

第8回 原子力試験研究検討会議事録

1. 日 時：平成16年3月9日(火) 13:33～16:53

2. 場 所：中央合同庁舎第4号館4階 共用第2特別会議室

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)
井上弘一 委員(埼玉大)、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(東大)、三宅千枝 委員(元阪大)
新クロスオーバー研究プロジェクト：小野哲也 PL(東北大)、木下幹康 PL(電中研)
内閣府：藤嶋信夫 参事官(原子力担当)、後藤収 企画官
文科省：石井利和 量子放射線研究課長、庄崎未果 量子放射線研究課課長補佐、
奥野真 原子力課課長補佐

4. 議 題

- (1) 平成14年度終了課題の事後評価結果について
- (2) 平成17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
- (3) 新クロスオーバー研究の事前評価結果について
- (4) 新クロスオーバー研究の研究計画について
- (5) その他

5. 配布資料

資料原試第8-1号 「第7回原子力試験研究検討会議事録(案)」
資料原試第8-2号 「平成14年度終了課題の事後評価結果について(案)」
資料原試第8-3号 「平成17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)」
資料原試第8-4号 「新クロスオーバー研究の事前評価結果について(案)」
資料原試第8-5号 「新クロスオーバー研究の研究計画について(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の辞、今回初出席となる近藤委員長、齋藤委員長代理、町委員、前田委員からの挨拶に続き、事務局による配布資料の確認が行われた。前回議事録の確認については、事前に確認をお願いしており、省略された。

(1) 平成14年度終了課題の事後評価結果について

石井課長(事務局)より、資料原試第8-2号1頁及び2頁に基づき、今回の評価対象課題数、各研究分野における評価結果の一覧、今回の評価における特記事項について概要説明が行われた。また、3頁に基づき、事後評価の観点について説明がなされた。その後、各研究評価WG

主査による評価結果報告が行われた。

1-1. 生体・環境影響基盤技術WG

嶋委員より、資料原試第8-2号4頁及び9～20頁に基づき、生体・環境影響基盤技術WGにおける事後評価の評価結果報告が行われた。

生体・環境影響基盤分野においては対象の11課題について、平成15年12月9日に8名のワーキンググループの委員が出席してヒアリングを行い、あらかじめ研究担当者から提出いただいた調査票、あるいは関連資料をもとに総合的に評価を行った。

評価に際しては、3頁に記載の評価の基本方針及び評価の観点に重点を置き、これらを基本方針としつつ、各課題ごとに固有の事情がある場合には、それらを十分に勘案し、さらに、成果の掘り起こしにも考慮した。また、副次的な成果がある場合には、その成果の水準の高低、あるいは放射線生体・環境影響研究との関連性の「疎」・「密」を含め、総合的に判断した。

今回の事後評価においては、その評価のプロセスの観点から大きく3グループに分かれる結果となった。

まず、第1のグループは、事前評価、中間評価ともになかった3課題。これに該当するのが「後1」、「後2」、「後3」であり、すべて平成11年度に研究が始まった課題であり、恐らくその当時にはまだ事前評価システムがなかったものと推察する。その結果、これらの3課題については、平成11年度から4年間、事前評価も中間評価なく、今回、事後評価のみを受けたグループである。

次に、第2のグループは、事前評価のみグループであり、「後4」、「後5」、「後6」、「後7」の4課題である。これらの課題は平成12年度に研究が始まり、事前評価はあったが、研究期間が3年間と短いこともあり、中間評価がなかったグループである。

最後に、第3のグループは、中間評価のみを受けたグループであり、「後8」、「後9」、「後10」、「後11」の4課題である。これらはすべて平成11年度から開始され、しかも5年間という長い研究計画であったが、研究開始当初は、事前評価のシステムが確立されていなかったため、事前評価は受けていないが、研究実施期間中に導入された中間評価のシステムにより、中間評価のみを受ける結果となったグループである。

したがって、研究評価のプロセスが三様に違うということを念頭に置いて、総合評価を行った。

その結果、この11課題のうち、A評価と判定したものは、「後1」、「後2」、それから「後5」である。この生体・環境影響基盤技術分野では単なるアイソトープの利用、単なる放射線の利用という「単なる」という形容詞のつく研究課題と、そうではなく、有効にアイソトープを使った、あるいは、有効に放射線を使った研究課題かという判断を迫られることが多い。その意味で、「後1」は、ラジオアイソトープを有効に利用した研究であり、「後2」は、ガンマ線を有効に使って研究を発展させた課題である。したがって、この2課題については事前、中間ともに評価がなかったが、A評価とした。

また、「後5」に関しては、事前評価結果はA評価であり、今回の事後評価もA評価ということで、事前、事後の評価で整合性が見られた研究である。特に「後5」で得られた成果については、

F - 18を使った糖代謝の画像により、いわゆる癌とか、あるいは虚血性心疾患の病巣を特異的に陽性描出する高度な診断法を、PET装置を持たない施設でも適用可能にするような基盤を構築したという点において高い評価を得たものである。

次に、事前評価を行ったグループ4課題のうち、事前評価結果と事後評価結果が齟齬を来した課題が2課題あった。「後4」と「後7」である。このうち「後4」については、樹立化した細胞が、がん化した細胞、あるいは無限増殖能を得た細胞とでもいうような、特異な性質になった細胞と、正常な二倍体の細胞、その2つの群の細胞に見られる相違というものを基礎としたある意味では大変魅力的な研究計画であった。したがって、事前評価においてはA評価という判定をしたわけであるが、研究を始めて約1年近くが経過した時点で実験条件をさらに厳密に検討した結果、当初、いわゆるがん化した細胞と正常細胞とで見られた相違が消失するという事態が生じたため、研究計画の大幅な修正を余儀なくされた。この課題は3年計画であり、我々がヒアリングをした範囲では1年目の終わりぐらいにそういう事態に気がついたということであった。この研究課題は中間評価のない比較的研究期間の短い課題であり、研究担当者は自身で研究方向を修正されたが、当初の目的達成という評価基準から判断して総合的にはC評価とせざるをえなかった。但し、研究の軌道を修正した後にしかるべき成果を上げている。そのあたりについては、総合所見シートに特筆すべき成果として、この研究の後期で得られた成果に関して一定の評価を記述してある。

次に、「後7」について。この課題は、放射線によって起こる消化管の障害と食事性の因子に関する研究であり、事前評価ではA評価であった。それ自体は正当な評価であったと考えているが、残念ながら放射線生物学分野の専門家の参画が十分に得られなかったか、もしくは、研究者間のインタラクションが恐らく少なかったため、X線の照射方法、あるいは線量の選択等について十分な最適化がなされておらず、一定の結果は得られているものの、当初のA評価を受けた時のポイントをクリアすることができなかったという点でB評価とした。

以上が11課題のうち、A評価及びC評価に関する、あるいは評価のシステムとの総合的な関係からの総括である旨が報告された。

質疑は以下のとおり。

- (岩田)「後7」について。適正な線量というのは一般の公開文献には載ってなくて、専門家のみが知っているような、そういうノウハウ的なものなのか。
- (嶋)そういう秘密の線量とか、そういうものではなく、一般的な放射線生物学の教科書もしくは国家試験の教本等に出ているある意味常識的な数値である。
- (近藤)「後4」について。C評価の説明は一般的な説明の仕方として、途中で計画変更したからC評価となるのだとすれば、余り事後評価というシステムの意味がないのではないかと。私の理解ではむしろ事後で評価する趣旨は、研究計画を変更してもそれなりにある種の合理性がある良いものが出てきたら、それはそれで評価を与えるべきではないかという気がする。それよりもこの所見を見た場合、アウトプットの「論文、特許等なし」ということの方が気掛かりである。この研究者のアウトプットは何ですか。1,000万円も使って何も出なかったのかという点でC評価であると考えの方が自然ではないか。むしろ「論文、

特許等なし」のところについて何らかの釈明が必要なのではないのかなという感じがするが。

(嶋) 実際にヒアリング席上においては、研究費を無駄にしないようどのように研究を修正したかについて、研究担当者から詳しく説明を受けている。

(近藤) いずれアウトプットが出ると理解しているということか。

(嶋) それは出つつあると我々は評価している。ただ、この評価をした時点においては、学会発表等は結構あったが、まだパブリケーションがなかったということは確かである。

1-2. 物質・材料基盤技術WG

阿部委員より、資料原試第8-2号5頁及び21～29頁に基づき、物質・材料基盤技術WGにおける事後評価の評価結果報告が行われた。

物質・材料基盤技術分野においては、終了課題8件について、平成15年11月21日に9名のワーキンググループ委員が出席してヒアリングを行い、調査票及び関連資料をもとに評価を行った。

具体的な評価の進め方としては、ヒアリング、それから評価資料をもとに、すべての課題について、全メンバーが評価のコメントを出し、それを基に課題毎に各専門分野から担当を決め、総合評価のドラフトを書いてもらい、それを主査が責任を持って取りまとめるという形で進めさせていただいた。

また、評価に際しては、3頁にある原子力試験研究の事後評価における基本方針及び観点に基づき、当初目的に対する達成度、並びに成果の発表の状況等を勘案して、総合的に評価を行った。(評価結果報告に先立ち、35頁の参考4に基づき、当該分野の対象範囲と分野の例について説明がなされた。)

評価結果の概要について。8件の課題のうち3件については原子力試験研究にふさわしい内容であり、その研究成果と公表活動ともに十分であったことから、A評価とした。

A評価の3件の内容を簡単にご紹介申し上げますと、一つは、原子力材料の照射劣化抑制に関する研究において、照射による残留応力緩和など、シュラウドの亀裂防止、発生防止などに役立つ成果が得られている。

それから、原子力用エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究において、SiCを用いた放射線環境下でも劣化が極めて少ない半導体素子の作製に成功している。

もう一つは、化学交換法による軽元素同位体の分離・採取技術に関する研究において、核融合炉燃料用のリチウム、それから原子炉制御材用ホウ素同位体を海水から採取する技術の開発がなされている。

8件のうちの4件に関してはB評価となっている。内容としては、微小試験片の熱物性計測技術の研究、X線CTを用いた熱流動計測に関する研究、超臨界水によるイオン交換樹脂の分解処理技術の研究及び γ 線発生技術の高度化に関する研究であり、これらの研究において得られた成果は、実際の原子力分野に応用されることが期待される。

それから、高輝度放射線源の開発に関する研究では、研究方針の変更もあり、達成度がやや低

いということから、C評価と判定した。

以上、成果発表が十分な研究についてはさらに積極的に実用化とか、そういう応用展開を図ることが期待されるものである。また、査読つき論文等の発表が少ない研究もあるので、それについては論文発表など、公表に努めていただきたいと考えている。以上が総評である。

なお、今回の評価課題のうち、事前評価が実施されていた課題は「後12」,「後13」,「後14」,「後16」である。また、全課題について中間評価がなされており、中間評価の段階では「後13」と「後14」がB、その他の課題は全部A評価であった。今回の事後評価においては、最終的には「後12」,「後17」,「後18」がA評価、「後15」がC評価、そのほか4課題がB評価という結果になっている。

それでは各課題について、評価結果のポイントを申し上げる。

「後12」について。A評価とした。この課題は原子力材料の信頼性、健全性のニーズにこたえ、長期的な機器、材料の割れや破壊、それらに関する機構の解明を行う研究である。

具体的には、照射下の疲労等の実験研究、それから残留応力の照射による変化の研究、という2つの柱で研究を実施している。また、特筆すべき成果として、軽水炉及び将来の核融合炉ともに重要な照射下における破壊防止に関する研究として、動的照射下での挙動、具体例として残留応力が照射によって変化することに関連して表面改質による照射劣化抑制等の研究を行っている。

但し、将来的には高温水中におけるより具体的な課題に関して、さらに展開する必要があるということコメントさせていただいた。

「後13」について。B評価とした。この課題は微小試験片の熱物性測定技術である。材料の非常に基本的なデータであるが、核融合炉の材料、軽水炉材料、核燃料、すべてに共通して熱的な性質を測定する、それも小さな試験片を用いて測定するというものであり、一定の技術開発に成功している。

特許は多いが、論文をもう少し増やしていただきたいということ。それから、今後はホットラボで実際に原子力材料とか燃料とか、そういうものに適応できるような技術を進めてほしいということコメントさせていただいた。

「後14」について。B評価とした。この課題は高速X線CTを用いた熱流動計測の高度化に関する研究である。原子炉のシステムにおける熱流動を高速スキャンX線CT装置を用いて研究しようというものであり、成果としては原子力熱流動のオンライン可視化に対して適用可能性を明らかにしている。

今後さらなる高度化、高速化に向けた技術開発が展開されれば、さらに有意義だろうということコメントさせていただいた。

「後15」について。C評価とした。この課題は小型高輝度放射線源の開発とその利用に関する研究ということで、小型蓄積リングや電子リニアックのような比較的小型の装置を用いて、高輝度、高指向性のX線源の開発を目的としたものである。具体的には、超大型施設でも不足しているような数百keV以上のエネルギー領域において十分な高輝度の線源の開発を行うことを計画しており、この研究によりレーザーコンプトン散乱X線実験などが活発になったという面もあるが、他の光源との明確な性能の差とか、それから要素技術の開発の達成度がやや足りないと判

断した。また、査読つき論文等が少ないことなども総合的に勘案し、C評価とさせていただいたものである。研究の事前の予測、準備等がもう少し十分であればより成果が出たものと判断される。

「後16」について。B評価とした。この課題はエネルギー可変 γ 線発生技術の高度化とその利用に関する研究であり、これまでのビーム収量を1桁以上増大することを目標としていたが、実際には3倍のビーム収量の増加にとどまった。但し、関連研究として、可変 γ 線を用いた天体核物理の研究が共同研究の成果として出されている。

本研究により大型工業製品の非破壊検査技術等への応用が期待されるが、原子力分野への利用についても、さらに積極的に対応していただきたい旨コメントさせていただいた。

「後17」について。A評価とした。この研究は原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究ということで、高い温度、それから放射線環境下において安定に動作する半導体素子を作製するための技術開発である。

具体的には接合技術、それから伝導性制御技術、それから放射線誘起欠陥評価技術、これらを開発して、実際にSiC結晶のMOSFETを小さくして、優れた耐放射線性を示すことを明らかにしている。また、特許、成果、論文の発表等も大変活発に行われており高い評価を得たものである。

「後18」について。A評価とした。この研究は核融合燃料のトリチウムをつくるためのリチウム同位体、それから原子炉用の制御材料とか遮蔽材料に用いられるホウ素同位体、これらを経済的かつ効率的に採取するプロセスを開発する研究であり、高性能同位体分離剤を用いたカラム分離法によって、同位体濃縮を確認し、効率的かつ経済的な大量分離システムを構築するための展望が得られたことは、特筆すべき成果である。今後、同位体大量分離システムをつくって、同位体が大量に分離できるようになれば波及効果が大きいこと、また、論文や受賞等から見ても成果も十分であると判断したものである。

「後19」について。B評価とした。この課題は超臨界水による使用済みイオン交換樹脂の分解処理技術を開発し、原子力発電所の使用済みのイオン交換樹脂の減容化、ボリウムを減らすためのプロセスに関する基礎データを取得することを目的としたものである。当初の減容化目標を達成するとともに、さまざまな成果が得られているが、論文の発表が少ないので、さらに公表に努めるようコメントさせていただいた。

質疑は以下のとおり。

(近藤)「後17」について。成果の中に温度や照射場の放射線環境についての言及がないが、どのあたりをねらっているか数字があった方が良いのではないか。

(阿部)この研究では、高温、放射線環境下で使える具体的な材料の開発プロセスの開発を行い、最終的に素子をつくるまで至っているが、具体的な耐熱性、耐放射線性については今後さらに具体的なデータ等をとる必要があると考えられる。ただ、十分それが見通せる技術開発ができたと判断したものである。

(町)全体的な話として。たとえば「後12」とか「後19」とか、応用的な研究が多いが、実際に役立つものとするように如何にフォローアップしていくか。例えば、「後2」の課題にあったハイドロゲルなどは原研の高崎研究所でも放射線を用いて、さまざまなものを

開発し、主に医薬品業界で実用化されて役に立っている。成果の利用、実用化へのフォローアップはどのようになされているのか。

(阿部) それぞれ個別の研究であり、それぞれに固有の事情があり一概には言えないが、全体を通して見た場合、まず成果については、できる限り査読付きの論文で(国際誌等も含めて)積極的に対応してほしい旨をコメントさせていただいている。

それから、課題により事情は異なるが、一部特許になったもの、あるいは具体的に実用化されているものもある。最終的には予算を使った研究であり、具体的に役立つように積極的に展開していただきたいと考えており、個別のヒアリングの際には、例えば、ホットラボ等の前段階の技術開発であれば、ホットラボでやれるところまでもっていき、実際の原子力材料に適用できるように、それから、同位体の分離であれば、経済的に成り立つようなプラントにまで実用化してはどうかというように詳細にコメントさせていただいている。是非この試験研究の成果を生かしていただきたいということがワーキンググループ全体としてのコメントであった。

(石井委員) 町先生のご質問とも関連するが、総合所見の中で特に研究交流の部分で、「民間との交流が図られた。」とだけ記載されている例が見受けられるが、実用化に近いところでは民間との交流がかなり図られていると考えてよいのか。

というのは、この試験研究自体は、国の関係の研究機関が主体になっており、民間あるいは大学との交流がどの程度行われているのか。

さらに、もう一歩進めて、民間からのニーズが研究計画の前提となっているような課題もあるのか教えていただきたい。

(阿部) 最初に2番目にご質問があった民間からのニーズに関連して具体的な課題設定があったのかということに関して申し上げますと、全般的に課題そのものはさまざまなプラントで技術的に問題になっている課題とか、恐らくは民間を含めて各方面で開発が迫られているものであるということはある程度判断したが、個別にどの民間企業からどういうニーズがあったのかという細かいところまではフォローはしていない。

(石井委員) ニーズに関しては、各課題の研究担当者が自身で見出したという理解か。

(阿部) そのように理解している。確かに、そういう意味では民間の具体的なニーズと何らかイノベーションがあるやりとりがあれば有効かもしれない。

それから、最初にご質問があった民間との具体的な連携の端的な例として、例えば「後12」のポンチ絵の2枚目を見ていただくと、これはシュラウドに圧縮応力場を与えるための一つの方式であるが、例えば水中レーザーでピーニングして、表面に圧縮応力場をつくるという、技術自体は民間で開発されたものである。この研究ではそれをその方式の中に応用しており、民間との具体的な連携のあった研究例だと考えられる。

(岩田) この試験研究は当初はフォローアップとか、研究成果をどのように実用化に結びつけていくのかということでは余り意識されていなかったと思われるが、時代がだんだん変わってきているのも事実であり、せっきくの成果をどう活用していくかということに関しては、今後この場、あるいはワーキンググループの場で検討を重ねていくこととさせていただき

たい。

それから、「後15」について。「必要な薄膜結晶の製作に独自の技術を残した形跡もなく残念である。」とあるが、これは担当者の見通しが悪かったのか、あるいは共同研究の相手先である企業の技術が期待したとおりでなかったのか、そのあたり、具体的なところは如何か。

(阿部) 例えば作製技術等にもう少し時間をかけていれば、もう少しうまくまとめることができたのではないかというコメントもヒアリングの最中にはあったが、これはある意味で中間評価を実施した我々の責任も一部あると思っている。方針を変えてはというコメントに対し、結果的にその後の計画の整合性が悪かったような感じもする。

(齋藤) この分野は、1件を除いて全て産総研に固まっている。先日、産総研の理事長とお話する機会があった際、産総研では従来の方式を変えて、30人から50人ぐらいで一つのコアをつかって、基礎研究から応用研究、さらにはその実用化までを一つのコアで全て行うというシステムを考えていることを伺ったことがある。

(岩田) おそらく産総研もどんどん改革している最中なのだと思う。成果はできるだけ産総研の中で、そういったコアの中で活用されるように、こちらからもお願いするという方向で進めてはどうかと思う。

1-3. 知的基盤技術WG

小柳委員より、資料原試第8-2号6頁及び30～32頁に基づき、知的基盤技術WGにおける事後評価の評価結果報告が行われた。

知的基盤技術分野においては、終了課題2件について、平成15年12月15日に8名のワーキンググループ委員が出席してヒアリングを行った。

評価に際しては、3頁に示す原子力試験研究の事後評価における基本方針及び観点についてを前提にしつつ、先程から議論のあるとおり、今回対象の2課題がいずれも原子力関連の研究を主要な研究対象にしていない研究機関が実施したということを念頭に置き、単に学問的、あるいは技術的にブレイクスルーがあったかということだけではなくて、原子力の実際の局面での技術課題にどう対応しているかということもあわせて検討し評価を行った。各課題の評価の概要については、次のとおりである。

「後20」について。いわゆるロボット分野の課題である。知的基盤技術分野の中ではこのロボット分野の課題がかなり重要な位置を占めているが、正直、玉石混合というのがワーキンググループの全体的な印象である。その中で、この「後20」については、どちらかといえば玉に近い方であったと思われる。この課題はプラント内での保守点検を念頭に置き、複雑な作業、つまり工具を使ってボルトを締めるといった作業手順を確立する研究であり、多種類の工具を用い、さまざまな拘束条件のもとで、かつ、そこに触覚等も組み合わせて十分な作業をするというものである。また、ネットワークに分散された機能を統合的に実施する計算機システムを用い、十分な成果を上げており、なおかつ多くの発表、それから論文賞、それから幾つの特許を出している点において、十分以上な成果を得ていることからA評価と判断した。

但し、これは基盤的な研究であり、今後この研究成果を実際の原子力分野の問題解決につなげるためには、原子力分野との研究者の交流が不可欠である旨、コメントさせていただいた。

「後21」について。この課題は気泡急成長による水撃力、特に原子炉圧力容器にどのような影響を与えるかということを実験及びシミュレーションによって明らかにしようという研究である。実験的な成果として、気泡の成長とともにこの水塊がコヒーレント性を保ったまま押し上げられることを観測し、実験相関式を明らかにしたという点では、一定の成果を上げたことができたと考える。

但し、この課題の本来の目的は実験結果と数値計算によるシミュレーションとを比較して、シミュレーションの精度をチェックし、なおかつ実際に原子力に必要なようなサイズとかスケールでの水撃力の問題を扱えるようなスキームを確立することにあり、そのシミュレーションとの対比、分析という点がまだ十分でないという点で、知的基盤という観点では少し不十分な点もあり、B評価と判断した。

質疑は以下のとおり。

(岩田)「後21」について。シミュレーションにおいて、実験データ等の把握が十分でなかったということか。

(小柳)多少そういう感があったことは否めない。このワーキンググループのメンバーにはシミュレーションの専門家もいるが、ヒアリングしてみると、そのようなところが正直見受けられた。おそらく、実験の方に精力を注いでしまい、シミュレーションという観点が多少手薄になっていたのではないかと思われる。

1-4. 防災・安全基盤技術WG

澤田委員より、資料原試第8-2号7頁及び33～34頁に基づき、防災・安全基盤技術WGにおける事後評価の評価結果報告が行われた。

今回の終了課題は1件のみであったが、これについて平成15年12月3日に6名のワーキンググループ委員が出席しヒアリングを実施した。また、欠席した委員からも事前にコメントをいただいております、評価の参考とした。

今回評価した課題は事前評価が導入される前に研究が開始された平成10年度からの課題であり、5カ年計画で実施されたものである。したがって、評価に際しては、目的とか目標の妥当性、費用、それから進捗状況等々に注意して、総合的に評価を行った。

この課題では、大きく3つのサブテーマがあり、このうち、さまざまな地質関係の塩淡水境界、すなわち、淡水と塩水の評価を海岸で行い、結晶岩質についても調査することを視野に入れていたが、これについては予算の制約もあり実施できなかったようである。しかしながら、それ以外については、数十万件にのぼる水文地質データベースを作成し、一部では検証試験も実施している。現在、個人情報等のデータが入っている関係もあり、データベースの公開を停止しているようだが、今後、データの扱いを工夫し、全面公開に持っていく方向で検討がなされている。

したがって、概ね所期の成果が得られているということ、それから副次的な成果も数多く得られており、総合的にはA評価と判断した。

なお、この課題は中間評価ではB評価であったが、この種の研究では、データベース、フィールド実験等、成果が目に見えるかたちで出てくるのは研究の後半になって入ってからということもある。最終的には総合的にみて非常に良い成果が出たものと判断している。

総合所見に基づき詳細について、ご説明申し上げます。

この課題は大きく分けて3つの目的がある。1つは、地質環境特性の広域基盤情報をデータベース化すること。それから、2つ目が沿岸地域の塩淡境界の確認、地下水流動に関する実測データを得ること。3つ目が人工バリア材であるベントナイト中の水の拡散係数を非破壊、短時間かつ高精度で計測する方法を開発することである。

3つの目的は、それぞれに直接の関連性が非常につけにくい目標になっているが、NUMO(原子力発電環境整備機構)が設立され、地層処分に関わる地点選定及びその評価に絡む課題として、それぞれに非常に重要であると考えられる。したがって、ここでの成果は今後非常に役に立つであろうと期待している。

研究成果については、先ほども申し上げたように予算上の制約から、いわゆる花崗岩地域での形成される岩盤、塩淡境界の計測は十分に実施できていないが、それ以外については当初予定の成果が得られている。まず特筆すべき成果として、日本中を網羅する十数万件にも及ぶ水文地質のデータをデータベース化したことである。これは膨大な数である。

なお、先程も少し触れたように、データベースの中には、個人情報のデータも入っており、今後それらをどう扱うか、プライバシーの問題もあるので、公開に向けては慎重に進めていただきたい旨お願いしている。

次に、沿岸地域の塩淡境界については九十九里浜で実測を行い、塩淡境界が2枚存在すること、塩淡境界面に沿って海底に湧水があらわれることを見出している。ただ、実際の処分場は地下500メートルぐらいであり、この実験では200メートルぐらいまでしか実測できておらず、その意味ではもう一つという印象であるが、ボーリング調査は経費も掛かるのも事実であり、今後さらに発展させていっていただければと考える。

最後に、3番目のベントナイトと水の拡散係数について、X線CTや核磁気共鳴、特に核磁気共鳴(NMR)を使った手法を開発し、実際に実験室規模ながら、わずか数分程度で非常に精度のいいデータが得ることができており、これはこの研究における特筆すべき成果の一つであるといえる。あとは実際の現場で使用できるよう、どう持っていくかが課題であろう。

それから、成果発表に関しては、論文の誌上発表が48件、口頭発表が39件あり、いずれも水文学会や、専門の学会に発表されており、成果の公表としては十分である。但し、先程の小柳委員の報告とも関連するが、原子力関連学会そのものへの投稿はやや少ないようであり、今後はそちらにも積極的に投稿、発表するようコメントさせていただいている。

3つのサブテーマは直接的な関連性は乏しいものの、それぞれに地層処分の事業を進めるに当たって非常に重要なテーマであり、計画その他も妥当なものであったと考えられる。費用については不足であったということだが、5年間で3億ということであり、潤沢とは言わないまでも、それなりではなかったと考える。その他、研究能力についても、各々専門家を有しており十分に高いことから、総合的に判断しA評価としたものである。

その他、今後データベースの一層の充実と測定と測定手法の信頼性向上、その他実用化を進めていただきたい旨をコメントさせていただいている。

質疑は以下のとおり。

(岩田) この課題は予算的には、他の課題よりは多めに措置されているように思われるが、費用対効果の面からみても十分な成果が挙げられているのか。

(澤田) データベースの構築にもそれなりの費用が掛かるが、特に2番目と3番目のサブテーマにおいて、すなわち、フィールド実験とか室内実験において相当の費用が掛かっている。フィールド実験はボーリング調査を行っており、これには相当の費用が掛かる。そのため、当初はもう1カ所実施したかったようだができなかったという経緯もある。また、室内実験におけるNMRとかX線CTも高価な装置である。その意味で費用に見合った成果は十分に出ているものと判断した。

(岩田) 今後本当の意味で広域基盤情報の整備ということになると、今後の整備に向けてある意味でレファレンスになるような中身でないといけないと思うが、今回の成果がその参考になるものとなっているのか。

(澤田) 各地の地下水データベース、地質断面や水質の表示といったものを全部地図上に掲載し、地域を選べばたちどころに結果がすぐに出てくるようなシステムがつくられており、さまざまな用途に使うことが考えられる。だからこそ悪意を持って使用されることがないようにある程度のセキュリティは必要であろうと思われる。そのことは研究担当者の方も重々承知しておられるので、基本的には原則公開で進めていただきたいと考えている。

(岩田) 地理情報、地質情報に基づいたある種のリンケージについては一応確保されていて、適当な時期にほかの情報ともくっつけられるという意味か。

(澤田) そこまで私自身も試していないので、断言はできないが、データベースとしてはよくでき上がっているという感じを持っている。ひとつおり地質、水文に関する必要なデータは手に入るし、概算評価ぐらいはそれだけでできるという印象である。

(石井委員) サイクル機構、あるいは原子力発電環境整備機構との研究交流はなされていたのか。それぞれで有しているデータベースとのリンクということも考慮されているのか。

(澤田) この研究が始まったときにはデータ整備はされていなかったわけであり、それを今後どのように生かしていくかは今後の問題に入るのではないと思われる。また、海外とは主にシンポジウムを通じて交流をされているが、あくまでも研究所を主体とした交流であると理解している。おそらくまずは日本の中の原子力分野との交流が必要だろうと思われる。以前から申し上げていることであるが、研究は研究としてその道の専門の研究をしていただくのは当然として、その成果がどこに反映されるのかということをもう少し意識しつつ、研究を進めていただきたい。

(近藤) この表題を念頭に考えると、ある種のアセスメントとしてのツールとの関係でこのデータベースがどう生きるのかとか、いろいろと議論があるところであると思う。ある用途から考えて、あるべき研究対象とか研究方法とかデータベースのスペック等については議論がきちんとなされないと、内容的には素晴らしいものでも、だれも使わないということも

あり得るし、あるいはこの表題とは全然違う方面で喜んで使われるという可能もある。

もう一つは質問であるが、CT、NMRで非破壊に計測すること自体は理解できるが、これについてもその方法の意図するところ、つまりこういう測定が必要だというニーズがどこかにあってのことでないと意味がないと思われる。その意味で、この方法が本当に意味のある研究成果になっているのかという議論はなされているのか。

(澤田) おそらくそういうニーズに基づき、この研究計画を定めたものと理解している。ただ、実際問題としてベントナイトの水分監視をどうやっていくか、国としてもまだ完全に解決したわけではない。

(近藤) だから処分現場で計るということを考えなのか。

(澤田) 現場で行うとなると、手軽かつ頑丈で、しかも精度がよく、さらに非破壊的で行う必要がある。その方法の一つとしては評価できると判断した。

(近藤) 方法論的にこれができるというのはだれでもわかる。

(齋藤) 人工バリアであるから、別にサイトでなくてもいいのではないか。

(澤田) これは、ベントナイトと水だけの問題ではなく、処分地の地質環境、雰囲気、さらには様々な力学的な環境の変化等について、長期間、かつ手軽に、安心して、高信頼度で測るための手法を提案している最中であると理解している。まだ実験室段階だと思われるが、こういうプロセスを経ないとおそらく本当に実用的なものは出ないだろうと思われるので、ここはひとつ気を長くして取り組む必要があると考える。また、その意味で、このような課題を否定することなく、いろいろな手法を模索する必要があるとも考えている。

(齋藤) 「高レベル放射性廃棄物地層処分のための」という題目が付くと、先程から話が出ているように、JNCやNUMOで、相当の額の予算を措置して、実際に試掘等を行って進めている段階だと理解している。したがって、限られた予算で、様々な方面で研究は研究として実施すること自体はよいと思うが、目的をある程度はっきりさせて進める必要があり、余り分散させてしまうと結果として似たようなことをやっても効果的、効率的でないという視点を常に持つておく必要がある。廃棄物の処分場というのは1カ所、あるいは2カ所であるから、この課題のように全国規模で広域に実施することが、高レベル廃棄物処分の目的のためだけであつたら、本当にそうなのかという感じがしないでもない。

(澤田) 5年前に、もう少しそういう議論をしておくべきだったのだろうと考えるが、これはあらゆる課題について言えると思う。原子力関連研究の捉え方において専門家の意見が重要だということはよくわかるが、本当にそこまで議論がなされているかどうかというのは、今回の課題を例に取ってみても、原子力関連学会等への発表が少ないことからわかるとおり、そういう環境でずっと研究が進められてきたと理解している。本日の議論も踏まえ、今後はそのあたりについても念頭におきつつ評価を進めていきたい。

岩田座長より、以上の評価結果について、特段の意見がなければ各WGでの評価結果を尊重し、本日の審議をもって了承いただきたいとの発言があり、了承された。

なお、本日の評価結果については、岩田座長より原子力試験研究検討会の評価結果として、原

子力委員会への報告の後に評価が確定する旨が伝えられた。

(2)「平成17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」

文部科学省石井課長より、資料原資第8-3号に基づき、平成17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の説明がなされた。昨年度からの変更点として、現在の厳しい財政状況のもと、原子力試験研究として実施する意義のある研究課題、これに限られた資金を効果的、効率的に配分するという観点から、全新規募集課題に対し書類一次審査を実施することとし、採択する妥当性が低いと思われる課題についてはヒアリングを実施しない旨が説明された。また、クロスオーバー研究については、平成17年度については課題募集を行わない旨があわせて伝えられた。

質疑は以下のとおり。

(小柳)単に科学技術全般に意義があるというだけではなくて、原子力分野との関連性というもの考えた上で課題を選定したいという説明をいただいたが、この基本方針の(1)では、まず「科学技術全般への波及効果」が文章の最初に来て、「原子力長計で、その推進が必要とされている」という文言が後に来ている。これを見ると科学技術全般への波及効果が最も重要で、原子力の研究の重要性はその次と読めなくもない。やはり原子力の研究ということが第一義的な目的であり、あわせて様々な波及効果を期待するという観点からすると、文言の順番を入れ換える等して、文章を若干修正した方が良いのではないか。

(石井委員)先程から話題になっているが、世の中が随分変わってきている。大学も含めて独立法人化が進み、さまざまな競争的資金が創出されている。これは非常に良いことと思うが、この試験研究のように、純粋な基礎研究ではなく、ある程度目的指向型の研究の場合には、社会のニーズを踏まえたものであるということの評価の際には是非申請書類等に書いていただきたい。今、産業界を取り巻く諸情勢も目まぐるしく変化しており、産業界においてなかなか実施できない基礎的・基盤的な研究をこのような国の研究機関で実施していただくという非常にありがたい部分がある。したがって、今後の課題として、募集のときには産業界のニーズが今どうなっているのかという観点を是非ご考慮いただきたい。

(岩田)産業界のニーズをどのようにクリアに記述するのかというのはかなり難しい問題であり、今すぐというわけにはいかないと思うが、時代の変化、それから新しい時代の要請にあわせて、もう一度新しい時代に合うように、今後、様々な角度から検討を行っていきたい。

岩田座長より、両委員からの意見についてはできる限り反映することとし、具体的な反映方法については、座長及び事務局に一任とさせていただきたい旨発言があった。その上で、平成17年度原子力試験研究の基本方針及び課題募集については、事務局から原子力委員会に報告した後に、募集を開始するようにコメントが付された。

(3)新クロスオーバー研究の事前評価結果について

文部科学省石井課長より、資料原試第8-4号1頁、4～10頁に基づき、新クロスオーバーに係る「評価実施の経緯」、「評価の基本方針」、「評価の実施要領」、「研究評価WGのメンバー」及び「評価の手順」について説明がなされた。

引き続き、クロスオーバー研究評価WG主査の岩田座長より、資料原試第8-4号2頁に基づき、評価結果の総評について以下のとおり報告があった。

今回、新クロスオーバー研究として選定された2つの研究テーマについては、ともに問題の性質が極めて複雑な事象であり、その複雑な事象における予測・外挿という、困難な課題への挑戦という1つ目の特徴と、それ故の不確実性というものに対するエンジニアリング、あるいは現実的な解答としてそれをどのように提示していくのかという2つの特徴を有している。その意味で通常のシミュレーションによる順問題とか、あるいは既に実験結果等が得られていて、その原因を究明するような逆問題に比べ、非常に難しい問題である。

こういう困難な課題を解決するにあたっては、それなりのチームを構成しなければいけないわけであるが、チームとしての問題解決の執念、あるいはその問題を解き抜くための緻密で柔軟な思考、斬新な構想というものが必要である。その意味では、今回事前評価の対象となった2つの研究計画は、平成15年度夏ぐらいの時点から非常に精力的に研究プロジェクトリーダーを中心にまとめていただき、大変いいものができたというふうに考えている。

そういう意味で、先月開催された評価ワーキンググループにおいても、初回からワーキンググループ委員との本質的な議論が開始され、プロジェクトリーダーを中心に今後深く学問的な内容に踏み込んだ議論が展開されることが期待されるものである。

各プロジェクトチームは恐らく昨年末、あるいは今年に入ってから両プロジェクトリーダーの下、一丸となって、本格的な研究計画の検討を行ってきたという状況かと思われるが、むしろこのチャレンジなテーマについて本当にいいチャレンジをするためのチームワークというものをしっかり確立するという意味で、研究の初年度においては徹底的な議論、あるいは問題設定の精緻化、それから目標の共有、役割分担の確認等が必要だと考えている。

これはクロスオーバー研究そのものに対する私のコメントであるが、クロスオーバー研究が約15年前に発足した当初は、研究機関間の連携による相乗効果に非常に大きな期待が寄せられ、ある意味で硬直化しがちな組織の壁を破る効果があったと思われるが、現在は大きな組織が再統合されるような、そういう時代であり、組織の壁は既に大きく破られつつあると認識しており、むしろ特定の目的に向かって新しい学問分野を形成するような、個別学問分野を有機的に活用・展開・補完する本来のクロスオーバーへと方向を転換する時期が到来したと私自身は考えている。そういう意味で、この2つのクロスオーバー研究のテーマについては大きなブレークスルーを期待しているところである。

3-1. 事前評価結果：「低線量域放射線に特有な生体反応の多面的解析」

引き続き、嶋委員より、資料原試第8-4号11～12頁に基づき、研究テーマ：「低線量域放射線に特有な生体反応の多面的解析」の事前評価結果について以下のとおり報告が行われた。

これは低線量放射線に関するテーマとなっているが、低線量域というある程度の幅を持たせた表現になっている。これには低線量ということに関して明確な一致した理解があるわけではなく、この研究が行われる途中の段階においても、調べようとする指標によってある程度線量域がずれることもあり得るだろうと現時点では考えており、その意味で、このタイトルがあえて低線量域という表現になっているものと理解している。

このテーマの概要については、総合所見シートにも記載がされているとおりであるが、我々は冷戦時代からの放射線生物等の研究を通して、非常に高い線量で何が起こるか、高い線量で生物がどういう反応を示すかということに関してはかなりよく知ってきたわけであり、知識も十分蓄えられてきたと思われる。しかしながら、低い線量ではどうかということに関しては、まだある意味で本格的な研究が始まったばかりである。そこで、このクロスオーバーという研究のフレームワークの中で、分野を多少異にする研究者が集まり、総合的な研究を行うことの意義があると思われる。これまでは高い線量で我々が知っていることを低い線量、あるいは低い線量率の線量域へ外挿することにより、ある意味で放射線防護の指針ともいべきものが構成されていると言って過言ではない。

したがって、このクロスオーバーの研究の大きな目的の1つは、高線量領域から低線量域への単なる外挿ではなく、その外挿領域においてさまざまな角度からの多面的な解析により、その科学的な根拠を見出し、それに基づいた放射線防護というものが可能になるような基盤を蓄えていくということであり、8つの研究機関、実際には11の研究グループが参画する計画となっている。実験材料にはマウスを用い、マウスの個体、組織、細胞、それからDNA、さらにシミュレーションというプロセス、これらを組み合わせ、それぞれ11研究グループの方々がそれぞれの従来からの研究、得意とする分野というのを共有しつつ、新しい学問分野を開発されていくであろうということを期待しているわけである。

また、我々が一般的に社会生活を営む中でも、放射線以外にもさまざまな環境ストレスに曝されているわけであり、本テーマにおいても、放射線単独による影響以外に化学物質との複合作用の解析ということにも一つの大きな柱を立てていると理解している。

さらに、この低線量域放射線の研究を行ううえで、必然的について回る問題として、400日という非常に長期間にわたってマウスを照射する必要がある、ある意味で非常に忍耐を要する研究であることも特徴的である。

最後に、研究を進めるにあたっての注意点として2点申し上げたい。

一つに、成果の公開に当たって、放射線においてしばしば見られるある意味での部分的な結果のつまみ食いの公開、あるいは公開された結果が部分的なつまみ食いの形で間違って利用されること、そういったことのないように十分注意した対応が望まれるということである。

もう一つに、余りにも低線量長期照射にこだわるが余り、不確かなデータを長期にわたって蓄積することのないよう、あえてそのあたりはフレキシブルな対応をお願いしたいということである。例えば、400日間照射の場合、何かアクシデントが起これば、極端に言えばオール・オア・ナッシングになることも起こり得るわけであり、プロジェクトリーダーのリーダーシップのもとに、この研究に参加される方々が極めてフレキシブルに、なおかつ当初の目標という

ものを明確に保持しながら対応していただければ大変良いのではないかと考えている。

質疑は以下のとおり。

- (町) これは長い間懸案になっていた大変重要な研究だと考えるが、3点ほどお伺いしたい。
1つは本テーマにおける国際協力についてどのように考えられているのか。もう一つはこういうマウスを使って実験する場合に、マウスの個体差があるので、大変な統計的処理をする必要があるのではないと思われるが、そういうデータのハンドリング、またデータの信頼性等についてどのようにお考えになるのか。それから、試験期間400日というのはどういうところから出ているのか。つまり低線量というのはトータルの線量が低いということもあるし、線量率が非常に低いということもある。だからこそ、よく計画を練っていただき、ぜひとも成功させていただきたいと考えている。
- (本質問についての回答については、後程、研究計画の説明時に小野プロジェクトリーダーから回答することとなった。)

3-2. 事前評価結果：「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」

引き続き、阿部委員より、資料原試第8-4号13~14頁に基づき、研究テーマ：「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」の事前評価結果について以下のとおり報告が行われた。

タイトルは、「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」ということで、広範な対象に適用できるような新しい学問という形のタイトルになっていると考えている。したがって、その中で具体的な対象を取り上げ、今後目指す新しい学問分野をつくるということに目的としているテーマであると理解している。

次に高線量という場合、原子力施設におけるさまざまな高線量ということから、具体的には炉心のさまざまな機器、コンポーネントということで、例えば軽水炉であれば燃料、材料、それから高速炉等にもかかわる課題、それから後で紹介があることと思うが、実際に起こっている物理化学的な現象は将来の核融合炉等のセラミックス材料等にもかかわる問題と、そういう形になるかと思われる。

ここでは具体的に燃料を中心に取り上げ、その中の現象として高い線量であらわれる特有の現象に注目して、そこに含まれている物理化学的な現象を明らかにして、最終的には数式のモデル化を目指した研究である。

具体的にこの研究を進めたらどういうことに役に立つかということ、将来的には高い線量領域、高燃焼領域までの燃料の開発とか、また、その使用に関して発電所現場における新技術の導入、さらには燃料開発のための開発研究、そういうことを目指しているものと思われる。

それでは、事前評価の具体的な項目についてご説明させていただく。

「必要性」について。これは軽水炉燃料の UO_2 の高燃焼領域での挙動に関する研究であり、本研究によって、組織変化のメカニズムが解明されれば、核燃料の改良とか高性能化、それから高信頼化に貢献できることとなる。その意味で原子力試験研究の検討会の定めた推進すべき研究テーマとして適していると判断されたものである。

「独創性、新規性」について。これについては、研究テーマを初見した際には、 UO_2 の燃料で長年これまで使われてきた中で起こっている現象であり、正直何が新しいのかという印象があったが、ペレットの中で起こっているのは線量率が高い条件になったときに出る特有の現象、照射のもとで新しい界面が形成される、そういう非常におもしろい現象が高い線量領域での燃料の健全性をコントロールしているのではないかということで、そのことを研究することにより、非常に強い放射線のもとで固体の材料（セラミックス）がどういうふうに振る舞いをするのかということに対して新しい世界が開かれるということが期待されるものである。

「研究手法」について。これについては理論解析と実験を組み合わせるという形で進める予定であり、評価としては、全体として整合性のある進め方をねらっていると考えられるものの、結局どの現象のどの律速因子に関して、具体的に何をどこまで明らかにするかという、そういうより定量的な目標を設定することによって、研究が実質化されるのではないかという、そういう印象を持っている。

「年次展開」について。これについては、とりまとめ、理論担当、実験担当という分担で、研究を進める年次展開となっており、実験については加速器と原子炉を用いる予定となっているが、それぞれ加速器での実験の限界、それから原子炉での実験の困難さという、その両方を十分念頭において、研究を進めていただきたい旨コメントさせていただいた。

また、性格が異なる活動に対して同じ単位のスケールで良いのか、それぞれ具体的に進めるに当たって、それぞれのサブグループに対して、別々なチェック&レビュー的な対応が必要ではないかと考えられる。

「連携体制」について。プロジェクトリーダーのもとで、幹事機関が日本原子力研究所、それから関連の研究所、大学等がかかわって進める。さらには、電力会社との協力も含めて、国内外の専門家を集めるということであり、これについては計画の練り直し等、フレキシブルに検討していただきたいと考えている。

「予算の配分等」について。原子炉実験に対してどういうふうに取り組むのかについては、さらに検討を要すると判断される。

「国際的な交流」について。これについては、非線形モデリングなどにおいて、国際的に活発な交流を目指しているものと理解できる。

「波及効果」について。少し遠回りという感じがしないでもないが、燃料の高燃焼状態で起こる物理・化学現象がきちんと理解できれば、燃料の長期使用や、それに伴う経済的な利益等にも貢献できるのではないかと判断される。

「クロスオーバー性」について。研究者の交流という意味では、もう少し加えた方が良い分野があるのではないかと考えられる。具体的には、燃料のこれまでの研究をどのようにフィードバックし、この研究に生かすのか。あるいは、構造材料とか核融合炉の材料でも、特にセラミックスの増殖材料等で、これからこういう研究が必要であろうと考えられる分野であり、今後、連携を行っていくことも視野に入れて検討されてはどうか。

「研究テーマの高度化に向けた留意点」について。まず、核燃料全体を視野に捉えたさまざまな議論が必要であると考えられることから、研究の途中途中でそういう視点を忘れないでい

ただきたいということ。それから、広い領域の人材の活用、さらには現象の観測と数学的な解析との対応のつなぎを常に心掛けていただきたい旨コメントさせていただいた。

「その他」では、燃料の工学的解決を目指すのであれば、燃料の専門家を含めて現実的、総合的に問題に取り組むことも考えられるということ。それから、高線量領域の非線形現象ということであれば、ここで具体的に狙っている燃料の細粒化現象以外にもいろんな現象が考えられるので、そちらにも適用できるように、研究とか活動を膨らませてはどうかということコメントさせていただいた。

最後に、「総合評価」としては、高線量領域での未解決課題へのチャレンジとして価値があるとまとめさせていただいた。具体的には核燃料の高燃焼化に伴って生ずる新しい組織を1つのターゲットとして予測、制御コードの開発などにより、先見的な工学の開発を目的とした研究と理解される。但し、計画の骨格の目指すところは理解できるが、高線量領域における新しいエンジニアリングとするためには、評価ワーキンググループにおけるコメント等をはじめ、徹底的な議論をされてから研究スタートされることを願っている次第である。

それから、ヒアリング会場では、各サプリーダーがどういう役割で何を主体的に行うのか、あまり顔が見えないというところもあったので、これからはさまざまな活動に積極的に関わって行っていただきたい。

質疑は以下のとおり。

(石井委員) 若干言葉尻の部分もあるが、全体的に少し意見を言わせていただきたい。まず1行目に、「地球上で最も強い照射環境は原子燃料(二酸化ウランセラミックス)の中にあり」と書いてあるが、これは照射した燃料のこととは思いますが、二酸化ウランセラミックスというのはそんなに放射能が強いのかと取れなくもない表現であり、「地球上で最も強い照射環境は」という言葉が果たして必要なかどうか、多少疑問である。

それから、その次に、「核分裂で発生する高エネルギー粒子(80 MeV)」とあるが、この80 MeVは何を意味しているのか教えていただきたい。

それから、その後の、「その高性能の理由については問われてこなかった」とあるが、これは問われてこなかったわけではなく、最近はこういう文献は少ないものの、古い文献には数多く引例がある。まだ解明されているわけではないが、問われてこなかったという表現自体には多少問題があるのではないかと。

それから、「このモデルを物理的な実験によって検証する」とあるが、この現象は物理的ではなく、物理化学的なものではないか。すなわち、この現象は結局フィッションプロダクトが出てきて、それによって酸素が多くなったり少なくなったりするわけであり、それが酸化反応する。よって、酸素が関与する酸化還元反応というものが基本的に関与しており、単に物理的な実験ではなくて、むしろそういったケミストリーを加えた物理化学的な実験ではないかと考えられる。

それから、その次の必要性のところにも、「燃焼にともなう体積変化がなく」とあるが、体積変化がないわけではなく、あるけれども極めて小さいということである。

それから、「核分裂生成物を外に出さない」とあるが、実際には出ているわけであり、た

だ分量的にかなりの部分が閉じ込めているということである。「ない」とか「出さない」とか、非常に限定的な表現されるのははいかがなものかと思われる。

それからもう1点、これは最終的に、結局温度の高いところで、もちろん放射線も影響するが、焼結現象というものを扱うことになるわけである。しかしながら、焼結現象というのは、理論的解明が一般的に極めて難しいものであり、うまくできれば非常に良い研究になると思われるが、ただ、本当にできるのかなという危惧もある。

(阿部) 答えられるところの部分については私から答えることとし、あと具体的な研究内容に関わる部分については、後程、木下プロジェクトリーダーから説明があることと思う。

まず、研究テーマの概要の部分に関して、実際照射の進んだ燃料ペレットの中で、照射量、それから実際の放射能の環境などを強調するためにそういう表現にしたが、正確を期すという観点からすると若干表現を改めたいと思う。

それから、高エネルギー粒子という部分については、フィッショントラックのエネルギーであり、そのエネルギーがペレット内で、はじき出しとか、それに伴う局所的な高温化といった、さまざまな現象に関わることに注目しているわけであり、これについては、後程、プロジェクトリーダーから具体的にこれに関わる現象について説明いただけるものと思う。

それから、ここでは非線形現象ということで、全体に物理的というか、物理数学的な表現をしているが、評価ワーキンググループでも複数の委員から、ケミストリーが非常に大事であるとのこと指摘やアドバイスをいただいております、それに対して、物理化学的というご指摘はもっともだと思われるので、この部分についても表現を改めることとしたい。

それから、燃料の体積変化や、実際の燃料で起こっている現象、さらにはそれに関する膨大な研究ということに関しては、より実際の燃料で起こっている問題や、それに関する定量的な課題の設定等に関しては、もっと丁寧に行う必要があるというのは私も同感であり、これからの研究の進め方等については、是非そのように対応していただきたいと思っている。

(前田) 高燃焼度領域での燃料ペレットの振る舞いで、今まで物理化学的に必ずしも解明されていないところを解明していこうという研究だと思われるが、例えばPWRだと、最高燃焼の集合体レベルで、国内であれば5万5,000というあたりが、海外の例を見ても6万前後が1つの壁になっているのではないかという感じがある。この研究でそのあたりの振る舞い、燃料ペレットの振る舞い状態が解明されて、さらに高い燃焼度が狙えるというお墨付きというか、そういうことが証明されるということは、これは非常に大きなメリットがある研究であると思われるが、この研究からさらに新しい燃料材料の開発等へつながっていくまでのものものではないと理解して良いのか。あるいはさらに将来、そういう可能性もあるのか。

(阿部) そのことに関しては、この計画を見て私の感じたところで述べさせていただくが、具体的な燃料材料の開発というのは、例えば微量成分とか、それから燃料のいろんな製造過程、そのマイクロ組織、それが照射によってどのように変化するのかということについて、燃料

の基礎単体から、最終的には燃料集合体のいろんな特性試験を全部網羅して、実際の燃料の使用というところに至るものと理解している。それに対して、この研究で目指しているのは、高燃焼領域で燃料が挙動するであろうことに対して起こるシナリオをきちんと理解しておくことであり、大きな物理化学とか、数学的なモデルのシナリオが1本通っていれば、大きな意味でそれに寄与できるのではないかと考えている。

(齋藤)今の話に関連して、これは燃料ペレットだけを指して言っているのか。それとも被覆材も含めてのことなのか。要するに、高燃焼度化を狙ったときに、その辺のところをはっきりしておく必要があると思われる。それから原子炉実験の比重が小さすぎるように見えるが、これはやはり予算的な制約から来ているのか。

(阿部)基本的には、燃料ペレットの現象になっている。それから、原子炉照射に関しては、個々のモデリングで必要としているのは、燃料中のその場測定であり、実際の実燃料でそういうことができれば本当は一番良いと思われるが、原子炉照射自体はこのテーマでは非常にフロンティア的に何かを探索するという位置付けになるものと思われる。具体的には、後程、プロジェクトリーダーから説明があることと思う。

岩田座長より、研究内容に関する質問が多いことから、この後の議題で両プロジェクトリーダーから研究計画の説明を行った後、もう一度議論をお願いしたい旨発言があった。

また、本質的な部分は、ワーキンググループでの審議結果を尊重することとしたいと考えるが、石井委員から指摘があった若干誤解を受けるような表現、不正確な部分については、一部修文のうえ、最終的な総合所見シートとしたい旨が伝えられ了承された。

なお、本評価結果については、一部修文の上、原子力委員会に報告し、その後、審議結果が確定となる旨があわせて伝えられた。

(4) 新クロスオーバー研究の研究計画について

4-1. 研究計画「低線量域放射線に特有な生体反応の多面的解析」

小野プロジェクトリーダーより、資料原試第8-5号(別添1)及びプロジェクターを用い、「低線量域放射線に特有な生体反応の多面的解析」に係る研究計画の説明が行われた。

質疑は以下のとおり。

(齋藤)従来からずっと問題になっている、いわゆるリニアモデル、ノンリニアモデルについて、この研究で答えられるような結果が出てくるのか。あるいは、このあとどれくらい研究を進めれば結果が出てくると考えておられるか。

(小野)一応、指標については、基本的にベーシックな生体分子については研究の対象としており、少なくとも我々の研究が終わった5年後には、リニアなのかフレシヨートなのか、それともノンリニアなのかという一応の答えができるというふうに考えている。

(齋藤)そういう意味では、外国でも相当興味を持って研究を進めているが、この研究を進めていけば、トップランナーとしてそういう答えが出せるということなのか、それとも国際的

にこちらで解析したデータの評価等を持ち寄って、国際的なコンセンサスとして出てくる
というようなことになるのか。

(小野) 正直申し上げて、低線量の研究が国際的に、多分アメリカとヨーロッパだと思うが、具
体的にどの程度まで進んでいるのかというのは私自身、正確には把握していない。ただ、
今年の8月に開催予定のワークショップの際に、海外の一線の研究者に来てもらい、海外
の研究情勢を把握するとともに、研究の棲み分け及び分担についてきちんと詰めていき
たいと考えている。今の時点で、我々が理解している限りでは、一応世界のトップになるよ
うなデータを出せると思っているが、ただ、論文に出てきていないだけという可能性もあ
る。つい数週間前にも国際ワークショップへの出席要請の件でアメリカの研究者と連絡を
とったところ、DOEでも同じようなことをやっているという情報を得た。そういうこと
もあるので、今後は緊密に連絡をとりながら、重複しないように、ないしは独自性が出せ
るように考えながら進めていきたい。

(町) 適応応答というのは非常に重要であると思うが、具体的にはどういう実験を行うのか。

(小野) 今のところ、細胞に低い線量をかけて、その後しばらく待って、数時間とか数十時間後
に、少し大量の線量を一度とかけて、染色体異常、DNAの変化、それからmRNAの変
化といったものを見る実験方法を考えている。

(前田) この低線量の研究は、国内でも、それから海外でも、今まである程度行われていること
と思うが、これまで体系的にコーディネートされた研究がなかったため、あまり影響力の
ある学説が出ておらず、ICRPにおいても、リニア近似という考え方を見直そうという
動きに至っていない。したがって、今回のこの研究は非常に期待をしたいと考えており、
ぜひとも先ほどお話があった海外の研究機関とも積極的に交流しながら、相乗効果で強い
発言力の支えとなるような結果を出していただきたいと思う。

(嶋) 先ほどの齋藤先生との質問とも関係するが、私が評価結果のところで言い忘れた点が1
点あるので補足させていただきたい。それは、このプロジェクトの中で、主として使われ
る放射線が、Low LET Radiation、いわゆるX線とかγ線、が主たる放
射線になるということである。もちろん、高LET放射線を使わないというわけではない
が、実験の主たる部分はおそらくLow LET Radiationを使ったものにな
るとのことである。

(小野) 評価結果の報告に際、町先生からご質問いただいたマウスの照射期間として400日を
選択した根拠であるが、数か月前に、青森県の六ヶ所村の(財)環境科学技術研究所で、
4,000匹のネズミを使って放射線量の違いによる寿命の調査を実施している。その結
果、職業人のバックグラウンドの10倍レベルならまあ大丈夫。でも100倍は怪しいと
いうデータが出ており、これはかなりきちんとしたデータであり、その際の照射期間が4
00日であった。したがって、これらのデータともある程度比較ができるように同じ照射
期間で研究を進めた方が良いだろうと考えた次第である。

それから、ご指摘のあった匹数については、染色体とかDNAの突然変異に関しまして、
常に放射線をかけて、どのぐらいの線量でどのぐらいの匹数で実験すればどのぐらいの信

頼限界で出てくるのかという経験はあるので、大体の数は予想できていることから、80匹とか100匹を考えている。適応応答とかバイスタンダー効果に関しては、私の理解している範囲では、何匹やったら信頼に値するデータとなるかという問題が確かに残るが、町先生のご指摘のとおり統計的な処理は行う予定である。ともかく最初のデータが出れば、その意味合いを調べながら、リスク評価のためにはもっと数を行った方が良いのかという議論が出てくると可能性はあると思う。

4-2. 研究計画「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」

木下プロジェクトリーダーより、資料原試第8-5号(別添2)及びプロジェクターを用い、「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」に係る研究計画の説明が行われた。

質疑は以下のとおり。

- (石井委員) 高温、高放射線下における自己組織化現象、これを解明することは確かに学問的に非常に面白いと思う。これは一種の局所的なエントロピー減少の過程であると考えられ、その意味ではこういう現象が起きても不思議ではない。ちょうどカリフラワーが光合成でエントロピー減少に作用しているということはある。そういう意味で非常に面白い研究であると思うが、ただケミカルな部分についてもやはり重要だと考える。先程酸素ポテンシャルについてはご説明があったが、照射量が低い間は、酸素ポテンシャルはあまり変わらないのではないかと。
- (木下) 確かに照射量が低いときはあまり変わらないが、高燃焼のときは変わってくる。
- (石井) ただ、フィッシュンプロダクトが出てくる場合、それがどのように影響を与えるのか。つまり、どういう順番で酸化していくのか。そのところをやはりどこかで考慮に入れる必要があるのでは考えられ、単に物理現象だとは考えにくい。あるいは、自己組織化現象についても数式上表せるのかもしれないが、その際にもやはりケミカルな部分を考慮に入れていただきたい。研究自体については、すぐに実用化に結びつくかどうかは別にして、非常に面白い研究であると思うので、よろしくご検討いただきたい。
- (町) 確かに、これは非常に重要な研究であり、是非とも頑張っていたいただきたいと考えるが、加速器でシミュレーションすることの限界、すなわち、加速器と実際にフィッシュンフラグメント等による損傷ということについては、多分LET1つとっても相当違うのではないかなという気がするが、うまく現実のものに近づけるようなシミュレーションなり解析の見通しがあるのか。それから、ここでいう回復現象、自己修復作用というものを無機材料が持っているということ自体が大変興味深い。DNAや生体分子が修復機能をもつことはよく知られているが、こういう無機材料の回復現象というのはどのようなメカニズムで起こるのか教えていただきたい。
- (木下) 加速器に関しては、素過程を理解しなければモデルができないということがある。また、さまざまなエネルギーレベルと加速エネルギーを使い分ける必要がある。それからフィッシュンプロダクトもさまざまな重さの元素があることから、フィッシュントラックと、カ

スケード損傷とを分離して調べるというような素過程を加速器で調べるということをもま
ず行う予定である。さらに、3年以内に、できれば2年以内に、今申し上げた組織を加速
器の中で再現したいと考えている。実際、ストラクチャーがあのようにカリフラワー状に
見えれば一番良いのだが、少なくとも界面の生成と、界面が発達していくところまでは、
加速器の中で発生させてみた。さらに、素過程が複合される様子を再現することによって、
先ほど申し上げた非線形相互作用の部分調べたいと考えている。

次に回復機能について。金属燃料の場合には、照射されることによって、異方性がある
ためにどんどん結晶組織が伸びてしまう。一方、 UO_2 の場合にはキュービックな構造で
あり、それが伸びないということだけでなく、アモルファスにもなる。アモルファスにな
るものとならないものとの差というのは、イオン結晶性が高いか低いかによって依存している。
イオン結晶性というのは、いわゆる相互作用であり、割合大きな領域までディフェクトの
影響が残ってしまう。その相互作用が広い方が元に戻るというのは不思議なのだが、とに
かく一見損傷が大きいように見えるものの方が、回復が早い。そのあたりのメカニズムは、
十分わかってきている。したがって、回復といっているのは、元の結晶構造に戻ってしま
うということである。いわゆるインストラクチャーというストラクチャーは、実はこの1
つ1つの結晶にはディフェクトがない。ディフェクトがないという意味は、ディスロケー
ションが吐き出されてなくなっている。さらに、希ガスのバブルも、大きいものが全くな
くなっており、我々が観察した7年照射したものについては、ほとんどバブルがなくな
って極めてきれいな状態で戻っていた。そういう不思議な現象であり、そういうもののメカ
ニズムを調べていきたいと考えている次第である。

岩田座長より、原子力試験研究検討会として、両研究テーマの研究計画の承認が行われ、認め
られた。また、本研究計画についても、評価結果とあわせて、原子力委員会に報告する旨があわ
せて伝えられた。

(4) その他(今後のスケジュール確認)について

内閣府後藤企画官より、本日の議事録については、事務局で案をつくり、委員の意見を確認
後了解が得られ次第公開する旨が伝えられた。

なお、次回の検討会の日程については、本年7月頃を予定しており、別途事務局から日程を
調整させていただく旨が伝えられた。

以 上