

令和6年第6回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和6年2月27日（火） 14:00～16:25

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室

3. 出席者 原子力委員会

上坂委員長、直井委員、岡田委員、青砥参与

内閣府原子力政策担当室

山田参事官、梅北参事官

大阪大学大学院工学研究科環境エネルギー工学専攻

村田教授、大石准教授

大阪大学工学部

牟田教授

日本科学技術振興財団 人財育成部

木本理事・人材育成部部長

掛布エネルギー・環境グループリーダー

4. 議 題

(1) 原子力白書に関するヒアリング「東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故調査チーム「1F-2050」－経緯と進捗－」（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 村田勲氏、教授 牟田浩明氏、准教授 大石佑治氏）

(2) エネルギー・放射線教育に関する日本科学技術振興財団の取組について（日本科学技術振興財団・科学技術館）

(3) 電気事業者等から公表されたプルトニウム利用計画について（見解）

(4) その他

5. 審議事項

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

本日は青砥参与に御出席していただいております。よろしくお願いいたします。

それでは、本日の議題ですが、一つ目が、原子力白書に関するヒアリング「東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故調査チーム「1F-2050」－経緯と進捗－」、二つ目が、エネルギー・放射線教育に関する日本科学技術振興財団の取組について、三つ目が、電気事業者等から公表されたプルトニウム利用計画について（見解）、四つ目が、その他であります。

それでは、事務局から説明をお願いいたします。

（山田参事官）事務局でございます。

一つ目の議題は、原子力白書に関するヒアリング「東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故調査チーム「1F-2050」－経緯と進捗－」について、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 村田勲様、大阪大学工学部教授 牟田浩明様、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 大石佑治様から御説明いただき、その後質疑を行う予定です。本件は、「基本的考え方」の「3.1.「安全神話」から決別し、東電福島第一原発事故の反省と教訓を真摯に学ぶ」に主に関連したものです。

それでは、村田先生、牟田先生、大石先生、御説明をよろしくお願いいたします。

（村田教授）ありがとうございます。大阪大学の村田勲と申します。

本日は、今ここに出ております東京電力福島第一原子力発電所事故調査チーム「1F-2050」－経緯と進捗－ということでお話しさせていただきます。前半経緯の部分につきましては、私村田の方から御説明させていただきます。後半の進捗につきましては大石の方からお話しさせていただきます。どうぞよろしくお願いいたします。

まず、これが福島第一原子力発電所の当時の状況ということで、これはもちろん先生方よく御存じのことと存じます。4号機までございまして、縦軸が日にちになっておりまして、1号機が3月12日、3号機が14日、4号機が15日にそれぞれ水素爆発をしております。2号機はそれを免れたということになってございます。それぞれの理由というのはある程度明らかになっているという状況でございまして、1号機が一番厳しい状態だったということが知られております。

これを受けまして、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というものが設立されています。これは事故発生から2年後の3月27日に原子力規制委員会が設立しました。基本的な考え方というのはやはりこの事故分析が、原子力規制委員会の重要な所掌であるということ、それから当然なのですが、いろいろな技術的論点が残されている。

そしてもちろん廃炉まで中長期にわたって検討が必要であるということです。

進め方ですが、原子力規制委員、それから規制庁の職員の皆さん、外部有識者の皆さん、そして東京電力の皆さんからなる50人程度の委員会になっております。直近は第42回が先日2月16日に開催されました。

取り組むべき問題ということについて書かれていますが、内部調査が次々に紹介されて、いろいろな現象が起きているということです。それをみんなで明らかにしたいということになってございます。

検討会の現状でございますけれども、様々なことが取り上げられております。そこで起こったこと、例えば水素爆発であるとか、放射線を計測するモニタリングポストの挙動、燃料デブリ、炉内の建屋内の放射能分布などです。ここで注目しているのが1号機のPCV内部調査、原子炉格納容器内部ですね、これは最も過酷であることが知られており、検討会で議論が続けられているものであります。現在は完全に水没している状態、冷やしているということですね。そこに無人潜水機と書いてありますが、潜水艦の小さいのを造って、中を移動して、ROVと呼ばれていますが、調査をしております。これが2011年から非常に長い時間を掛けて、ようやく中の様子が見られるようになってきたということで、その情報を基に検討会が進められたのがここ1、2年ということでございます。第28回から39回まで、内容が詳細に議論されたということです。赤色で書かれている32回、34回、38回は私たち阪大グループの検討結果を報告した回になってございます。

これは先生方も御存じのとおり、ペDESTALと呼ばれる圧力容器の下部にあります空間ですね。格納容器の中にあるのですが、圧力容器の下にあって、例えば制御棒を下から交換するというようなことが行われている空間がありまして、その空間が外側とつながっている出入口のようなところがあります。それをペDESTAL開口部と言っておりまして、その開口部をROVで捉えたものです。これは水中の画像です。左側が開口部で、右下側にありますのが、最も知られている写真でございます。ペDESTALの開口部を外側から映したものです。正面に見えるのが、本当はペDESTALの入り口の壁の部分が見えているのですが、そのコンクリートがなくなって鉄筋だけになっている。鉄筋だけが残って、コンクリートが溶けているという状況で、まずこれが一体どうして起こったのかということが問題になってきたというのが最初のきっかけでございます。

そこで私たちは、東京電力福島第一原子力発電所の事故調査チーム「1F-2050」という組織を作りました。名前の「1F」は福島原発です。「2050」というのは「ニセン

ゴジウ」ではなくて、「ニーゼロゴーゼロ」と私たちは発音することになっているのですが、廃炉の完了予定時期とカーボンニュートラル目標年を併せた意味を持たせております。

設立の経緯は、先ほどもお話ししましたが、1Fの内部の状態が画像を中心にいろいろ得られ始めて、先生方皆さんで検討を行っておりますが、なかなか簡単ではない。先ほどのコンクリートの問題だけでもよく分からないということです。私たちから見まして、純粹にアカデミアのグループが入ってはいなかったということがあるので、やはり私たちが大阪大学として研究チームを作って、アカデミアとして外から見て、第三者というか非常にフリーな立場で取り組みましょうということが決定されたということです。これは学内の工学研究科にあります附属フューチャーイノベーションセンターの中にあります「テクノアリーナ」というプラットフォームがございまして、その中のインキュベーション部門社会課題解決型と呼ばれるところに「1F-2050」というグループを設置いたしました。

ややこしいので、少しだけ御紹介させていただきたいのですが、フューチャーイノベーションセンターという組織がございまして、そこにテクノアリーナというプラットフォームを作ったのですが、工学研究科というのはたくさんの領域がありまして、それぞれが独自の学理を研究しているのですが、それを横断的に横方向に全部くっついて、ある目標に向かった研究をしましょうという、そういうことをやるためのプラットフォームがテクノアリーナです。そこで実際に、下にありますような三つの最先端研究拠点部門、インキュベーション、それから若手卓越支援部門ですね。3つの部門を作って、そこで横断的に研究しましょう、ということ。インキュベーション部門というのが社会ニーズや社会的課題と書いてございませけれども、ここに我々のグループが合致するということになります。

インキュベーション部門は2つ、連携融合型と社会課題解決型というのが上に書いてございます。連携融合型というのは下の左にありますが、12個のグループがもう立ち上がっています。そして私たちはまさに社会課題なので、それを解決しましょうということで、今2つありまして、一つが「1F-2050」というグループになっております。この目的は、ここに作文が書いてあるのですけれども、1Fの事故原因究明を中心に、エネルギー問題を見据えた幅広い議論・検討を行い、日本のエネルギーの未来に資する。そしてもちろん検討会ですね。原子力規制庁が主導する検討会に参加して、原因究明に資するということを目指しているところであります。

我々のグループの意義と期待される成果でございませけれども、やはり私たちがのような大学の研究者がある意味中立な立場で、こういう非常に複雑で難しい問題を取り扱うというこ

との意義は大きいということ。実際、1 F の中では人類が経験したことがないようなことが起こったのではないか。それを私たちの力で、この異常現象とも言えるようなものの解明を進めたいということです。もちろん私たちは第三者ですので、成果は広く公表いたします。これは規制庁から自由に公表してほしいと言われており、次世代の革新炉の開発とか、これからの原子炉の安全性の向上にも活かしていく、そういうことになってございます。

「1 F - 2 0 5 0」の活動方針でございますけれども、まずは学内的には5年を切って行うということで、もちろん事故原因の解明の道筋ということですが、実際に私たちが始めまして最も分かったのは、余りにも存在するデータが多過ぎるということです。検討会でオープンになっているデータでもものすごい量ですので、それを全て見ることはほぼ不可能ということになります。まずは私たちはそのテーマのみを全部拾い出して、研究できるものを拾い集めているというところなんです。これは私たちは大学ですので、研究に引っ付けないといけないという部分もありますので、研究テーマ化して、研究を進め、研究テーマに基づいて人材の編成を行いました。これが横方向に連携するということです。そして予算措置ですが、これがなかなか難しいので、原子力システム研究とか、英知事業ですね。そういう大型予算の獲得を目指す。実際、牟田教授は現在、英知事業（日英共同研究）を実施しているというところであります。それから成果の公表です。

そして、「1 F - 2 0 5 0」の出口ですけれども、もちろんこれは短期的には事故の進展過程の解明ということがあります。そして中長期的には廃炉への道筋をつけて、福島復興を目指す。そして次世代革新炉へのフィードバック、そして最終的にはカーボンニュートラルで貢献することができるのではないかと考えているということでございます。

そして、このグループですけれども、組織はこのようになっておりまして、もともと大阪大学の原子力工学専攻であった環境エネルギー工学と書いてある真ん中のたくさん人が入っている部分が中心になりまして、工学研究科内のほかの専攻の皆さん、それから工学部以外の、下にありますが放射線科学基盤機構、そして右側にあります福井工業大学の先生方、そして原子力規制庁、規制委員会からは先ほど言いましたフューチャーイノベーションセンターに山田先生に来ていただいていますので、間に入っていただくということで、こういう20名程度の体制で研究を行っているということでございます。

これは、最後の一枚なんですけれども、私たちはこれまで32回から41回まで検討会に参加してまいりました。分かったことは、問題は非常に複雑で、専門分野が多岐にわたっているので多くの専門家の参加が絶対に必要だろうということです。私たちは原子力の専門家

ですので、1Fの原因究明に貢献することが私たちの責任であるという認識を持って取り組んでいこうと思っています。

まずは、ここまでの最初の経緯の部分でございまして、この後、プレゼンターは替わりまして、大石の方から進捗状況を報告させていただきます。

(大石准教授) 大阪大学の大石でございます。進捗状況について私の方から御説明いたします。

廃炉に向けて様々な課題がございますけれども、我々のグループでは1号機におけるコンクリートの破損の要因と、テラス状堆積物の生成メカニズムに着目して取り組んでおります。

まず、コンクリートの破損というものにつきましては、この図がございましたようにペDESTALの開口部と内側において、下部のコンクリートが無くなって、鉄骨部分の露出というものが確認されております。また、テラス状堆積物につきましては、ペDESTALの外側にこの写真にございますような広範囲に灰色の堆積物が確認されております。この堆積物の下側は空洞になっておりまして、そこにおける鉄骨・配管の損傷は軽微であるということが確認されているということです。

我々はこれらの2つ、コンクリート部の破損のメカニズムとテラス状堆積物の生成メカニズム、これら2つを検討の対象としております。

どのように取り組んでいくか、その考え方なのですが、まず破損・堆積といったものに関しまして、特徴的な要素を抽出しました。続きまして、コンクリートの破損の要因と堆積物の生成の要因というものを考えるものを列挙していきまして、次に特徴的な要素を満たす条件、また炉内においてそれが現実的にあり得るのか、こういったことから可能性を評価しました。そして、残った要因、可能性の高い要因からシナリオを想定し、評価すべき項目を挙げて、評価を実施しているということです。

まず、特徴的な要素としましては、コンクリートの消失が確認されているのはペDESTALの開口部近傍、ペDESTALの内側の下部であるということ、また露出した鉄筋は形状が保たれておりまして、熱的損傷は見られないということ、堆積物は内部に気泡があって多泡質であることなどなどがございます。

まず、コンクリートの破損要因を列挙したのがこちらです。7個ほど列挙しておりますが、これらの中で鉄筋に熱的な損傷がないといったことだったり、炉内で現実的に起こり得るか、こういった観点から可能性が高いものを順に1、2、3と選び出しましたのが検討対象1、2、3と書いてあるものでして、一つ目が機械的破損。これは応力ですね、力がペDESTALの開口部付近に集中して、そしてコンクリートのみが破損したのではないかとということです。

このときコンクリートが劣化していると更に破損しやすくなるということが考えられるかと思ひます。二つ目が水／水蒸気との反応でして、高温の水／水蒸気とコンクリートが反応して、コンクリート成分が溶解していったということが行つたのではないかということです。三つ目が炉心溶融物とコンクリートが接触して、その熱によって若しくは反応によってコンクリートが溶融したというものです。こちらは従来、MCCIとして考えられている現象と近いかと思ひます。

次に、堆積物の要因について、A、B、C、D、Eと列挙しましたが、これらの中で炉内で起こり得るかという観点からはAの水／水蒸気反応物が固化したものと、BのMCCI生成クラスト、MCCIで先ほどの炉心溶融物の反応ですが、これによって生成したものの表面だけが凝固して残つたもの、それが分離したというこの2つが可能性としては高いのではないかというふうに考えました。

以上、この1、2、3というものとA、Bというものを組み合わせて、シナリオを幾つか考えております。一つ目が機械的破損シナリオでして、これは堆積物とはつながらないので、これにつきましてはその他のシナリオと合わさって発生した可能性を考えております。機械的破損につきましては、コンクリートの作製などを行つて、圧縮試験を行いました。水／水蒸気との反応、反応物の固化につきましては、コンクリートが高温の水蒸気若しくは高温の水、これらを反応するとどうなるかという、加熱試験を実施しました。3番目の炉心溶融物との反応、MCCI生成クラストの分離、これにつきましては、コンクリートを溶ける温度まで加熱して溶融させる、こういう試験を実施しました。

それぞれ順番に御説明したいと思ひます。

まず、我々のグループで福島県産の骨材を入手しました。福島県に行きまして、川砂を採取してきました。この入手した骨材と市販のセメントを用いまして、模擬のコンクリートを作製して圧縮試験に用いたということです。

まず、この川砂、砂利の組成の分析を行いました。こちらが顕微鏡で観察したものですけれども、全体の8割ぐらいがアモルファスで、2割が石英などの組織となっているということであったり、また黒雲母であったり、斜長石であったり、そういったものが存在している。安山岩の可能性が高いなというようなことが分かりました。

また、この骨材の元素分析を電子顕微鏡を用いて実施したのがこちらとなっております。主にシリコンが一番たくさん含まれておりますけれども、それ以外にも黒雲母の方には鉄やマグネシウムなどが含まれておりますし、斜長石の方にはカルシウムやアルミニウムなどが

含まれているということがこの分析で分かりました。

その上で作製したコンクリートに対しまして、圧縮試験を行いました。圧縮強度を溶質しました。コンクリートにつきましては、そのまま作ってそのまま測定したものと、大気中で300℃で加熱したもの、600℃で加熱したもの、これらを用意しまして、それぞれ圧縮試験を行いました。その結果、圧縮強度、どこまで圧縮すると壊れるか、そういった強度ですけれども、圧縮強度は保持温度とともに急激に減少して、600℃で保持したコンクリートにつきましては、3分の1以下まで減少するということが分かりました。コンクリートにつきましては、このような高温で加熱しますと強度が大きく劣化するという報告が既にございますので、それと一致するような結果が得られております。また、このコンクリートにつきましては大気下保管中に崩壊しました。これはセメント部が劣化したためだろうというふうに考えられます。

ということで、圧縮試験につきましては高温環境下で、コンクリートは大幅に強度が劣化する可能性があるということが確かめられました。

次に、水蒸気加熱試験について御説明いたします。コンクリートが高温の水蒸気にさらされたときにどのように反応をするかということを確認するために、このような実験を行いました。600℃で加熱済みのコンクリートの破片を、600℃の水蒸気フロー6気圧下で保持したという試験でございます。試験片は右側に写真で載せておりますが、600℃加熱済みコンクリートは崩壊してしまいましたので、このようなばらばらのものとなっております。これを左下のステンレスでできた反応管に入れまして、そして左上の写真で示したような電気炉に入れて、そして水蒸気を流しながら6気圧下で加熱したということです。

右側の写真の右側に、試験後の写真を載せておりますけれども、その試験の結果前後で、外観に大きな変化はございませんでした。また、試料の質量の減少もほとんどなく、大きな変化は見られなかったという結果になりました。

続きまして、水蒸気ではなく水と反応するかということ調べる試験を行いました。こちらでは、左側が純水につけた試験、右側が海水につけた試験です。用いた試験片は先ほどと同じく600℃で加熱済みのコンクリート片です。海水で実験した理由につきましては、1号機では海水注入を行っておりますので、それを受けて海水中での挙動も調べようということで海水の試験を行いました。

蒸発後の写真をこちらに載せておりますけれども、両者とも蒸発後、白色のスケールのようなものが見られました。ただ、棚状態石立のような分厚い膜のようなものは見られません

でした。また、コンクリート片も大きくその形状を変化するようなことはありませんでした。このスケールにつきましては、純水側にはカルシウムメインの相が観察されまして、海水側の方には塩化物相がメインのスケールが見られました。また、この処理済みのpHの測定も行ってみました。純水中で加熱後の溶液のpHは12.5ぐらいと強いアルカリ性を示しました。右側の図に示しますとおり、水の中のシリカ濃度というのはpHに依存するということが知られておりまして、pHが高いと水の中のシリカ濃度は高くなり得る。つまりたくさんシリカが水の中に溶けるということです。ですので、純水中で加熱したものというのはシリカが比較的多く水中に溶けたものと思われまじけれども、ただ、今回の試験ではコンクリート片から多量に溶解していったというようなことであつたり、また高粘度の溶液が形成したということは見られませんでした。

ということでして、水蒸気、水の試験はここまでございまして、最後は、コンクリートの溶融挙動についての評価の進捗について御説明いたします。

コンクリートが高温で溶融する挙動を調べるに当たりまして、まずコンクリートの種類がどのような影響を与えるかということ調べるための試験を行いました。まず、3種類のコンクリート、ホームセンターで購入したコンクリートと、大阪大学吹田キャンパスのA15棟という建物のコンクリート、また大阪大学の自由電子レーザー研究施設建物のコンクリートの3つを用意しまして、全て1,200℃で8時間保持してみました。

その結果は下の図の写真に示しておりますが、左側2つは特に大きな形状の変化はございませんでしたが、右側の自由電子レーザー研究施設のコンクリートは溶融して変形してしまったということになりました。つまりコンクリートは骨材、セメントから成りますので、それらの種類によって性質が大きく異なってくるということが分かります。つまり、1号機の試験のためには1号機に用いられているコンクリートとできるだけ同じものを用いなければいけないということが確かめられました。

この結果を受けまして、我々のグループでは福島県産の砂利を入手しておりますので、それを使ってコンクリートも作製しているということですので、このコンクリートを使って加熱試験を実施しました。600℃で8時間処理したものは先ほど申し上げたとおり、熱処理直後は、外観上の変化はございませんでしたが、1,280℃で8時間熱処理したものにつきましては、右下の写真のように溶融してしまったということです。この溶融したものは黒い溶けたものと、溶け残りの石のようなものがありましたので、それらを電子顕微鏡で分析したのがこちらです。黒いところにつきましては均質な組織になっておりまして、カルシウ

ムとか鉄とかマグネシウムが多く、一番多いのはシリコンですけれども、元の組成と比べるとやや少なくなっているということが分かりました。

一方、溶け残りの箇所につきましてはシリコンが多く、鉄、マグネシウムなどは少なくなっているということで、シリコン立地な層が溶け残って、鉄やマグネシウムが多いところが先に溶け出したのだらうということが分かります。

次に、溶けるところを直に見ようということで、もう少し小さい電気炉を使いまして、溶けるところをじかに横から見たのがこちらです。こちらは動画でこれから流しますけれども、1, 243℃ぐらいから動画を流します。150倍速にしております。このようにコンクリートがだんだんと溶けていく様子がお分かりいただけるかと思えます。大体1, 250℃ぐらいから溶け始めまして、1, 320℃程度でほぼ完全に溶融しました。上の写真の左と右が試験の前後で、試験後は黒いのが残ったということです。溶融はかなりゆっくりと進行して、溶融物の粘性はかなり高いなというように見受けられました。

次に試験を行いましたのは、鉄筋とコンクリートとの相互作用、付着するかどうかという点です。これは1号機の下部で見られたような現象、つまりコンクリートだけが消失して、鉄筋だけが残る、そういった現象が起り得るかということを確認するための試験です。鉄筋を入れるには電気炉が小さかったので、鉄筋の代わりに鉄の棒の上にコンクリート片を載せて、そして高温で溶かして、鉄にコンクリートが付着するかということを確認するという試験を行いました。

もう一つが海水が入るとどのような影響が出るかということを確認しました。これは先ほど申し上げたとおり、1号機には海水注入しておりますので、この影響を見るということでございます。こちらが鉄の棒の上にコンクリート片を載せて加熱した試験です。1, 196℃からの動画となっております。先ほどと同じようにコンクリートは溶けるのですが、溶けたものがこのように下に滑り落ちるように落下してしまいました。上の写真に試験前後を載せておりますが、試験前はコンクリート片が上に載っておりましたが、試験後はコンクリート片が下に滑り抜けて、下で溶けているということで、溶融コンクリートは1, 300℃から1, 500℃ぐらいの温度域であれば、鉄筋のみが残存するような破損というのはあり得るということを知らせる結果が得られております。

最後、海水成分の影響評価の結果をお見せいたします。こちらは左側はコンクリートのみの試験で、先ほど御覧いただいたものですが、右側がこのコンクリート片の上に人工海水の素を載せたものです。同時に再生します。左側が1, 243℃スタートで、右側が1, 10

0℃スタートで、ちょっと海水成分を載せたものの方がスタートの方は低くなっています。このように溶けていくのですけれども、海水成分がある方が低い温度であるにもかかわらず、早く溶け落ちるように見えました。また、ビフォーとアフターの試験を見てみますと、海水成分の方が溶けたものが広がっておりまして、溶ける温度が低下し、粘性も低下しているように見受けられる結果となりました。

コンクリート溶融挙動をまとめますとこのようになっておりまして、コンクリートの溶融温度というのはコンクリートの種類によって異なるということなので、試験には1 Fのコンクリートに近いコンクリートを用いる必要があるということが分かりました。我々のところで入手した福島県の砂利を用いたコンクリートは1, 250℃ぐらいから溶融し始めて、1, 300℃ぐらいでほぼ完全に溶融する。鉄の融点は1, 500℃ぐらいありますので、鉄が溶ける前にコンクリートが溶けるということです。また、溶融コンクリートと鉄との反応性ですが、それほど付着しないように見えました。つまり鉄筋のみが残存する破損も起こり得るのではないかというような結果になっております。また、海水成分の影響につきましては、海水成分があるとコンクリートが溶ける温度が低くなり、粘性も低くなるような、そういったことを示唆する結果が得られております。

まとめとしましては、我々のグループではコンクリート破損メカニズムとして、機械的破損、水との反応シナリオ、溶融シナリオの3つについて検討を進めております。機械的破損につきましては、これから1 Fのコンクリートを模擬したコンクリートというものを提供していただける予定ですので、そのコンクリート片を用いた試験を進めていく予定です。水との反応シナリオにつきましては、更に高温、高圧での試験を進めたいと思っております。溶融シナリオにつきましては、溶けたものの組成の分析や、また粘性の評価というものを進めていきたいと思っております。

上記シナリオの検討を更に進める。また規制庁検討会での報告、英知事業などでの研究プロジェクトへの提案、活動の拡大、こういったことを目指していきたいと思っております。

以上です。

(上坂委員長) それでは、全体プロジェクトと詳細な研究成果の説明、どうもありがとうございました。

それでは、委員会から質問をさせていただきます。

直井委員、お願いいたします。

(直井委員) 御説明どうもありがとうございます。

1 Fのシビアアクシデントの事故進展メカニズムの解明というのは、この原子炉の安全向上に向けて極めて重要なテーマでございまして、まずこれにチャレンジすることに敬意を表したいと思います。

まず、1点確認したいのですけれども、今日大石先生の方から御説明があったコンクリート溶融挙動の試験結果、これはもう既に規制庁の検討会の方に御報告されているのでしょうか。

(大石准教授) はい。規制庁の検討会でおおむね報告をしております。

(直井委員) 分かりました。

それから、大石先生の御説明の中で、11ページ、規制庁が福島のパデータを持っているというような話があって、ただ余りにも膨大で全て見るできないというようなお話がございましたけれども、例えばそういったデータをAIに学習させて、AIにそのメカニズムの進展をサポートさせるというようなことというのはできないですか。何かそういう可能性があれば非常に楽にいけるかなという気がしたもので、いかがでしょうか。

(村田教授) 最初私の方から答えます。実際いろいろお話を聞くと、そもそも誰もが、全てのデータがここここここに、どのぐらいあるのかということすら分からないという状況です。それぞれの人が大体うちにはこのぐらいたくさんあるかなということはあって、つまり規制庁とか東京電力とかいろいろなデータが蓄積されていることは確かです。

ですので、これはそれをどうにかして整理するというのも必要ではないかなということ、少し規制委員会の皆さんとはお話をしたことはあるのですけれども、なかなかそれをやるというのは難しいというのが、私たちが受けた印象です。やらないといけないと思うのは先生のおっしゃるとおりだと私はずっと思っております。私たちが思っている研究テーマ出しというのは、では一体このデータは何月何日の、このデータはどこにあるのですかというのがよく分からないし、見るのがなかなか難しいというのが現状だからです。

それで、AIの方は答えられますか。

(大石准教授) 膨大なデータ、例えば一つの例としましては、炉内の状況調査の写真などがございまして、これは動画で残っておりまして、その動画が非常に長い時間の動画で、全部見るのも大変で、なかなか現場は見られないというようなものですので、これをどう整理して、何が映っているのか、それがどれだけ重要性があるのかというのを整理するのがとても大変だなと感じております。それを今のところ、詳しい人が見て、これは大事だということで、幾つかピックアップしてこういう検討会で報告したりしているのですけれども、それ

を何かしらの機械学習や、A Iのようなサポートを入れるというのは考えた方がいいのではないかなと、私は確かに感じました。

(直井委員) ありがとうございます。なかなかこれだけの巨大なデータを見ていくって、結構大変なので、それは得意なA Iとかにやらせちゃった方がいいかなというのは感じて、そうなればと思ったのですが。

それから、コンクリートの破損要因のいろんな試験、生成メカニズム研究で既に貴重な知見が得られているのですけれども、今後こういった研究の進展を大いに期待したいと思っております。また、英知事業の新しいプロジェクトみたいなものが更にプロジェクトされるということをお大いに期待したいと思うのですけれども、ここで牟田先生が英知事業で日英共同研究をされているというのは、これはどういうテーマでされているのですか。

(牟田教授) ありがとうございます。英知事業では、今状況は画像情報しか得られないという情報がございまして、逆にその画像情報からより多くの情報を得たいということで、ハイパースペクトルカメラというのを採用して、非常に波長を細かく区切って、100色以上の波長情報から物質を明らかにしたいという、こういった事業を行っております。これによってROV等を導入したものから、実際の物質、デブリがどこにあるか、こういった情報を得たいという、そういった事業を進めております。

(直井委員) ありがとうございます。

規制庁の検討会も非常に重要なのですけれども、国際的にもいろいろな知見を共有して、また国際的な研究チームにも分析に入ってもらおうとか、一緒に解析するというようなことも非常に国際貢献としては重要だと思うので、是非そういったことも検討していただければと思います。どうもありがとうございました。

私の方からは以上です。

(上坂委員長) では岡田委員、お願いします。

(岡田委員) 御説明ありがとうございました。

最初の村田様の御説明のところで、規制庁の方の組織というか進め方でお聞きしたいと思っております。進め方のところで規制庁の規制委員と規制庁の職員、外部有識者となっておりますけれども、この外部有識者にはどういう職種の人がいらっしゃるのですか。(村田教授) それはまず、会ごとに異なるというのはございますが、多くは、今ここに書かれている規制委員の方々と規制庁の職員の方で、それで外部からの方というのは、いわゆるメーカーの方ですね。企業の方が主でして、大学とかアカデミアの方というのは非常に少な

ったです。実は大阪大学からは、大石准教授が少し前からお一人だけ入られていたという経緯がございまして、それで大阪大学が、これはちょっと問題で、阪大全体として取り組まないとなかなか深く入りこめないのではないかとということがありました。ですので、もともとは外部有識者というのが、アカデミアが余り入っていない状態、つまり、メーカーの方とか、それに関わっていた様々な関係者、そういう方が含まれていたのではないかと思います。

(岡田委員) 分かりました。ありがとうございます。

それで、その下のところ、取り組むべき問題とは、内部調査による進展により異常な現象が起きたというのは、この異常というのが本当に異常なのか、高熱などが関係するこういう事故が起きたら、こういうことが起きるかもしれないのではないかと、異常という言葉がふさわしくないような気がします。先生はどう思われますか。

(村田教授) ありがとうございます。少し難しい。日本語力というか、それは私に知力がないからかも分からないのですが、私たちが考える異常というのは、やはり先ほどのコンクリートの挙動もそうなのですが、私たちが普通にこれまで大学で原子力の常識というか、事故時にこういうことが起こりますよ、ということを勉強してきたのですが、どうもその教科書に書いてあることとはちょっと違うことが起こっているような気がする、そういうことを異常というように思います。

ただああいうふうに鉄筋だけ残るという事象というのは、一体どうやったら起きるのだろうかとか、例えばセシウムがたくさん出てきているのですけれども、セシウムがある場所にだけたくさんたまっていて、そこだけ線量が高いけれども、何でその場所にだけセシウムがたくさんたまっているのか、ぱっと見では分からないというようなこと、それを異常現象と言っていいのかどうか分からないのですが、何でかよく分からないようなことということが実際に観測されていますので、それを私たちは異常な状態として取り組もうとしているということになります。

(岡田委員) 私もそのような解釈でしたので、先生と同じだということが分かりました。

あと、過酷な状態の1号機の調査が最初だということに関してですが、1号機を選んだということは結局こういう過酷なものを調査すれば、次のも分かるという意味なのでしょうか。

(村田教授) これは本当は順序として、1号機というのは恐らく最後の方になると思うのです。ですので、本当は2、3、4号機を先にやるべきだと思います。しかし、これは今ここでタイミングとして出てきているのは、恐らくとにかく1号機の中で何が起きているかさっぱり分からなかったのが、この10年間を掛けて何とか中だけは見られるようになってきたの

ですね。それで中を見るといろいろ何か変なものがたくさん出てきて、これは一体どうなっているのだということが、検討会の方ですごく取り上げられて、ものすごく議論が行われるということを私たちも目の当たりにしたので、これは1号機の難しい問題をアカデミアとして取り組まないといけないのではないかといいなと思います。2、3、4号機というのはやはり先にやらないといけないと思いますけれども、どうも1号機のやつは、これはちょっと簡単ではないぞということがありましたので、まずそれに取り組んだというのが多分私は経緯になっているのではないかと思います。

(岡田委員) ありがとうございます。

次に、大石様の方に質問させていただきますけれども、1号機の画像、先ほど牟田さんの方から画像で見ているという話だったのですが、こういう情報は多分温度と、私の想像なんですけれども、温度と放射線量というのがまずは一番測りやすいのではないかなと思ったのです。それともう一つ画像は非常に難しく、皆さん取り組んでいるのは分かるのですが、ここで放射線量の情報はどういう使われ方をするものなんでしょうか。大石さんの実験の方で想像するときに、放射線量の情報はこの実験の中で検討に入っていないのですけれども、放射線量の情報は使わないのでしょうか。

(村田教授) 確かに画像から見るというのは、私は新しいチャレンジだと思いますので、それはそれでやるべきかなと思うのですけれども、放射線は非常に重要です。一方で、放射線は私たち専門家の目から見ると、本当にこれが正しく測れているかどうかということも非常に議論があるところなのです。ものすごく線量が高くて、私が少なくともこれまで学校で習っていた線量に比べて、一桁も二桁も高い。100シーベルト、1キロシーベルトという信じられないような数値なのです。それがあるということは、きっとその前に燃料が存在している、偏在しているのではないかなという情報はそこから十分に得られると思います。ただ、線量だけでは駄目で、線量というのはシーベルトとかグレイという値で出ますが、線量の中でどういう粒子がどのぐらいのエネルギーを持ってそこにいるかということが、材料が何であるかということを示す可能性がありますので、そういう情報を得ながら線量を測っていくということが大事ではないかなと思います。線量の観点からそう感じます。それと画像の情報を組み合わせて、本当の正しい状態というのを推定するのではないかなというふうに思います。

(岡田委員) 非常によく分かりました。ありがとうございます。

私からは以上です。ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、青砥参与からも、専門家の観点から御質問をお願いいたします。

(青砥参与) ありがとうございます。

少し驚いたのは、今まで余りアカデミアの方がこういう検討チームに入っておらず、今ようやく入られていろいろ活躍されているということです。もっと早く入るべきであったと思いますし、入られたことによってまた分析が加速されるということに非常に期待したいと思います。

そうした上で御活躍の内容をもう少し理解したいと思います。規制庁の検討会の中でこういうテーマ付けで行われている活動は唯一なのですか。今までアカデミアの人が入っていなかった。今入られて、こういう割と基礎的な試験もやりつつ、分析を交えた対応をされる。メーカーの方たちの有識者も含めて、この検討会の中のテーマ数はどのくらいあると考えてよいのでしょうか。

(村田教授) ありがとうございます。

私たちが、実際第32回ぐらいから出席させていただいています。大石先生はもうちょっと前だったと思うのですが、テーマにつきましては、最初は私たちは全く分かりませんでした。毎回テーマが出てきて、それはもう上から降ってくる形でした。そのテーマを見て、私たちが何かやるという感じでしたので、あのテーマが具体的にどのように決まっているかというプロセスは、私たちには分かりません。ただし、先ほど私たちが取り組んでいる1号機の圧力容器内の挙動については、一旦出てくるとすごく議論になります。そうすると、それはまた次、その続編のようなものが出てくるという感じになっているというのが現状です。

恐らくこれまで1年以上も見てきましたので、東電を中心にたくさんのことを実務としてやられています。あと、こういうことをやりましたということが整理ができた段階で、次々にその情報が出てきているのではないかなというふうに私は思っています。ただ、中でやはりコーディネートされる方が、その中からこういうことが重要なのです、次はこういう方向へ進もうよとか、次はこうしたらいいのではないのかということ頑張っておとされているというのはよく分かるのですが、私、最初にちょっとだけお話ししましたが、余りにもテーマが多過ぎる。ですので、あるときに出てきたテーマが、もう次に1年以上出てこないというようなことも十分に起こっているのです、その辺の調整というのはいかなる形でできるのではないかなとは思いますが、なので、そのテーマ出しというのはなかなか難しいですし、私たちは余り理解していない部分ではあります。

(青砥参与) 分かりました。いや、そこも一つ混乱かなというふうに思います。

そういう少し整理されていない状態であったとして、先生方が、1号炉の開口部のコンクリート消失と、それから大量の堆積物について、テーマとして選ばれた目的というか、選択の理由を少し教えていただきたい。

というのは、「1F-2050」の出口には、短期的には事故の進展過程の解明が記載されているので、このテーマのどういう側面が、その事故解明に対応しているのか、今お聞きただけでは残念ながらよく分からなくて、何が明らかになれば、この掘り下げが事故解明のどの側面を明らかにするのか。教えていただきたいと思います。

(村田教授) それはなかなかちょっと私自身は難しいなと思うところではあるのですが、とにかくきっかけは、画像が見えてきて、何か溶けていますね。これは何でかなというところが簡単ではないということが検討会の中でも明らかになったので、それを取り組みましょうということがスタートラインではあります。やはりシビアアクシデントとしてこういうことが起こってしまうのだということ。それは一体何で起こったのかなということが分からないと、私たちの立ち位置からは、次に同じような原子炉を造るのはなかなか難しいということになりかねないということだと思いますので、それがどういう事故進展でどういう訳で起こったかなということが分かれば、それに対する対策というものも次に盛り込んで入れられるということは、私は根本的な部分としてはあると思っています。

ただ、私たちは純粋に物理屋ですので、何でもこういうことが起こったのかなということを正しく理解するということがまずは重要ではないかなと思っています。このときに、最初に私たちが参加したときにこういう難しいテーマが与えられたので、みんなで考えてみようよというのが、私たちまずアカデミアとしてはそういうスタイルの意義にはなったということです。だけれどもやっていることは非常に重要なので、このシビアアクシデント時にどうするかとか、この次造るときにはコンクリートの役割というのは、どういう役割をコンクリートが持っていないといけないのかとか、そういうことが明らかになるのではないかなという、そういうことはちょっと思っています。

ちょっと答えとして不十分かもしれませんが。

(青砥参与) 自分の拙い理解では、先生方がこのテーマを実施するに当たって、注目点として事象の空間的な偏りと経時的な変化の分布を詳細に明らかにされようとしているのかと思いましたが。それは大石先生が行われた実験でも、温度の経過により、ある温度において何がどう起こり得るのかといったところを詳細に分析されていたり、色とか、いわゆる骨材の種類による元素の効果ですね、それが温度や物質の移動によってどう起こるのかを明らかにされ

たいのではないかと考え、その辺りを確認させていただきました。

ただ、今、村田先生がおっしゃったように、それが先生が言われた経時的変化の追求であるのだとしたら、理解できると思います。

最後の一つですが、こういうことをやるとすると結局のところ正解は実物の分析になります。そこへの計画、要は対象とされている溶け出したコンクリート、あるいは堆積物、テラス部分のような堆積物についても、一部でもいいので分析をする計画というのは、この検討会の中では許容される範囲ですか。

(村田教授) 私たちは答える立場にないのかもしれないのですけれども、私たちはアカデミアからは、ではコンクリートを取ってきて、ここに持ってきてよ。そうしたら検査できるという、立ち位置なのですが、そこはああいう原子炉の中にあるものというのは全部核燃料に汚染されているようなものなので、そんな簡単に取り出せないです。中に見にいったときにコンクリートのかけらが落ちていても、それを持って帰ることはできない。その代わりに、私たちは自分たちでコンクリートを作って、自分たちの実験をしないといけないというところなので、アカデミアの立場からは何とかして中のものを調べられるような、そういうような仕組みはあったほうがいいかなというのは、ものすごく正直に思います。

何で代替りのコンクリートを使わなきゃいけないのかなというのは。ただ、中のものというのは、例えば圧力容器の辺りのペネトレーションテストという、この貫通部を開けただけでもものすごい線量なので、それをでは、かけらでもいいから取り出して外へ持ち出すというのは、多分ほぼ不可能だと思います。物すごく高い線量だからです。だからそれを実際にやろうとしても、やってもいいですよと言われても、それを実際にできるかと言うと、それはそれで大変かなと思います。ですので、そこにいっぱい問題があるということは理解した上で、しかし私たちアカデミアの人間からは、何とかそういうものを実際に調べられるようにはしていただきたいというか、これは誰がするとかそうではなくて、した方がいいかなというのは思います。

(青砥参与) 実物の持ち出し、直接分析するのは、先生がおっしゃるように非常に難しいことだと思いますが、JAEA等でも、大熊分析所とかいろいろな施設を造り始めて、動き始めているので、もしそうした分析が共同としてできるのであれば、是非提案いただくとか、検討会の成り立ちを知らずに言っているのもともと無理なことを言っているのかもしれませんが、そういったことも是非検討いただいて、先生たちの活動が加速されることを望みます。

ほぼ同じことですが、実際のコンクリートや堆積物についての直接的な分析は無理だとしても、先ほどから先生が紹介されている様々な画像ですとか、様々な皆さんの推定や分析の内容というのは、共有されるデータとしてこの検討会で提供されるのでしょうか。要は、先生たちが焦点を当てられているコンクリートの部分と、堆積物周辺だけでもいいと思うのですが、膨大なこの周辺のこれまでの分析された数値ですとか、画像データは先生たちに共有されるのでしょうか。

(村田教授) 全てが共有されているかどうかは分かりませんが、あの中で出てきていて、例えばこういうデータがあるはずだけれどもという話が出たときに、ではそのデータはどこにあるのかなということになって、データを見ることができたり、若しくはどなたかがそれをやっていたら、では、そのグループと一回会って打合せしましょうかというようなことは、常に行われています、検討会の中で。しかし、それが完全に全部を網羅した形で調べて、このデータはここここここにあるはずなので、そこを全部集めたら話ができるという状態ではなくて、誰かがそれはここにあるはず、あるのではないかなということで、皆さんが集まってやりましょうという感じで、少しずつ輪を広げているという感じです。データが非常に多いので、ある程度やむを得ないかなというふうには感じています。

(青砥参与) ありがとうございます。

最初に直井委員が言われた話につながるのですが、是非、そういう関係するデータを数値、そして画像、あるいはストーリーといったものを一堂に会した上で、全体を分析するなどという話ではなく、先生たちの狙いとするところだけでもデータ解釈、いわゆるデータマイニングと呼ばれているような解析が行われて、AIを利用して、それについてのストーリー性を確認するといったことに、是非トライしていただければと思います。

私からは以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

それでは、上坂から幾つか質問させていただきます。まず全体に関して、規制庁ファンドで、大学という総合的英知、アカデミアを使って、この1F事故の分析に取り組まれるというのは、阪大が初めてされているということ。個人の研究者では常にいろいろやっているけれども、大学としてまとまってやるということが初めてということはすばらしいことだと思います。アメリカで見ますと、MIT報告書がよく出ていますね。大学でまとまって。総合大学であれば文科系もいますし、様々な分野があって。そこで検討。特に強いところを中心に分担して、非常に質の高い報告をさせていただけたかなと思います。これがこの方向のさ

きがけになっているなということですのでばらしいと思いました。

ただ、難しさはデータがなかなかまだないということ。画像データからまずはこのコンクリートの溶融という問題を取り上げてすばらしい結果を出していると思います。今後、2号機からですけれども。燃料デブリの試験取出しが遅れていますが、近い将来始まります。そうすると少量ですけれども中から燃料デブリが出てくるということですね。NDFの山名理事長も以前この定例会議でおっしゃいましたが、燃料デブリを取り出した後は分析をやる。そして事故究明をやる。それらが重要であるということ力を説かれていた。まさにそれらを大学としてまとまってやっているのだと思います。ただ、1Fは事故炉で、しかもそれらが4つもあり、廃炉措置も非常に難しいこと。データもこれからたくさん出てくる。しかし今はまだ余りないということです。東電やNDFや他の大学やJAEAと協力しながら、データを取得してシェアしてやっていただければと思います。

そのときに、1Fの現場はやはり今、ALPS処理水もありますし、それから燃料デブリの取り出しがある。そちらを遅れなしに、進めるということが最優先だと思うので。その事故分析というのはどうしてもやる時間が少ないケースもあるかもしれない。そういう意味では大学とうまく役割分担ということで。日本全体で廃炉と事故分析が並行して進むことを期待するところでもあります。

それで、今回取り上げていただいた大石先生のコンクリートの分析に関して、実は私も大学にいたときに、可搬型高エネルギーエックス線源で、橋梁の非破壊検査の研究開発もやっていたものですから、ある程度コンクリートのことは知っています。日本で例えば橋梁といいますと、日本海側の塩分を含んだ風雨を含んだコンクリート部分がある橋梁。それから寒冷地とか高地で、冬になると凍結防止のために岩塩をまく。そういうところでコンクリートの劣化が進んでいる。塩水が入っていくと、コンクリートが小さい亀裂が生じて、そして内部の鉄筋が腐食する。それで、かなり古い橋はコンクリートがかなり落ちてしまっているような例の写真を見たこともあります。

そういう意味で、この1号機で、コンクリートが落ちている鉄骨がむき出しになっている。今日の資料でいきますと15ページの右上ですね。これをテレビで見たときに、ここは海水を入れているので、塩分の影響が強いんだと思った次第です。今回詳細に実験をされましたが、結果はどうか。塩分があるなしで、コンクリートの溶融の違いを見られましたが、温度が大体何度ぐらい違ったのですか。

(大石准教授) この例では100℃ぐらいです。

(上坂委員長) 100℃ぐらい。そのぐらいの違いがある。2号炉、3号炉は海水は入れていないので、そちらの方の内部の画像で、こういう現象は見えているのですか。コンクリートだけが落ちて、鉄筋がむき出しになっているという。

(大石准教授) 2号機、3号機はこういった現象は見られなかったです。

(上坂委員長) 見られなかったのですね。そうするとそこが塩分の影響と。あと温度の影響もありますね。放射線の影響もあるかもしれません。既に塩分による違いが出ていますね。先ほど規制庁の成果報告会で結果を御説明されたということです。こういう現象というのは世界的には他にあるのでしょうか。初めての発見ではないのでしょうか。

(大石准教授) 初めての発見だと思います。発見と言っていいのか分かりませんが、初めての現象と思います。唯一、MCCIのようなことが起こったのはチェルノブイリだと思うのですけれども、です。チェルノブイリでは象の足のようなのを目にするとするのですけれども、ああいうコンクリートと核燃料が混ざったようなものができたということで、皆さん、ああいうイメージを持っていたということだと思うのですけれども、今回は鉄筋だけが残存したり、棚のようなよく分からないものができているということが初めて分かったということで、あと規制庁さんのほうでも海外の方にいろいろと意見を聞いたりしているそうだけれども、規制庁さんが言うには、これが答えだという、そういうはっきりとしたものがなくて、いろいろアイデアを出していただいている、そういう状況だと思っています。

(上坂委員長) そうですね。画像もさらに今後撮れるでしょう。そういう画像からさらなる分析もできるでしょう。まず2号機からの試験取り出しがある。時間が掛かって1号機、3号機に移るといふように伺っています。ゆっくりですが内部からデブリが出てきて、その都度分析のためのデータに活用できるということだと思うのです。

TMIの大きめのデブリも近く一部日本に來ると伺っているのです。そういうものの分析も当然一緒にやれますよね。どうでしょうか。

(大石准教授) TMIのデブリについて、我々がどうこうという話は今のところ出ていません。

(上坂委員長) 來る可能性があるようです。そうしたらJAEAが大熊研究所で分析するでしょう。そこに関わることはできると思います。いろんなところから情報を得て、データを取って、全体の事故シナリオを少しずつ皆さんで分担して解明していただきたいと思います。その際、なかなか分析が難しく、研究所に運んで見るのがあります。そうすると大きさとか放射線管理の問題もいろいろある。既にある室内で、分析するのが一番なのですけれども、なかなかそういうことが限られてくる。やはりその場で非破壊検査をやる選択もあるかと。

それで、村田先生、中性子源。可搬型の加速器中性子源を持っていくのは無理かもしれないけれども、C f 2 5 2 中性子源を使ってできることもあるかもしれないですね。あれでしたら非破壊検査でよく使われています。そういうものを使って少しでも情報を得ていくという方策があるかと思うのです。いかがでしょうか。

(村田教授) いや、その大きい方を持っていくのはちょっと難しい。これまでみたく制限が大き過ぎるのですけれども、小型の中性子源ですね、カリホルニウムとか、アメリシウム、ベリリウムとか、そういうものを使って、それを非破壊で検査するというのはまさに上坂先生がやられてこられたとおりに、きっと役立つかなとは思いますが、恐らく物すごく高いハードルが多分あるのではないかなという、中に中性子源を持っていくというのは、なかなかやっぱり、原子炉内には難しいかなと思っています。

(上坂委員長) ですから原子炉内、炉心に中性子源を持っていくのではなくて、周辺で少しずつ検査するとか。

(村田教授) それはそうですね。

(上坂委員長) どこか途中の管理区域内、ペDESTALの横の通路とか、いろいろあります。管理区域の中のどこかで使うということはできるのではないかと。というのはそういうことまでしてデータ取得しないと、なかなかデータがそろわないのではないかなと思いました。

(村田教授) おっしゃるとおりです。要するに完全に外に出してしまうのはちょっと無理なので、あの敷地内のどこかにそれを行えるようにするとか。

(上坂委員長) 建屋内は、まさに原子炉ですから、核物質、R I 全部使用できる施設です。ここに非破壊検査装置を持ち込んで分析をする。そういうことまで踏み込んで考えていって、少しでも多く、早くデータを取るという作業も必要かなと私も思っているところでございます。

データを得るのは時間が掛かります。例えば今日お見せいただいたような、とても塩分の高いところのコンクリートの分析。世界初のテーマと今伺ったように思います。そういうところからどんどん分析を続けてやっていただいて、そして知見をインテグレートして。日本全体としてこの1 F 事故で、一体何が起こったのだ、というシナリオを解明していく。それが日本の原子力界の責任かなと思っています。これも是非よろしく願いいたしたいと思っています。

ほかに、委員の方々から御質問ないですか。

では、どうもありがとうございました。是非よろしく願います。ありがとうございました。

した。

それでは、議題1は以上でございまして、次に議題2について、事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) それでは、二つ目の議題です。

エネルギー・放射線教育に関する日本科学技術振興財団の取組について、日本科学技術振興財団人財育成部理事・人財育成部長 木本徹様、同エネルギー・環境グループリーダー 掛布智久様から御説明いただき、その後質疑を行う予定です。

原子力委員会では、昨年2月に決定しました「原子力利用に関する基本的考え方」を踏まえ、その実現に向け、注目すべき動向、重要な論点などについてヒアリングを行っています。本件は、「基本的考え方」の「3.9. 原子力利用の基盤となる人材育成の強化」に主に関連したものです。

それでは、木本理事、掛布グループリーダー、よろしく願いいたします。

(木本理事) 日本科学技術振興財団の木本でございます。本日はこのような機会を頂きまして、ありがとうございます。

私どもは皇居の隣、北の丸公園にあります科学技術館を運営している公益財団法人でございます。当財団の主たるミッションは名前のとおり科学技術の振興でございますけれども、最近ではお子様たちの理科への興味を持っていただくということと、あと理系を志す青少年を育成する、そういうことを2つの重要な課題としています。

それで、人財育成部では幾つかの業務がございますけれども、その中の大きな柱の一つとして放射線教育というものがございます。それを担当しています掛布の方から説明をさせていただきます。

それでは、よろしく願いいたします。

(掛布グループリーダー) 掛布の方から説明させていただきます。

エネルギー・放射線教育に関する日本科学技術振興財団の取組ということで、1ページめくっていただいてもよろしいでしょうか。

当財団はいろんな事業をさせていただいております。自主事業のほかに委託事業の方も様々なものを運営させていただいております。原子力委員会の「原子力利用に関する基本的考え方」の参考資料のところで掲示されておられます放射線副読本の作成・配布、エネルギー教育副教材の作成、日本原子力学会教育委員会教科書の3つが指針として出されているかと思うのですが、こちらについても当財団の方で付随とする事業の方をこれまでに担

当させていただいております、そういった知見の中でいろんな当財団の自主事業について、この後御説明させていただければと思います。

次のページをお願いいたします。

先ほど木本の方から申し上げましたように、北の丸公園にあります科学技術館というところで子供向けの科学技術の振興ということで進めさせていただいているところですが、コロナが終えまして年間40万人ぐらい、今年度3月までにお越しいただけるような状況まで戻ってまいりました。

次のページをお願いしたいのですが、科学技術館の中でこういったものがあるかということで御紹介させていただいているものになります。2階から5階まで様々な展示室がございます。今回は3階にありますアトミックステーション・ジオ・ラボというものを御紹介させていただければと思います。

次のページを御覧ください。

こちらがちょうど入り口の写真になります。すぐ目の前のところに原子力発電の説明の模型があるのですが、それ以外にも高レベル廃棄物処分についての説明であったりとか、エネルギーということで火力・水力・再生可能エネルギーなど、様々なエネルギー関係のことについて説明しているような展示室となっております。こちらはかなり人気を持っていて、多くのお子さんに見ていただいているような状況でございます。それ以外に、館の運営だけではないものをこの後御紹介させていただければと思います。

次のページをお願いいたします。

私どもは、館の運営ももちろんさせていただいているのですが、それ以外に日本全国の青少年の育成ということで、青少年のための科学の祭典というものを実施させていただいています。全国大会は科学技術館で開催しているわけなのですが、それ以外に約50か所、日本全国で運営をさせていただいております、よくあるお祭りの出店みたいな形で、テーブルごとに実験が並び、その中で実験の御紹介、工作をさせていただいたりして、青少年の育成に当たっているということになります。当財団の方は、ここに御覧いただいたように9か所で参加させていただいております、もちろん主催として名前も、地方大会の共催ということで全部名前は入っているのですが、実際ブースを出したところは9か所になりまして、1年間で約5,000名の方にエネルギーや放射線に関する出展をさせていただいたという経緯がございます。

次のページをお願いいたします。

もちろん対面でというのも大事なのですが、それ以外にも放射線に関しては「放射線教育支援サイト”らでい”」というウェブサイトを立ち上げまして、主に学校の先生を対象に運営をしております。現在約3,100名という方に会員登録いただいております、ページビュー数なのですが、今年度1月までで年間約7万7,000ページ見ていただいているようなサイトになります。

次のページをお願いします。

具体的な内容になります。放射線教育の実践事例、いろんな学校で放射線授業が実施されたり、いろいろな教員の勉強会などが日本全国で実施されたりしているのですが、それを取材させていただいた内容の紹介であったりとか、放射線に関する実験の御紹介、動画、写真集、配布資料集、パワポ集、情報カードなど、学校の先生の助けになるようなものを御紹介しております。また、特集のところでは、最近ですとトリチウムの話であったりとか、コラムということで、放射線教育を専門にされている先生方にコラムを執筆していただいております。

続きまして、次のページをお願いします。

「らでい」は最初、教員向けのサイトということで立ち上がりましたが、この背景には、約10年に一度行われる、学習指導要領の改訂があります。一つ前の改訂において、30年ぶりに、中学校に放射線の内容が復活したということを受けて、30年ぶりということで学校の先生が困られるのではないかと、というところで当該サイトを立ち上げた次第です。今はそれに加えて、GIGAスクール構想、1人1台端末が配布されるようになりました。それを受けまして、eラーニングのページを作って進めていくのがいいのではないかとということで、「らでい」の中にこの「放射線について小・中・高校生のためのeラーニング」というサイトを昨年度、新たに立ち上げました。

次のページをお願いいたします。

内容、コンテンツとしては「ゲームで学ぶ」とか「実験で学ぶ」「イラストで学ぶ」「ワークで学ぶ」などが入っております。例えば「ゲームで学ぶ」ですと、クイズを出題して、それに答えてもらって学んでいただきます。「実験で学ぶ」では、実験の動画などを御紹介させていただいて、その実験を動画として見ながら学んでいただきますし、「イラストで学ぶ」では、イラストをふんだんに使いながら、そのイラストの内容に解説を付けることで理解いただきます。

「ワークで学ぶ」は次のページを御覧いただければと思います。ワークということなので、

実際に手を動かして作業をしながら学んでいただくようなページを作っております。例えば測定データ、全国各地における定点観測のデータを使用します。当該データは、10分間を切り取ったものであったり、また、新幹線で移動すると場所によって放射線量に違いがあったりするのですが、そういうデータを提供して、そこから何が見えてくるのかというのを児童生徒が自分の力で読み解くようなものとして作っております。右側はワークシートになります。こちらは例えば学校の先生が宿題で出したりとか、自主的に勉強してもらうために御紹介いただくと、児童生徒が自分の力で書いて、それをワークして、最後に「このページをプリント」というボタンをクリックしていただきますと、A4で印刷できるような仕組みを作っております。PDFにもできますので、そのまま端末から先生の方に提出することもできます。

次のページをお願いしたいのですけれども、「らでい」に対する声をヒアリングさせてもらったところ、「十分に充実していると思う」とか「eラーニングサイトがとてもよくできていると思う」というコメントを頂いているところではあるのですが、それ以外に要望として、コンテンツとしては「プレゼン資料に活用できるイラストがもっと欲しい」とか探究的——今探究活動というのが学校現場ではトピックスになっているわけですが、「探究的なコンテンツ」など、御覧のようなものを御要望いただいております。

特に下から4つ目ですが、「簡単に準備でき、教材や指導計画の負担が少ない授業活用例」ということで、やはり中学校の先生からすると、放射線に関しては1年のうちの1時間ないし2時間だけのものになりますので、なかなか放射線だけに毎日時間を費やすことが難しいということで、短い時間ですぐに取り掛かれるようなものがほしいという御要望もいただいております。

右側には放射線に関する知識ということで、よく言われる身の回りの放射線であったり、「安全」と「安心」の違いであったり、放射線量の違いと人体影響の話というものです。あとは素粒子の話であったり、放射線に関する風評被害、差別、いじめ、またちょっと変わったところだと、放射線利用という簡単なことではなくて、子供たちの身近なところでどうかということも御要望を頂いているところです。

次のページをお願いいたします。

出前授業の実施ということで、過去5年間の実績をグラフ化させていただきました。大抵年間20回ぐらいを実施させていただいております。右側に、「内容はわかりやすかったか」というところですが、「わかりやすかった」という方が83%、「ややわかりやすか

った」という方が16%と、ほぼ100%に近い形で分かりやすかったというふうに言っているところでは、「やや低い」「低い」と言われる方も多かったのですが、受講後はかなりの確率で「高い」「やや高い」というふうに関心度も変わっていただいたということで、授業の効果もあったのではないかなと思っています。

なぜそうなったかというところをひもといたのが、次のページになります。

私どもは講義を中心ということではなくて、ハンズオンと言うのですけれども、実験などのワークを中心に据えております。そこで分かったことを講義で説明するという形を取っておりまして、実際に見て感じたことを、なぜなのか、その裏側に何が、どんな理論があるのだろうか、というのを考えてもらうような仕掛けを作っております。下の方に感想が書かれていますが、「驚くことばかりでした。ワクワクしました」とか、「講義と実験がセットになっているので分かりやすく学ぶことができました」とか、講義内容についても「自分でしっかり調べてみようと思った」とか、「福島第一原子力発電所事故と関連付けて話を聞いて、もっと勉強したくなった」とか、「放射線について様々なことが問題になっているので、こういうことをちゃんと周りに広めることが大切だと思った」とか、そういった御意見もいただいております。実際には小中高・大学生だけではなくて、教員にも実施させていただいているのですけれども、そういった先生の言葉としては、「専門的な言葉がどうしても多くなりがちなので、噛み砕いた表現でないと教えるのは難しそうだなというのを感じた」とか、「例えであったりとか、具体物を示すとか、そういうのも大事だ」ということをおっしゃっていただいていますし、「正しく恐れて、賢く判断できるような授業に活かしていただきたい」というような感想を頂いているところでございます。

次のページをお願いいたします。

実験道具の無料貸出しということで、私どもで出前授業をさせていただいたり、講義をさせてもらったりしているのですけれども、それだけではなくて、実験道具の貸出しをして、学校の先生に授業はもうお任せして、機材だけを貸出しするという仕組みも取らせてもらっています。5年間の実績として、年平均100件ぐらいの御要望を頂いております。その方々からアンケートを取ったところ、「利用したい」と言ってくれる方が98%と、ほとんどの方にそうおっしゃっていただいているかなと思います。借りていただいた先生方に感想を聞いたところ、「当該実験道具を用いた実験を実施する前において、子供たちの同実験に対する関心は低かったものの、実施後は、それがすごく高くなった」というような感想を頂いているところでございます。

次のページをお願いいたします。

放射線教育支援サイト「らでい」は、ホームページであったりとか、今の対面の出前授業、実験道具の貸出しというような私どもからのアウトプット、外に向けてどういうお手伝いができるかということで実施をさせていただいているのですけれども、それだけではなくて、その「らでい」の中に集う先生方にお力添えいただいて、一緒に作り上げようとする試みも数多くさせていただいております。例えば「放射線教材コンテスト」というものがございます。これは大学生、特に放射線を学んでいる学生さん、診療放射線であったりとか、原子力等々学んでいる学生さんを対象にしております。東日本大震災以降、最近では放射線教育を教育学部の学生さんが学ぶことも多いらしく、そういった教育学部の学生さんにもお力添えいただいて、今年度の実績では応募数94作品いただいているところでございます。

あわせて、「放射線授業事例コンテスト」ということで、これは学校の先生を対象にしたコンテストなのですけれども、応募数が233作品いただいているところです。以上2つのコンテストにおいて、大学生が若い気持ちで取り組んだ教材と、教員の授業実践の内容を募集するという両輪で、放射線教育を進めさせていただいております。

また、一番右側に「福島に学ぶプロジェクト」というものがございます。これは福島県内の学校を対象にした支援プロジェクトでして、今年度が初めてなのですが、同県内の小中高3校から御応募いただきました。福島県教育委員会様に後援を頂きまして、福島の学校で今実際どういう授業がなされているのか、どういう取組がなされているのか、まとめていただき、その取組を支援するとともに、それを全国に発信するという試みを立ち上げさせていただきました。

次のページをお願いいたします。

「放射線教育発表会」というものになります。こちらはもう10年近く、毎年年末に実施させていただいているものになりますけれども、基本的には東京でやりますので、東京近郊の学校の先生を対象に勉強会をするという意味合いで、教員研修会の一つとして発表会を開催させていただいているものです。どういうものを中で発表しているかと言いますと、先ほどお話ししました2つのコンテスト、教材コンテストと事例コンテストの2つを御紹介させていただくとともに、パネルディスカッションということで、前段で申し上げました「福島に学ぶプロジェクト」に協力いただいた学校の先生と、福島県教育委員会様の先生などに御協力いただいて、福島の実情について参加者に御紹介いただいております。また、参加した先生方と一緒に今後の放射線教育をどうしていけばいいかというような話し合いをするという

こともさせていただいております。本発表会の最後には、両コンテストの表彰式も併せて実施しているところでございます。

次のページをお願いいたします。

放射線教育発表会に参加された方のアンケートになります。御覧のとおりです。「作品発表は興味深かったですか」とか、「事例コンテストは興味深かったですか」とか、「パネルディスカッションの内容はどうでしたか」とか、「放射線教育への関心は高まりましたか」とか、「これから放射線教育に取り組んでみようと思いましたが」ということで、ほとんどの方に「そう思う」「ややそう思う」というふうに言っていたという結果が出ております。

次のページをお願いいたします。

パネルディスカッションについての感想を聞いております。被災地からの視点と、日本全国からの視点で御意見を頂いているところになります。まず、被災地に関しましては、「避難指示が解除されたとしても、まだまだ地域に戻れない場所がいっぱいあるということで、福島県の未来を創るのは子供たちなので、それを助けていくためにも正しく理解をしてもらえるように教員が努力しなければいけないと思った」とか、「10年以上たっているわけですが、地震や影響を与えている放射線について、継続的にちゃんと伝えていかなきゃいけないというような使命感を強く感じました」とか、「時がたつにつれ、防災教育や放射線教育の意義や教育目的の明確化をどうしていくかなどが課題となっているというのが印象的だった」といった御意見をいただいております。

日本全国に向けた視点では、「防災教育と放射線教育を絡めた授業展開は、被災地では可能かもしれないが、全国で実施できるかというのには疑問がある」といった御意見の他、「放射線について学びましょうという機会が設けられたとしても、身近に感じられなければ受動的になってしまい、探究心はくすぐられないなと感じました」ということで、先ほども申し上げましたとおり、探究的な活動というのが今学校現場ではトピックスになっておりますので、その話が取り上げられています。また、「教科横断的」とか、「知識定着型から問題解決型・探求型へ」とか、「試行錯誤から何を学ぶのか、身に付けるのか」という、「学習指導要領に準拠した授業計画の必要性を再認識した」という御意見もいただいているところでございます。

次のページをお願いいたします。

最後になります。これら放射線教育を中心にご説明させていただきましたが、「らでい」

というウェブサイトの運営を通して、またそれに付随したコンテストであったりとか、出前授業とか貸出し等を体験して思ったことを述べさせていただきたいと思います。

今年度2023年度の実績としましてですけれども、私どもいろんな専門家の方に実はお力添えいただいております、出前授業を私どもだけがやっているのではなくて、外部の専門家の方にお力添えいただいたりとか、たくさんの委員会——たくさんといっても、そんな100もあるわけではないのですけれども、10ぐらいになりますが、いろいろな委員会に参画いただいたりとか、コラムをはじめいろんな方に御指導・御助言を頂いたりして運営しているわけなのですけれども、専門家の方、約150名の方に今年度だけでもお力添えいただいているところでございます。学校現場の先生も、教員研修とか全部合わせまして1,200名ぐらいの先生と連携、いろいろお付き合いさせていただいているという実績がございます。

当財団は、右側にミッションと書かせていただいておりますが、全ての科学技術にはリスクが存在するわけですけれども、そのメリットとデメリットの両面から考えて、その中で科学技術について考える機会を提供する、リスクコミュニケーション的な考え方をしております、科学技術分野の裾野を広げることが私たちのミッションとして掲げているわけですけれども、その中で2つのやり方があるのかなと思っております。

まず一つは、トップランナーの育成ということで、トップランナーになり得る児童生徒の皆さんが、どんどん高みを目指すようサポートするというやり方。もう一つは、裾野を広げるといって、児童生徒が少しでも科学技術に対して関心を持つような活動をするというやり方です。こういったことはやはり児童生徒向けの教育ということ、産官学連携と言いながら、学校現場は所管が文部科学省様になりますので、学校現場で何ができるのかということ考えていきますと、学習指導要領とどう付き合っていくのかというのが重要になってきますし、教員研修、出前授業など、そういったことでサポートすることが基本になってくるのかなと思います。

側面的な話、右側の方になるわけですけれども、ウェブサイト「らでい」で周知を図ったり、印刷物やDVDを実際に配付することもあると思いますし、特に当財団は裾野を広げるといって、例えばコンテストは、先ほども御紹介させていただいたコンテストの他に、原子力分野以外でも実施させていただいております。やはり子供たちや教員にどう自分事として参加してもらうかというときには、コンテストというのが重要になってくるかと思ますし、例えば社会科見学ですね、そういう専門の機関に見に行く機会を学校現場が作りた

いわけですけれども、いきなり連絡を取るというのもハードルが高いので、その間を取り持って御紹介させていただいたりとか、こちらで教材などを開発して、そういったものを提供させていただいたり、そういうような活動を通して、これからも放射線教育、エネルギー教育推進に少しでもお力添えできればいいかなと思って、活動を行っているところでございます。

長くなりましたが、以上になります。よろしくお願いいたします。

(上坂委員長) 長年の原子力・放射線の教育と、それから広報活動の実績、御尽力には敬意を表したいと思います。どうもありがとうございます。

それでは、委員会の方から質問をさせていただきます。

それでは、直井委員、お願いします。

(直井委員) 御説明どうもありがとうございました。大変すばらしい取組をされていて、非常に感銘を受けました。

特に後ろの方、16ページ、17ページで、放射線教材コンテストと放射線授業事例コンテストを実施して、その入賞者による放射線教育発表会というのが年末開催されるという、こういう流れはとてもよいというふうに思いました。

また、放射線教育支援サイト「らでい」、これもちょっと私ものぞかせていただきましたけれども、12ページのところでユーザーからの声にもございますとおり、様々な動画を含むeラーニング教材がとても充実していたサイトでございます、これはすばらしいなというふうに思いました。なかなかこういったサイトが知られていないという面もあるのではないかと思いますので、アクセス数を増やすための取組というのはどんなことをされていますでしょうか。

(掛布グループリーダー) いろいろお褒めいただき、本当にありがとうございます。今までの努力が報われたかなと本当に思っております。

御質問いただいた周知をどうするかというところですが、なかなか自主事業で私どもの民間の財団法人でさせていただいているところなので、予算的なものが潤沢にあるわけではないものですから、やはり口コミが大事かなと思っておりまして、例えば私どもは理科の先生とお付き合いすることが多いのですが、全小理様、全中理様とか、理化学協会様など、いろんな学校の先生が集まるところがございます。そういった団体様にお力添えいただき進めていくようなことを特にしておりまして、まずは学校の先生から、また口コミが学校の先生ということで、本当に一步一步、一人一人というのを少しずつ進めていくこと

が大事なかなというふうに思っております。

(直井委員) ありがとうございます。それこそ原子力関連の外部のいろんな機関のサイトにリンクを張ってもらっただけでも違うかなというふうに思いましたけれども。

それから、あと文科省が最近始めた高校生のための原子力オープンキャンパスですとか、同じような活動をされているので、そういったところにも入っていく。また、これも同じように「未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム」、ANEC（エイネック）と言っているのですけれども、ANECのサイトでは同じように教員を支援するような、模擬授業がアップされていたり、そんなところにこの放射線の「らでい」のリンクを張っていただくだけでも全然違うのではないかなと感じました。

それから、「福島に学ぶプロジェクト」、これも非常にすばらしい取組をされていると思うのですけれども、是非福島国際研究教育機構、F-REIですとか、廃炉支援機構ですね、NDFの国際フォーラムなどと連携協力されてくると、双方メリットがあるのではないかなというふうに感じました。

私からのコメントは以上でございます。ありがとうございます。

(掛布グループリーダー) ありがとうございます。まだまだ足りないところが多々あると思いますので、もっと御支援賜ればと思います。本当にありがとうございます。

(上坂委員長) では、岡田委員、お願いします。

(岡田委員) 御説明ありがとうございます。

私の方からは、私が実際に放射線の授業を個人的にやっていた経緯もありまして、科学技術館には非常にお世話になっています。全国では教員が単独でいろいろやられることが多いので、きっとみなさんお世話になっているだろうと思っていて、その人たちの声も含めて、私は財団に感謝を言わなければならないと思っています。実は、中学、小学生に授業をやりたいといったときに、私たちには機材もない、それから霧箱は昔自分たちで作ったり、こういうのがいいと言ってやったりしていたのですけれども、それが結構大変なのですね、一人でいろいろ容器を集めたりするのは。それを科学技術館に申し込めば現地まで送っていただけ、機材もそろっている。非常に助かりました、本当に、ありがとうございます。

もう一つ印象深いのは、霧箱の件ですけれども、シャーレ型の霧箱が、以前私たち最初の頃やっていたときにはなかなか観察しづらかったのです。そして、ドライアイスを細かくしてしなければいけないとか、いろいろ条件があって、そうなる一人でやっているのは大変でした。そのときにそちらで考えていただいた霧箱に5センチ角の立方体のドライアイス

を提案していただき、その上にシャーレを載せることによって、これ見事に全部の放射線の飛程が見えたのですね。実験に参加した誰もが見るができるというのは、私初めての経験で、あれはすばらしいなと思いました。あれを見出すために非常に御苦労があったのではないかと考えています。その御苦労をちょっとお聞かせいただきたいのですけれども、いかがでしょうか。

(掛布グループリーダー) ありがとうございます。褒めていただいて、本当に感謝しています。おっしゃるとおり、すごく努力が入っておりまして、特に霧箱に関しましては、富山におられる戸田一郎先生という方が日本では霧箱の大先生になっているわけなのですけれども、戸田先生の御指導を頂きながら、また、その他の放射線・原子力の先生方にも御指導を頂いて、今の形がありますので、私どもの努力だけではなくて、いろいろな先生方のサポートを頂いたおかげで今があるのかなと考えております。やはり一回実施しただけでは、なかなか百発百中というわけにはいかなくて、もう日々10年、20年、毎年毎年繰り返し地道に直していくことで今が成り立っているのかなと考えています。是非多くの小中高の先生に、実験の機会を提供したいと考えていますので、先生が望めば当財団で対応できるような体制は取っていきたいと考えております。

ありがとうございます。

(岡田委員) ありがとうございます。

霧箱続きで、霧箱の話をさせていただきたいと思うのですが、10ページのこの大型霧箱、これ映像ですね、映像を使って学習して、ワークシートで書いていくという。この霧箱というのは財団では貸出しはしていないのですか。

(掛布グループリーダー) 貸出ししております。

(岡田委員) この霧箱も、ものすごくよくて、自然放射線が見えるので一般の方々に向けて私はいろいろな場面で使っているのです。放射線源を何も入れなくても放射線の飛んでいる跡が見えるというので、自然界にあるというのが非常によく分かる。これももっと使用頻度を上げて、皆さんに見てもらいたいなと考えているのですが、いかがでしょうか。

(掛布グループリーダー) はい、おっしゃるとおりだと思います。文部科学省様の放射線副読本の最初にも、この霧箱の写真が載っているぐらい、やはり放射線教育の実験というと霧箱が一番メインといいますか、一番人気のある実験かなと考えております。なるべく多く貸出しできるような体制を整えていきたく思いますし、やはりなかなかドライアイスも含めて入手が大変であったりとか、やり方も実際やってみるとなかなかノウハウが難しかったりし

ますので、そういった技術的なノウハウもサポートできるように、「らでい」の方でも支援させていただければなと思っております。

よろしく願いいたします。

(岡田委員) はい、ありがとうございます。

それでは、教材コンテストのことを簡単にお聞きしたいのですが、教材コンテストに応募してきた作品の中で実際に使われたというか、何か利用されて発展していったというのは今までにあるのでしょうか。

(掛布グループリーダー) ありがとうございます。まさに私たちもPRさせていただきたかったところなのです。教材コンテストも事例コンテストも、実は委員会を作っておりまして、その委員の先生方に御支援賜りながら進めていったものになります。特に今年度、授業事例コンテストで最優秀になった作品は、2020年度の教材コンテストで最優秀賞を受賞した作品を、実際に授業で使ってみたものになります。教材を作ることと、授業で実践することの両輪で回していけるようになるといいね、ということは、委員の先生方からおっしゃっていただいていますし、私どものほうもそういった教材を活用させていただきながら、授業で少しでも使っていただけるようにと願いを込めてコンテストを実施しておりますので、そういった活動が広がっていけばいいなと思っております。

(岡田委員) すばらしいですね。それは是非使って、どんどん広がっていくといいなと思います。

最後にですが、放射線教育の発表会、私も何回か見させていただいたのです。私、実は原子力分野に女性を増やす活動をしております。この写真を見てもそうなのですが、申し訳ないのですが、男性の審査員とか、男性ばかりなのですね。是非こういうところにも女性の審査員、もちろん学生は女性がいましたけれども、審査員も採用していただきたい。女性をもう少し入れていただきたいなと思いますけれども、木本さんでしょうか、その答えは。どうでしょうか。

(木本理事) そうですね。ほかの事業についても、同様にやはり女性の参加者というものを意識しなさいというようなことがありまして、この放射線教育についても今、岡田委員がおっしゃられたようなことを意識してやっていかなきゃいけないと思いますので、アドバイスありがとうございます。意識して、いろいろ工夫しましてやっていきたいと思います。

(岡田委員) よろしく願いします。

以上です。

(上坂委員長) それでは、青砥参与からも専門的な観点から御意見を頂ければと存じます。

(青砥参与) お二人の委員から、激励と奨励のお言葉がありました。

私も同じように、多角的に各年齢階層別に細やかに対応されているのに感心させていただいているのですが、それに関連して、やはり幾つか工夫をされているのではないかという点について、2つほどお話をお聞きしたい。一つは、全体として、今言いましたように小中高大、教員という年齢、そして各教育の受ける立場、する立場という階層のレベルで様々に分類されているところですが、これらが最後に力を入れて御説明されたトップランナーの育成と裾野を広げるという観点から、どういう工夫というか、考え方に基づいてその階層を整合させて、教育という分野でこういう活動をされているかについて、教えて頂きたい。

もう一つは、途中で紹介があった福島のプロジェクト等のように、様々なところで皆さんからのアンケート調査もされているようですが、その様々な声を拾い上げて新しいプロジェクト、あるいは大きく変更した内容などの取上げ方、これまでの事例などありましたら二、三紹介いただければと思います。

以上です。

(掛布グループリーダー) 御質問ありがとうございました。

まず一つ目の質問なのですけれども、やはり私たちも小中高と連携するという意味で言いますと、先ほど挙げさせていただいた学校の先生の集まりですね、研究会の先生からいろいろ御指導を頂くことが多くて、一番大きいのは、放射線教育が教科の中でどう位置付けられているかというのをちゃんと調べなさいというのをよく言われます。例えば小学校で放射線の授業がどこに入っているのかとか、中学校でどこに入っているのかとか。その位置付けに合う形でないとなかなか授業で実施するのは難しいわけなので、まずそれを調べて、そして、授業に合う形での実験道具準備なり、出前授業なり、何か施策を講じるというのが大事だよというのをすごく御指導を頂いております。もちろん私どももそれを受けまして、その位置付けにどうやって入り込めるか。少しでも私どもの方は科学技術に関心を持ってもらいたいわけですので、授業の中で放射線を取り扱ってもらうにはどうしたらいいかということで、毎年苦心してやっているところでございます。

二つ目の福島のプロジェクトもそうなのですけれども、もともとは福島県教育委員会様の方でモデル校というのをつくっておられまして、福島県で放射線教育を実施されていらっしまったのですね。なかなか予算が難しいということで、県として認めているモデル校が今は無い状態です。福島県では放射線教育を、義務教育の中で毎年2時間はやりましょうという

ことを決めて、実際に何かされているのは間違いないのですけれども、福島の人たちが学ぶだけではなくて、福島の人たちが今どういう気持ちでいるのかとか、福島第一原子力発電所の事故からどう乗り越えて復興に向かっているのかという気持ちを、やはり全国の方に知ってもらいたいです。当該事故からもう13年になりますけれども、そういった復興に一生懸命取り組んでいる福島の学校から全国に向けて、情報を発信していこうということで、福島のプロジェクトの話をさせていただきました。今年度から実施しております。これまでは、福島の学校現場に、いろいろなところからサポートが入ってございましたので、私たちは取材に行くだけでよかったです。しかし、それだけでは今後、なかなかもう情報発信することが難しいということで、その発信をサポートするプロジェクトを立ち上げた次第です。当財団の学校支援は、「らでい」の運営だけではなくて、現場のニーズに合わせて少しずつ変えていっている、というのが実情でございます。

以上になります。

(青砥参与) ありがとうございます。

最後、1つだけ確認なのですが、12ページのアンケートがありますよね。これに先ほどの質問と少し関わるのですが、小学生が対象ではないのは何かお考えというか、別の話になっているのですか。

(掛布グループリーダー) ありがとうございます。小学校も御希望があればお伺いしたいと思っているのですが、実は2023年度は小学校の実績がございませんでした。他の年度では小学校の方でもさせていただいたことがあります。これは出前授業の実施ということで、アンケートを取った2023年度の実績という意味で小学校が入らなかったと御理解いただければと思います。

(青砥参与) 単純な、偶然な話なのですね。

(掛布グループリーダー) そうです。

(青砥参与) 教育の内容とか出前の在り方とかが違って、アンケートの在り方が違うわけではないのですね。

(掛布グループリーダー) はい。

(青砥参与) 分かりました。ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、上坂から質問をさせていただきます。

まず、4ページ。これがアトミックステーション・ジオアトミック・ステーションジオ・ラボということで、非常に分かりやすく展示があると思うのです。可能であれば、こんなコ

ンテンツも考えていただきたい。これを見るとスペースとか壁も空いているような感じがするので。

例えば原子力エネルギーであれば、他のエネルギー源とのベストミックスですね。それによって安定で、合理的な料金で電気が供給できるとか。そういう例を出していくとか。そうすると大学生で独り暮らしして、電気料金を自分で払っている人には、かなり自分事になるのではないかと思うのです。

それから、放射線応用に関して。原子力委員会からアクションプランを出している核医学について、転移がんとか。アルツハイマー型認知症。後者は核医学では診断のみでしたけれども、最近エーザイが治療薬を出しましたので、それと組み合わせると治療もできるということで。そうしますと転移がんと認知症と。日本のような高齢化社会、あるいは世界で見ても成熟している国々の共通の課題だと思うのです。そういうものに核医学、放射線診断治療は有効であるということを、そこでまずインプットしていただく。そうすると、入ってきた方が強い印象と希望を持ってくれるのではないかと期待するところでもあります。以上のようなコンテンツは専門の先生にお伺いすればあると思うので。もしスペースがあれば、そういうところを追加もしていただければと思います。

それから、非常に多くの活動をされているわけです。ただ、全てを御財団で独自でやるのは困難であります。今日も多々説明がありましたように、関連の中高校・大学の先生方と協力して、それらにある展示教材、それから電子コンテンツを活用して、一緒にやっていただく。先生方に教育の場を提供するというだけでも十分な役割があると思います。是非先生方と連携して活用していただく。そういう方向でお願いします。

また、最近では例えば最終処分の課題等について、多くの人文社会学の先生が参画して下さって、教育やコミュニケーション活動を行っていただいています。ある先生は、高校生に地層処分の哲学的対話という討論会もやっているとお伺いしました。ですので、放射線のコンテンツを見ていただいた後、そういう人文科学的な討論をしていただいてもよろしいのでは。そういうことをやれば、高い理科の知識がない小学生でも話し合える。将来の次の世代に対してどう思うとか。そういう倫理的、社会学的な議論もできるかと思うのです。この場でそういうことを人文科学の先生とやっていくというのもあり得るかと思います。

ここまで、いかがでしょうか。コメントを言いましたけれども。

(木本理事) 今、上坂先生からおっしゃっていただいた放射線を身近に感じていただくということの一つとして、どれだけ社会に貢献して利用がなされているか。そういうことを理解し

ていただくという、そういう重要性を感じています。我々も放射線とは一体何なのかというところを、そこをきちんとしていただくことが大事なのですけれども、その次に先生がおっしゃったようにどれだけ社会に貢献しているのか。もっと先を言えば、そういったものを通じて、更に科学全般にこの放射線の社会貢献とか利用とか、そういうものを更にその次に、科学というものへ子供たちが関心を持つ一つのステップになると考えます。これは理想論かもしれませんが、そうすることで理科好きの子供さんを育成するとか、理系を志す方を増やしていくというようなものにつながっていければと思っております。また、一部この18ページのアンケートのところで、知識定着型から問題解決型・探求型へという転換というのは、非常にいい御指摘を頂いたのではないかと、今先生方にいただいたコメントも併せましてそういう思いをいたしました。

(上坂委員長) ありがとうございます。

次に、18ページです。ここの左下と右上に、「防災教育と放射線教育を絡めた授業展開」とあります。最近、内閣府の原子力防災担当の政策の成果でもあるのですけれども、その支援を得た鹿児島県。それ以外には鳥取県と宮城県が、スマホでできる原子力防災アプリが公開されて、もう使える状態になっています。スマホでバーチャルにポケモンゴロのような形で、画像の中に入って避難できるのですね。こういうアプリがもうできています。これもデモして、コンテンツはもう登録すればダウンロードでき、実施できます。そうしますと、若いうちから原子力防災、それから一般防災等、そういうことを経験ができます。若い方ですらゲーム感覚もあり。若い頃から防災を身近に感じられるのではないかと思います。これらは、今申し上げた都道府県の方が実用化されていますので、是非連絡を取って検討いただければと思います。

それと最後です。これは細かいことです。私も霧箱 α 線可視化の実験を大学1、2年生向けに教室でやったのですよ。ドライアイスを買って、それからアルコールを入れて、アルコールと線源を入れてですね、まあやったんですが、高純度を学生なので。そのときにいろいろな線源を持って行って、検出器も3種類ぐらい持っていった。それで計測値が若干違ったり、ノイズで値がばたばたしている様子、あるいは値が落ち着くまで何十秒待たなきゃいけないとか。そういうのを見て、検出器毎に値が若干違うということに驚くわけですよ。だから、データというのは一つ確定値があるものだと、経験がないと思ってしまいます。いろいろな自然のノイズとか、電氣的ノイズ等の中に真の信号があるのですよね。それが強ければ短時間ですぐデータが出ますけれども、同じぐらいだと判定に時間が掛かるのですね。実際の検出器

を使って、自然の要因の中に信号があるということも知っていただくようなことも良いかと。こういうのも大学の先生にお願いすればやってくれると思いますし。

それから、放射線生物学の研究をやられた先生は、細胞の核の中のDNAの放射線による損傷の顕微鏡写真をいっぱい撮っているのです。実はDNAは、放射線を当てなくてもかなり損傷されていて、いろいろな要因ですね。

それで照射量を100ミリシーベルト、それから1シーベルト、2シーベルトと上げていくとだんだんと放射線による損傷が優位にみえるようになっていくというものなのです。ですのでよく言われるのが、放射線による生物影響と薬品等による化学的な影響の違いは、前者が遺伝子、DNAに傷を付けて遺伝的に残るのだ。だからリスクが深刻だと言う方もいる。そういう損傷というのは他の要因による化学的効果でも起こるわけですね。そういうデータもいっぱいあります。だからそれも同じように、いろいろな要因の中に放射線の影響が加わっているわけですね。

それらについて、放射線医学総合研究所の、今はQSTですけども、有名な図があります。右側に自然放射線の年間被ばくレベルがあって、東京が2ミリシーベルト・パー・イヤーで、ニューヨークまで空路で行くと0.1ミリシーベルト被ばくとか。今度は左側の方に医療用のレントゲン被ばくが幾らで、診断が幾つで、CTだとちょっと高くて、そして今度は治療になってくるとグレイになってきて、数十グレイまでありますね。先ほど言ったDNAの損傷の画像が、それぞれの線量に対してあるのです。だからそういう実験・考察をやってみると、自然の要因の中でもDNAというのは損傷を受ける。その中で、我々は生活しているのだということも実感できるのではないかと思うのですね。これも大学の先生等にお願いすればやってくれると思うのですね。教育コンテンツを作ってくれると思うので、いかがでしょうか。防災と、ノイズの中の信号とか、そういうものを実感できるプログラムを作るのはいかがでしょうか。

(掛布グループリーダー) いろいろ多岐にわたる御質問、アドバイス、本当にありがとうございます。まず防災教育についてなんですが、本当におっしゃるとおり、私どもUPZ圏内とかの小学校に実際にお伺いさせてもらって、教員研修や出前授業をさせてもらったことがあるのですけれども、やっぱり切実といいますか、福島第一原子力発電所の事故から得た教訓を、真剣に、子供たちのために考えたいという非常に強いニーズを実際体験しておりますので、そういった最新のアプリであったりとか、そういうものとコラボさせていただきながら検討していきたいと思います。本当にアドバイスをありがとうございました。

二つ目の、霧箱の開発もそうなのですけれども、私たち測定器の開発もしております。先生方に御指導を頂きながらしているのですけれども、どれも確率統計であったり、量の概念ですね、科学の本質といいますか、例えば体重計に乗っても揺れるのと同じように、全ての計器が全く同じ数値を示すわけではなくて、やはり誤差があったり、振れ幅があったり、いろんな要因が重なりながら、その中で見えてくるものがあると考えます。

そういったことを含めて、私ども、これからも邁進していきたいと思います。是非、上坂委員長から御指導を頂いたとおり、これからも邁進して頑張っていきたいと思いますので、今後よろしくお願いいたします。

(上坂委員長) ノイズの件なのですけれども、例えば今ALPS処理水の放出の後の海水中のトリチウム放射線線量状況を東電が数十カ所のデータを毎日出しているのですよ。それで翌日出したデータを迅速測定といって、計数機処理等の時間がないので、精度が10ベクレル・パー・リッターなのです。なので検出以下がほとんど。一方、1か月後、今度はものすごく高度な検出器で時間掛けて統計処理してやるので、0.1ベクレル・パー・リッターの精度で値が出るのです。だからこういう違いも、まさにさっき言ったような検出器のデモをやった後だと理解できると思うのですよね。高性能検出器で、十分統計処理する時間があって、精度のいい値が出ているのだということが分かると思うのですよね。そうではないと、迅速測定と詳細測定の違いが分からないと思うのですよね。

最後なのですが、先程の説明の「らでい」を是非もっと多くの方に知っていただきたい、やっていただきたい。現在日本の原子力人材育成ネットワークが、こういう教育コンテンツの専用ホームページを作って、全てリストアップしてあるのです。今日ご説明のものは、そこにもう入っていると思います。是非あの、バイスバーサ(vice versa)でですね、お互いに利用し合って、多くの方に気が付いていただいて、参照していただく努力をしていただきたい。私どもは原子力文化財団のホームページは非常に中立的だということで、原子力白書にもURLを載せています。それから双方で参照し合って、双方のヒット数を増やしていったりすることも御検討ください。

私からは以上ですが、ほかに、委員の方から。どうぞ。

(岡田委員) すみません。言い忘れたのですが、先ほど木本さんが言われたことの部分になりますけれども、3.11以降、原子力や放射線の理解促進というのをやってきているのですけれども、もうそろそろ探究心とか問題解決型というところに移るような、探究心をくすぐるようなことも考えていかなきゃいけないと思っております。科学技術館だけの仕事ではな

いですが、学習指導要領がそうなっていますから、日本の教育が探究心とか問題解決型の方向に、なっていくように今後とも私たちも協力していきたいと思っておりますので、どうかよろしくお願いいたします。

(木本理事) ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、どうも御説明ありがとうございました。頑張ってください。

それでは、議題2は以上であります。

次に、議題3について、事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 三つ目の議題は、電気事業者等から公表されたプルトニウム利用計画について(見解)です。

原子力委員会では、我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方を踏まえ、令和3年から、毎年、電気事業者や日本原子力研究開発機構が公表するプルトニウム利用計画を評価し、見解をまとめております。先週20日の第5回原子力委員会定例会議における電気事業者等からの御説明を踏まえ、見解案を取りまとめました。

それでは、事務局より御説明をお願いいたします。

(梅北参事官) それでは、事務局から説明いたします。

今、御紹介ありましたように、毎年行っておりますけれども、事業者等から公表されたプルトニウム利用計画についての見解ということで、まず事務局の方で案を作りましたので、それについて説明をさせていただきます。

1ポツを御覧ください。まず1ポツの(1)令和5年度末の我が国のプルトニウム保有量ということ、これはおさらいになりますけれども、現時点で、令和6年2月時点で稼働中のプルサーマル炉というのは合計4基なのでありますけれども、令和5年度については関西電力の高浜発電所3号機で、約0.6トンのプルトニウムの消費がなされた。その一方、新たなプルトニウムの回収は国内ではなかったということで、令和5年度末時点での保有量は44.5トンになる見込みということでございます。

(2)令和6年度、来年度におけるプルトニウムの消費及び回収の見込みということですが、令和6年度についても、今4基ある稼働中のプルサーマル炉が稼働する見込みではあるのですが、いずれも未照射のMOX燃料、新しいMOX燃料を保有していないということで、これらについて消費する計画は当然ないということになります。

次のページを御覧ください。

回収の面ですけれども、原燃の六ヶ所再処理施設でございますけれども、現時点の予定で

は令和6年度上期（できるだけ早期）の竣工を計画しているということでございますが、令和6年度内では使用済核燃料の処理は行われたいということ、新たに回収が計画されているプルトニウムはない。研究施設、JAEAですけれども、プルトニウムを消費する可能性がある「常陽」でございますけれども、これがまだ規制庁、規制委員会の方で施設工事を含め審査中であるということございまして、令和6年度におけるプルトニウムの消費、回収はともにゼロである、こういう状況でございます。

これらを受けて、（3）ですけれども、令和6年度の利用計画の妥当性、これが原子力委員会の見解ということですのでけれども、今申し上げました状況で、24年度ですけれども、前年度と同じくプルトニウムの保有量44.5トンとなる見込み、前年度と変わらずということです。これを踏まえまして、当委員会として、令和6年度におけるプルサーマル炉の運転計画、六ヶ所再処理施設の操業の見通し、海外保有のプルトニウムのMOX燃料加工に向けた取組状況等、こういったものを踏まえるとこの利用計画、先週お聞きしたところですのでけれども、事業者等が公表している利用計画は、現時点ですけれども、妥当であるというふうに見えるということにしております。

2ですけれども、令和7年度と令和8年度の利用計画について、状況は今後も変わり得るということ、その可能性は高いということは当然ありますけれども、先の話ですから、現時点での情報を基に暫定的なコメントということです。

（1）、まずこれは状況の説明です。事業者に関するプルトニウムの消費、回収の見込みということですのでけれども、関西電力の高浜3号機、4号機において、海外保有のプルトニウムをMOX燃料に加工して発電所に装荷するということで、令和8年度に0.7トンのプルトニウムを消費する予定とされております。また、回収の方ですけれども、原燃によると六ヶ所が稼働して回収可能なプルトニウムの最大量ということですのでけれども、令和7年度に0.6トン、令和8年度に約1.4トンを想定しているということ。

（2）JAEAの方ですけれども、ここについては高速実験炉の「常陽」の審査の見通しがまだ明確になっていないということで、現時点で令和7年度、8年度の見通しということで消費、回収量ともゼロというふうにされております。

これらを踏まえて、（3）でございますけれども、我が国としてのプルトニウムの保有量の最大量、今申し上げましたような状況を踏まえると、令和7年度に45.1トン、令和8年度に45.8トンという見込みで、令和5年度末の保有量と比べるとやや増加ということでございますが、ちょっと下にいただいて、再処理からプルサーマル炉まで照射する

のに掛かる時間があるということも踏まえると、今、六ヶ所の再処理施設及びMOX燃料の燃料加工施設の稼働の初期という時期でございますので、一時的にプルトニウムの保有量は微増することにはなるということですが、委員会としては将来的に同保有量が減少する見通しが示されることが重要であるというふうに考えておりますということです。

次ですけれども、現時点では、こういうような状況を踏まえると、令和7年度、8年度の利用計画の内容を検証し、妥当性を正確に評価するということは、不確定要素が多く困難であるということです。

これは去年からずっと言っていることですが、その下、プルトニウム利用の「基本的な考え方」を踏まえまして、引き続き国内施設で回収するプルトニウムの確実な利用、プルトニウムの需給バランスを踏まえた再処理施設の適切な運転の実現に向けて、最大限の努力を行うことが重要であって、それを強く求めるということです。

あと、研究に関して、研究施設JAEAについては、現在検討中の様々なオプション、プルトニウムを活用するオプションというのは当然いろいろあると思いますけれども、プルトニウム保有量の削減に資するオプションの更なる検討、透明性の確保を期待するというふうに結んでおります。

事務局からの説明は以上になります。

(上坂委員長) ありがとうございます。

それでは、質疑を行います。

それでは、直井委員から。

(直井委員) 質問ではないのですが、コメントですが、我が国は平和利用の担保、それから透明性を確保しながら、純国産エネルギーとしてプルトニウムをこれまでも利用してきたところです。IAEAが行います保障措置において、我が国にあります全ての核物質が平和的に利用されていること、それから未申告の活動などもないということも確認されていて、またプルトニウムの保有量、利用計画も公開することで透明性を確保しています。

このような日本のプルトニウム利用に対して、国際社会から理解を得るというためには、将来的にプルトニウムの保有量が減少する見通しが示されるということが重要であるというふうに考えます。そのために、プルトニウム削減に向けた取組の着実な実現を今後ともお願いしていきたいと思っております。

以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

それでは、岡田委員。

(岡田委員) 今、直井委員の説明で私も強く、明確によく分かりました。一時的にプルトニウム保有量が微増することに今回はなりますが、将来的に同保有量が減少する見通しが示されることが重要であるということがわかりました。これは、原子力委員会の「基本的考え方」を踏まえていると考えております。

以上です。

(上坂委員長) それでは、青砥参与からも御意見、いかがでしょうか。

(青砥参与) 私の方からは、両委員のコメントに特に付け加えることはございません。ここで何度か強調されていますように、我が国におけるプルトニウム利用の「基本的考え方」を踏まえて、今後も原子力委員会がきちんとフォローしていく、そういったところが示されることが重要かと思えます。

以上です。

(上坂委員長) 私からは、3ページの重要事項の繰り返しですけれども、上から2番目のパラグラフ、最後のところ、「一時的にプルトニウム保有量が微増することになるが、将来的に同保有量が減少する見通しが示されることが重要である」、これは前回質疑したとおりでございます。

また、次の次のパラグラフで「基本的考え方」ですね、我が国におけるプルトニウム利用の「基本的考え方」、原子力委員会、平成30年3月31日発出、これを踏まえまして、回収するプルトニウムの確実な利用とそれから再処理施設等の適切な運転の実現、最大限の努力を行うということ強く求めるものであります。かつ、利用目的のないプルトニウムは使わないとの原則を堅持して、プルトニウム保有量を減少させるとの観点から、海外保有のプルトニウム削減を含めた取組の着実な実現を強く求めるものであります。

それから、次のパラグラフの最後のところで、削減に資するオプションの更なる検討及び透明性の確保を期待するということです。それから最後のパラグラフ、透明性の向上の観点から、電気事業者及びJAEAにおいては、具体的な取組の進捗に応じて「利用計画」に見直す必要が生じた場合は、適宜・適切に公表することを強く求めるものであります。

ありがとうございました。

それでは、本件につきまして、この内容で原子力委員会の見解としたいと思いますが、よろしいでしょうか。

(「異議ありません」の声あり)

(上坂委員長) 御異議ないようでありますので、これを委員会の見解とすることといたします。

議題 3 は以上でございます。

次に、議題 4 について、事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 事務局でございます。

今後の会議予定について御案内いたします。

次回の定例会議につきましては、3月5日火曜日14時から、場所はここ中央合同庁舎8号館6階623会議室で開催いたします。議題については調整中であり、原子力委員会ホームページなどによりお知らせいたします。

以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

その他、委員から何か御発言はございますでしょうか。

御発言ないようですので、これで本日の委員会を終了いたします。

お疲れさまでした。ありがとうございました。

—了—