

## 平成20年度継続課題の中間評価結果について

### 1. 評価対象課題

平成18年度に研究を開始した先端的基盤研究の10課題を対象に中間評価を行った。

### 2. 研究評価課題の分野別分類

① 生体・環境基盤技術分野	1 課題
② 物質・材料基盤技術分野	4 課題
③ システム基盤技術分野	4 課題
④ 知的基盤技術分野	1 課題
合計 10 課題	

(参考：各分野の概要)

#### <生体・環境基盤技術分野>

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

#### <物質・材料基盤技術分野>

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

#### <システム基盤技術分野>

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

#### <知的基盤技術分野>

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

### 3. 評価の実施方法

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

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

### 4. 評価結果

分野名	中間評価			
	A 評価	B 評価	C 評価	計
生体・環境基盤技術分野	1 (3)	0 (4)	0 (0)	1 (7)
物質・材料基盤技術分野	2 (4)	2 (4)	0 (0)	4 (8)
システム基盤技術分野	4 (2)	0 (0)	0 (0)	4 (2)
知的基盤技術分野	0 (0)	1 (0)	0 (0)	1 (0)
計	7 (9)	3 (8)	0 (0)	10 (17)

（注）上段は今回の評価結果課題数、  
（下段）は前回の評価結果課題数である。

#### <添付資料>

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

## 各分野における研究評価の実施状況について

### 1. 生体・環境基盤技術分野

平成 20 年 6 月 30 日に、平成 18 年度から始まった研究課題 1 件の中間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

評価においては、「原子力試験研究評価の基本方針及び観点について」の内容を踏まえつつ、特に、(1) 研究計画に関する事前評価でのコメントが研究実施に当たって適切に取り込まれたか否か、(2) 得られた成果が学会誌等に適切に発表されているか、(3) 今後の研究の展開の見通し、について総合的に判断した。

#### 2) 評価結果の概要

結果は A 評価となった。

2-1) 課題「中 1 : PET 薬剤の固相合成システムの確立と実用化」は平成 18 年度に研究が開始され、今回は第 3 年度目に入っている中間評価であった。PET (Positron Emission Tomography) 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である。PET が現在最も期待されている診断法である理由は、他の診断法と違い新たな PET 薬剤を開発することで、新しい診断を行うことができる点にある。

PET 薬剤の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。標識薬剤の合成が容易でないことには三つの主な理由がある。第一に、サイクロトロンから得られる超短半減期核種は非常に限られた試薬としてしか供給されない、第二に合成及び精製を短時間で行わなければならない、第三に、操作が簡便でなければならないことである。

これらの問題を解決すべく、当該申請者等は、すでに平成 14 年～17 年度に本原子力試験研究において「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」を行い、その中で固相合成技術による  $^{18}\text{F}$  導入法の開発に成功した。本研究はこの成功を基盤とし、固相合成システムを確立し、実用化させることを目的として行われてきた。

ヒアリングの結果、1) PET 薬剤の固相前駆体の合成にマイクロ波を使うと反応収率が大幅に向上し、反応時間が短縮できた、2) PET 薬剤の固相合成オ

リジナルな固相担体（レジン）の開発に成功し、これは市販のレジンに比べ、反応性が大幅に改善された、3）固相合成システムの実用化に向けて、カラムパッケージの開発を行った、といった成果が認められ、今後も研究を継続し発展させるべきであると判断した。

## 2. 物質・材料基盤技術分野

継続課題4件について平成20年6月24日に11名のWG委員によりヒアリングを実施し、中間評価を行った。中間評価4件のうち2件をA評価、2件をB評価とし、それぞれ前半の成果の上にたって継続するのが適当と判断した。A評価課題の概要は以下のとおりである。

中3「レーザー補助広角3次元アトムプローブの開発と原子炉材料への応用に関する研究」では、圧力容器鋼等の材料について原子レベルで組織解析を行う技術開発に成功しており、照射試料の実験研究を連携して行う体制を確立し軽水炉機器構造材料の経年劣化機構の解明に向けて重要な成果が期待される。

中4「軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究」では、放射光施設を活用し超伝導X線検出技術を組み合わせて、高分解能の分光分析法の要素技術開発に成功しており、システムとしての新しい分析法のみならず要素技術を含めて広範囲の技術分野への波及効果も期待される。

B評価課題の概要は以下のとおりである。

中2「原子力用高クロム耐熱鋼の経年劣化損傷の抑制に関する研究」では、高クロム耐熱鋼の高温・長時間クリープ特性の研究であり、原子力用候補材の強度基準の信頼性向上に資すると考えられる。

中5「高レベル放射性廃棄物の燃料電池への応用に関する研究」では、ナノフォトニック光触媒を利用する燃料電池の開発を行っており、高線量放射線の有効利用の可能性を目指している。

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

## 3. システム基盤技術分野

本分野については、平成20年6月18日にWG委員9名のうち7名の出席を得て、中間評価4課題についてヒアリングを実施した。

中間評価4課題に対する評価結果は、いずれもA評価とした。

中6「原子力災害時の高線量被曝者スクリーニング用 in vivo 電子スピン共鳴

#### 装置開発研究」中間評価－A（事前評価－A）

この研究は、原子力災害時に高線量被曝者を迅速に選別するため、抜歯せずに歯のESRシグナルを測定できる *in vivo* ESR測定装置の開発を目的としている。研究予算の削減から予定よりやや遅れたが、米国ダートマス大のプロトタイプをベースにした装置が本年度完成する運びとなった。本装置による手法は、従来の染色体分析に代る主力分析手法になる可能性が高く、今後、原爆被曝者が提供する脱落歯の測定、口腔アプリケーション等の開発により装置を熟成することが期待されることから、本研究は継続すべき課題と判断した。

#### 中7 「放射能表面密度測定法の確立に関する研究」中間評価－A（事前評価－A）

本研究は、原子力施設における広い面積のクリアランスレベルの検認の必要性から、当該研究グループが開発してきた対数目盛の線源とイメージングプレートを用いた新しい測定技術の確立を目指している。これまで、工業用インクジェットプリンタを用いた異なる $\beta$ 線エネルギーでの標準線源の作成、イメージングプレートの検出効率の測定、金属表面やビニール、プラスチックフィルムにも線源印刷可能なことを確認するなど、順調に成果を得ており、今後、研究を継続して、線源および位置固定用治具のICタグ管理などにより、実用化に向けた表面汚染検査測定具としての信頼性向上が期待される。

#### 中8 「断層内水理モデルの確立に関する実験的研究」中間評価－A（事前評価－A）

処分場の天然バリア性能評価に不可欠の断層内水理モデルを確立するため、正・逆断層周辺的环境を模擬できる真三軸試験装置を導入し、断層破碎帯の透水特性の解明を図ることを目的としている。研究の実施途中で原子力関連予算の削減があり、本研究はその影響を受けたが、様々な創意工夫によってそれを乗り越えて世界に類のない機器の導入を進めたことは評価できる。今後、この装置を用いて種々の条件下におけるデータを取得し、断層性状を組み込んだ断層水理モデルの構築を進展させることが可能であり、研究を継続することが妥当と判断した。

#### 中9 「放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究」中間評価－A（事前評価－A）

この研究は、岩盤空洞周りに発生する応力の緩み域を経時的に評価することにより、空洞の長期安定性予測のためのシミュレーションやモデル解析の基礎データを得ることを目的とし、緩み域における3次元応力計測、緩み域の簡便な地質構造評価技術、岩盤クリープデータの蓄積・整備の3項目を行っている。これまで、坑壁からのコアを用いた応力計測データの取得、ボーリング切削音を利用した空洞緩み域の把握手法の開発・検証、岩盤クリープデータの取得な

ど、3項目ともに所期の成果を得ており、今後は、実験施設の工事進捗に依存するので、代替現場を準備しておくことを前提として、研究継続が適当と判断した。

#### 4. 知的基盤技術分野

本分野については、平成20年6月26日に1件の中間評価課題について、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。

中間評価課題10は、再処理工程に係わるエネルギー物質の爆発安全性を実験およびモデル化によって解明しようとするものであり、平成17年から実施されている。計画通りに、爆発威力評価試験装置の設計・試作を完了し、多くの爆轟データが得られているが、事前評価で指摘された、モデル化やシミュレータにより、小規模な実験データから、現実の再処理工程のスケールにまでつながる道筋が明らかでない。上記の点を考慮してB評価とした。後半の研究で反映するよう期待する。

## 研究課題の研究概要について

### <生体・環境基盤技術分野>

#### 中 1 PET 薬剤の固相合成システムの確立と実用化（国立医薬品食品衛生研究所）

PET(Positron Emission Tomography)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である。PET は、現在最も期待されている次世代の診断法のひとつである。PET は、他の診断法（X 線、CRT、NMR）と違い、新たな PET 薬剤を開発することで、新しい診断を行うことができる。このことから、新しい PET 薬剤の開発が非常に重要である。PET 薬剤の開発における、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。標識薬剤の合成が容易でないことには三つの主な理由がある。第一に、サイクロトロンから得られる超短半減期核種は非常に限られた試薬としてしか供給されない、第二に合成及び精製を短時間で行わなければならない、第三に、操作が簡便でなければならないことである。これらの問題を解決すべく、本研究では、固相合成技術による  $^{18}\text{F}$  導入法の開発（特許申請済）をおこない、さらに固相合成システムを確立し、実用化させることを目的としている。すでに、マイクロ波を用いた PET 薬剤の固相前駆体の合成法の開発、PET 用レジンの開発、PET 用薬剤固相前駆体カラムパッケージの開発等を行った。これらにより、簡便で汎用性の高い、安価で小型な合成機の開発が期待できる。

### <物質・材料基盤技術分野>

#### 中 2 原子力用高クロム耐熱鋼の経年劣化損傷の抑制に関する研究（物質・材料研究機構）

高クロム耐熱鋼は高いクリープ強度に加え、オーステナイト鋼に比べて優れた耐熱疲労特性を有していることから、2025 年頃に運転開始を目指す FBR 実証炉の配管材料に採用される計画である。しかし、すでに高クロム耐熱鋼を使用している火力プラントでは多くの損傷事例が発生しており、その原因は長時間クリープ強度の過大評価と溶接部の著しい強度低下である。そこで、高クロム耐熱鋼の長時間クリープ強度を精度良く予測評価する「領域分割解析法」を考案し、国内外の許容応力の見直しに貢献した。しかしながら、高クロム耐熱鋼

の長時間クリープ強度の支配因子は十分には解明されていないため、FBR実証炉の設計条件である550℃、60年寿命に相当する長時間クリープ強度を「領域分割解析法」で適切に予測評価できるかどうかは不明である。

そこで本研究では、化学組成が不均質な二相鋼の強度低下が大きいことに着目して、長時間クリープ強度の低下機構とその促進要因を解明するとともに、溶接部の強度低下機構についても検討を行い、550℃、60年寿命に対応する高クロム耐熱鋼の材料強度基準の信頼性向上に資することを目的とする。これまでに、二相鋼で強度低下が促進される要因を解明し、溶接部の強度低下との関連を明らかにするとともに、「領域分割解析法」の妥当性を支持する新知見を取得した。今後は、取得したクリープ試験データとクリープ強度支配因子に関する知見を基にして、550℃、60年クリープ強度の予測評価法を提案する。また、長時間域での強度低下や劣化損傷を抑制する材料設計の可能性を明らかにする。

### 中3 レーザー補助広角3次元アトムプローブの開発と原子炉材料への応用に関する研究（物質・材料研究機構）

3次元アトムプローブ(3DAP)は電界イオン顕微鏡に位置測定可能な質量分析器を取り付けたナノ領域分析装置で、試料中の個々の原子分布を3次元実空間に表示できるという単一原子検出能を持った唯一の局所分析装置である。ところが現状の3DAPは、電界蒸発を用いてイオン化を行うという原理的な制約から試料の破壊が高頻度で発生し、さらに分析領域がわずか $10 \times 10 \times 100 \text{ nm}^3$ 程度に限られるなど材料解析に応用する上で多くの制約がある。

本研究では、電界蒸発をフェムト秒レーザーによって行い、試料破壊を防止し、従来の20倍以上の広領域分析を可能とするレーザー補助広角3DAPを開発するとともに、質量分解能の高いエネルギー補償型3DAPもレーザー駆動化に成功した。これらの装置を用いて、軽水炉実機から採取した材料等についてナノ組織解析を適応すると共に、原子炉材料中での中性子照射、高エネルギー粒子照射誘起、熱時効による原子クラスターの形成過程と材質変化、高速炉被覆管材料の最有力候補材料である酸化物分散強化型フェライト鋼のナノ析出物等について解析を進めている。

本研究によって、軽水炉用材料の応力腐食割れ(SCC)機構や、原子炉材料の経年熱時効や中性子照射による材質劣化メカニズム、析出物による強化機構の解明が期待できる。

### 中4 軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

酸化物半導体薄膜材料や微量添加物を含む鉄鋼材料などの分析には、高性能なX線光源と高性能な軟X線領域X線検出技術の組み合わせが必要である。そこで、本研究では、強力なX線源である放射光施設向けに、半導体X線検出器より1桁高いエネルギー分解能をもつ超伝導軟X線検出器を開発し、それを搭載した分析ステーションを放射光ビームラインに設置して、広く材料分析に供することを目的とする。

半導体X線検出器では分析できないような先進材料の分析を可能とする高い分解能と、強力なX線源にも対応できる高いダイナミックレンジを実現するために、超伝導アレイ検出器を微細加工技術により作製した。ナノ構造を有する超伝導検出器を欠陥なく作製するための微細加工技術を開発し、従来、 $0.002\text{ mm}^2$ であった有感面積を $4\text{ mm}^2$ に拡大したアレイX線検出器を得ることができた。また、この検出器が動作するために必要な0.3Kの極低温を電力の投入だけで得ることができる冷凍器と軟X線の検出感度向上のために、室温の試料に0.3Kの検出器を14 mmの距離まで近づけられる超高真空分析チャンバーを開発し、0.3Kの極低温を数日間保持することに成功した。

これらの成果により、専門家以外のユーザーでも簡単に、極低温でのみ得られる高い分析性能を利用可能になると期待される。本年度中に放射光ビームラインにて分析ステーションのテストを開始できる見込みであり、完成後は、半導体材料開発、鉄鋼材料開発、ライフサイエンスといった広い分野のユーザーの利用が想定される。

## 中5 高レベル放射性廃棄物の燃料電池への応用に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

原子力発電所の使用済み核燃料、高レベル放射性廃棄物は、原子炉停止後多量の放射能を有し、発熱しているため、発電所内のプールで保管されている。その間、ガンマー線、X線等を放出しているが、現在、このエネルギーは利用されていない。

本研究では、これら核物質を敷地内に保管しながら、水素を発生させて、燃料電池として利用することを目的とした基礎研究を行う。

高レベル放射性廃棄物から発生する放射線をフッ化バリウム( $\text{BaF}_2$ )シンチレータ(放射線があたると発光する素子)を用いて紫外線に変換する。 $\text{BaF}_2$ シンチレータを選択したのは、酸化チタンの感度の最も高い波長領域(300nm-400nm)で発光するためである。YAP(イットリウム・アルミニウム・ペロブスカイト)シンチレータの方が波長領域的にも、また、発光効率的にも優れているが、材料として一般的な $\text{BaF}_2$ シンチレータを採用する。酸化チタンは、300nm-400nmの波長領域で水を水素と酸素に分解するが効率は低い。そこで銀ナノ粒子により強力な表面プラズモン光を発生させて、この光をナノ構造体に閉じ込めること

によって、光触媒を高効率化させる（これをナノフォトニクス光触媒と呼ぶことにする）。数 cm 角のナノフォトニクス光触媒と BaF<sub>2</sub> シンチレータを組み合わせ、 $\gamma$  線源を用いて実験室レベルで水素発生を検証を行う。長期的には一日あたり数リットルの水素発生が期待できる。

## ＜システム基盤技術分野＞

### 中 6 原子力災害時の高線量被曝者スクリーニング用 in vivo 電子スピン共鳴（ESR）装置開発研究（国立保健医療科学院）

被ばく患者のトリアージ（注）のためには、被ばく線量を評価する必要がある。事後的に被ばく線量を評価する手法は複数あるが、これまでは不安定型染色体異常頻度に基づく個人線量評価法が gold standard とされてきた。しかし、この手法は迅速性に欠け、さらに、専門家の減少も重なり、多数の症例をスクリーニングするには向かない。染色体法に次いで確立されている線量評価法は、抜歯した歯を材料に行う X バンド ESR 法である。この手法では、被ばくにより歯のエナメル質で生成する CO<sub>2</sub>-ラジカルを電子スピン共鳴法で測定する。エナメル質中の CO<sub>2</sub>-ラジカルは安定なため、被ばく後何十年経っていても線量評価が可能である。本研究は、抜歯を必要としない L バンド ESR 装置を開発することを目的とする。この装置のスペックは、口腔内で歯の ESR 測定を行い、1.5Gy の被ばく線量を 5 分間の計測で評価することを目標にしており、一日数十人規模のマス・スクリーニングを可能とする。

X バンド ESR 装置は、およそ 100-200 mGy を計測する感度を有しているが、X バンドのマイクロ波に発熱作用があり、また、生体物質による ESR シグナル吸収が強いため、生体に応用することはできない。感度は低くなるが、L バンドのマイクロ波帯を使うことにより、生体での ESR シグナル測定が可能となる。米国のダートマス大学のシュワルツ博士らは、L バンド ESR 装置を開発し、予備的な実験結果を報告している。それによれば、抜歯した状態の歯を ex vivo で測定する場合、500 mGy の被ばく線量を測定でき、口腔内で測定する場合には、1~1.5Gy の被ばく線量を測定できる。本研究では、シュワルツ教授の開発した L バンド in vivo ESR 装置のコピー機を作成し、もって危機管理の一助とする。

（注） トリアージとは、重症度を早期に判定し、重症度に応じた搬送・治療の優先順位を決め、最適な治療施設の選別を行う作業のことである。

### 中 7 放射能表面密度測定法の確立に関する研究（独立行政法人産業技術総合

## 研究所)

高感度に放射線イメージ像が得られるイメージングプレートは、放射能表面汚染の汚染分布を絵のように表示できる人間の視覚に訴えた分かりやすい測定手段である。ただ、汚染の程度を定量的に測ることが難しかった。しかし、インクジェットプリンタのインクに放射性同位元素を混ぜ、放射能の指標となる線源を作製し、イメージングプレートと組み合わせることで定量測定が可能になる。そこで、本研究では、放射能の指標となる線源と組み合わせたイメージングプレートによる放射能表面汚染測定法を開発し、燃料再処理施設や大型加速器施設などの閉鎖などに伴う汚染検査の効率化を図ることを目的とした。

これまでに工業用インクジェットプリンタを用いて、ベータ線エネルギーが異なる幾種類かの放射性同位元素の面状線源を製作し、イメージングプレートの検出効率と $\beta$ 線のエネルギーとの関係を明らかにした。また、放射性廃棄物の代表的核種であるコバルト-60のように、ベータ線とガンマ線の両方を放出する放射性同位元素に対するイメージングプレートの表面汚染測定性能を評価し、放射能表面汚染測定に必要な能力を有することを確認した。さらにインクジェットプリンタを用いてプラスチックフィルムやアルミ板にも線源を均一に印刷できることを確認した。

今後は、イメージングプレートによる放射能表面汚染測定の精度評価、従来手法との比較等、放射能表面汚染測定手段としての詳細な性能評価を行う。また、インクジェットプリンタで作製した線源を用いて、サーベイメータ(携帯用の測定器)等、放射線施設で用いられている測定器の校正が簡易に行える方法の確立を目指す。

## 中 8 断層内水理モデルの確立に関する実験的研究 (独立行政法人産業技術合研究所)

放射性廃棄物地層処分において、天然バリアの性能評価に必要となる断層破水帯の透水計数は、原位置試験によると場所ごとの変動が大きく、幅広い分布と強い異方性を示している。断層の示すこうした性質を詳細に把握するためには、原位置試験結果に基づく現象を解明・評価・予測できる妥当性の高い断層内水理モデルが必要となるが、このようなモデルは世界的にも確立されていない。そこで、本研究では、逆断層・正断層などの断層環境条件を実験室内にて再現し、断層の水理特性を実験的に把握しながら蓋然性の高い断層内水理モデルを構築することを目的としている。

これまでに断層の応力状態・水理特性把握・断層の連結性把握のための物性測定装置を一体化した真三軸試験装置を世界に先駆けて設計・導入した。これにより、変形、応力、間隙水圧(水理特性評価)、物性測定の4項目を同時に練

成できる見通しを得た。また、正断層・逆断層を想定した応力状態の確認と応力経路の選定、断層の発生形態の違いなどを明確にすることができた。この基本的な知見から水理特性や比抵抗測定などの物性測定の手法を検討することが可能となった。

今後、より具体的な応力場におけるデータ習得を行い、基礎的なデータを積み上げて、断層水理に関して、正断層・逆断層における断層性状（主断層と主応力軸との関連、断層面の凹凸などの幾何学的性状、最大の開口幅分布など）をモデルに組み込んだ断層水理モデルの確立を目指す。

## 中 9 放射能廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究（独立行政法人産業技術総合研究所）

放射性廃棄物地層処分では、地下に空洞を掘削して廃棄物を超長期間保存するが、掘削された空洞周りでは、応力の緩み域とよばれる応力が解放されることにより、変形等の生ずる領域が発生し、潜在き裂等の開口により天然バリアの遮蔽性能の低下が考えられることから、本研究では、長期安定性評価の観点から、この緩み域を経時的に評価し、長期安定性予測のための基礎データとすることを目的としている。

(1) 深部岩盤空洞周り緩み域における3次元応力計測では、岩盤内部空洞周りの緩み領域から堅牢領域までの連続的な3次元応力評価の一部として、緩み域に相当する空洞壁面近傍の岩石コアを用いた応力計測を実施した。採取地点での応力影響が弱い傾向が見られたものの、比較的合理的な応力値が得られた。(2) 空洞周り緩み域の簡便な地質構造評価技術の研究では、岩石コアボーリング時の掘削音の受信に成功し、異なるセンサ間での観測波形相互の相関性も見られたため、構造評価法の基本概念は十分適用可能と考えられる。また、今後の観測の高精度化のための測定器の基本性能を確認した。(3) 空洞周り緩み域における岩盤長期変形挙動に関する研究では、経過時間に対するクリープひずみ速度は対数的に減少し、対数クリープ則がよく当てはまる傾向が認められた。

これまでの研究で、坑道壁面近傍における応力場の変化や弾性波速度の変化が捉えられており、今後は応力計測の高精度化や複数観測点を用いた地質構造評価を行って、把握精度の向上を図るとともに、応力計測・地質構造評価・岩盤変形特性把握の3要素の総合的解釈・検討を行うことにより、簡便で精度の良い空洞周り緩み域評価手法としての確立を目指す。

### <知的基盤技術分野>

## 中 10 再処理工程に係るエネルギー物質の爆発安全性評価技術に関する研究

## (独立行政法人産業技術総合研究所)

再処理工程は安全なプロセスであるが、想定外の運転条件や環境条件での爆発事故が少なからず報告されている。ウラン、プルトニウムの還元・精製工程に使用されるヒドラジン系物質と硝酸混合物の低速爆轟（2000m/s 程度の低速で反応波面が伝播する爆轟現象（反応性化学物質中を超音速で反応が伝播する現象））に起因する爆発事故が大半である。これらの物質の爆発安全性評価研究は、原子力施設の健全性実証のため、また、再処理事業の安全性を担保する点からも重要である。本研究は、高エネルギー物質（ここでは特に爆発性のある物質を指す）の感度、威力を評価する標準的な手順・手法の他、反応過程の精緻な計測を実施して、(1)衝撃起爆感度、爆発威力などの基礎的なデータ取得・整備（データベース化）、(2)高度計測技術開発による反応機構の解明（モデル化）を行い、原子力関連施設の安全裕度評価手法の高度化に資することを目的とする。

これまでに、(1)衝撃起爆感度、爆発威力などの基礎的なデータ取得・整備（データベース化）については、試料物質（硝酸ヒドロキシルアミン、ヒドラジン、硝酸ヒドラジン）単体の衝撃起爆感度、硝酸ヒドラジンとヒドラジン混合物の爆発威力および爆轟速度に関するデータを取得した。また、(2)高度計測技術開発による反応機構の解明（モデル化）については、衝撃圧縮状態の試料物質中の粒子速度データを取得する反応状態量評価装置を整備するとともに、分子レベルの反応機構を測定するための要素技術である時間分解型のラマン分光装置を開発し、性能評価実験を実施して良好なデータを取得している。

今後は、低速爆轟データの取得およびこれまでに蓄積した実験データのデータベース化、加えて反応過程データの取得と反応機構のモデル化を行い、実規模での爆発安全性評価に繋がるデータの提供を目指す。

## 生体・環境基盤技術分野 (6月30日ヒアリング実施)

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 1	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所	PET薬剤の固相合成システムの確立と実用化	A

## 物質・材料基盤技術分野 (6月24日ヒアリング実施)

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 2	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	原子力用高クロム耐熱鋼の経年劣化損傷の抑制に関する研究	B
中 3	文部科学省	独立行政法人 物質・材料研究機構	レーザー補助広角3次元アトムプローブの開発と原子炉材料への応用に関する研究	A
中 4	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究	A
中 5	経済産業省	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の燃料電池への応用に関する研究	B

## システム基盤技術分野 (6月18日ヒアリング実施)

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 6	厚生労働省	国立保健医療科学院	原子力災害時の高線量被曝者スクリーニング用 In vivo 電子スピン共鳴装置開発研究	A
中 7	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	放射能表面密度測定法の確立に関する研究	A
中 8	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	断層内水理モデルの確立に関する実験的研究	A
中 9	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究	A

## 知的基盤技術分野 (6月26日ヒアリング実施)

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 10	経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	再処理工程に係るエネルギー物質の爆発安全性評価技術に関する研究	B

表8

中 1

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：PET薬剤の固相合成システムの確立と実用化（国立医薬品食品衛生研究所）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>PET(Positron Emission Tomography)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である。PETは、現在最も期待されている次世代の診断法である。PETは、他の診断法（X線、CRT、NMR）と違い新たなPET薬剤を開発することで、新しい診断を行うことができる。このことから、新しいPET薬剤の開発が非常に重要である。</p> <p>PET薬剤の開発における、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。標識薬剤の合成が容易でないことには三つの主な理由がある。第一に、サイクロトロンから得られる超短半減期核種は非常に限られた試薬としてしか供給されない、第二に合成及び精製を短時間で行わなければならない、第三に、操作が簡便でなければならないことである。</p> <p>これらの問題を解決すべく、当申請者等は、すでに平成14年～17年度に本原子力試験研究において「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」を行い、その中で固相合成技術による<math>^{18}\text{F}</math>導入法の開発に成功した。本研究はこの成功を基盤とし、固相合成システムを確立し、実用化させることを目的とする。</p>
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>中間段階での成果：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) PET薬剤の固相前駆体の合成にマイクロ波合成装置が有効であることを明らかにした。マイクロ波を使うと反応収率が大幅に向上し、反応時間が短縮できた。</li> <li>2) PET薬剤の固相合成オリジナルな固相担体（レジン）の開発に成功した。これは市販のレジンに比べ、反応性が大幅に改善された。</li> <li>3) 固相合成システムの実用化に向けて、カラムパッケージの開発を行った。</li> </ol> <p>副次的な成果：</p> <p>固相担体とのリンカー部の開発及びマイクロ波を用いた合成等、固相合成反応技術に関する新たな知見が得られた。</p>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>目的・目標の設定の妥当性：</p> <p>研究の目的は明確で、PETを利用した次世代の診断法における標識薬物の合成法開発を目指すもので、目的・目標の設定は、妥当であると判断できる。原子力利用技術の先導的な基盤研究と言える。</p> <p>研究計画設定の妥当性：</p> <p>研究計画は、従来の研究実績に裏打ちされたもので、着実に実現可能性が高く、極めて妥当である。</p> <p>研究費用の妥当性：</p> <p>要求している経費は、本研究に必要な機器、消耗品・旅費等であり、その額も妥当である。</p> <p>研究の進捗状況：</p> <p>研究は、研究計画に沿って順調に進んでいると判断できる。</p> <p>研究交流：</p> <p>研究交流の具体的な記載がないため判断できない。今後、臨床応用に向けた研究交流が必要と考えられる。</p> <p>研究者の研究能力：</p> <p>申請者は、すでに固相合成技術による<math>^{18}\text{F}</math>導入法の開発に成功しており、当該分野で実績と高度な技術を有している。本研究の遂行に必要な研究能力を備えていると判断できる。</p> <p>継続の是非：</p> <p>本研究は、原子力試験研究の目的に合致する意義あるもので、研究も順調に進捗している。今後、研究目的に沿った研究成果が期待され、研究を継続する必要がある。</p>
4. その他	
5. 総合評価	A
評価責任者氏名： 嶋 昭紘	

[注1]外的要因の変化を含む。

表8

中 2

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：原子力用高クロム耐熱鋼の経年劣化損傷の抑制に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	高クロム耐熱鋼の高温・長時間使用下で生ずる組織変化と強度・延性の低下に関するメカニズムについて、不均質組織による組成分配に起因することに着目して解明すると共に、設計開発指針の整備、長時間強度評価法の高度化を図り、高速炉、超高温ガス炉等の次世代炉向け候補材料である、上記材料の強度基準の信頼性向上に資することを目標とする。
2. 中間段階での成果 ・ 当初予定の成果  ・ 副次的な成果	<p>・ 火力向けSUS 410J3TB(12Cr)について、クリープ強度試験を実施し、データを取得すると共に、クリープ変形挙動に及ぼす不均質組織の影響および組織形成に及ぼす溶接熱サイクルの影響を明らかにしつつある。次世代炉向け高クロム耐熱鋼については、モデル合金を設計・製作し、クリープ強度試験に着手している。</p> <p>・ 高応力域のクリープ強度の応力依存性とフローストレスのひずみ速度依存性が等価であるという知見を得ると共に、クリープ強度に及ぼすデルタフェライトの影響と素材の加工度との関連性を見出している。</p>
3. 中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注1] ・ 研究計画設定の妥当性[注1] ・ 研究費用の妥当性[注1] ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 ・ 継続の是非	<p>・ 高クロム耐熱鋼の設計指針の整備、材料特性劣化の評価法の高度化はもとより、データベースの構築、溶接割れなどの製造技術上の課題解決に貢献できる本研究目的並びに目標の設定は妥当である。</p> <p>・ 高クロム鋼の溶接部等の強度低下機構の解明は、重要な基礎基盤研究として位置付けられ、本研究計画は妥当であるが、後半では、次世代炉候補のモデル材によるクリープ試験ならびに材料強度特性評価に重点をおいて進めて欲しい。</p> <p>・ 研究費用は、ほぼ、妥当と判断される。</p> <p>・ 火力向け、SUS 410J3TBに関する試験研究は進捗しているが、今後は、高クロム耐熱鋼に関するクリープデータをできるだけ多く採取することが重要である。</p> <p>・ 本研究ではJAEAとの研究交流が重要で、JAEAの研究成果を積極的に取り込むなど、連携を深めて推進する必要がある。</p> <p>・ 本研究に関連した豊富な研究実績があり、十分な研究能力を有していると判断される。</p> <p>・ 次世代炉向け候補材を対象にクリープ変形挙動等材料特性の把握を図り、本研究テーマに沿ったとりまとめができるように進めて欲しい。メカニズム解明と規格への反映に結び付けることが期待され、継続すべきである。</p>
4. その他	長時間クリープ評価は高温構造材料に欠かせない課題であり、施設の移転に関わらず試験環境の維持が保証される必要がある。
5. 総合評価	B
評価責任者：阿部勝憲	

[注1] 外的要因の変化を含む。

表8

中 3

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：レーザー補助広角3次元アトムプローブの開発と原子炉材料への応用に関する研究 (独立行政法人物質・材料研究機構)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	アトムプローブ分析法を原子炉材料解析に応用する上での致命的な欠点である試料破壊を克服するための画期的な改良を行う。さらにそれを用いて、軽水炉構造材料から採取したSCC試料の分析・解析を行うとともに、経年熱時効や中性子照射による材質劣化のメカニズムを解明するために压力容器鋼等のナノ組織解析を行い、劣化機構解明に新機軸を立てようとしている。開発しようとしているレーザー補助広角3DAPは世界的に最先端を行く装置であり、従来の手法では困難であった照射材料中の不純物元素の空間的な分布を広領域にわたって原子レベルで可視化することができる。この特色ある手法を適用することにより、原子炉材料の劣化機構の理解を飛躍的に発展させることを目指している。また、他機関と協力して劣化機構解明に多元的に取り組むことを目標としている。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・参画機関である物質・材料研究機構ではレーザー補助3DAPを、東北大学ではレーザー補助広角3DAPを、日本原子力研究開発機構ではレーザー補助エネルギー補償型3DAPをそれぞれ稼働させることに成功し、それぞれの環境（管理区域内・外）、装置の特徴（広角型、エネルギー補償型）を活かしている。</li> <li>・照射誘起SCCと残留応力の重畳効果について調べ、残留応力付与下で照射したステンレス鋼試料は、残留応力付与しない試料に比べて、照射による耐食性劣化が抑制されることを明らかにしている。3DAPにより、照射領域の溶質元素分布と格子欠陥との対応を明らかにしている。</li> <li>・国際熱核融合炉(ITER)のダイバータヒートシンク材の候補材となっているCu合金の焼き入れに伴う析出挙動について明らかにしている。</li> </ul>
・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・次世代原子炉や核融合炉の構造材料として有望視されている酸化物粒子分散強化(ODS)鋼は、従来の3DAPでは解析が困難であったが、レーザー補助3DAP装置によって測定に成功し、Y、Ti、Oで構成される酸化物粒子の分散状態を明らかにしている。</li> </ul>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究は、アトムプローブ(AP)法における試料破壊を克服するための技術開発を行うとともに、得られる改良型AP法を用いて、原子炉材料の劣化機構を原子尺度で解明しようとする研究で、原子炉構造材料の高経年化対策に有効な基盤的な研究として原子力試験研究として妥当である。</li> </ul>
・研究計画設定の妥当性[注1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規な高性能AP法の開発とその原子炉構造材料解析への応用を主眼とした研究計画であり、他研究機関と協力しての多元的なアプローチも計画し実行しており、妥当である。</li> </ul>
・研究費用の妥当性[注1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーザー補助3DAPの開発も一部自作するなど、研究費を低く抑えるよう努めており、妥当である。</li> </ul>
・研究の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・順調に装置開発が進められ、実際に原子炉材料の解析も行われている。進捗状況は妥当である。</li> </ul>
・研究交流	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4つの参画機関の間で実効のある研究交流がなされていると判断される。</li> </ul>
・研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多くのすぐれた実績を有しており、研究能力は高いとみなせる。</li> </ul>
・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AP法の世界の最先端ともいえるべき装置開発に成功しており、この主導権を維持するためにも、また本研究の主眼である原子炉材料への本格的応用のためにも、ぜひ継続すべきである。</li> </ul>
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力材料の重要課題についてAP法ならではの貴重な知見が得られつつある。一層の成果を期待したい。なお成果の論文発表に一層の努力を期待する。</li> </ul>
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部勝憲	

[注1] 外的要因の変化を含む。

表8

中 4

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	<p>本課題は、放射光施設を活用し超伝導X線検出技術を組み合わせて、先端材料分析技術の構築をめざすものであり、具体的な内容は、100eV-500eVの領域をカバーするエネルギー分散分光用2次元アレイ型高分解能超伝導X線検出器の開発、前記検出器を備えたX線分光分析装置の試作、それらの放射光ビームラインへの設置、である。</p> <p>それらの達成目標は、カバーできる蛍光X線エネルギー領域：100eV-10keV、エネルギー分解能；酸素K線（525 eV）において10 eV、光子カウント率限界：1 Mcps 以上、検出感度：集光光学付きグレーティング分光器の100倍以上、連続運転時間：2日以上、である。</p>
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上記目的目標に対応して以下の成果が得られている。</li> <li>・寒剤フリーの0.3K極低温冷凍器を完成した。0.3Kの超伝導検出器を、室温の試料に14 mmまで近づけることができる極低温実装を実現した。100素子規模の軟X線用超伝導アレイ検出器を産総研にて内製し、有感面積4 mm<sup>2</sup>を達成した。</li> <li>・X線吸収分光のための超高真空槽の開発は予定どおり終了し、平成20年度に産総研にて組上げテスト後、KEK PFに移設できる目処を得た。</li> <li>・アレイ検出器を構成する1つの素子の分光性能は、400 eVのX線に対して、55 eVを実現し、液体ヘリウムを供給することなしに0.3Kの温度を数日間保持することに成功した。</li> </ul>
・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多配線用のミニチュアコネクタを極低温実装に導入することにより、100素子アレイのための多数の配線を同時に実装することができ、容易なメンテナンスを可能とした。</li> </ul>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究開始以前の超伝導検出器開発の準備状況、並びに高エネルギー加速器研究機構の放射光施設(KEK PF)を最大限に活用できる点でその実現性と需要が十分に期待でき、したがって目的・目標の設定は妥当であった。</li> </ul>
・研究計画設定の妥当性[注1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当初の案に対してH20年度にはKEK PFに設置して分析器としての実機総合試験を開始することに変更したのは妥当である。しかし、そのために必要な100chのアナログ増幅器・デジタル信号処理系の準備が遅れないよう開発の努力とともに、予算計画の前倒しも検討すべきである。</li> </ul>
・研究費用の妥当性[注1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デバイス作製のための基本設備は備えてあり、今回の研究に特に必要な冷凍機、真空槽、信号回路系に設備費（全体経費の約50%）が振り分けてあるのは妥当である。信号回路系の完成試験がH20年度に完了することが望ましいので予算の執行と研究計画にずれが生じないようにH21年度予算の前倒しも含め検討すべきである。</li> </ul>
・研究の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アレイ検出器の総合評価試験に入る前に、目標であるエネルギー分解能：10 eVを素子で達成していないのは残念であるが、それ以外の技術項目の開発は概ね順調に推移している。しかし、信号回路系の多チャンネル化、低ノイズ化の見通しは全体計画の進行上、早急につけるべきである。</li> </ul>
・研究交流	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同業の研究グループとの交流のみならず、冷却技術、実装技術において民間企業との共同開発を積極的に進めるべきである。</li> </ul>
・研究者の研究能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中核であるデバイス作製を自ら行っており、研究能力は十分である。しかし、本研究の開始後の成果に基づく論文発表並びに特許出願に努めることが必要である。</li> </ul>
・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・100素子のアレイの各々で10 eVの分解能、並びに同等の性能が得られるためにはナノ構造を有する超伝導デバイスを欠陥なく製作できるナノプロセスの確立が成功の鍵である。本研究はデバイス作製とそれを組み込んだシステムを特に定めた応用分野を目標に開発しているがその要素技術は広範囲な技術分野への波及効果があるため、今後も継続するべきである。</li> </ul>
4. その他	なし
5. 総合評価	A
評価責任者氏名：阿部勝憲	

[注1] 外的要因の変化を含む。

表8

中 5

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：高レベル放射性廃棄物の燃料電池への応用に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	高レベル放射性廃棄物を敷地内保管しながら水素を発生させ、燃料電池として利用するための基礎研究を行う。具体的には、光触媒であるアナターゼ相酸化チタン光触媒の中に銀ナノ粒子を埋め込んだナノフォトニック光触媒を作製する。原理は、銀ナノ粒子表面で発生する局在表面プラズモン共鳴を利用し、酸化チタン励起するものである。これに高レベル放射性廃棄物が発生する放射線をシンチレータを用いて紫外線に変換して、ナノフォトニック光触媒に照射することにより水素を発生させる。数cm角のナノフォトニック光触媒とBaF <sub>2</sub> シンチレータを組み合わせ、γ線源を用いて実験室レベルの実証実験を行い、水素を発生させることを目標とする。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果  ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・銀ナノ粒子、非晶質シリカ隔壁層、酸化チタンよりなるナノコンポジット構造体を形成することにより、局在表面プラズモン共鳴ピークを光触媒酸化チタンからの水素発生効率のよい波長410nmに位置させることに成功している。そして、このナノコンポジット構造体と酸化チタンのみの両者にメチレンブルー液を塗布して、光触媒による酸化分解速度を評価した。その結果、非晶質シリカ膜厚20nmの場合で5倍、5nmの場合で7倍も、酸化分解速度が、酸化チタンのみの場合と比較して高くなることを明らかにした。</li> <li>・非晶質シリカは、局在表面プラズモン共鳴波長の長波長シフトを防止するためと、酸化チタンによる銀ナノ粒子の酸化を防止する、いわば隔壁としての機能を目的に採用されたが、それに留まらず、非晶質シリカで銀ナノ粒子をコートした場合、局在表面プラズモン共鳴の電場強度は、銀の周りが空気の場合よりも強いことが実験的に判明し、理論的裏付けもされた。</li> </ul>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1]  ・研究の進捗状況  ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済み核燃料の高線量の放射線を有効利用する方法として、エネルギーの有効利用の観点から水素製造に利用することを提案している。本研究の目的・目標の設定は原子力試験研究として妥当である。</li> <li>・これまで蓄積したナノフォトニクスに関する基礎データをもとに、酸化チタン光触媒にナノフォトニクスを活用し、使用済み核燃料のエネルギーの有効利用を図る研究計画設定の全体の流れは妥当である。しかしシステムとしての成立性の検討とシンチレータを用いたγ線を紫外線に変換する試験に早期に着手することが必要である。近接場光や光触媒の分野だけの研究に終わるのでなく、事前コメントでの指摘のように高レベル放射性廃棄物の有効利用に向けて研究を集中し、本課題の目的・目標に対応した成果を出してほしい。</li> <li>・前半の研究期間で目標とする光触媒効果の向上が達成できたことは高く評価できるが、早く放射線照射実験を開始して本申請の目的・目標を達成するために必要な見通しを得ることが、原子力試験研究として継続するために重要である。</li> <li>・研究交流は行なっている。</li> <li>・研究者の研究能力は高く評価できる。</li> <li>・継続させるべきである。</li> </ul>
4. その他	近接場光と光触媒の研究に終わることなく、使用済み核燃料のエネルギーの有効利用という、期待される本課題の目的・目標に対応した成果を挙げることが重要である。そのためには指摘を活かして後半の研究計画を適切に変更することが必要である。
5. 総合評価	B
評価責任者氏名：阿部勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む。

表8

中 6

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：原子力災害時の高線量被曝者スクリーニング用In vivo 電子スピン共鳴（ESR）装置開発研究 （国立保健医療科学院）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	原子力災害時には、施設職員や防災要員のなかに高線量被曝者が多数発生する恐れがある。本研究は、高線量被曝により惹起された歯のラジカル量を、抜歯しないin vivo状態でESRという物理的な手法で測定し、被曝線量を評価する機器を開発する研究である。5分測定で1 Gy以上の被曝者をスクリーニングするスペックは、1台あたり280人／日のスクリーニングが可能であり、チェルノブイリ事故時に発生した高線量被曝者の全数をカバーできる。既に米国のSwartz教授らがプロトタイプを作成している。しかし、市販の予定はなく、国産の機器開発が必要である。
2. 中間段階での成果 ・ 当初予定の成果  ・ 副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>予算不足などからやや遅れ気味であるが、既に作成されたプロトタイプのコピー機を作成する目処は立っている。装置の遅れを除けばほぼ順調に進んでいる。</li> <li>ダートマス大学のベンチャーの研究成果であるが、研究途上で新たに開発されたマイクロ波回路関係部品を装着できる見通しである。</li> </ul>
3. 中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注1] ・ 研究計画設定の妥当性[注1]  ・ 研究費用の妥当性[注1] ・ 研究の進捗状況  ・ 研究交流  ・ 研究者の研究能力  ・ 継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力災害時の高線量被曝者の迅速なスクリーニング装置の実現を目指す本研究は、防災・安全基盤技術の趣旨に合致し、適切である。</li> <li>既に米国ダートマス大学でプロトタイプがあり、また、技術的に大きな障害もなく開発が進んできている。まず1台を作成し、その改良、習熟を図るべきという事前評価のアドバイスを受け、当初計画を見直しており、計画設定は妥当である。</li> <li>高価なESR装置を必要とする本研究には予算はやや不足していたようであり、持ち出しがあったように見受けられる。</li> <li>装置の完成が第一の目標であり、予算削減を受けても効率的な計画推進の努力がなされている。先方との打ち合わせを十分に実施しており、また研究者を派遣して研修を図るなど、適切に進めている。</li> <li>先行しているダートマス大学のESR装置の詳細を検討した上で進めている。同大学との情報交換は頻繁に行われており十分なものと認められる。山形大学工学部、香川大学医学部との情報交換も行われている。</li> <li>主担当者はかつて放射線医学総合研究所に在籍し、JC0事故も担当した。研究能力は十分といえる。</li> <li>防災の観点からも必要性の高い重要な研究であり、継続とすべきである。</li> </ul>
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>今後の予算配分では可能な範囲で配慮する必要がある。</li> <li>ダートマス大学の成果に頼りすぎている面も見受けられるため、装置導入後にその適用性などについて独自に熟成を図ることが望まれる。</li> <li>放射線被曝患者の抜歯を用いた検証の上での発表が期待されるが、装置の購入が遅れたとはいえ、この段階までに、なにがしかの発表があっても良いではないか。</li> </ul>
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	

[注1] 外的要因の変化を含む。

表8

中 7

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：放射能表面密度測定法の確立に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	近年、多くの機関で加速器の建設が行われ利用されているが、近い将来にはこれらの施設が更新・廃止される際には原子炉と同様に、クリアランスの検認および管理区域の解除に必要な放射能表面密度の測定が不可欠となる。現在行われている通常の汚染検査は、サーベイメータの数値を読み取り記録する方式で行われているが、広大な施設を効率的に、かつ明確な記録を残して実施することは困難である。このため当該研究グループがこれまで開発してきた対数目盛の線源と、イメージングプレートを用いた新しい測定技術を開発し、汚染検査をはじめとする放射能表面密度測定の確立と高精度化を図り、放射線管理の一層の安全性と信頼性を確保に寄与する。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果  ・副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>工業用インクジェットプリンタを用いた異なる<math>\beta</math>線エネルギーでの標準線源の作成、イメージングプレートの検出効率の測定、金属表面やビニール、プラスチックフィルムにも線源印刷が可能であることを確認するなど、当初の計画にほぼ沿った成果が得られている。標準作成時の線源の強度を制御できていない点がやや惜しまれる。</li> <li>国際規格ISOのサイズ（100×150mm）が製作可能であることを確認できた事は副次的な成果ではあるが、高性能の工業用プリンタを導入したことによる効果が大きいのではないかと考えられる。</li> </ul>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1]  ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流  ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力施設における広い面積のクリアランスレベルの検認のニーズなどの背景から、目的や目標の設定は妥当である。</li> <li>各種線源の開発、適用性の検証は手順を踏んだものである。これまで当初予定の成果を順調に得てきており、上記の目的に対してほぼ妥当な計画設定といえる。なお、成果の達成には、研究者の努力以外に、導入するプリンタの性能に依存する部分が大いように思える。</li> <li>妥当な水準と考えられる。</li> <li>順調に進展していると考えられる。</li> <li>日本アイソトープ協会との交流は適切であると考えられるが、実際のユーザーである電力関連企業との接触がもう少しあったほうが良いであろう。</li> <li>これまで実績を蓄積しており、高い能力を有すると考えられる。</li> <li>実用化の可能性も高く、目標に対してほぼ妥当な進捗状況であり、研究の継続が望ましい。</li> </ul>
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>成果の発表については、特許申請との関係もあるであろうが、口頭発表3件はやや少ないため、今後、論文等による発表を期待したい。</li> <li>既存の方法との比較と、本方法の優位性、特に、エネルギー弁別については十分な検討の上、実用化につなげていただきたい。また、将来の利用を考えると、具体的手順や作業の効率化なども計画の視野に入れて良いであろう。</li> </ul>
5. 総合評価	Ⓐ B C
評価責任者氏名：澤田義博	

[注1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：断層内水理モデルの確立に関する実験的研究(独立行政法人産業技術総合研究所)		
項 目	要 約	
1. 当初の目的・目標	放射性廃棄物地層処分において、天然バリアの性能評価に必要となる断層破碎帯の透水係数は、原位置試験によると、場所毎の変動が大きく、幅広い分布(100～10 <sup>-9</sup> m/s)と強い異方性を示している。断層の示すこうした性質は、原位置試験結果に基づく現象を解明・評価・予測できる妥当性の高い断層内水理モデルを要請するが、このようなモデルは世界的にも確立されていない。そこで、地層処分事業の安全評価手法の高度化を目指し、逆断層・正断層周辺の環境を模擬しながら室内実験を中心とした蓋然性の高い断層内水理モデルを構築することを目的とする。	
2. 中間段階での成果 ・ 当初予定の成果  ・ 副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予算削減の関係で真三軸圧縮試験機の導入が遅れたが、それ以外の点では様々な創意工夫によって研究はおおむね計画通りに進捗し、当初予定の成果が挙がりつつあると判断される。</li> <li>・ 目立った副次的な成果は得られていないが、真三軸試験機を利用して他分野への拡張性を検討したり、また、本試験機の有用性を研究活動を通じて国際的に認知させつつある点は、副次的な成果ともいえる。</li> </ul>	
3. 中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注1] ・ 研究計画設定の妥当性[注1] ・ 研究費用の妥当性[注1] ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 ・ 継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処分場の断層水理モデルの構築に必要な、変位、応力、間隙水圧、物性の4項目を同時に連成させる真三軸圧縮試験機の導入は、世界的にも類のない画期的なことであり、目的・目標の設定は妥当である。</li> <li>・ 研究の実施途中で原子力関連予算の削減があり、本研究はその影響を受けた。しかし、それを乗り越えて世界に類のない機器の導入を進めたことは評価すべきことであり、研究計画の設定は妥当と判断される。</li> <li>・ 機器導入遅れた要因は研究予算の不足にあり、費用は十分ではなかったと判断される。</li> <li>・ 予算等の困難な状況の中で、担当者の努力により機器の導入にこぎつけた。装置を用いた実験はまだ十分とはいえないが、研究は進捗している。</li> <li>・ 学会発表等を含め、海外との研究交流は十分進められている。成果も、論文・口頭発表ともに海外志向で十分に公表されている。</li> <li>・ 研究者の能力には全く問題ない。</li> <li>・ 本研究は将来の展開が大いに期待できる真三軸圧縮試験機という新しい研究機器を導入して、断層水理モデルを構築しようとするもので、研究実施においては着実な進歩が図られていると評価する。従って、今後も研究を継続することが妥当と判断する。</li> </ul>	
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当初認定した研究が、途中で予算削減を受け機器の導入ができないという状況は、研究評価以前の問題であり、関係各位には適切な対応を要望する。</li> </ul>	
5. 総合評価	<input checked="" type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C	
評価責任者氏名： 澤田義博		

[注1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究 (独立行政法人産業技術総合研究所)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	廃棄物地層処分における岩盤空洞周りに発生する応力の緩み域を長期安定性評価の観点から経時的に評価することにより、天然バリアの長期安定性に関するフィールドデータを得るとともに、緩み域を含むニアフィールド環境で想定される温度、圧力条件における岩石のクリープ特性のデータを蓄積し、長期安定性予測のためのシミュレーションやモデル解析の基礎データとする。この目的・目標を達成するため、(1) 深部岩盤空洞周り緩み域における3次元応力計測、(2) 空洞周り緩み域の簡便な地質構造評価技術の研究、(3) 空洞周り緩み域における岩盤長期変形挙動に関する研究を進める。
2. 中間段階での成果 ・ 当初予定の成果  ・ 副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3項目とも当初想定の結果が得られたと認められる。</li> <li>① 坑壁からのボーリングコア試料でのA E波形記録解析により応力計測を可能にした。しかし、当初想定した瑞浪実験施設の工程が遅延したため、経時的な変化を計測することができていない。</li> <li>② コア採取時の切削音を計測することにより、空洞周辺岩盤の弾性波速度の評価を可能にした。</li> <li>③ 空洞周り緩み域の岩盤長期変形挙動把握のための岩石クリープ試験により、岩盤特性の時間依存性の情報を取得した。</li> <li>・ 副次的な成果として、送受信点距離が約 100mと過大にもかかわらず、掘削に伴う信号が捉えられ、簡便な方法で空洞周辺の地質構造評価の可能性が得られたこと、強度の低い岩石のクリープ試験の計測手法を確立したことがあげられる。</li> </ul>
3. 中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注1] ・ 研究計画設定の妥当性[注1] ・ 研究費用の妥当性[注1] ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 ・ 継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空洞の緩み域の把握は地層処分の安全性評価に必要不可欠であり、目標設定は妥当である。しかし、この種の測定精度はサイト依存性が強いので、提案の手法の有効性を強調するよりも測定法のケーススタディと捉えるのが良いと思われる。</li> <li>・ 今後の計画進捗は測定対象としている瑞浪実験施設の工事進捗に依存するので、代替現場を準備しておくことも必要と思われる。</li> <li>・ 今後、経時変化を捉えた岩盤の評価を計画しているので、複数回の計測が必要である。予算の不足気味が予想されるが、創意工夫により目標達成を期待する。</li> <li>・ JAEAの瑞浪施設の建設工期変更により遅延気味であるが、研究計画の調整により当初予定の成果を期待したい。</li> <li>・ JAEA, 東北大学との研究交流が実施されており、その成果が土木学会論文集に掲載され、研究交流の効果が得られている。</li> <li>・ 研究の中間であるが、成果は学会発表等に見られるように、研究者の能力は十分と判断できる。</li> <li>・ 放射性廃棄物地層処分には重要な研究課題であり、今後の成果も十分に期待できる。研究を継続すべきである。</li> </ul>
4. その他	・ 事前評価で記したように、地層処分における空洞の長期安定性評価シナリオとの関連を持った成果を期待したい。
5. 総合評価	Ⓐ B C
評価責任者氏名：澤田義博	

[注1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：再処理工程に係るエネルギー物質の爆発安全性評価技術に関する研究 (独立行政法人産業技術総合研究所)	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	使用済核燃料の再処理工程において想定されるエネルギー発生源として、各種還元剤の爆発性及びこれらの物質と硝酸の混合物の爆発性について検討する。これらのエネルギー発生源を対象に、(1) 衝撃起爆感度、爆轟特性、爆発威力などの基礎的なデータ取得・整備、(2) 高度計測技術開発による反応機構の検討、を行い、これらのエネルギー発生源の爆発反応機構を解明し、最終的には、極限状態の反応プロセスにおける爆発影響を評価可能な反応モデルについて検討する。
2. 中間段階での成果 ・ 当初予定の成果  ・ 副次的な成果	<p>・ 計画通りに、爆発威力評価試験装置の設計・試作を完了している。また、試料物質（硝酸ヒドロキシルアミン、ヒドラジン、硝酸ヒドラジン）単体をブースター爆薬（C4）で衝撃起爆する実験を行い、爆発性を調査した。爆轟パラメータのうち、硝酸ヒドラジン／ヒドラジン混合物の爆轟速度データを取得している。</p> <p>さらに、反応状態量評価装置の設計・整備を計画通り完了させ、性能確認試験として、四塩化炭素の粒子速度データを取得し、試料内部に最大で3.7～4.4 GPaの圧力を発生する事ができた。</p> <p>・ 試料容器に塩ビ管とアクリルを用いた場合、硝酸ヒドラジン／ヒドラジン混合物の爆轟速度は、容器の材質に殆ど影響されないことがわかった。</p> <p>反応状態量評価装置をベースにして、時間分解型のラマン分光装置を開発した。この装置を用いた四塩化炭素についての予備的な実験では、衝撃波の伝播状態を反映したラマンスペクトルの過渡的な変化を観測することが可能となり、分子レベルでの反応機構を測定するための要素技術を開発した。</p>
3. 中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注1]  ・ 研究計画設定の妥当性[注1]  ・ 研究費用の妥当性[注1] ・ 研究の進捗状況  ・ 研究交流  ・ 研究者の研究能力  ・ 継続の是非	<p>・ 核燃料再処理プロセスにおいて事故例のある各種還元剤と硝酸の混合物を対象とする爆発影響評価研究は、原子力施設の安全性実証の上で妥当である。</p> <p>・ 研究後半はデータ収集が主になるが、安全性基準の設定などにどのように役立たせるかを念頭においてデータの解析、モデル化を進めていただきたい。</p> <p>・ 各種実験に必要な装置、消耗品等の購入に充てられており妥当である。</p> <p>・ 体系的なモデル化、シミュレーションへの道筋が明らかでなく、今後に期待する。</p> <p>・ 大学との共同研究、技術研修は行っているが、もっと他の分野の爆発の研究拠点や再処理の現場との交流を実施して欲しい。</p> <p>・ 研究担当者は長年、ニトロ化合物、固体ロケット推進薬などの高エネルギー物質の爆発威力、反応機構の解明などに従事してきており、十分な研究能力を有している。</p> <p>・ 本課題は総合的に判断して継続するに値するが、事前評価で指摘されている事項が今後の研究に反映される事を期待する。</p>
4. その他	
5. 総合評価	B
評価責任者氏名：小柳義夫	

[注1] 外的要因の変化を含む。