

平成19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19年度に研究を終了した先端的基盤研究の21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 生体・環境基盤技術分野 | : 9 課題 |
| ② 物質・材料基盤技術分野 | : 7 課題 |
| ③ システム基盤技術分野 | : 3 課題 |
| ④ 知的基盤技術分野 | : 2 課題 |

3. 評価の実施方法

今回の評価は「原子力試験研究に係る研究評価実施要領」（平成13年5月15日、原子力試験研究検討会）及び、参考1「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WG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15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WG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	
生体・環境基盤技術	2	7	0	9
物質・材料基盤技術	4	3	0	7
システム基盤技術	3	0	0	3
知的基盤技術	1	1	0	2
計	10	11	0	21

<添付資料>

- 参考 1 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 2 各分野における研究評価の実施状況について
- 参考 3 研究課題の研究概要について
- 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. 生体・環境基盤技術分野

平成 20 年 6 月 30 日に、平成 19 年度に終了した 9 課題について、事後評価のためのヒアリングを行った。ヒアリング欠席委員からは、文書によって評価を徴した。

1) 評価に際して重点を置いた点

評価に当たっては、「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」の内容を基本方針とし、特に、(1) 研究計画に関する事前評価でのコメントが計画案修正に適切に取り込まれたか否か、(2) 中間評価でのコメントが残留研究期間での研究の軌道修正に適切に反映されたか、(3) 得られた成果が学会誌等に適切に発表されたか、(4) 特許取得等の成果があったか、(5) 新たな研究の展開が期待できる成果があったか、について留意しつつ、総合的に評価した。

2) 評価結果の概要

結果は、A 評価—2 課題（後 5、後 9）、B 評価—7 課題（後 1、後 2、後 3、後 4、後 6、後 7、後 8）となった。

2-1) 事後評価が A であった「後 5：高等生物（昆虫）の放射線耐性機構の解明」は研究期間が平成 15 年度～平成 19 年度の 5 年計画、予算額が 42,014 千円、事前評価は A、中間評価も A であった。この研究では、一般的には昆虫の個体が放射線に対して（特にほ乳類に比べて）耐性であることを、生理機能の面と分子機構の観点からしらべ、その耐性機構の解明をめざした。

材料としてはネムリユスリカを用い、その乾燥および非乾燥幼虫におけるガンマ線、イオンビーム照射に対する生物影響を、幼虫の生存、蛹化、羽化、繁殖などを指標に解析し、またその影響を近縁のユスリカ 2 種類と比較した。乾燥条件の検討を行い、幼虫のトレハロース蓄積量や蘇生率を様々に設定できる系を確立し、乾燥途中の幼虫体内のトレハロースの挙動を分析した。トレハロース合成酵素のクローニングをほぼ終え、その発現挙動解析を行うと共に、17 個の放射線耐性関連遺伝子（HSPs、抗酸化酵素、DNA 修復酵素など）のクローニングと発現解析を行った。コメットアッセイ（アルカリ条件）およびヒストンタンパク質のリン酸化検出による DNA 鎖切断と修復に関する解析を行った。

さらに、ネムリユスリカのクリプトビオシス（仮死状態、休眠状態）に伴う乾燥ストレスによって活性酸素が生じ、それが DNA 二重鎖切断を誘発させていること、その損傷が水和後に完全修復されていることを明らかにした。放射線照射によって生じる DNA 鎖切断も効率よく修復されることを示した。

2-2) 事後評価がAであった「後9：ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象解明に関する研究」の研究期間は平成17年度～平成19年度で3年計画、予算額は31,331千円であった。生命科学関連課題が大多数を占めている最近の「生体・環境基盤技術分野」では珍しく、環境放射線・放射能関連分野の貴重な研究である。なお、この課題の事前評価に際しては、

「高額な観測装置（約3200万円）1台をコアとする原申請の規模を縮小し少額の研究費により予備研究を先行させ、成果獲得の確度を上げる現実的な対応が可能ではないか。」との保留コメントを付し、結果はBとした。

高ガンマ線量率事象と気象状況との関係の解析、データベース及びラドン散逸量マップの作成、数値シミュレーション結果を用いた自然要因によるガンマ線量率変動の解析について、ほぼ計画通り実施された。ただし、数値シミュレーションによる地表面付近のガンマ線量率の再現精度は十分とはいえないため、モデルの高解像度化や境界層における乱流過程を考慮した改善が必要である。

この研究は、ガンマ線量率の異常値判定法として、観測データから「異常値の再現期間」を求め、統計的手法による異常値判定が有効であることを示すと共に、過去のガンマ線量率の観測データを解析することで、アジア域の大気循環の変動と物質輸送の変動を推測することが可能となり、アジア大陸の環境変動を推定する有力な手法となることが期待される。

2. 物質・材料基盤技術分野

平成19年度で終了した先端的基盤研究7課題について、平成20年6月24日に11名のWG委員が出席してヒアリングを行い、調査票および関連資料をもとに総合的に判断し事後評価を行った。

1) 評価に際して重点を置いた点

評価に当たっては、「原子力試験研究の事後評価の基本方針及び観点について」の内容を基本方針とし、研究目的・目標、研究計画と具体的な進め方、得られた成果とその公表状況等をもとに、研究成果のフォローアップと社会へのアピールの奨励等に留意して、総合的に評価した。

2) 評価結果概要

先端的基盤研究7課題において、4件をA評価、3件をB評価とした。A評価とした4課題の概要は以下のとおりである。それぞれ顕著な成果を得るとともに論文発表等の努力も十分になされている。

後10「複合的微細組織材料における動的照射効果の研究」では、照射中に材料に生ずる変形や応力緩和などの動的照射効果について加速器照射により微細組織の役割とメカニズムを明らかにすることに成功している。原子炉材料にお

ける照射下クリープや照射誘起応力緩和などの予測制度の向上に貢献するものである。

後１１「コロイドプロセスの高度化による高次構造耐環境セラミックスの作製に関する研究」では、耐環境セラミックスの力学的特性を向上させるためにコロイドプロセスに電界や強磁場を組み合わせることにより、結晶方位や微構造を制御した種々の配向性セラミックスの開発に成功しており、原子力分野への応用が期待される。

後１３「原子力エレクトロニクスのための半導体デバイス化技術に関する研究」では、放射線耐性の高い炭化珪素を基に素子化プロセス技術を用いて各種デバイスを試作し、実用レベルの放射線照射で動作特性が変化しないデバイスの開発に成功しており、原子力エレクトロニクスへの応用が期待される。

後１５「高透過性光子ビームを用いた非破壊検査技術の開発と高度化に関する研究」では、高透過性光子ビームを用いたＣＴ装置を開発し、コンクリート構造物のき裂の可視化や容器内の物質識別などに成功し、非破壊検査技術として広範囲の応用に展開できる可能性を示した。

以下の３件はＢ評価としたが、それぞれ計画の要点に関して成果がほぼ得られており、今後さらに成果の取りまとめや応用につなげることが期待される。

後１２「材料劣化のその場多次元モニターに関する研究」では、表面電位計測により傷や腐食のモニターを行い、さらに他の方法と組み合わせて材料劣化のその場計測への応用可能性を示した。

後１４「軽元素同位体の分離と産業応用に関する研究」では、開発した高性能分離剤を用いて同位体の大量分離システムを構築するための技術開発を進め、今後の応用の可能性を示した。

後１６「原子力用材料の多重熱物性計測技術に関する研究」では、原子力材料に重要な複数の熱物性を簡易迅速に測定する技術開発を行い、今後さらにセラミックス材料や放射化試料への展開が期待される。

以上の７件の研究について、いずれも原子力試験研究としての成果を着実に社会に役立てるために、研究のねらいである原子力環境での機能確認あるいは原子力以外の他分野への応用につなげるように研究のフォローを行うことが有効と考えられる。

３．システム基盤技術分野

本分野については、平成２０年６月１８日にＷＧ委員９名のうち７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。

事後評価３課題に対する評価結果は、いずれもＡ評価とした。

後 17 「TRU 廃棄物処理におけるヨウ素ガス固定化技術の開発と長期安定性に関する評価」事後評価－A（中間評価－B、事前評価－A）

本課題は、高温状態でヨウ素ガスをゼオライト（ハイドロソーダライト）などの鉱物中に直接取りこみ固定化させる技術の開発を目的とし、ヨウ素ガスを安定な鉱物中に直接固定化する技術の確立、鉱物に対して 10 重量%以上のヨウ素ガスを吸着・固定化を目標とした。ヨウ素を 500℃以上の温度でソーダライトに固定化させることに成功し、その溶解も非常に遅く、安定化処理が可能なことを明らかにした。当初目標の固定化には至らなかったことは惜しまれるが、1 段階処理という再処理工程の選択肢を広げることにより、コスト面での優位性や固定化率を高める上で薄膜化が有効など一つの方向性を示すなど、有益な成果が得られたと評価する。

後 18 「地層処分場岩盤特性評価のための高分解能物理探査イメージング技術の研究」事後評価－A（中間評価－A、事前評価－A）

本研究は、高レベル放射性廃棄物処分場の選定における岩盤特性評価に資するため、物理探査による高精度な地下構造の3次元解明手法として、深度2km程度までの比抵抗構造を高精度で解析できる電磁探査システムの開発、岩盤中の亀裂の密集部などを検出できる3次元データ解析法の開発を目指した。高周波数帯域と低周波数帯の計測を組み合わせたハイブリッド人工信号源電磁探査システムを完成させ、深さ2km程度までの探査ができることをフィールド実験で確認するとともに、速度構造推定精度における散乱重合法の優位性を明らかにし、複素地震波形解析やハイブリッドアトリビュート解析などに基き地震波データ3次元解析法を開発した。これらの成果は地層処分のみならず、活構造調査、CO2貯留および資源探査にも有効であり、今後の適用性拡大が期待される。

後 19 「事故時の被曝線量モニタリングと放射線安全性の確保に関する研究」事後評価－A（中間評価－A、事前評価－B）

放射性物質の輸送における事故時の安全性確保を目的として、中性子に感度を持つ薄シート型人体組織等価線量計素子の開発、大線量、事故時を想定した高温環境下や水中における被曝線量計の応答特性の評価および高性能ゲル状遮蔽材の開発とその施工法について研究を実施した。薄シート型熱蛍光線量計を応用した2次元中性子分布測定素子を開発し、中性子の2次元分布の測定に成功した。また、水中、高温、大線量下における応答特性の評価から、その有効性を示した。さらに、ゲル状高性能遮蔽材を開発し、その遮蔽効果を確認すると共に遠隔施工法を考案するなど、医療分野を含めて、今後の利用についての展開が期待できる成果が得られている。

4. 知的基盤技術分野

本分野については、平成20年7月26日に2件の終了課題について、4名のWG委員および岩田座長が出席してヒアリングを行い、調査票および関連資料をもとに総合的に評価した。

事後評価課題20は、原子力ロボットの実環境作業蓄積技術に関する研究で、平成15年から実施された。事前評価および中間評価における指摘に対応して、定量的な目標を設定した上で研究計画を策定しており妥当である。特に、ロボットの技術基盤向上に資する多くの成果が得られたこと、RTミドルウェアで標準化を図ったこと、特許出願に努力したことは評価できる。ただし、原子力分野での応用展開の観点からは、その道筋が必ずしも明らかになっていない点は今後の課題である。以上の点を総合的に考慮してA評価とした。

事後評価課題21は、経年劣化による故障率の変化を考慮した安全評価手法を開発する研究であり、平成17年度から実施された。GO-FLOW手法に基いて、長期間使用の原子力プラントの保守・点検スケジュールの評価やプラントの安全性評価を可能とするものである。事前評価で指摘されたデータ入力手法やユーザーインターフェース等に改善の努力が認められ、当初の目標は概ね達成されたが、発電所の現場との交流が不十分であり、また発表論文が少ない点からB評価とした。

研究課題の研究概要について

<生体・環境基盤技術分野>

後 1 放射線障害に対する治療を目的とした末梢血幹細胞に関する基礎的研究 (国立感染症研究所)

白血病、悪性リンパ腫や多発性骨髄腫の治療では、超大量の抗癌剤投与や放射線照射後に末梢血幹細胞移植による造血機能の再生が広く試みられている。同様に、日常的な細菌やウイルス感染を容易にする放射線障害には、骨髄幹細胞移植によって被曝後の免疫機能を再生する治療が最も有望であると考えられている。しかし、末梢血幹細胞と骨髄幹細胞の由来、分化成熟過程や造血能の違い等に関して不明な点が多く残されていることも事実である。

本研究では、Translin 遺伝子欠損動物 (TSN-KO) を用いて、末梢血幹細胞と骨髄幹細胞の分化成熟過程や放射線感受性に関して以下の知見が得られた。

(1) 被曝後の造血の回復に TSN 遺伝子が関与していることを明らかにした。すなわち、TSN-KO マウスに半致死量の放射線を照射して脾臓におけるコロニー形成を観察した結果、TSN-KO マウスにおける造血能に著しい遅延が認められた。(2) TSN-KO マウスの骨髄において、幼若骨髄系細胞が減少する一方、幹細胞 ($\text{Lin}^- \text{Sca-1}^+ \text{c-kit}^+$) が急激に増加していることを明らかにした。この事実は、TSN-KO マウスにおける造血幹細胞の自己複製と分化の振り分け機構に異常があることを意味している。(3) 更に、放射線などによる骨髄微小環境 (niche) の炎症反応に及ぼす Translin 蛋白の重要性を明らかにした。

遺伝子欠損動物を基盤にした本研究によって、造血幹細胞の放射線感受性機構が解明され、急性放射線障害における再生医療研究の進展が期待される。

後 2 免疫不全マウスを用いたヒト造血幹細胞に対する放射線照射生物影響の解析系の確立とその応用 (国立成育医療センター)

造血系細胞は放射線被曝の際の重要な標的である。生体が被曝した際のヒト造血系細胞に対する放射線照射の生物学的影響の解析を行なう系として、最近急速に進歩している免疫不全マウスにヒト造血幹細胞を移植したヒト造血系再構築モデルマウスの有用性を検討した。特に、NOG マウスへの移植系では、単球系細胞、B 細胞に加え T 細胞や NK 細胞まで最構築される上、移植前照射等の前処置を行なう必要がないこと、キメラ率が比較的高いことから、放射線照射の影響を解析する系として適していることが確認された。また、フローサイトメトリーによる解析技術などを用いることで、放射線照射後の個々のヒト造血系細胞のアポトーシス誘導を始めとする性状の変化について解析することが可能であった。また磁気ビーズを用いた造血系細胞の分離精製法を併用することによって、マイクロアレイを用いた網羅的遺伝子解析も行なえることが確認され、ヒト造血系細胞が放射線照射を受けた際に、アポトーシス誘導や遺伝子修

復関連因子に加えて、種々の転写因子やケモカイン、サイトカイン、増殖因子およびその受容体等の予想外の分子の遺伝子発現が起こる可能性が明らかとなった。免疫不全マウスへの移植系は、造血系細胞のみでなく、様々なヒト組織への放射線生物影響を生体内で解析可能な実験系として用いることができ、今後、様々な分野での応用が期待される。

後3 放射性同位元素を用いた異常プリオン蛋白質の動物体内侵入機構及び体内動態の解明に関する研究（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構）

プリオンが消化管から動物体内に取り込まれるメカニズムについては不明な点が多く、解明が求められている。動物体内における動態、蛋白質表面の化学修飾など、プリオン病の解析手段として放射性同位元素を利用した研究を行った。

ヨウ素 125 標識した異常プリオン蛋白質を乳児期ハムスターに経口投与し、消化管から血液中および脾臓への移行を調べたところ、半数程度の個体からシグナルが検出され、感染価も存在した。この現象は成獣ハムスターでは認められず、乳児期ハムスターに固有の現象であった。

ヨウ素 125 標識した異常プリオン蛋白質を腹腔内投与した場合、脾臓のみに蓄積し、肝臓、腎臓など他の主要臓器への蓄積は認められなかった。

プリオンを経口投与し、72 時間以内にペントサンプリサルフェートを経口投与した場合、顕著な発症遅延効果があり、潜伏期は 2 倍以上に延長した。

精製した異常プリオン蛋白質と正常型プリオン蛋白質を混合し、試験管内で反応させて、異常型に変換される効率を調べたところ、種々のプリオン株には固有の変換効率があり、概ね潜伏期の長さに変換効率の高さは反比例していた。

異常プリオン蛋白質におけるヨウ素 125 化学修飾部位をプロテアーゼマッピングしたところ、特定のチロシン残基が修飾されており、それらは異常プリオン蛋白質表面に存在していると推定された。

後4 シンチレーション光ファイバーを応用した農業用施設診断技術の開発（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構）

放射線によって生じたシンチレーション光を光ファイバーで伝達するシステムは、原子炉内の高レベル放射線の測定用として研究されている。このシステムを環境中の低レベル測定に適用し、挿入型 R I 測定装置について計数管とシンチレータを分離して光ファイバーで接続することができれば、検層器の小型化・可とう化を図れる。本研究では熱中性子コンバータである ${}^6\text{Li}$ を含有する Li_2O 粉末と、 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ シンチレータの粉末を等量混合したシンチレータ剤を作成し、これと光透過性樹脂系接着剤を練り混ぜ薄い円盤状に整形し検出面にアルミニウムを蒸着する方法で光ファイバーの一端に接続し、密封中性子線源（ ${}^{252}\text{Cf}$ ）、計数装置、走査装置と組み合わせ水分測定システムを開発した。 γ

線のシンチレータには NaI (Tl) を用い、シンチレーション光を光ファイバーで伝達し、密封 γ 線源 (^{137}Cs)、遮蔽材 (鉛)、集光レンズ、計数装置と組み合わせ、密度計測システムを開発した。模擬地盤による測定試験では、水分計は体積含水率を 0.23 から 0.61 まで変化させた場合、中性子線計数率比が 0.42 から 0.64 まで線形に変化し、密度計は密度を $1.2\text{ g/cm}^3 \sim 2.2\text{ g/cm}^3$ の範囲で変化させた場合、 γ 線計数率比が 0.22 \sim 0.54 まで線形に変化し、いずれも実用的な応答特性が確認された。これらの測定システムの従来機に対する検層器の容積比は水分計で約 4%、密度計で約 20%と、大幅な小型化が実現され、従来測定が不可能であった様々な現場への適用が可能となる。

後5 高等生物（昆虫）の放射線耐性機構の解明（独立行政法人農業生物資源研究所）

ネムリユスリカは体内のほぼ全ての水分を失った状態で活動を停止し、湿潤な環境が訪れるまで乾燥に耐えることができる。この現象をクリプトビオシスと言い、乾燥したクリプトビオシス状態の幼虫は、7 kGy に相当する放射線照射に対しても水に戻すと蘇生する。この驚異的な放射線耐性の分子機構の解明を行った。一般に、乾燥物では放射線の影響が小さくなることから、クリプトビオシス状態での放射線耐性はほぼ完全な脱水状態に帰因するものと考えられたが、ネムリユスリカ幼虫は水を排除することに加えて、生理的な機構によっても放射線耐性を高めていることが示唆された。すなわちネムリユスリカはクリプトビオシス状態へと移行する過程で水に代わる適合溶質としてトレハロースを体内に蓄積するが、そのトレハロース含量の増加とともに放射線耐性は上昇した。ネムリユスリカ幼虫に ^4He を照射後、コメットアッセイを行ったところ、線量依存的に DNA が損傷していた。一方、乾燥処理区（放射線非照射）幼虫の DNA も損傷しており、その程度は 70 Gy の ^4He を照射した場合と近似していた。いずれの場合も、ほとんどの細胞が DNA に損傷を負っていたにもかかわらず、アポトーシスやネクローシスによる細胞死はわずかしき観察されなかった。放射線照射後および乾燥から蘇生後 46 時間目から 96 時間目の間に損傷 DNA の割合が減少したことから、ネムリユスリカの幼虫が DNA を修復していることが示された。実際、DNA の修復遺伝子である UV excision repair protein Rad23 の発現が、乾燥と放射線の両方に反応して誘導されていた。細胞が乾燥する時に最も脅威となるのが活性酸素の発生による生体分子の酸化である。ネムリユスリカ幼虫は乾燥の過程で多くの抗酸化因子を合成し、活性酸素の脅威に対抗しているにもかかわらず、DNA は切断されており、蘇生後にその修復を行っていた。ネムリユスリカの高い放射線耐性の原因のひとつは、クリプトビオシスの能力を獲得する過程で発達させた高い DNA 修復能力によるものと考えられた。

後6 放射線による樹木のDNA損傷と修復機構に関する研究（独立行政法人森林総合研究所）

樹木では、放射線による枝変わり（突然変異）や原発事故による枯死などが知られており、樹木もヒトと同じように放射線の影響を受けると考えられる。しかし、樹木は長い年月を同じ場所で生活するため、放射線のような環境ストレスに対する防御機構を持っているとも予想された。そこで、本研究課題では、樹木への放射線の影響とその放射線防御機構の解明を目指して研究を行った。実験材料として広葉樹のポプラを用いてガンマ線照射実験を行ったところ、ガンマ線の線量を高くするにつれて、葉や茎の形態異常（吸収線量 50~100 グレイ）、成長の低下・停止（100 グレイ）、器官再生の不良・根部の死・苗木全体の枯死（200 グレイ以上）が見られ、同時に、細胞内の DNA がガンマ線によって破壊されていることが明らかになった。次に、破壊された DNA を修復するために必要な遺伝子（RAD51 や KU70、LIG4 などの DNA 修復遺伝子）を、ポプラから探索し取り出した。ポプラの DNA 修復遺伝子は、他の植物やヒト・微生物が持つ DNA 修復遺伝子と似ており、樹木を含む植物や動物・微生物において共通な DNA 修復システムが存在する可能性を示した。ガンマ線を照射することにより、ポプラの DNA 修復遺伝子の働きが活発化することから、DNA の修復は放射線防御機構の一端を担うと考えられた。また、ガンマ線照射によって、上記以外にも活性酸素消去系遺伝子など約 4 千種類もの遺伝子の働きがポプラで活発化することを、マイクロアレイ法を用いて明らかにした。現在まで、樹木の放射線防御機構に関わる遺伝子を調べた例は無く、本研究成果は、世界で最初に樹木の放射線応答遺伝子について調べた例となる。

後7 放射線照射による林産系廃棄物の再資源化（独立行政法人森林総合研究所）

毎年多量に廃棄されている農林水産廃棄物系バイオマスの有効利用法の開発は平成 14 年策定の「バイオマス・ニッポン総合戦略」の言を借りるまでもなく、資源循環、化石燃料節約、地球温暖化抑制の観点から極めて重要な課題である。本研究では林産廃棄物系バイオマスの前処理法として γ 線照射処理を適用し、 γ 線照射が廃菌床中のホロセルロース分子量を低分子化させ、粉碎処理の効率化、多糖成分の溶解性に影響を与えていることを明らかにした。さらに γ 線照射処理試料に適した酵素糖化条件、酵素組成を検討しセルラーゼ製剤のみよりもキシラナーゼ製剤との併用が効果的である事を明らかとした。また、 γ 線照射を行ったエノキタケ及びブナシメジ廃菌床を複合酵素製剤で糖化し、酵母（*Saccharomyces cerevisiae*）によるエタノール生産を行った。 γ 線照射処理に抵抗性のある針葉樹リグニンを含むブナシメジ廃菌床では理論値の 44% のエタノール変換効率であったが、エノキタケ廃菌床では同条件で 80% の変換効率でエタノールを生産する事が可能であった。しかしながらブナシメジ廃菌床にはエタノールへ容易に変換されるヘキソースがエノキタケよりも多く含ま

れるため、乾燥廃菌床 100g 当りのエタノール生産量はエノキタケ廃菌床で 9g、ブナシメジ廃菌床で 8g と、大差がない事が明らかとなった。 γ 線照射線量率、照射線量を実用レベルである 50~100kGy に落とす必要があるが、本研究に於いて放射線照射処理（ γ 線照射処理）による未利用木質バイオマス資源であるきのこ廃菌床の糖化、エタノール変換への端緒を開く事が出来た。

後8 DNAマイクロアレイ技術を利用した放射線及び放射性物質の影響評価に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

近年、DNA マイクロアレイ技術が普及し、生体の生理的变化を遺伝子発現レベルで網羅的に解析することが可能になっている。産業技術総合研究所（以下産総研）では、化学物質や物理的因子の影響評価に本技術を導入し影響評価基盤情報として発信している。化学物質や物理的因子によって誘導または抑制される遺伝子情報や、化学物質や物理的因子による遺伝子発現プロファイルからの化学物質や物理的因子分類系統樹作成などである。当然、放射線や放射性物質も生体に影響を与えると考えられることから、遺伝子発現プロファイルの蓄積を行えば、化学物質・物理的因子・放射線・放射性物質の生体影響に関する生体影響因子基盤情報として整備できると考えた。そこで、本研究では、(1) 産総研内で実施が可能な放射性物質、トリウムの影響評価、(2) ラジオアイソトープの影響評価、(3) 放射線医学総合研究所で公開されている施設を利用することで、重粒子線、 γ 線、X線等の影響評価、(4) 広島大学や京都大学の施設を利用することで、中性子線の影響評価、（速中性子、熱中性子）を、A) 酵母細胞、B) ヒト細胞について、網羅的にマイクロアレイ解析を行い、C) イネ、メダカについても放射線影響を観察した。

酵母細胞系においては、マイクロアレイ解析の結果の確認と基盤情報をより詳細にするために、重要遺伝子の詳細な発現解析や当該遺伝子の破壊株に対する影響評価などを行い、影響メカニズムを多角的に解析した。ヒト細胞では、DNA マイクロアレイ解析を行っても再現性の得られる実験系を用いて、化学物質の毒性評価に準じた評価を行った。イネ、メダカについても発現解析を行った。これら結果は、遺伝子発現情報データベース GEO (Gene Expression Omnibus) に順次登録・公開しており、今後も、誰もが利用できる情報として登録していく。

後9 ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線線量率事象解明に関する研究（気象庁気象研究所）

ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線線量率事象について発生メカニズムの解明や人為的原因との識別を可能とすべく、気象条件とガンマ線線量率の関連について観測データを用いた解析およびラドン濃度の再現・予測を行う数値モデルの開発を進めた。ラドン濃度観測において大きな実績を持つ名古屋

大学と連携し、①高ガンマ線線量率事象と気象との関連解明、②ラドンおよびラドン壊変生成物の大気中濃度のデータベース化とラドン発生量マップ作成、③放射性核種移流拡散モデルによる大気中ラドン濃度の評価、の3つの項目を実施した。

降雨時のガンマ線線量率上昇には地域、季節の特徴があり、日本海側で季節変動が顕著であった。ラドンが大陸に起源を持ち、冬の季節風に伴う降水現象と重なるためである。地表面から散逸するラドン量にも地域性、季節性が明瞭に見られ、近年散逸量が増加する傾向にあった。高ガンマ線線量率事象に対し、気象や水文で使われる再現期間解析を行ったところ、地域特性が明瞭に示されると共に、再現期間が異常値判定の新しい方法となり得ることを示した。

放射性核種移流拡散モデルは、観測されたラドン濃度の時間的、空間的変動を良く再現しており、降雨時の高ガンマ線線量率事象の発現の有無を予測できる可能性が示された。全国で蓄積されている長年のガンマ線線量率の観測データとモデルを組み合わせることで東アジアにおける大気循環、物質輸送の変動を解析できることが期待される。

<物質・材料基盤技術分野>

後10 複合的微細組織材料における動的照射効果の研究（独立行政法人物質・材料研究機構）

今後の原子力エネルギー開発ではよりいっそうの安全性確保が重要であり、材料においても高エネルギー粒子照射に対する高い信頼性・健全性が求められる。本研究では、実用上重要でありながら評価・解析が極めて困難な、原子炉運転中に照射によって次々と発生する点欠陥（結晶格子点から弾き出された原子やその跡）が直接作用することにより「動的」に引き起こされる変形・破壊現象の解明と耐性の向上を目標とし、特に母相と結晶構造の異なる相や全く異質な相を含む複合的な微細組織をもつ材料について検討した。

新旧の軽水炉用炉内構造物材料である SUS 316 鋼と SUS 304 鋼のうち、冷間加工によって微細な第2層が析出する SUS 304 鋼では、その照射誘起変形（点欠陥により誘起される著しい塑性変形や弾性応力の緩和）ならびに照射下での疲労破壊（繰り返し負荷により材料がより容易に破壊する現象）の挙動が均質な組織を持つ SUS 316 鋼と大きく異なることを見だし、その機構を明らかにした。この成果は、軽水炉シュラウドなどの炉心部構造物の経年劣化検討に際して鋼材の違いを考慮する必要性を強く示唆している。さらに、核融合炉用低放射化候補材料である F82H 鋼および高温強度向上のために微細な酸化物を分散させた F82H-ODS 鋼について低・高両温度での照射下疲労破壊挙動を調べ、均質な F82H 鋼では照射下疲労寿命が非照射時よりも伸長するのに対して、複合的微細組織をもつ F82H-ODS 鋼ではほとんど変わらず、動的な照射効果が抑制されることを明らかにした。また、F82H 鋼では照射下で発生する放射線により高温で初期き裂内部の酸化が著しく促進され、疲労寿命が短くなることも明

らかにした。これらの結果は次段階核融合炉用の炉心部構造物材料開発に重要な知見を与える。

後 1 1 コロイドプロセスの高度化による高次構造耐環境セラミックスの作製に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）

セラミックス材料の種々の特性発現やその向上において、微構造制御は極めて重要で、そのためには微粒子プロセスの高度化が重要である。本研究では、溶液中に微粒子を分散し成形するコロイドプロセスという手法の高度化により、高次構造制御されたセラミックスの作製に成功した。

微小ビーズを用いたビーズミルにより、単分散は困難とされていた市販のナノ粒子や強固に凝集した微粒子の再分散が可能となった。微粒子の分散・凝集制御技術の高度化により、従来の変形速度の 100 倍以上 (10^{-2}s^{-1} 以上) の高速で変形し大きな伸びを示す微細粒高速ジルコニア超塑性体の作製に成功した。また、窒化珪素、炭化珪素、窒化アルミニウム系の高分散サスペンションを調整、強磁場中でコロイドプロセスを行うことにより、結晶方位が高度に制御されたセラミックスの作製に成功し、これらの配向体の強度および熱的特性の面方位依存性を見出した。印加する磁場を変動磁場にするにより、a, b 軸の磁化率が c 軸より大きな系に対しても、一軸配向体が可能であることを実証し、任意な軸の一軸高配向体の作製が可能となった。さらに、電界と強磁場を重畳させ成形する手法を開発し、結晶方位や組織を制御したアルミナ、チタニアなどの一軸配向積層体を創製した。

これらの高次構造制御セラミックスは、結晶軸により機能特性の異方性を示し、原子力環境での特性評価を明らかにすることで、次世代原子力用多機能セラミックスとしての展開が期待される。

後 1 2 材料劣化のその場多次元モニターに関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）

原子力設備の安全管理は、原子力エネルギーを使用する上で最も優先されることである。そのため多くの研究がなされてきたが、現実には応力腐食割れ、腐食、腐食疲労などの損傷が発生する場合は配管内部から起る可能性が高いため、損傷の発見が非常に困難である。本研究の目的は、配管の外部から種々の計測を同時に行い、応力腐食割れや腐食疲労など力学的因子が強く作用するものと、腐食など電気化学的因子が強く作用するものを同時にモニターする技術の開発を目指すものである。

具体的には、力学的因子として局所的なすべり変形による新生面の形成を高感度な非接触表面電位計測によるモニター技術の開発および電気化学的因子として配管内部のさびの発生を高感度な光音響法によるモニター技術開発を行なった。また、従来よりよく用いられている技術の更なる複合化により力学的お

よび電気化学的要因から生じる材料劣化のモニターを行った。その結果、変形による新生面の発生、隙間腐食、新しい傷が表面電位計測によりモニター可能であることが判明した。また、複合化装置として表面電位と形状を同時に高速に計測できるものを開発した。応力腐食割れのき裂先端近傍に電位が卑な部分が存在し時間とともに変化することが観察され、この電位の卑な部分と水素分布の対応を銀デコレーション法で調べた結果、良い対応が見られ、水素分布が電位でモニターできることが判った。更に板厚が薄い時は表面電位計測によって裏面から腐食のモニターが可能であるという画期的な事実が判明した。

後 1 3 原子力エレクトロニクスのための半導体デバイス化技術に関する研究 (独立行政法人産業技術総合研究所)

原子炉の計装や原子力用システム機器・ロボット等で使用されるエレクトロニクス(原子力エレクトロニクス)の実現のためには、放射線耐性の高い半導体デバイスが必要である。材料として耐性の高いことが期待される炭化珪素(SiC)半導体を対象にして、これまでに開発した耐放射線性素子化プロセス技術を用いて、各種デバイスを試作し、耐放射線性の観点からデバイスの優劣を評価した。インバータの構成素子としてのスイッチング素子、整流素子に対し、それぞれ接合型FET(SiC-JFET; SIT)、ショットキーダイオード(SiC-SBD)が、放射線照射耐性に優れることをデバイスの静特性から明らかにした。さらに、開発・試作したSiC-JFETおよびSiC-SBDを用いて、実際の応用時に必要なスイッチング動作(オン・オフ動作)を行った。これによってp-n接合によって生じる空乏層(キャリア出払い領域)が伸び縮みしている状態で放射線が照射された場合に起こる動作不良(シングルイベント効果)についても評価し、問題なく動作することを確認した。これらの成果により、SiCデバイスのシステム応用への基本的課題をほぼ解決した。次のステップとしては、実際に高温・高放射線環境下で動作するダイオード、トランジスター、センサー等の半導体デバイスおよび電子回路を実現し、原子力施設の安全性確保や防災にエレクトロニクスシステムに適用する基盤技術を確立することで、実際の応用への展望が開かれるものと期待される。

後 1 4 軽元素同位体の分離と産業応用に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

軽元素(ここではリチウムおよびホウ素)同位体は、核融合燃料のトリチウム源や原子炉構造材、中性子吸収剤として、原子力平和利用を推進するために、安定して供給されることが求められている。産業技術総合研究所(以下 産総研)では、これまでにリチウムおよびホウ素同位体に対して優れた同位体分離剤を開発しており、海水等の国内資源からこれら同位体を経済的に分離採取す

る技術を開発し、同位体制御材料の産業応用を目指している。本研究では、産総研で開発したリチウムおよびホウ素同位体の高性能同位体分離剤を用い、環境に優しく、経済的な大量分離システムを構築するため、多段カラム法によるリチウム（天然比 $\text{Li-6} / \text{Li-7} = 0.081$ ）およびホウ素（天然比 $\text{B-10} / \text{B-11} = 0.25$ ）の同位体濃縮を行った。3 段のバンド展開により、リチウム同位体は 2.4 倍（ $\text{Li-6} / \text{Li-7} = 0.196$ ）、ホウ素同位体は 3.2 倍（ $\text{B-10} / \text{B-11} = 0.81$ ）まで濃縮し、所期の数値目標値をほぼ達成した。また、ベンチ試験装置（内径 5cm 長さ 2m カラムを 16 本直列接続、および内径 20cm 長さ 2m カラム、カラム体積は共に 63L）を設計・製作し、ホウ素濃縮同位体（ $\text{B} > 0.30$ ）を 100 g 以上生産し、グラムレベルでの同位体濃縮を実証した。産業応用化には、長距離展開カラムを用いて同位体濃縮を 1 回で行うよりも、径の異なるカラムを用いて、何回も処理する方が、濃縮同位体の生産に好適なことを明らかにした。

国内資源から軽元素同位体を採取・濃縮できることが実証された。濃縮同位体の需要とコストと供給能力から直ちに実用化することは困難と思われる。しかしながら、排水基準の制定で、大規模処理施設にホウ素吸着除去法が導入され、そこでわずかながら同位体濃縮が起きている。今後、排水処理等と組み合わせた同位体濃縮の展開が期待される。

後 15 高透過性光子ビームを用いた非破壊検査技術の開発と高度化に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

原子力産業をはじめとして、自動車や航空機産業などの製品開発において透過力の高い X 線 CT（X 線コンピューテッド・トモグラフィ；X 線を用いた非破壊断層撮影）の必要性が認識されている。しかし、既存の装置は X 線の透過力が低く大型製品の CT が困難であること、また、様々な波長の X 線を含むため、カップリングアーチファクト（CT 画像に現れる疑似的な密度分布）という疑似的な画像が発生し、それを補正しなくてはならないなどの諸問題があった。そこで、本研究では、電子加速器を用いて発生するレーザーコンプトン（LCS）光子ビームという準単色かつ高エネルギーの X 線ビームを用いた CT システムを構築し、新たな非破壊検査技術の確立を目指した。

本研究では、LCS 光子ビームを用いた CT システムの実証を行い、工業製品やコンクリート供試体の CT 像を取得できた。鉄筋コンクリート柱に導入された幅 0.2 mm のき裂の検出や、最大 2 m 厚さのコンクリート構造体の CT 撮影が可能であることを示した。また、本手法ではカップリングアーチファクトが全く見られないことを示すとともに、CT によって測定された情報に高い精度の定量性があることを確認した。その他、陽電子放出型 CT や原子核共鳴散乱を用いた新規イメージング手法について研究し、それらの実証に成功した。光子収量を増強するためにレーザーを加速器内部に蓄積するファブリーペロー共振器を開発し、80 倍程度の光子収量増加が可能であることを示したことで、本 CT 手法の実用化への目途を得た。

後 1 6 原子力用材料の多重熱物性計測技術に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

原子力プラントの伝熱・熱応力解析を行う上で、それらを構成する材料の広い温度範囲における熱伝導率（熱拡散率）、比熱、全放射率、電気抵抗率、熱膨張率は必須の解析パラメータである。従来、これらの物性値を測定するためには、それぞれ別個の測定装置や試料を準備する必要があり、全ての物性値に必要な温度範囲について得るためには膨大なコストと時間を要した。そこで、本研究では、1 台の装置でこれらの物性値を 1 秒以内に高速測定する多重熱物性測定法を開発するとともに、開発した装置による測定値や過去の文献値をデータベースに収録して、インターネット上に公開することを目的とした。

開発した測定法では、導電性試料に大電流パルスを通して瞬時に試料温度を室温から目標温度（1000℃以上）へ到達させた後、その試料表面に短いレーザー・パルスを照射する。このような 2 段階のパルス加熱中の試料の温度と電流・電圧を連続測定し、熱拡散率、比熱、全放射率、電気抵抗率を導出する測定法を世界で初めて実現した。また、室温と目標温度に保持している際の試料形状を撮影し、その比較から熱膨張率を算出する機能も開発した。この測定法では、試料が高温に保持される時間を 1 秒以内に抑えられるため、高温物質の物性測定において、しばしば深刻な問題となる試料汚染を回避できる利点もある。そこで、この測定法により世界で初めて 2300℃以上の温度におけるモリブデンの熱拡散率を測定した。また、インターネットで公開中の熱物性データベースへ原子力材料等の高温熱物性についての文献値・測定値を 836 件登録した。開発した測定法については、国内外に特許出願を行うとともに、測定法の実用化に向けた共同研究を開始しており、実用機の市販化が待たれる。

<システム基盤技術分野>

後 1 7 TRU 廃棄物処理におけるヨウ素ガス固定化技術の開発と長期安定性に関する評価（独立行政法人産業技術総合研究所）

放射性廃棄物処分における TRU 廃棄物については、被爆線量評価上の支配核種となっているヨウ素 129 の安定化処理方法が検討されている。本研究では、再処理工場で発生するヨウ素ガスを、高温状態においてハイドロソーダライトなどの安定な鉱物中に直接取り込み固定化し、廃銀吸着剤を用いずに直接固化体中にヨウ素を取り込む技術を開発することを目的とした。

500℃以上の高温状態において、ハイドロソーダライトとヨウ化水素ガスを反応させたところ、ヨウ素はソーダライトの骨格中に取り込まれていることが確認された。また、ヨウ素固定化後の溶解実験においては、調和的な溶解挙動を示しており、ハイドロソーダライトの骨格自体の溶解とともにヨウ素が溶出

していることが確認された。さらに長期安定性の評価により、ヨウ素を固定化したハイドロソーダライトの溶解は非常に遅いことが確認された。以上の結果から、ハイドロソーダライトへのヨウ素の直接固化方法は、TRU 廃棄物処理におけるヨウ素ガス固定化技術として適切な一手法であることが明らかとなった。

本研究の結果、廃銀吸着剤を用いずにヨウ素の処理方法が2段階から1段階へと簡便化されることを示しただけでなく、既に合成方法も確立されているハイドロソーダライトは低コストで供給できることから、従来の方法より、低コストでヨウ素の固定化が実施できる可能性があることを示した。

後18 地層処分場岩盤特性評価のための高分解能物理探査イメージング技術の研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

高レベル放射性廃棄物地層処分場の適地選定や建設においては、深度2km程度までの地質構造、亀裂分布、地下水流動などに関連する3次元物性構造を事前に把握しておくことが不可欠である。本研究では、地表および限られた数のボーリング孔からの物理探査によって、水や亀裂分布と強い相関を有する比抵抗および地震波速度の3次元分布を高分解能に求めることのできる測定装置および解析技術を開発する。具体的には、比抵抗構造を求める電磁探査法については、人工信号源を用いる手法のための新たな測定システムおよび2次元・3次元データ解析法を開発する。地震波速度構造を求める地震探査法については、地表震源を用いる測定(反射法等)によって地層境界および亀裂密集部を3次的に高分解能でイメージングできるデータ解析法を開発する。

人工信号源電磁探査法について、24ビットA/D変換、GPS時刻同期、自動測定制御等の機能を有する送信・受信システムを製作し、2次元・3次元調査による実証試験を実施し、短時間(1測点当たり約1時間)で0.1Hzから10kHzにわたる広帯域の信号を測定して、深度2km程度までの探査が可能であることを確認した。また、実証試験の測定に対応した2次元・3次元解析プログラムを開発した。地震探査(反射法)データについて、散乱重合法(地震探査データの解析において、傾斜の大きい地層境界や断層などの複雑な構造にも対応できるように、地下を散乱点の集合体と仮定して測定データを処理する方法)を用いた速度構造推定によって解析精度を向上させ、3次元解析断面を高精度化する手法を確立した。また、亀裂の存在に起因する波動減衰に着目し、3次元解析断面の地震波形から亀裂卓越部を抽出する解析法を開発した。

これらの技術開発により、地層処分場建設に係る概要調査、精密調査等における標準的な探査手法を提供するとともに、資源開発やCO₂地中貯留等における地質構造評価への適用が可能であることを示した。

後19 事故時の被曝線量モニタリングと放射線安全性の確保に関する研究(独立行政法人 海上技術安全研究所)

本研究では、使用済核燃料等放射性物質の輸送時における事故において必要となる、放射線安全性確保のための方策と被曝線量モニタリングについて、迅速に放射線漏洩箇所を探知し、補償遮蔽を設置し放射線安全性向上を図るための技術開発を行うとともに、緊急時の被曝防止と被曝線量を高精度で評価するための技術開発を行うことを目的としている。

海上技術安全研究所で開発した光子用の薄シート型人体組織等価線量計素子を活用し、 ${}^6\text{Li}$ を濃縮した LiF を添加することにより中性子に対して感度を有する薄シート型の二次元中性子分布測定素子を開発し、中性子の二次元分布の測定に成功した。モンテカルロシミュレーションとの比較により、二次元中性子分布と、媒質内での中性子減衰挙動を正確に捉えることができることを確認した。また、一般に個人被曝線量モニタリングに使用されているガラスバッジについて、水中及び高温の過酷条件下での応答特性を評価し、高湿度条件では、線量計の読み取りに問題が生じることを明らかにするとともに、本研究で開発した中性子分布測定素子が水中でも十分機能することを確認した。本技術は、原子力施設等での利用の他、医療分野での活用も期待される。

補償遮蔽を設置する技術開発として、高分子樹脂、ホウ酸粉及び鉛粉で構成されるゲル状で中性子及びガンマ線に対して高い遮蔽性能を有する遮蔽材の開発に成功した。本遮蔽材は、材料混合時に硬化促進剤を添加することで、自然硬化するものであり、遮蔽欠損部の補修のみならず、貫通孔等の複雑形状物の補償遮蔽材としても活用が期待される。また、原子力災害時の補償遮蔽材として活用するための方策として、ゲル状遮蔽材の遠隔施工法の考案を行った。さらに、珪藻土及びゼオライトを用いた遮蔽材についても、遮蔽性能向上のための試験を実施するとともに、原子力災害対応に活用する方策についての検討を行った。

<知的基盤技術分野>

後20 原子力ロボットの实環境技能蓄積技術に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

本研究は、原子力関連プラントで必要とされる盤開閉、スイッチ操作、バルブ操作、計測・検査作業、サンプリング、結線作業など、多数の作業技能の教示/蓄積/再実行を自律遠隔融合で実現する技術の研究開発を行ったものである。多種多様な作業を実行して見せることで、従来の研究で確立された環境モデルと作業技能プログラム（スキルと呼ぶ）に基づく作業の自律実行技術が多くの作業に適用可能であることを示した。また、あらかじめ用意されていたスキルの不足など、スキルに基づく手法が適用困難な場合でも作業が容易に続行できるように操作者の介入を積極的に許す自律遠隔融合手法を開発した。さらに、そのときの操作者による操作を再利用可能な形で蓄積（技能の蓄積）し、半自律システムが経験を積むに従って段階的に使いやすくなるシステムを構築した。

これらは、当研究グループが考案した遠隔操縦データからロボットの接触作業の代表的な作業技能を抽出する手法に基づいて実現されている。この手法ではインピーダンス制御におけるインピーダンス中心の目標軌道により、作業をモデル化（力の使い方のモデル化）し、ボルト・ナットのはめ合い、丸型ハンドル、レバーハンドルバルブの開閉等、ロボットの多数の作業技能をプログラム化し、抽出された作業技能を使って自律遠隔融合で作業を実施した。操作者による操作を再利用可能なプログラム化するこの基礎技術により、プラント内のような未整備環境下での作業プログラムの開発の手間を大幅に軽減することが可能になると期待される。また、統合手法としての RT コンポーネント (Robot Technology Middleware を使って作成されるソフトウェアとしてモジュール化されたロボットの構成要素となる機能部品) 手法の考案と再利用性の向上を実現した。

システムの RT コンポーネント化により、ロボットの機能要素をモジュール化し、組合せることが可能となり、自律遠隔システムや作業技能を簡易作業実行装置・本格作業実行装置を意識することなく、双方で並行開発・相互運用が可能となるため、作業技能プログラムの開発効率が増大することが期待される。

後 2 1 経年劣化及び保守点検効果を考慮した安全評価手法の開発（独立行政法人海上技術安全研究所）

我が国の原子力システムにおいては、既存プラントの長寿命化が進み、経年劣化によるプラント部位損傷の懸念があることから、電力安定供給のためにも既存プラントを安全かつ経済的に運用する必要性がこれまで以上に高まっている。そこで、経年劣化、保守点検の取り扱い可能なシステム信頼性解析手法を開発し、長期間使用の原子力プラントの保守・点検スケジュールの評価やプラントの安全性評価の実施を可能にすることにより、適切な安全評価に基づく原子力システムの安全確保を目的として本研究を行った。

まず、文献調査等より入手した経年劣化故障率データを基に、適切な経年劣化モデルをプログラムに導入し、従来からある信頼性解析手法である GO-FLow 手法を、各機器の故障率の経時変化を考慮できるように改良した。具体的には、故障率の増加を支配する絶対時間とシステム運転に要求される相対時間の 2 種類の時間を取り扱う概念及び機器の経年劣化モデルを新たに導入した。この新しい信頼性解析手法 (TSAR: Time-dependent System Availability Research Tool) について、ベンチマークテスト等による妥当性の確認も行った。さらに、この新しい信頼性解析手法を導入し、解析過程をほぼ自動化し、経年劣化・保守点検効果を考慮した確率論的安全評価体系を新たに開発し、ベンチマークテスト等によりその妥当性を確認した。また、TSAR は、国際会議 (PSAM) 等で高い評価を得た。

このように、経年劣化及び保守点検効果を考慮した利用しやすい確率論的安全評価体系を新たに開発したことにより、長期間使用の原子力プラントの保守・点検スケジュールの評価やプラントの安全評価が実施可能となった。

平成 19 年度終了課題評価結果一覧

No.	分野	省	機関	課題名	総合評価
1	生	厚生労働省	国立感染症研究所	放射線障害に対する治療を目的とした末梢血管細胞に関する基礎的研究	B
2	生	厚生労働省	国立成育医療センター	免疫不全マウスを用いたヒト造血幹細胞に対する放射線照射生物影響の解析系の確立とその応用	B
3	生	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	放射性同位元素を用いた異常プリオン蛋白質の動物体内侵入機構及び体内動態の解明に関する研究	B
4	生	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	シンチレーション光ファイバーを応用した農業用施設診断技術の開発	B
5	生	農林水産省	独立行政法人 農業生物資源研究所	高等生物（昆虫）の放射線耐性機構の解明	A
6	生	農林水産省	独立行政法人 森林総合研究所	放射線による樹木の DNA 損傷と修復機構に関する研究	B
7	生	農林水産省	独立行政法人 森林総合研究所	放射線照射による林産系廃棄物の再資源化	B
8	生	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	DNA マイクロレイ技術を利用した放射線及び放射性物質の影響評価に関する研究	B
9	生	国土交通省	気象庁 気象研究所	ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象解明に関する研究	A
10	物	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	複合的微小組織材料における動的照射効果の研究	A
11	物	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	コロイドプロセスの高度化による高次構造耐環境セラミックスの作製に関する研究	A

平成19年度終了課題評価結果一覧

No.	分野	省	機関	課題名	総合評価
12	物	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	材料劣化のその場多次元モニターに関する研究	B
13	物	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	原子力エレクトロニクスのための半導体デバイス化技術に関する研究	A
14	物	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	軽元素同位体の分離と産業応用に関する研究	B
15	物	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	高透過性光子ビームを用いた非破壊検査技術の開発と高度化に関する研究	A
16	物	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	原子力用材料の多重熱物性計測技術に関する研究	B
17	シ	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	TRU 廃棄物処理におけるヨウ素ガス固定化技術の開発と長期安定性に関する評価	A
18	シ	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	地層処分場岩盤特性評価のための高分解能物理探査イメージング技術の研究	A
19	シ	国土交通省	独立行政法人 海上技術安全研究所	事故時の被曝線量モニタリングと放射線安全性の確保に関する研究	A
20	知	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	原子力ロボットの実環境技能蓄積技術に関する研究	A
21	知	国土交通省	独立行政法人 海上技術安全研究所	経年劣化及び保守点検効果を考慮した安全評価手法の開発	B

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）：放射線障害に対する治療を目的とした末梢血管細胞に関する基礎的研究 (国立感染症研究所)	
研究期間及び予算額：平成17年度～平成19年度（3年計画） 18,750千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>(1) 末梢血幹細胞の分化と成熟過程や造血能の獲得機構を骨髄幹細胞との関連の上で解析する。 大量の放射線で骨髄死を起こすようにしたマウスに各年齢の末梢血幹細胞を移植後、脾臓に出現するコロニーの種類から血液細胞の種類と分化段階を決定する。造血幹細胞の自己複製や前駆細胞の増殖に必要な分裂機構をcyclinやp53, DNA-PK等の遺伝子欠損マウスの末梢血幹細胞で解析する。</p> <p>(2) 放射線に対する感受性や適応応答機構と末梢血幹細胞の造血能との関連を解析する。 低線量放射線の事前照射によって獲得する放射線抵抗性の原因の一つは造血能の回復と考えられるので、末梢血幹細胞の造血能に及ぼす影響を解析する。</p> <p>(3) 以上の研究成果を基盤にして、移植治療に最適な造血能を有する末梢血幹細胞を特定し、その採取時期や方法を確立する。また、急性放射線障害に対する末梢血幹細胞バンクの利用を視野に入れた基礎研究を進める。 免疫機能の低下によって日常的な細菌やウイルス感染を容易にする急性放射線障害の治療には、末梢血幹細胞移植が最も有望であると考えられている。</p>
2. 研究成果 ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等	<p>当初予定の成果： <i>Translin</i>遺伝子欠損 (TSN-KO) マウスの末梢血ではBリンパ球の発生分化異常が認められていたが、TSN-KO マウスでは幼若リンパ系細胞や骨髄系細胞の分化のみならず、造血幹細胞の自己複製に<i>Translin</i>遺伝子が関与することを明らかにした。しかし、末梢血幹細胞の造血能に及ぼす放射線の影響に関する線量-効果関係や適応応答に関しては成果が見られない。</p> <p>特筆すべき成果： 被ばく後の造血機能の回復に<i>Translin</i>遺伝子が関与していることを明らかにした。すなわち、成熟TSN-KOマウスに半致死量の放射線（4 Gy）を照射して脾臓における内因性コロニー形成を観察した結果、脾臓での髄外造血を指標にした造血能回復に関して、TSN-KOマウスでは正常マウスに比べて著しい遅延が認められた。</p> <p>副次的な成果： 加齢と共にTSN-KOマウスにおける骨髄の造血能が低下し骨髄不全症を呈する一方、造血幹細胞(Lin⁻ Sca-1⁺ c-kit⁺)が急激に増加していることを明らかにした。骨髄移植実験から、幹細胞を取り囲む骨髄微小環境(niche)に及ぼす<i>Translin</i>蛋白の重要性が明らかになった。</p> <p>論文、特許等： 研究成果に関する論文は、Biol. Pharm. Bull. (2008)の1編のみである。</p>
3. 事後評価 ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力	<p>目的・目標の設定の妥当性： 本研究の目的・目標として設定された3項目“(1) 末梢血幹細胞の分化と成熟過程や造血能の獲得機構を骨髄幹細胞との関連の上で解析する (2) 放射線に対する感受性や適応応答機構と末梢血幹細胞の造血能との関連を解析する (3) 以上の研究成果を基盤にして、移植治療に最適な造血能を有する末梢血幹細胞を特定し、その採取時期や方法を確立する。また、急性放射線障害に対する末梢血幹細胞バンクの利用を視野に入れた基礎研究を進める”は、急性放射線障害の効果的治療法の開発に繋がるもので妥当である。但し、共通調査票に記載してある目的には申請時の項目(3)が欠落していて若干異なっている。</p> <p>研究計画設定の妥当性： 目標の末梢血幹細胞の放射線感受性、適応応答や造血機能獲得機構に関する研究計画が欠落し、もっぱらTSN-KOマウスを用いた<i>Translin</i>遺伝子やタンパクの機能解析が中心となっていて目標達成のための妥当性に欠ける。</p> <p>研究費用の妥当性： 概ね妥当と思われるが、1人の研究者の費用であることを考慮するとやや高額かもしれない。</p>

	<p>研究の進捗状況：</p> <p>研究成果論文(Biol. Pharm. Bull., 2005年)に見られるように、「<i>Translin</i>遺伝子(Translin蛋白)」の造血に関する機能解析という研究計画に沿って研究が進捗していることが確認できるが、研究の目的・目標である放射線による造血障害の治療開発に繋がる研究に関しては、具体的な研究成果が見られない。特に、内因性脾臓コロニー形成能の回復がTSN-KOマウスで遅延する結果から、<i>Translin</i>蛋白の果たす役割を論じているが、放射線障害の重篤度の観点からは回復遅延は重要ではなく、コロニー形成に関する線量-効果関係から見た造血幹細胞の障害が問題であるので、これを量的に示す必要がある。</p> <p>研究交流：</p> <p>放射線生物学研究者との計画段階からの相談が必要であった。</p> <p>研究者の研究能力：</p> <p><i>Translin</i>遺伝子の発見(Nat. Genet.1995)以来、<i>Translin</i>の生物学や役割に関し優れた基礎的研究成果を発表していて、研究能力は高いと判断される。</p>
4. その他	回復の遅延と造血機能障害の重篤度とは異なった生物学的指標であることの認識が必要。
5. 総合評価	B
評価責任者氏名：嶋 昭紘	

表9

後 2

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）：免疫不全マウスを用いたヒト造血幹細胞に対する 放射線照射生物影響の解析系の確立とその応用（国立成育医療センター）	
研究期間及び予算額：平成17年度～平成19年度（3年計画） 13,346千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>1) 免疫不全（NOD-SCID）マウスへのヒト造血幹細胞移植系を用いて、生体に放射線照射した場合のヒト造血幹細胞に対する放射線生物影響を解析する実験系を確立する。</p> <p>2) 上記実験系を用いて、ヒト造血幹細胞に対する放射線生物影響のうち特に遺伝子切断、細胞周期、特異的遺伝子発現、等について解析する。</p> <p>3) 上記実験系を用いて、G-CSF投与や放射線少量照射による放射線抵抗性獲得の分子機構についても検討する。</p>
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等 	<p><u>当初予定の成果</u>：</p> <p>免疫不全マウスにヒト造血幹細胞移植系を確立した。この系により、生体に放射線を照射した場合のヒト造血系細胞に対する放射線生物影響を解析できることが確認された。</p> <p><u>特筆すべき成果</u>：</p> <p>免疫不全マウスへのヒト組織の移植系は、他の組織にも応用可能であることから、今後有用な解析手段となる可能性が示唆された。</p> <p><u>副次的な成果</u>：</p> <p>1) 放射線照射されたヒト造血系細胞は、種々のケモカイン、サイトカイン、増殖因子等の予想外の分子の遺伝子発現を誘導する可能性が示唆された。</p> <p>2) ヒト造血幹細胞を移植する免疫不全マウスとしては、多系統の血球への分化が期待できる点でNOGマウスの方がNOD-SCIDマウスより有用性が高いことが示唆された。</p> <p><u>論文、特許等</u>：</p> <p>研究目的の一つであるヒト造血幹細胞の移植系の開発については、免疫不全マウスに幹細胞を移植する際の培養の条件等に関する英文学術論文が3編発表されている。しかし、ヒト造血系細胞に対する放射線生物影響に関する論文はまだ準備中の段階である。また特許等はない。</p>
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 	<p><u>目的・目標の設定の妥当性</u>：本研究では、ヒト造血細胞に対する放射線照射の影響を解析する目的で、マウスへのヒト造血幹細胞の移植系を開発し、生体に放射線照射した場合のヒト造血幹細胞への影響を解析しようとしている。この目的・目標は、放射線の人体影響を知る上で必要で適切である。従って、原子力試験研究として妥当であると考えられる。</p> <p><u>計画設定の妥当性</u>：当初計画した免疫不全マウスの利用をNOD-SCIDマウスからNOGマウスへ変更したが、その変更は研究実施に伴うもので、必然性がある。研究計画自体は、適切に計画されており、妥当である。</p> <p><u>費用の妥当性</u>：NOD-SCIDマウスからNOGマウスへ変更したため、マウス購入費において不足を生じた。しかし、研究全体の経費の観点からすれば、研究経費の総額は妥当な額である。</p> <p><u>研究の進捗状況</u>：ヒト造血幹細胞の移植系の開発については、当初の目的に沿った成果がえられつつある。しかし、もう一つの目的である、ヒト造血系細胞に対する放射線生物影響に関する研究は遅れていると判断される。</p> <p><u>研究交流</u>：研究交流の実績が見られない。放射線生物影響に関する研究が遅れている事も、この分野の専門家との研究交流の不足によるものと判断される。</p> <p><u>研究者の研究能力</u>：ヒト造血幹細胞を解析する十分な知識と技術を持っており、研究能力は高い。しかし、放射線生物影響の専門家との連携が必要である。</p>
4. その他	
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）：放射性同位元素を用いた異常プリオン蛋白質の動物体内侵入機構及び体内動態の解明に関する研究（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15年度～平成20年度（5年計画） 49,376千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ RI標識した異常プリオン蛋白質を用いて、プリオンの動物体内への侵入メカニズムを調べる。 ・ RI標識を用いて、プリオン病治療薬候補の薬効を検討する方法を確立する。 ・ cell free conversion法を用いて、プリオン蛋白質の異常化のメカニズムを検討する。
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等 	<p><u>当初予定の成果</u>：</p> <p>cell free conversion法により、異常プリオン蛋白質には固有の変換効率があり、その効率はほぼ潜伏期の長さに反比例することが判明した。プリオンが蓄積したハムスターに、³⁵Sを投与することによりde novoの異常プリオン蛋白質を半定量できる方法を確立した。</p> <p><u>特筆すべき成果</u>：</p> <p>プリオンが蓄積したハムスターに³⁵Sの投与により、de novoの異常プリオン蛋白質を検出する方法を確立した。この方法により、投薬効果を調べるのに必要な時間を1年以上から2週間程度に短縮した。</p> <p><u>副次的な成果</u>：</p> <p>尿、血液中のプリオン検出では、RI法よりPMCA法の方が感度が高いことが判明した。</p> <p><u>論文、特許等</u>：</p> <p>プリオンの蓄積、代謝に関する英文学術論文が2報発表されている。しかし、当初の目的であるRI標識による研究成果とは言えない。</p>
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 	<p><u>目的目標の設定の妥当性</u>：</p> <p>本研究の目的は、プリオンの体内動態の解析やプリオン蛋白質の異常化メカニズムの解析であり、その為にRI標識を使用するものである。RI標識法より高感度なPMCA法が開発された段階では、研究目的・目標の妥当性に疑問が残る。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性</u>：</p> <p>PMCA法が確立されてない段階では、RI法を用いた研究計画の立案はやむを得ない点はあるが、中間評価以後は、原子力試験研究の目的に沿った研究計画を策定すべきであった。</p> <p><u>研究費用の妥当性</u>：</p> <p>RI標識を用いた動物実験である点を考慮すると経費は妥当と言える。</p> <p><u>研究の進捗状況</u>：</p> <p>当初の研究目的・目標に沿った研究成果は論文発表では未だ得られていない。しかし、RIを用いた方法でプリオン病治療薬をスクリーニングする方法を開発しており、今後の研究の進展が期待される。</p> <p><u>研究交流</u>：</p> <p>研究交流に関する具体的な記載が無いので、評価出来ない。</p> <p><u>研究者の研究能力</u>：</p> <p>プリオン研究には実績があり、研究能力は高いと判断できる。</p>
4. その他	
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）：シンチレーション光ファイバーを応用した農業用施設診断技術の開発 (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構)	
研究期間及び予算額：平成15年4月～平成20年3月（5年計画） 49,487 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	光ファイバーの先端に適切なシンチレータを塗布または密着させ、放射線によるシンチレータの微弱な発光を光ファイバー経由で光電子増倍系に伝送することによってプローブを小型化した中性子水分検層システム・ガンマ線密度検層システムを開発する。さらに、農業用施設（地滑り対策の排水トンネル、灌漑用小規模ダム、農業用水用パイプライン）への適用性について室内実験、野外試験により検討する。
2. 研究成果 ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中性子検出用シンチレータとしてZnS(Ag)+LiO₂を、ガンマ線検出用シンチレータとしてNaI(Tl)を用い、シンチレーション光を光ファイバーで伝達することによって無電源プローブを開発した。 ・ 開発したプローブを用いて、小型の中性子水分計およびガンマ線密度計を試作した。 ・ 開発した測定器では1点の測定に30分間程度を要するので、低速で走査するための自動巻き上げ装置を開発し、測定に要する労力の軽減を可能にした。 ・ 水分検層によって農地地すべり地の含水比を継続的に測定し、対策の効果を判定できることを明らかにした。 ・ 特許申請の予定があるため、2005年に1編の論文を公表したのみである。
3. 事後評価 ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的・目標が当初から明確であり、妥当であった。 ・ プローブの開発、特性試験、実機の開発と順を追っており、妥当であった。 ・ 成果に直接的に表われていない試行錯誤があったと考えられるが、やや過剰である。 ・ シンチレーション光を光ファイバーで伝達するプローブの開発は予定通りであったが、実用レベルの計測器に仕上げる過程で予定より時間を要している。 ・ 十分とは言えず、放射線計測器の開発・作成で実績を有する専門家・技術者の協力を求めた方がよかった。 ・ おおむね十分な能力が認められる。
4. その他	
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）：高等生物（昆虫）の放射線耐性機構の解明（独立行政法人農業生物資源研究所） 研究期間及び予算額：平成15年度～平成19年度（5年計画） 42,014千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	放射線耐性制御機構に関する研究。 (1) 生理機構の研究： ネムリユスリカの乾燥および非乾燥幼虫におけるガンマ線、各種イオンビーム照射に対する生物影響の評価（幼虫生存、蛹化、羽化、繁殖に与える影響）、個体・組織レベルのトレハロース合成誘導条件の検討、トレハロースの細胞・組織内分布の解析手法の確立、トレハロース含量と放射線耐性の関係、イオンビーム照射による突然変異系統作出の試み、トレハロース蓄積とフリーラジカル発生量との因果関係解明、などを行う。 (2) 分子機構に関する研究： トレハロース合成関連酵素（TPS、TPP、TRE、GPなど）のクローニング、トレハロース合成関連酵素のゲノム構造とプロモーター部位の解析、トレハロース以外の放射線耐性制御因子の探索、などを行う。
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等 	当初予定の成果： ネムリユスリカの乾燥および非乾燥幼虫におけるガンマ線、イオンビーム照射に対する生物影響を、幼虫の生存、蛹化、羽化、繁殖などを指標に解析し、またその影響を近縁のユスリカ2種類と比較した。乾燥条件の検討を行い、幼虫のトレハロース蓄積量や蘇生率を様々に設定できる系を確立した。乾燥途中の幼虫体内のトレハロースの挙動を分析した。トレハロース合成酵素のクローニングをほぼ終え、その発現挙動解析を行った。17個の放射線耐性関連遺伝子（HSPs、抗酸化酵素、DNA修復酵素など）のクローニングと発現解析を行った。コメットアッセー（アルカリ条件）およびヒストンタンパク質のリン酸化検出によるDNA鎖切断と修復に関する解析を行った。 特筆すべき成果： ネムリユスリカのクリプトビオシスに伴う乾燥ストレスによって活性酸素が生じ、それがDNA二重鎖切断を誘発させていること、その損傷が水和後に完全修復されていることを明らかにした。放射線照射によって生じるDNA鎖切断も効率よく修復されることを示した。 副次的な成果： クリプトビオシスに入った乾燥幼虫を水に戻すと1時間ほどで蘇生し発育を再開することから、乾燥ストレスだけでDNA二重鎖切断が生じ、それが効率よく修復される結果は想定外であった。この発見は、乾燥耐性研究にもフィードバックを与える知見と思われる。 論文、特許等： 英文国際誌論文5編。「昆虫の蘇生乾燥方法」特許出願。
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 	目的・目標の設定の妥当性： クリプトビオシスに入ったネムリユスリカの乾燥休眠幼虫は7kGy相当の放射線照射後でも水に戻すと1時間ほどで蘇生し発育を再開する。この放射線耐性の分子機構の解明は放射線生物学的にも興味深い課題で、乾燥幼虫は大量のトレハロースを蓄積していることからトレハロースを放射線防護因子として想定し、その分子機構を解明する目標設定は妥当と考えられる。 研究計画設定の妥当性： 研究計画は概ね妥当と思われる。高等生物の放射線抵抗性は主にDNA二重鎖切断に大きく依存することが明らかにされているので、DNA二重鎖切断と修復機構に関するより詳細な研究計画が望まれる。 研究費用の妥当性：妥当と思われる。 研究の進捗状況： ネムリユスリカの乾燥休眠幼虫の乾燥ストレス応答に関連した放射線耐性について、幼虫の生存、蛹化、羽化率から見た耐性機構はかなり解明されている。しかし、生殖過程を経た繁殖率で見るとそれ程耐性を示さないことも同時に明らかにされた。このことから、DNA二重鎖切断修復をコメットアッセー（アルカリ条件下）のみならず、より詳細に検討する必要がある。DNA二重鎖切断の修復の分子機構の詳細が最近解明されているので、昆虫を含めたその進化論的解析は興味深いテーマである。 研究交流： 日本原子力研究開発機構（TIARA）との共同研究課題に採択され、放射線物理学者および放射線生物学者との共同研究を進めることにより、より効率的に適切な研究を遂行できた。

	<p>また、ロシア科学アカデミーとの交流により、ネムリユスリカが宇宙ステーションでの宇宙生物学の実験材料として利用されはじめ、新たな研究展開が期待される。東京工業大学との研究交流により、トレハロースの放射線防護因子としての物理化学的な根拠（抗酸化、ガラス化）を得ることができた。ただし、クリプトビオシスに伴うDNA損傷は LET 70Gyの照射に相当するとしているが、この意味は不明で、イオンビーム70Gyによる損傷と修復に相当することと思われる。放射線生物学研究者とのより詳細な討論が必要と思われる。</p> <p>研究者の研究能力：</p> <p>5編の英文原著論文や研究成果から、ネムリユスリカの放射線照射後の生理・生化学的変化および放射線耐性の分子生物学的機構解明に関する研究担当者の研究能力は高く評価される。</p>
4. その他	放射線照射後のアポトーシス発現に関する耐性は大きいことが予測されるが、細胞増殖を介した後の細胞の放射線抵抗性に関しては明らかでなく、この点が生殖細胞の放射線抵抗性が乾燥休眠状態で増強されないことと関連している可能性があり、今後の解明が期待される。
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）：放射線による樹木のDNA損傷と修復機構に関する研究（独立行政法人森林総合研究所） 研究期間及び予算額：平成15年度～平成19年度（5年計画） 33,543千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	放射線による生物への影響を正確に把握するための研究は、原子力の平和利用には欠かすことができない。多様な生物においてこのような研究が遺伝子レベルでなされてきているが、植物を対象とした場合、草本性植物での研究のみが知られており、木本性植物での知見は皆無である。また、放射線による遺伝子の損傷、修復に関する知見は同様な影響をもたらす限界的な環境ストレスに対する耐性機構を木本性植物において解明する上での貴重な情報となる。そこで、本研究では、以下の目標を達成することにより、樹木において放射線によるDNAの損傷、修復現象を遺伝子レベルで解明することを目指す。 （1）ガンマ線によるポプラの成長特性およびDNA損傷への影響解析 （2）ポプラのDNA損傷修復に関わる遺伝子群の機能解析
2. 研究成果 ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等	当初予定の成果： ポプラの苗木に対するガンマ線の影響を解析し、成長特性や形態異常の発生様式を明らかにした。苗木の致死線量は100-150Gyと推定され、この線量は報告されているスギの致死線量の15-30Gyより著しく大きい。細胞増殖、器官分化に対するガンマ線の影響を明らかにした。ガンマ線を照射したポプラの細胞核におけるDNAの低分子化を検出できた。DNA修復関連遺伝子群をポプラから単離し、ガンマ線照射やDNA切断試薬処理による、遺伝子発現の変化を明らかにした。DNA修復関連遺伝子の遺伝子組換えポプラの作出に成功した。 特筆すべき成果及び副次的な成果： ガンマ線照射による遺伝子発現の変動を、ポプラDNAマイクロアレイにより網羅的に解析し、数千の遺伝子の規模で発現の増加又は減少を検出した。その中には、他の生物には存在しない新規遺伝子もあり、他の生物には無い樹木の放射線適応機構に関する新情報を得られる可能性がある。 論文、特許等： 発表論文数が少なく、成果の早急な論文公表が必要（内部評価フォーマットより引用）。
3. 事後評価 ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力	目的・目標の設定の妥当性： 樹木での放射線によるDNA損傷と修復についてはこれまで研究報告が無く、永年性の樹木を対象に、放射線の影響をDNA損傷と修復という観点から捉え、原子力の平和的利用の基礎的情報収集に貢献することを目的としたことは原子力試験研究の目的に適うもので、妥当。 研究計画設定の妥当性： 樹木に及ぼす放射線の植物生理学的影響を把握し、その原因を樹木のDNA損傷と修復に関連付けて解明する研究計画は概ね妥当と思われる。ただし、研究材料としたポプラが樹木をどこまで代表できるかを検討することは重要と思われる。特に、ICRP2007年勧告では、環境影響の重要性が指摘され、針葉樹のマツが影響評価の標準樹木とされたことから、落葉樹のポプラの位置づけを検討する必要があると思われる。 研究費用の妥当性： 概ね妥当と思われる。 研究の進捗状況： ガンマ線の樹木の生長に及ぼす影響、細胞増殖・分化への影響を解析し、DNA損傷修復関連遺伝子の単離と発現特性の解析、ガンマ線照射による遺伝子発現の網羅的解析、DNA修復関連遺伝子を導入した遺伝子組み換えポプラの作出などほぼ計画通りに研究は進捗した。 研究交流： 農業生物資源研究所の協力によりポプラの苗木、カルスや培養細胞へのガンマ線照射実験を実施；大阪大学より酵母Rad51遺伝子及びその変異体の分与を受け、遺伝子解析。 研究者の研究能力： ガンマ線のポプラに対する生理学的影響解析、DNA修復関連遺伝子の単離と発現特性の解明、遺伝子組み換えポプラの作出など、研究者の研究能力は高いと評価される。
4. その他	ICRP2007年勧告における環境の放射線影響評価において、マツが標準樹木とされたことから針葉樹のマツやスギに関する研究の進捗が期待される。
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）：放射線照射による林産系廃棄物の再資源化（独立行政法人森林総合研究所） 研究期間及び予算額：平成15年度～平成19年度（5年計画） 38,473千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	林産系バイオマス資源は再生産、持続可能資源であり、その構成成分であるセルロー、ヘミセルロース、リグニン等は物理、化学的あるいは生物学的プロセスを経ることにより化石資源に代わるエネルギー、化学原材料として用いられる可能性を有している。これら林産廃棄物系バイオマスを物質変換して化学原料、エネルギー源として利用するプロセスを考えた場合、グリーンケミストリーの観点からは前処理、または直接処理法として、環境に与える負荷をゼロあるいは最小限に抑えた手法を用いる必要がある。本研究課題では、きのこ菌床栽培による廃棄物として毎年多量に排出されているきのこ廃菌床を対象とした成分総合利用法の開発を目的に、二次的変質、副生成物の伴う化学試薬によらない前処理法として放射線照射処理（ γ 線照射処理）を適用し、未利用林産系廃棄物資源の有効利用法の開発、再資源化を検討した。
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当初予定の成果：γ線500kGy照射により、酵素糖化率はエノキタケ廃菌床が40%、ブナシメジ廃菌床が50%を示した。粉碎処理を組み合わせると未照射の2倍に上昇した。γ線照射による糖化率の上昇を確認。 ・ 特筆すべき成果：500kGy照射の廃菌床について酵素糖化とエタノール発酵の同時糖化発酵を検討した。実質的なエタノール生産量に差は見られなかったが、ブナシメジ廃菌床では理論値の44%、エノキタケ廃菌床では80%の変換効率でエタノールを生産する事ができた。 ・ 副次的な成果：γ線照射処理により低分子化したグルコマンナンオリゴマーにマイタケ子実体収量活性が認められた。 ・ 論文、特許等：特許1件、論文1件、学会発表3件。
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的・目標の設定の妥当性：廃棄物の有効利用の観点からの目的・目標設定は妥当で、エネルギー源としての廃菌床の活用が期待された。前処理などを最小限に抑えて環境負荷を少なくする処理法としてγ線照射を利用していることから、原子力試験研究としては妥当であった。 ・ 研究計画設定の妥当性：γ線照射による廃菌床の糖化率の検討は、実用線量としては高目の500kGyで進められた。照射時間及び照射条件の検討から、成果は得られているが、より実用的な低線量での検討は十分ではない。エタノール生産性の検討は当初の計画にはなかったが、社会的なニーズに対応したものとして評価される。 ・ 研究費用の妥当性：5年間の研究費としては妥当である。 ・ 研究の進捗状況：照射時間及び照射条件の検討を進めてきたが、実用的な条件を見出すまでには至っていない。糖化率やエタノール生産量の向上は、ヘミセルロースやリグニンなどの難分解性成分の分解がポイントになることから、当初の目的であるグリーンケミストリーとは方向性が変わることになるかもしれないが、他の分解促進手段をγ線照射と組み合わせることの検討も今後必要であろう。食用作物からのバイオエタノールの生産は、国際的な価格高騰を引き起こすなど問題となっていることから、木質系廃棄物の利用を進めるための基礎研究としての意義は認められる。 ・ 研究交流：照射は原子力研究開発機構の設備を利用し、照射条件などについての意見交流は認められる。 ・ 研究者の研究能力：基礎研究を進める能力はあると認められるが、論文発表が5年間で所内の紀要一報では少ない。
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 報告されている特許と本研究との関連が不明。 ・ 中間報告で学術誌に投稿中とされた論文のその後は？
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）：DNAマイクロアレイ技術を利用した放射線及び放射性物質の影響評価に関する研究（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15年度～平成19年度（5年計画）115,699千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>近年、DNAマイクロアレイ技術が普及し、生体の生理的变化を遺伝子発現レベル（数千から数万種類の遺伝子を対象）で網羅的に解析することが可能になってきており、産総研においても化学物質（重金属、環境ホルモン、天然化学物質、等）や物理的因子（高温、低温、凍結、高圧、等）の影響評価に本技術を導入し、影響評価基盤情報として発信している。こうした背景のもとに本研究では</p> <p>(1)産総研単独で実施が可能な放射性物質、ウラン、トリウム等の影響評価、</p> <p>(2)ラジオアイソトープの影響評価、</p> <p>(3)放射線医学総合研究所で公開されている施設を利用することで、重粒子線、γ線、β線、X線等の影響評価</p> <p>(4)広島大学の施設を利用することで、中性子線の影響評価、を、A)酵母細胞、B)ヒト細胞について網羅的にマイクロアレイ解析を行い、c)その他可能な細胞として、イネ、メダカについても放射線影響を観察する。酵母細胞系においては、遺伝子の破壊株に対する影響評価などを行い、影響メカニズムを多角的に解析する。最終的には、放射線の影響情報と既存の化学物質や物理的影響情報とをバイオインフォマティクス技術を利用し、解析を行い生体影響因子基盤情報として確立する。</p>
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<p><u>当初予定の成果</u>：当初の研究目標である酵母細胞、ヒト細胞、イネ、メダカについて、DNAマイクロアレイによる遺伝子発現プロファイルの解析が行われており、データの一部は、GEO（Gene Expression Omnibus）に登録されている。しかし、最終目標である放射線と化学物質や物理的因子による影響情報を統合し、バイオインフォマティクス技術を利用して解析するとした成果は見られない。</p> <p><u>特筆すべき成果</u>：今後、熱中性子線の使用が困難になる点を考えれば、京都大学原子炉実験所を使用して、熱中性子線の生物影響評価を行えたことは、貴重な成果である。</p> <p><u>副次的な成果</u>：メダカの放射線感受性に関する情報が得られた。</p> <p><u>論文、特許等</u>：6編の学術雑誌に報告がなされている。</p>
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<p><u>目標の設定の妥当性</u>：DNAマイクロアレイ技術を用いて放射線放射後の遺伝子発現プロファイルのデータベースを構築しようとする試みは、事前評価を行った当時（H14）では妥当であった。しかし、より精度の高いデータベースを構築するためには、生物種、放射線源等でもう少し集約して特徴を出す必要がある。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性</u>：全体的な研究計画設定の妥当性はある。しかし、ウランやラジオアイソトープの影響評価は断念せざるを得なかったことから、検討の余地はある。また、用いた照射線量が生物影響を見るには大きすぎ、この点は研究目的に合致しない。</p> <p><u>研究費用の妥当性</u>：DNAマイクロアレイ技術の使用は経費が掛かり、当時の経費としては無理からぬ点がある。しかし、得られた成果の有用性、活用性の観点から言えば、検討の余地がある。</p> <p><u>研究交流</u>：放射線関連施設での活発な研究交流が認められる。しかし、放射線の生物影響を解析する点では、放射線生物学の専門家との研究交流が必要である。</p> <p><u>研究者の研究能力</u>：DNAマイクロアレイ技術を用いた解析では、高度な研究能力を有していると判断される。しかし、異常に高い線量を用いた遺伝子発現解析などの点で、改善の余地があり、放射線生物学の専門的知識が不足している。</p>
4. その他	
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）：ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象解明に関する研究 (気象庁 気象研究所)	
研究期間及び予算額：平成17年度～平成19年度（3年計画） 31, 331千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象について、そのメカニズムの解明や人為的原因との識別を可能とすべく、大気中におけるラドン及び壊変生成物の変動や気象条件によるガンマ線空間線量率の変動に関して、以下を実施し評価する。</p> <p>①数値シミュレーション解析のためのパラメータ抽出 ガンマ線量率の観測データと気象データの解析を行い、高ガンマ線量率事象の発現に関わる気象との関連を明らかにする。</p> <p>②ラドン・ラドン壊変生成物大気中濃度のデータベース及びラドン発生量マップ作成（名古屋大学へ委託） 東アジア域における大気中ラドン濃度の観測データの整備及び地表面からのラドン散逸量のマップ作成を行う。</p> <p>③放射性核種移流拡散モデルを用いた自然起源ガンマ線量率変動の評価 ①、②に基づき、放射性核種移流拡散モデルによる数値シミュレーションを行い、ガンマ線量率変動と大気循環の関係を解析する。</p>
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> 高ガンマ線量率事象と気象状況との関係の解析、データベース及びラドン散逸量マップの作成、数値シミュレーション結果を用いた自然要因によるガンマ線量率変動の解析について、ほぼ計画通り実施された。ただし、数値シミュレーションによる地表面付近のガンマ線量率の再現精度は十分とはいえないため、モデルの高解像度化や境界層における乱流過程を考慮した改善が必要である。 地表面からのラドン発生量マップを作成し、数値モデルと組み合わせることで、ガンマ線量率の再現が可能となった。 ガンマ線量率の異常値判定法として、観測データから「異常値の再現期間」を求め、統計的手法による異常値判定が有効であることを示した。 過去のガンマ線量率の観測データを解析することでアジア域の大気循環の変動と物質輸送の変動を推測することが可能となり、アジア大陸の環境変動を推定する有力な手法となることが見込まれる。 海外の学術論文誌にも積極的に発表しており、論文公表状況は十分妥当である。特許を取得する類の研究ではない。
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> 原子力施設周辺で高ガンマ線量率の発生がたびたび観測されており、人為的な原因による事象と自然的な要因による事象とを区別することを目指した本研究の目的・目標の設定は妥当であった。 観測データを用いたモデルの開発と観測の実施及び両者の比較検証は妥当な計画設定であった。 妥当であった。 研究は計画に沿って進捗した。 実績を有する名古屋大学に研究の一部を委託するとともに年2回の打ち合わせなどにより情報交換は十分行われた。また、ラドン観測を実施している研究者と意見交換も行われ、研究会を開催するなど研究交流は十分に行われた。 十分に高い。
4. その他	なし。
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）： 複合的微細組織材料における動的照射効果の研究（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15年度～平成19年度（5年計画） 134,265千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	原子力プラントはより一層の安全性向上が望まれており、耐照射損傷性に優れた材料開発が求められている。本研究では、優れた耐照射損傷性を持つ次世代の原子炉構造材料開発の基盤となる動的照射損傷、すなわち照射中に起こる照射誘起変形、照射下疲労に及ぼす動的照射効果を、材料の微視的な複合組織と関連させて解明することを目的としている。具体的には、前半で軽水炉用ステンレス鋼の動的照射効果を母相と結晶構造の異なる相や異質な相を含む複合微細組織材料について明らかにすることを目標とし、後半には核融合炉等の金属間化合物型及び酸化物分散型材料に対して同様な検討を行うこととしている。
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・母相中に微細な加工誘起マルテンサイト相を形成する304ステンレス鋼の照射下クリープ変形は316ステンレス鋼冷間加工材等均質微細組織のオーステナイト鋼及びマルテンサイト鋼と比べ抑制されること、照射誘起応力緩和も抑制されることを示した。 ・上記304冷間加工材の照射下における疲労寿命は非照射材より長寿命化されるが、照射後材では非照射材より短寿命になること、またこの影響は微細組織構成に大きく影響し、均一組織材とは異なること等、動的照射効果と微細複合組織との関連性を明確にした。 ・均質組織材料の照射下疲労寿命が非照射時より長くなり動的照射の影響があるが、酸化物分散型の複合組織材料では寿命が殆ど変わらず、動的照射効果は抑制されることを明らかにした。 ・これまで未知であった動的照射環境下での疲労寿命は非照射時と大きく異なること、またこの挙動が複合的微細組織によって大きく異なることを明らかにした点は大きな成果である。 ・照射下疲労実験において照射損傷と水素脆化との相乗的影響を見出した。今後詳細検討する必要性を提言している。 ・論文：19報と十分である。
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力プラント炉心材料の照射に関わる損傷を材料の微細複合組織と動的照射挙動とを密接に関連させて解明しようとする、機構解明の本質をついた研究であり、研究する材料も現在問題となっている軽水炉用炉心材料及び次世代炉用構造材料を対象にしており、妥当な目的・目標の設定である。 ・前半は軽水炉用ステンレス鋼を対象にした変形破壊特性、後半では核融合炉を対象にした金属間化合物型及び酸化物分散型材料に関して動的照射効果を検討している。軽水炉用のステンレス鋼で問題のIASCCに対する動的照射効果の微細組織依存性についてなお検討が必要である。この問題は実験に難しい面が多いが、重要であるので、以降も継続して解明する必要性を感じる。 ・ほぼ妥当と考える。 ・新規で有効な研究結果が得られており予定通りの進捗状況と判断する。現在問題となっているIASCCに関して動的照射効果を解明するために、今後軽水炉高温水環境での照射損傷に及ぼす動的照射の影響実験への貢献が期待される。 ・原子力材料関連研究グループとの共同研究等を通し、実際の軽水炉における問題解決及び核融合炉用材料開発に本研究成果を反映させようと努力している。 ・今までも、加速器照射下実験を実施した照射損傷研究に関して、実験・理論の両面で国際的に優れた研究を推進しており、本研究遂行に研究能力を発揮したと判断される。
4. その他	照射中の動的効果は重要であるが実験的に未解明な点が多かった。本研究で加速器照射の特徴を活かしてメカニズム解明に成果を得ており、今後の展開が期待される。
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）：コロイドプロセスの高度化による高次構造耐環境セラミックスの作製に関する研究 （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15年度～平成19年度（5年計画） 95,227 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	セラミックス材料の種々の特性発現やその向上において、微構造制御は極めて重要である。本研究課題では、提案者らが開発した精密加工のための高速超塑性体作製技術、電界印加コロイドプロセス（電気泳動堆積EPD法）による膜厚制御、積層体作製技術、強磁場印加コロイドプロセスによる配向体作製技術を原子力分野へ適用することを目的とした。特に、原子力用先進構造用材料として利用され、研究開発が進められているアルミナ、ジルコニア、窒化珪素、炭化珪素等の耐環境セラミックスを対象とする。そのため、出発微粒子の溶液中の分散・凝集制御、電界や強磁界印加による結晶方位や組織微構造を制御する技術の高度化を図り、力学特性や熱伝導性の優れた耐環境セラミックス材料を製造する技術を確立することを目標とする。
2. 研究成果 ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・ジルコニア系で従来の変形速度10^{-4}s^{-1}程度から10^{-2}s^{-1}以上で高速変形する高速超塑性体を開発した。 ・窒化珪素、炭化珪素、AlN系の高分散サスペンションから、強磁場中鑄込み成形と焼結により、結晶方位が高度に制御されたセラミックスを作製した。また、それらの配向体について、強度および熱的特性の面方位依存性を確認した。 ・電界と強磁場を重畳させた磁場中電気泳動堆積法により、アルミナ、チタニアなどの配向した厚膜、積層体を作製した。 ・微小なビーズを使用したミルを用いてナノ粒子の分散に成功し、これにより中間評価時には不可能であった配向ジルコニアの作製に成功し、また優れたナノコンポジットの作製にも成功した。 ・EPDに適したスラリーの調製法、反応焼結を利用した配向体作製プロセスの開発、変動磁場EPDの開発による一軸配向積層体の作製など。 ・論文68件、特許9件など非常に多くの成果がとりまとめられている。
3. 事後評価 ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・セラミックス材料の結晶方位や3次元粒子配列などの高次構造を制御することにより原子力分野への利用に資する耐環境セラミックスを創製することは基盤技術として重要であり、目標は妥当である。 ・材料の創製については予定以上の成果を得ており妥当である。照射挙動に関しては東北大との共同研究により国内炉に替わりベルギーの原子炉照射実験計画を開始している。原子炉照射実験は長期間を要するので、照射の実施、照射後の評価は、ぜひ継続してほしい。 ・費用は妥当である。 ・進捗状況については、多くの材料について成果を得ており、妥当である。 ・原子力研究開発機構、TISTR（タイ国）、東北大学との研究交流を実施している。 ・研究成果の発表状況には特筆すべきものがあり、研究能力は高いと判断できる。
4. その他	重要なセラミックス材料の微細構造制御に成功している。耐中性子照射特性には微細構造の効果が期待されるので、得られた成果を原子力分野に応用するために今後とも共同研究等により照射データの取得に努めてほしい。
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部勝憲	

表9

後12

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）：材料劣化のその場多次元モニターに関する研究（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 15年度～平成 19年度（ 5年計画） 50,911 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>照射劣化の力学的因子をとらえる表面電位計測と内部腐食損傷など電気化学的因子をとらえる光音響計測をそれぞれ開発し、さらに従来測定技術も組み合わせて材料劣化のその場多次元モニターシステムを構築しようとするものであり、以下の目標により行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・力学的因子の局所すべり変形や照射劣化を表面電位計測からモニターする技術の開発。 ・広範囲、長時間、高精度の表面電位モニターシステムの開発。 ・電気化学的因子である内部腐食損傷を光音響計測からモニターする技術の開発。 ・広範囲、長時間、高精度の内部腐食損傷モニターシステムの開発。 ・従来測定技術も含めた多次元複合化材料劣化モニターシステムの開発
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等 	<ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果に関しては、表面電位計測システムを構築し、CCDカメラの画像データまで行ったが、多次元モニターにまでは到達できていない。 ・表面電位計測に関しては、局所変形や発生した傷により、表面電位が変化することを示し、新たな材料劣化モニタ手法として適用できることを示した。 ・表面電位計測と銀デコレーション法の同時計測により水素分布のその場観察を行ったり、薄板の裏面の腐食損傷が表面から計測できることを示すデータを得るなど副次的な成果としては興味深い新たな発見が得られている。 ・論文5編、特許なし、と発表件数はやや少ないが、受賞は3件。得られた新たな発見に関して今後の成果報告を期待したい。
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 	<ul style="list-style-type: none"> ・研究成果において示した通り、当初の目的、目標としては、光音響計測によるアプローチが失敗に終わっているため、実質的に半分の成果しか得られておらず、目的、目標の設定としては、見通しがやや甘かったものと考えられる。 ・研究計画設定としても実機適用を目指したモニタシステムの構築を目指すなどやや無理な設定が見られる。当初目標から考えると光音響計測に関しては、単に予算的な問題にとどまらず、もっと多くの研究機関と協力し、注力した計画を設定するか、あるいは基礎的な検討にとどめておくべきであったと考えられる。 ・おおむね妥当と考えられる ・本研究では表面電位計測に関しては当初の目標をほぼ満たす成果が得られているほか、当初の目的からはやや離れるが、興味深いいくつかの成果が得られている。これは研究遂行の方向からは少し離れているものの、今後、電位分布計測による照射損傷・腐食挙動計測の新たな発展につながる可能性があるため、重要な成果といえる。 ・やや限られた交流である。 ・興味深い成果を得ているという点では研究者の研究能力は十分といえる。
4. その他	<p>表面腐食モニターとして興味深い知見が得られているので、原子力材料への応用に活かしてほしい。</p> <p>なお、調査票の完成度や内部評価により留意すべきである。</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）：原子力エレクトロニクスのための半導体デバイス化技術に関する研究 (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15年度～平成19年度（5年計画） 65,117 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>原子炉の計装や、原子力用システム機器・ロボット等で使用されるエレクトロニクス(原子力エレクトロニクス)の実現には、高温・高放射線照射下の苛酷な複合環境で長期に安定に動作する高信頼性システムが必要不可欠である。そのためにはシステムを構成する半導体素子として現行のSiよりも高温、高放射線照射環境に強い半導体材料を用いたデバイスの開発が必要である。</p> <p>本研究課題では、原子力エレクトロニクス実現のために、回路を想定したデバイス技術開発を、半導体材料、デバイス化プロセス、及びデバイス構造に関する要素技術を集大成して行い、各種半導体素子の放射線下での得失を明らかにすることを目的とする。</p>
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・ これまでに開発した耐放射線性素子化プロセス技術を用いて各種デバイスを試作し、耐放射線性の観点からデバイスの優劣を評価した。埋込ゲート型SiC-SITを開発し、高水準の電気特性を持つことを確かめ、高い放射線耐性を持つことを示した。 ・ 特にシステム応用を念頭に、本デバイスを組み込んだ回路系を試作し、0.1 MGyまで放射線照射で動作性能が変化しないことを示した。 ・ SiC酸化膜界面試料を試作し、陽電子寿命測定を用いて、SiC酸化膜界面の欠陥を評価できることを示した。 ・ 発表論文数：11件
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放射性耐性の高いSiCを用いた原子力エレクトロニクス素子の開発であり、原子力試験研究として目的・目標の設定は妥当である。 ・ 研究は計画通り、順調に進められた。 ・ 研究期間の後半の予算の裏づけがきびしかった可能性あるが、全体的に有効に活用している。 ・ 当初は、かなり本デバイスの開発に辿りつくまで苦労していた。また、事前評価で耐放射線性に対する数値目標が求められ、本研究はこれに真摯に対応し、実用につながる耐照射性デバイスに見通しを得ている。 ・ 日本原子力研究開発機構と密接な研究交流を行った。 ・ 本研究成果は高い水準であると評価でき、研究者の研究能力は高いと考えられる。
4. その他	耐放射線性半導体デバイスの原子力分野への応用は非常に重要であり、特許や、実用化につながる今後の展開を期待する。
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）：軽元素同位体の分離と産業応用に関する研究（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15年度～平成19年度（5年計画） 59,462千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>開発した高性能分離剤を用いて、同位体の大量分離システムを構築するための効率的、経済的な連続同位体分離プロセスを提案し、Li-6およびB-10を天然比の3倍まで濃縮できることを実証する。</p> <p>海水等の国内資源から採取したリチウムおよびホウ素を用いる同位体分離実証用ベンチ装置を設計・製作し、ベンチ試験によりグラムレベルで同位体を分離することにより実用性を検証し、さらに、キログラムレベルで同位体を分離する工業的プロセスを設計する。</p> <p>同位体濃縮したリチウム及びホウ素を用いて合成した同位体制御材料の中性子吸収特性等々を評価し、その産業応用化を図る。</p>
2. 研究成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等 <p>・ Li-6およびB-10を天然比の3倍まで濃縮することと、グラムオーダーの同位体分離が目的である。Li-6は2.4倍、B-10は3.2倍の濃縮に成功し、予定の数値目標をほぼ達成したが、その方法として長距離展開カラムではなく、多段処理を行うという便法で成功させていることから、もう一工夫が望まれる。また、従来の方法と比べて収量効率がまだ低く、この点を改善し、産業応用への可能性の追求を望む。</p> <p>・ ホウ素回収システムを用いた同位体分離について見通しを得ている。しかし同位体制御材料の合成まで至っていない。</p> <p>・ 各原料を加熱する前の混合方法が吸着速度に大きく影響を与えることが明らかになった。さらに色素を添加することにより吸着帯後端を認識することが可能となった。</p> <p>・ 論文6報、特許2件、受賞1件であり、開発研究としては十分な成果である。</p>
3. 事後評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 <p>・ 本研究は、開発した高性能分離剤を用いて、同位体の大量分離システムを構築するとしたものである。特にLi-6およびB-10を天然比の3倍まで濃縮するとともに、グラムオーダーの同位体分離を行うという数値目標を掲げている。キログラムレベルの工業プロセスの展開を考えるとその目的・目標の設定は妥当である。</p> <p>・ 計画は大量分離システムを構築するために効率的、経済的な連続同位体分離プロセスを提案し、成功させようとするもので、妥当であると考ええる。</p> <p>・ 概ね適切である。</p> <p>・ 濃縮ならびに収量の数値目標はほぼ達成しているが、収量に時間がかかっており、収量効率が低い。今後、プロセスを工夫して、現在産業利用されている手法以上の収集効率の達成を期待する。</p> <p>・ 民間企業との共同研究、財団や2大学との研究交流を行っている。日本原子力学会・同位体分離専門委員会を発展させた形の「同位体科学会」を発足させるなど、交流活動は活発に行ったと考えられる。</p> <p>・ 高性能分離剤の開発、それを利用した元素分離の基礎的研究を、大量の同位体分離に展開していく研究能力は問題なく、研究課題を遂行する研究能力を十分有している。</p>
4. その他	<p>本方法の特色を活かして発展させ、キログラムレベルの工業プロセス構築を期待したい。長距離カラムについてもより検討しまとめることが、成果を活かす上で有効であろう。</p>
5. 総合評価	B
評価責任者氏名： 阿部勝憲	

表9

後15

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）：高透過性光子ビームを用いた非破壊検査技術の開発と高度化に関する研究 (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15年度～平成19年度（5年計画） 132,478 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>高透過性光子ビームを用いた非破壊検査技術に関して以下の目標で研究した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ数cm～数10cmの構造物内部をレーザーコンプトン散乱γ線などの高透過性光子ビームを用いて非破壊検査する技術開発を行う。 ・同システムの高速度・高効率化を図り、実用化を目指す。 ・非破壊検査対象物の拡大を目的として、赤外～マイクロ波の電磁波を用いたX線発生技術開発を行う。 ・各種材料において局所部分の欠陥検査や診断を目的としたX線マイクロビームの発生・利用技術開発を行う。
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等 	<ul style="list-style-type: none"> ・高透過性光子ビームを用いたCT装置を開発し、厚さ10～200 cmの構造体のCT撮影を実証した他、物質同定に関する新規イメージング手法を提案し、これを実証した。 ・長軸ファブリーペロー共振器を用いてビーム強度を70～80倍にできることを示した。 ・Wバンド電磁波アンジュレータによって高強度X線を発生できることを示した。 ・コンクリート構造物のモルタルと粗骨材の密度差弁別と0.2 mm幅のき裂の可視化を実証し、国際会議において表彰されている。 ・2色γ線（4 MeV, 9 MeV）CTの成功、産業用陽電子放出トモグラフィを成功した。 ・金属容器に隠匿された物質の元素識別を遠隔・非破壊で行う手法の実証した。（原子力機構等と共著でサイエンス誌へ投稿予定）。 ・高透過性光子ビーム源の小型化に関し新たな研究展開として新型加速器を導入した。 ・論文27件、特許2件と十分な実績を残している。
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 	<ul style="list-style-type: none"> ・単色高エネルギー光子線を用いたCTの開発目標は妥当である。 ・中間評価後に研究の進め方を見直し新規イメージング手法開発に注力したことは妥当である。 ・加速器の維持費も含まれているが、経費はおおむね妥当である。 ・計画は当初の目標に沿って進められている。 ・多くの研究機関や大学、企業と共同研究を行い多数の研究成果につながっており、交流は十分である。 ・着実に成果を出しており、研究者の能力は高いと考えられる。
4. その他	<p>本研究では光子ビーム発生装置の高度化への投資が有効であったと評価できる。今後の多方面への展開に期待したい。</p> <p>より高いエネルギーの光子の使い方などの検討も有効と考えられ、将来は原子力配管への応用も検討してほしい。</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）：原子力用材料の多重熱物性計測技術に関する研究（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15年度～平成19年度（5年計画） 46,089 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	原子炉の熱設計や操業パラメータ探索の際に必要な原子力材料の熱伝導率（熱拡散率）、比熱容量、半球全放射率、電気抵抗率、融解熱等の熱物性値を同一の測定条件（装置、試料、雰囲気）の下で高速同時測定する測定法の開発を目標とする。また、高温熱物性値の標準物質開発と標準データの取得及び熱物性データベースの構築を目的とする。
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・ パルス通電法とレーザーフラッシュ法を組み合わせた高速多重熱物性測定システムを世界に先駆けて開発し、熱拡散率、比熱、放射率等の複数の熱物性を同時測定可能にした。 ・ 開発された測定法は、熱物性測定において広範な応用が期待される新技術である。 ・ 当初予定していなかった熱膨張測定機能の開発を行っている。 ・ 発表論文数は3報と少ないが、測定法の開発という特殊分野であったためと考えられる。多数のデータベースを発表し公開したことは、大きな貢献であり、評価できる。
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉設計のため信頼性の高い熱物性データを広い条件の下で求める必要があるというニーズを背景として、簡易迅速に測定可能な装置を開発するという本研究の目標は妥当である。しかし、通電加熱法を採用したため、セラミックスのように導電性でない試料への適応困難性や、微小な放射化試料をホットセル内で測定したいという原子力分野での別のニーズへの目標設定がやや不十分であった。 ・ 多重熱物性測定法開発を目指したが、融解熱測定は達成できず、また標準物質・標準試料設定も達成できなかった。研究計画設定に難点があったためではないかと考えられる。 ・ 研究費は、研究成果に見合う妥当な額であったと考えられる。 ・ 研究途中で試料温度分布に関する問題等への対応に苦慮したことがあったため、当初計画した融解熱測定や標準物質・標準試料設定は達成できなかった。 ・ 原子力分野の機関との交流を進めることにより、上記のような原子力特有のニーズへの対応が進むと思われる。今後原子力との交流を強めてそのニーズに応える成果を挙げるよう期待したい。 ・ 画期的な測定法を開発するなど、研究者の研究能力は十分高いと評価できる。
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本装置の実用化が進められ、その市販化が早急に達成されることを期待したい。 ・ セラミックス試料や、微小放射化試料へ適応可能なシステムの開発を、原子力分野の研究者と協力して進めるよう努められることを期待したい。
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）：TRU廃棄物処理におけるヨウ素ガス固定化技術の開発と長期安定性に関する評価 (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15年度～平成19年度（5年計画） 42,799千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	本研究は、高温状態でヨウ素ガスをゼオライト(ハイドロソーダライト)などの鉱物中に直接取りこませ固定化させる技術を開発することを目的としている。研究目標は、 (1) ヨウ素ガスを安定な鉱物中に直接固定化する技術の確立 (2) ヨウ素を吸着させる鉱物に対して10重量%以上のヨウ素ガスを吸着・固定化の2点である。
2. 研究成果 ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・ ハイドロソーダライトが500℃以上の高温において、ヨウ素を骨格中に取り込む手法を確立した。ヨウ素固定化後の溶解は調和的な挙動を示すこと、その溶解も非常に遅く、安定化処理が可能なことを明らかにした。但し、固定化は最大で6wt%未満であり、当初目標の10wt%以上の固定化には至らなかった。 ・ 固定化率を高める上で薄膜化が有効など、一つの方向性を示した。再処理工程での1段階処理の可能性を提示したことは選択肢を広げることに寄与しており評価できる。 ・ 特になし。 ・ 誌上公表2件、投稿中2件、特許1件、口頭発表6件。ほぼ十分であるが、可能なら更なる論文の公表が期待される。
3. 事後評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当初に10wt%の固定化数値目標を掲げたことが適切であったかについて疑問は残るが、TRU廃棄物処理分野で大きな課題であるヨウ素固定化に関して、新しい方法の開発に取り組んだ点は妥当である。 ・ 安価なソーダライトへの固定化が可能であることを明らかにしており、評価できる。 ・ 実験室レベルでの研究であり、予算的に妥当であったと思われる。 ・ ヨウ素を500℃以上の温度でソーダライトに固定化させることに成功しており、最終的な固定化率が目標に至らなかったとしても、概ね計画通り進捗したといえる。経済的なコスト面でも可能性を有し、今後、薄膜化などにより効率を高めるなどの工夫が必要であるが、有益な成果が得られたと評価できる。 ・ 名古屋大学と共同研究を行っているが、連携期間との交流および情報の共有は十分とは言えない。ただ、この点については研究が萌芽的であることからやむを得ない面もある。 ・ ソーダライトの豊富な研究実績があり、研究能力は十分である。
4. その他	・ 再処理への適用性についての検討など、処分分野との交流が出来れば成果は一段と膨らんだものと思われる。
5. 総合評価	Ⓐ B C
評価責任者氏名：澤田義博	

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）：地層処分場岩盤特性評価のための高分解能物理探査イメージング技術の研究 (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15年度～平成19年度（5年計画） 124, 124 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>本研究は、高レベル放射性廃棄物処分場の選定における各段階で実施する岩盤特性評価に資するため、物理探査による高精度な地下構造の3次元の解明手法の開発を目的としている。主な目標は次の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 深度2km程度までの比抵抗構造を高精度で解析でき、かつ効率的な現場測定が行えるハイブリッド人工信号源電磁探査システムを開発する。測定システムでは周波数領域（CSAMT法）と時間領域（LOTEM法）の機能を有する高精度測定装置を開発する。データ解析法では既存の2.5次元インバージョン解析法の改良、3次元フォワードモデリング及びインバージョン解析法を開発する。 ・ 地震探査では、地表震源を用いて地層境界を高分解能でイメージングし、岩盤中の亀裂の密集部などを検出できる3次元データ解析法を開発する。そのため、重合前3次元マイグレーション解析法（散乱重合法）を複雑な地質構造へ適用するための速度構造推定法の改良、地震波の減衰に着目した亀裂卓越部抽出技術の開発を行う。
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・ 当初予定の成果 ・ 特筆すべき成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高周波数帯域（10Hz－10kHz）と低周波数帯（0.1Hz－10Hz）の計測を組み合わせたハイブリッド人工信号源電磁探査システムを完成させ、フィールド実験から深さ2km程度まで探査ができることを確認するとともに、2.5次元インバージョン法の改良、有限要素法による3次元モデリング解析法を開発した。また、速度構造推定精度における散乱重合法の優位性を明らかにし、複素地震波形解析、ハイブリッドアトリビュート解析、自己組織化マップ法を用いたマルチアトリビュート解析法に基づく地震波データ3次元解析法を開発した。 ・ 開発したハイブリッド人工信号源電磁探査システムは、地層処分場、活構造調査、CO2貯留および資源探査にも適用可能であり、今後の適用性拡大が期待される。 ・ 電磁探査の周波数領域測定で24ビット測定システムを用いることにより、8kHzから0.1Hzまでの広帯域連続測定ができる場合があり、野外測定的大幅な効率化が図られた。 ・ 論文10件、口頭発表4件、受賞1件は概ね満足できる成果といえる。
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 目的・目標の設定の妥当性 ・ 研究計画設定の妥当性 ・ 研究費用の妥当性 ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 	<ul style="list-style-type: none"> ・ HLW処分場の岩盤特性評価に不可欠の探査技術であり、最新の計測手法と解析手法を構築しようとする本研究の目的、目標は妥当であった。 ・ 高精度の探査が可能なハイブリッド電磁探査システムを完成させるとともに、各種解析手法の改良、開発を行うなど、良質の成果を得ており、計画設定は妥当であった。 ・ 必要な探査システムの開発、各種プログラムの開発および適用性確認実験を行っていることから、研究費用は概ね妥当であった。 ・ 機器の開発、解析法の開発は順調に進捗した。これらを用いて数か所のフィールドや実験データについて適用性確認も行われている。 ・ 各種学会やシンポジウムを通じて、専門家同士で活発な研究交流が行われた。 ・ 多くの実績を有する研究者集団であり、高い研究能力を有すると判断できる。
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 開発した電磁探査システムは優れた機能を有していると認められる。今後は多くのフィールドで実績を蓄積し、解析手法とも合わせ、探査手法の高度化を図っていただきたい。
5. 総合評価	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block;">A</div> B C
評価責任者氏名：澤田義博	

表9

後19

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）：事故時の被曝線量モニタリングと放射線安全性の確保に関する研究 (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15年度～平成19年度（5年計画） 38,496 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>使用済核燃料等放射性物質の輸送時における事故において必要となる、放射線安全性確保のための方策と被曝線量モニタリングについて、以下の研究成果を得ることを目標としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・薄シート型人体組織等価線量計素子を活用した放射線漏洩箇所の探知手法の確立のため、中性子に感度を持つ薄シート型人体組織等価線量計素子を開発し、性能評価を行う。 ・大線量、事故時を想定した高温環境下あるいは水中のような過酷環境下における被曝線量計の応答特性の評価を行う。 ・事故時の放射線安全性を確保するための方策として、遮蔽欠損部を補償するための高性能ゲル状遮蔽材の開発を行うとともに、その施工法について検討を行う。
2. 研究成果	
・ 当初予定の成果	<ul style="list-style-type: none"> ・薄シート型熱蛍光線量計を応用した2次元中性子分布測定素子を開発し、中性子の2次元分布の測定に成功した。また、水中、高温、大線量下における応答特性の評価から、その有効性を示した。さらに、ゲル状高性能遮蔽材を開発し、その遮蔽効果を確認すると共に遠隔施工法を考案するなど、当初予定の成果を達成している。
・ 特筆すべき成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲル状遮蔽体や、2次元中性子分布の計測素子の開発など、医療分野を含めて、今後の利用についての展開が期待できる成果が得られている。
・ 副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・素子の感度低下に関する実証的な理解や、珪藻土を利用した遮蔽剤などが、副次的な成果として挙げられる。
・ 論文、特許等	<ul style="list-style-type: none"> ・論文5件、口頭発表等7件、特許2件は、いずれも十分なレベルといえる。
3. 事後評価	
・ 目的・目標の設定の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力利用を見直す機運が高まりつつある現状では、輸送時の事故対策もより重要になっており、重大事故時対策として、目的・目標の設定は妥当である。
・ 研究計画設定の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ・海上技術研究所で開発した光子用の薄シート型人体組織等価線量計および高分子系高性能遮蔽材を活用して開発が進められており、研究計画設定は妥当であったと評価できる。
・ 研究費用の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ・順調な進捗に見合う妥当な設定額である。
・ 研究の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> ・各研究項目のいずれも当初どおり、あるいはそれ以上の成果を得ており、順調な進捗状況であったと考えられる。
・ 研究交流	<ul style="list-style-type: none"> ・民間を含む多くの関係機関との連携をもって進めており、これらが成果に反映されたと考えられ妥当である。
・ 研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> ・必要十分な能力を有するといえる。
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・順調に開発が進んだのであるから、今後、この技術を活用する体制作りが重要である。そのためには、ユーザーへの情報伝達が重要と思われる。
5. 総合評価	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">A</div> B C
評価責任者氏名：澤田義博	

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）：原子力ロボットの实環境技能蓄積技術に関する研究（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15年度～平成19年度（5年計画） 81,301千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>原子力ロボットの实環境技能蓄積技術に関して、原子力プラントに必要な、現場盤扉の開閉、スイッチ操作、バルブ操作、計測・検査作業、サンプリング、結線作業などの技能の教示/蓄積/再実行を自律遠隔融合で実現する技術の研究開発を目的とする。具体的な内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多種多様な作業を実行することにより、既に確立した環境モデルと作業技能に基づく作業の自律実行技術の2つの組み合わせが、多くの作業に適用可能であることを示す。 ・あらかじめ用意された作業スキルの適用が難しい場合でも作業が実行出来るように、操作者の積極的な介入を許す自律遠隔手法を開発する。 ・操作者による操作を再利用可能な技能の形で蓄積し、経験が進むにつれて段階的に構築出来るような半自律システムを開発する。
2. 研究成果 <ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等 	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔操縦データからロボットの接触作業の代表的な技能を抽出する手法を確立した。 ・ボルトのナットへのはめ合い、丸型ハンドル、レバーハンドルバルブの開閉、電源用3ピンプラグのソケットへの挿入等、ロボットの多数の技能のプログラム化を行った。 ・視覚情報による作業技能を実現するため、ロボットとカメラ間の座標系のキャリブレーションの精度に依存しない、3次元位置決め手法を確立した。 ・以上を統合して実際にロボットを使って作業を実施し、操作者による操作の再利用、操作者の介入を許す自律遠隔操作が実現できることを示した。 ・統合手法としてRT(Robot Technology)コンポーネント手法を考案した。 ・ネットワーク分散ロボットの仕様を国際標準化団体(OMG)に提案し標準化した。 ・操作入力装置を単体として実用化した。 ・論文発表：5件 特許出願：7件 口頭発表：27件
3. 事後評価 <ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 	<ul style="list-style-type: none"> ・本研究の目的である原子力ロボットの实環境作業蓄積技術の開発に向けて、遠隔操縦データからの作業技能抽出とその活用等の段階的な目標を適切に設定している。 ・事前評価に於ける指摘に対応して定量的な目標を再設定した上で研究計画を策定しており妥当である。 ・標準化や他プロジェクトの成果を活用する等の工夫をしており、費用は妥当である。 ・進捗状況は計画通りであると認められる。特に、ロボットの技術基盤向上に資する多くの成果が得られたこと、RTミドルウェアで標準化を図ったこと、特許出願に努力したこと等は評価できる。 ・OMGでの標準化活動を評価する。他方、原子力の現場との交流を進めているが、成果が出るには至っていない。 ・ロボットの基礎研究で十分な蓄積と研究能力を有している。
4. その他	<p>上記したように、ロボットの基礎研究としては大きな成果が得られたことを評価する。ただし、原子力分野での応用展開の観点からは、その道筋は必ずしも明らかになっていない。原子力の現場との対話も含めて、今後の研究開発に期待する。</p>
5. 総合評価	A (A-)
評価責任者氏名：小柳義夫	

表9

後21

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）：経年劣化及び保守点検効果を考慮した安全評価手法の開発 (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 17 年度～平成 19 年度（3 年計画） 38,088 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	これまで経年劣化による故障率の変化を考慮した保守・点検に関する研究はほとんど無く、本研究の目的・目標は、(1)解析過程を自動化し、経年劣化と保守点検効果を考慮した確率論的安全評価体系を開発すること、(2)開発した評価体系により、長期間使用の原子力プラントの保守・点検スケジュールの評価やプラントの安全性評価の実施を可能にすることである。
2. 研究成果 ・当初予定の成果 ・特筆すべき成果 ・副次的な成果 ・論文、特許等	<p>当初予定の成果については、文献調査等より入手した経年劣化故障率データを基に適切な経年劣化モデルをプログラムに導入し、GO-FLOW手法において各機器の故障率の経時変化を考慮できるように工夫した。具体的には、故障率の増加を支配する絶対時間とシステム運転に要求される相対時間の2種類の時間を取り扱う新しい経年劣化モデルを導入し、解析過程をほぼ自動化した。そして、この経年劣化や保守点検効果を考慮した確率論的安全評価体系により、長期間使用の原子力プラントの保守・点検スケジュールの評価やプラントの安全性評価の実施が可能となった。</p> <p>本評価体系は、経年劣化及び保守点検効果を考慮する新しい安全評価手法であり、標準的な経年劣化データを基にしたベンチマークテストによる妥当性の確認も行われ、実際のプラント機器への展開が可能となったことは進歩である。</p> <p>副次的な成果としては、確率論的安全評価の国際会議（PSAM）等において本評価体系が高く評価され、国際研究連携に貢献したこと、また、GO-FLOW手法のインターフェースの改善が図られたことよりユーザーが増加したことがあげられる。</p> <p>主要な論文 2件</p>
3. 事後評価 ・目的・目標の設定の妥当性 ・研究計画設定の妥当性 ・研究費用の妥当性 ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力	<p>我が国の原子力システムは既に長時間の稼働を経験し、経年劣化に関する安全性研究は最も重要な課題の一つとして取り上げられている。本研究の経年劣化及び保守点検効果を考慮する確率論的安全評価体系の開発は、この趣旨に合う研究課題であり、目的・目標の設定は妥当である。</p> <p>経年劣化故障率データをベースにした経年劣化モデルの検討、保守点検の主要機器故障確率への影響評価、GO-FLOW手法への組み入れ、イベントツリーの作成解析プログラムとの統合化等、必要事項を段階的に組み立てていく研究計画を設定し、概ね妥当である。</p> <p>中心となる関数モデルや重要な機能の設定は担当研究者が行い、ルーチンのプログラム作成作業は外注している。担当研究者の技術ノウハウに基づいて複雑なプログラムの構築が行われ、そのための費用は妥当である。</p> <p>事前評価で指摘されたデータ入手法やユーザーインターフェース等に改善の努力が認められ、当初の目標は概ね達成された。ただ、ベンチマーク評価の視点が曖昧であった。成果発表について、投稿が予定されている論文もあるが、発表論文が少ない。成果発表について、今後の努力を期待する。</p> <p>オハイオ州立大学との共同研究を実施している。発電所現場との交流については不十分である。</p> <p>経年劣化に対応する適切なモデルを導入し、安全評価体系の開発をほぼ完了させたことから、担当研究者の能力は十分と言える。ただし、本研究に関する発表論文が少なく、この部分についての一層の努力を期待したい。</p>
4. その他	非常に重要なECCSの信頼度の経年変化について取り組む必要がある。
5. 総合評価	B
評価責任者氏名：小柳義夫	