

研究開発専門部会 原子力試験研究検討会（第21回）
議事録（案）

1. 日 時 平成24年11月8日（木）13:30～15:30

2. 場 所 中央合同庁舎第4号館12階 共用1202会議室

3. 議 題

（1）平成23年度終了課題の事後評価結果について

（2）その他

4. 配布資料

資料第21-1号「第20回原子力試験研究検討会議事録（案）」

資料第21-2号「平成23年度終了課題の事後評価結果について（案）」

参考資料1 「原子力試験研究検討会 名簿」

参考資料2 原子力試験研究費について

○岩田座長 定刻になりましたので、ただいまから第21回原子力試験研究検討会を開催いたします。

研究評価という点では今回が最後となりますので、もし時間がありましたら、試験研究全体についても何かいろいろ考えておられることを言っていただいたほうがいいのかと思いますので、よろしくお願いいたします。

本検討会は、公開で開催しておりますので、会議中のご発言は座長指名の後に行うようお願いいたします。

それでは、初めに事務局から配布資料の確認をお願いいたします。

○仲参事官補佐 それでは、本日配布させていただきました資料の確認をさせていただきます。

議事次第の下に、資料第21-1号といたしまして、前回第20回の議事録（案）を配付しております。続きまして、資料第21-2号といたしまして「平成23年度終了課題の事後評価結果について（案）」という資料でございます。そのほか、参考資料1と2として、本日の皆様の名簿と試験研究費についての資料、そして机上のみでございますが、今回評価していただくものにつきまして、ポンチ絵をそれぞれ1枚ずつということで資料をお配りしております。もし乱丁、不足等ございましたらお知らせください。

以上です。

○岩田座長 どうもありがとうございました。

それでは、本日の議題に入らせていただきます。

議題は、平成23年度終了課題の事後評価結果についてです。

初めに、事務局から研究評価の実施状況について、説明願います。

○正岡開発係長 研究評価の実施状況につきまして、事務局からご説明させていただきます。

資料ですが、資料の第21-2号をごらんいただければと思います。本年9月に平成23年度に終了した事後評価を実施していただきました。2ポツにありますように、物質・材料基盤技術分野が6課題、システム基盤技術分野が2課題、生体・環境基盤技術分野が3課題の合計11課題が対象となっております。評価に当たりましては、事前に研究機関から提出いただいた研究計画や研究成果等を記載した書類、また、ワーキンググループでのプレゼンテーション及び質疑応答をもとに評価をしていただいたということになっております。

分野ごとの評価結果を2ページ目、1ページめくっていただいて4番にまとめております。

事後評価の基本的な考え方及び評価の基準につきましては、昨年と同様でありまして、3ペ

ージから参考1がありますが、3ページからの参考1並びに6ページに参考2がありまして、この参考1、参考2にありますように事後評価ということで、事前評価や中間評価とは異なりましてフォローアップに主眼を置くとともに、研究者の今後の研究意欲の向上につながるようという観点や研究成果を積極的に外に発信していけるというような観点で評価をお願いしております。

また、7ページからですが、参考3になります、こちらで各ワーキンググループの評価の実施状況を、また、13ページになります、参考4といたしまして各課題ごとの評価結果を添付しております。

評価の具体的な内容につきましては、ワーキンググループの主査の先生にご説明をお願いしております。

事務局からは以上です。

○岩田座長 どうもありがとうございました。

それでは、各ワーキンググループの審議結果について、それぞれの主査の先生よりご説明をお願いいたします。

最初に物質・材料基盤技術分野で、阿部委員のほうからお願いいたします。

○阿部委員 それでは、評価の全体は7ページにありますように、物質・材料基盤技術分野では、9月28日にワーキンググループ11名中10名ですか、かなり出席しまして、事後評価6課題についてヒアリングを実施しました。評価結果は4件をA評価、後1、それから後4、後5、後6でございます。それから、2件をB評価、後2、後3としました。

各課題の概要と評価は以下のとおりであります。この実施状況についてかなり詳しく書いてございますので、かいつまんでご説明したいと思います。

本課題のポンチ絵とそれぞれの評価シートに関してまとめが13ページに各課題の評価、A、B、B、A、A、Aというのがございます。それから、総合所見共通フォーマットは14ページからそれぞれありますので、特にこの評価フォーマットでは今後のフォローアップということで、項の下のところはかなり詳しく、それぞれ今後こうしたらどうだろうかということのコメントを記載させていただきました。

また7ページに戻りまして、後1の「地層処分設備の耐食寿命評価に関する研究」、物質・材料研究機構の研究では、高レベル放射性廃棄物の処分設備の主体をなす鉄筋コンクリートの耐久性を支配する鉄筋、それから金属の容器（オーバーパック）の腐食寿命評価を行うことを目的としています。このグループは金属の腐食が専門のグループであります。それで、コンク

リート鉄筋の寿命評価をインピーダンス法を用いて評価する手法を確立しました。

これは、特にマイクロ電極でコンクリート中のpHとか、そういう環境をきちんと確認しながら行うという方法でやっているということが新しい結果となります。それから、過酷な地層環境として海水流入環境、それから火山土壌環境、塩分とかpH等を想定した鉄筋の腐食機構を明らかにするとともに、寿命評価手法を確立しております。特に耐食性鉄筋材料としましては、7%Cr添加鋼、それから7%Cr-Si添加鋼を創製し、その優れた耐食性を明らかにしております。それから、金属の容器のほうにつきましては、過酷な地層環境（高温、高塩分、低pH）と、そういうところに適用できる材料ということで、Mo添加Ti合金を用いまして、特に隙間腐食に優れていることを実証して、耐食指針への提示につなげる可能性を示しております。

このようなコンクリート内部の塩分及びpHの変化の測定技術を確立して寿命評価を向上したこと、それから、あわせてナノレベルの解析で機構等を検討したことから、高く評価できるということでA評価としました。本研究の耐食指針に関する成果、あるいは腐食の特にモニタリング技術ですが、これを今後活用していただきたい。ただし、その場合には、グループは金属の腐食の専門家ですが、日本全体の地層処分のいろんな環境評価とか、いろんな全体的なことにより積極的に連携して今後、成果を生かすようにしてほしいというコメントをさせていただきます。

次の後2ですが、「核融合炉先進構造材料の長時間クリープ特性に及ぼす核変換ヘリウム効果の評価」、これも物質・材料研究機構のものですが、核融合炉の第一壁／ブランケット構造材料の有力候補は低放射化マルテンサイト鋼で、日本で開発して進めておりますが、そこでは中性子の照射でヘリウムが多量に生成しますので、このブランケットの交換時期までの蓄積量に相当する約1,000ppmまでの非常に高い濃度のヘリウムを注入した試料を用いまして、核融合炉での想定最高使用温度、823Kにおけるクリープ試験を行って、実際の実部材のクリープ特性を推定する方法を検討しております。その結果、低放射化マルテンサイト鋼が長時間に至るまでこのヘリウムに対して脆化をしなかったという、耐ヘリウム脆化特性を検証しております。その脆化の機構論的検討ということにつきましては、生成するヘリウムがヘリウム気泡をつくって、それが粒界に蓄積すると粒界脆化を起こすということがオーステナイト鋼なんかでは非常に顕著なんです、それがこの場合にはヘリウムの寸法分布が非常に細かくて、そういうことが起こらなかったと。それから、破断時間と破断伸び等について、微小試験片の試験片断面積を変数として検討しています。そういう、いい成果をいろいろ出してあります。ただ

し、東日本大震災の影響等により、一部接合材の実験という貴重なデータ等がちょっと先延ばしになりました。核融合炉低放射化構造材料の開発に向けた有益な知見が得られておりまして、今後もっと論文等を積極的に公表してほしいということもあり、評価はBとしました。

この研究の高濃度のヘリウムの影響を調べるというのは、この物質・材料研究機構のサイクロトロン加速器で初めてできる世界的な研究ですので、今後とも、そこに書いてありますようにBA (Broader Approach) 活動、これは日欧の幅広いアプローチという、ITERを補完するプロジェクトでございますが、そういう場などでヘリウム脆化にかかわるさまざまな力学特性、疲労特性とかクリープ疲労とか、そういうことに発展的に継続していくことが期待されるので、今後ともミクロ的な解析も含めて十分やってほしいというコメントにしました。

次の後3は「高電流密度多種イオンビームシステムの開発に関する研究」、産業技術総合研究所の研究でございますが、耐放射線性の検出器用のダイヤモンドを効率よく生成する方法の一つとして、水素フリー状態でのダイヤモンド成長手法を最終的な目標にして、ここでやっていますのはビーム技術の開発でございますが、低いエネルギーで高電流密度の炭素イオンビームの引き出し技術の開発を目的として行っております。

低エネルギー加速実験におきましては、ビーム引き出し電流60mA以上、電流密度1mA/cm²以上を達成して、これは非常に高い密度ですが、高密度の純炭素プラズマイオン源の準定常運転技術を確立しています。薄膜生成実験におきましても、ダイヤモンドの特定結晶面への炭素ビームの照射に成功しています。

そういうことから、いろんな成果を予定どおり出しており、B評価としてあります。今後期待できる研究でありますことから、そういう高密度ビームを出すシステム研究、さらには最終目的であるダイヤモンド生成に向けて研究を継続していくことを望まれるとコメントしました。

また、そのプラズマイオン源の物理として、一般性のあるいろんな解析とか、そういうことをきちんと整理していただければ、そういう一般性のある技術成果に仕上げていくことによりダイヤモンド以外のいろんな新機能物質の創製とか、材料表面の改質などの広い分野への応用が期待されるというふうにコメントさせていただきました。

次は後4の「照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発」、産業技術総合研究所のグループによるものですが、ここではイオンビームが金属材料に照射された際に生じる照射誘起欠陥の動的挙動を調べるために、動的というところが大事になってきますが、イオンビーム照射中に電子加速器で発生した高強度の低速陽電子ビームを同時照射して、その欠陥のその場陽電子寿命測定を行うことが可能な複合ビーム分析法と、その装置を開発す

ることを目的としています。それから、イオンビームを照射して格子欠陥をつくりながら、その状態を陽電子ビームをさらに照射して、陽電子のいろんな寿命測定とか、そういうことから欠陥のいろんなことを調べようということです。複合ビーム分析装置としましては、電子直線加速器、電子のリニアック型の加速器を70MeV電子線からの専用電子ビームライン、それから陽電子発生部からのライン、それから陽電子寿命測定のための複合照射、チャンバーを設置する。それで、イオンビーム照射のほうは150keVのイオン加速器から照射して、そこにございますようないろんなパルス陽電子に対するデータ収集も行うということで、数十 μ sの時間分解能で陽電子寿命測定できる手法を考案しているということです。この陽電子源としてはナトリウムを埋め込むとか、いろんな方法がございますが、産総研では電子線加速器から高強度の陽電子をつくり出すというのが特色ですので、そのパルスビームを用いて、非常に短時間に陽電子寿命を測定するという方法を開発した。それで、そのことから従来困難視されてきました照射損傷の動的過程を陽電子で解析できる可能性を示したことは高く評価できるということで、A評価としました。この技術自身は、非常に新しい技術ですので、照射損傷の基礎研究、最終的には圧力容器鋼とか、そういうことの応用を目指してやるということですが、それ以外にも先端材料におけるいろんな広範囲な分析に応用して、世界トップレベルの研究が展開されることを期待するというコメントにしております。

後5番、「ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基礎的研究」、産業総合技術研究所、これはシリコン基盤とか、そういうものに比べて、より高い温度とか高い放射線の環境下で動作するというので、ダイヤモンドを用いた放射線検出器というのがいろいろ提唱されてきていますが、その実現に向けて単結晶ダイヤモンドをプラズマCVD法により合成する技術の開発、それから、それをもし合成しましたら、ダイヤモンド放射線検出器の試作を行うということを目的としております。そのダイヤモンドの結晶成長技術に関しては、従来よりも非常にいい性能の、そこにございますような単結晶の高速成長、5 μ m/h程度を実現するというので、また、異常成長粒子と言われる低質部位の抑制をするという高品質化に成功しております。

それから、成長膜から基板を切り離す技術を開発して大型サンプル、ここで大体9mm、約10mm角のものができると検出器に応用できるだろうということで、その作製に成功しております。さらに、それを用いて放射線検出器のプロトタイプを試作しまして、Amの α 線スペクトルを検出して、非常に高いエネルギーまでの、高性能のエネルギー半値幅、それから、電荷捕集率という世界トップレベルの成果を得ております。

その結果、高品位の成膜ができること、それがデバイスに応用できること、それから中性子

の検出に必要な分解能を見通せることという研究成果を得ましたので、高く評価できるということで、A評価としました。これは耐放射線性に優れた検出器として、今後広い分野で活用できる可能性を持つことから、産業界を含むさまざまな分野の研究者と交流を深めて、これからの応用分野に挑戦して行ってほしいとコメントしました。

それから、次の後6は「原子燃料融点の高精度測定に関する研究」、産業技術総合研究所ですが、原子燃料の熱設計や炉心管理のため、 UO_2 の融点をより高精度で測定するための技術を開発することを目的としております。2,800°C付近の温度で放射温度計校正の参照点となるグラファイトるつぼ中で実現可能な金属炭化物-炭素系高温定点群を新たに開発しまして、国際温度目盛に基づく産総研の国家標準の温度域を2,800°Cまで拡張して、不確かさ2.1°Cまでを達成しています。それから、また詳しいこと書いてありますが、この高温定点の再現性や長期安定性などの評価を行いまして、炭化タングステンと炭素ですからWCとCの包晶点の温度を、これが2,748°Cと不確かさ2.1°C、ここのところで熱分析の熱電対の校正を行いますような、そういう定点でございますが、世界最高温度の温度定点として標準供給を開始しています。

さらに、原子燃料融点を高精度で測定するため、高周波誘導加熱炉内で加熱された試料温度測定のためのその場校正用の標準技術を開発し、3,000°C以上まで応用可能な技術開発を行うとともに、 $W-W_2C$ 共晶合金を用いた温度定点セルを実現して、繰り返し測定が可能な技術で、この場合には不確かさ0.5°C以内を達成しています。いろいろ、こういうことから2,900°Cまでの温度定点技術を実証、それから、そのための高温の炉の技術、それらにより原子燃料の温度計測技術の開発を進めたことは高く評価できるということで、A評価としました。

もう一つ残されていますのは、実際の照射済みの燃料の融点測定ということですが、それに関しては日本原子力研究開発機構における実際の照射燃料を用いた融点測定をこれから実施し、それから取り扱い技術の実用性を確認することです。それによって、融点測定法やデータの国際標準化などを積極的に進めることを期待しています。また、本研究の内容は高レベル廃液のガラス固化技術等の温度計測基本技術とか、そういうことも含めて非常に高い温度の安定な温度定点としていろいろ寄与してほしいとコメントさせていただきました。

ちょっと長くなりましたが、以上です。

○岩田座長 どうもありがとうございました。

それでは、コメントとかご質問等ございましたら、お願いいたします。

AとBの分かれ目がよくわからないのですが、例えば後1だと、これを一生懸命読んでも具体的な成果というのは何だかよく……

○阿部委員 後1は、実際に非常に長期の、例えば1,000年とか1,000年以上とか非常に長期の腐食の評価というのは最終的に要求されるわけですが、そこに金属の腐食の専門家がいろんなより有効な材料に対する耐食性を実証して、それから高温、高塩分とか、低pHとか、そういう環境でも腐食評価ができるという、その腐食評価技術を開発したというのを評価いたしました。それから、成果としては材料の専門の論文、さらに国際的な原子力分野の論文等に公表しており貢献を期待できるということで、Aとしました。

○岩田座長 例えば地層処分の背景の最初のところでも、むしろ具体的なその腐食環境のイメージが全然、多分何か資料には書いてあるんでしょうけれども、それで、しかもその腐食形態がどんなふうに分類されて、最終的にどういうことを試験したからこれはAだみたいな、何かわかりやすい説明がないとなかなかつらいなという感じがするんですが、もとのあれを見せていただければと思います。

○阿部委員 このポンチ絵が、ちょっとこれは余り適切なポンチ絵じゃないかもわかりませんね。金属の腐食の研究だけじゃなくて、もっと地層処分設備全体のことを考えてきちんと位置づけして今後活かすようにと指摘したので、その位置づけのイントロダクションのポンチ絵だけが手前にあるような格好で、具体的な成果というのは後ろのほうの14ページの総合所見共通フォーマットのほうには、それなりに記載してありますけれども。

○佐藤委員 私、いいですか。

○岩田座長 はい、どうぞ。

○佐藤委員 結構、分野的には私の専門の分野なので。

もともとは高レベルの処分については随分力を入れて、その結果、かなりのところまで技術レベルが高まったと思うのです。その一方で、私の見方からすると、もう一つ重要なのが、TRU廃棄物の処分についてです。例えばハル・エンドピースの処分もそうです。

高レベル放射性廃棄物のほうをちゃんとやらないとだめだという、非常によくわかるんですけども、そこに力を入れたことによって、セメントが深くかかわるTRUの廃棄物の処分のほうは、比較的短い時間の中でいろいろな成果を取りまとめたきらいがあるのです。それで、セメントの中に金属が閉じ込められたとき、その金属がどれぐらいもつかについては、建設材料としては多くの研究があるけれども、実はこの建設材料としてじゃなく、いわゆる環境材料としては、長期にもたないとだめなんですね。

そうすると、例えばどんな処分場に捨てられるのかとか、それから、厚さ、10センチぐらいのかぶりというのがあるのです。それが中和されると、いよいよ腐食が始まるわけです。そう

というようなことをトータル研究を進めるというスタイルに、まだ僕は十分になっていないと思うのです。

だから、今、阿部先生が説明されたようなやり方は1つのアプローチとして大事でありまして、統合化はされていないんだけど、意味のある研究成果を指し示しているんじゃないかなと私は思います。

○岩田座長 最後のところで、いわゆる地層処分に関する耐食性の研究というのは山とあって、それで、それがそれぞれの研究がそれなりの問題設定と目標設定と、それから達成度みたいなものがきちっとサマリーができていないというのが。

○佐藤委員 これは特にコンクリートの長期耐久性なので、TRU廃棄物というのは高レベルの処分に比べると、もともとインベントリーは低いんです。

だから、高レベルに比べると相対的には余り注目されない中でスタートした部分なんだけれども、実はいろいろな課題が少しずつ解決してくると、そこも手をつけなくちゃならない。しかし、そういう分野にはあまり力が注がれない。高レベル関連の、例えばスティールとベントナイトだとか、そういう研究は結構あるんですけどもね。

○岩田座長 ご報告するときに、少し私自身も技術的に意味がきちっとわかっていないといけませんし、ちょっと発表論文を見させていただいて、後でちょっと質問していただけたらと思います。

○阿部委員 それから、AとBの区別がわからないということでしたが、みんなちゃんとそれなりに成果を出していますので、みんなAに近いと思いますが、例えば後2ですと長時間のクリープということで非常に論文が出にくい分野だと思いますけれども、微小試験用の技術とか、それからヘリウム分布の解析とか、そういうこともきちんとあわせてやっていますので、その辺も含めて、もっと論文の公表に努めてほしいと、そういうことを含めてBとさせていただきます。

○岩田座長 例えば、後4は10 μ 秒ぐらいのところまできちっとわかると、いわゆるマイクロストラクチャル・エボリューションみたいなものがある程度少しわかるみたいな、そういう感じなんですか。追加として。

○阿部委員 岩田先生はご専門だからお分かりでしょうけれども、いろんな照射欠陥ストラクチャーの時間変化をみると、非常に早くピコセックでいろんな動く段階と、それからいろんな二次欠陥に、マイクロセカンドレベルでいろんなものに成長するのから、それにまた回復していくのに、分とか時間とか年とかかかるということになりますので。マイクロセカンドレベルと

いうのは、ですから、それをやれば全部わかるということじゃないですが、今までの時間とか、そういう単位に比べたら非常に短い時間まで見られるということですね。

それから、陽電子の寿命評価測定自身は、陽電子の強度とかそういうことから、あまり短時間ではできなかったんですが、このグループはL I N A Cを用いて非常に高強度に陽電子ビームを照射して陽電子の寿命を測定するという事に成功しているということが非常に大きなことと判断しました。それから、陽電子の寿命100ピコセックとか、そういうものですけども、スペクトルをとるために十分な陽電子を与えて測定もできるという意味で。

○岩田座長 そういうことで、Aということですか。

○阿部委員 はい。

○岩田座長 どうもありがとうございます。

ほかによろしいでしょうか。どうもありがとうございました。

それでは、次のシステム基盤技術分野、佐藤委員からお願いいたします。

○佐藤委員 この分野につきましては、24年9月5日の水曜日にワーキンググループの7名の中で6名の出席を得まして、事後評価の2課題につきましてヒアリングを実施いたしました。

事後評価の7及び8、いずれもA評価とさせていただきました。

それでは、個別に説明をさせていただきます。

まず、事後評価の7ですけども、「化学災害の教訓を原子力安全に活かすEラーニングシステムの開発に関する研究」と題するもので、産業技術総合研究所によるものであります。

原子力施設における化学災害を未然に防止するための教育訓練を現場的に実施しなくてはならないのですが、1つの選択肢といたしまして、このEラーニングシステムの開発が重要と考え試みた仕事です。

これまでに、いろいろな化学プラントの事故事例があります。それを集めまして整理をいたしまして、原子力関連施設の安全性向上に役立てる目的で行われたものであります。

事例を分類いたしまして、要素に分けて体系化して、各要素間ごとに得られた教訓を整理しまして、アドバイザー委員会の助言や、あるいは原子力関連施設の現場での意見交換を通じて、現場的に役立つものにつくり上げています。これについては管理者の立場、また、現場的立場で教育訓練をどう実施するのかという2つの側面がありますけれども、そういう面に応えられるようにしたオンライン版Eラーニングシステムをつくり上げています。

事前評価を受けて、3年でプロトタイプシステムを完成させています。訓練に使ったり、あるいはいろいろな事例から判断するのに使ったり、管理者の立場からこれをどう役立てるか、

あるいは現場の立場からどういうふうに学ぶか、役立つようにいろいろ工夫されております。また、これを発展させますと、さらに効果が上がるのではないかと期待されたこともあり、A評価とされました。

次は、事後評価の8ですけれども、タイトルは「放射性物質輸送容器のモンテカルロ法による遮蔽安全評価手法の高度化に関する研究」です。独立行政法人海上技術安全研究所によるものでございます。

長い原子力の歴史の中では、サイクルの上流から段階的に下流に向けて原子力が広がる展開をたどって来たと思えることができると思いますが、使用済み燃料が蓄積し、高燃焼度化が進み、そのうち間もなくある程度の量の使用済MOX燃料も出てくることになると思われまします。したがって、貯蔵のため、あるいは再処理のため、輸送がますます重要になってくると考えられます。そうすると、輸送容器に求められる性能もかなり緻密な設計をして、安全を確保できるものに改良が加えられることが求められます。そういう中で最新の科学技術の知見、手法に基づきまして、輸送容器の合理的な遮蔽設計に対する安全審査に資することを第一目的といたしまして研究開発が進められたものです。

実際の輸送容器の胴の部分の遮蔽構造を模擬した試験体を用意し、また、その容器をつり上げる、やや複雑な形状をした部分の試験体を用意いたしまして、放射線の透過試験を行っております。一方で、そういう幾何的形狀を忠実に再現して、モンテカルロ計算を行いまして、その精度を評価して、計算でどの程度のところまで安全審査の判断材料として使えるものかについて、評価結果を得ています。結果として、安全審査に利用できるだけの保守性が確保されることを明らかにしております。

そういうことで、成果を上げたと思われ、A評価とされました。

○岩田座長 どうもありがとうございました。

それでは、ご質問、コメント等ございましたらお願いいたします。

これはEラーニングの中間か何かのときに1回出させていただいたんだらうと思うんですが、そのときに結局、化学災害データベースみたいなリレーショナルでやったら、災害というのはプロセスだから、スタティックな断面だけを幾らつぎはぎしても実質は本当に学習しなきゃいけないところはだめで、そこをどうするんですかというようなことを聞いたような気がするんですが、その答えは何か用意されたんですか。

○佐藤委員 その点は非常に重要であるし、それはやはりそうあるべきだけれども、なかなか難しい側面もあります。でもヒアリングのときの発表では、そういうことに対して少しずつ取

り組んで、少し前進したというような印象はあります。いろいろな例について、どういう流れが起こっているかが結構整理されるどころまでできましたで、これはこれで評価できると委員のほうでは判断いたしました。

まだこれから、さらに発展できるのではないかと思います。

○岩田座長 ドイツの化学会のEラーニングシステムでは、化学的なデータとモデルを基にそういう非常にきちっとしたのをつくっていて、あと、それ以外にも英国ハウエル研究所の腐食エキスパートシステムの事例でもそんな感じですから、このままずっと押し進めるというのは何かあんまりみたいな感じがしますが。

ほかには、ご意見ございますでしょうか。

後ろはいろんな輸送に、後8のほうですが、これからいろんなタイプの輸送がうんと出てきそうな感じがするんですが、そこら辺用の基礎資料という感じで、いい成果になっているんですか。

○佐藤委員 そういう背景がある中で、安全審査に資するようにこの研究者のグループが考えて一生懸命やっておられるということなんですが、どのように多様な輸送になるかについては、まだこれからだと思います。

○岩田座長 ほかによろしいでしょうか。

どうもありがとうございました。

それでは、最後の生体・環境基盤技術分野、嶋委員のほうからお願いいたします。

○嶋委員 11ページと12ページ、それから、その共通所見フォーマットというやつは28ページから33ページまで、ここに細かいことが書いてございます。

まず、この分野、生体・環境基盤技術分野は、9月24日にワーキンググループ9名のうちの8名の出席を得まして行いました。いつも返事すらよこさないやつが1名いまして、それは今まで出てきたことがないから、早く切れと私は事務局には進言しておったのですが、ついにこいつは出てこなかったの、もう名は消したほうがいいと思います。

それで、3題あるうちの2題、後9と後11をA評価、それから後10というやつをB評価にいたしました。3題に関してちょっと詳しくご説明いたしますと、まず後9、これは大阪にあります国立循環器病研究センターの研究者たちが行った研究でありまして、この研究グループは私が理解して記憶している範囲では、この試験研究の中で非常に有効に研究費を使って成果を上げてきたグループだと思います。

今回もこれは5年間の研究期間だったんですが、後9、「生理活性ペプチドおよびタンパク

質の ^{123}I 標識とマイクロイメージングに関する研究」という題で研究を行っております。これは題が示すごとく、生理活性ペプチド及び疾患、病気に関連したタンパク質、これを適当な放射性核種で標識いたしまして、SPECT、いわゆるシングル・フォトン・エミッション・コンピューテッド・トモグラフィーといわれるSPECTを使って体内動態を高解像度かつ高精度で観察するシステムをつくらうというのが目的だったわけです。

その成果といたしましては、まず簡単なほうから申し上げますと、イメージングに適している核種、殊にSPECTという方法に適している核種、 ^{123}I 、これは半減期が約13時間、それから $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、これは半減期が約6時間、このものを使いましてペプチド、あるいはタンパク質、これを標識する方法を開発いたしました。

従来はこのSPECTというやつはPETに比べると感度が悪い、それから画像も不鮮明であるという欠点があったんですが、それをこのマイクロイメージングという方法でもって改良したというのがこの研究の成果の最も大事なところであります。

まず1番は、今申し上げたようにイメージングに適した核種 ^{123}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、これを使ってペプチド、あるいはタンパク質の標識ができるようになって、こういうものができると、比較的長寿命の標識化合物ができれば、PETのように非常に短寿命、ただ、PETの場合、一番よく使われる核種がフッ素の18というやつなんです、これはせいぜい2時間、長くて2時間しか半減期がない。ひどいやつになると1分とか2分なんていうのがありまして、こんなだったらつくるや否や、すたこら走って投与しなきゃいかんということで、サイクロトロンがなければ使いものにならんということだったんですが、このSPECTによって別にサイクロがなくても、あるいは場合によっては標識する設備がなくてもそのイメージングができるということが可能になったというのが大きな成果だと思います。

2番目に、いわゆる数字的なモデルをつくりまして、SPECTを使った機能画像の定量化を行うことができたということでもあります。これと軌を同一にするんですが、放射性薬剤の集積の時間変化、それから脳とかあるいは心筋、こういったところの組織の中を流れる血液の量、あるいはブラッド・ブレイン・バリアといいまして、血液から脳へ入るときには自由に血液の成分が入れるわけじゃなくてバリアがあるという、そのバリアを通るときにはどういうふうに通っていくのかという移行率の定量的な把握、こういったことを可能にいたしました。

このグループは大きな研究グループでありまして、すべて循環器病研究センターだけでやっているわけじゃないんですが、その中で非常に有機的に幾つもの研究部門が協力して物理工学的な分野、それから薬学あるいは病態生理学的な分野、こういった分野の専門家たちが協力し

て、この成果を上げてきたと思います。

これらの成果は35編の原著英文論文を初め、さまざまな口頭発表等を行っておりまして、総合評価はAといたしました。

次、後10、これは独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構、何か長ったらしい名前、昔はもっと簡単な名前だったんですが、これが要するに食品照射を手がけたということであり、後10の研究期間も5年でありました。

目的は、ちょっと余計なところを申し上げると、ご存じのことかもしれませんが、日本では食品照射というのはジャガイモの発芽、これをとめるのだけにしか使うことができないという現状があるんです。それで、あれは2005年でしたよね、今の原子力政策大綱ができたのは。あの中で食品照射をもっとやれということが書いてありまして、それにこたえてこの研究グループが名乗りを上げたということ、そういうことも背景にございます。

この中ではダイズを植物性照射食品のモデルとして——モデルというより材料ですね——として取り上げまして、放射線照射した食品のリスクとして重要視されている、いわゆるアレルギー性、アレルギーのもとになるような物質が照射によってできはしないかという、そのアレルギー性の変化、それから一般的に有機物が照射された場合にできる脂質の分解生成物、いわゆるリピッド・パーオキシデーションと言われる脂質の酸化物等々ができるわけですが、そういったものを指標にして放射線照射の影響を解析することを目的として行ったということになります。

成果といたしましては、まず第一に特異抗体を用いたイムノブロット及びELISA等による解析により、これはいわゆる抗原抗体反応というある意味での生物学的なスペシフィシティの高い反応を使って、乾燥したダイズのガンマ線照射による新たなアレルギー、新たにアレルギーが出るかというふうなことを既存のアレルギーをもとにして調べたわけでありまして、既存のアレルギーの存在量、反応性の増加は認められないことを確認したということ、これは確認したということ、特にそのエトバスノイエスが多いというわけではありません。

それから、あとは大体同じでありまして、いろんな材料を使って新たなアレルギー、アレルギーのもとになるものが照射によってできているということ、はなかったということが、極端に言えばこの研究の成果であります。

ここで得られた成果というのは、幾つかの従来例えばESRで長寿命のフリーラジカルがどのくらい残っているかとか、そういうことを調べるだけじゃなくて、免疫抗体法を使って、ある意味でスペシフィシティの高い方法でもって新たにアレルギーのもとになるようなものは

できはしないかというようなことを調べたという意味において、この技術はほかの食品群にも適用できるということ、それをやっぱり示す必要があるわけで、今回はこの研究ではダイズしか使えなかったという問題があります。

それで、日本には食品照射を行っておるグループが幾つかあって、私の記憶でも前に試験研究の中でたしか2つの研究所が、国立研究所が関与しておったと思うんですよ。それらが多分ユニファイしたのがこれじゃないかなという気もしているんですが、余り有機的にコラボレートしているようには見えなかったことがございます。

それで一番最後に、こういった分野の仕事というのは単にサイエンティフィックな論文を幾つ書いたとかいうこと、もちろんこれがないことにはその先がないんですが、それ以外にも、その得られたサイエンティフィックな成果に基づいて食品照射ということに対する一般の方々の理解を深めるという努力はやっぱり必要なので、それは今回のこの5年間の研究期間の間にはそこまでいかなかったと思われまます。

その理由は、後で聞いて、へえと思ったんですが、どこかに書いてあるんです。これは、30ページに事後評価総合所見共通フォーマットというのがございますね。よろしいでしょうか、30ページ。この2ポツ、研究成果の(4)、論文2報、少ないかと、これはだれが思ったって思います。それから学会発表が10、その次です。昨年の震災に伴い、「農水省から要請された食品中の放射性物質に関する緊急研究の影響で、最終年度に予定していた論文執筆ができなかった」ということがありまして、そこまで正直におっしゃるんなら、本当はCぐらいかなと思っただけでもBにしようかということで、これはBということになりました。

ただ、せっかく得られた成果をほかのものにもアプライして、日本でジャガイモ1種類しか使われていないという状況を改善するような努力が今後必要であろうと思いました。

それから、一番最後の後11ですね。これもナノテクノロジーの専門家グループであります産業技術総合研究所の研究者グループが5年間にわたって行った研究でありまして、これはいわゆる脳腫瘍の放射線治療の一つであるBNCT、ボロン・ニュートロン・キャプチャー・セラピーという方法がございます。

それで、ちょっとこれは申しわけないんですが、事務局でつくっていただいた後11、「表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子補足」の補足は「足」じゃなくて「捉」、その下はてへんが入っているんでいいんですけれども、足がつかまっちゃどうしようもないので、「捕捉療法への応用に関する研究」ということで、これは従来、脳腫瘍を放射線治療するとき、脳というのは頭蓋骨の中にあるものですから、頭蓋骨が邪魔になってX線とか電子線なんかを使

っても余り効かないと。そこで、脳の中に直接、まず脳腫瘍に親和性を持つような、いわゆるホウ素系の有機化合物というのを入るようにするということが、それが1つ。優先的に、もっと言えば腫瘍選択的にホウ素のくっつけた、しかも脳腫瘍なら脳腫瘍の細胞に非常に親和性の高い薬剤を開発しようとしたんだけど、今までわずか2種類、もう20年ぐらい色んなところで開発が行われているけれども、2種類しかまだその物質がとれていないんです。

そこで、この産総研の連中はナノテクノロジーというのが得意であるということで、ナノ粒子を使って、しかもボロンの原子の数をできるだけたくさん入れて、しかもその脳腫瘍の細胞に特異的に、特異的というのは言い過ぎですけども、正常の細胞に比べて、より多くのボロンを取り込むような方法を考えたということで、これも5年間の研究を行ったわけでありまして。その結果、1つは液中レーザー溶融法という方法を考え出しまして、1つは低エネルギー密度のレーザーを使うことによって粒子の生成速度というのを2桁ほど向上させたこと。そして、照射時間を変えることによって、粒子サイズを制御する方法を考案したこと。

従来は、私はよくわかりませんが、高温・高硬度材料であるがために、高温で高い圧力のもとで行っていた事柄を室温大気圧条件下で行うことができるようにしたこと、これが液中レーザー溶融法というものだそうであります。これを開発したというのが非常に大きな柱、成果の柱になっております。

これによってつくられたホウ素の粉体、これの表面を修飾いたしまして、腫瘍により親和性を持つような表面を持つように表面をモディファイして、腫瘍への集中性を高めたということが1つ。もう一つは、一方ではせっかく体の中に入れたホウ素材も早く代謝して体の外へ出ちゃうと、これはせっかくの放射線治療の効果が落ちちゃうということで、代謝排出を抑制すること。ただ、余り抑制し過ぎるとこれはいつまでも出ませんから、いろんなトクシシテイ、毒性が出てくるということで、そのうまいあんばいをとるところが難しいところで、1つとしてはPEGと呼ばれるポリエチレングリコールというやつで表面を修飾するというふうなことによって分散性、それから代謝排出抑制ということをより高めた。一方では、トランスフェリンと呼ばれる物質を表面にくっつけることによって、腫瘍の細胞に、よりプリファレンシャルにくっつくようになったこと。

そういう状況で、脳腫瘍の場合、場合によっては頭蓋骨を開けて、あるいは開けずに、開けた場合が多いのかな。原子炉の中性子、あるいは加速器の中性子を使ってBNCT、中性子捕捉療法というのをより効率的に行えるようになったということで、これは成果も適切に発表しておるということで、これはA評価ということにいたしました。

以上が生体分野の概要であります。

○岩田座長 どうもありがとうございました。

それでは、コメント、ご質問等ございましたらお願いいたします。

○阿部委員 食品照射というのは普及が大事だと思いますので、ちょっと教えてほしいんですが、ダイズの照射の場合のように、その条件としてアレルゲンの生成がないですよということをチェックするというのが一番、食品照射を懸念する場合に対してポイントになるということでしょうか。

○嶋委員 いえ、私はむしろアレルゲンができるか、できないかということは、さらなるそのステップの先の話で、一番最初はやはり生理的な毒性がないかということとか、あるいは急性の毒性、それから晩発性の毒性、これは発がんというのが結局、一番よく問題になるんですが、そういうものがないかというようなことが最初のスクリーニングで行われるべきことで、この研究者から出されたポンチ絵の中にも、ポンチ絵の後10というやつをごらんいただきますと、背景というところにありまして、食品照射の現状は世界における実用化、アジアは29万8,000トン、EUは9万6,000トンでアメリカが10万3,000トンというようなことで、日本は書いていないんですけれども、ジャガイモの発芽を抑制するだけにしか使われていないこと。

ご存じかもしれませんが、これは私は新聞かラジオで聞いたんですけども、ことしのあれは6月ごろですかね、生レバーを食ってO-157でトラブルが起こった人がいますよね。それで生レバーの愛好者が、生レバーですから熱を加えちゃだめと、放射線が一番いいだろうというので、生レバーについておるO-157を放射線照射して無毒にして食いたいというようなことを言ったらしいんですが、その後どうなったか私は存じませんが、原子力委員会の中に食品何とかというのはあるんですね。

○近藤委員長 ええ、で、香料については食品安全委員会に投げてあります。それから、なまレバーの照射滅菌については、食品安全委員会の自ら評価ということで取り上げられのか、農水省の方であったか、忘れましたが、その効果課題についての研究が始まっていると記憶しています。

○嶋委員 それで、このグループも、ことしはそれやっておるわけです。だけど、これはあくまで23年度までのことを書くということで、その生レバーのことは書かないということになっているんですが、例えばO-157は怖い、しかし生レバーは食いたいという人がぎょうさんおって、放射線照射をどんどん有効に使えば、私はそれでいいと思うんですが、ただ、恐らく反対する人たちはまた同じような反対を繰り返すだろうと思いますね。食いたい人がそれをど

んどんやる、放射線はいいよということを書いてくれればいいんですけどもね。

○小柳委員 今の話ですけども、これはアレルゲンがないというのと、その線量の問題ですけども、殺菌効果とか、そういうもののバランスで決めなきゃいけないと思うんですけども、その点は。

○嶋委員 その点は、比較的ベーシックな研究がたくさんありまして、普通10kGy、グレイなんて言うといつも岩田先生からも近藤先生からも怒られるんですけども、生物屋はそれを使うんですよ。大体10kGyがマキシマムのドースになっているんです。そのぐらいだと長寿命の、少なくとも初期に行われた研究では長寿命のフリーラディカルはできない。あるいはそのパーオキシサイドというか、過酸化物質もほとんどできないということはわかっているわけで、ついでにちょっと、この上段ですが、このポンチ絵ですね、これを私は今朝見ておって、何か変だなと思ったのは、この左側の背景の食品照射の現状の次のわが国における課題、(1)2006年に原子力委員会が関係機関への取り組みを勧告、そこはいいんですけども、その次に厚生労働相といたらこれは大臣のことを言うので、どこかのあれかいなど、これはミニスターとミニストリーの混同でして、これは大臣が調査を行ったのかな、きのう何かやっていたあれかなというふうに思ったんですが、これは永久保存版になるんでしたら、研究者たちに直させるように事務局からご指示いただいたほうがいいんじゃないかと思います。

○岩田座長 やっぱり食品照射って、照射して、その後の分析でとまっちゃって、生物システムの中のことをきちっと説明するようなことをずっとさぼっていて何もしていないから、リスクコミュニケーションとは言っても全然コミュニケーションになっていない。要するに、知りたい情報と食品照射の人がやった情報とがどうもつながっていない。ちょうどほかのインシアティブとか何かでも、食品照射の研究者がどんどん減って、ほとんどレッドブック状態だから続けることは続けなきゃいけないと思って1件採用されたんですが、それでもやっぱり、もうちょっと本当に実用化するんだったらその気で説得するための戦略をつくらなきゃいけないのかなと思います。

そういうので、ちょっとナノテクのほうで、その11ですね。このいろんな説明をシステムとしてというか、もうちょっといわゆるナノテクの新しい方法論として何か体系化するようなことはないんですかね。結局、多分、欧米のナノテクの割とエッジのところはそういう感じで、それぞれのダイナミックスをどういうふうにナノテクの中で、むしろ既存の学問分野を超えた1つのアプローチとしてやっているかというのを上手に整理しながら説明し、新しい方法論としての提案までいっているような感じがするんですが。

○嶋委員 私はそこまで把握はしていませんけれども、産総研のこのナノテクのグループというのは、恐らく日本の中ではかなり先進的なグループなんじゃないかな。

○岩田座長 この中身は非常に先進的でいいと思うんですが、これを1つのナノテクとしてある程度ディシプリンを確立するというような方向までいくといいのかなと。そういうのがあって、初めて後10みたいな食品の、ある意味で、あるところまでとまってしまっているところも次の展開になるのかなというような感じが、伺っていてしたんですね。

それで、ちょっと1つだけ教えていただきたいのは、SPECTの完全な数理モデルでしたか、何でしたか、それがよくわからなかった。そんなうまくいくのかなというのが。

○嶋委員 このグループは、何しろ数学屋さんから物理屋さんから化学屋さんから、みんなおるんです。それで、モデルというのは……

○岩田座長 数学的な完全性を保障する軌道設計理論を整備云々という、これはもともと逆問題だから、それをどう次元を減らして、その最後のところでかなりきちっとした答えが出るように、うまく収束性をセットアップして何かやったんだろという感じはするんですが、何かこう抽象的に書かれると、それで何ですかというのは。

○嶋委員 このポンチ絵ですね。今おっしゃっているのは、後9ですよ。

○岩田座長 はい。

○嶋委員 これは比較的わかりやすくは書いてあると私は思うんですが、ペネトレーション補正とか、私の分野からかなり離れている分野なものですから、今、岩田座長のおっしゃられた疑問点に関して適切にお答えする知識は、私自身はありません。場合によっては、このグループに直接お聞きいただければ答えは返ってくるだろうとは思いますが。

○岩田座長 原子力委員会でご報告するときに、近藤先生にこれは何ですかと質問されたときに、どきっとしますから、一応、全体見通しておきたいと思っておりますので、ご本人に確認させていただきます。

○嶋委員 このチーフの主任研究員の方は非常にしっかりした方だと私は印象を持ってまして、イイダさんといったかな、ちょっと名前覚えていないんですが、事務局でお調べくだされば。イイダさんですね。この方は非常にしっかりした人なので、この方にお尋ねくだされば、事務局のほうから答えは返ってくると思います。

○岩田座長 はい、どうぞ。

○小泉委員 私も同じようなところをご質問したいと思っておりました。今のSPECT、小型のものを新たにつくられたという件ですけれども、28ページのご報告の中の副次的な成果と

というのが（３）にございます。そこでヒトの脳の一部を従来の５倍の空間解像度でSPECT撮像できることが示されたという、この副次的なところでお書きになっていらっしゃるのですが、この「従来の」の意味がどの点を指して従来ののが読めなかったものですから、もしもご教示いただけたらと思いました。

○嶋委員 一般論として私が理解しておりますのは、SPECTというやつは解像度が悪いという問題が常につきまわっていて、感度が悪く解像度も悪い。それで、今回の核種を変えて、それからマルチピンフォールのコリメータを使うことによって解像度を上げたということだと私は思うんですが、ヒトは脳の一部しかまだできていないということで、脳の一部しかまだこれが使えないということで、その次のページの29ページの４の、その他のところで、ヒト脳の全体を撮影するには至っていないが臨床的な実用試作機の作製が期待されるというようなことを書いたんですが、今、小泉委員の何に比べて５倍かと、空間解像度という理解じゃ、矛盾いたしますでしょうか。

○小泉委員 このご報告について全体の成果が少し読めないところがございます。ここだけに、この定量的な５倍という数値が出てきているのですが、「従来」のという漠然とした形で表現されており、比較の前提条件が明確になっていないように感じます。それから、この研究全体の成果としては、例えば同じ被ばく線量で比較して、感度と空間分解度がどれだけ向上したかということが、具体的な成果だと思うのですが、その定量値がどこにも書かれていないのです。いろいろな方法をやったとか、それで精度が高くなったという文学的な記載はあるのですが、肝心な成果に関する定量値がどこにも出ていません。この点、ご教示いただけたらと思いました。

○嶋委員 被ばく線量ということに関して、私どものヒアリングではそういうデータの提示はなかったと思います。

○小泉委員 これはイメージングの装置でございますから、感度とそれから分解能がどうかというのが実際の改善点のはずですが、そこがどこにも述べられておりません。ある意味では文学的な表現で、いろいろ精度を向上したという言葉は並んでいるのですが、肝心な定量的な結果を示すものがどこにもないというのが不思議な感じがいたしまして。

○嶋委員 その感度がどのくらい上がったかとか、あるいは被ばく線量がどのくらい低減されたかということに関しては、私自身、そのヒアリングのときにインフォメーションをとったという記憶がないものですから。

○小泉委員 と申しますのは、こういうような小型の装置を開発するときに、臨床で使われて

いる全身用の大型装置と比較しても、本来の性能比較にはならないわけですね。小型にした動物用ですと、はるかに条件が緩くなるケースがあります。そのときには比較の前提を明確にした上で、感度がどれだけよくなると、それから精度がどれだけ上がったと、そういうふうに普通は記載すると思います。

○中村参事官 事務局のほうで先生方に聞いて、またその結果を先生方のほうにお配りさせていただきたいと思いますが、よろしいでしょうか。

○嶋委員 はい。恐らく、そのイイダさんのところには今おっしゃられたようなデータはお持ちだとは思いますが、私自身、そこまでヒアリングのときに突っ込んだデータの話はしなかったものですから、それはちょっと私自身は答えはございません。

○中村参事官 事務局のほうで改めて確認をしてみたいと思います。

○仲参事官補佐 ちょっとだけ補足させていただきますと、脳の一部としたのは、測定装置を患者のところに設置して、脳全体をはかろうとすると、その装置を1周させないといけないんですけども、その回転させる装置を患者の頭のところに設置するということになると、その安全性の認可が病院で必要になるそうなんです。それで、装置ができてからそれをするまでの間に認可がとれなかったもので、全周ではなくて一部分だけ測定をやったという意味で、ここでは一部という言葉を使っているという説明がありました。

○小泉委員 論文もたくさんお書きになっているのですが、何か新しい動物実験をしたために論文をお書きになったのか、ここにご報告されているように、実際にこの装置の開発、あるいは改良されたがゆえに新しい論文が書けたのか、そのあたりがちょっとこの資料から見えてこないように思います。その肝心な目的とした点の成果に関する数字が必要だと思います。

○嶋委員 この方たちはたくさん論文を書いているんですが、これはマウスのリージョナル・セレブラル・ブラッド・フロー、それから、この論文のどこかにそれはあるかな。これはやはり、恐れ入りますが事務局のほうでちょっとお尋ねして、お調べください。

○中村参事官 はい、承りました。

○岩田座長 それでは、事務局のほうでよろしく願いいたします。

それでは、今までご報告いただきました内容を原子力試験研究検討会としては、ワーキンググループでの審議結果を尊重することとしてご報告したいと思いますが、ご質問、特段のご意見等ございましたら、お願いいたします。特に全体を通してとか、今までの50年関与された方はおられないと思いますが。

試験研究としては最後のご報告なので、何か。

はい、どうぞ。

○小柳委員 私どもの知的基盤ではロボット開発を大分やって、いろいろなことがありましたけれども、大分前の研究の中で、悪条件のところへ飛び込んでいって、ハンドルを回すというロボットがあったような記憶がするんですが、去年のあのベントの一件を見たときにそれを思い出しまして、そういう非常に貴重な研究開発の端緒があったのに、それが事業にならなかったというのは大変じくじたる思いでございました。

○岩田座長 基礎基盤研究なので、実際の現場での利用というところの間にやっぱり距離があって、そのフォローをしなければとずっと言い続けてきたんですが、それはむしろこの基礎研究の成果はきちっとわかりやすく具体的に、客観的にちゃんと整理する中で、次の応用がいつかはちゃんと開いてくるというような、そんな議論があったかと思いますが、そういう意味で、各分野ともいろいろフラストレーションを話し始めると幾らでもたくさんありますが。

それぞれ一言だけ何かちょっと言っていたら、それを記憶にとどめながら、私がちょっとまとめさせていただくということによろしいですか。

阿部先生、何かございますか。

○阿部委員 じゃ、私からです。原子力試験研究、これまでずっと長い間やられてきて、物質・材料分野ですと材料の開発、それから評価方法、それからビーム技術とか、そういうのがありましたけれども、わかりやすい成果としては、例えば今日も出ましたものと、ダイヤモンドの精製で耐放射線の検出器の開発に結びつける道を開いたという形とか、それから、陽電子の複合ビームということでは産総研の公開設備としてこれからいろんなグループに開放していくんだそうですから、それが期待できるということ。

それから、あと腐食技術とかでは、地層処分の、これは日本全体でいろんな条件に対していろんなことをやっていくという形に材料の腐食屋がきちんとかかわっていくということの大事さを確認してほしいと思いました。

それから、あとはヘリウム脆化なんかですと、核融合炉の低放射化材料の寿命評価に対してインパクトあるデータ等を得ていますので、そういうふうに材料開発、それから材料の評価技術、それからビーム技術という形で、いろんな形でしっかりと成果が非常に活用できることを私は期待しました。

それと、もう一ついいでしょうか。あとは全く話は別ですが、人材育成というようなことに関しては、これによって各研究所の特色ある活動で、非常に活性化されているということをいろいろ感じたのがあります。それは大変結構だったと思います。

それに関して、若いポストドクの方を採用しているいろんなことでやっているというのは、いろんなグループで見えるんですけども、そのとき外国人のポストドクの人が結構多いとか、そういうこともありますので、成果が国際的にいろんな形で生かされるということも期待されますけれども、国内の若手の継続がきちんとされているかということは、しっかりといろんな分野でウォッチしていく必要があるんだなということは感じました。

以上です。

○岩田座長 小泉委員、何かございますか。

○小泉委員 十年近く前なのでですけども、長崎で放射線教育に関する国際会議（IREF2004）というのがございまして、偶々、招待講演の機会を頂戴しました。その会議では、低線量被ばくの問題が非常に厳しい国際的な議論になりました。それ以来、低線量被ばく、内部被ばくも含めた生体影響の研究の必要性を非常に切実に感じまして、2005年以前の原子力政策大綱に関する会議や、この原子力試験研究検討会の中でも、安全性と低線量被曝に関する研究ならびに予算化のお願いを随分申し上げてきました。やっぱり、事故後の今では、内部被ばくを含む低線量被ばくの生体影響に関する問題は非常に重要になって来ています。そこが解明されないと安全性に関する規則をつくることができない。避難解除の指示も出せない。そういうことで、本格的な低線量被ばくの研究というのも、早急にやっていただけたらと希望しております。

それから、あともう一つ付け加えさせていただきたいと思い。放射線について負の面がこのごろ強調されますけれども、ここでなさってこられたような研究を含めて、日本の原子力については非常に高い技術もあると思います。ところが、負の側面が強調されるあまり、そういうところが必要以上に表に出ていっていないのではないかという気がしております。この8月末に、26か国が参加した国際工学アカデミーの総会（CAETS2012）がチューリッヒでございました。そこで日本の現況についての質問を受ける可能性が非常に強かったために、東京電力さんと東北電力さんにご協力をちょうだいして、女川原子力発電所をつぶさに拝見いたしました。

やはり実際に拝見しますと、ふだんの知識と違うものをたくさん勉強させていただきました。どうしてこのような重要な情報が、メディアを通して一般的なところへ十分に出ていかないのかと疑問を持ちました。福島第一原子力発電所と比較しても、実際の津波の高さは両方ともに1.3mで同じ高さですし、地震の強さについては、より震源に近かったわけですから、もっと激しい揺れを受けている。しかしながら、ほとんどすべてがマニュアルどおりに進んで冷温停止に至った訳です。日本の技術には、そういう実績があるわけですけども、そういうところもぜひ客観的にご理解をいただくような機会があってもいいのではないかと思います。

以上でございます。

○佐藤委員 システム基盤技術分野ですが、私の誤解かもしれませんが、結構バラエティに富んだ展開といいますか、そういう研究を評価しなくちゃならないところがあって、もちろんそれはそれなりに一生懸命やるわけですけども、これからますますいろんなバラエティに富んだ研究展開が進むのではないかなと。一方で、そういうものをバランスをとりながら、ある程度ポイントを押さえながら評価することが重要になってきています。何かこれに対応できる仕組み、評価をする専門家の育成ができるといいと思うのです。これはなかなか難しいものなのかもしれません。

○岩田座長 嶋委員。

○嶋委員 私と阿部先生が一番長いのかな。私は藤家委員長の晩期のころから近藤委員長の間、ずっとこの生体環境か影響というところを担当したんですが、最初のころはいわゆる便乗組というやつがたくさんいまして、放射線をやりますと言っているんだけど、実際は何もやっていないというのが、特に昔のクロスオーバーにたくさんおったんですね。あれは2005年でしたね、今の原子力政策大綱ができたのは。あの中で明確にいろんなことを書いてあったので、あの後からはそういう便乗組の申請というのがほとんど姿を消したと私は記憶しておるんです。

それで、さっき小泉委員がおっしゃったような低線量率もしくは低線量の生物影響ということ、あるいは環境影響ということに関しては、1つはクロスオーバーのあれが一番最後のほうでしたね、小野君にやってもらったのは。あれで結局、私どもの六ヶ所の環境研が唯一世界で持っている、中村参事官にその昔にご視察いただいたことがあるんですが、唯一の低線量率長期連続照射装置というのが、ある意味で日本だけじゃなくて世界で唯一の設備になりまして、ちょっと話はそれですけども、EUでは低線量率、低線量の放射線リスクのEU全体のイニシアティブ、MELODIというのができてるんです。それはマルチディシプリナリー・ユーロピアン・ロー・ドース・イニシアティブのキャピタルをとってMELODIというんですけども、実はそのMELODIのところから私ども環境研のほうにぜひ入ってほしいと、ノンEU唯一のメンバーとして認めるからというようなことで、2010年に私が署名しまして、今はドイツのヘルムホルツ、ミュンヘンにあるやつですね、HMGUというやつ、それとイタリア、ENE Aというところとの共同研究をやっているんですが、ロー・ドースの生物影響、生物リスクを実際、実験的に出そうとすると、ご存じのとおりだと思いますが、実験的に出そうとすると、どれくらい数の動物を使わなくちゃいけない。

例えば150mGyの1回照射ですね、ある意味で高線量率の150mGyの発がんという影響を

統計学的に有意にディテクトするためには、今までのデータから計算すると、約10の4乗のコーホートが必要であるとデヴィッド・ブレンナーというやつが書いていますその辺のところは間違いはないと思うんですね。

ですから、実際問題として、もちろん1 mG y / yearの影響なんて、これは絶対に実験的に出すことはできません。私どもが今、環境研でできている一番低い年間の線量は20mG y / yearなんです。それですと、もちろんアンサーティンですが、調べる限りでは影響は全く我々の実験の規模では検出はできないということはあるんですね。

そのイニシアティブがなくなったんですよね、あれは、もう、従来のイニシアティブは。原子力の中のイニシアティブ。

○岩田座長 それは、あの……

○嶋委員 クロスオーバー、ごめんなさい。クロスオーバーはなくなって、イニシアティブに移ったんですって。

○岩田座長 そうです、はい。

○嶋委員 その中でも一応ロー・ドースの、低線量の、あるいは低線量率の仕事というのは、一応走ってはいるんです。ところが、最大の問題は低線量率が問題か、要するにプライオリティーがあるのか、低線量がプライオリティーがあるのかという実験の組み方に議論を今、私はヨーロッパのEUの連中としていまして、低線量率ならば、これは幾らでも時間をかければ、集積線量は高くなりますから、ある程度の実験はできるんですね。もちろん時間がかかりますから、その時間に対する経費の問題が出てきます。

ところが、高、低線量だったら、これは実験的にそんなに難しくはないんです。ちょこっとかければハイ・ドース・レートで低線量、中線量、高線量をかけるというようなことは、これは実験的にそんなに大変なことじゃないんです。だけど、実際今、例えば福島なんかの問題にしても、あるいは医療的なCTとか、それこそさっきおっしゃっているSPECTとか、SPECTにしてもPETにしても、恐らくあれは内部被ばくですね、体の中に放射性物質を注射して入れていますから。そういう場合の低線量率の問題というのは非常に難しく、低線量に関してはそんなに私は難しくないと考えています。

イニシアティブでは来週か再来週、その第1期のやつを、それこそこれと同じ事後のヒアリングをやるんですが、今のところ1題だけ走っていまして、その後、子供、乳幼児期の放射線感受性の特性なんていうようなことが対として走っているとは思いますが。けども、明確な答えというのはなかなか出てこないだろうという気がします。

そういうときに、結局そのレギュレーションというか、レジスレーション (legislation) とレギュレーション (regulation) という立場から言うと、ICRP というやつが唯一出てくるわけですね。あそこのコミッティー4のジャック・ローシャートというやつが、セルフヘルプ・プロテクションという言葉で近ごろ盛んに言い出して、それを福島でやれというようなことを言っておるので、私はそんなことは、今の福島でセルフヘルプ・プロテクション、そのための大前提としては、そのセルフヘルプする個人が判断できるだけの知識を持っていないことにはとてもプロテクションなんかできない。そんなややこしいことをわざわざ福島に言いに来るなという話をしたら、えらく嫌がられまして、それ以後、福島のほうからは声がかからなくなりましたけれども、だけど、わからんから、しかし多分こういうところで線を引いておくのがいいだろうというのが極端に言えばICRPのレジスレーションのプリンシプル、フィロソフィーで、レジスレーションですね。その要するに基礎を成しているものの考え方だと思し、年間1mSv、あるいは年間10mSvと言われたって、それもやっぱり実験的に検出するようなことというのは、これは実際問題としては無理だろうと思います。何十万匹のマウスを使ったって、まだ依然としてアンサーティンティというのは残って、それでも本当に安全かとかなんとかという議論は必ず出てくる。

だから、この中でこれが終わったわけで、それがイニシアティブのほうへ移っていったわけですが、今申し上げたように、走っている低線量のプロジェクトは、ある意味で2つありますが、すぐにストレート・フォワードにきれいな答えが出てくるような状態ではないように思いますが、便乗組が少なくなったという点においては非常によかったと思っています。

○岩田座長 どうぞ。

○小泉委員 低線量被ばくの生体影響について、私の申し上げましたのは、研究はもちろん簡単ではないので、そのために最先端のサイエンスとテクノロジーを使わないと、意味のある解がまったく出せない。今回の事故より前になりますけれども、そのために人間の各臓器の培養細胞を使用する研究を、従来の動物実験やコホート研究の他にもやる必要があると主張したのです。いろいろと細胞の培養というのが、全自動化を含めて、今、可能になってきています。例えば、最近ノーベル賞が決まった山中先生のiPS細胞もそういうふうな使用法ができるわけで、人体の一部から各臓器の細胞というのを誘導して、今度、後は機械的に自動培養してたくさんふやすことができるわけです。

例えば肺の組織とか、それから肝細胞とか視細胞、そういうものを人間の細胞として次々と大量に用意できる。人間の各種の細胞がいくらでも実験用に準備できるのですから、クローン

化率に注意すれば、低・中・強の放射線被ばくの影響を内部被ばくも含めて仔細に調べることができると思います。そして、実験や計測の済んだ細胞は廃棄してしまえば良い。i P S細胞の再生医療は癌化の問題があって、応用にはまだまだ時間がかかりますが、放射線被曝の実験にはすぐに使用が可能と考えられます。それが非常に大量な実験ができる。基礎研究としてはそういうところから入らないといけない。私も各種のコホートを、研究統括の立場を含め、10年近く関係してきていますから、疫学研究の難しさと問題点は十分存じ上げています。しかし、今のような提案は、かつて、素人考えではないかというふうにもとれるご指摘を受けたことがありました。私はそちらに詳しい最先端の先生方に確認しました。例えばですけれども、東京大学の児玉龍彦教授とかは、放射性同位体による分子標的型抗体を癌治療の研究に使用しておられたので、内部被曝の実際については多くのデータも見識もお持ちの先生です。先生方も、やはりそういう方法が、現状のサイエンスでは非常に可能性が高いとおっしゃいました。類似の実験の研究費を申請することを考えている先生もおられました。

ですから、やはり最先端のサイエンスを使わないと、昔ながらの方法でやっても、難しい問題はいつまでも難しい問題になってしまって解決に至りません。そこには新しい科学・技術が必要とされるのではないのでしょうか。こうした研究に、こういうような制度がうまく生きていくとすばらしいなというふうに感じております。

○嶋委員 基本的には今、小泉委員のおっしゃったこと、そういうアプローチは私は別に反対するわけじゃありませんが、あくまで問題はやっぱり個体というのだと私は思うんですよ。したがって、それぞれを体をつくっている、肝臓だけのマウスとか腎臓だけのマウスというのはおらんわけで、マウスというのは要するにいろんな、言うまでもなくホメオスタティックな状況にある1つの閉鎖系的なものです。ですから、それを新しい先端技術とおっしゃいましたか、それを使って1つずつアナリティカルに分析していく手法は意味があるんだけど、それをあとどういうふうにしてホリスティックな、つまり1個体へ還元して、そのデータを持ち込んでいくかということは、それは小柳さんたちのインフォメーション、1回おれは聞いたことあるんだけどさ。

○小柳委員 それは大問題です。

○小泉委員 それはサイエンスもステップ・バイ・ステップで進んでいくわけですから、何も方法がないときには、まず基本的に新しい方法でそこを切り込んでいく必要性を感じます。今お話ししているのはげっ歯類のマウスの細胞じゃないのです。人間の細胞でできるわけです。マウスでホリスティックシステムとしての個体全体への影響を研究したとしても、それですぐ

に人間についての理解へとは至りません。それは今の創薬での治験制度を見ても明らかで、人間で証明されなければ、医薬品は認可されません。

人間の細胞でやるというところで、そこに大きな飛躍があって、先へ進める可能性がある。そういうような基礎研究が必要だと考えています。それはもちろん完全ではない。しかし、そこから入っていかないと、従来の方法の延長でやっても解決できないのではないかと考えています。

○岩田座長 この間、学術会議でフォーラムをやったんですが、そのときに、1つのアプローチとしては統計をどうやって克服するかというあれで、ラマンを使うとかなりそのジェネレーションを超えて、要は構造のインヘリタンスというか、そういったものが相当わかるような技術が相当できてきたので、そういうことをやるべきだというような人もおりました。

だから、何かいろんなご意見を、ちょうど今いい機会だからいろいろ集めて、徹底的に議論してやれるところからちゃんと近藤先生に予算をつけてやっていただくのがいいんじゃないかと思います。

でも、児玉先生のところは数学のところはまだ、どうもその最後のバイオシステムのところまでつながらなくて、ちょっと厳しいんじゃないですかね。まだ基礎研究のところを相当やらないといけないんじゃないかなと。

○小泉委員 児玉先生も日本で30人のFIRST(最先端研究支援プログラム)をなさっていますがけれども、この問題を扱うには、さらに新しい計測分析法、非線形分光や液中原子間力顕微鏡を初めとする研究開発や、専門的な議論が必要だと思います。放射線被ばくの生体影響に関する定量的な研究は、やはりFIRSTレベルぐらいのかなり高度なことをやらないと前進できない。そういうふうに考えています。

○嶋委員 小泉委員のおっしゃることは、やっぱり動物実験というのは全然無駄であるとおっしゃっているわけじゃないですね。

○小泉委員 もちろん、そうです。動物実験は大事です。脳研究でも、動物実験と、人間での非侵襲脳機能計測の両者が必須なのと同じです。

○嶋委員 少なくともEUのそのMELODIの中では、1つはその実験動物を使った実験、あと、ヒトに関してはエピデミオロジカルなアプローチというやつが今のところ2本立てになっているんです。iPS、あるいはステムセルを使った研究をもちろん出しているメンバーも何人かはいますけれども、iPSということはとても出てないないな、まだ。これから出てくるんだろうとは思いますが。

○岩田座長 大体、それではご意見をいただきましたので、貴重なご指摘、ご意見をもとに原子力委員会への報告をつくらせていただき、報告した後、審議結果を確定とさせていただきたいと思います。

それでは、本日の審議は終了いたしましたので、秋庭委員、近藤委員長より何かご発言いただけたらと思いますが、何かございますでしょうか。

○秋庭委員 私は、ないです。

○岩田座長 そうですか。それじゃ近藤委員長、よろしく願いいたします。

○近藤委員長 この試験研究制度は、お手元の参考資料2に経緯が書いてございますが、既に嶋委員から言及がありましたように昭和32年に創設された制度で、非常に長い歴史があるわけですが、たしかある段階で、平成20年ですか、国研の独法化とか研究資金の競争的資金化ということ等が叫ばれた際に制度改革を求められて、原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブという競争資金制度に切り替えることになり、この制度はそれ以前に計画・実施されているものの終了とともに廃止するので、これにて制度も終わることになって、本年をもってすべての課題が終了するということになりました。

この間、先ほどお話のあったクロスオーバーというようなタイトルで研究課題の取り上げ方を計画的で戦略性のあるものにするなど、いろいろなことが試みられてきましたけれども、この間、この会議においては、テーマの選定から評価に至る管理の取組に大変なご尽力を賜りましたこと、また、会合のたびに大変示唆に富むご意見をお聞かせいただいたことについて、大変ありがたく、心から感謝申し上げます。

今は、そもそもこの原子力委員会が今後必要なのかという議論もなされておまして、先日は原子力委員会が何をやっているかということの説明をしてきたところで、その中には試験研究の運営ということも一応役目としてあったことをご説明申し上げたところです。

原子力委員会設置法は原子力委員会が原子力の研究開発に係る国の政策を決めると書いてあるけれども、大臣が頭じゃない組織がどうして政策を決めるのか、おかしいではないかという思いが政治家にはどうもあるらしく、いろんな機会にそれが噴出して来る。また、海外を見回しますと、原子力委員会があるのは途上国、特定分野に資源を傾斜配分して行って成長への近道を駆け上りたいというところにあるのであって、先進国にはない。そういうことからすれば、そういうことが話題になるのも時代の流れかもと私がぼそぼそと言いますと、委員長たる者が原子力委員会の評価を、そんな消極的な表現をしちやいかんじゃないかとまた怒られまして、私としてもよる年波に耐えずということなのかなと思ったりもしています。

ちょっと余計なことを言いましたけれども、この度は、革新的エネルギー環境戦略が作成され、これを踏まえて政策運営を行なうということです。そこでは、いわゆる再生エネルギーの最大限の活用を目指す目標として、それがうまくいけば2030年代に原子力に依存しなくて済むように、そのぐらいの勢いで再生可能エネルギーを導入しようという、それまでは原子力発電を重要電源として使うと、原子力がそういう位置づけになっています。

その一方で、当然のことですが、発電以外の技術については引き続きしっかりやらなければならないと、また、国際社会における日本の技術の活用についてもポジティブな表現になっておりまして、そうこう考えますと、これに係る科学技術活動をきちんと進めること、そしてそれを担う人材をきちんと維持するということはとても重要ということになるんだろうと思います。

そこで、原子力委員会としてはそういうことについて引き続き政府のあるべき施策について提言をしていくという活動を命ある限りやることを決意いたしまして、今そういう作業をしているところでございます。近々には人材育成の政策あり方についての見解のドラフトをパブコメに付そうかなと思っているところであります。

そういうことも考えているところでございますので、この機会に、これまでのご尽力に心から感謝を申し上げますとともに、今後とも先生方にはいろいろなことで叱咤激励をいただければ幸いですので、引き続きよろしく申し上げます。私からは以上です。

○岩田座長 どうもありがとうございました。

それでは、事務局から何かございますでしょうか。

○仲参事官補佐 本日の議事録につきましては、案をこちらで作成いたしますので、皆様からのご確認をいただいた後で公表させていただきたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

以上です。

○岩田座長 それでは、第21回原子力試験研究検討会を終了いたします。

お忙しいところご参集いただきまして、どうもありがとうございました。

以 上