

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43回会合

議事録

日時：令和6年3月12日（火） 14：00～18：00

場所：原子力規制委員会 13階会議室B、C、D

出席者

原子力規制委員会

山中 伸介 原子力規制委員会委員長

田中 知 原子力規制委員会委員

杉山 智之 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

佐藤 暁 核物質・放射線総括審議官

岩永 宏平 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室長

安井 正也 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 企画調査官

佐藤 雄一 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 上席特殊施設分析官

安部 諭 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 室長補佐

岩野 圭介 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 調整係長

遠山 眞 技術基盤課 課長

平野 雅司 技術基盤課 技術参与

星 陽崇 シビアアクシデント研究部門 上席技術研究調査官

梶尾 大輔 シビアアクシデント研究部門 主任技術研究調査官

入江 正明 放射線・廃棄物研究部門 技術研究調査官

建部 恭成 実用炉審査部門 主任安全審査官

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

平山 英夫 技術参与

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門

丸山 結 フェロー

天谷 政樹 安全研究センター 副センター長
 柴本 泰照 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 規制・国際情勢分析室 室長代理
 島田 亜佐子 規制・国際情勢分析室 福島第一原子力発電所事故分析チーム
 研究主幹
 アリ ハムダニ 安全研究センター 原子炉安全研究ディビジョン
 熱水力安全研究グループ 研究員

日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門

池内 宏知 廃炉環境国際共同センター 燃料デブリ研究ディビジョン
 燃料デブリ取扱技術開発グループ 研究副主幹

外部専門家

市野 宏嘉 防衛大学校 准教授
 浦田 茂 三菱重工株式会社原子カセグメント炉心・安全技術部
 安全評価担当部長
 大石 佑治 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻 准教授
 門脇 敏 長岡技術科学大学 教授
 佐藤 文信 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻 教授
 二ノ方 壽 東京工業大学 名誉教授
 前川 治 東芝エネルギーシステムズ株式会社 シニアエキスパート
 宮田 浩一 原子力エネルギー協議会 部長
 牟田 浩明 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻 教授
 村田 勲 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻 教授
 山中 康慎 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 執行役員

東京大学

更田 豊志 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻 上席研究員

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

中村 紀吉 技術グループ 執行役員
 三宅 修平 技術グループ 技監
 湊 和生 技術グループ 理事特別補佐
 中野 純一 技術グループ 審議役

東京電力ホールディングス株式会社

飯塚 直人 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
遠藤 亮平 原子力設備管理部 設備技術グループマネージャー
今井 俊一 原子力設備管理部 原子炉安全技術グループマネージャー
久米田 正邦 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
試料輸送・建屋内調査PJグループマネージャー

株式会社テプコシステムズ

野崎 謙一朗 原子力エンジニアリング事業部
原子力炉心技術部 マネージャー

議事

○田中委員 本日は、山中委員長が国会対応のため途中から参加でございます。私が初めにちょっと挨拶というか発言させていただきます。

それでは、ただいまから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43回会合を開始いたします。

本日は、対面とウェブ会議システムを併用しての方法で進めてまいりますので、円滑な進行に御協力のほど、よろしくお願いいたします。

本日の議題ですが、大きく二つありまして、一つ目は、3号機水素爆発事象に関する検討状況について、議題の2はその他でございます。その他の中にも幾つか入っております。ということで、本日は議事の進行状況に応じて、また途中で休憩を挟みたいと考えております。

議題ごとに配付資料を用意しておりますので、各担当者から資料を基に説明をいただきたいと思います。

それでは、議事の進行につきましては、安井調査官にお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

○安井企画調査官 ありがとうございます。規制庁の安井でございます。

今日は、お手元に議事次第が参っていると思いますけれども、だんだん、何ていうんで

すか、中間報告というか年ごとに出す取りまとめも近づいているので、二つの種類の議題が交ざっております。最初の3号機の水素爆発関係と最後のスミヤの関係は、技術的議論をすることを目的にしております。それ以外のやつは、どっちかというところと今までの、前回とか、ちょっと議論はしてあるんだけど、どういう決着かなというのがある程度分かるようにして、今後の取りまとめの方向のときに、そんな話じゃなかったよなということがないような確認もしながらという、そういう、どちらかというところと内容の確認という類いの議題等が交ざっていると、このようにお考えください。

それでは、まず一つ目の議題でございます。これは3号機の関係です。今から遡ること3年前ですか、2021年の報告のときに3号機の爆発は多段階に起こったのではないかといったことをこちらの検討会で言わせてもらっているんですけども、それって本当という、そういうことは物理現象として本当にうまくいくんだろうかとかと、こういう当然、確認事項が残っておりまして、それについて比較的地道にいろんな実験とかをしてまいりましたので、それらを今日は少し今までの成果を御披露して、大体どういうことかなということについての確認の進捗状況を理解できればなと思います。

ちょっと急に3年前の話をし始めると分かりにくいと思うので、まずは規制庁の佐藤さんのほうから、こんな課題が残っていて、どういう類いのアプローチをしたかという概括論を述べた後、実は中が三つに分かれているんですけど、小アイテムごとに議論をすると、こういうやり方で進めたいと思います。

それでは、佐藤さん、お願いします。

○佐藤分析官 原子力規制庁の佐藤です。

それでは、私のほうから資料1-1に基づいて、本日、3号機の水素爆発事象の関係の検討について、資料複数ございますので、全体の概要について最初に御紹介させていただきます。

お手元資料、通しページで4ページをお願いいたします。4ページですけども、2021年に取りまとめた中間取りまとめにおいては、3号機の水素爆発事象については、複数の段階によって爆発が生じたとして「多段階事象説」というのを提示しております。

その中で、水素爆発時の幾つかの事象、下に今四つ掲げておりますけれども、これらについては今後の課題という形でしておりまして、この2021年の中間取りまとめ以降に検討を引き続き進めていたというところでございます。

四つですけども、①としまして、水素爆発時の最初の爆発ですけども、2021年中

間取りまとめのときの検討において、映像の分析等から水素の直接漏えいがあった原子炉建屋の5階、オペレーションフロアですけれども、ではなくて4階、あるいはより下層階で最初の爆発というのが生じているように見えているんですけれども、それは科学的に無理なく理解できるかというところの観点が一つ目。

二つ目は、じゃあ、その原子炉建屋4階で生じたと考えられる水素爆発というのが、そのフロアのあの設備等の破損状況を見ると、どうも爆燃現象であるというようなことが推察されると。3階の天井部の梁の損傷も爆燃現象で生じ得るということを、2021年の中間取りまとめのときに防衛大の市野先生に御協力いただきまして簡易計算により示しておりますけれども、それについて水素濃度等も含めて、実験的にそういったことが確認可能かというところが二つ目の視点。

それから、三つ目は、原子炉建屋の南東部の天井付近で、水素爆発の初期のところを確認されている火炎の発色の要因というのが、炭素を含む可燃性有機物によるものだった場合に、その供給源というのがどういったところにあるのかというのが三つ目。

四つ目は、その水素爆発時に上昇した黒煙というのがなぜ生じたのかという、これらについて検討を進めてきたというところでございます。

5ページへ行っていただきまして、本日の説明内容として大きく三つに分けて、これから各御担当等の方に御説明をいただきたいというふうに考えております。

先ほど申しました①の5階の爆発ではなく、4階で生じたように見えるというところに関しては、これまでの事故分析検討会の中でテブコシステムズと東電によるシミュレーションというのが示されております。その中でも4階でどうも水素濃度が高まってという話があったと思いますけれども、今年度はそのシミュレーションの結果を実験的に確認するという目的において、JAEAのほうで実験装置を用いた実験を実施しております。この詳細については後ほど資料1-2のほうで説明をすることにしております。

②ですけれども、先ほどの防衛大の市野先生の簡易計算によって、3階の天井部の梁が損傷したような事象についてですけれども、長岡技術科学大学の門脇先生のほうに、爆燃時における圧力とその継続時間等に関する検討を実験的に実施してもらっておりまして、その結果というのが、その簡易計算の結果と整合するかどうかというのを確認しております。この詳細については、後ほど資料1-3及び1-4にて説明させていただきます。

続きまして、6ページに行ってくださいまして、可燃性有機物の供給源の話の関係ですけれども、これについては昨年、1年ぐらい前に、格納容器内の可燃性のある物質の可

能性あるものとして、ケーブルとか保温材というようなものを挙げて、これらに関する加熱試験等を行っておりますけれども、可燃性有機物がこれらによって、熱分解としては生じるんですけれども、生成物が分子量の小さいものであって、量的にも限られているというところから、あの火炎色を出すようなものには至らないんじゃないかというような話がありました。

ほかの供給源としてどういったものがあるのかなということで、いろいろ見てきたところ、原子炉建屋の天井部に、後ほど資料1-5の中で紹介しますけれども、どうもその可燃性有機物の供給源となり得るようなものがあるということがちょっと見えてきたので今日御紹介をさせていただきます。

以上が今日、水素の関係で資料、この後、1-2～1-5の説明の全体の概要でございますので、続いてでよろしいですかね。1-2のほうで、JAEAの柴本様から御説明をお願いできればと思います。

○JAEA（柴本ディビジョン長） では、柴本のほうから、CIGMA装置体系での凝縮による、声が入っていますかね。

○安井企画調査官 マイクのほうにお口を向けてお話をお願いしたいと思います。

○JAEA（柴本ディビジョン長） JAEAの柴本でございます。

このスライドにある、CIGMA装置体系での凝縮による水素局所化に関する実験と題して、実験を1月に行いましたので、その速報として報告したいと思います。

次、お願いします。このはじめにのところは、先ほど佐藤さんのところで説明されたとおりなんですが、3号機建屋では水素の「2段階爆発」というのが1F検討会では検討されておりまして、その理由としまして、TEPSYSさん、TEPCOさんの数値解析によって、蒸気、水素が供給されるオペフロのほう、5階のほうでは酸素欠乏となったが、4階では水素の凝縮によって、その5階に供給されたものが4階に移行してきて凝縮して水素が多くなったということが言われております。この現象は、供給される蒸気やガスと、その移行と凝縮という、そのバランスで分布が決まるものであると思われます。これを我々JAEAにありますCIGMAという格納容器を模したような装置がございますので、それで再現できるのではないかとということで、昨年度、第37回の会合で提案させていただきまして、その実験条件の境界条件につきましても、こんな感じでどうかというのを御説明させていただいたところ です。

次、お願いいたします。どんなことをやろうかと思っていたかというのがこのスライド

で説明しております。左側の図がCIGMAの試験容器でして、高さが10mぐらい、直径が2.5mの円筒状の容器となっています。これを、「仕切り板」と書いておりますけど、これを2枚入れまして、上中下の3階層に分けまして、一番上を5階の建屋のオペフロ、真ん中を4階で、一番下が3階以下と、そういうふうに見立てまして、その一番上に水蒸気とヘリウム、この装置は水素が使えませんので、水素の模擬体としてヘリウムを供給して、それで壁を冷やしてやりまして、それで容器の中のガスの分布がどうなるかという実験をしたというものです。

まず、ヘリウムというのは、この手の水素の移行を調査するときに模擬物質としてよく使われるものでして、ここにも少し書きましたが、ドイツのTHAIという装置では、このヘリウムと水素を同じような実験して、ヘリウムは水素のよい模擬体であるということが示されております。なので、我々もこのヘリウムを使っている。

左の図を見ていただくとお分かりのように、実際の原子炉の建屋、福島建屋とは全く違う形状をいたしておりますので、容積とかも全然違いますし、なので、この実験結果をもって事故がこうであったと、これで再現できたということは、そういうことは、再現することは不可能だと思っています。ですので、ここでは、先ほど申しましたように、移流と凝縮駆動による水素の移行とその蓄積というものを、その物理現象を支配する要素を調査するという方針で、そのバランスによって中の水素分布、ヘリウムの分布がどうなるかというのを把握するということを目的といたしました。

とはいっても、その実験のベースケースとしては実機に近いというか実機の組成を再現するようなものを目指したいと思いますので、TEPSYSさんのGOTHIC解析を参考にしたいと。ただ、その境界条件については分からないところがたくさんありますので、拡散から移流に至るまで現象を幅広く押さえられるようなものを設定してやりたいという方針です。

次、お願いします。まず、そのスケーリングの検討ですけど、まず、その容器の中にガスを供給するのを、どのぐらい供給するかというのを検討しました。これは幾つか考え方がありますが、ここでは容器の体積比に対して何g/sと流量を決めたということにいたしました。容器といっても一番上の5階部分ですか、オペフロ部分とCIGMA装置の一番上の、仕切り板の一番上の部分の体積比に対して流量を合わせたいということをしました。ただ、1F3号機はその格納容器から建屋のほうに漏れ出してから水素の爆発に至るまで約19時間という長い時間で、建屋の容積も非常に大きいので、すごくトランジェントがゆっくりとしたものであったと。流量がその体積に比べてすごく小さいものです。

一方で、CIGMA装置ですと、そのような非常に微量な流量というのが計測器の制限上、できないということがありました。ここに示したように、大体、蒸気と水素の流量比が100対1でオペフロに供給されるという解析だったんですが、この比を守って、CIGMAの流量計で最低流量、計れる流量でやろうとすると、大体、実機の30倍ぐらいの流量設定が限界でした。なので、この30倍で今回はやってみたというものです。

その供給する、今のは流量ですけど、エンタルピーに換算しますと、TEPSYSさんの解析は475℃という非常に高温の蒸気を入れていたので、これを下げて、120℃ぐらいにして、そうするとエンタルピー比で言うと6倍ぐらいというスケーリングになります。言わば、これで体積比に対してたくさんの流量を供給することになるので、加速実験をしているというようなのだとみなすことができます。できると思っています。ただ、そのまま時間を短縮して現象が見られるのかというと、幾つか注意が必要と思っております、次、お願いします。

その一つが、その前のページですかね、すみません、その前のページですか。すみません、11ページ、そうです、はい。「スケーリングの歪み」と書いてありますが、供給する蒸気・ヘリウムが上から仕切り板の穴を通して下に移行するわけですけど、下で蒸気が凝縮して水素が、ヘリウムが濃くなりますと浮力が働くと。浮力でその下に来るのをせき止めるような、浮力とその移行の対向流になるような形になるので、その比はフルード数で表せるとすれば、このフルード数が今回のCIGMA実験条件ですと大体2ぐらい、実機の想定量ですと0.1以下と。だから1桁ぐらい低いものになるというものです。なので、今回の実験ですと、加速実験であると同時に下に移行しやすい条件でやっているという、ここは注意しなければいけないところだなと思っています。なので、より小さい流量でも今後やりたいとは思っていますが、今回はフルード数大きめの条件でやったというものです。

次、お願いします。そうしまして決めたのがこの実験条件でございます。ちょっと英語で書いてあって読みにくいですけど、上のほうはその温度とか流量、今言ったものを設定しました。

もう一つ境界条件として大事なのが、どれだけ冷やすかというところなんですけど、これは解析等々からでも、その情報が少なく、何Wで冷やしているということがよく分からないと。実機の場合は、ヒートシンクは外気への放熱と、そこにある壁とか内部の構造物の熱容量がヒートシンクになると思います。そのヒートシンク、密度とか容積から計算して昇温時間で割ってやれば伝熱量というのが出るわけですけど、これ、今ちょっと情報が

少ないながらもチャレンジしているところですが、ちゃんと定量的には求まっておりません。なので今回は、ここに示したようにCIGMAの外表面冷却で容器を外側から冷やせるようになっておりますので、その冷却水の温度を50℃と90℃と設定してやりました。これはTEPSYSさんの解析結果から、その外壁の温度とか天井の温度ですかね、50℃～90℃とか、そのぐらいで推移していたということも参考にしながら、この温度に設定させていただいています。

次、お願いします。実験に先立って、まずCFDの解析、数値流体力学という計算コードを使った解析もしてみました。Case1、Case2というのが50℃で冷やしたものと90℃で冷やしたもので、左から1000s、2000s、3000sとなっておりますが、このように上に供給して、これはヘリウムの濃度分布を示したものですけど、上層階よりも中間とか、さらにその下の下層階までヘリウムが蓄積していると。この様子というのは、TEPSYSさんのGOTHICの解析と非常に類似したもの、水素の分布に類似したものとなっております。これを踏まえて実験をいたしました。

次、お願いします。これが実験手順ですが、まず、設定した50℃、90℃の冷却水で容器を温めてやって、初期の容器の中のガスは空気だけなんですけど、外側を温めるので内部の空気も温まることになります。下が初期の温度分布ですけど、赤が壁、青が内部の空気の温度分布です。仕切り板2枚目の上からは冷却水で冷やしている、この場合、温めているわけですけど、ほぼ均一の温度になっていると。それより下ですと室温に下がっていくような、温度成層の形で、ここに、一番上に蒸気・ヘリウムを供給してやると。計測は、温度計と、あとガスの濃度計で計測しています。

次のページが、この凝縮量を積算したものです。仕切り板のところにガターという溝がありますので、そこで凝縮量を受け止めて計測できるようになっております。これ、ちょっと見にくいですけど、結果だけ言いますと、よく冷やしたCase1のほうは容器の上半分でほぼ凝縮が完了したと。90℃のほうは、下のほうまで蒸気が移行して凝縮がしているという結果でした。

このときのガスの濃度分布がどうなっているのかというところですが、次のページがこの濃度計の生データでして、これは過飽和の状態ですので、液滴を吸ってしまうとこのように振動してしまうんですが、これをlow-pass filterかけて滑らかにしたもので、縦方向の分布をプロットしたのが次の図です。

これがヘリウムの濃度分布で、上の赤が50℃で冷やしたものの、青があまり冷やさない

90℃のものです。最初、ヘリウムは0%なわけですけど、上の段が500秒置き、下の板が2,000秒置きでプロットしたもので、Case1のほうから、どちらのほうも、上のほうからだんだんヘリウムがたまっていくんですが、だんだん下に移行していったって、Case1ですと中間階、Case2ですと下のほうでヘリウムがたまったという結果になりました。

次のページが、この空気の同じような分布です。最初、空気100%で始まりまして、こちらは供給せずに、元あるものがその供給ガスによって下側にパージされて下に移行していくという様子が見てとれます。

すみません、大事なことを申すのを忘れましたが、この容器は閉じておりませんで、一番下のほうはドレンで開けてまして、供給したガスが下に抜けていくような体系で実験しています。その下に穴がありますので、空気は下のほうにだんだん移動していったって、蒸気が凝縮されないような、Case2のほうがより置換が速やかに進んでいると。上のほうはほとんどガスが、空気がなくなるという結果になっています。Case1についても空気の濃度は低くなっております。

次、お願いします。これを、いわゆる三元図、シャピロ線図のところにプロットした時間、変化をプロットしたものがこの図で、もちろんヘリウムですから燃焼しないんですが、ヘリウムを水素と見立ててプロットしたものがこれです。青がCase1、緑がCase2のもので、三角形が三つありますけど、ELの上のほう、5階と真ん中と下というところで示しています。青のCase1ですと、5階とか、もしくは4階、中間階のところで水素、ヘリウムがたまりがちになって燃焼領域を通過していると。一方で、Case2ですと、一番上は空気がどんどん減っていったって蒸気ばかりがたまって、ヘリウムもたまらないと。一方で、一番下のほうでは、ここでの凝縮でヘリウムがたまるような結果になったということになっております。

次のページ、お願いします。最後の図が温度のコンター図で、Case1は蒸気が下層階まで及ばないので冷たい層が残っていますが、Case2のほうですと、時間とともに蒸気によって下のほうまで温められるという結果になりました。

以上が結果でございまして、最後、おわりにですが、今回の実験では30倍の流量で実験をしてみた。

壁の冷却条件によってヘリウムの蓄積には違いが見られまして、ヘリウム濃度、冷却が強い場合は中間層、弱い場合は下層までヘリウムの移行が進んだということです。

このような分布は、最初にも申し上げましたが、移流、拡散、冷却のバランスで決まる

ものですが、定性的には、今回、その蒸気・ヘリウムが供給される空間よりも離れたところでヘリウムや空気の蓄積というものは生じるだろうということがこの実験では示されました。

スケーリングの歪みとしましては、最初に申しましたフルード数のところがございいますので、より低い流量、低いフルード数での実験が今後もやっていきたいなというように考えております。

すみません、長くなりましたが、以上です。

○安井企画調査官 ありがとうございます。

今のお話は実験施設なので全く同じプラントと一緒にとは言えないけども、TEPSYSの計算であった、あるいはTEPSYS、東電か、の計算にあったように、トップヘッドフランジから出たであろう水蒸気と水素が一緒に出た、その当該空間よりもその移行先で爆発条件に到達することもあり得るよと、こういうことなんだと思うんですけども、今ここで使われている条件設定は、とても、何ていうんでしょうか、不安定なものなんでしょうか。それともそこそこ、ちょっとぐらい条件が変わってもこの結果に大きく影響は出ないだろうと思われるものなのでしょうか。

○JAEA（柴本ディビジョン長） Case1については同じ条件で再現実験を行っておりまして、ほぼ同じ結果が得られておりますので、流量が多少違うとか、それで結果が大きく変わるようなことはないとは思っております。

○安井企画調査官 それから、ちょっと若干の情報で、壁を90℃と50℃に設定されてますが、あれ、ちょっと事前をお願いしてあったと思いますけど、東京電力のほうで、TEPSYSさんの計算でやったときには、壁の温度は結果どのぐらいになっていたかという情報は、大体、そんなに特殊な設定じゃないということを理解するために知りたいんですといってお伝えしてあったと思うんですが、どなたかお答えしていただけますか。

○テプコシステムズ（野崎マネージャー） テプコシステムズの野崎です。よろしいでしょうか。

○安井企画調査官 はい、野崎さん、いつもお世話になっております。お願いします。

○テプコシステムズ（野崎マネージャー） お世話になっております。

私どもで実施したGOTHICの解析ですけれども、ここで示されています50℃とか90℃とかという温度と大体整合したような結果になっていると認識しています。もちろん3号機の格納容器から漏えいが始まる前は室温に近い状態で、そこから高温の水素なり水蒸気が出

てきますと、だんだんと温度が上がっていくという状況になります。我々の解析で言いますと、爆発の直前ぐらいの状態で、大体、5階の壁が90℃付近になってます。それと、4階の天井付近の温度、天井の部分の表面温度が50℃ぐらいというふうな結果になってますので、このCase1というのが4階の状況を見るのにいい条件なのかなと。あと、Case2のほうで5階の状況を見るのにいいのではないかなというふうに見た次第です。

以上です。

○安井企画調査官 ありがとうございます。それから、さっきフルード数の話がありましたけども、たしかTEPSYSの計算のときは19時間、どのタイミングでどういうふうに出たか分からないから、取りあえず等速で計算したんだったと思う、等速って同じ一定速度で計算しているんですけど、実際の格納容器の圧力を見ると、水素爆発の直前3時間、2時間ぐらいかな、が最高圧力0.7MPaGぐらいありましたので、意外とその直前に固まって出た可能性はあるというのは一応、補助的説明なんですけれども、だから、そのとき本当にそうだったかと聞かれるとよく分からないので、むしろパラメータを広げた安定性の実験をすると、もうちょっと足場が固まるかなと、こういうことなんだと、じゃないかなというところまでの今ちょっと補足の説明をさせていただきました。

今のちょっと一連の情報を基に、この実験について疑問点とか、こういうふうにしたらいいいよというアドバイスとか何かあればコメントいただきたいと思います。

浦田さん、どうぞ。

○三菱重工（浦田部長） 三菱重工の浦田でございます。

御説明、ありがとうございます。二つ、すみません、質問させてください。まず、お話の中でも言われましたけども、一番下のドレン用の出口、これの、いわゆる凝縮駆動を今議論しようとしたときに、その凝縮駆動に対して、ここから出ていく量というのはどれぐらい影響があるのかというのが一つと、あと、仕切り板を入れていただいたんですけど、これの（穴の）大きさによってコンパートメントの移行の抵抗は違ってくると思うので、今、御質問あったように、条件としてどれぐらい効いてくるのかという、二つ御質問したいと思います。

○JAEA（柴本ディビジョン長） 資料の6ページのところに実験条件が書いてありますが、一番下に大気開放していると。ここの流量を計っていないんですが、温度は、圧力はずっと大気圧で推移しておりますので、供給したガスと凝縮した分の残りが下から出ていくということにはなるのかなと思います。それが現象にどう影響したか。例えばこれを閉じち

やったらどうなるかというところですけど、その実験はまだやっておりませんが、この上にガスを供給して下から出すというのは、よくこのCIGMAの装置では実験条件をつくる時に、これはよくやるんですけど、大体、その上に熱いものをして室温の空気は下から抜けると、蒸気を入れて空気が全部置換されるとか、そういうことにはなって、この実験もそれと似ているというところで、閉じたらどうなるかというのですと、やっぱり上のほうにたまって下のほうに空気が圧縮されるような結果には、定性的にはなるとは思います。

もう一つ、仕切り板とその穴ですけど、これ、すみません、御説明いたしませんでしたが、この絵にあるように、仕切り板が丸くて、そこに直径が25cmぐらいの穴が9個あって、開けられるようになっておりまして、そのうちの1個を開けていると。これがその容器の断面積に対する開口比が、TEPSYSさんの解析と合うように設定はいたしております。

以上です。

○安部室長補佐 規制庁の安部です。

その開口比を例えば変えたり、例えばこの仕切り板がなかった場合というのが、その現象的にどう変わるのかということが多分、御質問だと思うんですけども、そこら辺はどうでしょうか。

○JAEA（柴本ディビジョン長） 開口比を変えた実験も今後やっていきたいと思うんですけど、実験はしてないんですが、解析のほうで、これは仕切り板がなかったらどうなるのかというのも解析ではやっておりまして、なくても、やはり同じ条件ですと、例えばCase1ですと中間階というか、その真ん中辺にたまと。真ん中辺のヘリウムが濃くなって、上が薄くなるという結果は出ておりました。その辺の仕切り板の効果も今後見ていきたいなとは思っております。

以上です。

○安部室長補佐 ありがとうございます。

○安井企画調査官 ところで、この種の仕切り板の議論、TEPSYSさん側の解析上もそんなんだけど、あの物揚げハッチというのは、あれ、たしか中越沖の教訓か何かで、運転中は閉じて、シールまでしたかどうか僕は覚えてないんですけど、鉄板で蓋してあったように思うんですけども、そういう理解でいいんですって。

○JAEA（柴本ディビジョン長） 御指摘のとおりで、中越沖地震のときにスロッシングで使用済燃料プールの水がオペフロに流れると。そうすると、そこから出てきた水が開口部を通じて下に落ちてしまうので、運転中は閉じる運用をしていたというふうに理解してお

ります。

以上です。

○安井企画調査官 そうすると、この、何というんですか、2.5mの円盤に25cmの直径の穴が9個というのは、かなりちょっと大きめのような気がして、実際には4階と5階の間は階段だけなんだ、あの上の階と下の階をつなぐものは。

○JAEA（柴本ディビジョン長） 運転中に開いてるということでは階段のところ、四つのコーナーのところにあるやつ、あれだというふうに認識してます。上です。

○安井企画調査官 だからちょっと、その辺はもうちょっと議論、何というか、情報をこちらでも供給しますので、また、そのパラメータの設定に使ってもらえとは思いますが。

○JAEA（柴本ディビジョン長） はい、了解いたしました。

○安井企画調査官 ほかに何かコメントのある方はいらっしゃいますか。どうぞ。

○NDF（山中執行役員） NDF、山中です。

今の議論からすると、やはりBWRの二次格納容器ですので、大気開放しているというのがどれぐらいこの実験結果に影響しているのかというところは、やはり確認をする必要があるかなと思いました。もともとが閉鎖系ですので、その効果をこれから見ていただければなというふうに思います。

○安井企画調査官 これはちょっと、山中さんに質問なんですけど、トップヘッドフランジからオペフロに対して気体が供給されていて、それでブローアウトパネルが開いてないと仮定すると、その間、出てきたガスは中にたまって圧が上がるなんていうことはあり得ませんよね。なぜなら30kPaでブローアウトパネルは開くからです。ということは、場所はよく分からないけど、高いところも低いところも含めて、二次格納容器という言葉は使っていらっしゃるけれども、それなりに出口に抜けていく、例えばシャッターのところとか、ルーバーはリアクタービルディングじゃないんだけど、ブローアウトパネルの、あれもはめてあるだけですから、そういうところから出ていくことは間違いないんですね。だから密閉空間として考えるんじゃなくて、その圧力が均衡するように、それなりに漏えいする場所が、何ていうんですか、オペフロだけなのか、その下の、一番分かりやすいのは大物搬入口のハッチですが、そっちと、その二つのどちらが効くかって、そういう設問だと思ってよろしいですか。

○NDF（山中執行役員） NDF、山中です。

はい、そのように考えたほうがいいのかと思います。今、単純に開放されているだけな

ので、その辺りの効果がどういふような影響を持っているかということを確認しないといけないかなと思いました。

○安井企画調査官 分かりました。それは、いろいろまたデータをもらって、多分、実験も、できればシミュレーションのほうも共に条件をアップデートしていけばいいんじゃないかと。ただ、基本的には成り立たない話じゃないということが証明されてきているという道のりにあるんじゃないかと思いますけど。

ほかに御意見のある方はいらっしゃいますか。

じゃあ、安部さん、どうぞ。

○安部室長補佐 ちょっと確認なんですけど、この50℃、90℃の温度条件の設定というのは、先ほどの野崎さんの質問、御回答だと、5階部分が90℃で下の部分が50℃だということなんですけれども、これのCIGMAの中での温度の変更ってできるんですかね。

○JAEA（柴本ディビジョン長） 冷却は水がめがありまして、それを供給する形で上と下に供給できるんですけど、水がめは1個しかないんで、同じ温度しか設定できないんですね。ただ、最初に冷たい水をためておいて、下は温めたものをためるとか、ちょっと境界条件としては低温条件とか不安定にはできないかもしれないんですが、似たような条件設定はできると思いますので、今言ったようなTEPSYSさんの解析に近いようなバウンダリコンディションでやることもちょっと考えています。

○安部室長補佐 ありがとうございます。となると、多分、そういうふうに、ちょっと境界条件として不安なところがあるという場合だと、やはり解析の力をどこかで借りていかなきゃいけないとなってくるので、取りあえず現在ある実験データとその解析で有効性評価というか、バリデーションをしつつ、新しい実験のデータを取るという、そういうふうな両輪で進むといいかなと思うので、御検討いただければ幸いです。よろしく願いいたします。

○JAEA（柴本ディビジョン長） はい、了解いたしました。私ども、CFDのツールも持っておりますので両輪で進めていく予定ではございます。

○安井企画調査官 ほかにございますか。

じゃあ、岩永さん、どうぞ。

○岩永室長 先ほど浦田さんから御質問があった、そもそも抜けているところ、あと二次格納のちょっと誤解をしないようなイメージの構築が必要で、あれは結局、電源がある状態で引いているというか、あるから外に行かないという領域かというのが正しい表現かな

と、閉じ込めているというよりはですね。その中で、そのオペフロを90℃ぐらいまで温めるというか、温度が上がっているところまでは多分、蒸気がたまることができると。そこからダウンストリームに移行していくところが多分、解析の力を借りないといけないというのはそうなんですけど、この11ページで、ちょっと気にしてるのは、その下が閉じていることによって、その凝縮によって生み出される浮力、何を気にするかというのをちょっとはっきりしておきたくて、閉じることで求めることは、結局、その抜けていく蒸気が再度戻ってくるというか、上から落ちていけないことを、下を閉じることで再現していきたいのか、そこをちょっとはっきりしておきたい。閉じることって、やっぱりちょっと大きく条件が違ってくるというか、本当にどうなのかというのを検証しないといけないので、ここって閉じるべきだと思われるんですか。閉じたほうが本当に実体系を表すのか、それともこれはあまり依存性がなくて、今、30倍ぐらいの勢いで供給をしていて、大体同じような、TEPSYSと同じような結果が実験的にできているので、供給と抜けている関係というのがあまり依存性がないように私は思っているんですけど、ここはやっぱり閉じるべきなんですかね。

○三菱重工（浦田部長） 三菱重工、浦田でございます。

すみません、私がお答えするべきかどうかよく分からないんですけど、まず一番最初にしたのは、このドレンの大気開放の穴が何を模擬しているのかというのが一番最初の疑問です。実験的にそういった手法で、入るものと出すものについて濃度を見るためにというのであれば分かるんですけど、それはやっぱり実験の目的次第ではないかなと思います。

○岩永室長 ありがとうございます。今回、その凝縮を下層階がするというのを踏まえれば、温かい蒸気がそこに駆動しているというふうに考えるものもあれば、蒸気が押し出して下に押し下げているという現象も多分混ざっているんだと思うので、そこはちょっと先ほど安部君が言ったような、解析で合わせて条件を決めてあげて、その一端を見てみるとか、そこから多分入ったほうがいいのか。だから閉じる話、ちょっと離れているかな。結構な階層が、20～30mのビルディングですから、その間でどれくらい凝縮とか温度差が生じるかというのをまだつかめていないので、そこもちょっと条件として加えていくんじゃないかなと思っています。分かりました。了解です。

○三菱重工（浦田部長） すみません、それにかぶせてなんですけど、今、OpenFOAMとGOTHICの解析がありまして、その条件というのは、今、我々が議論している、その大気開放への何か流出というか、それは模擬されているのでしょうか。

○安井企画調査官 野崎さんはお答えできますか。

○テプコシステムズ（野崎マネージャー） テプコシステムズの野崎です。

1F3のこの解析をした際には、大気に、環境にその建屋内のガスが出ていくというところは模擬しております。といいますのは、SGTSがフェイルオープンで開いていたというふうに想定をしまして、ダクトから2階の辺りを通じて排気筒のほうに出ていったのではないかというふうな想定で今おりまして、やっております、5階のほうでガスが漏れてきますと、それで物質量が増えてきますので、その分押されて、きっと下のほうの空気が出されていくと。それで圧力はそれほど上がらずに事象が推移していったんではないかというふうに考えております。

以上です。

○安井企画調査官 まあ、あれですね、結局、その建屋の下のほうから外に出る流路があって、それで、そこに設定した条件はSGTSのフェイルオープンラインが開いていると、こういうことですね。

○テプコシステムズ（野崎マネージャー） そのとおりです。

○安井企画調査官 はい、分かりました。趣旨は分かりました。ちょっと適否はまた別途議論があるかとは思いますが。

それから、宮田さん、手を挙げておられましたけど。

○ATENA（宮田部長） ATENAの宮田です。

今の件で、ちょっと一番最後のフェイルオープンの話を聞いて、あれっと思っちゃったんですけど、SGTSの設計値というか、流量と、それから差圧ですね、内外差圧、これがあるので、相当開口面積というのは評価できるだろうと思ひまして、それを一つの目安として、ここ下の穴の大きさを変わるとか、あるいは、本当は上のほうでも開いてると思うので、その辺をどう考えるかというようなところの整理が必要かなというふうに思いました。

以上です。

○安井企画調査官 星さん、どうぞ。

○星上席調査官 規制庁、星です。

先ほど安部さんのほうから質問があって、オペフロが90℃で、下の階が50℃のようなことが御指摘あったんですけど、今回の資料の20ページを見ると、Case2の場合には、中間階が90℃近傍で、一番下の階層が最終的には50～60℃ぐらいになっていて、先ほど御指摘

のあったような条件に、ちょうど下のほうはなっているんじゃないかと思いますが、この辺、いかがですか。

○JAEA（柴本ディビジョン長） 確かに、結果的に言いますと、そのガスの分布としてはそのような結果にはなっていますね、はい。ただ、はい。

○岩永室長 多分、これ、もしかしたら5階に見立てている領域がちょっと狭いのかも知れないですね。体積比をしっかりと押さえていく必要はあるんでしょうけど、今はまだ、これがこういう現象が起こるということを証明するための実験なので、多分、そのスケールリングに近いバランス、マスバランスに応じた領域というか、体積比というのを多分用意されると、もしかしたら、これは星さんが言うように、そこは見えてはきているけど、今の見立てとは少しずれているような感じはするけど、何か行きそうな感じですよ。それにしてもちょっと気にしていただくといいのかもしれない。

○JAEA（柴本ディビジョン長） はい、この壁やガスの温度というのはその結果でして、計算も結果ですが、やる上では、その境界条件をどう設定するかが大事で、それは、やっぱり結局、温度というより除熱量がどれだけあるかというのを設定しなきゃいけないわけなんですけど、それがよく分からないわけですね。なので、そこは、さっき安部さんからコメントがあったように、今回は上と真ん中を一律に冷やしてますけど、一律に冷やさないとどうなるかと、そういうところを、やみくもにやることはできないですけど、ちょっと当たりをつけながらやっていきたいなというようなことは思っております。

以上です。

○安井企画調査官 星さん、継続コメントですね、はい。

○星上席調査官 はい。先ほどの質問というかコメントは、その温度分布がある場合にもこういう凝縮が起きて、水素濃度、ヘリウム濃度の上昇があるのかという質問というかコメントだったと思うんですけど、17ページの結果を見ると、今のように上の温度が高くて下の温度が低い場合にちょうど青い線で一番下層階のヘリウム濃度が上がることがこの実験で確認できているので、今のような温度分布があっても、やはりこういった凝縮によって水素濃度、今回はヘリウムですけど、そういった濃度の上昇というのは現象として起こり得るということが今回の実験で既に確認されているのではないかなと思います。

○安井企画調査官 よく分かる、とてもいい御指摘で、結局これはあれですよ、壁面が90℃、つまり沸騰点に近づいてくると凝縮が進まなくなる。もちろん供給点に近いという点もあるんですけど、その二つからだんだん蒸気でいっぱいなんだけど、壁が50℃になる

と凝縮が進むので、そこで水素分圧が相対的に上がって爆発条件に到達するという意味では、90℃の領域が一番上と真ん中ゾーンだろうが、一番上だけだろうが、あんまり関係ないんじゃないかって、そういうことですね、言いたいことは。それでいい。

○星上席調査官　そうです、はい。

○安井企画調査官　はい、分かりました。そういう意味じゃあ、この実験のある意味は十分もう既にクリアされているんじゃないかって、こういうことですね。

○星上席調査官　規制庁、星です。

最初御説明あったように、まず現象のほうを見たいということなので、今回の実験でそれが、目的が達成されているんじゃないかというふうに感じました。

○安井企画調査官　分かりました。

これ、なかなか、みんな興味があってどんどん進むんですけど、ちょっと時間の関係もございまして、ある程度やったところで、ただ、やっぱりちょっと実際の建屋は、やっぱり漏えい点がトップヘッドフランジじゃなくて、失礼、失礼、ブローアウトパネルと下のほうとか、SGTSの開口部とか、いろいろあるので、もうちょっといろいろ考えられるかなという問題と、それから、各階の仕切りは、特に5階と4階の間は意外としっかりしているかもしれないよと。つまり、物揚げハッチのところに蓋がされているので、言わば四隅にある階段だけなので、相対的な開口面積は、実は限られているかもしれないというような情報を使って、またアップデートしていただければと。ただ、実際、成果としては90℃、100℃に近いような温度になったところでは、なかなか水蒸気の凝縮が進まないで爆発条件にならなくて、50℃とか、それは50でも40でも60でもあまり変わらないような気がしますけれども、そういう凝縮が進む温度、壁がそういう空間になると、そこで到達するということがある程度言えるところまで来たんじゃないかと。ただ、それがどのぐらいユニバーサルに設定、確立するかはもうちょっと追加のパラメータサーベイが必要だと。このぐらいの理解でよろしいでしょうかね。

それでは、この問題はここまでと。

○安部室長補佐　すみません、規制庁の安部です。

最後、ちょっと一応1F室の担当をさせていただいたんですけど、これ、短い時間でJAEAだったり、TEPSYSと東電の皆様だったり、有識者だったり、基盤グループの皆様の御協力を得ながら実験条件を決めることができて、実験の実施まで行けたので、一言ここでお礼を言いたいと思います。ありがとうございました。

○安井企画調査官 ありがとうございます。

それでは、次のプレゼンを、長岡技術科学大学の門脇先生にお願いをしたいと思います。

みんな、すぐヒートアップするので、説明はできるだけコンパクトにさせていただいて、皆さんの議論の時間が確保できるように御協力をお願いします。

○門脇教授 長岡技術科学大学の門脇でございます。

本日、お話しする内容は、昨年4月の事故分析検討会で報告させていただいたものから約1年間にわたりまして我々は実験を進めていきましたので、それらをまとめたものをこの度報告させていただきたいと思います。

次のページをお願いいたします。事業目的としては、1F事故に関しまして、水素爆発のときに可燃性有機ガスがやはり影響を与えたのではないかとということで、それに関する実験を行ったというところでございます。

次のスライドをお願いいたします。まず最初に、いわゆる予混合燃焼ということで、燃料と酸化剤である空気があらかじめ混ざっている状態で火をつけたとき、いわゆる爆発、爆燃と呼んでおりますけれども、それがどういうふうな現象になっているかという実験を行いました。最初の①の場合は、水素のみということで、水素濃度10～20vol%、あと初期温度を25℃と75℃に設定して、爆燃現象を観察しております。

次のページをお願いいたします。こちらの場合は、水素プラス可燃性有機ガスの爆燃現象で、ここでは可燃性有機ガスとしてメタンを採用させていただいております。水素濃度は先ほどと同じように10vol%、15vol%、20vol%、そしてメタンの濃度としては1vol%と2vol%を採用しております。また、温度としては先ほど同様に、25℃と75℃というふうに設定しております。

次のページをお願いいたします。こちらが密閉型の燃焼容器でして、内容積が73Lと。観察窓が、直径が300mmと、これは大きくすることによって中の爆発現象を詳細に見るためということでございます。それと初期温度を75℃に設定するために、周囲を断熱材で囲っているということです。

では、次のスライドをお願いいたします。こちらが燃焼試験システムでございまして、燃焼器の中に中心で点火して、その様子を、シュリーレン画像を撮ると。そして、その中の圧力変化を時系列で計測するという、大ざっぱに言いますと、そのような流れになっております。

次のスライドをお願いいたします。ここからは実験結果ということで、予混合燃焼にお

いて、初期温度が25℃。上の段がシュリーレンの画像、下の段が圧力履歴ということになっています。この場合は、水素のみで、左側から水素10vol%、15vol%、20vol%ということになります。着火後、中心添加しますので、火炎が周囲に伝播いたしますけれども、水素濃度が10vol%の場合は伝播速度が必ずしも大きくないということで、浮力の影響を受けて、上昇部、火炎が上のほうに移動しているということになります。また、水素濃度が高くなるにつれて伝播速度も大きくなり、また加えて、最大圧力も単調に大きくなるということが示されています。

では、次のスライドをお願いいたします。こちらは水素濃度が10vol%で、メタンの濃度が0vol%、1vol%、2vol%の場合の結果を示したのになっております。点火するメタンの濃度が高くなると伝播速度は大きくなり、かつ、最高圧力も大きくなるという、そういう傾向が見てとれます。

では、次のスライドをお願いします。こちらは水素濃度が15vol%で、メタン濃度が0、1、2vol%と。定性的な傾向は、先ほどの水素濃度10vol%と同じになっています。

次のスライドをお願いいたします。こちらが、水素濃度が20vol%、メタン濃度が0、1、2vol%ということで、定性的な傾向は同じで、水素濃度が高くなれば伝播速度が大きくなり、かつ、容器内の最大圧力が高くなっております。

では、次のスライドをお願いします。こちらが最大圧力、初期温度が25℃のときのものをプロットしたもので、横軸が水素の濃度、左側の図ですけれども、メタンを0vol%、1vol%、2vol%というふうにメタンを添加することによって、全体的な容器内の最高圧力は高くなり、また水素濃度が高くなると最高圧力が高くなります。

右側の図は、横軸をいわゆる当量比で取ったものになっております。当量比が大きくなる、つまり燃料の量が大きくなりますので、全体の発熱量が大きくなります。それに従いまして、容器内の最高圧力が単調に高くなっていることが見てとれます。

それでは、次のスライドをお願いします。これからお示ししますのは、先ほどと似たような図が幾つか続きます。初期温度が75℃の場合で、水素濃度が10vol%、15vol%、20vol%、メタンが含まれていない場合になっております。初期温度が高くなると、火炎の伝播速度は相対的に大きくなります。

では、次のスライドをお願いします。こちらが75℃で、水素濃度10vol%でメタンを0、1、2vol%添加したものと。定性的な傾向は初期温度が25℃のときとほぼ同じです。

次のスライドをお願いいたします。こちらが、水素濃度が15vol%の場合です。

次のスライドをお願いします。こちらが、水素濃度が20vol%の場合ということで、先ほど同様にメタン濃度が高くなる、また水素濃度が高くなるとともに、伝播速度は大きく、かつ、最大圧力は高くなっております。

では、次のスライドをお願いいたします。こちらは初期温度が25℃のシュリーレン画像が左、75℃のときのシュリーレン画像が右になっております。中の燃料の量は、水素が10vol%の場合になっております。初期温度が高くなりますと伝播速度が大きくなりますので、浮力の影響は相対的に受けにくくなります。したがって、初期温度25℃の場合は、火炎は上方に移動しますが、75℃の場合はその上方への移動というのはごく僅かというふうな感じになっています。また、初期温度が高くなりますと、火炎面が相対的に滑らかになる傾向があります。このシュリーレン画像からでも、大まかではございますけれども、そういった傾向が見てとれるというところになります。

では、次のスライドをお願いします。こちらが初期温度75℃における最大圧力を示したものになりまして、先ほど、初期温度25℃の場合と同様に、当量比が大きくなるとともに、単調に最大圧力は高くなっております。

では、次のスライドをお願いいたします。2021年の中間取りまとめの中で防衛大学の市野先生、今日も御出席いただいておりますけれども、その報告書の中で、3号機3階天井部の梁の損傷に関しての解析がなされておまして、ゲージ圧で300～500kPa程度の圧力が20～40ms作用すると、実際に観察された変形と同程度の変形が生じ得るという、そういう報告がございます。

その結果と今回の結果を比較したのがこちらの図になっております。市野先生の圧力は、これはゲージ圧でございまして、我々の場合、特にこういった爆発現象を扱うとき、絶対圧を使うことが多いんですが、絶対圧の場合ですと、400～600kPaということになります。実際に3号機3階の梁の損傷に関する圧力が、この左側の図ですと、400～600ということになると、今回行った実験の大半がその中に含まれているということが理解できるかと思います。

それでは、次のスライドをお願いいたします。こちらは時間に関してなんですけれども、これは水素濃度が15vol%、メタン濃度が1vol%の場合、一例でございまして、40msというのはそちらで示した領域になっておりますので、この結果から、市野先生の解析結果とほぼ整合性がある結果が得られたのではないかと考えているところでございます。

では、次のスライドをお願いいたします。こちらが最高圧力に関する初期温度25℃の場

合と75℃の場合の最高圧力を示したのになっております。水素濃度が小さい場合、当量比が小さい場合ですけれども、最高圧力に関しましては、初期温度が75℃のときのほうが高くなり、一方、水素濃度が高くなった場合は、それが逆の傾向になります。これの原因というのはある程度分かっております、当量比が小さい、水素濃度が低い、またはメタン濃度が低い場合だと、伝播速度が小さくなりますので燃料に費やされる時間が相対的に長くなります。そのことによって、熱損失の効果が大きくなって圧力が上昇しにくいと。一方、当量比が大きくなる、水素濃度が高くなったり、メタン濃度が高くなったりいたしますと伝播速度が大きくなって、燃焼に費やされる時間が短くなりますので相対的に熱損失が小さくなって最高圧力も高くなる傾向があると。そういったことから、こういった結果が出ているものというふうに思われます。

では、次のスライドをお願いします。こちらが今後の、来年度以降の結果でございますけれども、我々としては、今回、ある程度、市野先生の結果の整合性のある実験結果を得られたと思っております。実際に1Fの場合は、中に水蒸気が、先ほどのシミュレーションにもありましたように水蒸気が入っているという、そういった報告がありますので、やはりその水蒸気添加の場合の影響を見てとりたいということです。ただ、日本の中で、この水蒸気添加の実験を行いますと、ちょっとボイラー規制の関係があつて、やりにくいということで、そういった規制のないフランスのCNRSのほうと共同で実験を行い、また、日本側では水蒸気の代わりに窒素添加、その実験をやって両者を比較して、今回の報告につなげていきたいというふうに考えております。

では、次のスライドをお願いします。こちらの図は、拡散燃焼の実験でございまして、今までは予混合燃焼、事前に燃料と酸化剤が混ざっている状態だったんですが、このように事前に混ざってない拡散燃焼のとき、水素と可燃性有機ガス、つまりメタンが入っているときはどうなっているのか。また、不活性ガスとして窒素が添加されていたら、どういうふうな火炎が形成されるかということを実験的に観察したのになっております。

では、次のスライドをお願いします。こちらが、左側の図が、いわゆるこの実験で使ったブンゼンバーナーというもので、内径が11mm。あと実験条件としましては、総流量が1.0L/minと2.0L/min、平均流速は0.18m/s並びに0.35m/sというふうにしております。水素濃度は0～100%まで、メタン濃度も0～100%まで。あと窒素濃度、そちらのほうも0～50%まで変化させております。

では、次のスライドをお願いします。こちらの図が実験装置の大まかな概要で、左側に

ブンゼンバーナーがありまして、その上に拡散火炎が形成されます。それをカメラで直接写真にするとともに、放射温度計でその温度を計っているというところになります。

では、次のスライドをお願いします。こちらが直接写真でございまして、水素－メタン火炎で、総流量が1.0L/min。左側が、水素が100vol%、右側が、メタンが100vol%の場合になっております。水素が100vol%の場合ですと、なかなか目視することが非常に困難で、これは暗室の中で行っているわけなんですけれども、暗室でも火炎として観察されるか否かという、そういったレベルになります。右側になりますと、青い炎が出るんですけれども、こちらはメタンによるCHラジカルの発光というふうに言われています。右のほう、メタンの量が多くなると、オレンジ色の火炎、これはカーボンが灼熱されて、それが発光しているというものになっております。

次のスライドをお願いいたします。こちらが総流量を2.0Lにした場合ですね。左側、これは水素100vol%なんですけど、僅かではあるんですけれども、赤っぽい薄い赤色の火炎が見えております。ただ、これは暗室の中だと確認できるんですけれども、屋外ですと、ほとんど水素の火炎というのを確認することは一般的には困難になっております。また、流量が大きくなりますので、火炎の長さも長くなっております。

では、次のスライドをお願いします。こちらが放射温度計で計りました温度分布ということに、こういった温度分布が計測されていると。

次のスライドをお願いします。こちらは総流量が2.0Lときの温度分布を示したものになっております。

では、次のスライドをお願いします。こちらは、水素－メタンに窒素を添加した場合、窒素濃度は50vol%の場合の結果を示したものでございまして、窒素を添加する、つまり相対的に燃料の量が少なくなりますので火炎の長さは短めになって、かつ、火炎の色も薄くなっているということが分かります。

次のスライドをお願いします。こちらが総流量2.0Lの場合、同様な結果が見られております。

では、次のスライドをお願いいたします。こちらが最高温度を示したもので、横軸が燃料中における水素の濃度、縦軸が最高温度になってます。水素火炎のほうメタン火炎より温度が100数十℃高くなるということが知られております。その結果も今回の実験で確認されているところです。また、窒素添加を多くすると、相対的に最高温度は低下いたしますし、流量を大きくすると、若干ではあるんですけれども、最高温度は高めになるとい

うことを確認しております。

では、次のスライドをお願いします。まとめといたしましては、予混合燃焼での実験、そして、その次のスライドをお願いします。拡散燃焼での実験を行って、解析結果との整合性があるものとか、あと火炎の色に関する、あのデータを習得できたというところになります。

では、次のスライドをお願いします。こちらとしては、やはり今後の展望ということでフランスとの共同研究を進めていきたいと。

あと、不活性ガスですね。水蒸気とか窒素の添加の影響を調べていきたいと。

あと、やはり今回の実験は実験室レベルでございますので、実際の原子炉建屋との比較という場合は、やはりスケールの効果、これを十分考慮することが重要ではないかというふうに思っているところです。

次のスライドをお願いします。こちらが関連する文献を書いておりますので、今回研究を進める上で参考にした論文等になっております。

では、次のスライドをお願いします。こちらも同様になっております。あと、12番にしましては、今回の受託事業で、その成果の一部を学術誌に投稿して、最近ですけれども、公刊されたところでございます。

次、お願いします。以上が発表です。どうもありがとうございました。

○安井企画調査官 ありがとうございました。

じゃあ、前半、これは、追加はあるんでしたっけ。佐藤さんから。

○佐藤分析官 原子力規制庁の佐藤ですけれども、今の門脇先生の御説明に関して、参考情報ということで、資料1-4で簡単に2点、大きく紹介させていただきます。資料、60ページからですけれども、一つは、今の御説明の中にもありましたけれども、防衛大の市野先生のほうで2021年の中間取りまとめのときに評価いただいた、梁の損傷を基にした圧力の関係で、そもそも梁の損傷が事故後に生じたものなのか経年変化云々というところで、最近、3号機の原子炉建屋3階の調査に行ってまいりまして、前回行ったのが令和元年12月ですので4年と少しぐらいの期間がたっているんですけれども、同じ損傷している梁を見てきて、その損傷度合いの変化というのを見てきております。

60ページに示しておりますように、上下で写真を示していますが、ひび割れの位置とか、あるいはコンクリートの剥離の状態というのは、この写真で見える限りでは同じような形になっているのかなと考えています。

次の61ページに、先ほどの60ページの右側の写真を、写真上重ねたものになりますけども、重ねるともうほとんど一致するような形になりますので、これはもう、この損傷というのは事故後にほぼ構築され、形成されたものだというようなことで考えております。

もう一つは、62ページから、先ほど門脇先生の御説明の中でスケール効果の話がありましたけれども、我々としても、やっぱりそういったスケール効果というところを考慮するというのは肝要であるかなというふうに考えておりまして、市野先生のほうの簡易的な計算も含めると、圧力と継続時間というところがスケールの違いによってどうなるのかというところが少しポイントになるのかなと思ってます。

63ページに示しております、THAI、OECDプロジェクトの実験でも、もう少し大きめの空間での燃焼実験も実施しておりまして、この長岡の実験との関係では初期のいろんな条件に違いがありますけれども、圧力上昇などを比較しながらスケール効果に関する検討というのは今後進めていくということが必要かなと思って、この資料を参考として御提示させていただきました。

説明としては以上でございます。

○安井企画調査官 すみません、佐藤さんの言うのは、最後のTHAIの話なんですけど、だからもってあれなんですか、スケール効果がどのぐらい効くか分かんということをおっしゃっているんですか。それとも、あの、すみません。

○安部室長補佐 すみません、規制庁の安部です。

ちょっと補足させていただくと、ちょっとグラフが見にくいかなと思うんですけども、まず、市野先生の計算だと、パラメータとして大事なのが圧力と継続時間だと思うんですけども、圧力に関しては、先ほど佐藤が説明したように、ちょっと初期条件が違いますけれども、大体同じような圧力上昇、同じ程度の圧力上昇が見られるということだと私は考えております。その点に関して、まず圧力上昇に関してなんですけれども、その点ちょっと門脇先生のほうにも御見解を伺いたいんですけれども、その点は何かコメントはありますでしょうか。

○門脇教授 はい。大体、スケールは違うんですけども、上昇に関しては大体ほぼ似たような。ただ、当然スケールが大きくなりますと燃焼に時間がかかりますので最大圧力に行くまで十分時間がかかると。また、熱損失で圧力が低下するんですが、その低下の割合もスケールが大きくなると当然時間がかかるという、そういうふうに理解しております。このような説明でよろしいでしょうか。

○安部室長補佐 ありがとうございます。ということは、圧力の最大値というか上昇に関しては、スケール効果というものはこういうふうに比べながらも大体一緒の傾向であるということ。さらに、継続時間に関しても、小さいから、門脇先生の実験で大体40msというのを満たしており、大きくなったからといって、それが短くなるわけではないということかというふうに思うんですけれども、その認識で合っていますか。

○門脇教授 はい、結構だと思います。

○安部室長補佐 ありがとうございます。

○安井企画調査官 ごめんね、スケール効果が一緒って、ちょっと意味が分からないんですけれど、あれですか、ああいう球体の小さい空間でやった実験の結果があって、それで原子炉建屋は数十mオーダーの空間じゃないですか。だけど、まず圧力については熱損失が減るとかいろんな効果から、二つの大小の空間間でも大きく圧力が、空間体積が大きくなると減少するというわけではないと言いたいのですか。ああ。それから、空間体積が大きくなると燃焼の時間が延びるので、その圧力がある程度高い状態が続く時間の長さは、どちらかというと延びる方向になるのではないかと、こう言ってるんですか。分かりました。だから、それはスケール効果が同じなのではないと思いますので、ちょっと用語としてはよくないかなとは思いますが。

岩永さん、どうぞ。

○岩永室長 今のお話ですけど、これからこの水素の爆発によって破壊するに至るまでの時間というのは、水素の爆発する波というか圧力波というか、そういうものがどのようなスピードで進行していくかというのは、これからきっちり確認はしていきたいと思っています。過去、この検討会の中で地震計の、いわゆる爆発時の継続時間というのも見積もったときには、大体80ms程度振動が伝わっている。いわゆる事が起こって物が壊れる間までの時間が大体80msぐらいの時間で収まっているということを考えると、オーダーとしては大体その辺りにいるとは思いますが、安井さんがおっしゃるように、これからしっかりこの伝わる場所のスピードとか、どういう現象が起こって、これ、エネルギーが伝わったのかというのをやらないといけませんので、ある意味、スケール効果というよりも、まずメカニズムも含めてやったほうがいいかなと。別の話をしているんじゃないかなと思いました。はい、同じです。

○安井企画調査官 いや、いや、僕は何も主張してなくて用語を直ただけなんですけれども、すみません。そうすると、ここまでのうち火炎色の問題はちょっと後ろに置きまし

て、爆発当時の議論からいくと、やはりこの爆発はデフラグレーション、爆燃であったであろう。今回のデータを見て、10%だとちょっと足りないかもしれないけれども、15%以上、まあ、13%も分からないけど、そのぐらいあれば、あの球体の実験施設で、ちょうど市野さんが計算したぐらいの条件はクリアされてしまいますよと。もしかしたら、その空間体積が大きくなると、言わば熱の逃げる面積や体積に対して減りますので、どちらかというと、圧力が上がる方向でしょうから、相場として10%強からあの種の折損が起こる条件自身は、まあ、概ねというんだろうな、確認できたんじゃないかと言えるかなというのが多分一つの議論だと思います。

それから、先ほど佐藤のほうから言っておりましたように、3年前の議論のときに、実は折れたときはちょっとしか折れてなくて、時間がたっている間にだんだんコンクリートが脱水して、どんどん、何というか、ひどく折れたように見えてたんじゃないのという議論があったんだけど、今回行ってきたら、4年前とほとんど同じ形だったので、あの折損状態は爆発時に生じたと考えてもそんなにおかしくないだろうと。というか、かなり確実にそう言えるだろうというところまでが固められてきたので、これはあの頃の市野さんの計算がすごくよかったというか、大変失礼なんだけど、かなり実験的確認が行えたというふうに捉えていいかなと、こう思っているんですけど、そんなことないんじゃないかと、何かそういう御意見、コメントがあれば。

杉山さん、どうぞ。

○杉山委員 まず、この実験データ、非常に面白いなと思って見せていただいております。ありがとうございます。ただ、この定量的な部分も含めて実機といきなり比較できるのかどうかというのは、ちょっと私はまだ理解ができていないところがございます。そこで、二、三ちょっと教えていただきたいんですけども、門脇先生に、この燃焼実験を行った装置の写真が、何ページでしたっけ、ありまして、図でもいいんですけど、この27ページに模式図で表してあります。まず、この装置は、燃焼空間自体は球体なんですか、それともこの内側はキューブ状なんですか。

○門脇教授 非常に複雑な形状で、三つの円柱で中身がつくられています、相貫体です。ですから完全な球状ではございません。

○杉山委員 なぜそれをお聞きしたかということ、圧力の測定というのがかなり難しいし、重要な情報だと思っておりまして、この火炎そのものは中心から理想的には球形で進んでいって、この通しページで28ページ以降の圧力履歴において、このピークのときの火炎は

どうなっているんだというのが興味あります。今、この上のほうのシュリーレンで撮してあるスケールというのは、火炎の外周部というのはまだ全体が視野に入っておりまして、圧力のピークよりも手前の時間帯ですよね。

○門脇教授 おっしゃるとおりです。

○杉山委員 はい。そして、これが壁面の圧力計に到達する瞬間がこの圧力のピーク値の瞬間という理解でよろしいでしょうか。

○門脇教授 これはデフラグレーションで、マッハ数が1より十分小さいですので、容器内の圧力はほぼ均一になります。したがって、圧力計を、はっきり言ってどこに置いてもほぼ同じようなデータが得られるということになるかと思います。

○杉山委員 なるほど。その辺のメカニズム、すごくやっぱりこのデータを解釈する上で重要で、何となく動的な圧力を計っているような印象で聞いていると、そこは必ずしも正確じゃないということだということが今、御説明で分かりました。これが、だから一旦ピークを迎えた後で下がっていくわけですね。そうすると、ある一定の負荷がどのくらい継続したんだろうということが議論できるんですけど、そうすると、これはやっぱり力学的に決まるとは限らなくて、やっぱりその除熱とか、そういった準静的に圧力が下がっていくプロセスを見ているということにもなるかもしれない、やっぱりそれは今回の数値、ピーク値もそうなんですけど、幅、時間の幅ですね、それも、これを十分そしゃくした上で、何か、そのスケーリングの解析的な手法でもってかました上でないと、やっぱり実機と直接比較は難しいのかなと思いました。

以上です。

○門脇教授 コメント、ありがとうございます。

○杉山委員 このデータは非常に素晴らしいと思います。ありがとうございました。

○安井企画調査官 ちょっとよく分かってないんですけど、だとすると、それはどうやったら実機に直せるんですか。

○杉山委員 正解を今持っているわけではございませんけれども、やはりこのデータをベースに何らかのモデリングをして、それを実機のスケールで当てはめてみるという、それが正攻法なんじゃないかと思うんですけども。

○岩永室長 杉山さんのおっしゃった、その火炎面とこの圧力波面というのは必ずしも一致しないんじゃないかとか、そういうところもあって、そこは現場の実際に圧がかかっていたであろうところにも若干の熱源の影響とか、そういうのも見られているので、その実

機側も少し受けた、受圧した面も観察しておかないといけないので、それはちょっと同時並行でこれから始めます。その観点は持っています。

○安井企画調査官 いや、しかし、それ4階でしょ。いや、あそこはちょっと、岩永さんが行くならいいけど。

○岩永室長 すみません、それは4号機でしっかりやろうと思ってます。要は線量の低いサイトでやらないと、これはちょっとなかなか、今のようなところの実証とか現場の検証というのは今の議論を始めると結構難しいので、ただ、東京消防庁と行ったときにも、その燃えている箇所と燃えてない箇所とか、非常に高温になっている部分が吹き飛ばされずに残っていたりするわけですね。そうすると、波面と、要は加熱している波面と、その押したであろう圧力の源というのはちょっと違うんじゃないかなという話をプロとしたことがあって、やっぱりそれが今議論になっているところにちょうど合致しているように私は感じたので、ちょっと並行してやるんですけど、いや、3号機のほうはちょっとなかなか難しいので、4号機から始めてもいいのかなと思います。

○安井企画調査官 杉山さん、どうぞ。

○杉山委員 安井さんも言いかけていらっしゃったと思うんですけど、現場の情報をインプットに使うというのはなかなか簡単なことじゃないと思ひまして、どちらかという、やっぱりある程度複雑形状といたって、せいぜい直方体の中に多少の火炎伝播に影響を与えるような大きな構造物を若干置く程度の粗いモデルでいろんな、しかも着火源、着火した場所というのは分からないですよね。ですから、いろんなケースをやってみて、その結果をいろいろ眺めてみて、現場と比較する。あくまでも定性的だと思うんですけど、そこがいっぱいいいじゃないかと思うんですね。その解析のために現場をよく調べましようというのがすごく何か難しいと思ひました。

○岩永室長 はい。どこまで今の議論が有効かというのを私は気にしたわけですけども、実際、我々が現場の調査で、4号機のリペア室とか、そういうところに置いて、かなり加熱した状態がそのまま残されているというところは必ずしも一致していない、圧力とその温度のピークのところが一致していないというところが見えてきているというところは情報としてありますので、それをどこまで解析モデルとして検証していくかということになるので、ただ、何のために解析をやっているかという、あの事故を解析したいので、そういうところは将来的にしっかり見据えておかないといけないかなと思ひましたし、現場を見ている違和感が今のような議論を進めていくと、もしかしたら解消するかもしれないな

とって発言してみました。

○安井企画調査官 したがって、今回の実験の結果は、その当時、デフラグレーションでもあのぐらいの損傷が起こることは、物理的に起こり得るかという点ではもう、取りあえずクリアできたと思いますが、これは、ただ爆燃現象なので、多分、閉空間の中の、俗に言う、プレッシャー・アンド・ボリュームですね、PV爆発的な要素を持っているから、破損状態もああいふ均等に壊れているというんですか、方向性が吹き飛ばされた感じではないと、そういう議論が3年ぐらい前にしてたんですけども、今回の実験と実機をどうやってつなぐことができるかというのは、まだちょっと課題があるねというのが今日のところじゃないかなとは思いますが、THAIの実験なんかは若干ね、まるで箸にも棒にもとは言っていないんだけど、ちょっとそれだけでいけるかというのはもう少し、そんな感じですかね、今日の議論は。

はい、前川さん、どうぞ。

○東芝ESS（前川シニアエキスパート） 前川です。

実機がどう壊れたというのは、これは非常に興味があるんですけど、だけど、さっき杉山さんがおっしゃいましたけど、あれだけ大きな構造物の中で、いわゆる決定論的にアプローチすると、どれもこれも全部壊れないといけないという話になるんだけど、やっぱり現実にはそうはなっていない。私、今日、門脇先生のデータを見せていただいて、要するに圧力ピークが少なくとも実機を壊すレベルに十分達しているということが確認できただけでもすごい価値のあることだと思いますし、これを、じゃあ、1mの容器で爆発させて時間計って、実機にそれを持っていけば実機が溶けるかということ、多分それは無理な話だと思いますので、どんどんやる分には別に何の反対もしないですけど、ここから先の苦勞と得られるゲインを考えると、十分な成果が既に得られているんじゃないのかなというふうに思いますけど、どうですかね。

○安井企画調査官 まあ、そう言ったつもりなんですけど、はい。あとは、そこから先のもう一方の話と、今回の第一目的であるところの爆燃現象での達成圧力、それから、継続時間の概ね数十mmオーダーという世界が、実験的にもただの計算じゃなく、計算から予測されたことが現象としては起こり得るところまではやってきたということは間違いないとは思いますが、というのが、だから同じことを言っていると思いますけれども、ただ、今おっしゃったように、やっぱりちょっと実機とのはめ込みをどこまで追いかけて回すべきかというのは、ちょっと別の議論もあるかもしれない。今日ここでは、もうこれ以上やっ

でも終わらないので、さっきみたいにしたと、そういうことなんですけどね。

それから、もう一つ話があって、それは水素爆発のときに、オレンジ色の炎が出ておりまして、それで、それについてあれこれやってきたわけで、その一部が先ほどの拡散燃焼実験でやられているんだけれども、もう一つ、ちょっと建屋のほうにかなり大きな有機物の供給源を特定しましたので、佐藤のほうから説明をしてもらいたいと思います。

○佐藤分析官 原子力規制庁の佐藤です。

それでは、資料1-5に基づいて御説明いたします。資料、通しで65ページ目をお願いします。

これは、さっき資料1-1でも紹介しました、3号機の水素爆発時に可燃性有機物を供給した可能性のある物質ということで、原子炉建屋の天井部にアスファルト防水層という層があるということで、こちらにちょっと着目をして、その3号機の水素爆発時の黒煙とか、あるいは建屋の南東部で確認された火炎の色、そういったものがこのアスファルト防水層によって生じ得るのかどうかというのを少し考えてみようということで、今日、紹介させていただきます。

次ページ以降で御説明しますが、このアスファルト防水層、物量的には十分あるようなんですけれども、そもそも火炎色とか黒煙に本当に寄与したかどうかというところは、まだちょっと十分な知見がないというところで少し御留意いただければと思っております。

次の66ページですけれども、こちらは2021年の中間取りまとめの際にお示しした3号機水素爆発時の火炎ということで、少しおさらいですけれども、こういった①で指してますような火炎色というものが見えておりまして、これはどういったもので出てきたのかなということで、2021年のときには少し示していたところです。

67ページですけれども、アスファルト防水層の物量ということで、この事故分析検討会の大分前の会合の中で、3号機原子炉建屋の関係のいろんな設計情報等を示しておりますので、それを基にアスファルト防水層がどれくらいあるのかということを計算してみると、大体20数tぐらいあるんじゃないかということになっております。

実際のアスファルト防水層というのは次の68ページに示しておりますけれども、こちらは右下以外の3枚は2号機の原子炉建屋の天井から抜いたコアの状態なんですけれども、下のほうにコンクリートがありまして、その上に黒いアスファルト防水層が載っていると。この今の写真上は割と硬いような物質になっておりますけれども、これは、実際には、ある程度すると劣化をして、上塗りするような形で何十年もずっと維持するような形になって

おります。

次の69ページに行きますと、さっきのアスファルト、見ていただいた防水層は、左側ですと手のひらサイズぐらいですけれども、右側の写真で見ていただくと、もう破片ぐらいの、ほかの砂利というか、壁がいろいろ破損したような細かいコンクリートとかと同じぐらいの大きさのものが、これは3号機原子炉建屋の南東階段の2階と3階の間で、次のページは南東側階段の、今度はもうちょっと下の1階ぐらいのところなんですけれども、こういったものが階段室の中に点在しておりまして、比較的その粒の小さいものも確認ができたということで今日御紹介させていただいたというところでございます。

説明は以上でございます。

○安井企画調査官 ありがとうございます。先ほどの、何ていうんですか、ブンゼンバーナーで燃やしてる、あれの数字をちょっと今細かいところを見ていただかなくても結構なんですけど、見ると結局、メタンが50%とか、つまり炭素量がかなりないと根っこから黄色い色にはならないんですと、先っちょのほうだけになるということなので、そこその量とそこその分子量がないと、そんなメタンやエチレンがちょろちょろっと熱分解で出たぐらいでは、やっぱり足りないねというのはまずスタートラインであります。それで、今般の、あれはたまたま2号機の天井のコア抜きがされていたので見てきたんですけども、アスファルト防水層を1回敷くと、15年ぐらいするとだんだん傷んでくるらしくて、その上にまた一層載せ、また15年ぐらいするとまた一層載せと、こういうふうにやっているんで、下のほうの層は多分最初の頃に引いたやつはだんだん劣化してきて大分ざらざらになっているなという感じはしました。

ただ、だからといって細かい粉になっているわけじゃありませんので、そういうものだったのです。したがって、量は、先ほど申し上げた数十tありますので、分子量も十分あるので、この二つはオーケーなんですけれども、これが本当にどこまでこういう現象に寄与できるのかと。

ただ、まず量的にないものは候補になり得ないので、そういう意味では一つの可能性があるものなので、一応報告をして、と同時に、先ほど佐藤君は南東角の階段と言っておりましたが、ちょうどオレンジ色の炎が燃えている角、その真下が先ほどサンプリングを見ておった階段なんですけど、我々が今行けるのは1階～3階までなので、言わば5階の爆発時に上からざらざら落ちてきた粉じんがああいうふうになっているということなんです。

したがって、その粉じんの中には、もう本当に小さくなっちゃっているんで、意外と小

さくなって、多分落っこちてきていることは間違いないです。というのは、そんなに人が頻繁に行って踏み砕くとか、そんなことをするような場所じゃありませんので、落下時から細かくなっていたんだろうと。だから多分、壁が裂けたり、あるいは爆発で天井が、言わば粉碎されているので、粉碎時にもう弾力、ここは何か、柔軟性を失っていった部分は喪失したのではないかと。

ちなみに、あちこちに落下している瓦礫、水素爆破後の瓦礫の写真をみると、あんな数cmの厚さなんかありませんよ。落ちていたやつは薄っぺらい、本当に薄っぺらいフィルム状のものが落ちていただけなので、それは多分、一番上の最も新しい層は残ったけど、それ以外は、言わばそれなりにばらけちゃったというふうにしかならない。今、2号機で見ると、やっぱり2cm以上の厚みがあるんですね、何層も重なってますから。ただ、その見られるものはもう1cmの厚みなんていうのは見たことがないと。前川さんも一緒に見に行っているから分かると思いますが、そういう状態でありまして、ちょっとね。それで、こんな、俗に言うと、粉じん爆発を起こすほどのような、そんな粉体でなくても、火炎色に寄与できるのかなというのは、実はあんまりちょっと分からないところはあるんですけど、門脇先生なんか、何かちょっと見解があらわれますかね。

○門脇教授 アスファルトですと、主に炭素成分、十分たくさん含まれておりますので、それ自身が燃えれば当然のことながらオレンジ色の炎が出るということは十分推察されます。問題は、そのときのアスファルトの粉が本当に細かかったらそういう可能性は高いと思います。大きな塊では、ああいったことは起こり得ません。ただ、もう何十年も、50年もたっていますのでそれなりにも劣化がされていて、非常に細かい粒子があったりとか、あと爆発によって細かくなった場合ですと、ああいったオレンジ色のものが出てても何らおかしくない。例えば工業的には石炭を燃やす微粉炭燃焼というものがございすけれども、ああいったものの粒径というのは大体0.1mmぐらいなんですけれども、オーダー的に、非常に細かいものになっているのであれば、それがオレンジ色の原因になるということはあるかとは思いますが。ただ、実際に細かく粉じん状になっているかどうかまではちょっと私は確認できませんので何とも言えないところがあるんですが、可能性は十分あるのではないかなというふうに考えています。

以上でございます。

○安井企画調査官 さっきのあの階段に落っこちたやつを見る限りではね、0.何mmなんかにはちょっとなくて、まあ、どうですかね、2mmとかね、3mmとかぐらいじゃない

かなという感じがするんですけど、そんなんじゃあ、まあ、ちょっと。

○門脇教授 階段に残っているということは、もう燃えてないということで残っているのであって、もし小さいものであれば、もう燃え尽きてますので、今は残ってないということだと思います。

○安井企画調査官 これは、ただ長年の疑問であった、その炭素の供給源は十分あって、場所的にも天井部が燃えて、ああいう色彩になっているのと、あと、水素爆発時に天井部って何か黒い影が映っているんですよ。またビデオでも何でも見てもらえば結構ですけど。それも前からコンクリートなのに変だななんていう議論が3年前にはあったんですけど、そこに答えられそうなんだけど。でも、アスファルトだからなというのがどうしてもちょっと残ってまして、ただ、情報は抱え込まずに出していくという思いでやってまして、またちょっと、どこかでまたうまい、ちょっと、この種のやつを実験するのは実験パートナーが必要でして、日本国内だと無理かもしれないんですけど。

ただ一方で、コンクリートの粉じんが水素の燃焼ガスで温められても、同じような色が出るんじゃないのという議論って時々する方がいらっしゃるんですよ。ちょっとそれも併せて何か、これはコンクリートの粉だから別に燃やしても問題ないような気がするので、ちょっとうまい確認を少ししてみたいとは思ってはいるんですけど、かなり鮮明に輝いているので、単純に温められただけではそこまで行くかどうかはちょっとよく分かりません。

大体、炎の温度は1,400℃、アスファルトは着火点が340℃ぐらいらしいですから、ただ、あれは別に燃焼する必要はないので、自分たちが温められると、何というんですか、光を発すると、こういう現象なので、完全というほど自信はないんだけど、今までは。

それで、丸山さんのところとか東電の方にいろいろ御協力いただいたんだけど、あの熱分解よりは筋がいい気がするというぐらいのものというところまでやってきましたという御報告です。ちょっとこれは、これだけでどこまでいけるかどうかよく分からないんだけど、ただ、一言申し上げておきますけど、これは、だからアスファルト防水材が危ないというものじゃありませんからね。爆発したから、ついでに、そのときにあったものが一緒に燃えちゃったというものであるので、それはちょっと、これが爆発を誘引したとか、爆発のトリガーになったというものではないので、それだけは申し上げておきたいと思います。

これで一応、一連、水素爆発関係の宿題になっていたやつを、ここ数年間、どれだけフォローしたかということなんですけど、丸山さんは何かコメントですか。

○JAEA（丸山フェロー） すみません、丸山です。

火炎の色の件なんですけど、窒素を混ぜた実験をしていますよね。その窒素の寄与をどう考えているのか、この実験で分からなかったのですが、窒素が酸化すると有色の火炎ができるという話を聞いたことがあります。一方で、その反応が起きるためには相当高温にならないといけないというのもあって、温度のプロットは49ページくらい、グラフで言うところには52ページ、1,400℃～1,800℃くらいですかね。これくらいの温度だと窒素の酸化というのは考える必要がないのかどうかというのを一点、門脇先生、もし分かったら教えていただきたいというのと、もう一点、フランスと協力してやるという話が出たんですが、これは一体どういうことをやるのかというのを、もし可能であれば教えていただきたいと思いました。

以上です。

○門脇教授 まず、窒素に関しては、このくらいの温度になりますと、当然、 NO_x 、窒素酸化物は生成されます。ただ、それによると色に関する寄与はほとんど皆無であろうと。窒素をなぜ添加したかといいますと、純水に爆発してオレンジ色のものが出たときに、燃料だけが噴出して、ああいったものになる可能性もあるんですが、当然、それ以外の物質、例えば燃焼後の水蒸気とか、当然、燃焼後にも窒素がたくさん含まれてますので、そういったものが混合して出てくるということも総体、考えられますので、燃料だけじゃなくて、その不活性ガスの代表として窒素を添加して、その寄与の割合を調べたというのが今回の実験になってます。

第2点のフランスでの共同研究に関してなんですが、要は水蒸気添加の効果を知りたいと。今回の実験では、水素、メタン、空気の予混合火炎の爆発実験を行ったわけなんですけれども、実際の1Fの事故では、当然のことながら水蒸気も入っていたであろうと。そうすると、じゃあ、水蒸気が入っていったときに燃焼現象にどういうふうな影響があるかということを調べる必要があるであろうと。そういったときに、当然、日本でできればいいんですけども、規制の問題でちょっと日本国内では水蒸気添加の実験がちょっとやりにくいと。そこで、フランスのCNRSの研究機関がございますので、そちらのほうに行って水蒸気添加の実験を行う。そして一方、日本のほうでは窒素添加の実験を行う。そして、窒素添加と水蒸気添加の効果がどの程度のものなのか、また似たようなものなのか、大きく違うものなのか、そこら辺を比較検討して、そのメカニズムを把握したいということで、フランスとの共同研究を検討しているというところでございます。

以上でございます。

○JAEA（丸山フェロー） 分かりました。どうもありがとうございました。

○安井企画調査官 よろしいんですか。情報だけで十分なんですか。

○JAEA（丸山フェロー） 水蒸気の影響というのはかなり実験的にやられているのかなと思って、これからどういうことをやるのか、メタンと水蒸気の相互作用とか、そういうところに着目しているのかというのが分からなかったです。水蒸気と空気と水素の混合気体の実験というのは、探せばあるような気がして、そういう条件でさらにやるというのは、何かほかの着目点があるのかなと思ってお聞きした次第です。

○安井企画調査官 分かりました。

それでは、田中先生、はい、どうぞ。

○田中委員 丸山さんの話とも絡むんだけど、私も先ほど聞いたかったんですけど、水蒸気を添加した実験を行うと。そのときにはどういうふうなところが変わる可能性があるんですか、現象について。

○門脇教授 幾つか考えられるんですけども、まず、最高圧力が当然変化するであろうと。あと、もう一つは、火炎の伝播速度が変化するであろうと。火炎の伝播速度が変化するということは、燃焼時間が変わりますので、熱損失に与える影響が変わる。つまり、最高圧力が変化するにつながってくると。それがどの程度のものなのかをある程度定量的に量っておきたいという、それが狙いになっております。

○安井企画調査官 よろしいですか。

それでは、3号機の件は、取りあえずここまでにさせていただきまして、皆さんの御協力を得て若干うまく進んでいるので、次のその他になっていますけど、モニタリングポスト関係のこれまでの議論の若干の整理までやって、休憩に入りたいと思います。

資料の2-1を見ていただきまして、私がやるらしいので。資料2-1で、これは大体前回やったものの大ざっぱな交通整理でございます。23年度、今年度の検討は、実は福島県の協力も得て、かなり事故直後のモニタリングポストのデータとか、それ以外のサンプルなんかもたくさん入手することができまして、特に3月12日辺りの、事故の直後に使われていたよりは、より広いデータを入手することができたので、そこの分析・考察に今年は進んだというふうにお考えくださいと。

それで、通しページ74ページのところにいきまして、これは東電も前からおっしゃっていましたが、3月12日の午前4時から、サイト内で確認されていた一種の線量上昇、プラトーと言っていましたけど、これはオペフロに放出された放射性物質からの直接線／ス

カイシャインだと考えていいだろうと。

その主たる線源核種はI-132を中心とするヨウ素と考えるべきだろうと。

それから、9時頃からもう一段上昇するのですが、これは事故が進展したと考えるべきであろうと。

それから、1号機のベントの後にプルームが通過した後に、定着の効果による放射線量率上昇があちこちで確認されていて、大体その方向は、ちょっと場所が飛び飛びなので、きれいに地図にできるわけではないのだけど、北から北西方向のかなりの範囲に1号ベントによる汚染痕が当時、12日の段階のもので確認されているというのがあって。

そして、次に、通しページ76ページに行ってもらって。一方で、3月12日の午後3時36分の1号機水素爆発の後で、オペフロの中にあったガスが、当然、爆発したらどこか行ってしまうわけなので、でも、その割にはそんなに発電所内での線量率の測定値は低下が見られないと。見られないということは、線源がどこかに行ってしまったわけではないということになるので、やはりこれは、オペフロ内に放出されたヨウ素などが基本的にはオペフロの内壁、天井も含めて、内側の面に付着していたと考えるのが妥当なのではないかと。

それから、ベントによって出た量は、どうも1・2号機と3号機との周辺の汚染の度合いとか、そういうのを見ていると、ちょっとこれまでに東電が過去に出していた大気放出量評価とは合わない。それと実は逆で、1号機によって放出された量がベントについては多いのではないかとというのが、我々としては確認したと思っています。

それから、12日に観測されたピークの中には、テールの減衰率が異なるものがございまして、これが放出を招いた直接的事象を区分することができるのではないかとということです。

それから、78ページには、プルームは、やはり通過速度が速いので、今まで一般的に使われていた1時間ごとの数値だと、記録間隔が広過ぎてピークをキャッチできないので、狭い間隔のものの情報が重要だと。今度、逆に言うと、これからサイトの周辺に用意するときに、やはりある程度時間が短い間隔で測れるものがないと、プルームが捕まえにくいかもしれないと。

それから、これまで外部へ放出されたプルームを追跡していたモニタリングポストに比べて、サイト近傍の自治体のデータをもらったので、これである程度面的な分析もできるので、後ほど出てくるのだけれども、メッシュの細かい拡散計算をして、そうしたものの整合性をチェックする確認が得られたと思われるということと。

それから、もちろんいつも言っていますが、どうやら希ガスだけでは話にならないので、特にヨウ素を中心としたものを含めたものが分かるような波高分布のモニタリングポストが非常に有用だという点がここで言える一つのリザルトではないかと。

一方で、未解明事項としては、1号機の水素爆発では、サイト外に定着するようなものはほとんど出なかったという意見と、それはそうかなというものがあって、これは、個人は御意見はあるとは思いますが、取りあえず今回は、これは結論に至ることができなかった。ここができなかったのも、多分大丈夫だとは思いますが、水素爆発のほうがベントよりもよりたくさん外部に定着性放射性物質を出したと、Cs-137なんかを出したという過去の認識は変わるかもしれないまで今来ている、ちょっとここは、前半がどのぐらいきっちりやれるかということによって議論が決まると。これは宿題ということです。

それから、これらも含めて、これは今まで議論されていなくて、僕らが今日ここで御説明するのだけど、今のようないかに応えるべく、一つの今後の調査活動の計画としては、1号機の5階に今度アクセスができるようになるので、その床面とか、陰になっているところとかで、付着しているとさっき言っていたヨウ化セシウムの、そのものではないかも分からないけど、痕跡がどのぐらいあるとか。

それから、新山、浪江のMPについての、先ほど言ったテールの引き方が違うものですか、これをどう考えるかとかいうのを追求していきたいと。

それから、モニボだけに今までちょっと依存してきたのですが、当時のダストのサンプルもあるので、それも含めて。そうすると、それはサンプルが残っているので、当時飛んでいたものが今なお追跡可能だと思われるので、ちょっとそれらも併せて、2024年度はこうしたことを。これだけではなくて、ほかのこともやってしまうかも分かりませんが、こうしたものを視野に入れて作業を進めたいということで、岩永さん、よろしいでしょうか。

○岩永室長 異存ございませんということで、やります。

○安井企画調査官 これは前回まで論じられたことを主に整理をしておるのですが、そういうことのようなので、今日のまとめを中心に報告書は書きたいと思っております。東電と大体到達点はそんなに違っていないと思っているのだけれども、溝上さんから見て、この確認したことという中で、意見が違ってもこう書いてしまうかも分からないのだけれども、何か一応コメントがあれば伺っておきますけど。

○東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上です。

前回の検討会でも発言いたしましたけれども、ベントに出た格納容器から出ていったものについては、1号機のほうが3号機に比べてずっと濃いということには異論がないとは思いますが、やはり排気筒の形状の違いによって、出ていったものにどのくらい影響があったかという観点からは、やはり必要かなと思っていますので、そこのところはちょっと、ノーとしていただけると助かります。

以上です。

○安井企画調査官 だけど、3号機の出し方から見ると、より途中でセシウムなんかは排気筒の中に捕まりやすいというか、感じがしますよね。だって、もともと途中までも低いんだから、それだけの専用案内管になっているわけですよね。にもかかわらず、専用管であるが故に流速が出て、外部にたくさん出たかもしれないと思っていると、そういうことですか。

○東京電力HD（溝上部長） そういう意味では、3号のところはSGTS配管も含めて、そんなに付着物が多くないというのは、多分事実だと思いますけれども。1号機については、排気筒の内側に残った部分が多いということで、排気筒のDFといいますか、その寄与がどのくらいあったのかということは、やはり考えなければいけないのかなと思います。

以上です。

○安井企画調査官 ただ、周辺のモニタリングポストのピークというか上昇に近いものが3号機でどこまで確認されているかという、あまりされていないのではないかという意味だと思いますけど。

○東京電力HD（溝上部長） そういう意味では、1号機のベント時に放出されたものというのが、今は過小評価になっているだろうということについては、やはりコンセンサスが前回得られたかなと思っておりますけれども。桁違いというふうな話になると、どのくらいかというところがありますので、そこのところは定量的な評価が必要になるのではないかなということでございます。

以上です。

○安井企画調査官 ここは正直言って、僕もちょっと書き過ぎではないかと思っているので、少し表現は考えたいと思いますが。基本的には、やはり若干、事故直後の評価は過小評価だったかもしれないというのが大体共有されているところまで来ていると思ってはおります。

では、皆さんの御協力のおかげで、何とかぴったりに4時に来ましたので、ここで10分間

の休憩をさせていただいて、後半に進みたいと思います。ありがとうございました。

(休憩)

○安井企画調査官 それでは、第43回事故分析検討会の後半をスタートしたいと思います。

次の議題は、RCWの例の汚染経路の推定について、前回大分議論をいたしました。東京電力のほうから、次回の会合でもう一度説明をトライしたいという申出を受けておりますので、それに備えまして、前回までの議論で、大体ここまではいけているよねという点をやりつつ、二度手間、三度手間になるといけませんので、東電の次回での報告にちゃんと考慮してほしいなと思うことをまとめた紙が、この資料の2-2になっております。

最初のほうは、用語とかコンフィグレーションが分かる絵になっていますので、この辺は飛ばしまして、通しページの90ページから進みたいと思います。

最初のほう、これはもう共通理解事項で、資料が出ていませんが、RCWの配管に炉心が落下したときに損傷が生じたのは、それは間違いないだろうと。時期は若干の誤差はあるものの、これは1号機ですから、炉心落下時点は、12日の朝早い時間か、ちょっと遅いかという程度の話で、その辺の時間帯なのではないかと。

それから、損傷点から、そのときは、もう格納容器の中の圧力は7気圧に達し、圧力容器の中にあった溶けた燃料からのFPガスも含めて、そういうのがいっぱいありましたから、それが例のRCW配管内を逆流して、サージタンクにも到達したであろうと。これも言えるのではないかと。というのは、この時点までにあそこが破損しなかったというほうが難しいから、破損しただろうと、そっち側から来るのです。ただし、RCW配管の管の太さから見て、ギロチン破断みたいな損傷だと、格納容器の圧力の低下速度が遅過ぎるので、溶けた炉心が管の中に入り込んだのか、上に乗っかっていたのか、細かいことは分からないけれども、流路は一部閉塞の状態にあったのではないかと。つまり、破損はあったけども、管の口全部が開いていたというような状態ではなかったと考えるしかないねということだったと思います。

それで、一応格納容器内ガスの逆流で配管内がもちろん汚染された、サージタンクも汚染されたのだけれども、その後、だんだん格納容器の圧力が下がってまいりまして、この83ページの図を見てもらうと、大体、正確な日にちは分からないのだけれども、16日、17日ぐらいには0.1MPa (gage) を切るというところまで下がっていた。この水落ちという用語は、東電の用語なのだけど、圧力が下がったことによって、言わばRCW配管の中の水位も下がって、水位が下がったときにサージタンクの開口部、サージタンクに空気抜きの

スワンネックがついていますので、そこから流れ込んだ酸素を含む大気ですね、空気がずっと回り込んで、それで熱交換器の上部ヘッダに到達したと。その到達した空気がさらにその後、水の放射線分解によって生じる水素と酸素によって希釈されたと考えれば、一昨年の12月に測定されたヘッダ内の気相成分を大体理解できるのではないかということだったと思います。

ちょっとここに書いていますけど、東電の資料を見たら、放射線分解の気体量が 36m^3 というのは、ちょっと多過ぎるのではないかなとは思っているのですが、それは別のところで。そんなにめっちゃめっちゃ聞く話ではないので、それは別途で。

それから、RCW熱交換器の中に残っている残水の中にある塩素やナトリウムやマグネシウムの濃度を見ると、海水が大体体積で、熱交換器の内包水の20%ぐらいは海水オリジンと考えざるを得ない。

それから、前回東電の説明では、この20%は、先ほどの気体が逆流するときに熱交換器の上部に20%相当の気相ができて、そこに海水が格納容器の中からずっと回ってきて流れ込んだという議論だったのだけど、ちょっとさすがにこの20%気相ができるというやつは、さすがに熱交換器の上はつながっていますから、無理ではないかと。

それから、次回もう一度トライをされるわけけれども、このM0弁経由ルートでどうやっても説明できないとなると、逆止弁も、普通的设计条件では考えにくいのだけれども、ああいう特殊な状態下で、最後は考えざるを得なくなるかもしれないと。

なお、これ前回議論されかかっていてちょっと不完全なので、共通理解まで言えるかどうか、若干疑問があるのだけど、さっきの最初の気相部のときに流路の一部閉塞があるのなら、その状態は、3月23日から24日の2回目の圧力上昇期にも、当然その状態が、程度の差はありこそすれ、残っているはずだと。そうすると、水の流れは気体よりも流動抵抗は大きいので、格納容器内圧の上昇に比べて、RCW配管内における水位上昇が若干遅れる傾向にあると考えるほうがいいかもしれないよというのは、ここに書かれている。

何でこんなこと書いているかというと、格納容器の中の圧力が記録されているのが83ページにあるのですが、第2次高圧期といっていますけど、この一番圧力の高いところは、サージタンクのとっぺんよりまだ高いのです。そこまで水がもし本当に行ったのなら、炉心内の水が、あの辺、物すごい線量のはずなので、私どもが行った限りでは、サージタンクのドレン管の辺りは 300mSv/h ぐらいあるのだけれど、別に床面がべちょべちょに汚れているわけではないので。そうすると、何らかの時間遅れが発生しないと、ちょっと成り立

たないので、そういうこともあるかもよということをおっしゃいます。そう考えないと、観測事実と合わないということですね。

ここまでは大体いけているのではないかと思います。

一方、東電が次回やるときにちょっと考えておいてねというと同時に、我々も共通の課題でもあるのですが、RCW配管に破損が起こって、液体が23日、24日に即上昇したということになっているのだけでも、言わばサプレッションチェンバがついていますよね。当時、サプレッションチェンバは水でいっぱいだったのだろうか。水でいっぱいであれば、23日から始まった注水は、原則サブチャンに落ちていってしまうので、しばらくの間、大体サブチャンの気相体積は1,000m³はあるはずなので、そうすると、最初の2日間で600tしか入れていないので、水位上昇を形成できない可能性があります。そうすると、液体が最初の2日間の間にぐんぐん上がっていったというのは、もしかしたら無理かもしれない。その直前に、データ上は、消防車とかそんなので、たしか14日から毎時20t弱の水を入れていることになっているのだけれども、それが3日も4日も入れていたら、もっとすごい水位になっていて、ほかの事実とは合わないで、あれは消防車のノミナル吐出量であって、確かに格納容器内の圧力は高くはなかったのだけれども、そんなに水が入ったかどうかは非常に怪しいとは思っているのです。

また、そうでないと、もう一回83ページに戻ってもらって、23日にCSからフィードウォーターに変えたときに、上昇していますよね、圧が。これは、多分ドライだったところに水がかかったから蒸気が上昇したと考えるのが正しいと思うので。そうすると、CSでじゃぶじゃぶに入っていたのに、どう考えたらいいか、僕にはとても分からないので。そうすると、やはりコアスプレイ系からそんなに水は入っていないで、フィードウォーター系に切り替えた23日から入り始めた。そうなら、今度は逆に、サブチャンのところは気相部が相当残っているはずなので、その気相部を埋めるのに水が使われてしまって、ベント管のリップ、高さ30cmぐらいしか水面はできないのではないかと。確かに今見れば、ペデスタルのデータなんか見ると、ある程度ペデスタル内から出てきたもので、ジェットデフレクターが部分的に塞がっているところもありますけども、反対側は大分低いので、これ、意外と難しいかもね。したがって、むしろこの圧力でいうと、この後ろの部分ですね、25日以降の部分が、この辺になってくると、もう水で大分いっぱいになってきてもおかしくないで、この辺と考えるのも必要かもよという。ちょっとこれについては、多分東電も何らかの解析をして、分析をして、次回のときに東電なりの見解を言ってくれる

ものと期待をしております。

それから、次のページでございますけども、前回の東電のシナリオは、言ってみれば、93ページですけども、M0弁経由でぐっと来たのが、あそこの熱交換器のほうに流入して汚染が発生しているわけなのですね。非常に簡単に言うと。そのときの水位は、FPCの熱交換器ぐらいまでだということになっていたのですけれども。ということは、最初の格納容器からの気体が上がってきてサージタンクまで到達したときに、現在のドレンライン300mSv/hに相当する汚染をその時期に形成したということになるのですが、意外と難しいのではないかと。気体の流量も多くなかったと、溝上さんもそうだし、僕らもそう思っているのです。しかも道中長いわけですね、M0弁からずっと直上管上がって、水平配管、24日配管通ってと、こういうことを考えると、ちょっとその途中で凝縮すべきものはしてしまうので、意外とそんなに汚れないかもよというのがちょっとあって、これはちょっと悩みがあつて。そんな難しいことを考えるよりも、やや遅れたとはいえ、後半のときに、だから23、24日のときに、さっきの水面がどこまで形成できるかという問題がクリアできたのなら、そこそこの高さまで水位があつたと考えたほうが楽かもしれませんよという点です。それでいいのだと言うのなら、別のことを考えていただいて結構です。

それから、これはPCVの中のロボット、ROVの写真で、やはり逆止弁に向かう配管だけが保温材の収縮とかが記録されているので、発熱物が管の中に流れていく流れはあつたはずなのです、何かが。これをどう解釈するかという問題も本当は併せて考えてほしいけど、これを理由にして、逆止弁は効かなかったという議論をあまりしてもよくないと思うので、ちょっとこの検討会では、次回M0弁ルートでのちゃんとした汚染が、海水バランスとか、いろいろな関係できちんと説明ができればいいのだけど、できなかったら、やはりこれが出てきてしまうねと、こういうものであります。

でも、やはり一番難しいのは、どうもこの水面がうまいことできるのかというのは。これは、実は同時に、次回議論することを予定しているペDESTALのテラスとかの形成にも結局、格納容器の中の水面は、いつどのぐらいだったのだというのがなしにどこまで説明できるかという問題とも密接に絡んでいまして、一つの重要論点だということを一応お伝えをして、何か考えてきてほしいなということなのであります。これはお願いなので、分からなかったら分からないと、もう正直に言うしかないのですけれど。ただ、意外とこれ、大事で、こうでないとなかなかうまくいかないのですよと。

もう一回83ページに戻ってもらって、この圧力変動の中で、実は最も説明しにくいのは、

25日から29日まで続いている圧力の安定期なのです。これは高さはたまたまに見える。たまたまではないのです。でも、圧力はちょうど非常に長い水平管と上部ヘッダの高さと大体合っているのですよね。大体合っているわけ。だけど、圧力が上昇していくときは、ちょうどそこにたまっていくからといって、長期安定化現象が時々起こるのはよく分かるのだけど、見た目は、圧力は下がり局面です。下がり局面で、こんなの成り立つ、これがうまく説明ができてなくて。やはりちょっと、この長い時期が結局、もしかしたら汚染の主役であるならば、これは圧力押し込み型ではなくて、やはり緩やかに流れ込むという考え方を取らざるを得なくなるので、ちょっとこの部分をどう理解するかというのが、言わば隠れた課題だということも一応共有してもらえると、次回の議論が非常にスムーズに進むということで、ちょっとこういうことを申し上げている。

お願いねと言っている部分はちょっと横に置いて、前半の共通理解事項のところは、大体みんな。ここ、最後の遅れがないとできないというのが、ちょっと前回明確な議論していないのだけど、それ以外のところは、大体前回議論したと思っているのですけど。だから、通しページの90～91は、そんなに理解は開きはないと思っているのですけれども、これは東電に聞くときは、どなたに聞いたらいいのだろうか。溝上さん、それとも本社の方。

○東京電力HD（溝上部長） 東京電力の溝上です。

基本的には共通理解事項で書いてあるところというのは、特に齟齬はないかなとは思いますが。

一方で、海水注入をしていたのは、23、24、25くらいのところで、その後、淡水注入に変えていますよということがありますので、その期間中に水面ができないという話になりますと、M0弁経由という話も、逆止弁経由という話も成り立たなくなるという理解でよろしいでしょうか。

○安井企画調査官 この問題は、冒頭申し上げたように、逆止弁経由論だろうが、M0弁経由論だろうが、つまり管の壊れているところが水面の下に入ったから水が流れ込むというモデルのためには、水面が要るのです。だけど、やはりサプレッションチェンバの上部気相部をどう理解するかという問題は、今ここでうやむやにしても、後日後悔することになると嫌なので、やはりここできっちりと議論しておきたいなと、こういうことです。我々との共通問題だと思っています。

○東京電力HD（溝上部長） ありがとうございます。

もう一点ですけれども、流路の一部閉塞がないとサージタンクの汚染状態が整合しない

というのが共通理解に書いてありますけれども、その後に第2次高圧期でサージタンク經由でもよいのではないかという記載は、そことは別に、こっちのシナリオもあるよという御指摘という理解でよろしいでしょうか。

○安井企画調査官 ここはちょっと一貫性がないのだけれども、遅れの度合いの問題ではないので。ただ、ある程度の遅れを考えないと、まず、やはり一番最初の第1次高圧期の圧力低下速度が、ベントよりは速いかも分からないね、ぐらいの低下がないといけなくなってしまうので。だって、直径こんなのですからね。だから、それはさすがに無理だろうと。だから、ちょっとその効果をどこまで織り込むべきかという問題は、いろいろ議論あるのだけど、でも、気体よりは流動抵抗は大きいはずだと。それを織り込んで、どこまで考えればいいのかという一方と、それから水位の問題は、これはちょっと、自分でも千々に乱れているのだけれども。そうはいっても、やはり明らかにサージタンクは汚染しているので、それを気体流入だけでどこまで行けるかという問題は、もう一つ課題なのですよという、そういうことなのです。

○東京電力HD（溝上部長） ありがとうございます。

こちらからは以上なのですが、本社のほうから、追加で何かございますでしょうか。

○東京電力HD（久米田GM） 本社側、東京電力・久米田ですが、特に追加はございません。今後もいただいた御意見も参考にしながら、ちょっと検討は進めていきたいと思います。

以上です。

○安井企画調査官 ありがとうございます。

また、これらの点が、どう考えますかという問いも当然発せられるので、これを参考にするだけではなくて、ここに書かれていることは、一種の共通的物理現象としての課題なので、問題として捉えて検討してくださいねということなのであります。

これはもう、今で目的を達しましたので、ちょっと議論の一種にはならないのですが、どうしても一言言いたいという方がいらっしゃればあれですけども。

前川さん、どうぞ。

○東芝ESS（前川シニアエキスパート） 前川です。

全体はこれでいいと思うのですが、ちょっと二つあって。

一つは、前回も少し議論がありましたけど、ペDESTALの外のRCW配管の欠落というのがとにかく見えないと。あれが23よりも後ろというのは、ちょっと考えづらいので、多分23の手前だろうと。そうすると、少なくともその事象による、この圧力なり水位なりへの

影響というものも検討の中にはぜひ入れていただきたいなというのが一点と。

それから、もう一つは、今20%と言っているベースというのは、サンプリングの結果から持ってきているのですが、別にサンプリングの結果は、それはそのものなのですけど、その20%の代表性というのがどの程度あるのかと。つまり、熱交の中で、いわゆる攪拌して取ったサンプル水位ではないので、ひょっとしたら、もっと濃いかも。濃いという意味は、全体が混ざるとすると20%だけど、実はもっと少ない量でも濃度が出てくる可能性もゼロではないのかもしれないので、ちょっとそういったところも考察の中に入れていただけると非常にいいのではないかなと思いました。

以上です。

○安井企画調査官 今の後半の部分は、86ページに濃度関係のデータがついているのですが、これも、正しくないかもしれないので、つけているやつがよくないかもしれないので、後でもう一回チェックしますけども。熱交換器のCだったかな、系統の胴の上と真ん中と下と三つ取っているのですよね。3か所取っているのですよ。上からプローブ入れて、たしか取付管のところが一番最初に測ったのだけど、その後、熱交換器の胴ありますよね、胴の中を上部、中部、底部か、三つ取っていて、ちょっとこれ、ついているデータがいまいちで申し訳ないのだけど、ちょっと差し替えなければいけないのだけど、正しいやつは3か所、大体一緒なので、すごく偏っているとかいうことは、その範囲内ではないと。少なくともマグネシウムとか塩素とかナトリウムについてはなかったと。これが一点でございます。

もう一個のほうは、ちょっと正確にボールが捕まえられなかったのですが、もう一度おっしゃっていただけますか。

○東芝ESS（前川シニアエキスパート） 炉心部でデブリが落ちて、RCWの配管を穴開けたと。これはもう全然疑いの余地がないところなのですが、実際に1号のROVの結果からすると、今度はペDESTALの外側にあるRCWの配管がとにかく見えていないと。見えていないというのは、私もよく分からないのですが、この場の結論としては、一応あれは損傷を受けてどこか行ってしまったのだろうということは、そこに開口が存在しているわけですよね。だから、その開口は、ペDESTALの真下のRCWの配管のエレベーションよりも高いところにあるということなので。そうすると、水位と気体の流れと圧力への影響というのは、そちらも考慮しておかないと十分ではないかもしれない、そういう趣旨です。

○安井企画調査官 もう全くそのとおりで、だからこそ、あそこのペDESTALの開口部を、

中へ行く側と行ってこいの管が大体腰ぐらいの高さのところがありましたよね。それが今見たらないわけですよ。そこにはないのだから、本当はその後、1回下に下がって床をはって、もう一回立ち上がるのですけど。立ち上がっているところも正確な高さは分からないけど、見つからないのですよ。止めるバルブは写っているのだけど。下がってはいるのですよ、多少。ただ、どれだけ下がっているかは正確には分からない。ただ、床にべったりくっついていてるわけではないことは、もう絶対確実だし、開口部のところは、腰ぐらいの高さのものがなくなっているから。だからこそ、そこまで水面下に入らないと、水って流れ込まないのですよ。だから、水位形成が非常に重要で。だけど、サブチャンに空間体積があることは、これは変えられないから、それはどうなっていたのかなという問題と併せてやらないと、CSから入れていたので、もう既にいっぱいになっていたのですというのは、ちょっと何か無理ありますよね。そうすると、本質的にどこかで考え違いを、我々も含めてしていたかもしれない。でも、まさに溝上さんが言ったように、25日ぐらいからだったかな、淡水に切り替えたのは。しかも圧は、もうこの後はRCWのヘッダに到達するほど上がっていないのですよ。したがって、もうタイムウィンドウはこの25日ぐらいまでしかないのだけれども、さあ、どうやったら一体成立するのだという、こういう問題になるわけです。だから、水位が形成されねばならないとは思っているのだけれども、どうやったら形成されるのかはちゃんと確認しておかないといけませんねという、こういうことになるのかとは思っているのです。それ以外、どうやっても、これはロジックの主張とは関係なくて、物理化学的に成り立たないのですよ。

○東芝ESS（前川シニアエキスパート） ついでにちょっと、半分雑談になっちゃうんですけど、本当にRCWの外側、ペDESTALの外側ですよ、それが2本ともちょん切れてなくなるような荷重源ってどこにあったのかなというのは、実は私、あまりよく想像ができないのですけど。いわゆる外荷重であれが引きちぎられたというのは、ちょっと想像してなくて、そうすると、熱でということになるのですけど。ペDESTALの外からの入り口から流れ出て、それが回り込んで溶かさないといけないのですけど、それが本当にそうなのかなというのは、もちろん今の話とは、ちょっと直接は関係ないのですけど、まだ少しくリアになっていないなという気はしていますけどね。

○安井企画調査官 その問題は、まさに次回でも若干捉えなくてはいけない問題なのですけども。つまり、RCWの配管以外の金属構造物は、ダメージを受けていないのですよ。流れ出たものによってね。したがって、RCWの配管がどこか行ってしまうとか、溶け

ているのか何にせよ、なくなってしまうためには、多分RCWの中に流れ込んだものが影響を及ぼさないと、RCWだけがなくなるというのは説明がつかないのですよ。外からの影響なら、ほかのつまらない、つまらないなんて言うてはいけませんけど、バルブとか、サポートとかいっぱいあるではないですか。それはみんな残っているのです。したがって、金属的にRCWだけが特別に弱かったわけではないのです。そうすると、RCWだけを失わせるものがあるとするならば、それはRCWの中をこういう溶融炉心から逆流したとか、何かがないと説明ができない。でも、そんなことあるのというものもあるんですよ。ただ、あれだけがなくなっていますからね。ほかのものはみんな残っていますから。それは厳然たる事実なので。だから、少なくとも流れ出たものが接触して溶けたというふうにお考えになるのは、ちょっとよしたほうがいいのではないかなとは思います。

○東芝ESS（前川シニアエキスパート） 私も流れ出たもので溶かされたとは、ちょっと思えないと思っているのですが、先ほども言ったように、荷重で引きちぎられているのもちょっと想像しづらいとなると、何でもってRCWの配管は消えてしまったのかなというのは、非常に疑問が残るところかなと思っていますけどね。

○安井企画調査官 それでは、いずれにせよ、このRCWの問題のうち、ペDESTALの中での損傷問題は、次回予定している1号機のペDESTALの問題の中でも扱いたいと思いますが、ちょっと今ので東京電力にお願いするのはして。ちょっとこの86ページの表は、ちょっと間違えた表をつけていまして、申し訳ございませんでいいのだな。ちょっと後で直しておきます。

さて、次の議題でございます。これは以前の検討会でX-6ペネをやったときに、CLADSにうちのチームと、それから大阪大学がこういうデータがありますかというようなお話をされて、それは会議が終わった後、調整してくださいとって終わっていたので、一応こういう話になっていますという御報告を岩野君からしていただきたいと思ひます。

○岩野係長 原子力規制庁の岩野です。

通しページの94ページからの資料2-3に基づいて、2号機X-6ペネの堆積物の生成過程等に関する検討について御説明いたします。

次のページをお願いします。今、ちょっと安井調査官にも説明していただきましたが、本件の経緯を簡単に御説明させていただきますと、昨年12月の第42回事故分析検討会において、JAEAの福島研究部門のほうから、X-6ペネの堆積物の接触調査を行ったときのアームの先に付着した試料の分析結果について説明をしていただいた際に、規制庁と、あと大

阪大学から、堆積物の生成過程等を解明するために、これまでに得られたスミヤ試料等の分析結果について、粒子の形状等の観点で情報を再整理するように提案しました。その後、関係者間で再整理する情報と、その情報から推定され得る事項について共通認識が得られましたので、今回改めて御説明させていただきます。

次のページをお願いします。まず、今回情報の再整理を行う範囲ですけれども、2号機の原子炉格納容器内でこれまでに分析したサンプルを対象とします。

そして、再整理を提案した情報の項目についてですけれども、粒子の形状、それから直径、含まれる主要な元素の構成比率、結晶構造、この4項目について、代表性がある形で情報を整理していただきます。

まず一つ目の粒子の形状についてですけれども、この粒子の形状の情報を整理していただく理由としましては、堆積物の粒子の生成過程としては、蒸発した粒子がペネトレーションに移動するにつれて温度が下がり、凝集して粒子になる場合と、あとそれから熔融炉心が落下したときなどに発生する飛沫が固化して粒子になる場合の二つが考えられまして、前者の場合だと、粒子の形状は球形になります。後者の場合だと不定形になります。粒子の形状から、二つのうちのどちらの生成過程で生じたのかというのを推定することができます。

次のページをお願いします。二つ目の項目ですけれども、粒子の直径になります。粒子の直径が大きくなり重くなりますと、これは当たり前ですけれども、重力による落下速度が大きくなります。粒子がペデスタルで発生したとすると、直径が大きい場合には、重い粒子でも落下せずにX-6ペネに到達できるような気流があったということになりますので、粒子の移動プロセスのパラメータの一つとして、発生した気流の強さが推定できます。

三つ目の項目です。含まれる主要な元素の構成比率ですけれども、蒸気圧の低い元素が十分な割合で含まれていれば、蒸発した元素が凝集し粒子になったというプロセスをたどった可能性は低くなります。よって、粒子の生成過程の判断材料になります。

四つ目の項目は結晶構造です。粒子の構成比率と、その物質の状態図にもよりますけれども、粒子が遅い冷却過程を経て生成した場合には、相分離を起こします。逆に冷却水などの接触による速い冷却過程をたどると、高温のときに形成された結晶構造が残り、単一の相になると考えられます。粒子の結晶構造を調べることにより、粒子の冷却過程が分かり、生成過程の補完する情報になります。

以上の四つの項目について、JAEAの福島研究部門に情報の再整理をしていただくことに

なっております。

次のページをお願いします。最後に、スケジュールですけれども、今は、まず手始めに、X-6ペネに限定して資料を整理していただいているところです。

情報の整理の仕方について、これから共通認識を得ることができましたら、ほかの場所も含めた資料全体の整理に入っていただきます。

全体の最終的な資料の提出の予定ですが、5月末頃を予定しております。

その資料を検討しまして、今の認識では、7月から8月の事故分析検討会で、整理された情報を踏まえた説明、それから議論を行いたいと考えております。

私からの説明は以上です。

○安井企画調査官 ありがとうございます。この最後の整理された説明、議論を行うのは岩野さんと大阪大学と、そういうことですか。

○岩野係長 原子力規制庁の岩野です。

そのとおりです。

○安井企画調査官 分かりました。あのときやっていた議論は、あの場でちょっと当事者間でというふうにしたので、行われていることの報告がされていて、自分も欲しいよとかという人は、個別に参加するなり、アプローチをしていただければと思います。別に両者の間でクローズドであるわけではありませんので。

これは特にないですよね。

それでは、最後の議題でございますが、多分これ、意外と盛り上がると思うのですが、2号機が中心なのですが、原子炉建屋の各階のスミヤサンプルを私ども、取っておりまして、今回は2号機のスミヤサンプルの分析がかなり行われていた結果をJAEAが報告をしてくれます。出てきた結果が一体何を意味するのか、それを一体どう理解したらいいのかというのが今日の主な議論のポイントなのかと思います。

それでは、JAEAの安全研究センターのほうから、まずは資料に沿って御説明をお願いしたいと思います。お願いします。

○JAEA（飯田室長代理） JAEAの飯田です。

それでは、資料99ページから御説明させていただきます。

次、お願いします。狙いとしては、今、安井さんから御紹介ありましたように、同一号機におけるフロア間の比較ですとか、号機間の比較を行うことによって、移行経路ですとか、炉心損傷進展時の雰囲気等を推定するというのを目的としてスミヤ分析を行って

おります。

次、お願いします。対象核種としましては、これまでも示してきましたように、セシウム、テクネ、モリブデン、ストロンチウム、 α 核種、ヨウ素等を対象としていまして、放出されやすい核種ですとか、炉心の状態の指標となるような核種を対象としております。

次、お願いします。ここからがスミヤ試料の分析の内容に入っていくのですが、今年度受け入れた試料としましては、この表に示した試料で、上半分が1号機のもので、これ材質、紙ウエスで汚れを拭き取っていただいたものになります。下半分がスミヤ紙で採取されたものでして、3号機原子炉建屋の壁、階段裏、あと格納容器の表面といった試料がございます。下の三つが、これらは2号機のFHM操作室、これ5階にあるのですが、ここから取った試料の三つがございます。これらのうち、 γ 線分析は全部行うのですが、溶解して、先ほど示したような核種の分析というのは、下の赤字で示しました4試料、これについて行いました。

次のスライド、お願いします。こちらが分析のフローです。

まず、スミヤ試料全体を γ 線分析を行いまして、 γ 線放出核種の濃度を測定します。

次に、イメージングプレート分析で、汚れと放射能を持つ粒子がどういうふうに分布しているかというのを調べて、それに基づきまして試料を分割しまして、それぞれ今回は2種類の分析方法で分析を行っています。一つが、燃焼させて灰にして、酸溶解をして、溶液分析をして、ストロンチウム、テクネチウム、モリブデンといった核種を分析する溶液分析。もう一つが、燃焼させて気化したものをアルカリ溶液でトラップ、回収しまして、溶媒抽出後に回収液に出てきましたヨウ素を分析するというものです。今回は、この①、②、③の結果について御報告をいたします。

次のスライドをお願いします。こちらが γ 線分析の結果なのですが、これも前回と同様、セシウムとアンチモン、コバルトといった核種が検出されています。

次のスライド、お願いします。次からが、溶解した試料の核種分析になります。先ほど示しました4試料を溶解して分析を行いました。通常ですと、この右側の分析フロー図におきまして、上の1段、溶液①、残渣①というところでこれまで分析終了していたのですが、今回残渣の γ 線分析をしたところ、これ、Cs-137を主なスコープとして分析しているのですが、かなりの量の溶け残りがあったということで、今回はさらに分析を追加しまして、この残渣をより溶解性の高い王水を用いて、2段分析を増やしています。

これらの結果を見て、評価を行おうと考えました。

次のスライドをお願いします。こちらが溶解液と残渣の分析結果になります。例えば左上のグラフを見ていただきますと、緑の線で区切っていますが、三つブロックがありまして、左から先ほどのフロー図の1段目、2段目、3段目ということになります。残渣に関しては、Cs-137のみ分析を行っています。

それで、これ、縦軸がlogスケールなので、少しの差で1桁違ってくるものではあるのですが、溶解液と残渣と、例えば左上のものと、大体同程度残ってしまっているというところですよ。一方、王水で溶かしてみることはしたのですが、こちらはほとんど溶けずに、残渣の量のほうが多いという状況になっていまして、かなり溶けづらい形でセシウムが残っているという結果になりました。

そこで、残渣中にどれだけ他の核種が残っているかというのは、結局、溶けてきていない状況ですので、分析ができないのですが、少なめに見積もることとしまして、残渣中には。すみません、ちょっと構内放送が入ってしまい。大丈夫でしょうか、聞こえますでしょうか。これで。

○安井企画調査官 はい、よく聞こえていますよ。

○JAEA（飯田室長代理） すみません、続けさせていただきます。

残渣中に、これらの核種が存在しないと仮定しまして、それぞれの核種について、セシウムに対する存在比を考察いたしました。

次のスライドをお願いします。比較につきましては、核種量から元素量、これはORIGEN計算から核種の存在量と各同位体の存在量を出しまして、合計から元素量を見積もって、それで核種濃度の分析値から元素量に直して、セシウム量と比較を行っています。横軸が、このスライドで言うところのモリブデンの元素量をセシウムの元素量で割ったものになります。縦軸がそれぞれの試料なのですが、今回、赤字で示した4試料を分析しました。黒字で示したのは、昨年度、一昨年度といったところで分析したものとなります。

こうしてみますと、例えば2号機ですと、上の階で高い傾向にある。そして、号機間の比較というところでは、3号機に比べて2号機は高いというところと。2号機におきましては、モリブデンの元素量というのがセシウムの元素量と同等かそれ以上のものが出ているということで、これまでの分析結果と整合する結果が得られております。

そして、この2号機に着目いたしますと、今まで申し上げたような傾向から、セシウムに比べてモリブデンが多い状況ですので、セシウムの化学形としてはモリブデン酸セシウムというもの。そして、過剰なモリブデンについては、酸化物の形態で存在しているので

はないかと推定をしております。

次のスライドをお願いします。こちらはテクネチウムに関してですが、こちらもモリブデンと同様の結果となっていて、やはり高層階で高く、量としましては、モリブデンよりは低い濃度なのですが、それでも高いものも存在するというので、こちらもモリブデン、テクネチウムというのは、酸化物の形態になると燃料から放出されやすいという性質を持ちますので、同様の傾向が起こっています。

この理由としまして、推定となりますが、これまでも申し上げていたことでもあるのですが、やはり炉心の損傷、事故進展といったところで、かなりの水蒸気リッチな雰囲気となっており、酸化性の条件が比較的続いている、その際に、こういったモリブデン、テクネの酸化物が形成されていたのではないかと推定しております。

次のスライドをお願いします。こちらがストロンチウムの結果なのですが、こちらもこれまでの結果と整合する結果となっているのですが、こちらも2号機が高い状況となっておりまして。ストロンチウムに関しては、酸化物よりも金属の形態でいるほうが放出されやすいという性質を持ちますので、先ほどの状況とは矛盾というか、整合しない結果ではございます。

その理由としまして、やはり事故進展の中で、雰囲気というのは常に一定というわけではないので、例えば事故初期の段階で、減圧して水位が下がって、水蒸気が少ない水素リッチの雰囲気の中でストロンチウムは金属状、もしくは酸化物よりも放出されやすい化学形になっていて、そういったタイミングでストロンチウムの放出が起こって、その後注水がされて水位が上がることによって、先ほどのモリブデン、テクネといった核種が放出されたのではないかと今のところ推定を行っております。

次のスライド、お願いします。次がヨウ素についてです。ここでまた話が変わって、③のところになるのですが、このヨウ素につきましては、酸で揮発してしまうという性質を持つため、こういった環状炉にセラミックボートを入れまして、その上にろ紙を置きまして、この下の図でいいますと、左側からガスを流して右側で回収するというような試験装置でヨウ素を回収して、この回収液中のヨウ素を分析するということを行いました。

次のスライド、お願いします。こちらが結果となります。ヨウ素については3試料行っておりまして、3号機の3階壁、2号機の3階床、1・2号機のSGTS配管内部というものを行っております。

結果としましては、まずセシウムも揮発してトラップされるはずだったのですが、回収

液中には、ほとんどセシウム出てきておりません。セラミックボートを試験後にγ線分析をしますと、これ、形状が違うので厳密な定量性はないのですが、ほぼ同等の線量が検出されていまして、セラミックボートに残っているという状態なのだろうと考えています。

今回、1,000℃で加熱をしているのですが、こういった温度でも揮発しにくい形態でセシウムが存在しているということが、この試験から示唆されております。

次に、ヨウ素なのですが、一番上の試料は定量限界以下であったものの、下二つの試料は、 10^{-13}mol 、 10^{-12}mol といった数値が得られていまして、もともとの焼く前のセシウム量に比べて1桁から2桁程度少ないという結果になっております。初期インベントリ自体も、ヨウ素はセシウムに比べて1桁程度少ない値ですので、そういう意味では、初期インベントリと整合する結果とはなっているのですが、ただ、現在セシウムが全然揮発していないというところで、かなり耐熱性のものが残っていますので、こういったものの中にI-129が存在していないと言い切れない状況ですので、追加でアルカリ溶融等で分析を引き続き行って、ヨウ素の量につきましては、定量を進めていきたいと考えております。

次のスライド、お願いします。以上、まとめになりますが、分析結果につきましては、これまでの知見と整合する結果が得られておりまして、2号機においてモリブデンが多い、そして高層階においてモリブデン比が高いという状況です。

一方、ストロンチウムも2号機において高い状況ですので、炉心の状態、雰囲気としましては、酸化性、還元性のいずれも経験があったのではないかと考えております。

さらに、今回の分析で得られた知見としましては、セシウムの物理化学形態としまして、酸や熱に耐性のあるもので存在しているということが示唆されております。

今後の計画としましては、スマヤ分析を継続しまして、今回2号機の床と3号機の壁を比較したものですので、2号機の壁試料というのが手元にありますので、こちらを優先的に分析しようと思っております。

また、手法としましては、硝酸溶解に加えて、アルカリ、フッ酸等によるスマヤ溶解といったものも検討していこうと考えております。

以上です。

○安井企画調査官 これまでここまで来たのだけでも、この解釈の中で、モリブデンが酸化状態で、ストロンチウムも少ないということは、ストロンチウムも結局は炉心は酸化雰囲気だったということを意味しているということですか。

○JAEA（丸山フェロー） 丸山です。

逆でして、これはあくまでも推定なのですが、初期の段階では2号機は減圧していますので、一気に水位が下がって、その段階だと水蒸気分圧は低い状態で、発生した水蒸気というのは、炉心の下の方でジルコニウムと反応して水素になってしまいますので、炉心全体が水素リッチな条件になっているのではないかなと推定しています。ストロンチウムは、その段階で出てきているのかなというのが我々の推定で、その後、注水されれば、これは、東京電力もそういう見解だったと思うのですけれども、我々もそう思っていて、注水したことによって、今度は水蒸気がたくさん発生して水蒸気リッチになる。モリブデンとストロンチウムが出るタイミングが違うのではないかなというのが我々の推定です。

○安井企画調査官 タイミングはそうかも分からないけどね、この109ページのグラフを見ると、初期インベントリからの平衡バランスがありますよね。それよりも出てきているSr/Cs比は、1桁より少ないよね。

○JAEA（丸山フェロー） もともとストロンチウムは出づらいのですね。金属のほうが相対的に酸化物よりは燃料から放出されやすいのは確かなのですが、金属になったとしても、ストロンチウムは燃料からそれほど出ない核種です。

○安井企画調査官 だけど、こうなっているからといって、還元雰囲気での現象を反映していると言えますかという質問のほうがいいかも分からないな。

○JAEA（丸山フェロー） 確かにそういう意味では、酸化性雰囲気のとときにも出ている可能性は、もちろん否定はできないのですけれども、事故シナリオを考えたときに、減圧して水位が下がったというのは間違いないと思っていますので、時期的にはそちらのほうがより出やすい状況だったのではないかなという、そういう意味です。

○安井企画調査官 でも、それはあれですか。では、1号ではどうなのですか。

○JAEA（丸山フェロー） 1号は、よく分からないですね。なぜかという、圧力のデータがあまりなくて、確かに原子炉容器の圧力がどこかで下がっているのですけれども、それが急激に下がっているものなのか、じわじわ下がっているのかというのは分からないですね、途中のデータがないので。じわじわ圧力が下がっているのであれば、多分水位がそんなに急激に下がることはなくて、水蒸気リッチで炉心損傷が進展していくと思います。

一方、急激に減圧がもし起こっているのであれば、水位が一気に下がってしまいますので、そういう状況であれば、水蒸気は枯渇するというふうに考えています。

○安井企画調査官 1号機は、少なくとも水素爆発後、しばらくぐらいまではそもそも注水ができなくて、言わば水蒸気リッチなんてとても考えられない原子炉だったわけですね。

○JAEA（丸山フェロー） 注水がなくても、炉心の水位が徐々に下がっていく段階で、どんどん水蒸気が発生するという意味です。それで、露出しているところのジルコニウムがその水蒸気によって反応して水素になる。

○安井企画調査官 分かりますよ。でも、それはどの原子炉もそうでしょう。

○JAEA（丸山フェロー） ええ。ただ、減圧すると、水位が一気に下がってしまうので、水蒸気自体の生成量が少なくなります。

○安井企画調査官 でも、1号機は、多分炉心が、その当時、SR弁が開いていたのか、安全弁が開いていたのかよく分からないけども、炉心損傷が11日の夜の7時とか8時とか言っているわけですね。つまり、減圧したかどうかは別として、水面が、言わば燃料棒が出るのに、僅か1時間とか1時間半で多分出ていっているわけですね。その状態は水蒸気リッチとカウントするのですか。

○JAEA（丸山フェロー） それが減圧速度に依存すると思っっているのですが、その減圧速度が現段階では分からないということです。

○安井企画調査官 これ、一生懸命こうやって分析しているのだけど、だから結局何なのだよということなのですから。テクネチウムとかモリブデンは、何となく上の階が多くて、下の階に行くとかだんだん減ってくるという感じがしますよね。そうすると、これはこういう傾向をどう理解するかという、ある意味で分かりやすいのだけれども。何となくストロンチウムは、何とでも解釈できるという申し訳ないけど。

○JAEA（丸山フェロー） そこは、確かにモリブデンとテクネチウムに関しては、下層階に行くに従って下がっているのに対して、ストロンチウムは何でほぼ一定なのだろうかという。この辺は、説明し切れないところがあるのは事実です。

○岩永室長 岩永です。

ストロンチウムの再浮遊であるとか、一回出た後に原子炉建屋の壁に。我々がサンプリングしているわけで、持ってきている部分に対して、時系列を追って、出てきた後のプロセスも追う必要があるのかなのかという観点でいうと、化学形とか、再浮遊だとか、そういうしやすさというのも一つあるのかなと思って。ストロンチウムとセシウムの比は、やはり使っていくに当たっては、2号機は極めて高いのですね。ストロンチウムの量が大きいし、それはモリブデンと同じような性質というか、同じような傾向を持っているわけで、非常に重要だと思っているのですが。ストロンチウム自身がついた後に変わっていくという可能性はありますか。移動していくというような可能性は。

○JAEA（丸山フェロー） もともと蒸気圧自体が低い核種、元素なので、燃料から出る量も少ないですし、もちろん出た後構造材に付着するというのは間違いないのですが、ストロンチウムが再蒸発するというのは考えづらいと思っています。

一方で、セシウムとかモリブデンがもし酸化物である場合には、事故の初期のリークの段階では、PCVに浮遊しているエアロゾルが一気に出て5階のオペフロの床や壁に付着すると思います。これは、多分長期的に考えなければいけないと思うのですが、その後は、構造材に付着したセシウム化合物やモリブデンが、蒸気圧がそれなりにある場合には再蒸発して、徐々にオペフロに出てくると考えられます。蒸発のしやすさからすると、モリブデンの酸化物よりはセシウム化合物のほうが蒸発しやすいと思っていますので、長期的に見ると、最初はモリブデンリッチの浮遊物が出た可能性があって、その後は核種の組成が変化して、どちらかというとセシウムが多い形で再蒸発してくると推定しています。そういう現象が多分オペフロから下層階への分布に影響していると現段階では考えています。仮説なのですが、以上です。

○田中委員 私もこのスミヤの結果を見させていただいて、どういうふうにしてこれが説明できるのか、結構いろいろと考えていたのですね。まずはモリブデンとテクネについて、上層階のほうが高いというのは、再放出を考えているのですか。

○JAEA（丸山フェロー） 再放出の前の段階で、格納容器の中にエアロゾルで浮遊している状態のものがトップヘッドフランジからリークしてオペフロに出ているのではないかとというのが初期段階です。その後、浮遊しているものがなくなった後、あるいは非常に少なくなった後、まだリークが継続している場合には、一回構造材に付着したものが再蒸発して、小さい粒子、エアロゾルになってリーク孔からオペフロに出ていくという、大きく見ると2段階であると考えています。

○田中委員 2段階で大きく見たとすると、モリブデンとセシウムの比、テクネとセシウムの比が上層階のほうが高いというのは、それなりに説明できるということですか。

○JAEA（丸山フェロー） そのように今は考えています。

○田中委員 それで、いろいろなことが現象絡んでいるのですが、丸山さんたちとすれば、いろいろな考え方を持って、これの測定結果が説明できるところと、また説明できないところというのは、その辺は整理されているのでしょうか。

○JAEA（丸山フェロー） 先ほど説明したストロンチウムの件というのは、まだ説明し切れていません。セシウムでも溶けづらいもの、あまり蒸発しないものが出てきているという

のが今回分かったので、それも加味すると、もう少し考えなければいけないと、そういうような整理はしています。

○田中委員 セシウムで蒸発しにくいもので何回でしたっけ。6回でしたっけ。

○JAEA（丸山フェロー） シンビアアクシデントのときに、化学形を決めるのはなかなか難しく、いろいろな物質が関与し合って、いろいろな形の酸化物などになっている可能性があります。そうすると、酸にも溶けないとか、1,000℃で加熱しても蒸発しないとか、そういうのがあるのかもしれないと思いますが、まだまとまり切っていない段階です。

○田中委員 私もFPの化学形とか、あるいはエアロゾルとかになってどうなるか関心があって見ているのですが、やはり丸山さんのグループにもいろいろな専門の方多いと思うので、整理していただいて、ここまで説明できると、ここはできないとか、そういうふうなことを説明していただくと、もっと理解が私には深まるかなと思った。

○JAEA（丸山フェロー） 分かりました。ありがとうございます。

○安井企画調査官 この測定結果を見ると、一つの原子炉の建屋の中で、階層によって違うという1個の塊と、それから1号機と2号機と3号機で比較するということ議論と二つあるわけですね。それで、前者は、いろいろメカニズムあるかも分からないけど、出た後どう動いたかというのを、あまり動きを再現しても仕方がないのだけど、それが吸着なのか凝縮なのか分からないけど、何らかの一方がだんだんなくなっていくと比率が変わると、それは分かるのだけど。

もう一方の原子炉の比較をするときに、我々が取れるのは、建屋に出てきたところが今取れているわけですね。例えば2号の系統は、どれを見ても何となく、セシウムよりも相方さんが何となく多めに見える感じはしますよね。そのときに、シールドプラグでセシウムがいっぱい取られてしまっているのが影響しているということはないのですか。

○JAEA（丸山フェロー） それは影響している可能性はあります。たしか2号機だと40ペタくらいでしたか。

○安井企画調査官 40とか、いろいろな何十ペタとかと取られているので。

○JAEA（丸山フェロー） 3号機も同じくらいでしたでしょうか。

○安井企画調査官 そうだけど、半分ぐらいかな。

○JAEA（丸山フェロー） シールドプラグで言えば、2号機と3号機の場合は倍半分の世界ではありますけれども、そこでセシウムが主に取られているのであれば、影響している可能性はもちろんあると思います。

○安井企画調査官 そうだとすると、比率だから、比で入れているものだから、例えばストロンチウムが出やすい環境だったという議論もあるかも分からないけど、逆に言うと、セシウムが到達しにくい環境だったという理解もできて。言っていることは分かりますか。

○JAEA（丸山フェロー） そうですね。それは初期の段階でもそうでしょうし、長期的に見ても同じだと思います。セシウムが、2号機にしても3号機にしても、もしシールドプラグで大量にトラップされているというのであれば、両号機共にオペフロに来るセシウムの量自体が抑制されるという可能性はもちろんあると思います。

○安井企画調査官 また、それによって2号と3号の違いもある程度説明できるかもしれませんねということを言っているのだけど。

○JAEA（丸山フェロー） そこは何とも言えなくて、倍半分の世界とオーダーの世界を比較することになる可能性もあるので、そこは現段階では何とも言えません。

○安井企画調査官 倍半分というけど、もともと初期インベントリが全部足したって二百数十しかない世界の何十という量なので、それは単純な倍半分ではないかもしれません。つまり、捕まえる力が相当強くないと、2号のほうが3号よりもかなりたくさんセシウムが捕まっているとすると、大分誤差があるから、どこまでやるかよく分からないけれど、ちょっと自信がないなというのが一つと。

それから、別途1号機のデータをもっと拡充する必要があるのではないかと考えていて、多分ちょっと、うちも最初の頃は非常に条件がきつかったので、ウエスなんかで取っているのだけど、何となくこれ、比較できるのですかね。この人のやつをやるときに、サンプルとして、ろ紙でちゃんと取ってこないと、ちょっと使えない。そうでなくても、比率から使えるのですか。

○JAEA（丸山フェロー） スミヤろ紙で1号機に関しても取ってほしいというのが我々の希望です。ウエスを見ると、いろいろ折り曲げたりしていますので、ゲルマで測ったときに正確な値になっているかどうかというのは分かりませんし、あと溶かし方が今までのおとりでいいのか。溶け方がスミヤろ紙とウエスで同じなのかというのも分からないので、できれば2号機、3号機と同じスミヤろ紙で1号機も取ってほしいというのが我々の希望です。

○安井企画調査官 ただ一方で、1年間に、これ見たって四つしかできていないじゃん。赤い色がついているデータって四つですよ。年に4個しかできないのですか。

○JAEA（丸山フェロー） これは、私ではないかもしれないですけど。

○安井企画調査官 いや、飯田さんや島田さんでも結構ですよ。

○JAEA（丸山フェロー） 溶解とかかなり大変です。このサンプル以外に処理水の分析もしていますので、この4個だけではないのです。

○安井企画調査官 岩永です。

補足します。今現状、事故分析の中で分析をするという意味では、スミヤとスミヤを含めたものをやっているのですけども、ちょっと実機がオーバーラップしていたので、そういう作業工程になってしまったということなのですが、来年度以降は、しっかり取り組めるのかなと思っているので。先ほどのスミヤの話ですけども、1号機は1号機で、我々としては取る道具があまりなかったときに取ってきているということがあって、号機に閉じた比較には使えると思っていましたけども、それでもいろいろ条件はあって、持ってこれる物質が変わってくるので、これはもう均質化したほうがいいと思っていますし、ですので、それは改善はしました。少なくとも号機間の比較をするときは、これではいけないと思っているので、1号機を改めてしっかり取るということと、分析の回数は、来年度はしっかり増やして、倍には増やしていただきたいなとは思っています。

○JAEA（丸山フェロー） 来年度は、今年度よりは、試料の数は増えます。

○安井企画調査官 プレッシャーかけるというよりも、だって4個ずつやっていたら、何年たってもできないので、ここに資金を配分することの意味がないかなと思っていまして。僕が思っているだけで、彼らは違うかも分からないですよ。だから、よくうちの委員会でも議論やっているけれど、結局、やはり分析キャパシティが本質的に全然足りないと、そういうことですか。

○岩永室長 規制庁、岩永です。

その点につきましても、十分だとは思っておりませんのと、あと今、山中さん来ていただいていますが、他施設というか、他の機関を今活用することを含めて、資源エネルギー庁のほうも調整をして、少なくともγ線の測定とか、そういうところについては、現場でやってみようという取組を今年から、4月から始める予定がありますので、ちょっとどういう仕分けで、結果ここの議論に耐え得るサンプルをどれぐらい作り上げられるかというのをこれからちょっとやってみたいと思っているので、そこら辺は、増える方向での調整をしているということが現状でございます。

○田中委員 分析は調整してほしいのですけども、これ、どういうふうなメカニズムで、現状でもってこうなったかというふうな検討は、そこはやらないのですか。

○岩永室長　メカニズムの検討は、基本的には安全センターと我々でやると考えています。

○田中委員　安全センターと1F事故室と。

○安井企画調査官　そのときに、この残渣は何なのだというのは、もうちょっとやらなくていいのですか。

○JAEA（丸山フェロー）　すみません、ぜひやりたいのですけれども、それができるかどうか、飯田さん、何かできそうかどうか感触持っていますか。

○JAEA（飯田室長代理）　飯田です。

一連の話で、まず試料数につきましては、やはり残渣が出てしまうと、単純に今回3回繰り返しやっていますので、3倍の労力がかかっています。そういう意味では、4試料ですけど、12試料分ぐらいの労力がかかっている状況なので、というのがまず一つです。

もう一つは、やはりこういうイレギュラーなものが出ると、やはりそこで分析の手法を検討しないといけなくなってしまうので、いわゆるルーチン分析でさばくようなスピードではなかなか難しいなというのが試料数についてのコメントです。

次に、残渣についてなのですが、今のところ、もしセシウムボールのようなガラス質のものであれば、フッ酸に溶けるだろうと、もしくはアルカリで溶けるだろうと思っているので、まずそこでマトリックスの状態を見たいなと思っております。

一方で、例えば耐熱性の沸点の高いような化学形であるとする、なかなかこれ、溶けないかもしれない。今のところ化学形、直接見るのが難しい状況ですので、今の分析設備だと、なかなか手が出しづらいのですが、何か化学形が直接分析できるようなものがないかなというのは、今検討しているところです。

以上です。

○安井企画調査官　もちろん困難があるのは分かるのですよ。ただ、残渣と称しているものが何だか分からないと、どんな条件でできたかも分からないのでしょう。そうですね。しかも、今まで大体想定されていたというか、こんなものがあるよと思っていたものとは違うものなのですよ。

○JAEA（丸山フェロー）　そうです。

○安井企画調査官　ということは、通常これまでに想定されていた状態と何か違う生成条件があったから。しかも、ちょっとではないよね。だって、いろいろなサンプルに、少なくとも、まず2号にはあることは間違いないので、これが1号にもあれば共通問題だし、そうでなかったら、2号特有の炉心の条件とか、何か分からないのだけど、何かを推定する

鍵になるのは、特殊な物質は何であって、それができた条件が何なのかと考えるのがいいような気がするのだけど、それはやはり言うのは簡単だけど、やるのは難しいと、そういうことですか。

○JAEA（飯田室長代理） 飯田です。

やるのはなかなか難しいと考えています。

○岩永室長 岩永です。

その点は、我々サンプルするものが、これまでは多分、ちり、ほこりが付着したもので遊離できるもの、簡単にろ紙で取れるものを狙って取ってきて、できる範囲でやっている。そこには恐らく残渣が残り、王水でも溶けないようなものも含まれていると。これはもう想定していないものですので、そこまでを溶かし込んで物事を判断するに当たって、そこまでいいサンプルかどうかというのは判断ない状態で今取っています。ですので、もしこのサンプルで何かもう少し深い議論をしていくとすれば、その議論に適したサンプルの場所とサンプリングするものをある程度検討した上でやらないと、現場の負担がこれ以上増えると、いわゆる残渣までの分析をやってしまうと、多分回らないというのが返答として来るので、そこはちょっと、一旦検討しますか。今、本当に壁をこすっているだけという状態で、何もそれ以上のことは考えていない状態です。

○JAEA（丸山フェロー） 意見交換させていただきたいと思っています。ただ、どの辺で試料を採ればこういったものがないというのは分からないです。

○岩永室長 ただ、シールドプラグの近傍であるとか、ほこりだとか、いわゆる瓦礫類の影響を受けにくいものだとか、生成のされている場所と取る場所ができるだけ近いほうがいいとか、努力はできるのかなと思うのですが、今のままだと、ちょっと負担になるだけだなと思って、ちょっと頭を悩ませているというところと。あと、廃炉に役に立てる試料としても重要に位置づけになってきているので、よりよいサンプルを取るというのは、他機関との、NDFだとかMETIとか、その辺とも協力をして検討を始めているのですが、ちょっとその知見がまだ足りないのかなということなので、ちょっと残渣の分析をどこまでやるべきかというのをまずさばかないといけないのではないですか。

○JAEA（丸山フェロー） そうなのですが、まずはフッ酸とかアルカリの溶解をまず試してみます。その次のステップは、まだ決まっていないです。

○岩永室長 岩永です。

それにつきましては、全くイエスというか賛成と言えないのは、他機関がついていけな

くなる。要は、非常に強い酸とか塩を使うと、施設が結構傷んできます。これ、安全センターの機器もこのまま続けていて、非常に濃い酸で溶かして、測定系統とかというのは大丈夫なのですか。

○JAEA（丸山フェロー） すみません、飯田さん、お願いします。

○JAEA（島田研究主幹） 島田です。

今、完全にフードの中にフードをさらに入れて酸の蒸気をトラップするような形で、フードの中には酸を飛ばさないような状況で実験をしているので、現状、フードに錆とかは出ていない状況です。あと、配管は一応塩ビでできていると思います。

以上です。

○岩永室長 岩永です。

塩ビというところでクリアできるのかなと思いつつも、ほかの機関は決してそうではないので、ちょっとその部分は、少し工夫をするなり、安全センターが特有にできるものとして定義していくとかということで、決してほかに同じサンプルをまいて、同じことができるという環境ではどうもなさそうなので、その辺はちょっと考慮しながらということですね。分かりました。

○田中委員 先ほどの室長の、ちょっと分からなかったので教えてください。スミヤがない方法でもって、サンプル取ることも考えようと言っているのですか。表面バリバリとこすったりとか。

○岩永室長 正直、今、表面こすると、ほこりのようなものが取れてくる、汚れのようなものが取れてくるということなのですが、それって、実はコンクリートだとか、粉じんだとか、そういうのも含んでいるので、溶けにくい成分は多分含有されているだろうなと思いつつ、我々もやっていたわけですね。その中で分析可能なものという感じなのですが、それさえも全て溶かしていこうとすると、かなり難しくなってくるので、そこを考えれば、そういうものではないサンプルを求めていってもいいのではないのかなと思って、今発言しました。

○田中委員 これからいろいろな建屋の解体等々のときが、中がどれだけ汚染しているかというのが大きな問題になってきて、表面あるいは表面の中どう入っているかとか、これは最終というか、将来の廃棄物の観点から表面を分析している方法もあるのですが、それとまた今回のやつはちょっと目的違うといいながらも、何かちょっといい方法があればいいなと思いました。

○杉山委員 今後の新たなサンプルの取り方の工夫ということになるかもしれないのと、あとは今までのデータの活用ということにもなるのですが、これ、あくまでも核種の比率ですね、今評価しているのは。当初から絶対値の評価は難しいということは承知でやってきて、それでも何か得られるかなということをやってきたと理解しています。それだけ、やはり今回の結果を見ても、傾向が見えても、それがあくまでもセシウムとの比率であって絶対値ではない。これ、やはり解釈する上でも難しいですね。事故直後にある分布が得られても、その後のセシウムだけが移動したことによって分布の傾向が変わってしまうようなことが。それを全部ストーリー、つじつまの合うようなものをパズルのようにストーリー組み合わせてつくるということ自体にどんな意味があるのだというのもありまして。もし何かできるとしたら、これ眺めていて、サンプルを採取する段階でも、沈着するプロセスが重力沈降だったり、熱移動で壁についたりとか、いろいろなことを考えて、壁、床、あるいは階段の裏とかやったわけですけど、今見ると、そんなに極端に同じフロアで採取した場所によって違うように思えなくて。そうしたら、思い切って、割り切ってますけども、そのエリアの線量率とか、それが一つのセシウムの分布の大きな傾向を表しているとして、そういったもので規格化したりしてみるとか、今のデータをそうやってもうちょっと活用して、かつ今後のサンプル取得においては、何かやはり絶対値に資するようなデータを追加して得るような、その辺何か工夫できるといいなと思うのですが、いかがですかね。

○JAEA（丸山フェロー） ありがとうございます。直にスミヤを取っていただくときには、面積としては10×10くらいの面積を取っているという話です。単位面積当たりで、もちろん取り方によって、圧力のかけ方によって、取れ方が全然違う可能性があって、誤差は相当あると思います。そういう意味で、一応参考情報としては、単位面積当たりの絶対量が、その場所については大体これくらいという情報しか得られないというのが今の状態で、その絶対量がどれくらい信用できるかということ、それなりの誤差があるというのが我々の理解です。

○安井企画調査官 今、杉山さんが言ったみたいに、遮蔽つきのある程度指向性のある検出器を持って行って、γ線の、今からスミヤするところをある決まったやり方で事前に放射線量を、しかも、できればスペクトラムつきで測れれば、言わばそれによって取ろうとしているところの、少なくとも相対的絶対量は分かるわけですね。セシウムならセシウムのね。あとは比率で割り掛ければ、全部分析する手間よりは、分析ほどは精度は出ない

かも分からないけど、ある一定の規格化された密度の差を出すことは可能なのではないかなという、そういう御提案だと思うのですけども。

○JAEA（丸山フェロー） 提案されたような方法がもし現実的だったら、今後、今までデータを取ったところを壁だけ測って歩くだけでも意味があるかと思います。

○安井企画調査官 検出器、買ってもらわなければいけないかもしれないですけど。

ところで、一つ確認の議論をしておきたいのだけれども、この残渣というのは、今ちょっと岩永さんの話にあったようなコンクリート片とかほこりとかというようなものなのか、見た感じは、これはセシウムが出ているから、FPの粒子という感じなのかというと、どちらなのか。

○JAEA（丸山フェロー） これは島田さんに説明してもらったほうがいいと思うのですけど。

ろ過したろ紙に残渣があるのですが、見えないらしいのです。色のついていないというか、透明なのか白なのかよく分かりませんけれども、そういう残渣みたいです。私のイメージでは、残渣というと、何か黒とか茶色とか、そういう色がついていると思っていました。そういう残渣もあるのですけれども、目に見えない残渣もあって、測ってみると放射能があるというような試料があります。

島田さん、よろしくお願いします。

○JAEA（島田研究主幹） すみません、島田です。

今、丸山さんがおっしゃってくださったとおりです。目で見える残渣のときもありますけれども、見た目では分からなくてゲルマで測ったり、IPで見たりすると、セシウムがいるというような状況のものがあります。

あと、残渣といっているものは、ろ過したろ紙と、あとビーカーも測っているのですけれども、溶解に使ったビーカーについてしまって取れなくなっているものというものもあるので、吸着の問題もひょっとしたらあるかもしれないと考えております。

以上です。

○安井企画調査官 今後のデータサンプリングの方向性としては、さっきの杉山さんが言っているやつをどうするかは、ちょっと技術的研究するとして、1号をろ紙で取るというのはやるべきなのか、もう既にある程度ストックがありますよね、サンプルの。それをやり続けるというのが当面のプライオリティになるのですか。

○JAEA（丸山フェロー） 飯田の説明でもあったのですけど、号機間の比較をするときに、

今は2号機はほとんど床の分析です。3号機は、床は瓦礫があつてサンプリングができないということで、壁しかないのです。壁と床で違う可能性がありますので、我々としては、2号機の壁については、まだ分析していないものがありますので、まずそれをやって、その後1号機ということを考えています。

○安井企画調査官 追加にサンプルを取ってくるチームとしては、どこにプライオリティがありますかということなのだけど。

○JAEA（丸山フェロー） それは比較という意味では、壁の場合は、凝縮して結露して、ちょっと洗い流されている可能性もあるので、壁の2か所くらい、高いところと床面近くの壁と、あと流されたものがその付近にある可能性があるもので、床の壁に近いところ、その辺を考えています。その辺を取っていただければなと思っています。

○安井企画調査官 各階1か所というか、1.5を三つ取ればいいと、そういうことですか。

○JAEA（丸山フェロー） 可能であれば、そういう3点のセットが2か所あればと思います。

○安井企画調査官 でも、年に四つだろう。それで言っているのではないのだよ。実際のリアルな制約というのはあると思いますので、そんなにいっぱい取ってきて、やれるのかなという正直なフラットな思いなのです。

○JAEA（丸山フェロー） その三つの中の例えば2か所を取ったからといって、それを全て分析するというわけではなくて、一つは全てやるとして、その中で代表的なのはどれだろうかというのを判断した上で、残りについては、全部やるのではなくて、どれかをピックアップするようなことで効率化を図っていければと思います。できればもちろん全部分析したいのですが、それができない場合には、そういうことを考えようと思っています。

○岩永室長 岩永です。

基本的に我々は、FPが通ったであろう四つ角の階段室中心に、階段の下と、あと壁、床ということなのですが、さっき杉山委員からもおっしゃっていただいたとおり、線量でバルクというか、ある階のインベントリ的な線量分布というか、線量情報で区分けしていくという意味では、どうも四つ角を3か所取って、その線量測定を個々にやっておくというのを基本セットぐらいにして進めていって、渡せるタイミングで渡していくということを少し来年は計画を立ててやってみて、ストックをしていくということですかね。我々もほかの調査もあるので、そういうことですかね。

○田中委員 例えば階段の周りとか、そういうところを重点的にスミヤしてとか。

○安井企画調査官 プリミティブな質問なのだけど、各階の違いを見るときに、階段部というのは、ある意味気流が真っすぐ下がってきたところもあって、爆発を伴っているところは、落下物もあるのですよね。そういう階段部みたいなところのほうがいいのですか。各フロアの真ん中辺というか。

○岩永室長 岩永です。

その点は、この会議でも議論していて、階段のステップの裏側が上からの影響を最も受けていないだろうと。先ほどの結露で垂れてしまったり、床をそのために取らないといけなかったりするんで、基本的には階段室の階段の1段目か2段目の裏側を取るということを今まではやってきました。もちろん周辺の壁と床もやっていますよ。そのセットであれば、影響程度も分かるし、影響が少なからうというのを説明性は高いだろうというところ、そこまでです。

○安井企画調査官 今日の議論を受けてちょっと。γ線の遮蔽付検出器も使って、それをある意味絶対量の指標にしようとするのだとすると、落下物の多いところって、他の線源の影響を受けやすいのですよ。しかも基本的に形状が複雑なところで線量を測るのって、大体難しいので、何となく平たい大きい壁のあるところのほうが筋がいいような気はするのだけど。これは分析するサイドが、いや、この方法で結構ですというのに、嫌だとかいうようなものではなくて。1号は線量が、3号なんかから見たらハードルが低いので、やる気になればうちはやれるので、そこさえはっきりしていれば、それでいいですかという質問をしているだけなのだけだね。

○岩永室長 放射線測定上は、階段の裏なんていうのは、多分測ることができないので、基本的に近傍の比較的大きな壁を遮蔽で覆って、そのスペクトルを取れば取ると。ただ、線量が高い場合は、ちょっと断念して、線量だけで帰ってくるということになると思います。

○安井企画調査官 そうなると、普通の原子炉建屋の、壁のないところもあるのですよ、爆発してぶっ飛んでしまっただけ。ただ、あるところを取るのも、サンプルとしては言わば広い面なので、いいような気がしたのだけど。ちょっと一回、やる以上は効率的にやりたいから、がっちりと新しいアイデアも出ているから、その考え方を収容することができるサンプルポイントはどこかという観点で調べて。ただ、確かにこれを見ると、2号機はそうだけど、1号機はSGTSの中というのは、ちょっとうまいところがどこかというのは言えないので、やはり普通のフロアのデータを並べて比較したほうがずっといいような気がする

ので。それがないと、だって号機間比較にならないよねと私は思いまして。

では、それは岩永さんのところで検討は進むのかな。では、お願いします。

それ以外に、またこれらのサンプルやこの問題への取組方なども含めて、こうしたらいいのではないかとか、こういう点はもっと考えるべきではないかとかというものがございましてでしょうか。コメントのある方はいらっしゃいませんか。いらっしゃらないようなので、何かあれば、また後で思いついたよといって連絡をしていただければと思います。この分野、手間もかかる上に、サンプルもまた取って、またそれを輸送してとか、いろいろと手がかかるのですけれども、丁寧に地道にやっていくしかないなと思いながらも、他方で、決してあれで言っているわけではないのだけど、やはりいろいろな制約もあって、そんなにどんどんできるわけでもないというこの壁をどうやっていくかという問題を併せて考えないと、このアプローチのなかなか成果が出にくくなるとよくないので、ちょっとそういうのも併せて総合的な解決策に向かってやっていかなければいけないのですが、何か役所みたいですよ、総合的何とかなんて。だから、やはりうまく成果が出るようなアプローチを考えたいと思います。

それでは、本日予定した議題はここまでで、あれやるのかな、現地調査の何とかとかというのは。特にありますか。

○佐藤分析官 原子力規制庁の佐藤です。

資料2-5で、現地調査の実施状況というので資料をつけています。簡単に紹介だけさせていただきます。

前回の検討会以降で3号機の原子炉建屋ということで、先ほども議論の中で一部御提示しましたけれども、3号機の原子炉建屋で、さっきの梁の損傷の有無と、すみません、ページでいうと123ページですけれども、確認して、あとは線量率と、あとスミヤの試料を採取しております。

124ページ、125ページにスミヤ採取箇所計3か所と、あと125ページのほうは3号機3階の線量率も併せて測定していますので、その状況を載せております。

126ページに過去に調査した際の線量率を載せていますけれども、今月1日に行った分の線量率は、多少下がっているところもありますが、あまり変化がないのかなというのが行ったときの印象を持っています。

説明は以上です。

○安井企画調査官 ありがとうございました。

これは一種の御報告なので、また、先ほどやっていた3号炉の梁の曲がりが進んでいるかどうかというのについては、既に御報告したように、進んでいなくてよかったねということなのですけれども、そういうことが分かっております。

それでは、本日予定いたしました議題は全て完了することができました。特に問題なければ、次回は。

○佐藤分析官 すみません、規制庁の佐藤ですけれども、ちょっと一点だけ。

先ほど、資料の通しページでいうと86ページのRCWの資料の関係と、資料2-2ですかね、ちょっとつけている表が違いますというので、これ、塩素とかマグネシウムとか、その辺のデータが載っているものだという理解でよろしいですかね。はい、分かりました。では、そちらのほうにちょっと差し替えをさせていただきたいと思います。ありがとうございます。

○安井企画調査官 それがないと、海水の流入量の算定の根拠にならないので、すみません。

それで、次回は3月29日で、一応予定されている主な議題は、一つは、この1年ぐらい、またペDESTALの1号機の中のいろいろ調査も済みまして、調査自身は大分前に行われているのだけど、結局、前回どうしてああいいう棚状構造物ができたのかというのに、とりあえず仮説三つぐらい出ているのけども、やはりいろいろ考えると、ペDESTALの内側と外側は、もしかしたらデブリ自身の状態が違ったかもしれないとかというのを含めた、大分更新された知見があるので、それを一度シェアをしてみて、それで当時考えたことをどう修正すべきかとか、もし先ほどの水位の問題が併せて情報があれば、それも一つの材料にして議論ができるかというのが一文と。それから、もう一つはRCWの汚染のメカニズムについてのアゲインと。本件ももう汚染が見つかったから、汚染が見つかったのはうんと早いんですけど、中の組成が分かってからも、もう1年をはるかに超えておりますので、ちょっとそろそろ。しかも全体的に静水圧の問題なので、コンピュータをがんがん回してとかという類いのものではないので、そろそろここで東京電力としても結論を出してもらえないとちょっと困ってしまうかなと、こういう状態なので。ただ、やはりもう一度というものはお応えをしたいと思うので、そういう時間配分でやりたいと思います。

では、本日の議題、その他全体を終えましたので、特に最後にもう一言という方がいらっしやらなければ、ここで終了したいと思います。

ありがとうございました。