

# ハリケーンと原子力

## 米、ウォーターフォード3の対応に学ぶ

有限責任中間法人 日本原子力技術協会



永田 匡尚



米原 禎



磯村 賢一

はじめに

カトリーナ (Hurricane Katrina)。遠く離れた日本においても連日報道がなされ、まだまだ記憶に新しい。昨年八月末に米国南東部を襲った大型ハリケーンである。最大風速七八<sup>1</sup>/<sub>10</sub>秒、最低気圧九〇二ヘクトパスカルを記録し、ルイジアナ州ニューオーリンズ市を中心に死者一〇〇〇人以上、行方不明者三〇〇〇人以上、被害額一〇〇億<sup>ドル</sup>超という米国史上最悪の災害を招いた。人的被害においては、昭和三四年九月の伊勢湾台風(死者・行方不明者が五〇九八名)に匹敵している。

ハリケーンの強さについては、米国では「シン普森・スケール」というものを用いてカテゴリ1〜5の五段階に分類しているが、カトリーナは米国本土上陸前に最高ランクのカテゴリ5(六九<sup>1</sup>/<sub>10</sub>秒以上)となった。日本でも、台風のおおよその勢力を示す目安の一つに「強さ」が定義されており、最大風速に同じ「強い」「非常に強い」「猛烈な」に区分されている。カトリーナはもちろん、日本の「猛烈な」の部類に入る。ちなみに、日本では、上陸した台風で「猛烈な」の部類に入るものはこれまで発生して

いない。

さて、話は本題に戻るが、当時、カトリーナの直撃に備え、事前に手動停止した原子力発電所があった。ウォーターフォード3 (Waterford3)。ニューオーリンズ市の西二〇<sup>km</sup>にあり、セントチャールズ郡に位置する加圧水型の原子力発電所である。エンタジー (ENTERGY) 社が所有し、一九八五年九月に営業運転を開始した。洪水地帯とはミシシッピ川を挟んで反対側に立地しており、ミシシッピ川を発電所の冷却水源としている。ちなみに、ウォーターフォード1、2は原子力発電所ではない。ガス火力発電所である。

原子力発電所の自然災害への考慮として、日本では種々の対応がとられている。例えば、立地地点に関しては「大きな事故の誘因となる事象がないこと」等を原則的な条件としているし、安全機能を有する機器等においては、地震はもちろん、地震以外の自然現象に対しても設計上の考慮がなされている。また、運転段階においても、災害対策マニュアル等や地震後の保安確認マニュアル等が整備、使用されている。

では、ウォーターフォード3では、どのような事前準備がなされたか。どのような基準で原子炉を停止し

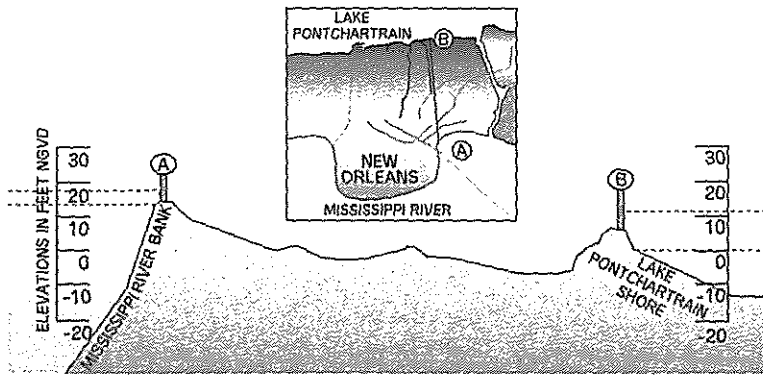
たのか。設備的な被害はあったのか。再起動はどのようなプロセスを経てなされたのか。

この三月、日本原子力技術協会は、米国規制動向等の調査の一環として、ウォーターフォード3を訪問し、本件について調査する機会を得た。米国では九・一一以降特にセキュリティが厳しくなり、原子力発電所訪問はまず無理だろうと覚悟していたが、快く受け入れていただいた。なお、カトリーナ対応の件でウォーターフォード3を訪問したのは我々が初めてのことであった。

### ニューオーリンズ市内の被害状況

カトリーナは、バハマ、フロリダを通過し、メキシコ湾上でいったんカテゴリ5に成長した。進路は当初の予想から西へ大幅にずれ、ニューオーリンズ市を直撃。カテゴリ4に多少弱まった状態で上陸したとはいえ、最大風速は約六四<sup>1</sup>/<sub>10</sub>秒であった。また、被害の範囲は八万八〇〇平方<sup>km</sup> (二二万五〇〇平方<sup>km</sup>) であり、日本の本州の広さに相当する。

何故、被害がここまで拡大したか。それは、ニューオーリンズ市の地理的条件によるものであった。同市はミシシッピ川とポンチャートレ



ニューオーリンズ市の地理的条件

ン湖に挟まれており、かつ、地上レベルはこれら水面より低くなっている。このため、ハリケーン来襲に伴う水面上昇と波のうねりにより水は堤防を越え、洪水となって同市に被害を与えた。更には堤防そのものが決壊したため、被害は一層大きくなった。

被害の状況は場所によっても異なる様相を示していた。湖沿いの建物は倒壊こそしてはいないが、多くは



湖沿いの被害状況



トレーラーによる生活

結論から先に述べるが、ウォーターフォード3では、ハリケーンに因する過去のさまざまな経験を反映した手順書がきっちり整備されており、市内に大災害をもたらしたにもかかわらず、発電所は準備体制

壁が崩れ、地上階部分は柱のみの状態であった。また、いたるところにデブリ（残骸）が散在しており、正に廃墟という言葉が適切で、人が住んでいる気配はなかった。

一方、比較的内陸にある民家は、建物そのものは大きく損壊はしていないが、外壁には高さ数メートル以上のところにWaterMarkがくつきり残っており、水没が長期間続いたことを物語っていた。デブリこそは少なかつたものの、民家の横に止まっている車の上にボートが乗り上げていた風景も見られ、当時の状況がいかに悲惨であったか、また、今に至っても手をつけられていない場所が多いことを物語っていた。市内に戻ってきても自宅で生活ができない人は、広

場にトレーラーを止めそこで生活している。

また、民家一軒一軒のドアや外壁にペンキで何かマークが付けられていることに気がついた。これは、当時、屋内に生存者が取り残されていないか否か、レスキュー隊が一軒一軒の内部を確認した結果であるという。我々が見て回った範囲では、ほとんど全ての民家が「取り残されている者なし」という表示であった中で、「猫一匹救出」という表示は、単にユーモアだけでは片付けることのできない、何とも言えない感慨深いものがあつた。

ウォーターフォード3の対応状況

と対応が計画通り機能し、安全な管理を行うことができたとのことであつた。

ハリケーン対応に関しては、ハリケーン・アンドリューが一九九二年米国に上陸した際に得られた教訓が下敷きとなっていることを付け加えておく。アンドリューは原子力発電所の運転に大きな影響を与えた初めてのハリケーンであり、フロリダ半島の先端にあるタイキーポイント原子力発電所は、外部電源喪失、通信手段喪失、道路通行不能などのダメージを受けた。その際に得られた教訓を原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission：NRC）がまとめ、Information Noticeとして全原子力発電業者に通知したものが、ハリケーン対応に効果的に活かされたのである。

以下、順を追って当時のカトリーナへの対応を紹介する（表参照）。

(1) 準備体制

ウォーターフォード3では来襲するハリケーンのカテゴリーにかかわらず事前に準備体制に入ることにしている。カトリーナが米国本土に上陸したのは八月二十九日であつたが、八月二六日には準備体制に入り、事前の現場巡視や通信設備の試験を実施した。準備体制の人数は、原子力

表 主な時系列

8月26日	セントチャールズ郡はウォーターフォード3の緊急時計画に対して、カトリーナ接近による避難の可能性を通知
8月27日 8:00	ウォーターフォード3では指令センターを24時間体制とした
8月27日 9:00	セントチャールズ郡による強制避難命令発令
8月27日 10:00	セントチャールズ郡に「ハリケーン注意報」発令
8月27日 22:00	同「ハリケーン警報」発令
8月27日 22:04	ウォーターフォード3は異常事象通告(Notification of Unusual Event)を宣言
8月27日 22:12	外部機関に異常事象通告宣言を通報開始
8月28日 10:59	通常操作手順に従ったプラント停止操作開始
8月29日 7:59	外部電源喪失(2台の非常用ディーゼル発電機が正常に機能) →異常事象通告宣言(2回目)
8月30日 18:00	外部への通信手段喪失 →異常事象通告宣言(3回目)
9月 9日	原子力規制委員会より再スタートの許可を受領
9月13日	原子炉臨界、発電機並列

規制委員会の駐在職員二名を含む一三八名であった。なお、六月一日〜一月三〇日はハリケーンシーズンであり、この間、二〜三回は毎年のように準備体制に入っているそうである。

八月二七日には、指令センターを設置し、二四時間の報告体制を敷いた。また、国立気象台がセントチャールズ郡に「ハリケーン警報」

を発令した段階で、ウォーターフォード3では、「異常事象通告(Notification of Unusual Event)」を宣言するとともに、その八分後には関係する外部機関に通報を開始した。原子力規制委員会本部と発電所駐在検査官に連絡したのは、宣言から一七分後であり、通報は成功裏に完了した。

八月二八日には、一二〜一五時間後に外部電源の喪失が懸念されるハリケーンの風速(カテゴリー1の最低風速三三ft/秒が基準)になったことから、一〇時五九分に通常操作手順に従いプラント停止を開始した。また、プラント停止と外部電源喪失に係る「Just-in-time訓練が同日の夜間シフト運転員に対し行われた。

(2)カトリーナ上陸時の対応

カトリーナ上陸後、ウォーターフォード3でもさまざまな事象が発生している。ただし、発電所構内で発生したのではなく、暴風、洪水が引き起こした外部的な災害の波及である。

先ずは、外部電源喪失である。八月二八日に規定に従って原子炉を停止したことは先に述べたが、八月二十九日午前七時五九分、果たして外部電源喪失が発生した。事象発生時には非常用ディーゼル発電機が起動

し、設計どおり安全母線に電力供給を行うとともに、運転員は外部電源喪失の手順書に要求されている行動を忠実に実行したことで問題は発生しなかった。外部電源喪失を想定して事前に行われた「Just-in-time訓練も運転員にとって非常に役に立ったと思われる。なお、外部電源喪失により、ハリケーン警報発令に続き二度目の「異常事象通告」宣言を行った。この「異常事象」状態は外部電源が復旧した九月二日までの四日間継続することとなった。

また、ウォーターフォード3では非常用ディーゼル発電機が二台設置されているが、カトリーナ来襲に備え、仮設ディーゼル発電機を一台ベランダからリースしていた。これは、非常用ディーゼル発電機の信頼性を検討した結果のリスク管理として発電所経営層独自の判断で行われたものである。結局使用されることはなかったが、リスク管理について常に見直し、検討が行われていると考えてよいだろう。

次に発生したのは、通信手段の喪失である。八月三〇日の午前中に約四〇分/秒の風速を記録していたが、その後さらに勢力が増し、センサーを故障させてしまうほどの暴風となった。ウォーターフォード3で

は通信設備として、通常電話回線、衛星通信設備二台、作業ホットライン、原子力規制委員会非常用通信設備、携帯電話、従業員ホットラインが配備されているが、八月三〇日午後六時、これらのうち衛星通信設備一台を残していずれも使用不可能となった。この通信手段喪失により、第三回目の「異常事象通告」が宣言された。この通信の復旧作業は九月七日午後五時四〇分まで八日間継続した。

なお、ウォーターフォード3を含む地域のハリケーン警報は、八月二十九日午後四時に国立気象台により解除された。このハリケーン上陸により三度の「異常事象通告」が宣言されたが、安全性などへの問題に発展することはなかった。

(3)ハリケーン通過後の復旧活動

エンタジー社は、幸いにも、亡くなられた従業員はいなかったとのことである。だからと言って安穩とはしてられない。迅速な復旧が待っていた。このため、エンタジー社では従業員確保に腐心した。まず従業員が安心して日常生活を営むことができるよう、従業員家族のための仮設居住区として訓練センター、社有ソフトボール場、発電所敷地などを開放し、復旧活動に従事する人員を

確保した。その結果、配電柱倒壊や変電所浸水などにより供給支障が発生していた地域を記録的なペースで復旧することができた。

また、発電所の再起動については、九月六日に乗り込んできた原子力規制委員会および国土安全保障省／連邦緊急管理庁 (Department of Homeland Security : DHS/Federal Emergency Management Agency : FEMA) の再起動評価チームが定められた手順で評価を行い、九月九日には再起動許可がおりた。この迅速な許可を可能としたのは、チェックすべき事項を明確に把握し、手順化していることにあると思われる。非常に合理的、効率的な再起動評価が実施されているとの印象を受けた。

### カトリーナ対応の評価と教訓

ウォーターフォード3の安全システム及び対応準備体制・手順は概ね計画通りに良好に機能した。しかし、その中でも計画で想定していた事象と実際に発生した事象のギャップがみられ、今回得られた教訓は少なくない。

まず、非常時対応のための通信設備の在り方を見直している。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、従業員ホットラインはエンタジー社専用周波数八〇MHz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、通常電話回線もセントチャールズ地区回線に加えて別局番地区のリトルロック地区回線も設備した。これは、たとえば東京都港区であれば芝の五四四〇局番に加えて虎ノ門の三五〇二局番を取得するようなものである。

第二に、発電所事故時の地域住民の避難時間想定の見直しや避難手段の確保について、ハリケーンで使用できない道路や避難のための住民移動による渋滞の発生などの想定の見直しを行っている。

第三に、風評コントロールセンターとして機能するエンタジー社のニューオーリンズお客様サービスセンターが使用不能となったため、「ウォーターフォード3はハリケーンで壊滅的なダメージを受けて二度と立ち上げることができない」といった風評が出回るのを防ぐことができなかった。そのため、今後はリバーベンド合同情報センターに代替

できる機能を持たせることにした。更に、七二か所ある警報サイレンのAC電源が外部電源喪失により停電となることから、直流蓄電池による電源供給に変更した。

これらは、ハリケーン通過後すぐに洗い出され、手順書や設備に反映されており、カトリーナの一月後が続いて上陸したリタの時には既に対応済みであった。

### 終わりに

ウォーターフォード3訪問に先立ち参加した原子力規制委員会の規制情報会議 (Regulatory Information Conference : RIC) では、その「緊急事態対策」のセッションにおいて、ほとんどすべての時間がハリケーンカトリーナの被害と対応について割かれており、米国内での注目度の高さを窺うことができた。セッションでは連邦緊急管理庁もプレゼンテーションを行ったが、印象的だったのは、この国の機関がカトリーナの被害に関する報道、メディアの姿勢に対して怒っていたことで

ある。被害の大きな地域を取り上げ、まるで町が復旧できないかのようなセンセーショナルな報道がなされたことに対し、このような誤った事実認識に基づくネガティブな報道によって、避難した住民が戻ってこないなど、復旧の妨げとなっていることに対する怒りの表れであった。このような非常時にこそ、一人ひとりが社会に対してどのような貢献をすべきかを問う、責任ある国としての訴えである。また、二度と同じ過ちを繰り返さないという明確な意思の表れでもあった。

今回の調査では発電所の担当者から当時の状況を直接聞くことができ、我々にとつて貴重な経験となった。その中で、リスクを常に意識し低減を図る絶え間ない活動はもちろんのこと、その努力が報われ、更に前進できる仕組みや環境、そういったものが原子力の活性化に大事である。そういうことを改めて感じた次第である。そして、災害への対応の考え方、手順等といった、ここで得られた情報や資料を我々の財産として今後の業務に活かせることが何よりも有益であったと考えている。

以上、本内容が原子力に携わる方々の今後の取り組みのため、多少なりとも参考になれば幸いである。

**アンドリユー (92年) などの教訓  
重ねて準備と対応が計画通り機能**