

第 11 回原子力機構報告会

「我が国の将来を担う原子力技術と人材」

日時：2016 年 11 月 8 日（火）

場所：有楽町朝日ホール

午後 1 時 30 分 開会

○司会（大場） 皆様、本日は、御多用の中御来場いただき、まことにありがとうございます。ただいまより第 11 回原子力機構報告会を開催いたします。

私は、本日司会を務めさせていただきます、原子力科学研究部門企画調整室の大場恭子と申します。よろしくお願いいたします。（拍手）

本日は、途中 1 度の休憩を含む 17 時までのプログラムとなっております。終了までおつき合いいただきますよう、よろしくお願いいたします。

開会挨拶

○司会（大場） それでは、まず主催者を代表いたしまして、理事長、児玉敏雄より御挨拶申し上げます。

○児玉理事長 理事長の児玉でございます。

本日は、お忙しい中、原子力機構報告会に御出席いただきまして、まことにありがとうございます。また、私どもの研究開発の拠点のある地元の方々を初め、関係者の皆様におかれましては、日ごろより当機構の業務に御理解、御協力をいただき、大変感謝申し上げます。

さて、この 1 年間におきまして当機構に大きな変化がございました。

まずは原子力機構改革の一環として、業務の重点化を図る観点から、本年 4 月 1 日に量子ビーム応用研究の一部と核融合研究開発が国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構に移管・統合されました。研究開発組織が変わったものの、両法人は日本の科学技術発展のために引き続き必要な連携をしっかりと図りつつ業務を進めているところでございます。

そして、これまで原子力機構として重点的に取り組んでまいりましたもんじゅ及び東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所の事故対応についても大きく状況が変わっております。

もんじゅにつきましては、皆さん御存じのとおり、9 月に行われました原子力関係閣僚会議におきまして、もんじゅは廃炉も含めて抜本的な見直しを行うということが示され、重大な局面を迎えております。地元の方々を初め、関係の皆様に御心配をおかけし、また、

もんじゅの存廃の議論の原因となった保安措置命令や文部科学大臣への勧告を生じさせ、このような事態に至ったこと、非常に申しわけなく、重く受けとめているところでございます。しかしながら、日本のエネルギーの将来を考えた場合、実存するプラントとしてのもんじゅは重要な役割・価値があると考えており、高速炉開発の過程においてももんじゅを最大限に生かすことが我々の使命という気持ちは役職員一同変わっておりません。

次に、東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所の事故対応についてです。事故から 5 年半たった現在もお多くの福島県民の皆様が避難生活を強いられている現状に心が痛む思いであります。原子力機構としては、事故以来、総力を結集して福島第一原子力発電所の廃炉及び福島環境回復に取り組んでまいりました。その中で、廃炉の実現に向けては、研究開発の拠点として楡葉遠隔技術開発センターの本格運用を本年 4 月より開始いたしました。続けて、同じく 4 月には富岡町において廃炉国際共同研究センターの国際共同研究棟、また 9 月には大熊分析研究センターの施設管理棟を着工するなど、当機構の福島県内における研究開発拠点の整備を着々と進めております。一方で、環境回復につきましては、7 月にグランドオープンした三春町の福島県環境創造センターや南相馬市の環境放射線センターにおいて、福島県、国立環境研究所と連携・協力し、積極的に研究開発を進めているところであります。

このような状況であります。本日は、原子力機構の研究開発の取り組みの一端を御理解いただくべく、「機構の概況と研究開発の取組」と題した全体概要に引き続き、5 つの個別報告をさせていただきます。また、本報告会後半には、原子力に対する厳しい状況は変わっておりませんが、このようなときこそ必要なものとして、「我が国の将来を担う原子力技術と人材」をテーマとして取り上げ、有識者の方々をパネリストとしてお招きし、山口彰東京大学大学院教授にモデレーターをお願いし、パネルディスカッションを行います。

それでは、限られた時間ではございますが、日ごろの原子力機構の研究開発活動について最後までお聞きいただき、引き続き御支援・御協力を賜りますと大変幸いに存じます。

本日はまことにありがとうございます。（拍手）

○司会（大場） 御清聴ありがとうございました。

続きまして、全体概要と個別報告に入らせていただきます。

なお、今回は個別報告の数が多いいことに加え、全体概要の報告も行うことから、個別報告に関する御質問を直接会場ではお受けせず、お手元に配布いたしましたアンケート用紙

に御記入いただき、その回答を当機構ホームページに掲載することといたしました。時間の限られる中、充実した報告とパネルディスカッションを行うため、御理解くださいますようお願いいたします。

全体概要

機構の概況と研究開発の取組

事業計画統括部長兼戦略企画室長 大井川宏之

○司会（大場） それでは、事業計画統括部長兼戦略企画室長の大井川宏之より、「機構の概況と研究開発の取組」と題しまして、全体概要を報告いたします。

○大井川部長 事業計画統括部の大井川と申します。よろしく申し上げます。

それでは、「機構の概況と研究開発の取組」ということで御報告させていただきます。

〔パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P）と表示〕

P) 原子力機構は、平成 27 年 4 月から第 3 期中長期計画を開始しております。

そのときに理事長の児玉から、児玉は民間出身の理事長ということで、ミッション、ビジョン、ストラテジー、MVS と呼ぶのですけれども、こういうものをしっかり組織の中で共有して組織的に研究開発を進めていこうということが提唱されまして、これをつくったわけです。ミッションとしましては、原子力の未来を切り拓き、人類社会の福祉と繁栄に貢献するという高いミッションを掲げまして、これを実現するために我々の組織はどうあるべきかという組織のビジョンを共有して、その組織のビジョンを達成するためにはどういう戦略をとっていくのか、こういうミッション、ビジョン、ストラテジーを共有することで成果を最大化していこうという取り組みを始めたわけです。この MVS は機構全体のものですけれども、これと同じようなものを各組織でもつくりまして、組織的に成果の最大化をしていくという取り組みを進めているところです。

P) 先ほど児玉理事長からの挨拶で紹介がありましたけれども、4 月から一部業務の移管・統合を行っております。

詳細は省きますが、具体的には、量子ビーム応用研究のうち、レーザー・放射光の研究、関西の光科学研究所、それから放射線利用研究、高崎量子応用研究所、この量子ビーム応用研究の一部と、核融合研究開発全て、那珂研究所、六ヶ所研究所で行っている研究を全て移管しております。その結果、原子力機構が今保有している研究開発拠点はこういう形

になりました。

この一部業務の移管というのは原子力機構改革の一環でやっているもので、原子力機構としては業務の重点化を図るということですが、量子ビームとか核融合の研究開発というのは、日本の国としても、また世界的にも非常に重要な研究開発テーマなわけですから、移管・統合によってこれがシュリンクするようでは困るということで、しっかりと量子科学技術研究開発機構と連携して進めていきたいと考えております。後年になってから、この分離・移管をやって本当によかったなと言ってもらえるように双方努力していきたいと考えています。

P) この業務の移管が行われた結果、中長期計画も変更しまして、ことしの7月から少し変更したものがこういう構成になっております。

大きな柱としましては、東京電力福島第一原子力発電所の対処に係る研究開発、原子力の安全規制行政への支援の安全研究、原子力の安全性向上のための研究開発、核セキュリティ・核不拡散に資する研究、核燃料サイクルとか放射性廃棄物の処理処分に係る研究、高速炉の研究開発、これらが大きな柱として立っています。

これらを支えるものとして原子力の基礎基盤研究と人材育成があるわけです。この基礎基盤研究では、これを支えるだけではなくて、次の柱を出していくシーズを生み出す機能も期待されています。

それから、ここにありますように、イノベーション創出に向けた取り組み、あるいは国際協力、原子力事業者支援、こういう共通的なことを行うことで全体の成果の最大化を図っていく。

こういう構造が第3期中長期計画になっているわけです。

それでは、この後は、それぞれ主なものについて、現在の研究開発の取り組みについて御説明したいと思います。私の発表の後、幾つか詳しい説明もありますので、そこは簡略化したいと思います。それから、今、原子力機構が抱えている大きな問題として、原子力の研究開発施設をどうマネージするかというのがありますので、それに関する取り組みについても最後に若干触れたいと思います。

P) これが大きな柱の1つ、福島第一原子力発電所の対処に係る研究開発です。これについてはこの後発表がありますので省略したいと思います。廃止措置に向けた研究、環境回復に係る研究をやりながら研究開発の基盤を構築していくということに取り組んでいくわけですが、非常に重要なポイントは、この福島への対処というのは非常に長年かかると

ということで、ここにありますが、人材育成をしっかりと見据えた取り組みをやっていかな
いといけないということを強調しておきたいと思います。

P) 次に、原子力安全規制への技術的支援と安全研究ですけれども、大きく分けると
2つの取り組みがありまして、1つは、原子力規制を支援するという安全研究です。もう
一つは、災害対策基本法等に基づく指定公共機関として原子力の災害時等における人的・
技術的支援をするということです。この2つに大きく分けて取り組んでいるところです。

安全研究のほうは、ここにありますようなさまざまな実験施設、これは原子炉安全性研
究炉 NSRR、それから熱水力のための LSTF、それから核燃料サイクル工学の安全を研究
する NUCEF、こういった施設を使って特徴ある研究をしているところです。このうち、
NSRR については現在新規規制基準への対応に取り組んでおりまして、まだ再稼働できて
いないのですけれども、これを早く再稼働させるべく努力しているところです。それから、
NUCEF の中にあります定常臨界実験装置 STACY、これはずっと液体燃料を使って臨界
実験をしてきたのですけれども、それを固体燃料、ピン状の燃料で使えるように改造する
ことに取り組んでおりまして、その工事がまだ済んでいませんので、それが終わり次第再
稼働するというところで取り組んでいるところです。

災害対策のほうは、原子力緊急時支援・研修センター、我々は NEAT と呼んでいるの
ですが、そこを中心に活動しているところです。

最近の成果といたしましては、大型格納容器試験装置 CIGMA というものをつくりま
して、これの試験を開始しています。それから、シビアアクシデントの総合解析コードを
開発しまして、炉心への海水注入とか B4C の制御棒の影響を考慮したヨウ素の放出挙動
を世界で初めて評価するというように、福島での事故を受けまして、シビアアクシデント
に関する研究を重点的に進めているところでございます。それから、航空機モニタリング
体制を整備して、緊急時のモニタリング技術として初めての实用化にこぎ着けているとい
うような成果を出しています。

今後は、OECD 等を活用して国際的なプロジェクトにも貢献していきたいと考えてお
ります。

P) 次の取り組みですが、再処理、燃料製造、放射性廃棄物の処理処分等の技術開発に
なります。

まず書きましたのは、放射性廃棄物の減容化・有害度低減、分離変換技術というような
言い方もされますが、高速炉とか加速器を用いて長寿命核種を核変換していくような技術

開発になります。今は幅広い選択肢を確保しようということで、比較的基盤的な研究開発を進めています。

最近の成果としましては、マイナーアクチノイド、非常に長寿命の核種ですけれども、これを分離抽出するための抽出剤 HONTA というものを開発しまして、トレーサーレベルで抽出がうまくいくということを実証しております。今後は実廃液を用いた研究開発段階に移行していこうと考えています。

今後の取り組みとして、既存施設を用いてマイナーアクチノイドを小規模にリサイクルする実証試験の準備を進めていきたい。それから、加速器施設の J-PARC に建設を予定している核変換実験施設というのがあるのですが、その建設に向けて必要な要素技術開発とか施設の検討、安全評価を行っていきたいと考えております。

次に、高レベル放射性廃棄物の処分技術に関しましては、技術基盤をしっかりと整備して、実施主体による処分事業あるいは国による安全規制上の施策に貢献してまいりたいと考えております。

最近の成果としましては、室内の拡散実験を行いまして、花崗岩中の鉱物が物質の移動を遅延させる効果を持っていること、これは瑞浪での成果ですけれども、そういう基盤的なデータを取得しているということです。

今後は、こういう基盤的なデータを積み重ねて、地層処分技術の信頼性向上を図ってまいりたいと考えております。もう一つ重要なポイントとして、地下の研究施設を持っているので、その地下環境の体験等を通じて地層処分に対する国民の理解を醸成していくということにも貢献していきたいと考えております。

P) それから、使用済燃料の再処理、燃料製造に係る取り組みですけれども、最近、東海の再処理工場においてプルトニウム溶液の混合転換処理を完了しました。これは比較的大きな成果だと考えております。

それから、9年ぶりにガラス固化体の製造を再開したということも大きなトピックスなのですが、残念ながら、これに関しては、現在装置がトラブルでとまっておりまして、原子力規制委員会からもこれをしっかりとやるようにということで、11月30日までにこのガラス固化の作業を短縮する計画を報告するようと言われていまして、それに取り組んでいるところでございます。

今後の取り組みとしましては、新型ガラス溶融炉の設計・開発とか MOX 燃料の再処理・燃料製造に向けた技術開発を実施していくということ、それから東海再処理施設につ

いて廃止措置計画の策定等を計画的に行っていくというようなことに取り組んでまいりたいと考えております。

その下の原子力施設の廃止措置、放射性廃棄物の処理処分ですけれども、これは計画的かつ効率的に行うということが非常に重要だと考えておりまして、最近の成果としましては、ドラム缶中のウラン量を非破壊で定量化する測定技術を実用化しております。ここにありますように、アクティブ中性子法というのですけれども、中性子をドラム缶に当てて、そこから核分裂で出てくる中性子を検出する手法で、非破壊で短時間で中にあるウランの量を測定するという技術を開発しております。

今後の取り組みとしましては、まず低レベル廃棄物につきまして、データ管理とか減容化、安定化に係る処理、あるいは廃棄体化の処理の手法、こういうものをしっかりと開発していきたいと考えております。それから、埋設処分についても、国の基本方針に基づき、具体的に工程を策定していきたいと考えております。

P) 高速炉に関しましては、この後報告がありますので割愛したいと思いますが、もんじゅにつきましては、保安措置命令の対応結果を報告書にまとめて原子力規制委員会に提出しました。もんじゅ以外でも、高速炉の安全設計の基準を国際的に主導的に取り組んで、ガイドラインを策定するという成果を出しているところでございます。

P) 基礎基盤研究ですけれども、基礎基盤研究では、原子力分野に共通する基礎的研究とか基盤技術の開発を実施して、原子力利用技術の創出とか科学技術基盤の維持・強化に貢献していきたいと考えております。

最近の成果のところに書いてあります中性子共鳴分光法の大幅な革新に関しましては、この後発表がありますので省略したいと思いますが、今後の取り組みのところにもありますように、廃炉とか廃棄物処理処分に貢献していきたい、あるいは福島の支援とか環境回復、こういう原子力の非常に大きな問題となっているところに重点的に取り組んでいくということで研究開発を進めていきたいと考えております。

それから、高温ガス炉とこれによる熱利用技術の研究開発につきましては、非常に高い安全性を有する高温ガス炉に対しまして、実用化に向けて研究開発をしております。それから、発電だけではなく、水素製造なんかも含めて、原子力利用のさらなる多様化・高度化に貢献していきたいと考えております。

ただ、高温工学試験研究炉 HTTR につきましては現在再稼働のために新規基準対応を行っているところで、早期の再稼働を目指して頑張っているところでございます。

最近の成果としましては、IS プロセスによりまして 8 時間の水素製造に成功しているということでのプレス発表をしているということが挙げられます。

今後は、HTTR と熱利用試験施設の結合なんかも考えていきたいと考えております。

P) それから、先端原子力科学研究ですけれども、これは世界最先端の先導的な基礎研究を行うことで次のシーズを生み出していくような取り組みでございます。特にアクチノイド先端基礎科学と原子力先端材料科学という 2 つの柱を立てまして、これは原子力機構が得意とする分野で、そういうところに特化してブレークスルーを図ろうという取り組みを行っております。

最近の成果としては、シングルアトム分析法の開発によって超重元素の化学的な特性を明らかにするといった取り組みがあります。超重元素というのは寿命が非常に短いので、化学的な性質を測定するのが難しいのですけれども、ほんの 1 個だけの元素の挙動を見ることで、その元素の酸化還元状態を測定する手法を開発して、取り組んでいます。

今後の取り組みとしては、耐放射線性電子デバイスの開発とか核変換なんかにも貢献していきたいということです。

それから、先端大型施設を用いた中性子・放射光応用研究ということで、これは、量研機構に移管した以外の中性子を使った J-PARC、JRR-3、SPring-8 のビームライン 2 本、これらが原子力機構に残って、原子力機構特有の研究をしているわけですけれども、そういうところを使いまして利用技術の高度化とか世界最高レベルの研究開発環境を広く社会へ提供するという取り組みを行っているわけです。

セシウムに関する研究開発成果は、この後発表があります。

そのほか、タイヤの材料と開発に貢献するなどの成果を上げているところです。

P) それから、きょうはこの後パネルディスカッションがありますが、原子力人材育成に関しましては、人材育成センターというところがありまして、そこを中心にここに書かれているような取り組みを行っております。国内研修を行ったり、産官学による人材育成のネットワークの共同事務局を務めて、ここに書いてあるようなさまざまな取り組みを主導的に行っている。それから、大学との連携によって、例えば連携講座に 80 名の講師を派遣したり、あるいは学生を毎年 400 名超を受け入れたり、こういう取り組みも行っていきます。それから、アジアを中心とした国際研究にも取り組んでいるところです。

P) 最後に、先ほど少し言いましたけれども、施設中長期計画、これは原子力機構が保有する原子力研究開発施設のマネジメントに関する計画ですけれども、我々が保有してい

る施設は多くが老朽化しておりまして、高経年化対策をやらないといけない、それから廃棄物がたまってきたバックエンド対策が必要であるということ、それから、新規制基準が非常に厳しいものができ上がってきていますので、それへの対応、耐震化対応等、資源投入をたくさんしないといけないという状況になってきています。

限られた資源を重点的に投入するための当面の計画、平成 40 年ぐらいまでと考えていますが、そういうのをつくりました。それが施設中長期計画です。今回、これは案ということで、ことしの 10 月 18 日に公表して、原子力機構のホームページに載せています。

その内容ですけれども、施設の集約化・重点化の取り組み。集約化・重点化した上で、残すものについて重点的に施設の安全確保をしていく。それから、廃止措置に移行するものについてバックエンド対策をしっかりととっていくということで、この 3 つについて三位一体で動かそうという取り組みになっています。ただし、この計画案は、現在、平成 29 年の概算要求ベースのものになっていますので、今後の予算状況とかステークホルダーの皆さんとの調整状況を踏まえて見直しを行って、それを年度末までには策定したいと考えております。

中味ですけれども、施設の集約化・重点化に関しましては、現在原子力機構が持っています 88 の施設のうち 46 を継続利用に、42 を廃止に移行する施設と位置づけました。ただ、42 という非常に多く聞こえるのですけれども、既に廃止措置に位置づけられているものもたくさんありまして、今回新たに廃止措置に移行するべきと考えているものは 10 個の施設になります。ただ、この 10 個の中には、大洗研にあります照射試験炉 JMTR とか、東海研にあります高速炉臨界実験装置 FCA とか、そういう炉施設が 2 つ含まれております。そのほか、核燃料の使用施設として、核サ研にあります CPF とか、大洗にあります MMF、AGF、それから JMTR のホットラボ等も含まれているということです。ただ、ホットラボのほうは、この先まだニーズがあるところはそれに応えた上で廃止措置に移行していくということで考えております。

そのほか、施設の安全確保とかバックエンド対策も、施設ごとにどのように進めるのだというのを書いてございますので、ぜひホームページ、あるいは、先週 11 月 4 日に原子力委員会にこの施設中長期計画案を報告していますので、原子力委員会のホームページからも見ていただけたと思います。

P) 以上をまとめさせていただきますと、我が国における原子力に関する唯一の総合的な研究開発機関ということで、安全を最優先とした上で、社会からの信頼確保に努めつつ、

研究開発成果の最大化を目指すということで取り組んでおります。

その出口としては、原子力科学技術を活用したイノベーションの創出とエネルギー資源の確保ということになります。

それと並行して、先ほど申し上げました施設の集約化・重点化とバックエンド対策をしっかり進めていきたいと考えております。

こういう取り組みによって今後のさまざまな局面に柔軟性を持って対応する。それから、そのために我々は組織として持続可能性とか多様性、それと弾力性（レジリアンス）も兼ね備えた研究開発機関として原子力科学技術を追求してまいりたいと思っております。

御清聴ありがとうございました。（拍手）

○司会（大場） 御清聴ありがとうございました。

個別報告

ふくしまの復興に向けて

－廃炉及び環境回復に係る研究開発と人材育成－

福島研究開発部門 福島研究基盤創生センター所長 中山真一

○司会（大場） 続きまして、当機構の最近の研究開発成果、事業の状況等についての個別報告に移らせていただきます。

それでは、1つ目の報告です。「ふくしまの復興に向けて」と題しまして、福島研究開発部門福島研究基盤創生センター所長、中山真一より報告いたします。

○中山所長 福島研究開発部門の中山と申します。よろしく願いいたします。

福島復興、廃炉と環境回復に関する JAEA の研究開発及び同時に取り組んでおります人材育成について御報告申し上げます。

[パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P) と表示]

P) まず初めにオフサイトとオンサイトの現状、最近の情勢を簡単に紹介しまして、その後、廃炉に向けた研究開発、環境回復に向けた研究開発、そしてそれらの研究開発に必要な基盤の整備と人材の育成についてお話しいたします。

P) 最近の情勢。

P) まずオフサイトでございますけれども、この絵の左側は避難の状況でございます。事故の後に避難指示を受けて、あるいは自主的に避難された方は合計 16 万人を超えてお

りました。それ以降、事故後 5 年 8 カ月たちましたけれども、それまでに新しい地に移られた方や帰還された方がおられまして、ことしの 7 月の段階で避難されている方は約 8 万 9,000 人となっております。

右側の絵はよくごらんになる絵かと思いますが、緑色に塗られた避難指示解除準備区域と、黄色で塗られた居住制限区域で徐々に解除が進んでおりまして、最も最近解除されたのは、この絵の右上の南相馬市、今は全体が白く塗られておりますけれども、ここが緑色だった部分と黄色だった部分で避難が解除されております。それが 7 月でございました。次に解除されますのが、ここに赤字で書いてありますが、飯舘村と川俣町が来年 3 月に解除予定でございます。

P) このスライドと次のスライドで、大急ぎではございますけれども、福島第一原子力発電所、1F のサイトの事故当時と現在を写真で示しています。この写真は、爆発を起こしました、左側が 1 号機、右側が 3 号機の様子でございます。

P) その次のスライドは、左側は 4 号機の様子で、見えますフレームは使用済燃料をプールから移動させるために設置したものでございます。右側は、これもよく見られる写真かと思いますが、汚染水タンクの写真でございます。先月 10 月後半の段階でタンクは約 880 基、タンク群と言われておりますが、汚染水の量は総量で約 93 万 m³に達してございます。

P) さて、こうした福島のアフサイト、オフサイトの今後に対する JAEA の取り組みでございまして――

P) この絵は、横軸に年を示しまして、1F の廃炉作業、それからオフサイトの避難指示準備区域の解除の期間を示しまして、その下に JAEA の研究開発拠点の整備状況を重ねて示したものでございます。

国のロードマップによりますと、廃炉は現在第 2 期にありまして、平成 33 年予定の燃料デブリの取り出し以降、30～40 年にわたる第 3 期が始まります。

オフサイトのほうでは、2017 年度、来年度までに避難指示区域の解除、先ほどの地図の絵で黄色と緑の部分の解除の完了を目指しています。

これらに対応するために、JAEA では必要な拠点の整備を進め、順次稼働させるわけでございますけれども、この絵にありますように、それは同時に、今後とても長い期間にわたって人材を確保・育成していく必要がございます。

P) したがって、JAEA における研究開発というとき、それは廃炉に向けて、ある

いは環境回復に向けてどのような研究や技術開発を行っていくかということとともに、基盤を整備しまして、そこを使って人材を育成していくということも役割の 1 つと考えております。

P) これは福島県の地図の上に JAEA の現在の活動拠点を示したものです。御存じのように、福島県は JAEA の本拠地であります茨城県の北隣に隣接する県ではございますが、1F 事故までは JAEA の拠点はございませんでした。事故直後に福島市を拠点として環境除染の試験に取りかかったのを初めとして、現在は福島市といわき市に事務所を構え、それ以外に建設中も含めて 5 カ所の研究開発拠点がございます。環境の研究開発は、緑で示しております三春町と南相馬市にあります福島県の環境創造センターに同居して活動を続けています。廃炉に関しましては、いわき市の事務所を北上しまして、檜葉、富岡、大熊に研究開発拠点を整備中であります。

P) こうした研究開発拠点において、また茨城県内の東海地区とか大洗地区にあります既存の施設を利用して、国の中長期ロードマップの実現に向けて、まず廃炉でございませけれども、この下に赤字で示していますように、燃料デブリの取り出しとか放射性廃棄物の処理処分に必要な性状把握のための研究開発などを進めてございます。

P) 研究開発の中味を個別にお示ししようと思しますと、このように大変細かい、見にくいスライドになって恐縮でございますけれども、研究開発機関として、基礎基盤と言われる研究から、より応用に近い研究開発まで取り組んでございます。

3 つの絵のうち、一番左側は、原子炉建屋内の瓦れき中のストロンチウム 90 とセシウム 137 の放射能の関係を調べたものでありまして、こういったデータは、廃棄物の処理処分の方法を考える上で直接的に用いられるデータになります。

真ん中の絵は、燃料デブリなどの特性評価のためにレーザーを光ファイバで導いて行う分光分析法の技術開発の絵を示してございます。

右側は、炉内の放射線量率分布の予想です。先ほどの大井川の絵にもあったと思いますけれども、燃料デブリを取り出す作業を行うためには炉内の線量率分布を知らなくてはならないのですが、まだ燃料デブリに近づけていませんので、詳細なデータはありませんが、これまでに得られている限りのデータと線量評価モデル——線量評価モデリングは JAEA はかねて得意とするところだと思しますが、その分布をモデルであらかじめ評価しておくというようなことにも取り組んでいます。

P) もう一枚、このスライドでは、先ほど申しあげました汚染水、今も蓄積しています

汚染水に関する研究開発の成果を取り上げています。

特に汚染水に関しましては JAEA 内でタスクフォースを立ち上げまして、いろいろな分野の専門家が集まって、幾つかの課題に横断的に取り組みました。

左側は、プラスチックシンチレーションファイバというロープ状の放射線検出器でありまして、もともとは環境中の非常に広い面積に対して 2 次元で放射線測定を行うために開発されたものでございますけれども、これを汚染水タンクの排水路にはわせるように設置しまして、現在、連続モニタリングを行っております。

真ん中の成果は、多核種除去設備で廃棄物容器から水が溢水するという事象があったのですけれども、それはどうやら放射線照射を受けて発生した水素によって水位上昇が起こったことが原因らしいということを実験で示したものです。

右側は、港湾内放射性物質動態解析と言われるもので、排水口を通じて汚染水が港湾内に流れ込んだとして、その後の分布を計算できるプログラムを開発したということございまして、潮の満ち引きなども考慮して計算することができます。

P) 一方、オフサイトの環境の活動でございますけれども、先ほど申し上げましたように、JAEA は事故直後に環境除染の試験に取りかかりました。そのときには、例えば避難指示があった 12 市町村を含む非常に広範囲の放射線量率の測定とか、田畑とか住宅地の除染などのように、各市町村に共通の課題に対応してまいりましたけれども、除染が少しずつ進み、自治体によっては避難指示が解除されて帰還が視野に入ってまいりまして、現在は、これも細かくて見えないと思いますが、右下にあるように、各市町村からのニーズに対応するように、自治体スペシフィックなニーズへの適用へと活動がシフトしています。

例えば左上の環境モニタリングマッピングでいいますと、農業用のため池が福島県内で 2,600 以上あると聞いていますけれども、その農業用ため池の底にセシウムが沈んでおりますので、そのセシウムの濃度や分布を調べるために技術が適用されています。

それから、左下の除染減容化に関しましては、どの場所をどの程度に除染すればそのあたりの空間線量率がどの程度下がるのかということ、これまでの経験値をインプットしてあらかじめコンピュータで評価できるというシステム、RESET と書いてありますけれども、そういったものを各自治体において適用して除染を進めようとしています。

それから、一番左下にセシウムの粘土鉱物への吸脱着機構の解明というのがありますが、これは私の報告のすぐ後に矢板から報告がありますが、膨大な汚染土壌の体積を減らすために、粘土鉱物とセシウムとの関係にまで着目した基礎的な研究も行っております。

それから、右上の環境動態研究では、福島県内に太平洋に流れ込む川は 20 ぐらいあると思いますが、個々の河川とかダムを対象にしてセシウムの動きを機構論的に解明して、将来予測に役立てようという研究が継続されています。

これらのやや詳細な説明は、皆様のお手元のこの後のスライド数枚に説明してあります。ここでの紹介は割愛させていただきますけれども、御参考になさってください。

それから、1 つだけ、このページに書いていないことをつけ加えますと、先ほど避難指示が順次解除されると申し上げましたけれども、解除されるといっても住民の方は戻った後の被ばく線量が心配です。ですので、住民の生活パターンに合わせた行動経路の空間線量率を測定し、その数値でもって被ばく線量を個々人の行動パターンに合わせて評価するというような作業も JAEA では行っておりまして、その結果を自治体とか住民に提供し、説明するという活動も行ってございます。

P) そのオフサイトに関する研究開発を行っている拠点ですが、この写真は、左が三春と南相馬にあります福島県の環境創造センターの写真です。4 カ月前の 7 月に行われましたオープン記念式典の様子です。これは福島県の三春町にありまして、国立環境研究所もここに活動拠点があります。ですから、この拠点は、福島県と国立環境研究所と JAEA の三者が協力するポイントになっております。

P) 一方、オンサイトのほうですが、廃炉研究につきましては、先ほど申し上げましたように、楡葉町、富岡町、大熊町に拠点を整備してございます。この写真は、昨年秋に楡葉町に開所しました遠隔技術開発センターです。例えば、燃料デブリを冠水工法で取り出すには原子炉下部の漏水をとめなくてはいけないのですけれども、非常に放射線量が高いので遠隔技術が必要であるということで、遠隔技術の開発をしているセンターです。実物大の模型、モックアップ試験体というのを備えて、国際廃炉研究開発機構 IRID が実証試験を行っています。一方、JAEA は、こういったバーチャルリアリティシステムというのを装備しまして、現在、2 号炉の中味を再現しているわけですが、そのようにソフト面から遠隔技術開発とか作業訓練に役立てようということをしてございます。

P) もう一つ、大熊の施設です。これは建設に取りかかったばかりでございまして、1F サイトの放射性廃棄物の処理処分のために、瓦れきなどの放射性廃棄物の分析、それから燃料デブリの特性評価を行うためのデータを取得するために整備しております分析・研究センターでございまして、1F サイトに隣接して建設されまして、先々月、9 月に最初の建屋の起工式を行いまして、建設に着手したばかりです。ロードマップによりますと 2021

年に燃料デブリが取り出されますので、それに間に合うように完成することを目指してございます。

P) さらにもう一つ、富岡町に研究棟、廃炉国際共同研究センターという組織の国際共同棟を建設中です。

このように、現在、次々と研究開発拠点が整備されているわけですが、この絵にありますように、福島研究開発部門における研究開発は、この廃炉国際共同研究センターが核となりまして、JAEA 内に向けては、今申し上げました櫛葉センターとか大熊のセンター、そして東海地区、大洗地区にある既存の研究施設を使って研究開発を行っていく。環境開発に関しましては、これまでに蓄積した知見を吸収・活用していく。

それから、JAEA の外に向けましては、産学官と連携・協力しながら研究開発を進める拠点としての役割をこの廃炉国際共同研究センターが有しております。

P) 大井川の発表にもありましたように、そして私も先ほど申し上げましたように、研究を行うには、研究基盤、場所をつくりまして、そのための人材の育成が非常に重要でございます。

廃炉に係る人材の育成につきましては国レベルでも取り組まれておりまして、例えば文部科学省は、「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」という事業を実施していますが、JAEA では、この事業に採択された大学などとともに「廃炉基盤研究プラットフォーム」というものを設置してございます。この廃炉基盤研究プラットフォームというのは、大学とか研究機関が有するシーズと事業者が有するニーズを出会わせる媒介的な場でありまして、ここにおいて必要な研究課題の開発とか情報の共有を行っています。これによって大学などを大いに廃炉研究開発に引き込んで、研究分野の裾野を広げ、R&D を行っていく中で若い人材を確保し、育成しようと考えています。

P) それから、この廃炉基盤研究プラットフォームのイベントの 1 つとして、国際ワークショップ、福島リサーチカンファレンス——FRC と呼んでおりますが——というのを設けています。これは、御存じの方もあるかもしれませんが、世界的に有名なゴードンリサーチカンファレンスを思い浮かべたものですが、廃炉にかかわるあらゆる研究を題材に、世界の研究者を集めて議論をする場を設置しています。実はきのうも、参加された方があるかもしれませんが、福島県のいわき市で第 3 回の福島リサーチカンファレンスの一環としての会議を廃棄物に関して開きました。ただし、ゴードンリサーチカンファレンスと違いまして、選ばれた者だけが招待されるというものではございません。

福島リサーチカンファレンスはどの方にもオープンですので、アナウンスを受けられた方はぜひとも参加していただきたいと思います。この福島リサーチカンファレンスを通して国際的なつながり、ネットワークをつくりまして、廃炉に関係する人材を世界に求めようということでございます。

それから、下の 2 つの写真は、既に開所しました檜葉遠隔技術開発センターでの大学など外部機関の利用の例を示しています。ロボットに関していえば、来月 12 月 3 日、この檜葉遠隔技術開発センターで、福島工業高等専門学校が中心となって、工専による廃炉ロボコンというのが開催されます。これによって高専生が廃炉技術開発に参画する機会と考えてございます。

P) 人員とか人材の育成に関しましては、当面の喫緊の課題は、先ほど申し上げました大熊に整備する分析・研究センターでの分析に係る技術者です。猛烈に強い放射線を放つサンプルを分析するには相応の技術が必要であります。それから、得られたデータの品質の保証についてもプロの専門家が必要と考えています。大熊の施設が稼働しました後は JAEA 内外から 100 名の技術者が必要と考えています。

P) JAEA は放射性物質の分析に関しては豊富な経験を有しておりまして、これまでにたくさんの技術者を生み出してきたとは思いますが、それでも足りないと予想している状況です。

JAEA が分析技術者を必要としていますのは、福島部門のためだけではございません。研究開発機関として、これも先ほど大井川から話がありましたが、これから JAEA が有しているたくさんの研究施設が老朽化して、廃止措置の段階を迎えています。廃止措置に伴って発生する廃棄物の管理のためにも分析技術者が必要となってきます。

つまり、分析技術者の確保・育成は JAEA を挙げての課題でありまして、これは新人を採用するとか経験者を中途採用するだけではとても間に合わずに、JAEA 内で分析技術者育成のための新たな体制を検討しているところでございます。

それから、このスライドの左下の 2 番目に分析施設・設備の確保及び管理と書いてありますけれども、分析人員を育成する上で、廃止措置によって施設がなくなっていくということは、実地体験をする場所がなくなっていくという意味で非常に問題であります。ですから、先ほどの分析技術者の育成の体制を考えるときには、施設の維持とか統廃合もあわせて考えていかなくてはいけないということになってございます。

さらにもう一点申し上げますと、大熊に施設をつくるわけですが、実は、JAEA は

あのクラスのホット施設をかなり長いことつくった経験がございません。ですので、本格的な運用をする以前に、ホット施設の設計とか建設とか安全評価の経験者が現在かなり少なくなっております。そういう意味で、大熊施設を経験することで JAEA の今後の関連の技術継承につなげられないかと思っているところでございます。

P) 以上、大変な駆け足で失礼いたしましたけれども、福島復興に向けての JAEA の研究開発、基盤整備、そして人材育成の取り組みについて、それぞれ紹介させていただきました。

今後とも皆様の御理解・御支援をよろしくお願い申し上げます。

ありがとうございました。（拍手）

○司会（大場） 御清聴ありがとうございました。

減容化と再利用を目指した粘土鉱物への Cs 吸脱着機構解明

－異分野とのコラボレーションにより未解明だったセシウムの挙動解明

による除染廃棄物の減容化への貢献－

原子力科学研究部門 物質科学研究センター

放射光エネルギー材料 研究ディビジョン長 矢板毅

○司会（大場） 続きまして、「減容化と再利用を目指した粘土鉱物への Cs 吸脱着機構解明」と題しまして、原子力科学研究部門物質科学研究センター放射光エネルギー材料研究ディビジョン長、矢板毅より報告いたします。

○矢板ディビジョン長 御紹介ありがとうございました。

物質科学研究センターの矢板と申します。よろしくお願いいたします。

[パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P) と表示]

P) きょうはこのようなタイトルで御紹介させていただきたいと思います。

P) 副題にもございますように、この研究は、さまざまな分野の研究者がこのような形で協力して実施している研究でございます。大きく分けると、物質地球科学的研究と除染化学プロセス開発という形になっております。

こちらに示しましたように、基礎的な研究からかなり応用的な研究、最近では社会学の研究者の方にも御意見を伺いながら研究を進めております。このような研究所とか大学といった垣根を取り払った研究をやることによって数多くのシナジー効果が生まれつつあり、

我々としてはこういう研究系を通じて徐々に複雑系制御を通じた物質循環システムの研究開発へと進化しつつあるということをございます。こういう新分野の研究を積んでいくことによりまして人材育成等にも貢献しながら、福島第一原子力発電所の回復にも貢献していきたいと考えております。

P) 先ほど、物質循環システムの研究になってきているという話をさせていただきましたが、これは簡単に我々が研究している部分の模式的な絵を描いたものでございます。原発事故で放出されました放射性物質がこのように環境中の循環経路に一旦入ります。その中で沈殿・濃縮ということが起きながら、今現在は除染活動が行われて、環境の循環からは切り離されている形でございます。

我々の研究は、大きく分けまして、ここの自然環境中の材料、物質に対してどのような強さでどのような物質にくっついているかということ明らかにする研究と、もう一つは、この物質循環を完結させるための化学プロセスの研究になります。

最初に物質地球科学研究の内容に関して御紹介させていただきます。

P) その際に我々が用いたツールがございまして、これに関しましては先ほど分離・移管という話がございましたが、原子力機構にもビームラインが残りまして、それを使っております。

例えば、高輝度の X 線に対して高感度の検出器を組み合わせることによりまして、これまで検出できなかった微小な物質を検出することが可能となります。

もう一つは、環境材料を扱いますと、例えばセシウムでもこのように赤と緑の化学系があるように、いろいろな状態があるわけございまして、これを分けて理解することが必要になってまいります。

さらに、こういった知見をもとにしまして、時間分解測定ということで、シミュレーション実験を行いまして、こういう吸着状態の中間体等を理解するための時間分解測定を実施しております。

また、J-PARC を使えば、ある程度セシウムが凝集している過程をチェックすることができるわけでございます。

P) さて、実験の結果に移らせていただきますが、これは福島県の飯舘村に出向いていて土壌試料の分級をやった結果でございます。

土壌試料というのは、粒度によってこのように礫から粘土までいろいろな種類の形態があるわけございまして、これは粒径に対する放射性セシウムの濃度でございます。この

赤い折れ線グラフは、放射性セシウムが全体としてどこに分布しているか、どれぐらいの割合で分布しているかを示しているものでございますが、特に粒度の小さい粘土に放射性セシウムが蓄積していることが理解されます。ほかの部分にも半分ぐらいの放射性セシウムが存在していることになりましたけれども、実際にほかの試料をとってみますと、もっと多い濃縮度が粘土鉱物に検出されるということがありますと同時に、粘土としてほかのフラクションにいるということも観測されております。

ということで、土壌を制するには粘土を制するというので、粘土鉱物に関する研究について紹介させていただきます。

P) 粘土鉱物の構造を、少し複雑な、カラフルな絵で示させていただきましたが、これをイメージしていただくには、お菓子のウェハースにクリームが挟まっているような状態を想像していただければいいかと思えます。その特にクリームの部分にセシウムが接着剤みたいな形で存在している状態が一番安定にセシウムが吸着している状態と考えられます。さらに粘土の外側、いろいろなところに吸着するのですが、ここにくっついてあるものがほとんど環境中で認められる放射性セシウムの存在状態であろうと考えております。

それでは、この粘土に対して、この層間にどのように入っていくのかというのを実験した結果が――

P) これでございます。

これは SPring-8 に設置してあります時間分解分散型 XAFS という実験装置でございます。白色の X 線を照射することによりましてスナップショットのように電子状態と構造の変化を追いかけてながら化学反応を追跡することが可能となります。

今回は、粘土に対して塩化セシウムを接触させまして、水をたらすことによって、それがトリガーになって反応が進むという研究でございます。

その結果がこれですが、この見方は、細かいことは別としまして、セシウムを中心 0 に置きまして、そこからどのように元素が分布しているのかということと、それから時間に対応します。水を注入したところがタイムゼロという形になります。特にセシウム、シリコンのピークに注目していただきますと、粘土の中にセシウムが入ってぴったりと口を閉じてしまっているような状態がセシウム、シリコンのピークが存在する状態となります。それで観測してみますと、水を入れてからしばらくの間はこのピークが見えないという状態がありまして、これは何に相当するのかということですが、要はセシウムとシリコンの

ピークが離れた状態にあるということですので、これが出現したところで初めてぱっと閉じたような状態になる。つまり、セシウムが一定量入るまでこれが閉じないという形で、急にぱっと閉じるという現象を観測することができました。

P) 次に、これは第一原理分子動力学シミュレーションで、何でセシウムが粘土に濃縮するのかということですが、これは先ほどのウェハース、粘土とその間に相当するところでございます。こちらがカリウム、こちらがセシウムでございます。これをぱっと見てみますと、一番最初の印象としましては、セシウムが上下方向の粘土に非常によくくっつくということがシミュレーション結果からわかると思います。

さらにこれを詳細に解析しまして、マグネシウム、カリウム、セシウムを比較しますと、セシウムの拡散が非常に強いということが解析の結果からわかります。これは何を意味しているのかと申しますと、この真ん中の層は、氷というのは言い過ぎかもしれませんが、氷のような構造を持った水の状態になっているのですけれども、一旦セシウムが入りますとその構造が破壊します。一旦破壊するとセシウムのような金属がどんどん連続的に中に入るようになるという結果がありまして、その結果、粘土鉱物に集中してくるということが言えるわけでございます。

P) さて、それでは、実際の土壌試料ではどうなのかということですが。

これは、福島飯館村で採取した $0.75\mu\text{m}$ 以下の粒子を 2 万粒、イメージングプレートにメッシュを切って載せた図でございます。この 2 万粒ですけれども、放射性セシウムがあればこのように感光いたします。実際に 2 万粒を置いたのですけれども、驚いたことに、15 粒にしか放射性セシウムが存在しませんでした。すなわち、セシウムというのは均一に分布しているのではなくて、特定の粒子にくっついているのだということがわかります。このことは、もう一つ考えてみれば、原理的には、これをお箸でつまんで取ってしまえば、それは膨大な土壌に対しては無理なのですけれども、1/1,000 程度の減容は可能だということにもつながるわけでございます。

P) そのピックアップした粒子がどういうものなのかというのを見た電顕の写真がこれでございます。大きく分けると 2 つに分けられまして、1 つは風化黒雲母という単一の鉱物です。これは粘土鉱物の一種でございます。セシウムを非常によく吸着する。もう一つは単一ではなくていろいろな鉱物がまざっているものでございますが、さらにこれをイオンビームでカットしてイメージングプレートに置いてみると、例えばこの A のところが光っています。ここに放射性セシウムがあるわけですが、調べてみますと、ここにも

風化黒雲母がある。有機物を成分とする団粒構造のものに関しても A のところに放射性セシウムがあるということで、この風化黒雲母というのは非常にキーになる化合物であるということがわかります。

P) 福島で採取されるいろいろな鉱物、これまでチェルノブイリとかで吸着するであろうと考えられていた鉱物を並べまして、例えばこういう形で載せてみますと、風化黒雲母にだけ集中的に吸着するということが観察されました。

P) なぜ風化黒雲母にこのように安定的に吸着してくるのかというのは、我々がアクチノイドという重い元素の研究をやった研究結果をリンクさせるとよくわかる結果でございます。

これは X 線顕微鏡という手法で、微粒子のレントゲン写真みたいなものです。これが全体像ですけれども、セシウムはここに分布しております。ここの電子状態をさらに解析しますと、ミッキーマウスの耳みたいになっているところは共有結合という結合をしています。今までセシウムのようなアルカリ金属はこういった結合をしないと考えられていたのですけれども、共有結合をする。これは、よくよく考えてみますと、相対論に基づく結果なのですけれども、イオンの外側が広がる傾向にあるわけです。そうすると、その広がった部分が酸素と手をつないで結合しやすい状態になる。こうなってしまうとセシウムをはがすのは至難の業であるということがわかるわけでございます。

P) 今まで、こちらの環境の物質にどのようにくっついていくか、特に粘土鉱物に集中しますと御紹介いたしました。

さて、今度は、この膨大に生じた土壌をどうやって処理するかということについての研究結果を御紹介いたします。

それに関しましては、最終的には再利用を通じて二次廃棄物を出さないでやることで初めて物質循環が完結するわけで、こういったホールシステムを研究する分野は、最近、持続型社会ということがよく言われて、そのパーツパーツの研究はやられているのですけれども、福島においてこういったホールシステムを研究できるということは、いわゆる福島モデルとしてこういった研究分野を発展させることにつながるであろうと考えております。

次にこの部分を簡単に紹介させていただきます。

P) シナリオとしましては、まず低濃度のもの、基準に引っかけられないものに関しては再生利用という形で使えるのではないかと考えられます。

一方、放射能濃度が高いものでございますが、これはワンスルーで行くか、あるいは

化学処理をすることによってセシウムを分離し、さらに二次廃棄物を再利用していくというようなことが考えられるであろうと考えております。その意味で、我々は、こういった1つのプロセス、分級とか化学処理、熱処理を改めて見直してみることにしました。

P) 分級に関してはきょうはお話ししませんが、その予備実験で出てきた結果で、こういったボールミルみたいなものでピュアな粘土鉱物にくっついたセシウムをゴリゴリやってみました。そうしますと、このピークが立っている状態というのは、粘土鉱物がかろうじてセシウムを保持する構造をキープしている。48時間まではキープしているわけです。ところが、字が小さくて恐縮ですが、1週間ゴリゴリやってみると構造が全く見えなくなります。この状態で溶出してみると意外に簡単に取れてくることがわかります。だから、ピュアな粘土鉱物に関してはミリングという前処理が非常に重要であると考えております。

P) もう一つ、化学除染に関しましては、先ほどセシウムが濃縮し、なおかつ内部に拡散して入って安定化するというお話をしました。これの逆反応をたどって見たらどうだろうということで、逆にこの中の水を構造化させるのに強い溶液を接触させます。そうしますと、このように局所的に入っているセシウムの層間が、これはX線回折の結果ですが、閉じている状態が開いている状態に変化しまして、ぱっと口をあけてセシウムを放り出します。この結果から、今まで酸処理で5%、6%だったものも90%まで取り出せるということを確認できまして、こういった化学処理でもピュアなものに関しては非常に有効に働くということが明らかとなりました。

P) 最後に熔融法ですが、これは、途中で団粒構造と粘土のピュアな鉱物に関する微粒子があるというお話をさせていただいたのですが、団粒構造とかも含め、全てのセシウムを取り出す方法であると考えています。

現在検討されている方法は、土壌を1,200~2,000℃ぐらいまで高温熔融し、セシウムを揮発させて回収するという方法でございます。この方法ですと、高い温度をかけますので非常にコストがかかる。それから、揮発させるということは系内をある程度拡散するというリスクを伴うわけです。

そこで我々は、何とかこれを打開する方法を考えているところでございます。

P) まずは温度を下げるということですがけれども、低温熔融をやる必要があると考えております。それには、固体で混ざり合わない2成分系による共融点降下という関係を使えばいいだろうということでございます。その場合には、2成分の塩、A塩、B塩を混ぜ

ると、もともとの融点より下がったところで熔融するということが見えるわけです。それを使って実際に 700℃ぐらいまでで反応させることが可能であるということが理解されています。その際に SPring-8 でその場観察というのをやりまして、低温熔融を実現させるべく検討しております。

P) そのときに、問題は除染です。我々は、熔融して飛ばすのではなく、むしろ冷やす過程で取ってやろうということを今検討しております。これは、地球のマグマが上昇する過程で結晶化するところで大きな金属を吐き出すという原理を使っています。それは、こういった徐冷の過程でくっついているものが結晶化して外れてくる。そうすると、きれいな結晶ができた上にセシウムが塩析的に出てくるということでございます。

実際の結果を御紹介しますと、塩化カルシウムと塩化ナトリウムを混ぜた溶液で 700℃で処理した熔融塩に対して、セシウムはほぼ 100%取れているということがわかります。

さらに、この方法を使いますと、こういったピュアな鉱物を取り出すことができます。これは物質循環を完結させるための再利用につながるということで、経済コストと環境負荷低減を図れる技術につながるのではなかろうかと考えております。

P) 最後にまとめますけれども、物質地球科学研究におきましては、メカニズム解明を実施しました。特に、福島は花崗岩帯で、そこに含まれる風化黒雲母という粘土鉱物は非常にセシウムを吸着するというのを明らかにしました。それから、安定化するメカニズムについても明らかにしました。

最後に除染プロセスにおきましては、低温熔融で塩析的にセシウムを取り出すという方法などを新たに検討している次第でございます。

以上です。御清聴ありがとうございました。（拍手）

中性子共鳴分光法が切り拓く原子力科学技術の世界
—J-PARC を用いた革新的な核反応測定技術とその展開—
原子力科学研究部門 原子力基礎工学研究センター
核工学・炉工学ディビジョン長
原田 秀郎

○司会（大場） 続きまして、3つ目の報告に移らせていただきます。

「中性子共鳴分光法が切り拓く原子力科学技術の世界」について、原子力科学研究部門

原子力基礎工学研究センター核工学・炉工学ディビジョン長、原田秀郎より報告いたします。

○原田ディビジョン長 皆さん、こんにちは。紹介いただきました原田と申します。

[パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P) と表示]

P) 本日は、「中性子共鳴分光法が切り拓く原子力科学技術の世界」と題しまして、我々が原子力基礎工学研究として取り組んでおります核反応の研究とその応用展開について御紹介させていただきたいと思っております。

本日はどうぞよろしく願いいたします。

P) 原子核を見るために核分光という方法があります。広く使われておりますガンマ線分光法という方法や、本日の主題であります中性子共鳴分光法といった方法があります。このような核分光法を高度化することにより核反応データ、非破壊分析の高精度化を実現し、これを通じて我々はさまざまな原子力科学技術に貢献したいと考えております。

本日は、このような取り組みとともに、その人材育成の貢献についても触れたいと考えております。

P) この図は、中性子と原子核のさまざまな反応を図で示したものであります。エネルギー源となります核分裂反応、中性子を捕獲して重い同位体を生成する中性子捕獲反応などが有名な反応でございます。我々が研究対象としておりますこの原子核の世界は、その大きさが原子に比べましてもさらに 10 万倍小さな世界であります。この原子核と中性子が当たる確率、核反応の確率のことを我々は核反応断面積という用語で呼んでおります。その単位は **Barn** といひまして、これは 10^{-24}cm^2 と小さなものです。近年、計算機とモンテカルロ法と呼ばれる計算手法の発展によりまして、さまざまな原子力システムの中で中性子がどのように振る舞うのか、詳細な予測が可能となってきております。この計算の基礎データとして核反応断面積が必要不可欠な物理定数であります。

P) 計算機と中性子輸送シミュレーション技術の発展によりまして、どんなに複雑な原子力システムであっても臨界度などの核特性の予測ができるようになってきております。ただし、その精度を向上するためには、この計算の入力となります核反応断面積の精度の向上が必須であります。

具体的な例であります。放射性廃棄物の核変換システムの研究におきましては、マイナーアクチニド：ネプツニウム、アメリシウム、キュリウムといった核種の核反応断面積の高精度化ニーズが示されておきまして、このような研究背景を受け、現在、世界的

に核反応データの高精度化に向けた研究が進捗しているところであります。

P) さて、この心電図のようなスペクトルをご覧ください。この図は、中性子捕獲断面積が中性子のエネルギーの関数としてどのように変化するかを示したものであります。青がウラン 235、緑がウラン 238、赤がプルトニウム 239 であります。このように核種ごとに特定のエネルギーで断面積が急激に大きくなる場所があります。このような現象を中性子共鳴反応と呼んでおります。原子核の心電図とも言えるこのような中性子共鳴スペクトルは現在でも原子核理論で予測することはできませんので、これを知るためには測定による観察が必須であります。

P) この心電図のような複雑なエネルギー依存性をはかる原理を運動会の駆けっこになぞらえてご説明させていただきたいと思っております。

加速器によるビームを一瞬ターゲットに照射します。そうしますとたくさんの中性子が一度に放出されます。この際にストップウォッチの時計をスタートさせます。中性子は速いものから先にサンプルに到着いたします。中性子捕獲反応が起きまして、ガンマ線を検出器が検出した時刻で時計をストップいたします。こうすることにより中性子 1 粒ごとの速度が決まりまして、それを換算することにより中性子のエネルギーが決まってまいります。これが、複雑なエネルギー依存性をはかる中性子共鳴分光法の原理であります。

P) 中性子共鳴分光法は大変優れた測定原理であります。従来の加速器による弱い中性子ビーム強度では、放射性核種に対する核データ、断面積をとることが難しくありました。それは、ウラン 235 は 1g ありまして 8 万 Bq にすぎませんが、マイナーアクチノイド核種、アメリシウム 241 になりますと 1270 億 Bq となります。また、キュリウム 244 になりますと 3 兆 Bq あります。このように大変強い放射能となりますと、自然崩壊で放出されます、黄色で示しております崩壊ガンマ線が非常に強くなりまして、これが測定を妨害していたわけでありまして。

P) この問題を解決するために、我々は大強度のパルス中性子を適用することに着目いたしました。中性子ビーム強度が強くなると少量のサンプルで測定できるからであります。

大強度のパルス中性子ビームは、東海村の J-PARC の中に完成しました物質・生命科学実験施設 MLF で供給可能となっております。我々はこの施設の中に、中性子核反応を詳細に調べるために、ANNRI という愛称の装置を開発いたしまして、研究を開始いたしました。

P) この図が ANNRI の横から見た断面図であります。1 秒間に 25 回中性子が中性子

源から発生いたしまして、中性子導管を通りまして、ガンマ線検出器に当たってまいります。このガンマ線検出器の位置は 2 カ所、中性子源からそれぞれ 21m と 27m の位置にセットしております。この中性子ビームは大変大強度ですので、非常に豊富な測定データが短時間で取得できるようになっております。

この写真は、この装置が完成した際の記念研究会におきまして集合写真をこの装置の上で撮ったものであります。この装置は、ここに記載しましたように、異なる研究分野の連携により開発に当たったものでありますとともに、機構だけでなく、大学の研究者も参画して完成させたものであります。

P) このような大強度パルス中性子を用います核反応断面積の測定研究は、現在、世界の 3 カ所で行われております。米国ではロスアラモス研究所、欧州では CERN 研究所で精力的に研究が行われております。我々の装置は、現在、中性子束強度で世界最高であるとともに、高品質のデータを取得するために、これに有効な半導体ガンマ線検出器を導入することに成功いたしました。これは非常識とも言える非常にチャレンジングな取り組みでありましたが、機構及び大学で積み上げてまいりました放射線計測、放射線遮へい、ビーム工学の高度な技術の結集により達成し得たものであります。

P) それでは、大強度のパルス中性子ビームを用い、ANNRI において測定しましたキュリウム 244 の断面積の結果をお示しいたします。

ここで赤で示したものが我々の測定値であります。過去の測定としましては、青で示しました 1970 年ごろに行われました地下核実験による測定が唯一のものでございました。我々はこの測定エネルギーを拡張しまして、初めて中性子共鳴を観測するとともに、詳細な解析によりまして、その絶対値の精度を格段に高めることに成功しております。

左の図は、先ほど申しました世界三大中性子測定施設での中性子束の強度比較であります。熱中性子から高速中性子にわたる広いエネルギー領域で我々の装置は世界最大の中性子束であります。従来の測定におきましては、このような核反応断面積の測定には、このぐらい、小さくて見えませんが、グラムから数十グラムのオーダーのサンプルを必要としておりました。今回の我々の測定では、キュリウムは 0.6mg で測定できるようになっております。この微量サンプルで測定ができるようになったことは特筆すべきことでございます。

P) 次に、この開発しました装置 ANNRI は、革新的な非破壊分析技術にも応用展開が進められております。

今回、中性子共鳴分光法とガンマ線分光法を融合し、これを利用して新たな技術を開発いたしました。これまでは、左の図のように、中性子だけを見る方法とガンマ線だけを見る方法いずれか一方だけが使われてきたのですが、我々はこれを組み合わせて、多次元で見る技術を開発してまいりました。それぞれの手法で分解能 1,000 を達成しておりますので、この両方を組み合わせることで分解能を 1,000 かけ 1,000 へと飛躍的に高めたものであります。

P) この効果を具体的な測定例でお示ししたいと思います。

左の真ん中の図は、コバルトやタンタルなど非常にたくさんの元素を混ぜたサンプルに対して得られました中性子共鳴スペクトルを示しております。非常に多くの元素が含まれておりますので中性子共鳴ピークが重なってまいりまして、これが大きな誤差要因となっております。

これに対し、左下の図は、右にありますガンマ線と中性子の飛行時間の 2 次元マトリクスからコバルトに起因するガンマ線のエネルギーの部分だけを取り出して作成した中性子共鳴スペクトルです。コバルトの中性子共鳴ピークだけがきれいに観測されている様子が示されております。

この多次元解析により不純物の影響を大幅に低減でき、高い信頼性の非破壊分析が可能となっております。

P) 我々は、中性子と原子核の反応を精密にはかるために中性子共鳴分光法の革新に取り組んでまいりました。本日はその一部を御紹介させていただきましたが、これらの研究成果により、本年 4 月には文部科学大臣表彰、科学技術賞をいただいております。

現在、核反応データや分析・計量技術の精度向上にこの開発した技術、分光法の適用を一層進めているところであります。核データライブラリと計算コードの開発とあわせまして、一貫した研究を系統的に進めることで核計算の精度を向上させまして、さまざまな原子力分野のニーズに応えたいと考えております。

また、これらの技術はそのままこのような学際分野への貢献、応用も期待されております。新しい研究も始まっているところであります。

P) ここで、原子力基礎工学研究における異分野連携の重要性と人材育成の貢献について若干触れさせていただきたいと思っております。

本研究におきましては、異分野専門家の知を融合できたということが大きな進展を可能にした鍵であると考えております。装置開発・技術開発におきましては、多くのポストク

の活躍がございました。その多くは、現在、原子力機構の職員として、また大学や研究所等で活躍中と聞いております。また、開発しました ANNRI は現在一般利用に使うことが可能となっております、さまざまな分野の学生さんたちに利用していただいているところでもあります。ANNRI の開発とその応用研究を通じて活躍した若手研究者は、原子力科学技術分野の各分野で中核的な研究者として活躍中と伺っております。このような形で、原子力基礎工学研究は学生さんから高度な専門家まで広く人材育成に貢献できているのではないかと考えている次第でございます。

P) まとめと展望であります。

我々は、大強度中性子ビームと高分解能ガンマ線分光技術を融合して、中性子共鳴分光法を大幅に革新いたしました。今後はこの技術を基盤に核データの品質と精度を系統的に高めていくことが重要と考えております。

このような系統的な測定研究と核データ・シミュレーションコードの体系的な整備を通じてさまざまな原子力分野のニーズに貢献していくことを我々は目指しております。また、御紹介させていただきましたように、中性子共鳴分光法は大変有望な非破壊分析技術でありまして、今後、さまざまな原子力、また学際分野へ貢献したいと考えております。

最後となりますが、ANNRI の新規利用、特に産業利用は大歓迎でございます。また、ANNRI 以外にも、核計算や非破壊測定技術で「こんなことはできないの？」というお問い合わせをいただければ幸いです。

本日は、御清聴いただきまして、まことにありがとうございました。（拍手）

○司会（大場） 御清聴ありがとうございました。

高速炉サイクル実用化に向けた機構の取組
—研究開発インフラの再稼働に向けた準備—
高速炉研究開発部門長・理事 吉田信之

○司会（大場） 続きまして、4つ目の報告に移らせていただきます。

「高速炉サイクル実用化に向けた機構の取組」について、高速炉研究開発部門長・理事、吉田信之より報告いたします。

○吉田部門長 御紹介いただきました、高速炉部門長の吉田でございます。

[パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P) と表示]

P) 私からは、高速炉サイクルの実用化に向けました機構の取り組み、中でも研究開発のインフラの再稼働に向けました準備について報告させていただきます。

P) 本日の報告内容は、こちらのスライドに示すとおりでございます。

現在、皆様御承知のように、もんじゅに対する規制委員会からの勧告に端を発しまして、原子力関係閣僚会議並びに高速炉開発会議におきまして、高速炉サイクルの実用化を目指したさまざまな議論が進められております。こうした議論の中に原子力機構も参画しているわけでございますけれども、本日はその高速炉開発会議における議論に深く立ち入ることはせず、しかしながら、こうした現状も踏まえ、この分野における機構の取り組みを御紹介したいと思います。中でも再稼働を目指しております幾つかの施設については詳しく御説明したいと思っております。また、高速炉分野の人材育成につきましても御説明したいと考えてございます。

P) まずエネルギー基本計画でございますが、こちらに示しますように、平成 26 年 4 月に閣議決定された計画によりまして、我が国では核燃料サイクルを推進していくという基本方針のもと高速炉の研究開発を行う、中でもその研究開発のよりどころはもんじゅ研究計画に沿うということになってございます。

そのもんじゅ研究計画でございますが、下に示してございます 3 本の柱が立っております。すなわち、高速増殖炉の成果の取りまとめを目指した研究開発、廃棄物の減容化あるいは有害度の低減を目指した研究開発、そして 3.11 以降強化されました高速炉の安全性強化を目指した研究開発でございます。

P) このもんじゅ研究計画を実現するため、原子力機構におきましては、第 3 期中長期計画におきまして高速炉研究開発の計画をつくっております。それがこちらのスライドでございます。すなわち、まずもんじゅにおける研究開発ということでございまして、もんじゅは新規制基準等への対応をして運転を再開し、その後データをとっていくということになってございますし、もんじゅに続く次の高速炉ということで、2 番目の高速炉サイクルの研究開発、ここにはフランスとの ASTRID 協力といったものも含まれてございます。さらに 3 番目でございますが、有害度の低減に向けた研究開発を進めていくということでございます。

その進め方につきましては、児玉理事長の指導のもと、部門としても MVS を定めまして、ストラテジーを立てて進めているところでございます。

P) 高速炉研究開発を担っております研究開発拠点をこちらに示しました。東海村ある

いは大洗の茨城の施設を初め、敦賀のもんじゅ等々の施設におきまして研究開発を進めております。これに携わっております機構の職員の数は700人強でございます。

P) まずもんじゅの話をさせていただきたいと思います。

もんじゅは、規制委員会から受けました保安措置命令に対して改善活動を全力で行い、平成26年12月に一旦保安措置命令への対応結果報告を出しました。しかし、その後、保安規定違反の指摘等を受けまして、もんじゅ改革、さらには保安措置命令への対応を抜本的に見直すということで、オールジャパン体制による改善活動を実施してまいりました。

オールジャパンによる改善活動におきましては、主にQMSの改善、保全計画の見直し、保守管理業務にかかわるIT化等を進め、保安措置命令の原因となった法令違反状態は是正されたと私どもは考えまして、28年8月、ことしの8月に保安措置命令に対する対応結果報告書を規制委員会に提出したところでございます。現在は、新たに作り直した保全計画に基づき点検を実施しながら、さらなる業務改善を進めているところでございます。

一方、こちらの右側に書きましたように、平成27年11月に規制委員会から発出されました文科大臣宛てのもんじゅの運転主体に関する勧告、それからもんじゅのあり方に関する文科省での議論を経まして、ただいまのところ、高速炉開発会議で今後の高速炉研究開発の方針等が議論されているところでございます。

P) さて、もんじゅにおける新規制基準あるいは敷地内破砕帯への対応について御報告いたします。もんじゅを進めるに当たりましては、やはり新規制基準あるいは破砕帯への対応が大事だと考えております。

まず新規制基準についてでございますけれども、こちらにございましてもんじゅの安全確保の報告書でございますが、これは、機構におきまして、高速炉の専門家の議論のもと、もんじゅの安全確保の考え方を取りまとめております。そして、昨年度まで国内外のレビューを受けまして、客観的な視点で安全対策方針の妥当性を確認してきております。今後、高速炉に関する新規制基準が議論されるときベースになるものであると考えております。

その主な内容につきましては、こちらにございまして、炉心溶融が発生しても原子炉容器の中で安定して冷却保持ができること、それから炉心燃料が溶ける前に事故が収束できていくこと等が示されてございます。

一方、敷地内の破砕帯につきましては、平成24年以降継続的な調査を続けてまいりましたが、原子力規制委員会の有識者会合での議論の末、もんじゅの敷地内の破砕帯は活動性はないとする評価結果がまとめられてございます。今後、原子力規制委員会におきまし

て正式に報告される予定と伺ってございます。

P) こちらのスライドは、これまでのもんじゅの成果あるいは今後期待されるもんじゅの成果について取りまとめて高速炉研究開発会議に示した資料の一部でございます。

もんじゅは世界で唯一のループ型の大規模な高速増殖炉の発電所であり、これまでにみずから設計・製作・建設した経験を生かして得られたデータとか、あるいは平成 7 年までに行いました 40%の出力試験の貴重なデータがございます。これらのデータを、ここに示しますように幾つかにカテゴライズして示してございます。図の中で緑の部分につきましては、既に成果が得られたものを示しております。また、白い部分につきましては、今後の運転により得られると期待される成果でございます。これから先、100%の運転をすればこれらのデータが全て得られることが期待されるわけではございますが、原子力機構といたしましては、もんじゅを最大限に活用し、高速炉の開発に役立てていく所存でございます。

P) 次に、高速炉サイクルの技術開発について御説明いたします。

こちらのスライドは、全体を 1 枚にまとめて示したものでございます。後ほど詳しく御説明いたします常陽とかプルトニウム第三開発室の再稼働に向けた取り組みのほか、フランスとの ASTRID 協力とか、右下にございますけれども、安全設計要件の国際標準化に向けた取り組みといったものがございます。

ASTRID につきましては、フランスとの間で、フランス原子力庁と原子力機構がその実施機関となり、その取り決めに結び、ただいまのところは基本設計の段階に移行してございまして、さらに設計協力の分野を拡大して研究開発を進めているところでございます。

また、右下にございます安全設計基準でございますけれども、これは我が国が主導して国際的な高速炉の安全設計の要件を整理し、まずは SDC という設計クライテリアとして取りまとめて、GIF の場で承認されたというものでございます。この我が国が主導してつくられました SDC がロシアや中国、インドなどでも安全設計に実際に反映されるという意向が示されておまして、我々は、今後これらのクライテリアをガイドライン、SDG に発展させるべく、今努力しているところでございます。

P) 次に、常陽について御説明いたします。

常陽は、日本初のナトリウム冷却高速実験炉として、ここに示す使命のもと、燃料や材料の照射試験等を行ってきておまして、これまでに累積の運転時間は 7 万 1,000 時間、試験用集合体の照射実績は約 100 体の実績がございます。そして、常陽は、これまでの

主な成果を右のほうに書いてございますように、増殖性能の確認とか、FBR 核燃料サイクルの輪を完成するといった成果を上げてきておりますが、今後とも右側の下に書いてございますような4つの分野での研究開発が期待されているものでございます。

P) 常陽の再稼働に向けた取り組みということで、少し時間はかかりましたけれども、左下にございます燃料交換装置の復旧というナトリウム中での大きな工事を終えまして、これ自身も保全の大きな知見になりましたけれども、それらを完成させまして、ただいまは、新規基準に適合させるべく、原子炉設置変更許可の申請を今年度中にやるべく準備を進めているところでございます。

再稼働後は、高速炉システムによる廃棄物減容、有害度低減の有効性を確認するための各種照射試験を初め、ASTRID 協力等へも常陽を活用していくことを考えてございます。

P) 次に、もう一つ再稼働を考えております施設でございますけれども、東海にありますプルトニウム燃料第三開発室の再稼働に向けた取り組みでございます。

こちらの施設につきましては、常陽、もんじゅ用の燃料製造ということで、これまでに、ここに示しましたように、常陽で301体、もんじゅで366体という燃料を使用施設という許可のもとにつくってまいりました。真ん中の欄にございますように、昨年、原子力規制委員会から、この燃料製造に係る事業については加工事業化で行うようにという御指導を受けまして、ただいま加工事業化の補正申請を行うべく準備をしてございます。いずれにいたしましても、研究用の燃料につきましてはこの施設をフルに活用して取り組んでいく所存でございます。

P) 次に、大型のナトリウム試験施設、AtheNa と呼んでおりますけれども、大洗にございます AtheNa 施設等を活用した安全性向上に向けた試験について御報告いたします。

ナトリウム冷却高速炉では、シビアアクシデント時の崩壊熱除去システムの冷却能力が非常に重要でございまして、炉心が著しく損傷するような事故が生じても炉心を安定に冷却できることを試験で実証することが重要と考えまして、これができる環境を整えてきているということでございます。AtheNa の大型の試験装置を用いる前に、ここにございます PHEASANT あるいは PLANDTL と言われているような小型の装置を用いて熱流動試験等を一部開始しておりますし、計画しているものもございます。今後、AtheNa で大型の試験をするべく準備を進めてまいりますが、こちらもフランスとの ASTRID 協力の中で、安全性向上の目的にこちらの施設を使うことができないかといったことについて提案し、今話し合いをしているところでございます。

P) さて、放射性廃棄物の減容化・有害度低減の高速炉を用いた研究開発についてでございますが、エネルギー基本計画では、高速炉は従来のウラン資源の有効利用のみならず、放射性廃棄物の減容化あるいは有害度低減の新しい役割が求められているところでございます。

その研究開発の1つとして、既存施設を利用してマイナーアクチノイド、MAをリサイクルする。小規模な試験ながら、SmART サイクル試験といったものを計画し、一部実行に移してきてございます。

具体的には、常陽から出てきました燃料を、東海にあります CPF という施設でアメリカンウム等を分離いたしまして、それを大洗の AGF という施設で MA の燃料にして、また常陽で照射試験を行うというものでございます。こういったことを通じて高速炉の核燃料サイクルが一貫してできるということを評価する目的で計画してございますが、現在、常陽の照射済燃料から MA を分離する作業を行っている段階でございまして、こちらのスライドに示してございますように、一部その成果が出てきているところでございます。

また、以前に購入したアメリカンウム等を使いました MA 含有の MOX ペレットの試作も終えておりまして、実際の MA を分離回収した後は、MA 含有の燃料ピンを製造して、常陽で照射試験をするということも計画しております。

この SmART サイクルを進めるためにも、常陽は早期の再稼働がぜひとも必要であると考えてございます。

P) 最後に、高速炉研究開発部門における人材育成について御説明いたします。

高齢化とか職員減少が進む中でプロジェクトが停滞し、技術継承が現実的な課題となってきました。この高速炉サイクル技術を支える人材とその基盤技術の整備・蓄積を進めていかなければならないのは、機構のほかの部門と同様でございます。

私どもとしましては、技術力の維持向上を図る観点では、実戦経験を積むということが非常に重要であると思っております。プラント施設であれば、今回の新規制基準への適合性の審査を受験するという中で資料をつくったり検討することが人材育成にとって非常にプラスになると考えられますし、試験施設であれば、みずから設計、試験計画をつくって試験を進めるということでナトリウムの取り扱い技術をつないでいけるものであると考えてございます。

また、下に書いてございますように、これまでに国内外の多くの研究者を受け入れておりまして、国際的にもこの分野で貢献してきているところでございます。

いずれにいたしましても、今後、高速炉研究開発を担う次世代の育成のために施設を再稼働して活用していくことに努めてまいりたいと考えてございます。

P) 最後に、今後の取り組みを御説明して、まとめとさせていただきたいと思えます。

核燃料サイクルの推進と高速炉の研究開発に取り組む方針を堅持することが日本の方針として示されてございます。したがって、原子力機構といたしましては、もんじゅ研究計画に定められましたミッションを確実に実施して、将来の高速炉開発に必要なデータ、これを確実に成果を出していくことが求められていると考えてございます。

さらには、廃棄物の減容化・有害度低減の効果と実現性を明らかにし、これらの成果を通じ、高速炉開発の具体化、国家プロジェクトに貢献してまいりたいと考えてございます。

御清聴どうもありがとうございました。（拍手）

核不拡散・核セキュリティに資する取組と人材育成

—原子力の平和的利用の促進に向けて—

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター長 持地敏郎

○司会（大場） それでは、最後の個別報告に移らせていただきます。

「核不拡散・核セキュリティに資する取組と人材育成」について、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター長、持地敏郎より報告いたします。

○持地センター長 御紹介ありがとうございます。

核不拡散・核セキュリティ総合支援センターの持地でございます。

[パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P) と表示]

P) 本日は、ここにございます「核不拡散・核セキュリティに資する取組と人材育成」ということで御説明させていただくわけですが——

P) この機構報告会ではこういった核不拡散関連は今回が初めてですので、冒頭、核不拡散・核セキュリティというのはどういったものか、それから今の国際情勢はどうなっているのかを、ほんの簡単にですが、御説明させていただきたいと思えます。

P) まず核不拡散とはということでございますけれども、非常に簡単に申し上げれば、現状の核兵器国、米・英・仏・ロシア・中国、そういった 5 カ国をそれ以上ふやさないということだと思います。このことを国際的に約束しておりますのが、ここに示したように、NPT 条約というものでございます。核不拡散を担保する制度といたしましては、左

側に書いてございますが、保障措置、これは平和利用の核物質が軍事利用されていないということを検認する制度。そのほか輸出管理等々がございます。

次に核セキュリティですけれども、核物質や放射性物質が盗まれたり、不正取引されたり、あるいは、ダーティボムと呼んでございますけれども、放射性物質がまき散らされなようにさまざまな手段を用いて防護することでございます。また、そういった脅威が起こった場合の対応も含まれてございます。

P) 次に簡単に国際情勢ですけれども、これも大ざっぱに言いますと、ここに示しましたように、90年代のときのイラク、北朝鮮といったところにおける秘密裏の核開発行為が発覚したことにより、保障措置制度の強化がなされました。すなわち、未申告の核物質及び活動がないことを確認するといった追加議定書が採択されたものでございます。そして、従来の保障措置制度とこの追加議定書をうまく組み合わせまして、統合保障措置というものが生まれました。日本も2004年以来この統合保障措置制度が適用されております。また、CTBT、包括的核実験禁止条約、これはまだ発効しておりませんが、国際検証体制がほぼ確立されてきてございまして、核実験の抑止へとつながってございます。

その一方で、NPT体制の外では、ここに示したように実質上の核兵器国が存在していることも事実でございます。こうした状況下において、国際的に大きな問題ということでは、イランの核問題や北朝鮮の核やミサイルの開発といったことが挙げられるわけでございますが、イランの場合につきましては昨年7月に包括的共同作業計画が合意されるという進展が見られておりますので、その履行をしっかりと確認していく必要があると考えられます。

下側に示しました核セキュリティでございますけれども、2001年の米国同時多発テロをきっかけに核セキュリティ意識が非常に高まってきました。オバマ大統領のプラハ演説もありました。2010年からことしにかけては、高濃縮ウランの撤去や人材育成センターの設立など、さまざまな観点からの強化策を議論しました計4回の核セキュリティサミットもございました。それから、IAEAからの勧告文書、これは非常に重要な文書でありまして、INFCIRC/225/Rev.5と呼んでおりますけれども、この勧告を日本でも取り入れてきてございます。さらには、福島第一発電所事故で、あのような事故はテロ行為によっても起こり得る可能性があるという指摘がなされてございまして、核物質防護の強化へとつながってまいりました。

P) ここからは機構の活動に移らせていただきまして、2枚にわたりまして概要を御説

明いたします。

1 つ目は機構みずからの核物質の管理ということで、すなわち核物質防護と保障措置対応ということでございます。

この図の右上に示しておりますが、対象となる機構の拠点は赤字で示した拠点で、小さくて恐縮ですが、非常に多くの地区にまたがっております。

核物質の防護に関する取り組みというのが左側の上にあります。基本方針の策定や核セキュリティ文化醸成の活動、国の防護検査対応など、ここに示したとおりでございます。また、規則改正や国の検査結果などを通じて防護措置の評価・改善を図るなど、国際的に遜色のない防護対策となっております。

保障措置の対応につきましては、保有核物質の計量管理、IAEA や国の保障措置対応が主な業務となっております。最近の日本の IAEA の保証措置関連業務は世界の約 1～2 割を占めているわけで、そのうち機構は日本における 3 ないし 4 割を占めてございます。日本の保障措置対応は、先ほど述べましたように、2004 年から統合保障措置が継続しているわけですが、これは、IAEA に申告した核物質の軍事転用がないということと、さらに未申告の核物質、活動がないということが証明されて、継続されているわけですので、こういったことが今後も継続されるよう、機構としては厳格な計量管理、保障措置対応をやっていかなければならないと認識しているわけでございます。

こうした PP や SG の業務を的確・確実に行うために、本部の安全・核セキュリティ統括部が基本計画を策定するとともに、拠点での実作業を指導・支援していく。さらに、そうした本部と拠点の活動を、情報の提供や教育・人材育成の観点から核不拡散・核セキュリティ総合支援センターがサポートしているということで、関係 3 部門の協力・連携が確立されているということでございます。

P) 活動概要の 2 つ目といたしましては、国内外への貢献という観点から御説明申し上げます。

核不拡散・核セキュリティを支えるものとして、黄色の部分の核不拡散・核セキュリティ技術、CTBT 検証体制への貢献といった技術開発の部分、それから赤の部分の政策研究、そしてこれらを共通基盤的に支援するものとして能力構築支援、理解増進といった緑の部分があるわけですが、この内容につきましてはこの後個別の説明を用意しておりますので、きょうは時間が押しているということで、省略させていただきます。

P) ここからが個別の活動紹介になります。

まず技術開発でございますけれども、左上に示したものが福島第一発電所の燃料デブリの計量管理に貢献可能な核物質の定量技術開発でございます。この手法は、プルトニウムやウランからのガンマ線はエネルギーが弱いために直接測定するのは難しいということから、過酷事故におきましてもこれら核物質と随伴する FP からのガンマ線を測定します。この結果とあらかじめ求めておりました核物質質量との相関式から核物質質量を定量するというものでございます。

右上は核鑑識技術でございます。この技術は、捜査当局によって押収された核物質の出どころや履歴等を分析・解析するのに使われるものです。必要な分析技術といたしましては、同位体比の測定、不純物組成、粒子の形状、精製年代といったものでございます。それとあわせて、この分析結果と照合するという事で、核鑑識のライブラリの整備といったものも必要となっております。

3 つ目は、下側に書いてございます核検知・測定技術開発です。これは容器の中に隠された核物質あるいは使用済燃料などの高い放射線を発する核物質を非破壊で測定する技術でございますけれども、これも時間の関係上説明は省略させていただきます。

P) 次は CTBT 国際検証体制への貢献でございます。先ほど申し上げましたように、包括的核実験禁止条約はまだ発効しておりませんが、地震波、放射性核種、水中音波、微気圧振動という 4 つの測定手段による世界のモニタリング設備がほぼ完成してきております。機構は其中で、放射性核種に関しまして、高崎、沖縄の 2 つの観測所と東海公認実験施設及び国内データセンターを運用してございます。

それから、右側に示したグラフ、これは説明させていただきますが、北朝鮮が実施したと言っている 2013 年 2 月の第 3 回の核実験とことし 1 月の第 4 回の核実験に対する高崎観測所の測定結果でございます。

まず左側の第 3 回でございますけれども、核実験を実施したと言われる日から 55 日後にキセノン 133 とキセノン 131m が検出されております。両者の比率から判断しますと、核分裂した日が核実験を実施した日に極めて近くなっております。また、キセノン 133 の放出源推定解析でも、その放出源は北朝鮮の震源地、すなわち核実験場としても矛盾がない結果が得られております。これら 2 つの点から、核実験 55 日後に測定されたキセノンは核実験由来のものと判断いたしました。

一方、右側の 1 月の第 4 回の核実験のときには、核実験を実施したと言われる日から 40 日後にキセノン 133 を検出しました。ところが、キセノン 131m はこの図にあります

ように検出されてございません。キセノン 133 の放出源は、推定解析では核実験場から流れてきたものということの矛盾はありませんでした。しかし、今申し上げましたように 131m が検出されておられませんので、133 との同位体比を特定することができない。それで、133 がいつごろ生成されたものかは結局特定することができませんでした。しかし、核分裂から 40 日後の 131m と 133 比は計算上は 0.1 以下になりますので、仮に 131m が高崎に到達していたとしても検出限界以下となってしまうということも事実でございます。したがって、今回 131m が検出されていないということは理論的には不思議ではなく、核実験由来のものであることを否定することにはならないと考えております。

P) 次に核不拡散政策研究でございますけれども、これは、将来的に課題となるであろうと思われるテーマを取り上げまして、2 年あるいは 3 年かけて研究するものでございます。これまで 5 つのテーマを実施してきておりますけれども、現在取り組んでおりますのは、ここに書いてございます核不拡散・核セキュリティ、いわゆる 2S の推進方策としての 2S の相乗効果などについて、実際の核燃料サイクル施設の適用性評価などを実施しております。そのほか、核不拡散動向の調査・分析等を行いまして、情報発信をしているところでございます。

P) 活動の紹介としてはこれが最後ですけれども、2010 年の第 1 回核セキュリティサミットで政府が表明したアジア諸国等への人材育成支援の取り組みでございます。

トレーニングは、ここにございますように、核セキュリティ、保障措置、計量管理など、3 つのコースを提供しております。核セキュリティコースでは、開始当初は機構としても非常に経験が浅かったということもありまして、米国からの講師に依存することが多かったのですが、最近ほとんど自前の講師で対応できるようになってございます。

これまでの実績につきましては、右上に書いてございますように、開始後 5 年半で 109 のコースに約 3,000 名が参加してきております。

この写真はトレーニングの風景でございますけれども、核セキュリティのトレーニングといたしますのは、情報管理の観点から実際の機構の核物質防護施設でトレーニングするわけにはなかなかいかないということもございまして、ここにありますバーチャルリアリティシステムや PP フィールドの実習といったことをやることによって現場での臨場感を経験できるということで、非常に有益なものとなっております。

こうした我々の活動に対する評価につきましては、右下に示されておりますけれども、米国からの評価は極めて高いものをいただいております、ことしの核セキュリティサミ

ットにおける両首脳の日米共同声明の中で、「米国は、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター——これは ISCN ですけれども——の他国、特にアジア諸国の人材の能力構築における不可欠な役割を特に賞賛する」といった評価をいただきました。そのほかの IAEA や支援対象国からも、ここに示したような評価を毎年いただいております。

P) それでは、我々自身の人材育成についてですけれども、今まで御説明してきた活動を円滑・継続的に進めていくということでは、人材の育成・確保は極めて重要なことだと思います。

まずどういう人材を育てていきたいのか、すなわち求められる人材を上段に示しております。簡単に言えば、技術開発能力、現場経験を踏まえた専門性、核不拡散対応の歴史に精通、国際動向の分析・評価のみならず、計画立案能力、そして国際的な場での議論ができるといったことが挙げられております。

そして、今我々が実際に取り組んでいることを下段に示しました。機構内の関係部門との連携による技術開発、国内外研究者との交流、IAEA や CTBTO などの国内外の関係機関への専門家の派遣、欧米との共同研究、そして国際フォーラム等への参加を通じた国際的な議論の把握といったことを実際にやっているわけですけれども、この国際フォーラムにつきましても、本日皆さんにチラシを配布しておりますので、29 日に予定しておりますが、御参加のほどよろしくお願ひしたいと思います。

P) この図は、各年代ごとに育てるべき人材と、どういうキャリアを積ませるかといったイメージでございます。上に各年代の育てるべき人材、この黄色ですけれども、下にキャリアを示しております。

例えば 30 代で申し上げますと、機構の中にあっては、SG や PP 関連の係長クラス、技術開発であれば中堅クラス、IAEA 等に勤務するとなれば SG 局や安全・セキュリティ局といったところの P3 クラスといった考え方でございます。

それから、仕上げの 50 代になりますと、ポストとしては PP 管理者、部次長級あるいは主任クラス、海外勤務でいえば、IAEA であれば課長級、部長級といったところを目指すべきと考えております。

しかし、ここで注意すべきは、海外派遣、特に IAEA の場合、近年、職員採用が非常に厳しくなっているということございまして、日本には機構にとって P5 あるいは D1 ポストにつくことが非常に重要ではありますが、このようなハイポストに採用されるためには、関係機関からの支援はもちろん、計画的に若いときに一度経験しておくという

ようなことが非常に重要と考えております。

P) この図はスキップさせていただきまして――

P) 最後の結びのところに参りますけれども、核不拡散・核セキュリティの取り組みに向けた人材育成の課題について考えてみました。

まずは機構全体に、あるいは原子力界全体と言ってもいいのかもわかりませんが、高齢化で技術・知見の円滑な継承が非常に難しくなっているわけです。

そして、我々の分野の特徴といたしましては、先ほどお示ししたキャリアパスを計画的に実施することが非常に難しくなっております。

この要因を考えてみましたところ、余りいい言葉ではないのですが、1 つは負の連鎖ということではないかと思われました。その概念をこの図に示しているわけですが、どこがスタート地点かは迷うところですが、仮に左上のこの分野の大学教育が不足というところから始めますと、それによって専門家の不足が生じ、それが核不拡散・核セキュリティの対応が政策面も含めて不十分ということにつながる、そうすると機構内外のこういった分野に対する認識もますます薄れてくるのではないかと、その結果、機構も含め職場からの人員要求の減少につながる、そういった連鎖が起きつつあるのではないかと思えます。こうした連鎖を解消して人材育成を円滑に進めていくためには一定規模の要員が必要であるということと、大学でのプログラムの拡充、機構内外との人事交流の促進、核セキュリティ文化醸成などに向けて関係機関間の連携・協力が不可欠でございます。

最後になりますけれども、我々は、こうした連携・協力をベースに、日本あるいは機構の原子力平和利用を支えていくために、国内外の核不拡散・核セキュリティ政策の実現にこれからも努力してまいりたいと思います。

御清聴ありがとうございました。（拍手）

○司会（大場） 以上をもちまして個別報告を終了いたします。

御清聴ありがとうございました。

これより約 15 分間の休憩といたしますが、最近の研究開発成果をまとめたパネルの展示とお飲み物を用意したスペースを 1 つ下の階に設けております。ぜひお立ち寄りください。なお、このホール内での飲食は禁止されておりますので、お飲み物はパネル展示スペースもしくはロビーにてお願いいたします。

後半の開始 3 分前に御案内のベルとアナウンスをいたしますので、よろしくお願いい

たします。

それでは、御休憩にお入りください。

午後 3 時 43 分 休憩

午後 3 時 58 分 再開

パネルディスカッション

我が国の将来を担う原子力技術と人材

○司会（大場） それでは、時間になりましたので、再開させていただきます。

後半は、パネルディスカッション形式にて、「我が国の将来を担う原子力技術と人材」をテーマに御議論いただきたいと思います。

それでは、大変お忙しい中、本報告会のモデレーター及びパネルをお引き受けいただきました皆様を御紹介いたします。

モデレーターは、東京大学大学院工学系研究科教授の山口彰様です。（拍手）

続けてパネリストを御紹介いたします。

文部科学省サイバーセキュリティ・政策評価審議官の中川健朗様。（拍手）

東京電力ホールディングス株式会社執行役員の松本純様。（拍手）

東北大学大学院工学研究科教授の長谷川晃様。（拍手）

一般社団法人日本原子力産業協会人材育成部総括課長の木藤啓子様。（拍手）

そして、日本原子力研究開発機構より理事の三浦幸俊。（拍手）

以上の 5 名です。

それでは、山口様、よろしく願いいたします。

○山口教授 どうも御紹介ありがとうございました。

それでは、これからパネルセッションを始めたいと思います。御紹介いただきました山口でございます。

最初に、パネリストの方に簡単に一言ずつ御挨拶といたしますか自己紹介をいただきたいと思いますので、順番によろしいでしょうか。お願いいたします。

○中川審議官 よろしく願いします。文部科学省大臣官房で政策評価等を担当しており

ます審議官の中川と申します。

自己紹介ですが、私は 31 年前に工学部原子力工学科を卒業いたしまして、当時、卒論は放射性廃棄物処理処分の安全評価みたいなことをやりまして、山口先生の後輩なのですが、その後、大学院では放射線防護みたいなことをやりまして、修士修了後、当時の科学技術庁に入庁いたしました。行政官になって最初の 5 年間は、当時は六ヶ所村のプロジェクトがスタートのときだったので、その推進とか安全規制を担当しまして、何度も青森県に足を運びました。その後、科学技術行政等に取り組んで、原子力行政に携わったのは約 20 年前なのですが、原子力の国際協力を担当し、その後、1995 年から 3 年間、在ワシントン DC、アメリカの日本大使館で核不拡散とか MOX 燃料輸送とか非核化支援ということをやりました。先ほどお話があった持地さんと一緒に仕事をしておりまして。省庁再編で文部科学省という役所になって、人事を担当したり、宇宙開発をやったり、知財戦略をやったり、その後原子力を大分離れていて、5 年前から内閣府の CSTI、総合科学技術・イノベーション会議というところの事務局をやりまして、第 5 期の科学技術基本計画、イノベーションで未来を明るくしようという計画を立てて、今も含めて直接原子力行政を担当していないというか、随分御無沙汰しておりますが、きょうはそういう立場から、先ほどの話も含めて、未来に向けて人材育成ということに参画できればと思っております。どうぞよろしく願いいたします。

○松本執行役員 東京電力の福島第一廃炉推進カンパニーにおります松本と申します。

私は 35 年ほど前に東京電力に入社いたしまして、福島第二の建設、それから高速増殖実証炉の概念設計研究、それから福島第一の保守、あるいは大型改良工事といったものやってまいりまして、3.11 の地震が起きたときには米国の新規のプラント建設に携わっていたわけですが、事故が起きまして、当時、汚染水の処理装置を米国で作りまして、それから帰国いたしました。それ以降 2 年間、現場で原子炉の冷却を担当いたしまして、数年前に東京のほうに異動しまして、現在は、規制当局を含めた関係省庁あるいは関係機関との調整の仕事をさせていただいております。よろしく願いいたします。

○長谷川教授 東北大学の長谷川と申します。

私は、東北大学の量子エネルギー工学専攻に所属しております。もっと簡単に言えば原子力工学専攻と言ってもいいのですが、名前が変わって量子エネルギー工学専攻になっております。

私は大学時代は東北大学の原子核工学科で原子核工学をやりまして、それから材料を専

門にしていたのですけれども、一時期つくばの金属材料技術研究所に行って、それから大学に戻りまして今日に至っております。現在、私は原子力の材料という観点から研究と教育を進めております。そして、ここ数年は大学の専攻の就職担当として、私どもで教育した学生をいかに企業の皆さん、あるいは研究所の皆さんに紹介していくかというような橋渡しの役もやってまいりました。私どもの専攻では、実は青森県の六ヶ所村で社会人教育ということで、日本原燃さんほかの社会人の方にここ 10 年ぐらいずっと社会人教育、社会人修士あるいは博士というようなプログラムをつくって学生さんを育ててまいりまして、その経験をこういうところで皆さんに御紹介してきょうの主題に何か貢献できればと思っております。よろしく願いいたします。

○木藤課長 日本原子力産業協会の木藤でございます。よろしく願いいたします。

私は学校を出てから原産協会でも働いておりまして、今日までということになります。ただ、その間、退職して子育てという期間も数年ありましたので、たまたまこちらに再就職できたという状況で、ラッキーな中で働いてきております。原子力の業界を 30 数年、小さな穴から見ているというところで、主婦の時代にあったことも含めていろいろ感じるところがございます。きょうはそのようなところについても触れることになるのではないかと思います。そして、産官学連携で原子力人材育成ネットワークというのがつくられております。原子力機構さんと共同事務局を私どもが担当させていただいております。それは福島の前年の年にできたのですけれども、本日はそのような立場の意見も申し上げたいと思います。よろしく願いいたします。

○三浦理事 原子力機構理事の三浦です。

私は、大学は原子核工学科で、専門は核融合で、原子力機構の核融合、量子ビーム応用研究の一部は移管されたということで、研究仲間は移管したグループですが、私は東京の経営企画部というところの経験が長くて、その後もんじゅの改革にも携わって現在に至っています。現状は、原子力科学研究、安全研究、防災支援、人事・人材育成、試験研究炉の再稼働を担当しています。人事・人材育成というところが担当で、幅広い人材をどのように確保していくかというようなことに関して、きょう皆さんの御意見を伺いながら、私の考えも述べさせていただきたいと思っています。よろしく願いいたします。

○山口教授 どうもありがとうございました。

今御紹介いただきましたように各界からパネリストの方にお集まりいただきましたので、本日のテーマであります「我が国の将来を担う原子力技術と人材」ということで、非常に

意義ある議論ができるのではないかと思います。

早速進めたいと思いますが、後ろに映っておりますスライドをごらんいただきたいと
思います。現在、原子力の技術あるいは人材育成を語る上でどのようなことが公式に政策と
して、あるいは目標として据えられているのかということを整理してみました。

まず 1 つ目ですけれども、原子力軽水炉の安全技術・人材のワーキンググループとい
うのが報告書を出しております、その中で、原子力軽水炉をベースロード電源として使
っていくということがうたわれてございます。そのために安全技術・人材をしっかり確立
していかなければいけないということが書いてあるのですが、その中に、2020 年までに
技術及び人材を継続的に維持発展できるための枠組みを構築すると書かれております。そ
れから、2030 年には軽水炉あるいは原子力が重要なベースロード電源として社会にしっ
かり利用されているというような目標を書いてございます。そういう意味で、2020 年
に向けて軽水炉を利用する当面の技術・人材といったことが 1 つの目標になる。それが 1
つ目のポイントです。

2 つ目ですけれども、福島第一の廃止措置中長期ロードマップ、これは社会からも非常
に注目されている重要なロードマップであるわけですが、その中に廃止措置終了が 30～
40 年後と書かれてございます。2011 年から 30 年後といたしますと、おおよそ 2040 年ぐ
らいということで、ここも 1 つの技術・人材育成のターゲットになるかと思います。

最後に、エネルギー基本計画で核燃料政策は日本の基本的な政策であると書いてあるわ
けですけれども、次世代炉、次世代のシステムの実現に向けて技術と人材を長い目で維持
発展させていかなければいけない。これはまさに 2050 年を見据えたものになるわけです。

今の 3 つのビジョンをここに書かせていただきましたが、それを軸としてパネルの意
見交換をさせていただきたいと思います。

最初に 1 つ目、一番近い目標としては、軽水炉を中心とした原子力がちゃんと社会に
定着していくのかという問題です。軽水炉については、原子力人材育成ネットワークとい
うものが、産官学を中心に、原子力産業協会が中核となられて構築されております。それ
から、原子力産業セミナーという形で、若い大学生とかの世代に原子力技術について広く
お伝えするという企画もやっていらっしゃいます。そのあたりで中心的に動いていらっし
やる原子力産業協会の木藤さんにまず口火を切っていただいて、当面、2020 年に原子力
がベースロード電源として使われているという方向に向かっての人材育成なりの課題につ
いて、あるいは実績について御紹介いただきたいと思います。

では、お願いします。

○木藤課長 ありがとうございます。

それでは、口火を切るといことですけれども、お手元の資料で、先ほどのテキストの中に参考資料というのが挟まっていたかと思しますので、これを見ながら、かいつまんでお話をさせていただきたいと思います。

順不同で、まず一番後ろをごらんいただければと思います。4 ページの下の絵ですが、これが原子力人材育成ネットワークという今も御紹介いただきましたものの絵でございます。このように、産官学の関係機関が緩やかに手を取り合って、人材育成を効率的・効果的・戦略的に進めるために協力関係を結んでいるというものであります。この取り組みを始めたところで福島事故が起きてしまったわけですけれども、その中でもこのネットワークは継続されて、今日まで、6 年になりますが、続いてきております。これからもこういう形を維持するかとか、この連携の形が重要だということのあらわれではないかと思えます。

このネットワークの中では、まずはいろいろと人材育成に関する情報を共有して、課題を出して、それに対応できる取り組みをやっていくということをしております。

課題を幾つか御紹介するということになります、上の絵をごらんください。大学の原子力関係の教員の数をあらわした文科省さんの資料になりますが、平成 16 年度、枠で囲った若手の 30 代のここをごらんください。平成 16 年度はこのぐらいの規模の先生方がおりました。それがだんだんと時間がたって、平成 25 年度、10 年ぐらいたってみたら 30 代の先生はこんなにも少なくなってしまうという現実をあらわしているものがあります。この先をどのようにイメージして取り組んでいくかというのが課題かと思えます。

次は、1 つ前のページに移っていただきまして、早足で申しわけないのですが、機構さんの資料は私のほうではないので飛ばします。上の絵にメーカー6 社の原子力部門の採用数というのがあります。それから、もう一つ前の 2 ページの下の絵が電力さんの原子力の採用数の状況です。両方とも見ていただいて、採用というのは 2 年前から始まりますから、企業は社会環境の変化に応じて必要な人材を確保していくということで、このようなグラフができています。メーカーも見ていただくと、2013 年が落ち込みました。その後戻ってきて、いろいろ調整があったりしての採用状況だと思います。このうち原子力の人々はどのぐらいの比率でとられているかというのは、そこの数字で 0.25

～0.3%ということになります。電力さんについても同じように 2013 年の採用は減りましたが、少しずつふえてきて、原子力の専攻比率も 0.2%前後という感じになっています。どうなのでしょう。福島事故があつて採用数がすごく減つたのではないかと皆さんも思われたり、報道されていますけれども、事故の前のほうがずっと少なかった時代が続いてきていたのです。そういうこともあらわしていると思います。このように、産業界は自社の必要に応じて取り組んで人材確保に努めているということになります。

さて、その上のグラフをごらんください。今、山口先生がおっしゃった原子力の合同就職説明会に来てくれた学生さんたちの数です。見にくくて済みません。左の絵で棒グラフが学生の数です。一番多かったのが 2,000 人、そこから 500 人ぐらいに減ってしまいました。これが福島の前と後の状況の違いです。その後もこのイベントに来てくれる学生さんがなかなかふえてこないというのが現状でございます。

右に専攻別の人数のグラフがございます。こちらが一番ピークの高かったときから下がったときを見ていただくと、原子力系の学生さんは余り変わらないでこの業界を向いてくれています。しかし、そのほかの工学系の電気、機械、化学、こういう分野の学生さんたちの関心が一向に戻ってきていない。そういう状況があるということを感じながら、いろいろと対策が必要ではないかと思うところです。

一番前の絵をごらんください。これが大学の原子力関連学科における入学者数ということで、こちらについても事故の後すごく減っているのではないかと、いろいろな見方もあったようですが、原子力と書かれたここに挙げられたような学科の学生さんについては戻ってきていると考えられるのではないかと思います。

ここから原子力業界に入ってくれた皆さん、若い方々にはぜひ活躍してほしいし、これからの活躍の場がたくさんあるということなので、応援していきたいというのが私たちの気持ちです。

今のところは以上です。

○山口教授 大変おもしろいデータをありがとうございました。

これを見ると、学生の認識はそれほど悲観するほどでもないというようなデータもあり、一方、原子力以外の分野は戻ってきていないとか、大学の教員が随分減っているとか、問題が指摘されていると思うのですが、ここで大学で教鞭をとっていらっしゃる長谷川先生と、きょうは JAEA の報告会でもあるのですが、JAEA が日本で研究を引っ張っていく意味では、そういうことに気概を持った若い人たちが JAEA に魅力を感じて

取り組んでいくことが重要ではないかと思うのですが、そのあたり、若い人たちがこういう軽水炉利用についてどう思っているのかとか、意気込みとか、そのあたりをお聞きしたいと思います。長谷川先生、少しコメントはございますか。

○長谷川教授 きょうもこの会場の最前列に非常に若い、来年機構に入る予定の方がいらっっしゃいますけれども、私どものところは学部は機械知能系です。原子力工学科とは銘打っておりません。それはなぜかといいますと、大学院重点化ということもありますけれども、高校生の皆さんに原子力ということのメッセージが届いていないのではないかという気がいたします。ただ、東北地方の特徴としてといいますか、隣が福島県でありますし、私どもの宮城県も若干の放射能汚染がありましたので、自分が何とかしなければいけないとか、社会貢献として自分たちのふるさとを何とか取り戻したいというような形で非常に意識の高い生徒さんもいらっっしゃいます。今、世の中はロボットとか宇宙とか飛行機とか、ほかにもいっぱい魅力的なものがあるわけですから、そこに対して原子力がどれだけ光っているかという、ちょっと難しいな、高校生あるいは中学生にメッセージは届かないなとは思っています。ただ、一旦大学に入ってしまったら、いろいろな技術とか分野の重要性は、それなりの教育を受けた若い人たちですので、十分わかるはずですよ。ですから、入ってからでも教育して、こちらの分野に貢献したい、またそういう企業にぜひ就職したいという意識の高い学生はある程度います。そこは伝え方の問題だろうと思います。世の中これだけいろいろなものがあるとそちらに目が行ってしまいますから、そこをうまく取り込んで、我々のところで、あるいはこういう業界で何が必要なのかということをきちんと伝えることが大事ではないかと思っています。

○山口教授 ありがとうございます。

三浦理事はいかがでしょう。先ほどの点。

○三浦理事 原子力機構では、若い人の人材確保ということに関していろいろ活動をやっています。その中で夏季実習生というインターンシップの活動がございます。そこではこれまで興味を持ったところで夏休み 1 カ月ぐらいの仕事をしてもらっていたのですが、そのことに関して、原子力機構でどのような研究開発をやっているかということを経親会も含めて積極的に説明するような活動をして、皆さんから非常に評判がよくて、原子力機構の研究者がどのように研究をやっているかということもわかっていただくという活動をして、原子力の魅力を皆さんに伝えていこうとしています。そんな活動を一生懸命やっています。

○山口教授 ありがとうございます。

今のお話を伺うと、今の長谷川先生のお話では、中に入っているいろいろな勉強し始めるとだんだん興味が湧いていくけれども、最初に魅力が伝わっていないというお話、三浦理事からは、夏季実習生とかそういうものには伝えているけれども、言い方を変えますと、それ以外の方には伝わっていないようにも見えます。先ほど木藤さんから人材育成ネットワークというのがあって、これはいろいろなところが協力して外に向かって発信していくということだと思のですが、そのような問題点が指摘されるということは、本当にこういうものが機能しているのかと思うのですが、木藤さん、そのあたりはいかがでしょうか。問題点とかを出していただいたらと思うのですが。

○木藤課長 ありがとうございます。

問題点というか、これも緩やかに自主的に参加して、自分たちのできる活動を提供しようというような形だと思っておりますので、問題点があるから、困るから何とかせよと言えないところが困るのかもしれないです。全体でまずは戦略をつくる。戦略がないというは何ですけれども、ネットワークでは、原子力人材育成のロードマップというのを 2014 年によやくつくることができました。それまではそういうものもなく、本当に各機関の自主性に任された活動だったのですけれども、対象をある程度定めて、教育機関、若手技術者、中堅技術者、海外人材育成、この分野が重点だということにして、そこへの課題、これから取り組むべきことをロードマップということでまとめて、このロードマップに沿って活動していくということを決めているわけですが、今のところ参加している機関は 73 です。これはどちらかというとリーダー的な立場、というのは変ですが、ここでモデルをつくって、これが産業界の中により広がるということを狙っているのだと思っておりますけれども、参加機関がなかなか全部ではないし、そもそも原子力関係者だけなのです。原子力関係者だけがここにおいて、原子力でない子たちに振り向いてほしいということをお願いしなければいけないところがなかなか難しいというか、無理があるのではないかと思いますので、こういうものはコアとして必要なのですけれども、もっとオープンにして、みんなで困っているから助けてくれとか、一緒にやっとうこうということをお願いしなければいけないのではないかとというのが、これは全く私個人の気持ちです。

○山口教授 ありがとうございます。

大分問題点が浮き彫りになってきたような気もいたします。いずれにしても、内弁慶過

ぎるというような形なのでしょうか。

○木藤課長 どうなのでしょう。内弁慶というか、まずは自分で何とか考えないとどうもならないです。でも、原子力の人たちは、困っているから助けろと全然言っていないのではないかと思うのです。原子力に人材が必要だから来いと、やはり少し上から目線かなと思っているわけですが、これも個人の見解でございます。

○山口教授 どうもありがとうございます。

ここに書きましたように、2020年というのはあと4年しかないわけですし、2030年に原子力が継続的に利用されているというところまで15年ぐらいしかないわけですので、今御指摘いただいたような、もう少し原子力以外の分野も含めて、いろいろな魅力とかメッセージを出していくとか、木藤さんがおっしゃっていたように、73機関というのはほとんどの機関が入っているのだけれども、ボランティアベースでうまく効果が上がっていないようにも見受けられますので、これは喫緊の課題として、メッセージ性のあるもの、それから分野をもう少し広げていくような活動、そういったものが課題として抽出されたのかなと思います。

時間の関係もありますので、もう少し御意見をおっしゃりたい方がいらっしゃるかもしれませんが、また最後のまとめのときに御発言いただくとして、次に2つ目のテーマに移りたいと思います。

廃炉が30～40年ということと言うと、2040年、2050年、あるいは2060年にかけてという非常に長い時間スケールの問題になってくるわけですが、これについて、東京電力の松本執行役員は先ほどお話がありましたように実際に福島第一のさまざまな問題に直面されて、人材育成や技術開発の面で悩まれる点も非常に多かっただろうと思いますので、そのあたりから人材育成あるいは技術ということについて問題提起していただいて、これから福島第一の廃炉、あるいは原子力を安定的に使っていくためには、リプレースして、廃炉するというサイクルも定着的に整って行って、その中でいろいろな原子力の技術がサイエンスとかに発展していくという構図がないといけないと思うのですが、まず松本執行役員に口火を切っていただきたいと思いますので、お願いいたします。

○松本執行役員 本当に事故を起こしまして御迷惑をずっとおかけしているわけですが、通常炉の廃炉は海外でもある程度、国内でも一部始まっておりまして、それなりに落ち着いた、秩序ある形で技術が成熟してくるという段階にあったかと思いますが、ただ、突然に事故が起きまして、事故炉の廃炉という全く未踏の分野に我々は突然足を踏み入れ

ることになりました。

事故炉の廃炉の通常炉との大きな違いということと言えますと、1 つは放射性物質がむき出してそこに存在している環境であるということ、それから、敷地を含めて全体に放射線量が極めて高い状況、それから、結果的に、通常炉でクリアランスレベルをクリアできるようなレベルのものではないレベルになってしまった膨大な廃棄物がある、こういったところが特徴的に厳しい要素になっているかと思います。

こういう要素を乗り越えていくためには、遠隔の技術であったり、新たな計測の技術であったりということ、先端技術や革新的な技術をたくさん適用していかなければいけないという状況にあるかと思います。そういう意味では、技術的に見れば非常におもしろい。なかなか緊張して厳しい環境もありますけれども、技術的にはチャレンジのしがいがあるところではないかと思います。

ただ、私どもはこれまで目先の毎日の発電所の状況と格闘しているようなところがあって、どこにどういう技術が必要で、どういう魅力があったり可能性があったりというようなことについて皆さんにきちんとお伝えしたり、あるいはニーズがどこにあるのかというようなこともお伝えしてこれなかったというところが反省点でございます。大分発電所の状況も落ち着いてきている中で、これからそういうところをしっかりお伝えしていくことがまずは大事なポイントかなと考えてございます。

○山口教授 廃炉というのは新しくつくる話ではなくてクローズしていく話なので誤解されやすいのですが、大きなビジネスですし、技術的なチャレンジも多くある。今、松本執行役員から、ちゃんと魅力を伝えていなかったということもあったのですが、いかがでしょうか、人材の確保という面では、そういう仕事に継続的に若い人が入ってくるような構造といいますか現状になっているのでしょうか。それとも、このままいくと人材もシュリンクしていつて将来不安要素があるという懸念があるのでしょうか。そのあたり、松本さん、いかがですか。

○松本執行役員 実際に大学なりを卒業して入社を希望される方がいらっしゃって、その中には強い使命感を持って廃炉に取り組みたいという気持ちを持って参加していただける方もいらっしゃる状況であります。

それから、国からも御支援をいただいて、英知の結集という視点から各大学で廃炉関連の講座をつくっていただいて、そういうところに若い学生さんが来て、そういう方々にも現場をごらんいただいたりしながら人材を確保していくということをしているところで

ざいます。

廃炉技術とは一体何だというところはまだ我々も確たるものができているわけではないのですけれども、今までやってきたことを取りまとめながら、廃炉におけるコア技術とは何だろうというようなことは社内的には検討を始めているところでございます。

○山口教授 ありがとうございます。

そういう意味では、本日も JAEA から廃炉に係るいろいろな研究開発の御紹介があったところですし、今、松本さんから国がいろいろ支援をしているというお話もありましたので、廃炉の技術・人材がこれから継続的にきちんとうまくいくのかという観点で三浦理事と中川さんに御意見なりサジェスチョンをいただきたいと思いますが、三浦理事からお願いできますか。

○三浦理事 福島関係では、10月に内定式があったのですけれども、原子力機構の福島に配属される方々のテーブルに伺うと、皆さん使命感が非常に強くて、福島の廃炉に関して仕事をやっていきたいという方が多かったので、仕事として使命感を持ってやっていただける方は多いということで、先ほど山口先生から後ろ向きのお話もありましたけれども、その部分では、皆さん使命感を持って、非常に強い意志で仕事をやっていただける。その意味で、そういう方たち、あと大学におられる学生の方々にそういうことがどこまで伝わるかは重要なことではあるかと思いますが、継続的にやっていっていただけるのではないかと思います。

あと、廃炉とは違うのですけれども、きょうの福島の話の中で、除染に関することで、セシウムが風化黒雲母の中にどう入っていくかという部分で、我々がアクチノイドの研究をやっていたところから共有結合が起こってということのシミュレーションも含めて、研究をサイエンスまで深めていくということも魅力を示す大きなファクターであると思っています。そういう活動をしていくことで福島の仕事を継続的にやっていただける人たちが維持できるのではないかと考えています。

○山口教授 今のお話で、廃炉あるいは除染とかクリーンアップという中でサイエンスが育つ芽は非常に多いと思います。特に福島の廃炉は初めてのことで、国としてどうかかわっていくか、どう支援していくか、あるいは人材についてもどう確保していくか、お考えを頂戴したいと思います。中川さん、いかがでしょう。

○中川審議官 私は今の先生の問題提起に直接答えられるかどうかかわからないのですが、先ほど自己紹介でも言ったように、私自身はきょうのパネラーの中では原子力行政からも

長く離れておりました、とりわけ、ついこの間まで科学技術イノベーション、イノベーションで国を明るく未来に向けてチャレンジしようという計画を練って、その中で人材育成とか技術開発を議論していました。そういう立場からきょうの御議論とか今の議論を聞いて、多分通じるものがあるので、もしうまく言えなかったら補足していただきたい。

そのときに第 5 期の科学技術基本計画というのを書いたのですけれども、安倍総理が、皆さん御存じかわからないのですが、世界で最もイノベーションに適した国にしようという話をしたのです。それを 3 年ぐらい一生懸命やりまして、イノベーションに適した国といいながら、みんなしかめ面していろいろ考えていたのですが、そうしたら、ある人が、イノベーションをやるのに、おまえが笑ってなくてイノベーションできるかと言われたのです。そういう中で人材育成の議論をやっているときに、原子力の人材育成を議論しているときに、ここが魅力ある職場だ、胸を張ってこんなすばらしいことをやっているのだというものがあるかないかというのが一番のポイントではないかと思っていて、そのときに、そこまでだったら評論家になってしまうのですが、私自身、きょうの前のセッションの議論を聞いたのと、先月末に 25 年ぶりぐらいに東海事業所に行ってまいりました。きょう話された、新しく入られた方からすると諸先輩はすごく胸を張って、立派なことをわくわくしておっしゃっておられた。東海の事業所にみんな大変なときだなと思って行ったら、そこには施設があり、核物質があり、廃炉するいろいろなものがあつたのですが、その現場の技術者、研究者、事務の方全てが生き生きとやっておられて、この職場は本当に魅力ある職場だと私は思いました。私自身が原子力行政を 30 年前にやって、これはとてもチャレンジしがいのあるところだなと。

逆に、なぜ特にそれを感じたかという、イノベーションの国をつくろうといったときに、第 5 期の基本計画の 1 つのポイントは、産業界も学も官も連携するとよく言うのですが、単にそれぞれの注文を言い合うとか単につなぐということではなくて、今は世界が大変革時代でどんどん変わっていくときに、産業界も人材育成を一生懸命考える、大学の先生も一生懸命考える、基礎研究も一生懸命考える、先ほど三浦理事がおっしゃった、本当の基礎研究のデータのデータでないと世界の産業競争に勝てないという時代になると、みんなで一緒にそれを考えよう、産業界と学も役人も一緒になって頭をやわらかくして考えようといってつくりました。

ところが、そこまではいい計画ができたなと思ったら、実際にやってみると、産と学との連携とか研究開発機関の連携とか、言うは易しだけれどもやはりそれぞれの言葉がうま

く通じないと言われているときに、何が一番問題だったかという、チャレンジする課題、産業界はもうけたいと思う、研究者は一生懸命いい研究を出したいと思う、地域の方、研究開発機関もいいデータを出したいのですけれども、これがばらばらでなかなか通じない。そういう中であって、今、松本さんがおっしゃられた廃炉の技術開発、今まさに福島のある課題にチャレンジして、そのときに先ほど御紹介のあった原研機構のデブリのデータが生きている、その技術が生きている。要するに、課題を共有できて、一緒に汗を流してチャレンジできる。何もないところではそれはできないのですけれども、原研機構にはその芽と人材が既にある。だから先ほどのようなプレゼンがあって、現に動いている。これはなかなかできることではない。かつ、三浦理事がおっしゃったように、福島の方々と一緒にセシウムのお話を本当に解決しなければいけないということがあると、先ほどのマッピングで出てきた異分野融合とか異分野連携ができてきている。全く疑いなく先生方はそうおっしゃっている。実は、我々科学技術政策をやっている、大学の先生方は頭がかたくて異分野融合というのはいまうまくいかないんだよとか、産学連携というのはいまうまくいかないんだよみたいなことばかりやっているところから見ると、それから人文科学、社会科学との連携も一緒にできるところ、先ほどの図をごらんになっても、いろいろな学問と一緒に連携して同じ課題を解決する、セシウムの課題をどうやったらいいかということと一緒にチャレンジしている、そういうものがある職場、そういうものがあるところに人が寄せられていく。魅力的な職場がある。それが結果的に人材育成になるのかなと。

ちょっとずれてしまったら済みません。

○山口教授 ありがとうございます。

理念としてはまさにそのとおりだと思うのですけれども、松本さん、今御指摘いただいたように、連携するといってもなかなかうまくいかない。中川さんにおっしゃっていただいたのは、目的・目標をきちんと共有して、それで産学連携の仕組みがうまくって、そうすると初めてプロジェクトがうまく進展するというお話ですが、そういう意味で、JAEAとか研究機関も大学も今は競争的資金で動いていますし、果たしてうまくいっているのかという、その辺の現状を御紹介いただけないでしょうか。

○松本執行役員 福島の廃炉は待たなしの課題が多くて、最近、自分たちで息もできないぐらいの感じでやっていたところから少し声が出せるようになってきて、我々から強くニーズを発信していこうということでニーズを出すのですけれども、例えば大学の基礎研究みたいところで出てくるシーズとの間のマッチングというのは大分距離があって、な

かなかすぐにはヒットしない。それから、もともと話している言語も大分違うような感じで、間に通訳のような人がいてくれないとシーズとニーズがうまくマッチングしてこない。これは大きな課題として認識されて、例えば経済産業省とか、あるいはその下に廃炉の関係で **NDF** と呼ばれる原子力損害賠償・廃炉等支援機構という機構がございまして、その中でもそういう課題を解決していこうということで、高木経済産業副大臣に音頭をとっていただいて廃炉研究開発連携会議という会議体ができまして、そこでうまく翻訳ができて、本当の基礎研究から本当の現場の適用までの間をうまくつないでいこうというような試みが始まっているという状況でございます。この中で通訳として最も期待されているのが原子力開発機構の中の廃炉国際共同研究センターということで、**CLADS** という組織がございまして、この方々はアカデミズムも理解する、現場の適用もある程度わかる、だから通訳になっていただけるのではないかとということで、そういった仕組みが動き出ししております、私どもも大変期待しているところでございます。

○山口教授 どうもありがとうございます。

いろいろと意見がありましたが、今、**CLADS** というお話があって、そういう意味で廃炉の場合は目標が非常に明確だと思うのです。それに向かって連携が進みつつあるという話で、もう一つ、**JAEA** がそのニーズとシーズのマッチングの翻訳といたしますカリエゾンの役割を果たしている。もう一つ、先ほど出たのは、そういう研究の中からのいろいろサイエンスの芽が出ている。廃炉が魅力を発信できていなかったというお話が最初に松本さんからあったのですけれども、こういう研究や技術を体系化していくことがこれから長期にわたって重要で、そういうことができればそういう技術開発の魅力がぐっと高まってくと思いますので、非常にいい提言を幾つかいただいたと思います。

どうぞ、長谷川先生。

○長谷川教授 廃炉というのはいろいろな分野にまたがっていますね。ロボットとか、除染とか、一番問題なのはデブリの問題とか、それから容器の健全性とかいうのが出てきています。大学でもそういうプロジェクトを立ち上げたり講座を設けて、**JAEA** さんとか電力の方たちを呼んで、学生にいろいろ情報を流してもらっているのですけれども、それぞれの分野によって取り組み方が違うと思うのです。ロボットというのは、例えば原子炉の中のロボットであれば、どこでもいいからその形状を模擬すれば、シミュレーションなり動作の確認ができるわけです。それでもなかなかうまくいっていないようですけれども。ところが、デブリの問題になってきますと、核燃料を扱える施設がどこにあるかと。名目

的には核燃料を扱える施設は全国の七帝大とか幾つかの大学にありますけれども、現在、廃棄物の問題で現実には核燃料を扱える施設はそんなにないのです。JAEAに行けばできる、あるいはサイトに行けばできるという話では裾野が広がっていかないと思うのです。各大学でなら、ちょっと考えたアイデアをさっとやってみて、うまくいくかいかないかというところで芽を探して、それで次に大型資金を取る申請をすとかできるのですけれども、そこまで出ていかないとできないという状況がすごくまどろっこしい。特に核燃料関係のデブリや何かの研究を見ていると、私はそんな気がいたします。分野によっては非常に進むところもあれば、本当に施設の問題で、もう少し施設を研究のための融通がきくようにする制度とか、そういうのがあればもっと盛んに、いろいろな大学・研究所でできるのではないかと考えています。

○山口教授 今、施設の問題を御指摘いただいて、これももう少し後のほうで議論したいと思えますけれども、施設と非常に関係するところで、3つ目に書いてある核燃料サイクルあるいは次世代システムの実現に向けてということでは、JAEAでいろいろな施設を持っていらっしゃるし、役割は非常に重要だと思うのですが、私が以前にお話を伺ったところでは、サイクル関係で東北大学は日本原燃と非常にうまく連携されていて、原燃の方が東北大学で研究をやって、逆に原燃のいろいろな施設をうまく活用されてというような状況で、地の利といたしますか、近いこともあると思うのですが、私はそのあたりはグッドプラクティスではないかなという気もしてまして、3番目の将来に向けた次世代システムとか核燃料サイクルの話をどうやっていけばいいのか、それは、大学の先生でもいらっしゃるし、長谷川先生に東北大学の取り組みとか将来へのこういう分野の展望も含めて、まず問題を洗い出していただけないでしょうか。

○長谷川教授 御紹介ありがとうございます。私どもの量子エネルギー工学専攻では、六ヶ所村における原子力にかかわる社会人を中心とした教育・研究活動を平成17年ぐらいから始めております。これは福島事故よりはるか前から、もう10年ぐらいになるのですけれども、それは、私どもの専攻で、ビジョンといたしますか、原子力を中心に研究とか教育を進めていくと、その当時、今もそうですが、核燃料サイクルシステムは非常に重要な技術であり、それをしっかりと確立していくことが重要であると認識いたしまして、我々ができる場所はどこかということで、ちょうど六ヶ所村で日本原燃の工場が立ち上がりつつあったときで、そこに我々の大学が何かできることがあるかと、社会あるいは企業が求める人材を我々も掘り起こしに行ったという言い方は変ですけれども、そういう形

でアプライしていきました。日本原燃さんのいろいろな担当の方とか役員の方にお会いして、高度専門技術を受けさせたい、あるいは受けたいという人、需要のほうですけども、それを何とか掘り起こしまして、それに対応して大学は何ができるかと。制度をもっと柔軟に考えて、社会人向けの教育システムあるいは単位取得システムを整備いたしました。ただ、グレードを落とすわけにはいきませんので、審査は非常に厳しいのですけれども、できるだけ社会人の方が働きながらそういう勉強ができて、さらに一段ステップアップできるように仕組みを私どもで提供しようと。まずは地元というのは変ですが、東北地方からということで、そういう仕組みを始めました。

今のところ、年に 1 人ないし 2 人ぐらいの博士の学生が卒業しております。これを多くと見るか少ないと見るかですけども、私どもの博士の定員が年に 10 人ぐらいですので、私どもとしてはほどほどの規模かなと思っているのですけれども、学生を育てて博士にするためには資金等が必要です。ただ、このプログラムは私どもは独自の資金で始めました。内部資金で始めています。文科省がこういうプログラムで研究をやりなさいという話ではなくて、私どもがみずからこれが必要であるということから動き始めて、結果的には文科省さんにいろいろとサポートする予算をいただいたのですけれども、何でも人材育成プログラムというのは長くて 5 年ぐらいで予算を切られてしまいますので、予算を切られたらそれでおしまい、あるいはそれで先生を雇えなくなってしまったというのが現実には起こり得る話ですけども、私どもは内部努力でその予算をひねり出すという形でやってきましたので、いろいろありましたけれども、何とか今まで続いているのではないかと思います。

もう一つは、各教員の研究のレベル。大学というのは、ただ教えているだけでは予算はつきませんし、研究予算もつきません。先生がそれなりのレベルの研究をして大型資金を取ってこない限りは、修士であれ、博士であれ、研究することはできないわけです。ですから、ある意味で先生方にも一生懸命やっていただきまして、何とか今まで続いているわけです。

もう一つの仕組みの工夫としては、核燃料サイクル技術というのはかなりセキュリティの厳しい領域です。ですから、日本原燃さんで働いていてそういう分野にいたら論文を公開論文にできないとか、そういうものがいっぱいあるわけです。そういうときに私どものところの教員が、自分たちの研究テーマで修士論文とか、あるいは博士論文も面倒を見るよと。ただし、学生は 3 年で博士を取れますけれども、社会人で働きながら 3 年でドク

ターを取るのなかなか難しいので、私どものところは、社会人特別選抜とか長期履修制度といいまして、最初に入學するとき、私は5年かかります、6年かかりますという宣言をすると、3年分の学費で最長6年間いられるのです。私どものところは六ヶ所に分室があって、そこで研究ができるのですけれども、皆さん、月曜日から金曜日までは働いていらっしゃるのです。その後講義をしたり、あるいは博士論文、修士論文の研究は土日にやるのです。それは自己研鑽だから労働時間に入らないで、今の世間的な話で言いますと、研究している時間も全部就労時間に含めれば残業時間何十時間、100時間とかになってしまいますけれども、そこは自己研鑽なので多分大丈夫なのでしょうね。私は余りそこは詰めて考えたことがないのですけれども。でも、皆さんすごく一生懸命やっておられて、土曜、日曜でも私どもの分室に来て修士論文や博士論文の研究をされています。皆さんが全員それでドクターとか修士が取れたわけではなくて、家庭の事情とか勤務状況に応じて断念された方もいらっしゃいます。でも、そういうのを自主的な活動として原燃さんもいろいろな意味でサポートしてくださっているのだと思いますけれども、私どものところに呼び込んで研究して、大学であるがゆえに知ることができる広い視野とか見識を得ていただいて、また企業での活躍にそれを生かしていただいて、よりレベルの高いリーダーになっていただくような人たちを私どもが育てていければ、将来的には私どものところの学生もちゃんととっていただけるし、企業の方からも社会人の学生として来ていただくという意味ではウィン・ウィンというか、持ちつ持たれつというような関係になるのではないかと考えています。

具体的に共同研究が成り立っているかという、そういうものはありません。まだ日本原燃さんも実際に操業しておりませんので、外に対してそういう具体的な活動はできないので、社員の中でそういう意欲のある方に勉強の機会を与えてくださっているという意味で非常に頭の下がる思いもありますし、学生さんも社会人コースでドクターを取るの本当に大変だなと、私は学生を指導してつくづく思います。ただ、そういう努力をして頑張っている方がいるということは将来の人材につながるのではないかと考えて、今いろいろ活動しているところです。

○山口教授 どうもありがとうございます。

今、最初は国の支援で始められたというお話もあったのですけれども。

○長谷川教授 いえ、最初は独自予算です。始めてから後で追いかけて国にサポートしていただいたということです。

○山口教授 次世代システムについては三浦理事にお伺いしたいのですが、高速炉サイクルも含めて、これが日本の最終的なエネルギー確保の絵姿だと思うのです。そういう意味では、ここに 2050 年と書いてあるように、実用化まで長いタイムスパンで見えていく。そういう技術・人材について、JAEA は本当にそういう長期を見据えて開発できる体制にどれぐらい取り組まれているのかというあたり、現状をもう少し御紹介いただければと思いますが、いかがでしょう。

○三浦理事 次世代に向かって、今、高速炉関係ではナトリウムの施設からコールドの施設を含めて多くの施設を持って研究開発をやっているという体制で進んでいます。

私は、次世代に向かっていくシステムとして考えたときに、やはり原子力の基礎的なところが重要だと思っています。そのことに関して、先ほど施設の話がございましたが、研究開発をどうやっていくかということに関して、原子力の研究なので原子力の施設を用いた研究が必要であると思います。我々の施設中長期計画案の中では新たに 10 個廃止する施設を検討していますが、その中でホットラボとかそういう施設を用いた研究に関しては、よいテーマを立てた共同研究なりを実施し、その中に大学院生とかが来て、実際に原子力の施設を使って研究開発をしていただくというのが重要なことではないかと思っています。そういう意味で、今は試験研究炉が動いていないとかいう問題もあり、申しわけなく思っているところです。常陽も今年度中に新規基準に対応するという状況になっていて、そういう意味で施設はちゃんと整えて、基礎的なところから人材育成をする。ただし、大きなプロジェクトになりますので、プロジェクトリーダー、プロジェクトマネージャーという存在を育てていくということももう一つ重要なことであると。だから、そのときにプロジェクトリーダーが基礎的な基盤の上にプロジェクトを引っ張っていくということが重要ではないかと思っています。

○山口教授 ありがとうございます。

そういう意味では、施設の維持もそうですけれども、国がどういう役割を果たすか、まさに今、高速炉開発というのがそういう意味で議論されているところだと思います。中川さんにもぜひお伺いしたいのですが、そういったビジョンをつくって、それを実際に実践していくという中で国がどうやって、そのほかの JAEA とかのプレイヤーがどうかかわっていくのか、そのあたりの御意見をいただけないでしょうか。

○中川審議官 あるべき姿とか未来がこうなるというのは国がある程度示して、一丸となってやっていくというところがあるかと思うのですが、先ほど長谷川先生がおっしゃった

ように、国が示してこういうことでこういう人材育成をしようねというのは余りうまくいったためしがなくて、長谷川先生がこういう人材を東北大学として自腹を切ってもやってみようというものから湧き出てきたものが本物を生み出して、そこに国の資金もついてくるというような時代にだんだんなってくるのだと思います。

その意味で、繰り返しになってしまうのですが、これから世の中はどんどん変化し、チャレンジし、新しい課題がどんどん出てくるときに、国もちろん音頭をとって行くのですが、国はどちらかというとなぎ役であったり、プラットフォームを設定するとか、そういう役割の中で、例えば先ほど松本さんがおっしゃっていた、電力さんと研究者の話が通じないときに原研機構さんがまさに間に入って、廃炉センターがそういう役割をしていく、そういった設計とかプラットフォームをつくるのは国の役割かもしれないのですが、答えは一個ではなく、どんどん変わっていくので、一緒に汗を流したり知恵を練ったりするというようになっていくのだらうと思いました。

○山口教授 どうもありがとうございます。

もう大分時間が押してまいりまして、きょう私のほうで提示しました 3 つの課題に一通り御意見をいただいたと思います。

残りの時間で私なりに整理してみたいと思いますが、スライドの下のほうに目標設定と戦略の構築、連携のあり方と書いてございます。これは私なりにこういうものが重要かなということを考えて書いたのですが、きょうのパネルの中では、それに加えて、いかに魅力を発信していくか、特に外の社会、分野に向けて、それが 1 つ重要な御指摘であったと思います。

それから、連携のあり方と書いてあるのですが、連携もただネットワークができましたというだけではだめで、例えば JAEA がリエゾン役としてうまく機能するとか、今、中川さんがおっしゃったように、それぞれが主体的にリーダーがちゃんと引っ張って行って、それを国が横から支援するような形、東北大学では自立してプログラムを動かしているという御説明がありました。そういう実効的な分野連携のあり方が 1 つ重要なポイントかと思えます。

それから、施設の話があって、これは皆さん危機感のあるところだと思いますが、それについて、技術・人材を支えるには施設は不可欠ですので、重要な問題だと思います。

最後に、何人かの方から幾つかのところから出てきたのが、サイエンスにつながる話、それからリーダーシップをとれる人材を育てていくとうまく動いていく話、そういった点が

非常に印象に残ったポイントとしてまとめられると思います。

いかがでしょうか。パネリストの方から、最後に何か御発言はございますか。

○木藤課長 特別あれではないのですが、1つ、今回は国内を見た話にとどまっていたと思ひまして、国際的視野を持つということと、IAEAと連携するとか、そういう視野を当然のことながら忘れないということだと思います。

○山口教授 今、国際的な視点と。まさに原子力は世界に向けて仕事をする世界ですので、よい指摘をいただいたと思います。

○中川審議官 済みません、ぜひメッセージとして。先ほど松本さんがおっしゃったように未踏の分野だと。あるいは、こういうものはどこにもない。例えば、ちょっと飛んでしまふかもしれないですけども、非核兵器国としてこれだけのプルトニウム燃料を持ち、保障措置技術を持っている。持地さんが説明されたと思いますが、そういうものは恐らくオンリーワンなのです。オンリーワンというのは、これからの時代、とてもチャレンジがしやすいし、誰もやったことがないものなので、物すごくハードルは高いし、物すごく大変だと思うのですが、チャレンジしがいのあるところだなと思いました。特に、きょうは前2列に若い方々がおられるので、この機構、児玉理事長があれだけのビジョンを持たれて、明確なメッセージを立てられて、やるべきことが前にあって、チャレンジしがいのある、本当にいい会社に入ったねということをお願いしたい。なぜかという、3番目以降におられるきょうお集まりの皆様は、もしかすると私自身が原子力行政官として育てていただいた、お世話になった方が後ろにもたくさんおられるので、恐らく原子力総合技術というのは、この超イノベティブ研究開発機構という集団は、これから未来を背負う、それからつぶしがきく集団だと思いますので、頑張ってくださいということです。

○山口教授 大変よくまとめていただいて、エールを送っていただいたと思います。会場には若い方も随分いらっしゃると思いますけれども、かように原子力の技術というのは今は目標も明確ですし、非常に魅力的なところは多々あると思いますので、ぜひきょうのテーマ、原子力の技術と人材というのを、皆様の協力と、特に若い人が支えていただいて、引っ張っていただいて進めていければと思います。

では、以上でパネル討論を終了したいと思います。

パネリストの方々には大変活発に御議論いただいて、よい意見をいただいたと思います。どうもありがとうございました。（拍手）

○司会（大場） 登壇者の皆様、ありがとうございました。

改めまして、モデレーターの山口様、パネルの皆様にご盛大な拍手をお願いいたします。

(拍手)

閉会挨拶

○司会（大場） それでは、本日のプログラムの最後といたしまして、原子力機構副理事長の田口康にかわり、理事の大山真未より閉会の御挨拶を申し上げます。

○大山理事 ただいま御紹介がございました、原子力機構の広報担当理事の大山でございます。

本日は、長時間にわたり、最後まで大変熱心にお聞きいただきまして、まことにありがとうございました。

また、最後のパネルディスカッションに御登壇いただきましたモデレーターの山口先生を初めとする皆様方、先生方、大変幅広い貴重な御議論をいただきまして、まことにありがとうございました。

本日のパネルディスカッションを通じまして、改めまして原子力の研究開発・利用の将来、また福島県の廃炉といったことを担う人材育成を進めていく上での諸課題、例えば原子力の魅力をどう伝えるか、関係者のよりよい連携のあり方はどうかといった諸課題を認識いたしまして、その中で私ども機構の責務についてしっかりと考え、また認識する機会をいただいたと考えております。

最後に、中川審議官、そして山口先生からエールも頂戴したわけですが、当機構は我が国唯一の総合的な原子力研究開発機関として社会に貢献するという役割を果たすべく、役職員一同、強い責任感を持って、一丸となって業務に取り組む所存でございます。引き続き皆様方におかれましては原子力機構への御指導、御支援をお願いできればと存じます。

私から、以上、閉会の挨拶とさせていただきます。

本日はまことにありがとうございました。（拍手）

○司会（大場） 以上をもちまして第11回原子力機構報告会を閉会いたします。

本日は、御多忙のところ多数の御来場をいただきまして、まことにありがとうございました。

午後 5 時 06 分 閉会