

## 第16回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 平成30年4月24日（火）10:00～11:40

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623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  
林参事官、川渕企画官  
大阪大学核物理研究センター長  
中野貴志氏

### 4. 議 題

- (1) 放射線利用の現状と課題について（大阪大学核物理研究センター長 中野貴志氏）
- (2) 技術開発・研究開発に対する考え方について
- (3) その他

### 5. 配布資料

- ( 1 ) 放射線利用の現状と課題について
- (2-1) 技術開発・研究開発に対する考え方（案）
- (2-2) 「原子力利用に関する基本的考え方」の概要
- (2-3) 原子力利用に関する基本的考え方
- (2-4) 核燃料サイクルの定義について

### 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16回原子力委員会を開催いたします。

本日の議題は、一つ目が放射線利用の現状と課題について、二つ目が技術開発・研究開発に対する考え方について、三つ目がその他です。

本日の会議は、11時半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。

(林参事官) それでは、議題1について説明いたします。

議題1は、放射線利用の現状と課題についてということでございます。

原子力委員会では、放射線利用に関する現状と課題の把握のため、ヒアリングを進めており、3月6日の第9回定例会議では、京都大学原子炉実験所の川端室長から、また、3月28日の第12回定例会議では、東京大学の中川恵一先生から医療分野における利用についてお話を伺ったところです。

本日は、加速器を用いた放射線利用に関する取組について、大阪大学核物理研究センター長、中野貴志先生にお越しいただいております。

それでは、御説明をお願いいたします。

(中野氏) 御紹介ありがとうございます。中野です。

今日は、「放射線利用の現状と課題について」という議題なのですが、大きく二つ話します。一つは、短寿命R Iを用いた基礎研究の現状と課題、もう一つは、アルファ線核医学治療開発の現状と課題です。1番目は基礎で、2番目は応用なのですが、どちらも加速器を用いております。

まず、最初の短寿命R I供給プラットフォームというもののなのですが、核物理研究センター、それから理研、東北大学の二つの加速器施設というものがネットワークを組みまして、短寿命、特に非常に半減期の短いR I、それを供給するというものを、科研費の援助を受けて、科研費を支援するというプログラムを走らせております。

プラットフォームの目的ですが、研究用のR Iを年間を通して安定な供給、その安全な取扱いのために技術的な支援を行うということで、日本アイソトープ協会が普通はR Iを提供しているのですが、R I協会から購入できない短寿命R Iの供給であるとか、それを用いた研究をする上でのいろいろな技術的な支援というものを行っております。阪大を一元化窓口にいたしまして、利便性を格段に改善し、利用者を拡大するということを行おうとしております。

各施設、加速器があるというだけでなく、それぞれの施設が異なるビーム、それから異なる専門性を持っております。だから、例えば最初のポジトロン放出核種というのはPETに使われるのですが、これですと東北大学のサイクロトロンラジオアイソトープセンターを使う、それからシングルフォトン核種の供給でしたら、電子ビームが出る東北大学の

電子光物理学研究センターを使うというふうに、いろいろな施設を使い分けております。ネットワークの中には、ニホニウムの発見で一躍有名になりました理研のR I ビームファクトリーも含まれております。

それを、実施体制としては、大阪大学は一元化窓口ですので、ユーザーはどこの加速器を使うかということに気にせず、こういうふうな核種が使いたいであるとか、こういうふうな研究をしたいという、そういう申請書を出してきます。外部委員を過半数とする課題選択委員会というのを設置しまして、実施課題を選択いたします。ここにいらっしゃる中西先生に実は課題選択委員会の委員長をお務めいただいております、そういうところでの、言わば我々が勝手に選ぶのではなくて、学識的な意義に基づいてしっかり課題を選択していくという体制がとられています。事務手続は大阪大学がしますので、各施設はそれほど負担がない、決められた実施の計画に従ってR I を供給すると、それが研究の進展に役立つというふうになっております。

R I をなぜ使うかということなのですが、この場にいらっしゃる委員の方々も皆さん非常にお詳しいと思いますが、一般の方々もいらっしゃいますので簡単に言いますと、R I からの放射線を頼りにして、いろいろな元素の挙動を、体内であるとか植物内であるとか、調べるわけです。R I といいましても化学的な性質は安定な同位体と全く同じです。だから、安定な同位体が体の中あるいはいろいろな生体の中でどう動くかということが、リアルタイムで追跡できます。

それから、R I からの信号というのは、極端な話、一つの信号で、どこに何があるかということが分かりますので、本当に究極の微量元素分析法になっております。R I トレーサーを用いてした医療シグナル例としてSPECT、単一光子放射線断層撮影というものを広く使われておりました、例えばテクネチウムという初めて作られた人工元素、そういうものが今使われております。それから、PETはこれは日本は非常に進んでおりました、今のところは脳とか心筋、がんなどのグルコース代謝などを診断しております。

次の例は、中西先生の研究にも近いと思うのですが、植物内でのこれは重金属、カドミウムとか亜鉛がどのようにその植物が移動しているかということ、これもリアルタイムで、非破壊的というのは、これは植物を殺さないということですが、定量的に観察することが行われています。こういうことが特定の重金属を環境から除去する、そういうような研究に役立つと考えられています。

もう一つは、これは認知症の早期診断・進行の予測法ですが、ベータアミロイドというの

が沈着してくると認知症の前兆だと言われているのですが、それが沈着したからといって発症するわけではないですね。その後にタウというものが入ってくると発症に近づきます。これはアミロイドとタウの両方がどれぐらいどこに沈着しているかということ調べる研究で、そういうことをすることによって、例えば今、投薬で認知症とか治そうとしていますけれども、どんな時期にどういう薬を投薬すればいいかということが早期に診断できるようになります。今までですとやはり症状が出てからですので、なかなか薬の効果というものも限定的になるということです。こういう研究も、これもR Iプラットフォームの援助を受けて行われております。

それから、これは運動と脳力と、これは脳の力ですから、普通の意味で能力ではないのですが、運動が脳の力のアップにどう影響するかという研究で、もちろんですけども、生きたヒトの脳を観察するわけですね。神経伝達物質ドーパミンの分泌量の変化に注目して、その運動と脳力アップの関係性を分子レベルで解明していくと、そういう研究です。

それから、現在、日本ではアレルギー人口がますます増えているのですけれども、抗ヒスタミン薬というのは眠くなったりする。そうして事故が起こったりするのですね。その抗ヒスタミン薬の沈静作用というのがどの程度あるかということが非常に大きな問題になっているのですけれども、それぞれの薬剤について、脳内にどれぐらい到達してしまっているか、沈静性というものを、これもR Iを使って、PETを使って研究するということが行われております。

それから、東北大学電子光理学研究センターで最近盛んになってきたRI利用としては、カリウムの43、カリウムは非常にいろいろな生体に重要な物質ですが、その放射性核種、あるいは銅、銅の放射性核種、そういうものを作ることができます。カリウムは、先ほどあったように、植物中のカリウム循環とかいうのが見えるのですけれども、銅の場合、これは近年、医療用の放射性薬剤というのは診療だけではなくて治療にも使われるということが増えてきています。銅の場合は、シングルフォトン、PETで診断をして、それからベータ線で治療する、そういうことが研究されていて、そのための基礎研究がこういうところを利用して行われています。

それから、これはかなり密なスライドなのですが、理研の紹介です。理研では御存じのようにニホニウム、めでたく日本発の元素として認められたのですが、実はこの元素表に書かれている元素の約3分の1はR I、不安定なのですね。だから、安定な同位体がない。そういうものは基礎科学としても非常に研究しにくくて、安定なものがないわけですから、加速

器で作って、それを化学的に調べるといことしかできないのです。

この例は、シーボーギウムという、Sgと書かれている元素が一体どういう化学的な性質を持つかという研究です。ウィキペディアにも、これはその物理的な化学的性質はタングステンに類似するとされ、推定される原子価は6価と。どちらも推定でしかなかったのですが、それを初めて吸着エンタルピーという量を測定することによって、実際、タングステンと非常に似た性質を持っているということで、元素の周期表の第6族元素であることを実証したという研究です。非常にマニアックな研究のように見えるのですが、実際のところ、こうやって作られた人工元素というものを後々医療とかに用いるときには、放射性核種の化学的性質というのはある程度分かってないと、何をどう使ったらいいかわかりません。これは後半の話に出てくるアスタチンというのにもつながっておりまして、どういう化学的性質を持つかということはどうやって研究するかという基礎研究も非常に重要でございます。

このような利用は年々盛んになってきているのですけれども、いろいろ問題もあります。

まず、短寿命RIを取り扱う上での法令上の問題ですけれども、PET4核種、日本はPETは非常に盛んだということを先ほど申しましたけれども、そのPETは使いやすくなっているのですね。7日間管理区域に保管しておくことで、放射性廃棄物にしないことができる。クリアランスというものが使える。

ところが、他核種は絶対に混入しないことが条件になるため、その使用室は4核種に限定されるわけです。だから、今どんどんいろいろなPETの技術を応用して研究が進んでいるのですが、別の核種が入ってくると、今せっかくPET用の施設があるのに、その施設を他核種を用いた研究に使えないということになってしまいます。廃棄上の廃棄物管理しなくてはならなくなり、管理上の負担が増加するということがありますが、この規則ができたときは非常に画期的であったと考えられるのですが、やはり時代の進展と共に状況は変わっているのです、現在では残念ながらRI利用の足かせになってしまっております。

実は、ちょっと話は前後しますけれども、RI利用に関しては、こういった新しい短寿命RI、今までRI協会では頒布してなかったRIを使うときには、その測定の仕方であるとか評価の仕方、使い方というものに関して、ただRIを供給するだけではなくて、技術的な支援というものが非常に大事になってきます。というわけで、我々はその支援の一環として、講習会も実施しております。

この特定の場合は、電子光理学研究センターでRIを可視化する実習を行うわけですね。テキストなんかを見ると非常に簡単に書いてあるのですけれども、実際やってみると、いろ

いろな結果が出てきます。うまくいくときもあれば、うまくいかない場合もある。そのようなそれぞれの場合に対して、なぜそうなったか、5班に分かれてやって、5班で異なる振る舞いとなったのはなぜかといったことなどについて考察・議論して、理解を深めていくというようなことをやっております。

また短寿命R Iですけれども、学術会議からの提言というものがあります。

大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化についてというものが、昨年9月に出ており、非常に長いものなのですけれども、これはその抜粋です。今後、R Iの利用が広がる可能性のある医療分野での教育、広い意味での原子力・放射線分野や薬学分野での教育、放射線教育を必要とする学部等や外国人研究者向けの教育が大きな課題であるということが出ております。

そのために、いろいろなところでR I 取扱い施設があるのですけれども、やはり施設が小さかったり、あるいは老朽化しているという問題ありますので、全国に非密封R I 使用施設を持つ拠点を10ないし20程度整備して、非密封R I を用いる研究と教育を推進する独自のネットワーク型の共同利用・共同研究拠点として、運営すればよいのではないかというような提言が出ております。

そういうところで我々が供給する短寿命R I を用いれば、それを用いた放射線医薬品の開発であるとか、トレーサー実験、イメージングなどを利用した広い分野の利用者などを含め、先端的研究というものを推進できるのではないかという提言が出ております。

ここが前半の基礎的な部分で、これからアルファ線核医学治療法の開発についてお話しいたします。

これは、そもそもの目的は、初診時進行がんというものを何とか制圧したいということです。がんは今、国民の半分がお亡くなりになる前に罹患してしまうという国民病なのですけれども、実は最初の診断、初診のときに既に進行がんという割合が3分の1もあります。実は、この3分の1の方々、化学療法とか免疫療法とかをするのですけれども、非常に予後が悪い、現在の治療法では生存率が極めて低いという問題があります。それについて何とかしたいというのがアルファ線核医学治療というもので、大阪大学では5年前から始まっております。これについて説明いたします。

先ほども言いましたが、実は診療、がんの診断の分野では既にいろいろなPET薬剤ができていて、そういう薬剤はがん細胞に自然と集まって集積して、そこで陽電子、ポジトロンを発生して、それが対消滅することによって場所を特定する、そういう診断のテクニックとい

うのが確立していたわけですから、それを応用いたします。この場合は、その分子標的薬、がん細胞に集まりやすい薬に対して、アルファ線を放出する核種、この説明ではアスタチン-211となっていますけれども、それをくっつけます。陽電子とアルファ線というのは、重さにして約8万倍違います。だから、大体同じようなエネルギーを持っているのですが、8万倍重いものは、それだけ局所的にエネルギーをデポジットというか、細胞に与えるわけですね。細胞の殺傷効果は極めて高いです。だから、がん細胞に自然に集積して、それで、そこでアルファ線が出ていくとがん細胞を破壊するという、そういう治療法です。

今まで、加速器を用いたがんの治療法といいますと、重粒子線治療であったり陽子線治療のように、加速器施設に行って治療を受けるということが一般的だったのですが、これは薬剤を作って近隣の病院へ供給する、そういうことを目指しております。また、薬剤自体は、分子標的薬の部分は診断薬にも治療薬にもなりますので、だから、診断と治療というものを同時に行うということも可能であります。

ここは重粒子線治療との違いですが、重粒子線治療は局所がんにも有効です。今、非常に一般的になっていて、アメリカなんかでは日本よりずっとよく使われている、そういう治療法なのですが、一つ問題があって、やはりがんがどこにあるかということがはっきり分からないと治療ができない。それに対してアルファ線核医学治療というものは、体内から自然集積したところで照射するので、転移性の病変にも有効であります。核種を各病院に輸送するので、患者さんの負担も非常に軽い。

アルファ線は紙一枚で止まってしまうので、体内で崩壊しても体外に出ていきません。よくある放射線治療というのは、隔離病棟に入らないといけないのです。隔離病棟に入る必要はありませんので、通院治療ができます。だから、QOLとして非常に高い。実際、難治性の甲状腺がんなどは、ヨウ素の131を使って治療しているのですが、年間で2,000名の方が治療を受けられているのですが、それは実は日本ではベッド数で制限されています。隔離病棟がそれだけしかないのです、それだけしか治療できないと。海外にまで治療に行かれる患者さんがいらっしゃるという話です。また、隔離病棟自体がそんなに住み心地のいいところではなくて、狭くて暗くて何か寂しいとか、そういういろいろな問題があるそうです。そういう問題がこの治療法にはない。

BNCTと似ているという方がたくさんいらっしゃるのですが、確かに似ているのですが、でも、BNCTの場合は、同じようにがん集まる薬剤にホウ素をくっつけて、そのホウ素を中性子で叩いてアルファ線を出させる。最終的に治すのがどちらもアルファ線ですので、

似ているのですが、実は薬剤の量が全然違います。BNCTの場合は、中性子は当たりやすいといっても、やはり通り抜けるものの方が圧倒的に多いです。そのため薬剤はグラム単位で投与しないといけないのですが、その大体1万分の1ぐらい、それぐらいの量でアルファ線核医学治療は治療できます。

但し、本当にそんなにうまくいくのかという話があったのですが、実は2016年に衝撃的なデータが出てきて、これが別のアルファ線放出核のアクチニウムを分子標的薬にくっつけた薬剤です。他の治療法のない末期がん、前立腺がんの方に対して顕著な治療効果があったという報告です。図の下のところ、PSAと書いてありますが、PSAというのは非常に有名な前立腺がんのマーカで、通常、病院で5あると精密検査を受けなさいと言われるようなものです。この方は2,900ですので、もうこれは体中に転移されている非常に重篤な症状の方なのですが、この薬剤を3回打ちますと、がんが見えなくなった。もう1回打ちますと、PSAが測定限界以下になったという衝撃的なデータが2016年に出て、これで一気に世界中でこの治療法に対する関心が深まりました。

実際のところ、我々はそれより先にやっていたので、我々が最初にできなかったのは非常に残念なのですが、なかなか医師主導治験といえども、核内にアルファ線を持ったものを入れるというのは日本ではそんなに簡単ではないので、先を越されたということもあります。この例を報告したのはハイデルベルグ大学の先生です。法の規制によって日本ではアクチニウムを使う場合は非常に制限はきついですので、我々は、半減期が7.2時間のアスタチンに注目したということです。

アスタチンは、これは実は加速器ではないと作れなくて、ここでは余り詳しく話しませんが、29MeVのアルファ線ビームというもので作れます。エネルギーを上げれば上げるほどたくさんできるのですけれども、少し上げてしまうとアスタチン210というものができて、それはポロニウムというものに崩壊いたします。ポロニウムって、新聞なんかでロシアのスパイの方をどうこうしたという、あのポロニウムで、これも非常に深刻ですので、ポロニウムができないようにたくさん作らないといけないということで、ちょうど29MeVのアルファ線ビームによって作るということが行われています。我々は、かなり安定的に安全なアスタチンを作る技術というのを、既に確立しています。

これだけではなくて医療、医薬品に向けた研究ももちろん行ってまして、一つはこれ、アスタチンというのはハロゲン族ですので、元素表ではヨウ素のすぐ下なのです。だから、ヨウ素が示す化学的性質というのはアスタチンも示すということが想像されていて、例えば



甲状腺に集まります。甲状腺がんの中で、甲状腺を切除してしまったのに、がん細胞が体中に散らばってしまった難治性の甲状腺がんの場合は、ヨウ素 $^{131}$ Iというベータ線を出すものを使っています。それをアスタチンに替えると微量でも大変効果が高いだろうということが想像されていて、実際にこれは細胞レベルで非常に高い殺傷効果、それから動物実験で甲状腺に集まるということが確認されております。

もう一つ、スライドの一番下のところにあるのは、アミノ酸トランスポーターLAT1を介したターゲティングということで、これは一般のがん細胞、どんながん細胞にでもよく集まるという非常に優れた、実は診断薬として大阪大学で開発された薬剤です。普通はフッ素の $^{18}$ Fという陽電子を出すものをくっつけているのですけれども、フッ素もハロゲンですので、フッ素の代わりにアスタチンを付けると治療薬になるということが想像されて、最近、アスタチンを付けるということに成功したわけです。

それで、これは一つの例ですけれども、SPECTという、アスタチンが出てくるシングルガンマで、エネルギー的に特徴を持ったガンマ線を見ることによって、アスタチンはどこに集まっているかということ調べたもので、これを薬剤にして打って、それでどこに集まっているか見たら、甲状腺とか胃に集まっていたという、これは実はがっかりしたことなのです。そういうところに集まるとは思っていなかった。がんだけに集まってほしかったのが、そういうところに集まっていたというふうなのですけれども、それをなぜかということを見ても、実はアスタチンはハロゲンだからフッ素と同じだろうと思っていいたら、非常に剥がれやすい。化学的性質としては容易に酸化されるために剥がれやすいという性質を持っていて、剥がれたアスタチンが甲状腺へ集まってしまう。これはもう薬剤として使えないのではないかと一旦思われたのですけれども、実は酸化しているのだったら抗酸化物質を入れればいい。単純なのですけれども、化学の人を単純と言ったらいけないのですけれども、阪大理学研究科の化学の人たちが研究すると、アスコルビン酸、ビタミンCを入れることで酸化が防止されて、安定性が増すことが分かった。下の三つの写真のようなものは、それぞれ、AAMTと書いてある方は薬剤です。下のアスタチン単独というのが剥がれたものです。一、十というのは、アスコルビン酸を添加するかしないかです。添加しなかった場合は40分、分離しているのですけれども、添加した場合は7時間、つまり半減期たってもその薬剤のままであるということが分かりました。

その結果を基に、つい最近ですけれども、動物実験が始まっております。これはワンショットです。だから、0と書いてあるところで70 fmolと。フェムトというのは10のマ

イナス15乗ですけれども、普通、化学では使わないような単位です。そういう非常に微量の0.5メガベクレルの放射性を持つアスタチン担持の薬物を投与したところ、ほとんどがんが大きくならなかった。それに対してコントロールというのは、これはかわいそうなのですが、何もされなかった方はどんどんがんが大きくなっていくということが見えています。体重に関しては、アスタチンを投与した方は体重は減ってないのですけれども、アスタチン投与しない方は減っているということで、これは効果と安全性、両方をマウスの段階で確認したというものになっております。現在、研究は進んでいまして、ツーショットとかを使うことによって、がんが縮小するということも見えております。

こういうものを作ったときに、どれぐらい市場規模はあるのかということが、次のスライドです。大学といえどもこのごろはこういうことも気にしなくてはいけないのです。まずゾーフイゴというものがもう既にアルファ線を出す核種を入れた薬として、一つ認可されております。これは実は治療を主目的としていなくて、痛みを止める薬なのですけれども、それでも今、430億円の売上げが2016年あって、2018年に1,000億円になるのではないかとこのように考えられています。

それから、先ほども話しました難治性の甲状腺がんの治療薬として用いられているベータ線核医学治療薬であるヨウ素の131というのは、全世界2,000億円の売上げがあります。

アスタチン担持の分子標的薬の売上げは、1薬剤当たり多分、数百億円の規模になると予想。これは希少疾患か、それともコモディティーズかで違うのですけれども、100億円から1,000億円というものになると思われています。

これは薬価が非常に高いものになったら、作っても、これは国の経済、国の財政を圧迫するだけですので、薬価というものも大事になってくるのですけれども、薬価は実は非常に安い。医薬品メーカーは原材料費の3倍で薬価を付けるそうなのですけれども、抗体の費用、抗体って分子標的薬そのもの、それは数万円から数十万円で、物によって違う。それから、これはR1ですので輸送費はかかってきますが、それが数万円で、アスタチン製造費は大体1人当たり10万円であろうというふうに言われています。だから、100万円から数百万円の間には必ず収まる。100万円のオーダーですよ。100万円ぐらいで作れるのではないかとこのように考えられています。抗体の製造費用は市場規模が大きくなればなるほど下がりますので、そういう意味でも良い薬になるのではないかとされています。

ただし、これ、いろいろなことをしなくてはならない。まず、アスタチンを使った薬の開

発ですけれども、アスタチンは入手が困難です。7. 2時間で半分に減ってしまいますので、輸入はできません。だから、その場で作るしかありません。そのようなものを作る能力は今の薬品メーカーにはないので、まずアスタチンの安定供給というものが必須になってきます。

それから、医薬品として開発するためには、最終的には第Ⅲ相試験というのを、これは100億円規模の試験が必要になってくるのですけれども、そのときには製剤・製薬メーカーが参加してくる必要があります。そのための必要性の判定基準、プロトコルの適格性審査の基準、GMP製造基準やガイドライン設定というものが必須になってくる。

それから、これをもう少し詳しく話しますが、作るためにはサイクロトロンという加速器が必要なのですけれども、早く社会実装しようと思うと、既にあるPET製剤工場、そこでPET加速器を置き換えることができるということが非常に望ましい。そういうところはGMP基準を満たしておりますし、放射線の遮蔽もできておりますので、そういうところに入れられるのが好ましいということで、小型で高性能な自己遮蔽型の加速器というものを開発することが重要になってきます。

もちろんですが、開発される薬剤効果の数が多ければ多いほど、社会実装の時期が早まります。

これは大阪大学でのアルファ線核医学治療開発スケジュールですけれども、今、ほとんどオールジャパンでやっておりますので、どこでも一緒です。我々は今後3年ないし4年で、ファースト・イン・ヒューマンと呼んでいる医師主導治験というものを始めたいと思っています。その後は第Ⅲ相試験に入るのですが、そのPOC、動物を使ったプルーフ・オブ・コンセプトの段階では、2 $\mu$ A以上の加速器が必要で、これは既にあります。20 $\mu$ というのは数が限られていますが、これもあります。ネットワークを組むことによって、何とかなる。ただし、第Ⅲ相試験をするアルファ線の粒子ビーム、500 $\mu$ A、これは社会実装のとき必要と思われるものですが、これはやはりこれから作っていかないといけないということになります。

もちろんですけれども、日本だけではなくて、いろいろなところが注目していて、日本ではここに書かれているようなところがネットワークを既に基礎科学の分野でも、それからアルファ線核医学治療の開発でもコンソーシアムを組んでいるのですけれども、アメリカにもいろいろとあって、アメリカでも複数の大学に、アスタチンの製造並びにそれを用いた薬剤の研究を促進するために予算措置がされており、競争になっております。ただし、7時間の半減期ですので、他の施設で作ったアスタチンを、例えば理研で作ったアスタチンを阪大で

使うとか、そういう融通を考えると、日本は圧倒的に有利にあるのではないかと、そういうふうに考えております。

実際のところ、加速器施設とは1年中動いているわけではないので、あるいは、この研究のためだけに動いているのではないので、既に融通を行っております。高い加速器施設密度、ここでは大型のものを書いておりますが、PET加速器も日本は多いです。そういうのは国際競争で優位に働くのではないかと考えています。

小型加速器ですが、我々が造ろうとしているのは、安全で安定で高強度というのを造ります。加速器というのは、これは磁石の化け物のようなもので、磁石の磁場の強さが加速器から出てくるビームのエネルギーを磁場のふらつきが精度を決めます。普通は鉄芯を使って磁場を強めるのですが、鉄芯を使うことの問題が一つあって、それは加速器を安定に動かそうと思うと温度を非常に安定化させないといけないのです。巨大なヒーターと巨大なクーラーを一遍に置くようなもので、電気代が非常にかかります。その代わりにこの場合は超電導のコイルを用いて鉄芯を省きます。そうすることによって、周辺機器を設置するためのスペースも広がるし、それから磁場の安定度も高まります。こういうものができると非常に省電力、従来の10分の1の省電力で、超電導ですから磁場が強いですし、コンパクトで大強度のものができるということになります。こういうものが最低で全国に5か所、末端価格5億～8億円というものができれば、広まっていくであろうということです。加速器メーカーも、大体この線でいけそうだということになっております。あとは実際に試作器を製作して動かしていくということだと考えています。

そのような取組の一つとして、これはJSTによって支援を受けているもので、量子アプリ共創コンソーシアム、OPERAというプログラムで我々は昨年からは走り始めています。ここでは、本日お話ししないソフトウェア対策、それからアルファ線核医学治療の開発というのを二つの柱にしておりますが、そういうところをいろいろな民間企業であったり大学が連携して、オールジャパンで今取り組んでおるところです。

先ほど言いましたように、これはレギュラトリーサイエンスという部分、どのようにしてそれを実際に効果を検証したり、あるいは安全性を確認したりするかという、そういうところが非常に大事になってきます。そのことに関しては、核医学会の先生が中心に、これでいくと課題の8というところでいろいろと研究しています。QST量研機構が中心になってやっているのです、今日の発表の最後に、その検討会の中間まとめ提言からの抜粋を行います。

まず、委員の先生方はここにいらっしゃるような方々です。読み上げますが、TRTというのは、これはアルファ線核医学治療のQST版の呼称です。用語もちょっと統一されていないところがあるのですが、TRTの臨床応用の実現のためには、アルファ線放出核種の十分な供給体制の構築が最重要課題である。そのためには、加速器を使ったRIの安定的な製造、国内供給体制の整備が重要である。

サイクロトロンなどの基盤技術を持つ施設が幅広く存在し、各々独自に実施している日本の特徴を生かして、オールジャパンでのシステム構築を進めれば、日本がTRT分野で先進的にリードすることは可能である。

国内情勢や法規制を考慮し、アスタチンやアクチニウムの国内におけるサイクロトロンを用いた安定的な製造法の実現、供給体制の整備が重要である。

それから、TRT臨床応用の実現のためには、薬剤開発における動物実験施設、安全性試験施設などの施設・拠点整備が重要課題である。RI使用許可量が大きく、廃棄物の問題をクリアした大規模な研究施設、研究拠点、特に動物実験ができるアルファ線核種使用施設が必要だが、国内にはこれまでなかった。一施設・一企業による予算確保・建設・整備は困難で、廃棄物の問題なども考慮すれば、国を挙げてのオールジャパンでの整備が必要である。

これは非常に重要なのですが、がんのRI治療の研究というのは、単独の分野ではできなくなっております。いろいろな知識が必要です。だから、薬学、化学、生物系、バイオ系、医学系の研究者が幅広く研究へ参入できるように進める必要がある。

放射性廃棄物の問題、これは避けては通れない。今のところ、アイソトープ協会がストックしておるのですが、それで問題ないのですが、最終処理場の問題は未解決で、現状の廃棄物の減容化も進め、臨床に困ることがないように進めていきたい。

廃棄物については、クリアランスの問題を解決すべきではないか。RI規制には、入りに下限数量を決められているのですが、出口でもクリアランスをもっと決めるべきではないか。何十年も放射性廃棄物をためておくことが理屈に合わないという意見があった。例えばアスタチンは7.2時間で半分になるので、これは1週間も置けば何もなくなるのですが、それでもアルファ線廃棄物になる。そういうものを何とかすべきではないか。

これは最後のスライドですが、核医学会からの期待は非常に大きいです。これも、今まで診断していたけれども、これからは治療の時代だと。それも今まで手が出せなかった治療ですね。なぜすごいかというと、これは、いろいろな治療法というのは、がん細胞がすぐに突然変移により性質を変えていきますので、薬に対する耐性を持ちやすいのですが、こ

これは物理的にがん細胞を破壊してしまいますので、薬物耐性というのを非常に持ちにくい、そういう治療法なのです。だから期待は大きいのですけれども、日本ではやはり放射性核種を体内に入れることに対して、核アレルギーが大きいのではないかと、そういう心配もある。ただし、治療する側としては自信がないと患者さんも心配になるので、TRTという横文字を使うのではなくて、核医学治療として自信を持って行うべきであろうということで、今、QSTもそれから大阪大学も含め全てのところが核医学治療という言葉を使っております。被ばく都市である広島、長崎、福島を有する日本において、「核」という名前を標榜すべきであると考えというのが提言の最後になっております。

以上です。どうも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、質疑を行いたいと思います。佐野委員からお願いします。

(佐野委員) 詳細な説明、ありがとうございます。大変すばらしい科学と医学の進歩を目の当たりにした思いです。幾つか質問があります。

一つは、先ほどの課題、中間まとめの提言等々ありましたけれども、予算も含めて国の支援体制は十分なのか、何かコメントがございませうか。それから、日本のこの分野における研究レベルは相当進んでいると思うのですけれども、欧州等も含めて、国際協力がなされているのかどうか、研究者の交流も含めてですね。

それから、IAEAがピースだけではなくて、デベロップメントということを出して、RIの医療分野における活用や農業分野における活用等について非常に力を入れている訳ですがそのIAEAとの協力があるのか、あるいは今後協力の可能性があるのか、その辺りをよろしくお願いします。

(中野氏) まず、最初の十分予算が出ているかということに関して、簡潔に申しますと、出ておりません。まだまだというか、いいことしているねという話はいろいろなところでしていただけるのですけれども、必ずしもその方が予算を持っているわけではないのです。なかなか予算は付かない。現在、やはりそういう新しいことをいきなり企業が踏み出せないということで、既存の基礎研究の施設を使っておりますけれども、必ずしもそれに最適化されていない。あるいは、その強度に関しても、これは全く新しい分野ですので、少し足りないから強度を上げないといけないと言っても、そもそも何のために作られた研究所ということに戻ってしまうと、なかなか予算を付けにくいとかいうことがあります。だから、基礎段階というのが一番突破しなくてはいけないところなのですけれども、そこに対する支援

体制は充実させていただければなと思います。

もう一つは、やはり法規制の問題ですね。レギュレーションとかレギュラトリーの部分で、ここは我々にもアイデアはありますけれども、やはりいろいろな規制側の先生方、それと官庁とか、そういうところと協力しながら、競争力を失わない、リーズナブルなものを作っていけないと、なかなか国際競争力を保って研究を進めるのは難しいと思います。

世界的な情勢ですが、今、アクチニウムとアスタチンが注目されているのですが、中でもアクチニウムの方、我々が余り使えない方がより注目されています。理由は、半減期が10日で、これは1か所で製薬・製剤化すると、世界中に輸出できるわけです。だから、市場が大きいから、製薬会社はそちらの方が魅力あると感じてしまう。ただし、これは対象となるがんとか、その使える薬剤の候補が多分アスタチンよりずっと少ない。アスタチンの方が化学的にいろいろなものをくっつけやすいですから、そういう意味では、アスタチンが有力で、それをを用いた研究は日本が圧倒的にリードしております。

問題は何かというと、加速器ですよ。アスタチンを大量に生産する加速器というのが民間の工場にちゃんと設置できるレベルで広まっていくか。一旦それが広まれば、実は別に世界中に日本の企業が作らなくても、ライセンス供与して利益を上げればいいので、日本はそういう薬剤の開発及び治療のメッカになればいいというふうに考えています。

海外との連携ですが、例えば大阪大学核物理研究センターは、カナダのTRIUMFという、これは核医学の分野で非常に優れたところなのですけれども、大学レベルで包括連携協定を結んでいまして、本年度からクロスアポイントメントで向こうの核医学の教授を迎えようと、向こうに分室を置こうというような交流が深まってきております。これは議事録に残ってしまうので、どこまで話していいかわからないのですけれども、先ほどのハイデルベルグの先生は、大阪大学の教授としてクロスアポイントメントで迎えるというので進んでおります。現場レベルでいろいろな交流が進んでいるので、それが最終的には世界戦略につながればいいと思っているのですが、そういう取り組みは進んでおります。

IAEAについては、実は天野先生は大阪大学の核医学分野の畑澤先生、核医学会の理事長ですけれども、と昵懇にされておまして、IAEAからの要望で、アジアの核医学分野の人材を大阪大学が受け入れて教育するというプログラムが、もう走っております。そういう意味では、IAEAのそういうデベロップメントの部分、そういうところの人材育成のところに我々も貢献しています。

今年度から大阪大学では放射線科学基盤機構といって、これは医学系研究科と核物理研究

センターとそれから理学研究科の3部局が中心になって新しく組織単位で作った組織がありまして、そこではユーザーであるとか研究者であるとかが、その分野とか部局の垣根を感じないようにして、そういうR Iの応用、そういうものができるという、安全にできるという、そういう取組というのは始めております。

以上です。

(岡委員長) 中西先生、いかがでしょうか。

(中西委員) どうもありがとうございました。詳細にいろいろ話していただきまして、よく分かりました。

これは非常に日本がアスタチンは進んでいると伺いましたが、例えば特許戦略とか、どんなものをお考えおられるのでしょうか。

(中野氏) 実は、我々は根元を押さえているというところがありまして、先ほどのアスコルビン酸を投与すると安定化する。実はL A T 1だけではなくて、ほとんど全ての薬剤はそれが認められたので、特許申請いたしました。もう既に3月中にしております。

(中西委員) ありがとうございます。話を伺いますと、核医学を、余りない東よりも西の方、大阪大学を中心にした方がずっといいのでは。

(中野氏) いや、僕が発表したものでそうなったのですが、QST放医研も大変進んでおります。今はネットワークを組みまして、一緒に突破しなくてはいけない問題が余りにもたくさんあるので、ばらばらに進めるのは非常に効率が悪いだろうということで、連絡を密にして進めております。

(中西委員) ありがとうございます。

核医学会長の畑澤先生が随分御努力されて、なかなか東の方の大学の方は、ちょっと、そういうのはまだ少し開発が遅れているなという気がしました。

それから、あと、今は放医研とかオールジャパンということでおっしゃっていたのですが、ちょっとこれはマイナーな質問ですが、32ページの検討会のところには放医研が入っていないのがちょっと気になったのですが、それは放医研もこれから一緒にやるということですか。

(中野氏) 検討会自体は先に始まったのですけれども、そのコンソーシアムには第1回の検討会と第2回の検討会の間に入っていたいただきまして、今はもう入っております。

(中西委員) はい、分かりました。

(中野氏) ここに名前が書いてある方々は、ほとんど先ほどの共創コンソーシアムに入っているだけで。



(中西委員) はい。是非オールジャパンでということは非常に有望だと思いますので。

7時間の半減期というのは、やはり日本で開発したものは日本で使えるということで、是非、特許戦略を。

(中野氏) そうですね。やはり7時間で崩壊してしまうというのは、患者さんにとって非常に負担が少ない。入院するとしても一晩で済むというのがあります。

一つ心配だったのは、がん細胞に取り込まれないと殺傷能力ないのではないかとずっと言われていて、それでアスタチンではなくてアクチニウム程度の半減期が必要ではないかと言われていたのですが、マウスの実験でそうではないということが分かりました。DNA鎖を切ることで殺しているのかと思ったら、そうではなくて、活性酸素ですよ、電離によってそういうものを作って、そういう影響とか、あるいは免疫を高めているのではないかというような、そういう話もある。そこもおもしろいところで、なぜこんなに効くのだというところを今、研究している方もいらっしゃいます。

(中西委員) ありがとうございます。

それから、すみません、最後にもう一つだけ。プルトニウムの話がちょっと出てきたのですが、その問題点だけ教えていただければ。

(中野氏) 下の方ですね。上の方が似ていたのを飛ばしてしまったのですが、東北大学の電子光理学研究センターでプルトニウムの236のトレーサーが製造できて、原子力と化学・環境化学の分野で利用できるのですが、これも核燃料物質の規制を受けるために、非常に使いづらいということがあります。だから、いろいろなPETと、そういうことに使うときというのは、それぞれの用途に応じてその元素が違うのですが、一般に使われるよりごく微量です。でも、それにもかかわらず、核燃料物質としての規制を受けるために使えないということが起こるので、そういう量によってトレーサー量のは規制から外すとか緩和するということが可能ではないかということは意見として出ております。

(中西委員) 特にプルトニウム236を使っているとかいうことではないのですね。

(中野氏) はい。

(中西委員) どうもありがとうございます。

(岡委員長) どうもありがとうございます。大変すばらしい御研究、あれはその応用で、いろいろ質問があるのですけれども。

実は次の話題と関係するのですけれども、原子力と放射線は、国内利用だけでやっているのがあります。もう一つは、研究機関の実用のところが極めて弱かったという大き

な反省があるのですね。それで、今日のお話を聞いていて、治療のところも含めて、どんどんやっていただきたい。何か国に、国の研究機関にとかわず、どんどんやる。どういう意味かという、ベンチャーみたいなのがございますよね。それから、大学ですので、海外との競争もあると思うのです。さきほど伺った、東南アジアの話も。そこに自分の拠点を作ればいい、弟子を送り込めばいいのではないか。こういう発想をする人が工学系に極めて少ないのですよね。それで、物理の方はもっとフレキシブルで国際的ですから、そういう発想で実際の治療をどんどん、国内で使えなければ海外でまずやればいいのか。というように感じます。ちょっと期待を込めてですが。

(中野氏) 実際のところ、これは最終的に加速器を用いたアスタチンの治療法というのが世界に広まるかどうかというのは、これは現金な話なのですけれども、企業から見て、世界市場があるかどうかというのは非常に大きいです。だから、我々としては最初に、世界中で手を出してないところをまずは我々が確立して、海外から日本に来て学んでいただいて、その治療法を加速器と一緒に自分の国に持って帰っていただきたいというふうに考えております。

(岡委員長) 原子力関係機関の従来の原子力エネルギーと放射線アイソトープ利用の参考になるお話がいっぱいあって、まず最初にみんなで集まってこれをやろうとした、なかなかすばらしいなと思ひまして、これは大体どうやって相談したのですか。

(中野氏) これも議事録に残るのでなかなか申し上げにくいのですが、これは大阪大学の場合、実はこれも飲み会から始まっています。研究科長、新しく就かれて、金田先生が、挨拶に来られて、何か一緒にできないかなということで集まって、飲み会と言ってはいけません。雑談の中から、こういうこともあるのだ、ああいうこともあるのだという話が出てきて、それからやってみようということになっております。

実は、それを始めてすぐにオープンなワークショップを開いた。オープンというのは外部に公開したワークショップを開いて、こういうことを始めますということを大阪大学が発表したのですけれども、それを聞いていらした方々がおもしろいということで、いろいろなところで始められたというのがきっかけになっております。今はその人たちがまた集まってきたという、そういうフェーズです。

(岡委員長) 研究ですので、科研費とかそういうものは当然必要で、そういうものがないと、なかなか研究というのは先には進みませんので、先ほどちょっと研究費とは関連がないのではないかとするのは訂正いたします。今は大きな加速器施設ですが、加速器も小型化していけばいろいろなところで使えるという、そういうふうになっていくのだと思うのです。

もう一つは、アイソトープのお話で規制のお話が出ましたけれども、これは、日本の場合、量の概念がないですね。

(中野氏) そうなのです。

(岡委員長) これははっきりと言わないといけない。量の概念がないということは、言うては悪いけれども、よう分かっておらんということです。

(中野氏) 全くそのとおりだと思います。

(岡委員長) 実は、プルトニウム関連のそうした研究開発も、非常にたくさんある場合とそうではない場合とありますが、量の概念がないので。これは日本が、はっきり言ったら、自分たちがよく理解してないということです。お役人にこれは強く言わないといけない。こんないい加減な幼稚な状態では、とてもやっていけないと思いますから。

(中野氏) 量とそれから半減期ですね。だから、それも量に関連するのかもしれませんが。時間と共になくなってしまうので、そういうことについて、それを物理的に、化学的にそれを反映した規制にさせていただきたいと思います。

(岡委員長) あとは、これはよくいわれるのだけれども、法が英米法の慣習法的なものとなら日本的な規範的な法体系とが違う。そういう法の違いが根本にどうもあるところがあって、これはちょっと何ともしがたいのかもしれないですが。先生もおっしゃるように、量の問題を含めて、何か合理的に、論理的に提案をしていければいいなということだと思います。

あとは、診断と治療が短半減期アルファ線では一緒になるので、非常にすばらしいなと思います。

もう一つ、先日、放射線治療の話聞いたとき、医学物理士の話が出て、日本は以前に医学物理士制度をやろうとしたことがあったのですが、どうもよく聞いてみると、結局、今は日本ではX線技師に毛が生えたみたいなことになっていて非常にまずい。まずくなったと言われているんですね。

(中野氏) 正にそのことを実は期待しておりました、やはり理学部の物理系に進んだからといって、博士を取ったからといって、全員がアカデミアに残れるわけではないです。研究によっては、ほとんど没頭して、自分の人生を考えずにやらないといけないこともあるのですけれども、そのときにちゃんと医学物理士というのはきっちりした職で、その資格が取れるとなると、基礎科学の分野にも優秀な人材がたくさん入ってくると思うんですね。

これは先ほど、その連携協定を結んでいるカナダのTRIUMFに行ったときに感じたことなのですから、カナダのTRIUMFで目のがんの治療を陽子線で行っております、

その治療計画は医学物理士の方が立てていらっしゃると思います。詳しくお話を聞くと給料もほとんど医者と一緒にだ、発言権も一緒だということをおっしゃっていて、やはり日本とすごい差があるなということを感じたのですけれども、このようなR Iを用いた治療とか広まっていったら、当然重要になる仕事だと思いますので、そういうことを、日本がそういう医学物理士の資格の中にこういうものを入れていただくというのは、重要な感じがいたします。(岡委員長) 関連して、医学物理士は以前に日本では技術系、工学系だけでやろうとしたからよくなかったと。物理系とちゃんと連携してやれとお聞きしました。物理の方は規模も大きいということ。実際はそういう陽子線の先端的な治療あるいは診断技術の便益が国民に還元されていくというところが、やはり一番重要なのだと思いますけれども。

今日のお話を聞いて、もう一つ、最近感じていること。工学系の原子力って、ちょっと行き詰まっているところがあって、そのブレイクスルーをどうしたらいいか。やはり物理系とか理学系との協働といいますか、そういう感じが最近しております、自分の中だけで自己再生産的になり過ぎているのではないかと、非常に危機感が私がございます。それだけだと発展性がないので。今日のお話なんかは正にそう展開していく分野、ライフサイエンスとしての分野だと思いますけれども。

ちょっとこれはより広い話なのですが、工学系教育について学部・修士一貫教育というのが始まっています。私はこれに原子力教育、原子力工学科がうまく対応しないと原子力は消えるおそれがあると思っていて、非常に強く警告しています。その次の大学改革は、理工の連携かもしれません。そうすると原子力というのは物理と非常に近いですから、今日のようなお話が参考になります。今までは、原子力では、加速器は別途、研究所でやっているみたいな感じで、原子力研究所の中にも放射線の人たちがいるけどみたいな感じでした。そういうイメージを変えて、優秀な方をどんどん治療のところといいますか、ベンチャーといいますか、応用のところも含めてやっていただけるようなことが多分、将来のイメージなのだと思います。

(中野氏) 今日の話は省きましたけれども、実はA Iの世界、半導体の世界も実は放射線が非常に問題になってきて、ソフトウェアというものが大きな問題になってきていて、それは加速器を使わないと研究できないのですが、これは工学系の先生方と組んでいます。それも企業が入ってきて一緒にやっていて、医理連携と医工連携とそれから理工連携みたいなのを一緒にやっていくというのを今、進めております。

(岡委員長) 先生、何かございますか。

(佐野委員) これは中西先生にお聞きした方がいいのかも知れませんが、課題選択委員会ですが、予算も限られている中で将来の言わば研究課題を決めていくかなり重要な役割を果すものと考えますが、今後の大きな課題としてどういうものをお考えなのですか。

(中野氏) 一番大きな課題は、今年で支援がこのままで終わってしまうということで、これは3年間のパイロット事業として始まっています。科研費といっても、非常にこれは特別な科研費を特別に作っていただいて、今年、評価入るようで、これがいい試みだったら続けなさいということのようです。我々としては、実は非常に基礎の部分とそれから産学連携と、最後、ベンチャーとおっしゃいましたけれども、社会実装の部分というのは、分けられないものだと考えています。それぞれが密接に結び付いていて初めて良い循環が起こると考えているので、どれも大事だと思っています。実はこのR I 供給プラットフォームは各施設の予算の持ち出しで運営しており、国からも科研費で支援いただいているのですけれども、かなりは部分は我々が大事だからというのでお金をつぎ込んでいっているところがあります。ただ、昨今、やはりいろいろな予算、削減されていますので、これを継続的に続けていくのはどうしたらいいかというのを、いろいろ試行錯誤というか、考えている段階です。

(佐野委員) 今は予算の話がされたのですが、サブスタンスのテーマとしては今後どういう課題があるのでしょうか。

(中野氏) やはりR I を使う側の方って、昔の使い方であったり、測定機であっても、古い測定機とか、そういうものしか持っていらっやらない。我々が供給できるR I の種類は広いので、応用の仕方もどんどん広まっていくのだけれども、例えば、これはガンマ線が来ているかどうか分かるけれども、何から来ているか分からないというような測定機を持っていてはできない研究、使っては余り意味のないR I とかあるので、そういう技術的な支援ですよ。こういうやり方もあるのですよと、こうやればもっと成果が上がりますというのをくみして進めていくと、そういう支援をちゃんと、技術的な支援を、物の支援だけではなくて、技術的な支援をするということが大事かなと、このごろ思っております。

(岡委員長) どうぞ。

(中西委員) 一言付け加えますと、今日は医学の方の御説明があったのですけれども、短寿命R I 核種、こういうのが欲しいというのは3分の1ぐらいですかね、医学以外のものも結構あって、環境の問題とか、いろいろな使い道があるなど。先ほど、植物とかはちょっとありましたけれども、それ以外にも物すごくあります。

(岡委員長) 我々はFNCAというのをやっています、これをどうしたらいいかというので、

つい昨日も3時間ほど話をしたところなのです。FNCAというのは、ちょっとIAEAとは違って、東南アジア協力なのですけれども、日本は長年、放射線利用関係で協力してきた。これとの関係はどうなるかなと思いながら聞いていました。

(中野氏) 例えば、これも自分の研究所の話になってしまうのですけれども、我々は40名、今、大学院生を受け入れているのですが、そのうちの3分の1が海外、ほとんどがアジアです。もう、そういうコネクションができていて、それも口コミで優秀な学生が来るのです。1人受け入れると、大阪大学はいいところだということで、次の人が来る。それがそれぞれの国に戻って、その分野をリードする人に将来的には育ってくれる。そうすると、我々の分野は国際協力基本というか、国際協力がないと進まないで、そういうネットワークが自然にできていくという。我々は非常に大事だと思っていて、優秀な留学生を受け入れるために、お試し期間というか、大阪大学へ入る前に3か月間、滞在するのは研究所がサポートする制度を持っています。

だから、優秀な人を受け入れてやるという、先ほどお話が出たIAEAの話と似たような話だと思うのですが、だから、海外から日本に来ていただいて、日本の核医学の最先端の経験をしていただいて、こんなすごいだからと、君も行ったらいいよ、あなたも行ったらいいよという口コミで、次々と優秀な人に来ていただいて、その方々が帰ることによって、日本発のスタンダードというか、最終的にはいろいろな技術が国際標準にならないと広まっていけないので、そういうときに日本だけがこれを標準にしますと言っても無理なので、そういう国際戦略プラス国際貢献というものがうまくできればというふうに思っています。

(佐野委員) 先ほど岡委員長がおっしゃったFNCAやIAEAが持っているRCAも、ある程度予算を持っているのですよね、プロジェクトファイナンスも含めて何らかの形で連携が可能な分野ではないかという印象を持ちました。

(岡委員長) FNCAの場合は日本のプログラムですから、文科省も関係していますから。今おっしゃった優秀な学生がすごく重要で、日本の場合、国民の数、若い人の数が減っているので、優秀な学生確保に苦労がある。国立大学の学生定員は一定でやっていますので、優秀なのを、定員まで入れていただくというのが一番そのミッションだと思っています。そのためには今おっしゃったような海外の優秀な学生が来ることは重要で、既に、そのためにやはり先端的なこういうものを行っているというところが、非常に参考になる日本のモデルなのだと思うのです。その先は、さっき私が申し上げたように、やはり海外に日本の先生方が教員になった拠点大学というか、加速器センターでもいいのですけれども、そういうものを

指向するとよい。別に自分たちだけ、日本人だけで閉じてやる必要はありません。やはり人脈というのはありますので、先生の師弟関係と申しますか、そういうようなのはできていくと、すごく強いですね。

よろしいでしょうか。

今日は大変いいお話、ありがとうございました。

(中野氏) ありがとうございました。

(岡委員長) 今日お伺いしたお話は、今後、次期原子力白書の検討に生かしたいと思っております。

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。

(林参事官) 中野先生、ありがとうございました。

それでは、議題2についてでございます。

議題2は、技術開発・研究開発に対する考え方ということで、今現在、政府では、原子力関係閣僚会議が決定した高速炉開発の方針に基づいて、高速炉開発会議戦略ワーキンググループが設置され、今後の高速炉開発の方向性を具体化するロードマップの策定に向けて、議論が行われているところです。これに関して、同ワーキンググループより、今般、原子力委員会においても今後の技術開発・研究開発に対する考え方について説明を頂きたいということを求められているところでございますので、今般、説明の案を作成しておりますので、御説明し、取りまとめをしたいと思っております。

以上です。

お願いします。

(川渕企画官) 研究開発シリーズでございますが、こちらの方は原子力エネルギーに関する技術開発・研究開発の在り方というところでございます。資料は、資料2-1と2-2と2-3を配付させていただいております。

先ほど説明がございましたとおり、高速炉開発会議戦略ワーキンググループで説明していただきたいというお話を頂いたことに加えて、こちらの方は、そもそも「原子力利用に関する基本的考え方」、閣議決定させていただきました考え方のフォローアップの位置づけも兼ねているというところでございます。技術開発・研究開発につきましては、原子力委員会としてイニシアチブをとって、知識基盤のプラットフォームを作っていこうということを説明させていただいているところでございますが、今回はその技術開発・研究開発の在り方とい

うところを紙としてまとめさせていただいたものでございます。

本日は、傍聴される方々の中にエネルギー関係の方が複数いらっしゃるということもありまして、資料2-2と2-3で簡単に考え方の大前提となっている部分を、簡単に御説明したいと思います。

まず、2-2で、パワーポイントがございしますが、一番最初に、取り巻く環境の変化というところで四つほど述べさせていただいてまして、1個目は福島の話、2個目は、一番ここで大事となります競争環境が出現しているということ、3番目に、温室効果ガスを大幅削減するためには、現状の取組の延長線上では困難であるということ、4番目に、国民負担及び経済活動に影響しているという、こういった四つの変化を訴えているものでございます。

2ポツのところには、本質的な課題ということで、同調圧力等々を述べていますけれども、こういった問題点を解決する意味で、3ポツにある八つのポイントを述べさせていただいているところでございます。この八つのポイントのまず大前提に、1行目にありますように、責任ある体制の下、徹底したリスク管理を行った上での適切な原子力利用は必要であるというふうにうたっております、これは直近の閣議決定された文書の中では一番直近のものというふうに理解をしています。

今回の技術開発・研究開発に対する考え方ということでいいますと、実はその8番目のところの基盤強化を進めるということに関係ありそうなように見えるのですけれども、それと共に、(2)にございます地球温暖化問題ですとか国民生活・経済への影響を踏まえた原子力エネルギー利用を目指すというところも、深く関係しているものでございます。

簡単に資料2-3の本体の方でちょっとだけ御説明させていただきますと、3ページ目になりますが、ここで3ページ、4ページ目で、環境の変化というものを詳しく述べさせていただいています。今、パワポで述べたところ以上にですけれども、プルトニウムに関する核不拡散の話ですとか、あとは、エネルギー安全保障の話なんかも追加で書いているところでございます。

6ページ目の4ポツを見ていただきますと、先ほど申しあげました1行目、2行目でございしますが、責任ある体制の下、徹底したリスク管理を行った上で、適切な原子力利用は必要だというふうにした上で、八つのポイントを述べさせていただいています。

その8ページ以降に具体的なこの八つのポイントに関する説明ですが、今回ちょっと見ていただきたいのは、11ページ目にあります5. 2. 2ですね。先ほど申しあげました二つ目の課題に当たります、地球温暖化問題ですとか国民生活・経済への影響を踏まえた原子力



エネルギー利用の在り方というところが関係しているところがございます。この中でも（１）と（２）が、今回の技術開発・研究開発に対する考え方をまとめる上での前提になっているところがございます。

（１）のポイントだけ簡単に読ませていただきますと、（１）の１段落目の２行目でございます。真ん中です。国内の利用を前提として考えられてきた我が国の原子力産業及び研究開発活動において、競争的視点及び国際的視点がより強く求められるようになるなど、原子力発電を取り巻く環境が急速に変化している。このような変化に対し、国、原子力関係事業者及び研究開発機関等は、適時かつ効果的に適応していくべきであるということです。

その次に、国内における競争環境の出現などの環境変化があるということですね。下から４行目になりますけれども、政策変更リスク等、多くの特殊なリスクから原子力発電事業の予見可能性が低いと判断される可能性もある。国は、全体で見たときにエネルギーコストの増加が最小限に抑えられる形で原子力発電の特性を生かせるように、こうした課題の解決に向けた措置について検討していくことが必要であるということでございます。

（２）ですけれども、ここでは総合的な判断が必要であるということを訴えています。２段落目に地球温暖化問題、３段落目に国民生活・経済面の話を書いておりますが、めくっていただきまして１２ページ目になりますが、１２ページ目の一番上のところで、原子力発電は、既に利用可能な技術の中では低炭素かつ運転コストが低廉なベースロード電源であり、長期間安定的な原子力発電の利用を確保をすることが、温室効果ガス削減のみならず、国民生活や経済面及び安定供給面でも必要である。このため、今後、国は原子力発電の長期的に果たし得る役割を明らかにし、必要な対策を検討すべきだというふうなうたっているところでもあります。

その下の（３）と（４）は、後ほどのペーパーにも出ているところなので割愛しますが、（３）は、軽水炉利用に向けた取組というところを重点的に述べさせていただいてまして、（４）については、核燃料サイクルの取組ということでございます。改めて、（４）の核燃料サイクルの取組のところでは、核燃料サイクルのところのある意味の意義という定義を書かせていただいております。我が国では、使用済み燃料を再処理し、回収されるプルトニウムを有効利用する核燃料サイクル事業が原子力関係事業者によって行われているということで、民主導で行われているところを書かせていただいております。

それと、高速炉開発については、一番最後の段落におきまして、「もんじゅ」に係る経緯とその反省と共に、これまで得られた様々な技術的成果や知見を踏まえ、国として、電力自

由化を初めとする国内電力環境の変化等を勘案し、戦略的柔軟性を持たせつつ、商業化ビジネスとしての成立条件や目標を含めて、その在り方や方向性を検討していく必要があるという形でまとめさせていただいています。

この二つ目の章が大前提となっていて、加えて、17ページ目にあります5.2.8になりますけれども、基盤強化というところを含めて、今回の考え方の中でまとめさせていただいているものであります。5.2.8のところの書きぶりは、そのまま技術開発・研究開発に対する考え方という2-1の資料の中で言及させていただいていますので、5.2.8については前提になっているというふうにお考えいただければと思います。

それでは、資料2-1号の一番最初の資料を出していただければと思います。

技術開発・研究開発に対する考え方、現時点では（案）を付けさせていただいております。まず、1ポツの基本的考え方になります。

（1）電力自由化後の技術開発・研究開発の在り方でございます。

原子力エネルギーは、地球温暖化防止に貢献しつつ、安価で安定に電気を供給できる電源としての役割を果たすことが期待できる。軽水炉の再稼働を進め、それを長期に安定・安全に利用できるように努力することが重要である。また、電力自由化により総括原価方式がなくなった現在、原子力のエネルギー分野での利用については、関係者は、国民の便益と負担の観点で、この安価な電力を安全・安定に供給するという原点を改めて強く認識し、原子力関係企業と研究開発機関と大学がそれぞれ役割を踏まえ、生き残りをかけて創意工夫や競争・協力し、それぞれの経営に努力する必要がある。国は、利用官庁、規制官庁、国立研究開発機関それぞれの立場から、民間主導のイノベーションを促進する仕組みを整えるべきである。

2段落目です。

これは中長期の開発課題についても例外ではない。原子力の発電方式は、市場の需要によって決められるものであり、第三世代から第四世代へと直線的な移行が行われると認識してはならず、多様な選択肢と戦略的な柔軟性を維持すべきである。電力の自由化が進む中、原子力発電コストが過度に高くなる場合、ユーザーたる発電企業がこれを選好するとは楽観視し得ない。個別発電企業は、第四世代炉と新型炉を許容する場合もあれば、より長期間、軽水炉のコストダウンですとか効率化を選好する場合もある。原子力発電は応用技術の固まりであることから、市場で使われて初めて意味のあるものであり、今後の原子力発電の技術開発・研究開発は、個別発電企業やメーカーが主導し、それらの企業の負担も求めつつ、政府

が支援をする仕組みを導入していくべきである。

3段落目です。

原子力に関する技術開発・研究開発を実施する際にし、実用化される市場や投資環境を考慮すべきである。今後は、世界の市場をより強く志向する必要がある。その点で、国際連携は重要な方策の一つである。その際にも、上記のような考え方を共有できる国と連携すべきであり、戦略的な柔軟性を確保することが肝要である。一つの国際プロジェクトにコミットする余り、長期間にわたって我が国の技術開発・研究開発が柔軟性を失うことは避けるべきであり、開発を牽引する民間主体を支援する知識的基盤を関係国が共有して提供するというスタンスで、臨むべきである。

(2) でございます。核燃料サイクル関連の技術開発・研究開発になります。

こうした文脈において、核燃料サイクル関連の技術開発・研究開発の議論も同時並行的に行う必要がある。我が国は核燃料サイクル政策を堅持しており、高速炉開発は重要な課題である。

2段落目です。

核燃料サイクル政策は、現行の「エネルギー基本計画」における定義では、「資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済み燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する」こととされておりますが、同様に「状況の進展に応じて戦略的柔軟性を持たせながら対応を進める」というふうにされているところでございます。こちらの方は、高速炉開発の方針の中でも同様な記述があるというふうに認識をしております。

3段落目でございます。

高速炉の開発や炉型の選択においても、様々な環境変化に柔軟に対応すべきであると。これまでの政策決定の段階を経て、核燃料サイクルを実現する炉としては、現時点ではナトリウム冷却高速炉を主軸に研究開発を実施してきているが、国際情勢に高いアンテナを持ち、周辺環境の変化に伴う評価軸の重みや変化等も意識し、より柔軟なアプローチを追求すべきである。

現在、世界では様々な選択肢や技術的チャレンジが追求されており、我が国も開発のスピードを含め、柔軟かつ現実的に考えるべきである。高速炉開発会議の下に設置された高速炉戦略ワーキンググループにおいて、高速炉開発のロードマップの検討が進んでいるが、上述の観点から検討がなされるべきである。

なお、核燃料サイクルを実現するためには、再処理施設を早期に稼働させ、まずはこれまで我が国で採用されてきた軽水炉を活用しプルサーマルを推進していくことが、現時点では最も市場の要請に合致した現実的な手段である。加えて、長期的柔軟性を確保する観点から、喫緊の課題である使用済み燃料の中間貯蔵の能力の拡大や、プルサーマル推進に関するプルトニウム利用等について、電力会社間の協力を含めて、国と電力会社の精力的な取組が必要である。

以上が基本的考え方になります。

2 ポツの各ステークホルダー、関係者の果たすべき役割でございます。これは三つに分けております。

まず、1 個目が政府の役割になります。

原子力は、息の長い長期的な技術であることから、政府による技術開発・研究開発のサポートは必要である。しかし、原子力における発電方式は、実用レベルに近づくほど民間による相応のコスト負担も伴う形で真剣な努力が行われ、フェアな競争を経た上で個別企業が決定すべきであり、政府は長期的なビジョンを示し、その基盤となる技術開発・研究開発のサポートをするとの役割を担うべきである。個別具体的な炉型や技術の選択は、原子力関連企業や研究者、電力会社等、民間の活発な議論に主導されるべきである。

3 ページ目です。

このため、政府は、今までのスキームである特定の炉型を指定した形での委託ではなく、新しい補助スキームの構築が必要である。このスキームは、新しい炉型の研究開発の位置づけではなく、民間が様々な方式について技術開発・研究開発を経て、民間が原子力発電方式を決定・選択するための支援をするものと位置づける必要がある。これらを踏まえるならば、技術開発・研究開発に対する新たな補助スキームにおける政府による資金支援は、基本的には民間の取組を支援することが大前提であり、予算補助の在り方も、技術の成熟度や利用目的等に応じて補助の割合を考えるべきである。仮に、軽水炉の基盤研究や安全性向上等の委託による事業を行う場合であっても、これまで以上に公益性ですとかガバナンスを厳しく確認しなくてはならない。

また、実用化段階における規制当局との対話の機会の拡大は大切である。米国の場合、規制のライセンスのプロセスについて、事業者が一つずつ規制を乗り越えるステップを経る方式をとっており、予見性を向上し民間の努力が継続されることにつながっており、我が国にとって参考事例になると考えられる。その際、規制の独立性ですとか利害相反に十分留意す

べきことは当然である。

2番目でございます。国立研究開発機関のあるべき役割でございます。

また、国立研究開発機関が行う研究開発とは、本来、知識基盤を整備するための取組であり、今後は一層、民間による技術開発・研究開発の努力を支援する役割が期待される。知識基盤を企業等関係者ともしっかりと共有できることによって、ニーズに対応した研究開発が可能になり、効率化がもたらされるだけでなく、イノベーション基盤が構築でき、重層的な我が国の原子力の競争力につながると考えられる。この辺りは、「基本的考え方」の中でも触れさせていただいている書きぶりでございます。

以下に、欧米の取組の事例を二つ並べさせていただいています。

まず、ヨーロッパの方でございます。

欧州委員会が各国の原子力研究開発を横断的に連携する取組であるNUGENIAの活動を行っている。これは、産業界のニーズと情報を研究開発に取り入れる仕組みであるのみならず、研究開発を通じて連携して人材を育成し、ひいては原子力エネルギー利用に関する国民理解を図る取組でもある。

英国では、電力自由化のトップランナーであるが、近年の原子力の復権努力の中で民間主導のイノベーションを戦略的に促進しており、国立研究所は様々な技術開発に対する研究開発基盤を提供している。

フランス電力では、西暦2000年ごろに行われた電力自由化を踏まえ、その研究開発を実用の課題に大きくシフトしている。

アメリカでございます。

米国エネルギー省は長期的なビジョンを示すと共に、原子力研究開発の支援のため、採択に当たって産業界とのコストシェアですとか研究開発機関利用のバウチャを産業界に与えるといった取組を進めております。大学向けの支援でも研究開発機関等との連携を図る方策が内在している。

米国の産業界は、電力研究所、EPR Iが中心となってプロジェクトを企画提案し、資金を集めて研究開発を実施していると。これには原子力規制委員会が独立の立場で参加し、その成果を独自の判断で規制に利用できるようになっており、利用側と規制側とで知識基盤の共有がなされている。

一方、我が国のJAEAでは、これまで「もんじゅ」等、新型炉開発のプロジェクト等のいわゆるプロジェクトの抽出とその実施に重点を置いてきているが、今後はこうした従来の

思考から脱却し、ニーズ対応型の研究開発を行うことが求められている。現在は、産業界との連携も弱く、原子力分野の知識基盤構築及び共有化が行われておらず、原子力関連の技術開発・研究開発の構造上の課題となっている。この現象は産業界側の活動にも影響しており、両者間で過酷事故防止ですとか軽水炉利用等の知識の共有等が不十分な要因にもなっている。こうした観点から、今後、電力・メーカーに加えて、研究開発機関や大学との連携・マッチングを模索することが重要と考えられるが、政府が技術開発のサポートを実施するに当たっても、この点を考慮すべきである。今般、原子力委員会では、「過酷事故、防災」、「軽水炉長期利用・安全」、「放射性廃棄物・廃止措置」の三つのプラットフォームを立ち上げ、電力・メーカー・研究開発機関・大学の協力活動を推進しており、今後、引き続き関係省庁との連携を進める。

3番目、産業界のあるべき役割。最後になります。

産業界は、電力市場について、総括原価方式がなくなり、自由化された市場であることを改めて強く意識すべきである。特に技術開発・研究開発においては、自由化された中で国民の便益と負担を考え、安価な電力を安全・安定に供給するという原点を考える必要がある。こうした視点から、今後、何を研究開発し、どの技術を磨いていくべきかの判断を自ら真剣に行い、相応のコスト負担を伴い、民間主導のイノベーションを達成すべきである。

まず、メーカーですが、メーカーは、今後、安全だけが求められるのではなく、更なるコスト意識が必要とされることから、危機感を持って、国際的競争にさらされることを前提に、社内のリソース等を自らの責任で考え、必死に経営を行うべきである。

最終的なユーザーである電力会社の役割も非常に重要である。原子力発電が今後も将来的なエネルギー源として選択されるよう、電力会社は、国民の便益と負担の観点で、安価な電力を安全・安定に供給するという原点を改めて強く認識し、昨今の環境変化に向き合い、安全性の不断の向上を前提に、将来の商業利用に向けて技術開発・研究開発を適切な方向に導くことが期待される。

以上でございます。

一応こういった形でまとめさせていただきまして、これにつきましては、高速炉開発の方向性とそごが生じていないというふうに認識をしているところでございます。

以上です。

(岡委員長) ありがとうございます。

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) どうもありがとうございました。

この技術開発・研究開発に対する考え方、私は、基本的には去年の7月に原子力委員会が出した「基本的考え方」に基づいて、バランスのとれた形で表現されていると思います。

1点だけワーディングのコメントがあります。2ページ目の高速炉の一番最後のパラグラフが「なお」となっていますが「なお」ではなくて「すなわち」に変えるというコメントです。つまり、このパラグラフは非常に重要なメッセージを含んでいるので、なお書きという軽い位置づけではなくて、「すなわち」という、つまり、「上述の観点から」を言い換える「すなわち」という形で直したらどうかと思います。

それから、一番最後のパラグラフですけれども、4ページ目ですが、下から3行目、「安価な電力を安全・安定に」という、その前に「安価な電力を長期間にわたり」あるいは「長期にわたり安全・安定に」という風に、「長期にわたり」というのを入れていただきたいと思います。

(中西委員) 私も基本的にはこれでいいと思うのですが、最初は技術開発・研究開発の在り方で、(1)で基本的な考え方、それと核燃料サイクル関連の技術開発・研究開発ですが、各ステークホルダーの果たすべき役割というところで、まず政府の役割、それから研究機関のあるべき姿、それから3番目に産業界のあるべき姿なのですが、研究機関のところ、ここに例えがあるので、結構書いてあることは、最初の5行とそれから(3)の前の10行ぐらいのところ、特に(3)の前の10行ぐらいのところにJAEAのことが書いてあるのですが、これももちろんこれでいいのですが、どこかにその基礎研究もやっていると、基盤研究もそうなので、先ほどの中野先生のお話にもあるように、やはり基礎があって、それも残しておかないと、つながらないと思うのです。ですから、どこかに基礎研究というのはあるといいなと思いますが、どういうふうに入れようかというのは、まだ案としてはないのですが、JAEAはとにかく産業界との連携が弱いと。それで、もっと軽水炉の知識共有が不十分だとか、いろいろあるのですが、三つのプラットフォームを立ち上げるというのですが、もちろんこれはいいのですが、その中でも、JAEAのミッションとしてもどこかに入れていただけるといいかなと。

(岡委員長) ほかにございますか。

(林参事官) 佐野先生のおっしゃった最初のコメントの「すなわち」というところですが、「すなわち」って前の段落の言い換えというか、同じ内容を違う形で言い換えるときに多用する接続詞になるので、基本的には流れの中でちょっと違うことを言っているの、「ま

た」にするか、あるいは何も付けないというのものもあるのかなとは思うのですけれども、いかがでしょうか。「なお」というと何か付加的に見えるので、同格という今までと同じ重要性で言うのであれば、普通は「また」ですし、何もなくても十分意味は通じるのではないかと思うのです。

(岡委員長) よろしいですか。

二つ目のところはこれでよろしいですか。

(川渕企画官) 二つ目のところは、佐野委員の御指摘。長期にわたる、これは我々は問題ないと思いますけれども。

(佐野委員) 「長期にわたり安全・安定に」ということで。

(川渕企画官) 了解しました。

中西先生の御指摘につきましては、何かちょっと文章のところを少し言及するのもあれなのですけれども、例えばそのJAEAのところの書きぶりのところで3行目のところですが、けれども、「ニーズ対応型の研究開発を行うことが求められている」というところですが、その前に、例えば「放射線」、放射線利用なのかどうか分からないのですけれども、「基礎研究やニーズ対応型」というな形はあり得るかなと思うのですけれども、これはちょっと委員長とも御相談させていただければと思います。

(岡委員長) そうですね。基礎研究は別にJAEAに限らず重要です。それで、これは高速炉部隊のことではないのですけれども、日本の原子力基礎研究は現象の研究に埋没しているところがあると思います。はっきり言うと、ある研究者が、物理とか熱流動とか材料とかの分野の中で現象の研究をしている。それでは発展性がなく非常にまずいから、それを基礎研究と言ってしまうと、私は反対です。原子力は応用の分野です。材料とか熱流動とかは機械工学科とか材料工学科があります。閉じた分野の中で幾ら現象を研究しても、発展性には限りがあるとおもいます。もうそんなところの研究は原子力の場合は済んでいるといってもよい。横に広がって応用を考えないといけない。基礎をやってはいけないとかいうことではなくて、あるレベルまで現象はちゃんと自分の頭で理解できるまではやらないといけない。それをずっとやる人がいてもいいけれども、みなそればかりやっているところが非常に問題であると思いますので、基礎研究が重要であるというのは書きたくない、悪いけれども。

(中西委員) あと、ちょっと委員長と違って、JAEAにはJ-PARCがあるので、そっちの方が何も書かれてないなと思ったのですが。

(岡委員長) これはJAEAに対する全体のことでなく、高速炉会議に対して出す技術開発



の考え方のレポートです。

今の私が申し上げたのは、非常に日本特有のクリティカルなこと。ムラになってしまっているのです。原子力学会も非常に狭い部会の中で、自分たちだけであることをやろうとしていて、他にも例はいっぱいありますけれども、横につながらないのです。いつもムラになって、これは物すごく日本の、日本人の特徴的な欠点だと思う。原子力は応用の分野ですので、原子力特有のものは何があるのか。原子炉物理学ぐらいしかないと言われていまして、ほかのところは、例えば材料系の応用であったり、熱流動、機械系の応用であったりなので、原子力以外の学科にも専門家がいます。それぞれの専門家は当然必要なわけで、軽視していいと言っているわけではないです。

(中西委員長) 委員長のおっしゃることは分かるのですが、この出す方向が違おうまくいかないと思ひまして。

(岡委員長) ちょっと私の意見なのですが、これは文章としては大分、事務的にもほかの省庁とも調整したので、不満がないわけではないけれども、これでいいのだと思う。私の思いと申しますか、関連のことで申し上げたいのですが、実は先週、OECD/NEAに行って、韓国のKAERIという、JAEAみたいなところの、日本でいえば副理事長だと思ひますけれども、筆頭のバイスプレジデントにお会いして、韓国の状況を聞いたのですね。

それで、皆さんよく御存じかどうか、日本で海外の情報を注意して聞いている方はご存じでしょうが、韓国は韓国が開発した大型軽水炉をUAEに4基造りました。先週とられた写真では4基目の原子力発電所の格納容器にドームが載りましたね。2週間前のJAIFで韓国の電力の方の講演の写真では載っていませんでした。

韓国はUAEだけではなくありません。サウジアラビアに大型PWR、これも韓国のKPR1400という独自の炉を2基、今年、着工予定であると。それから、もう一つ、100メガワット級の小型PWR、これをサウジアラビアと共同開発する。サウジアラビアはたくさんお金を出して、韓国はその3分の1ぐらい出して共同開発するということがもう始まっています。それから、ヨルダンには中型研究炉を売りました。建設して、それがもう終わっているのかもしれない。ちょっと。そんな感じで、韓国は国内で利用するだけではなくて、そういう海外展開というのがなされているというところですよ。

日本は非常に変なのは、原子力発電所や研究炉の輸出はおろか、アイソトープ、放射線利用も輸出という感じではない。国内で国からお金が欲しいと、研究開発費を欲しいという感じでやっています。これは極めて異常な状態であるとおもいます。今、韓国の例を言いまし

たけれども、小型PWRを造っているのは、アルゼンチンなんかも造っていると思います。

それで、日本は、米国で何かやっているのを導入して国内で、というような感じの意見が今もたくさんあると思います。これは極めて異常です。米国のが悪いとか言っているのではないですけども。韓国も中国も、米国ベースのPWRを導入、あるいはフランスベースのPWRを導入しましたけれども、自前の技術として確立しました。例えば中国の例ですと、AP1000という軽水炉を建設しました。ただ、知財は譲ってもらえなかったので自分たちで、ほとんど全く同じ実験を上海交通大学でやっていました。これで自分の知財を持た。そういうことをし、あと計算コードも作って、自分のものにしたのですね。欧米からの導入は、最初は日本もそうだったのかもしれないけれども、日本は依然として、アメリカで何かしているものを日本で作ればいいやというみたいな、そういう感じの頭の方が非常に多い。これは極めて異常であるというふうに申し上げたいと思う。

30年前、私が教授になったときは、韓国と日本の軽水炉の実力は圧倒的に違いました。韓国電力から私の東大研究室の博士課程に留学した人がいます。当時の技術力は圧倒的に違っていたから、来る理由があった。だけど、その方は今、韓国電力の副社長です。UAEのプロジェクトの責任者です。韓国の発展は大変結構なことですが、日本は一体どうしてこのような状態なのだろうと思います。東大で教えていましたが、非常に優秀な日本の学生はいっぱいいました。日本はそれらの人の能力を生かしていないのではないか。これは極めて原子力政策的にまずいと思っています。日本だけ非常に変なのだということを申し上げたいと思います。

あと、いろいろな教訓が米国を中心とした原子炉の開発についてはありますので、そういうものをきちんと勉強する必要がある。現在の米国をみても、決して、そういう勉強をよくしているように思えないのですけれども。米国は初期に非常にいろいろな炉を実際造って試験しました。本当に軽水炉だけではなくて、いろいろな炉を作って試験しました。それをまとめた1960年代に出た本があります。その経験が継承されていない。さらに今は炉を実際に造らなくても、計算でほとんど検討できます。計算コードを作れる優秀な学生と原子炉設計と安全解析を指導できる教員がいればがいれば、研究大学では原子炉の概念設計というのをやることができ、特性も物量も評価し、設計改良の検討もできます。ですから、そういうことはそれぞれでやればいいのですけれども。ということで、ここに書いてあることは研究開発の考え方が書いてあるのです。さらにいえば、韓国とか中国では普通に考えて皆さんがやっていることを、こういう形で日本では言わないといけないこと自身が非常におかし

と思っています。内容についてはもう大分調整をしたので、これでよいのではないでしょうか。

要するに、学生のおときは非常に優秀な方が原子力にはいっぱいいました。特に原子力リネッサンスと言われた時期には非常に優秀な学生がいっぱい原子力に入っています。この人たちをいかに生かせるかということが重要です。そのためには、国に頼って何とか研究開発費をもらってと、そういうイメージでは駄目ですね。彼らの能力を生かす必要がある。実用化に対して、国内だけではなくて海外での実用化も含めて生かす。あるいは、大学の場合は今、さっき中野先生もおっしゃいましたけれども、世界をリードする研究をしたら学生はおのずから集まってくるというかたちで役割を果たせるでしょうし、研究開発機関は基盤的なこと、中西先生がおっしゃった事柄も御意見としては私は、共感し共有はしているのですけれども、知識基盤といいますか、よく人と知識と研究設備は一体のもので、それはJAEAみたいなところではないとできないと申し上げているのですけれども、そういうものは非常に重要だとは思いますが。

ちょっともう意識を変えてやってもらわないといけないところ、OBを中心に昔の夢を語る方も多いので、今日、ここで出ている考え方を参考にさせていただければ有り難いと思います。

内容については、今、御相談したような感じで、これをということによろしいでしょうか。

それでは、これを委員会の意見として、高速炉開発戦略ワーキングで提案することといたしたいと思いますが、よろしいでしょうか。

それでは、異議がないようですので、そのように進めたいと思います。

議題2は以上になります。

(林参事官) それでは、議題3、その他でございます。今後の会議予定でございます。

次回、第17回原子力委員会の開催につきましては、ゴールデンウィークを挟みまして、5月8日火曜日13時半から15時半、中央合同庁舎8号館6階623会議室、この会議室でございます。議題につきましては調整中ということでございますので、後日、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。

以上です。

(岡委員長) ありがとうございます。

そのほか何か委員から御発言ありますでしょうか。

発言がないようですので、これで本日の委員会を終わります。

ありがとうございました。