

第28回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和3年8月31日（火）14:00～14:56

2. 場 所 オンライン開催

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
進藤参事官、實國参事官
大阪青山大学 健康科学部
篠原教授

4. 議 題

- (1) 核医学用R I 製造の基礎研究の状況について（大阪青山大学 篠原氏）
- (2) その他

5. 審議事項

（上坂委員長）委員長、上坂でございます。

それでは、お時間になりましたので、第28回原子力委員会定例会議を開催いたします。

本定例会議は、新型コロナウイルス感染症対策のため、オンラインでの開催となります。

また、本日は私上坂、佐野委員、中西委員がオンラインでの出席となります。

次に本日の議題ですけれども、一つ目が核医学用R I 製造の基礎研究の状況について、大阪青山大学、篠原氏。二つ目がその他であります。

それでは、事務局から御説明をお願いいたします。

（進藤参事官）一つ目の議題は核医学用R I 製造の基礎研究の状況についてです。

本日は大阪青山大学健康科学部教授、篠原厚氏様よりオンラインで御説明をいただきます。

それでは、よろしくをお願いいたします。

（篠原教授）篠原でございます。

それでは、核医学用R I 製造の基礎研究ということで、その現状と課題というサブタイトルで報告させていただきます。

まず、私、いつもこういったときに自己紹介に使うスライドなのですが、元研究室と書いています。私自身は今年の3月に大阪大学を定年退職いたしまして、今大阪青山大学というところにいます。そこの研究室が新しい原子力の創造を研究テーマに、この元素記号表にある一番下の、非常に重たい元素、ニホニウムに代表されるような超重元素というものの化学的な性質や、新しい、ミュオンとかパイオンでできているような元素の話ですね。最近では環境放射能、これ福島以降ですけれども、それと今日のテーマでありますR I の核医学利用といったことを研究テーマとしてやってきております。

履歴ですけれども、今年ちょうど退職しまして、今、大阪大学にも特任という形で在籍しておりますが、大阪青山大学というところにいます。研究テーマは書いてあるとおりでありますが、簡単に説明させていただくと、R I の医学利用というのはどういう状況であるのか、それと実際基礎研究の実例として、私が今います放射線科学基盤機構というところでの実例を少しお話しさせていただいて、ポイントは4番ですけれども、現状と課題の話をしたと思っています。

実は昨年3月に放射化学という研究分野について、この原子力委員会でお話ししていただく機会を得ました。その際に使ったスライドの一つなのですが、これは、よく我々の分野の最近のトピックスというのでよく出している図です。我々の分野、非常にメンバー少なく非常に小さな分野なのですが、カバーする範囲が広く、私が関係する中でのトピックスのほかにもいろいろございますので、その辺ちょっと注釈させていただいて、この左側にありますのが正に今日のテーマであります核医学利用ですね、それとニホニウムなどの超重元素の話とか福島の話。それと最近これ、ミュオンを使った元素分析という全く新しい手法が出てきております。つい最近、はやぶさ2が帰ってきて、その分析をやったことが成功したという報告を受けました。ここで、ほとんど全ての分野でR I とか加速器とか、こういったものが関係しております、正に今日のテーマのドンピシャの分野であると思っております。

私、この放射化学の日本の学会の会長を仰せつかっていますので、今日のお話も、少しそういう観点からも説明させていただけたらと思います。

本日のポイントですけれども、実はかなり前に柴田徳思先生が中心になって、我が国の放射性同位元素の供給体制についてのいろいろなサジェッションする提言がございました。こ

の原子力委員会でもここにありますように、加速器とか原子炉によりますR I 製造とか医学利用の現状とか、日本の供給の状況とかをそれぞれ第一線の先生方から話を伺っているということでしたので、私がこれに加えることは、実はほとんどなくて、ですから今日は、少しだけ基礎研究の紹介をさせていただいて、主に今後展開するために課題となります人材、放射能を使える人材の話。それとそれに関係するような分野全体、その全体の基盤をベースアップする必要があるという話。それとR I が使える、若しくは核燃料物質が使えるような施設が非常に問題になっております。そこら辺にポイントを当てていきたいと思っています。

これも同じく去年の3月にここにお伺いしましたときに使いました最後のまとめのファイルです。ちょっと持ってきてまして、実はここで出ています、最終的に書きました人材育成とか施設の強化、それと今日はちょっと余り話しませんが、規制の話、安全規制の話。それと色々な大規模のインフラの話ですね。こういったものが非常に大事だという話をしました。ほとんど同じスライドが最終の結果で、今日も出すこととなります。

それでは、R I の医学利用についてお話ししたいと思います、これは御存じのとおり、まず上の図は、学術研究におけるR I 利用の推移でして、これは主な大学でのR I 協会からの出荷量です。ですから売っているR I ですね。これがどんどんどんどん減っているということで、これちょっと古いデータで、このままいくと今の2021年はもうゼロになっているのですけれども、まあそうはいかないですが、非常に減っているという状況がございます。

一方で、加速器を持っているような大学でのR I 利用を見るとそれほど減っていないのと、加速器製造、この上のプロットがそうですけれども、加速器での製造がむしろ増えている。ですから供給、入荷は減っているんですけども、加速器による製造、これは主に医学利用ですが、製造は増加していると。それを裏づけるように、実はこの下の方は核医学の診療の方のデータですけれども、最近非常に盛んに使われているPET診断、これはフッ素18に代表するような各種の利用ですけれども、年々非常に増えているということと、R I 治療、いわゆるR I の代用療法ですが、これも徐々に増えておりまして、最近この二つ、この辺りはラジウム223が使えるようになってから非常に増えた領域です。ですからこれ加速器だけじゃないのですけれども、こういういろいろR I を用いた核医学診断がどんどんと増えているという状況を示しております。

それで最近の放射線を使った治療の方法ですが、一つはPETですね。それと核医学治療でヨウ素とかアクチニウム、この辺りを使ったもの。最近粒子線治療とかALCTもつい最近利用できるようになりました。これとか、最近の方向はこの二つが、診断と治療が合わ

さったような、これ、英語を合成した造語ですが、セラノスティックスと、これももう御存じのとおりですけれども、こういったのが最近の方向であるということになっていまして、実はこういった新しい治療法を進めるため、もちろん従来のイメージングとか核医学治療もそうですが、新しい核医学用のR Iの開発が必要となってまいります。もちろん、現状でもたくさんあるのですが、更に新しいものが必要となってきて、そのためには広い分野の基礎研究が必要であるという状況にあります。

その核医学治療の中で、最近特に注目されているのは、これも皆さん御存じのとおりですけれども、アルファ線を使った治療法ですね。これ、T a r g e t e d A l p h a T h e r a p y、T A Tとよく言いますが、これ、アルファ線の飛程が非常に短くて、細胞数個しか飛ばないことを利用して、がんのところに持っていくとがんだけ潰して周りに作用、副作用がないということで、非常に注目されていて。これ四、五年前ですが、ハイデルベルク大学の病院でアクチニウム225という核種を使って、もう劇的な効果が見えた。これ前立腺がんですけれども、全身広がってアクチニウムのP S M Aという薬剤を3回注射して、更にもう一度注射するとほとんど寛解したというふうな、非常に注目すべき成果が発表されて、それ以降、世界中で関係するところでアクチニウムに注目した研究が進んでおります。

こういった医学応用に向けたR Iと申しますのは非常にたくさんございまして、これほんの一例を書いているだけですが、これ、下の図は核図表というもので、中性子数と陽子数で二次元に同位体をプロットしたのですが、その中に点在するたくさんの放射性核種が利用できます。例えばP E T核種は主に加速器で作るようなベータプラスエミッターで、主に今現在治療で使っているのはベータマイナスですね。これ、原子炉でよく使うようなやつです。最近注目されているアルファ線を使ったものが非常に重たいところにございまして、これ作り方いろいろございしますが、いずれにしても製造開発、製造法の開発、それと加速器、原子炉の整備が必要ですし、作ったものを化学分離して精製して標識するというふうな技術開発ができて初めて治療薬の開発に進むということになります。まあ、医学利用は主に短寿命が多いですので、こういったものを実際に医学に使うとなると大量に作っていく必要があるということになります。加速器と原子炉があればこの核図表にある大半のものは実は我々で作ることができます。ただし、大量に作るとなると、実際にこれを作って開発をするためにはこの赤で囲んだ「人」。こういったことができる人材が実は一番ポイントになります。

それで次の図は世界のR I製造の動向を示しましたが、原子炉による主な生成核種、それと加速器によるものが書いてありますけれども、原子炉は世界的に見ても老朽化が進んでお

りまして、最近トラブルがあってテクネチウムの、 99M の供給が弱くなったということもございましたけれども、世界全体を見ても加速器を使ってR I 製造していこうという方向が出ておりまして、アメリカとかカナダでは大規模な製造供給体制が、国として進めているという状況になります。

我が国もR I 供給というのは実はかなり前に途絶えておるのですけれども、最近は加速器を使った製造の提案とかたくさんありますし、つい最近、御存じのとおりですが、医学用のR I 4核種を国内製造再開するという方針が出ました。問題はこの4核種だけではなくて、いろいろな核種を安定に製造供給するという体制が実は基礎研究を進める上では必要です。早急にR I の国内製造、供給体制の整備が必要だろうと思っております。

その基礎研究ですが、それにおけるR I 供給の状況ですね。これは今注目されている核種をちょっと並べてあるだけですが、もっとたくさんありまして、大体が研究中若しくは開発途上でして、これ見ていただくと分かりますが、日本に関しては主に供給がかなり問題になっております。基礎研究を進めるためには、研究レベルは例えばアスタチン一つに取ってみてもアスタチンだけではなくて、その前後の要素とかいろいろな放射性核種を使った基礎研究が必要になります。ですから多様なR I 供給が必要であるということ。それと医学応用といえますか、医学に向けたいわゆる基礎研究ですね、動物実験から治験までの話ですが、これにはやはりそれ以上に学術研究よりも量が多い供給が必要で、かつ安定に供給する必要があるということになります。

さらに、これが治療法になってきますと、当然ながら大規模安定供給が必要でして、我が国では今のところ、これちょっとR I P F と書いてあるのですけれども、すぐ出てきますので、R I のプラットフォームなのですが、これを利用して学術レベルでは今、供給が非常によくされている。それで医学に向けた基礎研究では、ちょっとこのR I P F だけでは少し微妙に足りない。国がもう少し支援して体制を作った方がいいかなと。要するに安定供給のところ少しポイントになってきます。

さらに、大規模はもちろん、国策としてやはり供給体制を整備して企業とも連携して進める必要がある。これ、将来の話ですが、現状では多分モリブデン 99 とかいうのがこれに当たると思います。

それでこのR I P F 使っています、短寿命R I 供給プラットフォームとっているものでして、これは学術研究のために短寿命のR I を製造供給する国内の加速器施設が連携したようなプログラムです。私、大阪大学の核物理研究センターが中核で理研とか東北大とかQ S

Tとかの加速器を連携してやっているのですが、ここに示しましたのは、核物理学研究センターの主な供給核種ですね。それとこれは非常に多いですが、理研が今までのR I では、学術レベルにおいて実は基礎研究レベルのニーズに何とか対応できているという状況です。ただ、次のステップに行くためには更に大強度といいますか、関連の基礎研究も当然必要ですし、できれば専用の施設が必要であると思っています。

それでは実際、基礎研究とはどういうものかということ放射線科学基盤機構、I R S を例にとって簡単に説明したいと思います。

全体のフロー、流れを書いたのですが、ここでは今、加速器を例にしておりますけれども、R I 製造をします。それを使っていろいろな標識化合物、薬剤になるものを作りまして、実際に診断とか治療をします。実際にはこの基礎研究の段階ではこれ、人間の図を書いていますが、動物実験になるわけです。これで非常に安全性と効果が確保されたら臨床に進んで、最終的に社会治療法になっていく。これ、だんだん大変になってくるのですが、この段階でここにありますようないろんな分野の研究と研究者の連携が必要になってきます。

ポイントは、特にR I 製造はこの加速器と試薬のところの薬品開発。この療法にまたがるような領域になります。標識のところまで持っていく必要がございますので、これ実はこの放射化学という、これ私の分野で宣伝するわけじゃないのですが、非常に重要な位置にあると思っております。実際にはこの放射化学の範囲といいますか、関係の人が中心になってR I の製造分離法、製造と分離精製法、標識法辺りを研究している。ただこれ、単独ではできなくて、いろいろなここにありますような分野の方の連携の下でやるという関係になります。

例えばアスタチンですと、化学的な性質すら分かりませんので、そういった基礎研究も同時にするという状況ですので、実はR I の製造のための基礎研究の推進のためには、まずは非常に広い分野の関係分野の連携が必要であるということですね。それとこういったことができる人材、このR I を取り扱えるような人材と、それをできる、実験ができる施設が必要になってきます。

この辺が実はポイントでございます。ここからは少し実例を示したいのですが、これもちょっと時間の都合があつて、簡単にさっと眺めていきますが、私ども、I R S 進めているアスタチン²¹¹の製造を例にしますと、例えばアスタチンはこういった反応、ビスマスにアルファを付けたアスタチンを作るという反応なのですが、まずポイントとしては有効性ですね。医学利用としていいかどうかをまずチェックします。そのためにはこういった改変の性質を全部抑える必要もございます。

それとどうやって作るかですね。作り方、これは核反応の研究からターゲット物質反応のチェック、どういう照射にするかを調べる必要がある。それとこれが製造、核反応で作ったのはいいのですが、それを分離して生成するという段階では、まずは化学的性質をしっかりと抑える必要があって、その性質に基づいてしっかりと分離・精製法を開発するということになります。

実はこの周辺にある元素、大体分かっていると思いきや、アスタチンは実はこれ、放射性元素で短いR I、短寿命のものしかありませんので、実はほとんど化学的性質分かっていないのですから我々の研究室では化学的性質を調べるということを主にしております。ほかにも、実はアルファ線を出すような核種は重たいところが主ですので、割と化学的性質が分からないところが多いというので、そういった基礎研究から始めるということになります。

ざっと見ますと、例えば反応のところでは、これ励起関数です、エネルギーに対して反応の確率をプロットしてありますが、ビスマスにアルファを当てて、2個とか中性子が3個出ますと、こういったものができます。アスタチンの ^{210}At ができるところは対体に毒になるポロニウム ^{210}Po ができてしまいますので、 ^{210}At が絶対にできない条件で照射することになりまして、こういう条件設定をする必要があります。これは割と簡単な例なのですが、いろんな核種でこういった核反応をしっかりと調べる必要があるというので、これ実は我々の分野では一昔前のテーマでしたけれども、最近またこういったニーズはありますので、研究する必要があるかなと考えております。

それと分離の方はやっぱりアスタチンの性質化学的なものをしっかりと調べた上で、揮発性を利用した乾式分離がいいだろうということで今、検討しておりますが、照射からターゲットの分離生成、薬剤合成の標識までを一連のものと考えて、分離法を考えて検討するということになります。なので現在こういった乾式法で照射済みのビスマスを温度上げて飛ばす、アスタチンだけ揮発させてそれをトラップしてまたそれを溶かし出すというやり方で、これと同じ条件設定して、最終的にきっちり分離できますねということ調べた上で、現在こういった自動装置の開発に進んでいます。これ試作品ですが、これを更に開発して、今、今年中に何とかアスタチンを使った最初の治験ができるだろうと思っております。こういった開発を、これまだ小規模なのですが、できますと次の段階はこれを大規模にするということになります。

別の例ですが、アクチニウム ^{225}Ac が非常に注目されておりますが、これは現在世界で供給されている大半はトリウム ^{229}Th からの改変生成物でアクチニウムを取り出し吸収している

わけですね。世界を眺めてみてもトリム229は、そんなにないのですね。日本では非常に少ない、使えるのはこれぐらい。これでは実験に足りないというので、実は2年前、いろいろ探しまして、JAEAさんが保有の5.5グラムの233ウランからトリムが取れますので、ウランからトリムを分離するというのをしました。

それで何とか、非常に大変だったのですが、不純物の232ウランからも大量に出てきますので、そういったセオリーをしながら何とか分離して現在、日本にはトリム229が480マイクログラムございます。これ、大体半減期10日ですので、1か月も待てば十分成長してアクチニウムを抽出して使えるというので毎月利用できる。

ただ量が3.5メガベクレル程度で、基礎研究には何とか使えますが、治験とかでは1人分ぐらいしかないですから、是非とも大量供給を考える必要があるということになっています。

問題のポイントは二つあります。まず人です。これやるために実質3週間ぐらい、13人ぐらい、我々の分野の若手・中堅が掛かっています。これ実はそう簡単ではなくて、こういったR1核燃を取り扱った経験が十分ある、いわゆる経験者が非常に少ないのですね、今現在。これ、ほとんど全員かもしれません。それともう一つのポイントは、場所は東北大学のアルファ放射体実験室でありましたが、R1と核燃が使える実験室が必要です。こういったことも最近是非常に難しい。特に大学では困難になってきています。この辺の状況が多分、これから問題になってくるかと思っています。

次に、大量に作るために、ビスマス溶けやすいので、もう始めから液体で、ビームを当てながら飛んでくるアスタチンをそのままオンラインで採りましょうというようなことを構想して、今これ、理研さんが企業と一緒に産学連携で開発したりをしております。こういった大量大規模製造についての研究も並行して進めているという状況です。

ここからが問題ですが、課題です。もう一度製造の課題を並べてみますが、製造については反応を精査して、どういったビームがいいか、光がいいか、荷電粒子か、中性子か、これによって加速器か原子炉かも変わりますし、加速器の種類も変わります。それと分離法ですね。これも化学的性質を考えながらいろいろと考えると。最終的に標識して薬剤に行きますから、最終的なことを考えながら薬剤合成も考えながら標識を検討する。その分析手法も問題ですし、測定法の開発もございます。それとそれを全体大規模にするための開発ですね。ターゲット系の開発とか、非常に高レベルのR1の利用とか遠隔操作するとか、いろんなのがございます。こういったものは、実は本当に非常に多様な分野の連携が必要です。こうい

ったもののベースに立って進めますが、もっとポイントは、先ほども出ました非密封のR I を使える人材、それとそれを使える場所。それと関連化学のベース、連携という面ではいろんな機関とか大学の研究室の連携ですね。こういったものが大事になってきますが、実はこれが課題になっています。もう全部、弱体化していることから、非常に厳しい状況にあるということになります。

少しその辺のことを最後に説明したいと思うのですが、これはR I 人材と書いていますが、これ私が勝手に書いたもので、私自身は放射化学ですので、その分野のことだけお話ししますが、15年ぐらい前、これ一回調べたところがあって、こういった関連する研究室が日本で35ぐらいありました。これでも十分少ないのですけれども。現在、それが22ぐらいに減っているのではないかと思っています。これも実はここにそういった人がいる研究室だけでして、実は学部生、学生がちゃんと供給される学部を持っている研究室といいますと、多分これの半分ぐらいかもしれないということで、大学の学部の研究室が減少して、人がいないとなるとR I 施設も陳腐化する、アカデミア人材が不足するということになります。

かつ、こういった人材がいらないといわゆる普通の意味の教育、その機会が減ってきます。供給機会が減ると。機会が減ると、放射能、放射線に知識としても触れる機会が減るので、ますます人材が不足するという悪循環。さらに高校、学校教育の方までこれは関係することになります、こういった人材がいないとですね。最近は学校教育の中で放射線教育が非常に重要視されて、特に福島以降、教科書にもちゃんと入っているのですが、これ実は教える先生は大学でこういったこと学んでいない先生ばかりですので、なかなか問題な状況ですね。これを何とか好循環にしたいというのが非常に考えているところです。要するにこの放射能とかを実際に使える人材、これが本当に必要な状況にあります。

これ、ちょっと小さくて見えないのですが、アイソトープ協会のニュースの巻頭言に書かせていただきました、書いてあることはこういった分野の人材が減っています、課題ですよということと、ただし医学分野をはじめ、非常にニーズが増えていて新しい学問も出てきていると。ただ規制の問題とか、廃炉の問題とか、こういった人類的課題もあって、人材をしっかり育成をする必要あるということと、それを基礎研究できるような場所が非常に厳しい状況にあることを書かせていただきました。これは是非とも見ていただけたらと思います。

それで、その場所の話ですが、時間が大分過ぎましたけれども、R I 施設、これ施設の事業所の申請数、その推移が書いてありまして、大体この辺ですね。最近増えていますのはここに書いていますように、表示付認証機器の分で増えているだけで問題になっていますの

は、1970年代から急激に増えているこの施設ですね。非常に急増してたくさん今、できているのですが、それがちょうど今30年から50年たって老朽化して更新の時期であると。さらに法規制等の強化でその対応が迫られているということですが、大学、本当にたくさん、これ数百、大学持っていますけれども、小規模の施設は維持すら大変な状況にあるというのが実情です。廃止にするにも予算が掛かりますので非常に難しい。なので、実は、R Iセンターは全国に21ありますけれども、そのセンター長会議というところで、それと学会会議ですとか、いろんなところで全体に拠点化をしてはどうかという議論も進んでおります。

そういったことをちょっとまとめますと、一つはとにかく放射能、放射線、こういったものは非常に欠くことができないものになっているのですが、特に医学利用についてこのR Iですが、研究段階で、いろんな核医学会があります。そういったところに関係する大学はたくさんございますので、私大阪大学の例しか今は書けませんけれども、それぞれのところでいろんなプロジェクトが進んでいまして、簡単にそのプロジェクトを眺めて終わりたいと思っておりますが、放射化学会は非常に小さな学会なのですが、でもここにあるように正にドンピシャ、R Iを使っているど真ん中にある学会と思っております、いろいろ広範囲な分野の研究をしております。この医薬の分がありますが、実際にはそれに関連して製造関係も含めると非常に広い分野と関係していて、いろんな分科会、特に核化学分科会が関係ありますけれども、これが活動しています。

ただ最近、ここに教育部会を作りました。これつい最近ですが、もちろん我々の分野、教育非常に大事ですので、個々には活動しているのですが、組織立った活動はなかなかできていなくて、そのためにこういった部会を作って、これから何とか動きたいと思っております。これも大きな原子力学会等ではこういったことはもうとっくに動いているわけですが。

それと次は施設です。これも小さな施設で危ないところがあるのと、これ国全体のセキュリティー、リスク管理の面でも非常に問題ですので対応が必要です。それと人材育成は施設がないと駄目、できません。ですからそれを全部考えると全体を連携してネットワーク拠点を作ってはどうかという提案が出ておまして、これ、学会会議の提言でも出されておりますので、R Iセンター長会議とか、学会会議のワーキングで検討して文科省等に行って話をしていますが、何とか進めていきたいと思っております。

それと最後これ、私どもの宣伝になりますけれども、人材育成のためにここにあるようないろんな教育プログラムを動かしております、広い分野にまず知ってもらって、そこから

人材をどんどんトピアしていくということです。

それともう一つは卓越大学院ですね。放射線、放射能に関する卓越大学院が今どんどん動いておりますし、それだけではなくてその人材を規制庁に送り込もうというプログラムも今、進んでおります。また、さくらサイエンスとか IAEA との連携したコンソーシアムとか、アジア人材ですね、主に。そういった国際的な教育連携なんかも進めているという状況です。

すみません、大分時間取りました。これでもう終わりですが、R I、非常に大事なのですが、この基本となる物質とか技術、ここでは R I ですが、これは基礎研究とか医療、産業では「安全保障」という言葉、とにかく国としてベースは確保すべきだろうと思っています。これを是非何とか国策も含めて進めていく必要があると。それと医学利用は非常に期待されております。それで短寿命 R I の製造供給のための研究開発には先ほど述べましたように、関係するいろんな広い分野のベースアップが是非とも必要ですので、それがまず一つ。

それとこれですね、人材です。放射線人材といいますか、R I 人材。それと使える施設、この老朽化、非常に問題ですので、この辺りの充実・強化が必要であろうという状況でして、是非ともここに書いてあるような内容、今日は規制の話は少ししませんでした、いろんなところで御支援いただいて連携して、何とか進めていきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

ちょっと時間過ぎましたが、以上でございます。

(上坂委員長) 篠原先生、どうもありがとうございました。先生のここまでの成果と、それから将来の方向と課題がとてもよく分かりました。

それでは委員会の方から質疑させていただきます。

佐野委員、よろしくお願いいたします。

(佐野委員) 詳細な説明、ありがとうございました。

お伺いしておりますと、供給の圧倒的な不足と、人材の問題、さらには施設の問題、それから規制などが関係している困難な状況の中で、篠原先生中心に御努力されていることがよく分かりました。是非応援していきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

幾つか質問があります。第一は日本国内の需要と供給を考えると同時にグローバルに需要と供給をマクロで捉えていく必要があると思うのです。

例えばこの話しは、経済安全保障の問題なのだろうと思うのですが、その観点からこの

問題を考えることが重要だと思います。

例えばその一つで将来の話しかも知りませんが、輸出戦略を考えた場合に、各国の需要の趨勢、あるいは各国がどのような供給体制を取っていくのかという、全体を見て、その中で日本の状況を考えていくという、マクロな視点が必要なのかなと思います。この辺りの調査はどこかで、やっていらっしゃるのでしょうか。

(篠原教授) 調査とかは、どうでしょうか。あんまりシステムティックには私、見ていませんが。かなりこういったことを精力的にやれる国というのは限られていますので、米国はかなり強いですね。それとカナダとかオーストラリアとか、ヨーロッパもかなり連携して今やっておりますので、その辺りには I A E A でいろんな委員会ございますから、核医学の先生方とか R I 協会とか、いろんなところからそういった情報収集には行っていると思います。私自身はまだあんまりそういうことは出ていないのですけれども。

多分、我々の分野では福島県立医科大の鷲山先生とかはかなりお詳しいですね。その辺の情報集められていますけれども、系統的にやっているというのは、放射化学会でもやる必要があるという話にはなっていますけれども、ちょっとシステムティックに情報収集しているかどうかは存じ上げておりません。普通で学会とかで分かる範囲ではどんどん情報入ってきています。

(佐野委員) 分かりました。

それからもう一点、R I 人材。これだけ世界が小さくなって、外国から留学生とか、外国の企業から日本の企業に来る、あるいはその逆、そういう往来の現状はどうなんでしょうか。

(篠原教授) 特にアジア地区の国からは今現在でも留学生大量に受けていますので、その中でこういった分野に興味ある学生さんが増えてきております。この卓越大学院の中でも留学生が今たくさん入ってきていますので、そういった意味で将来的には日本中核にアジアの周りには人材を、こちらから供給もされますし、こっちから行くこともあると思うのですが、交流をしていくべきだろうという感じであります。

マーケットも含めて、アジアとかは対象になるかなと。

(佐野委員) 欧米諸国の大学間あるいは企業間の交流はどういう現状なんでしょうか。

(篠原教授) 欧米は研究面では核医学関係でヨーロッパのハイデルベルク大学が私どもの I R S と連携して研究を進めています。いわゆる基礎研究レベルですね。そういった面でかなり盛んに、核物理研究センターではトリウムを連携強くやっていて、製造なんかと開発もしております。

ですから、研究レベルはやはりこの分野、欧米、米国かな、非常に進んでいますので、非常に活発に交流はあると思います。

(佐野委員) ありがとうございます。

それから最後に1点、先ほどアジア人材の話が出ましたけれども、アジアから相当留学生あるいは研究者が入っていることで、機微な話かも分かりませんが、輸出管理の体制というのは現状どうなんでしょうか。

(篠原教授) その辺私は案外気にせずやっているのですが、今研究しています医学利用に限っては、特許等もう常に絡んできますので、その辺はかなりシビアに見ながら、注意しながらやっていると思うのです。留学生、いわゆる大学で受け入れる体制の中に、留学生を受け入れるのに対していろんな管理があって、国別に難しい国とかある中で、そういった意味で輸出管理のチェックはしています。今のところは、医学利用に関しては特許に関係するところは割と厳密にやっています。

(佐野委員) 分かりました。どうもありがとうございました。

(篠原教授) 放射線管理なんかちょっと問題になっているのは、短期で来られる海外の人ですね。学生も含めて。研究者に対してどうするかが今、管理の関係のところの問題になっています。

(佐野委員) ありがとうございます。

(篠原教授) どうもありがとうございます。

(上坂委員長) ありがとうございます。

それでは中西委員、よろしくお願ひします。

(中西委員) どうも篠原先生ありがとうございました。御説明、非常によく分かったのですが、アイソトープとか放射線に対する基礎を扱える人がいないと、研究も行われていない、教育も減っているというのは非常にゆゆしきことで、それは実は何年前からか結構言われていることかと思うのです。

例えば今、放射線管理が非常に厳しくなっているので、全ての人が教育を受けなくてはならないという流れの中で、例えばその中に入れ込んで、放射線とかアイソトープに興味持つような教育も入れ込むとか、戦術としてはいろんなことが考えられるのですが、そういうこともこれから是非考えていただけると有り難いなと思っています。現場に入り込む余地はかなりあるんじゃないかと。

(篠原教授) そうですね。これ、一部局じゃなかなか難しいので、先ほどちょっと言いました

学会ベースで教育等のところでそういったことは是非考えていきたいと思っています。

実際に使われる方の法定教育も含めた中で入れ込むというのがありますし、もっと先、もっと元から放射線教育をベースアップしていくというのが今後必要になってくるかなと思います。

(中西委員) それからあと一つ教えていただきたいのですけれども、ハイデルベルクの論文、非常に明確ですばらしいと思ったのですけれども、ドイツというのは早くから原発をやめると宣言している国かと思えますけれども、なぜドイツの研究者は世界に先駆けてこういう技術を蓄積できたのか。又、やめますとと言われて危機感がそれを育てたのかよく分からないのですけれども。ドイツが大分前に、カールスルーエとかユーリッヒとか行きましたも、もうバイオはうちでしていないから何でうちに来るんだということを言われたことがあります。、ほかへ行った方がもっと情報が集まるよというふうに言われたこともあるのですが、やっぱり研究者はずっとノーベル賞級の方が随分おられたので、頑張って次世代の人を細々と育てたんでしょうか。何かそこら辺のところを教えていただけませんかでしょうか。

(篠原教授) 私も詳しいこと分からないのですけれども、環境としてはドイツというか、医学研究を進めやすい環境にはあるようなことを聞きますね。治験なんかでも日本ではそこまでたどり着くの大変なのですけれども、ドイツは本人が許せば割とすぐにできるとか、規制的な面が、放射線規制も含めて、割と合理的にうまく進められているのかなと思います。日本はやっぱ、今の規制の話もありますけれども、ちょっとその辺をこれから何とかしないと、全部足かせになってしまうと思っています。R I の取扱いもそうですし、医学の方もかなりバリアがありますので、いかに合理的に進めるかという辺りが問題かなと。

それで、この分野、日本がちょっと遅れているとよく言われるのですが、やっぱり規制の面とか、特にベータ線をはじめ、今までの分はいろんなところで引っかかっていたのですが、このアルファ線を使ったこの治療については割と世界レベルで動いているかなと思っています。

ですから、ちょっとこれから規制面を何とかして設備とか人材を整えると、世界をリードできるんじゃないかなと感じているのですけれども。

(中西委員) 日本は技術的にはすばらしい人がまだまだいるのでしょうか。

(篠原教授) 今はぎりぎりです。

(中西委員) ぎりぎりだということですね。

(篠原教授) 是非何とか投資なり何なりして、体制を作って人と設備を何とかしたいなという

ところはありますね。

(中西委員) どうもありがとうございました。是非篠原先生の御活躍を祈念して。

(篠原教授) 御協力お願いいたします。

(上坂委員長) 篠原先生、上坂です。質問させていただきます。

最後のページ、33ページですけれども、まとめと提言で、これが本当に現状課題をまとめていらっしゃると思うのです。最後のところに「関連省庁・国」とありますけれども、関連して、先生も御存じのとおり、6月18日の政府の成長戦略フォローアップで、研究医療等によるR I 製造とその工程表がワークされました。これから国としては具体的な施策を検討していく段階に入っていると思います。恐らく今日の先生の正に実績と将来の方向とそれから課題がそこに生きているものだと私は信じております。

それで、私も原子力学会で大学の核物質・R I 使用施設の現状を各大学の責任の先生と委員会開いて調査したのです。正に先生と同じ認識でありまして、数が減って弱体化しているということでもあります。それから佐野委員からお話があったように、こういう非常に重要な薬剤というのは我が国にとっては経済安全保障の観点もあります。現在ワクチンの問題、国産化が遅れているという問題もありまして、ここを今後はしっかりやるんだということでもあります。

しかしながら、そうはいっても何か新しいことがないとなかなか施設は新しくならないものです。そういう意味で、先生も御提唱されている新しい診断と治療のセラノスティックス、これが本当にいい流れになってくれるといいかなと。これで先生のここまでの御実績を更に大きくするようなものにしていくと、先生の実績がそのまま生かされていくという感じです。先生もどうですか、そういう方向でやはり現状維持ってなかなか難しいから、ある程度新しいことを入れて結果的に現状維持になっていくというか、そういうことだと思うのです。

そういう意味で、もうセラノスティックスというのは非常にいいことだったと思うのです。(篠原教授) 多分、一番のポイントは放射線、R I の人材等を使う場とかいう、それをベースにするような学問が何とかベースアップすればいいのですが、今目的にしているセラノスティックスというのはそういうものの上に乗ってやっとな実現するものですので、出口としては非常にいいと思いますね。それとももちろん人類の役に立ちますし。ですから医療を目的とするR I 製造なり、その展開研究をまず表に出して、その場をしっかりとこう、今やっぱり、国策で今、第一歩で、足一歩出ましたから、何とかいい体制と人材育成をできる形ができればいいなと思っています。

それと、多分いろんな分野のことが連携しますので、そこをいかにするかです。例えば多分R I だったら専用の施設とか加速器でもそういうものですが、原子炉は今J R R - 3 がやっと動きまして、一部供給が始まると聞いていますけれども、多分モリブデンとかでも原子炉だけでもいいですし、加速器もあった方がいいかもしれません。将来的に新しいR I が、例えば社会実装のレベルになったときにはやはり同じような供給体制を、多分日本だけで全部賄うのは無理かもしれませんが、例えばモリブデンだと海外からたくさん入ってきていますので、今非常に安く入ってきていると聞いていますのでコスト面でもペイできるのではないかと。国で加速器で作ったとしたら非常に高くなりますよね。だから多分、国がかなりしっかりと投資して、まずしっかりした場を作って企業が入ってくるという形が要るんじゃないかという気はしています。私、その辺は余り明るくないのですけれども。

それともう一つは、やっぱりそれと同調して放射線管理を、いかに合理的に、安全確保絶対必要ですが、特に大規模になりますとこれ非常に大変なので、その中でいかにそれを進めるか辺りを、それも研究課題かなという気はしています。

ありがとうございます。

(上坂委員長) ありがとうございます。

それで、先生も言及された出口ですけれども、これ、基礎科学だけじゃなくてやはり医療ですので、臨床現場で使ってもらいたい。もちろん核医学者、使うお医者さんも絶対必要ですし、プラスその医療現場で放射化学もできる理工学系の人材、これも必要ですよ。先生の阪大中心のプログラムでも、当然そういう臨床現場で将来活躍できる理工学系の人材育成も入っているかと思うのです。

(篠原教授) 医学物理士ですね。

(上坂委員長) 外用放射線治療では必要知識はどちらかというと物理だったのですね、加速器とか。

(篠原教授) 今までそうですね。

(上坂委員長) 放射線安全管理とか、それから治療計画とかですね。物理だったのですけれども。今日の先生のお話を伺いますと、今度は化学ですね。放射化学、核化学ですね。これに強い、要は医学物理士なんではないか。

(篠原教授) 分からないですけれども、そういった人材、大事ですね。研究できる人材はもちろんいるのですが、今現場で活躍される医学物理士に対応するような、化学とかそういったことを扱えるような人材はもう是非とも、そうですね。おっしゃるとおりです。

(上坂委員長) 粒子線治療の場合、20年ほど前からがんプロフェッショナル養成プログラムが始まって、主要大学に教育プログラムがスタートしました。そういうのも勉強しながら、今度はこの核医学セラノスティックスのプロフェッショナル育成、そういうプログラムが必要ですね。

(篠原教授) おっしゃるとおりです。

(上坂委員長) それから、この人材育成に関して原子力委員会として期待したいのが、核医学セラノスティックスのための放射化学なのですが、最後のページの方に福島のこととも言及されていました。福島の廃炉とか商用炉の廃炉とか、それから核燃料サイクルとか、廃棄物処理。処分、総じてバックエンドなのですが、ここにも化学、放射化学、核化学が非常に重要なのですよね。

(篠原教授) そうですね。非常に重要になってきます。

(上坂委員長) ここも各大学で求められているところなので、是非今後、先生のプログラムを更に発展させて、一つは核医学の方に進んでいく、理工学系人材。あと、原子力のバックエンドの人材供給していただけると。

(篠原教授) そういったバックエンド関係の部会も作ろうかという話も出ていますので。それと今の福島の話なんかも、大坂大学で現場に行き教育するというの、実際にこの福島浜通り地域環境何とかが書いてありますけれども、これ、この間実は100人ぐらいの学生さんとやってきたところなのです。これは非常に良くて。福島の浜通りでいろんなプロジェクトございますから、そういった中にも組み込んでできればなという気はしています。

それとやっぱり廃炉とかそういった人材、廃炉廃炉言ってもやっぱり生でR I 扱える人材は絶対必要です。そこら辺これからは是非とも考える必要がありますね。

(上坂委員長) そうですよ。

(篠原教授) これは是非いろいろと御尽力いただいて、何とかいい方向に持っていきたいなと思いますので、よろしくお願いいたします。

(上坂委員長) 復興庁も今、福島イノベーション・コースト構想作っていますね。その中にロボット、水素、農業ありますがその中にちゃんと医療・放射線科学ありますから、そこに結びつくといいですね。

(篠原教授) あそこで非常にいいプログラムというか研究所ができて、人材が育成できて大学と連携できる形を是非作ればいいなという気はします。

ありがとうございます。

(上坂委員長) ありがとうございます。

私からは以上でございます。

ほかの委員の方々から質問ございますでしょうか。

(佐野委員) 結構でございます。

(上坂委員長) 中西先生、いかがですか。

(中西委員) ありがとうございます。

(上坂委員長) どうもありがとうございました。篠原先生も、本当にありがとうございました。

(篠原教授) どうもありがとうございました。是非ともいろいろとよろしく御尽力お願いいたします。

(上坂委員長) 本当にどうぞよろしくお願いいたします。

(中西委員) どうもありがとうございました。

(上坂委員長) それで議題1は以上でございます。

次に議題2について事務局から説明をお願いします。

(進藤参事官) 今後の会議予定について御案内いたします。

次回の開催につきましては、9月7日火曜日14時から、オンライン会議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ございますでしょうか。

(佐野委員) ございません。

(中西委員) ございません。

(上坂委員長) 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。

どうもありがとうございました。