

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会

第15回会合

議事録

日時：令和2年11月12日（木）14：30～18：14

場所：原子力規制委員会 13階会議室A

出席者

担当委員

更田 豊志 原子力規制委員会委員長

原子力規制庁

櫻田 道夫 原子力規制技監

金子 修一 長官官房審議官

安井 正也 原子力規制特別国際交渉官

平野 雅司 技術基盤課 技術参与

杉野 英治 地震・津波研究部門 首席技術研究調査官

呉 長江 地震・津波研究部門 統括技術研究調査官

儘田 豊 地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

竹内 淳 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室長

岩永 宏平 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 企画調査官

星 陽崇 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 主任技術研究調査官

木原 昌二 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 室長補佐

川崎 憲二 実用炉審査部門 安全管理調査官

名倉 繁樹 地震・津波審査部門 安全管理調査官

江崎 順一 地震・津波審査部門 企画調査官

上ノ内 久光 原子力安全人材育成センター 原子炉技術研修課 教官

羽賀 英希 広報室 専門職

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門

丸山 結 安全研究センター 副センター長

与能本 泰介 安全研究センター 副センター長  
杉山 智之 安全研究センター 原子炉安全研究ディビジョン長  
飯田 芳久 福島第一原子力発電所事故分析グループ グループリーダー  
島田 亜佐子 福島第一原子力発電所事故分析グループ 研究主幹  
垣内 一雄 福島第一原子力発電所事故分析グループ 研究副主幹

#### 外部専門家

前川 治 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 技監  
二ノ方 壽 東京工業大学 名誉教授  
門脇 敏 長岡技術科学大学 教授  
市野 宏嘉 防衛大学校 准教授

#### 原子力損害賠償・廃炉等支援機構

若林 宏治 技監  
中野 純一 審議役

#### 原子力エネルギー協議会

宮田 浩一 部長

#### 東京電力ホールディングス株式会社

福田 俊彦 執行役員 福島第一廃炉推進カンパニー バイスプレジデント  
石川 真澄 福島第一廃炉推進カンパニー 廃炉技術担当  
溝上 伸也 福島第一廃炉推進カンパニー 福島第一原子力発電所  
燃料デブリ取り出しプログラム部 部長  
山本 正之 原子力設備管理部長  
上村 孝史 原子力設備管理部 原子炉安全技術グループ グループマネージャー  
末永 和也 福島第一廃炉推進カンパニー プール燃料取り出しプログラム部  
1号カバー設置プロジェクトグループ 課長

#### 議事

○金子審議官 それでは、定刻になりましたので、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会、第15回の会合を開始させていただきます。

進行は、原子力規制庁の金子が務めさせていただきます。今日も、よろしくお願いいたします。

こちらの規制庁の会議室以外にも、テレビ会議で各先生方、有識者の方等、御参加をいただいております。円滑な進行に御協力をお願いいたします。今日も議題が盛りだくさんなので、効率的に進めていければと思っておりますので、よろしく申し上げます。

議事次第を御覧いただきまして、議題が全部で四つ、1番目に福島第一原子力発電所3号機の水素爆発、これは映像を用いた分析、あるいは内部の観察、それから地震計で記録された波形のほうからの分析と、大きく三つのパートから今日は成っております。

それから、これまでも議論してまいりました議題の二つ目、3号機の原子炉格納容器内の圧力挙動についての、大体、振り返りも含めたまとめができればということで、二つ目の議題にさせていただきます。

それから、2号機のシールドプラグの汚染状況について。以前、大分、多くの放射性物質が、そこに存在しているということを分析結果でお示ししておりましたが、また別の角度から見たときにも、どのように見えるかということを中心に今日は議論をしていきたいと思っております。

あと、その他で追加があればというような形でございます。1番目の議題が終わったところあたりで、1回、休憩を挟めればというふうに計画をしておりますので、そのような心積もりでいただければと思います。

それでは、早速、議題の1、3号機の水素爆発について、入りたいと思います。

資料の2-1を御覧ください。全体のページで申し上げますと、3ページ目からということになります。

最初に少し申し上げておきますけれども、今日、建屋の水素爆発発生時の映像を見ていただいたり、あるいは資料の中に画像が入っておりますけれども、この会合で用いております爆発時の映像の動画や、その部分である静止画につきましては、以前から申し上げているように、株式会社福島中央テレビ、それから日本テレビ放送網株式会社から原子力規制委員会が共有をさせていただいて、事故の分析の用に供しているというものでございますので、私どもも福島中央テレビと日本テレビが有する正当な権利を侵害することのないよう細心の注意を払いながら使わせていただいております。

資料の28ページにも注意事項ということで書かせていただきましたけれども、メディアの方を含めまして、本資料に掲載の静止画などを引用されるような場合には、福島中央テレビ、日本テレビの両者のクレジットを必ず記載をいただき、また、原子力規制委員会が作成した資料からの引用であることも明らかにした上でお使いいただければと思いま

すので、ぜひ、御留意をお願いいたします。

それでは、最初に、今日、御覧いただく映像、あるいは画像の分析をしたものの概略を、ちょっと技術的な中身も含めて、規制庁の羽賀のほうから説明をさせていただきます。

○羽賀専門職 原子力規制庁、広報室の羽賀です。

映像の処理について、概要を説明させていただきます。

まず、映像の基本的な情報のおさらいですけれども、この映像は福島県楡葉町に常設されていた福島中央テレビのカメラによって撮影されたものです。カメラ位置は、福島第一原発まで、およそ17kmの位置です。こちらは、マイクはついておりませんので、音声は記録されておられません。

全体資料で5ページ目になりますけれども、映像の鮮明化等についてのページですが、このページの資料の右側ですね、これが、白っぽくなっているものが福島中央テレビのカメラで撮影された映像、元の映像となります。左側のものが、日本テレビのほうで超解像処理という処理をしたものになっています。本来、もともとは、もっと広い画角の映像でしたが、今回、分析に使用するに当たっては、対象となる建屋の周辺にズームしたものを資料に掲載しております。

そもそも、こうした映像の話で基本的なことですけれども、人間の目では判別できないほど細かい点、ドットの無数の集合によって描かれているものです。超解像処理と、さっき申し上げたことは、ドットのメッシュを、より細かくする処理というものを行うことで、細部が、より詳細に描画できるようになる処理のことです。これを行っています。さらに、撮ったままの映像はカメラの揺れの影響を受けておまして、僅かにぶれが生じていますので、その揺れの補正というものも行っていきます。

さらに、コントラストとか色の調整というものも行っていきます。元の画像、映像では全体が白っぽくなっておりますけれども、コントラストを広げることで明暗が、よりはっきりして、結果的に色も見えやすくなったと、そういう調整をしております。色味の調整についてですけれども、映像的な見やすさとか鮮やかさといった見栄え感覚での調整とならないよう、基準を定めて調整をしております。こちらの基準は、東京電力ホームページに掲載されておりました事故直後、3月14日に撮影されたものとされる4号機建屋の画像を参考にしまして、4号機建屋外壁の色、これを基準として再現する方向で色の調整をしております。

さらに、次ですけれども、時間的な分解能の向上という観点から、いわゆる60フレーム

化というものをしているんですけれども、基本的なことで、映像というのは複数の画像が連続して表示されることで動いて見えるものになっています。福島中央テレビが撮影したもともとの映像というものは、1秒間に30枚分の画像から成る映像ということができました。時間的な分解能でいうと、1枚の絵で、このとき1枚の絵で見ることができるのは30分の1秒の世界ということになります。今回、これを、さらに処理して1秒間に60枚分、つまり60分の1の世界を見ることができると、そういう処理をしています。

この処理について、さらに御説明しますと、資料のほうで左下に赤と青のしましまが書いてあるんですけれども、実は、もともとの30分の1秒の画像というものが、そもそも互い違いのしま模様のように描画された二つの画像が合わさって、それで1枚の画像として生成されているものでした。ですので、画像が合わさる前の2枚の状態に分けて、1枚ずつ、それぞれのしま模様の抜けている部分、これを補完して、それぞれが1枚の画像として成立するように処理をしたものです。これで秒間30枚だったものが60枚になったと、こういう処理になっております。

このしま模様の補完の処理についても、抜けている部分をやみくもに絵を描くような処理をしているわけではなくて、補うべき情報というものを、しまの上下の部分であるとか、あるいは時間的な前後、60分の1秒単位の時間的な前後の画像を複数参照するなどして、補完すべき情報を予測する技術というのが用いられています。これらの技術は、実は御家庭にあるテレビなどでも使われているものですが、日々、研究、進歩しているもので、今回は日本テレビ及び福島中央テレビの御協力によって、最新の技術で、より高精度な処理を行うことができた、ということになっております。

映像の処理に関する御説明は以上です。

○金子審議官 羽賀さん、ありがとうございました。

見ていただくと一目瞭然ですけれども、一番大きな点は、やはり、はっきり、くっきり見えるようになっているということで、皆さん、感覚的にも捉えやすくなる。ただ、それは、目で見てきれいということではなくて、一定の基準を設けて処理をしたということ。それから、従来のもよりも時間分解能を上げて、倍のコマ数で変化を追っていけるようになっているという点が一番大きな違いかと思っておりますので、ここからは中身を見ながら、どのようなことが観察できるのか、あるいは、これまでの仮説、推論というものを補強するようなものになっているかという点について、御説明をしたいと思います。

安井さんのほうから、お願いいたします。

○安井交渉官 規制庁の安井です。

それでは、前々回、9月の3日にやったときは、もともとオリジナルの例のビデオをもとに御説明をいたしておりました、それで、今回は、今度新しく得られたものをもとに、そのときの理解が正しかっただろうかと、あるいは、きれいな絵になったことで、前、分からなかったことが判明したことがあるかという、この2点を中心に御説明をしたいと思います。

お手元、紙の資料で言えば、11ページの左側に、前回、私が申し上げたことがまとめて書いてあって、右側が一応、今から順次御説明をすると、こういうものであります。

それでは、まず、ちょっと全体を見ていただこうと思ひまして。じゃあ、木原さん、3号機を、今、最初から1回、スルーでやっていただけますですか。

これ、今のは1号機ですね。で、3号機。これ、1号機でしょう、これ。次、3号機。それで、前回の私どもの考えの主たる部分は何だったかという、1号は1回の爆発現象で生じた、ある意味、シンプルといいますかね、単層の現象だったのが、3号機は、見た目の爆発の規模とか噴煙が上がる高さも大きいけれども、よく見たら二つないしは三つの事象が、一連だけ別々のというのかな、別の事象が続いた現象だったんじゃないかと、こういうことだったわけで、それについての検証をしたいと思ひます。

それじゃあ、木原君、コマ送りをしたいと思ひますので、皆さん、専門の皆さん、見えるところへ移動していただいて。じゃあ、まず、3号機、少しずつ。まだ、これは今、マイナス2秒ですよ。もうちょっと元へ戻ってください。

今、この瞬間まで、これでいうと00のところでは、3号機は全く、すっきり普通と同じように建っております。それで、この白い面が南の面、それで、ちょっと色が下がっているところが西の面、そして、こっち側のへりが北西角、こちらのところが南東角と、こういう、まず位置関係です。それで、大体、ここに映っているものは何かというと、この辺より上が5階、オペフロです。それで、4階は一番下まで、それでもかすかに3階が見えているかなというぐらいの、まず高さの位置関係です。

それじゃあ、まず、1コマ、進めてください。非常に微妙ですけども、ここの壁がへこんでいきます、今から。もっと大きくできますか。ちょっと、これ、4倍にしたほうが分かると思うんで4倍にしましたけれども、0のところは、ここで、こう、真っすぐ建っているわけですね。それで、1個、進めてください。少しこちら側に寄り始めて、これ、多分、黒く映っているのは、何か、やっぱり事態の変化が生じたことを反映しているらしい

んですけど、ある意味、下に下がってきていると。それから、この後、今まで非常に不明だったのは、ここの端っこは、ほとんど分かっていなかったんですけど、これから次第にこれがこちら側に進行していくことになります。

じゃあ、もう1ページ、お願いします。これが、その次です。これは、今まで最初に上に炎が見えておりましたけれども、それから見ると60分の1のコマ数にして2コマ、時間が早い時間になります。そこで見ると、まず、建屋としては、もう明確に西のほう、北西のほうに傾いていると。

これ、少しここがこっちへ出っ張っているんじゃないかという説もありまして、いろいろ調べました。でも、よく考えると、まず、私ども、これ3号機3階までは自分たちで歩いて上がっておりまして、この辺、別に壊れていなかったのが1点と、その後、政府事故調の資料がございまして破損状態の写真があります。その写真でも、5階までは南東側、壊れているんですけど、4階は、壁は表面がそげている部分がありますが、ここの柱なんか折れている兆候は見られていませんので、多分、これは、むしろ、こっちはこっちのほうにへこんだんだろうとは思われると。

それから、こちらの端ですけど、1ページ、元へ戻ってください。1ページ戻ったところから、1、2と送ってもらえますか。明らかに次第にこっち側に倒れていますので、これは、構造物は、この辺は別にあまり偏光がないので壊れていないですけども、前回は4階かなと言っていましたけど、4階なのか4階と5階の間の階段部なのか、そこは、この距離ですから、これ以上はつきりしませんが、何かやっぱりこっち向けに相当、力が加わることが起こったんだろうと。かつ、それが、トップの部分が花開く形ではなくて真ん中が出る形になっていますんで、構造的にはトップではない4階の空間か4階と5階の間か、5階の下だけ力が加わるとは考えにくいんですが、部分的には、そういう部分じゃないかなと。

それから、もう一つは、こちら側ですけど、1コマ戻ってください。これが先ほど申し上げた60分の2コマ手前の時点で、既に、ここに赤い色が出ております。それから、何か、この辺に、こう、いろいろ白いのが出てきていたりして、こちら側に力が加わったことは間違いないけれども、どうやら破損は、前回、今まではつきりしませんでしたけれども、東南、これが角なのか、東の壁の端っこのなのは分からないです、分からないですけども、こちら辺にやっぱり噴出物が出ていることは記録されているんじゃないかと。

それから、この辺も白いものが出始めまして、内部ガスが、この時点では、後でお見せしますけれども、衛星写真を見ると、トップヘッドフランジから水蒸気がかなりリアクタ

ービルディング、オペフロに出ていますので、裂け目が出れば、当然、水素ガスも出ますけれども水蒸気も出ますので、こういう白いガスが出始めてもおかしくないと思っ  
て、今回は、これを押さえたことで、ここが裂けたと言っていましたけど、ここだけ  
じゃなくて、この辺もやっぱりちょっと壊れたんじゃないかというのが2点目です。

次、お願いします。

○更田委員長 それは、オペフロよりちょっと上ね。

○安井交渉官 これは、オペフロのラインは、大体、この辺ですね。だから、オペフロ壁の、あそこに何段かパネル上のあれがありますが、あれの上から二つとか、そのぐらいの感じじゃないかと思えます。これが炎が出始めたところで、従来の画像の、これ、まだ、今、60分の1秒前ですから、あまり、別にそれが本質的にどれだけ違うかは別として、多分、下から火が燃え移ったかどうかね、細かいことを幾ら、今、議論しても仕方がないんですけれど、ここから燃え始め、かつ、この後、この壁が崩れていきます。

既に、これ、高さが、この辺が西側壁頂部なんですけど、南側壁頂部は、見える壁はこの辺まで来ていますんで、南側の壁は、何かよく分からないけれども、崩落が開始したと思うしかないんじゃないかとは思えます。ただ、これ以上のことは、ちょっと分かりません。

それで、また1歩、進めてください。さらに火炎が大きくなって、先ほどよりも、さらにこれが進み、この辺も、どうなっているのかはよく分からないけれども、崩れが進んでいっている。

それで、西側の壁は、先ほど申し上げたように、でも、本体の上にとんと上がっていったのは、大体、この辺から出ているはずなんです。後で確認しますが、この辺から出ます。出るんですけれども、ちょっと、これ、色がもう暗くて完全ではありませんが、この辺がそんなに、何というんですかね、崩壊して中からガスが噴出しているとか炎が見えるという状態ではないのですよね、ということと、それから、上に上がる部分は、まだ、この時点では、厳密なことは分かりませんが、例えばクラックが入ったとか、そんなことまでは分かりませんが、上昇のための変形は、まだ明確には開始されていないとは言えると思えます。

もう1ページ、お願いします。これが、例の30分の0秒ですか。4だから、それでいいんだな。ね。これが今までの30分の0秒と言っていたところの0です。炎は、もうどんどん出ていますし。やはり、こちらの東部にも、多分、こちら辺が崩落しているせいだと思いま

すけれども、噴出物がこちら側に出ている、そういう意味では、今まで東南角が破損したんじゃないかと先ほどから申し上げておりましたけれども、決して幻ではなさそうだなという事です。

また、もう1枚、お願いします。前進してください。もっと大きくなって、もっとひどくなって行って、まあ、そういうことですね。

さて、この辺になってくると、だんだん、天井部がだんだん膨らんでいきます。もう1枚、お願いします。もう1個、お願いします。ここは、もうね、このフレームは、ほぼ確実なんです。こういうふうになっていまして、もう1枚、送れますか、どんどん丸く高くなっていくんです。スタートポイントがどこかというのを見るために、ちょっとずつ戻ります。これが、60分のプラス2秒です。もう1枚戻ってもらって、ここで。ここからがスタートか、±1コマは、もう厳密な議論は無理ですけれども、明らかに、やはり火災より後に上昇が始まったと思われる。これは、前回、ちょっとぼんやりした図の中で言っておりましたけれども、やはり、そう取らざるを得ないのではないかと。

それで、ちょっと分かりにくいんですけど、ここに、今、明るい部分が出てきました。それで、進めてください。これ、だんだん、もう1コマ、ちょっと変化していまして、最初は、この光がスタックの支えに、支持体に反射しているのかなと思ったんですけども、ちょっと形状も合わないし位置的にも続いているので、多分、中が盛り上がるのと同様にして、それが盛り上がりの中から見えているのか、その手前で火を噴いているのか分かりませんが、これは。これ以上は、当時の、あのとき、これしか撮れなかった限界だと思いますが、ちょっと、ここに。したがって、これだけが特殊状態じゃないよということだと思います。

それで、前へ進めてください。もう1枚。先ほど、こっちが崩れたと言っていましたけれども、これで、だから、今、9ですから、一番最初に変形したところから60分の9秒後ですね、ここに到達し始めます。前進させてください。どんどん。いろいろありますけど、2号機に壊れた、それが粉じんなのか何か分からないですけど、到達しておりますので、これは、こっち側からこっちに到達したのは、もう、これは間違いないだろうと。

それから、次は、これこうやってこう来たんですけど、ちょっとこうやつよりも後で流しでもう一度見ますけれども、こういうのがだんだん上がっていく途中で、むしろ真ん中部分から、もっと総体的に速度が速いと取るべきか、あるいは、ある程度、これが爆発現象なのか昇圧現象かによって押し出されたものが、普通は空気抵抗を受けますんで、それ

で減速したところで中から上がってきてと取るのがいいのかは厳密には分からないんですが、よく出てくる丸いものが、ここから突き抜けて、もう1段、出てくるという順番になっていると思われま

す。というのを、今から。進めてもらえますか。こうやって、ここまで、こう来ているんですが、大体、この辺から炎がこっちへ吸収されて、そして第2段階の上昇に入るというふうに思われると。だから、前回、こういう塊が上に上がっていくのは、やはり中にあった可燃性ガスが残っていて、それが燃焼することによって生じる上昇気流、それによって上に上がっていくと考えると申し上げておりましたけど、そのときに、言ってみれば一種の負圧が生じるんで、それで、炎は、もちろん粉じんにもカバーされているんで完全じゃないですけど、見た感じはカバーされるよりは同時に吸い込まれた感じに今回の画像では見えるということです。

ちょっと、もう一回、戻してもらえますか。もう一回、やりますんで。これだけ燃えていたわけですね。それで、進めてください。こうやって進みながら、ちょうど球体ですね、噴煙の球体が上に上がり始めると、中へ、むしろ小さくなって吸い込まれていくというので、ここが多分、破口からガスが何か出て見えていたのなら、もう残存の可燃性ガスが上に上がっていけば連れていかれるのは自然な現象なので、そういうふうに理解するのがいいんじゃないかということです。

じゃあ、ちょっと引きの絵にして流しを見せてもらえますか。今のが、小さくなると見えやすいんで。あれ、どこへ行った。じゃあ、前へ進めてください。流してください。さっきまでは大体あれだったんで、この後、ずっと上がった後に、今までも観測されておりましたけれども、大きな破片が真っすぐ上に上がって落ちてきています。通常の爆発であれば、もうちょっと四方八方に飛ばなきゃいけないんじゃないかとは思われるんですけども、本当に真っすぐ上がっていています。それで、従来、これが爆轟現象の衝撃波で方向性を持ってと言われてきましたけれども、やっぱり、ちょっと説明が難しいかなと思ってまして。ただ、可燃性ガスの上昇気流だけで、これが全部、上に引き上げられるかということころは、ちょっと、これから、まだ研究が要るとは思っています。

それから、もう一つは、今回、炎がはっきり見えるようになったものですから、1号機との比較をトライしてみました。1号、ちょっと大きくなりますか。できない。じゃあ、コマ送りしてもらえますか。今、ここで最初の爆発があつて、2コマ目で周りがあつて、三つ目でここまで広がって、四つ目になると、もう消えてしまっていると。その後は、し

ばらくすると、前回も申し上げておりましたように、凝縮波が上に向かって真っすぐ上昇をしていくということになります。

それで、さっき、これで見えていた炎の色を見ると、2コマ目かな、前へ進めて、もう一つ、この色は、ちょっと厳密に色をどこまで適用できるかという議論はあるんですけども、多分、大分正確にやってもらったという話を、さっき羽賀さんから聞いていますので、そうすると、全くイコールとは言えないかもしれないけれど、かなり近い色合いをしています。それで、この色は、やっぱり、いろいろ調べたんですけども、ピュア水素ガスなら色は出ない。それから、一酸化炭素だと、もっと白い色にならなきゃいけないと。いろいろ調べたら、やっぱりこれは炭化水素だという専門家の方が多いです。

炭化水素とは何なのかというと、これはいろいろあって、メタンからあって何でもいいらしいんですけども。大体、この色が先ほどの3号機の色と大体似ているところを見ると、トップヘッドフランジから出た量は違うけれども、組成的には、そんなに違わなかったんじゃないかと。つまり、酸素に、今まではせいぜい一酸化炭素かなと思われていたんですけども、やっぱり、どちらも、ある程度よりは、3号機は相当明るく燃えていましたから、3号機は多めの炭化水素と一緒に出ないと、ああいうカラーにはならないんじゃないかというところが、これまた一つ、追加の情報であります。

以上が大体、今回の画像から判明したことだと思っているんですけども、したがって、前回、申し上げていたことが大きく変わることはないんですが、少し改善したほうがいいかなと思っていました。

前は、3号機、3号機にもう一回戻ってもらって。3号機、ちょっと資料を見ますね。3号機、まず、一番最初は、原子炉建屋で北西部に大きな損傷を与える第1段階の水素爆発があったと、こういう表現をしておりましたけれども、先ほどから申し上げていますように、北西部も壊れていますけど南東部も壊れているので、一応、第1段階で、こちら側の北西部に変形を加える力を与える水素爆発が生じて、「これにより」としか思えないので、「これにより」と一応、考えましたが、これによりリアクタービルディングの北西部が膨張し、また、かつ南東部の角が破損して火災が発生したというふうにしたいと思います。

1コマ進めて、さらに、それに次いで南東部から可燃物質が出始め、また、この上部に火災が生じたと。これが、その火災ですね。

それから、一番最初の爆発を一応、前駆爆発と呼ばせていただくと、前駆爆発からしばらくして、ここの原子炉建屋の中央部が上昇するわけですけども、この炎が安定をして

いますんで、ものすごい圧力サージをもたらす爆発現象というよりは、可燃ガスの燃焼のような形で全体が膨れるというのが起こったと考えざるを得ないんじゃないかというのが3番目。

最後に、この上昇が1段階じゃなくて、先ほど、途中でもう1段階、出てきていましたから、2段階目の上昇になっていて、それは基本的には残った、この中に燃え残っていた水素のみならず、他の可燃性ガスの燃焼によって上に向かって上昇をしていったと、こういうふうに捉えるのがいいのではないかと。

そういう意味では、多段階事象仮説というのを前回、言わせていただきましたけれども、それが崩れるよりは、むしろ、そんなに間違えていなかったのかなという結果が今回の超解像処理をした画像になって明確になったと、こういうことではないかと思えます。

以上です。

○金子審議官 安井さん、ありがとうございました。

○安井交渉官 一つだけ。ここに立っちゃっているんで、ついでで説明しちゃいます。

衛生の写真を、ちょっと出してもらって。水素爆発した後、これ、ちょっと軌道上の補正の関係で何かおかしくて、真っすぐがふにゃふにゃ曲がっていますけど、別に曲がっているんじゃないんです、煙突がですね。これは、11時4分に上空から撮ったものです。水素爆発は11時2分と言われているので、2分後。ここに、これが3号機なんですけど、白い白煙が明確に立っていますので、これは、もう水蒸気です。したがって、これ、この瞬間に始まったとはとても思えないので、ずっと前から多分、出ていたんだろうと。したがって、原子炉建屋の中は、もちろん、もともとあった空気の残存物である酸素と窒素もありますけれども、酸素と窒素に加えて水素と、それから水蒸気が、特に、水蒸気がかなりあったんじゃないかと思われま。それで、これに、あとは炭化水素、それから当然のことながら二酸化炭素、そういったものは不純物として入るわけです。こういうふうに思います。

すみません、以上です。

○金子審議官 ありがとうございました。

それでは、皆さんから、今、御説明をさせていただいた画像、そもそも、この画像の処理のところ御疑問があれば、それも頂ければと思いますけれども。観察をした範囲で、このように見えるだろうということで、今、安井のほうから御説明させていただきましたが、確認事項であるとか、あるいは、こういうふうにも解釈できるのではないかと、い

いろいろな観察あるいはコメントなど、あれば頂ければと思います。それぞれ手を振っていただくなりしていただければと思いますが、いかがでしょうか。特に、ございませんか。会議室内、特に、いいですか。

宮田さん、お願いいたします。

○ATENA（宮田部長） ATENAの宮田です。

すみません。複数段階事象ということで、御説明自体は幾つかの事象があるなという、そこ自体は分かるんですけども、ちょっと質問なんですけど、イグニッションが1回だったということなのか、それともイグニッション自体が複数あって、こういう段階が生まれているというふうにお考えなのか。これだけ短い時間の中で起きている現象なので、複数のイグニッションがあるとか、あるいは燃焼なり爆発なりに寄与する水素という可燃性ガスの固まりが別々に存在するとか、ちょっと考えにくいんですけど、この複数段階というのがどういう意味合いなのか、もう一度、確認したいんですけども。

○安井交渉官 私は、イグニッションは1回だと思っています。現実には、それが1回なのか、近接した2回なのかを完全に確定する方法はどこにもありませんけれども、普通に考えればイグニッションは1回だろうと。

ただ、1号機のように、最初のイグニッションで起こった爆発現象だけの結果、全てが一気に吹き飛ばされたという図ではなくて、先ほどから申し上げているように、幾つかの出口に向かって事が順次起こって、ああいうふうになった。しかも、原理的に言うと、衝撃波で飛ぶだけじゃなくて、上昇気流とか燃焼とか、そういったものを交えながら進んだというふう考えたほうがいいのかという意味で、多段階と申し上げております。

○ATENA（宮田部長） ありがとうございます。つまり、イグニッションは概ね一つだろうと思われるけれども、燃焼の伝搬の仕方が、どうも複数のプロセスを踏んだのではないかと、そういうことでよろしいんですかね。

○安井交渉官 そうということですね。言葉を選ぶときも私も大分悩んだんですけども、「別々の」とか「複数事象」と言っていなくて「多段階」と言っているのは、まさに、ステージが少しずつ進むように、複数のステージによって構成された現象と取るのがいいのではないかとという意味で、そのように一応、名前をつけました。

○ATENA（宮田部長） ありがとうございます。

○金子審議官 ほかに、いかがでしょうか。今日、門脇先生や市野先生、爆発の関係の方にも御参加いただいておりますが、今みたいな解釈のことが成り立ち得るのか、それに確

定するということでもないかもしれませんが、みたいな観点から、もしコメントがあれば頂ければと思いますけれども、いかがでしょうか。

○門脇教授 門脇ですけれど、発言してよろしいでしょうか。

○金子審議官 門脇先生、お願いいたします。

○門脇教授 今の考え方というのは、特に違和感を持つことはございません。こういった複雑な形状を持っていて、水素の分布も、あるところは濃くて、あるところは薄かったりとか、あるところで火がついて、それで火炎が伝播して、その伝播によって状況がまた変化して、あるところで、最初に爆発しても、その後、その現象によって状況が変わって、また違うようなところで爆発が生じると。これは、福島の水素爆発に限らず、ほかのところのいろいろな爆発事故でもよく見られることですので、こういった多段階の爆発現象というのは、そう珍しいものではないというふうに私は理解しています。

ただ、それがどうしてかという原因とか詳細なメカニズムになると、そこは何とも答えられないんですが、こういった仮定を置くこと自身は問題ないのではないかというふうに私自身は思っているところです。

以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。

市野先生、何かございますか。よろしいですか。

ほかに、いかがでしょうか。委員長、すみません。

○更田委員長 私も多段階で。多段階という言葉がふさわしいかどうかは、なかなか悩ましいところではあるんですけども、どんな場合でも燃焼速度が途中から変わる。DDTという、ここで起きているのがDDTだとは思わないけど、私。ただ、爆燃から爆轟へ遷移する場合だってステージがあるわけで、燃焼するところの例えば流路が狭くなってくるような状態で、火炎が加速して音速を超えて爆轟に遷移するという要するに段階があるわけなので。

ただ、ちょっと関心があるのは、最初のステージと呼んでいるところの進行速度、燃焼速度と、それから後段との間に違いがあるように見えるんだけど、それをどこまでつかまえられるか。例えば、燃料リッチの状態で、燃焼速度がそれほど速くないところで、今度、構造材が開放されたときには、当然、周辺に酸化剤がいっぱいいるわけだから、当量比1に近づいていって燃焼速度が速くなるというのは、ありそうなこと。フラッシュバックなんかでも、そういったような現象ですけど。

だから、途中から加速しているように見えるんだけど、連続して見せられると、一つは、なんでこんなに、特に、2段階目の進行が指向性、鉛直上方に向かって指向性を持っていると。これ、ちょっと門脇先生に伺いたいのは、開放空間なのに、球形に行くというよりは上方に指向性を持っているように見られるんですけど、何か、拘束条件というか、煙突みたいな強固なもので上方、上向きの拘束条件があれば別だけれども、なんで、こんなに鉛直上向きに指向性を持っていますかね。

○門脇教授 お答えしてよろしいでしょうか。

○金子審議官 先生、お願いいたします。

○門脇教授 私も、正直、明確にこうだからこういった上方への指向性が生じているということは、ちょっとお答えしにくいというのが正直なところでございます。先ほど委員長がおっしゃいましたように、煙突のような状況で下から上方へ向かって伝播しているということであれば、こういったことが起きても何ら不思議ではないんですが、もしも、それが無い状況だとすると、どうしてああいうふうな上方にだけ向かっていくのかというのは、ちょっと明確にお答えするのは今のところ難しいのではないかと。我々が知らない何らかの現象が生じて、こういったことが起きている可能性もあるかもしれないです。私自身としては、現在のところは、明確にメカニズムを理解しているところではないというところでございます。

以上です。

○安井交渉官 いや、まさに、それが多段階事象と言っているところのポイントでして。言わば、丸い状態で真っすぐ上に上がっていつているのは、言葉の定義がちょっと甘いですけれど、俗に言う水素爆発の結果ではないと思います。あれは、可燃性ガスの燃焼によって生じる一種の火球ですね、火球が上昇しているんだと。だから、速度が爆発現象よりも、うんと時間的に長く続いて、かつ、ゆっくりと言うとあれですけれども、速度の定義もちょっと難しいんですけど、ゆっくりと続いていると。

つまり、これまでは、ややもすると、爆轟状態による強いエネルギーで、ただ真上に物が打ち上げられたから、だから、ああいう高いところまで行って1号機と違うんだと。しかも、構造的にも若干、屋根が弱いものですから、そういう議論がされてきたんですけども、先ほどのように順を追って見ていくと、どうも屋根が壊れた後からは、少なくとも、本当は僕は屋根が壊れるところからじゃないかと私自身は思っていますけれども、その部分は、言わば、爆発による衝撃波で壊れていった結果というよりは、ここから後、ぐっ

と上に持ち上げていっている現象、約、これ十数秒、続くんですよ。それは爆発波だとはとても思えなくて、ほかの。

これまでに、例えば、LNGとか、化学工場なんかでも真っすぐ上に上がるものがよくニュースなんかでも見られていますが、やはり、それは強力な熱源があって、それが。化学工場なんかのプラントなんかは下にじっとしているわけですけど、石油の油田が上に上がって行って燃えていっていますよね。だから、そういう考えをむしろ適用するほうが、後半、さっきで言うと四つ目の段階は、説明が明らかにしやすいと思っています。

それは、煙突、大砲みたいにね、これが行けばいいという議論はあるんですけど、先ほど途中で私が申し上げましたけど、ちょうどこれが盛り上がり出したときに、まだ、そのときには東南角の炎は燃え続けているんです。それから、西側の壁は、明確に花が開いちゃったようにはなっていません。ということは、そんなね、周りに全然影響を与えなくて、それで真っすぐ上にだけ衝撃波を生じる、爆轟爆発を考えて、かつ、あれだけの持続時間を持つというものを考えるのは、もしかしたら成り立つのかもしれませんが、あまり実現性のあるものではないんじゃないかと思います。

○金子審議官 今のような解釈もありましたけれども、ほかにコメントなり、いかがでしょうか。

委員長、お願いします。

○更田委員長 いや、安井さんが言われたのは、ある意味、自然ではあって、連続画像を見ると、ちょっと飛躍した言い方ではあるけど、爆轟はどの段階でも起きていない。言い換えると、DDTには至っていない。燃焼の形態としては燃焼ないし音速1未満の爆燃の段階で推移をして、上昇は浮力、それは、当然のことながら密度が下がるので、浮力なり、それから通常の燃焼での圧力上昇でもって押し出されたというふうに見たほうが。ゆっくりだよ。だって、もし、大体、衝撃波だったら、結局、シュリーレンでも撮らない限り、そんな映像には出てこないんで、爆轟は起きていないという、そういう結論なんじゃないだろうかと思うんですけども。

○安井交渉官 今回の議論において、起こった現象が爆燃か爆轟かは、あんまり意味はないんですよ。つまり、水素爆発的現象で全てを理解するのは非常に不都合であるということがありまして。

かつ、これは若干、インプリケーションを申し上げますと、残存水素が燃えて上に上がっていくためには、水素だけじゃないと思います、炭化水素も相当あると思いますので、そ

れがあるということは、化学量論平衡値を超えた可燃ガスがリアクタービルディングの5階に残っていないといけない。残っていないということは、ということは、それだけの供給があったということになりますので、かなり濃い水素なり、ほかのものが供給された可能性があるというか、あったと考えざるを得ない。もし、今の多段階説に立つんならですね。そうすると、結局それはかなりのシビアアクシデント対策を考えたりするときに、水素供給の可能性をやっぱり考えなきゃいけない。こういう問題が一つあります。

それから、これ、ちょっと横道にそれますが、この色合いは、もしも、これが炭化水素の色合い、逆に言うと、それ以外とはほとんど考えられないんですけど、供給源は格納容器内からだと思いますんで、そうするとケーブル被覆部、それから、あと、若干トリッキーですけど塗料、この二つが供給源と考えるのが最も合理性が高いんじゃないかと思います。塗料は温度を、格納容器内の温度を予知しますし、ケーブルは、既に、この時点では炉心が下に落ちていますから、これはCRDのコントロール用のケーブルからキップ系統から、何ぼでもありますんで、それらから出たと思うのがいいんじゃないかということと、一応、連続的につながっていくものであります。

○更田委員長 マッハ数1を超えたか超えないかは重要ではないというのは、おっしゃっているとおりで、一方、さらに言えば、BWRの場合は、爆轟限界に入らないことというふうに規制をしているのではなくて、燃焼のおそれがないことという規制をしているので、それは格納容器がイナータ化されていることも相まってなんだけれども、燃焼のおそれがないことだから、そういった意味では、水素爆発を抑えるための基準に対して、これが何を示しているかといったら、爆轟の回避だけで十分ではなくて、やはり燃焼のおそれがないことという規制の仕方というのは適正なんだと。

もう一つは、塗料は別のストレーナブロッケージとか、いろんところで塗料の影響とされていますよね。それから、塗料と、それからケーブルがどういう役割を果たしているか。ここら辺はね、なかなか、これから調べに行くのは難しいかもしれないけれども、ただ、赤い有色炎、どう見てもそう見えますよね。ですから、水素だけではなくて、炭化水素がかなりあったんじゃないかと思いたくなる色ではあると。

それから、安井さんが言うように、恐らく、オペフロ上は燃料リッチの状態、要するに、水素は可燃限界が非常に広いんですけど、濃い側にあって、酸化剤が、量論混合気に比べれば酸化剤が少ない状態にいて、それで天井が開いたら、今度は酸化剤が供給されるから、より燃焼速度は速くなるというのは、画像を見る限りの仮説ではあるんだけど、一致して

いるんだろうと思うんですよね。だから、途中からやっぱり速くなっていくというのはあるんだろうと思いますけど、普通の炭化水素と違って、水素の場合、そもそも燃焼速度が非常に速いので、ここら辺の見極めがつくかどうかはちょっと難しいところだろうと思いますけれども。

○安井交渉官 どれだけの量が要るかというのは、海外の文献なんかにいろいろあるんですけども、ちょっと僕は、それは量が多過ぎるように思っています。その辺は、炭化水素の存在問題と、それから水蒸気が多分、かなりあるので、燃焼速度が落ちる可能性は十分にあります。

それから、屋根がなくなるだけだと上からの酸素供給になっちゃうんで、むしろ上面にもっと大きな炎が出てしかるべきなんですけど、ここは「本当かい」と言われちゃうと苦しいんですけども、最初に西側に傾くほどの圧力か何かがあれば、ブローアウトパネルは飛んだと思います。言ってみれば、これ、横っ腹に穴が空いたようなものですから、ブローアウトパネルからの酸素供給経路は、ほぼ間違いないと思います。そう考えれば、この後、下から上がっていくのには、非常に、ある意味、言葉はよくないですけど、理想的な酸素供給ルートがあった。ブローアウトパネルは、この図の、これは南面なので東面についています。だから、ちょうどここからは見えないんですね。ちょっと、そこは仕方がないですね。一つしか、もう、こっちの面しか画像がない。

先ほどの爆轟、爆燃の関係で、3号機の4階の撮影をちょっと前にしてまいりました。出せますか。3号機です。3号機3階に行きまして、あれ、4階部は崩れているので人間が行けないんですけども、ロッドカメラの……。

○更田委員長 突っ込んでいます。

○安井交渉官 そうです。壊れているところに差し込みました。それで、線量の測定と、それから状況を知るという、この二つを目的にアクセスを試みました。それで、これがなかなかすごくて、この画像です。これ、360度カメラなんですけど、中を見ると、配管も、それから大したことのない支持構造物も、それからほかの、一言で言うと、見れば、あまり壊れていないんです。ただ、床はぼろぼろになっています。ぼろぼろになっています。それから、壁は抜けています。したがって、これは、爆発の専門家とちょっと話すと、これが西側の壁です、それで、衝撃波じゃないだろうと。圧力……

○・・・ 安井さん、ちょっと画像を切り替えます。方角が分かるものに切り替えます。

○安井交渉官 そういうのがあるんですか。

○・・・ ない。すみません。じゃあ、こっちに投影します。よろしいですか。

○安井交渉官 こっちへ来るんですか。どんどん技術的改善が行われて。

○・・・ すぐに出します。これです。これが、建屋の構造と各場所の画像を合わせたものです。

○安井交渉官 だから、こっちが西側なんです。西壁なので、これがこの写真で、西側が明るいののは西側の壁が壊れているからですけど。

○更田委員長 ああ、外の光なんですね。

○安井交渉官 そうです。これが北、北西壁です。それで、床、つまり我々がいた3階の天井部、はりが折れていたところ、ああいうところに近いところは、もう鉄筋が出るほどコンクリートがやられていまして。それから、外側に抜けるところは、ここ、壁が抜けていますから抜けているんですけど、それ以外に、この中の建屋の中のもの、はっきり言ってほとんど変形をしていません。したがって、比較的ゆっくりな圧力上昇によって生じたと考えるべきだろうと。

したがって、5階のことは分からないですけれども、少なくとも4階で起こったことは、爆燃なり燃焼現象ですね、のものとするのがいいだろうと。今まで、ともすると、こういうふうに鉄筋が出るほど壊れていると、やたら力が必要だと思っいろいろ計算しがちなんですけど、どうやら、これとの関係だけを見ると、そうとは思えないと。

それで、市野先生に、例のはりが折れていたのに関して、一体、どのぐらいの力がかかるんだろうというのをいろいろ研究していただいております、それは後で御紹介しますが。

○金子審議官 後ほど御紹介します。

○安井交渉官 御紹介しますが、それとの関係でも矛盾はないと。

先ほどの映像から見ると、もしも最初の前駆爆発が4階だとするならばというのがありますが、4階、あそこのリアクタービルディングの変形をもたらしたのは、大体2コマ分ぐらいなんですよ。だから、2コマということは60分の2秒なんで、0.033秒、33ms、だから30msから50msの間の圧力、大きな力の引火を考えれば、大体、入力条件は構成できるんじゃないかという、そういう副産物もありますというのが説明です。

○金子審議官 ちょっと論点が先に行ってしまったけれども。

映像のほうの関係で、すみません、一応、一区切りにしておければと思うので、他にコメントなり御疑問点など、ある方がいらっしゃればと思いますが、いかがでしょうか。よ

ろしいですか。

ちょっと、すみません。私、一つだけ、先ほど安井さんが最後に火球というふうに御説明をされたところだけ、皆さんの認識が一致するようになって確認をしたいのですが、あの黒い丸い煙が上昇して行って、その途中から、割と大きな瓦礫のように見えるものが途中で落ちてまいります。ということは、そういった割と大きな重さを持っているものが、当然、打ち上げられたということだと理解をしております。

そうすると、単純な燃焼という、ちょっと言葉がよくないかもしれませんが、それなりのやはり力強さを持った上昇気流というのが上に打ち上げる力、それを今まで爆発というような形で呼んでいたと思うのですが、それは言葉がどうであれ、それぐらいの力を持っていた燃焼があって、火球という先ほど表現されたものが上がっていったということでもよろしいのでしょうかということだけです。

○安井交渉官 火球というのは、空気中に燃焼ガスがあると、ガスの外側は酸素に触れているので、外側からだんだん中に向かって燃えていくので、一応、球の形状を維持していて、かつ、その結果、軽いから上にどんどん上がっていくという。ところが、それだけじゃなくて、もし、先ほどから申し上げているように炭化水素を含んでいたら、実は、粉じんを吸い込まなくても、炭化水素の燃焼、あと、煤によって黒い被覆部を構成することができます。もしかしたら、それが黒い煙と普通の下部にある薄い色の煙の原因かもしれません。そこまでは、まだ、今日、結論に至っていないので、ちょっと一応言っちゃったんですけど、そうだと思います。

ただし、ポイントは、まさに、今、金子さんが言った「打ち上げられた」という表現なんですけど、爆発現象によって打ち上げられたのなら、一緒についていったダストは普通に、当たり前ですが、空気抵抗を受けますので急速に速度を失うはずで、質量があるものはどんどん、もうちょっと遠くへ飛んでいくのは、これはよく分かります。1号機が爆発したときも、粉じんは実はあまり広がらなくて、鉄板側のひらひらしているのが遠くに飛んでいるんですね。物理の問題からしても、それしかあり得ない。

ところが、今回のやつは、まさに重たいものが一番上までずんずん上がるだけでなく、黒い煙が同じ等速度で、ついて上がっていく。等速度運動の等速じゃありませんよ。大きな上のデブリと一緒に上がっていく。これを駆動させるものは、やはり最初の衝撃波で打ち飛ばされたものが空気抵抗の中を貫いて上がっていくと考えるのはちょっと無理で、やはり自らに言わば上昇力のあるもの、それが先ほど申し上げた火球というんですか、だ

というふうに考えたほうが合理性が高いんじゃないかと、こういう意味です。したがって、打ち上げではなくて上昇なんです。

○金子審議官 ですから、いわゆる爆発としてのすごく速度の速い、圧力が外に加わって打ち上げられたというよりも、相当規模の大きな燃焼が瓦礫のようなものと一緒に持ち上げていったような形の燃え方をしているという理解をすればいいということでしょうかね。

○安井交渉官 そうですね。ただ、そう言っておきながら急にちょっと弱腰になるんですけども、ただ、それだけで全部、上がるかというのはちょっと怪しいところがあって、ある程度、合わせ技かなとは思いますが、ただ、もっこりなった後、上がっているのは、言わば第2段階かのように見える形で上がっていつていますから、上昇気流が大きな役割を果たしたことまでは、かなりの確度で言えるのではないかと思います。

○金子審議官 こちら辺は、何というか、確定的にはならないと思いますが、今、安井さんのほうから御説明のあった解釈という意味では、そういう意図というか、そういう説明だったということで認識を取りあえずは一にしておきたいと思います。

ほか、よろしいでしょうか。特に、よろしいようであれば、次の論点に参りたいと思います。

先ほど、少し先に建屋の中の観察の様子を見ていただきましたけれども、前回、前回というか、この会合の一番最初の頃に3号機の建屋の中の調査の状況を御覧いただきましたけど、その後も機を捉えて、さらに詳細に見るということも含めてやってまいりましたので、その状況をまず竹内から御紹介をさせていただいて、そこから見てとれる破損の状況、特に、はり等のダメージの状況から、先ほど安井が少し申し上げましたけれども、市野先生のほうで分析をしていただいた内容について御紹介をして、少し議論を進めていきたいと思えます。

それでは、資料は29ページからになりますけれども、3号機の損傷状況について、竹内さんから少し御説明いただけますか。

○竹内室長 規制庁、竹内です。

資料2の20、全体版の通しページは29ページで、30ページ、次のページをお開きいただければと思います。

先ほど安井交渉官からも御説明、それから金子審議官からも説明がありましたけれども、この後、市野先生のほうで、はりの爆発荷重による応答を解析したという、その前提のところを私のほうから簡単に御説明いたします。

ここにある四角で囲ったところは、これまでの調査において、3号機原子炉建屋の3階の西側のところの天井部と、それから、はりに損傷が確認されているということで、これは前回、通しで岩永調査官のほうから御説明しておりますけれども、ここでは、主に、はりのところに着目した状況を御説明いたします。

下のところの小さい四角で囲っておるところで3点ございますけれども、一つ目が小梁、それから二つ目が大梁、一番下のところは先ほど安井交渉官から説明がありました原子炉建屋4階の状況ということで、もう御説明しましたので、小梁と大梁のところを御説明いたします。

次のページ、御覧いただければと思いますが、これは南北に走っている赤い線で書いてあるのが小梁でございます、B-2と、真ん中のところにある、黄色で梁の損傷箇所が両端破断している関係になっておりますけれども、それを具体的に表したのが次の通しで32ページでして、左側の上の写真のところはB-2の左側の折損箇所といいますか。これは、もう、ちょっと見づらいですけれども、配筋が完全に屈折といいますか、梁が下に落ちて配筋が曲がっているという状況で。右側のところの下のところはB-2の小梁の右端に当たるところで、こちらやはり配筋がかなり曲がって小梁が下に落ち込んでいるということで、これは剪断破壊の状況になっているということが、ここで確認できているというものでございます。

次は大梁の状況を御説明いたしますが、通しで36ページを御覧いただければと思います。今度は、赤いほうではなくて、縦に、東西に走っている大梁、A、B、Cと青字で書いてありますけれども、ちょうど黄色く、中央部分のところですね、中央というのは黄色く、小梁の損傷箇所のところですが、これが大梁の両端支持のところの大体中央部にかかるところですが、ここの状況を追加で見たというところを御説明いたします。

10ページ、御覧いただければと思います。ここで大梁Aと、左側の大梁ですが、ここの大体、中央部に当たるところが上の写真で7823とありますけれども、塗料が剥げているということと、あと、少し西側に寄ったところでは大梁の下面にびびが割れていて塗装も剝離しているということで、下側が引っ張られているか、上側から押されているような関係にあるだろうということが観察されております。

それから、次のページが11ページですけれども、通し39ページですけれども、これが大梁Bのところでした、7815というのがちょうど固定端の中央に当たるところで、やはり、ここも同様に下面に向かってひび割れがあって塗装が剥げていると。左下の写真では、そ

れがよく見てとれます。

それから、次の通し40ページですけれども、これは機器ハッチ側のところの大梁を見たところですが、これも、やはり中央付近で下面に向かってひびが割れているといったような状況が見られるというところです。

それから、最後は13ページです。これは先ほど、通し41ページですけれども、安井交渉官のほうから御説明した内容ですので、特に私からありませんけれども、もともと、ちょっと1点だけ申し上げると、ここにカメラを入れたのは、もともとは非常に4階付近に高線量の箇所があるのではないかということで、カメラを入れてみたんですけれども、真ん中の上の写真ところ、これが白く見えている壁が、この壁の向こう側が原子炉ウエルになっていて、もしかして、そこから何か線源があるのかもしれないという懸念はあったんですけれども、この写真が示すように、特に壁に損壊というのは見られなかったというところだけ、私から付け加えさせていただきます。

線量は、一番下のところがございますが、これ、ちょっと、そのまま読むと801に見えるんですけど、これは棒との関係で逆さにつけていて、これは右から読むのが確かで108mSvということで、大体、床面付近のところでも最大で。さらに上でも大体103とか、大体100mSv/hというのが観測されたということで、大体、この位置が大体、そういった雰囲気ということで、3回目よりは高い線量率が観測されたというところがございます。

私からは、状況は以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。

それで、その後に少し、以前に撮ったものも含め、調査状況の写真が拡大したものとかいろいろついていますが、ちょっと資料、飛んでいただいて61ページから、市野先生に、今、見ていただいたような状況を踏まえて、どのように爆発があると、このような壊れ方に見えるようになるだろうかというようなことを少し分析をしていただく作業をしていただきましたので、それを御紹介いただければと思います。よろしく願いいたします。

○市野准教授 先ほど御説明がありましたとおり、現地調査によりまして3号機の建屋のいろんな部分の、はりとか、そのほか、もろもろの損傷状況がさらに明らかになったということで、先ほど、はりの損傷が幾つか紹介されておりましたけれども、その損傷から逆算をすることによりまして爆発規模、つまりは、そのときの爆発のときの最大の圧力、また作用時間、こういったものを、オーダーが合っているかというような程度にはなります。

が、推しはかることができます。

そこで、今回は曲げ損傷を受けました3号機3階の大梁、先ほど39ページにありましたけれども、大梁B、これを対象としまして、どれぐらいの力をどの程度受けると、こういった大梁Bのような損傷になるのか、そういったことを考えるために試算を行いましたので、今から、こちらの資料を用いて御説明をいたします。

では、次のページをお願いします。はりの爆発応答解析による爆発規模の推定ということで、爆風圧の大きさと作用時間が与えられれば、はりなどのこういった構造体の材料、形状、あるいは固定条件などから、構造体の変位の概略の値を求めることができます。これを逆に考えますと、実際の損傷から観察される変位をもとにして爆発事故の際の爆風圧の大きさ、あと作用時間を推定することも可能であるのではないかと考えております。そこで、今回は爆風圧の大きさと継続時間、これを適宜、何通りか仮定をしまして、3号機建屋の大梁が爆発を受けた際に、どの程度、設定した爆風圧の大きさと継続時間で変位するのかというのを簡易的に試算をいたしました。

では、次のページをお願いします。こちらで計算の手法について説明をしております。今回、用いた計算手法は、1自由度モデルを用いた爆発応答解析ということで、爆発を受けて構造体の変位する、はりですと上から爆発を受けて下のほうに動く、そういった非常に複雑な現象を簡易なモデルに置き換えて変位の計算を可能にする手法の一つです。特別なコンピューターやソフトウェアを用いることなく計算が可能な一方で、実験結果と計算結果が比較的良好に整合するというので、非常に簡易ではあるんですが、爆発応答の解析ではよく用いられる手法です。

今、左の絵のような爆発を受けるはりの変位を、これを求めたいとします。赤い文字でxと書かれているところですけども、これを右の図のような力を受けるばねとおもりの動きに変換をします。このとき、はりの中央部の変位とおもりの変位、こちらが一致をするように変換を行います。この変換のときに、力、あと、おもりの質量、あと、ばね定数を設定してやって、運動方程式を解くことによって変位の値を得ると、そういった流れで計算を行っていきます。

なお、モデルの力は、もともとの爆発の大きさや作用時間、あと、はりの形状、こういったところから求めていきます。あと、モデルのおもりの質量は、はりの質量と、あと固定条件、あと、モデルのばね定数は、はりの形状、寸法、配筋、あと材料の強度、固定条件など、こういったものから換算をしていきます。なので、もともとの爆発、質量、そう

いったものが、そのまま変位の計算に使われるというわけではありません。ある一定のルールにのっとって換算をしていくことになります。

次のページをお願いします。爆発を受ける鉄筋コンクリートはりの応答というのは、非常に複雑な現象です。そこで、計算を容易にするために、実際の現象の特徴をできるだけ損ねないような範囲で、幾つか簡略化というか仮定を行っております。

まず、水素爆発の爆風圧、時間関係、時刻歴、これにつきましては、実際は条件次第でピークが複数生じたりとか、もっと非常に複雑な形状をしていると考えられまして、一概に決めることも非常に難しい話だとは思いますが、今回は図のような二等辺三角形型で仮定をしております。こちら、圧力の最大値、最大圧力は50kPa～500kPa、作用時間は20～100msということで、いろいろ組み合わせて複数、設定をしました。

また、今回、水素爆発を想定しておりますので、爆風圧は、はりに対して一様と仮定をしております。

さらに、考慮する爆風の作用範囲ですけれども、はりだけに作用する場合と、はりの周囲の床にかかった圧力も、はりが受け持っている、床版も含めた爆風圧を考慮するという二つのパターンで計算をしております。

では、次のページをお願いします。次のページには、はりに関する仮定を示しています。計算の対象は3号機の3階の大梁Bで、計算の初期の固定条件は両端固定としています。また、大梁Bにつきましては、支点間の中央を中心として対称に変形すると仮定をしております。ただ、実際、この大梁B、設計図を見てもとみると両端で鉄筋の量が少し違っておりまして、実際には変形が対称ではなかった可能性はありますけれども、そこは左右対称に変形したと仮定をしています。

あとは、もともとはりに作用していた荷重は、今回、考えておりません。計算に含めておりません。また、爆発荷重は、はり、または床版に直接働くものと考えまして、先ほど写真を見たときに大梁に小梁が接続していましたが、小梁から荷重を受けるという、そういったことは考慮はしていません。

あと、コンクリートや鋼材、こういった材料に瞬間的に、爆発もそうですけれども、瞬間的に力が働く場合は、通常の方法で得られた強度より少し大きくなると言われております。1点何倍かとか、そういった程度なんですけれども、その比率を動的強度倍率と呼びますが、今回は、どれぐらいの速度で変形したかとか、そういった話は、ちょっとそこまで反映させておりませんので、取りあえず設計書どおりの強度を使って計算をし

ております。

では、次のページで結果について御説明いたします。まず、はりだけに爆風が作用して、はりの周りの床に作用した爆風を考えない場合の計算結果です。左のグラフの見方は、横軸に仮定した圧力の最大値を、縦軸に、はり中央部の最大変位を示しています。色別に、作用時間の違うデータを示しています。このグラフから、100～500kPa、作用時間が20～100msの条件では、2mmから最大で赤の500kPaのデータですね、そこが27mmですけれども、2mm～27mmの変位が生じています。

右の写真が計算対象の大梁の写真ですが、大体、写真を見ますと、ちょっと左側が暗くなっておりますが、写真の左側、大梁に小梁が接続している辺り、これが中央部ですね。はりの。この辺りの変位は、やや、この2mm～27mmという値よりはちょっと大きいのかなというような。あくまでも目視ですけれども。目視で明らかに下方向の変位はありますけれども、2mmとか10mmとか、それよりは大きいようにも思われます。

また、左のグラフに戻りまして、作用時間と変位の関係ですけれども、20mmと40mm、青と緑を比較をしますと、緑の40msのほう、こちらは20mmの倍ぐらい変位が大きくなっています。ただ、40msと100ms、緑と赤を比べますと、作用時間が増えた割には変位は大きくないというような傾向があります。

では、次のページをお願いします。こちらの結果は、大梁の周囲の床に作用した爆風も大梁が受け持っていると考えた場合の試算結果です。グラフの見方は先ほどと同じで、縦軸に変位を示しています。こちらは、圧力の最大値が50kPaと、非常に小さい場合も計算をしております。

計算結果からは50～500kPa、また、作用時間が20～100msの条件では、先ほどの結果よりもはるかに大きな9mm～235mmの変位が生じています。実際のはりは、爆発を受けて最大変位、押されて最大変位に達した後、少し、多少は元に戻ることを考慮したとしても、圧力の最大値としては今回設定した50～500kPa程度の爆風圧に対して、数十mm程度から大きく見積もると100mmとか、その程度、変位をしているという結果が出ていますので、それほどの、50～500kPaの爆風が作用していたと考えても、それほど大きな間違いはないのかなと考えております。

では、次のページで結果についてまとめます。まず、大梁の写真からは、曲げによって目視で明らかに認められるほどの下方向の変位が発生していました。試算の結果は50～500kPa、作用時間が20～100msの爆風圧に対して、はりの最大変位が2mm～235mmという結

果になりました。

一方、先ほど見せていただきました水素爆発の映像、こちら、60分の1秒刻みの画像で見せていただきましたが、これ、1枚当たり17msと考えると、その画像にして数コマ程度の現象ということで、仮に2コマだったら34ms、5コマだったら85msですか、その程度の現象だというようなことが見てとれます。

そういったことを総合して考えますと、50ないしは500kPa程度の爆風が数十ms、場合によっては、もう少し水素爆発の先ほどの映像から見ると長いかもしれませんが、その程度、作用していたと考えても差し支えないのではないかと思います。

以上になります。

○金子審議官 市野先生、ありがとうございました。

今、市野先生の御説明の中で写真が出てまいりました大梁B、7811という番号の写真ありましたが、これと似たような角度、あるいは、それとほぼ同じ写真が39ページ、あるいは44ページの7810とか7815というところにも出ておりますので、それで、どれぐらいひずみというか、力を受けていそうかというのは、観察結果としては御覧をいただいたらいいかなというふうに思います。

以上のようなことで、どこの点かということが別に結論としてあるわけではないのですが、この程度の爆発の衝撃が、あるいは時間との関係で、あったということで推定されるということでありまして、何か御参加の皆さんから御質問やコメントなどあれば頂戴できればと思います。よろしく願いいたします。

ごめんなさいね。これ、NDFですかね。前川さん。前川さん、マイクを入れていただいて、しゃべっていただけると。

○NDF（前川技監） ちょっと待ってください。

○金子審議官 今、聞こえておりますよ。今、マイクが切れたようです。ちょっと試している間に、先、安井さん、じゃあ、いきましようか。

○安井交渉官 市野先生に質問なんですけれども、先ほどの計算の結果は大梁を、変位の程度はあまり正確には分からないんですけれども、3気圧とか5気圧ですよ、300キロとか500キロというのは、ぐらいの圧力になれば、大梁でも、ああいうひびを入れるぐらいのことは起こるよということなんだと思うんですけれども、あのぐらいの力で、今度は逆に小梁のほうが剪断破損をするということとは整合するんでしょうか。

○市野准教授 こちらは、まだ具体的な計算を行っていないので、正確なことはちょっと

申し上げられないんですけれども、可能性としては、なくはないと。ただ、実際に、瞬間的な500kPa、あるいは300kPaで剪断が起きる、起きない、これについては、計算である程度確認はできます。

○安井交渉官 その二つが整合、こういう計算ですから完全ということはないと思いますけれども、ある程度整合しないと、大梁のほうの計算の妥当性にも影響してくると思いますので。逆に、例えば、仮にあのぐらいの圧力でできるとすると、あまり高くないと思うんですね、5気圧ぐらいというのは。かつ、実際には、自荷重というんですか、自分の荷重が床面とはりには効いていますんで、それは多分、今回計算には入っていないと思いますから。

○市野准教授 そのとおりです。

○安井交渉官 それを考慮すると、実は、意外と小さい圧力で、はりに損傷が生じてもおかしくないということを示唆していると、そう理解してよろしいでしょうかね。

○市野准教授 そうですね。実際は自重が、自重といいますか、本来、支えるべき力が作用しておりますので、それで、もう、ある程度のところまで、耐荷力といいますか、抵抗が発生しています。そこに、これだけの力がかかっているわけですから、今回、御説明した、仮定した力よりも、より小さい力で、こういった写真のような変形、損傷、こういった事象が発生するという可能性は十分にあり得ると考えていただいて結構だと思います。

○安井交渉官 今、これを申し上げているのは、先ほどの爆轟、爆燃とも絡むんですけれども、今まで、どうしても我々は、原子力発電所というのは耐震構造ででき上がっているんですけれども、すごく丈夫だと、すぐ思いがちなんですけれども、圧力というのは別のもので、それがやっぱりかかると、そんなにめっちゃめっちゃ何百気圧とかがかかからなくても、はりにも損傷が出れば、当然、床はもっと弱いでしょうから、ああいう損傷が出ちゃうんだという。いや、ちょっと認識がね、僕としては新たにしつつあるということなんですけれど。まあ、そういうことなんですかね。構造上、そういうことなんですか。

○市野准教授 なので、もともと考えていた力とは全く違う力がかかっているという話です。耐震設計的には強くても、爆発を受けると、また話が違ってくるといったことになると思います。

○金子審議官 ありがとうございます。

前川さん、マイク、入りそうですかね。

○NDF（前川技監） はい。聞こえますでしょうか。

○金子審議官 はい、聞こえております。

○NDF（前川技監） 御説明、ありがとうございました。

二つ教えてほしいんですけど、一つ目は、66、67に解析結果が出ていまして、一つが、はりに作用した爆風のみと。もう一つは、床板というか、床版に作用した爆風もとあるんですけど、これはモデル的に言うと、63ページの右のばね・マスモデルの下のところが床に相当する形で、ここに何か荷重を加えているという、そういうふう解釈するのでしょうか。ちょっと、そこを、まず1点目、教えていただきたいんですが。

○市野准教授 先ほどのはりだけと、あと、周辺の床との違いなんですけれども、これ、もう単純に力を増やしているだけです。版としての構造上の特性みたいなことは、入れておりません。非常に簡単な計算になっています。

○NDF（前川技監） そうすると、このモデルでいう荷重で与えている、この荷重を増やしているというふうに理解すればよろしいのでしょうか。

○市野准教授 それだけになります。

○NDF（前川技監） 分かりました。

もう一つは、いわゆる壁のようにバウンダリを構成して、例えば、西側の壁、東側の壁、こういうところに圧力荷重が加わってというのは、非常に我々にも理解しやすいんですが、こういう、言わば圧力場の中にある、つまり、単純に言えば静水圧みたいな感じなんですが、そういうところに圧力荷重が加わったときも、これは、今、今回の簡易評価では上方向からの荷重というふうに加えられているんですが、そういうふうに、これは考えるのが爆発の評価の世界では当たり前みたいなことになるのでしょうか。

○市野准教授 今回のこの計算ですけれども、静水圧ではなく真上から押されたような力を受けたと想定をしております。理由につきましては、まず、はりの写真、こちらを見ると、どうも上から押されていると。あと、爆発の発生が、こちらは今、3階のはりですけれども、4階またはそれ以上じゃないのかという、そういった話がありましたので、静水圧というわけではなくて真上から押されたと、そういった仮定にして計算をしております。

○NDF（前川技監） 分かりました。なぜ、こういうことを申し上げたかという、先ほどの竹内さんからの御説明で、配管系とか機器は案外、壊れていないというのが、これが現場調査の結果として出ていまして、もし、こういう一方向的な荷重を受けているとすると、例えば、3階にあった配管等も少し一方向に曲がるとか、あるいは、場合によっては座屈するとか、そういうのが認められてもいいのかなと思ったんですが、そのあたりは何

か解釈をサジェスションいただけるとありがたいのですが。

○市野准教授 さっき爆発の指向性みたいな話もありましたけれども、ちょっと、そのあたり、今回、見せていただいた写真から、私の知見では確定したようなことは申し上げられないかなというような状況です。申し訳ありません。

○NDF（前川技監） いえいえ、分かりました。ありがとうございました。

○安井交渉官 前川さんですね、これ、ちょっと僕の解釈なんですけれども、9月にやったときに門脇先生から爆轟と爆燃の説明もしていただきましたけれども、衝撃波で音速を超えない衝撃波が発生するようなものじゃない、ある等方性のある燃焼が起これば、4階ですね、別に5階から回ってきてもいいんですよ、言わば、あそこの4階のあの辺の空間の内圧が上昇して、それでバウンダリを構成している壁、床、天井には力が加わるけれども、中にある先ほど出ていました機器とか配管とかには、比較的、それこそ静水圧的に力が働くというふうに考えるほうが合理性が高いんじゃないかと思いますが、いかがでしょうか。

○NDF（前川技監） それは、おっしゃるとおりだと思うんですけど、その意味でいうと、今回、この解析評価をされているモデルについては、大梁、小梁がついている縦の支柱の変形というんですかね、この荷重がそこそこあるんじゃないのかと。これは私のただの感じたことなんですけど、そういう意味で、最後に圧力、先ほど安井さんもおっしゃった5気圧、3気圧というオーダーで、建屋のほりがこれぐらい変形することがあるのかなというのは、ちょっと私の頭の中のイメージとは合わなかったもので質問させていただいたということです。

○安井交渉官 ですけど、4階の中に5階と3階をつなぐ縦の柱は、ほとんどないですよ。例の折損しているはりのところには垂直柱はなかったはずなので、何かちょっと垂直柱は関係ないんじゃないですかね。

○NDF（前川技監） 今回の資料に載っているところの小梁B、Cがつながっている、あそこなんかは縦梁のところですよ。そこの大梁を今回評価されているというふうに解釈したんですが、違いましたっけ。

○金子審議官 ちょっと金子からですけども、今、前川さんがおっしゃった小梁、ちょうどB-2の右端、折れている絵がありましたけれども、その部分が今回、対象にしていた大梁Bと交差している関係ですね、位置的には。ですから、手元にあるかどうか分かりませんが、31ページの見取図でいうと、ちょうど真ん中ら辺、左右の真ん中ら辺の小梁Bと赤く横に線が入っているところの交差部分という位置関係になっています。

○NDF（前川技監） だから、そうか。7824のところには、縦梁は入っていなかったということですか。

○金子審議官 はい。そこには、柱はないですね。

○NDF（前川技監） 分かりました。ありがとうございます。ちょっと私が、じゃあ、そこは解釈が違っていたんですね。

○金子審議官 じゃあ、よろしいでしょうか。

ほかに、いかがでしょうか。じゃあ、委員長、お願いします。次、JAEA、参ります。

○更田委員長 市野先生、どうもありがとうございました。

まとめを見ていて、まとめ方が圧力、爆風の圧力と、それから作用時間で示されているんですけども、爆発との関係を考えて、どうしても、私はこれ、エネルギーの次元の値に帰着をさせたい。だから、圧力を容積で積分する、 $dpdv$ 、インテグラルの $dpdv$ でエネルギーの次元になりますし、ないしは力に変位、距離で積分してやるとエネルギーの次元になるので、このやり方だとすると、はりに作用した力と変位。一番簡単な方法は単なる積ですけども、そうするとエネルギーの次元の量が得られるし、圧力だとしたらば、作用した空間。圧力の時刻歴変化を圧力波が広がっていく体積で積分してやればエネルギーになるけれども、それは今から知る由もないので、ゼロ次元の近似としていけば、圧力波のピーク圧と、それから作用した空間の容積の積を求めてやると、大体の次元みたいなものが出てくる。

一つは、誰か4階の容積を知っていたら、圧力に容積を掛けてやるとエネルギーの次元で、もう一つは、先生に伺いたいのは、はりにかかった圧力ではなくて、力そのもので、そして変位量を掛けてやると、どのぐらいのエネルギーになるかというのを当たっていただけだと思うんですけど、どうでしょうか。

○市野准教授 はりにかかった、圧力から力の換算は、もう面積ですので、そのあたりは比較的容易にいくと思います。

○更田委員長 面積ですよ、でやって、変位も、先生がおっしゃった。

○市野准教授 変位も、はい。

○更田委員長 ですから、変位を掛けてやれば、一応、次元としてはエネルギーの次元になるから、オーダーが出るかなと思ったんですが。

○市野准教授 そのはりにかかった、はりを変位させたエネルギーとしては計算は可能かと思います。ただ、そこだけになるという。

○更田委員長 あくまで、はりに作用したということになってしまうと。

○市野准教授 はい。

○更田委員長 だから、それは、そもそも、それぞれのはりの変位を全部集めて合算してやらなきゃならないから、そのやり方だと難しいと。

そうすると、今度は、圧力は均等にかかったんだと考えると、今度は容積で積分してやるとエネルギーの次元になるんだけど、4階の容積はどのぐらいあるんですか。

○安井交渉官 4階の空間容積、配管とか、そういうやつのはちょっとどけると、ざっくりですけど6,000m<sup>3</sup>。

○更田委員長 6,000m<sup>3</sup>。

○安井交渉官 それで、ただし、僕らが歩いた感じですね、下の階を歩いた感じだと、南半分は、確かに天井部に編目の痕とかが入っていますから、ある程度の圧力サージはあったと思いますけれども、破損の度合いは北側よりは、もうはるかに軽いです。したがって、やっぱり、それは、計算上は一樣だと思いますけれども、空間的には、すごく体感的ですけれども、北半分ぐらいじゃないかと思いますけどね。

○更田委員長 ものすごい乱暴な話ですけどね、先生の50~500というのがあったので、これを大体ざっくり100のオーダーだとして、100kPaの圧力だと。100kPaの圧力で、今度は、ずっと100kPaと考えるにくだけど、それも無視してやって、一番広がったときのボリュームが6,000m<sup>3</sup>だとすると、10<sup>7</sup>から10<sup>8</sup>J。だから、1MJか。そうすると、今度は、それから逆算してやって、どのぐらいの燃焼が起きたかと。ものすごい荒っぽい話ですけどね。そうしないと、要するに、私は、どうしても供給された燃料の量に還元していきたいので、そういう考え方をしているんですけども。

○安井交渉官 ちょっと計算してみますけれども、今の計算でやれば、100MJですか。

○・・・ 1MJ。

○安井交渉官 1メガ。たしか、120幾らでしたよね、1単位の燃焼エネルギーが。分かりました。それで計算はできる。10エネルギーでPV爆発と同じ計算をすればいいので。分かりました。

○金子審議官 今のは、少し思考実験をする課題として受け止めたいと思います。

ほか、いかがでしょうか。ああ、ごめんなさい。JAEAですね。失礼しました。

○JAEA (杉山ディビジョン長) JAEAの杉山です。

今のエネルギー論とちょっと通じるところがあるのかもしれないんですけども、この

66ページ、7ページの結果、まず、市野先生に確認させていただきたいんですけど、この作用時間が長いほど変位が大きいというのは、これは、逆に言うと、イナーシャでもって作用時間が短い場合は変位がそれほど大きくないと、そういう理解でよろしいでしょうか。

○市野准教授 まず、作用時間が大きいほど、当然、はりに作用しているエネルギー、こちらが大きくなりますので、当然、変形は大きくなるはずですが、ただ、非常に瞬間的というか動的な力になりますので、実際の変形の変位の量、これについては、はりの固有周期、こういったところも効いてきます。その兼ね合いから20と40と100では傾向が変わってくるというか、単純に、100msになったから、変位がそのまま比例して大きくなるというようなことはないというような形になります。なので、はりが持っている固有周期と、あと爆発側の作用時間、これの兼ね合いでいろいろ変位が変わってくるというようなお話になります。

○JAEA（杉山ディビジョン長） ありがとうございます。これ、つまり、最大圧力が一定でかかった場合が一番大きな変位ということで、もう、そうすると、これ、マス関係なしに、ばね定数だけで決まるかと思うんですけど、そういう理解でよろしいですか。

○市野准教授 すみません。もう一度、お願いします。

○JAEA（杉山ディビジョン長） つまり、この作用時間を、要するに一定の荷重が、最大圧力に相当する荷重がずっと作用すると、それが、この場合の一番、最大の変位を与えるようなケース。

○市野准教授 モデルの固有周期にはマスも効いてきますので、質量に関係します。

○JAEA（杉山ディビジョン長） ただ、この場合、動的荷重じゃなくて静的荷重。

○金子審議官 一定の荷重がずっとかかればということだと思いますが。時間、関係なく。

○市野准教授 なので、爆発の時間関係が最大圧力がずっとかかるような、三角形じゃなくて矩形。

○JAEA（杉山ディビジョン長） 多分、100msより少し上のところが、マックスの値というのが存在するというふうに理解すれば。

○市野准教授 なので、これが、作用時間が特に指定されていないような一定の荷重であれば、当然、関係がないということにはなりません。

○JAEA（杉山ディビジョン長） 結局、何が言いたいかというと、当初、動的な荷重の議論で話をしてきたんですけども、むしろスタティックに圧力が生じるほうが、より大きな変形を与えるということであって、そういうことで、マックスケースというか、そ

うところから一つ押さえるという話の進め方ができるんじゃないかなと。そうすると、結局、エネルギー論に近い話になるのかもしれないんですけども、静圧として、はりがどのぐらい、まずは絶えられるのか、そんな話ができるのかなと思って、ちょっとこの結果を確認させていただいた次第です。ありがとうございます。

○更田委員長 更田ですけど、杉山さんの言うのはよく分かるけれども、これも、要するに思考実験というか、もう、すごく乱暴な話だけだね。ただ、当たってみるのかなということ。

確かに、杉山さんが言うように、三角形じゃなくて矩形で捉えてやったら、M、関係なくなりますよね。動的荷重じゃなくて、静的荷重だと仮定してやって。ただし、そのときにオーダーの議論以上にラフな議論にはなるんだろうと思いますけど、杉山さんの言うことはよく分かりました。

○岩永企画調査官 規制庁、岩永です。

杉山さん、我々としては、その考えもよく分かるんですけども、今、映像等、作用する時間のディメンションというのが大体見えてきているかなというところも、これも一つ考えたいんです。ですので、大きくクライテリアとして最初にM、関係ないところからスタートして時間を刻んでいくところに固有周期と作用時間という関数が要は外観から見えてくる情報で加味されていけば、空想ではなくなっていくというところで生かせるんじゃないかと思っています。いかがですかね。

○JAEA（杉山ディビジョン長） スタティックに考えるというのが一つの上限を与えるという意味で参考になるんじゃないかというふうに申し上げていて、アプローチそのものを否定するつもりはございません。

○金子審議官 ありがとうございます。それも一つの枠の中で考えていくという意味での、境界条件と言っていいのかなどうか、よく分かりませんが、一番極端な条件として考えるということだと思いますね。

ほかに、いかがでしょうか。よろしいですか。

私から、うちの参加者の名倉さんとか江寄さんとかにちょっと伺ってみたいことがあります。これ、66ページ、67ページの結果を見ると、今想定したような範囲ですと、変位量が数mmから235mmというのが今は最大変位になっていて、どれぐらいの変位だと実際に弾性変形でなくて組成の、写真に撮ったみたいな、はりの変形の記録が残って実際に曲がった形になりそうか。要するに、数mmだったら、まあ、弾性変形の範囲で止まっちゃう

よねとか、これぐらいだと、さすがにひびが割れたりとか曲がったりしたものが残るんじゃないかとか、そういう感覚というのは何かおありになるのでしょうか。

○名倉安全管理調査官 規制庁の地震・津波審査部門の名倉です。聞こえますでしょうか。

○金子審議官 聞こえております。

○名倉安全管理調査官 66ページ、67ページの写真から見た大梁の損傷状況というものは、このひび割れの状況から推定すると、曲げによってコンクリートにひび割れが入って剛性が低下し始めて、ある程度、剛性が低下し始めているんだけど、引っ張り側の鉄筋は、まだ降伏していないような状況。それで、大体、こういった、ある程度、自重がかかっている状態でもあるので、ひび割れが完全に閉じないというところの状態になっているのかなというふうに認識をしております。

この被害状況と市野さんが計算された最大変位と最大圧力の関係、これ、私たちが通常、見るときは、軸をx軸とy軸、ひっくり返して見るんですけど、最大圧力と最大変位の関係を見ると、特に66ページなんかを見ると分かりますけれども、最大圧力軸に切片があるように見えます。これは、恐らく、曲げ変形の関係は三つの折れ線で表されるような状況になるんですけど、その第2勾配ぐらいまで行っているんで、そういう意味では、市野さんの最大圧力、最大変位の関係というのは、右の損傷の図とある程度一致しているのかなというふうに見ています。

ですから、この損傷状況は、コンクリートにひびが入っているけれども鉄筋は降伏していない。それと、市野さんの最大圧力、最大変位関係をそういうふうに見ていいかというのはあるんですけど、見た形でも恐らく同じような状況を表していて、整合しているんじゃないかなというふうに見ています。

ちょっと、答えを外していますでしょうか。

○金子審議官 よく分かりました。多分、言葉の使い方が、すみません、私が荒っぽいので、うまく表現できていないんだと思いますけど、よく分かりました。ありがとうございます。

ほか、いかがでしょうか。よろしいですか。こちらのほうも、いいでしょうかね。

それでは、また少し思考的に詰める点というのは、今、コメントの中でもありましたので、それは追加的にぜひやりたいと思いますけれども、次のテーマのほうに行きたいと思えます。

資料は69ページからになりますけれども、以前にも少し御紹介しましたが、サイト内に

設置をされましたいわゆる地震計、振動を記録するものがサイト内の地面にありまして、そこに記録されたものとの関係でこの爆発の振動を解析してみると、どのように見えるかという点で規制庁のほうで分析をしたものを御紹介いたします。儘田のほうから、御説明をさせていただきます。

○儘田主任技術研究調査官 規制庁の地震・津波研究部門、儘田です。

私のほうでは、水素爆発時に取得された観測波のほうの分析をしましたので、そちらに関して御説明させていただきます。

まず、70ページ目に行ってください、もともとこれ本検討の背景と目的ですが、今回、1号機、3号機が中心ですが、水素爆発に伴う爆発規模を振動の観測記録により何とか推定できないかということで、こういう課題をいただきまして、なかなか、今回、見ているのは地震波として伝わってきた観測波なので、震源のエネルギーがどうやって地盤のほうに伝播したかという、ここのメカニズムについてはちょっとよく分からないということで、限定つきなのですが、今回、分かるのは、地盤に伝播した振動のエネルギーとしては、どのくらいの比率に各号機でなっているかという、そういうところに着目して今回は解析したということです。

今回、前回の9月3日のときに簡単に説明したんですが、今回、使っている方法としては、ある観測点で観測された振動の大きさというのは、振源の大きさ及び、それから振源からの距離、この関数として表せますと。これは経験的に距離減衰特性式というのがありまして、それに従って今回は解析をしていると。今回は、複数の爆発に対して、複数の号機の爆発に対して観測された場所というのが複数点あるので、それらの観測された振動の大きさというものを、今回、距離減衰特性式という、こういう経験式で回帰して、最終的には振源の大きさがそれぞれ1号機、3号機でどのくらいの比になっていたかと、こういうことをやったと、解析したというのが今回の主な内容でございます。

前回の第13回事故分析検討会、9月3日のときに一度、ちょっとお話しさせていただいたんですが、当時は、前回解析したときには4号機に関しての解析が中心だったということがあって、1号機・3号機に関しての観測記録というのは入手していなかったということで、取りあえず最大振幅、一番、振動の大きいところというのを東電の事故報告書の記録に載っていたものを使って実は読んだのですが、それらの、実際、読み取った、じゃあ、最大の振幅というのは一体どういうフェーズの波かということは、よく特定できなかったというような課題がありました。

そこで、今回は1号機、3号機の観測データをいただきましたので、それに基づいてフェーズ、実際には地震波でいうところのP波とかS波に相当するものですが、こういう特定できる観測波のみに絞って分析をしたということ。

それから、2番目としては、振動の評価に上下動成分、これ、結構、水平動だけで前回は解析していましたが、実は上下動成分も十分出ているということで、この辺のエネルギーも考えたほうが良いということで、上下動成分を入れていると。

それから、3番目としては、減衰特性、後で出てくるんですが、号機間の爆発で同じような媒質を伝播しているのに、それぞれの号機間での爆発と、また減衰が違うというようなことがありましたので、こういうものは本来、同じであるはずと、そういう制限をつけて、今回、回帰を行ったと。その結果というふうになります。

次、資料の71ページ目ですね。まず、そういう課題がありましたので、今回、P波、S波というのを、それぞれ頂いた観測記録から同定をしたということです。下のほうのパネル、二つありますが、左側が1号機爆発時の波形、右側が3号機爆発時の波形で、これは3成分、上下動と、それから水平動2成分があるんですが、これは水平動1成分の記録でして、縦軸に、それぞれ号機の爆発したところから、左側ですと1号機からの距離を取って右側に時間を並べていると。そうすると、ここで特定のフェーズ、一様な速度で伝わる波があれば直線に出てくるということで、主な読み取りとしては、これP波、S波と書いていますが、大体、1号機の場合ですと1,700m/s、それから、S波ですと470m/sのところ初動としてP波、S波というのは読み取れます。

その後に、ここで引いているところで、もう少し後に $V_s 380\text{m/s}$ というところで青い線で引いていますが、これがS波の本体ということだというふうな解釈です。というのは、この表層の、東電の事故報告書のこの地盤の構造のデータを見ますと、ほぼ表層というのは、地震計が置いてある表層は、S波の速度なんですが、大体380m/sということで、このところに大きな波動が来ているので、ここが表層を伝わってきた主な爆発によるエネルギーが伝わってきているところということで、同じように3号機に対しても見てみますと、大体この380m/sというところで大きな波が来ているということで、このところの振幅を取り出して回帰を行うということで、振源でどのくらいの爆発規模だったかということ、ある程度、想定できるということをやっております。

次、72ページ目をお願いします。これで大体Sのところは分かったんですが、じゃあ、そのSの最大加速度をどうやって読み取ったかという、これはちょっと例なんですが、こ

のパネルの左側が1号機爆発時、それから右側が3号機爆発時で、これは観測点が五つあるんですが、D観測点というところで、大体ほぼ、これ、1号機と3号機、どちらも振源距離として大体400mぐらいのところ、大体ほぼ同じような距離での波形を見たものです。

それぞれパネルの上から、水平動の2成分、それから上下動と、それから今回は、その水平動2成分と上下動を三つの振幅を合成してトータルの振幅というふうに評価して、今回、三成分合成振幅ということで、今回、SRSSとあって、それぞれの2乗和をルートで開いたものとして三成分合成波を作っていますが、この絵を見てあげると、S波到着時間から大体1秒ぐらいのウインドウを取って、最大振幅を見てあげると、大体Sに相当するところの最大振幅が評価できるということが分かりましたので、このようにS波の到達時間をそれぞれの観測点で読み取って、そこの最大振幅というところを、その地点での最大加速度というふうな読み方をしたというところでございます。

次、73ページ目でございますが、横軸にそれぞれの号機からの距離を取って、縦軸に最大加速度というところを取って、これは先ほど言った距離減衰特性式というものによって回帰を行っています。

パネル左上から1号機爆発時、それから左下が3号機、それから右下、これ、ちなみに4号機、前回やっていますので、4号機も一応やっていると。この紫の「+」で書いてあるのが、実際、これ、A、B、C、Dとかありますけど、これが観測値で、それと今回の回帰した式ということで、回帰曲線の平均値は、その真ん中でいうと緑を示したところ。それから、上下の青と黄色で示したところが、平均 $\pm 1\sigma$ ということで、大体その回帰した結果としては、大体このぐらいになっていますというところなんです。

一部、1号機と4号機に対してCの観測点のデータというのは、例えば1号機の場合は上下動成分が振り切っちゃっているとか、それから4号機の場合は、ちょっと8Hzのノイズがやっぱり入っているとか、そういうことがあって、ちょっと1号機、4号機に対してはC観測点は使っていないという理由がございまして。

それで、結果なんですけど、74ページをお願いします。これが、それぞれ1号機、3号機、4号機が爆発したときの距離減衰特性になっていまして、これが振源、理想的には、振源からの距離がゼロのところの近いところ、ここでそれぞれがどのぐらいの倍率になっているかということをお求めしております。

今回は、最大加速度の振幅比ということでまず求めていまして、これを見ますと、3号機に対して1号機、振幅比ということでは大体2.1倍、今回は振幅比なんですけど、エネルギー

一としては波動のエネルギーとしては加速度値の2乗、振幅の2乗に比例するというふうに簡単に仮定すると、大体そのエネルギー比でいうと、3号機に比べて1号機は大体4.4倍程度、それからちなみに、3号機と4号機の比率ですと0.1倍ということ、振幅比で0.1倍なので、エネルギー比に換算すると大体約0.01倍というような結果になっております。

以上、次まとめなんですけど、75ページ目のところで、今回は、S波の到着時刻から1秒間の区間における、最大加速度振幅をS波の最大振幅として見積もって、距離減衰特性式による回帰を行いました。最終的に求めた結果としては、1号機の振源の振幅は、3号機の2.1倍、エネルギー比で4.4倍程度と。それから4号機爆発時の振源の振幅は3号機の0.1倍ということで、エネルギー比では大体0.01倍程度という結果になりましたということです。

ただ、ここではじめにも申し上げましたとおり、その各号機の爆発の規模のエネルギー比ということではなくて、今回はそのうちの特に地盤に伝播した振動のエネルギー比であるということには注意が必要ということで、限定つきの結果として、今回、このような結果になったということです。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。最後に付言がありましたように、直接に爆発のエネルギーそのものに比例してというか、相当した比較になるかどうかというのは、解釈が必要ですが、少なくとも地面に伝わった振動との関係で見ると、このように観察できるというものだというふうに思います。

これは、一番最初の画像を見て複数の段階の燃焼みたいなものがあることなんかをいろいろ踏まえながら解釈をしていく必要があると思いますけれども、そういったことも連携させながら少しコメントなどあればいただければと思いますが、いかがでしょうか。

安井さん、お願いします。

○安井交渉官 規制庁の安井です。

この儘田さんのこの結果、74ページですけれども、こういう評価ですから誤差というか不確かさがあると思うんですね。それは、どのくらいのものなんでしょうか。

つまり、この2.1倍をごぼっとどこまで信じられるかということでもあるんですけれども。

○儘田主任技術研究調査官 ちょっと誤差というところは、73ページに、ちょっと見ていただきますと、ただ、これ、どことどこの間で誤差を取ればいいかはなかなか難しい問題

ではあるんですけど、例えば、1号機でフィッティングしたときに回帰式というのは、その青と黄色の線で大体 $1 \pm \sigma$ で、少しこのぐらい幅がありますよね。で、3号機に対してもやはり同じような誤差があるので、比率としてはこの誤差の範囲、だから、1号機の上限と例えば3号機の下限を取るという比、ただ、そういうやり方って本当にちょっといいのかなというところはあるんですが、ざっくり言うと、この標準偏差の範囲内ぐらいで比率を取ったときの倍率の差というようなことが一つは考えられるのかなというふうに思います。

○安井交渉官 すみません、ちょっと読み方が正確に分からないんですけど、ということは、あれですか、この2.1が1.0になるかも分からないし、3点何ぼになるかも分からないけれども、3号機のほうが断然でかいということはないよと、これは確実に言えると、こう理解したらよろしいですか。

○儘田主任技術研究調査官 それ、ちょっとなかなか難しく、例えば、今回のページで言うと、例えば3ページの図が、これが、もうDという観測点なので、ほとんどこれ同じところの観測で取っているんで、その地盤の特性はほぼ同じだろうというふうに考えられます。大体1号機と3号機の振幅、これ、矢印で示している大きさが大体これ、200cm/s/sぐらいの加速度を表してしまっていて、こうやってやっぱり波形を見ると、明らかに1号機と3号機を比べると、最大振幅というところでは、やっぱり1号機のほうがどの波形を見ても、水平動2成分、上下動、どれを見てもやっぱり大きいという、こういう実際事実があります。

ということで、ちょっと絶対的にそうかと言われると、なかなか難しいところはあるんですが、少なくとも、地盤に伝わった伝播するエネルギーとして、1号機と3号機で比べるとやはり1号機のほうが3号機よりは大きいのではないかというふうにちょっと私は考えているところがあります。

○安井交渉官 もう一度質問をしますので、結局、いや、もちろん、こういうのは当然いろんな誤差があるので、この二つはもしかしたら一緒かも、あまり変わらないかもしれないし、ちょっとぐらい入れ替わるかもしれないけれども、3号機のほうが1号機よりも断然でかいということはないよというのは言えるんですかと言ったら、それは、そうなるかもしれないと先ほどおっしゃったんですけども、そうだとすると、ちょっと意味なくなっちゃうんですけど。

○儘田主任技術研究調査官 そういう意味では、今、安井さんがおっしゃったとおりに、

1号機はやっぱり3号機より断然でかいかという、そうではなくて、とんとんという言い方はあれですけど、まあ、だから同じぐらいであるというふうに考えるということとはできるとは思います。

○安井交渉官 いや、儘田さん、逆のことをおっしゃったふうに思っていて、3号機のほうが1号機よりもうんと大きいということは多分なくて、1号機のほうが、多分、3号機よりも大きいだろうというのが結論じゃないんですか。

○儘田主任技術研究調査官 そのとおりでございます。すみません、ちょっと言い方が。

○金子審議官 多分、二人が求めていたことは同じだと思いますけど、この74ページの紫色の1号機の線を太い線にしてみても、緑の3号機の線を太い線にして少し幅を持たせて考えてしまえばというぐらいの定性的な相対的な関係は言えるだろうということではいいですよ、きっとね。

○儘田主任技術研究調査官 今、安井さんがちょっと言われたというのは、要するに、1号機と3号機と比べて、今、やっぱり3号機が逆転することは私もないというふうに思っていて、太い線で書けばという、誤差の範囲の話ですけど、まあ1号機と3号機がそれほど大きな差はないというのはそうでしょうけど、3号機が1号機より圧倒的に大きくなることはないというのはそのとおりでございます。

○金子審議官 ほかのコメントなり御質問なりございますでしょうか。

宮田さん、お願いいたします。マイクが入っていないようです。マイクをオンにしてください。

○ATENA（宮田部長） すみません、ちょっと手こずりました。

1号機と3号機の今回の分析は、地盤の揺れというところなので、実際に爆発が起きて、その爆発のエネルギーが地盤にどう伝わるかというところが、また別途あるということだと思っていまして、それは、1号機と3号機の構造の違い、例えばオペフロの構造、全然違いますし、あと、爆発の態様の違いみたいなこととの関連があると思うんですけど、今、お話を聞いていると、やっぱり3号機のほうがそれなりに大きいんだなというふうに思っていて、前回、それを予告で聞いたときにすごく不思議な感じがしていたんですけども、なぜかという、3号機のほうが黒煙がぼわっと立ち上がるという映像を見ることによって、あたかも3号機のほうが圧倒的に大きな爆発であったかのように、私なんかも思っていたんですけども、実は、今日の前半の安井さんのほうからいろいろ分析されている、いわゆる火球モデルというのですかね、あれが火球だとすると、それが爆発現象そのものじゃ

ないとすると、3号機で起きた、つまり地盤に影響を与えた爆発というのは、南東の吹き出しとか北西側の挙動とか、その部分は爆発による影響であって、そのときの揺れが地盤を揺らしているというふうに考えると、大分整合性があるような感じがします。

すみません、ちょっとそんな感想を持ちましたということです。

○金子審議官 宮田さん、ありがとうございます。多分、先ほど安井さんが確認をされた趣旨もそういうふうに解釈をできるような結果がここにも表れているよねということだと私も理解をしております。多分、先ほど来の説明とかみ合わせていくと、そのように見えるということの一つの証左なのかなというふうに思います。

ほか、いかがでしょうか。よろしいでしょうかね。今のところ手は。

更田委員長。

○更田委員長 今、何をやっていたかという、この地震計の波形の時刻と、それから映像の時刻とがきっちりゼロ点なり何なりがそろうんだらば、映像でこの絵のときに地面を揺らしているんですと言えるんですかというのをちょっと作業部隊に聞いていたんですけれども。

○岩永企画調査官 ちょっとお時間ないとは思いますが、今のイメージとして、最初の爆発の、先ほど宮田さんがおっしゃったような部分と、黒煙の上っていく部分は十分な時間差があると我々は思っていて、それをちょっと一旦、今、少し時間を割いて見てみると、そのイメージが強くつくと思うので、一旦やらせてください。

○金子審議官 じゃあ、それはちょっと後で見ることにして、ただ、委員長の御指摘のような正確なタイムスタンプがぴったり合うかどうかというのは、ちょっとちゃんと検証しないといけないということだと思いますので、それは宿題として確認をするということにしたいと思いますが、どれぐらいこの時間の、一応、時間軸が、この揺れの振幅にはついてるので、ちょっと後でじゃあ見比べてどれぐらい何か言えるのかというのは、絵との関係で見てみたいと思います。

ほか、よろしいでしょうか。

では、すみません、この水素爆発の議題1のところは以上にさせていただいて、一度ちょっと休憩を。

気象データ、ごめんなさい。

それで、では、先ほどの見ていただいた画像との関係もそうですし、気象データを確認するということが前に論点として上っておりましたので、ページで言うと、157ページか

ら当日の、当日のというのは1号機や3号機の水素爆発のときの気象データ。これは、必ずしもすぐ近くの気象データが全て取れているわけではなくて、停電等の影響でできていませんけれども、そういったものも載せておりますので、これは御参照いただければと思いますけれども、今回、資料に載せさせていただいております。

いいですか。説明するか。じゃあちょっと岩永から簡単に。

○岩永企画調査官 ちょっと手元に、私、資料がないんですけども、当時、大隈の、158ページでございます。158ページで3号機が破壊された、爆発が起きたというところの、この158ページのグラフを見ていただくと、湿度のラインですね。これは3月14日の11時、▽、△で示しているところで、これは福島第2が24.5で、まさに1Fの3号機の爆発の時点は14、ちょっと小数点はあれですけども、14%程度というのが当時の大熊町のテレメーターで示されています。

意外と湿度が低いなと思ってまして、これ、実は凝縮波の爆発の波の形成というところでいろいろ今文献を当たってまして、どの程度の水蒸気があれば、このような凝縮波が見えるかというところの実験を追いかけていますが、大体20%前後の実験データが多くて、その部分の整理がもう少し必要で、申し上げたいのは、この水蒸気の量と、凝縮波の関係というのをもう少し関係を詰めておきたいというところです。

○金子審議官 そういう白い水蒸気の雲のようなものが、上に上っていくものが観察される水蒸気幅、湿度幅というのがきつとあるのであろうという仮説の下に、これをベースにもう少し詰めていきたいと、そういう作業の途中だということですね。

○岩永企画調査官 ええ。というのは、前回の議論で、ここには、要は湿度の関係で見えている、見えていないという議論が一つされていたと思ってしますので、その湿度の問題をきっちり整理をして進みたいというところでございます。

○金子審議官 それで、ちなみに、1号機のところは、今、60%ぐらいで、3号機のところは24.5%ぐらいというのが、取りあえず分かっているということですね。

○岩永企画調査官 はい。

○金子審議官 失礼しました。

では、これはちょっと御紹介ということにとどめさせていただいて、一旦、休憩を挟みまして、今、16時50分ですので、17時再開で議題2から始めさせていただきたいと思いません。小休止を取らせていただきます。よろしくお願いいたします。

(休憩)

○金子審議官 それでは、時間になりましたので、第二段階目、議題2から検討会の会合を再開させていただきます。

議題2は、3号機の原子炉格納容器内の圧力挙動についてということで、以前から議論をしていたことではありますけれども、追加で少し論点を確認をさせていただいて、その上で、これまでやった議論でどんなことまで言えるのかということを確認をして、今日はまとめていきたいというふうに思います。

説明のほうは、星からお願いいたします。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

それでは、資料3に基づきまして、3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動についてということで(3)として前回までの議論のフォローアップという形で御説明をいたします。

これは3号機のPCV圧力、ちょうどベントした後ぐらいのものを示しておりますけれども、下に点線で示した部分は、ベント弁の操作実績としまして、大弁と小弁と二つございますけれども、それを実際、どのような時間帯で開けて、あとは閉まった時間を確認されていきますので、その操作実績について示しております。

ただ、御覧のように、操作実績とPCVの圧力の増減というものは必ずしも一致していないということで、これまでは、この3号機のPCV圧力の増減というものは、ベントの成功した時間というものを判断しまして、それがこの赤い棒線で引いてありますけれども、このベントによってエネルギーが環境に放出されたことによって圧力が低下したというふうに、従来、判断されてきております。

ただ、これまでの議論によりまして、実際、ベントは最初の1回目、それから2回目ですね。この2回のみが成功で、その後に行われたベントについては成功していないというふうに考えられますので、格納容器の圧力低下というものは、ベント以外のもので生じたというふうに考えたほうが整合するだろうということで、これまで主に格納容器の中で発生した蒸気の発生量の変化によって、そのように考えるのがいいのではないかとということで御説明してまいりました。

前回、格納容器から最初に微小な漏えいが発生したのは、3号機のMSIの貫通分近傍ではないかということで、その当時の状況等について御説明しましたがけれども、そのときにもベントの逆流の可能性もあるのではないかというような御指摘がございました。

これまでの報告書から、関連する事項をここで抜粋してございますけれども、政府事故調報告書のほうの中では、ここに書いてございますけれども、「シューッというような音

を聞いて、周囲がそれまでよりも濃いモヤに包まれたために、慌てて建屋外に退避した」というような記載がございました。

一方、ベントの逆流に関しましては、4号機のほうで建屋に入域後、10～15秒で4mSv、1,000mSvを振り切るような線量が確認したということで、ベントの逆流でも、3号機あるいは1号機で確認されたような、かなり高線量というものが確認されたということで、ベントの逆流の可能性というものは否定できないだろうと。

ただ、この報告書の確認の中で、4号機で「運転員は使用済燃料プール水温が84℃であることを確認した」というのが3月14日4時8分ということで記録がされておりました、この記録は、仮に実際に建屋の中まで入ったということであると、その後、10時半頃に確認された高線量とベントは2回しか成功していないということとちょっと辻褃が合わないようが記載もございますので、後ほど、東京電力のほうから、この4時8分に確認されたものがどういったところで、どういった手法で確認されたかということをお補足していただければというふうに思います。

3号機格納容器からの漏えいということで、これ、前回も御紹介をしましたがけれども、MSIV室がここにございまして、現在は漏水が確認されていると。ただ、前回、先々週ですか、5号機のほうを確認してまいりましたけれども、MSIV室の北側と南側にはブローアウトパネルがあるということで、かなり大量の水蒸気の放出があれば、こういったブローアウトパネルが外れるといったこともあるんじゃないかというふうに考えてございますので、これまで3号機で測定された建屋内線量というのは、前回、1号機の測定結果と同程度であったということで、漏えいの可能性というものを御説明しましたがけれども、ベントガスの逆流で4号機で測定された結果とも数分の1程度の違いでしかないので、4号機と同様に、ベントガスの逆流の可能性というものはあるというふうに考えられます。

当時の現場の状況から、PCVからの漏えいというものが示唆されるわけですがけれども、こういったブローアウトパネルが開いたかどうかといった状況の確認、状態の確認というのは、今後、追加調査が必要ではないかというふうに考えてございます。

ただし、そういった漏えいが発生したとしましても、先ほどお示しましたように、格納容器圧力、その後、かなり高く推移しておりますので、プラントの圧力挙動に大きく影響を及ぼすような、そういった規模の漏えいというものはなかったんであるというふうに推定してございます。

続いて、ベント前からの崩壊熱、あるいはFP等の輸送がどういふふうに行われていたか、

これは、これまでもちょっと御紹介しておりますけれども、ここで第1回目のベントがございましたけれども、それ以前に格納容器の圧力、ドライウエルとサプレッションチェンバーの関係でいきますと、ドライウエルのほうが圧力が高かったということから、最初のベント前からRPVからドライウエルへの何らかの漏えいというのは既に生じていたであろうというふうに考えられます。

その後、RPVの健全性ですとか格納容器からの漏えいというのが、いつ頃大きな規模で行われてきたかということについて、前回のちょっとフォローアップになりますけれどもこの上で書いているのは格納容器の圧力、下側に書いたのはCAMSの線量を示しております。ここに示しましたように、ここでドライウエルの線量というのは明らかに上昇しております。一方、サプレッションチェンバーのほうは、ほとんど横並び、少なくとも上昇はしていないということです。3号機の場合にはADSが働いて、RPVからサプレッションチェンバーへの水蒸気やFPの輸送経路というのが一回形成されたわけですけれども、この頃は、ドライウエルのほうが放射線量が上っているということから考えまして、この頃にはRPVからサプレッションチェンバーへという輸送経路が、主な輸送経路では既になくなっていくだろうというふうに考えられます。

したがって、ADSが閉じるとか、RPVのところに大きな破損があるとか、そういったところが主な輸送経路になったというふうに推定されます。

ADSが3号機では開いていますけれども、その開の状態がいつ頃まで続いたであろうかということについて、若干の考察をしております。一番上に示したのは、RPV圧力そのもの、真ん中はドライウエルとサプレッションチェンバーの圧力、一番下がドライウエルとサプレッションチェンバーの圧力差を示しております。ここで、かなり大きなRPVの圧スパイクが観測されています。このときには、恐らくADSは開状態が維持されていたであろうというふうに推定されます。といいますのも、このドライウエルPCVの圧力を見ますと、ドライウエルよりも先にサプレッションチェンバーの圧力ほうが先行して上昇しているように見えます。このドライウエルとサプレッションチェンバーの圧力差を見ますと、明らかにここで下がっておりますので、サプレッションチェンバーの圧力が先行して上っているということで、この頃には恐らくADS自体は開いていたであろうというふうに考えます。

一方、ここでベント弁が閉じた後、その後は、格納容器の圧力、ドライウエルのほうが圧力が先行して上っていると。ドライウエルとウェットウエルの圧力差は変わらないまま

であるということで、この状態は、もしRPVの下部ヘッドが健全であれば、ADSが開状態が維持されていないというふうに考えられます。

これは、RPVの圧力のちょっと拡大したものです。先ほどの大きなピークに隠れちゃいますので、下側のほうをちょっと拡大するために圧力の低いところだけを示しております。

これはチャートです。チャート自体、右から左にきていますけど、この一つ目の小さいピークがここですね。二つ目はかなり大きい、2MPaを超えるピークがここで、このグラフ自体は上を切っちゃっていますので、ピークの一番上のところは見えてございません。このように大きなピークがございますけれども、それ以外にも幾つか大小の圧力スパイクが生じているということが確認できます。

一番最後のピークの近傍をちょっとここで、PCVの圧力と一緒に並べていますけれども、これが一番最後に確認されたRPVの圧力ピークの位置ですね。このときに、ドライウエルの圧力の上昇というものが、それまでの圧力上昇よりも急勾配になっているということで、ここでRPVの圧力スパイクが生じて、それがドライウエルのほうに漏えいしたことによってドライウエルの圧力が上昇しているのではないかとというふうに考えられます。

したがって、ここの部分ですね。3月13日の16時半頃まで、このぐらいまではRPVの中で圧力スパイクが生じたと考えられますので、下部ヘッドに水位を形成できないほどの規模の漏えいは、つまり水があったであろうというふうに考えられます。

一方、そのときに、ADSが開状態を維持していれば、ここの直線、解析結果を示していますけれども、ADSが開維持していれば、水蒸気自体はRPVからサブプレッションチェンバーのほうに行きますので、サブプレッションチェンバーのほうは先ほどと同じように先行して圧力が上がるはずなんですけれども、ここではドライウエルのほうが先行して上っているということで、この時点ではADSが開状態を維持できていないのではないかとというふうに考えられます。

ちょっと繰り返しになりますけれども、先ほどお示しましたように、この3月13日の16時半頃まで、この辺まではRPVの中で圧力スパイクが生じているということで、下部プレナムにはそれなりに水があって、そこに溶融燃料が落下してスランプすることによって、圧力スパイクが生じていただろうというふうに考えられますので、この頃までは下部プレナムに冷却材が存在する状態が維持されたであろうというふうに考えられます。

一方、これは前回の資料から抜粋ですけれども、この期間、明らかに注水が停止された

期間に格納容器の圧力が上っているということで、この注水が中断された期間には、ドライウエルの床面に熔融炉心、デブリが移行していただろうというふうに考えられますので、この期間よりは先にRPVの下部が破損していただろうというふうに推定されます。

以上まとめますと、まず、PPVの下部ヘッドにつきましては、先ほどお示ししましたように、3月13日の16時半頃、これぐらいまでには冷却材は保持されていて、大規模な漏えいは生じていないだろう。

一方、3月14日の1時頃、その頃には、ドライウエルの床面にデブリが存在したということで、その間に、RPVの下部には大規模な漏えいが発生して、ドライウエルのほうにデブリが移行したんであろうというふうに推定します。

一方、ADSにつきましては、先ほどお示ししましたRPVの大きなスパイクが出たときですね、この辺までは開状態は維持されたであろうと。ただ、2回目のベントが閉状態になった頃、この頃にはADS自体も閉状態になっていて、その間に6弁開いたものが開から閉に移っていったんであろうというふうに推定してございます。

今回のまとめですけれども、ベント実施前からRPVからドライウエルの漏えいが何かしら生じていたと考えられますけれども、3月13日の16時頃までは下部プレナムに冷却材は保持されていたというふうに考えられます。一方、3月14日の1時頃には、ドライウエルの床のほうには熔融炉心が移行していたと考えられますので、この時間の間には下部ヘッドに大規模な損傷が生じて、デブリが移行したのではないかとというふうに推定してございます。

一方、3号機ではベントの準備期間中、ほぼ同時期にADSの起動によってラプチャディスクが破れて、ベントが成功したことになりますけれども、炉心損傷後の状況においては、このADS開状態というものは維持されず、途中で閉止したのではないかとというふうに考えてございます。

まず一旦、ここまでで説明を終了します。

○金子審議官 ありがとうございます。主に3号機のベント後の圧力挙動との関係で、今最後、今回のまとめというところで説明してもらいましたけれども、RPVの健全性であるとか、それとの関係での圧力の変化の説明、あるいは、ADSの作動状況というようなところがポイントになって観測されたことが説明できるのではないかと、ある種のストーリーということになっております。

御質問なり、コメントなりをいただければと思います。

細かな部分でもいいと、これは、ごめんなさい、規制庁の会議室は東電ですかね、すみません。

○東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上です。

先ほど星さんのほうから、2ページ、通しの78ページのところで、「運転員が使用済燃料プール水温が84℃であることを確認した」のところ、後ほど説明するよというところがございましたので、御説明いたします。

こちらのほうの記載を確認いたしましたけれども、10時30分の原子炉建屋に入れなかったときの記載も、当初のほうの時系列の報告書のほうを見ますと、使用済燃料プールの状況を確認するためにというような目的が書かれておりまして、あたかもやっぱり、84℃というのを確認しても、プールの状態は見えていないというような感じで記載されているということが一つございます。

もう一つなんですけれども、定検時のときに、プールの温度を測るために温度計というのが用意されておりまして、そちらのほうは中操のほうからバッテリーをつなぎ込めば温度を測れるような状態にあったというふうなことが確認できております。

具体的に、この4時8分のものがバッテリーをつなぎ込んで温度を測ったというところまでは確認できていないんですけれども、状況証拠から言えば、この84℃というのは中操から確認したというふうに考えてございます。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。そういう意味では、その時点で現場に作業員が入って、実際に水温を測ったということではなくて、中操のほうの作業で温度を確認したような作業であると推定されるということですね。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

まさにそこを確認したかったんですけれども、東京電力の報告書で、電源復旧作業という項目が記載されていて、その中に14日の4時8分、4号機使用済燃料プール水温計及び3号機格納容器雰囲気モニターCAMSの一部機能が復旧したという記載があるので、まさに溝上さんがおっしゃったように、電源が復旧して中操で確認できたということで間違いはないんだろうというふうに考えます。

○金子審議官 その記述とも整合するということですね。であるので、この4時8分の確認も別に矛盾はしないようになっていると、現場の雰囲気との関係では。

ほかに中身の点でいかがでしょうか。

宮田さん、お願いいたします。

○ATENA（宮田部長） ATENAの宮田です。

ちょっと幾つか事実関係というか、データの読み方の確認なんですけど、通しの82ページで「S/Cが先行して圧力上昇」というふうに書かれているんですけど、S/Cの圧力というのは、青い色のほうだと思んですけど、あまりS/Cがドライウェルより先行して上っているように見えないんですけど、これは何か、ちょっと読み方が違うんですかね。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

右下6ページでよろしいですね。

○ATENA（宮田部長） はい、そうです。

○星主任技術研究調査官 この真ん中のグラフがドライウェルとウエットウエルのもので、この一番下ものが、ドライウェルとウエットウエルの圧力差を差し引いたものになります。ここで、この差し引いた差が下がるということは、サプレッションチェンバーの圧力のほうが上っているということで、ドライウェルとウエットウエルの圧力差が下がっている、少なくなっているということを示していますので、サプレッションチェンバーのほうから圧力が上がってきているというふうに考えられます。

○ATENA（宮田部長） 先行してという言い方がちょっと違うのかなと思っちゃったんですけど。

○星主任技術研究調査官 すみません。主に、だから、蒸気の放出先としてはサプレッションチェンバーだということです。

○ATENA（宮田部長） 上昇率が大きいと、そういうことですか。

○星主任技術研究調査官 そういうことです。

○ATENA（宮田部長） それで、すみません、ちょっと幾つか、よく分かりにくいんですけど、通しの80で、この資料で4ページですけど、ここではベント実施前からドライウェルのRPVからの漏えいがあったというふうに書いてあるんですよね。それで、先ほどの6ページのほうでADSは開状態を維持していると言っているんですけど、つまり、RPVからドライウェルのパスはもうありましたと。ADSはS/Cへのパスですと。これ、どういう意味かという、結局、あれですか、その上昇率が高いということは、RPVからドライウェルの漏えいパスよりも、ADSが開放しているパスのほうが大きい。大きいというか、ベントクリアの差圧まで含めて考えたとしても、そっちのほうがパスとしては行きやすい、そういう理解だということでしょうか。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

御指摘のとおりです。メインとなる蒸気のパスとしては、そちらのほう、今で言うとADSのほうになるだろうと、そういうことです。

○ATENA（宮田部長） 分かりました。ありがとうございます。

○金子審議官 今のは、あれですね。80ページのちょうど模式図が書いてある①という矢印と②という矢印の大きさというか、どっちが主で、どっちがより大きいか、あるいは小さいかということの議論で、②のところは、やはりその頃はまだ主たる蒸気の通り道だったというようなことで考えているということ認識が一致していると思います。

ほかにございますか。溝上さん、お願いします。

○東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上です。

先ほどの宮田さんの質問ともよく似ているんですけども、通しの80ページ、右側の4ページのところなんですけど、グラフで丸く囲ってあるところ、ドライウェル圧力がサプレッションチェンバー圧力よりも高いところなんですけれども、原子炉減圧をする直前の丸の一番右側のところの圧力変化なんですけれども、こちら、先ほどの6ページの議論と同じで、サプレッションチェンバーの圧力上昇のほうがドライウェルの圧力上昇よりも大きいという形になっています。

そういうことからすると、この状況においても、メインのRPVからの蒸気の放出先は、サプレッションチェンバーだっただろうというふうには考えられますし、サプレッションチェンバーに流れたものがドライウェルに流れ込むことによってドライウェルの圧力も少し上っているということじゃないかと思うんですけど、ただし、この圧力の大小関係からいうと、ドライウェルの圧力のほうがサプレッションチェンバーの圧力よりも高いので、圧力が低いところから圧力が高いところへ流れ込むということは多分ないだろうというふうに思いますので、ここのところは、確かに測定値としてはドライウェル圧力のほうがサプレッションチェンバー圧力よりも高いんですけども、本当に高いのかということについてはやっぱり慎重な議論が必要なんじゃないかなというふうには考えております。

以上です。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

今、溝上さんの御指摘は、圧力計の誤差も含めた形で検討が必要ではないかという、そういう御指摘ですか。

○東京電力HD（溝上部長） そのとおりです。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

当然、その測定計の不確かさというのは、今回いろいろあるかと思いますが、一次情報を所有されているのは事業者のほうなので、そこについてできることは、こちらとしては限りがあるのかなというふうには考えます。

○金子審議官 安井さん、お願いします。

○安井交渉官 今のこの80ページのお話だと思うんですけども、いや、僕もちょっと赤い色のほうが青い色のあれよりも上だから、ドライウエルの直接漏えいがというのは、どこまで言えるかは誤差の問題もあるんですけど、もう一つ、サプレッションチェンバースプレイが、ベントの前に1回行われているんですよ。行われているんですよ。少し温度の体系は下がりまして、だから、実はそういうのが圧力差を生み出した可能性もないわけではないんじゃないかと。

ただし、逆に言うと、たしか、これ、ちょっと記憶がうろ覚えなんですけれども、ドライウエルスプレイをしても圧力が下がらなくて、むしろここまで上ってきているのは、非凝縮性ガスがドライウエルにないとうまく説明ができないので、だから、RPVからドライウエルへの漏えいがあったという、つまり、赤と青の上下関係よりは、この曲線のカーブの描き方からたしか一度説明がされていたと思うのですが、たしか、星さんがそれもしたと思うんですが、それとこれの関係はどうなっているんでしょうかということなんですけど。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

今ちょっと図が左になっちゃって、今、御指摘あったところがドライウエルスプレイがされたところですね。そのときに、ちょうどここもHPCIが停止していて、かなり金属-水反応があって、恐らく水素自体も発生していたであろうというところです。

ドライウエルスプレイがされているにも関わらず、圧力が下がり傾向にならないというところで、当然、非凝集性ガスの発生、あるいは、漏えいというのも考えられるというふうに思います。

○安井交渉官 今、溝上さんが言っておられたように、この赤と青の上下関係だけで説明ができるのかという、多分、溝上さんが言いたいのは、そういうことですよね。違いますか。

○東京電力HD（溝上部長） そのとおりです。

○安井交渉官 そうですよ。それで、以前に一度言っていたことで、この直後に水素爆

発もありますから、いや、直後じゃないのか。後々の問題もあるんで、非凝縮性ガスの存在の議論があるけれども、でも、それはS/Cから回ってくるんだと、ちょっとこれはまた完全に逆転しなきゃいけないというのもちよっとしんどいところがあって、だから、あれなんですか、つまり、ドライウェルとS/Cの圧力計の精度の議論がなしに、言わば、ほとんどとっても小さく見える差では説明ができないんじゃないかという御指摘じゃないかなと僕は解釈していて、それに答えられますかという、こういう設問じゃないかなと思うんだけど。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

ちよっとここの書き方は、今の御指摘に、ちよっと乱暴な書き方かもしれませんので、ちよっとその前のところから、格納容器の圧力の上がり方も含めて説明するような書き方のほうが適切かと思しますので、ここはちよっと修正したいと思います。

○金子審議官 議論は82ページのオレンジ色の文章の説明が、その下にある圧力差のところだけで説明をされているように見えるけれども、もうちよっとトータルの状況できちんと精査をした形で記述をされなければいけないのではないかということで、少しそこは見直しが必要かもしれないということと理解をしました。

ほかの点、いかがでしょうか。よろしいですか。

それ、今のちよっと今日、追加でというか、少し新たに説明がこのようにできるのではないかということを星のほうから紹介いたしましたけれども、それを含め、前回にも大分議論をさせていただいて、皆さんで認識共有ができる部分と、大体そうかもしれないけれども、もうちよっと検証がちゃんと必要だねというような程度のものと、それから、ちよっとよく分からないなというタイプのものと、幾つかそういう意味では確度の程度に差があったと思いますので、これまでの議論を踏まえて、こういう点は今回の検討会にいらっしゃる皆さんと共有ができるでしょうかということで少しまとめてもらったものを今説明のあった次の89ページという資料で書いてもらっていますので、ちよっと簡単に星から御紹介します。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

これまでSR弁の話とか、いろいろ御議論いただきましたので、その部分で、これまで概ねコンセンサスが得られたであろうという部分について記載させていただきます。

まず1点目、これはS/RVの件ですけれども、SB0になった場合に、格納容器の外からの窒素供給が途絶えた場合には、SR弁は中間開の状態になるというふうに考えられます。

また、炉心損傷後の高温環境下におきましては、その高温の影響を受けてS/RVのバネの押し下げ力、これ自体が低下することによって、安全弁として動作する圧力が低下することが確認された。

今、議論がありましたけれども、ベント実施以前に、圧力容器からドライウエルへの漏えいが生じていたというふうに考える。

3号機では、これまでPCV圧力の低下をベント成功というふうに解釈されてきましたけれども、成功したベントは最初の2回のみであると。したがって、4号機への逆流もその後は生じていないというふうに考えられます。

サプレッションチェンバーの水位は非常に、外から注水されていたので、かなり高かったことから、ドライウエルとサプレッションチェンバーの圧力差の変動によって、サプレッションチェンバーからドライウエル側に逆流が生じて、ドライウエル床面には水位が形成されたというふうに考えられます。

その場合、溶融炉心がドライウエルへ移行したことで、ドライウエルが蒸気等の発生源になったというふうに考えてございます。そのため、3月13日14時頃～14日21時頃まで、この間のPCVの圧力変動というのは、漏えい自体は継続しているものの、PCV内での蒸気発生量によって変動したものと考えられるのではないかとというのがこれまでの議論で、概ね合意が形成されたのではないかとというふうに考える部分です。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。これは、ちょっとまとめ側の認識で書いていますので、皆さんの中で、ここはもうちょっと議論が必要ではないかと思うような点でありますとか、ちょっと違うぞというようなことがあれば、この時点で少しコメントを頂戴しておきたいと思っておりますけれども、皆さんから、細かな点で結構ですので、何かコメントがあれば頂戴できればと思います。

宮田さん、お願いいたします。

○ATENA（宮田部長） すみません、これは書き方の確認なんですけど、例えば一番上の「中間開の状態になると考えられる」という表現、2番目は「確認された」、3番目は「生じていた」というような感じで、断定した書き方の部分と、考えられるというふうに書いている部分とあるんですけれども、これは考えられるというのは、若干確度というか、はっきりしない部分もあるんだという意味合いで書いているんでしょうかということを知りたいんですけど。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

御指摘のとおりです。

○ATENA（宮田部長） 分かりました。すみません、もう一つついでに言わせていただくと、四つ目のポチの二つ目とか三つ目辺りなんですけど、これ、四つ目のところに時間帯が書いてあったりするんですけど、この二つ目、三つ目のこれ、どこの時間のことを指しているのかと入れておかないと、ちょっと誤解を招きそうな場合があるかなと思うので、これはコメントです。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

拝承しました。

○金子審議官 安井さん、お願いします。

○安井交渉官 今の時間をちゃんと書いておくということと実は一脈通じるんですけども、S/Cからドライウエルへの逆流が必要なのはというと、言い方、変ですけど、それは、下部プレナムから注水された水がドライウエルへ落ちるまでの間に何か水蒸気をつくるためにはドライウエルの下面に水面がいるということに、今ので答えられるんじゃないかと、こういうことだと思うんですね。

それで、この81ページを見ると、ドライウエルのほうが、逆ですね。だから、ウエットウエルのほうが圧力が高まるのは、大体14日の未明か朝、0時頃ですよ。それで、このCAMSのデータを見ると、大体こう来ていますけど、まあ多分、もうちょっと早くから上昇が始まっているでしょうから、そうすると、今ここで見えているだけで、回復したのが14日の朝4時なんですけど、もう既に140Svなんです。だから、もっと140というと、下まで落ちちゃっていると思うんで、もうちょっと2時とか0時頃。そうすると、下に下部の、先ほどおっしゃっていた圧力スパイクが生じているのが観測されているのは、最大、一番最後、ものすごく小さいやつを入れても13日の18時なんです、下部プレナムにそれなりの損傷が生じて、注水した水が、言わばドライウエルの下に落ちるタイミングは、ぎりぎりこの圧力上昇に間に合っちゃうかもしれないというちょっと、そういう気がするんですが、それは、もちろん、圧力平衡の関係でS/Cからドライウエルへの逆流は起こり得ることだとは思いますが、ただ、それだけでなくはならないまではちょっと言えないんじゃないかと思うんですが、いかがでしょう。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

御指摘のように、サプレッションチェンバーからの逆流でなければならないということ

はなくて、おっしゃるように下部プレナムが破損していれば、注水が上から流れ落ちてきますので、ドライウェルでの蒸気発生は起こり得ると思います。

ですので、サブプレッションチェンバーからのドライウェルの逆流でなければならないわけではなくて、これはサブプレッションチェンバーのほうにかなり水が入っていたので、この圧力の逆転現象の中で逆流が生じていて、それが一つの蒸気の発生源になっていたということで、これが必ずしも必要条件ということではありません。

○安井交渉官 だから、先ほどの時間をちゃんと書こうよという話と絡むと言ったのは、この89ページの一番下に四つ(-)がついているんですけども、床面に水位が形成されたということの次に、「D/Wへ移行したことで、水蒸気発生源になった」があって、だからちょっとこの、つまり逆流が生じたことで水位が形成されたということが、前後関係を少し明らかにして、あるいは、絶対条件じゃないけど、その可能性もあるよというやつをちょっと丁寧にもう少し書き分けたほうがいいかなと。コンテンツは大体、要素はこれまでも議論されてきているので、全然違うよという気はないんですけども、やっぱり競合しそうなものというのがありますので、それは競合する可能性はあるよというのは、やっぱり認めていかざるを得ないじゃないかとは思いますが。

○金子審議官 お願いします。丸山さん。

○日本原子力研究開発機構（丸山副センター長） 原子力機構の丸山です。

今の話と関係があるのですけれども、たしか前回も話が出たような記憶があるのですが、再循環ポンプのシール水が漏れ出ている、ドライウェルの床に早期から水があったのではないかという話があったと思います。

ですので、安井さんが説明していたんですが、この4番目のポチの2番目と3番目の横棒は、直接関連があるというわけではなくて、水位を上昇させた可能性がある、そういうふうに私は理解しています。シール水の漏洩というのが本当に起きたかどうかは私も分からないのですけれども、事故当時は、そのように言われていたと記憶しています。

以上です。

○星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

承知しました。その辺も含めて、ここの記載は修正したいと思います。

○金子審議官 意図しているところは共有できたかと思えます。

ほか、いかがでしょうか。よろしいですかね。

では、ここは、いただいたコメントも踏まえ、先ほどのちょっと正確性をきちんと記述

をするということと、これまでの御議論を踏まえた形でまとめていけるように少し事務局側で作業をしていきたいというふうに思います。

それでは、すみません。あと、残りの時間で3番目の議題の2号機のシールドプラグ下面の汚染密度の推定について、資料の93ページから用意してございますので、岩永から御説明させていただきます。

○岩永企画調査官 規制庁、岩永です。

手短に御説明します。93ページ、めくっていただきまして、今回、2号機のシールドプラグの裏から線量の推定というところで、いろいろな調査を試みてまいりました。

先月には、我々のほうで原子炉ウェルというところの脇に排気ダクトがありますので、そこの線量も測ってみるんですけども、なかなかそこからは高い線量というもののストリーミング線が出てこないというところもあり、幾つかの情報を整理を続けておりました。

今回、めくっていただきまして、資料の95ページなんですけれども、これ、過去に東京電力のほうで用途は違いますが、表面の汚染を一定の距離で測るという装置でございまして、鉛遮へい、厚さが6cmぐらい積んでありますので、これだと周囲の非常に高い線源を $10^3$ 程度落とすことができます。

一方、この開いている部分から見通せるものが、表面およその直径300mmの領域を見られるという検出器の結果がたまたまございました。我々のほうで、これを踏まえまして、次のページに行っていただきまして、4ページ、96ページですが、シールドプラグの上の部分にこのような配置ということ想定しまして、継ぎ目とか、強い部分ではない、むしろ面をしっかりと形成している部分の線量を拾っていくという測定手法を、要は1回取った検出器のレスポンスをもとに整理し直しています。

5ページ、97ページを御覧ください。どういうことをやりましたかと言いますと、この床面とシールドプラグ上面、これ、コンディションは、高さは一緒に検出器も同じでございます。このような配置をしますと、周囲の高い線量を、これまで随分悩まされてきたわけなんですけれども、この部分におけるほかからの線量の入り込みというのがかなり低減いたしまして、高さ30cmにおける見渡す表面の線量で、床は表面だけ、シールドプラグのほうは頂部カバーと、その後ろにある線源、この二つが同じ検出器で捉えることができるということになっております。

左側に測定結果を示しておりますが、オレンジ色で示す部分がシールドプラグの上面、あと、その床が青としまして、床面を測っております。

めくっていただきます。そうしますと、前回は、このシールドプラグを含めたオペフロの表面の線量というか、汚染状況というのは大体そんなに特異に高いところはないというところでやってきたわけですけれども、今回の結果でも、シールドプラグ以外の場所の汚染は大体表面で0.1～数mSv/h程度のものとみなせると仮定します。

そうすると、プラグの継ぎ目以外の場所からの線量というのは、先ほどのシールドプラグ上の線量から、この表面の分だけを引くという単純な操作が可能となりますので、ほぼほぼシールドプラグ上のものが、表面ではなく、後ろ側からの、要は頂部カバーと中間カバーの間からの線量を見ているという物理的な関係になりますので、それをもとに汚染量、いわゆるベクレル数を求めております。

7ページですけれども、これは実際の測定とモデルなんですけれども、かなり単純なモデルですので、ほとんど物理的な関係や幾何効率というのは変わらないんですけれども、要は、ばらつきを見たり、不確かさを見るために幾つかパラメータを振って飛び込む角度をある程度多く見積もった形でやるんですけれども、せいぜい半径を多めにとっても、桁も変わらず、倍程度にしか変わりませんので、ここについては、高さ依存性というのはあまりないなど。要は、しっかり表面を見ている状況にはあるなど考えております。

まとめますと、簡単にまとめますが、前回、我々、今回の結果を踏まえれば、少なくともやはり20～40PBq程度の線量が算出することができておまして、前回、検出器を使って150cm、1.5m辺りの線量から得られた $6.6 \times 10^{10}$ Bq/cm<sup>2</sup>の間において、70Pbqという数値を算定しましたが、我々の今回の試みにおいても、頂部カバーと中間カバーの間の汚染というのは数十PBq、20～40程度に収まるということもありますので、前回の手法とも異なる方法で同じような桁、オーダーを算出することができております。ここについてまとめております。

あと、ここは、実際、シールドプラグを剥がすわけにいかなくて、いつまでもたってもなかなか直接線を見るというのは難しいところですが、その他の手法として、今我々が抱えている不確かさという意味では、やはり表面が一定程度、均質な汚染があるというのが仮定としてありますので、これが不確かさの要因となっています。

これについて改善ができるかということについては、今度は、実は、シールドプラグの上も含めて、 $\beta$ の汚染が結構あります。かつ、場所において、そんなに変わらないというのも見えてきています。よって、この $\beta$ 線というのが飛程も短くて、飛ぶことがあまりないので目の前の検出をするという意味で非常に有利になってきます。

一方、ここでの $\gamma$ 線と $\beta$ 線の比率というのは、大体見えてきていますので、今回は、 $\beta$ を逆に捉えることで、その比率を出していきたいと思っており、引き続き、ここは精度を上げるという努力をしますが、まずは、今回の過去のデータを整理することで、一定程度、オーダー程度で非常に大きい汚染があるということについての結果に裏づけができたと考えております。

以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。ちょっと一つだけごめんなさい。確認、今、説明していただいた100ページの下の方の「0.1～数Sv/h」となっている、これ、数ミリでしたっけ、表面はいいんですか。

○岩永企画調査官 数mSvです。ごめんなさい。

○金子審議官 そうですね。ちょっと念のためです。ごめんなさい。

説明がありましたように、以前に測ったものとはまた別の推定方法で、この2号機のシールドプラグの一番上の層の裏面にいるであろうと思われている放射性物質の表面密度なり、そこから来る線量ということからの推定をすると、やはり、前は70Pbqという数字を測定結果として出しておりましたが、今回の推定方法で、大体20～40ぐらいということで、桁のことで申し上げれば、数十Pbqというところで、一応、ほぼ見ているというような結果になっているというところがポイントでございます。

したがって、前回お示ししたようなことがだんだんいろいろな手法によっても補強がされているかなという状況にあるということございまして、何か御質問なりあればいただければと思います。

丸山さん。

○日本原子力研究開発機構（丸山副センター長） 原子力機構の丸山です。

ありがとうございます。いろいろな方法で確認していただいて、非常に貴重な情報だと思います。以前、同様の説明のときに、何号機だか忘れてしまったのですが、たしか2号機だったと思うのですが、シールドプラグの領域の表面積を考えると、初期インベントリを超えてしまうくらいの量になってしまうという記憶があります。この結果もオーダーが変わらないということは、Cs-137だったと思うのですが、初期インベントリと同程度のものがここにあるという見解なんですか。

○岩永企画調査官 規制庁、岩永です。

ありがとうございます。前回、前々回までにお話をしてきた汚染量というものは、結局、

目の前に見えていたのが、当時は70Pbqということで、210Pbq程度の要は初期インベントリーに対してかなりの割合がそこにつくと、かつ、それが3層にわたってついているということを仮定すれば、掛け算として超えてくるということなんですけれども、今、我々、ウェルも含めて測り始めていまして、いろんな角度から、この1層目と2層目の間に集中している可能性もありつつ、状況としてこれ以上はどこまで分かるか分かりませんが、今、目の前のデータを整理する上では、この40~50とか、70までの間に収まってきているというところがございますので、前回の話はそれに掛け算をしているというところでインベントリーを超えているんじゃないかというところだったと思います。その条件はまだはっきりしないと思っています。

○日本原子力研究開発機構（丸山副センター長） 分かりました。ありがとうございます。その層だけに選択的にというのはなかなか考えづらいなと直感では思っています。その層にたまるのだったら、濃淡はあるのですが、その下の層にたまってもおかしくないかなと思います。ただ、いろんな手法で確認するというのは非常にいいことだと思います。

○金子審議官 更田委員長、お願いします。

○更田委員長 ちょっと解説みたいなものですけど、これまで分析を進めてきて、水素爆発やいろんなものを見てきたけれども、このシールドプラグの裏側に数十PBqオーダーというのは、分析の上でも重要ではあるよりも、むしろ、廃炉作業の今後にとって強烈で、平山先生に評価をしていただいて、最初、70と聞いたときに、大変失礼ながら、驚くような数字であったので、みんな驚いたわけで、今回、異なる手法でやってみてもオーダーは変わらない。これが3倍するか、しないかは別としても、炉心のインベントリー、要するに総蓄積量の数割オーダーのものがこんな高いところにいるというのは、異なる手法で確認されてもまだ信じられないというか、信じたくないというか、よく燃料デブリの取出しというのが議論をされますけれども、こんなに高いレベルのところ、位置の高いところに数割いますということになると、極めてインパクトがあるんだということを、一応ちょっと平たく解説をしたというところではあるんですけど、やっぱり異なる手法でさらに検証する必要があるでしょうし、これ、汚染について岩永さん、最後に触れているけど、汚染、差っ引くためですよね、表面の。

ちょっと説明の中であつたけど、 $\beta$ 線を測ってやって、そうすると $\gamma/\beta$ 比は仮定してやるわけね。それによって近接している $\gamma$ を捉えてやって差っ引けば、遠方からの $\gamma$ だろ

うと、そういうことですよ。

○金子審議官 この点は、最後に御説明のあったその他の手法を用いた汚染の推定というところも含めて、さらに確度が高められればというふうに思います。

ほか、いかがでしょうか。

○更田委員長 今の話の流れで言うと、むしろNDFさんの感想を聞きたくなっちゃいますよね。

○金子審議官 感想というか、この状況については、例の連絡調整会議という場で東電、エネ庁、NDF、みんなで共有をし、こういう状況を踏まえた将来の作業工程といたしましゅうか、作業戦略を立てなきゃいけないですねという認識はもちろん共有させていただいておりますけれども、まだ多分、じゃあこうだから、こうするというところまで今ここで前川さんなりいらっしゃいますけど、お答えさせるのも酷かなと思いますが、何かありますか。

○NDF（前川技監） 今、金子さんに言っていただいたとおりで、我々も戦略プランの中でいろいろと将来の廃炉をどうしていくかというものは言及しておりますが、こういった新しい知見にまた基づいて、そこは再評価というものもこれからの課題になっていくというふうには認識しております。

○金子審議官 ということで、これからもその認識を共有しながら、先のことを考えていければと思います。よろしいですかね。

○NDF（前川技監） すみません、ちょっとここで一つあれなんですけど、多分、誤記だと思うんですが、99ページで4450という数字が出てくるんですけど、これは445でいいんですよ。

○岩永企画調査官 そうでございます。すみません。

○金子審議官 ほかのページもみんな、すみません、私がさっき指摘すればよかったんですけど、ほかのページにも0がついているので、これはちょっと修正をしておくようにいたします。

よろしいでしょうか。

それでは、御説明は最後になるのですけれども、JAEAほうで、前日も御紹介いただいた続きで試料分析を継続していただいておりますので、これは丸山さんのほうから御説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（丸山副センター長） 原子力機構の丸山でございます。

前回に引き続いて試料分析について御説明いたします。

結果もそうなんですけれども、前回は分析の目的というか着眼点のようなことを十分に説明できていなかったもので、どちらかというと、そちらに時間をかけて今日は説明しようと思います。

試料の概要は、前回と全く同じです。3号機のコンクリート瓦礫四つと、1・2号機の共用スタック基部のドレンサンプル水試料です。

次のページ、103ページですけれども、ここに目的とか着眼点を書いています。基本的には、瓦礫の試料でありますとか、ドレンサンプル水の試料、これらの分析を通じて、3号機であれば原子炉建屋内に放出された放射性物質、1号機の場合であれば、格納容器ベント時に共用スタックに流入した放射性物質の組成や化学形の推定に用いられる情報を取得したいというのが目的です。着眼点としては、まず一つは、Csの化学形というのを考えております。その理由は、Csの化学形が事故シナリオに依存する可能性があるためです。

具体的に言うと、原子炉容器内に水蒸気がたくさんあるような酸化雰囲気条件下で事故が進展した場合には、もともとMoというのは金属の場合だと放出されにくいのですけれども、酸化されると放出されやすくなって、ここに書いてあるCs<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>というような形を取ると言われております。そういった意味で、その下に着目核種としてMo-99を書いておりますが、それがTc-99に変わりますので、Tc-99を測定するというようにしています。

二つ目の着眼点が、これは号機間の比較になるのですけれども、MCCIが結構続いたのか、あるいは、先ほど星さんが3号機の場合は水がドライウェルにあったとの説明がありましたが、デブリが落ちてきたときに水があれば、MCCIは起きずに冷却された可能性もあると思います。MCCIが継続的に生じたのかという意味では、放出されづらい物質がどの程度放出されているのかを確認すべきであろうということで、その代表的な核種としてSr-90と、α核種、Th、U、Pu、Am辺りを分析したいと考えています。その理由は、MCCIが継続することとは、すなわち、デブリの温度が高く維持されていることですので、このような難揮発性、あるいは、中揮発性の放射性物質も多少放出されるだろうということと、MCCIのときにコンクリートが分解してガスが発生するのですが、そのガスがデブリを離脱するときに液滴を作り、それが非常に小さければ、エアロゾルとして気流に乗って運ばれる可能性があります。そういった意味で、Srでありますとか、α核種を分析することとしています。

もう一つは、ヨウ素が重要だと思っているのですが、黒丸の3番目ですけれども、これ

はヨウ素だけではなくて、分析するときには、単位面積当たりどれくらい、どういった物質があるのかというを知りたいと考えているところです。

例えば、2号機のオペフロのサンプルを採れたとすると、スミアでもいいのですけれども、そのスミアで採ったところの面積が分かって、かつ、そのスミアでI-129がどれくらいあった、Cs-137がどれくらいあったということが分かれば、トータルの面積から建屋全体の量や建屋のDFのような議論ができるのではないかと考えています。

分析の目的、あるいは着眼点というのは以上でございます。分析フローの次のページ、104ページですが、瓦礫試料の場合は、前回この青で囲ってところを御説明いたしました。今回は、コンクリートを、左の写真のように水に漬けて、その水を分析しました。今後定量分析を行うのですが、今回は定性分析だけです。

その次のページがドレンサンプル水の試料、あるいは、瓦礫の浸漬液の試料の分析フローですけれども、この図でも青線で囲ったところは、前回、ドレンサンプル水について御説明いたしました。本日は赤で囲ったところのドレンサンプル水についてSr-90とTc-99の分析と、同じくドレンサンプル水について $\alpha$ 核種であるU、Thの分析を行いました。その結果について説明いたします。

106ページが瓦礫試料の浸漬液の定性分析結果ですけれども、瓦礫試料が47g、これを7日間、約100gの水に漬けました。その水というのが、このプロットの中の写真にありますけれども、こういった形で約26万秒計測しました。

瓦礫を直接測定した結果と定性的には同じでございます、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ のピークが得られております。

この試料を今後は薄い紙に滴下して、定量分析を行い、かつ、取り出した瓦礫試料の $\gamma$ 線の測定をして、その瓦礫自体の放射線量の低減がどの程度かということを確認する予定です。

次のページが、 $^{90}\text{Sr}$ と $^{99}\text{Tc}$ の分析フローですが、これは説明すると長くなってしまいます。ごく簡単に説明いたしますと、SrあるいはTcのみを吸着するものを入れたカラムに試料を通して、まずはSrとTcをそれに付けます。その後、それを溶離させるための液体を流して、SrとTcを分離するという作業を行います。分離したものを液体シンチレーションカウンターやICP-MSで測定するという流れになります。

Srの結果が、通しで言うと108ページになります。二つ試料を分析いたしました。青い線と赤い線です。 $^{90}\text{Sr}$ は時間を置くと $^{90}\text{Y}$ と放射平衡になりまして、これは3週間程度置い

た後に分析したのですが、低エネルギー側の急峻な勾配のほうが<sup>90</sup>Srで、高エネルギー側が<sup>90</sup>Yです。Srの回収率を別途計測しておりまして、90%程度の回収率になりました。それを考慮してSrの濃度を評価すると、47Bq/mlくらいで、これをサンプルを採取した2016年9月12日の値に戻すと51Bq/ml、事故当時の場合だと59Bq/mlになります。この51Bq/mlというのは、東京電力の分析した結果と大きく異なっていません。

この<sup>90</sup>Srがほかの核種と、特にCsですけれども、どれくらいの比かということを下から2行目に書いています。ベクレルで比較してもあまり意味がないのでモルに直して比較しています。<sup>137</sup>Csを基準として考えて、<sup>137</sup>Csを1とすると、<sup>90</sup>Srはその約1/1000という結果になりました。ベントで運ばれてきたものの<sup>137</sup>Csと<sup>90</sup>Srの比としては、1対0.001くらいということですよ。

次が、Tcですけれども、これは結果から言うと、ほとんど検出できませんでした。ただ、Tcを測るとするのはMoを測ることなのですが、<sup>99</sup>Mo自体は炉心インベントリが非常に小さい物質でして、ごく微量の<sup>99</sup>Moがあると、Mo全体としてはかなりの量になる可能性があるのです。もう少し精緻な分析を試みる予定です。

次が、Th/Uの分析フローと、MSの測定結果でして、これも樹脂を使ってTh/Uを分離して、その分離した液体をα線スペクトロメータとICP-MSで測定しました。

現在α線スペクトロメータでバックグラウンドを計測中なのですが、速報としては、ThもUも測定限界以下という結果になりそうです。ICP-MSでも検出限界値以下ということで、有意な量は検出されませんでした。我々はもう少しあるのではないかと考えていました。ドレンサンプル水の底のほうに沈殿している可能性もあって、水だけの分析でいいのかというようなことも考えているところです。

最後、まとめですが、ここは今説明したことを書いておりますので省略いたします。

以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。まだ残りの、あるいは、追及すべき、さらに精度を上げるとかというようなことがあるようですけれども、当面の段階ということで御説明をいただきました。

何か御質問なりコメント、あるいは今後の計測、分析に向けて御助言などあればいただければと思います。

更田委員長、お願いします。

○更田委員長 丸山さん、ありがとうございました。

お願いというか、丸山さんも説明の中でおっしゃっていましたがけれども、イールドの違いでもともとインベントリーが違うものの核種を比較するときに、インベントリーとの比で表現してもらおうと、結局、これから先、その測定した部位までの移行を考えたときに、移行がどれだけ行われたのか、その核種の移行が早かったのか、少なかったのか、それも比較ができるので、ざっくりしたインベントリーの仮定でも構わないので、インベントリーとの比で表現してもらおうと、移行の観点からは分かりやすくなると思うんですけど。

○日本原子力研究開発機構（丸山副センター長）　そうですね。ただ、測っている領域がごく一部なので、初期インベントリーとの比というよりも、初期インベントリーとの比の比みたいな形になると思います。

○更田委員長　あるいは、初期インベントリーで二つの核種を比較するときに、初期インベントリーではその二つのものが、構成比がこういう比になっているというのを表わしてくれば、今度は、測定したものの比がそれからどうずれているかによって二つの核種の移行速度の違いは言えるようになりますよね。

○日本原子力研究開発機構（丸山副センター長）　そうですね。通しで言うと108ページなのですが、一番下に、1号機ですけれども、初期インベントリーのモル比も入れています。これを入れたのは、今、更田委員長がおっしゃったような意味合いもあります。

○金子審議官　ありがとうございます。ほかにはございますでしょうか、お気づきの点など。

よろしいでしょうか。

東電、溝上さん。

○東京電力HD（溝上部長）　東京電力の溝上ですけれども、こちらの分析とは直接関係ないんですが、先日の連絡調整会議のほうで規制庁さん、取得いただいたスミアサンプルの輸送等、我々のほうに依頼を受けておりますけれども、我々も別途サンプルを採取しているような状況もあって、同時に輸送できるような準備を進めているところでございます。

準備するためには、まずはどのくらいの放射性物質質量あるか確認しなきゃいけないので、その準備のほうからさせていただければというふうに考えてございます。

○金子審議官　ありがとうございます。引き続きこれは若干時間がまだかかるかもしれませんが、分析に向けて御準備をいただければと思います。御協力ありがとうございます。

ほか、よろしいですかね。

それでは、今日、御紹介、御議論をしたかった事項は以上でございますが、ちょっと念のため、残りの資料だけ御言及をさせていただきます。

今のJAEAの分析結果の後ろに122ページ以降にこれまでの事故分析検討会の論点の整理をつけさせていただいております、まだ時間のかかるものもありますので、全てが当面の取りまとめでお答えが出るわけではありませんけれども、今日のものも入れて最終的にちょっと整理をしておきたいと思っております。

157ページは、さっき言及させていただいた気象データの資料、それから、165ページ以降にSR弁の設計上の機能、あるいはロジックみたいなものがどうなっているかという資料をつけております。実際、従来議論してきたようないろいろな条件の下で本当にどのように動くのかということは、ここからだけではもちろん分かりませんので、また東京電力なり、メーカー、東芝さんは今日はいらっしゃいませんけれども、なりで御協力をいただきながらどうであったのかというのは継続的に解明をしていきたいというふうに思っております。

それから177ページ以降が、これは水素爆発の関係ですけれども、建屋の壁の施工状況、特に配筋の状況がどうで、どれぐらい壁の板が飛びやすかったかというようなことの参考になるような資料をつけさせていただいております。

その他、あとちょっと細かなものが、その後ろにもついておりますので、念のため、御参照いただければと思います。

それで、今日の議論は以上とさせていただきますけれども、11月中にもう一度検討会をやらせていただくつもりで計画をさせていただきます。そのときに、ここまでで議論をしてきて大体見えてきたこと、観察できたこと、あるいは分析できたこと、皆さんと解釈が大体概ね一致していること、あるいは、仮説を立てたけれども、これはもうちょっと検証が必要だねとか、そういうことも含めて、方向性を整理できればというふうに思っております、年内あるいは年明けぐらいには大体このような、一回、ここまでの作業の取りまとめというような形の方向を議論させていただければということで、少し一回取りまとめに向けて走っていきたいと思っております。

その後も残っている課題は継続的に議論をさせていただきつつ、また、調査も我々もしていきたいと思っておりますので、引き続き御協力をお願いできればと思います。

最後、何か、今後の作業も含めて御発言があればと思いますが、よろしいでしょうか。

ないようでしたら、以上で15回の東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に

係る検討会を終了させていただきます。御協力ありがとうございました。