

第40回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和3年12月2日（木）13:30～14:38

2. 場 所 オンライン開催

3. 出席者 内閣府

内閣府原子力委員会

上坂委員長、佐野委員、中西委員

内閣府原子力政策担当室

進藤参事官、實國参事官

群分離・核変換技術評価タスクフォース

中島主査

群分離・核変換技術評価タスクフォース

辻本主査代理

文部科学省 研究開発局 原子力課

松浦課長

文部科学省 研究開発局 原子力基盤研究・人材室

鈴木室長

4. 議 題

(1) 群分離・核変換技術に関する今後の方向性の検討について

(2) その他

5. 審議事項

(上坂委員長) それでは、時間になりましたので、第40回原子力委員会定例会を開催いたします。

本定例会議は、新型コロナウイルス感染症対策のためオンラインでの開催となります。また、本日、私、上坂、佐野委員、中西委員がオンラインでの参加となります。

次に本日の議題ですが、一つ目が「群分離・核変換技術に関する今後の方向性の検討につ

いて」、二つ目がその他であります。

それでは、事務局から説明をお願いいたします。

(進藤参事官) 一つ目の議題は、「群分離・核変換技術に関する今後の方向性の検討について」です。

本日は、京都大学タスクフォース主査中島健様、文部科学省研究開発局原子力課原子力基盤研究・人材室長、鈴木優香様より御説明を頂きます。

それでは、御説明をよろしくをお願いいたします。

(鈴木室長) 文部科学省原子力課人材室の鈴木と申します。

私の方から、群分離・核変換技術についての概要と導入について話をさせていただきます。群分離・核変換技術について文部科学省のタスクフォースで検討したその内容と結果については、タスクフォースの主査であった中島先生の方から報告をさせていただければと思います。

群分離・核変換技術については、次のページ、お願いいたします。

高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種を、半減期や目的に応じて分離することと、長寿命核種を短寿命核種に変換する変換という二つの技術からなるものでございます。

下の図にありますように、現状の高レベル放射性廃棄物については、FP、MA、マイナーアクチノイド、核分裂生成物と呼ばれているものを一緒に地層処分するという方向でございまして。

これについて、群分離をして更に核変換をすると、この上の目標のところにありますように、長期リスクの低減や、処分場の実効処分容量の増大、放射性廃棄物の一部の資源化などの利点があるというふうに考えられております。

次のページをお願いいたします。

分離変換導入効果のうち、長期リスクの低減と地層処分場実効的な容量増大、面積が減るというところについてちょっと詳しく説明しているスライドがこれになります。左側の図が長期リスクの低減の図になりますけれども、線がありますけれども、青い線のところが高レベル廃棄物、紫色の横軸が天然ウランなのでございますけれども、高レベル廃棄物を地層処分した場合に、天然ウランと同じくらいの有害度になるまでに数千年掛かるというところが、赤の線にあるように分離変換導入後では数百年というふうに短くなるということを示した図でございます。

右側が地層処分についての説明になりますけれども、分離変換を導入するとともに、長期貯蔵を組み合わせると、かなり処分場の面積を小さくすることができまして、処分場の面積が100分の1程度にまで小さくできる可能性があるということを示した図でございます。

MAは発熱が大きいので、MAを取り除くことによってコンパクトに集積することができまして、それによって面積を大幅に減らせるという効果が期待できるものでございます。

次のページ、お願いします。

核変換技術については発電用高速炉を利用するものと、階層型と呼ばれまして、発電用サイクルから独立して加速器駆動、ADSを中心とした核変換専用サイクルを構成するものという二つがございます。

このうち階層型、ADSについての若干詳しい説明が次のページになります。

加速器専用のサイクル型のMA核変換では、加速器から陽子ビームを出して、その陽子ビームが核破砕ターゲットに入っても核破砕ターゲットから高速中性子が出され、高速中性子によって長寿命核種を短寿命核種に変換するということになります。

ADSの特徴としまして、この青い字のところになりますけれども、加速器を止めれば連鎖反応は停止するので、核反応の暴走の心配がないということや、MA濃度の高い燃料が使用可能であるということや、鉛ビスマスそのものについては化学的に不活性であるという特徴があります。

次のページ、お願いします。

原子力機構において、特にADSについてもどういった研究開発が現状なされているかですけれども、原子力機構運営費交付金の方で、群分離技術、マイナーアクチノイド燃料、MA再処理等の研究開発について運営費交付金で約7.6億円程度、核変換研究開発補助金を使用して、ADSを構成する各要素の技術開発を実施していきまして、これは約1億円程度で実施してございます。

これは令和4年度の要求額について記載、前年度の予算額について記載してございますけれども、毎年度若干減少はありますけれども、大体同じぐらいでこれまで推移してきたものになります。

次のページ、お願いいたします。

分離変換技術についてはこれまでずっと検討されてきたものでございます。

このうち6に、2009年の原子力委員会「分離変換技術検討会」報告書及び委員会決定

というのがございますけれども、2009年のときに原子力委員会の方で分離変換の導入効果や、高速炉ADS双方に関してどんな研究開発課題があるのかということをもとめていただいております。

原子力委員会にまとめていただいた報告書の課題に沿って、これまで文部科学省においても研究開発等を進めてまいりました。この研究開発課題について、それぞれ今どういった状況にあるのか、研究成果がどういったものがあるのかについては、参考資料としてまとめておりまして、それについて説明はしませんが配布しているものになります。

2009年のこういった課題の提示等を踏まえまして、2013年に文部科学省の審議会の群分離・核変換技術評価作業部会においても検討を実施しまして、このときは高速炉というよりはADSについて特に検討を実施してございます。

このときにADSについては実験室レベル段階から工学規模の段階に移行することが可能な研究開発段階にあるということで、J-PARCへの核変換実験施設の整備を期待するといったような提言をしてございます。

続きまして、次のページ、お願いいたします。

分離変換技術の政策的位置付けについては、第6次基本計画では、高速炉や、加速器を用いた核種変換など、放射性廃棄物中に長期に残留する放射線量を少なくし、放射性廃棄物の処理・処分の安全性を高める技術等の開発を推進するというふうにされてございまして、これは第5次エネルギー基本計画と同じ方向性になっております。

その下になりますけれども、特性放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針の中では、ADSや高速炉といった具体的な記載はないのですけれども、長寿命核種の分離変換技術の研究開発についても着実に推進するということが記載されてございます。

続きまして、8ページ目をお願いします。

先ほども口頭で説明しましたけれども、群分離・核変換技術評価作業部会の中間とりまとめの概要がこのスライドになります。

先ほどとはちょっとかぶる部分が多いのですが、中間的論点のとりまとめの概要の2の2番目の丸のところに、J-PARCに核変換実験施設を整備したらどうかということがここで提言されてございます。

この核変換実験施設がどういったものかというのが次の9ページ目の説明になりまして、これはJ-PARCの第2期計画として整備がこれまで検討されていたもので、核変換実験施設、TEFというふうに呼ばれているものでございます。

まず、ADSターゲット施設、TEF-Tとしまして、核破砕ターゲット技術開発及び材料の研究開発を行う施設と、もう1点が核変換物理実験施設、TEF-Pという施設でございます。これは主に未臨界炉心の物理的特性の研究や、ADSの運転制御経験蓄積を目指す施設というふうにしてございます。

この実験施設については、これまでのところまだ整備は開始されていないという状況でございます。来年度から原子力機構が新たな中長期目標計画を立てることがございまして、一度この中間的な論点のとりまとめの概要を平成25年と、ちょっとかなり古いのでこのときからどういった状況の変化があるのか、施設整備についてはどういった方向性を今出すべきなのかということを検討するために文部科学省作業部会にタスクフォースを置いて検討を実施してきましたので、その途中経過についてもとりまとめ案ができています。状況ですので、とりまとめ案について原子力委員会の方に御説明させていただければというふうに思います。

タスクフォースの主査の中島先生、お願いいたします。

文部科学省からは以上です。

(中島主査) 京都大学の中島でございます。

今、鈴木室長から説明がありましたけれども、文科省において、資料にありますとおり群分離・核変換技術の評価を行うタスクフォースというものを立ち上げまして、そこでこの技術についての議論を行ってきたというところでございます。

1ページ、お願いいたします。

今の説明とかぶりますけれども、令和4年度から原子力機構においては次期中長期目標計画が始まるということでございまして、その中でこの群分離・核変換技術というのをどう取り扱うかというところについて、以前に出した中間とりまとめ以降の技術統合等を踏まえて、ここのタスクフォースの中で議論するという位置付けになってございます。

ここに書いてあるように、これまで3回、いずれもオンラインではありますけれども会合を行っておりまして、資料3でございますが、そこに示すとりまとめの(案)というのを作成したというところでございます。

これにつきましては、1ページにもございますけれども、年末までに最終的なバージョンとして取りまとめたいというふうに考えているところでございます。

2ページを御覧ください。

このタスクフォースのメンバーでございますけれども、私が主査ということで取りまとめ

をさせていただいております、ここに出ているようなメンバー、燃料の専門家とか炉の方の専門家とか、あるいは炉でも加速器の方とか、あとは高速炉の方とか、それから加速器を使った研究をやられている方とか、かなり幅広い分野の委員の皆さんに入ってくださいまして議論を行ったというところでございます。

3 ページ目をお願いいたします。

これがとりまとめ（案）の目次に該当するところございまして、はじめにのところで今述べたような経緯を述べまして、大きく三つのセクション、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと分かれております。

1 番目の群分離・核変換技術及び関連技術の現況というところでございますが、今、資料 1 を用いまして、鈴木室長から説明があった内容についてのこれまでの状況についてのおさらいをしたところございまして、1 番目の政策的な位置付けにつきましても直近に出されました第 6 次のエネ基においても基本的な扱い方というか、進め方、研究開発を推進するということは変わってない状況でございます。

また、海外でもその後の動向というところでベルギーではミラーという計画も進んでいるとか、OECD/NEAではこの技術について検討するタスクフォースが立ち上がっているといったところについてちょっとフォローしているところでございます。

それから、3 番目の研究開発の進捗状況というところで、矢印で書いてございますけれども、先ほども説明がございましたけれども、2021年の原子力委員会、この委員会の場におきましての検討会の報告書として技術課題というのが示されておりますけれども、それに対して要素技術の開発については着実に進められているというふうにこのタスクフォースでは評価しているところでございます。

この具体的な項目につきましては先ほどもありましたけれども参考資料の方に取りまとめておりますので御覧いただければと思います。

それから、直近の新しい動きといたしまして、計算機科学技術進展というところも取り上げておりまして、こういった数値計算のシミュレーション技術がどんどん発展していった、全てが全て実験でやらずにちゃいけないということもないだろうという、そういった動向もあるというところを踏まえて検討したところでございます。

2 番目の群分離・核変換技術の研究開発の進め方、これがこのとりまとめ（案）の実際の内容というところございまして、1 から 3 につきましては次のページから抜粋を掲載してございますので、それについて説明させていただいて、またちょっと後にここに戻って

きたいと思います。

1 番目の今後の研究開発の方向性というところでございます。

いろいろなバックグラウンドの委員がおられまして、今後の原子力エネルギーのシナリオに関してもちよっといろいろな御意見がございましたけれども、共通した認識といたしましては、やはり廃棄物の減容とか有害度の低減を進めるということは非常に重要であって、これに関連した基礎的な研究をしっかりとやるということで、群分離・核変換技術の確立に向けた研究開発を引き続き着実に進めるということについては、皆さん同じような方向性というか意見を持っているところでございます。

2 番目のポツでございませうけれども、研究開発を進める上での原子力システムの今後については先ほどもちよっと申しましたけれども、様々なシナリオが考えられるだろうということで、それについてやはり対応できるようにするためには、ここで議論しているのは主にADSによる階層型のサイクル概念というところでございませうけれども、これを技術の選択肢の一つとしてしっかりと維持するというのが重要で、着実にこの技術の確立を進めるべきであるというふうに考えているところでございます。

3 番目のところの、具体的にはというところでございませうけれども、ちよっと読ませていただきますと、原子力機構の次期中長期目標期間中には、国内外の既存施設を最大限活用して、原理実証、実験室規模あるいは準工学規模に必要な課題に対応した研究開発を実施するというところでございまして、特にこの次のステップの、性能実証段階、工学規模に引き上げるための課題の特定、技術の絞り込みを判断するために必要な知見、データの取得を進めることが適当であるというふうに考えているところでございます。

その次に、先ほどもちよっと申しましたけれども、新たな技術というか知見といたしましては、このシミュレーションの技術の活用というのがあるだろうというところでございまして、様々な工学分野においてシミュレーション等の計算科学技術の活用による研究開発の効率化・迅速化が進んでいるということ踏まえまして、ここで議論している群分離・核変換技術に関しましても、最新のこういった計算科学技術を取り入れた研究開発を積極的に進めましょうと。これによって、研究開発成果の最大化を図る必要がある、というふうな考えているところでございます。

以下、個々のテーマにつきまして群分離、それからADSの技術、燃料サイクルと燃料の技術について重点的に取り組むべき研究開発項目をまとめたのが5ページ以降でございます。

5 ページをお願いいたします。

繰り返しになりますけれども、前段の研究開発の方向性、先ほどの4 ページの説明に従いまして、次期の期間中に特に実施すべき内容というのを分野ごとに述べるということをごさしまして、群分離。

ポツが三つございますけれども、最初のところのアンダーラインを引いているところで説明させていただきますけれども、MA分離に係る研究開発については、先ほど鈴木室長からも話がありましたけれども、発電用高速炉を利用したサイクルの概念、それからADSによる階層型のサイクルと両方の概念があるわけですが、この分離のところは当然ながら両方に使われる技術であるということをごさしまして、この共通の研究開発課題であるという、また当然ながら分離そのものについては核変換よりも先にやらずにちゃいけない技術であるということをごさしまして、我が国の技術による国際的な貢献という観点からも着実に研究開発を推進すべきというところをごさします。

次、6 ページをお願いいたします。

その次がADSでございますが、これはAccelerator Driven Subcritical Systemとかいっておりますけれども、加速器を使った未臨界炉心に中性子を打ち込んで、そこで核変換を行うといった技術でございます。

これをやるためには当然加速器とか未臨界体系、そこを制する燃料とかいろいろなハード的なものが需要でございますが、ちょっと最初のポツでございますけれども、多くのリソースが必要な施設建設に代わって、合理的かつ効率的に研究開発を進めるために既存の施設を有効活用しながら計算科学などの最新の技術、知見を活用した研究開発を進めるというのがいいのではないかとということで、これに対しては原子力機構から、次に書いてあるPSi計画といっておりますけれども、これを進めることが妥当ではないか。PSi、括弧の中に書いてありますが、Proton accelerator driven Subcritical virtual systemということをごさします。

ちょっとその概念については最後のスライドに書いてございますけれども、ちょっと後で見ただけならばと思います。

そうは言いながらもいろいろ解析だけではできないところもいろいろあるかなと思いますけれども、課題としては、例えばADSの成立性に大きく関わるビーム窓の開発であるとか、材料関係でございます。

それから、炉物理・核データの観点でいけば、未臨界をしっかり監視しながら運転制御を

するといった技術であるとか。それから、これも鉛ビスマスの流体を使うわけですが、この熱流動に関する技術。それから、そこで用いる材料技術。それから、加速器駆動ということで、安定したビームを送れる加速器の開発、こういったようないろいろな項目がやるべきものとしてあります。

下から三つ目のポツでございますけれども、こういったいろいろな技術開発の成果を活用して、柔軟性や経済性の観点を考慮し、高速炉との比較やADS導入シナリオ検討が可能な実現性の高いADS概念を提案することが必要だろうということでございます。

下から2番目でございますけれども、ここのところは安全性に関しての重要なコメントでございます。当然ながら、原子力機構さんの方でもADSの開発において安全評価等も行ってきているところではございますけれども、このタスクフォースの指摘といたしましては、特に福島事故、福島第一原子力発電所の事故の後に、安全設計思想の深化が進んでいるということでございまして、これを踏まえた議論というのがちょっとまだ十分ではないのではないかということで、ここを十分に行って、深層防護の実装、過酷事故対策、外的事象、これは特に耐震設計と書いてございますけれども、これの検討を行って基本的な安全設計思想を確立する必要があるだろうという指摘もございました。

ADSに関しての取り組むべき項目としては以上でございますが、その次、7ページをお願いいたします。

あとは燃料サイクルと燃料についてでございます。これも燃料のタイプ等もございまして、全てに共通することとしては、マイナーアクチノイド、MAを含んだ燃料を作らなければいけないということでございまして、非常に線量率が高い燃料となるということで、こういった高線量の環境を踏まえた遠隔での燃料製造というのが必要になるだろうということで、そういった観点から成立性について十分な検討は必要であろうということでございます。

これは燃料を作る技術そのものと、当然それに依存するのですが、その後の照射によるふるまい等もしっかり見る必要があるということで、当然ながら解析が中心とはなってきましたけれども、そういったことをしっかりと技術として確立するようにするべきであるというところでございます。

最後、先ほどの鈴木室長からの資料の最後にもありましたけれども、J-PARCにおいて実験する施設についてどうするかというところが8ページのところでございます。

J-PARC核変換実験施設の在り方ということでございまして、先ほども説明がありま

したけれども、ちょっと繰り返しになりますが、そもそもの中間とりまとめの段階ではTEF-P、TEF-Tという二つの実験施設の建設が望まれるといったことが書いてございます。TEF-Pというのは小さな未臨界装置を造って、そこにJ-PARCからのプロトンビームを打ち込んで、核変換のちょっと小さなものをやってみようと、そういった特性を調べようというものでございまして、TEF-Tにつきましては、プロトン照射による材料の影響を調べるといったところでございます。

これについて、やっぱり全てにお金を掛けてやるというのは大変だということでございまして、先ほどの原子力機構からの提案がありましたPSi計画により計算機シミュレーションの高度化、既存の施設の活用を進めるということで代替を目指していくべきではないかというところでございます。

ただし、当然ながら全てが既存における実験とかで十分な信頼性や精度が得られるかというところがありますし、計算においても実験データを用いたデータ同化手法等が提案されてはございますけれども、これについても十分に検討する必要があるだろうというところでございます。

2番目のポツでございましてけれども、具体的には、と書いてあるところでございまして、TEF-Tの方で予定しておりました陽子照射下、かつ高温のPb-Biの流動条件下におけるビーム窓材料の実証試験につきましては、照射損傷のシミュレーション、それから既存施設での照射試験だけでは代替困難である可能性が高いというふうに考えておられて、これについては何らかの、フルバージョンでやるまでは難しいのかもしれないけれども、実験項目の絞り込みとか合理化を検討して、できるだけそういった実験ができるようにした方がいいのではないかと考えているところでございます。

もう一方のTEF-Pの方でございましてけれども、こちらは、本来は燃料で未臨界体系を組んで実験するというところでございまして、ここの部分につきましても未臨界炉心の物理的特性試験につきましても既存施設やシミュレーションのみでは代替困難とは考えられるところではございますけれども、ちょっと現状を考えますと、ここで本来使用することを想定しておりました原子力機構さんが保有していた核燃料の一部、高濃縮ウラン、プルトニウムにつきましては、これは核不拡散の観点からやむを得なかったことではございまして、米国へ移送されてしまったということで、今すぐ使えるような燃料はないということでございますので、ここでTEF-Pでやろうとしていた炉物理研究項目というのが国内既存施設を使うにしても大幅に制限されることになるだろうということでござい

ます。

このため、このタスクフォースといたしましては、TEF-Tの機能を優先した試験施設というのをJ-PARCの核変換実験施設として考えるという、それを検討するという方向性が妥当であるというふうに考えているところでございます。

当然ながら、国内の施設だけではなくて、国際協力による役割分担も含めて合理的な研究開発の進め方についてはしっかりと検討していただきたいというところでございますし、あと次のステップとしての産業利用につきましてもそこを進めていただきたいというところでございます。

ここまでが先ほどのIIの説明でございまして、また申し訳ないですけれども、3ページに戻っていただければと思います。

IIの1、2、3で次ページから抜粋を掲載というところを説明したところでございますが、こういった議論を踏まえて、このロードマップをJAEAさん、原子力機構さんの方で決定いたしまして、次の中長期計画の中に反映するということなろうかと考えているところでございます。

あと5番目として、基礎基盤研究の充実ということでございまして、この中間とりまとめをした後についてもそれなりの年数がたっておりまして、新たなアイデア等が出てきているだろうということで、このタスクフォースの中でも例えば同位体分離とか加速器の技術に関しての新しいアイデアについての紹介も受けたりしております。

こういったアイデアについての創出、それからそれを検証するということは重要であるということで異分野融合を進めつつ、基礎基盤研究を充実していくことも必要であろうということでございます。

あとIIIとしては、ここで全てが終わっているわけではありませんので、引き続き検討が必要な事項ということでございまして、特に原子力の今後のシナリオ等についてどうなるかというところでございますけれども、今後将来の原子力システムの見通しが示されていく過程では、ADS導入のシナリオについても実運用コストを含めて明確化し、これらを踏まえた研究開発の方向性の再検討がその都度、都度必要であろうというふうに考えているところでございます。

あと次のステップ、実用化に向けてということでございますけれども、産業界の参画というところも考えていかなくはいけませんし、それからあとはやはり最終的には社会に受け入れられることも必要だということで、理解増進活動も重要であるというふうに考え

ているところでございます。

ちょっとざっくりといった話になりましたけれども、説明については以上になります。原子力委員会の御意見を頂いた後に、このタスクフォースのとりまとめ（案）については、案を取った形で取りまとめとして年内に公表するというふうにしたいと思っております。

よろしく申し上げます。

（上坂委員長）鈴木室長、中島先生、御説明、ありがとうございました。

それでは、質疑させていただきます。

それでは、佐野委員からよろしくお願いいいたします。

（佐野委員）文科省の鈴木さん、中島先生、詳細な御説明、ありがとうございました。大きな方向性については理解いたしました。

高レベル廃棄物の有害度低減と減容化はいろいろなメリットを持っていて、非常に重要な課題であるのはよく分かります。そのための方法として高速炉を使う方法と、ADS加速器を使う方法があって、2015年の閣議決定、それから今回の第6次エネルギー基本計画でも、この技術を着実に推進することになっているわけです。

質問ですけれども、現実の日本の状況を前提にして、研究開発のための研究開発に終わらせないようにするために、つまり技術の実用可能性、それからその技術をいかに社会に実装化していくかという観点から、今、例えば富士山に例えますと何合目ぐらいにいるのでしょうか。どの程度のタイミングでこの研究開発が終わるのか、そういう問題意識が一つ。

それから、このタスクフォースのとりまとめ（案）を見てみますと、どちらかというADSの方に軸足が移っている印象を受けますが、両方の技術を同時並行的に進めて、どこかの時点でどちらかを選択するのか、あるいは両方とも生かしていくのか。ご教示ください。

（中島主査）中島から、何合目かとなかなか、私、うかつに変な数字を言うと、関係者から怒られそうな気はしますが、社会実装という面からいくとやっぱりまだちょっと大分掛かるかなというところは思っております、それが5合目というか3合目というのかちょっと分かりませんが、着実に要素技術、ラボスケールといいますが、そういったところでの技術はかなり固まってきていると、ただ残念ながらものを造って、実際の炉を造ろうと思うと、結局ものづくりで大事なところ、材料って結構重要なのですが、そこをしっかりと実証するためのシミュレーションにしても、実験データにしてもまだ十分取れてないというところもございますので、そういった意味ではもうちょっと掛かるか

などというところがございます。

これについては、今日はちょっと陪席で実際に現場の方でやっております原子力機構の辻本さんがおられるので、もし何か現場からコメントあれば、ちょっと後でお願いしたいと思います。

それから、もう一つの高速炉でのサイクルとの絡みでございまして、先生おっしゃるように私どものタスクフォースとしては基本的にはADSを使った階層型のサイクルというのをベースに考えているところがございます、これは別に競合するという話ではないものと考えております。

やはり高速炉だけでサイクルをしっかり、高レベルの減容等をしっかりやろうとすると、相当量の高速炉の導入が必要になってくると、相当規模ですね。それに対してこの階層型の方では、要するに1回に入れられる高レベル廃棄物というか、MAの量というのが高速炉で普通に運転しながらやろうとすると、安全性の観点からかなり制限されてしまうということで、数がたくさんいると。それに対して、こちらのADSシステムの方は、高速炉に比べればかなりの量が入れられて、割とコンパクトなシステムでぐるぐる回せると、ちょっと私の理解ではそういったところがございます。

もし辻本さん、後者のところにつきましても補足があればお願いしたいと思います。

(辻本主査代理) ADSについては中島先生から御説明があったとおりでと思います。

私の認識ではこのタスクフォース、特にADSについての研究開発は審議したというふうに考えておまして、高速炉は分離変換だけが目的ではありませんので、高速炉開発全般、別途協議されているところでもありますので、このタスクフォースでは特にADSを中心に協議されたものと私は認識しております。

それから、前半部分の技術としてどこにいるのかというところですが、我々、研究開発している立場といたしましても、技術成熟度というのをその都度評価しているところです。これはアメリカのNASAで技術開発をするときに用いられている指標ですが、9段階で技術の成熟度を評価するというので、私ども実際我々がやっている者は多くの技術が大体3から4、あるいは5くらいが今現状だというふうに考えております。

ただし、これが全ての技術が同じくらいの困難さで上がっていくかと言うと、多分行けば行くほど壁は急になるというふうに考えています。それは技術というよりは必要になる施設、そういったものの整備というものが新たに必要になるということもあって、こういった技術を上げようとする、特にリソースが必要になってくるという問題は常に抱えてい

るというふうを考えております。

私からの補足は以上になります。

(佐野委員) どうもありがとうございました。大変でしょうけれども、是非頑張ってくださいと思います。よろしく願いいたします。

(上坂委員長) それでは、中西委員、お願いいたします。

(中西委員) 文科省室長、中島先生、どうもありがとうございました。御説明、非常によく分かりまして、技術的に非常に、特に中島先生の御説明で、技術的にもものすごくよく考えられて、それでまた文科省の方も全体像を把握されていて、これからきちんと進めようとしてきているということが非常によく分かって期待しているところでございます。

ただ、私ども昔、ちょっと御説明がありましたけれども、これは文部科学省の方の資料でございますけれども、6ページのところに、今まで政策的にどういうことをしてきたかという一覧がございます、私は昔、オメガ計画というのを聞きまして、何と素晴らしいことを始めているのだろうと、是非これは進んでほしいなと思っていたのですが、それがだんだん、その要素技術が発展してきたということで、それを踏まえて、最近また新たに、先ほど階層型の方でサイクルを回していくというのを付け加えていったのか、オメガ計画とどういうふうに発展してきたのか、違いみたいなものが分かる。

最初、1988年にオメガ計画が始まったわけでございますので、それから今までかなり時間があるのですが、かなり状況も変わっていると思います。これから発展しようとしているポイントはどこが一番のことなのかということを知りたいなと思いました。ところどころで要素技術がかなり進んできましたので、ということでそれを踏まえてのことだと思います。

それから、もう一つは、海外とのことでございますが、先ほどベルギーが、少し様子のことをお話しになった後、OECDの話もありましたが、非常に大変で、お金が掛かることも多いかと思うのですが、例えば海外と協力して、と言うと変ですが、協力していくともっと早く技術的な発展もあるような気がするのですが、それはどういうふうにお考えになっているのか、その二つをお願いします。

(中島主査) 中西先生、どうもありがとうございます。

まず、ちょっと私から、ちゃんと正確に答えられるかあれなのですが、オメガ計画は相当昔、私も話はちらちらと聞いておりましたけれども、オメガ計画自体はかなり幅広くいろいろな可能性を多分検討してオプションとして今回出ているような高速炉サイクルとか

加速器による直接、加速器自体で変換するとか、そういったことも含めてかなり幅広いのが全体だったのではないかなと思っておりまして、その中でだんだんと議論が進んできて、発展的に今の二つですか、高速炉サイクルの話とADSを使った階層型サイクルの話というところで、一方直近ではIMPACT計画とかで加速器を使って、FPの方を短寿命化するとかというところも別途やられたりはしておりますけれども、MAについてはこの二つが生き残ったというか、もともとオメガ計画の中から芽が出てきて育ったというふうに私は理解しておりますが、ちょっとあれですか、文科省さんなのかJAEAさんなのか、何かそこら辺フォローできますでしょうか。

(辻本主査代理) 原子力機構の辻本です。

中島先生、おっしゃるようにオメガ計画始まった当時は三つの研究機関が関わっていました。当時のいわゆる動燃と原研、それから電力中央研究所、この三つです。当時の原研がいわゆる専焼炉、専ら燃やす専用のシステムを研究開発した。それから、動燃が酸化物燃料の高速炉を使った主に核変換システム。それから、電力中央研究所が金属燃料高速炉を使った核変換システムということで研究開発をしています。

その後、動燃と原研が統合しましてJAEAになって、その中で中島先生が御指摘のように、高速炉の開発は継続して行われておりました。

それから、専焼炉の開発はその結果としてADSが生き残ったというところですか。要素技術開発等も進んで、ADSにある程度芽が出てきたというところだと私は認識しております。ですから、オメガ計画からずっと時間がたっておりますけれども、そういった成果が今につながっていると認識しているところであります。

(中島主査) 鈴木室長は、何か補足はよろしいですか。

あとはもう一つ、国際協力の話でございますが、確かに私もこういった大きなものを一国だけでがりがりやるというところはもう非常に難しい時代になってきているというところがございますので、できるところはしっかりと互いにパートナーというかいいところを取りながら協力してやっていければいいかなというふうには思っております。

ちょっと現実として多分いろいろなバリアがあって、お金が一番でしょうし、あとは知的所有権とかどこまで細かいデータがもらえるとか、そんな問題、技術的なところはあるかと思っておりますけれども、大きな方向性としては一国でやるのではなくて全体で協力してやるべきではないかというふうに考えております。

(中西委員) ありがとうございます。その場合、日本はオメガ計画、随分昔からしていると

ということもありまして、ベンチマークと申しますか、世界的に割と優位に立って共同研究ができる立場にあると考えてよろしいわけですか、いろいろ問題があるとしても、よろしいのでしょうか。

(中島主査) どうでしょうかね。核データの開発とか、割としっかりやってきているし、ちょっと私ども、これはちょっと京大の宣伝になりますけれども、KUCAという臨界装置と加速器をつないだADSの、ちょっと高速炉体系ではないにしても、模擬的な試験もやってそういったベンチマークデータを公開したりはしておりますので、多少は有利な面もあるかもしれません。

現実的なところ、辻本さん、もし補足があればお願いしたいと思っておりますけれども。

(辻本主査代理) ADSは主に加速器と原子力から成ります。多分、日本は全ての技術でアドバンテージを持っているかと言うと必ずしもそうではなくて、持っている部分もありますし、あるいは海外が持っている部分もあるという状況です。一概には言えないという状況です。

海外との協力というのももちろん重要で、例えば核融合はITERというのを国際的にやっているということもありまして、ああいう形は一つ考えられる可能性はあるというふうに思います。ただし、ああいった場合にどうしても主体となる部分が核となる技術を持つことになるのですね。建設する経験というのは結局、協力では得られない部分になってしまうので、そこをどう維持するかということを経験というものは非常に重要だけれども、やるとしたらそういうところはかなり慎重に考える必要があるかなというふうに私は考えています。

(中西委員) どうもありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、上坂から幾つか質問させていただきます。

まず、参考資料の第1号にありますように、原子力委員会検討報告書の指摘事項に対しまして、適切に回答、対応していただきましてありがとうございます。まず御礼申し上げます。

それから、この文科省の鈴木室長の一番目の資料の3ページにありますように、この二つのタイプ、発電用高速炉利用型と階層型、ADS型ですね。その長寿命核種、マイナーアクチノイド、ネプツニウム、アメリカシウム、キュリウムの核変換による短寿命化というのは、この前のページの2ページにも、どのように地層処分、低減になるかということが非常に明確に書かれて、将来の原子炉にとってとても重要な技術であります。また、第6次

エネルギー基本計画にもそのことが書き込まれているということでもあります。

それで、今日の問題である階層型システムですけれども、御説明あったとおりの状況ですが、具体的には中島先生の資料のタスクフォースの報告の8ページ辺りに、T E F - P、T、P S i 計画の現状が書かれていました。原子炉や加速器や核燃料を扱う非常に難しい研究開発ですので、苦労は重々理解します。今後のことですけれども、詳しくはJ A E A の中長期、今策定のものに入っていると思うのですが、来年度になりますとかなり次の計画が見えてくるのでしょうか。

(中島主査) タスクフォースとしては、中長期計画、どんなことをやるべきかという問題になりますので、ちょっと具体的などころは何とお答えしていいか、これは機構も答えにくいかな、文科省さんになるのでしょうか。

(鈴木室長) この報告書では次期中長期目標期間中にどういったところを目標にやっていくべきかという提言を頂いたので、それを基に中長期目標の方を文科省の方で作って、それに基づいて機構の方で中期長期計画を検討することになりますので、基本的にはこれに沿った形で、6、7年程度、研究開発を進めていくというところかなと思っております。

(上坂委員長) ありがとうございます。

それで、ちょっと細かいですが、今度、A D S の鈴木さんの資料の4ページを見ています。A D S、超伝導加速器と未臨界炉。超伝導加速器、これは陽子ビームですが、100メガワットというとても大きな出力であります。これを作るのを必須の話でしょう。現状のJ - P A R C とかを使うと思うのですけれども。J - P A R C でそういう試験をする場合の例えばビームラインとかその他の実験の施設の状況はいかがでしょうか。

(中島主査) ちょっとこの現場の状況は辻本さんからお願いできますでしょうか。

(辻本主査代理) J - P A R C、御存じのように陽子加速器があります。残念ながら核変換実験施設の建設、我々目指していたのですけれども、それ用のすぐ使えるようなビームラインというのはまだないという状況です。ただ、こういった加速器を自前で持っているというのはやっぱり我々強みでもありますので、タスクフォースの提言にもありましたように、これを使った実験施設に最終的な材料の照射試験ができるような、あるいは多目的な利用ができるような施設というのは継続して検討していきたいというふうに考えているところです。

(上坂委員長) 今、J - P A R C 全体では何メガワットでしたか。

(辻本主査代理) 申し訳ありません。すぐ数字は出てきません。

(上坂委員長) 1メガか2メガだったと思うのですけど。

(辻本主査代理) MLFは最大1メガだったと思います。

(上坂委員長) そうですね。この100メガの大きさのイメージだけなのですけども、六ヶ所にあるIFMIF核融合材料照射用のプロトン加速器、あれは何ワットでしたか。

(辻本主査代理) すみません。それもちょっとすぐ数字が出なくて、申し訳ないです。

(上坂委員長) 多分、キロワットオーダーだと思うのです。あれも相当高出力だけど、これは更に恐らく2桁、3桁、上ですよ。ですから、かなりハイパワーな加速器かなと。

もう1点だけ、細かい話で恐縮ですが、超伝導加速器は、電子用はリニアコライダー用に世界で開発しているのですよ。日本では高エネ研中心にやっていますけれども、かなり実用的なものができているのですが。陽子用の超伝導の加速空洞というのはどこでどのくらいまで進んでいるのですかね。

(中島主査) 原子力機構で高エネルギーの部分の超伝導空洞については、それなりに開発は進められていました。現在は低エネルギー部分も超伝導化するという方向で実施しております。先ほど、中西委員からも御指摘がありましたように、ベルギーで超伝導陽子加速器を建設する計画もありまして、現在、ベルギーとの共同でそういった超伝導駆動の開発といったものを実施しているところです。

(上坂委員長) 高出力加速器の方は、これは共通技術です。コストも国際協力で。世界でこういうのを作って、ヨーロッパや日本で使うと。リニアコライダーもそのようにするようですけれども。そういう方向で、協力した方がいいですね。

それから、今後の計画への私からのお願い、提案なのですけれども。鈴木さんの資料の1ページなのですけども、全体の計画があります。この下の方の、群分離した後の利用に白金族が挙がって、これがまず有効であると御検討されて書いてあると思うのです。この中にモリブデンもあります。モリブデンもガラス固化に余りよろしくない元素です。モリブデン98とか100は原子炉や加速器ガンマ線で照射すると、モリブデン99に核変換して、診断用の核医学薬剤になります。そういう利用も白金、いろいろ電極とかデバイス応用のみならず、是非医療応用も御検討いただけたらと思います。いかがでしょうか。

(中島主査) 中島でございます。

多分、群分離の技術がしっかりできれば、そこから更に有用物質をどう回収するかというところはまた少し何らかの開発がいるのかもしれませんが、高レベル廃棄物の減容という観点ではまずはここまでございまして、そこから先をどうするかというところに

については多分、今日のような御意見も踏まえた上でやるにしても、ここのタスクフォースの議論というよりは多分 JAEA の今度の中長期計画の中でどういうふうに入れるかという話になるのかなと思いますけれども、どうなのでしょう。ちょっとどなたか、これは。(松浦課長) 文科省、松浦です。

モリブデンについては、ひとまず JRR-3 を使ってまず造るということに注力すると。なかなかリソースも限られているので、群分離についてはなかなかスケールアップしているろいろできる状況にはないというのも実情ですので、ポテンシャルとしては先生がおっしゃるように有用金属等回収できると思いますけれども、ちょっと現状は今のよう状況でひとまずいくのかなというふうに思っています。

(辻本主査代理) 原子力機構の辻本です。

モリブデン、高レベル放射性廃棄物から分離するという要素技術を我々は開発しているのですが、今、松浦課長からも御指摘があったように、それがすぐに実用化につながるものではありません。ただし、そういった要素技術はありますので、上坂先生御指摘のように、利用という面での可能性といったものも今後検討したいというふうに考えております。

(上坂委員長) この使用済燃料中、大概ですけど、25%くらいがモリブデン98なのですね。それでモリブデン100が28%なのです。98はJRR-3に入れると中性子との反応でモリブデン99になる。それから、100の方が電子ライナックガンマ線で、中性子が出てきて、99になるということで、両方法の材料になる可能性があります。是非医療用RIの検討の方もお願いしたいと思います。

それから、とても難しいことだと思うのですが、今日も技術課題、それからその成熟度、最終目標とかシナリオとかお話がありました。今日のタスクフォースの中島先生の資料の最後に、PSiのバーチャルシミュレーション計画ですけど、これは非常に分かりやすい計画の図がありました。これがあるとPSiというのはこういう計画かなと非常に分かりやすいです。

ここまでのタスクフォースの議論を踏まえて更に発展されるべく今後次の段階があります。またJAEAさんの中で中長期計画、今検討されています。それに基づいて研究開発が実施されるということです。とても難しいことだと重々知っておりますが、今日のお話をこういうような絵にさせていただくと、とても見やすい。それを見た若い学生もとても興味を持つ。今日、いろいろ議論がありましたが、日本の原子力にとって重要な技術です。か

つ非常に発展性のある技術も多々あります。是非次のタスクフォースの結果として、この P 9 のような分かりやすい図を、そしてシステムの図とかあと課題を入れていただくとともに分かりやすいかなと思いました。次の目標として御検討いただければと思います。

(中島主査) 上坂先生、コメントありがとうございます。

これはたしか機構さんの方では P S i (プサイ) 計画というふうに呼んでおりました。ちょっと確かに私の方の資料、文字ばかり並んでいて誠に申し訳なかったのですが、基本的にはとりまとめの案から余りはみ出さないようにというところもございまして、とりまとめ(案)の中の骨子を抜き書き的にちょっとまとめたものでございますので、ちょっと説明が分かりにくかったかもしれません。申し訳ございません。

(鈴木室長) とりまとめ(案)の参考資料について、今、検討中ですので、先生の御意見を踏まえて、分かりやすい資料を作っていくしたいと思いますし、その中で利用について御指摘の点、反映できるようにしたいと思っております。ありがとうございます。

(上坂委員長) それから、事務局の方から連絡が入って、さっき私が質問した I F M I F の出力は 10 メガワットです。ですので、この最終目標の 100 メガの 10 分の 1 ということですね。あの I F M I F が 10 メガで、その 10 倍だとなると、ロードマップが見えてくるような気がします。

私からは以上でございます。

佐野委員、中西委員、御質問はございますでしょうか。

(佐野委員) 特にございません。ありがとうございます。

(中西委員) 私も特にございません。ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、以上で質疑、終わらせていただきたいと思います。

どうも本日は御説明、ありがとうございました。

議題 1 は以上であります。

次に議題 2 について、事務局から説明をお願いします。

(進藤参事官) 今後の会議予定について御案内いたします。次回開催につきましては、12 月 7 日火曜日、14 時からオンラインでの会議を予定しております。

議題につきましては調整中であり、原子力委員会ホームページ等の開催案内をもってお知らせいたします。

以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

その他、委員から何か御発言ございますでしょうか。

(佐野委員) 特にございません。

(中西委員) 特にございません。

(上坂委員長) ないようですので、これで本日の委員会を終了いたします。

ありがとうございました。