

<概要>

核燃料リサイクルは将来を展望した我が国の原子力開発利用の基本政策として推進されており、そのための技術開発や事業化が着実に進展してきている。一方、民間においては、1992年からの六ヶ所ウラン濃縮工場の操業開始、1993年の六ヶ所再処理工場の建設着工、さらには軽水炉によるMOX燃料利用画等を踏まえて、2000年過ぎを目指した国内 MOX燃料 加工の事業化計画も着実に進められている。これらの進展に対応して、我が国における核燃料施設の安全研究は、再処理施設、廃棄物処理・貯蔵施設、ウラン濃縮施設及び燃料成形加工施設・転換施設を対象として進められ、その研究の成果は、これら施設の安全性評価及び安全性向上のために幅広く活用されている。

<更新年月>

1997年03月 （本データは原則として更新対象外とします。）

<本文>

日本原子力研究所（現日本原子力研究開発機構）は、燃料サイクル安全工学研究施設（NUCEF）等の試験施設を活用し、核燃料サイクル関連施設の安全性の向上と将来に向けた技術の高度化を目指し、異常事象、事故事象を含む広範な安全に関する研究を行っている。動力炉・核燃料開発事業団（現日本原子力研究開発機構）は、東海再処理工場等の大型核燃料施設の設計、建設、運転、保守、管理の経験の蓄積や、ウラン濃縮、再処理、MOX燃料加工、放射性廃棄物の処理・貯蔵等に関する技術開発を推進しており、併せて再処理施設、プルトニウム取扱施設の安全性全般に関する研究や核燃料施設から発生する放射性廃棄物の処理・貯蔵の安全性に関する研究等を実施している。また、科学技術庁等の所管の研究所は、専門分野の知見を反映した安全に関する研究を実施している。大学は核燃料物質の臨界、遮へい等に関する基礎研究を実施しており、また、民間では大型商業用再処理施設の安全性をより一層高めるための研究等を実施している。

核燃料施設の安全研究においては、多岐にわたる施設について広範囲の研究分野に着目する必要がある。このため、再処理施設、プルトニウム取扱施設、ウラン燃料の加工施設等の安全審査に適用される「核燃料施設安全審査基本指針」による分類を参考とし、相互に関連の深い要素を整理、統合して研究課題を選定した。

1. 臨界安全性に関する研究

核燃料施設等の臨界安全評価技術の向上及び臨界安全設計の合理化に資するため、臨界計算コードの信頼性の向上、臨界安全ハンドブックの充実等を目指した臨界安全性評価手法の研究を実施する。また、NUCEF等の臨界実験装置を活用して、ウラン、プルトニウム及びその混合物の溶液燃料、棒状燃料の臨界データを系統的に取得し、核燃料サイクル施設の臨界安全評価に係る技術基準の整備に資するとともに、臨界安全設計・管理の信頼性向上と合理化を図る。さらに、臨界事故に発展する過渡事象を解明するとともに、臨界安全性評価に必要な溶液燃料の特性データの取得を図る。また、核燃料施設等の臨界安全管理技術の向上等のため、未臨界度測定システムの開発を行う。MOX燃料加工施設の臨界安全監視システムを開発し、臨界管理手法の安全裕度の定量化、実プラント体系に近い臨界安全データの収集、マイナーアクチニド核種の臨界安全データの整備を行う。

2. 遮へい安全性に関する研究

軽水炉燃料の高燃焼度化及びMOX燃料の軽水炉利用により増加が見込まれるアクチニド核種について、[自発核分裂](#)や α 崩壊に伴う軽核種との (α, n) 反応及び崩壊熱に関連するデータを収集して、遮へいや熱安全評価の精度向上を図り、核燃料サイクル施設の臨界及び遮へいに係わる数値実験を高精度・高信頼度で行うシステムを構築する。また、中性子線量測定手法の高度化と施設内外の測定・評価を行い、複雑形状部のストリーミング放射線データを系統的に収集してストリーミング放射線計算式の開発を図り、遮へい設計における安全裕度の評価に資する。

3. 閉じ込め安全性に関する研究

再処理施設の平常時及び事故時における[放射性エアロゾル](#)の放出に関するソースターム評価に係わる研究を行う。また、再処理のプロセス異常評価に関して、連続処理プロセスの応答特性研究を行い、安全評価、各種制限値の安全裕度の定量化に資する。CMPO等の新溶媒に関する安全性の向上等のため、硝酸との発熱反応、溶媒使用に伴う生成物のプロセス内挙動等に係わる試験・解析を実施する。

MOX燃料加工施設において、重要なグローブボックスの閉じ込め性能の向上に資するため、付帯機器を含むグローブボックスの閉じ込め性能試験等を行うとともに、グローブ、ビニルバッグ等の構造、材質等の改良研究を行う。また、MOX粉末取扱設備から排気系への粉末移行挙動に関する研究を行うとともに、MOX粉末の粒径、吸湿性等の基礎データを測定する。さらに、MOX燃料加工施設で使用する低水素濃度混合ガスについて、爆発限界組成、爆発挙動に関する研究を行う。高レベル廃液貯槽等の静的熱除去システム及び静的水素除去システムのフィージビリティスタディ、性能評価研究等を行う。

4. 運転管理・保守及び放射線管理に関する研究

再処理施設等核燃料施設の供用期間中検査技術の向上を目的として、高線量下に設置されている機器の検査のための多機能型セル内点検装置を開発する。また、セル内の電気・電子部品の信頼性向上のため、放射線照射による劣化データを取得するとともに、劣化防止方策の検討を行う。異常事象を未然に防止するために、再処理施設全体を監視し、異常事象に結びつきうる状態を感知し、オペレータに助言する運転支援システムを開発する。核燃料施設における安全監視系の向上を図るため、インライン方式による放射性物質の検出技術や状態分析技術を開発する。さらに、再処理施設における放射線監視・管理のシステム開発を行う。

5. 放射性廃棄物の管理に関する研究

5.1 高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究

再処理施設から発生する高レベル放射性廃棄物及び高線量固体廃棄物は、現在、再処理施設内において安全に処理・貯蔵されている。高レベル廃棄物量を低減し管理負担の軽減化に資するため、高減容化を妨げる元素を高レベル廃液から分離する試験及び固化体特性評価試験を行う。また、アクチニドのリサイクルと[TRU廃棄物](#)の発生量低減をめざす群分離プロセスに関して、群分離・再処理を統合した高度化再処理プロセスに関する安全研究を実施する。

5.2 低レベル放射性廃棄物の処理に関する研究

不燃性固体廃棄物、低レベル放射性濃縮廃液、廃溶媒の高減容処理技術の開発を行い、廃ヨウ素フィルタ及び[ヨウ素](#)含有スラッジの減容安定化に有効な廃棄体化技術の試験等を行う。また、廃棄物発生量と環境放出量の低減に資するため、再処理施設から発生する各種低レベル放射性廃液中に含まれる放射性核種を除去する要素技術の試験を行うとともに、従来技術との融合・高度化を行う。

5.3 TRU廃棄物の処理に関する研究

TRU廃棄物の区分管理に向けた判断基準の策定に資するため、中性子線測定法及びガンマ線測定法による核種測定技術を開発する。また、TRU核種を含む液体廃棄物を高減容化し、安定固化できるプロセスを構築する高度処理技術を開発するとともに、高濃度TRU廃棄物の固化法として、優れた閉じ込め性能を期待できる新しいセラミック固化法を開発して、TRU廃棄物管理の安全性向上に資する。

5.4 放射性廃棄物の放出挙動特性・低減化に関する研究

再処理からの揮発性核種である炭素14、ヨウ素129及びヨウ素131の挙動と捕集、固定等の処理技術を研究し、これらについて気相移行と放出量の合理的評価に資する。また、ヨウ素除去技術の高度化及びクリプトン回収・固定化技術の研究を進める。

当面実施すべき研究課題については[表1-1](#)、[表1-2](#)、[表1-3](#)、[表1-4](#)、[表1-5](#)、[表1-6](#)、[表1-7](#)、[表1-8](#) および [表1-9](#) に示す。

<関連タイトル>

原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）水炉の安全性に関する研究 (10-03-01-

06)

原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）放射性物質輸送の安全性に関する研究 (10-03-01-08)

原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）原子力施設の耐震等の安全性に関する研究 (10-03-01-09)

原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究 (10-03-01-10)

原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）高速増殖炉の安全性に関する研究 (10-03-01-17)

＜参考文献＞

- (1) 科学技術庁原子力安全局：原子力安全委員会月報 通巻第210号、大蔵省印刷局（1996）
-

表 1 - 1 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）

3. 核燃料の安全性に関する研究

研究課題	年次計画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
〔1〕臨界安全性に関する研究 〔臨界安全性評価手法の研究〕						原 研
イ) 定常臨界及び未臨界解析	○	精度評価・ハンドブックデータの整備			○	
ロ) 過渡臨界解析～	○	精度評価・計算コードの改良			○	
ハ) 事象解析	○	諸問題の解明			○	
ニ) 確率評価	○	事故シナリオの選定			○	
〔臨界安全性に関する実験的研究〕						原 研
イ) STACYを用いた研究	○	ウラン系臨界データの測定	○	ブルトニウム臨界データの測定	○	
ロ) TRACYを用いた研究	○	中性子動特性実験データの取得	○	臨界事故事象の解明	○	
ハ) TCAを用いた研究	○	被ばく線量評価の研究		○		
	○	未臨界度確認技術の開発			○	
	○	FP核種の核データ検証	○	アクチノイド核種の核データ検証	○	
〔プロセス臨界安全性の研究〕						原 研
イ) プロセス異常事象の解明に関する研究	○	U-RI系実験	○	ブルトニウム系実験	○	
ロ) アクチノイドの溶液特性に関する研究		予備実験	○	ブルトニウム系実験	○	
ハ) 新分離技術の開発	○	新プロセス・分離装置の開発			○	
〔未臨界度測定システムの開発〕						動 燃
イ) 未臨界度解析手法の開発	○		○			
ロ) 未臨界度測定技術の開発	○	ウラン体系実験	○	ブルトニウム体系実験	○	
ハ) 未臨界度モニターの開発		システム設計	○	実証試験	○	
				適用性評価	○	

(注) STACY : 定常臨界実験装置 (原研)

TRACY : 過渡臨界実験装置 (原研)

〔出典〕 科学技術庁原子力安全局 (編) : 原子力安全委員会月報 通巻第210号、P144-145 (1996)

表 1 - 2 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）
3. 核燃料の安全性に関する研究

研 究 課 題	年 次 計 画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
〔使用済燃料の核種組成評価〕 イ) PWR／BWR使用済燃料の既存データ収集			調査・データ収集			原 研
ロ) 確証試験データ取得		試験準備・測定の実施				
ハ) ARIAN計画参加		計画参加・データ取得				
ニ) 燃焼計算コード開発		調査コード・開発・入手データによる検証				
〔MOX加工施設等の臨界管理に関する研究〕 イ) 臨界安全解析手法の高度化整備		臨界安全解析コード等の拡充・整備				動 燃
ロ) 臨界安全データの整備		実プラント体系検討計算				
ハ) 臨界安全監視システムの開発		実プラント体系データ集積		マイナーアクチノイド核種データ計算		
		システム開発		実用化検討		
〔2〕 遮へい安全性に関する研究 〔放射線源評価等に必要な核データの整備〕						原 研
イ) (α, n) 反応断面積及び放出中性子エネルギースペクトルデータの整備		予備実験		実験・評価		
ロ) マイナーアクチノイド核種の自発核分裂によるFP生成率データの整備		予備実験		実験・評価		
ハ) TRU及びFP核種の崩壊熱評価			評価			
〔臨界・遮へい数値実験システムの構築〕						原 研
イ) 核データの誤差調査						
ロ) システムの開発						
ハ) 実験データの解析						
ニ) 数値実験による安全性の実証						

表 1 - 3 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）

3. 核燃料の安全性に関する研究

研究課題	年次計画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
〔核燃料施設における中性子線量評価に関する研究〕						動燃
イ) 被ばく線量計算手法の高度化	計算データ、核データの高度化整備			検証計算・適用計算		
ロ) 中性子遮へい材の開発	遮へい材の開発評価			実用化検討		
ハ) 中性子線量の測定・評価	施設内線量測定・評価		データベース整備			
		施設外線量測定評価	データベース整備			
〔複雑形状部遮へい設計法の安全裕度評価に関する実験的研究〕	ガンマ線源整備		中性子線源整備			船研
	ガンマ線ストリーミング実験・解析及び計算式評価・開発			中性子ストリーミング実験・解析及び計算式評価・開発		
〔3〕 閉じ込め安全性に関する研究						原研
〔エアロゾル状ソースターム評価の研究〕						
イ) ソースターム評価に必要な基礎データの取得	核分裂片によるガス発生G値の測定					
ロ) エアロゾルの発生メカニズム実験及びPuエアロゾル実験				エアロゾルソースタームの測定		
ハ) ソースターム評価の逆問題解析法の確立				解析法確立		
〔燃料サイクル施設における異常化学反応事象に関する研究〕						原研
イ) 溶媒劣化物と硝酸の反応実験	基礎データ取得					
ロ) 分解生成物の生成と熱安定性の評価				熱安定性実験		
ハ) 熱分解性化合物の蓄積防止及び工程内分布の評価				工程内分布測定		

表 1 - 4 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）

3. 核燃料の安全性に関する研究

研究課題	年次計画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
〔再処理のプロセス異常評価手法の研究〕						原 研
イ) プロセス安全解析コードの開発	コード開発、データ整備					
ロ) 異常シナリオ評価解析			評価解析			
ハ) 小型再処理試験装置による検証				検証		動 燃
〔異常事象評価試験研究〕						
イ) 溶媒等の安全性確認試験	開放系反応試験装置の設計製作					
					新溶媒及びその劣化溶媒の安全性確認試験 (密閉系及び開放系)	
ロ) 微量生物のプロセス内挙動に係る調査	マクロ-シミュレーションに係る調査、試験評価コードの検討・解析					
ハ) 異常時のエアロゾル挙動等に係る試験と解析				評価コードの検討・解析		
・試験室整備						
・安全技術試験施設整備						
				工学規模試験		
〔核燃料施設構造安全解析コードの開発〕						原 研
イ) 構造物実験数値シミュレーション手法の開発	シミュレーション手法の検討		解析コード作成		解析	
ロ) 確率論的構造健全性評価コードの開発	評価手法の検討		評価コード作成		解析	
ハ) エキスパートシステムの開発	システム構築	システム作成		データベース作成	試験的使用	物質研
〔原子力施設耐衝撃性評価のための爆発発生源に関する研究〕						
イ) 爆発特性評価システムの開発	気体爆発性物質	液体爆発性物質	ミスト性蒸気爆発性物質	蒸気爆発	総合評価	
ロ) 応力伝播機構評価システムの開発	3次元光学観測装置の開発	流れの可視化技術の開発	3次元構造解析ソフトの開発		総合設計	

（注）物質研：通商産業省工業技術院物質工学工業技術研究所

〔出典〕科学技術庁原子力安全局（編）：原子力安全委員会月報 通巻第210号、P148-149 (1996)

表 1 - 5 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）

3. 核燃料の安全性に関する研究

研究課題	年次計画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
〔グローブボックス等の安全性試験〕						動 燃
イ) グローブボックスの閉じ込め性能試験	○	試験		○	評価	
ロ) グローブボックス付帯機器の研究	○	既存データ評価	○	改良試験	○	
		○		○	評価、まとめ	
〔MOX粉末の安全取扱い技術の研究〕						動 燃
イ) 粉末移行挙動の評価	○	準備	○	試験	○	
ロ) MOX粉末基礎データ整備	○	物性測定・データ整理	○	解析・評価	○	
ハ) 粉末取扱設備の実証研究	○	実績調査・検討	○	試験	○	
〔水素混合ガスの安全性の研究〕						動 燃
イ) 混合ガスの爆発限界の確認	○	予備試験	○	再現性試験	○	
ロ) 混合ガスの爆発挙動の確認	○	予備試験	○	詳細試験	○	
〔核燃料施設に対する静的安全機能を有する機器の適用に係る研究〕						動 燃
イ) 静的熱除去システムのフィジビリティスタディ	○	除熱性試験装置の設計製作	○	除熱性能確認試験	○	
ロ) 静的水素除去システムのフィジビリティスタディ	○	水素除去性能試験装置の設計製作	○	水素除去性能確認試験	○	
ハ) 新高レベル廃液貯槽等の概念設計と性能評価	○	安全技術試験施設整備	○	工学規模試験	○	
・試験室整備	○					
・安全技術試験施設整備	○					

表 1 - 6 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）

3. 核燃料の安全性に関する研究

研究課題	年次計画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
[4] 運転管理・保守及び放射線管理に関する研究 ・新検査システム（赤外線センサ等）	○ (セリ決定)	○	模擬条件下での適用性研究		○ 評価	
[電気・電子部品の耐放射線性に係わる研究] ・照射試験 ・長寿命化の検討	○				○	動 燃
[再処理施設異常事象監視システムの開発] イ) 異常事象予知システムの設計及びシミュレーションシステムの開発 ロ) 異常予測探知システムとシミュレーションシステムの結合及び運転支援フロントエンドの開発	○		異常事象予知システム及びシミュレーションシステムの設計、構築	○	NUCEFにおけるベンチマーク試験	原 研
			システム構築		有効性評価	
[放射性物質の監視技術の開発] イ) 放射線計測による監視技術の開発 ロ) 状態分析による監視技術の開発 ハ) 監視システムの最適化研究 ニ) α廃棄物分別技術の開発	○		インラインモニター開発		○	原 研
		○	インラインモニター開発		○	
			ソフト開発		○	
	○		廃液監視技術開発		○	
[再処理施設における放射線監視・管理のシステム開発に関する研究] イ) 放射線監視支援システムの開発 ロ) 放射線作業管理対応支援システムの開発	データ収集・整備	○	データ分析・評価	システム製作	システム評価	動 燃
	データ収集・整備	○	データ分析・評価	システム製作	システム評価	

表 1 - 7 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）

3. 核燃料の安全性に関する研究

研究課題	年次計画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
〔5〕放射性廃棄物の管理に関する研究 （1）高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究 〔高レベル廃棄物高減容処理に関する研究〕 イ）高減容処理プロセス研究		基礎試験		プロセス試験		動 燃
			固化体特性評価			
〔4 群分離プロセスに関する安全性基礎試験〕 イ）4 群分離プロセスにおける長寿命核種の挙動確認試験 ロ）高レベル廃液の濃縮、脱硝に係る安全性試験 ハ）D I D P A 抽出剤等の安全性に係る試験			実高レベル廃液試験			原 研
		脱硝反応解明	蒸発・飛散挙動			
		放射線分解	群分離工程への影響評価			
ニ）S r - C s 吸着体の仮焼時における安全性試験				蒸発・飛散挙動		
〔高度化再処理プロセス（P A R C プロセス）に関する安全研究〕 イ）連続溶解の速度論的研究 ロ）再処理群分離統合プロセスの研究 ハ）試薬リサイクルの研究 ニ）高度化再処理プロセス試験			基礎データ取得			原 研
			プロセス試験			
			溶媒劣化物分布データ取得			
			ホット試験データ取得			
（2）低レベル放射性廃棄物の処理に関する研究 〔ヨウ素含有廃棄物の廃棄体化に関する研究〕 ・調査・検討 ・処理試験 ・廃棄体の特性評価試験						動 燃

3. 核燃料の安全性に関する研究

[出典] 科学技術庁原子力安全局（編）：原子力安全委員会月報 通巻第210号、P153-154
(1996)

表 1 - 9 原子力施設等安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）
3. 核燃料の安全性に関する研究

研 究 課 題	年 次 計 画					実施機関
	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	
(4) 放射性廃棄物の放出挙動特性・低減化に関する研究 [揮発性核種の気相移行と処理に関する研究] イ) 炭素-14の分離・固定化の研究 ロ) ヨウ素-129の除去・貯蔵技術に関する研究 ハ) 自発核分裂等に起因する短寿命揮発性核種の生成と気相移行に関する研究		捕集実験				原 研
		追い出し・捕集実験				
			モデル開発、基礎データ取得			
[ヨウ素除去技術高度化開発] イ) 吸着材の開発 ・銀添疎水性吸着材の実オフガスによる性能確認試験 ・銀添疎水性吸着材の耐久性向上 ロ) NOx除去を組み合わせたヨウ素除去システムの最適化						動 燃
[クリプトン回収・固定化技術に関する研究] イ) クリプトン回収技術開発 ロ) 固定化技術開発 ・固定化ホット試験 ・固化体処分技術研究						動 燃
【参考】 [再処理施設新材料耐食安全性実証試験] [再処理施設セル換気系安全性実証試験] [再処理施設臨界安全性実証試験] [放射性核種閉じ込めプロセス安全性実証試験]						原 研 原 研 原 研 原 研