

第 12 回原子力機構報告会

「原子力の未来－原子力機構の挑戦－」

日時：2017年11月14日（火）

場所：有楽町朝日ホール

午後 1 時 30 分 開会

○総合司会（雲野） 皆様、本日はお忙しい中御来場くださいまして、まことにありがとうございます。それでは、ただいまより第 12 回原子力機構報告会を開会いたします。

私、本日の司会を務めさせていただきます、フリーアナウンサーの雲野右子と申します。どうぞよろしくお願い申し上げます。（拍手）

さて、本日は途中休憩をおとりいただきまして、17 時までのプログラムとなっております。どうぞ、終了までおつき合いただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

開会挨拶

○総合司会（雲野） 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皆様に御挨拶を申し上げます。

○児玉理事長 皆さん、こんにちは。理事長の児玉でございます。

本日はお忙しい中、原子力機構の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、私どもの研究機関の拠点のある地元の皆様を初め、関係者の皆様におかれましては、日ごろより当機構の活動に御理解、御協力をいただきまして、大変ありがとうございます。重ねてお礼を申し上げます。

まず初めに、本年 6 月 6 日に大洗研究開発センター燃料研究棟において汚染被ばく事故を発生させ、皆様に多大な御迷惑をおかけしましたことを、心よりおわび申し上げます。現在原因究明に基づく再発防止対策の実行に全力を挙げているところでございます。本件に関しましては、この後最初に報告させていただきます。

さて、当機構に関するこの 1 年間の主な動きについて申し上げますと、重要な課題の 1 つであります東京電力福島第一原子力発電所事故への対応につきましては、この春から福島県の富岡町に建設した廃炉国際共同研究センター国際共同研究棟の本格運用を開始するなど、課題解決に向けたより一層の取り組みを行っているところでございます。

また、もんじゅにつきましては、昨年 12 月に運転再開はせずに今後廃止措置に移行するという政府方針が示されました。今後はもんじゅの廃止措置を着実に進めるとともに、国が定めた高速炉開発の方針に沿って、もんじゅを通じて得られた成果も有効に活用しつつ、我が国における高速炉開発に改めて取り組んでまいります。

このほか、再処理施設の廃止措置、試験研究炉の再稼働などの機構の研究基盤の再構築に関する課題等に鋭意取り組んでいるところでございます。

さて、本日の報告会では、「原子力の未来—原子力機構の挑戦—」として、当機構の最新の取り組みを御報告させていただきます。私どもの成果の発信につきましては、さまざまな場面で積極的に発信しているつもりではございますが、一方でどのような研究開発がどのような人間によって行われているのか見えないという印象をお持ちの方々も多いかと思えます。

そこで、今回は概況報告に続き、皆様に興味をお持ちいただけるような最新のトピックスを選んで、若手中心にわかりやすく御報告してまいります。別途下の階で展示されている各研究開発の紹介もあわせて、これらの報告によって原子力機構として行うべきミッション、研究開発機関だからこそできるチャレンジの一端をお伝えできればと思っております。

後半は座談会方式で進めさせていただきます。テーマは「原子力の未来は何色か—原子力機構の挑戦—」です。皆様御存じのノンフィクション作家の山根一眞さんにモデレーターをお願いし、読売新聞論説委員の井川陽次郎様をパネリストとしてお招きし、御議論いただきます。原子力の未来はどんな色を持っているのか、どんな色にしていくことが社会にとって望ましいのか。そして、そのために私たち原子力機構が果たすべき役割は何なのかを議論させていただきたいと思えます。

本日は、受付でお気づきのとおり、全国に広がる研究開発拠点の立地自治体の皆様からのパンフレット紹介や物品販売もでございます。地元の皆さんの御理解と御協力を賜ってこそ積極的な研究開発を進めることができていると思っております。改めて御礼申し上げます。御来場の皆様方には、ぜひブースにお立ち寄りいただければと思えます。

それでは、限られた時間ではございますが、最後まで御参加いただくとともに、引き続き御支援、御協力を賜りますことを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）

○総合司会（雲野） 御清聴ありがとうございました。

さて、本日は多くの御来賓の方々に御出席をいただいております。全ての方々について御紹介申し上げたいところではございますが、ここで代表として国会議員の皆様並びに本日御協力をいただいております立地自治体の町村長、議長の皆様を御紹介させていただきたいと存じます。

衆議院議員、三原朝彦様。（拍手）

衆議院議員、大岡敏孝様。（拍手）

参議院議員、宮本周司様。（拍手）

東海村長、山田修様。（拍手）

鏡野町長、山崎親男様。（拍手）

幌延町長、野々村仁様。（拍手）

幌延町議会議長、植村敦様。（拍手）

また、文部科学事務次官、戸谷一夫様の御出席をいただいております。

御来賓の皆様、本日は大変にお忙しい中御臨席を賜りまして、まことにありがとうございます。

全体概要

大洗研究開発センター燃料研究棟における汚染について

理事 青砥紀身

○総合司会（雲野） それでは、続きまして全体概要の報告に入らせていただきます。

まず、理事の青砥紀身より、「大洗研究開発センター燃料研究棟における汚染について」と題し、御報告をいたします。

○青砥理事 それでは、私のほうから「大洗研究開発センター燃料研究棟における汚染について」を報告させていただきます。

まず最初に、先ほど理事長の挨拶の中にもありましたが、このような作業員の内部被ばくを伴うような汚染事故を起こしましたことにつきまして、心からおわび申し上げます。

[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) 事故の概要をお話しします。

平成 29 年 6 月 6 日、本年の 6 月 6 日ですが、11 時 15 分ごろ、大洗研究開発センター燃料研究棟の 108 号室でプルトニウムとウランを含む試験試料の入った貯蔵容器を 5 人の作業員が点検していたところ、合成樹脂製の袋が破裂して汚染が発生、作業員が被ばくしています。

その保管容器ですけれども、このような形をしていまして、プルトニウム、ウランの試料はこのポリ容器の中に入れてられています。その外側をビニールバッグ、合成樹脂の袋で

二重に密閉した後、こうした鋼製容器の中に入っていました。この鋼製容器を、ここに見せてありますようなフードの中でふたをあけようとしていて、ふたがあいた途端に中の袋が破裂して被ばく事故を起こしています。

その後、事故原因の分析、再発防止対策の策定等を行い、原子力規制委員会に 9 月 29 日に第 3 報を提出しています。さらに、その後 10 月 16 日までにこの当該室の除染作業を終了し、立ち入り制限区域を解除しています。

事故時、また事故後の継続的に監視してきた放射線モニターの指示値に変動はなく、この事故による環境への影響はありません。

この燃料研究棟は、高速炉用新型燃料等の研究を行う目的で昭和 49 年度に建設され、その後種々の試料作製ですとか分析をし、所期の目的をほぼ達成した後、老朽化をしているということで、平成 25 年度に施設の廃止の方針を決定しています。

施設の廃止の方針を受けて、それまで使っていた試料、核燃料物質の管理状態を改善するために、まずはそれをおさめる既存の貯蔵容器 80 個のあき容量の確認作業をしているところで、31 個目の確認作業中にこの事故は発生しています。

P) 作業員の被ばく状況ですけれども、作業員は事故後キレート投与による治療を受け、現在まで作業員全員の体調に特段の変化はありません。治療がなく、今後 50 年間内部被ばくが継続するという仮定に基づき算定した預託実効線量では、100mSv 以上 200mSv 未満が 1 名。10mSv 以上 50mSv 未満が 2 名。10mSv 未満が 2 名という結果を出しています。

事故の現場の復旧ですが、7 月 20 日までに、事故発生の貯蔵容器と事故時に飛散した物質を取りまとめ、108 号室から別室のグローブボックスに収納しています。その後、当該のフード、108 号室の全面にわたりまして汚染検査、各種除染機器を使った除染、そしてすき間やさまざまなひび割れなどでぬぐい切れないところにつきましては、特殊なペイントで固着して汚染を拡大させないようにして、室内全域の最終汚染検査を行い、表面密度限度が 4Bq/cm² 未満であることを確認し、10 月 16 日、最終汚染確認の後、立ち入り制限区域を解除しています。

ここにお見せしているのは、その除染前と除染後の汚染検査の結果で、現在ただいま全てが確認未満であるということを確認しています。

P) 合成樹脂の袋が破裂に至った原因特定ですが、貯蔵容器の中の確認、そしてその袋自体がどのように劣化して、どういう圧力で破裂したかの試験、あるいはそれをシミュレ

ーションで対応することなどをあわせて、最終的にはその要因分析のフォルトツリー図を作成して、最終的に樹脂製の袋が破裂した主な原因は、平成 3 年にプルトニウムと一緒に封入したエポキシ樹脂が、その後 α 線により分解を起こし、その結果、ガスが発生して内圧が増加したことによると特定しています。また、その 5 年後に点検を行った際、既に袋が膨れ上がっていたのにもかかわらず、詰めかえ時の対応が不十分であったことも要因の 1 つと考えています。

P) また、所定の装備をしていながら内部被ばくを起こした原因推定についても対応しています。

作業員からの聞き取りや、装着していた半面マスクの汚染分布測定を行い、それらを要因分析図を使用して、作業者ごとの内部被ばくの原因推定をしています。

ここに示しました図は、最も重い被ばくを受けた作業員の半面マスクの内側、顔に密着する部分の汚染検査の状況です。この部分が鼻に当たるところ、この部分が下の顎に当たるところです。上下ともに、ここにお見せしますように、汚染の状況は実際に有意であるということがわかっていますし、こちら側サイドで袋が破裂している、そちら側のサイドのほうが汚染が厳しいといったことがわかっています。この絵は、また別の測定方法により対応したもので、この図とこの図は間違いのないようなことを確認しています。

これらの結果、袋の破裂時の摂取は、破裂したときの顔の動き、室内での会話や発汗等による半面マスクの密着性の低下により、顔面等に付着した放射性物質がマスク面体の接顔部からマスク内に入り込み、放射性物質を吸入、摂取した可能性が高いものと推定しています。

P) こうした原因をいろいろ分析した上で、今回の事故を起こした重要な直接要因を示しています。それは保管時あるいは保管管理の期間、また今回の作業の計画時、そして実施時にさまざまな点で重要な要因があると考えています。

保管時は、この手引書にきちんとした注記がされているにもかかわらず、試験で使用済みのプルトニウム及びウランを含んだエポキシ樹脂を、酸化加熱処理せずに貯蔵容器に貯蔵してしまったということ。また、保管管理においては、先ほど申し上げたように、点検時に既にこの実際の袋の膨張を確認していたにもかかわらず、金属容器への変更等の改善を行わず、またこの情報自体が十分伝わらなかったこと。また今回の作業段階では、このような情報が余りなかったために、安定化した状態で保存されているという思い込みがあり、汚染防止に対して十分な作業計画が作成できなかったこと。さらには実施時に実際に

ふたをあけていく途中でふたが浮き上がり、中から内圧が抜けた音がしたにもかかわらず、それを完全な異常と認識せずに作業を中断できなかったことが挙げられています。

これらに対して、再発防止対策を示しています。

保管時、保管管理時におきましては、核燃料物質の安定保管のための貯蔵管理に関する基準を改善し、情報の整理、明確化、記録の管理手法を改善する。さらには、それらのことを徹底した教育を行っていくということにしています。

また、作業計画時においては、取り扱う物質が不明瞭、安全が確認できない場合等の高いリスクを考慮した安全な作業計画の作成のための手順を明確化すること。中で実施に当たっては、異常を感知した場合の作業の中断を含む作業計画でのホールドポイントの明確化を示すようにしています。

さらに、こうした直接要因を生んだ組織的な要因につきましても、現在検討を進めており、意思決定プロセスが不明確であること。原子力安全にかかわる知見を業務に反映する取り組みがまだまだ不足していたこと。安全確保に対する慎重さ、常に問いかける姿勢がまだ十分でなかったこと等を挙げています。これに対しても、組織を挙げて対応していきます。

P) 事故発生後、原子力機構の総力を挙げて、これらの原因究明、現場復旧に取り組んでまいりました。それらを終えて再発防止対策を策定したことによって、原子力規制委員会に報告を行っています。この報告書に対して、原子力規制委員会で指摘、コメントがありましたので、それを踏まえ、単に直接的な原因を踏まえたものではなく、その背景にある組織的な要因の分析及び対策等について取りまとめ、改めて原子力規制委員会に報告する予定です。

これら再発防止策については、既にその発災もとである大洗研究開発センターにおいて是正処置として具体化して実施していますが、これらについて機構内での水平展開についても、各拠点に展開し、必要な改善を図っているところです。

今回の事故を非常に重く見て、機構全体で核燃料物質の管理に関する改善を図るため、改めて核燃料物質の管理基準について、年内に運用開始を目標に改善策定を進めております。

原子力機構は、今回の事故を深く反省し、核燃料物質を取り扱う研究開発機関として、より高いリスクを考慮した保安活動を徹底し、安全確保に努めてまいります。

御清聴ありがとうございました。（拍手）

○総合司会（雲野） 御清聴ありがとうございました。

機構の概況と研究開発の取組

事業計画統括部長 大井川宏之

○総合司会（雲野） 続きまして、「機構の概況と研究開発の取組」につきまして、事業計画統括部長の大井川宏之より御報告いたします。

○大井川事業計画統括部長 事業計画統括部の大井川です。きょうは「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) まず、原子力機構ですけれども、我が国における原子力の唯一の総合的な研究開発機関として、基礎基盤研究からプロジェクト開発まで幅広い取り組みを推進してまいっております。昨年度平成 28 年度には、原子力機構改革の一環といたしまして、核融合と量子ビーム応用研究の一部を量子科学技術研究開発機構のほうに移管しまして、経営管理スパンをスリム化して、より重点化した研究開発を進めているところです。

現在、第 3 期中長期目標期間の 3 年目といたしまして、研究開発成果の創出に取り組んでおります。

きょうは、各分野におけます主な取り組みについて御紹介するとともに、昨年度から今年度にかけて取り組んでおります研究開発成果創出のための取り組みのうち、イノベーション創出戦略と施設中長期計画について簡単に御紹介させていただきたいと思っております。

P) まずこのスライドは、第 3 期中長期計画の概要を示したものです。福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発、安全規制への技術的支援、安全性向上、核不拡散・核セキュリティへの取り組み、高速炉の研究開発、核燃料サイクルの研究開発、これらの大きな柱となる研究開発をまた支えるための基礎基盤研究と人材育成、さらに、こういう取り組みの成果を最大化するためのイノベーション創出に向けた取り組みだとか国際協力、こういうのが第 3 期中長期計画の概要になっております。

P) それでは、各項目について御紹介させていただきます。

福島第一原子力発電所事故の対処にかかる研究開発に関しましては、この後詳しい説明がありますので割愛したいと思っておりますが、先ほど理事長からもあったように、最近富岡町のほうで国際共同研究棟が竣工しまして、ここを核にしまして産学官による研究開発、そ

れから人材育成を進めていきたいと考えております。

P) 原子力安全規制への技術支援と安全研究に関しましては、こういった機構特有の施設をうまく用いまして、実効性、中立性及び透明性を確保しつつ、安全規制行政への技術的な支援を進めてまいります。

最近の成果として挙げていますのは、ここにあります CIGMA、大型格納容器実験装置というものを使いまして、シビアアクシデント時に格納容器の冷却にヘリウム、これは水素の模擬体なのですが、こういうガスが及ぼす影響について研究して、データをとっているということが挙げられます。

それから核不拡散、核セキュリティに関する活動に関しましては、最近の成果として北朝鮮の核実験の監視強化のために CTBTO、包括的核実験禁止条約機関ですけれども、これとの希ガス共同観測プロジェクトを青森県のむつ市と北海道幌延町で開始するというところで、本年度中にこれを開始する予定で今取り組んでいるところでございます。

P) 次に、高速炉の研究開発ですけれども、先ほど理事長からもありましたように、もんじゅに関しましては、政府の方針に基づきまして廃止措置に移行するということになりました。我々はもんじゅの再稼働に向けて取り組んでまいったわけですけれども、残念ながらこういうことになりました。

しかし、高速炉の研究開発というのは我々国の方針に従って進めていくということですので、こういう国際協力あるいは常陽を使った研究を進めながら、それから国が策定します戦略ロードマップ策定に向けて、我々も体制を構築して貢献を行っていくということで取り組んでおります。

それからもんじゅの廃止措置に関しましては、ことしの 6 月に基本的な計画というのを公表いたしまして、それに基づいて着実に取り組んでまいろうと考えております。

P) 次に、再処理燃料製造、放射性廃棄物の処理処分技術に関する取り組みですが、さまざまな取り組みを行っております。

最初に放射性廃棄物の減容化、有害度低減に関してですけれども、これに関してもこの後詳しい説明がありますので詳細は割愛しますが、1 つトピックスとして挙げておりますのは、ロシア・ロスアトムとマイナーアクチノイドの核変換のための炉物理試験に関する情報交換、こういう覚書を締結いたしまして、こういう国際協力とそれからみずから我々が持っている施設をうまく組み合わせて、こういう技術の進展を図っていこうと考えております。

次に、高レベル放射線廃棄物の処分技術ですけれども、我々が持っております地下研究所あるいは東海の研究施設を使いまして、データをとっているところです。最近の成果として挙げていますのは、地下 300m の地下水中でメタンをエネルギー源とする微生物生態系の存在を発見しました。これは東京大学さんとの共同研究によるものですが、こういう微生物の存在が放射性物質を閉じ込めるのにどういう効果をあらわすかということの研究しているところでございます。

P) 次に、使用済み燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発です。東海再処理施設に関しましては、現在ガラス固化を再開いたしまして、平成 28 年度から再開して、これまでに 59 本のガラス固化体を製造しております。

その再処理施設そのものは、廃止措置計画をことしの 6 月に規制委員会のほうに認可申請しております。東海再処理施設に関しましては、放射性廃液のガラス固化を安定的に実施しまして、平成 40 年度末までにこのガラス固化を終了するべく、今努力しているところでございます。

次に、原子力施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分に関してです。我々みずから持っている原子力施設についてこういうのを進めていかないといけないわけですが、技術開発と並行して進めているところです。その技術開発のうちの 1 つとして、最近の成果で挙げていますのは、廃棄物分析の効率化に貢献できる Tc-99 の迅速測定システムの構築というのを挙げています。Tc-99 というのは、半減期が 21 万年と非常に長い長寿命の核種で、鋼材の不純物の中で放射化で生成するわけですが、こういうのをしっかりとどれだけ入っているのかというのを、すぐに迅速に計測できるというシステムの開発を行っています。

P) 次に、基礎基盤研究です。基礎基盤研究で最近の成果で挙げていますのは、大規模原子シミュレーションによる、合金元素による変形機構の特性変化解明となっておりますが、要は原子力機構が持っていますスーパーコンピューターを使いまして、数億個の原子をシミュレーションしまして、合金元素の非常に微量な元素の存在が、こういう合金の強度にどういう影響を及ぼすのかというのをシミュレーションで解明するという、そういう成果です。これは、文部科学大臣賞の平成 29 年度の若手の部門で受賞している、そういう成果でございます。

高温ガス炉とこれによる熱利用技術の研究開発ですけれども、ここで大きくトピックスとして挙げられるのは、ポーランド国立原子力研究センターと高温ガス技術開発に関する

研究協力覚書を締結したということになります。ポーランドは、高温ガス炉をエネルギー源として使うという検討を今進めておりまして、その前段階として試験研究炉を導入することを考えております。原子力機構では、高温工学試験研究炉 **HTTR** というのを持っておりまして、その技術が非常に期待されているところで、これからこういう国際協力をうまく活用して、この技術の展開を図っていきたいと考えております。

P) 次に、先端原子力科学研究ですけれども、先端原子力科学研究では、アクチノイド先端基礎科学、それから原子力先端材料科学といった、こういう 2 本の柱で、原子力の先端的な研究を行っているところです。

最近の成果として挙げているのは、音波を用いて銅から磁気の流れを生み出すことに成功ということで、この成果は慶応大学等との共同研究なのですけれども、スピンというのをうまく使ってこういう成果を生み出している。こういう取り組みは何の役に立つかというと、対放射線性の電子デバイスの開発だとか、非常に高効率の電子デバイスの開発、こういうのに役立てていきたいと考えております。

それから、我々が保有します先端的な大型施設を用いた中性子・放射光応用研究、**J-PARC** だとか **SPring-8** を使った研究です。

ここで最近の成果として挙げていますのは、シリコンを使わない太陽電池材料、ペロブスカイト半導体の特性を解明、あるいはガラスの基本単位の構造を決定する。これは 200 年にわたり謎になっていたものなのですけれども、こういうところで **J-PARC** 等の例えば中性子を使ってこういう分子の構造を解明するという、そういう取り組みを行っているところでございます。

J-PARC に関しましては、1MW 相当の世界最強中性子パルスビームを安定供給したいということで、日夜取り組んでいるところでございます。

P) 各分野の研究開発成果というのはこれぐらいになっていまして、原子力機構のイノベーション創出戦略というのを策定しましたので、簡単に紹介したいと思います。

原子力機構の目指すべきイノベーションというのは、原子力のエネルギーの利用にかかると、それから原子力の科学、サイエンスを通じたイノベーションに大別されると思います。これらのイノベーションを活性化するための取り組みとしまして、ここに書いてあるような 8 つの取り組みを各部門において進めることにいたしております。

例えば協力・連携及び分野・異種融合の促進ということで、ここに書いてありますように共創の場、**JRR-3** だとか **J-PARC** といった先端的な施設にいろんな分野の研究者が集

まってきて、そこで新しいイノベーションが生み出される、そういう場をつくって提供していくということも進めていきたいと考えております。

P) 一方で、イノベーションを創出するためのインフラというのを我々持っているわけですが、残念ながら研究炉に関しましては今全てがとまっている状況で、一番再稼働に近いのが NSRR で何とか今年度中に再稼働を果たしたいということで、現場では頑張っているところであります。

そのほか J-PARC だとか SPring-8 については、稼働中で成果を出しているという状況でございます。

それから、最後に原子力機構が持っています施設に関する中長期計画について簡単に説明します。原子力機構が保有する原子力施設というのは、老朽化が進んでいるということ。それから、震災以降の新規制基準への対応が必要であるということ、それからバックエンド対策をしっかりとやっていかないといけないということ、こういうことを背景に我々は施設をスリム化した上で、安全強化、バックエンド対策を進めていって、研究開発機能の維持発展を目指していかないといけない、そういう状況になっています。

そこでこの三位一体の計画、施設の集約化・重点化、安全確保、バックエンド対策、こういうのを整合性を保ちながら進めていく、そのための計画、これは平成 40 年ぐらいまでのものですけれども、これを策定してことし 3 月に公表しております。

その中でキーとなるのは、我々が保有する約 90 の施設のうちの約半分が廃止のほうに位置づけられたということです。この中には、新たに廃止に選別されました 12 施設が含まれておりまして、原子炉施設といたしましては、高速増殖原型炉もんじゅ、高速炉臨界実験装置 (FCA)、材料試験炉 JMTR らが含まれているということです。

これに従いまして、これをさまざまな要因を踏まえて、更新しながら着実に進めていくということで、取り組んでまいりたいと思っております。

P) 以上まとめますと、原子力機構は引き続き安全を最優先に研究の再稼働など果たし、イノベーションの創出に取り組んでまいりたいと思っております。並行しまして、廃止措置や高経年化対策など、課題への対応を着実に進めてまいります。そういうことを組み合わせ、原子力の総合的な研究開発機関として、原子力の未来の可能性を示し、エネルギー利用とサイエンスの両面から貢献していきたいと思っております。

以上であります。御清聴ありがとうございました。(拍手)

○総合司会(雲野) 御清聴ありがとうございました。

個別報告

○総合司会（雲野） 続きまして、当機構の最近の研究開発成果、事業の状況などについての個別報告に移らせていただきます。なお、各報告の後、皆様からの御質問をお受けいたします。

ふくしまの復興に向けた取組

福島研究開発部門 福島研究開発拠点計画管理室マネージャー 田中 真

○総合司会（雲野） それでは、1つ目の報告です。原子力機構の重要な課題の1つであります東京電力福島第一原子力発電所事故への対応状況について、「ふくしまの復興に向けた取組」と題しまして、福島研究開発部門 福島研究開発拠点計画管理室マネージャー、田中真より報告いたします。

[パワーポイント映写。以下、場面が変わるごとに P) と表示]

○田中マネージャー P) 福島研究開発部門の田中と申します。本日は、「ふくしまの復興に向けた取組」についてお話しさせていただきます。

P) 本日は、最近の情勢といたしまして、福島県の現状、それから福島第一原子力発電所の状況についてお話しした後、原子力機構における研究開発として、廃炉に向けた研究開発、環境回復に向けた研究開発、研究開発基盤の構築についてお話しさせていただきます。

P) まず福島県の現状です。避難指示区域につきましては、本年4月1日の富岡町における避難指示の解除をもちまして、赤色で示す帰還困難区域を除くほとんどの区域について避難指示が解除されました。

また、福島県の人口につきましては、震災前より約14万人ほど減少し、現在190万人ほどとなっております。このうち避難されている方につきましては、現在5万5,000人ほどになっており、ピーク時の3分の1ほどとなっております。

P) 続いて福島県の放射線状況でございます。福島県では、国や自治体によります除染などが、本年3月末までにほぼ終了し、県内の放射線状況につきましては、23年4月に比べ大幅に減少している状況でございます。

P) 続いて、福島第一原子力発電所の状況です。左側にありますのが 1 号機です。1 号機につきましては、事故後に放射性物質の飛散防止のためのカバーが設けられましたが、使用済み燃料の取り出しや燃料デブリの取り出しに向けてこのカバーが撤去されております。今後、この上部にあります瓦れきの撤去などに着手される予定でございます。

続いて右側にあります 3 号機でございますが、事故の水素爆発により建屋の上部が崩れました瓦れきにつきましては、これまでに遠隔装置などで除去が完了しており、右の写真にありますように、プール燃料の取り出しのためのカバーが設置されているところでございます。

P) 原子炉の内部調査の状況でございます。ごらんの図は、本年 7 月に 3 号機において原子炉格納容器の中を水中ロボットにより観察したものでございます。原子炉圧力容器のペDESTALと呼ばれる部分の内部について初めて撮影に成功したものでございます。また、ごらんのように熔融物が固化されたと思われるもの、いわゆる燃料デブリと思われるようなものが初めて観察されました。

今後このような内部調査を継続し、宇宙線を利用したミュオンの測定など、それと組み合わせることで炉内の状況を把握することになってございます。

P) 続いて、原子力機構における研究開発でございます。

P) 図は、1F の廃炉と避難解除のロードマップでございます。1F の廃炉に向けましては、一番最初に燃料デブリを取り出す動きにつきましては、2019 年度内に燃料デブリの取り出し方法を確定することになっております。また 2021 年内において、燃料デブリの取り出しに着手するという計画になっております。

これらの実現に向け、東京電力を初めとする原子力機構などでも、炉内の状況把握ですとか、燃料デブリの取り出しに向けた遠隔技術等の開発に取り組んでいるところでございます。

また、避難指示区域の解除に向けましては、本年 4 月をもって帰還困難区域を除く区域についてはほぼ解除されましたが、今後は特定復興再生拠点、いわゆる復興拠点を各自治体で定め、おおむね 5 年を目途にこの拠点について避難指示を解除するという計画になっております。

P) こちらの図は、1F の廃炉にかかる役割分担でございます。1F の廃炉に向けましては、政府が定めます中長期ロードマップ、これに基づき東京電力で廃炉の作業を行っております。

またこの中長期ロードマップにつきましては、現場の状況等を勘案しつつ、見直しながら進めることとしております。図の真ん中にあります NDF（原子力損害賠償・廃炉等支援機構）におきまして、ことしの夏に燃料デブリの取り出し方針が定められました。これを反映して、中長期ロードマップについても第 4 回目の改定がなされたところでございます。

また 1F 廃炉に向けた研究開発におきましても、NDF が基礎から実用に向けた研究開発を一元的にマネジメントすることとしており、原子力機構としては IRID（国際廃炉研究開発機構）のもと、中長期ロードマップに基づく研究開発を実施するとともに、現場ニーズを踏まえた基礎基盤研究に取り組んでいるところでございます。

P) ごらんの図は、福島県内における原子力機構の拠点の図でございます。原子力機構では、事故後の緊急事態に対し、指定公共団体としまして、環境中の放射線モニタリングですとか、放射能測定、住民の方々への質問への対応窓口など、総力を挙げて対応してきたところでございます。

事故後の 23 年 5 月には、福島支援本部として福島事故対応に係る組織を立ち上げるとともに、6 月には県内で初めて福島市に福島事務所を設け、活動を開始しております。現在では、2 つの事務所と 4 つの研究開発拠点において研究開発を実施しております。

また 1F の隣接地におきまして、大熊分析・研究センターを設立中でございます。

P) これらのセンターにおける取り組みの概要でございます。右にあります廃炉国際共同研究センターにおいては、福島県にあります原子力機構の施設も利用しつつ、みずからも研究開発を行い、それから国際的な研究開発拠点として国内外の研究者が集まる拠点を構築しようとしております。

また国内外の大学、研究開発機関、産業界の人材が交流するネットワークを形成し、産学官における研究開発と人材育成を一体的に進め、1F の廃炉に貢献しようとしています。

右の下にあります大熊分析・研究センターでは、1F の構内で発生しております瓦れき、燃料デブリの分析研究のための施設を構築しております。

下の図の櫛葉遠隔技術センターでは、事故により破損した原子炉格納容器内下部の漏洩箇所止水技術を初め、遠隔操作機器の実証、開発を行う場の提供を行っております。

また、左にあります福島環境安全センターでは、事故により環境中に放出されました放射性物質につきまして、除染技術、環境放射線モニタリング、それから環境中の放射性物質の移動、将来予測を行う環境動態研究など、福島の実態回復に係る研究開発を実施して

おります。

P) 続いて、廃炉国際共同研究センターを中心とした廃炉に向けた研究開発についてお話しいたします。

こちらは、事故により発生した燃料デブリというものがどういうものなのか。事故時の状況を模擬した燃料デブリですとか、スリーマイルアイランドの事故で発生した燃料デブリを用いまして、その性状の調査ですとか試験を行っております。

その結果、機械的な特性ですとか科学的な特性をまとめ、データをリスト化しております。

図で示しておりますのが、フランスの研究機関によります施設で行いました実験の様子でございます。燃料の要素でありますウランですとか被覆管の材料をまぜ合わせ、コンクリートと溶かしてコンクリートとの反応を見た実験でございます。現在この実験により生成しました物質の分析を進めているところでございます。

このようなデータをさらに積み重ね、今後決定される燃料デブリの取り出し方法ですとか、安全管理の方策に向けてデータを提供していきたいと考えています。

P) 続いて、遠隔技術の現場適用でございます。原子炉建屋ですとかタービン建屋などの高線量環境下において、放射線状況を簡単に測定するといった技術を目指し、放射線イメージングの技術を開発しております。

写真にありますように、左側にあります光学カメラにより撮影された画像に、ガンマ線センサーで測定されます放射線の強弱の結果を瞬時にあらわすことができる技術を開発しております。これらについては、本年4月より東京電力の要請により、1号機のタービン建屋内において測定を進めております。今後も、東京電力との協力により、この研究開発を進めていきたいと考えています。また、このようなガンマ線センサーをドローンですとかロボットに搭載し、遠隔で建屋内の詳細な汚染分布を把握できるように開発を進めてまいります。

P) 続いて、福島環境安全センターにおける環境回復に向けた開発の例でございます。原子力機構では、事故以降継続的に、無人ヘリですとか自動車に積みました走行サーベイによりまして、空間線量率の測定を継続的に進めております。またこれらの結果をマッピングするという技術も一緒に進めています。また、モニタリングの実績に基づきまして、地域ごと土地利用ごとに放射線量率の減少傾向を評価してございます。

このような成果につきましては、避難指示区域の解除の方針ですとか、除染範囲の決定、

復興計画の策定など、国や自治体の計画決定に貢献しております。また国際学術誌での特集の掲載ですとか、放射能測定マニュアルの改定など、技術的な面でも貢献してまいります。

P) 続いて、除染により除去された土壌に関する取り組みでございます。ごらんの写真のように、除染で除去されました土壌や廃棄物につきましては、仮置き場に置かれる、あるいは住宅の敷地に置かれるような状態になっております。これらの除去土壌につきましては、27年より1Fの周辺に設けられました中間貯蔵施設への搬出が徐々に行われ、中間貯蔵施設においては先日本格稼働が開始されたところでございます。

原子力機構では、このように発生した除去土壌について、その性状、発生量、放射線セシウムの濃度から、再生利用量と最終処分量を試算し、環境省が進めます除去土壌の安全な再生利用などの戦略、安全指標の策定、さらには南相馬市で行われました再生利用実証試験での実施において貢献してまいります。

P) 続いて、研究開発基盤の構築でございます。1Fの事故で発生しました原子炉格納容器の下部の止水技術など、実規模での実証試験ですとか、個々の遠隔技術開発の要素試験を行うために、楡葉遠隔技術開発センターを整備し、28年4月より本格運営を行っております。

図の左にありますように、国際廃炉研究開発機構におきまして実規模の止水試験を行うほか、全国の13高専、15チームが参加した廃炉創造ロボコン、それから県内の企業により技術マッチングの場として利用がされており、人材育成、地域の活性化に貢献してまいります。

P) 続いて、大熊分析・研究センターでございます。1Fの事故により、多種多様な廃棄物が発生するほか、燃料デブリなども発生しており、これらを安全に処理処分するには、これらの性状を把握する必要があります。この分析研究を行うために、1Fの隣接地に大熊分析・研究センターを建設してまいります。事務室や会議室を設けました施設管理棟につきましては、今年度内を目途に運用を開始する予定でございます。また、低線量の瓦れき、水処理廃棄物などを分析する第1棟につきましては、建設を29年4月に開始したところでございます。

今後も、帰還困難区域における施設の建設を着実に実施し、1Fの廃炉に貢献してまいります。

P) 続いて、廃炉国際共同研究センターでございます。1Fの廃炉に向けましては、東

京電力、IRID のほか、大学や研究開発機関における基礎的な研究を取り込む必要があります。このような国内外の大学研究機関との共同研究などによる廃炉の研究ですとか人材育成を一体的に行う拠点として、富岡町に国際共同研究棟を建築し、29 年 4 月より運用を開始しております。

またこの場におきまして、廃炉関連の基礎研究を取り扱います専門家の会合でございます福島リサーチカンファレンスを開催するなど、福島県内で継続的な活動を行っているところでございます。

また大学研究機関における基礎基盤研究を、廃炉の現場に橋渡しする廃炉基盤研究プラットフォームの形成を行い、基礎基盤の技術を廃炉の現場に橋渡しする活動を行っているところでございます。

P) 最後にまとめでございます。原子力機構としては、我が国における原子力に関する唯一の総合的研究開発機関として、国内外の英知を結集し、1F の廃炉、福島環境回復に向けた実効的な研究開発を行うとともに、研究基盤の整備を行ってまいります。

1F の廃炉に向けては、廃炉現場における課題の解決に向けた研究開発に取り組むとともに、基礎基盤研究の成果を 1F 廃炉の現場に橋渡しする取り組みを行ってまいります。

また福島環境回復に向けては、環境中の放射性物質の移動量の測定や、将来予測など、実効的な研究開発を行ってまいります。

また 1F 廃炉に向けた研究開発基盤の整備、運用を適切に行い、1F 廃炉の研究の推進、国内外の人材育成ネットワークの構築、さらには地域の活性化に貢献してまいります。

以上でございます。御清聴ありがとうございました。（拍手）

○総合司会（雲野） 御清聴ありがとうございました。

年代測定手法の高度化への挑戦—加速器質量分析装置における新検出手法の開発—

バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部

年代測定技能開発グループ研究員 藤田奈津子

○総合司会（雲野） それでは、続きまして若手研究者による研究会開発の取り組みの御報告となります。

「年代測定手法の高度化への挑戦—加速器質量分析装置における新検出手法の開発—」
と題しまして、バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 年代測定技能開発グループ、藤田奈津子より御報告いたします。

○藤田研究員 東濃地科学センターの藤田と申します。

[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、このようなタイトルで発表させていただきます。

まず最初に、本研究の背景について紹介させていただきます。加速器質量分析 (AMS) の高度化を行うに当たり、測定の高精度化及び装置の小型化を行うということを目指して研究を行っております。測定の高精度化とは、測定したい核種の検出を邪魔するこのような同重体を排除することになります。また装置の小型化とは、現在ある世界最小のものを、さらにテーブルトップ型のサイズに縮小するという目標を掲げています。これらの高精度化及び小型化には、同重体分別技術が必須であると考えられます。

これにより、AMS で測定可能核種が増加し、また小型化により AMS 普及率の増加ができると考えております。そのため、我々はコヒーレント共鳴励起 (RCE) というものをもとにした同重体分別技術であるチャネリングコヒーレント電離による同重体分別を提案いたしました。

現在はこの内容の実証試験を行っている最中になりますので、こちらについて紹介させていただきます。

P) 最初に、私が所属している東濃地科学センターについて御紹介させていただきます。東濃地科学センターは、岐阜県の瑞浪市にあります瑞浪超深地層研究所という研究所と、岐阜県土岐市にあります土岐地球年代学研究所という 2 カ所の研究所で構成されております。

私が所属しているのが、こちらの土岐地球年代学研究所で、本研究で用いているタンデム型加速器質量分析装置を初めとした、年代測定を行う分析装置が各種取りそろえられた研究所になっております。

P) なぜそのような年代測定の装置があるかといいますと、地層処分において考慮すべき自然現象に、このような断層活動や火成活動の時期、また隆起・浸食などの傾向・速度を精度よく把握することが必要であると考えられます。そのため、我々のところでは年代測定技術の開発を行っています。

技術の高度化・標準化は極めて重要かつ基盤的な要素技術となりますので、最先端の機

器分析装置の導入を行って、核種の放射年代測定手法の整備を行っている最中です。

ここで出てきました放射年代測定なのですからけれども、原子核の崩壊を利用して、年代測定を行う手法となっています。この年代が、それぞれの核種によってさまざまなので、これを利用したものとなっています。

P) 我々のところでは、この表に示されたようなさまざまな分析装置がありまして、目的や対象物質に応じた核種年代測定法の開発整備を行っています。

こちらの年代測定の装置を利用して、もんじゅの敷地内の破砕帯の年代測定等にも活用いたしました。

本研究では、この赤で示しましたタンデム型加速器を利用しています。タンデム型加速器では、このようにさまざまな核種を 1 つの装置で年代測定を行えるというメリットがある装置になります。

P) それでは、AMS について紹介させていただきます。AMS とは、ごく微量の放射性同位体を超高感度で検出し、定量する方法となっています。AMS は、ここに示したようなさまざまな分野で測定ができるものとなっています。

こちらに示しましたのが、東濃地科学センターにあります加速器になっておりまして、最大電圧が 5MV の AMS の専用機となっております。

P) この表で示したものが、AMS で代表的な分析核種と同重体になっています。青で示したものが、東濃地科学センターで測定ができる核種になっており、点線で示したものが現在開発中の核種となっています。

また、この分析核種には、赤丸で示したような同重体と呼ばれる核種が存在します。この核種の原子番号が大きくなると、大型の加速器が必要であると言われていています。例えば塩素ですと、最低でも 6MV の加速器が必要であると言われていています。

その理由を紹介しますと、このようにベリリウムの測定では、ベリリウムの同重体であるボロンが同じように測定されます。このベリリウムであると測定のスペクトルが分かれるので問題はないのですけれども、例えば塩素の測定をしますと、同重体である硫黄がスペクトルが重なってきてしまいます。そのためこの問題を解決するために、同重体をほとんど検出できなくするようにしますと、測定の精度が上がると考えています。そこで我々が持っている 5MV 以下の小型の加速器でも使用できる新しい同重体分別技術が必須であると考えています。

P) そこで我々は、RCE という、コヒーレント共鳴励起という物理現象を利用した同

重体分別法を発案いたしました。RCE とは、このイオンのように原子核の間をすり抜ける際に、この原子から力を受けてこのイオンの周りの電子がはがされて電荷が変わるといふ物理現象です。この物理現象を初めて AMS に応用するというを行いました。

具体的に言いますと、例えばベリリウムをはかりたいときに、妨害核種のホウ素と一緒にイオン源に入ってきます。これらを加速させまして、この加速器の部分で RCE に適した電荷に変えてやります。そして、この検出器にあります薄膜に通しますと、RCE を発生させます。すると、それぞれの電荷が変わりますので、電荷の違いで分別を偏向器で行って、目的核種のみを検出器で検出するという手法になります。

こちらの内容について特許を取得いたしました。

P) 現在はこのアイデアを現実化させるために、技術基盤の整備を行っている最中です。具体的に言いますと、最初チェンバーの製作を行いました。このイオン源のところにつけたチェンバーなのですけれども、実験領域である薄膜や偏向器を設置できるものいたしました。

続きまして、単結晶薄膜の膜厚の検討を行いました。RCE を起こさせるために、単結晶薄膜の膜厚を考えなければいけないのですけれども、膜厚が厚くなるとどうしても中でイオンが通りにくくなりまして、ランダム過程によって RCE が不鮮明となります。また、膜厚が薄いと、我々が持っている加速器の 5MV でも RCE を発生することが可能となります。そこでその兼ね合いを見て、世界最薄の 30nm の薄膜で実験をするということを検討いたしました。こちらの実験については、今後行っていく予定をしています。

また並行して、既存で持っていました 200nm の単結晶薄膜を使用して技術基盤の整備も行いました。具体的には、チャネリング技術の構築及び荷電分布取得技術の構築を行いました。

この整備を行っている際に、新しい現象を発見しましたので、こちらについて御紹介させていただきます。

P) 先ほど紹介したベリリウムとボロンを単結晶薄膜に通してやります。すると、この単結晶薄膜との相互作用で電子がはがれて 2 価と 3 価と 4 価の 3 種類の電荷を持つイオンに分かれるということがわかりました。これらの電場を変えてやることによって、それぞれの価数のスペクトルをとってやったものがこちらになります。

まず単結晶薄膜を非チャネリングというこのイオンが通りにくい状態にして通してやると、このようなスペクトルになり、ベリリウムとボロンではほとんど差がないことがわか

ります。ところがこの単結晶薄膜をこのイオンが通りやすいチャネリング状態にしてやって通してやりますと、ボロンについては4価にピークを持つ荷電分布が、そしてベリリウムについては4価と3価にピークを持つ荷電分布を得ることができました。

この3価のところ注目していただきますと、3価でベリリウムは山を持っていますが、ボロンでは山を持っていないため、チャネリング状態で分別能力が高いということがわかりました。

この技術を国内特許の出願を3月に行いまして、現在国際会議の発表や外国出願に向けた準備を行っている最中です。

そしてこの技術を利用してやりますと、現在ある世界最小のAMS装置が3.4m×2.6mの装置になるのですが、これを1m×1m級のテーブルトップ型の装置にすることができると期待しております。

P) では、本研究についてまとめます。

最初にRCEによるAMSの同重体分別を考案し、特許を取得いたしました。

そして、この特許の内容を実証するために技術基盤の整備を行っている最中です。30nmの薄膜を用いた実証試験は、今後行っていく予定をしています。

また、これと並行して新たな特許の出願を行うことができました。タイトルは「イオンビーム透過膜の透過率改善方法及びその装置」というタイトルになっておりまして、現在外国出願に向けての準備も行っている最中です。引き続き、測定の高精度化、装置の小型化の実現に向けて実証試験を行っていきたいと考えております。

P) 最後に、本研究ですが、奈良女子大学との共同研究及び寄附金を利用しました機構内の萌芽研究開発制度という制度を利用して研究を行わせていただきました。

以上になります。御清聴ありがとうございました。(拍手)

○総合司会(雲野) 御清聴ありがとうございました。

99番元素アインスタイニウムを用いた重元素核科学研究

原子力科学研究部門 先端基礎研究センター 重元素核科学研究グループ

研究副主幹 オルランディ・リカルド

○総合司会(雲野) 続ましては、原子力機構の最新のトピックスとして、まさに今始まる

うとしている研究についての報告です。「99 番元素アインスタイニウムを用いた重元素核科学研究」につきまして、原子力科学研究部門 先端基礎研究センター 重元素核科学研究グループ研究副主幹、オルランディ・リカルドより御報告をいたします。

○オルランディ研究副主幹 御紹介、どうもありがとうございました。原子力機構のオルランディ・リカルドと申します。99 番元素アインスタイニウムを用いた研究について発表いたします。4 年前、原子力機構で働くためにイタリアから日本に参りました。本日の発表は、お聞き苦しいかもしれませんが、よろしく願いいたします。

[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) 米国エネルギー省 (DOE) のオークリッジ国立研究所との協力で、原子力機構が 0.5 μ g の人工元素アインスタイニウムを特別に入手しました。アインスタイニウムの取り出しは、米国でも 2003 年以來のこととなり、日本がそれを入手するのは初めてです。原子力科学研究部門の先端基礎研究センター、物質科学研究センター、原子力科学研究所では、このアインスタイニウムを用いた以下の研究を計画しています。

東海タンデム加速器での実験では、100 番元素フェルミウム以上の重い原子核の核分裂と核構造の解明と、SPring-8 の大型放射光施設では、アインスタイニウムと水分子との結合の仕組みを明らかにする予定です。いずれも原子力機構の施設と独自に開発した装置を利用した研究です。

時間が少ないので、発表では核分裂実験について発表いたします。SPring-8 での実験は、ポスターにて紹介されております。

P) 御存じかもしれませんが、初めに幾つかの基本概念を説明いたします。原子は、原子核と電子から成り、電子が核の周りを動きます。電子軌道の半径に比べると、原子核のサイズはとても小さくて、1 万分の 1 程度です。例えば原子核の大きさが梅干しと同じだとすると、原子は野球場ぐらいの大きさになります。原子核は陽子と中性子でできており、陽子の数によって元素が決まっております。陽子と中性子を足した数を質量数と言います。陽子の数が同じで質量数が違う原子核を同位体と言ひ、同じ元素でも複数の同位体が存在します。

入手したアインスタイニウムは、陽子数は 99、中性子数は約 55、質量数が 254 なので ^{254}Es と言われます。

P) 物理学者アインSTEINの名に由来するアインスタイニウムは、1952 年に水爆実験の過程で発見されました。現在においては、研究用原子炉中での燃料照射によって生成

されています。

核図表にある元素は、ウランまで全て自然界に存在するのですが、ウランより重いものは、全て人工元素です。アインスタイニウムはウランより陽子の数が 7 つ多くて、物理学実験のための標的試料として人類が利用できる最も重い元素です。しかし生成できる量が少ないので、アインスタイニウムの特性はほとんど解明されていません。米国エネルギー省が、重元素核化学分野における原子力機構の研究成果を高く評価し、アインスタイニウム等の特性解明を期待して、特別に提供することを決めました。

^{254}Es の半減期は 276 日と短く、半年のうちにほぼ 40%がなくなるので、速やかに実験を進めます。

P) オークリッジアイソトープ生成用原子炉において、40g の 96 番元素キュリウム同位体をこちらのプールに入れて、1 年近く中性子照射しても、わずか $1\mu\text{g}$ しか生成できません。 $1\mu\text{g}$ は非常に少量で、大体 1 粒の塩の 1/50 の重さです。アインスタイニウムは先月に届き、来月から実験が始まります。

P) ちょうど 9 月に日本物理学会が「物理学 70 の不思議」という付録を出版しました。アインスタイニウムを用いた私たちの研究は、原子核の形と核分裂のダイナミクスという不思議に直接つながっています。

P) 核分裂は 1938 年に発見され、4 年後フェルミらは最初の原子炉で臨界を達成しました。核分裂は、重要なエネルギー生成はもとより、研究用原子炉等を通じて基礎科学を支えます。核分裂現象の深い理解と新現象の発見は、社会基盤や知の探究にまで、例えば宇宙における元素合成過程や超重元素の存在限界にまで影響を及ぼします。

P) 多分最も知られている核分裂は、原子炉の中で起っているウランの核分裂です。 ^{235}U が 1 つの中性子を吸収し、 ^{236}U になって 2 つの原子核に分かれます。さまざまな核分裂事象を観測し、核分裂生成物の質量数を測定すると、この 2 山の質量分布にまとめることができます。横軸は質量数、縦軸は質量収率です。

1970 年代後半、100 番元素フェルミウム同位体の核分裂で、質量分布が劇的に変化することが発見されました。フェルミウム同位体 254、256、257 までは質量分布がウランのように 2 山ですが、中性子をたった 1 つ加えるだけで、 ^{258}Fm では、突然 1 山になります。この非対称から対称な核分裂モードへの急激な遷移を、従来の考え方では理解することができません。フェルミウム以上の重い原子核の核分裂を解明することにより、ウランを含むあらゆる原子核の核分裂を理解することを目指します。

P) 実験的には、どういうふうに核分裂が起こるかという 1 つの例ですけれども、加速した ^{18}O をアインスタイニウムに照射し、一部の中性子や陽子をアインスタイニウムに吸収させ、 ^{258}Fm のような重い原子核を生成し、その核分裂を観測します。陽子と中性子の移行パターンにより、1 つの実験で 15 原子核に及ぶデータを取得することができます。さまざまなアクチノイド標的と、独自に開発した装置を利用して、私たちの研究は重い元素かつ中性子数の多い原子核の核分裂の測定手法を開拓しています。

これまでの結果を、この核図表に紫色で示しました。横軸は中性子数、縦軸は陽子数です。

こちらの重い原子核の領域では、この質量分布の 2 山と 1 山の境界があると予想されています。アインスタイニウム標的と新たな測定手法を利用して、この境界の両側にある原子核の核分裂を研究することができます。アインスタイニウムを用いた新しいデータを取得することにより、質量分布の劇的な変化の原因を説明できるようになります。

P) 実験は東海村の原子力科学研究所にあるタンデム加速器で行われます。このタイプの加速器としては、東海タンデムが世界最大の電圧を与えることができます。ウランやプルトニウムのような放射性アクチノイドを標的として使え、またビームの空間的な広がりを 1mm に抑えることができるため、0.1 μg のような非常に少量の標的試料であっても実験ができます。アインスタイニウムの重イオンを照射する実験が可能なのは、世界でも原子力機構だけです。

P) 加速したビームをこちらの実験室に輸送して、アインスタイニウムを照射します。アインスタイニウム標的と ^{18}O のビームによりさまざまな種類の原子核をつくることができます。例えばこの図では、酸素のビームから 1 つの陽子と 3 つの中性子をアインスタイニウムに移行して、 ^{258}Fm が生成され、 ^{18}O が ^{14}N になっています。その窒素をこちらに示した粒子検出器で識別します。同時に、 ^{258}Fm が分裂し、その 2 つの核分裂生成物をガスチェンバーで観測し、そのような事象を幾つも測定することで、 ^{258}Fm の質量分布を導出します。

P) この地図にて、共同研究機関を紹介いたします。現段階でのリストですが、外国からも興味を持ってもらっていて、これからもふえていくと思われます。

アインスタイニウムを用いた実験を通じて、原子核の振る舞いの中で最も難解な現象となっている核分裂の理解に、大きな進展をもたらしたいと考えております。御清聴、どうもありがとうございます。(拍手)

○総合司会（雲野） 御清聴ありがとうございました。

高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減の実現に向けて

—照射済燃料からの MA 分離技術への挑戦—

高速炉研究開発部門 次世代高速炉サイクル研究開発センター

燃料サイクル技術開発部研究主席 竹内正行

○総合司会（雲野） それでは、個別報告の最後として、核燃料サイクル技術に関する最新の研究開発状況の報告に移らせていただきます。「高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減の実現に向けて—照射済燃料からの MA 分離技術への挑戦—」と題しまして、高速炉部門次世代高速炉サイクル研究開発センター燃料サイクル技術開発部研究主席、竹内正行より御報告いたします。

○竹内研究主席 ただいま御紹介いただきました、高速炉研究開発部門の竹内と申します。

私からは引き続き、「高レベル放射線廃棄物の減容化・有害度低減の実現に向けて」と題しまして、現在研究を進めているマイナーアクチノイド、通称これを MA と呼んでおりますが、この MA の分離技術開発を中心に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) 本件ですが、こちらの項目に従いまして報告をさせていただきます。

P) まず、放射性核種の分離変換研究について簡単に御説明いたします。原子力発電所で使用された燃料の再処理に関しては、現行のプロセスでは製品として、エネルギーとして利用するため、ウランやプルトニウムを分離回収し、残った FP、核分裂性生物とマイナーアクチノイド、これにはネプツニウム、アメリシウム、キュリウムという元素が該当しますが、これらは廃棄物として地層処分の対象となっております。

それに対して我々が開発しているプロセスでは、この廃棄物中の MA を分離変換することを目指しております。その主な理由としましては、こちらの図にありますように、黒で示した MA の核種の中には、幾つか 100 年以上の長寿命の核種が存在するとともに、またこちらの図にありますように、発熱性の核種も存在いたします。そのため、これら核種を減らしていくことにより、それぞれ放射線による長期リスクや発熱制限を有するガラス固化体の処分場の面積を削減することが可能になります。これがいわゆる放射線廃棄物

の減容化、有害度低減を意味するところになります。

P) では、この MA の分離によって、廃棄物の減容化や有害度低減にどれほどの効果をもたらすのか。こちらについては、フランスの原子力新エネルギー庁、CEA のほうで報告された資料に基づきますと、高レベル放射線廃棄物の処分場の削減規模に関しては、MA の中でもアメリシウムやネプツニウム、キュリウム、これを全て除去した場合、除去しない場合に比べてその削減規模は約 1/10 になると評価されておりまして、また放射能レベルに関しては処分場の放射能が天然ウランレベルまで低減するまでの期間を尺度として考えますと、使用済燃料をそのまま再処理せずに直接処分した場合には、数十万年オーダーかかる対しまして、再処理を行ってウランやプルトニウムを除去した場合には、それが数万年オーダーに短縮され、さらにそこから MA を 99%程度まで除去いたしますと、一挙に数百年オーダーにまで短縮されると報告されております。このように、MA の分離変換によって、放射性廃棄物の減容化や有害度低減に大きな効果をもたらすということが知られております。

P) 続きまして、分離変換システムについて簡単に御説明いたします。原子力機構では、将来のニーズに柔軟に対応するため、発電とセットで核変換が可能な高速炉サイクルを利用した技術と、核変換のみを追求した技術、この両面から開発を進めております。それぞれ中性子を使って MA を核分裂させるシステムでございますが、双方このような特長の違いがございます。

現在我々が研究をしている MA 分離につきましては、このシステムによらず共通して必要不可欠な技術でございます。現在の分離変換研究の中でも重要な役割を担っております。

P) 続きまして、MA の分離技術について御説明する前に、なぜこの MA が使用済燃料からきれいに分離することが難しいのか、その点について御説明をいたします。

こちらはおなじみの周期律表でございますが、その分離を困難にする要因としては、主に 3 つ挙げられます。

1 つは、こちらの灰色で示した部分が核分裂性生物を含む元素になりますが、この照射済燃料あるいは高レベル放射性廃液には、このようなたくさんの FP が存在している複雑な溶液であるということが 1 つ。

それと 2 点目は量的な問題でございますが、こちらの図に示しますように、軽水炉の使用済みのウラン燃料を例にとりますと、照射条件にも多少差はありますが、含まれる

FPの量は0.1%オーダーと極めて低い量であるということ。

そして3つ目は、このマイナーアクチノイドはランタノイド系列の下に属しておりますけれども、特にこのアメリシウムとキュリウムはランタノイド元素の多くと類似した化学挙動をとりやすいということで、相互分離が非常に困難であること。この3つが分離の困難さを伴う大きな要因となっております。

P) この技術的な難しさを持ったMA分離技術につきましては、こちらに示す国々や機関がさまざまなプロセスを提案しながら積極的に研究開発を進めておりまして、この中で我々はアメリカとは抽出剤の分子設計やその性能評価にかかわる研究について協力を進めているところでありまして、またフランス等につきましても、このMA分離技術の協力の合意に向けて現在手続を進めているところでございます。このように、本開発そのものについては積極的に国際協力を活用しながら進めているところでございます。

P) 続きまして、MA分離技術について御説明をいたします。

まず1つは溶媒抽出法という方法です。こちらは水や油といった2つのまじり合わない2相を用いまして、油側に特性の化学物質を抽出分離する試薬、抽出剤を加えまして、その性能によって分離する方法でございます。

こちらの図は、その溶媒抽出法で用いられる機器の一例としまして、ミキサセトラの例を示しておりますが、このように水と油、2相を混合する部分と、それを静止させて相分離させる部分から構成されております。

P) もう少し具体的に、この溶媒抽出法のイメージについて御説明いたしますと、このように分離したい物質を含む水の相と、抽出剤を含む油の相を用意しまして、これをこのような形で混合いたします。そしてこれを静止いたしますと、先ほど混合の中で分離したい物質が抽出剤のほうに結合されまして、静止させますとそれが抽出剤に伴われて油の相に移行する。こういった形で分離が行われます。

続きまして、この溶媒抽出法のイメージを動画におさめておりますので、ここで紹介させていただきますと思います。

(動画映写)

こちらは小型のミキサセトラの装置を使った抽出の状況でございまして、MAではなくウランの抽出状況を示したものであります。見にくいですが、こちらがインペラが回りますけれども、これが2相を攪拌する部分で、その隣の部分が静止させて2相を分離する部分になります。

実際のプロセスでは、こういう形で抽出装置を多段に組み合わせて、抽出と分離というものを繰り返して操作することによって、分離の性能を上げていく。そういうことで使用しております。こちらの黄色い部分は、実際水から油の部分に移ったウランの色を示しております。

P) この溶媒抽出法における研究開発の状況でございますけれども。現在原子力機構では、こちらのプロセスを一案として提案しておりまして、使用済燃料を溶解した液から、まず溶媒抽出法によってウランやプルトニウム、場合によってはネプツニウムをここで回収しまして、そこで得られた高レベル廃液、この中にはアメリシウムやキュリウムが存在いたしますが、それを分離していきます。先ほど御説明させていただいたように、希土類元素とこのアメリシウム、キュリウムは非常に化学的挙動が類似しているということですので、我々が検討しているプロセスでは、まず MA とランタノイドを一括で回収した後、それぞれを相互分離する 2 段階のプロセスを検討しております。

この分離プロセスを実現するために重要なポイントが、この抽出剤でございます。現在原子力機構では、この安全性や分離性能、そして経済性や廃棄物低減といった観点から研究を進めておりまして、こちらに示しますような世界に誇れる抽出剤の開発を実績として上げております。

P) 続きましてもう一つの方法が、抽出クロマトグラフィという方法です。これは、こちらに示しますように、直径数十 μm の多孔質シリカの上に有機ポリマーや抽出剤を直接くっつけてまして、それを吸着剤としてこのカラムの中に充填させます。この中に溶液を通すことによって、吸着、溶離という操作を経て特定の物質を分離・回収いたします。

利点としましては、先ほどの溶媒抽出法に比べて、その抽出剤を希釈する希釈剤が不要であるということや、装置自身がコンパクトに構成できるといった点がありますが、一方で課題としては、原子力、再処理の分野で工業的経験が少なく、またそれに伴って遠隔操作や保守性の問題があるといった点が課題としてあります。こういった利点、欠点というものを踏まえながら、先ほどの溶媒抽出法や抽出クロマトグラフィ法の研究開発を並行して進めております。

P) その抽出クロマトグラフィについても、分離イメージについて簡単に御説明いたします。溶媒抽出法と同じように 2 段階で MA を単独で分離をいたします。まずこのような形で、吸着剤を入れたカラムの中に高レベル廃液を通します。そうしますと、この赤の部分が MA で、青の部分がランタノイド元素になりますが、これらが吸着されて、吸着

されない FP が下に溶出されます。こちらはクロマトグラムという図でございまして、カラムから溶出した成分を経時的にプロットしているグラフになってございます。

そしてこの吸着したものに、このように特定の溶離液を加えますと、このような形で MA とランタノイド元素がそれぞれ溶液として回収されます。そしてこの回収した溶液に対しまして、今度は別の抽出剤を含浸させた吸着剤をカラムの中に詰めたもの、これに通しますと、このような形で一度残留した FP が取り除かれて、再びその MA とランタノイドが吸着された後に、特定の溶液をもってこれを溶離させますと、MA だけが単独で回収される。こういうシステムの構成になっております。

P) こちらは現在我々が研究を進めている結果の一例でございまして、左側が実際の照射済み燃料から得た高レベル廃液を使ってやった第 1 段階の結果、右側が第 2 段階の結果でございまして、グラフの中ではこの赤の線で示した部分がマイナーアクチノイドでございまして、青がランタノイド元素。それと黒の線で示している部分がその他の FP ということになっております。

この第 1 段階の結果を見ますと、MA とランタノイドの回収部分がこちらの分画になってございまして、このように選択的に青と赤の部分が溶出されてきております。この中の MA の回収率については 99%程度と評価してございまして、非常に高い性能を得ております。

一方右側の MA とランタノイドの共回収物からの MA の単独回収の工程でございまして、こちらについては MA の回収部分がこちらになってございまして、本来であればこちらの赤い部分まで回収をいたしますと 99%程度の回収が見込めるのですが、ごらんいただくわかりますように、青の部分と非常に干渉しておりますので、MA を単独で取り出すということになりますと、この部分に制限されまして、結果的に現状回収率は 80%程度となっております。

現在この第 2 段階の工程につきましては、吸着剤自身の構造の改良でありますとか、分離条件の最適化を進めてございまして、この分離性能の改善に向けて取り組んでいるところでございます。

P) 続きまして、高速炉システムを利用した MA の分離変換研究について御説明いたします。SmART 研究と呼ぶ本研究につきましては、照射済み燃料中の少量 MA を出発原料とした一連のサイクル研究でございまして、こちらに示しますように既存の JAEA が持つ施設を最大限に利用しまして照射済み燃料からの MA 原料の分離、そしてその分離した

原料を用いた燃料の製造、そしてそのつくられた燃料を用いた炉内での照射。そして分離変換挙動を評価するための照射後試験という一連のサイクルになっております。

その中で我々が担当するこの分離の工程につきましては、照射済燃料から合計 1g 程度の MA を回収することを目標として進めてきておりまして、全体のこの研究としましては MA を中心とした分離変換の取得でありますとか、この分離変換サイクル全体の技術的成立性の検証、こういったところを大きな狙いとして進めてきております。

また、本研究を通して得られるこの照射済燃料中の種々の MA の核種を対象とした照射変換挙動にかかわるデータにつきましては、まだ世界でもほとんど取得されておらず、この分離変換研究の中でも非常に貴重な知見として期待されているところでございます。

P) 続きまして、本研究の進捗状況でございますが、現在 MA の回収工程を進めておりまして、茨城県東海村にあります高レベル放射性廃棄物研究施設にて MA の分離作業を行っております。現在のところ、先ほど御説明した抽出クロマトグラフィを用いた技術によりまして、実際の照射済の高速炉燃料の実廃液から g オーダー、具体的に言いますと 2g 程度ですけれども、MA の回収に成功しておりまして、今後これを燃料製造そして炉内照射に向けて作業を進めようとしているところでございます。

最後に、この分離技術のこれからということでございますが、現在のこの技術開発段階のレベルということでは、まだ基礎的段階にあると考えておりまして、またその中でも経済性や安全性やその廃棄物低減といった観点から、さまざまなプロセスの改良が必要であると考えております。

また、この先この規則的段階を超えてさらにステップアップを図るためには、実際のプラント規模を想定した光学的な研究に移行していく必要があると考えております。ただそのためには、大量の MA の取り扱いが必要になるのですが、ただ今現状持っている施設ではなかなか設備の能力としてそこまでできる施設がないというのが現状でございます。

そのため、研究施設のスクラップアンドビルドという観点から、既存の施設を有効活用しつつも、さらにその技術の実用化に向けては新たな施設の構想というのも重要な視点であると考えております。

P) 最後に、以上の報告をまとめさせていただきます。この分離変換研究につきましては、引き続き今後我が国が原子力を利用していく上で、将来世代の負担を低減させていくために重要な技術であると考えております。

ただ、この技術を実用化させていくためには、我々が担当する分離だけではなく、変換

も含めた横断的な研究が必要でありまして、これを進めていく過程で幅広い人材育成にも貢献できるものと考えております。

また、この MA 分離技術そのものは、先ほど申し上げたように世界でも注目されている技術でございます、非常にチャレンジングな要素を持っております。その中で、我々は今後も国内外の関係機関や研究者と幅広く連携しながら、信頼性にすぐれたこの MA 分離技術の確立を目指して、放射性廃棄物に対する将来世代の負担低減という大きな目標に向かって貢献していきたいと考えております。

以上で私の報告を終わります。御清聴ありがとうございました。（拍手）

○総合司会（雲野） 皆様、御清聴まことにありがとうございました。

さて、以上をもちまして当機構の最近の研究開発成果、事業の状況などについての個別報告を終了させていただきます。皆様、御清聴まことにありがとうございました。（拍手）

それでは、これより御休憩のお時間とさせていただきます。1 つ下の階、11 階にございますスペースにて、当機構の最新の研究開発成果をまとめましたパネルなどを展示するとともに、お飲み物の御準備をさせていただいておりますので、どうぞ 11 階展示スペースまでお立ち寄りいただければと存じます。

なお、このホール内での飲食は御遠慮いただいております。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申し上げますよう、御了解いただきたいと存じます。

後半の開始時間は 15 時 50 分を予定しております。15 時 50 分より再開いたしますので、それまでに御着席くださいますようお願いいたします。

それでは、これより休憩とさせていただきます。

午後 3 時 08 分 休憩

午後 3 時 50 分 再開

○総合司会（雲野） それではお時間になりましたので、再開をさせていただきます。

座談会

原子力の未来は何色か—原子力機構の挑戦—

○総合司会（雲野） さて、後半は「原子力の未来は何色か—原子力機構の挑戦—」をテーマに、座談会を行います。モデレーター、パネリストの皆様は、どうぞ御登壇をお願いいたします。（拍手）

それでは、本日大変にお忙しい中、本座談会のモデレーター及びパネリストをお引き受けいただきましたゲストのお二方を御紹介させていただきたいと存じます。

モデレーターは、ノンフィクション作家で獨協大学経済学部特任教授でいらっしゃいます山根一眞様でございます。（拍手）

そしてパネリストは、読売新聞東京本社論説委員でいらっしゃいます、井川陽次郎様でございます。（拍手）

また、日本原子力研究開発機構からのパネリストは、原子力科学研究部門副部門長の岡嶋成晃。（拍手）

同じく原子力科学研究部門 J-PARC センター長、齊藤直人の 2 名でございます。（拍手）

それでは、山根様、どうぞよろしくお願ひいたします。

○山根教授 皆さんこんにちは。すごい会だなと思って参加させていただきましたけれども、私がこういう原子力関係のこういう会で何かお話をするとか、やってくるというのは初めてのことだと思います。

皆さんは原子力関係の方は御承知と申すけれども、井川さんにはこの辺を伺ってみたいところなのですけれども、ジャーナリストとして原子力を取り組むと、何となく世間から白い目で見られる——見られないですか、というようなこともずっと長いことありましたけれども、もう 3.11 以降は逆にかえって非常に堂々とこういうことを語る事ができる時代が来ていると思いますし、しかもこれから先、非常に私たちにとっては 1F の最終的な処理まで、これは人類が取り組んだことのない大きなプロジェクトだと私は思っていますし、人類の課題だと思っています。そういう意味では、きちんとした知識や、あるいは意識を持たなければいけないという思いで、そういうことでこの数年比較的原子力関係の取材も活発に私は続けているわけなのですけれども、きょうのこのお話がありましたので、先週ですけれども、J-PARC をお尋ねしまして、いろいろと施設を見せていただいたり、研究者のお話も伺ってまいりました。

齊藤センター長、たしか当日は、今ドイツから帰ってきましたという形で、本当に御迷惑をかけましたけれども、どうも時間がお話を伺って全部で見せていただいたのが 19 時間。お目にかかった方の数が 20 人以上の方に伺いまして、ふらふらになりましたけれども、逆にかえって非常に元気が出ました。

きょうはいわば原子力機構の成果発表と言っていいのでしょうか、現状報告会ということでしたので、私も聞かせていただきましたけれども、きょうは原子力関係の方が比較的多いとは伺っていますけれども、こういう広く開かれた銀座のこういうところでやるわけですから、そういう意味ではわかりやすく広く伝える課題があると思いますが、正直言って難しくてよくわからなかったですね。ともかくぎっちり詰まっていて、きょうの成果発表だけで、多分 1 週間ぐらいかけてゆっくりとかみ砕いてお話ししていただければよかったなと思っているのですけれども、きょうのテーマ、このセッションのテーマは、「原子力の未来は何色か」ということなのです。

最後に何色かを皆さんにお伺いしようと思っておりますけれども、その前にきょう発表された、全部とはいかない、個別報告が 4 つありました。それぞれについて質問された方もいますし、質問が出なかった場合もあります。どうして質問が出なかったのかなと思うと、発表者の方の余りにも聞いたことないぐらいの早口で物すごい情報量をだ一つとお話しされるので、ちょっとついていけなかった、私はそうなのですけれども、かなと思うので、少し丹念に質問などもありますので、皆さんにお伺いできれば。あるいは井川さんのジャーナリストとしての御意見も伺いたいというところから始めさせていただくことにします。これは実は当初はそう思っていなかったのですけれども、そういうふうにしようということにしました。

こういうプレゼンテーション、いずれもそうなのですけれども、皆さんこのパワーポイントも非常に詳しく書いてありまして、追いつくのが大変ですけれども、基礎研究のほうでいくと 12 ページからですかね、「ふくしまの復興に向けた取組」、田中さんのお話がありました。いろいろと、多分一般には余り知られていない、これほどの取り組みがされているのかということ、しかもそれは非常に研究ベースのものも含めて進んでいることがよく理解できたと思いますし、とにかく頑張ってもらいたいということしかないのですけれども、例えば齊藤さんに伺いたいのですが、廃炉に向けた研究開発例、18 ページに、放射線イメージング画像の中で、これは実は皆さんの資料、私もそうですけれどもモノクロなので、これはカラーでないと意味がないところがありますけれども、こういうガンマ

線センサーを使ってそういう放射線の分布が見えるような、こういうカメラというか何とか、こういうものがかなりたくさんいろいろなものが開発されて実用化されているだろうと思うのですが、同時にそれが被ばくすることによって性能が落ちるということもあると思うのですが、その辺は機構としてはどうなのでしょう。取り組みが。全体でもいいです。

○齊藤センター長 この技術自身は、最近大分実用化されているというところなのですが、いろんなテクニックがありますが、ガンマ線の方向がわかるというテクニックというのは、過去 10 年ぐらい大分待ちわびているところだと思うのです。その技術を、本来は例えば宇宙物理というようなところに展開するというところが、開発の最初のモチベーションだったグループも、福島以降、3.11 以降こういう領域に参入して大いに研究を盛り上げているというところで、恐らくその中心になっているのが、機構がそういう力を集めてやっているというところになっているのだと思います。

僕は必ずしも 100%機構の人間ではないので間違ったことを言っているかもしれませんが、岡嶋さん、間違っていたら補足していただければ助かりますので。

○山根教授 どうぞ、岡嶋さん。

○岡嶋副部門長 では若干だけですけれども、今これはそういう意味でコンプトンカメラと呼ばれているものを搭載しようとしているのですけれども、何せ局所的、非常に条件がひどいところと言っていいと思うのです。悪条件のところ。人が入れない。だから今だって一番の可能性は、多分ドローンとかロボットで、特にドローンとかに期待しているところだと思うので、そうすると乗せないといけないということになると、小型化というのがどうしても出てきます。小型化と、その精度との兼ね合いが出てくると思いますので、その辺が開発の一番大きなポイントになって、これが入ることになるとかなり大きく中の様子がわかってくるという大きなメリットがあると思っていますので、その辺のところではこれ。

それからあと、被ばく低減という点ですね。結局被ばく量がそこでどれだけいけばわかるということになりますから、そういう点で大きなポイントになるかと思います。

○山根教授 こういう例えば放射線あるいは太陽のフレアにさらされても壊れないようなカメラとかというのは、宇宙開発でも非常に求められている技術で、非常に大変なところなのですけれども、井川さん、1F のためにこういうものはすごく開発が進んでいると思うのですが、こういうことが進むことによって日本の宇宙開発、宇宙の分野の基礎

力も上がっていくということにつながりますよね、これは。

○井川論説委員 宇宙だとこんなにマイクロなところを精密に見るというよりも、遠くを広く見るというほうが多いので、恐らく共通する部分もあるのだと思いますが、信号処理であるとかこういった見たものを画像処理するだとかいうところは役に立つのだろうけれども。

ただしこれ、今福島第一の中でこのカメラが大分よくなってきて、それでも大体これまでも、ことしいろんな機材を壊れた原子炉の中に入れて観測、中を見るというのが随分進みまして、これを見るというんなことが、やはり中が見られるということはすごく今後の作業というか、それから事故で一体何が起きたのだというのを解明するのに非常に役立っていて、その意味ではことし例えば 2 号機でカメラが入って、例えば炉心の、原子炉の一番下のもっと放射線が強いんだろうなというところに行くと、そこが実は余り周囲よりも弱くて、しかもかなりの部品が残っているのが直に見られたりとか、いろんなその事故の経過がわかるようになってきていますので、これがますます発展していくと今後の事故の廃炉作業というものが安全かつ正確に効率よく進められるようになるのだなということで、研究開発を進めてもらいたいなとは思っています。

○山根教授 これは例えば作業をされる方たちにとっても、周りを見回してどこに線量が高いかということは非常に重要だと思うのですよ。例えば人が近づけるようなところでも、やはり線量は見ることができると大事だと思うのですけれども、不思議なのですけれども、齊藤さんにお伺いするのは、線量眼鏡ってどうしてないのですか。眼鏡かけるとちゃんと線量高いところがわかると。

○齊藤センター長 確かにそういうことがリアルタイムでわかるようになるというのはとても便利だと思います。確かにそれは非常にニーズとしてはあると考えられますけれども、小型化が端的に難しいということだと思うのです。

○山根教授 努力すれば 2 年ぐらいでできるでしょう。

○齊藤センター長 そうですね。

○山根教授 1 年。

○井川論説委員 それはある。たしか同じ文部科学省の下に JAXA という組織がありまして、そこが直後から開発されて、つくられていると思います。ただ、それが実際目に見える、放射線が強いところまでそれをかぶっていくと被ばくするので、なかなかそこまできかない。むしろ安全を確かめてそこに作業に行く人を計画してやるので、眼鏡かけても

う放射線がビービー来てますねというところに行っちゃうと被ばくしちゃっているのもう。

○山根教授 それは相当高い線量のところの話で、例えばここからあそこの壁を見るぐらいなところで、例えば今どの辺の壁が汚染されているかとかう見て、こうだとなれば、その壁の除染というのは水ではなくてサンドブラストをぶつけるようなことをやりますけれども、そういうときの作業にもすごく効率的だと思うのですよね。

○井川論説委員 もっと精度が上がっていけばもっとおもしろい。

○岡嶋副部門長 多分直接カメラがその方向を見なくて、そういうものセンサーがあって、今だと簡単にバーチャルで眼鏡を見ればそれで見えるという技術はあるわけですから、問題はその組み合わせ方だけではないかと思えますよね。そういう形で、もし必要であればそういうことも開発をしていけばいいのではないかなということだと思うのですが、とりあえず今まだそこまでの段階には行ってないのではないですかね。とにかくまずは入れるのか、近寄れるのか、それすらもやはりはっきりどこまでわかるのかということがまず大事だと。

○山根教授 それは作業の工程としてはそちらでやっていっていただいて、別なチームがこれからの 30 年か 40 年かわからない、そういう廃炉に向けていいツールをつくることは、別にほかの組織とも協力しながら機構が。

私ちょっと数年間クモに興味を持って、今も 20 匹か 30 匹クモを飼っているのですけれども、皆さん知らないのですけれども、5mm ぐらいのこの辺にいるクモでもみんな目を 8 つ持っているのですよ。こんなでかい目と 8 セットであらゆる方向を見て、全部機能が違う目を持っているのですよ。なので、クモ眼鏡帽子というのをつくって、作業員の方ヘルメットにびゅっとやれば、あらゆる方向のあらゆるデータが、しかも眼鏡のディスプレイで見ながら作業できるとかいうのが、できれば 7 万 8,900 円ぐらいで売り出してもらえればいいんじゃないかなと思うのですけれども。

○齊藤センター長 先ほどの JAXA の例は僕も不勉強で存じ上げませんでしたけれども、やはりこれは 2 つの問題があると思うのですね。要するにこれから作業をする場所について、あらかじめ情報を得るということ。あとは、作業中の予測しなかったような出来事に対してどう対処するかという問題。この 2 つの問題に対処するために、恐らくもっと高感度の眼鏡が必要になるのだろうと思われる。それに向けては、恐らく岡嶋さんがおっしゃったようにまだまだ開発の要素があるかと思えますけれども、1 年で 7 万 9,800 円…

…なかなか。でもそういう目標を持って取り組むことは悪くないことだとは思いますがけれども。

○山根教授 何でこんな話をしたかという、これだけたくさんの方の発表の中で、たった 1 行書いてあるこれだけのことだけでも、これだけの議論をするテーマがあるということちょっと考えたのですけれども、例えばその中の同じ 20 ページの上に、第 1 回廃炉創造ロボコンというのが入ってまして、これはとてもいい取り組みだなと思ったのですけれども、きょうこれについては詳しいお話がありませんでしたけれども、これはどういうものですか。

○岡嶋副部門長 私、詳しくは存じかねるのですけれども、よく NHK の番組なんかでロボコンというのをやっていますよね。それを今回は廃炉という中で、要するにそういう狭隘なところとかいろいろなところで、ある課題を与えて、そういう条件の、その中でいろんなアイデアを出した、これはたしか大学生がやったのでしたっけね。高専でしたっけね。

○山根教授 御存じの方。これ、いいお話なので御説明していただけますか。よかったですらどうぞ。早口じゃなくて、ゆっくりとお話をいただければ。

○野田理事 御質問いただきありがとうございます。福島を担当をやってます野田と言います。

この廃炉ロボコンでございますけれども、檜葉の遠隔技術センターの階段を使いまして、全国の高専 13 校、15 チームが参加をして、いわゆる実際の廃炉の現場作業、したがって環境でのロボット技術を競うというものです。通常のロボコンですと普通に見える状態の中でロボットを使っているいろいろな競技をやるのですけれども、この場合は実際の廃炉ですので、生徒が煙幕の中に入ってロボットについているカメラを見た形でロボットを操作して階段を上っていくという実際の現場を模擬した形での技術を競うという、そういった取り組みをしてございます。この写真にございます階段を上まで上れるかということで競ったのですけれども、昨年は残念ながら 1 校も、1 チームも上まで行かなかったという結果でございました。

○山根教授 それは大手メーカーさんのやつも途中でひっかかったなんかしたり動かなくなったりしているという過酷なところですから。でもなかなかアイデアだなというのはありましたか。

○野田理事 実際に遠隔技術を使おうとする現場の中で、どんなに厳しい状況かというのを高専生が学ぶという意味では非常にいいと思います。実際皆さんは学校の階段で当然実

験してやってきて、その場合はうまくいくのですが、現場ですと鉄の階段だったりとか、グレーチングがあったりとかという実際の状況をここで学ぶことができるというメリットがあるかと思います。

○山根教授 これを鍛えてロボット開発力がつくと、そういう人たちはすばらしい力を身につけることにつながっていくでしょうね。

○野田理事 はい、そうだと思います。

○山根教授 井川さん、いいですね、これ。どうですか。廃炉創造ロボコン。

○井川論説委員 ロボットは今メーカーさんもいろいろ開発されていて、ただ、高専というのは、若手のエンジニアを育てるという意味で非常におもしろいと思って、山根先生、さすがここに目をつけられたのだと思うのですけれども、一番心配しているのは、先ほど聞いたらびっくりしたのですけれども、若手の、今原子力研究機構は人事採用の時期らしいのですけれども、福島でこういう技術研究開発をやってもらう方 15 人応募しているのだけれども 5 人ぐらいしか来ないということで、こういう研究の魅力というか、おもしろさ、意義とかが伝わってないという意味では、そこはもう少し皆さん汗をかいたほうがいいのではないかという感じはしなくはないです。

○山根教授 技術開発とか挑戦というのは、課題が難しかったり、困難であればあるほど、達成すれば、実はエンジニアにとってはつらいけれども楽しいしやりがいがあるのですよね。だからここに廃炉ロボコンではなくて「廃炉創造ロボコン」という名前がついている。この創造、齊藤さんは、これはすごいい名前ですね。齊藤さんがつけたのではないのですか。

○齊藤センター長 違います。

○山根教授 違うのですか。

○齊藤センター長 何ページのどの創造かなと思って今ちょっと探したところで、申しわけないですけれども。

○山根教授 20 ページです。上のほうです。ほんの小さくしか書いてないのです。

○齊藤センター長 いい創造だと思います。今、井川さんのほうからもお話がありましたけれども、確かにその中から新しい技術が出てくるということを期待するという側面もあるかもしれませんが、むしろ若い世代も含めてこの問題にチャレンジしていくということの中で、自分たちのエキスパティーズを磨いていくということが、若い世代からできるということは非常に重要だと思います。

そういった意味で、3.11以降、これは機構の人間に限らず、人類共通の課題に対して、自分たちが持っているエキスパティーズの周辺で貢献できることということを考えていく必要が大いにあるのだと思っていて、J-PARCは直接に原子力という問題に正面からアタックしている施設ではないですけれども、そもそもJ-PARCがつくられた最初の動機というのは、核変換技術を育てていこうというところだったわけですが、それは残念ながら第2期計画というふうに先送りされていますけれども、大強度の加速器の周りでこの人類共通の問題に貢献できるという文脈を、その核変換の周りだけではなくて、あらゆる角度からサーチしていきたいというのが、今の我々のJ-PARCのあり方だと思っています。

○山根教授 福島第一の正面から少し行ったところにエイブルという会社がありまして、福島をずっと支えてきた会社なのですが、かつてはどんな取り組みをしているかというニュースが出ることはほとんどなかったのですけれども、そこが廃炉ロボット、廃炉というよりも福島第一の内部の放射線量の高いところを片づけたり作り直したりする、そういう作業をされてきて、去年すばらしいロボットで作業に成功して、来年はあの高い煙突を全部壊すということも入札されたそうなのですけれども、その社長さんのお話で、僕は感銘したのですけれども、きょう大手メーカーの方いらっしゃるとまづいかもしいけれども、会社が大きいところでロボットをつくらうとすると、かなり慎重にきちんとしたものをつくって、認可問題とか何かよくわかりませんが、時間がかかる。彼らは、とにかく作業をするのだから、それに特化して、それを考えて、これだと思ったら3カ月でつくってしまうという。私たちはそういうふうにしてやっていますとおっしゃっていたのですよね。

そういうところで僕も現場を去年見せていただいて、本当にすごい、物すごいたくさんロボットがもうできているのですよ。大手メーカーのも見せていただきましたし、大学で開発しているのも随分見せていただいたのですけれども、現場に近いふつふつとしたロボットというのがこういうところにあったのだと思ったのですね。そうすると、そういうところの中小のメーカーと子供たちとか学生さんたちが一緒になってやったら、すばらしいものがどんどんできてくるのではないかと思うのですよね。

井川さんはずっと3.11以降取材されてきたと思いますけれども、そういう中で廃炉に向けて、あるいはあそこの後始末に向けて、何が足りないなと思うことはありましたか。

○井川論説委員 技術的には全てが足りない。本来時間をかけてやれば、もう少し合理的

にできる部分もあるのですけれども、福島の方はとっとと片づける、早く片づけてほしいという強い要望がございますので、なるべく早く片づけたい。そのためには、いろんな技術が足りないということがありますので、一方で、あそこの現場で大分よくなって、9割以上のところは普通に歩けるのですけれども、原子炉の周りとかは放射線も強いし、それから環境も余りよくない。夏なんかは防護服なんかを着ると熱中症でよく倒れる方が出る。

そういう意味で、先生が今何度もおっしゃっているロボットとか自動遠隔の技術は多分日本が本来なら一番得意な分野なので、先生はもう何度もいろんなところで御取材されていると思いますけれども、それが福島で余り目立ってなくて、特に事故直後、海外の怪しげな技術もいっぱい来たりして、日本どうしたのだという感じで、オールジャパンでやらなければいけない。そのためには、こちらにおられる原子力研究機構の方もそうだし、政府のほうもそうだし、メーカーの方もそうだし、本当にまだまだ協力してやるべきことはいっぱいあるなと思います。

○山根教授 岡嶋さん、今、井川さんから「海外の怪しい技術」という言葉が出ましてですね。これは重要なキーワードで、変な話ですけれども、私あの災害の直後に現場にずっと取材に行っていたので線量計を手に入れたと思ったのですが、全く手に入らなくて、インターネットで、eBay で売りに出っていたので、やっと手に入ったと申し込んだら、物すごいまい品がわざわざアメリカから届いたのです。日本人をばかにするなという感じだったのですけれども、岡嶋さんのところにも、海外からも、いろいろな、こういう技術があります、あるいはこういう研究がありますということが物すごくふえて、その中に怪しいものも多分あるのではないかなという気がしますが。

○岡嶋副部門長 正直なところ、事故直後はいっぱい、海外どころか国内からも怪しげな技術の売り込みがあったのは事実です。私記憶しています。

その中で、例えば我々も含めて特に基礎基盤研究をやっている連中は、技術とは一体何かとか、そういうものをはっきり見極めて、これは怪しげかなとか、どうだろうというその判断能力も大事だと思うのです。そのためにも、そういう基盤的なところをきっちり支えるだけの能力がなかったら判断もできないわけですから、そういう点では知識の広がりとか深さというのがないと、いかに怪しげか、使いものになるかということだと思います。その辺が、これからも下支えしていく部分の 1 つの重要なポイントだと私は思っています。

○山根教授 今後も、日本原子力機構、怪しい技術フィルタリング委員会というのを設置

しなくてはいけない。物すごいお金が動いているということももちろんあるだろうと思うのですけれども。そういう中でさっきのロボコンみたいな、ああいうものは大変すばらしいと思います。何かそこだけで終わってしまいそうな感じがしてしまうのですけれども、少し先のほうに。

藤田奈津子さんいらっしゃいますか。先ほど地層の年代測定の話をしていただいた。ちょっとこちらに来ていただけますか。

さっき男性の発表者の方よりももっと大きな声で、しかも高速で発表されて、私ほとんど理解ができなかったのです。そもそも年代測定にいろんな種類があって、どこからどこまでが何年ぐらいが測定できるかというので、今例えば気候変動なんかでも、地球の過去の気候がどうなっているかというようなときに、年代測定は非常に大事になっています。年縞って御存じですか。年の縞って書くのですけれども、まだほとんど知られてないのですが、福井県の水月湖、これは原発がいっぱいあるところで、あそこに実は 5 万年以上の土が連続してあるという世界で唯一の場所で、その炭素寿命をはかることによって、この縞々が世界の炭素寿命の年代測定の標準になったのです。すごいことで。今その博物館もつくっているのですよ。私もその実はお手伝いをしているものですから、そういう意味で年代測定というのは非常に。それで何がわかるかというと、過去の気候変動がこうだったということから、今の温暖化問題を理解できるとなりますよね。

そういうところにもつながる年代測定というのは今最も求められている大事な技術ですけども、そこで新しいお仕事をされたのですよね。

○藤田研究員 はい、そうです。

○山根教授 なぜ例えば廃棄物の地中処分のときに、地層のあるいは地殻の、地球の下の年代測定が必要なのでしょうか。簡単でいいです、お話ししていただくだけでいいので。その部分がちょっと。

○藤田研究員 時間が短くてはしりましたので。

○山根教授 多分飛ばしちゃったのだと思うのです。新幹線でしたので。どうぞ。

○藤田研究員 P) 実際に例えば地層処分をする場所がここだとしますと、この処分施設が例えば地震活動が頻繁に起こっているところに埋めたくないとか、あとは、火山の近くに埋めたくないとか、いろいろ希望があると思うのですけれども、その場所を決める際に、例えば過去の断層活動とかは定期的に行われていますので、例えば過去から 1 万年ごとに毎回地震活動があるとか断層活動があるということがわかっているならば、例えば 1

万年から 100 万年ごとに 1 回ずつ起こっているというような年代幅が広がってしまうと精度が悪くなってしまって、どこが一体処分施設に適した土地なのかというのがわからなくなってしまうのですけれども、我々のように年代測定を精度よく行うようにできる技術をつくりますと、例えば 50 年ごとに起こっているとか、その何十年みたいな単位から、あとは何百年、何百万年という幅広い年代測定にあると。

P) こちらが技術開発の対象年代にしている幅なのですけれども、それぞれの核種によって年代幅が異なりますので、それらを整合させることによって、その場所場所の年代を知りたいという。

○山根教授 これ、全部やるのですか。

○藤田研究員 全部行っています。実際にこちらに実用化済みと書いているものは、実際測定ができています。

○山根教授 それを全部すり合わせて固めてというか、統合して最も適切なデータを得ようと。

○藤田研究員 はい、そうです。というのを、うちの土岐地球年代学研究所だけで行っています。

○山根教授 私これは今までやってきたもので、これがだめだから新しいものをつくりましたとおっしゃりたかったのかなと思ったのですけれども。

○藤田研究員 違います。これをさらに進化させるために、例えば私が使っているこの加速器ですと、炭素、ベリリウム、アルミニウムとかいろいろな核種が測定できるのですけれども、小型化のものでもいろいろなところでそういう技術が普及できないかというので、技術開発を行っています。

○山根教授 原発の再稼働のときに活断層論議が物すごく行われて、ここは何百万年前に動いた、何百万年に 1 回動いた、動かないという、つまり動いたか動かないかということをしごく論議されたけれども、そのときにはきちんとしたこういう本当の指標となるデータなしに議論せざるを得なかったわけですね。それができるようになる。大変なことですよ、これ。

○藤田研究員 そうですね。

○山根教授 私、全国いろいろ行きますと、このあたりって絶対地震ないんだよとか、そういうことをおっしゃる地域ってあるのですよね。日本列島全部いつも動いているかと思うと。そういう意味でいくと、一番ある意味では安全な、原子力の施設にとっても安全な

場所が見つけれられることになりましてけれども、それを超えて、つまり日本がどういう地震、過去に災害を受けてきたとか、これから可能性があるだろうかという地質学とか地震学とか、そういう地球科学にも、これは貢献しますよね。

○藤田研究員 はい。

○山根教授 「はい」とおっしゃいましたよ。すごい。ということは、齊藤さん、原子力機構から、ほかから引っこ抜かれる可能性がありますので、気をつけてください。とてもいい仕事です。世界でこういうことをされているところはありますか。

○藤田研究員 この AMS の測定ができる加速器があるところというのは、日本にも十数個ありますので、そういうところがコミュニティをつくってみんなで協力をしてやっているような研究会もありますので、そういったところでみんなで協力してやっています。

○山根教授 日本は最も進んでいますか。

○藤田研究員 そういうわけではないと思います。

○山根教授 かなりいいレベルにある。

○藤田研究員 そうですね。

○山根教授 ありがとうございます。御活躍を御期待しております。やっとうわかりました。ありがとうございます。

井川さん、原子力と言うと何となく原子力発電所と一般の人たちはそればかりをイメージしますけれども、極めて大きな科学の世界、しかもそれがフロンティアだということを今彼女の研究なんかも、原子力のためにああいう研究をしたけれども、それは実はほかの地球科学と物すごい表裏一体のものですよね。そういう理解はなかなか伝えられないのですよね。

○井川論説委員 どうしても原子力というと、原子力発電と、それに反対か賛成かという議論だけで終始してしまうし、これは私どもも反省しなきゃいけないのだけれども、メディアもそっちばかり取り上げるということがありまして。

○山根教授 避けてきたでしょう、そういうことを報道するのを、新聞も。

○井川論説委員 いや、先生がおっしゃるような幅広い分野のほうが、私個人も大事だと思っているのですけれども、生活に直接影響するにはまだ遠いということもこれありまして、研究者の方もなかなか、先生も超特急で難しかったとおっしゃったように、発信がなかなかまだなれてないという側面もあるのかもしれないし、私のほうもそれを翻訳してお伝えする技術がまだまだ足りないのか、努力が足りないということもあるのかもしれない

せん。おっしゃるように、ただ幅広くて原子力というか、核エネルギーというのですかね、小さな世界のそのエネルギーを使うあるいはその原理を解明してそれをうまく活用するという分野は、かなりまだ幅広い可能性があると思うので、皆さんにぜひ頑張ってください、原子力発電だけではなくていろいろな広がりがあるのだということを、そういうことを広めることによって、原子力研究全体の活性化もするでしょうから、ぜひ頑張っていたきたいと思う次第です。

○山根教授 岡嶋さん、ぜひ頑張ってくださいと井川さんはおっしゃっているのですが、先日私お伺いして、2日間にわたって拝見しましたけれども、それはごく一部ののだろうなということがわかりました。そこにこんなたくさんのテーマの広い、幅の広い研究をされていると、一体お金は足りるのだろうかとか、人は足りるのだろうかとか、設備のちょっと古くなったのは大丈夫なのだろうかとか、そういうことをすごく感じたのです。

そういう中で、先ほど何か研究テーマを絞って落としていくのだという、そういうお話もありましたけれども、全体をマネジメントしている立場としては、非常に悩むところですよ。何を残して何を……これはセンター長のほうにも伺いたいところですが、どんなふうに今頭の中でイメージしていらっしゃるのでしょうか。では岡嶋さんから。

○岡嶋副部門長 一番頭の痛い問題なのですよね、正直なところ。やりたいものはたくさんあって、でもなかなか先立つものがないというところで。ただ、最近それでいてなおかつ、特にきょう初めのほうで紹介があったと思いますが、基礎基盤研究というのはプロジェクト的なものからすると一番下のところにあって、結局基礎基盤研究というのは何かというと、大きな底を支える部分で、何とか節約した結果のところに残ってくるものの場合もあるし、ベースとして残さないといけないものもあると思っていますのですけれども、そういう点の力の配分というのは結局やはりこれから先を考えて、何が必要かということで選ぶしかないというのが現実だと思います。

ただ、人というのだけは、これは財産として一番大きいもので、装置は使うのにしてもですけれども、結局いつも新しいものにかえていくのか、あるいはそれでなかったら老朽化でどこまで使えるのかということも限度があるかと思うのですが、人だけは発想だけうまくやっていただければどんどんどんどん新しいもので新しい可能性を創出できる可能性がありますので、そこが一番大事だと思います。

○山根教授 人は足りないですか、足りていますか。

○岡嶋副部門長 人は足りないですよ。足りない中で何とか集める工夫はやっていますけれども。

○山根教授 お金は。

○岡嶋副部門長 お金も足りないですね。ただ、足りない、足りないと言っているだけでも仕方がないので。

○山根教授 外から見ると、原子力機構というのは原子力だから相当お金が入っているだろうとみんな思っていると思うのですけれども、齊藤センター長、私お伺いしてもっとビッカビカにお金が入っているかと思ったのですけれども、何か随分……。

○齊藤センター長 僕は実は原子力機構全体の予算を知らなくて、J-PARC センターの使っている予算というのは把握しているわけですが、それにしましてもこれは相当な金額であると感じています。やりたいことが今の金額や今の持っている人材、そういうリソースを超えているのは当然のことだと思っております、その中からやはり現実的な重要性とか、どこまでその技術がマチュアになっているか、プロジェクトがマチュアになっているか、そういうことを見定めて、本当にこれはやり切れるものなのかというところを判断しつつ、実現性をきちんと判断してやっていく。

これは例えば、技術設計報告書というのを一応 J-PARC センターの中で新しいプロジェクトをやるときにはきちんと書くようにということで進めています。これはほかのところも皆さん同じだと思うのですけれども、やはりそのレベルまできちんと書けること、そこにどれだけ人を手当てできるかというちゃんとしたシナリオが持てること。あとはファンディングシナリオがどういうふうにつくれるかというところ、そこまで含めてやはり実現性をきちんと高めるといっているところをやっていくと、実は最初リソースの 3 倍ぐらいあったやりたいことというのはだんだんだんだんちゃんと精査していくことができます。その精査していく中で、自分たちの力だけで判断するのではなくて、現場の力もちゃんと、現場からも意見を聞き、かつ世界的にもどういう位置づけなのかということです。海外の研究者も呼んで議論するというのを常にやる中で、常にいいプロジェクトをきちんと残しておいて、お金がつけばいつでもこれはできるというところまでやっていくということ。

○山根教授 岡嶋さん、何か時々お話、食事なんかしながらでも、こういう分野をもうちょっと力を入れたいねと、そうするとどんな人がいるかな、こういう人をちょっと来てもらえないかなとか、そんな話はよくされるのですか。

○岡嶋副部門長 できるだけそういう形のアンテナは張って、やはりそういう優秀な人材

はとにかく引っ張ってきたいということはやっていますね。

私最後にちょっと一言だけ、最後というか今のことで言いたかったのですけれども、原子力機構って、結局我が国唯一の原子力総合研究開発機関。じゃあ原子力って何というのと、結局核燃料物質を扱えるとか放射性物質を扱えるとか。これを扱わないと絶対研究は成り立たないものだと思っているので、そういうやはり扱える施設が一番の売りだと思うのです。もちろん原子炉もありますし、いろんなものがあると思う。J-PARC とかという加速器もですが。

きょうのお話でもありましたが、その老朽化という話があって、スクラップ。もちろんそういう点で、いわば家計簿の中で今まず切り詰めることをやって、切り詰めた分何に充てようかという話のところに、ちょうど相当しているかと思うのですが、ただ節約ばかりやっている、だんだんだんだんやはり、さっきの話で人材のモチベーションも下がってしまう部分もあります。だから、その辺のところをどうあんばいするかということがあって、私はスクラップは片づけるのは片づけるでいいのだけれども、片づけた後には一体何がありますかというのをそろそろ見せない、これから先の人材がやはり希望を持ってやっていけないんじゃないかなという気がしています。だから、何かそういうテーマみたいなものもあってやっていくことも、1つのさっき言いました人材を確保するためにも必要ではないかなという。

○山根教授 そうする、99 番のアインスタニウムをアメリカからやっと手に入れて、その原子核の挙動というのを世界でもほとんど調べられたことのないことを解明しよう。これは物すごいわくわくする話で、私これを始めるのですよというので、ちょっとつい茨城方面に引っ張られていったということがあるのですが、オルランディ・リカルドさん、イタリアの研究者がいらっしゃる。ちょっとこちらへどうぞ。

オルランディさんのスピーチは、日本人の方と比べてとてもわかりやすかったのです。それ、ちょっと逆なのですよ。やはり、多分インターナショナルな立場でお仕事をされていると、上手なプレゼンテーションをしなければ仕事がなかなかうまくいかないとか、伝えられないという、そういうこともあるのですかね。わかりやすい説明をされたのは。

○オルランディ研究副主幹 とても大事ですね。同僚と物理の話をするときも。

○山根教授 きょうのほかの日本人の皆さんの研究の発表をごらんになって、お聞きになって、どう思いましたかというのはちょっと伺わないことにしますけれども、例えばすごく大事だと思うのです。先ほど岡嶋さんがおっしゃった、どんなプロジェクトを選んでい

くかとか、どういうものを、例えば国の、きょうは国会議員の先生方もいらっしゃいますけれども、原子力機構にとって、あるいはもっと物質や原子力の大きな時代をつくるために必要だというときに、プレゼンテーション上手じゃなきゃいけないと思うのですよ。なので、彼をプレゼンテーション技術部門の顧問か何かに迎えて、わかりやすい伝え方という努力を僕はしていただきたいなど。きょうの発表全て、頭から終わりまできちぎちに詰め込み過ぎて、もう消化不良でしたけれども。すいません、それは私の意見なのですが。

99 番、アインスタイニウム、この前見せていただいてびっくりしました。といっても見えませんよ。見えないものに 1,000 万ぐらいお金かけたのですね。買ったのですよね。とても 1,000 万で買えるものじゃないそうですけれども、金庫みたいなところをカチャッとあけて、鉛の板の中、これですと言うと、おっと思って。缶の中に入っているのですけれども、中は見せませんと言われました。

その中でも、見ても何も見えないですね。

○オランダ研究副主幹 そうですね。見えない。やはりなくなる。1 年後、もうなくなってしまう。

○山根教授 あれは放射性物質ですから、金庫に入れておくといつの間にかなくなっちゃうのですね。

○オランダ研究副主幹 物を目で見えない。しかしガンマ線とアルファパーティクルを観測したら、どこか、あとどのぐらいまだ残っているか、安全に私たちはできます。

○山根教授 もし何か準備がうまくいなくて、実験がおくれて来年の秋になりましたとかといったら、それはまずいですよね。

○オランダ研究副主幹 そうですね。東海タンデムの……。

○山根教授 どんどん減っていくわけでしょう。

○オランダ研究副主幹 でも予想は、12 月から始まる可能性が高いと思います。だんだん電圧が来年の初めまでふえていったら。

○山根教授 大丈夫。

○オランダ研究副主幹 でも 12 月からいろいろな実験。やはり私の発表は、1 つの実験しか説明しませんでしたけれども、いろいろな実験が予定されていますので、12 月からもう始まる希望を持っています。

○山根教授 中性子を当てるのですよね。

○オランダ研究副主幹 ビームは酸素か……。

- 山根教授 ここからぶつけて出てくる中性子を当てて。
- オルランディ研究副主幹 中性子と陽子を移行して、新しい原子核をつくりたいと思います。
- 山根教授 いつですか、実験開始は、予定は。いつ照射しますか。
- オルランディ研究副主幹 初めは 12 月でも、実験の長さはもう 2 カ月ぐらい、多分 3 カ月、4 カ月になりそうと思います。標的試料がとても小さくて、普通は 1 週間の運転、タンデム加速器の運転で足りるのですけれども、今回は 0.1 μ g しか使えないので、やはり 1 カ月間ぐらい必要だと思います。
- 山根教授 今刻々と、少しずつその日が近づいているわけじゃないですか。実験の始まる日が近づいているわけですね。
- オルランディ研究副主幹 はい。
- 山根教授 毎日ときどきして寝られないとかいう感じじゃないですか。
- オルランディ研究副主幹 そうでもないですけれども。
- 山根教授 よく寝てますか、すいませんでした。
- オルランディ研究副主幹 この実験の、今までやはり開発が同僚の皆さんがグループで開発できましたので、その装置も私たちはよく知っています。使えるので、ビームが出たら実験が……。
- 山根教授 間違いなく世界が注目していますよね、これは。非常に関心高く。日本がこういうことをすると。
- オルランディ研究副主幹 そうですね。アインスタイニウムのニュースはとても人気がありそうです。米国のオークリッジ研究所の話は最近の話かもしれませんが、2 年、3 年後もう一度アインスタイニウムを頑張って分離しましょうかという話があつて、やはりアメリカも大学、別のグループで……。
- 山根教授 またやりましょうと。
- オルランディ研究副主幹 の可能性がありそうですけれども。
- 山根教授 ちょっとお金を早く確保しておかないとまずいかもしれませんね。わかりました。こういうわくわくすることがあるというのは、若い科学者たちにとっては非常にいいですね。こういうことがあると、わくわくする、ときどきするような。こういうことがないと、研究も楽しみがないし、前向きになると思うのですけれども。御成功をお祈りしていますので。皆さんチームでなさいますけれども、こういうすばらしい方で、よろし

く頑張ってください。どうもありがとうございました。

○オルランディ研究副主幹 わかりました。ありがとうございます。

○山根教授 センター長、アインスタイニウムのような、はっきり言うとすぐ何かに役に立つわけではない。こういうことがあるからいいのですよね、サイエンスというのは。と思うのですけれども。

○齊藤センター長 それだけを目的に実験をすると言うといつも怒られるのですけれども、特に素粒子とか原子核という研究をしていると、すぐに役に立たないせいで、うちもよく母親から、おまえもそろそろ世の中に役に立つことをやったらどうだとよく言われるわけですけれども、ようやく少しは J-PARC をもっと役に立つ形でやっていければと思っていますところでありませう。

それはちょっと余談としまして、わからないことをわかる形にしていくというのは、やはり人類共通の好奇心に基づく、これも創造性の一部だと思うのですけれども、そういうものとしてこの原子核の構造というのは、実は非常にシンプルな基本的なブロックからできているにもかかわらず、非常に多様な側面を持っているというところが、これは恐らく研究者の心をつかんで離さない。それがまた新しい驚きを生む。

端的なのは、先日理研のほうでも見つかったというか、理研が命名権を日本に持ち込むことができたニホニウム。森田先生のお仕事ですけれども、ああいうものに代表されるような新しい元素ができるというようなところにつながっていく。そういう技術を磨く中で、必ずしも日常の役にすぐに立つわけではないけれども、学術的なフロントを前に進め、その中で技術も獲得し、それによってひょっとしたら将来役に立つような技術ができ上がってくるかもしれないという種類のものではないかなと思っています。

○山根教授 もう時間が足りなくてそろそろ終わりに近づいてしまっているのですけれども、高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度低減の実現。これは核種変換とかあるいは消滅処理なんてかつて言われたものの技術の 1 つだと思うのですけれども、竹内さんにお伺いしたいのですが、ちょっと時間がないので、私その核種変換というのは、昔オメガ計画というのがあって非常に期待をしたのですけれども、国の予算がとまったと聞いて非常にがっかりしていました。ところが実は地道なきちんとした研究が行われていて、その現場を見ることができて、実験装置を見せていただいたら、その実験装置に助川電気工業というこんな大きなプレートがぼんと張ってあったので、一体この会社はどういう会社だろうと思って、実は帰りに強引に寄らせていただいたのです。きょう社長が見えているので

すよ。いらっしゃいますか、社長。どうぞ。ちょっと、時間がないのですけれども、こちらへ来ていただけますか。

こういう原子力のさまざまな設備や実験装置を支えている、こういう企業がほとんど私たち知る機会がないのですね。なぜ知る機会がないかと思って初めてわかったのですけれども、熱電対ですね、温度をはかる。福島第一がやっと非常電源がつながって、原子炉の状態がわかったのは、温度だけだった。それは私たちの熱電対ですとおっしゃったので、こんなすごいことはないと思ったのですよね。どうして社会に伝わらないかというと、工場を見せてください、写真を撮らせてくださいと言ったら、全てだめなのです。お客さんの申し出です所以说、社員の方も見てはいけないと、黒のパーティションで囲まれた四角い黒いコーナーがあって、そこで、あれは何をつくっているのですか。言えないのですね。

○小瀧社長 ええ、ちょっとあれは。申しわけございません。

○山根教授 ちょっとすき間から見ていいですか、それもだめで、私今回のこちらの取材にお訪ねして、全部外のドアだけ撮ってきたという感じなのですが、どこにも負けない技術ですよ。だからなのですよ。

○小瀧社長 そうですね。我々ニッチな市場でオンリーワンといいますか、ナンバーワンを目指しておりますので。ちょっとオンリーワンではないかもしれませんが、他に負けないものをつくっていると自負しておりますので。JAEAさんと一緒に、あるいは各企業さんと一緒に今言いました最先端のものに少しでも寄与できますように頑張っております。

○山根教授 それがこちらの J-PARC だけじゃなくて、私の秘書が高浜の原発でも助川電気工業って名前がありましたよと覚えていたのですよね。ということは、相当日本中にシェアを持っているにもかかわらず、一切取材に応じないという珍しい会社ですよ。

○小瀧社長 そういう意味では、基本的な技術は我々のものなのですが、それを活用されているのが皆様、開発機構さん初め皆様ですので、そちらのほうの意匠ですから、ちょっとお見せできないということ。

○山根教授 言えないけれどもおもしろいことをやっている。全て一品料理ですとおっしゃいましたけれども、こういう会社があって、本当に人類がつくったことがないような実験装置を受注してつくられちゃうのですよね。

○小瀧社長 そうですね。私が入社したときには、よく原研さんと動燃さん等と会社に来

ていただいて、みんなで額を突き合わせといいますか、これからどのような実験ができるかという可能性を求めていたという、原子力の黎明期の懐かしい思い出もありますので、これから多少いろいろ困難があるでしょうけれども、廃炉に向けて、あるいは新しい原子力の活躍に向けて、少しでも寄与できればと思っていますので、また頑張っていきたいと思っています。

○山根教授 原子力秘密工場という感じなのですが、その割には高速道路おりると上にどーんと助川電気工業って大きな看板があるのはびっくりしましたけれども。

○小瀧社長 鉛ビスマスとかいろいろ熔融金属でも頑張っていますので。

○山根教授 多分助川さんのような力のある、表に出ない企業がたくさんいて、そこにもすばらしいエンジニアの皆さんがいらっしゃるのだということが、僕は今回原子力機構さんの茨城取材で実は非常に実感として得ることができたもう一つの出来事だったのです。どうぞ見限らないで今後ともよろしく願いいたします。

○小瀧社長 こちらこそ、ありがとうございます。よろしく願いいたします。

○山根教授 ものづくりは大事ですので、いい実験装置もつくってください。ありがとうございました。

○小瀧社長 お世話になりました。（拍手）

○山根教授 ありがとうございます。私いつもこういうふうに思いつきで、そのプレート見て何だと思ってすぐ飛んでいっちゃうようなことばかりやっているものですから。でも、きょう来ていらっちゃって、さっき声をかけていただいたものですから、ぜひ皆さんに御紹介したいと思いました。

時間が来てしまいましたけれども、このセッションのテーマは、「原子力の未来は何色か」という、一原子力機構の挑戦—となっているのですね。さっきなかなかうまいタイトルつけたねとかって私のうちのスタッフと話したら、それは山根さんが言ったんですよとか言われちゃって、私自身が何色か余り考えてなかったのですけれども、井川さん、何かいいホームページをおつくりになって、きょうのために、何日かかったんでしたっけ。

○井川論説委員 ただきょう話していると、山根先生がかなりバラ色の面に光を当てられたのですが、どうもメディアにいるとなかなかそうバラ色ばかりじゃなくて、原子力機構さんはさまざまなこれから廃止しなければいけない、つまりぶっ壊さなければいけないかなり難しい、しかも分野の違う、非常に難しい、お金もかかる事業を抱えていますので、できれば山根先生が今おっしゃったように、その面でもチャレンジして、そこをバラ色に

できるような、新しいチャレンジができるようにやってもらいたいのので、ですから何色かという「バラ色」にさせていただきたいと、こういうことです。

○山根教授 ちょっと見せていただきたいのです。

○井川論説委員 またの機会に。

○山根教授 とてもすてきにホームページで、ちょっと紹介しちゃってもいいですか。例えば宇宙探査機が……それだけ、プルトニウム電池の話。宇宙の探査機の。

○井川論説委員 幅広い技術という意味では、これは日本は余りやってないことですが、宇宙探査とかやるのであれば、放射性物質を使った電池、電源というものが必ずや必要になるだろうし、それから海外では量子技術というのをかなり高度化したいろんな実験もやられていて、原研さんがどこまでおやりになっているか必ずしも伝わってないので、しかもどれだけ新しい、アインスタイニウムというのもおやりになっているのだろうけれども、それに加えて幅広くぜひやっていただいて、全体としてバラ色の研究組織というのを目指していただければと思います。

○山根教授 小惑星探査機はやぶさが、かなりの時間をかけてイトカワという小惑星に行って、今またはやぶさ 2 が行っていますけれども、これは日本はイオンエンジンというものを使った。なぜイオンエンジンを使ったかという、太陽の光で電気を起こして、その電気でイオンエンジン、電子レンジみたいなものですが、それで非常に省エネで、そのかわりすごく遅いのですよね。例えばそれをこういう探査機を太陽系のもっともっと外まで行かせようとする、太陽の光がもう届かなくなるので発電できないということで、やはり原子力電池を使いたいという希望がすごく強いようなのです。ですから、実はイオンエンジンの開発者のテーブルの上に、びっくりしましたけれども、アメリカの原子力電池の模型が置いてありました。どうしてですかと言ったら、本当はこれを使いたいだけども、日本は規制があって使えないので、そういう意味での惑星探査力がなかなかアメリカに勝てない部分もこういうところにあるということの話がされていました。こういうものはもう少し皆さんの理解ということも必要ですよね。それからもちろん安全性も必要です。そういう意味では、この分野の課題、そういうことをクリアしたときに、井川さんは、原子力の未来は何色ですか。

○井川論説委員 バラ色にさせていただきたい。

○山根教授 それは私よりすごいな。

ではセンター長は最後に、何色ですか。

○齊藤センター長 このテーマを伺ったときに、何色と答えるかというのはもうその時点で決めていたのですけれども、答えは井川さんがお答えいただいたように、バラ色にしなければいけないということだと思っているのです。バラ色にするということは誰かよその人がやってくれるわけではなくて、原子力機構が取り組む、原子力及び日本の全ての関係者が、科学技術もしくは社会科学でもいいのですけれども、そういう人たちの総力をもってバラ色にしなければいけない問題だと感じておりますけれども。

○山根教授 では、岡嶋さんは何色ですか。

○岡嶋副部門長 私も実はこれを考えて、ここに登壇することが決まって名前が出たときに、ほかの友人から、「まさかバラ色と言うんじゃないよね」と言われたのですよ。それでうーんと思いつながら実は考えてきたのですけれども、実は私は、先ほども言いましたけれども、本当は基盤研究をやっている部分のところなのです。さっきも言いましたけれども、幅も広く深くということからすると、色で言うと実は青色もあれば赤色もあるし、黄色もあるし緑も、いろんな色があるものだと思っています。その色を全部それぞれなりに濃く深くやっていけば、足した色は何色かという、実は白色になるだろうと思っています。そういう意味でも、将来はやはりそういう形でバランスのとれた白色を目指すべきだろうと、私は思います。それが逆に白というのは、ある意味、いい意味で何色にも染まりますという意味ですから、やっている人がこれから先、あるいはこれから先の方がバラ色に染めてくれるかもしれないと期待して、私は白色を目指す。そのためにはいろんな色を一生懸命に深くしていくことが大事かなと思っています。

○山根教授 うまいですね。

では最後になりますけれども、私は今の時代は、2011年の3月11日で真っ黒になった後に、今もずっと灰色のどんよりとした色が続いていて、カラー、色情報を失っているような感じがしていたのですけれども、今これからずっと未来は、夜明け前の深い青ってありますよね、素敵。そこに何か明けの明星と金星がきらきらと輝いているような、何かそのような。そこにだんだん太陽も上がって明るくなっていくのですけれども、そうすると岡嶋さんと同じ白かもしれませんけれども、そこにいろいろな、明けてくる前の星があちこちに輝いているような、そういうものになっていただきたいな。これからの20年間ぐらい。その後は白あるいはバラ色。そこで皆さんで染められるようになってほしいな。この問題は現在、非常に社会的な使命や責任感もありますし、でもそれを乗り越えるとてつもない科学研究とイノベーションを続けていただきたいと僕は思っております。

ということによろしいですかね。難しいですよ。「原子力の未来は何色か—原子力機構の挑戦—」といっても、簡単に言えるものではありませんけれども、これで終わらせていただきます。ありがとうございました。（拍手）

○総合司会（雲野） 登壇者の皆様、本当にありがとうございました。多岐にわたり非常に興味深いお話を頂戴しました。改めまして、モデレーターの山根様、パネリストの井川様に盛大な拍手をお願いいたします。皆様、まことにありがとうございました。（拍手）

会場の皆様にとりまして、原子力の未来は何色に感じられましたでしょうか。

総括及び閉会挨拶

○総合司会（雲野） さて、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より、総括及び閉会の御挨拶を申し上げたいと存じます。

○田口副理事長 副理事長の田口でございます。本日は皆様お忙しい中、この第 12 回の機構報告会にいらしていただきありがとうございます。また、今退場されましたけれども、パネリストの山根先生それから井川さんを初めとするパネリストの方に、大変感謝を申し上げたいと思っております。

今回、「一原子力機構の挑戦—という副題で、この報告会させていただきました。我々のマインドというのが、実を言いますとこのプログラムにあらわれているわけでございます。最初は青砥理事からの大洗の事故の報告から始まりました。次の大井川部長の話の中の、これは最初のほうにあって皆さん覚えていらっしゃるかどうかわかりませんが、我々の今直面している一番の課題といえますか、これから挑戦しなければいけないこと、それは研究開発法人としてイノベーション創出に取り組みながら、かつ「老朽化」という言葉が出ましたが、「高経年化」という言葉を私は使わせていただきたいと思いますが、高経年化した施設をきちんとマネジしていかなければいけないということでございます。

その中のイノベーションの中で、次の 3 人の報告があったわけでございます。1 つは、アプリケーションとして非常にスピノフ、いろんな分野で役に立つ年代測定の話。その前に福島、これは日本としての課題でございますので、実際福島の廃炉を達成するためには、さまざまな技術的なブレークスルー、イノベーションと言っていると思います。それが必要でございます。それから年代測定につきましては、いろんな分野に役に立つもの。それからアインスタインウムは、これはサイエンスとしてわくわくするような、そういう

研究をやっていかなければいけない。それから最後は、これは原子力のエネルギー利用としてのある意味では保守本流の放射性廃棄物の処理・処分の話でございます。それぞれ、科学技術について、我々がこれから挑戦していきたいというものの代表選手について話していただいたわけでございます。

一方、今回座談会という新しい取り組みをさせていただきましたが、その中で山根先生あるいは井川論説委員のお話から、我々非常に元気をいただきました。まだまだ原子力として、原子力の研究開発法人としてやらなければいけないこと、やれること、これはたくさんあるであろうということだったと認めてございます。

それで、私なりに色はということでもございましたので、岡嶋さんに言われてしまったのですが、岡嶋さんとは別の意味で我々今の色は白だと思っています。これから白いキャンバスに我々は色のついた絵を描いていく、これが非常に重要だと思っております。

原子力機構も、児玉理事長の体制になって今 3 年がたったところでございます。その中で、もんじゅは廃炉に向かっていくということになりましたが、御紹介いたしましたようにイノベーション戦略あるいは施設の中長期計画ということで、次の、私はよく中で次の 30 年に考えようと言っているわけでもございますが、次の 30 年の機構の活動の基礎を今つくる時期だと思っております。

そういう意味で、ぜひ我々、真っ白な気持ちでこれから我々が何をやっていくべきか、そういうことを考えて実行していただきたいと思っておりますので、引き続き皆様の御支援をよろしくお願いいたします。

本日は御来場ありがとうございました。（拍手）

○総合司会（雲野） 以上をもちまして、第 12 回原子力機構報告会を閉会いたします。

なお、お配りしておりますアンケートでございますが、ぜひ御記入の上、ホール出口におります係の者へお渡しくださいますようお願い申し上げます。

皆様、本日はお忙しい中、多数御来場いただきましてまことにありがとうございました。

（拍手）

午後 5 時 00 分 閉会