

・原子力施設等安全研究中間評価  
(平成13年度～平成14年度)

平成15年 5月

原子力施設等安全研究分科会

## 1．総合評価の概要

平成 12 年 7 月に、当時の原子力施設等安全研究専門部会は、原子力施設等の安全性に関する研究について「原子力施設等安全研究年次計画（平成 13 年度～平成 17 年度）」（以下、「本年次計画」）を策定した。原子力安全研究は、安全指針類の整備や安全審査の判断に必要なデータ等の整備、さらには技術水準の維持・向上及び人材の育成の面において、重要な役割を有している。原子力施設等安全研究分科会では、合理的かつ効果的な安全研究の実施を図るため、本年次計画の 3 年目に当たる平成 15 年に、「水炉の安全性」、「高速増殖炉の安全性」、「核燃料施設の安全性」、「放射性物質輸送の安全性」、「原子力施設の耐震等の安全性」、「原子力施設等の確率的な安全評価等」の大項目 6 分野に関して中間評価を行った。

「水炉の安全性に関する研究」においては、4 分野、19 件の研究課題が選定されている。5 件予算措置のなされていない研究課題があるものの、他の研究は、概ね年次計画通り進み、現時点での目標をほぼ達成しており、多くの貴重なデータや知見が得られている。具体的には、高燃焼度燃料の破損挙動、FP 放出挙動に関する実験データが収集され、これらのデータを用いて解析コードの開発・整備及び健全性評価手法の高度化が行われた。また、気液二相流挙動に関する実験データを用いて三次元核熱熱水力解析コード等の開発・整備が行われるとともにシビアアクシデント時の水蒸気爆発解析コードにおいても改良が行われ、水炉安全の基盤強化が図られた。今後、当初の研究目標は概ね達成されるものと考えられる。しかし、研究の方向性や進め方については、一部修正が必要なものも見受けられ、これらについては、今後の研究内容、最終目標、他機関との連携等、中間評価終了の段階で研究内容の見直しが必要である。

「高速増殖炉の安全性に関する研究」においては、5 分野 16 件の研究課題が選定されており、全体として年次計画通り実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後の目標も達成される見込みである。炉物理、燃料材料、炉心損傷に関する研究等においては、国際共同研究も着実に行われている。今後、各研究課題においては研究目標の達成への努力と共に、大型試験装置を用いた研究については資源の有効配分への配慮、成果の論文化・積極的公開等に留意して進めることが必要である。本分野の研究のいくつかは実プラントを用いるものであり、目標の達成はプラントの運転工程に依存する。

「核燃料施設の安全性に関する研究」及び「放射性物質輸送の安全性に関する研究」においては合わせて 6 分野、25 件の研究課題が選定されており、これらの研究は放射性廃棄物管理を除き、平常時より事故時に重点が移行している。これらの研究課題は、ほぼ年次計画通りに実施され、予算措置がなされているものは、所期の成果が得られつつある。特に、MOX 加工施設、中間貯蔵施設などを対象とした臨界解析手法及び中性子線量評価手法、ウラン系臨界実験、事故時ソースタームなどの閉じ込め基礎デー

夕の収集、TRU 廃棄物減容について、実施に活用できる有用な知見が得られている。しかし、予算措置が不足している研究課題については、進捗にその影響がでており、十分な成果が得られていないものも見受けられる。今後、安全規制業務（特に、放射線管理、廃棄物管理）における研究については、業務と研究の位置づけを見直し、年次計画を計画的に遂行する上での対策を検討する必要がある。

「原子力施設の耐震等の安全性に関する研究」においては、耐震安全性を確保するための従来の方式を高度化する研究及び将来的方式に関する研究を体系的に進めるものとし、5分野、12件の研究課題が選定されている。このうち5件については予算措置が講じられず、研究が実施されなかった。研究を実施した7件の多くは年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られているが、このうちの1～2件については、原子力安全研究として研究目標、研究計画に対してやや具体的成果に欠ける面があり、今後の努力が望まれる。実施した7件のうち、耐震信頼性評価に確率論的破壊力学を適用する研究は、昨年のBWRのひび割れ問題に関する安全委員会の依頼に応じた迅速な評価に役立った。実施できなかった5件のうち3件は、耐震安全研究で重要な基準地震動策定に関する研究分野のものであり、その実施に向けて一層の努力が必要である。今後の研究目標の達成見込みについては、これまで成果が得られている研究については、概ね妥当であると考え。残りの研究については、原子力安全研究としての意義を高める等の努力が望まれる。

「原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究」においては、3分野、8件の研究課題が選定されている。このうち2件については予算措置が講じられず研究が実施されなかった。また、1件は、予算不足と海外からのデータ入手が十分にできなかったため予定通りの進捗が得られなかったが、他の5件の研究については、期待していた成果がほぼ得られた。特に、安全目標策定等の参考となる原子力発電プラント周辺への影響評価のためのレベル3 PSA 手法の整備が進み、また地震リスクマネージメントに関する研究について、予定通りの成果が得られている。今後の研究目標及び成果の達成見込みについては、今までに成果が上がっている6件の研究は妥当であると考え。残りの研究については、いずれも重要な研究であり、研究計画を見直し、年次計画内の研究実施が期待される。また、リスク評価の安全規制への活用としてリスクインフォームド型規制の研究を原子力安全委員会としても進める方針が出されており、PSA 標準手法の整備も念頭に置き、この分野の研究が強化され進められることが期待される。

本中間評価は、本年次計画にあげられている研究課題につき各研究実施機関が作成した調査票をもとに実施したものである。中間評価を実施するにあたり評価票の各項目の記述に不整合（特に「今後の目標及び達成見込みの妥当性」における目標の捉え方の違いによるもの）が見受けられ、明確な評価ができないものがあつた。次期年次

計画において中間評価を行うとしたとき、年次計画の中で中間の目標を併せて明示することにより、合理的かつ効果的に適切な中間評価が実施できるものと期待される。

また、本年次計画の計画的遂行における課題として、予算の問題が上げられる。安全研究における一般会計予算の削減により、現時点において予算措置が全く講じられていない、もしくは予算の削減がなされたといった理由から、実施すべき研究課題として本年次計画に挙げられているにもかかわらず、全く実施されていないものや研究の進捗が遅れているものが数多く見受けられる。これらの研究課題については、研究計画の見直しが必要である。また、一般会計予算とは別の予算措置（例えば、特別会計による受託研究等）を確保して、その研究成果を活用していることから当面、実質的な進捗がある研究課題も見受けられる。しかし、このような研究においても、本年次計画の計画的遂行という観点からは、中長期的には今後の人材の維持や研究施設等の維持管理等で不確定要因の残るものである。また、予算、研究者数といった研究資源が充足しているにもかかわらず、本年次計画において達成見込みの観点から見直しが必要な研究課題もわずかではあるが見受けられる。これらについても、原因を分析・把握した後、早期に本年次計画を見直す必要がある。

## 2. 総合評価

### 2.1 水炉の安全性に関する研究

#### 2.1.1 軽水炉燃料の高度化等に関する研究

##### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野においては、4件の研究が選定されている。そのうち、予算措置のなされていない「MOX 燃料軽水炉炉心の炉物理特性に関する研究」（分類番号 1-1-3）を除き、他の3件は年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。

本研究分野では、高燃焼度燃料や MOX 燃料の安全評価の信頼性を確保することを目指しているが、「高燃焼度燃料・MOX 燃料の安全性に関する研究」（分類番号 1-1-1）及び「燃料からの FP 放出移行挙動に関する研究」（分類番号 1-1-2）ではハルデン共同研究の活用等により、FP の放出挙動、移行挙動等が明らかになりつつある。研究炉燃料の反応度事故時の燃料破損については、「研究炉燃料の安全性に関する研究」（分類番号 1-1-4）でトリガ燃料の実験は行われているが、シリサイド燃料については、ウランモリブデン合金燃料への移行が検討中であることから優先度が下がり実施されていない。これについては燃料形態の移行に関する動向を見極めつつ、再検討する必要がある。予算措置のない1件についても、MOX 燃料装荷炉心の炉物理特性評価のための研究であり、研究の重要性に鑑みた予算措置がなされることが望まれる。

##### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている要因は、予算措置の不足であり、それにとまなう人的資源の不足である。予算措置のなされていない分類番号 1-1-3 では、研究計画を練り直して研究の必要性を明確にするとともに、予算措置がなされることが望まれる。その他、研究炉燃料がシリサイド燃料からウランモリブデン合金燃料への移行を目指した研究が進行中であり、その優先度が変わるという研究環境の変化もある。

##### [3]国内外の研究動向

国内では、通常運転時、反応度事故時、ならびに、冷却材喪失事故時の燃料挙動については、電力共研として、原研の研究に参加するなどして、研究が進められている。燃料の FP 挙動、研究炉燃料については、原研以外の研究はない。

国外では、燃料挙動の研究が仏、米で、FP 挙動の研究が、米、仏、加で行われているが、高圧条件や溶融燃料からの放出挙動は調べられていない。また、水蒸気による燃料酸化等の影響や短半減期 FP については、あまり調べられていない。さらに、研究炉燃料については、研究が行われていない。

## 2.1.2 軽水炉の高経年化及び廃止措置に関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では8件の研究が選定されている。そのうち、予算措置のなされていない研究が2件あり、「原子力施設における高強度マスコンクリート部材の温度履歴特性及び強度特性の推定方法に関する研究」（分類番号 1-2-7）は、事実上研究が中止されているが、他の1件の「廃止措置の安全性に関する研究」（分類番号 1-2-8）については、特会受託研究の成果を活用して、一般会計予算なしに研究が進められ、他の6件（分類番号 1-2-1～6）とともに、年次計画通り研究が実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。

軽水炉の高経年化の研究としては、「原子炉圧力容器の健全性評価法の高度化に関する研究（分類番号 1-2-1）」、「機器・構造物の非破壊劣化評価と経年管理に関する研究（分類番号 1-2-2）」、「軽水炉用炉心構造材の高経年化損傷評価の高度化に関する研究」（分類番号 1-2-3）では、他機関間の連携という観点からケーブルの経年劣化を国のプロジェクトに引き継ぐなどの考慮がなされている。「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」（分類番号 1-2-4）では、実機条件を意識した試験計画を立てるとともに、発電技検の研究との重複を避けるよう考慮が払われるべきである。「原子炉プラント機器の高経年化と熱流動に関する研究」（分類番号 1-2-5）では、実機での環境を十分に考慮して進めるべきである。「原子炉構造材の遠隔検査技術に関する研究」（分類番号 1-2-6）では、実用化の見通しの検討、発電技検との棲み分けを行うべきである。

「廃止措置の安全性に関する研究」（分類番号 1-2-8）では、一般会計予算の獲得なしで、研究の遂行に支障がないか検討すべきである。

### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

予算措置のなされていない1件に加え、7件のうちの1件に一般会計予算がないものがあり、特会受託研究予算による研究の成果を活用して研究が進められているが、これらに今後の年次計画の計画的遂行にあたり支障が出ないか評価を行う必要がある。

### [3]国内外の研究動向

国内では、照射脆化の健全性の研究を発電技検と原研で、分担して実施している。コンクリートの経年劣化は、NUPEC でのプロジェクトが進行している。照射誘起応力腐食割れの研究が国のプロジェクトとして進められ、電力メーカーも参画している。

国外では、照射脆化の健全性の研究、コンクリートの経年劣化、照射誘起応力腐食

割れの研究等が、米国を中心として進められており、照射誘起応力腐食割れの研究等一部は、ハルデンプロジェクトや IAEA や OECD / NEA 等の国際機関でも行われている。

### 2.1.3 安全評価技術の高度化に関する研究

#### [1] 年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、5 件の研究が選定されている。このうち予算措置のなされていない、「安全解析の手法及びデータの高度化に関する研究」（分類番号 1-3-2）、「安全評価用核データの整備」（分類番号 1-3-3）の 2 件のうち、前者は、計画的に他テーマでのコードの整備後に開始する予定で待機状態であり、問題はないが、後者は、核データベースの整備が遅れることになり、評価技術の高度化に影響があろう。その他の 3 件は、特会受託研究の成果を活用し、あるいは民間企業との共同研究等を行うことにより、年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も、当初の目標が達成される見込みである。「核熱水力最適評価手法の高度化に関する研究」（分類番号 1-3-1）では、核熱結合熱水力実験装置 THYNC 等を用いた気液二相流挙動に関する実験データの収集による三次元核熱熱水力解析コードの開発・整備が行われた。「受動的安全系を有する軽水炉の安全評価に関する研究」（分類番号 1-3-5）では民間企業との協力により、受動安全機器を用いた総合試験により、データベースを整備し、多次元二流体モデル解析コード等の検証・整備に役立てた。「事故・故障の分析・評価に関する研究」（分類番号 1-3-4）は、研究資源が不足しているためか、必ずしも、十分に情報を継承して将来の利用に供する状況にはなっておらず、コード利用の高度化など、目的に対するアプローチの方法の妥当性について検討が望まれる。

#### [2] 研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている要因は予算措置の不足である。分類番号 1-3-2 と分類番号 1-3-3 の 2 件は予算措置がまったくなされておらず、他の 3 件のうちの一部は、一般会計予算が少なく、特会受託研究予算による研究の成果を活用して研究が進められているが、分類番号 1-3-5 では個別効果試験や大型施設の老朽化対策に支障が出ており、対策を講じる必要がある。

#### [3] 国内外の研究動向

国内では、BWR 安定性や三次元核熱水力挙動について、解析や解析コードの開発が中心である。三次元核熱水力挙動の速い過渡現象の解析について検証が進んでいるコードの開発は、分類番号 1-3-1 の研究のみである。新型炉に関しては、概念設計や微視的モデルによる解析手法の開発等が行われている。

国外では、国際機関も含めて、解析や解析コードの整備が中心である。新型炉関係

では、EU(スイス、ドイツ)における実験研究以外は、解析コードの開発が主である。

#### 2.1.4 シビアアクシデントに関する研究

##### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野においては、「溶融炉心/冷却材相互作用評価手法の高度化と影響評価に関する研究」(分類番号 1-4-1)、「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」(分類番号 1-4-2)の2件の研究が選定されている。これらは、年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。分類番号 1-4-1 は、予算措置の不足分を、特会受託研究の成果を活用し、既存のデータや SERENA 計画により得られた情報の分析によるシビアアクシデント時の水蒸気爆発解析コード JASMINE の数値解法の改良と非凝縮性ガスモデルの組み込み等、水炉安全の基盤強化を行った。分類番号 1-4-2 では基礎的な実験データの分析により気泡発生時の水撃力を系統的に評価できるようになった。両研究課題は、模擬実験とコードの改良による研究であり、NUPEC のコリウムを用いた実験等との連携方法を検討し、特に分類番号 1-4-2 においてはシビアアクシデント研究における位置付けを考えて目標を明確にすることが望ましい。

##### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

分類番号 1-4-1 では、予算の不足分を特会受託研究の成果を活用することにより対応しているものの、基礎的な情報の収集に支障がないか検討を要する。分類番号 1-4-2 では、年次計画通りに研究が進捗している。

##### [3]国内外の研究動向

国内では、NUPEC による実験以外は、基礎的な研究が主体である。

国外では、EU(仏)、韓国での水蒸気爆発実験を除き、コード開発が主である。

## 2.2 高速増殖炉の安全性に関する研究

### 2.2.1 安全設計・評価方針の策定に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野においては、「高速増殖炉におけるリスク情報を用いた安全設計方針の設定に関する研究」(分類番号 2-1-1)が、当初計画通り実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。なお、さらなる成果の公開、「もんじゅ」の指針類への反映や軽水炉のリスク情報規制との関連についての検討が望まれる。

これまでの主な成果として、炉心損傷事象の位置付けの調査検討、定量的安全目標についての論点の整理、新型炉に対するリスク情報の利用と深層防護との関係の整理等が行われ、安全設計に係る暫定的な設計要求案が策定された。安全設計方針については、炉心損傷事故の起因過程評価結果から、ナトリウム冷却 MOX 燃料大型炉心の設計に対するボイド反応度の目安の提示、設計最適化における留意事項の検討等が行われた。

#### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

#### [3]国内外の研究動向

本分野に関連する研究活動はない。

### 2.2.2 事故防止及び緩和に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、7件の研究が選定されている。これらの研究は全て年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。

これらのうち、「高速炉心の安全性に係わる核特性評価に関する研究」(分類番号 2-2-1)と「プルトニウム燃焼高速炉等の炉心安全性評価に関する研究」(分類番号 2-2-2)には類似点があるので、相互の情報交換または融合化の検討が必要である。これまでの主な研究成果として、分類番号 2-2-1 に関しては、高速炉用 70 群炉定数 JFS-3-J3・2R の作成と評価、JENDL-3.3 の評価、国内外の臨界実験解析による解析精度の評価と課題の抽出等が行われた。また、解析システムの高度化に関しては、次世代炉定数システムを完成させてその整備が進められるとともに、3次元輸送ノード法計算

コードの開発等が行われた。また、分類番号 2-2-2 に関しては、高速炉臨界集合体 FCA を使用し、炉心外周に共鳴吸収物質(タングステン)を設置してドップラー効果データを取得し、解析によりその計算精度の評価向上に関する検討等が行われた。

「高速増殖炉燃料の破損限界に関する研究」(分類番号 2-2-3)における主な研究成果は、定常・除熱能力低下型条件下での破損限界に関して、米国 FFTF 炉で照射したオーステナイト鋼被覆管材料の強度試験により、もんじゅ高燃焼度炉心の照射条件の評価に関する検討が行われた。過出力条件下での破損限界に関しては、日欧共同研究 CABRI-RAFT 計画での過渡試験結果の分析により、中空燃料の燃料溶融挙動評価モデルの改良が行われ、また、米国 TREAT 炉での共同研究における過渡出力試験計画の予備調査が実施された。

「機器・配管の寿命予測評価に関する研究」(分類番号 2-2-4)、「高速炉構造材の寿命予測評価に関する研究」(分類番号 2-2-5)、「LBB 評価手法に関する研究」(分類番号 2-2-6)においては、成果の積極的な論文化・公表が考慮されるべきである。また、分類番号 2-2-6 に関しては、セルフプラグと腐食に対する取り扱いの研究の必要性について明確にすべきであろう。

これまでの主な研究成果としては、分類番号 2-2-4 に必要なデータベースの拡充として、改良 9Cr-1Mo 等について 10 万時間を超えるクリープ試験、SUS304 鋼について  $10^8$  サイクルを超える高サイクル疲労試験などが継続・実施されている。寿命予測・測定技術開発として、高温でのクリープ損傷に適用可能な有限要素法ベースのミクロ組織変化モデルが開発され、またクリープ損傷を受ける SUS304 鋼の磁気特性変化に着目したき裂発生以前の材料損傷検出と破損位置の推定に磁気センサーを用いることの可能性が示された。SUS304 と改良 9Cr-1Mo 鋼の異材溶接継手 9 種類が製作され、クリープ破断試験が着手された。また、新材料の 12Cr 系フェライト鋼を適用した大口径配管における LBB 成立性が見通しが示された。

受動的な安全特性に関し、「常陽」を用いた ATWS 模擬試験の実施計画に関する研究(分類番号 2-2-7)が行われ、炉心湾曲解析手法の検討及び SASS(自己作動型炉停止系)の試験装置の製作が行われた。SASS は平成 15 年度に炉内への据付が予定されている。今後は「常陽」の運転計画に依存するものの、当初の目標が計画通り達成される見込みである。なお、研究成果の一般性の確保への配慮及び積極的な外部公表が望まれる。

## [2] 研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

## [3] 国内外の研究動向

炉物理分野の研究は、仏では高速炉用解析システム ERANOS と調整炉定数の開発、

高速炉臨界実験装置 MASURUCA でのプルトニウム燃焼高速炉模擬実験(CIRANO 計画)、ガス冷却高速炉の解析手法の開発等が行われている。露では、核兵器解体プルトニウムを BN-600 で焼却処分するための臨界実験・解析がサイクル機構との共同研究として実施されている。米国では、EBR- でのブランケット燃料の照射後試験解析によるプルトニウム生成の計算精度の検討が行われている。また、IAEA では、MOX 燃料を部分的に装荷した炉心についてのベンチマーク解析が 8 ヶ国参加のもとで行われている。

炉心材料に関する研究は、仏ではサイクル機構との間で炉心材料の交換照射試験及び情報交換を進めており、米国では日本との共同研究による新型燃料に関する TREAT 新計画の予備調査を進めている。

構造健全性に関する研究については、国内及び海外での軽水炉を含む複数の産業分野で、高経年化対策あるいは健全性維持のための基準の検討、及び基盤となる破壊・非破壊の材料損傷監視技術あるいは検査技術の信頼性を目的とした研究開発が盛んに進められている。SUS304 鋼と改良 9Cr-1Mo 鋼の異材溶接継手に関しては、国内外ともに同種の研究例はない。高速炉 LBB 評価法の研究に関しては、民間企業でも実施されており、また、仏とサイクル機構の間で共同研究が進められている。

受動的安全性に関しては、国内では電中研等で窒化物燃料、金属燃料を用いた高速炉の ATWS の解析・評価に関する研究が行われている。

## 2.2.3 事故評価に関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では 4 件選定されている。そのうち 3 件は、年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。当初計画より進捗遅れのある「ナトリウム - 水反応評価技術の高度化に関する研究」(分類番号 2-3-4)は、大型試験装置による蒸気発生器ナトリウム - 水反応試験に関するものであり、研究計画の見直しにより目標達成できる見込みである。

主要な成果として、「過渡伝熱流動現象評価に関する研究」(分類番号 2-3-1)では、配管合流部における低周波流動振動の発生メカニズムが検討されるとともに、代表的な配管合流形状での温度変動特性、流動状況の試験が行われた。また、T 字管合流部におけるサーマルストライピングの評価フローが構築され、日本機械学会の指針類策定に反映された。「高燃焼度炉心内熱流動現象の評価に関する研究」(分類番号 2-3-2)として、変形集合体内の混合現象に関するナトリウム試験が実施され、解析コードの開発・整備が着手された。「ナトリウム燃焼及びソースタームに関する研究」(分類番号 2-3-3)として、液滴燃焼挙動及びプール燃焼残渣の再着火挙動の試験が行われ、また微小漏えい検出信頼性評価として、レーザを用いた漏えい検出器の応答性確認試験が行われた。分類番号 2-3-4 に関して、反応ジェットの温度分布、伝熱管への熱伝

達特性データ及び 12Cr 鋼伝熱管のウェステージデータの取得、水ブロー解析コードの検証、高温ラプチャ型破損による破損伝播に係わる評価コードの整備・検証が行われた。

## [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

分類番号 2-3-4 の進捗遅れに影響を与えている要因は、実用化戦略調査研究の推移及び原型炉「もんじゅ」設置変更許可申請のうちの蒸気発生器に関する安全審査等を考慮した試験計画の見直しにより、大型試験装置 SWAT-3R の第 1 回試験の実施が約 2 年遅れたためである。今後の研究実施においては、「もんじゅ」安全性確認への反映の考慮等が必要であり、また、成果の公表の促進が望まれる。

他の 3 件の研究に関しては、年次計画通り研究が進捗している。

## [3]国内外の研究動向

配管の高サイクル熱疲労に対する評価法に関し、敦賀 2 号炉でのトラブルを受けて、平成 14 年に日本機械学会にて評価指針が策定された。また、日仏政府間協力協定に基づき、サーマルストライピング等の熱疲労評価を行うための乱流モデル開発に係わる共同研究が平成 14 年度より開始された。

ナトリウム-水反応現象評価に関して、水リーク検出の高度化の観点から、音響計の開発が電力会社を中心に行われている。NUPEC において、高温ラプチャ型破損の解析手法の開発が英国 AEA-T への契約により実施されている。

## 2.2.4 シビアアクシデントに関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野においては、2 件の研究が選定されている。両研究ともに、年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。

主要な成果としては、「炉心損傷時の事象推移評価に関する研究」(分類番号 2-4-1) に関して、安全性試験データの総合評価として CABRI-FAST 試験データ分析・解析評価が行われ、同試験の総合評価が完了した。起因過程解析コード SAS4A、及び炉心崩壊過程解析コード SIMMER- の検証・改良が欧州研究機関と共同で行われた。「炉心損傷時の融体放出移行挙動に関する研究」(分類番号 2-4-2) に関して、模擬物質を用いた炉外基礎実験として、冷却材ボイド拡大挙動に関する可視化試験、燃料流出過程における冷却材逆流型 FCI 挙動試験が行われた。また、カザフスタンでの IGR 炉外試験では、ダクト破損とダクトを通じた融体流出挙動に関するデータが得られた。

## [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

## [3]国内外の研究動向

金属燃料高速炉の起因過程解析コードとして、電中研において CANIS コードの開発が進められている。

海外では、SAS4A コードについて日独共同で開発検証が実施された。ロシアの BN-600 の安全解析に SAS4A が米国から供与され、その技術的支援を日本が行っている。SIMMER- コードについての総合検証計画が日仏独共同体制で行われた。

### 2.2.5 運転管理及び施設管理に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野においては、2件の研究が選定されている。両研究ともに、年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られている。「燃料破損時の運転手法最適化に関する研究」（分類番号 2-5-1）において、破損燃料検出装置（FFDL）に関連したレーザ共鳴イオン化質量分析システム（RIMS）のクリプトン検出部が開発され、燃焼度推定による破損燃料の絞込みを可能とする検出性能が得られたことにより、RIMS が「常陽」に設置された。また、「常陽」での人工欠陥燃料を使用した燃料破損模擬試験計画が作成されるとともに、その実施に備え、カバーガス中に放出された核分裂生成ガスを除去・測定するカバーガス浄化装置・オンラインガンマ線モニタの整備、機能確認試験等が実施された。今後は「常陽」の運転計画に依存するものの、当初の目標が計画通り達成される見込みである。

「高速炉のナトリウム洗浄及び処理に関する研究」（分類番号 2-5-2）では、ナトリウムの温度とキャリアガスの湿度をパラメータとした洗浄速度のデータが得られ、また、苛性ソーダ水溶液中にナトリウムを注入する際の特性を評価するためのナトリウム処理試験装置が製作された。保管・貯蔵のための苛性ソーダ固化体を製作する最適条件を得るため、苛性ソーダ濃度、苛性ソーダとスラグ固化材との混合割合をパラメータとした試験が実施され、廃液スラグ法の適用性が見通しが得られた。本研究は、処理技術に関する試験で一部の遅れはあるものの、当初の目標が計画通り達成される見込みである。

## [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

### [3]国内外の研究動向

特記すべき関連研究は実施されていない。

## 2.3 核燃料施設の安全性に関する研究

### 2.3.1 臨界安全性に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野においては、臨界解析に関する手法の高度化及び実験による検証の2件、MOX加工施設の臨界管理と未臨界モニタの開発の2件の合計4件の研究が選定されている。これら4件はともにほぼ所定の成果を挙げているが、実験による検証に係る「臨界安全性の実験的研究」(分類番号3-1-2)については、ウラン・プルトニウム混合溶液系の実験は予算の関係で延期される見込みである。この件は主として再処理施設の臨界安全性に係わるので、成果が得られるタイミングに注意する必要がある。また、「未臨界モニタの開発」(分類番号3-1-4)については実体系をモデルとしたシミュレーション解析等が、研究資源が確保できなかったため未実施になっているが、今後目標通り実施されることが望まれる。

#### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている要因は、「臨界安全性の実験的研究」(分類番号3-1-2)と「未臨界モニタの開発」(分類番号3-1-4)の2件が予算不足、これに加えて後者は人員不足を挙げている。これらについては予算措置を含む研究資源の確保：例えば、東海再処理施設等保有する研究資源の最大限の活用等が望まれる。

#### [3]国内外の研究動向

本研究分野では海外でも広く研究されており、特に臨界事故時の線量評価については国際的な比較実験が行われている。MOX加工については、米国において解体核のための燃料製造施設の許認可が進行中である。未臨界度モニタについては、そのベースとなる解析手法については国内外の蓄積があるものの、モニタそのものの開発研究は海外でもあまり公表されていない(調査票では「未調査」とされている)。

### 2.3.2 遮へい安全性に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、3件の研究が選定されている。そのうち「核燃料施設における中性子線量評価に関する研究」(分類番号3-2-1)と「リサイクル燃料資源中間貯蔵システムにおける放射線遮蔽に関する研究」(分類番号3-2-2)については、いずれも年次計画通りに実施され、期待した成果が得られており、今後も当初の目標が達成される見込みである。特に分類番号3-2-1では、国内外で数多くの成果発表が行われている。「複雑形状部ストリーミング安全評価手法に関する研究」(分類番号3-2-3)では現段

階においては年次計画通りに実施され、期待されていた成果がほぼ得られているが、達成見込みが明確ではない。複雑形状部ストリーミング安全評価が検討されており、計算コードの開発等を目指してはいるものの、より具体的な最終成果の形を明らかにしておくことが望まれる。

#### [2] 研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り計画が進捗している。

#### [3] 国内外の研究動向

分類番号 3-2-1 と分類番号 3-2-2 に関する 2 件については施設に特化したデータが集積されているので、基礎的な部分を除いて国内外の研究と比較することが難しい。分類番号 3-2-3 については、同様の研究が国内では日本原子力学会等で発表されているが、海外では研究はされているがその成果があまり公表されていない。

### 2.3.3 閉じ込め安全性に関する研究

#### [1] 年次計画の達成度及び達成見込みの評価

核燃料施設において、平常時のみならず異常時において、安全上の重要度に応じ“多重閉じ込め”の安全裕度を適切に評価すると共に、閉じ込めの安全性を向上させていくことが重要である。

このため、合理的な評価手法（2 件）、基礎データの収集（4 件）及び閉じ込め管理（2 件）に関する研究が選定されている。

これらの研究はほぼ年次計画に沿って進捗しているが、一部（「異常事象時における換気系の安全性に関する研究」（分類番号 3-3-6）、「負圧監視・管理のシステム開発に関する研究」（分類番号 3-3-7）などに、予算の削減などのため、十分な成果が得られておらず、また、達成の見込みも低いものがある。これらの研究は重要であるが、その進め方及び運転管理における安全規制研究のあり方の検討が必要であろう。

#### [2] 研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている主要な要因は、予算と研究者数であり、その他の要因として、現有予算と人の有効活用、研究実施前における基礎調査分析の充実の必要性が挙げられている。特に、具体的施設への適用をめざす研究に対しては、予算措置が必要と思われる。

#### [3] 国内外の研究動向

国内は、民間において HEPA フィルターの性能試験、火災時換気系評価コードの開

発、硝酸と TBP の反応、臨界防止のための Pu 蓄積などの基礎データに係る試験研究が進められているが、いずれも実施設の許認可に対する安全評価あるいは事故評価のためのものである。

## 2.3.4 運転管理・保守及び放射線管理に関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

核燃料施設において、施設の運転管理を十分な信頼性をもって行うことが必要であり、監視技術や経年変化に対する評価の信頼性をさらに向上させることが必要である。

このため、再処理材料の評価（2件）、臨界監視技術（1件）及び放射線モニタ（1件）の高度化に関する研究が選定されている。

これらの研究のうち、「再処理施設新材料耐食安全性評価システム開発（分類番号 3-4-1）」「高信頼性再処理材料技術の研究」（分類番号 3-4-2）は一般予算（予算及び研究者数）が手当されていないことから成果はなく、今後の達成の見込みも低い。しかしながら、特別会計による実証試験が活発に進められ、当面の実施設への対応が図られている。「臨界監視技術の高度化に関する研究」（分類番号 3-4-3）では、予算の削減があり、試作測定器を製作することはできなかったが、事故時の臨界監視は重要であるので、今後目標通りに展開するよう期待する。「走行式放射線モニタの高度化に関する研究」（分類番号 3-4-4）は、少ない予算で成果は限られているが、臨界誤作動のデータ収集、放射線測定器の研究は進展している。将来、実用に向けた展開が期待される。

### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている要因は予算措置の不足であり、重要性に鑑みた予算措置がなされることが望まれる。

### [3]国内外の研究動向

国内外における動向については、民間において実機対応のためのステンレス鋼の最適化と鋭敏化防止のための改良がなされているが腐食評価手法及びデータは公表されておらず、情報交換の個別協力が進みつつある。

臨界監視モニタについて警報装置そのものの開発研究は見当たらないが放射線検出、希ガスモニタの高度化研究がなされている。放射線モニタについては、防災ロボットシステムの開発はなされているが、セル内遠隔操作モニタの開発は今後の課題である。

## 2.3.5 放射性廃棄物の管理に関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

核燃料施設において、低レベル放射性廃棄物のみならず TRU 廃棄物、高レベル廃棄物が排出され、それぞれ保管、処分との関係において、処理・貯蔵管理がなされている。これらは広義に安全を確保するための技術開発であるが、今後は、減容、安定化や廃棄体選定のための基礎データ取得等の研究が必要である。

そのため、再処理系低レベル放射性廃棄物の廃棄体選定のための基礎データの収集（1件）、TRU 廃棄物の減容技術（2件）に関する研究が選定されている。「再処理施設新材料耐食安全性評価システム開発」（分類番号 3-5-1）、「TRU 廃棄物の高度減容・処理技術に関する研究」（分類番号 3-5-2）は、年次計画通りに実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。しかしながら、技術開発研究との関係、安全研究の位置付けの検討が必要と思われる。「再処理施設低レベル廃棄物処理技術に関する研究」（分類番号 3-5-3）については、予算措置がなされておらず、十分な成果が得られていないので、廃棄物管理業務との関係、研究の目標を含めて、見直す必要がある。

### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている要因は、予算措置の不足であるが、この区分の研究については、ライン業務、技術開発研究との関係を安全規制の視点で整理していく必要がある。

### [3]国内外の研究動向

再処理系低レベル廃棄物については、固化技術を中心にセメント固化などの多くの技術開発がなされている。

TRU 廃棄物の減容については、高度化再処理プロセス、TRU 核種の分離プロセスの開発の一環として国内外（日、仏、英、露）で活発に進められ、合理的処分システムの評価が開始されつつある。

## 2.4 放射性物質輸送の安全性に関する研究

### 2.4.1 遮へい・臨界に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、「燃焼度を考慮した使用済み燃料輸送物の臨界安全性の研究」(分類番号 4-1-1)、「事故時の被曝線量モニタリングと放射線安全性の確保に関する研究」(分類番号 4-1-2)、「遮へい計算コードシステムの高度化に関する研究」(分類番号 4-1-3)の合計3件の研究が選定されている。このうち分類番号 4-1-1 と分類番号 4-1-3 については年次計画通りに実施され、期待された成果が得られており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。分類番号 4-1-2 は、予算措置がなされておらず、研究が実施されていないことから、平成 14 年度末現在所定の成果はあげられていない。

#### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

分類番号 4-1-2 において研究の進捗に影響を与えている要因は予算措置がなされなかったことである。ただし、この研究は平成 15 年度から5ヵ年計画で実施することとされ、予算措置も行われたので、当初より2年遅れの平成 19 年度までには初期の目標を達成するものと期待される。

#### [3]国内外の研究動向

使用済み燃料輸送物に対して燃焼度クレジットを考慮した設計は欧米で承認され始めており、仏では実験的研究が行われている。輸送物に関する遮へい計算コードシステムの利便性改善については、もともと安全審査の効率化を目指した研究であり、国内外で行われているとしても研究成果としてあまり公表されていないように思われる。また、事故時における被ばく線量モニタリング等の評価については、国内に参考とすべき事故例、輸送容器の過酷条件下における遮へい性能評価等の研究例がある。

## 2.5 原子力施設の耐震等の安全性に関する研究

### 2.5.1 基準地震動策定に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、「海域活断層の三次元的調査」(分類番号 5-1-1)、「限界地震評価における未解明の諸問題に関する研究」(分類番号 5-1-2)、「想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究」(分類番号 5-1-3)及び「原子力施設立地地域及びその周辺における地震発生ポテンシャル評価手法に関する研究」(分類番号 5-1-4)の4件の研究課題が選定されている。

このうち、分類番号 5-1-3 は、年次計画通りに実施されているが、これ以外の課題は予算措置がなされておらず、研究が実施されていない。分類番号 5-1-3 における年次計画の達成度は、想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関して、最近の地震学の進捗に沿った研究が進められており、これまで期待していた成果がほぼ得られている。今後も当初の目標が計画通りに実施される見込みであるが、原子力安全研究としての特徴をさらに明確にすることが必要であり、今後の研究実施に当たって、地震・地震動の不確実性やリスク評価を踏まえた設計用地震動の設定に関する成果を得る等、原子力安全研究としての成果を得ることが期待される。

#### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

分類番号 5-1-1、分類番号 5-1-2、分類番号 5-1-4 の研究の進捗に影響を与えている要因は、予算措置がなされなかったことによる。分類番号 5-1-1 は原子力発電施設の耐震安全性に与える影響が大きく、海陸境界の活断層の連続性等、その性状評価は安全審査での重要な課題である。また、分類番号 5-1-2 は、原子力発電施設の耐震安全設計を支配するほどに影響が大きく、長大な活断層帯のセグメンテーションの評価、地表に断層が出現しない活断層の評価等は安全審査での重要な課題である。さらに、分類番号 5-1-4 は、近年著しく充実したわが国の地震調査観測データを活用し、地震の活動状況や地殻応力状態を把握し、原子力施設周辺の地震発生ポテンシャルを評価しようという新しい試みである。これらの耐震の基盤的重要課題は、長期的に調査研究する必要があり、予算措置がなされることが望まれる。

#### [3]国内外の研究動向

分類番号 5-1-1 に関連する研究として、これまで陸域における活断層に関しては多くの研究があるが、海域の活断層については極めて少ない。活断層の評価は調査地点の地質構造的特性が調査精度に影響する度合いが大きく、調査地点の特性を踏まえた調査により調査精度を高めるノウハウの蓄積が重要である。

分類番号 5-1-2 に関連する研究として、地震調査研究推進本部が行っている活断層

評価があげられるが、原子力施設を対象とした限界地震評価における未解明の諸問題に関する研究はほかに行われていない。

分類番号 5-1-3 に関連する研究として、兵庫県南部地震を契機として設計地震動の見直しのための研究が各方面で行われている。また、近年の地震観測網の整備に伴い、高精度の地震観測記録が大量に得られるようになり、これらを用いた地震動特性研究が国内外において多く実施されつつある。

分類番号 5-1-4 に関連する研究として、地震調査研究推進本部が進めている地震発生の長期確率評価や、特定地域の地震発生予測研究として東海地震等があげられる。しかし、原子力施設周辺地域の地殻応力や地震発生状況を把握して地震発生ポテンシャルを評価する研究は見当たらない。

## 2.5.2 機器・配管系の健全性に関する研究

### [1] 年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、「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」(分類番号 5-2-1) が年次計画通り実施されている。研究は、減肉配管の減肉条件及び荷重条件をパラメータとした繰り返し载荷試験を行い破損に至るまでのデータを取得する等、期待した成果がほぼ得られている。また、研究実施体制に共同研究機関及び研究協力機関による研究会の設置、火力発電プラントの実際の腐食環境下で腐食した減肉配管を実験に用いる等、研究成果をより説得力あるものにしており、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。

### [2] 研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

### [3] 国内外の研究動向

国内で関連する研究は、原研で、1975年から1992年にかけて、き裂付き配管を対象として、配管信頼性実証試験により配管疲労試験、不安定破壊試験、破断試験等を行っている。NUPECでは、2000年度から2002年度にかけて減肉配管の耐震実証試験により、減肉配管の限界強度評価や配管系の耐震安全裕度評価などの検討を行なっている。海外では、米国 Surry 原子力発電所のエルボ破壊事故(1986)、ベルギー Doel 原子力発電所の T 継手及びエルボの破損事故(1987)、台湾 Maanshan 原子力発電所の抽気系直管破損事故(1996)などのような、減肉を原因とする深刻な破損事故があり、各国で減肉の許容基準の制定が進められている。米国では、原子力発電施設の維持基準として、ASME(米国機械学会)の Boiler and Pressure Vessel Code section XI が使用されている。

## 2.5.3 新構造システムに関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、「核燃料施設免震構造に関する高度化研究」(分類番号 5-3-1)「原子力施設の新システムによる免震・制振化技術の研究」(分類番号 5-3-2)及び「新素材を用いた高性能コンクリートの原子力施設への利用と開発に関する研究」(分類番号 5-3-3)の3件の研究課題が選定されている。

分類番号 5-3-1 及び分類番号 5-3-2 は、年次計画通り実施されているが、分類番号 5-3-3 は実施されていない。分類番号 5-3-1 の研究では、新規性のある成果がこれまでには得られていない。本研究は、核燃料サイクル開発機構で実際に免震構造を採用した再処理施設ユーティリティー施設建家を使用した試験であり、実証データを得るための貴重な試験ではあるが、年次計画の期間に得られる地震観測データには限りがあるため大地震や長周期地震も視野に入れた検討により年次計画期間内の目標達成が望まれる。

分類番号 5-3-2 の研究では、すべり支承 + MR 流体(磁気粘性流体)ダンパを組み合わせた免震・制振化装置を対象としており、今後も順調に成果が得られると考えられるが、原子力施設ではこうした装置に対して特に高い信頼性、冗長性が要求されることに留意して、原子力施設の免震・制振化のための措置の有効性を検証することが重要であろう。

### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

分類番号 5-3-1 及び 5-3-2 は、年次計画通り研究が進捗している。

分類番号 5-3-3 が実施できていない要因は、予算措置がなされなかったことにある。

### [3]国内外の研究動向

分類番号 5-3-1 に関連する研究は、免震設計は一般建築の分野では一つの構造形式として定着している。発電用原子炉施設への免震設計の適用研究は、電力中央研究所の研究や電力共通研究等が行なわれており、その成果に基づいて高速炉免震技術指針(案)や(社)日本電気協会が原子力発電所免震構造設計技術指針(JEAG4614)がまとめられている。

分類番号 5-3-2 に関連する研究は、建築研究所が、日米構造共同実験研究「高知能建築構造システムの開発」において、MR 流体(磁気粘性流体)ダンパを用いた大型耐震実験を実施している。

分類番号 5-3-3 に関連する研究は、対象としている炭素繊維やアラミド繊維などの新素材を用いた高性能コンクリートの研究は、一般建築分野では実施されているが、

原子力施設への適用に関しては、その有用性を十分に検討することが必要であり、そのような研究は実施されていない。

#### 2.5.4 地震時の運転・保守等に関する研究

##### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、「地震等の異常状態における人間の作業能力の評価と挙動の推定」(分類番号 5-4-1)及び「同時多発火災リスク評価手法の研究」(分類番号 5-4-2)の2件の研究課題が選定されている。

分類番号 5-4-1 は進捗が全くない。分類番号 5-4-2 の研究は、機器損傷解析コード、火災進展解析コードの開発は進捗したようであるが、実験によるこれらのコードの検証が不明である等、年次計画の達成度はやや不十分と考えられ、今後の研究目標の達成見込みも低い。当初目標達成に必要なコードの開発および調査・実験は概ね終了しているが、原子力プラントの主要情報源に関して十分な検討を加えることが望まれる。

##### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

分類番号 5-4-1 が実施できていない要因は、予算措置がなされなかったことにある。本研究は地震時における危機管理体制の確立に必要と考えられ、今後予算措置がなされることが望まれる。分類番号 5-4-2 は、年次計画通り研究が進捗している。

##### [3]国内外の研究動向

分類番号 5-4-2 に関連する研究は、米国では NRC(原子力規制委員会)が既存原子力発電施設の火災リスク評価を各事業者に要求し実際のプラントでの評価を行っている。

#### 2.5.5 地震 PSA に関する研究

##### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では、「耐震設計用ハザードマップに関する研究」(分類番号 5-5-1)及び「確率論的手法による構造機器の地震時の信頼性評価に関する研究」(分類番号 5-5-2)の2件の研究課題が年次計画通り実施されている。今後の研究成果の達成見込みについては、施設 5-5-1 の研究は、地震調査研究推進本部で行なわれている強震動予測地図作成とも密接に関連しており、原子力発電施設の耐震設計のためのハザードマップの独自性を如何に発揮するかが年次計画目標達成に重要と考えられる。施設 5-5-2 は、確率論的破壊力学手法のコードの整備が進められており、高経年化プラントの耐震安全性を評価するための確率論的破壊力学手法のコード整備に関し、年次計

画の目標達成はほぼ可能と考えられる。

## [2] 研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

## [3] 国内外の研究動向

分類番号 5-5-1 に関連する研究は、地震調査研究推進本部で行なわれている強震動予測地図作成のプロジェクトが進行中である。海外では、米国で USGS による NEHRP 規準や IBC 規準のためのハザードマップが作成され公開されている。

分類番号 5-5-2 に関連する研究は、国内研究では原研と溶接協会の破壊力学解析コードの研究がある。海外の研究では、地震荷重の影響を考慮した確率論的破壊力学解析について、代表的な解析コードとして PRAISE(D.O.Harris, D.D.Dedhia et al, “Theoretical and User’s manual for pc-PRAISE, NUREG/CR-5864, 1992)がある。

## 2.6 原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究

### 2.6.1 確率論的安全評価に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

本研究分野では6件の研究課題が選定されている。そのうち、「リスク情報の活用に関する研究」(分類番号6-1-1)では、設備や運転管理の変更の可否の判断にPSAによるリスク情報を提供できる手法の整備、特定の運転管理への適用、核燃料サイクル施設のリスク評価手法の整備が計画されており、これまで安全目標の策定の参考となるレベル3 PSA手法の整備、その不確定の寄与因子の分析手法の開発等が実施され、期待していた成果がほぼ得られており、今後の目標及び達成見込みも概ね妥当である。安全目標での活用については、その利用の戦略や社会からのフィードバックや要請に応える研究も考慮することが望まれる。

「地震リスクマネジメントに関する研究」(分類番号6-1-2)では、免震技術、地震スクラム、アクシデントマネジメントの地震時有効性の検討、及び、リスクを考慮した耐震設計法の開発等が研究目標であり、これまでIPEEE(米国の個別プラントの外的事象評価)のレビュー、第4紀層立地を想定した原子力発電プラントの地震PSAが実施され、期待されている成果があったと言える。レベル3 PSAの実施とリスクを考慮した耐震設計法が今後の計画であり、目標及び達成予想もほぼ妥当である。

「リスク情報に基づく高速増殖炉プラントの運転・保守に関する研究」(分類番号6-1-3)では、信頼性のデータ収集・整備と分析・評価に関する研究は、期待した成果がほぼ得られている。今後のリスク情報に基づく運転・保守管理方策の検討については、その目標及び達成見込みも妥当である。

「原子力プラントの経年劣化に対する確率論的安全評価手法の開発」(分類番号6-1-4)では、プラントの経年変化の情報収集、損傷状況の評価、確率論的手法による評価が研究内容であるが、予算措置がなされておらず、実施されていない。

「核燃料施設の信頼性評価手法に関する研究」(分類番号6-1-5)では、核燃料施設のPSAを合理的効率的に実施するシステムの開発において、東海再処理施設の高放射性廃液濃縮工程にHAZOP手法を適用してその有用性が確認され、また、信頼性データの収集整備は進められおり、期待した成果がほぼ得られている。今後の研究の目標、達成見込みも妥当である。なお、目標達成のための課題は多く、軽水炉のPSA手法でなく、HAZOPを中心としてはとの指摘がある。

「MOX加工施設の確率論的安全評価の適用研究(分類番号6-1-6)では、MOX加工施設のPSA実績調査、事象シーケンスの抽出・定量化と推移解析と放射性物質移行評価、及び主要なリスク因子の分析・整理が研究内容であるが、予算不足と、欧米の関連施設の安全評価情報が入手できなかったため、期待通りの成果は得られていない。国内

MOX 加工工場の計画も遅れ気味のもあり、当初の計画通りに達成される見込みも低い。

### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

リスク情報の活用法に関する研究や、地震リスクマネジメントに関する研究では、今後の目標達成において、予算及び人材の確保に配慮が必要である。高速増殖炉プラントのリスク情報に基づく運転・保守に関する研究では、「もんじゅ」の運転再開の遅れが、成果の活用に影響する恐れある。原子力プラントの経年劣化に対する PSA 手法の開発では、国内外での機器の損傷発生を考えると、重要なテーマであるが、研究予算が確保されず全く実施されていない。研究計画の見直しを含めた検討が必要である。MOX 加工施設の PSA の適用研究では、予算不足と公開データ入手困難により、研究進捗は不十分で、今後の達成見込みも十分でない。

### [3]国内外の研究動向

リスク情報を活用する原子力発電プラントの安全規制が米国ではリスクインフォームド規制として運転管理を中心に実用されて来ており、PSA は実用研究の段階にきている。我が国では、PSA の技術開発が民間を含めた各機関で進められてきており、安全目標の策定とリスクインフォームド型規制の検討が始められた状況であるが、敷地周辺への事故影響の評価を行うレベル 2 及びレベル 3 PSA の手法、外的事象特に地震に対する PSA 手法の整備、核燃料施設の確率論的評価手法の開発が待たれる。

## 2.6.2 ヒューマンファクタに関する研究

### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

ヒューマンファクタに関する研究では、マンマシンインターフェースの重要性の認識に基づき、原子力施設のより一層の安全性向上のために、運転員等のシステム理解、状態把握及び対処能力を支援することが重要であり、その研究が期待されている。

「原子力施設における人間の役割とインターフェースシステムのあり方に関する研究」(分類番号 6-2-1)では、予算措置がなされておらず、研究が実施されていない。

### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

研究の進捗に影響を与えている要因は予算措置の不足である。

### [3]国内外の研究動向

原子力安全にヒューマンファクターは重要であり、民間や研究機関で、設計、評価、運転管理、運転訓練等に関して研究が実施されている。安全研究としては、優先課題

に焦点を当てた研究が望まれる。

### 2.6.3 原子力防災に関する研究

#### [1]年次計画の達成度及び達成見込みの評価

原子力災害対策特別措置法の制定に基づく施設防災計画や地域防災計画の整備、防災訓練等を含む防災対策が進められているところであり、防災の継続的な見直しや強化に資する PSA やシビアアクシデントの知見に基づく研究や防災時の情報伝達のあり方等の研究の実施が望まれている。

「原子力防災に関する研究」(分類番号 6-3-1)では、防災対策の実効的、高度化に向けレベル3 PSA を参考とした研究、JCO の事故を例とした情報伝達の調査研究が年次計画通りになされており、期待した成果がほぼ得られ、今後も当初の目標が計画通り達成される見込みである。さらに、関連研究〔文科省特会等〕が同時に進められ、成果を上げている。広い視点からの研究が重要である。

#### [2]研究の進捗に影響を与えている要因の分析

年次計画通り研究が進捗している。

#### [3]国内外の研究動向

国際的には、IAEA が防災に係る対策指標を提案しており、我が国の研究の参考になると考えられる。

### 3. 安全研究年次計画(平成13年度～平成17年度) 課題 分類番号一覧及び評価結果

安全研究の達成度  
 1:期待していた成果がほぼ得られた  
 2:半分以上得られた  
 3:あまり得られなかった  
 4:実施できず

目標の設定の妥当性  
 1:妥当である  
 2:妥当でないところがある

達成見込みの妥当性  
 1:妥当である  
 2:妥当でないところがある

(注意)評価結果は複数の評価者の平均

分類番号	研究課題	実施機関	中間評価結果								
			達成度				目標の設定		達成見込み		
			1	2	3	4	1	2	1	2	
1 水炉の安全性に関する研究											
[1]軽水炉燃料の高度化等に対応する研究											
1-1-1	高燃焼度燃料・MOX燃料の安全性に関する研究	原研									
1-1-2	燃料からのFP放出移行挙動に関する研究(VEGA計画)	原研									
1-1-3	MOX燃料軽水炉炉心の炉物理特性に関する研究	原研									
1-1-4	研究炉燃料の安全性に関する研究	原研									
[2]軽水炉の高経年化及び廃止措置に関する研究											
1-2-1	原子炉圧力容器の健全性評価法の高度化に関する研究	原研									
1-2-2	機器・構造物の非破壊劣化評価と経年管理に関する研究	原研									
1-2-3	軽水炉用炉心構造材の高経年化損傷評価の高度化に関する研究	原研									
1-2-4	高経年化軽水炉用構造部材の非正常条件下の高温水中環境加速効果	物材機構									
1-2-5	原子炉プラント機器の高経年化と熱流動挙動に関する研究	海技研									
1-2-6	原子炉構造材の遠隔検査技術に関する研究	産総研									
1-2-7	原子炉施設における高強度マスコンクリート部材の温度履歴特性および強度特性の推定方法に関する研究	建築研									
1-2-8	廃止措置の安全評価に関する研究	原研									
[3]安全評価技術の高度化に関する研究											
1-3-1	核熱水力最適評価手法の高度化に関する研究	原研									
1-3-2	安全解析の手法及びデータの高度化に関する研究	原研									
1-3-3	安全評価用核データの整備	原研									
1-3-4	事故・故障の分析評価に関する研究	原研									
1-3-5	受動的安全系を有する軽水炉の安全評価に関する研究	原研									
[4]シビアアクシデントに関する研究											
1-4-1	溶融炉心/冷却材相互作用評価手法の高度化と影響評価に関する研究	原研									
1-4-2	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	海技研									
2 高速増殖炉の安全性に関する研究											
[1]安全設計・評価方針の策定に関する研究											
2-1-1	高速増殖炉におけるリスク情報を用いた安全設計方針の設定に関する研究	サイクル機構									
[2]事故防止及び緩和に関する研究											
2-2-1	高速炉心の安全性に係わる核特性評価に関する研究	サイクル機構									
2-2-2	プルトニウム燃焼高速炉等の炉心安全性評価に関する研究	原研									
2-2-3	高速増殖炉燃料の破損限界に関する研究	サイクル機構									
2-2-4	機器・配管の寿命予測評価に関する研究	サイクル機構									
2-2-5	高速炉構造材の寿命予測評価に関する研究	物材機構									
2-2-6	LLB評価手法に関する研究	サイクル機構									
2-2-7	「常陽」を用いたATWS模擬試験の実施計画に関する研究	サイクル機構									
[3]事故評価に関する研究											
2-3-1	過渡伝熱流動現象評価に関する研究	サイクル機構									
2-3-2	高燃焼度炉心内熱流動現象の評価に関する研究	サイクル機構									
2-3-3	ナトリウム燃焼及びソースタームに関する研究	サイクル機構									
2-3-4	ナトリウム-水反応評価技術の高度化に関する研究	サイクル機構									
[4]シビアアクシデントに関する研究											
2-4-1	炉心損傷時の事象推移評価に関する研究	サイクル機構									
2-4-2	炉心損傷時の融体放出移行挙動に関する研究	サイクル機構									
[5]運転管理及び施設管理に関する研究											
2-5-1	燃料破損時の運転手法最適化に関する研究	サイクル機構									
2-5-2	高速炉のナトリウム洗浄及び処理に関する研究	サイクル機構									

注意) 評価結果は複数の評価者の平均

分類番号	研究課題	実施機関	中間評価結果							
			達成度				目標の設定		達成見込み	
			1	2	3	4	1	2	1	2
<b>3 核燃料施設の安全性に関する研究</b>										
[1] 臨界安全性に関する研究										
3-1-1	臨界安全性評価手法の研究	原研								
3-1-2	臨界安全性の実験的研究	原研								
3-1-3	MOX加工施設等の臨界管理に関する研究	サイクル機構								
3-1-4	未臨界度モニタの開発	サイクル機構								
[2] 遮へい安全性に関する研究										
3-2-1	核燃料施設における中性子線量評価に関する研究	サイクル機構								
3-2-2	リサイクル燃料資源中間貯蔵システムにおける放射線遮へいに関する研究	海技研								
3-2-3	複雑形状部ストリーミング安全評価手法に関する研究	海技研								
[3] 閉じ込め安全性に関する研究										
3-3-1	事故時ソースターム評価の研究	原研								
3-3-2	プロセス内化学物質に係る異常事象評価研究	サイクル機構								
3-3-3	再処理蒸発缶の異常化学反応評価の研究	原研								
3-3-4	再処理プロセス安全性の研究	原研								
3-3-5	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	物材機構								
3-3-6	異常事象時における換気系の安全性に関する研究	サイクル機構								
3-3-7	負圧監視・管理のシステム開発に関する研究	サイクル機構								
3-3-8	グローブボックス等解体技術の開発	サイクル機構								
[4] 運転管理・保守及び放射線管理に関する研究										
3-4-1	再処理施設新材料耐食安全性評価システム開発	原研	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4-2	高信頼性再処理材料技術の研究	原研	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4-3	臨界監視技術の高度化に関する研究	サイクル機構								
3-4-4	走行式放射線モニタの高度化に関する研究	サイクル機構								
[5] 放射性廃棄物の管理に関する安全研究										
3-5-1	高度化再処理プロセスに関する安全研究	原研								
3-5-2	TRU廃棄物の高度減容・処理技術に関する研究	原研								
3-5-3	再処理施設低レベル廃棄物処理技術に関する研究	サイクル機構								
<b>4 放射性物質輸送の安全性に関する研究</b>										
[1] 遮へい・臨界に関する研究										
4-1-1	燃焼度を考慮した使用済み燃料輸送物の臨界安全性の研究	原研								
4-1-2	事故時の被ばく線量モニタリングと放射線安全性の確保に関する研究	海技研								
4-1-3	遮へい計算コードシステムの高度化に関する研究	海技研								
<b>5 原子力施設の耐震等の安全性に関する研究</b>										
[1] 基準地震動の策定に関する研究										
5-1-1	海域活断層の3次元調査・デモンストレーション・サーベイ	産総研					-	-	-	-
5-1-2	限界地震評価における未解明の諸問題に関する検討	地予研					-	-	-	-
5-1-3	想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究	国総研								
5-1-4	原子力施設立地地域及びその周辺における地震発生ポテンシャル評価手法に関する研究	地予研					-	-	-	-
[2] 機器・配管系の健全性に関する研究										
5-2-1	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	防災研								
[3] 新構造システムに関する研究										
5-3-1	核燃料施設免震構造に関する高度化研究	サイクル機構								
5-3-2	原子力施設の新システムによる免震化技術の研究	建築研								
5-3-3	新素材を用いた高性能コンクリートの原子力施設への利用と開発に関する研究	建築研					-	-	-	-
[4] 地震時の運転・保守等に関する研究										
5-4-1	地震等の異常状態における人間の作業能力の評価と挙動の推定	海技研					-	-	-	-
5-4-2	同時多発火災リスク評価手法の研究	海技研								
[5] 地震PSAに関する研究										
5-5-1	耐震設計用ハザードマップに関する研究	建築研								
5-5-2	確率論的手法による構造機器の地震時の信頼性評価に関する研究	原研								
<b>6 原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究</b>										
[1] 確率論的安全評価に関する研究										
6-1-1	リスク情報の活用法に関する研究	原研								
6-1-2	地震リスクマネージメントに関する研究	原研								
6-1-3	リスク情報に基づく高速増殖炉プラントの運転・保守に関する研究	サイクル機構								
6-1-4	原子力プラントの経年劣化に対する確率論的安全評価手法の開発	海技研								
6-1-5	核燃料施設の信頼性評価手法に関する研究	サイクル機構								
6-1-6	MOX加工施設の確率論的安全評価の適用研究	サイクル機構								
[2] ヒューマンファクターに関する研究										
6-2-1	原子力施設における人間の役割とインターフェースシステムのあり方に関する研究	原研								
[3] 原子力防災に関する研究										
6-3-1	原子力防災に関する研究	原研								