

第6回 分離変換技術検討会議事録（案）

1. 日 時 平成20年1月21日（水）10:02～12:29

2. 場 所 中央合同庁舎第4号館4階 共用第4特別会議室

3. 議 題

- （1）分離変換技術に関する研究開発の現状の整理
- （2）分離変換技術の研究開発に関する今後の課題について
- （3）検討会報告書骨子案について
- （4）その他

4. 出 席 者

（検討会構成員）

山名座長、河田委員、深澤委員、矢野委員、山中委員、若林委員

（招へい者）

井上首席研究員、大井川研究主幹、小川部門長、倉田上席研究員、佐賀山副部門長
永田部門長、湊ユニット長

（原子力委員）

近藤委員長、田中委員長代理、伊藤委員

（事務局）

土橋参事官、牧参事官補佐、渡邊主査

5. 配布資料

資料第6-1-1号 分離変換技術に関する研究開発の現状の整理（案）

資料第6-1-2号 MA変換－均質型／非均質型／階層型－の特徴と課題について（日本原子力学会分離変換・MAサイクル研究専門委員会）

資料第6-2-1号 分離変換技術の研究開発課題（電力中央研究所）

資料第6-2-2号 分離変換技術の研究開発課題（日本原子力研究開発機構）

資料第6-3号 分離変換技術検討会報告書骨子案

資料第6-4号 原子力委員会研究開発専門部会分離変換技術検討会（第4回）議事録（案）

資料第6-5号 原子力委員会研究開発専門部会分離変換技術検討会（第5回）議事録（案）

参考資料 分離変換研究関連施設の一覧

○山名座長 皆さん、おはようございます。

それでは、第6回研究開発専門部会分離変換技術検討会を開催いたします。

本日は、長崎委員と山根委員より欠席の連絡をいただいております。

本日の議題ですが、お手元の議事次第にありますように、3つの議題を用意しております。今までお聞きしてきました技術に関する研究開発の現状を整理するというのが1つです。それから、もう一つは、今後の研究課題を議論するということです。最後に、報告書の骨子案について、事務局側から提案するという事になっております。

では、事務局から資料の確認をお願いいたします。

○牧補佐 それでは、席上に配付いたしました資料の確認をさせていただきます。

まず議事次第、1枚紙がございます。それから、出席予定者の紙がございます。それから、資料6-1-1号、分離変換技術開発の現状整理（事務局案）という資料でございます。それから、資料6-1-2、MA変換—均質型／非均質型／階層型—の特徴と課題について、原子力学会の資料でございます。それから、ちょっと分厚い参考添付資料がついてございます。それから資料6-2-1号ということで、分離変換技術の研究開発課題、電中研からの資料でございます。資料6-2-2ということで、分離変換技術の開発課題、原子力機構からの資料でございます。資料6-3号ということで、分離変換技術の報告書の骨子案という資料でございます。それから、資料6-4と6-5が、前回、前々回の議事録の案でございます。それから、参考資料ということで、施設の一覧という資料がくっついてございます。

資料は以上でございます。不足がございましたら、事務局までお願いいたします。

○山名座長 ありがとうございます。

議事録については、既に事前にご確認いただいていると思いますので、もし追加、修正等ありましたら、事務局まで連絡をいただきたいと思います。

それでは、今日の議題1に入りたいと思いますが、議題1は分離変換技術に関する研究開発の現状の整理ということでございます。

これまでの検討会での議論をもとに、事務局で研究開発の現状について整理したものでございます。牧補佐からご説明をお願いします。

○牧補佐 それでは、資料の6-1-1、分離変換技術開発の現状整理（事務局案）という資料でございます。こちらの資料につきましては、第3回から第5回にかけて、分離変換技術の現状ということでヒアリングを行ってきたところ、その中身を事務局として整理させていただいたものでございます。

構成といたしましては、まず1．として分離プロセス、それから2．として4ページのところからの核変換サイクル、それから共通的な事項といたしまして10ページからの共通基盤技術のところの構成となっております。それからその各技術の課題を挙げまして、その実施内容、それからまだブランクにしてございますが、この技術の評価の達成度という箱と、それからそれぞれのブロックごとに総合評価という箱をつくってございます。これはこれからのご議論を踏まえて埋めていければと考えているところでございます。

まず1ページのところから、内容をざっとご紹介したいと思います。

まず、分離プロセスのところですが、まずプロセスとしては湿式と乾式とございますけれども、まず湿式でございますが、今FaCTとして一番メインに進められている先進湿式法というの

がございましたが、こちらにつきましては、まずネプツニウムの分離工程というところで、簡素化溶媒抽出の開発がされてございますけれども、こちらの実施内容というところでは、ウランとプルトニウム、ネプツニウムの共回収というのを目指しているわけですが、その検討のためのシミュレーションコードを用いたフロー設計を行ったですとか、それから、常陽の燃料の溶解液を使用したホット試験を実施して、高い回収率の結果を得たというような話がありました。それから、実用化レベルに近い遠心抽出器の開発を行って、その水相と有機相の分離などの性能の確認等を行っているところでございます。

それから、アメリシウム、キュリウムの分離工程というところでございますが、これはSETFICS法のプロセス実証試験ということをまずやってございまして、常陽の燃料を用いましたこのホット試験によって、1%以下の損失率でアメリシウム－キュリウムを回収できることを確認したというのがございます。さらに、SETFICS法に比べてより経済性の向上に期待できる抽出クロマトグラフィーによる回収プロセスの研究開発を進めているという話がありました。

それで、ちょっとご紹介がございましたが、この資料の12ページなんですけれども、今、ご説明しております分離の技術開発のところにつきましては、これは第3回の会議でお示しいただいた資料でございますが、機構で平成12年までの取り組みと現在の取り組みという表がございますので、これとあわせてごらんいただければと思います。すみませんでした。

1 ページ目に戻りまして、次は4群群分離というところでございますが、これにつきましては、濃縮実廃液を用いたプロセス実証試験を用いまして、実験室の規模では高回収率を実証し、性能を確認したということでございました。それから、抽出剤というところでは、従来の抽出材の問題点を解決するような3座配位の、ここに書かれているような抽出剤の開発を進めたということでございました。

それから、その他の技術開発というところでございますが、マイナーアクチニドとレアアースの分離工程というところで、DIDPA抽出とDTPAの逆抽出法の再評価を実施したというところでございまして、この経済性向上のためには、前処理における沈殿生成の回避が有効という推定をしてございまして、この方法では、廃液処理の効率化等には限界があるということで、新しい抽出剤の開発を進めてきたというところでございました。それから、窒素ドナー系の配位子（TPEN、PDA）というようなこの分離方法の研究を進めてきたということでございました。

それから、ストロンチウム－セシウムの分離技術に関しましては、これまで無機イオンの交換体吸着法というのがありましたが、その問題点を解決するための高濃度の硝酸溶液で使用可能な無機吸着剤の研究、それから先ほども出てきましたが、抽出クロマトグラフィーの研究を実施し、プロセス構築の可能性を確認したということでございました。

それから、白金族元素の回収につきましては、模擬廃液を用いた試験を行っておりまして、この希少金属の電解析出の促進メカニズムの解明、それから採取条件の最適化を進めてきたということでございます。そこで、共存イオンの触媒効果によって、ここに書かれているような元素の析出率が飛躍的に向上するということを見出したということでございました。

それから、二次廃棄物の発生量の低減というところでございますが、このSETFICS法につきましては、ソルトフリー化による廃棄物の削減を目指したフローシートの改良。それから、より二次廃棄物の少ない抽出クロマトグラフィー法の開発を行っているというところでございました。

ここまでの湿式分離のところでございます。

それから、2 ページ目の下に乾式分離というところがございますが、こちらにつきましては、まずプロセス実証試験のところでございますが、この照射済燃料を処理して得られた実高レベル廃液を使用したプロセス連続試験を実施したというところございまして、試験の結果、すべてのTRU元素を液体カドミウム中にほぼ100%回収することができたということございまして。

それから、その下3 ページのところでございます。工学化技術開発というところでは、還元抽出装置の研究の部分でございますが、より構造が簡単で複雑な運転制御を必要としないような攪拌槽式の還元抽出装置の開発を進めているということございまして。それで、単段及び3 段の向流抽出器、実プラントの10分の1 規模の開発をしてございまして、その結果、3 段の試験の結果は単段での分配平衡を超えるような分離係数を得られることを確認したということございまして。

それから、この分離工程の課題として挙げられてございます、高耐食性材料の開発の部分でございますが、まず塩素化のところにはパイロカーボン、それから熔融塩を用いる分離工程につきましては、鉄系の材料が使用可能であるということございまして。それから、蒸留工程のところにつきましては、ここをパイログラファイトやタングステンを基盤にセラミックスを塗布した多層構造のるつぼの開発を進めたということございまして。

それから、高温の液体の輸送技術につきましては、工学規模の融体移送設備の開発中ということございまして。

それから、塩の廃棄物の処理技術というところでは、まず使用済塩の精製につきましては、ゼオライトの処理法による塩リサイクル技術の開発を進めてございまして、中規模カラム試験を行った等の説明がございました。それから、ガラス結合ソーダライト固化体の製造試験というのを行ってございまして、均質な固化体の製造、プロセス成立性を確認したということございまして。

それから、4 ページでございます。二次廃棄物の発生の評価につきましては、12年のチェックレビュー以降、その後の再評価は実施していないということございまして。

ここまでの分離プロセスでございます。

それから、4 ページのところがございますが、次に核変換サイクルのところがございます。核変換サイクルは3 つに分けてございます。酸化物と金属燃料と階層型、3 種類に分けてございます。

まず4 ページの酸化物のところがございます。まず燃料製造のところにつきましては、まず基礎物性のデータ収集ということで、ここに書かれているようなデータの拡充を進めてございまして、高濃度のアメリシウムの含有による燃料特性の影響の把握。それから影響緩和・改善のための技術開発を進めているというのがございました。

それから、燃料のところは簡素化ペレット法について、この製造システムとしてはこの方法が最も有望であることを明らかにしたということでございます。これもFaCTの中で、この実用化に必要な技術を6 課題整理して研究を進めているということございまして。

それから、マイナーアクチニドの含有ペレット製造技術というところですが、ネプツニウム、アメリシウムの焼結性の影響を確認して、高酸素ポテンシャル下で焼結するということによって均質性のよいペレットができることを確認したということがございました。それから、その

下でございますが、FBRの均質サイクル燃料の開発のためにMOXペレットを製造して、実験室規模での製造技術の確立を行ったというところでございました。

それから、その他の技術開発のところでございますが、5ページのところでございますが、ホットセルにおける小規模な遠隔燃料製造試験というのを実施したということでございました。それから、遠隔保守技術、それから高発熱燃料の取り扱い技術の開発を進めつつあるというところでございました。

続きまして5ページのところ、酸化物燃料の核変換システムということでございますが、これはFBRで燃やしていくわけでございますが、原子炉システムとしては、酸化物燃料のナトリウム冷却炉が最も有望ということで、設計研究を行いまして、参照炉心概念を定めたということでございました。それから、MAリサイクルにつきましては、移行期も考慮して最大5%程度という見通しを得た上で、その炉心概念の構築を進めたということでございました。それでいろいろな評価を行いまして、30から40%のMA変換が達成できるとの見通しを得たということでございました。ここは均質の議論でございますが、非均質の装荷概念については簡略な検討を行ったのみで、詳細な設計検討までは行っていないということでございました。

それから、燃料の挙動のところでございますが、試作したペレットを用いて照射の試験集合体をつくりまして、常陽で試験をしたということでございました。現在までのところ、通例のMOXと異なるような挙動は得られていないということでございました。それから、5ページ目の一番下のところでございますが、日米仏の国際協力におきまして、ネプツ、アメリ、キュリウムの含有のMOXペレットの照射試験、これは常陽で。それからもんじゅにおいてもこのピンバンドルの照射の実施の試験を計画しているということでございます。

それから、6ページ目に2. 2でございますが、金属燃料のシステムでございますけれども、まず基礎物性のところでは、こちらに書かれているような合金を製造いたしまして、基礎物性の測定を行ったということでございました。それから、MAとレアアースのこの添加のところにしましては、2%までであれば均一に溶解すること。それから5%であっても均質な合金が製造可能だという見通しを得たということでございました。

それから、燃料製造のところでは、射出鑄造の燃料製造につきまして、これが一度の射出で50から60本単位の製造が可能であるということを実証したということでございました。それから、常陽での照射に向けた3元系の燃料の製造を行ったということでございました。それから、照射試験用のMA含有の金属燃料の作製を行いまして、MAが5%以下であれば、標準的な射出成型技術の適用が可能であるという見通しを得たということでございました。

それから、照射挙動でございますが、これは添加率の異なる3種類の燃料、これはフェニックスで照射試験を行ったということでございました。外観検査で異常は特になく、破壊検査、照射後試験の実施中ということでございました。それから解析コードにつきましては、いろいろなパラメータを取り込んだALFUSというコードを改良中ということでございました。

それから、7ページの中段のところ、燃料処理システムのところでございますが、プルトニウムを使用した小規模の電解精製試験を実施して、この実規模で想定されるような回収速度の目標値を達成できる見通しを得たということでございました。それから、射出製造の連続プロセス試験に基づく確認、それから物質収支の把握というのを目的といたしまして、共同研究でグローブボックス内に装置を設置いたしまして、プロセス連続試験を実施したということでございました。それから、欧州の超ウラン研究所との共同研究ということで、小規模の電解精製

試験を実施したということでした。

それから、階層型でございます。7ページの一番下のところでございますが、これにつきましては、こちらに書かれてございますようなMA含有の窒化物の調製を行いまして、物性測定を実施中ということでした。8ページの一番上のところ、先ほど続きでございますが、微小試料から高精度の熱物性測定を実現して、さまざまなデータを取得したということでございます。

それから、燃料製造技術のところでございますが、炭素熱還元法の研究開発を進めてございまして、こちらに書かれているような幾つかのMA含有窒化物の調製を進めて、高純度窒化物固溶体調製技術の確立を進めたということでした。それから、希釈材の含有窒化物固溶体、それから二相分散型窒化物の調製等を行ってきたということでございます。

それから、照射挙動のところにつきましては、原子力機構のJMTRにおきまして、照射試験を実施しデータを取得したということでした。常陽におきましても試験をやっております。低～中燃焼度までの照射挙動の評価を行っております。それから、フランスとの共同でフェニックスにおける窒化物燃料の照射試験を開始しているということでした。

それから、こちらの窒化物を扱うときの技術課題といたしまして、窒素-15の濃縮技術というのがございますけれども、こちらにつきましては、大学への委託研究ということで基礎的検討を進めたということもございますけれども、経済的な濃縮法の開発までには至っていないということでした。

それから、燃料製造システムにつきましては、特に発熱が問題になるわけですが、その除熱法の基礎的な検討を実施したということでした。

それから、9ページの核変換システムのところでございますが、システム概念の検討ということで、80メガワットの鉛ビスマス冷却型のADSのシステム概念を検討したということでした。そこでちょっともろもろ書いてございますが、いろんな解析等を行いまして、成立性の高い概念構築を進めたということでした。

それから、加速器につきましては、クライオモジュールの試験、設計研究等により、そのADS用の加速器の基本概念の構築を進めたということでした。

それから、鉛ビスマスとそれから核破砕ターゲット技術というところでございますが、鋼材の腐食試験、ビーム窓部の電熱流動試験、ポロニウムの蒸発挙動試験等々を行ってきたということ。それからあと、国際共同研究、MEGAPIEに参加して、メガワット級のターゲットの成立性の実証を進めたということでございます。

それから、このADSの燃料処理システムということでございますが、この窒化物や電解精製における陽極溶解、液体カドミウムの陰極への回収を確認して、その電気化学的なデータの確認をしたということでございます。それから、再窒化のところでは、次のページ、10ページのところ、蒸留窒化法を開発いたしまして、電解精製後の液体カドミウムの陰極からの調製を進めたということでございます。それから、再窒化した粉末を原料として窒化物のペレットの調製というところまでも行ったということでした。

それから、10ページのところ、共通基盤技術のところでございますが、核データ・炉物理のところについてご説明ございまして、まず核データ測定、それから核データ評価のところにおきましては、こちらさまざまな元素、アイソトープが書かれてございますけれども、そちらの熱中性子捕獲断面積の系統的な測定というのを行ってきたというところ。それから、核データ

測定技術の開発、それからJENDLの整備。それから積分テストの実施というようなところのご紹介がございました。

それから、炉物理試験というところでは、ロシアで実施されたキログラムオーダーのネプツニウム装荷の炉心解析というのをやったということでございました。共分散データを用いた核設計の精度評価の実施ということでございます。

それから、アクチノイド科学についてもお説明が前回ございまして、複数のTRUの取り扱い施設というのが整備されてございまして、さまざまな基礎物性のデータの取得を進めているというところでもございました。それから、11ページのところに入りまして、J-ACTINETということで、施設間、研究者間の研究協力や交流を促進するためのネットワークの構築を進めたという説明がございました。

それから、FPの核変換というところでもございますが、こちらにつきましては、テクネチウム-99とヨウ素-129を対象とした高速炉による核変換ということで、まず炉心設計検討ということでございますが、基準炉心からの置換によりまして、性能要求を満足するような炉心を構築可能な見通しを得たということでございました。それから、ADSによる炉心設計検討におきましては、これは必要な性能を満足する炉心を構築できなかったということでございました。ヨウ素に限れば、核変換をできる見通しがあるということでございました。

それから、ターゲットの開発のところでもございますが、金属テクネチウムが有望な候補材なんですが、このリサイクル技術の研究開発が課題だということでございました。それから、ターゲット材に適切なヨウ素化合物というところでもございますが、これにつきましては、安定性とそれから被覆管材料との両立性のある適切な化合物が得られていないということでございました。

説明は以上でございます。長くなりましてすみませんでした。

○山名座長 ありがとうございます。

今の資料の一番右の欄が空白になっておりますが、今後、それぞれの開発を実施しておられる皆さんに、ここを一度自己評価していただくということを考えております。ということで、その評価の仕方も含めてご意見をいただきたいと思いますんですが、それでは、今の件に関しまして質疑をお願いいたします。

今までお聞きした内容で、例えば漏れているところとか、あるいは表現がおかしいとか、何かご指摘がありましたらよろしくお願いいたします。

深澤委員、どうぞ。

○深澤委員 ちょっと細かくて恐縮ですけども、先ほどの牧さんが言われた表と見比べたんですけれども、最初のほうの4群群分離とこの表とがちょっと合っていないような気がしたんですけれども、例えばTODGAとかは4群群分離じゃないのかなという気がしますし、逆にセシウムストロンチウム分離技術とかDIDPAとか、その他のところに入っているのは4群群分離技術なのかなという気がしました。

それからもう一点、2. のところの核変換システムのところで、金属燃料と階層型については燃料処理システムというのが入っているんですけども、言わずもがなかもしれませんけれども、酸化燃料にはこの燃料処理システムというのが入っていないんですけれども、一応書いておいたほうがいいんじゃないかなというふうな気がしました。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、4 群群分離、DIDPA云々のところから少し置き場所を検討させていただきたいと思います。

それから、燃料のところですが、ご指摘の話は……

○深澤委員 2. 1に燃料製造、燃料処理システムは入っていない。

○山名座長 なるほど。

○深澤委員 ほかのところでは入っている。

○山名座長 乾式には入っているというわけですね。これは……

大井川さん、どうぞ。

○大井川研究主幹 これはプレゼンのときもこういう順番でプレゼンしたんだと思うんですけども、湿式のところに軽水炉からのものも、それから高速炉で自分で回すものも含んでいるということで、分離プロセスのところに整理されているという位置づけだと思います。そういう位置づけでプレゼンはさせていただきました。

○山名座長 ということですが、分離プロセス側で見ていると。

○深澤委員 ええ、一応そういうことを書いておいたほうがいいんじゃないかなと。分離プロセス側に記載とかですね、例えば。

○山名座長 わかりました。

ほかに何かご指摘等ございませんか。

ちょっと待ってくださいね。若林委員からお願いします。

○若林委員 評価の仕方なんですけれども、技術の達成度ということを中心だと思うんですけれども、前回の平成12年度の研究開発段階の設定と分析結果というのを見ますと、3つの段階で達成度か何かを見ているみたいなので、要素技術開発、工学実証とか原型プラントということで、こういうふうな段階での対象として、今どの辺のレベルにあるのかなというふうな形で整理するのも1つの手かなというふうに、前回の平成12年度をちょっと参考にしながらということになるかと思うんですけれども。

○山名座長 まとめ方の話ですが、幾つかの段階に切るというのは多分必要だと思うんですが、その切り方はそのヨウ素技術、工学実証、原型というその切り口がいかどうかは、またご議論いただきたいと思います。恐らくその話に入る前ぐらいの評価も必要かなという気もいたしますので、何かご意見がありましたら、とりあえず評価のところでも明確な段階を切ってやっていったほうがいいというご提案ということで拝承したいと思いますが、今の評価の仕方、最後のところでまたご提案等ありましたら承るということで、佐賀山さん、何か。

○佐賀山副部門長 私もこの技術の達成度といったときに、例えば我々がFaCTでやっている研究でも、中心になっているやつと基盤的なやつと分けて扱っているとかありますし、それぞれの研究で、ある目的というかターゲットを持って、そこに対してどのぐらいの達成度であるという書き方をするのか。いわゆる基盤的なものは、もっとジェネリックにその可能性というか、そういうのを多分追求されていると思いますから、そういうのを一緒くたにしてしまうと非常にわかりにくくなっちゃうかなという気もちょっとしまして、これは分野別に分かれているんですけれども、ですから、ちょっとそこの基礎基盤的というか、そういう部分と、あとFaCTでやっているようなそういうターゲットを決めたその目的に対して、どこまでできているとか、できていないとか、不足しているとか、そのFaCTの中でもそういうような違いも多分あります

し、ですから、例えばFaCTでは均質でやっていますが、非均質のものは、余り必ずしも評価をやっているぐらいですが、あとそういう非均質になった場合には、多分データの必要な精度とか度合いもかなり厳しくなってくるとか、変わってくるということが多分出てきますよね。ですから、その達成度というのを言うときに、ちょっとその辺の整理をしたほうがよろしいのではないかなと思ったんですけれども。

○山名座長 ありがとうございます。

山中委員、どうぞ。

○山中委員 核変換サイクルの中身の話なんですけれども、いろんな燃料の形態があって、その照射挙動をいろいろ試験をされているという。その照射挙動の中で、その燃料のミートの話というのはいろいろ詳しくお話があったんですが、やはり照射挙動ということを考えると、やはりサヤも含めて重要になってくるかなということで、改めてそのサヤの話をしてくださいというわけではないんですけれども、そういうことも少し頭に置いていただいていたほうがいいかなと。被覆管についてもいろんな種類があって、燃料の形態との組み合わせというのものもちろんあるかと思うので、そのあたりも少し頭に置いていただいて、最終的に技術評価していただければというふうに思います。

○山名座長 被覆管や構造材については何かご指摘ありますか。今のお話がありました。多分今までその点について深く聞いていないような気がするんですが。

大井川さん、何か。

○大井川研究主幹 階層型は、まだ燃料の物性だとか、燃料そのものの照射挙動というところに集中しているところなので、被覆管に関しては、恐らく高速炉の実用化で開発されているようなものをうまく利用していくような形になっていくということで、まだ余り突っ込んだところにはいけていないのが実情です。

○山名座長 FaCTとしてはもちろん進めておられるわけですね。

それから、窒化物、金属は何か被覆管に関してはございますか。特に。

小川さん、どうぞ。

○小川部門長 ADSですとか、新しいタイプの炉を入れる場合には、その照射温度が高速炉と違うとか、そういう特徴もつかまえて、例えば高速炉では問題にならない照射脆化が多少厳しくなるとか、そういう観点での評価というのは基礎的にはOECD/NEAの共同検討でやってはおります。

いずれにしても、被覆管の開発というのはお金と時間が非常にかかるものですから、基本的にはある程度、いろんなところで開発されたものの中から選んでいくというのが1つの基本ですが、あわせてJSTの公募の中で、新しいタイプの安定化を捨てないという被覆管の研究開発などもやっております。それは必ずしもこの分離変換という枠組みの中でやっておりませんので、ここでは紹介しておりませんが、研究開発としてはそういう形で進めてはおります。

○井上首席研究員 私ども電中研も特にその被覆管について大きく取り上げてやったことはないんですが、というのは、ほかの高速炉で開発されるからそれを使えばいいということで今考えておるわけなんですけれども、ただ1つ、今まで1つやり始めて、これまだきちっと実はやっていないんですが、実は鉄系の被覆管を使う場合に、レアアースが多いと結構共晶反応を起こして、低融点化合物をつくる可能性があるんですよね。だからちょっとそのあたりのところは、やはりこれの特有の問題として扱う必要があるかと思っています。

○山名座長　ということで、山中委員、被覆管については、何か共通的な項目に入るかもしれませんが、どこかに記載するように考えます。

ほかに、ご指摘ございませんか。

それでは、余り時間がないので、先ほどの評価の方法のことについて、もう一度ご意見を伺いたいんですが、佐賀山さんがおっしゃったように、それぞれの技術に応じて区切りの仕方が違う可能性が出てまいります。若林委員がおっしゃったように工学的なスケールの軸で見るという手もございますが、何かご提案等ございますか。

○井上首席研究員　実は、この話につきまして、次のこの均質、非均質の特徴と課題というところとも関連するんですが、実はこのとき、やはりそれぞれの技術について、いわゆるその非均質、均質を紹介すると同時に、それぞれ特徴と課題ということでタスクフォースでやったんですね。そのときにやはりいろいろ出てきましたのは、各機関によって思い入れが違うんですよ。それで、そういうところにもある……どう言ったらいいんですかね、いわゆるあるところまでいったのを、かなりそれをどの辺までそれを演繹できるとか、その辺が非常に難しいということがこれわかったです。だからその辺のところをぜひ、どういう基準に基づいてこの評価をするかというのをはっきり決めていただきたいと思います。

○山名座長　大変難しいお話ですが、そうですね、ちょっと考えさせていただきたいと思いますが、もともとこの分離変換というのは、そんなに工学的に実現のどうのこうのというところにいくまだ前の段階でありまして、データの信頼性について議論がありましたが、そういうファンダメンタルなユーザビリティの問題とか、ベーシックなデータの問題とか、ある程度工学的なセンスを入れた評価ができる段階とか、いろんな考え方があると思いますね。それについて、一律になかなかわかりにくいところがあって悩ましいところなんです、どうしましょかね、何か。

矢野委員、どうぞ。

○矢野委員　同じような質問かもしれませんが、要するに何が解けていないのかというのが具体的に挙げていただくと、要するに電中研あるいは原研がタグされるのは、仕事と言えば仕事なんでしょうけれども、それ以外の分野の、あるいはほかの機関の人たちが、その問題、これだったら私のところが得意だとかいうのがあると思うんですよ。何かそういうのが浮き上がってくるようなものになっていただくと、例えば理研が何かしたいと言ったときに、これはうちかなとかいうのがありますので、何かそういうような、技術の達成度はいいんですけれども、何を要するに大問題として残っているのかというのが明快になるようなものになっていただくとありがたいと思います。

○山名座長　今後の課題というのは後でテーマとして出てきますが、それはまさにこれからの課題でありまして、もう少し全体を見て何が乗り越えられなければいけないかということを示しろというご提案だと思いますので、そうですね、ちょっと承って事務局側で少し整理をさせていただきたいと思います。非常に複雑な話だと思います。

何かほかにご提案等ございませんか。深澤委員、どうぞ。

○深澤委員　私にとって非常に便利なのは、この横並びで比較評価したいんですね、各技術を。そうした場合に、例えば共通項目で、これはウランを用いた基礎試験を終了しているとか、ウラン-プルトニウムを用いた試験で終了しているとか、あるいはMAも含んだもので終了しているとか、そういう共通項で何かこういうグレードといいますか、分けていただけると、この技

術についてはちょっとおくれぎみなんだというのが横並びで評価できる、しかも簡単に評価できるというような感じがするんですけれども、それも考慮していただけるとありがたいんですけれども。

○山名座長 わかりました。そのようにしたいと思います。

ほかに何かございますか。河田委員、どうぞ。

○河田委員 やはり技術の今のレベルに依拠しての評価というのは必要だと思いますね。基盤的なあるいは原理実証段階のものと、今後工学実証すべきようなフェーズとしてとらえるべきもの、それから、今はまだそこまでいかないのかもしれないですけれども、産業化を目指すべき段階のものとか。そうすると、今度その評価の視点もそれぞれの段階によってちょっと変わってくるようなふうに思いますね。少し産業化を目指すなんて話になると、全体のシステムとしてのバランスとかそういう問題も出るでしょうし、技術実証レベルですと、それも全体をとらえたときのシステムとしての弱点として今後強化すべきところはどこかなんて問題も出てくると思いますので、技術の成熟段階と、その段階に依拠した評価の視点というのをぜひ整理させていただきたいなと。

それから、ちょっと細かい質問です。窒化物の燃料のところは燃料製造のところでMAの発熱問題を少し気にしておられますけれども、酸化物燃料の製造のところで発熱問題についての評価はなされているのかどうか、この評価の中では見えないので、その辺は気になるのかなと思います。射出成形は多分、金属燃料はそこは問題ないんだと思いますけれども。

○山名座長 FaCT側から、手短に。

○永田部門長 発熱分の評価はそれなりにやっておりますので、必要があればご報告したいと思いますが。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、今まで承った評価の考え方ですね、少し事務局側で整理させていただいて、横並び、それから段階に依拠したいろんなやり方があると思いますが、こちら側から評価の仕方を提案させていただきたいと思います。

まず、開発を担っておられる方々に自己評価をしていただくと、その結果をもとに委員の先生方にまた評価していただくという2段階法をとろうと思いますが、それでよろしいでしょうか。何かご意見はございますか。

それでは、開発担当の方々、自己評価をお願いすることになりますが、ぜひよろしく願いしたいと思います。

井上さん、何か。

○井上首席研究員 基準もとりあえずなくてですか。とりあえずやる。

○山名座長 いやいや違います。こちらで整理してそれからお願いすることになります。

それでは、ただいまの議題は以上にしたいと思います。

それでは、次ですが、議題の、引き続きまして、均質／非均質／階層型について、現状の整理の一環としてご説明いただくことになっております。電力中央研究所の倉田上席研究員から説明をお願いいたします。

○井上首席研究員 ちょっとその前にいいですか。これの経緯につきまして、私、これの主査をやらせていただいておりますので。

それで、これですね、実際に今までそのMA変換で均質型、非均質型、階層型、いろいろ概念

が出されているわけですが、一度整理しようということになりまして、実際にこれまで本委員会2回、それからタスクフォースを大体6回ほど昨年の9月ぐらいから走りまして、そこには大学、研究機関、メーカーですね。それからさらには今までずっとこういうことをやってきたリタイヤされた方というか、そういう方も入っていただいてやっております。

それで、1つ注意したことは、これ各機関、先ほどちょっと触れましたけれども、それぞれについて思い入れがやはりありますから、非常にその表現がまちまちなんですね。だからあくまでも実験的なエビデンスに基づいてきちっとやろうということで、その特徴、それから特に課題のところを挙げてございます。課題については、まだ実はそれぞれ多いところ、少ないところありますけれども、決してこれ、少ないから課題が少ないというわけじゃなしに、この辺もまたさらに本委員会等で一、二回学会として検討する必要があると思っています。

それで、今日はその辺でタスクフォースでいろいろ骨を折ってもらった方から、説明それからコメントに答えてもらいたいと思います。すみません。

○山名座長 背景はよくわかりました。

じゃ、倉田さん、よろしく。

○倉田上席研究員 それでは、電中研の倉田がご報告いたします。

タスクフォースのメンバー、先ほど井上さんから紹介がありましたように、延べ約12名ほどおりまして、私が一応その代表ということでご報告させていただきます。

じゃ、1ページ目お願いいたします。最初に概要でございますけれども、各概念のまず分類と呼称について、それから概要と特徴、典型的なパラメータ、特徴の比較、課題の固有なもの、共通なもの、それから開発段階、課題の比較ということでございますが、本技術検討会で重複する部分も多いものですから、特にこの特徴の比較、課題の比較、この辺に力点を置いてご報告させていただきたいと思います。

それでは、次をお願いします。最初に、本資料で扱いますMA変換概念の分類と呼称について、3つにまとめてございます。一番左のカラムがFBR均質型ということで、ここで特徴的な数字としてまず確認していただきたいのが、3つ目のカラムの燃料中の重金属に占めるMA濃度と装荷形態というところでございまして、このFBR均質型では5%以下と、これが重要な数字となっております。この5%の意味でございますが、MAを均質に扱って発電サイクル全体で一括処理するわけですが、この5%というのが移行期、軽水炉、高速炉、移行期の最大濃度と目されているものでございまして、平衡期にはこれが0.5から1%になるというものでございます。

一方で、一番右端のADS階層型ですが、こちらは炉型としてADSを用いますが、その燃料としては高濃度のMA、50から80%程度が現在検討されておりまして、これがウランフリーとして扱われます。また、サイクルとしては発電サイクルと独立のMA専用サイクルをつくると、そこが特徴となります。

真ん中のFBR非均質型というのは、実はさまざまなバリエーションがございますが、基本的にはこの均質型とADS階層型の折衷的な概念として生まれてきたものでございまして、特徴としましては、先ほどのMA濃度がやや高濃度、20から30%のターゲットをつくって、これを炉心に装荷するというアイデアになります。したがってそのターゲット以外の部分は、発電サイクルを一部共用するということになります。

次、お願いします。概要に関しましては既に報告済みでございますので、簡単にポイントだけご説明いたしますが、まず均質型では、このポンチ絵にありますように、MAは常にプルトニ

ウム、ウランと同伴して均質に扱われるということになります。

次、お願いします。非均質型でございますが、先ほどの均質型と同じようなポンチ絵が描かれるわけですが、異なる場所は、分離プロセスから発電に至るところが2本線になると。アメリカシウム、キュリウムのターゲットとMOXからなるドライバー燃料とに分けて扱うということでございます。ここは実は細かなバリエーションがありまして、そこに検討例として3つほど掲げてございます。

次、お願いします。ADS階層型でございますが、こちらの特徴は、薄い緑色で示しております商用発電サイクルとその下の核変換サイクルを完全に分離するというのが最大の特徴でございます。MAは商用発電サイクルから核変換サイクルに移されまして、そちらでウランフリーの燃料として回されるということになります。ここも検討例はさまざまなものがございます。

次、お願いします。これらの概念の本技術検討会での提出資料とか、それ以外の公開文献などのデータを収集しまして、横並びで評価を行いました。各概念の典型的なパラメータというところでまとめたのが次の9ページの表でございます。

一番左側に原電実証炉の値ということで参考値を示してございまして、FBR均質型、非均質型、ADS階層型を並べて比較しています。均質型はMOX燃料と金属燃料で若干異なりますので、2つ載せております。上の4つのカラムが主要な諸元というものでございまして、出力、燃焼度、MAの装荷濃度、装荷量といったものでございます。

これらの数字をもとに横並びに比較しようということで、それぞれ設計が異なりますので、直接比較できませんので、なるべく横並びになる数字ということで、下の3つの項目を選んでございます。最初がMA核変換量でございまして、単位としてkg/GWt/Yearという単位で、共通化して比較してございます。こちらではFBRを利用しますと、約30から60ということではばらつきがございまして、これは設計の微妙な違いということに基づく部分が多いですので、FBR非均質型でやるから必ず均質型の半分程度の数字しかないというものではございません。この辺は炉設計をすることで、非均質でもほぼ均質と同等の核変換量を得ることができます。一方でADS階層型では、その6倍から10倍程度の性能を持っているということが言えます。

次に、発熱量と中性子放出量ということで、取り扱いの難しさにかかわる数字をこの2つのカラムでまとめてございます。参考として載せました原電実証炉の数字は、この発熱量でおおよそ3から4ということで、この数字でありますと、既存のグローブボックスを用いた燃料取り扱い製造ができるということになる1つの目安でございます。均質型に関しましては、炉型によりましては、約4から15程度ということではばらついてございます。非均質型では、ターゲットに関しましては、その3倍から、平衡期には10倍程度の数字になると。一方、ADS階層型では、さらに10倍を超える数字になるということでございます。

次、お願いします。この表に基づきまして、もう少し考察を加えてみました。考察を11ページから13ページの3枚にわたってやっております。

最初に、MA変換の性能と必要な基数についてまとめてございます。右側のグラフが、ブルーの縦軸がMAの核変換量の先ほどの表の数字を棒グラフであらわしたものでございます。緑がFBRのMOXに、移行期のマイナーアクチニドの濃度でMAを足したときに、そこから発生するMAの量とバランスする炉の基数というものを載せたものでございます。FBR均質型では、ブルーの値が先ほどの表にあります50 kg/GWt/Yearという値が出ておりまして、これとバランスする基数が25基ということになります。FBR非均質型では30という数字になっておりますが、これは

30から50程度の幅を持った数字と読んでいただきたいと思います。必要となる炉の基数は25基で同じということでございます。ADS階層型では性能が上がりますので基数は減りますが、右上に書いてありますように、1基当たりの炉の出力が違いますので、基数は11基必要という値になります。

次、お願いします。次にMA含有燃料の特性という観点からまとめたものが下のグラフでございます。まず、上の燃料組成、発熱量についてのところを読んでみますけれども、燃料組成に関しましては、MA濃度増加は、核的な安全性の余裕とトレードオフの関係にあるということでございます。これMAの濃度の増加と申しますか、MAの濃度の増加によって得られるメリット、例えば核変換速度でありますとか、MAの集約の程度ということでございますが、それと核的な安全性の余裕がトレードオフとの関係にあるということでございます。

そのグラフに関しまして説明いたしますと、一番左が通常のFBR、MAフリーのものでございまして、赤が発熱量、右の軸で読んでいただきたいと思います。緑がMAフリーの燃料の年間取扱量でございます。通常FBRの場合には発熱量が大体3から4、緑が約480t/yearということで、燃料を取り扱う必要がございます。それを均質型にしますと、発熱量が大体15程度、オレンジが今度はすべてMAが装荷されますので、480トンがMA含有ということで扱う必要がございます。FBR非均質型になりますと、そのオレンジの部分が約40トンに減少します。一方で残りの約440トンはMAフリーで取り扱うことができますが、そのオレンジの部分に関しましては、発熱量が3倍強に増加すると、ADS階層型になりますと、さらにその割合が顕著になるということでございます。

右のほうに矢印を1本示してございますが、これが先ほど少しご議論がありましたけれども、現時点での知見に基づいた、実用的な均質燃料製造施設設計の目安の例ということで、FaCTの検討例では約20ワットという値がターゲットになっているということでございます。しかしこの20ワットでございまして、既存のグローブボックス技術ではなくて、セルを用いた遠隔製造が必要になるということでございます。

次、お願いします。次に、平衡期のマイナーアクチニドのシステムインベントリという観点からまとめてございます。移行期については第3回の検討会で既に議論済みということで省略させていただきます。これは非常に簡単な絵でございまして、FBRを利用しますと、58GWeという世の中を仮定しますと、すべての炉にMAが均質に装荷されますので、年間約480トンのMAを含有するものがぐるぐる回るという世の中になります。これがADSを利用しますと、燃料を再処理から加工それから新燃料の装荷、その部分がMAフリーになってグリーンのラインになります。一方で、年間約2トンのマイナーアクチニドが上の階層から下の階層に動きまして、下の階層では約16トンのウランフリーのMAを集約した燃料がぐるぐる回るという世の中になります。ここで特徴としまして、ADS階層型の場合には、下のサイクルの規模が非常に小さいです。これを発電サイクルから隔離してしまうという概念があり得ることが特徴でございます。

次、お願いします。このような整理の仕方、それからこれまでの公開文献に基づきまして、次に各概念の課題と開発段階についてタスクフォースで整理してみました。ここで先ほど井上主査からもご説明がありましたけれども、まだまとめ方が暫定的なものが幾つか残っておりますので、作業の中身についてまずご説明したいと思います。最初に文献に基づきまして課題を整理しまして、それを共通なものとして固有のものに分類いたしました。さらに開発課題の整理と相互比較を行ったのですが、ここでこの技術検討会でも、小川さんなどからTRLという概念が

出ておりますけれども、なるべくTRL的な考え方を使いたいということで、対象核種ごとの開発段階のマップをつくってみたのですが、先ほどまさにここで行われたような議論がタスクフォースでもありまして、まだ暫定版にとどまっているという状況でございます。

次、お願いします。最初に各概念に共通する課題について、ざっとご紹介いたします。詳細は先ほど事務局から説明された資料に載っておりますので割愛させていただきます。燃料、炉心に関しましては、核データ、それからキュリウム、マイナーアクチニドの照射挙動、この辺が出ております。再処理に関しましては、プロセス計量精度の向上、廃棄物移行量、遠隔操作技術と、そういったところが重要であるということです。処分に関しましては、処分の影響評価の精度向上というのが出ております。

次、お願いします。次のこの絵は、湿式分離、乾式分離を用いた軽水炉燃料再処理から発生する高レベル廃液からのMA分離技術に固有の課題でございますので、既に議論済みということで省略させていただきます。

17ページお願いします。こちらがFBR均質型、酸化物燃料・湿式再処理を利用したものに固有の課題ということでございまして、この概念は技術が一番進捗度があるということで、クリティカルな課題は幾つかの項目にかなり集約されてきております。ただし、先ほど井上主査からもご説明がありましたけれども、最初にお示ししました共通部分に関する課題は、このFBR均質型でも非常に多く残されているというところは指摘されております。燃料、炉心に関しましては、特にこの固有の課題ということでは、照射健全性ということで、特にアメリシウムを入れますので、アメリシウムの再分布の話、それからキュリウムの物性の話、この辺が残っております。さらに再処理としては、抽出クロマトグラフィーというのがまだこれからの技術とされています。それからネプツニウムの分離の割合の話、それから燃料製造に関しては一元処理技術の開発と、この辺が非常にクリティカルということになっております。

次、お願いします。次、同じFBR均質型でも、金属燃料・乾式再処理を用いますと、技術の進捗度が異なっておりますので、固有の課題が変わってまいります。詳細は既に議論済みということでございますが、主なところを述べてまいりますと、まず燃料、炉心に関しましては、炉心の安全性、過渡事象に関するデータの不足、それから金属に固有の燃料挙動。それから乾式再処理に関しましては、湿式と異なりまして、約500度以上で融体を扱いますのでその融体の取り扱い、それから金属のアクチニドを扱うための課題、そういったものが出てまいります。また、計量管理概念の課題、廃棄物の課題、金属アメリシウムの蒸発と、こういったものが固有のものとして挙がっております。

次、お願いします。FBR非均質型でございますが、これに固有な課題ということでございますが、ここは主に燃料炉心の課題ということになります。その理由は、MAを20%から30%エンリッチしたターゲットをつくることによります。したがって、特にアメリシウム、キュリウムがエンリッチされたものの物性、密度とか相分離、こういったところが均質型の燃料と異なってくるので、この辺に課題があるということでございます。また、照射挙動に関しましては、MAがエンリッチされることで出てくる課題というのがまた固有に出てくるということでございます。燃料製造に関しましては、最大の課題と言われておりますのが、この焼結の技術でございます。それから高アメリシウム濃度によります燃料の劣化の防止の技術と、こういったところが課題となっております。

次、お願いします。ADS階層型に固有な課題でございますけれども、ADS階層型に関しまして

は、まだまだ全体的に基礎基盤レベルにあるものが多いですので、まだクリティカルな課題がどこかということで集約されているレベルにはなっていないというところがございます。したがって、それぞれのところで非常に網羅的に課題が挙がっております。ADS未臨界炉心に関しては、未臨界の炉物理に関して、そこにありますような主要なパラメータすべて、まだまだこれからの課題でございますし、その他の加速器、それから冷却材の取り扱い技術、この辺もまだまだ要素技術の段階でございます。また、物性データ、それから窒素-15、その辺の話もこれからの課題ということで挙がっております。

次、お願いします。といったことで、こういったデータをまとめてまいりまして、各概念の課題の比較ということでございますが、先ほどから技術検討会でも議論になっておりますが、開発段階のマップというのをつくったらどうかということで、まずマップをつくり始めてみました。どのようなマップをつくったかということ、FBR均質型のMOX燃料の燃料製造のところを例にしましてご説明したいと思いますが、これはあくまでも暫定版ということでお願いいたします。

まず横軸には、先ほど議論がありましたが、どういうものをとるかということですが、まず規模をとってみようということで、g/バッチ、100g/バッチ、10kg/バッチ、t/dayというものをとってございます。縦軸には対象物質ということで、ウラン、MOX、それからマイナーアクチニドもキュリウムはさらに難しいということで分けて書いてございます。一番上には再処理製品ということでございまして、このようなマップをつくっております。オレンジの部分が、これまでの報告資料に基づいて、それぞれの開発主体が達成済みと、あるいは実績があると主張したところでございます。またブルーの部分は、同じように次の段階はここであるという主張がされた部分でございまして、緑が最終目標と、赤字は必要なインフラということでございます。ただし、下に説明がございすけれども、先ほど井上主査からもご説明がありましたが、オレンジの部分はあくまでも開発実績を示しております、ここをではどのように達成度と読みかえていくかというところには課題がありますので、これが非常に暫定的なものになっているというところがございます。

次、お願いします。暫定的な表になってはいるんですが、このように各概念ごとに横並びにしてみますと、それなりに見えてくるところもございますので、そこだけご説明したいと思えます。今の同じ燃料製造に関しまして、左上でMOX燃料、左下が均質金属燃料、右上が非均質、右下がADS階層ということで横並びにしております。オレンジが実績あり、ブルーが次の段階、緑が最終段階ということでございますけれども、見ていただきますとわかりますが、例えば均質型ではやはりMOX、 UO_2 で準工学規模から工学規模に移るような実験がされているということがわかります。一方で、マイナーアクチニドに関しましては、いずれの概念をとりましてもまだまだグラムパーバッチのスケールにいるというところがわかります。さらに、FBR非均質型では、MOX、 UO_2 を別に扱いますので、この部分に関しましては実はもう実機のレベルにいるというところもわかります。さらに、FBR均質型では、燃料を480トン扱う大きなセルが要るわけですが、金属燃料では、これも議論がありましたけれども、1個の実機が数十キロ規模のバッチ処理で連続するというところがございますので、最終的な目標が1こま手前にあるということが見えます。さらにFBR非均質型やADS階層型でも、MAを集約しますので、その規模が1こま手前にあるというところも見えてまいります。さらに概念ごとに課題が共通しますので、赤字が入っている必要なインフラの部分ですが、その辺が意外に共通しております、マイナ

一アクチニドが含有したグラムから100グラムスケールのところのインフラが必要である。それから、工学規模としましては、10キロ程度のところが必要であるというようにも出てまいります。ということで、暫定版とはいえ、まとめてみますと、見えるところもあるということでございます。

次、お願いします。このような開発段階のマップの暫定版、それから、先ほどの課題の整理ということに基づきまして、それぞれの横並びの比較というところを最後にやってみました。この開発のねらいということでまとめてございますけれども、それぞれの概念での開発のねらいの特徴的なキーワードを横、一番左に載せておりまして、それぞれのキーワードごとに黒い部分がそれぞれの概念での端的な特徴、青字で書いてあるところがそれをタスクフォースで比較した文章になっております。その青字のところを中心にご説明いたします。

まず、MA核変換性能でございますが、FBR利用型では変換性能に大きな差がないということでございます。ただし大きな違いがありますのは、それぞれの型で重視する観点が異なるということです。均質型ではMAを低濃度に保つことが重視されておりますし、非均質型やADS型では、むしろそれを分散してMAを集約するところをねらっているというところが異なっております。

安全性に関しましては、MA変換と核的安全性の裕度がトレードオフの関係にありまして、FBR利用型では5%以内に抑制するというところでこれを満たすと。ADSでは未臨界体系ということでこれを満たすということになっております。

核不拡散性に関しましては、均質型では、すべての燃料にMAを含有させて核不拡散性の向上を目指すという考えでございますが、非均質型、ADS型では、ドライバ燃料あるいは発電燃料に関しましては従来どおりということで、これを余り利用しないという考え方になります。しかしいずれの概念でも、MAを添加しないブランケットへの対応が必要でございます。あともう一点は、MAを添加しますと、逆にプルトニウムの検認が難しくなるという話がございまして、この辺の観点からの議論も必要でございます。

経済性に関しましては、既にご報告済みということで省略させていただきます。

次、お願いします。次、開発のねらいの、次にMA燃料の輸送・保管というところでございますが、ここでも集約によって規模は小さくなりますが、取扱い課題が難しくなるということでトレードオフの関係にあります。均質型では、全集合体に発熱・放射線対策が必要でございます。一方で非均質、階層型では、FBRのドライバ燃料の輸送・保管には、現状技術が適用可能でございますが、MA燃料に関しましては、非常に発熱・放射線対策の技術的ハードルが上がってくるという関係にございます。

処分への影響に関しましては、既にご報告済みということで省略させていただきます。国際協力に関しましては、非常に幅広くやられているということで、省略させていただきます。

26ページお願いします。次にここからは、それぞれの分野ごとに少し横並びに比較しております。核データ・基礎物性のところでございますが、真ん中下ぐらいからブルーのところを読ませていただきますけれども、いずれの概念でも、MA核データの微分測定、あるいは積分実験による核データの検証が不可欠でございます。また、キュリウムの基礎物性データの取得がほとんど進んでいないというところがございます。この辺は、国際的にもまだまだ基礎段階にございまして、余り進捗していない分野であるということでございます。

したがって、必要なインフラとしましては、このMA核データの測定施設、積分実験施設、

あるいは燃料の基礎物性測定施設というものが共通で必要であると。また、ADSに関しましては、その固有のインフラが必要であるということになります。

次、お願いします。燃料製造に関しましては、開発方針のところでございますけれども、これは燃料の濃度が約5%、20%、60%と大きく異なるんですが、それにもかかわらず、いずれの方式でも遠隔セルは必須であるということが共通してございます。一方で、非均質型や階層型では、燃料の大部分がMAフリーになりますので、その部分に関しては既存技術ベースで製造ができるということが特徴でございます。

クリティカルな技術課題のところ、下のほうでございますけれども、そうはいってもいずれの方式でも、マイナーアクチニド、キュリウムを含むすべての燃料を含む燃料の製作というのは、まだ全くと言っていいほど実績がございません。特に燃料ピンのレベルでは製造実績がなく、研究は非常に基礎的な段階にとどまっております。ただし、ここで燃料形態とか、MAの含有量などが異なりますので、製造プロセスに関してそれぞれの概念で一体的に研究を進めることは難しいところがありますが、遠隔操作などは各概念に共通する課題になるということでございます。

次、お願いします。再処理に関しましてですが、再処理に関しましても、当然ながらいずれの方式でも遠隔セルでの取り扱いが必要です。ここでの特徴は、概念の違いというよりむしろ用いる再処理の手法によって開発課題が共通するということでございます。どこが共通するかと申しますと、均質型のMOXとFBR非均質型が割と共通するところが多いと。均質型の金属とADS階層型が共通するところが多いというところでございます。

クリティカルな技術課題でございますけれども、下のほうでございますが、いずれの概念でもMA含有燃料の再処理試験は実験室の規模にとどまっております、遠隔セル技術の開発というのは各概念の共通課題になっています。固有の課題のほかにこのような共通の課題があるということでございます。

必要インフラとしましては、微妙に表現が異なっておりますけれども、小規模から工学規模のホット試験設備というのが、やはり次の段階として不可欠であるということでございます。

次、燃料開発のところをお願いします。燃料開発に関しましては、開発方針のところ均質型と非均質型、ADS階層型で少し異なっております。均質型では基本的にMOXあるいはU-Pu-Zrという母材料に関する知見からの外挿に基づいて設計をするという考え方でございますが、非均質型、ADS階層型では、MAの濃度が高いものですから、その部分は一から開発する必要があるということになります。

クリティカルな技術課題のところですが、いずれの概念でもマイナーアクチニド含有燃料の開発というのは非常に基礎段階にあって、ようやくサンプル照射が始まった段階であります、この分野に関しましては、非常に国際協力に基づく計画が進展しておりまして、国際的にも非常に重視されているところであるというところでございます。

必要なインフラとしましては、当然ながら照射試験設備、それから照射後試験設備、金属燃料、あるいは窒化物燃料では不活性雰囲気が必要ということでございます。

次、お願いします。炉特性・炉システムでございますが、これは先ほどの繰り返しになりますが、開発方針のところですが、MAの添加の量と炉心安全性のパラメータというのがトレードオフの関係にあるということが大きな特徴です。また、4つ目にありますけれども、FBRとADSでは、目標とする出力が大きく異なるということも指摘しておく必要がございます。

現状（実績）のところでございますが、この分野ではそれぞれのデータがかなり相互に利用可能ということで、炉型を問わずに一体的・相補的な研究が望ましいということが言えます。

クリティカルな技術課題としましては、これも繰り返しになりますけれども、核特性の予測精度の向上というのが必須でございます。それから燃焼データの整備、それからADSでは、未臨界炉心核特性などの固有の課題というものが必須でございます。

必要インフラとしましては、MAの積分実験施設、それから高濃度MAを取り扱い可能な施設というところがございます。

最後にまとめさせていただきますけれども、ざっと読んでまいりますが、FBR均質型、非均質型、ADS階層型のそれぞれの概念は、特徴や技術的成熟度に違いがあるものの、技術や適用シナリオの優劣を判断する段階にはございません。

均質型では、MAが低濃度で混合されますので、炉心成立性や燃料物性の観点からは、従来技術の延長線上での開発がある程度可能でございますが、特に共通課題のところを中心に、まだまだ多くの課題が残っているというところがございます。

非均質型では、コンパクトな遠隔燃料製造施設ができるという特徴がございますけれども、一方でマイナーアクチニドを濃縮しますので、固有の技術開発が出てくると。これが均質型に加えて出てくるということでございます。特にキュリウムの濃度が上がるために、この除熱・放射線対策というのが非常にハードルが高くなる可能性があります。

ADS階層型に関しましては、MAをさらに集約しますので、発電サイクルからの分離というような特徴も出てまいりますけれども、基礎的なところからかなり網羅的な研究開発がまだまだ必要ということでございます。

次、お願いします。最後に、今後研究開発を進めるにあたってというところで2ページにまとめてございますけれども、ここはかなりこの技術検討会でも議論が進んでおりますけれども、今後発生する使用済みのウラン・プルトニウム燃料には多量のMAが含有されておりますので、このMAの分離変換というのが、将来的に高レベル廃棄物の合理的処分の観点から非常に有効な技術となり得るというところは認識が一致されているかなと思います。

一方で、MAの分離変換には、これまでに経験のない技術の実用化が必要となりますので、またそれらがすべて遠隔が必要でございますので、まだまだこれから開発が必要であるということでございます。

また、MAの分離変換自体に関する多くの課題というのが、まだ基礎・基盤の研究の段階にありまして、さらに関連データの取得に努めることが望まれます。また、基礎・基盤研究の成果に基づいて成立性が見通せた技術に関しましては、工学規模への展開が必要ということでございます。

その下のLLFPの話、それから国際協力の話は省略させていただきます。

最後、今後研究開発を進めるにあたっての2枚目でございますけれども、各概念に共通して開発推進が必要な事項として、まず、一番最初の項目でございます。これがボトルネックとなるわけですが、MAを国内で十分に調達・利用できる環境あるいは枠組みが不可欠ということで、特にキュリウムの扱い、それからR Iと核燃料の取り扱いの違い、この辺のところは非常に大きな課題になります。それから国際協力の推進。

分離・MAリサイクル・燃料製造のそれぞれの技術に関しましては、化学プロセスの確証、それからグラムから100グラム規模のマイナーアクチニド取り扱い設備、それから工学設備、そ

ういったところが重要でございます。

核変換システムに関しましては、臨界集合体、常陽・もんじゅの活用、そういったところが出てまいります。

最後に、MA分離変換技術は、多くの技術分野が関連することから、各界、各分野の専門家の英知を集めて開発を行うことが有効であります。また、放射性廃棄物処分の社会的受容性にかかわることから、広く社会との対話をもって進めていくことが肝要であるということでございます。

以上でございます。

○山名座長 倉田さん、ありがとうございました。

それでは、この件について質疑を行いたいと思います。ご質問等ありましたらお願いします。

河田委員、どうぞ。

○河田委員 2つ、ちょっとこれを見て感じたことを申し上げたいと思います。

1つは、窒化物の燃料のことなんですが、今、TRU廃棄物を地層処分するというと、その場合の一番の影響核種というのはヨウ素であります。その次に重要なのはカーボン14ですね。その出てくるところというのは、燃料の中に含まれる微量な窒素、それが多分カーボン14のもとになっているんだと思うんです。処分屋さんの観点から見ると、現時点で微量な不純物としての窒素が、今の処分体系の中になんか重要な地位を占めていると。そういう状況の中で窒化物燃料というのはどうなのかなということですね。もともとMAの燃焼というのは環境負荷低減ということから出発しているわけで、我々は核分裂からエネルギーをとるという立場で、核分裂の結果から出る放射能の後始末については、一生懸命多大な知恵と技術を絞って解決をするというのは当然なんですけれども、核分裂を起こすための補助的な材料側でハンドリングしにくい放射性物質を多量につくるとすると、そもそもそれは何なのかなという疑問があって、その辺のマクロな評価を一度しっかりやっていただく必要があると思っています。それで、結果的に窒素の濃縮がないとだめなんだということであると、本当にどこまでまじめにやるべきかということになりますので、そこは一度そういうマクロな視点での評価をきちんとやっていただく必要があるというのが1点。

それから、クリティカルな課題の一部としての核不拡散性ですね。パイロプロセスについては、今の保障措置、特に非核兵器国に適用されるセーフガードの中での一番肝心のポイントになっている非常に精緻な計量管理に基づくMUFの評価が恐らくそのとおりの実現は不可能ということであります。今、セーフガードの中では補助的な手段となっている封じ込め監視がむしろ主になって、MUFの評価が補助的な形にならざるを得ないんじゃないかという感じがしています。それはまさにセーフガードの世界の革命でありまして、そこの辺についての見通しをやはり我々はにらみながら進めていく必要があると。

これはそれがあるから決定的に将来だめなのかということ、1つの安心材料というか頼れるところというのは、アメリカがこの乾式技術を実際に民生技術として産業化する意図があるのであれば、彼らがまじめに考えてくれるであろうということです。しかし、そちらがそうならないと、いくら周りがセーフガードについていろいろ物を申しても動かないという状況も予見されますので、申し上げたいのは、そこの辺はやはりきちんとした視点を持っていていただくのと同時に、アメリカ側との協力をうまく維持していくというのが大事な要件になるということです。

それから、この分野、特に燃料屋さん、燃料再処理技術屋さんとか、ややその核不拡散に必ずしも強くない方が今の研究段階では多いと思いますが、そろそろそういう人たちも入れた研究展開というのにも要るんじゃないかなというふうに思います。その2点ですね。

○山名座長　ありがとうございます。

個別の細かい課題は、時間も余りないので、いずれにせよ今のご指摘は、放射化生成物やカーボン14や、核不拡散のようなもう少しマクロな見方で比較する部分が必要だというご指摘。

学会から今のコメントに対して何か。

○井上首席研究員　こういう核不拡散の話なんですけれども、この件に関しましては、ご指摘のところを我々も気がついておりまして、それで学会の本委員会でも二、三度にわたって、日本のこの核不拡散の専門家というのを呼びして講演いただいたんですけれども、ただやはりその人たちに聞いても、どうすべきか、どういうのがあるかというのは、ただ現状の紹介だけで、ないんですよ。だからその辺は、決してその人たちの責任だけじゃなしに、本当に日本として、兵器も核兵器国じゃないのは差し当たって日本だけですから、日本で核不拡散をこういうふうにフォーミュレーションするというのを、まずきちっと専門家の方がやられてつくることが必要じゃないかなと思いますけれどもね。

○山名座長　小川さん、どうぞ。

○小川部門長　今の計量管理の話なんですけど、もちろん乾式再処理については、まだこれからロジックをつくっていかないといけないという部分があるんですけれども、じゃ、湿式再処理だったら大丈夫なのかというのと、これは実はこういう高発熱のMA入りの燃料を扱ったときに、プルトニウム-238が非常に増えるというようなことも含めて、やはりTBPの劣化生成物、それから燃料の溶解の段階ですとか、そういうところでのプルトニウムのマネジメントを相当しっかりやっておかないといけない。それに伴うところの課題というのは結構あって、現在国際的には多分1%ぐらいの計量上の不確定性はある程度許容されているとか、あるいはLASCARの検討などでは0.3%とか0.5%というような数字を言っていますけれども、やはりそういうところを目標にしていこうとすると、それなりのしっかりした取り組みをやらないといけないと思っています。そこのところの課題が、実はこの15ページの各概念に共通する課題というところで漏れているなと思っているんですけれども。

それともう一つは、窒素-15のことについては、これは大井川さん、あるいは湊さんから、少し欧州の人とも一緒に検討していると思いますので、補足してもらったほうがいいんじゃないかと思います。

○湊ユニット長　窒素-15に関しましては、もちろん、濃縮の窒素-15を使うとなりますと、その濃縮の開発をきちんとやらなきゃいけないということ、それから価格がそれだけ上がるということがございます。だけれども、その窒素-15、現在の価格で1グラム1万円弱ぐらいのところなんですけれども、量産化いたしましたして、例えば1グラム1,000円ぐらいの額になったとすると。そうしますと、それで燃料をつくったといたしましても、全体から見ますと燃料の値段が倍になるとかそういう話ではございませんで、数%燃料の値段が高くなるというような簡単な試算は行っております。ですから、額の規模といたしましてはその程度のものでございます。

○山名座長　いずれにせよ、ご指摘のような少し広い視野で三者の比較が必要だというのは多分そうだと思いますので、今後の検討課題にしたいと思います。

今日は、この3つの概念の比較の考え方といいますか、このアプローチは極めてコンプリヘンシブでとてもいいと思うんですが、この比較について何かご意見ございませんか。例えば12ページに、MA含有燃料の特性として、熱くない部分と熱い部分のバランスのお話がありましたが、結局その全体のシステムの中でどこにどういう負担を押しつけて全体として最適をねらうかという議論、トレードオフという言葉が倉田さんは使われましたが、そういうことであるかと思うんですが、今後のアプローチでもこの非常に大事なことだと思いますが、何か均質、非均質、ADS。

若林委員、どうぞ。

○若林委員 9ページの典型的なパラメータの比較というところで、MA核変換量ということなんですけれども、これはkg/GWt/年ということであらわされているんですけれども、これであらわすんだとしたら、やっぱり装荷量というのを年間当たりの、ギガワット当たりの装荷量というふうなことでまず示して、そうするとそれぞれのFBR、均質、非均質、ADSの性能という面で、どのぐらいこの核変換しているかというふうな性能の面での比較ができるんじゃないかなと。この装荷量だけとか、その出てきたアウトプットのこの変換量だけだと、ちょっと性能という面での比較には必ずしもなっていないんじゃないかなと。要するにどれだけ入れて年間どれだけ減っているかという視点の比較というのが必要んじゃないかなというふうに思います。それはなぜかという、やっぱり変換量を割合に、パーセンテージにしても、それが低いとリサイクルしないといけないわけですね、何回か。そういうもののやっぱり1つの指標になるので、年間装荷量に対してどうかという観点から見る必要があるんじゃないかなというふうに思います。

○山名座長 倉田さん、この点何か。

○倉田上席研究員 今、ご指摘のところ、まさにタスクフォースでも議論になりまして、どのようなまとめ方をしようということですが、直接は読み取れませんけれども、MA装荷量、kg/基というが上にございますので、これを出力で換算して58ギガワットに計算し直しますと、一応速度も出てくるということにはなっているんですが、その速度を直接横並びで比較するのもどうかという議論になりまして、今はこのようなまとめ方になっています。

○山名座長 補足ありますか。

○若林委員 せめて年間装荷量はどうかと、その辺を入れる必要は僕はあるんじゃないかというふうに思います。

○山名座長 それは今度計算して出していただくという。

○倉田上席研究員 わかりました。

○山名座長 ついでにサイクル全体のインベントリというのはこの中で読み取れますか。つまりマスフローとインベントリと2つの情報が要るかと思うんですが。

○倉田上席研究員 すみません。58GWeをこの表に載せるべきでしたね、すみません。それから480トンという数字もこの表の注釈に載せるべきでした。その辺は少し、すみません、修正させていただきたいと思います。

○山名座長 よろしく願いいたします。

ほかに何かございませんか。小川委員、どうぞ。

○小川部門長 27ページなんです、燃料製造のクリティカルな技術課題のところ、下から2行目、全体に共通する話のところ、燃料形態、MA含有量などが異なるため、製造プロセス

に関して一体的に研究を進めることは難しい。遠隔操作技術は、各概念に共通する課題である。これはそのとおりなんですが、こうすると何か3つ施設をつくらないと対応できないような、ちょっと印象になってしまうんですが、これは井上さんがよくITUのことをご指摘されるんですけれども、やはり1つの施設でこういうバリエーションを持ったものに対してきちっと対応するということは可能だと思いますので、ちょっとそのあたり記述を検討していただけたらいいと思います。

○倉田上席研究員 おっしゃるとおりだと思いますので、必要インフラでは共通ということをお口頭では説明させていただいたんですが、ちょっと文章と一致しておりませんので、整合性をとりたいと思います。

○山名座長 ほかに何か。どうぞ、矢野委員。

○矢野委員 先ほどの必要インフラなんですけれども、大体どれぐらいの建設コストというか、ぐらいのものなのかというイメージがちょっとよくわからないんですけれども。これはそういう建設コストサイズのようなものを大体で書けないものなんですか。

○山名座長 何かそれに対してお考えがおありの方、伺っておきましょうか。簡単には出ないと思うんですが。矢野委員、今後必要な研究開発とか、あと参考資料で現施設の現状あるいは報告書に関してそのことが出てまいりますので、いずれその議論をするということによろしいでしょうか。今ここで余り丸を並べても混乱するだけですので。

ほかに何かございますか。

○佐賀山副部門長 今みたいな議論と関連するんですけれども、これ今はFBRの均質、非均質、あとADSとかとこう全部パラに並べているわけなんですけれども、いわゆるこれを開発を続けていこうという判断をどこかでいずれにしてもしていくことになるんだと思うんですけれども、それを基礎段階のところである種見切りをつけようとしているのか、工学段階で見切りをつけようとしているのかというそのところによって、その実験の仕方とか開発の仕方も大分変わってきますよね。その辺をかなり意識した整理をしないと、みんな必要になっちゃうというふうになっちゃうような気がするのですが。

○山名座長 それはこれからやる議論になりまして、とりあえずこれは基礎的な知識としてご理解いただきたいと思います。報告書のところに、その今の判断についてどう書くかというのはまだ白紙状態でありまして、これからの議論ということで。

それでは、よろしいですか。この件については、それでは以上にしたいと思います。

それでは、次の議題ですが、今後の研究開発課題について、まず井上さんからお願いできるんですか。続いて大井川さんからお願いします。

○井上首席研究員 それでは、もうこれは手短にご紹介したいと思います。

それでこの資料にありますように、次の段階に移行するために必要な事項というので、どういう課題が必要か、その規模はどの程度か、それから最後の一番右側の欄につきましては、ここにちょっと補足として原案に1行加えさせていただきましたけれども、実用化一歩手前での技術開発というような感じで書かせていただきました。それで、あとここにあります数字というのは、左に寄れば寄るほどより確証が高いんですが、右のほうはなかなかまだ詰め切れておりません数字ですので、大体どんな程度でどんな規模の試験が必要かということがわかっていただければというふうに思います。

それではまず、高レベル廃液からの分離プロセスということですが、当然これに関しては各

要素技術の工学試験の開発ということで、今までのご紹介させていただきますところのそれを実用化に向けた開発と。そのためにどんな試験設備が要るかと申しますと、とりあえずはまずその各要素技術開発のコールド試験設備、100g／バッチというのはちょっと小さいかもわかりませんが、こういうものでできるだけ実用化に近いようなものがつくれるものがあればいいということで、これを私どもの鋭意進めておる段階でございます。

その次にはBですが、小規模実廃液試験によるプロセス技術の確証ということでございますが、これにつきましては、当然そのホット試験によってプロセスを確証するというところでございますが、その右にいまして、小規模実廃液試験用の不活性雰囲気試験ということで、バッチとしてはヘビーメタルあたりこれぐらいが使えるればその後も応用がかなりきくのではないかと。

それから、あとはこれはホット試験というよりもむしろ工学技術の操作技術、エンジニアの技術でございますが、遠隔操作技術、それから高温融体の移送技術ということで、これはやはり乾式の場合は不活性な雰囲気がどうしても必要ですので、その不活性のこういうことができるある程度の大きさのグローブボックスが必要ではないかと。それから技術の実用化に向けて必要な課題としましては、当然そのほぼ実用に近いような装置、それからスケールは10分の1程度でもいいと思うんですが、実廃液を用いての乾式分離の実証試験設備ということで、これを行うことによって繰り返し試験とか、物質損失の評価、そういうオペレーション技術なんかを評価していくということでございます。

その次のページにいまして、燃料製造というところでございますが、この燃料製造に関しましては、まずやはり当然どこでも出てきますけれども、それぞれの個々の技術の開発ということでそこに書いてありまして、その課題におきましてはこのぼつぼつに書いてございます。これにつきましては必要な研究開発施設といいますのは、ウラン並びにTRUを取り扱う試験設備と、ウランですとやっぱり10kg／バッチなんか、それからTRUですと、これはTRU合計ですが、バッチ当たり100グラム程度使えるものがあればいいかと。

それからBとしましてリサイクル物質による小規模燃料製造実証と、これは実際にフェニックスで照射した燃料なんかを用いて、リサイクル試験をして、さらにそれで燃料をつくるということでございますが、これは当然右のほうのBにいまして、照射燃料製造用の不活性雰囲気のホットセルは要するというところでございます。

それからその次に、当然これに伴う工学技術開発は先ほど来と同じようなものがございまして、要る設備としても同じような、こういう不活性な雰囲気のグローブボックスが要ると。

最終的にはどんなところまでいけば、ほぼ実用化ができるかというところになりますと、再処理回収製品を用いての、燃料製造パイロット試験設備による燃料製造実証試験という、大体ヘビーメタル5から10キログラム、これですと1バッチ規模で20本程度の燃料ピンが一度にできますので、そこまでいけばかなりの成功を見るのではないかとということで、これらについては最終的には先ほどもお話が出ておりましたけれども、実機並みでの装置でのアメリカとの共同研究というようなことがかなり重みを持つてくるのではないかとというふうに考えております。

その次のページにいまして、核変換システム、これにつきましても、まず一番最初は当然基礎物性データのベース、やっぱり技術、それから基礎データの取得というのは、やっぱりどこにも共通するもので非常にこれも大事だと。ただ、そうするためにこのAか、右にありますように、基礎物性測定用のMAの取り扱い、いつもこれを私指摘するんですが、柔軟にフレキシ

ブルに取り扱えるようなそういう施設がやはり要るなど。当然そこではごくわずかなキュリウムも取り扱えるということです。それからBにいきまして、金属燃料の照射挙動の評価、解析というのは、今私も2つありまして、1つは紹介させていただきましたフェニックスでの照射燃料、これはもう済みまして、あとは所定の我々のもくろみどおりいっているかどうかの燃料挙動、それから核変換の観点からいっている。

それからもう一つは、今、旧原研さんとの共同研究でやっております三元系燃料のサンプル照射ということで、常陽での照射試験ということでございます。これにつきましては、金属燃料の照射炉、やっぱり照射後試験施設がやはり国内である程度整備されることが必要じゃないかと思っておるんですが、燃料としてはほぼ今年中にできちゃうんですが、常陽がああいう状況でどうなるか、ちょっとこの辺が今、見通せていないというのが現状です。それからあと、Cにありますようなこの核データベース、それから解析コードというものがございます。

それで一番右にいきまして、これは当然リサイクル燃料の実証と、それに伴う照射後試験、そういうもののデータの積み重ねということになってくるのではないかと思います。

それから、もう一つ核変換システムの今度は再処理という観点でございますが、これも各要素の技術試験、それからあと照射済燃料による実証試験と、それから工学試験となるんですが、必要な設備といたしましては、ちょうど真ん中の欄にありますように、Aにつきましては各要素技術開発用の試験設備、それからBにつきましてはやっぱり実燃料を用いたもの、大体1バッチ当たりキログラムスケールで扱えるものがあるところまでいけると。それから、これは共通ですが、こういう工学装置を開発するためのグローブボックスということでございます。最終的には当然、これ大体1トンから2トン規模の処理施設ができるようなところのパイロットスケールができればいいのではないかと。アメリカは大体今、ほぼこれに逆に近づいたようなところがINLで実施中であるということでございます。

それから最後のページでございますが、廃棄物処理ということですが、これにつきましては、一番ちょっと私もおくれているところですが、それぞれ解決すべき研究開発課題といたしましては、乾式再処理特有の廃棄物処理・固化技術の実用化プロセス、それから廃棄物処分の最適化、合理化ということでございまして、これは特にここにはあえて今の段階でアクチニドを入れる必要はございませんので、コールドの廃棄物処理試験設備というのをグローブボックス内に完備してやっていく必要があるのではないかというふうに思っております。あと実用化にはそれをスケールアップすればいいのではないかというように考えてございます。

以上です。

○山名座長 では、大井川さん、引き続きお願いします。

○大井川研究主幹 それでは、原子力機構の開発課題ということで説明したいと思います。

まず、分離プロセスですけれども、左の欄のところに何行かの文章が書いてありますが、要は幾つかの分離のプロセスのうち、ウラン、プルトニウム、ネプツニウムを一括回収する部分、それから抽出クロマトによるMA回収の部分というのは、FaCTの中でやっていて課題の設定がされているということで、今、ハードルは比較的低いというふうに考えられておりまして、2015年までの計画で下を書いてあるような要素技術開発をやって、次の段階、基本設計段階に移行するというふうに考えています。

項目として、ウラン、プルトニウム、ネプツニウムを一括回収する高効率抽出システムということの課題としては、プロセス条件の最適化だとかネプツニウム挙動予測法の確立などがあ

りまして、そういうのに必要な研究開発項目と施設ということでは、使用済燃料溶解液による晶析後の母液からのこれらの各種元素の分離に係るホット試験を、今CPFで実施しているところです。

それから、抽出クロマトに関しましては、分離性能評価だとか吸着剤の安定性・安全性の話がありまして、一部は基礎基盤研究と連携して実施しているところです。この部分についての研究開発項目と施設ということでは、実験室規模でのホット試験というのをC P Fで実施する計画になっているところです。この2つは比較的実用化に近い部分になっています。

その下は、まだ基礎基盤的な取り組みということですが、MA分離の溶媒抽出法によるもの、それから次のページにはストロンチウム・セシウムの分離、白金族元素の分離、それからこれらを組み合わせた場合の最適組み合わせの検討だとか、要素技術間の結合上の問題解決。こういったことが課題として挙げられておりまして、これらを解決していくということでは、模擬液による分離プロセス最適化試験が可能な施設、あるいは次のページの上にあります、実液によるホット試験が可能な施設と、これらについてはNUCEFという施設で実施可能ではないかと考えております。

一番右の欄ですけれども、技術の実現に必要な開発課題としては、これらすべてに関して工学規模の装置の開発というのがあって、初めて実現するのかなということで、4つ目のボツにあります、工学規模でのホット試験による技術実証というのが実現までに必要なステップだと考えております。

続きまして3ページですけれども、今度は核変換システムに関してですが、共通基盤技術ということで1つの表にしております。ここでは4つの項目を挙げておりまして、MA核データの整備と積分的検証、それから燃料基礎物性に関する熱力学データの充実及び燃料設計コード開発、それからマイナーアクチノイド含有燃料の計量管理技術等の核不拡散技術の開発、それからF P核変換用ターゲットの開発ということで挙げております。核データに関しましては、前回ご説明しましたように、TOFを使った測定ラインというのをJ-PARCで今整備中であるというようなこと、それからMA燃料が使用可能な臨界実験装置というものの整備が必要だと考えております。

それから燃料物性等に関しましては、括弧の中に書いてありますような多様な施設、既存施設で今いろいろな取り組みを実施しております。詳しくは参考資料として配られている施設の一覧というのを見ていただければいいと思うんですが、それぞれの施設でそれぞれ取り扱える量だとか、あるいはどんな雰囲気です使えるのかというようなところの特徴があります。そのほか、モデルの構築だとかコードの計算精度向上が必要になってくると思っております。

これら2つに関して右側の技術の実現に必要な開発課題とありますが、それぞれ安全に関するところ、それから経済性向上ということで、こういうデータをそろえていく必要があると考えております。

それから、3つ目の項目の核不拡散技術に関しましては、現段階、先ほど議論がありましたけれども、まだなかなか技術、どういうふうにしていくんだというのが見えていないところがありますので、実証段階に移行する前にそういうところをしっかりと見ていく必要があると考えております。

4つ目のF P核変換ターゲットに関しましては、照射試験だとか照射後試験、処理試験、そういったものが必要になってくると考えております。

続きまして4ページですけれども、今度は均質の高速炉利用型の核変換システムについてです。燃料製造に関しまして、ここもFaCTの中でやられているということで、2015年までに計画どおり行いまして、基本設計段階に移行することは可能と見込んでおります。ここに挙げております課題につきましても、そのFaCTで挙げているものと大体一緒になっていますので、詳しい説明は省きたいと思いますが、真ん中の欄、どういう施設が必要かというようなところで、MA/FPを添加した際の影響の評価を含む1キログラム程度の高除染MOX系のバッチ試験ということで、これはプルトニウム燃料第一開発室で実施中であるということ。あとはコード試験をうまく組み合わせながら開発をしているということが現在の段階です。

技術の実現に必要な開発課題ということで、次のステップとしましては、それぞれプロセスの最適化、それから遠隔対応設備の開発等を行った上で、工学規模でのホット試験による技術実証というのが必要になってくるのは明らかかなと思っております。

続きまして、5ページの核変換システムですけれども、これもFaCTの一環として進めておりまして、現在のところはホットの部分というのは5ページの一番下、燃料のところの照射健全性の確認ということになっておりまして、ペレット、ピンレベルのカプセル照射試験、それから照射後試験ということで、常陽で照射をしてAGFで照射後試験を行うというようなことを行っているところでございます。

この部分、技術の実現までには実照射環境でのピン、バンドル照射試験、それから照射後試験というのをやっていく必要があるというふうに考えております。

それから次の6ページは、高速炉利用型のうちの非均質ですけれども、この非均質についてはターゲット燃料とドライバー燃料があります。ドライバー燃料は基本的には余り大きな研究開発課題はないということで、ターゲット燃料に関しましては、その欄下の①、②、③のところに挙げてありますような課題があるというふうに考えておりまして、こういう課題に対応していくために、既存の小型ホットセル施設に試験機器を導入するというようなことで対応が可能だと考えております。

技術の実現に必要な開発課題ということで、そのターゲット燃料に関しまして、アメリカウムをたくさん入れたような燃料の工学的成立性、それから燃料の劣化防止、発熱だとか微粉末の対策、照射挙動、いろんなところを見ていく必要があると考えております。

それから、核変換システムに関しましては、その6ページ左下のところにありますように、燃料設計評価手法の開発、あるいは物性データの取得が必要だということで、照射用燃料の製造というのは現行の施設の改造ということで対応できるというふうに考えております。7ページの上にあります、照射試験、照射後試験というのも現在の施設の改造等で対応できるというふうに考えております。

燃料再処理に関しましては、FaCTで行っております湿式のプロセスをこのターゲット燃料にも適用可能だというふうに考えていますが、課題としてはキュリウムの発熱の影響だとか、溶媒劣化の影響について評価する必要があると。この部分についてはFaCTと一貫してやっていけばいいということで、右側の開発課題のところにこういう解決すべき点というのを挙げてございます。

続きまして、8ページからは階層型です。燃料製造に関しましては、燃料製造工程の最適化だとか、TRUロスの定量化、それから先ほどありましたが、窒素-15に関しましては、閉鎖系で取り扱うというようなことの燃料製造技術の確立等々、それから当然発熱・遮へい対策だと

かデータベース整備等が必要だということで、必要なインフラということで考えているのですが、グラム規模以上のMA取り扱いが可能であるということで、NUCEFで対応が可能であろうというふうに考えています。ただ、MA窒化物燃料の照射挙動評価ということでは、当面は国際協力による国外施設の活用ということになっていくのかなと考えております。

技術実現に必要な課題ということになりますと、工学規模装置の開発を行った上で、しかも窒素-15の濃縮技術というものを確立していく必要があると。それから計量管理技術の開発というのも重要なポイントだというふうに考えております。

核変換システムに関しましては、①から④まで挙げてございまして、未臨界炉技術に関しましては炉物理特性だとか、未臨界度の監視技術等々の開発が必要だと考えております。そのために数百MeV以上の陽子ビームと核破砕中性子源が使用可能な臨界または未臨界の実験装置が必要だと考えております。但し、DT中性子源との結合という意味では既存の施設でも可能です。それからマイナーアクチノイドを大量に装荷できる、そういう炉物理実験施設が必要だと考えております。

鉛ビスマス冷却材に関しましては、ループ試験だとかポロニウムの挙動試験、それからタンク型システムのモックアップ試験等が次段階に移るまでに必要だと考えていますが、この部分に関してはヨーロッパが非常に多様な施設を持っていまして、そこと連携していくということが可能だと考えております。

それから、核破砕ターゲット技術に関しましては、陽子ビームによる照射施設と、それから照射後試験というのが必要になってきます。ただし、一部はMEGAPIEの国際共同実験でも既に実証済みということで、ベーシックなデータというのは今後も取り続けていかないとはいえないと考えております。

それから、超伝導陽子加速器に関しましては、低エネルギー部とそれから超伝導、高エネルギー部に分けて書いてありますけれども、低エネルギー部に関しての信頼性の試験ということで、これは国際協力で可能かなと。それから超伝導の部分というのは既存の陽子加速器に増設して実証していくというような取り組みが必要だと考えております。

これらをひっくるめまして、次のステップとしては、実験炉級のADS、大体熱出力80メガワットのものをつくっていく。これは下に書いてありますけれども、欧州が非常に積極的に検討を進めているということで、国際協力を中心に考えていくことになるんだと思っております。

それから、最後、燃料処理の部分ですけれども、ここも燃料処理の工程の最適化だとか、物質収支に関する部分、それから不純物の制御に関する部分、材料の部分等々がございます。当面必要な実験のインフラということでは、小規模ホット試験が可能なホットラボということで、当面は国際協力による国外施設の活用ということも視野に入れていかないとはいえないと思っております。ただ、FBR用の金属燃料再処理研究施設と共用が可能だというふうに考えております。それから、グラム規模以上のMA取り扱い可能な施設ということでは、NUCEFで対応が可能だと考えております。

実現までにやらないといけないということでは、工学規模装置の開発だとか、新たに出てくる廃棄物関係の処理技術の開発、それから塩とかカドミウムリサイクル技術、窒素-15等も含んでですが、それから計量管理技術の開発が必要だというふうに考えております。

以上です。

○山名座長　ありがとうございました。

それでは、質疑に入りたいと思います。質問等ございますか。

深澤委員、どうぞ。

○深澤委員 電中研さんの資料の4ページの一番左上のところに書いてあるプロセスロスということなんですけれども、これはどの程度の発生量を予測されているのでしょうか。

○井上首席研究員 今、プロセスロスとしては、それぞれのところで、いわゆる99.5%以上は全部リサイクルするなり、例えばドロスを処理するなりして開発したいと思っております、それでまずそれがとりあえず達成できたのは、先ほどの一番最初に説明いたしました熔融塩中からカドミウムにアクチノイドを落とすというところで、非常にいい場合は99.9幾つまで解消できたんですが、これはただし工学試験になってきた場合には、その辺がもう少し下がるだろうというふうに思っております。だから、どの程度のものを目標化されて、当然その99.5%を目標にしているんですけれども、それはまだこれからの課題です、実証は。

○深澤委員 プロセスロスとして99.5%のうちの何%がここにいくかというところを知りたかったんですが。

○井上首席研究員 だからそのトータルの0.5%ぐらいにしたいとは思っているんですけれどもね。

○深澤委員 プロセスロスからアクチノイドを回収するわけですね。

○井上首席研究員 いやいや、回収した後ね。回収した後、やはりプロセスロスというのは、その回収できるところ、それからあとるつぼ等にくつつくものもありますから、そういうるつぼも当然それを洗浄して処理はするわけなんですけれども、やはりすべて100%洗浄できるわけじゃないですから、トータルとして今のような数字を我々としては目標として掲げているということです。

○深澤委員 回収後は99.5%だとわかるんですけれども、回収前にどのぐらいこのプロセスロスにいくかというのをちょっと知りたかったんですけれども。

○井上首席研究員 ちょっと今のよく理解できないですけれども。

○深澤委員 回収後の回収率が99.5%であるとわかりましたけれども。

○井上首席研究員 だからトータルの製品として99.5%は回収したいと。

○深澤委員 だからそれは理解しましたけれども、ここに書いてあるのはプロセスロスから回収すると書いてあるので、この回収する前にはどのぐらいいっているんですかというところを知りたかったんです。

○井上首席研究員 プロセスロスからは、先ほど申しましたように、この熔融塩中からの回収でいきますと99.9%以上が一応回収できるというのは、小さな規模では実証しております。ただ、だけれども大きくなるとその辺はもう少し下がってくるだろうというのは当然予測はしています。

○深澤委員 ちょっと議論がかみ合わない。

○山名座長 時間も余りありませんので、細かいことはまた別のところで。

何か。じゃ、若林委員から。

○若林委員 電中研さんの資料で、今後必要な開発施設の仕様ということで、いろいろ掲げられているんですけれども、この仕様の既存の施設で、このような施設、仕様のものが利用できるのかどうかというのはどうなんですか。要するにJAEAさんのほうはいろんなNUCEFとかCPFとかで利用できるというふうなことで書かれているんですけれども、電中研さんは新たにつくる

わけじゃないんだと思うんですけども、うまく利用していけるというふうな、そういうことなんでしょうか。

○井上首席研究員 非常にそれは頭の痛いというところでございまして、1つの大きなこの乾式の特徴は不活性雰囲気で扱うというところなんです。そうすると、不活性雰囲気で今、こういう試験ができていたというのがJAEAさんと共同でつくりましたの、今やっておりますCPFにある施設がありますね。あそこですとプルトニウムが大体250グラム程度は使えるんですが、その範囲のものが今あるだけで、あと燃料製造につきましても、これは常陽で燃料照射するために、ピン1本規模でこれはウラン、プル系ですけども、使えるものがありますけれども、現実問題その程度です。

だから、もう少しそのきちっとしたプロセスをある程度実装置なんかをデザインしながらやっていくためには、もう少し整備されたCPFでやっておりますような施設のもうワンランク上のものが必要だと。それはそうすると今度、これは旧原研さんのほうですけども、窒化物のほうですね、そういうところにも適用できるんじゃないかと考えております。

○山名座長 ほかに。山中委員、どうぞ。

○山中委員 電中研さん、原研さん、両方に共通のことなんですけれども、照射挙動を把握するのは非常に重要であるというのは両方うかがえるところなんです、照射試験施設については特段配慮する必要はないというふうに受け取れたんですけども、それでよろしいかというのが。今の言うと、現状で何とか国際協力とかあるいは国内で何とかやりくりできますよみたいなふうに受け取れたんですけども、それでよろしいかというのと。

それと、共通の課題だと思うんですが、核データとかあるいは臨界試験とか炉物理試験とか、そういったものについて今後その両方の課題でどういうふうに取り組んでいかれる、あるいは施設的に現状のものを利用してやっていかれるのかという、その2点をちょっと伺いたいんですが。

○山名座長 それでは、井上さんから。

○井上首席研究員 燃料照射挙動についての照射後試験施設としては、燃料製造、それから核変換システムにも書かせていただきましたけれども、いわゆる金属燃料用のその照射後試験施設というのは、やはりどうしてもこれ不活性雰囲気なんですよね。だから、そういう雰囲気が今完備されるといいというので思って、今日本の中では残念ながらこれを実施するところがございません。というご質問でよかったですか。

○山名座長 よろしいですか。

永田さん。

○永田部門長 大変な努力して資料をつくっていただいていると思うんですが、この見出しで、次段階に移行するために必要な事項と、それから技術の実現に必要な開発課題と、こういう形で区分されているんですが、最初のころに今の段階を評価するときにどうだということで、基礎基盤と、それからあと工学実証とそれから産業化というようなキーワードで、若林さんがおっしゃったのかな、今ここでやるべきこととして、工学実証試験段階でやるべきこと、それから産業化に至る段階でやるべきこと、それから基礎基盤段階でやるべきことというような形で整理して、それで工学実証試験段階に移行する上で必要な基礎基盤段階でやっておくべきことというような整理の仕方をしないと、今何かここで挙がっているのが、工学実証段階に移行するために必要な事項というよりは、工学実証段階で何かこういう試験が考えられるというよう

な形での整理になっちゃっていないかなというような気がするんですけども。

○山名座長 ありがとうございます。

井上さん、大井川さん、今の点、ご理解いただけましたか。

○井上首席研究員 これを私どもがつくるときには、工学規模の実証試験というのは、これ今一番右と考えたんですよ。それで、次の段階へ行く試験に必要なものとしては、この真ん中ですね。真ん中の欄という意識でこれを記載したんですけども。

○山名座長 ということは、真ん中のところまでは今の基礎段階の範囲内であると。基礎の範囲の中で現在からもう一步進むために必要なことということですか。

○井上首席研究員 そうですね。基礎段階というか、この真ん中のところを突き詰めることによれば、ここがクリアできれば次の実用段階に行けるということですね。それを基礎というか……

○山名座長 工学実証段階に行くには、この卒業試験が要るよという。

○井上首席研究員 そうです。

○山名座長 永田さん、そういうことなんですよ。

○永田部門長 多分、研究開発課題と整理したときに、比較的今やっているアクティビティとの対応で次の段階というような整理になっているんですけども、恐らく基礎基盤段階でやっておくべきことということであるその方法について、どういうことをやっておく必要があるのかというのを基礎基盤段階ではこういう項目が必要だという整理があって、その上に立って、今例えば高レベル廃液からの分離プロセスということについては、基礎基盤段階でどの段階までやっておくべき、そして次の工学規模試験に展開するにはどういう段階という、何かそういう概括的な段階規定で整理されると全体が見やすくないかなという期待感があるんですが。

○山名座長 ありがとうございます。

確かにこうして見てみますと、ある種のプライオリティーというのが見えなくて、つまり現状からもう一步考えを進めるために、モスト・プライアなサブジェクトは何か、あるいはクリティカルパスは何かというのがもう少し見えたほうが、漠然とこれもこれもやらないといけないう議論をしても仕方がないので、何かそのメリハリというのは欲しいような気がいたしますね。何か、そういうことに関してのご意見等ございませんか。

じゃ、そういうようなご指摘も踏まえて、もう少しこの記載の仕方を考えるということにしたいと思います。そのときに、やはりその重点の考え方とか、メリハリですね、そういうことも少し反映できるようにしていこうかと思いますが、それでよろしゅうございますか。

そうしたら、少し報告書のことの議論が必要ですので、次の議題に移りたいと思います。

報告書の骨子の案ができておりますので、牧さんからご紹介いたします。

○牧補佐 それでは、資料6-3をごらんください。こちらに報告書の骨子案、目次の部分と少し中身のイメージと、あと議論、論点のをまとめた資料をご用意してございます。

まず、1ページ目のところでございますが、目次でございますが、最初と最後にはじめに、おわりにとつけた上で、中身のところでございますが、2章のところ、これは第1回、第2回のところでご議論いただいた導入効果ですとかシナリオですとか、そういうところをまず記載いたしまして、それから第3章のところには、第3回から今回までご議論いただいております研究開発の現状を整理していくと。それから、第2回でご紹介がありました海外の状況につきましては、第4章に整理いたしまして、第5章で研究開発の評価と今後の取り組みということ

でまとめていくことを考えてございます。

1 ページめくっていただきまして、中身の部分でございますが、まず2 ページ目のところ、第1 章につきましては、これまでの経緯ですとか、評価の趣旨というのを簡単にまとめたいと考えてございます。それから、3 ページのところでございますが、第2 章、分離変換技術の効果及び意義ということで、導入効果のところ、ここにいろいろ書いてございますが、これは第3 回で事務局でそれまでの議論を整理してご説明いたしましたけれども、その部分を転記しております。廃棄体の発生量に対して、どういうときに効果がきいてくるかということと、それから単位電力量あたりの廃棄体の定置面積という面では、これまたどういうときに効果が大きいかなという点。それから、処分場の性能に影響するパラメータとして核データや回収率の話などがございました。

4 ページ目のところの一番上でございますけれども、検討会での主な意見としてこちらにご紹介してございますのは、ストロンチウム－セシウムを分離して貯蔵するという話が出ていますけれども、地上での長期の保管が必要になるということで、そういうコスト面の負担、社会受容性等も考慮すべきじゃないかなというような意見もございました。

それから、4 ページのところ、潜在的な有害度を下げるとのこと、有害度の減少時間を短縮すると。それから実効線量率というところでのそれぞれ現状、状況についてまとめたいと考えてございます。

検討会での主な意見等ということで、この分離変換技術というのは、もともと長期毒性の低減を目標としていたんですが、処分場の性能だけではなく、この面での意義も検討すべきというお話。それから被ばく線量評価におきましては、セシウムやヨウ素が重要になってきますけれども、十分安全基準より抑えられているようなことと、それから処分場面積の低減にはMAの核変換が効果的というような意見もございました。

それから、4 ページ目の下のところ、導入シナリオにつきましては、均質サイクル、非均質サイクル、ADSをそれぞれ記載していきたいと思います。

それから、5 ページ目の一番下のところですけども、検討会での主な意見等というところでございますが、コスト等の具体的な数値ですとか、最低限の技術的なフィードバックというものの、それから研究インフラのネックの問題、そういったことが意見としてございました。

6 ページでございます。分離変換の導入意義というところ、こちらについては、これはこれからしっかりまとめていきたいなと考えてございますが、主な意見といたしましては、地層処分の問題が重要であって、1 つの処分場を確保できたらそれを長く使っていくことが望ましいというご意見。それからプルトニウムの利用時代になれば重要になってくるというお話。それから分離変換の実現時期というのは明確な答えはないけれども、選択肢からはずすべきではないというご意見。

それから、論点ということで書いてございますけれども、この地層処分の合理化、先ほどのことについては最初のほうで述べましたけれども、その評価が妥当なものか。もともと目指していた長期毒性の低減という意義も検討すべきではないかということでございます。それからその2 つの意義に対しても両者のバランスについて、共通理解が必要ではないかという論点。それから、地層処分に対するオプションの提示という意味での社会的意義があるのではないかと。それから、より現実的なシナリオというものを議論していくべきではないか。それから、LLFPの核変換の意義につきまして、特にヨウ素－129の核変換の意義というような議論が

必要ではないかというところを論点ということで挙げさせていただきました。

それから、7ページでございます。第3章、分離変換技術に関する研究開発の現状ということでございます。主な意見といたしましては、湿式の分離に関しては、現在FaCTを中心にNEXT法を中心に研究を行っているという点ですとか、新抽出剤の技術開発が進んでいるというお話。

それから（2）のところ、乾式ですけれども、小規模ながら基礎的な化学反応プロセスの検証ができたというところ。それから、基礎科学的な枠組みの拡充や実用性を探求する努力等が必要という。それから、先ほども出てございますけれども、必要な施設とかは未整備という意見。それから実廃液の入手も困難だという意見もございました。

それから、7ページの下の方でございます。核変換サイクルでございますが、系統的なデータを取得している点は評価できるというところ。それから、燃料製造プロセスの意味では、簡素化ペレット法の実現とそれからMA含有MOX燃料の製造という2つのハードルがあるというお話。それから、照射試験につきましては時間がかかるということで国際協力の活用というご意見。それから、簡素化ペレット法などのキーテクノロジーがうまくいかなかったときのリスクマネジメントというのにも必要ではないかというようなご意見等々がございます。

それから、8ページでございます。金属燃料の高速炉利用というところでございますが、燃料の照射挙動ですとか、先ほども出てまいりました被覆管との相互作用等の研究開発。それから、FaCTをやっておりますけれども、高速炉でのMA変換以外に、金属燃料の専焼炉の概念検討というのにも必要ではないかという意見もございました。

それから、階層型のところにつきましては、核設計精度の検証というのが非常に重要な課題であるというご意見。それから、階層型を導入することによる発電用サイクル側の負担を軽減できるメリットがあるというご意見。

それから、共通基盤技術といたしまして、核データの精度向上、精度目標をはっきりさせるべきという意見ですとか、積分実験による検証が必要という意見等がございました。それから、データに関しては国際協力をこれまた活用していこうという意見。それから、施設につきましては、施設自体は欧州の施設と比べても遜色はないんだけど、運用面で課題があるのではないかという意見がございました。

それから、9ページのところでございますが、論点のところ、これはまたご議論いただいたものを踏まえて検討していきたいと思っておりますけれども、各技術の達成度、実現見通しを何らかの形で評価するのではないかと。本日ご説明した表の形にしたのも1つの考えでございますけれども、そういうのがあるのではないかと。それから、ADSにつきましては、加速器の成立性というものの、これについて議論しておくべきではないかということをお願いさせていただきました。

それから、各概念の特徴比較は、今回ご説明いただいたものなどを踏まえて記載をしていきたいと考えております。

それから、9ページの3-4のコストのところでございますが、これはご紹介がございましたOECD/NEAのコスト試算例を記載したいと考えてございます。

それから、10ページのところでございますが、4章のところ海外の状況ということで、フランス、アメリカ、それからユーラトムの活動等を記載したいと考えてございます。

それから、一番最後のところ、今後の研究開発の進め方でございます。これにつきまして、論点として挙げてございますのが、各概念、さまざまな概念がございまして、その関係、関連性をどう整理していくか。それから、各技術の今後の進め方や基礎データの拡充の仕方、

実用性を評価するに足る試験の進め方、これの議論をどうしていくかという問題。それから、その次の段階に進むというところにおいての施設整備の問題ですとか、この試験物質をどうしていくかという問題というようなことが指摘ございますけれども、これをどうしていくべきか。それから、最後のところでございますが、施設の現状を踏まえてどういった施設が必要なのか、施設整備の面というのも何かここで書く必要があるのではないかとということで、たたき台としてまとめさせていただきました。

以上でございます。

○山名座長 それでは、この報告書の骨子の考え方について、ご意見をいただきたいと思います。よろしくお願いします。

深澤委員。

○深澤委員 最後のほうに、今後の研究開発の進め方のところで関係して、ロードマップみたいなものが必要じゃないかと思うんです。先ほど議論がありましたように、今、基礎段階のものとか、基礎段階でも最初のものとか、工学規模に近いものとかあると思うんですけれども、そういうもののレベルの話とか、それからこれを技術をいつ実現すればいいかと。目標時期が明確でないと技術開発も進まないんじゃないかと思うんですけれども、そういうことも含めた、これからどのように研究開発を進めていくかというロードマップが必要じゃないかと思うんですけれども、いかがでしょうか。

○山名座長 何かお考えありますか、事務局は。

そもそも我が国においてどの時点でこの技術をどう入れてという全体像の議論をまだやっているところですから、FaCTの進捗も含めながら、実はその目標がそもそもない段階ですよ。おぼろげながら目標を設定することは可能ですが、そのあたりの書き方をどうするかということだと思いますね。

まず、この分離変換技術というものの、今の我が国の高速炉を含む発電のシナリオの中でのある位置づけと意義をまず少し共通見解を持った上で、このあたりにこういう技術が入っていけばよりよい原子力体系ができるねという概念を共有した上で、そこを目指すためにの大体こんなロードマップになるねという絵はかけるんだと思いますね。ですから、そういうものを描いてみるかどうかということになるかだと思いますけれども。

じゃ、井上さん。

○井上首席研究員 そのロードマップなんですけれども、学会でも少しいろいろ評価して、今日ご報告したように、いずれの技術もMAを使うということについてはまだほとんど基礎段階なんです。だからそういうようなところからいつ入れるかというようなものの目標を、例えば2080年とか、そういうのを設定するのはいいですよ、2050年でもいいですけれども。ただ、果たしてそれが本当に意味があるか、むしろそれよりもどういうふうの開発ステップを進めていかなくちゃならないかと。それから今、今後高速炉体系に移るときに、これをどう取り入れるかというところをやはり、また取り入れ得るのか、そういうのをやはり書かれることのほうがよほど、今ロードマップ書いてもほとんど意味はないと思いますけれども。

○山名座長 委員長、どうぞ。

○近藤委員長 ロードマップとは何か。私は今日の資料6-2-2号、これがロードマップだと思って皆様の議論を聞いていたんですけれども、同床異夢のところがあるようですね。ロードマップは最初アメリカの半導体業界が日本の半導体産業に負けている状況を挽回するべく、各企

業が自分はこういうことについて、こういう手順で仕事をしていくとしたものを一緒にホチキスしたものですよ。そのご利益は何かというと、それによってあそこであんな研究をやっていると、自分はこんな研究をやっているとわかる、そうすると、このことについてはあそこを手を組んでやるのが効率的とわかることです。インタラクティブネットワーキングを考える手段です。つまり、社会に見せるための工程表ではなく、作業管理文書なのです。

資料6-2-2号は、それぞれがこういう分野でこういうことをやっていて、その次にこんなことをやりたいと書いてある、これを見ればあそこここは組んだ方がほうがいい、連絡をよくした方がよいという議論は十分できるので、立派なロードマップと試みていたわけです。

深澤さんが提案されたのが、これを我が国の高速増殖炉研究開発活動との関係を明らかにすべき、その鳥瞰図が欲しいということであれば、それは書いてあつてしかるべきです。つまり、原子力委員会は高速増殖炉の実用化開発活動に対してシステム性能の目標を提示しているのですから、どこかで、システムインテグレーションのいろいろな選択肢を用意して、それを性能目標の観点からそれらの比較検討を行う作業が行われ、その結果を踏まえて、各技術要素の研究開発活動にフィードバックしているはず、スケジュールドリブンではなく、性能目標ドリブンの開発活動をお願いしているから、代替路線に係る取組が組み込まれていないはずがない。ですから、その作業の場には、そういう相関図があるに違いないので、それを出してくれれば、それは我が国の高速炉系第四世代システムの開発ロードマップになっているはずだと思います。

○山名座長 参事官。

○土橋参事官 ロードマップ、委員長も言われたとおり、私ちょっとこういう言い方してはあれかもしれませんが、ロードマップというとちょっと時間軸がないと世の中になかなか説明できないので、余りその時間軸を意識し過ぎると、ちょっと今の原子力政策の中で、余りずっと先の話に対しては、あるいは現状の問題とかそういうのもいろいろありますし、余りそれを意識しないで、逆に工学段階とか次の段階にするためにはこういうのが必要だというような議論であればいいと思うんですけれども、ちょっと余り時間軸を意識させるようなロードマップ、皆さんによって、人によって意識は違いますけれども、考え方は違いますけれども、それはいかがなものかなと思います。

○山名座長 ありがとうございます。

どうもロードマップに2つの意味があるような、技術マップとスケジュールマップがありまして、技術マップはぜひ書きましょうよ。多分こういうのに書いてあるんだと思って、遠い目標に至るために何が必要かというのはやっぱり明確にしたいですね。スケジュールについては議論もありますので、また扱い方を考えたいと思いますが。深澤さん、そういうことで、何らかの形ですね。

○深澤委員 ええ、ちょっと私、FaCTを意識し過ぎたのかもしれませんが、FaCTはロードマップがちゃんとあつて、この中の技術はFaCTの技術が入っている。

○山名座長 FaCTはもう実用の目標が決まっているプロジェクトですので、明確な地図が必要ですが、我々はこの砂漠の中に行くための今地図を書いていると。

○深澤委員 わかりました。

○山名座長 ほかに、報告書に関して何か。

若林委員、どうぞ。

○若林委員 まず、平成12年度の報告書をやはりもう一度考えて、その中で、例えば分離変換の意義というところを見ますと、あそこでインベントリの低減というのを意義として挙げたんですね。今回は少し処分場の問題も入れていますので、平成12年度のちょっと引用しながら、そういうところに意義が変わってきたというところもやはり入れておく必要があるんじゃないかなというのが1点です。

それからもう一つ、今後の研究開発の進め方の中で、人材という意味では研究者の数とか、そういう人がだんだん減ってきているというふうなことで、こういう長期的な研究を進めていくにはそういう人材というのをどういうふうに確保していくかというのもすごい重要なポイントだと思いますので、その辺を大学との関係も含めて考えていただければというふうに思います。

○山名座長 ありがとうございます。

人材については何かの形で書いていきたいと思います。

インベントリというのは、毒性低減と同じことですよ。TRUという物質の累積の生産量できるだけ低いシステムに持っていこうという考え方は前はあったわけですね。今回、ちょっと地層処分の合理化がかなり前面に出ましたので、時代が変わったような印象を持たれたかと思いますが、本来のその趣旨は決して消えているわけではなくて、やはりベストアベイラブルテクノロジーとして、なるべく少ないシステムを目指すという理念は残っていると思いますので、処分のことも含めてうまく書いていきたいと思います。ありがとうございます。

ほかに何かご質問、ご指摘ございますか。小川さん、どうぞ。

○小川部門長 この資料の8ページのところに共通基盤技術という形で、ここにどちらかというとデータベース的な話が整理されていると思うんですが、目次ではちょっとそこは余り明示的ではなくて、5の共通基盤技術になっているんですかね。いずれにしても、少し共通データベースというか、このMAをこの先やっていく上で、欠くべからざるこのデータベースの充足度と、それから今後どうしていくかという話、それと恐らくこの技術を本当に完成させようと思うと、ある段階までは工学というか試験研究をやっていくわけですが、そこから工学に結ぶ段階というのを少し計算化学にもっと頼らないといけない部分もあると思いますので、そのあたりを少しケアしておく必要があるんじゃないかなというふうに思います。特にアメリカがAFCI関係でそのところ大変力を入れておりますので。

○山名座長 ありがとうございます。

そうですね。ちょっと今の書き方ではその辺がよく見えなくて、多分小川さんのおっしゃるのは、小川さんの持論であります、そもそもこういうものをやるときにはトータルアクチニドサイエンスというものがしっかりした上で、工学的なものを考えていくというものであるというお話につながるのだと思います。そういう意味で、少しその基盤のところにはそもそものベーシックサイエンスって何かというようなことが見える、あるいはそこから抜け出ていくために必要な計算化学や、工学に移行するときの考え方についても何か書いていくということにしたいと思いますが、それで小川さん、よろしいでしょうか。

ほかに何かございますか。章立て等はこんな感じでよろしいでしょうか。

○小川部門長 ですから、今のところは3-2の(5)というよりも、1つぐらい大きく挙げていただいたほうがいいんじゃないかなと思います。

○山名座長 1つ大きな課題になるぐらいの、そうですね。そういうことだと、3の研究開

発の現状、ちょっと考えさせてください。アクチニド基礎科学データベースの現状というようなことで入れるということを考えます。

ほかに何かご指摘ございますか。大体こういう章立て、内容、論点は大体今までご意見いただいたことを並べておりますが、実は論点に対する答えはまだできておりませんで、それもまだ審議しないといけないんですが、それは多分私も参加して、報告書の原案の文章にしたたたき台をお見せすることで議論を進めるというやり方にきつとなるんだと思います。何か報告書のまとめ方については、ほかにご意見ございませんでしょうか。

それでは、大体こんな形で、今申しました、少し議論の結末のたたき台なども含めた原案をつくってきて、それをもとにまたご議論いただくという形にしていきたいと思います。それでよろしゅうございますか。ありがとうございます。

委員長、委員長代理、何かまとめ方についてご指摘等ございませんか。よろしいですか。

じゃ、以上の形で次のまとめの方向に向かっていきたいと思います。

それでは、事務局から最後、何かございますか。

○牧補佐 回目の会合でございます。第7回になりますけれども、2月5日、時間としては10時から、会場は本日と同じこの第4特別会議室で開催する予定でございますので、よろしくお願いいたします。

○山名座長 ということで、2月5日に次回を行いたいと思います。

報告書のその原案というのが出てくる時期はいつごろになるんでしょうか。私が聞くのも何なんですけれども。次回に出てくるということですか。

○牧補佐 次回何がしかのものをご用意したいと思います。

○山名座長 これは大変な作業が、ここ1週間でありそうな感じがしますが、頑張りましょう。

では、次回、その議論も含めて行いたいと思います。

本日はこれで閉会いたします。ありがとうございました。

午後 0時29分 閉会