

第10回原子力経済性等検証専門部会・
平成27年度第3回原子力分科会合同会議

平成28年3月30日(水)15:30～17:10
静岡県庁本館4階特別会議室

【司会】

それでは、ただいまから原子力経済性等検証専門部会及び原子力分科会の合同会議を開催いたします。

本日は、お忙しい中、ご出席いただき、誠にありがとうございます。

初めに、知事からご挨拶を申し上げます。

【川勝知事】

どうも皆様、本日は、原子力経済性等検証専門部会と原子力分科会の合同会議に、有馬先生、また松井先生ほか、先生方にご参集賜りまして、誠にありがとうございます。

また、中部電力も、原子力担当の阪口副社長を初め、幹部の方々にご出席いただきまして、誠にありがとうございます。

この経済性等検証専門部会は、昨年3月以来ではないかと思っています。そして、この分科会は、今年3度目ではないかというふうに思う次第でございます。

前回の分科会におきまして、有馬先生から、いわゆる第4世代の原子力システムにつきまして、「しっかり押さえておくべきだ」と。そしてまた、「国際比較もしっかりせねばならない」というご提言をいただきまして、本日、この第4世代の原子力システム国際フォーラム名誉議長の佐賀山先生にお越しいただくことになりまして、大変喜んでおります。

また、本県の浜岡原子力発電所、中部電力と静岡県との関係は、一言で言うと信頼関係というのがございまして、ありとあらゆる情報がこちらに提供されますし、また、この委員会ほかで提言せられたことが、きっちりと形になるということでございます。

例えば、もうほぼできました25mの防潮堤というのも、それを設計せられた研究者の方々をこちらにお呼びして、その実験の模様などを再現していただきました。それ

からつくられたということもございますし、また、原子力安全技術研究所というのがございますけれども、そこで研究を公募するというのをいたしまして、その研究成果、これで3年か4年目になるのではないかと思いますけれども、それも世間に公表するというのを通して、この安全性を通して、世間に原子力の実態を正確に知っていただくということをされておられまして、大変ありがたく思っている次第でございます。

今日も、そのような方面での最近の安全性のご報告をいただけるということでございますので、有馬先生におかれましては、限られた時間ではございますけれども、よろしくお願いを申し上げます。

【司会】

本日ご出席をいただいております委員の皆様につきましては、お手元の出席者名簿と座席表をご参照ください。本日は、原子力経済性等検証専門部会から4名の方々、原子力分科会から4名の方々、そして静岡県防災・原子力学術会議の松井会長にご出席をいただいているところでございます。また、中部電力株式会社からは、代表取締役副社長執行役員の阪口様ほかの皆様にご出席をいただいております。

それでは、ここから議事に入りますが、進行は有馬部会長にお願いをいたします。有馬部会長、よろしくお願いをいたします。

【有馬部会長】

それでは議事に入らせていただきます。

本日は、「第4世代原子炉の可能性」というテーマで会議を進め、会議の後半、中部電力から「浜岡原子力発電所1、2号機の廃止措置に係る取組状況」について報告をいただきます。

初めに、佐賀山豊さん。第4世代原子力システム国際フォーラム名誉議長から、「第4世代原子炉の可能性」について、お話をいただきます。よろしくお願いをいたします。

【佐賀山特別委員】

今ご紹介にあずかりました佐賀山でございます。どうぞよろしくお願いをいたします。

今日は、この「第4世代原子炉の可能性」ということで、私は、この「名誉議長」という名称でありますように、「第4世代国際フォーラム」というのがございまして、これは2000年にアメリカが提唱して発足した会合ですが、世界で12カ国プラスEUという、13機関というか、国が参加しているものでございます。ここで考えられている概念を中心にお話しさせていただきたいと思えます。

最初に、「第4世代原子炉とはどういうものか」ということでお話しさせていただきますが、このシートは、国際フォーラムで、ある種アピールするべく、ディフィニションを明確に形にして公表したものでございます。

第1世代という、一番左側でございますが、これはいわゆる軽水炉をスタートするところです。プロトタイプと言われるような原子炉がいろいろございます。これは主にアメリカでつくられた原子炉が多いわけですが。

それから、第2世代というのは、その次の枠でございますが、これは商業利用することがスタートした初期段階のものでございます。このときの出力は比較的小さいもの多くて、基本的には軽水炉。それからCANDUとかの重水炉とか、そういったものも含まれています。

それから「Generation III」という3つ目の枠です。これが比較的新しい、現在各国で一番多く使われているものです。各国で古い原子炉と言われているのは、「Generation II」という2つ目の枠のもので、基本的には、「Generation III」までは、水炉。いわゆる軽水炉が中心の水炉が主体です。もちろん英国のガス炉とかそういうのもございますけれども、商業利用されている主な原子炉は、水炉ということになります。

この「Generation III」というものと、そのちょっと右枠に「III+」と書いてございますが、「Generation III」の大型の軽水炉を少し改良して、改良のポイントは、どちらかといえば、先ほど少し話題になりましたが、安全性の強化とか、そういったところがポイントになります。皆さんお聞きになっておられると思いますが、EPRというフランスの原子炉とか、ロシアの最新のVVERという原子炉などは、いわゆる二重格納容器という、格納容器を二重にしまして、退避が必要ないということは必ずしもないので、退避までの時間を十分とれるようにするというようなコンセプトで検討されております。

今日お話しいたします第4世代炉というのは、その次のところに位置しています。

第4世代炉に関してですが、ここで全体の目的とか概要というところで少しお話しさせていただきますが、第4世代原子力システムというのは、一番のポイントは持続可能性ということです。持続可能性というのは、燃料、ウランをできるだけ効率的に燃やしていくということと、廃棄物の最小化をしていくということで、いわゆる長期的に安定に使える電源を確保しようということを一歩の狙いとしています。

それから安全性に関しましては、安全性、運転信頼性が高く、炉心損傷の発生頻度を極めて低く抑えると共に敷地外の緊急時対応、いわゆる退避を不要にするということで、敷地住民の方たちが逃げなくても良いような高い安全性を確保しようということになっています。

それから経済性は、これは当然のことながら、商業利用しなければなりませんので、例えば、今使っている軽水炉と同等の経済性ですとか、ほかのエネルギー源とも同等の経済性を維持できなければならないと考えています。

それから、持続可能性を達成するためには、燃料を何度も何度も回すというか、リサイクル利用するということが必要になります。そのために、核拡散抵抗性に優れた技術を使ったものでなければならないということで、大きくこの4つの目標をターゲットにしまして、その開発が行なわれています。

ここに出した概念が6つございまして、この6つの概念が代表的な第4世代炉だというふうにお考えいただいて結構だと思います。

一番左上にあるのが「ナトリウム冷却高速炉」。これは、もう日本でも、「常陽」ですとか「もんじゅ」ですとか、そういったところで開発をやっているわけですが、ナトリウム冷却の高速炉というのが技術的に最も成熟しているということが言えると思います。後でまた、世界の動向も含めてご紹介します。

それから、その次が「超高温ガス炉」。高温ガス炉というのは、750℃ぐらいの温度で、「ガスを使って製鉄ができないか」とか「熱利用できないか」ということで考えられてきた概念ですけれども、それをさらに高効率にしまして、900℃から1,000℃ぐらいの高温で使えるようなガス炉のシステム。これは必ずしも高速炉ではありませんので、燃料のリサイクル利用ということには必ずしも適しておりませんが、これと対になっているのが、そのさらに右側にあるGFR、「ガス冷却高速炉」というものです。これは、ガスを冷却材にした上で、燃料をリサイクル利用できるようなシステムとして確立していこうというもので、「超高温ガス炉」は、このガス冷却高速炉の

プリカーサーというか、先行的な原子炉というような位置づけでフォーラムでは定義をいたしました。

それから、その下の段に参りまして、「超臨界水冷却炉」というのがございます。これは、超臨界水を使って冷却をしようという概念で、これは水冷却炉の一種ですけれども、普通の軽水炉というのは、ご存じのように300℃とか350℃ぐらいの温度で使いますが、これは超臨界水ということで、かなり高圧にしまして、温度的には約500～600℃ですけれども、霧状のような流体の形にして使う原子炉です。これも高速炉とは少し違います。高速中性子の範疇のものもありますが、どちらかというとな熱中性子炉、普通の軽水炉に近い概念です。

それから、「鉛冷却高速炉」というのがございまして、鉛を高温にして溶かして冷却材として使おうという概念です。

それから一番右側のMSR、「Molten Salt Reactor」の略ですが、いわゆる「熔融塩炉」。これには、2つの概念がございまして、リチウムフッ化物とかリチウム塩化物とかの熔融塩を冷却材として、その中に燃料と一緒に溶かし込んで冷却材と燃料が一緒になって1次系をぐるぐる回るという概念のものと、燃料としては普通の固形燃料のままで、冷却材として熔融塩を使うという2つの概念が考えられています。いずれにしても、これも高速炉として使い得る概念となります。

ここに、それぞれの概念の特徴を纏めておきました。

左側に「システム」。先ほど申し上げました、ナトリウム冷却高速炉から超高温ガス炉、それからガス冷却高速炉と順番に並んでおりまして、「中性子スペクトル」と書いてございますが、これは、核分裂をしたときに、ほとんど減速されないエネルギーの高い高速の中性子を使うというのが「高速中性子」と書いてあるものです。「熱中性子」と書いてあるものは、軽水炉と同じように、高エネルギーの中性子を減速して、それで核分裂させるというタイプのもので、この熱中性子を使うという概念が、超高温ガス炉と超臨界水冷却炉と、あと熔融塩炉も一部あります。

この高速中性子を使うという概念は、燃料のウランをプルトニウムに変換して使うのですが、いわゆる再処理を何度も何度も繰り返してリサイクル利用しても、プルトニウムが高次化しないというか、劣化しないのです。ですから「燃料サイクル」の欄に「クローズド」と書いてあるんですが、要するに何度もリサイクル利用できるということで、燃料を非常に効率的に使えるということが特徴です。

もう1つ、高速中性子であるが故に、いわゆるごみとして捨てなければならなかった一部のアクチノイド元素、「マイナーアクチノイド」と言われるものがあるのですが、この元素の燃焼ができることも特徴的なことの1つで、そのような観点から、ごみの量を減らすことができるということです。この2つの特徴をもって、持続可能な概念ということで、この高速炉の概念が中心となって第4世代フォーラムの中では検討がされているということでございます。

「熱中性子」と書いてあるものに関しては、オープンサイクルということで、必ずしも再利用するのではなくて、使用済み燃料はそのまま処分するということになります。ですから、このオープンサイクルの場合は、できるだけ多くの燃料を燃やすことが重要になります。長い間炉心の中に入れておいて、できるだけたくさんの燃料を燃やして、ごみとして捨てる際に、本当にいらなくなったものの割合をできるだけ多くするというのが1つの大きなポイントになります。

あと、「冷却材」ですとか「出口温度」とか、そういったところが書いてございますが、基本的には、高速炉の冷却材は水ではなく、水というのは中性子の減速には適しているのですが、減速をさせないでやろうとするとあまり適していないので、水以外の冷却材を使っている概念がほとんどということです。一部、超臨界水冷却炉というのは水でやっていますが、これはかなり蒸気化というか、モイスターみたいになった超臨界圧水ということなので、普通の水とは違った概念で使っているということです。

それから普通の軽水炉というのは300℃近辺の温度条件で使うわけですが、ここで書いてございますように、500℃とか900℃とか、700℃とか600℃とか、そのようなレンジで使うということで、熱利用とかそういったところも可能な概念ということになります。そのような意味で、発電だけではなくて、さらに高温の熱をうまく使っているいろんなことができないかということで多目的利用についても考えられています。

これらの概念ですが、「今どのぐらいの技術レベルにあるか」というのがこのグラフです。

オレンジのところは、「成立性確認段階」と下に書いてございますが、これは、こういう概念、技術が使えるものかどうか、ものにできるかどうかということを見極める段階という意味です。それからグリーンのところは、それが使えそうだとした

ときに、果たしてこれを商用利用するような技術として、発電炉で使う場合には大きさも大きく、ある程度の出力を出さなければなりませんし、そういった意味で、「商用利用する技術としての適合性があるのかどうか」というところを緑の段階で見ると。そして、黄色のところは、「実証段階」といって、いわゆる原型炉と言われるものを、建設できる段階ということになります。

ですから、この緑の段階が大体クリアされれば、まあ何とかものにはできるだろうということになりまして、あとは発電炉なら発電炉としての適応性を見るというのが、黄色の段階になるわけです。つまり、発電してうまくいくかどうか、信頼性あるものができるだろうか、そして、経済性あるものにできるかどうかというところを見ていく段階になります。

ちょっと見てお分かりのように、ナトリウム冷却高速炉というのは、かなり早い段階、つまり2020年過ぎぐらいには、ほぼ緑色の段階が終わって、実証段階にもう入れるという段階になりますし、鉛冷却高速炉もほぼ同じような、むしろ早いかもしれないというようにぐらいに描いてあります。

それ以外のものについて、例えば超高温ガス炉。これも、2025年とそう遠くなく、ものにできるだろうということですが、ガス冷却高速炉ですとか熔融塩炉に関しては、まだグリーンの段階が2030年段階でも到達しないというような見通しになっています。

2030年段階で一応線を引いている理由は、この「Generation IV」の炉は、大体2030年の実用化というのを念頭に置いて開発してきた経緯がございますので、この段階で線を引いて、差別化を図っているということです。

この研究開発マップについては、少し詳細な内容に入りますので飛ばしまして、それぞれの炉について、少しご紹介をいたします。

「ナトリウム冷却高速炉」。これは、温度領域500℃から550℃ぐらいのところでおおうという概念ですが、小さいものから大きいものまで幅広く考えられていまして、メリットとしてナトリウムは沸点が高くて、低圧で使える。それから実用化に最も近い概念ということで、国際的にも開発が進んでいる概念です。そのため、国際協力による開発も可能であろうと考えられます。

ただ、課題としては、この第4世代炉は全てそうではあるのですが、経済性の向上が課題であるということです。つまり、現在確立されてきた軽水炉と比べて、まだ開

発段階であるということもあって、コストを下げるということが大きな課題になっています。

例えば、フランスは、「スーパーフェニックス」という124万キロの、当時は初期の商用炉ということで建設したのですが、軽水炉と比べると2.5倍ぐらいのコストがしました。残念ながら、この原子炉は、政治的な背景もあって中断してしまったのですが、そのころから、大型のナトリウム冷却炉をつくることはできますが、安いものにするのが重要な課題ということになっております。

それから、「水・空気とナトリウムとの化学反応の防止が課題」ということが書いてございます。これは、ナトリウムというのは、ご存じのように化学的に活性なので、これを大気に触れさせますと燃えますし、水と反応させますと爆発的に反応しますので、そういう意味で、水と反応させない、外に漏らさないというようなことが重要な課題です。

ただし、この概念は、圧力が高くない概念なので、軽水炉と比べると、いわゆる大気圧にかなり近い、1気圧から数気圧。数気圧というのは、ポンプの吐出圧に相当します。原子炉の中は3気圧から1気圧ぐらいの間ぐらいしかない原子炉です。ですから、そういう意味で、冷却材が漏れる場合でも、ちょろちょろ漏れるというようなことであります。「もんじゅ」で、ナトリウム・リークを、2次系で起こしてしまったわけですが、あのときも、漏れ方としてはちょろちょろ漏れるような感じでした。よって、安全確保の仕方を上手にやれば、このような漏洩を未然に防いでいくということができらるだろうということで、その辺の防止対策はいろいろ考えられてきています。

それから、この概念は、世界的なレベルで実用化をするための原型炉、実証炉の段階に入っておりますので、後でまた紹介しますが、安全設計のガイドラインとかクライテリアを世界共通のものにしようということで、G I Fが中心になって、I A E AですとかO E C D / N E Aですとか、そういう国際機関と連携して国際的なガイドラインをつくっている最中です。その協議には各国の規制側も入っているということです。

それから次に、「超高温ガス炉」でございます。高温ガス炉というのは、かなり古くから使われている概念です。例えば熱分解して水素をつくるとか、熱利用の範囲を広げようとするので、できるだけ温度が高いほうが好ましいので、これまでやっていた高温ガス炉というのは750℃ぐらいの温度領域ですけれども、それを1,000℃ぐらいま

で上げて使えないかということで、チャレンジングな試みをしているという概念です。

これは、水素製造などが可能だというのがメリットとして書いてございますが、課題としては、燃料リサイクルには適さない。つまり、ガス炉というのは非常に小さな、仁丹粒みたいな燃料なので、それを再処理するというのは、かなり大変な作業になってしまいます。そういったことと、あと非常に高温であるということで、高温に耐える材料開発というのが課題になるということがございます。ただ、大元の高温ガス炉に関しては、原型炉を、もう既にアメリカとかドイツでは運転してきておりますので、そういう意味では、開発のポイントはかなり絞られているということが言えます。

それから、次に「ガス冷却高速炉」ですが、これは超高温ガス炉をさらに発展させて、燃料のリサイクル利用を可能にするガス炉システムとして考えられたものです。これは、高温熱利用とエネルギーの持続可能性の両立が可能になる概念ということになります。

ただ、課題としては、燃料サイクル技術で、高速中性子環境に耐える燃料被覆材料がまだ開発されていません。高温ガス炉で使っていた、TRISO燃料という、3層ないし、実質的には4層構造の燃料ですが、これが高速中性子の環境では、すぐに損傷してしまうのです。ですから、高速中性子環境下で使える新しい燃料被覆材料というか、燃料形態をつくらなければいけないというのが大きな課題ということになります。

それから、「超臨界水冷却炉」というものになります。これは、いわゆる超臨界圧力で水を運用していく概念です。超臨界圧水の条件では、腐食がかなり厳しくなるので、燃料被覆管や、原子炉構造の腐食に耐える材料開発というのが求められます。現時点では、まだ良い概念が得られていないということで、その開発にもう少し時間がかかりそうだということでもあります。

それから「鉛冷却高速炉」。これは、先ほどのロードマップでは、「ナトリウム冷却炉が一番進んでいますよ」と言いましたが、それよりもむしろ早くできるかもしれないという図になっているのですが、これは、実は昔、ロシアが原子力潜水艦に使った技術です。ただ、そのときに、燃料被覆管の腐食で炉心溶融事故を起こしまして、その後ロシアは、原潜用の動力源を普通の軽水炉に変えました。そのためしばらく開発を中断というか、技術は残っていましたが、本格的な開発はナトリウム炉一

本に絞られていたのです。

ですが、最近、耐腐食対策として、アルミのコーティングとか、そのようなことをやれば何とかできるのではないかということで、元ロシアのエネルギー大臣の後押しもあって、ロシアが中心となって開発を行っています。課題としては、炉心が仮に溶けるような過酷事故を想定した際の燃料の挙動とか、そういったことも、もう少し調べる必要があります。

それからもう1つは、ここには必ずしも明確には書いてないのですが、鉛というのは融点がかなり高いです。ですから、原子炉を止めたときでもフリーズ(凍結)させない様に、400℃とか450℃ぐらいの高温で保持しなければならないということになりますので、高温条件下でのメンテナンス作業が必要になります。そのため、遠隔で操作しなければならないと言う課題もあります。

それから「熔融塩炉」です。これは、一時「トリウムを使える」とかいろいろな議論で盛り上がりましたが、燃料を溶かし込んだ熔融塩の炉概念というのは、この原子炉と1次系の熱交換機のところ全体に燃料が回る(移動する)格好になります。普通の原子炉のように、炉心のところだけに燃料があるという格好ではありませんので、安全確保、つまり、燃料がそれだけ広範に動いているものに対する安全性の確保の考え方を確立する必要があります。

ということもあって、そういう概念よりも、むしろ燃料は固形のままで、熔融塩を単純に冷却材に使う概念が最近考えられています。これを考えているのは主に中国だとかアメリカですが、イギリスでも、NNLという新しい国立研究所ができましたが、そこでも、この概念の検討がなされています。但し、この熔融塩も、高温でないと溶けないので、高温メンテナンスというのが、先ほど鉛で申し上げたようなところが、今後の課題として出てきます。

それから、あと腐食性です。フッ化物とか塩化物の熔融塩を使いますので、高温強度・耐腐食性に適した材料があるかどうかといったところが課題です。特に1次系は、ガス炉で開発した高温強度に優れたハステロイという高ニッケル合金がありますが、蒸気発生器とか、水と一緒に使うようなところでどういう材料にするかが1つの課題としてあります。

今申し上げたのが、大体「GenerationIV」という第4世代炉の研究開発の中で検討しているものです。

それから、世の中には、この概念以外にも、さらにまた新しい概念というのが考えられていて、ここには東芝で考えていた「4 S 炉」というのを例に出しました。それからあと、ビル・ゲイツ氏が投資している「Traveling Wave Reactor (TWR)」という、「進行波炉」というのがあります。両概念は、ナトリウム冷却の高速炉概念を延長して新しい概念に仕上げたものです。

4 S 炉の特徴は、これもいろいろなタイプの4 S 炉があるのですが、基本的な考え方は、30年間というか、炉の寿命中、燃料を無交換で使えますというものです。TWRも基本的には同じです。4 S というのは、炉心が縦長に設置されていて、横に反射体というリング状の輪があって、それをずらしながらリングのところが臨界に達して出力を出す原理です。そして、30年間かけて全部燃やすという概念です。

それからTWRというの、炉心を徐々にといいか、周りからとか端っこから燃やしながら、ずっと30年なら30年、40年という寿命の間燃やし続けるという概念です。今は、もう少し現実的に、燃料を全体として大きな筒状にしておきまして、燃料をシャッフリングしながら30年間ないし40年間の寿命中、燃やそうという概念を検討しているようです。

これらの概念というの、要するに燃料を寿命中交換しなくていい概念として考えられている第4世代炉の応用例だというふうに思います。

これらの概念というの、それなりにももちろん魅力もありますが、熱中性子炉だと、そんなに長い間燃料を炉心の中に入れておいて、30年間なり40年間燃やし続けることはできません。というのは、燃焼に伴って核分裂生成物が溜まりますと核分裂反応を邪魔します。ですから臨界を維持できなくなります。ですが、高速中性子炉の場合は、全体の設計をうまくしておけば、そういった反応がストップしてしまわないで、ずっと燃やし続けることができるというのが特徴なので、そういう特徴をうまく活用した概念と言えます。

ただし、これらは、ナトリウム冷却高速炉がものにできた次にやる概念だというふうに考えておいていただいたほうがいいと思います。つまり、安全性の確保の方策だとか、材料の健全性だとか、メンテナンスについてのやり方だとか、そういったところがある程度確立されないと、その安全性、信頼性を維持できないからです。このTWRを開発している会社も、最初にこのTWRの概念を出したときは、ホームページ上で「ナトリウム冷却高速炉の第4世代炉の次に位置する炉である」という解説をし

ていました。最近ホームページ上からこの記述を消しましたが、そういう概念だというふうに考えていただいたほうがよろしいかなと思います。

次に各国の開発状況を、簡単にご説明します。まずフランスは、先ほど申し上げたように、「スーパーフェニックス」と言うナトリウム冷却高速炉の大型炉まで造った実績があって、世界ではかなり抜きん出ている国だったのですが、その「スーパーフェニックス」を政策的というか、政治的に廃止した後、しばらく中断していました。そして、2006年からその開発を再開しまして、現在は実証炉と言われる60万kWeの高速炉(実証炉)を建設すべく、概念設計が終わり、今基本設計という、建設の第1フェーズに当たるような段階に入っています。これがフランスです。

次に、ロシアです。もし後でまたご質問等があったときにお答えしますが、ロシアは、フランスがやめていた間も開発を続けておりましたので、かなり進んだ状態にあります。現在、「BN-800」という、ちょっと古いデザインではありますが、ナトリウム冷却高速炉の実証炉を既に運開してしまっていて、「BN-1200」という商用炉を2025年ないし30年の断面で運転開始しようということをやっています。これは、ロスアトム(キリエンコ (S.V. Kirienko) 総裁)が、プーチン大統領から、ロシアにおける原子力開発の最重要ミッションとして全精力で開発せよというオーダーに基づいて実施しています。

それから、これは福島第一の事故以来、実際には開発が中断されていますが、日本が考えてきた実証炉の概念です。これは75万KWeの概念として考えてきていました。

それから、韓国は日本と同じで資源のない国ですから、将来に向けて高速炉と燃料サイクルを開発しようと考えています。現在はアメリカの全面的なバックアップのもとで、PGSFRという原型炉の設計を進めており、2028年の運転開始を目指して精力的にその開発を進めているという状況です。

この概念は、先ほど申し上げた日本やフランス、ロシアと違うのは、アメリカと協力してやっている関係で、燃料が金属燃料ということ。ロシアやフランス、日本は、MOX燃料と言われる混合酸化物燃料というものですが、韓国の場合はアメリカ側のバックアップでやっているのです。ウラン、プルトニウムとジルコニウムで構成される金属燃料です。ジルコニウムというのは、共晶防止のために特性を高めようとしている添加物で、金属燃料の、ウラン、プルトニウムの金属燃料だとお考えいただければいいと思います。

それから、「革新的小型モジュール原子炉」ですが、アメリカは、現在プロジェクト開発はできないのですが、研究機関やGEなどの会社が検討していて、これはGEで検討しているPRISM（プリズム）という小型モジュール炉です。GEは、独自にこの開発をして、イギリスの民生用プルトニウムの焼却のためにイギリスに売り込んだりもしています。これは電気出力で30万kWeぐらいの出力のものです。GEいわく、「R&Dはいらない」、「あとはつくるだけ」というようなアピールをしている概念です。

それから、その他の概念ということで、先ほど申し上げた「4S炉」です。東芝が電中研と一緒に考えてきた概念で、1万kWeの電気出力と5万kWeの電気出力で、砂漠の淡水化をするとか、そういった多目的利用のことも含めて考えた概念です。これは、金属燃料のウラン燃料を使い、30年間運転し続けることができるという概念です。

それから、Traveling Waveの「進行波炉」というものは、これは最近の概念で、真ん中の絵に書いていますが、「劣化ウラン」と「濃縮ウラン」のゾーンがあって、オレンジの部分と黄色の部分を全部入れると30年間燃やせる、そういう概念になります。「劣化ウラン」というところは、核分裂性物質ではないウランを置いて、「濃縮ウラン」というところに核分裂の物質を置いて、最初そこで出力を出して、ある時間が来たら、その燃えた燃料を「劣化ウラン」と書いてある黄色のところに移して、黄色のところの燃料をオレンジの領域に移して、これを繰り返しながらずっと燃やして、ここでは「40年から60年」と書いてありますが、実際最近のデザインでは、最大60年まで燃やせる概念です。アンダーラインで安全性とか経済性云々ということを書いてありますが、これだけたくさん燃料を入れているということになりますと、もしこの炉心が溶けるとか損傷したというようなことを考えると、これは非常に重大な状況になってしまいますので、それを防止する方策を充実していく必要があるということになります。ですから、安全の考え方をきちっとつくっていくことが必要になると思います。

あと、経済性に関しては、原型炉的なものの設計をやってみないと本当にはわかりません。ですから、そういったところはこれからやるところというふうにお考えいただければいいと思います。

それから、「その他の開発状況」ということで、ロシアは、先ほど申し上げましたが、「BN-800」というナトリウム冷却高速炉ですが、ソ連からロシアに切り替わる

政治的な変遷を受けて開発が非常に遅くなってしまいました。それでも88万の電気出力のものが最近臨界になりまして、運転を開始しているというところなんです。こういう実績を踏まえて、先ほどの「BN-1200」という原子炉が造られていきます。

それからインドです。インドは、もともとフランスから実験炉を買って、最初スタートしたのですが、その後NPTに加盟しないというようなこともあって、孤立化してしまった訳ですが、インドは独自で開発をしていて、50万kWeの電気出力のプールの原子炉を独自開発して、今年中には運転も開始する予定のところまで来ている。実際には、この右下の絵にあるのですが、フランスの「スーパーフェニックス」に酷似したデザインになっています。

それから、ロシアはもう1つ、ナトリウム冷却だけではなくて、鉛冷却の原型炉「BREST-300」というものを同時に開発しています。これは、こちらの方がより性能が高い。うまく腐食などの問題がクリアされれば、ということになるんですが、「それがクリアされたかどうかを確認するためにも原型炉が必要」と言うことで、建設を進めている原子炉です。実際の建設予定は2016年ということになっていますが、やや遅れ気味にはなっているようですが、意欲的に進めている概念です。ロシアとしては、ナトリウム冷却の1200というBNのシリーズと、このBRESTというのを造って、「それを最終的には比較検討した上で高速炉を実用化していくんだ」というようなことも言っておりますので、もう少しこれについてはウォッチする必要があると思います。

それから、アメリカですが、アメリカは、カーター・ドクトリン以来、「プルトニウムの民生利用はやらない」ということで、高速炉開発はやめてしまいました。「クリンチリバー」という原型炉を建設していたのですが、やめてしまった。その後、ソフト的な検討はしていましたが、それ以後は、プロジェクトとしての検討はされていません。いわゆる基礎的な研究、基盤的な研究が中心です。

しかし、COP21で、オバマ大統領が「温室効果ガスの排出制限をアメリカも本格的にやります」と言ったこともあって、石炭火力を、原子力ないし、再生可能エネルギーで賄うということを検討してしまっていて、2050年の断面で、200GWe、100万kWe200基相当の出力のパワーが必要になります。そのために、2050年でそのパワーを得ようとする、2035年ごろには、使える技術を明確にしていかなければならないということで、このGAINというイニシアティブを立ち上げました。

ただ、これはまだ完全に全体構想が決まっていないので、多分4月ないし5月ぐら

いに最終的な形になると思うのですが、これはどういう概念かという、アメリカというのは、日本で言っているような大綱だとか、昔の長計とか、そういうのはいない訳です。ですから、経済市場主義というか、経済原理において民間がどういうものを使うかということで、新しいコンセプトを使うかどうかはほとんど決まってしまう訳です。民間がもしやれるとすると、シユアな技術というか、今使っている技術しか使えない訳ですから、それだとさらに新しい議論には行かないということで、「国立研究所の持っている技術を民間にどんどん開放します」と。そして、国も「民間がやろうとするプロジェクトを応援します」と。「サポートしてお金出します」というようなことで、民間の活力をできるだけ活性化させようというような、そういうプロジェクトです。

これを何とかして使いながらやっていこうというのが今のアメリカの試みで、この中には、ここに書いてあるように、ガス炉の概念ですとか、新しい高速炉の概念ですとか、かなりの、新しい、軽水炉でない概念が、ベンチャービジネスみたいなところから提案されています。

それから、そういう動きに刺激されたのだと思いますが、カナダの会社が熔融塩炉の概念を提案している1つの例です。

高温ガス炉に関しては、中国がかなり勢いづいています。中国の国の方針としては、やはりナトリウム冷却高速炉というのが中心になっていると思いますが、機関によって、高温ガス炉というのをかなりクローズアップして一生懸命やろうとしているというのが中国の状況です。

まとめますと、ちょっと長くなりすみません。世界では第4世代炉のニーズが非常に高まってきていて、フランス、ロシア、インド、中国、韓国、こういった国が2030年代から40年代のナトリウム冷却高速炉の実用化を目指して開発を進めてきています。

これ以外の第4世代炉に関しては、ロシアで鉛冷却高速炉の実用化の可能性を追求しています。また中国では、高速中性子を使ったガス冷却高速炉の一步手前の高温ガス炉の実証炉、これを開発している段階です。世界で本当に動いているのは、これらの炉の開発だと考えていただいて結構だと思います。

それ以外のものは、もちろん魅力あるものとして、その魅力を何とか生かせないかということで検討しておりますが、ポイントは、材料問題です。材料開発には時間が

かかります。そして、高温条件下でメンテナンスを行うための遠隔技術開発です。以上です。

【有馬専門部会部会長】

どうも佐賀山さん、丁寧にご説明くださってありがとうございました。

それでは皆さん、熱心にご討論をお願いいたします。どなたからでも。

皮切りに、私からご質問申し上げたいと思いますけれども、中国が非常に今一生懸命やっているということですが、もう1つ、加速器による、「使用済み核燃料を燃やしながら、さらにそれ自身を原子炉にしていこう」というふうな考えをしているグループもあって、そのお話はなかったのですが、それについてはどう思われますか。

【佐賀山特別委員】

これももちろん1つのアイデアです。スポレーション反応を使って、高速中性子を大量に作り出せますから、その中性子をうまく利用しようとする概念です。

実は先日、JAEAでシンポジウムをやったのですが、この中で本件も議論しました。世界の状況から言いますと、中国は、加速器駆動型の炉や加速器の技術そのものも重要だということで、その加速器駆動型の炉も、1つの機関では重要視して開発しています。

一方、アメリカは、「AAA」という加速器駆動型炉の開発プログラムを昔やっていたのですが、2000年の段階で、「商用利用するにはやっぱり原子炉(核分裂炉)のほうがいいんだ」ということで原子炉の方に政策を戻しました。ですから、現在この加速器駆動型炉の技術については基礎研究としてやっています。

それからフランスは、1992年につくった廃棄物法で、2006年の段階で一時的な判断をし、2012年に最終決定しましたが、その段階で、要するに、ADS、即ち加速器駆動型の炉と高速炉を比較しまして、加速器駆動型炉はやはり高いということで、今後の開発は高速炉のほうに特化することに決めました。ですからフランスは、自分の国ではもうやらない。ただし、「MYRRHA」というベルギーの施設で、国際協力で研究を行うことにしています。基礎的な、基盤的な技術とし研究するというので、商用利用する技術ではないのだけれども進めようという動きです。

それから、韓国も一時ADSのことを見ていましたが、PGSFRという高速炉に

特化するということで、資源の集中化の観点から大規模な開発計画は保持していません。

このシンポジウムでインドが明解に言ったのは、インドは、昔「トリウムを一生懸命使います」と言っていたのですが、今は、トリウムというのは、プルトニウムに比べて核分裂の際に中性子が、あまりたくさん出ないので、原子炉の基数を増やしていこうと言う時には適さないので、インドでは、原子力開発の基本方針を変えて、ウラン、プルトニウムをまず高速炉で使って、必要な基数まで原子炉が増えたら、トリウムをいっぱい持っていますから、トリウムを使いますと。この段階を第3段階というのですが、その第3段階のときにADSをうまく使えないかと考えています。つまり、近い将来使おうとしてもコスト的に見合わないですが、技術として使う意味はなくはないので、基礎・基盤研究として開発を進めながらやろうということでした。世界で、例えば、ベルギーでやっているMYRRHA計画に加わるようなやり方で国際協力を使って、うまく研究を進めたいというのがインドです。その様な考え方は、集まっていた、アメリカも、フランスも、中国も、インドも、日本も、まあ大体共通かなというふうに認識をいたしまして、そういうまとめをさせていただきました。

【有馬専門部会部会長】

はい、どうぞ。

【小佐古委員】

小佐古です。ありがとうございました。

何年か前から公開されている話のようですが、材料の話とか燃料の話も一部出てきましたけれども、ちょっとやっぱり、今的には、過酷事故のときにこれがどうなるのかとか、「GenerationIV」のところで核拡散抵抗性とかという話がありましたけれども、もうちょっとその辺が見えるような格好で説明をしていただかないと、「昔の名前で出ています」という感じに見えしまうような気がするのですが、いかがでしょうか。

【佐賀山特別委員】

すみません。そこの説明が足らなかったなので、補足させていただきます。

安全性に関して、当然低圧系である特徴だとか、そういったことを生かして、過酷事故を未然に防止する。このような考え方を、安全設計クライテリアとかガイドラインで、国際的な標準型として今提案をしているところです。要するに、炉心が損傷したりすることを、軽水炉ですと通常原子炉停止系と言われる、制御棒やほう酸水を使って原子炉を停止をさせる訳ですが、高速炉の場合は、制御棒を用いて外部からの動力が必要ない静的なシステムまたは固有の安全特性で原子炉が停止する、停止できるように静的な原子炉停止機能あるいは固有の安全特性をさらに追加するということを考える。

それから、冷却です。福島で起きたような冷却に対しては、外部からの動力を必要としない、まさに自然対流だけで冷却できる。つまり、電気がなくなって、ブラックアウトの状態になって、それが続いたとしても、冷却でき、炉心が溶融しないようにする。即ち原子炉を停止し、停止した後の除熱ができると。その2つによって炉が損傷しないということをまず達成しようと。このリクワイアメントは、軽水炉では必ずしも出ている訳ではありませんので、今の第4世代炉で追加したリクワイアメントです。

それからもう1つは、「そんなこと言ったって、溶けちゃうかもしれないじゃないか」とか、「何が起こるかわからないだろう」とか、即ち物理的に起きないことは起きないのですが、「不確定性だとかいろんなことを考えると、溶けることがあり得るだろう」というときに、溶けた燃料を原子炉容器の中で受けとめようと。つまり、これは低圧系ですから、原子炉容器が損傷して炉心物質が外へ出てしまうというようなことは、高圧系のものと比べて発生しにくい訳ですから、溶けた燃料は「原子炉容器の中で受けとめられるようにしましょう」。そして、受けとめたものを、当然のことながら、動力がなくても冷やせるようにしましょうということで、過酷事故対策というのを、そういう形で階層的に達成しています。

一番言われるのは、「そんなこと言ったって、例えばナトリウムを使っていたら補給できないだろう」、「水だったら補給できるけど」と、こう言われる訳です。ですから、その補給するということに関しては、もちろん二重容器になっていますから、普通は補給などする必要はほとんどない訳ですが、仮に、二重容器が壊れるかもしれないということに対しては、今そこは、実は議論しているところですが、フランスなどの例で言いますと、その外側に、もう1つ層があって、仮に二重容器が壊れたとし

て、ナトリウムが出ても、コンクリートの部屋のところにライナーが張ってあって、そこでナトリウムを受けることにより、炉心の冷却に必要なナトリウムは外に出ないで原子炉容器内に留まることによって、ナトリウムがなくなることを防げるというふうにしておけば、自然対流でもともと除熱できるシステムですから、炉心を安全・安定に冷却できるということで、このようなリクワイアメントを作成し、それを実践に移そうということでやっています。

【有馬専門部会部会長】

はい、興さん。

【興委員】

ご説明ありがとうございました。

極めて初歩的な質問をさせていただきます。ちょうどこのフォーラムが立ち上がったのが、思いますと、私が原子力局長時代でございますけれども、特にその後、福島原発事故が起こって、このフォーラムの中の動きも雰囲気もかなり変わってきたのだらうと思います。

そういう意味で、1つは、このパワーポイントの7枚目にもございますけれども、このフォーラムの各炉型の「開発スケジュールの見通し」において、それぞれの各国が、「研究協力を実施」と、こういう表現が出ております。各国の研究協力の対応は、どういう研究協力なののでしょうか。いわゆる情報を共有するための場を超えるような、そういう取り組みが本当にあるのでしょうか。そういう意味では、2013年ですか、日本側が提案されたという標準化のプロポーザルについては、多分、福島の問題を契機に、より安全性を共有できるような取組ではないかと思っておりますけれども、日本側の標準化の提案の背景、それについて、少し今のお話に補足する点があれば、お願いします。

加えて、福島原発事故以降、このフォーラムに参加されている方々の思いは、どういった変化が見えているのかということもお聞かせいただきたいです。

原子力開発に限らず、多くの開発ものは、開発の当事者というか、いわゆる研究開発当事者と、その成果を活用しようとする方々・コミュニティーと、それに加えて、一般社会というのがあるのですが、研究開発当事者だけで走ってしまう文化がどこで

も往々にしてあります。そうした場合、その結果、物はでき上がっても、なかなかそれが実用に供しがたいというようなこととなります。このフォーラムが今後どのような形の展開ができるかというのは、そういう意味で関心がございます。

それとともに、この検討の場でも繰り返し議論されているのは、既存の原子力施設がこれだけ稼働している、世界的にも稼働しているわけですし、日本側はそうした状況にあって、どうそれ・技術を保持していくかということ非常に戦略的に考えなければならぬ状況です。魅力ある原子力技術開発をしない限り、若い世代の方々を原子力界に関心を持たせることはできないというふうなことがございます。そういう観点から、これが本当に魅力あるような取り組みになるのかどうでしょうか。

更に、いろいろと類似のご説明をいただきましたが、私は、長く高温ガス炉の開発を進めて来た当事者でございます。高温ガス炉は、今超高温という話もなされたのですが、もともと日本側は、その程度の温度は想定して研究開発をして来たのです。ところがそうできなかった理由は、研究開発の段階として、エネルギー源としての、或は発電炉としての炉型戦略から外して、何とかこの試験研究炉として研究開発を継続してきたという事情があったのです。高温ガス炉の特徴である、固有の安全性を高める取り組みは、チェルノブイリの原子力発電所事故が起こったちょうどそのころでございまして、主流の軽水炉の存在を考慮し、固有の安全性が高いと言われる高温ガス炉については、反って、非常に逆風が吹き、かろうじて試験研究炉につないだ経緯がありました。そういう状況ですので、日本側の標準化の提案について、それを受けとめる各国の対応について、先ほどの質問に関連して、説明いただければありがたいです。今後は子細に検討されてくださればありがたいと思っています。以上です。

【佐賀山特別委員】

まず国際協力ですが、昔は、どちらかというところ、各国がかなり競い合って高速炉開発をやっていた状況だと思います。

現在どんな感じになっているかということですが、フランスも1回やめて、それを復活させたりしています。それから、日本も今、福島事故以降、なかなかそういう開発というのはスムーズにはできないような状況。それからアメリカも、カーター・ドクトリン以来あまり順調には進んでいないという状況のもとで、この国際協力が、競争時代から、本当に共同でやるというか、本当に共同で開発するような状況に、今移

りつつあります。

例えば、日本の場合ですと、上のほうから順番に行きますと、日本とフランスで、ASTRID協力という形で、「産業界も入れて共同開発ができないか」ということの話し合いをしているところです。もちろんあるレベルまではもう達成しつつあって、そういったところが可能になると思います。

それから、アメリカは韓国とかなり連携をとって、韓国の炉心の設計をやっているのはアメリカで、韓国はそれを全面的に受け入れて、連動して動く状況にあります。これはみんなナトリウム冷却炉の場合ではありますけれども。

ヨーロッパでは、ヨーロッパはもともとヨーロッパの各国が協同してやっているという背景はありますが、ガス冷却高速炉とか、鉛冷却高速炉とか、ナトリウム冷却高速炉のR&Dとか、有馬先生からお話しのあったADSなんかもそうですけれども、例えば原型炉を一緒につくるという活動が、かなり積極的に動いています。そういう実効的なR&D協力を進めるべく検討しているという状況です。

ですから、昔と比べると、もっともっと本当の協力に近い形のものが生まれつつあります。もちろんそれがどこまで成功するかというのはこれからの話ですが。

それから安全性に関しては、実はこの第4世代フォーラムで、日本から、私がちょうど議長のときに安全設計クライテリアの構築を提案したのですが、提案したのは2010年で、福島の前です。そのときは「なんでそんなこと言うんだ」という、どちらかというとそのような意見が結構ありました。

私がフランスとかアメリカと相談してこのような提案をした理由は、その当時、インドとかロシアがものすごい勢いで「実用化する」ということを宣言していました。話を聞いてみると、何か「本当かよ」という感じがちょっとしなくもなかったので、日本もフランスもアメリカも今までの実績がある訳ですから、そういったところが中心になって、「安全クライテリアをつくろう」、「それを世界標準化しよう」ということでやりました。

最初、スタートのときは2010年の9月に会議を開催したのですが、「わかりましたけど、まあ何とかやっていきますかね」ぐらいでしたが、不幸にも2011年の3月に、あの福島第一の事故が起きました。そうしたら、みんなの顔色がガラッと変わりました。「もう、すぐやらなきゃだめだ」ということになって、ものすごく加速してそれをつくりました。その加速してつくったものを、IAEAの会議だとか、そういった

ところを出して議論した結果、中国も、ロシア、インドの規制側の人たちも「採用しましょう」ということになりました。ということで、その動きがうまくつながっていったという状況があります。したがって、その安全性の国際標準化ということは、不幸な事故も間に挟みながら、実効的に動いているというふうにお考えいただいていると思います。

それから、原子力施設については、これまで各国が持っているものがある訳ですが、それをいかに活用していくかということが重要です。ジュネIVのフォーラムがやっているのは、自分たちが実用化しようと思っている国だけです。これからやりたいと思っている国は必ずしも入っていません。現在、OECD/NEAの事務局長で、このフォーラムの最初の議長だったウィリアム・マグウッド（William D. Magwood）さんが、「Nuclear Innovation 2050」というイニシアティブを立ち上げました。これは、今原子力開発をやっている国だけでなく、これから原子力をやりたいと考えている国が、よりやりやすいような形の国際協力のフレームワークをつくりたいという、そういうイニシアティブです。ですから、例えば日本の場合では、「常陽」、「もんじゅ」も本当はうまくいけば出したいのですが、ナトリウムの試験施設ですとか、ガス炉だとか、そういった試験・研究施設を提供して、それを国際的にオープンに使っていくというようなところをやろうとしています。そういう活動が今始まっているところがあります。

【有馬専門部会部会長】

どうもありがとうございました。

ちょっと時間がもう大分過ぎましたので、これからまだご質問もたくさんあるかと思いますが、時間が参りましたので、残念ながらここで割愛させていただきます。

きょうは佐賀山さん、ありがとうございました。

それでは、次の議題に移らせていただきたいと思います。

中部電力から、「浜岡原子力発電所1、2号機の廃止措置に係る取組状況」について、ご報告をお願いいたします。

【中部電力】

ちょっと画面が出ないようですので、時間も押しておりますので、ちょっと説明を

させていただきたいと思います。

私は、中部電力の原子力安全技術研究所の所長をしております北山と申します。どうぞよろしくお願ひいたします。

私からは、「浜岡原子力発電所 1、2号機の廃止措置の状況」と、それから「廃止措置プラントを活用した国の補助事業採択研究」について、ご説明させていただきます。

まず、「1、2号機の廃止措置の状況について」でございます。

1、2号機の廃止措置は、全体で28年間掛けて行ないます。これを4段階に区切って取り組んでいるところでございます。

第1段階の「解体工事準備期間」は、平成21年から入っております、この間、燃料の搬出とか放射能の汚染状況の調査、それから系統除染ということをやっております。28年の2月3日に第2段階の認可をいただきまして、現在第2段階の原子炉領域周辺設備の解体に着手しているところでございます。

廃止措置を進める上で、解体工事とか廃棄物の対策とか、それから被曝対策等の検討が必要になりますけれども、このため、対象機器とか建屋の放射能の濃度とか物量を把握することが必要になってまいります。

浜岡では、設計情報に基づいて物量を集計してきております。また、線量の比較的低い原子炉周辺設備につきましては、代表点のサンプル測定をして、放射能濃度とかの特性を評価しております。それから、線量が高い原子炉本体部分につきましては、計算で評価をしておりますが、計算の精度を高めるために、原子炉容器、それから炉内構造物、格納容器コンクリート構造物を対象にサンプルをして、放射能濃度と親元素の元素組成分析を実施して、計算値との比較検証を行なっているという状況でございます。この実機材料を使う検証事例は、国際的にも事例が少ないので、米国の電力研究所、EPR I と共同で取り組んでいるところでございます。

これは、汚染状況の調査を示した図でございまして、赤い点で示した部分からサンプルを採っております。全部で25カ所でございます。ちょっと真ん中の写真が見にくいのですが、炉内の線量が高いので、中に専用のサンプリングをする機械を入れて遠隔でサンプルを採っている状態でございます。右側の写真は採ったサンプルでございます。

それから、格納容器のコンクリートにつきましては、この黄色の数字で示したとこ

ろあたりから、全部で65カ所のコンクリートコアを抜いております。計算結果と、この採ったコンクリートの分析結果を比較することによって、今後の計算精度を上げていこうということでございます。

これが、第2段階の解体撤去工事の概要でございます。原子炉領域周辺設備の解体ということで、排気筒とかタービンの本体です。それから、今やっているのが、ホウ酸の注入系という、この部分の解体に着手しているところでございます。

次に、原子力安全技術研究所で取り組んでおります、廃止措置プラント。浜岡1号機を活用した材料の調査・研究についてお話しをさせていただきたいと思っております。

浜岡1号機の廃材を活用した研究は2つございまして、1つは、圧力容器の照射脆化を調べる研究でございます。炉からサンプルを採って、組織の観察とかシャルピー衝撃試験をやっていくと。それからもう1つが、原子炉の建屋のコンクリートの劣化を調べるということで、これも格納容器や建屋からサンプルを採取しまして強度試験などを行うことによって、経年とか熱とか放射能による劣化を調べるという研究でございます。この2つの研究の一部は、資源エネルギー庁の平成27年度の補助事業に採択をしていただきました。

このページはちょっと飛ばさせていただきます。

照射脆化に関する調査・研究で期待される成果でございますが、一言で言いますと、現行管理方法の確認をしていきたいと思っております。原子炉圧力容器は、運転開始後に中性子照射を受けてもろくなります。今この現行では、この脆化現象は、監視試験片を炉内にあらかじめ装荷しておきまして、その試験片を取り出して破壊試験することによって監視をしています。今回この研究の中で、実際に炉の金属を切り出して、実際の炉の金属で破壊試験を行なうことによって、従来やっております監視試験片と比較して、その妥当性を確認していくことができると。また、実際の実力が把握できますので、現行の管理が有する裕度も確認できるということと、実際の試験片の組織を見ることによって、ミクロの組織変化が想定範囲内であることが確認できるということでございます。

これが、先ほどとよく似ていますが、実際に取り出した、水の中につかっているのですけれども、サンプルでございます。このサンプルから、この赤い枠で示すような形で試験片を切り出しまして、まず基礎的な調査として、マクロ組織観察とか、硬さ分布を測定して、入熱影響の範囲を判断していこうと思っております。

これは、ちょっと表面がさびておりますけれども、実際のサンプルでございまして、大きさが、これが66mm、28mm、深さ方向が19mmのものでございます。

それから、コンクリートに関しては、これはまた、これも期待される成果でございましてけれども、こちらにつきましては、従来コアを採って強度試験をしていることにかえて、もう少し合理的な健全性評価手法がないのかなということで、それを構築していきたいと思っているということでございます。従来、原子炉建屋の健全性は、抜き取ったコアの破壊試験をし、強度を測って評価をしている訳ですけれども、長期運転に伴って特別点検が必要になってくると。特別点検では、炉の建屋からより多くのコアを抜かなければならないと。そうすると、やはり建屋にも若干の影響が出てくるということで、コアの採取数を最小限にするための合理的な健全性評価をしたいと。

そのために考えられているのが、こちらにございましてけれども、非破壊検査とか数値解析による評価法でございまして。今回、実際に非破壊検査をしてみて、あるいは数値解析を適用してみた結果と、抜き出したコアを直接比較することによって、その適用性を判断することができるのではないかと考えております。また、将来的には、その両方の手法を組み合わせ、コア採取を最小限に抑えた合理的な健全性評価法を構築していきたいと考えております。

コンクリートは、この数字で示してあるところから取り出すということで、全部で40カ所以上から採取する予定でございまして。

取り出し方ですけれども、これが壁だと思っていただくとわかりやすいのですが、壁をズボっと厚み方向に抜いてしまう連続コアを採る採り方と、壁から30cmの深さまで表層を採る採り方と両方で試験片を採っていきます。連続コアは、20cmずつに区切って、表層から深部に至るコンクリートの試験体にして、その特性を計測していくということでございます。計測する内容は、強度であったり比重であったり、それから水分量、塩分量、中性化の深さということで、これらをこのようなデータベースの形に整理していきたいと考えております。

ちょっとこれは飛ばさせていただきます。

これは、コンクリートを採っている風景でございまして。採ったサンプルが、こちらの円筒状のものでございます。

試験全体のスケジュールは、炉内の金属については、サンプルはもう既に採り終わっております。今年もやっているのですが、来年度、再来年度の3年間かけて試験

と評価をしていきます。それからコンクリートにつきましては、今年はコアのサンプルを全部で12本分、84体の試験体をつくって検査をしておりますが、今後、また3年間かけて順次コンクリートのサンプルを採って、試験体に加工して、強度とか中性化を測定してデータベースにしていくという予定でございます。

昨年この場で、「この廃炉プラントを使った材料研究で国際協力をしていきたい」というお話をさせていただいております。その進捗について、少しお話をさせていただきます。

まず、炉内の圧力容器の金属の放射能の評価については、放射能評価の手法の検証については、先ほど少し申し上げましたけれども、E P R I と協力をしていきます。これにつきましては、もう既に契約も終わっております、あとは当社の中で分析した結果をE P R I のほうに送って、放射能評価精度の向上をしていただく。役立てていただくということにしております。

それからもう1つ、前回お話ししたことで、「I A E A の国際プロジェクトに参画します」というお話をしております。I A E A は、世界各国で原子力発電所の廃止措置が進められていることを背景に、発電所を活用した原子炉材料の健全性を評価するための国際プロジェクトを計画していると。ここに乘って、浜岡の1号機の材料の分析結果を提供することで役立てていただこうと考えておりますが、今のところ、まだこの国際プロジェクトがI A E A の中で調整中ございまして、発足しておりません。

それから、これは初めてお話しすることになると思っておりますけれども、「放射線照射コンクリートに関する国際会議（I C I C）」という会議が一昨年設立されております。これは、コンクリートの放射線の影響が長期安全運转向けて各国共通の課題だという認識のもと、アメリカのオークリッジ国立研究所が中心になって設立した会議体ございまして、昨年の11月に、米国で第1回の総会が開かれております。当社もこちらのほうに参加して、原子炉建屋のコンクリートの健全性評価に関する研究について紹介をしてきております。これの第2回が、今年の11月に名古屋で開催されることが決まっております、こちらにも、27年度、28年度に行なった研究成果を報告して、国際貢献していきたいと考えております。

中部電力からの報告は以上でございます。

【有馬専門部会部会長】

どうもありがとうございました。

1、2問ご質問があれば。いかがでしょうか。はい、山名さん。

【山名委員】

浜岡の廃止措置についてのご報告を伺いまして、なかなかいいなというふうに感じております。

といいますのは、まず、この廃止措置のデータというのは、今後、我が国でこれから拡大していく、廃止措置をいかに合理的に安全に進めるかという、非常に重要な基礎的なデータであるということが1つ。それから、今後我が国がある程度の原子力利用をするのであれば、原子力安全のための基本的なデータを、この実サンプルから得ることができる、2つの大きな意味を持っております。

そういう意味で、この取り組みは極めて重要だと思うのですが、まず、私ども原子力損害賠償・廃炉等支援機構は、中部電力さんと協定を結ばせていただいております。といいますのは、私どもは、福島第一の廃止措置の戦略を国民に成りかわってつくるという使命を帯びて活動しておりますが、浜岡の1号炉は、福島の事故を起こした炉と極めて似ている。したがって、この浜岡で行なわれている情報とか取り組みというのは、福島の廃炉の加速にも、やはり間接的につながる情報であります。そういった情報を情報交換させていただくということで、中部電力浜岡の歴史や技術が、間接的に福島の廃炉にも助けを出している。私どもの活動を介して役に立っているということを、まず申し上げたいと思います。

非常に重要なのは、そういうオープンな姿勢でございまして、今申し上げましたように、この浜岡で得られた情報が、できるだけ国内でも海外でも共有できるようにしていくということが非常に重要だと。といいますのは、国内で行なわれる廃炉の作業は、これから日本でたくさん増えてくるのです。かなりの数の廃止措置が予定されますので。そうしてきますと、この国内の廃止措置をきちんとやっていくには、何らかの広い連携とか協力。これは、一事業者が一つ一つ閉じこもってどうのこうのという話ではなくて、国内の総力を挙げていかないと、きっとだめだと思われるわけです。そういう意味で、この浜岡への取り組みが、こういうデータを介して連携を広げるとか、大きな形で国の廃止措置に貢献していく、あるいは国際的に貢献していくという

のは非常に重要な意味を持っていて、そういう意味での取り組みを進めておられるというふうに理解しますので、私は大変ありがたい取り組みであるなというふうに思いました。

ただ、1点だけ残念なのは、こうして回収されましたサンプルが、法的な制限があって、日本の研究機関になかなか配られないと。といいますのは、核燃料物質で汚染されたものを扱うライセンスを持った施設しか、この切り出したサンプルを受け入れることができないのです。そうしますと、大学などは結局受け入れることができない。したがって、E P R I、アメリカに出しているという、これは非常に残念で、これは法的な制限なので仕方がないのしょうけれども、何とかこういったものを、中部電力だけじゃなくて、ほかの会社も、国内の研究機関にサンプルを配れるような仕組みができれば、これはますます国の総力を挙げた原子力の廃止措置への取り組みが可能になるという大きな問題の示唆を与えていると思ひまして、なかなかこの規制法というのは厳しいというふうには思いますが、何とかこういったものを共有できる枠組みが広げられないかなというふうに感じた次第でございます。

【中部電力】

ありがとうございます。

最後のご指摘にありましたように、材料そのものを共有するというのは、なかなか今の仕組みでは難しいのですけれども、電力大でも、廃止措置のプラントを活用して、これからどんな研究をやっていくかということを検討する場がもう既にできておりますので、そのような場で、私どもの分析結果も含めて、国内の研究にどのように生かしていけるかをしっかりと議論していきたいと思っております。どうもありがとうございます。

【有馬専門部会部会長】

ありがとうございました。

時間が参りましたので、残念ながら、ここで議論を終えねばならないのですが、川勝知事にご発言いただきます。

【川勝知事】

今日は、佐賀山さんにおきましては、G I Fの現在の活動について、ご紹介いただきまして、ありがとうございました。

福島事故以降、国際協力が進んでいるということで、そこに日本人の佐賀山さんが関与されていると。大変誇りに思いまして、これからも頑張ってくださいませ。ありがとうございました。

それから、また中部電力。この1号廃炉の動きにつきまして、まずはE P R Iとの共同研究。またI A E Aというところもご関心を示されて、またI C I Cという国際会議でこれを示されたと。

しかし、今山名先生からも、こうしたことは全体として高く評価されながらも、特に同じ東芝の炉型でございますので、これが使えるというのは、本当にこれは、浜岡原発の存在意義を今示している。しかし、これを研究に活かしていく上で、今おっしゃったような障害があるということであれば、ぜひ、この障害をご一緒に乗り越えて、そして廃炉のために、これは公益のためでございますので、力を合わせていきたいというふうに思う次第でございます。

山名先生、どうもありがとうございました。

【有馬専門部会部会長】

ありがとうございました。

どうも今日は皆さん、お忙しいところ、ありがとうございました。佐賀山さん、どうもありがとうございました。中部電力もありがとうございました。先ほど山名先生が言われたのは、サンプルを持ち出して、国内で研究ができないということであれば、中部電力の施設の中で、大学などの研究者が研究すればいいわけかな。

【山名委員】

それはそうですけど。

【有馬専門部会部会長】

結構ですか。どうも今日はありがとうございました。それでは事務局、お願いいたします。

【司会】

長時間にわたるご審議ありがとうございました。

次回につきましては、有馬部会長とご相談させていただきながら、テーマ・日程等を決めてまいりたいと存じます。

それでは、以上をもちまして会議を閉会いたします。委員の皆様、本日は誠にありがとうございました。