

# 米フォートカルホーンの洪水時の対応と再稼働への取り組み

## Response for Flooding and Effort of Plant Restart at Fort Calhoun NPP

日本エヌ・ユー・エス 藤井 有蔵 Yuzo FUJII Non Member  
原子力安全研究協会 水町 渉 Wataru MIZUMACHI Member  
北海道大学 奈良林 直 Tadashi NARABAYASHI Member

Fort Calhoun NPP(FCNPP) experienced flood due to the elevation of water level of Missouri river from June to August, 2011. FCNPP took various responses including constructing the berm around the important facilities, and could maintain the safety of the reactor with difficulty. The response of FCNPP, which includes both good and bad aspects, will help us in examining the response to flooding at Japanese nuclear plants.

In response to the occurrence of the fire of safety related breaker at FCNPP, June 2011, NRC entered the oversight for FCNPP based on the Inspection Manual Chapter-0350 and issued the Confirmatory Action Letter (CAL) with the check list to Omaha Public Power District (OPPD), owner of FCNPP. Check list described the items which OPPD should solve before the restart of FCNPP. Although many efforts need to be done by OPPD to solve the check list, there is transparency about the condition of the plant restart. In Japan all the plants except Ohi3,4 have continued to shut down after Fukushima accident due to the lack of the rule for restarting of the plant after the occurrence of the safety problem. We should study the plant restart system of NRC.

*Key Words:* Fort Calhoun, Response to Flooding, IMC-0350, Confirmatory Action Letter,  
Plant Restart,

## 1. 序

2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所の事故では全交流電源喪失(SBO)から炉心溶融、水素爆発が起こり、最終的に放射性物質が環境に放出するという重大な状況に至った。放射性物質の放出にまで至った要因は複数あるが、起回事象として津波による洪水でSBOが発生したことが大きな問題であった。そこで本資料では福島第一事故のしばらく後にミズーリ川の洪水によりサイトが冠水したフォートカルホーン原子力発電所の洪水対応状況を調査した。Fort Calhounの対応にはいろいろと問題もあるが、今後のわが国での洪水対策の参考となる部分がある。

一方、わが国では、福島第一事故の後、他の原子力プラントも大部分のものが定期検査での停止以降、再起動できない形で現在にいたっている。米国では安全上重要な事象が発生し、プラントが停止した場合に、再起動

に向けての手順が明確になっている。フォートカルホーンでは2011年6月に安全系の遮断器の火災が発生し、規制当局であるNRCから安全上の重要度が高い問題(RED)であるとの判断が下された。その後、NRCは再起動までに確認する項目を幅広くまとめ、チェックリスト形式でフォートカルホーンの事業者であるOmaha Public Power District(OPPD)に示し、OPPDはNRCより示された確認すべき項目について詳細な実施計画を作成し、その計画に基づき対応を行っている。この再起動に向けての対応の仕組みは我が国にとっても大いに参考となるものと考えられることからフォートカルホーンでの再起動への対応について調査した結果を洪水対応と共に示す。

## 2. フォートカルホーンの洪水事例について

### 2.1 フォートカルホーン原子力発電所の概要

フォートカルホーン原子力発電所は1987年に運転を開始したコンバーストン エンジニアリング(CE)社製の電気出力47.8万kWのPWR(1基)で、OPPDが運営している。敷地はネブラスカ州のミズーリ川の河畔に位置する。ミ

ミズーリ川はカナダとの国境にあるモンタナ州のロッキー山脈に源流を持つミシシッピ川最大の支流で、全長3700km、流域面積は米国全土の1/6に達する。ミズーリ川には20世紀に洪水防止、灌漑、水力発電用にフォートベック、ギャリソン、オアへ、ビッグベンド、フォートランダル、ギャビンズポイント等多数のダムが建設された。これによりミズーリ川は北アメリカ最大の貯水システムとなっている。

## 2.2 フォートカルホーンの洪水評価<sup>[1]</sup>

米国原子力発電所では安全解析書 (FSAR) で自然現象による影響評価と対応を行い、NRCの審査を受けている。FSARは新しい情報が出てきた場合には適宜変更が行われる。洪水については大雨、ダムの決壊、津波等について過去の実績を踏まえ、設計基準水位を設定し、その水位になった場合でも原子炉の安全性が確保されることを示す必要がある。フォートカルホーンでは水位上昇が大きい事象として上流のダムで、最も近いギャビンズポイントの決壊を設定し、通常ミズーリ川の水位 (995feet) に対し19feet高い1014feetを設計基準水位としている。この設計基準水位は敷地の1004feetより高いため、格納容器、非常用ディーゼル発電機室、補助建屋等の安全上重要な設備は金属製の洪水防護ゲート、砂袋や貫通部のシール等の対応により浸水を防ぐ設計となっている。一方、設計基準水位では特高開閉所は冠水し、機能を失うことになるため、非常用ディーゼル発電機が起動する対応となっている。

一方、1990年にNRCの勧告に基づき各事業者は設計基準事象を超えた自然現象が発生した場合の評価としてIPEEE (Individual Plant Examination for External Event) を実施したが、その際フォートカルホーンでは上流の4つのダムの決壊を仮定した。これは上流のひとつのダムが決壊すると、その水が下流に流れ、下流にあるダムも連鎖的に決壊する可能性があるとの考え方に基づく。評価の結果、水位は1035feetまで上昇し、格納容器内の設備以外のものは外部電源及び非常用電源も含め機能を失うことになる。このような状況に対しては高所にある燃料取り換えフロアーにガソリンエンジン駆動のポンプを設置し、必要な場合にはこのポンプで直接SGに水を入れて炉心の冷却を行うような方策が考えられている。

## 2.3 貫通部シール設置不備のNRCの指摘<sup>[2]</sup>

2010年にNRCの検査官がフォートカルホーンの補助建屋と取水口設備の貫通部の一部にシールが施されていない部分があることを指摘した。この要因は発電所全体としてシールの重要性についての認識が薄かったことによるものとされ、NRCは安全上の重要度が中程度の問題

(YELLOW)と判断した。指摘後フォートカルホーンは必要なシール設置を行った。その後、フォートカルホーンでは貫通部シール性能を確保、強化するためにシールの検査を行い、劣化が進んでいれば補修・テストを行っている。

## 2.4 ミズーリ川の洪水<sup>[2]</sup>

2010年から2011年にかけての冬場にミズーリ川上流の山間部に大量の雪が降り(Fig.1)、春の大雨も重なり大量の水がミズーリ川に流れ込んだ。

これに伴いダムの水位が上昇し、ミズーリ川を管理している陸軍のCorps of Engineeringはダムの決壊を防ぐた



Fig.1 A large amount of snowfall at source area of Missouri river

めにダムの管理放流を行った。

ダムの放流は継続的に約2.5ヶ月続き、放流量は2011年6月1日には81,000立方feet/秒(cfs)、6月30日には160,000cfsとなった(2011年の水位上昇までの最大は70,000cfsであっ

た)。これに伴いミズーリ川下流の水位が上昇し、フォートカルホーンでは通常の水位が海拔995feetであるのに対し、この放流により最高水位が12feet上昇し、1007feetまで達した。ただし、これは設計基準水位(1014feet)より低い値である。

フォートカルホーンの敷地レベルは通常ミズーリ川の水位より約9feet高いが、今回の洪水では水位が通常より約12feet上昇しており、敷地は約60日の間、約3feet



(約1m)水没することとなった。(Fig.2)

Fig.2 Flooding at Fort Calhoun NPP

なお、ミズーリ川のフォートカルホーンの下流にはク

ーパー原子力発電所があるが、比較的高い場所にあるため主要部の浸水は免れた。

## 2.5 フォートカルホーンの対応

ダムの放流時にフォートカルホーンでは燃料取替えのためプラント停止状態であったが、ダムの放流の3日前に放流の通知があったため、各施設の周りに土壌を積み上げた形で土手を設置した。放流により水位上昇が始まり、フォートカルホーンでは異常事象発生通知を出したが、土手により主要施設である格納容器、非常用ディー

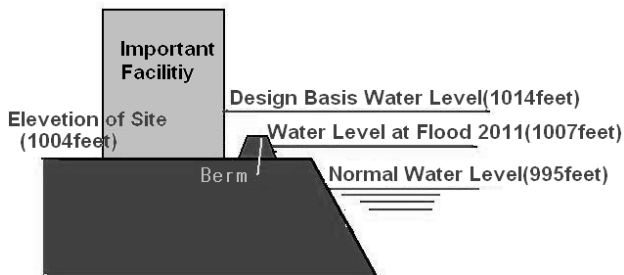


Fig.3 Water level of Missouri river and site elevation of Fort Calhoun NPP

ゼル発電機室、補助建屋、開閉所等は水没することはないが、倉庫を含む敷地は土手設置の対象となっておらず、6月中旬から8月中旬にかけて水没し、資機材について損害が出た。所外電源は確保されており、洪水による安全系への影響はなかった(Fig.3)。洪水の期間、作業者は近くの学校等に駐在し、水の排出のためガソリン駆動のポンプや発電機用の燃料としてガソリンの缶をプラントに運んだ。また、サイト内で職員、作業者が移動できるよう6feetの高さの足場により一時的な通行路を設置した。

## 2.6 ミズーリ川の洪水及び福島第一事故を踏まえた洪水対応

ミズーリ川の洪水及び福島第一事故を踏まえ、フォートカルホーンのミズーリ川洪水に関する設計基準水位として、単一ダムの決壊でなく、複数のダムが連鎖的に決壊するという事象を踏まえたものとすべきであるとの判断が示された。現在、事業者のOPPDでは福島第一事故を踏まえた短期タスクフォース(NTTF)の勧告2.1に基づくNRCの洪水再評価の指示に対応して、上流の複数のダム決壊を前提とした評価を実施中である。

## 3 IMC-350による停止プラントの監視と再起動に向けての対応

### 3.1 安全上重要な問題が発生した場合の対応

NRCでは通常、原子力発電所に対しROP(Reactor Oversight Process:IMC-0305)の枠組みでプラントの監視を行うが、NRC検査の重要度決定プロセスにおいて当該プラントで安全上の重要度が高い問題が発生したと判断した場合等にはIMC-0350“Oversight of Reactor Facilities in a Shutdown Condition due to Significant Performance and/or Operational Concern”に基づく監視を行うことになる。これは2002年のDavis Besseで原子炉容器の損傷が発生した場合にもとられた措置であり、CAL(Confirmatory Action Plan)により対策すべき項目についてNRCと事業者が話し合った結果をNRCが文書で事業者に通知するものである。事業者はCALのチェックリスト項目への対応を行い、NRCが当該プラントが安全上の問題を解消したことを検査で確認した後、再起動の承認を下すことになる。これら一連の対応措置及び文書はパブリックミーティング等を通じて公開されている。

### 3.2 Fort Calhounでの安全問題<sup>[4][5]</sup>

フォートカルホーンでは前述のように2010年にNRCの検査で洪水対策に問題があることが指摘されていた。さらに洪水が発生している時期の2011年6月7日に安全系統の遮断器の火災が発生した。遮断器の問題は40年前のGE社製遮断器を数年前に別のベンダーのものに取り替える際、既存のGE社製のバケットに収納する設計としたが、接続部の設計に問題があり、電源ラインが十分に接触していなくて加熱を起し、遮断器が爆発し、火災が発生したものである。これにより、当該系統が機能を失ったが、他の系統も影響を受けトリップした。

この事象についてNRCは検査を行い、その内容について重要度決定プロセスに従い、リスク重要度を判定した。判定の結果、4つの区分(緑、白、黄、赤)の内、安全上の重要度が最も高い問題(赤)となった。

これらの状況を踏まえNRCは2011年12月13日にフォートカルホーンの監視をIMC-0350の枠組みで行うことをOPPDに通告し、更に2012年6月11日にCALを発行した。CALにはNRCの再起動までのチェックリストが示されている。(Table.1)

チェックリストの第1セクションは重大パフォーマンスの劣化の問題で、洪水、440V配電系統の問題、ブレーカ火災、設計の問題、訓練の問題、セキュリティ違反、原子炉保護系の問題等多くの問題がある。第2セクションは洪水復旧の対応、第3セクションは是正措置プログラム(CAP)、エンジニアリングプログラム、保全プログラム、品質保証プログラム等である。

Table.1 Part of checklist of CAL to Fort Calhoun NPP

U.S. Nuclear Regulatory Commission  
Manual Chapter 0350 Panel  
Fort Calhoun Station Restart Checklist

Item Number	Description	Closure Date
1	<b>Causes of Significant Performance Deficiencies and Assessment of Organizational Effectiveness</b>	
1.a	Flooding Issue – Yellow finding	
1.b	Reactor Protection System contact failure – White finding	
1.c	Electrical bus modification and maintenance – Red finding	
1.d	Security – Greater than green findings	
1.e	Third-Party Safety Culture Assessment	
1.f	Integrated Organizational Effectiveness Assessment	
1.g	Safety System Functional Failures White Performance Indicator	
2	<b>Flood Restoration and Adequacy of Structures, Systems, and Components</b>	
2.a	Flood Recovery Plan actions associated with facility and system restoration	
2.b	System readiness for restart following extended plant shutdown	

### 3.3 再起動に向けての事業者の対応

上記の NRC の対応を踏まえ、OPPD は洪水による影響の復旧を含む再起動までの回復計画としてフォートカルホーンの統括改善計画（Fort Calhoun Station Integrated Performance Improvement Plan）を NRC に提出している。計画は 100 項目以上の対応項目があり、以下の 6 つのカテゴリに分かれている。

- ・ サイト復旧
- ・ プラントの系統と機器
- ・ 長期の機器信頼性
- ・ 設計及び認可のベース
- ・ 緊急時計画
- ・ セキュリティー

洪水の影響に対する復旧作業としては、サイト内で洪水により生じた異物の清掃・除去、すべての構造物・系統の損傷の有無の検査、地中のケーブルダクトの点検のほか土壌の安定性の評価が含まれる。土壌は水に 3 か月浸かったことによる強度の問題があり、は数 100 のボーリングを行って分析を行った。

これらの回復作業はほぼ終了しており、OPPD は 2013 年春には再起動したいと考えていたが、2012 年末に緊急炉心冷却用ポンプのアンカーボルトの長さが所定のものより短い（16 インチあるべきものが 9 インチしかなかった）ことが判明し、再起動の時期が遅れている。

### 参考文献

- [1] Fort Calhoun FSAR Chapter2
- [2] June 6, 2011 Preliminary Notification of Event or Unusual Occurrence -PNO-IV-11-003～PNO- IV-003-F
- [3]Licensee Event Report 2011-003, Revision 3, for the Fort Calhoun Station
- [4] Confirmatory Action Letter-Fort Calhoun CAL4-12-002 Feb.26.2013
- [5].Fort Calhoun station Integrated Performance Improvement Plan, Revision 4 Nov.1.2012

(平成 25 年 6 月 18 日)