

第11回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和6年4月9日（火）14:00 ～ 15:34

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室

3. 出席者 原子力委員会

上坂委員長、直井委員、岡田委員、青砥参与

内閣府原子力政策担当室

徳増審議官、山田参事官、梅北参事官

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（IRID）

山内理事長

東京電力ホールディングス 福島第一廃炉推進カンパニー

燃料デブリ取り出しプログラム部

溝上部長

4. 議 題

(1) 福島第一原子力発電所事故時の各号機の事故進展と原子炉・格納容器・燃料デブリの状態について（東京電力ホールディングス福島第一廃炉推進カンパニー 燃料デブリ取り出しプログラム部 溝上伸也氏）

(2) その他

5. 審議事項

（上坂委員長）時間になりましたので、令和6年第11回原子力委員会定例会議を開催いたします。

本日は、青砥参与に御出席いただいております。よろしくお願いいたします。

本日、明日と、日本原子力産業協会主催の原産年次大会が東京都内で開催されております。私と直井委員も先ほどまで会場にて講演を拝聴し、岡田委員もオンラインで参加いたしました。57回目を数える今回の大会のテーマは、「今何をすべきか 国内外の新たな潮流の中で原子力への期待に応える」であります。

原子力利用に関する基本的考え方の改定に始まり、GX脱炭素電源法の成立、COP28におけるカーボンニュートラルという観点からの原子力発電の必要性の明記、原子力エネルギーサミットの初開催など、国内外での原子力に関する動きは今までとは明らかに変わってきていると思います。原子力委員会としても今回の原産年次大会における議論をしっかりと見守ってまいります。

本日の議題でございますが、一つ目が「福島第一原子力発電所事故時の各号機の事故進展と原子炉・格納容器・燃料デブリの状態について」、二つ目が、その他であります。

それでは、事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 事務局でございます。

一つ目の議題は、「福島第一原子力発電所事故時の各号機の事故進展と原子炉・格納容器・燃料デブリの状態について」、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）理事長、山内豊明様、東京電力ホールディングス福島第一廃炉推進カンパニー、燃料デブリ取り出しプログラム部部長、溝上伸也様から御説明いただき、その後質疑を行う予定です。

本件は、「原子力利用に関する基本的考え方」の3. 1. 「「安全神話」から決別し、東電福島第一原発事故の反省と教訓を真摯に学ぶ」に主に関連したものでございます。

それでは、冒頭、山内理事長から御挨拶及び東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に関するコメントを頂き、その後、溝上部長から資料に沿って御説明をお願いいたします。

(山内理事長) ただいま御紹介にあずかりました国際廃炉研究開発機構、略称IRIDの理事長をしております山内でございます。

IRIDは、福島第一の廃炉技術開発の受皿としてJAEAさん、それから東京電力さんを含めたオールジャパン体制の組合組織として2013年に設立され、約10年ちょっと技術開発を行ってきました。

当初、本日のテーマであります福島第一各号機の事故進展と炉内状況について、IRIDで携わっているいろいろ研究開発を進めてきましたが、その後、研究テーマとしては、炉内調査のロボットの開発、それからデブリ取り出しのロボットの開発の方に軸足が移ったということで、この炉内状況の事故進展の評価につきましては、東京電力さんとJAEAさんが主に現在実施しておるところでございます。最新の情報につきましては、当初からこのテーマに深く関わっております溝上さんの方に資料の説明をお願いしたいと思います。

それでは、よろしく申し上げます。

(溝上部長) ただいま御紹介にあずかりました東京電力の溝上でございます。本日は、「福島

第一原子力発電所事故時の各号機の事故進展と原子炉・格納容器・燃料デブリの状態について」というタイトルで御説明をさせていただきます。

ページめくっていただきまして1枚目ですけれども、はじめにといたしまして、もちろん皆さん御承知と思いますが、福島第一原子力発電所は、3月11日、14時46分に発生いたしました東北地方太平洋沖地震と、それに引き続く津波により冷却機能を喪失し、運転中であった1号機、2号機、3号機がシビアアクシデントに至るといような事故を起こしてしまいました。

この事故なんですけれども、電源を喪失した、特に直流電源も喪失していたということから、計装装置等が機能しておらず、事故直後には事故時のプラント挙動がほとんど分からないという状況でございました。

東京電力の方は、廃炉の準備というところもありますけれども、事故進展の理解をすることによって、原子炉・格納容器・燃料デブリ分布の状態が推定できるという、そういった観点から検討を進めてまいりました。

本報告では、事故進展の理解のこれまでの経緯、私も事故以降13年を超える期間にわたってこの仕事に関わっておりますけれども、その経緯をどのような材料を基に進めてきたかについて御説明いたします。

ページめくっていただきまして、2ページ目を御覧ください。

我々はこういった仕事を炉内状況把握というふうに呼んでおりますけれども、こちらの最終的な目標は、真ん中にございます炉内状況推定図、これ3号の例を載せたものなんですけれども、こういった上の方に載っているのが原子炉、下の方に見えるのが格納容器の床の部分ですけれども、そういったところがどのように壊れているか、そして燃料デブリがどこにどのくらいあるのかということ把握したいというふうに考えているものでございます。

この活動を進めるに当たっては、三つの観点をそれぞれ組み合わせながらやってきたということでございます。

まず左上のところなんですけれども、これは原子炉の事故進展というものをどんな機器が動いて、どんな機器が動かなかったかというようなイベントツリーというものを書いて見せておるところなんですけれども、赤い色の線と紫色の線ございますけれども、例えば、赤と紫が分岐しているところ、ここはSR弁の開維持ができたか、できなかったかというところなんですけれども、これはできていれば紫、できていなければ赤ということなん

ですが、こういったところが実際には赤の維持できなかつたということになると、赤い色の線をたどって行って、その結果としても不確かさがあるので、最後は分布を持った形で解析結果が分布しているというような記載になっています。

これは、実際には解析コードを使って評価するということになるんですけども、解析コード単体ではうまくこれを解析することはできませんで、事故進展シナリオ分析といったものを併せて実施することによって、その結果の信頼性が高まってくるというような形で調査をしております。

右側の上の方ですけども、こちらはデータ分析・逆問題解析というところなんですけれども、これ、上に出ておりますような実際の事故時に測定された実測データ、これはなぜこのように上がったたり下がったりしているのかというようなことを、実際の機器の設計等と照らし合わせながら、なぜこういうことが起こったかということの評価することによって理解を進めていくというようなアプローチになります。これは当然、先ほどの事故進展の方の事故進展シナリオ分析の一部を形づくることになりまして、こういった分析をすることでこの機器は実は動いていた、動いていなかったみたいなところが評価できるということになります。

一番下ですけども、こちらは現場調査により得られる情報なんですけども、これは左側の左下の図は、つい最近の1号機のドローンを用いた調査結果の写真でございます。ちょっと見ただけでは何かよく分からないんですけども、真ん中に見えているもの、フランジとボルトみたいなものがあるものなんですけども、これは実際はフランジは下を向いていて、ボルトが下向きに付いているというものなんですけども、上下が逆になっているということで、これは結構4mくらい長さのある長いものなんですけども、それがぐるっと上から下まで回ったというようなことが分かります。ということは、そのような空間があったということが分かるというようなことで、こういった現場から得られる情報というのは非常に大きいです。とはいえ、写真の見方もなかなか難しいということになります。

真ん中のものが、これは現場情報なんですけども、3Dの絵になってございます。こちらは、3号機に投入をされました水中ロボット、これはIRIDさんで開発したものですけれども、水中ロボットがこの格納容器の中を泳ぎ回ることによって得られたビデオを三次元的に再構成する技術がございまして、そちらはストラクチャープロモーションという技術なんですけども、そういったものを使うと、ビデオを見るだけでは分からなかつたそれぞれの内部の状況の位置関係、そういったものまで分かるというようなことになります。

下の一番右のものですけれども、こちらが2号機の原子炉をミュオン測定によって見た図になります。こちらの方は、この結果を基に、2号機については原子炉の底部に燃料がたまっている。ただし、もともとあった炉心部には燃料がほとんどなくなっているということが分かったというものになります。こちら間接的ではございますけれども、原子炉の中を現場の調査によって見られる状況になるということになります。

1号機のドローンも最新のテクノロジーと言えましょうということになりますし、ストラクチャープロモーションですとかミュオン測定技術といったものも、これまでは余り原子力業界としては余り縁のなかった技術ですけれども、こういったものを駆使しながらいろんな情報を集めていく。そういったことを、こうやっていくからこのデータはこういうふうに動いたんだねということもあって、それぞれのところにフィードバックをしたり、そのまま炉内状況の設計図に反映したりということで、これまでも炉内状況の推定というものを実施しておりまして、新たな情報が入るたびにそれを更新してきたということになります。

何でもこういったいろんなものを見ながらやらなきゃいけないかということについては、ちょっと次のページにまとめてございますので、次のページを御覧ください。

こちら一番上に書いてある絵なんですけれども、当たり前のことではありますけれども、事故前の状態というのは設計情報も運転情報もちゃんと分かっている状態でございます。それが地震が起き、津波が来てという形で時間が進展して行って、それに伴って事故の深刻化というのが発生したわけなんですけれども、この事故後に発生したことが全て理解されていけば、現在というのは過去の積み合わせの結果ですので、現在の状況も把握が可能であるということが言えると思います。解析コードというのは、そのための有用なツールで、事故後に起こったことを入力として入れていけばそれを再現するような解析ができて、その結果として原子炉や格納容器がどうなるか、燃料デブリがどう移動したということのアウトプットは出てきます。

そういうことなんですけれども、ただ、こちらの解析コードについても限界があるということ認識した上で使わなければいけないということはあるのかということなんですけれども、まず一つ目、解析コードというのは、デジタル空間において、その空間の中でどんな物理法則で物が動くかということを記述されたものになります。これは言い換えれば、先人が理解してきたこと、つまりそういった知恵を格納したもののものが解析コードになるということになります。

②番ですけれども、初期値としては、設計・運転情報を用いて作るんですけれども、これをデジタル空間の中に1Fの各号機を再現しなければいけないということになります。そうしますと、コンピュータの制限ですとか解析に掛かる時間みたいな状況もありますので、必ずしも実物ではなくて、場所によっては単純化したようなものを入れるということになります。ですので、実物と違うということになりまして、ここにも限界がございます。

③ですけれども、解析コードは物理法則に従ったことは計算できるんですけれども、機器を操作したとか人為的なもの、操作については、それは入力条件として入れてあげないといけないので、こういったものを別途入力する必要が出てきます。しかしながら、1Fの事故の場合には、運転員が操作したことの記録が全て揃っているわけではないというのと、実際には操作したつもりなんだけれども、電源が不足していたために、実際には思っていたのと違うことが起こっていたということがございますので、そういったことをシナリオ分析をして、実際にはこのアクションというのはこういうことにつながったんだよと一つ一つやっていかないといけなくて、そこに間違いがあると解析コードがある程度正しくても計算が異なった結果が出てしまうということになります。

そして④ですけれども、こちらは①と強く関係しているんですけれども、先人が考えていたこと、つまり従来知見、そういったものがございますけれども、それが実際に発生したことと異なるですとか、そもそもそういったことは見逃していた、つまり知見がないといった場合には、解析コードを用いて実世界を模した解析はできないということになります。ですので、こういったできること、できないことというのを認識した上で解析コードを使って炉内状況把握という仕事を進めなければいけない。そのためにはデータをじっくり見るとか、現場情報をじっくり見るといったことが必要になるということになります。

次のシナリオ分析の話ですけれども、こちらは実測値のデータ分析が極めて有効になります。こちら、ちょっと実例を踏まえて後ほど説明させていただきます。

こういったことをやることによって、現在、再現解析による基本的な事故進展の理解、1号機、2号機、3号機それぞれについてですけれども、こちらについては世界のコンセンサスが確立しているような状況であるというふうに認識しております。

その理解に基づいて炉内の状況がどうなっているかを考えているんですけれども、ミュオンによるRPV内部の調査ですとかロボットを用いたPCV内の調査も、それを裏付けるような実データが出てきているという状況でございます。

一方で、細部に目を向けますと、CRD、制御棒を動かす機械ですけれども、こちらが原

子炉の底部に林立しているようなBWRの原子炉の底部破損の様相ですとか、1号機、3号機のMCCIに、これは熔融した燃料が床に落ちることによってコンクリートを侵食していくという反応なんですけれども、こちらによるコンクリート浸食の程度、様相については従来知見と不整合であるということが分かってきているという状況でございます。

次のページからは、実測値のデータ分析の例を御説明させていただきます。

こちらの左上のグラフを御覧ください。こちらは、原子炉水位の時間変化をプロットしたものになります。点線が入っている2本の線ありますけれども、ちょっとTAF、BAFというのがずれているところがございますけれども、この辺りが燃料が入っているところなんです。2号機の事故進展をみますと、事故後、3月14日まで燃料は水面よりも下にあったという状況で、その後、水位が下がっていくことによってシビアアクシデントに至ったということなんですけれども、これは原子炉に水を注水するシステムが起動していたからということまでは分かっていたんですけれども、それは直流電源を用いて注入量を操作しながら動かす機械だったところ、直流電源もない状態でなぜこのように一定の水位が実現できたのかということについては分からない状況が続いておりました。

これを分析するためには、まず実際の水位計の原理というところまで立ち戻らなければいけないということになります。

左下に書いてございます絵が、BWRで用いられている水位計の簡単な原理になりますけれども、原子炉の横に濃い青色で書いた配管がございます。これはリファレンスレグといって、こちらに水が常に同じ高さに入っているというようなものになります。左側の原子炉の中に水位が水色で書いておりますけれども、例えば原子炉の水位がこのような状況で、リファレンスレグの中に水がある状態で、ここの差圧、デルタPというのを測ってあげると、そのときの水位が分かるというような原理になっています。こういった計測の原理になっておりますと、これは圧力を特定した状態で校正してあげないとどの水位かというのは分からないということになっておりますので、こちらの水位計については低圧条件で校正する必要があります。

つまり、これで右の方にグラフがありますけれども、1気圧くらいのところだと水位計の水位、指示値は正しい値を示しているんですけれども、運転圧に近いような7MPaの状態ですと、実際の水位よりも低い水位の測定値を返すという特徴がございます。

例を申しますと、横軸で大体7MPaくらいのところに縦に水色の線が書いてございます。それを上にたどっていくと、大体水位が3,000mmというところに打ち当たります。

これは、この当たった黒い曲線は水位の補正曲線というものになっておりまして、7 MPa のときに3, 000 mmですという測定値が出た場合には、校正された1気圧くらいのところに戻っていくと、実は実際の水位は5, 000 mmに相当するというふうに読むことができます。

ページをめくってください。

1気圧よりもずっと高い領域で取られた水位のデータというのは実際には正しくないというのを頭に入れておいて、測定された水位をプロットしたものが右側のグラフになります。これをよく見てみると、赤色の補正曲線というものにほぼ乗っているような状況にあるということが分かります。そうすると、この補正曲線をたどって行って、1気圧くらいのところまで持って行ってあげると、大体全ての点において5, 670 mmくらいの水位というのが実際の水位だったんだろうというふうになります。

しかしながら、5, 670 mmというのはどこに相当するのというのを見てみると、左の絵に書いてあるように、リファレンスレグの水面を指すことになります。もし本当の水位がそれ以上に、原子炉の水位がリファレンスレグの水面以上になった場合は、この水位計は原理上、一定の値を返すということになりますので、実際は燃料水位計の測定できる上限値を指しているということで、実際測定された水位は一定値を示していたということであつたというふうに考えてございます。

それを次のページを御覧いただければと思いますけれども、オレンジ色の測定点、これは先ほどの補正曲線を使うと正しい水位に直すことができますので、それを青色のプロットで書いてございます。

これはどういうことかということ、右側の絵にございますように、リファレンスレグと同じ高さになりますので、実際の原子炉の水位というのはそれよりも高いところにあつたということが分かります。

そうすると、絵に主蒸気管出口と書いてありますけれども、主蒸気管というのは、その蒸気を出すための配管が入っているところです。そうするとここから、主蒸気管の出口から水がこぼれ落ちるというような状況であつたんだろうというふうに考えおきまして、注水する装置、RCICというものなんですけれども、このRCICは、この主蒸気管から蒸気を取ってタービンを回して注水するというようなものですので、実際このRCICのタービンというのは蒸気と水が混ざったような状況で、想定外の状況で駆動していて、原子炉に注水をしていたというようなことになります。

これもかなり研究がなされていて、二相流で動いているときのR C I Cのパフォーマンスというのはどういったものかというのが、かつて日米の共同研究でメカニズムが解明されているということになります。

次のページに行ってください。

こちらは時間を更に進めまして、3月14日の9時以降についての測定値をプロットしたのものになります。こちらを見ていただきますと、R P Vの原子炉水位の測定値というのは3月14日の11時30分、これはプラスのプロットになっているところですが、ここから補正曲線よりも下に行っているということが分かります。この状況で水位が下がり始めたなというのが分かった。しかし、当時の免震棟の緊対室が判断したのは、13時を過ぎたところで原子炉の水位低下が開始し始めましたというふうに判断したんですけれども、先ほどの話で分かりますように、リファレンスレグの水面より上にある水位の下がっている時間帯はこの水位計では捉え切れませんので、別のパラメータを見てあげると、ほかの原子炉圧力の方で水位が低下し始めたなという兆しが見えておりまして、それから考えると、この注水が停止してしまったのは9時頃であろうというふうに推定ができるということになります。

なので、こういった実際の設計とその設計を超えた運転条件、そして測定値というのを見比べることによって、どのように当時の1Fの状況で運転がされていたのかということが分かってくるということになります。

これだけじゃないんですけれども、こういった分析をいろいろとやった上でシナリオが固まってくると、解析コードにうまく入力をしてあげて、それを流してあげると結果が出てくるということになりまして、次のページをお願いします。

こちらが1号機の事故進展を簡単に書いたものになりますけれども、赤い実線が、こちらが崩壊熱というものになります。崩壊熱というのは、スクラムによって核分裂を止めても原子炉の燃料から放出されるエネルギーになっておりまして、これが単調減少するんですけども、なかなかゼロにはならない、この崩壊熱を冷却して取ってあげないと温度が上昇してしまうということになるんですけれども、1号機の場合には、当初はアイソレーションコンデンサ、I Cが動いておりましたので、90 MWから20 MWを切るくらいのところまでは崩壊熱のエネルギーが除去できておりました。しかしながら、このI Cによる冷却ができなくなった以降は、注水も冷却も何もできない状況でしたので、このエネルギーがまず当初は水を蒸発させるためにエネルギーが使われて、そうすると水位が下がって

くると。水位が下がってくると燃料が露出してしまっていて、燃料が過熱してしまいます。燃料が過熱してしまうと、燃料の被覆管に使われているジルコニウムが水蒸気と化学反応することによって化学反応します。その化学反応の熱を書いたものがピンク色の線になりますけれども、この化学反応なんですけれども、崩壊熱よりも何倍も高いエネルギーが一気に放出されることとなりますので、この時間帯に炉心損傷、炉心溶融に至ったというふう

に評価してございます。

現場の努力によって、消防車によって注水が開始されたのが3月12日の4時頃になっておりますけれども、これはもう既に水-ジルコニウム反応によって炉心損傷、炉心溶融がしてしまった後だったということになります。そして更に、この消防車からの注水なんですけれども、実際にはいろんなところに別の方向に流れていってしまっていて原子炉には届かず、3月23日の別の系統を用いた注水までほとんど炉に入らなかったというふう

に考えてございます。

ですので、当初よりは下がっているとはいえ、10MWから数MWの大きさの、熱としてはかなり巨大な熱というのが原子炉格納容器の中に閉じ込められて、それがいろんな影響を与えたというふう

に考えてございます。

次のページをお願いします。

先ほど水位計の例示で出てきましたとおり、2号機につきましてはかなり長い間冷却ができておりましたので、3月14日の9時までは冷却ができていたということになります。しかしながら冷却ができなくなりますと、崩壊熱によって水位が低下します。2号機についてはこのくらいの時間帯に、原子炉を減圧することができました。原子炉を減圧すると減圧沸騰というのが起こって、それによって更に水位が急激に低下するというようになります。ですので、2号機の場合には、1号機のようにその水位が下がっていく間に炉心損傷、炉心溶融に至るのではなかったということになります。

一方で、その原子炉減圧によって減圧沸騰で水位が低下してしまったので、その後、燃料が気中にさらされているような状況になってしまいました。そこですぐに消防車による注水ができればよかったんですけれども、当時の環境が悪い中で、消防車のガソリン切れが起こってしまっていて、それによって原子炉の圧力が下がって消防車の注水ができるようになったときに、すぐに水が入れられなかったということで、少し遅れて水を入れたんですけれども、それによって燃料の温度が少し上昇してしまっていて、そこに消防車からの水が行った形になりましたので、これによって水-ジルコニウム反応が起こって炉心損傷、

炉心溶融が起こったというのが2号機の事故進展になります。

3号機については、次のページでございませけれども、2号機と1号機の間のような形になっておりまして、3月12日の20時頃までは冷却ができていたんですけれども、その後、注水ができない状況になったということで、そこからは1号機と同じように崩壊熱による水位低下と水-ジルコニウム反応による炉心損傷、炉心溶融が起こってしまったということになります。こちらの方も消防車注水というのが水-ジルコニウム反応を防ぐことには寄与できなかったということになります。

こういった事故進展、1、2、3号機、この辺のところが大まかには皆さん、こういう専門家の中で理解がなされているということになります。当然ながら、2号機、3号機に比べますと、1号機というのは消防車からの水が入らない時間帯というのは非常に長かったのでやはりかなり厳しいだろうというふうに推定がされておりました。そのような中で、まだ格納容器の中もほとんど入れない状況で実施されたのがミュオン測定でございませ。

次のページをお願いします。

こちらなんですけれども、左の絵が設計図面に基づいて、測定装置から見たらこういうふうに見えるだろうというのをシミュレーションした結果になります。重い物があれば影が濃くなりますので、左の絵の黄色く囲ったところ、ここが原子炉の中の燃料が装荷されている部分になりますけれども、ここが黒く見えるだろうということだったんですが、右側の実際に測定されたところを見ますと、その当該の黄色い部分というのはほとんど白くて、事故進展の解析結果で想定されたように、炉心にはほぼ燃料は残っていないだろうということが実測でも確認されたということになります。

次のページをお願いします。

2号機なんですけれども、2号機の場合には、1号機と違ってもうちょっと近くに測定装置を置くことができたので、かなり近寄って見ることができたんですけれども、これによって下部プレナムに燃料が残存しているという結果が出ております。

こちらは、2号機の事故進展についてはかなり特殊な進展をたどっておりますので、解析をすると水の入り方によっては燃料が全部落ちてしまうケースと原子炉に残るケースの両方が出てくることがあって、それはどっちが正しいかというのは解析からだけでは分からないという状況だったんですけれども、この実測値があることによって、そのどちらが正しいかという論争に終止符が打たれたということになります。

次のページをお願いします。

こちらは3号機になります。3号機、ちょっと端折ってしまいますけれども、3号機についても近くから見る事ができましたので、3号機については炉心部にはほとんどない、原子炉の底部にもあんまりないという、次のページお願いします、という結果が出ておりました、1号機、2号機、3号機を並べますと、2号機が一番燃料が残っているというような状況であるというのが分かりました。

次のページお願いします。

解析による事故進展の評価、そして現場からの情報も踏まえて、炉心・格納容器内の状況推定というのをこちらのページのようにしておりますけれども、大きな傾向としては、1号機が一番厳しくて、その次が3号機、一番事故進展の結果としては規模が小さかったのは2号機だというような結果になってございます。

この後、次のページお願いします。

その後、続々と現場からの情報が出てきて、これまでの推定結果というものを検証するといっちはちょっとあれですけども、再確認するような機会があったんですけども、まずは原子炉を下から見たところというのを1号機、2号機、3号機分並べてみたものがこちらのページになります。

真ん中の上に5号機のCRDハウジングというふうに書いてございます。CRDハウジングというのは制御棒を動かすための直径十数cmの筒を指しているんですけども、5号機の写真を見てもそんなものは実際には見えません。原子炉の下に入って上を見上げますと、この写真のように白い構造物、これはサポートバーとハンガーロットという棒と格子の組合せなんですけれども、これがいっぱいあって、その奥にあるCRDハウジングは見えないというのが実際の状況です。

しかしながら、左の2枚というのが1号機なんですけれども、1号機の測定結果を見ますと、こういったサポートバーとかハンガーロットというのがない状態で、CRDハウジングがそのまま見えていると、しかもこれはもともとあった位置よりもかなり、1m、2m落ちているところにあるというようなことになります。

3号機が一番右側なんですけれども、こちらは1号機に比べると大きく落ち込んではいないんですけども、もともとは同じ高さにあったフランジの高さが物によって高さが違っているということと、サポートバー、ハンガーロットというのがないようなところが結構あるというような状況でございます。

2号機につきましては真ん中の写真なんですけれども、ちょっとこれは色が汚いので分か

りにくいところもあるんですけども、2号機については5号機とよく似たような形で、ハンガーロット、サポートバーが残っていて、CRDハウジングが余りよく見えないというような状況になっておりまして、これも各号機の事故の厳しさというのを反映したような状況だったということになります。

次のページをお願いします。

こちらは、先ほどの原子炉の底を下から上をのぞいていたものとは逆に、下の方向を見ているようなイメージの絵になってございます。左上が、原子炉の下のペデスタル内というところにどういったものがあるかというのを記載したものなんですけれども、円筒の筒の中の真ん中辺りに2階部分を造っているプラットフォームというもの、CRD交換機、そしてケーブルトレイ、旋回レイルといったようなものが代表的なものとしては見えるはずというものになっています。

そのすぐ下が2号機のペデスタル内の状況なんですけれども、こちらでありますように、ケーブルトレイ、CRD交換機、プラットフォームがもともとの形にかなり近い形で残っているというのが分かります。

右下のものは、先ほどお見せした3Dの図なんですけれども、こちらは赤い構造物、これはプラットフォームが傾いちゃっているというのが3Dに再構成してみると分かったというような形になっております。

その上が1号機なんですけれども、1号機は、先ほど来御説明しておりますように、かなり崩壊熱を冷やせない時間が長かったということで、その影響だと思われましてけれども、中の構造物がほとんど残っていないという状況になってございます。

1号機のペデスタル内の状況の中で特筆すべき点なんですけれども、「旋回レイルあり（写真無）」という吹き出しがありますが、その下にちょっと細長い棒が幾つか並んでいるところがございます。こちらは、ペデスタルの鉄筋コンクリートの鉄筋部分になります。今回ここで確認されたのが、鉄筋コンクリートは劣化しているんですけども、鉄筋は残っているもののコンクリート部分がないというような状況になってございます。これは、過去に実施されたMCCIという熔融燃料がコンクリートを侵食していくというモデルからすると、鉄筋も同じように侵食していくというようなことが考えられておりましたので、こういったことは過去には想定されていなかったような現象が発生したということが分かっています。

次のページ、こちらは再掲になりますけれども、振り返ってみると、やはり見えたところ

も同じような傾向だったということになります。

19番目の最後の資料になりますけれども、まとめになります、繰り返しのところもごさいすけれども、東京電力は国内外の専門家の力を借りつつ、事故直後から事故進展を理解するための検討を継続的に進めてきているところをごさいす。

解析コードの能力と限界を理解しつつ、実測値のデータ分析や内部調査結果を反映し、事故の終状態である原子炉・格納容器・燃料デブリ分布の推定を実施してきました。

現場調査におきましては、高エネ研などの原子力分野でない研究者の協力によりミュオン測定によるRPV内部の状況を確認してごさいす。

RPV内部は、現時点でも直接の調査ができていない状況でごさいまして、こういったものを約七、八年くらい前の状態でデータを入手したということになります。

また、IRIDさん来ておりますけれども、廃炉を目的として開発が進められてきたロボットがPCV内部調査に活用され、1号機のペDESTALコンクリートの損傷状況など、従来知見では予測されていなかった新たな知見を確認してごさいす。

また、今後も廃炉・知見拡充の両面から重要な情報が得られるというふうに期待しているところをごさいす。

さらに、燃料デブリの取り出しが開始されますと、得られた燃料デブリ、数グラムから始めるというふうに申しておりますけれども、こういった燃料デブリを分析することで更なる知見が得られることが予想されておりますので、そういった状況を活用することで廃炉作業の不確かさを少しずつ小さくしていくことが可能であるというふうに考えています。

少し違う話になりますけれども、1Fの廃炉作業を通じてシビアアクシデントに関する新しい知見が蓄積されているような状況でごさいす。そのメカニズムの解明についても徐々に進められている状況というふうに認識してごさいす。

一方で、先人がやってきたような、そのような知恵の解析コードへの落とし込みという観点では、日本に直接コードを編集できるような解析コードがないということもあって、現状十分とは言えないような状況が続いておりますので、事故の当事国としての日本の役割として、こういったところも進めていくというのが今後の課題というふうに認識してごさいす。

私の説明は以上になります。ありがとうございました。

(山内理事長) それでは、私、IRID山内の方からちょっと補足説明をしたいと思ひます。

ただいま溝上さんの方から説明ごさいましたように、その事故解明のメカニズムが分かる

という、これは分かるということがあります。もちろん廃炉の作業だけではなくて、今後の現在の運転炉、それから新型炉の安全にも、これは解析コードを使って安全性を確認するという観点で、これは非常に役立つということで、私の方からもいろんな国際会議や IAEA の総会等でも、これは是非、日本から発信していきたいという旨の報告をしております。

それを踏まえて、最近、日本原子力学会の 1F、福島第一の廃炉検討会の下に、新たに福島事故の探求分科会という分科会を新たに設立をしております。それで、これ、分科会にはいろんな原子力以外の分野も含めて三十数名の先生方に集ってもらっております。先日、大阪大学のいろんな取組が報告されたと思うんですけども、大阪大学の方からも参加しております。

やはり最近、特に分かってきた現場の状況ですね。ペDESTAL のコンクリートの損傷だとか多様な堆積物、これが観察されておりますので、やはりこのメカニズム、なぜ損傷したかというメカニズム、それから堆積物の生成メカニズム、これはやはり今後十分解明していくべき課題というふうに認識しております。

ただ、学会の方でできることは、推理はできるんですけども、なかなか実証するような試験をやる予算の制約だったり、それから最後、溝上さんが言われましたように、解析コードに組み込むというところの予算がなかなか学会では取りづらいというのが今課題として認識しておりますので、是非こういう日本全体の課題であるという認識を持って取組を進めて、一緒に関係者取組を進めていきたいなというふうに思っております。

私からの補足は以上でございます。

(上坂委員長) 山内さん、溝上さん、最も信頼できるであろう事故進展のシナリオと、それから現状の観測されている 1 号機、2 号機、3 号機の炉内の状況、デブリの状況の御説明、それから最後に、このシビアアクシデントのメカニズムの解明の今後の方向について御説明いただきましてありがとうございました。

それでは、原子力委員会の方から質問させていただきます。

それでは、直井委員からお願いいたします。

(直井委員) 貴重な事故進展解析の御報告どうもありがとうございました。大変難しい解析で、また、TBO になってしまって、計測された計器データが限られている中での解析というのは大変な御苦勞をなされているんだなというふうに感じました。

それで、山内さんの方からもお話がございましたように、この事故進展メカニズムの解明

というのは大変重要なお仕事で、原子力安全の向上に向けても日本が世界に向けて成果を発信していかなくちゃいけないという、正にそういう分野だというふうに思います。それで、山内理事長の方からもオールジャパン体制で進めているというお話があって、学会でもこの進展に関わる専門家の分科会を作るといようなお話、大変力強いお話がございました。

一方で、規制庁も事故の検討会というのを定期的にやっていて、阪大さんのコンクリートの消失の実験なんかの成果もそういった検討会の場を通じて報告されているといようなお話だったんですけども、まずこの研究、今はJAEAさんと東電さんで中心的にやられているというお話だったんですけども、規制庁さんとの関わりはどんなようになっているのか教えていただけますか。

(溝上部長) 東京電力、溝上です。

規制庁さん、御指摘のとおり事故分析検討会、当初は2013年、14年、そして再開されたのは2019年からということで、現在まで続いておりまして、そちらの方でも積極的に事故分析の方がなされてございます。

こちらの方は、我々も常時参加してございまして、お互いに、こちらが検討したものを御報告することもありますし、規制庁さんが実施された検討について我々からコメントすることもあるということで、もちろん先ほど山内さんの話では東京電力とJAEAというお話だったんですけども、それに規制庁さんの方も重要なプレイヤーとして事故分析を進めているという認識でございます。

以上です。

(直井委員) ありがとうございます。

それで、今後デブリの取り出しがなされていって分析結果が出てくると事故進展メカニズムの分析の精度が上がるというお話がございまして、そのとおりだと思うんですけども、実際の事故進展メカニズムの解析というのは非常に重要なんですけども、例えば、そのデブリが出てきて、デブリがどこにどれだけあるというのがだんだん分かってきますと、その取り出しの実務側にプライオリティが行ってしまっていて、重要な事故進展メカニズムの解明の方のプライオリティが下がって後回しにされちゃうような危惧をちょっと感じたんですけども。特にデブリの分析を、例えば大熊の破壊分析でやろうとすると非常に大変なマンパワーと、一つの分析でも大変なお金も掛かりますので、そういったところで例えば今年の1月の定例会でJAEAさんから報告のあった、中性子アクティブ法を使った非破壊でのデブリの分析なんていうことも考えていただいたら良いのではないかと

思いました。かなり小型化の開発も進んでいるようですので事故進展解析のデブリ分析については、恐らく非破壊の分析でも十分なデータが出てくるんじゃないかなと思います。非破壊分析の場合には、短時間でかつお金も安く、資源も掛けずに分析ができると思います。

私の方からは以上です。

(溝上部長) 東京電力、溝上です。

燃料デブリの分析の件、コメントどうもありがとうございます。先ほども申しましたけれども、当初、燃料デブリ出てくるといっても数グラムといった単位でございますので、我々はこれ何を考えているかということ、数グラムであってもそこから引き出せる情報については、その何倍も何十倍も引き出したいということで、それを目指してかなり詳細な分析をしようとしております。

そういう意味では、今の日本でできる分析技術の粋を集めてやるという形になりますので、場合によってはその廃炉だけではなくて、事故分析の観点からですらオーバースペックになってしまうような分析かもしれないんですけども、そういったことをすることによって少ない量のデブリからより多くの情報を引き出すということを目指してほしい、かなり難しい課題だという認識はございますけれども、その心積もりで進めてくださいというふうに分析側にお願いしているところでございます。

以上です。

(直井委員) ありがとうございます。

(上坂委員長) では、岡田委員、お願いします。

(岡田委員) 御説明ありがとうございます。非常に私の方からは、ちょっといろいろ難しいというのが感想にあります。それで、私の理解が間違っていたら御指摘ください。

私の理解では、事故進展の理解から原子炉、それから格納容器、燃料デブリの状況が推定できるという観点から検討を進めていると。そして、この事故進展が分かるための情報として水位の、説明の中ですけれども水位計の情報から炉内の圧力を推定して、しかし、直流電源の喪失とかで数少ないデータ、情報から今回の圧力と水位の補正曲線を出して、そこから見えるものを説明していただいたと解釈しました。

1号機、2号機、3号機と異なる状況であることが見えてきたというのを私は理解しました。水位のほかに得られる情報として、例えば熱や放射線量があると思いますが、そこか得られるものというのはないのでしょうかというのが一つ質問です。

(溝上部長) 東京電力の溝上です。

水位計の件は、水位計の指示値というものが実際の状況を必ずしも示しているわけではない。その状況を正確に理解することによって、そのときの事故時の原子炉の振る舞いがかかるということで、そういったことを一つ一つ積み上げていくことによって事故進展の見えてないところが見えてくるということになります。

その観点からは、放射線の情報というのもその一つのネタになってございまして、格納容器、ドライウェルのところと、水がたまっているサブプレッションチェンバー両方に放射線を測る装置がついてございます。残念ながら、それが測定できるようになったのが一番早くて3月14日なので、1号機、3号機については、事故進展の一番厳しいところが見えていなかったというのがあるんですけども、2号機については、冷やせている状況から水位が減っていった炉心損傷、炉心溶融に至るところ、そして、恐らく原子炉が破損して下に放出された状況というものが捉えられていて、そういったものから事故進展はこの時間帯にこういうふうになっているだろうというような評価にも使われてございます。

ただ、温度計につきましては、復旧したのは3月20日頃になってしまっていて、そこを使うのは難しいんですけども、ただ、その後の検討でどのくらい原子炉が冷やされ、冷やすことができていましたかとか、注水手段を切り替えることによって冷え方が違うというのを利用して、1号機については原子炉の中にはほとんどないだろうみたいなところの検討には使われてございます。

なので我々、使えるデータはどれでも使おうということで一生懸命やってきて、今回御紹介したのはほんの一例というふうに御理解いただければと思います。

以上です。

(岡田委員) ありがとうございます。

そして、私は非常に誤解ということではないんですが、事故の進展、燃料デブリの位置が分かり、次に進める燃料デブリの取り出しや解体のためだけだと思っていたんですね。そこが今回聞いて違うんだなと、そこだけじゃないんだというのが非常に分かったんですが、この解析コードということについてちょっとお話を聞きたいんですが、解析コードというのは設計の時点でもう出来上がっているものなのか、よく途中で重大事象とかシビアアクシデントとかというのが私の研究生活の中で途中で出てきた言葉だったりした言葉なんですけど、その頃に、その話題になった頃にこの解析コードというのが、この事故の解析コードが生まれてきたのかということをお話を聞きたいんですが、ちょっと変な質問かもし

れないんですが。

(溝上部長) 東京電力の溝上です。

解析コードでも幾つか種類がございまして、設計のときに使われる設計の妥当性を確認するための評価、過渡・事故評価のコード、もともと私はそちらの方が専門だったんですけども、そちらについては当然、設計段階から存在しております。

ただ、それもL O C Aの知見が増えるに従ってそれへの対応みたいなもので、1 Fの1号のときにはなかったけれども2号以降にはありましたみたいなものでもあるんですけども、シビアアクシデント、これは特徴としては燃料の被覆管が壊れるですとか、原子炉の底部が破れるといった、そのバウンダリーそのものが変化してしまうというところはちょっと、計算としては非常に難しいので、そういう意味ではその設計の妥当性を確認するための評価コードという位置づけではないんですけども、そういったものはそういう解析コードの種類になります。

こちらの方は、開発の経緯になっているのはやはりT M I - 2号機の事故で、こちらの事故を評価しようとした場合には、その当時あった設計の妥当性を確認するためのコードでは駄目で、しかもそういったコードは厳しい条件、厳しい条件、厳しい条件というのを組み合わせることによって、こんな厳しい条件でもその判断基準より内側に来るんだから大丈夫なんだよねという使い方をするんですが、シビアアクシデントになってきますと、そういう入力条件を使ってしまうと実際起こったことと全く違う評価をしてしまうので、そこから最適評価というベストエスティメイト・プラス・アンサーテンティというようなアプローチというのが生まれて、その観点から少し違うものとして開発が進んできております。

そういう意味では、P W Rの事故として起こったT M I - 2号機の事故を発端としてシビアアクシデント解析コードが作られてきて発展してきたという状況にあって、当初1 F事故が起こったときには、ほとんどのモデルがP W Rを前提としたようなものになっていて、1 Fの事故というものの再現性が悪いというところがありましたので、そういう観点からも、既に一部はやっているんですけども、B W Rの事故で得られた知見みたいなものは、そういったものに反映していかなければいけないだろうなというふうに考えているところでございます。

以上です。

(山内理事長) それでは私、I R I D、山内ですけれども、私の方からもう一つ補足いたしま

すと、原子炉の事故の評価の場合は普通、自動車みたいに本物を壊してどういうふうになるかという、そういう実験をすることができないんですよ。したがって、原子炉の場合は模擬的な実験を積み重ねることによって、先ほどの先人の知恵の格納庫的な解析モデルを作って、それをコードに組み込んでいます。

実際に事故を起こした例というのは世界でも非常に少なく、チェルノブイリみたいに反応度事故で一遍にぼんちと行ってしまふ例を除くと、冷却不全でこういうふうに炉心損傷したのは米国のTMIと福島だけなんですよ。

したがって、このメカニズムをちゃんと把握して、これを計算コードにモデルを入れることによって、その運転操作とか新しい原子炉の設計にこれを反映すること、これが正にその安全に役立つということで、先ほどもちょっと例にありましたように、減圧と減水のタイミングがずれると、ジルコニウム-水反応で一気に炉心が損傷するとか、それから、損傷した炉心が本当に今、再新型炉ではコアキャッチャーという設計があるんですけども、その設計が本当に最適な設計になっているかどうかというところを確認する上でも、ちゃんとこのメカニズムを反映して解析モデルを入れ込むということが世界的にも非常に重要な意味を持つということでございます。

(岡田委員) 非常によく分かりました。原子力発電というのは、やっぱり先ほど言われたように、実際の事故を起こして試してみましようということにはできないので、仮説とかいろんなものを使ってこういう解析コードを使ってという、安全を担保するというか、安全をいかに安全にするかということに、この1Fの事故というのは残念ながら起こっちゃいけない事故だったんですけども、それは非常にヒントになる、ヒントという軽い言い方も分からないですけども、すごい大事な事象なのでそれを解析コード、解析をしていく、このように溝上さんや皆さんの努力によって解析をしていくというのは大事なことだというのが非常によく分かりましたので、是非今後とも続けていただいて、そして次世代も育てていってほしいなと思います。ありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、青砥参与からも専門的な観点から御意見を頂ければと思います。よろしく申し上げます。

(青砥参与) 十数年にわたる多大な努力の成果を見せていただき、ありがとうございます。説明時間が全然足りなかったでしょうが、私の方からは、是非今後も含めた展開について、現状どう考えられていて、今後どうされたいかについて教えていただきたいと思います。

一つはこういうシナリオというか、活動の中で情報の共有についてどうお考えか、先ほど

直井委員の方からも話があった、様々な動きがある中で、様々なデータなり解析結果がいろいろなところに出されている。これまでも多大なデータが出ていると思いますが、そのデータを系統的にどう管理して、どう更新して信頼性の高いものにしていくか。一番信頼性の高いものをどう共有して、話の中にもありましたように、直接原子力とは関係ないアカデミアや業界の人たちの知恵を借りるとすると、その辺り非常に重要かと思います。

もう一つが、話の中には余りなかったのですが、将来的にこの解析をやってシナリオをはっきりさせていくとAM、いわゆるアクシデントマネジメントに対する提言というか、動き、そういったものもかなり有効な発信ができると考えます。話の中にあつた消防車による注水の開始がずれただけで実はアクシデントを拡大させてしまった、このような状態を見ますと、アクシデントマネジメントに対する反映といったものを今後の中でどうお考えか、教えて頂きたい。それが二つ目。

三つ目が、岡田委員からもありましたように、また、話の中で強調されましたように、いろいろな知見を反映させるべき解析コードについて、オリジナルのものを作りたいから言われたのかどうか分からないのですが、新たな知見を直接的に反映させることがなかなか難しいというお話がありました。それについて、コードについての今後の展開、今、状況的にどうお考えで、どうされたいかについて、忌憚のない話を是非していただければと思います。よろしくお願いします。

(溝上部長) 東京電力の溝上です。

まず1点目の情報共有の観点なんですけれども、情報共有というのは非常にやっぱり難しく、当社の検討だけでもいろいろとウェブ上で公表なんかしたりしておりますけれども、数年たつとリンクが切れてしまっているとか、そういうこともありますので、そういうことがないようにするためだけでも結構難しく、それに向けていろんな情報を格納できるようなサイトを別途作って、そこはJAEAさんとも共同して、そういったサイトを作っているというのは動きとしてはございます。

三つ目のお話とちょっと関係してしまうかもしれないんですけれども、解析コードというのは、その得られた知見を失われないようにするためということにも活用できる、正に表現としては先人の知恵の格納庫ですので、そういったことで解析コードというの也能使えるのかなというふうには考えているところでございます。

2点目のAMについてなんですけれども、情報共有、情報を格納するところと、拡散させるためにいろんなところに行って説明するみたいなのところの二つの観点があると思います

けれども、国内でも私もいろんな会議に参加して発表するですとか、大学の方に行って特別講義をするみたいなこともやっておりますし、国際会議で発表するですとか、OECD/NEAとか、日米の協力枠組みの中で専門家を集めたところで情報共有するみたいなところもやっております。

その中の一つで、米国と日米の協力枠組みでやっている会議体があるんですけども、こちらの方では米国側のBWROGですとか、PWROGという、その運転をしている、また、プラントの設計をしている人の代表者みたいなところも入っております、そういうところが1Fの知見を踏まえてAMですとか、運転員の教育素材というものも作ったりしているというふうに聞いてございます。AMの方も、その反映されたものは逆輸入されるみたいな形で日本にも入ってきておりますし、1Fの知見というのが活用されているというところになります。

例えば、今日のお話には出てこなかったんですけども、3号機の事故進展において、注水させる機器が、直流電源が生きているがために、その注水装置を守るために注水装置を止めてしまうということがありました。それは、正に2号機では問題にならなかった、原子炉の水位が上がってしまうとタービンを守るためにタービンを止めてしまう、というのがあったんですけども、1Fの知見で、大事なときにタービンを守るのが重要なのか原子炉を守るのが重要なのかという観点から言うと、そういう非常の場合にはタービンを守るためのロジックをバイパスして、それが動かないようにして運転する手順というのも定められておまして、実際に海外のプラントでちょっと危ないと言ったら何ですけども、そういったRCICを使って原子炉の水位をコントロールしなきゃいけないときに、そのタービンを守るためのロジックをバイパスして、それが働かないような形をして運転をしたというようなことに反映されている例があるというのも聞いてございます。つまり、そういう意味では1Fの知見が今の段階でもいろんなところで活用されているということは、例としては聞いてございます。

3点目の解析コードについてなんですけれども、ちょっと今、解析コードをこれからどうするかというところは必ずしも決まっているわけではないんですけども、1F事故前からの動きで、解析コードを開発しているところがプログラム自体を記載したソースコードというのと、インプットを与えてあげれば回る実行形式という二つがあるんですけども、その前者の方のソースコードについては公開しないというような動きがかなり出てきておまして、日本の人でも活用できる解析コード、実行形式はもらっているんですけども、

ソースコードはもらっていないので少し改造してみたりというところができないみたいな状況が実際にございますので、そういう意味ではちょっと試しにこのモデルをこういうふうにしてみたらどうだろうということができにくい状況になっています。完全にできないというわけではないんですけれども、できにくいという状況になっています。

それが解析コードをゼロから作り直してでも、我が国独自のものというのをやるものもモチベーションの一つであります。

一方で、解析コードを用いて1Fの事故の推定をするというものについては、事故直後においては全く原子炉の中に手が出せない状況でしたので、解析コードの結果を使って推定するという意味では非常に強力なツールだったわけですが、今はちょっとフェーズが違っておまして、解析コードで足りない部分というのを補ってくれるのが現場調査の結果というような逆の関係に、時代が流れてくるに従って状況は変わってきています。

そうすると、廃炉を進めるために現場の状況を推定するための研究として解析コードをやってください、解析コードを改良してくださいという話とはちょっと違ってきますので、その辺が今なかなかそういった動きにリソースの投入が難しい状況になっている一因ではございます。

ただ、そういう状況だからこそ、これをまた解析コードにフィードバックという課題が見えている状況でもありますので、そこのところがうまく回ればいいのかなというふうに個人的に思っているところです。

以上です。

(青砥参与) ありがとうございます。

(山内理事長) 一つだけ。IRID、山内ですけれども、補足説明で、先ほどの情報共有という観点、これまた非常に難しいんですけれども、それぞれ皆さん立場があって、アカデミアの研究者だったり、廃炉のプレイヤーだったり、育成者だったり、ゼネコンさん、メーカーさんの設計者だったりという、例えばによっていろいろ情報、同じ情報でも入ってくる中身は違ってくるんですけれども、先ほど言った学会の1F事故探求分科会には廃炉のプレイヤーやアカデミアだけじゃなくて育成者も入っていますし、それからメーカーさん、ゼネコンさんの代表者も入っていますので、この場を中心に情報共有もしていきたいなというふうに思っています。

それで、一つの例なんですけれども、例えば、今JAEAさんの中で福島廃炉のデブリに関する情報をウィキペディア方式でデータベース化して関係者に共有している動きがあり

ましたので、こういった形で、似たような形でそういう情報共有なんかも図れたらいいかなというふうに思っている次第でございます。

私からは以上です。

(青砥参与) ありがとうございます。私の方からの質問の趣意を酌んで話していただいたのですが、3つの観点、情報共有と情報更新の信頼性を確保するやり方、アクシデントマネジメントに反映するやり方、そして解析コードの取扱い、いずれも今、おっしゃったように人的資源についても、お金的にも時間的にも多大なものが要る。それは非常によく理解した上で、できるだけ効率的に進めていただけるように、確かにリソースは不足しがちかもしれませんが、効率的な運用というか、是非工夫していただくとともに、我々としても事あるごとにいろいろなところで応援の発信をしていきたいと思いました。

ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、上坂から質問させていただきます。

まず、16ポツのページで、いろいろ1、2、3号機の中の画像と、それから5号機のCRDハウジングの写真があるページがあります。テレビの画像とか新聞やネットの画像を断片的に見てしまうとサイズ感が分からないと。どのくらいの大きさのところにこれがあるのかというのが分からなくて。一方、この5号機のCRDハウジング。実は私は3年半前、東大にいたときに、見学と打合せで行ったときに、この5号機の、この正にペDESTALの下を見学させていただいたのですよ。この下に行ったのです。それで、周辺空間を見たのですね。そうすると、大体直径が5m程度の円筒の中にあるなというのですね。したがって、この1号機、2号機、3号機の機器、それがあるいは落下した機器、それから燃料デブリがあります。それは5m程度の直径の真下に堆積しているのだなと、そういうことが実感で分かりました。サイズ感が非常に分かったというものがあります。これはなかなか行ってみないと分からないですね。

それで、そういうことは例えば前のページの15ポツ辺りを見ますと、確かにその直径5mぐらいの下にあると、燃料デブリがあるなと思うのです。なかなかこれは行ってみないと分からない面があるということでありました。私はそれを見て、その空間に閉じ込められているんだと、そういう印象を持ちました。

それで、もう既に多く質疑がありました解析コードですけれども、そういうことで現状ではまだソースコードとしては持っていないという状況ですかね。1Fのこの事故解析用のソースコードとしては今はないという状況ですかね。

(溝上部長) 東京電力の溝上です。

1 F 事故後、解析コードを改良するという動きがエネ庁さんの補助事業として実施されてございます。一つは、MAAP (マップ) という米国の電力中央研究所が所有しているコードを改良するというので進めたんですけれども、そちらについては、日本から米国のその開発会社に仕事に行くことによってソースコードの改良というのは実施されたんですけれども、我々として入手できるものはやはり実行形式という形になってございます。

もう一つは、過去に開発された、90年代頃に開発されたSAMPSON (サンブソン) というコードがございまして、そちらについてはソースコードを触りながら改良することはできたんですけれども、それも一つの今後やっていく上での候補の一つではあるんですが、若干設計思想に癖があるコードなので、それで必ずやらなければいけないということではないかなというふうに思っていますが、いずれにしてもソースコードを持っているか持っていないかという意味ではものすごくやり方が変わってきますので、効率的なという意味ではソースコードを持っているところは強いなというのとはございます。

以上です。

(上坂委員長) 何とかゼロからは無理かもしれませんが、アメリカの場合、TMIの実績、解析の実績があります。アメリカといい関係で協力的にソースコードと一緒に開発するというような考え方に持ち込めるといいというふうに思いましたですね。

それから、16ページのまた16ポツの図を見ると、全てがいっぱい堆積されている。全てがどろどろと固まっているようにみえますが、デブリというだけではなくて、原型をとどめているCRDというのも多々ある。その他の原型をとどめている機器もあるとすると、全てが溶け合っているわけではないと。溶け合ったデブリは今後、試験取り出しが始まりますけれども、それがだんだんと進んで多くの量をこの分から取り出してくると。そうすると、そこで成分分析が行われて、正にこの、今度15ポツの図の下のところですね。この色は付いていますが、茶色の色が付いている。こういうところにどういう分布した成分のものがあるかというのがだんだん分かってくるわけですね。

そうすると、今度はこの測定結果から現象を推定する。今日もお話があった逆問題も並行してやる必要がある。逆問題と言えば学習効果が必要ということで、AIが今有力になっています。これは今後の話なんですけれども、以下はどうでしょうか。今後そのデブリの分析、あるいはロボットの観測によって、だんだんと3Dの画像ができてくる。まだ全体構造が分からないですね。17ポツの右下ですか、こういう3Dの構造がある。また構造

が分からないこの白っぽいところもある。こういうところのデブリの成分は何だというと、A Iを使って推定。何が起きたかは、逆問題のコードと順問題のコードと組み合わせて。非常に大規模計算ですけれども、今後はそういうシナリオ解析が可能になっていきます。そういう展望はいかがです。

(溝上部長) 東京電力の溝上です。

私もちょっと年齢的に上なので、なかなかA I技術についてはそこまで深く……

(上坂委員長) 全て溝上さんやるといいのになと。

(溝上部長) 全て。いや、全てやっているわけじゃなくて、その辺の情報がそれほど詳しくないところではあるんですけども、やはりおっしゃったとおり、A Iの技術を使うことによって大規模で負荷の高い計算というのを置き換えることができるということは非常にメリットがありそうだなというふうには考えておりました、私の聞いているところでも、例えばその事故進展とか出てくる話というのは、ウランとほかのものいろんなものが混ざった混合物で、しかも2,000度とか、そんな人の感覚とは大分離れたところの状況をやるので、物性値なんかは十分そろっていないみたいなどころもあります。

そういったところでA Iを使って足りないところのデータを埋めてあげようみたいな研究がなされているというのも聞いてしますし、あとは、必ずしも1Fの話ではないですけども、解析コードについても、これまでは一つのシナリオについて一つ解きますという話だったんですけども、安全性向上という観点では、いろんなパラメータが少しずつ変化する、いろんな分岐が発生するみたいなことをやると、ものすごい大規模で大量の解析をしなきゃいけないというところがありますので、そういったところもA Iで埋めていく可能性ということはあるかなというふうに考えております。

あとは、分析結果ですね。分析結果、今試算値としては880トンのデブリがありますというふうに公称されているわけですけども、それを取ってくると、取ってきたもの全てを分析するというと回らないので、特徴を踏まえて、それがどういったものに近いのかということはある程度判断できるような枠組みというのも将来的には必要かなと思っておりました、その辺のところをA Iでやるかどうかは別として、やはりそれこそベイズですとか、A Iとも関連をしますけれども、そういったところをテクノロジーを使って、全部やったら無理だけれども、ある程度のことを押さえて十分な管理ができているというような管理システムというのは必要になってくるんじゃないかなというふうに認識しております。そういう意味では、若い人が新しいテクノロジーを使って活躍できる場というのは、

特に廃炉のところでは非常に大きいのかなというふうに考えています。

以上です。

(上坂委員長) それから、18ポツのところ、1号機、2号機、3号機がありまして。現在、2号機の試験取り出しが準備中ですが、それは横方向からの取り出しと伺っております。1、3号は上から取り出す方法、場合によっては安全のために何か充填剤や固化剤を入れてやるというように伺っています。もう一度、この2、1、3号の取り出し工法の大体の検討状況を教えていただけないかと。なぜかという、それによって取り出されるデブリの大きさ、形が変わる。それによって分析手法もまた変わると思います。現状の範囲で2、1、3号の取り出し工法を教えていただければと思います。

(溝上部長) 東京電力の溝上です。

すみません、私、燃料デブリ取り出しプログラムの部ではあるんですけども、どちらかというと、そちらの方は余り携わっていないところもありますので十分な情報じゃないかもしれないんですけども、2号機については横から少し取り出せるものからある程度取り出せるものに変えて、ステップ・バイ・ステップで進めていくということを考えております。

3号機につきましては、2号機の実績を基にどうするかというところを検討するというところで、今の段階でも100%固まっているというわけではないという認識です。

これを先ほども岡田先生がおっしゃったように、解析コードがあれば全て分かるんだというような世界観ではないんだというところで、やっぱりある程度進めてみないと分からないことがあるというところで、少しずつ知見が深まっていくことによって、場合によっては大きく変えていくという可能性も残っていますので、もちろん3号機については、先日の取り出し工法の小委員会にも評価結果があったみたいですが、充填剤と気中工法を組み合わせでみたいな話はあるんですけども、100%今の時点では決まってないというところなのかなというふうに認識しております。

以上です。

山内さんから。

(山内理事長) じゃ、ちょっと補足いたします。

最初の試験的デブリ取り出しは2号機のX-6ペネというこれぐらいの大きさ、そこからスタートしていくんですけども、その試験的取り出しが終わった後、これは数グラムなんですけど、その後、少しやっぱり取り出し規模を拡大していこうと。ただ、2号機につい

でも横取り出しをやろうとしても、その50～60cmの大きさからデブリを全部取り出すのは絶対不可能なので、横取り出しをやるにしてもそのペネトレーションではなくて、もっと大きく横穴を空けてやっていかなきゃいけないと、そういう横取り出しのもっと本格的にやるような検討もIRIDでしていますし、最終的にはやっぱり上から取り出していかないと完全に取り出すことはできないだろうというような検討をしています。

それで、次の大規模取り出しについては今、溝上さんが説明したように、3号機を対象としているいろんな工法の検討をしているんですけども、まだ3号機についても炉内状況がはっきり分かっているわけではないので、取りあえずこういう方向性だけをその小委員会で工法を決定、工法を取りあえずこういうふうに検討していきましょと決めただけで、まだ決まっていない。1号については本当、損傷度合いが非常に高いので、今後どうやっていくかというのは、またいろんな知見を基に検討していくことになるかと思います。

以上です。

(上坂委員長) 私からの質問は以上で、あとはコメントなんですけど、ここまでの報告、説明を総合しまして、その事故解析は1Fの炉のことを一番知っていらっしゃる東電の方を軸として、そして企業、JAEA、大学の成果を統合させて、そして最先端の知見を活用して実施していくのがベストかなと感じました。

その際、中心的役割を担う東電におかれましては、溝上さんのように多くの知見と経験をお持ちの方が中心になって、体制を強化して、万全の体制でチームを作っていただきたいと本当に強く思いました。原子力委員会も様々な形で応援させていただきたいと存じます。

私からは以上でございます。

委員の方から追加質問等ございますでしょうか。

じゃ、御説明どうもありがとうございました。

それでは、議題1は以上であります。

次に、議題2について事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 事務局でございます。

今後の会議予定について御案内いたします。

次回の定例会議につきましては、4月16日火曜日14時から、場所はここ、中央合同庁舎8号館6階623会議室で開催いたします。

議題については調整中であり、原子力委員会のホームページなどによりお知らせいたします。

以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

その他、委員から何か御発言ございますでしょうか。

御発言ないようですので、これで本日の委員会を終了いたします。

お疲れさまでした。ありがとうございます。

—了—