

第1回 分離変換技術検討会（案）

1. 日 時 平成20年9月19日（金）10:00～12:10
2. 場 所 虎の門三井ビル2階 原子力安全委員会第1、第2会議室
3. 議 題

- （1）分離変換技術検討会での審議事項について
- （2）平成12年報告書の概要
- （3）分離変換技術の導入意義について
- （4）その他

4. 出席者

（検討会構成員）

山名座長、河田委員、長崎委員、深澤委員、矢野委員、山中委員、山根委員

（招へい者）

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

（原子力委員）

近藤委員長、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1-1-1号 原子力委員会研究開発専門部会分離変換技術検討会の設置について

資料第1-1-2号 原子力委員会研究開発専門部会分離変換技術検討会の進め方について
（案）

資料第1-2号 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書「長寿命核種の
分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方」（平成12年3
月31日）の概要

資料第1-3-1号 高レベル廃棄物管理に対する分離変換技術導入効果の検討（日本原子
力学会分離変換・MAサイクル研究専門委員会）

資料第1-3-2号 高レベル放射性廃棄物処分への分離変換技術の導入意義（日本原子力
研究開発機構）

（参考資料）

参考資料1 「長寿命核種の分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方」
（平成12年3月31日 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会）

参考資料2 「高速増殖炉サイクルの研究開発方針について」
（平成16年11月2日 文部科学省研究開発局）

参考資料3 「高速増殖炉サイクル技術の今後10年程度の間における研究開発に関する基本
方針」（平成16年12月26日 原子力委員会決定）

午前 10時00分 開会

○牧参事官補佐 それでは、定刻になりましたので、研究開発専門部会分離変換技術検討会の第1回を開催いたします。

私、原子力委員会の事務局を担当しております牧と申します。まず、今回は第1回の開催となりますので、議事に入ります前に本検討会の委員並びに今日お越しいただいた有識者の皆様のご紹介をさせていただきます。

まず、この会議の座長をお願いしております京都大学原子炉実験所の教授、山名元様です。

山名座長 よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 それから、検討会の委員としてお願いしておりますのが、まず原子力発電環境整備機構の理事の河田東海夫様です。

○河田委員 河田でございます。よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 続きまして、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻の教授の長崎晋也様です。

○長崎委員 長崎です。よろしく願いいたします。

○牧参事官補佐 日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所燃料サイクル部主管技師の深澤哲生様です。

○深澤委員 深澤です。よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 続きまして、理化学研究所仁科加速器研究センターセンター長の矢野安重様です。

○矢野委員 矢野でございます。よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 大阪大学大学院工学研究科教授の山中伸介様です。

○山中委員 山中でございます。

○牧参事官補佐 名古屋大学大学院工学科マテリアル理工学専攻教授の山根義宏様です。

○山根委員 山根です。よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 それから本日、ご欠席でございますけれども、東北大学大学院工学研究科の教授の若林利男様にも検討会の委員をお願いしてございます。

それから本日は、この分離変換技術の関係の有識者、ご説明者等といたしまして、会に招へいしてございます6名の方にお越しいただいております。

まず電力中央研究所主席研究員の井上正様。

井上首席研究員 電中研の井上でございます。今日は電中研という立場ではなしに、学会の研究専門委員会という立場でちょっとお話しさせていただきます。よろしく願いいたします。

○牧参事官補佐 よろしく願いいたします。それから、日本原子力研究開発機構経営企画部会研究主幹の大井川宏之様です。

○大井川研究主幹 大井川です。よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究部門部門長の小川徹様です。

○小川部門長 小川です。よろしく申し上げます。

○牧参事官補佐 同じく、日本原子力研究開発機構次世代原子力システム研究開発部門設計統括ユニットサイクル解析グループグループリーダーの小野清様です。

○小野グループリーダー 小野です。よろしく願いいたします。

○牧参事官補佐 日本原子力研究開発機構次世代原子力システム研究開発部門副部門長の佐賀

山豊様です。

○佐賀山副部門長 佐賀山です。よろしくお願いいたします。

○牧参事官補佐 日本原子力研究開発機構次世代原子力システム研究開発部門の部門長の永田敬様です。

○永田部門長 永田です。よろしくお願いいたします。

○牧参事官補佐 それから今日は、原子力委員も参加してございます。

まず、近藤駿介委員長です。

○近藤原子力委員会委員長 よろしくお願ひします。

○牧参事官補佐 続きまして、松田美夜子委員です。

○松田原子力委員会委員 よろしくお願ひします。

○牧参事官補佐 続きまして、伊藤隆彦委員です。

○伊藤原子力委員会委員 よろしくお願ひします。

○牧参事官補佐 本日、田中俊一委員長代理と、広瀬委員につきましては欠席でございます。

それでは、以後の議事進行につきましては、座長の山名先生をお願いをいたします。

○山名座長 それではお忙しいところを大変ありがとうございます。台風が接近しているという中で、荒れたスタートなんです、ぜひ活発なご議論をお願いしたいと思います。

本日は第1回ということで、3つの議題を用意しております。まず本検討会での審議事項、それから平成12年報告書の概要と、それから導入意義について、3つ用意しておりますが、まず事務局のほうから本日の審議の資料の確認をお願いいたします。

○渡邊主査 失礼いたします。では席上に配付いたしました資料の確認をさせていただきます。

議事次第、出席者リスト等に引き続いて、資料第1-1-1号「原子力委員会研究開発専門部会分離変換技術検討会の設置について」、資料第1-1-2号「原子力委員会研究開発専門部会分離変換技術検討会の進め方について（案）」、資料第1-2号「原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書『長寿命核種の分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方』の概要」、資料第1-3-1号「高レベル廃棄物管理に対する分離変換技術導入効果の検討」、資料第1-3-2号「高レベル放射性廃棄物処分への分離変換技術の導入意義」をお配りしております。

また机上のみの配付となりますが、参考資料といたしまして、参考資料1「長寿命核種の分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方」、参考資料2「高速増殖炉サイクルの研究開発方針について」、参考資料3「高速増殖炉サイクル技術の今後10年程度の間における研究開発に関する基本方針」をお配りしております。

不足している資料等ございましたら、事務局までお願いいたします。

○山名座長 資料等よろしゅうございますでしょうか。

それでは審議に入っていきたいと思ひます。本日の1番目の議題は、本検討会での審議事項についてということでございますので、資料1-1-1と1-1-2を使って事務局のほうからまず説明をお願いいたします。

○牧参事官補佐 それでは、まず資料1-1-1でございます。研究開発専門部会の決定文でございますが、分離変換技術検討会、この検討会の設置の関係ペーパーでございます。

目的といたしましては、我が国における分離変換技術に関する研究開発の現状について整理する。それから本技術の効果及び意義を分析する。それを踏まえた今後の研究開発の進め方に

ついて検討を行うということになってございます。

具体的な進め方につきましては、資料 1-1-2 のほうでご説明をしたいと考えております。まず、1 番目のところに背景を書いてございます。ご案内のとおり、分離変換技術につきましては、高レベル放射性廃棄物に含まれる元素等を分離し、その長寿命核種を短寿命核種や安定な核種に変換していくという技術でございますけれども、これにつきまして昭和63年、1988年に原子力委員会に当時設置されておりました放射性廃棄物対策専門部会におきまして、「群分離・消滅処理技術研究開発長期計画」、通称「オメガ計画」というのが取りまとめられてございます。この計画につきましては、その後平成11年に設置されました。このときはバックエンド対策専門部会の下に設けられた分科会におきまして審議が行われまして、平成12年3月に「長寿命核種の変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方」という報告書として取りまとめられたところでございます。

平成12年の段階で広くチェックアンドレビューを行ったわけですが、その報告書におきましては、今後の研究開発のスケジュールというところで、2005年ごろに研究開発シナリオ全体の再検討を実施する機会だとして、また再度チェックアンドレビューを行うべきというようなことが書かれてございました。

この報告書をまとめてから既に8年が経過してございまして、2005年は既に過ぎているわけですが、その後、いろいろな状況変化等、例えば高速増殖炉に関する研究が2005年度に戦略調査研究が終了いたしまして、2006年から新しいフェーズの研究が始まっておりますし、それからこの分離変換技術の研究を行った主要機関である日本原子力研究所と核燃料サイクル機構、この2つが統合されたというようなさまざまな変化がございまして、現在の段階で分離変換技術に関するチェックアンドレビューを行っていかうというのが、今回の背景になってございます。

2. のところ、検討課題というところでございますが、大きく3つ書かせていただきました。1つ目は(1)のところでございますが、分離変換技術の意義ということで、この技術の導入効果ですとか、導入シナリオについてでございます。(2)のところですが、分離変換技術の研究開発の現状ということで、国際動向ですとか、分離技術の状況、それから核変換技術の状況、それから裏面にまいりまして3番でございますが、分離変換技術の今後の研究開発ということで、分離変換の位置づけやポジション、それから今後の研究の進め方、核変換技術についての研究の進め方、必要なインフラの整備ですとか、今後の必要性について、国際協力の活用について、というような検討課題を掲げさせていただきました。

それから今後の検討スケジュールも、あわせてこのペーパーに書いてございますけれども、本日、平成12年報告書のご紹介とともに、分離変換の導入意義についてヒアリングをさせていただくとともに、現在の計画では全6回書いてございますが、年内の報告書の取りまとめを目標に、今後検討していきたいと考えてございます。

私から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、今ご紹介のありました今後の検討会の進め方について、何かご質問、ご意見がありましたらおっしゃってください。よろしくお願いします。

深澤委員。

○深澤委員 一点確認させていただきます。背景のところの1行目に高レベル放射性廃棄物に

含まれる元素と書いてございますけれども、高レベル放射性廃棄物に含まれる元素が対象と考えてよろしいのでしょうか。今回の検討の対象としては。

○山名座長 事務局のほうからお願いしたほうがいいかな。

○牧参事官補佐 そのような理解でございますが、ご質問の趣旨としては・・・。

○深澤委員 趣旨としては、例えばヨウ素とかカーボンとかは含まれませんけれども、こういうものは対象外と考えて。

○山名座長 ちょっと私のほうから。余り狭く限定するつもりはございませんで、燃料サイクル全体を柔軟に、今おっしゃったヨウ素なども非常に重要な対象ですので、検討対象に入れるつもりでおりますが、少し広い目で見たいこうと思っております。

○深澤委員 わかりました。

○山名座長 何かほかにご意見、ご質問等ございませんか。基本的に分離変換の意義と、それから現在の技術の現状と、それから今後どうやっていくかという3つの大事な議論を進めていくことになります。大体こういう方向性で、委員の先生方よろしゅうございますでしょうか。

それでは、今の深澤委員のおっしゃったような、少し対象核種については広目に、臨機応変に対応するということを反映した上で、この提案のとおり今後進めさせていただくということにさせていただきたいと思います。

それでは議題2に入っていきたいと思いますが、議題2は平成12年報告書の概要ということで、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 平成12年の報告書、机上には報告書そのものも配付させていただいてございますが、資料1－2に概要の資料をつくってございますので、こちらをもとにご説明をしたいと思います。

まず1枚めくっていただきまして、2ページのところでございますが、平成12年のこの報告書をまとめるまでの経緯というところでございますが、原子力委員会におきましてもこの平成12年に至るまでにさまざまな検討をしてございまして、過去には1976年の廃棄物対策専門部会においての指摘等、それから原子力長計におきましても、分離変換という技術が取り上げられてきたところでございます。それから先ほどの説明にも出てまいりましたけれども、1988年、昭和63年に、通称「オメガ計画」というのが取りまとめられたところが大きなところでございます。

3ページ目のところに、「オメガ計画について」と書いてございます。当時の廃棄物対策専門部会において、高レベルの廃棄物の処分の効率化等、さまざまな安全性の向上等を目的といたしまして、その研究開発の計画が立てられました。そのときの計画においては、昭和75年というような言い方をしてございますが、大体2000年ぐらいまでの計画について線表を引いたり、その技術についての整理を行ったというものでございます。

このオメガ計画の後につくられました原子力長計におきましても、これは平成6年、1994年につくった長計ですけれども、そこにおきましても分離変換技術に関しましては、1990年代後半を目途に評価をしようということが掲げられたところでございます。そういうこともございまして、この平成12年の検討というのがあったわけでございます。

4ページ目をござらんください。「分離変換技術とは」というところでございます。今日お集まりのメンバーでは釈迦に説法かと思っておりますけれども、簡単にご紹介いたしますと、分離変換技術の目的としましては、大きく2つございますけれども、放射性廃棄物処理処分の負担軽減

ということで、初期の高い放射能、発熱の原因となるような短寿命核種を分離して、廃棄物を減容していくようなこと。それから長寿命の核種を分離し、それを低減していくということで、潜在的危険性を低減していくというような大きな目的。それに加えて、資源の有効利用、いろいろな希少元素、白金族の元素などございますけれども、そういうものの有効利用というのも目的の一つとして入ってございます。

分離変換技術と呼んでございますが、このオメガ計画の頃は群分離・消滅処理というような言い方をしてございました。これを平成12年の報告書のときに、分離変換という言い方にすることになったということでございます。そのときの議論といたしましては、消滅処理という言葉は魅力的な言葉だけれども、すべての廃棄物を消滅できるというような誤解を与えてしまうのではないかと、そういう議論があったと聞いてございます。ということで、分離変換という中立的な言い方をすることになったということでございます。

まず分離のほうでございますが、その元素、放射性核種を、物理的、化学的、いろいろな方法を用いて分離をしていくという技術。変換のほうにつきましては、この分離した後、中性子、ガンマ線などを当てていくことで、核種が変換していくというそういう反応を利用いたしまして、安定核種や短寿命核種に変えていこうという技術でございます。

5 ページ目をごらんください。この技術につきましては、オメガ計画に基づきまして主に3つの機関で研究をされてきておりました。1つが日本原子力研究所 原研、それから核燃料サイクル開発機構。この2つが合併しまして、原子力研究開発機構になっているところでございますが、この2カ所と電力中央研究所の3機関が研究してございました。当時でございますが、大きくその3者の比較をしてございますけれども、まず核変換サイクルの考え方ということで、大きくこれは2つに分かれます。階層型と高速炉利用型。6 ページ目のところにその2つの考え方について簡単に書いてございます。

高速炉利用型というものは、発電炉を利用した技術ですけれども、分離をした上で、発電用に使っている高速炉にその燃料を戻しまして、サイクルを形成していくというような考え方、一方、下段のほうでございますが、階層型、これは専用サイクル型というような言い方もございますが、通常の商業発電炉の核燃料サイクルとは別途、この核変換のためのシステムを設けるという考え方でございます。その方法として、加速器駆動炉というようなものが計画されているところでございます。

5 ページに戻っていただきまして、この2種類の考え方、階層型につきましては旧原研が、高速炉利用型につきましてはサイクル機構及び電中研のほうで研究をしてございます。それから分離プロセスについても違いがございまして、原研とサイクルにつきましては、硝酸ですとか有機溶媒などを溶媒とする湿式というものの、それから電中研のほうでは熔融塩ですとか、液体金属を溶媒とする乾式というものの研究がされております。

それから燃料にして燃やしていくわけですが、それにつきましても原研については窒化物燃料、それからサイクル機構におきましては、いわゆるMOXでございますが、混合酸化物燃料に混合させる形態、それから電中研におきましては金属燃料ということで、ウラン、プルトニウム、ジルコニウム系の合金だと聞いてございますが、その金属燃料にしていくという考え方。それから核変換のプロセスということで言えば、原研におきましては加速器駆動の未臨界炉ですとか、専用の高速炉という考え方に対し、サイクル機構と電中研におきましては、今計画されております高速増殖炉を利用していくという考え方になってございます。

それから1ページ飛びまして、7ページでございます。平成12年のこのチェックアンドレビューにおきましては、それぞれの研究につきまして、3段階の研究開発段階を設定いたしまして、そのどの段階にあるかという分析を行っております。その3段階といいますのが、まず要素技術の開発、2番目が工学実証、それから3番目が原型プラントという3段階をそれぞれの技術によって設定したわけでございますが、この表をごらんいただいたとおり、そのどれもまだ要素技術開発の段階にあるということでございます。全体のまとめとしましては、第1期と呼ばれる基礎的な部分では初期の目的を達成したところでございますが、その先についてはまだまだの部分があるというようなところでございます。その時点での技術的課題というのを、この報告書では整理をしております。

8ページでございますが、平成12年の報告書における平成12年の時点の「今後の進め方」だとうご理解いただきたいんですが、この報告書におきましては、この分離変換技術については有用な技術となる可能性があり、今後とも着実に進めるべきである。それから核燃料サイクルと不可分の技術であるということで、サイクルの一部としての検討が望まれるといったこと。それから、5番目のポツですが、核燃料サイクルのオプションを広げるという観点から、幅広いシステムや技術を対象に進めて、新しいアイデアを吸い上げるというようなことも大事だというような指摘をしております。それから、2つの概念がございますけれども、高速炉型も階層型も、それぞれ特徴があるので、双方の技術開発を進めていこうとなつてございます。

それから先ほどもございましたけれども、一番下のポツですが、2005年頃を目途にチェックアンドレビューをしていこうということが報告書の中では書かれました。

9ページ目からは平成12年以降、これは政策的な動きでございますが、そこを簡単にご紹介させていただきます。まず2005年のところですが、日本原子力研究開発機構が発足いたしました。この機構の中期目標におきましても、分離変換技術についての検討を進めるということが位置づけられてございます。

それから2005年に原子力政策大綱 現在の大綱ですが、大綱の研究開発の部分におきまして、我が国の原子力利用を横断的に支える技術基盤、基礎・基盤的な研究開発の主要な活動の一つといたしまして、この分離変換技術の研究開発が記載されているところでございます。

それから2006年でございますが、総合科学技術会議の分野別推進戦略では、高速増殖炉サイクル技術が「国家基幹技術」に選定され、その中に、重要な研究開発課題として分離変換が位置づけられているところでございます。それから2006年に、それまで進められてきた高速増殖炉の調査研究のフェーズ2が終了いたしまして、その評価が進められたところですが、1ページめくっていただきまして10ページ目ですが、文部科学省研究開発局が「高速増殖炉サイクルの研究開発方針について」というのを取りまとめてございますが、そこの中におきましても、分離変換というものの位置づけがございます。

12年の報告の概要と、その後の経緯を簡単にご紹介させていただきました。以上でございます。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは今の12年報告について、ご質問等ありましたらお願いいたします。

長崎委員。

○長崎委員 3つあります。1つ目はこの12年の報告書が出てからの8年間の間に、こういう研究をいろいろと……8ページ目の間には今後の研究の進め方というのが提言されているんで

すが、それに対してどのような予算的あるいは人的な担保ということがされてきたのかということをまず知りたいのが1つ目です。

それからこの12年の報告書が出たときに、いろいろレビューされていたときに、こういう分離変換技術は、どれぐらいの時期にどうあるべきかということは、すなわち例えば2050年にはもうできているというような、そういう時間というのか、何年ごろにどうなっているはずだということを、ある程度具体的に想定をしてやったのかどうかというのが2つ目の質問です。

3つ目は、いろいろと有効利用というところで、燃料として使いますねというそういう有効利用あると思うんですが、白金族とかそういったものをいろいろと有効利用できますねということはいろいろ聞くんですけども、本当にいわゆる一般社会で、あるいは原子力のほかの施設でいいんですが、いわゆる有効利用されるには、こうしたら有効利用できるんですよというそういう努力をしてきたのか。しょせん机上での設計評価だけ一生懸命やってきて、白金族とかそういったものの社会での有効利用といったところにも、ちゃんと力を注いできたのかどうかと、この3つです。以上です。

○山名座長 ご質問は3つありましたが、実はこの第2回以降、その辺をいろいろ深く議論していくことになります。ただし、概要の状況として今短いお答えをいただいたほうがいいと思うので、まず政策的に予算や人員についてどうであったかという1番目については、委員会のほうからお願いしたほうがいいかと思います。

あるいは文部科学省のほうから。

長崎先生、そうしたら次回以降にきちんと数値をお出しするということでよろしゅうございますでしょうか。

○長崎委員 はい。

○山名座長 それから12年までの間のことに関して、目標時期をどう設定していったか。これについてはいかがでしょうか。

○牧参事官補佐 12年の報告の段階では、何年にどこまでというような、例えば2050年までにできるのか、2030年までにできるのかと、そういうようなとりまとめがされたわけではないようでございます。報告書の中におきましては、現状の評価とその今後ということを検討しており、何年までにでき上がるというような形の長期の評価をしたというわけではないようでございます。

○山名座長 それでは、あとは白金族等の一般産業界での有効利用に、何か具体的なアクションをとったかというようなことですが、これは……ちょっと今、小川部門長はおいでいただいていますので、今の2番目と3番目について、簡単にご説明いただけますでしょうか。

○小川部門長 当時、技術分科会に参加した者として、記憶にある範囲でお答えしますが、まず2番目の、いついつまでにというような目標がある程度あったかというのは、ケーススタディとしては分科会で議論はしましたけれども、出口のところそういうことを何か決めたということはありません。2005年ごろに再度チェックアンドレビューをやりましょうという、そういうことを決めたということだと思います。

それからその有効利用という観点、特にマイナーアクチノイドをエネルギー資源としてということを除いて、例えば白金族元素を回収して、どう有効利用をしようかということについては、当時いろいろと文献調査的なことはやっていたというふうに思いますが、その後、このチェックアンドレビューの後には、むしろ白金族の有効利用的な考え方は、はっきり申し上げて後

退して、余りやってこなかったというのが実情です。それはいろいろ資源的な限界もありというところもあって、どちらに重点を置いたかという、むしろマイナーアクチノイドですとか、発熱性の核種ですとか、そういうものをどう管理していくかと、そちらのほうに重点を置いて、研究開発を進めてきたというのは実情であります。

○山名座長 長崎委員よろしゅうございますか。大体そのようなところですが、詳しくは次回以降に、意義とかを含めて議論することになりますので、よろしくお願いいたします。

○長崎委員 ありがとうございます。

○山名座長 ほかに何かご質問等ございませんか。

山根委員。

○山根委員 概要の説明があったんですが、旧原研と旧サイクル機構で異なったアイデアで研究を進められておりまして、それが2005年に統合されたときに、その時点でやっておられた研究は、どういうふうに位置づけをするかというような内部的な検討かと思えますけれども、そういうことはされたんでしょうか。それとも、余りそこは手をつけずに、並行して続いているという、そういうことでよろしいんでしょうか。

○山名座長 本件も直接、小川部門長のほうからお願いいたします。

○小川部門長 2つの概念については、もちろんそれぞれこういう形で続けるようにというご指示をいただきましたので、担当部門をそれぞれ分けてはおりますけれども続けております。それでただし、例えば分離変換の導入効果のところですか、それから例えば分離のマイナーアクチノイドの分離のところ、そういう非常に共通的に重なる部分がありますので、そういうところは一体的にやっているということでもあります。大きくはつきりと分かれてやっているというのは、これはプロジェクトとして進めている高速炉のところ、それから基礎的な課題として取り組んでいるADSのところ、そこは分かれてやっておりますが、それ以外はおおむね重なっているというふうに理解していただいてよいかと思います。

○山名座長 永田部門長のほうからもご説明お願いいたします。

○永田部門長 今、小川部門長から指摘がありましたように、高速炉を利用してというところにつきましては、実用化戦略調査研究という段階から、実用化研究開発という形のより実現に向けてどういう計画で進めるかということについて、計画を見直して進めている。したがって、その中でこのこうした分離変換に関係する技術についても、今、当時とは少し違った形での展開、これは今の状況ですと、3回目か4回目かにご紹介させていただくことが可能だと思いますけれども、そこでやらせていただいています。したがって、サイクル機構が進めてきたところについての大きな部分については、いわゆる実用化戦略調査研究から、実用化研究開発というような形への展開の中で、どういう展開をするかについて計画を練り直し、レビューしていただき、それで進めているというような形になっております。

いずれにしても原子力機構になりまして、それで中期計画を新たに定め、それからまた年度ごとにそのチェックアンドレビューを入れるというような格好で、研究開発を進めておりますので、旧原研あるいは旧サイクル機構という段階から原子力機構になって、どう変わっているのかということになりますと、そして計画の立て方、それから進め方ということについても、大分チェックアンドレビューをきちっと入れるような形で、全体的には変わっている形になっていると思っております。

○山名座長 そのあたり、12年以降の詳しいことについては、第3回以降に詳しくレビューす

るということにさせていただきたいと思います。

ほかに何かご質問等ございませんか。特に、この12年レポートの記載内容等について、深澤委員。

○深澤委員 経済性に関して、当時は検討されたのでしょうか。それとも今後の課題として残されているのでしょうか。

○山名座長 事務局のほうから何かお答えいただけますか。あるいは小川部門長のほうから、直接お答えいただけますか。

○小川部門長 ごくあらあらのところですが、評価を行いました。ただ、もちろん非常に精度の粗いものだという事は断った上で、報告書のたしか補足、これのもう一つ厚い附属資料のようなものがあるんですが、その中に記載してあったと思います。それからそのとき、OECD/NEAでも並行して、経済性の評価というものを、やはり粗いものをしておりましたので、そういうものも参考にはしております。ただ、いずれにしてもまだ実現していない技術ですから、非常に粗いものということをご理解いただきたいと思います。

○深澤委員 ありがとうございます。

○山名座長 ありがとうございます。ほかに何かございませんか。

よろしいでしょうか。もしご質問等なければ、早速次の議題に入りたいと思いますが、とりあえず12年にこういったオメガの評価が行われて、この研究に意義があると。定期的チェックアンドレビューを受けながら進めていこうということは決まったと。その後8年たったという現状で今おります。

それでは12年については以上にいたしまして、次に本日の主要議題ですが、まず分離変換技術にどういう意義があるのかということ、少し詳しくお二人の専門家の方からご説明いただくということにしております。本日は電力中央研究所の井上首席研究員と、原子力研究開発機構の大井川研究開発主幹においていただいております。2つに分けますが、まず井上首席研究員のほうから、原子力学会の専門委員会で検討しておられる分離変換導入効果について、説明をお願いいたします。よろしくお願いいたします。

井上首席研究員 井上でございます。それでは先ほど申しましたように、きょうはちょっと学会の研究専門委員会ということから、そこで実施しましたことについてご報告したいというふうに思います。

それで、実はこの学会のこの表紙に、「分離変換・MAサイクル」研究専門委員会というふうになっておりますが、これはまだできてまもなく、その前に分離変換サイクル研究専門委員会というのがございまして、そのときにこのタスクフォースというのをつくってやったところでございます。それで毒性に関しては先ほど、今議論になりましたように、この前のチェックアンドレビューのときにかなり議論されましたので、今回、実際に何か具体的にこの分離変換することによって、具体的な効果としてどういうものがあり得るのかというような観点から、その学会の中にそのタスクフォースを設けて、約2年ほど活動してやってまいったところでございます。

それできょうはその中の効果と、それからそのときにも、いずれ原子力委員会で、前のときから決まりました2005年のときに、チェックアンドレビューがあるであろうから、そういうことに向けて学会として何か提言できることはないかというような観点からも検討しましたので、その両者についてご報告させていただきたいというふうに思います。

それで、これはちょっと釈迦に説法ですからごく簡単にいたしますが、高レベル廃液中の長寿命核種というのはどういうものがあるかということで、上のほうには主な超ウラン元素関係、下のほうには主なF P関係がございまして、そこにおいては非常に半減期が長いもの、いわゆる毒性が長く続くもの、それから発熱性の高いものというようなことが大まかにわかっていただけるというような観点から用意したものでございます。

それから、もう一枚用意しましたこれは参考でございますが、プルトニウムはいわゆる高速炉リサイクルするということから、プルトニウムを除きまして、それらをマイナーアクチノイド、MAというふうにここで表現させていただきますと、一体どれくらい本当にたまるものかというようなものを、ちょっと簡単に試算したものがこのグラフでございます。

それで一番下の、ちょっと線が消えておりますが、ちょうど50のところに横線が1本これあるわけです。これは、一応今六ヶ所の再処理工場の40年間800トン、3.2万トン運転されることによって……、処理量の中に含まれる超ウラン元素がどの程度かということは、これは40年運転ということを仮定してございますので、これが50トン。それからその次に80トンとなっておりますが、これは六ヶ所の次に、今これは別の検討会で議論されているんですが、いわゆる第二再処理工場というところから一応今1,000トンぐらい、1,000トンから1,200トンというふうに言われているんですが、一応1,000トンぐらいとしまして、それがまた40年間動かしたときに取り扱うMAの量がどれくらいかという、やはりこの40年で当然これはサチュレート、飽和してございまして、それが80トン。それから、さらにそれでも軽水炉の使用済み燃料はまだ処理し切れませんので、その後にはここでは第三再処理というふうに書いてありますが、ここで60トン。それからその上にありますワインレッドの色なんです、ここに約40トン。これはいわゆるMOX燃料、プルスーマル、今計画になっております軽水炉でMOX燃料を使うと、約40トンということでございます。それでトータル、軽水炉から発生するのはここにありまして、さらにその上にこのブルーのずっとあるのが、これがリニアに伸びておりますが、これがいわゆる高速炉ですね。高速炉でこれからMAがずっと発生してくるというのが、このようになってございます。だから大体高速炉自体は、年間約4トンぐらいMAが取り扱われるのではないかなというような感じでございます。そういうことをちょっと頭に置いていただくために用意したものでございます。

それでこれからちょっとその具体的な検討した内容のご報告をさせていただきますが、ここに目的としましては、いわゆる先ほどの毒性のところにつきましては前に十分行いましたので、その廃棄物管理の観点からの分離変換技術の導入効果を、いろいろな条件をパラメータとして定量的に示すということで、そのパラメータとしましては、発電用の原子炉、軽水炉、それからMOX、それから高速炉、それからTRUリサイクルの高速炉、それから再処理までの冷却期間を5年と20年というふうにとっております。それから再処理の方法、スキームとしましては、現行のこのPUREX、これが一つ。それからMAだけを回収し、当然これはウラン・プルトニウムは当然のことですが、そのほかにMAを回収した場合、そして高速炉にリサイクルする場合。その次に第3番目としましては、このMAの分離とF Pの分離をしてこれはともに分離だけすることにするけれども、全部これは処分するという。それから最後のものは、MAは回収して、これはリサイクルに持っていく。それからF Pは元素群に分けてこれをそれぞれ適切な固化体によって処分するということです。条件をそのパラメータに応じまして、その廃棄体の量と特質を明らかにして、これらの廃棄体の処分に要する、いわゆる処分面

積、それを非常に概略的に当たってみようというのは、このタスクフォースの目的でございます。

それで本検討の結果は、その発電用原子力システムの廃棄体の廃棄体のみを取り扱うため、核変換システムをどういうものを使おうということについては特に左右されないというふうに考えております。それで対象としましては、この原子炉システムと燃焼、それから崩壊、燃焼でございますが、ここにありますように軽水炉の UO_2 燃料で燃焼度は43GWd/tということでございまして、その右側にそれぞれ組成が書いてございます。ウラン235の濃縮度、またはプルトニウムですね。今の場合ですと、ウラン235の濃縮度です。それからMOXの軽水炉、この場合も同じような燃焼度で、この場合のプルトニウム富化度は6%。それからプルトニウム、このFBRに使う場合、この燃焼度が上がりましてこの場合に80 GWd/tとなっておりまして、このときのプルトニウムの富化度が17.3。それからTRUをFBRで回す場合に、これは約150 GWd/tという非常に強い高燃焼度ですが、それとあと富化度が19.6と、こんなような仮定で行ってございます。

それから対象としましては、群分離法なんですけど、これは旧原研のほうで開発されておりました4群群分離法、なぜこれを持ってきたかというふうに申しますと、これは今この時点今でも私はそうだと思っているんですが、この時点で一番技術的によく開発されたものである。それからこれをよく見てみますと、今六ヶ所のほうでいろいろ努力されておりますが、高レベル廃液の特性を非常によくとらえたこの分離法になっている。しかもこれは日本のオリジナルな方法で、非常に優れた方法ではないか。先ほどの繰り返しですけれども、よくこの時点で非常に研究されているということから、これを対象に持ってきてございます。

それで、これはどういう方法かと申しますと、これ実際に旧原研のほうで、実廃液、使用済み燃料を1.5キロ使って処理されたわけですけども、高レベル廃液というのはご承知のように、放置しておきますと極めて沈殿がしやすいというものでございます。このあたりが非常によく、その辺のことをよくご存じの方たちが集まってこういう方法を開発されたと思うんですが、それでまずその前処理で沈殿をとる。沈殿というのはここにありますように、ジルコニウム、モリブデン、それからルテニウム、このような元素群が沈殿が非常にしやすい。それでこれ沈殿をとった後、これ原研独自に開発された有機溶媒ですが、DIDPAというこの抽出剤によって、超ウラン元素群とそれから希土類元素を一括して抽出する。それでその逆抽出でTRU群だけ分けて、それから希土類は最後のところに持っていく。それからさらにまた沈殿を使いまして、今度、テクネチウムと白金族、それから無機イオン交換体を使って、これ2種類のものを使いまして、ストロンチウム、原研の場合にはストロンチウム・セシウムと一括しておりましたが、ここでやるときには、これは比較的分離しやすいということで、セシウムとストロンチウムを別に分けました。ということで、トータル5種類の上のいわゆる沈殿、それからTRU群、それからテクネ・白金族群、それからセシウム・ストロンチウム、それからその他の元素群というこの群に分けまして、そして処分の与えるのがどうかというふうにしました。

それでその4つのスキーム、先ほどの繰り返しですから、これは簡単にしますが、従来のPUREX法と、この場合をプロセスRというふうに呼びます。このときには、ウランとプルトニウムの回収率が99.5でございます。この場合は通常のガラス固化体が生ずる。

それから2番目でFPの群分離はせずに、MAのみを回収して核変換。だからこれはMAだ

けを燃料サイクルに入れるというこれをプロセスAということで、上記PUREXから生じる高レベル廃液からMAを回収し核変換する。MAの回収率は99%。だからこの回収した後、ごくわずかに残るMAだけを含んだガラス固化体が生じるということです。

それから3番目は、これはプロセスFとなっているんですが、MAも分離するんですがこれは回収だけして処分するというシナリオでございます。

それから4番目はプロセスP、これはMAも回収し核変換し、それからFPも群分離して適切な方法によって処分する。この4つのスキーム、システムについて検討したものでございます。

それで、このグラフ非常に細かくて恐縮なんですけど、ただここで何を申したいかと申しますと、それぞれの群にどういう元素が入るかということをお示ししております。これは原研でなされました4群群分離法の実験結果に基づいて、この分離、分配を記述してあります。お手元の資料は多分ピンクで出ていると思うんですが、このピンク色のところにそれぞれの元素群の大半が入っているということでございます。当然アクチノイドのときには、アクチノイド元素、それからランタノイドはランタノイド、それから前処理沈殿のは先ほどのジルコニウム、モリブデンとか、それから一部プルトニウム、それからストロンチウム・バリウムと、セシウム・ルビジウム、それからテクネ・白金族群、それから2次廃棄物となっておりますが、2次廃棄物はもうこれらをとった後ですから、今回の場合には簡易的にこの件に関しては評価から省きました。

それでこれがそれぞれどういう廃棄体をつくるかという次のページ、9ページでございますが、どういう廃棄体にするかということでございます。これはできるだけ現行のガラス固化体の技術に沿って、それからないものについては新しい方法ということでございます。それで、先ほどのプロセスRというこの従来のPUREX法からは、当然ガラス固化体、それからプロセスAというのは、これはマイナーアクチノイド回収ですから、MAなしというか、MAがごく微量に含まれたガラス固化体が出てくる。

それからプロセスFというのは、これはすべて群分離するというので、このガラス固化体の中に先ほどのランタノイド、それからMAも入ります。それからもう一つ、ガラス固化体、これは非常に長期間保存しておく必要がありますから、ガラス固化体というふうに仮定したんですが、このセレン、ジルコニウム、このようなものが入るガラス固化体。それからもう一つ、焼成体2つございまして、1つはストロンチウムとかバリウムの焼成体、それからセシウム、ルビジウムを含む焼成体、それからあとは最後の金属廃棄物として合金廃棄体というこの5つのものに分けております。そして最後のプロセスPというものでございますが、これは先ほどの上の場合のガラス固化体の中から、MAだけがこれリサイクルされますので、MAがほとんど含まないガラス固化体、それからあとはこの4つは一緒です。このような仮定に基づいて、それぞれ処分面積というのはどう変わるのかということを検討したものでございます。

それで、まずこういうことによって何本ガラス固化体が発生して、そしてそのガラス固化体が要する面積、地表面積はどの程度になるかということで話を進めてまいりました。それでまずこの廃棄体のプロセスR、プロセスAというのは、先ほどのMAをいわゆる従来のPUREXとそれからMAを回収してリサイクルするといふときのガラス固化体ですけれども、この場合、体積が150リットル、これは現在のガラス固化体に準拠した数値を使いました。それが重量が40キログラム。それから酸化物の最大割合を約15wt.%、これも今のガラス固化体の指標に準拠

しております。それからモリブデン酸化物の最大割合、これが約3%、それから固化体製造時の最大発熱が2.3kW。それから処分した場合の処分場のそのバフファ材、これは今ベントナイトが考えられているようですが、オーバーパックの外側のバフファ材です。そこの最高温度が100℃ということでございます。

伝熱計算はここにありますようなコードを用いまして、それでその廃棄体の硬岩系の堅置き概念、これは当時のJNCさんがまとめられました第2次取りまとめの値をそのまま使って、廃棄体のピッチを4.4m、それから処分坑道の間隔10m、それから深度はこれは余り影響してきませんが、この場合には約1,000m、それから再処理の処分までの冷却期間50年というふうにしております。

そしてこれがいわゆる廃棄体をどのように置くかということでございますが、いわゆる10m間隔で、それぞれ4.4mピッチでガラス固化体を右に書いたこのベントナイト、オーバーパック、それからさらにガラス固化体というトータル2.2m、高さが4m、このような概念を基本としております。それで高レベル廃棄物1本に要するここまでの処分面積としては、44㎡、1本が44㎡使いますよということでございます。

そのときに、先ほど何が因子としていわゆるガラス固化体の酸化物の含有量、それから発熱量、それからオーバーパックの100℃という制限、それでそれがどのように変わってくるかという、それぞれについて検討したわけです。これが一つの例でございまして、最高温度が100℃以下になるように廃棄物元素の含有量を調整するということになるわけですが、上の線がこれが5年冷却を再処理して、高レベル廃棄物をガラス固化にしたというもので、それで処分後ですからこの1のところは約50年、それから50年たっています。そうしますと、このようにずっと右上がりになって、ずっとその後下がってくると。それが点線の場合には、これが20年貯蔵しておいて、それで再処理する。そうすると最初は発熱のものが、上と比べて発熱のものが減少しておりますので、セシウム・ストロンチウムが減少しておりますので下がるんですけども、後半になって数十年以降は、かなり実線よりも5年冷却よりも20年冷却したほうが高くなる。これは何かと申しますと、いわゆるプルトニウムがアメリシウムの241に大分変わった後再処理しますから、かなりアメリシウムがこの中に含まれているということから、このように最終的にアメリシウムの寄与によって、温度が処分後しばらくたつと上がってくるという例でございます。

それでこの場合には、同じようなことなんです、上のほうは先ほどの実際の再処理したもののプロセスRの、それから下のほうは今度は赤が、これがいわゆるMAをとった後はどう変わるかというバフファ材の温度変化です。これもこのようにかなりMAがとられております。とられておりますので、このように発熱の分、発熱が減少して、5年それから20年、この場合にはMA全部とっておりますので、20年のときに逆転することはないというような観点。

このようなことをずっと行いました。これもバフファ材の温度変化で、今度はMOXの場合ですとこのように最初から20年冷却したもののほうが、バフファ材の温度というのはこのように右肩上がりですと上がっていきますよと。しかしプロセスA、いわゆるMAをリサイクルする場合には、そのMAの効果がないもので先ほどのUO₂とか何かともほぼ同じになってくるというような効果で、かなりこのMAの発熱効果というのは、将来的でかなり時間がたった後きいてきますということでございます。

それで、そのような観点からガラス固化体を何本、1TWh当たり、何本そのガラス固化体

が出てくるかというようなことを、これをそれぞれのケースについて書いています。それでこのときの制限値として先ほど一番最初にご紹介しました酸化物制限が15%、それからモリブデンの酸化物の制限が3%、それから発熱時の制限、それからバフファ材の温度、どこのもので制限されるかということですから、逆に一番数字が高いほうがそこによって制限されるということですから、このようにUO₂の場合はバフファ材の温度が、特にUO₂軽水炉で5年、20年、それからMAリサイクルした場合の5年の場合には、バフファ材の温度、20年のものについては、これは酸化物制限のほうがメインになっています。それからMOXの軽水炉の場合には、今の再処理MAは処分するという場合だと、5年のときに6.4本できる。それから20年のときには12.5本できる。一方、Aですから超ウラン元素を全部リサイクルしまして、廃棄体にほんのわずかしかりませんで、今度は酸化物制限になってきて、それが約2.3本、それぞれ2.3本になってくる。それからプルトニウムのFBRの場合にも同じように、MAを処分する場合には6本、それから10本。また、AというMAをリサイクルする場合には、当然これは減ってくるというようなことでございます。同じように、TRU-FBRもこれも当然TRU全部リサイクルしますので、酸化物制限になってくるということから、これから固化体の算出、高レベル廃棄物がそれぞれのケースで何単位発生するかというものをしました。

その次に、今度はその他の廃棄物についてでございますが、プロセスFとプロセスPの廃棄体でございますが、プロセスFというのは全部分離するんですね。全部分離するけれども、MAも分離するんだけど、それを処分しますよと。PというのはMAは全部分離してそのうちのMAだけはリサイクルしますよということですが、この場合、どういう固化体を仮定したかと申しますと、まずランタノイド、それからアクチノイドを含むのは当然ガラス固化体の150リッター、400キロ。廃棄物対象元素酸化物の最大含有量、35wt.%。これはここの下にありますように、発熱性のFP、それからモリブデンの酸化物、それから白金族が含まれないので、廃棄物対象元素の高密度充填が可能というふうに仮定しております。これはどこが根拠かと申しますと、前に動燃時代に高減容ガラス固化体に関する云々という研究がなされておまして、その動燃さんが出されましたレポート、きょうの資料の一番最後にあります高レベル放射性廃棄物の高減容処理に関する研究という1996年のこの資料をもとにこの値を出してきております。

それから、プロセスFではMAが当然含まれているので、温度制限も考慮した。それからその次の前処理沈殿、これもガラス固化体、同じように150リッター、400キロ。これも同じように廃棄体を最大含有量35%。それから先ほどモリブデンの最大含有量、今のものとすると3%としたんですが、この場合にも8wt.%。これもその根拠はここにあります今添付されているレポートのところで記述されております。

それからその次に、dとe、これはストロンチウム群、いわゆる2価のいわゆるアルカリ土類です。アルカリ土類元素をこれを14リッターの焼成体にするということ。そこに入れる元素は約5.3キロ。それからセシウム・ルビジウムというこのアルカリ元素についても同じように14リッターの廃棄対象元素4.5キロということで、これを14リッターという根拠は、この当時原研さんで行われましたチタン酸なんかを焼成したときの、一番これHIPで焼成するということだそうですので、やはり余り大きくできないということで、14リッターということの固化体というふうに仮定しました。

それからもう一つ、テクネ・白金族、金属廃棄体というのはこれは7.5リッター、60キロ。

廃棄対象金属の最大割合は4 wt. %、2.4キログラムというふうに、これも7.5リッターの廃棄体にしたこの根拠は、アメリカのアルゴンヌで金属燃料サイクルというのをやっておりまして、そのときに出てくる金属廃棄物を固化するのに、鉄ジルコニウムの母材の中にこの金属を固化するということで、そのときの廃棄体がこのような仕様でありましたので、このような仕様を使って検討した。

それからあと、gの2次廃棄物、これは放射能が低いので本検討では一応無視しました。この辺が今回のまだあらあらのところでございます。

そうしますとどういうふうになるかと申しますと、それぞれ先ほどのプロセスF、プロセスBで生ずる廃棄体本数の算定ということなんですけれども、プロセスFの場合には一番左の(a) + (b)というところを見ているんですが、プロセスFの場合にはMAもこれは廃棄体に入りますので、当然このように廃棄体がふえております。特にそのプルトニウムを使う燃料サイクル系では、20年たつのが12本とか10本。それから一方、プロセスP、これはいわゆるMAはリサイクルして主としてランタノイドしか廃棄体に入りませんので、ほぼ同じ0.31とか0.29とか、それぞれ核分裂の組成によって違うだけのものがきて、酸化物の制限因子が35ということで決定してこの本数が出ております。

それから(c)の前処理沈殿、これはいわゆるモリブデンの制限、8%の制限ですけれども、これもこのようになっております。それから(d)のそのストロンチウム・バリウム、いわゆるアルカリ土類元素についても、この1.97とかこういうような数字がこれも出てきておりまして、それからアルカリ元素についても約2本、それからテクネ・白金族系の金属廃棄物については、先ほどの条件によって5.5からこのように7本、8本とそんなようなものがくるというふうな、こういうふうにこの廃棄体を求めてございます。

それでそのときの廃棄体の、ではそれをどういうふうに置いたのかというふうな絵が、この17ページにございますが、先ほどガラス固化体について私申しましたので、このようにランタノイドのガラス固化体は発熱がもう少ないからこの2.2m間隔で、そのかわりピッチは10mピッチで置きましょう。それから前処理沈殿のガラスは、これもかなり発熱が減っておりますので、ガラス固化体をこの場合4本というふうに仮定しまして、4本横置きを重ねてするというふうに仮定して、このように1m間隔でこれらを置く。それからあとのストロンチウム・バリウム、セシウム・ルビジウム、このような焼成体につきましても、これは意外と発熱性のものですから、1本当たり4.4mのピッチで置く。それからあとテクネチウム・白金族系もこのようにもう発熱体ではないものですから、20本の合金廃棄体をこのように置きまして、それぞれ横4列、それから縦に5つ並べて、それを1m間隔に置くというふうにしました。そうしますと上のほうに出ておりますが、この場合の一番左のガラスは、1本当たり11m²、その次が前処理沈殿については2.5m²、それからストロンチウム・セシウムの発熱のものについては4.4m²、それからテクネチウム・白金族系については1点当たり0.5m²というようなものが算出されました。

そうしまして、今度はこれがそれぞれ1 TWh当たり、どのように廃棄体の面積が必要かというふうにこれは算出したものでございます。今の1本当たりを今度TWh当たりに直したもののなんです、UO₂軽水炉の場合、5年のときにはプロセスFというのは……ちょっとこれ余りいい例でもない。一応、MAを入れると5年で40.8本、それから20年たつと先ほどのアメリカシウムの増加なんかが全部ここにコントリビューションしますので約100本、それからMO

Xの軽水炉ですと256本、531本というふうになってくるわけですが、一方これランタノイドだけ、当然MAを取り除いてしまいますと、特にアメリシウムの影響がかなり減りまして、このようにぐっと減りまして、約3本程度になってくるというようなものです。それからあと右のほうにありますように、前処理沈殿については、ほぼこのような数字、1本、100から1本強。
○深澤委員 単位は平方メートルではないですか。

井上首席研究員 平方メートル。

○深澤委員 本ではなくて。

井上首席研究員 平方メートルと書いています。そういうことでしょうか。平方メートルですよ。

○深澤委員 口の説明が本となっていたから。

井上首席研究員 ごめんなさい。平方メートルですね。

それからあと焼成体についてはこのように8 m²、それからセシウムについてもこのような値、それからテクネチウム・白金族についてもこのような値でございます。

それで、これをまとめますとどういうことが言えるかと、これも一応、一つの表でよく見えるようにしたんですけれども、現在のこのUO₂の軽水炉、5年冷却のものを現在このPUREXで生ずるものを処分するときの廃棄体の面積が、TW h 当たり約130 m²。それからMAをリサイクルするとMAの分だけ寄与が減る。それから最終的に全部MAとFPの群分離変換をすると、このように減ってくるということなんですが、これは顕著に特にあらわれてくるものはプルトニウムを使う場合。プルトニウムを使う場合には、MOXの軽水炉、それからMOXの20年ということなんですけれども、当然この上のグリーンの斜線のほうはこれは従来PUREX、現在の再処理法ですから、これとの比較なんです、次の同じような高さに立っているFPの群分離、これはMAも処分するということはほとんど変わらないということで、よく見ていただければいいのは、特にこのブルーのものと、それから黄色のもの、それから最後の赤線のものですね。この比較をしていただけると、このようかなりMAを変換することによって、こういう処分場の面積が、特にそのプルトニウム燃料の場合にははかれるのではないかという試算が出ております。

それでちょっと結論のほうに行かせていただきますと、プルトニウムを燃料に用いる場合、MA、特にアメリシウムの241の核変換は重要なポイントである。それからUO₂でもMOX燃料でも、MA核変換とストロンチウム・セシウムの冷却後の廃棄を組み合わせることで、廃棄体の定置に対する面積を大幅に低減できる可能性がある。これは一つの例ですが、従来型の軽水炉とPUREX再処理の組み合わせでは、58GW e 掛ける30年で、約2 k m²の定置面積が必要であったが、分離変換の導入で軽水炉でも高速炉でも同じ面積で、58GW e で約150年に相当する発電で生ずる廃棄体を受け入れることができるという結論がこの検討では出たわけです。しかし、これは非常にかなりまだ粗っぽいまず第1次の検討ですから、今後やはり次に書いてあるような検討で、さらに詳細にこれを詰めていく、本当にこの効果を精度よくするためには必要であるということで、廃棄体システムの妥当性に関する検討、それから新規に生ずる廃棄体の成立性、それから処分方法の構造力学的考察、それからMA核変換で生ずる廃棄体の影響、それから処分場縮小による経済効果と分離変換導入によるコスト上昇の比較検討ということでございます。

それで最後のビューグラフに、このときに同じようにしました、先ほど申しましたように、

チェックアンドレビューが行われるであろうから、そのときにはぜひこういうような観点から評価もしていただきたいというようなことから列挙したものがここでございまして、まず分離変換技術の意義、いわゆるこの放射性廃棄物の処理・処分の合理化への寄与については、定量的に効果を評価すること。特に分離工程付加によるコスト増加と、処理処分コストの削減効果。それから対象核種や回収率目標の設定の妥当性。

それからもう一つ、やはりこれは社会的な重要性とかそういうことも、コストにちょっと変換できないものもありますから、コスト以外の新たなその評価手法の必要性。それから分離技術、加速器技術等の高度化などによる他分野への波及効果。それから開発ステップの策定。FBRサイクルの技術開発計画の関連、その中での位置づけをどうするのか。それから分離変換技術導入シナリオ・導入ステップの明示。ここであえて導入ステップというふうに申ししていますのは、まだとても、先ほど最初に議論されましたけれども、これがまだ実際の研究開発のロードマップを描けるようなまだ状況に、とても至っていないと私は思います。そうすると、開発ステップとしてまず基礎段階、化学プロセスの実証段階、それからその次に少し大きくした段階、それからさらに工学段階、それから実用、そういうようなステップをどういうステップでこれから研究開発に当たっていくのがいいのでしょうかと、そんなようなところをしていただく必要があるのかなということ。

それから開発ステップの策定に当たり、要素技術開発の課題とそのハードル、それから現状技術レベルの的確な把握の重要性。特に本当に技術のレベルがどの辺まで、国外も含めて、どこまで本当にこれが行っているのかということですね。その辺をしっかりとできたらこういうところでしていただきたい。それからMA、ストロンチウム・セシウムの分離や貯蔵の技術、その他核変換用燃料、ターゲットの研究開発、遠隔操作によるこれらの技術の成立性、操作性、核データ等の基盤整備ということで、かなりやはりMAを本当に扱って、リサイクルする 경우에는、ハードルが高い研究課題があるということだと思います。それから当初計画、あるいは前回のチェックアンドレビューに対する現在の状況はどこまで、これは先ほど委員の方からご指摘ありましたけれども、そのようなこと。それから海外諸国の分離変換技術の位置づけと技術開発の進展、特にアメリカのGNEPだとか、フランスの新廃棄物法。あとは人材育成、それから国際協力、この辺も必要だなと。それから情報発信、こんな観点からぜひチェックアンドレビューをしていただくのがいいんじゃないかと、これも学会の中で何回かにわたって検討した結果でございます。

ちょっと長くなりましたが、以上でございます。

○山名座長 どうもありがとうございました。

それでは皆さんから質問等ございましたらお願いいたします。いかがでしょうか。

山根委員。

○山根委員 今、概要をお聞きして、なるほどという印象を持ったんですが、このシナリオとかこの計算をしたときに、クリティカルになっている部分、いろいろ仮定を変えていますけれども、ここの仮定はやっぱかなり厳しいよということと、それに対する技術的な裏づけのあるところがもしあれば指摘してほしいんですけども。例えばこの仮定が少し動くと、この試算はかなり結果が動きますよというような、そういうパラメータがあれば、それを言うていただいて、それについて技術的な裏づけというか、それはある程度技術的な裏づけを持って言っているものなのか、それともかなり粗っぽいものなのかという位置づけですね。多々あ

ると思いますが、もし代表的なものがあれば。

井上首席研究員 今、おっしゃった観点でいきますと、一つはやはりまず核データのほうでうすね。例えばアメリカシウム、これアメリカシウムがかなり結局きいているんですが、特に長期の予測をする場合の基礎的な分野ではアメリカシウムのそういう核データの話だとか、それからもう一つは、あとはこの処分の方式、システムですね。私、かなりここにそれぞれこんなふうに置きますよ、こんなふうに置きますよというふうに、こういうところもかなり大胆な仮定をしてやっているんですが、この辺がやはり少し違うと、当然その処分場の評価面積というのは違ってくるというふうに思います。

○山名座長 山中委員。

○山中委員 ちょっと関連してなんですけれども、いわゆるMAを分離する、あるいはFPを分離するというときに、取り切れなかったものが固化体に行くというお考えで多分評価されていると思うんですが、その当たりのいわゆる取り切れなかった量に対する評価の精度といいですか、あるいはそれが間違えると、どの程度最終的な結論に影響するのか。結構、そのあたりも重要なところかなと思うんですけれども、いかがでしょうか。

井上首席研究員 それは最初に申しましたように、どういう仮定かと申しますと、一応ウラン、プルトニウムについては、99.5%だったというふうに思うんですが、回収する。一方、MAについては99%回収だと。その後の残りの分は当然地層処分に行きますから。ただ、この値がどこから来たかと申しますと、一応、原研さんで行われた4群群分離と実廃液を使った試験のほうから来ております。ただ、だけれどもそれもまだ先ほど申しました1.5キロぐらいのものですから、もっと工学レベルに適応した場合には、当然そのものが大きくなりますけれども、そうしますと、やはり、特にアメリカシウムなんかの変動を少し変えてやると、ある程度、目に見える分違ってくるんじゃないかとは思いますが、これもちょっとおもしろいご指摘だと思います。

○山名座長 どうぞ、矢野委員。

○矢野委員 先ほど、アメリカシウム241の核データの話を読みましたけれども、あるいはこのキュリウム244というのも、これもなんかくせ者だと思いますけれども、どれぐらいの核データがわかっていて、どれぐらいわからない状態にあるのかということをお聞かせいただきたいです。

井上首席研究員 それは非常に私の専門外の質問で、むしろそこにおられる山根委員とかそのあたりにお答えいただきたいんですが、結構、私が素人なりに見たところでは、いわゆるアメリカシウムなんかはまだ20%とか、そんなような誤差もあり得る場合もあり得るというようなことはあるんですけれども、山根さんはどうですか。

○山根委員 いやちょっと私もすぐにはお答えできない。

○山名座長 大井川さん、何か核データの信頼性。

○大井川研究主幹 アメリカシウム、キュリウムは、なかなかまだ測定がそろっていないということもあって、その信頼性がどれぐらいあるのかの議論をまずちゃんとしなさいといけないというそういうステージかなと思っています。だから微分測定というのがあって、それをやっぱり積分的に検証してというのをまだ積み重ねていかないとけないという、そういうレベルかなと思っています。

○山名座長 ほかに何か。近藤委員長。

○近藤原子力委員会委員長 こういう紙を見ると、大学の先生に戻って研究室の会などで学生の説明にコメントしていた時代にタイムスリップして嫌みを言いたくなる。第一にいつも話の精度のバランスをとること。今のようなアバウトな話の世界にいることを一方で認めて、この性能に掛かる数字は3桁まで出しているのは、どういうことだと怒鳴りつけたくなる。

公開の席だから、こんなこと言っではいけないのかもしれないんだけど、もっと優しく言わなければならないんだろうけれども、でも、公開の席で出す紙は、ひとり歩きしますから、こういうところはよほど用心深く、何がどこまで言えるんだということを明確にしてプレゼンする習慣を身につけて下さい。さらに、学会における検討結果の報告をされる方が核データのことわかりませんといわれると困るんですよ。学界としてわからないといっていると受け止められていいのですか。

第二には、技術の特徴を述べるときには、いろいろな技術的可能性との関係において相対化して説明されることが大事だと思います。たとえば、インドのカコードカル原子力委員長が、日本とかアメリカでは最近MAを嫌っているけれども、それならなぜトリウム使わないんだとしょっちゅう問いかけていますよ。学会ですから。自由闊達に好きなことをいって頂いていいのですが、その際に、それを相対化して説明するというか俯瞰的視点からの説明を付すことを忘れないでいただきたいと思います。以上、原子力委員長としてではなく、一研究者というか、かつて研究者であったものの立場からのコメントです。

井上首席研究員 厳しい意見どうもありがとうございます。3桁の議論は、確かにおっしゃるように、この4.29と4.39がどこで違うかというのは、ほとんど誤差がないと思うんですが、ただ我々がちょっと見てみたかったのは、特に本当にMAをとることによって、どの程度の効果があるかというその大きな傾向は、一応ここでわかったんじゃないかというふうに思います。

だから逆に、例えば核データの話なんかでも、そこまであいまいだったらやはりそれをしっかり取る必要があるとか、そんなようなのも出てきます。それからあとトリウムの話につきましては、今回はどういう効果が見つけられるんだろうか、ここに限ってやりましょうという一つのタスクフォースをつくりましたので、またそれはちょっときょうの先生のサジェスションをもとに検討してみたいと思います。

○山名座長 近藤先生、いかがでしょうか。よろしゅうございますか。

○近藤原子力委員会委員長 答えになっていないんだ。

○山名座長 ちょっとこの議論はここで。

ほかに何かございますか。河田委員。

○河田委員 私は、6月まで原子力機構におりましたけれども、それ以降、NUMOのほうに身を移して、処分の問題をよりまじめに考えなければいけないという立場です。そのどこにいるかということにかかわらず、私自身原子力を持続的に人類が使い続けなければならないとすれば、やっぱり処分問題というのが一番重要な話だろうと思います。いわゆる資源としてのアベイラビリティ以上に、後始末がきちんとできますか、それも未来永劫にわたってできるかというのが非常に大事だと思います。そういう観点からすると、特にその処分場というのはなかなか実現しがたい、しかし一方、重要な施設であって、これは1つ確保できたときにはなるべくそこを有効に利用するという努力を我々はするということは、非常に大事な視点だと思っています。そういう意味で、きょうのご検討は、その処分場をどう有効に利用できるかということの話だと思いますので、研究としては非常に大事なことをおっしゃっているなと思います。

特に、きょうの話の中の重要なところというのは、今、先生、トリウム路線のお話もされましたけれども、現在これだけ軽水炉を使ってきてウランを大量に地上に掘り出した我々としては、その延長線上で、いずれ高速炉時代というのも想定できます。そういうことであれば、当然プルトニウム利用、MOXであるか金属かということにかかわらず、そういう世界が来ることになります。そういった場合に重要なポイントは、アメリシウムをどうマネージするかということは非常に大事な部分になるということで、ぜひ最も合理的な分離方法というのはしっかりやっていただきたいなというふうに思っています。

それから、そういう視点で分離を議論するときには、ここでは例えばMAを99%分離としていますけれども、例えば90%でもいいんじゃないかと思うんですね。そうすることによって、よりインダストリアルに可能なレベルというのが見えてくるんじゃないかというふうに思います。例えば毒性低減というふうな局面で議論すると、やはり99.9%分離してほしいという議論が出るのですが、そこはなかなか実現性という意味ではハードルが高いかなという印象を持っています。いわゆる発熱源の除去という視点では、そういうレベルの分離効率でもよろしいということでしょうから、そういうことををにらみながら、現実的な、しかし合理的なやり方というのをぜひ追究していただくとありがたいと思います。

それからセシウム・ストロンチウムの分離の影響というのは非常にすばらしいという絵が出ているわけですが、これはどこまでこれもコストベネフィット的な話と、それから貯蔵問題が本当にうまくいくのかということ、それからそれは社会的な受容性等も含めて考えないといけない問題だと思いますので、これは少し幅広い視点でご検討いただきたい。多分ニアタームというよりは、もう少し時間をかけて検討すべき問題だと思いますけれども、そういう視点でご検討いただければいいと思います。

ちょっと個別質問なんですが、先ほどのセシウム・ストロンチウムを14リッターの焼成体にするというのがありましたが、その14リッターというと、再処理をした時点での一本の発熱というのはどのくらいになるのでしょうか。ちょっと気になるのはハンフォードでかつて軍事用再処理工場で廃液タンクにどんどん廃液をためたのですが、その発熱が大きいために、セシウム・ストロンチウムを除去したことがあるんですね。その結果として、たくさんピンにしてプールにためているんですが、それがいまでもってチェレンコフのブルーの光を放っているというような状況にあります。いずれにしても非常に発熱の高い、発熱が集約した焼成体になるんでしょうから、その保管管理というのはよくよく考えるべき問題で、コンセプトとしても早目に大体どういけるのかということは見ながら、議論を進める課題というふうに思います。

以上です。

○山名座長 それではちょっと時間が押しております。今のセシウムの貯蔵の技術的な件についても、今後議論していこうというふうに思います。

それでは、引き続きまして大井川さんのほうから次の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。よろしくお願いします。

それでは、高レベル放射性廃棄物処分への分離変換技術の導入意義ということで、きょうはこのスライド、下のところにありますけれども、多様な核燃料サイクルにおけるMA核変換の意義というのと、それからMA核変換のだけではなくて、発熱性FPの分離及び廃棄体貯蔵期間の影響というこの2つのポイントをお話ししたいと思います。

今、井上さんのほうから説明あったのとオーバーラップするところもあるので、それとの違

いに少し重点を置いた説明をしていきたいと思います。

まず多様な核燃料サイクルにおけるMA核変換の意義ということで、軽水炉、 UO_2 燃料、MOX燃料、それから高速炉に対して、高レベル廃棄物からマイナーアクチノイドを回収する、その意義を見ましょうということで、8つのケースの検討をしています。

ケース1というのは、使用済み燃料をそのまま直接処分というケースにしています。それでケース2というのが、普通のPUREX法による再処理ということを想定しています。ケース3は、それからマイナーアクチノイドを回収するということで、ケース2とケース3の比較によってMAの回収の効果、 UO_2 軽水炉におけるMA回収の効果が見える。それからケース4とケース5は、今度はMOX燃料に関してMAを回収するかしないかという効果を見ましょう。それからケース6、7、8というのはFBRに関してMAを回収しないのは6、ネプツニウムのみ回収しましょうと。これは新しい再処理方法を考えるときに、プルトニウムとネプツニウムを一緒に回収しましょうというのが今考えられているので、そういうのを取り入れた場合です。ケース8というのは残っていますアメリシウムだとかキュリウムも含めて、マイナーアクチノイド全部回収しましょうという、この3つの比較によって、MAの回収の効果を見ます。検討の条件等は下にあります。

この検討をどういうことに対して評価するかということで、4つの指標を挙げました。1つ目は潜在的な有害度、それから2つ目が実効線量率、3つ目が固化体発生量、4つ目が処分場の面積ということです。潜在的な有害度というのは、いわゆる経口摂取毒性というような言い方で言われることもある、そういう指標になります。これらの指標というのは、さまざまな要因で影響を受けるということで、ここでは余りパラメータいっぱい振りますと大変ですので、どんな炉型かということ、それからマイナーアクチノイドの回収がどう影響するかということに絞って比較をしております。この下の図は、それぞれの指標がどういう要因によって影響を受けるかということを示したものです。

まず最初の指標ですけれども、潜在的な有害度ということですが、これはもう2000年のときのチェックアンドレビューのときも、同じような図が出されて、こういう効果があるねというそういうことだったと思います。ちょっと見づらくて申しわけないですけれども、8つのシナリオに対して、これは横軸は炉から取り出した後の経過年数ということで、1年、10年、100年、1000年、ずっとこれはちょっと長過ぎるんじゃないかというぐらい、100億年まで振ってあるんですけれども、この黒の線が直接処分で、この辺の真ん中あたりにありますのが、再処理をするというパターンで、このずっと数百年のところから落ちているのがマイナーアクチノイドを核変換するという線になります。

いろいろな炉型によってちょっとずつ違うんですけれども、その辺の細かい分析はきょうはやめにしまして、大体再処理において、マイナーアクチノイドを回収するということで、2桁ぐらいのこの毒性というか、潜在的有害度ということが2桁ぐらい低減できる。それからこれもよく書かれる線ですが、天然ウランのレベル、これはこういう燃料をつくるときに使った天然ウラン、原料となった天然ウランの有害度のレベルをプロットしてあるわけですけれども、これを横切るまでにかかる年数というのが、大体再処理だけだと1万年ぐらいかかるんですけれども、マイナーアクチノイドを核変換する、回収するということで、数百年までその期間というのが短縮できるということがわかります。

それからちょっとこのグラフだけでは見づらいんですけれども、FBRでネプツニウムのみ

リサイクル、アメリシウム、キュリウムは廃棄するというのがあるんですけども、それだけですとほとんど影響はなくて、普通の再処理と変わらないということがわかります。これが潜在的な有害度です。

それから実効線量率です。一般的にやられている評価の方法の地下水シナリオで検討した結果ですけれども、左側、これがマイナーアクチノイドの回収がない場合、両方FBRについて比較していますけれども、こちらがマイナーアクチノイドを回収した場合です。よくご存じのように、この被ばくの線量というのは地下水シナリオでやりますと、セシウム135というのがこのピークを支配することになっていまして、これはマイナーアクチノイドを回収しないかするかではほとんどきいてこないということが、この図でわかると思います。マイナーアクチノイド回収の効果というのは、数千万年以降のこの肩のところが若干下がるというようなところで効果はあるということです。

以上が有害度とそれから実効線量率です。ここからは、廃棄体そのものをどう処分するかというような話になっていくんですが、まずは発電電力量当たりのHLW発生量ということで、軽水炉、それからプルサーマル、それからFBRということで、MA回収の効果が示してございます。まずLWRですけれども、直接処分はこういうふうに黒い線を書いてありまして、これは何体/GWyなので、ちょっと比較が正しくはないんですけども、ガラス固化体のほうで見てもらいますと、マイナーアクチノイドをリサイクルするかしないかで、余りきいていないです。発熱量が少し減りますので9割ぐらいになる。だから1割減ぐらいの効果がありますということです。それからプルサーマルに関しましては、これも発熱量で制限されておりまして、この場合、先ほど井上さんのほうからもありましたように、アメリシウム241の発熱寄与というのが大きいので、マイナーアクチノイドの回収というのが非常にきく。大体半分ぐらいの発生量になりますよということです。それからFBRに関しましては、発熱量ではなくて、酸化物の含有量で固化体の発生量というのが決まってきますので、マイナーアクチノイドを回収することで、若干下がってくるというのはその廃棄物そのものが少し減っているというその効果なんですけれども、ほとんど効果というのは小さいということがこのグラフからわかると思います。

それから全体的に比べますと、軽水炉系とFBR系で随分差があるんですけども、FBRのほうは熱効率が非常に高いということ、それから発熱性のFPの発生というのが少ない。これはいろいろな燃焼期間の違いだとかそういうのもいろいろ影響した結果、こういう差が出ているということでございます。

それから処分場の面積、廃棄体定置面積ということで、それぞれのガラス固化体が1本当たりどれぐらいの面積をとっておかないといけないんだということで検討したものです。これはちょっと井上さんの検討とは少しやり方が違っていて、ガラス固化体の発生というのは先ほどの1個前のところで出てきていますけれども、発熱量制限2.3kWと酸化物制限15%というのだけで決めています。処分場での温度制限というのは、発生量そのものにはきいてこないというふうにここでは仮定しています。ですからここではバッファ温度、緩衝材の温度を100℃以下にするように、間隔をあけて捨てるということで評価しています。そうしますと軽水炉の場合だと、先ほど9割ぐらいに発生本数が減っていましたが、そこからまた面積自体が9割ぐらい減って、トータルで8割ぐらいになると。MA回収の効果で2割減ぐらいのイメージです。それからプルサーマルに関しましては、先ほどのように発生本数が半分になって、かつ1

本当通りの占有面積も半分ぐらいになるということで、トータルでいくと3割ぐらいになる。だから7割減ぐらいの効果があるでしょうということです。それからFBRに関しましても、発生本数はほとんど変わらなかったんですけども、マイナーアクチノイドが入ったままですと、発熱が非常に高いので、しかもアメリシウム241というのは例の長期間にわたる発熱になります。ですから間隔をあけて捨てないといけない。マイナーアクチノイドを回収してやれば、これぐらい、大体4割ぐらいにできる。6割減ぐらいのイメージです。これがマイナーアクチノイドを回収することによる処分場面積に対する効果ということになります。

以上、4つの指標に関して、マイナーアクチノイドの核変換の意義というのをご説明しました。ちょっと繰り返しになりますけれども、潜在的な有害度は大体2桁ぐらいの低減ができる。それから実効線量率のほうはほとんどきいてこない。ピークに関してはほとんどきいてこないということ。それからガラス固化体の発生本数というのは、プルサーマルで非常に大きな効果が見えたということ。それから占有面積に関しましては、どのタイプでも低減できますけれども、特にプルトニウムを燃料として使う場合の効果が大きいということが、ここまででわかりました。

続きまして、今度はMA核変換だけではなくて、発熱性FPを分離する効果、それから廃棄体の貯蔵期間の影響というのを見てみたものです。このビューグラフ、左側は分離変換なしということで、ちょっと規格化が書いてあるんですが、大体800 t / yの再処理を40年間続けたときに発生する廃棄体ということで書いてありまして、ガラス固化体が5,500 m³生成するというのは分離変換しない場合です。分離変換で出てきたものを分離しましょうと。基本的には4群群分離的な発想でやったものです。そうしますと、先ほど冒頭のところでちょっと出てきましたが、白金族というのは利用しましょうと。非常にボリューム的には少ないんですけども。それからストロンチウム・セシウムは焼成体というものにしましょうと。これは井上さんのやつとよく似た概念です。それからマイナーアクチノイドというのは、回収して核変換システムに持っていきましようというふうにします。そうしますと、残ったのはその他の元素ということで、ガラス固化体にしましょうということです。このガラス固化体は発熱性のものがなくなったり、あるいは白金族がなくなったりしていますので、非常に含有量は高くできるということで、高含有のガラス固化体というのを仮定しています。そうしますと体積的にはこれぐらいの減り方があるだろうと。これら発生しました特にガラス固化体とそれから焼成体をどういうふうに捨てるかというのを、いろいろ検討した結果をこれからお見せしたいと思います。

ご存じのように、ストロンチウム・セシウムというのは半減期が大体30年で減っていきますから、置いておけば置いておくほど冷えていくということで、どれだけ置いておけばどれぐらい密に捨てられるかということが検討するポイントになってくるというふうに考えています。

この図は、廃棄体をどういうふうに定置するかを検討したもので、ここの従来と書いてあるのが、これは硬岩系ですけども、縦置きと横置きの配置のリファレンス、これは2000年レポートに書いてあるもののリファレンスです。それよりは発熱が少ないものが廃棄体として出てくれば、どんどんこれを例えば1本入れていたところに同じ処分孔に2本入れるとか、これは4本入れるとか、そういうふうな非常に集中的な捨て方というようなことをやっていくのではないかと思います。最終的にはこの集積とあります。超低発熱というところまでくれば、こういう大きなトンネルの中に積んでいくという、こういう集積的な処分というの

可能になってくる。これはいわゆるTRU廃棄物で地層処分すべきものという、ハルとかエンドピースの捨て方を参照したものになっています。こういう捨て方をどういう冷却期間を置けばできるかという、そういう検討をしました。

検討の経緯はいろいろあるんですけども、最終的に我々はこの3つの方法というのがあるんじゃないか。オプションとしてこういうことがあるんじゃないかということで考えています。これは40GW_eの高速炉を40年間運転した場合ということで規格化しています。まず、分離変換技術を導入しない場合というのは、FBRで大体1.3k³m³の廃棄体の定置面積が必要になってきますよと。固化体の発生量は大体3万本弱ぐらいになります。V₀定置といいますのが、先ほどの硬岩系の豎置きの従来と同じような捨て方のものを考えています。ただ、あの捨て方をしようと思うと、処分までに65年かかる。通常50年としていましたが、50年だとこの捨て方ができなくて、65年は置いておかないといけないということが一つの方法だと思います。これはMA核変換のない場合です。MAのリサイクルをしましょうということにすれば、これがぐっと減らすことができます。ここではガラス固化体の本数も若干減りまして、かつV₂定置ということで、4分の1の面積で捨てられるというパターンを選んでいきます。そのときには、冷却期間として、処分までに80年かかるということです。80年であれば今の50年というものの概念の延長線上で許される範囲かなというようなところで、もう一つのリファレンス、MAを核変換するFBR、あるいは核変換自体はほかの例えばADSでやるというようなこともありますが、MAを回収した場合の廃棄物処分というのはこんなイメージでできるんじゃないかというふうに考えています。

一番下のやつが、もっとアグレッシブにできるだけ処分場の面積を小さくするにはどうすればいいのかということ調べたものです。分離変換をフルに入れるということで、高含有のガラス固化体は8,000本ぐらい出てきます。それからストロンチウム・セシウムの焼成体は5,900本、6,000本ぐらい出てきます。これらを先ほどの処分の仕方ということで、集積としました。ああいう非常にコンパクトに捨てるという方法をするには、どれぐらい冷却期間を置かないといけないかということで、ガラス固化体のほうは60年置けば、ああいう集積的な配置ができるということです。それからストロンチウム・セシウムの焼成体は、これは300年というそういう期間が必要になります。この300年というのは、非常に長いというふうに考えられるわけですけども、実はストロンチウム・セシウムの焼成体というのは、6,000本ぐらいということで、このガラス固化体が3万本出てきているのに比べれば、大体5分の1ぐらいの発生本数になっています。5分の1の発生本数で冷却期間というのが、例えば4倍ぐらいということで、そんなに年数掛ける本数ということで考えた場合には、負担にならない可能性もあるということです。こういう捨て方ができるようになれば、基本的にHLWというよりは、長半減期低発熱廃棄物、TRU廃棄物相当の捨て方ができるようになってくるというふうに考えられます。

以上をまとめますと、まずMAの核変換についてご説明いたしました。長期にわたる潜在的有害度の低減だとか、処分場面積の抑制という観点から効果が高い。特にプルトニウム利用時の効果が大きいということです。それから、MA核変換、FP分離、廃棄体貯蔵期間の延長というこれを組み合わせる、それも効果的に組み合わせるということをすれば、処分にかかる負担の大幅な軽減の可能性はあるんじゃないかというふうに考えています。処分場面積の抑制、低減というのは、逆に言うと同じ面積の処分場敷地を確保できれば、それを有効利用できると

いうことを意味してしまっていて、その原子力の持続的な利用に寄与するのではないかと考えております。

今後も引き続き、MA回収あるいはF P分離、核変換、こういう技術に関する研究開発を着実に進めて、処分負担軽減というのに貢献していきたいというふうに考えております。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは、10分ほどありますので、ご質問等ありましたらお願いいたします。深澤委員。

○深澤委員 回収率の表示がないんですけれども。

○大井川研究主幹 ちょっと補足のほうに入れましたけれども、ウランとプルトニウムの回収が99.97というかなり高い値で考えています。これはマイナーアクチノイドに関しては、回収する場合は98……そうですね、アメリシウム、キュリウムは非常にまたいい回収率で99.97ということで考えています。

○山名座長 よろしいでしょうか。ほかに何か。

河田委員。

○河田委員 今の話は、多分毒性低減の話に引きずられて設定した分離効率なんであって、今議論したような熱除去という観点からすれば、そんなにいらないというのが現実だと思いますね。

○山名座長 ほかに何か。

矢野委員。

○矢野委員 ちょっととつぴな質問かもしれませんが、消滅ということが仮にできたとしたときに、MAを消滅するというのと、例えばセシウム135を消滅するというときに、何か差があるように思うんですけれども、どっちがうれしい話なんですか。つまりMAの場合はなんか処分場の面積にやたらに関係しますけれども、処分場の面積は無限大としますよね。お金もかからないとすると、やっぱりこれはセシウム135を何か別の原子核に変えてしまうということが仮にあるとすると、非常に効率よくいくんですけれども。そのほうが寄与が大きいんですか。

○大井川研究主幹 私が答えていいですか。実はこれ一番最初の深澤委員でしたか、高レベル廃棄物だけかという話があって、ヨウ素129というのもありまして、高レベル廃棄物に関しての被ばくということで考えると、このピークを下げるということは一つ大きな意義があるんですが、これ自体もう既にかなり安全基準から考えると、極めて低いレベルには抑えられているということになる。ここに出てきていないヨウ素129というのが、もう一つやっぱりあって、その評価というのはここには載ってこないんです。違う廃棄物系になりますので。やっぱりその核変換というのが、セシウム135とヨウ素129をどっちをやると言われたら、ヨウ素かなと手を挙げる人のほうが多いかもわかりません。ちょっとその辺はコンセンサスができていないわけではないです。

○山名座長 矢野委員、よろしいでしょうか。

○矢野委員 全くこの世界、よく知らないといえますか、何とかコントリビューションできたらと思っていますけれども。大体どれくらいシリアスな状態になっているのかがよく……要するに、あと50年かけて答えを出せばいいのか、100年ぐらひはまだ余裕があるのか、下手をすると1000年ぐらひまだ大丈夫なのか。そういうことを言うというのは、僕は常識的な数字を知

らないんですけれども、大体大ざっぱに言って何年ぐらいで答えが出るといいものなんでしょうか。

○山名座長 これに対しては、委員長が何かおっしゃらないかと。

○近藤原子力委員会委員長 会議の性格からすれば、お返事は座長にお願いしたい気分ですが、ご指名ですので、それを考えながら、まず余計なことをひとつ。最初に事務局から紹介しました12年レポートで2005年頃にもう一度レビューしようとして書いてあることに対して原子力委員会がさぼっていたのではないかという追求があるのかと思っていたのですが、これまでありませんでした。黙っていてもいいのですが、時間稼ぎのために説明します。2005年頃と書いてある高速増殖炉の研究開発活動において2005年頃に調査研究がまとまるので、それと一体で議論しようという趣旨とあります。ですから、2005年のFBRの文科省におけるチェックアンドレビューには、この分野の研究成果も踏まえて、総合的に我が国としてとるべき道が検討されるに違いないと思ったのですが、これでは高速炉についてのみの言及になっている。それは、JAEAとしては研究の結果、燃焼方式としては高速炉型が選択されたということかなと思ったのですが、どうもそういうことではない、単に検討対象外としたということのようだったので、それならということで、今回レビューをするということにしたのです。

また、今日のご説明では、皆さん廃棄物処分場の所要面積を評価指標として選んでいるわけですが、10年前はこういう指標をほとんど使っていなかったと思います。皆さんは、毒性がこんなに減るよということばかりいっていたと記憶します。しかし、私も原子力政策大綱の審議において、再処理路線と直接処分との比較が大きな話題になったところ、この技術の優劣を何を指標に論じるのがいいかと考えて、この処分場の面積がどうなるかということが実務においては結構重要ではないかということで、これを指標に選びました。それ以来、世の中もだんだんその方向になってきているというふうに理解をしております。

適切な処分がなされるなら、つまり、発生者負担の原則からはずれず、処分の安全性が安全基準を満足することによって確保されるとすれば、何が処分されるかによらず、処分場の所要面積が処分方法のフィガーオブメリットノの中心指標になると考えるのは実務家の習性です。ですから、ご質問に対する答えは、この観点から都合の良い廃棄体を作り出す工夫をしてくださいということを背景に考えることになる。ところが、ここにあるように300年置いてから処分したほうがよい処分ができると言い出されると、おそらくそのための技術的苦労よりも、そういうこともありということについて社会をなっとくさせることが出来るかという問題の解決のほうが先決ではということになると思うのです。それが可能なら、処分可能になるまで廃棄体を地上保管することもありということになり、それなら、今のままの廃棄体であつたっていいのではないかと、いや、それはこっちは量が多いから嫌で、こっちは量は少ないからいいんだというやり取りがなされることになるかもしれない。つまり、社会と相談して決めなければならないことを勝手に決められるとして、固化体の性状をどうするか、処分場の技術をどうするかという議論をしていていいのかなという疑問がわいてくる。

ですから、ご質問に対する答えは、一般的には、社会的制約の強さによって変わりますということですが、今の時点で敢えて具体的にと問われれば、プルトニウムを含む燃料を再処理して得られるガラス固化体が、ここでも参照ケースとして使われているウラン燃料の使用済燃料を再処理して得られるガラス固化体と同じように処分できるようにすることというのが、そこまでは社会に受け入れていただこうと世界中が努力しているところ、一つの目標となるといえ

るでしょう。これすら無理と考えると、もっと所要面積が小さい廃棄体という要請が生じますが、同時にそれを現世代が責任を果たせる時間のうちにということになり、実現可能性の点で追求する意味があるかということになるでしょう。勿論、そういう問いかけを仮に行ってみることは出来るのであり、実は、この検討会の検討スコープにはそれもあるところ、そうした方向について具体的な提案があれば取り上げ方を検討することあるべしとは思っています。

さらにというか、一方というか、原子力が持続可能なエネルギーとして、将来長きにわたって人類がこれを使うとなると、原則はやっぱ3Rというか、廃棄物をなるべく小さく少なくするという事は大事な事なので、そのための技術開発というのは、長期的観点から意味を持つに違いないと思います。そこで、そういう技術の可能性をここで議論いただいて、費用対効果を見定めて投資水準を決めて頂くのがこの検討会の任務ですから、それが境界条件というかビジョンですということは申し上げられると思います。

大変抽象的な答えなんですけれども、あらゆる技術提案をご提案して頂いていいと、それを今申し上げたような社会的制約を認識しつつ評価して、選択肢から外してしまうことがいいか、乗せておくのがいいかということをお決めいただくので、まずは技術提案を申し上げるのが、原子力委員会と言えることかなと思います。

○矢野委員 わかりました。

○山名座長 河田委員。

○河田委員 私自身は先ほどの大井川さんの資料の7ページが、今の話の答えを非常に端的に示唆していると思いますね。これは7ページの2のところのLWRのオレンジが、現状のLWサイクルで処分すると、処分場占有面積がこんな程度です。それからFBR時代でMAのリサイクルなしでということであれば、6のようになるということで、同じ発電量当たり、2割ぐらい余計処分場がいるということをおっしゃられるわけですね。そこでMAのリサイクルができれば、軽水炉時代の半分で済みますが、これは言うてみれば1世紀に処分場が何個、例えば2個いらいますかということが1個で済むと、そういう感じになるわけです。こういう状況をマクロに見れば、軽水炉時代にはMAリサイクルというか、MA回収をきちんとやるということは、多分やらなくてよろしいと言えるでしょうけれども、高速炉の実用化時代にはそれがほぼ同時に入ってきたほうがありがたい。これは絶対必要条件ではなく、初期の時代には、そこは入らなくてもいいかもしれない。だけれども、なるべく早い時期に、それも追いついてきていただいたほうがありがたい。できれば、同時に実現するようなことを目指して、頑張っていたきたい。私は処分場を確保する難しさという観点からすれば、そういうことを期待したいと思います。

○山名座長 ありがとうございます。

では長崎委員。

○長崎委員 今、いろいろと議論されたのと同じことをちょっと思っていて、こういうのを提案されるというか、こういう研究をされている方々のほうから、むしろ具体的にFBRの導入時期がどうだとかいうことも片方にありながら、それから処分事業は平成40年の議論がある中で、どういうふうにあるべきかというものを想定しながらというのを一つ考えてほしいというのが一つと、それからもう一つは、今回横置きでこういう議論されて、ある意味、物すごくいい条件、いい条件というのは、減りますねというのはメッセージとしてはいい条件ですよ。これが軟岩系になったらまた話は違うし。だから本当にどういう幅にあるのかということをや

っぱり示しておかないと、今後は逆に恐らくこれをやります、やらないというのは別に機構さんが決めることではなくて、事業者が決めることかもしれないし。そういう意味では、そういう判断につながるようなものもやっぱり示しておいて、不利なものも示しておいたほうがいいんじゃないかなというのが2つ目です。

それからもう一つ質問なんですけれども、今回、大井川さんが示されたのはあくまで高レベルで、さっきから出ていますけれども、ヨウ素とかそういったものを実際に変換する、そういう燃料の製造技術だとか、そういう核データを集める研究とかいうのは進んでいるんですか。それとも完全にマイナーアクチノイドに特化してしまっているんでしょうか。恐らく今後の委員会に出てくるのかもしれないですけども、状況だけ教えていただければと思うんです。

大井川研究主幹 核データの測定とかの非常にベーシックなところは進んでいるところもあるんですけども、一つやっぱり我々研究やっていてとまってしまっているのは、ターゲットというか、どういう化学形にしてADSに入れるにしろ、FBRに入れるにしろ、どういう化学形にして入れて、それをどうリサイクルというか、また照射した後に分解して、またターゲットに成型してという、そういうところでヨウ素に関してはいい化学形が見つかっていないというのが正直なところで、これはもうちょっと世界的にもそのところで足踏み状態が続いているという現状だと思います。

○近藤原子力委員会委員長 ちょっと議事の進め方についてですが、一つは、きょうのプレゼンに対して、例えば、先ほどの回収率の問題、それから指標としてのヨウ素129の姿がどうなるのかとか、いくつか注文があるところ、それをきちんと受けとってやっていただけるということでもいいですねということ。

それからもう一つは、いまほど説明された資料は、補足資料のほうにも大事な内容が入っているのに、ご紹介ないままに終わってしまうのは大変悲しい。しばしば皆さんが勝手に動かす、貯蔵期間を、それならということでパラメータにして、その影響についてサーベイしていただいているので、これはきちんと説明され、議論したほうがいいと思います。そうされると思いますが、念のために発言させていただきました。

以上です。

○山名座長 今、委員長のほうから指摘がありましたように、このスタディーについては第2回、第3回あたりで、もう少し具体的なところを議論することになると思います。

きょうはもう時間がございませんので、大体これできょうの議論をまとめますが、少なくともこの分離変換の検討会は、分離変換という技術に対して、これからどう評価して向かっていくかという議論する会議なわけですね。ですからして、恐らくこの今我々が直面している原子力の状況、あるいは8年たっているいろいろ変わってきた環境、環境条件、境界条件、社会の反応、いろいろなものを見ながら、この分離変換というものをどう入れていったらよりよい、国民の受け入れやすい原子力になるのかとか、そういう広い意味でこの技術の意義を考えていくということになると思います。

第2回、第3回以降、そこを議論していただくんですが、そのときに、いや面積だ、いやその理解のしやすさだ、毒性だ、あるいは放射線影響だと、いろいろなファクターの議論が入ってくるといまして、それを議論するときに、技術的な条件の設定ですとか、不確定性ですとか、あるいは将来どう見るとか、その辺の議論がなされてしかるべきだというふうに思っています。それを第2回以降に、少し細かく議論をしていくということになりますので、今、委員

長、あるいは長崎委員、河田委員がおっしゃったようなことが、そこで議論されていくというふうに考えております。

きょうは補足説明の大事なところもなかったんで、多分委員の皆さんは消化不良、委員長もさっきから何か貧乏ゆすりが伝わってきまして、結構いらいらされているなど実感しているんですが、それは当然そうでありまして、次回以降にその辺を詳しくもう少し議論できるようにしていきたいというふうに考えております。

それでは、そういうことで次回以降の進め方について、事務局、次回以降の計画についてご紹介いたします。

○牧参事官補佐 資料の1－1－2のほうでスケジュールを書いてございますけれども、次回は10月1日の午後1時半から、会場はきょうと同じ会議室で行う予定となっております。きょうのご意見も踏まえまして、座長ともご相談しながら次回以降のスケジュールを検討していきたいと思います。

以上です。

○山名座長 ありがとうございます。

それでは第1回終わるに当たりまして、何か委員の先生方から特にございますか。あるいは原子力委員の先生方、いかがでしょうか。よろしゅうございますか。

それでは本日はこれにて閉会といたします。次回もよろしくお願いいたします。

午後 0時10分 閉会