

平成17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17年度に研究を終了した先端的基盤研究の28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

生体・環境基盤技術分野	: 4 課題
物質・材料基盤技術分野	: 9 課題
知的基盤技術分野	: 4 課題
システム基盤技術分野	: 11 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	3	1	0	4
物質・材料基盤技術	4	5	0	9
知的基盤技術	2	2	0	4
システム基盤技術	6	5	0	1 1
計	1 5	1 3	0	2 8

< 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 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 13 年 11 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 17 年度で研究期間が終了した先端的基盤研究 4 課題について、平成 18 年 12 月 11 日に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 3 課題、B 評価 1 課題 となり、おしなべて良好であった。

今回、事後評価を行った 4 課題の研究期間は、3 年 (2 課題 ; 後 2、後 3)、4 年 (1 課題 ; 後 1)、または 5 年 (1 課題 ; 後 4) であった。研究期間が 3 年であった 2 題については、事前評価のみが行われた。一方、研究期間が 4 年の 1 課題及び 5 年の 1 課題に関しては、事前評価と研究開始 3 年度目の中間評価も併せて行われた。

事後評価が A であった「後 1 : 超短半減期核種の新規導入反応の開発及び PET 用イメージング剤への応用」(研究期間 4 年)では、固相反応技術を用いて簡便で実用的な ^{18}F の新規導入法を開発し、従来の方法では合成できなかった新しい ^{18}F 標識薬剤を開発するとともに、既知薬剤のより簡便で効率的な合成法を確立することを目的とした。従来の液相での合成は既存の合成法を組み合わせるものであり、合成ステップが煩雑で時間を要するのみならず、標識されたものと標識されていないものが混在するという欠点があり、超短半減期核種 (^{11}C -20.4 min, ^{13}N -9.96 min, ^{15}O -2.07 min, ^{18}F -110 min) を用いて自動化された装置で合成できる標識薬剤の種類には限界があった。本研究では、従来にない固相合成による ^{18}F 標識法の開発に成功し、固相合成法が実用化に向けて前進したことは特筆すべき成果である。2005 年には「固相合成を利用した超短半減期核種を含む化合物の製造方法およびそれに用いる化合物」で特許を申請した。また、ケトンのアセタール化に関する論文(J.Organic Chemistry (American Chemical Society, I.F.(2002)=3.28)Vol.68, 3413-

3415 (2003) :Convenient preparation of cyclic acetals using diols, TMS-source and a catalytic amount of TMSOTf, by M.Kurihara & W.Hakamata)は、2003 年の同誌の 論文で最もアクセスが多かった論文にランクされた。

同じく、事後評価が A であった「後 2：新技術導入による心筋血流 SPECT/PET イメージングの高精度化に関する基礎的ならびに臨床的研究」(研究期間 3 年)では、国立循環器病センターの重症虚血性心疾患対策の一環として、「虚血の早期診断ならびに治療適応決定の適正化」への強い臨床的ニーズを背景に、核医学検査(SPECT/PET)において、新技術導入による心筋虚血診断の精度向上ならびに効果的な治療支援の実現を目標とした研究開発が行われた。心電図同期 SPECT 収集法の導入および散乱補正法・吸収補正法の導入によって、心筋血流 SPECT (シングルフォトンエミッショントモグラフィ)における診断能の向上に成功し、局所心筋における冠血流予備能(N-13 ammonia)、代謝画像(F-18 FDG)、冠動脈造影像の三次元的融合表示による虚血重症度の評価法を開発し、冠血行再建術治療への応用を行い、治療の適応決定ならびに効果判定における有効性を明らかにした。ここで用いた心筋虚血画像と冠動脈造影像の融合画像表示技術の開発で、2004 年の米国核医学会・放射線技術部門優秀賞を受賞した(Nishimura, T., et al., Superimposed display of coronary artery on gated myocardial perfusion scintigraphy. J.Nucl.Med., 45:1444-1449(2005))。

もう 1 課題、事後評価を A としたのは、「後 4：癌の診断と治療のための癌指向性トレーサの開発」(研究期間 5 年)であった。この研究課題は、事前評価および中間評価では、がん治療薬開発の困難さが指摘され、共に B 評価であったが、これに応じて、適切に研究計画が修正され、腫瘍と炎症の鑑別診断が可能な手法の開発に成功している。すなわち、標識コリンとアミノ酸誘導体である炭素 11 標識 o-メチルチロシンを用いたがん診断法を世界に先駆けて開発し、臨床評価を行った。さらに、8 種類の新規標識薬剤の合成に成功し、それらの幾つかについては臨床研究も行われている。また、開発した標識コリン自動合成装置の他施設への導入による多施設共同研究および、標識薬剤と自動合成装置に関して東北大学、東京都老人総合研究所などとの共同研究を行った。本研究の成果が、海外における新規自動合成装置の開発などに寄与している。なお、Journal of Nuclear Medicine 43:187-199 (2002) に掲載された Hara, T. et al. の論文 :Development of 18F-fluoroethylcholine for cancer imaging with PET: Synthesis, biochemistry, and prostate cancer imaging. は、2003 年 6 月の米国核医学会の優秀論文賞を授与された。

2. 物質・材料基盤技術分野

平成 17 年度で終了した先端的基盤研究 9 課題について、平成 18 年 11 月

29日に8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9課題において、4件をA評価、5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。

後6「高経年化軽水炉用压力容器部材の非定常条件下の高温水中環境加速効果」は、低合金鋼の経年劣化模擬材に対して、高温高圧水中疲労試験において歪速度や溶存酸素濃度などの主要パラメータ依存性を求め、データベース化し、原子力プラント材料の環境助長割れ評価において重要な知見を得ている。

後10「3次元アトムプローブによる構造材料中における溶質原子クラスター形成と材質変化の研究」は、放射化材料の3次元アトムプローブ解析を可能とする環境を整備し、压力容器鋼における熱時効や中性子照射による微視的構造変化をはじめて明らかにしており、原子力プラントの長寿命化に重要な構造材料の照射硬化・脆化の解明に大きく貢献している。

後12「SR光およびイオンビームによる微構造3次元セラミックスの作製と新機能発現の研究」は、シンクロトロン放射光と重イオンによるセラミックスの3次元微細加工技術を開発し、これまで微細加工が困難であった誘電体材料のナノオーダー加工に見通しをつけるなど、放射線の微細加工への新しい応用の可能性を示している。

後13「光子情報複合検出技術に関する研究」は、エネルギー分散分光用の電子励起型超伝導検出器を開発することにより、従来の半導体検出器の10倍の高エネルギー分解能を実現するなど、次世代電子材料の評価や軟X線材料分析などの新しい応用の可能性を示している。

以下の5件はB評価としたが、それぞれ原子力材料研究として成果を挙げており、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5「核融合炉構造材料の力学特性に及ぼす核変換ヘリウムの効果」は、軽イオン加速器の特徴を活かして高濃度ヘリウム注入した核融合炉用低放射化材料の長時間力学特性評価に成功している。後7「高速炉の異材接合部の高温長時間信頼性評価に関する研究」は、異材溶接における機械的性質に及ぼす溶接条件と

材料因子の関係を明らかにしている。後 8「地層処分環境における金属の腐食寿命評価に関する研究」は、高レベル放射性廃棄物の地層処分の基礎研究として金属の腐食機構と耐食合金開発に成功している。後 9「高エネルギー放射光励起 X 線スペクトロスコーピによるランタノイド金属のケミカルスペシエーションに関する研究」は、放射光源の新しい応用分野を目指して波長分散型 X 線分光器を開発している。後 11「原子力構造材の遠隔検査技術に関する研究」は、パルスレーザー照射による表面亀裂の新しい遠隔検査技術を開発している。

以上の 9 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、原子力関連の学会や産業界への情報発信をさらに進めることが有効と考えられる。

3．知的基盤技術分野

本分野については、平成 18 年 12 月 8 日に 4 件の終了課題について、6 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事後評価した。内容は爆発影響評価に関するものが 1 件、放射線遮蔽評価に関するものが 3 件であった。

事後評価課題 14 は、有機溶媒と硝酸の異常反応やエアロゾル爆発について、実験と比較しつつモデル化を行い、それを組み込んだ計算コードを開発しようとするものである。爆発安全性について多くの知見が得られたことは評価できるが、実プラントに適用するためのスケーリング則の確立、3 次元解析コードの開発は未達成であり、現場との技術交流も不十分で、B 評価とした。

事後評価課題 15 は、複雑形状体系での放射線ストリーミング計算手法の高速化と高精度化を目指したもので、遮蔽壁後部空間における線量計算や、各種ダクト等の特殊形状の遮蔽効果の計算について、データベースを整備し、簡易計算手法を開発している。論文数は今のところ少ないが、日本原子力学会標準化委員会で評価されるなど今後の発展の可能性は高く、A 評価とした。

事後評価課題 16 は、遮蔽評価のデータ入力作業をシステム化し、インターネットによる支援をおこなうシステム環境を構築しようとするものである。対象コードを問わない汎用的な解析情報管理システムを設計し、プロトタイプを開発し、複数の民間の輸送容器メーカーや JAEA とシステム評価のための共同研究を実施するなど大きな成果を上げており A 評価とした。当初の予定であった安全審査事例を用いて審査手続きに対する支援効果をシミュレーションするという計画が実行されなかったことは残念である。

事後評価課題 17 は、多数の使用済核燃料貯蔵容器の中間貯蔵施設およびその周囲の放射線遮蔽計算を行い、線量分布を分析しようとするものである。モ

ンテカル口分割結合計算法を組み込んだ計算コードを作成し、中間貯蔵システム等の評価に利用できるなど要素技術については成果を上げているが、それらを統合してより汎用性のある解析システムにまとめ上げるようにという中間評価での指摘事項が十分反映されておらず、B評価とした。

本分野では、A評価2件、B評価2件となった。B評価の2件については、事前評価においてももう少し批判的な指導がなされるべきではなかったかとの議論もあった。

4．システム基盤技術分野

本分野では、平成17年度に研究を終了した11課題のうち、9課題について、平成18年12月6日に8名のWG委員が出席してヒアリングを行った。日程の手違いからヒアリングが行われなかった2課題については、プレゼン資料などを別途取り寄せ、また欠席委員からの書面によるコメントも考慮し、調査票および関連資料をもとに事後評価した。

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、研究内容の適正な評価、これまでの評価結果及び研究成果のフォローアップや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

11課題の評価結果はA評価6課題、B評価5課題であった。

まず、A評価となった課題の研究成果の概要について以下に示す。

後18「地震荷重を受ける減肉配管の破壊過程解明に関する研究」は、経年化に伴って減肉が発生した配管が地震のような過大荷重のもとでどのように壊れるのかを実験および解析により明らかにし、今後の耐震性を考慮した許容減肉基準の策定に資する優れた成果挙げた。後20「RI廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究」は、検認技術の確立を目的に、イメージングプレートとGe検出器を組み合わせることにより、RI廃棄物の検認技術をほぼ完成させるとともに、インクジェットプリンタを用いた線源の作製に成功

した。これらは、放射能表面密度の測定への応用も可能であり、高く評価できる。後 2 3 「放射性廃棄物地層処分における岩石の長期変形挙動の解明と地層構造評価技術の開発に関する研究」は、岩石のクリープ特性データ、掘削音を用いた探査、コア法による応力測定などの 3 つのサブ課題よりなるが、いずれの課題も、工夫と改良により、次の段階への展開が期待される成果を得ている。後 2 5 「高レベル放射性廃棄物の地層処分用緩衝材材料の機能評価と高度化に関する研究」では、ベントナイトの透水係数に関する相関式の構築、ベントナイトの機能評価、ベントナイトのイオン吸収性能を補完する新規の Si-Al-Mg 三元系複合イオン吸収剤の開発および長期の遮水性能の確認など、地層処分用緩衝材の機能評価に有用な成果をあげた。また、多くの論文発表、特許取得も評価できる。後 2 6 「想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究」は、従来の経験的手法に加え、断層モデルによる地震動評価手法の高度化を目指したもので、最新データに基づく新しい設計スペクトルや距離減衰式の提案、小・中地震から大地震時の地震動を予測する波形合成法の高度化、地震動評価における確定論と確立論の比較など、当初想定以上の成果が得られ、その一部は国の地震動予測にも適用されている。後 2 8 「シビアアクシデント時の気泡急成長による水撃力に関する研究」では、非凝縮性および凝縮性気体の急発生による水塊運動のコヒーレント性（水塊個々の同時性と同方向性）が低いことを実験的に明らかにし、水撃力を定量的に評価する実験相関式を提案するなど、機器の健全性評価やアクシデントマネジメント整備に資する優れた成果を挙げている。

次に、B 評価となった課題の研究成果の概要は次のようである。

後 1 9 「緩衝材の地震荷重下における動的特性に関する研究」は、緩衝材の動的特性試験のための試験装置を製作し、中間評価における指摘に従い、せん断剛性に及ぼす拘束圧、含水比の影響などの基礎実験に特化し、今後の全体システム試験に繋がる貴重な基礎データを取得した。後 2 2 「地下深部岩盤初期応力の実測」では、処分場の要件の一つの地球科学的静穏域において深さ 750m のボーリングを掘削し、水圧破碎法による初期応力測定やコアによる各種応力測定などから、その応力値が国内硬岩地域のデータに比べ低～中レベルであるなど、地球科学的活動性と初期応力の相関を示唆するデータを得た。後 2 1 「光音響分光法を用いた地下水センサーの開発と適用に関する研究、および後 2 4 「放射性廃棄物処分施設の長期安定型センシング技術に関する研究」は、

ともに処分施設の長期モニタリングに関する課題である。前者では、た処分場周辺の地下水状況の把握のため、地下水温で 0.01℃、塩分濃度で 0.05%の精度の地下水統合型センサーを開発し、後者では廃棄体の性能評価に関連する熱・水・化学物質の状況を検知できる熱物性量センサー・高周波インピーダンスセンサー・電気化学式センサーの基本システムを開発した。これらのセンサーは実験室およびフィールドにおいてその適用性が確認されているが、実用化には更なる努力が必要と考えられる。後 2-7「原子力施設の新システムによる免・制震化技術の研究」は、転がり系、すべり系免震と磁気粘性流体等のスマート材料による制振システムに関し、縮小モデルによる振動実験と地震応答解析の両面から新システムの耐震性能と適用性を評価し、その有効性を確認した。本研究成果を原子力施設へ適用するには、例えば原子力施設をより意識した縮小モデルとすることなどが望まれる。

課題の研究概要について

< 生体・環境基盤技術分野 >

後 1 超短半減期核種の新規導入反応の開発及び PET 用イメージング剤への応用（国立医薬品食品衛生研究所）

PET は核医学検査の中でも、検出感度が高く、定量性にもすぐれ、診断及び治療における重要な非侵襲的方法のひとつである。PET の普及、開発における大きな問題のひとつは、超短半減期核種を組み込んだ標識薬剤（PET 薬剤）をどう合成するかということである。今後、PET において画期的な診断薬の開発が可能となるためには、標識薬剤の新しい合成法の開発が大きな鍵となる。しかし、従来の標識薬剤の合成は既存の合成法の組み合わせにより行っているもので、合成できる標識薬剤には限界がある。全く新しい PET のための汎用的な導入反応を開発することができれば、合成できる標識薬剤の数は飛躍的に増大し、画期的な診断薬の創製が可能となる。本研究は固相反応技術をもちいて、簡便で実用的な ^{18}F の新規導入法を開発に成功した。超短半減期核種標識薬物の合成での大きな問題のひとつは大量の未反応物との分離である。従来法である液相での合成では、この問題を解決するのは困難である。そこで、固相（ビーズ）表面に薬物前駆化合物を結合し、フッ素化試薬（KF 等）を作用させ、 ^{18}F を導入した標識化合物だけが固相表面から外れるようにすれば、未反応の前駆体は固体に結合したままで、標識化合物と未反応前駆体の分離が容易になる。固相担体ポリマーに結合した ^{18}F -FDG の固相合成前駆体の合成を行い、フッ素化により FDG 前駆体の合成に成功した。また、その成果を「固相合成を利用した超短半減期核種を含む化合物の製造方法およびそれに用いる化合物」として特許の申請を行った。

後 2 新技術導入による心筋血流 SPECT/PET イメージングの高精度化に関する基礎的ならびに臨床的研究（国立循環器病センター）

心筋梗塞患者の心機能回復を目標として梗塞部に冠血行再建術が試みられるが、その適応決定には「梗塞部における残存心筋の存在（viability）」の診断が不可欠である。最も感度の高い方法は、心筋糖代謝能の存在から判定する F-18 FDG PET 検査であり、血流低下の情報（N-13 ammonia PET）との対比から判定されてきた（血流低下にもかかわらず代謝が維持されるミスマッチ領域を検出する）。本研究では、同治療の支援技術として、冠血行再建術の対象となる梗塞責任冠血管の走行と、その灌流領域内の血流情報・代謝情報（viability）を三次元的に融合表示する方法を開発した。

左室心臓を半回転楕円体とする三次元表示法を採用し、F-18 FDG と N-13 ammonia の心筋集積分布を表面にカラー表示するとともに、さらに両者の差分を計算しミスマッチ（F-18 FDG 集積 > N-13 ammonia 集積）の領域を、同様に三次元カラー

表示した。このミスマッチ領域（viability の存在する領域）と支配冠血管の関係を、上記ミスマッチの三次元表示を冠動脈造影像に融合化する画像処理の開発によって、視覚的に判定可能にした。同開発には、両画像のサイズとコリネーションを合致させる処理技術にリジナルな手法を導入した。心臓ファントム実験ならびに冠動脈疾患患者での臨床評価によって、今回の画像処理法の妥当性が検証された。重症の心筋梗塞患者に対しても、心不全治療を目的として冠血行再建術が試みられる昨今、今回の方法は、「不適切なケースを除外し、効果が見込まれるケースに正しく治療を実施する」ことを可能にし、冠血行再建術の実効性を改善するのに役立つものである。

後 3 放射線照射によって提供者由来細胞を除去した再生医療用生体組織由来素材の開発（国立循環器病センター）

我が国において人工心臓弁は年間 1 万個、人工血管は 5 万本が使用される。しかし、人工素材から作成される移植用組織は人体にとっては異物であり、自己組織と置き換わることはない。また、小児患者においては体の生育に伴った成長性も欠如している。近年、移植後に自己組織と置換される素材を用いた組織再建が臨床応用され始めた。我々は、ガンマ線照射及びその後の洗浄処理によって細胞を除去した生体組織による、再生型組織移植について検討した。

ガンマ線照射の組織では洗浄処理後も組織内に核の残存が見られたが、照射線量が増えるにつれて洗浄処理後の組織内では核の残存が減少した。残存 DNA を測定したところ、300Gy 以上の照射では大幅に減少していた。力学特性には、破断強度並びに弾性率とも大きな影響を認めなかった。ラット皮下への埋入試験を行ったところ、ガンマ線照射ミニブタ大動脈ではラット由来の炎症細胞の浸潤を認めたが、100 あるいは 1000Gy のガンマ線照射によって細胞を除去したミニブタ大動脈では細胞の浸潤を認めなかった。

先行する独国や米国のグループは、界面活性剤や酵素液等の洗浄処理のみによって細胞を除去しているが、細胞除去は処理液の浸透性に依存しており、組織深部での細胞除去が困難である。また、動物組織の場合では、残存成分による拒絶反応の他に動物由来感染症の危険も払拭できない。これに対し、ガンマ線照射による細胞除去では、組織深部への透過性はもちろん、骨や軟骨などの硬組織においても適用可能であると考えられる。本方法によって、より安全な再生型組織移植が可能になるとと思われる。

後 4 癌の診断と治療のための癌指向性トレーサーの開発（国立国際医療センター）

癌指向性の高いコリン、およびアミノ酸誘導体をターゲットとし、炭素 11 標識薬剤そしてフッ素 18 標識薬剤と PET による癌診断を開発し、さらにヨード標識薬剤による癌治療の開発に発展させるのが当初の目標であった。

炭素 11 標識コリンにより、肺癌・食道癌・脳腫瘍・前立腺癌・などさまざまな悪性腫瘍の PET による診断研究に成功した。これは、新しい薬剤による癌診断法として、世界的に認められ、大きく発展した。フッ素 18 標識エチルコリンによる前立腺癌・脳腫瘍の PET 診断の臨床研究に成功した。2 種類のヨード標識コリンの開発に成功した。しかし、体内での分解が早く治療には至らなかった。

フッ素 18 標識メチルコリンの新たな合成法の開発にも成功し、前臨床試験により腫瘍と炎症の鑑別診断が可能であることが示された。

新しいアミノ酸輸送のトレーサー、炭素 11 標識 O-メチルチロシンの合成および自動合成装置の開発に成功した。さらに、前臨床試験により高い腫瘍集積が証明された。安全性、被曝線量の評価を経て倫理委員会の承認を得た後、初期臨床研究を施行した。食道癌などの診断において、炎症性リンパ節腫大にこの薬剤がほとんど集積しないことが判明した。この特質をより詳細に評価することにより、従来困難とされていた炎症と腫瘍の鑑別診断にあらたな展開が得られる可能性がある。

< 物質・材料基盤技術分野 >

後 5 核融合炉構造材料の力学特性に及ぼす核変換ヘリウムの効果（独立行政法人物質・材料研究機構）

核融合炉の第一壁 / ブランケット構造材料は高エネルギー中性子照射を受け、その内部では核変換反応によってヘリウムが発生する。このヘリウムは、「ヘリウム脆化」と呼ばれる粒界脆化を通して、しばしば力学特性を劣化させることが知られている。本研究は、ヘリウム脆化に対して優れた耐性を持ち、かつ廃棄物処理等の観点から誘導放射能の小さい材料の開発に資することを目的として、加速器の線照射でヘリウムを注入することによって核融合炉におけるヘリウム生成を模擬した材料の力学特性及び材料組織に関する基礎的なデータを取得するとともに、特性変化に至る機構論的検討を加えるものである。

従来よりも高温性能を高めることを目指した低放射化フェライト鋼（9Cr3WVTaB）及び代表的な低放射化バナジウム合金である V-4Cr-4Ti について、核融合原型炉での最大蓄積量に匹敵する量（～1000 ppm）までのヘリウムを注入した試験片に対して、個々の材料の想定最高使用温度でクリープ試験を実施した。また、標準的な低放射化フェライト鋼である F82H 鋼（8Cr2WVTa）について同様の条件で疲労試験を行った。ヘリウム導入による大きな力学特性の劣化は認められず、これらの材料が有望であることを示唆する結果を得た。一方、ヘリウム脆化の機構論的検討に関しては、ヘリウム気泡についてこれまでになく精緻な数値解析を行った。この計算結果と実際にヘリウム脆化を起こした材料で観察されたヘリウム気泡サイズ分布を対比させることにより、ヘリウム脆化が気泡のエネルギー的な不安定成長によって起こることが示唆された。また、ヘリウム脆化抑制のための材料組織制御に関する知見を得た。

後6 高経年化軽水炉用構造部材の非定常条件下の高温水中環境加速効果（独立行政法人物質・材料研究機構）

経年劣化模擬材や高硫黄含有鋼等の軽水炉用構造材料を対象として、力学的因子や環境因子を組合わせた条件化で環境助長割れ試験を行い、非定常条件下での最大環境加速量の定量評価を行った。これらの研究で得られたデータを体系化し、高温高圧水中環境助長割れ機構の解明のための知識ベース化を行った。

非定常条件下の試験として、鋼中硫黄（S）が高くかつ1万時間までの熱時効処理をした経年劣化模擬圧力容器材を用いてひずみ速度を変化させた系統的な試験を行い、安全裕度に関する知見を得た。さらに、非定常条件下の試験として、鋼中硫黄（S）が高い圧力容器材を用いて、高温水中疲労き裂伝ば挙動に及ぼす温度と溶存酸素変動の影響を調べた。最後に、これまで得られた一連のデータを有効かつ系統的に利用するため、新たに開発したデータベースソフトウェアを用いて、これまで得られた一連の低サイクル疲労データを解析・収納した。さらにこのデータベースをもとに、新たに得られた知的データベースの一例として、変動ひずみ速度条件下で試験片表面の割れ損傷がどのように蓄積していくのかを引き出すことができた。

本研究を通して、材料の金属学的組織や不純物の振る舞いが、マクロな材料の諸性質と密接に関係することが明らかになったが、このような素材の組織や不純物の挙動は、母材と比べて溶接部やその周辺はさらにその感受性が高いと考えられる。実機の原子力発電プラントにおいて、環境助長割れは特に溶接部周辺で顕著なことから、今後、本研究のような検討を溶接構造部材への展開を図ることにより、更なる構造物健全性の確保につながるものと期待される。

後7 高速炉の異材接合部の高温長時間信頼性評価に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）

高速炉機器の健全性評価技術の高度化、保守定期点検の合理化・高度化をはかるにはライフサイクル全体を通して寿命管理し、その結果をより安全性が保持される設計体系へ組み込めるようなシステムを作る必要がある。本研究では高速炉の主要構造材であるオーステナイト鋼及びフェライト鋼の異材溶接部の高温荷重下での材質劣化、損傷機構を解明して、それらと寿命との関連を明らかにし、高速炉維持基準や将来の設計へ反映させるための基盤を材料面から整備した。高速炉の2次系構造部を構成するオーステナイト鋼とフェライト鋼の異材溶接部のクリープ破断挙動を解明するため、ガスタングステンアーク（GTA）溶接法により Inconel82 を緩衝材とした SUS304 鋼と改良 9Cr-1Mo 鋼の供試継手を製作した。異材溶接継手のクリープ試験では最長 15000 h までの破断データが得られた。得られたクリープ破断データを用いて TTP 法（温度・応力パラメータ法）のラーソンミラー法により外挿し、550 および 600 の 10 万

時間における異材溶接継手の破壊は Type IV 破壊であることを予測した。高速炉における実機使用条件の温度・応力範囲において異材溶接継手のクリープ破断は高 Cr 鋼の溶接熱影響部細粒域で破壊が生じることを見いだした。このことから高 Cr 鋼の溶接熱影響部に細粒域が生じないように微量成分を調整した高 Cr の開発および溶接技術の開発テーマが提案された。また、溶接部のクリープ破断強度が母材のそれに比べて約 5 割に低下するが、この溶接部強度低減を抑制するための研究も平成 18 年度から開始された。

後 8 地層処分環境における金属の腐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処理処分では吸着材としてベントナイト（粘土）が金属容器周辺に配置され、地下水冠水後、ベントナイトと接する水溶液中において金属容器は長期間さらされる。このような特殊な環境における処分地選定基準や安全設計指針に資する耐食性データを取得することを目的とする。特に、金属容器とベントナイトで形成された地層処分環境における金属の耐食性に関して検討し、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を確立する基盤を構築する。炭素鋼の耐食性評価技術の開発では、炭素鋼の腐食機構解明のため電気化学的手法として自動分極システムを導入して評価技術を確立した。定電位電解法により各電位で炭素鋼の腐食生成物を形成させ、各電位で同定された腐食生成物をもとにして熱力学的な計算により炭素鋼の電位-pH 図の作製を可能とした。チタンおよびチタン合金の耐食性評価技術の開発では、すきま部のモニタリング手法を確立し、すきま部内部における各種因子を計測する耐食性評価に成功した。さらに、チタン合金の耐食性に与えるモリブデンの効果を検討し、モリブデン添加により耐食性が著しく向上することを証明した。以上の成果から実用的な電位-pH 図を作成して耐食マップとし、種々の炭酸イオン濃度環境に対応した耐食性の基礎資料とすることを可能とした。これにより、日本における種々の処分環境での腐食性を評価することが可能となった。また、海水環境に使用可能な新チタン合金としてモリブデン添加系チタン合金を選定し、耐食チタン合金の開発指針確立を得て、苛酷環境の対策材料提案を可能とした。

後 9 高エネルギー放射光励起 X 線スペクトロスコピーによるランタノイド金属のケミカルスペシエーションに関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）

シンクロトロン放射光施設は世界各地で続々と建設が行なわれているが、高エネルギー域（30～150 keV）の放射光は、通常は得られにくい。わが国の SPring-8 は、X 線領域の高輝度放射光源としてきわめて優れているが、これに加え、8 GeV という高い蓄積電子エネルギーゆえ、高エネルギー放射光の発生

に適している。高エネルギー放射光には、数多くの魅力があり、新しい応用分野を開拓するためには、光源に加え、分光器・検出器技術を開発する必要がある。本研究では、ランタン(La)からルテチウム(Lu)に至る元素群、すなわちランタノイド金属を内殻(K殻)励起した際に生じる発光X線スペクトルにより化学種識別(ケミカルスペシエーション)することを視野に入れ、高エネルギー域のX線分光技術の開発に取り組んだ。

これまで、結晶等の分散素子を用いるX線分光技術は、主に1~20 keV程度のエネルギー領域を対象とし、高々25 keVくらいまでが実質的に限界と考えられていた。本研究では、2004年から供用開始されたSPRING-8 BL37XUの高エネルギーX線分析専用ブランチ等を活用し、35~60 keV領域でエネルギー分解能 E/E が1000以上の高分解能スペクトルの得られる分光器の開発に成功した。これは、1.5m長の結晶分光器(Ge(993)反射型分光結晶とイメージングプレートを搭載)であり、従来、半導体検出器等により測定されていたランタノイドのK₁スペクトルを約10倍の分解能で計測できるため、これまでK₁とK₂の2本しか観測されていなかったものが、K₃、K₁、K₅、K₂、K_{O II, III}の5本もしくはそれ以上に分解できるようになった。

今後、本研究で開発された分光器技術を活用することにより、機能性物質の宝庫として知られるランタノイド金属のさまざまな興味深い物性の発現機構と発光X線スペクトルの関連を詳細に議論できるようになることが期待される。

後10 3次元アトムプローブによる構造材料中における溶質原子クラスター形成と材質変化の研究(独立行政法人物質・材料研究機構)

アトムプローブを用いて原子力圧力容器鋼など原子力発電に用いられている構造材料の熱時効、中性子損傷による原子クラスターや微細析出物の形成状態を原子レベルで解析し、その結果と材質の変化を比較することにより熱時効、中性子照射による硬化、脆化の原因を解明し、原子力発電の安全性を高めるための材料的指針をえる。

本研究を推進するために必要な放射化試料解析用エネルギー補償型3次元アトムプローブを製作し、それを東北大学金研材料試験炉実験施設内の放射線管理区域内に設置し、放射化試料解析のための設備を整えた。

プロジェクト前期ではFe-Cu 2元系合金、Al-Cu-Mg-Ag(-Li)合金、Al-Si-Mg合金、Mg-RE合金など工業的に重要な時効析出型の材料について既存の3次元アトムプローブならびに陽電子消滅ドップラー広がり法を用いて初期過程のクラスター形成、ナノ析出物への移行と力学特性の変化を詳細に解析し、クラスター形成ならびに時効硬化のメカニズムを検討した。本研究により3次元アトムプローブ法と陽電子消滅CDB法の併用がクラスター形成過程の解析に極めて有効であることを世界に先駆けて証明した。

プロジェクト後期では中性子照射されたモデルFe-Cu合金、圧力容器鋼中の溶質原子クラスターを解析し、中性子照射速度依存性を明らかにした。またヨーロッパの商用原子炉において中性子照射を受けた実機圧力容器鋼の解析、さ

らには実機シュライウドの表層組織の粒界解析に用い、我が国における中性子照射原子力材料の 3DAP 解析の環境を構築した。副次的な成果として陽電子消滅同時計数ドップラー広がり法(CDB 法)との併用による溶質・空孔対の解析研究や ODS 合金の解析が上げられる。

後 1 1 原子力構造材の遠隔検査技術に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

原子力構造材の遠隔非破壊検査を実現するため、レーザによる非接触の超音波発生・検出技術の開発及び表面近傍のき裂検査技術の開発、曲面構造物の検査技術の開発を行った。

レーザ超音波の発生技術に関しては、試料を損傷させることなく数 MHz から 100 MHz の狭帯域超音波及び 100 ns の単一パルス超音波を発生させることができた。超音波検出技術では、光位相共役技術を用いることにより、粗面对象及び空気揺らぎや機械振動が加わる環境においても、レーザ超音波を安定に検出することができた。

これらにより、従来、問題であったレーザ超音波の外乱に対する弱さのかなりの部分を克服することができた。

表面近傍のき裂検査技術の開発では、パルスレーザを用いて、き裂近傍に効率良く表面波を発生させることにより、外乱が加わる環境で放電加工機により作製したスリットの位置及び深さ、傾き角を定量的に評価できる新しい手法を開発した。特にスリットの深さ及び傾き角の同時測定は新しく得られた知見であり、屈曲したき裂の評価にも適用できる可能性がある。

曲面構造物の検査技術の開発では、光位相共役技術による干渉計を用いることにより、曲面对象物の散乱環境においてもレーザ超音波信号を検出できることを確認した。

レーザ超音波は、原子力構造物の非破壊検査への導入(当所も技術指導で協力)が始められているが、本研究の成果はその動きを更に加速するものと期待される。

後 1 2 SR 光およびイオンビームによる微構造 3 次元セラミックスの作製と新機能発現の研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

放射光を用いることによって、既存の微細加工手法では加工困難な材料の加工を行った。X 線マスクを介してレジストに放射光を照射することによって、側面が平滑でアスペクト比の高い高分子製の金型を形成することができ、この金型に電鍍を行うことで、ニッケルや金の金型を作製することもできた。

レジスト金型に酸化チタンを液相成長法にて形成し、レジストを除去するとロッドの直径 640 nm の 2 次元ナノ構造を有する酸化チタンの構造体を形成することもできた。更に、ゴニオメータを用いて、金型に 3 方向から照射を行い、

液相法にて酸化チタンを析出、金型の除去を行うと、ロッドの直径 400 nm の 3 次元の酸化チタン構造体を形成することができた。この構造体はこれまで作製が不可能といわれてきた構造体である。

イオンビームを用いた微細加工では、直径数 10 nm、アスペクト比が数 10 に達するナノ孔を形成することに成功した。さらに、ビームエネルギーを制御することにより、表面にはダメージを与えることなく、内部のみをトンネルのように割り貫く 3 次元加工にも成功した。加工ビームでダメージを受けた部分は非晶質となっていることが分った。非晶質になった部分のみ選択的にエッチングを受けるために、このような微細加工が可能であることが分った。

このようにイオンビームにより誘起される物質の特性変化を利用した加工法は他に類がなく独創的な成果である。この技術を基盤として、現在、微量物質の反応速度を測定できる新しいタイプのバイオセンサーの開発に着手している。

後 1 3 光子情報複合検出技術に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

半導体検出器は、軟 X 線領域におけるエネルギー分解能が十分でなく、軽元素の分析が難しい。そこで、半導体検出器のエネルギー分解能限界(~ 100 eV) を凌ぐ分光検出器の開発を目標とし、超伝導現象を使って、半導体検出器より 1 桁高いエネルギー分解能を実現した。この高エネルギー分解能では、B, C, N, O といった軽元素の特性 X 線ピークの分離が可能である。

この検出器を、放射光施設において、X 線吸収分光分析に応用した。X 線吸収分光では、電子構造、原子間距離、配位数といった原子の回りの局所構造に関する情報が得られる。上記性能をもつ超伝導検出素子によって、軽元素を含む半導体材料の吸収分光を分析を試み、実際に実サンプルが分析可能なことを実証した。具体的には、次世代半導体材料の HfAlO 高誘電率ゲート絶縁膜や、短波長発光デバイスや透明導電膜等で注目されている ZnO の X 線吸収分光による分析を実施した。単に検出器の性能追求だけでなく、次世代の電子材料の評価を行える段階に到達できたことは大きな一歩である。軟 X 線領域の分光分析は、半導体検出器がエネルギー分解能、表面不感層の問題で不得意とする領域であり、この領域を超伝導検出器がカバーできることは、多くの分野に大きな波及効果があると考えられる。

<知的基盤技術分野>

後 1 4 原子力施設に係わるエネルギー発生源の爆発影響評価システムに関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

本研究では、有機溶媒(リン酸トリ - n - ブチル : TBP) と硝酸の異常反応及び有機溶媒と硝酸のエアロゾル爆発を対象に、その詳細なモデル化及びその反

応モデルを組み込んだ統合的な計算コードを開発することにより、想定される事故の規模効果、爆発威力などの爆発影響評価を行い、安全性評価手法の高度化に資する事を目指し、以下の2つを目標として研究開発を行った。

(1) エネルギー発生源の評価システムの開発

(2) 熱流体 - 構造物相互作用の評価システムの開発

エネルギー発生源の評価システムの開発では、TBP / 発煙硝酸混合物に爆薬で生成した衝撃圧を加える実験を行い、試料の衝撃起爆感度に関する有用な知見を得た。また、水中爆力試験により TBP / 発煙硝酸混合物の爆発威力データを取得した。加えて、小型爆発容器内で TBP を加熱気化させてミストを生成し、爆発特性を評価する実験を行ったところ、本研究の実験条件下では爆轟現象は確認されず、溶媒ミスト試料の安全性を確認した。

熱流体 - 構造物相互作用の評価システムの開発では、熱流体と構造物の相互作用を非接触、高精度で可視化する計測システムを構築し、マイクロ・エクスプロージョン（レーザ光の集光により空気中に生成されるプラズマの膨張による方法及び微少起爆薬の爆発による方法）を撮影した。また、ピエゾ型圧力変換器を用いた多点計測により、小型モデル構造物（模擬爆発試験装置）内での模擬爆発による爆風伝播に関する詳細な実験データを取得した。これらの実験データを用いて妥当性を検証しつつ、統合解析コードの開発を行った。

後 1 5 複雑形状部ストリーミング安全評価手法に関する研究（独立行政法人 海上技術安全研究所）

核燃料サイクルを含む原子力施設においては膨大な数の複雑形状遮蔽部が存在するが、そこからストリーミング（漏洩）する放射線の遮蔽性能を精度良く評価するには、現状において長時間の計算時間を要する厳密計算に頼らざるを得ず、設計コストを著しく増大させている。したがって、厳密計算法に匹敵する精度を有し、短時間で簡便に評価できる簡易計算法の開発が望まれている。

当研究の課題とそれに対する研究内容は以下の通りである。

- 1) ストリーミング中性子が原因となり壁内で発生する2次ガンマ線のストリーミング線量に寄与する割合を計算する手法を開発した。（平成 13-14 年度）
- 2) 複雑形状部を通して遮蔽壁後部空間に放出されたストリーミング放射線の線量評価点までの空間伝播を解析し、空間での減衰割合に関する計算法を開発した。（14-15 年度）
- 3) 遮蔽欠損部に関してストリーミング及び透過放射線を含めた線量評価法を考案し、これまで開発してきた簡易計算法に組み込むことにより、さらに精度の高いストリーミング計算法を確立した。（15-16 年度）
- 4) スクリューダクト、多孔ダクト、及び保温材に関するストリーミング計算手法の開発と評価を行い、簡易計算コードに組み込んだ。（16-17 年度）

15-17 年度に厳密計算によるベンチマークデータあるいは過去の実験データ等を用いて整備してきた簡易計算法の精度評価を行った。本研究で作成された

データはデータベース化され、コードはストリーミング簡易計算プログラムを通して利用可能である。今後、当手法とデータの標準化が学会を通じてなされることで、審査や施設メーカ等で成果の広範な利用が見込まれる。

後 1 6 遮蔽計算コードシステム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）

原子力関連施設の安全審査において重要項目である放射線遮蔽性能の安全性解析の信頼性向上、また遮蔽計算自体の効率化及び高度化を可能とする環境作りと高機能なソフトウェア技術開発が望まれている。実際の遮蔽設計において SN 輸送計算コード群が多用されているが、これに対する入力データを作成する際、解析対象に応じて体系だけでなく各種計算パラメータ、線源、核定数ライブラリを準備する必要がある。昨今の解析対象の大規模化と精密さへの要求から、このデータ量が膨大になり扱いが容易でなく、解析に非常な労力と時間を要することが問題点として指摘されている。そこで、対象に応じて解析者自身が入力データの作成と管理及び入力作業を低コストで行い、また解析グループにおいて、解析経過や意図を共有して結果の信頼性を維持するための計算環境全体の整備を目指した。研究内容として、平成 13 年度に二次元 SN 計算コード DORT、14 - 16 年度に同三次元コード TORT に対する入力支援システムを開発、評価した。入力データには体系だけでなく核定数の参照も含まれるため、14 - 15 年度には核定数ライブラリ作成プログラムの開発を行った。15 - 16 年度に、解析テクニックとして有効な体系分割による接続計算コードの開発と評価を実施した。そして 17 年度に開発システム群を統合し、遮蔽計算に関する情報を管理する環境を構築した。核燃料輸送容器、ダクトストリーミング、核融合原型炉ブランケット等を対象にシステム評価を実施し、作業コストが大幅に削減され、信頼性ある結果が得られることを確かめた。今後、遮蔽計算手続きの標準化の一助となり、安全審査を含む遮蔽解析でのシステム利用が期待される。

後 1 7 使用済燃料の中間貯蔵システムにおける放射線遮蔽に関する研究（独立行政法人海上技術安全研究所）

使用済燃料の中間貯蔵施設敷地境界の線量に大きく寄与する貯蔵容器からの放射線ストリーミングとそれに起因するスカイシャインの解明、並びにその低減技術を確立するとともに、多数のキャスクを収納した貯蔵施設およびその周囲における放射線安全性を確保することを目的とし、信頼性が高く、適応性に優れた遮蔽計算手法を開発した。

まず、基礎的な検討として、モンテカルロ法により、中間貯蔵施設の放射線ストリーミング経路の解明を行うとともに、スカイシャイン線量低減のために、中性子遮蔽材にホウ素を添加することが有効であることを実験および解析により明らかにした。また、中間貯蔵施設の遮蔽計算手法として、モンテカルロ分

割結合計算法の一つである面線源・座標変換法を組み込んだ計算コードシステムを作成し、中間貯蔵システム及び使用済燃料運搬船の線量解析に適用し、その妥当性の確認を行った。さらに、複雑な形状を考慮することのできる中性子及びガンマ線に対する簡易計算コードを開発し、中間貯蔵施設に存在する複数容器の陰影効果を簡易計算により評価した。その結果、あらかじめ基準収納容器数に対する遮蔽評価をモンテカルロ分割結合計算で実施し、さらに陰影率を簡易計算で評価することにより、モンテカルロ計算で評価した収納限度基数よりも多くの容器が収納可能であることを明らかにした。

本研究の成果は、モンテカルロ法と簡易計算の組み合わせにより、少ない計算機資源でも十分精度よく、また、合理的な遮蔽評価が可能なことを示したものであり、今後、中間貯蔵施設の遮蔽評価手法の一つとしての活用が期待される。

<システム基盤技術分野>

後 1 8 地震荷重を受ける減肉配管の破壊過程解明に関する研究（独立行政法人防災科学技術研究所）

原子力発電施設で広く使用されている炭素鋼配管では長期間にわたる使用に伴う減肉の発生が知られている。しかし、減肉のある配管系が地震を想定した荷重を受ける際の損傷形態や減肉の存在が配管系の振動特性に与える影響などには不明な点が多い。本研究では、減肉のある配管系について大地震を想定した荷重を受ける際の損傷挙動を実験的に把握し、配管の耐震性に対する劣化部の影響を明らかにすることを目的とした。地震荷重を受ける減肉配管の破損については、直管や曲管のような配管要素単体の破損に対する減肉の影響、

配管系の振動応答に対する減肉の影響、の 2 点を明らかにする必要がある。本研究ではこれらのそれぞれに対し実験による現象の把握を行った。また、有限要素法を用いた詳細解析を通じ、解析による耐震性の評価手法を検討した。さらに、実際の腐食環境下で腐食した配管を入手し、腐食状況の調査と載荷を実施した。

試験を通じ、減肉を有する配管要素および配管系について、地震を想定した繰り返し荷重負荷下における損傷までのデータを取得した。このことにより、これまでに知られていなかった減肉を有する配管の特徴的な損傷形態、終局強度、振動応答への影響などを実験的に把握し、減肉配管の損傷メカニズムについての知見を得た。一方、詳細解析および評価の結果から、現在の解析手法により、1/2～2 倍程度の精度で配管要素の損傷評価が可能となった。また、配管系では損傷位置の予測と、ある程度の精度での寿命評価が可能である見通しが得られた。これらの解析手法は、今後、種々の多様な減肉条件、荷重条件における裕度を評価し許容減肉の基準を検討するのに有効に活用できる。

後 1 9 緩衝材の地震荷重下における動的特性に関する研究（独立行政法人防

災科学技術研究所)

わが国のように地震の多い地質環境条件下における地層処分では、バリア性能が十分に機能するための前提条件として、人工バリアシステムが構造的に健全な状態で存在することが重要である。本研究では、特に「構造的に健全な状態で存在する」ことに影響が大きいと考えられる人工バリアシステムに使用される緩衝材の動的特性を実験的に確認及び検証し、基礎データの取得を行う。また、併せて実験手法の開発・検討を行った。

緩衝材の地震荷重下での動的特性把握のため、要素レベルにおける基礎データの取得試験として三軸中空ねじり試験装置による要素試験及び緩衝材の動的特性把握のためのせん断フレーム小型試験装置を開発・製作して、載荷実験を実施した。要素試験においては、飽和した試料の応力 - ひずみ及び減衰 - ひずみとの関係を求めた。既往の研究から塑性指数の増加に伴い減衰比が小さくなることがわかっており、今回の試験でもこれに合致する有用な結果を得ることができた。また、載荷試験においては、拘束圧とせん断剛性との関係から、乾燥密度 1.6g/cm^3 、含水比 30%時のせん断剛性は乾燥状態に比べて $1/2$ 程度に低下した。一方、乾燥密度 1.8g/cm^3 、含水比 48% (ほぼ飽和状態) 時のせん断剛性は乾燥状態に比べて $1/10$ 程度に低下した。この時の減衰率は、乾燥密度 1.6g/cm^3 ではほとんど変わらなかったが、乾燥密度 1.8g/cm^3 では含水比が高くなるに従って大きくなる傾向を示した。これらの結果から、拘束圧とせん断剛性及び乾燥密度と含水比との関係が把握できたことから、緩衝材の動的特性に関する有用な基礎データ、知見を得ることができ地層処分に役立つことが期待できる。

後 2 0 RI 廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

医療や研究用に使用された RI 廃棄物の多くは、短半減期核種の容器やシリンジ、保護具等で、RI 廃棄物として管理する必要が無いと考えられるものが大部分を占める。しかし、一般産業廃棄物と同様の取り扱いを可能にするには、クリアランス検認を行い、一般社会に影響を与える危険性がないことを説得力のある形で証明しなければならない。

この要求に応えるため、本研究では、RI 廃棄物がクリアランスレベル以下であることを検認するための測定技術を確立することを目的とし、極めて高感度に 2 次元の放射線分布測定が可能で、視覚に訴えた説得力ある情報開示が行えるイメージングプレートと、極微量放射能を核種毎に精度よく定量測定することが可能な Ge 検出器との組み合わせにより、RI 廃棄物中に含まれる極微量の放射性核種の濃度を簡便かつ確実に測定できる技術を開発した。そして、イメージングプレートの感度評価、インクジェットプリンタを使用した線源の作製、Ge 検出器の感度評価及び RI 廃棄物サンプル測定による検証を行い、クリアラン

スレベル検認において放射性汚染がないことを直感的かつ定量的に明示できることを確認した。

本研究の過程で、インクジェットプリンタのインクに放射性物質を混入させ、印刷時に濃度を調節することにより、数桁にわたる広いレンジを有する放射能面密度指標線源の作製に成功した。これはイメージングプレートによる放射能定量測定を可能にするもので、クリアランスレベル検認以外にも汚染検査をはじめとする放射能面密度測定の高精度化と信頼性の確保に極めて有用である。

後 2 1 光音響分光法を用いた地下水センサーの開発と適用に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

放射性廃棄物の地層処分において、その安全性を評価する際には、地下水の挙動を的確にとらえることが必要不可欠であり、この地層処分の地下水シナリオに合致した超長期安定地下水観測システムの構築が求められている。

本研究では、これまでに実験室レベルで提案されている光音響分光法を用いた長期安定水分センサーを現場用に開発し、その実用化に関する研究を実施した。具体的には、まず、実験室レベルのセンシングシステムを実用化に向けた励起光源の開発、レーザ伝播用ファイバーケーブルの選定、ディテクターの高精度軽量化等を行った。その後、観測井を設けて地下水位を変動させながら水分変化を観測する現地適応試験を実施した。

本研究では、超長期的な地下水流動観測を実施するために、光ファイバーシステムを使った(1)水分量センサー、(2)水温センサー、(3)塩分濃度センサーを実用化した。実際に作製したセンサーは、高圧・高温下で長期間にわたり安定して作動する必要があるため、実験室内ではこのような地下環境を再現してから温度の影響などを検定し、キャリブレーションを実施した。

本研究で開発された温度センサーの精度は、1/100 とこれまでにない高精度な長期安定型センサーであり、FBG(ファイバーブラッググレーティング)を使用しているために腐食も考えられないことから本研究の目的とする結果が得られた。塩分濃度変化 0% ~ 3.2% におけるセンサー波長変化は約 6 nm であり、これを分解能 1 pm の波長計で測定すると概略 0.01% の精度で塩分濃度の計測が可能となった。本研究により、極めて高精度な超長期安定性地下水センサーシステムが完成したことで、今後、実用化に向けた製品の開発が期待される。

後 2 2 地下深部岩盤初期応力の実測(独立行政法人産業技術総合研究所)

地下 300m 以深での高レベル放射性廃棄物地層処分施設の建設では、その設計・施工・長期安定性を検討する上で、その場の応力状態を事前に評価することが必要不可欠である。わが国での地下深部応力測定の実績は、地下発電所の建設事前調査での測定(山岳地域、主に応力解放法による)と地震予知研究による測定(関東・東海地域及び活断層周辺、主に水圧破碎法による)があるが、

いずれも地球科学的な活動域である。対極となる地球科学的静穏域での深部応力測定の実績はない。

本研究では、地球科学的静穏域で深さ 750m の応力測定孔を掘削し、採取コア観察・物理検層・ボアホールテレビューアによる孔内観察に基づき応力測定箇所を選定し、水圧破碎法による岩盤初期応力測定を原則として深さ 50m 間隔で行った。本応力測定孔での水平最小応力と水平最大応力は、深さ 150 - 420m 区間（岩級区分 C_M 級 ~ C_H 級）でそれぞれ約 7 MPa と約 10 MPa であり、430 - 750m 区間（岩級区分 B 級 ~ A 級）でそれぞれ 10 ~ 17 MPa と 19 ~ 31 MPa であった。応力の大きさは、深さの増加に対して単調増加するのではなく、岩級区分の変化に対応して階段状に変化していることが判明した。

わが国での水圧破碎法による既存応力測定データ（全 48 地点）の文献調査を行い、収集したデータに基づき、地下深部での応力値の分布幅を求めた。地球科学的静穏域に位置する本応力測定孔の応力値は、その分布幅の中で低～中レベルの大きさであることが判明した。

高レベル放射性廃棄物地層処分場の地下施設の建設領域は、2km 四方になると想定されている。この領域全体の三次元的な応力場を限られた測定地点数から効率的・経済的に評価することが必要となる。そのため、広域応力場の数値計算手法の開発を行った。具体的には、(1)地質構造モデルの検討、(2)数値計算プログラムの検討、(3)変形特性モデル値の検討、(4)数値計算での要素分割モデルの検討、(5)境界条件（テクトニックは水平変位）の検討、を行った。数値計算で得た応力測定孔位置での計算応力値は実測値より小さかった。しかし、実測値で見られた階段状の応力分布を再現することができた。

今回の数値計算手法の開発を通して、計算応力値の大きさや分布形状が地質構造モデルと変形特性モデル値の大小に依存することが判明した。

本応力測定孔で採取したコアや物理検層データなどを大学や民間の研究機関に提供し、花崗岩岩盤で発達する水平亀裂の発生要因の研究、深部花崗岩体での変質の研究、コアを用いた応力測定法の研究などに役立っている。

後 2 3 放射性廃棄物地層処分における岩石の長期変形挙動解明と地層構造評価技術の開発に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

岩盤長期変形挙動の解明に関する研究では、長期高温高压クリープ実験装置を製作し、地層処分場の放射性廃棄体近傍の地質環境を模した条件下での凝灰岩、珪藻土、砂岩等の堆積岩を用いた長期間継続のクリープ試験を実施した。

取得したクリープ変形データから、珪藻土は他の堆積岩と比較して温度依存性が強いことが明らかとなり、長期的な予測モデルを構築するために構成方程式の適用を行った。

地層構造評価技術の開発では、ボーリング掘削音等弾性波による地層構造のイメージング技術の研究と岩石コアを用いた地層構造内部の 3 次元地殻応力場の評価方法の研究を実施した。

地層構造のイメージング技術の研究では、掘削振動を発信源とする岩盤内弾性波の計測を花崗岩採石場や鉱山坑道内部にて実施し、採石場岩盤中の不連続構造の検出に成功するとともに小規模ボーリングにおいて特有と考えられる弾性波特性に対応した新たな解析方法を開発することにより、坑道近傍岩盤内部の不連続構造の検出に成功した。種々の作業振動を利用することにより、より普遍的な状況での計測が可能と思慮される。

岩石コアを用いた地層構造内部の3次元地殻応力場の評価方法の研究においては、岩石の一軸圧縮強度に強く依存していたコアを用いた地下応力評価技術を、封圧下試験法の開発によってその適用性を拡大することに成功した。

従来、適用が困難であった軟弱な堆積岩でも岩石コアを用いた応力計測が可能となったことから、試料採取からの経過時間への応力推定に対する影響評価を実施し、従来よりも長期間保管された試料においても正しい応力推定値が得られた。これにより、コアを用いた地下応力評価手法は汎用性のある地下構造評価手法として利用できることが判明した。

後 2 4 放射性廃棄物処分施設の長期安定型センシング技術に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)

放射性廃棄物の安全性を確保する上で、人工バリアのその遮蔽機能の工学的な性能保証を行うことは必要不可欠と考えられる。人工バリアの設計において、事前に十分な設計検討を行うことは当然であるが、当初の設計どおりに機能しているかどうかについて、一定期間監視することは、最終的な人工バリアの安全性の保証を行う上で重要と考えられる。本研究では、これらの目的に対処できる長期安定型センシングシステムの開発を行い、以下の成果を得た。

(1) 岩盤・緩衝材中の熱伝導率及び副次的に算出可能な含水率分布を計測する

ため、光ファイバーセンサーを用いた非定常熱源法による広域熱伝導率測定法の開発を行った。また、ボーリング孔での検層実験を行い、その有効性を確認した。

(2) 塩分濃度や含水率情報などの地下物性を反映する複素比抵抗（スペクトル・インピーダンス）を計測するため、検層・設置用のデジタル4端子対スペクトルインピーダンス測定装置を開発した。その結果、100m先の測定点において位相測定精度0.1度の分解能が得られることを確認し、更にボーリング孔での検層実験を行い、その有効性を確認した。

(3) 地下水や緩衝材中の電気化学特性を遠隔的に計測できる。電気化学式センサーを開発した。また、室内実験により基本的な検出性能を確認した。更に、ベントナイト中での計測が可能ないように改良を行い、十分な検出特性が得られることを確認した。

後 2 5 高レベル放射性廃棄物の地層処分用緩衝材材料の機能評価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)

高レベル放射性廃棄物(HLW)の処理処分の際、人工バリア緩衝材として用いられる天然ベントナイトは産地により多種多様である。そのため種々のベントナイトに対して緩衝材機能評価を幅広く実施する必要がある。

本研究では、HLWの地層処分システムにおける緩衝材候補材料の選定及び品質管理のための基礎資料を整備するとともに、緩衝材の機能高度化のための天然あるいは合成吸着材の添加効果の検討を行った。まず、産地の異なるベントナイト等種々の粘土試料について、それらを用いた砂-粘土圧密供試体の透水係数を測定した。その結果、国内外に産するベントナイトを用いた場合、十分な遮水性を示すことが分かった。またベントナイト化学分析値などから透水係数を良好に相関する式を提案した。更に遮水性に優れたベントナイトを少量ブレンドすることによって遮水性を向上できることが示された。次にベントナイト圧密体を用いた長期透水試験を行った。長期透水試験は蒸留水を用いて透水係数を測定したのち、塩化カルシウム水溶液を通水して引き続き透水係数を測定したところ、圧密後緩衝材がカルシウムイオンにさらされる環境においても、遮水性が維持された。一方、ベントナイトのイオン吸着性能を補完・高度化し得る新規の無機イオン吸着材として、Si-Al-Mg 3元系合成吸着材を開発した。この合成吸着材、あるいはアルミナ、酸化鉄などの天然吸着材を含む土壌を混合して圧密体を作製することにより、緩衝材に陽イオンおよび陰イオン種の移動を遅延させる効果を付与できることを実証した。

これらの成果は、地層処分の人工バリア設計において、緩衝材に用いる国内外で産する粘土の遮水性の評価・選定に利用することができる。また粘土や合成吸着材などのブレンドによる遮水性及び吸着性能の管理の指針として利用が期待される。

後 2 6 想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究(国土技術政策総合研究所)

地震動はその発生源である地震の特性、すなわち震源断層の大きさや破壊過程等によって大きく異なる。設計用地震動の設定において、このような想定地震の特性を適切に考慮するための手法を開発することを目的として研究を実施し、以下の成果を得た。

- 1) 内陸地震と海溝性地震による地震動特性の違い、および短周期レベルの影響に着目し、大規模地震の地震応答スペクトルの推定式を作成した。
- 2) 内陸地震と海溝性地震それぞれについて各種震源パラメータの設定手法を提案するとともに、重ね合わせ数の適切な設定法を示し、統計的グリーン関数法に基づく地震動合成手法を開発した。
- 3) 中小地震を内陸地震と海溝性地震、その発生地域を東日本と西日本に分類し、それぞれの強震記録をもとに、地震応答スペクトルの推定式を作成し

た。

- 4) 振幅特性を考慮した位相特性の設定手法を提案し、経験的、半経験的地震動推定手法を高精度化した。また、確定論的に推定した地震動強さと確率論的地震ハザード解析の結果を比較することにより、確定論的に推定した地震動のみから設計用地震動を設定することは合理的でないことを示した。これらの成果は、従来よりも高精度の地震動の推定、また合理的な設計用地震動の設定を可能とするものであり、すでに道路・港湾施設の耐震設計において活用されている。また、今後、原子炉設備の耐震安全性評価等、原子力安全分野に活用していくことも可能である。

後 2 7 原子力施設の新システムによる免・制震化技術の研究（独立行政法人建築研究所）

原子力構造物にすべり支承による免震機構を導入し、さらに、スマート材料を併用してより高度な安全性の向上を達成することを目標として、下記について検討を行い、これらの新材料を用いた免・制振化が有効であることを確認した。

- 1．すべり支承を用いた免震構造物の地震時応答に関する検討
 - (1) 固着の影響を把握するため、要素試験体による経年特性を評価し、得られたモデルを用いた時刻歴応答解析によって影響を確認した。
 - (2) すべり支承の摩擦係数の速度依存性及び地震力作用時の面圧の変動等を考慮した解析を行った。
- 2．スマート材料（磁気粘性流体）を用いたセミアクティブ制御に関する検討
 - (1) 1 方向及び 2 方向加振について、それぞれ MR ダンパを用いたセミアクティブ制御を適用し、応答低減効果を確認した。
 - (2) 提案手法（ゲインスケジュールド制御）を、通常のパッシブ免震あるいはスカイフック制御と比較し、有効であることを確認した。
 - (3) セミアクティブ免震構造の性能の向上を目的とした 2 層化免震システムを提案し、小型試験体を用いてより効率的・効果的な手法であることを確認した。
- 3．大型実験及び解析に基づく性能評価
 - (1) 実験用の大型試験体（鉄骨造 3 層、1/2 スケール）を作成した。
 - (2) すべり支承の摩擦係数の速度依存性及び地震力作用時の面圧の変動等が解析と整合していることを確認した。
 - (3) MR ダンパを用いたセミアクティブ制御の結果が解析と整合していることを確認した。

後 2 8 シビアアクシデント時の気泡急成長による水撃力に関する研究その 2 水撃力緩和法の研究（独立行政法人海上技術安全研究所）

軽水炉のシビアアクシデント時における水 - 金属反応による水素（非凝縮性気体）の発生や溶融炉心と水との直接接触による水蒸気爆発（凝縮性気体）など、プール水中に大量の気体が急発生した場合の水撃力を決定づける水塊のコヒーレント性（水塊個々の同時性と同方向性）を明らかにし、加速水塊による水撃力を定量的に評価できる手法を確立することにより、水撃力に対する格納容器壁や格納容器内構造物の健全性評価に役立てることが出来た。

また、実験に関し、水塊運動に及ぼす容器のスケール効果を検証するために、模擬格納容器内径 2 m の幅広体系水撃実験を実施し、その結果をその 1 で開発した水撃力評価手法に取り入れることにより、実炉体系への適用性を向上させることができ、非凝縮性、及び凝縮性気体がプール水中に急発生した場合の水塊のコヒーレント性と水撃荷重に及ぼす影響の違いを実験的、解析的に明らかにし、成長蒸気泡の凝縮効果と水塊の平均コヒーレント性を考慮した水塊衝突による水撃力を定量的に評価可能な実験相関式を提案し、汎用二相流解析コード RELAP5-3D による水撃現象解析手法を、実炉における水撃力評価手法として安全性評価に活用できるように整備を行った。

平成 17 年度終了課題評価結果一覧 (1 / 2)

No.	分野	省	機関	課題名	総合評価
1	生	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所	超短半減期核種の新規導入反応の開発及び PET 用イメージング剤への応用	A
2	生	厚生労働省	国立循環器病センター	新技術導入による心筋血流 SPECT/PET イメージングの高精度化に関する基礎的並びに臨床的研究	A
3	生	厚生労働省	国立循環器病センター	放射線照射によって提供者由来細胞を除去した再生医療用生体組織由来素材の開発	B
4	生	厚生労働省	国立国際医療センター	癌の診断と治療のための癌指向性トレーサーの開発	A
5	物	文部科学省	独 物質・材料研究機構	核融合炉構造材料の力学特性に及ぼす核変換ヘリウムの効果	B
6	物	文部科学省	独 物質・材料研究機構	高経年化軽水炉用圧力容器部材の非定常条件下の高温水中環境加速効果	A
7	物	文部科学省	独 物質・材料研究機構	高速炉の異材接合部の高温長時間信頼性評価に関する研究	B
8	物	文部科学省	独 物質・材料研究機構	地層処分環境における金属の腐食寿命評価に関する研究	B
9	物	文部科学省	独 物質・材料研究機構	高エネルギー放射光励起 X 線分光顕微鏡によるランタノイド金属の光化学反応に関する研究	B
10	物	文部科学省	独 物質・材料研究機構	3 次元アトムプローブによる構造材料中における溶質原子クラスター形成と材質変化の研究	A
11	物	経済産業省	独 産業技術総合研究所	原子力構造材の遠隔検査技術に関する研究	B
12	物	経済産業省	独 産業技術総合研究所	SR 光およびイオンビームによる微構造 3 次元セラミックスの作製と新機能発現の研究	A
13	物	経済産業省	独 産業技術総合研究所	光子情報複合検出技術に関する研究	A
14	知	経済産業省	独 産業技術総合研究所	原子力施設に係わるエネルギー発生源の爆発影響評価システムに関する研究	B

平成17年度終了課題評価結果一覧(2/2)

No.	分野	省	機関	課題名	総合評価
15	知	気象庁	独 海上技術安全研究所	複雑形状部ストリーミング安全評価手法に関する研究	A
16	知	気象庁	独 海上技術安全研究所	遮断計算コードシステムの高度化に関する研究	A
17	知	気象庁	独 海上技術安全研究所	使用済燃料の中間貯蔵システムにおける放射線遮断に関する研究	B
18	シ	文部科学省	独 防災科学技術研究所	地震荷重を受ける減肉配管の破壊過程解明に関する研究	A
19	シ	文部科学省	独 防災科学技術研究所	緩衝材の地震荷重下における動的特性に関する研究	B
20	シ	経済産業省	独 産業技術総合研究所	RI 廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究	A
21	シ	経済産業省	独 産業技術総合研究所	光音響分光法を用いた地下水センサーの開発と適用に関する研究	B
22	シ	経済産業省	独 産業技術総合研究所	地下深部岩盤初期応力の実測	B
23	シ	経済産業省	独 産業技術総合研究所	放射性廃棄物地層処分における岩石の長期変形挙動解明と地層構造評価技術の開発に関する研究	A
24	シ	経済産業省	独 産業技術総合研究所	放射性廃棄物処分施設の長期安定型センシング技術にする研究	B
25	シ	経済産業省	独 産業技術総合研究所	高レベル放射性廃棄物の地層処分用緩衝材材料の機能評価と高度化に関する研究	A
26	シ	国土交通省	国土技術政策総合研究所	想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究	A
27	シ	気象庁	独 建築研究所	原子力施設の新システムによる免・制震化技術の研究	B
28	シ	気象庁	独 海上技術安全研究所	氷・アクリル樹脂時の気泡急成長による水撃力に関する研究 その 2 水撃力緩和法の研究	A

表9

後 1

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）：超短半減期核種の新規導入反応の開発及びPET用イメージング剤への応用 （国立医薬品食品衛生研究所）	
研究期間及び予算額：平成14年度～平成17年度（4年計画） 31,255千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>PET用診断薬の開発には標識薬剤の新しい合成法の開発が不可欠である。従来の液相での合成は既存の合成法を組み合わせるものであり、合成ステップが煩雑で時間を要するのみならず標識されたものと標識されていないものが混在するという欠点があり、自動化された装置で合成できる標識薬剤の種類には限界がある。そのような状況において、全く新しい汎用的かつ簡便な反応系を開発することができれば、合成できる標識薬剤の種類は飛躍的に増大し、画期的な診断薬の創製及びPET診断の拡大が可能となる。</p> <p>本研究では、固相反応技術を用いて簡便で実用的な^{18}Fの新規導入法を開発し、従来の方法では合成できなかった新しい^{18}F 標識薬剤を開発するとともに、既知薬剤のより簡便で効率的な合成法を確立することを目的としている。</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	<ul style="list-style-type: none"> 本研究が当初目指していたとおり、固相合成による^{18}F標識法の開発に成功した。 従来にない固相合成による^{18}F標識法の開発に成功し、固相合成法が実用化に向けて前進したことは特筆すべき成果である。 PET用薬物前駆体を固相担体に結合させるリンカー部の開発で、固相合成反応技術に関係する新知見を得た。また、ケトンのアセタール化反応で世界的に注目される成果をあげた。 固相合成法による^{18}F標識化合物製造について特許出願を行った。また、ケトンのアセタール化に関する論文(J.Organic Chemistry (American Chemical Society, I.F.(2002)=3.28)Vol.68, 3413-3415 (2003) :Convenient preparation of cyclic acetals using diols, TMS-source and a catalytic amount of TMSOTf, by M.Kurihara & W.Hakamata)は、2003年の同誌の論文で最もアクセスが多かった論文にランクされた。
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"> PET診断への社会の期待に沿う研究であり、目的・目標はきわめて妥当である。 よく練られた研究計画であり、手順・手法も評価されているものなので無理がない。 妥当である。 ほぼ計画どおりに進捗したが、実用化へのロードマップの更なる整備が望まれる。 特許取得のために、しばらく論文発表を控えていた由。2003年の上記J.Org.Chem.誌に論文発表後は、多くの問い合わせ等に対応して交流が深まった。 優れたアイディアの研究を立案し成果をあげているので、研究能力は十分である。
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> 社会のPET診断に対する期待が高まっているので、早急に実用化してほしい。 実用化に向けた研究プロジェクトがスタートしている。実用化されれば、その波及効果は大きい。 事前評価は「遠隔地のサイクロトロンの利用」等の原案の問題点のためBであったが、研究開始後は「近場のサイクロトロン」を利用し、中間評価はAとなった。
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）：新技術導入による心筋血流SPECT/PETイメージングの高精度化に関する基礎的ならびに臨床的研究（厚生労働省 国立循環器病センター）	
研究期間及び予算額：平成 15 年度～平成 17 年度（ 3 年計画） 9,469 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>国立循環器病センターの重症虚血性心疾患対策の一環として、「虚血の早期診断ならびに治療適応決定の適正化」への強い臨床的ニーズを背景に、核医学検査(SPECT/PET)において、新技術導入による心筋虚血診断の精度向上ならびに効果的な治療支援の実現を目標とした。</p> <p>(1) 平成15, 16年度は、心筋血流SPECT（シングルフォトンエミッションCTグラフィ）における診断能の向上に取り組んだ（心電図同期SPECT収集法の導入、散乱補正法・吸収補正法の導入）。(2) 平成17年度は、心筋PET（ポジトロンエミッションCTグラフィ）の冠血行再建術治療への応用方法を確立すべく、局所心筋における冠血流予備能（N-13 ammonia）、代謝画像（F-18 FDG）、冠動脈造影の三次元的融合表示による虚血重症度の評価法を開発し、冠血行再建術治療への応用を行い、治療の適応決定ならびに効果判定における有効性を明らかにした。</p>
2．研究成果	<ul style="list-style-type: none"> ・当初予定の成果 <ol style="list-style-type: none"> 1. 虚血心筋の血流異常と収縮機能不全の同時評価のための心電図同期SPECT収集法の検討 2. SPECTの高精度評価のための吸収補正法の検討 3. 心筋viability評価のためのPET血流、糖代謝の融合画像表示法の検討 ・特筆すべき成果 <p>冠動脈造影法・左室造影法などの形態情報とPET/SPECTの血流・代謝情報との融合画像表示が可能となり、臨床的有用性が期待される。</p> ・副次的な成果 <p>呼吸移動補正の可能性が示唆された。</p> ・論文、特許等 <p>十分である。国際的評価もある。心筋虚血画像と冠動脈造影の融合画像表示技術の開発で、2004年の米国核医学会・放射線技術部門優秀賞を受賞した（Nishimura, T., et al., Superimposed display of coronary artery on gated myocardial perfusion scintigraphy. J.Nucl.Med., 45:1444-1449(2005)）。</p>
3．事後評価	<ul style="list-style-type: none"> ・目的・目標の設定の妥当性 <p>心筋viabilityの評価は临床上重要であり、これを把握するための血流代謝の機能情報と冠動脈、左室運動等の形態情報の融合は画像評価法として優れている。</p> ・研究計画設定の妥当性 <p>計画設定も妥当である。</p> ・研究費用の妥当性 <p>妥当な額である。</p> ・研究の進捗状況 <p>ほぼ満足できる成果である。今後の臨床評価に期待できる内容である。</p> ・研究交流 <p>独自に技術を開発したが、融合画像表示については大阪大学医学部保健学科(村瀬教授)と有効に共同研究を行っており、成果をあげている。</p> ・研究者の研究能力 <p>十分である。</p>
4．その他	<p>最終的には64ないし256チャンネルの多断層CT装置、高速MRIといった新しい診断装置との融合という方向性があるのだろう。今後の臨床展開を期待する。</p> <p>事前評価はBであったが、これは申請書類の不備に因った。</p>
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 嶋 昭紘	

表9

後 3

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）：放射線照射によって提供者由来細胞を除去した再生医療用生体組織由来素材の開発 （厚生労働省 国立循環器病センター）	
研究期間及び予算額：平成15年度～平成17年度（3年計画） 16,237千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	死亡した臓器提供者あるいは動物から対象の臓器や組織を摘出し、ドナー由来の細胞を除去した後、再生医療用の細胞を組み込むためのマトリックス素材としてその臓器・組織を開発することを目的としている。具体的には、放射線照射による生体組織由来素材の作成、作成した生体組織由来素材の生体工学的評価、生体組織由来素材の動物への移植と臨床応用、を目標としている。
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	当初予定の成果：摘出したミニブタの心臓に300Gy以上のガンマ線を照射し、洗浄処理を組み合わせて、ほぼ完全に細胞成分を除去出来た。1kGy以下の線量ではコラーゲン、エラスチンの弾性率に影響は認めず、10kGy以上では影響を認めた。脱細胞化ブタ組織のラットへの移植では、炎症反応の顕著な抑制が認められた。 特筆すべき成果：この方法が組織移植後の細胞浸潤を追跡する方法として利用できると考えられ、新たな課題「自己細胞移植再生医工学における細胞移植手技の確立とPETを用いた組織再生過程の追跡」を立ち上げた。 副次的な成果：脱細胞化組織への血管内皮細胞の組み込み方法について、二軸回転型バイオリアクター及び細胞播種方法を開発した。特許出願中。 論文、特許等：論文は投稿準備中、二軸回転型バイオリアクター及び細胞播種方法の特許出願中。
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：研究の社会的必要性及び予想される波及効果から見て、研究目的・目標は妥当と思われる。 研究計画設定の妥当性：放射線照射前の摘出組織の取り扱い方法、照射条件、照射後の組織の取り扱い手技などの計画により緻密な、再現性の高い手法など放射線生物学的な配慮が必要と思われた。事前評価でもこの点は問題とされた。界面活性剤処理との比較も必要かもしれない。 研究費用：概ね妥当と思われる。 研究の進捗状況：放射線照射方法などの技術的な問題点から予想されたような困難さが認められる。特に、生体内での照射を基準にして比較していないので、必要な線量が大きすぎるのかどうか、また再現性も不明である。細胞の生着率も定量化されていないので、量的な評価が出来ない。しかし、少なくとも300Gy以上では脱細胞化できたものと思われる。抗原性については異種移植で炎症反応が少ないことだけでは不十分で、残存するはずの異種蛋白質の抗原性については検討されていない。また、組織再構築誘導に必要なかもしれない誘導因子、例えばVEGFなど、が細胞が無いために不十分になる可能性も考慮しておく必要がある。 研究交流：放射線生物学的な側面からの有効な技術的な交流が必要であった。 研究者の研究能力：生体工学的な側面に主力が注がれ、成果を上げているが、放射線生物学的、移植医療の基礎的生物学的側面での協力も必要と思われる。
4．その他	放射線照射後の培養方法や培養時間などによってアポトーシス発現が異なるはずであるが、この点でも量的な検討が必要と思われる。研究目的・目標は研究の社会的な必要性から妥当とおもわれ、成果も上がっているため、今後の研究の発展が期待される。事前：B
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）：癌の診断と治療のための癌指向性トレーサの開発（国立国際医療センター）	
研究期間及び予算額：平成13年度～平成17年度（5年計画） 58,976千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	がん指向性の高いコリン、およびアミノ酸誘導体をターゲットとし、炭素11標識薬剤およびフッ素18標識薬剤とPETによるがん診断法を開発し、さらにヨード標識薬剤によるがん治療の開発に発展させるのが本研究計画の目標である。
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"> ・当初予定の成果 <ol style="list-style-type: none"> 1．標識コリン薬剤によるがん診断法の開発研究：炭素11標識コリンとフッ素18標識エチルコリンによる臨床研究、2種類のヨード標識コリンの開発ならびにフッ素18標識メチルコリンの新合成法の開発と臨床研究。 2．新規アミノ酸輸送のトレーサ炭素11標識o-メチルチロシンによるがん診断法の開発研究：合成と自動合成装置の開発、前臨床試験と第2相臨床試験の実施。 ・特筆すべき成果 炭素11標識o-メチルチロシンは炎症部位に集積しないので、がんと炎症の鑑別に極めて有用である可能性が示唆された。 ・副次的な成果 特になし ・論文、特許等 論文は量・質共に十分であり、論文賞をとるなど国際的評価も高い。
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"> ・目的・目標の設定の妥当性 標識コリンとアミノ酸誘導体である炭素11標識o-メチルチロシンを用いたがん診断法を世界に先駆けて開発し、臨床評価を行った点は優れている。 ・研究計画設定の妥当性 しかし、がん治療薬剤としての開発には至らなかった。一般的に診断薬開発に基づく治療薬の開発は困難が予想されることなので、失敗しても挑戦する意欲は評価できる。 ・研究費用の妥当性 開発費と自動合成に要したものと思われる。成果から考慮すれば概ね妥当。 ・研究の進捗状況 8種類の新規標識薬剤の合成に成功しており、幾つかについては臨床研究も行っており、満足すべき状況と考える。 ・研究交流 標識コリン自動合成装置の他施設への導入による多施設共同研究、標識薬剤と自動合成装置に関して東北大学、東京都老人総合研究所などとの共同研究を行っている。また本研究の成果が、海外における新規自動合成装置の開発などに寄与している。人的にも前任の主担当者は米国の客員教授として活躍するなど満足すべき結果である。 ・研究者の研究能力 成果を着実に論文にしており、十分である。
4．その他	事前評価および中間評価では、がん治療薬開発の困難さが指摘され、共にBであったが、これに应运、腫瘍と炎症の鑑別診断が可能な手法の開発に成功している。今後は更なる新規がん診断薬の開発に期待が持てる。
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 嶋 昭紘	

表9

後 5

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：核融合炉構造材料の力学特性に及ぼす核変換ヘリウムの効果 （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13年度～平成17年度（5年計画） 135,661 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	核融合炉の第一壁／ブランケット構造材料で問題となる高温ヘリウム脆化に対して強い耐性を持つ材料の開発に資することを目的として、線照射で原型炉での蓄積量に匹敵する高濃度ヘリウム（1000 appm）を注入した核融合炉用低放射化先進構造材料等に対して、試験時間1000時間程度までの各種力学特性試験を実施し、力学特性及び材料組織に関する基礎的なデータを取得する。また、得られたデータを元にしたヘリウム脆化の機構論的検討を通して予測式の提案を目指す。
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：低放射化フェライト鋼及びバナジウム合金のヘリウム注入後クリープ試験並びに低放射化フェライト鋼のヘリウム注入後疲労試験を実施して、これらの材料の耐ヘリウム脆化特性を評価した。また、ヘリウム脆化機構に関して臨界気泡モデルを提案し、実際の観察結果と比較検討した。 ・特筆すべき成果：重要とされながらも研究例が少ない高温・長時間領域において、高濃度のヘリウムを含む低放射化構造材料のクリープ及び疲労データを取得した。また、広いパラメータ範囲の実験データを説明し得る脆化モデルを提案した。 ・副次的な成果：バナジウム合金のクリープ特性が短時間焼鈍時の真空度によって大きく変わること示した。 ・論文、特許等：論文10編、口頭発表23件がなされている。長時間試験が主体の研究であるので、妥当なレベルと思われる。ただし、口頭発表は金属学会等が主であり、原子力学会での積極的な情報発信が望まれる。
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"> ・目的・目標の設定の妥当性：耐高温ヘリウム脆化特性に優れた低放射化先進構造材料を開発することは、核融合材料開発における重要課題のひとつであると認識されている。本研究は、当機構の研究資源を活用して、データの蓄積が遅れている長時間領域の力学特性評価を目指したものであり、目的・目標の設定は妥当であった。 ・研究計画設定の妥当性：サイクロトロン段階的な改造による性能向上に伴って、低ヘリウム濃度の実験から高ヘリウム濃度の実験に進むように計画が立案されており、また脆化メカニズムの検討も行われており、妥当と言える。 ・研究費用の妥当性：研究予算は適切であったと判断される。本研究課題で改造されて性能が向上したサイクロトロンは、発展的な照射損傷研究においても活用されることが期待される。 ・研究の進捗状況：概ね計画通りに進捗したと考えられる。 ・研究交流：日本原子力研究開発機構や大学との間で様々な共同研究や研究協力を実施し、活発な研究交流があったと評価できる。 ・研究者の研究能力：研究能力は十分であったと判断される。
4．その他	本研究では、核融合炉第一壁／ブランケット構造材料の使用上限温度の決定因子のひとつである高温ヘリウム脆化問題の解決に資することのできる知見が得られている。今後とも材料照射専用サイクロトロン施設を活用して、他機関と密接に連携しつつ、研究を継続していく必要があると考えられる。
5．総合評価〔注1〕	B
評価責任者職位・氏名： 阿部勝憲	

〔注1〕評価基準に従いA B Cのいずれかを記入

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）：高経年化軽水炉用構造部材の非定常条件下の高温水中環境加速効果 （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13年度～平成17年度（5年計画） 33,599千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	経年劣化模擬材や高硫黄含有鋼等の軽水炉用構造材料を対象として、力学的因子や環境因子を組み合わせた条件下で環境助長割れ試験を行い、非定常条件下での最大環境加速効果の定量評価を行う。また、比較的長寿命域のデータの獲得を目的として、長期間安定な高温高圧水中環境助長割れ試験を行うとともに、これらの研究で得られたデータを体系化し、高温高圧水中環境助長割れ機構の解明のための知識ベース化を行う。
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"> ・ 高温高圧水中疲労試験を、経年劣化模擬圧力容器材に対して歪速度や溶存酸素濃度などの主要なパラメータを変化させて実施し、経年劣化について系統的で定量的なデータを得た。 ・ 金属学的組織や不純物の挙動が材料の機械的性質に与える影響についての観測に基づき、溶接部周辺などでの環境助長割れについて新たな知見を得た。 ・ 疲労試験データなどを基に、データベースを構築し、展開性の大きい新しい材料情報活用ツールとしての開発を行なった。 ・ 論文11編、口頭発表7件の成果発表。金属材料分野での発表に比べ、ユーザの多い原子力分野での発表が比較的少なく今後の情報発信が望まれる。
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"> ・ 圧力容器鋼材等の環境助長割れを評価するため、実機条件に近い条件下での各主要影響因子の効果を非定常条件下で解明するべく目標を立てたことは妥当であった。 ・ 他の関連研究機関との重複を避けるべく調整を行って研究を実施したことは評価できる。 ・ 既存施設の有効利用などの工夫をこらして、ほぼ初期の目標を達成した。 ・ 中間評価での指摘により非定常条件下の試験を含めて実施し、ほぼ目標を達成できたことは評価できる。 ・ 関係機関間のネットワークの活用、学会・研究会での情報交換等により、常に最新の研究動向に目を配りつつ研究を推進してきている。 ・ 研究者の研究能力は高いと評価される。
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力試験研究として重要な研究成果が得られているので、データベース化を含めて得られた知見を実機や原子力分野にフィードバックする工夫をしてほしい。
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 阿部勝憲	

表9

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）：高速炉の異材接合部の高温長時間信頼性評価に関する研究（（独）物質・材料研究機構）	
研究期間及び予算額：平成13年度～平成17年度（5年計画） 37,668千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	次世代高速炉プラントの機器・配管構成に期待されている、異材溶接（本研究では、SU S304鋼と改良9Cr-1Mo鋼の組合せ）技術に関する研究で、溶接法、溶接材、溶接条件をパラメータとして、異材溶接部の高温荷重下での材質劣化、損傷機構の解明を図り、高速炉の設計手法の高度化、維持基準に資するため、材料面から技術基盤を整備する。
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"> ・オーステナイト鋼とフェライト鋼の異材溶接に関し、溶接材の緩衝機能に関する有効性を確認すると共に、長時間クリープ破断データの取得、さらに長時間における破壊様式の予測をすると共に、異材溶接継手の破壊様式、接合部の機械特性、金属組織に関する知見等を取得している。 ・高速炉実用条件下で、クリープ破断が高クロム鋼の溶接熱影響部細粒域で生ずることを見出すと共に、細粒域発生防止のため、微量成分の調整による高クロム鋼の開発と溶接技術の改善が課題であることを明らかにした。 ・クリープ破断材の微細組織観察において、材料依存性の知見を得ている。 ・論文14編、プロシーディング28編と十分と考えられるが、材料分野の学会等での発表に集中している。高速炉技術の高度化の視点から、原子力学会誌等へ成果を発表することを望みたい。
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"> ・高速炉の開発において、重要な基礎基盤技術の一環として位置付けられる研究である。 ・実用化構想と強くリンクし、かつ、高速炉開発計画が固まらない条件で、現状想定し得る範囲で、システム、機器の構成材料を対象に研究計画を設定している。 ・年間予算配分、計画の達成度からみて、ほぼ、妥当と判断する。 ・設定したスケジュールに沿って研究が進捗しており、研究年度毎の論文・口頭発表における成果発表も着実に進められている。 ・高速炉開発に携わっている原子力研究開発機構と定期的に情報交換を行うと共に、国際溶接会議等外部機関との交流も行われている。 ・研究対象が明確かつ具体的であり、既存の研究、評価手法を基盤に進めることが出来ている。
4．その他	本研究における関連技術は、今日、重要構造物に適用し得るレベルには至っていないが、少なくとも、有効な技術か否かを明確にしておくことは重要である。今後は、高クロム鋼自身の細粒部での破壊が異材継手故に生ずるのか、また、熱影響部での破壊の機構について検討していく必要がある。
5．総合評価	B
評価責任者氏名：阿部勝憲	

事後評価 総合所見共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：地層処分環境における金属の腐食寿命評価に関する研究 （独立行政法人 物質・材料研究機構）	
研究期間及び予算額：平成 13 年度～平成 17 年度（5 年計画） 28,048千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	高レベル放射性廃棄物の地層処分環境における金属容器材料の腐食寿命評価のため、ベントナイトで形成された地層処分環境における金属容器候補材料の耐食性を評価し腐食機構を解明し、処分地選定基準及び安全性評価の基盤技術確立を目的にしている。 このため具体的には、（１）炭素鋼の処分地環境における耐食性の基礎的評価、特に電位-pH図を作成して耐食性を評価する、（２）チタン及びチタン合金のすき間部腐食のモニタリング手法を確立して耐食性評価技術を開発し、この手法を用いてチタン合金の開発指針を得る、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	（１）炭素鋼の耐食性評価技術の開発：炭素鋼の腐食機構解明のため自動分極測定システムを導入し、電気化学的評価技術を確立した。この電気化学的測定と熱力学計算により、処分地環境の主の腐食因子である炭酸イオンをパラメータに電位-pH図による耐食性マップを作成して炭素鋼が使用できる環境の範囲を判断できるようにし、処分地の選定に重要な基準を示すことができた。 （２）チタン合金の耐食性評価技術の開発：すき間部腐食のモニタリング手法を確立し、隙間内部における各種因子を計測する耐食性評価に成功した。また、Ti-Mo合金を試作して、チタン合金の耐食性に及ぼすモリブデンの効果を明確にして、耐食性開発合金の指針を得ることができた。 ・ 我が国においては島国のため塩分濃度が高くなる場合も想定され、このような環境で使用可能な合金としてMo添加Ti合金を提案したことは特筆すべきことである。 ・ Ti-Mo合金は高耐食性高強度構造部材としても期待できる。 ・ 論文及びプロシーディングス合わせて15報。原子力関係誌への公表もしてほしい。
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	・ 高レベル放射性廃棄物の地層処分環境における金属容器の長期腐食評価は重要な研究課題で、原子力安全研究の年次計画に従って設定されている。計画内容はやや基礎的な研究となっているが、地層処分環境が未決定の我が国においてはやむを得ず、妥当な目的・目標の設定と思う。 ・ 耐食性評価手法の確立から種々の処分環境での耐食性評価、さらに対策としての耐食性材料の提案に至る研究計画となっており、現時点で妥当な計画設定だったと思う。ただ米国等処分地が決定している国での研究を参照すると、腐食に影響する因子は単純ではなく、実模擬環境での長期試験も実施されている。今後、今回の研究成果をベースとして1000年の長寿命評価が可能な実模擬環境での長期試験も実施していって欲しい。 ・ 妥当と考える。 ・ 炭素鋼の使用環境を明確にするとともに、耐食性チタン合金の開発指針も得られ、予定通りの進捗状況であったと判断する。 ・ 核燃料サイクル機構（現日本原子力研究開発機構）とは定期的な打ち合わせを持ちつつ推進し、また原子力安全協会の専門委員会等を通じて交流を深めつつ共同研究を推進してきている。 ・ 研究者は腐食・防食分野での専門家で、研究能力は高いと判断される。
4．その他	今後の研究に対する要望：我が国では高レベル放射性廃棄物処分地が未決定で、実際の処分地環境の把握が困難なため、本計画が基礎的な研究内容になったのはやむを得ないと考ええる。しかし、米国等処分地が決定している国では、実模擬環境での長期試験の結果も含めて1000年を想定した長期寿命予測の研究を重視して研究をしている。我が国としても、今後の研究はより実規模環境における長時間の寿命予測及びモニタリング技術に関する研究を重視していくべきと考える。また、今後放射線の影響についても考慮していく必要性を感じる。
5．総合評価	B
評価責任者氏名：阿部勝憲	

表9

後 9

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): 高エネルギー放射光励起X線スペクトロスコープによるランタノイド金属のケミカルスペシエーションに関する研究(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 13年度～平成 17年度(5年 計画) 76,879千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>1. SPring-8 やKEK PF-AR 等の高エネルギー放射光源の新しい応用分野の開拓を意図し、ランタニドのK殻励起蛍光X線スペクトルを取得するための分光器・検出器技術の開発を行なう。具体的には、35～60 keV 領域で、これまで困難であったE/Eで1000以上の高分解能スペクトルが得られる波長分散型蛍光X線分光器を開発する。</p> <p>2. ランタニドのK スペクトル等の化学種識別(ケミカルスペシエーション)への応用可能性について検討する。具体的には、K スペクトルの複数のライン間の強度比等に化学種による差異が生じないか、その差異を利用した分析を行なうことができないか等を検討する。その際、本格的な研究のためには高分解能の波長分散型蛍光X線分光器の完成が必須であるとしても、開発途上であることに鑑み、それ以前に、E/Eにして50～200程度のエネルギー分散型の蛍光X線スペクトル測定を行い、生じる化学効果がどのようなものであるか、検討を行う。</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"> ・当初予定の成果 SPring-8等で利用可能な高輝度高エネルギーX線を用いてK殻励起蛍光X線スペクトルを取得するための波長分散型蛍光X線分光器の開発を行い、分光能力としてE/Eで約1000の高分解能スペクトルが得られる装置を実現した。 ・特筆すべき成果 イメージングプレートと組み合わせることで、このような高いエネルギー領域での波長分散型X線分光器を実現しており、分光能力としては極めて高い性能である。 ・副次的な成果は、特になし ・論文、特許等 論文発表4件、特許申請なし、口頭発表7件の報告が記載されているが、装置開発に苦労したためか、成果発表については十分に行われたとはいえない。
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"> ・本研究は高エネルギーX線領域で高い性能を有する波長分散型蛍光X線分光器の開発を目的としており、当初の目標設定は妥当であった。 ・エネルギー分散型分光器による化学種識別への応用可能性評価と並行して研究を進めていた。この点では当初研究計画設定については妥当であったといえる。 ・研究費用は機器の試作開発と検証にあてられた。 ・開発研究を実際に進めていくうちに明らかになったこととして、高エネルギーX線計測における波長分散型分光の難しさがある。これは検出効率の低下やバックグラウンドの増加が相まって、多くの困難を引き起こしたと考えられる。このため、当初利用を考えていた小型の化合物半導体検出器の利用をあきらめてよりバックグラウンドを小さくできるイメージングプレート検出系に転換するなど手探りで研究を進めてこられた結果、よく当初目標まで到達できたと評価できる。 ・一方では、このような波長分散型方式では検出効率がきわめて低くなり、大型放射光を用いても1サンプルあたりの測定時間は5時間以上と長時間を要するなどの改善の余地があり、実際の応用研究に適用する上では問題である。 ・関連研究機関や民間の研究者との研究交流が行われた。 ・本研究の成果を得る過程では検出器・分光器の配置や散乱線の遮蔽など多くの最適化の努力がなされたものと考えられ、研究者の能力は高いと考えられる。
4. その他	<p>本研究を今後さらに展開する上ではやはり、手法上の問題点をクリアできるようなブレークスルーを達成した上で臨まれるのが適切であろうと思われる。これなしには、応用研究の範囲も限定された領域に限られることになるとと思われる。波長分散法にこだわらず、高エネルギー領域で利点のあるエネルギー分散法の利用も含めて再度、今後の研究の方向性を考えられるのがよいのではないかとと思われる。</p> <p>成果発表については技術開発の部分が成果として見えるように特許申請などの成果を得られるように工夫してほしい。</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）：3次元アトムプローブによる構造材料中における溶質原子クラスター形成と材質変化の研究（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13年度～平成17年度（5年計画） 105,894千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	アトムプローブを用いて原子炉压力容器鋼など原子力発電に用いられている構造材料の熱時効、中性子損傷による原子クラスターや微細析出物の形成状態を原子レベルで解析し、その結果と材質の変化を比較することにより熱時効、中性子照射による硬化、脆化の原因を解明し、原子力発電の安全性を高めるための材料的指針を得る。
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"> 「熱時効による原子クラスターと材質変化の研究」についてはFe-Cu2元系合金、Al-Cu-Mg-Ag(-Li)合金等について3次元アトムプローブならびに陽電子消滅ドップラー広がり法を用いて時効初期の溶質原子のクラスターの観察と溶質原子と空孔の結合に関する情報を得、微細組織の発達と力学特性の関係を詳細に解析し、時効硬化のメカニズムを検討している。また、「中性子照射誘起による原子クラスターと材質変化」については、放射化試料解析用エネルギー補償型3次元アトムプローブを製作し、それを試用後、大学共同利用機関内の放射線管理区域内に設置し、放射化試料解析のための設備を整えた。この設備を用いて、中性子照射されたFe-Cuモデル合金ならびに压力容器鋼、さらには商用原子炉で用いられた压力容器鋼、実機原子炉シュラウドの3DAP解析を行い、照射速度依存症の実証など、中性子照射による压力容器鋼の脆化現象に関する重要な知見を得ている。 放射線管理区域内で放射化試料分析が可能な我が国唯一のアトムプローブを設置したこと、ならびに、それを用いて原子炉実機に生じた亀裂近傍の結晶粒界を解析したこと、さらに中性子照射による脆化の照射速度依存性を3DAPならびに陽電子消滅法の併用により実証したこと。 3DAP解析と陽電子消滅同時計数ドップラー広がり法とを併用する新しい解析手法を用いて、溶質・空孔対の解析をおこなっている。 合計22件の論文発表がなされている（但し国際会議Proceedings5件を含む）。特許はない。
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"> 本研究は、現在の原子力発電の長寿命安全性という重要課題に貢献するものであり、目的・目標設定は妥当である。 上記の目的を達成するために、放射化試料のアトムプローブ解析を可能とする環境を整備し、これを活用して我が国の中性子照射研究をさらに発展させようとする研究計画であり、妥当である。 上記の環境を整えるためには多額の研究費用が必要である。費用対効果の高い研究がなされたと判断される。 研究成果は合計22件の論文にまとめて誌上発表されており、研究は充分進捗したと判断される。 大学共同利用機関の研究グループを含む我が国を代表する照射材料研究グループとの共同研究、連携が積極的に推進されており高く評価される。 研究の進捗状況と成果の発表状況、共同研究の推進状況から判断して、研究者の研究能力は高いと判断される。
4．その他	限られた予算の範囲で放射化試料測定用アトムプローブ施設を整備した研究者の努力は高く評価される。またこの研究を契機として、我が国の照射材料研究者の間では3DAPによる材料解析が始められ、その波及効果は高かったと判断される。
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）： 原子力構造材の遠隔検査技術に関する研究(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13年度～平成17年度（5年計画） 61,950千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	放射線環境下や狭隘部でのき裂検査、曲面構造物検査に優れた、非接触・非破壊検査技術を実現するため、レーザ技術を用いた光学的検出器の開発を目的としている。パルスレーザによる超音波励起技術および光波面修正技術を利用した高感度の光計測技術（検出技術）の開発とそれらのシステム化、光ファイバー伝送技術による検出実証の手順で開発を進める。
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"> ・パルスレーザの照射による、超音波励起技術、量子井戸型位相共役素子を組み込んだ光干渉計による、粗面（機械加工面）、大振幅（周波数3kHz、変位3μm）外乱振動下での微小振動の光干渉計技術を開発し、表面き裂近傍での表面波の発生効率を従来法と比べて大幅に改善でき、き裂の深さと傾き角を同時に定量評価することを可能にした。 ・パルスレーザをき裂の直上に照射し、両エッジに表面波を励起することで、走査することなく、一地点での測定で亀裂の深さ、傾き角を同時に定量評価し、光ファイバーにより伝送するシステム技術を実証し得た。 ・特定帯域の音波励起技術開発とパルスエコーオーバーラップ法を組み合わせることで、極限環境下での材料の精密音速測定が可能であることを見出した。 ・論文7編、口頭発表22件、特許1件。発表は検査、計測技術に関わる会議、研究会、専門誌に集中している。原子力プラントの運転信頼性向上の視点から、原子力学会誌等に、成果を発表することを望みたい。
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"> ・原子力プラント機器・配管のISIを的確かつ効率的に行うための技術開発であると共に、基盤技術としての応用分野への寄与も期待でき、研究目的は妥当である。 ・超音波励起と検出のための光計測技術に関する基礎研究から、表面き裂検出技術、曲面検査技術といった実環境での測定に向けて開発を進める研究計画は妥当である。 ・前後半の予算配分、計画達成度などからみて、ほぼ、妥当と判断する。 ・設定したスケジュールに沿って研究が進捗しており、研究年度毎の論文・口頭発表等においても、成果が着実に報告されている。 ・原子力関連企業・研究機関、大学等と意見交換、情報交換を行っている。 ・研究計画に沿って、着実に成果を挙げ、特許申請、成果の発表も積極的に行っており、研究能力は十分である。
4．その他	現状技術に対する優位性を定量的に比較評価しつつ本研究を進めることを期待していたが、その点ではややもの足りない。実機条件に対応するための技術的課題整理と実用化を視点においた研究努力を期待したい。
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)：SR光およびイオンビームによる微構造3次元セラミックスの作製と新機能発現の研究 (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13年4月～平成18年3月(5年計画) 72,732千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	セラミックスを三次元微細加工する方法を開発することを目的とし、エネルギーの高いシンクロトロン放射光や高速重粒子を用いて、セラミックス材料を高精度・高アスペクト比で加工する技術の開発を目標とする。
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"> SR光および重イオンを用いて、酸化チタンセラミックスに対する3次元ナノ加工技術が確立できた。 重イオンを用いた加工においては、加工面を非常に一様に仕上げることを見出した。 さらに、重イオン加工においては、阻止能が6.1keV以上ではエッチングされるがそれ以下ではされないことを見出し、イオンの阻止能が高エネルギーでは6.1keV以下を取り、表面から内部に行くにつれて6.1keV以上となることを利用して、表面に穴を開けずに、内部をエッチングする3次元ナノ加工方法を見出した。これまでのリソグラフィーの方法では、かならず、表面に穴をあける制約があったが、この方法では、その必要が無く、これまでのリソグラフィーでは考えられない3次元構造の加工を可能にするもので、画期的な技術革新として評価できる。これによって、光閉じ込め等、様々な応用が期待できる。 微細加工した側面や底面の精度はあまり期待していなかったが、ナノメートルの精度で平滑面を得られることが分った。 論文7編、プレス発表、招待講演15件など十分に成果を公表し、特許5件も申請しており、高く評価できる。
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"> 目的・目標は妥当である。 妥当である。 妥当である。 研究は順調に行われ、画期的な副次的成果が得られた。 複数の大学と研究交流を活発に行っており、高く評価できる。 2. 研究成果の特筆すべき成果において述べたように、重イオンの加工においては、非常に画期的な方法を見出し、本研究は高く評価できる。 また、得られた成果も、論文に公表し、特許として知的財産にするなど高く評価できる。
4. その他	重イオンによる3次元ナノ加工の今後の応用研究に期待したい。
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部勝憲	

事後評価 内部評価共通フォーマット

研究課題名（研究機関名）：光子情報複合検出技術に関する研究（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13年度～平成17年度（5年計画） 94,402 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>本課題では、従来の半導体検出器の理論限界を凌ぐ高エネルギー分解能（半導体の10倍のエネルギー分解能）、高吸収率（$>70\%$@6keV）、高計数率（$>50\text{kcps}$）、大有感面積（$>1\text{mm}^2$）を併せ持つ電子励起型超伝導検出器を開発することを目標としている。</p> <p>これが実現すれば、現在の半導体よりはるかに優れた素子の実現に資することになる。この観点において目的および目標は優れている。</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	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー分散分光用の検出器として超伝導トンネル接合型検出器（電子励起型）を実現した。エネルギー分解能達成数値：200eVの光子に対して、最高9.8eV（半導体は100eV程度）；X線吸収率達成数値：55%@6keV；高計数率達成数値：200 kcps（実験にて素子当たり10 kcpsを実証、動作可能なアレイ20素子を想定）；有感面積達成数値：0.8mm² ・半導体検出器のエネルギー分解能限界（～100 eV）を1桁凌ぐ高い性能を1keV以下にて実現した。この高エネルギー分解能では、B, C, N, Oといった軽元素の特性X線ピークの分離が可能である。 ・本評価技術を活用して、熱型超伝導検出器を評価し、超伝導と常伝導の間で動作している温度センサーの状態分析を行い、高エネルギー分解能を得るための検出器設計指針が得られた。 ・論文16件、特許8件、受賞1件など、研究結果の発表は十分である。
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"> ・事前評価のコメントにより当初目標を修正している。目的・目標の設定はチャレンジ的であったが、概ね達成されており、設定は妥当であったと言える。 ・エネルギー分解能については、1 keV以下にて目標を達成したが、他の項目は数値目標を下回った。高計数率については、1素子にて10 kcpsを達成し、検出器としては、20素子の開発に成功している。アレイの信号処理は今後の課題である。 ・研究費用については、概ね妥当であった。 ・計画した研究は、順調に進められた。 ・研究交流については、関連の研究機関や大学と共同研究を進めるとともに国際ワークショップを主催するなど評価できる。 ・研究者は当該分野において十分な研究能力を有している。
4．その他	<p>検出器の性能追求だけでなく、次世代の電子材料の評価を行える段階に到達できたことは評価できる。</p> <p>今後この実用と応用を、広い分野に関し積極的に進めることが重要。高性能化-時間分解能の向上や中性子応用等原子力関連分野も当然視野に入れるべきである。</p>
5．総合評価	A
評価者氏名：阿部勝憲	

表9

後 14

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）：原子力施設に係わるエネルギー発生源の爆発影響評価システムに関する研究 （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 13 年度～平成 17 年度（ 5 年計画） 43,870 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	本試験研究の目的は、原子力施設での安全性評価手法の高度化に資するべく、有機溶媒と硝酸の異常反応及び有機溶媒と硝酸のエアロゾル爆発を対象とし、その詳細なモデル化及びその反応モデルを組み込んだ統合的な計算コードを開発すること、および想定される事故の規模効果や爆発威力などの爆発影響評価を行い、安全性評価手法の高度化に資する事である。
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"> ・エネルギー発生源の評価システムの開発においては、TBP / 発煙硝酸混合物の爆発性評価にカードギャップ試験を適用し、入射圧力の大きさにより、異なるメカニズムで起爆する事を見出した。また小型爆発容器を用いてTBP等の溶媒ミストの爆燃性を評価し、ミスト状態のTBPは爆轟することなく、安全であることを確認した。熱流体 - 構造物相互作用の評価システム研究では、熱流体と構造物の相互作用を非接触・高精度で可視化するために、シュリーレン可視化装置を試作し、微小爆発現象の計測手法を確立した。またピエゾ圧力変換器を用いた多点計測により、小型モデル構造物（模擬爆発試験装置）内での模擬爆発による爆発の伝播に関する詳細なデータを取得した。 ・特筆すべき成果としては、模擬爆発試験装置を用いた爆薬と黒色火薬の爆発による爆風圧を計測実験により、爆薬に比べて緩やかなエネルギー解放が起きる系であっても発生する爆風は配管内を伝播する過程でより衝撃力の強い圧力波へと成長する可能性を指摘した点を挙げることができる。本結果は、衝撃大変形問題を取り扱う配管系の数値計算コードのベンチマークのための基礎データとして活用されることが期待され、3次元統合解析コードが開発されれば、原子力施設の爆発影響のシミュレーションの信頼性を大きく改善する期待が持たれる。 ・副次的な成果としては、液相状態のTBP / 発煙硝酸混合物について、入射圧力の大小で起爆状況異なっており、低速爆轟からC-J爆轟への転移を起こす可能性のある事が実験的に確認された点を挙げることができる。この結果から、当該物質については、今後より高い安全裕度を設定する必要性が指摘される。 ・本試験研究における論文成果としては、火薬学会誌(英文)に掲載された水中爆力試験によるTBP / 発煙硝酸混合物試料の爆発威力評価の結果の報告を含む計6篇が公表されている。
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"> ・研究の目的や目標は、原子力施設における爆発安全性に関する爆発のエネルギー発生源の評価システムの構築や、爆風と構造物との相互作用の研究と言う、原子力施設での爆発現象の重要な二つの研究テーマに絞られており、その設定については妥当と判断できる。またこれらのテーマの基盤的な研究が実施されており、5年間の研究期間を考えると妥当なものと言えるが、実験のスケールと実プラントでの現象の間の相似則の成立の検証、検討が必要と思われる。 ・研究費用については、爆発現象の安全性評価システムの基盤構築に特化された研究内容との整合性は高く、妥当なものとして判断される。 ・研究の進捗状況については、目標設定の達成度から見て、ほぼ満足のいくものであるが、論文の発表件数が6篇と少なく、今後が期待される、また3次元解析コードの開発も必要であったと思われる。 ・研究交流については、横浜国立大学や千葉大学との人材および技術交流があるが、再処理プラント等の実用的立場の関係者との交流が不足していると思われる。研究分担者がアカデミックな分野で要求される専門知識を積極的に提供しており、研究成果の普及には貢献した。 ・当該研究課題の中心的な役割を担った産業技術総合研究所爆発安全研究センターは日本のみならず世界でも屈指の爆発安全研究のポテンシャルを有しており、研究者の研究能力は高い。
4. その他	特記事項なし
5. 総合評価	B
評価責任者氏名： 小柳 義夫	

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）：複雑形状部ストリーミング安全評価手法に関する研究（海上技術安全研究所）	
研究期間及び予算額：平成13年度～平成17年度（5年計画） 51,257千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	原子力施設等安全研究年次計画で開発した放射線ストリーミング計算プログラムを拡張し、複雑形状体系での放射線ストリーミング計算手法の高精度化を目的としている。具体的には、二次線のストリーミング、遮蔽壁後部空間での放射線伝播、遮蔽欠損部の影響及び各種ダクト等の特殊形状の遮蔽についての実用的な計算手法の開発である。計算の精度評価は実験的に行う。複雑形状部ストリーミングに対する計算法の適用範囲をより実際のなものとし、遮蔽設計の安全性向上を目指す。
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"> ・当初予定の成果としては、複雑形状部ストリーミングに寄与する二次線のデータベースを作成するとともに、二次線ストリーミング簡易計算手法を開発している。コンクリート遮蔽壁に対して、二次線ストリーミング線量の組成・密度依存性を明らかにしている。遮蔽壁後部空間における線量計算や各種ダクト等特殊形状の遮蔽効果の計算についても、必要なデータベースを整備するとともに、簡易計算手法を開発している。これらは、当初予定された十分な成果である。 ・特筆すべき成果と言えるほどではないが、本研究の成果は、公開予定のデータベースやストリーミング計算支援プログラムを含めて、原子力・放射線施設の遮蔽設計等に大いに役立つ。 ・副次的な成果としては、本研究の成果が日本原子力学会の遮蔽に関係した複数の研究専門委員会に取り上げられ評価されている。 ・論文発表は少ない。今後、本研究の成果をまとめた論文発表が期待される。
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"> ・複雑形状部の放射線ストリーミングの評価は重要な課題であり、本研究実施にあたり問題点の洗い出し等、事前の調査や検討が適切に行われていた。 ・作成する複雑形状部ストリーミングに関するデータベースは形状、寸法、放射線等の各種パラメータが実際の遮蔽設計に役立つように系統的に整理され、簡易計算手法の開発との関連も適切であった。データベース、計算手法の精度評価のための実験比較も適切に予定されていた。 ・研究費は主に、大量のデータベース作成作業費とプログラム製作費に当てられ、その額も概ね妥当であった。 ・当初の目的・目標をほぼ達成し、研究の進捗状況は妥当であった。ただ、これまでは論文発表等が少なく、今後の成果発表が期待される。 ・研究交流は日本原子力学会を中心に行われた。原子力学会の複数の研究専門委員会で情報意見交換が行われた。また、学会メンバーである複数の企業研究所との研究者交流も行われ、研究交流は効果的に進められた。 ・本研究担当者は当初の目的・目標をほぼ達成し、また、日本原子力学会標準委員会でストリーミングデータの標準化についてのまとめ役を任される等、十分な研究能力を有している。
4．その他	簡易計算用データベース（ハンドブック）、ストリーミング計算支援プログラムの早期公開を期待したい。
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 小柳 義夫	

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）： 遮蔽計算コードシステムの高度化に関する研究（独立行政法人海上技術安全研究所）	
研究期間及び予算額：平成13年度～平成17年度（5年計画） 52,800 千円	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	放射性物質輸送容器及び原子力関連施設の安全審査における重要な要目である遮蔽評価のデータ入力作業をシステム化し、現代的な計算機及びインターネットによる効率的な支援を行うことによって全体的な作業省力化と設計解析意図の明示化を達成し、種々の解析ケースに柔軟に対応した入力支援のための統合的な環境構築を目指す。具体的には、SN計算コードに対する入出力支援システム、SN計算の角度束変換による接続計算コード及び核定数ライブラリ作成プログラムの開発と評価を目論み、これらを統合した遮蔽計算システムを構築して、現実的な施設設計課題への応用、共同解析作業及び安全審査事例への適用性評価を行う。
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 二次元及び三次元放射線輸送・遮蔽計算コードの統合入力支援システム（体系入力、自動メッシュ、入力スクリプト作成、入出力管理等のモジュールで構成）を開発した。 SNコード間接続計算プログラム群及び核定数作成プログラムを開発した。 以上の支援計算システムの評価を用いて、二脚ストリーミングベンチマーク計算により計算結果の信頼性、大規模体系への適用性、解析コストの削減効果を評価した。 ・特筆すべき成果 対象コードを問わない汎用的な解析情報管理システムを設計し、プロトタイプを開発した。本システムは、解析情報を集めた解析データベース機能と、解析作業を支援するワークベンチ機能を併せ持つインターネットサービスにより、多種多様な遮蔽計算ユーザの活動を支援するポータルサーバのプロトタイプを提供した。 ・副次的な成果 国内外に幅広い活用を呼びかけ、今後の展開によって新しい知見を蓄積するため、開発システム公開用ウェブサーバを作成し、運用を行っている。 ・論文、特許等 学会原著論文、口頭発表をあわせ10件程度あり、成果の公表は十分行っている。
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	<ol style="list-style-type: none"> 1, 本研究課題の目的や成果の活用は遮蔽計算コードシステムの高度化のための種々の課題を明確に見据えたものであり、計画策定は妥当であったと判断できる。 2, 研究費用は、主に計算環境の整備のためのシステム開発と評価に使用しており、それらを用いて順当な研究成果を挙げており、費用対効果の点から妥当であると判断する。 3, 研究の進捗については概ね計画どおりであった。ただし、当初特定の安全審査事例をベースに複数の関係者で共同作業で行い、審査手続きに対する支援効果をシミュレーション評価する予定であったが、実施されなかった。 4, 複数の民間の輸送容器メーカ及び日本原子力研究開発機構（旧日本原子力研究所）とのシステム評価のための共同研究を実施し、学会研究専門委員会で成果が紹介され、評価結果も適宜、学会、報告会などで発表された。開発中の意見交換や、システムを評価したユーザからのフィードバックが改良につながり、研究交流体制は妥当であった。 5. 研究担当者は、原子力施設の放射線遮蔽安全性、遮蔽計算手法ならびにプログラム開発に関して研究実績をあげており、能力は十分であった。
4. その他	インターネットサービスの充実以外に、解析事例を蓄積し、新規解析や類似解析を実施する際に活用できるような高度な知識ベース化システムへの展開が期待される。
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 小柳 義夫	

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）：使用済燃料の中間貯蔵システムにおける放射線遮蔽に関する研究 （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13年度～平成17年度（5年計画） 23,520 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・多数の使用済燃料貯蔵兼輸送容器を保管するための中間貯蔵施設及びその周囲の放射線遮蔽計算を行い、線量分布を把握し、敷地境界における線量が何に起因しているかを明らかにする。 ・中間貯蔵施設における放射線ストリーミングの経路を特定し、それに起因するスカイシャインを低減させるための技術開発を行う。 ・使用済燃料運搬船において実船実験を行い、船内及び船体表面における放射線線量分布を測定、モンテカルロ法による解析を行うとともに、高精度の計算が行えるようコードの改良を図る。 ・中間貯蔵施設の遮蔽計算のために、モンテカルロ分割結合計算法を採用し、中間貯蔵施設遮蔽計算コードシステムを構築する。
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"> ・中間貯蔵施設の敷地境界においては、中性子よりも二次ガンマ線による線量の寄与が大きいこと、鉄-水遮蔽体系ではハウ素を添加することで二次ガンマ線を大幅に低減できること等を明らかにした。 ・モンテカルロ分割結合計算法の一つである面線源・座標変換法を組み込んだ計算コードシステムを作成し、中間貯蔵システム及び使用済燃料運搬船の線量解析に適用して、その妥当性を確認した。また、本計算手法を適用するにあたって考慮すべき基準収納容器数と、敷地境界線量の関係を明らかにした。 ・副次的な成果は特に認められない。 ・投稿中も含めて、査読付き学会誌論文を2件発表している。また、原子力学会等での口頭発表も活発に実施している。特許出願はないが、放射線遮蔽方法等のアイデアを特許として出願できたのではないかと考える。
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"> ・中間貯蔵施設の建設計画が具体化するなど、その重要性は高まっており、研究開始当初に設定された研究の目的、目標は妥当であったと判断できる。 ・個々の要素技術の研究計画はしっかり設定され、それぞれ成果が得られている。しかしながら、それらを統合し様々な方式の貯蔵施設に適用可能なより汎用性のある解析システムとして纏め上げる、あるいは、中間貯蔵システムとして新たな概念を提案する等の計画設定が、不十分であったと考える。 ・費用は実験装置の製作及び計算コードシステムの構築に使用しており、妥当である。 ・上記したように、個々の要素にかかわる研究は予定通りに進捗したが、その成果を統合化、汎用化して本来の目的を達成したかについては、不十分な面があったと判断する。 ・電力事業者、輸送事業者、原子力安全基盤機構との情報交換、民間会社との共同研究など、研究交流を積極的に進めたことを評価する。 ・研究担当者は、原子力施設の放射線遮蔽、遮蔽計算手法、放射線計測などに関して研究実績を持ち、十分な研究能力を有している。放射線遮蔽の分野で日本を代表する研究者集団である以上、より広い視野に立った研究のリーダーシップを望みたい。
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> ・中間評価での指摘事項（より汎用性のある計算・解析手法へのアプローチ、モンテカルロ分割結合法の汎用性の確認、計算手法やコードシステム検証のための実験の工夫等）の研究計画見直しへの反映が十分でなかった面があるように見受けられる。
5．総合評価	B
評価責任者氏名： 小柳 義夫	

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）：地震荷重を受ける減肉配管の破壊過程解明に関する研究 （独立行政法人 防災科学技術研究所）	
研究期間及び予算額：平成 13 年度～平成 17 年度（ 5 年計画） 86,245 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>経年化に伴って減肉が発生した配管を対象に、内圧が作用している減肉配管が地震のような過大荷重のもとでどのように壊れるのか、その破壊過程を解明し、耐震安全評価手法の確立に資することを目的としている。研究期間中に明らかにする点は以下の通りである。</p> <p>(1) 減肉を有する配管要素（曲管）に対する繰り返し载荷試験を通じた、減肉配管要素の破損形態およびそのメカニズムの把握</p> <p>(2) 実際の腐食環境下で腐食した実在減肉配管の内面状況や破壊形態の把握とその結果に基づく模擬減肉への等価置き換え手法の提案</p> <p>(3) 減肉が存在する配管系における損傷挙動への影響の解明</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"> ・ (1)減肉曲管の破損形態を実験的に調査し、減肉配管の損傷に影響を与える要因を明らかにした。(2)実際の減肉配管を入手し、内面の腐食状況調査を行った。また、実在減肉配管と模擬減肉配管の比較载荷を実施し、破損までの挙動を明らかにした。(3)減肉配管系の加振実験を行い、減肉の存在による配管系の振動応答への影響、最終的な損傷形態および損傷寿命等を明らかにした。 ・ 減肉配管の地震時挙動のデータは極めて少ない。今後の研究に繋がる成果が得られた。 ・ 有限要素法を用いた詳細解析モデルを作成し、減肉配管系の弾塑性応答評価から損傷寿命評価までを、解析に基づいて実施する手順を確立した。 ・ 論文による研究成果の公表は充分である。
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"> ・ 本研究は、国内外で重要な問題として認識されながらもこれまでほとんど明らかにされていなかった減肉配管の動的荷重による破壊過程の解明を目的としている。目標の設定も明確で、本研究の実施は意義が大きい。 ・ 当初から綿密な検討をもとに実験計画が策定されている。基礎的な要素試験から始まり最終的には振動台を利用した加振実験で総括するという基本的な手順で計画されており、計画設定も妥当である。 ・ 研究費はおおむね妥当であったと判断しうる。 ・ 実験は計画通り遂行された。数値解析モデルを完成させ、実験結果の検証のほか、損傷寿命評価までつながる解析法を開発するなど、研究は大きく進展した。 ・ 産・官・学の共同で、プラントメーカー、電力会社、公的研究機関などを取り込んだ研究会を立ち上げ、実験計画ならびに実験結果について、幅広い議論を交えながら次の実験に進むという着実かつ効率的な実験研究を実施した。 ・ 極めて優れている。
4．その他	原子力施設の実在配管に関する資料および試験体の収集など、この種の実験には国家的な援助が今後も必要であろう。
5．総合評価	A
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）： 緩衝材の地震荷重下における動的特性に関する研究（独立行政法人防災科学技術研究所）	
研究期間及び予算額：平成 13 年度～平成 17 年度（ 5 年計画） 54,313 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	地層処分における人工バリアシステムに使用される緩衝材の動的特性を実験的に確認及び検証し、基礎データの取得を行う。また、併せて実験手法の開発・検討を行う。
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"> ・ 中間評価の指摘に従い、緩衝材の動的特性試験のための試験装置作成、および高密度充填試験体作成に多くの時間と人を費やし、せん断剛性に及ぼす拘束圧，含水比の影響など，概ね想定どおりの基礎実験データを取得したが、地層処分施設に貢献するメッセージの発信が望まれる。 ・ 緩衝材を高密度充填、飽和した状態の試験体を用いた載荷試験から動的特性を把握した。旧JNCでもやや大きい系での試験がなされており、今後の全体システム試験に繋がることを期待する。 ・ 副次的な成果は特に見られない。 ・ 口頭発表8件、年次成果報告4件あるが、査読付論文への投稿が望まれる。
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"> ・ 中間評価の指摘を反映して、目的、目標を要素試験とその動特性試験に特化し、緩衝材の動的特性を実験的に確認，検証した。貴重な試験だが，緩衝材の状態や全体システムの概念に関する検討にやや不足した感がある。 ・ 試験装置の開発、緩衝材の基礎データ取得と手順を踏んで進めた。 ・ 試験規模、従事者数からも研究費用は妥当であったと判断される。 ・ 試験装置の開発・製作および試験体の作製に困難があり、試験を実施するまでにかなりの時間を費やしたように思われる。 ・ 大学、コンサルタントの共同研究が行われているが、地層処分システム全体での本研究の位置づけの明確化が不足したように思われる。処分を実務としている組織との交流が必要である。 ・ 振動実験の専門家が担当しており、試験結果の信頼性には問題はない。しかし、可能なら複数の担当者による実施体制が望まれる。
4．その他	本研究で、地層処分施設の安定性で重要な役割を担っている人工バリア緩衝材の動的特性を把握する試験装置が開発された。今後、本装置を用いた実データ取得が期待される。なお、データ取得に際しては、試験条件等に関して、処分実務者との研究交流を望みたい。
5．総合評価	B
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）：R I 廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究 (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 1 4 年度～平成 1 7 年度（ 4 年計画） 2 9 , 4 6 7 千円	
項 目	要 約
1 . 当初の目的・目標	R I 廃棄物がクリアランスレベル以下であることを検認するための測定技術を確立することを目的とし、R I 廃棄物中に含まれる極微量の放射性核種の濃度を簡便にかつ確実に測定できる技術を開発する。そのためイメージングプレートの感度評価、インクジェットプリンタを使用した線源の作製、G e 検出器の感度評価およびR I 廃棄物サンプル測定による検証を行うことを目標とした。
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"> ・ インクジェットプリンタを用いた線源の作製は想定以上の成果と判断される。 ・ インクに放射能濃度が異なる放射性物質を添加して既知の線源とし、イメージングプレートの定量性に関する性能を確認できることが分かった。 ・ イメージングプレートとインクジェットプリンタの線源は放射能表面密度の測定への応用が可能。放射能表面密度測定の高精度化に繋がる。 ・ 学会発表，新聞発表など概ね適切な発表がなされている。ただ、特許の件もあるうが、査読付きの論文発表が限られたものである点がやや気になる。
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"> ・ 表面しか測定できないが、^{14}C の線源が実現しなかった点を除き，原子力研究の目的に叶っており適切である。 ・ イメージングプレートによる汚染のスクリーニング，Ge 検出器による高精度測定とそれらの検証の進め方は適切である。 ・ 比較的小額の予算のなかでよい成果を挙げている。 ・ ほぼ適切に進捗した。需要の大きい ^{14}C に対する線源が製作可能となれば，更に大きな貢献が期待される。 ・ アイソトープ協会との緊密な協力や、キャノンからアドバイスを受けるなど、研究交流を介しての情報が有効に使われている。 ・ 研究成果の発表などから判断して、高い研究能力を有していると判断される。
4 . その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の廃棄物表面は湿度が高く、ぬれている状態に近かったり、乾燥している場合があり得る。このような状況により、アルファ線やベータ線やガンマ線を介しての核種検出性能が異なる可能性がある。 ・ クリアランスレベルで廃棄物を扱う現場ではどのようにして廃棄物の汚染状況の Check に応用できるのかについて、明らかにしたい。 ・ イメージングプレートは安価ということで使いやすいと思われ、期待もできる一方で課題の整理も重要であろう。
5 . 総合評価	A
評価責任者氏名：澤田義博	

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）： 光音響分光法を用いた地下水センサーの開発と適用に関する研究（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 13 年度～平成 17 年度（ 5 年計画） 162,334 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	沿岸地域を想定した処分場周辺の地下水状況を把握・調査するために、光音響分光法を用いた地下水センサーを開発する。 観測井を用いた現地適用試験より、開発した地下水センサーの実用性を検証する。
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"> ・当初予定のセンサーとはやや異なる方式ではあるが、地下水統合型センサーを開発し、地下水温で 0.01 、塩分濃度で 0.05% の高精度の計測が可能となった。しかし、観測孔の掘削に多大の費用を要したため、最終目標とした実用化モデルの製作には至らなかった。 ・非火山性熱・熱水活動、J-PARC 加速器のモニタリングへの応用の可能性など。 ・特に見当たらない。 ・2 件の特許出願、3 件の論文は本研究課題の直接の成果かどうか、やや疑問が残る。明らかになった知見や開発した技術は、出来る限り早く論文として公表していただきたい。
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"> ・処分場周辺の地下水のモニタリングは、安全性確保の観点から重要であり、長期にわたり遠隔測定が可能なセンサーの開発は妥当であるが、どの程度の期間をターゲットとするかについて、やや明確さを欠いたと思われる。また、光音響分光法から変更した時点で、表題を再検討すべきだったと思われる。 ・センサーの開発は、実験室用、プロトタイプ、小型化と手順を踏んで進められた。ボーリングによる実証は行われたが、実用モデルにまでは至らなかったことは残念である。なお、5 年の研究期間は開発実証に十分な時間だったといえる。 ・多額の予算であったが、ボーリングに費用を要し、実用モデルについては予算不足となった。当初よりももう少し適切な予算配分を考えるべきであった。 ・地下水統合型センサーの開発は計画通りだが、実用化のための性能評価には至っていない。 ・関連した研究者と意見交換し、ニーズの把握や開発意義を明確にすることが必要。日本原子力研究開発機構との共同研究が行われているが、センサー関連の専門家との交流がどれほどだったかは不明である。 ・所期の精度の統合型センサーの開発には成功しており、研究能力に疑問は無い。
4．その他	所属機関による事後評価は概ね適切である。処分場の状況（建設、操業、閉鎖など）に応じモニタリングに要求される事項の整理、開発したセンサーの実用化へのシナリオ、観測孔の有効活用、研究成果の論文化など、今後とも本研究成果を有効に活用されることを望みたい。
5．総合評価	B
評価責任者氏名：澤田義博	

表9

後 22

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）： 地下深部岩盤初期応力の実測（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 13 年度～平成 17 年度（ 5 年計画） 243,218 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・国内で深さ 1000m級の調査ボーリング孔を掘削し、水圧破碎法による岩盤初期応力の深さ分布を求める。 ・コア法による初期応力測定により、水圧破碎法での測定結果と比較して、測定法の信頼性を評価する。 ・国内での応力測定事例の文献データの収集・検討を行う。
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"> ・地球科学的静穏域における深さ750mのボーリング掘削，水圧破碎による原位置初期応力測定，ボーリングコアによる各種応力測定など，ほぼ当初予定の成果が得られた． ・静穏域での応力値は貴重であり，国内硬岩地域のデータに比べ，低～中レベルであり，地球科学的活動性と初期応力の相関が示唆されたこと． ・少なくとも，粗粒花崗岩ではコア法が適用できないことが判明した． ・研究のまとめ中であるとのことである．口頭発表はされているが，論文として今後まとめられることを期待したい．
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"> ・地球科学的静穏地域は処分施設に求められる必要条件の一つであり，こうした地域における深部岩盤の初期応力を明らかにする本研究の目的・目標は原子力研究として妥当である． ・既存データの収集，ボーリング掘削と原位置試験，広応力場における数値解析および中間評価での指摘（研究費用の効率化）に対するコア法による測定と試験等を加えた研究計画の設定は妥当である． ・費用の割にはアウトプットが少ないが，硬岩地域の深部ボーリング掘削，原位置試験には多大の費用を要する研究であることは理解できる． ・コア法によるクロスチェックはできなかったが，概ね研究は研究計画どおり順調に進捗した． ・大学および民間コンサルタントと共同研究，交流を行っている． ・地殻応力計測の専門家であり，水圧破碎データの算出に新しい手法を用いるなど，高い研究能力を有している．
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ボーリング掘削および深部応力測定に多大の経費を有することは理解できるが，研究の費用対効果も考慮すべきとの意見がある．今後も，掘削したボーリング孔の有効利用を図っていただきたい． ・原位置とコアの応力測定結果の相違，数値解析と原位置結果との相違など，今後さらに検討すべき点も多い．今後の成果の取りまとめに期待する．
5．総合評価	B
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）： 放射性廃棄物地層処分における岩石の長期変形挙動の解明と地層構造評価技術の開発に関する研究 （独立行政法人産業技術総合研究所）	
研究期間及び予算額：平成 13 年度～平成 18 年度（5 年計画） 86,362 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・高レベル放射性廃棄物地層処分における地下深部岩盤の長期安定性評価に必要なニアフィールド環境条件を模擬した圧力、温度、間隙水圧条件での岩石のクリープ特性データの整備とそれに基づく変形予測モデルを開発する。 ・ボーリング掘削時の掘削音を発信源として利用する地層構造探査法を開発する。 ・低強度岩でも、ボーリングコアを利用した応力計測が可能な方法を開発する。
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"> ・3つのサブ課題とも、工夫と改良により、総じて当初の想定通りの成果を得ている。願わくば地層処分の実施に当たって適用できるような評価・手法にまで発展させるようにしていただきたい。 ・各課題とも次の段階への展開が期待される。特に、ボーリング掘削音を利用した地層構造探査法の開発は実用化に結びつけたい。今後さらに、種々の岩種で有用性を確認していくことが望まれる。 ・副次的な成果としては、本研究で開発した測定・評価技術は土木・岩盤工学などの諸分野に共通性があり広く利用されるものがある。 ・論文、特許等は国内外での誌上および口頭発表が十分なされており、満足できる水準にある。
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"> ・各研究開発項目は地層処分場の設計・評価と関連しており、目的・目標はそれぞれ妥当であるが、各サブ課題の間には内容・手法的にやや乖離があり、全体としての目標が見えにくい面がある。 ・各々のサブ課題は手順を踏んで実施されており、研究計画の進め方は適切であったと判断される。所定の成果が得られていることから、開発日程を含めて適切と判断される。ただ、研究の段取り上、やむを得ないと思うが、クリープ実験はもっと長い期間実施することが望ましい。 ・研究費用は試験装置の開発、現場実験規模から見て、ほぼ適切と思われる。 ・研究の進捗に関しては、計画が順調に実施されており妥当と判断される。 ・原子力研究開発機構東濃地科学センターとの緊密な協力の基で実施しており、十分に機能していると判断される。定期的な研究成果報告会も実施され、研究へのフィードバックがなされている。 ・研究能力については、各サブ課題を複数の専門家が担当実施しており、十分な研究遂行能力を有していると判断される。
4．その他	申請上の都合でやむを得ないと思うが、地質というキーワードだけで内容的にやや離れた3つの要素研究（サブ課題）が並んでいて、全体としてのまとまりを欠くように思われる。個々の要素の更なる発展のためにも、また、地質環境の長期的安定性評価への貢献のためにも研究テーマの組み合わせを再検討する必要がある。
5．総合評価	A
評価責任者氏名：澤田義博	

表9

後 24

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）： 放射性廃棄物処分施設の長期安定型センシング技術に関する研究（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 13 年度～平成 17 年度（5 年計画） 66,605 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	地層処分施設性能評価のモニタリング項目として考えられる熱・水・化学物質の状況を検知できる熱物性量センサー・高周波インピーダンスセンサー・電気化学式センサーの基本システムを開発し、実験室内においてその特性及び有効性を確認するとともにフィールド実験を行い適応性を検討する。 また、文献調査・基礎実験により開発したセンサーの長期安定性を検討する。
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"> ・(1)光ファイバー、ケーブルヒーターなどから構成される地中熱伝導率測定システムを開発し、基礎実験・屋外実験によりその有効性を確認した。(2)デジタル4端子対スペクトルインピーダンス測定装置を開発し、基礎・野外実験によりその有効性を確認した。(3)重金属イオンを測定可能な電気化学式センサーを試作し、基本的な検出性能を確認した。 ・光ファイバーによる地中熱伝導率測定法で含水率分布を推定する方法は、地層処分のモニタリングとして有望である。 ・各センサーは、モニタリング以外に地盤の熱特性や含水状況評価に応用できる可能性がある。 ・各センサー開発の成果として5件の特許出願は評価できるが、得られた成果の発表は口頭・論文とも少ないと思われる。
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"> ・長期モニタリング技術の開発は、地層処分施設の長期性能評価に不可欠であり、目的・目標の設定は、ほぼ妥当である。 ・開発項目は、計画通り実施されてきており、研究計画の設定については、ほぼ妥当と考えられる。 ・研究費用は、概ね妥当である。 ・研究計画に従い、開発項目は、ほぼ順調に実施しているが、地層処分モニタリングとして要求される地下環境条件での各センサーの長期安定性・耐久性評価を行うまでにはまだ至っていない。 ・原子力関係機関である、原環センター、核燃料サイクル機構（現在は原子力機構）及び間組と研究交流を行いながら開発を進めてきている。 ・各種センサーの開発を計画通りに行い、また、成果として特許出願、学会での発表などがなされており、十分な研究能力を有しているものと考えられる。
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> ・本研究成果である屋外実験用プロトタイプの開発を更に実用化に向けての開発に進めていただきたい。その際、モニタリングすべき事項とセンサーの機能・性能評価、地層処分施設の環境条件（地下300m以深など）、センサーの設置方法等を整理し、検討する。 ・各センサーの100年以上に亘る長期安定性・耐久性の検証も今後必要となろう。 ・特許内容も含め研究成果を整理し、早急に論文として纏めることが望まれる。
5．総合評価	B
評価責任者氏名：澤田義博	

表9

後 25

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）：高レベル放射性廃棄物の地層処分用緩衝材材料の機能評価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 13 年度～平成 18 年度（ 5 年計画） 64,072 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	本試験研究は高レベル放射性廃棄物の地層処分に資するべく、地層と廃棄物とのバリアに利用される緩衝材材料の機能評価と、そのバリア性能の高度化を図る目的で実施する。具体的には、高レベル放射性廃棄物の地層処分システムにおける緩衝材候補材料の品質管理のための基礎資料整備のためベントナイトに着目し、その透水係数や Cs、Sr 等の吸着性能を検討し、これらのデータベース化について議論する。また、スメクタイト以外の無機系吸着材を利用した緩衝材の機能高度化のための高機能吸着材の開発にも着手する。
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"> ・(1)ベントナイトの透水係数に関する相関式の構築等、データベースの整備、(2)緩衝材の候補材料選定の指針となるベントナイトの機能評価、(3)ベントナイトのイオン吸収性能を補完する新規の Si-Al-Mg 三元系複合イオン吸収剤の開発、(4)長期の遮水性能の確認など、地層処分用緩衝材の機能評価に有用な成果が得られた。 ・ベントナイトによる吸着が期待出来ない陰イオンに対してもアルミナ、酸化鉄などを含む土壌を混合することにより吸着が可能であることを示した。 ・イオン、中性分子の吸着選択性がベントナイト粘土上への水の吸着現象と同様な方法で取り扱えることが分かった。 ・論文 14 件、特許 4 件、学会受賞等、十分な発表がなされている。
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"> ・地層処分施設の緩衝材候補材料の品質管理のための基礎資料整備、および機能高度化のための高機能吸着材の開発を目標とした設定は妥当であった。 ・ベントナイトの基礎資料の整備に始まり、機能評価、新しい材料の開発と進め、5 年間の研究開発期間は妥当であった。 ・研究内容、研究成果に見合った研究費用であり妥当であった。 ・論文、特許出願、目標設定の達成度などから判断して、開発日程は適切であった。 ・東北大学多元物質科学研究所とで高機能吸着材の開発について共同研究がなされ、開発が加速された。研究交流の効果が得られたと判断できる。 ・発表論文や特許出願の状況より、研究能力は十分に高いものと判断される。
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ Na型ベントナイトがCa型よりも透水係数が低いのは周知の事実であり、必ずしも新たな成果とはいえないと思われる。 ・ Asに関する吸着試験を実施しているが、高レベル放射性廃棄物には、Asは含有されていないかあるいは問題となる量ではないとしている。地層処分では、本研究で対象になかったTcなどの長半減期核種が課題である。 ・ 本研究において、地層処分システムにおける重要な課題の解決に大きく進展した。今後も更なる進展が望まれる。特に、放射性核種移行に対する安全評価とのかかわりについて、地層処分を実務としている組織との密な連絡を保ちながら、試験の対象核種、試験条件などを決定されることが望まれる。 ・ 今後、データベースの公開・利用促進もお願いしたい。
5．総合評価	A
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）： 想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究（国土交通省国土技術政策総合研究所）	
研究期間及び予算額：平成13年度～平成17年度（5年計画） 55,899 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>原子力発電所の耐震設計審査指針が25年ぶりに改定され、耐震設計上重要な地震動評価手法としてこれまでの経験的なスペクトル特性等に基づく方法に加え、最新の知見に基づく断層モデルによる評価が要求されている。</p> <p>本研究では、想定地震の特性を取り入れることにより、従来よりも地震動の特性を適切に反映した設計用地震動の設定手法を開発することを目的とする。具体的には、</p> <p>(1) 想定地震の特性を反映した設計用応答スペクトルや模擬地震動作成手法を提案及び開発する。</p> <p>(2) 過去に発生した大規模地震の強震記録と比較することでその妥当性を検証する。</p> <p>(3) さらに、必要なパラメータや実用性を考慮した上で、想定地震の特性を考慮した設計用地震動の設定手法を開発する。</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"> 本研究は、従来の経験的手法に加え、断層モデルによる地震動評価手法の高度化を目指したもので、(1)最新データに基づく新しい設計スペクトルおよび距離減衰式の提案、(2)小・中地震の地震動から大地震時の地震動を予測する波形合成法の高度化、(3)確定論的地震動評価と確立論的地震動評価の比較など、当初予定以上の成果が得られている。 より現実的な地震動予測に取り組んだことや、地震動の最大振幅を経験的に評価するための従来の距離減衰特性を、特に原子力発電所にとって重要な短周期地震動が断層タイプや地域に依存することに着目して新たに提案したことは特筆すべき成果である。 このような成果は原子力発電所の耐震設計や耐震安全性照査に適用されるだけでなく、一般建築物の耐震性検証にも利用可能である。 成果は関連する学会等の論文に精力的に投稿・発表され、社会に還元されるとともに、文科省が進める全国を概観する地震動予測地図作成プロジェクトなどにも一部適用されている。
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"> 本研究は、原子力発電所の耐震設計審査指針の見直しが平成13年度より始まり、平成18年9月に改訂された時期における研究で、その内容等は改訂審査指針における応答スペクトルや断層モデルによる地震動評価に直接関係するものであり、目的や目標設定は妥当である。 目標に沿った研究計画が立てられ、研究期間内において当初想定以上の成果が得られている。 研究の内容から考えると、データの収集や解析的検討が主であり、費やされた研究費は研究期間から考えて妥当である。 研究内容については、当該研究者が委員として参加する文科省の地震調査研究推進本部における委員会において、多数の専門家によって議論され、結果の一部は地震動予測にも適用されるなど、研究は順調に進捗した。 地震調査研究推進本部における地震動予測の研究動向を踏まえ、推進に役立っている。 以上により、研究者が十分な実績と高い研究能力を有していると判断できる。
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> 位相の情報を導入した予測手法については、観測結果との整合性においてまだ十分とはいえない。今後とも継続的な研究によって、より精度の高い手法として確立していただきたい。 この分野の研究は今後とも積極的に進めるべきであり、他の研究状況も踏まえ、手法の精度向上に努めていただきたい。
5．総合評価	A
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）：原子力施設の新システムによる免・制震化技術の研究（（独）建築研究所）	
研究期間及び予算額：平成13年度～平成17年度（5年計画） 64,971千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	原子力施設の耐震安全性の向上のために、転がり系、すべり系免震と磁気粘性流体等のスマート材料による制振システムの併用を検討し「すべり支承を用いた免震構造に関する検討」「セミアクティブダンパを用いた応答制御に関する検討」について、縮小モデル（1/2スケール3層鉄骨構造）等による振動実験と地震応答解析の両面から新システムの耐震性能と適用性の評価を行う。
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>・ (1)「すべり支承を用いた免震構造に関する検討」では、すべり支承の固着による摩擦係数の増大を模型試験体で長期にわたり確認し、免震構造を想定した縮小モデル試験体（1/2スケール3層鉄骨構造）の振動実験および解析によって、検討の範囲で、影響が小さいことを確認した。(2)「セミアクティブダンパを用いた応答制御に関する検討」としては、転がり支承およびスマート材料としてMR（磁気粘性流体）を用いたセミアクティブMRダンパを設置したモデルにおいて、応答低減効果を発揮することを確認した。(3)また、同様のセミアクティブ制御手法として、スカイフック制御と比較し、特に制御則の切り替えによって生ずる高い周波数の応答を低減できることを示した。</p> <p>・ セミアクティブダンパの効率的な利用法としての「2層化免震構造」について、その有効性を明らかにした。</p> <p>・ 取りあげるべき成果は特に見当たらない。</p> <p>・ 論文は2編のみであるが、多くの口頭発表がなされている。</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>・ 原子力施設の耐震安全性向上のために、免震システムおよびセミアクティブダンパによる応答制御技術の開発を目的とし、実現可能な目標を設定しており、妥当である。</p> <p>・ 研究計画は、予定の研究期間で目標を達成しうると考えられ、妥当である。ただし、モデル試験体は、原子力施設との関連性が強いものが望ましい。</p> <p>・ 検討事項の規模に照らして妥当である。</p> <p>・ 中間評価における指摘事項が一部達成されておらず、研究の進捗は、やや遅かったと思われる。</p> <p>・ 研究の実施に当たり、官・産・学の協力体制のうち、学との交流は少ない。また、産の協力は得られているものの、原子力施設の建設経験を持つメーカー、建設会社の協力も考慮することが望まれる。</p> <p>・ 実験、解析ともに十分な研究能力を有していたと判断する。</p>
4．その他	構造物という観点から考えれば、一般建築物も土木構造物も原子力施設も、本質的には異なるものではない。しかしながら、例えば剛性や重量等および安全確保に関して、原子力施設には、一般建築物とは異なる特徴がある。本研究は、一般建築物を対象とした技術開発に主眼がおかれていたと考えられ、例えば、縮小モデル試験体は原子力施設をより意識したものとすることが望ましい。
5．総合評価	B
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）：シビアアクシデント時の気泡急成長による水撃力に関する研究 その2 水撃力緩和法の研究（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17年度（3年計画） 41,672 千円	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	軽水炉のシビアアクシデント時において、水蒸気爆発等によって生じる水塊運動のコヒーレント性（水塊個々の同時性と同方向性）を明らかにし、格納容器壁や格納容器内構造物へ作用する水撃力による動的荷重を定量的に評価できる手法を確立することにより、機器の健全性評価やアクシデントマネジメント整備に役立てる。
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"> ・ 非凝縮性および凝縮性気体の急発生による水塊運動のコヒーレント性が低いことを実験的に明らかにし、水撃力を定量的に評価する実験関連式を提案するなど、優れた成果を挙げている。 ・ 水蒸気放出による加速水塊の水撃はプール水のサブクール度に依存し、それを定量的に予測できることを示したことは、実機のシビアアクシデント評価に貢献する。 ・ 提案した水撃力の評価法は、一般の工業プラントや火山の水蒸気爆発に適用できる。また、凝縮性気体発生では、凝縮振動により大きな2次的水撃が発生することが判明した。 ・ 学会、シンポジウムに多く発表している。研究期間終了後も実験を実施し、それらの成果発表が予定されている。
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"> ・ シビアアクシデントに係るマネジメントを整備することは重要であり、気泡の急成長による加速水塊の水撃力の定量的評価を目指した本研究の目的・目標は妥当である。 ・ 最終年度に実験が集中し、期間終了後にも追加実験を行っているが、最終的には初期の目的を達成しており、3ヵ年の短期の研究期間を考慮すると、むしろ良くやったといえる。 ・ 各種の実験装置の製作、改造および実験・解析を行っており、妥当な費用と判断される。 ・ 追加実験を含め、優れた成果を得ており、結果的に進捗状況は順調だったといえる。 ・ 旧日本原子力研究所の担当部署と緊密な連携をとりながら、研究を進めた。 ・ これまであまり例のない高速の過渡現象を対象として、現象の解明およびその定量的評価法を提案するなど、研究従事者は高い能力を有すると判断される。
4．その他	・ 現段階では、まだ基礎実験、解析の感がぬぐえない。実際のプラントへの適用性を今後検討する必要がある。
5．総合評価	A
評価責任者氏名：澤田義博	