Grand Gulf, Mississippi, nuclear power plant site: Aerial and ground surveys. NNUREG/CR-0383, Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1978.
- (6) 札幌管区气象台 : 災害時気象調査報告, 平成 18 年 11 月 7 日から 9 日に北海道 (佐呂間町他) で発生した竜巻等の突風, 災害時自然現象報告書 2006 年第 1 号, 2006
- (7) 建築研究所 構造研究グループ 奥田泰雄・喜々津仁密・村上知徳, 2006 年佐呂間町竜巻 被害調査報告, 2006 年 11 月 21 日
- (8) T. Schmidlin *et al.*, UNSAFE AT ANY (WIND) SPEED? Testing the Stability of Motor Vehicles in Severe Winds, pp.1821-1830, vol.83, no.12, Bull. of Amer. Meteor. Soc., 2002

以 上

令和元年 12 月 10 日 R4

補足説明資料 7 - 2 (9 条 竜巻)

竜巻随件事象の抽出及び設計について

1. 概要

過去の竜巻被害事例及び再処理施設の配置から想定される竜巻の随件事象を検討し、再処理施設において考慮する必要がある事象として、火災、溢水及び外部電源喪失を抽出した。

2. 過去の竜巻被害について

1990年以降の主な竜巻による被害概要を調査した文献から検討を行った。第1表に、1990年以降に日本で発生した最大級の竜巻であるF3クラスの竜巻を示す。

第1表 1990年以降のF3クラス竜巻

発生日時	発生場所	藤田 スケール	死者	負傷者	住宅 全壊	住宅 半壊
2012年5月6日	茨城県常総市	F3	1	37	76	158
2006年11月7日	北海道佐呂間町	F3	9	31	7	7
1999年9月24日	愛知県豊橋市	F3	0	415	40	309
1990年12月11日	千葉県茂原市	F3	1	73	82	161

竜巻被害の状況写真（第1～3図）から、竜巻被害としては風圧力及び気圧差による被害及び飛来物の衝突による損傷のみであり、また、竜巻の随件事象として電柱や電線の損傷による停電が発生していると判断される。



全壊した家屋



飛来物により被害を受けた住宅等



倒れた電柱(復旧作業時)



倒壊電柱に直撃された家屋

第1図 2012年5月6日茨城県にて発生した
F3竜巻による被害⁽¹⁾



全壊した工事事務所周辺



飛来物による被害を受けた建物



倒壊した道路標識支柱



道路側へ倒壊した電柱

第2図 2006年11月7日北海道にて発生した
F3竜巻による被害⁽²⁾⁽³⁾



残骸（飛散物）で埋め尽された道路



吹き飛ばされた建物



横転したバス



曲がった鉄筋（工事現場）

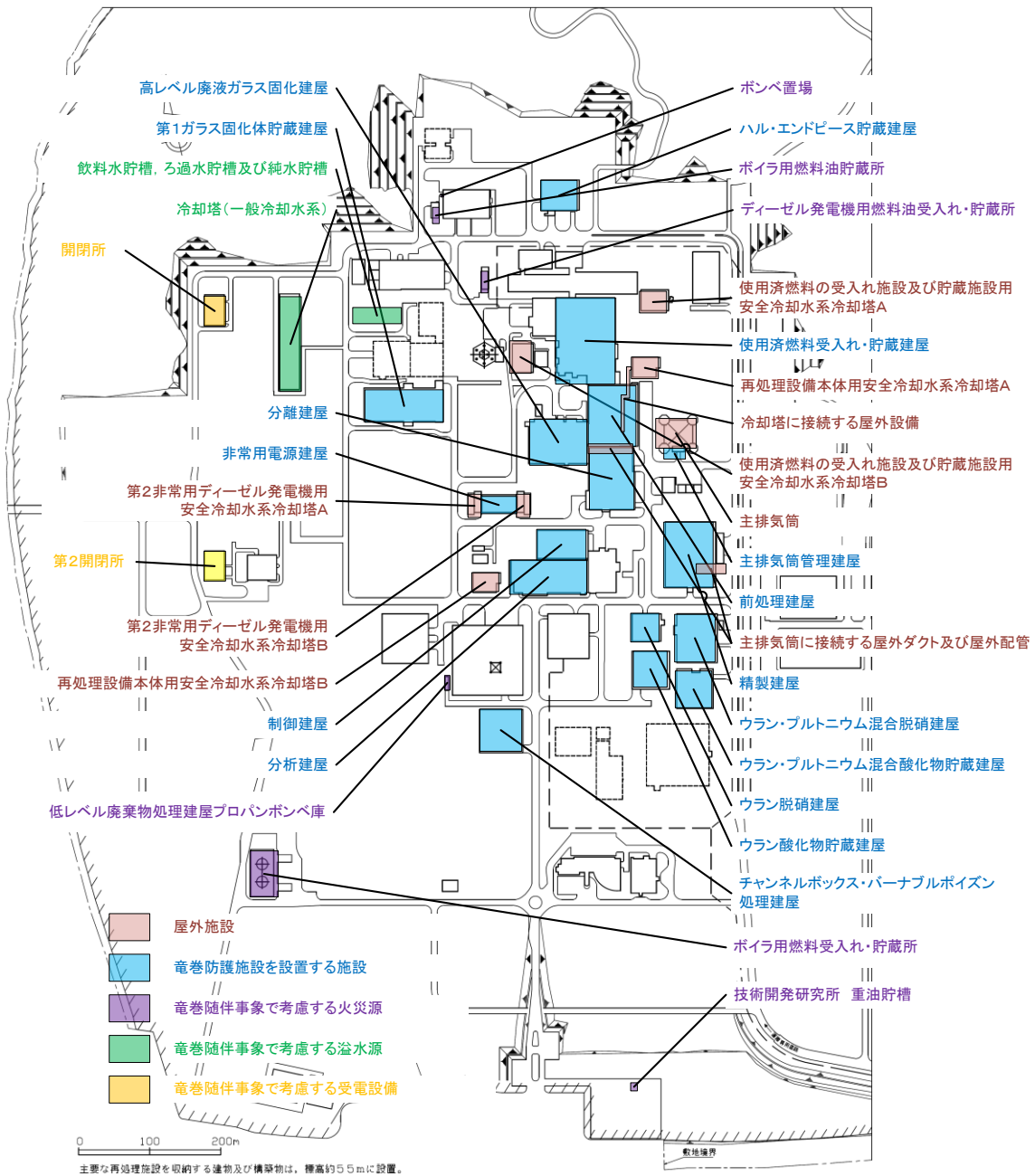
第3図 1990年12月11日千葉県にて発生した
F3竜巻による⁽⁴⁾被害

3. 再処理施設にて考慮すべき竜巻随件事象

上述の過去の竜巻による被害事例及び再処理施設の配置から判断すると、再処理施設においては送電線等が竜巻による被害を受けることにより、外部電源喪失の発生が考えられる。さらに、屋外に油タンク及び水タンクが配備されていることから、飛来物の衝突により火災及び溢水が発生する可能性がある。なお、これらの事象は、竜巻ガイドでも容易に発生が想定されるものとして検討を要求されている。

これらを踏まえ、再処理施設の配置図に示される各施設に対して竜巻の荷重を考慮した場合にどのような事象が発生するかを検討した。検討結果を第4図に示す。

以上のことから，再処理施設における竜巻随件事象として，火災，溢水及び外部電源喪失を抽出する。



第4図 再処理施設の設計対象施設のうち竜巻防護施設を設置する施設，屋外施設及び竜巻随件事象の検討対象施設の配置図

4. 竜巻随件事象に対する設計の一例

竜巻防護設計においては、前述のとおり竜巻随件事象として火災、溢水及び外部電源喪失を想定し、これらの事象が発生した場合においても、竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とすることとしている。

ここでは、火災及び溢水について当該設計の一例を示す。

1) 火災

竜巻により敷地内にある危険物タンク（ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所，ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所及びボイラ用燃料貯蔵所）が損傷し、漏えい及び防油堤内での火災が発生したとしても、火災源と竜巻防護施設の位置関係を踏まえて熱影響を評価した上で、竜巻防護施設の許容温度を超えないように防護対策を講じ、竜巻防護施設の安全機能に影響を与えない設計とすることを「外部火災防護に関する設計」にて考慮する。

<設計の一例>

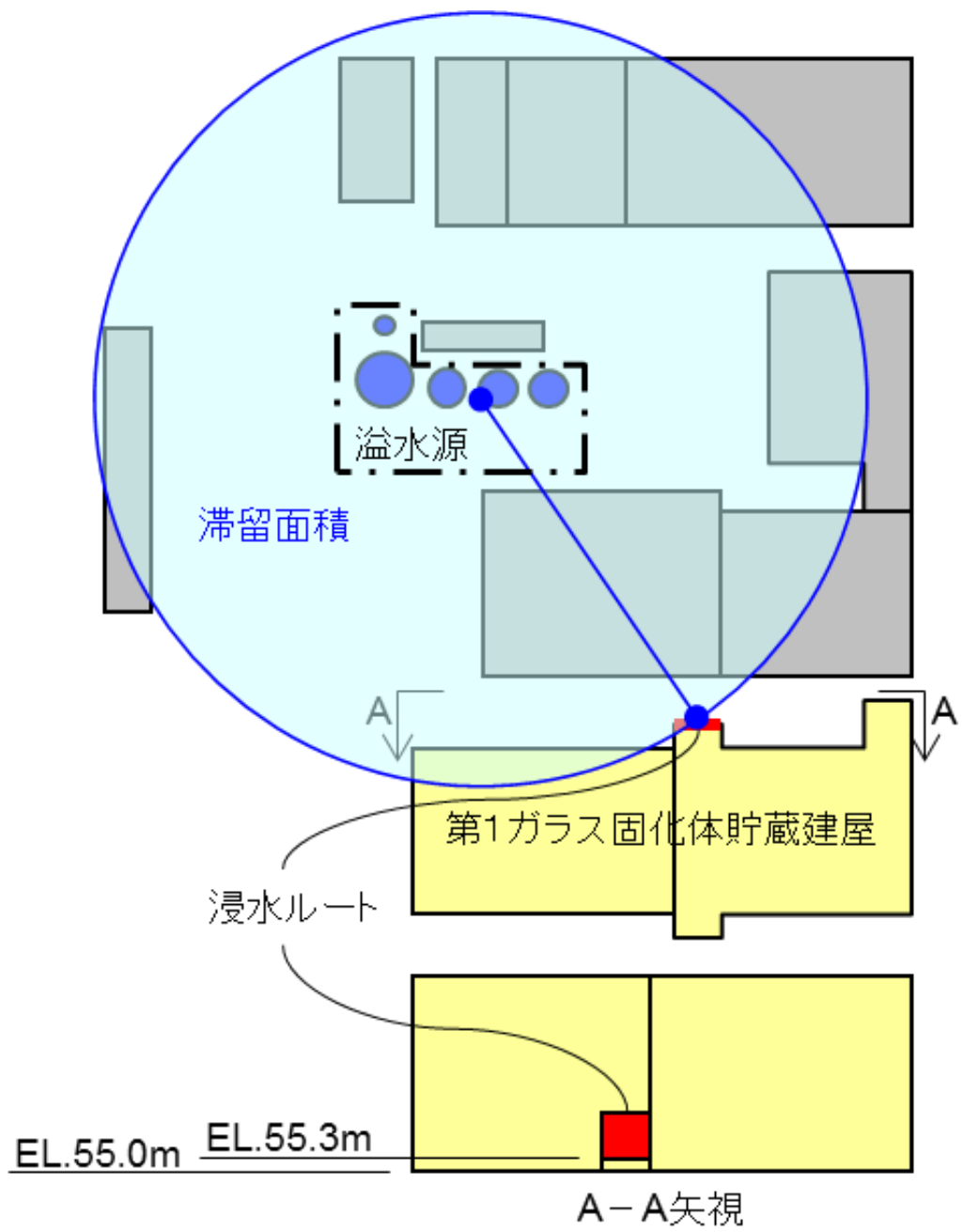
ここで、火災源となり竜巻防護施設に影響を与えることが考えられる試薬建屋に附属する屋外設備である硝酸ヒドラジン貯槽については、地下に設置することにより竜巻の影響を受けない設計とする。また、試薬建屋の内部に設置されている試薬類については、貯槽の破損により漏えいが発生したとしても直ちに火災に発展するようなことは考えられない（設計飛来物の衝突による貫通，裏面剥離による貯槽の破損により，n-ドデカンが漏えいしたとしても，引火点である74℃に達することは考えられない）。

2) 溢水

屋外タンクの破損による溢水を想定し，溢水源と竜巻防護施設の位置関係を踏まえた影響評価を行った上で，竜巻防護施設の安全機能が損なわれないよう必要に応じて堰を設ける等の防護対策を講じ，竜巻防護施設の安全機能に影響を与えない設計とすることを「溢水による損傷の防止に関する設計」にて考慮する。

<設計の一例>

竜巻防護施設を設置する施設である第1ガラス固化体貯蔵建屋の北側近傍には，溢水源として純水貯槽，ろ過水貯槽及び飲料水貯槽が設置されているが，溢水高さは当該建屋の流入高さである0.30mを下回るため，当該建屋に対し溢水による影響を与えることはない。（第5図参照）



第5図 屋外溢水源に対する竜巻防護施設を設置する施設への影響（第1ガラス固化体貯蔵建屋の例）

< 参考文献 >

- (1) (財) 消防科学総合センター, 平成 24 年(2012 年)5 月 6 日茨城県つくば市竜巻災害写真報告, 2012
- (2) (財) 消防科学総合センター, 平成 18 年 11 月 7 日北海道佐呂間町竜巻災害写真報告, 2006
- (3) (社) 土木学会 北海道佐呂間町竜巻緊急災害調査団, 平成 18 年 11 月 北海道佐呂間町竜巻緊急災害調査, 2007 年 4 月
- (4) 千葉県総務部消防地震防災課, 防災誌「風水害との闘い」第 3 章 90m 超えの突風に街が飛ばされた!-茂原で最大スケールの竜巻が発生-, 平成 22 年 3 月

以 上

令和元年 12 月 10 日 R4

補足説明資料 8 - 1 (9 条 竜巻)

車両の飛来防止対策について

0. 概要

車両は飛来防止対策を行うことにより、設計飛来物から除外する。車両の飛来防止対策は、固縛又は退避を必要とする区域（以下、「飛来対策区域」という。）を設定し、当該区域内の車両の運用を管理することにより行う。

飛来対策区域は車両の最大飛来距離を 170m、最大飛来距離に安全余裕を考慮した、車両が衝突しないよう離隔対象施設から離す距離（以下、「離隔距離」という。）を 200m、離隔距離をとるべき、車両の衝突を防止する対象として選定する施設（以下、「離隔対象施設」という。）を選定した上で設定する。

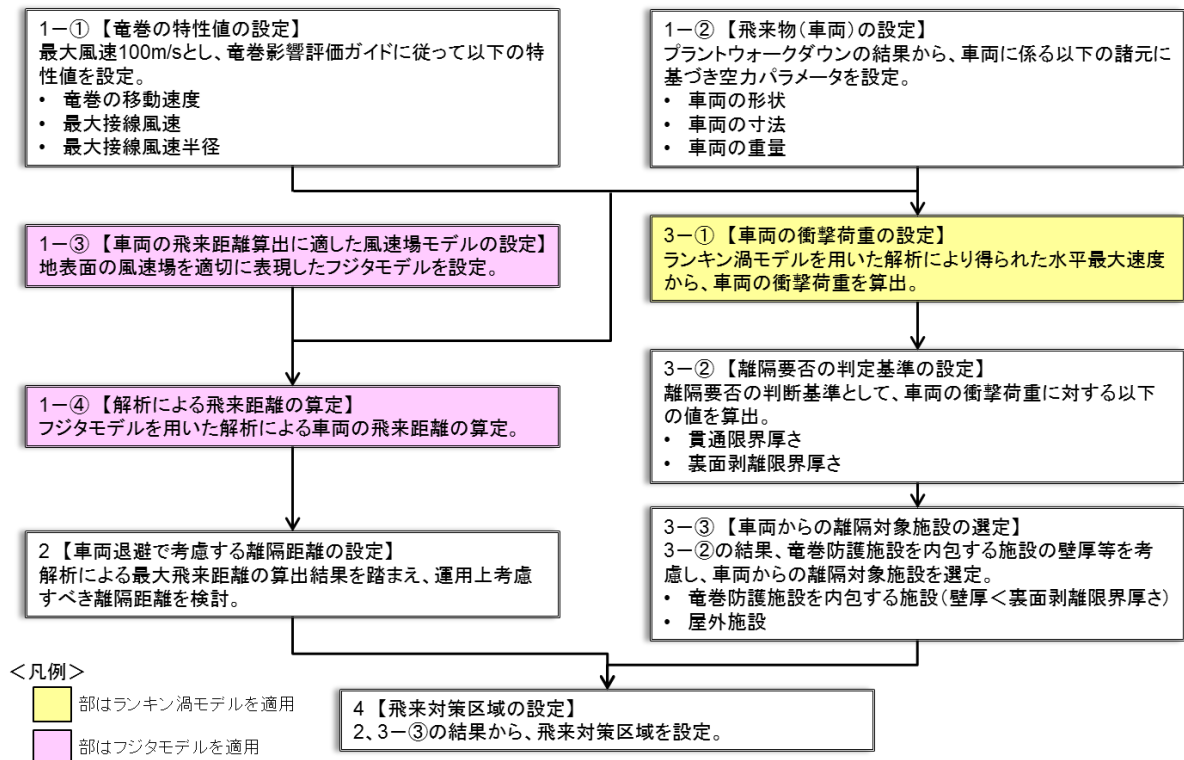
飛来対策区域設定に関する全体フローを第 1 図に示す。

車両の飛来距離の算定においては風速場モデルとしてフジタモデルを適用した上で安全余裕を考慮する。

離隔対象施設は、ランキン渦モデルを用いて算出した車両の衝撃荷重に基づき選定する。

また、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、周辺防護区域内の車両は固縛又は退避の対象とする。

飛来対策区域内の車両は、飛来物とならないように固縛又は周辺防護区域外への退避を実施する事を手順に定める。



第1図 飛来対策区域設定に関する全体フロー

1. 車両の飛来距離

1. 1 竜巻の特性値の設定

竜巻影響評価ガイドに基づいて、最大風速 $V_D = 100 \text{ m/s}$ の竜巻の特性値を以下のとおり設定する。

なお、これら特性値は、風速場モデルに依存しないため、フジタモデルにも適用することができると考えられる。

(1) 設計竜巻の移動速度 (V_T (m/s))

日本の竜巻の観測記録に基づいた竜巻移動速度と最大風速との関係を参考として以下のとおり設定する。

$$V_T = 0.15 \times V_D = 15$$

(2) 最大接線風速 (V_{Rm} (m/s))

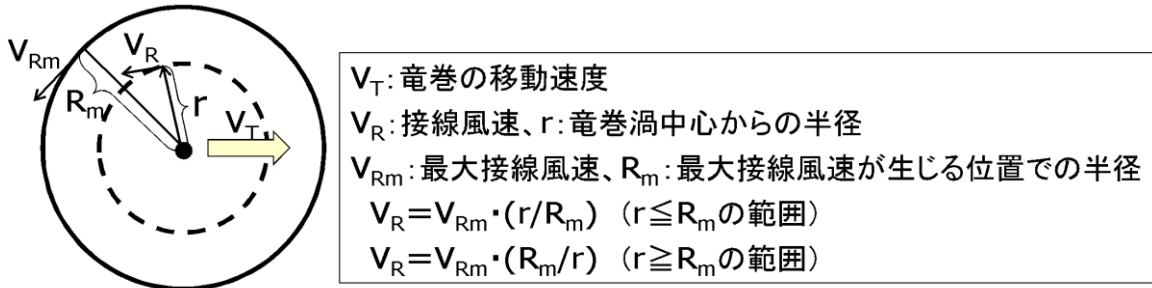
米国NRCの基準類を参考として以下のとおり設定する。

$$V_{Rm} = V_D - V_T = 85$$

(3) 最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m (m))

日本における竜巻の観測記録をもとに提案された竜巻モデルに準拠して以下の値を用いる。

$$R_m = 30$$



第2図 竜巻の特性値の設定について⁽¹⁾

1. 2 飛来物（車両）の設定

現地調査にて抽出した車両を対象とし、より飛来しやすい形状である塊状物体の形状係数を用いて空力パラメータを算出する。

第1表 現地調査で抽出した車両の諸元と空力パラメータ

車両の種類	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	質量 (kg)	空力パラメータ $C_D A/m$ (m^2/kg)
大型バス	12	2.5	3.8	12100	0.0047
トラック	8.5	2.2	2.5	3790	0.0080
乗用車 普通	4.4	1.7	1.5	1140	0.0097
乗用車 ワゴン1	4.8	1.8	1.5	1510	0.0082
乗用車 ワゴン2	5.2	1.9	2.3	1890	0.0092
軽自動車1	3.4	1.5	1.6	840	0.0102
軽自動車2	3.4	1.5	1.5	710	0.0116

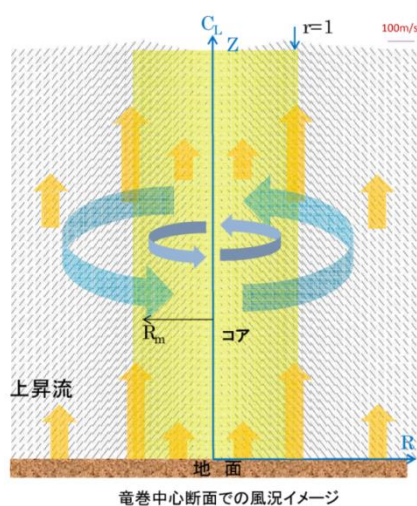
1. 3 解析に適した風速場モデルの選定

ランキン渦モデルは、地面からも上昇流が発生するモデルとなっており、実現象と乖離している。また、風速分布は高さに依存せず、竜巻全域に上昇流が存在する。

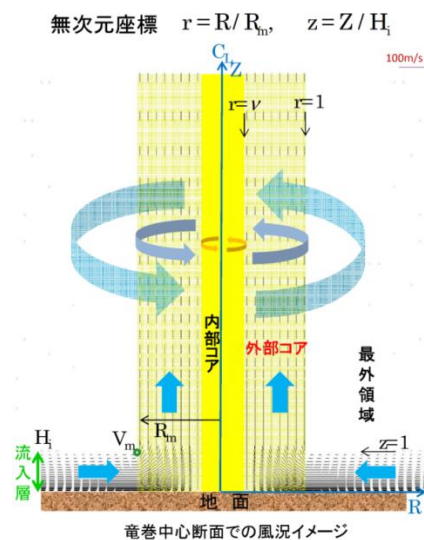
フジタモデルは、実際に近い竜巻風速場として、地表面で渦の中心に向かう水平方向の流れをモデル化している。また、接線風速は高さ依存性があり、上昇流は外部コアのみに存在する。

フジタモデルは、NRCの要請により藤田博士が開発した竜巻風速場の工学モデルである。フジタモデルの詳細な報告は、米国エネルギー省向けにまとめられており、NRCガイドにも引用されている。NRCは両モデルを比較し、より単純なランキン渦モデルを選択している。

再処理施設は平坦な地形に立地しており、かつ敷地内の車両は地表面にあるため、車両の飛来距離算定においてはフジタモデルを適用する。



第3図 ランキン渦モデル⁽²⁾



第4図 フジタモデル⁽²⁾

第2表 飛来物評価モデルの比較⁽²⁾

モデル名	メリット	問題点	評価
ランキン渦モデル	<ul style="list-style-type: none"> 非常に簡単な式で風速場を記述することができる。 NRCガイドで採用されており、利用実績が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 上昇流が全領域に存在し、飛来物が落下しにくい。 風速場が高さに依存しないため、<u>地面付近では非現実的な風速場となる。</u> 	○
フジタモデル	<ul style="list-style-type: none"> 観測に基づき考案されたモデルであり、<u>実際の風速場に近い。</u> 比較的簡単な代数式で風速場を表現しうる。 NRCガイドでもランキン渦モデルと並列に参照されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ランキン渦モデルと比較して、風況をモデル化する上で解析プログラムが複雑。(近年の計算機能力向上と竜巻評価コードの高度化により、問題点は解決された) 	◎
非定常乱流渦モデル (LES)	<ul style="list-style-type: none"> 風速の時間的な変動(乱れ)をある程度模擬している。 	<ul style="list-style-type: none"> 人為的な計算条件を用いるため、<u>実際の竜巻を必ずしも再現していない。</u> 膨大な計算機資源が必要であり、実務での評価には不向きである。 	△

1. 4 解析による飛来距離の算定

算定方法の概要及び算定結果を以下に示す。

- ・フジタモデルに基づいて竜巻を内部コア、外部コア及び最外領域の3つの領域に分割して風速場を設定する。

内部コアは、中心周りの剛体回転運動を考慮し、上昇流はない。外部コアは、剛体回転運動及び上昇流を考慮する。最外領域は、自由渦と地面付近で中心に向かう流れ（流入層）を考慮する。

竜巻の3つの領域に応じて、周方向風速、半径方向風速及び上昇風速を定義し、風速ベクトルを設定する。

車両が空中にあるときは平均抗力と重力、車両が地面付近にあるときには浮き上がり（揚力）を考慮し、物体の運動方程式を定義する。与えられる風速ベクトル及び運動方程式の時間積分より、車両の速度及び位置の時刻歴データを得る。

算定に用いたパラメータ及び車両の飛来距離の算定結果は第3表のとおりである。

第3表 算定に用いたパラメータ及び車両の
飛来距離の算定結果

解析に用いたパラメータ値		車両の飛来距離、飛来高さの算定結果		
最大風速 V_D (m/s)	100	車両の種類	最大飛来距離 (m)	最大飛来高さ (m)
移動速度 V_T (m/s)	15	大型バス	130	7.5
最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	85	トラック	160	11
最大接線風速半径 R_m (m)	30	乗用車 普通	150	6.0
初期設定位置高さ (m)	0	乗用車 ワゴン 1	90	4.5
		乗用車 ワゴン 2	170	12
		軽自動車 1	160	7.0
		軽自動車 2	170	8.5

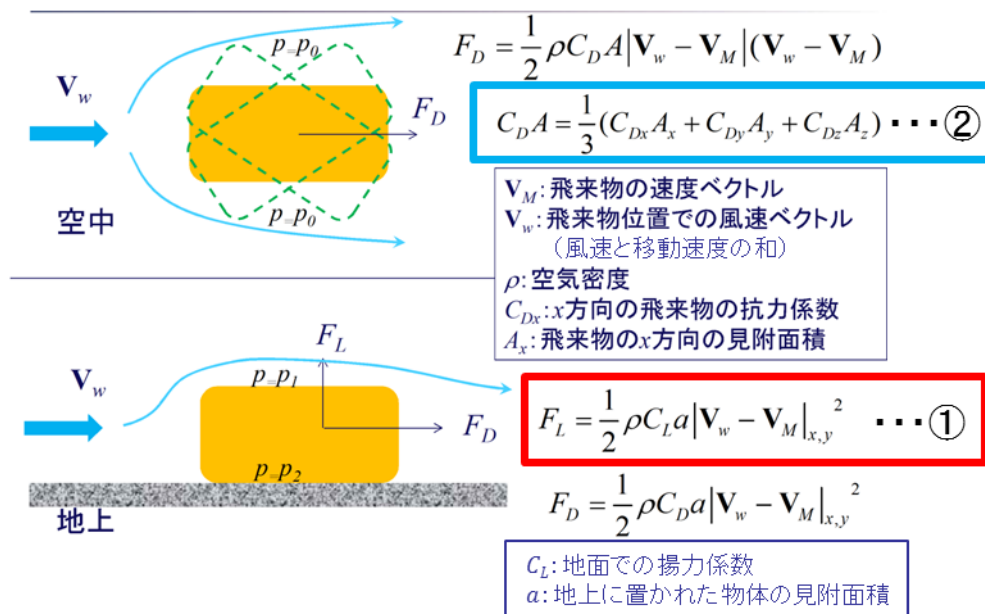
1. 4. 1 物体の浮き上がりにおける保守性の考慮

浮上・飛来解析における物体の浮き上がりの判定においては、以下に示すような保守性を考慮している。

式①のとおり地表面においては揚力を考慮するが、解析においては $C_L a$ の代わりに、式②の抗力係数と見附面積の積の平均値 $C_D A$ を用いる。

$$F_L = \frac{1}{2} \rho C_D A |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M|_{x,y}^2 \quad \dots \textcircled{3}$$

風洞実験で得られた車両の $C_L a$ の最大値と式②で計算される $C_D A$ の下限値を比較した結果によると、 $C_D A > C_L a$ の関係が成立するため、解析において $C_L a$ の代わりに $C_D A$ を用いる方が保守的である。



第5図 飛来物に作用する流体力⁽³⁾

第4表 $C_L a$ と $C_D A$ の比較

物体	円柱 $\phi: d$	自動車 (1974 Dodge Dart)	自動車 (セダン)	自動車 (ミニバン)
文献	(29)	(29)	(10)	(10)
$C_L a$	$2.8d^2$	48.7 ft. ²	9.5m ² *	9.7m ² *
$C_D A$	$7.1d^2$	129 ft. ²	12.0m ²	14.4m ²

*4輪のうち、少なくとも1つのタイヤ反力がゼロとなる風速から逆算したもの

出典：

文献(29) Wind Field and Trajectory Models for Tornado Propelled Objects, EPRI NP-748, 1978.

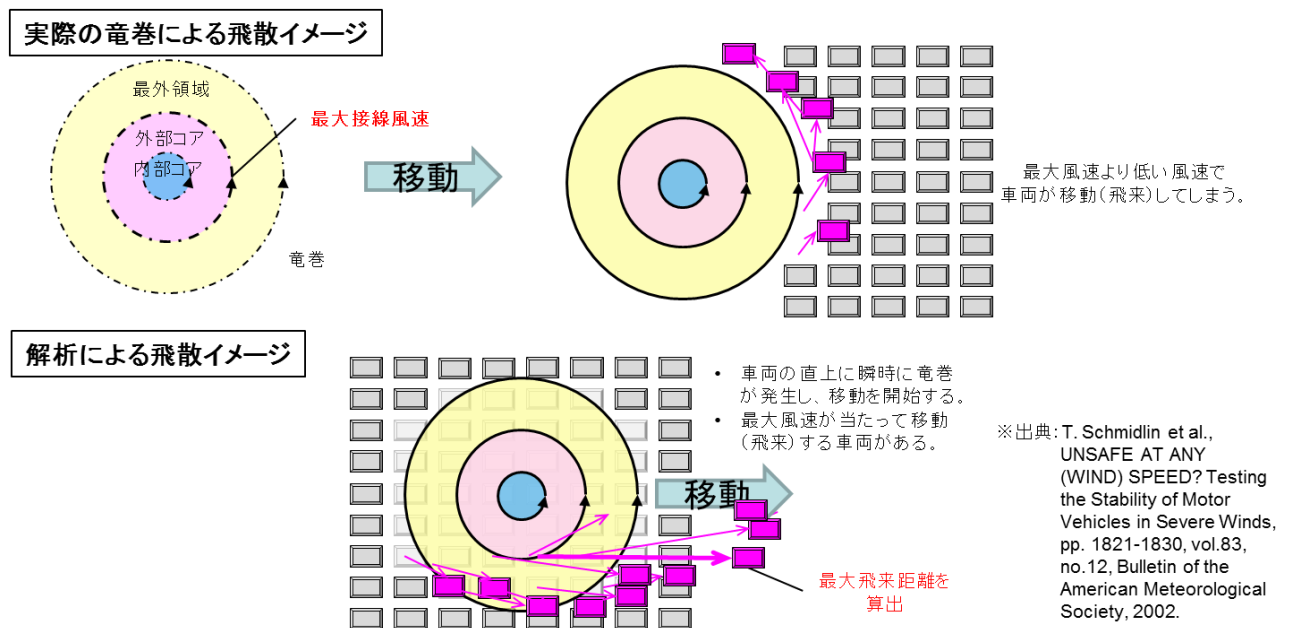
文献(10) T. Schmidlin *et al.*, Unsafe at Any (Wind) Speed? Testing the Stability of Motor Vehicles in Severe Winds, pp.1821-1830, vol.83, no.12, Bulletin of the American Meteorological Society, 2002.

1. 4. 2 飛来に至る過程における保守性の考慮

浮上・飛来解析による飛来距離算定では、以下のとおり保守的な評価結果が得られるような内容となっている。

実際の竜巻は、遠方から車両に近づくため、最大風速より低い風速（風洞実験の結果、浮上する限界風速は自動車のうちセダンで 51m/s ，ミニバンで 65m/s ⁽⁴⁾）で竜巻の外周部の低風速領域に移動する（第6図の上図参照）。

解析においては、車両が最大風速を受けるように、 51×51 台の車両の直上に竜巻を発生させ（第6図の下図参照）、移動又は飛来した車両の中から最も飛来距離が大きいものを最大飛来距離として算出している。



第6図 実際の竜巻による飛散と解析による飛散のイメージ

2. 車両退避で考慮する離隔距離の設定

最大飛来距離の算定の結果（第5表参照）、最大値を与えた「乗用車 ワゴン2」及び「軽自動車2」について、運用上考慮すべき離隔距離の設定について検討した。

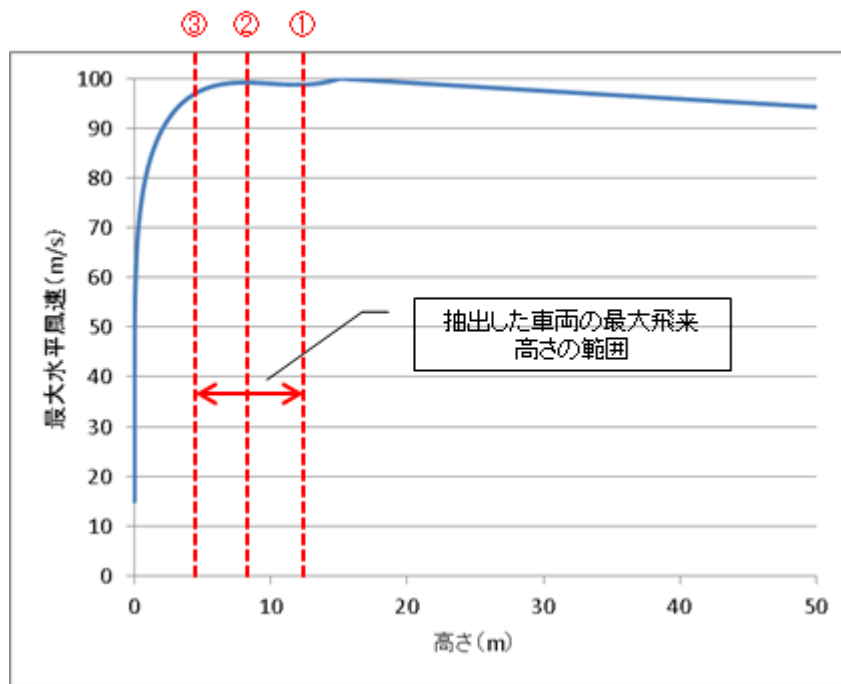
フジタモデルの最大水平風速の分布によると、現地調査により敷地内をふかんした調査において抽出した車両の最大飛来高さ4.5m～12mの場合における風速は、最大風速100m/sと比較して1～5%程度低く、最大風速の0.95～0.99倍となる（第7図参照）。

運動エネルギーは速度の二乗に比例することから、保守性を考慮して、高さ4.5～12mにおける風速と最大風速の差の二乗分（ $0.95^2 \div 0.90$ ）の逆数を最大飛来距離170mに乘じ、結果として、運用上考慮すべき車両の離隔距離を200mとする。

第 5 表 最も大きい最大飛来距離を与える車両及び

最も低い最大飛来高さを与える車両の算定結果

	① 乗用車 ワゴン 2	② 軽自動車 2	③ 乗用車 ワゴン 1
最大飛来距離 (m)	170	170	90
最大飛来高さ (m)	12	8.5	4.5



第 7 図 水平最大風速の分布 (フジタモデル, 100m / s)

1～2の各段階において、考慮している保守的な条件を第6表に示す。

第6表 離隔距離設定に至る各段階で考慮した保守的条件

段階	保守的条件の考慮	設定内容
1. 1 竜巻の特性値の設定	—	日本の竜巻の観測記録等を参考としたガイドの考え方に基づいて設定（最大風速 100m / s）。
1. 2 飛来物（車両）の設定	○ [*]	より飛来しやすい形状である塊状物体の形状係数を用いて空力パラメータを算出
1. 3 解析に適した風速場モデルの選定	—	フジタモデルを設定。
1. 4 解析による飛来距離の算定	○ [*]	<ul style="list-style-type: none"> ・物体に働く揚力において C_{1a} の代わりに C_{DA} を用いる（$C_{1a} < C_{DA}$）（浮き上がりやすい条件を設定）。 ・51×51台の車両のうち、飛来距離が最大となるものを算出（解析コードの保守性）。
2. 車両退避で考慮する離隔距離の設定	○	鉛直方向の風速分布を参考に、1.4の算定結果に対して裕度を考慮。

※ 当該部分の保守的条件は、ランキン渦モデルを用いる場合も同様に設定される。

3. 離隔距離

3.1 車両の衝撃荷重の設定及び離隔要否の判定基準の設定

車両が竜巻により飛来し、衝突した時の貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さを算出し、竜巻防護施設を設置する施設のうち壁厚がこれらを下回るものを車両からの離隔対象施設とする。

車両の最大水平速度はランキン渦モデルにより算出する。

(1) 貫通限界厚さ

飛来物による鉄筋コンクリートの貫通限界厚さ（ e ）は下式により求める。

$$e = \alpha_e e' \times 2.54$$

ただし、 $1.52 \leq X/d \leq 13.42$ の場合、

$$\frac{e'}{d} = 0.69 + 1.29 \left(\frac{X}{d} \right)$$

$1.52 \geq X/d$ の場合、

$$\frac{e'}{d} = 2.2 \left(\frac{X}{d} \right) - 0.3 \left(\frac{X}{d} \right)^2$$

貫入深さ（ X ）は、 $X/d \leq 2.0$ の場合

$$\frac{X}{d} = 2 \left\{ \left(\frac{180}{\sqrt{f'_c}} \right) N d^{0.2} D \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} \right\}^{0.5}$$

$X/d \geq 2.0$ の場合

$$\frac{X}{d} = \left(\frac{180}{\sqrt{f'_c}} \right) N d^{0.2} D \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} + 1$$

である。ここで、

e : 貫通限界厚さ（c m）

e' : D e g e n 式による貫通限界厚さ（i n）

- X : 貫入深さ (i n)
- d : 飛来物有効直径 (i n)
- f c ' : コンクリート圧縮強度 (設計基準強度を用
いる, l b f / i n ²)
- D : W / d ³ (l b f / i n ³)
- W : 飛来物重量 (l b f)
- V : 衝突速度 (f t / s)
- N : 飛来物先端形状係数 (0.72)
- α_e : 飛来物係数 (1.0)

である。

(2) 裏面剥離限界厚さ

飛来物による裏面剥離限界厚さ (s) は下式により求める。

$$s = 1.84\alpha_s \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0.13} \frac{(MV^2)^{0.4}}{(d^{0.2}f_c'^{0.4})} 30.48$$

ここで,

- s : 裏面剥離限界厚さ (c m)
- V₀ : 飛来物基準速度 (200 f t / s)
- V : 衝突速度 (f t / s)
- M : 飛来物質量 (l b)
- d : 飛来物有効直径 (f t)
- f c ' : コンクリート圧縮強度 (設計基準強度を用
いる, l b f / f t ²)
- α_s : 飛来物係数 (1.0)

である。

現地調査で抽出した各車両の貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さを第7表に示す。

第7表 車両による貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さ算出結果

飛来物	貫通限界厚さ (cm)	裏面剥離限界厚さ (cm)
大型バス	65	145
トラック	46	105
乗用車 普通	30	70
乗用車 ワゴン1	33	75
乗用車 ワゴン2	35	80
軽自動車1	27	65
軽自動車2	26	60

3. 2 車両からの離隔対象施設の選定

大型バスは、裏面剥離限界厚さ 145 c m が竜巻防護施設を設置する施設の壁厚より大きいため、飛来対策区域には駐車しない運用とする。なお、大型バスは構内を巡回しており、速やかに退避行動に移ることができる。

大型バス以外の車両は、裏面剥離限界厚さが最大 105 c m であるため、竜巻防護施設を設置する施設のうち壁厚が 105 c m を下回る第 8 表内の第 1 ガラス固化体貯蔵建屋、非常用電源建屋及び主排気筒管理建屋の 3 建屋を車両からの離隔対象施設とする。

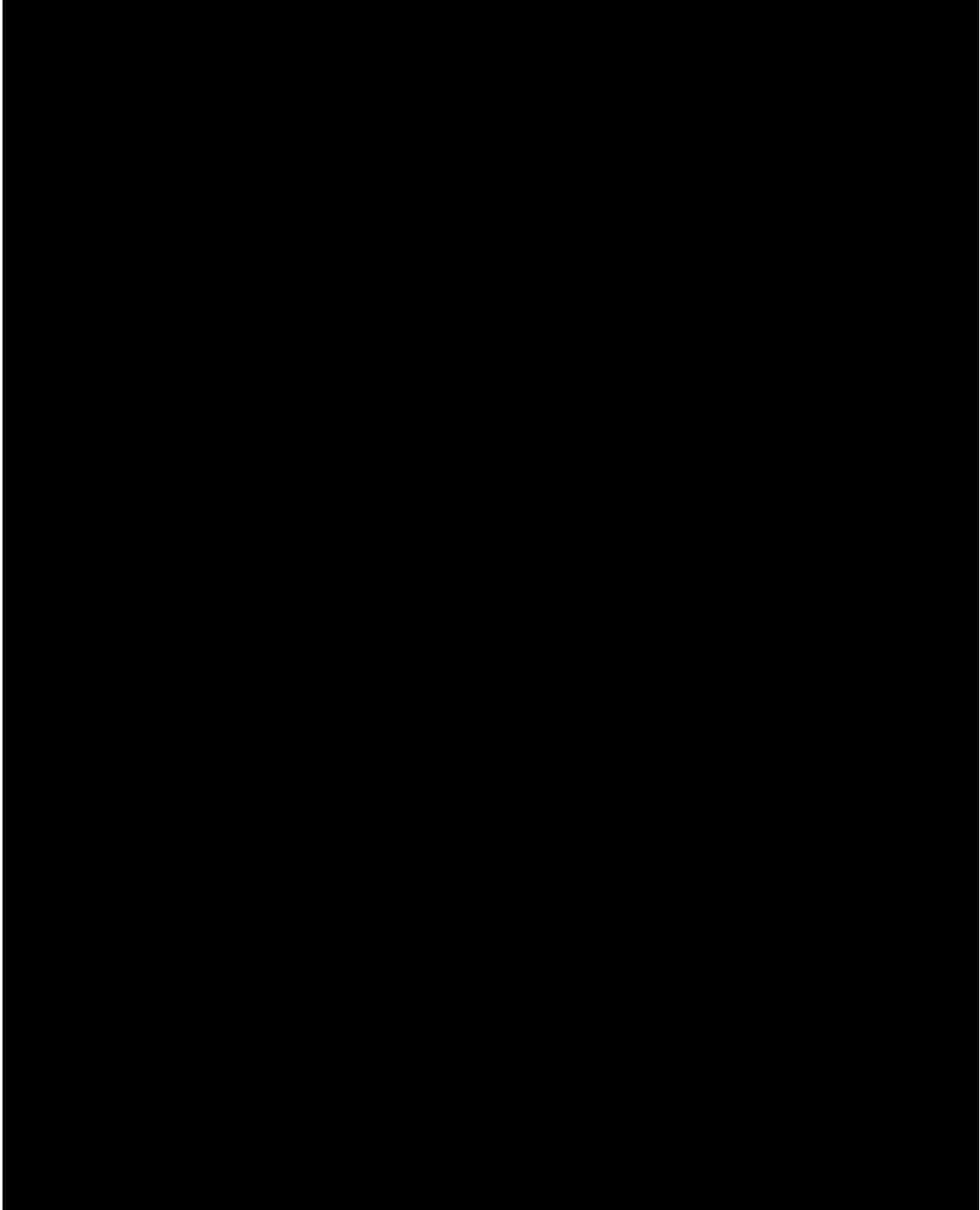
第 8 表 車両からの離隔対象施設の選定結果

竜巻防護施設を設置する施設	外壁の厚さ (cm)	竜巻防護施設を設置する施設	外壁の厚さ (cm)
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	120	第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	50
前処理建屋	120	チャンネルボックス・ハーナブルホイスン処理建屋	125
分離建屋	120	ハル・エントピース貯蔵建屋	115
精製建屋	120	制御建屋	115
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	120	非常用電源建屋	30
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	120	主排気筒管理建屋	20
高レベル廃液ガラス固化建屋	120		

また、屋外施設のうち使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用の安全冷却水系冷却塔、再処理設備本体用の安全冷却水系冷却塔、第 2 非常用ディーゼル発電機用の安全冷却水系冷却塔、主排気筒及び主排気筒に接続する屋外ダクト及び屋外配管並びに竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設を車両からの離隔対象施設に加える。

4. 飛来対策区域の設定

「2. 車両退避で考慮する離隔距離の設定」及び「3. 2 車両からの離隔対象施設の選定」より、飛来対策区域を第8図のとおり設定する。



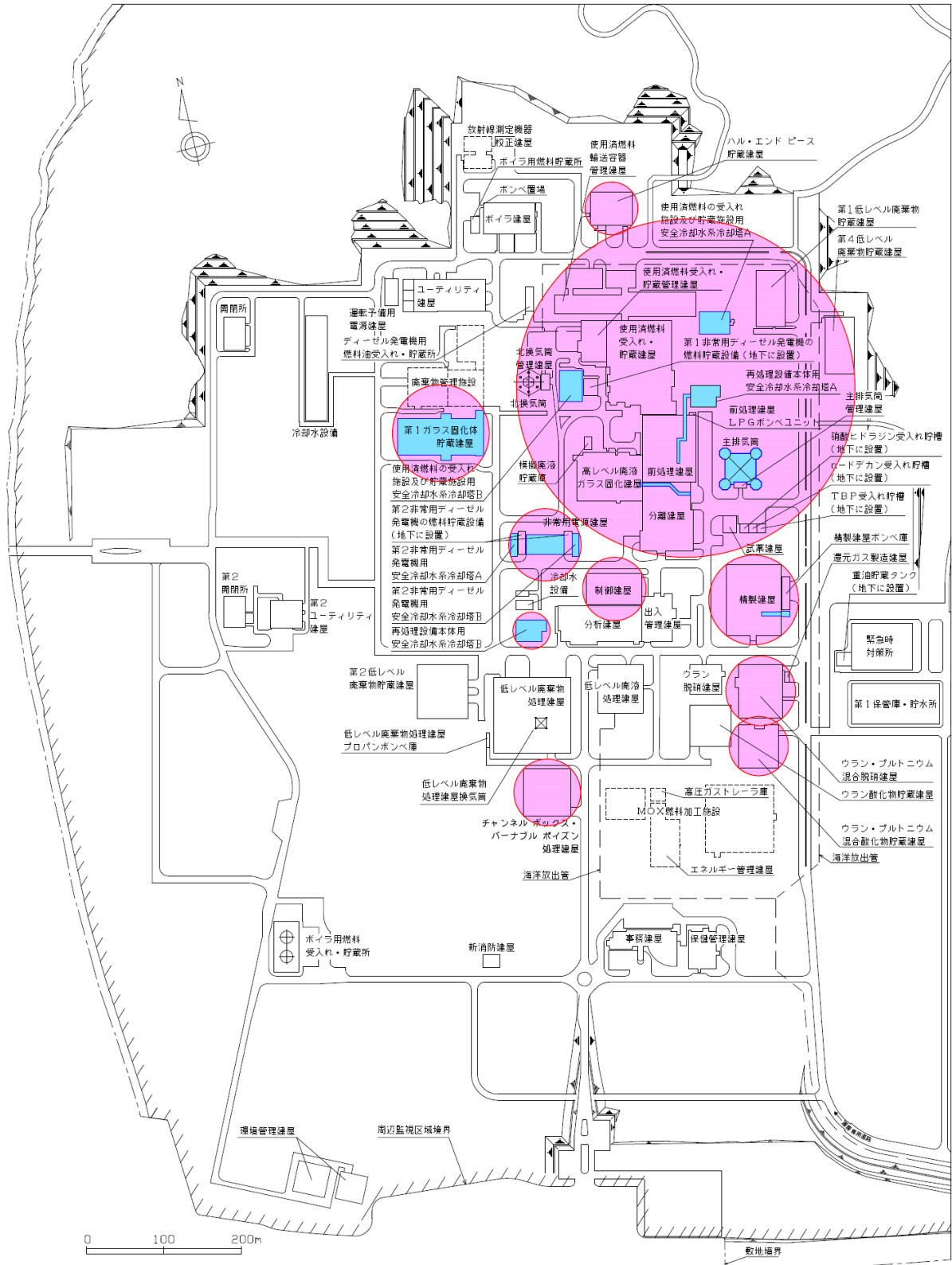
第8図 飛来対策区域

■については核不拡散の観点から公開できません。

5. フジタモデルを適用した解析における不確実性の補完について

フジタモデルの適用に係る定量的な検証は、佐呂間で発生したF3竜巻において確認しているものの、実際の竜巻現象に対する不確かさ、評価手法の不確かさを踏まえ、飛来距離の算定においては、以下のことを考慮し、不確実性を補うこととする。

- ・再処理施設での設計竜巻の最大風速は日本で過去に発生した最大級の竜巻を念頭に置き、 100m/s とすること。
- ・最大風速 100m/s の竜巻の年超過確率は 10^{-8} であり、離隔対象施設の面積は第9図に示す竜巻影響エリアに比べてさらに小さいため、これらに対する竜巻の年超過確率はさらに低くなるが、車両の飛来距離算定においても設計竜巻（最大風速 100m/s ）を前提とすること。
- ・車両の最大飛来距離の算定結果は 170m であるが、考慮する離隔距離は 200m とすること。
- ・飛来対策区域内の駐車場には車両が飛来物とならないように飛来防止対策を施すとともに、周辺防護区域内に駐車する車両については念のため同様な飛来防止対策を施すこと。
- ・固縛が困難な大型車両等については、十分距離が離れた周辺防護区域外の退避場所に退避すること。
- ・飛来対策区域の外の車両についても駐車場所を決め、所定の駐車場以外への駐車を禁止する運用とすること。

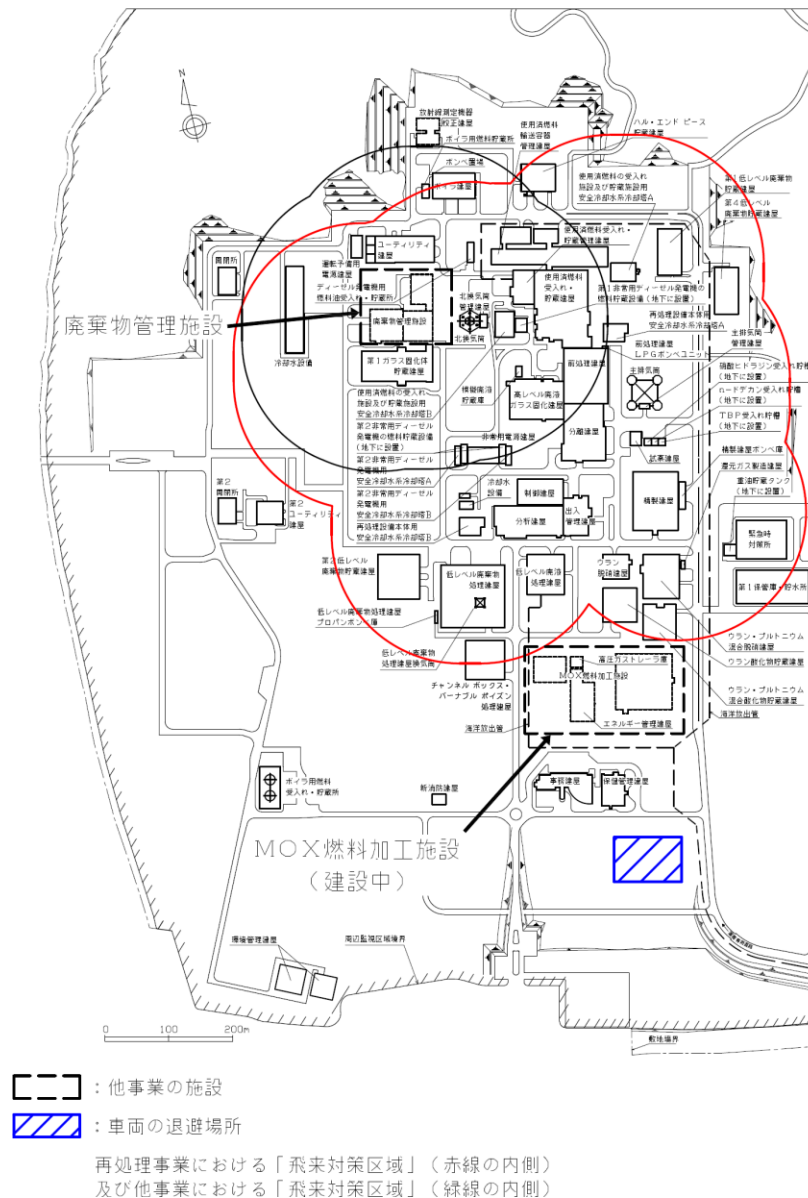


第9図 離隔対象施設と竜巻影響エリアの比較

6. 隣接する他事業との関係について

再処理事業所に立地する再処理事業以外の事業（廃棄物管理事業）の飛来対策区域を確認した。

廃棄物管理事業における飛来対策区域は第10図の緑線にて示す範囲であり、再処理事業で設定した車両の退避場所が影響を受けないことを第10図のとおり確認した（MOX燃料加工事業については、現在建設中であり、飛来対策区域の設定はない）。



第10図 再処理事業及び他事業における飛来対策区域

また、建設中の工事用資機材（MOX燃料加工事業も含む）は、作業に必要な時を除いて固縛又は屋内収納を行うものとし、竜巻準備体制が発表された場合には、作業に必要な工事用資機材についても飛来物とならないように固縛を行うこと等の運用を定め管理を行う。

なお、MOX燃料加工施設においては、安全上重要な施設を版厚1.2mの鉄筋コンクリートの外壁を有する建屋に設置しており、MOX燃料加工施設の設計対象施設は、離隔対象施設には含まれない。

7. 車両の管理

7. 1 敷地内の車両の管理について

竜巻への対応を円滑に行うため、「通常」、「注意喚起」及び「竜巻準備体制」の3段階に分けて対応を行う。

飛来対策区域における車両の運用は以下のとおりとする。

- (1) 駐車する場合は、予め竜巻により飛散しないよう固縛する。ただし、速やかに車両の移動が可能な場合を除く。
- (2) 竜巻準備体制の発表により、飛来対策区域内を走行または停車している車両の運転手は、速やかに退避または固縛を行い、近くの建物に退避する。
- (3) 周辺防護区域内への車両の入構に係る審査時には、車両の飛来距離の評価を行い、飛来距離が170m以下と評価される車両にのみ入構を許可する。
- (4) 入構を許可された車両の運転手には、車両の退避、固縛等に係る事項を周知する。また、既に許可を与えられた車両の運転手にも同様の内容を周知する。

7. 2 車両の飛来防止対策の概略イメージ

車両の飛来防止対策は、十分な強度を有する固縛装置で拘束する方法により実施する。

固縛装置による飛来防止は、車両が浮上するのを防止できる設計とする。



第 11 図 飛来防止対策イメージ

8. 参考文献

- (1) 「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」
- (2) 原子力発電所の竜巻影響評価について，－設計風速および飛来物速度の評価－ 改定4，2014年9月9日 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会
- (3) 原子力発電所の竜巻影響評価 平成26年12月12日(一社) 日本溶接協会 原子力プラント機器の健全性評価に関する講習会
- (4) T. Schmidlin et al., UNSAFE AT ANY (WIND) SPEED? Testing the Stability of Motor Vehicles in Severe Winds, pp. 1821-1830, vol.83, no.12, Bulletin of the American Meteorological Society, 2002.

以 上

令和元年 12 月 10 日 R3

補足説明資料 8 - 2 (9 条 竜巻)

車両の退避について

1. はじめに

竜巻発生予測の実績等から竜巻発生 15 分前には予測が可能であることを考慮して、竜巻襲来時の車両の退避時間の実現性を確認した。

2. 評価の前提条件

(1) 車両の種類と台数

周辺防護区域内にある車両を調査した結果を基とし、①社有車、②警備車両、③一時的に入構する作業車両（一時入構車両）④シャトルバスについて対象台数を以下のとおりとして退避時間の算定に用いた。

① 社有車

【使用目的】：周辺防護区域内で業務に従事する運転員等が、現場巡視等を目的として移動する手段として使用する車両。

【運用管理】：使用していない社有車は周辺防護区域外に駐車するか、飛来防止対策を施した駐車場所に駐車することで、竜巻襲来時の退避対応を必要としない運用とする。

社有車を使用して現場巡視先へ移動する場合は、飛来防止対策を施した駐車区域（固縛装置）に駐車する事で、竜巻襲来時の退避対応を必要としない運用

とする。

【車両台数】：調査結果より，周辺防護区域内に同時に存在する
最多車両台数は 56 台である。

② 警備車両

【使用目的】：警備員が周辺防護区域内のパトロール，立入制限
区域への入退域管理の対応のために移動する手段
として使用する車両。

【運用管理】：使用していない警備車両は，周辺防護区域外の駐
車区域に駐車することで，竜巻襲来時の退避対応を
必要としない運用とする。使用中の警備車両につい
ては，常時警備員が乗車するか，または警備員がす
ぐに車両に戻れる状態にすることで，竜巻襲来時に
は速やかに退避することができる運用とする。

【車両台数】：調査結果より，周辺防護区域内に同時に存在する
最多車両台数は 28 台である。

③ 一時入構車両

【使用目的】：周辺防護区域内で作業を行う一時立入者（工事作
業員，燃料油の給油作業員等）が，工事用資機材の
搬出入や燃料油の給油等を行うための車両。

【運用管理】：工事用資機材の搬出入作業や燃料油の給油作業に
あたっては，車両の運転手と作業員を別とすること
で，速やかに退避することができる運用とするか，
または，飛来防止対策を施した駐車区域に駐車する
ことで竜巻発生時の退避を必要としない運用とす
る。作業のない夜間，休日等には周辺防護区域内よ

り退去する運用とする。

【車両台数】：調査結果より，周辺防護区域内に同時に存在する
最多車両台数は 230 台である。

④ シャトルバス

【使用目的】：周辺防護区域内で業務に従事する職員及び協力会社職員等が，周辺防護区域内の移動を目的として使用する大型バス車両。

【運用管理】：使用していないシャトルバスは，周辺防護区域外に停車することで，竜巻襲来時の退避対応を必要としない運用とする。周辺防護区域内を巡回中のシャトルバスは，常に運転手が搭乗し，竜巻襲来時には速やかに退避することができる運用とする。

【車両台数】：調査結果より，周辺防護区域内に同時に存在する
最多車両台数は 3 台である。

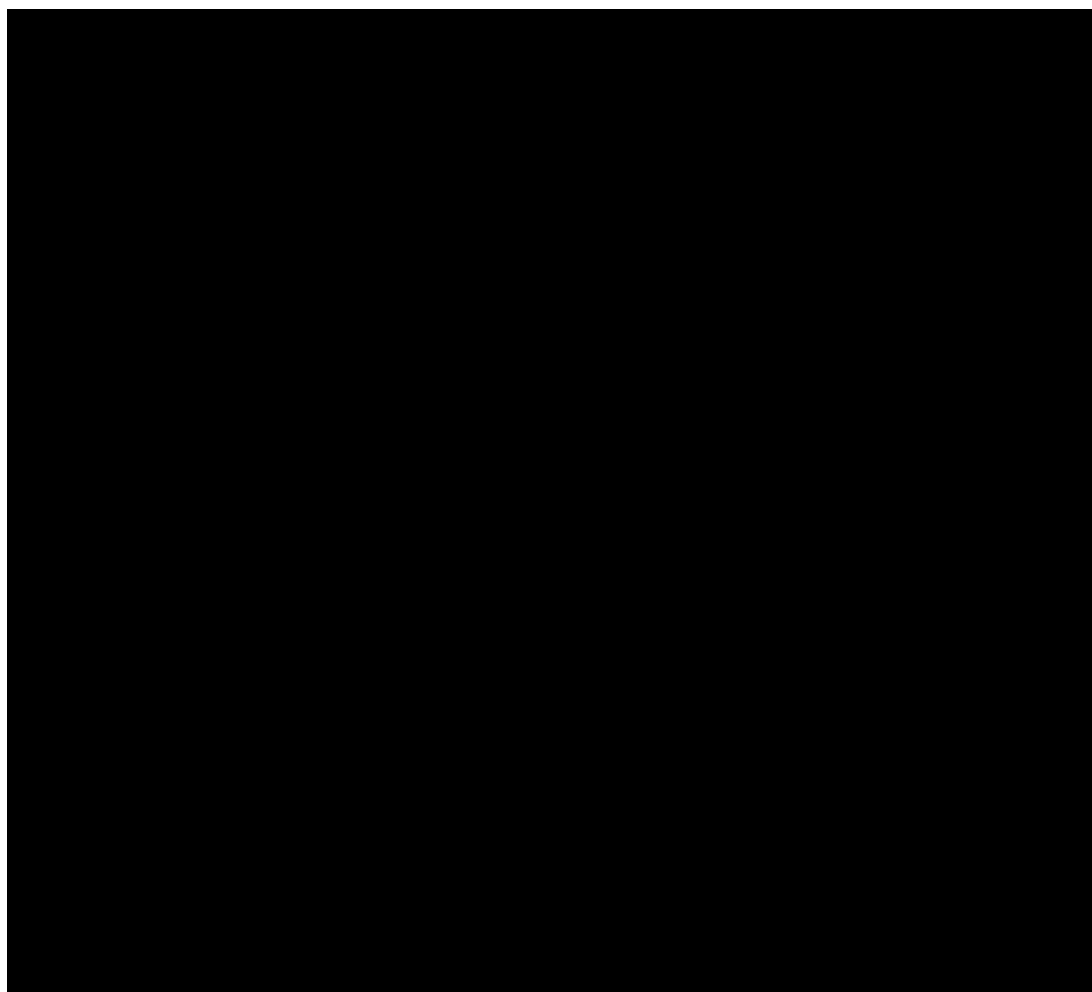
(2) 退避の対象となる車両の台数

- ・退避対象車両数については，周辺防護区域内に同時に存在する
最多車両総数から固縛装置に駐車する台数を除いた車両を
対象とし，周辺防護区域内に同時に存在する最大車両総数
(56 台 + 28 台 + 230 台 + 3 台) - 周辺防護区域内の固縛装置設
置数 (132 台分 (予定)) = 185 台を避難対象車両として退避
時間の算定に用いる。

(3) 退避速度，距離

周辺防護区域外への車両の退避条件を，以下の通り設定した。

- ・ 周辺防護区域内道路の制限速度は 30 k m / h であるが，退避時間の算定にあたっては保守的に想定するため，全区間の平均速度を 20 k m / h とした。これは冬季（積雪や凍結）を考慮しても余裕のある速度である。
- ・ 各ゲートから最も遠い周辺防護区域内を走行または停車している車両から周辺防護区域外までの距離は，第 1 図に示す通りとし，メインゲート方向はサブゲート方向の導線に突き当たるまでの 1116m（走行所要時間 3 分 21 秒），サブゲート方向は 1886m（走行所要時間 5 分 40 秒）を移動距離として算定する。

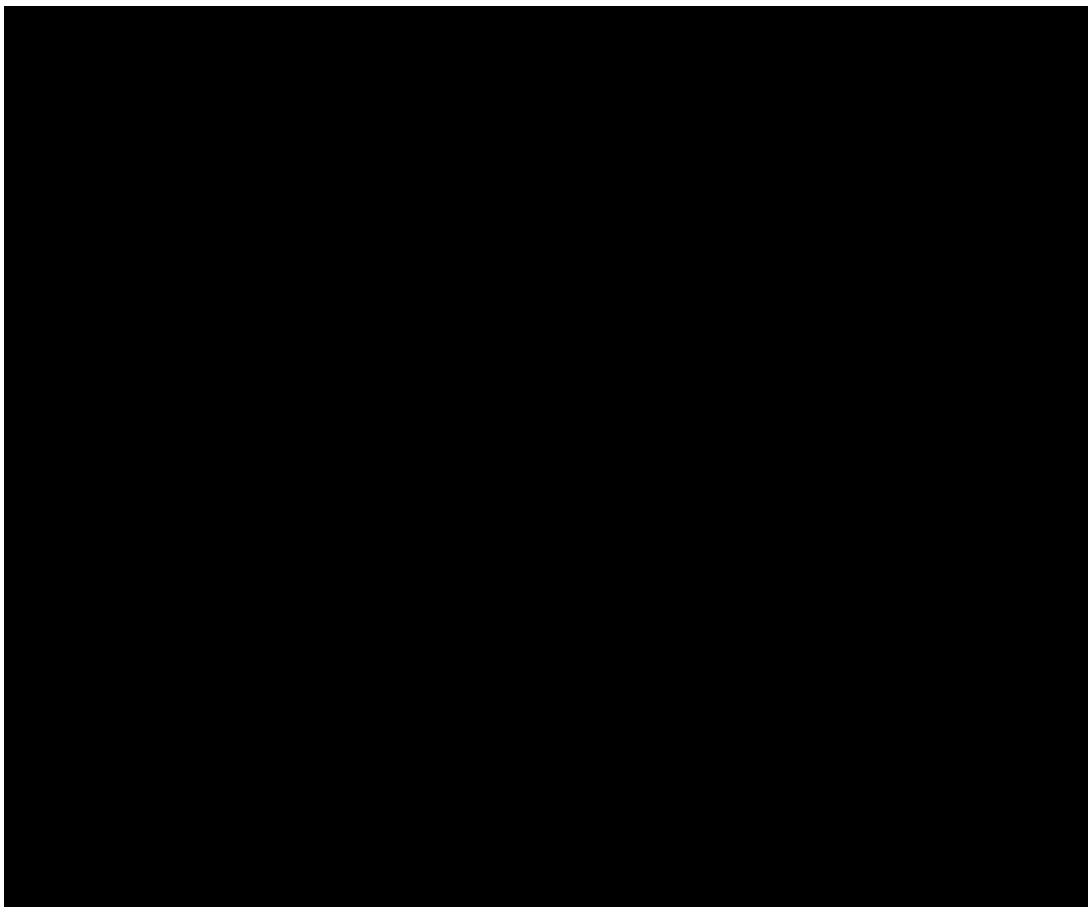


第 1 図 周辺防護区域内におけるメインゲート及びサブゲートまでの最長距離

■については核不拡散の観点から公開できません。

(4) その他評価上の仮定

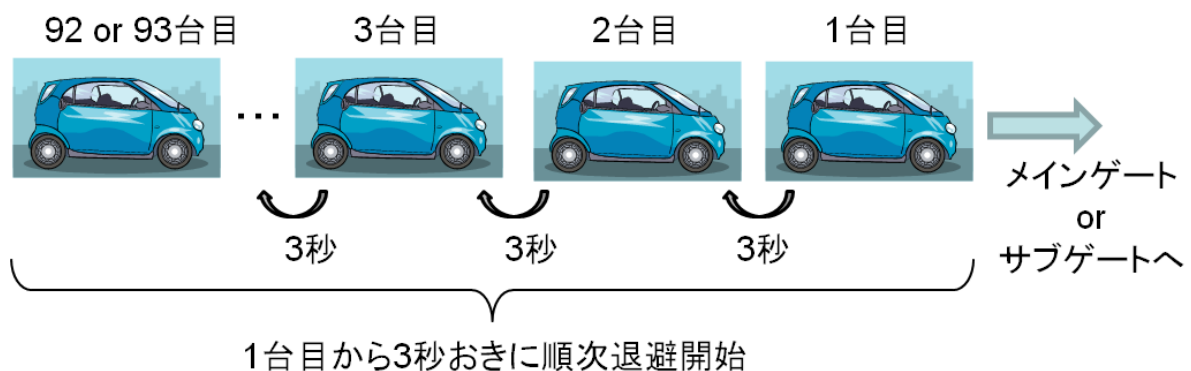
- ・ゲートから最も遠い場所に全退避車両が後ろ詰めで渋滞している状態で竜巻準備体制が発表された場合を想定し、退避時間を算定する。
- ・各ゲートは内側・外側共に開放し、退避車両をチェック無しで通過させるものとする。
- ・ゲートから最も遠い場所を基点にしてサブゲート側に 93 台、メインゲート側に 92 台が 10m 間隔で渋滞した場合を考慮する。
- ・上記車列について、メインゲート側及びサブゲート側の車はそれぞれ第 2 図に示す導線で各ゲートへ向かうものとする。



第 2 図 メインゲート及びサブゲートへの車両退避に
想定される渋滞状況

■ については核不拡散の観点から公開できません。

- ・ 周知・連絡のための時間は余裕を持って2分とする。
- ・ 各ゲートの開放にかかる時間は，竜巻準備体制が発表されてから1分（実測では45秒）とする。
- ・ 実際には先頭車両の発車と同時にゲート開放が始まるが，ゲートが開放されてから先頭車両が出発するものとする。
- ・ 車列先頭の車両から余裕を持って3秒に1台の間隔で順次発進することを想定する。第3図に車両退避イメージを示す。この時，最後尾の車両が発進するのはメインゲート側では先頭車両が発進してから4分33秒後（3秒間隔×91台＝273秒＝4分33秒），サブゲート側では先頭車両が発進してから4分36秒後（3秒間隔×92台＝276秒＝4分36秒）となる。



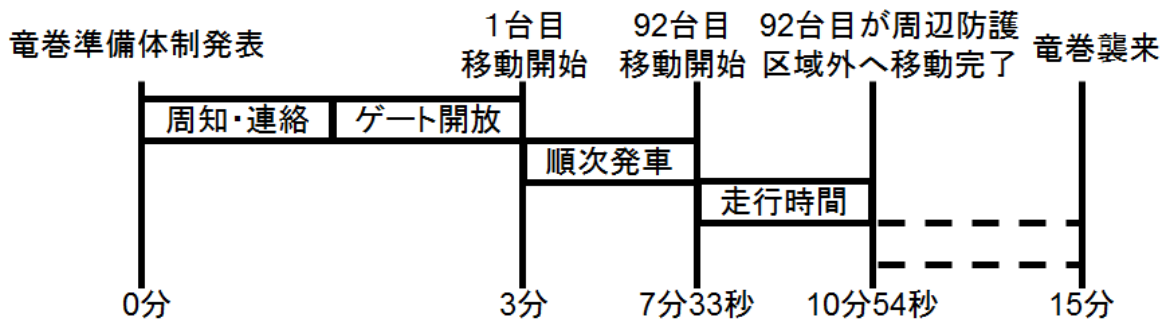
第3図 車両退避イメージ

3. 評価結果

評価結果は下記の通りとなり，竜巻準備体制が発表されてから15分以内に車両の退避が可能と評価した。メイン及びサブゲートの車両退避時間を第4図及び第5図に示す。

・メインゲート側：

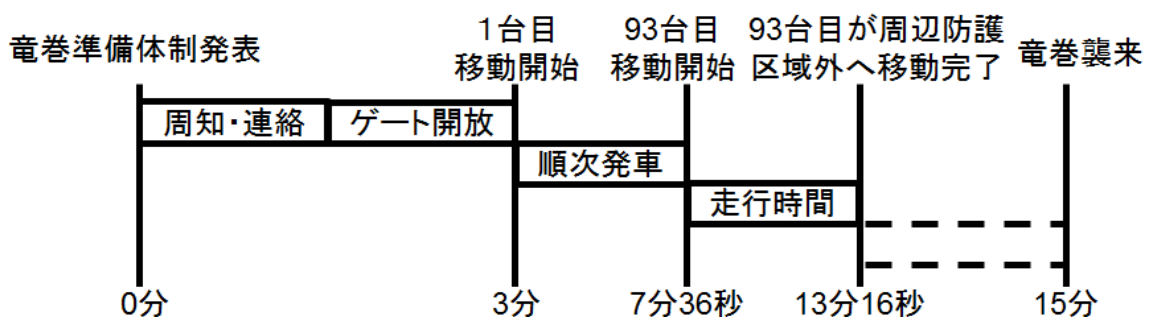
周知・連絡時間2分＋ゲート開放時間1分＋最後尾車両が発車するまでの時間4分33秒＋最後尾車両のメインゲート外までの走行所要時間3分21秒＝10分54秒。



第4図 メインゲートに向かう車両退避時間

・サブゲート側：

周知・連絡時間2分＋ゲート開放時間1分＋最後尾車両が発車するまでの時間4分36秒＋最後尾車両のメインゲート外までの走行所要時間5分40秒＝13分16秒。



第5図 サブゲートに向かう車両退避時間

以上

令和元年 12 月 10 日 R2

補足説明資料 8 - 3 (9 条 竜巻)

竜巻襲来までに要する時間の設定の妥当性について

1. 基本方針

再処理施設の安全機能に影響を与えないよう、再処理施設敷地内に駐車及び停車している車両を固縛又は退避させる必要がある。竜巻による再処理施設の被害を防止するため、竜巻の兆候を早期に検知し、事前に準備をする必要性がある。兆候を早期に検知する方法として、気象庁から発表される雷注意報及びレーダーナウキャストによる予測を用いる。気象庁の監視体制は2013年3月のドップラーレーダー化完了により強化され、さらに研究も進んでいることから、今後さらなる予測精度の向上が見込まれる。よって以下の判断基準等については、今後もデータ及び知見等の収集に努め、より信頼度の高い判断基準となるよう検討を継続し、改善を図っていくものとする。

2. 判断基準の定義

再処理施設での竜巻襲来における体制の発表等の判断する検知基準として、第1表に示す2段階の判断基準を設定する。

第1表 竜巻準備体制の判断基準

判断基準	定義
1	竜巻警戒（竜巻への注意喚起）
2	竜巻避難（竜巻襲来に備え資機材等の固縛，退避）

3. 各判断基準への対応

判断基準1及び判断基準2の条件，取るべき対応等を第2表に示す。また監視対象範囲は第1図に示す。

（1）判断基準1（暫定案）

< 検知基準 >

以下①及び②の2つの状況の「or」条件とする。

- ①雷注意報が発表される。監視対象範囲は六ヶ所村とする。
- ②竜巻発生確度ナウキャスト（以下「竜巻NC」という。）発生確度1が認められる。監視対象範囲は再処理事業所を含む40km×40kmのメッシュ範囲とする。

< 対応 >

- ・事業所内への周知
- ・屋外作業の一時中断
- ・車両退避の準備（運転者は車両に戻る。）

(2) 判断基準 2

< 検知基準 >

以下①及び②の2つの状況の「and」条件とし、監視対象範囲は再処理事業所及び濃縮・埋設事業所を含む最小メッシュ範囲とする。

①竜巻NCの発生確度2が認められる。監視対象範囲は再処理事業所上空を含む10km×10kmのメッシュ範囲とする。

②雷ナウキャスト（以下「雷NC」という。）の活動度3が認められる。監視対象範囲は再処理事業所上空の4km×4km範囲内とする。

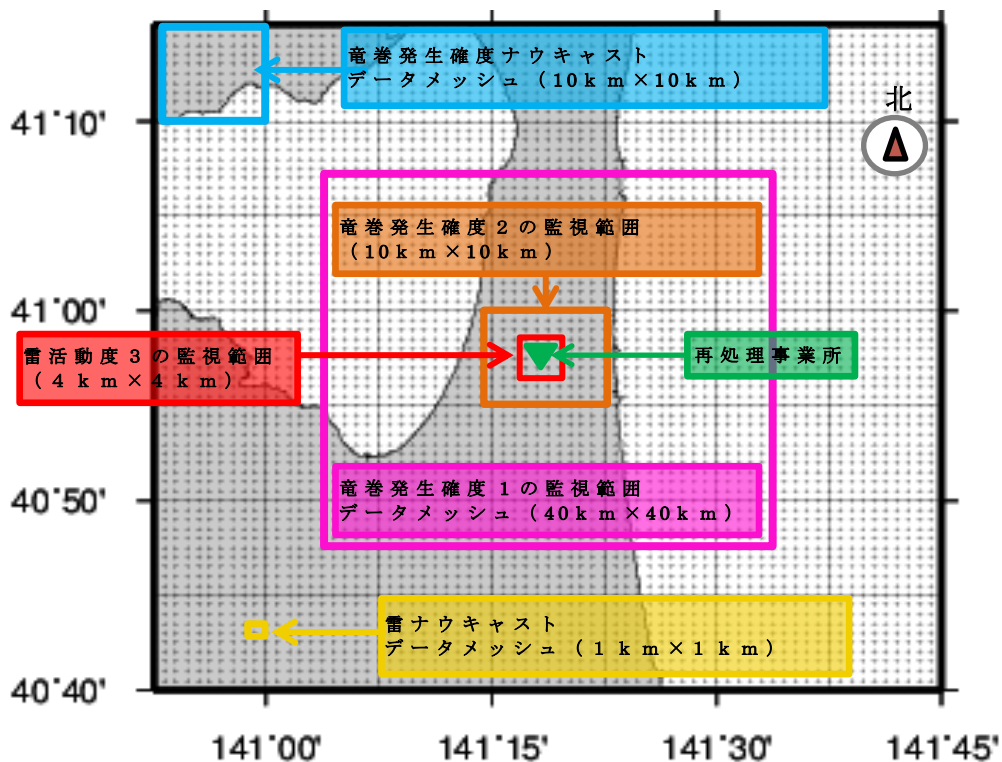
< 対応 >

- ・屋外作業用資機材の固縛・撤去
- ・屋外作業員の屋内への避難
- ・車両退避

第2表 判断基準1及び判断基準2に対応する
アクション及び検知条件

	アクション	検知条件
判断基準1 (竜巻警戒 レベル)	<ul style="list-style-type: none">・事業所内への周知・屋外作業の一時中断・車両退避の準備（運転者は車両に戻る）	雷注意報 又は 竜巻発生確度1
判断基準2 (竜巻避難 レベル)	<ul style="list-style-type: none">・屋外作業用資機材の固縛又は撤去・屋外作業員の屋内への避難・車両退避	竜巻発生確度2 かつ 雷活動度3

上記検知基準1及び検知基準2に係る情報を一般財団法人日本気象協会より提供いただき運用する。



第1図 判定基準1及び判定基準2における
検知基準の監視範囲

4. 判断基準に用いる気象情報の妥当性

気象庁から発表される情報発表時刻(雷注意報または竜巻発生確度1)から竜巻発生時刻までの時間差(以下「リードタイム」という。)をF1以上の竜巻について5分ごとに集計し、竜巻捕捉率として算出した。(第3表)集計するデータは、気象庁ホームページにて竜巻発生確度等の発表のデータが整理されている2010年～2015年を対象とした。全体としての竜巻捕捉率は100%と高く、時間経過に依存して竜巻捕捉率が減衰傾向を示す。リードタイム15分超における竜巻捕捉率は93%、さらにリードタイム30分超において竜巻捕捉率は84%といずれも高い捕捉率を示している。

第3表 F 1以上の竜巻におけるリードタイム
ごとの竜巻捕捉率

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
発令なし・遅れ	0	0	0	0	0	0	0
5分以内	0	0	0	1	0	0	1
5分超～10分以内	0	0	0	1	0	0	1
10分超～15分以内	0	1	0	1	0	0	2
15分超～20分以内	1	0	0	2	0	0	3
20分超～25分以内	0	0	0	0	0	0	0
25分超～30分以内	1	0	1	0	0	0	2
30分超～35分以内	0	0	1	0	1	0	2
35分超～40分以内	1	0	0	0	0	0	1
40分超～45分以内	2	0	0	0	0	0	2
45分超～50分以内	1	0	0	0	2	2	5
50分超～55分以内	0	0	0	0	0	1	1
55分超～60分以内	0	1	1	0	0	0	2
60分超	0	3	7	16	3	6	35
計	6	5	10	21	6	9	57
全体	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5分超	100%	100%	100%	95%	100%	100%	98%
10分超	100%	100%	100%	90%	100%	100%	96%
15分超	100%	80%	100%	86%	100%	100%	93%
20分超	83%	80%	100%	76%	100%	100%	88%
25分超	83%	80%	100%	76%	100%	100%	88%
30分超	67%	80%	90%	76%	100%	100%	84%
35分超	67%	80%	80%	76%	83%	100%	81%
40分超	50%	80%	80%	76%	83%	100%	79%
45分超	17%	80%	80%	76%	83%	100%	75%
50分超	0%	80%	80%	76%	50%	78%	67%
55分超	0%	80%	80%	76%	50%	67%	65%
60分超	0%	60%	70%	76%	50%	67%	61%

藤田スケールの被害指標では、F 3の場合には「自動車は持ち上げられ飛ばされる。」となっており、万一衝突した場合の影響が大きい車両が再処理施設に影響を及ぼす竜巻はF 3以上と考えられるが、第4表のとおり、竜巻NC運用開始後に発生したF 3スケール以上の竜巻については発生確度2が事前に出されていることから、「竜巻発生確度2」を用いることで、F 3スケールの竜巻予測は可能と考えられる。

第4表 竜巻NCによるF3竜巻の予測実績

発生時間	発生箇所	竜巻発生確度 及び発令時間
2012.5.6 12:35～12:53	茨城常総市	確度2 (12:20)

また、雷は積乱雲内の上昇気流によって発生⁽¹⁾することから、雷NCも考慮に加えることとした。

強い竜巻は、スーパーセルと呼ばれる発達した積乱雲の下で発生する。竜巻発生確度2は、メソサイクロン（スーパーセル中にある水平規模数kmの小さな低気圧）の検出が条件となっているが、これはメソサイクロン付近で竜巻などの激しい突風の可能性がある⁽²⁾と判断されるためである。さらに降水強度を低めに見積もることによって、発達中の積乱雲から発生する突風を見逃さないようにしている。

積乱雲は成長期、成熟期及び衰退期の3段階のライフサイクルで形成、消滅⁽²⁾するが、このサイクル中で竜巻及び雷が発生するのは積乱雲が最も発達した成熟期であり、この成熟期の初期段階又は発達した積乱雲の接近を把握する方法として、雷NCを利用する。

雷は積乱雲内の上昇気流によって発生するため、落雷が発生している場所（活動度3以上の地域）は強い上昇気流場であると言えるが、雷NCの活動度3以上の場所は、既に対地放電が起きている強い放電密度を持った場所を示しており、強い雷雲の位置を示していることになる。

また、雷活動度の予測には盛衰傾向による補正が加えられており、現時点では成長期及び成熟期初期にある積乱雲に対して継続期間を考慮した予測がなされている。すなわち、単純な積乱雲の移動による雷の発生予測だけではなく、積乱雲の発達も考慮に加⁽²⁾えられている。

以上より、竜巻発生確度 2 及び雷活動度 3 以上の組み合わせを、竜巻発生の指標とすることは妥当であると判断した。

< 参考文献 >

(1) 大野久雄：雷雨とメソ気象（2001，東京堂出版）

(2) 雷ナウキャストにおける雷の解析・予測技術と
利用方法（測候時報 78. 3 2011）

以 上

令和元年 12 月 10 日 R2

補足説明資料 8 - 4 (9 条 竜巻)

再処理施設

運用，手順説明資料

外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

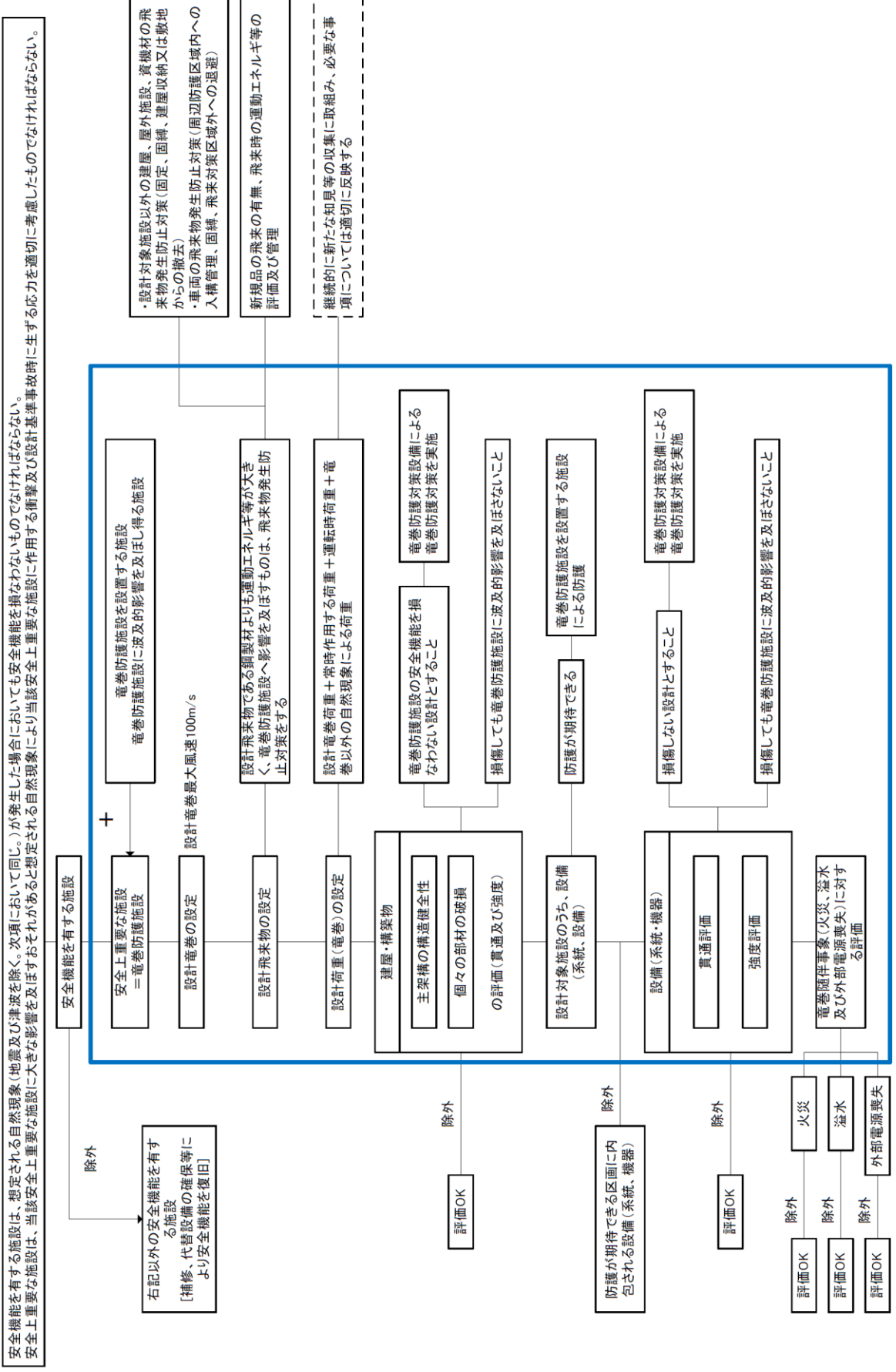
(第九条 竜巻)

安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震，津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるとして想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。

安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震，津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。

安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるとして想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。



電巻防護施設を設置する施設

電巻防護施設に波及的影響を及ぼさないこと

電巻防護施設を実施

電巻防護施設による
電巻防護対策を実施

電巻防護施設を設計すること

電巻防護施設による
電巻防護対策を実施

電巻防護施設を設計すること

電巻防護施設による
電巻防護対策を実施

電巻防護施設を設計すること

電巻防護施設による
電巻防護対策を実施

電巻防護施設を設計すること

電巻防護施設による
電巻防護対策を実施

継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映する

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第9条 外部からの衝撃による損傷の防止	対象項目	区分	運用対策等
	資機材、車両等の飛来物発生防止対策（固縛，固定，設計対象施設からの隔離，建屋内収納又は撤去）	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外の飛散するおそれのある資機材，車両等について，飛来時の影響の評価し，設計対象施設への影響の有無を確認する。設計対象施設へ影響を及ぼす資機材，車両等については，固縛，固定，設計対象施設からの隔離，建屋内収納又は撤去の飛来物発生防止対策について手順等を定める。
		体制	<ul style="list-style-type: none"> ・担当課による保守・点検の体制
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・日常点検 ・定期点検 ・損傷時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・運用・手順，保守・点検に関する教育

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第9条 外部からの衝撃による損傷の防止	対象項目 設計対象施設を防護するための操作・確認事項	区分	運用対策等
		運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・ 竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において、設計対象施設を防護するための操作・確認、補修等が必要となる事項について手順等を定める。 [操作・確認事項] ・ 竜巻に関する情報入手及び情報入手後の対応（情報の入手、周知、体制判断、実施方法と手順） ・ 竜巻襲来が予想される場合の対応に関する運用・手順（竜巻襲来が予想される場合の使用中の資機材の固縛等） ・ 竜巻襲来が予想される場合の再処理施設の運用・手順[補修] ・ 設備が損傷した場合の代替設備の確保及び補修，取替等の運用，手順
		体制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 担当課による作業中止等の実施体制 ・ 竜巻襲来に備えた体制の構築，実施及び解除の判断基準，実施手順，連絡方法等 ・ 担当課による保守・点検の体制 ・ 担当課による損傷箇所への補修体制
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日常点検 ・ 定期点検 ・ 損傷時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用・手順，体制，保守・点検に関する教育

令和元年 12 月 10 日 R3

補足説明資料 8 - 5 (9 条 竜巻)

竜巻発生確度ナウキャスト及び雷ナウキャストについて

1. 竜巻発生確度ナウキャストとは

10 k m 格子単位で「竜巻が発生する可能性の程度」を2つの階級（発生確度1, 2）で解析し, 10分ごとに1時間先までの予測を行うものであり, 気象庁より提供される。

竜巻などの激しい突風は, 規模が小さくレーダーなどの観測機器で直接実体を捉えることができないため, 竜巻をもたらす発達した積乱雲の中にある直径数キロのメソサイクロンの検出又は, 大気環境, 積乱雲の発生場所・発生状況から突風の発生可能性を表す指数「突風危険指数」が基準を満たした場合に発生確度の解析を開始し, 降水強度の解析と重ねて降水強度が強い格子を発生確度1, 2と判断する。

(1) 発生確度1

メソサイクロンの検出又は突風危険指数の基準を満たした(O R 条件) 格子の周辺 100 k m 範囲は「積乱雲が発生すれば突風の可能性がある」領域(発生確度1背景)と考え, この領域の降水強度が強い格子を「発生確度1」と判定する。

(2) 発生確度 2

メソサイクロンの検出及び突風危険指数の基準を満たした(A
ND条件) 格子の周辺 40 k m 範囲は「積乱雲が発生すれば突風の
可能性が発生確度 1 背景より高い」領域(発生確度 2 背景)と
考え、この領域の降水強度が強い格子を「発生確度 2」と判定す
る。

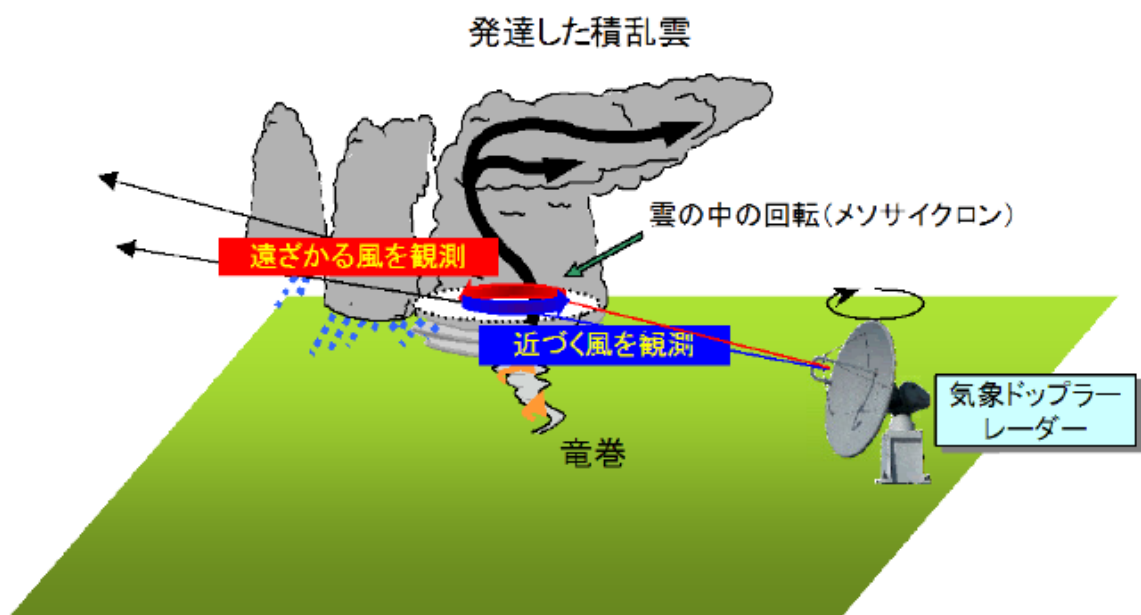


図 1 気象ドップラーレーダーによる積乱雲中の
メソサイクロンの検出⁽¹⁾

2. 雷ナウキャストとは

雷ナウキャストは、雷の激しさや雷の可能性を 1 k m 格子単位
で解析し、10 分ごとに 1 時間先までの予測を行うものであり、
気象庁より提供される。

雷の解析は、雷監視システムによる雷放電の検知及びレーダー
観測などを基にして活動度 1～4 で表される。予測については、

雷雲の移動方向に移動させるとともに、雷雲の盛衰傾向も考慮している。

雷ナウキャストでは、雷監視システムによる雷放電の検知数が多いほど激しい雷が発生している（活動度が高い）としており、雷放電を検知していない場合でも、雷雲の特徴から雷雲解析するとともに、雷雲が発達する可能性のある領域も解析している。

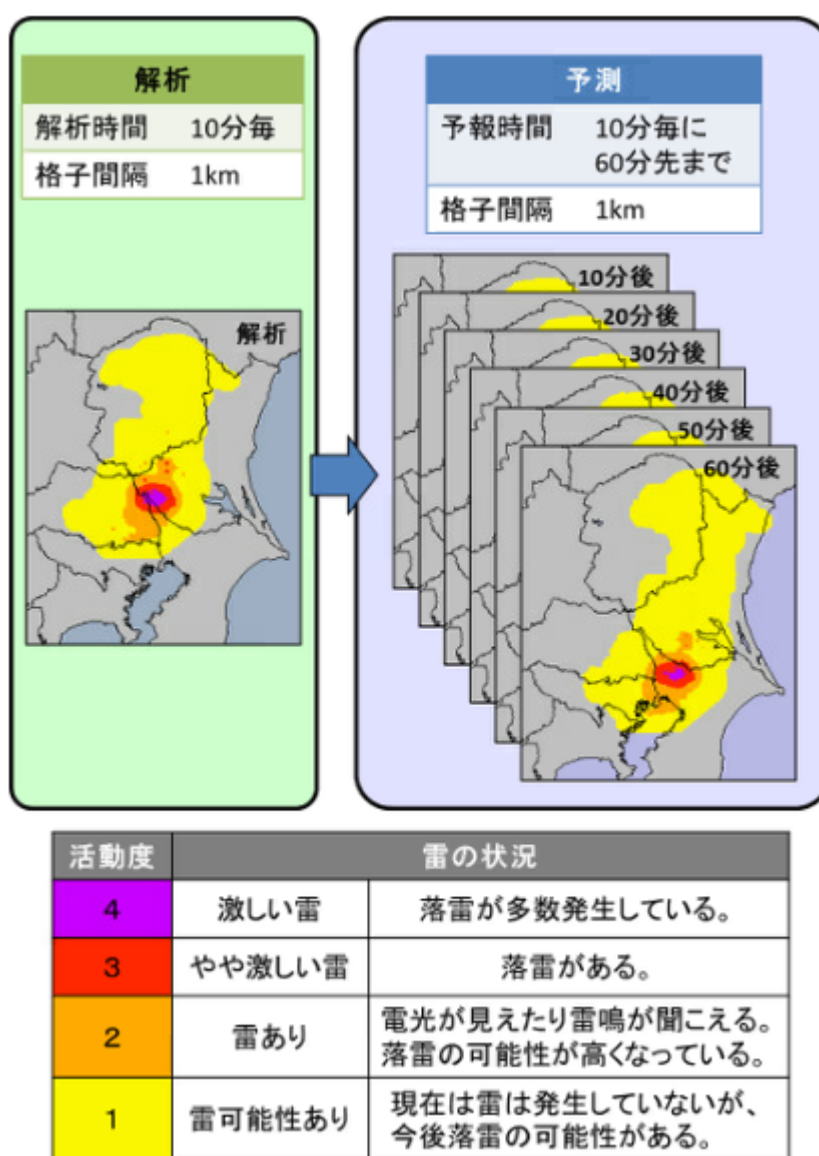


図2 雷ナウキャストの解析，予測及び活動度⁽²⁾

< 参考文献 >

(1) 竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について

(平成 22 年 3 月気象庁)

(2) 雷ナウキャストとは 気象庁HP

以 上

令和元年 12 月 10 日 R2

補足説明資料 9 - 2 (9 条 竜巻)

竜巻防護対策設備の設計及び評価方針

1. 概要

本資料は、竜巻防護対策設備の設計及び評価の方針が「再処理施設の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第五条の四に適合することを説明するものである。

2. 竜巻防護に関する設計方針

2.1 基本方針

安全機能を有する施設のうち、竜巻から防護すべき施設を竜巻防護施設として選定する。竜巻防護施設は、設計竜巻等による影響を評価し、その安全機能を損なわない設計とする。安全機能を損なうおそれがある場合には、竜巻防護対策設備を設置し、対策を講じる。

2.2 竜巻防護対策設備を設置する竜巻防護施設

竜巻防護施設は以下のように分類される。

- (1) 建屋に設置される竜巻防護施設（外気と繋がっている施設を除く）
- (2) 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設
- (3) 屋外の竜巻防護施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設

このうち、建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設及び屋外の竜巻防護施設において設計竜巻の影響により安全機能を損なうおそれのあるものについては竜巻防護対策設備を設置し、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

竜巻防護対策設備を設置する竜巻防護施設を以下に示す。

- (1) 建屋に設置されるが防護が期待できない竜巻防護施設
 - (a) 第2非常用ディーゼル発電機
 - (b) 前処理建屋の安全蒸気系
 - (c) 前処理建屋の非常用所内電源系統
 - (d) 前処理建屋の計測制御系統施設
 - (e) 精製建屋の非常用所内電源系統
 - (f) 精製建屋の計測制御系統施設

- (g) 高レベル廃液ガラス固化建屋の非常用所内電源系統
 - (h) 高レベル廃液ガラス固化建屋の計測制御系統施設
 - (i) 高レベル廃液ガラス固化建屋の安全冷却水系
 - (j) 第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器
 - (k) 非常用電源建屋の非常用所内電源系統
 - (l) 主排気筒の排気筒モニタ
 - (m) 制御建屋中央制御室換気設備
- (2) 屋外の竜巻防護施設のうち、主排気筒を除く施設
- (a) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔
 - (b) 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔
 - (c) 冷却塔に接続する屋外設備
 - (d) 第2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔
 - (e) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備
 - (f) 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備
 - (g) 前処理建屋換気設備
 - (h) 分離建屋換気設備
 - (i) 精製建屋換気設備
 - (j) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備
 - (k) 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備

2.3 竜巻防護対策設備の設計

竜巻防護対策設備の種類及び仕様を以下に示す。

2.3.1 飛来物防護ネット

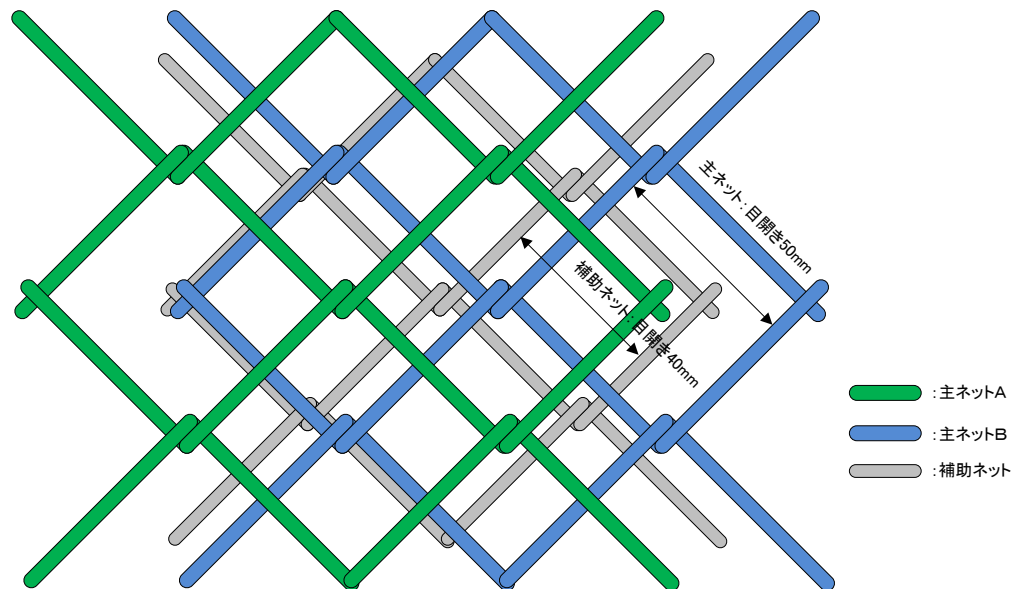
飛来物防護ネットは、竜巻防護対策設備を必要とする竜巻防護施設のうち、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却

塔A及びB，再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A及びB並びに
第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A及びBに設置
する。

- (1) ネット（鋼製金網）により，設計飛来物の運動エネルギーを吸収し，また，冷却塔の冷却性能に影響を与えない設計とする。
- (2) 設計飛来物の通過を防止できるよう，上記ネットは第1図のように複数枚重ね合わせ，開口面積が設計飛来物の面積を下回る設計とする。

また，必要に応じて飛来物防護板を組み合わせ，開口面積が設計飛来物の面積を下回る設計とする。

- (3) 地震及び火山の影響により竜巻防護施設に波及的影響を与えない設計とする。
- (4) 設計荷重（竜巻）に対して，支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。

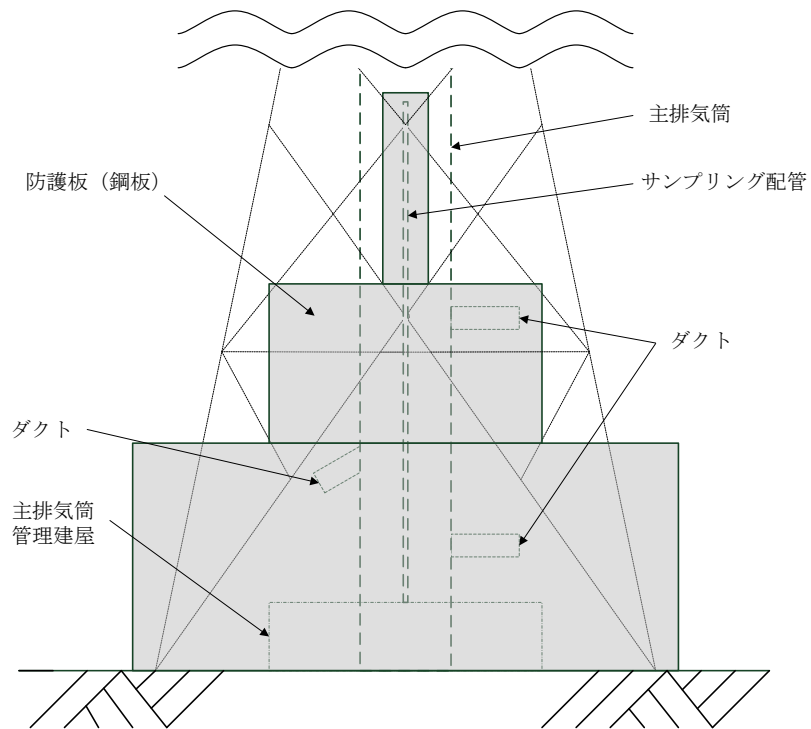


第1図 ネットの重ね合わせイメージ

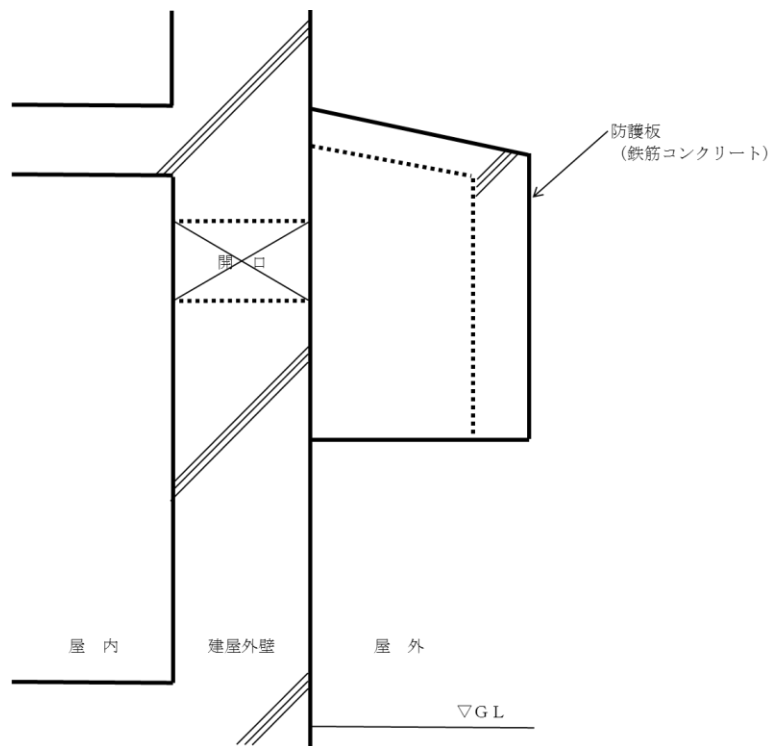
2.3.2 飛来物防護板

飛来物防護板は、竜巻防護対策設備を必要とする竜巻防護施設のうち、前処理建屋のうち安全蒸気系を設置する室の外壁，屋根及び開口部，前処理建屋，精製建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋のうち非常用所内電源系統を設置する室の開口部，計測制御系統施設を設置する室の開口部及び安全冷却水系を設置する室の開口部，非常用電源建屋のうち第2非常用ディーゼル発電機を設置する室の外壁及び非常用所内電源系統を設置する室の開口部，第1ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽容器を設置する室の外壁，主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト，主排気筒の排気筒モニタ及びこれを設置する主排気筒管理建屋，制御建屋中央制御室換気設備を設置する室の開口部並びに冷却塔に接続する屋外設備に設置する。

- (1) 鋼板（第2図に例示）又は鉄筋コンクリート板（第3図に例示）により，設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離を防止できる設計とする。
- (2) 地震及び火山の影響により竜巻防護施設に波及的影響を与えない設計とする。
- (3) 竜巻防護施設の安全機能に影響を与えない設計とする。
- (4) 設計荷重（竜巻）に対して，支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。



第2図 飛来物防護板概略図（鋼板の例：主排気筒周辺）



第3図 飛来物防護板概略図（鉄筋コンクリートの例：建屋開口部）

3. 竜巻防護対策設備の評価

設計対象施設及び竜巻防護対策設備の評価にあたっては、施設の分類ごとの設計方針及び要求機能を整理するとともに、その要求機能を満足していることを確認するため、施設の分類ごとに竜巻の荷重及びそれと組み合わせる荷重を設定し、機能維持の確認方針を示す。

3.1 評価方針

3.1.1 飛来物防護ネット

飛来物防護ネットの構造健全性を評価するにあたっては、竜巻による風圧力、設計飛来物の衝撃荷重を考慮するとともに、飛来物防護ネットに常時作用する荷重及び活荷重を適切に組み合わせる。また、竜巻以外の自然現象による荷重として、積雪による荷重を適切に組み合わせて評価する。設計飛来物の衝撃荷重については、飛来物防護ネットの構造を考慮し、適切に作用させる方針とする。

飛来物防護ネットの鋼製ネットの評価にあたっては、ネット、ワイヤロープ及び接続治具（支持部、固定部）に破断が生じないように十分な強度を有することを確認する。また、風圧力及び設計飛来物の運動エネルギーを吸収することによる鋼製ネットのたわみ量を評価し、設計飛来物が竜巻防護施設に衝突しないよう十分な離隔距離を有することを確認する。飛来物防護板を用いる箇所については、貫通を防止するための最小必要厚さを上回っていることを確認する。

なお、飛来物防護ネットは外気に対して開かれた設備であることから、気圧差荷重は考慮しない。

3.1.2 飛来物防護板

飛来物防護板の支持架構の構造健全性を評価するにあたっては、風圧力、気圧差、設計飛来物の衝撃荷重を考慮するとともに、飛来

物防護板に常時作用する荷重及び活荷重を適切に組み合わせる。また、竜巻以外の自然現象による荷重として、積雪による荷重を適切に組み合わせて評価する。設計飛来物の衝撃荷重については、飛来物防護板の構造を考慮し、適切に作用させる方針とする。

飛来物防護板の鋼板又は鉄筋コンクリート板の評価にあたっては、貫通及び裏面剥離を防止するための必要最小厚さを上回っていることを確認する方針とする。

3.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定

設計竜巻及び設計飛来物の設定について、以下に示す。

(1) 設計竜巻

日本において過去に発生した最大級の竜巻が藤田スケール3（風速70から92m/s）であること、今後の気象条件の変動等の不確定要素を考慮し、竜巻防護設計に安全余裕を確保するために、設計竜巻の最大風速を100m/sとする。設計竜巻の特性値を第1表に示す。

第1表 設計竜巻等の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	最大接線風速半径 R_m (m)	最大気圧低下量 ΔP_{max} (hPa)	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$ (hPa/s)
100	15	85	30	89	45

(2) 設計飛来物

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（以下「竜巻ガイド」という。）を参考に、現地調査及び検討の結果から、鋼製材（長さ×幅×奥行 4.2m×0.3m×0.2m）を設計飛来物として設定する。更に、飛来物防護ネットの形状及び寸法を考慮して、鋼製パイプ（長さ×直径：2.0

m×0.05m) も設計飛来物として設定する。

なお、飛来物となるおそれのあるもののうち、運動エネルギー及び貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きなものについては、固縛、建屋収納又は敷地からの撤去により飛来物とならないよう運用管理を行う。

第2表に再処理施設における設計飛来物を示す。

第2表 再処理施設における設計飛来物

飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材
最大風速 (m/s)	100	
寸法 (m)	長さ×直径 2.0×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	8.4	135
最大水平速度 (m/s)	49	51
最大鉛直速度 (m/s)	33	34

3.3 設計竜巻荷重

設計竜巻により設計対象施設に作用する設計竜巻荷重を以下に示す。

3.3.1 風圧力による荷重

竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

W_w : 風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数 (=1.0)

C : 風力係数 (施設の形状や風圧力が作用する部位に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

である。ここで、

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

である。

ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対してせい弱と考えられる場合には、鉛直方向の最大風速に基づいて算出した鉛直方向の風圧力による荷重についても考慮した設計とする。

3.3.2 気圧差による荷重

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び竜巻防護施設を設置する施設の建屋壁及び屋根においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる竜巻防護施設の内外の気圧差による圧力荷重を考慮し、保守的に「閉じた施設」を想定して次式のとおり算出する。「閉じた施設」とは通気がない施設であり、施設内部の圧力が竜巻の通過以前と以後で等しいとみなせる。他方、施設の外側の圧力は竜巻の通過中に変化し、施設内外に圧力を生じさせる。

$$W_P = \Delta P_{max} \cdot A$$

ここで、

W_P : 気圧差による荷重

ΔP_{max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

である。

3.3.3 飛来物の衝撃荷重

竜巻ガイドを参考に、衝突時の荷重が大きくなる向きで設計飛来物が竜巻防護対策設備に衝突した場合の衝撃荷重を算出する。

また、貫通評価においても、設計飛来物の貫通力が大きくなる向きで衝突することを考慮して評価を行う。

3.3.4 設計竜巻荷重の組合せ

設計対象施設の設計に用いる設計竜巻荷重は、竜巻ガイドを参考に風圧力による荷重 (W_W)、気圧差による荷重 (W_P) 及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) を組み合わせた複合荷重とし、複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + (1/2) \cdot W_P + W_M$$

なお、竜巻防護対策設備には W_{T1} 及び W_{T2} を適切に作用させる。

3.4 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。

3.4.1 竜巻防護施設等に常時作用する荷重及び運転時荷重

設計対象施設に常時作用する荷重及び運転時荷重を適切に組み合わせる。

3.4.2 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は、落雷、積雪、降雹

及び降水である。これらの自然現象により発生する荷重の組合せの考慮は、以下のとおりとする。

(1) 落 雷

落雷による影響は雷撃であり、荷重は発生しないため、竜巻と落雷の組合せは考慮しない。

(2) 積 雪

再処理施設の立地地域は、冬季においては積雪があるため、冬季における竜巻の発生を想定し、建築基準法に基づいて積雪の荷重を適切に考慮する。

(3) 降 雹

降雹は積乱雲から降る直径 5 mm 以上の氷の粒であり、仮に直径 10 cm 程度の大型の降雹を仮定した場合でも、その質量は約 0.5 kg である。竜巻及び降雹が同時に発生する場合においても、直径 10 cm 程度の降雹の終端速度は 59 m/s，運動エネルギーは約 0.9 kJ であり、設計飛来物の運動エネルギーと比べて十分小さく、設計竜巻荷重に包含されるため、竜巻と降雹の組合せは考慮しない。

(4) 降 水

降水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降水による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包含される。したがって、竜巻と降水の組合せは考慮しない。

3.5 許容限界

竜巻ガイドを参考に、竜巻による荷重と地震荷重との類似性、規格等への適用性を踏まえ、安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いて、以下のことを確認する。

- (1) 竜巻防護対策設備のうち飛来物防護ネットの鋼製ネットの許容限界は、鋼製ネットに破断が生じないこととする。また、設計飛来物の衝突によりたわみを生じても設計飛来物が竜巻防護施設に衝突しないこととする。
- (2) 飛来物防護ネット及び飛来物防護板の鋼板は、設計飛来物が貫通しない必要最小厚さ以上の板厚を有することとする。また、鉄筋コンクリート板は、設計飛来物による貫通及び裏面剥離が生じない必要最小厚さ以上の板厚を有することとする。
- (3) 飛来物防護ネットの支持架構及び飛来物防護板の支持架構に対しては、施設を構成する主要構造部材が破断荷重に適切な安全率を考慮した強度が確保されていること又は支持架構に塑性ひずみが生ずる場合であっても、その範囲が部材の一部に限定されることとする。

以 上