

第12回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 平成30年3月28日(水) 13:30～15:55

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

東京大学医学部附属病院

放射線治療部門長 中川恵一氏

キヤノンメディカルシステムズ株式会社

経営企画部 3R事業推進担当グループ長 大沢博之氏

株式会社千代田テクノル

アイソトープ・医療機器事業本部 副本部長 三村功一氏

4. 議 題

(1) 放射線利用の現状と課題について(東京大学医学部附属病院放射線治療部門長 中川恵一氏、千代田テクノル、キヤノン)

(2) その他

5. 配布資料

(1-1) がんと放射線医療(東京大学医学部附属病院 放射線治療部門 中川恵一)

(1-2) 医用画像診断機器における放射線利用の現状と課題

(キヤノンメディカルシステムズ株式会社 経営企画部 大沢博之)

(1-3) 放射線利用状況 ラジオアイソトープ(RI)利用面から

(株式会社千代田テクノル アイソトープ・医療機器事業本部 三村功一)

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12回原子力委員会を開催いたします。

本日の議題、一つ目が放射線利用の現状と課題について、二つ目がその他です。

本日の会議は、16時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。

(林参事官) それでは、議題について説明をいたします。

最初の議題1につきましては、放射線利用の現状と課題についてでございます。

原子力委員会では、次期「原子力白書」の検討等への活用に向けて、放射線利用に関する現状と課題の把握のためのヒアリングを進めています。3月6日の第9回定例会議では、京都大学の原子炉実験所の川端所長から、試験研究炉を活用した取組についてお話を伺ったところです。本日は、医療分野における放射線利用に関して、東京大学医学部附属病院放射線治療部門長である中川氏、キヤノンメディカルシステムズ株式会社経営企画部の大沢グループ長、株式会社千代田テクノル アイソトープ・医療機器事業本部の三村副本部長にお越しを頂いています。本日は、それぞれに御説明を頂いた後、質疑の時間を設ける形で進めたいと思います。

それでは、初めに東京大学の中川先生からお願いしたいと思います。

(中川氏) 東京大学医学部附属病院の中川です。

私は、日本人の「がんと放射線医療」というテーマで40分時間を頂いております。

御承知かと思いますが、日本は世界で最もがんが多い国でありまして、男性の3人に2人、女性は2人に1人ががんになる。男性は3人に2人ですので、実は恐らく多くの国民が思っている以上にがんが多い、世界で最もがんが多い。がんは遺伝子の老化と言える病気ですから、世界で最も長生きである我が国民が最もがんが多いのは当然ということであります。

ただ、これは放射線の教育と同様に、これまで学校でがんのことを習うという機会がほとんどありませんでした。これが実は大変大きな問題になっていると思います。

配付資料を見ていただいても結構ですし、プロジェクターを御覧いただいても結構ですが、これは日本人の死因の移り変わりです。

かつて結核が日本人の死因の代表だったのですが、結核はほとんどなくなり、がんだけが増えているのです。簡単に言うと、がんだけが増え続けています。今年間38万人近くががんで亡くなっています。そして、その死亡数は年々増え続けるという状況であります。

一方、アメリカでは、あるいはがん死亡が減っておりまして、これは「THE WALL

「STREET JOURNAL」の11年ほど前の記事で、日本のがん対策の遅れを指摘した記事ですが、その中にこのグラフがありました。

日米人口10万人当たりのがん死亡数の比較です。総死亡率と我々は呼んでおりますが、薄い青がアメリカ、濃い青が日本ですけれども、1995年ですから今から23年前、日米のがん死亡数はほぼイーブンでした。そして、先ほど申し上げたように、日本ではがん死亡が年々増えている。一方、アメリカでは年々減っている。この結果、日米のがん死亡数の格差が開く一方であるという現状で、これは欧州でもそうです。先進国の中でがん死亡が増えている国は、実は日本しかないという大変大きな問題を抱えているということを指摘しておきたい。

例えば、常に話題になっていますが、日本の受動喫煙対策、これはオリンピックの際に大きな問題になると。

健康増進法の改定の中で受動喫煙の対策が法制化されるのですが、東京では9割方の飲食店でたばこが吸えるという結果になりました。あるいはコンビニでも、もっと言うならば、健康、ナチュラルをうたったコンビニでたばこが売っているという現状が、恐らくオリンピックの際に大きな問題になるはずです。日本の受動喫煙対策は前世紀並みの遅れであるとWHOが繰り返し指摘しておりますし、子宮頸がんの原因の100%が性交渉によるウイルス感染です。HPVワクチンと言いますが、この接種率、以前7割あったものが、今は1%もない。これも繰り返しWHOに接種の再開を求められていますが、全く。

子宮頸がんは、実は感染症のがんにもかかわらずがんの中で唯一増えている。これは大変な問題ですし、あるいは早期発見の鍵であるがん検診の受診率は、欧米というか先進国の中で最低、韓国の半分という現状であります。これは仕方がないのです、がん検診を受けろというふうな教育がなされていけませんので、仕方がないことかもしれません。

あるいは、日本ではがん患者が痛みを苦しむという現実があるわけですが、これもやむを得ないところがありまして、医療用の麻薬ですね、モルヒネあるいはオキシコドンといった医療用の麻薬が全く使われない。様々な問題がある。

実は、この一つとして、私が専門としている放射線治療を受ける患者の数も増えてはきているものの、欧米と比べると半分程度にとどまっています。欧米では、がん患者さんの延べ6割近くが放射線治療を受けておりますが、日本では、増えたとはいっても3割程度であって、逆に言うと、これから伸びていく伸びしろはあるということかもしれません。

年間101万人が新たにがんになり、37万人以上ががんで死に、男性の63%、女性の

47%が生涯何らかのがんになるという、日本はそういう世界一のがん大国であります。

この現状をどう変えていくのか。私はかねてから、10年以上前ですが、学校でがんのことを教えるべきである。これは当然だと思います。欧米では当たり前のように行われている。しかし、日本では保健体育という教科が、事実上、体育ばかりやっているという問題。例えば東京都のある中学校で2年余りにわたって保健の授業が全く行われないう学校がありまして、卒業生を含めて補習になりました。

しかし、全国で同じような傾向が続いていると思いますが、しかし、昨年度末、まず、中学校の保健体育の学習指導要領の中に、「がんについて取り扱うもの」という、学習指導要領の中に、がん教育が盛り込まれました。そして、数日以内と伺っていますが、今年度末にも高校で保健体育の学習指導要領に、がん教育が明記される。大きな変更点になってくると思います。

中学生用の、まだ教科書はこれからあと3年かかるわけですけれども、既に文部科学省の中でがん教育に関するテキストは作られていまして、例えば、正常な細胞のDNAが経年劣化ですね、損傷することによって不死化して、それが20年という時間をかけて1センチになってくる。早期がんというのは簡単に言うと2センチなのです。ですから、我々、逆にこれから放射医療あるいは放射線診断の話もさせていただきますが、1センチにならないとがんを診断することはできません。したがって、1センチから2センチの間にはいかに見つけるかということが大変大きな問題なのですが、そのような教育が全くなされていないのです。

あるいは、我が国は世界で最も、のがんという病気を手術で治す国であります。ところが、欧米では放射線の方が多いのです。この放射線についても、例えば放射線療法は通院で行うことができ、体への負担も比較的少ない、こんな文言を子供たちは習っていくということでもあります。

ただ、申し上げたように、保健体育の先生方自身が、がんに関してほとんど教育の機会もなかったですし、知識も当然ですがございませんので、分かりやすい教材をいろいろ用意しております。

例えば、ちょっとその一例を見ていただきますが、これはお手元の資料にはありません。

(動画再生)

なるべくコミカルに子供たちに説明するというように努めています。

これは文科省の制作協力もいただきました。このようなアニメ教材を用意しながら、保健体育の先生に負担をかけないで教室で授業をしていただくということを考えています。

一方、放射線教育に関してもこれは定例会の中でも恐らく議論されてきたことと思いますが、長く中学校の理科の中で、放射線の教育が学習指導要領に入っておりませんでした。これが行われ始めて、それと同時にあの事故が起こってしまったわけですけれども、平成28年には、これまで中学校2年だけだったのが、2年生、3年生の2学年で授業を行うように改訂されました。

ところが、がん教育については、新たに学習指導要領を変えていただいたということもあり、様々な映像教材を用意しております。

一方、放射線教育に関しては副読本を文科省が用意しているのですが、御覧になっていただければ分かりますが、極めて難しい、極めて読みにくい冊子かと思っております。放射線教育に関しても、先ほどのような、できるだけ分かりやすい、ただし、この新学習指導要領にマッチした映像教材が必要だと考えてまいりました。

皆さんのお手元に「Rの正体」と書いておりますが、このDVDを作成いたしまして、これはNPO法人の放射線教育フォーラムという組織を立ち上げ、これは今、文部科学省の選定の審査を頂いている最中のございまして、そういう意味ではまだ余り公開されていないものです。ただ、内容はこれで確定しておりますので、是非お時間のある際にお目通しいただければ有り難いなというふうに思います。

その一部をはしょって御紹介いたします。

(動画再生)

これ、先手を取りに行くということは、固くなるということを意味しますので、どうしてもこういうタッチにはなりません。

これは東大病院での映像です。この医療の分野は、東大病院がロケ地になっております。

ちょっとここははしょらせていただきますけれども、その他、例えば霧箱ですね。

このような映像です。

現場の先生方に御負担ない形でよい教育をしていただきたいと思っております。

それから、実は私、福島支援を継続しております。

(動画再生)

これは毎月、福島、とりわけ飯舘村を訪問しておりますが、その内容も少し入れてございまして、やはり多くの国民が、福島ではまだ被ばく量が高い、あるいは生活ができていないというような、そういう誤解があります。その辺は全国の子供たちが正しい理解をしていただくようですね、現実には飯舘村はかなり復興が進んでおります。そういった現状、これは

今の役場ですね。

すみません、ちょっと時間もございませんので、この部分に関しては、是非DVDを御参照いただければと思っております。

パワーポイントに戻りますけれども、実は、平均的な日本人がいるとするならば、年間の被ばくは5ミリシーベルト以上になっておりまして、特に日本の場合に、自然被ばくは2程度ございます。それから、医療被ばくは4ぐらいな状況で、この医療被ばくについては、日本は世界一高いということになります。

世界のCTスキャナの3台に1台くらいが日本にあるということです。世界の平均と比べて、日本は自然被ばくはむしろ少ないわけですが、医療被ばくが世界平均の0.6に対して3.87という世界最高の数値になっています。

つまり、放射線に関して多くの国民が非常に心配する中で、しかし、自発的に被ばくを受けている量としては日本が世界一という現状があるわけです。ただ、この医療被ばくについては線量限度はありません。

また、例えばこれは私のところに来られた肺がんの患者さんのレントゲン写真であります。どこにがんがあるかお分かりでしょうか。実は、これなのです。これが肺がんでして、実際、かかりつけの先生には見逃されておまして、しかし、CTを撮るとこうなります。これがこうですね。同じ患者さんです。つまり、適切に検査をする限りは、被ばく量が高くても、CTはちょっと古いデータかもしれませんが、1回の検査で平均7ミリ程度の被ばくがあると言われております。ただ、適切に使う限りは有効だということです。

日本の医療被ばくが世界上位というのは、日本がアクセスよく医療機関にかかれるという、1人当たりの年間の医療機関の受診回数は日本は世界一で最も高いわけです。したがって、いつでも、どこでも検査を受けられるということが、実は日本の医療被ばくを世界一にしているとも言えます。

ともかく、自然被ばくが2、医療被ばくが4という、ことで、御承知のように、線量被ばくの一般公衆の線量限度の1というのが、この6以外を1ということにしているわけであり。ここは御承知のとおりです。

ちなみに、この3.87という医療被ばくなのですが、これは実は結構えいやというデータでありまして、1989年の医療被ばくは2.38でした。2000年の試算が3.87、実は核医学や、これは歯科ですね、あるいは胃透視、これは胸部ですね。これらは変わっていないという前提で、CTの被ばく量だけ新たに計算し直した。ですから、この2.3と0.

8以外は全部同じです。同じであるはずはないんですが、同じであるという仮定のもと。ですから、3.87というのは、実は過小評価されている可能性もありますし、2000年のデータということになります。しかし、このデータが日本の医療被ばくの現行のデータということになるわけです。

例えば、胸部レントゲン撮影は、実効線量として1回0.06ミリシーベルト、これが胃のバリウム検査になると3ミリ、CTスキャナは5〜30で、先ほど申し上げた7なんという数字、核医学でも最大で15ミリシーベルトぐらい。PET検査だともう少し少ない。マンモグラフィでも、これは乳腺の線量ですが、2になります。

CTが実は非常に被ばくの量を上げているということなのですが、ただ、先ほど申し上げるように、CTは今のがんを始めとする最先端医療のベースになる検査でございます。

先ほどと違った例ですが、この患者さんのレントゲン写真では、肺がんを指摘できませんが、同じ患者さんのCTで撮ると、これは容易に診断できるということでもあります。CTスキャナですね。

後でお話ししていただくキヤノンメディカルさんが、大変CTの分野では進んでございます。

位置の内部構造です。このX線の装置と検出器ということで、これが位置関係を保ったまま回転するというところに。

そして、最近はこのようにボリュームデータをとることになります。CTの二次元ではなくて三次元データあるいは四次元、臓器の動きを含めたデータを取って心臓の血管を描出したり、あるいは大腸の実際に内視鏡を入れずに、CTだけで仮想内視鏡検査ができるようになるというような応用も進んでおります。

ただ、回転しながら、ヘリカルCTと言いますが、広い部分の撮影ができるようになった。あるいは検出器もマルチディテクタCTというのですが、面に近い検出器ですね、面に近い多列検出器が二次元ではなく面に近いようなもの、これによって幅広い臓器の精密な画像が得られるのですが、結果的には被ばく量が上がっているということも確かです。

また、国別で見ても、日本のCT検査の回数が世界の中でも断トツに高いということと、世界のCTスキャナの3分の1が日本にあるということも御指摘いたしました。

ともかく、この医療被ばくが増えている、CTの普及、それから、とりわけ回転させながらヘリカルですね、らせん状に回転させながら、診断を動かしながら、そして面に近い検出器、マルチディテクタCTというんですが、こういった技術の発展と共に被ばく量が上がっ

てきたということも事実です。ただし、恐らくこの後お話があると思いますが、同じような画質をできるだけ低線量で撮るといような研究も進んでいるというのは確かです。

ただ、一方、これは若干古い論文ですけれども、2004年の論文ですが、「THE LANCET」という医学雑誌ではトップクラスの雑誌に、「日本のがんの3%以上が、医療被曝によって発生！！」という記事が出ました。これは報道もされまして大きな話題を呼んだのですが、ただ、これは御承知のように、LNTですね、Linear Non-Threshold Model、直線しきい値無しモデル、わずかな線量でも発がんが増えるという前提に立つなど、実は大きな問題がある論文ではあったものの、LNTをベースにするとこれくらいの影響があるということも言えると思います。

こういった議論の中で、例えばかつて新入社員、二十の女子社員を始め毎年毎年レントゲンを撮っていたのです。二十の女子社員が何のためにレントゲンを撮る必要があるのか。せいぜい結核です。そういうことで、医師が必要でないと認めると省略することができるようになったというような、労働安全衛生法の中でそういった変化もありますが、とにかく医療被ばくというのは発がんのリスクも伴うという中で様々な取組がされている。

例えば、これは妊婦さんが10～20ミリの被ばくをすると小児がんが増えるというような論文であり、ただし、これも被ばくを、放射線検査をするお母さんですから、やはり何らかの問題がある可能性がありますし、また思い出しバイアスと言いまして、小児がん等のお子さんを実際にお持ちのお母さんが、どうしても昔、妊娠中に検査を受けたという記憶が強くなるというような問題があって、なかなか完全に科学的にアプローチできないところがあります。ただ、これは重粒子線治療後の皮膚潰瘍であります。これは心臓カテーテル検査という低線量の、低エネルギーの診断用のX線装置を使ってもこういった、要するに、確定的影響が出るというのが医療被ばくの問題です。

今CTのお話をいたしました。もう一つ、核医学検査、Nuclear Medicineですね。これは放射線同位元素を利用する医学のことでありまして、多くの場合には飲むこともあります。注射をすることもあります。放射線薬品を注射し、そして特定の臓器あるいはがんなどに集まるのを待つ。そして、同位元素から発生する放射線を検出器で収集する。同位元素を特定の化学物質にバインドさせて放射線医薬品を作り、それを投与するというのですが、主にシングルフォトンの核種とポジトロン核種というのがあります。これは、陽電子が崩壊する際に同エネルギーのγ線を180度方向に二つ発生するというもので、PET検査ではこれが使われて、私どもにとってがんの領域では、やはり何と言っても

PET検査 (Positron Emission Tomography) です。これがもう不可欠の装置になりました。

フルオロデオキシグルコースという物質のフッ素を標識するというのですが、簡単に言うと、FDGという物質を注射するわけですが、放射線を発生する糖である。がんというのは基本的にグルコースを大量に必要とします。これは解糖系という大量にグルコースを必要とする代謝経路をとっているということと、それからものすごく分裂が盛んであって、ともかく大量の糖をがん細胞は必要とします。ですから、このFDG、これはグルコースに近いものですから、がん細胞に集まりやすい、そういったものを今度は研究する、このように全身のがん細胞を一気に画像化することができるということになります。

先ほど申し上げたγ線が一对で出ますので、これは同時計数回路というのものを使うことによって、シングルフォトンよりも正確にその位置を捉えることができるということになります。

このPET画像をCTと融合させることによって、これをPET-CTと言いますが、このように解剖学的な、どの位置にがん細胞があるかということをも明瞭に表記すべきことです。

実は、これは私の後輩なのですが、34歳でがんになりました放射線治療専門医なのですが、一緒にそのことを本にしたこともありますけれども、彼は自分で定期的にレントゲンを撮ってしまして、医者ですから、自分で撮れるのですが、この小さな影ですね、これもちよっと肋骨に重なって見にくいのですが、これを自分で見つけてCTを撮って、PETで確認して手術に及んだ。ここにがん細胞がある。こういうような形で早期発見にも、もちろん今元気に医師を続けておりますが。

それから、私の専門である放射線治療装置のことを御説明します。

ほとんどの、ほとんどというのは99%程度でしょうか、もう少しでしょうか、リニアック (Linac) という Linear Accelerator、これは電子を直線加速する装置、電子リニットです、これが放射線治療装置の98、99%を占めております。

通常、診断用のX線というのは高くても数百キロというレベルのX線を使います。ただ、放射線治療では数メガボルト、6ぐらいが一番使うと思いますけれども、電子をマイクロ波を使って数メガボルトまで加速します。それをタングステン等の金属に当てて精度放射として取り出されるX線を患部に照射するということになります。

これは実際の放射線治療装置の様子です。前立腺がんの治療をしておりますが、一体どれぐらい前立腺に照射するかというと、8万ミリシーベルト (80シーベルト) という、多く

の方にとっては信じられないような量を照射しております。これは前立腺だけです。ですから、透過線量近いですね、透過線量として80シーベルトということになります。

ただ、全身に照射することがありまして、白血病の骨髄移植では、移植の前に全身に12シーベルトを照射します。これによって白血病細胞も骨髄の細胞も完全に死滅しますので、その上で新たに他人の骨髄を移植するという大がかりな治療になります。

私などはこういった世界で33年間治療してまいりましたので、個人としても被ばくもします。したがって、今の福島での議論に対しては強い違和感を感じるわけです。安倍総理も一度来られたことがあります。

(動画再生)

「がんはやっぱり手術でしか治らない」、こういうふうに多くの国民が思っています。

これはある民放の番組に出たときのです。

今のはコバルトです。Co-60です。

今2ミリぐらいです。これ、6年ぐらい前のです。

これ、4回の通院で消えているんです。

95%は通院で可能ですね。

例えばのどのがん、肺がん、食道がん、前立腺がん、子宮頸がん、多くのがんで手術と放射線を同じような中立になります。ただ、申し上げたように、この行われている割合が、日本は先進国の中では欧米の半分程度ということですね。

例えばここにがんがありますが、切らずに治して、こんなふうに治ります。これがいいに決まっているのですが、なかなか、あるいはこれ喉頭がんですね。放射線によってこのように元に戻ります。

落語家の林家木久扇さんが、放射線で比較的早く「笑点」に戻っておられますが、進行したということもありますが、つくみさんは全摘をする。声帯を全摘するわけですから、声を失うということになります。

放射線治療の最も重要なことは、がん細胞にだけ放射線を集中するテクノロジーということになります。仮にがん細胞にだけ100%放射線を集中できれば、これは正常細胞が被ばくしないわけですから、無限大の線量を投与できるということです。したがって、局所照射では100%になるということです。

こうした流れのきっかけを作ったのはガンマナイフ治療と言いまして、これはCo-60の線源をこのように立体的に半球状に201個配置しまして、そして一点に集中させる。そ

うすると、例えばここに脳腫瘍がありますけれども、非常に集中力が高い。先ほど申し上げたがん細胞にとだけとはまだまだ言えませんが、それにかかなり近い状況で、これは1回の照射でこのような形に消えてまいります。

このガンマナイフの成功が引き続いて体のがんに関しても。ただし、体のがんはこのように動きますので、これは肺がんが動いている様子ですけれども、これに関しては、その動きの範囲を定量的に特定し、その動いている範囲にかける。あるいは最近では追尾をする、追いかける、こういう技術も発展してきています。

こういった最新のテクノロジーによってがん細胞が、これは4回の照射です。1回の照射時間は90秒です。肺がんは4回、前立腺がんは5回の通院でこのような成果が上がります。喉頭がんが治っている様子なのですが、これを少し解説した映像を見ていただきます。

(動画再生)

これ、1回2例ぐらいが普通なので、こんな温度になっています。

例えば試験管の中でがん病巣を培養して、そこに放射線を照射しても消えはしないのです。増殖が止まるとしても消えません。それは要するに、免疫の細胞がないからであって、最後に消すのは実は免疫の細胞なのです。ですので、今オプシーボのような免疫チェックポイント阻害剤、新しいタイプの免疫治療剤とこの放射線を組み合わせる。例えば全身に転移がある場合に、ある病巣にだけ放射線をかける。そして、免疫の作用を高めるような薬物を投与すると、要するに、免疫の細胞ががんの抗原性を認識できるのです、抗原性が高まる。がん細胞というのは、たった1個の細胞から全て始まっています。ですから、全て同じ細胞ですので、どこにあっても免疫の細胞がそれを攻撃できることになるという、そういう治療も行われ始めています。

今、働き方改革の中で、がんの治療と仕事の両立なんという議論もあって、その中で放射線は非常に良いツールです。

例えば、私が都内でお世話しているある病院は、夜10時まで放射線をやっているのです、夜10時まで。そうすると、90秒で済みますから、完全にフルタイムで働いて治療ができる。申し上げたように、費用は手術の半分です。ですので、これ、やらない手はないのですが、申し上げたように、日本は先進国の半分。

これはなぜかという、多くの国民ががんの治療は手術だと思っているからです。誰に習ったわけではないのです。ドラマなどの影響も強いと思います。この辺は、がんの教育が始まることによって変わっていくはずであります。

最後に、重粒子線治療、今のX線治療ですね、電子リニアックを使ったX線治療に対して、水素の電子核の陽子あるいは炭素の原子核、これを使った治療、炭素原子核を使ったのは重粒子、水素原子核は陽子線治療と言いますが、これはX線と違って質量がありますので止まります。ブラッグピークという止まる直前に大量のエネルギーを放出するという性質があります。それによって線量分布が非常に集中性が高まるのです。これはX線、X線は光ですから、基本的には透過していくわけで、基本的に本当に違いがあります。しかも、重粒子線については、炭素原子核については生物学的効果、がんに対する生物学的なダメージが非常に高いということもあります。したがって、例えば放医研で行われている肺がんの重粒子線治療は1回の照射で終わる。たった1回です。我々は4回ですけれども、1回の照射によってこのようにがんが消えていくということ。

実はX線治療は、今事実上、日本ではメーカーがございません。三菱重工がやっておりましたが、これを日立に売却しています。これが世界の市場の中で売られるかどうか分かりませんが、一方、重粒子線治療については、これは三菱電機からいただいたのでちょっと三菱のマークが目立ってしまっていますが、実は多くの国産メーカーなのですね、海外を含めて。マーケットにアクセスしているということです。

重粒子線治療は、実は欧米各国と比べても日本が、アメリカが第1位であります、日本も第2位という状況でございます。

駆け足になりましたが、我が国のがんの現状、そして放射線医療。とりわけ、放射線医療については国民の理解がまだまだだと思っています。この機会にがん教育と放射線教育を一体に進められるようなことができないか、このDVD教材も広く活用されることを願っています。

最後に、この放射線医療の国内市場の推移も最後に皆さんのお手元の配付資料につけてございます。上がり下がりがあるものの、基本的には上向いているというふうに思っております。これから更に国民の理解を得て、この市場が広がってくることを期待しております。

御清聴ありがとうございました。

(岡委員長) 続けてお願いしますか。

(林参事官) 一人一人です。

(岡委員長) それでは、御質問をお願いいたします。

(佐野委員) どうもありがとうございました。大変有意義なブリーフィングをしていただきましてありがとうございます。

幾つか質問があるのですが、国際原子力機関が、原子力をエネルギーとしてではなくて、こういう放射線の観点から、特に途上国対策、農業の増産とかやっている中で、その一つが、やはりこのがん治療にすごく力を入れて、今、日本人が事務局長をやっておられます。

(中川氏) そうですね、天野さん。

(佐野委員) 日米が結構予算をつけているのですが、東大病院の方でそういう協力要請があったり、あるいは協力する何かルートがあったりすることがおありか。それから、この放射線治療というのはあらゆるがんにも有効なのでしょうか。例えば膵臓がんとか骨がんとか難しいがんがあると思うのですが。それから医療被ばくが多いということが日本のがんが世界トップの国であるというのと因果関係があるのでしょうか、その辺りをお願いします。

(中川氏) まず、IAEAとの関係ですが、一昨年でしたか、アフリカ開発会議の際に私も伺いまして、そのときにちょうど天野事務局長とかなりお話しする機会があって、やはりIAEAとして放射線治療の推進というのはすごく思っておられる。実際、日本でも日本放射線腫瘍学会という組織がありまして、そこではかなりIAEAからの要請にも応えているはずであります。

2点目いただいたがんの種類なのですが、基本的には胃がんと腸のがんは手術の方がいいと。実は、胃がんや大腸がんは腺がんというタイプなんですね。にくづきに泉ですね、腺がんというタイプは、実は放射線に効きにくいという特徴があるのと、それから、私は手術で済めば、手術が楽ながんは手術でいいというふうに思っております。例えば早期の胃がんなどは、今、内視鏡で切除ができます。それは外来通院でできる。大腸がんもそうです。仮に開腹手術になったとしても、胃の部分切除というのは、実はそれほど大きな影響を与えません。

一方、例えばこれを御覧いただくと、食道がんですが、このように巨大な食道がんが、放射線治療と抗がん剤を同時に使う化学放射線治療と言いますが、これで跡形もなく消えているのです。

では、この食道がんを手術するとどうなるかという、まず、この食道は全部取ります。口の底からお腹まで全部取ります。当然そうすると食物の運搬ができなくなりますから、胃を細い管にして、そして、それを食道があったところを通して、今度は首、口の下で縫い合わせる。つまり、胸を開けるのではなくて胸と腹と首なのです。そして、胃は全摘されたにひとしいです。食べ物を一旦ホールドして、胃は消化していませんから、小腸が欲しいタイミングでちょこちょこ送り出すという機能がなくなるのでやせるのです。王貞治さんとか

小澤征爾さんとかですね。やはりそういう手術で負担があるものは放射線の方がいい。

簡単に言うと、胃がんと大腸がん以外は放射線という可能性を常に意識しておくことが必要です。だからこそ欧米では、がん患者さんの6割近くが放射線を受けるということになるわけです。

例えば子宮頸がんというがんがありますが、これは子宮頸がんは、実は欧米では8割方が手術なのです。手術と放射線は無作為比較試験と言って、放射線治療と手術をランダムに選択してもらって、その後の効果を見る。これは全く一緒でした。したがって、手術でも放射線でも同等の効果があるのですが、子宮頸がんを手術している割合は、例えば1期、2期、3期、4期は転移がありますので薬物療法になります。2期の子宮頸がんは、我が国では、ごめんなさい、ちょっとスケールが外れていますが、これ8割です。8割が手術なのです。しかし、欧米では、2期の子宮頸がんは2割しか手術をしていません。これは、日本が間違っているわけではない、同じ効力があるので。ただ、多くの日本人が、実はがんの治療は手術だと思い込んでいます。また、そういうこともあって外科医の数が非常に多いのです。日本は外科系10万、放射線治療の専門医って1,000名ですから、そういう伝統的にがんを手術という、そういうところがあった影響は大きいと思います。

それから、例えば骨というお話も出ましたので、これは骨肉腫ということではないのですが、これの方がいいですね。例えば、足の膝から下の骨って二つあるのです、太い骨の脛骨と細い方の腓骨。これ、がんの転移によって骨が溶けています、ここの部分です。それが放射線によってまた再生する。こんなことも起こります。

あるいは、これは背骨に転移した転移によって脊髄、神経の束ですね、これが強く圧迫されて、ここで圧迫されるともう四肢麻痺です、手も足も動かない状態。それが実は1回だけ放射線をかけて、大して小さくはならないのだけれども、わずかに小さくなって圧迫が取れて、この後かなり普通の生活を送れているのです。こういう症状を緩和するような放射線治療も日本は余り行われていないということです。こういう問題がございます。

最後にいただいた日本の医療被ばくが高いという問題は、先ほどの3.87というのは若干古いわけです。昔のCT以外のデータに2000年のCTデータを合わせたという数字ですが、あれが世界一高いというのは診断用の話です。放射線治療の方はそこに入っておりません。したがって、そこは、ただ確かに直線しきい値無しモデルを使ってしまうと、もうベースが4ですから、当然その分が加味されて、がんの原因の3%が医療ということになるのですが、現実には4ミリでがんが有意に増えるとはとても思えないわけですから、関係ない

と。

(佐野委員) ありがとうございます。

(岡委員長) 中西先生、いかがでしょうか。

(中西委員) どうもありがとうございます。

医療といいますか放射線の方は、最後おっしゃったように、診断と治療とに分けますと、診断の方はほとんどCTが今多いと。

(中川氏) そうですね。

(中西委員) といいますと、日本がこれから世界一に、なぜ多いかは分からないのですが、がんが非常に増えていくと。高齢化が来ているから。

(中川氏) はい。

(中西委員) そうしますと、ますます市場としては、これからの、どういうふうを考えればいいのでしょうか、診断の方も、それから治療も増えていくというふうを考えて。

(中川氏) それはもう間違いない。

(中西委員) そうしますと、治療の方はもっとリニアックだけでなく、先ほどいろいろ組み合わせるとおっしゃったのですが、 α 線を出す核種とかいろいろなアイソトープの開発というのも非常に将来性はあるのでしょうか。

(中川氏) あると思います。今日は、先生御指摘のアルファパーティクルを使ったゾーフィゴとかラジウムの薬とかです。それから、これからまた新たに前立腺がんのアクチニウムを使った治療なども開発が進んでいて、こういったアイソトープを診断ではなくて治療とするというようなことも増えてくるはずで、そもそも日本は世界一がんの患者さんが多い。そのための診断、そのための治療が必要ですから、これからもこのがんを取り巻く医療のマーケットは確実に広がっていく。

(中西委員) 実は、ちょっと経産省の資料を見ましたところ、診断用のマーケットは日本は結構、世界のマーケットで善戦しているのですが、治療用はほとんど日本の会社といいますかマーケット取っていないのです。それは、先ほど先生がおっしゃったリニアックとかそういうものなののでしょうか、それとも、研究開発が遅れているとか、どういう。

(中川氏) 日本は放射線治療をかつて、それこそ東芝もNECも三菱電機も電子リニアックを使った放射線治療装置の販売をしていました、世界に。ところが、今、事実上そこはなくなってしまったのです。そこは難しいのは、では、世界でどこが一番やれているのかということとバリエーションです。バリエーションという会社があるのです。これは大きな会社ではありません、ベン

チャーです。

実は、放射線治療の世界シェアが高い会社はみんなベンチャーなんです。そういう意思決定が早くて、そして産学連携を効率的に行えるような、そういう会社規模であった方がどうも成功しています。そういう点では、日本の大きな従前メーカーがそこに参入してきた。むしろ、今後日本でもベンチャー的なところが、大学発なんかが本当はいいのですが、バリアンはもともとスタンフォードから始まっています。そういった流れになってくるのが望ましいのかなという気がしています。

一方、粒子線治療は、やはりかなりの体力がないと難しいわけなのですが、そういう意味で重粒子線治療は日本のいわゆる大メーカーが善戦はしているものの、ここに関してもベンチャー的なシェアがないとなかなか難しいのではないかなというふうに私は思っております。(中西委員) ありがとうございます。

それから最後にもう一つ、お医者さんの数ですけれども、外科医の先生が10万人で、外科医といますか、放射線医学といますか医療ができる方が1,000人しかいないという。それはこれからどんどん、小・中学生の教育も含めて増やさないといけないということ。

(中川氏) そう思いますね。日本では、医師は国家試験に受かると、どこで何科の医者をやってもいいのです。果たしてこれでいいのかどうかという議論はあるのだと思います。専門医制度の改革も進んでいますけれども、やはり少し診療報酬、どこで何科の医者もできるという仕組みを変えるというのは、実はかなり大きな変革になりますので、やはり放射線治療あるいは放射線医学を取り巻く診療報酬を高くしていただく。そうすると、結果的には医療機関が医者を雇用しやすくなるわけです。あるいはプライベートセクターでは給与が上がります。そういった仕組みも必要かなという気がします。

(中西委員) もし御存じでしたら、欧米で放射線の医療をできるお医者さんのパーセントといえますか数というのはどれくらいになるのでしょうか。

(中川氏) 日本よりも2倍程度です、イメージとしてはですね。ただし、日本と違うのは、特にアメリカと違うのは、医学物理士と言いまして、例えば理学部、工学部でPhDを取ったような方たちが、放射線治療の現場に来て、医師とともにこの高精度治療を進める。その方たちが実はそのベンチャーを作ったりするのですが、そういった方々が実は日本では雇用することができにくいのです。医療機関の中で、例えば医師がいて看護師がいて、診療放射線技師ぐらいまではいいのですが、それ以外、特に医学物理士は国家資格ではありませんので、

病院としては雇う名目がないのです。そうすると、事務員、事務職として採用される。それはしかし、例えば阪大で素粒子を勉強して博士号を取った彼らにしては、ちょっと待遇としては問題があるので、やはり医学物理士をきちっと雇用できる環境を整えるということが非常に大きな課題かなという気がします。

(中西委員) どうもありがとうございました。

(岡委員長) 大変すばらしい活動をやっておられて、治療だけじゃなくて教育も、あるいは福島もますます期待しておりますけれども、質問は、医学物理士の質問をしようと思っていたのですが、これは、日本は今おっしゃったとおりだと思うのですが、世界では米国だけですか、そうではなくて。

(中川氏) どこも欧米は医学部というより、むしろ中心ですね。医者数は、実はアメリカで2倍までないのではないのでしょうか。医学物理士の方は、新しい治療技術の開発とか、もつと言うと、新しい装置の開発とか、掛け算で聞いてきます。私どもにも東大病院には4名ほどおられますが、実験物理の方あるいは理論物理の方、原子力工学分野からも来られている方がいます。今特に物理の領域でなかなか雇用が進まないわけですよ。彼らは、ですから生活どころか、なかなかそれこそ家庭を持つこともままならないという現実があります。本当にあります。これはちょっと余談ですが、結果としては優秀な遺伝子が残らないということにもなってしまう。この放射線治療を支える医学物理領域に多くの方が入ってこられるように、例えば大学の中で医学物理の講座というのもほとんどないのです、日本では。ちょっとこの組織あるいは職制として、病院での職制、あるいは大学の中での講座の仕組みの中で新しいものがなかなか作りにくいということも大きな課題かなという気がします。

(岡委員長) 国家資格に日本はなっていないのですね。

(中川氏) なっていないのです。

(岡委員長) アメリカは国家資格なのですか。

(中川氏) いや、アメリカも国家資格ではないです。ヨーロッパではかなり国家資格的なところが。

(岡委員長) 東大にいた時に、日本に医学物理士資格を作ろうとして一生懸命努力された。上坂先生が。そのときにいろいろ反対はあつてうまくいかなかった話を聞いているのですが、それがすごくネックになっているのだとしたら。

(中川氏) そうですね。上坂先生と本当にいつもお付き合いしてまいりましたけれども、この辺はなかなかやはり硬直化しているなという感じがいたします。

(岡委員長) あと、別の質問ですけど、先ほどベンチャーとおっしゃって、これは原子力全体と申しますか日本全体の課題だと思うのですが、特に放射線、アイソトープとかはベンチャーは、原子炉よりはるかに出しやすいところがあって期待をしておりますけれども。そうですね、何の質問をしたらいいのだろう。

日本の問題を見るとときに欧米とかと比べるといいというふうな観点で御質問させていただくと、治療法としてガンマナイフあるいはリニアック、あるいは重粒子線だと、大体この割合というのは、欧州、米国、日本と比べて、大体同じくらいなのではないでしょうか。

(中川氏) そうですね、基本的にはそう変わりません。というのは、全身の医薬がほとんど95%以上です。

(岡委員長) もうガンマナイフなくなっちゃったと。

(中川氏) なくなっちはいません。我々のところも新しいのに変えまして、3月末からやっています。ガンマナイフは日本でいつぐらいですかね、50施設ぐらい。

(岡委員長) あとは、そうですね、あとは大学教育とかそういう観点で言えば、米国とか、あるいは欧州と比べて日本の大学教育という意味では何か御意見とかございますか。

(中川氏) 一つは、岡先生御指摘の医学物理の教育の組織というのがほとんどないということなんです。ただ、アメリカでどのようにして医学物理士が非常に増えたか。5,000名以上いますよね。それは、結局のところ、優秀な理工系の専門家が医療現場にいたら、良い治療ができるに決まっているのです。そのことがアメリカ人には理解され、したがって、いい物理士がいれば、その人が国家資格を持っていなくても診療報酬を上げるという動きになってきました。それは民間の保険会社がそこを値決めをしているというところがあるのです。

日本ではもう一つ、診療放射線技師さんのソサエティが反対している。

(岡委員長) ええ、そうですね。

(中川氏) こういった問題もあって、でも、例えば私が患者になった場合には、やはり優秀な理工系専門家がいます施設で治療を受けたい。そういったことが広く国民が分かっていたら、そのような情報提供していただきたいと思うし、原子力委員会におかれても、この放射線治療の普及というものを課題の一つとしていただければ本当に有り難いと思います。

(岡委員長) ありがとうございます。

まだ御質問あるかと思いますが、後でもまたございましたら。

それでは、次の御発表をお願いします。

(大沢氏) キヤノンメディカルシステムズの大沢です。私は、昔、X線とかCTの開発をやっ

ていまして、医療全体の、あと総合画像診断のシステムを作っていました。今は経営企画の方で全体的な中古利用の方で装置再整備の仕事をやっていますけれども、全体の医療機器、診断機器につきましては分かりますので、弊社がずっと取り組んできた診断機器とその課題について御説明をさせていただきます。

ということで、一般的な医用画像診断というものを原理等を御説明した後、実際の弊社のカタログがある、医用画像ってこんなものですよ、こういうことを診断しますよということをお話ししまして、医用の課題としてはやはり被ばくで、医療被ばくということが弊社のずっと課題です。放射線を利用するに当たって非常に有益なリソースなのですが、やはりこれを安全に被ばくを回避する、リスクを回避するということでずっと課題を背負ってやっております。あとは弊社の沿革を含めて御説明をいたします。

これは、放射線を利用した医用画像診断機器ということで、これは特許庁さんの資料で一番良い説明になっています。医療機器というのに、弊社というのは医用画像診断装置と治療装置もやっております。医用画像診断装置のうち放射線を使っているのがX線診断装置といういわゆるレントゲン、あと血管造影ですね、心臓の血管を見たり、あとは脳血管を見たりするときに血管造影というのをやっていますし、あとはバリウムを飲んで胃のレントゲン写真を撮るとか、そういうふうなことでX線診断装置があります。

あとX線CTということで、再構成画像で二次元画像なり三次元画像を作るものですね。あとは核医学という装置で放射線同位元素を体内に注入して、それを画像にして診断をする装置があり、機能診断に当たりますけれども。その他に、放射線を使いまして、超音波診断装置とMRI装置があります。実は3. 1 1という東日本大震災のときで、放射線がかなり話題になったときは、売上げ的にはX線CTはメインだったのですが、一時期MRIの方が急に伸びてきました、被ばくをしないということで。先ほど中川先生の売上げの推移を見ると、2011年から2012年にかけてMRIの方の販売台数が急に増えています。放射線を使用しないMRIと超音波が増えて、現在今またCTの方に戻ってきています。そういう傾向が伺えます。我々の事業としても、2011年で1回そのような転機がありました。ということで、医療被ばくということは市場的にも大命題であると思っております。

現実的には、レントゲン装置は、X線の透過を見てフィルムに落として二次元平面で画像に変えます。ここにX線検出器の問題とフィルムの問題がありますけれども、ここをいかに感度よく、分解能をよく撮るかというのはこの医用画像の問題です。

X線を応用したX線CTは断面を撮ります。再構成をして、この二次元平面の画像をつく

るのですが、ここのスライド幅という、かつては5ミリ幅でつくっていたのですが、今は0.25ミリとかどんどん細かくなった。それによって、前は1回転で1枚の画像を撮っていましたがけれども、4枚、16枚、256枚、今は1,000枚一気に撮れます。今は1回の調査で1,000枚撮りますので、逆に放射線科医は、昔は1枚、4枚でよかったのが、今は1,000枚見なければいけないので、逆にお医者さんは画像診断にかなりの時間をとられています。その辺が逆に医療瑕疵とか見落としの原因になっているので、ちょっとメーカー責任もあるのです。X線CTについてはいかに1回の回転で大量のデータを撮るかという技術で、今、世界では弊社が今トップを走っていると思っております。

この形式というのが、1枚だったのが今は1,000枚一遍に撮るような検出器で、この検出器の開発です。その前に機構的にヘリカルということで回転を連続的にすることによって、より早く撮影するという技術から、機構から、次は検出器を広げて1回のばく射で多くの枚数を撮る。今はこの検出器の中をもっと細かくして枚数を撮ることと同時に、画像処理によってより高画質な画像をつくるというふうなことをやっております。検出器のところを高精細にして今は画像処理、AIを使って医療過誤がないように取り組んでいます。

核医学診断装置というのは、病巣に取り込みやすい核種を注入して放出されるγ線を画像に変えてやるので、機能診断的になります。X線CTというとX線の透過なので、固さを意味しているというイメージです。骨が白く写って、空気が黒く写るので、固さをイメージしているというふうな概念です。

機器についてモダリティと呼んでいますけれども、X線とか放射線を使っているのがレントゲン、X線CT、核医学診断装置の3サンモダリティになりますけど、X線を使わないものでは、MRIと超音波診断装置があります。MRIは、電磁波を使ってX線CTと同じような原理で再構成原理を使っています、周波数と位相を二次元平面に展開をして、その水素の密度を示します。だから、水っぽさが画像になるというふうなことがMRIの特徴です。なおX線ですと延髄とか脊椎の中は真っ白になってしまいますので見えませんが、MRIではよく見えます。そういう意味で、診断の目的は違いますけれども、これは水っぽさを意味していると、素人的には言えます。

もう一つは超音波診断装置です。超音波は、音波を出して、その反射を見て、それを画像にしております。ドップラー効果を使いまして、血流が見えます。ドップラー効果を利用して、それを血流イメージに変えてやっています。そういう意味では、放射線を利用したものがレントゲンとX線CTと核医学診断装置になります。

治療は、中川先生の方でありました治療装置もやっております。これは割愛いたします。

どっちかという、レントゲンとX線CTは固さを画像にしている。核医学は骨とかがんとかを画像にして機能診断をやっています。MRIは主に水素原子を画像にしているので、H₂Oなので水っぽさを画像にしている。超音波については音波の反射で固さや血流を画像にしており、それぞれ特徴があります。

そうすると、やはり上の放射線を使った3モダリティというのは医療被ばくの問題を開発当初からずっと抱えております。これは当初からの一番の課題であります。なので、非放射線と放射線を使う装置ということで明らかに我々の開発の安全の設計の概念も変わってきます。

これはレントゲンの画像で胸の写真で、これは造影剤を入れた消化管の画像ですね。これは血管造影ですね、カテーテルを入れて、造影剤を入れて心臓の動きを見るようなことです。動画で再生しながら見ます。この画像は一番昔からあるX線診断装置の画像になります。

これはX線CTですね。これは頭の1枚のスライドですけれども、それを1回に対して1枚撮るのか、4枚撮るのか、1,000枚撮るのかによって全然診断及び被ばくが違います。だから、今は1,000枚まで撮れるようになりました。弊社だけですけれども、1回の撮影で1,000枚です。それを三次元データで撮りますので、それをあるX線CTのしきい値ですね、濃淡のしきい値で切ってあげると、血管だけこういうふうに浮き出すことができます。

それを心臓に適用して、心臓の血管だけを浮き出すような画像処理によってこういうふうな心臓の画像を出せるようになりました。

これを1回の被ばくとかばく射によって、いかに大きなエリアを撮るかということも開発競争になっております。

こういうことができるようになったのは、X線CTの装置の納入はますます増えております。2011年の問題はありますけれども、それ以降もやはりX線CTが伸びております。MRIは5ミリフリスぐらいの分解能ですが、X線CTの方は0.25ミリです。より精細な画像が撮れます。なおかつ、撮影時間が早いです。MRIが30分、1時間、スピンの緩和時間というふうな、撮影時間の問題がありますので、X線CTですとすぐ撮れますので、その辺でX線CTがやはり一番有益になっています。

これは核医学診断装置です。骨シンチと言われる骨に取り込みやすいRIを投入して画像にしたものです。ただ、これですと位置がぼやけていますので、それで中川先生がおっしゃ

ったPET-CTですね、CTの画像とPETというガンマ線の画像をオーバーラップさせて、いろいろな取り組みやすい核種の映像とX線CTの画像をオーバーラップすることによって位置がかなり正確に分かるようになりました。ということで核医学診断装置は、今、PET-CTがだんだん主流になっていると思います。

これは超音波診断装置です。これはX線を使わないし、かなり安いので、やはりどうしても購入しやすいというふうなこともありますし、これは肝臓ですね、これは頸動脈だったりこういうふうな形で、血流が赤で表示されこっちに向かってくる方向であることがわかります。ドップラー効果を利用して向かってくる方向の周波数が変わりますので、それを赤くしている訳です。

これは超音波の平面画像を三次元に再構成したものです。これは胎児の顔も分かるぐらいになっています。

これがドップラー効果を利用した最たるものですが、心臓の弁の動きを見るときにこういうふうな形で、青は向こうに向かっている血流ですが、これによって、この弁がおかしくなると、この赤と青はぐちゃぐちゃになってくると、ちょっと弁膜症の疑いがあるとかというふうに見えます。こういうふうなドップラー効果を利用した映像化もやっています。

これはMRIですね。頭の画像です。これは放射線を使わないというようなことで、一時期かなりMRI装置が納入されたことはあります。

それで、やはり我々もかなり気にしているのはX線CT撮影です。5～30ミリシーベルトという、大体6～9ミリシーベルトぐらいかなと、1回の撮影でそのぐらいの被ばく。胸部レントゲンですと0.06なので、その10分の1ぐらいなので、そういう意味で、やはりX線CTの1回の検査でいかに多くの情報をと、いかに広いエリアを診断するかというのはやはり開発競争になります。

これが、なぜX線CTが多いか。日本は非常に健康保険の関係で誰でもX線CTは簡単に撮ってくれますし、ヨーロッパなんかに行ったら3か月待ちぐらいでしか撮れませんので、X線CTはなかなか検査を受けられないのです。そういう意味では、私は日本に生まれてよかったなと思っているのですが、そういう意味で、X線CTというのは非常に有益な診断検査の方法とは考えております。

なので、逆に言えば、日本の医療制度と日本の市場、あとはお医者さんの考え方もあるのですが、やはりX線CTが撮りやすく医療制度でかなり進んでいるので、やはりX線CT

は日本が多いし、そのために被ばくが多いというふうに思っております。

問題は、このX線CT装置、我々一番気にしているのは、1回した撮影で6ミリ、9ミリシーベルト受けますので、その画像が失われることによって画像がなくなってしまうと診断できないので、もう一回撮り直しということになります。そうすると、それは診断の前の医療被ばくになってしまいますので、そういうふうなことで、装置自身の安全性に関わります。1回撮った画像については、消えないようなことのいろいろな防護手段を装置的にはやっております。

当社は被ばく低減か、若しくは高画質。要は、この両方の相反する二律背反のようなテーマだったのですが、やはり今はそうは言われてられないというか、我々の昔からの長年のリスクのテーマですけれども、要は、被ばくはできるだけ少なくして高画質の方にというふうなことで取組を進めております。

今、360度SAFETYと考えたのですが、患者さんはもちろん診断のために被ばくはするのですが、これを扱う医療施設の医療従事者であるお医者さんもそうですし、放射線技師さんもそうですけれども、やはり被ばくを受けます。被ばくを受けないように、あとは間違った効果によって間違ったX線ばく射をしないように、安全性の問題です。そういうことを含めて、あとはもう一、ね我々のメンテナンスする従業員がいますので、放射線の扱いを含めて全て360度について放射線を扱っている限り安全管理が必要だと思って取り組んでおります。

装置的にはX線CTで、とにかくヘリカルによって機構的にはいろいろな取組をしますが、面を大きくして、昔は数センチの幅の検出器だったのですが、今はこれを16センチ幅にして一気に16センチのエリアを撮れるようになっていきます。なおかつ、その16センチに対して、より細かい画像が撮れるように作って、昔は5ミリ、1ミリスライスと呼んでいたものを0.25ミリですから、4分の1の分解能を上げまして、4倍の分解能を上げまして、1回で1,000枚撮れるような形で今進めております。

これまで検出器に取り組んできていますが、次に、やはり画像処理です。画像処理を駆使して、逐次近似ということで、事前に統計的ノイズモデル等を作っておきまして、あとは臓器別、機構別にノイズモデルを作っておきまして、それによってばく射によるいろいろなノイズ低減をした後に画像をつくるということによって、低線量な画像でも高画質、今までと同じぐらいの画質は撮れるというふうなことの取組をやっています。

X線については、例えばカテーテルの検査で、やはり集中的に同じところをずっと見続け

ると、皮膚被ばくによって傷害が起きますので、その辺を、どの辺がどのくらい傷害を受けるかどうかを映像的にリアルタイムでモニタできるような形の、これは医療従事者の方に警告を鳴らすような形のリアルタイムモニターの線量マネジメントというのを開発しました。

そういうふうなことで、どっちかという課題は、やはり医療被ばくの問題です。放射線を使う上で医療被ばくから逃れることはできませんので、我々はこれについて360度SAFETYという考え方でやっております。

これは弊社の紹介になりますので。基本的には、営業会社系と開発系がありまして、旧東京芝浦電気と東芝が開発・製造をやっております、東芝メディカルという営業会社とサービス会社がありますけれども、ここでは放射線機器を扱っているのです、それを2003年に東芝メディカルというふうなことでずっとやっておりますけれども、ちょっと事情があってキヤノンの方になりまして、今はキヤノンメディカルシステムズになってはいますが、この動きは全部変わっておりません。

ということで、ガンマカメラをやっていたり、最初にX線管球を国内で作ったり、世界で初めてX線CTのヘリカルスキャンを実現したのも弊社です。

ということで、放射線機器は、X線CTと、循環器というのは血管造影の方でこれを含むX線診断装置とおよび核医学、この辺が放射線を扱う機器になります。あとMRIと超音波診断装置と、治療システムは診断ではなく治療ということでやっております。

医用画像というのはいろいろな画像がありますので、それを総合的にお医者様がX線CTで撮った画像、X線診断装置で撮った画像、核医学、MRI、超音波もそうですけれども、総合的に診断することがありますので、この辺を一緒に並べたり、いろいろな複数のモダリティですね。いろいろな装置の画像について総合診断するような画像システムをやっています。病院の受け付けのシステムもやっていますし、診断書とか電子カルテも。あとはインフルエンザの検査キット等をやっていますが、主流は、この画像診断になります。

一応年間4,000億ぐらいの規模の販売売り上げをやっております。

海外法人11社で77代理店、140カ国に一応販売・サービスを展開してあります。

こんな会社ですけれども、弊社の一番大事な360度SAFETYということで、被ばく低減、管理です。これが一番重要だと思っております。

患者さんの安全確保。これも安全管理は、医療機器なので、それで傷害事故が起こったら大変なことになりますので、とにかくこの被ばくと安全管理というのは徹底しております。

あと操作ミスの低減ということで、これ、本当は撮る必要のない、例えばX線CTスキャ

ンになったりしますので、その辺は起こらないようにとかいろいろなことを取組をやっていきます。あと、間違っって撮り直しということがないように、徹底的な操作ミスの低減についても取り組んでおります。

あとは、従業員全員に対して、もちろんサービスをする者を含めて、開発者も含めて、放射線の扱いの管理については徹底をしております。

そういう意味で、A I D R 3 Dというのは、X線CTの画像処理技術によって被ばく低減で、同じ線量でも高画質なものができるようにというふうな取組と、X線診断装置ではD o s e R i t eという線量マネジメントで、カテーテルの診断で同じところにずっと1か所に当たりますと、やはり皮膚被ばくによって傷害が起きますので、その辺が分かるようにというふうなことの開発を進めております。

これはA I D Rですが、A I D Rという意味は逐次近似再構成法の略でそれと同じようにF I R S Tというのもありますけれども、基本的には逐次近似再構成法ということで、X線ノイズを事前に画像処理によって取り除いて、基本的には被ばくを、低線量のもので4分の1ぐらいでも同じような画質が撮れるようにというふうなソフトウェアを組み込んでおり、被ばく低減の取組をやっております。

もう一つは、これは例えばD o s e T r a c k i n gと言いまして、皮膚放射線量被ばくをリアルタイムでモニターして、この辺がずっと当たっているの、やはり視野を変えてやらないと、この辺に傷害が出てしまいますよということを医療施設側（がわ）にモニターできるような形で、線量マネジメントツールというのを装置に搭載しております。

弊社でのリスクは医療被ばくが問題であり、この解決について進めています。X線自身は弊社にとってなくてはならないものなので、医療被ばくについてずっと取り組んできたというふうな歴史があります。

(岡委員長) ありがとうございます。

それでは、御質問をお願いします。

(佐野委員) ありがとうございます。

特にないのですが、先ほどの医療被ばくとがんの発生の因果関係ですね、これは余りないというようなお話があった訳ですが、やはり機器のメーカーとしては、医療被ばくをなるべく少なくしようとしていると思いますが何か医療被ばくによって事故が起きた例があるのですか。

(大沢氏) 基本的には、放射線技師を含めて年間50ミリシーベルトマックスで、5年間で1

00ミリシーベルトという、やはりそういうような放射線リスクはあることが分かっているので、我々もそういう意味で、CTが1回6ミリから10ミリですので、それで5回検査を受けちゃったらもう医療従事者と同じぐらいの被ばく、やはり被ばくというのは危険ですから、そういうふうな観点で、それをできるだけ、少なくとも放射線技師の基準よりも少なくしないとイケないと思って取り組んでおります。

(中川氏) ちょっと補足してよろしいですか。

(岡委員長) はい、どうぞ。

(中川氏) 「THE LANCET」に出た、日本のがんの3%が医療被ばくであるというようなことはないというふうに申し上げますが、医療被ばくが少なければ少ないほど一応いいのです。

(佐野委員) そうですね。

(中川氏) もちろん限度はないのです、医療被ばくには限度はないのですが、下げようとすることは必要だし、また、特に血管撮影では確定的影響が出るというのは、実はそれほどまれではない、これまで。ですので、皮膚潰瘍ですよ。したがって、そういったものをできるだけ下げようとする努力は必要かなと。ただ、臨床医からすると、それによって画質が悪くなってしまう、あるいは余り制約が強くなってしまうと、結果的には早期発見等が行われなくなってしまうので、この辺のバランスをどう考えるかというのは非常に重要な気がする。

(佐野委員) ありがとうございます。

(岡委員長) 中西先生、いかがでしょうか。

(中西委員) どうも御説明ありがとうございました。

沿革というところに出ているのですが、X線を使った診断から始まってずっと発展されてきていると思うのですが、年間4,000億円というのは、世界の市場をほとんど取っているぐらいのすごい売上げになりますか。

(大沢氏) いや、今、世界第4位です。GEさんとシーメンスが世界のトップで、次にフィリップさんで、次、弊社ということで。

(中西委員) そうですね。何かものすごいマーケットを取っているなという感じですが。

診断の方に非常に集約されて、治療の方というのは余りされていないと。

(大沢氏) 治療的なものを考えると、やはり治療の市場というのは余り大きくないのです。本当は全体の取組をしたいのですが、治療の方は、逆に企業にとってリスクも大きいのです。

治療というふうな行為なので、診断ですと診断なので、治療によっていろいろな患者さんのあれがあるけれども、診断という分には非常に許されるというか、取り組みしやすいというふうな考え方はあります。

(中西委員) あと、この診断でも発展させるには、これはやはりお医者さん以外の物理とか理工系の方が中心に、どこかの病院と提携しながらということですけども、会社の中では理工系の方が中心にやってきました。製品開発ですけども、理工系の方が中心ということですね。

(大沢氏) 基本的には開発と設計はそうですけれども、ある程度固まってきたり、あとは今後の医療機器については、いろいろな大学病院さんと組んで共同研究の形で作るということです。

(中西委員) はい、分かりました。

あと、これは余り聞いていいのかどうか。沿革では東芝からキヤノンに変わっても内容は余り変わっていないと。

(大沢氏) 会社自身は変わっていない。

(中西委員) 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。

今、世界の会社のお話があったのですけれども、それぞれの会社で何か強いところとかそういうのはあるのでしょうか。

(大沢氏) あります。弊社は特に世界的にはC Tでトップだと思っています。ただ、MR Iになりますと、今のところGEさんとシーメンスさん。特にシーメンスさんはMR Iは強いですね。だから、そういう強い診断用をどんどん開発していますので、我々もC Tの技術者をどんどん投入せざるを得ない、そういうようなことはあります。

(岡委員長) もう一つは、中川先生に伺った方がいい。放射線治療がまだ欧米に比べて少なく、しかし、C Tによる被ばくが多いとおっしゃったところは、何かちょっと論理的につながらないです。放射線治療をするためには診断しないといけないはずだと。そうすると、欧米の方は被ばくが多くなってもいいのではないかと思ったのですけれども、そうではないのですか。

(中川氏) 放射線治療の件数というのは、放射線診断と比べるとはるかに少ないのです。

(岡委員長) そうか、そうか。全体の診断で非常にたくさん使われていると。

(中川氏) はい。確かに、大沢さんおっしゃったように、私、留学しているときなんかは、C

Tを撮ってほしいと言っても結局撮れませんでした。本当はないのです。3か月待ちというのは当たり前で。ですから、日本は本当にその気になれば、駅前のクリニックでCTを撮れるわけですね。ですので、やはりCTをベースにした医療被ばく全体というのは日本が高くなってしまふということです。

(岡委員長) ありがとうございます。

(中川氏) ただし、繰り返しますが、3.87には放射線治療は入っていませんし、それから、そのデータは2000年だし、その他はもう実は80年代のデータという点では、やはり医療被ばく全体の正しい評価をここでもう一回しておくことは必要かもしれない。

(大沢氏) そうしますと、私いろいろ世界回っていますけど、これだけ医療診断機器を使える、簡単に撮っていただける国はないです。そのくらいCTは普及していますし、簡単に診断していただけるということで非常に幸せな国です。

(岡委員長) 日本の保険制度なんかも関係しているのかもしれないね。

(大沢氏) はい、それはもう。

(岡委員長) 先生方、他にございますでしょうか。

それでは、どうもありがとうございました。

その次をお願いします。千代田テクノルさん、お願いします。

(三村氏) それでは、株式会社千代田テクノルのアイソトープ医療事業本部の三村が発表させていただきます。

本日は、このような機会を頂きまして誠にありがとうございます。

私の方からは、放射線利用の状況ということで、主にラジオアイソトープですね。これからRIと省略させていただきますが、これの利用面から発表させていただければと思います。

目次ですけれども、まず最初に、恐らく千代田テクノルってどんな会社か皆様よく御存じないと思うので、簡単に千代田テクノルの会社の紹介をさせていただきます。2番目に核医学診療、どちらかというと本当にラジオアイソトープの診断と治療の現状です。それに少し工業分野の話も盛り込ませていただいています。

最後に、当社の基幹事業でもあります放射線測定サービスの一部を若干紹介させていただきます。発表を終えたいと思っています。

イメージですけれども、ここに「がん診療」とありまして、中川先生の方から、がんの診断技術であるとか、ちょっと見づらいなのですが、治療技術のお話をさせていただいたと思うのですが、今回、キヤノンさんからPET、SPECT、本当はこれ、ラジオアイソトープだ

ったので、本当はここに診断のハードウェアですとCTですとかX線装置があるのですが、私の方はこの円のところです。非密封RI、ポジトロン核種あるいはシングルフォトン、こちら辺の話と、あとは治療の方でも、こちらはどちらかという外部照射と言われるリニアック、プロトン、この辺は中川先生がお話しいただきましたが、内部照射の方は密封RIと非密封RI。実はこれはラジオアイソトープとハードウェアという括りでこうやったら、RALSというのはRemote After Loading Systemなのですが、これは内部照射の方なので、これは右側（がわ）に来なくてはいけないんですが、これは後で訂正して提出させていただきます。すみません、RALSというのは、実は千代田テクノルが国内の約8割を取り扱わせていただいているので、のっけからやってしまったのですが、すみません、これは後で訂正させていただきます。

まず、千代田テクノルですけれども、企業理念が「放射線の安全利用技術を基礎に人と地球の安心を創造する」。とにかく放射線を使って利用技術、こちら辺を当社の企業理念として創業しております。会社は細田、社長が山口ということで、昭和33年6月12日ですから、ちょうど60年になります。従業員は506名プラス、工場で働いている方を入れると約600名です。本社は東京都文京区湯島にございます。一応全国17か所に営業所がございます。

業務分野ですけれども、放射線の利用と防護というところで、放射線の測定あるいは医療分野、原子力分野、また産業分野ということで、各々施設的设计ですとかモニタリングですとかメンテナンスですとか、こういう周辺の放射線を正しく企業理念のとおり、放射線を利用する周辺機器のことについていろいろと弊社の方で関わらせていただいております。

主な取扱品目としては、ガラスバッジと呼ばれる個人被ばくの線量計ですけれども、先ほど来あります放射線従事者の方がどれくらい被ばくしているのかというのをこの装置を胸につけたり、あるいは指先につけたりで測定をしています。

あと、これはD-シャトルという、これは後ほど出てくるのですが、今回の福島原子炉火災の事故のことで非常に普及させていただいたのですが、D-シャトルという物です。

あとガンマ・キャッチャー（コンプトンカメラ）なのですが、このカメラで放射線がどこにどういう分布をしているかという、こういう放射線の見える化をすることによって、例えばその部屋の汚染状況ですとか、あるいは外部の放射線が今どのように分布しているのかというのが分かるような、こんなような装置を販売しています。

あとはホットセルです。これは原子力研究機構のところをお借りしているのですが、海外

からラジオアイソトープを輸入したものをチェック、あるいは汚染があればここである程度除去したり、そんなことをやっています。

G a - 6 ジェネレータ、こういう密封線源を輸入して研究機関や病院さんに販売させていただいています。

あと、一部放射線治療装置の方も販売させていただいてまして、サイバーナイフというリニアックの高精度なものなのですが、あるいは先ほど私がちょっと間違ってしまったという R A L S というイリジウムの密封線源がこの先端から出てきまして体の中から照射する、こういう医療分野から放射線測定、原子力分野、このような様々な領域で当社の方は関わらせていただいています。

ここから本題になるのですが、核医学診断の現状ということで、まず診断分野なのですが、すみません、資料がビジーで大変恐縮なのですが、これは P E T 検査ですけれども、P E T 検査は特に 2 0 0 7 年から非常に普及してきまして、2 0 1 7 年、これまだ中間報告、8 月末の 7 6 . 4 % 時点ですけれども、早く 5 4 万ということで、非常に P E T 検査の先ほどのポジトロン検査ですね、これが非常に伸びています。シングルフォトンの方は、主にこのうちの 6 割から 7 割ぐらいはテクネチウムを使った診断ですけれども、少しピークに比べると落ちてはいるのですが、それでもまだ検査件数としては 1 0 0 万件を超えていまして、実際にここに P E T が増えてきていますので、その辺を P E T も含めると年間 1 5 0 万円ぐらいの核医学の診断の方はなされているという資料がこれでございます。

主な使われ方としては、腫瘍の転移とか、あるいは再発あるいは梗塞など、骨や脳、心筋の血流状況なんかを検査に用いられて、テクネチウムだけで 1 8 テーマ、3 4 品目で非常にテクネチウムというのが使われている。このテクネチウム、^{99m}T c、これは後で出てくるので、ちょっとここで少し強調させていただきます。

R I 需要の現状と今後の予測ということで、先ほどの⁹⁹M o を利用して、これからリミテイングした^{99m}T c ができるのですが、主にここで強調したいのは、ここの供給が非常に困難になるときがあるということで、実は 1 0 0 % 日本は輸入しています。実は、この原子炉のトラブル、老朽化によって原子炉がもう作らないよとか、あるいは火山が噴火したりして 2 0 0 8 年、2 0 0 9 年ぐらいにどんと下がりまして、非常に国内で供給量が閉ざされてしまったときに、大型のジェネレータを一気に増やして、何とかやりくりしていたということ聞いています。ですから、やはりこういう、このグラフで言いたいのは、やはり安定供給のために 1 0 0 % 輸入に頼っているとそういったところがあるのかなということはこのグラ

フでは強調させていただいているのですが、やはり先ほどの100万件を超えているうちの約7割ぐらいはテクネが使われているというところで、まだまだ需要ということはございますし、あと現状、こういう100%輸入に頼っているということをここで御紹介させていただきました。

次に、これ治療分野の方なのですが、実は、この治療分野も順調にというか非常に増えているのですが、2012年のこの緑色、これは骨転移のストロンジウムというものが使われていたのですが、最近、2017年になりまして、2016年から使われるようになったのですが、非常に伸びがある青色のところ、3,743例と書いてありますが、これは中川先生から先ほど御紹介いただきましたけれども、初めての α 線放出の治療薬になりますね。²²³Raのゾーフイゴと言われるお薬です。単純計算しますと、1回当たり68万4,930円、細かいですが、通常、その患者さんの状態にもよるでしょうけれども、災害6回までとなりますので、この約68万5,000円を単純に3,743を掛けると約25億円ぐらいの数字が出てきますので、そういう意味では、やはり非密封のラジオアイソトープも順調にというか伸びてきているのかなというふうにこのグラフでは示しています。

ちなみにということで、放射線治療装置の方です、ハードウェアの方ですけれども、これもちょっと見づらいなのですが、中西先生が先ほどおっしゃいましたけれども、ほとんどが、これが外資系ですね、中川先生おっしゃいました黄色が米国系ということでバリアン、あと緑系は今エレクトさんになっていると思うのですが、日本では、放射線の治療装置、ジャストロの統計によりまして900台をちょっと超えたところだと思うんですがそのうちのほとんどが外資系という形で、一部粒子線治療装置は日本が頑張っているんですが、現状はこういう形でございます。

ちなみに、ゾーフイゴなんかもバイエルで輸入ですので、やはりここら辺非常に放射線治療、重要なのですが、輸入に頼っているというところでございます。

次に、先ほど α 線だったのですが、今度は β 核種の方です。

その β 核種も、実際黄色のところ、先ほどのSr-89という疼痛緩和のところ、使われていたり、あとはヨウ素治療、甲状腺がんなんかを投与するときのヨウ素131 (I-131) この辺は既に医薬品として認められていますけれども、今、加速器で発生した中性子による製造核種、銅-67です。まだこれは放射線、気になるのには幾つもの壁を通らなくては行けないのですが、これは非常におもしろいと注目されているのは、がん診断と治療の両方に使えるのではないかと。これは、 β 線と γ 線を同時に出しますので、ガンマ

線を出すことによってSPECTのカメラで撮影して、β線の短い既定で地理をするということで、このような風のあるものが最近いろいろ研究、まだまだ研究ですけども、されております。

あとは、この辺のレニウムあるいはルテチウム、ここら辺がβ線のエネルギーを出すということで、この右側（がわ）にグラフがありますけれども、軟組織中の飛程ということで、がんの大きさによっていろいろと使えるのではないかとということで、ここら辺も今開発をするような形で今β線の核種も研究されております。

先ほどのゾーフィゴのあれがあったのですが、これがゾーフィゴの売っているものです。非常にβ線、ここら辺は釈迦に説法ですので省きますが、α線は非常に飛程が短い、破壊力があるということでゾーフィゴが増大していますけれども、このアクチニウムというものです、それとあと最近アスタチンという、これはサイクロトロンで作れるということで理化学研究所さんなんか結構作られて研究されているのですが、このα線を放出してヨウ素と似た化学特性を示す元素ということで、アスタチンなんか非常に面白い、おもしろいってちょっと語弊がありますが、元素として治療に使えるのではないかとということで今研究がされているところでございます。

今までは非密封だったのですが、密封RIにつきましては、工業系ではもちろんプラント設備ど非破壊検査に利用されるイリジウムとかイットリビウムの線源がございまして、あとはレベル計なんかで用いられるコバルトの線源です。

医療用では、がん治療用の¹⁹⁸Auグレインという小さい粒々なのですが、これなんかは口腔内とか舌がん、あるいは咽頭がん、食道がんなんかはこのようなものが患者さんの患部に刺入することによって使われたりします。

あとは超小型イリジウムですね、局所に照射するというので、こちらにあります。これが、先ほどのつけから間違えてしまったというイリジウムの線源です。先頭のここにイリジウムのペレットがしっかり密閉されているのですが、その直径が0.9ミリで長さが3.5ミリで非常に細くて小さいものなのですが、婦人科を中心なんです、年間3,500例以上の治療がされています。

先ほどの¹⁹⁸Auグレインは、10円玉に比べると非常に小さいです。

あと、これは我々というよりもどちらかというと日本メジフィジックスさんであるとかメディコンさんが使われていますけれども、シード線源と言われるものです。ヨウ素125。これは永久刺入で、患者さんの特に前立腺に永久刺入することによって前立腺の治療をする

ということで、これも、最近少し下がってきたとは聞いているんですが、年間3,000症例以上やられているということで、密封線源にはこのようなものがございます。

これはちょっと話題提供なのですが、実はイスラエルの研究機関とかイスラエルの大学の方が新しい α 線のBrachytherapy Treatmentsというのを研究されていて、ラジウムの224で、治療するときはラドンが崩壊したときに出る α 線のガス状のものを使うという、具体的にはまだこれからだと思うのですが、この α 粒子が二重らせんを切るところをイメージしたところなのですが、こんなような密封RIなんかもいろいろ研究されているようでございます。

これは関連資料なのですが、しつこいようで恐縮なんですけど、Mo-99、これはアメリカのミズーリ大学の研究炉を使ったMo-99の製造ということで、アメリカの方でもFDAがアプルーバルということで、外国からの依存にここで少なくなるだろうと、これは「PHYSICS TODAY」というところから引っ張ってきたのですが、このような形でアメリカなんかMo-99の製造に取り組んでいる。これはちょっと余談ですが、こんなこともございます。

これは工業用で医療から外れるのですが、 γ 線の滅菌照射装置でございまして、これは非常に、これも小さくて見づらいのですが、お手元の資料で370テラベクレルですから、1万キュリーですかね、非常に大線源ということで、よくこういう滅菌の照射施設なんかに使われるのですが、これも金額は億を下らないのですが、これは実は輸入ルートが非常に大変でございまして、やはり途中、海賊に押されるリスクですとかいろいろあるということで、やはりカナダからロシアからいろいろと我々も苦心しているんですが、でも、やはりこれも非常にニーズがございまして、こんなような密封線源も工業用では非常に産業分野で使われてございます。

話が半分脱線するところが多いんですが、中性子でいきますと、これは御存じのように、SEMIの米国カリフォルニア州の発表によりますと、やはり今年から2019年にかけてシリコンの出荷、半導体はやはり過去最高水準が予想されるということで、やはりこのシリコン半導体の製造というのはまだまだこれからどんどん需要があるなど。

これはちゃんとしたデータが発表されているわけではなくて、ある学会に出たときにメモってきたのですが、Gas-Dopedがほとんどなんですが、やはりまだ中性子を照射したNTD-Siが10%ぐらいあるということで、やはりこの辺は抵抗率の分布が金耳性がいいと言われる中性子照射、これもまだ需要があるなどということで、今後のパワー半導体に

はやはり中性子の線源なんかもまだまだ需要が多いなというふう実感しております。

最後に幾つか、当社の放射線測定サービスについて会社のPRをさせていただきますと、D-シャトルというものは、実は時系列で放射線のトレンドが取れるようになっています。これはうちの社員が飛行機に乗ったときに、手荷物検査でやはり浴びている。その後、搭乗して被ばくというか線量が上がってくるところが時系列で取れます。着陸した後はまた戻っているということで、1年間電池がもちますので、リーダーに差し込みますとその日の被ばく量、トータルの被ばく量がトレンドとしてグラフに取れまして、非常にこれは福島の高校生の論文がイギリスの放射線防護の専門誌に掲載されたのですが、国内外の高校生と教員の方にD-シャトルを配布して2週間、普段通りの生活をしてもらって、どういうデータが取られたかということ論文にしたものです。これは東大の早野名誉教授も個人的に挙げまして、このような論文でD-シャトルが使われたという、これはすみません、社内の宣伝ですが、このようなサイエンスをさせていただきます。

あとこれは弊社の基幹産業であるガラスバッジです。大沢さんが先ほど言いましたけれども、やはり従事者の方がどれぐらい被ばくしているかというものを、これをつけることが義務化されていますので、それを個人線量計、60年以上に及ぶ実績と経験をベースに、これは弊社だけじゃないのですが、医療従事者はやはり年々増えていまして、今は36万ちょっと超えたところがございますが、このようなサービスをさせていただいています。

もちろん東日本大震災後の福島県内でも御利用していただきまして、やはり2014年は、事故直後はたくさんつけていただいたんですが、その後少し落ち着いたこともあり、今は大分少なくなっておるんですが、それでもまだ11自治体、3万人の住民の方に今も使用を続けていただいております。

最後まとめですけれども、まとめというか特徴的なところなんですけど、診療装置、診療技術の向上によってがんの早期発見、早期治療が可能になったと思います。

また装置、技術の向上に加えて、少し発表させていただきましたが、新しいRIの開発も進んでいます。しかし、その診断薬、治療薬、治療装置のほとんどは海外からの輸入に依存しているということで、このような周辺の仕事をしている我々としては、やはり患者さんに安心・安全を提供するためには、国内での調達・技術確立も非常に重要なこととして捉えさせていただきます。特にRALSのレジウムの線源なんかは年間450個ぐらい全国の病院に供給させていただいているのですが、ちょっとスケジュールが変わったりするとんやわんやで、やはり待っている患者さんのためにいろいろスケジュール調整が非常に大変な

ので、これだけのラジオアイソトープとしてもそのぐらいの需要がございますので、弊社の企業理念である「放射線の安全利用技術を基礎に人と地球の安心を創造する」というところで私からの発表とさせていただきます。

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、質疑を行いたいと思いますが、佐野先生、お願いします。

(佐野委員) 御説明ありがとうございます。特に私の方からございません。ありがとうございます。

(中西委員) 私の方はちょっと聞かせていただきますと、アイソトープを使った治療と診断とされたのですが、どうしてこの日本製がないんですか。日本で作るとペイしないんですか。

(三村氏) そうですね、前は日本でも作っていたと思うのですが、やはり研究用の原子炉が止まってしまったり、そういったところが海外に依存しているというところがあるんじゃないかなと思います。

(中西委員) システムがうまくできれば日本でもペイするということですか。

(三村氏) かなというふうに思っています。特に海外からの、先ほどのコバルトのあれを作るのも大変でしょうけれども、やはり海外から輸入していると、やはり結構金額が、言い値とは言わないのですが、非常に高くなっている。それでもやはりどうしても購入せざるを得ないというところがあると思いますので、そこら辺は少し価格なんかも競争力ができると。

(中西委員) そうすると、医療用はペイすることができるかもしれないけれども、半導体はどうしてペイしないのですか。これからも伸びますよね。

(三村氏) そうですね。申し訳ありません、半導体に関してはちょっとまだ勉強不足で。

(中西委員) 分かりました。

それから、こういうような放射性医薬品、アイソトープは病院が個人的に輸入できるものなんでしょうか。個人病院。

(三村氏) それはできません。

(中西委員) できませんか、やっぱり。

(中川氏) 基本的にはアイソトープ協会経由です。

(中西委員) 細かいことすみません。D-シャトルは早野龍五先生が1回こっきりですか、もう続いていないですか。

(三村氏) 今もまだつづけております。今日も持ってきたんですけど。ただ、大分除染とか福

島県内の除染が大分進みましたので、数は大分少なくなってきたかなというふうには。

(中西委員) 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。

私も中西先生と似た質問ですが、8ページの原子炉トラブル、火山噴火と書いてありますけれども、これは海外の話ですか。

(三村氏) はい、そうです。海外でございまして、日本に入ってこなかった。

(岡委員長) インドネシアとかそんなところで。

(三村氏) はい、そういうことでございます。

(岡委員長) そうすると、そういうところで作られたのが今日本に供給されていると、そういうことですね。

(三村氏) そうですね。

(岡委員長) あとはベンチャーだとして、放射線治療装置の方も日本はいろいろと企業がやっていたけれども、ラインナップについては随分減ってしまったということですが、これは、その減った原因は何ですか。どういうところにあるんですか、価格なのか、あるいは使いやすさ、先進性なのか、どんなところが原因なののでしょうか。

(中川氏) それは私からお答えします。

これはちょっと触れましたが、放射線治療は、やはり余り大きな企業には合わないのです。それこそ産学連携で最新の技術をいかにマーケットに入れるか。例えばシーメンスも実は放射線治療のマーケットが撤退です。バリアンは本当にベンチャーですから、はるかにシーメンスは大きい。ただ、やはり日本がこれまでキヤノンメディカル、何でもそうかもしれませんが、大きな企業を中心に放射線治療を捉えてきたという考え方が実は余りフィットしなかったということだと思います。ただ、逆に今、がん医療などの分野でベンチャーがたくさん出てきつつありますので、また、まだまだ欧米より少ないですが、日本の物理の先生の方たちは非常に優秀なので、これから巻き返せる可能性が大いにあると思います。

(岡委員長) ありがとうございます。

どうぞ。

(佐野委員) 6ページのガンマ・キャッチャーはR I の見える化というのですか。

(三村氏) はい。

(佐野委員) これは、どの規模で可能でしょうか。これは部屋ですか。

(三村氏) そうです。

(佐野委員) 部屋の中にR Iがどのぐらいあるかということカラーで見えるわけですか。

(三村氏) そうですね。やはりそれだけ放射線量が高いところを色が赤に近いところという形で。いわゆるコンプトンカメラと言いまして、そこに出てくる放射線をカメラで捕まえまして、それを画像化しているもので。どれくらい広いかというと、カメラの届く範囲というのはそれほど広くないのですが、今はここからその壁ぐらいのところにやったり。

(佐野委員) これ、いろいろ応用も可能ですね。

(三村氏) そうですね。やはり除染とかしたときに、やはり除染するのものにも。

(佐野委員) 実際に応用しているのですか、除染で。

(三村氏) そうです、実際にこれをやっている。大方、大体サーベイメーターでよく反応してピーピーいうところもあると思うのですが、やはりまず広い範囲でどういう形で広がっているかというのを、おおよそはかるという意味では。

(佐野委員) 屋外でも見える。

(三村氏) 屋内、もちろん屋外でも見えます。

(佐野委員) ありがとうございます。

(岡委員長) ちょっと関連で、14ページにWisconsin companyと書いてありまして、質問は、私、実はここはよく知らないんですが、米国の大学は原子炉系の学科と放射線系の学科が一緒になっているところと、別の学科になっているところがあって、ウイソコンシンに行ったときに放射線の学科の方が治療ですか、何か非常によくやっていた。実は私専門じゃないのでほとんどよく知らないんですが、質問は、米国の大学ということで言えば、今、物理の学科も非常にたくさんやっているんだと思います。この放射線あるいは放射線治療、医学物理、この辺りはどういうところで、どんな感じでやっているんでしょうか。

(中川氏) ウイソコンシンはアメリカの大学でも医学物理が非常に進んでいるところの一つです。例えば、トモセラピーなどはこの物理士がベンチャーとして立ち上げて、それはもう上場になっています。多くの大学で、病院の中に入ってこられる、そして例えば皮膚講座のようなものを比較的簡単に作っていけるという仕組みがあるので、本当にピュアな物理のたちが病院に入ってこられるんですよね。これはちょっとオフレコかもしれませんが、東大の中で特に工学部、原子力の中で医学物理士がいまひとつうまく立ち上がらないのは、工学部の中でやろうとするとやはり限界があるんです。

(岡委員長) そう思いますね。

(中川氏) はい。ですから、病院の中にむしろ工学物理の方が入ってきていただいて、場合によったらベンチャーあるいは既存の企業からの力を得て、寄附講座のようなものを作っていく。アメリカはずっとそうやってきました。それをやっていく必要があるんじゃないのかなという気がしますね。

(岡委員長) はい、そう思いますね。ちょっと工学部と理学学部の壁が厚いですけど、物理の人は人工衛星を造ったりとか割合ベンチャー的な感覚が優れた方が多いですね。あるいは学問的にも物理と原子力は非常に近いところがありますので、学部の壁を超えて先生がおっしゃったような協力は、今のベンチャーのところなど、原子力に限らず日本全体の大きな課題だと思います。原子力エネルギーの方でもアメリカにはベンチャーはいろいろあります。この点は原子力の研究開発の実用化というところで非常に重要なところだと思っております。

どうぞ。

(林参事官) すみません、事務局なのですが、質問させていただきます。

ちょっと委員長の方から言われたことと少し似ているのですが、まず、放射線治療装置で海外でもベンチャーが大きいというような話があったと思いますが、割合、日本の企業に聞くと、先ほど大沢さんもおっしゃられたように、リスクのある新規事業というのはなかなか大企業はやりにくい。特に人命に関わるようなことであれば、何か間違いがあると他の部門まで影響が及ぶので、なかなか手が出しにくいんだという話は昔から聞いたことはあるのですが、やはり外国も含めて放射線治療の部分では、そういうことだからベンチャーが多いということか、それとも外国は外国でまた違う理由があってベンチャーになっているというのが1点と、あと日本のベンチャービジネスの話なのですが、これも最近ITの関係を中心にいろいろ出てきて、またかなり出てきているのですが、殊、医学関係に関する、どうも昔から薬学にしる、治療装置にしても、どうしても治験に必要な期間が長過ぎるということで、なかなかベンチャーとして途中で息切れしてしまう、こういうことがよくこれまでも言われてきていて、筑波大学の山海さんがやられたサイバーダイノも、結局ドイツかなんかで認証を取って日本に戻ってきたというようなことをしているかと思うのですが、その辺というのは、AMEDとかできてファーストトラックとかそういう制度も何か考え出していると思うのですが、何か変わりつつあるという感じなのでしょうか。

(中川氏) 最初の大企業がリスクをとらないというようなところについては、確かに放射線治療の方が何か大きな問題があったときに、例えば入力データが間違えると全ての患者さんに間違った治療がされるなんというところはあるのですね。ここは診断装置と比べると少し様子

が違います。ただ、そのことよりも、やはり放射線治療というのはやはりいろいろなアイデアが比較的すぐ新しい技術につながっていくのですね。そこはやはり私の経験でも、私もずっと国内メーカー、海外メーカーと共同研究してきましたが、やはりこの領域ではサイズが大きくなるとなかなか難しいなというのは確かだと思います。むしろリスクをとらないというよりも、大き過ぎて早く動けないというところが大きいような気がします。

それから、治験に時間がかかってきたのですね。これは御承知と思いますが、PMDA、医薬品、医療機器審査機構ですか。これ、医薬品と医療機器を同じように扱うわけですね。今までは薬剤師の方とか、要するに薬中心でした。薬の審査の枠組みの中に医療機器も入ってきたのですね。例えば放射線治療装置の薬事申請をして、最初に書かなきゃいけないのは、材料は鉄ですみたいな。要するに、化学、薬と同じように。ただし、そこも随分変わってきました。ここ3年ぐらいで。産総研からかなり専門にPMDAをなさる方、あるいはローテーションされる方も増えて、審査期間は欧米並みになってきましたね、直近では。AMEDも動いてくると、実はそこは余り大きな問題ではない。繰り返しですけれども、やはり産学の中でベンチャーが立ち上がって、そこを新しいアイデアが商品になっていくという形をとる、放射線治療についてはそれが必要な。ちなみに、キヤノンメディカルさんも放射線治療というのは、これは欧州メーカー製の商品を輸入していただいているという形になります。(岡委員長) ありがとうございます。

何か他にございますか。川渕さん、どうぞ。

(川渕企画官) 全く同じ系列の質問で恐縮なのですが、三村さんの資料の9ページ目で、放射線治療で日系が1%しかないということなのですが、これ、先ほど大沢先生御説明の、いわゆる診断装置とかに変えてみると、ここが日系はぼーんと増えるというイメージでよろしいんでしょうか。GE、シーメンス、フィリップス、キヤノンとおっしゃっていた。

(大沢氏) 放射線治療装置の市場と、我々の医用画像診断装置の市場は別です。

(中川氏) いや、大沢さん、例えば放射線治療の分野では、もう国内メーカー製というのは重粒子線くらい、粒子線くらいに限られる。ですから、1%。診断領域は、国内メーカーのシェアはどれぐらいですか。オーバーオールで。

(大沢氏) 全世界で見ると10~15ぐらいですかね。CTは特に高いのです。CTが特化しているのですが、10~15くらいだと思うのですが、。

(中西委員) 私の記憶が正しければ、経産省で出してオープンにしているのはMRIとかCTとか全部別なんですね。CTだけですと4分の1ぐらい取っていたと思います。あと、もち

ろんオプティクス、光は99%、あとは非常に少ないのですがというのがありました。これと同じ系列の。

(大沢氏) 大体同じですが、五つ、さっきのX線とX線CTと核医学装置と超音波診断装置とMRI装置、この5のイメージング装置、これのシェアで大体争っていますね。

(中西委員) それと同じくらい丸が幾つと。

(大沢氏) そうです。丸が幾つあって、全体的なシェアという、五つのモダリティと言われる部分では我々は世界で今4位なのです。GEとシーメンスさんが圧倒的に多い。

(中川氏) 日立は、日立メディカルはどれくらいですか。

(大沢氏) 日立さんはどのくらいですかね、日立はちょっと把握できていないです。

(中川氏) 日立も放射線治療は粒子線だけ、重粒子も陽子もやっている。リニアックはやっていない。

(川淵企画官) あとすみません、質問が1個あるのですが、アメリカでバイオテクノロジーの分野を見ると、同じような現象で、やはりベンチャーがマーケットを結構押さえにいく。そのときに、ただジョンソン&ジョンソンみたいな大きな会社が、例えばインキュベーションを作ったりとか、若しくはFDAを取るサポートをすとか、そういうある意味イノベーションのシステムというか、そういったものの中の一環としてバイオテクノロジーの産業が大きくなっていくというようなのが見られていると思うのですが、こういう医療診断関係とか治療機器の関係でも同じような、いわゆるFDAを通過するための対策とかサポートとかそういうのはあり得るのでしょうか。要は、政府側(がわ)から見たときの、何を我々はすればいいんだろうというところで、今のお話だと、例えばPMDAも大分変わってきたという話になるとすると、そういった中でもまだまだ生まれないだとすると、根本的なところは、いわゆるエコシステムに入るのかなと。エコシステムというか、そういうところの考えなんですけども。

(中川氏) 放射線治療の立場で言いますと、やはりこれはもう既に申し上げましたが、病院の中に工学、理学の方々が入ってこられるような仕組みができにくいことですよね。それをやはりアメリカではやっています。ヨーロッパでもやっています。また、これもオフレコかもしれないませんが、病院というのはそういうのに変わりたがらないんですね。非常にそこはそうなんです。ですので、やはり申し上げたように、それこそジョンソン&ジョンソンのような足長おじさんの組織があって、あるいは会社があって、そこでその資金で、その投資で寄附講座を作り、そこに医師と物理系、光学系の方々が同じ組織の中で研究をするというこ

とが必要だと思います。そういう仕組みだと、病院の方は、病院の方にも間接経費は入るわけですから、そこに関しては、もともと既存の枠組みの中に最初から医学物理講座のようなものは非常に作りにくいですね。ただ、そういった新たに立ち上げた寄附講座的な組織からベンチャーが出ていく、あるいは製品が出ていくということになれば、これは病院としても非常に重視することになるわけですから、あるいは知財としてですね。まずはやはりそういう形で外部資金で組織を作っていただきながら、私なんかもそういった工夫はしていこうとは思っているんですけど、そういう今、政府とおっしゃったと思うのですが、何かそういうマッチング、我々はそういった外部資金で新たな組織を作りたいと思っています。ただし、どこへ相談していいか全く分かりません。恐らくそういうようなお気持ち、お考え、あるいはお力がある会社さんや組織ってあるはずなんですよ。そこをつなげていただいたら動き始めるんだろうと思っています。

(岡委員長) ありがとうございます。今のでお答えであると思うのです。バリアンという名前が出ましたので、バリアンはスラックと言う大型加速器施設、スタンフォードのライナックで成長した会社かなと思っていたのですが、質問は大きい加速器施設とベンチャーとの関係はどうなっているのでしょうか。欧州にもセルンがございますね。

(中川氏) はい。

(岡委員長) そういう大きな国の開発のようなところと、こういうベンチャーとの関係というのは、技術のあるところはそのから先端的なことはやるかもしれないけど、応用のところは応用のところが考えるのでしょうか。ソフトが日本の場合は問題だと、そういう認識ということなののでしょうか。バリアンという会社は昔からあって、名前だけは知っているんですけど、いわゆる大きな国の加速器施設は日本にも米国にもヨーロッパにもありますね。しかし、この放射線治療の結果を見ると、バリアンが一番シェアがということであれば、それは今おっしゃったようなソフト面が一番大きいのかかもしれないとおもったのですが。質問としては、そういう大きな加速器の開発機関と、こういうものとの関係はどういうふうに理解すればいいのかなと。

(中川氏) 私の理解ですが、バリアンはスタンフォードとずっとやってきたというふうに思っています。それで、大きな加速器プロジェクトに関わっているかどうかについては、私は実はよくは知りません。基本的にはスタンフォードをゆりかごとするベンチャーだと思います。一方、それこそツェルンのような、あるいはKEKのような中からそういったベンチャーが出てこないかということについては、私は、昔のSIM、今のPSIですね、Paul S

cherrier Institute、そこに留学していることがありまして、もともと湯川先生の流れでパイメゾンの治療をやっていました。これはトライアンスでも昔やっていました。ただ、パイ中間子治療は、もう中止になって、その後は陽子線治療をやっていました。私がいるときのメンバーが、やはりスピニアウトして陽子線のベンチャーをつくりました。それが多分、それこそIBAなんかにも流れていって。ですので、必ずしもそういう大きな加速器施設からベンチャーが生まれないわけではないんだろうなとは思っています。

(岡委員長) ありがとうございます。

先生方、他に何かございますでしょうか。はい、どうぞ。

(中西委員) すみません、キャノンの方に。X線CTで広い画像を撮りたいということで、今ワンショットで1,000枚撮れると。

(大沢氏) はい。

(中西委員) 分解能が0.25ミリだとすると、1,000枚だと25センチのところですね。先ほど16センチしか取れないと言ったのは。

(大沢氏) ディテクターの、これをまた0.25にして、4倍に分解能を上げたのです。16センチの検出等なんですけど。

(中西委員) でも、0.25ミリ掛ける1,000枚だと。

(大沢氏) そういうことですか。16センチのディテクターで1,000スライス撮れるはずです。だから、0.25よりもっと詰めていますという。

(中西委員) 25センチ。

(大沢氏) そうですね。先生が正しいです。だから、16センチで多分1,000枚撮れるぐらいのスライス厚になると思いますが・・・

(中西委員) はい。

(岡委員長) ありがとうございます。

その他ございますでしょうか。

今日は大変すばらしいお話、どうもありがとうございました。

今日お伺いしたお話は、次期の「原子力白書」の検討に生かしていきたいと思います。大変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説明をお願いします。

(林参事官) 議題2につきましては、今後の会議予定でございます。

次回第13回原子力委員会の開催につきましては、4月3日火曜日、1時半から3時半、

中央合同庁舎 8 号館 6 階の 6 2 3 会議室、ここでございます。

議題としましては、プルトニウム利用のあり方、文部科学省、資源エネルギー庁、外務省のヒアリングという形になります。また、他の議題が追加になる可能性もあります。その場合は、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。

次回のヒアリングは、先日まとめさせていただきました日本のプルトニウム利用の現状と課題にしたがって「プルトニウム利用に関する考え方」、平成 1 5 年に策定しておりますが、そのアップデート作業を進めるに際しまして、関係省庁、関係機関にヒアリングしていくことの一環の位置付けでございます。これまで J A E A や電事連、日本原燃など関係機関へのヒアリングを行ってまいりましたが、今回は関係省庁として資源エネルギー庁や文科省からヒアリングを行います。

その他、委員から何か御意見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、今日はこれで終わります。

ありがとうございました。

* 議事補足：ワンショットで1000枚という表現が、中西先生のご指摘で誤りと判明しました。

(キヤノンメディカルシステムズ (株) 大沢より)

正確には、弊社X線CT：AquilionOneでは、0.5mmのスライス厚の検出器で160mm幅なので、一回転で0.5mm×320列のデータ収集し、これをDouble Slice Technologyという画像処理技術で、見かけ上、0.25mmのスライス厚にして、一回転640スライスとしています。

また、今年、弊社X線CT：AquilionPrecisionを開発し、0.25mmのスライス厚の検出器を実現しましたが、検出器は40mm幅で、0.25mm×160列となり一回転160スライスです。

従って、現状の弊社X線CTでは、一回転640スライスとなります。