

第3回 分離変換技術検討会議事録（案）

1. 日 時 平成20年11月13日（木）10:00～12:30

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）分離変換技術の導入意義・導入シナリオの論点整理

（2）分離研究に対する研究開発の現状について

（3）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、山根委員、若林委員

（招へい者）

井上首席研究員、小川部門長、佐賀山副部門長、永田部門長、大井川研究主幹、
森田グループリーダー、船坂副部門長

（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3-1-1号 分離変換導入効果・導入シナリオの論点整理（事務局案）

資料第3-1-2号 OECD/NEAにおけるコスト検討の現状（日本原子力研究開発機構）

資料第3-2-1号 分離変換C&R進捗状況高レベル廃液からの分離―（電力中央研究所）

資料第3-2-2号 日本原子力研究開発機構における分離技術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）

資料第3-3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1回）議事録（案）

資料第3-4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2回）議事録（案）

（参考資料）

参考資料 欧州の原子力政策と研究開発（平成20年11月13日 原子力政策担当室）

午前10時00分 開会

○山名座長 それでは定刻になりましたので、第3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、長崎委員と山中委員から欠席の連絡をいただいております。

それでは、本日の議事ですが、分離変換技術の導入意義・導入シナリオの論点整理、議題2として、分離研究に関する研究開発の現状についてを予定しております。

まず事務局のほうから配布資料の確認をお願いいたします。

○牧参事官補佐 それでは、席上配布の資料の確認をさせていただきます。

まず、議事次第が1枚ございます。それから出席予定者、座席表の表裏になっているものが1枚ございます。それから資料3-1-1ということで、分離変換導入効果・導入シナリオの論点整理、事務局で作成したものでございます。それから資料3-1-2ということで、OECD/NEAにおけるコスト検討の現状ということで、原子力機構の資料でございます。それから資料3-2-1ということで、分離変換C&Rの進捗状況ということで、電力中央研究所の資料でございます。それから資料3-2-2、日本原子力研究開発機構における分離技術も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。それから、資料3-3と資料3-4につきましては、前回、前々回の議事録でございます。それから参考資料ということで、欧州の原子力政策と研究開発という資料をお配りしてございます。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。

議事録につきましては、既に各委員の方々にはご確認をいただいていると思います。さらに追加修正等がありましたら、後ほどで結構ですから、事務局まで連絡をお願いいたします。

それでは、議題の1に入りたいと思います。

分離変換技術の導入意義・導入シナリオの論点整理ということです。第1回、第2回にいろいろ情報を説明いただいて議論をいたしました。その点について、事務局のほうで論点を整理していただいたということでございます。

まず、事務局のほうから説明をお願いいたします。

○牧参事官補佐 それでは、資料の3-1-1、この横書きの表でございますけれども、これについてご説明を差し上げたいと思います。

これまで2回、検討会を行いましたけれども、そこを大きく3つに分けて書いてみました。1つがMA、マイナーアクチノイドの核変換の効果というところ、それから2番といたしましては、FP、核分裂生成物の効果という点。それから3番目としては、核変換システムの導入シナリオという、この3点に大きく分けてみました。

ちょっとページ番号を振っておりませんが、1ページ目のところでございますが、MAの核変換というところでは、ここも大きく3つに分けてございますが、潜在的な有害度、それから実効線量率、つまり被ばくリスクの問題、それから処分場の問題と分けてございます。

まず、潜在的な有害度でございますが、MAをリサイクルすることによって、これは第1回の検討会で原子力機構からご説明いただいたものでございますが、潜在的な有害度が10分の1から1,000分の1に減少すると。特に原子炉から取り出してから100年以降に関してはその効果が大きくなるという点。それからMAのうちNpだけをリサイクルする場合の比較をされていましたが、その場合には低減効果がほとんどなく、Npのみならず、Am、Cmといったものもリサイクルする効果が大きいということが示されてございました。

それから、②のところでございますが、潜在的有害度の減少時間ということで、MAのリサイクルをする場合においては、天然ウランのレベルを下回るまでに要する期間というものを1万年から数百年に大幅に短縮できるという説明がございました。

その次の下の箱でございますが、これを地層処分して地下水移行シナリオを基に被ばく線量評価した場合のデータが示してございましたけれども、諸外国で提案されているような安全基準に比べて十分低い値になるというところ。それから被ばく線量のピークというのが100万年後ということでございますが、これにきいてくるのが ^{135}Cs ということで、MAの核変換をするかしないかという点で考えれば、そのピーク値には余り影響はしないというデータでございました。その右側の箱に今後議論が必要な事項と書いてございますが、線量評価に関しましては、別の形で廃棄物として処分される ^{129}I が被ばくの面では効いてくるということでございまして、その核変換の可能性について議論が必要というところでございますが、これにつきましては次回、第5回でご議論いただく予定としてございます。

それから、処分場性能のところでございますが、①廃棄体の発生量の面で言えば、MAの核変換の効果といいますのは、ウラン酸化物の軽水炉に関しては限定的ですが、プルサーマル、MOX燃料を軽水炉で使う場合におきましては廃棄体の発熱に寄与するものが ^{241}Am でございますので、その核変換によって半減することが可能であろうと。

一方で、FBRに関しては、この廃棄体をつくる際の制限要因というのが、この場合は廃棄体の発熱ではなくて、酸化物の含有量の問題という制限がかかってくるということで、MAの核変換をすることの効果というのが小さくなるということでございました。

次のページ、②でございますが、廃棄体の発電電力量あたりの定置面積ということですが、固化体の占有面積を考える上では、 ^{241}Am の発熱の問題、これの寄与が大きくなってまいりますので、MAの核変換をした場合の面積の低減というのを考えると、Puを利用した場合、プルサーマルの場合や高速増殖炉の場合に大きく効果があらわれるという結果が出てございます。

それから、これは第1回でもご意見がありまして、第2回の検討会でデータが示されたわけでございますが、地層処分する際の岩種ですとか定置方法による差を分析した場合にも、いずれの場合においても効果が期待できるということでございました。こちらの部分におけます今後議論が必要な事項といたしましては、ちょっと前のページに書いてございますが、MA等の回収率の技術的成立性ということで、今回の議論のテーマになってございます。

2ページ目に戻りまして、次の箱でございますが、処分場性能に影響する主なパラメータということで、核データの問題について前回の会合でご説明をいただきました。核データの信頼性の面ですけれども、 ^{241}Am 等のMAの核種の核データをさらにとっていかなきゃいけないわけでございますが、これは処分場の性能だけではなくて核変換システムの評価においても非常に重要となってくると。そこで、微分測定と言われるような核種ごとの測定だけではなく、臨界集合体を用いた積分実験と呼ばれるような、集合体を用いた検証というものが不可欠であろうという議論がございました。この点に関しましては、研究開発に必要なインフラ等について、第5回以降にまたご議論いただければと思っております。

それから、MAの回収率の問題についてでございますが、これは前回の資料でございますが、集積定置を行う場合であれば、元素移行率、回収率としてはMAでは1%以下、それから発熱性のFPであるSr-Csでは0.3%、集積定置をねらわないのであれば、MAであれば10%、発熱性のFPであれば1%というような、そこが目標になるだろうということでございました。ただし、MA

元素の移行率というのは廃棄体の潜在的有害度の低減に影響が大きいということでございました。これにつきましては、回収率の技術的な成立性ということにつながってまいりますので、今回の議論ということになってございます。

それから、2番目のところ、FPの分離の効果というところでございますが、FPを発熱性のSrやCs、これを分離していくということでございますが、FPを分離することによって、また新たな廃棄物が発生するという問題もございます。Sr-Csは焼成体として処分することが検討されていますが、この焼成体が非常に高い発熱を持ちますが、一方で半減期が非常に短いというところですので、分けてしまった後の残りの低発熱のものについては集中的な処分が可能ということでございました。

それから②のところ、次のページでございますが、廃棄体の定置面積の部分につきましては、FPの分離だけではMAの発熱の影響が大きいので、定置面積の低減の効果は小さくなります。

それから、MAの核変換を行えば、FPの分離をしなくても長期貯蔵によって集積定置が可能になるという分析がございました。ただし、ガラス固化体というのが貯蔵時の温度制限が厳しくなってしまうので、貯蔵に必要なピット数が増えるという問題点がございます。

MAの核変換と発熱性のFPの分離、及び長期貯蔵を組み合わせるという場合であれば、ガラス固化体の処分に必要な期間等を大幅に短縮できる可能性があるという分析でございました。もちろんFPの分離プロセスの技術的成立性という問題、これは今回お話を伺いますけれども、それからFPを長期貯蔵していくという問題、それは技術的、経済的、社会的な問題がございまして、これは継続的な検討課題ということでまとめてございます。

それから、処分前の貯蔵期間という点につきましても、発熱性のFP、それからMAの核変換をしていくことで貯蔵期間を短縮できて、集積的な定置ができる可能性があるということでございました。

それから、前回の会議においてご説明いただきましたが、核変換システムの導入シナリオ、これにつきましては第2再処理工場以降でのMA回収を仮定したような形になりますが、やり方としてはFBRのMA均質サイクル、それからFBRのMA非均質サイクル、それからADSという加速器駆動炉の3種類がございまして。それぞれお話を伺いましたが、まずMAの均質サイクルですが、これにつきましては、軽水炉から高速増殖炉への移行期には燃料のMAの装荷率を5%に制限すると。5%ということで対応できるのではないかとということでございました。5%の場合の集合体の発熱量と分離されたMAの貯蔵量との分析がございました。

それから、装荷率をもう少し低い、例えば3%程度までに制限したような場合の分析もございまして、これにつきましては、FBR燃料の発熱量が後年増加するということになるということで、一方でMAの貯蔵量というのは最大70トンに増加してしまうということで、効果が低いということでございました。

それから、Am、Cmといったものを別途冷却してから装荷するという方法についても説明がございまして、それにつきましてはFBR新燃料発熱量の抑制の観点からは効果があるんですが、一方で140トンのMAが出てくるので、その貯蔵法をまた考えなきゃいけないということでございました。

ということで、この5%MA含有燃料のフィージビリティですとか、5%MA炉心の成立性、それからPu増殖とMA核変換の整合性、MAの貯蔵等々、その技術的成立性につきまして、これは次回にご議論いただこうと考えてございます。

それから、最後のページでございますが、FBRの非均質サイクルでございます。こちらにつきましては、FBRサイクルからMAを切り離すということで、通常の炉心燃料の発熱等が抑制できるというような利点がございまして、その分析におきまして、平衡期といいますか、将来原子力発電がFBRばかりになった時代を想定すると4分の1程度の基数において装荷していくという分析がございました。ただし、高速増殖炉への移行期というものを考えると、MAの発生がふえますので、その蓄積を抑制するために、非均質高速炉の先行投入というようなことがあるというところでございますが、非均質炉の設計という議論につきましては、まだ検討は余り行われていないということでございました。

それから、ターゲットになる燃料につきましては、MAの含有量が高いので、発熱の問題、それから放射線の遮蔽の問題など、また別途の観点からの検討が必要であろうということでございました。非均質装荷FBRにつきましては、国内では今のところ余り検討はされていませんが、諸外国を含めて炉物理的な検討がされている状態ということですので、これをどうしていくかは継続的な検討課題であろうと。

それから、ADS加速器駆動の場合でございますけれども、これは利点といたしましては、FBR、軽水炉、それらの移行期というような商業用燃料サイクルの問題から切り離した核変換専用サイクルというのをつくっていくということになります。どれほど必要かということにつきましては、前回資料がございまして、MAの分離状況に応じて最大8基程度の施設を順次投入していくということで対応できるというご説明でございました。

それからそのサイクル規模、高速炉サイクルの20分の1程度。廃棄物の発生量というものは少量になるということでもございました。もちろんこれにつきましては、非均質のFBRと同様に、MAの含有量が高い燃料の扱いについての検討が必要になってまいります。ADSの技術的成立につきましては、次回第4回にご議論いただこうと思っております。

それから、その他と付けてございますが、分離変換の導入に伴ってコストが上がるのはいかというところでございまして、コストについても今回話題として提示いただくことになってございます。

それから、欄外に4. というのが書いてございます。その他の指摘事項というところで、回収元素の有効利用というような指摘もございました。これは第5回以降に予定してございます。それから研究開発の予算ですとか人員の問題についても第5回以降に提示するという事で予定してございます。

事務局からの説明は以上でございます。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、このまとめについて質疑を行いたいと思います。コメント、質問等ありましたらお願いいたします。

若林委員。

○若林委員 効果について定量的に記載していただいているので結構だと思うんですが、定量的に記載していない部分もありますので、例えば2ページ目の単位電力あたりの廃棄体定置面積、ここは効果が大きくあらわれるというふうに書いているんですけど、どのくらい大きくあらわれるのかという、その辺をやはり定量的に書いていただくほうがよろしいんじゃないかと思います。

それから、FPの分離の効果というところでも、必要期間を大幅に短縮できる可能性がある。

どのぐらい短縮できるのかというふうなことを、やはり大きく効果がある部分については概略でもいいから記載していただければというふうに思います。

○山名座長 それでは、余り数字が多くなるとまとめになりませんので、概略あるいは代表値のようなものを入れていただくということをお願いいたします。

ほかにございませんか。

じゃ、深澤委員から。

○深澤委員 細かいところで恐縮ですけれども、MAを分解して、Npの効果とAm・Cmの効果と分けているところがあります。例えば最初の①では両方分けて書いていますし、そのほかのところはAmについては分けていますが、あとは大ざっぱにMAというふうに書いています。このMAの中で、NpとAm・Cmの効果が違う場合にはそれも書いておいていただいたほうが後々参考になるんじゃないかと思います。

○山名座長 わかりました。事務局お願いします。

河田委員、お願いします。

○河田委員 まず事業者の立場からすると、高レベルの廃棄物とTRU廃棄物とを同時に処分するということになりますので、高レベル廃棄物とTRU側と両方に、特に後者への視点が落ちないように、ぜひ議論を続けていただきたい。この整理そのものは結構ですけれども、今後議論を進める中でそういうご配慮をお願いしたい。

○山名座長 わかりました。じゃ、今後の議論でそのところを注視したいと思います。

ほかにいかがでしょうか。よろしゅうございますか。ワーディング等でもコメント等ございませんか。ございませんでしょうか。

ないようでしたら、とりあえずこれはまとめということでございますので、頭の整理ということでございますので、この状態でとりあえず受け取るということにさせていただきます。後ほど、特に後で誤解を招くような表現等に気づかれた方はおっしゃっていただいてよろしいかと思います。

それでは、議題1については以上といたします。

次に、議題1の続きなんですが、コストのことについて、第1回、第2回に意見が出ておりました。ということで、OECD/NEAで行われておりますコスト評価について説明をいただくということにしております。資料の3-1-2号を使って、原子力機構の大井川さんより説明をお願いします。

○大井川研究主幹 原子力機構の大井川です。

それでは、この資料に従って説明していきたいと思います。

まず、この資料の説明の趣旨なんですけれども、コスト評価について紹介してほしいということがありまして、高速炉を使った方とか、ADSを使った方についてそれぞれコスト評価をしているわけですが、同じレベルで比べられるというところにはまだ至っていないというのが正直なところで、そういうことで、OECD/NEAによるコスト検討というのは、非常に幅広いいろいろなサイクルのオプションについて横通しで検討しているものだということで、これを紹介させていただくのがまずいいのかなというふうに感じているところです。

1枚めくっていただきまして、検討の概要なんですけれども、出典はOECD/NEAの「Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management」という2006年に出されているレポートです。13カ国、それから国際機関として3機関の専門家が参加しまして、様々な核燃料サ

イクルのオプションというのを設定し、それぞれで生じる廃棄物のための処分場性能等を評価したものです。

検討対象としましては、核燃料サイクルのオプションというのがワンスルー、階層型、高速増殖炉サイクル、非常に多岐にわたっていきまして、13種類になっています。これについては次のページに出てきます。

主な評価項目として、ウラン消費量だとか、TRUのロス率、廃棄物中の放射能、廃棄物の崩壊熱、高レベル廃棄物の体積、各岩種への処分後の被ばく線量、燃料サイクルコストと発電コストというような、こういう幅広い評価がなされています。きょうはこのうちの発電コストについて説明をするということにしたいと思っております。

次のページですけれども、検討対象とした核燃料サイクルオプションということで、大きく分けて3つのカテゴリーになっています。まず最初が現在実用化されているもの及びその延長ということで、1aと呼んでいるのがワンスルー。これが参照ケースというふうにされています。それから、1baというのがPWRでのPuをの1回リサイクルして、と。使用済MOX燃料は直接処分とするようなことにしています。詳しいところは次のページあたりからチャートを載せていますので、それで説明をしたいと思います。

それから、2.の部分が部分的閉サイクルということで、Puを何とかリサイクルしようというのが並んでいます。

それから、3.が完全閉サイクルということで、PuもMAも核変換する、リサイクルするというオプションが5つ並んでいます。

次のページを見ていただきますと、幾つか代表的なものについて、サイクルのオプションというのを図で示しています。1aがワンスルーで、PWRが100%入って行って、その使用済み燃料が直接処分されるということになります。1bというのがPWRでのPuの1回リサイクルです。89%の発電が通常のUO₂のPWRでなされて、その使用済燃料を再処理して出てきましたPuを装荷したMOX燃料を使ったPWRが11%の電力を供給します。するという、パーセンテージはそういうことです。電力の供給の比率を示してになっています。このMOX燃料を使ったPWRの使用済燃料はそのまま直接処分するというオプションになっています。

それから幾つか飛ばして、2cというのがもう一つ、代表的なものとして挙げてあります。この場合はPWRで生じたPuを高速炉でリサイクルしますと。ただし、ここに載せているのは全て定常状態になっているという仮定がありますので、PuはFRと書いてありますが、増殖するのではなくて、ここでは消滅というか核変換していく、バーニングしていくという、そういうイメージの高速炉を使っているというそういう仮定になっています。Amに関しては、2cの場合はターゲット燃料というものにしまして、1回照射してそのまま処分するというふうなことで考えています。それからCmについては、この場合、100年間貯蔵して、Puに崩壊するのを待ってMOX燃料として高速炉に入れるという仮定になっています。これは2cです。

それから、3a、ここからはフルにMAも含めてリサイクルすることになります。3aはPWRが63%、高速炉、これもバーニングのための、Pu燃焼のための高速炉ということになります。これが37%程度入るということで平衡状態になります。Pu及びMAはFRでリサイクルされながら燃焼していきますと。この場合は金属燃料を仮定しています。

それから、3bというのが階層型というふうになっています。非常にいろいろな種類の炉が入ってきます。PWRが66%、そこから出てきますPuをまずMOX燃料のPWRで1回燃焼させるとます。

そこから出てきたPuを今度はFR、これもPu燃焼用のFRになります。そこで燃焼させます。FRの比率が19%程度になるというふうことになっています。それぞれのシステムで、先進PUREXと書いてありますが、こういう再処理をした後にMAが出てきますので、そのMAは合わせてADSで核変換するというシステムになっています。この場合、ADSの割合というのは5.2%になるという結果になっています。

それから、3cV1とありますが、これは高速炉のみのTRUの多重サイクルということで、高速炉で全てのPu、それからMAをリサイクルするというオプションになっています。3cV1というのは、炭化物燃料の高速炉、これはガス冷却高速炉を仮定しています。が、3cV2はという、これと全く同じなんです、燃料と再処理法が違うという変則のものも検討されています。

以上がサイクルオプションの過程になります。

こういういろいろなサイクルのスキームについてのコスト評価をしているわけですが、いろいろな仮定を置いています。コスト評価の範囲としては、フロントエンド、それから炉の建設・運転・維持、使用済燃料の輸送と貯蔵、再処理、乾式貯蔵・パッケージ化、それから長期貯蔵、廃棄物処分等、いろいろ考えています。コスト評価の仮定なんですけれども、定常状態、平衡状態の物質収支に基づいて検討されています。全てのコストは物質収支に関わる諸量、質量だとか体積、発電量、崩壊熱等、こういうのに比例するというので、非常に単純な計算に基づいてやられています。

次のページ、主な単位コストの設定ということで、このほかにもたくさん単位コストが使われているんですが、主なものをここに載せておきました。燃料製造、それから炉の建設コスト、再処理についてです。恐らく主にフランスがこのレポートを作成するときに主導していたという話を聞いていますので、そういうヨーロッパの値というのを持ってきているのではないかなと推察していますが、燃料製造に関してざっと見てみますと、UOXというのはUO₂燃料ですが、これに比べるとほかの燃料は非常に高くなっていて、ADSの燃料は飛び抜けて高く設定されています。

それから、それぞれのコストに対して、下限と上限というのを設けまして、後で出てきますけれども、この幅というのがどれぐらいになるのかというのを示しています。炉の建設コストに関しましては、PWRで1,600\$/kWeというふうになっていまして、高速炉について少し高めに設定しています。ADSのほうも高速炉と同じ単価にしていますけれども、加速器の分だけ上乘せするというふうな形になっています。

再処理に関しまして、様々な再処理について仮定してまして、ここもADSの乾式処理というのが飛び抜けて高く評価されています。

こういう単位コストを使いまして、先ほどの、何%それぞれの炉が入るのか、それから物流量はどうなるのかということに基づいて、ざっと掛けて出しているのが次のページ、これがコスト評価の結果ということになります。

ここでは相対値のみを示しています。このレポートにも書いてあるんですが、これはパラメータ的に見ていくというのが主な目的であって、絶対値について比較議論するようなレベルではないということが書かれていますので、相対値として見ていただければと思います。

ワンスルーを100%としまして、例えばPWRでPuの1回リサイクルをすると少しコストが上がっています。上がっている部分というのはピンク色の再処理の部分がメインですメインかなと。そのかわり廃棄物管理のところは減っているというところが見えてくると思います。

す。

いろいろなオプションがあるので、その辺はもう飛ばしますが、2cになりますと、PWRで生じたPuとAmを高速炉で多重リサイクルというような場合だと、プラス10%ぐらいのコスト増加というふうになっています。それからPWRで生じたTRUの高速炉での多重リサイクル、3aの場合も10%増加。階層型、ADSを用いたような場合でも10%増加。それから高速炉で全て核変換、リサイクルしていきましょうというのが3cV1と3cV2になるわけですが、これらについては120%、20%の増加というような結果になっています。

この内訳を見ていただきますと、主に炉の建設にかかるコストというのが大きくなっていますので、前のページの炉の建設コストの仮定というところがメインにきいているという結果になっています。とはいえ、どのケースもワンスルーに対して20%増までであるという結果がこのグラフから見てとれるわけです。

次のページなんですけれども、この20%というのをどういうふうに考えるかなんですけれども、先ほど単位コストの上限・下限というのが設定されていましたが、それについてそれぞれ上限値をとっていった場合、下限値をとっていった場合というので幅を示しましたのがこの棒グラフというか、棒になっています。プラスマイナス、結局は50%ぐらいになっていますのところがあると。もちろんそれぞれの値について信頼性の分布みたいなものがあるので、簡単に幅だけでは示せないかもわからないですが、まだこのコスト評価の幅というのは非常に広いのではないかとということで、こういう上限・下限の中に今の20%というのが入るような、そういう段階ですということがわかっていただければよいのかなと思っています。

主な結論ですけれども、この解析はコスト要因とそれらの不確かさの影響を感度解析を通して示すことを目指したもので、結果は「指標的」なもの、目安として見ていただければいいのかなということです。多様な核燃料サイクルのコストへの影響というのはワンスルーの120%以内であるということ。それからコストの大部分は原子炉のコストが占めていると。それから評価に用いた単価の上限・下限を考慮すると、上記のコストの20%上昇というのは信頼性幅の範囲内に十分入っているということが言えると思います。

このレポートは、コストだけではなく、その他の指標についてもいろいろ書いてありまして、これをざっとまとめたものですが、ウランの消費量に関しては高速炉のみの閉サイクルというのを採用すれば2桁小さくできますとか、TRUへの漏えいは閉サイクル——UとPuの回収とありますが、これはPuとMAの回収の間違いです——で大幅な削減が可能となるということ。それから高レベル廃棄物の崩壊熱もTRUのリサイクルで大幅削減が可能だと。これにより処分坑道の長さを短縮できると。Sr-Csの除去でさらなる処分坑道の短縮も可能だというふうなこともサマリーのところに書かれてあります。

それから、高レベル廃棄物の容積も、1回の再処理で数分の1にできて、多重リサイクルでさらに数分の1にできるというところがグラフで示されています。それから、処分後の被ばく線量がどの場合でも基準よりも低いと。使用済燃料の直接処分に比べて、再処理後の高レベル廃棄物による被ばく線量が低くなるのは、I-129の影響であると。この辺の結果というのは我々がやっている結果ともほぼ似たようなところが出てきているというふうに言えると思っています。

以上です。

○山名座長　ありがとうございました。

それでは、この件について質疑に入りたいと思います。何かございませんでしょうか。

矢野委員。

○矢野委員 ちょっと僕、常識がないものですから教えていただきたいんですけど、この炉の建設コスト、PWRというのは、例えば1ギガワットの原子炉で1,600億円ということになるんですか、これ。違いますか。

○大井川研究主幹 そういうふうに見ればいいと思います。

○矢野委員 1,600億円ですよ、これ。そんなものなんですか。

○大井川研究主幹 この建設コストは今の日本のコストから見るとかなり低めの設定になっていると思います。

○矢野委員 あと、例えばADSの加速器、多分これ1メガワットの加速器だと、これ15億円ですかね。

○大井川研究主幹 15億円です。

○矢野委員 15億円ですね。これも信じがたく安いと思うんですが。

○大井川研究主幹 安いです。これは安いです。

○矢野委員 わかりました。

○山名座長 よろしいですか。ほかに何か。

若林委員。

○若林委員 前提条件をちょっと教えてほしいんですけども、燃焼度は結構必要なファクターだと思うんですけども、それぞれの炉での燃焼度はどのぐらいに設定しているのでしょうか。

○大井川研究主幹 ちょっと今レポートを見ていますが、例えばPWRだと60GWd/tですね。それから燃焼用の高速炉だと高燃焼度の場合で185GWd/tですね。それから金属燃料のバーナーリアクターの場合は145GWd/tというふうな設定になっております。

○山名座長 よろしいでしょうか。

○若林委員 これはプルトニウムを使う場合も、ウランを使う場合も、軽水炉の場合、同じく設計しているのでしょうか。

○大井川研究主幹 はい。60GWd/tで同じ設計になっています。

○若林委員 わかりました。

○山名座長 ほかに何かございますか。井上さん。

○井上首席研究員 すみません。ちょっと再処理コストについてお聞きしたいんですけど、全体的に私、このコスト評価のところ、再処理コストが何かかなり低いなという感じはするんですが、中でも、7ページで、MOXのPUREXの再処理とF RのMOXのPUREXの再処理、これがUO₂に比べて、このFRのMOXだけが異常に高いと。それからもう一つは、ADSの乾式再処理の費用がこんなに高い。この高くなっている要因というのはどこなんですか。

○大井川研究主幹 このレポートには余り詳しくこの単価についての設定根拠というのはなくて、これの参考文献、またいろいろ違うところからも引いてきたりしているんですけど、そういうのに基づいていますので、今ちょっとこれの根拠について少し議論できるほどのデータは持っていないような状況です。

○山名座長 いかがでしょうか。基本的にこの単価のデータは、今おっしゃったように、フランスで設定されているものだと。あるいは世界中のデータを集めて、何か評価されたようなものなんでしょうか。

○大井川研究主幹 世界中のデータを集めてはいると思うんですが、フランスが主導してこれをつくっていったというふうに聞きますので、使われているデータは、OECDが以前にやっているコスト評価のデータだとか、それからADSとFBRのコンパレティブスタディというのもOECD/NEAでやられているんですけども、そういうレポートから持ってこられています。

○山名座長 相対評価だとおっしゃっているようですが、絶対値は余り気にする必要がないのかもしれない。ほかに何かございますか。

山根委員、どうぞ。

○山根委員 同じように確認なんですが、このコストから最終結果を出すときに、炉の物量で比例配分しているということですが、例えば3bという例でいきますとADSは5.2%。これはADSの建設コストは高くても、結果的にADSのパーセンテージが低いので、結果にきかないということで、最終的には20%増しの中におさまってくると、そういうふうに見ればいいわけですね。

そういう意味では、組み合わせにすごいバリエーションがあるので、ある意味ではおさまるような、一番いいというか、かなり妥当な内容が出てくるようなパラメータサーベイをしているというふうに、ちょっと言い方おかしいんですけども、そういう考え方でいいのでしょうか。極端な場合を示さずに、非常にリーズナブルな場合を示している。

という意味は、例えばADSをもっとたくさん入れましょとすれば、跳ね上がりますよね、単純に考えれば。そのときに、3bのシナリオのパーセンテージというのは、どのような根拠で出しているのかと。

○大井川研究主幹 3bの場合というのは、Puのマネジメントはプルサーマルと燃焼用高速炉でやって、それで余って出てくるMAは全部ADSに持ってくるという平衡状態を仮定したときにはこういう割合になるでしょうということで、これ自身はそういう割合というのは妥当なところだと我々も思っているところです。

ここには出していませんが、3bVというのがオプションでありまして、それは高速炉でのPuバーニングはやめて、PuもADSでバーニングしようというオプションになります。そうすると、8ページの3bVを見ていただきますと、10%アップだったのが20%アップに変わるということで、そういうPuバーニングまでADSにやらせるとこういうプラスになりますよというのがこのグラフで見られるということですね。

○山根委員 わかりました。

○山名座長 深澤さん、じゃ、最後、お願いいたします。

○深澤委員 この検討会は分離変換技術の評価をするわけですけども、いろいろな分離変換技術を比較評価するときに、この結果を見ると、コストでは優劣を評価できないということになるのでしょうか。

○大井川研究主幹 私が考えているところでは、今コストでどれが優位だということを決定できるほどの精度はないというふうに言えるのではないかと考えています。

○山名座長 ありがとうございます。あくまで参考として、我々の審議の中で利用させていただくというポジションにしたいと思います。

それでは、時間も押しておりますので、次の議題に移りたいと思います。

次の議題ですが、分離研究に対する研究開発の現状についてということでご説明願う予定にしております。まず、乾式と湿式とあるんですが、電中研の井上さんのほうから、乾式による分離技術についての説明をお願いいたします。

○井上首席研究員 それでは、資料3-2-1に基づいて、現在、前回のC&Rからどこまで進捗したかということについてを主体にご報告いたしたいと思います。

1枚めくっていただきますと、TRUの分離と金属燃料サイクルということでございますが、まず左側に軽水炉サイクル、右側に金属燃料サイクルがございまして、それでこの軽水炉サイクルから出てくる高レベル廃液からTRU、MAを抽出いたしまして、そしてそれを金属燃料サイクルのほうで燃焼させるというシナリオでございます。その主な要素は、ここに括弧でくくっております4つございます。一つは今回説明させていただきます、赤で四角く囲っております、湿式の再処理から発生する高レベル廃液からTRUを抽出して、それを金属燃料サイクルへ持っていくという乾式分離のところ。それから、あとは次回以降ご説明させていただきたいと思うんですが、それらを受け取って燃料製造をして、そして金属燃料の高速炉で燃やして、そしてそれをさらにまた乾式再処理でリサイクルするというシナリオでございます。

その次のページに行きまして、金属燃料サイクルを用いた分離変換システムの特長といいますのは、なぜこういうものを用いるといいところがあるのかということでございますが、まず酸化還元電位、これは実際にそのアクチニド元素を分離するときに必要となる電位なんですが、それがウラン、プルトニウム、MA元素が一括して回収可能であると。このためにプルトニウムの単離が極めて困難であるということでございます。

それからもう一つ、湿式法ですと三価の超ウラン元素と三価の希土類元素を同時に分離して、その後それをさらに相互分離するという操作が入るわけですが、乾式の場合ですと、この超ウラン元素と希土類元素の分離も同時に可能であり、抽出するためのプロセスが、本来のこの乾式再処理のプロセスに付加する必要がなくでできるということです。

それから、3つ目のポツですが、分離に際し放射線により劣化する溶媒を使用しないこと。だから使用する溶媒が安定であるということ。

それから、中性子スペクトルが固くMAの燃焼効率がよい金属燃料高速炉との整合性がよいということ。

次は燃料製造でございますが、MA含有金属燃料の製造が比較的——これは次回以降説明させていただきますが、鑄造法という方法を使いますので、ワンショットで多数本の燃料ができるという特長がございます。

それから、これはいわゆる実用化研究からも出てきた成果なんですが、使用済み燃料は小規模でも経済性が高い乾式再処理でリサイクルすることでございます。基本的に今のところは、最近アメリカでは500トンの乾式再処理というプラントの設計もしているようですが、今のところ、私どもがまだ眼中に入っているのはバッチ式ですので、比較的小規模と。

そして、MA燃焼を専用とする非均質サイクルとも整合性が高いこと。

それから、もし長寿命のFPまでも対象とするならば、金属燃料を使いますので、中性子経済に余裕があるためにそういうもののオプションに対応しやすいという特長がございます。

それでは、具体的にどんなように仕事が進んできたかということをご紹介したいと思います。まずその前に、実際にどんなふうにして高レベル廃液からTRUを分離するのかということでございます。高レベル廃液からまずMAを抽出することと、それからその抽出したものが金属に転換されるという工程が必要でございます。まず脱硝、これは今いろいろ、ウラン・プルトニウム混合脱硝にも使われている方法ですが、これを高レベル廃液に適用いたしまして、高レベル廃液を仮焼して酸化物に転換します。そして、その次に塩素化、いわゆる塩化物にす

ることとして、炭素を還元剤として酸化物に塩素ガスを反応させて脱硝物を塩化物に転換するという工程。それから、高温冶金分離というアクチニド元素を分離する実際の工程でございますが、熔融塩中での電解や還元抽出により、アクチニド元素とFP元素を分離することです。最後は、使用済み燃料の塩中にはFPがどんどんたまっていますので、それを処理する工程でございます。

それでは、次のページに行きまして、総括と技術的課題－分離技術－（2000年C&R）において指摘されたことがここに網羅されております。

まず総括といたしまして、分離技術に関しましては、これはこのときのバックエンド対策専門部会の報告書をそのまま関連部分から引用しておりますが、熔融塩電解法及び分離プロセスと同様の還元抽出を考えていると。それから再処理の主工程に当たる電解精製技術については国際共同研究を通してプロセスの成立性を確認しており、工学規模の試験段階にあるものの、酸化物の還元技術や塩廃棄物処理技術についてはプロセスの成立性の確認が必要であることから、プロセス構築・成立性実証段階にあると考えられるということでございます。

次に、実際に指摘されております技術的課題といたしまして、実際に超ウラン元素や実廃液を用いて、分離プロセス全体を通したプロセス実証試験を進める必要があること。それから、14年度までに超ウラン元素研究所との共同研究などを実施する予定となっていること。それから、今後必要となる工学規模の試験に当たっては、他機関との協力体制の不可欠であること。当面は、塩化物や活性金属に対する高耐食性材料の開発、熔融塩などの高温の液体の輸送技術の検討、二次廃棄物発生量の評価などが課題であるというふうに指摘されております。

これに対してこれらの進捗が次のページ以降に書かれておりまして、まず前回のC&Rから大きく進展した課題としまして分離技術。分離技術－1というのは私が勝手に、先ほどの高レベル廃液から実際に分離する技術を分離技術－1、それからFBRサイクルの中でMAを分離するのを分離技術－2としておりますが、今回はこの分離技術－1を対象といたしまして、それでまず①としまして、実高レベル廃液を用いた廃液処理試験、それからTRUの分離試験（化学プロセスとしての確証）を実施しております。

それから2番目に、TRUの分離、いわゆる還元抽出という技術ですが、その工学装置開発をしてございます。

3番目には、耐食材料、高温の融体の輸送ということでございますが、これも実施してございますが、これについては次回以降、金属燃料サイクルそのものの中でご説明させていただきたいと思います。

その次に、高レベル廃液からのTRUの分離の実廃液試験に至るまで、どんなことまで確かめて実廃液試験に至るかということが書かれてございまして、まず前処理工程、これは先ほどの酸化物、それから塩化物に転換するという工程ですが、実際に模擬廃液などを用いまして、プロセスの連続試験を行いまして各元素の挙動を解明したり、それから実際のオペレーションの条件を検討しました。

それから、高温冶金分離工程につきましては、これは実際にアクチニド元素とFPを分離する工程ですが、熔融塩や液体金属系での各アクチニド元素の熱力学データを測定・整備しました。なぜこれが大事かと申しますと、先ほど冒頭に申し上げましたが、これはアクチニド元素が一括して回収できるという特長がございまして、その特長のもととなるのがこの熱力学データでございます。だからこの精度の高い熱力学データが必要であり、これを整備したということで

ございます。それから、2つ目のポツですが、ウラン、TRU、模擬FPを用いた試験等により、目標分離性能が達成できることを確認してございます。

それから、塩の処理技術につきましては、模擬使用済み塩を用いて、液体鉛電極にFP元素を回収して、これはなぜこういうことをしたかと申しますと、この鉛電極に回収しまして、その後FP元素、いわゆる放射性元素だけをガラス固化に持っていくということを考えております。それでこの工程も実施したということでございまして、回収したFPのガラス固化や熔融塩や塩素ガスのリサイクルが可能な見通しを得ております。

実際に行った試験でございしますが、高レベル廃液からのTRUの分離——実廃液試験でございしますが、これは実際に実廃液をつくって試験を行いました。内容といたしましては、実高レベル廃液を用いての脱硝、それから塩化物への転換試験。そして上記の塩素化の製品を用いての先ほどの、熔融塩とCdを相互接触させまして分離するわけですが、それでアクチニド元素を抽出したという試験でございします。

実際にした試験の右側の上のほう、これが超ウラン元素研究所のホットセルの中に、電中研で設置しましたホット試験セルの概要でございまして、その下が実際にその中をあらわしてございます。これがアルゴン雰囲気ホットセルで、この中で実際に使用済燃料を使って試験をしたということでございます。

次に、高レベル廃液の調整、どのように調整したかと申しますと、これは欧州の発電所——ちょっと今名前は覚えておりませんが——のPWRの照射済みMOX燃料を実際にここでPUREX処理いたしました廃液約440グラムを用いて、実際に試験を行ってございます。ただ440グラムではどうしてもその後、分析等の感度が鈍くなりますので、ネプツニウム、プルトニウムをこのように少し硝酸塩と同じ化学形態で添加してございます。そのときの廃液量としてトータル520グラムを今回用いてございます。

それで、実際にそれがどんな成果が得られたかが以下に書かれてございます。まず高レベル廃液の脱硝、いわゆる酸化物転換ですが、実際に濃縮後の高レベル廃液、これはホットセル越しですので、ちょっとこのように黄色がかってございますが、実際にこのビーカーの下のほうに黒い液がごらんになっていただけたと思うんですが、これをまず濃縮して脱硝したと。そしてさらにこれを、右のほうに示します。ホットプレート上で乾固いたしました。さらにこの乾固したものを右のように、ちょっとこれは概略図で恐縮ですが、このようなステンレス製のるつぼの中に、今の乾固したものを、このまま持ってきたわけですが、これを500度という温度で脱硝してございます。それで、一番下にこの回収した脱硝物をごらんになっていただけたと思うんですが、実際にこのステンレスの容器の中に約7グラム強のものを回収しました。このときに実際に揮発物としてはルテニウムがごくわずかに揮発したということでございます。

その次には、これを塩素化、いわゆる塩化物に転換することでございます。ここにございしますように、まず左の絵のほう、これが反応容器でございしますが、この反応容器を先ほどの概略図の真ん中の反応炉にもってきまして、外側から塩素ガスをアルゴンガスとともに供給いたしましたして、ここで高レベル廃液の脱硝物をこのハッチングしてあるところ、すなわちLiCl-KClという塩の中にこれを入れまして、そしてそこで塩素化の反応を行いました。右のほうには実際に揮発物なんかが出てまいりますので、それをトラップするトラップをつけております。ここでは反応容器にはグラファイト製のるつぼを使ってございます。

それで、下段のほうの左の絵でございしますが、これが塩素化中の試験装置です。これは実際

に真ん中には反応容器、右側のほうにはコールドトラップのものが見えています。そして実際にこれをLiCl-KClという熔融塩の中で塩化した後の写真が、黒鉛のるつぼをカッティングしまして、その断面を見たものが塩素化試験後の回収塩断面というのでございます。その結果といましては、右に赤い字で書かれておりますが、U、TRU、Tc、希土類FP、アリカリ土類FP、それからアルカリ金属FPはほぼ全量を回収塩中に残留したと。模擬FP元素を用いた試験と同様に、Mo、Zr等が揮発成分として観測されたということで、実際には試料がごくわずかで分析もなかなか難しいんですけれども、その分析により出しましたマテリアルバランスが、次のページに脱硝・塩素化時のマテリアルバランスということで、示してございます。

それぞれの過程で揮発したものがどんなものであるか、それから塩素化回収物中にどの程度の初期のものが残留しているかということで、右側には全体のマスバランスが書かれてございます。このように113%とか、80%とかというのがあるんですが、これはこの中にある、どうしても先ほど申しましたように、使いました量が少ないもので、実験的な誤差ということで出ております。そして、ここでありますように、U、Pu、我々が対象としたいアクチニド元素は全て揮発もなく、実際に塩化物中に回収されております。また下のほうの一部のFP元素等は、遷移金属なんかですが、これはジルコニウムとモリブデンなんですが、塩化物に転換中に揮発しております。これは全て我々が以前に行いましたコールド試験の結果と一致しております。

次のページに行きまして、TRUの抽出後にどういうことをするかと申しますと、ちょっとポンチ絵的な絵でございますが、実際にこの反応るつぼの中に、上のほうのピンク色のところですが、先ほどのLiCl-KClという熔融塩です。ここに塩化した模擬廃液や実廃棄物の塩化物を持ってきます。それから、下に液体カドミウム、カドミウムは300度程度で液体になりますので、これを置きまして、そしてその中に還元剤としてリチウムを加えます。リチウムを加えますと、リチウムは非常に塩化物になりやすいために上に上がると。上に上がるから、今度はリチウムは塩素を拾うから、何かが塩素を落とさなくてはならないということで、ここで塩素を落とすものがアクチニド元素です。それでアクチニド元素がこのCd中に落っこちてきて回収されるということでございます。

こういう原理であるわけですが、実際に測定しましたマテリアルバランスが次のページにございます。ここにございますように、実際にこの系の中、塩中とCd相中の存在量を調べますと、このようにほぼ100%のマテリアルバランスが得られております。

実際にそれがどのように変化していったのかというのが次のページ、14ページでございます。これが先ほどの塩中からCd中に実際にアクチニド元素を回収したという例でございます。まず左のほうは塩中のそれぞれの元素の濃度、右のほうはCd中、いわゆる回収するものの濃度でございます。そうしますと、ここでごらんになっていただけますように、実際のこの赤いもの、特にウラン、それからブラウンで示しているアメリカニウムですが、先ほどの還元剤、リチウムを添加することによって塩中から減っております。一方、還元されないFP元素、セシウムやストロンチウムの濃度は変化しておりません。右のほうに行きますと、減ってきた分だけCd中に先ほどのアクチニド元素が回収されて、ごく一部のFPがくっついてくるということでございます。

その次のページでございますが、これが整理した結果の一例でございまして、このように下のほうが全てアクチニド元素群、それから上のほうがFP元素群ですが、このような分離係数をもってこれが分離されてきております。これも当初予定していたコールド試験で、コールドと

いってもTRUを実際に模擬として使ったもので、それと同じ結果が得られております。

以上が、実際に高レベル廃液を使った試験で、我々としては当初予定していた目論見が達成できたと考えております。

次のページからは、工学的な技術開発がどうなっているかというところでございますが、まず最初のものが前回C&Rまでの成果でございます。まず基礎試験といたしまして、静置系で、先ほどご説明しましたような系で塩と金属中での分離を行っております。それから分離係数を99%以上にし、そして希土類元素、余分な元素を分離していくためにここにありますように、多段の抽出を使います。高レベル廃液を塩化物にしました塩が左から右に流れまして、右から左のほうにCd金属が流れます。実際に試験をしました結果が右のほうにございまして、ネオジウムという一つの元素に対する分離係数です。これによってアクチニド元素と希土類元素がどの程度分類できるのかというのを示したのですが、それを我々今、Cdを申しましたけれども、ビスマス系でもやって、ほぼ実験値・計算値が一致したというところでございます。

これをもとに実際に装置を開発しました。開発した装置が次の単段抽出機の開発というところでございますが、これは目標といたしまして、金属燃料の乾式再処理プロセスにおいて、電解精製槽の使用済塩からアクチニドを99.9%以上の高効率で回収でき、かつ遠心抽出器、これはアルゴンヌ国立研究所ではパイロンコンタクターと呼んでいるんですが、それに比べて構造が単純で複雑な運転制御を必要としない攪拌槽式の抽出装置を開発しております。右のほうにあります設計図というか概略図が、これが単段の抽出槽でございます。

左のほうに供給槽、この供給槽は、横から見ている平面図ですから見えておりませんが、その向こうにもう一つ供給槽がございまして、そこにそれぞれ塩とCdが入ってまして、それを同時に流しまして、抽出器でこれを混合いたしまして、ここで分離を行います。そしてさらに回収槽でまた両者を分離するという仕組みです。それから逆抽出槽はそれらを再利用するための装置でございます。その絵がここにございます、写真が載っております。右のほうにありますのが供給槽、それから真ん中にある小さなのが実際の抽出器、それから左のほうが回収槽ということでございます。

この装置の実際の大きさでございますが、塩及びCdの装荷量として約5リットル。これは現在設計している乾式再処理プラントでの塩処理量が大体1日50リットルということを考えていますが、それに対してこの程度のところということでございます。

次に、ここで何が得られたかと申しますと、連続抽出器については単段及び向流3段、これは次にご説明しますが、一定の低流量で塩及びCdを抽出器に供給でき、抽出器から塩とCdを完全に分離して回収でき、高い回収率と分離係数が得られることを明らかにしております。

さらにこれを、当初、最低5段ぐらい必要だと思っております。次のページに行っていました、向流多段抽出器の開発。これは先ほどの装置を改良いたしまして、真ん中のところに、塩とCdの供給槽が上下に左にわかれておりますが、抽出槽のところ、先ほど一つだったんですが、これは部屋が3つありますようにそれぞれ3つこのように作りまして、そしてこれをこの中でそれぞれ塩は上から入る。Cdは下から入って、それで3回にわたってこのように部屋をそれぞれお互いが通り越しまして、その間に接触して抽出されてくるという装置でございます。

実際にこれは500℃で運転しますので、この写真にありますように、このように保温剤をかけてございます。このときに実際に熔融塩の容量としては大体240ml、Cdが350ml。これを塩相、

界面、それからCd相を1軸の攪拌で回転し、それから適宜サンプリングしました。

次のページに結果を出してございまして、これはちょっと非常に細かいので省略させていただきますが、この四角の中に回収率と書いてありますが、こういう装置を開発するときには実際のTRUだとかアクチニド元素を用いる必要はありませんで、我々は模擬元素を用いております。セリウムはウランの模擬、それからGdと書いて、これはガドリニウムなんです、これがTRUの模擬と。それからイットリウムが実際のFPの模擬で、そうしますと、当初これ全部塩中に100あったものが、向流抽出により、100に規格化した右のほうでございまして、塩中に2%残り、Cd中に98%回収され、それからMAを模擬したGdが93%Cdに回収され、塩中に7%残り、それから一部まだこの時点では希土類元素もくっついてくるという、ほぼ目論見どおりのものが得られたというふうに私どもは考えてございます。

次のページに行ってくださいまして、このようなことから今までの進捗状況をまとめさせていただいたんですが、実高レベル廃液試験では、化学プロセス確証のため、実高レベル廃液を出発物質として脱硝・塩素化・還元抽出のプロセス連続試験を実施し、全てのTRU元素をほぼ100%液体カドミウム中に回収することができたこと。各工程でのアクチニド元素、FP元素の挙動は、コールド並びにTRU使用試験の知見とほぼ一致しております。

それから、工学化技術開発につきましては、高温のCd、塩を連続的に一定流量で供給し、それぞれを混合することなく、個別に回収できる単段の抽出器を開発しました。それから、引き続き3段の向流抽出器を開発し、単段抽出器での試験と同様に運転できることを確認しました。3段の抽出器に関してはノウハウも入っておりますので、ちょっと今回の資料からは割愛させていただきました。それからウランの模擬物としたCeについて、98%の回収率が得られ、単段での分配平衡を超える分離係数が得られたこと。本成果によって、この技術が工学規模で成立することが我々としては確認できたと考えております。

最後に、総括といたしまして、2000年のC&R、冒頭に書かせていただきました総括に対する進捗状況でございまして、上の細字のところは先ほど読み上げたものと同じですから割愛させていただきます。まず指摘事項に対しては、国際共同研究により実廃液試験を行いTRU分離プロセスの確認を行いました。それから工学的な適用が可能な向流多段抽出装置を開発したこと。それから塩廃棄物処理についてはプロセスの成立を確認してございまして、これは次回以降報告させていただきます。

それから、技術的課題に対する指摘事項につきましては進捗ですが、小規模であるが、プロセス実証試験を実施したことです。実液を使ってです。それから14年度からの超ウラン元素研究所との共同研究ですが、これは当初表記年度に予定していましたが、残念ながらいろいろな事情がございまして、18年度、19年度に実施してございます。それから工学装置に関しましては、工学装置の開発は実施しているが、実際にこれを実用化するとすると、やはり実際にホット試験をする必要があるんですが、残念ながら我が国には適切な施設が整備されていないという現状を書かせていただきました。

それから、最後でございまして、抽出工程での材料等の問題についてのご指摘ですが、抽出工程での材料は鉄性のもので課題はないと考えておりますが、塩化炉の材料、それから塩・カドミウムの蒸留工程では適切な材料の開発、選定が必要であります。なぜなら、これは1,000℃以上になるからでございまして。現在はセラミックス系並びに多層構造の材料を開発中で、これは次回以降ご報告させていただきます。それから塩のリサイクル技術に関してはゼオ

ライト処理法という方法があるんですが、それを現在開発中でございます。

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、本件について質疑を行いたいと思います。ご質問等ございましたらお願いいたします。

矢野委員。

○矢野委員 大変な進捗だと思いますけれども、一番最後のところにあります、我が国でこういった非常にホットな状態のまま試験をするという施設が整備されていないというご指摘がありますけれども、これはどれぐらいの規模の施設がなきゃいけないということになっているのでしょうか。

○井上首席研究員 これは試験の段階によりますが、次に我々が考えておりますのは、やはりキログラム単位で実際にホット試験ができるところだと。そうしますと、やはりある程度の大きさのホットセルが必要であると考えております。だけど、日本の中には残念ながらずっと湿式、それから酸化燃料という経緯で今まで進めておりますので、乾式系試験は不活性化雰囲気で行う必要がありますので、そのようなインフラが整っていないというのが現状でございます。

○矢野委員 アルゴンガスで封じ込めた状態で、特に非常に高放射能を持つものを処理できる施設がないということですね。

○井上首席研究員 そうでございます。

○山名座長 井上さん、HAWそのものの供給についても一言お願いします。実廃液。

○井上首席研究員 実廃液の入手に関しましても、なかなか困難でして、今、JAEAさんの中なんかではかなり燃料も処理されて、HAWはあるんですが、それなんかが比較的容易に使える施設があればと考えています。

○山名座長 深澤委員。

○深澤委員 技術的に興味深い結果が出ているので何点か質問させていただきたいんですけれども、まず高レベル廃液の調整のところですか。これはどういう組成を想定して、熱とかPuを増加させたんですか。

○井上首席研究員 これは軽水炉のUO₂燃料なんかを、当初我々、模擬試験のときにはやっていたんですけれども、ここでは特にMAが多いMOX燃料のほうがいいだろうということで、いわゆる軽水炉、これはドイツのどこかのだと思いますが、ギーメンスの燃料だったと思います。軽水炉で使用したものです。それを使って高レベル廃液を作成したということです。

○深澤委員 Np量とPu量が増加していますけれども、これはどういう組成を想定して増加させているのでしょうか。

○井上首席研究員 実際に組成したPuとNpの量というのは、それぞれ実際にMOX燃料を燃やしたときのものの比率にして添加しております。これはある程度検出ができるだろうという予測のもとに添加した量です。

○深澤委員 実際に想定される高レベル廃液の組成よりも多めに入れているということですか。

○井上首席研究員 そういうことです。

○深澤委員 わかりました。あとちょっとすみません、多段抽出のところなんですけれども、前回C & Rまでの成果という、これはメインはアクチニドとTRU、FPを分離するためというふ

うに考えられますけれども、実験値と計算値が右下に書いてありますけれども、セリウムとプラセオジムとかネオジムがまだ20%前後残っていますけれども、この残っている量で、これはもう問題ないというふうに考えてよろしいのでしょうか。

○井上首席研究員 ええ。これは我々そういうふうに考えています。これはこのときに実際に実施しましたものは、今高レベル廃液の中には、MAに比べて、Puも入れてもいいんですけども、TRUに比べてレアアースが10倍あります。だからそれを我々の目標としては1対1まで持ってくると。

1対1まで持ってくるというのはどういうことかと申しますと、MA 5%、それからレアアース 5%の燃料が成り立つかどうか、また核物理的にも炉物理的にも成り立つかどうかということから判断しておりまして、実際に今度は今のような組成を持った燃料をつくりまして、これも次回以降報告させていただきますが、実際のそれらの燃料をフェニックスで照射して、無事ちょうど照射を終えたところです。

○深澤委員 10倍存在して、1対1にしたいんだったら、10%の回収率でないと成立しないんじゃないんですか。

○井上首席研究員 除染係数でしょう。だからトータル、いわゆるアクチニドに対して、いわゆるTRUに対して1対、それからレアアースが10というものを1対1のところまで持っていくんです。

○深澤委員 ですから、レアアースは10分の1にしたいわけですね。

○井上首席研究員 そうです。そういうことですな。

○深澤委員 ですから、ここは10%でないと計算が合わないんじゃないんですか。

○井上首席研究員 どういうことですか、すみません。

○深澤委員 TRUの回収率が100%ですから、これは1来ているわけですね。レアアースが20%ということは10倍量で2来ているということですね。そうすると、レアアースと……

○井上首席研究員 ネプツニウムが99%回収されているのに、セリウム、プラセオジム等がまだ18程度あると。だからこれが10にならずにちゃならないというご指摘ですか。

○深澤委員 そうじゃないんですか。

○井上首席研究員 これは実際に我々、3段だけでやったんですよ。

○深澤委員 これ3段ですか。

○井上首席研究員 そうです。実際にこれが達成できるには、今のような私が言った条件が達成できるのは、先ほどちょっと触れましたけれども、5段以上必要なんですよ。

○深澤委員 でも、表のところに、5回の多回抽出と書いてあるんですけど。この表の上のところに。

○井上首席研究員 これ3回ですね、そうです。すみません。5回以上ですとこれがうまくいくというのは、その計算結果も出ております。3回までできちっとそういう成果が得られましたので、だからその後は大丈夫だろうというふうに考えております。

○深澤委員 これはビスマスの結果ですけども、Cdですともっと切れがといいますか、分離が悪くなるんですけども、Cdでも5回でいくということですか。

○井上首席研究員 Cdの場合はもう二、三段ふえます。

○深澤委員 わかりました。

○山名座長 よろしいですか。

○深澤委員 あとちょっともう1点、すみません。

○山名座長 手短に。

○深澤委員 あとその3ページ後で、先ほどセリウムをウラン、ガドリニウムをTRU、イットリウムをFPの模擬としていますけども、今言ったことと言うと、TRUとセリウムとかガドリウムを分離するのに抽出を使うのに、セリウムでウラン、ガドリニウムでTRUを模擬できるんでしたっけ。

○井上首席研究員 これは別に特に問題ないんです。それはなぜかと申しますと、この分離係数をあらわした図がございますね。要は我々としてはここで何がきちっと模擬できればいいかと申しますと、実際に熱力学データで予測した分離係数がきちっと出てくればいいわけですね。それで希土類元素間でも当然、非常に熱力学データはよく似ていますけれども、当然両者にはそれぞれ差があるわけです。だからその差どおりに出てくれば特に問題ないと。むしろ逆に言えば、アクチニドのほうがずっと分離係数が高いですから、逆に希土類元素のごくわずかな分離係数を使って実証したことのほうが、そういう意味ではより確信ができるというふうに我々は考えております。

○深澤委員 わかりました。ありがとうございました。

○山名座長 若林委員、お願いします。

○若林委員 分離係数の図があるところ、15ページですね。ここでPuの分離係数の文献値との一致が悪いということなんですけれども、その理由。やはり基本的なところのPuの分離係数の精度がある程度必要じゃないかなという気がしたんですけれども、その悪い理由というのはどういうふうなことなんでしょうか。

○井上首席研究員 プルトニウムの、この直線とこの点線のところですか。これはですね、三角と……、これちょっと実際に実験をやった者が来ていますので、ちょっと。

○魚住 実際に実験をやった者ですが、本件につきましては、まずプルトニウムが文献値よりも下側に来ているので、これは文献よりもさらに希土類と分離がいい側に出ているということは申し上げておきます。なぜそうなったかという理由ですが、これは恐らく分析上の問題でございまして、溶融塩のサンプル中のプルトニウムを分析で求めなければいけないんですが、その際にどういうわけか実際の値よりも低めに出ってしまったと。Cd中に対しては実際の値を出したので、相対的にPuの塩とCd中のいわゆる分配ですね、その比が低めに出た。そのためにCd中に多めに分配されたような結果になっております。本件につきましてはもう一度、ちょっとデータがおかしいので、再分析を今やっているところでございます。

○山名座長 若林さん、よろしいですか。

○若林委員 はい。

○山名座長 ほかに何かございますか。永田さん、どうぞ。

○永田部門長 ちょっと教えていただきたいんですけれども、最初の2ページのところの絵を見せていただくと、そうすると、今のPUREX法での再処理の高レベル廃液からMAを抽出するプロセスとしてこの方法が考えられるというような絵の表現に見えるんですけれども、一方で試験の内容とかまとめを見せていただくと、この試験はあくまで化学プロセス検証、要は金属燃料サイクルのときの化学プロセス検証用に今試験を行っているというまとめになっているんですけれども、このもともとの絵に対応するような形で、いわゆる現状のPUREX法の再処理の高レベル廃液からMAを回収するというような視点での試験の展開とか、あるいはそういう方向で

の試験結果のレビューとかいうようなことを行うご計画はお持ちなんですか。

○井上首席研究員 ええ、あります、それは。特に抽出のところは、先ほどの金属燃料サイクルそのものの塩中にアクチニド元素がどんどん堆積していきますので、そこからのTRUの抽出ということも兼ねて一緒にここに書かれております。今、永田さんがご指摘のように、これはこれでちゃんと、先ほどの高レベルからの乾式プロセスというところできちっと所定の目論見どおり得られたというふうにまとめようと思っております。

○山名座長 ほかに何かございますか。山根委員。

○山根委員 冒頭の矢野委員の質問と大体同じなんですけれども、国内でできないので高レベル廃液を用いた実験を超ウラン元素研究所でやられたというふうに理解しているんですが、この実験はどのぐらいの期間かかって、どのぐらいのサンプルを使われたかというのは具体的にわかりますか。

○井上首席研究員 今、私ども超ウラン元素研究所のラボは、実は1988年からずっと使っておりまして、その中には、先ほど申しましたフェニックスで照射するためのMAを入れた燃料の製造だとか、その照射の試験だとか、それからあと実際の乾式再処理なんかの試験もすべてしておりまして、その中の枠組みでスケジュールをとってこれを実証したんです。

当初、ここにありますように、14年ぐらいからやろうとしたんですが、それが少し、実際に取りかかったのが2年ほどおくれました。一つちょっとここで、失敗談と言っていいのかどうかかわからないですけど、実際に最初、高レベル廃液の脱硝をしたときにチタンのるつぽを使ったんですね。高級材であればいいだろうと思って。そうしたら、逆にチタンのるつぽのほうが悪くて、それでちょっと1回、せっかくなつくた、高レベル廃液をつくるのは大変ですが、ちょっとそれをだめにしてしまいまして、そしてむしろ今まで日本でやってきたその鉄製のるつぽに変えてやったということがありました。それでさらに一、二年程度スケジュールがビハインドして、そのかわりほかのスケジュールをその前に持ってきたというふうになっています。

○山根委員 質問の意味は、やはり国内でこういうようなことができるのであれば、いろいろなパラメータを変えるとか、本当に自分のデータがとれるわけですね。そういう意味で、高レベル廃液を使った実験室がないというのは、非常にこういう研究を進めていく上において不利になっているんじゃないかなと思いたので、一言。

○山名座長 よろしいですか。今いろいろなご意見が出ましたが、今回、分離変換の総合的なレビューを行うわけです。前回の指摘でプロセス実証を行えと。さて、プロセス実証というのは何かという問題がまずありまして、一般的にこういうケミカルなプロセスは極めて化学的な原理、熱力学的な原理状態、それから実際のものを使ったときに発生する何らかのピュアでない部分の影響、それから工学的な体系にスケールアップする際の、ややテクノロジカル、化学工学的なファクターの登場、それから材料ですとか、もっと生々しいものの課題、いろいろあるわけですね。

お聞きしたいのは、今回かなりケミカルなベーシックなところを実際のものを少量ながら使って、極めて要素的な化学反応プロセスが大体予想どおりに行くということは確証されたということはよくわかりました。プロセス実証という大きな目標の中で、さてどこまで来ているかということがやはり問われるわけですね。と言いますのは、幾つかの別な化学系においては大型化したときに非常に大きな失敗が起こったり、逆に小さいところできちんと押さえればすんなりと大型化できるものもあります。この系がどういう系かがいまいよくわからない

ところですが、本来我々がこの開発を評価する上で、プロセス実証というもののある種の、目標度を100としますと大体どの辺まで来られたのかなというのが私の質問なんですが。答えにくいでしょうが、ご意見として伺いたいと思います。

○井上首席研究員 それは非常に主観的なものが入ると思うんですけども、実際にもう化学プロセスとしての実証は我々としてはほぼやり終えたというふうに考えています。それで実際にあとこれを、プロセス実証というのは、先ほど座長がご指摘の、どういう大きさがそれぞれあるかということですけども、プロセス実証には、まず化学プロセスとしての実証、それから工学プロセスとしての実証があると思うんですね。今私が申しました化学プロセスの実証としてはほぼできたであろうと。あとこれを大型化していくときに、それぞれ化学プロセス実証では足りない部分がどんどん出てくるだろうというご指摘ですが、私もそれはそのとおりだと思います。

ただ、比較的この場合には系をうまくコントロールしてやれば、意外と大型にしても、先ほどちょっと工学的な抽出のところでご説明しましたけれども、基礎的な熱力学挙動というのは成り立ちますので、いけるんじゃないかと。ただ、問題は、そういうことよりも、むしろ高温プロセスですので、例えばヒューモの問題とか、それからエバポレーションした成分をどうキャプチャーして、それをどう処理するかと。むしろそういう問題のほうが大きくなってくるような気がします。これについてはまだ今のところ、そんなに大きく取りかかっておりません。

○山名座長 ありがとうございます。委員長、どうぞ。

○近藤委員長 今朝、宇宙飛行士のこれからの訓練は何かって聞かれたら、彼女いわく、90%はエマージェンシーに対する対応の訓練ですという答えをしまして、なるほどと思って、これはだれかに聞かせたいなと思ったんですけどね。

それで、ちょっと今の座長の質問に関係して、私は多分情報が少ないから誤解しているんだろうと思って質問するんですけど、今のところはファインが入っていない液で実証できたといっているのではないんですか。しかし、実際にはファインの入った廃液を扱うのでしょうか。そうすると、これでプロセス実証ができたとおっしゃったけれども、プロセスの一部であってすべてではないということでは。システム実証という意味で、プロセス実証という立場からすると、宇宙飛行士の訓練の9割がエマージェンシーという世界もあるところ、実用化には相当のことが残っているプロセス実証なのかなと思いつつお話を伺っていました。ありがとうございます。

○山名座長 井上さん、何か。

○井上首席研究員 エマージェンシーに関してはご指摘のとおりだと私も思っていて、特に高温での安全性の問題ですね。その辺なんかはこれからかなり、こういう高温プロセスは詰めなくちゃならない。ただ、一応アメリカでかなり経験がありますので、そういうのは大きな参考になるのではないかというふうに思っています。

それから、ファインの問題につきましては、今、実際の高レベル、あそこの今ところですね、あそこは実際に高レベル廃液とそれから不溶性残渣の槽、これを別々に分けて、そして混ぜていますよね。だけど、今我々が対象としているのはすべて高レベル廃液側ですので、ファインは入っていないというふうに考えております。

逆に、今ちょっとこれも言うのがいいのかどうか知りませんが、例えばモリブデンとかジルコニウムですね、HAW中で固形物をつくりますよね。だけどむしろこれが逆に固形物をつくっ

ても、この方法ですと塩化するときには全て処理できますので、対応可能と考えております。

○山名座長 ありがとうございます。ほかに何かございますか。

今、委員長の言葉にもありましたが、分離プロセスというのは化学プロセスですよね。えてして我々は比較的化学的な制御のできた体系をモデルに熱力学的に扱う傾向があるんですが、例えば六ヶ所村のガラスの話などを見ましても、結局そのソースタームの廃液がある理想的な化学的形態に移るまでのところで極めて複雑なケミストリーが起こっているとか、予期しないことが起こっている。だから工学的な課題と、やはりソースタームからの極めてベーシックなケミカルなところの問題との2つがあるんだと思うんですね。

今回頑張られて、ある一部のところはきちんと確証された。やっぱりそのケミストリーのところでもっと幅広くやる、ファインの問題も含めて。それから工学的なところと、やはり2つの課題はまだまだ頑張れる余地があるかなと、大いに期待するところです。

ちょっと個人的なことを申し上げましたが、またこの後、次回以降、燃料と、それから廃棄物の話を伺えるというので、そこでまたディスカッションを続けたいと思います。どうもありがとうございました。

それでは、次は湿式の話になりますが、原子力機構の大井川さんのほうから、湿式の分離技術について、よろしくお願いいたします。

○大井川研究主幹 最初に原子力機構で今やっています分離変換のスキームについて簡単に説明して、それから分離プロセスの位置づけというのを明確にしてから、専門家である森田グループリーダーのほうから説明いただきたいと思っております。

2枚めくっていただいて、高速炉サイクル利用型と階層型という図を示してございますけれども、前回2000年のC&Rのときに、日本での取り組みというのは高速炉サイクル利用型と階層型の2つに分類できますねというような整理がなされたところであります。高速炉サイクル利用型のほうは、旧サイクル機構と、それから電中研のほうでやられておって、それから階層型のほうは旧原研のほうでやっていたというのが歴史的なところです。ところが、ご存じのように、2005年に両法人、旧サイクル機構と旧原研が統合されて、原子力機構が発足したわけです。

それで、左側の高速炉サイクル利用型を見ていただきますと、発電用FBRがあって、そこで核変換と発電をしながら、分離プロセスを経て、燃料製造プロセスがあってという、こういう単一のサイクルでやっていくということを考えているわけです。ここに赤で囲っていただきますけれども、分離プロセスがあるわけで、ここではPuとMAを使用済燃料から分離してリサイクルという役割があるわけです。

一方、右側の階層型というのは上の商用発電サイクルと下の核変換サイクルというのに分かれているわけで、先ほどのコスト評価のところでも出てきたのと同じような考え方になります。ですから、先ほど出ていましたのでいくと、下の核変換サイクルというのは大体5%ぐらいのイメージになるということですね。

それで、ここできょうお話する分離プロセスというのは、この上側の階層、発電用サイクルの階層での分離プロセスということになります。使用済燃料、発電用のLWR、あるいはFBRでもいいんですけども、その使用済燃料を再処理すると。そこでPuとMAとFPとを分けていくというプロセスになるわけです。

この2つの高速炉サイクル利用型、階層型ともに赤で囲っている分離プロセスのところは湿

式で我々は考えているということで、原子力機構になりまして、ここの部分というのは一体的に今進めているところでございます。

ということで、以下、森田のほうから説明していきたいと思います。

○森田グループリーダー 原子力機構の森田でございます。

次のページへ行っていただきまして、まず確認の意味も含めまして、分離対象元素でございます。マイナーアクチノイド——MAはAm、Cm及びNpの3元素でございますが、Am、Cm、3価の状態をとるこの2元素と、4価、5価、6価のNpとはちょっと別に考える必要がございます。これが長寿命核種ということです。発熱性元素でありますSr-Csがまた分離対象元素になりますが、ここには長寿命核種のCs-135も含まれます。それから白金族元素、プラチナグループメタルでPGMと略しますが、これはルテニウム、ロジウム、パラジウムの3元素でございます、一応有用元素という位置づけでございます。それから長寿命核種でありますテクネチウム99あります。もう一つ長寿命のFP元素として、I-129がございますが、これは燃料溶解時の分離回収が合理的でありまして、これは実用にもう供されているところでございます。

右側に分離プロセスの一例として、ブロックフローを書いておきましたが、最初の使用済み燃料の溶解の時点でヨウ素が分離回収できるということでございます。その後でございますが、使用済み燃料中で多量に存在するウラン及びプルトニウムを分離することが基本になります。その際、やや挙動の似ているNpをどう回収するかということが重要でございます。その後で、3価のアクチノイドであるAm、Cm等を分離するということになります。そこには各要素技術の組み合わせでいろいろな分離プロセスが考えられるわけですが、そこには一例ということで書きました。Am、Cmと希土類元素を分離し、その後、この両者は挙動が似ておりますので、いったん同時に回収した後に、Am、Cmと希土類元素、レアアースを分離するというステップにするのが多くのプロセスで取り入れられている方法でございます。

白金族元素やテクネチウム、あるいはSr-Csの分離は、Am、Cm等の分離の後ということになりますが、分離手法によってはこの順番が異なり、例えばアメリカではSr-Csを最初の段階で分離するようなプロセスが考えられております。いずれにしても分離技術、要素技術の最適な性質を利用してプロセスを組み合わせるということでございます。

次に行っていただきまして、平成12年当時、つまりC&R当時の研究開発状況でございます。旧原研におきましては、4群群分離プロセスの開発を行ってまいりました。左側がそのブロックフローでございますが、TRU元素群、それからテクネチウム、白金族元素群、Sr-Cs群、及びその他の元素群の4つにわけるというプロセスでございます、それぞれの分離する目的は、先ほどのスライドでご説明したとおりでございます。特にSr-Csを分離することで、その他の元素群が高密度固化でき、またSr-Csはこの元素の性質に応じた安定な固化をするということで、廃棄物の減容を目指す、そういったことでこういうプロセスを組んでございます。

このプロセスは濃縮高レベル廃液を対象としておりまして、上のプロセスはPUREX法を想定していますが、そちらに影響を与えないということで考えておりました。TRU元素群の分離はDIDPAという抽出剤を用いておりますが、ここでは硝酸濃度をある程度まで、0.5モルぐらいまで下げる必要があって、それに前処理が必要で脱硝法を開発しました。この際、沈殿ができるという問題もありました。こういったプロセスを試験するために、今の原子力科学研究所にありますNUCEF——燃料サイクル安全工学研究施設のホットセルで、そこに実プラントのおよそ1,000分の1ぐらいの規模の試験装置を整備しまして、ここで模擬高レベル廃液や少量の実高

レベル廃液を用いた試験を実施しているところでした。これがC&R当時の状況です。

そういった試験は想定どおりの分離性能が得られることを確認しておりますし、またプロセスの規模や二次廃棄物、あるいは各分離されたフラクションの組成等の評価も行っていました。プロセス規模では左の図の括弧内に取り扱い液量を記載しておりますが、これは使用済燃料1トン当たりでございますが、こういった評価からプロセス規模はPUREX法再処理の30から35%くらいであるというふうに評価しておりました。

次のページ、旧JNCにおける状況でございます。平成12年当時、もう既に実用化戦略調査研究が始まっておりまして、今NEXT法で行われているプロセスとほぼ同じような流れのプロセスでございます。まず、Npに関しましては、ウラン、Puの回収の際に同時に分離回収すると。それからMAの回収に関しましてはSETFICS/TRUEX法という、やはり溶媒抽出法で分離回収するというのを研究しておりました。ここでは小型ミキサセトラや、その後は遠心抽出器になりますが、ホット試験を行っていました。FPの回収に関しましては、電解採取法による長寿命FP、白金族元素を含むものでございますが、この回収の試験を行っているという段階でございました。

次のページがC&Rから現在までの研究開発の経緯を線表の形でまとめたものでございます。旧JNCでは改良PUREX法によるNp回収、SETFICS/TRUEX法によるAm、Cm回収。それから1つ飛んで、電解採取法によるPGM回収という研究を行っていました。旧原研——JAERIでは4群群分離プロセスでございます。間にありますその他の技術、旧JNCのプロセスですが、超高温分離ですとか、不溶解残渣からの有用金属回収ということも平成12年のC&Rまで実施されてきたところでございますが、これはその後は活動はございません。

それぞれが発展してきているところでございますが、改良PUREX法によるNp分離が発展したのが簡素化溶媒抽出法でウラン、Pu、Npを回収する技術です。それからAm、Cmに関しましては抽出クロマトグラフィにより回収ということで研究を継続しております。これはFaCTにおけるNEXT法の研究開発でございまして、実用化研究という位置づけでございます。基盤的研究としましては、電解採取法による白金族元素の分離もございまして、さらに4群群分離プロセスからの発展としまして、新分離法の研究を行っていました。ここには旧原研で以前から行われておりました基礎的な研究として新抽出剤の開発等やアクチノイドに関する基礎化学の研究の成果が反映されております。そういった形で、現在はFaCTの実用化研究と基盤的な研究と一体的に推進しているということでございます。

その中身でございますが、次のページの表に一通りの分離技術をまとめました。平成12年度までの取り組みはただいまご説明したとおりでございますが、現在の取り組みとして実用化研究で、NEXT法では、Am、Cmの分離に抽出クロマトグラフィを適用する研究を行っている。それから、基盤的な研究ではいろいろな分離手法を行っているということでございます。すべてを紹介することはできませんので、この中から主なものを、この後ご説明したいと思います。

現在の状況をご説明する前に、C&Rの指摘事項への対応ということで、次のページにまとめました。まず、旧原研に対しての指摘でございますが、これは4群群分離プロセスの開発に対する指摘でございます。

実廃液を用いたプロセス実証試験を実施すべきということに関しましては、濃縮実高レベル廃液を用いたプロセス実証試験を実施しました。これはNUCEFの試験施設を使ったものでございます。主工程で元素分離性能を確認し、例えばAm、Cmの抽出率として99.998%以上、逆抽出

率として99.98%、Npの抽出率として98.2%、白金族元素の沈殿率として99%以上、Tcに関しては96.6%の沈殿としての回収率、それからSr-Csに対しては吸着法でございますが、その除染係数として 10^4 、 10^6 といった数値が得られました。これはあくまで実験室規模ではございますが、分離対象元素の高回収率での分離は可能であるという結果を得たところでございます。模擬廃液と実廃液、実廃液試験で以前に行った模擬廃液試験と比べても、元素挙動に違いはない、あるいは遠隔操作上の問題はないといったような知見も得られております。

それから、マイナーアクチノイドと希土類元素の分離法の開発に関しては、より効率的なという課題がございましたが、それまで取り組んでいた4群群プロセスにおけるDIDPAによる逆抽出法の再評価を行っております。また一方、新しい有望な抽出剤が見出されたことからこれによる分離法の検討も行っておりましてまいりました。

二次廃棄物低減に向けては塩フリー試薬による溶媒洗浄法を検討するとともに、やはり新抽出剤開発の成果としてリンを含まない抽出剤による分離を研究してまいりました。

分離後の各群の精製・処理、試薬等の再利用技術に関しましては直接的には活動はなく、新しい分離法の研究を優先したということでございます。

こういったことを踏まえてプロセス評価を行った結果、経済性向上にはDIDPA抽出工程の前処理における沈殿生成の回避が有効ではないかということ推定し、またAm、Cmと希土類元素との分離に用いているDIDPA-DTPA法では廃液処理の効率化に限界があるという評価でありまして、一方で新抽出剤の開発に成功しておりましたので、新分離法の研究を中心に基盤的な研究としては行ってきたということでございます。4群群分離プロセスは比較対象としてよりよいものということでございます。

旧JNCにおける指摘事項への対応としましては、まずNp、Am、Cm回収に関して、やはり同じように実廃液を用いたプロセス実証ということで、小型遠心抽出器による試験を実施して、基本性能を確認しております。より効率のよいAm、CmとLn、あるいはここではMAとLnですが、両者の分離法では、抽出クロマトグラフィ法の開発に着手しているということでございます。プロセスシミュレーションに関しましては、プロセス条件の最適化に向けた計算コードの改良を実施しております。やはり同じように二次廃棄物の低減化も課題となっておりますが、ソルトフリー試薬導入ということを検討しました。FP回収では実液を用いた試験ということでございますが、トレーサーレベルの試験を今後やるというような状況でございます。

ちょっと省略しますが、以上が指摘事項への取り組みということでございまして、現在の活動として以後説明させていただきますが、次のページから、基盤研究での研究開発の状況でございます。

まず、Am、Cm、希土類元素の分離では、ジグリコールアミドの抽出剤を開発してまいりました。これは緑枠で囲ったようなこれまでの抽出剤の問題点があつて、それを解決する有力な抽出剤として、3座配位のTODGAという抽出剤を開発したということでございます。そのTODGAは黄色の枠の下に分子構造が書いてございますが、丸で囲んだ3つの酸素原子がAm、Cm等に配位して抽出するという強力な抽出剤でございまして、他の諸外国で研究されている抽出剤と比較したのが右の図でございますが、横軸が硝酸濃度、縦軸がAmの分配比ですが、硝酸濃度が高い状況でTODGAは非常に高い分配比を与えて強力に抽出し、硝酸濃度を下げたところで低い分配比が得られて逆抽出が容易という、そういう抽出剤であります。この抽出剤が、この後ご説明いたしますが、FaCT計画におけるNEXT法において抽出クロマトグラフィで利用する抽出剤の一

つとして検討されているところでございますし、欧州でも研究開発が進められております。

次に、そのDGA抽出剤を使った溶媒抽出によるプロセスということでございますが、やはり溶媒抽出を行う上で重要な要素の一つが抽出容量の拡大でございます、TODGAではやや抽出容量が小さいという欠点がございます、それを解決したのがTDdDGA——ドデシルDGAと略しますが、この抽出剤であります。アルキル基を長くすることによって抽出容量を5倍にすることができました。これを使ってバッチ試験を行った後に連続抽出試験を実施して、回収率や除染係数等によるデータを取得しているところでございます。

この抽出剤を使って、プロセスを想定しますと、右の青い枠の中でございますが、3価のアクチノイドではAm、Cm、4価のアクチノイドではNp、Puを抽出し、3価を逆抽出した後に4価を逆抽出するというプロセスが考えられます。このDGAの抽出剤はウラン6価は抽出しない抽出剤でございます、このウランはFPと挙動をとにもすることになります。

次の話題でございますが、13ページに行きまして、今度はAm、Cmと希土類元素との分離であります。これまでの分離法では、やはり錯化剤を使う抽出分離法が主でございます、問題点として元素量の多い希土類元素を抽出しなければならない、あるいはpH領域で使う必要があるとか、そのために緩衝剤を加える必要があって、二次廃棄物の発生が多くなるといった問題がございました。DIDPA-DTPA法もこういった課題があったわけです。

こういうことがありまして、世界的な傾向としてソフトドナー系抽出剤を利用する分離法が研究されております。ソフトドナーというのは窒素あるいはイオウなどを配位子として持つ抽出剤でございます、この対称となるのはハードドナーである酸素原子を持つ抽出剤であります。このソフトドナーを持つ抽出剤は希土類元素よりもAm、Cmとよく結合し、アクチノイドのほうを抽出することができるということでございます。

基盤的な研究としていろいろな窒素ドナー抽出剤を研究してきたところでございますが、一つは、右に書きましたTPENという抽出剤でございます、多座配位の抽出剤、ここで窒素原子が6個ございますが、これがアクチノイドを取り囲むようにして抽出するものでございます。ただこれは水溶性ですので、アルキル基を導入して疎水化するという研究を行っております。

それから、真ん中にちょっといろいろな抽出剤を検討したということでございますが、特に申し上げたいのは黄色い枠の一番下のハイブリッド型抽出剤ピリジアミドの開発でございます。これは次のページにより詳しく書かせていただきましたが、右上の図にありますように、窒素のドナーとハードのドナーである酸素と両者をあわせ持つ抽出剤であります。こういった抽出剤で、pH領域でしか使えないとか化学的安定性が低いといったこれまでの窒素ドナー系抽出剤の問題点を解決することができまして、このPDA抽出剤を使いますと、高濃度硝酸領域でAm、Cmと希土類元素との分離が可能であり、なおかつ化学的に安定でございます。分配比のデータをそこに書きましたが、基礎データを取得した上で、今、小規模カラムで抽出クロマトグラフ法による分離の試験を行っておりまして、その結果の一例が右の図でございます、EuとAmがこのような形で分離されて、カラムから溶出してきたという結果でございます。もちろんこういったものが、今は非常に小さい規模での試験ですので、スケールアップや実廃液試験が今後必要になってくるところでございます。

次のページでございますが、Am、Cmの両者の分離でございます。これもいろいろ議論があるところかと思いますが、Cmを分離することに意義があり得るということでございます。これは発熱性であり、中性子発生が多いCmを分離すれば、分離した後のAmの扱いが非常に楽になると

ということがまずありまして、そしてCmとしては存在比の多い同位体が244という同位体で、この半減期は18年ですので、Cmを分離した後保管すれば、この同位体はPu-240に崩壊しますので、このPu-240を核変換するほうが格段に効率的であるということでもあります。

こういったことでCm分離、遅延リサイクルということが考えられるわけでありまして、基盤的な研究といたしましては、これは東工大で開発したイオン交換樹脂であります、三級ピリジン樹脂吸着分離法の研究を行っております。試験結果の一例がその図でございまして、CmとAmがこのような形で分離されたということ、分離係数として 10^3 以上を達成できたということでございます。こちらは硝酸－メタノールの溶液系である必要があるということでございますが、ホット試験でこういう結果が得られております。

次に、FPの分離技術に関してでございますが、16ページの図がSr-Csの分離に関してでございます。これまでの問題点としては無機イオン交換体吸着法、4群群分離でもやってまいりましたが、酸濃度を低める必要がある、あるいはpH溶液にしなければならないといった欠点がありました。特にSrの吸着に関してそうであります。吸着法でなく溶媒抽出法を用いた場合はどうかといいますと、特殊な希釈剤が必要ですか、廃液処理が困難といったような問題がございました。

そこで、高濃度硝酸溶液で使用可能な無機吸着剤の研究と抽出クロマトグラフィの研究を行ってきたというところでございます。Csの吸着剤に関しましては、右の図に示しましたような、混合酸化物の吸着剤が高濃度の硝酸溶液でもCsの吸着能力があるといった成果が得られております。この図は横軸が硝酸、縦軸が分配係数でございまして、これは固液間の平衡を示す値で、これが高いということがCsを吸着できるということでございます。吸着した後どうするか、特に固化をどうするかといったことは今後の検討になっております。

Srの吸着剤に関しては高濃度硝酸溶液というのがほとんど難しい、今のところ見出されておられません、せいぜい酸性の溶液で使用可能なものぐらいまででございます。そこでSrに関しては特に抽出クロマトグラフィの研究ということでございます。抽出クロマトグラフィの特徴として希釈剤が不要であるということがあり、高純度の分離の可能性があるということです。Sr用、Cs用それぞれそこに示したような抽出剤を使った抽出クロマトグラフィの研究を行っております。

その一例が17ページですが、カラム試験を行いましてSr-Csがこういった形で分離できることを示しております。プロセスとしてはCsを吸着、分離した後、Srのフラクションをその後分離すれば、Srに α 核種の混入の可能性が非常に小さいということがわかっております。

時間もございませんので、少し急がせていただきまして、18ページが白金族元素の分離でございます。これに関してはC&R後も電解採取法の研究を行っておりまして、その図は横軸が電解時間、縦軸が析出率でございます。Pd等がこういった形で析出分離できるということでございます。

こういった元素の分離は利用の面をぜひ考えておきたいということで、写真に示したところが析出したものの表面の電子顕微鏡写真なんです、こういったでこぼこ構造になっていて、これが触媒利用に非常に有効であるということが確かめられております。黄色い枠のところに書きましたが、水素製造の触媒活性が高いといったことが確認されております。これが全てとはなり得ないかもしれませんが、こういった面も含めて今後も検討していきたいということです。

次に、19ページからが実用化研究としてのFaCTプロジェクトにおけるMA分離回収技術の研究の状況でございます。

まず、FaCTにおける燃料サイクルシステムの設計要求でございますが、安全性、持続可能性、経済性、核不拡散性等を指標としまして、MAの回収に関しましては、ウランで99.9%以上、TRUに関しても同じく99.9%以上といった設計要求になっております。ここでのTRUはPu、Np、Am、Cmの総和でございます。

FPに関してはSr、Cs、Mo、白金族元素等が検討対象でございますが、ガラス固化の合理化ということを目指し、おのおの90%程度の回収率の設計要求というふうにしております。FaCTの成果に関しましては、要素技術開発の進捗、設計検討内容の妥当性については別途評価されるということになっております。

FaCTのスケジュールは20ページでございますが、Np回収、Am、Cm回収、FP回収に関しまして、コールド、ウラン・RIの試験、ホット——実液の試験といったことで、こういった形で進捗しております。Npに関しましては遠心抽出器を用いた試験も行っておりますし、同時に遠心抽出器の工学的な試験、あるいは装置の耐久性向上、システム制御といったような検討も行われております。Am、Cmに関しましては、抽出法では実液試験を行っておりますが、抽出クロマト法ではウランやRIを用いた試験をやっている段階でございまして、今後、実液試験に進むということでありまして、同時にやはり工学的な検討を行っているというところでございます。

21ページがNpに関する共抽出工程、簡素化溶媒抽出工程の試験結果でございまして、写真に示しましたようなセル内に設置しました遠心抽出器を用いた実液による試験を行って、Npの回収率として99%以上といったような成果が得られております。同時にシミュレーションコードの改良、それによるフローシート検討といったことも行っております。

Am、Cmに関しましては、まず溶媒抽出法——SETFICS法の研究を行っておりまして、ここでもやはりホット試験が行われて、Am、Cmの損失率として1%以下、回収率として99%以上といった成果が得られております。プロセスはその枠に書いたとおりでございますが、まず抽出し、黄色のところで硝酸を洗浄し、その後DTPAという錯形成剤を使って、Am、Cmを選択的に逆抽出するというプロセスでございます。

こういった溶媒抽出法の検討を行ってきたわけでございますが、様々な評価を行った結果、より効率的にする、経済性を向上するという意味では、抽出クロマトグラフィの適用がいいのではないかということになりまして、その後は抽出クロマトグラフィの適用性検討ということで行っているところでございます。

ここでは基本的に2サイクルプロセスとして、Am、Cmと希土類元素を分類した後、両者を2段階目で分離するというステップを検討するとともに、1段階で、単サイクルでAm、Cmだけ選択的に回収することができないかというような観点でも試験を行っているところでございまして、ここで用いられる抽出剤として基盤研究の成果であるTODGAを用いたり、あるいはTRPENと書いてありますが、緑の枠の真ん中ですが、TPENの抽出剤にアルキル基を導入したのですが、こういったことも検討対象になっております。

抽出クロマトグラフィの試験結果の例でございますが、次の24ページでございます。左の図がAm、Cmと希土類元素を同時に回収する、CMP0を抽出剤とした吸着剤による試験結果でございます。Am、Cmが真ん中の緑の楕円の中にあるフラクションで回収、分離されたということでございます。それからAm、Cmと希土類元素との分離では、右の図にありますように、R-BTPとい

う抽出剤を用いた吸着剤カラムによる分離試験を、これも実際の高レベル廃液、非常に小さいスケールでございますが、実液を使った試験でこのように分離できるということが確認されております。こちらの試験は、東海の再処理工場の分析セルで行われたものでございます。また、左のCMP0カラムは原子力科学研究所のNUCEFでとられたものでございまして、様々な施設を有効利用するべく試験を行っているところでございます。

それから、次の25ページでございますが、Am、Cmに関する開発状況のまとめといったところでございますが、MAの回収のフローシート構築を進めているということと、同時に分離塔の開発、工学規模試験の検討を進めているということでございます。やはり抽出クロマトグラフィを実際のプロセスに適用するという点ではこちらが非常に重要でありますし、そのための活動を行っているということでございます。

時間もございませんので、最後でございますが、一応、今後の取り組みとしてまとめさせていただきました。FaCTの計画がまずありまして、そこでは2010年度末に採用する革新技术の決定があって、2015年度末には実証燃料サイクル施設の概念設計ですとか、実用燃焼サイクル施設の概念設計、実用化までの研究開発の提示ということがございます。こちらを中心に進められていくわけでございますが、MA分離のプロセスの成立性検討ということで、ただいまご説明したようなことを、工学的な面も含めて検討し、こちらに反映していくと。

同時に、抽出剤の研究ですとか、FaCTには入っておりませんFP分離の検討、こういったことを並行して進めて、それぞれ成果を反映していきたいということでございまして、実証施設で採用するMA分離プロセスの決定がございまして、そこにFP分離プロセスをどう付加するかということも重要な要素だと考えております。

こういったことでその先を想定すればということで書かせていただきましたが、2030年ごろのパイロットプラントに向けてということでございます。パイロットプラントの段階になっても、やはり生ずる課題があるはずでございますので、そういった点での工学的、基盤的研究も継続して進めていく必要があるということでございます。

急ぎでございましたが、以上です。

○山名座長　ありがとうございました。

それでは、本件について質疑をお願いします。

若林委員、どうぞ。

○若林委員　Am、Cm等、やはりレアアースの分離というのは、多量にあるレアアースが原子炉の炉心特性に影響を与えるという観点からレアアースの分離ということをやられてきたと思うんですけども、今、炉心特性の観点からレアアースを幾らに抑えるのかという目標値はどういうふうに設定されているのかということと、それに対して今回いろいろな手法でAm、Cmとレアアースの分離を行ってきたんですけど、その目標値を達成しているのかどうかという点について教えていただきたいと思います。

○山名座長　船坂さんから。

○船坂副部門長　炉心上から言えば、DFが100程度あれば十分であろうというふうに思っております。それについても十分達成できるというふうに考えております。

○山名座長　よろしいでしょうか。

○若林委員　DFが100というのはレアアースの量からいうと、Am、Cmが1に対してレアアースが1という、そういう条件なんですか。

○船坂副部門長 0. 1ということです。

○山名座長 深澤委員、どうぞ。

○深澤委員 ちょっと確認といいますか、あれなんですけど、7ページと8ページを見ますと、前回のC&Rから大きく方針が変わっていると思います。特に8ページの表を見ると、前回のC&Rの方法と共通しているところがほとんどなくて、せいぜいCMP0を使っているところが似ているところであって、ほかのところは全然違うということになります。そうすると、今回のC&Rというのは全くゼロからのC&Rになると、前と同じような基礎的なところからC&Rをするということになると思います。

それからもう一つ心配なのは、今後こういうことがまた起こらないかということでありまして、そこら辺のところをちょっとお伺いしたいなと思いますけれども、いかがでしょうか。

○山名座長 森田さん。

○森田グループリーダー まず私が直接かかわっていました4群群分離プロセスに関して申し上げますと、4群群分離プロセスに関しましては実液試験を行って、ある段階まで達したという判断でございます。その先はといいますと工学的な検討ということになるかと思いますが、FaCTの研究開発が進んでいる段階におきまして、このプロセスをそういう段階に持っていくということは、今そういう判断ができる状況じゃなかったということがまずございます。それなりに評価して、よりよいものができそうということがございましたので、きょうご説明したようなところで基盤的な研究を行ってきたということでございます。

先ほども少し井上さんでの議論でもありましたが、やはりメインのプロセスが重要であるのは間違いないんですが、メインのプロセスの基礎的な研究から実用化に向けてということで言えば、それなりに考えて進めておりますので、大きな障害はないだろうというふうに私は思いまして、やはり前後の検討が重要だというふうに思います。DIDPAに関しては前の部分が経済性悪化の原因になるだろうということで、ここでいったんとめてということでありました。

この後でございますが、やはりFaCTで進められているNEXT法の研究を中心に行っていくということでございます。

○山名座長 深澤委員、そういう話なんですけど、恐らく、私思うんですが、この分野は極めて進歩した例ですよ。特に抽出剤の開発、これはやはりある湿式の分離体系の中でどんどん新しい、いいものが発見されてきているということで、これは決してスタートにまた戻ったというわけではなくて、やはり発展に向かっていると解釈していいと思うんですね。ですから、我々のこの評価もゼロからやり直すというよりは、むしろ湿式の分離の中の流れが、特に抽出剤を中心に高度化してきたことの進みぐあいを見ることがよろしいかと思いますが、いかがでしょう。

○深澤委員 おっしゃるとおりで、性能的に格段にアップしていますので、進歩だと思いますけれども、逆に言いますと、いつまでも基礎から脱却できないのではないかという心配が出てきまして、そこら辺のところをちょっと心配したところですよ。

○山名座長 ご指摘として承っておきます。

ほかに何かございますか。井上さん、どうぞ。

○井上首席研究員 すみません、この4群群分離法のところなんですけど、最初の検討会で、学会のアクティビティを紹介させていただいた4群群分離法については、今まで一番よく経験されて試験も進んでいるということで、あれを皆さんの合意のもとに対象として使わせてもらった

んですが、9 ページに、4 群群分離法で、沈殿生成の回避が有効と推定、廃液処理の効率化等に限界とありますが、これはもう致命的なことなんですか。

なぜこれを言うかという、せっかくあそこまでやられまして、学会なんかで評価したところでは、結構、今まで日本の中でよく開発されたプロセスではという認識だったんですけどね。さっきもうやめられたというお話を聞いたもので、その辺のところの事情をもうちょっと。

○森田グループリーダー 致命的な問題であるというふうには思っておりません。申し上げましたとおり、やはりよいプロセス、経済的なプロセスを目指すという上では、やっぱりここが一番、4 群群分離プロセスでは問題だろうということでございます。もしこれに代わる手法でそこがよくなるならば、そちらを選択すべきということになり得るということで、新しいプロセスで、なおかつ新抽出剤として可能性のあるものが見出されていたのでということでございます。

4 群群分離プロセスは実際の活動はございませんが、別に我々の認識としては捨てたという意識はございませんで、比較対象とするというふうになんて書きましたが、これよりよいものならばということ、それを目指した研究を基盤的な研究としてはやってきたということです。

○山名座長 よろしいですか。

ほかに何かございますか。どうぞ、田中先生。

○田中委員長代理 時間がないから細かい議論はするつもりはないんですけども、MAの分離をした後どうするかということなんですね。だから分離は分離としてしまって、MAとかFPを分離して、その後また調合して、炉に戻す。その炉はFRもあるし、FBRもあるし、ADSもあるということかと思うんですけども、そこが炉のほうの要件と合ったもの、合った分離技術でないといけないんじゃないかという気がするんです。それに合わせるのか、それともそれは無理で、分けてやるのか、その辺の考え方を整理しないと、いろいろな分離技術が、いっぱいきょうも紹介されたんですけども、これをどうするか。

さっきの質問もありましたけども、乾式もそのところをどういうふうにするのか。FRに持っていくのかということではちょっと意味が違ってくると思いますので、そういうことをぜひ整理していただきたいなと。その上できちっと評価していただきたいと思うんですが。

○山名座長 じゃ、燃料とのリンケージに関して、湿式と乾式から一言ずつ、何かコメントございますか。

○森田グループリーダー 一応湿式の分離に関しては、MAと希土類元素の分離がやはり重要という話があったんですが、それはある範囲、希土類元素の混入量をある限度以下にすると。なおかつ出てくる溶液は硝酸溶液としてその後の処理が問題ないようにすると、そういうスタンスでやっております。FP元素は当然ながら、ある除染係数以上、100ですとか、プロセスによってはさらに高い数値が得られる、そういう目標でやっております。

○山名座長 ちょっと端的に、多分田中委員のおっしゃられたことは、階層型で湿式で回収したMAをもう一つの階層に動かしたときに、どういう形態で窒化物のサイクルに入れていくかということだけ簡単にご説明願えますか。

○森田グループリーダー いったん酸化物にしまして、その後、窒化物にするという形になります。

○山名座長 ありがとうございます。

井上さん、乾式に関して、今の燃料との整合性については何かありますか。

○井上首席研究員 私どもは従来からその金属燃料サイクルというのを開発しておりまして、それで、MAを燃焼させるにも、やはり一番最初に私が冒頭に申し上げましたように、中性子スペクトルは硬いので、MAの燃焼ということに対しても金属燃料というのはアドバンテージがございます。それで先ほどの整合性という観点からは、今後特にMOXとかが使われる場合に、MAというのはたくさん発生してきますので、それを先ほどのような方法で回収して、そして金属サイクルに入れるということで整合性をとっております。

○山名座長 ありがとうございます。

よろしゅうございますか。今後の課題ということで。

○田中委員長代理 まだいろいろありますから、いいです。

○山名座長 今後の議論に残しておこうと思います。

ほかに何かございますか。よろしいでしょうか。

もしこれ以上コメントがないようでしたら、この議題については以上とさせていただきます。ありがとうございました。

それでは、もう時間がございませんが、今後のこの議論の進め方について、事務局のほうから何かございましたらお願いいたします。予定も含めてですね。

○牧参事官補佐 事務局でございます。本日、分離技術のほうについてヒアリングさせていただきました。次回は、今度は変換のほうについてお話を伺うという予定にしております。それとあわせて、今、田中委員長代理がおっしゃった話も含めて総合的にご議論いただければと思っております。

それで、次回でございますが、12月12日金曜日、時間としては13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、決まりましたらご連絡を差し上げますのでよろしくお願いいたします。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

皆様のほうから何かほかにございますでしょうか。松田委員、どうぞ。

○松田委員 事務局のほうで用意していただいた参考資料は新しい情報だと思うんですけども、これはもう何もご説明なくてよろしいんですか。田中委員が行かれたときの報告ですけど。

○渡邊主査 事務局でございます。きょうはちょっと参考資料ということで、今回の議題とちょっとまた内容を異にしておるかなと思ひまして参考資料としてお配りさせていただいておりますけれども、先日、田中代理がEU及びフランスにご出張された際にいろいろとまとめております資料になりますので、ぜひご参照いただければ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。

井上さん、どうぞ。

○井上首席研究員 すみません、ちょっと1点だけ、今後のことについてなんですけれども、きょう冒頭にお話が出ましたように、均質サイクルとか非均質サイクルとか、非均質サイクルも完全にインデペンデントに非均質にするのと、炉の中で非均質にするのとか、それからAm、Cmの遅延サイクルとかいろいろあると思うんです。一度その辺の概要と、それから特徴なんかを整理していただけると非常にわかりやすいという気がするんですけど。

○山名座長 ご指摘のとおりでして、今後やはりADSと、それから均質FBRサイクルと、それか

ら非均質型のFBRサイクル、その３者のお互いの比較というのは何らかの形で必要だと思えます。ただ、非均質については今まで十分まだ評価がされていないというふうに伺ってしまして、どういう切り口から入るかというのはまた事務局のほうで検討するということにさせていただきまして、いずれその議論を行うということにお考えいただいてよろしいかと思えます。

それでは、よろしゅうございますか。

では、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