

第18回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和6年6月11日（火）14:00 ～ 16:30

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館8階816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、畑澤参与

内閣府原子力政策担当室

山田参事官、梅北参事官

関西電力株式会社

棚橋原子力発電部長

公益社団法人日本アイソトープ協会

北岡医薬品部次長

4. 議 題

(1) 原子力発電所の保全活動について（関西電力株式会社 原子力発電部長 棚橋晶氏）

(2) 医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランのフォローアップについて

【医療用R Iをめぐる各国の情勢】

（公益社団法人日本アイソトープ協会 専務理事（原子力委員会参与）畑澤順氏、
同協会 医薬品部 次長 北岡麻美氏）

(3) その他

5. 審議事項

（上坂委員長）時間になりましたので、令和6年第18回原子力委員会定例会議を開催いたします。

少し前の話になりますが、5月20日から24日まで、ウィーンにおいてIAEAの主催により、核セキュリティに関するIAEA国際会議、ICONSが4年ぶりに開催されました。同会議はIAEAが主催する核セキュリティに対する4回目の会議であり、グローバル

な核セキュリティ対策を更に強化するための方策を議論し、各国の知見の共有を促進すること等を目的として開催されました。初日の5月20日に開催された閣僚級会合に、我が国から政府代表として辻外務副大臣が出席するとともに、2日目以降のセッションにはJAEA、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター（ISCN）から井上センター長ほかが出席されたと聞いております。核セキュリティの取組は1国だけではなく、全世界的な取組が必要であり、IAEAのこのような取組を原子力委員会としても注視してまいります。

本日の議題ですが、一つ目が原子力発電所の保全活動について、二つ目が医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランのフォローアップについて、三つ目がその他であります。

まず、一つ目の議題である原子力発電所の保全活動でございますが、昨年の通常国会で高経年化した原子炉に関する規制の厳格化とともに、原子力発電の運転期間に関する規律、具体的には原子力発電所の運転期間は40年、延長は20年、原子力事業者が予見し難い理由による停止期間を考慮するなどの規律の整備について規定する、いわゆるGX脱炭素電源法が成立しました。これを運用するに当たり、実際の現場での保全活動がどのようになっているのかについて、本日は我が国に所在する廃止を決定したもの以外で最も運転年数の長い原子炉を所有する関西電力からお話を頂きたいと思っております。

二つ目の議題ですが、先週に引き続きアクションプランのフォローアップを行います。

一昨年前にアクションプランが決定され、その後、医療用等ラジオアイソトープをめぐる世界情勢も変わってきていると思っております。それらを確認しつつ政策を進めていく観点から、本日は御説明いただきたいと思っております。

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、原子力発電所の保全活動について。関西電力株式会社 原子力事業本部 原子力発電部門 原子力発電部長、棚橋晶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、「原子力利用に関する基本的考え方」の3の2、「エネルギー安定供給やカーボンニュートラルに資する安全な原子力エネルギー利用を目指す」に主に関連するものでございます。

それでは、棚橋部長、御説明をよろしくお願いいたします。

（棚橋原子力発電部長）関西電力の棚橋でございます。

それでは、私の方から原子力発電所の保全活動について御説明したいと思います。

お手元の資料の1ページ目を御覧ください。

まず、原子力発電所の保全活動の概要ということで、御覧のパワーポイントにつきましては、まず保全活動というのは大きく大別しまして3種類の保全活動をしてございます。

一つ目は、一番表の上にご書いてございます日常点検・保全、状態監視、定期試験等ということで、これは日々連続的に、又は定期的に日々監視をしてございます。

それから、二つ目の列で定期事業者検査、これはよく定検と言ってございますけれども、プラントを停止いたしまして、13か月ごとに機器の分解点検などをしまして行う検査でございまして。

それから、3段目でございますけれども、これは高経年化技術評価、あるいは長期施設管理方針と我々は呼んでいますけれども、これは30年以降、10年ごとに評価を行いまして、その結果を踏まえて追加すべき保全策を抽出しまして、長期施設管理方針として策定いたします。我々はその策定しました方針にのっとりまして、機器の取替えとか、点検とかをしております。

さらに40年目でございますけれども、これにつきましては、先ほどお話がありました、運転期間の延長認可というのを取らないといけませんので、40年目までに行います点検というものがございます。こちらが取替え困難な機器に対して特別点検を実施して、健全性を確認するといったものになってございます。

さらに、新しい制度では、この長期施設管理方針というのが長期施設管理計画ということで、国の認可を要するものとなりました。

2ページ目を御覧ください。

こちらは、原子力発電所で行われています施設管理活動の概要が書いてございます。先ほどお話ししました日常行います日常点検・保全、状態監視、定期試験等というのは、一番左上の図に書いてございます。これはポンプとか、モーターとか、ファンとか、盤とか、配線とかについて、サーモグラフィ等により異常がないかということを確認してございます。例えば、ここで赤い印が付いてございますけれども、赤い色で塗られているところは、盤の接点なんかで異常に発熱しているところはないかということを見ている例でございまして。

その右側へいただきますと、今度は13か月ごとに行います定期事業者検査ということで、プラントを定期的に停止しまして、機器を分解して細部まで確認してございます。図は、これは蒸気タービンのケーシングを分解しまして、中の羽根等の点検をしてござい

す。あるいは、右の方に見ていただきますように、配管の減肉状態の確認とか、ポンプの中の状態確認といったことをしてございます。

さらに先ほど申しましたように、30年目から10年毎に行います点検ということで、下側にちょっと記載がございますけれども、例えば低圧ケーブルの取替えとか蒸気発生器の取替えなど、必要に応じて方針として策定しまして、それに基づいて機器の交換とか点検を進めております。

3ページ目を御覧ください。これらの保全活動は、この図にございますように、品質マネジメントシステムにより実施管理をしてございます。このシステムはP D C Aと我々呼んでいるんですけれども、Pはプランです。計画をまず立てて、Dがドゥで実施をいたします。Cはチェックで評価をいたします。その評価結果を用いて今度アクションということで、計画への反映をしてございます。このようにサイクルを繰り返していきますことで、設備を良好な状態に維持するものでございます。

4ページ目を御覧ください。

4ページ目は、原子力発電所における検査の種別を表してございます。大きく分類しますと、原子力発電所では供用前検査、pre-service inspectionです。それから、供用期間中検査、in-service inspectionと我々は呼んでおりますけれども、この二つに大別されます。

供用前検査というのは、工事計画に従って工事が実施されたこと、あるいは技術基準に適合していることを確認するために、新設プラントですと商業運転開始前、又は供用中でございますと補修とか取替えをした後にその供用を開始する前までに構造・機能・性能を確認する検査でございます。

下側の供用期間中検査でございますけれども、これはプラントの状態が維持されていることを確認していくために、機器、配管等の健全性を非破壊検査等により定期的に確認して、経年変化などを調べるための検査でございます。

下の表には、これらの検査がどういった基準に基づいてやられているか、どういった検査をしているかというのを記載してございます。

5ページ目を御覧ください。

こちらは、定期検査期間中に実施されます供用期間中検査の概要を表してございます。右側に図を付けてございますけれども、例えばクラス1ですと原子炉から蒸気発生器を介してまた原子炉に戻ってくる、このラインです。主要な系統でございますけれども、これをプラ

クラス1と呼んでいまして、そういうところがございますと非破壊検査を10年に1回、あるいは規格上7年の1回の場合もございます。それから漏えい試験などをしてございます。同じように、機器の区分に応じて検査をしてございます。

6ページ目を御覧ください。

こちらは、その供用期間中検査の具体例となっております。例えば、図に示しますのは原子炉容器の検査の具体例でございます。この原子炉容器の検査につきましては、機械学会の維持規格という検査規格に基づきまして検査をしてございます。図の中の数字が振られていますけれども、①から⑧までの部位に対して超音波探傷試験や目視検査などを実施してございます。

それから、7ページ目を御覧ください。

こちらは蒸気発生器の検査の具体例でございます。蒸気発生器の供用期間中検査では、全ての伝熱管、これは原子炉を通します水とタービンを回します蒸気を、管で原子炉の水でタービン側の水を温めているんですけれども、ちょうど①のところになりますけれども、この細管が一つの蒸気発生器当たり約3,000本ぐらいございますけれども、これ一本一本につきまして、渦電流を用いまして渦流探傷試験というのをやってございます。また同じように、溶接部には超音波試験とか、あるいはボルトについては目視試験なども実施してございます。

8ページ目を御覧ください。

こちらは配管の検査でございます。配管の検査につきましては、先ほど申した、ちょっと重要度区分のクラスに応じまして要求されております試験方法と程度が異なっておりますが、主にこの配管の構造上の不連続部位とか使用条件の厳しいところを代表箇所として選定いたしまして、そういうところにつきまして検査を行うことで経年変化なども確認してございます。

クラス区分に応じまして、検査方法とかその試験程度が異なっておりますが、その辺りがこのパワーポイントの中ほどの表に書いてございます。例えば、クラス1管ですと体積検査及び表面検査ということで、溶接継手の数の25%についてやるというのが規定されてございます。

それから、9ページ目を御覧ください。

8ページ目は一次系の放射能を含むような配管でございましたけれども、次に9ページ目は配管減肉です。主に二次系の配管について管理しているものを示してございます。こちら

の減肉管理につきましては、こちらは日本機械学会の加圧水型原子力発電所、配管減肉管理に関する技術規格というのがございます、それに基づいて検査をしてございます。

この配管の肉厚測定でございますが、測定対象部位の種類に応じまして、測定点に対して肉厚測定をいたします。肉厚測定をした結果、配管の必要な最小厚さを満足していることを確認して、更に減肉の傾向を見まして、十分な余寿命があることを確認してございます。写真はその検査をしているようなところの状況写真でございます。

10ページ目を御覧ください。11ページ目も同様な図が付いてございますが、これは、10、11ページは減肉管理をしている箇所の対象を示している図でございます。

10ページ目につきましては、流れ加速型腐食、FACと呼んでいますけれども、この管理をすべきところが赤い線で記されてございます。

11ページにつきましては、これは液的衝撃エロージョンと申しまして、水滴みたいなものがぶつかることで減肉していくような減肉を管理すべき箇所ということで、緑色で記載したところがそういう対象になってございます。これらのように、対象部位が規格上決められておりまして、そこについて測定対象部位として管理をしてございます。

12ページを御覧ください。

12ページにつきましては、今度は肉厚、先ほど測定しましたデータから余寿命をどのように算出しているかについて説明した図でございます。図のこのグラフでございますけれども、横軸が時間軸になってございまして、縦軸が配管の肉厚になってございます。通常、配管は必要最小厚さに対して十分余裕を持って製造されておりまして、通常は公称厚さ付近に新品でございますと肉厚がございまして、これが減肉によって徐々に肉厚が薄くなっていくということになります。その定点で減肉の測定をしておりますので、その測定点をプロットしていくわけです。プロットしていったら、どのように減肉しているかというのを推測してございます。その推測した余寿命が次回の定期事業者検査までの期間を下回る場合は、途中で漏えいを起こしてしまいますので、交換ということになります。我々は定期事業者検査でこういう経年データを取りまして、余寿命に十分余裕を持ったところで配管の取替えを実施していると、そういった保全をしてございます。

13ページを御覧ください。

こちらは、一番最初にお話ししました、40年を超える際に行う取替え困難な機器の特別点検の概要を示してございます。

機器としましては、取替え困難なものとして原子炉容器、それから原子炉格納容器、それ

からその格納容器の中にございますコンクリート構造物などが対象となつてございます。

特別点検の対象機器、点検内容につきましては、原子力規制委員会のガイドに定められておりまして、このガイドに基づいて点検を行つてございます。その内容が表の中に示してございます。例えば、原子炉容器の炉心領域部、この一番左の下の図を見ていただきますと、原子炉がありまして、中ほどに赤く塗られたところがあるかと思うんですけども、ちょうど燃料がある辺りが炉心領域部になりますけれども、こういったところは通常であれば溶接部に対して超音波探傷試験というのを実施しておるんですけども、この特別点検におきましては溶接部だけではなくて、板材の母材の部分についても超音波探傷試験を行うことが要求されてございます。

続きまして、14ページを御覧ください。

今度、個別に特別点検の内容を記載してございます。

まず、14ページ目は原子炉容器の特別点検方法について、炉心領域部を代表に御説明してございます。

この原子炉容器の炉心領域部ですけれども、劣化モードとして考えておりますのは、中性子照射脆化、これが考えられますが、この評価におきましては原子炉領域の内表面近傍の欠陥を検出するということが重要になってまいります。そのため、表層部に有効な手法によって超音波探傷試験を実施してございます。

この手法でいきますと、他のモックアップなどの試験によって深さ5ミリ程度の欠陥も検出できることが確認されております。現在我々は、深さ10ミリの欠陥を想定しても大丈夫だという評価をしてございますけれども、実際には5ミリの欠陥も検出できるような検査をしているということでございます。

それから、15ページを御覧ください。

こちらも原子炉容器の特別点検の内容になります。

炉心領域部とか、この原子炉容器には一次冷却材が出入りしますノズルというのが付いてございますけれども、そのノズルの角っこのところ辺の点検には、水中を動きますロボットで点検をしてございます。こういったロボットで、先端に超音波探傷試験装置とか、そういう探触子を付けまして傷がないかというような確認をしてございます。

それと、原子炉領域の一番下には炉内の中性子量を量るような計測の管台がございますけれども、そういったところの計測用の筒みたいなものについても点検をしてございます。いずれも有害な結果がないということを確認した上で、プラント寿命の延長を申請してござい

ます。

16ページを御覧ください。

こちらは、今度は原子炉領域から変わりまして、原子炉格納容器でございます。

原子炉格納容器については、かなり大きな容器でございますが、この原子炉格納容器で大事になってきますのは、これは金属製の鋼板でできているんですけども、鋼板が必要な板厚が確保されているというのを確認することが重要になってまいります。

板厚確保、劣化モードとしましては、板厚を減らすものとして腐食が考えられるんですけども、この腐食に対しては塗装をしまして、これを保護しております。ですから、内外面の鋼板について塗装が剥離していないか、浮き上がっていないかなど、目視により確認することによって健全であることを確認してございます。

図中の写真は、その点検の状況を示してございます。

17ページを御覧ください。

17ページにつきましては、最後にコンクリートでございます。

コンクリートにつきましては、先ほど申し上げましたが、原子力規制庁さんのガイドに従いまして、対象のコンクリート構造物を表中に記載してございますが、これらについて確認をしてございます。

その下の表には、着目する劣化事象として強度低下及び遮蔽能力の低下、これについては点検方法としてコンクリートのコアを採取しまして、コンクリートの強度、遮蔽能力、中性化、塩分浸透、アルカリ骨材反応の5項目について確認をしてございます。

右側の表につきましては、点検要否の星取り表になってございます。強度、中性化深さ、アルカリ骨材反応の3項目につきましては、環境条件によらず全て対象としてございます。また、遮蔽能力や遮蔽能力の要求がある部位、塩分浸透について海水や空気中の塩分の影響を踏まえて、外壁とか取水槽を対象として確認をしてございます。

18ページを御覧ください。

18ページは、その対象構造物につきまして、高浜3・4号機を例に、どこに配置されているかというのを示してございます。

19ページを御覧ください。

これらの点検部位を選定するに当たりまして、基本的な考えとしましては、点検項目ごとに劣化メカニズムや影響要素を踏まえまして、使用条件等が最も厳しくなる場所を選定することとしております。

コンクリートの中性化を例に、具体的に説明します。

コンクリートの中性化は、空気環境、すなわち二酸化炭素、温度、湿度の影響を受けます。塗装がしてある場合につきましては、これらの影響が低減されますので、点検部位につきましては塗装がない部分を選定するようにしています。

また、環境測定の結果からその影響度が大きい範囲を特に選定してございます。

20ページを御覧ください。

このページは、その点検方法について説明したものでございます。

いずれの点検項目につきましても、コンクリートのコアをサンプル採取しまして、実質規格などの規格類や最新知見を踏まえた点検方法としてございます。

左側の写真は強度を確認するためのコンクリートの圧縮試験をしている状況でございます。右側でございます写真は、コアを採取した穴で中性化深さを測定している状況でございます。

21ページを御覧ください。

こちらは、高浜3・4号機の運転期間延長認可申請のときの点検結果の一例でございます。これら全ての点検項目におきまして、コンクリートの健全性に影響を与えるような劣化などは認められませんでした。

22ページを御覧ください。

続きましてコンクリートの、これは劣化の評価について御説明したものでございます。

基本的な考え方につきましては、コンクリート構造物の劣化事象に影響をもたらす要因ごとに評価を行っております。さらに、60年間の運転を想定いたしまして、特別点検結果や学会等の知見を用いて評価を行うこととしております。

23ページを御覧ください。

こちらは、主な劣化要因と劣化メカニズム、劣化技術評価の結果を示してございます。

本ページでは、コンクリートの強度低下に対する熱、放射線照射、中性化につきまして評価をしております。問題ないことを確認したものでございます。

続いて、24ページにつきましては、これは続きでございます。コンクリートの強度低下に対する塩分浸透とアルカリ骨材反応、またコンクリートの遮蔽能力の低下に対する熱の評価について問題ないことを確認したことを示したものでございます。

25ページをお願いします。

評価の例といたしまして、熱と放射線照射による強度低下の概要を御説明します。

まず、熱による強度低下についてでございます。

1次遮蔽材のうち、運転中に最も高温となります原子炉容器の炉心領域部につきましては、解析に基づきましてその表面温度とか温度分布を算出します。左下の表のように、コンクリートの最高温度が基準値以下であることを確認しております。さらに、右下の表につきましては、その評価点の近くで採取しましたコアの特別点検結果を用いまして、これは設計基準強度を上回っていることを確認してございます。

26ページを御覧ください。

次は、放射線の照射による強度低下について記載してございます。

これも評価部位はガンマ線とか中性子照射量が最大となる炉心領域部付近でございます。放射線量率、放射線照射量を算出しまして、これを目安値と比較しまして、目安値を超える場合は実際の耐力評価を行っております。

27ページを御覧ください。

その評価結果につきまして記載をしてございます。

まず、中性子照射量は目安値を超えております。右上の図が照射量の分布になってございまして、右下の赤いところ、こちらが目安値を超える範囲となっております。

この深さ方向でございますけれども、これは12センチ程度となっております。これらを上下を含めて欠損したとしてコンクリートの耐力評価を行っております。これは1次遮蔽壁の厚さと比べて十分に小さくて、構造上の問題となるものではございません。

この耐力評価の一例として、原子炉容器の支持構造物となるコンクリート接線方向の荷重による引っ張り評価について示してございまして、これらの欠損のない状態での耐震裕度が2.04でございますけれども、欠損を考慮してもこれが2.00と僅かに小さくなる程度で、十分余裕があることを確認してございます。

また、評価点近くで採取しましたコアの点検結果につきましても、設計基準強度を上回っていることも確認してございます。

28ページを御覧ください。

まとめでございます。

原子力発電所の安全性とか機器の健全性につきましては、まず日常点検・保全、それから状態監視・保全、定期事業者検査、それから高経年化技術評価などに基づく点検等により確保してございます。中でも非破壊検査は機器の健全性を確認する上で重要な技術であり、規格基準に従って確実に実施するとともに、我々更なる精度向上等を図る取組も実施しており

まして、安全性向上を都度図ってございます。

今後、これらにつきましては米国の動向も踏まえまして、確率論的な安全評価を用いた保全とか、運転中保全を取り入れていって効率化を図ってまいりたいと思っております。

当社は、昨年10月に高浜2号機の本格運転を再開いたしまして、7基の原子炉の運転を実現いたしております。さらに、5月29日に高浜3・4号機の60年までの運転延長認可について、原子力規制委員会より認可を頂いたところでございます。

原子力発電所を最大限活用いたしまして、S+3E、これらの観点から重要な原子力の安全・安定運転に努めるとともに、更に安全性・信頼性の向上に取り組んでまいりたいと思っております。

私からの説明は以上でございます。

(上坂委員長) 御説明ありがとうございます。取替えが困難な大型機器及びコンクリート等を含めた日頃の保全活動の全体と、それから数値も出していただきましてありがとうございます。

それでは、原子力委員会の方から質問させていただきます。それでは直井委員からお願いいたします。

(直井委員) 棚橋部長、どうもありがとうございます。大変分かりやすい説明で、理解できました。

ちょっと幾つか教えていただきたいんですけども、今、特に特別点検の中身を教えていただいたんですけども、これだけの検査をすると、これ通常の定期検査に比べるとやっぱり特別点検のときというのはどれぐらい長くなっちゃうものなんでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) まず、原子炉容器の点検でございますけれども、これ通常ですと、例えば6ページを御覧ください。これは原子炉容器を組み立てた状態になってございますけれども、こういった特別点検をやろうと思いますと、通常この炉内構造物というのは外に出さないんですけども、こういうのを外に出しまして、更にロボットを入れて、先ほどちょっと申し上げた、超音波探傷試験とかそういうのをしなければいけませんので、定期検査期間がやはり数か月延びるような、そういう状況になります。

あと、コンクリートの方は補足できますか。

(随行者) コンクリートの方におきまして、それなりに数は増えるんですけども、1か所当たりの作業ということで言いますと、大体1週間とかそのぐらいになります。それをうまく工程を組むことによって、定期検査全体の工程に影響を与えないようやっております。

以上です。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、ページ2で日常点検のお話がございますが、赤外線温度診断の非常に分かりやすい図が提示されておりますけれども、ポンプですとかモーター、ファンなんかは、振動を熟練した運転員が聞いて、それで異常を診断するというような形になると思うんですけれども、そういう熟練した運転員の育成はどういうふうにされているかという点教えていただければ。

(棚橋原子力発電部長) まず、振動診断がございますけれども、これは熟練工じゃなくて機械的に振動を取りまして、それで異常兆候、何か大きな振動が出るとか、そういった場合にメンテナンスを加えていくといったものでございます。

ポンプの異常、日常点検の中で運転員が巡回点検を毎日しておりますが、そこで聴診棒と呼ばれる棒でポンプの音なんかも聞いてございまして、そういったものは、訓練生が1年ぐらい掛けまして本番の補機員になると、そういったぐらいのスケジュール感で育成してございます。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、7ページ目で蒸気発生器の細管の渦流探傷試験を全数で配管でやるというようなお話でございますけれども、これ全数やると蒸気発生器1機どれぐらいの時間が掛かるのでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) 装置にもよるんですが、大体データを取るだけでおおよそ10日間ぐらい掛けて取ります。これはロボットでやっていますので、一遍に2本とか3本とか4本とか、そういった形でデータを取ってまいりまして、PWRですとメーカーさんにデータを送りまして、メーカーさんの解析室で更に10日ぐらいですか、データを解析しまして、傷がないことを確認してございます。

(直井委員) 大変なことですね。ありがとうございます。

それから、13ページ目で、原子炉容器の溶接部の欠陥の有無を検査されているんですけれども、溶接部で発生する欠陥は基本的にはSCCということよろしかったですか。

(棚橋原子力発電部長) 棚橋でございます。

そうです。今、対象としてございますのは、これは中性子を照射されて、それによって生じる中性子照射型のSCCです。応力腐食割れを念頭に置いてございます。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、14ページ目で中性子による脆化に関して、基本的には欠陥の有無で見ている、欠陥をかなり小さい欠陥まで検知できるというようなお話でございましたけれども、テストピースで照射脆化も見られていると思うんですけれども、母材の照射脆化が問題となるような劣化はしていないという理解でよろしかったでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) 母材側も当然脆化はしてまいりますけれども、溶接でつないだところは更にそこに構造上の不連続部があるというのと、それから溶接による残留応力がございしますので、そこら辺に傷が生じやすいので、通常の供用期間中検査ではそこら辺を中心に見ているのですけれども、今回特別検査では材料全体を見たとき、そういったものになってございます。

(直井委員) ありがとうございます。

それと、最後の質問なんですけれども、この保全全体において、JANSIですかATENAとの接点というのは何かあるのでしょうか。もしあったら教えていただければと思います。

(棚橋原子力発電部長) まず、JANSIさんでございまして、JANSIさんの方では保全をするポイントを、こういったところを見ていかなきゃいけませんよというようなガイドを作っておられまして、各電力、それを基にそれぞれの個々の機器の点検をするといったことをしてございます。

それから、ATENAにつきましては、保全単品ということではないんですけれども、例えばちょっと前に生じた大飯3号機のスプレイ配管の応力腐食割れというのがございましたけれども、この調査をATENAさん主導で、有識者を集めていただきまして御議論いただいたりとか、そういった原因究明なんかも皆でやってございます。

(直井委員) どうもありがとうございます。

私からは以上です。

(上坂委員長) 岡田委員、お願いいたします。

(岡田委員) 棚橋様、御説明ありがとうございます。私の方からは初歩的な質問になると思うのですが、まず9ページのところの配管の肉厚の測定の際に、肉厚の写真で、点のところが測定しているところと理解してよろしいですか。

(棚橋原子力発電部長) 御理解のとおりで結構でございます。

(岡田委員) その場合、その肉厚の比較するものというのは、最初に新品の状態の肉厚を比較するのか、それともある経過を見たあとの板厚なののでしょうか。グラフの方に、12ページ

のゼロ点というのがあると思うのですが、それはどういう状態のものがゼロ点なのでしょう
か。

(棚橋原子力発電部長) 肉厚測定、こういった計測器はまず基となる原器がございまして、例
えばこの板厚でいきますと、もう分かっている板厚の金属を使いまして、それをこの計測装
置で見てみて、これだけの信号が出たらこの板厚というのをまず、校正するわけです。それ
をそのまま今度は配管に持って行って、じゃ割合的にどうなったから、この配管の厚みはこ
れだけだという形で算出する訳でございます。

(岡田委員) ということは、経過をどんどん見ていくという形ですね。

(棚橋原子力発電部長) そういった意味では同じ点を毎回見ていきますので、時間経過に伴っ
てどうなっているかというのも毎回計測してございます。

(岡田委員) ありがとうございます。

それから、中に、13、14ページに母材と書いてあるのですが、この母材というのは具
体的には何に当たりますでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) こういった構造物は大抵板材、鉄板から造ります。鉄板から造ります
ので、その鉄板のことを我々は母材と呼んでおりまして、それを溶接でくっつけることが多
いので、そういうのを溶接部と呼んでおります。

(岡田委員) 分かりました。ありがとうございます。

それから、私は原子力分野の女性を応援したいという活動をしておりますけれども、保全
活動に女性職員というのはどのぐらいいらっしゃるのでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) 関西電力ではまだまだ少のうございまして、例えば私のおります原子
力事業本部の発電部門でいきますと、大体150名ぐらいの職員がおるんですが、それで1
名、2名と、そういった人数になってございます。

ただ、最近は少しずつ増えてきておりまして、例えば、実際に作業をする協力業者さん、
こういった方の中にも女性の職員の方がところどころ見受けられるといった形で、徐々に増
えてきてはございますけれども、やはりこういった作業というのは放射線を取り扱うような
業務になりますので、なかなかやっぱり一遍に増えるというのは難しいところでございま
す。理系の女性の方もなかなか少ない中で、増やしていくのは難しいという、そういった状況で
ございます。

(岡田委員) 私としては、理系の女性を増やしていきたいと思っていますので、仕事の分野の
中でそういう女性の活躍ができる場を増やして行ってほしいと思いますので、どうかよろし

くお願いします。

以上です。

(上坂委員長) それじゃ、青砥参与から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)

原子力施設において非常に重要な事業の内容を丁寧にお話しいただきました。ありがとうございます。

こうした保全の活動というのは非常に重要であり、今でも信頼性確保のために様々な工夫をされていると思いますが、一方で、再稼働されて、更に運転効率といいますか、稼働率をいかにして高めていくか、信頼性確保の上にさらに高効率を追求するとなると、一見相反するようなイメージになります。

そうした中で御存じのとおり、リスクインフォームド対応ですとか、様々な新たな手法や、新たな技術といったものも求められていくと思います。私の方から、一番ポイントとして確認させていただきたいのは、今日お話あった日々、あるいは1年、あるいは10年という形でやられている保全活動の中で、今後あるいはこれまでどういう対応、工夫をされてきたか、若しくは今後どうされていこうとしているかについて、お考えがあれば、お話しいただきたいと思います。

(棚橋原子力発電部長) 明確に今、ビジョンを持っているわけでは、計画を持っているわけではございませんが、まず日々我々これまでいろいろ不具合も経験しました。これについては根本原因をちゃんと特定して、再発しないようにということで、先ほど私、PDCAというお話をしましたけれども、ああいうシステムに乗せまして常に改善をしてございます。

今お話ございました、これからは効率も当然追求ということになるわけなんでございますけれども、これにつきましては米国なんかで成功しております、先ほどお話ありましたような、確率論的な評価とか、あるいは運転中の保全、これなんかも推進していかなければならないということを当然事業者としても考えてございまして、現在はそのデータを収集するとか、米国の状況を学習するとか、そういったことをしてございまして、将来的には導入をしていきたいと思っております。

原子力規制庁さんもそういったことについては御相談を頂けるというふうに伺っておりますので、引き続きこちらは進めてまいりたいというふうに思っております。

(青砥参与) ありがとうございます。

先ほど直井委員の方から話がありましたように、ATENAですとかJANSIといった、

そういった活動も含めて対応を今後強化していただきたいと思います。

それに関連するといえば関連するのですが、保全の中でいろいろな手法がありますが、状態保全、CBMがあって、それは今、先ほどのお話にもありますように、実際に使ってもいいということになっているはずです。一方で、規制庁は使ってもいいよと言いつつも、事業者側のその責において対応させようと考えているところ。今回はその話は余りなかったのですが、動的機器について、今具体的な例を示して申し訳ないですが、そういう保全の手法を変えていこうという活動についてはどうお考えでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) おっしゃったように、コンディション・ベースド・メンテナンスといまして、例えば振動診断なんかを用いましてそういう動的機器の評価をしていく、メンテナンスをしていくというのを、我々、実際やっております、既に。ただし、やっている機器というのはまだ重要な安全系機器とか、そういったものまでには手を付けていないというか、そこまでには及んでいないんですけれども、例えば空調用のファンとか、重要度が低いポンプとか、そういったものについては先ほどお話ありましたように、振動を診断しまして、それに基づいてメンテナンスをしていくというのをやっております、これらの実績を積み重ねて、信頼性を上げまして、最終的には重要な機器についても、どこまでどういうふうにできるかはまだちょっとビジョンはないんですけれども、拡大していくという方向性であるとは思っております。

(青砥参与) すみません、お答えにくい話をさせていただきましたが、非常に難しいと思います。状況は、CBMは先ほど言いましたように皆さん認めるところで、米国等では既にいろいろやられている。日本で、我が国でやろうとすると、じゃどこまで信頼性のあるデータベースがそろえば使ってもいいのかというところに余りはっきりとしたラインがない、あるいは議論がないので、なかなか事業者側としては、じゃここで踏ん切るかというのは難しいと思います。しかし、是非そういったデータベースの蓄積の共有とか議論を広げていただいて、少しでも科学的な保全になっていくように頑張りたいと思います。ありがとうございます。

あと二、三点、細かいところで申し訳ないですが、せっかく詳細に教えていただいたので、8ページに書いてある供用期間中検査の具体例のところ、定点という言葉が出てくるのですが、この定点というのは事業中というか、定事検の中で変わっていくものですか、それともこれはもう全く変えないで、この図の印が打たれているところを事業中ずっと見ていくと、そういうイメージでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) 基本的には変わらないものです。ただ、我々保全の中で取替えとかそういうことをしますので、そこが例えば新しいものに取り替わってしまった場合は、そこを定点として見ていくのが果たして適切かと、そういったことになりますので、それよりも古いものを見ていった方がいいということで、変更をするといったこともございます。

(青砥参与) やはり保全の中で新たなものに気付くとか、あるいは今言われたように、取替えがあれば定点はフレキシブルに変えていくと理解しました。

あと1点だけ。特別点検の中で、幾つか具体的な、例えば超音波探傷でいくと、深さ5ミリの欠陥とか、コンクリートですと12センチみたいな、具体的な値が挙げられていました。これは特別点検では10年に1回ぐらいの割合で行われていくという理解からすると、10年間の初期亀裂からの進展だとか、あるいは12センチからの湿潤ですとか、そういったものは全てここでは含まれている、検討の中に含まれた上で言っている5ミリだとか12センチだと思えば良いのですか。これは現状を評価されているのか、あるいは10年間分の損傷を確認されているのか、よく分からなかったのでお願いします。

(棚橋原子力発電部長) まず、原子炉容器の5ミリのお話でございますけれども、これについては40年時点で初めて行ったものでございますので、それまで、約40年運転してきて5ミリのものもございませんと。その瞬間の状態を表してございます。ですから、例えば極論をすれば、41年目に亀裂が発生するといったことも可能性としてはございます。

コンクリートの方は分かりますか。

(随行者) 関西電力の中山です。

コンクリートの方につきましては、運転開始後60年時点の値として12センチまで達するだろうということを考えてございます。

資料につきましては26ページの下段の方になるんですけども、③の耐力評価のところに記載しておりまして、運転開始後60年経過時点の放射線照射量が目安値を超えるかどうかというところで判断をしております。

以上です。

(青砥参与) ありがとうございます。

そうすると、今後どうなっていくかはよく分からないのですが、今の時点ではそれ以上の話はないが、更にもその寿命延長が認められる場合、同様な確認はまた別途、別の閾値を用いてやるという理解でよろしいですか。

(随行者) 関西電力の中山です。

まず、60年のこの照射量を見通すに当たりましては、保守的な運転率を仮定しております。まず60年まで実際に動かしたのがそれより大分低くなってきますと、この評価はまた下がる方向になります。

一方で、60年より長く動かすことになると、当然それを見越したまた新たな仮定を置いて、照射量を算出し直すことになるかと思えます。

以上です。

(青砥参与) ありがとうございます。

私からは以上です。

(上坂委員長) それでは、畑澤参与からも御意見を頂ければと思います。

(畑澤参与) 大変御説明ありがとうございます。

私の方の質問は、この原子力発電所の保全活動について、国際的なスタンダードというものはあるのかどうか。例えば、IAEAのような国際機関がこういうふうなやり方がスタンダードですというような、そういうのがあるのかどうかというのをお聞きしたいと思います。

(棚橋原子力発電部長) 答えから言うと、IAEAの長期運転のためのガイドと申しますか、標準というのがございまして、先日、美浜3号機でございますけれども、IAEAの専門家による長期運転のためのちゃんと体制が取られているかというレビューを受けてございます。それで美浜3号機につきましては、おおむね長期運転のための体制というのが取れていますというような評価を頂いております。改善点も幾つか頂いておりますので、そういうものにつきましては今後我々改善に努めてまいりたいと思っております。

(畑澤参与) ありがとうございます。

そうしますと、国内には電力会社が複数あるわけですけれども、この間で保全活動に関する情報の共有であるとか取組に関して、各事業者ごとにやっているのか、それともある程度の情報共有をなさっているのか、その辺のところはいかがでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) まず、こういった保全活動については、電気協会さんの規格で保全のやり方というのを決めた規格がございます。さらに、長期運転のお話でございますと、ATENAさんの方は長期運転のガイドを定めておまして、各電力、それに基づいて保全活動というのを実施しておりますので、ほぼほぼ同じような保全がされているものと認識しております。

(畑澤参与) ありがとうございます。

先ほど、岡田委員の方から、人材育成を含む女性人材の育成ということをお話がありまし

た。私、最近、非破壊検査工業会というところの会合に出て聞いていたんですけれども、やはりこの非破壊検査という、保全のために非常に重要な分野の職場でも、今のままでは人材が枯渇するので、特に女性人材の雇用と育成、その次が外国人というふうに言うておりました。

そういたしますと、原子炉そのものの運転とか運営とかは大変まだ女性人材も厳しいんだということでしたけれども、関連する領域のところには女性人材も少しずつ増えてきているというふうに聞いておりますので、そういうところから始められてもいいんじゃないかなと思いましたが、その辺はいかがでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) おっしゃるとおり、協力業者さん、こちらの方で例えば非破壊検査なんかやられている会社では、ちらほら女性の方も見受けられますので、別に我々男性だからどうの、女性だからどうのというので、作業員さんを選んでおりませんので、女性人材が増えてくれば、そういった方の活用というのも視野へ入ってくるというか、どんどん活用していくのかなと思ってございます。

(畑澤参与) ありがとうございます。

私の方からは以上です。

(上坂委員長) それでは、上坂から幾つか質問させていただきます。

まず、冒頭申し上げればよかったんですが、原子力委員会ではここまで定例会議で、原子炉の長期運転の健全性につき、圧力容器の中性子照射脆化につき、令和4年4月26日、電力中央研究所、それから圧力容器の中性子照射脆化後の確率論的破壊力学的検討につき、令和5年5月30日に日本原子力研究開発機構。それから取替え可能機器の長期健全性につき、令和5年10月11日に東北大学の青木孝行先生に御説明いただきました。今回は関西電力に取替え困難機器の減肉一括管理及びコンクリート等のもので覆うことを含めてお伺いしたということでございます。

それで、ここまでの質疑であったことに関連で、モーターの振動とか、振動音の分析とか、それからCBMなんですけれども、実は私もその関連する研究もやったことがあって、回転部分の機器が一番取替え頻度が高いと思うんですね。それで、一番の破損するところはベアリング、ボールベアリングで、それでそれは回転部と固定部をボールがつなげて支えているわけであって、そこが摩耗してくると潤滑油が汚れてくるということで、それで潤滑油の成分の疲労を見ているということがあったと思うんですが、そういうベアリングの管理は今どうなっていますか。細かくて恐縮です。

(棚橋原子力発電部長) 最初に説明すればよかったんですけども、CBMには3診断がございます。サーモグラフィー、それから振動診断、それから潤滑油視診、これは我々もやっております。

(上坂委員長) 熱と潤滑油と、それから振動ですね。一番の、前、青木先生の資料にもあったんですけども、頻度が高いのはやっぱりポンプ系、回転機系だったと思います。

それからあと、この減肉に関して、最後のページに減肉の説明がありますが、平成16年の美浜3号での事故なんですけど、これはあれですか、最後のページでいう左側のFACが原因ということなんですか。これは先ほどの系統部でありますけれども、全く同じ箇所じゃなくていいですが、10ページではどこに相当する箇所であって、その後、そこを別にどのようにやられているのですか。

(棚橋原子力発電部長) すみません、系統図ですので、正確な位置までは言えないですけども、10ページの一番下、左に復水器でございますけれども、ここから順番にヒーターで復水を加熱していきます。ヒーターの右側の方で破断しました。復水配管の流量計下流にオリフィスがあるんですけども、ちょっとオリフィスが見つからないのですが、そのオリフィスの下流側で破断したというのが美浜3号機の事故です。

(上坂委員長) たしか、この最後の図のように、そうですね、オリフィスがあって乱流が起きてですね。

(棚橋原子力発電部長) そうです。

(上坂委員長) ここの部分が減肉したということですね。そのときのこの肉厚は何ミリぐらいですか。10ミリぐらいでしたっけ。

(棚橋原子力発電部長) そうですね、ちょっと肉厚まで覚えていないですけども、肉厚、ちょっとお待ちください。

(上坂委員長) というのは、注意すべきは回転機器と、それからあと薄い部分ですよ。伝熱部は先ほど御説明あったように、電力单相でしっかり監視する。必ずしも薄くはないのだけれども、流体力学的に異常な流れがあるところですね。減肉があるところですね。ここを注意しないとイケないのですね。

(随行者) すみません、先ほどのM3のときなんですけれども、もともと初期肉厚が約10ミリのところが、破断時の最終肉厚は0.3ミリでございました。

(上坂委員長) そうですね、はい。ということで、これはもう肉厚は超音波等々で管理されているということになりますね、このときは。分かりました。以上です。

それから、次にコンクリートです。25ページ以降にコンクリートの試験の様子があります。内側から12ミリぐらい厚さの状況を見ていらっしゃるということで。25ページで、これは炉心の領域部の断面図があります。ここの赤い丸のところ辺りが一番コンクリートの劣化が激しいところで。これは中性子照射が高いところで。これはBWRでは照射量が少ないので起きないと。PWRだけということですよ。でよろしいでしょうか。

(随行者) その御理解で結構です。

(上坂委員長) それで、あと右側の方に下の方にコンクリート強度の試験結果ということで、設計基準があって、平均圧縮強度、これはあれですね、ボーリングして取り出したサンプルの圧縮強度を測って、比較されたところ、設計基準に比べて十分余裕があったということですね。

それから、次のページもオーケーで、それから最後の数字の比較は、真ん中のところの荷重と耐力の比ですね。これが2以上あるということで、ここもオーケーで、あと下の、この場所は赤いところですか、この右側の図の赤い部分のやはり同じように厳しい部分のコンクリートのサンプルの圧縮強度と設計基準強度を比較して十分余裕があるということよろしいですか。

(随行者) すみません、ちょっと1点だけ正確にお伝えいたしますと、赤い部分のところ、コンクリートが一番照射とか熱の影響を受けるんですけども、ここまで深いところのコンクリートのコアを取ることができませんので、逆側から取れる範囲で取っています。高さはそろえているんですけども、深さもここではちょっとずれがあるということになります。

以上です。

(上坂委員長) なるほど。それでこれ全体で今、サンプリングしているのは最大12センチというところで、ところが厚さは27.9センチということですか。ということですから、この表面の劣化を見られていて、しかもこれも設計に関して随分な強度が得られているということは非常によろしいことなんですけれども、これは是非全体のコンクリート構造物の応力の状況に対して、この薄い部分ですけども、いかがかということで、全体の何と申しますか、耐力に比べて劣化が何%とか、全体の厚さに対する劣化が何%ぐらいということを書いてもいいかなと。

というのは、構造物が本当に大丈夫かどうか、全体で見るわけで、表面だけが割れるかどうかじゃないと思うんです。そういう全体の何と申しますか、耐力が何%劣化しているんだというようなことを書いていただいてもいいかなと思います。その方が非常に全体構造物と

しては正確であると思うんですね。是非そういうような仕方も御検討いただければと思います。

それから、これは去年の柏崎刈羽の方からお伺いしたんですけれども、これは関電さんも同じ状況だと思うんですが、日本海側だと秋から冬にかけてかなり塩分を含んだ雨が、風雪がもう横殴りで、特に北や西のコンクリート外壁に当たって、そこでの塩害が非常に心配であるということなんです、今日、外壁の検査の話もありましたけれども、こちらはどうですか。東電さんの方はそういうボーリングの検査で問題ないというふうにおっしゃっていましたが、関電さんの方ではその結果はいかがでしょう。

(随行者) 関西電力では外壁につきましては、全て塩を受けないように塗装を施しておりますので、ほとんど浸透していないという結果が得られております。

以上です。

(上坂委員長) じゃ、内壁の一番危ないところはこれで、12センチ以内をしっかりと調べても耐力に余裕があるし、かつそれ全体の厚さで見た場合、更に余裕が出てくると思うんですね。そこも教えていただければと思います、念のために、安心のために。

それで、冒頭、電中研やJAEAに、この圧力容器の照射脆化による亀裂の進展の可能性のお話をしていただいたんですが、今日、超音波で測られたところ、5ミリも発見されなかったとおっしゃられました、じゃ二、三ミリはあったんですか。全くなかったんですか。リゾリューションの問題もあったんですけれども、どうですか。

(棚橋原子力発電部長) まず、基本的にはないと思っているんですけれども、ないと思っているという理由は、今、評価上、照射量と破壊靱性試験というのをやってございますけれども、その試験の結果から見ても、まだ我々事故時の荷重を掛けて耐力がどうかという評価をするんですけれども、そういった極端なはず力が掛かっておりませんので、発生は絶対してないかと言われると、ちょっと何とも言えないんですけれども、基本的にはないということになります。一次系のいろいろな配管とか、そういうのもほとんど亀裂というのは見つかっていませんので、基本的にはないと思ってございますけれども、我々はそれをあるとして評価するんですけれども、更にその深さも10ミリという、かなり大きな保守的な亀裂で評価して、それでも安全だということを確認しておりますので、そこら辺は安心していただけたらいいのかなと思っております。

(上坂委員長) それで、現状は今、60年までプラスアルファということなんですけれども、今後もこれは議論があると思いますので、運転期間のことに関しては。ですので、どのぐら

いの耐力があるかというのは、全体の構造の耐力としてどのぐらい余力があるかというのを
出していただいた方が、今後のためにもいいかと思しますので、是非よろしくお願ひします。

最後は人材育成についてでありまして、やはり今、経験ある世代から若手、エンジニアや
職能者への技術継承、これはとても重要だと思ひます。

それで、私は国家資格を取得させていくというのがとても重要と考えておひまして、実は
私も大学にいたときに原子力専攻専門職大学院で原子炉主任技術者と、それから核燃料取扱
主任者、1年で取らせる教育を約20年やっけていて、毎年御社からも1名来ていただきました。
体験していただきましたので、そういう経験がありますもので、技術士を一つ、世界で
ありますので、これを技術士を取らせることで技術継承を確実にするというところをIAEA
と今議論しているというところで、国際会議でも議論したいなと考えているところですが、
正に発電所の現場からそれを含めてどのような国家資格が重要とお考えでしょうか。

(棚橋原子力発電部長) まず、我々大きく分けると、例えば関西電力のような事業者が保有
するような資格、これは管理とか主任技術者みたいな、そういったものがござひます。

もう一つは、実際に施工されるような協力業者さんが、保持、保有しなきゃいけない資格
というのも当然ござひます。それは例えば電気工事士とか、あるいは非破壊検査をするため
の、例えば超音波なら超音波探傷資格とか、あるいは酸欠防止のための主任資格とか、そう
いういろいろあるかと思ひんです。

まず、協力業者さんのものにつきましては、我々作業をする場合は作業計画書というのを
必ず作りまして、その中で必要な資格をあらかじめ明示しまして、そういうのを持っている
方を作業員として採用していただひておひます。そういうことで管理しておひます。

もう一つは、我々自体がそろえておかなきゃいけない有資格者です。先ほどおっしやっ
たような原子炉主任技術者とか、ボイラー・タービン主任技術者とか、電気主任技術者とか、
そういった管理をするための資格も多数ござひます。私の手元にちょっと今あるんですけれ
ども、発電所でいくと大体40を超えるような資格が必要になってまひります。こういった
ものを絶やさないように、育成とか、あるいは誰が保有しているかというのを管理をしてい
ると、そういった状況でござひます。

それでは、先ほどおっしやっった技術士の資格でござひますけれども、どちらかという
と技術士というのはエンジニアリングの方の証明を、この人はプロですよというような証明だ
と思ひんですけれども、そういったものはどちらかという現場というよりも原子力事業本部
のようなところで、エンジニアリングをやっている部門、我々にもござひますけれども、そ

ういったものが保有して、説明性を上げるという、一般の皆様へ御説明をするというときに、ある種説明をするのに権威が発生するので、そういったところに活用するのであれば、有効性というものはあるのかなというふうに考えております。

(上坂委員長) そういふのは、青木先生とも議論したんですけれども、やはり現場で点検されるときにも、この点検の信号の意味が全体プラントの中でどういうことかとか、もし何か異常な信号を感じたときに、どこがというとき、やはり全体を分かっていた方がその場で判断できると思うんですよね。

ですから、もちろん設計本部の方で、原子で工学のみならず技術倫理含め、非常にそういう説明能力が高い方がいることも重要ですし、また現場で作業される方も実態を分かりながら現場作業をやっているという意識があってくれれば、いろいろなことが未然に防げるかなとも思います。そういう意味でかなり難しい資格ですけれども、原子炉主任技術者とか、技術士を是非取っていただいで。発電所の技術ポテンシャルが高いことをその人数出せることがあってもいいかなと思っているのですが、いかがでしょう。最後の質問です。

(棚橋原子力発電部長) 先生がおっしゃるように、そういったものをなかなか現場で多数輩出するのは難しいかもしれませんが、そういったものを保有する者が出てきますと、世間の皆様には確かに説明説得性があるのかなと、私、個人的には思います。

(上坂委員長) どうもありがとうございます。

ほかに委員の方々から御質問はありますか。

それでは、どうも御説明ありがとうございました。以上で議題1は終わりでございます。

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。

(山田参事官) 説明者の入替えを行いますので、少々お待ちください。

二つ目の議題は、冒頭、委員長から御発言いただきましたとおり、医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランのフォローアップについて、でございます。

今回は、公益社団法人日本アイソトープ協会専務理事、畑澤順様、同医薬品部次長、北岡麻美様に御出席いただいております。

最初に、畑澤専務理事、北岡次長より御説明いただき、その後、質疑を行う予定でございます。

また、畑澤専務理事は原子力委員会の参与でもありますので、参与の観点からもコメントを頂ければと思います。

本件は、「原子力利用に関する基本的考え方」の3の7、放射線・ラジオアイソトープの

利用の展開」に主に関連するものでございます。

それでは、畑澤専務理事、北岡次長から御説明をよろしく願いいたします。

(畑澤参与) 機会を頂きまして大変ありがとうございます。

私ども公益社団法人日本アイソトープ協会の活動の中で、医療用R I をめぐる各国の情勢について、ここ1年の間の知見を集積してまいりました。これについて、医薬品部の北岡麻美次長の方から詳細を御説明させていただきたいと思っております。よろしく願います。

(北岡医薬品部次長) 日本アイソトープ協会の北岡でございます。よろしく願いいたします。

それでは、私どもからは医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランのフォローアップの一環といたしまして、医療用R I をめぐる各国の情勢についてお話をさせていただきます。

本日の内容ですけれども、まず医療用ラジオアイソトープに関しまして国内の状況、それから世界各国の状況、そして核医学診療を行う医療機関の御紹介、最後に核医学人材及び人材育成の状況についてお話をさせていただきます。

では、次お願いいたします。

では、国内の状況ですけれども、まずはここ10年の国内での $99\text{Mo}/99\text{mTc}$ の利用量ということで、こちらにグラフで2014年度から2023年度までをお示ししてございます。

まず、2019年度までは大体一定量ということで、その後、2020年度以降はコロナ禍に入りましたこともありまして、利用量が約20%程度減少したということがございますが、利用量は依然大きい状態ということになってございます。

その次ですけれども、こちらは国内の核医学診療実施件数の割合ということでございまして、こちらは右下に出典を書かせていただいたんですが、私ども日本アイソトープ協会が全国核医学診療実態調査というものを5年に1度実施してございまして、こちらの具体的な診療件数の割合のグラフでございます。2002年から2022年まで、5年ごとに出てございますけれども、2012年辺りから一番上のところ、これは割合なので少し少なく見えるんですが、一番上に数字が記載してございますが、2012年が1万500件、17年が1万4,100件、22年が1万1,600件ということで、こちらは放射性治療薬を用いた治療の件数でございます。これが2012年以降、国内で承認された治療薬が増えたことにより、治療件数が増えている状況でございます。

続きまして、こちらはアルツハイマー病による症状の進行抑制剤投与の適用判定に使われ

る放射線医薬品の御紹介ということでございまして、昨年話題になりましたけれども、レケンビ、一般名をレカネマブという、アルツハイマー病による軽度認知障害（MCI）と軽度の認知症を対象としたお薬が2023年9月25日に国内承認をされました。こちらの投与に対して、その判定をするためのお薬としまして、こちらの下にありますように、アミロイドPET検査薬というのが用いられてございます。アルツハイマー病の原因とされる脳内のアミロイドベータたんぱく質というものがございまして、こちらは認知症を発症する前から脳内に沈着しているというふうに考えられておりますので、こちらに放射性フッ素で標識された診断用の放射性薬剤を投与することで、その状況を見て、レケンビ投与の適用を判定することができるお薬ということでございます。この2種類のお薬ですけれども、2024年5月22日に薬価収載をされているところでございます。

では、続きまして世界各国の状況ということで、まずは全般についてお話をさせていただきます。

こちらのスライド以降につきまして、2023年10月30日、31日に、OECD/NEAにて開催されました医療用放射性同位元素の供給に関する国際ワークショップの資料に基づき状況をお伝えさせていただきます。

まず、「一握りの原子炉に依存するサプライチェーン」というタイトルでございましてけれども、左側に国旗と、その横に各国にある原子炉が記載されてございますが、現在動いている原子炉でこちらのHFR、BR2、LVR-15、MARIA、それとSAFARIというものが左側にございますが、こちらは2030年から2040年ぐらいには停止をしないと見込まれている原子炉ということで、非常に長いこと動いているもので、老朽化しているというような状況がございまして。

その一方、右側にありますように、世界各地で医療用RIの供給が可能な研究用原子炉の建設ですとか、そのための検討も進んでいるという状況もございまして。

続きまして各国の原子炉の御紹介でございましてけれども、上半分が国際的に供給をしている原子炉ということで、まず運転中というところがございます大型炉というところには、オーストラリアのOPAL、ベルギーのBR2、オランダのHFR、南アフリカのSAFARI等が記載してございましてけれども、こういった原子炉で作られた⁹⁹Moは日本にも供給をされている状況でございまして。

その下半分ですけれども、地域的供給ということで、これらの国々、そして日本もJRR-3が書いてございましてけれども、こういったところでは一部⁹⁹Moを製造している原子炉も

あるという御紹介でございます。

その次ですけれども、治療用のアイソトープの状況でございます。

こちらの左側のグラフを御覧いただきますと、アルファ線放出核種及び ^{177}Lu をはじめとしたベータ線放出核種の需要が高まってくることが予想されております。特にグラフの真ん中の辺りに ^{177}Lu がございしますが、これが2040年に近づくにつれ、割合が大きくなっていくことが見受けられるかと存じます。

そして、右側のグラフ、こちらは ^{99}Mo についてですけれども、診断用の放射線核種ということで、アジアで増加傾向にあるということが御覧いただけると思います。

次のスライドですけれども、こちらの供給不足リスクには新たな取組が必要ということで、真ん中にグラフがございまして、2本、水色の線と濃い青の線のグラフがございしますが、上の方の線がハイデマンドのシナリオ、そして真ん中がミディアムデマンドのシナリオということで、やはり新たな取組による原子炉キャパシティが増えていかなければ、不足分が出てくるというようなこともこちらのグラフから読み取れるかと存じます。

そして、その次に放射性医薬品の需要の予測でございますけれども、こちらはちょうど2023年度ぐらいからグラフの伸びが大きくなり、2027年度に向かってプラス17%ぐらいずつ増えていくということで、今後著しい増加が見込まれるという状況を表してございます。

こちらの世界地図のグラフですけれども、こちらは放射性核種の製造に使用される研究用原子炉の分布ということでございまして、それぞれの大陸別に表しているものでございます。色が濃いほどその数が多いということでございます。

そしてもう1枚の方が、こちらは加速器の分布ということで、同じように大陸別の数ということで、色が濃いほど多いということを表しているものでございます。

では、診断用核種 ^{99}Mo についてのお話に進めさせていただきます。

まずは需要と供給予測でございますけれども、これもOECD/NEAの出しているレポートですけれども、右の四角の枠内にございますように、抽出、それから精製能力の新技术がきちんと動いた場合は、このピンク色のグラフのように十分な量を供給できるということでございまして、それらが余りうまくいなくて、旧来技術のみとした場合は、この真ん中辺りの茶色いグラフということで、需要とほぼ同じ程度ぐらいしか供給が見込めないというような状況でございます。

そこで、現在いろいろな技術開発が進められていますので、そちらの御紹介ですけれども、

まずこちらはフランスにございます JHR です。ジュールホロビッツのものですけれども、こちらは新しいデザインを用いた M o のシステムということで御紹介がございました。そして、もう 1 枚が続きますけれども、こちらと同じく JHR のプロジェクトから御紹介の資料でございます。

そして、次の技術がアメリカの SHINE という技術でございます、右の写真の上に正式名称が書いてあるんですけれども、臨界ハイブリッド強中性子放出装置というものの英語の頭文字を取ったもので、SHINE という新しい技術をアメリカでは開発しているという御紹介でございます。

次のスライドは、何度かお出ししたことのあるスライドにはなりますけれども、99Mo / 99mTc のサプライチェーンの図でございます。左側にございます原子炉が、先ほど数枚前のスライドでも御紹介したように、どれも動き始めた年数、括弧内にございますけれども、かなり古いものでございまして、現在かなり老朽化しているものが大半ということで、OPAL 以外は 2030 年から 2040 年ぐらいに停止する予定であるという状況でございます。

そして、その M o の製造につきまして、昨年、私が参加いたしました欧州核医学学会総会、EANM2023 で幾つかの報告がございましたので、そちらから抜粋させていただきますけれども、まず現在の状況ということで、HFR、BR2、MARIA、LVR15、SAFARI、OPAL の 6 原子炉のみで世界の 99Mo の需要の 8 割から 9 割を製造しているということで、OPAL 炉以外は 2030 年から 2040 年に停止の予定だという御報告がございまして、これに対応するために、今、建設中、あるいは動き始めたものもございすけれども、PALLAS、FRMII、JHR、ARTHUR、MYRRHA と、それぞれの原子炉でこれらを補っていかなければいけないということで、構想の御紹介がありました。

それから、NMEu、Nuclear Medicine Europe、こちらはヨーロッパを中心とした原子炉の製造側のグループで、そちらの発表ですとか、欧州核医学学会の発表では、M o も大事ではあるけれども、177Lu についても供給体制を監視することや、供給停止に備えて停止スケジュールを共有化したり、あるいは加速器等、ほかの方法でも供給をするということを推進していくという意見がございました。

そして、こちらは昨年、2023 年 9 月にベルギー原子力研究センターを訪問いたしました。BR2 の原子炉があるところでございます。BR2 炉ですけれども、1961 年に稼働を開始いたしまして、こちらは運転中にターゲットの交換が可能な構造ということで、照射

後、プールに入れたままホットセルに移動可能な施設の構造であるというようなものですか、すみません、資料に格納容器がねじれていると書いてございますが、こちらは炉心がねじれている構造ということで、ターゲットのある中心部付近をより密着させることでより効率的な照射が可能だというものでございます。建屋自体もやはりかなり老朽化が進んでいるんですけれども、随時ケーブル等のリプレースを行うことで施設の機能を維持しており、安全計画に従って2036年まで稼働予定ということだそうです。

続きまして、OPALの御報告ですけれども、こちらは2020年5月にANSTOを訪問してまいりました。こちらは2006年に建設され、2007年から稼働している比較的新しいmulti-purpose reactorということで、ニーズに合わせて様々な核種を製造できるものでございます。炉心に近い部分から177Lu、それから131I、99Moの製造用のターゲットを設置し、少し離れた場所にはシリコンドーピング用の照射箇所を設けているということでした。そして、2020年3月からアップグレードとメンテナンスのために運転停止中ですが、現在は停止作業を7月下旬には終了して、8月上旬には再稼働させる予定とのことでした。99Moの精製施設ですけれども、こちらは2019年に商業運転を開始した新しい施設でございます、OPAL炉のすぐ横にありまして、99Moを効率的にホットセルに移動できるという仕組みが取られておりました。そして、交代制で24時間製造が可能ということで。その施設ではGMP環境を持っておりまして、99Mo/99mTcジェネレータ製造及び国内の配送も行っているということでした。

続きまして、治療用核種について御紹介させていただきます。

まず、一つ目は225Ac（アクチニウム225）ですけれども、現在海外では177Luで標識したお薬を225Acに置き換えるなどした治療薬の治験が始まっているということでございますけれども、まだ日本国内では行われていない状況でございます。論文によりますと、現在、225Acで標識された27の分子が開発中であり、そのうち13はヒト試験レベルに達しているということで、早ければ2028年までには市場に登場する可能性があるということをおっしゃっているものもございました。

そして、こちらがAc製造法ということでございまして、上の三つは226Raを原料といたしまして、そこから製造するもので、下の二つというか、一つなんですけれども、こちらは235Uや232Thを用いて225Acを製造するというものでございます。

日本で取れる方法としますと、上の三つになるかというところでございます。そうすると、

やはり照射のための原材料の ^{226}Ra の調達ということが非常に重要になってくるということでございます。

では、次に ^{211}At の状況でございます。 ^{211}At につきましては、世界でかなり多くの場所で製造されているということございまして、まずこちらのスライドにございますのはヨーロッパの製造機関でございます。

次が、上半分が北米ということと、下半分がアジアとアフリカということで、この中にはアジアの2行目からQSTの高崎、それからQSTの千葉、それから大阪大学、それから福島県立医科大学、そして理化学研究所の和光ということで、日本でも ^{211}At を製造して供給をしている施設がございます。

そして、こちらはその ^{211}At を用いた放射性医薬品による臨床研究と治験ということでございまして、これらの施設で製造されたものが医薬品としてそれぞれの疾患に対して治験が行われているという状況でございます。下三つが日本のものですが、大阪大学の難治性甲状腺がんに対するもの、それから福島県立医科大学の悪性褐色細胞腫に対するもの、それから大阪大学の前立腺がんに対するものが今現在治験が行われているところでございます。

では、次に ^{177}Lu でございますけれども、まずこちらのルタテラ静注、ルテチウムオキソドトロオチドでございますけれども、こちらは日本で今、承認されているお薬ということで、放射線医薬品として出回っているものでございます。こちらは富士フイルム富山化学が2021年6月に日本における製造販売承認を取得し、2021年9月に販売開始。そして、その後、2023年3月31日以降はノバルティスファーマが製造販売権を保持して、現在も販売をしております。

そして、次のPluvictoというお薬ですが、こちら海外の方で承認をされて、売られているお薬でございます。やはりノバルティス社の方が販売をしているものですが、日本国内ではノバルティス社による治験が現在進行中でございます。 ^{177}Lu につきましては、これ以外にも複数の化合物を用いた治験が海外では進行しているという状況でございます。

そして、次に ^{161}Tb というものでございまして、こちら昨年欧州核医学学会総会で見えたところなんですけれども、 ^{161}Tb は ^{177}Lu と同様に、ベータ線が出ることに加えて、SPECTに適したガンマ線、更に高LET放射性であるオージェ電子が放出されるということで、期待が高まっているということございまして、こちらの下にお示し

してございますような、この写真にあるように、かなり展示会場でも非常に盛り上がっているというようなことでもございました。こちらについてはV I O L E Tという、前立腺がんを対象とした臨床研究が行われておりまして、こちらは現在、フェーズ2まで進んでいるという論文が出ております。L uと余り変わらないという一方で、そもそもオージェ電子による生物学的効果について検証できていないのではという意見もございまして、まだ少し詳細が分からないという状況でございますが、ただ一番下の行に書かせていただきましたが、A N S T Oを訪問した際もL uの次はT bではないかというような期待の声も聞かれました。

では、次に6 4 C uでございますけれども、こちらは6 4 C u - A T S Mという、日本国内で治験が進んでいるお薬がございます。こちらはリンクメッド社というQ S Tの認定ベンチャー企業というところが実際に治験を進めているところでございますけれども、6 4 C uは従来の放射性治療薬で使用されてきたベータ線のほかにオージェ電子を出し、がん細胞を高いエネルギーで効果的に治療できますということで。また陽電子も放出するため、P E T検査でこちらも薬剤の集積を確認しながら治療することができる、そういったことがメリットになってございます。

では、次の3番目といたしまして、核医学診療を行う医療機関の例でございます。

まずは、オーストラリアの病院の御紹介ですけれども、R o y a l N o r t h s h o r e H o s p i t a lということで、シドニーにございます9階建て650床の公立病院でございます。こちらは2階に核医学検査室、投与室、処置室がございまして、投与後の待機室では投与された薬剤ごとに当然体から出てくる放射性の量等も変わってきますので、遮蔽能力の違う部屋が幾つか用意されておりまして、そちらの方に通されるということでございました。そして、8階に放射性治療病室が2部屋ありまして、そちらに行くまでには関係者以外は入れないようになっていたりですとか、その2部屋は向かい合うように配置されておりまして、間に通路がある形になっておりまして、そちらで看護師の方が食事をセッティングしたら、看護師が退室した後に患者さんが自ら取りに行くなどで、看護師の被曝低減の工夫がされてございました。そして、治療病室にはトイレとシャワー施設がございました。ただ、そちらの排水はR I貯留槽にためるというわけではなくて、病院の雑排水と混ぜて排出するというものでしたけれども、規模の大きい病院ということもありまして、大量の雑排水があるので十分希釈できるという御説明も頂きましたし、ちょっとそこまでは具体的には聞いていないんですけれども、実際敷地外に出すときにはモニタリングをされているのではないかとというようなお話ではございました。

では、次に日本の病院の例ですけれども、こちらは藤田医科大学附属病院セラノスティクスセンターということで、5月1日に稼働したところでございます。放射性医薬品を体内に投与して診断・治療を行う核医学の専用施設ということで、セラノスティクスセンターということだそうです。サイクロトロンと合成装置を設置しているため、輸送、これは恐らく医薬品メーカーで製造して、それを持ってくるということだと思いますが、それでは対応できない、短い半減期の核種も製造し、放射性医薬品に合成して、その場で投与することができるという施設という御説明がありまして、その製造と、それから合成、そして投与を一貫して行える施設ということで御紹介させていただきます。

では、最後に核医学人材の状況ということで御紹介させていただきます。

まず、一つ目ですけれども、こちらが核医学の医師の数ということで、こちらは100万人当たりということで、それぞれの数が出てございます。こちらも色が濃いところほど人数が多いという状況でございます。

次のスライドは、放射性医薬品合成に携われる方、ラジオケミスト、それから薬剤師の数という状況でございます。

そして、次ですけれども、こちらは核医学技師の数です。

そして、その次のグリーンのところは医学物理士の数を示してございます。

そして最後、Eですけれども、こちらは看護師の数ということでございまして、それぞれの国別にその状況を示されている論文から引用させていただいております。

次に、人材育成の例ということで、核医学セラノスティクスの国際的人材育成プログラムについて御紹介させていただきますが、核医学セラノスティクスは、放射性同位元素を用いて診断と治療を一体的に行う革新的な医療技術であり、現在の標準医療から患者一人一人の病態に合わせた個別化医療を可能にするものでございます。そういったことをきちんと習熟するためのプログラムを作っていくということで、核医学セラノスティクスは、ヨーロッパ、オーストラリアで始まり、次いでアメリカ、世界各国で以下の地域、国内学会の下、人材育成、診療基盤の整備、治験が行われているということで、国際機関としてIAEAが支援をしているというものでございます。当然のことながら、それぞれの国で今までも人材育成のプログラムはございましたけれども、やはりこれだけ流動的になって、いろんな患者さんに対する医療が発達してくると、やはり世界共通の人材育成プログラムも必要ということで、現在進められているものでございます。

そちらのプログラムには、まず原理・原則というものがそれぞれございまして、そしてそ

のセラノスティクス教育トレーニングセンターに必要な人材ということで、まずはきちんとトレーニングを受けた医師ということで、核医学専門医、放射性治療医、放射性科医、それから他分野の専門医ということと、核医学専門の技師の方、それから線量評価等を行う医学物理士、放射性安全の管理者、放射性医薬品の専門家、核医学専門の看護師、最後に事務や支援スタッフということで、これら全ての人材がそろって、きちんとトレーニングをしていくということが重要だということになってございます。

国内の人材育成例ということで一つ挙げさせていただきますけれども、こちらは核医学看護のための放射線セミナーでございまして、内容といたしましては、講義や測定実習を通しまして、核医学看護の現場における放射線の安全取扱い・被曝の低減を学ぶということで、初学者の方ですとか中堅の方を対象としてございます。

項目は放射線の基礎、それから放射線の測定実習、放射性利用と安全取扱い、放射線の防護実習というものがございまして、こちらは3月17日の日曜日に1日実施したものでございますけれども、参加者は22名いらっしゃいました。そして、こちらは日本核医学学会との連携ということで、日本核医学会の核医学診療看護師のポイントを取得できるセミナーということになってございます。

それでは、まとめでございまして、まず国内において ^{99}Mo / $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は、重要な診断用放射性核種として引き続き利用されてございます。加えて、新規の治療用放射性核種の利用が大幅に増加しております。これらの核種や薬剤は現在は全て輸入に依存している状態が続いているということでございます。

そして、現在、供給の中心となって ^{99}Mo を製造している原子炉は老朽化が進んでおり、運転期間の延長ということで対応をしております。新規原子炉の建設も計画をされております。同時に、今後新たな ^{99}Mo の製造法の開発により、安定供給に寄与することが期待をされてございます。

そして、治療薬ですけれども、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{64}Cu などで標識された放射性化合物による治験が国内を含め各国で行われている状況でございます。

そして、医療機関につきましても、核医学治療施設の整備が進んでございまして、国内でも核種製造、薬剤標識、投与を一貫して行える施設が開設をされております。

そして、世界的に核医学人材の育成が進められておりまして、日本も例外ではないということでございます。

私からは以上でございます。ありがとうございました。

(上坂委員長) 世界最新の状況、それから製造、それから医療現場での利用、それから国際会議の内容、それから人材育成の状況、それから新しいセンターの建設の話等、新しい話を説明いただきました。ありがとうございます。

それでは、委員会の方から質疑をさせていただきます。それでは、直井委員からお願いします。

(直井委員) 北岡さん、どうもありがとうございました。

5ページ目で、国内の核医学診療実施件数が増えているという報告や、12ページでの医薬品の需要予測もすごい勢いで増加しているというところが大変よく分かりました。

それで、16ページで99Moの供給予測と需要というグラフがございまして、これ、ピンク色のこの折れ線グラフは新しい技術で、例えば天然のMoからNガンマで作るとか、それから低濃縮ウランをターゲットに作るというようなところを含んでいると思うんですけども、需要は緩やかに上昇している中で、もし全てピンク色の新しい技術が出来上がってしまうと、これは供給過多になるというようなことなのでしょうか。

(北岡医薬品部次長) 御質問ありがとうございます。

そうですね、ピンク色の線は一番は楽観的なのというか、こういうようになっていくといいなというところの予測でございますので、確かにおっしゃるとおり、まず実需としては一番下のオレンジのグラフで、それに安定供給のための35%を足されたものとして緑色のグラフなので、これを上回ってれば世界の供給は満たせるということではございますが、ただやはり何年か前にも経験してございますように、どこかの原子炉が何かトラブルで長期間止まってしまったりというようなことがありますと、このグラフを例えば茶色のところですとすぐそれが緑、あるいはオレンジを下回るということにつながりかねないということもございますので、ピンク色のグラフぐらいきちんとうまく供給ができているということを期待したいところでございます。

(直井委員) はい、ありがとうございます。

恐らく2030年以降、六つの今造っている原子炉がほとんど廃止措置に移行していくと、今、供給している部分がほとんどゼロになってしまうというようなことを考えると、やっぱり今、これから新しい技術でやっていかなきゃいけないというようなことなのかなというふうに思いました。

それから、21ページで欧州においては99Moの供給体制を監視するとか、あとは供給

停止に備えて停止スケジュールの情報を共有化するとか。これ、前々回の定例会のときにM o oの国内製造に関連して、中間事業体みたいなのが必要だというような御意見がございましたけれども、ヨーロッパにおいてはNuclear Medicine Europeというところがこういった中間事業体みたいな役割を果たしているということなんでしょうか。

(北岡医薬品部次長) はい。そちらのNuclear Medicine Europeの方は、主に製造側のスケジュール調整等を担っているところでして、これヨーロッパという名前は付いているんですけども、実際には南アフリカですとか、オーストラリアのOPALですとか、そういったところも含めて、今現在も供給体制とかスケジュールの共有化というのは一部実施はされているようです。ですので、中間事業体というような実際の制度、取引といったところまでには参加はしていないかとは思いますが、その需要側と供給側の調整といった役割は果たしているのではないかと思います。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、最後の質問ですけれども、人材育成に関連して、43ページ目で、人材育成プログラムの原理・原則から、どういった人材が必要で、それに対して世界共通な人材育成をしていくべきだというお話でございました。これは非常に重要なことだと思ったんですけども、この枠組みの中で、今後国際的なカリキュラム開発をしていこうというような動きがあるんでしょうか。

(畑澤参与) 畑澤の方からお答えします。

その一つ前の42枚目にあります国際的人材育成プログラムというものがございまして、下にJournal of Nuclear Medicine 64巻 2023年の論文がありますけれども、これは国際、世界共通の人材育成プログラムの詳細がここに記載されています。ここのプログラムは、受けた専門医として、こういう診療を何人の患者さんにやらなくてはならないというようなこととか、それから技術的なことが記載されております。これはまず医師の育成プログラムをして、これを順次関係する専門家の分野に広げていこうということになっております。これが最初の人材育成プログラム、医師編というものなんですけれども、それを順番に今度は拡張していくということを今進めているところです。

(直井委員) ありがとうございます。

私からは以上です。

(上坂委員長) 岡田委員、お願いします。

(岡田委員) 北岡様、ご説明ありがとうございます。

一つちょっと気になっているのは、ページ26のRaです。Raの照射原材料ということで、この調達というのはどういうところが今考えられているものなのでしょうか。

(北岡医薬品部次長) 御質問ありがとうございます。

まず、Raの状況でございますけれども、一番下のこの製造方法によるものは、アメリカとロシア、それからドイツの3か国がこの製造方法で製造をしているんですけれども、なかなかこの製法で作られた226Raが日本に入っていないという状況が一つございます。

あとは、226Raの調達ということについては、やはり海外に掛け合っていくということと、あとはJAEAの方でもいろいろ工夫をして、Raの確保をこころみていらっしゃるというようなこともございますので、その辺りを含めて今後進めていかれてはというふうに考えてございます。

(畑澤参与) 追加しますけれども、この226Raが鍵を握るということで、IAEAが内部にワーキンググループを作りまして、世界各国に残っている、特に途上国に残っている放射性治療用の針の回収をIAEAが中心になってやりましょうというワーキンググループが今活動をしているというふうに聞いています。

かつては日本にも多くの治療用の針があったんですけれども、現在は既に返還しておりますので、そういうものが国際的には存在するので、それをどこかの企業のレベルで強制的に保有するというのではなくて、国際機関として供給ができるような体制作りを進めているというふうに聞いております。

以上です。

(岡田委員) ありがとうございます。

それから、私は原子力分野や放射性利用を含めた広い分野に女性を増やしたいと考えているんですが、それはOECD/NEAも同じ考えで、多様な人たちが原子力も含めてこの分野を担うことは、安全に結び付くという考え方から来ているのです。

そこで、この核医学分野をこれから日本で広めていくためには、この人材育成の話は含まれてはいましたけれども、広く国民に知ってもらう必要があると思うのです。

今、小中高ではがん教育というのが注目されていて、文科省も進めようとしているらしいという情報を聞いたのです。このがん教育の枠にこの核医学の重要性というのが一緒に組み合わせられていくと非常にいいかなと私は思っています。北岡さん、国民に医療用アイソトープ、このセラノスティクスを知ってもらうために、今、日本が何が必要だと思われませんか。こういう原子力委員会で女性が発表で、来ていただくという機会はなかなかないのです。是

非北岡さん、忌憚のない御意見をお聞かせいただきたいと思うのですが、いかがでしょうか。
(北岡医薬品部次長) ありがとうございます。

そうですね、まず確かに原子力分野という、どうしても男女の割合では女性はちょっと少ないのかなというのは私自身も感じているところではございますが、特に原子力の中でも今こういった原子炉で医薬品の原料を作っているというということに対して、まず非常に驚かれる方がまだまだ多い状況でございますので、やはり医療という話は国民の皆さんも非常に関心がございますし、先ほど御紹介いたしました看護師の方のセミナーですけれども、こちらは22名御参加いただいたんですが、全て女性の看護師の方だったということもございましたので、医療という少し身近な分野から、原子力、あるいは放射性ですとか、そういったことについても皆さんが知っていただくということは大変いい機会ではないかと思えます。

特に、やはり中学生とか高校生ですとか、そういった時期にこういうことを知っておくと、将来の選択の中の一つにそういう分野も入ってくるのではないかと思えますので、それは非常に期待させていただきたいところだと思っております。

(岡田委員) どうもありがとうございました。

北岡さんが非常に頑張ってお仕事なさっているのもすごく伝わってきましたので、これからも頑張ってもらいたいと思います。ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、青砥参与からも御意見と頂ければと思います。

(青砥参与) ありがとうございます。今、かなり注目度が大きくなっている、世界の情勢をいろいろ御説明いただきましてありがとうございます。

説明していただいたので、逆に幾つかお話を聞きたいところがあります。一つはここまで皆様々やられている中で、国際的な運用ですとか、もっと効率のよい供給とか検討されないのか、先ほどの供給と需要のラインは僕も不思議に思ったのですが、供給過剰にするのかみたいな感じを持ってしまったのですが、そうではなくて、それを何かリスク対応とか、様々な関係で、ある余裕を取らないといけないみたいな御説明もあったところ、国際的なそういう供給ネットワークですとか、分業だとか、そういう動きについて現状はどういう状態なんだろうかとというのが最初の質問です。

(北岡医薬品部次長) ありがとうございます。

そうですね、やはり日本はまだ自国でMoの生産が今できていないということで、当然それは海外の方で製造してもらったものを買っているという状況でございます。やはり半減期が短いということもございますので、99Moの場合は66時間ということで、作ったもの

をどんどん輸入をしてこななければならない、在庫をしておくこともできない。そういったことで、世界で作ってはいても、やはり日本の国内でも作れた方がより安定的になるのではということで、今回もワークショップらの方に国内製造について議論されたのではないかとこのところでございます。

あと、やはり分業というところになりますと、世界も昔に比べると小さくはなったものの、先ほどルタテラというLuのお薬の日本で承認された薬があるというお話をいたしましたけれども、そちらも日本で承認される前は、実際に患者さんがスイスですとかドイツの方に渡航をして、そちらの病院で治療を受けて帰ってこられるということがありまして、それも極端に言えば治療を受けられないことはないという状況ではあったものの、やはりそういった治療が国内で受けられるようになって、当然、患者さんやその御家族の負担も減ったということなので、やはり日本独自で努力して賄わなければいけないということは引き続きあるのかなというふうに考えてございます。

(青砥参与) 半減期、それから核種の特殊性とかいうのがあって、そうすると結局これは国際的なネットワークですとか、いわゆる分業制度というの、この分野では余り似合っていないとか、適切じゃない考え方だという理解でよろしいのですか。どちらかという、むしろ国内の中でどのぐらい充実させるか。もし余裕があれば相互に助け合うことは、当然国際機関がありますからやるのですが、基本はまず独立して、自分たちの対応が取れるようなシステムを作っていくというのが流れだという認識でいいですか。

(北岡医薬品部次長) そうですね、私の個人的な意見で恐縮でございますけれども、やはり海外で作られるだけではなくて、国内で賄えればよいというふうに考えてはございます。

(青砥参与) ありがとうございます。状況は理解しました。

次は、ラジオアイソトープって様々というよりも、すさまじくたくさんあると思います。それらの中で、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、それぞれ排出する核種もあるし、半減期に問題もありますが、様々あるRIの最初のセレクションとか、使えそうだというセレクションというのは、やられないのでしょうか。何か特定のRIの名前が出ていますが、RIをとということであればもっともっと多く存在します。セレクションすること、先ほど言ったアルファ線だとか、ベータ線だとか、放射性による特殊性によりセレクションしていただけると思います。最初にそういうセレクション、例えばソフトウェアか何かでやれないのですか。素人的で申し訳ないのですが、なぜそうしないのかと思います。

(畑澤参与) 畑澤の方から。少ない経験ですけども、伝統的に使われている放射性核種とい

うのがありまして、例えば¹³¹Iというのが一番最初にヒトの体に投与されて、ある程度の安全性が担保された放射性核種です。それから、その後、²²³Raとか、⁸⁹Srとか、ある程度供給が可能で、それから標識する医薬品の方への標識のしやすさとか、それから化学的な影響の少なさであるとか、そういう様々な観点から選んできていると思います。

純粋に青砥参与がおっしゃるように、構造的な薬を開発するときみたいに、コンピューターで構造を解析して、これがベストだという手法は、まだ放射性核種を選択する手法には使われていないと思います。ですから、恐らく今後はそういう治験を、要するに核物理学者、それから放射化学の専門家、それから薬物の専門家、その辺りがうまく協働してできるようになるのではないかなというふうに思っています。

残念ながら、医療の立場から言うと、こういう目的の薬が欲しいというのを基礎の先生方にお話をして、それを作ってもらうというのが今はまだ非常に未熟な状況ですので、やはり薬を設計するところから全体のここに出てきました専門家が集まって議論して進むような開発の、そういう進め方ということ自体を作っていかなきゃいけない状況だと思います。

(青砥参与) ありがとうございます。状況は理解できました。

最後の核医学セラノスティクスの国際的人材育成プログラムについてですが、非常に素人的で申し訳ない言い方になりますが、そういう基礎的な放射性の核壊変ですとか、核物理の専門家もこの中に含まれて、関係する基礎的な知識を付けることを支える専門家をも必要かなと思いました。

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、畑澤参与からも参与としての御意見を頂けますと。

(畑澤参与) ありがとうございます。

最終の社会に対するアウトカムは、というのを核医学セラノスティクスという医療を実現する、それで患者さんに貢献するということだと思います。

現在の行われている標準医療というのは、医師、看護師、技師、薬剤師、臨床工学技士というような職種の方々が担っておりますけれども、この核医学セラノスティクスという分野はより患者さんに個別に、個々のこの患者さんにはこの治療を、この患者さんにはこっこの治療というようなことまでできるレベルの医療です。そのためには、今までの職種の方々だけではなくて、放射化学の専門家、42ページに書いてありますけれども、核物理の専門家も必要、放射性医薬品の専門家、医工学、医療技術の専門家、こういうたくさんの職種の

人が習熟したチーム医療を行わなくてはならないということだと思います。ですから、そういう人材育成プログラムというのはまだどこにもないわけです。これを今、作っている途中ということですよ。

あと一つ、どうしても乗り越えなくてはならないのは、42ページの上のところに少し書いてありますけれども、医療経済への配慮というのはこの論文の中にも記載されています。これはやはりイノベーションということで、非常に大きな予算を使って、大学、それから企業レベルで研究開発をするわけです。税金も使って研究開発をして、そのアウトカムが非常に高額な医療になってしまう。そうしますと、国民皆保険制度という、日本国内での皆保険制度という下で行いますので、そこにある程度便益と費用の間のコンフリクトが発生するわけですね。それをどうやって解決するかということなんですけれども、私は医療の現場におりますので、その立場で申しますと、医療の現場では効果があるかどうか分からないけれども投与しているという、非常に高額な医療があります。例えば、抗がん剤にしる、非常に高額だけれども、実際投与してみないとみて効くか効かないかと投与しないと分かりませんという状況なわけです。ですから、セラノスティクスというのはそういうものではなくて、効果のある人をある程度画像解析で分かった上で行う。ですから、治療を受けた人が効果がある確率は非常に高いわけです。そうしますと、余計な効果がないと思われる人に投与することはないので、大変効率がいいです。高額だけれどもやれば必ず、かなりの確率で効果があるということだと思います。

それから、やはり画像診断で、効果が期待できない人の治療を中止する、こういうことも低減できるわけです。化学療法をなさっている方に対して、この患者さんには投与しても意味がありませんというのを画像であらかじめ分かれば、それは医療費の、そっちの分野では節約になるわけですよ。ですから、そういうふうな全体を考えて、単体では高額にはなりませんけれども、核医学セラノスティクスという高度の医療を皆保険制度の中で、全体の医療費が増えないようにする、こういう仕組みづくりが必要なんではないかなと思います。その意味で、医療経済への配慮を必要とする、というふうにしてあります。この点はこれから議論の多いところだと思いますけれども、是非新しいレベルの医療を核医学セラノスティクスが先陣を切ってできるかどうかというところは意味が問われているのかなというふうに思います。

すみません、ちょっと長くなりましたけれども、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けれども、まず9ページですか、今、主に日本かな。失礼しました。29ページだ、ごめんなさい。29ページにA tですが、現在治療が臨床研究と治験が行われている例があります。これはがんなんですけれども、やはり今お話あったんですが、セラノスティクスのいいのはPETで画像をしたがん、同じ抗体で治療薬を持ってくるわけなので、転移したがんにも効くということはとても強みだと思いますが、今ここにあるこういう臨床研究や治験では、転移のがんというのはどの程度治療されているんですか。

(畑澤参与) 難治性甲状腺がんについては、転移された患者さんを131例現在治療しています。ある程度効果はあるんですけれども、やはり繰り返し繰り返し転移をしていると、131Iでは効果がなくなってしまうという患者さんが多くおられます。それに対して、A tの治療が治験を行っているところでございます。

それから、悪性褐色細胞腫についても同じでして、これはIで標識したヨウ素MIBGというのが現在保険適用になって診療が行われています。これについても131Iでは治療できない患者さんがおられますので、より細胞殺傷効果の強いアスタチンを標識したMABG、これに対する期待が非常に高いところでございます。現在こちらの方は福島県立医大で治験を施行中ということですよ。

一番下の前立腺がんは、これはつい最近、大阪大学で始まったものでして、世界的には225AcPSMAが診療にも既に使われておりますけれども、225Acの調達が非常に困難ということで、これは国内で211Atを製造して、PSMAによるアルファ線の治療を行おうと、これは日本独自の試みと理解しています。

(上坂委員長) 分かりました。

それで、どの治療法もそうですけれども、最初からひどい疾患に対して適用するんじゃないかと、薬事法も保険もそうですけれども、やはりまず確実に成果が上がる場所、疾患から治して、そしてだんだん適用範囲が広がっていくと考えればよろしいんですね。

(畑澤参与) はい。

(上坂委員長) 分かりました。

それから、冒頭に認知症の、6ページですね、アルツハイマー病の診断と治療、現在アミロイドPETが保険適用されていますが、今、薬もあって、そしてこれにSPECTも使えるということですね。脳血流シンチレーションですか。それで、そのことが藤田医科大学でのセンターの説明の中にも書いてありまして、35ページの新たにできた藤田医科大学附属

病院のセラノスティクスセンターでも、これもアルツハイマー病の診断とありますので、こちらで正にアミロイドβ PETや、これは大学病院ですからSPECTもあるかもしれず、血流検査をして、そうした上でレカネマブ等の治療薬を使った治療が始まるということですね。これはすごい進展ですね。日本で初めてセラノスティクスセンターセラノスティクスセンターという名前のセンターができ、その中で、先ほど御説明したような難治がんの治療も行われ、更にアルツハイマー病の診断と治療も行われるということは、これは非常に大きな第一歩だなど思うんですけども、いかがでしょう。

(畑澤参与) 委員長おっしゃるとおりだと思います。セラノスティクスセンターの一番の眼目というのは、放射性同位元素を使う使わないもありますけれども、あらかじめこの治療を行えば薬を投与すれば効果がかなりの確率で期待できる患者さんだけを選んで、その患者さんに合った治療をするというのが眼目であります。そうしますと、今まで恐らく行われていた、行わなくてもいい治療をやめることができますし、それは非常に辛い副作用を、本来であれば必要がなかった患者さんに負わせなくてもいいという時代になりますので、そういうことで藤田医科大学附属病院セラノスティクスセンターが今後どういようように発展していくかというのは非常に注目すべきことだろうと思っております。

(上坂委員長) あと、人材育成で37ページです。世界の医師や看護師や医学物理士等の100万人当たりの数のマップがあります。この37ページを見ると、日本は医師は多いですね。非常にうれしく思います。

それから、あとBのRadiochemistsです。あとRadiopharmacistsは少ないですね。それからtechnologistsも少ない。それからmedical physicists、40ページ、これは多いのですが、恐らく外用放射線治療の、物理が分かるmedical physicistsだと思うのです。今後彼らに核医学、又放射化学を勉強していただく必要があるのかなと感じております。

また41ページのnursesも、日本は多くない。それで、44ページですが、正に看護のための放射線セミナー。すばらしい企画が行われたということです。今年の4月から始まっている第4次がん対策推進基本計画に、原子力委員会のアクションプランと、また核医学も含まれていると伺っております。その効果もあって、関連学会では医学物理士等の核医学教育の強化検討がされていると伺っております。その一環と見てよろしいでしょうか。

(畑澤参与) はい、そのとおりでございます。

(上坂委員長) これはもう毎年の頻度で行われていくんでしょうね。

(畑澤参与) はい。

(上坂委員長) 是非、医学物理士の核医学、それから放射化学の教育強化。それから技士の教育プログラムも。こちらはどうか、いつ頃からスタートするのでしょうか。

(畑澤参与) 学会レベルの情報ですけれども、核医学、医学物理士さんを含めた新しいカリキュラムが2026年に第1回の試験を行うということを聞いております。ですから、現在そのカリキュラムの作成であるとか準備を学会レベルで行っているというふうに聞いております。

(上坂委員長) そうすると、26年試験だから、教育はもう始まってないと。今24年ですけれども……

(畑澤参与) そのとおりです。

(上坂委員長) そろそろ始めて、この看護師さんもそうですけれども。

(畑澤参与) カリキュラムはもうできて、その試験の内容というんですか、それに向けたカリキュラムが現在動いているというふうに理解しております。

(上坂委員長) なるほど、分かりました。

それから、原子力系、理工学系はどうかということです。先週、文科省の奥課長から報告があった、原子力システム研究開発にかなりR I系の研究が推されているに伺いました。この夏頃に始まると思うのです。そういうふうに、原子力、理工学系でもR Iの研究をグループで始めようとされている方がいらっしゃると。

それから、私この金曜日に国立大学アイソトープ総合センターの長会議に行きまして、正にアクションプランとフォローアップの話の現状を話してきます。是非原子力系、それから理工学系、アイソトープ系の先生方にも多く研究と教育に加わっていただく。そして施設の老朽化対策といえますか、そのための投資をしていってほしいなど。そういう話をしていきたいと思います。

私からは以上でございまして、ほかの委員から御質問等々ございますでしょうか。

(上坂委員長) どうも御説明ありがとうございました。

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します。

(山田参事官) 事務局です。

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、6月18日火曜日14時、場所は中央合同庁舎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、原子力委員会の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した。

その他、委員から何か御発言ございますでしょうか。

(岡田委員) ございません。

(上坂委員長) では、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す。

—了—