

原子力施設における
台風等風水害対策の考え方について

平成 19 年 7 月

日本原子力技術協会

目次

	ページ
1. はじめに	2
2. 本資料の目的	4
3. 対象とする風水害	4
4. 風水害対策の考え方	5
(1) 基本的視点	
(2) 検討対象	
5. 風水害対策における考慮事項	6
5-1. 設計の確認	
(1) 設備の実力把握	
(2) 浮遊物からダメージを受ける可能性検討	
(3) 最新の知見反映手順、体制の取り決め	
5-2. 災害対応手順の確認	
(1) 訓練等の実施	
(2) 気象情報の監視	
(3) プラント内外のダメージの想定	
(4) 浮遊物・飛来物対策	
(5) 災害対策体制の整備	
(6) 必要機材の準備	
(7) 原子炉停止条件の把握	
(8) 電気火災の考慮	
(9) 通信、情報のやり取り	
(10) 原子力防災計画とのリンク	
(11) 経験のフィードバック	
5-3. 想定を超える風水害への対応	
(1) 資源(使用可能機材)の特定	
(2) 手順等検討の考え方	
(3) 実際の対応	
6. その他	13

参考1：情報・データ

参考2：被害の目安

添付資料

1. はじめに

風水害等への対策については、日本国内の原子力施設においてもこれまで取り組んできている。まず、建設の段階では、発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針中で示されている「自然現象に対する設計上の考慮」に従い、自然現象、災害に対する影響を検討し設計に反映している。

さらに、事業者は風水害等への対策に関する指針や要領を独自に定め、運用することで自然災害に備えている。

風水害の大型化

しかし、近年の自然災害は、台風・サイクロン・洪水といった風水害によるものが多く、特にアジア地域で大きな被害をもたらしており、2000年代にはいつてからも南アジア諸国の季節風による豪雨、及び東南アジアのモンスーンによる豪雨等の災害が発生している（内閣府「世界の自然災害の状況」状況にある。また、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の2001年報告書でも、大気中の温室効果ガス濃度と、地球の平均気温は今後も上昇が続くと予想されていることや、これに伴い、強い降水や早魃などの「極端な現象」も増加する可能性が高いことなどを指摘している。

したがって、人間の活動に起因する温暖化現象により、集中豪雨等これまでの想定を超える自然現象の発生による災害を考慮する必要性が増加している。

米国原子力発電所の取組み調査

このような昨今の異常化する気象状況への対応を検討するにあたり、米国の原子力発電所における取組みを調査し、参考とした。

米国では2005年8月にハリケーンカトリーナが米国南東部を襲い、直撃したニューオーリンズなどで米国史上最悪となる甚大な被害をもたらした。その近郊で、ハリケーン通過系路上に位置していたウォーターフォード原子力発電所（エンタジー社）では、ハリケーン上陸の前に自主判断により原子炉を手動停止したということであった。

この発電所へ訪問調査を行い、対応体制、手順とその考え方や実際の準備、対応結果がどのようなものであったかについて、非常災害対応マネージャーをはじめとする関係者から聴取することができた。

結果は、被害は限定的で小さなものがあった。この理由としては、過去のハリケーンの経験を基にし

た手順書がきっちり整備されているとともに、訓練等を通じて手順書どおりの対応活動をきちんと行えたことによる。

例えば、米国では、以前に発生した大型ハリケーン“アンドリュー”(1992年)の教訓に基いてNRCが文書(Information Notice 93-53)を出し、ハリケーンの直撃を受ける可能性のある原子力発電所は、個別に対応を定めることとなっていた。

ウォーターフォード3発電所においてもハリケーン対応の手順、ガイドラインを独自に定め、カトリナの際にもそれらに従って事前に原子炉の手動停止を行った。これは、NRCの命令によるものではなく、外部電源喪失の可能性を考慮して定められたウォーターフォード3発電所のガイドラインに沿った判断であった。

また、ハリケーン上陸により、発電所外部との通信手段をほとんど全て喪失した。ウォーターフォード3発電所では通信設備として、通常電話回線、衛星通信設備2台、作業ホットライン、NRC非常用通信設備、携帯電話、従業員ホットラインが配備されていたが、これらのうち衛星通信設備1台を残していずれも使用不可能となった。通常電話回線や従業員ホットラインが使用不能となった原因は、発電所構外の街中に設置されている電話会社の交換器設備が水没、故障したことによるものであった。

この通信手段喪失の教訓を反映して、衛星通信車および携帯型衛星通信機を購入し、ホットラインはエンタジー社専用周波数の無線通信機と携帯電話を使用することになった。さらに、通常電話回線についても、別局番であるリトルロック地区の回線を追加したということであった。

その他の特色ある取り組みとしては、発電所に残る災害対応要員の家族が避難するためのホテルを、事業者が提供したことが挙げられる。さらに、「家族コーディネーター」を通じて家族の安否を対応要員に伝え、また逆に、発電所の状況を家族に逐次伝えていた。このような取り組みによって、対応要員は安心して作業に専念することができたということであった。

このように、調査を通じて自然災害への対応を検討するにあたっての貴重な情報や手順書等資料を得ることができた。

2. 本資料の目的

以上の現状および経緯を踏まえ、台風等による風水害等に対する防災活動を、更に効果的でスムーズにするために事業者が追加的に考慮しておくことが有効であると思われる考え方を提供することで、事業者自らが行っている防災に係る取組みの更なる一助とする。

具体的には、最新の知見に基づき想定される自然災害に対して、発電所の備えに不足がないことを事業者が確認するためのものである。特に、道路や通信設備等の周辺施設・インフラの被害が原子力施設へ及ぼす影響を確認し、更には、想定を超える風水害が発生した場合の対応についても考慮するものである。

また、万が一、原子力災害が発生した場合にも、「原子力防災計画」を遅滞なく発動、機能させるための考え方についても示す。

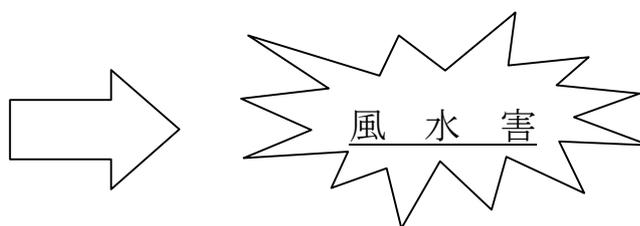
3. 対象とする風水害

本資料で取り扱う風水害は、到来時期が予測可能であり、災害発生までにある程度の対応準備ができるものとして以下の自然現象が引き起こすものを対象とする。

地震については、これまで盛んに議論されているとともに、地震による直接的な被害は風水害ではないことから除外する。

自然現象（原因）

- ① 台風
- ② 大雨
- ③ 暴風
- ④ 津波
- ⑤ 高潮
- ⑥ 大雪



4. 風水害対策の考え方

事業者が考慮しておくことで風水害対策がより効果的になると思われる考え方を洗い出すにあたって、以下のような基本的視点と対象事項を定めた。作業のイメージは表4-1に示す。

(1) 基本的視点

A. 気象データ、災害情報に関する最新知見の入手

近年、自然災害は大型化しており、設計当初の気象データの有効性が損なわれている可能性があるため、最新のものを入手する。また、自治体や公共機関などがハザードマップなど災害の影響を分析した情報を提供しているので、常に最新の知見を入手する。

更には、設計を超えるような風水害発生を想定する。

B. 周辺施設、インフラ被害の考慮

風水害はその影響が広域に及ぶため、発電所が直接被害を受けなくても周辺施設が被害を受け、原子力施設へ間接的に影響を及ぼすことがあることから、これを抽出し、配慮を行う。

周辺施設には送配電線、通信施設、道路、橋梁、港湾施設、周辺工場などがある。

C. 災害対応要員のパフォーマンス維持の対策

サイトへ残留して作業を行う要員が安心して業務に専念し、高いパフォーマンスを維持することが災害時の安全確保に重要である。そのため、家族安否情報、睡眠、休息、医療、衛生、飲料および食料について確保、提供するための仕組みを考える。

(2) 検討対象

i. 設計

最新の気象等の知見をもとに、設備の確認を行う。

- a. 最新の知見に基づく風水害が設備設計を超えないこと
- b. 風水害に対する設備の実力を把握すること

ii. 災害対応手順

- a. (1) の知見に基づいた対応手順書類の見直し
- b. 災害をもたらすと予想される気象状況が発生した場合および上陸した際に、原子力災害につながる芽を摘み取る活動が含まれること。

- c. 風水害から原子力災害に至った場合、遅滞なく原子力事業者防災業務計画に移行し、機能すること

iii. 想定を超える風水害への対応

設計を超えるような風水害発生を想定し、そのような場合においても要員が安全確保のための活動を効果的、効率的に行うための対策の検討をあらかじめ行う。

表 4-1：風水害対策考慮事項抽出のイメージ

基本的視点 検討対象	A. 気象データ、災害情報に関する最新知見の入手	B. 周辺施設、インフラ被害の考慮	C. 災害対応要員のパフォーマンス維持の対策
i. 設計			
ii. 災害対応手順	本欄に入る考慮することが望ましい具体的事項は、次章「5. 風水害対策の考慮事項」にまとめた。		
iii. 想定を超える風水害への対応			

5. 風水害対策における具体的考慮事項

5-1. 設計の確認

(1) 設備の実力把握

- a. 最新の気象情報等の知見をもとに、設備が当初設計のままで対応可能かどうか確認を行う。
- 最新の気象、海象データの収集、分析
 - 周辺災害情報の入手、分析（自治体等作成の各種ハザードマップ等（参考1参照）の入手、分析）
 - 最新の気象或いは周辺災害情報に照らした設計の健全性確認
- b. 設備の風水害に耐える実力・能力（どの大きさの風水害まで耐えうるのか）を把握する。
- c. 発電所構外の通信設備等インフラ施設や他社工場などの被害が発電所に及ぼす影響を考慮する。

(2) 浮遊物等からダメージを受ける可能性の検討

風水害そのものだけでなく、付随して発生する浮遊物等が設備に被害を与える可能性があるかどうか検討する。(例：取水口スクリーンへ大量の木材等異物が流入し取水障害に陥る可能性など)

(3) 最新の知見反映手順、体制の取り決め

- a. 担当部署および見直し作業実施体制の決定
- b. 見直し実施時期に関する取り決め

表5-1：風水害に対する設計の主な確認事項

風水害の種類	主な確認事項	
	構内	構外
水害 (台風、大雨、津波、高潮、引き波、融雪出水)	堤防・防水扉の健全性 設備の健全性 排水設備の健全性 電気火災の可能性 ケーブル・配管ピットや暗渠水没 浮遊物による設備破損	発電所周辺道路状況 送電線の状況 通信設備状況
風害 (台風、暴風)	建屋・設備の健全性 飛来物による破損	周辺住民・地方自治体避難状況
大雪／凍結	積雪荷重や凍結に対する設備の健全性	

5-2. 災害対応手順の確認

風水害対策が発生あるいは上陸した場合に従う手順の検討にあたっては、前項5-1. で得られた設備の実力に基づいておこなう。検討の項目は以下

- (1) 訓練等の実施
- (2) 気象情報の監視
- (3) プラント内外のダメージの想定
- (4) 浮遊物・飛来物対策
- (5) 災害対策体制の整備
- (6) 必要資機材の準備
- (7) 原子炉停止条件の把握
- (8) 電気火災の考慮
- (9) 通信、情報のやり取り
- (10) 原子力防災計画とのリンク
- (11) 経験のフィードバック

(1) 訓練等の実施

訓練および机上ケーススタディ等の実施により確実に機能する体制を整備する。また、風水害の到来が予想される直前に、外部電源喪失など予想される状況を想定し、機器操作のシミュレーター訓練などを行うと効果的である。

(2) 気象情報の監視体制

気象情報の入手ルートを確保し、その後の監視を行うための役割分担を明確にする。特に、発生した自然現象を速やかに把握するための平常時の体制、仕組みが重要となる。

(3) 最新情報の対応手順への反映

災害対応手順を検討するにあたっては、最新の気象等情報をもとに原子力施設構内の設備に発生する被害のみならず、道路や通信設備あるいは周辺工場など構外の施設、設備およびインフラが受ける被害が発電所におよぼす影響を考慮する。

表5-2：風水害の種類とプラント内外へ及ぼす影響

風水害の種類		原子力施設構内外への影響	
自然現象	風水害	構内	構外
台風	雨による溢水、洪水 地滑り 雨漏り 強風	設備の水没、浮遊物による設備破損、取水設備の破損、取水障害 電気火災 風による設備破損、飛来物による破損	堤防の決壊 水没による道路遮断、橋等の通行止め 送電線（外部電源）破壊 通信設備の破壊・故障 港湾設備の被害
大雨	溢水、洪水 地滑り 雨漏り	設備の水没、浮遊物による設備破損、取水設備の破損 電気火災	堤防の決壊 水没による道路遮断、橋等の通行止め 送電線（外部電源）破壊 通信設備の破壊・故障
暴風	暴風	風による設備破損、飛来物による破損	橋梁等の通行止め 送電線（外部電源）破壊 通信設備の破壊・故障
津波	溢水 引き波	設備の水没、浮遊物による設備破損、取水設備の破損 電気火災 屋外開閉所塩害 海水ポンプの破損	水没による道路遮断、橋等の通行止め 通信設備の破壊・故障 港湾設備の被害

風水害の種類		原子力施設構内外への影響	
自然現象	風水害	構内	構外
高潮	水没	設備の水没、浮遊物による設備破損、取水設備の破損	水没による道路遮断、橋等の通行止め 送電線（外部電源）破壊 通信設備の破壊・故障 港湾設備の被害
大雪	積雪 吹雪 雪崩 融雪出水	設備圧潰 配管、設備等凍結 取水障害	積雪、吹雪による道路、橋梁など通行止め、遮断 送電線（外部電源）破壊 通信設備の破壊・故障 堤防決壊

（４） 浮遊物・飛来物対策

構内の資材等が浮遊物、飛来物とならないよう処置を実施する。浮遊物、飛来物となり得るものとしては、工事資材、仮設足場、自動車、自転車、木、ケーブルダクト、マンホール蓋等が考えられる。風水害発生直前にパトロールを行い発見に努めるのみならず、平常時の管理方法から考慮しておくことよい。

（５） 災害対策体制の整備

- a. 災害対応要員は、原子炉の安全管理要員やセキュリティー確保要員、更にそれらの活動のサポート要員などで構成される。この災害対応体制を維持するために必要な技能、人数は風水害の種類、規模によって違うことに注意が必要である。体制見直しの際には、最新の情報をもとに、風水害の影響を考慮することが重要である。
- b. 要員の確保については発電所周辺道路、橋梁、港湾等が使用不能となり、発電所の出入りができなくなる可能性があるため、事前の召集、確保が重要である。また、仮に召集前にそのような事態に陥った場合、発電所にいる人員での対応せざるを得ないため、要員配置のプライオリティー付けを考慮しておくことも効果的と考えられる。
- c. 原子力施設内に残留して対応する要員（関連会社含む）への、気象、設備状況などの情報共有化を確実にを行うためのルールを定める。また、情報伝達手段（掲示板、無線、ページング、携帯電話など）を確保する。

- d. 原子力施設内のみならず保安院、保安検査官や事業者の本店、地方自治体等関係諸団体とも情報共有化を図るためのルール作りを行う。また、情報伝達手段（電話、携帯電話、無線通信設備など）を確保する。
- e. 風水害の渦中においては、労働災害発生を防ぐため、人員所在の確実な把握を行うための対策を講じておく。
- f. 風水害の渦中にサイトにて防災対応を行う可能性のある人員には、来所前にその旨連絡する。要員は、心構えとともに、着替えや常備薬などのサイトに滞在するための準備を行う。
- g. 対応要員の高いパフォーマンス維持のため、対応要員が原子力施設内に滞在するために必要なサービス（水、食料品、医薬品、休息、衛生）を確保、提供する。さらには、家族の安否確認を優先し、確実に確認できる手段を講じておく。
- h. 風や波、洪水にさらわれるなどの危険が予想される区域、滑りやすい場所、水没しそうな暗渠または視界が確保できない暗がり箇所などを特定し、立入り禁止区域や制限区域として指定する。また、立入り可能区域にあっても、命綱や懐中電灯、雨具（レインコート）、防寒具などの必要装備等を明確にしておく。

(6) 必要資機材の準備

- a. 風水害対応のために必要な資機材は、風水害の種類、規模によって違うことに注意が必要である。あらかじめそれらに対応した準備品チェックリスト、巡視点検要領などを用意することで、効率的に災害準備活動ができるようにしておくことが重要である。
- b. 発電所周辺道路、橋梁、港湾等が使用不能となり、物資等の搬入搬出ができなくなる可能性があることから、必要機材を事前に調達、確保しておくことが重要である。また、それらの調達先について、あらかじめ検討しておくことが効率的である。
- c. 送電線や開閉所、変圧器の事故による外部電源喪失の可能性が比較的高いことから、非常用ディーゼル発電機の健全性維持と燃料確保が重要となる。燃料については、あらかじめ必要量の見積もり、調達先確保等の検討を行っておく必要がある。

(7) 原子炉停止条件の把握

送電線事故の可能性が高いなど、事前に原子炉停止を行うことが望ましい状況を洗い出し基準を整理する。この場合、風水害がプラントにダメージを与える前に停止しておくため、風水害の接近時間とプラントの特性を考慮して停止操作開始時間を決める必要がある。

(8) 電気火災の考慮

溢水によりメタクラ、ロードセンター、コントロールセンターなど電気火災となる可能性があるため、停電操作が必要となる状況を整理しておく。その際、原子炉停止・冷却操作を考慮して手順および停電操作開始時間を定める必要がある。

(9) 情報の発受信

- a. 風水害の際には、周辺インフラ設備も相当程度被害を受けると想定して、信頼性の高い通信手段（衛星通信設備等）を必要数確保することが重要である。
- b. 風水害により、周辺住民および自治体が避難した場合の自治体との連絡、情報交換の手段や体制、頻度についてあらかじめ取り決めておく。
- c. メーカー、保守作業等他社との連絡手段について取り決めておく。特に、風水害発生時に作業員として構内に留まる場合は、人員管理の体制を取り決めておき、情報の共有化を行うことが労働災害の発生を防ぐと考えられる。

(10) 原子力防災計画とのリンク

風水害の渦中に原子力災害が発生した場合、遅滞なく速やかに「原子力防災計画」の体制に入らなければならない。

その際には、風水害においては、道路など原子力施設へのアクセス手段が遮断されることや通信手段の喪失を考慮し、対応要員を原子力施設に召集できない等の事態が発生し得る。

そのような事態を考慮して、サイトに残留した対応要員で対応可能なように、人員配置、資機材準備、対応手順を検討しておくことが重要である。

(11) 経験のフィードバック

自然災害が到来した際は、事後に判断基準や対応等の評価を行い、得られた教訓を速やかに反映する仕組みを作ること。また、反映した事項については確実に関係各所に確実に通知し、

手順などの改善を確実に行う仕組みを作ること。

- a. 対策要否判断基準の妥当性評価
- b. 対応実績の評価（良好事例、不適切事例の抽出）
- c. 手順書の有効性の評価
- d. 手順書等改訂

5-3. 想定を超える風水害への対応

(1) 資源(使用可能資機材、人員)の特定

- a. 災害の種類、規模等に応じて、機能の健全性が維持できると想定される施設・機器をあらかじめ特定し、それをもとに安全を確保するための手順を検討しておくことが重要である。
- b. 原子力施設の内部及び外部の電源施設および通信設備が全て使用不可能となる場合などの最悪のケースを想定し、ケーススタディーを行っておく。
- b. 対応要員の家族の安否が確認できないときは、心配、心労によりその要員のパフォーマンスが低下し、ヒューマン・エラーが発生しやすい状況になると考えられるため、配慮が必要である。

(2) 手順等検討の考え方

アクシデント・マネジメント等の(決定論に基づく)これまでの知識や、確率論的安全評価を参考に、原子力災害を最小限に留めるアクションを特定すること。

なお、電源や通信手段が失われた場合、人間の経験及び勘が重要な判断手段となる。日頃から、外部より送られてくる情報のみに頼らず、判断、行動できるように心がけることが重要である（参考2参照）。

(3) 実際の対応

原子力施設の設計を超える事象が発生する可能性のある場合は、以下の点に注意すること

- a. 気象、海象情報等を入手し、台風の上陸、津波の到達などによる被害の発生時刻を予想する。

- b. 被害発生予想時刻を考慮したうえで、早急に原子炉を停止する。
- c. 送電線事故などによる外部電源喪失に備え、非常用ディーゼル発電機を起動する。
- d. (高潮・高波後に到来する) 想定以上の引潮が予想される場合、海水系がダメージを受けるのを避けるため、それを停止しなければならないことを考慮した対応手順としておく。
- e. 原子力施設外部との非常時情報通信手段を確認・確保する。
- f. 津波の場合、その速度が非常に速いため、むやみに海岸・港湾設備へ接近しないこと。

— 以 上 —

参考1：情報・データ

[津波・高潮・引潮]

○ 津波・高潮ハザードマップ

津波・高潮による被害が予想される区域とその程度を地図に示し、必要に応じて避難場所・避難経路等の防災関連情報を加えたもの。

[洪水]

○ 洪水氾濫危険区域図、浸水予想区域図

全国の直轄管理河川において、概ね100年～200年に一度程度起こる大雨を対象として、洪水氾濫シミュレーションによる浸水危険区域を表示。

○ 洪水ハザードマップ

河川管理者から提供された浸水想定区域及び想定される水深を表示した図面に洪水予報等の伝達方法、避難場所その他洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保を図るための必要な事項などを記載したものであり、平成17年に改正された水防法第15条に基づき、浸水想定区域を含む市町村の長は、洪水ハザードマップを作成し、各世帯に提供。

[土砂災害]

○ 土砂災害危険箇所図

土砂災害への日頃の備えと早期避難が出来るように、地方自治体が公開している情報。

参考2：被害の目安

○ 風速／台風の被害

最大風速	17～25m	25～33m	33～44m	44～54m	54m～
台風規模	弱い台風	並みの台風	強い台風	非常強い台風	強烈な台風
被害例	屋根瓦が飛び、木やテレビのアンテナが倒れる。	木製の雨戸が外れ、ネオン塔や電柱が倒れる。	小石が飛び散り、小さな木造家屋は倒壊する。	木造建屋の多くが倒壊し、樹木は根こそぎ倒れる。	鉄塔が曲がる。

○ 津波

津波波高(m)	1～	2～	4～	8～	16～
津波形態	緩斜面		急斜面		
	岸で盛上がる	沖でも水の壁	先端の砕波が増える	第一波巻き波砕波	
	速い潮汐	第二波砕波			
	速い潮汐	速い潮汐			
木造家屋	部分破壊	全面破壊			
石造家屋	持ちこたえる	部分破壊	全面破壊		
鉄・コン・ビル	持ちこたえる		部分破壊	全面破壊	
漁船	被害なし	被害発生	被害率 50%	被害率 100%	
防潮林	被害軽減	漂流物阻止	部分的被害	全面的被害	
	津波被害軽減		漂流物阻止	無効果	
養殖筏	被害発生				
沿岸集落		被害発生	被害率 50%	被害率 100%	

出典：首藤伸夫「津波強度による津波形態と被害程度の分類」

○ 警戒時間：津波の第1波より第2波以降の方が大きくなることもあること、繰り返し波が押し寄せてくる可能性があること(波状段波)を考えれば、少なくとも12時間以上は警戒が必要である。

○ 津波の速さ

津波の速さは水深によって変化し、一般に、次の式で求められる。

$$\text{津波の速度 (m/秒)} = \sqrt{9.8 \times \text{水深(m)}}$$

つまり、海の水深が浅くなればなるほど、津波の速さは遅くなることになる。この式に基づけば、昭和35年(1980)のチリ地震津波の場合、平均水深4,000mの太平洋上での津波の進行速度は約720km/hとなり、新幹線の約3倍の速さとなる。この津波は17,000キロメートル余の距離をわずか22時間半で走り、日本沿岸に達した。同様にして計算すれば、水深2,000mでは約500km/h、200mでは約160km/h、10mでは約36km/hとなる。

陸上に遡上した津波は人が全速力で走るほどの速さとなる。