

平成21年9月29日

平成21年度継続課題の中間評価結果について

1. 評価対象課題

平成19年度に研究を開始した先端的基盤研究の13課題を対象に中間評価を行った。

2. 研究評価課題の分野別分類

① 生体・環境基盤技術分野	5 課題
② 物質・材料基盤技術分野	6 課題
③ システム基盤技術分野	2 課題
④ 知的基盤技術分野	0 課題
合計 13 課題	

(参考：各分野の概要)

<生体・環境基盤技術分野>

放射線による生体影響の検出・解析、環境・生物中の核種移行など、生体・環境への影響を解明するための先端的技術の開発に関する研究。放射線による品種改良、食品等の保存、滅菌、新たな診断・治療法、環境モニタリング・保全などに関する研究も含むが、原子力試験研究の成果の適用により新たな基盤技術の確立に資するものであること。

<物質・材料基盤技術分野>

新材料の開発や物質・材料等の分析・計測技術の高度化を図るための基盤的技術（各種ビームの先端的利用等）の開発に関する研究。工業利用なども含むが、原子力試験研究の成果の適用により新たな基盤技術の確立に資するものであること。

<システム基盤技術分野>

原子力防災に資する耐震・防災技術、放射性廃棄物の地層処分等バックエンド対策技術、プラント等の保守性向上に資するメンテナンス技術等、システムの基盤的技術の開発に関する研究。

<知的基盤技術分野>

原子力施設の運転・保守等の安全性の向上に資する知能システム技術及び計算科学技術の原子力分野への応用に関する研究

3. 評価の実施方法

研究計画、研究成果等を記載した書類審査（書類一次審査含む）およびヒアリング（説明15分、質疑8分）による評価（A, B, Cの3段階評価）を実施。各評価の段階は以下のとおり。

- ・ A評価：ほぼ計画どおり実施
- ・ B評価：予算を含めた研究計画に修正が必要（不採択及び継続中止もあり得る）
- ・ C評価：不採択及び継続中止

4. 評価結果

分野名	中間評価			
	A評価	B評価	C評価	計
生体・環境基盤技術分野	2 (1)	3 (0)	0 (0)	5 (1)
物質・材料基盤技術分野	4 (2)	2 (2)	0 (0)	6 (4)
システム基盤技術分野	2 (4)	0 (0)	0 (0)	2 (4)
知的基盤技術分野	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)
計	8 (7)	5 (3)	0 (0)	13 (10)

（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である。

<添付資料>

- 参考1 各分野における研究評価の実施状況について
- 参考2 研究課題の研究概要について
- 参考3 評価結果一覧および各課題毎の総合所見

各分野における研究評価の実施状況について

1. 生体・環境基盤技術分野

4年または5年計画でスタートし、3年目に入った5課題について、平成21年6月1日に、中間評価のためのヒアリングを行った。今回は、植物を材料とする放射線育種関連分野の専門家を一名、WG委員として補充した。また、臨床放射線医学分野を専門とする1名の委員を補充して、評価に万全を期した。

1) 評価に際して重点を置いた点

評価においては、特に、(1) 研究計画に関する事前評価でのコメントが研究実施に当たって適切に取り込まれたか否か、(2) 得られた成果が学会誌等に適切に発表されているか、(3) 今後の研究の展開の見通し等、について総合的に判断した。

2) 評価結果の概要

結果は、A評価—2課題(中2、中5)、B評価—3課題(中1、中3、中4)となった。

以下、A評価となった2課題について簡単に述べる。

2-1) 中2【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(国立循環器病センター):5年計画の3年目】

これは、生理活性ペプチドや疾患関連タンパク質を生体でイメージングし、これらの機能の特定と生体ホメオスタシスにおける情報伝達プロセスの可視化を可能にするような基盤技術を開発することを目指した研究であり、これまでに生理活性ペプチドの¹²³I自動標識法を確立し、高比放射能標識を可能にした。さらに、ピンホールSPECTを用いた高解像度¹²³Iイメージングによって、標識ペプチド・タンパク質のマウス体内における動態を生きたまま観察することに成功している。

2-2) 中5【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):(5年計画の3年目)】この研究では、ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)による脳腫瘍治療用として臨床応用可能な腫瘍選択性表面修飾ホウ素ナノ粒子薬剤の新規開発及びその*in vitro*, *in vivo*性能評価を行っている。これまでに、種々の条件下で水中に懸濁させた不定形ホウ素粒子にレーザー照射を行い、熔融を経て球形のホウ素粒子が室温・大気圧下で生成する最適条件を見出した。しかし、大量のホウ酸が副生して効率が悪く実用において問題があることも判明したので、問題が生じた原因と対策を基本に立ち返って明らかにして有機溶媒中照射法を考案しており、ナノテク研究から臨床医療にわたる研究者群でバランスよく構成された

研究チームによる今後の研究の進捗を期待したい。

2. 物質・材料基盤技術分野

継続課題6件について平成21年6月9日に7名のWG委員によりヒアリングを実施し、中間評価を行った。中間評価6件のうち4件をA評価、2件をB評価とし、それぞれ前半の成果の上にとって継続するのが適当と判断した。

A評価課題の概要は以下のとおりである。

中6「地層処分設備の耐食寿命評価に関する研究」では、放射性廃棄物の地層処分設備の鉄筋や金属容器（オーバーパック）のチタン合金の腐食寿命評価を行うなど、放射性廃棄物の地層処分設備の安全性及び信頼性に関わる重要な成果を得ている。

中7「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」では、核融合炉用の低放射化構造材料について設計寿命にかかわる核融合条件でのクリープ特性評価に、サイクロトロン加速器からのヘリウムイオンを用いて重要な成果を得ている。

中8「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」では、集束性の良い高電流密度の低エネルギーイオンビームを生成する技術開発、および新規材料創製のための炭素イオン源の開発を行い、新しい高密度ビームとその応用に道を開いている。

中11「原子燃料融点の高精度測定に関する研究」では、3300℃程度まで可能な酸化物融点測定用の加熱炉および多波長ファイバー温度計を開発し、原子燃料融点の高精度測定技術を開発して原子炉設計等の高度化に寄与することを目指している。

B評価課題の概要は以下のとおりである。

中9「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」では、照射中の欠陥の状態を追跡できるイオン・陽電子複合ビーム分析技術の開発を目指している。

中10「ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基盤的研究」では、放射線環境下において高い耐久性を有するダイヤモンド放射線検出器の開発を目指し、ダイヤモンド単結晶薄膜成長技術開発を行っている。

以上の課題においてそれぞれ原子力試験研究として特色ある成果が得られている。B評価の課題では、ねらいをより絞って進めることにより原子力試験研究としての特徴をさらに出せると考えられる。

3. システム基盤技術分野

本分野については、平成 21 年 6 月 22 日（月）に WG 委員 7 名のうち 6 名の出席を得て、中間評価 2 課題についてヒアリングを実施した。

中間評価 2 課題に対する評価結果は、いずれも A 評価である。

中 12 「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」中間評価－A（事前評価－A）

本研究は、原子力関連施設の事故や類似の原因で発生した化学プラントの事故例を抽出し、E ラーニングシステムとして教訓学習用の教材開発を目指している。システム開発とともに、使用者に考えさせる内容も含めたコンテンツが充実しつつある。今後、この分野の発展に資する研究成果を期待できると評価できる。

中 13 「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の手法高度化に関する研究」中間評価－A（事前評価－A）

本研究は、モンテカルロ計算による評価手法であることから、様々な条件で幅広く検討することが期待される。必要に応じて中性子線とガンマ線の線量測定を行い計算手法の妥当性を確認し、輸送容器の複雑な形状に対しても対応でき、合理的な安全審査に資する研究として進められている。順調に研究成果が上がっており評価できる。

研究課題の研究概要について

＜生体・環境基盤技術分野＞

中 1 γ 線照射を利用した高分子分解速度制御型タンパク質放出制御製剤の調製法の開発とその評価に関する研究（国立医薬品食品衛生研究所）

有用な薬理効果を有するタンパク質を有効成分とする医薬品の開発が盛んに行われている。タンパク質を医薬品として利用するためには、タンパク質が不安定であることから、(1)安定化が必要であり、また、注射で投与されることから、注射の回数を減らし患者の負担を減らすために(2)徐放化などの放出制御が必要となる。我々は既に γ 線照射を利用してデキストランなど高分子をゲル化し、ゲルの網目の中にタンパク質を1分子ずつ閉じ込めたゲルマイクロスフェア製剤がタンパク質の安定化に有用であることを明らかにした。

本研究においては、このゲルマイクロスフェア製剤にタンパク質放出制御機能を付与し、より実用性の高いタンパク質の製剤化技術の開発を目的として研究を行っている。これまでの検討の結果、デキストランゲルマイクロスフェア製剤において、デキストランの分解酵素であるデキストラナーゼとともにゲル化を行うことにより、モデルタンパク質である β -ガラクトシダーゼの放出速度を制御する方法を確立できた。また、加水分解しやすい炭酸エステル結合を導入したデキストランを用いてゲル化することにより、炭酸エステル結合の比率に応じて放出速度が制御可能であることを示す知見を得た。今後、日にちのオーダーから月のオーダーで放出速度の制御を可能にするために、製造条件の最適化をはかるとともに、 γ 線照射を行った製剤の安全性について、変異原性など基礎的な検討を行う予定である。これらの検討によって、安定性と放出制御機能を兼ね備えたタンパク質の製剤化技術を確立し、それによって放射線照射の有効利用につなげたい。

中 2 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（国立循環器病センター）

生理活性ペプチドや疾患関連タンパクのインビボイメージングを行い、これらの機能の特定と生体ホメオスタシスにおける情報伝達プロセスの可視化を可能にするような基盤技術を開発する。 ^{123}I 標識 NaI を用いた生理活性ペプチドの標識方法確立し、ピンホール SPECT を用いた ^{123}I 標識ニューロメジンおよび酸化 LDL のイメージング、さらにこれらの体内動態解の観察に成功した。これ

までのオートラジオグラフィによる体内動態把握には、同一個体においてそれぞれ一度のイメージングしか行うことができず、多くの実験動物を屠殺する必要があったが、本システムを用いることで、同一個体を繰り返し撮像することが可能になり、時々刻々変化するペプチドの動態および受容体密度の変化が動物を生かしたまま観察できるようになった。¹²³Iで生理活性ペプチドを標識する基盤技術が整備され、今までにニューロメジンの上部消化管、下垂体、さらに脳組織実質への集積が確認された。また酸化LDLにおいてもこの標識に成功し、体内動態の観察が可能であった。これらの成果は、当初から計画したとおりのものであり、予想通りの進捗であると考えられる。MRI 画像との高精度融合画像処理システムにおいても当初から計画した通りの精度のものが完成し、局所臓器ごとの動態の観察が可能になった。

中3 アポミクシスの解明に向けた倍数性作物における放射線巨大欠失変異利用技術の開発（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構）

「アポミクシス」とは、植物が単為発生によってクローン種子を形成する生殖様式をいう。栽培作物にはほとんど見られないが、イネ科牧草をはじめ植物界には広く自然に存在する生殖様式である。この遺伝子を単離してトウモロコシ・イネなどの重要作物に導入しクローン種子生産を行うことができれば、育種・種子生産システムの飛躍的な効率化を実現することができる。暖地型牧草ギニアグラスはこの遺伝子単離に適した材料だが、約 12~20Mbp と推定される広大な組換え抑制領域の中にこの遺伝子があり、通常のマップベースクローニングでは単離できない。そこでガンマ線やイオンビームを利用して、この組換え抑制領域に数百 Kbp~数 Mbp 規模の巨大欠失を引き起こすことができれば、遺伝子の存在する領域を大きく絞り込み、遺伝子単離を進めることができる。

これまでの研究では、適正線量（800Gy）のガンマ線によるギニアグラス変異体から、アポミクシス遺伝子周辺領域に作出した約 150 個の STS マーカーを用いて欠失の検出を行った。この結果 3 系統の変異体が得られ、このうち 2 系統では 1~2 Mbp 程度の巨大欠失が生じていると示唆された。またこの 2 系統の生殖様式はアポミクシスと見られ、これらの欠失領域にはアポミクシス遺伝子は座乗しないと示唆された。

今後はガンマ線とイオンビームの特性を比較するとともに、これらを用いた変異体をさらに取得して座乗領域の絞り込みを進める。一方で次世代シーケンサーによるアポミクシス遺伝子周辺領域の全塩基配列決定を進めており、これらを併せアポミクシス原因遺伝子の単離を進めていく。

中4 アレルゲン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)

照射食品の健全性については、WHO等の国際機関によって一定の評価がなされているが、食品安全に関する新しい評価視点も含めた研究データの更新が求められている。

本研究では、主要なアレルゲンに対する抗体や患者血清がすでに存在するダイズを主材料とし、ELISA等の免疫化学的な手法やアレルギー患者血清等を用いた種々の評価系により、放射線照射のアレルゲン蛋白質に対する影響を体系的に解析する。既にダイズの既存アレルゲンについては、殺菌処理を念頭に置いた線量での照射により特異抗体との反応性が増加することは無く、むしろ若干減少する傾向があることを明らかにしてきた。また、照射実用化の議論の対象となる香辛料のアレルゲンについても照射による反応性の増加は認められないことを、患者血清を用いたイムノブロットにより明らかにした。これらの成果は、今後実施が予想される照射食品のリスク評価や国内検討の場に、最新科学データとして提供され、議論に活かされると期待できる。

残りの期間では、照射による新規アレルゲンの誘発の可能性など、アレルゲンの質的な変化に着目した研究を行い、照射食品のアレルゲン性に関する総合的な知見の集積を目指す。また、放射線特異的分解生成物2-アルキルシクロブタノン類や、トランス脂肪酸等の化合物の生成といった一般消費者の関心の高い脂質分解生成物に関し、加熱など他の処理加工との比較における定量データを取りまとめ、照射食品の健全性に関する一般的な懸念やリスクについて理解し易い科学的データを提供し、照射食品の健全性に関しての社会的合意形成に役立てたい。

中5 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)

近年、中性子がホウ素の安定同位体に吸収されるときに起こる核反応を利用して、正常細胞に与える影響を極力抑えながら腫瘍細胞を選択的に破壊させる中性子捕捉療法と呼ばれる手法が難治療性の脳腫瘍などに適用され成果を上げてきている。本研究では、従来この方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て、ナノテクの技術を駆使することにより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図ろうとするものである。

中性子捕捉療法に使用可能なホウ素系ナノ粒子の合成技術として、液相レー

レーザーアブレーションという液相中に置かれた固体表面にレーザー光を照射することで生成する高温のプラズマ状態を利用した手法について検討を進めた。その結果、高温・高硬度材料である炭化ホウ素ナノ粒子を室温大気圧条件下の有機溶媒中で合成することが可能であることを実験的に明らかにした。また、このようにして得られたナノ粒子表面はグラファイト層で被覆されており、これを利用した表面修飾が可能であることもわかった。

今後、開発した表面修飾ボロンナノ粒子を臨床応用へつなげていくために、基礎医学および臨床医学の研究者と共同で実験室内(in vitro)及び生体内(in vivo)での性能試験に取り組んでいく。そのために必要となるナノ粒子大量合成技術の確立についても検討を進めていく。本研究の成果は、新規中性子捕捉法用薬剤の開発と医療応用に役立つだけでなく、さまざまな難治療性腫瘍の治療への適用可能性拡大も期待できる。

<物質・材料基盤技術分野>

中6 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)

高レベル放射性廃棄物の地層処分設備に使用される耐食材料について、その腐食機構の解明と寿命予測を行うことで、処分地選定基準や安全評価の確立を目指す。特に海水流入のような過酷な腐食環境も想定して使用材料の耐食性を評価し、また、既存材料では耐食性が不十分であるような環境に対しては革新的耐食材料の適用検討を併せて行うものとする。これまで、地層処分設備の主体をなすコンクリート鉄筋の腐食評価では、インピーダンス法を用いて解析する手法を確立し、苛酷な地層環境として、海水流入および酸性土環境を対象として、地層処分環境に対して鉄筋の腐食機構を明らかとし、寿命評価手法を確立した。また、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として耐食指針を得つつある。さらに、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可能とした。今後は、環境因子(塩分、pH 等)のモニタリング技術を用いて腐食環境を詳細に解析し、これと材料の腐食状態とを関連させて機構を明らかとし、最終的に種々の環境における金属設備の腐食寿命評価を総合的に評価していく。

中7 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）

原型炉以降の核融合炉では、第一壁／ブランケット構造材料の内部で、中性子と材料構成原子の核変換反応によって生じた大量のヘリウムが結晶粒界に集積して、ヘリウム脆化と呼ばれる粒界脆化を引き起こすことが危惧されている。

本課題の目的は、先進構造材料である低放射化マルテンサイト鋼について、最も厳しい条件下で実験を行って、その耐高温ヘリウム脆化特性を評価することにある。このため本研究では、同鋼の核融合炉での想定最高使用温度（823 K）で、 α 線照射によって、ブランケット交換時期までに蓄積される量に匹敵する1000 ppmのヘリウムを注入し、同温度でこれまでにない長時間のクリープ試験を実施して、上記交換時期までのクリープ特性を外挿評価するとともに、脆化機構に関する知見を得ることを目指す。また、実験上の制約から必然的に微小となる照射試験片の実験結果から、実部材の特性を推定する方法を検討する。

ヘリウム注入実験では、今までに破断時間が約2000時間までのデータが得られている。この範囲内では、ヘリウムの導入によって破断時間の伸長が見られており、また最小クリープ速度の低下が観察されている。一方、破断伸びに関しては、ヘリウム注入材と比較材の間で有意な差は認められていない。更に破断面については、ヘリウムによる粒界破壊の誘発は皆無であった。このように、これまでのところ供試材は高温ヘリウム脆化に対して優れた耐性を示している。

クリープ特性に及ぼす試験片サイズの影響に関しては、JIS標準試験片と照射用微小試験片の特性比較を実施した。サイズの減少に伴って、破断強度、破断伸びとも減少する傾向にあり、特に破断伸びにおいて低下が著しかった。

中8 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）

イオンビームは学術研究から産業応用に至るまで、様々な性能を持つビームが実現されているが、共通に求められている技術的な課題は、ビーム発生効率等を向上させ、単位面積あたりおよび単位時間あたりのイオン数が多い（高電流密度）ビームを実現することである。そのためには、ビーム引き出し部で高い電流密度のイオン引き出しを実現することに加え、引き出されたイオンビームの発散を押さえることが重要である。

本研究では、低エネルギー領域において集束性の良い高電流密度のイオンビームを得ることが可能な技術を新規な空間電荷中和法を取り入れながら確立すること、及び炭素イオン源の開発を通じた固体元素由来のイオン源の技術を開

発することが目標である。

永久磁石を用いたカスプ磁場によって高密度のプラズマを閉じ込めるバケット型イオン源、電極、各種電源等を用いて、低エネルギー多種イオンビーム源を整備し、目標値である引き出し電流密度を達成することに既に成功した。空間電荷中和装置の組み上げと光電材料の探索を行っているとともに、更なる新規な電荷中和法を見出し原理試験を行っているところである。固体元素由来のイオン供給装置として、炭素プラズマ源のパルス運転に成功し、連続したパルス運転技術の開発を行っているところである。

今後、イオンビーム発散抑制による電流密度 10 mA/cm^2 (照射部) の達成、及び材料へのビーム照射試験、新規材料創製試験の実施という目標を達成するために、炭素イオンの引き出し実験とビーム性能の評価、及び当該多種イオンビームと各種材料等の相互作用を調べる実験を行う予定である。

中 9 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)

発電用原子炉の高経年化に伴い、原子炉の圧力容器等部材の放射線損傷を評価し、精度の高い寿命予測を行うことが、以前にも増して強く求められている。実機に挿入した試験片の分析や材料試験炉照射等による従来の手法では限界があることが次第に分かってきており、照射損傷形成過程の基礎的な理解に基づいた評価の必要性が高まっている。こうした背景の中で、従来の測定手法では困難であった照射誘起欠陥の生成から二次欠陥形成に至る動的挙動を評価するため、本研究では、カスケード損傷導入用のイオンビームと、空孔型欠陥測定用の陽電子ビームを金属材料に同時照射して、その場分析を行う複合ビーム分析装置を開発し、測定手法の確立を目指す。

これまでに、複合ビーム分析装置の設計と製作を行い、複合照射試料室、陽電子ビームパルス化電極、イオンビームパルス化電極部分のビームラインの据付を終えた。さらに、複合ビーム分析の模擬実験として、小型イオンガンを従来型の陽電子ビームラインに一時的に取り付けてイオン照射中の陽電子寿命測定を試み、本方式の有効性を確認するとともに、純 Fe 及び純 Ni をモデル試料としてイオン照射終了後に陽電子計測を行い、これら 2 種類の材料に対して、開発中の装置で必要な実験条件が得られることを確認した。また、モデル試料に対する照射実験において、イオンの飛程より深くに広がる損傷分布や、イオンビームのパルス照射と定常照射で損傷状態に差が見られるなど、欠陥の動的挙動の重要性を示唆する実験データが得られた。

中 1 0 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）

核融合炉や原子炉、放射光施設、宇宙等の放射線環境、高温環境等の極限環境下において、劣化の起こらない耐性のある放射線検出器が求められている。しかし、従来のシリコン半導体等を用いた検出器は、このような環境下では劣化により機能しない。その中で、バンドギャップが大きいことや高い熱伝導度を有する等、優れた物性を有するダイヤモンドは当該目的に最も適合が期待できる材料であるが、実際には期待の検出性能が得られていないのが現状である。本研究では、ダイヤモンドの結晶品質や電極界面構造の観点からその原因を探ると共に、高品質なダイヤモンド結晶成長法、表面・界面構造制御法の開発を行うことにより、実用に資する性能を有するダイヤモンド放射線検出器の実現に向けた指針を得ることを目的とする。

これまで、ダイヤモンド薄膜成長前の基板の前処理法の検討を行い、基板面方位と研磨方向の間の角度差が、高品質なダイヤモンド単結晶薄膜を成長させる上で重要なパラメタのひとつであることを見出した。さらに、装置を改良することにより、原料プラズマの集中を実現し、高品質なダイヤモンドを高速で成長させることに関しての足がかりを得た。今後は、より詳細な結晶品質評価を行いながら、成長速度と結晶性をより高め、理想的な素子を形成するために必要な指針を得る計画である。

中 1 1 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）

原子炉の高効率・高熱出力運転や高速増殖炉の熱設計・管理の高度化のためには信頼性の高い燃料融点の情報整備が必要である。そのため本研究では、原子燃料融点の高精度測定技術の開発を UO_2 の融点を超える 2900°C まで行い、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ことを目的とする（目標不確かさ：5 K）。

これまでに(1)SI 単位トレーサブルな高精度温度目盛設定技術の開発として、新たに温度目盛の参照点となる金属炭化物-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) 包晶定点のグラファイトセル (2749°C) は、融点の短期繰り返し性が現在の国家標準の最高温度である 2500°C における不確かさよりも一桁以上良く、複数のセル間の温度値の一致や長期安定性の評価を通じて、 2900°C で不確かさ 0.5 K を達成するために十分な性能があることを実証した。(2)原子燃料融点の高精度測定技術の確立のため、金属セルを加熱するための誘導加熱炉を開発し、 3000°C 以上まで昇温可能なことを実証した。さ

らに酸化物融点測定に使われる金属セルと同じタングステン（W）セルを用いた W-C 系定点を実現し、原子燃料融点の高精度測定に不可欠な in situ 校正技術の新しい原理を実証した。

今後、融点測定装置内での温度計 in situ 校正技術を確立し、JAEA との連携により UO_2 融点を測定し、目標不確かさ 5 K の達成を目指す。

<システム基盤技術分野>

中 1 2 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）

原子力関連施設における化学安全の知識の欠如による事故などの再発防止のためには、化学プラントで実施されているリスク評価を行うことが有効である。化学プラントのリスク評価では、現場作業員から安全管理者までの関連作業員がいろいろな視点からリスクの洗い出しを行うことが必要とされており、また、原子力関連施設では特に現場作業員の安全意識の向上が一つの課題とされている。そこで、原子力関連施設における化学災害の防止のためには、様々な職種に従事者が、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。

事前評価での「事故の本質を理解させるシステムの開発に期待」とのコメントを受け、化学災害、高圧ガス災害、労働災害の専門家に加え、原子力安全、特にヒューマンファクタの専門家からなるアドバイザリ委員会でシステムのあり方について議論していただき、「いかにユーザに考えさせるか」を主眼に置いた E ラーニングシステムの構築を行い、単に事故事例を学ぶだけではなく、事故原因を考えさせるような工夫をした。同じく事前評価で「事業者に実際に使って貰い、磨きをかける」とのコメントを受け、3年間で E ラーニングシステム試作版の完成を目標として、原子力関連施設での現地調査および意見交換を行い、当初目標としていた安全意識の向上に役立つものができつつある。

中 1 3 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）

本研究は、放射性物質輸送容器に対する遮蔽安全設計の安全審査の一層の合

理化を図るため、モンテカルロ法を用いた遮蔽評価手法の輸送容器への適用性を明らかにし、安全審査に適用するにあたって解決すべき計算結果の妥当性判断の基準の考え方、計算に使用する仮想検出器及び分散低減法の設定方法等について詳細な検討を行い、輸送容器に対するモンテカルロ遮蔽評価手法のガイドラインを策定することを目的としている。

輸送容器の遮蔽構造を1次元体系及びモックアップ試験体により模擬し、放射線透過試験を行った。この測定結果を、遮蔽解析結果と比較することにより、単純な遮蔽形状部及び複雑形状部の両者においてモンテカルロ法が十分適用可能であることを明らかにした。また、遮蔽解析の結果、輸送容器体系においては、エネルギーと空間に依存する重みづけを行うことにより、計算結果の分散が低減されることを明らかにした。従来、この重みづけは解析者の経験に基づき設定されていたため、科学的根拠に基づく重みづけが自動的に設定できるコードを開発した。開発したコードを用いることにより、計算時間及び計算精度は経験に基づく方法と比較して5倍程度改善された。

さらに、使用済燃料が装荷された実機輸送容器の放射線測定を行い、線量当量率分布及びエネルギースペクトルを取得した。今後は、今までに得られた測定結果を用い、モンテカルロ法による解析手法、計算結果の収束判定及び統計誤差の取扱いについて詳細に検討を行い、モンテカルロ法による輸送容器遮蔽評価手法のガイドラインを作成する予定である。

平成 21 年度継続課題の中間評価結果一覧

生体・環境基盤技術分野（6月1日ヒアリング実施）

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 1	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所	γ線照射を利用した高分子分解速度制御型タンパク質放出制御剤の調製法の開発とその評価に関する研究	B
中 2	厚生労働省	国立循環器病センター	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
中 3	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	アポミクシスの解明に向けた倍数性作物における放射線巨大欠失変異利用技術の開発	B
中 4	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
中 5	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

物質・材料基盤技術分野（6月8、9日ヒアリング実施）

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 6	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
中 7	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	A
中 8	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	A
中 9	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	B
中 10	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	B
中 11	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（6月22日ヒアリング実施）

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 12	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
中 13	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

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名： γ 線照射を利用した高分子分解速度制御型タンパク質放出制御製剤の調製法の開発とその評価に関する研究（国立医薬品食品衛生研究所）（4年計画の3年目）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	これまでの原子力試験研究により、タンパク質を医薬品として利用する上で解決する必要がある「製剤化の時や患者が使用するまでの保存期間に医薬品の品質が変化する」という課題を、 γ 線照射を利用し、デキストランなどのゲルの網目にタンパク質を1分子ずつ閉じ込めたゲルマイクロスフェア製剤により解決する方法を確立した。本研究においては、このゲルマイクロスフェア製剤にタンパク質の放出制御能を付与することにより、タンパク質を医薬品として利用する上で解決する必要がある「分子サイズが大きいため放出速度を制御することが困難である」というもう一つの課題を解決できる製剤化法を開発することを目的とする。具体的にはゲルを形成する高分子を分解する酵素を共存させることおよび加水分解しやすい結合によってゲルの架橋を行うことによって、タンパク質の放出制御を行う方法を開発する。それによって、放射線照射の有効利用につなげる。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	4年計画の2年終了時点における成果である。 γ 線照射による「デキストラン」のゲル化とモデルタンパク質「ガラクトシダーゼ」の閉じ込めの最適化について検討を行った。デキストラン分解酵素をゲル化の際に導入することで、ガラクトシダーゼの放出を制御することが可能になった。また、メタクリル酸で炭酸エステル結合を導入したゲルを作ることによる放出制御も可能となり、当初予定していた成果は得られた。副次的な成果としては、ゲル化剤として「ヒドロキシエチルスターチ」について検討したところ、デキストランよりガラクトシダーゼ活性を長期間、安定に維持することがわかり、タンパク質をより安定化する高分子としてヒドロキシエチルスターチを利用できる可能性がでてきた。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	タンパク質医薬品をゲルの網目に閉じ込めることで保存期間中の「安定性」を確保し、ゲルに「制御放出能力」を付与することで利用性を高めることを目的としている。医療への貢献が期待でき、ゲル化に γ 線照射を利用することから原子力試験研究としては妥当と判断される。 ゲル閉じ込めによるタンパク質の安定性確保の検討は、ゲル化剤「デキストラン」とモデルタンパク質「 β -ガラクトシダーゼ」で行なう。制御放出能力の検討は、デキストラン分解酵素「デキストラナーゼ」の添加による方法と「メタクリル酸」でゲル構造へ炭酸エステル結合を付加することによる加水分解性の導入で行なう。設定した目的を達成するために、これらの方法について検討を行うことは妥当と判断される。 研究費用は概ね妥当であるが、より効率的な使用に配慮してほしい。 β -ガラクトシダーゼの放出は γ 線照射線量に依存するゲルの網目構造の発達に関係することが明らかになった。分解酵素の添加及び炭酸エステル結合のゲルへの導入は β -ガラクトシダーゼ放出を制御する方法として有効であることがわかった。酵素添加量とエステル導入量を変えることで放出時間を制御することができる。化学重合による従来のゲル化方法に比べ、 γ 線照射法はゲル化が均一に進行するので γ 線照射が制御放出には有効であることなど、一定の進捗が見られている。 変異原性試験などの安全性の検討については共同研究体制の拡大が望ましい。論文発表による一層の成果の公表を期待する。熱刺激脱分極電流測定法の提案など研究者の能力は十分にあるものと思われることから、継続を是とする。
4. その他	ガラクトシダーゼと分子量が異なるタンパク質について、本手法の適応性について検討が必要であろう。閉じ込めたタンパク質の保存期間中における変質を含め、変異原性試験などの実用化を睨んだ安全性に関する検討が今後は必要である。実用化のために必要な検討事項を明確化して研究を進めることが求められる。 事前評価：A
5. 総合評価	A (B) C
評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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 (5年計画の3年目) (国立循環器病センター)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	生理活性ペプチドや疾患関連タンパクのインビボイメージングを行い、これらの機能の特定と生体ホメオスタシスにおける情報伝達プロセスの可視化を可能にするような基盤技術を開発する。① ペプチド・タンパクの芳香環を、選択的に ¹²³ Iで標識する基盤技術とこれを実現する合成装置を開発する。担体を混入させない方法を採用することで、極めて高い比放射能での標識を実現する。② ¹²³ I標識したペプチド・タンパクの体内動態を、高解像度で、かつ定量的に観察・解析するシステムを開発する。高解像度MRI形態画像との融合技術を導入することで、全身各臓器におけるペプチド・タンパクの受容体分布と、過渡的な変化をイメージング評価する方法を確立する。これらにより、全身の情報伝達や生体反応伝播のメカニズム、抗原抗体反応、受容体結合反応に代表されるタンパク＝タンパク、タンパク＝ペプチド相互作用の機序の解明を可能にする。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・生理活性ペプチドの自動¹²³I標識法を確立し、高比放射能標識が可能になった。ピンホールSPECTを用いた高解像度¹²³Iイメージングによって標識ペプチド・タンパクの実験小動物体内における動態を生きたまま観察することに成功した。また、MRI画像とSPECTイメージの高精度融合画像処理システムにおいても計画通りの成果を得た。 ・視野欠損を補償する新規画像再構成プログラムを実用化した。また、分解されたペプチドの肝臓への集積など蛍光標識観察では認められなかった局所ごとの動態観察ができ、臓器間の物質移動の定量的評価が生きたままでも可能であることを明らかにしたことは副次的な成果である。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> ・生理活性ペプチドの体内動態を生きたままイメージングすることは、生体の機能評価等を行うための基盤技術であり、それを目的・目標に設定したことは妥当である。 ・適切な研究計画を設定しており、妥当である。 ・高額な機器類を要する研究であり、研究の進展とともに研究費が増加するのも妥当と考えられる。 ・当初計画のとおり研究が進み、さらに当初の計画にはなかった成果も得られている。 ・国内外の研究者と十分な研究交流が行われている。 ・十分である。 ・本研究を継続して成果を論文にどしどし発表すべきである。
4. その他	事前評価：A
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名： 嶋 昭紘	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名： アポミクシスの解明に向けた倍数性作物における放射線巨大欠失変異利用技術の開発 (4年計画の3年目) (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>本課題は、アポミクシス（無性的な胚発生によるクローン種子形成）により増殖するイネ科牧草ギニアグラスを研究材料に、放射線によって引き起こされる数百 Kb～数 Mb 規模の巨大欠失突然変異を利用した遺伝子解析・育種を行うための基盤的技術を高倍数性・非モデル植物において開発することを目的としたものである。そのモデルケースとしてアポミクシスを取り上げ、その遺伝子単離に放射線突然変異を応用することも本課題の目的としている。</p> <p>中間評価時までの目標としては以下が掲げられている。</p> <p>(1)ギニアグラスにおけるガンマ線やイオンビーム照射の至適線量の推定 (2)ガンマ線照射個体におけるアポミクシス遺伝子領域での巨大欠失の検出と欠失位置・サイズの推定</p>
2. 中間段階での成果 ・ 当初予定の成果 ・ 副次的な成果	<p>当初予定していたギニアグラスにおける放射線照射の至適線量の推定について、ガンマ線照射についてはほぼ想定通りの成果を得たと評価できるが、イオンビームについては全く成果が上がっていない。しかし、ガンマ線照射により得られた突然変異株の遺伝子解析は詳細に検討されており、アポミクシス遺伝子近傍領域の54個のマーカー遺伝子の消失による変異検定では3系統の巨大欠失が認められた。</p> <p>当初想定していなかったが副次的に得られた成果として、上記マーカーが7個欠失している1系統でアポミクシス特異的染色体上の組換えホットスポット領域が消失していることを発見し、組換え抑制のメカニズム解明のツールとして利用できる可能性を示した。</p> <p>中間評価の段階で、これらの成果についての研究発表が十分に行われたとは認められない。ライフスパンの長い作物が研究対象であったとしても、何らかの対策が必要である。</p>
3. 中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注1] ・ 研究計画設定の妥当性[注1] ・ 研究費用の妥当性[注1] ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 ・ 継続の是非	<p>アポミクシスによるクローン種子生産をコメやトウモロコシなどのイネ科作物で行おうとする研究開発の目的や目標については、極めて挑戦的で未来志向型であると判定できる。ところが、中間段階までの成果ではギニアグラスが研究ツールとして最適であるとは断定できないので、研究計画設定の妥当性が疑われる面もある。</p> <p>ガンマ線照射とイオンビーム照射では染色体遺伝子に与える損傷機構が全く異なることが最近の研究によって明らかになっている。それらの研究報告によれば、適切なイオンビーム照射は容易にDNA二重鎖切断に伴った巨大欠失を生ずるとされている。アポミクシス遺伝子領域の巨大欠失突然変異を目指す本研究にとっては、その条件を徹底的に検討することが根本的な姿勢として求められるはずである。すなわち、巨大欠失突然変異の発生頻度調査についてはギニアグラスにとらわれる必要はなく、モデル植物としてのイネを使用したガンマ線とイオンビームの効果比較を早急に行うべきであろう。</p> <p>本課題は周辺研究領域との多角的な情報交換が必要であるにもかかわらず、そのような努力が不足している印象を受ける。研究担当者達は、ギニアグラスについての専門知識や圃場体験は持ち合わせているが、一般的な作物育種に関する展望や理解が十分に備わっているとは認めがたい。今後は一層の努力により実質的な研究交流を深め、アポミクシスの解明と放射線新技術の開発を目指すべきである。</p> <p>本課題は、遺伝子解析に精通した分子生物学研究者と、圃場栽培管理の専門家により分担されており、両者の研究遂行能力は十分に高いと判断される。</p> <p>以上のことから、本研究は今後も継続する必要性が高いと考えられる。</p>
4. その他	事前評価：A
5. 総合評価	A ② C
評価責任者職位・氏名： 嶋 昭紘	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名： アレルゲン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 (5年計画の3年目) (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構)	
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、アレルゲンタンパク質や脂質、機能性成分等に対する放射線照射の影響を解析する。 これによりアレルゲン性の変動や調理毒（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. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	主にダイズをモデルとして用い、3項目を中間評価までの達成目標としている。 (1) 放射線化学作用によるダイズ中の既存アレルゲン性タンパク質の抗原性への影響を明らかにする。 (2) アレルゲン性タンパク質の新規誘導の可能性について、ダイズやトマト果実を対象に遺伝子発現、タンパク質レベル変動の両面からの評価系を構築する。 (3) 放射線分解生成物（トランス脂肪酸、2-アルキルシクロブタノン等）の放射線照射による生成効率や貯蔵安定性を明らかにするための、線量依存性及び測定系を確立する。 <当初予定の成果> 目標（1）：ダイズ中の既存アレルゲン性タンパク質の抗原性は、10kGyまでのガンマ線照射によって増加しないことをウエスタンブロット、競合ELISAにより確認した。 目標（2）：殺虫・殺菌線量の照射はトマト果実の遺伝子発現を介したアレルゲン性の増加を誘発しないことを確認した。ダイズでは確認されていない。 目標（3）：乾燥ダイズを主な対象として、トランス脂肪酸の測定法を確立し、照射による生成量は10kGyでも乳製品や肉類の天然存在量にくらべて十分小さいことを確認した。2-アルキルシクロブタノン類は非照射試料では検出されないが、照射によって線量依存的に含量が増加することを確認した。 <副次的な成果> 殺菌線量のガンマ線照射は、せり科香辛料のアレルゲン性を増加させないことを、アレルギー患者血清によるイムノブロット結果によって明らかにした。ダイズ汎アレルゲンGlym4の抗体作成に成功した。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<目的・目標の設定>：本研究で設定した食品の安全性評価における放射線照射によるアレルゲンと放射線分解生成物（トランス脂肪酸、2-アルキルシクロブタノン等）の動態解明は、わが国の社会的、科学的背景から見て妥当なものである。 <研究計画設定>：免疫化学的手法および化学分析技術を用いた研究計画で一定の成果が見られ、今後の計画の新規アレルゲンの解析に遺伝子工学的アプローチを取り入れているのも妥当と思われる。ただし、中間段階までに到達目標を達成出来なかった項目についての計画が不十分と思われる。 <研究費用>：消耗品・抗体作成経費、施設の安全管理に費用などほぼ妥当と思われる。 <研究の進捗状況>：中間評価までの達成目標のうち、目標（1）、（3）はほぼ達成している。目標（2）の遺伝子発現を介したアレルゲン性の増加誘発に関しては、トマト果実ではアレルゲン性の増加誘発が見られないことを確認しているが、おもな対象であるダイズに関しては達成していない。論文発表に関しても、トマト果実のアレルゲン性の増加誘発に関する論文1編が印刷中であるが、他には見られない。 <研究交流>：国内・海外との研究者との交流、国際学会での発表を通じた情報交換は妥当と思われる。 <研究者の研究能力>：充分と思われる。 <継続の是非>：本研究目標はわが国の社会的、科学的背景から見て妥当なもので、目標達成の研究計画も妥当と思われる。研究成果も中間段階の到達目標をほぼ達成しているが、そのうち達成できていない重要な項目があることにも注意する必要がある。この点に留意して、目標をはずれない研究が期待される。
4. その他	ダイズアレルギー患者血清を用いるアレルゲン性増加誘発の確認に留意することも重要と思われる。食品の安全性で重要な発がん性に関して、放射線線量依存的に増加することが確認された2-アルキルシクロブタノン類の変異原性だけでも調べることも必要ではないか。事前評価：A
5. 総合評価	B

評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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 (5年計画の3年目) (独立行政法人産業技術総合研究所)	
項目	要約
1. 当初の目的・目標	<p>ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) による脳腫瘍治療用に新規の臨床応用可能な腫瘍選択性表面修飾ホウ素ナノ粒子薬剤の開発及びその <i>in vitro</i>, <i>in vivo</i> 性能評価について以下の研究を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・液相レーザーアブレーション法によるホウ素ナノ粒子調製の最適条件の探索 ・ホウ素ナノ粒子の中性子捕捉に最適なサイズと構造の評価及びその安定性の評価 ・腫瘍細胞に特異的に集積できるようなホウ素ナノ粒子の表面修飾技術の確立 ・表面修飾ホウ素ナノ粒子の <i>in vitro</i>, <i>in vivo</i> 試験による有効性の評価
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・種々の条件下で水中に懸濁させた不定形ホウ素粒子にレーザー照射を行い、溶解を経て球形のホウ素粒子が室温・大気圧下で生成する最適条件を見い出した。しかし、大量のホウ酸が副生して効率が悪く実用において問題があることも判明した。 ・不定形ホウ素粒子を有機溶媒に懸濁させてレーザー照射を種々の条件で行い、炭化ホウ素が高収率で生成しホウ酸の副生が殆ど無い方法・条件を明らかにした。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> ・ホウ素中性子捕捉療法の有効性が明らかになってきており、高濃度のホウ素を含むナノ粒子の製造を目指す本研究の目的・目標は時代のニーズにマッチしており妥当である。 ・当初予定の水中照射法に問題があることが判明するやいなや、問題が生じた原因と対策を基本に立ち返って明らかにして有機溶媒中照射法を考案しており、このような柔軟性のある研究計画は妥当である。 ・設定した目的・目標および研究計画に沿って優れた成果を挙げており、妥当である。 ・順調に進捗している。 ・ナノテク研究から臨床医療にわたる研究者群でバランスよく研究チームを構成している上に、今後の試験や展開を志向した研究交流を積極的に行うことにより、良い効果が現れ良い成果を生んでいる。 ・一流の研究者で材料研究から臨床医療にわたる研究チームを構成しており、高い研究能力を有している。論文、特許、海外での招待講演、受賞などの実績も多い。 ・実用化の可能性が高いので、継続すべきである。
4. その他	<p>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。</p> <p>事前評価：A</p>
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名： 嶋 昭紘	

[注1] 外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<ul style="list-style-type: none"> 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に関して、海水流入環境（島、海岸地域）及び火山土壌環境（酸性土）も対象とした幅広い地層処分環境における鉄筋の腐食機構を解明し腐食寿命を評価する。さらに、これら苛酷な地層環境に耐える革新的耐食材料鉄筋を創製してその耐食性を明らかにし、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。 放射性廃棄物の金属容器（オーバーパック）について、苛酷な地層環境に対応するチタン合金の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機構を明らかにし、腐食寿命評価を行う。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> 当初予定の成果： <ol style="list-style-type: none"> (1)地層処分施設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をインピーダンス法を用いて評価する手法を確立した。 (2)海水流入及び火山土壌環境を対象とした苛酷な地層処分環境に対する腐食機構を検討し腐食寿命手法を明らかにした。 (3)革新的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、その高耐食性を明らかにし、耐食指針を得た。 (4)放射性廃棄物金属容器については、Mo添加Ti合金を適用し、高温、高塩分、低pHの苛酷な環境における隙間腐食性が優れていることを示した。 副次的な成果： <ol style="list-style-type: none"> (1)鉄筋コンクリート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及びpHの詳細な変化を測定する技術の確立に成功し、モニタリングを可能にした。 (2)Mo添加Ti合金については溶接熱影響部の組織も十分な耐食性を確保することを確認し、溶接を前提とした総合的な耐食指針を得ることができた。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> 目的・目標の設定の妥当性：放射性廃棄物の地層処分設備の安全性及び信頼性に関わる研究で、国の研究開発方針にも合致した欠かすことのできない研究である。原子力試験研究としては是非必要な研究計画で、目的・目標は妥当である。 研究計画設定の妥当性：海水流入を考慮した処分地環境における材料腐食の研究は極めて少ない。また、鉄筋コンクリート中の鉄筋の腐食機構については殆どわかっていないのが現状である。こうした背景から、コンクリート鉄筋及び金属容器材料について、腐食の機構及び寿命支配因子を解明し、寿命予測技術を確立する計画、さらに新規の耐食材料についても創製して検討する研究計画設定は妥当と考える。 研究費用の妥当性：ほぼ研究予算として妥当である。 研究の進捗状況：中間目標迄の成果は予定通り得られている。今後はより実環境を意識した腐食形態とそれに対する寿命評価に重点をおいて研究し成果を出すことを期待する。 研究交流：日本原子力研究開発機構と交流を持ち研究推進している。しかし、この分野では、外国が先行研究しているので、欧米の寿命評価研究者との交流もより必要である。 研究者の研究能力：国際レベルの材料・腐食研究者であり、研究能力は十分にある。 研究実施の是非：我が国の放射性廃棄物地層処分設備の耐食性寿命評価研究は安全性上極めて重要であるにもかかわらず、日本では遅れており、より加速する必要がある。今後、基礎研究から実模擬研究に重点化し、是非研究を継続し、早急に腐食寿命の律速因子と腐食形態を明確化し、寿命評価につなげていただきたい。
4. その他	原子力学会での発信も心がけてほしい。インピーダンス法の特色とともに限界についても留意すること。
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名：阿部勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	核融合炉原型炉以降を目指して開発されている低放射化フェライト鋼等の先進構造材料の高温ヘリウム脆化に対する耐性を、想定される厳しい条件に対応する実験により調べることを目的とする。原型炉での最大蓄積量に匹敵する高濃度ヘリウム(～1000 appm)を導入した試験片を用いて、破断時間1年までのクリープ試験を実施し、ブランケット交換時期までのクリープ特性を予測する。また、粒界ヘリウム気泡に主眼をおいて破断試験片の微細組織観察を行い、脆化機構の解明と材料寿命予測に有用な知見を得る。更に、今までほとんど行われていない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推定する手法について検討する。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 代表的な先進構造材料である低放射化フェライト鋼 (F82H鋼) に対して、想定最高使用温度(823 K)でα線を照射して約 1000 appm のヘリウムを注入した後、同温度で種々の応力下でクリープ試験を実施した。現在までに得られた破断時間約2000時間までの範囲では、むしろ安全側に破断時間の増加、最小クリープ速度の低下が認められた。また、破断伸びに変化はなく、ヘリウムによる粒界脆化の誘発もなかった。一方、クリープ特性に及ぼす試験片サイズ効果に関して、厚みの異なる微小試験片及びJ I S試験片のクリープ試験結果を比較して、試験片サイズが小さくなるにつれて、破断時間、伸びとも減少することを見出した。 ・副次的な成果 結晶粒度の異なる微小試験片についてクリープ試験を行い、細粒化が進むほど破断伸びが増加することなどを明らかにした。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 核融合炉の開発において低放射化構造材料の開発・評価は最重要課題の一つに数えられている。中でも核融合炉では発生する核変換ヘリウムが核分裂炉に比べて多く、これに対する対策の確立が急務である。従って、軽イオン照射を活用して、基本的なクリープ特性について問題解決を目指す本研究の目的・目標の設定は妥当である。 ・研究計画設定の妥当性 ブランケット交換時期までの実部材のクリープ特性を推定するという最終目的に向けて、年次計画が設定されている。 ・研究費用の妥当性 イオン加速器を有効に利用する計画で妥当である。 ・研究の進捗状況 ほぼ予定どおりに進んでいると判断される。 ・研究交流 核融合炉先進構造材料開発を全日本的に進める活動に参加し、原子力機構や大学等と積極的な研究交流を行っている。 ・研究者の能力 軽イオン照射やヘリウム脆化問題を中心とした照射損傷研究において、十分な実績と研究能力を有している。 ・継続の是非 高濃度ヘリウム含有材について本格的にクリープ特性評価を行う研究であり、是非継続すべきである。
4. その他	機構の材料照射サイクロトロン施設は長時間照射が可能であり、種々の力学特性試験装置、組織観察・分析機器を有する世界でも特色ある施設であり、有効に活用して原型炉設計に有用な成果を得てほしい。解析による外挿手法も必要と考えられる。
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名：阿部勝憲	

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>集束性の良い高電流密度の低エネルギーイオンビームを得ることが可能な技術を確立すること、及び新規材料創製のため炭素イオン源の開発を通して固体元素由来のイオンビーム等多種イオンビーム引き出し技術を開発することを目的としている。</p> <p>中間評価までの目標：</p> <p>1) ビーム引き出し電極部で引き出し電流密度1 mA/cm²程度（300 eV以下）、及び引き出し電流60 mA程度を達成すること。 2) 炭素プラズマ源のパルス運転技術を開発し、イオン源内で10¹⁰ cm⁻³程度の炭素イオン密度を達成すること。 3) 光電子計測システムを立ち上げ、電極に最適な光電材料の探索を試みること。 4) 高パワー密度（100 MW/m²以上）のイオンビームを材料に照射し、材料表面の影響を評価すること。</p>
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>・当初予定の成果</p> <p>1) 低エネルギーイオンビーム源開発を行い、目標を超える電流密度(6 mA/cm²以上)、電流(200 mA以上)を200 eVにすることに成功している。 2) 炭素プラズマ源の開発では目標への到達に成功していないが、パルス運転技術を開発し、目標値である炭素イオン密度(10¹⁰ cm⁻³程度)を達成する指針を得ている。 3) 電子付加によるイオンビーム電荷中和法の開発において、熱電子と光電子をも用いる手法を研究した結果、シリコンドーピングGaAsが最も光電子を放出することを見いだしている。また、材料表面の不純物をとるための放電洗浄効果の知見を得ている。 4) イオンビーム照射試験では、炉壁候補材料であるタングステンにヘリウムイオンビームを照射すると多数の孔が表面全体に生成され、極めて深刻な損傷を与えることを見いだしている。</p> <p>・副次的な成果</p> <p>1) 低エネルギーイオンビーム源の開発として、高エネルギービーム実験において連続パルス運転に成功している。 2) プラズマ源開発では、連続的なパルス炭素プラズマ生成の兆候を確認している。 3) イオンビーム照射試験において、材料にパルス照射することで表面温度の上昇が抑えられ、損傷が大幅に減少するという情報が得られている。</p>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>・目的・目標の設定の妥当性</p> <p>本研究で行われるイオンビーム技術ならびに新材料開発は、原子力基盤研究として目的・目標は妥当である。</p> <p>・研究計画設定の妥当性</p> <p>研究計画で設定している目標値は、実用レベルにも十分であり、さらに成果をあげることが期待したい。</p> <p>・研究費用の妥当性</p> <p>充分と考えられる。</p> <p>・研究の進捗状況</p> <p>中間評価までの目標値をほぼ達成しており、順調に研究が進展している</p> <p>・研究交流。</p> <p>研究協力者の中に多くの大学関係者が入っており、十分に研究交流が行われていると推察される。</p> <p>・研究者の研究能力</p> <p>研究者はこの分野で着実に実績を上げており、研究能力は十分と考える。</p> <p>・継続の是非</p> <p>さらなる技術開発の進展を図り、システム開発で特色を出す必要がある。また、応用研究である材料照射の分野と区別して成果を出していただきたい。連続的なパルス炭素プラズマ生成の研究では、結晶を作製するなどの成果を期待したい。研究目的・目標に問題なく、是非継続すべき課題である。</p>
4. その他	
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名： 阿部勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>発電用原子炉の高経年化に伴い、中性子照射下の部材の損傷蓄積過程を評価し、寿命を精度良く予測することが、以前にも増して求められている。従来の経験的な手法の限界が明らかになってきており、照射損傷の基礎的な理解に基づいた評価手法の必要性が高まっている。本研究は金属材料中に生じる照射誘起欠陥の動的挙動を調べるため、イオンビーム照射を行いながら、照射中の欠陥の状態を陽電子ビームを用いて同時分析できるイオン・陽電子複合ビーム分析技術の開発を目的とする。従来、多くの場合、照射中の結果状態は照射後試料の分析結果から類推するしかなかったが、本研究の手法では、照射中や照射直後の欠陥の状態や変化を直接調べる事が可能になる。</p>
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>・当初予定の成果： 複合ビーム分析装置の仕様を決定し設計を行った。設計に基づき必要な装置各部位の製作を行い、複合照射試料室、陽電子ビームパルス化電極、イオンビームパルス化電極について、据付を終えた。複合ビーム分析の模擬実験として、純Fe及び純Niの2種類のモデル試料に対してイオンビーム照射を行い、照射終了後に陽電子ドプラー拡がり測定と陽電子寿命測定を行い、複合ビーム分析装置の仕様の範囲で測定が可能である事を示した。</p> <p>・副次的な成果： 照射後試料の陽電子計測において、計算で求めたイオンビームの損傷層よりも深いところまで損傷が広がっていることを示す結果が得られ、空孔型欠陥の拡散を示唆した。</p>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>・目的・目標の設定の妥当性 原子力発電の重要性が高まっており、一方で発電用原子炉の高経年化は進行している。このため、本研究の重要性は増しており、発電用原子炉の照射損傷の状態や変化に関連する現象を動的に調べることを可能とする本研究の目的・目標の設定は妥当である。</p> <p>・研究計画設定の妥当性 複合ビーム分析手法を開発するという本研究の計画設定については妥当である。</p> <p>・研究費用の妥当性 研究費用は概ね妥当である。</p> <p>・研究の進捗状況 当初の計画通りの成果に加え、副次的な成果も得られている。</p> <p>・研究交流 研究交流先は研究提案時より増えており、外部研究機関と協力しながら実施されている。</p> <p>・研究者の研究能力 研究者は小型電子加速器の開発、その高品質ビームを用いた物質の微視的構造の計測技術の開発を行ってきており、本研究推進に必要な十分の研究能力を持っている。</p> <p>・継続の是非 動的評価と複合ビーム技術開発という当初のねらいに沿って、継続すべき課題である。</p>
4. その他	産業技術総合研究所の陽電子ビーム技術の蓄積を活かせばより効果的であろう。
5. 総合評価	B
評価責任者職位・氏名： 阿部勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名 ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基盤的研究（産業技術総合研究所）	
項目	要約
1. 当初の目的・目標	<p>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を有する、ダイヤモンド放射線検出器の開発を目指し、この基盤技術の確立を行う。</p> <p>高品質性と高速性を兼ね備えた、プラズマCVD法による単結晶ダイヤモンド薄膜の成長技術や最適電極界面構造の実現に目処をつける。高品質化のために、検出器としての性能を決定する因子のひとつである、キャリアトラップ（分極効果）現象の解明しながら、実用性能を有するダイヤモンド放射線検出器実現に向けた指針を得ることを目的とする。</p>
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当初予定の成果 高品質性と高速性を兼ね備えた成長条件を実現するための装置開発に一定の目処をつけ、実際にメタン高濃度条件下で、従来法より大幅に高い成長速度と高結晶品質を両立した単結晶ダイヤモンド薄膜の形成に成功した。また、種基板結晶面に対して、あらかじめ〈001〉方向を3度オフに傾けて研磨処理を施すことで、表面平坦な高品質単結晶薄膜が形成し得ることを見出した。さらに電極として導電性の高濃度ボロン含有ダイヤモンド層の形成の有効性を明らかにした。 ・ 副次的な成果 150 μm程度の厚さの単結晶厚膜の形成に予備的に成功した他、新規のダイヤモンド薄膜・基板分離技術を開発し、それらを組み合わせ、単結晶自立板の形成に成功した。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的・目標の設定の妥当性 高品質性と高速性を兼ね備えたダイヤモンド単結晶薄膜成長技術や電極形成技術の開発、高品質化実現のためのキャリアトラップ現象の解明は、ダイヤモンド放射線検出器の実現に目処をつけるために必要不可欠な基盤技術であり、妥当な目標である。 ・ 研究計画設定の妥当性 これまで装置改良や最適成長条件の探索を行い、一定の結晶品質を保ちながら高速でダイヤモンド薄膜を成長させることに成功しており、妥当な計画である。 ・ 研究費用の妥当性 研究期間の後半では、各種結晶性評価装置類を適用するなど成長条件と結晶性・検出器性能等のさらなる有機的フィードバックを行うことにより進展が期待できる。また、そのための研究費は妥当である。 ・ 研究の進捗状況 当初の成果が得られているのに加えて、副次的成果も出てきている。 ・ 研究交流 放射線検出器の専門家とも共同研究が進められており、研究交流は十分である。 ・ 研究者の研究能力 外部発信数も加味すると、研究者の研究能力は十分と判断できる。 ・ 継続の是非 着実に成果をあげており、今後の研究成果に対する国内外からの期待は大きい。また、当所が掲げるミッションの一つ「ナノスケールデバイスを構成する微小部品の作製及び操作技術の開発」に対応する研究であり、継続すべきである。
4. その他	<p>ダイヤモンド膜開発に関しては着実に進展している。この放射線検出器応用に関する定量的な適応性の検討及びその評価が必要である。この意味において、より一層活発な交流が望まれ、他研究との比較も必要である。</p>
5. 総合評価	B
評価責任者職位・氏名：阿部勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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）	
項目	要約
1. 当初の目的・目標	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、提案者が培ってきた高精度温度定点技術、高温炉技術、高精度放射測定技術を基盤に、1) 温度測定の基準となるSIトレーサブルな高精度温度目盛り設定技術の開発をUO ₂ の融点を超える2900℃まで行う。（目標不確かさ：0.5K）2) 2900℃まで使用可能な融点測定用高温炉技術を開発し、酸化物融点温度の精密計測技術を確立すると共に、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：5K）
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 金属炭化物一炭素包晶定点技術を用いて、国際温度目盛り設定不確かさに比べて、一桁以上良好な融点の短期繰り返し性を有する炭化タングステン一炭素(WC-C)包晶定点セル(2749℃)を開発すると共に、セル間の温度値の一致性、長期安定性等の評価を通じて、2900℃で不確かさ0.5Kを達成できること、および、3300℃程度まで昇温可能な酸化物融点測定用の金属製誘導加熱炉及び遠隔操作機能を有する光路汚染等の影響を受けにくい多波長ファイバー温度計を開発し、Al₂O₃を鑄込んだタングステンるつぼでの融解・凝固プレート測定試験を通じて、測定・評価が可能であることを実証した。 ・副次的な成果 包晶定点技術の展開において、炭化クロム一炭素(Cr₃C₂-C)包晶定点(1826℃)技術を開発し、ひとつのセルで、2つの温度点(Cr₃C₂-C、1826℃、Cr₇C₃-Cr₃C₂、1738℃)で、温度計校正ができる可能性を見出した。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性：「高温融点測定技術に関する研究」として、現状技術の測定制度に与える影響等の課題を解明するとともに、新たな高温融点測定技術の創生を図ることで、JAEA等原子力研究者を支援できると共に、炉設計、安全評価の高度化に寄与するもので、目的、目標の設定は妥当である。 ・研究計画設定の妥当：2900℃までの高精度温度目盛り設定技術、融点測定システム及びin situ校正用温度定点セル技術の確立を図り、UO₂試料の融点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。 ・研究費用の妥当性：本研究の柱である、融点測定機器の開発を中心として、研究費用の計画・使用は、ほぼ、妥当である。 ・研究の進捗状況：WC-C包晶点を利用した、新たな高温定点の開発を基に、2900℃における不確かさ0.5Kを目指した高精度温度目盛り設定技術、融点測定システム全体の開発はいずれも順調に進んでおり、Re製るつぼの製作技術が開発途中にあることを除いて、ほぼ、予定通り、研究が進捗している。 ・研究交流：JAEAと現状の技術的課題を共有し、技術交流を進めている。また、成果の普及を視野においた共同研究を関連産業界と実施している。 ・研究者の研究能力：2900℃までの温度定点技術を実証すると共に、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開発を進めており、高い研究能力を有している。 ・継続の是非：最終目標であるUO₂融点測定に向けて順調に計画研究が進捗しており、原子力基盤技術の確立に寄与する研究として是非継続すべきである。
4. その他	W合金の反応問題、Reを貼ることによる測定精度への影響等の解明を図ると共に、照射後MOXを見据えた標準定点の体系となるよう、JAEAとの研究交流を深めることを期待する。また、取得技術の特許に結び付けると共に、研究発表を積極的に進めて欲しい。
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名：阿部勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>1) <u>事故事例の収集</u>：原子力関連施設の事故および類似の原因で起きた化学プラントの事故を抽出し、事故調査報告書などの詳細な情報を収集すること。1年に50件程度、最初の2年で100件程度の詳細情報を収集し、継続して情報収集することを目指していた。</p> <p>2) <u>教訓の抽出</u>：事故の詳細情報を事故進展フロー図を作成する手法を用いて解析し、事故の原因事象および教訓の抽出を行うこと。1年に50件程度、最初の2年で100件程度の事故事例を解析し、継続して解析事例を追加することを目指していた。</p> <p>3) <u>教材の開発</u>：事故進展フロー図を用いて、それぞれの事故のケーススタディ教材を作成し、抽出された教訓を体系化し、工程や装置などの分類から事故の防止に役立つ教訓を逆引きし、学習できる教訓学習教材を開発すること。これらの教材をWeb教材として公開すること。最初の2年でシステムの構築、3年目にケーススタディ教材、4年目には教訓学習教材を開発し、5年目にこれらを統合したEラーニングシステムの公開を目標とし、原子力関連施設における安全意識の向上に資することを目的としていた。</p>
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>1) 当初予定の成果： ユーザーに考えさせるEラーニングシステムを構築した。アドバイザー委員会を組織し、システムのあり方を議論して、事故事例を学ぶだけではなく、事故原因について考えさせる工夫をしている。日本原燃(株)再処理事業所での現地調査および意見交換により、当初目標としていた安全意識向上に役立つものが出来つつある。</p> <p>2) 副次的な成果： Eラーニングシステムに用意された事例を学習するだけでなく、自ら事故例を分析させ、グループでのディスカッションを可能にすることは、安全意識向上に役立つ副次的な成果である。</p>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>目的・評価の設定： 当初5年計画のシステム開発を3年間に前倒して、Eラーニングシステムのプロトタイプの完成までに至った点は評価できる。</p> <p>研究計画： 計画の前倒しにより、3年目以降でのテスト運用で、ブラッシュアップする計画は妥当である。</p> <p>研究費用： システム開発よりも教材コンテンツ作成が重要であるとの認識で、アドバイザー委員会での審議時間を掛ける必要があり、研究費用は妥当である。</p> <p>研究の進捗： 事前評価で提案された計画に沿って、順調に進捗している。</p> <p>研究交流： 化学災害、高圧ガス災害、労働災害ならびにヒューマンファクタの専門家からなるアドバイザー委員会を組織し、異分野との交流を進めている。また、日本原燃(株)再処理事業所との意見交換を実施していることは、十分に研究が行われていると判断できる。</p> <p>研究者の研究能力： 研究者は「巨大システム事故・トラブル教訓集」の作成作業に携わるなど、当課題を推進する上で十分な研究能力を有している判断できる。また、OECDの化学災害WGにおいて、事例分析手法を提案するなど、化学災害の事故事例分析では国際的に認められている。</p> <p>継続の是非： 以上の点を総合して、今後、Eラーニングシステムテスト運用とブラッシュアップおよび教材コンテンツを充実させるため、本研究を継続されるべきと判断する。</p>
4. その他	原子力分野での本研究成果の適用先は主に日本原燃(株)再処理事業所である。今後更に、日本原燃(株)再処理事業所との情報交換を密にして、研究を進めることを期待する。
5. 総合評価	A
評価責任者職位・氏名： 佐藤 正知	

[注1]外的要因の変化を含む。

中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：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)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>[研究目的]</p> <ul style="list-style-type: none"> 輸送容器の遮蔽安全評価に使用されるモンテカルロ法の適用性を明らかにするため、ベンチマーク実験を行い、計算精度の検証を行う。 モンテカルロ法を用いた輸送容器の遮蔽安全評価手法のガイドラインを策定する。 上記の研究成果をもって、放射性物質輸送容器の、最新の科学的知見に基づく合理的な審査に資する。 <p>[目標]</p> <ul style="list-style-type: none"> 複雑形状部模型及び実機のベンチマーク実験を実施し、計算精度の検証を行い、モンテカルロ法による解析結果の安全裕度を明らかにする。 モンテカルロ法を安全審査に適用するにあたって解決すべき、計算精度の考え方、使用する検出器の設定方法について、詳細な検討を行い、標準的なガイドラインを策定する。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 解析結果と実験結果とを比較・検討することにより、輸送容器胴部においてモンテカルロ遮蔽解析モデルが適用可能であることを明らかにした。 トランニオン模擬体の遮蔽解析結果と実験結果とを比較することにより、複雑形状部においてもモンテカルロ遮蔽解析が適用可能であることを明らかにした。 実輸送物の中性子およびガンマ線の放射線測定を実施し、過去に測定例のない実輸送物のエネルギースペクトルを明らかにした。 放射性物質輸送容器の遮蔽解析にWeight Window法の適用性が高いことを明らかにした。 <p><u>副次的な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Weight Window法の重み設定方法について、単色中性子減衰曲線法と密度減少法の組み合わせによる重み付けが効果的に分散低減することを明らかにした。 Weight Window法の重み設定について、随伴線束から決定するためのコードを開発した。
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の設定の妥当性</u>：研究の目的は明確で、輸送容器の遮蔽安全評価手法の高度化を目指すものであり、目標の設定は妥当である。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性</u>：実機ベンチマーク実験に向けての輸送容器胴部を模擬した1次元体系での遮蔽実験および遮蔽解析、複雑形状部を模擬した放射線遮蔽実験および解析を相互的に関連させながら実施する研究計画であり、妥当である。</p> <p><u>研究費用の妥当性</u>：研究経費は、実験および解析に適切に使用されていると判断しうる。</p> <p><u>研究の進捗状況</u>：当初、困難が予想されていた原子力発電所での実機輸送物の放射線測定に成功するなど中間評価までの目標はほぼ達成していると評価しうる。研究は順調に進捗している。</p> <p><u>研究交流</u>：放射線測定に関して、JAEAの遮蔽研究者の協力を得た。また、実機使用済燃料輸送物の放射線測定に関して、電力事業者の協力を得た。</p> <p><u>研究者の研究能力</u>：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研究実績があり、これまでにこなってきた国内外での研究発表等により、研究能力は十分であると認めることができる。</p> <p><u>継続の是非</u>：21年度以降は、20年度に実施した実機ベンチマーク実験を踏まえたベンチマーク解析を行なうとともに、輸送事業者（原燃輸送）、輸送容器メーカーとその実験と解析の比較検討の議論を行なうことを予定している。今後のベンチマーク解析および上記比較検討の内容に基づきモンテカルロ法を利用した遮蔽解析を輸送容器の安全審査に適用すべき計算精度の考え方に係る標準的ガイドラインを作成するためにも、本研究を継続することが妥当である。</p>
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> 早い段階から、成果の具体的な利用法を提案すべきである。 成果を、いわゆる論文として公表すべきである。 産・官・学の更なる連携を進めるべきである。
5. 総合評価	Ⓐ B C
評価責任者職位・氏名：佐藤 正知	

[注1]外的要因の変化を含む。