

第43回原子力委員会定例会議議事録

1. 日時 2013年11月26日(火) 10:30～11:45

2. 場所 中央合同庁舎4号館1階123会議室

3. 出席者 原子力委員会

近藤委員長、鈴木委員長代理、秋庭委員

文部科学省研究開発局原子力課放射性廃棄物企画室

西田室長

独立行政法人日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究部門研究推進室

大井川室長

内閣府

板倉参事官

4. 議題

(1) 文部科学省群分離・核変換技術評価作業部会の検討状況について(文部科学省)

(2) その他

5. 配付資料

(1-1) 群分離・核変換技術評価作業部会 中間的な論点のとりまとめの概要

(1-2) 群分離・核変換技術評価について(中間的な論点のとりまとめ)

(1-3) 加速器駆動システム(ADS)による核変換技術の研究開発の状況

6. 審議事項

(近藤委員長) おはようございます。

第43回になりますが、原子力委員会定例会議を開催いたします。

本日は議題がひとつ。文部科学省群分離・核変換技術評価作業部会の検討状況について御報告をいただくことです。よろしいですか。

それでは、事務局。

(板倉参事官) 最初の議題でございます。

文部科学省群分離・核変換技術評価作業部会の検討状況について、文部科学省研究開発局原子力課西田放射性廃棄物企画室長から御説明をお願いするとともに、メインテーブルにおかけいただいている独立行政法人日本原子力研究開発機構、原子力基礎工学研究部門研究推進室、大井川室長からも適宜補足説明をいただき、その後質疑応答を行います。

それでは、よろしくお願いいたします。

(西田室長) 文部科学省研究開発局放射性廃棄物企画室長の西田でございます。どうぞよろしくをお願いいたします。

群分離・核変換技術評価作業部会の中間的な論点のとりまとめにつきまして、御説明をさせていただきますと思います。

この群分離・核変換技術につきましては、2009年の原子力委員会の分離・変換技術検討会におきまして、おおむね5年ごとに評価をすることが適当というふうに指摘をされているところでございます。文部科学省としましては、これを踏まえまして、科学技術学術審議会のもとに、本年7月9日付で山口先生を主査として群分離・核変換技術評価作業部会を設置させていただきまして、専門家による群分離・核変換技術の開発と必要性の方向について議論を行ってきたところです。本年10月30日に第5回作業部会を開催して、そこでおおむね御了解を頂き、必要な修正を行ったあと、11月22日に最終版を公表させていただいているところです。

中身につきましては、資料1-2に沿って御説明をさせていただきます。

まず、資料の中の2ページ目のところからでございますけれども、今回の群分離・核変換技術の原子力政策との関係について若干述べさせていただきます。ここにつきましては、日本学術会議が高レベル放射性廃棄物の処理について将来可能となる選択も視野に、暫定保管という概念を提示するなど、将来の政策的な柔軟性への対応が課題となっているところです。高レベル放射性廃棄物の処分につきましては、数万年にわたり、人間の生活環境からの隔離が求められるなど、環境との調和において高いハードルを克服していく必要があるということを記載しております。

こうした将来における政策的な柔軟性を確保するためには、放射性廃棄物の処理・処分に関する研究開発を着実に推進し、技術的なオプションを増やすとともに、より環境に調和しやすい形での処理・処分の方法を提示し、最終処分を円滑に進めていくことが重要であると書かせていただいております。

次に、今回の調査検討の観点ですけれども、3 ページ、上から二つ目の丸ですけれども、本作業部会では、これまで実験室レベルにとどまっていた群分離技術及び加速器駆動核変換システムを用いた核変換技術について、現時点において研究開発の中心となっている日本原子力研究開発機構の取組を中心とした研究開発の進捗状況や工学規模での研究開発を可能とする出力規模の高い核変換実験施設の整備の必要性や有効性、整備計画の妥当性等を中心に検討を行わせていただきました。

また、我が国の原子力分野における技術レベルの向上、人材育成の観点からの取組とともに、国際協力での取組の在り方についても、併せて検討を行わせていただいたところです。

今回の群分離・核変換技術の具体的な研究開発状況につきましては、この後、原子力機構から具体的に説明をさせていただきますので、ここでは割愛をさせていただきたいと思いません。

資料の8 ページですけれども、今回の中間まとめでは、国際協力に係る取組について、冒頭ですけれども、本技術は極めて広範囲な技術が協働することで成立するものであることから、本技術の研究開発は核不拡散の枠組みのもとで国際協力によって推進することが適当であると記載しております。

また、工学実証に向けた国際協力での取組につきましては、現在、ベルギーにおきまして、照射試験用のADSであるMYRRHAの建設が計画されているところです。これについて、9 ページの中ほどにありますように、J-PARCの核変換実験施設とMYRRHAの成果を相互に補完することで、より効率的に核変換技術の実用化に向けた課題の解決が可能になり、ADSに関する研究開発の加速を図ることが期待されること。本技術の研究開発に当たっては、海外の研究開発との連携や我が国の研究開発への海外からの参画等を積極的に進め、実炉規模の核変換実証施設の手前までの研究開発コストを全て自国で進めた場合の費用と比較して、低減できるように図るべきであると書かせていただいているところです。

今回の中間とりまとめでの全体評価については、11 ページから記載をさせていただいているところです。

まず、全体の評価として、将来の原子力政策や技術の不確かさに対して、有望と考えられる技術的オプションを提示し、将来における選択肢の広がりや柔軟性を保証するべく最大限の努力を払うことが大切であるという御指摘をさせていただいた上で、現在、中心となっており、高速増殖炉サイクルによる核変換技術につきましては、既に原理実証段階にあり、より実用化に近いところにあるわけですけれども、将来の政策的柔軟性への対応を可

能とするための技術的オプションとしての成立性を判断するためには、ADSを用いた核変換技術についても原理実証段階に移行し、効率性・経済性、また廃棄物の減容効果等に係るデータ、知見を蓄積していくことが必要であると書かせていただいております。

また、今後の進め方としては、12ページの中ほど以降、ロードマップを今回新しくつくっておりますけれども、平成21年の分離変換技術検討会において原子力機構が示したロードマップが、現状を踏まえて適切に更新されていること、また、今後の施設整備計画等の具体的な策定に当たっては、今後の研究開発の取組状況を適切に反映していくとともに、このロードマップの中の更に将来の部分の取組については、今後の原子力政策の見直しや高速増殖炉サイクルによる核変換技術など、ほかの分野も含めた研究開発の進捗状況を踏まえつつ、適切なタイミングで実施について判断されるべきであるとしております。

また、将来、我が国の原子力発電システムへの群分離・核変換技術の本格導入を検討する段階におきましては、発電用高速炉利用型サイクルの概念とADSを用いた階層型サイクルの概念につきまして、技術的成立性、費用対効果、社会的受容性等の観点からの比較評価を行うことが必要となると考えるため、その際の判断基準を考慮した研究開発を進めるべきだと指摘しているところです。

また、14ページの方ですけれども、基礎基盤研究の推進と人材育成について、群分離・核変換技術は概念検討段階から原理実証段階に移行する過程にあり、また更なる研究開発が見込まれることから、基礎研究を行う大学等から、プラント技術開発を行う産業界まで、原子力機構を中心に連携を強化する必要があると指摘をさせていただいております。

また、最後に、15ページですけれども、引き続き検討が必要な事項をまとめております。具体的には、マイナーアクチノイドなどの調達を含めたMA取扱い施設の整備の在り方については、引き続き検討が必要であること。また、J-PARCに今後整備を予定しております核変換実験施設につきましては、今後、施設整備計画の策定等に当たっては、前提となる成果の達成状況、運用・保守も含めた技術的実現性、規制等への対応に係る検討など、段階に応じて進捗状況をチェックすることが必要であること。また、FPの核変換技術を含めた技術的進歩や全国的な推進体制の構築について、今後広く検討することが重要であること。また、加速器による研究開発について、アジア諸国と連携をする可能性を模索するなど国際協力のより一層の活性化に努めるべきであること。また、ベルギーのMYRRHA計画への参画につきましては、原子力機構だけでなく、大学や産業界も含めた国としての対応が重要であり、貢献に関する交渉の状況等について適宜報告を受けていくこと。最後になりますけれども、作業部

会としては、これらの進捗状況について必要に応じて報告を受けるとともに、技術評価について引き続き調査・検討を行っていくということで、文部科学省としては、次のステップに進めていくということですが、その状況については、適宜適切にチェック・アンド・レビューを引き続きしてまいりたいと考えております。

中間とりまとめの概要につきましては、以上でございます。

(近藤委員長) 御説明、ありがとうございました。

それでは、御質問、御意見をどうぞ。

(鈴木委員長代理) ありがとうございました。

JAEAからの説明は特にないですか。

(大井川室長) それではよろしいでしょうか。

(近藤委員長) 何か補足したいことがあれば、どうぞ。

(大井川室長) 原子力機構の大井川と申します。よろしく申し上げます。

それでは、お手元の資料1-3に従いまして、説明させていただきたいと思っております。

加速器駆動システムADS利用の核変換技術の研究開発状況でございます。

まず、2ページですが、ADSとは何かというところから簡単に説明させていただきたいと思っております。下の絵にありますように、超伝導陽子加速器で陽子ビームを加速しまして、それを核破砕ターゲットに導きます。そうしますと、核破砕ターゲットで大量の中性子が発生しまして、この中性子をマイナーアクチノイドに当てまして、それを短寿命化するというシステムでございます。マイナーアクチノイドが高速中性子を吸収しまして、核分裂する際には中性子が更に出ますので、その中性子を用いて更に核変換するというので、連鎖反応を用いて効果的に核変換をしていくというシステムになってございます。

未臨界状態になっておりますので、陽子ビームを止めるとこの連鎖反応は即座に止まるということで、安全性が高いという特徴があります。

それから、臨界状態ではなく、未臨界で運転するというので、微妙な反応のバランスに影響されることが少ないということで、マイナーアクチノイドをたくさん含んだ燃料を使うことができるということで、効率的なマイナーアクチノイドの核変換が可能になります。

それから、エネルギーバランスについて、左下の絵を見ていただくとわかりますように、このシステムですと、陽子ビーム30メガワットを最大で入れますと、未臨界炉心で800メガワットの核分裂エネルギーが出ます。それから発電が270メガワットで、そのうちの100メガワットを加速器へ給電するというので、エネルギー的には外部からの給電が必

要ないということで、自立した核変換システムということで成り立つと考えております。ADSを用いました核変換システムについて研究開発を進めてきているところでございます。

3ページでございますが、平成21年の原子力委員会におけますチェック・アンド・レビューにおきまして、このADSに関する指摘事項というのが四つございました。最初が加速器に関するもの、それから二つ目がビーム窓に関するもの、三つ目が炉物理的課題に関するもの、四つ目が鉛ビスマス冷却炉に関するものでございます。

まず、加速器に関するものにつきましては、安全性、信頼性、経済性と、そういった性能目標の達成がちゃんとできるような、そういう加速器が実現していないといけませんということが言われています。これに対しまして、我々としましては、信頼性というのが非常に重要なポイントだと考えておりまして、J-PARCのリニアックの運転データから推定したデータをもとにした検討を実施しているところでございます。

それから、ビーム窓に関しましては、その工学的成立性についていろいろ検討しておりまして、成立の見込めるビーム窓の概念を提示してございます。これについては後で説明させていただきます。

それから、炉物理的課題に関しましては、新たに評価されましたJENDL-4.0及び誤差評価システムを基に核変換システムの核データ起因誤差を定量的に評価しております。その解析の不確かさを低減するために必要な炉物理実験の検討を行っております。

それから、鉛ビスマス冷却炉に関しましては、レベル1 PSA手法を用いまして、高速炉の研究開発で開発されております安全解析コードを用いた動特性解析等を実施しているということでございます。これについても後で説明させていただきます。

そのほか4ページですけれども、取組の在り方ということで、ADSに関しましては、基盤的データの蓄積、炉心概念の検討、加速器や鉛ビスマス技術、核破碎ターゲットの研究開発が必要であると。それから、海外の同種の取組、加速器中性子源の開発の進捗、高速増殖炉の実用化を目指した研究開発等と連携して効率よく推進していくべきだと言われております。

それから、核破碎中性子源と高速未臨界炉心を組み合わせた模擬実験は世界的にも未着手であるということで、J-PARC等の活用が期待されるというふうに言われています。その際には、加速器-未臨界炉結合実験としての京都大学原子炉実験所における実験成果等を十分に参考にすることが望まれるということで、我々も京都大学の実験に参加して、一緒に研究開発を進めているところでございます。

5ページは、当時のチェック・アンド・レビューで提示しましたロードマップで、この中

にオレンジ色で「現在の状況」というのを示してございます。ただ、この線より上がすべてもう完了しているかということ、そういうわけではありませんで、その辺もまだ進捗しつつもその次の段階に移行していきたい、そういう状況にあるということで、この絵は描かせていただいております。例えば、左側の燃料のところですけども、データベースの拡充というのはもう既に終わっているかのように見えますけれども、マイナーアクチノイド窒化物燃料サンプルの試作だとか、電解精製の試験だとかをやりながらデータベースを拡充しているという、そういう状況でございます。

6 ページは、JAEAで現在検討しているADSの概略仕様ということで、陽子ビームが1.5 GeVで、鉛ビスマスの核破砕ターゲット及び冷却材を用います。未臨界で K_{eff} 実効増倍率が0.97というシステムで、熱出力を800メガワットとしまして、年間大体250キログラムのマイナーアクチノイドの核変換をすることができます。

それでは、具体的な研究成果についてちょっと説明をさせていただきたいと思えます。

7 ページですけども、まずは超伝導加速器の信頼性評価ということで、左にあります図はJ-PARCのリニアックの運転データを解析しまして、各構成要素の平均トリップ間隔、機器が故障して止まるまでの間の時間ということになります。いろいろなコンポーネントがあるわけですけども、100時間ぐらい動いてとまるという、そういうことがこのグラフから見てとれると思えます。ただ、RFQとか、ビームロスモニターだとかは非常に短い間隔で止まってしまっていて、これらは初期故障であったりするという、そういうデータになっています。

こういうデータ解析に基づきまして、実際のADSを組んだときにどれぐらいのビームトリップ、ビームの停止が発生するかというのを検討したのが右側の図になります。黄色の棒グラフがLANSCEとKEKBということで、アメリカの加速器とそれからつくばにありますKEKBの加速器のデータから評価したものになります。青のグラフがJ-PARCのデータから評価したものになります。これに対しまして、赤で許容ビームトリップ頻度というのを示してございますけれども、これはADSの設計側から年間どれぐらいのビームトリップが許容できるかというのを検討した結果になっております。

例えば、ビームトリップ時間を三つに分けてございますけれども、一番左側、ゼロ秒から10秒というトリップ時間でありまして、許容ビームトリップ頻度を下回るような運転実績からの評価値ということになっています。それでこの部分は成り立つだろうというふうに考えています。

一方で、10秒から5分というビームトリップ時間に関しましては、まだ運転実績からの評価値が上回っているということで、この頻度を下げていくということが必要になってきます。5分以上のビームトリップ時間では更に10分の1程度にビームトリップ頻度を下げないといけないということで、頻度を下げるといふのと、それからもう一つはビームトリップの時間、止まっている時間というのを短くして、できるだけ早く開始をさせる。そういうふうなシステム構成をしていかななくてはならない。

(近藤委員長) 短い停止は頻度が高くてもよいというのは、どのように途中で決めたんだっけ。発電所ではないから供給安定性の要求がないとすると、疲労ですかね決めたのですが。

(大井川室長) ビーム窓の疲労とか、いろいろなリアクターのコンポーネントの熱疲労から決めています。

それから、8ページにまいります。陽子ビーム窓の工学的成立性に関する検討ということで、ビーム窓といいますのは、右上の図の青で書いてあります試験管の先端のようなところですけども、ここが上側、矢印の書いてある方は真空中で、陽子ビームが飛んでくる場所です。その下側というのは鉛ビスマスが流れていて、核破砕が起こるところということで、その真空と鉛ビスマスを分ける壁というのがビーム窓になります。ここは大体0.8メガパスカルの外圧がかかっているということで、破壊するモードとしては、挫屈というのが考えられます。これに対して安全確保していくということで設計をしております。

検討条件は、ここにありますように、温度だとか、鉛ビスマスの流速だとかを設定しまして、その結果、左下にあります図のように、厚さを2ミリから3ミリに変えたような、こういう構造にしてやることで、構造的には成り立つだろうという見込みを得ております。ただ、照射の影響というのが重要で、照射効果に関しましては挫屈耐性を増加させる方向になるということが大体わかっているのですけれども、延性ぜい性遷移温度DBTTと呼ばれている特性があるのですけれども、これに関しましては、ちょうどこういう運転条件でのデータがないということで、今後更に鉛ビスマス中の腐食だとか、熱流動、それから照射データの蓄積というのが必要だと、そういうふうに考えております。

9ページでございますが、ADSの核特性解析精度の向上ということで、左側にあります図は、これはADSの、BOCと書かれているのが運転の初期の K_{eff} 実効増倍係数、これが1になりますと臨界になるということで、1を下回るところで運転していくことになります。EOCとありますのは、運転末期のことで、初期から末期にかけて K_{eff} の値というのは小さくなっていくように設計しています。我々はJENDL 3.3等を用いまして、運転初期のBOCで大体0.

97になるように設計しておりますが、これを核データファイルJENDL4.0という最新のものに変えますと、非常に1に近くなってしまうということで、まだまだ核データの精度というのが余りよくないということが、この図を見てもわかるということです。

右側にこの違いの主な原因というのを示しておりますけれども、アメリカシウム241だとか、鉛同位体の断面積の差が大きい。そのほかプルトニウム239などの影響が大きいということがこのデータからわかります。

ということで、我々としては、より核データの精度を高めていく必要があるということで、積分実験などをしていく必要があるというふうに考えているところでございます。

10ページはADSの動特性解析ということで、左側の図は流路閉塞事象の解析になっていきます。ちょっと見づらいのですが、横軸はラディアルと書いてあります。1、2、3、4、5、6、7とありますが、その3のところの矢印が小さいのが右側に流れているのですが、この3のところの流路が閉塞した場合にどういうふうになるかということで、検討しておりますが、ADSではダクトのついていない集合体を使うということで、ラディアル4と書いてあるところの集合体からの鉛ビスマスの横流れによりまして、冷却が引き続き行われるということで、大きな事故にはならないということがこれで示されています。

それから、右側、ADSにおけるULOF時の燃料被覆管温度変化というのは、ポンプが止まった時にビームが出続けるという、非常に仮想的なことが起こったときに、どういう温度変化になるかということで、一応燃料及び被覆管の融点は下回るということが示されていますけれども、これでどれぐらい燃料がもつかというのは今後の検討課題になっていくところでございます。

以上がADS本体に関することで、11ページからはADS用燃料、それから乾式処理に関するところでございます。

平成21年のチェック・アンド・レビューのときに言われていることとしましては、窒化物燃料乾式再処理による燃料サイクルシステムの実用性を示すことということ、それから、ちょっと小さい字で書いてありますが、高速炉用の金属燃料再処理技術の活用を積極的に図るべきだというふうに言われています。

それから、所定の使用条件下での燃料性能及び高燃焼度を達成する窒化物燃料が製造できることを高い信頼度で確認することということが言われています。

それから、共通的なことでキュリウムを含めたマイナーアクチノイド含有燃料の基礎データベースの整備が不十分だということ。高線量・高温環境下でのマイナーアクチノイド含有

燃料に対して工学規模での技術的成立性を判断するための知見が必要であるということ。

それから、まずは相対的に施設負荷の小さい燃料ピン・ペレットレベルでのデータの充実を図っていくということが必要であるということが言われています。

ADSに関しましては、特にMA含有率の高い燃料の工学規模での製造技術についても知見が乏しいということが言われてございます。

これに対しまして、まず乾式再処理に関しましては12ページでございませけれども、MAの基礎データベースを整備してございます。それから、特にデータが不十分であったキュリウムのデータも取得しております。

ここで、参考資料と書いてあるところ、すみません、今回資料としては省かせていただいているので、ここにはついていないので申し訳ございません。

それから、窒化物燃料の固有課題の陽極技術につきましては、電解残渣からのプルトニウムやMA回収法を考案しております。それは次のページで説明させていただきたいと思っております。

それから、窒化物燃料の製造に関しましては、不活性母材含有マイナーアクチノイド窒化物ペレットの調製条件を確立しております。これについては次のページで御説明をさせていただきます。それから、熱物性と固溶度の評価式の開発というも行っております。そのほか自己照射損傷によります格子定数の変化だとか、熱物性変化を定式化するというものも行ってございまして、これも次のページで説明させていただきます。

13ページの左側は、まずはマイナーアクチノイドの回収というところでの実験になります。我々の目標としましては、99%以上のマイナーアクチノイドを核変換するという目標を置いておりますが、そのためにはこういう乾式処理のときに、不溶解残渣の方になってしまうマイナーアクチノイドだとか、プルトニウムをいかに回収するかということが大きな問題になってくると考えてございまして、ここではプルトニウムが熔融塩の方に溶けていって、ジルコニウムが残っているという、こういうことでプルトニウムの回収ができるということを実験的に示していると、こういう実験を行っております。

それから、13ページの右側ですけれども、こちらは不活性母材、ジルコニウムナイトライドを考えておりますが、これを含みましてマイナーアクチノイドの窒化物燃料の調製方法を示したものです。ジルコニウムナイトライドとTRUの窒化物の固溶体というのを粉碎・混合・成型しまして、一度窒素、それから4%水素気流中で加熱しまして、それをもう一度、粉碎・混合・成型しまして、もう一度加熱するということでペレットを焼きますと、非常に理論密度の高い、よいペレットができるということがわかりました。ということで、こうい

うペレットの調製技術を確立してございます。

このペレットを用いまして、14ページですけれども、熱伝導率の測定等を実施しているところで、非常に多様なマイナーアクチノイドを含みましたペレットを作りまして、ジルコニウムナイトライドの含有率をパラメーターにこういう熱伝導率の測定というのを行っております。これは定式化しまして、燃料設計に用いるということを思っています。

それから、14ページ右側は、マイナーアクチノイド核種の α 崩壊の影響ということで、調製後の経過時間がふえるに従いまして、熱伝導率が悪くなっていくということを示しています。ただ、これは酸化物燃料に関するもので、窒化物ではこういうことは起こりにくいのではないかと考えています。

以上が個別課題でありまして、15ページからは研究開発段階の考え方ということで、原子力学会の研究専門委員会におきまして、技術成熟度の基準等を参考に、今の技術課題というのを検討したことがあります。

これは3年ほど前に行っていた活動でして、そのときからの進捗等を考えて、我々として、今どういうところに技術があるのかということを検討して、この評価作業部会では御説明させていただいております。

16ページの方に移っていただきまして、こういう技術成熟度の評価を通しまして、我々としてはそれぞれの技術分野、いろいろ燃料の部分、それからADSそのものの部分、再処理、それからマイナーアクチノイドの分離の部分、いろいろあるのですけれども、TRLの5番というのは実用化一歩手前と、実用化というか、工学的なところという、そういうところなのですが、難しい要求であるということをご認識しております。というのは、マイナーアクチノイドというのは非常に取扱いが厄介であるということで、そのマイナーアクチノイドの調達だとかが非常にしにくいということで、MA装荷ADS炉心に関しましては、そういうマイナーアクチノイド核データの積分実験がこの段階に相当すると考えております。それから、ADS用のマイナーアクチノイド燃料サイクルに関しましては、数十グラム規模のマイナーアクチノイドを用いた小規模ホット試験ということや準工学規模のコールドユニット試験、こういうのをやっていかなければいけないと、そういう状況にあります。

ということで、すべての分野で相当量のマイナーアクチノイドを用いた試験が可能なインフラの欠如というのが、今後の障害になってくるであろうということを考えているところでございます。

ということで、17ページからはまとめに入っていくのですが、17ページの方は既に御

説明しました中身ですので、省略したいと思いますが、ADSに関して加速器、それからビーム窓、それから核データ関係のところ、それから鉛ビスマス炉の安全性に関する検討等を行ってきております。

燃料サイクルに関しましては、乾式処理とそれから窒化物燃料の製造についての研究を行ってきております。

18ページが、最終的な今後の課題ということで、先ほど言いましたように、TRL5の部分が重要な開発目標になってきていまして、我々研究者、技術者が責任を持って技術の到達レベルを見通せる開発段階を達成するということが、当面の我々の目標だというふうに考えております。

そのために主な課題としまして、ビーム窓の工学的成立性評価のために、鉛ビスマスの核破碎ターゲットの運転と材料照射データの充実、これを、先ほどありましたJ-PARCのADSターゲット試験施設の方で行ってまいりたいというふうに考えているところです。

それから、MA装荷体系の核特性予測精度検証のためのMA装荷炉物理試験と、それから核破碎ターゲットと高速未臨界体系の核特性評価、こういうのをJ-PARCの核変換物理実験施設で行っていきたいと考えております。

それから、ある程度の出力規模を有するADSの設計・建設・運転ということで、これはベルギーのMYRRHA計画と連携していきたいというふうに思っているところでございます。

あとMA燃料関係のサイクルにつきましては、先ほどありましたような小規模ホット試験とか、準工学規模のコールドユニット試験を行ってまいりたいというふうに思っております。そのほか照射挙動だとか、機械的特性の把握、ふるまいコードの整備等が今後の課題と思っております。

以上です。

(近藤委員長) はい、補足説明、ありがとうございました。

確認ですが、MYRRHAが必ずできるように説明されたけれども、現在は、ベルギー政府が4割は出すところ、興味のあるスポンサーが出てきてお金が集まれば着工することあるべしという状態にあるところ、いまはまだ資金の手当の見込みがつかない状態というのが、状況が確か、今年だったか私の理解です。それで正しいですか。

(大井川室長) はい、幾つかの国が関心表明ということでは手を挙げていますが、具体的にどういうコントリビューションを行っていくというところまではいっていないと思います。

(近藤委員長) したがって、スケジュールは未定ですね。

(大井川室長) MYRRHA側のスケジュールは2016年着工ということになっています。

(近藤委員長) 資金の見込みをつける目標ということ。

(大井川室長) そうです。

(近藤委員長) お金が集まっていないからわからないですね。たしかに努力状況です。努力するが、関心表明をする国はあるんだけど、出すことを決めている国はない。それぞれの国が今は財政事情が厳しいですからね。

それでは、鈴木委員、どうぞ。

(鈴木委員長代理) ありがとうございます。

いよいよ基礎基盤研究から、原理実証という言葉になっていますが、要素技術の実証段階に入る、その直前まできているという説明ですよね。それで、それがこちらの資料中間報告のほうでは、説明のほうでは一応ADSと高速炉と両方載っかってはいるんですよね。両方評価を一応されたということですよ。

(西田室長) 評価として、高速炉については、「もんじゅ研究計画作業部会」の方で実施しており、それを踏まえまして、今回の作業部会では、加速器駆動核変換システムを中心に技術評価を実施しています。

(鈴木委員長代理) 多分多くの方は高速炉の話とADSとの関係が1枚の紙で説明されて、こちらの参考資料のほうではそうになっていますよね。そこが、この間「もんじゅ」の話も聞いたのですが、「もんじゅ」も発電プラントとして動かす話と核変換の研究開発として使うということが両方書いてあって、その開発段階が微妙に異なるので、その説明が難しいということと、きょうのお話も高速炉のお話と、それからADS加速器の開発の話と、それから燃料サイクルの乾式再処理の要素技術の開発と、それがどれぐらい本当にうまくそろっているのかというのがよくわからないというか、多分一番進んでいるのは「もんじゅ」ですよ、当然ながら。それから乾式再処理というのは、どうやら今聞いていると、一応原理実証ができたけれども、まだなかなかこれからですよ。それから、ADSの加速器の話もこれからですよ。

そういう状況でちょっと心配なのは、原理実証段階に移るという説明が一部の方には、あたかも実用化にすごく近づいているというふうな印象を与えているところがあるので、そこはきちっと説明していただきたいということと、実際に私がお伺いしたかったのは、今、国際協力の取組の8から9ページのところなんですけど、MYRRHAは1, 250億円もかかると。それに日本がお金を出すことによってどれだけ日本にとってメリットがあるのか。それから

逆に日本のADSも海外からいろいろ一緒に協力したいという話もあるわけですから、日本の施設の研究開発に海外からお金をいただける可能性があるという、その9ページの上のほうの最後のところ〇（マル）ですね。今の技術開発のレベルの話と国際協力で実際に資金や技術的な共有がどういうふうによく効果的にできるのかというところが一番重要だと思いますので、こここのところの今後の評価とか、説明とかはどうなっていますでしょうか。

（西田室長）今回の作業部会の結果を踏まえて、要素技術の研究開発などを進めさせていただきますけれども、今後、本格的に核変換実験施設の具体的な建設計画に入る前に、あるいはMYRRHAについて、今後ベルギー等との協議自体は継続をさせていただきますけれども、具体的に日本としての参画を決定する前の段階につきましても、文部科学省として、その実施状況、あるいは他の分野の研究開発状況を踏まえて評価をした上で判断をしてまいりたいと考えております。

（鈴木委員長代理）それは評価作業部会で引き続きやっていくということですか。

（西田室長）はい、そのように考えております。

（鈴木委員長代理）ここに全く予算の金額が入っていないんですけれども、一体どれぐらい今までお金がかかって、今後しばらくどれぐらいの予算でやられるというのはありますでしょうか。

（西田室長）今までは大体数億円規模の予算でやっておりました。来年の概算要求につきましては、平成26年度概算要求で8億円程度、それから補正予算でも数億円程度要求しているところです。まずはそうした予算で要素技術の開発を行った上で、先ほど申し上げたような状況の評価を行い、具体的な建設フェーズに入れば、それに伴った予算要求をまた改めてさせていただきますと考えております。

（鈴木委員長代理）そうすると、まだ今の段階では工学施設の建設は決定しているというわけではないというふうに確認してよろしいですか。

（西田室長）それに向かって進んでいくということを言っておりますけれども、まだ建設自体はきちんとチェック・アンド・レビューをした上でやっていくというのが基本的なスタンスです。

（鈴木委員長代理）わかりました。

それから、技術的な話なんですけれども、乾式再処理というのはJAEAでは今まではやりやっておられなくて、電中研でやっておられたと思うんですけれども、この辺は今後は、電中研でやっていた技術をJAEAと一緒にやって引き受けるということですか。

(大井川室長) 電中研がホットのものを使って国内でやるときには、結局原子力機構のセットを使ってやっていたから、その辺はほとんど国内では一体的です。

(鈴木委員長代理) そうなんですか。

(大井川室長) 電中研はかつてアメリカでIFR関係の乾式処理のことをやられていましたので、その辺、実用化に近い工学的な技術というのは我々よりも強いと思っています。それから我々が持っているホットのポテンシャルと電中研のお持ちの工学的なところを合わせていきたいというふうに思っております。

(鈴木委員長代理) これもやっぱり工学的な施設をこれからつくらなきゃいけないと、もしやるとなったら。乾式再処理。

(大井川室長) これは非常に難しいところでして、ADSの乾式処理の規模というのは、恐らく年間10トンの処理量があれば十分だと考えています。ですから、今の施設のホット実験室レベルのものと、それからコールドの工学規模のものをうまく組み合わせれば、次の実証というところをほとんど実用に近い規模でできるのではないかといいように思っていて、その辺うまく考えていきたいと思っています。

(鈴木委員長代理) 高速炉のほうも、高速炉サイクルのほうだともっとたくさん大規模なものが要るわけですね。こちらだとそんなのは要らないと。

(大井川室長) そうです。

(鈴木委員長代理) なるほど。

それから、鉛ビスマスの話は、これは日本ではどれぐらい今までやられていたんですか。海外でロシアがやっているのは存じ上げているのですが、これは日本ではどれぐらいとしては

(大井川室長) これまで10年以上にわたってループ試験を実施してきておりますが、まだそういう意味で使いこなせているかという点、まだまだです。ロシアというよりも、今はヨーロッパです。ドイツだとか、ベルギー、イタリア、スウェーデン、そういうところにループがありまして、特にドイツのカラと言われているループがあるのですが、非常に優秀な運転技術を持っていて、その辺から学ばないといけないところもたくさんあると思っております。

(鈴木委員長代理) こちらのほうも、じゃ施設がまた要ると。

(大井川室長) 鉛ビスマスそのものに関してはループの試験をもう少し拡張していくというようなことをやっていきたいと思っています。それを今度はホットにやっぱり持っていかなきゃいけない。それをJ-PARCのADSターゲット試験施設で実現したいというふうに思っており

ます。

(鈴木委員長代理) 最後にADSなのですが、今度のJ-PARCのトラブルでかなり遅れていると思うんですが、その影響はいかがですか。

(大井川室長) 直接のリンクはないというふうに考えておりますが、やっぱり事故想定とかに関しましては、よく考えてやっていかなければいけないということを改めて我々としても肝に銘じておかないといけないというふうに思っているところです。

(鈴木委員長代理) ありがとうございます。

(近藤委員長) どうぞ。

(秋庭委員) 御説明をありがとうございました。

まさに私は今、鈴木委員長代理がおっしゃられたように、実現化に近づいたのかという印象を持ってしまった一人です。現在、高レベル放射性廃棄物の処分についていろいろと動きがあったりして、注目度も高い状況中で、廃棄物の減容化ということは本当にだれもが願っていることだと思っておりますので、この技術に対しては期待が大変大きいと思っております。そんな中、このようなとりまとめがあると、これはすごいと、いよいよできるのかというようなイメージを持ちがちですが、まだまだ段階を経なければならないということをお伺いしていて、まだ遠いことなのかというような印象を持ちました。

そんな中で、今、報告書を最初に御説明いただきましたけれども、「もんじゅ」など高速増殖炉とこのADSの件に関してですけれども、このADSについて、こちらが有望になったのか、どうなのかというところがとても気になるところです。例えば、この中間のとりまとめの3ページ一番下のところでは、平成21年の原子力委員会の報告書について技術的にはクリアしてきたという話がありましたけれども、ここに「ADSを用いた核変換技術を高速増殖炉サイクルによるMAの均質リサイクル技術が所定の性能目標を満足することができないと判断されたとき、あるいはADSを用いた核変換技術が技術的成立性や開発に係る費用対効果の点で勝っていると判断されたとき」というふうにあります。そして「開発対象として採用が検討される可能性がある」、つまり今回のことというのは、5年ごとの評価で既に高速増殖炉との比較で、それはもうやめたほうがいいのか、こちらのほうが、ADSのほうが勝っているというふうに判断があったというふうに考えたらいいか、そこがちょっと戸惑っているところです。

更に4ページの下のところには、ADSを用いた核変換技術については、「今後の我が国における原子力政策の方向性が明確になっていく過程で、導入シナリオ等を再検討する必要が

あるとともに、我が国のADSについては本格導入を検討する段階では」というふうここに書いてありますね。ここにも技術的成立性や費用対効果の点に関して、判断されることが適当であるということで、つまりこの判断が今あったというふうに理解をしたらよいのか、そこがちょっとはっきりしなかったので、是非伺わせてください。

(近藤委員長) その点は原子力委員会が判断すべき事項でもある。

(秋庭委員) そうですね。すみません。お話を伺ってきて、有望なことではありますが、これは大きな問題でもあるので、この辺は文部科学省としてはどのようにお考えになっているのか、是非お願いいたします。

(西田室長) ありがとうございます。重要なポイントかと思えます。

これにつきましては、今回我々がしましたのは、核変換技術の技術評価という形でやらせていただいたという認識でして、飽くまで分離変換技術の一つのシステムとして見たときに、高速炉サイクルのタイプと今回の加速器駆動による階層型サイクルのタイプと二つある中で、階層型サイクルも選択的なオプションを今後持つ上では、一つ有意義な手段であるだろうと言わせていただいております。ただ、これが実際に実用化するかどうかは全く別の話でして、研究開発としては、やはり高速増殖炉型の核変換システムというのが、文部科学省としてもメインの取組だと認識していますので、まずそれを中心にやっていくということです。ただ、今後の原子力政策の進み具合とか、あるいは高速増殖炉の研究開発の進捗状況が将来進んでいく中で、場合によってはADSの技術的な進捗も含めて、可能性としては出てくるかもしれないということであり、そのときにはこの報告書の中に書いてございますように、その時点での評価を改めてさせていただいた上で、実際にADSを実用化に向けて進めるかどうかを判断しなければならないということです。この作業部会のまとめが出たからといって、いきなり実用化までこれを進めていこうということを現時点で判断しているわけでは必ずしもないということは、この報告書の中でもお伝えをさせていただいたところです。

(秋庭委員) ありがとうございます。どちらにしろADSを今後進めていくのには莫大な費用がかかってきますので、どこかでまた評価はしていかなければならないと思います。それは今の5年ごとの見直しと、あと5年後にまた評価をするということによろしいでしょうか。

(西田室長) まずその前の段階として、J-PARCで核変換実験施設の整備を計画しておりますので、今、並行的に要素技術開発を行っておりますけれども、その進捗状況、あるいは施設整備に当たってきちんと計画がなされているかどうかというのをまず評価をさせていただきたいと考えております。

(秋庭委員) よろしくお願ひします。

(近藤委員長) となると混乱してしまうの。今日の説明については、表題には「評価について(中間的な論点のとりまとめ)」とありますね。これは一体どういう意味ですか。これで決まったかのような御発言を頂いていますが、そこのところをはっきりしていただいたほうがいいんじゃないですか。

(西田室長) 「中間的な論点のとりまとめ」の趣旨ですけれども、我々としては引き続き技術評価を含めまして、チェック・アンド・レビューを継続していくということにして、現時点での評価として、今までの実験室レベルから工学規模へのステップアップをしていくということをして今回判断したということでの中間とりまとめです。

(近藤委員長) 原子力委員会はこれについて5年ごとに評価をお願いしているところ、今回その5年ごとの評価作業を行っており、現在は中間的な論点のまとめを行なったと理解していたんですけども、違いますか。

だから、現在は、こんな評価もしていないじゃないかと悪口を言うことが大事なのであって、ほめるのは何の意味もないと。そういう位置づけですね。

(西田室長) はい。5年ごとの評価の中間的なまとめという理解で結構です。

(近藤委員長) それで、そういう立場にたってコメントしますと、2ページの2の前の部分、「こうしたハードルを克服し」云々という、このロジックは私としてはなかなか受け入れにくいロジックなんですけれどもね。つまり現在、高レベル廃棄物の処分の実現に向けてNUMOに一生懸命やっていたのですが、この取組が環境との調和において高いハードルを克服しなければならないということを書いてあるんですけども、これはどういう意味ですか。ハードル高いからNUMOさん、やめておけと言うのですか、それはないでしょう。で、分離転換技術が実用化したらいよいよというのはいいけれども。それがないとだめというのはおかしいですよ。これがなくたって地層処分を進めていくのに何も困らないことは自明と言ってよいでしょう。でも、これってまだまだサイエンスの段階ですが、使えるようになれば、いいことがあるかもしれないので、実現可能性を調べてみるべしと言うのが原子力委員会の評価だったと思うんですよ。ですから、国家目標を達成するためにこれがあるべきという段階ではないし、こういうことを言い立てなくても研究を続けるべしと、できるようにしてあったと思うんですが。

それから、現在のところ、ADSを開発する趣旨は階層型システムの放射性廃棄物管理システムの一部に使うことですよ。これだけで原子力エネルギー供給システムとしていくわけ

ではないのでしょうか。ADSは原子炉施設部分は現状と設備規模が変わるわけではないがこれに加速器部分を加えるから、設備コストが高くなるので、高速炉にこのシステムを付加できればトータルとしてよりよい性能のシステムが出来上がるということでしょう。つまり親ガメに子ガメをのせるとよい姿とっているのですから、親ガメである高速炉がちゃんとしなかったら、よい技術はできないのです。このことを絶えず念頭に置いて議論していただかないといけない。何かこれだけがあると世の中よくなるという誤解を広めてはいけないと思うんですね。

ですから、13ページのADSという子ガメをのせた高速炉と発電用高速炉だけの場合の比較ということが分かるようにするべきところ、ちょっと読みにくいなと思います。

それから、技術的な議論をここで余りしてもしょうがないなと思いますけれども、2ページの未臨界で運転するという記述は正確ではありますが、この場合、実効増倍率は0.97とかということとすれば、制御棒が必要でしょうし、炉心溶融事故をどう扱うかという問題が出てくる。つまり、高速炉に共通する安全問題を抱えることになる可能性はあります。

これはプレゼンの仕方の問題ですが、5ページのこの線は何でこういうふうに直線ではないのか、現在の状況というのはこれで、一体どうなっているのか、作図の基本方針がわからない。せっかく書いたらちゃんと書けばいいじゃないと言いたくなりますけどね。この国レベルの評価というところもよくわからない。

(大井川室長) この絵自体は平成21年の原子力委員会のチェック・アンド・レビューのときに御提示させていただいたもので、青の線というのはそのときに出ていたものです。そのときに、ですからJ-PARCの第2期については国レベルの評価を得てから進めるとしてしました。

(近藤委員長) 評価を必要という、これは要求事項として書いてあるわけですか。

(大井川室長) そういうことで、もともと書いてあったロードマップです。それに対して現在の状況ということで、この線を今回入れたという、そういう絵の構成になっています。

(近藤委員長) 全然わからなくなっちゃったんだけど、これからやるものと現在の状況の関係ですね。

(大井川室長) ここに書いてある「今後10年」というのは、平成21年時点の今後10年です。

(近藤委員長) そうなの。で、それがもう5年で終わっちゃったというのですか。

(大井川室長) ですから、ここに付けるのは終わっているというわけではなくて、このJ-

PARCの実験施設の建設を含めてデータを蓄積していかないといけないという、そういう状況になっていますということを言いたかったのです。

(近藤委員長) いずれにしても誤解されないように。もうひとつ、あまりに技術的でもうしわけないのだけれども、10ページの解析は、要するに流量を集合体毎に設定する方式をとらないというわけですね。ですけれど、そうすると、横流れをフリーにしておくと、燃焼に伴って出力分布が結構変わるところ、ホットスポット係数がおおきくなると思うのですが。

(大井川室長) これはいろいろなもののトレードオフになると思うのですが、マイナーアクチノイドをたくさん含んでいる燃料なので、ラッパー管なしにして、横からの冷却とかをしながら燃料を組み立てて、輸送のときとかもそのままラッパー管なしで取り扱うというふうにしていきたいというのが我々の今のチョイスになっています。

(近藤委員長) 発電炉でないなら、熱効率を追求するべく、冷却材出口温度を高くする工夫をするのですが、発電炉ではないから、そこをあまり追求しないわけですね。

(大井川室長) 出力分布の平坦化をできるだけとりあえずしたいので、燃料のジルコニウムナイトライドの組成とかを変えて、出力分布の平坦化はやろうと思っていますが、今のところは流量の配分はしていません。

(近藤委員長) 要するに熱的な限界を追求しない設計をするという、設計目標はわかりますし、それから勿論、ダクトレス集合体も昔からたくさん検討しており、メリットのある部分もあるとは承知しています。

(大井川室長) 我々もダクトレスでもう現時点で決め打ちしているわけではなくて、リファレンスの我々の今の設計という意味では、こういうことで考えているということです。

(近藤委員長) 窒化物燃料で、出口温度を気にしないでがんがん流せるといふのなら、出力密度の点で悪くはないと思いますけどね。さらに細かいことですが、13ページの説明がよくわからなかったんですけども、キュリウムとかネプツニウムはどこへ行ってしまったのか。

(大井川室長) この実験ではプルトニウムを使った実験をしているだけで、ほかのネプツニウムとかキュリウムは使っていません。

(近藤委員長) なんとなく、これは、電中研並みの実験のように思える。並みというのはおかしいけれども、新規性は何かというところ。

(大井川室長) 窒化物であるということとジルコニウムを含んでいるということです。ジルコニウムの割合が非常に多いですから、通常の金属燃料等に比べるとジルコニウムが随伴して

しまう可能性が高いわけですがけれども、この場合はプルトニウムがうまく取ってくれると、そういう実験結果になっています。

(近藤委員長) ジルコニウムが多い。いま、軽水炉に金属燃料を売ろうとしている会社があります。今のPWRにこのジルコニウムウラン燃料を使うと出力が何割アップできるという宣伝をして売り込もうとしている会社がありますから。新規な技術かどうか分かりませんね。それでもう一つ気になっていたのは、さっきの熱伝導率の・・・

(大井川室長) 14ページです。

(近藤委員長) このグラフは今度は何をおっしゃっているかということ、窒化物の熱伝導率が上がりましたということと、右側へいくと今度は酸化物の話が出てくるわけね。酸化物の場合には α 崩壊でもって時間がたつと熱伝導率がどんどん下がってきますよという。これは理由は何ですか。

(大井川室長) 格子の何か定数が変わるということで、こういうことになるというふうに聞いています。

(近藤委員長) それは窒化物では起こらないと。

(大井川室長) 熱伝導のモードには、フォノンによるものと電子によるもののがあって、窒化物は電子によるものが強くて、酸化物はフォノンによるものが強く、後者が格子定数に影響されやすいというふうに聞いています。

(近藤委員長) 左側の図で、せっかく熱伝導率をはかっているながら、調製後の時間経過とともに熱伝導率が変わるか、変わらないか、チェックできなかったのですか。この範囲でしか変わらなかったけれども・・・とか。

(大井川室長) この右側の図はかなり加速実験になっていまして、キュリウムが非常にたくさん入っています。そういう意味で左側の絵というのはキュリウムがそんなに入っているとは、少しになって、そのデータをとろうと思うと随分時間をおいておかないといけないということになります。右側の絵はキュリウムが9%も入っている非常に極端な燃料のデータです。

(近藤委員長) そうなの。なるほど。キュリウムの含有量が全然違うと。

(大井川室長) そういうことです。これはだから実際の燃料というよりは加速試験に近くて、そういう影響をまずは見てみましょうという実験になっています。

(近藤委員長) わかりました。

さて、ちょっと細かいことを伺いましたけれども、評価の一般論からしますと、やはり5年間こういうことをやって、そうしたら次のことを考えましょうねと我々は申し上げたので

すから、この5年間でこんな成果が出ましたという話がまずはきちっと整理されないと評価にならないだろうと思います。そういう記述がなくて、いきなりとても大事です、という話になっちゃうのは、私どもをお願いしたこととちょっと違うと思います。ゼロから、という考えも忙去年のエネ環戦略のようなことをいわれると、有頂天になったり、勇気づけられたりして、世界の中心にいる気分になるのは分からないでもありませんが。勇気づけられる。しかし、これは長期ものですからね、長い時間のかかるものであることは世界中よく知っておられるのですから、そこは丁寧にした方がいいと思います。雑談になりますが、原子力界では何か困ったことがあると、ADSとトリウムが元気づくという経験則があります。大体そういうことと同一視されるのをいやがるのが当事者のはず。ですから、そのところは達観着実にやっていただいたほうが長い目で見たときよろしいのかなというふうに思います。これ思い、私どももよく勉強させていただいて、しっかり意見を申し上げたいと思いますから、引き続き御検討のほどをよろしくお願いいたします。

それでは、この議題、これで終わりにします。どうもありがとうございました。

(板倉参事官) その他の議題でございますが、次回の会議の予定について御案内いたします。次回第44回原子力委員会につきましては、開催日時は12月3日火曜日、14時からで、中央合同庁舎4号館1階123会議室、この部屋で実施することを予定しております。

以上でございます。

(近藤委員長) それではこれで終わりにします。

—了—