

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14回会合

議事録

日時：令和2年10月16日(金)14:00～18:54

場所：原子力規制委員会 13階会議室B、C、D

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

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

佐藤 雄一 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 管理官補佐

川崎 憲二 実用炉審査部門 安全管理調査官

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

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

天谷 政樹 規制・国際情勢分析室 室長

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

竹田 武司 福島第一原子力発電所事故分析グループ 研究主幹

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

外部専門家

前川 治 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 技監

牟田 仁 東京都市大学 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

谷口 敦 原子力設備管理部 設備技術グループ 課長

東芝エネルギーシステムズ株式会社

及川 弘秀 原子力安全システム設計部 シニアエキスパート

西野 浩二 原子力プラント設計部 エキスパート

加藤 守 原子力電気システム設計部 エキスパート

黒田 理知 原子力システム設計部 フェロー

能見 利弘 原子力福島復旧・サイクル技術部 マネジャー

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14回の会合を始めさせていただきます。

本日も進行は原子力規制庁の金子が務めさせていただきます。よろしく願いいたします。

また、本日の出席者ですけれども、規制庁の職員、それからJAEA、外部の専門家等、従

来と同様の方々にも御参加をいただき、また議題の内容に応じてということで、東芝エネルギーシステムズの方々にも、本日は参加をいただいておりますので、御紹介申し上げます。

今日の議事でございますけれども、最初に、主に福島第一の3号機原子炉格納容器内の圧力挙動につきまして、これまでに議論をいたしましたSRVの挙動でありますとか、そういったことも含めて、東京電力なりそれから原子力規制庁、我々からなり素材を提供させていただいて、まずどのような認識に立つことが共通認識にできるんだろうかというような議論をさせていただきたいと思っております。

それ一固まり、議論があると思っておりますので、かなり時間がかかると思っておりますけれども、終わった後で2号機と3号機に係る原子炉建屋内の追加的な調査を原子力規制庁のほうで行っておりますので、それについて若干紹介をさせていただいて、これは映像等も既にホームページ上、あるいはYouTubeなどで御覧いただけるような形にしておりますけれども、ポイントだけ御紹介をしたいと思っております。

それから、少し視点が変わりますが、JAEAのほうでいろいろな分析をしていただいております。その関係で、原子炉格納容器の耐圧強化ベントラインの熱流動解析というようなものの結果、あるいはこういうパラメトリックスタディをすると、このようなことが少し見えてきているというようなことを御紹介をさせていただいて、また議論をしていくというような形で、大体進めさせていただければと思っております。

また、その中で何か気づきの出てきたことがあれば、今回あるいは事後に御議論させていただければと思っております。

そのような全体の構成です。時間がかかなり長うございますので、1回どこかで休憩を1度入れてという運営にさせていただきます。

それでは最初に資料に基づきまして、資料2-1というところから、東京電力で御用意をいただいた資料が二つ続いてございます。一つ目はこれは福島第一の挙動を見るために、以前真空破壊弁の議論がございましたけれども、その関係で福島第二の1号機でどのような動きがあったかということ参考をしながら、その議論を進めるということで御紹介をいただくものでございます。

では最初、東京電力から資料2-1について御説明いただけますでしょうか。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上でございます。

先ほど御紹介のございました、福島第二原子力発電所1号機の格納容器圧力挙動につい

てということで、御説明させていただきます。

まず1枚目、「はじめに」なんですけれども、先ほども御紹介ございましたように、真空破壊弁の議論があるところで、2Fの1号機で真空破壊弁のガスケットずれというような議論がございました。ガスケットずれについては、いつ起こったかというのは分からないんですけども、2F1のS/Cの圧力とD/W圧力を見てみると、S/Cの圧力のほうが高くて、真空破壊弁がその機能を喪失しているというようには見えないという話をさせていただいております。

しかし、S/Cの圧力がある程度以上高まった場合には真空破壊弁が開いて、D/W圧力等の均圧化を図るというようなところなんですけども、実際には真空破壊弁の作動が期待されるような圧力以上になっても、動いていないように見えるということがございました。そこで、当時のS/Cの圧力とD/Wの圧力の関係について、設計ですとか運転員の操作情報も交えまして御説明いたします。

ページめくっていただきまして、2.PCV圧力と水位の関係というところなんですけども、こちらのほう、二通りのグラフを重ねたものになってございます。

一つ目が青っぽいプロットと紫っぽいプロットで書いてあるほう、こちらがS/Cの水位でございます。左側の軸を見ていただければと思います。オレンジ色と緑色のものなんですけれども、こちらD/W圧力とS/Cの圧力になってございます。この最初のコロんで3月12日の地震後測定が始まっているところなんですけども、最初のほうはS/Cの水位を通常の水位計で測っていて、青い丸でだんだん上がっていると。途中から紫色のAM用のS/Cの水位計を使ってございます。

3月12日の7時37分にS/Cのスプレイを開始しております。このところから水位が急激に上がっているということが確認できるかと思えます。この後の変化をパラパラ漫画みたいに御説明していきます。

まずS/Cの水位のところ、310cmくらいのところにS/Cの圧力計がこの高さにあるというのがございます。これ最後のページに参考として書いてページがあるんですけども、そこで位置関係を確認していただければと思いますが、この310cmを超えると、圧力計が水没するという形になります。この状況を境に、S/Cの圧力とD/Wの圧力が乖離していくということが見えるようになってまいります。

次のページですけれども、もう1個、高さが730cmのところ、ここが真空破壊弁のあるところなんですけれども、2F1号機についてはS/Cのスプレイ等で一定の時間帯、真空破壊弁

が水没するというようなことが発生しております。3月14日の1時24分にS/Cのクーリングを開始してございます。ここで急激にD/Wの圧力、S/Cの圧力、下がっていくんですけども、これはRHR系を用いた冷却ができるようになったということで、収束に向けて圧力が下がっていく状況です。

ちょっと見ていただきたいのは、紫色のプロットが、ちょうど同じような時間帯に急激に約160cmほど下がっています。こちら水位計がドリフトしたのではないかというふうに言われてございます。

ページめくっていただきまして、次のページですけれども、さらに3月15日の11時くらいのところで、1点だけ高い点がございます。これはどうも100cm分くらいずらすと、元のラインに乗ってきますので、これは誤記ではないかというふうに考えてございます。その後、3月15日の10時26分からS/Cの水位が高過ぎるということで、CSTのほうにS/Cの水の移送を開始してございます。

なので、水位が下がっていくということなんですけども、この水位の傾きを見ていただくと、水を減らしていくというのはこのくらいの傾きで実施しているということなので、160cm、急激に下がっているという。これは実際に水を移送させているというところは、ちょっと考えにくいなということで、やはりドリフトではないかというふうに考えています。

そうしますと、水位計が160cm分下がってしまった分を上の方に水平移動させると、青い四角いプロットで書いているほうのグラフになります。この補正したほうの水位が正しいとしますと、3月16日の12時頃に、ちょうど水位が310cmをまたぐということになってございます。このときのS/Cの圧力とD/Wの圧力を見ますと、このときを境に均圧化しているということでございまして、まとめになりますけれども、まとめの2ポツ目、2F1のS/Cの圧力計の設置位置（通常水位 + 310cm）を考慮すると、D/W圧力 + 水頭圧 = S/Cの圧力という関係となっていることが分かったということで、S/Cの圧力が高めに見えているというのは、この水頭圧を拾ってしまっているというところで説明がつくのかなというふうに考えてございます。

ということで2F1の真空破壊弁については、その機能を喪失していないというふうに考えているところでございます。

説明、以上でございます。

金子審議官 溝上さん、ありがとうございました。

説明の内容は比較的理解をしやすいものだと思いますけれども、そういう認識で皆さん共有できるかどうかというところだけ、念のため確認をしてから、先へ進みたいと思いますが、どなたかコメントのある方、いらっしゃいますでしょうか。

会議室、それからごめんなさい、ちょっと目が。

JAEA（与能本副センター長） 与能本です。

金子審議官 じゃあ与能本さん、お願いいたします。

JAEA（与能本副センター長） この御説明は非常によく分かりました。しかしガスケットが外れたことによる問題というのは、きっちりとリークを止めることができるかということであって、特にD/W側の圧力が高いときに、サブチャン側に気体が流入しないかどうか、これについての懸念が一番問題とされるわけだと思います。ですので、このまとめの最後の書き方として、真空破壊弁を喪失していないと考えられるというまとめは、ちょっと誤解を生みやすいんじゃないなと思います。

以上です。

金子審議官 与能本さん、ありがとうございました。

それから、さっき別の会議室でも手が挙がっていましたが、これは規制庁ですか。

NDF（前川技監） NDFの前川です。

金子審議官 前川さん、お願いいたします。

NDF（前川技監） 今の御説明は非常によく分かったんですけど、一つだけ確認したいのは、このページの2ページに図が出ていますが、12日の2時半で圧力計が水没したと。そこから13日の零時ぐらいまでずっと水位が上がって行って、約2m上がって行っていると。ここの部分でS/Cをもし開いているとすれば、ここのだいたい色と緑も多少の乖離が始まるというもいいのかないかなというふうに思うんですけど、ここはどういうふうに解釈されているのでしょうか。

金子審議官 東京電力、何か解釈、コメントございますか。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上ですけども、今の御質問は、水位が310cmに達してから若干の時間遅れがあるということをおっしゃっているのでしょうか。

NDF（前川技監） 時間遅れじゃなくて、310から上の水頭差分が乗っかると、この13日の零時までのだいたい色と緑の圧力も、緑が多少20kPa分ぐらいは上に上がっていく傾向が見えてもいいんじゃないのかなという、そういう意味です。

金子審議官 だから前川さんがおっしゃったのは、3月12日の14時30分という時間をプ

ロットしていただいているところから、3月13日の零時ぐらいまでの間は、あまりオレンジと緑が離れていない状況なんだけど、その間にも水頭圧は発生していると解釈できるとしたら、この値はどのように説明できるんでしょうねと、そういうことですよ。

NDF（前川技監） はい。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上ですけど、ちょっとそここのところは、厳密に評価はしていないところなんですけれども、最初の水位が310cmに到達したところも若干プロットが暴れているように見えまして、その辺のところも含めて、その辺りで今まだ説明できるようにはないんですけれども、水位が上がるに従ってその差部が広がっていくように見える挙動ですとか、補正した後ですけれども、圧力計が水没しなくなったら均圧しているというところは、基本的には傾向としては説明できているんじゃないかなというふうに考えてございます。

金子審議官 測定されているデータを、どこまで厳密に読んでいいかということの評価とも絡んでくると思いますけれども、前川さん、いかがですか。

NDF（前川技監） 御説明は理解しましたけど、何かもう一つ要因があるのかなという気もしなくもない。私が・・・、時間的にもそのぐらいの時間は経過しているんで、こちらも何かあっていいのかなというふうに思っているのが正直なところです。

あともう一つは、15日の12時、先ほど誤記かというようなお話があったと思うんですけど、誤記というのはどういう意味なんですか。要は記録計が違う数値を記録したというのか、このグラフを作るときに入力を間違えたというのか、「誤記」という意味がよく分からないんですけれど。これはどういう意味なんでしょうか。

東京電力HD（溝上部長） はい。そういう意味では、水位計の計測値を読んで記録をしていましたので、書き写す際に1m分数字を間違えたんだろうというふうに推測しているところでございます。

NDF（前川技監） 記録計の読みは正しかったけども、書くときに間違えた可能性もあると、そういう解釈でよろしいですね。

東京電力HD（溝上部長） そうですね、はい。

NDF（前川技監） 分かりました。ありがとうございます。

金子審議官 別の会議室で手が拳がっていたような気がしますけど、牟田先生ですかね。よろしくをお願いします。

牟田准教授 都市大学の牟田です。

今の前川さんのにちょっと近いんですけども、水位があまり変わらなくなった3月13日の12時から、3月15日の12時までの間なんですけども、緑色とオレンジの線の差分が、やはり変わっているような気がするんです。

なので、水頭差だけで説明するのは若干難しいような気がしていて、今御指摘のあった3月12日の12時辺りから13日の零時ぐらいまで、これもあまり差が出ていないということもありますので、ほかの要因と絡めてこれは説明したほうが、納得しやすいんじゃないかなという気がして、今こういう御指摘をしました。

以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

この議論は恐らくこの絵だけを見るより、差分をプロットしてみると、どのように変化しているのかとか、幅がどれぐらい本当に出ているのかというのを、きっと実際に見て議論をしたほうが良いような印象を私も受けております。

ほかにございますか。ごめんなさい。別室の。

JAEA（丸山副センター長） JAEAの丸山です。

金子審議官 丸山さん、お願いします。話されていますか。ちょっと声が届いていないです。

JAEA（丸山副センター長） 2F1号機の話ですけども。

JAEAの丸山です。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。

JAEA（丸山副センター長） 2F1のお話をさせていただいたのですが、2Fのほかの号機について、やはり圧力計が水没して、これと同じような挙動を示したということはあるのですか。圧力計が水没した後このような挙動を示したというのは、2F1だけなのでしょうか。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上ですけども、こちらの検討につきましては、もともと真空破壊弁が開くべきときに開いていないのではないかということでしたので、2Fの1号機に着目して評価を行ったものです。

それ以外の号機については評価はしていませんけれども、設計情報等が同じであれば同じような挙動になるはずですよ。

JAEA（丸山副センター長） 分かりました。ありがとうございます。

金子審議官 ほかに御指摘ございますか。

2F1のそのものの状態を議論するということが自体が目的ではないのですけれども、脇に

あるもので、どのようなメカニズムで何が起きているかということを確認に理解するという意味では、先ほどあったみたいな実際の差圧がどれぐらいで推移しているのかとか、先ほどのガスケットのずれとの関係とか、あるいは水頭圧差が出ていない領域をどう考えるのかというのは、若干議論の余地があるように見受けられますので、これちょっとこの中で扱うかどうかは別ですけれども、そういった点は少し考慮する余地があるのだろうと。そういうのを踏まえて、この分析の結果を考慮するということだと思っております。

ほかにございますでしょうか。

安井さん。

安井交渉官 これはこのガスケット問題というか、真空破壊弁問題は一番最初に遡ると、どうして1号機のベントの排気が3号機よりもCsが多いんだろうねと、これがスタートラインで、そのときに丸山さんだっと思いますけども、真空破壊弁がうまくシールできなくて、バイパスコースができたんじゃないかという議論をどうやって検証するかという中でこの問題が出てきたと思っています。ということは、そのときに押さえられるべき事象は、D/WからS/C、W/Wへの流れ込みがあって、それがベント気流に真っすぐ乗ったということのはずなんです。

したがって、議論は本来的にはD/Wのほうが圧力が高くなるべきときに、なれなかった。つまりD/W側からサブチャン側への流れがあったかどうかというのが、話の本体じゃないかとは思いますが。

それで、この疑問自身は、むしろちょうど1号機の場合、格納容器からの水の漏えいポイントが同じレグのところにあったり、ほかのことからして、だんだん真空破壊弁説はそうでもないねという感じになってきていたんですけど、さてその流れの中で言うと、溝上さんのおっしゃっているやつは、D/Wからサブチャンへの流れはなかったという説明自身は、この中にはないような気がするんですけど、そういう理解でよろしいんですか。

東京電力HD（溝上部長） はい。そういう意味では、この時間帯は基本的に原子炉からのエネルギーはS/C側に流れていくところなので、もともとサブチャンが高くておかしくない状態ですので、D/W側についてはS/Cよりも圧力が低いということが前提の時間帯です。

安井交渉官 したがって、どちらかという話は反対側なんだけども、S/C側の圧力が高くなる状況下で、その圧力差が保持をされていると言えるかということですかね。シールがちゃんと働いているかどうかという検証材料としては。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上ですけれども、S/C側の圧力が高い状況では、

真空破壊弁がパカパカと開きますので、もともとの設計上はここまで圧力差ができないはずというところが、できている分をどう説明しましょうかというところで、水頭圧がかかることによって見かけ上、差が開いてしまっている状態ですということを説明しているものでございます。

安井交渉官 そうですね。だから、つまりこの問題は、結論はこれにあまり長い時間をかけても仕方がないんじゃないかということになるんですけれども、つまりここに圧力差が立っちゃっているメカニズムは定性的に説明できるけれども、事故の分析上の論点はこの状態の説明を求めているのではないということを正確に理解をして、議論をすることが適当だと考えます。

金子審議官 すみません、ちょっと安井さんに整理していただいちゃいましたけれども、そういう意味で、これ自体の中身は今ここで詰めていっても、あるいはこの中で扱っても、なかなかそこから得られる、1Fのほうへフィードバックできる知見にならないかもしれないんですねということだと思います。

安井交渉官 それで、その上で前川さんがおっしゃっている点とか、牟田さんがおっしゃっているように、何となく圧力だけでは説明し切れていない感じはするなというのは、私もそう思います。だから事故の分析上の価値との関係は、今のように整理されるのがよろしかろうと思います。

金子審議官 ということで、今後どのように扱うかは、また私どものほうでもよく検討したいと思います。

ということでちょっと先に進ませていただきたいと思います。すみません。次は資料2-2になりますけれども、これは今度は第一発電所のほうの3号機の、RCICが運転している際の圧力挙動ということで、これはSRVの動きに対するいろいろな議論との関係で、東京電力のほうでRCIC運転中がどのような挙動というか、どのようにいろいろなものが働いたであろうと考えられるかというようなことについて、まとめていただいていますので、これも御説明をお願いしてよろしいでしょうか。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上です。

福島第一原子力発電所3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動についてということで、資料2のほうを御説明いたします。

ページめくっていただきまして1.の「はじめに」ですけれども、前々回の事故分析検討会におきまして、3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動を明確に説明できないということ

が問題となっております。

3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動についての当社の認識としましては、まずRCICがCSTの戻りラインと原子炉への注水ラインの両方を使うといった特殊な運転がされているということがございまして、その中でSRVが開閉するという複雑な状況での原子炉圧力挙動であるという、定性的な説明しかできない状況でございました。

そこで、この上述の定性的な説明の妥当性を確認するためということで、以下に示します流れで再現解析も含めた検討を実施したものでございます。

一つ目が、RCICの操作実績と運転員の操作方法の確認ということ。二つ目が、当該期間中の崩壊熱の変化。三つ目が、逃がし弁開設定圧以下の状態でのSRVの作動モードについてということ。 が解析コードREAPを用いた再現解析。 が総合的な評価とまとめということでございます。

ページめくっていただきまして、2.の3号機のRCICの操作実績ですけれども、こちらのほう、当直の引継日誌の記載というものがございまして、こちらのほうでRCICの記載がございます。

まず最初に15時06分、15時25分というのがありますけれども、この際にRCICがクイックスタートをして、25分にL-8トリップをしたという状況です。

次に16時03分にRCICがまた起動をして、そのときの原子炉の水位が-500mmだったというようなことがございます。

16時13分にHPCIとRCICの水源切替防止というのをリフトしまして、16時16分にRCICの注入を開始してございます。この間、起動しても注水をしていなかったのもので、-500mmから-900mmに水位が下がっているという状況でございます。この後運転を続けまして、翌日11時36分にRCICがトリップをしたという状況でございます。

次のページですけれども、3.が運転員の3号機のRCICの操作方法ですけれども、こちら事故報告書に書いているものなんですけれども、まず左のところが特殊な運転方法と申しました運転方法でございます。左の下の絵で赤い線で描いてありますのが蒸気の流れでございまして、原子炉から蒸気が出ていきまして、タービンを回した後、S/Cに戻るといったものでございます。

一方、注水に関しましては、このときはCSTと呼ばれるタンクからポンプを通して原子炉に注水されるというものだったんですけれども、RCICの流量は停止後15分後の崩壊熱を取れるというようなものですので、定格は流量で注入し続けると、注水過多になってし

まうので、場合によってはL-8トリップで水位が高くなり過ぎてトリップしてしまうということになります。

起動停止を繰り返すと、バッテリーを消耗してしまいますので、それを避けるという意味で、注水に向けたポンプの突出の一部をタンクに戻すというような運転をしておりました。これ通常は基本的にはやらないもので、テストラインというところから戻しているんですけども、流量設定のところはテストラインよりも手前にあるということで、ポンプを出た水がどのくらい原子炉に入っているかというのは、直接の流量自体は分からない状態で、水位を見るということで注水量を調整するという運転になってございます。

具体的には、右のほうにどういうふうにしていたかということなんですけれども、水位を見ながら、ある水位調整範囲というのを目標として作りまして、できるだけ調整自体もやらないように、ある程度上がったら流量設定位置を下げて、水位がある程度下がってきたら流量設定値を上げるというようなところで運転をしてきたところでございます。

次のページ、4.の崩壊熱ですけれども、こちらのグラフが1号機から3号機まで載せているんですけども、1号機が崩壊熱はどちらかというと低くて、2号機、3号機はほぼ同じというものでございます。

定格流量というのが25.2l/sなんですけれども、そのときに消費する蒸気は2.5l/sになります。この運転状態に相当する崩壊熱は約70MWでございまして、それはかなりスクラムして時間が短いところになっています。今回注目している16時台みたいなところで言いますと、26.95MWになってございまして、大分崩壊熱が下がったところでの運転をしなきゃいけないという形になります。

RCICのもう一つの特異な運転ということを申し上げましたけれども、定格流量25.2l/sに対して、蒸気消費量2.5l/s。注水流量を下げれば下げるほど、蒸気の消費量は下がるはずなんですけれども、その分タンクへの戻り流量というのがありますので、注水量に比較して蒸気は比較的多く使うような運転になっていたということになります。

通常のこういった条件で定格流量の25.2l/sであっても、2.5l/sしか使わないということとは、残りの23l/sくらいの蒸気はどこかに逃がしてあげなきゃいけないということになりますので、基本的にRCICは、RCICが動いているときは蒸気が余りますので、それはSRV経由でS/Cに放出するというのが基本でございます。

次に5.の予想されるSRVの開モードですが、こちらについてはいろいろな考え方があるんですけど、結論から申しますと、逃し弁モードなのか安全弁モードなのか、どちらかと

いうとまだよく分からないというところでございます。

左のほうにSRVの作動の概念図みたいなものを描いてございますけれども、逃し弁モードの場合には、左側の窒素の圧力を使ったレバーを用いて、開けてあげるというモードなんですけれども、 P_P+P_A というのが P_N+P_A よりも小さくなったら、開くということになります。

なので、この後、議論が出てくると思いますけれども、窒素の圧力が足りなくなって、単独では開けられなくなっても、 P_R というのは原子炉圧力ですので、原子炉圧力が高くなっていくと、どこかの段階でこの大小関係が逆転して、開くかもしれないという可能性がございます。

一方、安全弁モードというのは、ばねの力に対して原子炉圧力が打ち勝てるかというだけの関係になってございます。こちらについては、ばねの温度が上昇するとヤング率が下がるので、 P_A のほう小さくなってきて、いつかの段階で P_R のほうが大きくなるという可能性がございます。

どちらかという、そこはまだどちらとも言えないとは思っているんですけども、いずれの場合も蒸気発生量が少ない時間帯ですので、開となっても原子炉圧力がすぐ下がってしまうので、閉となるような可能性があるだろうと。つまり開き切るところまでいかなくて中間開になってしまう可能性があるだろうということでございます。

続いて6.がRELAPを用いた解析結果でございます。左上のグラフを見ていただきたいんですけども、赤いラインというのがチャートの情報を拾った実測の圧力変化を書いているものでございます。黒い線が圧力の計算値なんですけども、大体赤い線に沿ったような値が得られています。

逆に言うと、この圧力を再現するように調整をした上で、計算を行っています。ただし、圧力が一気に下がっているところがあるんですけども、ここについてはRCICの運転の模擬の仕方で下がり過ぎちゃうというところがございます。そういう意味では、RCICの場合には、蒸気をタービンが消費していて、SRVが開くと瞬間的に蒸気が出るというような関係がございます。

下のグラフなんですけれども、蒸気の消費と崩壊熱との関係を整理したものなんですけれども、事故直後の段階では、水色の間欠的な蒸気放出が見えると思うんですが、この辺りは、もともとSRVが開いているということが確認できていますので、SRVが開いたところで蒸気が間欠的に出て、崩壊熱を除去しているというような関係というふうに考えていま

す。

RCICが動いているときは、ほぼ一定の蒸気が出ていきます。ちょっと見にくいんですけども、崩壊熱の下にある赤い線で描いてあるものが、RCICで消費されている蒸気になります。RCICの蒸気消費だけでは崩壊熱分が除去できないので、やはり解析上も何らかの形で間欠的な蒸気放出をしてやれないと、測定されている原子炉圧力を再現できないという形になります。

ですので、見ているこの部分なんですけども、SRVのどちらのモードかというところが分からないんですけども、やはりRCICが動いているときには、SRVのような形で間欠的に蒸気を流してあげないと、実際の圧力というのは再現できないということが分かります。

ページめくっていただきまして、次のページなんですけれども、これは先ほどの解析結果をエネルギーの積分値で整理したのになります。これを見ますと、薄い青色みたいなものが、全出力で崩壊熱を積分したものというふうに考えていただけたらと思いますけれども、それをどのように原子炉外に出しているかという取り合いになります。最初の時間については、SRVによってエネルギー放出をされている赤い線のところで、ほぼ崩壊熱は取れているという状況です。

RCICが動き出しますと、その分の蒸気でエネルギーが消費されるんですけども、やはり全出力に比べると足りないところが出てきますので、間欠的な蒸気放出が必要になるということで、これはSRVが何らかの形で開いて、原子炉からS/Cに放出されているんだろうというふうに考えてございます。

次は7.のまとめですけども、津波到達以降のRCIC運転中の崩壊熱は、RCIC定格流量に比較してかなり小さいものの、RCICタービンへの供給蒸気量だけでは崩壊熱を消費できないので、SRV経由でのS/Cへの放出があった可能性が高い。ただし、通常のSRVの流量よりも小さい流量ではないかというふうに推定をしています。

また、RCICから原子炉に注水される低温水によって、大きなRPV減圧が起こることが解析により示されているということで、これは「大きな」というのは、SRVの閉信号が出る復帰値よりも大きな圧力変化については、RCICから水が入れられているからという形になります。

最後に1FさんのRCIC運転時の原子炉圧力挙動は、炉圧変化に応じたSRVの中間開作動とRCIC注水による減圧の組み合わせを反映したものというふうに考えてございます。ただし、

逃し弁モードか安全弁モードかについては、現時点では特定は困難であるというふうに考えているところでございます。

私の説明は以上でございます。

金子審議官 ありがとうございます。

あわせて、東芝のほうからも御説明、補足がございますか。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川でございます。

今の資料の最後のページ、22ページに御参考で、先ほど出ました中間開のメカニズムについて少し文章で書いてございますので、ポイントだけ申し上げます。

ちょっと文章と数字が多いので、イメージがつかみにくいかと思いますので、ページ戻りまして、先ほどの18ページのSRVの図でイメージをつかんでいただければと思いますが、数字等は今口頭で申し上げます。

逃し弁のメカニズムは先ほど溝上さんから御説明ありましたけれども、基本的に大きな弁のスプリングに対して炉圧が押し上げる力と、逃し弁モードの場合には、左側にありますN2のシリンダーにアキュムレータから窒素を供給して押し上げ、力を助けてやるという、いろいろな力の合計で最終的に本体の弁を押し上げるということになっています。ですから炉圧とそれからメインのスプリング、それからN2シリンダーのスプリングとアキュムレータから供給されるN2の圧力と。それから、このシリンダーの背圧といいますか、周りの雰囲気格納容器の圧力というのも関わってまいります。そういった力が全部合計で、開く力が正になるかどうかということで、逃し弁モードが開くということになります。

先ほど中間開のお話が出ましたが、この左側のN2のシリンダーですけれども、こちらにアキュムレータから窒素が供給されます。格納容器外からの窒素の供給がないと、アキュムレータの量が作動回数を重ねますと消費されてまいりますので、何回か目に、だんだん開ける力が弱ってくるということになります。

このSRVのスプリングの力の関係から簡略的に評価しますと、大体1kg/cm²ぐらいのアキュムレータの圧の余力があると、何とか開け始めることができる。全開まで広げようとすると、さらにもう1kg/cm²ぐらい圧力がないと力が足りないというような、大体そんなイメージであります。

アキュムレータのほうは、これも簡易評価ですけれども、作動回数を繰り返しますと、このシリンダーへ供給して、あと逃し弁の設定圧が閉鎖信号が出ますと、これシリンダーから排気されます。そのサイクルが繰り返されて、簡略化の評価ですけれども、6回ぐら

い繰り返すと、先ほど申し上げたような押し上げる力がだんだん足りなくなると、そういうような状況になります。

ですので、今回もそれぐらいの回数を繰り返すと全開できないような状態に入ってくるということはあり得るというふうに、概略評価ですけれども、我々のほうでは解釈しております。

今申し上げたメカニズムとか圧力の値は、正確には炉圧、原子炉の圧力ですとか、それから格納容器の背圧も事象が進むとだんだん上がってまいりますし、それからアキュムレータもその作動を繰り返すと温度が変わりますが、また周りから入熱、熱が伝わって圧力が変わるとか、あるいは配管の中にもまだ残圧があるとか、いろんな影響がありますので、現実にはもう少し余力が伸びてくるような方向にはなるかなというふうには思いますけれども、概略はそういうメカニズムであろうというふうには理解しております。ですから、数回以上の作動を繰り返すと、中間開の状態になり得るというふうには我々としても考えているというところがございます。

以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

今御説明いただいたのは、3号機の格納容器内あるいは原子炉容器内の圧力の推移変動を説明する、ある意味のバックグラウンドの理解として、東電なり東芝なりからの解釈を御説明をしていただいているものですので、実際の圧力挙動そのものの議論は、この後また規制庁からプレゼンというか、説明をしてからやらせていただきたいと思いますが、取りあえず御説明あった内容の事実関係であるとか、何か確認をしておきたいこと、あるいはこういう点はどう考えているのかというような御疑問など、もしありましたら今の時点でいただきたいと思っておりますけれども、それぞれの参加者からございますか。

じゃあ宮田さん、最初にお願いいたします。

ATENA（宮田部長） ATENAの宮田です。

今の逃し安全弁の圧力バランスの話はすごく分かるんですけども、安全弁はその圧力バランスだけで物事が決まると思うんですが、逃し弁のほうは開信号だとか閉信号だとか、ロジックが存在していて、その辺のところがこの後多分星さんのほうの分析と関わるような気がするんですけども、私、事前に頂いた資料を読んでよく分からなかったのは、逃し弁機能で開信号が出たときに開きます。

その逃し弁が開くんだけど、全開しないと開したというリミットスイッチが働かないみ

たいな状況になっているときに、炉圧が下がっても閉信号が出ないとか、その辺のロジックを理解したいなと思って、これ東芝さんから回答いただきたいなと思うんですけど、いかがでしょうか。

金子審議官 よろしいですか。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川です。

今、宮田さんから御質問ありました点ですけれども、まず制御の信号ですけれども、これは開信号は、炉圧がある値を超えると開信号が立つと。それから便宜上閉信号と呼ぶこともありますけれども、実際の制御の中身としては開信号が、その下のほうのあるセット値を割り込むと、開信号がリセットされるというのが実際の電氣的な中身でございます。

あと先ほどのお話で、何か全開まで行ったかどうかというのが今の開信号発信、あるいは開信号のリセット、閉信号相当ということに影響を及ぼすかということですが、開信号と、それからリセットの発信そのものは、単純に炉圧の計測値だけで判定をしております。ですから言い換えるとその履歴といいますか、その判定値を超えることだけで判定しております、そこまでの状態が全開へ行ったか行かないかということは、信号の発生に影響関係はないということでございます。

ただ、制御盤のランプの表示は全開、中間開と表示があるというのは御承知かと思えますけれども、それは表示だけの話でございます、弁の制御信号は単純に開信号と閉信号リセット値だけで決まっているという関係にあります。

以上です。

金子審議官 御説明は明確だったと思いますけど、よろしいでしょうか、宮田さん。

ATENA（宮田部長） ありがとうございます。

要はパイロット弁の三方弁がありますけれども、あそこの電磁弁のオン・オフというのは、もう単純に原子炉圧力だけであるということなので、原子炉圧力がどんどん下がっていけば確実に排気がされて閉まるはずだと、そういうことでよろしいですか。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川です。

ええ。おっしゃるとおりで、通常の作動であればそのように反応するという御理解で、そのとおりでございます。

ATENA（宮田部長） ありがとうございます。

金子審議官 ありがとうございました。

ほかに事実関係。

安井さん、お願いします。

安井交渉官 今回の質問、説明の可否は別途後で議論させていただくとして、もう一つ質問がございまして、溝上さんが言っている安全弁機能の可能性もあるということなんですけども、ヤング率で、一番低い安全弁機能、作動圧は7.64MPaぐらいだったはずなんですけども、こう見れば大分低いところで作動していますので、何度ぐらいになればこんなに大きなヤング率によるか、設定圧の変動が起こるといふ、まず相場でお話をされているんでしょうか。

東京電力HD（溝上部長） ヤング率の話は、前々回に安井さんからのコメントもあったとおり、定性的には温度が上がればヤング率が下がって、ばねそのものの能力よりかは低い圧力で開く可能性を言及しているものでございます。

安井交渉官 言ってみれば今議論されているのは、津波が来た直後のお話ですので、若干のSRVの作動はあっても、別に炉心が影響を受けてスーパーヒーティングされた蒸気が流れているわけでもないの、もしこんなところで安全弁の設定圧が0.3MPsも0.4MPsもドリフトするというのなら、それはそれで相当のお話だと思いますので、そういうことを言っているのか、一応ちょっと言われたから回答したということで、これはどっちなんですか。

東京電力HD（溝上部長） こちらとしては、どちらかということをお明確に言えないという状況ですので、可能性として記載したという位置づけでございます。もちろんヤング率が下がってという意味では、この状況からすればちょっとそこまでの温度上昇はあったかなというところは、若干疑問があることは事実でございます。

金子審議官 これは評価の問題かもしれませんが、この後また議論をさせていただいたらいいと思いますけれども、物理的可能性はあるけど、本当にそういうことが起きる程度だったのかという議論を、この後しっかり認識共有をさせていただいたらいいかなと思います。

ほかにございますか。

よろしいようでしたら同じテーマですので、規制庁の星のほうから、全体的な3号機の原子炉圧力あるいは格納容器圧力の挙動の説明ができるような、こういう立論があるのではないかというようなことで、御説明をさせていただきます。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

それでは資料2-3に基づきまして、前々回の継続になりますけれども、3号機の原子炉圧

力及び格納容器圧力挙動について御説明します。

今回、大きくは三つなんですけど、最初の1.と2.これは今御紹介があったような3号機のSRVの挙動についてで、特に1番は今東京電力のほうからも説明があったRCIC運転中のSRVの挙動について。二つ目としてHPCI停止後、だからこれは炉心損傷後とお考えいただきたいんですけども、そのときのSRV挙動について。

三つ目として、3号機ベント後の事故進展の推定ということで、3号機のベント後の事象進展というのは、かなり複雑な現象でして、ちょっとここ分量が多いので、ここに書いてあるような六つのテーマごとに区切って御説明したいと思います。

では、まず最初に、今まさに御議論いただきましたRCIC運転中のSRVの挙動について御説明します。

前々回も議論いただきましたけれども、逃し安全弁（S/RV）の実際の動作としては、先ほどもありましたけれども、チャートに記録されたような、かなり細かな圧力振動があるという、そもそもまずこれがS/RVの挙動なのかどうかという点が1点あります。

また、先ほども話ありましたけれども、途中でかなり大きな圧力低下があると。そのときにS/RVの閉信号が出されたかどうかということ。それから、原子炉圧力は、その後開設定圧に復帰するまでに、また同じように細かな圧力振幅が継続していると。先ほど東芝のほうからも御説明ありましたけれども、圧力だけで制御しているんだということであれば、閉じてしかるべきではないかと。それなのになぜそのような圧力振幅は続くのかといった点が論点として残っているかと思えます。

S/RVの設定から推定される動作としましては、S/RVに対して出されるべき信号はどのようなのか。もうこれほとんど今東芝のほうから回答あったのかと思えますけども、そういった開/閉の信号、あるいは開の解除ですね、それに対して窒素供給が遮断された場合のS/RVの応答とはどうあるのかといった点について、御説明したいと思います。

これは前々回も御紹介しましたけれども、3号機の圧力容器、RPVの圧力の記録チャートでございまして、これは記録チャート、右から左に時間が流れるようになっております。地震直後は逃し弁が逃し弁モードとして、きちんと動いているような圧力挙動が見られます。

その後、津波が来まして、全交流動力電源を喪失した後に、アキュムレータにあった窒素を使いながら各弁が8回程度動作して、アキュムレータの窒素ガスが喪失された状態になったと推定されます。その後はここに示しますように細かな圧力振幅がずっと続きなが

ら挙動していると。

先ほども話題に上がりましたが、RCICによる注水によってかなり大きな圧力低下が見られます。今回前回の資料からBとしていた区間を、この圧力低下を境にしてB₁とB₂というふうにして区切ってございます。

先ほどもありましたけども、この大きな圧力ドロップ、ここで明らかに閉の圧力よりも下回っていますので、開信号が解除されて逃し安全弁は閉まるはずだというふうに考えられます。

そうしますと、ここのオレンジの線で描きましたけれども、全弁閉まれば当然圧力は開設定圧まで復帰するはずではないかというふうに考えられますけれども、実際はそうならず、かなり細かな圧力振幅が継続されていると。窒素供給が途絶えた後は、確かに弁を開くことは難しくなるということは分かるんですけども、他方、弁を閉じること自体には、窒素の供給自体は特に問題ないのではないかというふうに考えます。

このSB0になった後の逃し弁の動作というのはどういうものであったかということで、2号機の動作状況について確認しました。これは2号機の過渡現象記録装置を示したものですけれども、ここにRPVの圧力挙動を示しておりますけども、若干ここ3か所ほど小さな圧力振幅が見られます。ただこれは3号機と異なっていて、この後はそういった小さな圧力振幅というのは継続されておられません。ですので、SB0になる前まではそういった細かな圧力振幅というのは多少出るのかもしれませんが、継続しないということが確認できます。

続きまして、炉圧の細かな圧力振幅というものが、RCICの注水量と関係するかどうかということで、東京電力のほうからも先ほどRCICの注水とは大きく関係しないという説明ございましたけども、2号の記録を見ましても、ここですね。最初にRCICの注水が入った時点で逃し安全弁は開いていないけれども、圧力が1回低下している。かなりゆっくりと低下していると。

一方ここ、この時点ではRCICの注水量はかなり激しく振動しているということが分かりますが、そのときの炉圧の挙動というものは、この振幅とは相関性がないと見られますので、むしろここでS/RVが開いていたことによって、圧力が増減しているということが確認できます。一方、ここの部分ですけども、ここでは逃し弁が動作した記録がございません。しかしその場合にここでRPVの圧力が若干上下しているということが分かります。

今度はプロセス計算機からの出力を確認しますと、実際2号機はこの時点でSB0になって

ございます。SBOになった後に、2号機の場合はどうやら1、2、3回、3回程度アキュムレータによってS/RVが作動して、そこで窒素切れになったと考えられます。窒素切れになった後に、ここに見ますように先ほどの圧力の細かな振幅がございまして、2号機におきましても先ほどの3号機と同様に、窒素切れした逃し弁がどうやら中間開のような状態になっているのではないかというふうに見られます。

先ほどもいろいろ御説明ありましたけども、なぜ中間開のような状態になってしまうかというのをこちら側で推定しますと、通常逃し弁はここにシリンダーがございまして、ここに窒素を供給することによって、弁体自体を持ち上げることによって開けると。閉めるときにはそこにあった窒素を格納容器のほうに放出することによって、弁体が元に戻って閉まると。

窒素切れが起きるような状態は、このシリンダーのところに若干窒素が排出されずに残ってしまうために、上側に弱い力が加わった状態が維持されてしまって、中間開のような状態が成立してしまうのではないかなというふうに推定しております。

繰り返しこの記録チャートに戻りますけれども、結局3号機の圧力挙動を見ますと、この時点で一旦圧力は大きく低下している。ここで一旦S/RVが全て閉止されるのであれば、圧力は復帰するはずであるが、圧力が復帰していない。つまり中間開になったような状態のS/RVというのは開状態が維持されてしまって、閉止されていないんじゃないかという点が1点。

もう一つは3号機で見られたような、このような中間開状態が2号機でも確認されるという事は、こういった状態はS/RVが持つ共通の挙動と考えられるのではないかと、この二つが大きな論点ではないかというふうに考えられます。

私の説明は、以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

前回までの議論と今日のいろいろな材料を総合すると、このS/RVのこういったSBO後の挙動として、こういうものはある意味一般的なものとして想定しておかなければいけないのではないかというのが、今回の一番大きな論点のところになるかと思えますけど、そういった点について、特に皆さんからお気づきの点や御疑問点などあればいただきたいと思えます。

いかがでしょうか。

じゃあ、安井さん、お願いいたします。

安井交渉官 規制庁の仲間割れで悪いんですけど、資料について一つだけ僕にはオブジェクションがございまして、3ページの、この圧力が大きく下がった後、一気に開設定値まで上がるんじゃないかという絵になっているわけですけど、これは仮に弁が完全に閉まって、あとS/RVが妙な挙動をしないという状態であっても、RCICから一定量の水が入れば、必ずしも圧は即座に開設定までは戻らなくても別に問題はないと思います。

ただし、この圧力ドロップ後も、つまり B_1 と B_2 が非常によく似た挙動をしているわけです。こういう言わば非常に短時間の間にふらふらする挙動が続いているということは、これは星さんが言うように残圧が残っている。あるいは排気がなされないということだと思いますけど、必ずしも開設定圧まで戻るはずだというのは、ちょっとどうかとは思っています。

その上で、東芝さんに一つ質問があるんですけども、逆にこの圧力が低下したときに、先ほどの言わば残圧、残圧というのはアキュムレータの中の残圧が排気されない、あるいは閉信号が出ない、何らかのことで残圧が残らないということを考えると、こんな挙動が続く理由はほかにあり得るのでしょうか。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川です。

今の安井さんの御質問ですけれども、逆に今の現象のような挙動になるとすると、おっしゃられたように排気がなされずに元へ戻ったというふうに、挙動としては解釈になるのかなというふうに考えております。

排出されない理由というか、されないためにはどういうことが起こったろうかと考えると、電磁弁が切り替わらなかったとか、それはメカニカルな理由です、それから制御のほうで切り替わる信号が、何か通常の信号の発信がなかったというようなことが、もしあれば、物理的には窒素の排出がなされずに、こういう中間開に復帰するようなことになると思います。

ただ、今申し上げたような機械的や制御的な通常でない作動というのは、この頃のプラントの状態ですとか雰囲気、環境の条件からすると、我々設計側の人間から見ると、非常に起こりにくいというふうに感じております。

以上です。

金子審議官 端的に解釈をすると、現象としてはそのように理解をせざるを得ないような状況ではあるけれども、それが起きてしまったメカニズムは本来そのようには設計上はなっていないので、その部分は原因をきちんと究明しないと、なぜそうなったのかとい

うところが、なかなか説明が今の段階ではできないかなと、そういうような御見解でよろしいですか。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川です。

そのとおりです。

金子審議官 ほかに御指摘のおありになる方。

安井さん、どうぞ。

安井交渉官 続きがありまして、今おっしゃったように例えば電磁弁が調子悪くなっちゃうというような、言わば突発的な、弁はたくさんついているわけですけど、その一つの弁に固有に起こったことなんだというのに求めるのは、かなり難しいと思います。今及川さん御自身おっしゃっているように、使用条件的にも厳しい状態にあるわけじゃないし、それから3ページのあれを見ていただいても、ずっと後ろのほうCのゾーンにも、しかも設定圧のほうを超えた高いところにも、言わば継続している痕跡が見られるので、他のS/RVの逃し弁機能にも中間開が起こっているんじゃないかと思われるのが1点。

それから、先ほど星さんが言ったように、2号機でもその痕跡が見られることというのを考えていくと、よく分からないんですけど、見落としているロジック上の問題が、何かメカニズム上の問題があって、開圧力に達せずに推移していると、排気ができない。あるいは閉信号が出ないか、閉信号が出ても有効じゃないか、何かが起こるように、もともと気がつかずにそうなっちゃっているというふうに考えるのが、妥当じゃないかと思うんですけど、いかがでしょうか。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川です。

確かにおっしゃるような非常に我々としても、先ほど私が申し上げたような異常というのは起こりにくいと考えておりますので、何かほかのメカニズムがないかというようなことも大分議論したところでありますけれども、申し訳ないんですが、現時点ではちょっとほかの理由というところまで思い至っていないというのが正直なところです。

以上です。

金子審議官 これは今のお話は、設計上東芝のほうで考えられる範囲で見ると、そのようなことは起こることが考えにくいということなんですけれども、そうだとすると実機の実験をやってみるとか、そういうことで検証する以外には、もしかするとどのようなことが本当にあり得るのかというのは確認できないかもしれませんが、そういうことも含めて、少し皆さんから御意見といいましょうか、こういう見方があるんじゃないかとか、

これJAEA、その後前川さんよろしいですか。

JAEA（与能本副センター長） 与能本ですけど、よろしいでしょうか。

金子審議官 はい、お願いします。

JAEA（与能本副センター長） 今までのお話、伺っておりますと、この圧力変動の原因を主にはS/RVで説明しようと、そういうところがあって結構難しいところがあるなという印象を受けております。

それで、RELAP5の結果が非常に参考になると思うんですけども、RELAP5の結果もあの圧力がかなり変動しています。そのときの変動が必ずしもS/RVの開放とか放出とか、それに対応しておりません。これは要するに水を入れるときの流量とか、そういった条件によって、蒸気発生量が変化して圧力が変動している、そういうふうなところが見られていると思うんですけども、そういったところも考慮して検討すればいいんじゃないかなと思います。

以上です。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

コメントをいただき、ありがとうございます。

先ほども御紹介しましたけれども、2号機のほうで記録されたものを見ますと、注水量が非常に細かく変わっている。今与能本さん御指摘のような状態だと思いますけれども、炉圧のほうは全くそれに反応していないということがございますので、やはりRCICの注水量に基づく、確かに解析上はそうなのかもしれませんけれども、実測に勝るものはないかというふうに考えてございます。

以上です。

金子審議官 恐らく今の話は、変動要因としてそういうことが無視できないかもしれないけれども、少なくともこの大きな振動を説明できるほどのインパクトを持っているようには、データから見るとそのように解釈できないんじゃないかという理解だと思いますけど、与能本さん、その辺りはいかがですか。

JAEA（与能本副センター長） その辺り、先ほどの動燃さんのRELAP5の結果なんですけれども、計算直後の初めの間にかなり大きな圧力の変動がしております。圧力が下がっているところがあって、また上昇しているところがあると。その動きは必ずしもS/RVの開放のタイミングと合っておりません。

それと解析時刻の後半の部分です。特に3月12日の6時から3月12日の12時にかけて、こ

の辺りほとんどS/RVは開放されておりません。その一方で圧力が10分に1回ぐらいの感じで変動しています。

そういった意味でS/RVとは関係ないメカニズムで、あえて言うなら密度発信度みたいなものですが、実際によく見る密動発信度はもっと周期が早いですけれども、非常に長い周期の密動、浸透的な圧力変動があったと。そのように考えることもできるんじゃないかなという気はしております。

以上です。

金子審議官 どうぞ、星さん。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

前々回も議論あって、先ほど東京電力のほうからも御説明ありましたけれども、注水量自体はかなり大きな変動でゆっくりと増減をさせているという形でやっていますので、後ろのほうのところでRCICの注水量が細かく振幅しているような、振動しているような、そういう状況ではないというふうに理解しています。

金子審議官 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。

先ほど与能さんのほうから、後半になってくるとあまりS/RVが開いているように見えないというところ、そこは事実でございます。

解析上は後半のところではRCICで冷たい水を入れているというところと、崩壊熱が下がっているというところの関係から、大きめのRCICを原因とした圧力低下が見られるというのは、解析結果としては言えるんですけども、しかしながらそれより前の段階のほうでは、やはり細かいS/RVによる蒸気放出というのがないと、圧力を低い値で維持できないという結果でございます。

金子審議官 今のは前の資料2-2でお示しをいただいたページが、すみません。私も手元になくて、6.と書いてある19ページですか。RELAPを用いた解析結果、プラント挙動というタイトルのグラフを見ると、その上と下の併せて見ていただいたときに、時間の速いほうのところは、S/RVの動きというものが上のグラフにも見えてきて、後ろのほうは今溝上さんがおっしゃったような崩壊熱の現象とRCICからの水の関係で振動が出てくるような形になっているという、そういう解釈というお話だったと理解をしております。

この点については何かございますか。いいですか。

したがって、どちらがどっちだということでは、全てが説明できなくてもということか

と思いますけど。

安井さん。

安井交渉官 これは議論をもう一度整理をする必要がございまして、3ページの3号機RPV圧力というので、与能本さんにも今から考え方、僕らも言いますので、ちょっとフォローしてもらいたいんですけども、B₁とかB₂のゾーンで、リアクター、圧力容器の圧力が1こぶ、2こぶ、3こぶというぐらいの感じで波打って、そして一度下がってまた緩やかに上昇していくという一つのトレンドと、そのトレンドに乗っかりながらも、上下で0.1MPsぐらいの非常に高速な振動が起こっているという、二つのことがこの圧力変動の中にありまして、まず大きな変動は基本的にはRCICからバイパスもしていますから、結果的に炉心の中に投入された冷たい水の量によって主に制御されているだろう、あるいは与えられているだろうと。

この0.1MPsぐらいの幅でずっと動いているということは、ピョコピョコしているわけですけど、そこはもちろん圧力が下がれば、瞬間的にRCICの流量が上がるということもありますけど、時定数から考えて、こうしたものをもたらしているのは、S/RVからの中間開のようなものによる漏えいが関与しているのじゃないかと。また東京電力の評価も、逆にS/RVからのそういうある意味の漏えいがないと、エネルギーバランス上うまく説明できないというふうに考えられるという、こういう議論が行われていると考えておりまして、この0.1MPsぐらいの幅を持って生じている振動を、全てRCICで説明するのはさすがに時定数を考えて無理じゃないかというところから、この話がスタートしておるんですが、その認識とは違う認識に立たれているということでしょうか。

JAEA（与能本副センター長） JAEAの与能本ですけれども、特に時間の早い時期でS/RVも振動に寄与していったということは異存ありません。

このRELAPの計算でもそういうことになっているんですけども、RELAPの計算の面白いところは特に後半のほうで、ほとんどS/RVの作動がないところでも、それらしい振動が見られているというところ。それと今の安井さんが指摘された前半の部分においては、先ほどの東電の資料の6.のRELAP5の図なんですけれども、このRELAPの計算の黒が解析値で、赤がこの圧力チャートの図でありまして、先ほどのチャートで大きく圧力が下がっていると書かれていたところが、この赤のチャートで左から三つ目の枠の真ん中辺りであります。

3月11日の18時から21時の間のちょうど真ん中の辺りで、圧力ががっと下がっているところがあると。まさにそのところをここ今議論されているんですけども、感じだけで

いいまして、この黒のところの圧力の減少、非常に実際に見られたものよりも過激でありますけれども、何となく似ているところもあるかなという、そんなイメージを持っております。

そういう意味で、このRELAPの解析の傷の入れ方を必ずしも私理解していないんですけども、この辺りをうまく合わせれば、こういった大きな変化も再現できるような解析ができるんじゃないかなと。そのような印象を持っております。もちろん先ほども言いましたけども、両方のところでは、特に崩壊熱が高い段階ではあると思います。

以上です。

金子審議官 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けれども、RELAPの解析のほうの特徴として、冷たい水が入ってきたときに、濃度ごとに温度を平均化して早めにその温度が伝わっちゃうというような状況もございまして、RCICで大きく圧力が下がるという効果が、この解析上出やすくなっています。

ですので、最初の頃に大きく圧力が下がっているところ、RCICの効果によるものなんですけど、これは最初の二つみたいなところはRCIC側の過大評価によるものかなというふうに考えてございます。実際にもB₁とB₂のところの大きく下がっているところ、このところでは水位のチャートを見ると、ちょうど水位がぎゅっと上がってきているところなので、ああいう圧力変化でRCICの影響を受けるということはあるんですけども、やはりそれだけではエネルギーバランスからは全体を説明することはできないというふうに考えてございます。

金子審議官 更田委員長、お願いします。

更田委員長 安井さんが時定数という言葉が使われたじゃないですか。安井さんの問いかけに対する議論がかみ合っていないように思うのは、時定数から考えてと繰り返し言っていて、RELAPで現れてくる振動と、それから今ここで見えている、さっきのCの領域で見えている振動と、時定数が大きく違うんじゃないですかと、そういう問いかけだったかと思うんだけど、それには今のところ答えが戻ってきているわけじゃなくて、どちらでも振動は考えられるけども、時定数は全然違うでしょうと。

時定数という言い方をしてもいいし、ある卓越した周波数という言い方をしてもいいけれど、それが起こり得るメカニズムのものなのかどうかというのは、おのずと現れてくるだろうし、溝上さんが言われたように、計算上は高周波数側というところとちょっと大げさでは

あるけれど、周期が短く現れるような計算になっているのではないかというのがコメントとして分かるけど、どうも議論はかみ合っていないように思う。

安井交渉官 はっきり申し上げると、せっかくRELAPのことをおっしゃっているのに、あまりきついことを言っちゃいけないかなと思ったんで、温度が一瞬にして均一化するという計算モデルですので、非常に短時間で圧力変動が出るように見えちゃうかもしれませんが、体系として100t級の水がある世界に、ある程度の水の出入り、注入が行われているシステムで、一気に圧力がここで見るようなタイミングでどンドン変わっていくとは僕には思えないと。

更田委員長 ある程度ランプドパラメータ（Lumped-parameter：集中定数）コードの...
....

安井交渉官 弱点です。

更田委員長 そうね。特性というか、現れるんだろうと思うけど、ただ、この時定数の、あるいはこの卓越した周波数の議論をしているんだということを明確にしてやらないと、なかなか答えが出ないように思っていて、さらに言えばこの圧力は連続の値として計測されているんですけど。

星主任技術研究調査官 これチャートですから、連続しています。

更田委員長 チャート、連続で。フーリエ変換はできないの。

星主任技術研究調査官 むしろこれはチャートで、紙で記録されているので、これはデジタルデータがないので。

岩永企画調査官 これデジタルなところが。

更田委員長 デジタルに読み取って、フーリエ変換してやると私は卓越した周波数が出ないかなと思いますけど。

そしてその周波数というのは、このメカニズムであり得るかという議論をしないとけないんだろうというふうに思いますけども。

岩永企画調査官 規制庁、岩永ですけど、溝上さんに質問なんですけど、この周波数というか、赤と黒はこれは合うように計算をしたということによろしいんですか。合わせるような計算も若干なされて、チューニングはなされているんですか。

東京電力HD（溝上部長） 赤のほうな大きな傾向として合うように圧力を整理をしています。なので、こういう小さいものについては合わせにいていないんですけども、実際RCICの注水だけではエネルギーバランス成り立たないので、蒸気を出すときには結果と

してこういう小さな振動が出るようになっています。

岩永企画調査官 ならば、今、委員長がおっしゃるような周波数としてはフェアな関係に1回戻してみて、要はまずRELAPの特性を明らかにして、そこからどれくらい差分があるかというのを物理で埋めていくということであれば、何か見えてくるところもあると思うんですけど。

東京電力HD(溝上部長) はい。そこについては、早い振動というのはS/RVの開度設定によってしまいますので、そこを大きくするとそうならないというところまでは分かっているんですが、そこで出てきた新周波数というのは多分開度設定に依存してしまうので、ちょっとそこは難しいところがあるかなと思ひまして、いずれにしても合わせ技じゃないと説明できなさそうだとこのところは言えると思っています。

金子審議官 ありがとうございます。

議論は B_1 と B_2 と、ちょっとこの B_1 と B_2 というのが B_2 の終わりがここののかという問題はもちろんありますけれども、で見られている小さな早い周期の割と小さな幅の振動というのと、Cの後ろのほうで見られているようなものと、先ほどのRELAPの解析との突き合せみたいなものとは、まず多分性格が違うだろうということが、少なくとも皆さんの共通認識だとは私は思っています。

そのときに少なくとも B_1 と B_2 と書いたエリアのところを説明しようと思うと、やはりS/RVの動きというものを考えることが妥当だけれども、先ほどのように解析で開度の設定をどうするのかみたいなことに大分寄ってしまって、それは多分説明をしていることになるのか、ならないのかということにもかかってくると思いますので、解析をチューニングを上げるということでもないとはいえますけれども、大体ただそういう状態になるメカニズムがどうなのかというところの、先ほどの検証は残っていますけれども、そのようなこの B_1 と B_2 の辺りの細かな振動については、そんなに大きな議論になったということではないかと私は理解をしておりますけども、ほかの方、いかがでしょうか。

先ほど前川さん、ごめんなさい。手を挙げていらっしゃって。前川さん、お願いします。

NDF(前川技監) NDFの前川です。

基本はさっきからの議論で、与能本さんの御指摘と近いところがあるんですけど、逃し弁としていろいろと中間開のところ動いているということは、これは間違いはないと思うんですけど、その割合が8割方がこれが支配しているのか、いやいや99%支配しているのかというのは、もう少し議論してもいいのかなと。どうということかという、MSライ

ン、全体の挙動の中で、こういうS/RV近傍の圧力というものがどう影響を受けるのかということも、一つ考慮したほうがいいのかなど。

多分、恐らく具体的な記録はないんですけど、過去においてこういうRCICが動作して、いろいろと炉圧が変動しているというような、これは過去には通常のプラントの事象として起こっているというようなこともあったはずなので、例えばそういうものの圧力変動が本当にどういうふうに動いていたのかというようなこともちょっと参考にしながら、MSラインの中で、こういったS/RV近傍の圧力変動がどんなふうに挙動しているのかというのを見ていくのも、また役に立つか立たないかは別として、一つあるんじゃないのかなと思った次第です。

以上です。

金子審議官 御指摘ありがとうございます。

今の点は、どこまでこの事象を細かく明らかにしたいのかということか、精査をしたいのかという目的との関係にもよると思うのですが、今回、星が申し上げたのは、そういう動きが実際にこれで観察をされているのではないかという仮説を検証するためのものであったと私は理解をしております、どこまでそれが定量的にということか、定性的にということか、効いているのか、効いていないのかというのは、ちょっと今後の検討の中でどこまでやる必要があるかというのは、よく皆さんとも議論をさせていただければというふうに思います。

ありがとうございます。

ほかによろしいでしょうか。もしよろしければちょっと時間も制約がありますので、まだ星のテーマの次と次がありますので、次に行かせていただければと思います。HPCI停止後の関係のところでは。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

先ほど東京電力の説明の中でも若干ありましたけども、逃し安全弁のばね、その温度の影響というところで、前々回もHPCI停止後のS/RVの挙動についてということで御議論いただきました。

炉心損傷した後では、かなりの高温の過熱蒸気が流れることになりますので、それによってS/RV自体の温度が上昇したのではないかとというふうに考えられます。その際に過熱容器が追加することによってS/RVの自体、特にばね部ですけれども、これが温度が上昇して、そうするとばねによって抑える力が低下したのではないかと。このときにS/RVが温度が上

がるどころが、格納容器の雰囲気温度によるものかどうかということがコメントとしてございました。

S/RV自体の温度が上昇した場合に、どういったことが起こるかというふうに考えますと、先ほどもありましたけども、ばねによる弁の押し下げの力が下がってしまって、設定圧よりも低い炉圧で安全弁として動作してしまうのではないかとというふうに考えられます。

これも前々回お示しした、これはこの辺でHPCIが停止しています。運転して、その後運転停止しています。運転停止期間中でここ欠測期間が存在しますので、停止期間はこれよりももっと長いというふうにお考えください。HPCIが運転する前は、今は仮にDとしていますがけれども、こういった7.4~7.6MPa程度の間で安全弁、逃し弁が動いていると。HPCIが停止した後は、ここでEとしていますがけれども、7.4MPa付近で逃し安全弁が開いて動作していると。

このようにHPCIの停止後には、S/RVの作動圧が低下していると。これはなぜかということで、前々回もこれはかなり過熱蒸気が流れているので、その影響を受けてばね自体の温度が上げて、押し下げ力が下がって、このように作動圧が下側にシフトしたのではないかとということがございました。

その際に先ほど申しましたように、温度上昇自体がPCVの雰囲気温度の影響によるものか、それとも通過する過熱蒸気温度そのものによる影響なのかということが議論としてありまして、特に設計上は逃し安全弁というのは、流れる蒸気の温度の影響を受けないように設計されているので、過熱蒸気の影響は受けないんじゃないかというようなお話もございました。

残念ながらこのEの部分、この辺。この辺の期間の実際のPCV内部の温度測定結果というものはありません。PCVの内部の温度が測定され始めたのは3月20日以降になりますので、この期間の具体的な、実測されたエビデンスというのはございませんので、これがどちらの影響かというのは、確定的に申し上げることはできないんですけれども、このEの区間はもう炉心に注水されていませんので、HPCIは停止してしまって、注水できていませんので、炉心は損傷しているだろうと。そのため金属 - 水反応によってかなり高温の過熱蒸気が流れるような状況にあったと考えられます。

かつ、RPV自体は若干の漏えいは想定されますけれども、基本的には健全で、燃料自体は炉心にあるような状況です。そのような状況において格納容器の温度が異常に上がって、その温度によってS/RVのばねの温度が上がったとは、ちょっと考えがたいのではないかと

いうふうに考えてございます。

この後は参考程度でしかないんですけども、温度の記録探しますと、残念ながら3号機はチャートの記録がかなり不鮮明で、プロセス計算機のデータとかございませんので、ここで2号機のデータを持ってきていますけれども、2号機は主蒸気が流れている間、逃し安全弁は動いていないときは、確かに御指摘のように、S/RVの温度自体は全く上がっていないということが確認できます。そういった意味で設計上蒸気の温度の影響は受けないということが分かります。一方、逃し弁が動き始めると、S/RVの周辺温度というのが上がってくる。

これらは本論とは全く関係ないんですけども、なぜか2号機はE弁というのは動いていないんですけども、ここの記録を見ると動いていないE弁の周辺温度が上がってございます。これはちょっと余談です。実際はこの辺は炉心冠水していますので、蒸気の温度は280 程度のものが流れたというふうに考えますけども、そのときのS/RVの周辺温度とは200 を超えるという形で記録がされてございます。

これは先ほど申し上げましたE弁以外は動いていないという政府事故調の報告書からの抜粋でございます。そのときのD/Wの温度も記録されてございますけれども、概ね60 程度の温度が記録されてございまして、当然格納容器の温度のほうが水蒸気の温度よりも低いと。実際3号機のHPCI停止後、炉心が損傷したような状況ですと、やはりS/RVの温度上昇に支配的に寄与したのは過熱蒸気の影響だったのではないかと、そう考えたほうが合理的ではないかというふうに考えてございます。

説明は以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

特にS/RVの動作の関係での温度影響の考察ということになっておりますけれども、説明内容、あるいは考察の内容について御指摘なりあればいただきたいと思います。

じゃあ宮田さん、最初をお願いいたします。マイクが入っていないようです。お願いいたします。

ATENA（宮田部長） すみません。ATENA、宮田です。

ちょっと質問というか、確認みたいなことなんですけども、HPCIを停止したという運転員の操作が、たしか13日の2時40分ぐらいですか、そのくらいでやっているんですが、このチャートのEの部分、3時よりちょっと前のところで、既に安全弁がへたっているとか、温度が上がることによって作動のレベルが下がっているというふうに推測している

んですけども、だとすると3時ちょっと前のときには、既に相当の過熱蒸気が発生していたということなんだと思うんですが、つまりHPCIの停止操作をしたときには、既にもう注水はほとんどできていなかったということが、ここから分かるというふうに解釈していいものでしょうかという質問です。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

すみません。恐らくHPCIは振動が確認されたりとかして、HPCI運転周期は注水量はかなり限定的だったとは考えられます。

これ前回もちょっと申し訳ないんですけど、欠測期間が存在するので、時間が実際の実時間と整合していない、そういうチャートになっていますので、前回は東電に説明していただいたんですけど、その実時間とのここの数字自体が合っていないというところがあります。

宮田さん御指摘のように、恐らくHPCIの運転終期は注水はそれほどされていなくて、その頃からもう炉心損傷は開始されていたかどうかというのは、若干そこは議論はあるのかとは思いますが。

ATENA（宮田部長） 炉心損傷まで行ったかどうかは別ですけども、過熱蒸気の温度が相当上がるためには、原子炉水位がTAFレベルじゃ全然駄目で、BAFに近い状態までいかないと過熱状況の温度はそんなに上がらないということだと思うので、ただそのくらいまで注水ができなかったということが、ある程度ここのチャートの時間の正確な時刻はあれですけども、そこからある程度のことは理解できるということかと思えます。ありがとうございました。

金子審議官 安井さん、お願いします。

安井交渉官 僕が説明するのも変なんですけど、このチャートはこの数字が12時、1時、2時、3時でなっていますが、1時くらいまではいけているんですけども、その後たしか2時間くらいの欠測があります。

それで、したがって3時というのは朝の5時なんです。4時は6時であとは2時間ずつ足せばいいよというんで、最後9時のところでベントが行われたんで、その前のスパイク等の現象で、ADS作動によるベントという、こういうことです。したがって、まず間が5時間あります。

その間に、いろんなデータが供給されていますけれども、水位はどんどん下がっていついて、多分この間のうちには、朝5時までにはBAFの辺りにまでは接近したと思われるとい

うことです。

金子審議官 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。

先ほど安井さんおっしゃられたとおりなんですけれども、Gというところはちょうど原子炉減圧をしてベントをした時刻、大体9時頃ですけれども、それになっていますので、そこで時間を合わせていただければよいかなというふうに思います。

あと事実関係なんですけれども、星さんのほうから全体の36ページのほうで、逃し安全弁の温度について言及があったんですけれども、これ単純に事実関係だけなんですけど、「周辺温度」と書いてあるので、弁の周辺の温度っぽいんですけれども、ちょっとこれつながっている計器を調べると、TE2-113EFというやつで、これは配管に刺さっている熱電対になってございまして、200 以上になっているところからも、これは直接蒸気の影響を受けたなというところで、納得感のある数字になっているということでございます。「周辺温度」というのは、ちょっと誤解を招く表現なんですけど、S/RVの配管のほうに刺さっている温度計でございまして。

金子審議官 ありがとうございます。周辺というと空中的なイメージを持ちますけれども、実際には近いところの配管の温度を測っているエビデンスになっている、そういうことですね。

東京電力HD（溝上部長） はい。S/RVで排出される蒸気の影響を直接受ける位置にあるというところでございます。

金子審議官 ありがとうございます。

ほかに御確認、御質問、議論。安井さん。

安井交渉官 一つ提案なんですけども、本来これは多分逃し安全弁だとすると、0.3MPaぐらいのドリフトをしていることになります。4%ぐらいの圧力低下なんですけど、それをもたらす温度は、この弁を作った人に計算してもらえば、計算できるはずなんです。それですとそれが言わば通常の蒸気の世界なのか、過熱蒸気のオーダーなのかは、おのずと分かるはずでして、そういう客観的なやり方を取るのが正しいアプローチじゃないかと思いますが、いかがでしょうか。

金子審議官 これは東京電力及び東芝ですか。

安井交渉官 あるいは、うちがやっても。

金子審議官 はい。情報をいただいてやるというのは、もちろんあり得ると思いますけ

ど、そこはちょっと今後の作業、どこまで誰ができるかということも含めて、調整させていただくということで考えさせていただいてよろしいでしょうか。

基本的には情報を公開することは必要ないかもしれないので、共有していただいたらもう素材のデータであるとか、そういったものでどういう特性があるのか、温度がどれくらいだとどれくらい下がるかという計算をすればいいだけなので、私どものほうでももちろんできますし、情報共有がしにくいということであれば、やっていただいてもいいとは思いますが、うのですけれども。

お願いします、及川さん。

東芝ESS（及川シニアエキスパート） 東芝の及川です。

今お話のありましたような検討に資することができるような設計情報等は、ちょっと確認してみたいと思います。

もう一つ、我々もこの辺について少し議論をしたことがありまして、主に安全弁モードの劣化で温度の劣化ではないかというような御議論が、今あったかと思っておりますけれども、我々も温度の影響があり得る可能性はあるという考えもあった一方で、期間DとそれからEの間で格納容器の圧力が一旦下がっていますので、また逃し弁モードで動いた可能性もなきにしもあらずかなというような意見もありましたので、可能性としては両方あり得ないことはないかなというふうに、そんな議論をしておりました。いずれにしても検討に資することができるような情報は確認したいと思います。

以上です。

金子審議官 及川さん、ありがとうございます。

では、どういうものを誰がどのように確認したらいいかということも含めて、またちょっとこれは双方で御相談をさせていただければと思います。

ほかの点、このHPCI運転後のところの変化について、いかがでしょうか。よろしいですか。

それでは星の3点目の論点のほうに行きたいと思っております。2回目のベント閉止後の事故進展の推定ということで、引き続き、星から御説明いたします。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

すみません。この3.が分量的に一番多くて申し訳ないんですけども、3号機のベント後の事故進展の推定ということで、幾つか格納容器あるいはRPVの中で複雑な事象があって、進展していると考えられますので、その辺の事故進展を推定しております。

一つの大きな前提としまして、ベント実施前からD/Wの圧力とS/Cの圧力を比較しますと、D/Wの圧力のほうが高い状態でずっと維持して、推移しているということが確認できておりますので、ベント実施前に既にRPVからD/Wの何らかの漏えい経路は形成されていたというふうに考えてございます。

3号機の場合には、PCVスプレイの注水等、かなり格納容器の外から水が入っておりますので、S/Pの水位自体は、通常水位よりもはるかに高い位置にあったんであるというふうに考えてございます。この多量に格納容器の中に持ち込まれた水が、蒸気発生の源となって、複雑なPCVの圧力挙動を導き出しているのではないかとというふうに考えてございます。

その多量に注入された水によって、D/WとS/Cの圧力の上下関係がかなり逆転しているところが何回かございますけれども、そういった際にS/Pの中にあった水が、D/Wの床面のほうに引き上げられたり、あるいは押し下げられたりという形で、D/Wの床面の水位がかなり上下動していただろうというふうに推定しております。こういったPCV内の水位の変動に伴いまして、PCVの中でも蒸気発生量の変動して、それによって圧力が変動したというふうに考えられます。

減圧される中では、S/Pの中で減圧沸騰があって、それが一つの圧力低下の抑制をしていたであろうということ。それからD/W床面に水が上がってきた場合には、そこにデブリが落下していれば、そこで水蒸気が発生して圧力が上昇したであろうというふうに推定してございます。

こういった推定をするために、基本的には圧力挙動が測定値としてございますので、それから幾つかの拘束条件等を検討してございます。今日はちょっと時間の都合で解析の結果については大分はしよりますけれども、PCV内部、水蒸気が発生あるいは非凝縮性ガスの発生量というのは、定量的に考えてどういった範囲が適切かどうかといったものはパラメータサーベイなどをして求めてございます。

RPV、D/W、それからS/Cの圧力、そのときそのときの水位とか事象の進展の関係から成立する上下関係がありますので、それがきちんと整合するかどうかということを確認してございます。

事故シナリオを推定する場合には、PCVからの漏えいの発生ですとか、溶融燃料の落下時期等、これは時系列として周辺で確認された事象ときちんと整合しているかどうかといった点についても、確認しながら検討を進めてきたところです。

最後には事故シナリオの推定が単純な体系で解析を実施して、実測値と比較し得る範囲で収まるかどうかということを実現性を確認しています。ちょっと今日はこの解析結果については御紹介は省きます。

最終的な結論を先に申し上げますと、3号機の大きな事故進展の推定としましては、最初に申し上げましたけども、ベント前からRPVからD/Wへの何らかの漏えいというものは既にこの時点で発生しているだろうと。それはD/Wの圧力のほうがS/Cの圧力よりも高いということになります。

1回目のベントが終わって2回目のベントをする頃になりますけれども、3月13日の12時頃、この頃に恐らく主蒸気管貫通部近傍から小さな規模の漏えいが開始されたんであるというふうに推定しています。これはこの発生した漏えいは、ずっと継続しているだろうというふうに考えてございます。ただし、ここで発生した最初の漏えいは、恐らく小さな規模であって、格納容器の圧力挙動に大きなインパクトを与えるものではないだろうというふうに推定しています。

2回目のベントがここで閉止して、ベント自体はこの2回目までしか成功していないというのは、前々回の議論の中でも皆さんの御了解を得たところだろうというふうに考えてございます。その後、PCVの圧力が上昇していますけども、これはRPVの中で蒸気が発生して、それがD/Wに漏れることによって、圧力が上昇しているのだろうというふうに考えています。

ここで圧力がほぼ平坦になる期間がありますけれども、この期間中にかなり規模の大きなD/Wの基礎の漏えいの発生と、それからRPV下部の下部ヘッド破損が生じたであろうというふうに推定しています。

今回、私の発表の中では、下部ヘッドの破損と同時に、溶融燃料がD/W床面に同時にどんと落ちるということは想定していません。BWRのRPVの下部構造の複雑さを考えますと、下部ヘッドが破損して、冷却材や水蒸気は当然外に出るんでしょうけれども、溶融燃料自体はその下部構造の中を伝わりながら、徐々に落下していくという形で時間差が生じているだろうというふうに想定してございます。ここで圧力の逆転現象が見られるんですけども、この下げ止まったところはS/Pの減圧沸騰の影響だろうというふうに考えてございます。

このD/WとS/Cの圧力が逆転するときに、S/PがD/Wの床面まで吸い上げられて、ここで圧力が上昇するのは、D/W床面に落ちたデブリが蒸気を発生して、圧力が上昇しているとい

うふうに考えてございます。

この1PD付近まで圧力が上がったところ、この辺は蒸気の発生と漏えいがバランスしているような状況ではないかというふうに考えてございます。水素爆発が起こった後に、水素爆発の影響で再度D/WとS/Cの圧力の逆転が見られまして、ここでも再度水が吸い上げられて、蒸気が発生して、その後外部注水によってPCVが徐々に冷却されていくという、こういう大きな流れではないかというふうに推定しております。

一つ一つの項目に分けて御説明したいと思えます。まず初めに主蒸気管貫通部からの漏えいについて御説明します。

現在1F3号機では、主蒸気貫通部Dになりますけれども、その貫通部近傍から漏水が確認されております。この漏水が起こった原因というのははっきりはしませんけれども、恐らく過温によって漏えいが生じたんであろうというふうに推定しています。

当時、実際に3月13日の記録を見ますと、原子炉建屋ではかなりの高線量が測定されて、「白いモヤモヤ」が観測されています。この「白いモヤモヤ」が何であるかというのは、はっきりしないんですけれども、ベントでの逆流、あるいはPCVからの漏えいの発生というものが考えられるのではないかと推定しております。

一方、1号機のほうでも同様の現象が見られておりまして、建屋で高線量とそれから「モヤモヤ」が観測されています。この1号機で「モヤモヤ」が観測されたのは、ベントの実施前であります。ですので、ここの1号機で観測された「モヤモヤ」そのものをベントの影響がなくて、PCVからの直接漏えいの影響ではないかというふうに推定しています。

こういった1号機と3号機で測定され、観測された事実が非常に似通っているということで、3号機におきましてもこの貫通部周辺から漏れたと考えるのが妥当ではないか。後で御紹介しますけれども、場所が近いとか南北の線量の異方性もあって、事実とかなり整合するのではないかと推定しております。

少しずつ具体的に例を御紹介します。先ほども御説明しましたけれども、実際3号機は主蒸気管Dの貫通部のベローズのところから水が漏れているということが確認されてございます。図面で行くとこの部分になります。この漏えい箇所はMSIV室にありまして、それでMSIV室は図面を見る限り北側にだけ開口部がございます。

3月14日の14時31分頃に、北側の二重扉、それから南側、それぞれで線量を測られているんですけども、北側300mSv/h以上、だから、これ実際にどれぐらいか分かりませんが、

南側が100mSv/hということで、かなり北側のほうが高く、南北でかなり違っていると。仮にここから蒸気がPCVから漏れているとすれば、当然希ガスによる線量というふうに考えられますけども、それが北側のほうがより高いということは、整合するのではないかと、うふうに考えております。

これはCAMSの測定結果を示しておりますけれども、CAMSで測定されたのはかなり遅くて、3月14日になってからで、その頃にはもう既に炉心はかなり損傷していると。先ほど申しました「モヤモヤ」は、3月13日14時31分頃です。原子炉建屋の二重扉北側で300mSv/h以上。中は「白いモヤモヤ」状態であったということが記録されてございます。

これに関連する現場の状況を報告書から拾ってきますと、当時ケーブル敷設の作業を行っていた。4号機から3号機に向かってケーブル敷設をしている。ヨウ素剤を服用して、13日の10時頃に現場作業を開始したと。3号機の原子炉建屋の二重扉までケーブルを敷設して、扉を開けたところ、「白いモヤモヤ」が見られた。それで作業を中断することとし、その後13日昼ごろ、これちょっと後で議論になるかと思えますけど、何時というののははっきりしません。記録では「昼ごろ」となっていて、これを入口にケーブルを丸めて仮置きしたと。ですので、この一連の作業、「白いモヤモヤ」が発見された作業というのは、10時頃から始まってお昼ごろまでで終わっている。だから時間としてはこの「お昼ごろ」をどう解釈するかなんですけども、2時間ぐらいの中での話だろうというふうに考えています。

一方、1号機で行きますと、1号機は12日の3時44分です。ここで二重扉を開けたところ「白いモヤモヤ」が見えた。そのためにすぐに扉を閉鎖した。これはベントを実施する前の状況になります。

3号機が実際に線量を測られたのは、先ほどの10時頃の「白いモヤモヤ」が本部に報告されて、それで線量を測定しに行ったということだと思いますけれども、14時45分に300mSv/h程度であるということが報告されているということでございます。

ちょっと1号機との比較、繰り返しますけれども、1号機は3月11日の23時に北側の二重扉前で1.2mSv、ですのでこれは扉の遮蔽があった状態での線量です。1.2mSv。これも不思議と南側のほうが0.52と低いという状況になります。建屋1階の北側が共に線量が高いという類似性があります。

東京電力はこのとき二重扉の前で線量を測ってございますけれども、実際建屋の内部がどれぐらいかというのを予想しておりまして、それは300mSv/hということで、この線量の

高さも3号とかなり類似性が高いというふうに考えてございます。こういった1号機で観測されたものというもの、この建屋内の線量というものは3号機とかなり類似していると。ただし1号機は明らかにベントの実施前でありますので、ベントの影響ではないということとは确实だと思われま

す。こういった観測された水蒸気と思われる「モヤモヤ」の状況ですとか、ベントの逆流ではなくて、PCVからの直接漏えいの影響であるというふうに考えられますと、3号機におきましても、PCVからの漏えい開始は13日の昼ごろよりは前でないであろうというふうに推定しております。

まずは説明、以上でございます。

金子審議官 ありがとうございます。

今のはそういう意味では、黄色い丸の19ページで行くところの、まだ左のほうです。時間はそんなに先に進んでいないところでの、漏えいというところの部分での御説明だったという範囲ですということ、ちょっとテイクノートだけさせていただいて、何か御質問なりおありになる方、いらっしゃいましたら。

宮田さん、お願いいたします。

ATENA（宮田部長） ATENA、宮田です。

質問というよりもこの資料、まだこれからいろいろな検討があつて、大変分析詳しくやっておられるんですけども、1個1個の分析だけを見ていると、そうなのかなと思うところも多々あるんですが、一方でこの分析だけではなくて、ほかの例えば先ほどSGTSの逆流の話との関連も少しあつたと思うんですけども、いろんなことの関連性、従属性、あるいは相関性みたいなことを、全体で整理しておいた上で、この部分は確実に言えるし、この部分はちょっと曖昧だとか、そういうふうな整理はしておいたほうがいいかなと思ひまして、先ほどの「モヤモヤ」の件で言うと、直接漏えいでの「モヤモヤ」なのか、ベントでSGTS逆流した「モヤモヤ」なのかというところの判断が、1号機との類似性で直接漏えいというふうにしているんですけども、そうするとSGTSのほうの逆流は限定的だったというふうなことにかなりかねないので、そんな整理の仕方が必要かなというふうに思ひました。

金子審議官 今、宮田さんがおっしゃられた、逆にそうだとすると、SGTSの逆流が限定的というふうにおっしゃられた背景になっている認識とか、ファクツみたいなものというのはいかがでしょうか。

ATENA（宮田部長） いえそうじゃなくて、今ここの分析では、どっちなのかというときに1号機との関連で直接漏えいじゃないかというふうに書かれているので、そういうふうに決めてしまうと、SGTSの逆流は限定的だったという結論になっちゃうんじゃないかということで、そこはどちらに転ぶか分からないねということが残っているんじゃないかということをお願いして、全体的ないろんな分析との相関図が必要になるんじゃないかということをお願いしました。

金子審議官 分かりました。そういう意味では、じゃあそういう要素がどれくらい効いたかもしれないのかというのは、この今の仮説との関係でちょっとテイクノートをして、それは要評価だということで置いておきましょうか。最後に全体まとめてそれが本当に考えなきゃいけないのかどうかということ、よく評価をしようというような形でのよろしいですか。

ATENA（宮田部長） 結構です。ありがとうございます。

金子審議官 じゃあそのような要評価の要素はあるとして、ほかにそういうことの追加でも結構ですし、今の星の説明の内容についてでも結構ですけれども、いかがでしょうか。

別室ですね。これJAEAですか、ごめんなさい。

佐藤管理官補佐 すみません。原子力規制庁の佐藤ですけれども。

金子審議官 佐藤さん、どうぞ。

佐藤管理官補佐 いいですか、ごめんなさい。

1個だけ事実確認したいんですけれども、全体の資料のページで言うと43ページ、あと42ページのところなんですけど、13日のお昼ごろまでには主蒸気管貫通部での漏えいが開始したと考えられるという話書かれていて、一方で全体的に47ページのところに、一番下のところで3号機PCVからの漏えい開始は13日昼ごろよりも前と推定されるという話があって、これは同じ話をしているのか、それとも別のそれぞれの実情なのかということ、ちょっと確認したいんですけれども。

金子審議官 ちょっと確認ですけど、今のは私の手元のページがちゃんとしていなくて申し訳ないなんですけど、黄色い丸の24ページの一番下にある、PCV漏えいの13日昼ごろとっているものと、主蒸気管からというのはどこだったっけ。

佐藤管理官補佐 20ページ。

金子審議官 20ページの一番下にある、「したがって」の文章は同じことか、違うことかという、その確認でよろしかったですか。

佐藤管理官補佐　そうです。

金子審議官　ありがとうございます。

星主任技術研究調査官　規制庁、星です。

御指摘のように、同じものです。

佐藤管理官補佐　規制庁、佐藤ですけど、そうすると今の星さんから御説明があったところというのは、星さんとしては20ページのほうの話、お昼ごろというようなところが今いろいろやった結果としての推論として結論づけているという理解でいいですか。

星主任技術研究調査官　規制庁、星です。

おっしゃるとおり、これは1回目のベントと2回目のベントの間に入るようなところの話になります。

佐藤管理官補佐　規制庁の佐藤です。

分かりました。ありがとうございます。

金子審議官　ほかにございますでしょうか。

安井さん。

安井交渉官　これは星さん、「お昼ごろ」なんて、訳が分からない言葉なんですけど、イベントとしてはベントが1回目のベントと2回目のベントが行われていて、2回目のベントより数時間後には非常に高い放射線量がリアクタービルディングに対して測られているというのは分かるんですけども、この「昼ごろ」というのは、1回目のベントの前からということなんですか。1回目と2回目の間だと言っているんですか。2回目の後だと言っているんですか。その辺全部と言っているんですか。

星主任技術研究調査官　規制庁、星です。

結局これは東京電力の報告書の記載が、その10時から始まって13日昼ごろまでの作業記録としてしか書いていなくて、具体的にいつなのかという言及が全くないので、それはこちらからはちょっと限定できないというところです。

安井交渉官　しかし、MSIVは外側弁、内側弁、両方閉まっているはずで、それで確かに1回目のベントの前に既に炉心はもう非常にひどい状態にはなっていて、非常に高温の蒸気が流れているとは思いますが、これはMSIVリークの問題ではなくて、格納容器リークの問題ですよ。

格納容器リークが非常に早い段階で、つまり9時より前からも起こり得るよという、おっしゃっている中で、積極的データはないような気がするんです。あまり作業記録はあの

非常に苦しい中で書かれているもので、そこだけに乗っかる、これも一つの材料だと思いますけど、これだけで時期を特定するのは、さすがに技術的に無理がある気がしています。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

そういった意味で、時間をいつまでというふうに規定するのであれば、やはり実際線量が測られた13日の14時31分というところが、時間としては定められるんじゃないかというふうに考えます。

金子審議官 それより前だということですね。

星主任技術研究調査官 それより前だと、はい。

安井交渉官 ただ技術的には、ベントの前か後かは非常に大きな論点なんですけども、この19ページを見る限り、D/Wのほうが1回目のベントの前より圧力が高いですね。一言でいえばこれが説明できるかと、こういうことです。つまりこの8時とか9時の時点で、D/Wのほうが圧力が高い以上は、D/Wからあまり大きなリークが起きていると、非常に説明しにくいのではないかと思うのであります。このベントの後はW/Wスルーベントしていますから、これはこれをもってPCVの健全性の議論をするのは誤りだと思いますが、当時ベントの前まで持ち出すのはいけますかね。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

おっしゃるとおり、ここで大きな漏えいが起こっていれば、その後のこういったPCVの圧力上昇というのが起きたかといえば、恐らく起きないんだろうと思います。ですので、ここで見られた「白いモヤモヤ」というのは、本当に微小な漏えいなんだろうというふうに推定はしています。

金子審議官 まさに時間の状況もちょっとモヤモヤしている感じがありますけれども、先ほどの宮田さんの御指摘のこともあり、直接これが主要因としてどのタイミングで起きているかということ、特定するところまではいかないけれども、そのようなことが先ほどの2時過ぎの、少なくとも線量が測定された前であるということについて、誰も疑わないと思うのですけれども、というところがなかなか特定できないところが、今ある情報ではつらいところでしょうか。というのは論点として残ります。

岩永企画調査官 規制庁、岩永です。

先ほどの意見で、300mSvという観測値に対して、例えばMSIVの部屋に希ガスが充満したときの線量データと、それが整合するかというのは、これ微小なリークでも線源とエネル

ギーは高い希ガスですので、その300をたたくような状態にどれくらいの中に噴霧されているかということ概算でつかもうとか、少しそういうことをアプローチしていますので、多角的に詰めるというのがいいかと思います。

ただ、希ガスですのでその痕跡がなかなか残りにくいというところで、今現状MSIV室を見に行くといってもなかなか難しいので、そういう試算を少しやってみたいとは思っています。

金子審議官　じゃあもう少し補強材料があるかどうかは追及をしてみるとして、ここは多分、皆さんがこれで行こうというところまで、今日の議論ではなかなかならないと思いますので、もしよろしければ、次に行きたいと思えますけど、ほかにこの点でよろしいですか。

では星さん、次のパーツに行ってください。

星主任技術研究調査官　規制庁、星です。

今、主蒸気管近傍から漏えいが発生したであろうという推定を、恐らく主蒸気管自体がかなり高熱になったために起こったであろうと。格納容器の雰囲気自体が非常に高温になったのであれば、じゃあなぜA、B、C、ほかの三つは影響を受けていないんだろうという疑問がございます。

主蒸気管自体が高温になったと考えれば、そこに接続されているSRVは、先ほどの議論にもなりますけども、当然温度の影響を受けてきて、そうするとADSで減圧していますけれども、ADSの開状態にも何らかの影響があったのではないかというふうに推定しております。

ADSの開状態が維持されれば、そのときにRPV圧力とS/Cの圧力の中では、S/P水の、ちょっと後で御説明しますが、静水頭相当の圧力差が生じるということで、圧力の記録を基に分析をしようというふうに考えました。そのような圧力の検討をする上では、RPVの圧力は、この中ではもう皆さん御存じのとおりですけれども、基準水を使っていて、その基準水の蒸発によって、かなり誤差が生じているということがありますので、そういった誤差の補正を考慮する必要があります。その誤差の補正をこの後具体的に御説明したいと思います。

そういった補正をしながら、圧力の比較をしていくと、RPVの圧力の低下ですとか、RPVの圧力が下げ止まったときのD/Wの圧力との開き、そういったものが変化しているところが見られますので、そういったところからADSが閉じた時間があるのではないかというふ

うに推定してございます。

ちょっと具体的に中身のほう、御説明したいと思います。

これ概略書いてございますけれども、SRVが最後TクエンチャーがS/Cの中に入っております。このときS/Pの水位と、それからD/WのほうがW/Wの圧力が高いので、D/WとS/Cにはここのベント管のダウンカマー分、ここの分の水頭差の圧力差が生じます。S/CとRPVについては、Tクエンチャー下端分、ここがここまでの水頭差に相当する圧力差が生じます。

そうすると、RPVの圧力とD/Wの圧力を比較しますと、このTクエンチャーからベント管のダウンカマーの下端、約1.3mぐらいありますけれども、1.3mの水柱分の圧力差が生じます。ただ減圧させていますので、そのときの圧損とか、当然いろいろ影響があるとは考えています。

RPVの圧力を見ていく上では、先ほども申しましたけれども、基準水の蒸発等による圧力の誤差、それを勘案する必要がございます。ここのグラフは、黒で描いたものはRPVの圧力で、赤がD/W、青がS/Cの圧力になります。これ赤と黒を見ていただきますと、D/Wの圧力のほうがRPVの圧力よりも高くなってございます。

通常の事故進展を考えますと、下部ヘッドが健全では、当然RPV圧力のほうがD/W圧力よりも高くあって、下部ヘッドが破損してRPVとD/Wが連通されるような状況にあっても、RPVの圧力とD/Wの圧力はほぼ等しいような関係があっても、普通に考えればここに記しましたけど、RPVの圧力がD/W圧力以上という関係が成立するかと思います。ですので、このような逆転現象は、普通の物理ではちょっと考えられないだろうと。したがって、補正が必要だろうというふうに考えます。

事故調の報告書からの抜粋ですけれども、3号の炉圧計、基準水がこういうふうに使われておりました。最大この水頭差の差というのは90 kPaだというふうに報告されています。一応S/Cのほうで基準水が使われております。このRPVの圧力計は、東京電力のほうでも最大1気圧程度の過小評価することが分かっているというふうに報告がございまして、この後のグラフでは実測値に基準水、完全になくなったと仮定しまして、90kPa、実際はゲージ圧で測定されていますので、絶対圧の変換突合、測定された値からトータル190 kPaを加えたものをグラフの中に入れてあります。

S/Cの圧力につきましては、同じように水中が使われているということで、参考文献の中では、ベントによるフラッシングの可能性も指摘されてございます。ただ参考文献の中

でのS/Pの水位の評価というのは、ここに引用してございますけれども、バキュームブレイカーよりも下側にあったというふうに推定されております。実際これ東京電力の報告書からの引用ですけれども、スプレイ等によって一番最後に3月12日の20時に測定された段階で、S/Cの底から5.7mのところまで水位があったと。この後もスプレイ、それから消防ポンプによる注水等がなされていますので、ベントをされた頃にはかなりの高さまで水位があったろうというふうに考えられます。この参考文献1の評価結果は、そういった実際のS/Pの水位と、ちょっと差があるというふうに考えましたので、ここではS/Cのほうの圧力の補正というものは行っていません。

これは白丸が実際に実測された値そのもので、黒で塗り潰したものの、これは先ほどの90 kPa分を足したものになります。見ていただくと、この右側のほうになりますと、補正した値とD/Wの圧力というのは、ほぼ一致した動きを見せているということが分かります。

この左側の部分におきましても、実際に測られた値と90 kPa分の足した値の間にD/Wの値が挟まっていますので、実際の原子炉圧力もこの白丸と黒丸の間で取り得る範囲に挟まっているだろうというふうに考えられます。

以下は、90kPaを足した分の値を基に評価を進めていきたいと考えてございますけども、じゃあこの基準水がいつ、どれくらいどうなくなったかということは、これはもう全く記録がないので分かりません。ただこのグラフの丸の辺り、この辺を見ていただくと、このときの炉圧というものが、ちょうど90kPa分足した値で、ようやくD/Wの圧力と一致するぐらいになっているというふうに考えられますので、基準水自体は恐らくこの辺3月13日の12時頃、この頃までにはほとんど喪失していたんではないかというふうに考えます。ただそれ以前は基準水が残っている可能性は否定できません。

そういった前提を基にして、このグラフはS/Cの圧力を基準として赤がD/Wの圧力で、黒がRPVの圧力を示しています。先ほど申しましたけど、3月13日の12時、このぐらいですね。このぐらいには基準水がほぼなくなっていると考えますので、この右側の部分につきましては、RPVの圧力が黒丸の値というふうに考えてよいかと思えます。左側は、まだ基準水残っている可能性がありますので、若干ここに示した黒いマークよりも低い値であった可能性はございます。

ここでRPVの圧力とD/Wの圧力の差を見ていただくと、左側のところでは10kPa程度の圧力差が生じておりまして、先ほど最初に示した図のTクエンチャーの下端とベント管ダウンカマーの水頭差分相当ぐらいの圧力差まで、差が狭まったときにはそれぐらいの圧力差

まで狭まっていると。一方この右側を見ますと、圧力が下げ止まったときの圧力差というものが開いていると。ここの静水頭分の圧力差がここでは見られますけど、こちらでは若干広がっていると。

圧力の低下速度を見ますと、左側のほうではかなり圧力スパイク、何回か見られますけれども、圧力が割と短時間で下がっていると。一方右側のほうはかなり緩やかに圧力が低下していることが分かるということから、ここの矢印で入れた分、3月13日の12時から15時頃、この時間の範囲もかなり曖昧ですけども、こういった時間においてADSが閉じた可能性はあるんじゃないかというふうに推定しています。

今のように、ADSが3月13日の12時頃から15時くらいの中に閉じた可能性があるとする、それはなぜ起きたかというふうに考えますと、かなり主蒸気管が高温になって、その高温の影響を受けて先ほども何回か御議論ありましたけど、窒素を封じ込めるシリンダーで窒素を保持できなくなってしまって、閉じたということも一つの可能性として考えられるのではないかと。

一つ前の議論で、主蒸気管の貫通部が13日の14時31分頃までには漏えいが生じていたんじゃないかというふうに私、指摘しましたけれども、こういった事象は、全て主蒸気管の温度が上がったことが要因ではないかというふうに考えております。そうしますと、ADSが閉じた時間と、主蒸気管の貫通部から漏えいが発生した時刻というのは、それなりに相関があるんじゃないかと。かなり近い時間帯で生じたのではないかというふうに考えました。

事実関係を選評で書きましたけれども、先ほどの分析からADSが開いていたと考えられる時間帯は3月13日の午前中です。これぐらいの時間。この時間帯はADSが開いていたということは、主蒸気管の温度は異常には上昇していなかったであろうと。一方後ろのほう、15時頃まで。この頃はADSが閉じたであろうと推定される時間ですので、ここは主蒸気管がかなり高温になったであろうと。

一方、主蒸気管貫通部近傍からの漏えいを見ていくと、先ほどの作業時間の関係でいくと10時からお昼ごろです。ここでは13時としていますけれども、この時間帯に何やら「白いモヤモヤ」が発生した。線量としましては二重扉の北側で300mSv/h以上というものが測定されていますので、このADSが閉じたであろうタイミングと、貫通部からの漏えいが発生したであろうものが、近い時間帯に生じたと仮定すれば、ここに書いてある3月13日のまたお昼ごろですけど、お昼ごろにADSが閉じたのではないかというふうに推定しており

ます。

ただ、ADS、6弁ありますので、それが6弁とも全部閉まったかどうかというのは、全く分かりませんので、6弁のうちの一部の弁が閉まった影響が出たという可能性は否定できないと思います。

説明は以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

それではRPVとD/Wの圧力差なり、サブチャンとの圧力差の拡大みたいなところから、ADSの開閉のタイミングについて、特に考察をした形になっております。確認事項や、ほかにこういうことを考慮しなきゃいけないんじゃないか、先ほど宮田さんから御指摘あったようなこともあるかもしれませんが、お気づきの点がある方は、どうぞお願いいたします。

与能本さんかな。丸山さんかな。

JAEA（丸山副センター長） 質問でもなくコメントでもないというか、何を質問して、何をコメントしていいのか定まっていないうのですけれども、その理由は、多分さっき宮田さんが言われたことと関係すると思うのですが、いろいろ圧力差の話をしている段階で、例えば1回目のベントの前にD/Wでリークが生じているとか、トップヘッドフランジからどこかの時点でリークしているはずだとか、下部ヘッドが破損してゆっくりかもしれないけれども、デブリが格納容器のほうに落ちてきているかもしれないと、いろんなことを考えてしまうと、星さんの言われていることは一つの推論で、確かにそうかなと思うところもあるのですが、前後を考えていくとよく分からなくなってしまうということがあります。

すみません。質問でもなくコメントでもなく、感想のようなものです。

金子審議官 ごめんなさい、金子です。

恐らく今の話は先ほど宮田さんが御指摘のあった、この後にもまだ続いているいろいろなことが、この時点ぐらいに起きたのではないかという考察が加えられますけれども、そういうこととの関係で、そのことだけで説明していいのだろうかという御疑問というか、ということをお指摘をいただいているんだらうと思いますので、そこはこの後の幾つかの論点でも共通の事項だとは思いますが、そこはちょっとよく考慮に入れなければいけないということだとは思いますが。

JAEA（丸山副センター長） ありがとうございます。

既にもう起きてしまったであろうことも、考えていかないといけないのかなと思ったので

すが、その時点だけを考えておられるような気がしました。もう既に起きたことが反映されているのか、反映されているのかもしれないのですが、そこが少し伝わってこなかったので、先ほど感想と申し上げた次第です。

金子審議官 これは恐らく全体を通してストーリーとして整合性があるかどうかという話になってくると思いますので、確かに個別に切り取っていくと、そのように説明すると測定されたものなり計測されたものというものが、それを説明しているように見えるというところは当然できてしまうというか、ところがあると思いますけど、そのようなストーリーも成り立つけれども、ほかの要素を加えていくとどうなるかというところは、重ね合わせて考えないといけないということの御指摘だと思います。

ということを考え始めちゃうと、決定打はなくなってしまうのではありますけれども、一方でそういうことはありながら、今みたいな例えば圧力計の測定値の補正みたいなものをやると見えてくるものもあるのではないかということで、それなりに材料にできるかどうかということをお議論をいただければいいのかなとは思いますが、これが全てを表すということではないと思いますので。

ほかに御確認事項や、こういうことを考えなくていいのかということで御指摘がある方はいらっしゃいますでしょうか。

安井さん、お願いします。

安井交渉官 ベントをしたら、格納容器の中の圧力が一気に6気圧ぐらい下がるので、そのときに減圧沸騰が起こって補正が必要な基準面がなくなって、補正が必要な状態になるというのは正しいんじゃないかと思うし、大体はめてみると数字もそんなに変でもないから、ちょっと0.9が大き過ぎるかなという気もしますけども、特に格納容器の外に出ている部分がありますので、ただ何時近似というのかな、0時近似というのとしてはおかしくないんじゃないかと。

一方で、ADSですけども、開いたままだと考える、ずっと開いているとは、いつまでも開いていると思っているわけじゃないんですよ。大体この議論になっている2、3日の間、開いたままだと説明できない現象、観測データはあるんでしょうか。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

不整合が生じるものは、明確にはないんじゃないかと思います。今回の推定でも要するにADSが完全に閉じてしまって、RPVが縁切りされているかというところの話まではしておりませんので、ここから見られるのは6弁開いた状態からは変化しているだろうという

ころまでしかいけませんので、そのADSが完全に閉じたかどうかというところまでは多分言及は難しいだろうと思います。

安井交渉官 そうなんでしょうね。多分、圧力容器と格納容器、D/Wとの間の圧力が大体一緒に動く理由というのは、場所はいろいろあるかも分からないけど、それなりの貫通部ができたからだと。

先ほどから何度も見せられているように、圧力容器とD/Wの圧力が大体同じように動くというのなら、圧力容器の貫通孔は比較的早い時間、12時から2時の間ぐらいの間がどこかにできなきゃいけないというのは分かるけれども、その後確かに微妙にD/WとW/Wの圧力がクロスしたりしていますが、ADSが閉まる時期を厳密に決めなくても、そこはそんなには困らないという、そういう理解でよろしいんですか。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

それ自体は恐らく結論から言うと困らないとは思いますが。ただ、格納容器の中で起こった物理現象のいろいろな影響、特に今回は過温の影響がどう起こったかというふうに考えますと、主蒸気管自体がかなり過熱蒸気で温度が高まれば、その周辺のものと同じような時間帯に必ず何らかの影響を受けたと考えたほうが合理的ではないかということで、今回主蒸気管の貫通部の過温漏えいの発生とか、あるいはADS、S/RVのシリンダー自体が影響を受けたということは、ある程度同時期に起こったのではないかというふうに推定した次第です。

安井交渉官 確かに主蒸気管の温度が上がってくるから、いつまでも開いていると考えるのはちょっと苦しいねと。したがって圧力容器の貫通孔が、それが今おっしゃったことが問題になるような頃にはD/Wと圧力容器内部との、圧力を均衡させる何らかの貫通孔ができる時期を制約すると。ただ完全じゃないと、このぐらいの感じですか。

金子審議官 ほかによろしいですか。

じゃあちょっと時間もありますのでごめんなさい。この次のまたさらに熔融炉心の落下時期の論点について、星から御説明します。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

次がちょっと長いんですけども、D/W床面に熔融炉心がいつ頃落ちたんであろうかということ推定しております。

これはちょっと冒頭申しましたけども、3号機の場合にはかなり格納容器の外部から継続的な注水が行われておりまして、S/Pの水量がかなり増加していたと。そういった関係

で、D/Wの圧力とS/Cの圧力が逆転するような現象が起きたときに、S/P水がD/Wの床面まで遡上していたであろうというふうに推定してございます。その場合に、D/Wの床面にできた水が溶融炉心がそこに存在すれば、そこが蒸気の発生源になってPCVの圧力を上昇させたのではないかとこのように考えてございます。

ちょっと具体的な中身を御説明します。このプラントの中のイメージを持っていただきたいんですけども、D/Wのほう、この辺、D/Wの圧力がS/Cの圧力より高いとき、それはこのときはD/Wの力で、ベント管のダウンカマーで、ここはずっと水が押し出されますので、ここは完全に空になっていて、このS/P水の水面からベント管のダウンカマーの下端、ここまでの静水頭分だけの圧力差というのは生じると。

この丸で囲んだようにD/Wの圧力が下がってきて、S/Cの圧力と逆転するとき、こういうときというのは、逆にD/Wの圧力のほうが下がってきますので、S/P水がこのように上側に押し上げられていくという形で圧力差が少なくなっていった、均圧されたときというのはこの内外の水位が全く一緒になって、それが最終的には逆転するという、そういう状況が格納容器の中では起こっているというふうに考えられます。

このD/Wの圧力が下がっていった、W/Wの圧力と逆転するところ、これちょっとよく見ますと、D/Wの圧力が下がっていった、先ほど申しましたようにここですね。交差するところ。ここではD/WとS/Cの圧力差が等しくなっていますので、水位差がなくなっているというふうに考えられます。その後これグラフを見ますと、圧力の低下速度というのは緩やかになっているということが分かります。

これはちょっと後で申し上げますけども、上昇するときも圧力の上昇速度が途中から上がっているということが分かります。これはちょっと後で申し上げますけども、S/Cの圧力低下、ここ約75kPa程度の低下なんですけども、理想気体の状態方程式から考えますと、このときS/Cの空間部かなり少ないので、圧力低下によって若干空間が増えるんですけども、それを計算すると大体40m³程度の体積にしかありません。40m³の体積ですと、ベント管のダウンカマーが水を押し上げても、水位が一定になるところまではちょっと足りないということが計算から分かります。

これ図面から概略示していますけども、通常水位というのはこの辺で、S/Cの赤道面近傍にあります。3月13日の20時30分頃というのは、D/Wのほうは完全に水が押し出されていて、このベント管のダウンカマーの下端です。ここに水面があると。S/Cの水位のほうは計算しますと大体この辺です。非常に高い部分。S/Cの高さの90%ぐらいの高さのところ

まで水位があったろうというふうに考えられます。

これが圧力が逆転する中で、S/Pの水がD/W側に逆流していくと。S/Cは水位が下がっていくと。ちょうど均圧したときにはこの程度の水位、ちょうどD/Wの床よりも若干低いところ。だからこれは水自体はまだベント管の中にしかないような状態です。こういった水位で圧力が均衡するというふうに考えられます。

均圧した後の水位につきましては、さらにD/W側は上がってS/C側は下がるという形になりまして、3月14日の1時頃には、D/W側には1mぐらいの水が遡って行って水位が形成されると。S/Cは若干水位が下がるという、こういう関係になっているというふうに考えられます。

このとき、水が一生懸命D/W側に吸い上げられますが、ここの空隙部が少ないので、幾らこっち側に水を引っ張ろうとしても、ここの空隙部というのは大きく広げることができません。S/Pの水温を変化させた場合の、この後の圧力の逆転現象を計算しますと、大体飽和圧力程度で下げ止まるということが確認できまして、S/Pの水温が127 程度、これぐらいいですと、ちょうど減圧沸騰が起こって、実測値と整合するような圧力挙動が確認できました。このときの水位を見ますと、ちょうど3月23日23時ごろには、D/Wの床のほうまで水が遡っていて、水位が形成されるということが分かります。今申しましたように、ちょうど13日の23時頃で、このぐらいにはもうD/Wの床面に水が逆流しているという形になります。

一方、この青い線は外部からの注水履歴を示していますけれども、この点線で挟んだ部分、ここは注水がちょうど中断された期間になります。これはかなりはっきりした記録がございまして、14日の1時10分に逆洗弁ピットの海水が残り少なくなったので、一旦消防車を停止して、ホースの吸い込み位置を深くして、14日の3時20分に注水を再開したというふうに記載がございまして、ここはかなり明確な注水停止期間だというふうに考えられます。

通常この1Fの事故進展の中では、注水されてその水が蒸発して、水蒸気が発生して圧力が上がるという関係が成立すると思うんですけども、ここは注水が全く中断されているのに圧力は上がっているという不思議な期間になります。先ほど申しましたように、D/Wの床面にはもうここで水位が形成されていますので、ここの圧力が上昇していくのは、これは炉内で蒸気が発生するのではなくて、D/W側で蒸気が発生しているのではないかと、このように推定しています。

したがって、若干飛躍すると思われるかもしれませんが、このD/Wの床面で蒸気が発生するという事は、そこに溶融炉心、熱源が必ずありますので、溶融炉心があって、それによって蒸気が発生して圧力が上がっているんじゃないかというふうに推定しています。

このD/WとS/Cの圧力変動というのは、ここで1回逆転して、再度逆転して、また水蒸気爆発のところで逆転するというふうに、何回か繰り返されています。下側のグラフはD/WとS/Cの圧力差を示していきまして、おおよそD/W側の水位を示しているというふうにお考えください。そうしますと今御説明したようにD/Wの水位が一旦上がって、蒸気がかなり発生して、その後D/Wのほうが圧力が上がりますので、自分の発生した蒸気によって、もう一回水をS/Cのほうに押し出すような効果を生ずるので、D/Wの水位がどんどん下がっていき、この辺はD/Wの床面がドライアウトしているような状況だろうというふうに考えます。

その後、水素爆発の影響で圧力逆転したところで、もう一回水が吸い上げられて、再度D/Wの床面が蒸気の発生源になっていくと。そういった現象が繰り返されていたんであるというふうに推定しています。そのD/Wの床面の水の量から考えて、最初のこの部分、D/WのPCVの圧力がゆっくり上がるころは蒸気リッチな形で圧力が上がって、ドライアウトした後は、どちらかというと水素リッチ、MCCIによる水素発生で、水素リッチな蒸気によって圧力が上がったのではないかとこのように推定しています。

ここで再度、外部注水の履歴を示しておりますけれども、この左側の図では、D/WとS/Cの圧力がかなり差があるということで、S/Pの水位とD/Wの水位はこのダウンカマ下端部、この静水頭分だけあったというふうに考えられます。

一旦圧力が逆転して低下して、もう一度D/Wのほうを上側になって圧力が上がってきますので、本来であればS/Pの水量が変わらなければ、S/Cの状態はこの状態に戻るはずで、もう一度こういった静水頭差、D/WとS/Pの圧力差が生じるはずだと考えられますけれども、ここで御覧のように、ここではD/WとS/Cの圧力差がかなり狭まっていると。これは3月14日に実施された注水によって、S/Pの水位がどんどん上昇していて、D/WとS/Pの水位がかなり近づいたために、この圧力差が小さくなったのではないかとこのように推定しております。

この点までについては、以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

これも先ほど来と同じで、直接的な検証というよりは、データがうまく説明できるという事で、仮設的に考察をしたものだというふうに理解をしたほうがいいと思いますけど、そのような前提も含めて御指摘なり確認したいことなりがありましたら、お願いいたします。

宮田さん、お願いいたします。

ATENA（宮田部長） ありがとうございます。

サブチャンからの水の流入みたいな話、この水とあと圧力のバランスみたいなところは、お聞きしている分にはうん、あり得るのかなという感じはしてきていたんですけども、一方で溶融デブリ側で、熱源といたらいいのかもしれないんですけども、そちら側との整合性みたいなものはどのくらい検討されたのかなというのは、ちょっと疑問に思っ、RPV下部ヘッドから一気に落ちるのではなくて、ある程度流れ出るというか、ポタポタというか、落ちてきていて、それがどうなるかという、一旦はペDESTALの床面で少し積もるような形になりながら広がりつつ、少しずつじわじわとマグマが流れてくるような形で広がってくる。

ペDESTALの壁というか、あそこの開口部、開口部の下の部分、何cmあるか覚えていないですけども、そこを乗り換える形でD/W側に広がっていく。しかもその開口部というのはそんなに広くないので、何度ぐらいあったかちょっと覚えていないですけども、90 もなかったと思うんですけども、そのくらいの広がり部分で、熱源として蒸気発生に寄与し得る溶融デブリというのが、それほど有効にあったんだろうかということに関しては、どんなお考えでしょうか。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

おっしゃるとおり、量的にどれぐらいのデブリが、溶融炉心がRPVの下側に残っていたのか、それとも実際にペDESTALとかD/Wの床面まで落ちて広がっていたかとかいうところは、定量的な評価はかなり難しいと思っております。

今回御紹介したのは、ここです。ここは明確に注水されていませんので、下部ヘッドに溶融炉心があるうが、その下のペDESTALのところにあるうが、結局、上からも水は落ちてこないような状況ですので、そういった場所での蒸気発生は、ここは起こらない時間帯だというふうに考えます。そうすると、これだけの圧力上昇をもたらすには、それなりの蒸気発生、非凝縮性ガスの発生が生じるであろうと考えられますので、そうしますと、現状この時間帯に限りますとD/W床面、そこが残った蒸気の発生源だろうというふうに、今

回推定しています。

ATENA（宮田部長） ありがとうございます。恐らくそういうことだろうと。つまり消去法的にはこう考えざるを得ないというような形なんだとは思いますが、やはり熱源がちゃんと有効に水と接触をするのか、接触する面積がどの程度で、そこでの熱伝達係数がどのくらい見込めてみたいか、ざっくりとした感覚で、ああなるほどこの程度のことと言えるんだねというところまであったほうが、説得力が上がるのかなという気がしました。

金子審議官 そこは多分、D/Wの床の構造であるとかということとの関係での、計算なんでしょうかね。みたいなものを少しやるかどうかということかもしれませんけど。情報がありますか。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

一つ、宮田さんの御指摘でペDESTAL部からD/W床面までデブリが広がる必要があるかのような御指摘あったかと思うんですけど、逆に別にペDESTALのところに溶融炉心があれば、それにはD/W床面のほうから水がどんどん行くと思いますので、ペDESTALの部分で蒸気が発生する分には、別に問題ないものかなというふうに考えます。

ATENA（宮田部長） ATENA、宮田です。

そうかもしれません。いずれにしてもペDESTALの中だけでとどまっていると、逆に表面積が狭くなっちゃうんで、あまり蒸気発生しにくいということにもなりがちで、あるいは溶融デブリの量にもよりますが、たくさん堆積し過ぎちゃうと今度はペDESTALの中に水が入り込みにくい形状にまでなっちゃうとか、いろいろ考え得るなというふうには思っているんです。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

まさに、そういったところは恐らく今後の炉内状況調査とか、そういったところで実態のヒントが得られるんじゃないかと期待しています。

金子審議官 今のような御議論ですと、それは逆に炉内状況調査をしないと、これは決着しないということかもしれませんけれども、もしそういう簡易的な構造、設計情報から何かここは考慮するべきことが出てくるのかどうかというのは、やってみる価値があるかどうかは少し検討してみるということも、今の宮田さんの御指摘からはあるのかなと思います。

安井さん。

安井交渉官 3号機の格納容器の中の調査はあまり進んでいなくて、だからただこれからもすぐ分かるかどうかはよく分からないんですけど、その前に、議論の手順として一つありまして、途中で格納容器スプレイもされていますし、それから水を入れるのもどれだけ届いたかは別として、一応、原子炉経由で下から開いた穴から格納容器に水が落ちるというコースをたどっているはずなんです。そこで確かに通水は中断されているかもしれませんが、それまでの間に既にという意味です。D/Wの下部に、あるいはペDESTALの下でもいいんですけど、に、水面が形成されていれば別にあそこに中断点があっても、そこにちょうど水のあるところに炉心が落ちてくれば、圧力は上昇していくのではないかと思うんですけども。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

おっしゃるとおり、そういう形でも蒸気は発生すると思いますけど、その場合にも結局は蒸気の発生場所としてはD/Wの床面ということになるかと思います。

安井交渉官 僕は、この考え方、星さんの今回の一連の考え方は、多分こういうふうに理解したほうがいいんじゃないかと思うのは、これまで格納容器の圧力の上下動は、どっちかというリーク側、格納容器からのリークが、圧が上がるとどこかで口がパクッと開いて、それで下がる。また圧力が下がるとリークがなくなっちゃうと。

そうするとまた上昇するという、どっちかという出る側のほうが調節されて圧力が変動するというふうに、やや考えられてくる嫌いがあったけども、よく考えると一回開いた口がそんなに、もちろん圧が高いときのほうがいっぱい漏れるとは思いますが、そんな完全にパクッと閉まるとか、ちょっと思いにくいし、それから3号機はしばらくたつともうほとんど圧が立たない状態に近づいてくるので、こんな4気圧も5気圧ももつ、非常に都合よくずっと閉まっているとか考えるのはやや難しく、どちらかという格納容器のリーク量は概ね変わらずにいて、水蒸気の発生量によって圧力の上下動が起こっている、水蒸気だけじゃないですね。非凝縮性ガスも含めて起こっていると考えたというのは魅力的だと思うんです。

同時に、もしD/Wの水面で蒸気が発生していると考えれば、そこにデブリが落ちることによって、だんだん圧力上昇のボトムが切り上がっていくのも、燃料デブリからのエネルギーの移転が行われるので、飽和蒸気圧が上昇していくという観点からは説明能力が高いんじゃないかとは思いますが。逆流が本当に必要かどうか分からないけど、そういうことも考えられるということなんだと。

だから、そのためには二つあって、一つは水面形成が今見ている絵よりももっと早い時期に行われないといけないはずだと。この前の上昇です。4時とか2時の上昇から行われないとおかしいんじゃないかと思うというのが一つと、もう一つはあまり水面ができ過ぎると水素の発生量が足りなくて、水素爆発が説明できないんじゃないかと思うんです。というのは、2回のベントで相当量の水素を使いますので、でも4号にも流れ、もちろん若干の逆流はあるんですけど、それでもあの3号の爆発量のためにはかなりの量が要るので、あまり通るみたいに行っているというふうに考えるのは、少し無理があるかもしれないなという。

ここらは宮田さんがおっしゃっている、全体のいろんな他の現象とのバランスも考えなきゃいけないよというのと一脈つながっているんですけども、というのが私のコメントです。

金子審議官 更田委員長、お願いします。

更田委員長 ちょっと脈絡のない話ではあるんですけども、宮田さんのおっしゃった、「説得力」という言葉が出たけれども、今のこの熱バランスの計算というか、評価でいったときに、いきなり伝熱面積も分からない、さらに熱伝達率は結局伝熱面積を測って、温度差を測って、やっと熱伝達率、その逆もそうだけでも、だからせいぜいがトータルの熱流束をまず押さえる。

その熱流束を実現する上で熱伝達率はありそうな熱伝達率か。これだって基本的には温度差との積が一定という仮定の中から出てくるものだから、だからまずは入熱量としてどんなものなんだというのが、これもえいっと当たりをつけてやって、それが実現するような伝熱面積はどのぐらいだというような話なんでしょうけども、安井さんの話の中に水素が出てきて、MCCIの水素考えないと水素足りないんじゃないかという、そういうことをおっしゃっているんだろうと思うんですけども、まずこのところはどうなんだろうかと。それまでのプロセスで十分な水素があったのか、あれだけの水素爆発考えるとMCCIの水素を考慮に入れないと本当に足りないのか。

安井交渉官 ベント2回の時点までに、そんなに大量にトップヘッドフランジから漏れているとは、ちょっと思いにくい。もしそうならあんなに圧上がらないから。

したがって、それまでに発生したものは多分ベントで出ていったか、4号機に流れたか、ちょっと3号機に逆流しただろうと。だけどその後の追加分はやはり今度は3号機が固有に自ら発生させて、トップヘッドフランジから漏らさないと、とてもあれだけの量に至ると

は。

更田委員長 4までやっているし、ということね。

安井交渉官 いや、4はもう使っちゃっているから。

更田委員長 使っている。

安井交渉官 つまり2回ベント分と、その後と切り離して考えないと、無理だと思います。

更田委員長 もう一つは、こういう出入りのバランスの評価をするときに、PCVからのリーク一定という形はちょっと起きにくい。圧損一定にしておくほうがパコパコ開くか開かないかは別として、固定した孔径考えてやって、圧損一定の仮定を置いてやるんじゃないかなというふうには思いますけども。

金子審議官 今後の検討にとても示唆のある。

安井交渉官 若干これは僕は彼からの受け売りで恐縮なんですけど、エネルギーバランス的には、もし言わば飽和蒸気圧をもたらす水面がサブチャンだと仮定すると、という計算を1回したことがあって、その頃はほぼ崩壊熱の40%ぐらいが移転すれば、このぐらいの飽和蒸気圧の上昇が説明できるんです。したがってD/Wにある量はサブチャンよりももっと少ないですから、移転すべきエネルギー量ももっとうんと、大分小さくなるので、フィージビリティは説明できると思います。だから全然駄目ということはないと思うんですけど、じゃあそれを絶対そうだったなというほどのものを今遡って求めるのも、それは相当の難度があると思います。

星主任技術研究調査官 そうですね。

更田委員長 で、不凝縮性気体がいるわけだから、もう一つ、Uncertaintyがそこに乗っかっているわけですけども。

金子審議官 まだ発展の余地がある考察ということが示されたと思います。

ちょっと時間の制約もありますのですみません。先に進めさせていただいて、あともう2パーツぐらいあるのかな。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

次、今に関連して、今度MCCIの話ですけども、かなりこれも定性的な推定なんですけども、今申し上げましたように、D/Wの床面には1回水が上がっただろうということが考えられます。1号機と3号機の現象を比較しますと、1号機におきましてはサンドクッションドレン管からの漏水が確認されていて、かなりMCCIの影響があったらうというふうに推

定されます。

一方、3号機におきましては、そのような現象は確認されておりませんし、実際格納容器の中には今かなりの水がたまっているということがありますので、比較論でしか過ぎないんですけども、1号機と比較するとコンクリートの侵食量自体は3号機のほうが少なかったんであろうと。こういった現象をもたらしたのは、先ほどの推察からするとD/Wのほうに床面にS/Pの水が上がっていった効果というのが、要因として考えられるんじゃないかというふうに考えてございます。

先ほど御説明したように、途中から格納容器の圧力がかなり上がっていくところは、水蒸気だけではなくて非凝縮性ガスの発生が必要というふうに考えられますので、それなりにD/Wの床面では、MCCIも同時に起こってはいただろうというふうに考えられます。

ここはもう、このテーマについてはこれで以上です。

金子審議官　じゃあちょっと定性的なストーリーのお話になっちゃいますけど、何かありますか。

安井交渉官　すみません。主張の内容がよく分からないんですけど、MCCIはあまりなかったよと言っているんですか、起こったよと言っているんですか。

星主任技術研究調査官　規制庁、星です。

MCCI自体は起こった。ただ1号と3号のは比較論で言うと、コンクリートの侵食量自体は3号機のほうが少なかっただろうという、そういう結論です。

安井交渉官　でもそれだと水素の発生総量の相対関係に矛盾をすと思うんです。だって3号のほうは大量の水素を消費はしていますよ。なぜなら隣の号機まで飛ばしているんだから。

だからMCCIは、つまりもしコンクリートとの関係がないというのなら、金属部、特にCRDコントロールシステムとか、あの辺とちょうど下から供給された加熱蒸気と、それから熱源たるコアデブリとの関係で、水金属反応を起こしたということに言及がなければ、ちょっと案にならないと思うんですけど。

星主任技術研究調査官　説明、はしょってしまってすみません。

ここに一応考えたんですけど、非凝縮性ガスが当然それなりに発生する必要がありますので、今安井さんがおっしゃったように、コンクリートの侵食はあまりしていないけども、水素は発生するというためには、RPVの下部構造物とか、そういった金属物の成分との反応、何らかのインタラクションがあったというのは当然考えられると思います。

金子審議官 更田委員長、お願いします。

更田委員長 一貫して安井さんはMCCIは一定程度のMCCIを考えないと、水素の供給としてロジックが通らないというか、一定の水素量を水素の発生をMCCIから期待する仮定の上に立っているんだけど、MCCI、ばっちり専門家がいるのでちょっと丸山さんに聞きたいんですけども、ある水素量を仮定してあったら、どのぐらいのアブレーションがあったのかというのは計算すれば出るものなのか。

というのは、これからうんと先の話にはなるだろうけれども、いずれ掘り返しにいけるというふうに期待すると、あらかじめ感触を持っておきたいのは、MCCIにこれぐらいの水素量の発生を仮定してやると、アブレーションどのぐらいという、侵食深さはどのぐらいというのは出るものですか。

JAEA（丸山副センター長） JAEAの丸山です。

コンクリートの中に含まれている水蒸気というか水分と、二酸化炭素の量というのは、ある範囲で分かると思いますので、それが全てデブリに残っている金属と反応するという仮定を用いれば、ある程度の評価はできるかもしれません。

ただジルコニウムの酸化だけで水素が足りるかどうかという、その辺の問題もあると思います。かなりステンレス鋼がデブリに混ざっていて、その酸化という話にもなってくると思います。

更田委員長 ありそうな値かどうかというのは、例えばMCCIに期待する、ありそうな値かぐらいのあたりをつけられると期待していいですか。

JAEA（丸山副センター長） 3号機と4号機にそれぞれどれぐらいの水素と、場合によっては一酸化炭素が移行したか、それぞれの水素爆発、あるいは一酸化炭素を含めた可燃性気体の爆発が、一体どれぐらいの可燃性気体の量に相当するのかという評価もしないと、難しいのではないかなと思います。

更田委員長 ありがとうございます。

あとMCCIは実験では玄武岩とか石灰岩でやっていますが、1Fはどういうコンクリートだかは把握していますか。

JAEA（丸山副センター長） 先ほど星さんも言っていましたけれども、玄武岩系だと聞いています。

更田委員長 玄武岩系なのね。これは間違いない。

東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上です。

間違いありません。フランスのほうでJAEAが1Fのコンクリート組成を模擬したようなMCCIの試験も一部やったりしています。

金子審議官 ちょっと次の論点がもう先に議論になっちゃっているんで、次のやつ、星さんもう説明しましょうか。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

ちょっと次のテーマ、これもまた定性的な話になりますけれども、可燃性ガスの発生についてということで、前回水素爆発の映像等で爆発の様態について御議論いただきましたけど、その中でかなり黒煙が観測されているということで、あるいは有色の炎があったということで、炭素化合物の不完全燃焼であるとか、あるいはMCCIによる一酸化炭素の発生が起こったのではないかというような議論がございました。

ただ、今も話にありましたけども、1Fでは玄武岩系のコンクリートを使っているということで、一酸化炭素の発生源として物量的にはそれほど多くはないんじゃないかなというふうに考えてございます。

格納容器の漏えいがいつから起きたかということは、この後ちょっとまた議論する予定ですけれども、仮にこの辺から起きたとすれば、12時間を超えるような時間で漏えいが起こっていて、水素爆発に至ったというふうに考えられます。この爆発というの、炭素の供給源をMCCIと考えるどうかなんですけれども、量的にちょっと厳しいんじゃないかと。むしろPCV内のケーブル被覆材等の分解生成物、あるいは格納容器表面の塗料、そういったものが高温になって分解したものが漏えいしたという可能性のほうが、ポテンシャルとしては高いのではないかとというふうに考えられます。

これはちょっと余談になるんですけど、ここを格納容器の圧力がかなり低下していると。水素爆発のタイミングなんですけども、このときの圧力の下がり方というのは、数分オーダーで下がっていくようなものですので、ここで漏えいした分というのは、水素爆発そのものへの水素供給にはなっていないだろうというふうに考えています。

ちょっと繰り返しになりますけれども、有色炎ですとか黒煙が3号機の水素爆発時に観測されてございますけれども、こういった炭素化合物の燃焼あるいは不完全燃焼が起こった要因としては、MCCI反応よりはPCV内部にあった有機物が分解したものの、影響のほうが高いのではないかと。

一つに関連する情報としましては、3号機の場合は機器ハッチの塗膜が落ちていたことも確認されておりますので、格納容器の中は相当に雰囲気温度としても高くなっ

たことは間違いはないだろうと。

これもちょっと本論から外れるんですけど、環境中にはかなりシリコンを含む、通称セシウムボールと呼ばれるものが観測されているんですけども、この生成メカニズムは諸説あると思うんですけども、格納容器の中、こういった有機物の熱分解生成物ができれば、こういったセシウムボールが発生する反応場としては、量的にも時間的にも空間的にも可能性はあるんじゃないかというふうに考えております。

これもまたちょっと外れてしまうんですけども、順番逆にしてしまいました。3月下旬、3月19日にかなり高い線量が測定されていて、21日と23日にも黒煙が観測されているということで、これも類似の事象が起こった可能性はあるのではないかというふうに推察しています。

以上です。

金子審議官 可燃性ガス、水素以外のものも含めて炭素化合物とか、3号機の爆発のときの映像を思い出していただくと、下のほうに広がる煙は割と白っぽい色。上のほうに高く上っていくやつが黒っぽい色をしていたというところのやつが、この黒煙ということで表現されていますけれども、そういうところに寄与したものが考えられるということで説明をいただいております。

御確認事項とか御指摘があればと思います。どうぞ安井さん。

安井交渉官 水素爆発のときに上に吹き上がっていくものは、あれがもともと原子炉建屋の中にああいう黒煙というか煙があって、それが吹き上がっていったと考えるのは、僕はちょっと賛成できないです。あれは建屋がぶっ壊れたというか、吹き飛んだというか。それが吹き上げられたのではないかというふうには思うんです。ただむしろ、水素爆発のときに黄色いというんですか、オレンジ色の炎が出ていますけど、あの色は一酸化炭素では説明がつかないんです。

したがってその供給源として、ああいうケーブルとか塗料を考えるとというのは極めて真っ当だと思いますが、そういう意味ではそっちはオーケーだと思うけど、黒煙論はどうかという気がします。

金子審議官 今のは黄色い丸の48ページで言うところの有色炎と黒煙、一緒くたにしてはいけないのではないかという明確な御指摘だったと思います。

更田委員長、お願いします。

更田委員長 確かに今金子さん言われたように、有色炎とそれから黒煙とされるものを

分けて考えたほうがよくて、黒煙だとするとすすの存在ですけど、すすの存在は炭化水素が燃えて、それで不完全燃焼したときにすすがたくさん出るわけだから、例えば十分な酸化剤がない状態で不完全燃焼すればというんだけど、ちょっとあの状態で考えにくいなとは思っています。

ただ、星さんは単に黒い煙と言っただけなので、だけでもすすが大量に発生するというのはどうなのかなとちょっと思いますけど。

金子審議官 どうぞ。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

こここのところは、恐らくあの状態の水素爆発を起こす水素の量で、煙がもくもくと上がる爆発というか燃焼の形態とか、そちらのほうの分析も進めながらやらないと、ちょっと分からないのかなというふうには考えています。

金子審議官 これは水素爆発のほうでちゃんとやったほうが良いと思いますので。

あとほかの方よろしければ、3.6というのが最後ですか。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

すみません。ようやく最後のテーマになりましたけど、最後にRPVとD/Wからの漏えいについてということで御説明します。

冒頭申し上げましたけど、ベントの実施前からD/Wの圧力がS/Cの圧力よりもかなり高い状態が続いていたということで、もう既にその時点で何らかのRPVからD/Wの漏えい経路というのは形成されていたであろうというふうに考えます。

その後3月13日、この後御説明しますけれども、圧スパイクも観測されているので、そういった時間帯ではRPVは健全ではなかったかという形で考えてございます。ちょっと具体的なほうで説明します。

これ先ほど来御紹介してはいますが、D/Wの圧力とそれからRPVの圧力です。90kPa分補正した値になってございます。先ほども言ったように右側のほうは基準水がほぼほぼなくなっていて、+90ぐらいでいいと思うんですけども、左側は若干の圧力よりは低い可能性があるとは思っています。

下側はD/WとRPVの圧力差を示しておりますけども、この矢印で示したようなところ、こういったところはD/WとRPVの圧力に明確な圧力差が生じていますので、恐らく下部プレナムには水があって、そこに溶融炉心が落下したことによって水蒸気が発生して、圧スパイクが生じているんであろうというふうに推定します。

ですので、こういった圧カスパイクが生じている間は、恐らく下部プレナムは健全で、そこには冷却材があったであろうと。したがってこのグラフからはこの、少なくとも圧カスパイクが明確に見える時点、この辺まで3月13日の16時過ぎ、これぐらいまでは下部プレナムは健全であったであろうというふうに推定しております。

一方、3号機は外部から消防ポンプでどんどん水を入れていきますので、外部注水をすれば、ジェットポンプのところから水が下部プレナムに回って、それが水位が上がっていけば炉心まで触れて、下部プレナムにある溶融燃料、あるいは炉心部位において蒸気が発生すると。

下部ヘッドが破損してしまうと、下部プレナムに水がたまりませんので、水はどんどんかけ流すような状態になっていて、下部プレナムに溶融燃料があれば、恐らく下部プレナムが蒸気の発生源。溶融燃料がRPVの下部ですとかD/Wの床面に落ちたような状況であれば、そういったところが今度は蒸気発生源になるかというふうに考えられます。下部ヘッドが破損する段階で、この水の流れが恐らく明確に変わって、それに伴って蒸気発生量も変化すると考えますので、何らかのプラントの圧力挙動に変化を与えるのではないかとこのように考えています。

このグラフはD/WとW/Wの圧力を示してはいますが、ここはD/WとW/Wの圧力差を示していません。ですのでこれはS/Pの水位を示しているとお考えください。ここにありますように、このS/Pの水位はここずっと平たんで、全く変わっていません。ベントが閉まってからここまで、この間の注水量は約170m³になります。格納容器からの明確な漏えいがなければ、この注水した水というのは途中で蒸気になりますけれども、最終的にはS/Pに行くはずだろうというふうに考えられます。そうすればS/Pの水位は何らかの上昇があっただけでいいのではないかとこのように考えられます。注水した水が入っていくので、S/Pの水が上がっていくと。

ただ、ここで見られますように、その水位の明確な上昇は起きていない。ここずっと水位が一定になっている。ここはかなり根拠としては希薄なんですけれども、この注水によってS/Pの水位は計算すると約40cm程度上昇すると。下部ヘッドの破損がこの期間に起これば、起こってかつPCVからの漏えいが全くないのであれば、その下部プレナムにあったであろう水もS/Pのほうに回ってくるので、その分だけさらに水位は上昇するであろうというふうに考えます。

ただ計算すると、そのときのこの40cm + で変化する分というのは、数kPa程度で、こ

このD/Wの圧力とS/Cの圧力は大体5kPaごとに測定されていますので、若干ここに変化が出るか、出ないか、これ非常に微妙な線です、明確な根拠とは言えないような状況であります。ただここでPCVの圧力が明らかに下がっていますので、遅くともこの時点までにはD/Wの漏えいは発生したであろうというふうには推定しています。

ベントが閉止した後、こういうふうにPCVの圧力がどんどん上がっていくんですけども、ここは水蒸気の発生だけではこの圧力上昇は説明することが難しく、水蒸気の発生と一緒に非凝縮性のガスの発生も伴うであろうというふうに考えられます。冒頭申しましたけど、ここは炉内で起こっている現象であろうというふうに考えられます。

その後、蒸気の発生量が一定であれば、この線で描いたようにどんどんPCVの圧力は上がっていきまうと。一方実測値はほぼほぼプラトーになって、圧力の上昇が停止している。ということは蒸気の発生量の低下か、あるいはPCVからの漏えいか、そのどちらかがないとかこういった圧力上昇の停止というのは説明が難しいんだらうというふうに考えてございます。

ですので、この大きな圧力の変曲点、2か所ございますけど、これらはRPVの下部ヘッド破損によって流路が変化したことによる蒸気発生の変化が起きて、その後D/Wが漏えい開始したか、あるいはその逆転ですね、D/Wの漏えいがこちらで始まっていて、下部ヘッドがこちらで破損が発生して、蒸気発生が発生したか。いずれかがこういったところで起きた可能性があるのではないかとというふうに考えてございます。

先ほど申しましたように、このグラフの右側のほうになりますけども、溶融炉心はこの辺のところでは恐らくD/Wの床面にあったであろうというふうに推定していますので、それよりも早い段階で下部ヘッドの破損というのが生じたであろうというふうに考えられます。

以上のような細々とした推定から全体の事故進展の推定としては冒頭申し上げたような形で推移したのではないかとというふうに考えてございます。

非常に長くなりましたけど、説明は以上でございます。

金子審議官 ありがとうございます。

取りあえず、まず今御説明のあった範囲で何か御指摘の点などあればと思いますけどいかがでしょうか。

前川さん、お願いいたします。

NDF（前川技監） 前川でございます。よろしく申し上げます。いいですか。

NDFの前川です。いろんな検討に基づく説明、ありがとうございました。

それで、一つ確認したいんですけど、今日のいろんな水位の評価とかが全部圧力をベースにいろいろな検討はされているんですけど、一応水位計というのも生きていたか死んでいたかという議論はあるんですけど、13、14ぐらいまでは測定値というのがあったように思っています。

それを併せてプロットされると、一つの助けになるんじゃないかなと。私の記憶だと13日の夜の時点では注水を入れているんだけど、水位の回復は全くなくて、これだけ入れているのに水位が回復しないというのはお釜の底が抜けているんじゃないでしょうかという発言をした記憶があります。だから水位計のデータもここに一緒にプロットされると、少し助けになるんじゃないかなと思いました。

以上です。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

すみません。今の御指摘はS/Cのほうというお話でしたか。原子炉ですか。

NDF（前川技監） いやいや、炉水位です。

星主任技術研究調査官 原子炉水のほうですね。

NDF（前川技監） はい。

星主任技術研究調査官 承知しました。

金子審議官 それはまたストーリーの補強材料なのか、逆にうまく合わないのかということですけど、検証してみる価値はありますね。安井さん。

安井交渉官 若干補足です。

前川さんが言うように、原子炉水位計は多分フラッシュをしていますので、絶対値は信用はできないんですけども、その動き自身は水位のトレンドを示しているんじゃないかという研究があります。それで、したがってそれを使うのは一つの方法かもしれません。だから、ちょっとそれがすぐ何が言えるか分からないけれど、御指摘は当たっていると思います。

一方で、下部プレナムへの炉心落下の圧力スパイク論です。51ページですか。これ見ると、10時とか11時それから12時頃にあるのはかなり大きな圧力の変動で、これはそうかなと思うんだけど、4時過ぎた辺りになってくると、とても最初のやつから見るとシャープさも違うし、形状も違うし、むしろ溶けている炉心が例えば出口を一瞬塞ぐとか、その水の接触の形が変わるとかという、コンフィグレーションの変化で起こっている可能性

もかなりあるように思っています、しかも先ほどからいろいろな議論が出るんだけど、結局これがスパイクなら、18時もきっとスパイクかもしれないとだんだんできて、そうするといつまでたっても下部ヘッドが存在をするという論拠になってしまうんですけど、非常に先ほどの前川さんが言っておられた、こんなに注水しているのに水位が上がらないとっていたあの当時の議論と、正直申し上げて合わないし、水素の発生量的にも合わないし、このスパイク論は少し注意しないとうまくないんじゃないかなという気がしております。

やはり最初のほうのスパイクと、あまりに形状が違いますよね。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

おっしゃるとおり、どこまでを炉内で起こったスパイクとみなせるかどうかというのは検討すべき論点かとは思いますが。ただ、圧力のスパイクの高さとか形状は、多分下部プレナムに落ちる炉心の量とか、そういったものにも恐らく依存するのではないかなと思います。

更田委員長 安井さんのおっしゃるのも分かるんだけど、悩ましいのは16時ぐらいです。こんなところまでプレナムもっていたのかという議論、あるんだろうけど、一方でこういう圧力の上昇は、ここの部分だけを見るとプレナム部分に水があって、そこへ落ちてきたと考えたほうが、この部分、圧力変化そのものの説明はしやすいので、もしそうでないんだとすると、これは何だろうというのは。

安井交渉官 この種の議論は、ウエットプレナムシナリオというシナリオがあって、かなり長時間下部ヘッドが健全だったという説があることは存じています。

ただ、そういうふうになると水素もさることながら、先ほどADSは早めに閉まっちゃうような気がするんだけどなと、こうおっしゃっているんだけど、ADSが閉まっていて、下部ヘッドがしっかりしていたら、もっと内圧が立たなきゃいけないという本質的問題がありまして。

更田委員長 絶対値ね。

安井交渉官 イエス。つまり今回のこの現象は、圧力容器と格納容器、D/Wの圧力挙動が、もうベントを開始した頃はADSによって、その途中どこかで圧力均衡経路ができて、言わば一緒に動くようになっちゃったという、そういうことなんです。さらに今彼が言うように、フラッシングによるドリフトを考えるとぴったり合いますと言っている一方で、入れ物としてしっかりしているんですというのは、シールの漏えいぐらいじゃ圧力は全く

立たないというのは、僕はあり得ないと思います。

更田委員長 一方で下部ヘッド抜けちゃったんだったら、鋭いスパイクは立ちようがないようにも思えるのね。

安井交渉官 だから別にオール・オア・ナッシングの議論じゃなくて。

更田委員長 だから見に行ったときのようにCRDの部分の、抜ける、抜けないというのは、よくメルトスルーみたいなイメージを立てるのではなくて、恐らく部分的にかなりの圧損を持つような抜け方をしているんだったら解釈はつくかもしれないけど、逆に一定程度の圧損を持ったリークが既に発生していたとしても、そうすると今度は逆に圧力のスパイクが流されてしまう傾向があるので、ここがなかなかこの16時過ぎは難しい。

安井交渉官 いや、だけどADSが完全に開いている状態でも、あれだけのスパイクが立つんですよ。

更田委員長 そこで押さえてほしいのは、ADSが開いている状態、塞いでいる状態で蒸気なり、大体蒸気で仮定していいのかもしれないけど、回り込むとしたときに、系としてどれだけの圧損を持っているのかというような評価はしてもらいたいというふうに思います。

安井交渉官 したがって、多分これ表現を正確にする必要があって、圧力が均衡するだけの下部に損傷がないとは思えないので、あって、水もある程度漏れているし、炉心も下に出ているんだけど、全く何もなくなっちゃって、スコンと下が抜けていると思うと、ちょっとこれが説明しにくいですというなら、これはよく分かるんですけども、その問題と、だから下部プレナムがしっかりして下部プレナムに落下してという説明をしてしまうこととの間に、やはりかなりの開きがあるんじゃないかという。

更田委員長 だからそれは計算ができるんだと思っているのね。

安井交渉官 できればですね。

更田委員長 一定の圧損を仮定してやって、リークを仮定してやったときに、これだけのピークを立たせようと思ったら、どういう。例えばそれを蒸気の発生だとするんだったら、どれくらいの熱流束が必要だというようなのは計算でできるはずだから、それは当たりをつけてみるべきだと思うし、圧損の仮定を振ってやれば、どのくらいの圧力容器からのリークがあったのかというのは、物理的な想像もつくので、そういう当たりをつけていく方向なんじゃないかなとは思いますが。なかなか開放系で圧力ピークが立つというのは、だから安井さんが繰り返し言っているのは、開放系とまでは言わないけれど、そう

だとすると閉でもないし開でもないんだとしたら、その間に一定のリークというのは見つかってくるんじゃないかと思うけど。

安井交渉官 僕は開放系で圧力が立つとは普通は思えないので、無理から考えれば、今みたいに考えてさしあげられるけども、僕はあれは圧力スパイクとして取るのはおかしいんじゃないですかと申し上げているので、ポイントは逆です。

更田委員長 逆というより圧力スパイクでなかったら、一体あれは何だと言っているんだ。

安井交渉官 コンフィグレーションの変更じゃないんですか。炉心の中から出ていく途中に詰まっちゃうとか、たまたまそこにちょっと残っていた水の中にどぼっとはまったかも分からないけど、その問題とそれは違いますよ、これは。

更田委員長 これは今のはまだ見解が一致しません。

安井交渉官 ええ、見解は違います。

金子審議官 これはこの話全体のストーリーがどう成立するかというのと若干似ていて、どのようなシナリオを前提にして説明するかということだと思いますから、もうちょっとこれは検証する必要がいずれにしてもあるので、今日、皆さんからいただいたいろんな論点、あるいは要考慮要素みたいなものを加味して、もうちょっと補強できる方向がどこがあるのかというのは、追及をしていくという議論をぜひしていければと思います。

すみません。ちょっと進行が悪い。ごめんなさい。前川さん手を挙げていただいています。

NDF（前川技監） いいですか。

金子審議官 前川さん、どうぞ。

NDF（前川技監） どうもすみません。

金子審議官 マイクが切れてしまいました。前川さん、マイクがオフになっています。

NDF（前川技監） どうも申し訳ございません。

金子審議官 はい、聞こえています。

NDF（前川技監） 52ページのところに、注入水の流路変化というのがあるんですけど、一つ頭の片隅に置いておかないといけないと思うのは、最初の注水というのはパイプタ経緯なんで、確かにこの絵に描かれているように、ジェットポンプから下部プレナムというラインはあるんですけど、それ以前にPLRからマン当たりのメカシール部を通じて、もう最初からペDESTAL側に・・・が燃えている理由がゼロですとは、言い切れないと思ってい

るんです。

だからその意味で言うと、ペDESTALに乗っている水がどの程度か分からないんですけど、たまっているというのは決して無理な仮定ではないと思いますし、それがこういう解析の中ではどの程度の率でむっていくのは、僕も全然分からないんですけど、それシヤクテが抜けるまでは、ペDESTALの中はドライですというのは少し違うのかなと思っていますので、御参考いただけるといいと思います。

以上です。

星主任技術研究調査官 規制庁、星です。

御指摘ありがとうございます。メカシール部からの漏えいとか、以前からEPRI等からも御指摘があるような形で、そういった可能性があることは一応承知はしております。

金子審議官 ということのようなことも含めて考慮して、少し補強できる要素があるところは追記をしたいというふうに思います。

よろしいですか、すみません。ちょっと時間が大分かかってしまいましたけれども、この後若干の調査の御紹介をして、JAEAの研究の御紹介をしたいので、調査の御紹介だけ3分、4分ぐらいですみません。当方の岩永からさせていただいて、その後ちょっと休憩を入れて、JAEAの研究成果についての情報共有にさせていただきたいと思います。

岩永企画調査官 規制庁、岩永です。

資料をお願いします。手短に今、現地調査をやってまいりましたので、簡単に御説明させていただきます。

ここにございますように、2号と3号、あと1号のタービン建屋のSGTS室、それぞれ調査してまいりましたので、簡単に御説明いたします。

じゃあ次のページ、お願いします。まず最初は2号機でございます。2号機については、スライドを送っていただいて、目的といたしましては、2号のシールドプラグ、原子炉格納容器の上のシールドプラグの裏面に、大量の放射性物質が付着している可能性があるというところで、そこをできるだけ直視できないかというのが目的と、あと原子炉建屋内、オペフロを含めて5階から1階までの建屋内のダストだとか、いわゆるちりや汚染状況の確認というのが、これまでしっかりできておりませんでしたので、我々委員長も含めて現地調査させていただいております。

では送っていただいて。ずっと送っていただいて。

具体的な場所としては、オペフロが一番上でございまして、4階から1階ということにな

っております。

送ってください。これは各フロアの線量ですが、数mSvというのが平均的な値でして、4～5という形で空間の線量自身はそんなに高くない状況がございました。これは5階のオペフロから4階、送っていただきまして3階、2階、1階というところで、各フロアの線量というのはそこまで高くないという状況がございました。

次送ってください。あとここでシールドプラグとの関係においては、4階の原子炉ウエルの横の換気ダクト、ここの部分にディテクターを直接当てまして、中の線量が見られないかというところで、ここ生体遮蔽を貫通した穴がありますので、ダクトを見たんですけども、ここに示しますようにそんなに高くない線量でございます。ですので、ちょっとここは迷路構造になっている可能性もあり、これから結果の精査をしますが、現時点では高い線量ではなかったというのが第一報でございます。

めくっていただいて。次です。今回はスミアをというよりは、フロアの中のちりやほこりのサンプリングをしてまいってきております。壁と床とあと階段がありますが、階段はそのステップの裏側、できるだけ汚されていない、影響が少ないような当時の状況が残っているようなところを狙って全部で各フロアごと三つ、あとオペフロで二つで、全体で7～2で14サンプル程度を取っております。これは今後サンプリングしたものは分析に回すというところで、東京電力との調整も踏まえ輸送をし、分析を進めてまいりたいと思っております。

送ってください。次は3号機でございます。3号機については、前回の調査に引き続いて原子炉建屋内、3階を中心に調査をしてまいっており、この目的ですけれども、原子炉の中の3階の大梁と小梁、要は構造の中でどの程度の破損状況であるかというのを、さらに詳しく写真等々、データも収集するというのと、あと3階の天井の穴から4階へアクセスできませんので、そこから360°カメラとプローブのディテクターを入れまして、線量と4階の床の状況、建物内の状況を確認しております。

ずっと送ってください。これが我々の調査した範囲でございます。3階の部分と4階の下のほうからプローブを入れております。

ずっと送ってください。ルートは前回とあまり変わりません。この写真ですが、これは大梁、小梁です。前回の調査で大きく折損している状況を再度確認しているというのと、その手前の梁を幾つか選択しまして、大梁も含めて曲がりだとか折損の状況を見たというところでございます。

流してください。次のページをお願いします。これは一つはっきり見えているのが、やはり大梁であっても少しこれは専門家にこれから確認をしていただきますが、幾つかのひびが入っております、曲げのおそれがないとか、曲げの力を受けているものではないかということで、幾つかこういうものを見受けられたということが速報でございます。

次に回してください。さらに奥のほうも同じように大梁と小梁です。両方を取ってきているというところでございます。

次をお願いします。これが次がここは3階から天井の部分を見たものです。ここからプローブを入れまして、次のページに行ってください。

4階側にプローブがこれ抜けたところの360°の画像でございます。ここはルートが確保できておらず、4階でフロアにはアクセスできないものですから、ここはちょうどフロアの西側、MGセットと呼ばれる設備のちょうど間の辺りに顔を出しているところでございます。

次に行ってください。ここが各フロア、4階フロアを360°見渡したものでして、まず放射線量としては100mSv程度の線量が確認されています。かつ大きな損壊というか、結構健全な設備もございまして、ダクトやラックとか、そういうのも残っている状況で、このような爆発の影響というのもこの画像からこの部分を解析をして、特定していきたいと思っております。

3号機については、以上でございます。

次は1号機のタービン建屋内のSGTS室になります。

最後のページを示してください。SGTS室だとここに、こういうところにございまして、大体原子炉建屋の2階になります。

次をお願いします。これがまさにSGTS室として、東京電力も今調査を始めていると聞いておりますが、我々としてもこの建屋の中で、有人で近づけるとところということで、緑の部分にアクセスをしております。緑の部分の線量は大体80mSv/h程度で、非常に高い線量下にありました。

写真の下側が奥の状況を西側に見たもの、あと上の画像がSGTSのフィルタユニットをのぞいたものでございます。こちらからプローブを伸ばして、ディテクターを伸ばしまして線量を測定したところ、大体今のところ180mSvというところで、要はユニットに近づくほど線量上がる傾向が見られたということが速報でございます。

以上でございます。

金子審議官 ありがとうございます。

それで今ちょうど現地調査時の動画とありますが、今見ていただいた調査をした様子、それからカメラを延ばして4階のところを撮った360°の写真そのものなどが、ネット上で見られるようになっておりますので、御参照いただければというふうに思います。

すみません。それでもう時間をほとんど使い果たしてしまったのですが、もう一つ固まりが残っているので、ちょっと時間をこのままやると皆さん死んでしまうといけないので、10分ぐらいお休みいただいて、もし6時までで後ろの何か制約がある方は、途中で会議抜けていただいても構いませんので、55分再開ですみませんですけども、もう一つ固まりやらせていただければと思います。よろしく願いいたします。

(休憩)

金子審議官 それでは再開時間になりましたので、引き続き第14回の検討会、続けていきたいと思えます。

3番目のパートは、JAEAに担っていただいております、以前ベントガスの逆流の関係、これは資料4に簡単に背景が書いてございますけれども、以前見ていただいたように1号機と2号機のツインユニット、3号機と4号機のツインユニット、それぞれ1号機から2号機側へ逆流が生じ、3号機から4号機側へこれも逆流が生じるというようなことがあって、それぞれの配管の構造とか、そこにくっついているグラビティダンパとかいろいろなものを想定したときに、このような測定の違いであるとか、流れが再現できるかというようなことで解析をしていただいた中身というのが一つ。それから現場の調査の中で収集してきた資料についての放射性物質の分析というのがもう一つということで、お願いをしたものでございます。

それでは資料4-1が先ほどのベントの関係の熱流動解析の結果になっておりますので、JAEAのほうから御説明をお願いして、また議論を進めたいと思えます。よろしく願いします。

JAEA(与能本副センター長) JAEAの与能本です。

原子炉格納容器耐圧許可ベント及びSGTSライン熱流動解析、1号機及び2号機の結果というタイトルで報告させていただきます。

解析と目的に関しましては、今御説明がありましたように、格納容器のベントの実施によってスタックの周囲であるとか、そういったところが非常に汚染されたと。この汚染された状況はどういう状況であったかと、そういったことを解析コード、RELAP5を使って評

価してみようと、そういうことが目的であります。

で、この解析にはシビアアクシデントコードのTHALESの結果などを用いまして、RELAPでやったことは汚染状況を再現するような状況の評価して、その評価に際しては境界条件とかいろんな解析条件、分からないところはいっぱいありますので、仮定を行います。そういう仮定を置いて計算した結果が整合するか、またその置いた仮定が物理的に妥当なものか、そういったものを検討するというのが目的ではありません。

134ページのこの図でありますけれども、この図は解析体系を示しております、解析体系は非常に簡単と申しますか、ベントに関する配管系統だけになっております。まずベント管とあります、サブチャンを模擬したような絵を描いているところがありますけれども、そのこの頂部につけられたベント配管から共用スタック、その範囲の模擬、及び1号機原子炉建屋、2号機原子炉建屋に分岐するそれぞれのSGTS配管、そういったものを模擬しております、それぞれの号機のSGTSについては、ちょうどグラビティダンパとフィルタの間に送風機があるんですけれども、その送風機のところまで模擬をするということになります。

この解析のポイントとなるのは、主にグラビティダンパがこの体系の中での流動に強く影響します。特にグラビティダンパは1方向には空気、ガスを流しますけれども、逆方向には理想的には流さない。そういった属性があるものでありますけれども、その逆流のときの流動抵抗、これが支配的な要因を持ちますので、これをパラメータに特化解析等を行っております。

この図を用いまして、RELAP5コードの濃度分割と境界条件を示しております、ちょっとごちゃごちゃしておりますけれども、左側のほうに共用スタックを模擬した縦長のボリュームがあります。それから右のほうに行きまして、右の一番上のところ、ここが格納容器のベントを称したベントの配管であります。

その配管の右側の部分に1F1格納容器、赤字で小さな字で書いているところがあるんですけれども、そこがS/Cであります。そこから出ましてすぐ隣のところにベント弁の模擬をするところ、それとその横にベント弁のベントをするときの流量を決める面積を絞っている部分があるんですけれども、その絞り用のところがV196と106と書かれているところ、そこに示されています。

それから以上のこのベントのラインのところは、ピンク色で示しています。そこから流れたガスは、スタックのほうに流れていくわけですが、途中1号機のSGTSに向かう

逆流する方向の配管につきましては、水色で示しています。また同様に2号機のほうに向かう配管については緑色で示しています。

この後、流れの結果を示すときに正・負、プラスとマイナスを変えて示しておりますけれども、この正と負につきましては、ベントを作動するときの方向でもって、ベントを流すときに普通に流れるほうが正というふうに定義しております。ですので1号機SGTS、2号機SGTS、この場合逆流方向に流れるんですけれども、この方向を正としています。

ではあと解析条件の、もう少し詳細ですけれども、先ほど申しましたように境界条件としてはTHALESコードで計算された格納容器の圧力履歴、特にS/Cの圧力履歴ですね。それとベント流量、窒素の流量、水素、水蒸気、それと配管が通るところの原子炉補助建屋内の温度を境界条件として用いております。

この図は左側のほうは、THALESの解析結果圧力でありますけれども、この圧力を合わせるように、RELAP5で絞り部の面積を調整しています。この絞り部で面積を調整するという意味は、二つのコードで絞り部の流れを解析するようなモデル、臨界流モデルというんですけれども、臨界流モデルが異なりますので、単純に圧力と絞りと流量を同じものを使うのでは模擬できないので、絞り弁のところの面積を調整しています。

参考情報として、格納容器ベント期間中にサブチャンから流出するCs-137の量は約150TBqとTHALESで計算されておりますので、これを目安として汚染状況と比較する、そういうことをやっております。

では解析結果の説明をいたします。まず基本解析結果のケースといたしまして、グラビティダンパの逆流時の流動特性として設計条件を使用すると。この先ほど理想的にはグラビティダンパというのは、逆流方向に流れを許さないと申しましたが、実際にはある圧力差があるときに、ある程度の流量は許容します。それが設計条件になっておりますので、その条件を模擬して解析を行いました。

その結果として、ここで表として示しておりますのは、格納容器ベント配管への流入量に対する割合ということで、その前にこの図を説明いたしますと、これは解析された結果でありまして、一番左図が共用スタックへの流入流路、ベントを行った後共用スタックに入っていく流入流路、それと真ん中が1号機SGTSへ逆流する流路の積算値、それから右側2号機のSGTSということで、この結果は流動配分を示しているわけですけれども、この結果特に1号機SGTSへの逆流とか、そういったところを見てもみますと、ベント流の約0.6%と0.3%が、それぞれのSGTSに逆流したと計算されます。それで、その量に対応するトータ

ルで150TBqというお話を先ほどしましたけれども、それに対応するCs量というのが0.9T、0.4Tそれぞれなっております。

この結果は先ほどの資料にもありましたが、以前から示されている規制庁さんのほうで検討されている汚染状況、これと見ると相当に違っているということでもあります。この図の上のほうに真ん中にスタックがあって、その横のところに赤いラインで7~13TBq、これは2号機側のベントの配管ですけれども、またそのもう少し右のところに1~3TBq、これはベント配管の途中のところでの汚染の推定状況、それからさらに2号機のSGTSのフィルタの辺りでも汚染されていることの結果が見られています。

そういったところを見ますと、先ほどの結果は非常に過小であると。RELAPの結果は1TBq以下でありましたから、これは実際に観測された汚染状況に対応していないだろうと、そういうふうに見られるわけです。

そういうことがありますので、次に感度解析として二つ行っております。何らかの理由により重量ダンパに損傷が生じて、その結果として隙間が設計状況に広がってしまうと。感度ケースの1番としては2号機側について流路面積が配管の面積、最大面積が1.3%相当を仮定しました。

1号機側の流動抵抗は設計条件から同様に変化すると仮定しています。これが感度ケースの1です。

それから感度ケース2のほうは、現地調査をされていて、1号機のSGTSの辺りが相当に汚れていると。そういったこともありますので、より1号機側にたくさん流すことを意図した感度解析でありまして、これは1号機側の流路を3%にすると、そういった結果、感度解析を行っています。

次から3ページにわたって感度解析ケース1の結果を示します。初めの結果が、これが各場所、1号機SGTS、2号機SGTS、それぞれに対してどれだけ流入量が流入しているか、その結果をまとめたものでありますけれども、その逆流の流動抵抗を小さくする、隙間面積を大きくするというところで、感度解析ケースの1では、1号機側に8%、それから2号機側には5%、ベントの排気が流れ込むような形になっており、それはCsの量に換算すると12T、8T程度になると、そういうふうになりまして、先ほどとオーダー的には汚染状況を説明するような形になっています。

次のページは解析結果をより詳細に示しております。ここ3枚の図がありまして、左上の図が気相の流速ということで、横軸が格納容器ベント管入口、これサブチャンの辺りで

すけれども、そこからの距離ということで、記号が3種類あります。それは三つの流路に対応しております、一つはベント入口からスタックの出口まで、一つは合流部から1号機の送風機まで、それから合流部から2号機の送風機に行くラインであります。こういった形で流速が計算される。

この状況につきましては、ざっくりと次のページで説明いたしますので、ここは簡単に図の説明だけします。

右側の上側の図は、温度を示しております。今度はデータの種類が6種類になっておりますが、それは流体の温度と壁の温度を、それぞれ三つの流路について示しているのです、六つの線になっております。全体的に上のほうに示されているカーブが流体温度に相当して、下のほうは壁温度、温度になっております。壁温度のほうは外気であるとか原子炉建屋内の温度に対応して、それぞれ決まった温度になっております。比較的低い温度になっております。

左下の図は、相変化の凝縮量、単位体積当たりの凝縮量というものを示しております、これも細かく言いますと時間がかかりますのでざっくり言いますと、一番凝縮が起こりやすいところはサブチャンから流調弁、弁を絞っているバルブが起こるところ、この部分では結構凝縮が生じている。さらに右のほうですけれども、2号機のSGTSに行く配管の中でも比較的多くの凝縮が生じている、そういった結果が示されております。

このページで今の状況をざっくりと説明いたします。まずこの図でサブチャンの上からベント管が出ております。このときの圧力は7.4~5bar、5気圧程度の約1時間弱のベントの期間で変化するわけですけれども、このときの蒸気分圧というのは大体0.4barぐらいで、ほぼ一定でありました。温度はこの蒸気分圧に対応する飽和温度、蒸気分圧に対する飽和温度となっており、約360K近く、これがほぼ一定になっておりまして、こういった流体が流量調整弁、ここで臨界流になるわけですけれども、このベント配管に放出されず。

この調整弁で臨界流、臨界状態になった後の圧力状況は、弁の直後であっても圧力が1.03bar、ほぼ大気圧に近いような非常に低い値になっております。1号機SGTSのメインの部分では、メインの流れがあるところでは流速が30m/sぐらいで、約数秒でスタックまで到着して、スタックに到着しますと、このスタックの中では流量断面積が非常に大きい、口径が3mぐらいありますので、流速0.2m/sぐらいでゆっくり上がっていくということになります。

このとき途中1号機と2号機にそれぞれ分岐して、先ほど申しましたように積算流量がこのような形になっております。特徴的なのは1号機原子炉建屋に戻るほうは、より圧力の高い上流側にあるということと、距離が短いということで、比較的湿度が高いままで流れます。原子炉建屋の中に入っておりますので、外気に触れていないので温度が高く、ほとんど凝縮はしていません。

一方2号機側に行くほうは、これは結構長い長さを、かつ外気の懐も流れていきますので、結構凝縮はしております。水蒸気流入量の約35%ぐらいが凝縮するという状態であります。

またスタックのところでありますけれども、ここでも凝縮をすることが見られておりまして、そのスタックを流れていく間に凝縮した水というのは液滴、ミストになるわけですが、そのミストが下側に落下すると、その結果としてスタックの底部に凝縮水が蓄積する、そういったことが見られております。その量は、ここのスタックに流入した量の20%ぐらいは凝縮しているという、そういった結果になっています。このようにRELAPの計算のメリットといえますか、こういう検討によって滞在時間であるとか流体温度、壁温度、流速条件などが分かりますので、こういった情報を用いてより詳細にFP、Csの管壁への沈着を今後検討するという予定にしております。

次に感度解析ケース2の結果で、これは1号機側への流入を増やすということで、隙間面積を3%に増大したものでありますけれども、その結果として約21TBqに相当するようなガスが流入しております。

これらの結果、感度解析1、2、基本ケースと比較して結局グラビティダンパの逆流防止機能、これが劣化したことがSGTSのラインの汚染に大きく寄与していると、そういうことが言えると思います。

以上の結果は、時間軸で3,100秒ぐらいのところまで止めておりますけれども、このタイミングがベント弁を閉めた時刻であります。この閉めた直後にどうなるかということ、もうこれは重要なことだと考えております。

その次のページですけれども、ベント弁閉鎖後の挙動と汚染分布は強く相関があると思っております。下の図に示しておりますように、ベント弁を閉めた段階で約26TBqほどCsが浮遊していると最大推定できます。この浮遊しているFPがベントを閉じますと直ちに流動の動圧がなくなるということで、ベント配管系の減圧が生じます。減圧といってもたかだか1.03、1.04、もともと小さな圧力が大気圧に戻るだけですけれども、その効果によって

こういった浮遊エアロゾルがベント系、スタックの底部に落下するのを促進するとともに、ベント配管に流入すると。

さらにそのときに先ほど説明しましたように、1号機側へのSGTSと2号機側へのSGTSで温度条件などが非一様になっており、2号機側のほうが凝縮しやすい、そういった状況がありますので、こういったことも最終的なFPの挙動に汚染状況の分布に影響したんじゃないかと思い、この挙動をしっかりと解析しようと考えているところでありますが、いざやってみますと意外とこれが難しいというのが分かりました。それは圧力境界条件の設定がなかなか難しいということでもあります。

すなわちこの下のほうの図に示しておりますように、圧力の境界条件として三つ置くところがあります。結局圧力は相対的なものですので、例えばスタック頂部は固定してしまうと、1号機側と2号機側の圧力をどう持ってくるか、それが決めるべきことになるわけがあります。

始め、単純な考え方をしております、その場合同じ圧力、大気圧を三つにしておりますたら、その場合当然のごとく100mの高さのスタックということがありますので、このような圧力条件ではスタック頂部から空気流が逆流すると。次のケースとして同じく気密度を用いて高さを補正するということもちょっとやっておりますが、先ほど説明しましたように、原子炉建屋内の温度を1号機、2号機を外気温度と変えております。そういったこともあって、なかなか結果が理解しやすいものが得られない。といいますのは先ほど100mの高さのスタックの制圧といいましたけれども、これ単に1.0barでありまして、これは地上よりも1%圧力が低いだけであります。この1%以下のところの微妙な圧力が変わることによって変化するわけですが、実際問題として建屋の圧力は事故時の空調機能の喪失や格納容器の温度上昇、漏えいから大気圧とは必ずしも仮定できない。これについては確実なことは不明だと。

ということでもありますので、今後の検討といたしましては、汚染分布が生じた原因の推定のために、さらにもう少し検討を加えることとして、流れが静定するような条件を基本にして、幾つか微妙に圧力を感度計算で振って、結果を整理すると、そういった形で結果をまとめたいと思っております。

次のページはまとめになります、今説明したことを大体まとめたことで省略いたしますが、グラビティダンパが設計どおりに機能する場合は測定された汚染分布を説明できない、これが非常に基本的な結論であります。

次のページにあります。今後圧力境界条件などを変えて、ベント閉鎖後の挙動を検討するとともに、エアロゾルの管壁の付着挙動などを最終報告書に間に合わせる形でまとめたいと考えております。

以上であります。

金子審議官 与能本さん、ありがとうございました。

参加者のほうから御疑問や質問、あるいは確認事項などあれば、いただければと思います。

安井交渉官 ちょっと質問がありまして、今与能本さんの御説明だと結局ベントの弁を閉めた後の、放射性物質の挙動が現在観測される汚染状況において支配的だとおっしゃったんですか。

JAEA（与能本副センター長） 支配的とは申しておりません。結構影響するであろうというのはベントを閉めた段階でスタックの中に浮遊していると最大推定されるのが約26TBqで、この量は例えば感度ケースで計算している1号機側に約20ぐらいで2号機側に8TBq行ったりしているわけですが、それと比べても決して無視できる量ではないと。そういった意味でこの挙動についても評価する必要があるだろうと。

特にスタックの底部です。スタックの側壁、上方の側壁というよりも底部のほうが汚染されているとか、それとあとスタックの底部の2号機側配管の付近ですか、その辺りがよく汚染されていると聞いておりますので、それに関しては結構浮遊しているCsが影響するんじゃないかなと考えております。

安井交渉官 それからもう一つは、これ流量調整弁のところはかなり絞っているから1.03気圧になっているんだと思うんですけど、それは妥当なんですか。

JAEA（与能本副センター長） これも本当にやってみて意外と思ったところでありまして、ああいったベントでだっと流しているんだから、もう少し流動圧損で圧力高いんじゃないかなと思ったんですけども、この1.03という圧力は臨界流モデルで決まるものではなくて、この後ろのほうのスタックまでの圧損、摩擦圧損で決まるものです。この辺りの摩擦圧損についてはそれほど大きくは間違いはないと思っております。

安井交渉官 そうすると開度15%で、4,000～5,000m³ある格納容器の圧力が3気圧ぐらい下がっていますから、気体にして1万5,000m³ぐらいの気体が出るわけですね。それで0.03気圧ですか。

JAEA（与能本副センター長） ですので、臨界流のところにつきましては5気圧、6気圧

の圧力差がありまして、あと0.03気圧、0.02気圧ぐらいのヘッドでもって、残りの約100mの配管を流すと。100m行くといいまして、実際半分ぐらいスタックですから、スタックではもうほとんど圧損ないです。約30cm口径の配管に流れる部分の圧損が主で、ここが数十mあります。数十mを約毎秒30mの流れでガスが流れると。そういったところの圧損の計算であります。それほど大きく間違いはないと思います。

安井交渉官 そうすると1号の主たるベントの流路は、比較的温度が高くて高速で流れるから、あまり汚染しないと。それで2号のほう、何しろ最も不思議なのはまずはベントしていないほうの配管のほうも汚染度が高いということなんですけれども、それは2号のほうに多少グラビティダンパの弱みもあるんだけど、そこに流れ込んだものがだんだん冷えて凝縮するというメカニズムだと、こういうことですか。

JAEA（与能本副センター長） メカニズムとして当然凝縮だけでなく、ほかにもメカニズムありますけれども、凝縮は考えやすいものです。水が落下することによって、例えばエアロゾルに水滴としてへばりついて、エアロゾルごと落下するとか、そういったことが考えられます。

それからそういったことも、あと熱泳動もそうです。熱泳動というのも温度の高いところから低い方向に行きますので、例えば1号機への戻る方向のSGTS配管は、結構温度が熱くなっていますから、特にスタックの中のFPが戻るような状況で、冷たいガスが入った状況では壁温のほう熱くなるということで、熱泳動が生じにくい等々の理由もありますので、凝縮を中心に検討しますが、それ以外のメカニズムを考慮した上で観測された汚染分布が説明できるかどうか、こういったことを今後検討したいと思っています。

安井交渉官 それで、というのは今現状ではまだ現在の汚染状態にぴったりというのはもともと誰も求めていないんですけれども、大体的には説明できそうだとこのところにはまだ至っていないということをおっしゃっているんですか。

JAEA（与能本副センター長） 一応簡単なモデルでFPの付着も検討しておりまして、例えばメインのラインで1号機SGTSで30mぐらい流れるというところ、先ほど紹介しましたけど、このとき流体が滞在する時間が3秒程度しかない、ということもあってFPが壁にへばり着く量も少ないのじゃないかなという気はしております。ただもちろんこの辺りはそれぞれのエアロゾルの付着モデルをそれぞれ用いて検討して、定量的に比較する予定ではあります。

安井交渉官 いや多分まだ質問には答えられていないと思うんですけど、メカニズムの

ことを伺っているのではなくて、定量的なバランスには至りつつあるんでしょうかという量の話をしている。

JAEA（与能本副センター長） まずこの1号機SGTS配管の逆流のラインに流入する量、それと2号機のSGTSのラインに逆流する方向、その総量については、ダンパの逆流抵抗を調整することで調整できると。こういった考え方で全てが説明できるかどうかは、まだやっておりません。でも、これが合うことがやはり最低限のことです。この段階までは行っているということです。

安井交渉官 数量的なバランスがそれなりにやれるかというのが本件の求めなので、グラビティダンパの効率が下がるから、下がるを調整することによって流れるを調整できるというのも、それは申し訳ないけど極めて自明のことで、むしろそこをパラメータに使ったほうがいいですよといっているのはうちなぐらいですから、もうちょっと進んでほしいなと思うのが一つと、それから、これからは1個、追加情報ですけど、前回1号のSGTSフィルタ室の汚染状態を、実は見てきたんじゃないですね、近くまでは寄れなかったんですけど、相当線量が高くて、東電のロボットで測ったときはたしか最大が2Svか1.5か2か。

岩永企画調査官 2とか3です。

安井交渉官 そんなぐらいなんですけど、もうちょっと高いかもしれないというぐらいの感じですね。

それで、かなり離れたところにいて180、0.18Sv、0.2ですね。ですが、あれはもう距離がどんどん近づくと一気に上がりますから、多分上流部はかなり高いと思っていて、したがって今回これはただの設定ですけど、設定されているよりはもっと1号に逆流した量は多かったかもしれないと思っています。そうすると若干バランスにも効いてくると思いますので、ただもともとはグラビティダンパは密閉するためについているものではありませんから、それはもうそれ自身が悪いと言っている問題じゃないんですけども、現在の言わば一見不思議な状態をどこまで理解ができるか。

その意味ではスタックの中にベントした後に気体が残っていて、多分今おっしゃったようなことはだんだん凝縮しながら下に下がってきて、だからスタックの下のほうが高いのはおかしくないんだよというお話だった。ここはなかなか一つの説明かなと思うんですけど、もうちょっと配管システムのバランスが数字的にどこまで行けるかという。

JAEA（与能本副センター長） 非常に簡単なあれを見ていて、それほど温度が高い場合には、あまりつかないんじゃないかという感触は持っております。ですので、1号機SGTS

の逆流に関しては、そこに入っていき流量がほとんど全てフィルタにトラップされることが、その間の経路の付着が少ないということを説明できれば、それは言えると思います。

ということで、先ほども検討が遅いのではないかというお叱りの御指摘ありましたけれども、大体ここまで行けば、後できる範囲はもう限られているからということで、実際のエアロゾルの付着モデルを使って、オーダーをチェックするということで確認はできると思います。

金子審議官 ほかに、更田委員長。

更田委員長 ありがとうございます。

解析そのものと直接関係がないことのほうに、むしろ私は感慨深いというのは、1、2号機のスタックはSGTS配管が上まで行かないで、底部に突っ込んであるだけなんです。これAMとしていかなものなのかなといていたんだけど、逆にDFという観点からすると、スタックの底部で流路断面積が急に広がるから、コンベクションがすごく弱くなって、底へたまりやすくなるから、逆に環境に出さないで煙突の下へたまってくれるという。流速はもう断面積、急激に広がるから流速は急に下がるわけで、当然凝縮だけじゃなくて慣性衝突考えたり、沈降を考えてやったって、底へたまるだろうと。

だから、けがの功名なのかAM策としての設計がどうだったかという議論は別として、結果論として1、2号機のスタックの底部を思い切り汚すことによって、逆に環境に出る量、というのはSGTS配管が上まで貫いていたら、むしろその流路断面積が広がる部分の効果はなかったらうから、というようなことが改めて示されて、結果的にどうだったのかなというような考えを持ちました。

ごめんなさい。これ与能本さんにしていただいた仕事と直接関連するわけじゃないんだけれども。

ただ、この解析をしていただいたことに大変価値があると思うのは、これは流量の分配云々は弁の回路の過程で見られるけど、それぞれのこうやって感度解析をしてやることの意味というのは、それぞれの経路でのレジデンシャル(Residential)タイム、滞在時間の当たりがつけられるから、凝縮だけがメカニズムではないと私は思いますけれども、JAEAはWINDOW(日本原子力研究所がかつて実施していた実験)などの知見も持っておられるから、エアロゾルを含んだ流体が流れたときに、どのくらい沈降というようなモデルというのはあると思いますけれども、そのときにやはり流速と滞在時間というのは非常に大きいだろうし、細かいことを言えば配管の形状によってスワール(Swirl)がどうだとか、温度差があ

れば二次流れがどうだといろいろあるんでしょうけども、それでも感触を持つという意味では、この感度解析をしていただいたことは大変意味があることだというふうに思います。ありがとうございました。

金子審議官 ほかにいかがでしょうか。

これちょっと私今委員長のコメントで念のため確認なんですけれども、どのページでもいいんですが、スタックのところに約26TBq浮遊という表現にさせていただいて、この分がもしそのまま3、4号みたいな構造になっていけば、ここにたまらずに恐らく外に出ていってしまった分になろうと。だから26という数字が正しいかどうかは別にして、それぐらいのオーダーの差は出てきてしまうということで理解をすればいいんでしょうか。

JAEA（与能本副センター長） ただお言葉ですけれど、やはり100TBqは放出されているわけで、それが26減ったからどうだという、それは少なければ少ないほどいいですけれども、オーダーを減らすような効果ではないと。

金子審議官 ありがとうございます。でも、それぐらいのインパクトはあるということですよ。

JAEA（与能本副センター長） はい。

金子審議官 ありがとうございます。

ほかよろしいですか。特に別室も大丈夫そうですかね。

それでは、ありがとうございます。じゃあまた少しこれ条件を追及して、再現性がどこまで高まるかというのは追加的にお願いをさせていただくとして、ここまでの結果としては大変参考になるものが得られたと思います。ありがとうございます。

では、現地調査で収集をしてきました資料の分析について、お願いできますでしょうか。

JAEA（丸山副センター長） ありがとうございます。原子力機構の丸山でございます。

JAEAにおける試料分析についてというタイトルで、御報告いたします。

まず試料の概要ですけれども、これ以前御説明していますが、2種類ありまして、一つは3号機タービン建屋内のコンクリート瓦礫試料です。これは3号機の原子炉建屋の中で水素爆発が生じたときに飛散した瓦礫が隣にあるタービン建屋の天井を突き破って、タービン建屋内に落下したと推定されるものを規制庁で四つサンプリングしたものです。その写真がここにあります。

そのうちの二つが塗装面があるもので、一番左にある青塗装のものというのは、その塗装面は外面だと思っております。塗装面がないものは壁面ではなくて、水素爆発によって

壊れたコンクリートの壁の内部のものと理解しています。もう一つ白いもの、これ我々内壁であってほしいと思っているのですが、そうとも言えなくて、これは内壁なのか外壁なのか分からないサンプルでございます。この四つがコンクリート瓦礫試料です。

もう1種類が1号機と2号機の、今熱流動解析で話した共用スタックの基部のドレンサンプル水で、これはスタック内の凝縮水でありますとか、雨水、場合によっては海水というものもあると思いますけれども、それがたまったもので2016年9月に既に採取されたものを30ml分取して輸送してきたもの、この2種類について分析いたしました。

次に分析の概要です。目的ですが、基本的には核種の把握なのですが、できれば核種の比、元素の比のようなものが欲しいと考えています。というのは化学型の推定でありますとか、あるいは事故シナリオの推定とか、そういうところに役立てたいと思っておりますので、単に核種の把握というだけではなくて、そういった検討にも使っていきたいと思っています。

着目している核種は幾つかありますけれども、当然Csが入ります。Iも重要だと思っているのですが、I-131は既にないので、I-129を対象とします。あとSrでありますとか、炉心から比較的出やすいと言われているMoを加えています。Mo-99は半減期が短いので、それが崩壊して生成されるTcを分析するというようにしています。

このページの下に、第11回の会合で規制庁より報告されたものを載せています。「ドレンサンプル水」の分析の速報が右のプロットにありまして、この会合でこのプロットの黄色い矢印のところ、ここのピークがよく分からないため、検討が必要というお話がありました。私どもはこの点も含めて検討を実施しました。

次のページはコンクリート瓦礫試料の分析フローで、瓦礫試料を輸送して受け入れた後、試料の調整を行いました。具体的に言うといびつな形のコンクリートを幾つかに分けて、それをSEMでありますとか元素分析を行う、あるいはGe検出器で線の放出核種を分析するというを行いました。

本日は瓦礫試料についてはこの赤の点線で囲んだ2種類について報告しますが、SEM、EPMAでは、付着している元素の量自体はあまり多くないということで、ほとんどCs等が検知できませんでした。参考資料として一番最後のページに載せておりますけれども、コンクリート成分しか検出されていないという状況です。

Ge検出器で線の放出核種を分析するのですが、コンクリート瓦礫試料自体が比較的大きなサンプルで、あまり定量分析には向きませんので、定性分析という位置づけで測定し

ました。定量分析は、まず試料を水に漬けて、可溶性のものはその水の分析を行います。不溶性のものもあるかもしれないので、それについてはコンクリート自体を溶解して、その試料を分析するという方針です。

次のページがドレンサンプル水試料、あるいは今説明した瓦礫を水に浸した水サンプルのフローです。本日はこの赤い点線で囲いました 線のGe検出器の分析結果、ドレンサンプル水ですけれども、これについて説明いたします。これ以外にも、準備を進めておりまして、線のSrとかTc、あとIの分析を今月末から順次進めていく予定にしております。

次のページは瓦礫試料の 線、Ge検出器で分析した定性分析の結果です。白い塗装面がついている試料の結果です。

ほかの三つの試料もこれと大体同じよう傾向なので、結果は参考として後ろにつけております。これを見ていただくと分かりますように、Cs-134とCs-137、基本的には、この分析ではこれしか検出されておられません。

定量分析までは行かないのですが、半定量という意味ではCs-134はコンクリート1g当たり 10^3 Bqぐらい、Cs-137で 10^4 Bqのオーダーです。これについては浸漬水の分析で定量分析を進めていきます。

次が、ドレンサンプル水試料ですけれども、支配的なのはCs-134と137だと思いますので、まずは原液を分析して、Cs-134と137の定量を行いました。これはその原液をごく少量、0.03mlですけれども、分取して、写真が見つらいのですけれども、このろ紙に滴下しました。そのろ紙を検出器上に置いて、長時間分析するという手法でございます。

その結果を次のページに載せています。まず冒頭申し上げました第11回の会合の検討事項への対応ですけれども、その対応の一つが1,365keVのところ、測定結果は、ブロードにならずCs-134のシャープなピークのみ検出されております。あと1,600keV付近のピーク、そこには明確な有意なピークは検出されなかったということから、速報の結果は、そのときに使った検出器の特性と考えております。

Cs-134とCs-137の定量分析の結果はここに書いてあるとおりで、オーダーとしては1ml当たりCs-134が 10^3 Bq、Cs-137が 10^4 Bqで、これを事故当時に半減期を考慮して戻すと、両方大体 5×10^4 Bqぐらいになります。これをCs-134とCs-137の比で表すと、0.86ぐらいです。ORIGENで計算した値を使うと、1号機の場合は0.94ぐらいでして、それよりは少し低いのですが、悪い数字ではないと思っています。

また前に戻っていただいて、原液のままですと、Csの強度が高過ぎて、ほか計測でき

ないということで、Csを除去する必要があります。その流れがこの図の右でございます。

原液を5mlくらい取って、硝酸でpHを調整して、AMPという物質を混ぜて攪拌してCsを除去しました。その除去液を真ん中の写真のポリ瓶に入れて、まずこれを測定しました。これは定性分析です。それで何があるかというのを確認してみました。

その結果が155ページにありますけれども、Co-60はFPではなくて放射化されたものだと思いますが、FPとしてはSb-125が得られています。Sbは比較的揮発性が高い物質ですので、出てもおかしくないと考えています。

また前に戻っていただいて、153ページですけれども、SbやCoが検出されたということで、それらがどれくらいあるのかという定量分析を行いました。これはCsの定量分析と同じように少量取ってる紙に滴下して、それを長時間Ge検出器で測定したというものです。

先に進んでいただいて、156ページですけれども、これが定量分析の結果です。非常に長い時間、120万秒ですけれども、測定した結果です。バックグラウンドも含まれておりますが、Sb-125が1ml当たり14Bqくらいの値となりました。半減期を考慮すると大体 10^2 Bqのオーダーです。先ほど御説明したCs-134とかCs-137に比べると、2桁低い値です。

初期の炉心インベントリはCsが 10^{17} Bqで、Sb-125は 10^{16} Bqですので、まず初期のインベントリからしてSbが1桁低く、かつ放出されやすさという点で、比較的放出されやすいといっても希ガスやCs、Iに比べると放出されにくいものですから、2桁くらいの低さというのは、そんな変な数字ではないと考えているところです。

最後まとめですが、上半分はもう既に口頭で述べましたので省略いたしまして、今後の予定ですけれども、瓦礫試料については水に浸漬させて、その浸漬液の核種濃度を定量的に分析するというのと、Sr、Tc、Iの分析を今月末から順次実施していく予定です。あと核種のU、Thですけれども、これらの定量分析も計画としては含めています。

以上です。

金子審議官 ありがとうございます。

まだ追加で分析をしていただく事項は残っていますけれども、ここまでの時点で何かございますか。

じゃあ更田委員長、お願いします。

更田委員長 特に質問とかコメントではないんですけども、今後もこういった分析が続きます。

前回、私が行ったときもスミアの試料等々採取してきましたので、東京電力に申し上げたいのは、ぜひこういった事故分析に協力をいただきたいという意味で、輸送に関しては御協力をいただきたいと改めて申し上げておきたいと思います。

金子審議官 ありがとうございます。

この点については我々からもお願いをしておりますので。

手を挙げていただいております、ごめんなさい。別室にいらっしやいました。失礼しました。どうぞ。

東京電力HD（石川廃炉技術担当） 東京電力の石川でございます。

輸送等を含めまして分析等、全面的に協力いたします。よろしくお願いいたします。

金子審議官 ありがとうございます。

ほかにお気づきの点や今後の作業などで、何か留意点などございますか。よろしいでしょうか。

そうしましたらJAEAをお願いしております。まだ継続しますけれども、分析あるいは試料の放射性物質の分析については、以上にしておきたいと思います。

あと、残りの資料は特に御説明が必要なものはございませんけれども、資料5-1は以前多くのフィッションプロダクツで滞留しているシールドプラグの実際の詳細な構造について設計上の資料等をつけさせていただいて、これは皆さんと共有をするためのものがございます。

あと、以前までの事故分析検討会の論点の整理、あるいはSGTS等々の設計、あるいは水素爆発時点の気象等についての追加的なファクツの資料でございますので、これはまた今後の議論に参考にさせていただけたらというものでございます。

大体、今日予定したものは以上でございます、ちょっと1時間ぐらい延びてしまいましたけれども、お付き合いいただいてありがとうございました。ほかに何か今後に向けてございますでしょうか。更田委員長。

更田委員長 改めてですけど、JAEA安全研究センター、与能本さん、丸山さんをはじめ、御協力をいただきましてありがとうございます。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。また東京電力も、規制庁もできるだけ努力はいたしますので、輸送をはじめ関係の方々ぜひ御協力をいただきたいと思います。間もなく10年を迎えて事故分析大変重要ですので、どうぞよろしくお願いいたします。

金子審議官 ありがとうございます。

それでは以上をもちまして、第14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、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。