

第7回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 平成29年2月14日（火）10:00～11:30

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

4. 議 題

- (1) 「原子力利用に関する基本的考え方」について
～放射線利用について～（原子力委員会委員 中西友子氏）
- (2) その他

5. 配付資料

- (1) 放射線の利用について

6. 審議事項

(岡委員長) では、時間になりましたので、ただいまから第7回の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、二つ目は「その他」です。

本日の会議は、11時30分頃までを目途として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。

それでは、1件目の議題でございます。「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、「原子力利用に関する基本的考え方」の策定に向けて、これまで様々な視点から、有識者の方々からヒアリングを行ってきております。

放射線利用につきましては、先日、放射線利用振興協会の岡田様から御意見を伺い、実際、様々な議論を頂いております。

本日は、この放射線利用につきまして更に理解を深めるため、原子力委員会委員の中西先生から御説明を頂き、その後、御議論いただきたいというふうに思っております。

以上でございます。

(岡委員長) 中西委員は東大の農学生命科学研究科特任教授であります。長年、放射線や放射線同位元素をツールとして研究をされておられまして、放射化学や放射線植物生理学の分野で御活躍されておられます。

東日本大震災以降、放射性物質による土壌の汚染状況等農業への影響の研究、住民への情報提供など、福島復興へ向けての取組にも御尽力されておられます。さらに、放射線に関する研究者育成のための育成プログラムも立ち上げておられます。

本日は、この御経験を踏まえ、放射線利用について御説明いただきたいと思っております。

それでは、よろしく申し上げます。

(中西委員) どうも御紹介ありがとうございました。

また、この定例会でお話しする機会を頂いて、大変感謝申し上げます。

放射線利用につきましては、今まで放照協の岡田さんからお話は伺っているのですが、一般に言われている放射線利用というのはどういうものかと、余り詳しく知る機会がないかもしれませんので、その話と、それからあと経済効果。私が一番気にしているのですが、余りデータがないのですね。その話と、それから、放射線とかアイソトープ利用に関わる技術についての、どういうふうに考えるかというのを御紹介。その三つを御紹介したいと思います。

まず、一般に説明されている放射線利用とその現状。

これは、ここの原子力委員会の新大綱策定委員会の第1回、平成22年のときに出された資料でございますが、もちろんこの前から文科省を中心に随分まとめられているのですが、大体分野別に、医療では何が使われ、農業では何が使われ、工業では何に使われ、そういうような分類がいつもされてきました。でも、これは非常に分かりやすい分類でもありませんので、これも後で少し御説明いたします。

私は経済規模が非常に気になっていまして、いろいろ調べたのですが、結局、20年前のデータしかないのですね。

10年前はもちろんありましたが、このときは当時の科学技術庁がとてもお金をたくさん出して、きちっとした委員会をつくって、何回も計算し直したのですね。

ですが、1997年でも数値がたくさんあります。いろいろ調べたのですが、私、ここにも関わってましたので、パンフレットをつくる時のデータを集めてまいりました。数字は細かいところも非常にいろいろ違ってきたり、もう一回いろいろ計算し直せということもあったものですが、パーセントは変わっていません。ですから、パーセントで出しますと、1997年、20年前ですが、放射線の利用というのはエネルギーと放射線利用が半々だったのですね。どちらかというエネルギーよりも少し多いぐらい。それで物議があったといいますか、もっとちゃんと調べろということで、経済の方も含めて随分計算し直しました。

ただ、その最初のときの規模は8.6兆円だったのですね、放射線利用は。この黄色で書いてありますけれども、かなり、随分大きなものだということでございます。

ちなみに、この金額を、工業利用、農業利用、医学利用を合わせたものですが、それをほかの業種等を持ってきますと、主なものいろいろあろうかと思えますけれども、放射線利用はこの赤字です。8.何兆円ですか、9兆円ぐらいの規模。エネルギー利用と、その上が何かといいますと、東京都の予算が、これ、平成10年でございますが、もうちょっと多いぐらい。あと、9電力の売上げがもう一つ上。一番上が国民医療負担。随分たくさんかかっているわけです。あと、白物家電が青で、それから国の原子力予算というのは非常に乏しい、当時乏しいもので0.5兆円。それから、国の放射線利用予算は、またその更に10分の1以下であったということでございます。

それでも、工業利用、農業利用、放射線利用は三つほどに分けられているのですけれども、大きく。

工業利用の内訳で一番多いものは、これも全部20年前ですが、10年前もほぼ同じです。半分以上が放射線加工、それから、照射設備、滅菌、非破壊検査等になっておりますけれども。

あと、医療の方。医療の方はどうかといいますと、これも20年前でございますと、ほとんどは診断ですね、診療というよりも。核医学という全体をまとめたものと放射線治療。

治療は非常に少のうございました。

次に、農業利用。これはもう全体の利用が本当に額も小さいのですけれども、ほとんどが突然変異体をつくったと。病気に強いもの、わせのものとか、いろいろつくったわけでございます。照射利用は少ししかありません。

それで、一つ一つ、少し簡単に、余り御存じない方もおられるかもしれないので、本当にざっと申し上げますと、これはどこにでも載っている話でございますが、工業ではラジアルタイヤ、タイヤには放射線重合です。いろいろな原料を放射線当てて、強いゴム、ゴムといいますか、タイヤ原料に加工するわけでございます。これも全て、ここに出てくる文字は20年前なのですが、当時1兆円ぐらいだということでございます。

それから、プラスチックポリマーの改良ということで、これも放射線重合ですけれども、ほかの化学反応ではできない、非常に品質が高いものとか、それから、耐熱性があつたり、耐熱炭化ケイ素繊維とか、いろいろなものができるわけでございます。

昨年、一昨年ですか、FNCAで、FNCA、昨日ございましたが、中国の方が統計を示されていて、中国での放射線利用の6割ぐらいが新しいポリマー、耐熱性ポリマーをつくるものだと発表されておりました。

あと、病院のベッドとか、高崎で随分いろいろされておりましたが、岡田さんの御発表にもありましたけれども、特定の金属、ウランなどの回収ポリマーなども開発されています。あと、このベッド用も、床ずれをしない、非常にいいポリマーが随分開発されています。

あと、半導体加工というのは、これは実は放射線利用の工業利用の半分以上、どうかすると六、七割以上と言われておりますが、半導体をつくることです。

どうしてできるのかといいますと、右にちょっと書いてありますが、シリコン、Si、シリコンの中の、シリコンは28、29、30とございますが、安定なもので。普通のシリコンの3%しかないシリコン30に中性子を当てますと、エヌガンマ反応と申しますが、31のシリコンという2.6時間のものができます。それは、もともと含まれているシリコンの中に均一に入っているものですから、均一に31シリコンがウエハーの中でできまして、それが2.6時間たつと31P、普通のリンになるわけです。ですから、均一に、宇宙に持っていかなくても、とても均一に、きれいな半導体ができるというので、高品質の半導体は原子炉で製造されています。これは何ったところによりますと、リニアモーターカーも、今開発しているものを、最高品質の半導体が必要だというので、原子炉製で

ざいます。

これは、なぜ非常に、工業利用の5割以上、経済効果は半導体加工かといいますと、原子炉というのが物質生産の現場になったわけです。普通は、原子炉を使って、中性子使って、放射線使って何かを分析しましょうとか、何かをつくろうといっても試しにつくるぐらいでして、現場に、物質生産の現場になったというのの一番大きな例だと思います。

かつて、今は放射線振興協会といいます、放射線照射協会というものがその前身ですが、設立されたのは、余りにそれでもうかるものですから、当時は国の機関がもうけてはいけなと、放照協というのをつくって、これを特に扱ったわけでございます。

ただ、いろいろな規制等々がございまして、今、日本でつくろうとすると割高だそうですが。フランス等では、大分前に行きましたけれども、原子炉を全部つくり直して、日本からの半導体を一手に引き受けて、段ボールが堆（うずたか）くありまして、そこの中のシリコンウエハーを、シリコンインゴットを全部照射して、それで日本にまた輸出しているというところがございまして。これは非常に経済効果が大きいものでございます。

それからあと、厚みの測定。これは昔、前ですけれども、アイソトープ協会の方が来られてお話ししたかと思っておりますけれども、厚み計というのですね。厚み計、何かといいますと、例えば高温だったり、ぬれた紙とか、厚さをほとんどはかることができないものを、放射性物質を横に置いておくと、それ通り抜けて、厚さによって減衰します。ですから、どれくらい減衰したかを見ると一遍で、さわらずに厚みが分かるわけでございます。この機械はほとんどメンテナンスフリーというか、アイソトープを置いておけばいいわけですから、非常に簡単な機器だと伺っています。

それからあと、非破壊検査。放射線の透過力を利用して、コンクリートとか鋳物とか、コンクリートの中にひび割れがあるとか、橋とか建物でございまして、それから金属内部等が検査できます。

ジェット機のエンジンとか翼の内部の検査、造船所での溶接部分の検査などにも使われています。もちろん耐震性診断、エンジン開発。高温での水中ガス、パイプ中に高温になりますとガスが発生するんですが、その過程の検査などにも利用できます。

検査だけでなく、調べるということにも随分使われております。それが今実際に使われているものでございます。

医療におけるものは、皆さんよく御存じだと思いますので、簡単に御説明しますと、X線

検査。いろいろなCTとか、造影剤を用いた検査等々もございますし、健康診断でレントゲン写真は撮られていると思います。

ただ、私どものちょっと問題点は、動物の治療はどうするかということで、ポータブルなX線検査器はございますけれども、後の次の診断等々も、動物の場合は非常に問題点が多くなった。

核医学とがん治療でございますけれども、これは、放射性物質を人間に投与するわけですね。これ、投与するというのは、飲む場合もありますし、注射もありますし、ガスを吸う場合もある。キセノンガスなどを吸いますと脳血流は分かるのですけれども、非破壊状態で、人間を切るわけにいかないのです、外から分かります。

それから、放射線治療の方ですが、これはガンマナイフとか、重粒子線、中性子線などを照射するのに使います。

ガンマナイフというのは、いろいろな角度からがんに向けてガンマ線を照射するので、そこだけがきちっと死んでしまうといえますか、がんのところだけが死ぬと。画期的なものでございます。

昔から、治療のためには人を回しながらですね。がんのところにもいつも当たるように、一方向から放射線を当てますから、回しますと中心部はいつも当たるわけですが、そんなふうにしたたり、治療のときもいろいろ工夫はございました。

ここで、よく治療とそれから診療ということに分けますけれども、余り放射線薬剤の開発を言う人がいないと思うのですね。これは非常に短寿命。人に与えますから、寿命が短くなくてはいけないので、その短寿命核種を製造すること。それから化合物を、例えば、脳を調べるためにはこういう化学物質がいいという場合には標識技術の開発。とても大きなマーケットになっております。

よくPETの診断はサイクロトロンが数億円、1億円とか2億円とかするのでございますけれども、それと同じぐらいのお金がかかるのが全自動合成器。ガスを入れて、例えば炭素11ですと、CO₂のガスを入れて、横からも全部標識された化合物ができてくるというので。放医研では鉛ガラスの中に、昔のラジオの、真空管のラジオみたいなものが立ってしまっていて、いっぱいシリンダーが立っていて、そこをすーっと通ると、もう最後は全部きれいな薬剤ができるというのを開発していますが、これが非常に高いのですね。サイクロトロンよりもこちらの方が頭も要るし、手先も器用でなくてはいけないとか、いろいろあるので、

知識も必要だというので、ここは非常にお金がかかる場所です。

問題点は動物でして、これから高齢化社会になりますと、いろいろなペットを飼われる方が多いと思うのですけれども、ペット用PETというか、動物のPET診断は、アイソトープを投入しますので、投入された動物は物扱いで、そこから出せないのですね。ですから、いろいろ今問題はございます。幾ら放射能はないといっても、動物はそこで廃棄、一生を終えなくてはならないということになって。

あと、医療機器の滅菌ですけれども、これは手術用のディスポーザブルな注射器とか注射針とか手袋、それからナイフとか、全て今はガンマ線滅菌です。

もちろん放射線を照射することにより、加熱したり有毒ガスを利用しなくて殺菌が行えるということですが、昔はエチレンオキシドというガスを使った。医療用だけでなく、例えば細胞を培養したりするものにもガスを使ったのですけれども、残留ガスが残ることがある。それでうまく実験できないということもありまして、ガスが残らないということなんです。

ただ、これを見ていつも思うのですけれども、食品用の包装材は照射してのいいのではないかと思うのですね。食べるものではないですし、医療用で使っているのですから。でも、これは日本では使うことができません。

これも経済規模は1997年のデータです。

あと、農業における利用というのは非常に経済規模は低いのですが、ただ、最近思いますのは、農業は、もうかる農業というとなんか農業が駄目になると。いつまでも食べていけるというか、持続性のある農業ということをやはり考えるべきかなと、最近少し思うことがございます。

一番行われているのは品種改良で、放射線を照射することにより、有益な特性を持つ新しい品種をつくれると。食品では、ナシの「ゴールデン20世紀」、グレープフルーツの「ルビー」など、それからあと、新しい花の品種なんかにいろいろ開発されてきています。これは皆さん御存じのとおりですけれども。

ここで一つ、ガンマフィールドって、世界最大規模の放射線育種場は日本にあるのですね。これは1960年にできました、茨城県ですけれども。

実は、1948年にアメリカで初めてガンマフィールドができたのですけれども、その後、そのGMOといいますか、遺伝子組み換えでも新しい植物ができるということから、もう

世界中全部シャットダウンされてきまして、今、日本で残っているのが世界最大規模といえますか、すばらしい放射線育種場ということです。

半径100メートルで、中心にコバルト60の線源装置が地下に埋まっています。ここが畑です。ですから、いろいろなものを植えておくと、ここから1日1回コバルト60が、設置されたときは88.8テラベクレルでしたけれども、それが周りの植物とか樹木を照射しまして、それでしばらくたつと、樹木ですと、いい品種があれば、そこをとってきて、枝をとってきて、挿し木をすればいいわけですし、ほとんど、悪いものといえますか、うまく育たないものができますけれども、いいものは放つといっても育つと。

このすごくいいことは、圃場（ほじょう）と、それだけでなく、ここは今建っていませんが、あるかな、実験室をつくっておくと、そこで細胞を培養していても、その家を通り越して、そこの中の細胞も照射されるわけです。ですから、実験もできると。

それからあと、放射線の強度というのは距離の二乗分の1ですから、距離を稼げるのですね。100メートル行く間に、どこの距離のところにも物を置いておくかでもって当て方も違ふと。繰り返し照射ができると。今、4ビームということ随分言われていますけれども、4ビームは、例えば花で例えますと、とても小さな変異が起きるのですけれども、ガンマ線を照射しますと、もう本当に、例えばキクですとキクの花とは思えないようなものとか、非常に矮性（わいせい）で丈が低いとか、大きな変異が起きるといのが特徴でございます。

ガンマフィールドでは、100品種に近い、96品種ぐらいが開発されてきていますが、随分長い間ここはお世話になってきて、日本では随分開発されてきました。

あと、害虫駆除。これはSITと申しますが、放射線を照射して不妊化したオスを大量に放ちまして、孵化（ふか）しない卵を産ませるのですね、メスと交尾させて。それで害虫を根絶するというので、普通は見積られるメスの数の2倍のオスを放つわけですね。それを何年間も繰り返して、とうとうウリミバエは根絶できたということです。殺虫剤を使用しないので環境への影響が少ないということで、放射線育種と害虫駆除技術は、日本が今、発展途上国へ提供しています農業分野での放射線利用の主要な二つの技術は、この二つしかないのです、今。

FNCAでも、放射線育種で大きなコーリヤンができたとか、いろいろな報告がインドネシア等々ではあったと思いますが、そんなことも発展途上国でしていると。

あと、食品照射という言葉は日本では死語に近いのですけれども、食品の腐敗原因となる——すみません、細菌の字が違っています——細菌やかびを死滅させ、鮮度の維持に効果があるということで、日本はジャガイモだけ発芽防止に利用されていますが、アメリカとか中国とか、日本以外の国では、かなりいろいろなものが照射はゴーサインが出ています。

これは、もともとは軍事技術の一つで、宇宙食は今でも5%ぐらいは照射したものですけれども、世界に展開する兵隊さんがおなかを壊さないようにということもありまして、完全に細菌とかかびを死滅できるということで、随分研究も行われてきました。

1980年代に、実は80年代ですから、もう30年以上前にWHOが2回報告を出して、安全ですよと、体の弱い人とか子供にはいいということ、報告書で出ているのですけれども、日本はもうほとんどされていません。ジャガイモは士幌町で、北海道で照射されていますが、市場にある、出ているジャガイモの0.何%ぐらい、ほんの少しです。

ただ、2000年に非常に大きな国際会議がございまして、食品照射。日本からは誰も出ていないのですけれども、それはヨーロッパでありましたが、アメリカ、欧米が中心になりまして、農作物の輸出入の植物防疫を不要にしよう。今は、病気が入ってきたら困るということで、非常に嚴重に日本もいろいろやっておりますけれども、これがなくても、ある一定条件下で照射していればきれいなわけですから、輸入していいということで、もしかすると、もしTPPが生きていたら、これもまた日の目を見るかなと思ったのですけれども。

それから、あともう一つは、私はいろいろな方に申し上げているのですけれども、レバ刺しを食べるにはこの方法しかない。ガンマ線照射して、食べたい人が選べばいいわけですが、それはできるとしております。こんなことが随分。

それから、その他の利用ということで幾つか挙げました。

年代測定は、よく炭素14のことが言われますけれども、炭素14だけでなく、鉛210もそうですし、カリウム法、カリウム-アルゴン法とか、いろいろな方法がありまして、身近にある放射性物質が半減期を持っていますので、その量を調べれば年代が分かると。たまたま炭素14というのは半減期が5730年ですので、炭素12との比を求めれば、5730年たてば今の比よりも半分になっていると。炭素14が半分になっているということから年代測定に利用できると。

あと、下水汚泥とか排ガス処理とか、実は見えないところで随分使われています。これは、

コンポスト、堆肥ですね。脱水汚泥を、汚泥ですね、それを電子線照射にしてきれいにして、コンポストとして、堆肥として使うとかですね。汚染したガスも、ずっと電子ビームを照射して浄化ガスにするとか。いろいろなところに、見えないところに随分使われているわけでございます。

それで、これ、もう一度経済規模に戻りまして、10年ほど前に、これは内閣府がお金を出して、高崎の原子力研究所に委託したそうです。ですから、科学技術庁時代と比べて少し予算の規模は低かったということは漏れ伺っておりますが。

このときに、10年前、この数、額というのが非常に変わるので、これは先ほどと比べても随分違うのですけれども、パーセントとしてはそれでも、10年前でも放射線利用は少し減りましたけれども、減ったというか、エネルギー利用が増えたということでしょうか、大体半々だと。

一番違ったことは、20年前と10年前と比べて、医療用のマーケットサイズが倍近く増えたということ。実は、20年前といいますと、研究者はもっと規制を緩くしてくれと、研究用にいっぱい使いたいと、いろいろなことにできるのだというのをいろいろな学会長が声高に叫んでいたのですけれども、医療分野は割と人の、人命救助が一番の目的ということで、割合、そんなに厳しいところはなかったのですね、実際の医療現場では。もちろん研究は。そんなこともあってではないかということも推測されるのですが、医療分野で非常に大きく伸びました。

こんなふうに半々で、放射線利用というのもエネルギー利用と同じぐらいの規模で推移しているわけでございます。

これは数年前、文科省が、もう一度多様な放射線利用が推進する先端技術ということで、基礎から応用までずっと並べたもので、室谷さんあたり御覧になったことあるかもしれませんが、この場合、ライフサイエンス、ナノテク、環境・エネルギー、情報通信と並べまして、何と放射光、中性子、荷電粒子と、大型の機器を使うものばかり並べていたのですね。

これはちょっと違う。こういうのもあっていいわけですが、もう放射線利用という必ず加速器とか、大きなものを使うものばかり想像しがちになっているわけですが、もちろん、本当は、技術面から見ると、ここから本当は言いたいことなのですが、放射線とR Iの利用というのをもっと考えなくてはいけないのではないかと。

放射線、ビームですね。高エネルギー粒子線、ビームの利用と、それから放射性同位元素、元素そのものの利用とに分けてやっぱり考えるべきだと。例えば、PET診断は放射性同位元素を人に与えるわけですから。

それで、ビームを使う場合は何があるかといいますと、私が思うに、やっぱり分析技術と可視化技術とRI製造技術、この三つが大きいものだと思うのですね。

それで、分析技術の中では放射化分析を少し御説明しますけれども、非常に高感度で、絶対量が分かる。これはすごいことで、非破壊で、何しろ薬品も何も使わないで絶対量が分かるということで、すばらしい技術で、多元素同時測定です。なぜこれをしつこく言うかと申しますと、何年か前、あるプロジェクトで放射化分析の結果をお示ししましたら、最近新しい手法を使った人がいますと紹介されたので、それはもう古くからある技術でございます。

それから、可視化技術は非破壊で動画までできる。油だけを可視化したり、水だけを可視化したり。X線で私どもが驚愕（きょうがく）したのは骨と金属は写ることですけれども、ほかのものも可視化、特異的に可視化できると。

それから、RIの製造技術は、ビームを当てて違う放射性元素をつくり出すことができます。放射性核種でございますが。

それから、放射性同位元素の利用ですけれども、トレーサー実験。物を与えるわけですから、与えたものから放射線が出るので、それを頼りに、どこに行っているか、どこに今与えたものが行っているか、分かるわけです。

ここも可視化技術があります。非破壊で、後で少し御説明しますけれども、明るい条件下でもできるということが非常に大切です。あと、画像の定量性があると。

実は、分析技術は、日本で標準試料というのは産総研がつくっているのですが、産総研が例えば標準試料を、技術でなくて、標準試料を例にとりますと、いろいろな標準試料、岩石を粉にしたものとか、植物を粉にしたものとか。標準試料はアメリカのNIST、アメリカで随分世界中に出しているのですけれども、産総研でつくっているものは出せないのです。なぜかという、絶対量を測定できない。絶対量を測定するためにはISOのきちんと決まったところも要るのですけれども、原子炉ではからない限り絶対量は分からないから。ですから、産総研は出せないのですね。参考値として、何がどれくらい含まれているというのはあります。標準試料だけでなく、標準技術というのはとても大切なもので、

世界を席卷（せっけん）するにはとても大切なものなのですけれども、日本にはそれが余りないと。

それからあと、こちらは最近、蛍光イメージングでいろいろきれいだというものはよく御覧になると思いますけれども、本当に非常によく発達はしているのですけれども、明るい条件下ではできないのですね。蛍光というのは、暗い中で光ったというのでイメージングで、物が動いたというのは分かるのですけれども。あと、画像の定量性はない。蛍光というのは、光ですから、いろいろなものの吸収もありますし、定量性はないと。物がどれくらいあるかというものはできない。

あと、このポイントは、大型機器だけではなくて、身近で利用できるということをもっと言っていないといけないのではないかと思います。

まず、分析技術を説明したいのですけれども、ビームと放射線の利用というのは、もしかするとアイソトープのことについて余り御存じない方もおられるかもしれないので、一つだけ引っ張ってきたのですけれども、よく懐中電灯と比較するのですけれども、懐中電灯をオンにすると、そこから光が出るのですけれども、同じように放射性物質から放射線が出て、その放射線を使うか、放射性物質を使うかということで、できることが全く違ってくるのですね。加速器とか、放射線、ビームですね、非常に強い粒子線を使う場合は放射線を使うわけです。

原子炉もこれですけれども、あと、原子炉を使って放射性物質をつくり出したりできるので、これはラボワークが非常に多いということでございます。

それで、分析技術ということで、放射化分析を一つ、どうしても御説明したいと思います。

これは、いろいろなところでできるわけですけれども、一番手軽というか、よくできるところは、東海村にございます研究用原子炉、JRR3。前は3Mと言ったのですけれども、モーディファイしたということですが、最近はJRR3と言ってよくなりました。こんな建屋で、真ん中でウランが燃えているわけでございます。いろいろ取り出して、ここに、人の高さが本当のこのこれくらいの大きさです。

大きな設備でございますが、この中に試料を入れるだけで放射化されるわけですね。どうということかという、試料をこの中に入れます。そうすると、元素がみんな、元素によって放射化され方が違うのですけれども、放射化されて、それぞれ特有のガンマ線を出します。

これがガンマ線スペクトルの例ですけれども、例えばナトリウム、Na、ナトリウムは、天然にはナトリウム23しかないのですね、天然の安定なものは。原子炉に入れると、ナトリウム24ができます。その24から出るガンマ線のエネルギーというのは決まっています、指紋のようなものですけれども。カリウムも42ができて、それはガンマ線のエネルギーが異なるので、スペクトルをとると、このスペクトルから量が全部分かるのです。

ただ物の中に入れさえすれば分かります。これが絶対量が求まるゆえんでございまして、何も化学薬品を使う必要もないし、溶かす必要もない。マルチでたくさんの、同時にいろいろな元素が分かるということです。今は自動ロボット装置もございまして、自動で中に入れて、また、来たものを取り出すという装置でもございます。

それで、感度ですが、これ、すみません、単位が抜けているのですが、グラムにして、一番上がマイナス13乗、0.1ピコグラムです。よく、ダイオキシンは元素ではありませんけれども、ダイオキシンはナノグラムが、1ナノグラムがはかれるかどうかというのは、ナノグラムというのはマイナス9乗グラムです。マイナス6乗はppm、マイクログラムです。ですから、重金属の検出感度が非常に高いのですね。

これは昔、公害が、カドミウムを初めとする重金属の公害が問題になりましたときに随分使われたのですね、原子は。なぜかという、絶対量が分かるし、微量なものが分かるということです。

どれぐらい微量なものが分かるかということでございますけれども、どういうこと。

これはR o H Sで、御存じな方おられるかもしれないのですけれども、10年ほど前にいろいろな電気部品が輸出規制がかかったのです。なぜかという、鉛とか水銀とかカドミウム、クロム、臭素などが一定量以上あれば輸出入しないという、そういう輸出の規制がかかったのです。それで、対象が電子部品ですから非破壊、そのものを壊してはいけなし、非破壊で定量はできなければいけないというので、いろいろな方法があるのですけれども、放射化分析しか非破壊分析ができて定量はできるという方法なかったのです。鉛は測定できないのですけれども、ほかのものは全部これでできたということです。この方法は、今、原子炉とまっていますけれども、原子炉というのは非常に大切なものだと。

どれぐらい微量が分かるかというので、これは私がしたものですけれども、例えばアサガオの、これ1週間目の、発根してから1週間目の植物で、10センチぐらいのものですけ

れども、根の先からアルミニウムを出したり入れたりするのですね。これ、横軸は時間なのですけれども、暗いときに、暗いところが黒くなっています。まるで明け方、7時になるちょっと前に、もう何も加えていません、普通の状況の植物ですけれども、アルミニウムの濃度が高くなって、また高くなって。ちょっとこれは短日処理といいますか、昼を短くするので狂いましたけれども。こんなことが全部、これ同時に非破壊。非破壊といいますか、植物を切って、単に原子炉の中に入れるだけで分かることをございます。

これは、金属鉱業事業団が石油公団と一緒にいる前、10年以上ずっと、植物を頼りに日本中の金脈を探していたときをございます。もちろん鉱物も探したのですけれども、植物も結構いいぞというので、私もちょっと関わっていたのですけれども、植物地化学探査プロジェクトというのがありまして、日本中の有望地に行きまして、こうやって植物を採取するのですね。

そうしますと、菱刈鉱山では、例えばですけれども、土壌、ちょっと見づらいのですけれども、内側（がわ）は土壌の線です。鉱脈から1キロ離れたところ、2キロ離れたところ、また逆に1キロ離れたところ、2キロ離れたところ、それで金の量。これ、縦軸が見えづらくてすみません、ppbです。それで、ppbですから、1グラムが2,000円ぐらいでしょうか。この植物をとっても別にもうかるというわけではございませんが、土壌といいますか、鉱脈の上ではもちろん土壌も、それから植物も高い値を示すのですが、どうかすると、1キロ離れたところでも植物は高い値を示すということで。

ここは、非常に残念だったのですけれども、年間1万点に近い、いろいろなものを、植物だけでも1万点超えるのですけれども、それを全部カナダに送って分析してもらったのですね。日本国内で少しでもすればいいのにと考えたのですけれども、やっぱりいろいろな規制等々をございまして、外国の方がいいと。値段も、何万点と毎年やると、それは安くなるわけをございますけれども、外国の方が安いということで、日本では一切されていません。

私、これに関わっていましたので、ちょっとおかしいものがあるとか、そういうものを試しに実験などはしておりました。

放射化分析のまとめですけれども、多元素同時測定が可能というのは、この方法、放射化分析しかないと思います。

これは、この前ちょっと岡田さんの方に出たと思いますけれども、タマネギではどこ産か

と分かるという。これは無視していただいて結構ですけれども。

非破壊で、物を壊さずにはかれるというので、絶対量を求める唯一の手法です。ほかに手法はないです。幾ら I C P とかいろいろな機器分析が発達しても、絶対量は求まらない。ですから、標準物質が分かるとか、鉍脈の探索ができるとか。

あと、もちろん破壊分析もできます。例えば、ビキニの後も随分いろいろ、今回の福島の後、随分調べたのですけれども、1954年のビキニの事件の後も随分、土壌とか雨水とか分析されていまして、それにも放射化分析は随分使われていました。

それで分析技術ということで。

あと、ビームを使ったもので、可視化技術ということをし少しだけ御説明したいと思います。

可視化技術は、やはり放射線を使うものというのは非常に優越というか、アドバンテージがありまして、一つは明るい条件下でできると。最近、先ほど申し上げましたけれども、蛍光イメージングは真っ暗闇でないと分からないけれども、光は関係ないと。出てくる放射線をはかればいいということでございます。

定量性があると。放射線量が2倍あれば物が2倍あるわけですけれども、例えば、蛍光の強度が2倍になったからって物が2倍あるわけではないです。ただでさえランベルト・ベール法則ってロブで効いてきますし。

それから、ミクロからマクロまで全部、何も、どこもサチュレートしないと。蛍光ですと、どうしても余り強かったりすると、サチュレートすると言いますけれども、ある程度以上強いものは、画像として見ますと、一定の明るさしか見えないのですけれども、ミクロからマクロまで顕微鏡下でも画像はできる。

それから、動画もできると。こんなすごいものが近くにあるのに、アイソトープを使ってどうして可視化技術をしないのか。可視化というと、いつも放射線ビームと思います。アイソトープを使ったり、放射線ビームと両方できるわけでございます、ビームですので。

中性子線を使った例を一つだけ御紹介します。本当はいろいろなビームを使って、いろいろなものができるわけでございますが、中性子線を照射しますと、生き物は水分の、水が多いので水分像が撮れて。

あと、燃料電池、リチウム電池とかもリチウムの吸収量が多いので、燃料電池の開発。

それから飛行機。それから、いろいろなパーツですね。飛行機の部品のパーツとか。

あと、古文化財。これも鉄器の中に、昔、ピストルの中に、江戸時代ですけれども、ピス

トルといいますか、銃器が渡ってきたときに、ねじを、木ねじを使ったときあるのですね。それを調べようということで、ちょっとトライしようとしたことがあるのです。古文化財もできる。

麻薬の検査も、これは中性子線で分かるということでございます。今しているかどうかは分かりませんが、空港で中性子線の検査器が、X線だけではなくて入ったというところ、そのルートは麻薬は通らなくなるというのを昔ちょっと聞いたことがあります。

それで、私は植物を扱っているので、例えばですけれども、植物の中の水の分布は、スギの小口材とか、1センチの大豆の根。白いところほど水が多いわけですが、きれいな像が撮れるわけです。

これ、ミュージカンといって、中にオルゴールが入ってまして、鳴らしますと缶がよじれて踊るわけですが、おもしろいです。それにX線を照射すると金属部分だけ、中性子線を照射しますとプラスチックの部分が出るわけです。ですから、中性子線像とX線像は全く違うわけですね。

これを使ってエンジンの開発とか、あと、コピー機のトナーだけを可視化したり、いろいろな技術がございまして。

植物の場合は、例えば土の中の根っこも取り出さずに像として。これ、ちょっと白黒逆転して申し訳ないのです。黒いところほど水が多いということで、立体像が撮れることになります。

少し植物の紹介しますと、なぜこれを持ってきたかといいますと、これ、イネの根っこがグルタミンを吸収するので、その像なんですけれども、これ、水溶液なんです。ですから、水溶液の中のイオンの動きが見えると。もちろん根が集めるということは分かるんですけれども、この外側（がわ）に何か濃度の非常に強いところはできて、それで、カーテンをはぐるように、ちょっとここ今分かりづらいですけれども、ぱっと上に行くのです。ですから、溶液中の化合物の動きが見えるというのはすごいことだと思っています。これは多分化学反応とかいろいろ、いろいろなことをする人が使いたいのではないかと思います。

R I の製造技術ということは、余り御存じないかもしれないので、どうやればできるかと。結構そんなに敷居が高いものではなくて、これは高崎で、水の中にフッ素 18 を。フッ素 18 というのは、FDG とかと呼ばれるように、グルコースをフッ素 18 でラベルして人

に投与したり、よく使われる、つくられる元素なのですけれども、核種ですけれども、半減期が110分で。この場合は、チタンのバイアルに6グラムの氷を入れまして、そこにヘリウムビームを照射するのです。一定時間たちますと、この中の水の中に、酸素をもとにフッ素18ができるわけです。それを取り出して、水のトレーサーとして使っている。使ったことはございます。

こんなことをしたり、それから、今、マグネシウム28を2か月ごとにつくっているのですけれども、これは非常に、アルミフォイルを1センチぐらいの、本当に家庭用のアルミフォイルを想像していただいているのですけれども、高純度のアルミフォイルを1センチ角のを10枚ぐらい合わせて、そこにサイクロトロンからの、加速したアルファ線をぴゅっと当てるわけです。その中にマグネシウム28ができていて、ほかのものもできていますから。この場合は水の場合と違って、化学分離を行うので、そこはちょっと時間がかかりますけれども。

いろいろな核種というのは買うものだと思っている人が多いのですけれども、モリブデン99のときに随分話題になりましたけれども、JMTRでつくれるということで、結構つくれるわけです。

それと、もっと面白いのは、これは学校用に随分昔、森永先生って物理の先生がドイツでつくられて、日本であちこちに配ったものでございます。

アルゴン42のガスを、これ、水鉄砲にみたいな、二、三十センチの大きさなのですけれども、その筒の中に封じ込めてあります。アルゴン42というのは、面白いことに、30年の半減期なのですけれども、カリウム42をいつもつくり出しているのです、少しずつ。カリウム42というのは半減期12時間で、これ、金属のガスが見られるというのは、私は本当はもっといろいろ使い道があると思うのですけれども、カリウムプラスとなって、イオンとなって、ここをさまよっているわけです。ガスからカリウムができるわけですから。65ボルトぐらいかけておきますと、カリウムプラスはこの真ん中に引きつけられて、これを取り出して洗うだけで、もうカリウム42のトレーサーが、放射性同位元素ができると。ミルクングといいますけれども、牛からいつもミルクを搾乳する、牛から搾乳しているように、いつでも取り出すことができるのですね。二、三日、65ボルトぐらいかけておきますと、ここにいつもカリウムのトレーサーはできると。

ですから、結構近くで、これは近くで使えるものだということと、これは放射性同位元素

の基準の量より低くつくってありますので、非常に少量ですので、いろいろな小学校、中学校、高校、学校でも使えるというところで、普通のところで使える量で、非常に微量な量でございます。

それで、ビームを使ってもいろいろなことができると。分析技術、可視化技術、それから製造技術とお示ししましたけれども、あと、アイソトープの利用ということで、これも、物の動きが分かるということ、可視化技術ということで。

少しお話ししますと、昔はどういうことをしていたかということ、とにかくこれ、植物でなくても何でも、人の場合も同じかもしれませんが、これカドミウムですけれども、物を吸わせて、それを押し花状況に置いて、カセットの中に入れてまして、X線フィルムか、最近はおうちょっと感度のいい、イメージングプレートと呼びますけれども、放射線を検知して像をつくるものを置いておいて、ぺたっとくっつけておいて、何時間かしますと、この像、放射線による像が撮れまして、それを読み取るということをしていました。それが今普通に行われていることです。

ですから、例えば遺伝子工学ではDNAを、ずっとゲルの中に展開したものを、それを、ゲルをここに置いておくと、そのゲルの上のどこのバンドに放射性のP32と、ある配列のDNAがあるかということを検出することができるのですが。

例えばマグネシウムとかカルシウムとか、根っこから与えると、これも動画もできるという一つの例でございますが、こんなふうに。マグネシウムというのは、つくったものだから、こんなふうに分かります。

それから、小さい植物も、リン酸を葉っぱに与えると、こんなふうに下がってくるとかです。

これは、炭酸ガスをこのところに与えると、そのときだけちょっと光ってますけれども、今、光合成で炭酸ガスが取り込まれて、光合成産物がこの部分の根っこをつくっているわけですね。見えないものから見える根っこがどうできるかというのも可視化できるようになってまいりました。

ミクロでも、顕微鏡をちょっと改造すれば、いろいろ三つの像が撮れると。もちろん蛍光像と比較することもできるけれども、こちらからは定量ができるということになる。これは放射線像でございます。

それで最後に、余り長くあれするといけないので、放射性同位元素を使ってトレーサー実

験と可視化技術というのは、福島の放射能汚染で非常に発揮しているわけですね。

福島の放射能汚染というところは、例えばウグイスの羽根も、これ、2011年ですけれども、近くでとってくると、ぽつぽつというのは放射線セシウムですけれども、随分汚れていました。これ、洗っても取れないのですけれども。ただ、次の年は、そこに来たウグイスを捕まえて、尾っぽの羽根なのですけれども、きれいになっていました。新しく生えかわったということです。

それから、樹木なのですけれども、これは飯舘村の汚染されたスギを下からずっと。全部切り倒して、下から何メートルごとかに1センチの小口材、輪切りにしまして、右側（がわ）は写真で、左側（がわ）がセシウムがどこにあるかということで。もちろん外側（がわ）も、樹木の外側（がわ）に随分セシウムあるのですけれども、内側（がわ）にも入っているのですね。

これは、汚染して即きれいにしたら中に入っていくので、9割ほど。これは桃の木の場合ですけれども、きれいになっているのですけれども、しばらくたつと表面から入っていくのです、中に。こんなのは私も全く知らなかったので驚きでした。

というのは、降ってきた放射能というのはほとんど表面にとどまるので、活性のある根というのは非常に深いところですね、例えばこれくらい大きいスギになると。そこに放射性物質ないわけです。ですから、樹木の中に入った放射性物質というのはどこから来たかということ、幹から入ってきたということになります。

これが、放射性セシウムをとってきて、これ、福島の土壌なのですけれども、水耕栽培と土壌、土を使ってイネを育ててみたのです。これ、よくいろいろなことがラボで、皆さん実験室でいろいろなことをやって、こうだよという人はいるのですけれども、これ、御覧になると分かるのですけれども、水耕栽培って、水の中にセシウムが溶けていると非常によく入っていくのですが、土があればセシウムは吸着されて入っていくのですね。これは、一般の人にお見せすると、「ああ」と安心してくださる。画像というのはそういう力もあるかなと思っています。

あと、セシウムがお米の1粒の中に、これは開花後です、どれくらいたったら成熟するかということで、セシウムはどこにあるかというのを見ていったわけです。この1粒を薄く切って、イメージングプレートの上に並べて立体像を撮ったわけです。あるところを、ある断面を見ますと、この胚軸（はいじく）部分にたくさんあるわけです。ですから、精米

をすると半分ぐらいに減りますけれども、その外側（がわ）がなくなって。さらに、洗うとまた半分に放射性物質が取れて、御飯を食べるときにはお水を加えて炊くわけですから、また半分になると。今、100ベクレルが基準値ですけれども、一粒も今超えたものは市場に出ておりませんけれども、それをたとえ100粒、100ベクレルであっても、食べるときは10分の1以下になっているということでございます。

それで、大型機器だけでなく身近で利用できる放射線とか、あと、放射性物質というのは非常に広い分野がありまして、単に工業分野でこういうのが使われている、こういうのではなくということではなくて、イノベーションのための重要な科学技術のツールの一つだと。何も特別なものではなくて、蛍光プローブを使うのだったらアイソトープを使えばいいと思うのですね。

今、そういう感覚が少しないのですけれども、といたしますのは、日本中でアイソトープの使える施設を大学でシャットダウンしつつあるのです。アイソトープもほとんど買っていません。それで、アイソトープ協会のデータにもありますけれども、研究用のアイソトープというのはほとんど売れなくなってきていると。あと10年後にはゼロになるかというグラフがあったので、ちょっとショックなのですけれども。

それで、一番問題といたしますか、考えなくてはいけないことは、イノベーション、イノベーションと申しますけれども、例えば、先ほど申し上げましたように、遺伝子工学はどうして発達したかということ、最初はアイソトープでラベルできたからなのです。ナノグラム、1ナノグラムぐらいのDNAを、電気泳動っていいまして、寒天上で大きさ順に並べて泳動させて、分けていくわけですけれども、そのナノグラムが更に分かれたものの一つを検出するには、それと相補的なDNAをつくって、それにアイソトープをくっつけるわけですけれども、それと相補的なものがちゃっとくっつけて、どこに何があると分かるのですけれども、そんな微量なものを検出できるのは放射性物質以外ないのですね。

それでも随分嫌われているというか、余り敬遠されて、蛍光物質が使われていますけれども、やっぱり新しいことをするには放射性物質と放射線ではないかなと思います。

以上でございます。

どうもちょっと早口で、1時間ぐらいで終わらせようと思いましたので。

どうも御清聴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、行いたいと。阿部委員からお願いいたします。

(阿部委員) 大変広範な話、ありがとうございました。

先生の御覧になるところ、放射線利用、エネルギー以外、いろいろな利用方法はあるわけですけれども、大いに今、医療その他利用されるし、産業、農業も利用したいと思うのですけれども、日本で大いに使用する上での障害はどんなことがあるのでしょうか。

(中西委員) なかなか言いづらいところがありますが、やはり放射線障害防止法が余りに厳しいと。

それで、まず、だんだん厳しくなっていたのですね。昔は、例えばですけれども、今はとんでもないと言われるのですけれども、野外で随分使われました。もちろん使う方も分かっている、半減期が短いものを使うのですが。

戦後は特に、法律ができたのは昭和32年なのですけれども、戦後は特に食糧をたくさんつくろうということで、どういうふうに肥料をあげれば一番経済的にできるかと。当時の農水省のすばらしかったことは、新宿御苑(ぎょえん)あたりではなかったかと思いますが、もしかすると違いますが、篤農家と、外国から雇った農家の人と篤農家と2人を、土地を与えて、どうすれば経済的に農業が成り立つかというのを実験させたのですね。

そのときにもいっぱい、いっぱいといいますか、トレーサーを、窒素、リン酸、カリですから、リン酸なんていうのはP32を使えば、今あげた肥料がどれくらい植物、吸われかかって分かるわけです。そうすると、どんなふうに与えれば効果的で安くできるということ調べるのに、とてもよく使われました。今は全く、そうすると駄目。

それからあと、今は環境放射能の循環ということで、そのときは川でも随分放射性物質を使ってよかったのですね。餌に放射性物質でラベルしたものを与えて、魚が食べて、随分沈んでいくかもしれないのですけれども、その魚を鳥がついばんで、その鳥の出す糞(ふん)を調べて、どんなふうに循環しているということを調べた壮大な実験もしていました。

半減期にもよるのですけれども、例えば野外実験が無理、もう今は無理です。全く無理です。

それからあと、非常にこういうところで使うことということで、今の原子炉並みと言うとちょっと語弊がありますけれども、とても厳しいのですね。検査に必ず来ますし、例えばひびがちょっとあっても、ひび割れないところに、もちろんおそれのないところに放射性同位元素を扱う施設をつくることとありますから、建築基準も厳しいですし、排水の設備

の、まず基準も非常に厳しいです。

でも、それくらい厳しくてもいいのですが、それが非常に大きな話題性になって、非常に危ないのだということが、漏れるところを皆さん非常に危惧するのですね。それで、1滴でも例えば買ったものが外に出ていると、垂れると、普通の場所に、それだけで物すごい。それは福島のことでお分かりになったかもしれないのですけれども、土が吸着してくれるのですが、それも物すごいバッシングに遭って。何かバッシングと戦っているという形です。ずっと来たのですね、ここ20年、30年。それで、研究室では使うことを皆さん嫌がって。

人の管理も非常に厳しくて、血液検査をして。それで、毎回必ず血液検査をしろと言うのですが、これは私ではなくて、医療の方から伺っても、血液検査をして、放射性障害が血液で分かるほどの障害が出るはずがないと。それは扱っている量からしてですね。もちろん原子炉周りを使っている方は別ですけれども。

ですから、量の感覚と、あと、時間の観念と、その二つが法律から抜けていたような気がするのですね。少量使う場合どうかと。何かそういう気もします。

ただ、おかげで余り事故がなかったということかもしれないので。

別にどうだという意見はいろいろあろうかと思えますけれども、とにかく管理をする人は非常におびえた状態で、大学でも研究所でもずっと来て、それがやっぱり利用者にもずっとはね返ってきたというのが現状ではないかなと思います。

すみません、余りちょっとあれですけれども、感覚で。

(阿部委員) この法律は規制委員会の担当ではないのですか。

(室谷参事官) 規制委員会の担当だと。

(阿部委員) そうですか。

(中西委員) 今は規制委員会。

(阿部委員) 今はね。

それから、農業用の利用で品種改良に使われて、これはかなり長くもう使われているのですけれども、私は素人的に考えると、放射線当ててやるのは、いわばランダムに当てて、新しいものが出てきたらそれを、使えるものがあったら利用しようということ。

それと比べると、最近のバイオサイエンスで、ここはいいというものの遺伝子を持ってきて組み合わせる方が早いのではないかと。そうすると、流れとしては、僕はそっちの方が

将来性があるような気がするのですけれども、依然として放射線利用も残る。それなりの
またメリットもあるのでしょうか。

(中西委員) そうです。手軽だということと、あと、一般の人の受けがいいということ。

放射線を当てると、今あるもののDNAのどこかが壊れるわけですね。ですから、マイナ
スの論理とといいますか、負の論理とといいますか、なくなるから、今あるものから何かなく
なっても、そんな悪いことないだろうと。

例えば、新しいものを遺伝子操作でくっつけると、またその新しいものはどういう影響を
与えるか分からないというところが一つあることと、あと、古くからしているので、皆さ
んになじみが高いと。

ただ、最近の遺伝子組み換えの技術では、どこを組み込んだか分からないようにする技術
もできてきているのですね。ですから、それはちょっと考えなくてはいけないことかと思
いますが。

でも、放射線の方が簡単だということと、先ほどのガンマフィールドは、そこに植えてお
けばいいわけですね。いいものはそのまま残ってくれるということで、割合手もかからな
いと。

ちょっと前になりますけれども、私、芝草に非常に興味を持って、芝草がアメリカで新し
い品種登録随分されているので、どうやってつくったのかというのを調べたのですね。芝
草の面積を全部合わせるとペンシルベニア一周ぐらいになるそうなのです、アメリカで。
マーケットも非常に広いということで。そうしますと、半分以上がガンマ線照射でつく
ったのですね。ほかの方法でつくって登録しているものは少ないというので、そのときはま
だガンマ線照射は随分使われているなど分かったわけですが。

私は、身近なせいか、ガンマ線照射の方が楽というか。

あともう一つは、遺伝子組み換えでも放射線を当てても、新しい品種ができて、その品
種の性質が、もうずっと何題にもわたって安定かどうかというのは、フィールド試験をし
なくてはいけないのですね。ですから、同じだけ時間はかかるわけです。昔からの交配法
でも何でも、新しい品種をどうやってつくるかということで、ガンマ線を使ったり、遺伝
子組み換えをしたり、昔ながらの交配法はあるのですけれども、あとどれくらい時間がか
かるかというのは、同じだけフィールドテストをしなくてはいけないから、何年もかかるわ
けですが。

(阿部委員) それから、植物探鉱という方法があるという非常に面白い話を伺ったのですね。あれ、いろいろな微量の物資が拡散して植物に吸収されて、その葉っぱとかをとってあげば、その周辺に金があるかどうか分かります。

(中西委員) はい。

(阿部委員) なるほどね。

私、北朝鮮みたいに隠れて核実験する国を探すのが一つ前の商売だったのですけれども、例えばウランとかセシウムとか、そういう類いの放射性物質も。

(中西委員) 分かります。

(阿部委員) 拡散していれば、では、ちょっと葉っぱ取らせてくれと言って、取ってあげれば分かるかもしれない。

(中西委員) 分かるかもしれない、はい。

(阿部委員) ああ、そうですか。

(中西委員) いや、ウランはやったことないですが、物によって違うかもしれませんので。

(阿部委員) 私は、前はゴキブリちょっと捕らせてくれと言ったのですけれどもね。ゴキブリの足についているのではないかと。

(中西委員) ああ、分かるかもしれない。

微量で分かるというのは非常に、植物は物によって非常に違いまして、昔、セレンを集める植物で問題になったことがあります。セレンというのは硫黄の、周期表で硫黄と同じ属にありまして、物すごく中毒症状を起こすのです。必須アミノ酸の中の二つは硫黄が入ってしまして、セレンと置き換わると中毒症状で、動物の場合は暈倒病って、よろよろって歩けなくなったりするのですけれども。

それが、大分前、昔ですけれども、アメリカで問題になって。なぜかって、ヒツジが随分な、100万頭って、物すごくヒツジが死んだのです。ヒツジ委員会というのができて一生懸命、何が原因だろうというのを見たら、やっぱりある植物、アストラガルスって牧草なのですけれども、それがセレンを物すごくためると。普通の植物よりも物すごく、10倍、100倍ぐらい、物すごくためて、かつ自分自身の背も高くなるのです。ほかの植物を駆逐しているというので。いろいろ調べると、マルコポーロの時代から、ここに来ると家畜が死ぬけれども、毒草だというふうに言われた。

植物によって違うのです。もうちょっと話してよろしいのであれば、大体、重金属はジ

メチル化されて、揮発性になって、葉っぱから出ていくのですね。セレンというのも、吸収された後、ジメチルセレンになって葉っぱから出ていくのです。もちろん残るものはありますけれども。

ジメチルセレンというのはニンニクのおいがしまして、ウマは非常ににおいに敏感で、同じように放たれていたのですけれども、ウマはニンニク臭のするものを食べなかった。ところが、ヒツジは全然においに構わずというか、それが好きなのか、探し出してでも食べていたので、それでヒツジが多く亡くなった。食生活の違いが動物も生死を分けたという、面白い例なのですが。

すみません、ちょっと余計なことを申し上げました。

(阿部委員) それから、さっきの話で、ビキニの核実験の後の放射性物質をいろいろ。これは恐らくアメリカが収集・分析したのでしょうか。そうですね。

(中西委員) はい。

(阿部委員) ということは、アメリカがいろいろなデータを持っているということですね。

(中西委員) いや、そうだと思います。

ただ、日本も1957年の、たまたま私が関係しています放射化学会、化学会の要旨集は1957年から全部見られるのですね。1957年は手書きの要旨がございまして、1954年にビキニですから3年後に、雨水とか、要旨ですから少しだけですが、雨水とか、それから土壌とか、いろいろな土壌をとってきたりして、分析がされている。そのころは物すごく機器も貧弱だったと思うのですけれども、環境中のストロンチウムが季節変化どうするかというのが、ちゃんとデータになって出ているのですね。日本の分析技術は大したものだと思っているのですが。

ですから、いろいろなものを測定していますが、ただ、不思議なことに3年間で、57年、58年、59年でほぼ終わっているのですね。57年にはJRR1が臨界になったので、そっちの方に実験がみんなシフトしたのかもしれませんが、日本でも随分されています。

アメリカはたくさんあると思う。ただ、そのときの教訓が生きていればなど、今ちょっと思っていますが。

(阿部委員) それから、麻薬の検査にも使えるという話がありましたけれども、私はこの間、麻薬に近いものとして、今、オリンピック委員会で問題になっているドーピング、ああいうものもこういうので見つからないのかって聞いたら、難しいのだと。要するに、普通の

たんぱく質ですよ、大体はね。したがって、窒素と炭水化物でできているので、だから人間の体と似ているので、その区別は難しい。でも、それ、放射線科学を使っただけでは分かるのでしょうかね。

(中西委員) 分かるというのは、これ、大分昔、京大原子炉におられたカンダ先生が盛んに言われていまして。私は、どうしてはかれるのか、水素を含むとか、麻薬にホウ素とか希土類とか、どれくらい入っているのか等は分からないのですけれども。随分言われていたので、それを。

(阿部委員) テロリストで、爆薬をたくさん身につけてくるのは、あれは主として窒素化合物ですよ。

(中西委員) はい。

(阿部委員) したがって、これは量が大きいのはこの画像で出てくるシステム。

ただ、麻薬とか薬は少量ですから、これはなかなか分からない。もちろん袋に入れてどきどきとあると出るかもしれませんが。

(中西委員) そうですね。形状とか出るのかもしれない。

来週、原子炉に行きますので、KURに行きますので、聞いてきます。

(阿部委員) あとは、私、先ほど、障害はどんなものがあるかと伺ったのですけれども、例えば医療について、重粒子線というのは日本が非常によくできて、進んでいて、これまた利用によっていろいろ、がんの治療とかできるというのですけれども、一つ問題は、高いのですよ、物すごく値段がね。これは何とか安くできれば、私はもっと普及するのではないかと思うのですね。

(中西委員) そう思います。大体1人、今300万円かかります。

でも、何とか基という、がんの薬が、免疫剤が、年間3,600万かかるとか言われていたのです。

今、重粒子線は、でも、少しずつ増えていまして、群馬大にも、御存じかと思いますが、入ったり。少しずつ増えているといった。

(阿部委員) ありがとうございます。

(中西委員) どうも。

(岡委員長) 私の方から。

大変包括的なお話、ありがとうございます。

今日は中西先生、余り御紹介、自分のことだから御紹介にならなかったのですが、東大農学部の福島のいろいろな調査といたしますか、農学部の先生がいろいろな調査をされて、非常に世界で高く評価されておられると思うのですけれども、そのあたり。この間、シンポジウムもあったと思うのですが、少し御紹介いただけると有り難い。今日は遠慮されていて、余り話されなかったのではないかと思いますのですけれども。

(中西委員) 福島の一番大きなことは、降ってきたフォールアウトが、大体事故が起きたのが冬の終わりで、春の初めといたしますか、ほとんど何も草木が、常緑樹以外は裸だったということで、むき出しの地面が多かった。フォールアウトが降ってきて地面にくっついて、要は表面から動かなくなることが一番大きいのではないかと思います。今でもほとんど動かなくて、最初ちょっと動いたのですけれども、大体年間一、二ミリぐらいしか下がっていかない。大体チェルノブイリの沈降速度と同じなので、土壌が違っててもそうかなと思うのですけれども。

このことというのは、私たちがいろいろ安全かと心配することは、重金属の汚染をいつも思い出すのですけれども、イタイイタイ病とか。あれは金属が水に溶け出して、水と一緒に溶け出して広がって、それで、例えば魚が食べて、その魚を人が食べて病気になったわけですけれども、広がらないということですよね。

もちろんそこに放射性物質があるのは気に食わないけれども、離れていれば大丈夫だし、検査して大丈夫なものを食べていれば近くでもいいと。

それとあともう一つは、あれを見て、放射線の基礎知識をうんと知っていてほしいと思ったのですけれども、放射線と放射性物質と違うので、放射性物質は家の中というか、囲まれた中にはないのですよね。もちろん屋根にくっついてますから家の中へ入って、はかれば放射線は測定できるのですけれども。ですから、防護服着て家の中へ入っているのを見て驚いてですね。家の中に、外でくっついた、体にくっついた放射性物質を散らばしているわけですよね、ですから、屋根をきれいにしたり、あと、マスクをつけて子供が小学校にいるというのも驚いたのですけれども。

放射性物質がどこにあるかというのをいつも感じていけば、例えば土壌をはつってもいいのですけれども、小学校でも、ちょっとプールみたいに掘って、その下に、そこに土壌を持って行って、簡単に覆っておくと。そうすると、もうそこから逃げないし、動かないし、近くに行っても、土壌、普通の土壌を50センチ盛ってくれば、放射線は1,000

分の1になりますので被ばくもしないと。ですから、その養生が必要だと思いました。細かいことを言いますと、雨戸の樋（とい）から下は放射性物質で汚れているわけですが、地面は。その土を取ってきて、ちょっと穴掘って埋めておけば、もうそれは被災しないしということを感じました。

あと、農業的感じからいいますと、5センチも土壌をはつられると、土壌というのは資産なのです。物すごい資源として、物すごくすばらしい資源で、100万年で1センチ、1ミリだったか、本当に長い時間かかってできるもので、それがなくなると、もう草木も一本も生えなくなるぐらいになる。ですから、5センチをはつって、今は山砂を入れていますから、前みたいにきちんとイネが育つような状況にはならないのです。ですから、また除染した後も何十年とかかるので、そうでなくて、ひっくり返すとかですね。

それからあと、私どもは、受け入れる人がいればってことなのですが、受け入れてくださる人と一緒にしているのですが、水をちょっと持ってきて。土壌の細かいところについているわけですから、土壌を田んぼに持ってきて、ちょっとかき混ぜて、しばらくたつと細かい、土壌の細かいものというのはなかなか落ちてこないで、ほとんど土壌が沈んだところで上澄みを、横に溝を掘って、そこに持ってくれば、8割方きれいになるとか。

いろいろ現場での分かってきたことが随分あるので、一旦法律が決まっても、フレキシブルにしていけると有り難いなと思いました。

すみません、ちょっと長くなりました。

(岡委員長) ありがとうございます。

農学部というと農業だけかというイメージかもしれませんが、実際はいろいろな先生がおられて、林業も水産も畜産もおられて、その先生方がボランティアでたくさんの調査をされて、それは本に、スプリングの本になっているのです。それで、2回出ているのでしょうか。

(中西委員) 今まで2回出ておまして、スプリングと福島と中西のキーワードで探していただきますと、誰でもダウンロードできますし、最初の本は、最近聞いていないのですが、昨年でしょいか、伺いましたら、7万回ダウンロードされているというので。今、実は3冊目の原稿を集めておまして、今年中に出そうと思っています。

あと、NHKブックスも「土壌汚染」というのを書きましたので、そこを読んでいただくと、大体のアウトラインが分かってくと。

(岡委員長) ありがとうございます。

ちょっと発表の方の質問ですけれども、放射線利用の経済効果は非常に大きいというのがあって、米国でも似た調査が90年代になされたと、最近知りまして。アラン・ウォルターの「マリー・キュリーの夢」という副題のついた本を読んでいたら、そこには、放射線利用の方が原子力エネルギーよりも3.5倍ぐらい規模が大きいと書いてありまして、それから、雇用は幾らであるとか、あるいは、放射線利用の規模が、例えば米国の大きな企業、GMだったかGEだったか忘れたのですが、そういうのと比べても大きいとか書いてあるとか、いろいろなことが書いてありまして。これは、米国にはこういう経済効果というのを計算する統計がしっかりしているから、多分原子力に限らず、こういうことはできるのだと思うのですけれども、そういう方がおられて、そういうことをやられているということ。

私、ちょっと思いますのは、別に原子力発電と経済規模を比べる必要はなくて、放射線利用というのはこれだけ世の中に貢献しているのだと、そういうメッセージも必要、重要なのではないかというようなことも感じました。

(中西委員) 実は米国との比較の表もございまして、20年前ですけれども。それで、実は市場規模の金額が違うのですね。いろいろな計算を20年前したので、それで結局削ってしまったのですけれども、その20年前で日本で調べても、アメリカの半分でした。ですから、まだ倍、もう少し伸びる余地があるなと思っています。

(岡委員長) 多分、医療とか、あるいはセキュリティで、いろいろな検査とかそういう部分が、昔の日本の統計をとったときよりも大分増えている可能性もございますね。

あとは、さっき規制の話が出ていましたけれども、これなんかも米国と比較するとかするとよいですね。実は米国は、原子力規制委員会は、放射線は担当ではなくて、原子炉の規制をやっていますよね。ですから、どこかと比較してデータを出したりするとか、そういうことをしていかないと。実際の放射線関係の規制をやっている方に聞いて調べていかないと、なかなか日本の規制側（がわ）には情報が届かないのかなという気もいたしますが。

あとは、イノベーションといいますか、先生がおっしゃった意味と違うかもしれないのですけれども、放射線の利用したもの、アイソトープ利用したものは、例えば夜光時計、ああいうのもだんだん変わってきて、昔はラジウムだったのですが、そのうちトリチウムになりまして、今は電池で、ちょっと押せば、そのときは光るようになっていて、だんだん

ほかの方法で置き換えられていくということはどうしてもあって。これはもう別に原子力、放射線に限らず、そういうものだと思うので。これはイノベーションというか、そういういろいろなアイデアで、放射線の、先生おっしゃったような、非常に微量のものがという、そういう特徴を生かして、いろいろ創意工夫をするというところが必要でしょうね。

(中西委員) 最初のアイデアが、アイデアっていいですか、きっかけが放射線とか放射性物質が多いのですね。

(岡委員長) そうですね。

(中西委員) あとはもう、どう変わっていても。煙探知機なんかもそうかと思いますが。

(岡委員長) 非常に包括的なお話で、大変ありがとうございました。

阿部先生、何かございますか。

(阿部委員) 先ほど委員長から質問のあったことで、除染、福島における除染ですね。

それで、片や農業用を考えると、表土を取ってしまうのは非常に農業を続けるのに問題があるという話は、先生からも何度も伺いましたし、ちまたでもいろいろな方がおっしゃっていますよね。なのになぜ全部表土を剥(は)いで除染をするという方法を続けているのでしょうかね。

私が考え、予想されるのは、とにかく国が金出して除染してくれるというからやってくれということで、みんなもやっているし、是非とも全くきれいにしてほしいという受ける側(がわ)の希望があるのか、あるいは、行政が非常に硬直的で、こういう方法で除染するともう決めたから、絶対これで続けるのだということなのか。

どの辺に改善が進まない理由はあるのでしょうか。

(中西委員) 今おっしゃった、科学では解けない部分だと思います。多分に政治的とか、政治的と言うとおかしいですけども、経済的効果とか。

あと、農水省も、少し時間かかったのですけれども、今、水を入れるのは、農水省の言っている三つの方法の何とかと何とかの組合せと理解できるというふうにして、認めてくださるようになったのですが、ただ、余り普及するという事ではないです。

あと、はつるというところは、もう決めたからということで、決めてしまったからということとはよく伺いました。それだけの予算を確保して。

(阿部委員) いや、私が思うには、たしか除染だけは東電の負担ではなくて国が経費負担していますよね。したがって、これは誰も苦しくないから、やるというならどうぞやってくれ

ということで、注文はつけないという考えがあるか知らんけれども、ところが、国がやるということは、要するに税金でやるということですね。これは国民の全体が負担しているのですね。

だから、私が思うには、それならば、もっと安く、しかも、将来、農業の復活ができやすいような別の方法があるのだというならば、大いにみんなで議論して、そうしたらいいと思うのだけれども、どうしてならないのかというのは不思議でなりませんね。

(中西委員) 私もとても不思議なのですが、現場に参りますと、皆さんは分かっています。しかも、除染まで待っているものですから、5年たって何もしなかったところは、もうヨシとか、あとヤナギまで生えていまして、そうしますと、もう手で一々抜かないと、機械では全然もとに戻らない。でも、多分それも含めてしてくれるのではないかなと。よくそこまでははっきりは。

(阿部委員) ありがとうございます。

(岡委員長) それでは、大変、先生、ありがとうございます。

有識者のヒアリングとあわせて、基本的考え方策定に向けて、参考にさせていただきます。ありがとうございました。

それでは、議題2について、事務局からお願いいたします。

(室谷参事官) ありがとうございます。

ちょっと議第1の関係で一言補足申し上げますと、原子力利用の経済規模、事務局の方も20年前だとか10年前という話を聞きながら、かなり胸を痛めて聞いておりましたが、来年度の予算で、原子力白書の再開に向けた予算という中で、若干使えそうなお金がありますので、関連機関、JAEAだとかQSTだとか、そういったところの支援も受けながら調査したいと、こう思いますので、御支援を頂けたらと、御指導を頂けたらというふうに思っております。

(中西委員) 実は、すみません、よろしいですか。例えば、小さいことかもしれないのですが、これからやっぱり、これからの社会を考えると、私、食品照射をととても着目して、

体が弱い人とか、年寄りの人とか、アメリカの計算というのはGAOに持って行って、これだけ病気に、病院にかかると幾らぐらいの損失だって、そこからお金を持ってきているのですね。ですから、日本が、マーケットがどうだというよりも、実際に病院に何でかか

ったかと、そういう統計が日本であるかどうか分かりませんが。

例えば、食品照射で見ますと、アメリカと日本は食中毒で亡くなる方は2桁ぐらい違うのですよ。日本は1桁なのですが。それだけでも、日本で、だから日本で必要ないと言いがちなのですけれども、実際に病院に通う人とか、何かそういうような、もう少しきめ細かな、せっかくするのでしたら、すみません、ここで言うべきものではないかもしれないですけれども、統計を是非よろしく願いいたします。

(阿部委員) 今、室谷さんがおっしゃったので、私の意見を申し上げますと、この経済規模の比較、もちろんこれは一つの大事な指標だと思えますけれども、これはなかなか大ざっぱな感覚をつかむぐらいしかできない。

つまり、これは放射線を使っていますということで、例えばタイヤがありますね。それでは、タイヤの売上げが年間5,000億円ありますと。これ、5,000億円と換算しましょうといっても、実際は、では、放射線を使うことで、本当にもし厳密に経済学的に比較しようと思えば、そこでどれだけ付加価値が増えたのかというところで、付加価値だけを積算していかなければいけないのです。これはなかなか経済学的に判定するのは難しいですね。

だから、ざっとした感じとしてこうなるのだということであって、精密な、厳密な比較はなかなか難しいということをおし上げたいと思いますね。

(室谷参事官) ありがとうございます。

費用にも限界がありますし、ロケットサイエンスの分野でもないと思いますので、そのところは、必要なレベルのアク્યラシーというか、精度でやっていきたいというふうに思っております。

大変失礼いたしました。議題の2で、その他案件でございます。

今後の会議予定について御案内申し上げたいと思います。

第8回原子力委員会の開催につきましては、2月17日金曜日、今週の金曜日になりますけれども、14時半から予定いたしております。

開催場所といたしましては、中央合同庁舎8号館、今回4階になります。4階の416会議室において行う予定でございます。

議論といたしましては、「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。

今後複数回にわたって、これまでいろいろ聞いてまいりました有識者からのインプット、そういったこととか、いろいろお出しいただいた見解、そういったもろもろのことを振り返りながら、今後、基本的考え方の中に盛り込んでいくべき事項について、議論を開始いただくように考えております。

以上、次回会議の御案内でございます。

(岡委員長) それでは、委員からほかに御発言ございますでしょうか。

それでは、御発言ないようですので、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。