

第9回原子力経済性等検証専門部会・ 平成26年度第4回原子力分科会 合同会議

日時：平成27年3月25日

場所：静岡県庁特別会議室

【司会】

ただいまから、原子力経済性等検証専門部会及び原子力分科会の合同会議を開催いたします。本日はお忙しい中ご出席いただきまして、誠にありがとうございます。

はじめに知事よりご挨拶申し上げます。

【川勝知事】

先生方おはようございます。この部会、専門部会の方は昨年に1回、また、分科会の方も昨年に1回開いていただきまして、今回は合同部会ということになりました。先生には本日もどうぞよろしくお願いを申し上げる次第でございます。

中部電力が3年前に原子力の安全の研究所をつくっていただきまして、今日は中部電力の皆様方にもお越しいただきまして、ありがとうございます。この間、研究の公募もしていただきまして、そして公募された中には非常に、浜岡だけでなく、日本、さらに世界の役に立つような中身のものが含まれているというふうに、外から見ても理解している次第でございます。おそらく、そうしたことが評価されまして、IAEA（国際原子力機関）、あるいはアメリカの電力の研究機関（米国電力研究所：EPR I）とも協定を結ばれるまでになったと、まさに、この浜岡をある意味でテキストにして、それから廃炉、あるいは、その他諸々の新しい原子力にかかわる安全技術の萌芽が今、生まれつつあるということで、大変喜んでおります。

そうしたものをオープンにして、公益に資するようにしたいと考えておりまして、先生方のご意見を賜りまして、今回のこの合同会議が、さらにそうしたものへの大きなステップになりますことを祈念いたしまして、御礼の挨拶といたします。何とぞよろしくお願いたします。

【司会】

本日ご出席をいただいております皆様につきましては、お手元の「出席者名簿」と「座席表」をご参照ください。原子力経済性等検証専門部会から5名、原子力分科会からは4

名の委員の皆様にご出席いただいております。また、中部電力株式会社代表取締役副社長執行役員の阪口様ほか、中部電力の皆様にもご出席いただいております。それでは、有馬部会長に議事の進行をお願いいたします。

【有馬部会長】

皆さんおはようございます。それでは、議事に入らせていただきます。

本日は、「浜岡原子力発電所における原子力発電に係る安全技術の向上と廃止措置の改善に向けた取組」をテーマにして会議を進めてまいります。

初めに、原子力安全技術研究所の公募研究についてでございますが、まず、原子力安全技術研究所の取り組みの概要についてご報告をいただきたいと思っております。よろしくお願いいたします。

【中部電力安全技術研究所 佐藤所長】

おはようございます。原子力安全技術研究所の所長をしております佐藤と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

お手元の資料あるいは前面のスライドをご覧くださいと思います。まず、冒頭、私の方から簡単に原子力安全技術研究所の取り組みの概要についてご紹介させていただきます。

こちらが、私どもが取り組んでおります4つの主な研究テーマでございます。1つ目に安全性向上、2つ目に1、2号機の廃止措置の改善に資する研究、3つ目に3、4、5号機の保守性、作業性の改善に資する研究、4つ目に将来技術に資する研究でございます。なお、公募については、この順番を変えまして、1番メインを将来技術に資する研究、2番目に安全性向上に資する研究というテーマで公募をいたしております。

本日ご説明させていただく内容でございますが、この概要に続きまして、光産業創成大学院大学の藤田先生、そして、京都大学のピョン先生からお話をいただきたいと思っております。最後に、私の方から再度、廃止措置プラントを活用した国際貢献についてご紹介させていただきたいと思っております。

こちらが、平成25年度研究開始分の公募研究でございます。平成25年度研究開始分につきましては、81件の非常に多数の応募がございましたので、もともと10件の採択予定でありましたものを、急遽13件に増やしまして採択いたしております。本日、この12番目に書いてございます光産業創成大学院大学の藤田先生の方から、「レーザー除染条件明確化と粉塵飛散防止機構の研究」という研究についてご紹介させていただく予定でござ

ございます。こちらにつきましては、静岡県内の大学と企業が共同研究をされているという特徴がございますので、この場でご紹介させていただくのに相応しいだろうということで、本日はご紹介させていただきます。

続きまして、平成26年度研究開始分でございますが、公募研究第2回目、こちらについては42件の応募がございました。この中から10件を採択しております。3月9日の学術会議の中で、東京学芸大学の鴨川先生の方からご紹介がありました「衛星測位データを利用した電離圏観測による早期津波予測の高精度化」の研究、これについては、この公募研究の中で採択し、始まったものでございます。それから、本日はちょうどお話をいただきます、京都大学のピョン先生、こちらについては特定テーマ公募とうたってございますように、先ほどの第1回・第2回の公募研究については、1件、1年当たり500万円で、2年までという枠組みで行ってまいりました。この特定テーマ公募につきましては、基礎基盤的な将来技術などで当社ニーズのあるテーマについて公募を行い、1件当たり1億円以内、そして、研究期間としましては、5年以内という枠組みで公募を行ったものでございます。10件ほど応募がございまして、この中から、学術会議の先生方のご意見も頂戴しながら、京都大学のピョン先生のテーマを採択したという経緯でございます。

続いて、第3回の公募研究でございますけれども、こちらに書いてありますとおり、1月19日から3月2日まで43日間を応募期間として設定いたしまして、54件の応募がございました。内訳につきましては、大学から39件、研究機関から10件、県内企業から5件という内訳でございます。これらについては、4月中旬に選考会を行いまして、4月下旬に採択研究10件を採択していきたいという予定でございます。

最後になりますけれども、静岡地域の産学学連携についてご紹介させていただきます。静岡地域の産学学と学が2つついておりますのは、複数の大学と当社が連携しながら、これから連携研究を進めていきたいということで、あえて産学学で研究連携という名前にしてございます。具体的には、静岡大学様、静岡県立大学様、そして浜松医科大学様、この3大学と当社が連携をして、さまざまな分野の先生方の知識の複合を図りながら、相乗効果と申しまししょうか、相互作用にも期待しながら研究を進めていきたいというものでございます。目的としましては、言わずもがなではありますけれども、地域社会の更なる発展に広く貢献したいということと、将来の電気事業に向けた技術の発展に貢献をしていければと考えております。

昨年の11月に基本協定を結びまして、今年1月20日に第1回の連携協議会を行いま

した。27年度は、大学側のシーズと当社側のニーズのすり合わせ、こういったものを行いながら研究を進めていきたいと考えております。現時点では、例えば、電力流通設備の復旧と地域防災、これについては深い関わりがあるだろうというような、こういうテーマで研究を進めてはどうかと、あるいは、電力設備について、もう少し軽量で耐久性のある設備を考えられないかというようなものについて、現在、先生方とお話し合いを進めているところでございます。

冒頭の原子力安全技術研究所の取り組みについては、簡単でございますが以上とさせていただきます。

【有馬部会長】

どうもありがとうございました。

続きまして、公募研究の代表事例として、「レーザー除染条件の明確化と粉塵飛散防止機構の研究」について、光産業創成大学院大学の藤田教授から発表をお願いいたします。

【光産業創成大学院大学 藤田教授】

ご紹介ありがとうございます。光産業創成大学院大学の藤田と申します。ご縁がありまして、この場に立たせていただくことを光栄に思っております。

これは、原子力と全然違う技術を応用することになっています。どういうことかと申しますと、これは錆がついている鉄の板です。これにレーザーを当てますときれいにとれます。こういう技術を我々は持っていて、これを除染に使えないかと、きっかけは2年半ぐらい前、おそらくこの場で、本学の加藤学長が来させていただいたかと思うのですが、それで中部電力さんといろいろ情報交換されて、除染に使えるのではないかとその一言で検討を始めさせていただいたものです。私、藤田ともう一人の教員、それから、県内のトヨコーさん、この2者でこういう技術を事業向けにつくってしまして、それをこちらに展開したいという研究です。

その背景を少し説明させていただきますと、まず、ちょっとすいません、私のご紹介なのですが、藤枝、たまたまなのですけれど、県内の出身でして、レーザー核融合の研究を大阪で学生の頃やっていました。それから、大型のレーザーを使って、ものをいろいろ変化させるというところから、それを宇宙分野にも応用したいというので東北の方に行きまして、今の大学に10年前から来ているということです。なので、高出力レーザーの応用というのが、大まかなくくりの研究テーマとして持っています。

大学は10年前にできまして、先日、10周年を迎えたところでございます。博士課程

だけですね。起業、新事業開発というテーマに光技術をどう事業につなげるかと、そういうテーマの大学です。ですので、起業家さんに入っていたり、企業さんから新規プロジェクトの立ち上げ、それから、第二創業をすると、そういった方々が集まって、我々教員と一緒に事業をつくって来て、大学、技術系の教員はそれを技術的なサポートをする、そういう役割分担で進めてきました。

パートナーのトヨコーさんですが、これも学生さんで来ていただいたのですが、元気な会社でして、富士市にある会社です。もともとは塗装防水工事をやっていたのですが、屋根の防水の塗装などをつくられて、その次を、自分が社長を継ぎたいというので本学の方に来られて、光事業と称して本学と平成20年度から始めました。橋とか老朽化するインフラの塗装の塗りかえ、その時に錆とか古いものを全部とらないとすぐに錆が出ちゃうというわけです。そういうものをきれいにしたい、レーザーを使えないかという形で検討しまして、最初、静岡県さんに大変お世話になりまして、苦しいときにスタートアップ助成金をいただき、これで大きく加速して、今、いろいろ試験施工も始まっていますし、除染の方の可能性も、今、開けてきているという状態です。

どんなものかという感じで、動画で見ていただいた方が、クーレーザーという商標を取られて、手で持てるレーザー装置です。これは当てると、ビヤッと表面を削っていきます。軽くなめるように。これは錆をとっているところです。これは倍速とかにしています、リアルタイムの映像です。作業員さんが手に持って、これ、やり出すとおもしろいのです、きれいにとれていくので作業員さん皆さんも楽しんでやられているようなのですが、それと、橋のメンテナンスとかそういうのに使うべく、今、試験施工を繰り返されている。いろんな課題が出てきますから、共同研究の枠内で我々、大学が協力させていただいています。

これを原子力分野へ応用するといった時に、表面を薄く剥がすような技術ですので、廃止措置で発生する廃棄物の表面除染に使えたらというテーマ設定をいたしました。従来の方法は、その中でレーザー除染というのは、研究は昔からございまして、その辺りの状況をちょっと説明したいと思います。

レーザーに対して、従来のやり方としてはブラスト、金属の微細な粒とか砂を高速のエアに乗せて吹きつけて、物理的に壊しながらとっていくというやつになります。それはものを当ててやりますので、それがものすごい廃棄物になって、特に放射性物質を対象にしますと混ざってしまいますので、二次廃棄物の課題が出てきます。化学除染、これは薬品

で表面を溶かすのです。液体を入れるプロセスになりますので、プロセスでこれも二次廃棄物にそのままなりますが、レーザーは光、消えてなくなっちゃいますので、とれるものだけしか発生しないというメリットがあります。速度がどうなるかはわからないから今回検証します。それから、バアッと飛び散りますので、それもきれいにとれるようにしたいというのも検討課題の1つです。ブラストなどは、処理速度は比較的この中ではいいのですが、やっぱり、もうもうと上がってしまう。橋梁の現場でもブラストは使われるのですが、非常に作業員さんが作業しづらいし、1時間で交代しないと続かないという技術です。その辺を、このレーザー技術で回避できるのではないかというので、先ほど冒頭におつけた、錆をとる技術を、ステンレスとか金属の表面の除去に使うということです。

レーザー除染という研究は昔からありまして、ちょっと用意したお手元の資料をご覧くださいになっていただければと思います。2000年代前半に結構レーザー除染の研究が、これ、レーザー出力なのですけれど、10ワット、100ワットぐらいの装置を使って、どれだけ剥がれるかというのが結構盛んでした。国外でも盛んでした。でも、その後シュリンクしてしまいました。というのは、性能が足りない、レーザーは使えないねで終わってしまったのです。その後、産業界が全然違う動きをしまして、いろんなレーザー処理をやったのですけれど、パワーが足りない。そのうちに、ファイバーレーザーという新しいレーザー装置ができてきてまして、これは今、加工の現場、自動車の工場などでたくさん使われています。その部分が非常に効率よくて、安いのに出力が高いものが出てきた。そこでまた、我々も再燃しまして、この領域で試験ができるようになったというのが最近です。なので、昔の状況と大分変わってきています。

そこを定量評価するというのが今回の研究でして、具体的には、ちょっと実験の、どれだけスピードがどうなるかという評価も検討課題。まずは、配管の内面の錆の層とかを想定するのですが、それを対象にした実験を行います。内容は単純でして、レーザーを当てるとどれだけとれるか、レーザーの当て方を変えたらどう依存するか、それを見たということです。具体的には、単位面積当たりどれだけのエネルギー、ジュールを入れるか。これはフルエンスとレーザーの加工の分野では呼ぶのですが、これを変えるとこれぐらいになります。なので、ここをパラメーターとしてやっていきたい。具体的には、ちょっとずるをしまして、板を斜めに置いて、レーザー光を集光しながら板をビッと動かすと、斜めになってビッと動かしているのですが、そうすると、ぼけたところと、焦点が合うところと、またぼけたところというのが一気に一遍に合います。そうすると、当て方とさつき

申し上げましたが、1 単位面積当たりに入るエネルギーを連続的に変えることができますので、これで、とれ方のレーザー条件の依存性を見る、非常に単純な実験です。それをもうちょっと詳しく説明したのがこちらの絵ですが、それを飛ばして、ちょっとデータの図のところを説明したいと思います。今のレーザーの当て方が横軸でして、フルエンスですので、単位面積当たりには落としたエネルギーです。右に行くほど単位面積当たりには注がれるエネルギーが大きいという形になります。もう一つ変えているパラメーターがスキャン速度です。これはおもしろいデータが出ていまして、単純にいっぱいエネルギーを起こせばよく掘れるだろうと思うのですが、必ずしもそうではなく、大体右肩上がりなのですが、一番掘り込んだところが一番上かという、そうでもないのです。これはゆっくりスキャンしたところでは、それが最大ではなくて、じゃあ、ゆっくりやればいいのかというのではなく、速くやるとエネルギーがもちませんので、エネルギーが足らなくてあんまり掘れない。真ん中辺のところだとポコンと一番性能がいいと思われるのです。大体もくろみどおりだったのですけれど、そのパラメーターをちゃんと押さえることができました。なので、ここの値を使って、今は、これは500ワットという比較的小さい出力のデータで実験室でやったのですが、どれぐらいスケールアップしたらいいかというのを計算しました。500ワット使って、単位体積当たりにはどれぐらいのエネルギーを使うとかそういうのをバアッと計算していきまして、500ワットで掘れた体積を割りまして、体積当たり分の投入エネルギー、それから、1 平米でどれぐらいの処理速度であるかというのを計算していますので、そのエネルギーを出して、この装置を使って、こういう必要な時間を出しておきました。それから、どれだけの深さを掘るかというのは対象に依存しますので、10ミクロンの除去深さだったら5時間で1 平米、100ミクロンだったら50時間、これが今の500ワットの実験室レーザーの値です。ですので、これではちょっと、間尺に合わない作業時間ですので、10キロワットぐらいを入れると、10ミクロンをめくっていくのに15分。100ミクロンというかなり深いものでしたら150分。そういう数字がこれを基にすると見込めるということで、この10キロワットというのは非常に現実的でして、市販されているレーザーです。10キロワットですから、ドライヤー10本分が全部光を出して、ちょっとイメージしづらいかもかもしれませんが、人が二、三人並んだらいいぐらいの、レーザー屋さんとしては小さくできる。だから、非常に現実的なレベルである。これが前半のお話で、前半というか1 個目です。

粉塵飛散の防止は、作業員さんの被曝のことを考えると、なるべく低減するというので、

これは公募研究の最初のときのアイデアのものなのですが、レーザーを当てて、ここでバアッと散っていくのです。それを囲って、ちゃんと回収しましょうと絵は描いたのですが、これはこれでやるのですが、やっぱりもうちょっとニーズとやりとりしながらやるために、これをトヨコーさんともよくやっていたのですが、ちょっと違うやり方を1個やってみて、お見せして、そうするといろいろ刺激を受けられると、何かああいう使い方どうだって話が進むことが多いものですから、もう一歩進んだアイデアを検討した形として、完全に閉じ込める水中というのを試してみました。大気は多分大丈夫だとは思うのですが、より安全で完全回収と、安心もいわれると、仮説ですけど思いまして、それでちょっとトライしました。これは水の吸収スペクトルなのですが、水の中でレーザーを通すところと、可視光のところはよく通るのです。我々の持っているレーザーというのは、この辺の波長でいくとちょっと吸収してしまうのです。今までのレーザー業界はこれでみんなやらなかったのですが、程度の問題だろうと思ってやってみました。ちょっとその内容の動画を見てください。これは、水槽の下に鉄板を置いて、上からレーザーを打ち込んでみました。そうすると、意外と結構とれるのです。意外とというか、かなり吸収は受けていると思うのです。そうすると、何かモワモワと暖まってお湯になりますのでとれたものが上に行く。それが途中でレーザーを吸収してちょっときらきら光る。赤いのはガイド光なので関係ないですけど、結構いけるなと思ったのです。ただ、ちょっとモヤモヤとこんなになってしまう。途中でばっかりお湯をつくって何かもったいないなと、じゃあ、ちょっと水の層を減らしてみようというので、これ、レールなのですが、水の層を小さくしたんです。上からレーザーを当てたら結構いいかなと思ったのですが、一応こういう、見るところはちょっと曇っちゃうのです。汚れがとれてたまってきてしまうと、ちょっとプロセッシングしづらいいかなというので、じゃあどうしようかということで、ちょっとホームセンターでいろいろ買ってきて、水の中に当てるのですが、こっちからきれいな水を出して、どこかで回収しようというのをバアッとつくってやってみたらきれいにいけたのです。じゃあ、もうちょっとましなものをつくらうというので、公募研究でちょうどつくらせていただいたものなのですが、これ、ちょっと一から試作したやつです。なるべく近づけたほうがいいので、ここはちょっといろいろ工夫があるのですが、この先端から水が出て、すぐに水を吸っているのです。だから、さっき、ボワボワっていっぱい出てきたものが全部回収できたやつ。だから、この水槽の中はきれいなままで、錆はきれいにとれる。これを使えないかというところまで、まずはヒントになる題材をお見せするところまで研

究が進みました。

今後の開発ですが、成果をまとめますと、昨年度の1年間の成果なのですが、処理速度に関しては、10キロワット出る市販のレーザー装置を使えば、1平米当たり15分から150分、深さ依存ですが、処理速度は期待できることが分かりました。それから、粉塵飛散防止については、水中のを新たに考案しております。それで、今後は、25年度に公募をいただいて、公募研究の応募をさせていただいて丸1年間やらせていただきました。今は引き続き一緒にやらせていただきまして、どこに使うかによってものづくりは全然変わりますので、そこをなるべく早く具体化する。大体めどが立ってきましたが、それに基づいてものづくりをして、試験をしていくと。それからホット試験をしながらという計画なんですけど、対象によってはすごく簡単に手が届きそうなものもちょっと出てきそうです。それはとにかく早くやりたいと。小さくしておけば早くスタートしたい。それがベンチャーの成功の要因だそうなので、なるべくそうしたいと思っています。協力体制なんですけど、ものづくりのトヨコーさんがいて、我々がいろんなアイデアを出して実現していただける。ニーズを中部電力さんにいろいろお伺いして、この3者で事業をなるべく早く立ち上げて展開していきたいと思っています。

以上です。ありがとうございました。

【有馬部会長】

どうもありがとうございました。ただいまの藤田先生の発表について、委員の皆さんから自由にご発言いただきたいと。そして私も大変興味を持って。一昨日はおめでとうございました。

【藤田教授】

ありがとうございます。

【有馬部会長】

10周年記念のお祝い。見事な会でしたね。

私は非常にこの方法に興味を持つのだけれども、要するに、原子炉の表面というか裏側というか、中の表面。その深さ、1センチぐらいまで削れるという話を伺ったけれども、どのぐらい削れば放射能がとれるのか。要するに、アルファとかベータとかそんなのは入らないから大したことはないのだけれども、ニュートロンが入っちゃうと、相当深くまで金属が変わっていると思うので、その辺の調査はどうですか。

【藤田教授】

まず、原子炉の燃料に近いところは放射化しているので、そこは対象外だと。あと、表面がどれぐらいかというところは、まず簡単な方からいくと、一時冷却水の配管、そちらの方はスケールといいますか、錆の層にマグネタイト層にFeが、コバルト60が崩壊して入り込んでいる。その厚みが1ミクロンとかそれぐらいのレベルだそうなんです。それだと、おそらく簡単にとれちゃうレベルです。今は10ミクロンぐらいを想定した、先ほど計算がありましたけれど、そこはまずいけそうな感じがします。あとは、どれだけ原子炉の近くのところまでというのは、ちょっとどれぐらいの深さというのは分かりません。あと、他のもうちょっと環境の部分でレーザー除染の研究などよく言われるのですけれども、福島でもそうですが、浸透したもの、例えばコンクリートの壁とか、亀裂から奥に入ったものというのは、なかなかやっぱり除染係数が大きくとりづらいというので、そういうところは、今の技術をそのまま適用しようとする、ちょっとハードルが高いかもしれないです。なので、適用できるところからまずやって、どこまでかというのは、ほかの機械的にやるほうが実は早いこともあるでしょうから、それは、今から研究の課題かなと思います。

【有馬部会長】

ありがとうございました。

もう一つ、その粉塵を水の中でやるとうまく粉塵が処理できるという話で、だけれども、炉みたいな表面にどうやって水をやるか。ぶっかけたのじゃだめで、要するに張りつけるのかどうするのか、そこいらをどういうふうにするのですか。

【藤田教授】

おそらく炉の状態、配管がそのまま配管されている状態でやろうとすると、通常の運転時のように水を入れて、そこにこう入れて、ガンとやるのでしょけれども、そういうやり方をとるか、ある程度ちょん切って持ってきてやるかで、多分かなり違うと思うのです。あとは、切る方法かなという印象が持ちますけど。

【有馬部会長】

他にご質問は何か。どうぞ、久保先生。

【久保委員】

技術的な部分としては、大学でできる事象的なことをやられるのでしょけれども、一方、私の方の分野からお願いしたいのは、対象は金属材料だけなのですか。例えば、今回の福島の事故で、かなり除染ということで問題になっているのは、やっぱり瓦だと。金属瓦だ

というのはあるのですけれど、例えば、屋根瓦みたいなものとか、多分、作業員もそんなに技量をよくしないので、対象群というのは、先生の方はわりと金属材料なのですか。

【藤田教授】

はい。

【久保委員】

他はいかがですか。

【藤田教授】

いろいろできると思います。瓦ですとセラミクスですから、耐熱性もありますし、非常にやりやすいと思うのです。

【久保委員】

セラミックスは可能ですか。

【藤田教授】

はい。

【久保委員】

よろしゅうございますか、先生。条件としては、除染するときに、熱は出るという。

【藤田教授】

そうです。多少の加熱はあります。

【久保委員】

多少の加熱はありますよね。それは今のあれですけど、どのぐらいの深さまでやるか。つまりどのぐらいのワットのレーザーをかけるかによって、発熱量は当然変わると推測されるのですけれども、そのところは、対象物ごとによって、発熱の仕方によっては、それも条件として最適値を定めるという説明が必要になってくると思ってよろしいですか。

【藤田教授】

そうですね。物理的な性能というか、むしろ光学の開発面で、ARFレーザーを開始する時に消えますので、対象物が薄いと熱がこもりやすいとか、厚いと拡散しやすいとか、環境でやっぱり、条件で大分違いますので、そこはやりながらですけど、そんな大した問題ではないと。

【有馬部会長】

はい。

【興委員】

このパワーポイントで結構なのですけれども、三者の連携というか、静岡県レベルかもしれないですが、中部電力の方から入ってくるデータというのは、今のご説明ですと、ニーズというふうにご説明があったのかと思うのですけれども、やはりトヨコーさんと大学院との連携だけでは、やはりそれをユーザーコミュニティにどうつなぐかというのが極めて大事なので、そういう観点から電力事業者と、積極的にこういうものを、単なる、ニーズを提供してくださるのはありがたいのですが、あわせて、やはり中部電力が軸になって、何かそういう活動につないでいければ大きいなというふうに思えるんですよ。

私も実はちょうど1年前に先生の研究室をお伺いさせていただいて、実験室レベルの話は見させてもらったのですけれども、じゃあこれを本当に実用化というふうに捉えてみると、パワーポイントの4枚目にありましたように、これをステップアップさせていくような、いろんな財政的措置であるとか、やはりそういうものがないと、下手をすればそれで終わってしまう、そういうふうに思える。何かそのあたりの藤田先生なりの、ご見解とかお考えはおありなのでしょうか。

【藤田教授】

彼らと一緒にやってきて何が重要って、お客さんとどれだけ密に情報交換できて、喜んでいただけるものづくりができるか、そのための資源が必要というのはあります。そういう意味で、最初の創生期、ほんとに2年間、ものすごいスタートアップが効きました。その経験から言いますと、やっぱりそれなりにいいタイミングでいい資源の投入というのが非常に重要だと思っています。ユーザーのコミュニティというのも、この間、原子力学会とかに初めて行きましたけども、もっとやはり産業界の方でのコミュニティというのが非常に重要だと感じています。そこはぜひ参加していただけると、もっと加速すると思っています。

【有馬部会長】

ありがとうございます。まだご議論いただきたいところですが、時間の関係がございましたので、ひとまず次に参りたいと思います。藤田先生、ありがとうございます。

【藤田教授】

ありがとうございました。

【有馬部会長】

それでは、ピョン先生、お願いいたします。

【ピョン准教授】

ご紹介ありがとうございます。京都大学原子炉実験所のピョンと申します。

加速器駆動システムによる核変換処理の実現に向けた要素技術の基盤構築という、非常に大きな目標を掲げたタイトルですけれども、国の核燃料サイクルとも非常に関わっている分野ですし、そういった意味で大学ができるところがどこまでかということで、我々の施設を使って、できるだけ実りのあるそういった研究をとということで、今日ご紹介させていただきます。

先般の会議でADSについて、加速器駆動システムをADSとこの場で縮めて申し上げますが、説明が若干あったとお聞きしておりますので、ここでは少しそういった内容については割愛させていただきまして、我々の京都大学での研究の内容を少し中心にご紹介させていただきます。

発表の内容ですけれども、まず研究の背景と目的ということで、最初の方に続いております。このADSの核変換技術への応用ということですので、核変換とADSの原理について少し説明いたします。

そして、その後、国内外の動向についてもご紹介させていただきまして、その後、大学での実験設備ですね。ここでは、Kyoto University Critical Assemblyと書いていますが、これは法律上、原子炉を意味しますが、非常に小さな原子炉であります。それと、これも日本で開発された加速器ですけれども、FFAG加速器、この2つを組み合わせるとADSを構成します。

その後、施設を使いまして、ウランあるいはトリウムなどを使ったADS実験をやりまして、これをご紹介しますが、いずれもIAEAの国際ADSベンチマークとして採択された内容であります。

最後に研究の概要、それから現状、今後の計画ということでまとめさせていただきます。

まず、研究の背景ですが、ADSはこれが提唱されて以来、核変換技術への応用ということで、放射性廃棄物、マイナーアクチナイド、あるいは長寿命核種などの消滅処理ということを目的に提唱されてきました。

京大炉では、2003年から本格的にADSの実験研究を開始しまして、2008年に新しいFFAG加速器を導入して以降、ウランあるいはトリウムを使ってADSの実験を現在まではずっと行っております。

この研究の目的ですが、確かに核変換というのもございますが、我々としては、大学という立場を考えますと、例えば今回の公募研究などでは、KUCAでの基礎実験を通

して、まずはADSの構成する要素技術ですね、加速器、炉物理、放射線計測、こういったものの基礎基盤を構築するということと、2つ目は、現在JAEA（日本原子力研究開発機構）、あるいはベルギーのMYRRHAという計画がございますけども、こちらでの工学的課題の解決に向けての準備を我々の方で行うということが研究の目的になっております。

こちらはもう皆さんご存じのとおりですので、核変換については説明を割愛させていただきますが、どういう方法で過去にやろうかということで、日本では昔OMEGA計画というものがございました。例えば軽水炉で出ますMOX燃料を再処理して、プルトニウムを使ったMOXであるとか、あるいはもんじゅにおいてプルを使ったり、少量のマイナーアクチナイドを使うということは考えられておりましたが、引き続き3つ目のオプションとして、加速器を使ってこういった核破碎中性子を発生させてですね、マイナーアクチナイドでありますネプツニウム、アメリシウムなどを核種変換するということが以前からずっと考えられておりました。当然目標としましては、長期貯蔵ということ考えたときのリスクの低減であるとか、あるいは処分場の貯蔵容量の拡充といったものが目標となっておりますが、これまでは3つ目のオプションについては、細々と研究が行われていたというのが現状であります。

このスライドは、核変換を簡単に説明するための図ですけれども、例えばネプツニウム237などは、半減期が214万年ですので、これは加速器から発生する非常に高い中性子ですけれども、これを当てますと核分裂が起きまして、こういった崩壊を経て、例えば安定元素になったりとかですね。一方で捕獲というのは、中性子を吸収する反応ですけれども、ネプツに中性子が吸収されて、最終的にはプルも出ますけども、さらなる核変換処理という形で、いずれにしても半減期をまず例えば短くするあるいは安定元素にするといったことが核変換の基本的な原理であります。

こちらの図は、JAEAで提唱されていますADSのモデルです。

こちらの超伝導線形加速器を使って、大体400ミリオンエレクトロボルトまでの加速器で陽子のエネルギーを加速させて、陽子を発生させて、その後、この場合、実は鉛・ビスマスによる液体になっているものがございますが、これを冷却剤と同時に炉心の核破碎ターゲットとして使用しまして、この炉心の真ん中に燃料としてマイナーアクチナイドを大体30%ぐらい混ぜて、ウランと同時にプルも入れる予定であるそうですが、燃料を入れまして、ここで核破碎中性子を発生させて、先ほどの原理のような核変換を実現すると

というのが構想になっております。例えば1 GeV（ジエブ）といいますと、1,000ミリオンエレクトロボルトのエネルギーで標的（ターゲット）にあてると、これが1つに対して大体20個の中性子が発生しますので、例えば最終的には発電などにも利用できるような計画を持っております。この特徴としましては、加速器をとめれば基本的に核分裂の連鎖反応はとまるということですので、炉心の安全性という意味では、従来の炉心に比べると高いというふうに言うことができます。

あと、こちらの2つ目のほうは、マイナーアクチナイドの燃料を新たに装荷するという問題はございますが、全体的には、安全上の問題を考慮しますと、他と比べますと安全性という意味では高いと言えらると思います。

こちらのほうは、現在の内外の研究の動向を示した図であります。横軸に年代をとりまして、縦軸に炉心の出力をとりますが、例えば下からずつと行きますと、これが概念設計、それから原理の確認、それからそれを実証するというステップでいきます。現在、実は世界的に、こういったきちんとした加速器駆動システムの研究施設というものは京都大学だけでありまして、基本的に今、まだまだ炉物理という分野の基礎研究を行う段階であります。我々が先頭を走っているわけですが、最終的には、JAEAのJ-PARC（大強度陽子加速器研究施設）の中で考えられております核変換施設への工学的課題を解決するフィードバックをここでかけるわけです。その後、実証炉として今、考えられておりますベルギーでのMYRRHAでプラントの実現という形で、現在、こういうステップを踏んでいく予定であります。現状ではまだ、こういったものが小さな実験施設で基礎研究を行う段階であります。

我々として、こういったADS研究における要素技術が4つございますけれども、大学ができる範囲としましては、かなり限られておりますので、まずは陽子加速器の安定化、それから、臨界集合体、原子炉を使った炉物実験及び放射線計測、こういったものの研究開発、それからマイナーアクチナイド、これは燃料として使われますので、こういったものを核種の断面積評価というものに取り組む予定でございます。

世界的に見ますと、これがずつと各国の施設が並んでおりますけれども、フランスはもう既に終了して計画を持っておりません。ベルギーと日本が主に、中国は今計画中でありますけれども、基本的には、日本とベルギーが先導してADSを推進しております。

我々KUCAとして、京大として、こういった中性子源が1つの炉心に対して2つあるという、非常にユニークな特徴がございますので、こういったものを活用し

て何とか実験をとということで、こちらがその写真であります。こちらが通常、核融合の原理で発生する中性子の発生装置です。こちらのほうは、先ほど申し上げましたように、F F A G という加速器からビームラインですけれども、ここにターゲットを置いて、非常にエネルギーの高い中性子がここで発生します。この2つの中性子源を別々の方向から同時に打つことはできませんが、1つの炉心に対して実験を行うという、この4方法が決まりました。主に3つのケースがございまして、初期のころはウランを使った実験、それから、次はトリウムを使って行われた実験。現在は、基本的にウランを使ってこういった核破砕中性子を使った実験を行っておりますが、いずれも2007年からIAEAの国際ベンチマークとして採択されて、非常に多くの研究者が、我々の実験ベンチマークについて注目をして、現在、一緒に協力して研究を行っております。例えばトリウムを使った時のADS実験の例ですけれども、上の赤い部分が炉心を構成している部分です。その回りにcore regionがございまして、こちら上の場合、これは14ミリオンの中性子をとった時です。そういった時の、緑色の方に着目していただければと思うのですけれども、それとこちらの方は、ちょっと実効増倍率が落ちた時。この緑色の方は、計算結果になっております。あるいは下の方は、炉心のスペクトルが変わったりした結果ですけども、いずれにしても、この緑と黒を比較しますと、これは外から入射する中性子のエネルギーが変わった状態を示しております。炉心は一緒なのですけども、外から打つエネルギーが変わりますと、中性子の分布ですが、こういった形で変化する実験を行っております。

次にそういった中で、中性子の検出器を炉心の中に入れました。これは名古屋大学で開発した光ファイバー検出器と言いまして、この光ファイバーの部分が、直径1ミリのファイバーです。これを炉心の中に入れて、このとき、時間応答をとった結果です、原子炉の中性子のです。この時間応答の結果を使いますと、実は炉心の臨界からどれぐらい離れているかという、こういった指標がございまして、それを我々が推定することはできるんですが、計算とあるいは実験と比較してみますと、なかなかどちらもよく合わない。特に、外から打つ中性子が変わりますと、こういう形で結果が変わってくるということで、実はこれを推定する途中に、これをあらわす換算係数がございまして、これについて我々実は着目をいたしました。

この換算係数というのは、核分裂が起きたときに発生する、いわゆる即発種、非常に速い中性子ではなくて、時間おくれでやってくるこの中性子の割合がそういった換算係数に大きな影響を与えます。例えば軽水炉ですと、ウラン235がメインですけれども、0.

7%以下です。ところが、マイナーアクチナイドになりますと、これが一番小さいのですと、0.03%ということで、この値が実は先ほどの比較のところでは実験と計算、あるいは中性子が変わった時の変化に非常に大きな影響を与えたのではないかとということで、実は理論的にこの部分というのは、現在あまり検討されていなかったんですが、実験を通してそういったものに着目して、そういった知見を得て、最終的にはこういったものを公募研究の中でしっかり取り組んでいきたいというふうに考えております。

取り組む課題としましては、先ほど言いましたとおり、遅発中性子に関連するそういったパラメーターの評価手法というのを開発するというのと、もう1つは、光ファイバーなどを使った検出器でございますが、そういったものを使って、そういった未臨界の、臨界からどれだけ離れているかという指標の部分を高精度に、それからオンラインで何とか測定をしようというふうに試みをしているものであります。

まとめになります。我々の実験設備において、ADS実験を引き続きずっと行っております。IAEAの実験ベンチマークとしても採択されて、実際には、我々の基礎研究というのが実は世界の最先端ということで、非常に高い評価を受けております。こういった実験から学問的に非常に重要な知見というのも得られておまして、今後、物理的考察というものが議論あるいは計算を含めて、必要であろうというふうに考えております。最終的には、実はこのマイナーアクチナイドについて早く取り組みたいんですが、施設の規制の関係等々ございますので、まだまだちょっと本格的にというわけにはいきませんが、今後の課題としましては、やはりこういったネプツニウム、アメリシウムの照射実験を何とか、我々のところで行って、こういったデータの不確かさについてきちんと評価したいというふうに考えております。

以上で発表を終わります。

【有馬部会長】

ありがとうございました。大変先駆的なお仕事で評価しています。大いに頑張ってください。

ただいまのピョン先生の発表について、ご意見を賜りたいと思います。どなたからでもどうぞ。

【山地委員】

ADSのベンチマーク実験について質問なのですが、まず、スポレーションでニュートロンを作る時のターゲットは何を使っているのかというのと、それから、ウラン235装

荷とかトリウム 232 装荷と言ってるのは、スポレーションとか 14Mev のニュートロンをそれに当てるという意味でしょうか。

【ピオン准教授】

まず、ターゲットについてはですね、こちらのケースについてはタングステンを使っております。ただ、JAEAのモデルでは、鉛・ビスマスというものが基本的なターゲットになっておりますので、現在は、基本的に鉛・ビスマスをターゲットに使っております。こちらのベンチマークでは鉛・ビスマスをターゲットに使っております。

実は、我々の施設の敷地は、ウィークポイントといいますか、ターゲットが炉心の外にありまして、先生が今おっしゃったような形でいきますと、直接燃料に打つということはなかなか難しい。ですから、実はこの炉心、真ん中までございまして、その周辺にポリエチレンを囲んであるタイプであります。ですから、ちょっとポイントの領域をあけて打つにしても、直接打つということはなかなか難しいかなというふうに考えてます。

【山地委員】

でも、いずれにしてもウラン 235 とかトリウム 232 に 14MeV を含めてニュートロンを打つ、照射するわけでしょう。

【ピオン准教授】

はい。結果的には、ある一定部分はそちらで照射します。

【山地委員】

私も全然詳しくないのですが、スポレーションのニュートロンって、ターゲットによって、スペクトル違うのではないですかね。

【ピオン准教授】

重核種については、実はそんなに変わりがありませんで、これ実はタングステンと鉛・ビスマスを比較したスポレーションスペクトルですけれども、若干このあたり少し違い見えますが、スペクトルの形としてはそんなに変わらないということになっています。ですから、ウランターゲットを使うケースもございませけれども、重核種については大体同じようなスペクトルと考えております。

【山地委員】

私は多分、この核変換に関しては、前の議論のときに申し上げたので繰り返しませんけれども、やっぱり短寿命核種に戻しても、結局、問題は残る。むしろこういうことって考えてみると、天然ウラン自体、ウラン 235 、とか 238 、長寿命核種を核分裂させてと

いうことは、短寿命核種に変えてるということなのですね。基本的なタイムスケールの違いを考えれば、似たようなことをやっている。核分裂を含めてそのような視点を持っていただきたい、ということをおっしゃってコメントしたつもりで繰り返させていただきます。

【有馬部会長】

はい。興さん。

【興委員】

選考の際も問題提起というか、話題にさせていただいたのですが、京大でのこういう取り組みが、日本国内でいえばJAEAですかね、日本原子力機構にどう引き継がれていくのかというのは、あるいは別に引き継がれていなくてもいいのですけれども、連携をとられていくことが極めて重要なことなので、その辺りのことが今後、残り4年間ですかね、その間に着実に成果を上げていただきたいというのが第1点です。

実は、第2点は、先ほどの光産業創成大学院大学とはやや違ってですね、研究者、若手人材育成という切口から、先ほど有馬会長がおっしゃられましたように、魅力ある取り組みであるから、学生諸君が取り組んでみようという、そういう熱意を喚起できるようなものではないかと、そういう期待感もあるわけで、私自身は、OMEGA計画にもかなり前から関わってましたけど、なかなか現実的に動いてなかった。そういうふうな状況の中で、ピョン先生の取り組みが人材育成に大きく貢献できればありがたいなど、こう思っていますので、そういう観点からご意見を、お考えをお聞かせ願いたいのです。

【ピョン准教授】

先ほど業績のところを、実は2007年から実験をずっと開始して、パブリケーションはずっと出ております。私以外の人、ファースト補佐、皆さん非常に若い方がこういったプロットを書いてくれてまして、これは私自身、個人的な見解ですけども、従来、我々の研究というのは、理論があつて計算があつて、その次に実験という形を、ステップを踏んでいたんですが、実はADSを通して、まず実験を通して、こういったいろいろ知見が得られておりますが、こういったものを若い人に見せて、こういった問題点があるんだというのも、まず非常に分かりやすい言い方をすると、視覚を通してこういった問題点を提示して、ぜひこういったものを一緒に取り組んでいこうじゃないかということが基本的な私のスタンスであります。ですから、ステップとしては逆方向に行ってるんですが、何とかこういうものを提示しながら、特にこういうパブリケーションとかアウトプットに何とか反映したいというふうに考えております。そういう意味では非常にいいサンプルで、

大学が取り組む上では、課題としても非常にユニークではないかなと個人的には考えております。

【有馬部会長】

どうぞ。

【小佐古委員】

ありがとうございました。聞かせていただいて、いろんなものが一斉に混在していて、もう少し整理をされた方がいいのではないかなという気がします。だから、JAEAの話なんかと全体審議は、こちらはプロットに入っていない部分ですね。さっきも出てきましたけれども、ニュートロンを使って、いわゆる核変換の前には、プロトン自身のスポレーションというものを、ちょっとそこら辺は、加速器駆動の原子炉にしなくても、後ろに入ってますし、トリウムの話もあって、ニュートロンの話とかもですね、分かるのですが、もう少し状況を整理されて、核変換というような形のまとめ方を、進行中だからいいのだと思うんですけど、やられたほうが分かりやすいのではないかなと思います。

とりあえずは、トリチウムなどを使ってリアクションデータなどを求められているのですが、核変換と言われるならもうちょっと現実的なもの、マイナーアクチナイドまで切り替えてですね、もうちょっと何か工夫があったらという気もあって、あれもこれもと出てきますけれども、少しタイトルに合うように情報を整理されて、まとめていただくと分かりやすいかなというふうに思います。

【ピオン准教授】

ありがとうございます。

【有馬部会長】

少し技術的な質問だけど、中国の蘭州でも非常にやります。それから、おもしろいのは、向こうは核破砕を使うのを鉛・ビスマスじゃなくて、タングステンを使っている。タングステンがいいか鉛・ビスマスがいいかと、そういう研究も非常に重要だと思うのですよね。ちょっと細かい話ですけども、その辺については何か知見はおありですか。

【ピオン准教授】

鉛・ビスマスを使うというのは、基本的には先ほどもご紹介ありました冷却剤として使うという、もう一方の役割がございますので、どうしても液体ということになって、日本はそちらを選択していますが、中国の蘭州も私も承知してますが、基本的には固体のタングステンを使っています。スペクトル的には、先ほどお見せしましたが、さほど変わらない

ので、こういったタイプの原子炉というか、システムを選択するかによってターゲットは変わるんじゃないかなと思います。

【有馬部会長】

どうもありがとうございました。

【ピョン准教授】

どうもありがとうございます。

【有馬部会長】

それでは、続きまして、中部電力から廃止措置プラントを利用して国際貢献をすることについてご報告をお願いいたします。

【佐藤所長】

原子力安全技術研究所の佐藤でございます。再度よろしくをお願いいたします。

私の方から、最後に配置措置プラントを活用した国際貢献についてと題しましてご紹介させていただきます。

この中身でございますけれども、既に廃止措置に入っております浜岡1号機、この廃材を活用した調査及び研究を実施していきたいというものでございます。

まず、その意義について書いてございますけれども、原子力圧力容器の金属試験片、これを用いました材料試験研究。これは実機から採取をしまして、その試験片を用いて、中性子の照射影響を評価していきたい。その上で、現行の評価手法、これは圧力容器の内側に監視用の試験片を設けておりまして、それを現在、データ分析してまいりましたが、この現行の評価手法との比較、検討を通じて評価方法のさらなる高度化を目指していきたいというのが1つ目でございます。

2つ目としまして、格納容器等のコンクリート。これについても同様の研究を進めていきたいという内容でございます。コンクリートにつきましては、中性子の影響だけではなく、熱の影響も受けているということで、その評価手法の高度化を目指していきたいという点については共通でございます。イメージでございますけれども、この圧力容器の内側から、我々ボートサンプルと呼んでおります舟形のサンプルをとりまして、これを各試験片の形に加工してまいります。この一番下のお皿のようなものでマイクロ組織観察を行い、破壊靱性試験というものについては、この穴があいている試験片、これを用いて行います。それから、シャルピー衝撃試験は、この金属材と試験片を用いてシャルピー衝撃試験を行う。

それと同時に2つ目にお話ししました格納容器等のコンクリート材片、直径10センチの円柱状のコンクリートをコア抜きと呼んでおりますけれども、こういう円柱状のサンプルを採取しまして、それを必要な大きさに切り分けて、コンクリートの強度ですとか比重、あるいは中性化、これは中性子の中性化ではなくて、コンクリートはでき上がったときには強アルカリであります。これによって鉄筋を保護しているんですが、これがだんだん中性化していく。その中性化の深さがどこまで至っているかというような研究を進めていきたいという内容でございます。

まず、原子炉圧力容器の照射脆化の話でございますが、当然のことながら、サンプルの採取及び輸送が始まってまいります。

そして、マイクロ観察としましては、このマイクロ組織観察でありますけれども、中性子の照射に伴います原子構造の変化をしっかりと見ていきたいというふうに考えています。実機の脆化の機構が、ラボ試験等でも見られている脆化の機構と同じであるかどうか、この辺をしっかりとつかんでいく。

それから、3番目の破壊靱性試験。これは先ほど、穴の2つあいた試験片をごらんいただいたと思うんですが、そこに引っ張りのような力をかけて、静的な荷重に対して金属材料がどこまで破壊の抵抗値を持っているか、どこまで粘り強いのか、またどこまで弾力を持っているかを見ています。

それから、4番目のシャルピー衝撃試験。これは先ほどの図で、ちょっとくびれの入った細長い四角い材料片があったかと思うんですが、そこにある重りをポンとぶつけて切ります。要は衝撃荷重に対して、その金属材料の持つ破壊抵抗値を見てやるというものでございます。

これらを総合しまして、最後に総合評価としてまとめていきたいという内容でございます。

この照射脆化に関します調査、研究で期待される成果としまして、簡単に2点ほど挙げさせていただきます。

繰り返し申し上げますように、実際に浜岡1号機、33年ほど使われた原子炉の実機の材料を用いるということで、その廃炉材の特性を収集したり計測したり、あるいは記録、あるいは分析することで、ラボでの試験とどのように違うのかということと比較することができます。それによって、材料に対する評価、あるいは評価手法がより高度になっていくであろうというように考えているところでございます。

ここに書いてありますように、劣化状況を把握し、今回の研究によって、切り出し、実機で用いた試験片を用いて、これまでの監視試験片のデータとの比較、検証を行うということとさらに高度化していく。

それから、実機材料を用いた調査による知見を蓄積、データを蓄積することで、より現実的な評価手法の構築が可能になっていくであろう。最終的には、長期間の安全運転、あるいは新たな材料開発の可能性というものに結びつけることができれば幸いであるなというふうに考えているところでございます。

続きまして、コンクリートの劣化の試験について簡単にご紹介させていただきます。

次のページでご紹介させていただきたいと思っておりますけれども、コンクリートデータベースの構築、先ほど申し上げましたように、コンクリートの円柱状の試験片をとって、それを必要な大きさのサンプルから試験片に加工し、さまざまな試験を行ってまいります。

具体的には強度、圧縮強度ですとか引っ張り強度、あるいはその塩分の含有量ですとか、水分の含有量。それから、先ほども申し上げました中性化の深さ等、これを調べていき、これによるデータベースを構築していくことで、コンクリートの特性の経年によってどう劣化するかという、そういったデータベースを構築することができるであろう。

それから、2つ目に、非破壊検査方法の実機検証ができるであろう。今も超音波探傷ですとか、様々な非破壊検査をやられておりますけれども、試験体というものではなくて、実機レベルでそのものを見ることで非破壊検査方法の適用性の検討が行えるであろうと思っております。これによってより広範囲な領域への非破壊検査の適用といったものに結びつけると、これは幸いであるなというように考えております。

それから、3番目に数値解析による評価法の実機検証を挙げております。試験体の検討条件とは異なり、同じことを繰り返し言うておりますけれども、実機構築物を用いて、実現象のシミュレーションを行うということで、解析評価、シミュレーション評価の改良、あるいは検証といったものを進めることができる。

そして、4つ目に、構造物の健全性評価法の構築。目視による点検ですとか、コアのサンプリング、あるいは非破壊検査方法、様々な方法がありますが、これらを並行して適用することによって、よりそれぞれの相関関係を見たり、あるいはその評価精度を見て高めていくことができるのではないかと考えております。

スケジュールとしましては、この2015年度、今年の5月の連休明けぐらいからサンプルをとればよいなというように考えております。その後、試験、評価等を行い、最後

はコンクリの部分も含めて、2018年度までにまとめ上げれると幸いだと考えております。

続いて、海外機関と連携した国際貢献ということで、まず1つ目に、国際原子力機関（IAEA）のプロジェクトへの参画というものについてご説明いたします。

現在、IAEAにおかれましては、廃止措置中の発電所を活用しました原子炉材料の健全性評価をしようという国際プロジェクトが計画中、準備中でございます。昨年6月にオーストリア、ウィーンの本部で、それから今年1月にスペインのマドリードで会議を開催されまして、当社からも社員を派遣し、ここで当社の先ほどのようなお話のプレゼンを行いました。残念ながらまだ2回の会合で、正式にプロジェクトが立ち上がるという段階には至っておりません。けれども、何らかの形でいずれにしても先ほどのデータをIAEAへ提供し、国際貢献に生かしていきたいというふうに考えているところでございます。

2つ目に書いてありますのは、先ほどもちょっと出ておりましたが、原子炉圧力容器やあるいは炉内構造物、シュラウドですとか上部格子板、こういったような材料特性が運転によってどのように変化したか、これを把握するということによって、長期運転のための貴重な知見を得ることに期待をしているというものでございます。

まず、当社としましては、浜岡1号機から採取する構造材から得られた調査結果をIAEAに提供する、そして、国際的にその知見について共有化するというところに非常に大きな意義があるというふうに考えているところでございます。

それから、もう1つの国際貢献であります、米国の電力研究所（EPRI）、日本でいう電力中央研究所と同様なものが米国にございます。当社は、このEPRIと共同で浜岡1号機から採取する構造材を用いた放射能状況の研究調査、これについては被曝の低減対策ですとか、あるいは解体工事の方法、それから廃棄物の処理、処分の最適化を図る意味で、この浜岡1号機の解体前に放射能状況調査を行います。この結果をEPRIに提供する。それから、その放射能状況調査の後に我々の研究部隊がそういうサンプルをとって、先ほどのような研究を進めていきたいというふうに考えているところでございます。この放射能状況調査、放射能の分布について、実際の放射能濃度ですとか、あるいは元素の分析を行いながら、採取した構造材による結果と従来の検査による評価、これを比較、分析することで、今後の放射能分布評価の精度の向上を図る。これによりまして、先ほどのような被曝の低減とか、あるいは廃棄物の処理、処分の最適化といったものも図れるのでは

ないかと考えているところでございます。また、この研究成果につきましては、浜岡1、2号機の解体工事や処分の計画に活用、さらにはE P R I を通じて国内外の原子力発電所の廃止措置技術の向上に展開が可能であろうというところで、国際貢献ができるだろうと考えているところでございます。

これらの国際貢献を簡単にイメージでまとめますと、圧力容器からの金属材料試験片等について、あるいは格納容器から出るコンクリートの試験片からのデータについてはI A E A、それから放射能の分布についてはE P R I、こちらのI A E Aについては長期の安全運転に資するものとして国際貢献をしたい。E P R Iについては廃止措置技術の向上に貢献していきたいという内容でございます。当社としましては、原子力安全に関わります取り組みを継続して実施することで、地元の皆様、あるいは社会の皆様の安心につなげて地域社会のさらなる発展に貢献できるよう、全力で取り組んでまいりたいということでございます。

以上で、私からのご説明は終了させていただきます。ありがとうございました。

【有馬部会長】

どうもありがとうございました。それでは、ただいまの中部電力の報告につきまして、委員の皆様からご自由にご発言をいただきたいと思います。小佐古さん。

【小佐古委員】

ありがとうございました。一番最後のところでE P R I のお話が出てきましたけれども、せっかく照射脆化とかコンクリート劣化ということをおやりの場合には、いわゆるドシメトリーとかでかなり指摘してありますけれども、「ふげん」とか、日本原子力発電、あるいは青森の履歴などを見ても、複導体を、元素組成、微量元素の役割とか、あるいはスペクトルなども入れてデータを見るとか、そういうものと組み合わせないと、シャルピーとか、ああいうものばかり頑張っても、せっかくのデータが生きないのではないかなと思うのです。

それが1つと、もう1つはコンクリートの方が、これはちょっと久保先生あたりにうかがわないといけないのかもしれないのですが、コンクリートはいわゆる骨材とセメントからできているわけで、骨材自身がどういうふうになったのか、あるいはコンクリート自身がいろいろな産地のいろいろな骨材を使ったりとか、そういうような基礎となるいろいろな分析をやっておかないと、せっかくデータをとられても、金属と同じことなんですけれども、データが生きないのではないのかなという気もするのですが、そのあたりの見通し

を聞かせてください。

【佐藤所長】

金属材料の研究について、先ほどのパワーポイントは確かにシャルピー試験あるいは破壊靱性と簡単に書いてございましたけれども、先生ご指摘のような試験も含めて幅広に取り組めるものについては全て取り入れていきたいと考えているものでございます。ちょっと時間の関係もあってあまり細かいところまではうたってございません。それからコンクリート材料についても当然、骨材の調達先、あるいは本当にそれが海水の影響を受けていなかったのかなのかということも、大きく影響してまいります。

【有馬部会長】

どうぞ。久保先生。

【久保委員】

浜岡1号の廃炉のものを試験体として利用しようということで、照射を受けた場合の材料の特性変化、例えば、この試験体の中からどこでサンプルをとるかという、言ってみれば位置に対する検討と言うのですか、それについては本当に妥当なものかという辺りの検討はいかがなのですか。

【佐藤所長】

少なくとも、この上の金属材料についても、照射量が高いのか、そうでないのかというのも見ますし、コンクリート試験片についても、常時応力がかかっているところか、そうでないところか。あるいは縦の壁、横の壁といったように、さまざまな場所、当然場所の依存性といったようなもの、位置の依存性といったものも考慮しながら試験片はとった上でデータとしてもまとめていきたいと考えております。

【久保委員】

今、ここに出ているパワーポイントが、これは仮定の紹介だということで理解すれば、サンプルは1つじゃないのですね。金属材料のサンプル、特に私の観点から見れば、金属材料をどこからとるかということだと思ふのです。何カ所からとるといふことですか。

【佐藤所長】

数カ所、少なくとも移動した箇所によって上下方向で何カ所かとってまいりますので、箇所数として14カ所から16カ所（汚染状況調査では20カ所）、今、とる予定にしております。それからこちらのコンクリートについても、40カ所ほどの場所からとろうということに予定しております。

【久保委員】

再度よろしいですか。つまり照射量の話と、あとは、中の熱変化みたいな話と、応力がかかっている、かかっていないかというその3条件で、それらを組み合わせて遺漏のないようなパラメーターでとる。それから後は、特に小佐古さんがおっしゃったように、コンクリート系のものについてはそれ自身のばらつきが大きいから、コンクリに関しては材料のばらつきということが当然予想されるということで、遺漏のない場所と数をとるということをご検討いただければ、お願いしたいと思います。

【佐藤所長】

承知いたしました。できる限りの努力をしていきたいと思っております。

【有馬部会長】

はい、山名さん。

【山名委員】

非常に価値のあることだと思っておりますけれども、お聞きしたいのは、国内の大学で材料の照射効果を研究しているところというのは、たくさんとは言いませんが、かなりある。実は、こういう実機のデータというのは、喉から手が出るぐらい欲しいけれども、全く大学は産業界から離れていて、こういうものが得られなかった。もっとリークを言うと、海外の電力事業者では、監視試験片を我が国の大学にくれたりしているのです。妙な話で、国内では生のデータ、サンプルは入らないけれども、海外からいただいている。

実は、日本の原子力業界では似たようなことがいっぱいありまして、結局、ここまでこのようにやられたら、国内の大学にも試験片を配るとか、もう少し研究分野を広げるアプローチをされるときっといいと思うのです。国際貢献はもちろんのこと。

特に、なぜそう言うかということ、大学はもう少しミクロに物を見る。例えばうちの京大ですと、陽電子事業でボイドのサイズをはかるとか、電子顕微鏡でもかなり細かいレベルでものを見るとか、いわゆるマクロ物性だけじゃなくて、ミクロ物性を徹底的に解明することで、脆化のメカニズムの原理を明確にすることで、それを本当の安全データに生かしている。基礎研究からの安全研究への貢献というのを、大学とか基礎研究をやる連中はやろうとするわけですけれども、そういうところにこういうデータをやっぱり出して、国全体でもう少し安全のサイエンスが育つというふうにされたら拍手喝采ということになるのですが、この辺りはいかがでしょうか。

【佐藤所長】

本日は国際貢献の方を中心にデータをまとめておりますけれども、私ども公募研究、あるいは特定公募研究を通じて大学様と連携を深めていきたいという姿勢には全く変わりはありませんので、試験片を即お渡しできるかというのは、またいろいろ検討させていただきたいと思っておりますけれども、今、そのような貴重なお話を頂戴しましたので、ぜひ検討していきたいと思っております。データなり、試験片なりを、大学様と例えば共同研究するというようなことを含めて、また考えられる範囲で広げていきたいと思っております。ありがとうございます。

【有馬部会長】

はい、谷口先生。

【谷口委員】

何か一言ということで、今ちょうど映っている話にばかり集中するつもりはないのですけれども、照射脆化は30年前に私はやっていました。

そういう意味で言うと、今、山名先生とか、先ほど小佐古先生からも言われたので同じことになるのですけれども、この研究に関わって、30年前になるのですが、今見ていると、材料科学の世界はすごく構造とか、そういうところが進んでいるので、まさにこういう世界なのですけれども、先ほども小佐古先生が言われたように、実は、脆化の予測式をつくる時に、横軸は照射量なのですが、照射量の方、いわゆる炉内線量測定とか、そういう研究は今、どういう状況になっているかは分からないのですけれども、試験片を出してきて、線量を推定するところの研究はほぼ何も昔と変わっていないのではないかと思うのですね。

だから、縦軸の方の確実性はいろいろな意味で議論をされるけれども、横軸、照射量の不確実性はおそらくすごい不確実性があって、先ほど言った中性子スペクトルの影響から、まさにそういうふうなものを、こういう議論は、実は2つの相関をとっていなければいけない時に、片一方が全然研究が進んでいない状況なのではないかなと私なりに見えています。

だからそういう面では、これから先もサーベイランス試験片を取り出して線量推定するところの方法論などというのは、おそらく昔のままなのだろうと思っていて、そこが何も変わっていないのにこういう議論になっても、あまり、これはこれで材料の研究としてはすごくおもしろいでしょうけれども、そういう分野が育っていかない、そういう研究は原子力の中で若干進められるような状況ではないのではないかなと思っております。

いずれにしても、線量の推定のところもちゃんとやっていかないと、こういう研究が全

体としては生きてこない。国際的に出していこうとすると結局、線量の方の話になってしまいますので、そこら辺も含めて対応していただければと思います。

【佐藤所長】

ありがとうございます。その辺につきまして、本店原子力環境グループで責任者として対応しております仲神の方からお答えさせていただきたいと思います。

【仲神部長】

本店の原子力部環境グループ長をしております仲神と申します。1、2号廃止措置を担当しています。今の件につきまして、それがEPR Iとの共同研究のきっかけになっているわけございまして、今回の照射線量も実測で確かめることを予定しています。

具体的に申し上げますと、今回、放射能を測ると申し上げましたが、同時に放射能ができる前の元素も実測いたしまして、両方実測しますと中性子のスペクトルが逆算で出てきますので、これを計算コードと検証して、計算コードを改良なり更正するということにアドバイスを求める必要があるかなと思ひまして、米国電力研究所、あるいはメンバーになっている専門家の方にレビューをいただく、これによって計算コードを浜岡1、2号機で正確に評価できるように改良するなり、向上する。そのために、EPR Iさんとは共同プロジェクトということで立ち上げたものでございます。

以上です。

【有馬部会長】

はい、興さん。

【興委員】

先ほどの久保先生と山名先生のお話を聞いていて、いろいろと考えたのは、特に最近、廃炉の話が関電、原電、九電、中電と動いてきているのですね。それで、JPDRの解体がスタートしたのはほぼ30年前で、JPDRにどれだけ学会の方々が参画されたかは、建設段階は、もう共同でやられたのですけれども、廃炉の段階は原研だけで行ったのではないかと、ややそういう感じがしておりまして、今大事なのは、今日のお話のパワポの4、6のところで、健全性評価手法の現実的な構築という切り口が出ていると、見方によっては安全裕度を切り下げてしまう形につながるんですね。

であればなおさらのこと、やはりこういうコミュニティー同士で連携をとられて、日本の各電力事業者、あるいはサイエンスコミュニティーである大学の方々、そういうところにデータを提供して、あるいは実機のサンプルを提供して、いい評価手法を構築していくと

というのはやはり時代の要請だろうと思われます。その際に、I A E AであるとかE P R Iとか、そういう世界的なオーガナイズーションも動いているわけであって、ぜひダイナミックに、中部電力だけというふうなことではなく、国内の電力事業者と共同で知恵を出し合って取り組んでいく絶好の機会だろうと思われますので、やや先ほどの佐藤所長さんの回答はコンサバティブな印象を受けましたので、ぜひ積極的に取り組んで頂ければありがたい。また併せて、それが多分、大学における若い方々を刺激することにつながるだろうと思われますので、ぜひそういう形でやっていただければと思われます。

国際貢献という切り口で今日のご説明いただいたのですが、どうもそうではなくて、中部電力自体の浜岡の廃炉そのものを、やはりよりよくするというのが大事なのであって、結果として、それが国際貢献につながる。だから、目的ではないように思われます。

ただし、E P R Iとの関係は共同研究、共同事業みたいに思われます。I A E Aとの方はそうではなくて、データを提供して、I A E Aが何かそういうものを打ち出させるということに貢献していく、これは貢献事業みたいに思えるのですが、そこも峻別をしてご説明いただければ非常に分かりやすいと思われます。

以上です。

【有馬部会長】

どうもありがとうございました。何か他に。大島さんは静かだけれども、何かないの。

【大島委員】 大丈夫です。

【有馬部会長】

他にご質問はございませんか。

やはり、先ほどからお話がありますように、大学との協力を、ひとつ大いにお図りください。それから、他の電力会社とも協力なさって、全日本的な努力を重ねて頂けると幸いです。若者がいい材料を見て研究をするというのは素晴らしいことですので、よろしくお願いいたします。

【川勝知事】

質問してもいいですか。

【有馬部会長】

どうぞどうぞ。

【川勝知事】

1つ、素人的な質問を藤田先生にしたいのですけれども、レーザーによる除染は大変分

かりやすく、それで二次廃棄物が出なかったということなのですが、水を出して、汚れた水を吸収する、その水はどうなるのですか。

【藤田教授】

おっしゃるとおりで、フィルターしてきれいにする必要はあります。ですので、そこは水はどこまできれいにできるかはちょっと、研究課題になると思います。

【川勝知事】

ありがとうございました。

【有馬部会長】

他にありませんか。

大変重要な会議であったと思います。随分、中部電力の方のご努力、そしてまた、それに基づく研究の業績が出てきたと思います。今日は予定の時間がまいりましたのでこれで終わろうと思いますけれども、同じように、次回もさらに役に立つ討論をさせていただきたいと思ひまして、1つお願いがあります。

ご相談なのですけれども、世界の原子力はものすごく動いています。例えばもんじゅ型にしても、ロシアはどんどん発電しています。BP600と800とか、それから今日もお話が出たADSにしても中国が非常に一生懸命やっているとか、それから私は必ずしもトリウム炉というものの将来性を非常に強く思っていないが、その手前の熔融塩炉、熔融塩というのは非常に役に立つのではないかと思ひて、その熔融塩の研究も、アメリカも中国も非常に一生懸命やっている。いろいろなことを考えていますと、諸外国は一体どう動いているかということを引きちっと見ておいたほうが良いと思うのです。

特に、今申しましたように、将来性のある研究もさることながら、現在の原子力をどうしていくか。

それから3世代、4世代の世代と、新しい原子力をどうしていくか、小型炉をやっているところもあるし、特に日本でも高温ガス炉が復活しそうなので、高温ガス炉というのはどうなのか。そしてまた、トヨタが非常に素晴らしいことを言ってくれて、燃料電池車の特許を世界に公開したということがあって、あそこで必ず起こってくることは、水素をどうやってつくるのかということだと思ひますね。その水素をつくる時などに原子力が役に立つ、特に高温ガス炉などが役に立つというようなことがありますので、ご提案は別に、今、たくさん言いましたので特にどれかということはありませんけれども、何か1つ、将来性についてお考えいただいて、この静岡県にも役に立つような将来的な知識が得られ

ばありがたいと思っご提案をいたした次第ですが、いかがでしょうか。

興さん。

【興委員】

それをこの場で議論される、やはり、この場が非常にある限られたコミュニティだけの問題ではなくて、世界全体を見通した上での活動であれば、すごく魅力がある形になるだろうと思います。

加えて、今、部会長の方でおっしゃられた熔融塩炉の話があつて、あるいは高温ガス炉と水素供給の可能性とか、実は私自身も、当時、原子力研究所の担当課長時代に、高温ガス炉をどうやってつないでいくかという、非常にフロントで努力をしていた当事者であつて、その際、高温ガス炉をどうつなぐかという一つの手段として、直接製鉄利用は難しいので、水素製造プラントというふうな形で知恵を出したことがございました。ただ、現実的には、やはりなかなか社会の需要性という観点でできなくて、試験研究炉という形に格下げせざるを得なかったんですが、今や時代も変わりつつあつて、高温ガス炉は時代的にも高まっていくだろうと思います。そういうふうな意味で、誰が情報を提供するかというのはおありだろうと思いますが、ぜひそういう課題を取り組んでくださると非常にありがたいと思われます。

【有馬部会長】

それでは、県の方ともご相談申し上げて、次にどうするかを考えさせていただきたいと思ひます。本当にありがとうございました。

最後に、川勝知事さんにご発言をお願いいたしたいと思ひます。よろしくお願ひします。

【川勝知事】

一言御礼を申し上げます。まずは中部電力さん、平成24年に安全研究所をつくっていただき、本当にありがとうございました。そして、平成25年度と研究の成果の中から藤田先生、26年度の特別な研究からピョン先生のご研究の現段階についてのご発表をいただきまして、大変に啓発されたということでございます。そして、佐藤所長さん、IAEA、またEPR Iとの現在の状況についても分かりまして、今日はこういうテレビや新聞記者が来ておりますので、こうした内容を、彼らが広く、普通の新聞を読む方達が分かるように報道されることもぜひ期待したいと思つた次第でございます。特に浜岡原子力発電所が、今、藤田先生のレーザーというのは、うちの光産業創成大学院大学における売りで、しかもこの技術水準は、ヒッグス粒子あるいはニュートリノや、そうしたものを検出す

る光増倍管でも、去年はマイルストーン賞をおとりになった、そういう会社と深く関わって、今年は国際光年であるということもございまして、そこと浜岡原子力発電所の研究所がタイアップしてやってくださっていることに大変力強いものを感じまして、これは即浜岡原発に活用できなくても、先ほどのトヨコーさんにおいて錆をとるのにレーザーが非常に有効であると、副産物もいろいろ出てくるということも力強い話でございました。

また、ピョン先生の加速器の駆動システムというのは、これはもう古くから有馬先生が一貫して言われていたことでもあったことだと思っております、その日本における最先端の状況が分かったのは大変勉強になった次第でございます。

さて、いよいよ1号機、2号機は商業用としてつくられていたものを廃炉にするということで、山名先生は日本を背負ってこの廃炉の責任者というポジションにいらっしゃいます。そうしたお立場から、やはり大学の研究機関ともっと連携した方がいいということで、これは興先生の方からもございましたし、ぜひそういう方向で、現場があるということが非常に大きいと思いますので、この場を通じて出てきたものを、ぜひ今後の研究活動の中に、浜岡の活用法に生かしていただければと思う次第でございます。

それから最後に有馬先生の方から、海外との比較研究をする必要があると、あるいはまた、高温ガス炉みたいな、今、新聞を賑やかしているものでございますが、あそこの浜岡原発の場所をどういうふうに生かしていくか。何しろ、360万キロワット分の高圧の発電をした、それを使える、素晴らしい電気のインフラがあるわけですね。こうしたものもあわせて活用する必要がありますので、今、この危険だと言われているものを、何が危険なのかということ正面から見て、そしてその解決方法について取り組んでいる様子を、新聞か何かを通して分かるようにご説明いただき、そしてここで出てきたご提案を何とか形にできるように、私どもも県として、先生方の個別のご助言なども賜りながらこちらで提案していく。差し当たっては、次はまた安全研究所のところで出てきている研究成果の一端などをこちらでご説明いただき、先生方からご議論を賜って、そして日本の原子力の安全技術の高度化に貢献できればと思っております。今日は日本トップの先生方、各方面からお越しいただきまして、実にためになるそれぞれのコメントを頂戴しましたこと、ありがとうございます。厚く御礼申し上げます。来年度も何とぞよろしくお願ひ申し上げます、御礼の挨拶といたします。

ありがとうございました。

【司会】

有馬部会長、どうもありがとうございました。本日は長時間にわたりご議論いただきまして、誠にありがとうございました。

なお、原子力経済性等検証専門部会の委員の皆様におかれましては、任期が3月末となっておりますけれども、再任につきましてご快諾いただきまして、誠にありがとうございます。

【川勝知事】

ありがとうございました。

【司会】

引き続きご指導、ご協力を賜りますようよろしくお願いいたします。

次回でございますけれども、今、テーマのご提案がございましたので、ご提案のテーマに沿い、日程等を決めて進めていきたいと思えます。

それでは、以上をもちまして閉会いたします。本日は誠にありがとうございました。

— 了 —