

第 1 2 回 原子力試験研究検討会議事録

第12回原子力試験研究検討会議事録

1. 日 時 平成18年3月16日(木) 13:00～15:00

2. 場 所 古河ビル6階 文部科学省F1会議室

3. 出席者

原子力委員会：近藤駿介 委員長、齋藤伸三 委員長代理、町 末男 委員、前田 肇 委員

検討会：岩田修一 座長(東大)、阿部勝憲 委員(東北大)、石井 保 委員(三菱マテリアル)、小柳義夫 委員(東大)、北村正晴 委員(東北大)、澤田義博 委員(名大)、嶋 昭紘 委員(環境科学技術研究所)、巽 紘一 委員(放射線影響協会)

内閣府：森本英雄 企画官、赤池伸一 参事官補佐

文科省：中原 徹 原子力計画課長、福井俊英 原子力計画課長補佐

4. 議 題

(1) 平成16年度終了課題の事後評価結果について

(2) 平成17年度クロスオーバー研究に係る年次評価結果について

(3) 平成19年度原子力試験研究に関する基本方針及び課題募集について

(4) その他

5. 配布資料

資料原試第12-1号 「第11回原子力試験研究検討会議事録(案)」

資料原試第12-2号 「平成16年度終了課題の事後評価結果について(案)」

資料原試第12-3号 「平成17年度クロスオーバー研究に係る年次評価結果について(案)」

資料原試第12-4号 「平成19年度原子力試験研究に関する基本方針及び課題募集について(案)」

参考資料 「原子力試験研究検討会委員名簿」

6. 議事内容

岩田座長による開会挨拶に引き続き、事務局による配布資料の確認が行われた。また、前回議事録の確認が行われた。

次に、福井原計課長補佐（事務局）より、資料原試第12-2号「平成16年度終了課題の事後評価結果について（案）」に基づき、研究評価の実施状況について説明が行われた。引き続き、各WG主査による評価結果報告が行われた。

< 生体・環境影響基盤技術WG >

嶋委員（生体・環境影響基盤技術WG主査）より

生体・環境影響基盤技術分野では、10課題に関して昨年12月に事後評価ヒアリングを行った。基本方針と、さらに、事前評価でのコメントが計画案修正に適切に取り込まれたか、中間評価を行った課題に関しては中間評価でのコメントが残された研究期間での研究の軌道修正に適切に反映されたか、得られた成果が学会誌等に適切に発表されたか、特許取得等の成果があったか、それから、新たな研究の展開が期待できる成果があったか、といったことを中心に評価を行った。結果は、10課題のうちでA評価が2課題、B評価が6課題、C評価が2課題。研究期間に関しては、3年であったものが4課題、4年のものが2課題で、残りの4課題は、5年の研究期間だった。3年のものに関しては、事前評価だけが行われており、研究期間が4年、5年のものは、開始3年度目に中間評価が行われていた。

まず、A評価であった2課題に関して。「後3」は、大量放射線照射宿主におけるウイルス感染防御、治療に関する基礎的研究で、研究期間は3年間。ヒトは、特に骨髄移植を行う場合の前処置として、10Gyから12Gy程度の大量の放射線を1回に全身に照射する。そのままと、もちろんそのヒトはいわゆる骨髄死という経過をたどるが、むしろそういうことを利用して、もともとレシピエントの持っている骨髄幹細胞を全滅させて、後から移植する幹細胞が増殖しやすい環境をつくる。そうすると、もともとそのレシピエントの中にあったいわゆるウイルスの感染が顕在化してくる問題がある。そこで、その問題を解決するために、マウスを使った基礎的な研究が、この「後3」で行われた。その結果、致死的な感染に対して照射3日前までにアジュバンド併用の鼻に与えるワクチンを接種することによって、獲得免疫を誘導し感染を防御できることを証明した。この成果は、骨髄移植などで全身照射を受ける患者に前もってワクチンを接種することで、照射後の免疫不全状態でも感染を防御することが可能であることを示しているということで、A評価とした。

2番目のA評価課題は「後7」。いわゆるBNCTに関するもので、悪性脳腫瘍に対する中性子捕捉療法 - 加速器の開発と新たな治療法への展開 - ということで、研究が5年間行われた。いわゆるBNCTといわれる中性子捕捉療法においては、組織内での透過率を高めるために、熱中性子ではなくて、いわゆるエピサーマル、熱外中性子を使って、そしてスカルを開けなく

てもいいような状態で照射して、至適照射線量を決定した。同時に、照射システムの構築と実用化に成功し、生存期間が伸びて、患者のクオリティ・オブ・ライフ、QOLも良好であったと確認されている。この成果に対して、主研究担当者は、第10回国際中性子捕捉療法学会のHATANAKA AWARDを受賞した。畠中という、もともと東大の脳外科で、帝京へ移っていわゆる脳腫瘍のBNCTを始めた方を記念したHATANAKA AWARDである。また、この研究チームは、平成16年度の日本原子力学会賞・技術賞を、“線量評価コードJCDS(JAERI Computational Dosimetry System)と患者セッティング装置を組み合わせた医療照射支援システムの開発”に関して受賞した。

C評価2つのうちの1つは「後5」。放射線抵抗性骨髄幹細胞の特徴解析とその増幅に関する研究で研究期間が3年。事前評価はB評価だったが、そのときの幾つかの保留事項である「造血幹細胞には抵抗性の種類が存在することを前提としているようであるが、それを確認しないまま研究を進めることには疑問が残る」及び「放射線抵抗性幹細胞の特異的マーカーを検索する予定であるが、その前に、放射線照射によって生き残った細胞が本当に放射線抵抗性があるかどうかを確認すべきである」とのコメントに対し、結果から判断すると、適切に取り込まれていなかった可能性を疑わざるを得なかった。また、研究実験計画に関しては、放射線生物学の専門家とよく相談するように、とのコメントもあわせて付されたが、うまく対応できていなかったのではないかと懸念した。研究期間中に実験動物舎が半年間ほど使えなかったということで、それは成果が少なかった一つの原因ではないかと思われる。一方では、多少目的から外れた成果ではあるが、サイトカインと言われるものによってアポトーシスが抑制される、細胞の生理学的な死が抑制されるといった成果が得られていて、このこと自身は当初の研究題目に直接関係することではないが、そのことをコアとして、シードとして、今後その研究が進むことを多少期待していいのではないかと思われた。

2つ目のC評価の課題は「後10」。陸水境界域における自然浄化プロセス評価手法の開発に関する研究で、研究期間は5年。これも、やはり事前評価でのコメントに沿った当初計画の修正が、どうも行われなかったのではないかと思われ、中間評価でも再度指摘したが、なお適切な修正が行われなかった。結果的に、大変残念なことながら、原子力試験研究にふさわしい研究とはならなかったという判断をせざるを得なかった。なお、研究の3年度以降、研究担当者が当初5名であったものが2名に減ったということがあり、そういった減員が研究の進捗ぐあいにもどのような影響を及ぼしたかということに関し、ヒアリングでは正確に把握することができなかった。以上である。

質疑は以下のとおり。

(町) B N C T の課題について、加速器を使うのは、研究炉と違って使いやすいということであろうが、中性子のフラックス等、実際に利用の可能性の見通しはどうか。

(嶋) 研究主担当者の感触では、現在の加速器では十分なフルエンスが得られないということで、加速器の開発に関しては、多少、声を小さくしてご報告したかったところ。京大の原子炉も少し使うが、もうそろそろ閉鎖するというところで、専ら原子力機構の J R R - 4 に頼らざるを得ないだろうという感触を受けている。

(町) この目的には加速器の開発、と書いてあり、加速器の開発が一つの課題だったのではないか。

(嶋) 小さな部分ではあったと、私は考えている。というのも、この研究担当者の人員の中に、本当の意味での加速器開発の専門家というのは、実際は5分の0.5程度しか入ってなかったと思うので、当初から大きな重点項目ではなかったと、今、思っている。

(前田) C 評価の「後10」は、事前評価の指摘あるいは中間評価の指摘等も適切に反映されず、研究員も5人から2人に減ったということだが、これは先方の組織の中で何らかの大きな制度の変更があった等、やむを得ない事情があったのか。そうでなかったとしたら、事前評価が甘かったということになるのではないか。

(嶋) 事前評価では、研究の一部で R I をトレーサーとして用いる程度であり、原子力基盤研究というのは妥当ではないというコメントをしている。このあたりは6年前なので、そのころ、事前評価のフィードバックあるいは中間評価のコメントのフィードバック等々が、あまりよく機能していなかったという印象を持つ。評価委員会の人間の怠慢であったとは決して思っていない。書くべきことは、証拠としてこの文書に残してある。

(前田) この検討会としての判断があったのかも知れない。わかりました。

(斎藤) 関連して、多分、途中で独立行政法人に変わっている。そのときに中期目標、中期計画というものがつくられ、そこに位置づけられていないとやりにくいという、経営者からすると、人員も減らせと言われたときに、担当組織が位置付けられていないところは減らされてしまう。この原子力試験研究と各独立行政法人のマンデートの兼ね合いというのは若干難しいところがあるのではないかと思う。

(嶋) ご指摘のとおりだと思う。私の記憶では、1年前のこの会議で、途中で主担当者が異動したあと、組織としてケアしなかったと思われる事例が2つあった。そういうことがないように、事務局から随分、最近は厳しくしていると理解している。

(岩田) 中性子の課題について、脳腫瘍は最近、多分 1 ミリかそのぐらいの精度でいわゆる手術ができると思うが、そういう意味でほかの技術と比べた場合の脳腫瘍に対する効果というのは、比較しているのか。

(嶋) 私が理解したところでは、正常な細胞と悪性がん細胞とが非常にミックスアップされた状況でどんどん、がんが増えていくという状況の場合には、手術というのは、うまく取れる場合と取れない場合があるが、BNC T をうまく使えば、セレクトティブにがん細胞だけを殺して、正常細胞はできるだけ殺さないで済むということがアドバンテージの一つである。

(岩田) 手術できないところに有効であると、そういう位置づけで宣伝すればよい、と。

(嶋) 私は、そう理解した。

(岩田) それから、もう 1 つの A の「後 3」では、有効であるということが出ているが、こういう医学的な改良案というのは、なかなか日本という国の中では現場には反映されないことが多い。この成果がしっかり社会に反映されるという目標で考えた場合、あと何をしなければいけないのか。

(嶋) 実際に 10 Gy から 12 Gy といった大線量を当てるということを相談した放射線治療の専門家の話では、確かに大線量を当てた後の免疫不全による感染症というのがもっともシリアスな問題であるということであった。ただし、これはあくまでマウスを使った実験であり、人に実際にアベラブルになるのかということに関しては、やはり臨床的ないろいろなフェーズがあり、そういったところを経て初めて一般の治療に使われるようになる、と。そのあたりに関して、BNC T は、いわゆる MD の、フィジオロジストをやっているけれども、このことに関してはフェーズ 1 でやっているのだから、そういった結果をどこにどう持っていくのが一番効果的かということについては、今、具体的なアイデアはない。ただし、ヒトでは、やはりいきなり実際に使うというところへ行くわけではなく、幾つかのステップを踏むのであろうと思う。

(岩田) そういう、ヒトの臨床へのチャンネルというのは、何か確立されているのか。結局、原子力研究でやっても、ほかに波及効果が必ずしも余りビジブルでないのだから、例えば総合科学技術会議等では理解してもらえないというようなところもあるだろうと思う。

(嶋) 先ほどの BNC T は、いわゆる臨床医のグループと、それから基礎研究者が一緒になってやっているが、この場合はフィジシャンというか、医師が入っていないため、それはあと国立感染症研究所あたりが自分たちの成果をどう生かしていくかというようなことを考えていただくのがいいのではないかと。この中でやるのは、多少、無理だろうと思う。

(巽) 一般的に、研究配分についてのエンドースというか、裏打ちのことは別にして、臨床

応用は、当然、各機関の倫理委員会を通る段階できっちりスクリーニングはされると理解している。それから、もう1つ別件で、「後6」は、ロックアウトとアンチセンスRNAiによるロックダウンの修復遺伝子の影響の中に、ウアバイン耐性を指標とするという突然変異の測定系を確立させたということだが、これは、ウアバイン抵抗性が、それをもたらしめるナトリウム・カリウム依存性ATPaseのウアバイン結合部位を失うという喪失型の優性突然変異なので、非常に大きなゲノム変化を伴うような変異は、検出系としては不適當である。放射線による障害のとしてDNA損傷を論議する場合には、もちろん塩基損傷もあるのだが、これまでの常識としては、ウアバイン抵抗性は電離放射線では誘発されないことになっている。そのことを少し考慮に入れた今後の検討が要るものと思う。6TG抵抗性までもっていけない理由は、このDT40というニワトリ細胞はHprt遺伝子の載っている体細胞染色体が多数あり、従って対立遺伝子1つだけを標的にするということができない細胞なので、この点ではひょっとすると、茨城大学の田内教授とこのチームが交流をしておれば、Hprt変異検出用に改変された細胞を恵与されることも可能だったかもしれない。

(嶋)この「後6」に関しては、私の記憶では事前評価のときに、このDT40を使って新しいミュータントスクリーニング法を確立するのはうまくいかないだろうというコメントをしている。結果的には、実際うまくいかなかったということだろうと思う。

(岩田)追認実験のような感じになってしまった、と。

(嶋)結果的に、別なところから細胞をもらって実験を行ったということで、その成果として、一応、担当者の発表によると、特許申請できる。これは本来の目的から少し外れたところの成果だが、それに関して特許申請が今できる状況にあるということで、それは是非きちんとしたプロセスを踏んで、早急に手続きをお願いする、ということコメントした。

<物質・材料基盤技術WG>

阿部委員(物質・材料基盤技術WG主査)より

平成17年12月20日に、8名のワーキンググループ委員でヒアリングを行い、事後評価を行った。9課題において3件がA評価、6件をB評価とした。

A評価とした3課題について。最初の「後13」は、材料照射損傷により生成する不活性ガス析出物の原子レベル解析と安定性評価に関する研究で、高分解能の電子顕微鏡による、ナノサイズの液体や固体状態の析出物の観察手法を開発し、注入したXeイオンからなる非平衡析出物の原子レベルの規則的な層構造を世界で初めて観測することに成功した。原子力材料において重要な不活性ガスの基礎的挙動について重要な知見を得ているということで、Aと判断し

た。次の「後17」は、挿入光源を利用した動的過程の高度評価法に関する研究で、高輝度アンジュレーター放射光の偏光特性を用いたビームライン分光計測系を世界に先駆けて開発したものであり、従前よりもより低い波長領域の真空紫外領域における偏光測定を可能とした。それにより、糖鎖構造や糖タンパク質の立体構造解析を行う生命起源に関する研究など、分子化学・物性物理・生命科学の開拓につながるということで、Aと判断した。それから、「後18」は、超高強度レーザーによる高エネルギー粒子・放射源に関する研究で、レーザーとプラズマを利用したレーザー粒子加速によって従来型の高周波タイプの加速器に比べて格段に小型の加速器を実現するための基礎技術開発ということであり、最終的には世界で初めて準単色電子ビームの加速に成功しており、超小型高エネルギー加速器の実現可能性を示すブレークスルーであると評価した。以上の3課題は、論文による成果の発表等も十分行われており、今後の波及効果も含めて期待できるものである。

そのほかの6件はB評価とした。このうち、「後16」は、KrFレーザーによる核融合に関する研究で、レーザー核融合用ドライバーに必要な大出力の高繰返し動作技術の開発に成功しており、最終的にはBと判断したが、Aに近い評価というのがヒアリングの結果である。それから、以下、各課題について、それぞれ目的とする技術開発は基本的になし遂げていると判断されるので、全体でB評価とした。それぞれ原子力試験研究として要求される成果を上げており、なお、成果の論文発表等が足りない部分についてはそれをやる、それから応用の展開を図ってほしいという総評である。それから、簡単に「後11」のところから、成果以外にコメントした点等について紹介したい。

総合所見共通フォーマットを参考にさせていただきたいが、「後11」は電離とか乖離過程を精密に測定するレーザー分光手法を開発し、常磁性のいろいろな分子に対して、強磁場の与える影響を調べようというもの。分光装置の開発は十分されたと判断したが、分子の強磁場効果については、実際の応用に関してもう少し行えればよかったという判断でBとした。今後は装置の応用に関してやるとともに、成果の公表をより進めてほしい。

「後12」は、原子力用材料のデータベース構築の問題。こういうことは各機関で、以前、クロスオーバーでもやっており、それを今度は単独の研究所でやっている。具体的な対象としては、溶接継手強度評価システムや複合材料熱物性の予測システムの構築で、基本的な結果を得ている。データベースなので、それが役に立つように原子力学会誌等に総合的な報告として載せて、今後、広く関係者に使われるように対応してほしいというコメントをした。

「後13」は先ほど評価したように、成果についてはAとした。高分解能の電子顕微鏡によ

る希ガス元素、ここでは特にXeについて集中的にいい成果を得ており、原子レベルでの液体状態、それから固体状態での存在条件と、それぞれ界面で原子がどう配列するかということで、初めて見出された現象がたくさんあった。ただし、成果の論文の発表のところでコメントしているが、非常に大事な論文がたまたま外来の研究員の方がトップ著者という形になっているので、主たる研究者がトップ著者になるように大事な成果を発表してほしい。

「後14」は、低エネルギーX線の波長を正確に測定するための波長マーカの設定ということで、基本的には標準回析結晶の格子定数の精度を十分に高めていると判断した。成果の公表については、さらに努めてほしいというコメント。

「後15」は、材料表層のミクロン領域の化学状態を非破壊で測定しようということで、必要な高感度とか高エネルギー分解能に達しているという判断をした。ただし、この応用分野に関しては、大気イオンの分析や、その応用手法に関してはもう少し行って、成果の公表をさらに進めてほしい。

「後16」は、レーザーによる核融合に関する研究。7年間の計画で、レーザー核融合ドライバーに必要な高繰返し動作の特性について、十分な定量的な目標を達している。それから紫外レーザーによる相対論的強度の向上に十分達しているという評価である。ただし、得られたレーザー技術を核融合以外のところに応用する可能性についての検討はぜひ進めてほしい。7年間、比較的多くの予算を投資したので、その結果の集約やアピールにさらに努力していただきたい。

「後17」は、挿入光源を利用した動的過程の評価法で、放射光の挿入光源で偏光アンジュレーターの利用技術の開発。具体的には、偏光アンジュレーターからの放射を利用したビームラインの開発、それを利用したアミノ酸の構造変化等の研究を行っている。いろいろな糖タンパク質等の立体構造解析をして、新しい分野を開拓しているということでA評価とし、今後の応用展開を期待するというコメントをした。

「後18」は、レーザーとプラズマを応用して、高周波加速器に比べて、最終的な目標は100分の1から1,000分の1の大きさになるような加速器実現のための基礎技術開発。具体的には、世界で最初に準単色電子ビームの加速に成功し、超小型高エネルギー加速器の実現可能性を示すブレークスルーとなるだろうという評価。ただし、論文の発表について、非常にレベルの高い研究なので、世界的に引用される雑誌の投稿等につなげてほしかった。その辺りの努力がやや足りなかったということで、組織も含めて努力して、著名誌に載るようにやってほしかった。今後の応用研究が期待されるので、超小型加速器の実用化に向けて、ぜひ発展し

てほしいというコメントをした。

「後19」は2段式反応焼結という材料製造法で、炭化ケイ素でBNコーティングを使わない方法を開発したが、目的の耐熱衝撃等までカバーできていない点があった。ただし、この方法で開発したいろいろな材料というのは、触媒や高温用フィルター等いろいろなところに応用可能ではないかということで、コメントとしては論文をまとめることと、それからいろいろな応用に対して今後展開してほしい、とした。以上である。

質疑は以下のとおり。

(町)最後にあった、レーザーを使った超小型加速器の開発というのは実用的な利用も期待でき、非常に興味がある。これはこの後、特許など、どういうふうにフォローアップしていくのか。それから、世界最初に成功したにもかかわらず、それを世界的に認知されるような発表がなされなかったというのは、そういうことを見つけながら論文を書かなかったということか。

(阿部)論文は書いているが、「Nature」にトライしたものの、最終的にはそこまでならなかった。ほかの論文にはきちんと発表しているが、これくらいであれば、きちんと「Nature」クラスに載ってほしかったというのがヒアリングでの結果、率直な感想。それから、先ほどの質問について、特許等も基本的なものは取られている。競争の激しい分野なので、ぜひ頑張してほしいと思う。

(岩田)ビーム系という物質・材料や核融合など、若干、範疇から違う研究も幾つか入っていると思うが。

(阿部)物質材料という名前になっているが、いわゆる材料開発と、それから物質関連ということで、イオンビームを使った分析技術、電子ビームを使った分析技術、それからX線放射光の分析技術開発とその応用点というように、非常に広い分野である。それから、核融合という分野が1つ入っていて、これは中間評価等でここに一緒になっている。

<知的基盤技術WG>

小柳委員(知的基盤技術WG主査)より

知的基盤分野は、今回終了する課題は1課題だけで、昨年12月に6名の委員が出席してヒアリングを行って、事後評価をした。「後20」で、先端領域放射線標準の確立とその高度化に関する研究。知的分野にはいろいろなカテゴリーがあるが、これは標準の確立をテーマにした研究である。最終的には、A評価とした。放射線標準の高精度化と、新しい計測手法の確立ということで、3つのサブテーマからなっている。1つが、数百eVのいわゆる放射光から出るようなソフトXray、そのフルエンスの絶対測定法の開発。もう1つが、数MeV程度

の高速中性子 高速というのは原子力から見ると高速中性子の標準の確立。それからもう1つが、Rn等の微妙放射線標準の確立である。ソフトXrayは、2つの測定機器を開発している。1つが、超低温のカロリメータ、それからもう1つは、多段の高精度のIon Tuning Bar。これらの開発により、より信頼度の高い測定技術を実現した。それから、高速中性子線の標準、この較正システムを完成させたということがこの分野の成果である。そして、放射能標準の微量放射性ガス濃度、Rn等の高精度の較正システムを完成させた。この3つが、所期の提案書に書かれた成果。あわせて、副次的発展的な成果として、中性子イオン照射等の新しい測定装置として、Fe/Cr多層膜の磁気抵抗変化が線量計になるのではないかということが発見され、これについて開発を進めた。3つの分野についてそれぞれほぼ所期の成果を達成し、なおかつ新しい技術の萌芽的なものを発展させたということで、委員全員から高い評価を得て、総合A評価とした。なお、これらのいろいろな標準については、単に標準なので、いろいろな国際的なものが重要で、国際的な比較や標準の評価をデータベースに取り入れるというような、国際的な活動も広く進めている点も高く評価された。ただし、ソフトXrayと高速中性子線については非常にたくさんの論文を書いているが、微量放射能標準については、論文数がやや少ないのではないかと、それから、特許も少し少ないので、もう少し申請すべきではないかとコメントした。以上である。

質疑は以下のとおり。

(岩田) 知的基盤というと、むしろ経産省が中心になってやっている科学技術基本法の中の1つのカテゴリーとして、こういうものが位置づけられているが、広い意味での知的基盤というのは、そういう感じであるのか。

(小柳) そのとおり。一応、標準、データベース、シミュレーション、それからロボットというようなあたりが、この知的基盤分野となっている。

(近藤) 研究項目のところに国際比較が要求されていた、という書き方になっているが、「いた」というのはどういう状況なのか。「いた」というと、やらなかったということか。

(小柳) いや、そうではなくて、やったということ。つまりこの会議がこのときよりは後であったということで、きちんと提出されていると思う。

< 防災・安全基盤技術WG >

澤田委員(防災・安全基盤技術WG主査)より

防災・安全基盤技術は、最後の4件で、後21から後24まで。A評価が2課題、B評価が2課題と半々となった。まず、A評価の「後21」。超ウラン元素の高効率な抽出方法を新

たに開発するということを目的として、特にホスミン酸アミノ構造について合成を行い、その中からリンカンのホスミン酸アミノ構造を有するようなキレート剤の中に非常に有効なものを見つけた。従来の方法に比べて数万倍有効だと、当事者レベルではあるが、一応、確認した。内容的には、これはあくまでも実験室の中の話なので、実用化に向けてはいろいろな課題があると思われるものの、研究そのものとしては、いい成果を上げたのではないかと。十分に論説・論文も発表し、特許も4件取得している。研究としては非常によかったと思う。産総研では今後どうするのかと聞いたのだが、今回ここで終わるということだった。あとは、原子力機構あたりが今後やっていただきたいというようなことだったが、いろいろ交流を図りながらやってきたので、その成果はある程度、引き継がれるのではないかとということだった。

「後23」もA評価だが、これは地層処分システムの安全評価ということで、地層内の地下水流動現象のベースになるような研究。格子ボルツマン法という方法を使い、非常に微小流動、非常にマイクロオーダーのものを解析できるようにした。複雑多孔質体内部というか、これは、砂岩を例にとってやっていたが、マイクロメートルオーダーでの空間解像度で、一応、流れのルールは説明することができた。岩盤の場合は亀裂のことをどうモデル化するかが大問題になっており、それに比べてはるかにマイクロなオーダーの話なので、むしろ低レベル放射性廃棄物から出るようなガスが、非常に軟透水性というか、コンクリートその他に入ってくる、そういう能力の評価、それから土壤汚染物質の移動予測、その他、化学物質の分析デバイスの設計、そういったものに非常に応用できるのではないかとといった意味で、基礎的ではあるが、学問的には非常に高いレベルの研究だと評価した。

B評価の「後22」は、原子力施設の解体技術を発破でやりたいということで、発破でやる場合には、いろいろ金属で成形して、成形発破を行うわけだが、その技術を、これも実験体レベルではあるが、一応コンクリートを割ることができるという評価をした。ほかには、爆破すれば当然振動が出るが、その振動を制限するような、迎え振動で相殺するような振動制御技術を一応できるよう、見通しをつけた。例えば、発破によって出る粉じんの問題など、その辺が実際の実用化に当たっては非常に大切になるので、実用化までは時間がかかる。ややそういったところにも気をつけてやってほしかったというところ。

B評価の「後24」は、照射済み燃料の運搬船の耐衝突防護構造基準。昔、サバンナという原子力船があったが、それに始まって、T2船ということで、2万tちょっとの船を想定して、衝突基準というのはつくった。40年ぐらいたっているらしいのだが、40年間改定されていないということで、やはりこれは世間の理解を得ないだろうと、行政からの要望に基づい

てやったということであろうけれども、実際にはもう29万tクラスの船を想定して、外洋を巡航スピードで走っているときにぶつかるといったことを考えて、一応、実験と解析手法で、新しい基準をつくったと。この研究については、研究の性格上ということだが、外部発表が全然されていない。それもどうか、という委員からの評価もあり、ちょっとその辺が不満足である。そのものは出せないのかもしれないが、何かにかえて、やはり研究の内容としての発表はすべきではないかという評価をした。以上である。

質疑は以下のとおり。

(石井)「後21」は、ある意味では非常に今話題性のある項目で、アメリカがGNEPの再処理で述べているUREX+プロセスとも関連がある。UREX+ではまず使用済燃料溶解液から最初にウランを除去し、次に発熱性のセシウム、ストロンチウムを取り、さらにプルトニウムとネプツニウムを取ると、残りは溶液中にはランタニドを含む核分裂生成物(FP)とマイナーアクチニドが残る。問題はその溶液からのマイナーアクチニドの分離である。1つは伝統的なトゥルーエックスという方法があり、この方法ではマイナーアクチニドとランタニドが共存してFPから分離される。そこでマイナーアクチニドだけを分離するにはさらにもう一段のプロセスが必要になる。もう1つは、マイナーアクチニドをFPなどから一度で分ける方法である。例えばタルスピークという抽出法がこれにあたる。本研究で合成した新しい溶媒がどちらの方法にうまく使えるのか、もともとCMPOはトゥルーエックス法で使われる溶媒だが、ここで取り上げられた溶媒がCMPOよりすぐれた特性を示すという記述があるが、それは何を意味しているのか。もしタルスピーク法のような触媒として使えるなら、マイナーアクチニドを容易に分離できるという意味でプロセスの簡素化にもつながり、非常に面白い成果だと思う。この研究では多くの学術論文、特許等が出ているので、アメリカでも評価されるような研究なのではないか。先ほど、産総研でこれ以上進めるのは無理だということだったけれども、多分それはアメリカシウム、キリウムを使わなければならないという制約からではないか。原子力機構の中には、トゥルーエックスやCMPOの扱いになれている人もいるので、専門的に評価し、確かにこれがいいものだということがわかれば、是非ホットな研究につなげていただきたいと思う。

(澤田)有機合成も非常に得意だが、今の研究について抽出法等はよくわからないので、当時の原研の先端基礎研究センターからいろいろ指導を受けて、自分たちでできるようにしたということ。もともとはそういうことなので、原子力ということではやっていない様子。詳しいことは知らないが、非常に連絡しながらやっていたので、そんなことがあれば当然当時の

原研の中でそのまま引き継いでやれたらと思う。それにしても、私自身は、この亀の甲羅を見ると頭が痛くなる。ワーキングの委員の先生方の中にきちんと専門家がいるので大丈夫だが。
(石井) 前の原研の方にも多くのが出ているし、原子力機構として組織も統一されたことでもあり、是非原子力機構の専門家の方々にその継続の可否の検討をお願いしていただきたいと思う。

(岩田) これの次の提案をしていただいてもいいということか。

(石井) そのとおり。

(岩田) ぜひ忘れないようによろしくお願いしたい。

(近藤) 今石井委員が言ったことは非常に大事なことだと思う。トレーサーレベルというものが、本当にトレーサーレベルで要するにキレートをつくったということを見つけたということなのか、抽出工程ということになると、もうちょっと量をやらしてもらわないと、なかなか判定しにくいかなと思う。それから、アクチナイドと言っているが、ここに書いてあるのは UO_2^{2+} とかプルトニウムとか書いてある。必ずしもマイナーではないので、その辺も多分まだこれから相当やらないと。

(石井) せっかく良い成果が出つつあることでもあるし。

(澤田) そういう意味で期待があるということ。

(岩田) 一般論として、日本では萌芽的な研究が、そこまで終わってしまって、なかなかその後育たない。

(近藤) 最後の成果の公表がないというのは問題。基準作成という課題の性格からとはいえ、データの公表を行われていないというのは論理的ではない。成果を公開しないものをベースに基準をつくるなどということはこの国にあってはならないこと。

(澤田) おっしゃるとおりと思う。

(岩田) おそらくヨーロッパなどでは、成果の公表というより、具体的なデータの公表をせずに標準をつくるというポリシーでやっているのだから、そういうこともあるのかもしれないが、少なくともこういう研究は、据えてやるという。

(近藤) ピアにクレジットを求めるという方針。

(澤田) ただ、本来はやはり透明確保ということがこれから非常に求められる。当然だと思うが。まだそういう部分が、同じ原子炉の中でもいろいろ部分が、こういうことがあるのでしよう。これは多分まだ後ろの方にある部分かもしれない。衝突の研究だから。3,000万ぐらいでこんな安いお金でやっていいのかなと私は思うけれど。

(近藤)それを言われたらね。

(澤田)話が違うのではないかと。予算としてはたぶん開発研究ということより別の予算でやるべきものかもしれない。基準のための研究なので。

(岩田)ただ、この試験研究は国のお金であり、基本的に成果は公表することというのが条件なのだろうと思う。

(近藤)そうになっていると思われる。

(岩田)ぜひ先生からプッシュをしていただけたらと思う。

それでは、この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させていただくこととしたい。特段のご意見等は、さらにお願ひします。ご意見ないようなので、いろいろ大変有意義なご意見ありがとうございました。本結果については、原子力委員会に報告した後、審議結果を確定とさせていただきたいと思う。

<クロスオーバー研究>

岩田座長(クロスオーバー研究評価主査)より

最初に、評価結果総評。このクロスオーバー研究がそもそもどういう位置づけで始まったかということについて、基本的な特徴はチャレンジであると。複雑で不確実性のある困難な課題への挑戦をうたっており、そういった観点から、プロジェクトチームをつくり、プロジェクトリーダーを選定したという経緯がある。この2つのテーマについては、同様の観点で、非常にリーディングエッジのエッジの部分できるだけ推進できるようにというような観点で研究をお願いしている。プロジェクトチームに参画する研究機関あるいは研究担当者間のクロスオーバー性というのは、クロスオーバー研究そのものの一番大事なところであり、そういったところについては、リーダーに強くお願いし、さらにワーキンググループでもそういったチーム内での研究者間の連携あるいは国内外の関連の研究者との連携についても、その都度ワーキンググループで意見交換をし、できるだけ活性化するようなことをやっていく、とある。セントリックな内容については、それぞれの研究グループが開催する研究発表会あるいは国際集会のようところで具体的に出ているかと思うので、ワーキンググループで得られたときの評価について、それぞれのワーキンググループの取りまとめをお願いしている嶋先生、阿部先生に、それぞれ評価結果の総合所見シートの説明をお願いしたいと思う。

(嶋)「中1」は、「低線量域放射線に特有な生体反応の多面的解析」ということで、参画機関名は2つ目のカラムに記したとおり。この研究は、2年目を終了しようとしているところだが、低線量域放射線ということで、何が何でも実験動物としてはマウスに対して低線量率で

長期間照射をしなければならない、と、これは483日間にわたってマウスに3つの低線量率のガンマ線¹³⁷セシウムを使った照射を行った。線量率としては、バックグラウンド線量率の約10倍の線量率、これはこの実験の中で一番低い線量率。その次に、第2のグループとしては、最初のグループの20倍の線量率。それから、第3のグループとしては、さらに20倍。20、20という形で線量率を設定し、長期間にわたって照射を行った。その照射がようやく去年の秋ごろに終了して、そこで得られたマウスを、研究に参画した研究者たちがよってたかって今調べているところ。この照射に関しては、六ヶ所にある環境科学技術研究所、ここにある低線量率照射装置設備というのをを使った。これは、中原課長が昔いらしたころに始めたのではないかと思うが、環境研というのは、本来は青森県からの委託研究を受託するというのが本来の筋で、こういうクロスオーバーに協力するというのは目的外使用になる。ただし、このことに関しては、きちんとした手続を踏み、プロジェクトリーダーの小野君の所属する東北大学と環境研が研究協力協定というのを結び、青森県並びに文科省のお許しを得て、この長期間の照射を行った。まだ中間的な結果で、散発的なところしかまだ得られていないけれども、サンプルはすべて液体窒素なりマイナス80度なりに保存して、後日の解析に備えている。例えば現在得られているところでは、1ページ目の中間評価の(1)、右側のカラムでいうと2番目、例えば自然放射線の10倍程度という低い線量率であっても、脾臓の細胞で染色体異常頻度の上昇が認められたと。これは、当初はあまり想定していなかったことである。しかしながら、既に環境研で終わっている第1期の寿命試験という4,000匹を使った4年ほどの研究があり、その結果では、0.05mGy/dという一番低い線量率の照射群では、実は寿命短縮というのは認められていなかった。けれども、今回の実験においては、同じ線量率で照射して、同じ集積線量で切った場合に、脾臓の細胞で染色体異常の上昇が認められたということで、指標によってドーズレスポンスのスピークネスももちろん違うし、セレッソールドがあるかどうかということも違ってくる。将来、いろいろな指標が得られれば得られるほど、その得られた成果をいかにいわゆるリスクアセスメントに使っていくかという問題が残っていて、今から心配する必要はないかもしれないが、大変難しい問題が残っている。そういったことに対する1つのアプローチとして、マウスを使った実験的研究と、それからモデリング。現在行っているモデリングの研究というのは、むしろDNAのミクロな、ある意味でのドシメトリーに基づくDNAの二重鎖の切断のキネティクスあるいは切断が起こった場合の修復酵素がどういうふうにしてくるかというふうなキネティクス、そういったところが中心であるが、これは最終的なフェーズにおいては、実験的なデータと、今申し上げたようなさまざまなドーズレスポン

スカーブとして得られる実験的研究成果を、いわゆるリスクアセスメントにどう組み込んでいくかということを考えねばならないと思っている。2年度を終了して、果たして1年度、2年度に行った長期間の照射をもう1度繰り返す必要があるかどうかという判断は、今年の夏までにそれぞれの研究者グループが、自分たちが調べた指標を持ち寄って判断することになるだろうと思う。必要ならば、もう1度長期間のマウスの照射をやるということは考えておいてくださいということは、小野プロジェクトリーダーに話してある。他に、いろいろ各論的には幾つかのおもしろい興味あるデータが出ている。最後のページに記したが、研究テーマの高度化に向けての留意点、アドバイス等というところ、個々の研究については、非常に興味深い結果が得られつつあると。一方では、最終的な目的であるヒトの健康リスクの評価に向けて、どのように融合させて統合させていくかを、今から常に念頭に置いて議論を交わしておいてほしいということ、コメントした。それから、4月以降は第3年度目に入るので、方向性をさらにシャープに絞っていく必要があるだろうというコメントもした。現に、研究に参画していた研究者の定年等によって、ある程度研究組織を組みかえるという必要もあるので、その際には、最終目的に向かって、より有効な研究体制を組むように、ということは、プロジェクトリーダーにアドバイスをしてあるところ。細かいことは省略したが、そういう方向で評価をした。

(岩田) どうもありがとうございました。それでは、続いて、高線量の方を阿部委員からお願いしたい。

(阿部) 「中2」の「照射・高線量領域の材料挙動制御のための新しいエンジニアリング」は、燃料セラミックス UO_2 の持っている自己修復する力に注目し、工学的なねらいとして、原子燃料の高燃焼度化に関わる重要な問題に取り組むもので、燃料ペレット UO_2 の回復力による微細組織変化、特に体積変化をもたらす結晶粒の細粒化、及び粗大化した希ガス気泡形成などに対する予測技術を開発することを目指している。具体的には、高燃焼度の燃料の周辺の温度が1100以下で60、70MWD/kg以上の燃焼度のところで、いろいろな複雑な現象が出るのをきちんと研究しよう。本研究の目的、目標は、原子燃料セラミックスの自己修復力の機能をあらかずモデル、最終的には数学的な定式化を見出して検証し、照射下の組織変化を制御する技術開発に関連して計算コードを開発して、高エネルギー線量照射下における非線形、複雑系に関する先見的工学の前進に寄与することである。独創性、新規性という意味では、対象とするのは燃料の UO_2 内の組織変化と特性変化だが、それを加速器照射実験による細粒化を再現して検討するというところ。それから、第一原理計算から UO_2 の点欠陥パラメータを評価し、ゼノンの評価などを含めて、モデルを組み立てようとしている。その過程で、高エネ

ルギー核分裂片の材料通過中の電子励起と核的散乱、それから燃焼に伴う希ガスの効果、それから全体を取り入れて、高線量領域のセラミックス燃料の組織変化と細粒化をモデル化するところが非常に独創的で新規性があるという判断で進められている。それから研究の効率性に関して、研究手法として、6つのサブグループに分けて実施されている。取りまとめに1グループ、理論関係に3グループ、実験に2グループである。理論と実験で平成17年度の成果ということで簡単に説明すると、計算科学の分野では、 UO_2 の点欠陥について、ウランの原子空孔の形成エネルギー、酸素の原子空孔の形成エネルギーなど、 UO_2 が照射損傷を受けたときの最も基本的なパラメータを第一原理計算で計算することに成功している。それから、ゼノンの原子価のポテンシャルや、酸素のモビリティの計算など分子動力学による原子スケールの計算。もうちょっと大きなスケールのメゾスケールの計算に関しては、モンテカルロ法で希ガスの気泡が成長するかどうか、それから細粒化するか、その辺を検討するというのもやっている。このように、第一原理計算と、それからモンテカルロ法の手法で、理論的には違うスケールのことを最終的にはつなげていこうというターゲットで進んでいる。実験に関しては、 UO_2 内の高照射で起こる種々の組織変化なので、ここでの研究の特色かとも思うが、 UO_2 ではなくて、まず、性質の似ているセリウムの酸化物を用いて、高エネルギー加速器で照射し、表面に細粒化現象が起こるということを見出している。これは、新しい研究と考えられる。その中で電子励起による欠陥に関して、酸素が重要であるという知見を得ているので、これが後の計算と結びつくことが期待される。 UO_2 の実燃料に関しては、細粒化が起こる前と後の燃料材料からの結晶粒内のひずみのデータというのがホットラボでの実験で得られている。以上のように、それぞれのグループで実験と理論計算に対して成果を得ているが、注文としては、今後、研究の進展に合わせて、より緊密にそれらが組み合わさっていくようになってほしい。それから、実燃料の工学的な因子を常に念頭に置いてほしい。また、実験解析で手段としては主として電子顕微鏡を用いているので、X線や放射光なども使ってはどうかというコメントをした。年次展開に関連しては、ロードマップのもとでそれぞれ進んでいると考えられるが、2年たったことでもあるので、新しい研究で立ち上げに時間を要すると思われるが、その研究成果をそろそろ活発に発表して行ってほしい。連携体制については、研究グループと、内外の研究者と国際ワークショップを有効に開催するというところで進めていると判断される。それから、予算配分に関連しては、これまでは順調に進んでいるかと思うが、今後、加速器にシミュレーションのセリウム酸化物ではなくて、 UO_2 自身を照射しようという実験や、ホットラボでの UO_2 の実験というのが加わってくれば、研究の進みぐあいでは不足になることもあるのでは、

というコメントをした。あと大事なのは、波及効果として、この予測コード等が完成したら、実際の燃料の挙動等に対してフィードバックするようになることが期待される。核燃料の挙動全体がきちんとわかるということは、全体の核燃料に対する安全や安心感が生まれるということも期待される。クロスオーバー性ということに関しては、特に、加速器の照射実験についてみると、例えば核分裂片のエネルギーを持つイオン種を照射できるのは国内では原子力機構のタンデム照射施設だが、そこで照射したセラミックスをさらに電力中央研究所、九大、東大等に持って行って、そこでまたそれぞれ分析や追加照射などをやっているの、非常に有機的に取り組まれていると判断される。高度化に向けてのアドバイス等ということでは、セラミックスで細粒化を実験的に実現しているが、それが実際に起こるUO₂の細粒化と同じ現象であるか等を常に留意して進めてほしい、また、テーマの具体化とともに、学会等でより広く周知して議論してほしい。将来的には大きな国際的なネットワークまで広げてほしい。このテーマ自体非常に新しいので、今後広範な実験を必要とするためこの研究者だけにとどまらず、大きなネットワークが構築されることを期待する。また、ほかの原子炉構造材料や核融合材料のセラミックス関連の照射研究なども最近非常に進んでいるので、そちらの成果の活用や、あるいはそちらに対してこちらの結果を発信する等をぜひしてほしい。そして、総合評価としては、新しい課題に対するチャレンジが進んでいて、理論解析や、加速器実験を組み合わせた企画が進んでいると判断される。事前評価では、全体のテストマトリックスが非常に広いために方向性がやや見にくいなど、いろいろなコメントをしたが、それらを参考にして研究のねらいがより絞られてきて、先ほど紹介したようなそれぞれのグループで興味深い成果が得られてきており、照射下の燃料材料挙動の研究に新たな展開となることが期待される。できれば、そういう新しい結果や成果は原子力学会等で、成果の意義とか、実燃料技術とどういふふうにかかわるかなど、積極的に議論すればより有効かと思う。

(岩田) どうもありがとうございました。双方とも、自然界で思ったよりも打たれ強いところ、ワスとな、複雑なシステムについてのある種の理論、それから検証、そういったことがポイントになっているかと思う。多分この最初の2年間は準備期間であり、この後、これをどういふふう複雑なシステムについてのそれなりの予測につなげていくかというあたりで、この後は大変だと思うが、今のところは順調に準備が進んできていると考えていいかと思う。それでは、ご質問、コメントあるいはご意見等をお願いします。特にこれは中間評価に相当するので、今後の3年間の方向づけという点で、ご注意等ぜひお願いします。

(町) 低線量で、この線量率をバックグラウンドの10倍、100倍あるいは2,000倍、

そういうふうに変えていくのはもちろん大事だろうが、トータルの集積線量というのが染色体異常等の頻度などに与える影響が一番大きい。その辺の結果というか、10倍の線量でも脾臓細胞に染色体異常の上昇が認められたというのは、線量率だけで言っているが、線量で言った場合、どういうことになるのか。

(嶋) 低線量プロジェクトのある意味でのスタートといえるデータとして、環境研がかつて行った受量試験という研究があり、その中で、説明した3つの線量率で一定の期間、1日22時間、それを400日間照射し続けた。したがって、集積線量としては3つしかない。できればもちろん、町委員のご指摘のように、3つの線量率のグループで幾つもの集積線量のグループを調べることが理想的ではあるけれども、マウスの飼育、SPFというスペシフィックパトジェンフリーと言われるいわゆる無菌状態でマウスを4,000匹集めて照射して、集めて飼育するというのは、実際的には不可能なことであった。したがって、3つの線量率というのを設定し、集積線量はそれぞれの線量率で1つずつ、ただし物理的な照射時間を一定にしたと。こういった低線量率に関する実験の中には、必然的に時間の軸すなわちスポンテニアスなエイジングプロセスというのはベースラインとして入ってくる。エイジングのプロセス自身が実はよくわかっていない、バイオロジカルには、もちろんモレキュラーバイオロジーとしてもよくわかっていないことで、このプロジェクト最大のある意味で大事なことは、ベースラインとしてのエイジングプロセスというのを常に考えなくてはいけないということが1つ。それからもう1つは、今ご指摘のことと関係するが、例えばある集積線量を急性アキュートのハイドーズレートで与えた場合はどういうレスポンスであるのかということ。ある意味で、低線量率の動物実験というのは2つのコントロールがあり、1つは本当のコントロール、もう1つはアキュートで照射した場合はどういうことがあるということのセミコントロール、その2つのことに対して常に比較するということで。結論として、ご指摘のように、それぞれの3つの線量率で幾つものドーズ、集積線量を調べたいが、プラクティカルには、かつ5年という時間で考えた場合には、やむを得ず、ここにある20mGy、約2ラド、それから40ラド、そして800ラド。800ラドはもちろんこれは急性に与えれば致死線量。40ラドというのは急性に与えても致死にはならない。そういったところで実験としては走らせざるを得なかった。

(町) マウスの数にはもちろん限りがあるわけだろうが、その辺の数の使い方というか、かなり工夫してやっていただかないと、データの分析のときに難しくなるのではないか、という気もする。

(嶋) おっしゃるとおり。

(町) それから、脾臓細胞の染色体異常を特に1つのパラメータとして取り上げたのは理由があるのか。脾臓細胞というのは放射線にセンシティブな細胞なのか。

(嶋) そのとおり。脾臓というのは、例えば急性に放射線をかけた場合小さくなり、それをもとにしていわゆる発がんということもある。そういう意味で、いわゆるリレーションセンシティブなオーガンの1つ。代表的なものとして、スクリーニングにも選んだと。

(町) 国際的にもそういう評価か。

(嶋) それはそのとおり。今のことにしてもう1つ。たくさんのマウスでスタートできれば、照射している最中に、ある程度ずつ殺して調べるのが一番良い。が、それをやると、結局最終的には線量に応じてサバイバルが下がっていく。したがって、よほどの大きな集団からスタートしないことには、意味のない実験を最終的にやってしまうことになるので、途中調べたいのをぐっと我慢して、最後まで待つというタイプの実験となる。

(町) サバイバルというのはもちろん大事だが、今、染色体異常を調べているのも1つの照射効果として大事な観点になっているわけだから、そういう意味では、何匹かを抜き出して、その染色体異常を調べるということで、変化が研究できるような気もするが。

(嶋) 逆に、先ほど申したとおり、染色体異常を縦軸にした場合の、低い線量で、低い線量率でも確かに上がるが、しかしながら一方では、寿命というバイオリジカルのオーバーオールに見た場合には、その線量率で照射した集積線量のエフェクトであったというオーバーオールには、そういうものがある。したがって、バイオリジカルな結果に関しては、重みというか、そのバイオリジカルなコントリビューションがどういうところにどういうふうにあるかということをやったり最終的に考えないと、例えば脾臓の染色体異常の頻度が上がったから、したがってこの線量はどうぞですよという言い方はなかなかできないと思う。

(前田) 低線量の生体への影響というのがいろいろと議論されていながら、いまだに世界的に確立した答えがあるわけではなく、おそらく、この研究成果というのは非常に注目されているのだろうと思うけれども、2つ聞きたい。ここで、今の計画で得られるデータというのは、国際的に見て、データの数その他、非常にすぐれたトップレベルのものであるのかどうか。おそらくそうだろうと思うが。それから、先ほどから議論もあるが、再度こういった長期間の照射実験を繰り返す必要があるかどうかということで、もしそれを繰り返すことになれば、当然それはそれでまた研究費が必要になると考えるのか。

(嶋) まず、後者から。予備的なデータが出そろるのが大体今年の夏前ぐらいであり、概算要求の前ぐらいには、ぜひ大体の様子を把握して、次の年度に対して予算等々の変更をその事

務局の方と相談するということとは、小野プロジェクトリーダーに申してある。それから、前者の質問については、こういう低線量率で長期間、しかもマウスをいわゆる無菌状態で照射しかつ飼育するという施設というのは、日本でもあるいは世界でも、今、環境研にあるものが唯一だと私は理解している。ただし、結果を、きちんとしたものを出さないことには、もちろん何の役にも立たないので、現在、参加している研究者諸君たちが、それぞれの得意とする分野で鋭意調べているところ、今、ご指摘のような方向で成果が集積されていくものと考えている。

(前田)大いに期待できると思う。

(齋藤)今のお話で、電中研でもやっているのではないか。

(嶋)電中研は、私の理解では、いわゆるSPFマウスではない、普通のコンベンショナルと言われるマウスで、ドーズレートのレンジも、環境研で使っているものよりもはるかに高いドーズレートレンジでやっていたと理解している。

(齋藤)今、説明あったように、以前環境科学研自体もやっていたのは承知している。そういう意味合いで、いろいろなところにいるいろいろなデータがあって、多分その中で欠損しているデータがこういうものであるから、その実験条件を選んだということだろうと思うが、そういうデータというのは、だれでも見られるように、体系的に整理されているかどうか。選んだ研究のその位置づけというのが、専門家の間でその重要性が認識されていないのではないのか。それから、まさに指摘されているように、最終的にはヒトへの適用、ヒトの健康リスク評価にどう役に立つのかということで、人間だと、自然放射線の10倍ぐらいでは、影響が出ていないという、大体そんなことになっているのではないかという感じはする。この間報告を受けたのだが、放射線作業従事者20万人ぐらいを過去15年間、5年毎に区切り、20歳から85歳までを調べていた。そういうところと連携して何か言えるのか言えないのか、マウスとヒト、その延長線上で何か言えるのかどうか知りたい。

(嶋)最初に、私が答えられるところでは、データの公開性ということについては、まだこれのウェブサイトというのはつくっていなかったと思う。可及的速やかにそういうものをつくるように私の方から伝える。それから、論文という形でこの成果が順次出てくるものと私は考えるので、それはいわゆる専門家の中にはサーキュレートされるだろうけれども、今、ご指摘のような一般的という点を考えると、やはりウェブサイトのようなもので、それに載せて、きちんとしたフィードバックをする必要があるかと思う。

(巽)この「中1」の個別の内容については、評価の委員会にもセットインしていなかった

ので、ここに1枚書いてあることだけで私の感想であるが、マウスは3年寿命で、しかも先ほど環境研の嶋先生が言われたようにSPFの条件で、ほとんどの死因は腫瘍死であるという。人間の場合は、ご承知のように今のところ3分の1ぐらい、3割の方ががんでお亡くなりになるというようなことで、出てくる腫瘍も、マウスのストレインを特定明記していないけれども、おそらく環境研で使うものと同じもの、多分ブラックとC3HのF1だと思うが、C3Hの方は、急照射で骨髄性白血病が3割ぐらい出るというようなことで非常に役に立ったもので、ブラックの方は、胸腺リンパ腫が多いというので、F1のプロセスで2つの系統の足し算というか、そういうもので幾分腫瘍の種類を拡げてあるけれども、ただ、ヒトでは広島、長崎（の原爆被爆者）には悪性リンパ腫というのはほとんど出ないので、そうすると、マウスの結果から、特定の腫瘍の種類のことだけをもって、ヒトにそのまま直接に外挿することには無理がある。ここに、いろいろ実験目標に書いてあるように、例えばヒトでは一番たばこのような交絡因子と低線量のことを問題になっているような複合の要因で、マウスにたばこ誘発がんのモデル型があるかということが問題だけれど、そういうような修飾要因だとか、複合効果であるとか、そういうようなメカニズムを含めて、そういうより一般的なことで、ヒトの疫学のデータと照らし合わせて、非常に参考にすべきデータが出るものと大変期待はしている。（嶋）理想的には、そのマウスを使って実験的なデータをたくさんとって、マウスのゲノミクスとヒトのゲノミクスとの間のいわゆるコンパレティブゲノミクスのようなアプローチというのは、うまくいけばいくのだろうと思うが、具体的にどうするかということは、私はまだノーアイデアである。

（巽）非常に人間は遺伝子の背景では雑種というか、多様なので、マウスがなるべく少ない匹数で結論をはっきりさせるようにということで、非常に極端な言い方をすると、ヒトの遺伝病患者の如きモデルで仕事をしていると言えないこともない。そういう放射線被ばく影響が検定されやすい系統をわざわざ選んで仕事をしているということも1つ考えなければならない。森脇先生という遺伝研におられた方は、野生のネズミではそんなにがん学会の会員が使うような放射線だけではないが、化学物質で発がんを起こしてやるような頻度ではがんは出てこないのである、というような意見をだされているので、直接このマウスの仕事の量的な結果だけを非常に心配するという扱われ方にはならないように注意しなければいけないとは思う。

（石井）「中2」について、1つ聞きたいのは、自己組織化するドライビングフォースというのは何なのか。それともう1つ、酸素が重要だということだが、そのケミカルポテンシャルのようなものがやはり自己組織化のどこかに幾らか影響してくるのか。

(阿部)全体が非線形な現象で、エネルギーがたまって電子励起も寄与して酸素がいろいろな動きをしてゼノンの影響も加わり、何かあるところから最初にはない状態のように移っていく現象かな、と私自身は考えている。大事なのは、加速器等、そういう制御できる条件での実験である。それにより、シミュレーション物質で、電子励起効果がはっきりしなかったところを実験的に押さえている辺りで、それらのデータとモデル計算の結果を比較するという事で、新しいことがわかるのではないかと期待している。

(岩田)私の直感的な意味で、多分、酸素と金属があつて、それぞれ副格子をつくっているの、かなり調整し合っていて、お互い温度に対する依存性が全然違うために、上手に酸素が金属のディフェクトになってしまったりするようなところにそのF電子などたくさん電子があり、うまく調整して、意外と打たれ強いセラミックスができていようだろうな。それで、トータルの、全体としての励起バランスをとるためにいろいろな粒化に相当するようなバウンダリーを上手に導入して、ある種の、セルフオーガナイゼーションという言葉はあまり使いたくないが、ある種のしわ寄せを上手にトリガーとして使って、意外とパターンがきれいになっているの、だろうなと思う。

(近藤)二次元で。

(石井)前に説明を聞いたときは、数学的モデルとか、物理的モデルでほとんどが説明できるような感じだったが、今日少し安心したのは、いわゆる物理化学的なファクターというのが、かなりこの検証の中へ取り入れられて、それでいろいろと実際の現象と合わせようと。さきほど酸素のポテンシャルが非常に重要なファクターということだったが、そういう意味では独創的なので期待したい。

(岩田)両方ともきつとおもしろいテーマであり、いわゆるシステム科学のように言うと、コンパラティブシステムズアナリシスなところがあつて、また別途、できれば何かきちんとした学問的に突っ込む討論会のようなものを開催することで、ここでこの場は終了させていただく。この結果については、要点を原子力委員会にご報告した後、審議結果を確定とさせていただきたいと思う。

次に、平成19年度の基本方針あるいは課題募集について、事務局から説明をお願いします。

(福井)まず初めに、原子力試験研究の見直しについて。この試験検討会の皆様方や原子力委員会の委員の先生方からいろいろなコメントをいただいております、それらを踏まえて、対応検討案を考えたところ。

1の行政ニーズ反映を強化は、政策大綱が昨年決定したことも踏まえ、この制度の趣旨自体

が各研究機関の研究ポテンシャルを最大限に活用し、例えば各独立行政法人の行政ニーズ等を踏まえ、原子力研究開発をどうやっていくかということもあり、原子力の研究開発及び技法の方針にのっとりどう進めていくかということ。平成19年度の課題募集に関しては、提案の際に、大綱を読んでいただき、それを踏まえてこの研究はどうやるのかということを書いていただく。また、国立試験研究機関もあるが、大部分独立行政法人化になっており、中期目標、中期計画がされることになるということで、その中期目標の中ではどういう位置づけであるか、先ほど議論の中にもあったが、そういうこともしっかり踏まえて提案していただくために、募集要項にそういうことを追加することを考えている。

もう1点、知的基盤分野、ソフト系研究が当てはまるところだが、現在、全体で88課題あるうち、わずか3課題ということで非常に少なくなっている。ソフト系知的基盤分野、計算科学技術のようなものが入ると思うのだが、そういうものは、残りの3分野の研究に資するソフト系計算科学技術ということが言えるかと思うので、ほかの3分野で読んだ形にするということで、知的基盤分野を廃止した方がいいのではないかと考えている。

2の対象研究機関を拡大するとは、文部科学省設置法の中に、原子力に関する関係行政機関の試験研究にかかわる経費、その他これに類する経費の配分計画に関するということに基づいているが、従来、もう少し関係する、実施する機関を広げてみてはどうかということもあったので、従来やっていたところのみならず、すべての関係行政機関に声かけし、100以上の独立行政法人があるわけだが、そういうところも、課題提案していただけるように、掘り起こしをしていこうということが対象研究機関を拡大するという意味である。

3の評価についての見直しは、先ほどの1と裏腹となるが、事前評価等の際には、先ほどの政策大綱をどう踏まえているか、あるいは各独立行政法人の中期目標等をどう踏まえてやっているか、ということもきちんとチェックするということである。3の2ポツ目の追跡調査ということについては、すぐということではないが、今後求められるということである。

以上が、今回、12 - 4号に反映した変更点。

また、原子力試験研究の見直しについて(案)という紙の最後に、これは今回の見直しということではないが、長期的見直しについて、もう少しクロスオーバー研究の拡大を図っていけばよいのではないかと、先ほどの議論の中にもあったが、成果の広報、普及ということで、報告会の実施というのを、研究課題ごとにやるのか全体でやるのかはわからないが、具体的に考えていかなければいけないのではないかとということである。

実施機関へのヒアリングやアンケートを行うということについては、座長と話したときには、

必ず1年に1回、ここに出ている課題について事務局としてもヒアリングしているので、その際に、その課題のヒアリングのみならず、この制度についてのあり方や、これまでの成果はどうなっているかといったことも聞いて、制度設計に反映すればいいのではないかと話があった。

4には、今後、長期的に見直さなければいけない課題ということで掲げてある。以上。(岩田)ありがとうございました。1つは知的基盤を削って3項目プラス総合的研究にすること、それから全体の流れであるが、例年9月に総合科学技術会議からこの研究制度についての位置づけのヒアリングがあるが、そのときに、この原子力試験研究の意味というのを、単に普通の科学技術研究ではなく、原子力という1つのミッションを基軸にした研究の集合であるということをしかりと打ち出せるように、今までの研究そのものについてももう1度再整理して説明できるように準備しておきたいと考えている。

(北村)私、きょうは一言もしゃべっていないのですが、クロスオーバー研究は長期的見直しに入っているということは、非常に望ましいと思っていて、やはり研究組織論的な見直しが必要であると。制度設計という話があったけれども、研究組織自体を、今のクロスオーバーでほかの組織ももっと入ってこられるようにとか、ほかの研究者が入れるようにという話があったが、ただ、組織設計的に反映したような新しい試みというのは、少し取り入れていっていいのではないかと思うので、事前評価の観点からもひとつ考慮していただくとありがたい。

(岩田)そのとおりと思う。それから、長年、知的基盤をやっていた小柳先生。

(小柳)知的基盤はいろいろ少なくなってきたということで、今のご趣旨に私は基本的に賛成だが、2つだけ申し上げたい。1つは、シミュレーションやデータベース、それから標準というようなものは、ほかのセクションと大変関係が深いのでずっとこうするのはいいと思うが、お願いしたいことは、そういうような方向の研究というものを、それぞれの分野でも積極的によい提案があったら取り上げるようお願いしたいと。ちょっと性質が、いわゆる普通の研究と違うので、そういう面も留意いただきたい。それからもう1つ、ロボット分野というものも結構重要な分野で、長年やっていて成果がないという話があるけれども、ただ、これは割にこの3つの分野になかなか当てはまらないので、こういう分野で、もし何か大変重要な提案があったら、これも適当な形で取り上げるようお願いしたいということを最後に申し上げておきたい。

(岩田)そういう意味で、総合的研究でも。

(小柳)そこで、それも1つの候補になるかと。

(近藤)「防災・安全」と「物質・材料基礎」、「生体・環境基礎」でしょう。切り口が3つ

だけれども、どうも整合性がおかしい。防災・安全はどちらかに振れてしまう。だから、この3本柱の立て方は多分違うのかなという感じを持っている。もう遅いのかもかもしれないが。それから、もう1つは、原子力試験研究は、for原子力なのか、from原子力なのかと、この問題の整理がまだできていないように思われる。for原子力というのは、原子力研究開発機構が必死でやっているのだから、これ以上やる必要あるのかと言われてしまう可能性もある。だが、原子力科学技術をうまく使ってほかの行政庁が行政ニーズを達成したいとして、しかし自分ではやれないと、だから、原子力関係者と組んで一緒にやりたいという課題は結構あるに違いないと勝手に思っている。そういう手が挙がるためには、やはりマーケティングしないとだめだと思う。原子力関係者は原子力をひとり自分たちのためではなくて、広く社会のニーズを探して、こんなことを一緒に研究やってみませんかということもやるのが、原子力が長らく栄えていくことにつながると思う。

(岩田)大変ごもっともなご意見で、そう感じているので、この検討会が終わった後も、メール等でできるだけご意見いただいて、もしもう少しいい案ができるようだったら、いい案をつくるべく、事務局と一緒に働きたいと思うので、ご意見はぜひよろしくお願ひしたい。

(小柳)もう一つだけ。今の部分にも関係あるが、平成17年度からJSTで原子力システム研究開発事業というのが始まった。それとの切り分けがいつか問題になると思うので、この辺の調整が必要ではないかということ、感じている。今後の課題として。

(岩田)それから、3期計画のところ、中枢センターや中枢機関という視点から、むしろ世界的なコアになるような何かをきちんと考え、それなりのデータに基づいてきちんと提案せよというようなこともあり、今あるシーズを十分にブリーディングしてうまく育てていくような何かができたらと思うので、ぜひ言い足りなかったことはメールで連絡いただいて、それに基づいてうまく事務局が違う方向を持ってこられるようにしたい。

(福井)いろいろご意見いただいたことを重く受けとめて、さらに検討していきたいと思う。よろしくお願ひいたしたい。

(岩田)次の評価、新規課題の評価のときに、この研究全体の意味というものを、むしろそこを単なるアンケートではなくて、そこでのディスカッションを通して意味をより結晶化するような方向で作業をしていただきたいと思うので、そういった点も次からいろいろお願ひするかと思う。よろしくお願ひします。

それでは、本日はお忙しいところ、どうもありがとうございました。