

第5回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和7年2月4日（火） 14：00～16：20

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室

3. 出席者 原子力委員会

上坂委員長、直井委員、青砥参与、畑澤参与、岡嶋参与、小笠原参与

内閣府原子力政策担当室

徳増審議官、山之内参事官、武藤参事官

滋賀県立総合病院

奥山上席専門研究員

三菱重工業株式会社

神崎セグメント長代理、北川原子力技術部長

4. 議 題

（1）異色のキャリアパスの中で核医学研究を続けて（滋賀県立総合病院 上席専門研究員
奥山智緒氏）

（2）次世代革新炉開発の取組みについて（三菱重工業株式会社 原子力セグメント長代理
神崎寛氏）

（3）その他

5. 審議事項

（上坂委員長）時間になりましたので、令和7年第5回原子力委員会定例会議を開催いたします。

本日、岡田委員は欠席となります。

本日の議題ですが、一つ目が、異色のキャリアパスの中で核医学研究を続けて、二つ目が、次世代革新炉開発の取組について、三つ目がその他であります。

それでは、事務局から説明をお願いいたします。

（山之内参事官）一つ目の議題、異色のキャリアパスの中で核医学研究を続けてについて、で

ございます。滋賀県立総合病院上席専門研究員の奥山智緒さんから御説明いただき、その後質疑応答の予定でございます。

本件につきましては、原子力利用に関する「基本的考え方」3の7、「放射線・ラジオアイソトープの利用の展開」に関連するものとなります。

それでは、奥山様から御説明よろしく願いいたします。

(奥山上席専門研究員) ありがとうございます。

滋賀県立総合病院臨床研究センターの奥山でございます。本日はこのような場で発表する機会を頂きましたこと、大変光栄に感じますとともに、いささか緊張しております。どうぞよろしくお願いいたします。

まず最初に自己紹介として、私の仕事とプライベートの略歴をお話しさせていただきたいと思います。

1994年に京都府立医科大学を卒業して、放射線科に入局いたしました。放射線科医としてグレーで示します一般画像診断に比べて、ほかのカラーで示します核医学に携わらせていただきまして、3年目には核医学の勉強をしに当時からサイクロトロンを有していた大阪市立大学に国内留学させていただきまして、また途中PETが保険承認されて間もない頃には、大学にまだPETが導入される前に民間のPETセンターで勤務をしています。

プライベートでは、95年に結婚し、2回の出産を経て、子育ても仕事も忙しい頃には何度かちょっと体調を崩した時期もありました。また、やはり子供の受験ですとか身内の介護が相次いで波のように押し寄せてきまして、一時的に大学を退職しまして、遠隔診断に従事いたしました。この時点は最も大きな転機ではございましたが、ありがたいことに細々とではありますが、遠隔診断の中でのRI診断の確立ですとか、専門医のいない病院でのRI治療も含めたRI診療に携わらせていただくことができ、細々と研究を続けることができておりました。

海外留学経験もなく、研究者としては異色のキャリアパスではございますが、私の今までやってきた研究についてお話をさせていただきたいと思います。

まず、研究をする理由は人それぞれだろうと思います。世のためになる開発や未解明の問題、それから新しい指標の作成のためという研究は大変重要なものですが、中には昇進のため、学位のため、命じられてといった形で研究をする方も少なくはないと思います。私の場合は、面白いから、興味があるから、知りたいからというのが一番大きくありまして、一番モチベーションを高めるもので、日常の診療から見つかった疑問の解決というのが主な研究

スタイルとしてやってまいりました。そんなクリニカルクエスションからリサーチクエスションへつながった研究の内容を幾つか本日は御紹介させていただきたいと思います。

まず、神経芽細胞腫の検査から褐色脂肪の画像化へという話をいたします。

府立医大を卒業して放射線科に入局しました。放射線科は少人数のマイナー科でした。その中でも核医学に従事する人は非常に数が少なかったんですが、『ほかの先生がやっていない領域は勉強したらすぐ一番の専門家になれるよ』というふうに言われ続け、核医学の先生がおられないときには研修医一人きりの出番で手書きしたレポートを夜遅くまで添削してくれた上司がおりました。そうする間に、核医学の機能画像の面白さに引かれていきました。

その当時、府立医大には神経芽腫のマス・スクリーニングの発祥大学として非常にたくさん患者さんが（現在もそうですが）集まってきておりました。そして、神経芽腫に対するI-123-MIBGシンチグラフィは当時は保険適用外だったんですが、いろんな恐らく政治的な(?)大人の事情があったらしく、例外的に京都府立医大病院では査定を免れていた状況でございまして、毎週のようにMIBG検査がございましたので、何でもいいからちょっと調べてみたらというふうに言われたのが最初のきっかけです。

病期分類に最適な撮像方法、組織型による集積の検討、寛解後の再発診断など、幾つかの検討を進めていく中で、ある日、これはちょうど一人目の産休明けの1週間目の業務終了後にRI検査室に立ち寄ったときのことで、両側の肩甲骨の上の方に、軟部組織のところに左右対称性にMIBGが集積している症例がございまして、この集積何だかと思うということを探ねられました。

両側の肩近傍の集積は何か。この画像をずっとじっと見たときに、ふと私の頭に思い浮かんだのが、学生時代の講義のノートです。肥満を専門にされている先生の講義で、褐色脂肪というものがあると。胎児から新生児の体温調節に関わる脂肪で、普通の白色脂肪とは違って、熱を産生するための脂肪である。ミトコンドリアが多いから褐色を示していて、交感神経に支配されていて、この肩のこの辺にあるんだよと。この絵がすごく記憶に残っておりまして、場所がとても似ていて、交感神経節が交感神経終末に取り込まれるMIBGが集まる、冬の検査である、そういったことを合わせまして、褐色脂肪じゃないですかというのがぽろっと出た意見でした。上司には、『何や、それ?聞いたことないな』というふうに言われたんですけども、分からないならちょっと振り返って調べてみようということで、過去に行っていました神経芽腫の症例を洗い出して全て調べてみました。すると、先ほどの症例ほど明瞭ではないんですけども、266検査中32検査で同じような所見があって、全て冬

の検査である、そして同じ症例でも夏には見えていないということを確認いたしました。術後の片側の交感神経障害がある症例では、健常側のみに集積が見られているということもありまして、やはりこれ褐色脂肪なんじゃないかと、自分の中で確信しました。

そのときにちょうど着任された教授から、まだ誰も言ってないことなんだったら、まだどこにも発表しないで、先に動物実験で確認しなさいと言われました。といいましても当時、動物実験をしている人は一人もいない医局でしたので、動物実験どうすればいいか分からず、、講義のノートの授業をしてくださった内科の先生のところに相談に行きました。褐色脂肪を調べるんだったら、ラットを使って交感神経の $\beta 3$ 受容体があるので、そのアゴニストを使って実験しなさいと言われました。

そして、実際にはメーカーさんの協力を得て、ラットを用いて実験を行いました。やはりラットで褐色脂肪があると言われているところにしっかり集積していること、組織を取っていろいろと負荷試験を行ったときに、アゴニストを使うと集積が増えて、レセルピンを使うと集積が低下するということが証明されて、私の考えが間違っていない、MIBGが褐色脂肪に集まっているんだということが分かりました。

こうして世界初の褐色脂肪の画像化の報告になりました。

そのほぼ同じ時期ですね、相次いで実はFDG-PETを用いた褐色脂肪の描出が報告されました。ほんの少しだけ私の動物実験が早かったんですけれども、当時日本ではまだ広まっていなかったPET/CTを用いて脂肪組織にFDGが入っているということが報告されてきました。すぐに、小児や若年者では成人よりも多く見られて、成人で見られる場合には痩せ型に多くて、いずれの場合も寒い時期に多いと、そして、典型的には鎖骨上部だけでなく、脊椎の横のあたりに集積すると。

こういった所見が正常の集積なんですけれども、病変と誤診しないようにその特徴を認識しておく必要があるということで、FDG-PETで相次ぐ報告がありました。MIBGだとどうしても(PETとSPECTという)機器の特徴の違いがありますので、全く分解能も違いますし、明瞭な集積が見られるPETと比べるとぼやっとしております。何よりも検査件数も違いますので、この時点ではもうMIBGで褐色脂肪の話をしてはかなわないなというのが実際のところでした。

それから約20年ほど経ってからですね、FDG-PET/CTを施行した80代の女性で、割と温かい時期に褐色脂肪の場所にたくさん集積している症例に出会いました。一体これはどういうことだろうと、飲んでいるお薬を確認しますと、実は $\beta 3$ 作動薬であるベタニ

スというお薬、過活動膀胱の治療薬を飲んでいらっしやることが分かりました。過活動膀胱というのは尿意を割と頻繁に催してしまう病態ですけども、膀胱の筋肉は通常排尿時には副交感神経が働きます。そして、畜尿時には交感神経において尿をためようとしております。過活動膀胱は畜尿期においてもアセチルコリンがどんどん過剰放出されて、出たくもないのに尿意を催してしまうという病態です。β3受容体作動薬を用いることで、膀胱弛緩作用によって膀胱容量を増大させる、こういったお薬なわけです。β3受容体作動薬、過活動膀胱の治療に使うためのお薬ですが、以前褐色脂肪の活性化のために動物実験で用いた薬であり、褐色脂肪の描出にも働いていたということが分かります。

このように、1998年にはMIBGによる褐色脂肪の画像化、そこを発見したわけなんですけれども、その後は大体FDGの報告が相次いで、むしろ代謝・内分泌領域で肥満治療の研究領域でFDGの活用に対する報告が増えていました。

2020年、FDG-PETによる高齢者の報告、描出を認め、報告した後は、今も大学の後輩とともにそういった研究を新たに発展させて継続しております。

次のテーマです。Bone Pseudometastasis、偽の骨転移、これはFDG-PETでの所見になります。

表在型食道がんのFDG-PETですが、ほかの施設で多発骨転移と診断されていました。骨にたくさん限局性の異常集積が見られまして、その部分が白く硬化像を呈する部分ということで、紹介されてきた患者さんです。

主治医からは、表在型がんなので、本当にこれが転移なのかどうか生検をしてくださいということで生検に回ってきました。生検した医師から、この硬化したところは正常の骨髓しか出なかったんだけどもということで相談を受けました。むしろそれ以外のところ、集積の低い骨の部分からは低形成骨髓だったということでした。これはむしろ集積異常に見えるところの方が正常の骨髓なんだろうということで、骨髓シンチを提案しましたところ、全くそのFDGの集積部位が骨髓シンチの分布と一致しており、異常集積のように見えるところが実は機能している正常の骨髓であるということが分かりました。経験したのは2011年です。

その後、私しばらく核医学の現場から離れておりました間に、実はこの現象を調べたい気持ちが高まりました。遠隔画像診断、そしてMRIもやっている検査施設にいたんですけども、核医学以外の先生から、PETで骨転移を指摘されたという表在型食道がんの症例がよくMRIに来るんだね、ただ、それ転移じゃなさそうですねという相談を受けました。

また、F D G の集積があつて放射線治療を頼まれたけれども、本当に表在型食道がんの骨転移とか、これ本当だと思いますかというふうな相談も受けていたりいたしました。ですので、文献でいろいろと調べてみましたところ、食道がんの骨転移は圧倒的に肝転移や肺転移に比べて頻度が低くて、骨転移した場合には非常に悪性度が高いというふうなことが知られておりました。

ということで、同様の症例（骨転移のように見える部位が機能性の骨髄であつた症例）を検索しますと、ほとんどの報告が日本人の報告で、全例が男性で、ほとんど食道がんでした、ということで、クリニカルクエスチョン二つ目は、B o n e P s e u d o m e t a s t a s i s が日本人の食道がん症例に多く報告されるのはなぜかと調べたい気持ちになってまいりました。

2017年から御縁がありまして滋賀県立総合病院に移った時点で、それまで過去7年間のデータベースから食道がんを調べましたところ、83例の食道がんのうち、7例に同じような所見があることが分かりました。単に所見があるだけではなくて、特徴的なパターンとして、頸椎とか胸椎に多発のホットスポットが連続して見えることが多いのですけれども、むしろ腰椎のF D G の分布が非常に低いということ、これが共通して見られる特徴だと思いました。

それ以外の症例でも、腰椎の集積が低い人が多いなと思いましたので、次に食道がんとはほかの腫瘍で脊椎の集積パターンが違うんじゃないかということを検討いたしましたところ、胸椎も腰椎も同様の集積をT L パターン、腰椎が低い集積をT d パターンとしましたところ、食道がんでは約半数がT d パターン、ほかのがんにおいては2割ぐらいしかT d パターンを示すことはないということが分かりました。男性に有意に多いということも分かりましたので、何かこれはやはり背景に何かがあるんじゃないかというふうに思ったわけです。

骨は生下時に（機能性の赤色）骨髄がたくさんありますが、だんだんと脂肪髄化していく部分が増えていきます。脂肪髄化というのは、普通は均一に起こりやすいんですけれども、その脂肪髄化が不均一になったときに残っている生理的な骨髄集積がp s e u d o m e t a s t a s i s になるんじゃないかと。その不均一性をもたらすもの、そして腰椎に早く脂肪髄化を起こすために何らかのファクターXがあるはずだろうと。

なぜ食道がんが多いか、そしてなぜ日本人に多いかということを考えましたときに、日本人の食道がんと欧米人の食道がん、基本的に成り立ちが違うことが頭に浮かびました。日本人は扁平上皮がんが多いですが、欧米人は逆流性食道炎を基にする腺がんが多いと。日本人

の扁平上皮がんは、飲酒や喫煙と関係がありますが、特にアルコールを飲んだときに赤くなりやすい方、ALDH2という酵素が低活性型の方というのがハイリスクと言われております。ALDH2低活性の方というのは発がんリスクも高いんですが、骨の骨芽細胞の分化の抑制に働いたり、骨髄にも影響を及ぼして貧血を起こしやすいというふうなデータもたくさんございますので、実はこういったことが影響しているんじゃないかということで、今度は飲酒習慣とフラッシング反応と脊椎集積というのを調べてみましたところ、集積パターンに及ぼす有意な因子は、年齢と、毎日飲酒をする人と、その中でも毎日飲酒をするフラッシャーというのが最もこのTdパターンになりやすいということが分かりまして、日本人の食道がん症例にPseudometastasisが多くなるのはこれではないかなと考察しております。

そのほか、現在私が特に取り組んでおりますテーマから幾つか少しだけ紹介させていただきます。

当施設では、サイクロトロンを有しており、アミロイド製剤のFPYBF-2、アミノ酸製剤のメチルAIB (MeABI)、タウペット製剤のPM-PBB3などを合成し、臨床研究を行っておりますが、今日はFPYBF-2を用いた検討をお話しさせていただきます。

FPYBF-2は、脳内病理の一つであるアミロイドを描出するトレーサとして、京都大学の小野先生らが開発されました。当施設では臨床に向けた基礎実験を行って、安全性試験を経て、臨床研究を行っております。

アミロイドPETは、この薬剤のみならず、他の薬剤でもTarget regionとなる大脳皮質への集積と、Off-target regionで非常に強い集積を示します白質への集積、そのバランスを見ながら診断していく必要がございます。

評価しなければいけない大脳皮質の方が集積が低く、生理的に集まる場所の方が集積が高いということで、ここをどうやって見ていくか。薬剤によって異なる判定方法がありますが、臨床的には陽性か陰性か、二極化したどちらかが判定をするということになっております。

そうしますと、微量な集積ってどうやって本当に評価できるんだろうかというところはやはり疑問になります。

また、定性的な評価として、解剖学的な標準脳を用いて、ROIを置いて評価するという方法が一般的なんですけれども、当施設でこの薬剤を用いたところ、実は左は陰性、右側が陽性なんです、SUVRと言われる定量値が実は同じ値を呈するというようなことがやは

り出してしまうということで、何かもう少し別の方法が必要なんじゃないかということで開発したのが、ヒストグラム法です。

患者の脳を変形させずに、そしてROIも用いることなく、二極化しないアミロイドの集積をするために、まず骨の部分を集積外しまして、脳の部分だけを取り出したブレインPETというものを抽出します。そのブレインPETを全体を囲ったROIの集積を、横軸にSUVの値、縦軸にそのピクセル数を表しますとこのような形になるんですが、この一番低いところのピークというのが全く集積していない脳室の中なので、こういったものを外しますと、こういった山のパターンが出てまいります。左側が陰性、右側が陽性なんですが、陰性例と陽性例で山の形が違ふ。そこで、山の形、スキューネスというもので評価します。左の方にピークがある場合はプラス、右側にピークがあるときはマイナスになりますが、こういったSkewness(歪度)の値。あるいは、Mode(中央値)とMean(平均値)の比を取ったMMRというもので評価していったらどうなんだろうというふうにやってみましたところ、今まで使っていた定量値でnegative(陰性)、Border(境界)で、もちろん有意差はあるんですが、同様にSkewness、MMRでもはっきりと診断できるということが分かりました。

更に、そのヒストグラムの中から全脳の高い方、20%分の体積を占める部分を患者のCT上にカラー表示しますと、健常者とアルツハイマー脳には全く違ったところに高集積の部分があるということが、もちろん普通の読影でも分かるわけなんですけれども、より患者の脳上に分かりやすく描出できるということが分かりました。

別の薬剤を用いて検討してみても、薬剤が違ふと多少定量値違ってくるんですけれども、全く同様の部位に20%マップが描出されることが分かりました。

同じトレーサを用いて、アミロイドであればアミロイドーシスという病態にも使えるんじゃないかということで検討しております。アミロイドーシスにはいろいろな原因があるんですけれども、ATTRといわれるトランスサイレチンというものが集積するアミロイドーシスと、骨髄腫などに関連したAL型アミロイドーシスといったものがあります。ATTRアミロイドーシスには骨シンチ製剤がよく集積するということで確かな診断法として確立されているんですが、AL型の心アミロイドーシスでは検出困難とされています。

そこで、この薬剤を用いて心アミロイドーシスに対して適用しましたところ、一番上はアミロイドーシスではない症例、真ん中がATTRアミロイドーシスショー、一番下がAL型アミロイドーシスショーということで。真ん中の症例だけが骨シンチ陽性ですが、AL型アミロイドーシスでは骨シンチは陰性ですが、非常に強いトレーサ、集積があることが分かり

ます。アミロイドーシスでもアミロイドPETが非常に有用であるということが分かり、全身検査においても非常に全身への集積を評価するのに役に立つと考えております。

そのほか現在私取り組んでおりますものとしましては、FDG-PETに関して、半導体PET装置を導入いたしましたので、その特性を生かした新しい撮像方法の検討を行っているとか、そのほかの各種トレーサを用いた検討を行っております。

また、放射線被ばくに関連しまして、大学にいたときからずっと続けておりますのは、京都府の委員会としまして、高浜及び大飯発電所に関する環境測定技術検討委員会の専門委員をさせていただいております。厚生労働省科研費補助金で、近畿大学の細野先生のグループの分担研究として、放射線診療の国際基準とのハーモナイゼーションに関する研究というものも取り組ませていただいております。

また、病院に中におきましては、特別措置病室を用いたRI内用療法の開始のための環境づくりと院内教育に今大変忙しく過ごしております。

いろんなこととお話しさせていただきましたが、ここまで何とかずっと核医学、そして研究に携わらせていただいたのは、もう様々な環境と偶然、様々な御縁に支えられてでございます。とにかくまずは放射線科の診断専門医として1例1例の診療を基本にしておりまして、その中で、あれ、何だろう、これ、おかしいなと思った子供の心というのが多分一番の根底にあります。何か疑問に思ったときに、それを頑張って解決していきたいなという思う根性と、そしてそういったことを、そういった症例に出会うことができた環境、そしていろんな私のポロッと言い出したことに関して応援してくださった人々、それからいろんな意見をくださった異領域、異職種の方々、たくさんの指導者、協力者の方のおかげと思ってやっております。

今後は、核医学の診断に加えまして、治療の方にも大変また忙しい日々が続くと思いますが、引き続き頑張っていきたいと考えております。

以上でございます。どうもありがとうございました。

(上坂委員長) 奥山先生、ありがとうございました。

核医学診断において患者さんから得られた画像から、それが本当の疾患であるか、あるいは別の症状であるかという幾つかの例を紹介していただきまして、そのことの重要性ですね、を強調していただいたと思います。改めて核医学診断の重要さと、それから奥深さを感じた次第でございます。

それでは、委員会から質問させていただきます。それでは、直井委員からお願いします。

(直井委員) どうも、奥山先生、御説明ありがとうございました。

お二人のお子さんを育てる中で、また認知症のお母様ですとか御高齢の御家族の介護をなさりながら、ワークバランスの観点で職場を変えて、それでも一貫して核医学の研究をされてきたこと、いろんな職場での経験の中での気づきが成果に結びついているところがすばらしいなというふうに思いました。ありがとうございます。

それで、専門的な知識がないもので理解ができていないので教えていただきたいのですが、食道がんのFDG-PETの患者さんで、骨転移を疑われる方が多くて、その原因を追究されているというお話がございました。結局そういう患者さんは基本的にお酒の弱い方で顔が赤くなるAL……

(奥山上席専門研究員) ALDH2。

(直井委員) それがあまり活性じゃない方ということだったのですが、その原因というのは、21ページですかね、21ページか23ページか、最終的に脊椎に集積するという、それは疑似なわけなんですけれども、その原因は何でしょうか？

(奥山上席専門研究員) 最終的にどのように結びつくかというところまでは解明ができておりませんが、もともと赤色骨髄、血液をつくっている骨髄にはFDGというのは集積いたします。それは正常の人でも集積いたしまして、その程度というのは人によって様々見え方が異なってくるんですけれども、通常はどの骨髄も同じくらいの程度で描出されますので、均一に見えている場合にはあまり異常とは捉えないんですが、特に強いところが限局性に見られるとどうしても骨転移じゃないかというふうに判断されがちなんです。

昔でしたら、CTでもうちょっと骨が溶けているとか、そういう所見がないと骨転移と思われなかったこともあったんですけれども、FDG-PETになりますとCTで所見がないのにPETで所見が出て骨転移があるということがたくさん分かってきましたので、CTで単に所見がなくてもFDG-PETで部分的にポットがあると骨転移というふうにどうしても判断されてしまいがちなんです。今回お話しいたしましたのは、骨転移と判断されがちなところを、実は骨転移でない症例もあるんだよということが非常に重要でして、転移と判断されてしまいますと、そのところが放射線治療とかに回ってしまって、より骨髄をなくしてしまうことにもなりますので、そういったことを間違っちゃいけないよということを啓蒙するために調べて発表した次第でございます。

最終的なメカニズムについてはまだはっきりとは分からないんですが、関連はありそうだとということで発表させていただきました。

(直井委員) どうもありがとうございます。

それから、その次のトピックスでアミロイドPETのお話がございます、例えば30ページですけれども、これはいわゆるPETの薬剤が違っているのですけれども、陽性の画像を見ると、ほとんど同じですね。

(奥山上席専門研究員) ほとんど一緒になります。薬剤何種類かありまして、基本的にはアミロイド見にいきますのでよく似た画像なんですけれども、よく似た画像をするんですけれども、やはり薬剤によって、この薬剤だったらこういうふうな色にしてこうやって判断しなさいというふうな判断基準が決まっているんですが、そういった薬剤によらず、同じような解析にかけると同じところが見えてくるというのは非常に面白いですし、分かりやすいかなというふうに思っています。

実際のアミロイドのPETの読影するときには、実際診療で読影するときには、きちっと資格、試験を受けて通った人でないと読影できないという基準とかもあるんですけれども、実際にこういった解析にかけた後の結果を見ると、正直なところ検査室の看護師さんでも読めてしまうというのはすごくいいことだと、客観性のある標準にできるなと考えています。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、アミロイドーシスの診断で、このFPYBF-2というのをを使うと、いわゆるAL心アミロイドーシスで今まではなかなか検出ができなかったがこの32ページではAL-CAでは非常に鮮明に診断ができるようになったんですね。

(奥山上席専門研究員) そうですね。

(直井委員) ありがとうございます。

それから最後なんですけれども、今特別措置病室による準備をされているというお話があって、2回前の定例会のときに横浜市大病院の高野先生からもお話がございまして、現状の環境づくりの状況と、院内教育についてもう少し教えていただけますか。

(奥山上席専門研究員) 御質問ありがとうございます。

当施設、滋賀県にございますけれども、滋賀県には特別措置病室が今年になってから滋賀医大に1室できただけで、全くRI治療を行う施設ございません。RI病室は一つもないという状況なんですけれども、幸い特別措置病室があればできる治療というものができましたので、そしてまた今後恐らくPSMA治療とかそういったものにも広がっていく可能性を考えますと、やはり滋賀県内にも特別措置病室で治療を行える施設を増やさなければいけないだろうという話になりまして。

そして、幸い当施設には少し空いている病室ですとか病棟の建て直しなどがございまして少し空いている場所がございましたので、そこをうまく活かして何とか始めましょうということで今準備を始めています。

ヨード治療に関しましてはアブレーションだけは外来でできますので、ずっと私赴任してから継続しておりまして、そのほか今はちょっとお薬がございませんけれども、ゼバリン治療ですとか、メタソロン治療ですとか、そういった治療に関しましてはずっとやってきていたんですけれども、やはり入院となります特別措置病室になりますと、入院の対応する看護師さんの教育ですとか、そういったものがやはりまだ今まで全然できてなかった状態ですので、できるだけ変な抵抗感を抱かれずに、正しく理解していただくための教育を今もう既に半年ぐらいかけて徐々に準備を始めているところです。

(直井委員) どうもありがとうございます。是非頑張ってくださいと思います。

ありがとうございました。私からは以上です。

(上坂委員長) それでは、青砥参与から、専門的な観点から御意見を頂ければと思います。よろしく願いいたします。

(青砥参与) 私からすると非常に難しい話を、さらっとされましたという感じですが。専門も違いますので、ほとんどの専門用語が右から左という感じです。

(奥山上席専門研究員) 申し訳ございません。

(青砥参与) いえいえ。ただ、同じように研究をやっている人間として興味あるところを少し確認させてください。

こういう画像のデータですが、先生のお話をお聞きして驚いたのは、最初のテーマ1ですと、自己紹介に従えば、4つぐらいの機関をまたいで研究されていますよね。

(奥山上席専門研究員) はい。

(青砥参与) そういう環境にあって、画像データをどのように管理、整理されて、それをどのように利用されているのかについて非常に興味のあるところです。一般的な工学分野であれば途中で途絶えてしまいそうな気がするのですが、それはどういう状態でこれだけのことができるのでしょうか。

あわせて、それ以外の部分について、画像に対するデータの取扱いが主にやられている感じがします。この画像データの信頼性といいますか、もちろん御自分で取られたのは信頼性が高いと思われるのですが、相当な数をどれもこれもこなされていて、そうすると様々なところから収集しなければいけない。そのときの信頼性確保の考え方について教えて

いただきたい。お願いします。

(奥山上席専門研究員) 御質問ありがとうございます。

まず最初のテーマに関してですが、確かに医者になってすぐのときからずっと今まで継続しているものではございますが、前半でお話ししました神経芽細胞腫に関しましては全て京都府立医大に在籍していた時代に行った記録でございます。

その次に出てきました $\beta 3$ 受容体作動薬に関連することに関しましては、FDG-PETでということになりますので、実際には今いる施設で行っている研究になります。ただ、先ほども少しお話ししましたが、京都府立医大の後輩でも非常にこの高齢者での（褐色脂肪の）描出に関して興味を持ってきている後輩がおりまして、その後輩は大学の方で進められておりまして、私自身はこれに関しては、そのベタニス関連に関しての研究はもう後輩にお願いしているという状況で、今特にそのデータのやり取りという、データを持ってきてとかそういうのは行っておりません。

そのほか、先ほどの食道がんの症例などは全て当施設の症例ですので、データの持ち出しですとか移動とかそういったものは一切ございませんし、アミロイドに関しても全て私どもの施設で私が診断しているものでございます。

(青砥参与) ある意味で残念というか、医学の世界では共通するデータベースか何かがもう既に仕上がっていて、いろいろな貴重なデータを共有されているという答えを期待したのですが。

(奥山上席専門研究員) すみません。

(青砥参与) そういうことではなくて、やはり個人でご苦労されてデータを集めることになる。

(奥山上席専門研究員) 現実的にはそうでございます。実際にやり取りしようとする、個人情報ですので、なかなかデータを機関をまたいでやり取りというのはかなりハードルが大きいと思います。

(青砥参与) いや、でももしできれば、核医学という先端のところで様々御苦労されているとすると、データの共有化は是非議論していただきたいと思いました。御苦労がもっと大変だということはよく分かりました。

同様の質問ですが、先ほど直井委員からもありましたが、私もこの横浜市大の特別措置病室、それを設定していくのにどんな御苦労をされたかをかなり印象深く聞きました。同様に、核医学という名前すらもまだ割と希少で、その方の場合には事実上一人で核医学診療室を運営しているみたいなのですが、そういう御苦労をされていたと思います。是非今後核医学の知

名度を上げ、あるいは治療法について、いろいろなところで知識を集めていこうとするときに、法人というかこれからやられる方へ何か御助言があれば是非お伺いしたいと思います。

(奥山上席専門研究員) 核医学治療、特に特別措置病室などで広げていこうということに対しては私よりももっと適任の方がたくさんいらっしゃるかと思うんですけども、やはりちょっと核医学治療というのは非常に放射線科の領域の中でも特別な立場に治療がございまして、核医学というのを、放射線科というのは放射線科の専門医制度がありますが、診断専門医と治療専門医というふうにまず分かれております。私は放射線科の診断専門医です。横浜市大の高野先生は治療の専門医でいらっしゃいます。

核医学の領域というのは、以前から核医学診断と核医学治療と二つの大きな柱がございましたが、特に最近PETが広まりだしてからは診断の世界から核医学に入るといって先生も少なくなると、核医学をやっていらっしゃる先生の中でも核医学治療をするという方がそんなに多くないというのはちょっと今非常に考えていかなければいけない重要な課題ではないかなと思っております。

そんな中でやはり専門医制度というのはかなり大きなハードルになっているのは間違いないと思っております。ですので、そのところを私がどうかできるものでもないんですけども。

(青砥参与) 今の障壁ですとか、先ほどのデータの共有ですとか、是非現場からのお声をお願いしたいと思います。

どうもありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、畑澤参与からも専門的な観点から御意見を頂ければと思います。よろしくをお願いします。

(畑澤参与) 奥山先生、大変ありがとうございました。

私は以前から先生のことをよく存じ上げておりましたけれども、先生の個人的な経歴も含めて今日お聞かせいただいて、関西の方では核医学放射線科の女性の先生方多分多いんですね。私のところの若い先生方も、奥山先生がロールモデルということで、先生が頑張っておられるがために活性化されてたところもかなり大きいように思うんですね。ですから、そういう意味では大変今日お聞きしまして、先生にお話しいただいてよかったなというふうに思いました。

(奥山上席専門研究員) ありがとうございます。

(畑澤参与) それから、2点目の患者さんからのクエスチョンを持ち続けて、最後にはその謎

を解き明かすという手法は医学の分野では王道ですよ。常にやはり患者さんのクエスチョンがスタートラインで、大きく花開くと思うんです。先生がイメージングに成功した褐色脂肪というのは、それまでは本当にあまり知らなかったんですけれどもね。今では目に見えて、それでそれを活性化させて、メタボリックシンドローム、生活習慣病の治療の対象というふうになって、いろんな新しい薬も開発されているところもあります。

ですから、そういう意味では先生の患者さんからスタートした研究が、画像診断だけではなくて、実際のメタボリックシンドロームの治療薬の開発にまでつながったということで、その医学の研究の王道を今日は見せていただいたような気がします。ありがとうございます。敬服いたしました。

それで、もう一つお話を聞いていて一番僕がキーになると思ったのは、5枚目のスライド辺りだったですかね、先生入局してから先輩の先生が夜遅くまで先生のレポートを添削して、指導してくださったというふうにおっしゃいました。私はこれが非常に印象に残っていて、かつて僕らが若い頃は普通だったわけです。ところが、今は夜遅くには大学にも病院にも誰もいないですね。5時過ぎますと、もうみんな今日の仕事は終わりということで帰ってしまいます。いるとかえって注意されて、早く帰りなさいと。そういうふうに大きく指導体制というか指導の仕方が変わってしまいました。その中でもやはり医療技術、研究は伝えていかなくてはいけないというわけで、そこは先生、どのように今なさっているのか、御経験ありましたら教えていただければと思います。

私はとにかく夜遅くてもとにかく残って土日でも出て来てやれというタイプですので、こういう今の指導者としては全く駄目なんですけれども、先生今現役ですので、どういうふうになさっているか、ちょっと教えてもらえれば。

(奥山上席専門研究員) すみません、ありがとうございます。実際、6枚目に書いてますように、私は本当に若いときには上の先生が、もうこっちが疲れるくらい本当にそれ以上に精力的に教えてくださったことに本当に感謝しておりますが。現在は本当に働き方改革、何かあると働き方改革と言われますし、特に若い先生を遅くまで引き止めるとかというのは論外だという風潮が恐らくいろんな病院であるのではないかと思います。

現在なんですけれども、残念ながら畑澤先生の御質問に対するお答えにはならないんですけれども、現在は私上司も部下もほぼいない状況で仕事をしておりますので、部下に遅くまで残れというような環境は全くございません。月に1回ぐらい放射線科を回っているローテーターに1日だけPETの画像診断をお教えするという以外の教育の時間というのはないで

すので、ちょっと先生の御質問に対してお答えすることができません。

(畑澤参与) やはり時間内に集中して伝授するしかないのが大事なかなと思いますね。

あと最後に、これも青砥参与からも御質問ありましたけれども、先生は放射線診断専門医という立場でお仕事、核医学ともに、核医学の画像診断を中心にここまでこられたわけですが、放射線科、それから核医学の画像診断をベースにした核医学治療という、セラノスティクスという新しい分野を見ているわけなんですね。これを担う人材が備えているべき知識とか技術とか、そういうのはどういうものなのかなというのがまだしっかりイメージできてないようなんですね。先生にとってはいかがでしょうか。大変難しい問題だとは思いますが。

(奥山上席専門研究員) そうですね、やはり治療するという側面から、やはり今までの診断だけを専門に扱ってきた医師では少し普段ちょっと横に置いてしまっている患者さんを見るということに対する知識、技術ですね、そこがまず必要です。でも一方で、核医学の専門的な知識がないと、特に内用療法に関してはいろいろ準備を進めていくものにつきましても、どこかでちょっとこんな予定じゃなかったよということが出てまいりますので、やはり理想は核医学をしっかりとやっていて画像の知識がある人が核医学の治療をするというのが恐らく理想だろうと思います。

先ほどもお話いたしましたけれども、やはりそこで一番ネックになってくるのが放射線科の専門医どうするかというところなのかなというふうに思っております。実際今私の施設にも内用療法を将来的にしたいという先生が実は来られていまして、自分は診断医の科に入ったけれども、本当は内用療法をしたいと、やっぱり治療医になりますというところで今揺れてらっしゃって、どっちかに決めないとなかなかそういう選択ができないというそういう状態自体がちょっと残念だなと思っております。畑澤先生はじめ学会の先生方には是非改革をお願いしたいところです。

(畑澤参与) 放射線医学の分野では、従来の放射線診断という分野と放射線治療ですね、外照射の二つしか今専門の制度がないので。ただ、今起こっている核医学治療を中心としたセラノスティクス (theranostics) はその両方を兼ね備えた分野ですので、もう一つ新しい分野として独立してあればいいかなと。

(奥山上席専門研究員) 核医学がその中でもう一つ独立してくれてもいいのかなと。

(畑澤参与) というふうに思っております。

(奥山上席専門研究員) 私もそう思います。

(畑澤参与) 専門医制度まで含めて改革していく必要があろうかなというような気がしました。

(奥山上席専門研究員) その方がやりやすいことが多くなるんじゃないかと思っております。

(畑澤参与) どうもありがとうございました。

畑澤の方からは以上です。

(上坂委員長) それでは、小笠原参与から、専門的な観点から御意見を頂きたいと存じます。

よろしくお願いします。

(小笠原参与) 今日の御説明いただき、ありがとうございました。

3 ページ目の自己紹介にある通り、御結婚、御出産、それから高齢者の介護をなさりながら、診断、そして研究成果も上げてこられたということで、本当にすばらしいなとまず敬意を表したいと思います。

原子力委員会でも、原子力分野で活動される人材を育てていくことが非常に難しくて、これからの課題だと、何回も取り上げてきております。特にジェンダーバランス、女性参画を促進することが重要だという認識を共有しております。

奥山先生におかれては、畑澤参与からも御紹介ありましたが、関西の医学界でロールモデルとして皆さんから認識されていらっしゃるというふうに伺いました。今特に女性の核医学進出に向けてどのような御展望、順調に育っていらっしゃるのか、あるいはいまだに足りませんと、いつでも難しいことだと思いますけれども、本来であれば解消されてしかるべきような障害がいまだに残っていると、そこら辺についての御見解を頂ければと思います。

(奥山上席専門研究員) 御質問ありがとうございます。

そうですね、ちょっとあまりそのような形で考えてみたわけではないのでちょっと今どのようにお答えすべきか分からないんですけども。核医学の領域以外の領域を逆に私あまり存じておりませんので、ほかと比べてどうなのかということに関してはちょっと明確な答えを持ち合わせておりませんが、私の見ている範囲では、核医学の領域では女医さん結構いらっしゃるような気がいたしております。

畑澤先生、どうですか。

(畑澤参与) そうだと。

(奥山上席専門研究員) 非常に御活躍された、高野先生もそうですけれども、御活躍されている女医さんは、もちろん私よりも大先輩の先生方もたくさんいらっしゃいますし、私よりも若い先生方の中でも非常に多く、増えてきていらっしゃると思いますので。特に女性だから無理とかそういったことは、皆さん個人的な事情でやっぱり大変な時期というのは

皆さんお持ちだと思いますし、今後は別に女性だけでなく男性も同じなのかもしれませんけれども、そこに対して恐らく男性、私が接してきた男性の先生方の皆さんかなり心は広くお持ちいただいて、それぞれの状況に合わせて仕事をしやすいように環境を整えてくださっている先生方が多くの施設では多いんじゃないかなというふうに、何となくお察しいたします。ただ、ごく近辺のことしか現実的には分かりませんので、何とも分からないですけれども。

(小笠原参与) 大変心強く思いました。どうもありがとうございました。

(奥山上席専門研究員) ありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、上坂から幾つか意見を述べさせていただきます。

まず、35ページ、最後のページです。ここまで十分質疑や議論がありましたように、放射線診断医、先生はもうこちらの御専門であられると。しかしながら、御経歴を見ますともう十分治療もやられているということで、診断と治療両方やられているというもう理想的な先生であられて。でも一般には診断専門医と治療専門医が分かれている。それでその二つのグループは是非コミュニケーションをしっかりとしてほしいというのが一般から見たお願いですけれども。ここまで議論していたように、こういう核医学のような新しい分野ですと、必ずしも両方多くいるという状況ではまだないということなので、やはり一人一人育成していくという状況で。

今日も前半の方で御説明いただいたように、ただ画像で出てくるから疾患とは言えないという。それは診断医も非常に腕のいい、先生のように腕のいい診断医でないと分からない症例があるわけですからね。放射線診断専門医というのはスペシャリストとして非常にレベル高く、実績と能力を上げていただきたいなというのを非常に感じた次第でございます。

それで、畑澤参与もおっしゃられたように、高野先生のようにベータ線核種であるルテチウムを使った診断と治療、セラノスティクスがもう始まっています。今後我々原子力委員会も医療用とラジオアイソトープ製造・利用の推進のアクションプランというのを3年前発出しまして、現在そのフォローアップをやっているところです。そこではアスタチンとかアクチニウムとか、アルファ線核種ですね。是非、早期実用化にそしてまたそういう核種を国産化したいと。そういう方針を出して今は進めているところであります。そうしますと、先生のように両方見れて、しかも高い知識と御経験のある先生が極めて重要であると思います。

それで、今先生の御病院では先生がお一人専門家としていらっしゃいます。どうでしょう。先ほど畑澤参与から関西の方では先生がロールモデルになって若いメンバーが増えていると

ということなのですけれども、ほかの近くの病院でもだんだんと増えているとか、そういう実感はございますでしょうか。

(奥山上席専門研究員) ほかの？すみません。

(上坂委員長) ほかの病院で核医学の診断医とか治療医が増えているという状況はありますか。

(奥山上席専門研究員) そうですね、核医学の診断医は、どうでしょうかね。少しずつ増えてはいると思いますけれども、やはり関西でいろいろな研究会とか開催されます会に参加いたしますと、少しずつ増えていると思うんですけれども、やはりベテランの先生の方がまだまだ数が多いですね。ですので、もう少し増えていただけたら。

私自身は、先ほど一人でと申しましたが、実際今の施設には非常勤で何人かの大ベテランの先生方にお手伝いいただいております、そういった先生方に支えられて何とか今仕事をしている状態ですけれども。ただ、関西ではいろんな施設の先生方皆さん核医学の先生方、中でつながりが非常に濃いと思っておりますので、そういったところでいろんなことを相談しながら皆さん主導して研究を進めているという状況でございます。

(上坂委員長) 私も最近核医学技術学会に出席するようにしていますが、出席者が2,000人程度で、そして女性比率が20%なんですよね。原子力学会ですと1,500人ぐらいで、女性が5%なのです。そういう状況を見てみると、非常に活気のある学会かなという印象でしてね。まさに今日多く出ていた転移がんのPET画像集積があって、非常に厳しい疾患状況からどうやって治していくかという発表がいっぱいあって。本当に私なんか隔世の感で聞いておりました。そういう会場を見てても若い方、もちろん企業の方もいらっしゃると思うのですけれども、非常に若い方も多くいらして活気がある学会だなと思いましたね。今後さらに若い方が増えていかれるのではないかと期待するところであります。

そこで、関連してですけれども、核医学なでしこの会というのがありまして、大野京都医療技術大学の大野大野先生がリーダーです。それで一昨年の会は、私出れなかったのです。去年の会に前日行かせていただきますと言ったら、ワーキンググループに加わってくれと言われて。医師、看護師、技師のグループがあり、私は研究者と企業エンジニアのグループに入れと言われました。理工学系の先生のチェアの下にやりました。ああいう形で、本当に若い方、私以外は若い方が多かったので、そういう形で核医学界が今人材育成に乗り出している感じです。高野先生にも申し上げましたが、活気のある核医学技術学会を使って、皆さんで集まって機会を使って、皆で若手を引きつけて、そして育成してほしいなと思った次第でございますので、よろしくお願いします。

(奥山上席専門研究員) ありがとうございます。

(上坂委員長) それから専門的なところで、25ページから30ページ辺りに、大脳皮質のアミロイドPETの評価等があります。これはアルツハイマー型認知症の診断に関わることだと思います。以前脳の核医学の先生から、まずモリブデン99/テクネシウム99mを使ったSPECTで脳血流全体を見て、海馬に異常がある場合アミロイドベータたんぱく質をPETで診断して、陽性の場合レカネマムやドナネマムですね。最近出ている化学薬品で化学治療を行うというようなことを教えていただきました。こちらにもほかの例にあったような非常に難しい診断のところがあると思うのですけれども、その辺をもし数点重要なところを教えてくださいなと思うのですが。

(奥山上席専門研究員) ありがとうございます。

私もずっとアルツハイマー病ですとかレビー小体型認知症の診断というのは、血流SPECTをメインに行っていましたので、SPECTで読めるのが専門医の仕事だというふうに思っていたんですけれども、実際にアミロイドPETができるようになりますと、今までのSPECT診断では正しく病態、病態ではないですね、病態としてある領域が落ちているのでこのような症状になる、それは正しいのかもしれませんが、病気の原因である病理を反映した画像としてはやはり脳血流だけでは読めてなかったんだなということはしばしば感じるところでございまして。

やはり脳血流は最も今患者さんの出ている症状、これから起こるであろう症状を反映している画像が得られると思うんですけれども、同じようにアミロイドがたまっている場所が違いますと症状の出方が違いますし、ただアミロイドがたまっている方の場合には、今新しくレカネマブですとかドナネマブなどの新薬を使えるようになりましたので、今後はちょっと診断の仕方というのが少し変わってくる可能性はあるかもしれないなと思っています。

ただやはりレカネマブ、ドナネマブを前提とした場合しか今アミロイドPETを施行できませんので、まだしばらくの間はまず血流もして評価というのは恐らく続くのではないかとと思っています。

(上坂委員長) では、やはりここも同様に診断でしっかりと色々な例を分析しながら治療にいかねばいけないということですね。はい、分かりました。

私からは以上でございしますが、ほかに追加の方、岡嶋参与、どうぞ。

(岡嶋参与) よろしいですか。

もう時間もあまりないので、簡単にとっと思ってるんですが。私も実はデータについては、多分医療って正直なところどれだけデータ数があるか、症例数どれだけ持つかというのは信頼度が上がる一つだと思っています。そういう点でもデータベースは大事だろうと思ってたんです。そういう観点からもお伺いしてたんですけれども、先ほど青砥参与からの質問等からすると、データベースというのは言わば病院というかあるいは個人管理というか、そういうような状況だという理解でいいんですか。

(奥山上席専門研究員) 基本的にはそうです。基本的には各病院で。

(岡嶋参与) その病理に対するネットワーク的なものがあって。

(奥山上席専門研究員) もちろんそういったものが形成されているようなものもございますけれども、それはきちんとした研究として確立された場合に許可されたものがデータベースに収まるという形になると思います。普段常にあるわけではないです。

(岡嶋参与) 何となく医療の発展のためにはそういうようなネットワークというのをやっぱり早期に構築していくことの方が重要かなというような印象をちょっと持ちました。

(奥山上席専門研究員) 個人情報というのが一番大きな問題。

(岡嶋参与) それも一つの障害かもしれません。

もう一点だけ、今日のお話を通してなんですけれども、実はR Iなどを使ってらっしゃると、廃棄物という点で何か御苦労とか課題とか、あるいはこれから今までやってきた中でそういう大変だったよ、みたいなこととかなかったでしょうか。これから先発展していくためにもその点はどうなんだろうというのを、少し、もし何か御意見があればお伺いしたいと思います。

(奥山上席専門研究員) R Iの廃棄物に関してはしっかりといろんな取決めございますので、今まで仕事しておりました施設において実際に困ったことというのは今までのところは特に経験しておりません。

ただ、今後内用療法を始めるに当たって、ルテチウムの内用療法を始めるに当たりまして、もし症例数が増えてくると、P S M Aとかにも広がって症例数が増えてまいりますと、ルテチウムのmetastableなタイプがかなり半減期長くて残っていくということで、廃棄するのに、廃水流すのにかなり流せない状態のものが残ってくるんじゃないかなというのは非常に危惧しておりまして。蓄尿した尿を廃水できずにためておく場所というものを確保しなければいけないなということを考えております。そこが一番の現時点では懸念です。

(岡嶋参与) 全体的にやはり廃棄物という点は最後までのことを考えるとそこまでの処理が必

要になるかと思いますので、是非その辺のところも核医学全体の中で考えていただけたらと、あるいはその解決に向けてやっていただけたらいいと思っておりますので、よろしくお願いします。

私からは以上です。

(上坂委員長) どうも岡嶋参与、大変失礼いたしました。どうもありがとうございました。

それでは、奥山先生、どうも本日は長い時間説明、御質疑、ありがとうございました。

(奥山上席専門研究員) ありがとうございました。

それでは、議題1は以上でございます。

次に、議題2について事務局から説明をお願いいたします。

(山之内参事官) 二つ目の議題は、次世代革新炉開発の取組について伺います。三菱重工業株式会社原子力セグメント長代理、神崎寛様から御説明いただき、その後質疑応答の予定でございます。

本件は、原子力利用に関する「基本的考え方」3の2、「エネルギー安定供給やカーボンニュートラルに資する安全な原子力エネルギー利用を目指す」に関連するものとなります。

それでは、神崎様から説明よろしくをお願いいたします。

(神崎原子力セグメント長代理) 改めまして、三菱重工の神崎と申します。本日はよろしくお願いいたします。

弊社で開発しております次世代革新炉開発の取組ということで御説明いたします。

次のスライドをお願いします。これが本日お話しする内容になっております。

次のスライドをお願いします。まず、弊社の原子力事業の概要を簡単に説明させていただきます。

次のスライドをお願いします。表形式になっておりますけれども、弊社の原子力事業、軽水炉、それから廃止措置、燃料サイクル、将来炉、原子力に関連するほぼ全ての領域で事業を展開しております。我々メーカーでございますので、事業者さんに対して設備ですとか製品をお納めしたり、あとはメンテナンスなどのお手伝いをするという、そういう貢献の仕方をしております。

次のスライドをお願いします。こちらが国内の軽水炉の建設実績を示したものになります。1970年の美浜1号の運開に始まりまして、最後PWRの泊3号機まで、全24基の建設に携わっております。

続きまして、これが時間軸に展開したような格好のものでして、短期、中期、長期という

分け方をしております。短期的には既設プラントの再稼働、それから特重の推進、そして燃料サイクルの確立に貢献することに注力しております。それに引き続いて、革新軽水炉ですね、本日御説明しますSRZ-1200の開発をいたしております。少し先の中期のところになりますと、そのほかのいわゆる革新炉の開発、高速炉、高温ガス炉、小型炉、マイクロ炉の開発をしております。更に先には核融合にも取組をしております。

次のスライドをお願いします。以上が弊社の事業の概要でして、ここから革新軽水炉SRZ-1200の開発の取組について説明させていただきます。

革新炉と呼んでおりますけれども、新設ならではの安全対策と革新技術を採用して世界最高水準の安全性を目指してSRZを開発しています。

コンセプトとしましてはその右側に三つ上げておりますけれども、超安全・安心、地球にやさしく、大規模な電気を安定供給ということで開発を進めております。

左側に少し小さい字ですけれども、書いておりますけれども、基本的にはブルーブンの技術、今まで国内24プラント建設してきた実績を持って、ブルーブンの技術をベースにしております。その上で新設ならではの安全対策ですとか幾つかの革新技術を導入するということで安全性を更に向上させたものになっております。

次のスライドをお願いします。こちらがSRZ-1200の特徴を1枚にまとめたものになっております。右上の方にピンク色で幾つか説明がありますけれども、これらが外部ハザードへの対策の強化ということになります。左側の方にある青色のもので、これがそのほかの内的な要因等に対しましてその安全性の更なる向上に関する対応になっております。右下に緑で書いておりますけれども、それに加えて再生可能エネルギーとの共存にも配慮した設計としております。それぞれは次のスライド以降で少し細かく説明させていただきます。

まずは外部ハザードへの対策強化ということです。左側に書いていますのは地震・津波等への自然災害への耐性強化ということなのです。耐震性の向上手段としましては、原子炉建屋を頑健化します、更に低重心化しますということで、耐震性能強度を高めている。あと、津波に対しましては、完全ドライサイト設計、ドライサイトと呼んでいますけれども、敷地レベルのかき上げをすることで、防潮堤がなくても津波を十分防ぐことができるような設計にしております。更に念には念を入れという格好で、建屋の地下、1階層までは水密化を図るということになっております。福島第一原発事故の際に、非常用の発電機が水没してしまって、せっかくの非常用の発電機が機能しなかったという事例がありましたので、そういった反省も踏まえまして、この完全ドライサイト設計というものを採用しておりまして、津波で

大切な設備が水没してしまうことのないような設計にしております。その他、台風、竜巻、火山灰侵入とか自然災害への耐性を強化しております。

右側は少し違う話でして、大型航空機衝突への対応です。格納容器を二重にしております。内側にいわゆる格納容器がありまして、高強度の鋼板製の格納容器を備えております。その外側にコンクリートでの外部遮蔽壁を設置する予定にしております。この外部遮蔽壁によって大型航空機の衝突は外部遮蔽壁で受け止めて、内側の格納容器には影響を与えないという、そういう設計にしております。

続きまして、安全性を追求した設備構成ということです。ちょっと図がかなりにぎやかなんですけども、左上を見ていただきますと、既設と比べた特徴としまして、安全系の設備を多重性を強化しているということが挙げられます。既設は安全系2系列ですけども、S R Z-1200では3系列に増やしております。

その増やした3系列をどのように配置していますかという話を左下の方に書いておりますけれども、区画分離という言い方をしております。この真ん中の図を見ていただきますと、4象限に分かれておりまして、この図でいいますと左上、左下、右下、区画A、B、Cというふうになっておりますけれども、それぞれの3系統ある安全系をそれぞれ区画分離してやると。そうすることで、例えば区画Aの中で火災ですとか溢水ですとか、そういった事象が発生した場合でも、その影響は区画Aの中だけで収まる。そうすることで区画BとCを確実に生かすことができるという、そういう設計になっております。

それに加えて、右上のところにS A専用区画というのがあります。シビアアクシデント用の区画を新たに設けておりまして、こちらも独立させた上で区画分離もしているということになります。

更に、非常用電源につきましては多様化を図っております。区画A、B、Cのところにあるのは非常用発電機としてはディーゼル発電機を用意しているんですけども、右上のシビアアクシデント専用の区分のところではガスタービン発電機を使うことにしております。こういった多様化を図って、何らかの原因でディーゼル発電機が仮に動かないような事象が発生したとしても、別の手段であるガスタービンで非常用発電を行うことができるような設計になっております。

そのほか、右上の方にパッシブ安全設備の導入というふうに書いてあります。ここに書いています例は高性能蓄圧タンクになっております。蓄圧タンクというLOCA時などに炉心にホウ酸水を注入する設備がありまして、これが圧力で駆動する設備になっておりまして、パ

ッシブですね、電源を必要としない安全系の設備ということになっております。

次のスライドをお願いします。こちらでもSRZ-1200の特徴的な対策なんですけれども、熔融炉心の対策としてコアキャッチャというものを新たに設置しようとしております。万一の炉心熔融の際に、原子炉容器から熔融炉心が落下してまいります。その熔融炉心を専用のピットへ受け止めまして、更に拡散槽と呼んでおりますけれども、そこに薄く広げて、更にそれを水で冷却することで熔融炉心を格納容器内に確実に保持して冷却していくと、そういった設備になっております。

次のスライドをお願いします。ここで説明していますのは、再生エネルギーとの共存性の向上ということで、出力調整機能の強化について触れております。従来といいますか現状の原子力発電所は主にベースロード電源としてフルパワーで出力されていることが多いと思いますが、再生可能エネルギーの割合が増えてきたときに、今は火力発電所に頼ってる出力調整機能を原子力発電所で一部受け持つというかそういったことができるような性能を強化しております。

右上にありますのが負荷追従性能です。ちなみに、この機能は既設のプラントでもできるような状況にはなっているんですが、それを更に強化したという格好になっております。出力の調整の速度でいいますと約4倍、既設プラントの約4倍。出力調整幅は既設プラントの約1.4倍に強化しております。

また、右下の周波数の調整機能についても1.5倍の幅まで調整できるように強化をしております。

次のスライドをお願いします。こちらが開発の動向になります。PWRの4電力さん、北電さん、関電さん、四電さん、九電さんと共同でSRZ-1200の開発をしております。現状標準プラントという格好で進めておりまして、基本設計は概ね完了している状態です。

それと並行しまして、実証試験も実施しております。こちらは経済産業省さんの補助もいただきながら開発を進めているところです。

一番下に規制対応というのを書いていますけれども、規制の予見性向上のために新設向けの規制基準をどのように解釈したらいいでしょうかというお話をNRAと開始させていただいております。これについてはまた後ほど触れさせていただきます。

次のスライドをお願いします。こちらが実証試験の取組状況の例として、原子炉容器の炉内流動状況を確認する試験を、今これまさに実施しているものです。SRZ-1200では、炉内構造物を既設から若干改造しておりますので、その炉内の流動状況が意図したものにな

っているかということ、もちろん解析でも確認するわけなんですけれども、試験的にも確認しようとしております。

次のスライドを御覧いただきますと、N R Aとの新設規制に関する意見交換ということ、S R Z - 1 2 0 0は現状の規制基準に合致するように設計しているつもりではあるのですが、確かにそれでいいですよという確認はN R Aと会話をして、その確認をしようとしているところです。

論点としては三つありまして、常設設備を基本とした重大事故対応がよろしいでしょう。それは何を言っているかといいますと、現状既設の改造工事で全てのプラント対応しておりますので、可搬式が基本になっていますので、その可搬式ではなくて常設でも大丈夫でしょうかというのを確認しようとしています。

次の論点としましては、特重施設の在り方、重大事故等対処設備とその特重施設の機能統合する、を論点に挙げております。これも既設の改造工事でどうしてもテロ対策など改造工事でやらないといけなかったことを新設向けの対応ではもっと合理的なやり方ができないんでしょうかということで論点に挙げさせていただいております。

三つ目の論点としては、新技術でありますドライ型コアキャッチャの導入ということで、こちらについても御意見を伺う予定にしております。

次のスライドをお願いします。新設プラントを建設するに当たりましては、炉の開発そのものも重要ではあるんですが、実際につくるとなったときには原子力のサプライチェーンが非常に重要です。我々プラントメーカーの立場ですけれども、プラントメーカーだけで原子力発電プラントができるわけではなくて、原子力特有の技術を持つ企業、ビジネスパートナーの方々がたくさんいらっしゃいます。左側のピラミッドのようなものがありますけれども、そこに書いていますのは400社以上あります。更にその下に原子力の部品を提供していただくような一般の企業の皆さん、それを含めて原子力のサプライチェーンが成り立っております。新設プラントがなくなりましてかなり久しくて、この状況で新設プラントをいざ建てますといったときに、このサプライチェーンがきちんと機能するのかなという点が大きな課題になりますので、そこら辺に対する取組が必要になってまいります。

実際に震災以降、サプライヤーの事業撤退なんかもありまして、当社では撤退したサプライヤーの方がつくっておられた製品を弊社自身で製作するような、内作の取込みという言い方をしておりますけれども、そういったものをやったりですとか、代替のサプライヤーさんを探したりと、そういった対策を講じております。

次のスライドをお願いします。そういった取組の例を幾つか挙げております。下側に三つ写真と図がありますけれども、一番左の例ですと、環境型の伝送器、これは製造休止品の代替機の開発になります。それから、真ん中に挙げておりますのは、格納容器の高強度・高靱性の鋼板の開発になります。これはS R Zの新設向けに新たな材料を開発しているものになります。右側に書いていますのは、受動的な開放機構を有する新型弁というかバルブですけれども、これもコアキャッチャに使用するバルブを開発しております。こういった代替品の開発ですとかS R Z向けの新しい製品ですとか部品の開発などをサプライヤーさんと一緒にやっておりまして、こちらも経産省の原子力産業基盤強化事業でサポートを頂いているものであります。

以上がS R Z－1 2 0 0に関連する、あるいは新設に関する取組になります。

続きまして、そのほかの将来炉の取組について御説明いたします。ここにラインナップとして五つ炉型があります。左上のS R Z－1 2 0 0は先ほど御説明いたしましたとおりです。それ以外の四つの炉型について次のスライド以降で詳しく説明させていただきます。

次のスライドをお願いします。まずは小型炉です。弊社で開発しております小型炉は、その図の左側に従来炉というPWRの代表的なループ構成を書いておりますけれども、原子炉容器があつて蒸気発生器があつてポンプがあつて、それを配管でつないでいるというのが典型的なPWRプラントですけれども、そのうちの蒸気発生器を原子炉容器の中に取り込むと、それで原子炉容器の中の循環をポンプを使うことなく自然循環だけで成り立たせるというのが最大の特徴になっております。それで小型化することによって、原子炉建屋も含めて地下に埋設することで航空機衝突などへの耐性を強化すると、そういったことになっております。電気出力としては30万キロワット程度を想定した炉になっております。

次のスライドをお願いします。続きまして、高速炉の開発です。弊社は実証開発を担う中核企業に選定されておりますので、日本の中としても高速炉の開発を主導している状況になります。また、常陽の再稼働に向けてJAEAさんを全面的に支援しております。更に、日仏ですとか日米の国際協力にも取り組んでおります。

次のスライドをお願いします。次は高温ガス炉ですけれども、高温ガス炉につきましても弊社中核企業に選定されておりますので、こちらもJAEAさんと共に開発をさせていただいているところです。高温ガス炉の特徴は、超高温の900度以上の熱が取り出せるということで、その熱の使い道をどのようにするかということも考えておりまして、ここで挙げていますのは、高温で水素製造をすることによってCO₂フリーといいますか、カーボンニュ

ートラルに対して発電だけではなくて、そのほかの例えば水素還元製鉄ですとか、そういったことに水素を使うことで産業界としてのカーボンニュートラルに貢献できるのではないかとということで開発しているところです。

続きまして、マイクロ炉です。こちらは出力が、電気出力でいいますと0.3メガワットというかなり小さな出力のものです。出力が小さいだけあってサイズも小さくて、トレーラーでも運べるくらいのサイズ感になっております。表の中に継続運転可能期間10年以上というふうに書いていますけれども、置きっ放しでずっと発電し続けられると、そういったような炉を目指して開発しております。使い道としては、例えば離島ですとか僻地、極地などでの電源ですとか、あとは持ち運びができることを利用しまして災害地への電源などにも使えるのではないかとというふうに想定しております。

続きまして、海外分野への取組です。弊社、多少手前みその的なところもありますが、豊富な納入実績があると自負しております、海外向けにですね。引き続きまして既設プラント向けの取替えですとか、海外向けの新設の機器も納入しております。左側に表がありますけれども、原子炉容器、原子炉容器の取替え用の上蓋ですとか蒸気発生器とかポンプも含めまして、かなりの数の製品を納入いたしております。

次のスライドをお願いします。これが納入実績、世界地図に展開したような格好になっております。アメリカ、フランスだけではなくて、世界の様々な国に弊社の製品、弊社のビジネスパートナーと共につくってきた製品ですけれども、それを納入いたしております。

最後ですね、まとめですけれども、御覧いただければと思いますが、我々原子力事業の中で様々なことをやっておりますけれども、SRZ-1200ですね、革新軽水炉の開発を現在力を入れてやっておりますので、そういったことを通してカーボンニュートラルとエネルギーの安定供給に貢献していきたいと考えております。

以上になります。

(上坂委員長) 神崎様、説明どうも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。それでは、直井委員からよろしくお願いします。

(直井委員) どうも、神崎様、御説明どうもありがとうございました。

三菱重工さんの原子力事業の全体的な取組、それから革新軽水炉SRZ-1200の特徴について、特に安全を追求した新たな設計ですとか、それから将来炉の開発ですね、SMR、高速炉、高温ガス炉などの取組、それから海外への使用機器の納入実績など、包括的に御説明いただきました。ありがとうございます。

まず一つ目の質問なのですけれども、このSRZ-1200で外部ハザードへの対策強化で、完全ドライサイト設計というお話ございましたけれども、これは国内のサイトでは大体どこのサイトでも適用可能というお考えでしょうか、見通しでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) まさにそこはサイト固有のところでした、やはり今高い防潮堤を建てられているようなサイトですと、恐らくそれは難しいのではないかというふうに思います。ですから、そういう意味では適したサイトを見つけるということも一つ重要なファクターになってくるかとは思っております。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、原子炉建屋の低重心化というお話がございまして、恐らくこの絵の中ではちょっと重いものは下の方に持っていくんだと思うのですけれども、例えば燃料取替え用の水ピット、これは下の方に置くような予定でしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) はい。まさにおっしゃるとおりで、水源が下にある方が低重心化できますので、そういった対策を取っています。

(直井委員) はい。

それから、規制庁さんとのお話がもうスタートしていて、その中で論点3の中にドライ型コアキャッチャの導入というのも一つの論点として挙げられているのですけれども、このコアキャッチャについては実証試験はやられているのでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) このSRZ向けに導入を想定していますコアキャッチャはフランス向けで実績のある技術でした、基本的にはフランスで導入済み、許認可も取得済み。フランス、EPRというプラントに入っているコアキャッチャですけれども、フランス、フィンランド、それから中国にも既に設置済みのものになります。

(直井委員) ありがとうございます。

それから最後なのですけれども、サプライチェーンのお話ございました。16ページと17ページですね。これは新規に計画が決まっても調達まで10年ぐらいのタイムラグが発生するという話、なかなか深刻だなというふうに理解をいたしました。

それで、経産省さんもいろいろな産業基盤強化の事業ですとか、それから一番最後のところで海外に向けての主要機器の供給もされているので、何とかなるかなとは思っているのですけれども、三菱重工さんとしての見通しといいますか、をちょっとお聞かせ願えたらと思います。

(神崎原子力セグメント長代理) 何とかなると期待はしたいんですが、そこはまさにリスクでした、この瞬間は我々例えば撤退したサプライヤーさんの製品を内部でつくるように、それ

を我々自身も努力をして技術導入をした部分もありますし、撤退したサプライヤーさんと同等の製品をつくっておられる別のサプライヤーさんを今のところは見つけられているんですけども、やはり今はそうでも、例えば来年、5年後、10年後というのはやはり読み難くて、それはやはり新設プラントが何基立ちますので、それぞれ市場がこれぐらいありますのでという、それぞれサプライヤーさんがそれで事業計画を立てていただけるので初めてサプライヤーさんがでは原子力継続しましょうとか、新規参入しましょうとか御判断いただけるので、そこはかなり新設建設に関してはかなりクリティカルな部分になってくると思っております。

(直井委員) ありがとうございます。

私からは以上です。

(上坂委員長) それでは、青砥参与から、専門的な観点から御意見を頂ければと思います。よろしくをお願いします。

(青砥参与) どうも多岐にわたるお話、ありがとうございました。

ただ、多岐にわたったので、ところどころ内容がやや薄くなってしまったところについて少し質問させていただければと思います。

直井委員からも言及がありましたが、様々な、かなり安全性に手を加えられて、系統増加ですとか区画の導入ですとか、格納容器の二重化ですとか、基本的に言うと物量や設備が増強される方向の紹介が中心だったのですが、やはり商用炉ということからすると、一定の経済性というか、経済性のターゲットに向けた努力も必要ではないかと考えますので、今日の御紹介の中にはなかった物量・システム軽減等で革新技术導入などの中で経済性が高騰するのを抑制するような工夫ですとか設計の対応がありましたら説明いただけないでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) そうですね、安全性を強化していますという話をする、やはりちょっとものが増えがっての話にはなってしまったんですけども。例えば、新設ならではの合理的な設計というのは幾つかできるはずでして、今まさにNRAとの論点の一つにはなっているんですけども、特重とSA設備の合理化というか、それで設備を少しでも減らしてというまさに合理化をすることができるんじゃないかというふうに考えております。

(青砥参与) 御社の戦略としては、設計によって様々な今まで既存の炉に必要なだとされた要求を軽減させる方向で経済性を高めたい、そうおっしゃったんですね。

(神崎原子力セグメント長代理) もう一度おっしゃってください。

(青砥参与) 今までの既設に対する様々な要求が追加でなされてきたわけじゃないですか。そ

れを設計の中で含めおいて、安全性を高めることで合理化するという全体の戦略はそういうことだと。

(神崎原子力セグメント長代理) そうですね、現状は既設の改造工事で追加するしかありませんので、しかも置く場所ありませんので、可搬式で、それ専用の人も抱えないといけないというそういったこともありますので、それを常設化することで合理化できないかというのがありますし、先ほど申した特重とS A機能ですね、一部統合いただく格好でその設備を合理的に減らして安全性は担保したままで取り組みできないかというような、そういった新設ならではの工夫というのは考えております。

(青砥参与) 是非そのあたりは規制庁との様々な論点になっていくと思いますので、努力をお願いしたいと思います。

(神崎原子力セグメント長代理) はい。

(青砥参与) 技術的なことで一つ確認したい。これも直井委員からもありましたが、コアキャッチャが炉心直下に設置されてないのは何か理由があるのですか。そのときに、このメルト通路の効果をどう考えて、この長さの最適化を検討されているのでしょうか。先ほど、もう既にE P Rか何かで使っているという話もありましたが、そのあたり教えて下さい。

(神崎原子力セグメント長代理) 基本的にはそのE P Rの設計、コアキャッチャにつきましてはE P Rの方で確立された技術を持っておりますので、それを導入しようとしております。

コアキャッチャそのものが原子炉容器の真下でないじゃないのというお話は、原子炉容器の真下にありますのは犠牲材というふうに呼んでおりますけれども、犠牲材のコンクリートと呼んでおりますけれども、熔融炉心と混ぜ合わせることで粘性を下げるというか、そういったものを犠牲材コンクリートというものをあえて原子炉容器の下に置いておまして、それで溶けてきた炉心がその犠牲材と混ざることによって粘性が下がると。更に流れやすくなる、敢えてそういう状況をつくった上で薄く広げるという、そういう二段階のシステムになっておりますので、こういった原子炉容器の直下にあるものと冷やすために薄く広げる場所とが別にあるということになっています。

ちょっとこの11ページの右側の図ですとメルト通路というのはかなり長く見えるんですが、実際にはそんなには長くないはずですよ。

(青砥参与) 分かりました。少なくともそのあたりは先ほどの話で実証済みということですね。

更に一つだけコメントですが、いろいろ説明していただいた中で、今日は革新軽水炉SRZ-1200の内容が中心でしたが、お話の中でありましたように、高速炉及び高温ガス炉

の開発中核企業として選定されています。私の感覚からすれば、今日報告された革新型の軽水炉も含めて、軽水炉をこれから長く、長期にわたって安定して利用していこうとすると、どうしても燃料サイクルというかクローズドサイクルという、補足というか支えが必要になってくると思います。特に必須となる高速炉については是非十分な体制と対応を取っていただきたいと思いますので、それをコメントとさせていただきます。よろしくお願いします。

(神崎原子力セグメント長代理) 承知しました。

(青砥参与) 私から以上です。

(上坂委員長) それでは、畑澤参与から、専門的な観点から御意見を頂ければと思います。

(畑澤参与) 全体についてお話いただきまして、大変ありがとうございました。よく分かりました。

私の方は、19ページ目に小型軽水炉がありまして、この船舶搭載炉というのがあるんですけれども、これというのは船を動かすのに原子炉を使うということなのか、その船に乗せた炉で発電をしてどこかに電気を配るというそういう炉なのか、そこがちょっと分からなかったものですから、すみません、専門じゃないもんですからよく分からなくてごめんなさい。

(神崎原子力セグメント長代理) 船用炉というのはいろいろあると思うんですけれども、例えばむつですね、過去に実績のある例でいいますとむつがあります。むつは駆動力としてのエンジンの代わりに原子炉を積んでいたという格好になります。

ここで我々が想定しています船用炉は、発電専用の炉というのを想定しておりまして、出力も3万キロワットとか結構船を動かすには必要以上に大きいようなものになっています。船に発電用の炉を載せて、例えばそれこそ離島とかに船を横付けしてやって、そこで船の上から陸上に電気を送ると、そういった格好に使えるのではないかとということを想定して開発しているものです。

(畑澤参与) そうですね。そうすると、イメージなんですけれども、地面に設置する場合は地元の自治体とか関連するところのアクセプタンスというのが必要ですね。こういうふうにあっち行ったりこっち行ったりする炉の場合は、そのあたりはどんなふうになるんでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) そこが、寄港するに当たっては、恐らく地元のもちろん御了解もいりますし、法整備も含めてそこはまだまだこれから。ちょっと我々としてはそういった事業が成立するか、技術的に可能かどうかというところをちょっとサーベイしているところなんです。

(畑澤参与) そうですか。海の上なり水の上に浮いてあっち行ったりこっち行ったりすると、地面につく場合はいつも活断層というのが問題になってきますが、こういうのというのはそういう問題にならなくなるような気もするんですけれども、それどうなんでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) おっしゃるとおり地震そのものに対しては想定しなくて済むと思いますけれども、船ですのでやはり船に対する何かの衝突とか事故ですとか、あるいは津波の際にどうなのかという、そこら辺はやはり船は船なりの検討項目というのがあると思います。

(畑澤参与) こういう一つのアイデアでつくれるというか開発を推進しているということですが、法的なこととか、社会的なアクセプタンスとかそういうことに関してはまだこれからいろいろ整備していかなくはいけないところがあるという理解でよろしいでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) はい、そうです。そのとおりです。

(畑澤参与) もう一つ、マイクロ炉というのがその下にありますが、これは次の21ページによると、直径1メートル、長さ2メートル。

(神崎原子力セグメント長代理) ここに書いてあるのは炉心のサイズですけれども。

(畑澤参与) 書いてありますけれども、これというのはマイクロというのはどのぐらいまで小さくできるものなんでしょうか、技術的には。

(神崎原子力セグメント長代理) これは燃料の濃縮度にもよるんですが、これはかなりもうこれ以上小さくできないぐらいの限界の小ささです。

(畑澤参与) ということですか。直径1メートル、長さ2メートルというのが今のところは限界の小ささ。

(神崎原子力セグメント長代理) そうですね、臨界が維持できるもう、もちろん燃料の濃縮度によるんですけれども、我々が開発できる範疇の話ではこれぐらいが最小のサイズだろうと考えております。

(畑澤参与) これそうすると大きな車載になるわけですかね、ポータブルというのはどういう。

(神崎原子力セグメント長代理) サイズ的に、それこそ本当にトレーラーに載せられるサイズにはなるんですが、本当にずっと、これちなみに何十年も使えるものですから、ずっと動かし続けるわけでもありませんので、どこかに置いて使っていただくことにはなると思います。

(畑澤参与) ということですか。分かりました。いろんなタイプの炉があって、大きくするだけではなくて小さくすることによってすごく使いよさというんですかね、安全性を担保しながらいろんな種類ができるということを今日教えていただきました。

(神崎原子力セグメント長代理) 我々としては、数十年後にこういった社会ニーズがあるか読み切れませんので、どんなニーズができたときに、我々の技術がうまくお使いいただけるようになるようにちょっと幅広めのいろいろな技術を開発しているという状況です。

(畑澤参与) 最後に一つだけお聞きしたいのは、海外の商業炉で、これは重水炉と聞いていますけれども、医療用のR Iを商業炉で製造しているというのがときどき聞こえてまいります。今はエネルギーのために専用にあるわけですが、そういうマルチプルな使い方という可能性というのは技術的にはあるものなんでしょうか。ニーズとしては非常に高くあるんですけれども、軽水炉でそういうことが可能なかどうかというのは、私は技術的なことは全く分かりませんので、いかがでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) 軽水炉を使って医療用のR Iをつくることができるかという技術的な検討はしておりまして、技術的には可能です。ただ、いざ本当に商用炉をそのように使うとすると、事業者さんの側で今、もともとは発電用の炉ですので、それを医療用のR I製造に使うという新しい目的に見直した上で更に改造工事をして、かつ安全に影響が及ばないようなそういった対策を取らないといけませんので、そこは技術的にできますかできませんかというお話と、実際にそれができるようになりますかというお話はちょっと分けて考える必要があるのかなというふうに思っております。

(畑澤参与) よく分かりました。どうもありがとうございました。

畑澤は以上です。

(上坂委員長) それでは、岡嶋参与からも、専門的な観点から御意見を頂ければと思います。よろしくお願いします。

(岡嶋参与) 御説明どうもありがとうございました。

特に革新軽水炉とか、それからFNR等の言わば革新技術の導入によるこれまでの炉に対する安全性の向上とか性能の向上等々上げられているということですが、7ページのスライドのところに、一番初めにまずブループンな技術をベースにと書かれているところからすると、その導入される技術に対してもやはりブループンな部分が必要だろうと思うんですね。そういう点で、今日のお話の中ではどのようなことを具体的にそういうブループンなものをされているのかというところを若干教えていただきたいと思います。

それで、例えば一例として言いますと、12ページのところに非常に詳しく説明されている出力調整機能の強化とか、恐らくこれ出力の調整幅も広げられていると思っているんですが、これでやるとすると、例えば調整速度を向上させるというのは多分反応度をたくさん挿

入されるとかそんなことをされているのかと思ったりもしています。そのようなことに対する何か実証というか、そんなものをされているんでしょうか。あるいは技術的にそういうことで成立性があるということの確認がされているのでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) この出力の負荷追従の運転につきましては、基本的には制御棒の運転のパターンの変更、高度化することで対応可能だと考えております。これフランスでは通常といいますか、日々負荷追従運転をされておりますので、特にここに技術的なハードルがあるとは考えておりません。

(岡嶋参与) 分かりました。反応度的な、要するに核的なところではそうだろうということだと思うんですが、ちょっと気にしたのは、これに伴って温度が変わると書いてあるんですよね、炉心の出口温度。ということは結局日にもものすごく結構温度の上下がある、それに伴う熱疲労というものも当然出てくるだろうと。そういうことも総合的に考えられているのかどうかという点で、特にこれから先も運転の年数が増えていけば、ますますその危惧が出てくるんじゃないかなという気もするんですけれども、そのあたりはいかがなんでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) こういった熱過渡というふうに呼んでおりますけれども、プラントの機器ですとか配管を設計する際の設計条件の一つとして、熱過渡条件というのがあります。それが例えばプラント40年運転なら40年運転で、60年運転なら60年運転でそのプラント寿命の間にどれだけの熱過渡が何回かかりますかというのは、これは設計条件の一つの中に入っていますので、その一つとして組み込まれるということになります。

ですから、高温の例えば疲労評価などに影響してきますけれども、それは設計条件の中で考えた上で整備する機器なり熱過渡条件になっているという、そういう確認をしております。

(岡嶋参与) そういう点での裕度も踏まえたところでの設計になっているという理解でいいですか。

(神崎原子力セグメント長代理) はい。

(岡嶋参与) 分かりました。

そういうような形の基本的なところの、せっかくプルーブンな技術とおっしゃっている中で、何かその辺のところもきっちりしっかり、されていると思うんですけれども、その辺のところを押さえていただければと思います。

今後、こういうような基本的なことを検証できる施設がどんどん減ってきているように私は思えるんですね。言わば老朽化してそういう施設がなくなっていったりとか、あるいは地震の振動モデルなんかでも大きいのはどんどん無くなっていったりしているというのが現実

だと思うのです。そういう点からすると、御社の方ではその部分どのような形で逆に性能的なところを担保したブルーブンな技術とされていこうとするとの考え方があるのでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) 弊社の例でいいますと、社内に研究所を持っております。ですから、流動ですとか熱ですとか振動など、新しく開発する製品につきましては、そういったところで試験を積んで解析コードを、まずは事象の確認ですとかをした上で解析コードの検証をして、それから実機的设计をするという、そういった一連の流れを踏んでおります。例えば振動台ですと、弊社の中にもありますけれども、より大きな振動台であれば例えばEディフェンスとかそういった振動台なんかを国内、コアキャッチャの例でいいますと海外の試験、研究施設なんかも使って確証試験なり実証試験をして、そういった設計のプロセスの一部としてそういった試験も含めた対策を取っておりますので、弊社としてはそういう対策を取っております。

それでお答えになっておりますでしょうか。

(岡嶋参与) 分かりました。できれば、そういうところの部分が裏打ちされた技術としてあった上での設計だということを感じます。その辺も含めて、特に僕はそういうことが人材育成の中で大事なポイントの一つかなというふうに考えています。何かその辺のところの御説明を、何かの機会にさせていただけたらありがたいと思って聞いていました。

どうもありがとうございました。私からは以上です。

(上坂委員長) それでは、小笠原参与からも、専門的な観点から御意見を頂ければと思います。よろしくお願いします。

(小笠原参与) ありがとうございます。

今日の御説明、三菱重工さんが核燃料サイクルのあらゆる段階におきまして非常に重要な役割を果たしておられること、それからサプライチェーン全体の維持に関しても非常に貢献していらっしゃるということがよく分かりました。ありがとうございます。

私から最初に、サプライチェーンについて幾つか伺いたいと思います。三菱重工さんの中核として非常に多くのサプライヤーさんが有機的に連携しておられるように16ページの資料で描かれていますが。これは基本的に日本企業で完結しているのでしょうか、それとも海外からのサプライヤーもこのサプライチェーンの中には組み込まれているのでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) 弊社、PWRの場合でいいますと、ほぼ国内企業になっております。9割以上は国内の企業でやっています。

(小笠原参与) 今いろいろ地政学的なリスクもあるので、高い自給率を誇ってらっしゃるということは心強いお答えでした。

それからもう一つ、先ほど新設の見通しがなかなか立たない中で、現在もサプライチェーンをきちんと機能する形で維持することは難しいという御説明がありました。そのために経産省とも協力しながらいろいろな対策も打ってらっしゃるということを伺いました。

同時に海外にも三菱重工さんは資機材を輸出してらっしゃるので、国内での需要が見込めない中で、海外でしっかりマーケットを維持していくということも非常に重要だと思います。特に人材育成あるいはサプライチェーンから企業が撤退するということを回避する上でも重要なのではないかと思います。そういった意味で、日本のサプライチェーンを維持する上で海外への輸出といったものが重要な役割を果たしているのか否か。

それからもう一つ、そうだとすると、日本の原子力資機材の海外輸入に関して、政府が政策的に環境整備ですとか、あるいは促進措置ということを取れば更に海外輸出が促進されるのか、そういった点においてどういったことを政府に期待されるのか、その2点について伺いたいと思います。

(神崎原子力セグメント長代理) 海外向けの機器の製造に関しては、弊社自身としてはかなり人材の育成ですとか事業の維持というものでかなり効果があると思います。

では、国内のサプライヤーさんに対してはどうですかというお話は、輸出向けですので、輸出先の法規制に従う必要がありますので、我々自身のQAプログラム、製造における技術的なクオリフィケーションですとか技量ですとか、あるいはそもそもQAプログラムなんかもその先の国に合わせたものでやっております。我々のサプライヤーさんに目を向けたときに、彼らもやはりその国の要求、相手先の国の要求に従う必要がありますので、そこができるサプライヤーさん、できないサプライヤーさん、がおり、やはりなかなか難しく、全部我々日本のメーカーである三菱重工が例えばフランス向けの機器をつくりますといったときに、やはり海外、その国の規制に熟知したというか、メーカーさんじゃないとその材料ができないという部分もありますので、そこはちょっともう致し方ないところで、可能な範囲で国内のサプライヤーさんに協力いただいて、少しでもサプライチェーンの維持に役立ててもらおうという、そういう努力はできるんですけれども、できる範囲で我々はやっているという格好になります。

(北川原子力技術部長) 国の支援という話でいきますと、経産省さんは既に結構サプライヤーさんに海外に出て行けるようにいろいろな支援をしてくれています。それは産業基盤強化事

業という中で、例えば国内のサプライヤーさんを経産省さんがアメリカに連れて行って、一緒にプラントメーカーさんと話をしてもらって機会をつくるとか、そういった支援をいただいていますので、経産省さんはしっかりやっていると我々は認識しています。
(小笠原参与) 大変心強いコメント、ありがとうございました。

次に、新型炉のマイクロ炉、小型炉、いろいろな展開が原子力発電の分野でも行えるんだなと思って伺っておりました。だ一つ、保障措置の観点でうかがいます。保障措置というのは原子力が平和目的にのみ利用されていることを担保するための、IAEAによる査察等を含んだ仕組みで、計量管理をしっかり行うことが基本になっているというふうに理解します。小型炉を簡単に持って行けるというのは非常に便利なんですけれども、逆に言うと、保障措置上のいろいろな配慮が必要になってくるかと思うんです。また、普通原発よりも小型炉で使われる核燃料は若干濃縮度が高いということもございます。小型で持って行きやすいと、それから無人で長期において運転が行われるというようなことが保障措置の観点からどういう懸念を生じ、また、それらが手当されるのかといったことについては御検討されているのでしょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) そこは今から検討していかないといけないところでして、これマイクロ炉、持ち運びといいますか簡単に移動できますなんですけれども、セキュリティーの観点からは簡単に持って行かれても困るので、実際にどこかの場所に持って行ったとすると、例えばトンネルの中に埋め込んでしまったりとか、あるいは地中に埋めてしまったりとか、恐らくそういった対策を、セキュリティー上の対策を取るのだらうというふうには思っていますけれども。ただ、そうすればいいという話ではなくて、じゃオペレーターはどうなるんですかとか、ちょっとそこら辺の技術的ではない問題のところは多々今後いざ実用化するためには解決していかないといけない部分、法規制も含めてですね、多々ありますので、ちょっとそこはまだ今後の課題と認識しております。

(小笠原参与) 原子力の場合、釈迦に説法ですけれども、規制上の観点からも人が必要になってくるので、そこら辺はよく御検討されたいのではないかと思います。

私からは以上です。どうもありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、上坂から意見を幾つか述べさせていただきます。

まず、15ページですけれども、ここにSRZ-1200に関するNRAとの意見交換が書いてあります。第7次エネルギー基本計画の案を見ますと、2040年以降の安定エネルギー供給のため建替えが必要と言及されています。日本におけるこれまでの実績に鑑みて、

御社のSRZ-1200に期待するところ大であると思います。

このページの最下には、実務レベルの技術的意見交換会の第1回目が昨年12月9日に行われて、2025年の上期に規制委員会へ報告がなされるということであります。この意見交換会では、今日御報告いただいたSRZ-1200の安全設計に関する、ここにあります三つの論点が十分にNRA及び規制委員会に説明されることと思います。近い将来の建替えの実現に関しましても、本件はとても重要と考えます。NRAの議論の状況ですね、この予定どおりでございましょうか、いかがでございましょう。

(神崎原子力セグメント長代理) やはりこの新設、我々メーカーとしては技術開発はしていけるんですけども、実際に建設するしないという御判断を事業者の方々にしていただく上で、やはり非常に重要な幾つかある重要なファクターの中でこの規制対応というのは非常に重要なところだと認識しております。こういった形でNRAの方々と実際にSRZ-1200の安全設計を説明差し上げて、それを今の規制に照らしてみたときにどのようにNRAの方々に御理解いただけるかという話を具体的に、新設向けの新規制基準の在り方のような話を将来的にさせていただける素地を今つくっているような状態だと思うんですけども。そういったのは非常に重要なステップだというふうに考えております。

ですから、この結果を踏まえて更に次の新設向けの新規制基準の解釈なのかもしれない、見直しなのかもしれませんが、そういった具体的なアクションに進んでいくということを我々としても期待しています。

(上坂委員長) 分かりました。

それから次は、21ページの高速炉についてであります。2022年12月の閣僚会議決定の高速炉開発の戦略ロードマップの改定では、2024-2028年度に実証炉の概念設計と必要な研究開発を行い、2050年までには実証炉が運転開始できることが望ましいと書いてあります。また、昨年12月には経産省エネ庁の審議会で実証炉の出力は電気出力で60万キロワットとの案が紹介されました。御社は中核企業に設定されて、JAEAと協力して開発を主導する立場におられます。今世紀後半以降の長期的エネルギー供給には高速炉が不可欠と考えます。開発に向けた検討状況を改めて質問させていただきますが、いかがでございましょうか。

(神崎原子力セグメント長代理) 21ページのスライドの右側に、これまさに釈迦に説法で、私が申し上げる話でもないんですけども、高レベル廃棄物の減容化とか、あとは有害度の低減とか、そういった効果もありますし、そもそものウラン燃料を有効活用していくという

観点で、高速炉は非常に重要なパーツになると考えておりますので、弊社としても中核企業に選ばれたこともありますし、全力で開発を進めていくというそういう所存であります。

(上坂委員長) まさに私の申し上げた政府の決定がここロードマップに書かれていると思いますので、このところもよろしくお願ひしたいと思います。

また、最後ですけれども、御社の活動全てにおいて人材の確保と育成が重要と思います。昨年の報道では、今年に原子力部門の約200名の増員との報道もありました。その新人の意識の変化はいかがでございましょうかね。また、社員教育はどのようなことに重点を置かれているか、いかがでございましょう。

(神崎原子力セグメント長代理) 世論調査なんかを見てましても、福島直後から比べますとやはり今かなり原子力に好意的な意見が増えています。年齢別に見ますと、やはり若い人はかなり原子力に好意的な意見を持っている方が多いと思います。そういった状況で弊社を、原子力産業に入りたい、そして弊社に来たいという新入社員、学生さんといいますか新人の方が、やはりそれぞれ皆さん原子力に対する高い意識を持って入って来ておられます。やる気を持って業務に取り組んでもらっている状況です。

あと、教育の話なんですけれども、我々増員、仕事いろいろありますので増員をしているわけなんです、新入社員も多く採っていますし、キャリア採用もしています。あとは社内の別の部門での経験者も原子力に異動してきてもらって原子力のリソースを増強するということをしています。その際にやはり教育が大切になってくるわけですので、原子力の技術的な知識をなるべく効率的に学習してもらうという観点から、我々社内の教育システムというのはかなり充実させています。新入社員向けの原子力基礎講座という呼び方をしているんですけれども、そういった新入社員向けの基礎講座のその1というのがありまして、それは設計も様々な分野あります。設計だけではなくて、製造ですとか検査ですとか、あとは現地工事とか工程の管理とかいろんな観点でのプロジェクトの管理とか、そういったいろんな観点での教育もやります。それが新入社員向け。中堅社員向けにはまた基礎講座のその2というのがありまして、ちょっと高度になったようなプログラム、それを様々な分野で用意しております。そういった教育を通して新入社員あるいはキャリア採用の方々の即戦力になるような教育を実施している状況です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

最後にこれは私からコメントですけれども、社員教育の認証に技術士などの国家資格の取得を活用していただければと思います。技術士を取得しますと、名刺の裏の英語版にはプロ

フェッショナルエンジニア、P E, J P、ジャパン、を書き込める。今日もここまでの議論でもサプライチェーンの国際化ということがありました。国際的にもプロフェッショナルエンジニア相当の技術者として認知されると思います。是非、国際舞台で御活躍されるためにはそういう国家資格のことも御検討いただければと思います。

(神崎原子力セグメント長代理) はい、ありがとうございます。

(上坂委員長) ほかに質問の追加はないですか。

それでは、神崎様、どうも御説明ありがとうございました。

(神崎原子力セグメント長代理) ありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、議題2は以上でございます。

では次に、議題3について事務局から説明をお願いします。

(山之内参事官) 今後の会議予定について御案内いたします。

次回の定例会議は、2月12日14時、場所としましては中央合同庁舎8号館6階623会議室となります。議題については現在調整中でございますので、原子力委員会ホームページなどでお知らせさせていただければと思います。

以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

その他、委員から何か発言ございますでしょうか。

御発言ないようですので、これで本日の委員会を終了いたします。お疲れさまでした。ありがとうございました。

—了—