

第 2 2 回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和元年 6 月 1 8 日（火） 1 3 : 3 0 ~ 1 4 : 4 0

2. 場 所 中央合同庁舎第 8 号館 6 階 6 2 3 会議室

3. 出席者 内閣府原子力委員会

岡委員長、佐野委員、中西委員

内閣府原子力政策担当室

竹内参事官

量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門

内堀研究企画部長、永津放射線核種製造グループ研究統括

4. 議 題

（１）医用 R I の国際的動向並びに量研機構での放射性薬剤開発について（量子科学技術研究開発機構）

（２）その他

5. 配布資料

（１）医用 R I の国際的動向並びに量研機構での放射性薬剤開発について

6. 審議事項

（岡委員長）それでは時間になりましたので、ただいまから第 2 2 回原子力委員会を開催いたします。

本日の議題ですけれども、一つ目が医用 R I の国際的動向並びに量研機構での放射性薬剤開発について（量子科学技術研究開発機構）、二つ目がその他です。

本日の会議は 1 5 時を目途に進行させていただきます。

それでは事務局から説明をお願いします。

（竹内参事官）まず議題に入る前に 1 点御報告させていただきます。

本年 6 月 1 6 日付けで中西友子委員が原子力委員に再任されました。中西委員、よろしけ

れば一言お願いします。

(中西委員) 今回の再任、非常に厳粛に受け止めております。今後とも引き続き本委員会の責任を全うすべく努力していきたいと思っておりますので、何とぞよろしくお願い申し上げます。

(竹内参事官) それでは議題1に入ります。放射線利用については、これまでも大学や学会等からヒアリングを行ってきましたが、本日は量子科学技術研究開発機構より、医用R Iの国際的動向や量研機構で取り組んでいる放射性薬剤開発の状況について御報告いただきます。

量子科学技術研究開発機構の内堀量子医学・医療部門研究企画部長、永津量子医学・医療部門放射線医学総合研究所先進核医学基盤研究部放射性核種製造グループ統括にお越しいただいております。

それでは御説明の方をよろしく願いいたします。

(永津放射性核種製造グループ研究統括) 御紹介にあずかりました放医研の永津でございます。

本日、こういう貴重な機会を頂戴しまして、大変ありがたく存じます。早速なのですけれども、このような内容で御紹介したいと思います。

四つの章立てとなっております、まず最初に我々、放射線医学総合研究所の簡単な紹介をした後に、医療用のR Iの世界的動向ということで、特に研究的側面から見るR Iの利用傾向について御報告したと存じます。

続いて、この中の2番でも触れますけれども、近年、標的アイソトープ治療、T R T、T A Tですけれども、T a r g e t e d R a d i o n u c l i d e T h e r a p y、あるいはT a r g e t e d A l p h a T h e r a p yと呼ばれていますけれども、近年、アルファ線を放出するR Iの医学利用が非常に注目を浴びているということで、これについて簡単にまとめさせていただきましたので報告いたします。

並んで、我々も現在T A Tに向けて鋭意研究しておりますので、その研究事例について、紹介したいと思います。よろしく願いいたします。

まず簡単に我々放医研のビームコースです、サイクロトロン棟と呼んでいますけれども、その簡単な鳥瞰（ちょうかん）図をこちらに示しております。

放医研には2台の加速器ですね、大型と呼ばれている加速器と小型のいろいろなサイクロトロン、2台がありまして、ここに番号で示しております①、②、③、④、⑨というのがいわゆるビームを取り出すコースになっております。五つの照射コースがあるので、こちらの五つを用いてR I製造を行っているところです。

それぞれの特徴と申しますと、五つの①と②と、④と⑨と③、これら5ポートが3つの照射室にまたがって設置されております。それぞれの目的は、実践指向と書きましたけれども、いわゆるルーチン的な製造ということで、一つはPET核種と呼ばれている短寿命RIの基本的な生産コースであり、あるいは物理実験等で用いる励起関数の測定なんかもこのコースを使って行っております。

また同じくこちらにも実践指向なんですけれども、直線照射コースと呼んでおりまして、中寿命の金属RIの生産を行っております。近年、銅64などの中寿命のRIの需要が非常に高まっておりますので、これら二つを用いて、いわゆる定常的な生産を行っております。

また、こちらの研究開発指向とありますけれども、これはビームが上から下に降ってくる、そのようなビームコースとして、低融点、照射の難しいものをこちらでつくってみたりですとか、レアな希少なRIをこちらでつくり、RIの新規製造法の開発並びにそこでつくったものを実提供するといった、そういった区分けで日々製造を行っております。

黄色が飛んでしまって申し訳なんですけれども、およそ我々のところでは、30種類以上のRIがこういった装置を用いて、遠隔製造できております。つくったRIは、こちらにも示しましたけれども、今現在、短寿命RI供給プラットフォームという、大阪大学の中野先生が代表となっております、そちらの方に昨年度より参画しておりますので、日本全体に渡って、我々のつくったRIを頒布するという、そういった活動も行っているところです。

先ほどのとは別の建物なんですけど、こちらは画像診断棟と呼ぶところなんですけれども、いわゆるクリーンルームがこの中で構成されておりまして、臨床用の放射性薬剤をこちらで日々つくっているところです。特に、ここに無菌アイソレーターと呼ばれるものがあるので、これを導入することによって、いわゆる無菌環境でPET薬剤の滅菌、分注、非常に高品位なものがそれで生産されているということで、日々臨床に用いているところです。

また、この一つの区画、汎用ホットラボ室と書きましたけれども、ここで先ほど申し上げた中寿命のRIをここで分注、精製することにより、同じように高品位なRIを所外ですね、共同研究先の病院等へ頒布して、臨床研究を行っているところです。

簡単に我々のグループの活動を紹介しますと、いわゆる加速器を用いた物理と、その後、標識に用いる化学、ケミストリーをちょうど連結するような、滑らかに連携するような位置付けのところにいるのが我々のグループでして、いわゆるRI製造を通しまして、様々な物理的なところですか、教育的な話ですか、あるいは臨床に応じた医学生物系の研究です

ね。あと自然科学等へのR I 提供を行うことで我々の研究活動を所内外へアピールしていると、そんな位置付けになります。

また、ここで、我々のところで開発した技術は、いわゆる技術導出という形で日本国内の団体、企業等へ積極的に導出することで、日本全体のR I 利用の活性化に努めているところです。

簡単にまとめさせていただきますと、我々のところでは短寿命から中寿命のR I を定常的につくり、また、製造可能なR I を日々ふやしているという、そんな状況です。

加速器、照射装置を含めたR I 製造技術の高度化をするとともに、加速器物理と標識化学を融合するというのを目標に活動しているところです。

続きまして、いろいろなR I な動向ということで、研究的側面から、検討してみたのものを報告したいと存じます。

こちらに示したものは、周期表なのですけれども、幾つかの数字がここに載っているものがいわゆるR I と呼ばれる放射性同位体の質量数が書かれております。参考資料として、各国の著名なレポート、並びに我々の製造している実績などを加味しますと、およそ300種類のR I が、医学も含めた自然科学での利用の可能性がある、そういったものをこちらでまとめております。

これらが医学的にどのように使われているのだろうということで、『J o u r n a l o f N u c l e a r M e d i c i n e』という核医学の分野では非常に有名な雑誌のオンライン検索を用いて、検索語をこのように一つ一つ入れまして、創刊が1964年なので、55年間でのヒット数と近10年ですね、ここ最近のヒット数をそれぞれ調査いたしました。

そちらの結果がこれなのですけれども、通期55年間でおおよそ6万7,000件のヒット数259種類のR I がヒットし、近10年では同じように3万4,000件と184種類と、このような結果が得られました。

ここで三つの評価をしたいのですけれども、通期55年間で、今回、論文という形なので、いわゆる研究用途だと思えるのですけれども、実利用される数量ですね、放射能の量とかは反映しにくいと思うのですが、それを認めた上で全体的な、例えば研究者とか課題の数というのが、このヒット数で推測できるのではないかと、そういう評価を一つ。同じように近10年で同じようなことをしています。

また、ここ10年で特に注目を集めているものということで、この2番のヒット数を1番のヒット数で割り算することによって、注目度とか新規性というような動的な傾向を推測で

きるのではないかとということで、このような評価を行ってみました。

まず1番目の結果なのですけれども、通期と近年ですね、全体に占めるヒット数と割合を示したものがこちらです。一番ヒットしたR Iはフッ素18、加速器、小型の加速器を用いてつくれるR Iでポジトロン、PET用の診断核種ですし、続いてテクネチウム99m、あと同じようにPETで使うカーボン11と続き、トップ5で全数の51%、半数を占めております。トップ20まで続けることによって83%ということで、この20種類があれば、核医学のおよそ8割を全部賄えるという、そういう結果が得られました。

もうちょっと細かく見たいと思うのでテーブルで用意してみたのですが、ざっとごらんいただくとおりなのですが、これを簡単に総括しますと、R I製造の分野では原子炉、加速器、共に利用されてR Iがつくられている、使われている、そういう傾向が出ています。フッ素18は加速器でつくってPETで用いる、テクネチウム99mは原子炉でつくってSPECTで用いる、いわゆる均等な結果だと思います。

また、用時入手可能な利便性ということでジェネレータと書きましたけれども、モリテク問題もありましたが、モリブデンからテクネチウムがつくられる、ゲルマニウム68からガリウム68がつくれるというように、ジェネレータというものが、R I利用においては、有効なものであるということが、こちらから判断できるかと思います。

応用といたしますと、PET、SPECT、治療等に広く利用が確認されますし、全体で見ると、いわゆる基礎検討、インビトロ等の細胞実験等に用いられる長寿命のR Iも多いと、こういったものは、いわゆる我々が従来から持つR Iの科学応用の典型例というものがこういうテーブルから推測できるかと思います。

これが近10年になってきますと状況が変わってきてまして、簡単に申し上げると、製造法自体に大きな変化はないと思うのですが、加速器を持たない施設ですと、R Iの入手性というのは非常に重要なので、ジェネレータの利便性というのが評価されて上位に上がっているというような傾向がここから見てとれます。こちらは緑で色付けしていますが、ポジトロンエミッターは非常に上昇しているということで、いわゆるPETでの利用が増加しているのではないかとということと、中寿命と治療用のR Iというのも同じように上昇傾向にあるということで、これとは相対的に、反対に、基礎用途の長寿命R Iは減少傾向にあるというのがこの10年の傾向かと存じます。

簡単に申し上げると、診断やトレーサー用途に加えて治療用の、核医学治療というのも本格化しているのではないかとという傾向がこちらで見てとれるかと思います。

この10年間で、新たに利用が始まったR Iと書きましたけれども、いわゆる近10年に占める割合が高いものを順に並べたものなのですが、ごらんいただくとおり、ポジトロンエミッターとアルファエミッターの出現がここで確認できます。ここに書きましたとおり、アルファ線放出核種の医学利用が始まっているということで、これが一つ、ここ10年の大きな特徴かなと、ここで確認できます。

また、ほとんどの加速器と書いたところの院内製造の部分です。これがほとんどを占めているということで、院内製剤、ジェネレータ応用というのが更に増加しているのではないかと。

応用の面からすると、診断と治療の融合ということで、診断をPETで見て、見つかった、例えばがんなどを治療するというような組合せですね、セラノスティックスの利用というのが、この結果から推測できます。PET、プラス、ベータ線・アルファ線の組合せによるセラノスティックスですね。

これとは対照的に、SPECT、基礎利用のR Iの大幅な減少というのが見て取れました。特にテクネチウム94mというのが、ポジトロンエミッターなので、これを将来的に99mを代替するのではないかと、そういうような基礎研究も始まっているようなことが、こちらで見てとれます。

また、この1位に出ていますスカンジウム44というR Iなのですが、いわゆるポジトロンエミッターから出る消滅放射線に加えて、3番目のガンマー線を出すのです。1, 157 KeVの。これら三つのガンマー線を合わせることで、PET、プラス、コンプトンカメラの組合せで、より高品位な画像化というのを、いわゆるハードウェアからの開発が盛んに行われているということです。簡単にこの10年の傾向をまとめますと、院内製造によるPETと核医学治療の本格的な時代に加えて、PETカメラの更なる高度化というのも、これから予期されるのではないかと、このようにまとめました。

特徴をそれぞれ述べますと、短寿命R I、そしてジェネレータの利便性、中寿命核種の利用、アルファ線の応用が始まり、新しい検出法の開発が始まったと、これがこの10年の特徴かと思います。

一方、今までのお話は研究的な側面にフォーカスしたものなのですが、国内でのR I利用、実利用なので、実際的な供給量等を示したものがこちらなのですが、アイソトープ協会の資料をお借りいたしました。ごらんいただくとおり、依然テクネチウム99mは桁違いの需要があります。また、フッ素18は増加傾向ということで、先ほどの社会的な様相を反映しているのがこちらからも見てとれるかと思います。

SPECTの利用、特にタリウム201とかガリウム67というのは微減傾向にありますし、やはりアルファが出現しているという、こういった状況は世界の状況と同じように日本でも多少反映されているのではないかなと、そういう傾向はここから確認できるかと存じます。

特に医療機器、10年単位で更新等があると思うのですけれども、それにあわせて、例えば院内サイクロトロンとかPETの導入が始まれば、こういった傾向も今後変化が起こるかもしれない、そういうふうに推測いたしました。

この世界的な状況と我が国の状況、先ほどの五つの種類のアイテムに比較して、いいところと悪いところを簡単に書いてみたのですけれども、国内にはおよそ150台の加速器が稼働しています。一説には世界の4分の1が日本にあるとも言われているので、非常に加速器大国であることが日本の特徴なのですけれども、今この加速器、ほとんどがFDG-PETを目的とした使われ方がほとんどです。つまり24時間のうち一、二時間しか使っていない加速器を、もう少しほかの用途に使えば更なるRIの医学応用、その他自然科学への応用に利用できるのではないかと、そんなふうに思います。

ジェネレータと中寿命のRIについては、共に線源の生産拠点の不足というのが国内の状況です。例えばモリテク問題にありましたように、諸外国からの輸入が滞れば、そのまま臨床利用等への障害が起こると、そういうリスクがございますので、国内でこういった加速器を用いて自給自足のような体制を整えるというのも、今後検討すべき課題ではないかなと、そういうふうに思います。

アルファエミッターに関しては、FDG-PET、分子イメージングに次ぐ、核医学研究活性化の好材料というふうな認識をしております。なので、今後、アルファエミッターを用いた治療研究というのを盛んに行っていきたいと思うのですけれども、管理区域を整備する負荷の高さというのが非常にございまして、なかなか幅広い利用研究というのが進まない状況なので、こういったところの特に規制問題に対して、今後よりやりやすい環境ですね。もちろん安全性を担保した上での環境確保というのが重要になるのではないかなというふうに考えているところです。

カメラについても今、共同研究を我々のところでもやってございますので、今後、きれいな画像がどんどん出力されるのではないかなというふうに思います。

簡単に今の章をまとめますと、加速器、ジェネレータ製のRI、中寿命RIの利用というのが増加していると。中でもPETプラス治療、セラノスティクスですね、核医学の中で診

断と治療を同じ核医学の中で賄ってしまおうという、そういう傾向がございますし、アルファエミッターのように細胞傷害性の高いものを利用して、より効率的に治療を行うですとか、画像化技術の高度化を通して、ここ10年、20年で行ってきた核医学の発展を更に次の10年で目指そうというのが世界的な動向というふうにまとめさせていただきました。

続いて、TRT、TATの今ということで、アルファ線を放出するRIの開発利用状況について、御紹介したいと思います。

こちらがIAEAがまとめました崩壊形式別の治療にする候補RIを示したものとなっております。先ほどから申し上げていますようにアルファエミッターに非常に注力しているのですが、ごらんいただくとおり、まだ治療のメジャーなものとなるとベータエミッターが主流です。特にストロンチウムですとか、イットリウム90などというのは非常に効果的ですし、ヨード131というのは昔から甲状腺の治療等に用いられていますので、非常に有効性というのは確立されたもので、まだまだベータエミッターの優位性というのは揺らがないと思うのですが、こちらに示すとおり、アルファエミッターのうちのアスタチンとアクチニウム225ですね。これは青く囲っているとおり、実は加速器で製造可能なアルファエミッターとなります。

後ほど詳しく紹介しますが、日本では今、原子炉がとまっていますので、RIの入手、製造においては、加速器というのが一つの重要なオプションになると考えております。つまり、アルファエミッターであれば、自給自足を目指すことも加速器を用いて可能であるということで、今我々も含めて、この2種類、あるいは4種類のアルファエミッターの有効利用について鋭意検討が行われているところです。

こういったアルファエミッターを医学応用するときに、生物、物理、化学、それぞれの分野で魅力があります。簡単に申し上げますと、主作用が高いことと副作用の低さというのが、このアルファ線の持つ高いエネルギーと短い飛程を組み合わせることで実現できるのではないかと、物理的な側面から申しますと、それぞれアルファエミッターを入手するというのは割と簡単に可能であるということで、特に製造の上では非常に魅力があります。ケミストリー分野では、それぞれの周期表にのっとった化学的な特性をうまく組み合わせることによって我々が目指す創薬というのが可能になるであろうというところが非常に魅力となっておりますが、非常にそれに反して課題もありますので、なかなか進まないというのが今の状況です。

簡単にアルファエミッターの生物学的な特徴を御紹介したいと思うのですが、こち

らに示すとおり、非常に高いエネルギーを短い飛程で全て失わせるということで、単位長さ当たりに非常に高いエネルギーを付与するというのが物理的な、あるいは生物学的な特徴と表現できます。

核医学治療ですね、いわゆるがんをやっつけるという意味ですが、その治療の本質は、放射線による細胞傷害性に基づくもので、何をしているかと申しますと、アルファ線ががん細胞の中のDNAの二重らせんを放射線の力で切断するという事で治療の効果を発揮します。我々研究者としますと、こういった特徴を組み合わせることで、最適化をすることで有効ながん治療薬を目指すというのが、このアルファ線を用いた、もちろんベータ線でも構わないのですけれども、核医学治療の本質となっております。

製造面ですね。物理的な面になりますけれども、こちらは色別に示しましたが、崩壊形式別の核図表で、模式図的にあらわしますと、この黒い線が安定核で、その左側がいわゆる加速器を用いて製造しやすいRI、中性子欠損核になりやすいという特徴があるので、いわゆる診断向きのRIをつくりやすい。一方の赤い側（がわ）は中性子過剰核ということで、原子炉による中性子付加ということで、治療のベータエミッター向きの製造が可能になる。

これらに対して、重い核です。上の方に行くほど原子番号が高くなり中性子数もふえるので重くなっていくのですけれども、ごらんいただくとおり、ほとんどが黄色く囲まれていますので、質量数が多少増減したところで、全てアルファエミッターになるという特徴があります。すなわち、ここに二つのオプションがあるのですけれども、いわゆる自然的な崩壊ですね、 $4n + x$ であらわされる天然の崩壊を用いることで治療核種のジェネレータ化が可能ですし、加速器であっても、多少質量数が変わってもやはり全てがアルファエミッターという特徴を生かすと、やはり治療核種を効率的に製造できる可能性があります。

周期表に載せましたけれども、アルファエミッターとして、アルファ崩壊をするRIとしますと、第6周期、結構下の方になりますが、質量数200以上のほとんどが該当します。これらのうち何が使われているかという、何をしようかというのが適切かもしれませんが、四つほど検討項目がございます。

まずRIそのものが持つ物理学的な半減期、そして製剤化したときに、生体内での特異性のあらわれ方と、生物学的な半減期、更に薬としての利用形態ですね。どのような化学形状で利用するかという、これらを組み合わせることで、今現在、アルファ線のエミッターとして有効と言われているものは、およそ4種類ぐらいではないかと、そういうふうに言われています。

具体的にそれらをまとめたものがこちらなのですが、先生方御存じのとおり、ラジウムの ^{223}Ra の塩化物ですね、ラジウムクロライドはゾーフイゴという名前で商品化されまして、50を超える国々で承認されて、今、骨転移のある去勢抵抗性前立腺がんの治療と疼痛（とうつう）緩和等に利用されている。日本でも3年前から承認されておりまして、使われている状況です。

ラジウムを除きますと、今現在、非常に注目されているものが、このアクチニウム ^{225}Ac というものでして、ごらんいただくとおり、非常に多くの国々でフェーズⅠ、フェーズⅡも含めて研究がなされていますが、このアクチニウム ^{225}Ac というのは、わずか世界で3施設、アメリカにあるオーク・リッジ、ドイツにあるJRC、ジョイントリサーチセンター、あとロシアにあるフィジックス・アンド・パワー・エンジニアリングという、この施設、三つからでしか供給がされません。年間当たり、最大2キュリーの供給量と言われています。非常に少ない状況なので、これだけユーザー、潜在的なユーザーがいる中で、製造体制が間に合わないということで、アメリカ、欧州としますと、国策としてアクチニウム ^{225}Ac の供給体制を整えようという、そういう動きが行われています。

ごらんいただくとおり、ここに日本の国旗がございません。臨床研究、治験の報告がないという状況です。一般的な話というか、微妙なところなのですけれども、TRT、TATの分野では諸外国と比較して日本は20年おくれていると言われています。PET診断や加速器の数などは確実に世界でも先進国に相当すると思っっているのですけれども、殊、治療の分野になると、日本はおくれていると、そういう状況が今盛んに言われています。

この状況を打開しようということで、産官学、それぞれ協働しまして、今国内でもアルファ線を医学応用するための動きというものが盛んに行われています。特に、産が加わったことが非常に大きいと思うのですけれども、アクチニウムの国産化、及び創薬拠点の準備ということで、日本メジフィジックスさんが今、この社会実装に向けて準備をされているところです。

官の中では、特に規制の話になるのですけれども、治療する場所が少ないということが今、がん対策推進基本計画に文言が記載されましたので、そういった治療する場所の整備、確保というのが国の中での基本計画のがん対策の中でも載りましたので、そこに向けての準備が進められているところです。

アルファエミッターが医学応用され始めたというのはここ最近の話なので、いわゆる規制が追いついていないという状況ですので、データ取得による合理的な規制ですとか、安全管

理の在り方に資する研究等もおとしから始めてられているところです。もちろんアカデミアでもアルファ線の有効性、あるいは副作用等も含めて検討が始まっているので、これらを組み合わせることで、今後、20年のおくれを取り戻そうということなのですから、こちらに示すような課題がございます。

幾つかあるのですが、簡単に申し上げますと、一番下の段ですね。規制方法を含めた実践的なTAT臨床、基礎研究の環境の整備というのが非常に重要であろうと。これが我々のようにじかにアルファ線の医学応用に接している者からすると、ここが非常に課題であろうと。産官学共同してこの解消に当たっていききたいなと、そういう状況です。

具体的にTATの先進国に相当するスウェーデンの例なのですが、昨年、規制庁の安全研究に私参加させていただき、スウェーデンにあるヨーテボリ大学というところを見学させていただきました。彼らの施設の特徴は、ここに示すとおりなのですが、ここで特に申し上げたいのは、安全管理は、医学物理士の責任で設計がなされています。医学物理士というのは、いわゆる作業者ですとか公衆に対する被ばくを評価する、そういったプロフェッショナルな職業の一つでして、いわゆるデータをもとにどれだけの線量がどういう影響を与えるのかという、そういうことを学問として検討されている方の責任になっています。

ハードウェアに関しては、彼らと日本はほとんど同じです。物の準備も使い方も同じという、同じハードウェアでありながら、規制の考え方が特に違うようなので、後ほど御紹介しますけれども、実践的には大きな違いがあらわれておりました。

先ほどの医学物理士の方と直接お話ができたので、どのような管理をされているのかという考え方について伺ったのですが、彼らはJ u s t i f i c a t i o n（正当化）と書きましたけれども、これと、O p t i m i z a t i o n（最適化）、D o s e l i m i tを守れと、この三つを繰り返し表現されていました。

日本と彼らの施設、何が違うのかというと、多少主観も含むのですが、四つの違いがあるなということが印象深かったので、ここにまとめさせていただきました。

線量評価ですね。つまりどれだけのR Iを許可できるのかという、その決める方法なのですが、日本ではモデル計算が主体です。これに対して彼らは、R Iそのものを実測する、線量を評価することによって安全を、例えば年間の被ばく線量を評価して、規制値、基準値を超えないから安全ということが実測ベースで行われていると、それが大きな違いがありました。

管理の主体と被ばくの認識、この二つは私の主観が含まれているので本質ではないかもし

れませんが、目の前に機械があると、その機械を、形を維持することに多少意識が向くことが個人的にはあります。我々も放射線の教育訓練を受けていますから正しい扱い方というのは認識しているつもりなのですけれども、いわゆる管理の主体を機械が担保している、そこに機械があるので安全だろうという、そういった甘えと言っては何か違うかもしれないですけれども、そういう面があることに対して、彼らは、人主体と書きましたけれども、正しく扱うイコール守れていると、こういった認識の違いがあるのではないかなと。もちろん我々が違反をしているわけではないのですが、やはり目の前に機械があると、それに頼ってしまうというのはどうしてもあるのではないかなということで、これは一つ書いてしまいました。

被ばくの認識なのですけれども、これはもちろんALARAの原則がありますので、限りなくゼロにするということは正しいことですし、我々もそれを実践しているつもりなのですけれども、制限内という、例えば年間5ミリシーベルトまでは許容と決めていれば、その制限内で受ける線量というのは悪いことではないと。極論したらそういう話かと思います。その違いはやはりあったかなと思いました。

あと、排水方法となると施設のハードウェアの話なので大きな違いになってしまいますけれども、日本では貯水槽を経由することに対して、彼らは十分に冷めたものを直接下水に廃棄するという、この違いもありました。特にインフラの準備にはお金がかかって、コストがかかってしまうので、こういった違いが特に老朽化を迎えたRI施設を整備、あるいは改良するに当たっては、こういうところも効いてくるのかな、そういうふうに思います。

先ほどの医学物理士がやる線量管理の話なのですけれども、実際にヒューマンカウンターという装置を用いて、作業者がどれだけの線量を受けているのかというものを評価して、安全性のデータを集めていると、そう彼らは説明してくれました。データの取得、つまり病院側と行政側の交渉の繰り返しで、彼らの施設の基準値の設定というのが決めてこられたという経緯があるそうです。

実際に作業をすることによって、汚染レベルを評価することで、年間に受ける被ばく線量が、例えば1マイクロシーベルト未満だったということで、実践的には十分に安全だろうということで彼らの施設基準は定められているそうです。これを、彼らは1999年に既に行っているということで、今年はまだ2019年ですから、こういったところからも、既に日本が20年おけているというのが御理解いただけるかと思います。

実際にアルファエミッターが治療に有効なことは評価済みというのが、彼らの既に先進的な話ですので、今は二次的な話とか副作用の影響というのを、晩発障害ですね、こういった

ものを評価していると教えていただきました。

実際的にこういった違いですね、規制あるいは考え方の違いがどうあらわれてくるかというのが、こちらの表なのですけれども、日本では1日最大使用量というのが定められています。同じように、3か月と1年、これは我々の施設の例なのですけれども、我々は1日に20ミリキュリーのアスタチン211が使えることに対して、彼らは32ミリキュリーのアスタチンが使える。彼らは3か月、1年という規制はないので使用1回当たり、つまり翌日もその翌日も、365日毎日32ミリキュリーが使えると、そういう状況です。

ハードウェアは先ほども申しましたように、施設はほぼ同じです。あるいは日本の方が進んでいるかもしれません。ですけれども、使用量にこれだけの差があらわれている。

アルファエミッターのように治療で用いる場合、やはり放射線による細胞傷害性を出さなければいけないので単回投与量は多くなっていく傾向があるのですけれども、こういった制限ですね、使用の制限があると、投与量や回数にも上限が生じますし、特に寿命が短いもの、物理的半減期が短いものは必要投与量はふえるという傾向もございますので、いわゆる治療を考える場合にはこういった許可量の確保というのは非常に重要になるというのが状況ですから、こういった考え方の——諸外国の例が一概にいいとは言えませんが、柔軟な考え方を導入することも重要ではないかなと、そういうふうに思います。

ちょっと余談なのですけれども、これは中国語、漢字で書かれた周期表なのですが、アスタチンは石偏に厄です。厄介な石と書いてアスタチンと読むそうなので、こういったところからも非常に厄介なことをこれからやっていかなければいけないというのが、我々に与えられた課題となっています。

実際に、アスタチンはどの程度必要なのかという見積りなのですが、今現在、マウス、予備実験に相当しますけれども、前臨床段階で、およそ100マイクロキュリーのアスタチンを投与することによって十分な治療効果を確認しています。物理的減衰、あるいは標識効率等を換算しますと、およそ5倍の放射能を一番最初につくらなければなりません。つまり許可量はこれよりも多い状況、我々が20ミリキュリーの許可をとったというのは、こういった計算からなっています。

これが実際の臨床になって、スケールアップになったときに、スケールアップするときに、ここでは仮に100倍としましたけれども、10ミリキュリーのアスタチン211を投与するに当たって必要な製造量は50ミリキュリー以上、つまり許可量もそれ以上ということで、先ほど御紹介した許可量の規制の話というのも見直しが求められるのではないかなと、そう

いうふうに考えているところです。

アスタチンの例は別にして、今度、アクチニウム225の話題に行きたいのですけれども、PSMA617という、これは先生方もごらんになった例があるかと思いますが、非常に有効な例がドイツにあるハイデルベルク大学から報告されました。いわゆる前立腺がんの治療なのですが、このように非常に転移してしまったがんが、3回、4回の投与で完全に奏功したという、非常に極めて印象的な例です。こちらはベータエミッター、同じ薬剤なのですが、ベータエミッターのルテチウム177標識したものでまだ不適應だったのですが、アクチニウム225に変えることによってCRということで、非常にこれが世界中のアクチニウム研究に向かわせた原動力の一つとなっております。

アクチニウム225がなぜ効いているかというのを学術的に見たものがこちらなのですが、投与量とすると200マイクロキュリー程度なのですが、これで平均CRが32か月と非常に長い期間、健康な体を保つと、そういう結果があらわれています。

特に、これが主作用なのですが、副作用の低さというのがやはり魅力でして、腫瘍対赤色骨髓比、要は放射線感受性の非常に高い細胞に与える線量の比較が、ベータ線に対して10倍よいということで、非常に切れのいい治療ができるのが、このアルファエミッターの魅力と。

更に副作用がほとんどあらわれなかったというのがまた別の大きな魅力です。ただし、唾液腺への被ばくというのが問題になっていまして、唾液が出にくくなる、あるいは出なくなるということで日々のQOLが低下するということがございますけれども、別の代替療法とかで、こちらの低下というのが見込めるのであれば、総合的には、生命に対しては延命効果があるということで、こういったものからアクチニウム225の医学利用が注目されたという経緯がございます。

物理的に見た場合のアクチニウム225の利点と申しますと、半減期10日というのが非常に扱いやすい半減期でして、世界のどこか、数拠点であっても商業的な供給が可能になるといった、そういった寿命です。

また、崩壊の中でラドンを生じないというのが非常に魅力的でして、製剤及び投与後の管理ですね、体の中から揮発性のアルファエミッターが出ないというのが魅力になっています。

また子孫核種が非常に短い寿命ばかりで、一番長いものでも3.3時間ということで、投与後の放射線管理、安全管理というのも容易に行えるというのが、このアクチニウム225の物理的な魅力になっています。

今現在、先ほど申しましたとおり、三つの施設がアクチニウム225の世界供給を担っているのですけれども、同じように去年、このJRCを見学させていただく機会があったので、拝見させていただいたのですが、非常に簡単なこういった組合せで、これだけの施設に供給を行っている。年間6回なのですから、2か月に一度、全体として250ミリキュリーのアクチニウムを提供しているという状況なのですが、先ほども御紹介申し上げたとおり、アクチニウム225の供給不足が懸念されるということで、IAEAがアクチニウム225、このRIに限定して、この供給量の増強を検討しようという会議が昨年開かれました。これだけの国の65名の参加者が一堂に集まったということで、非常に魅力的な会でした。

製造法についてなのですから、一番左に書いたのが、いわゆる天然法ということで、3施設が年間2キュリーを賄っている状況に対し、人工的な方法でこれからアクチニウムをどうふやしていこうかという話がこちらなわけです。

青く囲ったものが民間企業なのですから、こういった官だけでなく民の参画というのもこれだけ非常に注目されているRIの特徴なのかなということで、今後、我々のところでもこのラジウム226を小型のサイクロトロンを用いて照射して、アクチニウム225をつくるという検討を始めましたので、次の章で簡単に御紹介していきたいと思います。

今の話を簡単にまとめますと、アルファ線、TATですね、従来のベータ線治療を上回る効果に期待が集まっているところで、産学ともにアルファエミッターそのものの製造体制を増強を検討中ということで、国内でも同じような動き。何とか20年のおくれを取り戻そうという動きが、我々も含めて、盛んにやっているところです。

我々のアルファエミッターに関する製造と研究例について、簡単に報告したいと思いますけれども、まず、アスタチン211です。簡単に申しますと、アスタチン211を製造するに当たって、こちらに示すように、六つほどの課題がございました。それぞれ番号を付しておりますけれども、こういった方向で課題解決することにより、今現在、定常的にアスタチンを、およそ二、三週間ごとに10ミリキュリーほどの提供を継続しているところです。2017年なので、おとしから始まって、様々なターゲットを対象に、また様々な化合物、薬剤をもとにして治療効果を確認しているところです。また治療のみならず、アルファ線のサイエンスをするに当たって線量評価というのが非常に重要なので、あるいは急性毒性の報告等ですね、主作用だけでなく副作用、あるいは理論的な裏付け等も含めた総合的な今アルファ線治療研究については順次報告を重ねているところです。

ここで、世界の例という、アメリカの例をもとに、RI供給についてDOEからの報告が

あったので、1枚準備いたしました。

いわゆる国立研究所、大学が協力して、非商業的にR Iを供給しようという動きなのですが、我々も、日本も大阪大学を筆頭にR I短寿命プラットフォームに参加しておりますが、こちらに示すように、非常に広大な国家ではありますが、それぞれの施設が分担して、R Iの供給を検討しているのですが、ここの赤く囲った部分はアスタチン211の供給なのですが、予定しているところなのですが、全てが保留状態にあるそうです。やはりアスタチンは寿命が7時間と短いので、そういう広範囲な国土を賄うにはハンドリングが難しいのではないかなという、そういうのがここら辺から推測されるのですが、アクチニウムであれば、特に日本は狭いですし、半減期10日ということもございますので、日本全土を賄えるのではないかなということで、我々とアイソトープ協会、日本メジフィジックスが協働しまして、今現在、アクチニウム225を製造法、供給、創薬に向けて共同研究をしているところです。最終的には社会実装を見据えた要素技術の開発ということで、結果的に線源の脱輸入体制、自立した核医学を目指そうという動きで、今現在、我々鋭意検討を重ねているところです。

今回の場合はラジウム226を用いますので、その娘核種であるラドンの廃棄が非常に厄介ということで、このようなグローブボックスを準備いたしまして、安全性を担保した研究の場を確保いたしました。そして、ラジウムを照射するという事で専用のターゲットステーションをつくりまして、ここで交差汚染を回避した状況を確認した上でのアクチニウム225の製造研究を行っているところです。

具体的にどうラジウムをハンドリングしているかという話がこちらなのですが、今現在は単純に沈殿法ですね、ラジウムを炭酸塩にして、セラミックでつくったフィルターの上に析出させたものを照射しております。このフィルターはセラミック、石でできておりますので、耐ビーム性、耐熱性が非常に良好ということで、1メーカー、TYKさんというセラミック屋さんと共同研究ということで、こういった要素技術の開発も行っているところです。

具体的に照射した例がこちらなのですが、このカップ状の容器の中に今、ラジウムが入っておりまして、いわゆるターゲット容器を封することで、こちら、ちょうど真ん中に焼け跡がごらんいただけると思うのですが、ここに今、ラジウムを照射した結果、アクチニウムが生産されているところです。

実際に製造した例がこちら、波高分析なのですが、およそ1.5ミリキュリーのラジウムから、6マイクロキュリーのアクチニウム225が得られている状況です。これから

スケールアップ、あと安全性、安定性、遠隔処理に向けた機械化というのをやっていこうと思っているところです。

最後のまとめページになりますけれども、我々のところでは今、アルファ線による治療効果が非常に大変興味深いということで、今研究の主題として、我々日々活動しているところです。特に加速器を主体としたT a r g e t e d A l p h a T h e r a p y、その治療プラットフォームをつくるというのは本邦向きではないかなと思っているところです。

産官学協働して臨床T A Tの早期実現が望まれている、そういうふうに考えているところです。

報告は以上になります。ありがとうございました。

(岡委員長) ありがとうございました。

それでは質疑を行います。佐野委員からお願いします。

(佐野委員) 大変興味深い御説明を頂きましてありがとうございます。

R I が医療の将来に大変大きな可能性を秘めていることがよく分かるわけですが、日本が20年おくらせている問題を解決するために、オールジャパンで取り組んでいく必要がある訳ですが、そのための体制といいますか、20年のおくれを取り戻して、更にその先を行こうという意欲をお持ちのときに、予算・人材育成・体制、行政の体制、そういったものは十分なのかどうか、先を見込んだお話をお伺いしたと思います。あとは、先ほどのスウェーデンでのヨーテボリとの違いで、線量評価でスウェーデンは実測しているけれども、日本はモデルだということですが、これはどういうことですか。日本も実測しているのでしょうか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) ほとんどモデル計算と伺っています。

その専門ではないので何ともいえないのですが、例えば飛散率という考え方が一つありまして、あるテーブルに定められたものは、一律どんな形状であれ、それに即した形状であれ、何割かが飛散するというような考え方で空気中の濃度限度というのに規制がかかるのか、扱える量に。

(佐野委員) 標準的なモデルをつくってしまう、ということですか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) はい、そういう計算例があるそうなのです。

例えば、ドラフトのような排気設備があると、それを10分の1にしていというようにことで、その10分の1というのも飽くまでもモデルなので、一律10分の1がかかる。

あるいは、フィルターが入ることによって10分の1、100分の1にしてもよいという

ような話なのですが、核種に応じて、そのフィルターは100%に近い数字も出ることがございますので、例えば100分の1といえども、過剰な安全側への係数という場合もあるそうなので、そういうのが積み重なると、全て掛け算で効いてきますので、空気中に許される濃度というのは多くなってしまって、使える量が結果的に制限されてしまうというのが、一つの管理区域の設定の仕方の問題というか、実際に現場で考えると、もうちょっと扱いたいのですけれども、それに対して制限がかかるというものがあると。

おくれについてですね。

(佐野委員) 今後そのおくれを取り戻す体制ですよ。予算にしても、人材にしても、制度にしても、行政の取組にしても、そういったところをどうお考えなのでしょうか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 一研究者の立場でしか言えないのですが、幾つかの項目に、先生がおっしゃられるとおり分かれていると思いますが、まず、場所がございません。今申し上げた管理区域を設定すること自体がかなりハードルの高いものでして、もちろん今ある既存の施設というのは、従来、例えばトリチウムに代表されるような長寿命のRIですとか、あるいはPET施設のようなポジトロンエミッターの管理区域として定められた経緯があると思うのですけれども、その中で、アルファエミッターを更に使える許可を加えるようなことをいたしますと、施設設計自体がアルファ線に特化されていないということと、既存のRIの使用量を圧迫してまで新たにアルファを導入できるかという、研究、もちろん今までのをないがしろにすることはできませんから、そういった両立というのがなかなか難しいと思うのです。

つまり、ある程度特化した、アルファに特化した場の整備というのが、こういった選択と集中と言っては言い過ぎかもしれませんが、アルファに特化した施設というのが国内でも1、2あってもいいのではないかなというふうには思います。

そこに向けてのいわゆる人材育成につながると思うのですけれども、こういった場も非常に貴重だと思うのですが、もっとアルファ線の有用性というのですか、むやみに怖がるというわけではなく、有用な面を積極的に出すことによって、若いこれからの世代の方たちにまず関心を持ってもらうというか、その中である程度、大学に進み、社会人に進んで、進路を決定するに当たって、そこで取捨選択をされてもいいと思うのです。本当に面白いと思って、研究したいと思う人がいれば、間違いなく集まってくるとは思いますので、そういった彼らを受け入れられる場ですね、環境としての場であり、実験の場であり、ポストの問題もそうだと思うのですけれども、そういったものを確保できれば、研究内容そのものは非常に魅力

の高いものだと思うので、後からついてくるとは思っています。

(佐野委員) 現状はどうなのでしょう。予算手当てとか、場を提供する動きとかはあるのでしょうか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 阪大さんの例を多少伺ったことがあるのですが、それでも、卓越大学院制度みたいな形で、いわゆる学振もそうですけれども、大学独自による大学院生に対する手厚さというか、予算になってしまうとは思いますが、そういうのがあれば、やはり学びたい人たちは積極的に来ますし、ある程度、大学ももちろん十分な環境だとは思いますが、研究のようにより特化したような先進的なところというのも、例えば外研のような形、あるいは共同研究のような形で若い子たちがより実践の場でもまれると、よりスピード感がよく研究が進むのではないかなと思いますし、彼らの持つ突飛な考えというのは非常に魅力的だとは思いますが、そういうところから、また新しい治療の方法であり、あるいは発見でありというのが見つかるのではないかなと思いますけれども。

(佐野委員) 厚労省は関係しているのですか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) AMEDという形で予算は。AMED経由で出してもらっています。

(佐野委員) ありがとうございます。

(岡委員長) 中西先生、いかがですか。

(中西委員) どうも説明ありがとうございます。

放射線を利用したマーケットが4兆円で、その半分以上はもう医療だと思うんですね。工業利用といっても、加速器をつくったり、いろいろな機器を使って10年、20年で1兆円ぐらい市場がふえてきていると。しかし、日本は其中で治療の方はものすごくおくと。診断の方は結構進んでいるということなのですが、この臨床応用のところを見ますと、ドイツが非常に活躍していますよね。

この最初の前立腺がんの末期の患者さんがこれだけ治ったという衝撃的な写真もあるのですが、アルファ線、特にアルファ線放出核種の大きな核種ですから、割合使える人がいないとか、みんな小さな核種ばかり使ってきていますね。どうしてドイツがこれだけ早く進んだのかという、お分かりでしょうか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 次のページ、36ページなのですが、ここで初めてアクチニウムが利用されたというのが、この人道的使用という、この *compassionate use* というのですか、これが割と医師主導で行える土壌があるそうなので

す、ドイツは。

ルテチウムで効かなくて、ただ、その前のページに構造式があるのですけれども、ここの窒素が四つ囲った、こういうところがキレーションサイトなののですけれども、ここの真ん中にルテチウムが入り、同じようにアクチニウムも入るということで、ベータで効かなかったものがアルファで効くのではないかという、多分、研究者の方が誰かお考えになったと思うのですけれども、化学的な障害も低くて、変えることはそんなに難しくないのも、より治療効果の高いアルファでやってみないかというような土壤があったのではないかと推測するのですね。

もちろんここのアルファ線、アクチニウム供給施設自体がITUという超ウラン元素の取扱い施設なので、もともとがこういう重たい元素を自由に扱える、国全体のそういう場があったのではないかと思うので、それで効いてしまったといえ、もうとまらないと思うのですよ、医学研究は。

そういうのが多分あったのではないかなと推測します。

(中西委員) そうしますと、例えば20年、たとえおくれていても、日本は薬に関する研究はすごく、ドラッグデリバリーとかいろいろなものがあるので、そこで先ほどの何とかアルファ線を出す核種をうまくつくれば、世界のトップに行けるという可能性は。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 我々も含めてそこを狙いたいと思います。

(中西委員) 分かりました。

あと、ちょっとマイナーなことで申し訳ないのですけれども、今、ベクレル単位が大はやりなののですけれども、皆さん使っている、あちこちにミリキュリー、キュリーと、これはやはり核医学の世界ではキュリーがまだ幾つか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 放医研独自かもしれませんが、近頃、ラジウムを使っているという、ちょっとエクスキューズなののですけれども、先生御存じのように1グラムは1キュリーというラジウムの単位なので、実は扱いやすさがキュリーの方がすごく利便性が高く、そっちに合わせています。

(中西委員) どうもありがとうございました。

以上です。

(岡委員長) ありがとうございます。大変包括的で示唆に富む発表ありがとうございました。

質問は、先ほど佐野先生がおっしゃったのと同じで、日本、我々は何をすればいいか。場所がということがありましたけれども、実際つくる方と、それから治療の方と、いろいろあ

と思うのですけれども、場所の問題以外にどういう課題があるでしょうか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) やはり場所を決めるのも規制であり、今現在の例えば十分な使用量を賄おうとすると、現行のモデル計算では、いろいろなところで障害が起こる気がしています。

ですから、いわゆるそれは施設基準を満たそうと思うと投資コストが上がってしまうことがあって、10できる施設が1になってしまう可能性があるのも、何とか規制に対する考え方を見直し、より合理的な見直しと表現させていただきますけれども、それがもちろん規制庁さんが今そういう動きをされていますから、それも我々は乗っかりたいのですが、本当の意味の作業者であり、一般公衆の安全性が担保できる、より合理的な規制法というのが導入されれば、いわゆる諸外国の例、例えばスウェーデンの例でもいいと思うのですけれども、そのようにハーモナイゼーションができれば魅力のあるTAT研究の場が日本にもできるかなと、そういうふうに思います。

(岡委員長) それさえできれば、大体課題としては。それが一番大きな課題ということでしょうか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 本当に幾つもあると思うのですけれども、一律上げることは不可能だと思うので、段階的に一つ一つ上げていくのが多分現実的な話だと思うのですけれども、一番我々が、一担当者のレベルなのですが、気になる場所ですと、規制の考え方というのは一つあるのかなと思います。

(岡委員長) ありがとうございます。

ちょっと細かい質問で、このアルファ線は非常に、これはどのがんでも効くのですか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 化合物次第だと思います。詳しい話は正直分からないのですが、今現在、がんを標的とするベクターに相当する運び屋さんの薬が、抗体が主流になっていますので、その抗体の特異性があれば、ある程度はそこに集中した線量付与というのできると思うので治療効果が出ると思うのですけれども、アルファ線の一つの大きな欠点とすると、飛程が短いので、固形がんのように大きくなってしまったがんというのは、その効果が薄くなる懸念がございます。

ですから、例えば白血病のような非固形がんというののもですと、また、がんが小さいですとか、体中に分布しているようなものは得意だと思うので、そっちをまずターゲットとするというのは一つありだと思います。

放射線はもちろん、先生御存じのように外照射もございますから、核医学という大きな組

合せを考えると、外と中の組合せで、特に転移がんのようなものというのは、T R T向きなので、そっちを目指すというのも一つの手なのかなと思っております。

(内堀研究企画部長) 特にQ S Tでは、重粒子線がん治療というのを行っておりまして、その対象者ですけれども、固形がんに対してはそういった重粒子線がん治療を使って、散ってしまったもの、あるいは転移がんについては、T R Tを使って治していくという戦略を立てて、行っているところでございます。

(岡委員長) 先生方いかがでしょうか。

(中西委員) 先ほど御説明になったゾーフィゴ、ラジウムの方ですけれども、あれは、保険で認められたのは1ショットが70から80万円ですね。そうすると、企業によっては、もうけようと思えば、外国でつくって日本にという動きとかも出てくるのでしょうか。日本はほとんど輸入品ですから。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) R Iの生産コストで申し上げますと、どこまで考えるかという話だと思うのですが、原子炉そのもののコストを乗せるというのは、一部テクネチウムでもそういう考えがあるという話を伺ったことがあるのですけれども、そうなってくると桁が変わってきってしまうような気がするので、そこら辺は製薬メーカーと、あるいは国家規模の話になると思うので一概には言えないと思うのですけれども、少なくとも、このゾーフィゴというのは結構な額を投資して、そのリターンがあったというような話は伺ったことがあります。

(中西委員) そうではなくて、日本でいろいろ研究したものがどんどん海外で使われるとか、ドラッグデリバリーですごくいい薬があって、そこにアルファ線を出すものをくっつけさえすれば効くわけですよ。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) チャンスはあると思います。治験を行える場が日本にはやはり、先ほど申し上げましたように、ないので、製薬会社が諸外国でフェーズⅠ、フェーズⅡをやるという話はよく伺っています。

ですから、そっち、マーケット規模もあるかもしれませんが、国外流出をせき止める動きというのにも必要かもしれません。

(中西委員) どうもありがとうございました。

(岡委員長) 一般的な話なのですが、アジア各国のこういう放射線のがん治療の状況というのは、例えば今、御説明あった治療法なんかはまだやっていない、そんな感じなのですか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 先進国は外照射が得意というような傾向があるかも

しません、ひょっとすると。インフラに大きな投資がかかるので、簡単に導入できない。

一方、こういった投与型というのは、それこそ諸外国、つくっているところから輸入すれば、1ショット、2ショットでがん治療が行えるという話なので、実はより安価な方法ということで、魅力のあるものとして認識されているという話を聞いたことがあります。

実は南アフリカです、ここが非常に、この例ですと前立腺がんなのですけれども、患者さんが非常に多いらしいのですが、手術を受けない国らしいのです。なので、このアクチニウム225のPSMAが入ったことによって彼らの治療効果が劇的に上がっているという話を聞いたことがあります。

また、日本では特にこういった放射線治療というのは、サードライン、フォースラインで、例えば外科手術、ケモセラピー、その次ぐらいがやはり放射線なのですけれども、ファーストラインで、一番最初にアルファ治療というのが南アフリカでは選択されるらしいので効き目がいいらしいのです。つまり、まだ小さいうちにたたけるといえるのか、そういうのもあるそうなので、そういった核治療の有用性というのを広くアピールできれば、また状況は、日本でも変わってくるのかなとは思いますが。という話もあります。

(岡委員長) なるほど。

(佐野委員) 日本の患者さんで、海外で治療を受けられるところに出ているという現象は起きているのですか。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) そうですね。

(佐野委員) 起きている訳ですね。

(永津放射線核種製造グループ研究統括) 起きています。ドイツ、スイス、オーストラリアあたりは、そういうがん患者さんを受け入れる体制があるので、もちろん弱ってしまった患者さんが高い渡航費と滞在費と治療費を払ってでも、やはり諸外国に行かなくてはならないという状況にあるので、それに対して、やはり見直しというか、我々積極的に改善しなくてはならないのかなとは思っていますけれども。

(佐野委員) ありがとうございます。

(岡委員長) ありがとうございます。

大変すばらしい御研究の発表で、何か国としても必要なことはちゃんとやらないといけないと思っています。ありがとうございます。

それでは、議題1は以上でございます。

議題2について、お願いします。

(竹内参事官) 今後の会議予定について、御案内いたします。次回、第23回原子力委員会の開催につきましては、開催日時、6月26日10時から、開催場所、8号館5階共用B会議室、議題は調整中で、後日原子力委員会の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。

(岡委員長) ありがとうございます。そのほか、委員から何か御発言ございますでしょうか。

御発言ないようですので、本日の委員会はこれで終わります。ありがとうございました。