

第5回 分離変換技術検討会議事録（案）

1. 日 時 平成20年12月19日（金）10：00～12：38

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）核変換技術研究に関する研究開発の現状について

（2）その他

4. 出 席 者

（検討会構成員）

山名座長、深澤委員、山根委員、若林委員

（招へい者）

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

（原子力委員）

近藤委員長、田中委員長代理、松田委員、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5－1－1号 日本原子力研究開発機構における核変換技術に関する研究開発の現状
について－階層型－（日本原子力研究開発機構）

資料第5－1－2号 日本原子力研究開発機構における核変換技術に関する研究開発の現状
について－共通基盤技術（核データ・炉物理）－（日本原子力研究開
発機構）

資料第5－1－3号 日本原子力研究開発機構における核変換技術に関する研究開発の現状
について－共通基盤技術（アクチノイド科学）－（日本原子力研究開
発機構）

資料第5－1－4号 日本原子力研究開発機構における核変換技術に関する研究開発の現状
について－核分裂生生物の核変換技術－（日本原子力研究開発機構）

資料第5－1－5号 MA非均質高速炉に関する研究開発の現状について（日本原子力研究開
発機構）

午前10時00分 開会

山名座長 それでは、定刻になりました。第5回の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4名の委員がご欠席であります。河田委員、長崎委員、山中委員、矢野委員がご欠席ありますが、分離変換技術に関するいよいよ細かい技術のご説明をいただくということになっております。

ということで本日の議題ですが、核変換技術研究に関する研究開発の現状ということで用意されております。

事務局のほうから資料の確認をお願いいたします。

○渡邊主査 事務局でございます。

資料でございますが、まず議事次第が1枚ございます。それから、出席予定者とそれからその裏に座席表のついている紙が1枚ございます。

それから、資料5-1-1ということで、核変換技術に関する研究開発の現状の階層型という資料がございます。それから、資料5-1-2ということで、この現状について共通基盤技術（核データ・炉物理）という資料がございます。それから、資料5-1-3といたしまして、アクチノイド科学についての資料がございます。資料5-1-4といたしまして、核分裂生成物の核変換技術という資料がございます。それから、資料5-1-5といたしまして、非均質の高速炉に関する研究開発の現状についてという資料でございます。

不足等ございましたら、事務局までお願いいたします。

○山名座長 よろしいでしょうか。

それでは、資料の番号どおりでお話を伺いたいと思います。まず、階層型の研究開発について、原子力機構大井川さんから、ご説明をお願いいたします。

○大井川研究主幹 原子力機構の大井川です。それでは、よろしくお願いします。きょうは時間が余りたくさんないということで、端折りながらの説明をさせていただきたいと思います。

階層型ということで、3ページから早速いきたいと思いますが。これはもう今までにも出している図ですが、今日ご説明させていただくのは階層型、右側のその下側の核変換サイクルの部分ということになります。核変換専用システムADS、それから燃料の処理プロセス、燃料製造プロセスという3つの項目がこの中には含まれるということになります。

それでは、次のページ、4ページですけれども、まずちょっと平成12年のC&Rまでどういう流れだったかというのを思い出すということで1枚つくっております。昭和63年のいわゆるオメガ計画では、消滅処理の分野ということで、原子炉、その中には炉物理・物性、FBR応用、専焼高速炉、こういうのが含まれていました。それから、加速器に関しては陽子加速器、電子加速器というのが含まれていました。下線部は旧原研が所掌していた部分です。これらについて平成12年までいろいろとR&Dをしてきたわけですが。その主な経緯というのがその下にまとめてあります。

陽子加速器利用に関しましては、陽子で直接的に核変換するのではエネルギー収支が成立しないということが問題ということで、加速器中性子源の中性子を増倍しながら核変換できる加速器駆動システムにR&Dの対象が移ってきています。

それから、専焼高速炉についてもR&Dをしていましたが、ドップラーフィードバックが小さい、あるいは実効遅発中性子割合が小さい等の問題があるという認識のもと、未臨界状態とす

ることで反応度係数あるいは遅発中性子割合の影響を低減するという方向でR&Dをしてきています。

ということで、陽子加速器利用、専焼高速炉の部分を両方ミックスして、今は加速器駆動システムの研究開発に移ってきていると、そういう経緯でございます。

それから、核変換専用燃料に関しましては、核変換の効率を上げるということで中性子スペクトルをできるだけ硬くする、高エネルギー側にもっていくということ、それから、熱伝導度が良いということで、金属燃料とか窒化物燃料を選択していました。平成12年の時点でMAの安定性と組成に対する柔軟性に優れた窒化物を第1候補とするの方針を決めてR&Dをしてきています。

それから、冷却材に関してですが、ナトリウム、鉛、鉛ビスマス、ヘリウム等を検討してまいりましたが、冷却材ボイド係数とか冷却能力の観点から鉛ビスマスを第1候補にして研究開発を進めてきています。

ということで、これらの経緯から我々はMA窒化物燃料の鉛ビスマス冷却・加速器駆動未臨界システム（ADS）を第1候補として、階層型の核変換サイクルのR&Dを進めてきております。

5 ページはADSの概念と特徴ということで、この辺はもう委員の皆様もよくご存じということで簡単に説明します。ADSは、陽子加速器から導入しました陽子ビームを核破砕ターゲットに当てて大量の中性子を発生させて、その回りに置きましたMAの燃料で増倍させながら核変換するという概念です。増倍は1個の中性子が20個ぐらいに増倍するようなイメージですので、1つの陽子ビームで20個とか30個の核破砕中性子が発生しますから、それがまた20倍等になるということで、1つの陽子が数百倍になるという勘定で効率的に核変換していくということです。

ADSによる核変換の特徴としまして、臨界にした場合にはMAを使うと問題となります実効遅発中性子割合の低下だとか、ドップラーフィードバックの低下、冷却材ボイド反応度の悪化、こういう影響が小さいということが挙げられます。それから、出力規模で30から40倍の軽水炉で生じるMAを核変換できます。例えば熱出力800MWthのADSであれば、1基で1 GWeの電気出力規模の軽水炉10基またはFBR 8 基で生じるMAを核変換できます。それから、少数のADSと、発電用サイクルの大体30分の1から100分の1程度の規模の物流量で、MAをコンパクトな核変換専用システムに閉じ込めることができます。すなわち、発電用燃料サイクルに影響を与えないで効果的にMAを核変換できるというのがADSとそのサイクルの特徴です。

それでは、次のページ、6 ページですけれども、平成12年のC&Rでの要求事項とその対応状況を表にしてまとめています。6 ページはADSの核変換システム、7 ページはその燃料サイクル関係です。この対応状況は後で技術的な説明のところに出てきますのでここでは割愛させていただきます。どういうことを言われているかだけレビューしておきますが。ADSに関しましては、従来の原子炉と構造とか制御方法が異なるということで、システムの安全性の実証、大電流陽子加速器の開発が課題であり、当面は炉心設計やシステム制御方法の開発、ビーム窓の開発、構造・材料の設計、核データやモデルの整備・検証が重点課題であると言われております。

それから、7 ページですが、MA窒化物燃料で何が言われていたかですけれども、照射データの蓄積、発熱対策、窒素-15の経済的濃縮法等の開発等が課題であり、当面はMA窒化物燃料の試作及び照射試験を行うべきと言われております。

それから、燃料処理プロセスに関しましては、電解精製試験、回収したMAの再窒化試験を進

めるということでございます。

それでは、次のスライドからは、ADSのR&Dの状況について説明していきたいと思います。この後出てきますいろいろな研究開発の状況では、原子力機構だけではなく、国内の非常に多くの機関のご協力をいただいております。それをまずは8ページのほうに示してございます。中身については割愛したいと思います。

9ページから実際のR&Dのお話をしていきたいと思いますが、まず、概念設計ということで、今原子力機構で考えていますADSの概念はこういうものです。まず、陽子ビームが1.5GeVで、核破碎ターゲットは鉛ビスマス、それから冷却材も鉛ビスマスで共用するということになります。それから、鉛ビスマス冷却材の入り口温度は300℃で、出口温度が平均で407℃という設計になっています。この温度というのはかなり今低めに設定されていて、高い発電効率を目指す高速炉とは違っていて、安定して核変換をするというのが主目的になっていますので、余り高いところをねらう必要はないということで低めの温度設定になっています。

それから、最大の k_{eff} ということで0.97という値を設定しています。これは事故時等の反応度挿入の可能性などを考えて、0.97という設定にしています。

それから、熱出力は800MWthということで、これは高速炉の実用化戦略調査研究等でやられてました鉛ビスマスの高速炉の設計よりもまた一回り小さいような設計になっています。

それから、MAの初期装荷量が2.5t、燃料組成がマイナーアクチノイドとプルトニウムの窒化物に希釈材としてジルコニウムナイトライドを加えるという形にしています。

それから、核変換効率は、年間10%MAということで、2.5t装荷していますから、1年間で250kgのマイナーアクチノイドが核変換できるシステムになっています。燃料交換法は600EFPD、1バッチということで、燃料を入れて2年間燃やし、取り出したときには2年間で20%のマイナーアクチノイドが核変換されているという状況になります。

主循環ポンプ2基、蒸気発生器4基、崩壊熱除去系、除去系のケイがちょっと間違っていますね、3系統というそういう構成で右側の図にありますようなタンク型のものを考えています。ナトリウムを使うシステムとちょっと違いますのは、蒸気発生器がタンクに直接浸かっているところで、中間系が省略できるというのが鉛ビスマスの1つの特徴でもあります。

次、10ページからはこういうADSの実用化を考えていく際にいろいろなR&Dをしていかなければいけない項目を並べているわけです。まず、炉心の部分から1つ非常に大きな問題としては、出力分布の平坦化ということが挙げられます。といいますのは、ADSというのは未臨界で運転しまして、燃焼が進むに従って k_{eff} がどんどん変わってくるというのがありまして、 k_{eff} が変わりますと当然中性子束の分布というのが変わってまいります。ということで、燃焼に従って k_{eff} が変わり、それに従って真ん中に置いていますターゲットの周りの中性子束が高くなるというような現象で、出力ピーキングが高くなるということがあります。それを何とか下げたいということで検討をずっと続けているところであります。

真ん中左側の図といいますのは、2領域の炉心で今まで考えていたものですが、一番高い温度のところで被覆管の表面温度が580℃ぐらいになっていますが、それを出力平坦化をするということで、例えば多領域を2領域から4領域にして、それから不活性母材の添加率を調整することによって、燃焼反応度変化を抑制するというふうな工夫をすることで、500℃以下に下げられるという、炉物理的な検討からこういう結果が出てきています。

成果と今後の課題ということですが、こういう不活性母材の調整をしていくというような方

法がまだまだ現実的ではないということで、いかにこの反応度を調整していくかというのが大きな課題であります。

それから、次のページ、11ページですけれども、今申し上げましたような核設計は今の核データでやっているわけですが、そういうのが本当に精度があるのかどうかというのを評価しています。それから、 k_{eff} の監視、未臨界度の監視というのが非常に重要な技術になってくるということで、その技術開発を行っているところです。

下の左側の図は燃焼反応度の不確かさの評価結果で、これはJENDL等に入っています共分散データ、核データの誤差のデータと、それから感度解析手法、核データの誤差が核特性にどのぐらい影響を及ぼすかというそういう指標なんですけれども、それらを組み合わせた精度の評価を行っています。

これで見ますと、例えば燃焼反応度にはアメリカシウム241の捕獲反応だとか、キュリウム244の捕獲反応の影響が非常に大きいことが分かります。それから、窒素-15を濃縮して使いますが、その弾性散乱断面積なんかも大きな影響を及ぼすということがわかります。全体として、ここでは20%ぐらいの不確かさがあるという結果になっています。

右側の図は全然また違った実験でして、これはKUCAを用いましてパルス運転中にRossi-法という方法で、この という即発中性子減衰定数というのを監視する実験をしたものです。10分のところで制御棒一斉挿入とありますが、ここで負の反応度をポンと入れてその の変化というものを監視できるかどうかというのを見た実験です。まだ基礎的な段階ですがこういう監視ということができるのではないか、ほかの方法でもいろいろ試しているところです。

成果と今後の課題のところでは、左側の図の不確かさの評価ですが、一応今ある共分散データと感度解析手法ということで値は出てくるんですが、まだ例えば実効増倍係数だとADSと従来高速炉が余り変わらない精度となるという結果が出たりして、まだMAの共分散データそのものの見直しというのが必要な段階だろうと考えています。

それから、未臨界度監視に関しては、基礎的な見通しは得られていますが、その下に書いていますように、出力運転をしているときに果たして本当に測定ができるのかどうかといったところも今後は検討していかないといけないと考えております。

続きまして、12ページは構造的な話なんですけど、ADSで非常に重要になってくるのは陽子ビームが炉に入ってくる、インターフェースのところになります。そこにビーム窓というものが設けられておりまして、このビーム窓というのが陽子が通過していくということで発熱したり、あるいは陽子がとまりますと熱衝撃が走ったり、あるいは鉛ビスマススの圧力がかかる、それから腐食が起こる、照射損傷など、いろいろな過酷な条件で使われるということで、その成立性について検討しているところです。

左側の図にありますビーム窓の形状を球殻を2つ組み合わせる形にして強度を持たせています。一番問題になってくるのは座屈による破壊ですが、それに耐えられるような形状にしています。ビーム窓の厚さというのは非常に重要なポイントになりますが、余り分厚くするとそこでの発熱が大きくなり、余り薄くすると座屈に耐えられないということで、大体1.4~2.4mmぐらいが成立範囲ですが、鉛ビスマスス中の腐食ということも考えると、大体2~2.4mmぐらいにするという結果が出ています。

それから、温度をできるだけ低く抑えるということもありまして、真ん中に温度解析を示していますけれども、そういう500℃以下に何とか抑えることができるという結果を得ています。

そのためには、右側にあります流調ノズルとありますが、ビーム窓を冷やすための専用のノズルを設けることが必要だと考えているところです。

今後はこういう設計のエビデンスとなります腐食データ、熱流動データ、照射データ等の蓄積を進めるということが重要だと考えているわけです。

なお、一番下に書いてありますが、ヨーロッパではこの窓の成立性の問題をうまく回避できるように、窓無し概念というのを盛んに検討していきまして。我々はその研究自体はほとんどやってなくて、彼らの情報をいただきながら、こちらの情報は出すというそういう情報交換を実施して、相補的に進めているところです。

13ページからはADSで問題になってきますビームトリップについて書いています。加速器というのは頻繁に停止するというのが常識的かというと我々の認識になってまして、そういう停止事象に対してどういう影響があるのかということを熱解析を行って検討したものです。

詳しいところは割愛しますが、検討の対象はビーム窓だとか、内筒というのは炉心の上部に置いてあります筒みたいなものなのですが、それから炉心の容器、それから燃料被覆管、そういうようなところを対象にしています。

検討の結果、13ページの右下のところですが、ビーム窓、燃料被覆管に関しては2年間の寿命中で 10^5 回以上は許容できるだろうと。それから内筒に関しては40年間の寿命中に 10^5 ぐらい、それから原子炉容器が少し厳しくて、40年間の寿命中に3万回ぐらいのトリップ回数までが許容できるかなと考えています。

ただし、内筒とか原子炉容器の壁というのは温度過渡が比較的ゆっくりなので、10秒以内にビームが復帰できれば影響は小さいということがわかっています。

それから、14ページですけれども、ビームトリップが起こったときに、発電系をその都度止めますと、その立上げに非常に時間がかかるということで、しばらくの間は発電系を動かしたままビーム停止の事象を乗り切ることができないかということで、蒸気ドラムを有する飽和蒸気サイクルというのを採用してビームトリップに対する応答を検討しています。この検討では400秒間ぐらいはタービンを動かしたままビームトリップ状態を乗り切ることができるのではないかという検討結果になっています。この辺もまだ概念検討段階なので、実際にこういうことが可能かどうかということを詳細に見ていく必要があるという状況でございます。

それから、15ページは、今度はビームトリップの頻度というのが、今の加速器の現状からどれぐらいになっているのか、それを先ほど出しましたビームトリップの制限のほうと比較しようという研究でございます。左下の図ですけれども、ビームの停止時間というのを0秒から10秒、それから10秒から5分、5分以上というふうに時間を区切りまして、青の棒グラフになっているのが許容ビーム停止頻度ということで、これは何回／年というそういう単位にしています。それから、赤で示していますのが現在の加速器運転データから推測しました評価値ということになっていきまして、非常に短いビームトリップであれば、現在の加速器の技術レベルでももうほぼクリアできるだろうというふうに見込んでいます。それから、10秒から5分の部分に関しては、まだ2倍ぐらいの差はあるんですが、ここの部分は停止時間というのを短縮するようなシステムを組み込むということで何とか乗り切れることはできるかと思っております。

問題は5分以上にわたるようなビーム停止事象がまだ1桁以上我々の目標と現在の加速器の技術レベルというのが開きがあるということで、ここをいかに低減するかということが我々の課題となっています。

対応方策としては右の真ん中に書いてあるようなすばやいビーム復帰、余裕のある設計等々をやっていけば何とかかなかなと思っていますが、ただしこういうことをやっていけば加速器が高コストになっていくということがあるので、そのトレードオフをよく見極める必要があると考えているところです。

ただ、15ページの一番下のところに書きましたが、ヨーロッパの研究では1秒以上のビーム停止頻度が大体3カ月に3回というぐらいにまで低減できるだろうというような試算もありまして、それは非常に冗長システムというのをとって極端にビーム停止頻度を下げるといようなそういう設計をとった場合ですけれども、そういう研究もなされているという状況でございます。

16ページは安全に関するもので、これも非常にまだ予備的な検討です。陽子ビームをとめるのに失敗して、冷却材ポンプ停止時にビーム停止できなかった場合というようなものについて検討した結果です。結果の部分だけ説明しますが、10秒の流量半減時間であれば10秒以内ぐらいに加速器を停止するということが必要であるということがわかっています。それぐらいの時間の余裕であれば何とかなのではないかと考えています。

今後はSIMMER-IIIなど高速炉用に開発されたコードを用いて解析を進めていきたいと考えています。

それから、ここまでが設計の話ですが、17ページからは技術的な実験的な話になってきます。鉛ビスマスを使うということできざまな課題が出てきています。17ページに書いてありますように、鋼材腐食、それからその酸素濃度とか流速の計測と制御、熱流動、伝熱、それから鉛ビスマスで用いるビスマスの中性子吸収反応で生じますポロニウムなどの挙動の話があります。

それから、ビーム窓に関しては先ほど言いましたように、非常に過酷な状況で使われるということでそのデータをとる必要があります。

そういう材料の特性評価と、それから国際共同実験、MEGAPIEというのがありまして、そこでメガワット級鉛ビスマス核破砕ターゲットの実験をやっています。それらについて説明します。

18ページは鋼材の腐食に関する実験的な研究で、温度依存性だとかあるいは酸素濃度の依存性があるということがわかってきていまして、そのデータをとっているところです。詳しいところは割愛させていただきますが。酸素濃度制御をうまくすることで、余り温度が高いところでなければ腐食を制御できると考えています。

19ページはビーム窓部の熱流動試験でして、ループを設置しまして、左下の図にありますようなビーム窓の模擬体の先端部分での伝熱特性についてデータをとって右上にありますような相関式というのを導いているところであります。今後はこういうビーム窓だけではなくて、グリッドスペーサー含めた燃料被覆管の試験も必要かなと考えています。

20ページはPoの蒸発試験です。これはJMTRで鉛ビスマスを照射しまして、Po-210を生成して、それを温めまして、Poの蒸発の挙動というのを実験的にデータをとったものです。

左下にありますように、気液平衡分配係数のデータを、PoだけではなくてTeだとかCsについても取得しています。この結果は非常に世界的にも貴重な実験ということで、後にも出てきますMEGAPIEの国際共同実験の安全評価でも活用されるデータになってございます。

それから、21ページはビーム窓の陽子ビームによる照射損傷の実験です。スイスのポール・シェラー研究所の加速器で照射をした材料について、左の図は引っ張り試験、右の図は疲労試

験というものをやっています。陽子ビームで照射できる材料というのは非常に小さな試料になりますので、その小さな試料に対してこういう試験を行う技術の開発から始めて、ようやくこういう試験データが出てきているという状況です。今後はもっと照射を進めた材料あるいは高温での照射、さまざまな材料に範囲を広げていくということが必要だと考えています。

一方で22ページにありますように、鉛ビスマスの核破砕ターゲットの実証実験としてMEGAPIE国際共同実験というのが行われています。これもスイスのポール・シェラー研究所の加速器を用いた実験で、スイス、フランス、ドイツ、ベルギー、イタリア、日本、アメリカ、韓国が参加して2006年8月から12月まで約4ヵ月間にわたって、700kW程度の出力の核破砕ターゲットの運転に成功しました。現在、照射後試験の準備を行っているという状況です。

23ページからは加速器の開発になります。ここではまず超伝導陽子線形加速器を開発するR&Dを進めておりまして。右上にありますのが超伝導の空洞です。ニオブで空洞をつくりまして、左下の図にありますように、クライオモジュールというところにこの空洞を2つ設置しまして、この中で実際の陽子の加速はまだできていないんですが、この空洞の表面電界というのを測って所定の性能が出るかどうかというのを確認しております。それが右側の図でして。最大表面電界が目標である30MV/mをクリアできるということを確認できております。

今後はこのクライオモジュールの設計の改善、それからもっと短尺で、現在1.5GeVまで加速しようと思うと470mという非常に長いライナックになっていますが、これをもっと短尺化するというようなことも視野に入れて検討を進めるということが課題になってございます。

それから、24ページは加速器の研究開発のうちのシステム設計ということです。ADSのエネルギーバランスを何とか正にするということを考えた場合に、加速器にどれぐらいの電力が必要なのかというのは非常に重要なポイントになってくるわけですが、左側の表にありますように、30MWの加速器出力を出すのに最大106.2MWという評価結果が出てきています。効率が28%ということで、目標が30%なので大体まずはクリアできるかなと考えています。すなわち、800MWの熱出力から270MWの電気を得て、そのうちの106MWが加速器の運転に使われるというのが今現在我々の考えているADSのエネルギーバランスになります。

それから、右側の図は、加速器を止めるということがADSでは安全上非常に重要なポイントになってきますので、多重系で独立な加速器停止が可能かどうかということを検討したものです。4つの方法で低エネルギー部で止めることが可能なのではないかと考えています。

以上がADSに関する研究開発の現状でございます。

それから、25ページからはADS用燃料と乾式処理に関する研究になっています。まずは燃料に関してですけれども、ADSで使う燃料というのがMAとプルトニウムの窒化物ということでそのようなものがうまくできるかどうかということを見ております。左側の図はNp、Pu、Am、Cmの窒化物がうまく固溶体としてできるということを示しているX線の回折パターンです。その下にありますのが試作しましたペレットで、これで熱拡散率を測定しています。右側の図は加熱方法をうまく工夫することでこういう窒化物がつけれる、そういう方法を開発していることを示している図です。

ADS用燃料としての組成の柔軟性が実証できたということ、それからAmの蒸発を抑制した高純度窒化物固溶体の調製技術が確立したということ。N₂雰囲気下の焼結でうまく高密度のものができているということがこれで示されています。

それから、26ページは今度はADS用の燃料に希釈材をうまく入れることが可能かどうかとい

うことを示したもので、左側にプルトニウム、ジルコニウムの窒化物、それから右側にプルトニウムとチタンの窒化物を混ぜたものがペレット化できるということを示しています。これらをJMTRで照射試験しています。

右側のグラフはそれぞれの高温あるいは室温での安定性というのを見たもので、ジルコニウムナイトライドを入れるということで安定性が増すということがこのグラフからわかります。

それから、27ページですけれども、今度は窒化物燃料の物性測定ということで、世界的にも非常にまれな実験データというのを出してきています。左側は窒化物の熱伝導率を測定したものです。それから、右側は平均の線熱膨張係数を測定したのになっています。こういう基礎的なデータを着実にとっていくということも非常に重要なポイントだと思っております。

それから、時間が余りございませんので飛ばしていきますが、28ページでは今度は窒化物燃料の中にFPが蓄積した場合、それから希釈材の添加というのが物性値にどう影響するかというのを示したもので、これは大阪大学との共同研究で取得している実験データになっております。左側が熱伝導率になっています。右側がクリープ速度の測定値になっています。

それから、29ページですけれども、窒化物燃料の照射挙動についてです。常陽で(U,Pu) Nの照射を行い、その照射後試験を行っています。左側がその断面写真で右側が燃料温度と局所スエリング率の関係ということになっています。

成果のところですが、初めての窒化物燃料の高速炉照射試験ということで、4.5at.%までの燃焼度ですが、健全性が実証されて、それから照射挙動の把握が行われています。窒化物燃料の組織再編とかFPガススエリング開始のしきい温度というのを評価してまして、大体右側の図にあります1,400ケルビンとか1,500ケルビンのあたりがしきいになっていることがわかります。

燃料と被覆管の機械的相互作用が顕著化する高燃焼度領域の健全性評価というのがまだ今後の課題として残っていると考えております。

それから、30ページのほうは先ほどお見せしました希釈材を入れた燃料の照射試験をJMTRで行ったものになります。こういう希釈材を入れたもので照射をしましたが、この希釈材が窒化物燃料の照射挙動を阻害しないということを確認しております。

それから、これらは非常に高い燃焼度まで燃やしていますが、添加する希釈材の熱特性が非常にいいということで、Cold Fuel Concept、温度を余り上げないで燃料を燃焼させるということができる可能性を示唆しているものです。

それから、燃料の発熱対策と窒素-15の濃縮に関する検討でございますが。まず発熱のほうですが、非常に基礎的な検討で、粉末貯蔵時における除熱法、燃料組立時における除熱法、輸送時における除熱法について基礎的な検討がなされています。

右側に書いてありますように、粉末貯蔵時には平板形状の容器を用いた液体中保管というのを考えております。それから、燃料集合体組立のときには、横方向から強制冷却をします。今我々が考えている集合体ではダクトレス燃料を用いますので、横から冷却ができると考えています。

それから、輸送時ですが、鉛ビスマス充填容器を用いた事業所内輸送ということで検討しております。これは1つのポイントで、ADSとそれから燃料製造工場というのを一体的につくってコンパクトにMAを回すと、そういうことができるのがこの階層型の1つの特徴だと思っております。この辺の工学的な検討はまだ今後の課題ということになっていると思います。

それから、窒素－15の濃縮リサイクル技術に関しては、ADSを用いた窒化物燃料サイクルにおける炭素－14の生成量の評価、それからコストの影響評価、検討、それから窒素－15濃縮技術はどんなものがあるかというそういう検討を委託したりしてやっているところです。

現在の検討状況では、窒素－15を回収するということで発電コストへの影響を数%以内に抑えることができるのではないかと考えているところです。

続きまして、32ページからは窒化物燃料の熔融塩電解試験になります。窒化物燃料を乾式処理プロセスで処理していくという基礎的な実験を行っています。左側の図は電位と電流の曲線です。AmNの窒化物がうまく溶解しているということを示している図になっています。右側の図はZrNを入れた場合の特性がどう変わるかということを示している図になっています。これによってこういう溶解が可能だということが示されています。

それから、33ページは今度は乾式処理の工程から窒化物を調製するというそういう一連の流れを示したのになってまして、液体Cdのほうにアクチノイドを回収しまして、それを蒸留窒化反応ということで窒化物にしまして、それをペレットにしますという一連の流れが右側の写真でわかります。左側のほうは、蒸留窒化反応でPuNが生成していつているという状況を示しているグラフになっています。

ということで、こういう液体Cd中で安定化するMA、Puの再窒化の適用可能な蒸留窒化法というのを開発しました。それで、こういうペレットをつくるまで何とかできていますということが示されています。

こういう技術の多くの部分というのは金属燃料サイクルと共通する部分がありますので、その進んでいる分に関しては利用が可能かというふうに考えています。

34ページからは国際協力ということで示していますが。このADS、それからその燃料サイクルに関してヨーロッパが非常に盛んにやっています、EUROTRANSというEUのプロジェクトに我々も参加しているところです。燃料に関してはEUROTRANSのほうは酸化物をリファレンスとしておりまして、我々は窒化物ということで相補的な関係です。先ほど言いましたように、ビーム窓の概念に関してもEUROTRANSは窓無し概念、我々は窓有り概念ということで、相補的な関係で研究開発を進めているところです。そのほか、フランスCEA、ベルギーの原子力センター、それから先ほど言いましたMEGAPIE国際共同実験などを行っています。それから、アジアの国、韓国、中国などとADSの関係あるいは核変換のための核データ、そういったものを中心にネットワーク的に研究者間で情報交換をしています。そのほか、IAEAとかOECD/NEAなどのADS、鉛ビスマス研究への参画というのを進めているところです。

35ページからはまとめと今後の進め方ということで、まずADSの設計研究ということでこれまで今説明しましたようにADSの成立性というのをを中心に検討を進めてきています。今後はこれらの設計研究に用いたさまざまなデータの検証・拡充を図ると。それから、このシステムだけにこだわるわけではなく、例えば熔融塩燃料、液体燃料を使ったADS等、さまざまな炉心概念の探索もあわせて行っていきたいと考えております。

それから、鉛ビスマス関連に関しましては、MEGAPIEとそれから我々の中でのR&D等を進めてきているところです。引き続き各種試験を着実に進めて、データの蓄積を図りたいと思っております。

それから、加速器に関しましては、ここまで述べています試験、それから設計研究で一応基本的な概念の構築は終わっていますので、今後は特にJ-PARCの加速器の運転というものを通じ

て技術の蓄積を図っていきたいと考えています。

それから、最後のポツのところに書いてありますが、この実用の熱出力800MWというようなものの前に、熱出力80MW程度の実験炉級のADSというものが必要になってくるだろうと考えているところです。

それから、36ページは窒化物燃料の部分ですけれども、実験室規模でのプロセス成立性はここまで示されていますので、工学的規模への拡大に際しての課題抽出というのが今後やらないといけないことかと考えております。

物性測定に関しては、Cmを含めたデータベースの構築なんかも進めていく必要があると考えております。

それから、窒化物燃料の照射に関しては、国際協力を活用してやっていくということで、現在フランスのフェニックスで照射をしているという状況です。

それから、MA燃料の共通技術基盤確立ということで、窒化物以外のMA燃料の物性測定や燃料中のHe挙動評価等の研究も実施しているところです。研究をやっていくにはMAの入手というのが非常に重要なポイントになってきますので、実廃液からの分離だとかPu-241の崩壊で蓄積したAm-241の分離、海外からの調達というものを検討する必要があると考えています。

最後、ロードマップなんですが、37ページは平成12年のときに示したものになっています。なかなかこのとおりにいってないという部分もありまして、現在考えているのが38ページのように進めるということでございます。黄色で示しているところが今後10年間の中心部分と考えていますが、国レベルの評価を経た上で、J-PARCの第Ⅱ期であります核変換実験施設を建設するというのを我々としては目標としております。それに続きまして、実験炉級ADSというものが必要になってくるだろうと考えています。

核変換実験施設は、炉物理、核データの実験を行う部分と、核破砕ターゲット試験を行う部分という2つに分けて現在検討を進めていまして、まずは炉物理、核データの部分を先行して進めたいと考えているところです。

ちょっと長くなりましたが、以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、今のこの件について質疑を行いたいと思います。何かございますか。

若林委員、どうぞ。

○若林委員 まず、10ページのADSの出力分布平坦化の検討というところで、サイクルごとに不活性母材を変えないといけないということなんですけれども。この添加率というのはどのぐらいの範囲でまず変えるのかということが1つと。それに伴ってMAの核変換率が変わってくるかどうかということ。その2点をちょっと。

○大井川研究主幹 イナートマトリックスの添加率は、ちょっと数値が今直ぐには出てこないですが、多分50%から70%とそういう範囲で変えるのだと思います。それによって何を変えろかという、燃料の密度を特にターゲットに近い部分の密度を変えろということで、全体的なMAの核変換率というのは余り変わらないということになります。

○若林委員 そうしますと、こういう出力分布のやはり精度とかそういうものも非常に重要になると思いますので、そのような精度を確認するための、例えばFCAを使った実験とかそういうものは今後考えていかれるのかどうか。

○大井川研究主幹 精度は非常に重要で、実験をしたいんですが、一番のポイントはやはり未

臨界でこういう核破碎中性子源というのが真ん中にあった場合の出力分布になりますので。やはり陽子ビームとそういう高速炉系の臨界実験装置を組み合わせた実験というのがどうしても必要なと考えています。

○若林委員 それから、もう1つは窒化物燃料のところで、前にちょっと聞いたことがありますのは、高温での窒化物燃料からの窒素の解離があるんじゃないかというふうなことで、特に過渡事象になったときに窒素の解離して、そういう問題があるんじゃないかということを聞いたことがあるんですが。その点は、例えばMA、プルだけじゃなくてMA入れた窒化物燃料でそういうものの検討あるいはそういう状況を教えていただければと思います。

○湊ユニット長 湊です。窒素の解離ということなんですけれども、これは少し誤解されている部分があるかとは思いますが。被覆管の中に燃料ペレットが入っていて高温になるという状況だと思いますが、その場合、少し窒素がもちろん解離しますけれども、そのところで熱力学的にまた平衡状態になりますので、どんどん解離して窒素とMAとがばらばらになってしまうというような事態は起きないということでございます。

○山名座長 よろしいですか。

○若林委員 はい。

○山名座長 ほかに何か。深澤委員、どうぞ。

○深澤委員 ちょっと素人なので確認させていただきたいんですけれども。3ページ目の階層型の図では核変換サイクルにはMAしかこないんですけれども。実際の燃料はプルトニウムが入った燃料を用いるということですか。

○大井川研究主幹 ADSの反応度の変化を抑制するために、最初にプルトニウムとMAを入れた燃料からスタートします。で、2年間その燃料を燃焼させますと、今度入れるのはMAだけを追加していくというそういうイメージです。だから、プルトニウムは最初の初装荷のときには入れますが、後はもうMAだけを追加していった核変換していくというそういうシステムです。

○深澤委員 追加するときもプルトニウムは残っている？

○大井川研究主幹 前に装荷したものと、それからMAから変換していつているプルトニウムが定常的にあるというそういう状況です。

○深澤委員 すみません、あと2点ほどあるんですけれども。ちょっと失礼な質問になるかもしれませんが、37ページと38ページを比較しますと、例えば燃料、燃料サイクルの開発段階は前回の場合は高温化学処理に基づくサイクル概念の構築のところは二重四角で、その下が今後10年になっていますけれども、今回も同じような感じになっているのかなと。それから、ADSのほうも、ADSを第1候補に選定しているところは前回も二重四角で最後にきましたけれども、今回も二重四角で最後になっているというふうなことなんですけれども。この図からだけ見ると、余り進歩していない、データはいっぱい出てくるので進歩しているとは思いますが、そこら辺のところはいかがなんでしょうか。

○大井川研究主幹 これはご指摘のとおり、進歩はしているんですが、今の段階としてはまだ基礎的、基盤的なデータを積み重ねていつているというそういう段階であるというのは現状しよがないのかなと思っております。国際協力等うまく使いながら何とか少し実証的なものもやっていきたいと考えているところです。

○深澤委員 あと最後1点なんですけれども、3ページにまた戻っていただいて。この両方の方法を比較すると、高速炉サイクルは必ずというかなりの確率で確立するので高速炉を使っ

た核変換というのは非常に素直な流れだと思うんですけども。それに階層型の場合は新たにADSシステムを加えなきゃいけないということになるので。このADSを加えることによるメリットは左に比べてかなり大きくないこの新しいシステムは導入されないんじゃないかと思うんですけども。そこら辺についてはいかがでしょう。

○大井川研究主幹 これは第2回のシナリオの話のところでもしましたけれども、そのマイナーアクチノイドをできるだけコンパクトに、例えば再処理工場から出てきたマイナーアクチノイドをそのサイトの近くで核変換するということが可能になれば、取扱いの厄介なマイナーアクチノイドが日本全国にディストリビュートするということはなくなるわけですね。そういうメリットをやはりよく比較して、最終的にADSのような集中的な核変換をとるのか、FBRに均質に混ぜるような分散的な核変換をとるのかというのは判断していけばいいと思うんですけども。現在ではそういう意味でADSにもR&Dを続けるメリットはあるのではないかと考えています。

○深澤委員 ありがとうございます。

○山名座長 ほかに何かございますか。

山根委員、どうぞ。

○山根委員 今、深澤委員からご質問のあった最後の38ページです。これで国レベルの評価のところで、J-PARCの第Ⅱ期という緑のところがありますね。そのページの脚注を見ると、黄色の部分が今後10年間に取り組む中心部分となっていますから、緑の部分はさらにその先なんではないでしょうか。違うんじゃないかという感じがしたので確認したいんですけども。

○大井川研究主幹 我々の考えているところは、この緑の部分が10年以上後のというわけではなくて、できるだけ早く国レベルの評価を受けてこういうのを着手するというのが我々の希望であるということですね。

○山根委員 確認ですが、黄色い部分に書かれている研究要素がJ-PARCの第Ⅱ期の施設の建設によって実証的な研究になる。今日のご説明のところは少し計算に頼っている部分もあるが、その部分が明確になっていくという位置づけに理解していいのでしょうか。

○大井川研究主幹 そうですね、こういう2つの施設を整備することで、今計算に頼っている設計の部分にもデータが飛躍的にふえて、次のステップである実験炉級ADSにいくためにはこういうところでのデータ取得というのが不可欠だと考えています。

○山根委員 39ページには謝辞の格好で、今日お示しいただいた研究開発に関わる財源、どういう予算でやったかという話があります。これを見ると、14年度から16年度、それから16年度から18年度とありますが、それ以降については何か予算的な裏づけというのはあるんでしょうか。それとも現在は何もない、何もないというのはおかしいですけども、余り大きなプロジェクトとしては動いていないという状況なんではないでしょうか。

○大井川研究主幹 この謝辞のところにありますが文部科学省での公募ですね、あれでとりましたのがADSの分とそれから窒化物の分がありまして、我々にとっては大きなお金でした。今日お話ししたもののかなりの部分がそれに負っているところです。その後、残念ながらその公募自体未臨界のものは範囲外というところが明記されるようなところもありまして、公募はとれていませんので、現在は原子力機構の運営費交付金の範囲内でやっているところになります。

それから、窒化物燃料そのほか例えば鉛ビスマスの非常に基礎的な部分というのは若手の公

募でとったりとかそういうのはありますし、照射の部分は科研費でやっているようなところもありますので、そういう外部資金、細かいのとそれから運営費交付金で進めているというのが現状になっております。

○山名座長 よろしいですか。

ほかに何かございますか。委員長、どうぞ。

○近藤委員長 1つは、例のITERのBAにあるIFMIFの設計研究の一部でターゲット冷却に関する研究が行われていると思うのですけれども、そのグループとの交流はあるんですか。ターゲットの設計あるいは冷却技術となると共通するところが多いと思うんですけれども。

○大井川研究主幹 すみません、核破碎材料とかの材料の研究のコミュニティの中ではもちろんそういうインターアクションはあるんですけれども、今設計の部分とかではIFMIFとのインターアクションはないというのが現状です。

○小川部門長 IFMIFとこのADSとターゲットの概念が大分違っておりまして、そういうターゲットの構成という意味合いでいうと、ちょっと一緒にということは今のところはないんですけれども。材料は、例えばきょうお見せした鉛ビスマスとの反応のところでいろいろ調べているフェライト系の材料なんていうのは、これはもう全く共通のもので、そういう材料がもつかもたないとか、そういうところでは実を言うとやっている人たちは研究員の数そんなにいないわけじゃありませんので、同じ人たちがやっております。ですから、この先も材料開発という意味ではほとんど一体的にやっていくと思うんですが。

ただ、このMEGAIEでやったようなああいいうターゲットの形と、IFMIFで滝のようにリチウムを流すターゲットと大分違いますので、そこのところはまだ一緒にやるということまでは行っていない。

○近藤委員長 わかりました。ただ、先ほどの燃料の話もそうですが、私は、研究開発においては、なるべく関連分野とのコミュニケーションをよくした方がいいのではないかと考えています。

それから、燃料の選択、ヨーロッパは酸化物、日本が窒化物と言われましたが、ではメタル燃料はどこがやっているのか、それがいいのかどうかかわからないけれども、ここでも、また横の連絡をよくとって、切磋琢磨するなり、協力するなりしていただけたらと思います。

それから、酸化物と窒化物で著しく窒化物にメリットがあるのでしょうか。どちらでもシステムができるなら、膨大な知見の蓄積がある酸化物燃料を使うとしておいたほうがいいのかという議論はだめですか。ヨーロッパでは、従来からの軽水炉、高速炉の燃料開発に加えてのADSにスペシフィックな酸化物燃料のR&Dはどのぐらいの規模でなされているのですか。

○湊ユニット長 ここで酸化物と一言で書いてあるんですけれども、ADS用の酸化物というのはやはりウランが入っていないということで特殊な燃料形態を考えている。母材としてはマグネシウムのオキサイド、そこに例えばマイナーアクチノイドの酸化物を分散させるといったようなことが考えているのがそのADS用の酸化物ということで。燃料を製造して、そして照射試験も少し進めているというのがヨーロッパの状況です。

○近藤委員長 ミックスドオキサイド燃料に係る知見の蓄積は有効に使えないというか、使えないということですか。

○湊ユニット長 もちろん酸化物という意味で共通部分はあるんでしょうけれども、また新たな領域というふうに考えております。

○近藤委員長 R&Dの姿を見ると、プラスアルファの取組を行っているというよりは、ゼロからのスタートと見えるということですか。

○湊ユニット長 そういうことです。

○小川部門長 ヨーロッパと日本というかJAEAのADSとの根本的な考え方の違いというか、燃料の部分でいいますと、やはり欧州のほうは湿式再処理の資産を最大限に活用したいということで酸化物系の燃料です。JAEAの場合には金属燃料乾式再処理の開発成果を最大限に使いたいということで進めています。同じ乾式再処理のという意味で窒化物を使っているということですが、やはりマイナーアクチノイドを集中的に扱おうと思うと 発熱とか 線による損傷というものが非常に難しくなりますので、欧州は確かに湿式再処理の資産を最大限使いたいということなんですが、実はマイナーアクチノイドのいっぱい入った燃料を再処理するという研究をやっているわけではありません。まだ、ほとんどやってないと思います。というわけでお互いに情報交換をしながら、相補的にやっていきたいと思いますということです。

先ほどの金属燃料についていいますと、前回井上さんのほうからご紹介があった金属燃料の照射用の試料づくり、あれは実は我々のところの窒化物をつくるのと同じ施設で一緒になってつくっておりました。そういうことで我々としてはやはり金属燃料のほうについてもちゃんとコミットをして、そういうデータをとっていくということで、幾つかそういう選択肢を確保した上で今のところは窒化物に多少集中しているというところなんです。

○近藤委員長 もう1つ。これは単なる情報共有ということで申し上げるのですが、米国のローレンスリバモア研究所ではナショナルイグニッションファシリティがあと1年ぐらいで核融合中性子を大量に発生することが可能になるというところまできたことを踏まえて、次に何をするかを考えているところ、先日スイスで開催されたIAEA主催の核融合科学技術の国際会議で、プロジェクトリーダーのモーゼス氏が核変換とエネルギー生産を行うハイブリッドフュージョン炉の構想を示して、これを2050年からの主要な原子力エネルギー供給技術にするべくの研究開発計画の立案に取りかかったとしました。核融合研究の世界では、従来から大体10年周期でハイブリッドフュージョンの構想が出てきているので、また始まったかという感じですが、今回は、大量の核融合中性子を発生するシステムが実現する時期が目前に迫っているということで、今後の展開がどうなるか、米国におけるAFCI等の取組とどういう風に関係することになるのか、高速炉や核融合のコミュニティではハイブリッド核融合は大嫌い。それはそれで構わないんだけど、核融合の世界で自己点火という一つのエポックメイキングな達成がなされると、それが加速器中性子の位置づけを変えてしまい、ADSの研究開発戦略に変革をもたらすきっかけになることがあるから、ちゃんとウォッチしていく必要があると考えているところ、情報共有の観点から申し上げました。

○山名座長 ありがとうございます。

私から1点、国際的な施設のことを確認したいんですが、J-PARC第Ⅱ期計画で提案しているような施設は、ヨーロッパの活動の中では計画されているかどうか、これが1つです。

それから、ベルギーが提案している照射試験用のADSというのがありますが、絵が出ておりますが。これはまさにADSなんですね。つまり、大井川さんがおっしゃった実験炉級のADSに相当するような施設である、こう理解してよろしいですか。

○大井川研究主幹 はい、おっしゃるとおりで。まず、ベルギーの話ですけれども、この34ページの右上にありますのがMYRRHAという名前なんですけれども、実験炉級のADSになっていま

す。最初はベルギーでありますBR2という炉の代替として照射用のADSという話だったんですが、実験炉級ADSというヨーロッパのプロジェクトに今乗っかろうということで、そういう性格のもので52MWというかなり大きなものを計画しているところです。

それから、その前にご質問のありました、我々の実験施設と同じようなものを考えているかですけれども、実際のところ余り考えられていないというのが現状です。彼らはこういう炉物理あるいは核データを検証するようなそういう基礎基盤的な超ミニADS的なところというのは既存の臨界実験装置にDT中性子源を入れてという、昔からやっている未臨界実験なんですけれども、そういうのでいきなりこのMYRRHAというようなADSに進もうというのが彼らの今の考えなんですけれども。そこに我々の実験施設を提案して、その中で世界で一緒に進めていこうということにしていきたいと、今はそういう提案をしているところです。

○山名座長 ありがとうございます。

では、少し時間押しておりますので、次の議題にいききたいと思います。次は、核データ・炉物理のお話ですね。大井川さん、お願いします。

○大井川研究主幹 時間がちょっと押していますので、非常に簡単に説明させていただきたいと思います。2ページですけれども、前回C&Rで核データ、モデルの整備・検証が重点課題ということが言われているわけで、これまでマイナーアクチノイド、それからFPの核データの整備というのを続けてきているところです。

3ページは、核データの測定研究ということで、これは核データの測定のコミュニティというのが日本では非常にしっかりしていまして、核データの測定を精力的に行っているということです。中身の細かいところは割愛させていただきたいと思います。

4ページが、大体前回C&R以降のMAの核データ、FP核データの測定の一覧になっています。基本的に測りやすい熱中性子関係、それからエネルギー依存性はTOFを使った実験というものがネプツニウム、アメリシウム等、それからFPについて行われているというのが現在の状況です。

5ページのほうは測定技術の開発ということで、多重ガンマ線を測定するような測定装置の開発だとか、それから下の右側はJ-PARCの物質生命科学実験施設のビームラインに核データ測定用のラインというのを今整備しているということで、間もなく実験が始まるという状況です。

それから、6ページに関してですけれども、核データの測定だけではなくて評価というのが非常に重要でして、JENDL-3.3から現在はJENDL-4を整備中です。それから、JENDLアクチノイドファイルというものも整備されていますし、それからHigh Energy Fileというのも整備されています。そのほか、理論計算による核データの評価ということも進めているところです。

6ページ下側の図ですけれども、JENDL-3.3からJENDLアクチノイドファイルというのに変更した部分というのが示されていて、核種によって、それから反応によってはかなり大きな変更が行われています。

6ページの下右側の図なんですけれども、青で示してありますのが k_{eff} のC/E値ですけれども、高速炉体系のいろいろな種類を特定して書いているわけではないんですが、それが全体的に1に近づきましたということが示されています。まだ高速炉、これはマイナーアクチノイドが入っている体系でも何でもなくて、普通のウランとプルトニウムの高速炉の模擬実験なんですけれども、そういうものでも現状こういうふうに計算値が動くということがこの図で示されているところでございます。

それから、7 ページは高エネルギーに関するファイルでして、左側にありますような核種について 3 GeV までの JENDL/HE-2007 というファイルが整備されているという状況です。ただ、まだ積分実験解析、この積分実験というのは高エネルギー陽子を厚いターゲットに入れたときの中性子の分布だとか角度分布だとかエネルギー分布だとか、そういうものの精度というのはまだまだ不十分だということを書いてございます。

それから、8 ページは MA の照射試験ということで、今までの微分測定、それから核データ評価だけではなく精度というのを確認できないということで、MA の照射試験というのも精力的に行っています。高速実験炉の常陽だとかイギリスの PFR を用いて MA のサンプル照射というのを行っております。これまでの非常に大きなポイントとしては、 ^{241}Am の捕獲反応の分岐比というのが従来値 0.8 というのを使っていましたが、0.85 というほうが確かではないかということを確認しているところです。

それから、9 ページのほうは、MA を装荷した臨界実験ということで、こういう実験も行われています。我が国ではまだまだ無理なんです、ロシアの IPPE の研究所でネプツニウムを約 10kg 装荷した臨界実験というのが行われておりまして、そのデータを入手して原子力機構のほうで解析をしているところです。

右側に表がありますが、Na ボイドに関してこういうネプツニウムを入れた実験の精度というのを示してあります。ネプツニウムに関しては JENDL-3.3 を使っていますが、そうすると C/E 値、計算対実験値ですけれども、1.049 で核データの起因誤差というのは共分散ファイルから 5.9% ぐらいだろうと見込まれています。これに対していろいろなこれまでに行われた積分データを加味した断面積調整という手法を用いますと、C/E 値がちょっと悪くなる、ほとんど変わらないんですが、核データの起因誤差というのは 2.3% に低減できます。これにネプツニウムのロシアでやられましたデータというのも加えますと、実験と計算の一致というのがよくなって、核データの起因誤差というのも 2% を切るようになってくるということです。やはりこの場合はネプツニウムですけれども、こういう MA を入れた積分実験、臨界実験ということをやすることでこういう核設計精度というのが非常に向上するということがわかると思います。

それから 10 ページですけれども、今後の方向性ということで、こういう核データ、炉物理の分野ですが、どこまでやればいいのかということのを常に考えないといけないところだと思います。核設計精度の目標設定と現状認識ということで、これはことし 10 月に水戸でありました OECD/NEA の分離変換の情報交換会議で招待講演されましたフランス CEA の Salvatores 博士の OHP から持ってきたものです。実効増倍係数、出力ピーキング、冷却材ボイド、燃焼反応度というのに目標精度がありまして、現状の評価というのを、これは Salvatores 博士らのグループが使っている共分散ファイルを使った評価ですけれども、TRU 燃焼高速炉、これは非常にプルトニウムの割合の高いナトリウム冷却の高速炉、それから ADS について示されています。実効増倍係数は、まだまだ評価精度が足りないという結果で、それから、ボイド係数に関しても精度が足りないというような評価結果になっています。影響の多い核種として、Pu-241 が非常に問題だということ。それから、Am、Cm 等の MA 核種も問題だということで、こういうの核種の精度を上げていくためには、微分測定だけではなくて、共分散データと積分実験の拡張というのを組み合わせることが極めて重要だということが Salvatores 博士の結論にも書かれています。

それから、現在 OECD/NEA の NSC で 3 つのワーキングパーティが合同で共通課題として核変換にかかわる核データの共分散評価と積分実験に関する今後の国際的な取組ということで検討を

しているところです。

それから、下のところにありますが、日本の原子力学会でもアクチノイドマネジメントに関する炉物理実験施設研究専門委員会ということで、これは主査を東北大の岩崎先生がやられていますけれども、将来の炉物理実験施設の在り方というのを検討しているところです。

11ページは最後のスライドですけれども、今後核変換システムを実現するということを考えた場合、さらなる核データの精度向上と炉物理実験による検証というのが不可欠だということがこれまでの10ページの議論でわかるわけです。それを核データ測定だとか核データ評価だけで行うのではなく、炉物理解析システムを高度化していくということ、それから炉物理実験、照射後試験解析、あるいは臨界実験、マイナーアクチノイドを装荷した臨界実験を行っていくというこういう4つの項目をうまくリンクさせながらやっていくということが非常に重要だと思っています。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、質疑を行います。何かございますか。

若林委員、どうぞ。

○若林委員 10ページの目標精度と現状の精度の評価というところなんですけれども、TRU燃焼高速炉とかMAのADSということで、ちょっとMAの入っている量が多いとかそういうふうなケースなんですけれども。通常のMOX燃料でMAが5%ぐらいの均質の場合には、現状の精度というのはどのぐらいになるのでしょうか。もう十分なのかどうか。その点を教えていただけますか。

○大井川研究主幹 これ、私が答えていいのか、永田部門長がいいのかちょっとあれですが。1つの問題は、そういう評価をするために必要なのが共分散ファイルです。同じ核特性の精度を評価しても共分散ファイルが違えば全然違う結果が出ます。JENDL-3.3にくっついている共分散ファイルを使いますと比較的いい精度の結果が出てきます。Salvatores博士たちが使っているものを使うと比較的安全側というか大きめの精度が出てくるということで、まだこの精度評価に使えるかどうかというところの議論が本当は必要だと、そういう状況だと思います。同じようなベースで解析したときのデータというのはちょっと今持っていないので、どなたかあればと思いますが。

○若林委員 ここに通常のMOXの燃料の精度がどうなっている、MAを入れたらどうなっている、さらにTRU-MA専焼の高速炉の場合、ADS、4つぐらいをしてみようと、今の現状の精度というのはどの辺なのかと、将来どれだけやらないといけないのかというそういうふうな感触がわかると思うんですけれどもね。

○大井川研究主幹 すみません、このSalvatoresさんの発表でその部分というのはなかったものでちょっと載せられなかったんですけれども。

○山名座長 よろしいでしょうか。

深澤委員。

○深澤委員 今の関係するところで、7ページとか10ページを見ると、より精度が高いデータが必要だとか積分実験が必要だとかということなんですけれども。これらをするためには世界的に見ても国内での試験施設で十分だと考えてよろしいのでしょうか。

○大井川研究主幹 やはりマイナーアクチノイドを入れた実験というのをやるには今の施設で

は不十分だということです。特に今後重要になってくるアメリシウムを使った実験というのをできる場所はまだ世界にもないという状況になっています。

○深澤委員 ありがとうございます。

○山名座長 ほかに。

山根委員、どうぞ。

○山根委員 質問ではなくてコメントになると思います。9ページにありますように、Na ボイド反応度がデータファイルが違ってくるとどう変わってくるかという例ですが、2番目と3番目の比較がかなり重要だと思います。積分データがあっても、ターゲットとするものが入っていない積分データだけではやはり問題解決にはならない。MAをターゲットにするんだったらMAに対するきちんとして積分データがないといけないとなっています。

そういう意味でアメリシウムが使えるかどうかわかりませんが、さっき出てきたJ-PARCのⅡ期の計画の中である程度MAが扱えるような装置をつくって、そこできちんとして積分データをとる。何も日本が全部とる必要はないと思いますが、ヨーロッパとアメリカと協力して、ここの部分は日本がきちんとしてやりますということをきちんとしてやらないと、核データの整備と相まって精度があるものをつくるというところにはいかないんじゃないかなというふうに考えています。

現状では、京大炉にKUCAという装置があります。そこでは今FFAGという新しい加速器を使ってADSの基礎的な実験ができるようにやっていますが、そこではMAは使うことができないので、やはりどうしてもMAの扱える施設が必要となる。私の分野からいえばそういう希望があります。

以上です。

○山名座長 田中さん。

○田中委員長代理 10ページのさっき若林さんの質問にも関係するんですが、目標精度というのはこれはどこからきているんですが。炉設計の安全上のことから定められているというふうに普通なら考えるんだけど、そうでもないんですか。

○大井川研究主幹 このSalvatoresさんの発表自身にこれのどういうふうになっているかは書いてなかったと思うんですが、一般的には安全の話と、それから経済性の話というのが入ってくるのかなと思います。

○山名座長 よろしいですか。

○田中委員長代理 はい、結構です。

○山名座長 経済性と安全性ですね。

○田中委員長代理 普通は経済性、ここの段階ではまだ、安全の問題。

○近藤委員長 ちょっと。

○山名座長 はい、どうぞ。

○近藤委員長 山根先生、京大炉の施設では現在ただいまアクチノイドを使えないということは、ここでは将来もだめということを意味するのですかね。

○山根委員 将来もだめというのは私には言えないことですが、ただ、正直言って大学の持っている臨界集合体の中でMAを扱うというのは、現実的には難しいんじゃないかと思います。取扱いの面とかいろいろな管理の面とか。そこのところがうまくクリアできればまた違ってくると思いますが、現状では私は非常に難しいという感触を持っています。

○山名座長 KUCAの場合、まず炉室自体の天井が極めて薄い構造になっていて、極めて低いウラン230あるいは233を使った臨界実験しかできない。プルトニウムすら今は入れられないわけ

ですね。ですから、もしそういったものを臨界実験で入れていくなら、もっと施設の構造的性を高めるとか、安全上の措置が相当必要だなと。それから、燃料をハンドリングすることの補強が必要だということ。

○近藤委員長 300億円くらいですか。

○山名座長 いえ、そんなにいりませんね。結構やはりてこ入れがいるんだと思いますね。しかも、KUCAの場合、熱中性子体系なので高速中性子でないというのは決定的な問題でありまして、そこが問題だと思いますね。

大井川さん、ちょっと私からお聞きしたいんですが。さっきお聞きしたように、ヨーロッパでは臨界集合体の概念がない、計画がないと。このロシアのやつは臨界実験装置じゃなくて。

○大井川研究主幹 臨界実験装置です。

○山名座長 高速炉体系の臨界実験装置なんですね。

○大井川研究主幹 はい。

○山名座長 これにはネプツニウムを10kg程度は入れることができ実験ができる。

○大井川研究主幹 はい。

○山名座長 つまり、今ロシアしかないということですか、こういうデータをとる、高速中性子の体系でMAのこれぐらいの10kg規模の試験ができるというのは今はロシアしかないということですか。

○大井川研究主幹 はい、ネプツニウムをどこから調達してくるのかというのはありますが、ネプツニウムであればそんなに取扱というのは難しくないのでできるんじゃないかと思うんですが。アメリカもここでするかということ、多分それは全然違う世界になると思います。

○山名座長 例えばアメリカでこういった積分実験の臨界データをとるにはどれぐらいの量のアメリカが必要で装荷されなきゃいかん。

○大井川研究主幹 そのやはりアメリカが入っている領域というのをそれなりの大きさでつくろうと思いますと、やはり10kgから数十kgオーダーで考えないといけないかなと思います。

○山名座長 なるほど。そもそも材料から大変な話ですね。

○大井川研究主幹 そうですね。

○山名座長 わかりました。

○近藤委員長 臨界実験はフランスでできないはずないと思うのですが。どうですか。

○山名座長 佐賀山さん、何かコメント。

○佐賀山副部門長 フランスはMASRUCAで持っていますのでそれはできるんですが、今整備するということでその計画はやっているところです。ですから、フランスで、アメリカのZPPRがありましたけれども、あれが今使えるという状況には多分ないと思いますので、多分やれるとするとロシアとフランスのMASRUCAが一番適当だと思うんですけども。

○山名座長 フランスはMAに関しては何か具体的な計画は持っているんですか。MASRUCAを使って。

○佐賀山副部門長 直接やりたいという意思はあると思いますけれども、それを整備をまずしなきゃいけないという状況ですから、具体的なプログラムとしてもうつくられているという形にはまだなっていないと思いますけれども。

○近藤委員長 インドはどうですか。

○佐賀山副部門長 すみません、インドはわかりません。

○山名座長 ほかに何か。核データ、炉物理に関して。よろしいですか。

そうしたら、次の話題に移りたいと思いますが。アクチノイド科学について、湊さんからお願いいたします。

○湊ユニット長 ここでは実験設備・研究施設、それからマイナーアクチノイドの実験試料、それから基礎基盤データの整備、研究ネットワーク、それらについてご説明いたします。

まず2ページ目でございます。今もちょっとお話が出ましたが、ネプツニウムは比較的取扱いがやさしいということで、前回の平成12年のC&Rのときにはネプツニウムを少し使った実験データというのが出ていたということですが、平成12年以降、その前回のC&R以降、いろいろ実験施設を整備いたしまして、アメリシウム、それからキュリウム等を使えるような設備を整備してきて実験を進めているということでございます。

ここで示してありますのは原子力機構のNUCEFのTRU高温化学モジュールという3基のホットセル、それからグローブボックスで構成されます実験設備をつくりまして、高純度のアルゴンガス雰囲気下で超ウラン元素の高温化学実験をできるというような設備でございます。

次のページに示してありますのは、すべてグローブボックスでございますけれども、これは超ウラン元素を取り扱うためのグローブボックスということで、これもやはり平成12年以降にいろいろ整備をいたしまして、燃料に関する基礎的な実験ができるもの、それから乾式再処理にかかわる溶融塩に関する実験を行うものということで実験を進めているところでございます。

次のページからは実験試料のことについてご説明いたします。アメリシウムですけれども、残念ながら多くのは外国からの輸入というものにも頼っているんですけども、ここNUCEFでは、いわゆるプルトニウムを抽出した残液、廃液からアメリシウムを分離・回収するというを行いました。これは原子力機構で開発しましたTODGAの抽出剤を用いてアメリシウムを分離・回収し、それからシュウ酸沈殿－蒸発乾固－ばい焼して酸化物として回収したというものでございます。

そして、これは先ほど示しましたTRU高温化学モジュールにおける実験において使用したというものでございます。これはグラム単位で回収したというものでございます。

次のページですけれども、これはネプツニウム、キュリウムについてちょっとまとめました。ネプツニウムについて、これもやはり、もともとは外国からのものなんですけれども、特筆すべきことといたしましては、真ん中あたりのところに高純度Np金属調製技術というのがございますけれども、これは大洗にあります東北大学の金研におきまして、こういった高純度のネプツニウム金属調製技術を開発したということがございます。そこでの高純度の試料を用いまして、燃料のもの、それから乾式再処理に関するそういう状態図の研究等々を進めているということでございます。

それから、キュリウムについてですけれども、これは原子力機構で古いキュリウム、年とったキュリウムを持っております。それで、現在はそのまま使ってはおりますが、なにせ古いものですから、今はキュリウムといってもプルトニウムのほうが多くなってしまったという状況でございます。

それで、今度はキュリウムについてもきちんとデータをとろうということを考えておりまして、そこからプルトニウムとキュリウムの混合物となっているものからキュリウムを精製して実験に使おうということでございます。それで、これは原子力機構だけが使うのではなくて、大学等にも供給していこうという計画でございます。

次のページからはマイナーアクチノイドに関しまして基礎的・基盤的データを整備してきたということのご説明をいたします。ここでは特定の燃料組成にとらわれずにみずから調製した試料を用いて幅広くMA化合物の物性を測定評価してきたというものでございます。

例えばここで示してありますのは、MA酸化物また窒化物の熱伝導率というのを左下に示しております。これは今までなかったデータをきちんと整備してきているというものでございます。

それから、右側に2つ図を示しておりますけれども、これは、マイナーアクチノイドが入った酸化物の酸素ポテンシャルについてデータを整備しているというものでございます。

次のページをお願いします。ここではやはり物性測定データの整備ということでございます。左下のほうに書いてありますのは、金属に関するもの。これはプルトニウムとアメリシウムの合金を調製いたしまして蒸気圧測定を行っているようなもの。それから、右側は酸化物に関してですけれども、熱膨張の測定を行っているというものでございます。

次のページですけれども、ここでは乾式再処理の基礎となりますマイナーアクチノイドの熔融塩中における挙動を測定評価しようというものでございまして、図で示してございますのはそのもとの試料となりますマイナーアクチノイドの塩化物をみずから調製しているということ。それから、右側のほうに書いてある図では、電気化学的に熔融塩中でのマイナーアクチノイド、これはアメリシウムでございますけれども、その挙動をきちんと調べている、基礎データをとっているというものでございます。

それから、次のページに移ります。ここではもう少し基礎的なデータの収集ということになりますけれども、放射光を利用してMA化合物の電子構造解析をしようというものです。アメリシウムの酸化物でありますとかアメリシウム－ウランの酸化物についての実験が進行中というものでございます。

次のページですが、これは核磁気共鳴、NMRを用いたMA化合物の電子構造解析ということも進めているということでございます。

次のページをお願いいたします。ここからは研究ネットワークということについてちょっとお話ししたいと思います。今いろいろお見せしたように、アクチノイドを扱うためには特別な研究施設設備が必要であるということがございます。それから、実験にも種々の制約があるということがあります。そこで、いかに魅力ある研究環境を整備するかということを考えまして、そのために研究ネットワークをうまくつくっていかうということを考えてスタートしたものでございます。

次のスライドに示しましたけれども、研究ネットワークというのは何かということでございますが、これはまずは施設が必要であるということで、施設を連携していこうということが1つ。それからもう1つは、知的な連携をそこで図ろうということで、この施設の連携と知的な連携ということを2つの大きな目標としてネットワークを構築していこうというふうに考えております。

そして、ことしの3月に日本アクチノイドネットワーク、J-ACTINETと呼んでおりますけれども、それを設立いたしました。そして、その中では研究交流会等を開催しておりますし、またこの枠組みの中で原子力基礎基盤戦略研究イニシアチブにおきまして広域連携ホットラボ利用によるアクチノイド研究というものを提案いたしまして、ことしの10月から研究を開始しているところでございます。

次のページをお願いいたします。これは今お話しいたしました広域連携ホットラボ利用によ

るアクチノイド研究というものでございます。これは我が国においてウラン、トリウム、超ウラン元素でありますネプツニウム、プルトニウム、アメリシウム、キュリウムを広範に取り扱える基礎基盤研究のためのホットラボの施設群を連携するということで、ここに示してあります4つの研究施設を連携して研究を行っているものでございます。

そして、左下の図に示してありますように、連携という意味はただ単にその施設施設で研究をやっているということではなくて、それぞれの施設の特徴を生かした研究を行うとともに、他の施設での有用な実験装置を用いた研究も行うということで、研究活動を相互に乗り入れるようなこと、それから試料を融通し合うようなことを行って、単独の施設ではなし得ない新たな研究領域へ展開していこうということで進めております。ここでは人が動く、ものが動く、そして情報が動くということで連携を図っていこうというものでございます。

最後のページ、まとめでございます。平成12年度以降、前回のC&R以降でございますが、複数の超ウラン元素取扱い設備・施設を整備いたしまして、それまで実施できなかったアメリシウムを始めいたしますマイナーアクチノイドを含有した酸化物、金属、窒化物、並びに熔融塩に関して基礎物性データを取得してきたところでございます。

そして、これらの基礎的な実験ではマイナーアクチノイドの取扱量は数十mgから数gのところでございます。実験に用いたマイナーアクチノイドというのは多くは外国からの輸入に依存しているものもございますけれども、そのうちご説明いたしましたように、一部はみずから分離して実験に供給してきているところでございます。

将来的には、燃料集合体を製造できるような大きな施設が必要になるということになるでありましょうが、現状ではそれに向けてペレット製造レベルぐらゐの実験設備・施設で基礎基盤データを取得、また拡充していくことが必要であるということ。また、自前でマイナーアクチノイドを供給するような体制が必要であるというふうに考えております。

それから最後、分離変換技術の研究開発を支えるアクチノイドの研究のより一層の活性化、また若手研究員の人材育成のためには、現在ある超ウラン元素取扱い設備・施設をうまく連携し、また人材の交流を通して知的連携を図っていく必要があるというふうに考えております。

以上でございます。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、質疑に移ります。ご質問をお願いいたします。

井上さん、どうぞ。

○井上首席研究員 MAを扱える施設の件なんですけれども。私この前の電中研の分のご報告のときに、日本におけるMA取扱いのインフラ余り進んでいないというふうに申し上げて、これは皆さんかなり同意されると思うんですが。それでちょっとITUの話を我々実験やってますのでしましたんですけれども。あそこを考えてみますと、今、確かにこの前申しましたように、恐らく世界でこのMA関係の研究というのは経験、知見とも一番進んでいると。

そうすると、ひるがえって日本のことを考えてみますと、例えば施設の日本にはCPFがあり、NUCEFがあり、それから再処理工場までであると。そうすると、それと例えばITUと比べますと、ITUの施設がそれらに比べて特段規模的に大きいということを私感じたことはないんですよ。そうすると、なぜ海外ではそういうふうにフレキシブルにできて日本ではできてないのかと、やはりそこをしっかりとそれを例えばそれぞれのラボの使い方の基本コンセプトがそういう欧米と日本で違うとか、それから体制的な問題とか、それから人的な、こういう表現よく

ないかも知れませんが、そういう経験者が少ないとか、いろいろなそういう要素があると思うんですね。一度その辺をしっかりと調べて、そして日本ができるだけそういうところに近づけるようにしていかないと、ますますこのMAに関する研究も含めてですね、特に私は燃料サイクルの分野ですけれども、おくれていくような気がするんですけれども。これはぜひお願いです。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

今のコメントに対して、委員長、何か。

○近藤委員長 はい。余談になるかもしれませんが、この間、委員会でJMTRの最近の取組についてのご説明を伺いまして、私が大学にいたときには、JMTRの将来について問われ、もうつぶしてしまえ、あんな官僚的な運営ではこの施設を使う人がいない、存在意義がないと言ったのですけれども、心優しい方が多かったのか、先見の明のある人が多かったのか、これをサバイバルさせることが決定されて、JMTRの再利用に向けての取組が行われている。それについてご説明をいただいたのですが、設備の性能を踏まえたこれなら投資する価値があるのかなと思える存在感のあるビジネスモデルを打ち出し、その実現に取り組んでいることをわかりました。勿論、実際そうなのかどうかは、今後に係っているわけですが。

じゃあ、今ご指摘の施設について、海外の類似施設と比べてもの自体にはそう差はないので、使い勝手にご指摘のような差があるとすれば、なにか違いがある、それが解消されるべきというのがリサーチコミュニティの総意であるとすれば、私どもとして、それを政策にしていこうことになるわけです。ですから、学会からそういう問題提起をしていただくのがいいと思いますが、ここは、そうした研究推進環境のあり方についてもチェックアンドレビューの対象にしていますから、それがこの会の総意であれば、そのように整理し、建議いただいてもいいと思います。ですから、まずはご議論をいただいたらと思いますが、JAEAにも言い分があるのではないですか。

○小川部門長 実は日本の規制があって、例えば再処理工場はウラン、プルトニウムに混ざったマイナーアクチノイドは外に出せますが、アメリシウムだけを単離したものは出せません。実を言いますと、JAEAの抱えているいろいろな施設がRIの許認可に合致していないので、アメリシウムとかキュリウムを単独で取り扱うことは許可されておられません。許可されているところというのは本当に少なく、先ほどのこの冒頭で示してあります、2ページ目にあるTRU高温化学モジュールですとか、あるいはWASTEFといったような施設だけです。そういう施設も、実を言うと、それぞれのグローブボックスについてはこういう目的で使いますということをきちっと決めるとそう簡単に融通を持った使い方というのはこれもまた許認可の制約でそう簡単にはできません。そういう中でなかなかITUのように小回りの効いたことはできないんですが、我々としてもそこは指向しています。

先ほど幾つか分析する必要があるという井上さんのご指摘ですが、恐らくそういう許認可の問題と同時に、やはりJAEA自身の問題もあるんだと思います。ですから、やはり我々自身も分析しないといけませんし、学会レベルでもいろいろご指摘をいただいて、改善する努力はしないといけないと思っています。

ただ、遅れている遅れていると確かにそのとおりのかもしれませんけれども、きょうここでご紹介したような仕事というのは実は仮にITUでやろうとしたってそんなにできるわけではなく

て、私はこの6ページのこの窒化物のこれだけの熱物性データをそろえてきたというのは、これはITUでやろうとしたってそんなに簡単にできないと思っています。これはやはり我々のところできちっと不活性の施設をそろえたから初めてできるのであって。我々はそういうことで幅広く物性を測定しないといけないということで、まず高純度で不活性な雰囲気でマイナーアクチノイドをきちっと扱えるようにしないといけない。それに向けては相当努力をしてきましたし、そこの成果は誇っていいと思っております。あとは、小回りがいかに効くようにするかという、そこはまだまだ努力の余地があると思っております。

○山名座長 ありがとうございます。

○田中委員長代理 いいですか。

○山名座長 はい。

○田中委員長代理 今小川さんが言ったTRU高温化学モジュールは長い間の執念が実ってようやくできて、それでアメリカンができるようになったと思うんだけど。ただ、キュリウムとかなんかになるとやはり限界があるように思うので。そういった点も今後アクチノイド科学は別に分離変換だけの問題じゃなくて、いろいろなバックエンド関係で今後非常に重要な分野になると思いますので、そういった研究をやっていくという意味で、施設面ではそういったことがもう少し整理するということが大事かと思います。

それから、最後出ているアクチノイドのネットワークというのはぜひうまく成功させて、委員長がご指摘のように、オールジャパンで使えるようにしていくというのが大事だと思います。

○山名座長 ありがとうございます。

若林委員、どうぞ。

○若林委員 今田中委員長代理のお話にも関連するんですけども、この13ページのいろいろな4つの施設があるんですけども、それにCPFを加えてそれぞれの施設の取扱い核種がどういう核種があってどれだけ使えるというふうなことを整理してはどうかと。それぞれの特徴がその施設のどういう装置があるとかそういう特徴を整理して、それでどういうところまで実験ができるとか、何かそういうふうな表か何かをつくって、それでここが足りないとかそういうふうな議論も今後やっていけるんじゃないかなというふうなことで。お願いとしてはその整理をしていただければというふうに思います。

○山名座長 はい、わかりました。次回以降、またそういう資料などご説明いただく可能性はありますので。湊さんお持ちですよね、各施設の特徴というのは。

○湊ユニット長 はい。

○山名座長 はい、ご指摘ありがとうございます。

ほかに何かございますか。

山根委員、どうぞ。

○山根委員 若手研究員の人材育成のためにこういうネットワークをつくるというのは非常にいいことだと思いますが、そもそも若手研究員のもととなる学生は足りているんでしょうか。というのは、炉物理の分野ですと少しその辺、各大学でこの分野に入ってくる学生さんが少なくなっているんじゃないかという危惧を実は感じています。化学の分野では大丈夫なんですか、その辺を確認したいのですが。

○山名座長 これは入口側から答えるか出口側から答えるかなんですけども、とりあえず原子力機構から。

○湊ユニット長 私の印象といたしましては、研究者は少なくなっているというように感じます。ですから、そういった意味でも新たに入ってくる人たちにとっても魅力的になるような環境をつくらなければいけないなというふうに感じております。

○山名座長 小川部門長、何か今の点はございますか。

○小川部門長 特に補足することもないんですが、やはりこういう形で少しずつ全体の意識ですとか体制ができてきたということで、この先の努力かなというふうには思っているんですけども。

○山名座長 大学側から言いますと、20年近く前にはアクチノイド研究をやっている研究室が東北大学、北海道大学、東京大学、名大、京大、阪大、九大にあったんですけども、その研究室の数が今は半分以下になってますかね。教授の先生の引退されたことも含めて、やはりアクチノイド研究自体の活動はマスとして明らかに低下していると、マインドとしては残っているんだけど、施設の老朽化とか研究費の問題とかそういう教授人材の継続性の問題とかいろいろありまして、やはりすそ野が小さくなっているというのは大きな問題だと思いますね。ですから、こういったしっかりした研究にそういった学生たちが集まれるような体制をどうやってつくるかという、人材育成の問題に戻るんだと思います。

大切なご指摘ありがとうございます。

永田部門長、どうぞ。

○永田部門長 先ほどFaCTを進める上でどうだというご指摘があったんですけども。今こうした研究施設の整備ということについては、いろいろな角度からやっていかなきゃいけない。今山名先生おっしゃったように、最近なかなかアクチノイドに限らず、いろいろな実験施設を各大学でそろえて、それで大学で自由に実験が行えるという状況はなかなか難しくて。それで、いわゆる原子力機構のような場所をうまく活用して、それで実験を行っていただけるようなそういう環境づくりというのは必ず必要だろうということで。各拠点とも、私、大洗の所長を4年ぐらいやっておりましたけれども、それぞれ各拠点が大学との連携ということについては留意しながら、できるだけその施設を有効に活用していただくような方向での努力は今少しずつやっていますし、これからもまた継続してやっていかなきゃいけないだろうと思っています。

それからあと、このまとめの中で、自前でという言葉を書いていますけれども、多分今これから先、特にFaCTの研究開発ということですからやはり研究施設見るときにグローバルな視点というのにも必ず必要で、それでどこまでのものを我が国としてそろえなければいけないかということについては、もうちょっと単純に自前でというような形よりも、グローバルな環境の中でどういうところに特徴を持たせてやっていくのか、その試験施設はいつごろ必要なのかというような形での吟味をした上で整備していくというような格好になるのではないかと考えております。

以上でございます。

○山名座長 ありがとうございます。

大井川さん、今原料の話が出たわけですよ。で、非常にミクロな量でできるものからミリグラム単位から100mg単位でデータがとれるもの、あるいはグラム単位で必要なもの、先ほどの熱伝導なんていうのはきっと数百mg単位でやっておられるわけですね。それから、臨界実験では10kg単位だということで。どういう段階でどういうものがどれぐらいの量必要であって、どういう入手を今考えていて、もしないのであれば国内でどうやって対応するかというプランと

いうのはそちらで練られておるんですか。

○大井川研究主幹 残念ながら具体的にどこでどういうふうに調達してというところが出てきている状況ではないというのが正直なところです。できれば国内でもというふうに考えますし、ただそれが無理であれば国外で国際協力の枠組みをつくって調達するということも当然考えないといけないと思っていますが、先ほど説明しました臨界実験に10kg単位のMAを調達するというのが具体化しているわけではないというのが正直なところではあります。

○山名座長 委員長、どうぞ。

○近藤委員長 一言。いま、永田氏が言ったことに関しましては、一般論は、この検討会の上の研究開発専門部会でレビューして対処方針をだしてくれないかなといっているのです。たしか、アメリカではNEACが短時間のうちに米国の原子力研究開発インフラの現状レビューのレポートを作成しましたので、そんなものが我が国にあってしかるべき、それを関係者が共有して初めて対処方針について関係者間で意見交換できることになるからです。たしか、ヨーロッパでも最近あれば今後の核融合研究とそれに使える施設の関係をサーベイしたレポートが公表されました。つまり、いまや、そういう資産目録を作って、それらの効果的な活用を議論する取組が各所で行われているところ、日本としても内外の資産をちゃんと評価し、それを踏まえて国際交渉をするべきと考えています。ただ、この検討会のスコープに係る研究については、ご発言のような一般論ではなく、もっと具体的なシナリオの提言があってしかるべきかと思います。

○山名座長 ありがとうございます。

佐賀山さん、どうぞ。

○佐賀山副部門長 ちょっとアクチノイドの利用という観点であればとしますと、GACIDというプログラムを今国際協力3カ国の中でやろうとしていまして、そこでは数十kg単位のマイナーアクチノイドは米国のほうから提供してもらって、それでフランスで製造して日本で「もんじゅ」を使って燃焼するというような計画もあります。したがって、少しこのアクチノイドのいろいろな利用、またその研究に関しては、高速炉の場合はそういう形で今スタートを切っているわけですが、そのあたりと連携してやっていくことも必要になるだろうというふうに思っています。

○山名座長 ありがとうございます。

委員長。

○近藤委員長 GACIDのミッションのためには世界中のリソースを共有するというのは極めて合理的なんだけれども、研究開発のための鍋釜に類するものについては別の考え方になるのではないのでしょうか。そういうことについてシステムティックな議論が必要ではということをお願いいたします。課題とそれに必要な研究開発インフラを規模とか特殊性とかでいくつか分類して、これは皆が持つべきものでしょうとか、これは世界に一つでいいでしょうとか、という総合的な議論が必要だということをお願いいたします。

○山名座長 ありがとうございます。心強いお言葉。

時間が残念ながら押しておりますので、次のFPの核変換技術について、湊さんですね、よろしくをお願いします。

○湊ユニット長 時間押していますので、少し飛ばしてご説明いたします。核分裂生成物の核変換技術についてですけれども、高速炉による核変換について、ADSによる核変換、それから核変換ターゲットの研究開発についてご説明いたします。

まず次の2ページ目ですけれども、核変換の対象元素ということですが。これはテクネチウム99、それからヨウ素129、これらそこに示しましたように半減期がそれぞれ21万年、それから1570万年というものでございます。

そして、どう核変換するかというと、中性子を吸収して(n, γ)反応が起き、その後崩壊してそれぞれ安定核種になるということで、これらのFPを核変換するには、1つのFP元素に対して中性子が1つ必要になってしまうということでございます。

次のページからは高速炉による核変換についてまとめました。ここではターゲットとしてはテクネチウム、それからヨウ素を使います。括弧してヨウ素127と書いてありますのは、核分裂生成物の中には長半減期のものはヨウ素129ですけれども、安定な127というのもできます。これは全体から見ますと20%以下のものですが、ここで特に元素だけ分離して同位体分離するというわけではありませんので、混ざったものを対象とするということでございます。

減速材としてはZrHを用いるということです。

それから、プラント取合条件といたしましては、基準炉心、右上に書いてありますけれども、大型Na冷却の代表炉心と同様な形でやるということでございます。

それから、サポートファクターですが、これは自分で核変換するものとそれから生成するもの、その量の比をサポートファクターと定義いたしますが、ここではサポートファクターが1以上であるということを経験要求として考えました。

次のページをお願いいたします。その核変換のための集合体でございますけれども、ここではテクネチウムのターゲットの入ったピン、ヨウ素のピン、それから減速材のピンというものを別々につくりまして、右下にありますような集合体をつくって炉に装荷するというものでございます。

次のページに炉心の設計についてまとめてあります。ここでは1つ大きなのは2つ目に書いてありますけれども、基準炉心と比べてプルトニウムの富化度は少し高くしないといけないということがございます。

いろいろ条件ありますけれども、最後、下のところに書いてありますけれども、テクネチウム99、ヨウ素129を核変換対象とした炉心設計検討を行った結果、基準炉心からの置換で性能要求、サポートファクターが1以上、増殖比が1.03等を満足する炉心を構築可能な見通しを得たというものでございます。

続いて、ADSによる核変換についてです。ここでは軽水炉で生成されるテクネチウム99及びヨウ素129を対象に、ADSにおいてマイナーアクチノイドを核変換するとともに、これらのFPを核変換するシステムを検討いたしました。そして、ADSではいわゆるサポートファクターとして軽水炉10基分のMAを核変換するという設計を進めておりますけれども、それと同様にFPも一緒にサポートファクター10で核変換しようというものでございます。

次のページをお願いいたします。これは、どんなシステムになるかという核燃料サイクルの図です。

次をお願いいたします。それで、MA燃料のブランケット部分、軸方向のブランケット、それから径方向のブランケットのところにヨウ素またはテクネチウムを装荷するという体系でございます。

次をお願いいたします。そうしますと、これはテクネチウムの核変換性能についてまとめたものでございますが、余剰中性子が不足するために、サポートファクター10ということになりま

すと200kg/y/ADSの核変換が必要なんですけれども、ここに示しますように、それまで届かないという結論になりました。

ヨウ素の核変換の性能をまとめたものでございますけれども、これはテクネチウムは入れないでヨウ素のみを入れる。ヨウ素のみというのはもちろんMAを入れてヨウ素をブランケット部分に入れるということですが、そうした場合は、サポートファクター10を満足する、目標となる56kgは核変換が達成可能な炉心設計ができたということでございます。

次お願いいたします。今までは紙の上の設計の話でございますけれども、実際にものを扱ったターゲットの研究開発の状況はどうかということでございます。テクネチウムの融点は2430ケルビンであるということで、金属テクネチウムは核変換ターゲットの有望な候補材であるということです。

以前、欧州におきまして照射実験を行いまして、特に問題になるようなことはなかったということがございます。

そして、テクネチウムをターゲットとして核変換しますと、テクネチウムがルテニウムになりますので、ものとしてはテクネチウムルテニウム合金に変わっていくということでございます。

そこで我々は金属テクネチウム、それからテクネチウムルテニウム合金について少し調べて研究開発を進めたというものでございます。実際にテクネチウム、それからテクネチウムルテニウム合金をつくりましていろいろな物性を調べてデータを整備したというものでございます。

次お願いいたします。ヨウ素についてですけれども、ヨウ素の融点というのは低い、また沸点も低いということですので、テクネチウムの場合のようにそのままでは核変換ターゲットとして用いるのは困難でございます。ですから、何か化合物にしてターゲットとする必要があるということでございまして、いろいろ文献サーベイをしましたり、また実際にものをつくって実験で被覆管との両立性等々を調べたりもいたしました。いろいろやってみているんですけれども、現在のところまだこれといった決定的なターゲットの化合物というものがみつからないというのが現状でございます。

最後をお願いいたします。今お話ししてきましたように、高速炉によりましての核変換ではこれらの核分裂生成物をサポートファクター1を満足する炉心を構築可能であるという見通しを得ました。

ADSにおきましては、サポートファクター、軽水炉の10基分をサポートする炉心、これはヨウ素とマイナーアクチノイドであればできるということの結果が得られました。

また、実際のターゲットにつきましては金属テクネチウムは有望な候補材であるということがわかりました。

それから、ヨウ素につきましては、ターゲットの選定というのはこれからの課題であるというものでございます。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、質疑をお願いいたします。

深澤委員、どうぞ。

○深澤委員 ちょっと教えていただきたいんですけれども。リサイクル技術のほうも検討され

ているのでしょうか。例えば高速炉のほうのリサイクル方法はどのようにするのかというところとか、ADSのほうでは乾式再処理でのヨウ素の挙動とかいうところがちょっと気になるんですけれども、そこら辺のところの検討はどういう状況でしょうか。

○湊ユニット長 これは高速炉、ADSともに共通でありまして、テクネチウムの場合は金属でルテニウムと金属合金になりますので、そこからルテニウムを取り出してもう一度テクネチウムをリサイクルするというのがシナリオとしては考えられますけれども、その研究開発はまだ行っていないというものです。

それから、ヨウ素につきましては、リサイクルの研究というよりもまだそのターゲットとして何を使ったらいいのかというところが探索中という現状でございます。

○深澤委員 ありがとうございます。

○山名座長 ほかに。

若林委員。

○若林委員 高速炉の場合とADSの場合でFPを入れる場所が違っているんですね。高速炉の場合炉内装荷で、ADSの場合はブランケットの領域に。そうしますと、それぞれ核変換技術というかその辺も違ってくると思うんですけれども。同じ場所で比較するというわけじゃないですけれども、同じ場所ですね、例えば高速炉の場合でもブランケットとかそういうところに入れた場合にどのぐらいのFPの変換率になるのかとか、その辺は計算されているのでしょうか。

○山名座長 お答えいただけますか。

○永田部門長 私のほうから答えますと。当たり計算的にはやっていると思います、やっていると思います、すみません、そんな言い方で恐縮なんですけれども。ただ、変換率ものすごく低いんです。それで、今ここら辺のLLFPを高速炉サイクルのほうでどうするかということにつきまして、こうした今日ご紹介したような検討を行いまして、炉心に装荷すれば全然無理ということではないだろうというところまではつかんでいるんですけれども、先ほどご指摘がありましたように、じゃあ分離をどうする、それは現実的な工業レベルでの、いわゆる工業活動としての中にどう組み込むかということについては、まだ研究開発に時間がかかるだろうということで、現状ではFaCTとの関係で申しますと、この研究については、前回も一部ご紹介いたしましたけれども、2050年以降でいわゆる実用的なイントロダクションを図るべき技術ということで、今はこの程度の検討で留めて基礎基盤的な研究開発を着実に続けていこうというのが現在の状況です。

○山名座長 よろしいですか。

ほかに何かありますか。よろしいでしょうか。

ないようでしたら、次の最後のテーマにいきたいと思います。非均質高速炉の件ですね、JAEAの田中主席からお願いします。

○田中研究主席 この表題で非均質研究の現状ということで非常に大きな範囲になっているかと思いますが、ここでの目標は現状我々の文部科学省公募でいただいている平成17年度から5年間の計画で実施しております研究の内容についてご紹介させていただくということにさせていただきたいと思っております。

次のページでございますけれども、発表の内容でございます。まず、背景・目的、それからシステムの状態、あとそれを支える要素技術として何を考えているのかといったところのご紹介をさせていただきたいと思います。

次のページでございますけれども、これは今我々高速炉を使ったMAの変換、MA燃焼ということを目指しておるわけでございますけれども、現状認識といたしまして、やはり軽水炉からのMAをいかに扱うか、つまり軽水炉と高速炉の移行期間が非常に長期化するだろう、そういう状態で多数基の軽水炉から発生するMAを少数基のFBRでいかに燃焼できるのかといったところを示すということが大事であると。いかに早期にMAをリサイクルできるのかといったところの絵を示すということが重要だろうという認識のもとに始めたものでございます。

ここにサイクルの絵が書いてございますけれども、複数の軽水炉から使用済燃料が入ってきます。これを現状技術、湿式再処理でPu、Uを回収する。さらにMAを回収する工程が必要となりますが、これはFaCTのメインストリームといいますかメインのR&Dで進められているところと同じような概念をここでは考えております。

この再処理でPu、U、MAを回収するわけでございますけれども、ここではPu、Npを高除染で取り出します。また、Am、Cmに関しては分離したものを高濃度の燃料とすることによって、燃料体としては少数の燃料体でこれらをまかなうことができるだろうということを考えてございます。すなわち、ペレット個数とかピンの本数とかを非常に圧縮されたものとなりますので、小規模の遠隔製造施設で対応できるのではないかと期待できるわけです。

一方、Pu、Npに関しましては、現行のグローブボックスシステムを有効に使えるであろうということを考えてございます。このようなことを考えたわけでございますけれども。右側の水色の欄で書いてございますけれども、これがAmの高濃度化を目指して施設のコンパクト化あるいは現行システムを有効に使うというようなことでの経済合理性を示していくということを考えております。

このベースとなるR&Dといたしましては、Am濃度をいかに高くできるのかといったところの製造技術開発を行うということでございます。

次のページでございます。研究開発の全体像でございますけれども、水色のところがシステムの概念、システムの有効性をソフト的に検討するということで、赤とグリーンですけれども、ここを要素技術と考えてございまして、高濃度な燃料をつくるということでございますけれども。どうしても濃度を高めた燃料というのは物性的な劣化等が、あるいは照射中の健全性に対する問題点等が予測できてございますので、それを改善する方法を示す必要がある。具体的に言いますと、FCCI、照射中の腐食を改善するという意味で、ウラン金属顆粒を混合した複合材をつくる。あるいは熱伝導の改善のためにMoを添加したような燃料をつくる。これは融点等の関係から単純に現状の製造プロセスには適用できませんので、ホットプレスという製造技術をこれに適用できないかといったことを検討しているところでございます。

また、MAの取扱いで一番、特に粉末を取り扱う工程で重要になりますのは、どうしても微粉の発生、ダストの発生というようなところが非常に製造の安定性を阻害するといったところが現状のMOXでも見受けられるわけでございまして、特にこういう高濃度のMAを扱おうというようなところではこれが非常に重要な開発課題になるかと考えてございまして、これに対してどのような対策がとれるのかといったところを検討しております。基本的には溶液で扱う、あるいは微粉を発生しないような、具体的に言いますと粒をつくる、造粒するということでございますけれども、そういうところの検討を行っております。

次に、そもそもこのMA燃料を炉心の中で燃焼させることができるのかといった検討が必要でございまして。これまでにはこういう発電炉、実用化研究等で進められている大型炉心でのMAで

は均質に5%程度で炉心に分布させることで炉心性能を確保し、経済性等の実現性があるということを示してございます。

それをリファレンスといたしまして、集合体に先ほど申しました20%程度の高濃度のAm-MOX等によって集中的に炉心の中に装荷という概念を検討してございます。どのような検討、ここで示してございますように、集合体を炉心の中に集中的に装荷するわけでございますけれども、その集中の仕方として、ここに書いてありますように、リング状に高濃度のAm-MOX集合体を装荷する。こういうふうな工夫をいたしますと、右側の図が書いてございますけれども、その装荷のパターンにおいては、例えば核変換率でありますとか、あるいは炉心の特性でありますとか、そういったものがリファレンス炉心と遜色のないものが得られる可能性があるということを示してございます。

また、MA燃料の濃度を高くすると、もう1つ大きな問題といたしまして、核変換時にHeの生成、これに伴いますピンの内圧上昇というのが非常に大きな問題になってございまして、その影響を吸収できる方策があるのかといったところの検討も同時に行ってございます。

ここでは結論だけしか書いてございせんけれども、炉心の成立性といたしましては、Am-MOXをリング状に装荷することで効果的な核変換が可能であるということ。

また、Heの放出による、CDFというのは燃料の寿命の指標だと思っていただければいいのですが、その寿命を照射期間中確保できるような被覆管の肉厚を増加させるんですけれども、これは合理的な範囲でできるのではないかとというふうに考えてございます。

次に、経済性に関する影響評価、こういう施設をたくさんつくったときにどういう影響があるのかといったことをやはり押さえておく必要があると思っております。ここでは現段階で経済性の評価というのは非常に大きな仮定をあわせたような状態でやる必要があるわけでございますけれども、その仮定を満足しますとどういう結果になるかといったところの紹介でございます。

どういうことをやりましたかといいますと、まず、概要のところを書いてございますけれども、軽水炉から発生いたしますMAの量を想定いたしまして、これは具体的に言いますと800tの軽水炉再処理を想定しまして、そこから発生するMA、そのMAを処理するための燃料製造施設がどうなるかといったところを検討してございます。

これが具体的にその処理能力及び機器の構造、配置、それを敷設するための建屋、そういったものの構造の概念設計を行ってコストを算出しているわけでございます。

また、MAのリサイクル関連施設で、特にMA回収設備に関しましては、これまでの公開情報、FSでやってまいりましたようなデータを外挿するというやり方をとっております。

あと、何と比較するかといったところが重要だと考えておりますけれども、仮にMAをリサイクルしないとした場合に、例えば800tプラントから出てまいりますプルサーマル燃料に加工する必要があるございまして、そのプルサーマル燃料の加工するための施設建設費との比較を行うということでございます。

あと、MA回収いたしますためにはガラス固化体設備が必要でございまして、これがMAを回収しますことによってガラス固化体に対する負荷が減りますので、そのガラス固化体の低減とかそういったものも評価しようとしております。

サイクル規模の検討条件はここに示しますものでございます。

次のページでございまして、これが設計例でございまして、①、どれぐらいの規模に

なるかといいますと、800tプラントの軽水炉再処理から発生しますMAの量がここに書いてありますとおりでございます。施設規模で申しますと、20%のAm-MOX、これは遠隔製造、ホットセルでの製造になるわけでございますけれども、約6t年間製造規模と、これぐらいの規模で対応できるものになると。

あと、ドライバーとしてNp-MOX、これはNpもプルトニウムと共抽出できますので、取り扱いもグローブボックスで対応できますので、ここでは従来のラインで扱うことになりますけれども、その規模が約40t、こういった規模になるわけでございます。

ここに絵が書いてございますけれども、先ほど申しました機器の構造等を検討して、それを配置した、メンテナンス等もある程度考えた配置としてこれぐらいの規模でできるのではないかということでございます。

次のページ、これは表に出すというのはかなり前提がしっかりしていないといけないわけでございますけれども、今の条件を前提といたしますと、上のMAリサイクルのラインでAm-MOX、Np-MOXに関しては先ほど申しました構造施設設計、機器の数、あるいはそれを配置する建屋の大きさ、そういったものからの概算でございます。まず、軽水炉におけるサイクル燃料製造施設、これはJMOX等で考えられておられます公開情報に基づいて、これも施設規模の比較・外挿から得られた数値。この数値を見ますとそれほど大きな差にはなっていないということでございます。

なお、ガラス固化体の減少に対する検討も行っております。ガラス固化体で40%ほど減少させることができるわけでございますけれども、ここではこの中には示してございません。

以上、システム有効性に関しましてはここに書いてございますように、核変換等の可能性はあると。あるいは、施設としては負荷が、前提はございますけれども、その可能性（他のシステムに比べ極端に大きくならない）を示しています、ということでございます。

次のページ。こういうような概念を支える要素技術として、そもそも高濃度なAm燃料をつくれるのかといったところの検討でございます。まず、Am濃度を高くすると心配点がやはり出てまいります。左の図にMOX、あるいはこれは今までの低濃度なAm燃料の製造実績、物性試験等のデータでございますけれども、Amが入りますと酸素ポテンシャルが高くなること。そういうのに燃料になってしまうというわけでございます。そうしますと、照射中に被覆管の内面腐食を助長するということが、今までMOXの経験からもわかってございます。濃度を高くしたAm燃料の照射健全性を確保する必要がございます、そのために工夫が必要となります。

これを参考として何を考えているかと申しますと、ロシアでは振動充填を行っているわけでございますけれども、その中に金属ウラン顆粒を金属の粒を入れまして、それで振動充填をかける。それをこの下のグラフでございまして。これは横軸に温度、縦軸に内面の腐食の厚さですけれども、ゲッターを入れることによって著しく腐食量を低減できるというデータでございます。

こういのはものを参考にしながら、ロシアのああいいうバイバックというのは非常に管理が難しいところがございますので、我々はそれを系統化して、より品質管理とか保証とかそういったものを入れやすいような意味合いでの系統をつくるということを考えてございます。

その次、11ページでございます。高性能・高濃度Am燃料製造技術開発。これは現状準備段階がようやく整いまして、これからはいよいよ高濃度なAmでの燃料製造を行う段階でございます。その前の段階の先行試験の結果を示してございます。なお、準備といたしましては、アメリカ

ウムを海外から50g程度を調達するというのと、それから施設の許認可関係は滞りなく終わっている状況でございます。

その先行試験としましては、ここに書いてございますように、10%Am、これまで5%Amの焼結を行ってきたわけでございますけれども、10%での焼結試験を行ったということでございます。5%と同等の焼結特性を示したということがわかってございます。

あと、先行試験Ⅱとしましては、これはウラン試験でございます。簡易ホットプレスでウラン金属顆粒あるいはモリブデンの粒子をUO₂粉末と混合し焼結試験を行ったということです。こういう製造条件に基づいて実際のAm含有MOXペレットの製造を行うということが今後の展開でございます。

以上、12ページにその結果がまとめてございます。ただいま申し上げましたような内容でございます。なお、今後そのデータに基づきつくりました試料等の物性、あるいは20%のAm含有MOX燃料の試作をするということでございます。

次に13ページでございます。もう1つのMAを取り扱うための非常に重要な技術として、いかに粉末を飛散させないかといったところの検討でございます。具体的に申しますと、この工程表、フローがございますけれども、基本的には溶液で扱う、あるいは溶液から粉体に転換したところでは粉末を密閉された局所で扱うというようなことを考えてございます。その粉末は、比較的しっかりした形状を保つような粒をつくってやれないかということを考えております。粒ができてしまいますと、あとはそれほど飛散を考えなくてもいいようなものとして扱えるのではないかという期待を持って整備、導入プロセスの検討を進めております。

特に造粒プロセスの方法といたしまして、転動造粒、押出造粒の2つを考えてございまして、転動造粒というのはFaCTで今、すでに考えております。押出造粒というのは核燃料を扱った施設は全くなくてこれが新しいんですけれども。具体的に申しますと、湿分を持たせ、混練することで、核燃料物質の粉末を粘土状にして、イクストローダーでそれを小口径のメッシュですね、そういったものに押しつけることによってひも状に押し出し、これを丸めるというようなことで粒をつくる。これは非常に粒ができてしまえばしっかりした粒で飛散性がない粒ができるわけでございますけれども、その取り扱いに関して、最終的に焼結するわけでございますので、焼結性とかそういったところの検討が重要になってくるというわけでございます。今後こういうものの焼結性試験等を含めて検討を進めるというところでございます。

最後にまとめてございますけれども、概念に関しましては大きな仮定ではございますけれども、その有効性を示しているということでございます。製造成立に関しては先行試験等が終了しまして、今後実際の燃料、高濃度のAm燃料を製造することになります。

あと、粉末制御に関する技術開発として、今年度は焼結性にかかる見通し、そういったものをやるつもりでございます。その後また設計あるいは照射といったところの次の段階に進めていければというふうには思います。

以上です。

○山名座長　ありがとうございました。

それでは、本件について質疑に移りたいと思います。何かご質問等ございますか。

深澤委員、どうぞ。

○深澤委員　まず基本的なところを確認させていただきたいんですけれども、背景・目的のところで、軽水炉からとかなっていますけれども、FaCTがあつてFBR平衡という研究だけれど

も、この研究は移行期の研究と考えてよろしいのでしょうか。

○田中研究主席　そういう理解でやっております。この検討がいわゆる移行期に対してどういうふうに可能性あるかというのは全く今後考える必要があるところです。

○深澤委員　ありがとうございました。

○山名座長　若林委員。

○若林委員　非均質といった場合に、こういうMOXに入れるほかに不活性母材に入れるという考えもありますね。それについては検討はされなかったのでしょうか。

○田中研究主席　この公募の範囲としては酸化物、現状の製造技術をベースにした比較の見通しが良い技術を中心に考えておるということでございまして。当然その非均質概念の中には、いわゆる不活性母材を使ったそういうターゲットは当然概念あるわけでございますので、そういうものの炉心としては成立するんだと思いますけれども、それを製造技術として比較的评价ができるといいますか今後の技術的成立性を評価する上でまず見通しが得やすい技術を中心に考えていきたい。再処理とかそういったところとの関係もありますので、そういう意味ではサイクル全体として比較的评价がしやすいといいますか、早期にある判断ができるものとして考えられるのではないのかというふうに考えています。

○山名座長　よろしいですか。

井上さん、どうぞ。

○井上首席研究員　この試験の評価じゃないから別に細かいことは言いませんけれども、苦労されてアメリシウムの酸化物をつくられたというのは非常に価値があると思うことなんですけれども。ただ、これをもとにもう実用プロセスまで見通せて、さらには経済性評価まででこんななるというのは余りにも楽観的なやり方ではないかというふうに思いまして。特に経済性評価のホットセルに、いくらスループットの量が少なくても、ホットセル内でこれだけのオペレーションをするわけですから、何か非常にこの数字が適切な数字になっているというふうにはちょっと思いませんが、それはいずれきちとしたところで評価していただければいいと思います。

以上です。

○山名座長　何か。

○田中研究主席　どうもありがとうございます。おっしゃるとおりだと思っております。ただ、こういう初期の段階で経済性評価をする意味合いがどういうことにあるのかというのは私は十分考えているわけではないんですけれども。やはりサクセスストーリーというか非常に楽観的に考えた条件で経済性評価をして、それですごい大きなやはり試験が投入、ほかのに比べて投入しなきゃいけないんだといったら、それはやはりそういう開発はやっちゃまずいんじゃないかと思うんですね。そういう意味で、楽観的な仮定、あるいはそれが開発目標になるのかもしれないかもしれませんが、それを前提にした経済的な評価をして、これがある程度ほかのものと比べて遜色ないという言い方が適切かどうかわかりませんが、それよりもオーダーが大きくなっていることはないよということがわかったということだと思っております。

○山名座長　本件はこれぐらいにしておきましょう。

ほかに何か。

永田部門長。

○永田部門長　ちょっとコンフューズがあるといけないので少し補足してご説明したいんです

が。前回も申し上げたんですけれども、今FaCTについては均質体系でMOX燃料を使ったものに集中して検討を進めています。それで、今中間とりまとめを行い、また2010年の段階でいわゆるチェックアンドレビューをしっかりと行って、その後の研究開発については考えていきたい。今こうしたMA非均質についての体系ということだと、先ほど不活性母材を使ったケース考えないのかとか、幾つかいろいろなケースが考えられると思います。ただ、今原子力機構としては、FaCTプロジェクトの中ではこうしたものを体系的に検討するというようなアクティビティは行っておりません。それは研究開発資源を集中するという形でそんな整理の仕方をしていきます。

ただし、ちょっと今考えていることを、ここから先は部門長としてよりは個人的なまだ段階にとどまっておりますが、非均質体系ということだと、いわゆる炉心をどうする。炉心は今MOXの二領域ということでやっておりますが、その外側にブランケットというところがございます。このブランケットをどうしていくのかということについては、もう少し検討の余地があるのかなというようなことを考えておまして。これはMA燃焼というよりはむしろ例えば斎藤先生が主張されているような核不拡散性の向上策の一環として、ブランケットをどうするかというような検討については、少し検討を、核不拡散についての検討の強化という形でのファクトの中でも検討していったほうがいいのかというのを今考えているところです。ただ、中期計画の中で今の2010年までの中でどこまでのことを行うかということについては、今後いろいろな方々と議論しながら考えていきたいと思っているところでございます。

以上です。

○山名座長 ほかに何かございますか。

もしなければ、本件についてはこれまでにしたいと思います。

これで本日の案件はすべて終わりましたが、開発の現状についていろいろとお話を聞くというのは今回が最終回、大体全部お話を伺ったということになりまして、次回からはいよいよ研究に対する評価の段階に入ってきます。今までお聞きしたことをよくそしゃくした上で、再度まとめる等のことをやった上で皆さんの評価の議論を進めていきたいと思っております。

それでは、次回の予定等、事務局のほうで何かございましたら。

○牧補佐 事務局でございます。次回の予定でございますが、1月21日水曜日、時間としては10時からを予定してございます。場所についてはまだ未定でございますので、決まり次第ご連絡を差し上げたいと思っております。

以上でございます。

○山名座長 それでは、皆様から何か特にございますか。

なければ、本日はこれで閉会といたします。

ありがとうございました。

午後 0時38分 閉会