

平成 2 3 年度終了課題の事後評価結果について

1. 評価対象課題

平成 2 3 年度に研究を終了した先端的基盤研究の 1 1 課題を対象に事後評価を行った。

2. 研究評価実施課題の分野別課題数

- | | |
|---------------|--------|
| ① 物質・材料基盤技術分野 | : 6 課題 |
| ② システム基盤技術分野 | : 2 課題 |
| ③ 生体・環境基盤技術分野 | : 3 課題 |
| 合計 1 1 課題 | |

3. 評価の実施方法

評価は、参考 1「原子力基盤技術開発に係る研究評価実施要領」（平成 1 3 年 5 月 1 5 日、原子力試験研究検討会）及び、参考 2「原子力試験研究の事後評価における評価の基本方針及び観点について」に基づき実施された。

また、具体的な評価作業については、原子力試験研究検討会に分野毎に設置されている研究評価ワーキンググループにおいて、研究担当者が作成した共通調査票（研究期間、研究予算、研究目標、得られた成果、成果の発表実績及び自己評価等を記載）及び研究担当者からのヒアリング（説明 1 5 分、質疑 8 分）により実施された。個別の課題に対する評価結果については、課題毎に定めた担当評価委員及びワーキンググループ主査が研究成果や指摘事項等の概要をとりまとめた総合所見を作成し、A、B、C の 3 段階評価による総合評価を行った。

評価の基準については以下のとおり。

- A：当初の計画以上の優れた成果が得られた。
- B：ほぼ当初の計画通りの成果が得られた。
- C：当初の計画以下の成果しか得られなかった。

4. 評価結果一覧

分野名	総合評価			計
	A 評価	B 評価	C 評価	
物質・材料基盤技術	4 (3)	2 (1)	0 (0)	6 (4)
システム基盤技術	2 (3)	0 (0)	0 (0)	2 (3)
生体・環境基盤技術	2 (1)	1 (2)	0 (0)	3 (3)
知的基盤技術	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)
計	8 (7)	3 (4)	0 (0)	11 (11)

(注) 上段は今回の評価結果課題数、(下段)は前回の評価結果課題数を示す。

<添付資料>

- 参考1 原子力基盤技術開発に係る研究評価実施要領
- 参考2 原子力試験研究の事後評価における評価の基本方針及び観点について
- 参考3 各分野における研究評価の実施状況について
- 参考4 評価結果一覧及び各課題毎の総合所見

原子力基盤技術開発に係る研究評価実施要領

1. 原子力基盤技術開発に係る研究評価の基本的な考え方

研究評価は、基本的には研究開発の一層効果的な推進を行うために行うものであるが、基盤技術開発における研究評価は具体的に以下の項目を目的として行う。

- ① 国際的な先導性の観点に立って、技術のブレークスルーや創造的技術の創出に繋がる優れた研究を創成し、実施する。
- ② 厳しい財政事情のもと、限られた財政資金の重点的、効率的配分を図る。
- ③ 研究者の創造性が十分発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境を実現する。
- ④ 国民に研究開発の実体を公開し、研究開発に対する国費の投入について、広く国民の支持と理解を得る。

研究の推進の方向としては、原子力委員会が策定した「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」(平成6年6月原子力委員会)、「原子力基盤技術開発の新たな展開について」(平成5年4月基盤技術推進専門部会)原子力基盤クロスオーバー研究の今後の展開について」(平成10年3月基盤技術推進専門部会)等に沿って行われるべきものであり、研究評価も上記4項目の原則を維持しつつ、常に評価結果が基盤技術研究開発の推進にフィードバックされるよう努める。

2. 評価の実施方法について

(1) 評価対象

本実施要領で対象とするのは国費で推進される研究課題のうち、原子力基盤技術に係る研究課題全てとする。これら研究課題は、それぞれの研究機関において、その研究機関の評価の考え方に沿って評価を受けることになるが、基盤技術推進専門部会(以下「基盤部会」という。)においては基盤技術開発推進の方向性を含んだ視点で評価を実施するものとする。

(2) ワーキンググループの設置と技術領域の区分

原子力基盤技術は、数多くのテーマと広範な技術領域を有しているため、効率的な評価を実施するためには基盤部会の下に幾つかのワーキンググループを設けることが適当である。技術領域の区分の仕方には、現在基盤技術開発研究課題で行っている技術領域(7分野:原子力用材料、原子力用人工知能、知的活動支援、原子力用レーザー、放射線リスク評価・低減化、放射線ビーム利用先端計測・分析及び原子力用計算科学)による分類、単独で実施する研究と原子力基盤クロスオーバー研究のような複数研究機関が連携・協力する研究等研究の性格による分類等、いくつかの方法が考えられる。

一方、「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」において、原子力基盤技術の技術領域を現在の7技術領域から5技術領域(放射線生物影響分野、ビーム利用分野、原子力用材料技術分野、ソフト系科学技術分野及び計算科学技術分野)に整理・統合されていることを考慮して、基盤技術開発においては、この5技術領域のワーキンググループを設け、単独で実施する研究と原子力基盤クロスオーバー研究を併せて評価する。

(3) 評価の時期

研究評価は、原則として事前・事後の各時期に行うものとする。また、中間評価は、当該研究課題の研究期間・内容・性格等も考慮しつつ、必要に応じて実施する。

① 事前評価

事前評価は、研究開発の方向性・目的・目標等の決定、着手すべき課題の決定、研究資金等の研究開発資源の配分の決定、期待される成果・波及効果の予測、研究開発計画・研究開発

手法の妥当性の判断等を行うために実施する。

事前評価については、次年度予算の概算要求を行う時期を勘案し、原則として当該研究課題を開始する前年度の4～6月に行う。

②中間評価

中間評価は、研究開発の進捗状況の把握、研究開発の目的・目標の見直し、研究開発の進め方の見直し(継続、変更、中止等の決定)、研究資金等の研究開発資源の再配分の決定等を行うために実施する。

中間評価については、原則として、5年以上の期間に亘り研究を実施するものを対象とし研究開始後3年度目の4月～6月に行う。

③事後評価

事後評価は、研究開発の達成度、成功・不成功の原因の把握・分析、研究計画の妥当性のレビュー、研究開発成果の波及効果の把握・普及、新たな研究課題の検討への反映等を行うために実施する。

事後評価については、原則として該当する研究開発が終了する年度の翌年度の10月～12月に行う。

④定期的な研究進捗状況の把握

各研究課題についての的確な中間評価、事後評価を実施するためには、毎事業年度の研究の進捗状況等を常に把握し、必要に応じレビューを加えることが出来ることが必要である。このため、被評価者は事業年度毎の事業報告書を作成する等、評価者が評価しやすいようにすることが重要である。

(4) 評価の判断材料

評価の判断材料としては、研究計画、研究成果等を記載した書類と被評価者からのヒアリングの両方を用いる。また、この書類については、均一性を保つためにも統一された様式で行う。なお、この様式については、別添様式を参考に各ワーキンググループが当該領域の性格等を考慮して定める。

また、評価は、1. の基本的な考え方に沿って行うとともに、原子力基盤技術の技術領域の選定の考え方を参考にして行う。

(参考)

新たな可能性を拓く原子力研究開発の多様な展開(平成6年6月原子力委員会長期計画専門部会第四分科会)より抜粋

<放射線生物影響分野>

原子力開発利用の進展及び宇宙等への人類の活動領域の拡大を支える基盤技術開発として放射線の生物影響を体系的に明確化することは、安全確保の観点から極めて重要である。

<ビーム利用分野>

放射光、粒子線、レーザー等各種ビームの先端的利用は新たな原子力利用の途を拓くものであり、応用の幅が広い基盤技術としてこれを推進する。

<原子力用材料技術分野>

材料技術については、21世紀の新しい原子力技術の発展の鍵となる基幹的要素技術であり、他の分野への波及効果も大きいものと期待されることから基盤技術としてその研究開発を進める。

<ソフト系科学技術分野>

人間の知的活動の解明とそのコンピュータ等による代替技術の開発を含むソフト系科学技術の応用は、巨大かつ複雑な原子力施設の運転・保守等をより確実に扱い易いものにし、安全性の一層の向上等を図るために重要である。

<計算科学技術分野>

スーパーコンピュータの導入や並列処理化の進展等、近年の情報処理技術の高速化・高度化は目ざましく、これを基盤技術として積極的に原子力技術分野に応用することにより、新たな技術展開が可能となる。さらに、その研究成果は広く一般科学技術への波及効果が期待される。

(5) 評価者の選任、体制、任期

評価は、(2)で述べたように5つの技術領域に分けたワーキンググループにおいて実施することとする。各ワーキンググループは、5～10名の委員から構成し、その任期は2年間とし、再任に当たってはその必要性を十分検討するものとする。なお、基盤部会との連携を密に図るため、各ワーキンググループの委員(評価者)には基盤部会の委員を含むものとする。

ワーキンググループの評価者の選任に当たっては、評価対象となる研究課題が含まれる技術領域及びこれに関連する分野に精通している等十分な評価能力を有し、かつ、公正な立場で評価を実施できる外部専門家(評価実施主体にも被評価主体にも属さない専門家)を評価者とすることを原則とし、必要に応じて、評価対象となる研究課題とは異なる研究開発分野の専門家、有識者を加える。

(6) 評価手続き

ワーキンググループでは、研究実施者(被評価者)が作成した自己評価結果、研究実施者が所属する研究機関が実施した評価結果、研究実施者からの意見聴取、毎事業年度の研究進捗状況報告書等に基づき評価を実施する。

ワーキンググループでは委員の中から主査及び副主査を指名しておき、各研究課題毎に、各委員の評価結果を参考にして、主査(主査に事故等があった場合には副主査)が、ワーキンググループとしての評価結果をとりまとめ、基盤部会に報告する。

基盤部会では、ワーキンググループからの報告に基づき、基盤部会としての評価結果をとりまとめる。

(7) 評価結果の公開

研究開発の実態について国民によく知ってもらい、その理解を得るとともに、評価の透明性・公正さを確保するため、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報、知的財産権等に配慮しつつ、各ワーキンググループが基盤部会に報告した評価結果及び基盤部会が取りまとめた評価結果をインターネット等を利用して一般に公開する。

(8) 評価結果の活用

評価結果は研究開発資源の重点的・効率的配分、研究開発計画の見直し等に適切に反映し、研究活動の一層の活性化を図る。

(9) 留意すべき事項

評価に際しては、評価の客観性を保つとともに評価者と被評価者の間で十分なコミュニケーションを図ることが重要である。

研究開発の評価を行う際には、評価者・被評価者双方において、一連の評価業務に係る作業が必要となるが、評価は研究開発活動の効率化・活性化を図り、より優れた成果を上げていくためのものであり、評価に伴うこれらの作業負担が過重なものとなり、かえって研究開発活動に支障が生ずるようなことにならないよう、十分な注意を払う必要がある。

また、評価結果の公開とは別に、国民の研究開発に対する理解を深めるため研究成果の積極的な公表を被評価者は進める必要がある。

原子力試験研究の事後評価における評価の基本方針及び観点について

1. 評価の基本方針

平成17年3月に内閣総理大臣決定された「国の研究開発評価に関する大綱的指針」に基づき、評価は、必要性、効率性、有効性の観点から実施する。

「必要性」については、科学的・技術的意義（先導性）、社会的・経済的意義（実用性等）、目的の妥当性等の観点から、「効率性」については、計画・実施体制の妥当性等の観点から、「有効性」については、目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献等の観点から評価を行う。

特に、原子力試験研究の評価においては、科学技術を振興するため、優れた研究開発活動を奨励していくとの観点をもって適切な評価をすることで、研究開発活動の効率化・活性化を図り、より優れた研究開発成果の獲得、優れた研究者の養成を推進し、社会・経済への還元を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすことに重点を置く。

2. 原子力試験研究における事後評価の観点

ネガティブチェックよりもその後のフォローアップに主眼を置き、研究者の研究意欲の向上を図るとともに、研究成果を外に向かって積極的に発信することができるよう、原子力試験研究にふさわしい文化の形成を強く意識した評価を実施する。特に、今回の評価においては、以下の観点に留意した評価を行う。

- （1）事前・中間評価における評価結果のフォローアップを行うとともに、研究内容の適正な評価を実施
- （2）研究成果の原子力分野や他分野の学会、学会誌等への積極的発表の呼びかけ
- （3）原子力試験研究の成果として社会に向かってアピールすべき成果の指摘を行うとともに、インターネット等を通じて、国民に対してわかりやすく成果を発信することを推奨
- （4）実用化、産業利用、新産業の創出につながる成果に対するフォローアップの方策の助言を行うとともに、新たな研究の展開が見込まれる成果については、積極的にこれを奨励する。

総合評価については、事前・中間評価と同様にABCの3段階評価とする。

A：当初の計画以上の優れた成果が得られた。

B：ほぼ当初の計画通りの成果が得られた。

C：当初の計画以下の成果しか得られなかった。

但し、ABCの評価よりも前記の指導的コメントの充実に主眼を置く。

各分野における研究評価の実施状況について

1. 物質・材料基盤技術分野

本分野については、平成24年9月28日（金）にワーキンググループ11名中10名の出席を得て、事後評価6課題についてヒアリングを実施した。

評価結果は、4件をA評価（後1、後4～6）、2件をB評価（後2、後3）とした。各課題の概要と評価は以下のとおりである。

後1「地層処分設備の耐食寿命評価に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）」では、高レベル放射性廃棄物の処分設備の主体を成す鉄筋コンクリートの耐久性を支配する鉄筋及び金属容器（オーバーパック）の腐食寿命評価を行うこと等を目的としている。地層処分設備の主体をなすコンクリート鉄筋の腐食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、苛酷な地層環境として、海水流入環境（島、海岸地域）及び火山土壌環境（酸性土等）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いる。また、苛酷な地層環境に対して、耐食材料鉄筋として7%Cr添加鋼及び7%Cr-2%Si添加鋼を創製し、その耐食性が優れていることを明らかにして耐食指針を得たとしている。金属容器については、その材料にMo添加Ti合金を適用し、苛酷な地層環境（高温、高塩分、低pH）における隙間腐食性が優れていることを実証して耐食指針を提示する可能性を示している。コンクリート内部の塩分及びpHの詳細な変化の測定技術を確立し寿命推定技術を向上したことや、中間評価の指摘により追加で進めた環境評価及びナノレベル解析を実施し、総合的な指針への方向性を示していることは高く評価できる。本研究の耐食指針に関する成果やモニタリング技術が有用であり得ることから今後の活用が期待されるとともに、地層処分問題は我が国の重要問題であり、本テーマは基礎的に有益な知見を多く提示しており、全日本的な体制の下、当事者意識を持って実効的な指針確立に向けた一層の努力を希望する。

後2「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（独立行政法人物質・材料研究機構）」では、核融合炉の第一壁／ブランケット構造材料の有力候補である低放射化マルテンサイト鋼の高温ヘリウム脆化に対する特性を評価することを目的としている。ブランケットの交換時期までの蓄積量に相当する1000 ppmのHeを含む素材を用いて、核融合炉での想定最高使用温度（823 K）におけるクリープ試験を行い、実部材のクリープ特性を推定する方法について検討するとともに、低放射化マルテンサイト鋼が長時間に到るまで優れた耐ヘリウム脆化特性を保持することを明らかにしてい

る。また、脆化の機構論的検討を進め、クリープ脆化抑制機構をヘリウム気泡寸法分布に基づいて考察するとともに、クリープ破断時間と破断伸びについて試験片断面積を独立変数として統計解析を実施し、クリープ特性に対する試験片寸法効果を回帰式により示している。東日本大震災の影響等により一部の実験が行えなかったものの、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、BA（日欧の幅広いアプローチ）活動の場などでヘリウム脆化に係わる様々な力学特性に関する研究について発展的に継続していくことが期待される。今後とも、ミクロ組織発達と He 拡散分布についてのモデルを十分に検討していくことが望まれる。

後3「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）」では、格子欠陥の少ない高耐放射線性ダイヤモンドを効率よく生成する方法の一つである、水素フリー状態でのダイヤモンド成長手法を実現するための低エネルギー・高電流密度炭素イオンビーム引き出し技術の開発を目的としている。低エネルギー加速実験において、ビーム引き出し電流 60mA 以上、電流密度 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 以上を達成するとともに、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る。薄膜生成実験においては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る。今後期待できる研究であることから、システム研究を主として、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が望まれる。また、イオン源の物理として一般性のある技術成果に仕上げてゆくことにより、新機能物質の製造や材料表面の改質などの広い分野への応用が期待される。

後4「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（独立行政法人産業技術総合研究所）」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、イオンビーム照射中に、電子加速器で発生した高強度低速陽電子ビームを同時照射して、照射誘起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る。複合ビーム分析装置として、電子直線加速器で発生する 70MeV 電子線を分岐する専用電子ビームライン、陽電子発生部から実験室をつなぐ専用陽電子ビームライン、そして陽電子寿命測定を行うことが可能な複合照射試料室を設置するとともに、最大加速電圧 150keV のイオン加速器から複合照射試料室まで、専用イオンビームラインを設置し、高速波形デジタイザを用いたパルス陽電子に対する繰り返しデータ収集により、数 $10\mu\text{s}$ 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。デジタル信号処理回路（高速波形デジタイザ）を使用することで、電子加速器の加速パルスに対応する短時間現象に対して陽電子寿命測定法を適用できる可能性を示した成果を出したことや、本分析装置を用いることにより、従来困難視されていた照射損傷の動的過程を解析できる可能性を示したことは高く評価できる。照射損

傷の基礎研究や先端材料における分析・評価法の研究等の広範な分野において、本分析装置ならではの世界トップレベルの研究が展開されることを期待する。

後5「ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基礎的研究（独立行政法人産業技術総合研究所）」では、従来の半導体から構成される放射線検出器では適用が困難な高温、高放射線の環境下でも動作するダイヤモンド放射線検出器の実現に向けて、高い結晶性と大きさを兼ね備えた単結晶ダイヤモンドをプラズマ CVD 法により合成するための技術の開発と、ダイヤモンド放射線検出器の試作の検討を含めた基盤的研究を目的としている。ダイヤモンド結晶成長技術の高度化を行うことで、従来よりも遙かに高い、高メタン濃度 $\text{CH}_4/\text{H}_2=10\%$ 条件によるアンドープ型単結晶の高速成長（ $5\mu\text{m/h}$ 程度）を実現するとともに、異常成長粒子と呼ばれる低品質部位の抑制等による高品質化に成功している。また、成長膜から基板を切り離す技術（リフトオフ法）を開発し、大型（9mm 角程度）の高品質自立ダイヤモンド板の作製に成功している。さらに、作製したダイヤモンド単結晶板を用いた放射線検出器のプロトタイプを試作して ^{241}Am からの α 線スペクトル検出試験を実施したところ、ベンチマーク値として、エネルギー半値幅比 0.7%、電荷捕集率 98%という世界トップレベルの成果を得たとしている。大面積で高品位の成膜を実施し、高い基本性能が得られるデバイスを実現したことや、中性子検出を実現してエネルギー分解能を評価するところまで研究が進展したことは高く評価できる。耐放射線性に優れた検出器として広い分野で活用できる可能性を持つことから、産業界を含む様々な分野の研究者と交流を進め、多彩な応用分野に挑戦することを期待する。

後6「原子燃料融点の高精度測定に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）」では、原子燃料の熱設計や炉心管理のため、 UO_2 融点（約 2847°C ）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いる。 2800°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の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、国際温度目盛に基づく産総研の国家標準の温度域を 2800°C まで拡張して 2800°C における不確かさ 2.1°C を達成している。また、新たに開発した高温定点の再現性や長期安定性などの精密評価を行い、炭化 W－炭素 (WC-C) 包晶点の温度値を 2748°C 、不確かさを 2.1°C と評価し、世界最高温度の温度定点として標準供給を開始している。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 (in-situ) 校正用実用標準技術を開発し、 3000°C 以上まで使用可能な超高温融点測定炉とその利用技術の開発を行うとともに、W- γ - W_2C 共晶合金を用いたタングステン製温度定点セルを実現し、繰り返し測定が可能でその場校正に使用できることを実証して定点実現の不確かさ 0.5°C 以内を達成している。 2900°C までの温度定点技術を実証し、専門的知見ベースに独創性のある手法で高温炉技術や放射線温度計測技術の開発を進めたことは高く評価できる。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実施し、取扱技術の実用性等を確認することや、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する。また、本研究の成果は高

レベル廃液のガラス固化技術における温度計測基礎技術への貢献も期待される。

2. システム基盤技術分野

本分野については、平成24年9月5日（水）にワーキンググループ7名中6名の出席を得て、事後評価2課題についてヒアリングを実施した。

評価結果は、後7及び後8いずれもA評価とした。各課題の概要と評価は以下のとおりである。

後7「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（独立行政法人産業技術総合研究所）」では、原子力関連施設の化学災害防止に向け、化学プラントの事故事例に基づく教訓を学習し関連施設に対する安全意識を養うためのEラーニングシステムを開発し、原子力関連施設の安全性を向上することを目的としている。原子力と関連する化学事故事例の収集、分析を行い、事例分析によって得られた教訓を社会、組織、人間、設備・装置、化学物質という要素に体系化して各要素間に得られた教訓を割り振ることで、教訓による原子力関連施設の事例と化学災害事例と関連付けるとともに、ヒューマンファクタ、化学事故、高圧ガス事故、労働災害の専門家からなるアドバイザリ委員会の助言と原子力関連施設の現場との意見交換を行いながら、管理者による学習者の進捗管理が可能なシステム等を有するオンライン版Eラーニングシステムを構築している。事前評価を踏まえ、3年目でのプロトタイプ（オフライン版のEラーニングシステム）の完成を達成するとともに、ヒューマンファクタ、労働災害等の幅広い専門家からの助言だけでなく、原子力関連施設の現場の意見を反映させてきたことは高く評価できる。実際の事業者による運用を通じたシステムの実用化や仮想的な事故の進展や防止策も学べるように拡張されていくことを期待する。

後8「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（独立行政法人海上技術安全研究所）」では、本研究では、モンテカルロ遮蔽計算法の放射性物質輸送容器への適用性を明らかにし、最新の科学的知見に基づく、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目的としている。実際の輸送容器胴部の遮蔽構造を模擬した一次元試験体と、複雑な形状を有する容器の吊部試験体を作成して実施した放射線透過試験と、放射線測定時の幾何形状を忠実に再現した計算モデルを用いたモンテカルロ遮蔽計算の精度を評価して輸送容器胴部及び容器の吊部における計算結果の保守性を明らかにするとともに、線源の仮定方法及び幾何形状のモデル化方法を合理的に設定して計算の誤差を十分小さくすることにより、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いる。また、計算によって得られた遮蔽計算結果の妥当性の判断が客観的に行えるようにするために検証計算を行いつつ、計算条件の設定方法、パラメータの適切な設定方法を示すとともに、モンテカルロ計算結果に付随する統計誤差の低減方法をまとめた流れ図を作成し、標準的な計算手法をまとめたガイドラインを策定している。計

算過程の流れ図に設定されたチェック項目を評価することで、規制当局及び申請者は遮蔽計算が適切な手法に基づいていることを確認できるようになったことは高く評価できる。

3. 生体・環境基盤技術分野

本分野については、平成24年9月24日（月）にワーキンググループ9名中8名の出席を得て、事後評価3課題についてヒアリングを実施した。

評価結果は、2件をA評価（後9、後11）、1件をB評価（後10）とした。各課題の概要と評価は以下のとおりである。

後9「生理活性ペプチドおよびタンパク質の¹²³I標識とマイクロイメージングに関する研究（独立行政法人国立循環器病研究センター）」では、生理活性ペプチドおよび疾患関連タンパク質を放射性核種で標識し、体内動態を高解像度かつ高精度で観察するSPECTイメージングシステムを開発することを目的としている。放射性標識化合物の体内動態を数理モデル化することにより、SPECTを使った機能画像の定量化法を可能とするとともに、¹²³Iや^{99m}Tcを代表とする放射性核種のペプチドの標識法を開発したことにより、PETのように施設内にサイクロトロンを必要とせず、標識設備を有していなくても核医学分子イメージングの応用研究が可能になったとしている。放射性薬剤の集積の時間変化から脳及び心筋の組織血流量や血管反応性、血液脳関門移行率の定量評価、受容体結合能の定量評価などの新しい計測技術を確立したことや、撮像装置や画像再構成理論の開発にかかる物理工学者と、放射性化合物の標識技術の開発にかかる化学及び薬学分野の研究者、病態生理研究者などの様々な分野の専門家が協力して課題を適切に解決できたことは高く評価できる。得られた成果が、実験動物を利用した前臨床評価と臨床評価を同一指標で行える普遍的な技術として更に発展することを期待する。

後10「アレルギー性等を指標とした放射線照射食品の健全性評価に関する研究（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構）」では、ダイズを植物性照射食品のモデルとして取り上げ、食品リスクとして重要視されているアレルギー性変化や脂質分解生成物等を指標にした放射線照射の影響を解析することを目的としている。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、乾燥ダイズのガンマ線照射による新たなアレルギーの出現や、既存アレルギーの存在量・反応性の増加は認められず、ダイズ抽出液を照射した場合には、PM30などの一部のアレルギーでは有意に低減化していたことを見出した。また、照射によるダイズ脂質成分の変化を追跡し、脂肪酸のトランス異性化は通常の殺菌線量では乳製品や畜肉製品での含量に比べて無視できる量で、特異的生成物の2-アルキルシクロブタノン類の生成効率も既報の他の脂質含有食品と変わらず、毒性発現が懸念されている投与量に比べて非常に少ないとの結果に至っている。これらの結果が幅広い食品群に適用できることを示すことが必要であり、タンパク質以外のアレルギーへの対応や、2-アルキルシクロブタ

ノン自体の毒性評価も必要と考えられる。他の食品照射を実施しているグループとの成果を共有することで、放射線照射の安全性・健全性を幅広い食品群へ示していくことを期待する。また、一般公衆や社会への説明が不可欠であることから、学術論文とは別の視点での成果利用を期待する。

後 1 1 「表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子補足療法への応用に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）」では、中性子捕捉療法の臨床応用に使われていたホウ素系有機化合物を越える薬剤開発を目指し、ナノテクノロジーを駆使することでホウ素系ナノ粒子を合成し、その中性子捕捉効率の大幅な向上による脳腫瘍等の治療成績の改善を目的としている。有機溶媒中で原料ホウ素粉体に低エネルギー密度レーザー光を照射することで、高温・高硬度材料である炭化ホウ素の球状ナノ粒子を室温大気圧条件下の合成することができる液中レーザー熔融法を開発し、このグラファイト層で被覆されたナノ粒子を表面修飾が可能であることを解明している。また、非集光レーザー照射により粒子生成速度を2桁程度向上させることが可能なことや、照射時間等による粒子サイズの制御法を解明した。さらに、炭化ホウ素粒子の生物学的評価実験から無毒性を確認し、表面処理の効果により肝臓への粒子の集積を大幅に抑制できることも解明した。中間評価を踏まえた腫瘍ターゲティング機能を持つトランスフェリン修飾のみならず、分散性向上と代謝排出抑制のための PEG 修飾を合わせて行った炭化ホウ素ナノ粒子を作成して薬物動態試験を行い、その有効性を確認したことは高く評価できる。京都大学原子炉実験所との共同研究における in vitro 評価等の今後の進展に期待する。

物質・材料基盤技術分野（9月28日ヒアリング実施）

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
後 1	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	地層処分設備の耐食寿命評価に関する研究	A
後 2	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	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	B
後 3	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	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	B
後 4	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	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	A
後 5	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基盤的研究	A
後 6	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	原子燃料融点の高精度測定に関する研究	A

システム基盤技術分野（9月5日ヒアリング実施）

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
後 7	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	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	A
後 8	国土交通省	独立行政法人 海上技術安全研究所	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	A

生体・環境基盤技術分野（9月24日ヒアリング実施）

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
後 9	厚生労働省	独立行政法人 国立循環器病研究センター	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	A
後 10	農林水産省	独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構	アレルギー性等を指標とした放射線照射食品の健全性評価に関する研究	B
後 11	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子補足療法への応用に関する研究	A

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：地層処分設備の耐食寿命評価に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構） 研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 39,118 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>1) 高レベル放射性廃棄物の地層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の腐食寿命評価を行う。</p> <p>2) 苛酷な地層環境として、海水流入環境（島、海岸地域）、火山土壌環境（酸性土）も対象として、幅広い地層処分環境に対して鉄筋の腐食機構解明および寿命評価を行う。</p> <p>3) 苛酷な地層環境に対しては革新的耐食材料鉄筋を創製し、その耐食機構を明らかにし、幅広い地層処分環境に対して腐食寿命予測技術を確立する。</p> <p>4) 放射性廃棄物の金属容器（オーバーパック）では、苛酷な地層環境に対応するためにチタン合金を適用し、腐食寿命評価を行う。特に、種々の苛酷な地層環境（高温、高塩分、低pH）におけるチタン合金の隙間腐食について機構を明らかにし、腐食寿命評価を行う。</p>
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 1) 地層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の腐食寿命評価をインピーダンス法を用いて評価する手法を試験し、その有用性を示した。さらに、苛酷な地層環境として、海水流入環境（島、海岸地域）、火山土壌環境（酸性土等）を対象として、代表的な地層処分環境に対する鉄筋の腐食機構を解明し、寿命評価手法確立に向けて方向性を示した。</p> <p>2) 苛酷な地層環境に対しては耐食材料鉄筋として、7%Cr添加鋼および7%Cr-2%Si添加鋼を創製し、その耐食性が優れていることを明らかにして耐食指針を提示する可能性を示した。</p> <p>3) 放射性廃棄物の金属容器（オーバーパック）では、苛酷な地層環境に対応するためにチタン合金としてMo添加Ti合金を適用し、苛酷な地層環境（高温、高塩分、低pH）における隙間腐食性が優れていることを示して耐食指針を提示する可能性を示した。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 地層処分設備の鉄筋コンクリートにおける環境評価のために、マイクロ電極を挿入することで、コンクリート内部の塩分およびpHの詳細な変化を測定する技術を確立することに成功し、寿命推定技術の発展に寄与しうる成果を挙げた。</p> <p>(3) 副次的な成果 金属容器では、Mo添加Ti合金を適用して高い耐食性を確保する可能性を示したが、さらに溶接を前提として熱影響金属組織においても十分な検討を行った。ここで、透過電顕を用いたナノレベル解析法を導入して総合的な耐食指針を提示する可能性を示した。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 材料分野の専門誌に加えて原子力・エネルギー分野の国際誌に発表して評価されている。特許申請と口頭発表については記述がない。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 本研究目的および目標は、原子力安全委員会の放射性廃棄物安全研究年次計画に則り設定されており、重要テーマに選定されている。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 研究計画では、目標達成に対して具体的に設定されており、また、年度ごとの成果が出るように設定され、スケジュールもそれに沿って立てられている。しかし、1,000年を超える超長期の寿命予測に、本研究成果がどのように貢献できるのかより踏み込んだ検討がほしかった。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 研究費用は、相当評価できる成果を出すためにあてられており妥当であった。</p> <p>(4) 研究の進捗状況 研究の進捗状況では、中間評価までに上記初期計画の多くが成果としてすでに出されており、さらに、中間評価の指摘により追加で進めた環境評価およびナノレベル解析も実施し、最終評価において総合的な指針への方向性を示している。</p> <p>(5) 研究交流 研究交流では、原子力安全研究協会の「オーバーパック（金属容器）の長期安定性に関する調査専門委員会」等を通して種々の交流を行っている。しかし、より応用的な検討を進めるため日本原子力研究開発機構（JAEA）と協力し、今後は全日本的な協力体制に活か</p>

	<p>してほしい。原子力学会での発表も有効であろう。</p> <p>(6) 研究者の研究能力</p> <p>多数の論文提出を果たしている点では研究者の研究能力は高いといえる。地層処分技術として活用されるようにより俯瞰的、総合的な視点も心がけてほしい。</p>
4. その他	<p>地層処分問題は、我が国の重要問題であり、本テーマは基礎的に有益な知見を多く提示しており、総合的な設備の寿命評価手法を導入する上で貢献するところが少なくないが、成果を活かして今後全日本的な体勢の下、当事者意識を持って実効的な指針確立に向け、一層の努力を傾注されることを希望したい。さらに、東日本大震災における福島原子力発電所の事故において、格納容器や多くのコンクリート構造物が海水流入によって劣化する問題が指摘されたが、本研究の耐食指針に関する成果やモニタリング技術が有用であり得るので、今後の活用が期待される。</p> <p>日本人スタッフの人材育成も十分に心がけることが必要である。</p>
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部 勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：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 (独立行政法人物質・材料研究機構)	
研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 91,236 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	将来の核融合炉の構造材料として開発されている低放射化マルテンサイト鋼の高温ヘリウム脆化に対する耐性を評価することを目的とした。具体的には、①原型炉で考えられる最大蓄積量に相当する1000appmのヘリウムを含む試験片に対して、約1年間に及ぶ長時間のクリープ試験を実施し、ブランケット機器交換時期までのクリープ特性を予測する。②破断試験片の微細組織観察を行って、材料組織とクリープ特性の相関を求める。また、粒界ヘリウム気泡の成長に由来する脆化機構の解明や寿命予測を目指す。③未解明のクリープ特性に及ぼす試験片サイズの効果を明らかにし、微小照射試験片の試験結果から、実部材の特性を予測する方法を検討する。
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果：代表的な低放射化マルテンサイト鋼であるF82H (8Cr2WVTa) 鋼材にサイクロトロンによるα照射により1000appmヘリウムを注入した微小試験片について、この材料の核融合炉での最高使用温度である823Kで長時間クリープ試験を実施し、破断時間7千時間以上にいたるまで、ヘリウムによる特性劣化はないことを明らかにするとともに、得られたデータからブランケット交換時期までのクリープ特性を予測した。さらに、破断試験片の組織観察をもとに、得られた試験結果が臨界気泡説に基づく解析と整合することを示した。また、クリープ特性に及ぼす試験片サイズ効果について、応力指数に基づいて特性とサイズの関係性を明らかにした。</p> <p>(2) 特筆すべき成果：ヘリウム脆化が顕在化しやすく、かつ実際に実機の部材が長期間にわたって付加応力を受けることから重要であるにも関わらず、データが不足している高温・長時間領域におけるクリープ試験を、従来よりも一桁長い破断時間まで実施して、ブランケット交換時期までの特性を予測したことは、顕著な成果である。また、理論的検討が遅れているこの分野で、改良理論モデルにより脆化の機構論的理解を進めた。さらに、未解明であったクリープ特性に対する試験片サイズの効果を回帰式を用いて定量的に示した。</p> <p>(3) 副次的な成果：イオン照射実験に使用されるレベルの薄板試験片において、結晶粒径がクリープ特性に与える影響について実験的に明らかにした。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等：投稿中のものを含めても論文は少ない。ヘリウム照射材の長時間クリープ実験は論文にしにくい分野と考えられるが、微小試験法や解析法など多くの貴重な知見が得られているので、原子力学会を含めて今後積極的な公表が望まれる。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性：低放射化マルテンサイト鋼は、核融合原型炉における第一壁／ブランケット構造材料の最有力候補であり、様々な特性評価や改良が精力的に行われているが、高温ヘリウム脆化に関しては、特に高温・長時間領域での研究の進捗が遅れているのが現状である。本研究課題はこの問題に先駆的に対応しようとしたものであり、妥当な目的・目標設定であったと判断する。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性：耐ヘリウム脆化特性の評価で、ブランケット交換時期までの特性を予測することを目指したので、破断時間約1年までのクリープ破断データが必要であった。このため、短時間側実験を先行させ、その結果からの予測に基づいて長時間試験の条件を決定して効率的に進めている。また、これと平行して、組織観察を通しての脆化の機構論的検討を行うとともに、照射微小試験片のクリープ試験結果からバルク材の特性を推定する手法の開発も実施しており、計画設定はおおむね妥当であった。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性：加速器施設の運営のために相応の費用が充てられた。研究対象とした高温ヘリウム脆化の研究には、サイクロトロン加速器の長時間運転等が前提となるので、研究所によるマンパワーや運転支援を強化すべきである。</p> <p>(4) 研究の進捗状況：東日本大震災の影響等により接合材についての実験が行えなかったのは残念であったが、その他については着実に研究が進められ、核融合炉低放射化構造材料の開発に向けて有益な数々の知見が得られた。中間評価で指摘された解析による外挿法の検討もなされた。</p> <p>(5) 研究交流：核融合炉先進構造材料開発に関する国の方針[核融合会議報告書(H12・5)]の趣旨に則って、原子力機構や大学等と協議、交流しつつ研究を進めた。また、我が国と</p>

	<p>して提案する低放射化マルテンサイト鋼の次期大型溶解材に関するJAEAを中心とした技術検討に参画した。</p> <p>(6) 研究者の研究能力：ヘリウム脆化に関する長年の経験を生かして、当を得た研究提案をし、重要な研究成果を得た。研究能力は十分と判断される。</p>
4. その他	<p>本研究で使用された当機構のサイクロトロン施設は、原型炉以降の核融合炉での発生が見込まれる数千appmレベルのヘリウムを含む材料の実験が可能な、世界でも数少ない施設である。今後は、今回得られた知見を踏まえて、ITER (国際熱核融合実験炉) 計画の補完としての日欧協力に基づくBA (Broader Approach幅広いアプローチ) 活動の場などでJAEAと連携して、ヘリウム脆化に係わる様々な力学特性に関する研究について発展的に継続して行くことが期待される。そこでは疲労試験やクリープ疲労試験などに接合材の実験も含めて取り組んでほしい。ヘリウム注入法の特色と微小試験法としての制約を踏まえて、炉設計に役立つ知見となるように、今後ともミクロ組織発達とHe拡散分布についてモデルを十分に検証してゆくことが望まれる。</p>
5. 総合評価	B
評価責任者氏名：阿部 勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）： 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 (独立行政法人産業技術総合研究所)	
研究期間及び予算額： 平成19年度～平成23年度（5年計画） 86,243 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	水素フリー状態でダイヤモンドを成長させる方法を目指して、低エネルギー・高電流密度の炭素イオンビーム引き出し技術の開発を行うことを目的とする。高密度で閉じ込められたプラズマは、3次元立体構造を有した電極により100eVから30keV程度のエネルギー領域で、高電流密度イオンビームとして引き出される。更にこの技術を用いて、幅広い材料研究開発への貢献を目指す。目標は、1) 低エネルギー加速実験において、ビーム引き出し電流60 mA以上、電流密度1 mA/cm ² 以上を達成すること、2) 炭素プラズマイオン源の運転技術を確立すること、3) 多様なイオン種の高密度ビーム照射によるビームと材料の相互作用を探索すること、である。
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 ・高電流密度低エネルギーイオンビーム源の開発に関して、100 V領域で、ビーム引き出し電流60 mA以上、電流密度1 mA/cm²以上の高電流密度のイオンビーム引き出しに成功した。 ・炭素薄膜生成用の炭素イオンビーム源の開発を行い、小型同軸ガンにより定期的に噴射を行うことで、炭素プラズマを必要な密度(10¹⁰ cm⁻³)以上で維持し続けることを可能とさせて、純炭素プラズマ源を用いて薄膜生成実験を行った。これによりダイヤモンドの特定結晶面への炭素ビーム照射に成功した。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 炭素などを起点として、純固体元素由来のプラズマを準定常的に維持することが可能となったため、新機能物質の製造や材料表面の改質などに期待される。</p> <p>(3) 副次的な成果 低エネルギー領域におけるイオンビームは、自己電場の影響により発散が避けられない。しかしながら、外部から電子供給をしない場合でも100 V級の低エネルギーイオンビームの発散が抑制される条件があることを見出している。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 論文7報、特許2件の成果が得られた。さまざまな研究会での成果発表やホームページによる発信にも努めている。参加研究者数が多く、さらなる論文公表を期待する。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 本研究課題で研究されるイオンビーム技術及び新材料開発は、当該原子力政策大綱の目標にも整合しているので妥当である。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 イオンビーム生成の基礎研究としては、研究者らの実績から概ね妥当であると考えられる。システム研究を主とし最終的にダイヤモンド生成を目指して技術開発を行っている。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 高電流密度のイオンビーム生成技術を確立しており、概ね妥当である。</p> <p>(4) 研究の進捗状況 システム研究を主とすることが適切との中間評価コメントを活かして進められている。ビーム生成技術を確立し炭素ビームの応用を開始するところまで来ている。</p> <p>(5) 研究交流 国内外の研究機関と共同研究を実施しながら研究開発を進めており、特に核融合炉分野との交流が積極的に行われた。今後はさらに広い材料研究者との協力も有効と考えられる。</p> <p>(6) 研究者の研究能力 研究者はイオンビーム技術分野では十分な能力を持っている。</p>
4. その他	今後期待できるので、最終目的に向かって研究を継続していただきたい。膜生成条件の確立など炭素イオンビームシステムを向上してダイヤモンド生成等を成し遂げてほしい。イオン源の物理として一般性のある技術成果に仕上げてゆくことにより他分野への応用が期待される。
5. 総合評価	B
評価責任者氏名：阿部 勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：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 (独立行政法人産業技術総合研究所)	
研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 63,841千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	イオンビームが金属材料に照射されたときに生じる照射誘起欠陥の動的挙動を調べる目的で、照射中に同時に陽電子寿命測定（その場測定）を行うことが可能な複合ビーム分析装置を開発する。具体的には、イオンビーム照射中の材料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できる複合ビーム照射装置を開発し、さらに、この装置を用いて主に次の3点に焦点を合わせて照射材料の研究を推進する。（1）熱処理による損傷回復過程と、イオンビーム照射中の損傷蓄積過程の両過程を、陽電子寿命測定を用いて10分オーダーの時間精度で解析する。加えて、イオンビームの短パルス化と時間精度の向上を目指す。（2）イオンビーム照射中と照射停止中の陽電子寿命測定を行い、相互の損傷状態の相違を抽出・評価する。（3）イオンビーム照射中に形成される照射誘起欠陥の拡がりをエネルギー可変低速陽電子ビームにより調査・解析する。
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 イオンビーム照射中の材料に、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、イオン照射下での陽電子寿命測定（その場測定）を行うことができる複合ビーム分析装置が開発された。連続照射の場合には陽電子寿命スペクトルの取得時間は5分から30分程度であり、目標とした「10分オーダーの時間精度」をクリアしている。またパルス照射の場合には、数10μsの時間精度に迫る高性能が得られている。さらにこの他、照射中と照射停止中との損傷状態の相違に関する興味深い知見や、材料中の照射誘起欠陥の空間分布（例えばイオンビーム入射面からの距離の関数として整理した欠陥の空間分布）に関する貴重な知見が得られている。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 陽電子寿命測定において、アナログ信号処理回路に代わりデジタル信号処理回路（高速波形デジタイザ）を使用することによって、電子加速器の加速パルスに対応したごく短時間の間だけ集中して陽電子寿命測定を行うことに成功している。これは、短時間現象に対しても陽電子寿命測定法を適用できる可能性を示した成果であり、評価される。</p> <p>(3) 副次的な成果 イオン照射後の純金属試料を調べると、陽電子測定から得られる照射損傷の深さ分布が、モンテカルロシミュレーションで計算されるそれよりも深くなる場合があることが分かった。解析によりイオンチャネリングに起因する可能性が高いことを示している。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 論文13報（査読付き9報）、特許1件、口頭発表26件の研究発表が行われた。研究成果の発信は十分と判断される。産総研では、複合ビーム分析装置を公開研究施設の一部として内外の研究機関への開放を検討しており、効果が期待される。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 本研究は、原子炉压力容器などの原子炉部材の中性子照射損傷の評価を見据えながら、照射損傷の基礎的過程を解析するための新規な分析装置・技術を開発することを目的としている。東日本大震災以降、発電用原子炉の寿命に対しては、以前にも増して社会的な注目が集まっており、本研究の目標は計画時よりも重要性を増しているといえる。このような背景から、目的・目標の設定は妥当であると判断される。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 本研究は妥当な研究計画であると判断される。研究所の電子加速器を発生源とした陽電子ビームの発生・制御技術における優位性を活かした計画である。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 イオンビームと陽電子ビームという特殊な2種類のビームを複合化して用いる分析装置の開発に成功しており、研究費用は妥当であると考えられる。</p> <p>(4) 研究の進捗状況 イオンビーム照射中に陽電子寿命をその場測定することができる複合ビーム分析装置を開発するとともにそれによる応用研究を実施する、という当初の目標は達成されている。</p>

	<p>(5) 研究交流 研究提案時に比べて、より多くの外部研究機関の研究グループや産総研の他研究グループと研究交流が行われ、それらと協力しながら研究成果があげられた。</p> <p>(6) 研究者の研究能力 参画した研究担当者は、イオン照射損傷、陽電子消滅分光法、加速器技術等に関する専門知識を有している。本研究では、研究グループ全体として十分に高い研究能力が発揮されたと判断される。</p>
4. その他	<p>本研究で開発された、ユニークなイオン・陽電子複合ビーム分析装置を用いれば、従来困難視されていた照射損傷の動的過程を解析できる可能性がある。この点は高く評価されるべきである。装置開発の各過程で得られたノウハウは貴重なので、それらを特許にまとめることを期待する。</p> <p>今後、このユニークな複合ビーム分析装置を用いて、(1) 照射損傷の基礎研究、(2) 核融合炉材料を含む原子力材料における実用的な材料照射研究、および(3) より一般的な先端材料における新規な分析・評価法の研究、などが一層広範に展開されることを期待する。このうち特に照射損傷の基礎研究については、パルスビーム照射時には数 $10\ \mu\text{s}$ の時間精度で陽電子寿命測定ができる特徴を生かして、例えば損傷の動的過程を個々の格子欠陥の挙動にまで立ち入って解明する研究など、この装置ならではの世界トップレベルの研究が展開されることを期待する。原子力材料における照射研究では、例えば、圧力容器の照射脆化の機構解明など目的を明確に設定して実用的にも重要な研究が推進されることを期待する。その際、東北大学金属材料研究所の陽電子計測法研究グループ等他研究機関と積極的に連携することを期待する。</p>
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 阿部 勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基盤的研究 (独立行政法人 産業技術総合研究所)	
研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 65,939 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	ダイヤモンド放射線検出器はバンドギャップが大きく常温～高温動作が可能な半導体検出器として核融合炉、原子炉、放射光施設、宇宙等の放射線環境下において高い耐久性が期待される。本課題ではダイヤモンド放射線検出器の基盤技術の確立を行うことを目指して、気相合成（プラズマCVD）法による単結晶ダイヤモンド膜の成長技術・最適な素子構造・キャリア捕獲現象の解明などに取り組み、実用性能を有するダイヤモンド放射線検出器の実現の為に指針を得ることを目的とする。
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 プラズマCVDによる良質なダイヤモンド膜の成膜を行い、放射線検出器として利用することのできる可能性を示す高い基本性能を得た。Am-241からのα線の測定において実用レベルといえる0.7% (FWHM) のエネルギー分解能を達成した。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 高品質性と高速成長の両立をめざし、窒素の積極的な導入を行わずに、プラズマCVDによる100μm厚のアンダー型の大面積単結晶ダイヤモンドの合成に成功した。高いエネルギー分解能を維持したまま、検出器サイズとして実用レベルである10mm角を得ている点は評価できる。</p> <p>(3) 副次的な成果 高品位かつ大面積なダイヤモンド厚膜の開発により、実際に中性子検出器としての特性測定まで実現し、ある程度良好な性能を得ることに成功している。また、サンドイッチ型の検出器も製作した。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 査読付き国際論文16件、国際会議発表等よく行われた。特許に関しては、更に多くの特許を出願する可能性があったのではないかと考えられる。社会発信活動としては、原子力分野や放射線関連セッションでの学会発表等により、ダイヤモンド研究者以外への情報発信と研究展開活動が図られた。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 ダイヤモンド検出器は放射線検出器の研究者が取り組む課題としては、材料開発自身の問題が絡むために重たく、原子力試験研究において、材料物性などの研究者がその分野の最新の知見と技術をもって取り組むのに適した課題であると思われる。この点で、プラズマCVDによる良質なダイヤモンド膜の成膜は妥当なゴールとして設定されている。キャリア捕獲現象の解明も、ダイヤモンド検出器を真に実用化するためには、取り組まなくてはならない課題であり、妥当である。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 良質で大面積なダイヤモンドの成膜に注力して、研究開発計画を設定したことは妥当であり、成膜に関しては、ダイヤモンド研究の専門家主体での実施は妥当と考えられるが、当初より、放射線検出器の外部専門家をメンバに加えて実施するようにした方が、どのような特性がより重要であるかが明確となり、より開発効率は高くなったと考えられる。結果的には、外部との研究交流により、これらの懸念された点はクリアされたが、当初計画立案の段階でより広い可能性に注目すべきであったと思われる。ダイヤモンド検出器は高温、高線量場での動作も有望であり、そのような応用を視野に入れば、単にエネルギースペクトルの分解能以外の指標についても、より重視した開発も可能であったと考えられる。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 ダイヤモンドの研究者であったために、ダイヤモンド膜の合成や結晶性評価などで必要な既存設備を活用して、この予算で実現できたと考えられ、費用対効果の効率は高いと考えられる。</p> <p>(4) 研究の進捗状況 大面積で高品位の成膜を実施して、高い基本性能が得られるデバイスを実現できたことは、想定以上の成果であり、中性子検出を実現してエネルギー分解能の評価に至るところ</p>

	<p>まで到達できたことは極めて高いレベルの成果といえる。一方では、本研究においては、主としてホール信号に着目した成果としてまとめているが、検出器デバイスとしてみたときには、電子の信号も生じるので、電子捕獲の問題は、長時間動作やα線以外の線種への応用に際しては重要である。これに対する有効な対応策として電源のON/OFFというのは、アプリケーションを制約するなど、まだまだ改善の余地があり、この面での有効なアプローチが必要である。</p> <p>(5) 研究交流</p> <p>外部の放射線検出器の専門家との緊密な共同研究が活発に進められている他、ダイヤモンド専門のユニット内での研究活動や所属組織内でのリソースの相互利用により、質的量的なリソースを十分活用したプロジェクト運営がなされており、研究交流は必要十分に行われたといえるが、放射線検出器の専門家との対話はまだ限られている。今後この素子を活用する上では、より広い範囲の研究者と交流を進めることが望まれる。</p> <p>(6) 研究者の研究能力</p> <p>ダイヤモンドの成膜技術の開発としては、耐放射線性に優れた新規放射線検出器として、広い範囲で活用できる可能性をもつため、論文発表などの数字には表れない高いレベルの成果を実現している。研究者の研究能力は非常に高かった評価される。</p>
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・事前評価コメントおよび中間評価コメントを受けて、適切に研究が進められた。 ・本研究で開発されたダイヤモンド膜は、耐放射線性に優れた放射線検出器として大変有望な素材である。多くの研究者と交流して、核融合中性子やα線計測のみではなく、多彩な応用分野に挑戦することが望ましいと考えられる。今後は産業界との研究交流も期待する。
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部 勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：原子燃料融点の高精度測定に関する研究 （独立行政法人 産業技術総合研究所） 研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 61,456 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>原子燃料融点の高精度測定技術を開発し、原子炉設計等の高度化に寄与することを目的とし、研究グループが培ってきた技術を基に、以下の3つを目標において研究する。</p> <p>1) 温度測定の基準となるSI単位にトレーサブルな高精度温度目盛設定技術の開発をUO_2の融点を超える$2900^{\circ}C$まで行う（目標不確かさ：0.5 K）。2) $2900^{\circ}C$まで使用可能な融点測定用高温炉技術を開発し、原子燃料融点測定のための酸化物融点温度の精密計測技術を確立する。同時にその場（in situ）校正用温度定点セル技術を開発する。3) 開発した技術を日本原子力研究開発機構（JAEA）に移転しUO_2融点を高精度で測定する（目標不確かさ：5 K）。</p>
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 温度目盛の基準となる高温定点セルとして、新たに3種類の金属炭化物－炭素包晶定点技術を開発した。開発した炭化タングステン－炭素（WC-C）包晶定点セル（$2748^{\circ}C$）は、短期繰り返し性や長期安定性が、現在の国際温度目盛設定の不確かさに比して、一桁以上良く、将来、国際的な温度標準の定義定点となることで、$2900^{\circ}C$における不確かさ0.5 Kを達成する可能性が十分にあることを実証した。</p> <p>$3000^{\circ}C$以上まで昇温可能な酸化物融点測定用の誘導加熱炉、および$2900^{\circ}C$を超える温度まで測定可能で遠隔測定機能を持つ多波長ファイバー温度計を開発し、その能力を検証した。融点測定炉中で放射温度計をその場校正するための高温定点として、Wるつぼ中のW-γ W_2C共晶定点（$2711^{\circ}C$）とReるつぼ中のRe-C共晶定点（$2474^{\circ}C$）を実現し、参照標準器として実用化が可能なことを実証した。</p> <p>産総研における国家標準として高精度温度目盛を$2800^{\circ}C$（不確かさ約2 K）まで拡張し、WC-C包晶定点の温度値を$2748^{\circ}C$、不確かさを約2 Kと評価するとともに、世界最高温度の温度定点として、世界で初めて標準供給を開始した。JAEAにおけるUO_2融点の高精度測定は、今年度中に実施する計画であり、UO_2の融点決定の不確かさは、現在の不確かさを大幅に低減する見通しが得られた。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 開発したWC-C包晶定点を用いた世界初の標準技術の確立や、中国標準研究機関との温度目盛の比較実験等により、WC-C包晶定点を移送標準器とした超高温の国際比較が可能になることを実証した。</p> <p>2色放射温度計の実用上の課題を整理し、日本提案の国際規格化を目指してワーキンググループ（WG）を開始した。</p> <p>(3) 副次的な成果 包晶定点技術の展開として、炭化クロム－炭素（Cr_3C_2-C）包晶定点技術を新たに開発し、一つのセルでCr_3C_2-C包晶点（$1826^{\circ}C$）とCr_7C_3-Cr_3C_2共晶点（$1742^{\circ}C$）の2つの温度で温度計が校正できる可能性を見出した。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 論文12件（投稿中2件、準備中1件）、口頭発表22件（予定1件）を行った。また、高精度温度目盛の温度域拡張や、実現した温度定点の標準供給を開始するとともに、日本提案の国際規格を目指し、日本学術振興会にWGを立ち上げた。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 本研究はUO_2やMOX燃料等の原子燃料融点測定を高精度に行い、原子炉設計、安全評価等の高度化に寄与するものであり、目的・目標設定は妥当である。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 $2900^{\circ}C$までの高精度温度目盛設定技術の開発、燃料融点測定システム及びその場校正用温度定点セル技術の開発、そしてこれらの研究成果をJAEAに移転し、UO_2融点の高精度測定と不確かさ評価を実施する研究計画の設定は妥当である。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 融点測定機器の開発や高精度温度目盛設定のための評価装置の整備を中心としており、研究費用は、ほぼ妥当である。</p>

	<p><u>(4) 研究の進捗状況</u> WC-C包晶点技術により2900℃における不確かさ0.5 Kを達成する可能性を実証するとともに、UO₂融点測定のため、その場校正用温度定点セルを開発し、高精度温度目盛による温度値決定と不確かさ評価を行う等、関連基礎研究は、ほぼ、当初の目標に沿って研究が進捗したが、JAEAにおけるUO₂測定による、検証は未実施である。</p> <p><u>(5) 研究交流</u> JAEAと現状の技術的課題を共有しつつ、技術交流を進めるとともに、国際規格を目指して、産業界や大学とWGの運営等を実施した。</p> <p><u>(6) 研究者の研究能力</u> 2900℃までの温度定点技術を実証し、専門的知見をベースに独創性ある手法で、高温炉技術や放射温度計測技術の開発を進めた研究能力は高い。</p>
4. その他	<p>現時点で未実施に終わっている、JAEAにおけるホットセル場での、実際の照射燃料を用いた融点測定を実施し、測定値の不確かさ、取り扱い技術の実用性等を確認する必要がある。また、融点測定法やデータの国際標準化、総合的な研究成果の発表を積極的に進めてほしい。</p> <p>本研究の成果は原子燃料の高度化に寄与するとともに、次世代の高温ガス炉用燃料開発や高レベル廃液のガラス固化技術における温度計測基礎技術への貢献も期待される。</p>
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部 勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：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 （独立行政法人 産業技術総合研究所） 研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 44,609千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>原子力関連施設における化学災害の防止のためには、様々な階層の従事者が、化学災害の教訓を学び、化学物質や関連施設に対する安全意識を養うことが重要である。本研究は、原子力関連と化学関連の事故例を共通の原因によって結びつけ、抽出された教訓を学習するためのEラーニングシステム、すなわち、パソコンやインターネットなどの情報技術を利用して、学習・研修など行う教育システムを開発し、原子力関連施設の安全性を向上することを目標とする。</p>
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 原子力関連施設の事故事例およびそれらの事例と共通の教訓を持つ化学プラントの事故事例の収集、分析を行い、Eラーニングシステムの教材コンテンツ化が行われた。原子力関連施設の事故事例と化学プラントの事故事例を分析し、原子力関連施設の事故事例と化学プラントの事故事例との関連付けが行われた。Eラーニングシステムの構築にあたっては、アドバイザー委員会の助言と原子力関連施設の現場との意見交換を行いながら、3年目でプロトタイプを完成させ、さらに、現場からの要望や意見を反映した「管理者が学習者の進捗管理を行うことができるようなシステム」や「理解度をテストする機能付加」を有するオンライン版Eラーニングシステムに発展させ、完成させた。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 完成したEラーニングシステムは熟練労働者の減少やトラブル体験の減少などで安全教育が困難になっているあらゆる産業の現場で、事故を疑似体験できるツールとして活用が可能である。また、事故分析手法PFAや原因体系化モデルを開発した。このPFAは事故調査において事故原因の網羅的な抽出にも適用可能であり、今後の幅広い分野での事故調査への活用が期待できる。</p> <p>(3) 副次的な成果 安全管理者および現場作業員という職種に応じて、教材コンテンツを二重化し、これにより、それぞれの職種の立場で事故防止のために何をすべきか、を明らかにした。また、教材コンテンツの作成を容易にするために事故進展フロー図作成ツールを開発した。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 国際学会のプロシーディングス1件、国際会議口頭発表1件、国内学会口頭発表6件を行った。また、「事故分析手法PFA」を商標登録出願した。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 原子力関連施設の現場での運用の試行を通じて、事故事例の教育や化学安全の教育への期待が示されており、化学災害の教訓を原子力安全に活かすという目的とEラーニングシステムによる教育システム構築の目標は妥当であったと考えられる。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 事前評価でのコメントを受け、当初5年計画のシステム開発を前倒しして3年間でプロトタイプを完成させ、さらに、現場の意見を反映して改善してきた点は評価できる。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 システム開発の費用を抑えるために汎用のEラーニングシステムをカスタマイズしてシステム構築を行い、また、事例分析においては企業OBを契約職員として採用して、人件費を抑えつつ、豊富な知識と経験を活用するなど妥当であったと考えられる。</p> <p>(4) 研究の進捗状況 順調にEラーニングシステムが完成し、現場での運用に向けての協議も行われており、当初の目標に沿ってプロジェクトが進行できたと判断できる。</p> <p>(5) 研究交流 ヒューマンファクタ、化学プラント事故、高圧ガス事故、労働災害の専門家からなるアドバイザー委員会を組織し、助言を得ながら研究を進めてきたこと、また、原子力関連施設の現場との意見交換を行い、システムに反映させてきたことは評価できる。</p>

	<p>(6) 研究者の研究能力</p> <p>着実な成果を挙げており、得られた成果のリスト、研究交流実績等から判定しても十分な研究遂行能力があったと評価できる。</p>
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力関連施設の現場は、日本原燃(株)再処理事業所である。現在、Eラーニングシステムサーバを現場に置いて運用するための協議が進められており、システムの実用化が期待される。 ・中間評価で指摘された、「使用者に考えさせる内容も含めたコンテンツ」という点に関しては、最初から分析結果の事故原因を表示せず、使用者が原因を考えた後で「考えてみよう」ボタンをクリックして、原因を表示するなどの工夫がみられる。 ・アドバイザー委員には東京電力(株)ヒューマンファクタグループからも委員に参加して貰っていたが、当初、アドバイザー委員として加わっていた同グループの現マネージャから、大きな化学事故を起こした経験のある企業との意見交換の場の仲介を依頼されるなど、原子力業界と化学業界の安全活動の融合に貢献している。 ・今後、単に事事故例と再発防止を繋げるだけではなく、仮想的な事故の進展や防止策も学べるような拡張が期待される。
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 佐藤 正知	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：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 (独立行政法人 海上技術安全研究所)	
研究期間及び予算額：平成19年度～平成24年度（5ヶ年計画） 47,856千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	本研究は、モンテカルロ遮蔽計算法の放射性物質輸送容器への適用性を明らかにし、最新の科学的知見に基づく輸送容器の合理的な遮蔽設計に資することを目的としており、下記を具体的な研究目標としている。 ・複雑形状部試験体及び実機輸送容器のベンチマーク計算を実施し、計算精度の検証を行い、モンテカルロ法による計算結果の安全裕度を明らかにする。 ・モンテカルロ法を遮蔽設計に適用するにあたって解決すべき計算精度の考え方、検出器の設定方法等について詳細な検討を行い、標準的なガイドラインを策定する。
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	(1) 当初予定の成果 ：輸送容器胴部試験体や吊具部試験体による線量当量率測定結果と、モンテカルロ遮蔽計算結果を評価することで、輸送容器の各部要素の計算結果に対する安全裕度を明らかにした。次に、実際の輸送容器外表面近傍の放射線測定結果に対する遮蔽ベンチマーク計算の結果を評価し、輸送容器全体に対する計算結果の安全裕度を明らかにした。さらに、輸送容器に対する計算結果の安全裕度の他、計算誤差低減方法の効果的利用法、計算誤差の判定法を整理し、遮蔽安全評価手法のガイドラインを作成した。 (2) 特筆すべき成果 ：モンテカルロ遮蔽計算法による計算結果の妥当性を客観的に判断できるようにするために作成した計算過程の流れ図に設定されたチェック項目を評価することで、規制当局及び申請者は、許認可申請書に記載された遮蔽計算が適切な手法に基づいたものであるか否かを確認できるようになった。作成した流れ図は簡潔なもので、安全審査でモンテカルロ遮蔽計算を使用する際に、評価結果の妥当性を合理的に判断できるようになることが期待できる。 (3) 副次的な成果 ：分散低減のために必要なパラメータを自動的に計算・設定できるコードを開発しており、今後、放射線遮蔽分野における汎用的な自動分散低減法として役立てられることが期待できる。 (4) 論文、特許、社会発信活動等 ：査読付論文及び口頭発表で11件の成果発信を行っている。本研究で作成したモンテカルロ遮蔽計算のガイドラインは、平成25年度に原子力学会の総合講演で発表することが予定されており、安全審査に係る規制当局、遮蔽解析に携わる事業者、研究者に成果が周知される。
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	(1) 目的・目標の設定の妥当性 ：近年における放射性物質の大量輸送及び多様化に伴い、放射性物質輸送容器の放射線遮蔽計算で高精度な計算手法の導入が図られつつあるところ、本研究は、輸送容器の遮蔽安全評価手法の手順を明確にする高度化を目指すものであり、目的及び目標の設定は妥当である。 (2) 研究計画設定の妥当性 ：成果目標達成に向けて、輸送容器に関する遮蔽実験及び遮蔽計算を相互に関連させながら実施する等、課題解決に向けた着実な研究計画となっており、研究計画設定は妥当である。 (3) 研究費用の妥当性 ：研究費用は、測定に関しては中性子スペクトル測定に使用されるボナーボール、吊具試験体の製作、マルチチャンネルアナライザの購入に使用されている。計算に関しては誤差を低減させるためのパラメータ作成コードの他、計算に必要なパラメータのデータベースの作成・整備に使用されており、効率的に執行されている。 (4) 研究の進捗状況 ：当初、協力体制等において困難の予想された原子力発電所での放射線測定を予定どおりに遂行するとともに、成果目標のひとつであるガイドラインの作成も完了しており、研究は順調に進捗した。 (5) 研究交流 ：放射線測定系の調整等でJAEAの遮蔽研究者の協力を得た。使用済燃料輸送容器の放射線測定で電力事業者の協力を得た。また、原子力関係の学会発表や国際会議を通じて、研究者のほか事業者や輸送容器メーカー関係者と、モンテカルロ遮蔽計算手法に関する意見交換を行っている。さらに、輸送容器メーカーとの交流を深め、ガイドライン作成時にメーカーの知見を取入れている。 (6) 研究者の研究能力 ：研究担当者は、これまでに放射線計測や放射線遮蔽の分野で実績があり、国内外で研究発表等も行なっており、研究能力は十分である。
4. その他	なし
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 佐藤正知	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：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 (独立行政法人 国立循環器病研究センター)	
研究期間及び予算額：平成 19 年度～平成 23 年度（5 年計画） 40,124 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>生理活性ペプチドやタンパク質などの生体機能に関与する物質をSPECTイメージングに適した放射性核種（^{123}Iおよび$^{99\text{m}}\text{Tc}$）で標識する方法とともに、ピンホールSPECTを用いて放射性トレーサの体内分布を高感度かつ高空間解像度で撮像する普遍的な機能画像撮像法を開発する。そのためにピンホール撮像におけるデータ収集の不完全性を保証する新しい画像再構成理論とその理論に基づく収集技術の普遍化をもとに、体内の放射性物質の分布とその変化の様相（体内動態）を正確に再構成する。またその体内動態を数理モデルで表現することで、組織血流量などの生理機能画像や、化合物の血液脳関門透過性、さらに種々受容体に対する親和性（受容体結合能）などを定量的指標として画像化する普遍的なイメージング技術を構築する。</p>
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 高感度かつ高空間解像度でデータ収集ができるピンホールSPECT撮像法において数学的な完全性を保障する軌道設計理論を整備し、これにより均一な空間解像度かつ均一な感度分布を実現することで、実験小動物におけるSPECTイメージングの精度が確保された。画像の精度は、幾何学構造を有するファントムおよび生体臓器のオートラジオグラフィとの一致などで確認された。 ● イメージングに適した放射性核種である$^{99\text{m}}\text{Tc}$や^{123}Iを使ってペプチドやタンパク質を標識する技術が整備でき、数種のペプチドやタンパク質の標識がなされ、体内動態の観察が可能になった。 ● 体内動態の数理モデル化により、ラットおよびマウスの脳組織血流量、ラットの局所心筋血流量と負荷反応性、血液脳関門の透過性、複数の化合物の受容体結合能の定量評価がなされた。 ● 動脈血液中放射能濃度の時間変化を、限りなく無侵襲的あるいは最小の採血量にて計測するデバイスが開発された。 <p>(2) 特筆すべき成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ● PETを超える高解像度SPECTにおいて、定量精度の確保がなされ、SPECT標識化合物の合成法の整備と機能画像の定量評価技術が構築された。 ● 多重ピンホールコリメータの利用において、定量画像を保証する撮像条件を確立したことで、従来機構よりもおよそ一桁高い感度で定量撮像が可能になった。 <p>(3) 副次的な成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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。本研究では達成できなかったが、別の研究事業にて実機の制作を試みている。正確な画像再構成を実現する技術が、既存のSPECT装置の再構成プログラムの開発につながり、局所脳血流量や神経受容体結合能を定量評価するプログラムと合わせて多くの臨床施設で利用されている。機能画像の定量情報が実際に臨床的に利用された事例は従来なく、特記すべき事項である。 ● 頻回の動脈採血を行わずに入力関数を求める技術は、小動物の機能イメージングに極めて適している。 ● MRI形態画像との融合解析を行うことが可能になった。 <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国際雑誌原著論文、35編 ● 国際学会発表、39件 ● 特許出願、5件 ● 国際ワークショップ主催、3件 ● 新聞記事掲載、1件

<p>3. 事後評価</p> <p>(1) 目的・目標の設定の妥当性</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性</p> <p>(3) 研究費用の妥当性</p> <p>(4) 研究の進捗状況</p> <p>(5) 研究交流</p> <p>(6) 研究者の研究能力</p>	<p><u>(1) 目的・目標の設定の妥当性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 放射性標識化合物の体内動態を追跡するPET分子イメージング技術はガンおよび脳変性疾患に対する治療薬の有効性評価や、全身各臓器の循環代謝量の定量評価、また生理機能因子の発現のイメージングを介した病態生理の理解に有用である。この技術をSPECTを使って高感度・高空間解像度で、かつ定量的に実施できるような基盤技術の整備が本研究の目的である。標識診断薬の入手が容易で、かつPETよりも長い半減期の核種の利用で長時間の観察を可能にするSPECT分子イメージングは、当該分野のすそ野を広げることになり有用である。正確な画像を提示するような画像化理論の整備とこれに基づく撮像装置の実用化を行う一方、^{123}Iや$^{99\text{m}}\text{Tc}$を使った標識技術の整備、さらに機能画像の定量化を可能にする動態解析手法の開発と生理的な妥当性の確認など、実用化を目指した目標設定は妥当であり、かつ原子力試験研究事業として適切と思われる。 <p><u>(2) 研究計画設定の妥当性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● ①画像撮像にかかる工学的開発、②放射性核種による標識技術の整備、さらに③化合物の体内動態解析とその妥当性評価、の研究計画は複合的分野の研究者による共同体制で、三つの分野の課題が連携して実施されている。結果として、複数の化合物の標識がなされ、オートラジオグラフィとの照合でその妥当性が確認された。さらに、標識化合物の動態（放射性薬剤の集積の時間変化）から脳および心筋の組織血流量や血管反応性、血液脳関門移行率の定量評価、受容体結合能の定量評価、など新しい計測技術を確立し、この研究計画設定は妥当と思われる。 <p><u>(3) 研究費用の妥当性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 大がかりな予算が必要と思われるイメージング研究であるが、撮像装置、画像処理ソフト、標識化合物の製造装置を基本的にほぼすべて独自で開発したため、年間1000万円程度の予算で運用された。機器とソフトの製作、放射性標識薬剤の製造、実際のイメージング評価研究にほぼ均等に費用が費やされ、効率良く予算が執行された。 <p><u>(4) 研究の進捗状況</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 3つの課題のもとに着実な研究成果が得られている。撮像技術については、さらに新しい理論に基づく新規装置の開発に着手するなどの発展性がある。画像再構成プログラムにおいては、正確な画像化法と組織血流や受容体結合能などの機能を画像として提示するプログラムが、臨床診断に有効と思われる。これまで機能画像診断の施設を超えた標準化は大きな課題であったが、臨床SPECT画像から重要な臨床知見が得られつつある。抗体治療薬の有効性評価や投与量の最適化には、PETよりも寿命の長いSPECT放射性核種の利用が適している。得られた成果が、実験動物を利用した前臨床評価と臨床評価を同一指標で行える普遍的な技術としてさらに発展することが期待される。 <p><u>(5) 研究交流</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● イメージング技術にかかる世界一線の研究者とよく交流しながら研究開発がすすめられた。国際ワークショップの開催や一線の研究者の招聘を介して、適宜方向の確認がなされた点も評価できる。 <p><u>(6) 研究者の研究能力</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 研究担当者集団は、それぞれ画像工学、画像再構成数学、コンピュータ工学、放射性薬品学、動物生理の専門家であり、研究はお互いの分野を補うチームワークに基づいて行われた。外部の専門家との意見交換を活発に行い、個々の課題が適切に解決されたと評価できる。
4. その他	ヒト脳の全体を撮像するに至っていないが、臨床的な実用試作機の作製が期待される。
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 嶋 昭紘	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：アレルギー性等を指標とした放射線照射食品の健全性評価に関する研究 (独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構)	
研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 21,516 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	植物性食品のモデルとしてダイズを選択し、アレルギータンパク質の新規生成や既存アレルギーの反応性の変化、トランス脂肪酸や2-アルキルシクロブタノンなどの脂質分解生成物、機能性成分等に対する放射線照射の影響を解析する。 これによりアレルギー性の変動や調理毒（ケミカルハザード）生成といった新指標による健全性評価データを提供し、わが国における照射食品のリスクアナリシスに役立てる。
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果 ・特異抗体を用いたイムノブロット、ELISA、及びダイズアレルギー患者血清を用いたイムノブロット、ELISA解析の結果、乾燥ダイズのガンマ線照射による新たなアレルギーの出現や、既存アレルギーの存在量・反応性の増加は認められなかった。 ・ダイズ抽出液を照射した場合、PM30などの一部のアレルギーでは有意に低減化していた。 ・照射による脂肪酸のトランス異性化を確認したが、その生成効率はわずかで乳製品や畜肉製品での含量に比べて無視できる量であった。 ・放射線照射によって特異的に生成する2-アルキルシクロブタノン類の線量依存的な生成を確認した。この生成効率はこれまでに報告されている他の脂質含有食品とかわらず、毒性発現が懸念されている投与量に比べて非常に少ないものであった。</p> <p>(2) 特筆すべき成果 ダイズでの新規アレルギーPM30を同定し、照射による生成量の変動を解析した。この成果は、食品化学的に他の加工や流通におけるアレルギー解析における有用な知見となるほか、照射によるアレルギー低減化機構の解析にも発展できる素材を発掘した。</p> <p>(3) 副次的な成果 殺菌線量のガンマ線照射が、セリ科香辛料のアレルギー性を増加させないことを、ダイズアレルギー患者血清によるイムノブロットの結果より明らかにした。この成果は、香辛料の照射の是非のリスク評価には重要な知見であると評価する。</p> <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等 論文2報、学会発表10件。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や国際学会の出席中止等のアクシデントがあり、十分にはなされていない。</p>
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性 食品への放射線照射の利用は外国に比べると我国は限られており、研究の目的・目標は、社会的・科学的見地から放射線の利用促進を目指したもので原子力試験研究として妥当なものである。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性 食品照射の安全性・健全性を調べるにあたり、免疫化学的に確立されている手法や化学分析技術を用いてダイズについて科学的な評価を実施したことは妥当であるが、幅広い食品群についてこのダイズの成果が適用できる範囲を示すことが必要である。タンパク質以外のアレルギーは対象としていないが問題はないのか。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性 経費はおおむね妥当である。</p> <p>(4) 研究の進捗状況 研究目標に沿って実施されていると評価される。放射線特異的分解生成物（2-アルキルシクロブタノン）それ自体の毒性評価がなされたどうかは不明。照射ダイズから抽出したアレルギーは照射による悪影響の増加はないことが確認されたことから、食品照射に対する一定の安全性・健全性は示された。現段階では科学的論文への成果発表は十分ではなく成果の公表を期待する。</p> <p>(5) 研究交流 本研究を進めるにあたり厚生労働省の研究者や国内の関連研究者との交流は適宜図られている。他の食品照射を実施しているグループと成果を共有することで、放射線照射の安全性・健全性を幅広い食品群へ示せるようにしてほしい。</p>

	<p>(6) 研究者の研究能力</p> <p>研究目標に沿った研究成果が得られていることから、十分な研究能力があるものと判断される。最終年度は、社会的及び行政的な要請で成果公表に時間が取れなかったと思われるので、今後は論文としてまとめてほしい。</p>
4. その他	食品への放射線照射利用の促進を図るには一般公衆や社会に対して分かり易い説明が不可欠であることから、学術論文とは別視点からの成果利用を期待したい。
5. 総合評価	B
評価責任者氏名： 嶋 昭紘	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子捕捉療法への応用に関する研究 (独立行政法人 産業技術総合研究所)	
研究期間及び予算額：平成19年度～平成23年度（5年計画） 42, 102千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>「脳腫瘍の治療方法としてのホウ素中性子捕捉療法(BNCT)に用いる新規の臨床応用可能な腫瘍選択性表面被覆ナノ粒子薬剤の開発」を研究目標に設定し、これを実現させるために以下の達成目標を掲げて研究を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●「液中レーザー溶解法」によるホウ素系ナノ粒子調製技術の確立とその最適条件の探索 ●ホウ素系ナノ粒子の生成メカニズムの解明とそれに基づいた粒子サイズ制御法の検討 ●生体内導入を想定したホウ素系ナノ粒子の表面修飾方法の開発 ●in vitro, in vivo毒性試験や薬物動態試験に必要な量のホウ素系ナノ粒子作製方法の開発 ●ホウ素系ナノ粒子のin vitro, in vivo毒性試験および薬物動態試験による生物学的評価
2. 研究成果 (1) 当初予定の成果 (2) 特筆すべき成果 (3) 副次的な成果 (4) 論文、特許、社会発信活動等	<p>(1) 当初予定の成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ●有機溶媒中で原料ホウ素粉体に低エネルギー密度レーザー光照射を行うことで、原料を溶解・反応させて炭化ホウ素ナノ粒子を作製する方法を開発した。化学的に安定であり形態が球状であることから生体内でも安全と考えられる。 ●レーザーの照射時間やエネルギーといった条件を変化させることで粒子サイズを150～300nmの範囲で制御可能であることを明らかにした。 ●得られたホウ素系ナノ粒子のin vitro, in vivo毒性試験などの生物学的評価を行い、BNCT用薬剤としての利用可能性を実証した。 <p>(2) 特筆すべき成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ●炭化ホウ素ナノ粒子の詳細な構造解析を行った結果、粒子最表面が乱層グラファイトで被覆されており、グラファイト表面の化学修飾はカーボンナノチューブの表面修飾技術として確立されてきた手法を利用できることが解った。 ●分散性向上と代謝排出抑制のためのPEG（ポリエチレングリコール）修飾や腫瘍ターゲティング機能をもつトランスフェリン修飾を行い、in vitro, in vivo毒性試験や薬物動態試験の効果について検討を行った。 <p>(3) 副次的な成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ●開発した炭化ホウ素ナノ粒子作製法では、従来よりも低いエネルギーのレーザー光照射を利用できるため、大きな空間でレーザー光を照射することが可能となり、2桁の生成速度増加を実現、上記のような生物学的試験が可能な量が得られるようになった。 <p>(4) 論文、特許、社会発信活動等</p> <ul style="list-style-type: none"> ●10件以上の招待・依頼講演を含め40件以上の口頭研究発表がある。英語の原著論文は4編と多くはないが、総説や英語著書もあり、口頭発表と合わせて十分な成果である。 ●本プロジェクトで開発された「液中レーザー溶解法」という新規粒子合成法のインパクトは大きい。二つの特願が提出されたことも評価できる。 ●「液中レーザー溶解法」に関する発表が民間企業の注目を集め、また、大学との共同研究も多く、実用化に向けた発展が期待できる。
3. 事後評価 (1) 目的・目標の設定の妥当性 (2) 研究計画設定の妥当性 (3) 研究費用の妥当性 (4) 研究の進捗状況 (5) 研究交流 (6) 研究者の研究能力	<p>(1) 目的・目標の設定の妥当性</p> <p>本研究の目的は、最近適用範囲が拡大しつつある中性子捕捉療法に用いられるホウ素含有薬剤としてナノ粒子利用の可能性を検討することにより、治療効率を高めながら投与薬剤量を減らすことで患者の負担を軽減させようとするものであり、時代のニーズにあった目標設定である。</p> <p>(2) 研究計画設定の妥当性</p> <p>前半にホウ素系ナノ粒子とその表面処理法の開発、後半に粒子の大量合成法の開発とin vitro, in vivo毒性試験によりBNCT用薬剤としての可能性を評価する研究計画であり、妥当な計画設定である。</p> <p>(3) 研究費用の妥当性</p> <p>粒子合成に必要なレーザーは既有設備を、また生物学的試験は外注を利用するなど、研究費を抑える努力をしており、妥当である。</p> <p>(4) 研究の進捗状況</p> <p>当初の計画にほぼ沿った形で研究が進められ、プロジェクト終了後もこの成果を利用した共同研究がスタートしていることから、順調な進捗状況であると判断できる。</p>

	<p>(5) 研究交流 ナノテク分野の学会、中性子捕捉療法に関する学会等で発表され、また、生物学的評価に関しても臨床医との綿密な条件設定打ち合わせのもとに実施されており、良好な研究交流が行われている。</p> <p>(6) 研究者の研究能力 研究代表者は、論文、特許、国内外での招待講演などの実績が多く、十分な研究遂行能力を発揮してきたと考えられる。</p>
4. その他	中間評価時に指摘されたコメントである、「炭化ホウ素ナノ粒子の表面を特定部位に親和性を示すように修飾する研究が進展することを期待する。」に対して、腫瘍ターゲティング機能をもつトランスフェリン修飾のみならず、分散性向上と代謝排出抑制のためのPEG修飾を合わせて行った炭化ホウ素ナノ粒子を作製し、薬物動態試験を行いその有効性を確認したことは評価できる
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 嶋 昭紘	