

## 日本原子力学会安全部会「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー第6回」 議事メモ

本議事メモは発言者の承認を得ておりませんので、講演者及び事務局以外の参加者から頂いた発言については個人名を記載せずに「参加者」と致します。

1. 日時：平成 24 年 10 月 22 日（月） 13：30 ～ 18:00

2. 場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部 11 号館 講堂

3. 座長・発表者・参加者

座長： 関村直人（副部会長，東大）

発表者： 櫻庭達幸（東北電力）、戸村典章（日本原電）、阿部清治（部会長，JNES）

その他の参加者： 78 名（計 82 名）

4. 議事項目

- (1) 開会挨拶及び趣旨説明（関村直人、副部会長 東京大学）
- (2) 第5回セミナーの概要報告（本間幹事、日本原子力研究開発機構）
- (3) 東北地方太平洋沖地震発生後の女川原子力発電所の状況および安全対策について  
（櫻庭達幸、東北電力株式会社）
- (4) 東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所の状況について  
（戸村典章、日本原子力発電株式会社）
- (5) 討論 論点整理（阿部清治、部会長 JNES）
- (6) 次回以降のセミナー案内及び閉会挨拶（新田隆司、副部会長 日本原子力発電株式会社）

5. 配布資料

資料1 頭紙、セミナー趣旨、本日のプログラム

資料2 第5回セミナーの概要

資料3 東北地方太平洋沖地震発生後の女川原子力発電所の状況および安全対策について

資料4 東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所の状況について

資料5 安全部会 第6回福島事故セミナー論点整理

資料6 第7回以降のセミナー開催予定とテーマ

6. 議事概要

6.1. 開会挨拶及び趣旨説明

関村副部会長より、以下のとおり趣旨説明があった。

原子力安全部会が主催の本セミナーは今回で6回目となるが、5回目までの中間報告は、先月行われた原子力学会秋の大会において部会セッションにて実施し、多くの方に議論いただいた。さらに今回と次回のセミナーでは、女川、東海第二発電所および福島第二原子

力発電所について事故の状況とその後の対応についてお話いただき、福島第一原子力発電所で起こったことをさらに明らかにすると同時に、どうして他の発電所ではシビアアクシデントに至らなかったのか深く議論したい。どのような偶然的なことが重なって福島第一の事故に至ったのか、第一発電所以外ではどのような因子によってシビアアクシデントに至らなかったのか、どのような対策を取ればシビアアクシデントを防止できるのか、このような観点で議論を進めていきたい。

原子力安全部会は原子力安全あるいは福島第一発電所事故に関する当事者の立場である。学会に集う人間として、原子力安全が極めて総合的な観点が必要であり、少しでも抜けがあればそこから事故に至る、という観点から産官学を含め議論を深めていき、公開の場で多様なご意見をうかがい取りまとめていきたいと考えている。

それでは最初に、前回の防災の観点からのセミナーの概要を、本間氏から説明いただく。

## 6.2. 第5回セミナー概要報告

JAEAの本間幹事より、以下のとおり第5回セミナーの概要報告があった。前回の報告事項としては、(1) 東京電力における事故時のモニタリング活動について、(2) 初動時の現地対策本部の活動のあり方について、(3) 緊急事態への準備と対応の課題について、の3点であった。続いて討論の前に、防災に関する課題を阿部清治部会長より提示いただいた。

### (1) 東京電力における事故時のモニタリング活動について

東京電力における事故時のモニタリング活動について、東京電力の實重氏からご説明いただいた。内容は下記のとおりであった。

- ・防災業務計画では、敷地内及び周辺の放射線並びに放射能の測定、また、モニタリングデータの情報提供や放射能影響範囲の推定が責務。
- ・地震による物理的損壊、津波による損失により、観測装置のほとんどが機能を失ったが、空間線量率、ダスト濃度、中性子線量、気象観測は、モニタリング車により、リソースが確保され次第、開始した。
- ・高いバックグラウンド、機材、人的リソースの欠如等の課題のほか、核種分析解析プログラムのエラー、分析結果確認ミスなどの不具合事例があった。
- ・事故初期段階では、人的リソースの確保に大きな混乱をきたした。業務計画上の問題の抽出等は、現在取りまとめ中。

### (2) 初動時の現地対策本部の活動のあり方について

初動時の現地対策本部の活動のあり方について、JNESの齊藤氏からお話いただいた。大きくは、課題抽出と課題解決に向けて取り組むべき要素の2点で、内容は下記のとおりであった。

- a. オフサイトセンター(OFC)が果たした役割を事故進展と対応の時間軸に着目して整理し、今後解決すべき課題が抽出された。
- ・放出前後で、OFC の役割が大きく変化（スクリーニング、除染）。情報共有や指揮調整以外の実働（消防車手配、負傷者受入れ）も実施。
  - ・避難の住民支援は実施できなかったが、避難状況は一定程度把握。
  - ・住民防護策の的確なフォローには、実態の共通認識のための場所が必要。
  - ・防護の初期対応は、事前に計画された行動を発動するスキーム構築が重要。さらに、複合災害を考慮した危機管理が重要。
  - ・現地関係者が情報を共有し、指揮の調整を図るためには、役割分担の明確化とリーダーを中心とした指揮命令系統の明確化が必要。
- b. これらの課題についての国際的な議論（米国の例）を紹介し、課題解決に向けてわが国で取り組むべき要素がまとめられた。
- ・米国等の国際標準に従えば、プラント情報（EAL）に基づく初期対応、その後の段階的避難も、予め定められた危機管理として運用し、放出後は、測定に基づく判断基準（OIL）で対策を実行するスキームの徹底が重要。

### (3) 緊急事態への準備と対応の課題について

JAEA の本間幹事からは、主に IAEA の安全要件（GS-R-2）について紹介があった。GS-R-2 は 2002 年に出版され、今年の 11 月に改定のテクニカルミーティングがある。先々週にコンサルティングミーティングがあつて本間幹事が参加した。緊急時被ばく状況から現存被ばく状況への移行をどのように考えたらよいかというものであり、そこでの紹介では 2014 年くらいには出版する予定であるとのことであった。IAEA の安全要件は新しいフォームになり、PART1 から PART 7 まで出る予定であるが、safety fundamental の原則が 10 個あり、そのうち 7 つが共通の安全に関わり、組織、マネジメント、放射線防護などが含まれる。前回、この GS-R-2 について紹介し、福島事故における、①緊急時管理と運営の確立、②緊急防護措置の実施、③公衆への指示と警報の発令、④公衆への情報提供 の課題を分析して下記のとおり説明した。

- ・緊急時管理では、最終目標である住民の健康防護を達成するため、時間軸に応じた責務の移行（現場から自治体、国）が重要。
- ・オフサイトセンターの役割をもう一度見直す必要がある。緊急時のみ集まるというのが本当に機能するのかという問題。
- ・防護措置の実施は、予測システム（ERRS+SPEEDI）による勧告ではなく、プラントの状態に基づく、避難・屋内退避の実施で一定の効果的対応が取れた。住民の方に

はかなり混乱があったと思われるが、被ばく量の観点からは一定の効果があった。防護措置開始の適切な発動因子を定めておく必要がある。

- 福島県の県民調査によると、外部被ばく線量は、20kmの避難された方より計画的避難地域にいらした方のほうが比較的高い。つまり留まっていた期間が問題で、計画的避難区域のアクションの遅れは反省点の一つである。これには空間線量率等の実測値に基づく運用上の判断基準（OIL）が有効である。
- TMI、チェルノブイリ、JCO等の過去の経験から学んだIAEAの防護戦略を十分尊重するべきである。先々週聞いた話では、昨年福島以降、加盟国約100か国に自国における現状のIAEAのGSR-2の評価を問うたところ、約95%の国が一定の評価をしているという結果とのことであった。
- 住民への情報伝達、国外との情報共有に大きな課題が見出された。

総合討論の前に、阿部部会長から、防災の課題について下記のとおり提示された。

- 国の計画が適切だったわけではないが、初期の避難等の措置は結果的には効果が得られた。
- しかし、電源喪失等による情報伝達、避難者への的確な指示、要支援者の避難、OFCの防護等の問題が浮き彫りにされた。
  - ① 日本の原子力防災は国際基準ともかけ離れた仕組み。事故初期の情報の入手・分析さえ困難な時期に、予測システムの結果で避難を判断するなど、技術的に論外。事故後も十分な反省がなされていない。
  - ② 事故は常に想定外であり、防災の仕組みは最小限の情報でも予め決められた方法で即時に対応する国際方式に改めるべき。
  - ③ 指揮命令系統、役割分担の明確化が必要。住民避難のための事前の計画、要支援者への対応などきめ細かい計画が必要である。
  - ④ 災害時の情報伝達の在り方（公衆、国外への情報発信）は再検討。
  - ⑤ 人口密集地の避難等の実効的なあり方、土地汚染、海洋汚染への方策等の事前の検討が必要。

総合討論では関村副部会長の司会のもと、以下のような観点から議論があった。

- 準備不足のため大きな混乱があったが、避難等の初期対策には一定の効果があった。住民の被ばく評価の観点からは、環境モニタリングだけでなく、初期の個人モニタリングが重要。
- 予め決められた迅速な初期対応から関係者の十分な関与を必要とする後期の対応まで、時間軸を考慮した平時からの訓練が重要。それには、一般災害対応との連携、常に緊急時システムが動く体制が必要。
- 予測システム（ERRS+SPEEDI）の評価、一つのツールとしての活用について議論。

- ・ 防災における事業者の役割、防護措置実施の自治体の役割、専門的な意思決定に関する国の役割等、指揮命令、役割分担について議論。
- ・ 防災の法的位置づけ、事業者が関係する炉規法と主に自治体および国が関係する災対法の関係の明確化が必要。
- ・ 事故初期の住民への情報伝達は、マスメディアも含め多重のルートを確立しておくことの重要性を議論。

### 6.3. 東北地方太平洋沖地震発生後の女川原子力発電所の状況および安全対策について

東北電力の櫻庭氏より、資料3をもとに下記の説明があった。

#### (1) プラントの対応状況

- ・ 東北電力は二つ原子力発電所を有しており、一つは青森県の東通原子力発電所、もう一つは宮城県の女川原子力発電所である。女川原子力発電所は震源地から130kmの距離にある。福島第一原子力発電所は震源地から180kmなので、震源地から最も近い原子力発電所である。設備の概要としては、発電所は3機あり、1号機は昭和59年運開で型式はBWR4である。2号機、3号機はいずれもBWR5でそれぞれ平成7年と14年に運開した。
- ・ 津波の概要で女川町の写真（資料3 p.4）で、発電所からは10数km離れたところある震災前後のものである。女川港に面してコンクリートの2、3階建の建物とその周辺に民家が密集しているが、津波の襲来を受けて木造の建物は引き波でほとんど持っていかれた。反対側にも海にも到達するくらい、勢いと高さがあった。
- ・ 女川原子力発電所の1号機原子炉建屋地下2階で観測された地震加速度は567.5ガルであった。平成17年に過去最大の地震があり3機とも自動停止したが、この時観測され加速度、251.2ガルに対して2倍以上にもなる。
- ・ 事務棟は新館を建設中で、地震のときは旧館で勤務していた。津波でずぶぬれにあった近所の方がその日の夕方からPRセンターに避難された。地震当日は約50名、14日は364名にもなった。また当日は大学生が20名ほど見学にきており、避難勧告を受けて保修センターに避難された。
- ・ 地震直後の電源の状況については、地震直後は非常用ディーゼル発電機（D/G）はすべて健全であった。ただし、津波がきて一部機能喪失した系統もあった。外部電源については松島幹線、牡鹿幹線、塚浜支線の3つがあり、計5回線あるが、そのうち松島幹線の1回線が正常であったため、3プラントとも電源が供給できた。牡鹿幹線は地震の翌日、松島幹線は5日後、塚浜支線は3/26と、比較的早く復旧できた。
- ・ 地震が発生したときは中央制御室で運転員と対応していた。揺れ始めて原子炉が自動停止した後も3分ほど揺れはおさまらなかった。2号機の方は照明ルーバーが脱落したが運転員のけがはなかった。ITVという監視設備があるが、地震の時はちょうど港湾設備を監視していた。画面では海水面が盛り上がり津波が押し寄せてくるのが確

認められた。福島津波は白波がたって押し寄せてくるようだが、女川では少しづつ海面が盛り上がってくるようであった。敷地高さは、地震前は14.8mであったが1m下がったことが地震後にわかった。この状態で津波が押し寄せたがその高さは13mで、津波の被害としては、1号機の重油タンクが倒壊したのと、2号機の原子建屋付属棟に海水が流入したにとどまった。

- ・地震発生後のプラント状況を示す。1、3号機は定格運転中、2号機は定期検査中で起動操作中であった。

－1号機では制御棒全挿入され14:46に原子炉停止し、主タービンが停止した。1号機では電源盤の火災がおき、起動用変圧器が停止したため、外部電源はいきていたが供給することができなくなった。そこでRCICを手動起動し、サブプレッションプール冷却のためRHRを起動した。さらに15:30津波襲来後、SRVにより原子炉減圧開始し、FPCポンプを手動起動した。道路陥没などにより消防車が出動できなかったが自衛消防隊による消防活動により22:55に消化された。のちRHRポンプにより原子炉冷却開始、0:58に冷温停止となった。

－2号機はもともと未臨界であり、制御棒挿入により原子炉停止した。ただし、津波のあと、補機冷却水系停止のため、DGのB、H系が自動停止となった。

－3号機も自動停止したが、TSWポンプというタービンの補機冷却設備に冷却水を供給する常用系統が自動停止してしまったため、RCICを手動起動した。その後、RHRを手動起動し、SRVにより原子炉減圧し、最終的にはRHRポンプにより1:17に冷温停止となった。

- ・このようなプラント状況をさらにpptに模式的に表した。また、地震発生後の水位データを示した。水位は自動停止の後、MSIV閉となりSRV開閉により変動しているが異常な状態ではなく、燃料頂部より5m高めのところで安定している。温度はSRVで減圧しているため低下し、最終的にはRHRポンプによる海水冷却で冷温停止している。
- ・福島原子力発電所の被害状況との比較を表にまとめたが、女川の場合は電源や海水ポンプの大部分が使用可という状況であった。
- ・地震観測記録によると、3/11については基準地震動Ssに比べて若干超えた所もあるが、越えてもほぼ同程度であった。一方、4/7は下から突き上げるような揺れであったが、鉛直方向の観測最大加速度が基準地震動よりかなり超えている箇所もあった。基準地震動Ssを一部上回った要因については詳細な評価を実施中である。

## (2)プラント被害状況

- ・1号機は津波の影響で屋外重油貯蔵タンクが倒壊した。また、高圧電源盤は常用A系が焼損したが、B系および非常用電源は問題なかった。2号機は原子炉補機冷却水系B系および高圧炉心スプレイ補機冷却水系が浸水したが、A系の機能に問題はなか

った。また、使用済み燃料貯蔵プールはプール水がわずかに飛散したが法令報告レベルの700分の1であった。

- ・重油タンクは、津波が襲来したときは真ん中まで海水に遣っていたものの自立していたがしばらくすると倒壊していた。破損状況から推定すると、浮力により流されて倒れたのではないかと考えられる。
- ・1号機は高圧電源盤が焼損した。遮断機は型式が古くリプレースの予定であった。このタイプは遮断機は昇降装置により吊り上げられており、地震によって揺らいで短絡し、アーク発生により盤内のケーブルの絶縁皮膜が焼損したものと思われる。その後、耐震性が高い横置式とし駆動ピンで遮断機を固定して対策した。
- ・2号機は冷却水ポンプが浸水した。超音波式の潮位計が、引き波で水位が下がったときにポンプトリップさせるために増設されていた。この収納箱を押し波の時に下から水圧で押し上げ、海水が配管貫通部を通してポンプを浸水させた。潮位計には閉止板を取り付ける対策をとっている。
- ・その他の被害状況としては、固体廃棄物貯蔵所のドラム缶落下・転倒、1号機の中央制御室の天井化粧版脱落、3号機使用済み燃料貯蔵プールへの異物落下などである。

### (3)女川原子力発電所の安全機能確保の要因

- ・地震/津波に対する安全裕度の確保として、敷地高さ、法面防護工、加水ポンプ室のピット化などが上げられる。また電源の確保により被害状況を最小化できた。さらに、耐震裕度向上工事など様々な耐震対策や、日常訓練、緊急対策室の耐震補強工事などの機能維持対策も安全機能確保の要因である。
- ・敷地高さの決定経緯については、学識経験者による社内委員会を設置し、三陸津波や貞観津波などの記録等から想定津波を3m程度としていたが、委員会の専門的な意見を踏まえ14.8mと決定した。その後の新知見やシミュレーションなどから敷地高さの安全性を確認してきた。
- ・2号機増設時にシミュレーションにより想定津波を9.1mと評価したため、法面防護工を9.7mまで追加工事した。この結果、今回は津波の第一波だけでなく、第2波以降も耐えることができた。
- ・耐震裕度工事については、H11年の地震後、機器・配管を含め約6600箇所のサポート工事を行った。
- ・中央制御室には手すり棒を設置し、地震時にも安定した状態で操作・監視が可能とした。

### (4)更なる安全性向上に向けた取り組み

- ・建屋の浸水防止、電源強化、燃料冷却機能強化、海水による冷却機能強化、被ばく低減対策、がれき撤去対策について、それぞれ更なる安全性向上に向けた取り組みを

実施している。

#### 質疑応答

(参加者) 外部電源が4回線停止した要因は何か。

(櫻庭氏) 牡鹿幹線については停止要因や避雷器の地震の影響による地絡である。翌日送電線を点検した結果、以上はなかった。その後、詳細点検により避雷器の故障ということがわかったため、地震に強い重心の低いタイプのものに交換した。松島幹線について、1回線トリップしたのは、送電線の金属部を絶縁する碍子が折損し地絡したことによる。全てではなく2箇所だけで、その地点の特有性があるとの判断から、その部分だけ碍子を1本型から2本のV型のタイプに交換した。

#### 6.4. 東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所の状況について

日本原電戸村氏より、資料4の目次に従い「東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所の状況について」の説明がなされた。

内容としては、1.地震発生後の東海第二発電所の状況、2.地震の観測記録と地震による影響、3.津波の観測記録と東海第二発電所における津波対策、4.まとめ、である。

東海第二発電所は、地震加速度大によるスクラム信号が発生する前に、「タービン軸振動大」により発電機が停止し、結果、原子炉が自動停止した。原子炉停止後、外部電源喪失とともに3系統(HPCS,2C,2D)の非常用ディーゼル発電機は正常に作動した状況であったが、その後の津波による浸水により非常用ディーゼル発電機冷却用海水ポンプ2Cが自動停止し、非常用ディーゼル発電機2Cを手動停止し、非常用母線が1系統機能喪失した状況であった。

地震後のプラントパラメータの説明では、12日のはじめに給電指令所と連絡しつつ、12日中に外部電源が復旧する見通しが得られたことが紹介され、この情報が冷温停止までの対応の判断のひとつの要因となったことが説明された。この状況においてプラントが安定していることも、減圧冷却への移行に対するタイミング決定に考慮された。また、12日の早朝にかけては、緊急時対策所のガスタービン発電機を使用して常用母線に給電し、液体廃棄物処理系を運転し、サプレッションプール水の処理と原子炉停止直後に水源としていた復水貯蔵タンクの水位回復を図るため廃液処理を実施したことが説明された。

また、冷温停止までの経緯として、何を優先したかが紹介された。地震後の原子炉の高圧、高温状態をいつまで維持するかは、非常用ディーゼル発電機2C停止後の電源の確保の状況を考慮した上で、リスクを分析して、対応方針を決定した事が説明された。特に、他の非常用電源の継続性の判断については、海水ポンプの状況を確認するのが津波警報の状況下であったために、確認者の安全に配慮し、PPフェンスを切って高い場所から確認を行った対応が紹介された。

非常用ディーゼル発電機冷却用海水ポンプ2Cの復旧については、10日後であることに



ついて、点検自体は 5 日程度で終了したものの、点検するための工場の調整に時間がかかったことの説明があった。

地震時の被害については、安全上の重要な設備は地震による被害は認められず、低位の耐震クラスのタービン設備の一部に被害があったとのことであった。

津波については、海底の超音波式波高計の観測記録とともに、地盤の沈下があったこと、敷地遡上高さの調査結果、および津波の来襲状況として、福島サイトの状況と異なり、徐々に水位が上昇し、その後下降するといった状況であったことが説明された。

また、津波対策については、平成 9 年の 4 省庁の津波評価、平成 20 年の茨城県の防災対応で行われた津波評価、それぞれのタイミングで海水ポンプの側壁を設置してきたことが説明された。特に、茨城県の評価については、平成 18 年の耐震指針改定後の知見であり、土木学会手法の M8.2 に対し茨城県評価は M8.3 と震源の規模が大きく、土木学会手法に比べ想定高さが大きかったことから、反映すべきか検討し、それを耐震バックチェックの新知見として取り込んだことが説明された。

以上のまとめとして、次の説明があった。

東海第二発電所は、3/11 の地震で外部電源が喪失し、その後建設時の設計想定を超える津波が来襲を受けた。これに対し、津波対策が適宜進められており、工事中で非常用系の海水ポンプの一部が浸水したものの、それ以外が浸水を免れた。結果的に、襲来した津波高さは、津波対策における想定範囲内であった。また、冷温停止に時間を要した事については、プラントの安全状態維持と外部電源の復旧の見通しを考慮して、外部電源復旧後の冷温停止を選択したことが説明された。

(なお、会場から確認のための質問はなかった)

## 6.5. 総合討論

討論に先立ち、阿部部会長から論点整理の資料 5 を p14 まで説明。その後、櫻庭および戸村氏にも登壇いただき、両氏の見解、会場との質疑応答による討論を、関村副部会長の司会により実施。

(阿部部会長) まず、櫻庭様と戸村様に感謝したい。会場の皆さんも良い話が聞けたと思う。具体的にどうやって事故を防いだかについても、**Continuous Improvement** が大事だということも理解できた。論点整理は実は大変難しい作業。女川や東海第二の事象についてはこれまで検討しておらず、両氏の資料を事前に見て、思うことを書いてみたものの、今日お聞きした発表の中身と比べればまるで浅い理解しかできていなかったところもある。そうご理解の上おつきあい願いたい。

用意した資料の説明に先立って、本日の 2 件のご報告に関して最初に特出しする点として、

女川については、資料3の27pにあるように、どうやって高い津波に対処してきたか紹介いただき、また、引き波への対策も災害防止に役立ったことが示された。一方、潮位計部から浸水しており、全てをきちんと進めないと完全な津波の防止にはつながらない。今までも我々は、防潮堤や扉までは認識しているが、開口部ができてそこから浸水することもあり、どこをやれば浸水を完全に防げるのかが問題。

東海第二については、資料4の13pで一旦トラブルが起きると現場がどう対応するかわかる。例えば、非常用D/G2Cが停止した際に、後から考えれば当たり前であるが、他のポンプの状況を、津波等に注意しながら最初に確認する。こういう現実を考えると、規制にいた立場として、規制はどんな役割を果たすべきか考え直す必要があるのではと思った。

(以下資料5の説明)

- 今回女川と東海第二の事象を分析する趣旨は(p2)に沿って説明
- 分析の視点は(p3-4)に沿って説明。
- 各サイトでの事象の確認と問題点の同定に関しては(p5-6)に沿って説明。
  - ✓ 外部電源系については、その喪失と復旧の状況はどうであったか？また、特定の機器に故障・損傷は発生していないか？ については、重要度分類が国際的にも問題になっており、外部電源全体を重要度高にするのは無理でも、ある特定の設備だけでも重要度を上げることで全体のリスク低減が図れるのであれば、対策に入れるべきではないか。
  - ✓ 非常用交流電源系については、その喪失と修復の状況はどうであったか？については、安全委員会の指針の関係では、長期間の喪失を考える必要はなかったが、外部事象を考えれば、不足が明らかになった。
- 福島 of 想定外については(p7,8)に沿って説明。
  - ✓ 第一回セミナーでも説明した内容であるが、設計指針2に、自然現象の考慮は、「過去の記録を考慮するとともに、・・・統計的に妥当とみなされるもの」とあり、統計データの無かった今回の津波のような高い津波が想定できなかった。また、重要度3の外部電源は、当然喪失することになった。これをもう一回考える必要はないのか。また、設計指針27では、統計データに基づき、長期間の全交流電源喪失を考慮する必要はないとしているが、実際には外的事象を考えると、そうではなかった。こういったことを一つ一つ検討する必要があるのではないか。
- 地震については(p9)に沿って説明
- 津波については(p10)に沿って説明
- 女川と東海第二については (p11)に沿って説明。
  - ✓ 女川では、当初の低い津波高さ想定に係らず、敷地高さを14.8mにした、また、引き波対策も当初より行っていた。疑問としては、女川2, 3号機の被害状況を分けた理由はなんだったのか説明いただきたい。

- ✓ 東海第二については、継続的に津波対策を強化してきた。当初の津波想定が 2.35m だったのに、その後 7.0m までの側壁を設置していた。その間に、なぜ茨城県が独自にやったのか理由がわからないが、茨城県が津波を評価して県として津波対策基準を定め、それを原電が受け入れて対応していた経緯があった。それも大切だったのでは。
- SBO の想定については、(p12)に沿って説明。
- 電源の復旧・修復状況については、(p13,14)に沿って説明。
- ✓ 女川、東海第二における電源や、海水ポンプの復旧の過程において、何かわかったこと、問題になったことは、なかったのか。また、女川と東海第二の潮位計データ、福島第一 5、6 号機の設備の損傷状況や、その他プラント外のインフラの損傷や復旧は、参考にできるものがあるのではないか。

一旦ここまでの説明で議論したい。

(関村副部長) 阿部部長に論点整理をしていただき、多くの論点を出していただいた。まずは、具体的に、津波に対する対して、活動をやってきたうえで、今回の、津波については、新知見と言えるのか。また、今日は、ストレステストについて明示的な話はなかったが、安全裕度の観点から、十分なものになっているか、こういった観点からそれぞれのサイトでお話できる点があればご意見伺いたい。

(戸村氏) 東海第二は、全体として被害が小さかったが、止水対策工事を終わっていなかったところは被害があった。

津波の北側のポンプエリアは、北海道南西沖地震を受けた 4 省庁の検討を踏まえて対策を行ったもので、建設当初は、防水壁は無かった。一方、南側ポンプエリアは、建設当初から壁があり、津波が敷地を越えた場合、1 系列は機能喪失する結果であった。

二つの波源からの波の重なりは、短周期成分と長周期成分の重畳という想定はしておらず、今は単一波源で想定している。津波が重なれば、当然津波高さは上がるので、今の対策でも被害が生じることになる。ただ、そのような重なりがどこでも存在するという知見があるのか、どこまで想定するか、整理が必要ではないか。

地震動は、超過確率を参照しており、各サイト  $10^{-4}$  ~  $10^{-5}$  乗の範囲であるので、1 万 ~ 10 万年に一度の地震を想定している。

(櫻庭氏) 女川 1 号機は、以前から大きな地震があり、地震による中性子束高で自動停止したことがあり、平成 17 年の地震では、観測値が当時の S1 を超えたため、長期間プラントを止めて、耐震裕度向上工事を実施した。このような取組も、今回の被害を少なくすることに資しているのではないか。

土木部門は、津波対策を一生懸命やってきた。女川 2 号の増設時も、貞観地震の追跡調

査をやっている。このように、新しい知見を迫及する姿勢はあると考える。

(部会長から問題提起のあった) 女川2と女川3の被害の差については、浸水は潮位計の取り付け部より浸水している。女川2の潮位計は、女川3の設置許可申請時に、タービンを潮位でトリップさせることになり、女川2にも同様の潮位計を設置することになったが、場所が確保できず、非常用海水系のエリアに常用系のタービントリップ用の潮位計を設置したもの。結果的に、常用系が非常用系に影響を与えることになった。

(阿部部会長) 1F5号機で追設したD/Gは、設置場所が無かったことから高台に設置したため、難を逃れた。良いことも悪いこともある。

(関村副部会長) 女川2と女川3の潮位計の場所の違いについて、問題認識はあったのか。

(櫻庭氏) 設置時に、押し波の圧力までの配慮は足りなかったかもしれない。

<会場参加者との質疑応答>

(参加者) 想定津波が当初3mだったのに、女川の敷地高さを14.8mにした経緯について、もう少し詳しく教えてほしい。

→(櫻庭氏) 女川1号機の建設次の社内検討会で議論されて、敷地高さが決定されたが、その経緯は社内でも資料が無くわからない。ただ、当時の弊社の副社長が、津波に対する備えを強く主張し、最終的に決定されたと聞いている。

(参加者) 女川は、土木学会の津波標準ができた際に、押し波よりも引き波が問題視されていた。取水口についている傾斜は設計当初からのものか。

→(櫻庭氏) 奥の方が深くなるよう傾斜をつけているのは、建設当初からである。

(参加者) 津波想定をどこまで上げればいいのか、議論してもいろんな知見があり収束しない。それとは別に、最低限の設備は、10mでも20mでも耐えられるようにするよう、2段階で考える必要があるのではないかと思うが、どうお考えか。

→(櫻庭氏) 基準が今後議論されていくので、意見聴取会等での先生方の意見も聞いて対応したい。評価で大きな津波高さが出てくる可能性はあるが、対策は、防潮堤高さだけでなく、それを超えたらどうするか総合的に考えなければならない。

→(戸村氏) 今回の知見を踏まえた基準も検討されているので、新たな設計基準が出来れば、まずはその基準に適合させるのが設計のベースと考える。設計ベースを超えた場合、プラント内の設備でどこまで対応可能とするか、更にモバイル系の活用も含めて考える等、どこまで対応するかも含めた検討が必要なのではないか。

(阿部部会長) 具体的に何を考えるかは、今後の話になると思うが、何故こんな事態になったのか考えると、津波を土木学会手法で評価した際に、安全目標と比較していないことが問題。まずは、ある手法がどこまでの期間、どこまでの頻度をカバーしているのか確認

すべきではないか。外的事象について、ハザード評価ができる事象は安全目標と比較。そうでない事象については、専門家の感覚をもって決めることになるのでは。ただし、後者は、不確実性が大きいので、基準を超える事象については別途対策を考えて、全体のリスクを下げるのではないか。

(参加者) 今日の発表を聞いて、東海第二が茨城県の津波評価を基に工事をやってきたこと。女川が引き津波に取り組んできたこと、これらを継続的にやってきたのが良かったのではないか。両プラントとも止水工事を大変ではあるがやってきた。一部、配慮不足や工事未了等の抜けがあっても、それが事態の収束につながったのではないか。地震を想定できなかったことは地震屋の反省であるが、真摯に取り組んできたことが大切だと理解した。

(参加者) 東海2で、BCクラス設備がいくつか損傷したが、被害に傾向があれば教えてほしい。

→ (戸村氏) 共通要因で何か壊れたかは細かく整理していないが、重量のある遮蔽扉が倒れたり、留め具が破損したりしており、重量物の固定部の損傷が見受けられた。BCクラスの固定部については、BCクラスの地震力の観点からしか評価していないものがあり、そういったものが壊れていると考える。

(関村副部長) 茨城県における津波高さの議論や東北電力の社内の検討は、本当は学会がうまく引き出して、全国的な動きにするのが学会としての役割ではなかったかと反省する点がある。継続的な改善という観点から学会が果たす役割もあるのではないか。

また、両氏には、電源等について更に見解があればお願いしたい。

→ (櫻庭氏) 女川は、外部電源、非常用 D/G、号機間融通が使えた。女川1は、起動変圧器の下流の分電盤が短絡し、過電流が流れて起動変圧器がトリップした。D/G は使えたものの、駆動部もあるため、長期的な信頼性を考えれば静的な外電を早期に受電することが大切と考え、現場での絶縁油漏れの確認等の対応を行った。

→ (戸村氏) 弊社は、送電網がなく運用状況のことは良くわからないが、154kVの送電線の復旧が早かったのは変電所の送電鉄塔の碍子損傷が原因だったから。275kV変電所は遮断器が損傷しており、復旧に時間がかかったと聞いている。

→ (関村副部長) 東海2の海水ポンプの復旧(3/22)は、時間がかかったのではないか。

→ (戸村氏) ポンプの取り外しには時間を要しないが、それをどこに持ち込んで修理するか、メーカーも福島対応を優先していることもあり、調整に時間がかかった。

(参加者) 女川の大容量発電機は、津波に対して最終的に必要な手段だと思うが、耐震性は考慮しているのか。

→ (櫻庭氏) 大容量発電機は、RHR (余熱除去系) を回せる発電容量があるが、昨年末までに実施した対策で、実力はあると思うが、耐震性を考慮した最終的な設備ではない。今後、耐震性を備えた恒常設備を設置する予定である。

(参加者) 今日の話聞いた個人の感想だが、女川は必然的に被害を免れたと感じた。今起こった事象は、必然か偶然か、できれば仕訳してほしい。

→ (櫻庭氏) その時点時点で、抽象的であるが、技術者として真摯に対応してきたのではないか。

→ (戸村氏) 知見があれば、津波対策のための様々な取組を行ってきた結果、津波がその範囲内だったので、必然と言えるのではないか。

(関村副部長) 意地悪な質問だが、津波対策をする以前の 20 年前に今回の津波が来たら、どうなっていたのか。

→ (戸村氏) 対策を行っていないので、ポンプは守れなかったであろう

(関村副部長) このあたりは、幹事会でも丁寧に議論してまとめていきたい。阿部部長にまとめをお願いする。

(阿部部長) 今回事故を起こしてしまったが、今まで 20 年間改善してきたことで、救われた部分はある。改善の努力は大切であり、冷静に分析したい。先日、深層防護に関する国際会議があり、1F 事故に鑑み深層防護のコンセプトが今でも正しいか議論してきたが、福島事故が起きた今でも深層防護のコンセプト自体は、今後も変わらないと発信してきた。

昨日知人に送ったメールにも、

①深層防護は大切、②設置者に第一義の責任がある、③継続的な改善(Continuous Improvement)が大切、と書いたところである。

今回の事故、あるいは事故に至らなかった事を踏まえても、これらの大原則は依然重要であることを、様々な人に伝えていきたい。更に、電源の弱点等の明らかになった個別の知見についても伝えたい。また、押し波の影響をそこまで想定できなかった事など、今回想定できなかった事もあった。これらを、きちんとまとめて報告書にしたい。次回も、ぜひ積極的な質問やご意見を賜りたい。

## 6.6. 次回以降のセミナー案内及び閉会挨拶

新田副部長より、以下の案内・挨拶があった。

- 本日は良い議論ができた。コツコツと取組ことが災害を防ぐことになると感じた。
- 次回第 7 回は、11 月 2 日 (金) 13:30 からこの会場で、本日の継続的な内容となると思うが、福島第二で起きた事象の紹介と、福島第一と、女川、東海第二、福島第二で、何が結果を分けたか議論する、皆さんも今日の議論を聞いた上で、次回もコメントい

ただきたい。

- 第7回以降は、本年末頃までに部会幹事がドラフトの報告書を作成し、日時未定であるが、セミナー最終回に、トラフと報告書の要点の報告と議論、春の年会で報告会を開催する予定。
- セミナーの進め方について、説明内容に関する質問はできるだけ当日にお願いするとともに、セミナーの進め方に対する意見は、メールで送っていただきたい。本日はありがとうございました。

以 上