

## 第11回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和3年4月6日（火）14:00～16:09

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館5階共用A会議室

3. 出席者 内閣府

内閣府原子力委員会

上坂委員長、佐野委員、中西委員

内閣府原子力政策担当室

實國参事官

福島県立医科大学 ふくしま国際医療科学センター 先端臨床研究センター

鷲山氏

東京電力ホールディングス株式会社 原子力安全・統括

渡辺部長

原子力規制庁 原子力規制部実用炉審査部門

藤森安全管理調査官

原子力規制庁 原子力規制部実用炉審査部門

渡邊安全規制調整官

4. 議 題

- (1) 加速器による $\alpha$ 線薬剤等の生成の現状と展望について（福島県立医科大学 鷲山氏）
- (2) 令和2年度版原子力白書の特集に係るヒアリング（東電）
- (3) 九州電力株式会社玄海原子力発電所3号炉及び4号炉の設置変更許可について（使用済燃料乾式貯蔵施設の設置）（諮問）（原子力規制庁）
- (4) 関西電力株式会社美浜発電所3号炉、高浜発電所1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉並びに大飯発電所3号炉及び4号炉の発電用原子炉設置変更許可について（大山火山の大山生竹テフラの噴出規模の見直しへの対応）（諮問）（原子力規制庁）
- (5) その他

## 5. 審議事項

(上坂委員長) お時間になりましたので、第11回原子力委員会定例会議を開催いたします。

本日の議題ですが、一つ目が、加速器による $\alpha$ 線薬剤等の生成の現状と展望について(福島県立医科大学鷲山先生)。二つ目が、令和2年度版原子力白書の特集に係るヒアリング(東京電力)。三つ目が、九州電力株式会社玄海原子力発電所3号炉及び4号炉の設置変更許可について(使用済燃料乾式貯蔵施設の設置)(諮問)(原子力規制庁)。四つ目が、関西電力株式会社美浜発電所3号炉、高浜発電所1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉並びに大飯発電所3号炉及び4号炉の発電用原子炉設置変更許可について(大山火山の大山生竹テフラの噴出規模の見直しへの対応)(諮問)(原子力規制庁)。五つ目が、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。

(實國参事官) 一つ目の議題は、加速器による $\alpha$ 線薬剤等の生成の現状と展望についてです。本日は、福島県立医科大学ふくしま国際医療科学センター先端臨床研究センター准教授、鷲山先生より御説明いただきます。

それでは、鷲山先生、よろしくをお願いいたします。

(鷲山氏) 御紹介ありがとうございます。本日はまたこのような機会を設けていただきまして感謝申し上げます。

では、早速始めさせていただきたいと思います。

お手元、それからスライドにございますように、加速器による $\alpha$ 線薬剤等の生成の現状と展望についてということ、私がこれまでに見聞きしてきて、また、自分が実際に実験をして経験したことを御紹介させていただきたいと思います。

まず、私の自己紹介になりますが、私はもともと核化学をやっております、その過程でいろいろなアイソトープを科学的に取り扱うということ、これを学んでまいりました。これが実際に医療の方に自分が職を得ることができまして、ラジオアイソトープ、特に $\alpha$ 放射体をどういうふうに医学に応用するかというところを主に研究をしてきたわけでございます。多くの大学、多くの研究機関、海外も含めていろいろなところに行って、いろいろな研究をして、実験をして、いろいろなことをまた得てまいりました。

本日の予定ですが、こちらの6項目ございます。 $\alpha$ 線を用いたセラノスティックスとはまず何か、そして $\alpha$ 線・ $\alpha$ 放射体の特徴、核図表に見る製造の特徴、そして世界、日本それぞれの動き、最後に総括として私の言葉をちょっとまとめさせていただきたいと思います。

では、まず、アイソトープを用いたセラノスティックスに関して御紹介いたします。

セラノスティックスというのは、もともといろいろな分野でもう使われているのですが、ここでは核医学に特に言及したのものとして申し上げたいと思います。

核医学というのはR I を標識した薬剤を体内に投与しまして、その臓器の機能を映像化し、診断・治療を行う医療でございます。使うアイソトープがβ線とα線であればそれは治療に使えますが、もともとはγ線を出すようなものが非常に多く使われておりました。これによって薬剤に対する組織の機能であるとか代謝の情報を定量的に取得することができます。

副作用を事前に診断することができ、また、そのアイソトープの持つエネルギーというものを計算することによってどれくらいのドーズ、線量を患者さんの正常組織あるいは腫瘍に対して当てることが分かります。

これにより安全かつ効果的な治療ができるということで、この治療・診断を組み合わせた概念として新たにセラノスティックスというものが定義付けられました。患者さんの体に害が出ないようにかつ治療効果がきちんと出るように、治療薬と同じ又は違う同位体、あるいは類似の金属のものを診断薬として用いることによって、事前に患者さんに個別化医療を行うことができるような予測をする、そして治療を行うという、そういう概念でございます。

これを用いるための本体となるのが放射性医薬品になります。放射性医薬品は標的分子、がんの抗原や受容体に対して結合できるような、抗体やペプチドというものが非常に重要になります。それと一緒にアイソトープとしてγ線を出すもの、β線を出すもの、α線を出すものをつなぐ二官能性キレートを用いて一つの構造体となります。それぞれ原子力、放射化学、有機合成、放射性薬品学、核医学、医学物理、あるいは規制であれば安全管理等々の分野の人たちがそれぞれの興味の範囲の対象として研究を行ってまいりました。

その課題としては、R I に関しては製造・分離、それから入手性について、一生懸命、研究します。有機合成の場合であれば、薬剤開発、動態評価で、核医学の先生方であれば治療戦略であり、その後の安全管理であれば法整備をどうするかということにつながっていきます。

急激に状況が変わったのは、この2016年の「Journal of Nuclear Medicine」に報告されたアクチニウム225というα線を出すアイソトープをつなげたPSMA-617という名前の薬剤による治療効果の結果です。

こちらにある二つの画像というのは患者さんA、患者さんBの方の結果なのですが、右上に示された表では多くの処方というものがこの患者さんに対して行われたのですが、それでも治らなかったということで、まず事前診断として68ガリウムをくっつけたものを事前に

使いまして、それで患者さんAは骨髄にたくさん集まっているので、この方はルテチウムは危険であろうという判断の下にアクチニウムを、患者さんBに関してはルテチウムを事前に投与して、それで方針を変えましたが、それでも治らなかったのでアクチニウムに切り替えたという、セラノスティックスの概念をそのまま使ったわけです。この結果、どちらの患者さんも完全に治療ができたということなのです。

こういうふうに従来の治療法では治療できなかったものが、 $\alpha$ 線を出すアイソトープで治療ができたということで、世の中ががらっと変わりました。俄然、放射線セラノスティックスというものに対して興味が集まって、こちらの表に示すように、多くの赤色で示した $\beta$ 線、 $\alpha$ 線を出すアイソトープによる治療、そしてガリウム、インディウムなどの $\gamma$ 線を出すような、そういう診断用のアイソトープを使ったものがいろいろ研究されました。

現在、多くのものが承認をされたり、あるいは第Ⅰ相、第Ⅱ相、第Ⅲ相の中で動いているところがございます。

こういうように非常に興味を持たれているセラノスティックスなのですけれども、当然、日本でも核医学の先生方が一生懸命頑張っております。学術組織、学術機関、企業、それからこちらのR I 行政に係る組織等々がいろいろ働きかけを掛けまして、それで行政とも一緒にやりまして、多くのことが進みました。

でも、この中で更にもう一つ新しく患者さんの団体にも加わっていただきまして、核医学診療推進国民会議であるとかCANCER SUPPORT COMMUNITYなどと一緒に厚生労働省に陳情を行ったりしながら、その結果が2018年に閣議決定によりまして、第3期がん対策基本推進計画において、核医学治療というものの必要性が明記されることに至りました。

また、これが更に追い風になりまして、新しい動きとしては、令和元年12月にはQSTの検討会のところで、新しい報告書というものが上げられております。また、今年2月、あるいは3月にはそれぞれ核医学会の方では新しいお薬、アスタチン化ナトリウムの注射液に関する治験の適正使用マニュアルというものが承認をされていたり、それから、こちらは原子力規制庁、関連学協会と共に、短い半減期のアイソトープの非密封放射性同位元素利用における安全確保のための使用許可の評価・信頼性担保・教育訓練等に関するガイドラインというものが公開をされております。非常に進んでいます。

また、アイソトープ協会なんかであれば、R I 製造利用調査に関する様々な状況報告というのをまた行っておりますし、実験希望者とR I 施設がつながるきっかけとして、全国のR

I 施設一覧というのをホームページに掲載をしております。

また、放射線防護とのつながりとしては、これはボトムアップですが、「標的アイソトープ治療線量評価研究会」というのが立ち上がりまして、核医学、それから医学物理、それから放射線治療、それから放射線防護の先生方が集まって研究活動が開始されているということで、非常に多くの人たちがそれぞれの専門分野でこの標的アイソトープ治療というものに頑張っています。また、企業の方にも興味があることとして、市場予測がどんどんと伸びていくということが報告をされているところであります。

そうすると、やはり R I を供給することができるのか、需要に供給は応えられるのか、追い風をもっと吹かせることができるのかということが俄然、重要になってまいります。

そこで、まずそれを考える前に、まず  $\alpha$  線、 $\alpha$  放射体というのがどういう特徴を持っているのかということをもう一度理解をした上で、それを考えたいと思います。

まず、なぜ  $\alpha$  線なのかという話なのですけれども、こちらの図というのはマウスの腹膜に播種した卵巣がんというものを電子顕微鏡で撮ったものですが、全体で  $100\ \mu\text{m}$  にも満たないような非常に小さいがん細胞の集合体としていろいろなところにくっついているわけですね。こういうものを治療する場合には、放射線を出す放射性薬剤がここに集まるわけですが、そこから出る放射線の距離、それからエネルギーが重要になってまいります。

このときに  $\alpha$  線というのは非常に飛程が短く、かつ  $1\ \mu\text{m}$  当たりに  $200\ \text{keV}$  までに満たないようなもので非常に高いエネルギーを与えることができるということから、生物学的に効果比が高い、そして DNA の二重鎖を破壊しやすい、そして、更に言えば、正常組織の被ばくが相対的に少なくなるといったメリットがございます。

右上の図というのは、これはモンテカルロシミュレーションによる被ばく線量の評価ですが、骨の周辺に集まったラジウムから出てくる  $\alpha$  線というのは非常に短い距離しか行かないのですけれども、逆にそれがその周辺にある腫瘍を攻撃はするのですけれども、骨髄、その大多数に対しては線量を与えないということがシミュレーションでも分かっております。

また、このマイクロオートラジオグラフィでもほとんどの  $\alpha$  線というのがその骨髄と骨の表面の境界に集積するということが分かっております。

もう一つ、 $\alpha$  線の特徴が分かったところで、では、 $\alpha$  線を出すアイソトープがどんな特徴を持っていますかということですが、こちらにちょっとアニメーションを御用意いたしました。通常の  $\beta$  線、 $\gamma$  線を出すようなアイソトープの場合は、このように一度放射線を出したらそのまま安定核種になります。これに対して、例えばラジウム  $223$  のような場合では、

このように複数の $\alpha$ 線を逐次的に放出します。しかも娘核種の半減期が短いので親と放射平衡に達して、一度に多数の $\alpha$ 線を出すことができます。効果が高い。

また、加えて、娘の化学的性質が周期表上どんどん変わってきますから、このものをどういうふうに制御するかということが更に重要になってくる。例えば、これがキレートにくっついているような場合であれば簡単に外れてしまいますので、それを制御する方法というのも放射性医薬品学の中では問われるようになってまいります。

このように特徴を持っている $\alpha$ 放射体ですが、現在利用可能だと考えられているのは9核種ございまして、こちらの表に示したものになります。いろいろな半減期がありますが、エネルギーがどれも高いということと、飛程が短いところが特徴になります。

では、いよいよ、これをどうやって入手しましょうかという話になります。一般的なユーザーでしたら、アイソトープ協会から購入するというのが一般的なのですが、なかなかアイソトープ協会でも全部は揃えることができません。ということで、放射化学研究者だとそこでもう一つ別のことを考えまして、では、加速器施設や原子炉施設で製造、あるいは誰かもっと半減期の長い親核種を持っているところから分離生成して入手すればいいのではないかと思うわけです。

そうすると、実際にそれを製造するために必要なものということで、親核種があればいいのですけれども、ない場合、加速器、原子炉、それからターゲット材料、このそれぞれが確実に手に入れば初めてこれらのものができるということが分かるようになります。

そこで、どういうふうに作るかということで、核図表に見る $\alpha$ 放射体製造の特徴を見たいと思います。

核図表というものは、なかなか大学に入っても学ばないところが多いかと思うのですが、これは原子核の中の構成要素である陽子と中性子によってどのようなものが世の中には安定、不安定なものを含めて存在しているかというのをマッピングしたもので、X軸が中性子数、Y軸がZの陽子数になって、表現できるのですが、更にもう一つ加えていただきたいのがこのZ軸、核子当たりの結合エネルギー、これがどれくらいの原子核の持つ不安定さを表すかということを表していて、この真ん中に位置しているところには安定核種というのが、私たちが使えるようなものが存在するわけですが、これの周りというのはそれぞれどんどんと急峻な、グランドキャニオンのような険しいような状況になっていて、それぞれのところにそれぞれのエネルギーを持った核種が存在します。こういうものが崩壊して、 $\beta$ 線、 $\alpha$ 線、 $\gamma$ 線などを出してどんどんと安定核種になるというのが放射能と放射線と放射性

核種の関係になります。

これを踏まえた上で、二次元でちょっとお話をさせてください。

こちらは、Karlsruheが出している、Nuclide Chart、核図表でございますけれども、先ほどのことを理解しながら考えると、 $\beta$ 線を出すような核種、青色で示してあるものというのは、こちらの方からどんどんと黒いところに向かって落ちていく。赤いところの $\beta^+$ 、EC壊変のものも同じように上から右下の方に下りていく。 $\alpha$ 壊変のものはどうかというと、黒いところと離れていますので、黒い方に向かって左下の方に下がっていくというような、そういう特徴がございます。

これを踏まえて、では、どのようなアイソトープ、赤色のアイソトープ、青色のアイソトープ、黄色のアイソトープを使うにはどういうふうな粒子を当てて核反応で作ればいいのかというのをこの右下のもので表してありますが、これは真ん中に安定核種があると思ってください。ここに対してどういうふうな粒子、陽子であるとか中性子であるとか $\alpha$ 粒子を当てると、この地図でいうマッピングのどこのものができるかというのが書いてあります。これを参考に今、黄色の枠を二つ用意しましたが、ちょっと拡大して見てみます。F-18を作る場合、これは酸素の18というのが今あります。ここに陽子を当てて中性子を出すということで左上のものを作る、こういう反応になりますので、これは加速器で作れます。逆に言うと、原子炉では作れない。

一方、ルテチウムの177の場合はどうであるか。ルテチウムの177というのは、こちらにあるわけですが、これは中性子を当ててこちらに行かず、あるいはこのものが中性子が当たって、 $\beta^-$ 壊変でこうなるというような特徴を使って作ることができます。

これをまた、ウランの235の核分裂によってこの青色の軸上にいっぱいアイソトープができますので、これを使って $\beta^-$ 壊変のものを作るという、比放射能の高いものを作るという、そういう方法もございます。

ここから分かることは、加速器では大体 $\beta^+$ 、EC壊変核種の製造、赤色のものが作りやすい。それから原子炉では青色のものが作るのが得意だということが分かります。

$\alpha$ 線を出すアイソトープはどうでしょうということを考えます。

$\alpha$ 放射体の製造ですが、我々が対象とする九つのやつは、ここで赤色でマッピングしました。周りに安定核種はありませんということで、どういうふうに考えるかということ、通常はこの緑色で囲ってあるものをソースとして使います。これらを次に、一個一個でちょっと紹介いたします。

まず、トリウム227、ラジウム223という実際にもう臨床で使っているようなものを含むものですが、製造ルートはこの部分だけ、ちょっとだけ切り出しました。この中で紹介をしますとこのように、これまではアクチニウム227という、そういう貯蔵資源がアメリカの方にございました。Pacific Northwest National Laboratoryです。

ここでアクチニウム227があったと、あるいは231のプロトアクチというものを持っていたので、そこから分離した227のアクチニウムから $\beta^-$ 壊変をさせることによってこれを作ることができます、トリウム227。そして、ここからラジウム223は勝手に生まれてくるので、この二つを作ると。

ただし、もっともっと患者さんに対して投与したいということであれば、更に作らないとなりません。そういうことで、原子炉でラジウム226から中性子を当てて作って、 $\beta^-$ 壊変で作るという方法が今、新しくどんどんと試みられているところであります。

アクチニウム225はどうですかというと、これは非常にビジーなのですけれども、通常はここにあるトリウム229からミルキングしてきたものを使ってアクチニウムを使っていました。しかし、もともと229がほとんど少なかったので、これからの需要に応えられませんということで、一つはラジウム226に対して陽子を当てて作る、あるいは中性子を原子炉で当てて $n, 2n$ の反応で作る、あるいは制動放射線を使ってラジウム225を作る。また、トリウム232に対して、高エネルギーの核砕反応を使って作るという方法が考えられています。

そのほかラジウム224、鉛212、ビスマスの212ですけれども、これはトリウム232というのを出発物質としまして、これが長年の間に壊変して生まれてきたもの、トリウム228というのを使います。また、別にプロトアクチ231というのを原子炉で照射して作ったウラン232というものを出発物質として貯蔵資源として使うという方法もございます。それ以外ですと、原子炉で更にこれらの同じような反応をもう一回繰り返すという方法もありますが、こういうようにして供給ができることになります。

一方、最近新しくウラン230というものが取り沙汰されております。これは何ですかというと、これはトリウム232を加速器を使って、 $p, 3n$ 反応で、プロトアクチ230というのを作ります。そこから分離して作るわけですが、ここで今問題になっているのはウランの、これは非常に適度な半減期を持っていていいのですけれども、キレート技術がまだ開発されていないので、まだ人体、あるいは動物を使ったウラン230というものの技

術が成熟していないと。もし、こちらの方がどんどんと需要が高まれば、更にこの方法で作ることが有利になってくるだろうというふうに考えられております。

アスタチンの $^{211}\text{At}$ 、これは唯一安定な金属元素ビスマスから作ることができるアイソトープになります。ビスマス $^{209}\text{Bi}$ は普通に市場で購入ができるので、これに対して我々の持っている加速器技術、 $\alpha$ 粒子を加速できる技術を使って、 $\alpha, 2n$ 反応で作る、あるいは核破碎反応で作る、あるいはタンデム加速器を使えばリチウムの7などが加速できますので、そういうものでラドンの $^{211}\text{Rn}$ という親核種を使ってジェネレーター化するという、そういうような方法がございます。

最後に、テルビウムの $^{149}\text{Tb}$ なのですけれども、このものというのは実はこんな変わったところに位置します。ですので、通常の加速器での製造ではなかなか作れません。ということで、国立研究開発機構のようなものが持っている高エネルギーの粒子を加速できるような、そういう施設で製造することが望ましくなります。またはスポレーション、それからこういう方法で作ることができます。

こういうようなルートが分かっていると、地図を見れば誰だってどういうふうに作ればいかに分かる。実際にそれか作れるかという話なのですけれども、まずラジウムの $^{223}\text{Ra}$ でちょっと簡単に計算してみたいのですが、例えばこちらはアクチニウム $^{227}\text{Ac}$ から定期的に分離することができます。現在、患者さんには体重 $1\text{kg}$ 当たり $50\text{kBq}$ のラジウムを投与する。それを4週間ごとに6回というふうに決められております。体重 $60\text{kg}$ の男性を対象とするのであれば、1回当たり $3\text{MBq}$ だと。ノルウェーからは $13.8\text{MBq}$ がバイアルに入って、そして世界各国に運び込まれます。大体、使うときには $6\text{MBq}$ になるようになっております。

アクチニウムの $^{227}\text{Ac}$ から一度ラジウムを分離すると、次にまた分離ができるまでには大体1か月かかります。これは放射平衡の計算からすぐ出せます。ということで、もし1週間当たりに100人に対して処方するのだとすると、 $13.8\text{MBq}$ を丸めて $15\text{MBq}$ として、これを100人で、 $1.5\text{GBq}$ を1回に $^{227}\text{Ac}$ は必要とすると。

ただし、これは特定の100人ですから、最大半年間、毎週別な100人に対してするという場合には25週ですから、25倍して $37\text{GBq}$ が必要になる。しかもこれが2サイクル1年間かけてできるということで、これを全部合わせると5,000人に対しては $37\text{GBq}$ となります。逆に言うと、 $37\text{GBq}$ でも5,000人にしか処方できないということになります。

P a c i f i c N o r t h w e s t 国立研究所では44GBqの<sup>227</sup>アクチニウムというものを分離して、B a y e r に売却したということが言われておまして、それ以外の、現状はこれぐらいの人に対しては満足できていると。しかし、実際、アメリカでは35万人の方が毎年この前立腺がんで亡くなっているということを考えると、まだまだ足りないということがこの数字から感覚として分かると思います。

これを踏まえて、次、<sup>225</sup>のアクチニウムなのですが、これはカナダのTRIUMFという施設が見積りをした報告になりますが、現在、トリウムの<sup>229</sup>から得られるソースというのは5.5GBqしかソースがございません。ミルキングして何回も使えるわけなのですが、それでも親がこれだけしかないということは、十分に対応できないということが分かります。

彼らはその試算の中で、ラジウム<sup>226</sup>、あるいはトリウムの<sup>232</sup>を使った核反応で大体3,000GBqとか1万1,000GBqという非常に大きい量を作ることができるというふうに考えております。

そのために必要なものは、トリウムのターゲットは大体8グラムであるとか、いろいろ試算をしているわけですね。これを基に、TRIUMF、カナダの東側にある国立原子力研究所というところではアクチニウム供給ネットワークを作りまして、それぞれの分野で特異的なことをやりまして、アクチニウムを製造していくということを、マイルストーンを決めて、どんどんと先ほど言った数字に近づくような、そういう製造をしようというふうに試みがなされています。

また、カナダ首相のジャスティン・トルドー氏などがTRIUMFに行きまして、新しく建てられるRI専用の施設というものに対して国家的に支援するというのをそのTRIUMFの施設の中で宣言をしている、そういったこともしております。

一方、アメリカのエネルギー省科学部門核物理局はどうですかということ、アイソトーププログラムというものを彼らのプログラムの一つとして持っております。これは2009年にもともと原子力エネルギー局から核物理局に移管されております。この中でどういうふうなことが起こったかということ、そのときに核化学の諮問委員会というところが下部組織を一つ、アイソトープ専用の下部組織を作りまして、三つの要請を行いました。

一つは同位体を使用した魅力的な研究を特定し、優先順位をつけること。二つ目、同位体の生産と開発のための強力な国家プログラムが確実なものとなるような研究と優先順位を調査すること。三つ目、このアイソトープのプログラムは、IDPRAプログラムといいます

が、これを確実に履行するためのフレームワークを提供する長期戦略計画を策定すること。

ということで、サブコミッティの方でいろいろと動きまして、この左下にある四つのワークショップ、それからレポート、2009年、それから2015年のものを報告しまして、これに基づいて国立研究機関であるとか、いろいろな各大学に対してサポートしております。具体的には、このプログラムでは真に国家に重要な同位体の提供ということで、製造、配布、維持、R&Dの実施、それから自給自足をすることをそのミッションとして掲げております。

多くの施設がそのところでファンドを受けて仕事をしているわけですね。これはそのIDPRAのバジェットだけを出してきたものなのですけれども、2009年から配布されておまして、ラジウム223のFDA認可が2013年で、2016年にアクチニウム225のPSMA617が論文に載って以降は、ぐっとこの製造、それからオペレーション、それからリサーチに関してのサポートが増えております。

これに基づいて、アメリカはロスアラモス、それからブルックヘブンの国立研究所で製造したアクチニウムのオークリッジの国立研究所に運んで、そこで分離生成をし、NIDC、ナショナル・アイソトープ・ディベロップメントセンターのところから国内、あるいは世界に対して頒布をするということをやって、助けております。

また、アスタチンに関しては、国内五つの大学施設に対してサポートすることによって、そこで製造したアスタチン、技術開発、それからその他のユーザーに対しての支援というものをするように働きかけております。これによってアメリカで現在、こういうような動きがありました。

まず、アクチニウムの225に関しては、ドラッグマスターファイルに公式に登録をされることによって、多くの企業がこれを使った製薬をすぐに申請し、それが認可できるようなサポートをしております。

また、規制当局同士がワークショップというのを開催しまして、USのFDAとそれからNRCがいかにその患者さんに対して、すぐにこの新薬を提供できるかということを行うためのものを協議しました。これはビデオ録画、あるいはスライドというものも書いてあるところからダウンロード、あるいは視聴ができるようになっています。

一方、ヨーロッパはどうでしょうか。ヨーロッパでも、スイスのCERNにあるところでは、アイソトープの製造というものを始めておまして、先ほどのテルビウムの149、また、セラノスティクスの同位体というものを作っております。

また、これを更に発展的にしたものとして、このPRISMAPというものがHORIZON 2020の取組として、ここを窓口として多くのアイソトープを供給しようという動きがあります。

ここに掲げてあるヨーロッパの幾つかの施設の中でそれぞれ役割を分担して、いろいろなアイソトープがここに書いてあるのですけれども、治療用、診断用、 $\alpha$ 線を出すアイソトープ、 $\beta$ 線を出すアイソトープを自分たちでこれを開発していて、そしていろいろなところに提供しようという取組をしております。

一方、アスタチン211に関しては、欧州における特定のがんの標準的な治療になることを実証するためにネットワークを組んで仕事が進んでいる状況であります。

日本ではどうでしょうか。アクチニウムの製造に関しては、東北大学の金属材料研究所を軸にしまして、まずトリウムの229から分離しそれを頒布する、研究に提供しようというのがJAEA、理化学研究所、大阪大学、福島県立医科大学なども参画をして動いております。

アイソトープ協会からも一応購入はできるのですけれども、トリウム229由来のものということで、なかなか入手が難しいだろう。ラジウム226のp, 2n反応としましては、QST、それから日本メジフィジックスがAMEDの下で共同研究を行っております、製造を進めています。

また、日本メジフィジックスは千葉県の袖ヶ浦にCRADLE棟というものを設立して、アクチニウム225製剤開発を含む抗体等標準治療薬とコンパニオン診断薬の開発研究を推進しております。

ほかには、ラジウムの226であれば、225のラジウムを介して作るという、 $\gamma$ , n反応が東京大学と日立製作所で進んでいるところでございます。

大阪大学の方でもTRIUMFからアクチニウムの225を輸入して、国内の供給に向けた体制作りというものが着実に進んでおります。

一方、ターゲットとして入手しやすいビスマスの209と、それから加速器で加速しやすい $\alpha$ ビームを使ってアスタチンを作るというネットワーク拠点作りというのが行われておまして、国内ではここに示した5施設と、それからラドン211を作るタンデム加速器の1施設がアスタチンの製造研究を行っております。

そのうちの一つ、理化学研究所であれば、このように40 $\mu$ Aの照射で1.3GBqを作り、国内の多くの施設に頒布をしているところであります。

また、福島県立医科大学でも、このように2017年から毎月継続的にアスタチンを定常的に作ることに成功しまして、自分たちの研究、そして福島県民への健康維持増進に貢献するようなことをしております。もちろん研究も進めておりまして、多くの臨床研究に向けての開発が進んでいるところでございます。

忘れてはならないのは、短寿命R I 供給プラットフォームというものが2016年から新学術領域の科研費の枠組みとして開発されております。

最後に、どのようにして、では、このアイソトープの製造というものを我々は進めていくかということなのですが、核医学の先生方とそれから放射化学の先生方では、それぞれ思っていることが違うことがよくあります。立場が違えばその見方は変わるのですけれども、R I やR I 標識薬剤というのは、やはりその人がどういうふうに見たとしても、それというのがそのまま存在しておりまして、両者に対して求められていることに変わりはないと。

次にすべきは、そういう見方が、それぞれの見方が違うということがあることを理解して、そして対立ではなくて、その問題を両者共に共有をして、どういうふうに製造し、そして提供するかという枠組みを作っていくかということになるのかなと思っています。

これをまとめとしまして、新たに始まりとして考えた場合に、我々はどういうふうに行っていかなければいけないかというのを簡単にまとめさせていただきました。

まず、T A T (標的 $\alpha$ 線治療)というのは、その治療効果の高さから多くの国で今、研究者や企業が取り組みたい対象となっております。閣議決定された基本計画において、核医学治療を推進するための体制が整備され、検討の必要性が明記されたことから、多くの取組が進みました。非常に、日本でもそれぞれの研究者が頑張っております。

それもですが、入手性 (a v a i l a b i l i t y) は他の診断・治療用R I よりもまだ深刻でありまして、それがこれまでの研究の開始・進展を妨げておりました。

$\alpha$ 放射体の中でもラジウム、アスタチン、アクチニウムというのは治療効果による社会的需要の増加に伴って、それに対応できる供給体制がやはり求められております。

カナダでは多くの取組があります。また、米国のDOEもT r i - l a bという取組の中で、アクチニウム製造を着実に進めておりまして、供給量も増やしております。また、FDAのドラッグマスターファイルにも登録をされることで、企業活動の促進を後押ししています。

日本でも東北大学、J A E A、阪大の合同グループ、それから放医研・日本メジフィジクス、あと東大や日立など、それぞれがそれぞれのところで製造研究を進めています。

各国の企業、研究機関が重要R Iとしてアクチニウム225の製造研究を積極的に進めています。依然として需要を満たしている状況ではございません。特に海外での研究活動はより多くなっていくことから、日本は国内での自給自足ができる環境や推進体制が求められるでしょう。

アスタチンも研究者レベルでの取組が増えています。米国では大学間ネットワークが形成されていますし、欧州ではC O S T A c t i o nというものがあります。日本でも科研費の枠組みの中で短寿命供給R Iプラットフォームというものを運用して、R Iのハードルを下げ、製造取扱の教育を担い、利用研究の底上げを実施しています。

日本では、五つの施設が頑張っております。また、アメリカでもそうであります。日本の場合は加速器技術が他の国よりもはるかに進んでいるので、研究が後押しできています。今後、各施設が製造したアスタチンに対してはどんどんとその標準化であるとか、体制強化などが重要になってまいります。

また、ターゲットとなる材料としてはトリウム、ビスマスは十分にあるのですけれども、その他については十分に確保できているとは言えないでしょう。特にラジウム226などは希ガス元素なども含むので、取扱いが更に高度な技術を要します。引き続きR & Dを進めることが重要でしょう。

日本は診断用R Iでも世界を牽引する立場にありました。治療用R Iやセラノスティックスでも他の診断用金属R Iについては世界に伍する段階には残念ながらまだ至っておりません。α放射体を持続可能な量で供給する体制というのは、今後のR I薬のR & Dを支えるためにもますます重要でしょう。そのためにどういうふうなことが私としては考えられるかというものをちょっとまとめましたが、大体6～7年に一度の範囲で長期的に調査・評価・そして公共に公開できるような提言というのを持続可能な状態で行う省庁にも対等な実行力を伴った組織というものがあるべきではないでしょうか。

医学利用にのみとどまらず、各分野の研究や国全体でのR I利用研究の両方を見ることができ、そういうような有識者からなる組織、そして10年、20年、あるいは50年先のインフラと教育を見据えたそのフレームワークができる、そういう組織の存在が次のR Iの製造、それから研究開発、そしてそれに基づく日本の国力の底上げというものにつながっていくのではないかと考えます。

以上です。ありがとうございました。

(上坂委員長) 鷺山先生、取りまとめていただきまして、ありがとうございました。

それでは、質疑させていただきます。

それでは、佐野委員の方から。

(佐野委員) 詳細な御説明、ありがとうございました。

セラノスティックス、R Iを使った診断と治療ですが、今の御説明で大変効果的であればらしい成果を上げていることを知りました。

ただ、カナダ、米国あるいは欧州と比べて日本が立ち遅れている部分が多々ある訳ですが、大学や研究機関、あるいは企業で行っている活動全体を取りまとめるフレームワーク、つまり腰を据えた長期戦略とそれを実行する体制が日本は若干弱いような印象を受けました。

同時に民間の側でも国と対等に議論できる実力を伴った組織が必要であって今、学会とか研究者たちの交流とかはあると思うのですが、政府に対して要求するような組織的な動きにはなっていないと思います。それを今後どのように作っていくのが大きな課題だと思うのですけれども、具体的な提案がもしおありであれば、お聞きしたいと思います。

それから、2018年3月9日に閣議決定がなされており国としての基本的な方向を出しましたが、その中身が体制整備と検討が必要だということになっているわけです。今後具体的に、例えば日本でも原子力エネルギーを担当する経産省の中にR Iを担当する部局があれば、相当力になるという印象を持ちました。

それから、研究分野でも文科省の力も相当あるわけですから、やはり文科省が顔を出してくるというのが必要なのではないかと考えます。

先生、もし何かコメントがありましたら、よろしくお願いします。

(鷲山氏) ありがとうございます。今回、こうやって発表をする機会を与えていただいて、もう一度私なりにDOEの取組というのをずっと見ていったのですけれども、読めば読むほど、見れば見るほど、なるほどすごいなと感心する次第でありまして、先ほどの三つの提言をそのサブコミッティというものに対してしたというところが、うまく効いてきて、そのコミッティというのがどういう位置づけに存在するのかというのは私の中でも完全に理解はできてないのですが、ページ数でいいますと33ページのところですね。

ここでまずワークショップを開いたときに、このワークショップの人たちというのは有識者がそのサブコミッティのメンバーとして名前を連ねているわけですが、アメリカのほとんどの連邦政府機関のヒアリングをやっているわけですね。もちろんDOEの中のところもそうですし、国立研究機関も含めて、それから防疫機関、農業機関とかいろいろなどの機関からヒアリングをしています。

その中で、自分たちで対等に議論して順位付けをする、いろいろな政府の機関に対してもお互いに対等な立場でできるという、その調整役ですね。この調整というものが今日本で一番足りないのかなと。下からのボトムアップでお願いをするということは今までしてきました。核医学会の先生方は一生懸命頑張っております。日本アイソトープ協会も頑張っています。それぞれの研究者も頑張っています。

文科省もいろいろなフレームワーク、短寿命R I 供給プラットフォームというのをやってくれました。ですが、その中でそれぞれがやはり一つ一つの点がなかなか結び付かない。結び付くときに、そのコアになるような部分というのをやはりどの機関に対しても顔が利く、対等で物言いができる、かつバランスのいい公平な対応ができるような、そういうものというのを、メンバーは途中で何回も変わってもいいと思うのですけれども、それを長期間あるべきではないかなということ、ずっとこれを調べながら思うに至りました。

今回の閣議決定というのは、飽くまでも核医学治療を推進するという意味においては非常に強力なのですけれども、では、それがアイソトープ全体に対しての底上げにつながるかというところというわけではない。ですから、アイソトープというものがまず国家にとってどういう位置づけなのか、どういうぐらいの重要性があるのかということ、まず認識できるような、共有できるような、それが工学、それから医学、理学、農学、ほかにもいろいろあると思うのですけれども、そういう部分でも包括的にまとめるようなことができる組織、団体、あるいは機関か分かりませんが、そういうものというものがあるといいのかなということ、これを思いました。

(上坂委員長) 中西委員。

(中西委員) どうも御説明、ありがとうございました。

非常に全体的によく分かる話で、今までなぜ日本にそれがなかったのかということをよくよく考えるきっかけになると思いますが、何と云っても最初のハイデルベルグの、末期の前立腺がんの患者さんが、まるでその影像を巻き戻すみたいに治っていったというのはものすごい衝撃を世界に与えたのだと思うのです。

それで、これがもとでDOEもエンジンがかかったのだと思うのです。私もDOEを見せていただいて、すごいなと思ったのですけれども、でも、一つここの質問というのは、まずこれがなぜハイデルベルグで、ドイツで始まったかということです。私は、国家的なものが必要だと思いますが、なぜドイツで始まったのだろうかということをいつも考えるのです。

核図表をお見せになりましたけれども、世界中でカールスルーエだけが出しているのです

ね。何年に一度かしか出していない。日本では原研で出していたところがもうなくなっています。専門家がおられたのですけれども、どんどんなくなっていって、ドイツでは残ったというのは、やはり私、すごいと思うのですね。

先ほど、いろいろなところが開発していて、バイエルンとかありますけれども、やっている人たちは全部ドイツ人です、ほとんどは。ドイツの科学技術の根本みたいなところに少し学ぶところがあるのかなというのが最初の質問なのですけれども、先生、どういうふうにお考えかというのを最初に伺いたいことと、アイソトープというのは非常に大変だということ、大変といいますか、職人技みたいなことがあって、これにデューテラを当てればこれができますよというのは、核図表から見ればD N反応で次の核種ができると思うのですけれども、実際に加速器で当てるとなると、ターゲットにこれだけ何ミリオン当ててもできないことって随分あるのですよね。理由は分からないと。やはり職人技みたいなところがあるので、それをきちんと持って保っていくというのはものすごいことだなと思っていますが、そこら辺はどういうふうにお考えなのか。

あとこれは核医学の問題だけではなくて、アイソトープ製造、治療だけでなく、今までの診断は、日本が放射線とかアイソトープを使った診断機はすばらしく、その診断機は日本の機器が世界を席卷していますね。日本にはその機器がたくさんあって、日本ほどPETを容易に受けられる国はないと。それでがんの発見が非常に早くなったりしているのですけれども、ことアイソトープになると、機器だけではなくて、アイソトープ製造というところの人たちをきちんと覚悟して教育していかなくはいけないというところで、アイソトープ製造というところがやはり一つネックというのは、先生がおっしゃるとおりだと思います。

国としてどういうことを後押しするかといたら、今のところはやはり大学はどちらかというと研究で、できるところは旧放医研、Q S Tとそれから原研ぐらいしかないのではないかと。やはりきちんとオールジャパンで作っていく必要があると思います。

二つ目の質問といいますか、その職人技みたいなところは今、日本でどういう状況かというのをもう一つ伺いたいということと、あと日本でどうしてアイソトープの方が減っていったのか。ドイツは減るといいますか、人材が減ったりいろいろ研究所でも下火になったりしたことはあろうと思いますけれども、基礎的なアイソトープを作るというのがドイツでは残ったのはどういうことかということ、そのほかいろいろあるのですけれども、まずドイツのことについて、先生のお考えをお伺いできればと思います。

(鷲山氏) 中西先生、ありがとうございます。

ドイツはもともと核分裂だったらオットー・ハーンだとかがいろいろやっておられたとか、もともと放射化学に対してのその厳然たる歴史というのがあるというのも存じ上げております。アメリカもあるのはあるのですけれども、この $\alpha$ 放射体に関しての開発の歴史をひもときますと、最初はドイツのカールスルーエにあるITU、今はもう名前が変わりましたが、あそこが一番発端になりまして、そこの研究者たちが、自分たちが使っているアイソトープというものを医療に対して応用したらどういうふうになるのかというのを考え出したのが事の発端でありました。

そのほかに、その後でアメリカのDOEもワークショップを進めたりなんかしてやっておりますが、そこで活躍しているのは核医学の先生というよりは、それぞれの国立研究機関にいる科学者の方が多かったように思います。私も随分昔からその両方のところが開催をしているワークショップに参加して、いろいろなメンバーと話をするのでありますが、非常にやはり皆さん敷居が低くて、それぞれアイソトープに対する考え方というのを率直に議論できるような体制がまずできていたというのが一つ。

それから、また、医師の方との会話というのも難しくない、非常にざくばらんにお互いこういうふうに医療に応用したらどうだろうということをそれぞれがフェイス・トゥ・フェイスで話を深くするわけですね。そういう機会が日本では、例えば原子力の先生と核医学の先生が会うような機会というのはなかなかなかったような気がします。

もう一つあるのは、ウラン、トリウムに関しては、非常に原子力の方々自分たちのバックグラウンドというのを長い間お持ちでありました。日本でもそうだと思います。ですが、残念だったのは、その人たちが医学とつながる接点を作れなかったということだった、それに尽きると思うのです。ただし、現在はそういうところをお互いが知っています。お互いがそこから歩み寄りをして、いろいろなところが新しく生まれつつあるというのも日本では非常に好ましいことだと思って、見ております。アメリカとか欧州がそれよりも早かっただけのことであって、十分に日本でも挽回はできるだろうと考えています。

もう一つ大事なのは、基礎研究というのがやはり全てのところでその萌芽のようなものを作り出してきたのだなということを言いました。多くの核医学の発表であっても、例えばラジウム223の最初のものというのはノルウェーのオスロ大学の化学科の学生がD論として発表したのが全てのきっかけになっております。そこから発展して行って、ラジウム223を全世界で使えるようになったということで、医学だけではなくて、やはりであるとか化学、それからサイエンス、そういうところの立場の人たちが非常に綿密にサポートされながら進

んでいった、育っていった、研究を進めていったという、そういう土壌がヨーロッパにはあったのだなということを感じました。敷居の低さというのがやはり大きかったのだなと思って、見ています。

(中西委員) もう一つだけ、私はどうしてもその前立腺がんの画像がすばらしいと思っていたのですが、ほかにも先生の手書かれた8ページにはがんのことが書かれていて、今、治療のところまでいっているとあるのですが、何かもう一つか二つか、出始めているのでしょうか。この末期の方がこれだけ治るとするのはすばらしくて。

ほかのいろいろな肝臓がんとか骨のがんとか、少しずつ出てきているのでしょうか。

(鷲山氏) これ以降、いわゆるこれぐらいセンセーショナルな発表というのは、正直、まだございません。ただ、それは学術的な問題というよりも、いろいろな製薬関係のところがあるのではないかなと僕は思っております、また、この関係の学会というのが今コロナのおかげでなかなかないのですが、それがひと段落ついた後では、きっとまた開催される時には同じようなすごい結果というのが見えてくるのではないかなということを非常に楽しみにしているところです。

(中西委員) 各製薬会社等々に、企業には来ていますよね。

どうもありがとうございました。

(上坂委員長) 詳細な説明ありがとうございました。上坂でございます。幾つか質問させていただきます。まず12ページで、今、世界のRI市場の予測なのですが、ここでもRIというとモリブデン/テクネチウム、 $\gamma$ 線源、診断、それから、PET、ポジトロン診断ですよ。ただこちらは横ばいと。ところが今日御説明いただいた $\alpha$ 線治療とか、新しい $\beta^+$ とかで治療が入ってきたと、セラノスティクスで。これでこれだけ右肩上りというのは、私も放射線関係で長く仕事をしているのですが、本当に滅多にないことかなと思います。是非ここ、今がチャンスかなと思っています。

それから、後半の最後のページの先生が詳細にまとめてくださったところで、世界の状況や日本の状況をおっしゃっていて、医学者、理学者、化学者、それから薬学者、工学者、企業、総合技術でアメリカがうまくいったのは、まとめる人がいたということですよ。

この6個目の丸のところ、日本におけるということなのですが、アクチニウム製造ということではプレーヤーが出ています。ここに大学、研究所、企業も含めてプレーヤーが集まってきています。そして特に日本で現在モリブデン/テクネチウム用の加速器施設を建設中で、ようやく国産化が始まるという段階です。そこは世界でも特異的かもしれないです

が、総力さえここで発揮していけば、このすばらしい分野で先駆的に行ける可能性がある。もちろん、先生がずっとリードしてくださったからなのですけども。

実は、先週、復興庁の方が福島イノベーション・コースト構想を説明されました。幾つかの新技术のプランがあって、その中に医学応用もあって、それでその中には革新的にR I製造もある。これは正に経産省、文部省、環境省も、多くの官庁が集まって、オールジャパンで福島でやろうというプロジェクトです。是非そこでこれを実現させていただきたいと思うのです。先生は福島で長く実際にR I製造と利用をやられている。そういうところを是非お願いしたいかなと思いますが、いかがでしょうか。

(鷲山氏) ありがとうございます。是非とも福島県、いろいろとアイソトープでいいことも悪いことも、福島県は多分知っておりまして、それこそ先ほどのウサギとアヒルではないですけども、ただ、それは全部R Iのどちらの二面性も持っているのだなと思っているので、どちらも理解した上で、それを対立するのではなくて、次のステップに行けるように頑張っていきたいと思います。

(上坂委員長) ありがとうございます。

ほかに、先生。

(佐野委員) 12ページのグラフに市場予測が載っていますが、25年には140億ドル(1兆5~6,000億円)という巨大なマーケットになっていく中でR Iのトータルのマーケットを約4兆円とするとそのうちの4割ぐらいがこの分野だということですね。

(中西委員) 既に医学系が4割占めています。それをもっと上乘せする。

(佐野委員) コマーシャルベースでも相当なインセンティブがあるということですね。将来性がある分野だと思いますので、是非、頑張ってくださいと思います。

(上坂委員長) それでは、鷲山先生、どうもありがとうございました。今後もどうかよろしくお願いたします。

それでは、議題1は以上であります。

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。

(實國参事官) 二つ目の議題は、令和2年度版原子力白書の特集に係るヒアリングです。本日は、東京電力ホールディングス株式会社原子力安全統括部長、渡辺様から御説明いただきます。

それでは、渡辺様、御説明よろしくお願いたします。

(渡辺部長) 東京電力ホールディングス、原子力安全統括部長をしております渡辺でございます。

す。

本日は、御説明させていただく機会を頂きまして、誠にありがとうございます。

本日この場におきましては、福島第一原子力発電所事故の反省をふまえた東京電力の取組と題しまして、当社の取り組んでいる内容について御説明させていただきたいと思っております。

本来であれば御出席させていただきたいところですが、昨今の関係でウェブでの参加ということになりましたので、まずは御報告申し上げます。

それでは、これから説明をさせていただきます。

スライドの1ページでございます。

まず、はじめに、ということでございます。福島第一原子力発電所事故から10年が経過しましたが、いまだに発電所周辺地域の皆様をはじめ、広く社会の皆様に大変な御迷惑と御心配をおかけしておりますことを改めて心より深くお詫び申し上げます。当社は引き続き全社一丸となりまして、賠償、福島復興、福島第一の廃炉、そして原子力安全に取り組んでまいります。

本日は主に、事故後から取り組んでまいりました原子力安全改革について御説明させていただきます。

スライドの2ページです。

本題に入ります前に、昨今、当社の原子力発電所で発生しました一連の事案についてですが、柏崎刈羽原子力発電所におきまして、他人のIDカードの不正使用、安全対策工事の一部未完了、核防護設備の機能一部喪失など、当社原子力の関連する事案で地域の皆様はじめ、広く社会の皆様に大変御心配をおかけしておりますことを重ねてお詫び申し上げます。

現在、原子力・立地本部長を含め発電所に駐在して、組織建て直しの陣頭指揮を取っているところですが、私自身も発電所に駐在しているという状況でございます。皆様や協力企業との対話を行ったり、現場に出向いて現地現物の視点で今回の一連の事案の原因究明や組織文化を作り直すための課題の洗い出し対策を進めていきたいと考えているところでございます。併せて、今回の一連の原因となった諸課題の対応をしていきたいと考えておるところでございます。

スライドの3ページです。

ここには本日の御説明内容について書かせていただいております。

今から6年前の2015年ですが、当社は本委員会の場におきまして、原子力安全改革に関して、2013年に公表しました原子力安全改革プランの取組状況を御説明させて

いただいております。

本日は、前回御報告の続きといたしまして、この6年間の取組の主なものを御説明したいと思っております。

資料にはこれまで実施してきたことを例示してございますけれども、何をやったのか、その内容を説明することだけが目的ではなくて、取組の実績を示すことで我々は継続的に安全を向上していく組織になるという決意と、常に福島第一原子力発電所の事故の原点に立ち返って、私どもで不足するものは何かを特定しながら、それを改善するための行動をお伝えすることが本日の目的でございます。

それでは、スライドの4ページ。

ここでは7項目の遵守として我々の基本姿勢について御説明したいと思っております。

ここについては、スライドの5ページにもかかりますけれども、私どもの原子力事業者としての基本姿勢を定めさせておきまして、これについては柏崎刈羽の原子力発電所、それから福島第一についても保安規定に載せさせていただいておるというところでございます。

ここでは福島第一原子力発電所の廃炉はもとより、復興及び廃炉を完遂することを宣言させていただきまして、その上で、原子力の安全性向上に係る全ての責任を社長にあるという形で、社長の下で安全性向上を行っていくということを述べさせていただいておるところでございます。

繰り返しになりますけれども、東京電力の原点、これは福島第一の廃炉と賠償の完遂でありまして、原子力発電所の運営を営む原子力事業の安全性向上を追求していきます。それで安全がこれで十分ということは絶対に思っていないということ、これが福島第一原子力発電所事故の教訓でございまして、これをしっかりと肝に銘じまして全社員で徹底していきたいと考えております。このお約束を果たすための取組についてが、その後の説明ということになってございます。

スライドの6ページです。

こちらはお約束の一つに係ります福島第一の復興と廃炉についてでございます。

具体的にはスライド7ページでの内容ということになります。私どもは、廃炉はもちろん、復興と賠償をやり遂げるということを誓ってございます。

福島第一の復興を加速するためには廃炉関連産業が活性化し、雇用や技術が生まれ、その成果がほかの地域や産業に広がっていくことが重要と考えております。それを実現するための取組を復興と廃炉の両立に向けた福島第一の皆様へのお約束として昨年公表いたしました。

また、福島第一の廃炉に関しましては、中長期ロードマップや原子力規制委員会のリスクマップに掲げられた目標を達成するための廃炉全体の主要な作業プロセスを廃炉中長期実行プラン2020としまして、お示ししてございます。

福島第一の廃炉作業については、世界でも前例のない取組が続きますので、本プランを進捗や課題に応じて定期的に見直しながら廃炉を安全、着実にかつ計画的に進めてまいりたいと考えてございます。

廃炉の詳細につきましては先日、本委員会において資源エネルギー庁殿より御説明がありましたので、この場では割愛させていただきますが、参考資料として復興や廃炉のこれまでの歩みについて年表にまとめたものを付けていますので、御覧いただけると幸いです。

我々がお約束として掲げています復興と廃炉の両立については、引き続き関係省庁の御指導、御協力を頂きながら進めてまいりたいと考えてございます。

続いてスライド8、ここからは福島第一原子力発電所事故を踏まえた当社の原子力安全改革についての御説明でございます。

ここでは事故当事者としての反省や教訓を踏まえ、取り組んでいる事例について御説明したいと思います。

スライドの9ページでございます。

これは前回の委員会の場でも御説明させていただいたものですが、事故の反省と教訓について書かせていただいております。

なぜ我々は事故を防ぐことができなかったかという観点から設備面、運用面の強化に加えて、マネジメント面の問題を深掘りして原因分析を行い、事故原因の総括と再発防止のため2013年3月に改革プランを公表してございます。

事故の反省点、これは数多く挙げられますけれども、中でも一つ目に、設計段階から外的事象を起因とする共通原因故障への配慮が足りず、全電源喪失という過酷な状況を招き、安全設備のほとんど全てが機能喪失したこと。そして二つ目に、海外の安全性強化策や運転経験の情報を収集・分析して活用したり新たな技術的な知見を踏まえたりする等の継続的なリスク低減の努力が足りず、過酷事故への備えが設備面でも人的な面でも不十分であったということ、これは大きな反省点として考えておるところでございます。

これらの反省点の背後には、安全は既に確立されたものと思込み、稼働率等を重要な経営課題として認識した結果、事故への備えが不足したという、組織構造全体の負の連鎖があ

ったというふうに考えてございます。

負の連鎖の詳細については次ページで御説明しますが、この負の連鎖を断ち切るべく、規制で要求された安全対策にとどまらず、自ら知見を吸収して積極的に安全性を向上させ実現して、継続的に原子力安全を高める取組を実施しようというところでございます。

また、一方、今回、柏崎での一連の事案を踏まえますと、やはり福島の原因に立ち返って改めておごりや過信、組織の縦割りといったようなことがなかったのか、我々の取り組んできたことが正しかったのか、そういった根本的な原因を追及していくことが大事だと考えているところでございます。

スライドの10ページでございます。

こちらの負の連鎖についてでございます。この負の連鎖は、過酷な事故を二度と起こさないために、設備に何が起こったかだけではなく、その背景にある問題点を明らかにして解決する必要があると考えて、組織に内在する問題点を明らかにするために行った分析結果をまとめたものでございます。

過酷事故は日本では起きないであるとか、何より大切なのは稼ぎ頭である原子力の稼働率を上げること、訓練は時間どおり、シナリオどおりに終わらせることでいいのだということでした。そういった考え方を、我々として組織にとっての当たり前ということになってしまったと捉えてございます。この負の連鎖は組織に強固に定着していたことから、これを断ち切るために原子力安全改革プランを立案し、適宜必要な見直しを行いながら取組を進めてございます。

ただ、今般の事案が発生したということは、まだ私どもにも足りない部分があったのかというところがありますので、これについては今後の調査で福島原子力発電所事故の安全と教訓が活かされているかどうかということについても見直しをしていきたいと考えております。

スライドの11ページでございます。

こちらはマネジメントモデルです。これは2013年にまとめました原子力安全改革プランに基づきまして改革を進めておりましたが、これを継承する形でマネジメントモデルというのを整備してございます。

このマネジメントモデルを整備した理由は、安全改革プランが単に実行すればもうそれで終わりということではなく、これからの世代にもしっかりと引き継いでいくようにということで作成したものでございます。

我々職員一人一人がこのマネジメントモデルをあるべき姿への道標として活用し、仕事の

本質を理解して高みを目指す組織になるということを目指して定めたものでございます。

マネジメントモデルの中でいろいろな活動をしています。その実施事項を説明させていただきたいと思います。

スライド12ページでございます。

これは設備の安全対策についてです。これは我々の先ほど出てきました基本姿勢の2や5とも関連しますが、柏崎では津波対策・電源強化、冷却機能強化、放射性物質拡散防止など、事故の教訓を安全対策に反映してございます。

私どもはその安全対策については規制及び主な対策として、防潮堤であれば想定津波8.3に対して15メートルを確保するものであるとか、高压代替注水系というものを電源不要な設備ということで、これを設置するものであるとか、それに対する代替循環冷却システムについては、このベントなしの事故対応を実現するために考案したものでございますが、これは新知見として新たに規制化されている取組を実施しておるというものでございます。

これから引き続きまして、新たな知見を反映しながら安全性を高めるための必要な対策を積み重ねてまいりたいと考えてございます。

スライドの13ページでございます。

これはリスク低減のための取組でございます。これは我々の基本姿勢、4、5、6、7も関係いたします。リスクに関して、事故の教訓としましてはリスク情報の処理や対応に対して速やかな報告や緩和措置の実施ということが挙げられます。これらを踏まえまして、重要なリスク情報が速やかに社長まで報告される体制を構築いたしました。

リスク管理は、事故前は特段明確なものがなく行われたものでございましたけれども、事故後は体系的にルール化しまして、社内の様々な専門家が集まって検討し、社長以下で判断する仕組みを構築してございます。情報を受けた社長は安全を最優先とする考えの下、対応を後回しにすることなく速やかなリスク緩和措置の実施の指示を出すという形にしてございます。

その後も変更して、追加情報の収集等を進めまして、適宜追加措置を判断し実施する、そんな仕組みを取り入れてございます。

スライド14ページでございます。

こちらは監視組織の整備でございます。原子力安全に係る監視組織については事故後、原子力安全の監視機能を負っている取締役会の諮問機関として原子力改革監視委員会、社内組織として取締役を補佐するために原子力安全監視室を設置してございます。体制としては、

そこに書いてあるとおりでございまして、原子力部門を監視し、結果を取締役会に報告して  
ございます。

また、原子力安全監視室には原子炉主任技術者が所属しておりまして、常時発電所の現場  
で安全上の監視指導を行うというのが一つの強みだと考えてございます。

スライド15ページです。

こちらは自主的安全性の取組の一つとして、緊急時対応力の強化でございまして。

事故の発生の大きな一つは事故の備えができていなかったこと。事故前は発電所からの権  
限委譲が適切ではなく、ほとんどの判断を発電所長が行う体制になっていたという反省がご  
ざいまして。また、事故当時、原子力部門の職員が電源復旧や注水作業などを自分たちの力  
できずに、協力会社や外部支援の力に頼らざるを得なかったということがございました。こ  
の反省を踏まえまして、組織運用面ではICSという考え方を導入しまして、本部長である  
発電所長が重要な意思決定や指揮に集中できるよう、機能ごとに統括を配置し、本部長の管  
理人数を減らした弾力性のある組織に改善して訓練を重ねておるところでございまして。

また、社員が緊急時の作業が実施できるよう、がれき撤去や注水作業について個別訓練を  
実施して現場力を強化しておるところでございまして。

それから、スライドの16ページでございまして。

これは安全・業務品質の向上に向けまして、トヨタ式の「カイゼン」手法を用いました技  
術力の内製化に取り組んでございます。現在、本社、あと発電所、それから協力企業が一体  
となって現場に出向いて、現場をじっくりと観察し、問題の真因を追及して改善する取組  
を進めております。

この活動によって、建物や他産業の良い取組を学んで取り入れ、部門の殻を破ることに  
も挑戦しています。また、取組を進めることで、現場や作業を熟知した技術力の高い人財を  
育成することにもつながると考えてございます。

いずれにしても、これでよいと安心するところからいろいろな問題が起きてしまうことが  
ございますので、我々としては改善をし続けることが私たちの仕事そのものだという信念で  
今後取り組んでいきたいと考えてございます。

それから、スライドの17ページでございまして。

これは、私たちが事故を起こした当事者として決して事故を忘れることなく、福島への責  
任を完遂し、安全文化を構築するために、経営層を含めた全社員を対象にした研修を行っ  
ています。

これは2018年7月から研修を開始しまして、2020年9月までに2万8,000人が受講しまして、1巡目が終わって、今2巡目を始めておるところでございます。

こういう研修成果を一過性にとどめずに、日常の職場活動と有機的に連動させまして、PDCAサイクルを回していきたい。また、これらを通じて、継続的な努力を欠かさぬよう、一人一人の意識の構造を変革してまいりたいと考えてございます。

以上、御説明してきましたとおり、我々は事故後、原子力安全改革に取り組んでまいりました。繰り返しになりますが、そんな中で、柏崎刈羽原子力発電所で一連の事例が発生いたしました。改めて御迷惑をおかけして大変申し訳ございません。

このスライドでは、一連の事案の概要を簡単に御説明します。

まず、IDの不正使用についてでございますが、これは当社社員が無断で持ち出した同僚のIDカードを使用して、周辺防護区域及び防護区域を通過して中央制御室に入域したという事例でございます。

本件に関しましては、原子力規制委員会で重要度判定「白」という形で御判定いただいております。

もう一つは、核物質防護設備の機能の一部喪失でございます。こちらは侵入検知に関わる核物質防護設備を誤って損傷しまして、この故障状況についての代替措置が不十分であったと。また、復旧に時間を要しているということでございまして、これについて重要度評価でも最も重い「赤」ということが確定してございます。

それと19ページでございます。

初めに申し上げましたとおり、福島第一原子力発電所事故の安全が既に確立した思い込み、事故への備えが不足したということでございまして、そのために安全意識を向上するためにこれまで様々な取組を進めてまいりましたが、今回の事案が起きたことを鑑みれば、まだまだ十分でなかったと考えてございます。

今後、発電所員と対話し、その声をしっかり聞くこと、基準がしっかり守られているかどうかということの棚卸しをすること、あるいはその取るべき行動はどうだったかということ、を所員と一緒に考えて、それを実行するといったことを考えながら、しっかりと取り組んでまいりたいと考えてございます。

最後になります。私たちは福島第一原子力発電所事故の反省と教訓から、安全を最優先したリスク管理、安全品質の向上という取組を行ってまいりましたが、まだまだ我々にはやらなければならないところが多々あると考えています。今後も引き続き原子力安全改革に取り

組んでまいりたいと考えてございます。

以上で、御説明を終わらせていただきます。

(上坂委員長) 渡辺様、ありがとうございました。

それでは、質疑をさせていただきます。

それでは、佐野委員、お願いします。

(佐野委員) 御丁寧な説明、ありがとうございます。

渡辺さんは冒頭と末尾に柏崎刈羽の今回の事案に言及された訳ですが、核セキュリティ上、非常に深刻な事態が生じていたわけで、まず遺憾表明をしたいと思います。是非、早急な対策と再発防止努力をお願いしたいと思います。

それから、本題の福島についてですけれども、説明を伺っていて、外部のメカニズム、例えば J A N S I のピアレビューとか、福島事故以降、安全性を確保するために工夫や努力がなされてきたわけですが、やはり一番重要なのは自主的な安全性向上だろうと思います。常にリスクをスタティックなものとしてではなくダイナミックなものとして捉え、常に自らを省みて自主的に安全性を向上していくという努力が一番コアになるのだらうと思います。

アメリカの経験に鑑みても、自主的に安全性努力を行った結果、稼働率も上がっているという事実もあるわけですから、是非この分野における継続的な努力をお願いしたいと思います。

それで、一つ質問ですが、今回の御説明の中で、安全性を向上させるために、ハード面の様々な措置を導入され、また、組織文化、これを改善するために監視組織を整備する等、御努力をされ、更に、個人レベルでも研修、教訓を伝える全社員の研修を実施されているということで、大変な御努力を重ねてこられたと思うのですが、私の質問は、福島事故から10年の間、御社の原子力発電所は全て止まった中で、現場での安全性努力はどのように行われてきているのでしょうか。

(渡辺部長) ありがとうございます。まずは今回の核物質防護に関する問題に関しましては、誠に反省しておるところでございます。今後しっかりと原因究明をした上で、対策を進めてまいりたいというふうに考えております。

それから、先生おっしゃったとおり、やはりいろいろな外部レビューによる指導も頂いてございますけれども、やはり私ども自ら公表する、正に自主的安全向上するということが最も大事であるというふうに考えてございます。それぞれの分野、運転、メンテナンス、いろいろな分野で今そのセルフアセスメントと称しまして、自分たちで自らほかの発電所と比べ

て、いいところと比較をして、どんなところにギャップがあるかというようなことを引き出しながら、それを埋めていくというような活動も始めておるところでございます。こういった活動を一つ一つやっていくことが大変大事であると考えています。

それは正に原子力が停止中であっても、自主的に安全性、現場の安全の向上を進めていくためにはどうしたらいいかということにもつながっているものでございますけれども、例えば現場の安全性の向上の努力ということの中の一つとして、我々としてもなかなかその現場をしっかりと見るということができなかったということがございました。これがギャップという形で出てきましたので、現場をしっかりと見るということで、マネジメントオブザベーションという形で、発電所の管理者の者がしっかりと現場を把握して、リスクがないかを把握して、それを改善していくというような形での努力をしておるところでございます。

それから、もう一つ、これは原子力安全対策プランの中の一つでございますけれども、原子力安全向上コンペというものを実施してございます。これも社員の一人一人が原子力の安全につながるような対策がないかというアイデアを出して、それを競い合って賞を与えていくというようなものを活動してございます。

その中で、例えばSBO、ステーションブラックアウトの事態になったときでも、設備が、状況が分かるように、簡単ではございますが、蛍光のペイントを張って、ペイントをして、それが何であるかということを確認にするであるとか、そういった小さなことも含めた取組を促すことによって、現場での安全の向上といったようなことにも取り組んでおるところでございます。

また、このスライドにあります緊急対応訓練も地道に積み重ねていくことが大事なので、こうしたことによって現場での安全性の向上努力を重ねておるところでございます。

(佐野委員) どうもありがとうございました。

(上坂委員長) では、中西委員、お願いします。

(中西委員) どうも御説明ありがとうございました。

福島事故以来、随分いろいろなことをされてきていると思いますが、反省点ということで、9ページの二つのことから全て発しているように思います。

最初のことは共通原因の故障への配慮ということですね。ここでちょっと気になったことは、ちょっとでも何かあると、非常に大きく取り扱われるような傾向もあるものですから、かなり原子力発電所では故障と事故の区別というのはきちんとしていけないうると思うので、すね。

例えば、将来何年たてばこの配管は駄目になるかもしれないから取り替えるとか、これが壊れるのは故障で、最初から見通せていたとか、そういうものもあると思うのですが、共通原因、故障への配慮が足りずというのですが、事故と故障というのはやはりきちんと区別されていると思うのですが、どんなふうにされているかということが一つと。

それから、二つ目は、その反省点の2番目というのは、海外の事例からいろいろ学ぶとあるのですが、具体的にはその安全強化策や運転経験の情報はどういうところに活かされているのか、ちょっと具体的に安全対策というのは福島を踏まえてということで、12ページもいろいろ御説明があったのですけれども、海外の事例というのはどんなところに来ているのでしょうか。マネジメントなののでしょうか、その二つのことです。非常に大変なことをやられているということは重々分かっておりますが。

(渡辺部長) ありがとうございます。

まず故障、それから事故という区別ということでございますけれども、これについては故障というのは正に先生がおっしゃったように、ある設備が何か故障したかどうかということそのものを指してございまして、それが結果としてどのような状況に陥ったかということをお我々は事故という形で定義させていただいておるところでございます。

この辺りが技術的なところはということだったのかということをやはりしっかり説明していくということが大事だというふうに考えてございますので、その辺りのコミュニケーションはしっかりとしてまいりたいというふうに考えておるところでございます。

それから、海外の事例をしっかりと取り入れていきたいと思いますということにつきましては、一つにはスライドの11ページにございますが、これはマネジメントモデルというところがございます。これは我々の仕事のやり方一つ一つが、やはりその見直していくと海外の仕事のやり方というのは、なかなか先進的で、全て私のところで我々が学ぶべきことが大変多いというところがございました。

マネジメントモデルとして、海外の事例を学んでいるということについても一度御説明させていただきたいと思っております。

我々は、やはり仕事のやり方一つ一つをいわゆる世界中のエクセレンスから学ぼうということで、アメリカの原子力発電所から運転であるとかメンテナンス、それから放射線防護といった主要な分野の方々をお招きし、一つ一つの業務のやり方を改善させていただいてまいりまして、その上で、このマネジメントモデルを作り上げたということでございます。

そういった海外の先進的な取組を生かすことによって、我々として継続的な改善を進めて

いく組織になるという土台を作って、現在も改革を進めておるといところでございます。

説明が途中で途切れまして、大変申し訳ございませんでした。

以上でございます。

(中西委員) どうもありがとうございました。

(上坂委員長) 委員長の上坂でございます。渡辺さん、今日は詳細な説明をありがとうございました。

今回の事案は、社会の原子力への信頼を損なう、あってはならないことであります。また、社会心理学の先生ともお話しするのですが、リスクコミュニケーションにおいても一番重要なことは事故、事案を起こさぬことと言われております。是非猛省いただいて、再発防止に全力を挙げていただきたいと思います。

それで、私も今日御説明いただいた1Fの安全対策や状況は去年11月に見学させていただきました。サイト内が非常に整頓されていて、それから廃炉は当然業務として定着しているという実感を得ました。今日、御説明いただいた安全対策が着実に進んでいるということは実感いたしました。

ただ、核セキュリティに関しては1980年代、カーター政権が核不拡散政策を言い出しまして、それから9.11の同時多発テロで更に強化されて、そして2010年核セキュリティサミットがあって、国際連携が強化された歴史があります。しかしながら原子力の安全に比べますと歴史も浅いということがあります。

その教育に関してはJAEAの核不拡散・核セキュリティ総合支援センターや大学や人材育成ネットワークや技術士会の方で今、整備強化中だと思います。外部の脅威のみならず、過去の事例を見ますと内部要因がかなり多いのですね。したがって、その事業者の信頼性の向上もしっかりやるということで、全ての原子炉施設、現在それを推進中ということでもあります。ですので、是非、核セキュリティがどうして必要なのかということ、そういう歴史を含めて、教育を更に徹底させていただきたいと思います。

今日の資料を見ても、18ページによろやく核セキュリティ文化という言葉が出てきました。これまではずっと安全は書いているけれども、18ページの「安全文化および核セキュリティ文化」と。ここで初めて出てきましたので、是非セキュリティの方も教育強化していただきたいと思います。

また、特に1Fは事故が起きまして廃炉中のサイトでありますし、これから燃料デブリの取り出しが始まります。非常に特殊な施設です。もちろん安全は今日御説明されたように十

分な対策もされております。是非核セキュリティも今回のことを猛省していただいて、1Fの核セキュリティもしっかり徹底させていただきたいと思います。いかがでしょうか。

(渡辺部長) 全く先生のおっしゃるとおりで、核セキュリティについて私ども今回不祥事をしたところについては本当に大いに反省して、これからしっかりと原因を追及してまいりたいと考えてございます。

やはり、先に言いましたIDカード使用なんかの原因リスクも、やはり核物質防護の重要性の理解が足りないであるとか、あるいはさっきおっしゃった内部脅威に対する意識が少し不足しているとかいった問題点が出てきてございます。こういったことをしっかり踏まえながら、正に核セキュリティの教育の強化であるとか、そういったことも含めてしっかりと取り組んでまいりたいと考えてございます。ありがとうございます。

(上坂委員長) 是非よろしくをお願いします。

それでは、委員の方々からほかにコメントとか、いかがですか。

では、以上でございます。どうも本日はありがとうございました。

(渡辺部長) ありがとうございました。

(上坂委員長) 以上で、議題2は終了でございます。

次に、議題3について、事務局から説明をお願いします。

(實國参事官) 三つ目の議題は、九州電力株式会社玄海原子力発電所3号炉及び4号炉の設置変更許可について(使用済燃料乾式貯蔵施設の設置)(諮問)(原子力規制庁)です。

本日は、原子力規制庁原子力規制部実用炉審査部門藤森昭裕安全管理調査官から御説明いただきます。

藤森様、よろしくお願いいたします。

(藤森安全管理調査官) 原子力規制庁の実用炉審査部門の藤森でございます。本日はよろしくお願いいたします。

それでは、お手元の資料3-1、3-2、それから参考資料がございますけれども、それに基づきまして、御説明申し上げます。

まず、本件、玄海原子力発電所の設置変更許可の案件でございます。設置変更許可の内容につきまして、参考資料第3号の方で、まずは簡単に御説明させていただければと思います。

まず、1枚目に敷地の図面と下に乾式貯蔵施設の建屋の図面がございますけれども、本件使用済燃料の乾式貯蔵施設を設置する設置変更許可の案件になってございます。

設置場所につきましては、こちらの上の図面の点線で囲んである部分に設置予定でござい

まして、構造概略図としては下の図にございますように、左側が貯蔵エリアとなっております、右側が取扱いエリアですけれども、この貯蔵エリアに最大45基の乾式キャスクを貯蔵する計画となっております。

次のページでございます。乾式キャスクの種類として記載してございますけれども、こちらに記載の燃焼度、濃縮度等の燃料を、二つの種類に、合計40基で、使用済燃料の数としては最大960体分を乾式キャスクに貯蔵する計画としています。

以上が簡単な変更内容の説明でございますけれども、資料3-1号を御覧いただきまして、意見の聴取についてでございます。原子力規制委員会から原子力委員会殿宛に発出しているものでございますけれども、2枚目に別紙で、許可基準への適合について記載がございますが、本件申請につきましては、真ん中の、ポツが並んでいるところで、発電用原子炉の使用の目的（商業発電用）を変更するものではないこと、それから、使用済燃料につきましては、国内再処理事業者におきまして再処理を行うことを原則としておりまして、再処理されるまでの間は適切に貯蔵・管理するという方針に変更はないということ等を確認してございまして、これらのことから、平和の目的以外に利用されるおそれがないものと認められるとまとめさせていただいております。

簡単でございますが、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、質疑させていただきます。

それでは、佐野委員からお願いします。

（佐野委員）ありがとうございました。

今回は諮問ということで、検討させていただくこととなりますが、我々原子力委員会は今回の設置変更が平和の目的以外に利用されるおそれはないか否かという観点から検討するのですが、他方、今、東電の御説明があった核セキュリティの観点というのは、原子力規制委員会の方で最終的に確認するという理解でよろしいでしょうか。

（藤森安全管理調査官）原子力規制庁、藤森でございます。

そうです、核セキュリティにつきましては、我々の部門も別の部門で実際やっております、もちろんこれは使用済燃料を取り扱う建屋を新たに作るということで、核セキュリティにも関わってきますので、別途許可をその運用段階におきましては、核セキュリティについても別の部門で確認しながら進めていくということになるかと思いますが、諮問させていただくのは飽くまで平和利用のところの許可、法律に基づきましてセーフティの方の基準に

ついて諮問させていただいているというところでございます。

(佐野委員) ありがとうございます。

(中西委員) 私は特に、これでよろしいかと思えます。

(上坂委員長) 私も詳細な説明があります、図面もありますので、安全を十分にチェックされているかなという印象であります。ですので、佐野委員からも御指摘があったように、今回の件とはちょっと違いますけれども、セキュリティの問題の事案がありましたので、是非別の規制庁の中の方と、セキュリティのチェックをしていただければと思います。

それで、本件の諮問の件ですけれども、この九州電力さんの玄海発電所3号、4号に関する基本の業務にはもう一切変更することはないということは理解できましたので、これで問題ないかなというふうに考えます。

ほかの委員の先生、ほかに御質問があれば。

では、そういうことで、これに沿って安全第一で進めてください。よろしく申し上げます。

(佐野委員) 来週、答申ですね。

(藤森安全管理調査官) はい。

(上坂委員長) 議題3が以上でございます。

次に、議題4、事務局の方から御説明、お願いいたします。

(實國参事官) 四つ目の議題は、関西電力株式会社美浜発電所3号炉、高浜発電所1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉並びに大飯発電所3号炉及び4号炉の発電用原子炉設置変更許可について(大山火山の大山生竹テフラの噴出規模の見直しへの対応)(諮問)(原子力規制庁)です。

本日は、原子力規制庁原子力規制部実用炉審査部門、渡邊桂一安全規制調整官から御説明いただきます。

それでは、渡邊様、よろしく申し上げます。

(渡邊安全規制調整官) 原子力規制庁の渡邊でございます。

お手元の資料第4号に基づきまして、御説明をさせていただきます。

本件は、美浜、高浜、大飯と関西電力の三つの発電所について、まとめて諮問させていただいておりますけれども、一番後ろ、参考資料第4号に基づきまして概要を簡単に御説明させていただきます。

資料をめくりまして、2ページ目に審査の経緯が書いてございます。

こちらの今の関西電力の三つの発電所については、いわゆる新規制基準、原子力規制委員

会ができてから新しい、福島第一の原子力発電所事故の経験を踏まえて新しい基準を作りました。それに全て合格したプラントになってございます。

平成27～29年頃にかけて順次その新基準の適合性については審査をしまして、許可を出したというものでございましたけれども、その後で、火山に関する新しい知見が出てまいりました。

こちらに書いてあります大山火山というのは中国地方にある火山ですけれども、そこが噴火したときに火山灰が関西地方の方まで飛んでまいりまして、発電所の中に積もることになりますけれども、これは大山生竹テフラというふうに呼ぶのですが、過去の火山の噴火の履歴を調べまして、そのときにどんな大きな噴火があったか、その噴火と同じくらいの規模のものが起こるとすると、サイトの中にどのくらいその灰が積もるか、審査をしました。この想定が一番上のポツに11km<sup>3</sup>の噴出規模が見込まれるとありますが、新基準の審査のときにはもっと小さいものを想定しておりました。けれども、その後、学会の方とか、あるいは論文ですとか、あるいは実際の地質調査などでもっと火山灰が積もったような跡が出てまいり、その知見を踏まえ、大山生竹テフラの噴出規模が、11km<sup>3</sup>程度と見込まれます。

それに基づいて想定される自然現象としての火山の噴出規模、それから、それに対する発電所の設計の基本設計方針を変更するように令和元年6月19日に、二つ目のポツで、設置変更の許可申請を行うように、原子力規制委員会から関西電力に対して命令を発出いたしました。それに基づきまして、令和元年9月26日に関西電力から変更の申請を受理したものになります。

これにつきまして審査をしたというものが審査の経緯にございまして、次のページを御覧いただきますと、その降下火砕物、いわゆる火山灰が噴出し、それがサイトにどのくらい積もるかということについて見直しを行いました。

その表がありますけれども、※印のところに「申請前の既許可の最大層厚は各発電所10cm」、10cmぐらい積もるだろうというふうな想定をしておりましたけれども、こちら、図のところに点を書いてありますけれども、これは京都市の越畑というところがありまして、そこで25cmの火山灰の層が見つかっておりまして、それが大体発電所から200kmぐらい、具体的な数字は覚えてないのですけれども、かなり距離があり、これは大飯の発電所と大山の火山との距離とほぼ同じようなところでございます。

ここで25cmの灰が積もったような事案がありますので、それと同程度の灰が発電所の

方にも積もるということを想定いたしまして、美浜発電所で22cm、大飯発電所で25cm、高浜発電所で27cmという形で、その火山灰の最大の層厚を見直したというものでございます。これらについてはシミュレーションの結果とか、あと、実際の火山灰が見つかったところの層厚との関係から総合的に評価して、適切に設定されていることから妥当であると評価をしたものでございます。

その発電所に火山灰が降ったときに、施設に対して影響があるのではないかとということで、それを確認したのが次のページでございまして、こちらは要求事項としては、火山事象が発生した場合でもその安全施設が安全機能を損なわれない、要はその原子力発電所の施設、どこかの機能に対して影響がないということを確認するものでございまして、大きな影響としては①、②、③とありますけれども、施設を内包する建屋、原子炉建屋ですね、それから屋外施設、タンクなどありますけれども、そこに火山灰の加重がかかったときでも大丈夫だと。

それから、屋外との接続がある施設、屋外に飛び出しているようなポンプ類ですとか、物はございますので、そこが詰まったりしないか。それから、あとは火山灰が降ってきたときに除去ができるかどうかということを確認しまして、火山灰の量が増えた場合でも、これらについては成立性があるということを確認いたしまして、審査の結果を取りまとめたものでございます。

今回、原子力委員会にお諮りいたしますのが資料4-1-1、4-2-1、4-3-1でございまして、平和利用の観点からの諮問でございまして、4-1-1号を御覧いただきまして、2ページ目でございます。裏面でございます。

こちらは美浜で代表させていただきますけれども、こちらについて発電用原子炉の使用の目的を変更するものではないと、あと、使用済燃料については従来の処理方針に変更がないということを確認いたしまして、発電用原子炉が平和の目的以外に利用されるおそれがないものと認められるという形でまとめてございます。

以上、御審議よろしく申し上げます。

(上坂委員長) それでは、質疑、佐野委員、申し上げます。

(佐野委員) 御説明、ありがとうございました。

諮問ということで、今後検討させていただくということになると思います。

それで、ちょっと質問ですけれども、横長の紙の3ページ目のブルー、火山事象の影響評価とございますね。この大山のところ、グリーンとブルーと紺色、更に薄い、これは数字が

ちょっと書いてあって見えにくいのですが、これは等高線ですよ、いわばその火山灰が積もる。

(渡邊安全規制調整官) はい、そうです。

(佐野委員) これは20と見えるのですが、説明してもらえますか。この数字がぼけて分からないのですけれども。

(渡邊安全規制調整官) 済みません、これは、この数字自体は  $\text{kg}/\text{m}^2$  のコンタを示しています。

(佐野委員) 重さですか。

(渡邊安全規制調整官) はい、重さ、要は単位面積当たりの重さですね。それを等高線でプロットしているのですけれども、それをその火山灰の層厚、密度は決まっていますので、火山灰の層厚に換算したところ、ここの数値、それぞれの発電所の数値になるというものになってございます。

だから、この図でいいますと、この一番薄いところですね。端っこのところが20と書いてありますけれども、これは  $20 \text{ kg}/\text{m}^2$  で、あとは青というか、水色みたいになっているところの境目、これが  $200 \text{ kg}/\text{m}^2$  になってございます。なので、大飯と高浜は200よりも内側に入っていて、美浜の場合はその濃い青のところ、200と、だからこれは75とか100とかの間ぐらいになると思いますけれども、その領域になるということでございます。

(佐野委員) ありがとうございます。

(中西委員) 御説明ありがとうございます。答申ということで検討させていただきたいと思いますが、その事故の影響というのは、要は先ほどおっしゃいましたけれども、火山灰の重さでどうなるかと、重さが一番のポイントなのではないでしょうか。全ていろいろなものが稼働しなくなるということなのではないでしょうか。

(渡邊安全規制調整官) 火山灰の影響自体は重さで例えばその建屋や外のタンクが潰れないかというのがありますけれども、あとは、例えばその機械のところに火山灰がかみ込んで動かなくなるとか、あるいは化学的に腐食をしてしまわないとか、そういった影響が考えられます。

今回は、火山灰の厚さが厚くなったということなので、基本的には加重のところを見ておりますけれども、もともとの許可のときには、その火山灰がかみ込んでモーターが動かなくならないか、それから、化学的に腐食してしまわないか、ちゃんとコーティングとかされて

いるかどうかとか、そういったことは前の新基準の許可のときに既に確認をしてございます。(中西委員) それで火山灰は見直し時で10%ぐらい変わっているわけですね。10%厚さが変わると相当やはり加重とか、中に入り込むのはいいとおっしゃっていましたがけれども、かなり変わるものなのではないでしょうか。

(渡邊安全規制調整官) これは済みません、その表が若干分かりにくいのですがけれども、もともとこれは今回の審査の前と、全部のサイトが10cmになっていました。

この表の見方としては、これは15から矢印22というふうに書いてありますけれども、これは関西電力が最初にその申請のときに15、22、25というふうに出してきていまして、それを更に安全を見て上乘せをしたというのが最終的に、この22、25、27というふうになっておりまして、ですから、ほかの大体の発電所が2.2倍から2.7倍というふうな形になっています。そうすると、やはりかなり加重としては影響が大きくなってまいりますけれども、もともとかなり建屋などについては余裕がありますので、今の設計の範囲内でおおむね大丈夫だというふうには考えております。

ただ、これについては最終的なその強度計算を、今後この許可が出た後に設計及び工事計画の認可というプロセスがございますので、そこの中で確認していくというふうな形でございます。

(中西委員) どうもありがとうございました。

(上坂委員長) 説明、ありがとうございました。

これでこの参考資料4号の3ページの左のシミュレーション結果ですがけれども、これは事業者さんがやった検証でしょうか。

(渡邊安全規制調整官) そうです、はい。

(上坂委員長) これの結果に基づくのですがけれども、この検証は、京都市の越畑の実績からでしょうかね。

(渡邊安全規制調整官) このシミュレーション結果自体は汎用的な降度を用いていますので、基本的にはそういう同じような結果が出るだろうということでありまして、最初にそのシミュレーションで出してきたのが美浜13、高浜21.9とかという数字なのですがけれども、この越畑という地点のところ、ここで実際に火山灰が25cmというものを使っています、これが大体大飯と同じぐらいの距離になっています。なので、ちょっとシミュレーションだけだと当然不確かさもありますので、ある程度余裕を見るべきではないかということで、この越畑の25cmを踏まえて、更に余裕を乗せたという結果でございます。

(上坂委員長) 計算は一回やって、越焔の値でちょっと補正をかけて同じ係数を使うということ。

(渡邊安全規制調整官) はい、そういうことですね。

(上坂委員長) そうすると、20～30cmの火山灰が積もることなので、中でのその電源は停止状態になって、非常用電源でしばらく保たすのですかね。

(渡邊安全規制調整官) はい。

(上坂委員長) 何日くらい保つのですかね。

(渡邊安全規制調整官) おっしゃったように、外部電源については、これはもう火山灰が降ると期待できなくなりますので、非常用ディーゼル発電機に期待することになるのですけれども、こちらについてはそもそも燃料が7日間敷地内にちゃんと保管されていることが条件になっていますので、少なくとも7日分の燃料はあるということでございます。

(上坂委員長) その後、その煤塵を除去で道路整備して、7日間のうちにそこを整備してくれば、また次から燃料が入ってくるということですね。

(渡邊安全規制調整官) はい。

(上坂委員長) あとは重量の件は今、中西委員から御質問があったとおりでございます。では、そういうことでこの安全が確認されているということで、またこの四つの発電所の使命、ミッションである原子力発電、それから使用済燃料の取扱いに関して方針の変更はないということですか。

ということでありまして、これはこの後、委員会で検討させていただいて、来週に見解を出すという方向でございます。

それでは、よろしいでしょうか。

(佐野委員) 外部電源というのは、こういう火砕物が落ち込むとすると喪失してしまうものですか。

(渡邊安全規制調整官) はい、どのくらいの火山灰が降ると喪失するかというところについては諸説あるのですけれども、かなり量が降るとやはりその碍子もありますし、あとはその送電線に対する重みとか影響もありまして、基本的に落ちるものだと考えています。

(佐野委員) ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、安全確認しまして、変更ないということを確認しましたので、来週見解を出したいと思います。

どうも今日は御説明、ありがとうございました。

それでは、議題は以上でございます。

次に、議題5について、事務局から説明をお願いいたします。

(實國参事官) 今後の会議予定について御案内いたします。

次回開催につきましては4月13日、火曜日、14時から、場所は8号館6階623会議室を予定しております。

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等の開催案内をもってお知らせいたします。

(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。

ないようでしたら、これで本日の委員会を終了いたします。

どうもありがとうございました。