

新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会 (平成30年度第3回)

1 出席者

<委員>

小山 幸司	三菱重工業株式会社パワードメイン原子力事業部機器設計部部長代理
佐藤 暁	株式会社マスター・パワー・アソシエーツ取締役副社長
杉本 純	元京都大学大学院工学研究科教授
鈴木 雅秀	長岡技術科学大学大学院工学研究科特任教授
鈴木 元衛	元日本原子力研究開発機構安全研究センター研究主幹
立石 雅昭	新潟大学名誉教授
中島 健	京都大学複合原子力科学研究所副所長
西川 孝夫	首都大学東京名誉教授
原 利昭	新潟大学名誉教授、新潟工科大学名誉教授
藤澤 延行	新潟大学自然科学系(工学部)教授
山崎 晴雄	首都大学東京名誉教授
山内 康英	多摩大学情報社会学研究所教授

<説明者>

山本 章夫	名古屋大学大学院教授(日本原子力学会廃炉検討委員会委員)
-------	------------------------------

<東京電力HD>

山本 正之	原子力設備管理部長
橘田 昌哉	新潟本社代表
設楽 親	柏崎刈羽原子力発電所長
太田 武	柏崎刈羽原子力発電所 原子力安全センター所長

2 日時

平成31年1月29日(火) 13:30~16:30(公開で実施)

3 場所

株式会社興和 第5会議室

4 議題

- (1) 福島第一原子力発電所の事故原因の検証について
 - ア 福島第一原子力発電所事故：未解明事項の調査と評価(原子力学会)
 - イ 課題別ディスカッション「地震動による重要機器の影響」時点報告

5 報告

- (1) 寺尾トレンチの現地視察について
- (2) その他

6 配布資料

資料No. 1-1	<説明資料>福島第一原子力発電所事故：未解明事項の調査と評価 (山本章夫)
資料No. 1-2	<報告書>福島第一原子力発電所事故：未解明事項の調査と評価 (原子力学会)
資料No. 1-3	技術委員会の議論と原子力学会の評価等 (参考)
資料No. 2-1	福島事故検証課題別ディスカッション 「地震動による重要機器の影響」
資料No. 2-2	津波シミュレーションを用いた分析 (鈴木元衛委員補足説明資料)
資料No. 3	寺尾トレンチの現地視察について
資料No. 4-1	<説明資料>柏崎刈羽原子力発電所1号機の耐震安全性能評価等における炉心スプレイ系配管評価の誤りの原因と対策について (東京電力HD)
資料No. 4-2	<報告書>柏崎刈羽原子力発電所1号機の耐震安全性能評価等における高圧及び低圧炉心スプレイ系配管評価の誤りについて (東京電力HD)
資料No. 5	福島第一原子力発電所事故の検証に関するご質問・ご意見の提出状況について
資料No. 6	平成30年度第2回新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会 (平成30年10月30日) での質問に対する回答について (原子力規制庁)

7 質疑等

(事務局)

ただいまから平成30年度第3回新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会を開催いたします。開催にあたりまして、熊倉防災局長からごあいさつ申し上げます。

(熊倉防災局長)

皆様、お疲れさまです。防災局長の熊倉と申します。本日もご多用の中、平成30年度第3回新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会にご出席賜りまして、まことにありがとうございます。年が明けまして初めての技術委員会となります。引き続き、委員の皆様には柏崎刈羽原子力発電所の安全確保に関するご指導、ご助言と、福島第一原子力発電所事故の検証にご尽力をお願いしたいと思います。

本日は、事故原因の検証に関しては、日本原子力学会で取りまとめられました福島第一原子力発電所事故に関する報告書について、名古屋大学大学院の山本章夫教授からご説明をいただくことにしています。山本教授におかれては、ご多忙の中、ご対応いただきまして、まことにありがとうございます。

また、柏崎刈羽原子力発電所に関しては、先日行われました寺尾トレンチの現地視察に

ついてご報告をお願いしますとともに、6、7号機の適合性審査に関する質問事項について、原子力規制庁からの回答もいただいています。加えて、昨日、東京電力ホールディングス株式会社から、昨年11月に発電所内で発生したケーブル火災についての報告を受けています。これについての説明もお願いしたところです。

委員の皆様をはじめ関係者の皆様には、これまでも多大なご協力をいただいているところですが、この技術委員会における議論は柏崎刈羽原子力発電所の安全確保に、また、県民の皆様の安全・安心につながっていくものです。引き続きご指導、ご協力をお願いしまして、私のあいさつとさせていただきます。本日は、よろしく申し上げます。

(事務局)

次に、本日の委員会の配付資料について、次第の配付資料一覧によりご確認をお願いします。なお、資料No.4-2ですけれども、機密事項がありまして、一部白抜きになっているものを配付しております。委員の皆様方のみですけれども、白抜きの箇所がない資料を合わせて配付しております。なお、この白抜きのない資料については、委員会終了後に回収させていただきます。また、一覧にはありませんけれども、昨日、県、柏崎市、刈羽村に提出された柏崎刈羽原子力発電所で発生したケーブル火災に関する報告書及びその概要資料を追加配付しておりますので、確認をお願いします。不足のある場合は、事務局へお知らせ願います。

それでは、議事に先立ちまして、本日の進め方について、事務局から説明させていただきます。

(原原子力安全対策課長)

原子力安全課長の原です。本日は、お忙しい中ご出席いただきまして、まことにありがとうございます。本日の議事の進め方についてご説明申し上げます。

はじめに、議題(1)福島第一原子力発電所の事故原因の検証についてのア、福島第一原子力発電所事故：未解明事項の調査と評価(原子力学会)のレビューとなります。この報告書は、原子力学会が福島第一原子力発電所事故に関する国内外のさまざまな調査報告書を調査して評価を取りまとめたものです。学会に内容の説明をお願いしたところ、本日は、評価書の取りまとめをされた名古屋大学大学院教授の山本章夫様に説明と質疑をお願いすることとなりました。次にイ、課題別ディスカッション「地震動による重要機器の影響」時点報告となります。昨年度もご説明しましたが、今年度、開催したディスカッションの内容を踏まえて、時点報告を修正しましたので、事務局と鈴木元衛委員からご説明していただき、質疑を行います。

次に、報告になります。(1)寺尾トレンチの現地視察についてですが、前回ご説明したとおり、昨年12月に寺尾トレンチの視察を行いました。視察の状況について、山崎委員と立石委員からご報告をいただきます。

最後に、(2)その他となりますが、柏崎刈羽原子力発電所1号機の耐震安全性評価の誤りについて、東京電力ホールディングスからご説明いただきます。また、冒頭、局長が申し上げましたが、昨日、東京電力ホールディングスから県に報告がありました、柏崎刈羽

原子力発電所のケーブル火災の原因と対策について、併せて東京電力ホールディングスからご説明いただきます。その後、福島第一原子力発電所の事故原因の検証に関するご質問、ご意見の提出状況について、事務局から説明いたします。なお、本日は、資料配付のみとなりますが、適合性審査に関する前回の技術委員会でのご質問に対して、原子力規制庁から文書でご回答されております。委員の皆様には内容を確認していただき、改めてご質問等ありましたら、後日、事務局へお寄せください。よろしくお願いいたします。委員の皆様におかれては、限られた時間ですが、忌憚のないご意見をいただきたいと思っております。本日は、よろしくお願いいたします。

(事務局)

ここからの進行は中島座長にお願いしたいと思っております。

(中島座長)

それでは、本日もよろしくお願いいたします。

今、ご紹介ありましたように、議題が2点ありまして、あと、報告がいくつかあります。活発なご議論をお願いしたいと思っております。

それでは、早速ですが、議題の1番目の福島第一原子力発電所の事故原因の検証について、アに該当しますが、福島第一原子力発電所事故未解明事項の調査と評価のレビューということで、原子力学会、名古屋大学の山本教授からご説明をお願いします。

(山本教授)

ご紹介いただきまして、ありがとうございます。名古屋大学の山本と申します。本日は、この技術委員会にお呼びいただきまして、ありがとうございます。私は原子力学会の廃炉検討委員会の委員でありまして、また、ここに設置されています事故・課題提言フォロー分科会の主査を務めておりました。

今日、ご紹介させていただく内容なのですが、未解明事項フォローワーキンググループが設置されていまして、こちらでは私が幹事をしていた関係で、今日は、この内容をご説明させていただきます。

進め方ですが、資料 No. 1-1 に基づいて、この報告書の概要をご紹介させていただきます。資料 No. 1-1 の21ページに、技術委員会で議論中の課題とそれに関連するこの報告書の項目がまとめられています。特に、この項目については少し詳しくご紹介するというので、この報告書の本体を資料 No. 1-2 としてお配りいただいておりますけれども、この報告書を使ってご説明させていただくという形で進めたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

まず、資料 No. 1-1 をご覧いただきたいと思っております。3ページ目をご覧ください。まず、廃炉検討委員会の概要についてご紹介いたします。皆様ご存知のとおり、福島第一原子力発電所の廃炉については、かつて経験のない技術的な挑戦を伴いつつ、極めて長期にわたり継続されるもので、国を挙げて取り組む事項でありまして、重要な国家プロジェクトであると認識しております。原子力学会は、専門家としてこの廃炉作業に積極的に貢献しなけれ

ばならないと考えております。一方で、こういう事故後の廃炉は通常の廃炉と異なりまして、極めて難しい課題がいくつかありまして、広い分野の学の総力を挙げた取り組みが必要であると考えています。

この委員会の目的ですけれども、1F（福島第一原子力発電所）の廃炉に向けた政府及び事業者の活動が、まず、安全かつ円滑に進められるようにすること。地元の復興に結びつくようにすること。これが結びつくように、有用な提言や提案を示すこととなっています。

福島第一原子力発電所の廃炉に関する技術開発のポイントですけれども、以下に4点挙げてあります。一つ目が、廃炉作業にかかわるリスクを分析して評価方法を確立すること。二つ目が、建屋、格納容器などの構造物の長期健全性を確認すること。三つ目が、燃料デブリの調査、廃棄物の取り出し方法の確立。四つ目が処理水の処置や放射性廃棄物の処理、処分。こういうところが技術開発のポイントになると考えます。

原子力学会については、広く学の力を集めまして、こういう問題の解決に向き合っていきたいと考えているところです。

次のページをご覧ください。こちらに原子力学会の組織体制が載っています。下のほうに福島第一原子力発電所廃炉検討委員会、2014年6月に設置と書いてありますけれども、これは理事会の直下に設置された組織になっています。

その次のページに、福島第一原子力発電所の廃炉に取り組む組織と廃炉検討委員会の役割ということで、外部の組織との関係が示されています。廃炉作業自体は、事業者である東京電力ホールディングス、NDF（原子力損害賠償・廃炉等支援機構）が、当然、主体となって進めるわけですけれども、そのステークホルダーの一つとして原子力学会がありまして、この中に廃炉検討委員会が設置されているという形になります。

廃炉検討委員会では、そのミッションの一つとして、社会の情報発信等のミッションがありまして、本日は、この一部として、今日、口頭で説明させていただいていると考えております。

次のページをご覧ください。こちらに廃炉検討委員会の体制が書いてあります。先ほど申し上げましたように、この組織は理事会直下の組織になっていまして、約60名の学会員が参加しています。委員長は法政大学の宮野先生で、副委員長は東京大学の関村先生と岡本先生が務められています。この下に分科会がいくつか設置されています。いくつかのものは活動終了ということで、次のステップに行っております。

下の左側から説明させていただきます。まず、リスク評価分科会がありまして、こちらは使用済燃料プールからの燃料取り出し作業に伴うリスクの評価を行っていましたが、一通り作業が終了したために、その下の廃炉のリスク評価分科会を新たに立ち上げまして、こちらでは燃料デブリ取り出しの工程にかかわるリスク評価、現在はリスク評価手法の開発、検討を行っているところです。

その右側ですけれども、事故課題フォロー分科会がありまして、こちらについては原子力学会で事故調査報告書を出してありまして、この中に、原子力学会としての福島第一原子力発電所事故に対する提言と、事故の未解明事項のリストが記載されてありまして、この分科会はその提言のフォロー状況がどうなっているかを確認するというのが一つと、もう一

つが未解明事項の整理を行うこととして、後者のミッションを行うために、その下の事故進展に関する未解明事項フォローワーキンググループが設置されています。今日は、このワーキンググループの調査内容を報告させていただくということになります。

その右側が建屋の構造性能検討分科会ということで、皆さんご存じのとおり、福島第一原子力発電所では建屋で水素爆発が起きまして、その大きな衝撃を受けた建屋の長期的な健全性がどうなっているのかを検討することがミッションになっています。さらに、ロボット分科会と廃棄物検討分科会ということで、右側三つの分科会については継続して検討を行っているということです。

その次のページにそれぞれの分科会で取り扱っているミッションの内容が書いてありますので、こちらをご覧くださいと思います。ページをおめくりいただきまして、未解明事項フォローワーキンググループの取組みということで、まず、報告書の概要について紹介させていただきます。9ページ目に背景が書いてあります。原子力学会では、2014年3月に「福島第一原子力発電所事故その全貌と明日に向けた提言：学会事故調最終報告書」を出版しています。この中で、先ほど申し上げましたけれども、原子力災害防止にむけた提言をとりまとめています。また、この第6章の付録において、「事故進展に関し今後より詳細な調査と検討を要する事項」を取りまとめています。事故進展に関しては、1F事故が発生してから約7年、もうすぐ8年になりますけれども、これが経過しまして、さまざまな知見が得られてきたために、このワーキンググループを発足して検討を行ってきたという経緯になります。

10ページ目、このワーキンググループで行ってきた内容ですけれども、原子力学会の事故調報告書の詳細な調査と検討を要する事項に加えまして、事故進展に関し、さらに検討すべき事項を改めて公開文献により幅広く調査しております。残念ながら、これは学会の活動ですので、資金的な制約等がありまして、現地調査などは行っていません。基本的には文献により調査を行ってきたということでありまして、検討すべき事項を未解明事項と呼んでいますけれども、これに関して、得られた新たな知見やそれに基づく検討状況を取りまとめたということになりまして、今日は、印刷物として皆様にお配りしてありますけれども、原子力学会の廃炉検討委員会のホームページからダウンロードすることも可能です。

この報告書の目的ですけれども、未解明事項の検討状況と残された未解明事項を明らかにすること、何が分かって何が分かっていないのかを整理することが一番大きな目的だとお考えいただければいいと思います。なお、未解明事項の解明については非常に長い時間を要するものも含まれます。廃炉過程で初めて分かることもあると思いますので、今後、新たな知見が得られる、ある程度たまったところでその結果をまとめていくことが重要だと考えています。

11ページにメンバーが書いてありまして、主査を東京大学の越塚先生が務められていまして、私、名古屋大学の山本と中部電力株式会社の井上さんが幹事を務めていました。委員はこちらに書いてあるとおりです。

12ページに開催実績と報告書のURLが記載されています。

13ページをご覧くださいと思います。こちらは調査対象とした報告書が記載されています。52編の国内の報告書類と17編の国外の報告書を調査対象としています。代

表的なものを抜粋して示しておりますけれども、お手数ですが、資料No.1-2の添付1ですが、A3判の折り込みがいくつかあると思いますけれども、折り込みの最初のところになります。こちらが今回、調査の対象とした報告書の一覧になっていまして、表面が国内の報告書です。裏面が海外の報告書になります。各種事故調査委員会の報告書や原子力規制庁の事故分析、あとはワークショップ等、東京電力ホールディングスの未解明問題検進捗レポート、あと、こちらの技術委員会で議論されている資料もいろいろ参考にさせていただきます。

次に、14ページになります。こちらに未解明事項の整理表のサンプルということで、こういう形で検討結果を取りまとめたということを示しています。左から、対象となる号機、その事象が発生した日時、分類、何が対象になっているか、ということが未解明事項で、その内容がどういふことが左側に書いてありまして、それに対して、文献の調査で得られた結果が調査結果ということで、文献ごとにその内容がまとめられておりまして、その下にワーキンググループとしての評価が示されているという形で、未解明事項の調査の内容をまとめたものです。

15ページをご覧ください。文献調査の結果、未解明事項に相当するものが73項目あったということで、かなり網羅的なものになっていると考えております。これを先ほどの整理表の形に取りまとめたということです。分類ですけれども、以下のようにA、B、C、Dという四つの分類にしております。Aは、合理的な説明がなされていると判断されるもの。Bは、安全対策の高度化等の観点からあまり重要でないと考えられるもの。Cは、重要度は高いが、これ以上の調査が難しいと考えられるもの。Dは、重要であり、今後も継続した検討が望まれるものとなります。15ページの右下に円グラフがありまして、この73項目について、A、B、C、Dの分類になっているわけなのですが、これがこういう形で分布しています。Aが45%、Dが43%ということで、大体半々くらいになっていることをまずご説明しておきたいと思っております。

次に、16ページをご覧ください。こちらに先ほどのA、B、C、Dの判断について、簡単なフローチャートで示しております。まず、現時点で合理的な説明ができていないかということ、できていないものについてはAという評価で、できていないものについては重要度を見まして、重要度が高くないものはB、重要度が高いものについては、さらに調査ができそうかどうかを見てCとDということで、ランク別をしているということになります。

17ページからその結果のまとめを書いてありますけれども、まず、合理的な説明がなされていると判断される課題がかなりの数に上っていることがお分かりいただけると思っております。一方で、継続して検討が必要な重要課題については、現時点についても項目数がかなり多いことがお分かりいただけると思っております。これは報告書の内容を詳細にご覧いただければ分かるのですが、特に、調査がまだあまり行われていない格納容器内部、原子炉容器の内部については全く調査が行われていませんので、例えば、こういうもの、あるいは溶融した燃料の挙動、炉心の中、格納容器の中での挙動に関するものがDとして多く上げられているということです。

いずれにせよ、今後は廃止措置に伴いかなりの知見が得られるはずですので、廃止措置

に伴う調査での解明が非常に重要になってくるということになります。

次に、18ページをご覧ください。こちらはA、合理的な説明がなされていると区分された調査結果の代表的なものを示しています。個々についてはあとで一部詳細にご説明しますけれども、まず、1号機D/G（非常用ディーゼル発電機）の停止理由については、新たに過渡現象記録装置のデータや現地調査などにより、津波によるものと考えることが最も合理的である。二つ目、地震動が安全上重要な機能に深刻な影響を与えておらず、冷却材圧力バウンダリに深刻な影響を及ぼしていない。三つ目、放射性物質の放出に関しては、モニタリングポストで観測された放射線量のピークと、そのピークを発生させた原因の関係が概ね説明されている。1号機については水素爆発シミュレーションが実施されておりまして、建屋の現状と整合的な結果が得られており、水素爆発時の様相について理解が深まっている。次のページに行きまして、原子炉水位計が適切な表示を示していなかったのですけれども、この誤表示のメカニズムが明らかになっています。2号機のRCIC（原子炉隔離時冷却系）なのですけれども、これが電源がない状態で長時間駆動して、このメカニズムについては、主蒸気管から流出した気液二相流でタービンが長時間駆動されたためと推定されています。事故解析については、当初は実測データを再現できなかったところがあるのですけれども、メカニズムが推定されまして、再現度が向上して、事故進展に関する理解が深まっているということです。

次に、20ページです。こちらは、逆に、まだ今後の調査が必要な重要事項になります。圧力容器内部、格納容器内部の詳細な事故進展に関しては、部分的な格納容器内の調査は行われているのですけれども、まだ全貌は全く明らかになっていないということで、引き続きの検討が必要になります。2号機の格納容器ベントラインについているラプチャーディスク（破裂板）の状態ですが、これが破れているかどうかポイントなのですけれども、例えば、こういうものであるとか、1号機のIC（非常用復水器）の格納容器内側の隔離弁がどういう状態になっているか。こういうところについては推定はなされているのですけれども、現地調査が行われておらず、確定的な情報は得られていないという理解です。これは廃炉過程でいろいろな情報が得られてくると思いますので、また新たな知見が得られるものと思っています。あと、現場から得られる機器の動作状況に関する情報については、シビアアクシデント防止の観点から極めて重要だと考えますので、廃炉作業時にいろいろ確認を行っていくことが必要だと思います。

以上が概要になりまして、次の21ページ目にこちらの技術委員会で議論中と伺っている課題と、それに関する項目、整理表の番号がまとめられています。こちらについて、少し詳細にご説明したいと思います。資料No.1-3が、事務局がおまとめになった6項目について、こちらの技術委員会の議論と我々が行った評価の概要が示されていますので、こちらをご覧くださいながら私の話を聞いていただければと思います。

まずは、1号機D/Gの機能喪失の要因についてです。こちらについては資料No.1-2、報告書本体の添付3、A3横の折り込みがあると思いますので、こちらをご覧くださいければと思います。こちらは整理表になっていまして、一番左側に番号が書いてありまして、こちらを見ながら説明させていただければと思います。

こちらの未解明事項のところをご覧くださいますと、未解明事項の一番下に1号機D/

Gの機能喪失要因ということで、こちらに関して、我々が調査した結果が載っています。調査結果については一番右の欄に取りまとめてあります。

調査結果は、上から見ていきますと、まず、原子力規制庁の検討書です。こちらは事実関係が書いてあります。日本学術会議総合工学委員会の原子力事故対応委員分科会の報告書も事実関係です。東電52項目と書いてあるのは、東京電力ホールディングスが52項目上げております、いわゆる未解明事項の進展レポートに関するものです。これが三つありまして、その下に、こちらの技術委員会でのディスカッションの概要が書いてあります。内容については皆さんよくご存じだと思いますので、説明は割愛させていただきます。その下に評価結果と書いてありまして、こちらはAとなっています。廃炉確認となっていますが、廃炉過程でいろいろ得られる知見もありますことから、廃炉過程での確認が必要だと考えているところです。

評価の内容ですけれども、種々の評価結果、上にまとめてある結果及びD/Gの機能喪失時に余震が発生していなかったということなどを考え合わせますと、D/Gの機能喪失に至った要因は浸水であると考えることが最も合理的である。二つ目ですが、浸水のプロセスは、津波侵入の経路長と機能喪失時刻の相関が確認されていまして、概略については把握できていると考えられます。ただ、津波の具体的な侵入プロセスについては、建屋内も含めた高精度津波シミュレーションや廃炉作業において新たに得られる知見を生かして、より詳細な全体像を検討する余地があると考えているところです。

まず、ここまでがこのワーキンググループの報告書の内容なのですが、少し私から、個人的な見解も含めながら補足説明をさせていただきます。まず、D/Gの機能喪失要因に関してはポイントが三つありまして、一つ目が、まず、津波と関連があるかどうかです。二つ目が、津波に関連がある場合、浸水が原因かどうか。三つ目が、浸水の場合、浸水の経路がどうなっているか。この3点がポイントではないかと思います。これは皆さんご存じだと思いますけれども、可動部分が少ないメタルクラッドが先に機能喪失しているということ。それと津波と同時間帯の機能喪失であることから、確率的に考えても津波に関連があるだろうと考えるのが合理的だと思います。例えばですけれども、このメタルクラッドの機能喪失が2分早ければ津波が関係ないという話になったわけなので、現在の地震か津波かという議論が生じているのは、津波と同時間帯に機能喪失したということがもともとの根本的なところかだと思います。つまり、言い換えますと、津波の襲来時刻の特定の一、二分に機能喪失しているということがポイントになるわけです。これは地震が起こってから40分以上経ってからの話ですので、地震が起きてからどの時点で機能喪失するかというのは、津波との関係がなければ、どの時点で機能喪失するかというのは割にランダムというか、どこで機能喪失してもおかしくないと思うのですけれども、津波と同時間帯の非常に狭い時間帯で機能喪失しているということは、それだけでかなり確率は低いのだろうと考えられると思います。

あともう一つは、先ほど申し上げた、D/Gは可動部分が多いのですけれども、可動部分が少ないメタルクラッドが機能喪失しているというのも別のポイントではないかと思います。

あと、最近、こちらの技術委員会で津波の圧力波などの影響が議論されていると伺って

います。こちらについてはポイントがいくつかあると思うのですが、津波の圧力波というか衝撃波でしょうか、こちらについては、例えば、安全審査等では明示的に議論していないかもしれませんが、もう少し時間をかけて議論する価値があるのではないかと思います。

あと、別の観点からいきますと、例えば、1Fの1号機は放水口から海水ポンプまでの距離がかなり長くて、その間にかなりの量の海水がありますので、力積の観点から津波の衝撃力がどれくらいあったかというところは、今後、より詳細に検討する必要があると思います。

もう一つ、別の観点として、津波の静水圧の影響が、多分、あると思うのですが、こちらについては、例えば、津波が10mあったとして、静水圧というか、気圧で言いますと1気圧くらいにしかなりませんので、海水ポンプの吐出圧力が大体5気圧くらいはあると思いますので、そういったところを考え合わせると、どこまで影響があるのかが分からないところで、この辺ももう少し検討をする意味はあるのではないかと思います。

さらに、安全対策関係で、先ほど事務局から安全対策の話が少し出されていましたが、安全対策関係のことで少し申し上げておきますと、まず、柏崎刈羽原子力発電所は新潟県中越沖地震で非常に大きな影響を受けたことは皆さんご存じのとおりです。原子力関係者の非常に大きな反省点としては、新潟県中越沖地震で非常に地震動が大きかったということで、我々、地震動のところ非常に、ある意味注目しすぎてしまったわけですが、本来は、そこで我々が得なければいけなかった教訓は、地震動ではなくて、外的事象で非常に発電所が大きな影響を受けうるという幅広い教訓を生かさなければいけなかったわけですが、そういうことができなかつたということを反省する必要があるとあって、安全対策という意味では、地震か津波かという話ではなくて、当然ながら、地震も津波もペアリングして、さらに申し上げますと、地震と津波だけではなくて、すべての外的事象をきちんと考慮していますかということが非常に重要なポイントだと思います。そういう意味で考えますと、津波で電源喪失に至ったもしくは地震で電源喪失に至ったということではなく、非常にシビアな外的事象で大規模な電源喪失に至るとということが教訓になりまして、より広い範囲で考える必要があると思います。地震も津波も、ある意味、取るべき安全対策というのはある程度ははっきりしていますので、むしろこちらの技術委員会にいろいろな専門の方がおられますので、これまで考えていなかった事故シーケンス、こういうものが本当はないのか、見落としがないのかを議論することが重要になるのではないかと思います。

あと、海水系からの内部溢水の話ですが、これはご存じかと思いますが、新規制基準で耐震クラスにかかわらず内部溢水対策は求められていまして、安全上重要な機器に影響しないということになっています。

補足説明は以上です。

次に、4番目にまいります。3ページ目をご覧くださいと思います。項目4です。こちらは、地震動が設備に与えた影響ということになりまして、調査結果をご覧くださいと思います。こちらは、まず、原子力規制庁の報告書になりまして、こちらに書いてあることが記載されています。あと、日本学術会議の報告書、東電52項目の未解明事項、

さらに、こちらの技術委員会の審議が、東京電力ホールディングスの主張と委員からのご意見ということで記載されています。その下に評価結果が書いてありまして、これは区分としてAということで、こちらでも廃炉過程でいろいろ確認できることがあるということで、廃炉作業時の確認が必要だろうと書いてあります。

評価内容ですけれども、全電源喪失に至るまでのプラントデータから、地震動が安全上重要な機器に深刻な影響を及ぼしておらず、また、バウンダリの健全性が安全上問題ないレベルで維持されていたことは明らかであるということと、感度解析の結果、バウンダリの健全性が保たれていない場合には原子力圧力の変化が再現できないことが示されていて、全電源喪失後もバウンダリの健全性が大きく損なわれる状況ではなかったと考えることが合理的であると考えています。なお、廃炉作業に伴いまして、安全上重要ではない機器も含めて現場確認が必要だと考えております。

こちらについても、少し個人的な見解を交えまして、補足説明させていただきますと、こちらの議論のポイントの一つは、損傷という言葉が出てくるのですけれども、損傷という言葉の定義をきちんとしておいたほうがいいだろうと思っています。学会では、安全機能に深刻な影響があったかどうかをポイントとして見ているのですけれども、こちらの議論が必ずしもそうなっているかどうかは分からないので、そこが一つあるかなと思います。

二つ目ですけれども、安全機能に影響を与えない程度の微少な漏洩があったかどうかについては、多分、議論しても分からないことだと思います。実際、通常の運転中でも漏洩がゼロということではありませんし、例えば、全電源喪失になりますと、再循環ポンプのシールからリークが発生しますので、微少な漏洩というのは、実際、あっても全くおかしくないのです。そういう意味では、こういう議論を安全対策にどう生かしていくかという視点が重要だと思います。

あともう一つが、これも言葉の定義の話なのですけれども、断定する、しないという言葉がよく出てくるのですけれども、私の理解では、何か物事の因果関係を断定するというのは、そんなに簡単にはできない、普通はできないと思います。そういう意味では、何を確認すれば断定できるのかをあらかじめ明確にしておくことが重要ではないかと考えています。こういうところがないと、いわゆる反証可能性がないという話になりますので、科学的議論にはなかなかなじみにくいのかなという印象を持っています。

安全対策については、地震動に関してはどういう安全対策をとるかというのはある程度はっきりしていますので問題ないのではないかと思います。

次に、3ページ目の下の5番目です。こちらは津波の話でありまして、津波による建屋設備の被害状況の再現性ということです。こちらの評価結果はDになっております。こちらは津波シミュレーションがいろいろ行われております。私は専門外ではあるのですけれども、津波シミュレーションというのは非常に難しいシミュレーションでありまして、例えば、3次元粒子法というやり方を使ったシミュレーションが行われてありまして、1号機のタービン建屋の浸水状況などが解析されています。ただ、まだ完成された技術ではないと思いますので、廃炉過程で得られる知見も生かしながら、解析手法の高度化に取り組んでいくことが重要だと考えているところです。

こちらについては、補足は特にないです。

次に、少し飛ぶのですけれども、23番目です。こちらは11ページ目になります。水素爆発に関連したものになっています。調査結果が右にまとめられておりまして、こちらについては、1番目がBSAFといわれているベンチマーク計算の報告書から持ってきたものです。あとは東京電力ホールディングスの未解明事象のレポート。あとはこちらの技術委員会で非常に詳細な議論をしておりますので、参考にさせていただいております。

評価結果がAとDと二つ書いてありますが、1号機に関しては非常に詳細な水素爆発シミュレーションが実施されているということで、建屋の損傷状況と大きく乖離していない結果が得られていると理解しています。したがって、爆発過程の概要を把握・再現できているということで、IC配管からの水素漏洩を仮定した場合、現場の破損状況とは整合しない結果が得られているということで、こちらはAという位置づけになります。

こちらの廃炉作業に伴って現場の詳細な情報がこれからも得られてくると思いますので、水素爆発シミュレーションの高度化を行うのは、より精緻に現象を理解するために重要であろうということで、こちらはDとさせていただいております。

こちらの補足ですけれども、1点は、IC配管から非常に大規模な水素の漏洩はなさそうだというのはシミュレーションから分かるのかなと思います。ただ、一方で、水素が大量に炉心の中で発生していた状態では、当然、1次系はかなり高温になっておりましたので、クリーブ破損みたいなことが起きても不思議ではない状況であったかなど。結局のところ、水素の漏洩経路に関する議論で、この結果をどのように安全対策に生かすのかが非常に重要なポイントになってくるのではないかと思います。安全対策の観点から申しますと、どこで漏洩したかというよりは、建屋に水素が漏洩することがあるのだということで、それを前提に対応するということが必要になりまして、これが新規規制基準の要求事項になっていると理解しています。

次が36番目になりまして、こちらは15ページです。1号機のSRV(逃がし安全弁)の動作に関するものです。こちらはSRVの開閉がない、もしくはSRVが開いた音が聞こえていなかったということでありまして、調査結果が原子力規制庁の検討書、東京電力ホールディングスの未解明事故レポート、そしてここの技術委員会で詳細に議論されている内容を拝見したところです。この評価結果についてはAでありまして、プラント解析により原子炉圧力の測定値を再現できる一定の漏洩孔サイズは存在しないこと。SRVが多重化されており、すべて開に失敗することは考えにくいことから、SRVは動作し、原子炉圧力が保たれていたと考えることが妥当だろうと評価しています。

こちらに少し補足させていただきますと、SRVの動作音が聞こえていなかったという証言がありまして、こちらについてはまだ完全には解明されていない点があると個人的には感じています。ただ、圧力計の指示値に疑問を持つとしても、圧力計というのは非常にシンプルな構造であることと、SRVは、先ほど申し上げたように非常に信頼性が高いので、現時点の情報に基づく動作していたのだと考えることがより合理的なのではないかと思っています。ただ、今後の廃炉作業の過程で、例えば、圧力計の測定値が適切ではなかったなどの新事実が判明すれば、もしくはこういう条件だと圧力計の指示値がおかしくなるというようなことがあれば、もう一度検討する余地はあるのではないかと思います。

次が最後になりまして、42番です。17ページになります。4階での出水の話です。こちらについては、原子力規制庁の検討書とこちらの技術委員会の資料を参考にさせていただいています。評価なのですけれども、こちらはAとなりまして、まず、地震直後の原子炉圧力の変化から、ICを含む1次系の配管から大量の水が漏洩したということは考えられないということで、これは出水の原因にはなりません。4階の出水については、逆に水があるところがSFP（使用済核燃料プール）くらいしかないので、溢水防止チャンバからのものとするのが合理的である。廃炉作業に伴いまして、当該のチャンバを含めて周辺の状況を確認することで推定の裏づけをすることができるだろうと考えます。

こちらの補足ですけれども、IC配管が非常に高圧になっておりますので、これからこれだけの大量の水が漏洩しますと、炉圧が大きく減少すると思われまして、したがって、原理的にないだろうと考えております。水源がほかにどこにあるのかということなのですが、これだけの水になりますとSFPくらいしかないかなということで、先ほど申し上げたような評価になっているということです。

ここまでが詳細な内容でありまして、資料 No. 1-1に戻っていただきまして、22ページ目にその他の項目がありますけれども、こちらについては説明を割愛させていただきます。また時間があるときにご確認いただければと思います。以上、まとめますと、現在までの検討によりまして、資料 No. 1-1の23ページですけれども、現在までの検討により、事故進展の概要に関する主要な未解明事項の多くは、おおむね明らかになりつつあるものと考えています。一方で、圧力容器内や格納容器内の熔融燃料の挙動を中心としまして、事故進展の詳細に関する未解明事項については、まだ今後の検討を要するものが多いということで、廃炉作業での新たな知見が非常に重要ですし、廃炉作業を行うときに、現場保存といいますか、現場の状況がどうなっているか記録を取っていくということは非常に重要でありまして、この辺については原子力規制委員会を通じて東京電力ホールディングスにも要請しているところです。こういう作業を通じて広範な知見が得られると思えますので、こういう知見を原子力安全に活用していくことが非常に重要だと考えているところです。

（中島座長）

丁寧な説明、ありがとうございました。

今の山本教授からの説明に対して、特に我々のほうでいくつか議論しているところも説明していただきましたけれども、ご質問あるいはコメント等が各委員からありましたらお願いします。

（山内委員）

丁寧なご説明、ありがとうございました。この委員会で議論していることを取り上げていただきまして、また、非常に明快にご回答いただいて、その内のいくつかはここで依然議論していることに対して一つの知見を示すものだと思うわけです。それについて、念のために確認したいと思います。

一つは、地震動におけるシビアアクシデントによって、具体的にはD/Gが外的事象、

つまり溢水、地下室に対する浸水によって止まったという事故進展がもっとも本当らしいということで、これを含めて、全電源喪失に至るプラントデータから、地震が安全上重要な機能に深刻な影響を及ぼしておらず、また、プラントの安全性に問題がないということで、結局、福島第一原子力発電所の1、2、3号機の主な原因は地震ではなく津波だったという結論だと思うのですけれども、そのように理解してよろしいのでしょうか。

(山本教授)

それでけっこうです。

(山内委員)

非常にクリアですが、ほかにないのですか。それで終わりですか。

(山本教授)

補足説明ですか。失礼しました。

こちらについては、先ほど、損傷の言葉の定義の話をさせていただきましたけれども、我々が注目したのは、安全上重要な機能に深刻な影響があったかどうかという話を考えていまして、ご存じのとおり、津波が来て全電源喪失するまでのプラントデータがすべて取れておりましたので、例えば、炉圧であるとか原子炉の温度はすべてデータが取られています。それを見る限りはバウンダリに大きな破損はなかったということは明白だろうということで、このような結論に至っております。

(鈴木(元)委員)

少し遅れて来て申し訳ありません。

一応、ご説明をお聞きしました。それで、最初の横長の資料の1ページ目で、津波襲来というところで、いろいろなデータをお調べになっていると思うのです。一つお聞きしたいのは、1号機、2号機、3号機のD/G電流が、津波が来襲する前後にサージ(過電流)が起きて、それによって止まったり、サージが過ぎ去った後はある一定の電流が流れたという挙動を示しています。そのサージの原因については分析されましたか。

(山本教授)

サージが何で起きているかということについては、詳細に議論はしていません。

(鈴木(元)委員)

なぜ、しないのですか。

(山本教授)

サージもよく見るとパターンはいくつかあると思うのですけれども、我々が議論していたときには、基本的には浸水でサージが起きたのだらうと考えていました。

(鈴木(元)委員)

浸水でサージが起きたとすると、浸水の時刻とサージの発生の時刻とは整合性がありますか。

(山本教授)

基本的には整合的だと考えています。

(鈴木(元)委員)

いや、全然整合していません。それはよく検討なさってください。サージが発生したのは15時36分25秒くらいです。その時にはまだ津波は到達していませんから。

(山本教授)

そこについては、多分、いろいろ見解が分かれるところだと思います。

(立石委員)

原子力学会としての見解をお聞きしました。本当にありがとうございました。

全体的なことなのですが、原子力学会で進めている未解明事項等の検証にかかわって、資料の1番目に、原子力学会は広く学の力を集めるとなっていますが、国内外のさまざまな見解がこの事故にかかわってあるわけです。それをどのように結集されているのかということで、いくつか事故調査とか、国会あるいは政府の事故調査委員会の報告、それからうちの技術委員会での議論等を踏まえて、これで国内外の知の力を集めると言えるのかどうか。実際に、汚染水を見てみても、ここにも大量にたまった処理水の処置や大量の放射性廃棄物を処理、処分するという項目も技術開発を含めて必要だとおっしゃっているのだけれども、このプロセスを見てみると、私は、決して学の本当に広い人たちの見解を聞いてまとめていくという姿勢にかけていたと言わざるをえないと思っています。その点について、どういう議論が原子力学会の中の委員会でされてきたのか。

特に、国際的には、確かに事故という意味でいえば初めての経験かもしれないけれども、廃炉にかかわってはさまざまな国で進められている側面があるわけではないですか。そういう知の力を借りていくという姿勢がどの程度あるのか、非常に疑問だと思います。

(山本教授)

ご意見、ありがとうございました。まず、この調査のプロセスについては、先ほどご説明しましたように、基本的には公開文献をベースに調査を行ったということでありまして、我々が分かる範囲でできるだけ網羅的に文献を拾い集めたつもりです。

あと、もう一つ、例えば、通常の廃炉の知見をなぜ生かさないのかというご意見だったと思います。こちらについては、このレポートの内容とは直接関係ないのですが、先ほどご紹介しましたように、廃炉検討委員会で、当然ながら通常炉の廃炉の経験も取り入れながら議論を行っているということです。

(中島座長)

私はここで委員長として座っていますけれども、私は現在、実は、原子力学会の副会長ということで、理事会のメンバーです。本来ならば、あちらで立石委員から怒られなければいけない立場かもしれません。補足ですけれども、原子力学会だけではなくて、国内の関連するいろいろな学会、土木とか建築とか水関係の、漁業関係の学会とかいろいろなところと連携して、いろいろな協会で廃炉に対して、やはりジャパンとして学の中で取り組んでいかなければならないということはやっていますので、補足させていただきます。

(杉本委員)

私はこのワーキンググループのメンバーですので、私の立場から一言。

メンバーは16人いますし、それぞれいろいろな分野の専門家が集まっています、例えば、私はシビアアクシデントの研究をやっています。今日の技術委員会からの指摘にあったような通常の廃炉というよりは、むしろ事故炉、TMI（スリーマイル島原子力発電所）の炉が一番参考になるので、その知見などは皆さん持っていて、そのときに10年近く調査をしてリロケーション（溶融した炉心が下方向などに移動すること）シナリオが確立できたので、あれを参考にしながら廃炉をどうしたらいいかという観点で検討を進めてきたということで、外国の例もそういう意味でいろいろ参考にしながら検討を進めてきたと理解しています。

(佐藤委員)

いくつかあるのですけれども、今、D/Gの話をしておりましたので、私もこれについて相談してみたいと思うのですけれども、今までいろいろこの委員会で議論してきたわけですけれども、間隔が空いていまして、以前にも議論して答えをいただいていたかもしれませんが、確認のために。山本教授もD/Gの喪失したシナリオの見直しがないのか、入念に検討したほうがいいだろうということでしたので、そのシナリオの一つとして、津波がO.P.（小名浜港工事基準面）4mのところまで海水ポンプを喪失させる。そうすると、D/Gの冷却水が止まるわけです。それで、D/Gのエンジンのオーバーヒートが始まります。そういう話をしたのかなと思うのですけれども、そのときの結論として、そういう場合でもオーバーヒートまでの時間的な余裕があるので、それが原因ではないという話をしたのだったかどうか、定かではないのですけれども、どなたか、東京電力ホールディングスも含めて、山本教授がもしご存じでしたらですけれども、もしそうでなければ、東京電力ホールディングスでもし覚えていらっしゃったらお願いします。

(山本教授)

私の分かる範囲でよろしいですか。まず、今、ご指摘の点なのですけれども、今、佐藤委員がおっしゃったように、冷却系がなくなりますと、ある時間が経ったらオーバーヒートしてというのは議論があります。今回、1Fの1号機の1A系統については、こちらの委員会で議論されていると思いますけれども、メタルクラッドの電圧が先に落ちていまして、その時点ではD/Gの電圧がまだあったということで、1Aについてはオーバーヒート

トで止まったということではないと私は理解しています。

（佐藤委員）

一応、見解として、D/Gが浸水してD/Gが止まったとおっしゃっているわけですね。今、私が申し上げているのはそういうシナリオではなくて、オーバーヒートでD/Gが止まったのだと、そういうシナリオはどうだったのでしょうかということです。

（山本教授）

それは、今申し上げたとおりでありまして、メタルクラッドが先に電圧がなくなっています。その後の話をおっしゃっているのでしょうか。

（佐藤委員）

D/Gを直接止めた原因のことを確認しているのです。

（山本教授）

直接的に何が止めたかということですか。これはどういう安全系が入っていたかにもよるのですけれども、基本的には、浸水による電流に行くかなと思っておりますけれども、ここのところは詳細にはまだ分かっていないと思います。

（佐藤委員）

東京電力ホールディングスのほうでご記憶はないでしょうか。これは前に相談したような気がするのですけれども。

（東京電力HD：大石GM）

東京電力ホールディングスの大石です。今、佐藤委員がおっしゃった、D/Gがオーバーヒートをして止まったのではないかという議論をした記憶はないです。過去どうだったかというのは見なければなりませんけれども、おっしゃっているのは、津波が来る前にオーバーヒートでということではないですよ。津波が来る来ない関係なくですよ。

（佐藤委員）

そうではなくて、津波でO.P. 4メートルのところ。津波がまずそこを浸水して、さらにO.P. 10メートルに行くまで時間の余裕があるわけですよ。なので、O.P. 4メートルのところまで冷却ポンプを止めてしまって、それが関係したということはなかったのかということです。何かそれを議論したような気がするのですけれども。

（東京電力HD：大石GM）

そういう意味では、例えば、2号機のD/Gでいくと、D/Gを冷却している海水ポンプが止まることによって、インターロックでD/Gが止まる可能性については、未解明レポートの中でその可能性の一つとして説明させていただいています。

(佐藤委員)

それも可能性としてオープンのままだという理解でいいですね。

(東京電力HD：大石GM)

けっこうです。

(佐藤委員)

では、次の質問をさせていただきたいのですけれども、資料 No. 1－2 の添付 3 の、山本教授のご説明でスキップされたところなのですけれども、項目の 6、7、8、9 の辺りにあるのですけれども、福島の場合に何が原因だったか、それについての議論ももちろん重要ではあると思いますけれども、これはすべてこれからの事故対策ととても密接な関係がある項目ばかりです。今、ここでの安全対策の適否についても議論しているわけですので、それとのリンクで質問というかディスカッションさせていただきたいと思います。

まず、6 番の SRV の電磁弁のことなのですけれども、事故が発生した当ても非常に大変だったところですよ。つまり、これがいち早く作動できて原子炉が減圧できて、それで低圧でのディーゼルポンプで注水ができていれば、福島第一原子力発電所事故の進展の運命は変わっていたわけでありまして、非常にクリティカルだったわけです。実際に、残念ながら、津波も相当遅くまで浸水しておりましたし、夜がやってきましたし、車の中からバッテリーを回収すると。それも非常に重い。時間をロスして、何とか直流電源を手当てできたときにはもう相当進んでしまっていて、格納容器の圧力も上がっているということで、失敗してしまったわけです。しかし、非常にこれは、もし成功させることができるならば、低圧に減圧して注水するというのは非常に有効な手段だったわけです。そういうことで、電磁弁の信頼性というのは非常にクリティカルな内容なのだろうと思います。しかしながら、電磁弁は非常にデリケートで、温度が上がると磁力も下がるとか電気抵抗が増すとかシール材も劣化するとか、これは電磁弁だけではなくて、アキュムレーター（蓄圧器）に蓄積されている窒素をおさえているシール材なども関係あるわけです。ここでのポイントは、そういうとんとん拍子で減圧、注水というシナリオが実行できればいいわけなのですが、それができなくて時間遅れが発生した場合、どれだけこれが担保できるアクションになるのかということがとても大事だと思うのです。そういう意味で、原因の解明としてはけっこうだと思いますけれども、それがどういう極限の状況まで電磁弁の作動を担保にして操作できるのか。これは明らかにしておかないと、実際の事故の対応のときにまた慌てることになってしまうのではないかと思います。

これに関して、何を質問しているのかということではないのかもしれませんが、少しこれにはそういう重要性が含まれているということを、今、申し上げておきたいと思っています。何かコメントいただければありがたいです。

(山本教授)

未解明事項の話とは直接関係ないとは思いますが、今ご指摘の点は非常に重要だと私は

思います。それは、運転手順をどのように決めるかという話と密接に関係してくると思いますし、私の理解では、スクラム直後としばらく時間が経ったときでは崩壊熱が相当違いますので、どういう手順を取るのかも変わってくると思います。スクラム直後は非常に崩壊熱が高いので、1回減圧して低圧系で注入するというのはかなりリスクを伴うわけですが、ある程度時間が経って崩壊熱が減ると、今、佐藤委員がおっしゃったような手順がどちらかと言えばやりやすいということで、私の理解では、新規制基準の安全審査等において、そういうアクシデントマネジメントの運転手順を審査されておまして、今、まさにご指摘の点は議論されていると思います。

(佐藤委員)

問題は、手順どおりにいかない場合です。手順どおりにいけばもちろんけっこうなのですけれども、環境が悪くなってくるシナリオで、どこまでこれが使えるのかというのは、東京電力ホールディングスとしてやはり把握しておく必要があるのではないかとと思うところです。

次に、これは、実は、BWR（沸騰水型原子炉）もPWR（加圧水型原子炉）も淡水が切れたときの最後の手段として海水を注入すると。実際に、福島の場合にもこれを行っているわけですが、海外で海水を注入することを手順書に盛り込んでいるところはどこにもないわけです。炉心が溶融してから、事態がそこまで行ってから海水を注入するというのは、非常に効果に、害のほうも含めて慎重にならないといけないのではないかと。海水を入れることのバックアップを少し安易に、手段として盛り込んでいるのではないかと感じる場所があります。つまり、例えば、事故の進展で主蒸気配管が高温クリープで破損すると。その場合に噴射されるのは、このLOCA（冷却材喪失事故）の噴射とは全く性質の違うものになるわけです。ホットジェットで温度は700℃、800℃、それ以上あるかもしれません。そういうものが直撃する。その場合に発生するデブリは全く性状の違うものが発生しますし、格納容器の塗装とか保温材とかいろいろなデブリが発生しています。もちろん、燃料が破損していますので、バリウムとかセシウム、モリブデン酸イオンとかヨウ素、いろいろな物質があります。そこへ来て海水を入れると。海水は単なるNaClだけではなくて、マグネシウム、硫酸、カリウム、いろいろなイオンを含んでいます。非常にその辺の化学反応を複雑にするわけでありまして、どういう沈殿物が出てくるか分からない。例えば、モリブデン酸イオンの化合物はたくさん不溶解性のものが存在します。あと、MCCI（溶融炉心-コンクリート相互作用）に進んでいけばカルシウム、炭酸イオン、いろいろな化学種が出てくるわけでありまして、どういう挙動になるか分からない。また、酸化ジルコニウム、二酸化ウランといったものにNaCl、KClといったものが付着すると、融点低下も起こります。ということで、非常に未知のことが起こりえるわけで、その辺を十分洞察して、海水注入を行うべきと。これはもう少し慎重になる必要があるのではないかとと思うわけです。その点はいかがでしょうか。

(山本教授)

私は原子力規制庁ではないのですが、新規制基準の策定にもある程度携わってお

りましたので、知っている範囲をお答えします。

まずは、海水注入は基本的には最終手段です。基本的にはやらないということです。なので、新規制基準では非常に大きな淡水の貯水池もしくは貯水タンクを要求しています。淡水だけでかなりの期間炉心が冷却できるということを、まずは新規制基準として要求しています。全く何もなくなったということは想定しがたいのですけれども、そういう状況になったときに初めて海水を使うということになると思います。一方で、今、佐藤委員からご指摘がありましたように、海水を注入しますと、非常に複雑な化学反応が起こりえますし、機器への、例えば、構造材の健全性への影響とか、非常に悪影響が出てきますので、それは慎重に考えなければいけないというのは本当にご指摘のとおりだと思いますし、その辺はいろいろ議論したうえで今の新規制基準が決まっていると思います。あと、運転手順ですね。

（佐藤委員）

あと一つ質問させていただきます。8番、これは今の東京電力ホールディングスの手順とも関係することを申し上げたいと思うのですけれども、ここにはγヒーティングのことが書いてあるわけですが、γヒーティングよりも、熔融物の温度が、例えば、2,400℃とかそのくらいになったときの輻射熱、溶けた炉心から真上に照らす輻射熱です。輻射熱というのは温度の4乗に比例するわけでありまして、温度が高くなると非常に強烈な熱の伝播メカニズムになっていくということになります。それで、結局、炉心にある構造物の上にある蒸気乾燥器とかそういうものまで溶かしてしまうのではないかとみている、そういう解析をしているところもあるわけです。そうなりますと、原子炉圧力容器の上蓋まで相当加熱してしまうのではないかと思います。

今、東京電力ホールディングスの対策の一つで、上から水を入れてフランジを冷やすというものがあるわけです。今お話ししたような強力な輻射熱で上蓋が加熱されたときに、とても飽和蒸気的环境下で温度変化がしていくということにはならないで、輻射の伝播がバイパスして、直接上蓋を加熱するというのもシナリオとしてありえるのかなど。そういう場合に、圧力容器の温度が高くなると、次は格納容器の上蓋の温度が上がっていくということになるのですけれども、今、格納容器が耐えられる圧力として設計圧力の2倍としているわけですが、それまでは漏れないとしているわけです。そういうメカニズムを考えると、非常に怖いものがあるのではないかと感じています。いろいろ解析をやったといいながらも、そういう複雑なメカニズムも全部フォローしているとは見受けられないわけでありまして、その辺も一層の注意深さが必要ではないかと思うのですけれども、いかがでしょうか。

（山本教授）

杉本委員のほうがお答えは適切かもしれませんが、私の分かる範囲で。

まず、今、ご指摘がありましたように、輻射熱は非常に大きくなります。炉心が2,000℃くらいになると、大ざっぱに言って崩壊熱と同じくらいの熱が輻射熱で周りの構造物に伝達されます。そういう意味では、まずはシュラウドが非常に高温になって、さらに

輻射熱で外が、上は構造物がいろいろあるので時間差はかなりあると思いますけれども、圧力容器がかなり高温になるというシナリオは当然考えられると思います。

私の理解では、過酷事故進展解析コードがいろいろあるわけですがけれども、まだまだいろいろ改良するところがあって、先ほどから何回か申し上げていますがけれども、今回の廃炉過程で、多分、圧力容器の中を開けたりしたときに、上が溶けていたりとか、かなりいろいろなことが分かると思います。そういうことを反映しながら過酷事故の進展解析コードを高度化して、それを安全対策に生かしていくということかなと思います。

(杉本委員)

ご指名いただいたので。大体のコードでは、MAAP（米国電力研究所が所有するシビアアクシデント解析コード）にしるSAMPSON(原子力プラント過酷事故解析コード)にしる、輻射伝熱というのは溶融物の表面と輻射される側の絶対温度の4乗の差で入っているのです。非常に単純なのですが。ただ、多少幸いなことは、水分とかが多少あると真ん中は2,400℃とか2,000℃を超えても、表面にクラスタといって温度の低い部分ができるのが実験などでよく見られていますので、直接輻射で来る分は実際にはそれほど多くないというのが原則として見られているので、丸々全部が2,400℃というのは、それは実際とは違う大変な話になります。

(鈴木(元)委員)

全体について質問なのですが、調査した報告書一覧を見ますと、いろいろ広範に調査されているとは思いますが、この中に、株式会社岩波書店の科学という雑誌に掲載された、少なくとも3つくらいの論文があるのです。それについて、ここには全然入っていないというのはどういうわけでしょうか。

(山本教授)

基本的には、ここに記載されているのは個々の論文というよりは、ある程度まとまった報告書になったもののご理解いただければと思います。

あとは、岩波書店の科学に記載されている、多分、津波の件だと思います。

(鈴木(元)委員)

津波もありますし、SRVの話もありますし、いろいろあります。少なくとも3件あります。

(山本教授)

それについては、こちらの技術委員会の中でも内容が紹介されていますので、それである程度カバーできるのではないかと考えています。

(鈴木(元)委員)

少し待ってください。では、岩波書店の科学の論文は参考にされたのですか。お読みに

なったのですか。検討されたのですか。

(山本教授)

個人的には読みました。

(鈴木(元)委員)

個人的にはではなくて、この検討グループの中では参考文献にはしなかったわけですね。

(山本教授)

ここには入っていません。

(鈴木(元)委員)

入っていないということは、参考文献にしなかった、検討の対象にしなかったということですね。

(山本教授)

先ほど申し上げましたように、あの内容についてはこちらの技術委員会のディスカッションでカバーされていると考えています。

(鈴木(元)委員)

そんなことを言ったら、ほかに、東京電力ホールディングスの話だって何だって(技術委員会のディスカッションで)カバーされているものはたくさんあるわけです。そうでしょう。しかも、ここの、例えば、石川迪夫さんの本などは単なる私的な出版物ではないですか。そういうものが入っていて岩波書店の科学に論文という形式できちんと書かれていてリファレンスもあるようなものが、なぜここに入らないのですか。それは非常にバイアスがかかっていると思います。フェアではない。

(中島座長)

コメントだとは思いますが、事実関係としては、ここに載っているものをリファレンスしたということですので、その中での議論です。

(鈴木(元)委員)

つまり、岩波書店の論文は論文形式を取っていてきちんとした論理になっているわけです。口頭の説明ではなくて、頭の中を整理したきちんとした論証になっているのであって、それが技術委員会の議論を読めばそれで分かるのだというのは少しおかしい。そんなことを言ったら、東京電力ホールディングスもほかの報告書もみんなこの技術委員会の俎上になっているわけだから、技術委員会の議事録なり資料を見れば分かりますで済むではないですか。そのところを、岩波書店のものは除外するというのは、非常にバイアスがかかっていると言わざるをえません。

(中島座長)

これはすでに実施された調査なので、今からということもあるのですけれども、そのときの選択の経緯はよく分かりませんが、調査委員会としてのご判断かと思えます。

(立石委員)

このワーキンググループあるいは委員会というのは、今後どうされるのですか。確かに、いろいろな報告書にあるシミュレーションは概ねそれで説明できるということですから、しまえば、それで終わりですよ。しかし、我々はそのシミュレーション自体が不十分だということで、その後もシミュレーションしたり、あるいは新しい津波にかかわったシミュレーションなどをここで披露してもらっているわけではないですか。ところが、このワーキンググループは、昨年度は1回も開かれていないのです。平成29年で終わっているわけですから。今後どうするのか。もう終わりということで済ませてしまうつもりなのか。そういう意味では、新たな知見というのは、この技術委員会も含めて少しずつ蓄積されてきています。それをどうフォローするのかということについて、最後にお聞きしておきたいと思えます。

(山本教授)

まず、このワーキンググループですけれども、2018年1月に報告書を出して、活動を終了しております。今、ご指摘のように、新しい知見は日々得られているというのはご指摘のとおりです。したがって、これは廃炉検討委員会全体で議論したわけではないのですけれども、私自身としましては、こういう調査報告書がある間隔で出していく。そこで新たな知見を取り入れていって、先ほどご説明しましたように、未解明のところはまだかなりありますので、そういうところがどのように埋まっていくのかいかにかをフォローしていくのかなと考えているところです。

(山内委員)

私は事故の際の組織の決定過程からこの委員会に参加しているのですが、ご存じのように、この委員会では炉心溶融という言葉を使って議論になりました。本来ならば山本教授にお伺いすべきことではないかもしれませんが、まるで原子力規制委員会を代表しておられるような専門家で、私ども委員としては機会があれば聞いてみたいことがたくさんありまして、ついお尋ねするのです。

今、ご存じのように、炉心損傷という言葉に変わってしまっていて、炉心溶融あるいはメルトダウンという言葉は公式には使わないようになっています。従来は、東京電力ホールディングスがここでご説明いただいたように、炉心溶融を定義する技術的なクライテリア(判断基準)があって、避難の際などの基準になるものだったわけです。そういうものがなくなって、一体どういう言葉をどういうクライテリアで使えばいいのかということは、原子力学会の廃炉検討委員会の中で課題になるのかどうか。主な取組みの中に、住民避難のような、あるいはその際にどのような意思決定が行われるべきなのか、あるいはどのように

公表されるべきなのかというようなことは、今後、入るのでしょうか。それとも、それは原子力学会とは違うところでやるべきなののでしょうか。

（山本教授）

まずは、廃炉検討委員会の構造というか、組織図をもう一度見ていただければと思います。基本的には、廃炉検討委員会で対象としているのは、廃炉過程の安全確保等でありまして、今、ご質問にありましたような、例えば、防災の話とかそういうところは範囲に入っていないということです。

学会としてそういうところに取り組んでいるかどうかですけれども、研究者としては、当然、取り組んでいる方もおられますが、学会として何かそういう集まりを作って検討しているというのは、今のところは、多分、ないと理解しています。

（鈴木（元）委員）

東日本大震災が起こった直後というか、3か月のときに、今から考えれば炉心損傷していたと、1、2、3号機はメルトダウンしていたと。ですよね。そのときに、原子炉は冷温停止状態になりましたとはっきり言われているわけです。東京電力ホールディングスもそう言われたし、政府もそう言われたと。しかし、冷温停止というのは全然概念が違うではないですか。今の状態でも冷温停止と言えるのですか。東日本大震災の直後でも冷温停止と言えますか。言えないでしょう。これはやはり適切な用語を考えるべきだと思うのです。私は東日本大震災の直後に冷温停止という言葉に随分異議を唱えたのですが、取り上げてもらえませんでした。山本教授に言うのは釈迦に説法になりますが、きちんと冷却されて崩壊熱がきちんと取れている状態を言うのであって、あのように炉心損傷した状態を冷温停止と言うのは明らかにミスリーディング、おかしいと思います。ぜひ、これは正しい用語を考えていただきたいと思います。

（山本教授）

同意見です。そういう意味では、例えば、原子力規制委員会の特定原子力施設監視・評価検討会でも、今、ご指摘のような話がありまして、冷温停止状態と呼んでいるわけです。あまりいいワーディングではないと思います。ただ、今、ご指摘の点については、私個人としては非常に重要なご指摘だと思いますので、どういう用語がいいのかというのは、すみません、すぐには思いつかないのですけれども、私自身の課題として頭にとどめておきたいと思います。

（中島座長）

その他、よろしいですか。

本来の未解明事項の話とは少し違うこともお答えいただきまして、ありがとうございます。私としては、山本教授から、個人的と言われましたけれども、当然、未解明事象で、この中でもまだこれからやらなければならないことも残っていますけれども、ただ、それが安全に対してどのような影響があるか、あるいはそれを解明することにどのような意味

があるかということも含めて、あと、未解明だったら未解明のままでいいかという、分かればそれなりにやりますけれども、もしもそれが相当数、例えば、10年20年かかるということであれば、未解明であって、その中で推定できることが起きたときに、今の規制のままでいいのかとか、そういったことをこの中では議論して行って、先へ進むというか、対策等についての妥当性の検討などのほうに提言を持っていければいいかなと考えています。

ほかに、特になければ、最初の議題については以上です。山本教授はこれでお帰りになれるということで、今日はどうもありがとうございました。

(山本教授)

どうもありがとうございました。

(中島座長)

次に、議題のイとして、課題別ディスカッション「地震動による重要機器の影響」時点報告です。これについては、まず事務局、それから鈴木元衛委員から説明をお願いします。

(事務局)

原子力安全対策課の伊藤から説明させていただきます。お手元の資料 No. 2-1 をご覧ください。

昨年度、ディスカッションの地震動による重要機器の影響について報告していますが、そこからいくつか修正したところがありますので、修正箇所について説明させていただきます。まず、1 ページ目の表 1、議論した項目についてですが、1 番のところに津波の到達時刻はいつかということが今年度の議論のポイントとなっています。到達時刻について、白丸の 5 番目が今回、追記になった項目になります。

東北大学今村教授らによる津波シミュレーション（沖合約 1.5 km の波高計の波形を再現するよう波源モデルを調整したシミュレーション）によると、1 号機タービン建屋への津波の侵入は 15 時 37 分以降であり、電源喪失した 15 時 36 分台には海水の流入はないことや、過渡現象記録装置の記録と津波写真の分析から、1 号機の少なくとも A 系の非常用電源喪失の原因は、遡上した津波以外の可能性があるという仮説が委員から示された、ということを追記しています。

2 ページ目に行きまして、今後の対応のところ、今村教授らと東京電力ホールディングスが実施した津波シミュレーションを比較検討し、シミュレーション結果と津波の連続写真および過渡現象記録装置の記録とを組み合わせ、整合性を確認する議論を行う、と改めております。

3 ページ目に行きまして、上段の写真 11 と写真 17 の表が追記されています。

続いて、最後の 6 ページ目、循環水系、補機冷却系配管などへの影響、今後議論継続のところ、白丸の 3 番目、「委員から次のとおり仮説が示された。・津波が放水口へ打ち寄せ、放水路の点検口から水柱が発生している。また、東北大学が実施した津波シミュレーションの結果によると、放水口付近に早い津波の流れが発生しており、津波により海水系

配管に大きな水圧や圧力波が生じた可能性がある。ディーゼル発電機（D/G）の冷却配管などが地震により破損し、そこから津波が侵入してD/Gが停止に至った可能性がある。・流体の逆流によりモーターに過電流が発生するという実験による過去の知見から、放水路に津波による圧力波が発生し、海水ポンプが過負荷を発生させた可能性がある。」あと、最後、今後の対応のところを追記しています。「津波シミュレーションによる圧力波の評価などを行う。また、ディーゼル発電機や熱交換器の冷却配管の構造、タービン建屋地下階の構造等を確認し、仮説の成立性について検討する。」2番目、「圧力波による海水ポンプに異常が発生した事例があるのか文献等の調査を行う。また、過渡現象記録装置に記録された電流値の上昇原因について再検討する。」以上が資料 No. 2-1 の修正箇所になります。

それ以降に添付されている1号機のICに関する事項については変更はありませんので、説明を省略させていただきます。

（鈴木（元）委員）

補足いたします。今、説明されました追記の箇所で、東北大学の今村教授らのシミュレーションについて、私は協力をいただいています。その事情について、簡単にご説明します。

私は、自分の仮説の裏づけとして東北大学災害科学国際研究所の津波工学研究室の今村教授らの2016年論文で述べられていた津波シミュレーションを利用させていただいております。ここへ至る経緯としては、2018年3月に私が東北大学の津波工学研究室の今村教授にシミュレーションに関するご相談に行きました。そこで私がいろいろ説明しました。私の津波分析の問題意識、つまり、打ち寄せによる放水管内の圧力波の発生がポンプのトリップに至ったのではないかという説明と、そこにいらした先生方の学問的な興味、つまり、津波の放水管内部への影響が重要であるという観点が非常にうまくかみ合いました。先生方は一つの研究テーマとして検討するだけの意義があるのご理解をいただきました。また、その場で津波シミュレーション動画のファイルをいただきました。

その津波工学研究室では、私を交えて、去年の7月、10月、11月と3回の検討会を持っております。この検討会では、放水口への津波打ち寄せによって生じた水柱を再現する流体力学計算が発表されました。まさに今、お手元の資料にありますような茶色の水柱が上がっています。このところに水柱が上がっているわけですが、それはこの辺の放水口にぶち当たった津波の圧力によって、ここでぼんと水柱が立ち上がったわけです。それで、今後は、津波工学研究室での検討会での解析結果やご意見を参考にしつつ、福島第一原子力発電所事故における津波の影響の分析を続けていきたいと考えております。

次に、どのように津波シミュレーションがなされているかを披露します。これは、見てお分かりのように、ここに4号機、3号機、2号機、1号機とありまして、ここに湾があります。右上に時刻が表示してあります。この色がちょっとうまく出ていないのですが、今、湾のほうに津波の第一波が押し寄せている段階で、湾の外側の水位が上がっている、色が変わっているという状態です。この矢印は水流の向きを表しまして、矢印の色自体が水流の流速を表しています。ちょっとこれは色がうまく出ていないのですけれども、先へ進みます。今、これは津波の第一波が終わりました、引き潮になっております。湾の中に

はまだ水が残っておりますが、湾の外は水位が低くなっておりまして、湾の出口から外側へ水が流れて行っている状態です。ただし、4 m盤のところはすでに水没しております。水没と言ってもほんの少し水がかぶっている状態です。これで湾の中にたまった海水が外側に流れて行って、この辺で少し渦を巻いている状態になっています。

津波第一波が押し寄せてきました。このようにバチャンとぶち当たりまして、続いて第二波もこのようにすぐ後ろから来ております。また、第一波は波高が低いので、湾の中へそのまま入っていくことはないのですが、ここで第二波が防波堤の先端に当たりまして、ここでジャボンと中へ入っていくということになっております。ここでもまだこの辺は津波第一波が引いた後ですので水位は低くなっておりますが、この辺の4 m盤は濡れた状態になっています。ここで大事なことは、これです。この左下の部分です。これはもっとこの絵を南側まで延長すればよく分かるのですが、現在は改良されたシミュレーションがあるのですが、あくまで去年のディスカッションで見せたシミュレーションを持ってきてくださいと言われたのでこうなっていますが、ここで第一波が反射しています。陸地から反射があって、同時に第二波からも押し寄せがあります。これが非常に重要な問題、大事です。ここで反射があって、反射したものが四方八方へ流れていくのですが、ここで、ちょうどこの辺に放水口があります。これが放水口へ、角のほうへ反射した波がぶち当たっていくという状態になります。ここで、矢印を見ても分かるように放水口へボンとぶち当たっていきます。ここで放水口へ当たっておりまして、これは非常に強い流速です。強い流速ですし、水位も全然無視できません。一番高い水位になっています。このように津波というものは外側からじわっとこちらへ打ち寄せてきて、防波堤を越えて1号機から4号機までに押し寄せてきたのではなくて、このようにまず反射して、反射した波が南側からこちらへ押し寄せていくという経緯をとっているのが特徴的です。それと同時に、北側を見ますと、5号機があります。5号機の放水口はここにありますが、ここにもこちら側から反射した津波がこれからぶち当たります。こういうように、まさに5号機の放水口にも同様にぶち当たっていきます。この辺はすでに第二波が押し寄せてきましたので、防波堤を越えて湾内に乱入していきます。さらに、反射波は4号機からずると10 m盤に押し寄せていくという経過をとっております。これを見ますと、明らかに5号機のほうは北側の反射波から遡上していきます。南側は南のほうから遡上していくようになっています。これを見る限り、4号機の次が3号機という順になっています。

この辺になりますと、完全に津波が防波堤を越えてこの辺の防波堤の形が見えなくなつて、どんどん海岸に押し寄せていっているわけですが、やはりこれを見ますと、まだ2号機と3号機では津波は10 m盤に押し寄せただけで、まだ建屋の中には海水は入っておりません。タービン建屋には入っていない状態です。ここでようやく1号機のタービン建屋に津波が到達したという状態になります。これからこちらへ侵入して、内部のメタルクラッドも浸水するというような状況になります。このようにして全面的に10 m盤は浸水し、この状態ですと、タービン建屋へどんどん水が入っていきます。それからこの範囲のほうにもどんどん水が回っていくという状態になっています。

時間を進めますと、どんどん水位が高くなっていきますので、この辺からはこの辺にあるポンプを押し流すというような、非常に激しい津波の被害が生じるという状態になって

いきます。ずっとこのように押し寄せていきまして、一旦第二波がこれから引いていくわけですが、一旦これで全部が水に浸かった状態から引いていきます。どんどん引いていきます。外のほうは浅くなっていて、まだ湾内には水が残っているという状態でどんどん引いていくという状況になっています。

要するに、南の放水口にぶち当たったことによって、先ほど示した空気孔からの水柱が立ち上がったということでありまして、水柱が立ち上がったくらいの強い圧力が生じたわけですから、ここで圧力波が生じます。つまり、圧力波ですから、いわゆる水撃、ウォーターハンマーです。これは水の流れ、マスの移動ではなくて、あくまで圧力波の移動で、800 m/s くらいの非常に速いスピードでどんと水路系を伝わって行って、最後に取り水口までボンと行って、取水ポンプの羽に強烈なブレーキをかけて、取水ポンプのモーターがブレーキを受けて非常に大きなサージを発生する、一時的な過電流を発生させて、それによって2号機のD/Gはトリップしたというのが、私の仮説です。現在、この圧力波が発生した状況も私は計算しているところでありまして、さらに、ぶち当たって内部にどのような圧力と流速の分布が生じたかは、2次元及び3次元の計算が東北大学でなされているところです。

ついでに言うならば、先ほどの原子力学会の解析では、こういうところに3次元の粒子法を用いてシミュレーションしましたという研究が例として上げられていました。3次元の粒子法というのはごく最近の最先端の方法で素晴らしいと思うのですが、その原論文を読んだところ、結局、この辺に津波が押し寄せてきました、そこから3次元の粒子法でこちらのタービン建屋にどれだけ水が入っていったかを計算しているだけで、それですと、いつこのメタルクラッドが水没したかという定量的な判断ができません。あくまでこの辺に、10m盤にいつ津波が押し寄せてきたかをきちんと論証しない限り、いくら3次元の粒子法でやっても意味のある結果は得られないと考えます。

(中島座長)

すでに帰られましたけれども、先ほど、鈴木元衛委員が来られる前だったのですけれども、山本先生からもこの衝撃波のところは興味深くて議論する価値はあるというお話をいただいていることを補足します。

それでは、今の事務局、それから鈴木元衛委員からのご説明に対して、何かご質問等ありますか。

(鈴木(雅)委員)

先ほど、最初の事務局から説明された資料で、委員から次のとおり仮説が示されたというところですがけれども、最後のところ、今、説明を聞いていたわけですがけれども、D/Gの冷却配管等が地震により破損し、そこから津波が流入してD/G停止に至った可能性がある、と記載しているのだけれども、これは可能性があると書いてあるので、それを言うと、今後の対応でどこまでその仮説が成立するかを検討して、最終的にどうなるかという話にはなると思うのですけれども、今後の対応を見ても、多分、最初に地震によって破損があったということが前提のような部分について、結論が出るとは思えないのです。です

から、この記載ぶりを今後どのように変えて結論づけるのか。少なくとも技術委員会でここまで了承しているという理解はないのですけれども、その辺のことをお聞きしたいと思います。

(鈴木(元)委員)

確かに、ここには少し飛躍がありまして、これは1号機のA系について、なぜ止まったのですかという問いかけに対して、1号機のM/C(メタルクラッド)の母線電圧が36分台に落ちることよりも後に、例えば、37分台に水没しているということが言えますので、それでは、M/Cの水没によって母線電圧が落ちたのでなければ一体何なのだということになりますと、D/G停止のほうがむしろ先ではないかと考えております。先というか、これは少し言い方がおかしいのですけれども、非常にややこしい論理になって申し訳ないのですが、少し時間がないので簡単に言いますと、少しこれは飛躍がありまして、言うなれば、D/G停止の可能性の一つとして冷却配管等からD/Gの浸水に至ったかもしれないという程度にします。私はそう考えています。

(事務局)

今ほど、元衛委員から話があった件について、元衛委員と事務局でもう一回文書を整理したうえで、各委員に照会させていただきたいと思えます。よろしいでしょうか。

(鈴木(雅)委員)

了解しました。

(佐藤委員)

非常に興味深い仮説だと思うのですけれども、圧力波がどのくらいの圧力波になるのか。何MPaとか、そういう評価は出ているのでしょうか。それから、瞬間的に強い圧力波が出たとしても、相当な距離を旅しないといけない。屈曲もあると考えたときに、初期の強い圧力波がポンプのインペラ(羽根車)を瞬間的に止めるような作用をするまで伝播するものなのかどうか。もしそうであるならば、例えば、途中の配管とかエルボ(L字形の管)とか継ぎ手とかそういうところに異常を起こさせることはないのだろうか。いろいろ細かいことが疑問として浮かんでくるのですけれども、その辺についてはどのくらいまで、今、情報をお持ちなのかお聞きします。

(鈴木(元)委員)

本来、圧力波の解析をここでご覧に入れたらよかったのですけれども、あくまでこれは公開のディスカッションで発表した内容にしてくださいと言われておりますので、非公開のディスカッションではいろいろ発表しています。若干、具体的な数値を上げますと、放水口の内部でどれくらいの動圧が発生したかと考えますと、水位に換算して大体60mのパルスが発生しております。60mですから0.6MPaです。動水位として60mくらいです。動水位ではなくて、そこにどれくらいの津波の静水圧がかかっているかという、

だいたい10 mか20 m程度です。瞬間的に60 mかかっています。ですので、これは配管系にとってかなりのパルスになっておりまして、流量に大きく影響を与えております。動水位で評価しておりまして、動水位のパルスとしては、大体伝わっていくのが60 mか80 mくらいの動水位のパルスです。これによって最終的にポンプに行くのですが、ポンプの流量が最初は1 m³/sくらいのものがぐっと落ちてまして、大体0.5 m³/sくらいに落ちます。それくらいのブレーキがかかるという計算になっています。ただし、まだこれは東京電力ホールディングスと話し合いをしなければならないのですが、配管系の詳細なスペックが未知というか、私は知っていませんので大体の計算をただけなのですが、これから具体的に詳細な配管系のスペックを与えまして、より詳細で信頼できる数値を求めていきたいと考えております。

(中島座長)

かなり時間がおしてきているのですが、今、圧力波も含めて詳細にやっていて、これから東京電力ホールディングスとも調整するということですね。

(佐藤委員)

少し勘違いしていたかもしれないですけども、強い圧力波が直接インペラに働いて、それでインペラの回転を止めたというのではなくて、動圧が水の流れを止めて、それでインペラを止めたという理解でよろしいですか。

(鈴木(元)委員)

流れを止めたというよりも、流速をぐっと下げて、定格流量よりも半分くらいに落としたと考えます。

(藤澤委員)

今のコメントですけども、今のものは動圧ではなくて衝撃圧なのです。かなり前にメール等でいただいていますので、私もかなり理解はしているのですが、今、そこでも言ったように、津波が行ったときに衝撃波が出ているのです。衝撃波の速度は水中なので1秒間に1,500 mくらいばつと行くのです。空気中の5倍くらい速いです。それで、その衝撃波は $\rho c v$ (水の密度×音速×速度) ということで等圧ではなく、衝撃波で来ます。そうすると、今のエルボとか配管とかそういうものにそのまま衝撃波がばんばんぶつかって弱まりますが、入って行ってしまうと。だから流れとは違うということなので、これは相当、もしもきちんと計算すれば、私にご連絡いただければ、計算は大変だということで、お答えしましたけれども、実際は、もし入っていくと衝撃波ですから大変なことになるというのは、たびたび事故としては起きているというのはあります。

(中島座長)

もう少し検討を進めていただくということで、この報告は以上でよろしいですか。

少し遅れていますが、次に、報告(1) 寺尾トレンチの現地視察について、実際に視察

に参加された山崎委員と立石委員のお二方から、少し短めにお願いします。

(山崎委員)

資料 No. 3 をご覧いただきたいと思います。寺尾トレンチの現地視察についてです。参加した委員は、私、山崎と、それから立石委員です。本当は座長も出席ということだったのですが、ご都合があったということです。

去年の12月4日に、現地で行いましたのは10時から2時半ということです。場所は寺尾トレンチということで、柏崎刈羽原子力発電所の北東約2kmです。それからビジターハウスに移りまして、ボーリングコア、取ったサンプルを拝見しました。

この調査の目的は、寺尾トレンチの現地の状況を把握するとともに、東京電力ホールディングスが適切に状況を記録しているということを技術委員会の委員が確認するということです。実際のトレンチを見学しました。写真は後ろについています。これをご覧いただきたいと思います。それは県のホームページにも掲載されています。

それから、委員の所感を述べよということですが、今回の調査は、ここには前から断層が指摘されていて、それが地震を起こす活断層かどうかということを検証するために掘ったトレンチがあるのですが、そのトレンチを、情報を取ったので埋め戻していいかどうかということ、そのデータが確実に取れているかどうかを確認するというので、行いました。

私としては、露頭で十分な観察、記載が行われていて、画像も撮られているということで、資料としては十分取られているのではないかと思います。今回、特に足りないものはありませんでした。もちろん、地質データですので、解釈ということが必ず入ってきます。ですから、その結果を見てどう解釈するかはいろいろな意見があると思いますが、情報としてはこれ以上取れないのではないかと思います。ですから、どうすればいいかということなのですけれども、確かに、5年以上にわたって掘って、大変維持管理費がかかりますので、必要ないものをそれほど長く取っておく必要もないのではないかと思います。指摘があればもちろんそれは必要ですけれども、ないし、また、将来にわたってデータが必要になることがあるかもしれません。そのときにはまた掘り直せば、そこに埋まっているわけですから、これもよろしいのではないかと思います。私としてはこれを埋めてもかまわないのではないかと思います。意見です。

(立石委員)

それでは、私から、寺尾トレンチにかかわって。

実は、技術委員会ということで、山崎委員と私とで見たのは12月4日でした。その10日後の12月14日に、東京電力ホールディングスの厚意もあって、地元の市民団体とこの地域で作っている活断層問題研究会の両方で現地を改めて見せていただきました。ここは資料も見せていただきました。山崎委員がおっしゃったように、このトレンチの露頭、剥ぎ取りの資料については大変な努力を払われて、そしてかなり膨大な資料が出てきます。もちろん、そのごく一部分がこの資料についているわけですけれども、そういう多大な努力を払われたということ、そしてその後の解釈については一定の妥当性を持っていると私

はその時点で判断したわけです。内容的に、2回にわたって見た結果、資料 No. 3 の中の資料 No. 2 のとおり、もともとの露頭の再調査という形になったのです。

2 ページ目の左上ですが、荒浜砂丘団体研究グループということで、1993年に別のトレンチを掘りました。そのトレンチでA断層ということで、赤の実線で書かれているものが断層ではないかということで、東京電力ホールディングスと当時の資源エネルギー庁の報告が1993年から94年にかけて出されたわけです。それも再調査しなければいけないということになったわけです。

結論だけ言いますと、荒浜砂丘団体研究グループがA断層と名付けたものと今回の東京電力ホールディングスが調査された断層とは違うものです。当時のことを、その後の調査結果、資源エネルギー庁などもご存じだとは思いますが、東京電力ホールディングスももちろん知っていると思うのですけれども、刈羽村寺尾の西にある土砂採取場はたくさん断層があるわけです。その断層の中の一つを今回は掘削している。確かに私はそうだと思います。それにかかわったデータが非常に膨大に集められました。しかし、もともとのA断層とはまた異なったものです。それは地質学の問題ではなくて、幾何学の問題なのです。ある平坦な面が、西のほう、すなわち海のほうに平坦面が傾斜しているわけです。それがこういう形でつながっていくということはありません。この伸びの方向をほぼ南北だとすれば、西に傾斜していれば、西では当然ながら低いところ出てきます。ところが、この断層は、2ページの右側にあるように、西のほうに行くときだんだん高くなっていくという図になっていたわけです。これはありえないことではないのです。平坦な面の伸びの方向がずっと変わっていけば、当然、西のほうで高くなることはありますけれども、東京電力ホールディングスの2ページの右側にある資料を参考にすれば、当然ながらここではほぼ南北に近い断層の伸びの方向を持っていますので、こういう形で西のほうで高くなることはないということになります。たくさんある土砂採取場の断層の一部、また別の断層を掘削したのではないかとことです。

二つ目のポイントは、資料の6ページと7ページです。6ページにボーリング資料がありまして、右から3本目、Tr-B6とあります。それも標高にして20mよりも少し下に写真1-bとあります。その写真は7ページの左上にあります。この写真をよく見ていただくと、右上から左下にかけて断裂、亀裂といいますけれども、そういうものが走っています。この亀裂の少し下に薄い地層の具体的な、どのように地層が走っているかがうっすら見えるのです。うっすら見えるというのは、資料の6ページでいくと黄色で塗色されている椎谷層と呼ばれている、少し硬い岩石なのです。この岩石の一般的な地層の傾斜あるいは伸びの方向を勘案すると、この亀裂の方向は、6ページに書かれているような断層の方向とは全く逆になります。東のほうに傾斜します。こういうことで、私はもう一度、この資料そのもののチェックが必要ではないか、あるいは、コアは全部保管されていますので、これも再度チェックが必要ではないかと考えています。

今日、ここでこういうお話をさせていただいたのは、すでに24日の段階で私たち活断層問題研究会としての疑義があるということについては東京電力ホールディングスにお伝えしてありますので、ここで言ってもいいだろうということで、お話をさせていただきました。今後、こういう課題については東京電力ホールディングスともさらに詰めていく必

要があるだろうと思っています。技術委員会でもそのうち報告と、そして議論がされるものと思っています。

(中島座長)

現地視察とは少し違う話だったかなとも思いますが、今後の議論が必要だという問題提起ということです。

今のご報告に対して、あまり時間もありませんが、簡単なお質問等ありましたらお願いします。

よろしいですか。立石委員からのご提起についてはまた後で相談させていただければと思いますので、よろしくお願いいたします。

それでは、報告の次ということで、冒頭に事務局から紹介がありましたが、その他の中で、資料 No. 4-1、耐震評価の誤りの部分について、2件ありますので、分けてやりましょうか。続けてよろしいですか。それからケーブル火災の件について、東京電力ホールディングスよりご説明をお願いします。

(東京電力HD：山本原子力設備管理部長)

資料をおめくりいただきまして、1ページをご覧ください。2010年に柏崎刈羽原子力発電所1号機において、二つの耐震評価を報告しています。一つは新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価です。もう一つは発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂に伴う耐震安全性評価です。昨年、これらの評価で実施している高圧及び低圧炉心スプレイ系配管の耐震評価の内容の一部に誤りがありましたという報告を、解析を実施したメーカーから受領しております。この誤りを修正したうえで再評価した結果、応力の発生値は基準値を満足していることを確認しています。また、この解析誤りの原因調査をしています。今回の誤りはプラントメーカー内の解析を実施した当該部門に限って発生した事象であること、それから他の設備において同様の誤りは発生していないことを確認しております。

次のページから概要をご説明します。委員の皆様のお手元には、冒頭に事務局からも案内がありましたが、機密情報が含まれた報告書が配付されています。これについては、赤囲みの中身は機密情報ということで、今日の委員会終了後、回収させていただきますので、ご了承ください。

2ページ、概要です。こちらは炉心スプレイ系配管、以下、CS系配管と申しますが、こちらで耐震評価を、NASTRANというプログラムを用いて実施しています。このNASTRANというプログラムの使用に当たって、解析を実施したプラントメーカーが、本来使用するべき計算式と異なる計算式を選択しております。その結果、発生した応力値が誤っていたということです。正しい計算式を用いて評価した結果が右下の表で、正しい結果で若干数値が大きくなっていますが、評価基準値を下回ることを確認しています。

3ページをご覧ください。原因調査をしています。原因調査に当たりましては、今回の解析を実施したプラントメーカーの解析実施部門、当該部門と称しますが、それから解析を依頼した当社の双方について調査しています。まずは、プラントメーカーの当該部門で

す。こちらは当初、1997年、98年に当社の福島第一原子力発電所3号機、これは80万kW級のプラントです。こちらのCS配管の評価に初めてNASTRANというプログラムを使っています。このときの評価結果に誤りはありませんでした。その後、1999年に他社の110万kWプラントのCS配管の耐震評価に、またこのNASTRANを適用していましたが、このときに入力データを80万kW級プラントのものを流用して、ここで解析入力データの確認、解析結果の検証が不十分で、誤りが発生しています。それ以降、110万kWプラントにおけるCS配管の耐震評価には、当社の柏崎刈羽原子力発電所1号機も含まれますが、先方の110万kWにおける解析入力データの誤りが引き継がれていまして、結果的に間違った解析結果となっています。当社においては、プラントメーカー当該部門の解析の実施状況について調査はしていたものの、入力データの根拠まで遡って妥当性を確認しているか、それから解析結果の検証の妥当性の確認という観点で、確認が不足しており、結果として当該誤りを検知できませんでした。

4ページをご覧ください。(2)として、解析プログラムに関する確認結果です。当該解析プログラムNASTRANですが、これで今回設定した計算式は、設定の選択が間違っただけでもプログラムが停止することなく、そのまま計算が実行され、結果が出てしまうというオプションとなっていました。当該解析プログラムには、今回、設定を誤ったものと同様のオプションが他にはないことを確認しています。それから、他の解析プログラムにおいても、計算式の選択誤りにおいて、今回同様、停止することなく間違った結果が出てくるものはないことを確認しています。

以上から、今回、誤って使用した計算式は、使用に当たって注意すべきオプションということであり、取扱マニュアルないしプラントメーカーの社内ガイドにはその旨記載があったものです。

(3)です。他設備における同様の誤りがないかについて、調査しています。今回、解析を実施したプラントメーカーでのCS配管以外における当該解析プログラムNASTRANを使用した評価において、他の設備の解析においては正しく使用されておりまして、同様の解析誤りは発生していないことを確認しております。

次に、5ページをご覧ください。調査結果の(4)です。こちらは当該部門の問題点ということで、これまでの調査の結果判明したことですが、設定を間違えた計算式は注意を払うべきオプションであって、プラントメーカー内でもその旨がガイドに記載されております。類似の評価を調査した結果ですけれども、間違いがあったものは当該のCS配管のみだったということです。

問題点として、3点あります。当該解析プログラムNASTRANを用いた解析に不慣れであったことからマニュアルやプラントメーカー内のガイドの内容の理解が不十分であって、注意すべき計算式のオプションであることが十分に認識されていなかったということが一つです。もう一つは、過去に当該解析プログラムを用いた解析実績、これは80万kWプラントの例ですが、こちらでの入力を110万kWプラントに流用して、その際、妥当性の確認を実施していませんでした。最後に、解析結果の検証として、ほかの解析結果を用いた傾向分析の実施ができていませんでした。こういったことが原因として上げられます。

6 ページをご覧ください。今申し上げましたことが上の表にまとまっています。(2)として書いてあるのが、当社の問題点とか、これが今回の誤りを発見できなかった原因ですが、当社としても、解析の状況について確認していたものの、2つの観点での確認が不足していたところがあったということです。一つには、委託先、プラントメーカーが他のプラントで使用した入力データを流用していることに際して、流用元の解析入力データの根拠まで遡って妥当性を確認しているかという点で確認ができていませんでした。もう一つは、委託先が解析結果の検証の妥当性をどう確認しているかという点についても確認が不足しています。

7 ページをご覧ください。こちらは、プラントメーカーが実施している数値計算や解析業務のこれらの誤りを少しでもなくしていくことが大事なことでありまして、この解析の品質向上への取組みを時系列的に示したものです。

当社では、2006年に許認可解析、福島第二原子力発電所、それから柏崎刈羽原子力発電所の燃料の許認可においてプログラムの入力誤りがあったことを受けて、社内で許認可解析の検証マニュアルを制定しています。その後、2008年にも柏崎刈羽原子力発電所7号機の配管において構造評価結果の一部に不備があるということがありまして、これは1980年代からプログラム自体が間違っていたということでごさいます、これを契機に電力各社、電気事業連合会全体として解析業務の品質を向上しようということで、2008年に電気事業連合会で解析ガイドラインを制定しています。その後、さらに解析誤り事例が発生したことを受けて、今度は電力のみならず、解析を実施するプラントメーカーも巻き込んだ取組みをしようということで、今はJANSIとっておりますが、当時はJANTIで解析ガイドラインを策定しています。これを策定して、現在に至っているということです。

次に、8 ページをご覧ください。少し見にくくて恐縮ですが、お手元の報告書にもう少し鮮明な図があります。左側が、今、申し上げました、産業界全体で取り組んでいるJANSIの解析ガイドラインです。右側が当社の解析マニュアルです。まず、JANSIの解析ガイドラインですが、ミスが発生する大きな要因として、プラントメーカーが実施している解析がややもするとブラックボックスになっているということがあります。そのため、受注者における実施事項が見える化していくこと。それから過去の解析ミス事例の教訓を解析業務の留意ポイントとして明確にするといった二つの観点で品質向上に必要な項目を定めています。

次に、今回の解析誤りにおける対応内容ですが、解析誤りが発生した2009年の時点ではJANSIの解析ガイドラインはまだ策定されておりました。したがって、当社のマニュアルに従って解析状況の確認を行って行っていました。右側の網掛けをしてある項目が、当時のマニュアルには規定がなかったところで、吹き出しの部分、二つありますが、これらについて、今回、不足していた点だと整理しています。

9 ページをご覧ください。こちらは再発防止対策です。まずは、プラントメーカー側の再発防止ですが、先ほど申し上げました三つの原因について、それぞれ再発防止対策をまとめてあります。まずは注意すべきオプションの存在が周知不足だったということについ

て、この周知を徹底します。それからプログラマー作成の解析プログラムに係る取扱マニュアルやプラントメーカーの社内ガイドを解析の実施前に確認するという対策を執ることとしています。2番目の解析入力データの確認不足ですが、先行プラントの入力データを流用する場合、全ての解析入力データの妥当性の確認をします。こちらはメーカーの解析業務要領に明記されることとしています。3番目は、解析結果の検証不足ですが、傾向分析を実施するに当たって、解析内容に応じて比較対象を充実させる等、対象選定について検討するものとしています。

最後に、10ページ目です。こちらは当社の再発防止対策です。まずは、今回の事象について、具体的な内容や原因を当社の解析マニュアルへ取り込む。解析業務において注意すべき事項ということで周知・共有を図っています。それから、解析業務の発注者として、従来より実施しています解析内容の確認や解析実施状況調査において、本事象を踏まえたうえで確認・調査を実施することとしています。最後に、水平展開として、類似の誤りが発生しないように、本事象をJANSIのガイドラインに取り込みまして、解析業務にかかわる者へ周知・共有を図っていくこととしています。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

続きまして、柏崎刈羽原子力発電所荒浜側洞道内ケーブル火災の原因と対策について、昨日、報告書を提出させていただきました。本日は、報告書及び概要版として資料を用意していますが、概要版の資料を用いてご説明させていただきたいと思っております。

1ページに事象の概要を示しています。昨年11月1日に5から7号機のケーブル洞道の温度監視装置で温度高という警報が発生しました。現場を確認したところ、ケーブル洞道につながる荒浜側の立坑の中で発煙を確認したことから、柏崎市の消防に119番通報を行っています。発煙の原因を調査しましたところ、ケーブル洞道内の7号機用ケーブルの接続部に焦げあとが確認されたことから、市の消防から火災と判断をいただいております。今回の一連の事象において、以下に示す三つの問題点を確認しています。1点目は、火災が発生したことそのもの。2点目は、自治体及び報道機関への情報連絡に遅れが生じたこと。3点目として、柏崎市消防との情報共有に関わる課題があったことです。

まず、1点目の火災発生 の事象 に関しての説明です。3ページをご覧ください。上にありますものは、敷地の中のケーブルを設置している場所を示しています。左下に荒浜側緊急用M/Cがありまして、こちらにガスタービン発電機があります。ここからケーブルを介して洞道の中にケーブルを設置し、7号機までケーブルを敷設しているものです。この内、黒丸で示している箇所が洞道の中にありますケーブルの接続部です。右下に絵がありまして、ケーブルをこのような器具でつないでいる箇所です。火災はこの場所で生じまして、左下に写真がありますように、ケーブルが溶融しているということで、火災と判定をいただいております。

4ページをご覧ください。ケーブル接続部の原因調査の結果を示しています。損傷があった接続部を切り出しまして、分解調査した結果、接続部の端部、赤枠で囲ってある部分ですが、接地線を取り付けている部分において著しく溶損している状況が分かりました。そのことから、接地線に不具合があったものと推定しています。この箇所ですが、左側に

通常時の画があります。通常時は遮へい銅テープを介して充電電流が流れています。充電電流は錫めっき軟銅線を介して左下にあります地面に電流を流しています。一方、右側にありますように、接地線が断線しておりますと、遮へい銅テープを流れていく充電電流がその下の層にあります半導電層を介して流れていくことになります。半導電層においては抵抗がありまして、赤い矢印で示している箇所が発熱が生じます。赤相の接続部について寸法測定を行いました結果、ケーブルの外側にシースをかぶせているわけですが、シースの端部が、左下の図にありますように、手順書どおりの位置よりもケーブル側に約40mmずれていることを確認いたしました。このことから、いわゆるシュリンクバック現象が生じていると推定いたしました。

右側に、シュリンクバック現象とはということで、囲んで示しています。このシースですが、ケーブルを製造する際にシースを高温軟化させ、押し出し急冷させて被覆させるわけですが、このときの残留応力によってひずみが残る場合があります。ケーブルへの負荷電流によって発生するジュール熱、あるいは昼夜、季節変化による温度差、いわゆるヒートサイクルですが、その現象によってシースの残留応力が徐々に解放され、シースが収縮することをシュリンクバックと呼んでいます。今回は、このシュリンクバックが生じたものと推定しています。

5ページをご覧ください。火災発生の推定原因を流れ図で示しています。左上の①ですが、ヒートサイクルによってシースの残留応力が解放され、シースがずれるというシュリンクバックの現象が発生しました。これによって、②シースに引っ張られて、遮へい銅テープにもずれが生じ、そして断線しました。③として、充電電流が内部の半導電層を流れることによって、抵抗によって発熱、発煙が生じました。左下にありますが、④、この加熱の結果、絶縁体が損傷し地絡が発生しました。さらに⑤、さらなる加熱の結果として他の相を損傷し、短絡し、大量の煙が発生しました。さらに⑥ですが、短絡の過電流によってしゃ断器がトリップし、電源が停止したことによって熔融が止まり、発煙も停止したものと推定しています。

6ページをご覧ください。今後の再発防止対策です。従来、ケーブルの洞道あるいはトラフの中においては、気温差による温度影響が小さいことから、シュリンクバックの対策は特に必要ないものと考えており、実施しておりませんでした。しかしながら、今回の事象にかんがみまして、当該および類似の接続部、全部で99か所について、以下の対策を実施することとします。具体的には、直線接続部の両端をブラケットというもので固定し、シュリンクバックを抑制するという対策を講じることとしました。下の部分ですが、今回、火災を起こした当該直線接続部は改めてケーブルを引き直し、直線接続部はブラケットで固定して復旧いたします。その他の類似箇所については、すでに外観点検を行いました、問題ないことは確認していますが、今後とも継続して外観確認を実施し、異常のないことを確認していきます。そして、充電中の接続部については2019年内を目途、その他については2020年度内を目途にブラケットを設置してまいります。なお、直線接続部の状況を踏まえましてケーブルを引き直し、直線接続部そのものの削減も合わせて実施することとします。

以上が、火災の発生原因と対策です。

2点目の課題として、自治体及び報道機関への情報連絡遅れについてご説明します。8ページをご覧ください。8ページに火災の発生などのトラブルが生じた際の対応のフローを記載しています。トラブルが発生しますと、直ちに通報用紙を作成し、自治体の方へFAXを送信し、電話連絡をし、また、報道機関の方へもFAX送信することとしています。

しかしながら、今回の件ですが、(1)にありますように、自治体の方へのFAX送信が未送信であり、送信による遅れが生じてしまいました。FAX送信前に火災が発生したことの電話連絡はしたのですが、通報連絡としては十分ではありませんでした。また、右側にあります、報道機関へのFAX送信の際に、FAXの宛先設定が誤っていたため、一部の報道機関しかFAXが送られず、送信に遅れが生じてしまいました。

対策として二つあります。まず、(1)自治体への情報連絡遅れについては、9ページをご覧ください。初動対応フローに関しての対策前、対策後の二つが示されています。左側が対策前ですが、初動対応フローの中に電話とFAX送信が一つの枠に示されており、見誤りやすい手順書となっていました。したがって、対策後のほうですが、FAX送信と電話連絡の二つを明確に分けて、漏れがないようにしました。また、対策前の実施事項を分割して、さらに履行状況をチェックするという手順に変更しております。下にありますように、さらなる改善としまして、これまで、当番者に対しての訓練は実施しておりました。しかしながら、今回のFAX送信遅れを鑑みまして、FAX送信を含めた一連の対応について当番者への訓練内容を強化し、継続的に行ってまいります。また、継続的に改善し、繰り返しの改善を図っていくこととしております。

1ページ戻っていただきまして、8ページをご覧ください。2点目の報道機関への情報連絡遅れの件です。設置している全てのFAXの宛先設定を再確認し、FAX送信テストを行いました。今後、宛先データの設定変更などを実施する場合には、FAX送信テストを行って確実に送信できることを確認してまいります。

3点目の柏崎市消防との情報共有に係わる課題についてご説明します。11ページをご覧ください。1点目、2点目は先ほどご説明しました、高温警報が発生し、消防に連絡したという点です。3点目として、当社にある自衛消防隊、運転員、柏崎市消防が洞道内を探索するとともに、自衛消防隊長が現場本部を設置しました。しかしながら、現場本部内における情報共有が不十分であったこと、また、警報の発生場所は洞道の地下2階ではあったのですが、地下6階のほうが煙が濃いという状態が確認されたことから、地下6階を優先して探索をし、これによって火災の火元の特定に時間を要してしまいました。その後、8時30分ごろ、柏崎市の消防に、運転員へ聞き取った結果、地下2階の洞道で温度高警報が発報しているという事実を確認し、これによって地下2階を探索し、8時45分に火災の発生箇所を発見したという経緯です。

12ページをご覧ください。上に平面図、下に断面図を示してあります。警報が発生した場所、最終的には火元を確認した場所ですが、これは洞道の地下2階でした。しかしながら、煙が濃かった箇所が地下6階であったことから、地下6階の探索を優先したということです。この背景として、情報共有が不十分であったということです。

13ページをご覧ください。火災対応時の体制を示しております。真ん中に自衛消防隊現場本部とあります。自衛消防隊を設置して対応する本部です。真ん中に赤色の自衛消防

隊長とあります。自衛消防隊長の役割としては、収集した火災の情報をホワイトボードに記載し、現場の本部の中で共有する。また、柏崎市消防が現場へ到着したら、その火災の情報を報告する。そして、自衛消防隊の現場本部は市の消防現場本部の指揮下に入り、連絡の窓口となる。これが自衛消防隊長の役割です。しかしながら、自衛消防隊の中での情報共有が不十分で、また、柏崎市の消防へもきちんと情報共有ができなかったということが問題でした。

14、15ページの2ページにわたりまして、情報共有に関する課題とその対策を示しております。全部で2ページにわたり、8項目あります。詳細を説明することは省略させていただきますが、簡単に申し上げますと、1点目として、現場出発時に柏崎市消防へ説明する資料を持っていかなかったということから、対策として資料を持っていくように周知し、訓練で継続的に教育してまいります。2点目として、現場に到着した際に火災の情報を詳細に確認しないで現場の確認に入ってしまったということです。対策として、現場に到着した際には、どういう情報を収集するかを明確化しました。3点目として、自衛消防隊長は情報をホワイトボードに記載して共有するということができませんでした。また、4点目として、消防の方が到着したときに情報の一部しか伝えられませんでした。対策として、自衛消防隊長がなすべき役割について確認し、訓練をしてまいります。また、自衛消防隊長に警報の情報であるとか指示などの火災情報をホワイトボードに記載し、共有することを徹底してまいります。15ページをご覧ください。5点目として、市の消防の現場本部と綿密な連携が図れなかったということがありました。対策として、本部を設置する際には近くに設置して情報を共有し、現場本部の一体化を図ってまいります。また、6から8に関してですが、地下2階で警報が発生したという情報を伝えられなかった、また、現場でその箇所までお連れすることができなかったという課題があります。対策として、内部構造が分かりづらい屋外の共通設備については自衛消防隊長に教育していくこと。また、ホワイトボードに記録して情報共有を徹底します。また、今回のように現場の状況と警報発生場所が異なるような場合には、隊員を分けて並行して現場を確認するというのをやってまいります。

16ページをご覧ください。火災に関しての課題のまとめです。改めて、事象の原因としては、自衛消防隊の中での情報の共有、あるいは消防の方への情報の共有が不十分でした。対策として、今申し上げました対応を見直して周知・徹底して対応を行ってまいります。そして、継続的な訓練の実施として、自衛消防隊長への個別の訓練であるとかケーブル洞道内の火災を模擬した消防訓練など、消防の訓練を強化してまいります。また、市の消防との合同での訓練を継続的に実施し、共有の方法あるいはツールの改善などの確認を継続的に行ってまいります。

下の写真は、12月19日に行った市の消防の方との共同の訓練です。対策の有効性を確認しているところです。

全体のまとめとして、18ページです。今回の問題に対する対策を確実に実行してまいります、プロ意識を持って取り組んでまいります。また、2点目として、当番者への実効性のある訓練、市の消防等、社外の方との情報共有の意識を強化した訓練を継続的に行ってまいります。安全・安心を発信、お届けできるように今後とも努めてまいりたいと思います。

今回のケーブルの火災ではご心配をおかけして、大変申し訳ございませんでした。

(中島座長)

今、2件の報告を受けまして、計算間違いのところもありますけれども、やはり火災の、特に情報連絡の不手際のところですが、これはやはり、今まで何のために訓練などをやってきたかというところをしっかりと気持ちを入れてやっていかないと、本当に、まだ、わずかでもやはり信頼は残っているのではないかと思うのですけれども、本当にそれがゼロになってしまうのではないかということをお慮しておりますので、しっかりとお願いしたいと思えます。

皆さんもいろいろ言いたいコメントがたくさんあるかと思いますが、時間もおしておりますので、できれば簡単なご質問等があれば伺いたいと思えます。

(鈴木(元)委員)

ケーブル火災についてお聞きします。このケーブルはもともと難燃性のものを使うのではないのでしょうか。経年劣化もあると思うのですけれども、どれくらいの寿命と考えて、寿命より随分前に火災が発生したのでしょうか。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

ケーブルそのものは難燃性です。火災が発生したのは、まさにこのタイミングでございまして、地絡によってケーブルが熔融し、それが煙となって発生したのがこのタイミングになります。

(鈴木(元)委員)

煙が発生したのですね。燃えたのではなくて。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

煙が発生して、3ページにありますケーブルの損傷箇所の写真にありますように、ケーブルは溶けています。また、その壁にも煙が付着している様子が確認できます。

(鈴木(元)委員)

では、炎が上がったわけではないのですか。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

実際に現場に入ったときに炎を見たわけではありません。

(鈴木(元)委員)

そうですか。

では、耐久性は何年くらいもつものなのですか。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

すみません、特に耐久性、何年という…。

(中島座長)

例えば、これは設置後何年くらい経ったものかは。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

このケーブルを設置したのは2011年です。震災を受けてガスタービン発電機からケーブルを敷設して電気を供給できるように、2011年に敷設しました。そして、さらに2016年になりまして、万が一洞道がずれたときにケーブルが切断してしまわないようにケーブルに余長を設けるということで、ケーブルの接続部を設けたのが2016年です。ケーブルそのものの敷設は2011年です。

(中島座長)

繋ぎ合わせて、よかれと思ってやったことが、今回の原因という。

(佐藤委員)

我々に一番大事な情報だと思うのですけれども、火災のことで、そもそもこれは安全系のケーブルだとか、安全系に影響するような火災というか、ボヤだったのか、それはどうだったのでしょうか。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

このケーブルそのものは、3ページにあります荒浜側緊急用M/C、ガスタービン車から電気を供給するために敷設したケーブルです。そして、7号機のガスタービン発電機については7号機に隣接するところに設置するものが本来のもので、荒浜側緊急用M/Cの近くにありますがガスタービン発電機は当社の自主設備になります。

(佐藤委員)

非安全系ということですね。

(東京電力HD：太田原子力安全センター所長)

非安全系と申しますか、自主的に設置したものですので、万が一、もともと備えられているディーゼル発電機が使えず、さらに7号機に隣接するガスタービン発電機車も使えず、また、電源車も使えない、そういう状況が万が一起こっても、この自主的に設置したガスタービン発電機車から電源が供給できるようにという位置づけのものです。

(佐藤委員)

一応、分類上は非安全系と判断します。

ご説明の中で、ケーブルが溶けていたとおっしゃったわけですが、つまり、熱可

塑性（熱により軟化する性質）ということになりますけれども、熱可塑性が難燃と必ずしも一致しないのです。熱硬化性ではなく熱可塑性だったとするならば、定義上のあれもあるかもしれませんけれども。それはいいです。

もう一つ、解析のことですけれども、解析のプレゼンテーションの資料の2ページ目に、再評価結果の表が右下にあるわけですけれども、正と誤で3倍、5倍くらい数字が違うわけですけれども、これは式の違いだけによるものなのか、それとも、設計基準地震動が変わって地震のスペクトルが変わったという効果も重なってこれだけの差になったのでしょうか。

（東京電力HD：山本原子力設備管理部長）

この違いは式の違いだけです。

（佐藤委員）

あと、これはNRC（アメリカ合衆国原子力規制委員会）が事業者に監査するときの監査のコメントとして聞いたことがあるのですけれども、安全系の解析をするときには、独立したコードを使って整合性を確認するとか、あるいは手計算で簡易計算をやって確認することが要求事項としてあるということを知っています。それで、2010年のJANSIの解析ガイドラインを制定したということが一つ、この問題の解決というか改善というか、うたわれているわけです。そういう要求はないのですか。今もないのですか。

（東京電力HD：山本原子力設備管理部長）

独立したコードでの解析といったものは規制要求としてはないのですけれども、新潟県中越沖地震のあとの解析だと、当時のJNES（独立行政法人原子力安全基盤機構）が並行して評価していただいたり、また、傾向分析ということだと思いますが、規制側でも評価を行っていました。

（原委員）

今の質問ですけれども、当然のことで、大規模な問題になると、やはり同じソフトで比較するというのはだめなので、やはり違うものでチェックしてみて類似した結果が得られるかどうかを確かめるのは普通のことなのです。それからもう一つ、できれば、簡単な実験を通してチェックしてみるということになります。

それから、先ほどの煙が出たというのは、たまたま夕べの地元のニュースで見ましたら、情報の共有などよりも迅速な対応が一番大事なのです。その辺も間違いないようにされたらいかがでしょうか。

（中島座長）

今のものはコメントということによろしいですか。

（原委員）

そうです。

(立石委員)

やはり、柏崎刈羽原子力発電所は火災が多すぎるのではないですか。私はたまたま2007年の地震の翌年からこの委員に入っていますけれども、しょっちゅう起こっているわけです。そして、こういう場で報告があって、対策を執ります、対策を執りますということを重ねてきています。県として、こういう火災事象について整理されていますか。どれだけ東京電力ホールディングスからこういう報告があるか。2007年の翌年から自衛消防という仕組みを作って対応してきているはずなのに、こういう事象がいまだに起こるといのは。もちろん、柏崎刈羽原子力発電所は何機もあって、ものすごく多様で複雑な装置があるというのは分かります。だから対応しきれないということもあるのかもしれないけれども、それにしても、この火災の本質的な問題は何なのか。なぜこのようなことが起こるのかということをやらないと、個別対策だけでは県民は納得しないと思います。こんなものいるかと。先ほどの質問にもありましたけれども、本当に温度があまり変化しないような洞道とかトンネルですよ、そういうところでシュリンクバックが起こるなどというのは、本当なのかという感じもします。そこら辺をもう少し、本当に火災をどう止めるのかについて、もう少し大きな始点から整備する。県としても、我々委員に対して、これまで東京電力ホールディングスはこういう火災を起こしてきましたということを整理して報告してもらったほうがいいのではないのでしょうか。コメントです。

(中島座長)

では、今のコメントを事務局のほうで整理したいと思います。

すみません、時間がなくて。まだもし質問等あれば、事務局へおだしいただければと思います。

あと、もう1件報告として、資料 No. 5 でしょうか、福島第一原子力発電所事故の検証に関するご質問、ご意見の提出状況ということで、事務局からよろしくお願いします。

(事務局)

資料No.5に基づいて説明させていただきます。福島第一原子力発電所事故の検証に関する議論については、県民の皆さんからご質問・ご意見を受け付けているところです。これまでの技術委員会ですらどういったご意見が来たかを適宜報告しておりますけれども、この場を借りて前回以降の意見について説明させていただきます。今回報告の対象期間ですけれども、平成28年3月23日から平成31年1月28日です。少し期間が長くなりまして申し訳ありません。この間に意見等の提出で6件いただいています。累計ですと87件になります。

今回の対象期間の中でいただいたご意見ですけれども、福島原発事故の検証に関するものとしては、2号機の格納容器スプレイの操作について。メルトダウンの公表等の問題について。裏面に行きまして、事故原因の検証の進め方について3件が上げられています。詳細は、申し訳ありませんけれども、後ほどご確認をお願いします。加えて、その他意見

ということで、技術委員会の活動等へのご意見をいただいているところです。委員におかれては、このようなご意見を踏まえまして、今後の検証をお願いしたいと思います。

(中島座長)

では、すみませんが、今日は紹介だけということで、また読んでいただいて、これを基に今後の議論の中に反映していただければと思います。よろしくお願いします。

それでは、これで予定していた議題はすべて終了しましたので、時間を30分超えてしまいましたけれども、以上で進行を事務局にお戻ししたいと思います。よろしくお願いします。

(事務局)

今後の委員会の日程等については改めて調整させていただきますので、よろしくお願いします。

最後に、須貝防災局次長からごあいさつ申し上げます。

(須貝防災局次長)

防災局次長の須貝です。本日は局長が所用のために中座させていただきましたので、代わりましてお礼を述べさせていただきます。

本日は、非常に盛りだくさんのテーマについて熱心に議論いただきまして、大変ありがとうございました。今日の議論を基にして、事務局としても宿題をいただきましたので、調整に努めてまいりたいと考えております。県としては、福島第一原子力発電所事故の検証、それから柏崎刈羽原子力発電所の安全対策に努めてまいりたいと思いますので、引き続きご指導のほど、よろしくお願いします。今日は、大変ありがとうございました。

(事務局)

それでは、本日の技術委員会はこれで閉会させていただきます。ありがとうございました。