

## 第4回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 平成29年1月31日（火）10:00～11:00

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館5階共用C会議室

3. 出席者 内閣府原子力委員会  
岡委員長、阿部委員、中西委員  
内閣府原子力政策担当室  
室谷参事官、川淵企画官  
一般財団法人放射線利用振興協会  
理事長 岡田漱平氏

### 4. 議 題

- (1) 「原子力利用に関する基本的考え方」について（一般財団法人 放射線利用振興協会  
理事長 岡田漱平氏）
- (2) その他

### 5. 配付資料

- ( 1 ) 量子ビーム科学・放射線利用の過去・現在・未来
- ( 2 ) 第36回原子力委員会定例会議議事録

### 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4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「原子力利用に関する基本的考え方」について、二つ目が「その他」です。

本日の会議は、11時30分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。

(室谷参事官) ありがとうございます。一点目の議題は「原子力利用に関する基本的考え方」

についてということでございます。

原子力委員会では、基本的考え方の策定に向けて、最近では理解の深化でありますとか、軽水炉の利用、あるいは高速炉の開発についてなどの重要テーマについて見解を出すなど検討を進めてきております。

本日はその流れとして、放射線利用の観点から検討を深めるために、一般財団法人放射線利用振興協会の理事長であります岡田漱平様にお越しいただいております。本日は岡田様から説明を頂いた後に、委員との間で質疑を頂く予定でございます。

以上でございます。

(岡委員長) 岡田様は日本原子力研究開発機構において、放射線利用の研究や量子ビーム利用の研究に携われるとともに、同機構の理事も務めておられました。

それでは、御経験を踏まえて御意見を伺いたいと思います。よろしく申し上げます。

(岡田理事長) 御紹介ありがとうございます。岡田でございます。

それでは座ったままで話させていただきますけれども、本日は放射線利用についてですけれども、なるべく他の原子力の分野、原子力エネルギー、核分裂、核融合とか、そういったものとの関連も含めて放射線利用の立ち位置というものを御説明させていただきたいと思います。

話の内容ですけれども、ここに書いてありますように、今まで私が書いてきましたペーパーに準拠しておりますが、一番新しいものでも2015年ですので、最近の成果については、量研機構の研究者の方から資料を御提供いただいております。そういった情報につきましては、感謝の意を込めてハートマークを付けさせていただいております。

まず、昔からイノベーションの有力な道具だった量子ビームとか放射線、こういった昔からについて、まず話させていただきたいと思いますが、細かな説明は省略しますけれども、私ども放射線利用振興協会のホームページにもう何年か前から出しているものなのですが、ノーベル賞の授賞者で放射線利用、あるいは放射線の発見、そういったものに関係したものをちょっと抜粋してみたものです。ちょっと抜粋しただけでも、非常にこんなにたくさんございまして、こういったものがあるということだけ御記憶いただいて、最初のここのX線の発見、レントゲンのところについてちょっと細かく説明させていただきます。このX線の発見というのは、1901年で、ノーベル賞を頂いたのですが、この1901年というのは最初のノーベル物理学賞なのです。ですから、ノーベル賞を取るような、そういった研究開発といったものが、放射線の分野から最初に出ているというこ

とで、それ以降もずっと、放射線の利用というのは、あるいは放射線の発見というのは、科学史の中で重要なものとして位置づけられてきたということを押さえておきたいと思います。では何でこういう量子ビーム、量子というのは、科学とかテクノロジーの開拓に使えるのかということで、これは私の私見でございますけれども、よく知られているように、量子が二重性、粒子性と波動性を持つということに起因しているのではないかと。どうということかと申しますと、まっすぐ動くと、量子というのは、粒子として振る舞うこともあるし、波として振る舞うこともある。こういう二重性を持つということが知られておまして、光というのはやっぱり量子なのですけれども、これは波長がある。あるいは電磁波の波長があるというのは御存じだと思いますけれども、粒です。粒子にも波長がありまして、これを物質波というふうに言っております。その物質波の波長、粒子の場合は、電子とか陽子とか、その粒子の場合は波長はこんな式であらわれさせまして、分母に粒子の質量、それから速さというのがあって、重ければ重いほど、速ければ速いほど、波長は短くなると、こういった性質を持っております。

今、話を分かりやすくするために、量子を自動車にたとえまして、この自動車のサイズを波長だと考えてみます。それに対して、物質の構造を、こういう凹凸のある路面というふうに考えていただきますと、こんなことになりまして、小さな、こういった凹凸よりも小さいサイズの場合には、余りこの凹凸を感じないで運転することができるし、逆に凹凸よりもでかいサイズのものだと、すっと通ってしまいます。余り凹凸を感じませんけれども、ちょうどこういうサイズだったらどうなるかということ、こういうふうに大きく凹凸の影響を受けます。ということは、自動車は自分の身の丈と同程度の路面の凹凸に大きく影響される。これを量子にたとえると、自分の波長と同オーダーの大きさを持った構造に敏感だということが言えます。そういった構造を感知することもできるし、そういった構造に影響を与えることもできるということでございます。

ちょうどこのサイズの構造というのは何かということをお考えますと、これは原子や分子が形づくる構造と同じオーダーの大きさを持っています。ですから、例えばタンパク質、それから、半導体、これはシリコン半導体です。それから高分子の鎖です。それからDNA、こういったもののサイズと量子のサイズというのが、大体同じぐらいあるということで、量子ビームの働きとしては、こういったタンパク質などの構造を原子・分子レベルで観察したり、それから、半導体とか高分子を原子・分子レベルで加工したり、あるいはDNAに損傷を与えて、がんを治したり、こういったものに使えるということで、イノベーション

ンの道具として、ずっとこれまで研究開発が進められてきた。

現実にかついった、では実際にこの量子の科学技術というのがどんなものに使われているかというのをちょっと整理してみます。ここで私が量子の科学技術と言っているのは、量子論の世界を科学技術に使っているというのはたくさんあります。量子論的なビヘイビアというものを使っているもの、例えばトンネルダイオードといったものは、これはトンネル効果、量子の一つの大きな効果であるトンネル効果を使っているものでありますけれども、そういったものまで含めた話ではなくて、量子というもの、こういった量子を積極的に道具として使っている科学技術分野というのはどんなものがあるかということで、ちょっとまとめてみますと、まず知の探究として、基礎科学で大型の加速器を用いまして、それで素粒子論とか宇宙論などの真理を探究する。そういった学問があると思います。

一方で、エネルギーの安定供給に役立つものとして、核融合、これは量子、具体的には重水素と三重水素とありますけれども、この集まりをプラズマとして扱って、融合させてエネルギーを産み出すと。これも量子を積極的に使っているもの。それから核分裂炉、これはもう御存じのように、中性子という量子を原子核にぶつけて、エネルギーを産み出しているわけでございます。

それと同じように、量子ビームテクノロジーというのは、電子や陽子などの粒子や電磁波である光量子、こういった量子、この集まりを、今度はプラズマではなくて、ビームとして扱って、物質の観察・ものづくり・病気の診断・治療などに使っている。こういったものが、量子ビームテクノロジーではないかということで、放射線利用の立ち位置というのは、こういったものの中にあるのではないかと私自身は考えております。それらは共通の技術基盤の上に立脚しているものであるということをしかり頭に入れておきたいなというふうに考えております。

私、ずっと量子とか放射線とか、勝手に言い換えておりますけれども、一体どういう意味で使っているのかというのを、一応、ここはちゃんと説明しておかなくてはいけないと思いますので申し上げますと、最初に申し上げました量子の波長という概念がありますが、一応、この波長という概念で統一的に解釈したいというふうに思っております、基礎科学の世界では波長という、量子は波長を持っていると。10ピコメートルという、非常に短い波長から1キロメートルという長い波長までカバーしております、この波長に対応して、一般的な用語とか法律用語ではどういう言い方をしているかということ、例えばこの10マイクロから1キロメートルの波長を持っているものには、電子レンジとマイクロ

波、それから電波、ラジオとかテレビ、こういったものがございます。それから、ここらあたりの波長領域、これは光、いわゆる可視光とか、紫外線、それからレーザーといったものがあって、眼鏡をかけてあります。これは紫外線、UVカットなんていうふうに言われますが、あとレーザー、一点集中型の光、こういったものはちょっと人体にも影響を与えるとということで、UVカットのサングラスをかけたりというようなこともあります。波長が短くなってくると、そういったことが起こりやすくなります。

もっと波長が短くなると、これは世の中で放射線と言われているのではないかというふうにご考慮をしております、そのプラスの側面とマイナスの側面を持っていて、阿修羅（あしゅら）という神様がいますが、これは「a s u r a」を「a s u」と「r a」の間に切りますと、これは生命を与えるという意味で、命をはぐくむ太陽神、放射線利用はこの世界かなと。「a s u r a」を「a」と「s u r a」で切ると、天にあらざとって、熱さで大地を干上がらせる太陽神のご考慮をしまして、放射線障害というのはこういったものに当たるのではないかと。二面性を持っています。薬物と同じで、扱い方によって毒にも薬にもなるのがこの放射線ではないかと。

では、量子ビームは何かというふうにご考慮をしますと、これは先端技術の分野のご考慮で、実際に波長から言うと、非常に短い波長から、光、赤外線とかレーザーまでをカバーした、そういった量子を使ったテクノロジーのご考慮のご考慮で、今日はしゃべらせていただいております。

こういったノーベル賞というようなものに関係するように、すごい先端的な科学技術として科学技術をリードしてきたわけですが、実際には、命と暮らしに密着して、いろいろな利用が既に進んでございまして、これはちょっと過去にさかのぼりますが、平成17年度のちょっと古い調査なのですが、経済規模を調べてみますと、原子力エネルギー利用、発電がもたらす、タービンなんかも含めて、こういった経済規模というのが5兆円近くあった。一方で、放射線利用、これも4兆以上あるのです。それにはタイヤとか半導体という、実際に工業利用が一番多くて、それから農業にも使えと。突然変異育種とか、ジャガイモの芽止め、それから御存じのように画像診断、X線とかPET、こういったものに放射線が使われているわけでありまして。これも1兆5,000億あるということで、かなり既に使われているということが言えると思いますが、その後も現在に至るまで、いろいろな実用化とか商品化がなされてございまして、それをちょっと駆け足で御紹介していきたいと思っております。

高分子の橋かけ技術というのがありまして、これは放射線にしかできない技術でございます。これで創傷被覆材ビューゲルという、これは薬屋さんで最近では売っております。これは電子線を使ってやった橋かけ技術を使ったもので、市販されている。

それから、SiCです。超耐熱性の炭化ケイ素の繊維、これも実用化されております。それから、学校教材なんかで使われている、これは放射線作用の理解を手助けする教材として使われております。これも橋かけ技術を使ったものでございます。

それから、イオンビームの特性を活かして、育種技術というの、これはもうかなり進んでおりまして、例えばこのアラジンというキク、これはあまり脇に枝ができないということで、非常に売るまでの間に手間がかからないとか、それから、私、お酒が好きなのですが、これは新しい吟醸酒の酵母というのをイオンビームで作っております。

それから、この評価する技術等を駆使して、ものづくりにいろいろな成果が出ておりまして、これは遺伝子を修復する、そういった物質です。これは放射線抵抗性細菌の研究から生まれてきて、どうしてこの変な細菌は放射線抵抗性を持っているんだろうということから、遺伝子が壊れても修復する、そういった物質が、酵素があるんだというようなことを発見して、こういう遺伝子の試薬を作り出しております。これも市販されております。

それから、これはJAXAさんに提供していただいたものですが、宇宙用のマイクロプロセッサの開発、これも行っております。それから、あとこれは実際に、多分、マツダ自動車か何か、パラジウムという高価な触媒ですけれども、これがほとんど半永久的に消費されない、使ってもまた回復するような、そういうインテリジェント触媒というようなものを、これは放射光の分析によって開発をしているというものでございます。

今度は、今まで御説明申し上げたのは、既に実用化されて、商品化されているものですが、現在もその研究開発はいろいろなところで進んでおりまして、これは放射線のグラフト重合という、これは枝を放射線でくっつける技術なのです。これは放射線にしかできないのですけれども、こういったもので、有用・有害金属を捕集する研究というのが続けられておりまして、それから、これは温泉水や海水、日本は温泉がたくさんありますし、海に囲まれておりますから、そこから資源をとろう、あるいは有害な物質を取り除こうという研究でございます。

それから、これは燃料電池膜、現在のところ、放射線のグラフト重合法ということで、デュポンの膜よりも性能がいいものできておりまして、今、耐久性の向上というもので、もっと更によくするという研究が進められております。

それから、これはカーボンニュートラル、差引き、サイクルを考えると、カーบอนを消費しないという、そういったポリ乳酸という植物由来のポリマーです。こういったものの開発が進められておまして、これは石油を使わないでできるということですので、将来的にはこういうポリマーが主流を占めてくるのではないかというふうに感じております。

それから、「観（み）る」技術を駆使して、いろいろなものを実際に観測することによって、いい材料を作り出したり、それから、その材料の健全性を高めたりすることができるわけですが、中性子回析というのが、残留応力というのを調べるいい道具として使われておまして、いろいろな鋼材等の開発に使われております。

それから、同じようにコンクリートの中の水分の移行というのも、これは中性子ラジオグラフィックでよく見られる。水に敏感ですので、この中性子ラジオグラフィックでよく見える。これによって、コンクリートの健全性を評価しているということがございます。

それから、あとこれは植物の中の物質の移行挙動というのを、ポジトロンイメージングで調べることができまして、ナトリウム、これは塩害を防ぐ、そういった植物を作ろうということで、ナトリウムの移行挙動を調べるのに使われております。

それからさらに、これもちょっとややこしい話なのですが、詳細は割愛しますが、物質のスピン構造、これは中性子によってよく調べられるということで、将来的な機能材料の開拓というものに使われようとしております。上が中性子、下は放射光です。これは水素貯蔵材の研究開発に使われているというものでございます。

それから、偏極陽電子ビームという新しいツールが最近、これは量研機構で開発されておまして、これで新しい材料、特にエレクトロニクスのに次のスピントロニクス材料というものの開拓に、これを使っております。

それから、あと中性子と放射光を見る道具として使って、これはH I Vプロテアーゼの立体構造、H I V、要するにエイズですね。エイズを治す薬を作るために、放射光と、それから放射光でまず骨格を調べて、それからあと、大事な水分子とか水素の情報を中性子で調べて、このタンパク質と阻害剤の関係を調べることによって、H I Vのウイルスを阻害する、そういった薬品を開拓しようというふうにしております。

それから、リチウムイオン電池材料、これも放射光で重い原子を見て、それから、大事なリチウムがどう動いているか、どこに存在するかという、そういったものを見ることによって、次世代の電池材料を開拓しようというふうにしております。

さらに、治療法の開拓なのですが、バイスタンダー効果というのがありまして、これは放

射線が当たっている細胞というのは、もちろん放射線によって傷つくのですが、その周りの放射線が当たっていないだけでも、すぐ近くにある細胞、これも傷つくのです。それはどういうことかというメカニズムを、イオンビームを使って研究しております。これががんの治療の副作用を少なくする、そういったための研究に使われております。

それから、これはマイクロPIXEという、イオンビームを使った分析技術なのですが、どういう元素がどこに蓄積しているかということで、抗がん剤の効果を予測したり、あるいはアルツハイマーの原因を調べたりということに、このPIXEというのは使われております。

それから治す技術、あと、これはアイソトープでがんをやっつけるということで、今、新しい、こういったがん治療薬です。ベータ線によってがんを殺し、また、ガンマ線も放出して、その位置情報も与えてくれるという、こういったアイソトープの開発というのをしております。

それから、これはレーザーを使って、血糖値、これは糖尿病の方は御存じだと思うのですが、耳とか何かを切って、血を調べたりなんかするのですが、そんなことしないで、切らないで、血糖値が分かるという、こういったものをレーザーを使って開発しております。これは実用化が近いというふうに思っております。

それから、もちろんこの原子力エネルギー、核分裂、発電、そういったものへの関連にも、この放射線、あるいは量子ビームというのは使われておまして、健全性評価とか、ケーブルの、これは、私、昔、原子力研究所に入ったときにこれをやりましたが、こういった健全性評価。それから陽電子ビームによって、応力腐食割れ、これは圧力容器の応力腐食割れの仕組みを調べるとか、それから、レーザーを使って、炉内観察技術というものを開発をしております。

さらに、海水からウランを捕集する、これはウランの枯渇に備えて、高速炉、あるいは高速増殖炉技術がございまして、それを補完するものとして、やはり資源セキュリティのために、日本はこういう、海に囲まれておりますから、その海水からウランを捕る技術も持っているんだよということが、バーゲニングパワーになるのではないかとこのように考えております。

それから、あとはこれは除染のためにセシウムを捕集する、そういった捕集材を開発しております、これは実際に倉敷繊維加工株式会社から発売されております。そのほか、今、

自由電子レーザーで原子炉を解体する技術がある。

それから、これは核セキュリティへの応用でございまして、レーザーコンプトンガンマ線というのがあるのですね。高エネルギーの電子とレーザーを衝突させると、高エネルギーのガンマ線が出る。これによって、鉄とか何かに囲まれた物質の存在を発見するというのがあります。これは実験で、鉄の中に置いた鉛を実験で発見したものでございますけれども、実際にこれをセキュリティに使うとなると、例えばウランとか、そういったものが隠匿されているのを発見することに使えるのではないかとということで、今、このシステムをコンパクトに安く作る技術というものの開発が進んでおります。

それから、あと黒鉛とか、そういった非常に純粋な黒鉛とかいったもの、これは核セキュリティの対象物質でありますけれども、こういった、その産地はどこなのかと、一体どこで捕れたものなのかというようなことを同定するのに、これは中性子による即発ガンマ線分析というのがあるのですが、これが産地の同定に非常に役立つということで、可能性として、こういうものが使われるのではないかなと、使えないかなというふうに、これは私の個人的見解です。

現実には、放射光を使いますと、三重県の毒入りカレー事件でヒ素の中の不純物分析をやった、このヒ素はどこで捕れたやつだということを突き止めたというようなこともございますし、この放射光なり中性子というのは、こういった疑惑物質を同定するといったものに有効ではないかというふうに考えております。

これは最後です。では、今後、こういった量子ビームとか放射線利用を更に普及させるためには、どのようにしたらいいかというのを、個人的考え方を述べさせていただきます。まずは先端というか、ノーベル賞を取ればいい、ノーベル賞を取るだけが学問ではないよと言う人もいますけれども、そういうのはノーベル賞を取ってから言えと言いたいようなところもございまして、まずはノーベル賞を取れるような研究をしようではないかというふうに考えてございまして、ちょっと見てみますと、これはX線の発見以来、X線回折、それから電子の発見から電子線回折、あと中性子回折、これは回折の分野というのが、ノーベル賞を取ってきているのですが、この陽電子の回折というのが、まだ取っていないのです。それから、ミューオン回折というものもノーベル賞を取っていない。それから、ミューオンは、ちょっと話がそれますが、1Fの炉内観察手段として、ミューオンというのが今、提案されてございまして、これは宇宙ミューオンを使うやつです。こういったミューオンというものも非常に有望なもの。

それから、いろいろな観察手段を組み合わせ、超伝導の本当の原理に迫ると。統一理論、超伝導はなぜ起きるか、統一理論というのはまだできておりませんので、そういったものを見つけ出すというようなことにも使われる、そういう将来性があるのではないかなと考えておまして、その中のちょっと陽電子について御説明させていただきますと、物質の原子配列、表面、最表面の原子配列というのは、非常に産業的にも重要でございまして、ただし、よく分かっていないものが多いのです。例えばこういう、こんな六角形の、これは原子です、一個ずつは。こういう原子の並び（参考資料P 27：最表面原子配列予想A）をしているのか、こんな並び（最表面原子配列予想B）をしているのかというので、分からないということがあります。謎が多いのです、AかBか。

ところが、Aだったら、実線のはずだと、Bだったら、破線のはずだという計算はできます。これを実際に陽電子回折というのをやってみますと、明らかにこっちに乗って、この構造がAだということが分かるというふうなことがありまして、これは実際にそういう実験結果が出ております。これは、こういうぴたりと鑑定することができるということですが、これは日本オリジナルの技術であるということが、高エネ研のホームページに書いていただいております、ここに「S. Okada」とありますが、これは「PHYSICAL REVIEW LETTERS」、1998年、もう20年ぐらい前なのですが、その論文、これが世界で最初の論文でございまして。こういったものも、もうちょっとして、陽電子回折というのが、実際の産業とか何かにも使われるようになればいいなというふうに考えております。

それから、ちょっとこれは先ほど言いました超伝導の統一理論を中性子と放射光で、今もこれは追求を続けていると思います。

それから治すという、治す方では、X線CTとか核磁気共鳴とか、こういったものはノーベル賞を取っているのですが、その治療法そのものというのはまだないのです。ノーベル賞を取っていないのですが、田島ードソンの式というものから始まったレーザー駆動加速というのがあって、これは非常にコンパクトな、これぐらいのサイズのもので、重粒子線治療ができないかという研究が進んでおまして、現在、100ミリオンを超えますと、これは実用化が近づいてくるのですが、まだ43MeV（ミリオン・エレクトロン・ボルト）ぐらいで、世界最高値を更新しておりますが、こういった陽子加速研究、レーザー駆動加速というものが更に実用化しますと、この田島さんというのは日本人です。国籍はアメリカなのですが、こういった日本のオリジナル技術というのが、日本人によ

るオリジナル技術というのがまた脚光を浴びるのではないかと。

さらに、でも、こういった先端的な技術というか、ノーベル賞を取るようなものでなくても、生活、それから命に密着したものというのがどんどん開発されていく可能性が非常に大きいのではありますけれども、放射線利用の需要に対する負の循環論というのが、どうしても付きまとして、これはどういうことかと言いますと、恐怖心がありますので、放射線を使っているのは多いのですけれども、使っていると言わないのですね。そうすると、放射線のメリットが伝わらなくて、だから恐怖心が消えないと。こういう負の循環論があって、これは脱却しないといけないと。それから、放射線というのは、新物質を作る契機にはなりましたけれども、他の方法にとってかわられるという歴史を繰り返してきたのですね。では、それは放射線が役に立たないということの意味するんだらうかということ、ノーベル賞を例にとって、ちょっと考えてみたいと思います。

フラーレンという物質が発見されております。それで、これはクロトー以下2名です。これがフラーレンを発見したのですが、実際に実用化になるのは、アーク放電法というハフマンという人が見つけた方法ですが、これで大量のフラーレンが作られた。しかし、最初にフラーレンを発見したのは、クロトーたちはレーザーを使っているのですね。非常に微量のC60が得られました。だけれども、これは微量だったのですけれども、後々、大量のフラーレンというのが作られて、フラーレンというものが結構あるんだなということが分かってきて、このクロトーさんなんかはノーベル賞をもらっております。だから、最初は量子ビームを使っているのです。

それから、これは最近の話です。LEDは世の中を質的に変えていると私は思っているのですが、中村修二さんが高温焼鈍法というもので、実際に明るい発光をするLEDを作り出しております。でも、最初に作り出したのは赤崎さんと天野さんで、これは何を使っているかという、電子ビームなのです。このときは暗い発光しか出ないんだけれども、こういったLEDというものがあるよということをここで提唱しているということによって、これにつながったわけでございます。なので、新物質発現のツールとして、量子ビーム・放射線の再評価が必要ではないかというふうに私は考えております。

ですから、これはこんなちょっとしか光らないものとか、ごく微量しかできないもの、こんな技術は駄目だと、それで、そこで捨ててしまったら終わっていた話ではないかというふうに思っています。ということで、さらなる普及のためには、イノベーションの有力なツールとして、科学史を塗り替える研究、これはノーベル賞を狙うような研究を推進する

とともに、ものつくりの戦略的推進として、新物質発現の先駆的手段として位置づけ直して、知財をちゃんと確保して、それから、ほかの手段とやはり協働して、新物質の普及をしたらどうかというふうに考えております。

それから、もちろん放射線でしかできない物質の創造といったものも、これは放射線利用の普及というものにつながるものと考えております。

それから、やはりインフラとソフトの整備が大事で、自己遮蔽型小型加速器などリスクの小さい、そして安い新線源を開発すること、それから合理的規制をすることということが重要ではないかというふうに考えております。

最後に、どういうものに使われているかというのを表としてまとめてございますが、細かな説明は割愛させていただきます。この後に、幾つか付録も付けました。その説明も割愛させていただきます。

以上でございます。

(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。

阿部委員からお願いします。

(阿部委員) 大変、興味深い話、ありがとうございます。幾つか素人的に質問させていただきますけれども、一つは、いろいろな非常に有用な量子ビームがあって、いろいろ利用ができる。研究もできるということですが、第一は、この量子ビームを発生しなければいけないのですけれども、基本的には、この発生をするのは加速器ですか。

(岡田理事長) 二通りか三通りぐらいに考えられまして、一つは最近、盛んになってきているのは加速器でございますが、もちろん中性子等は原子炉、研究炉というのがやっぱり重要な位置を占めておりまして、原子炉、それから加速器、それからあとはアイソトープを使って、ちょっと陽電子の話が出てきましたけれども、陽電子は加速器を使って、大強度のものが作られておりますけれども、先ほどの偏極陽電子ビームなんかは、これはアイソトープからの陽電子、ベータプラス崩壊を使っております。そういったものと、あとは新たな放射線源として、ちょっと先ほど言いましたけれども、レーザーです。短パルスのレーザーを局所的に照射しますと、そこから放射線が出ます。陽子とか、電子とかです。そういったものも今後、新しい放射線源として使われるようになるのではないかと。

ちょっと先ほどお話ししました田島さんという人なのですが、レーザー駆動加速器ということで、医療用のをずっと提唱されていたのですけれども、最近では、その前段階として、

アイソトープ製造に使おうということ、実用化をまず、医療に使う前の段階の実用化を目指しているというふうなことを聞いております。

(阿部委員) そうすると、その使う量子の種類によって、いろいろな作り方があって、また同じものについても、幾つかの場合によっては作り方があって、最後はコスト、大きさ、使いやすさの問題だと、こういうことになるわけですね。

(岡田理事長) そうですね。あとはどれぐらいの強度が必要かということで、大強度のものを得たいときには、例えば中性子で大強度のものを得たいとなると、やっぱり原子炉になる。定常ビームとしては原子炉になるということですし、パルスビームだと J-PARC のように加速器を使って中性子を出すというような、使う目的と、それから強度によって違います。本当にちょっとの強度でいいのであれば、カリホルニウムという自発核分裂するアイソトープがございまして、それで中性子を出すというようなこともやられておりますが、本当におっしゃるとおり、目的によって違う。

(阿部委員) そうすると、今後ともそういう研究を促進するためには、いろいろなものをそろえて、各種用意して、いろいろな研究者に提供するという仕組みが必要だと、こういう発想になるということですね。

(岡田理事長) そのとおりだと思います。

(阿部委員) あと実際にいろいろな利用をするということで、幾つか関心の問題がありますが、先ほどウランの（海水からの）回収にも、あれはたしかポリマーを使ってやって、まさにウランの粒子の大きさに合わせた、一番いいのを作るためにも、この量子ビームを使うという、こういうことなのですね。

(岡田理事長) はい。そうです。このウランの捕集材というのは、機材としてはポリエチレンを使っているのです。それで、ただし、ポリエチレンはウランとかそういったものを捕まえる力はなく、構造材として強度を持っている。そのポリエチレンに枝を付けるという技術が、これは放射線にはできないのですけれども、そこにウランに対して親和性のいい分子をくっつけて、それを海水に漬けると、ウランが捕れる。あとウランに親和性のいい枝を付ければウランが捕れるし、それから、温泉でスカンジウムとか何かをとってしまおうということになると、スカンジウムに対して親和性のいい分子を付けばいいということで、いろいろなものが開拓されております。

(阿部委員) ちょっと分野は違いますけれども、新薬の開発というのがあって、特に最近のこの生命科学とか、要するにいろいろなものができるかもしれないけれども、たくさんやっ

てみなければいけない。そういう意味においては、製薬会社が物すごい投資をして、いろいろなものやってみて、その中から一つ使えるものが出てくるかということでやるわけですけれども、こういう量子ビームの研究もある意味ではそういうふうに、ランダムにいっぱいやってみて、それから出すという方法なのですよ。それとも、何かいろいろ考えてこっちをやってみようということでやっているのですかね。前者だとすると、ある意味ではたくさん投資しないと、なかなか成果が上がってこないということになるわけですが、

(岡田理事長) 多分、これは製薬会社から聞いた話ではなくて、想像なのですけれども、というのは、余りちゃんとはっきり言ってくれないのですね、製薬会社は。それで、想像なのですが、多分、候補の薬というのが幾つかあると思うのです。それで、そういった候補の薬の中で、何がいいかということを探るときにこういうのを調べるのではないかと思うのです。ちょっと先ほど説明いたしましたけれども、H I Vプロテアーゼ、これはエイズですから、今後、非常に重要なものになってくるんだと思うのですけれども、ページで言いますと、18ページ、これを見ていただくと、阻害剤というのはこれです。これで、これはH I Vウイルスなのです。それで、これはもう構造が調べられている。阻害剤というのを開発したいわけなのですけれども、これは多分、いろいろな候補をやってみるんだと思います。それで、いろいろな候補の例、なぜこんなことをしないといけないかという、この候補のどこが、このH I Vウイルスの活性点を阻害するのかというのが、この中性子回折で調べるんだと思います。そうすると、阻害剤のうちここが効くのか、ここが効くのか、ここが効くのかというのを調べたら、ここが効くんだというふうに分かったら、ほかは要らないわけですね。そうすると、低分子量化できる。ここだけを活かした薬剤を開発すればいいわけですから、そうすると、飲みやすい薬になったり、安い薬になったりするわけで、そういった意味で、まず候補を見つけて、そして、候補のうちの分子のどこが効いているのかというのを調べて、そして、それをまた薬剤開発に結びつけると、こういうことをやっているのではないかというふうに、ちょっと想像しております。

(阿部委員) あとビジネスとして非常に大きいのは、海水の淡水化というのがありまして、これはたしか今は、水分子と塩分子の大きさの違いに着目して、たしか繊維を使ってやっているのですが、あれはもう確立してしまった技術で、それをまた改善するために、この粒子ビームを使って、何か新しいものを作るとか、そういうのは今、別にやっていないのですか。

(岡田理事長) それは聞いていないです。

(阿部委員) あと、この産業的にはあれですけども、先ほどお話のあった放射光を使って、例のカレー事件のヒ素の中の微量の不純物を調べたとありますけれども、あれを使って、私は一つは、核テロが起こったときの核分裂物質の、あるいは材料とか何かの不純物を調べて、犯人を突き止めるというのに使えないか、これはたしか少しはやっているのですね。

(岡田理事長) 実際にやっているかどうかというのはちょっと聞いておりません。

(阿部委員) ただ、難しいのは、いわゆる汚い爆弾で、ばらまく型の核テロは、放射性物質は残っていますから、比較的やりやすいかと思うのですけれども、爆弾で、爆発させた後のウランとか、プルトニウムの生成物、それからまた採取して、分析するというのはなかなか難しいらしいのですけれども、それは機構では研究していないでしょうね。アメリカはやっていると思うのですけれども。

(岡田理事長) 原子力機構ではやっていないです。私の記憶する限りではやっていない。それと、ちょっとここは難しい点がありまして、いわゆるフォレンジック、疑惑物質を見つけるというのに、こういうのができますよと言った途端に、本当の頭のいいテロリストは混ぜ物をしてしまうと。そうすると、産地が分からなくなってしまうのです。だから、余り大声では言えない。

(阿部委員) なるほど。もう一つ、最近話題になっているもので、例のオリンピックのドーピングというのがありますよね。それで、私はこれにもこの鑑識技術が使えないかと聞いたのですけれども、基本的にドーピングのあれはタンパク質なのですね。いろいろな化合物は。それで、高分子なので、そういう意味では、基本的には要するに窒素、水素、酸素、そういったものの化合物なので、重金属、ヒ素みたいなああいうものはかなり探せるんだけど、そういうものは余り利用できないという話を聞いたのですけれども、やっぱりそういう高分子とか、窒素とか、軽い元素のあれはなかなか同定するのは難しいのですか、この放射光とかいうああいうので。

(岡田理事長) 窒素とか、それから硫黄とか、そういったものは放射光で、X線でできると思います。現実には麻薬とかはアルカロイドが多いので、そこら辺で、これはちょっと想像の域を出ないのですが、どうなのでしょう、空港なんかでX線でやっているところがあるかもしれませんね。スーツケースの中に何かやたらと窒素が多い部分があるとか、そういうので、一応開けてもらうとかいうのがあってもいいかもしれません。できます。X線で窒素とか、硫黄とかはできます。

(阿部委員) 基本的には窒素とか、そういう化合物は全部、人間の体に自然にあるものですから、なかなかそれを区別するのは難しいということはあるらしいですけども、一つは、例えば麻薬なんかの場合も、当然、製造するときにはいろいろな不純物が入るわけですね。産地、使った薬剤によって。したがって、それを最後に、まさに鑑識をするために同定をして、どういう不純物だったか、それはここから来たものだと、このあれであると、犯人はこれだと、こういうことはやっているらしいです。

(岡田理事長) それは可能だと思います。

(阿部委員) ありがとうございます。

(岡委員長) 中西委員、いかがでしょうか。

(中西委員) どうも御説明ありがとうございました。非常に新しい研究のイノベーションは放射線が引き起こすということがよく分かったのですが、まず、いろいろな産地判別のところからいきますと、24ページのこのタマネギの結果です。これは、ずっと昔に出した私のデータなのですが、硫黄やホウ素などを、JRR-3という研究原子炉を使って測定したものです。右の放射光とは違うのですが、この即発γ線分析法では他では困難な軽い元素が分析できます。水素も可能ですが、特にホウ素を測定できることが特徴です。

(岡田理事長) そうですね。軽い元素ですので。

(中西委員) 測ったたまたまこれだけが示されていますが、研究原子炉を使った放射化分析では他の超微量な元素も分かると思います。

それから前に戻りまして、11ページの経済規模ですが、いつも気になっているのですが、20年前に科学技術庁が大きな委員会を作ってされたときのデータが、今でもかなり引用されていると思います。その後、10年ほど前に、旧原研のOBの方たちが委託され、多少再修正がされました。その結果、特に医療や医学利用が伸びていることが分かりました。しかし、20年前も10年前も放射線のエネルギー利用と、エネルギー以外の利用を比較すると両者の市場規模はほぼ同じぐらいということで、変わっていないのです。そこで、是非、最近のデータについても再度調査をしていただきたいと思います。

(岡田理事長) 私も是非お願いしたいと思うのですが、多分、これは原子力機構がまず最初に行ったのが、科技庁から原子力研究所が委託を受けて。

(中西委員) いいえ、実態は、まず、科技庁が委員会を作って、いろいろな分野の先生を集めました。その中に旧原子力研究所の方もおられて、一旦、経済規模を出しました。ところが、当初の科学技術庁の思わくでは、放射線利用では、その大部分がエネルギーに使われ

ていると思っていたのですが、案外、ほかの部門が、放射線利用の経済規模全体の半分を超えていました。そこで、科学技術庁は、この、放射線のエネルギー以外の利用がエネルギー利用と同じぐらいの経済規模があるということにショックを受けて、というか驚いて、続いて経済の人などあらゆる分野の委員を入れて検討をし直して、本当にその数字が正しいかどうかを調べたのです。その結果最初の調査が正しいと裏付けられました。それが20年前です。そして、10年ほど前、最初の調査から10年経（た）ち、経済規模がどう移ったか知りたいという方たちがおられ、それで、委託を受けて、また旧原研のOBの方たちが中心になって調査をされました。

(岡田理事長) それが平成17年度です。それ以降、やられていないのですね。

(中西委員) そうなんです。そこで、是非、また放振協や原研などが音頭をとり、再調査をしていただけるといいのではと思っておりますが、いかがなものでしょうか。

(岡田理事長) 結局、私の今の立場で、放振協がやると断言できないというか、ちょっとやっぱり予算が必要ですので、多分、これは文科省の予算で、平成17年はやったのだと思います。それから、また文科省から、今、量研機構が放射線利用の担当ですので、文科省なり、あるいは内閣府なりから、量研機構にお願いしていただければなと思います。ちょっと私どもは、これだけのものをやる規模の財団ではないので、ちょっと無責任なお答えはできないという。すみません。

(中西委員) ありがとうございます。

それから、あともう一つ、言葉の使い方でもいつも気になっていることがあります。通常、量子といわれることと、量子ビームとでは、少し意味が違うと思います。量子の説明のところに、8ページでは、素粒子関係、宇宙など、いろいろ書かれていますが、量子ビームという場合には、エネルギーがとても高いものを言い、放射線と同じように使われていると思います。通常量子が指すこととは、半導体、エレクトロニクス、物質設計など、もう少しエネルギーの低いところでの反応を意味すると思います。これらを考えますと、量子という言葉を使うと分野が非常に大きく捉えにくいイメージになってしまいます。先ほど御説明されましたが、知らない人は、まず量子を聞き、次に量子ビームの話があつて、また量子と戻っています。御説明では一言、付け加えてはくださったのですが、混同するとよくないのではと思いました。

(岡田理事長) おっしゃるとおりで、ちょっと言葉では申し上げたつもりなのですが、この量子の科学技術と8ページに書いておりますけれども、これはちょっとやっぱり言い方をき

ちっとした方が、言葉で説明させていただいたのですが、ここは気を付けた方がいいかなと。こうして、ここで私が言っているのは、量子論で言っている量子論的なビヘイビアの量子ではなくて、量子を道具として使っていると。エネルギーを持たせているという意味で使っているの、ここはちょっとやっぱり気を付けさせていただきます。

(中西委員) あとは是非、ポジトロンビームでいい成果を上げて、ノーベル賞をもらっていたけると有り難いと思っています。どうもありがとうございました。

(岡田理事長) ありがとうございます。

(岡委員長) ありがとうございます。大変包括的で、しかも深い御説明、ありがとうございます。

さっき中西先生がおっしゃったこの放射線の利用ですけれども、10年前のもので古いので、やっぱり岡田さんがおっしゃったように、QST(量子科学技術研究開発機構)ができましたので、理事長の平野先生とか、あるいは文科省の方とかに、御相談するのがいいかと思います。是非改訂をして、多分、医療利用なんかはもっと増えているのではないかと思います。

(岡田理事長) だと思います。

(岡委員長) 改訂をしていければと思いますけれども。

(岡田理事長) あと、そのときに気を付けないといけないのは、原子力エネルギーの方の経済規模が変動しているのです。事故の影響で一旦下がっていて、また上がりつつあるのではないかと思うのですけれども、その変動幅はちゃんと押さえておいて、それで放射線利用はどうかということやらないといけないというふうに思います。

(岡委員長) 原子力の場合はある平均値でもいいのかもしれませんがね。

(岡田理事長) そうです。

(岡委員長) エネルギーの方ですね。

幾つか、あとちょっと、一つはこういうふうに包括的に話をまとめられている方がおられて、私は大学におりましたので、学生の勧誘というのですか、魅力を伝えるのが非常に重要で、今日の資料、原子力委員会のホームページに載せさせていただきますけれども、岡田さんにお伺いしたいことがあるのですが、ポスターを作って、高校生向け、あるいは岡田さんの話は大学院生向けのお話で、大学の学生を原子力に勧誘するときに使うポスターにすれば、いいポスターが幾つもできるのになと思っておりました。

(岡田理事長) どうぞ。

(岡委員長) これもまた予算が要る話なのですが、人材育成の中の、優秀な人材の勧誘というのは非常に重要なことだと思いますので、またこちらからもそういうことは、いろいろ予算を出す方にも伝えたい、あるいは人材をやっている方にも伝えたいと思っております。

(岡田理事長) 是非お力になればと思いますし、どんどん使っていただいて、このキャラクターがございまして、これも私が原子力機構にいたときからずっと使っているのですね。これは結構使っていただいている、今も量研機構から、更に新しいバージョンを作ってくれというので、いろいろなバージョンを作ったりして提供しているのですが、あと文科省などにもこれをパンフレットか何かで使っていただいているのですが、これは著作権者は私ですので、どうぞ使っていただいて結構でございますので。

(岡委員長) ちょっと関連で申し上げますと、私の知り合いで米国の方が、FFTFという高速炉のマネージャーだった方で、アメリカの原子力学会の会長でもあった方が、テキサスA&M大学に行かれて、「Radiation And Modern Life」という本を書かれて、「Fulfilling Marie Curie's Dream」と副題が付いていまして、この本にいろいろな放射線の現代生活での利用のことを書いてあります。彼はテキサスA&M大学で、その本の情報をもとにポスターを作って、高校を回ったそうです。それで、ものすごく入学生が、原子力学科の入学生が増えた。200人とか300人とか増えたということを知っております。この本は最近知ったのですが、日本でも2006年に和訳されているようなのです。こっちの方はどちらかというと、高校生向けというような感じもちょっとありますけれども、岡田さんのそういうポスターと米国のこの英語の本を参考にして、いい何か放射線の利用、マリ・キュリーの夢を実現しているんだと、そういうふうなメッセージが若い人に伝わるとよいと思います。

もう一つは、宇宙といいますか、量子科学技術の先端のところは宇宙、ダークマターとかがあって、村山先生が、NHKでやっておられますけれども、その話も何か魅力あるものにならないかなと思ったりしております。岡田さんがおっしゃっているように、量子科学技術の発展とともに原子力があるんだと。その応用としてあるんだというポジションだと思うのですが、是非予算が少し付いて、岡田さんを中心に何かポスターのようなものを作っていければ、しかも、それが公開されてみんなで使えるようになれば非常にいい。

大学で、学生を勧誘するときは、大体、教員は自分の研究の紹介をすることが多くて、この一般的なこういう視点でのものを作ることはできていません。学生向けの資料を作るとするのは非常に時間もかかりますし、広い視野も必要ですので、なかなか実際はできない

ということですので、是非岡田さんのように非常に広い視野を持たれた方に指導していただいて、作っていただけると、私どもとしては非常にいいのではと思っております。

(岡田理事長) 恐縮でございます。

(岡委員長) そのほか何かございますでしょうか。

この放射線利用のところは原子力委員会でなかなかまとめてお聞きすることがなかったのですが、今日はいろいろな応用のお話を非常に手際よくというか、非常にたくさんいろいろお話しくださいますして、そういう意味でも、非常に効率的な資料で参考になると思います。どうもありがとうございました。

それでは、長時間ありがとうございました。

それでは事務局、議題2について事務局から説明をお願いします。

(室谷参事官) ありがとうございます。

その他案件でございます。資料第2号の1として、昨年度、第36回の原子力委員会の議事録を机上配付させていただいております。

今後の会議予定について御案内申し上げます。

次回、第5回原子力委員会の開催につきましては、2月7日火曜日、1時半から中央合同庁舎4号館4階の共用第4特別会議室において、開催する予定でございます。

議題といたしましては、同じく「原子力利用に関する基本的考え方」に関するヒアリングでございます。今回は神津カンナさん、あとは日本エネルギー経済研究所、原子力グループマネージャーの村上さんにお越しいただいて、プレゼンテーションを頂く予定でございます。

以上、御案内申し上げます。

(岡委員長) それでは委員から何か御発言ございますでしょうか。

それでは、御発言がないようですので、今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。