

JNC TN1400 2001-002

# 安全研究計画調査票

(平成13年度～平成17年度)

2001年1月

核燃料サイクル開発機構

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。  
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構 技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section, Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2001

## 安全研究計画調査票

(平成13年度～平成17年度)

編集 安全推進本部安全計画課

### 要 旨

平成12年11月30日の内閣総理大臣官房原子力安全室（現内閣府原子力安全委員会事務局）からの依頼に基づき、安全研究年次計画（平成13年度～平成17年度）に登録された研究課題（高速増殖炉；14件、核燃料施設；10件、耐震；1件、確率論的安全評価等；3件、環境放射能；6件、廃棄物処分；15件）についての安全研究計画調査票を作成した。

また、社内研究課題についても年次計画に登録された研究課題と同等に扱うとの観点から、（高速増殖炉；1件、核燃料施設；3件、確率論的安全評価等；1件、環境放射能；1件、その他（「ふげん」の廃止措置）；1件）についての安全研究計画調査票を作成した。

本報告書は、これらの調査票を取りまとめたものであり、平成12年10月に策定した「安全研究基本計画（平成13年度～平成17年度）」に基づき、研究の達成目標や研究の実施内容を具体的に示したものである。

# 目 次

## 高速増殖炉

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	1
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	5
2-2-3	高速増殖炉燃料の破損限界に関する研究	9
2-2-4	機器・配管の寿命予測評価に関する研究	13
2-2-6	L B B評価手法に関する研究	17
2-2-7	「常陽」を用いたA T W S模擬試験の実施計画に関する研究	19
2-3-1	過渡伝熱流動現象評価に関する研究	23
2-3-2	高燃焼炉心内熱流動現象の評価に関する研究	27
2-3-3	ナトリウム燃焼及びソースタームに関する研究	31
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	35
2-4-1	炉心損傷時の事象推移評価に関する研究	39
2-4-2	炉心損傷時の融体放出移行挙動に関する研究	43
2-5-1	燃料破損時の運転手法最適化に関する研究	47
社-5-2	「もんじゅ」の破損燃料検出装置の信頼性に係る検討	51
2-5-2	高速炉のナトリウム洗浄及び処理に関する研究	53

## 核燃料施設

3-1-3	MOX加工施設等の臨界管理に関する研究	57
3-1-4	未臨界度モニタの開発	59
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	61
3-3-2	プロセス内化学物質に係る異常事象評価研究	65
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	69
3-3-7	負圧監視・管理のシステム開発に関する研究	71
3-3-8	グローブボックス等解体技術の開発	73

社-3-5	核燃料施設への静的安全機器の適用性に関する研究	75
3-4-3	臨界監視技術の高度化に関する研究	77
3-4-4	走行式放射線モニタの高度化に関する研究	79
社-4-3	現場放射線管理の高度化	83
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	87
社-5-2	ヨウ素除去技術に関する研究	89

## 耐震

5-3-1	核燃料施設免震構造に関する高度化研究	91
-------	--------------------	----

## 確率論的安全評価等

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	93
社-1-2	実用化候補プラントのレベル1 P S Aに関する研究	97
6-1-5	核燃料施設の信頼性評価手法に関する研究	101
6-1-6	M O X加工施設の確率論的安全評価の適用研究	105

## 環境放射能

1-2-1	環境中のラドン・トロン及びその壊変生成物の測定、 挙動評価などに関する研究	109
1-3-15	海洋における放射性核種の挙動と拡散予測モデルに関する研究	111
1-3-16	地球規模の海洋環境における放射性物質移行モデルに関する研究	113
1-6-3	環境試料の迅速分析及び測定技術の高度化に関する研究	115
1-6-5	緊急時における個人被ばくモニタリング手法に関する研究	117
社-6-3	緊急時遠隔空中モニタリング手法に関する研究	119
1-6-12	極低濃度長半減期放射線性核種の定量法に関する研究	123

## 廃棄物処分

2-1-1	安全評価の基本的考え方等に関する調査研究	125
-------	----------------------	-----

2-2-1	環境変動に伴う地質環境の安定性評価に関する研究	129
2-2-2	結晶質岩に関する地質環境評価手法に関する研究	131
2-2-3	堆積岩に関する地質環境評価手法に関する研究	135
2-2-5	地質環境におけるナチュラルアナログ研究	139
2-3-1	安全評価シナリオに関する研究	143
2-3-2	安全評価モデルの体系化・高度化に関する研究	145
2-3-3	安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究	147
2-3-4	地下水水質形成モデルの検証及び高度化に関する研究	149
2-3-5	深部地下環境下における核種移行データの取得及びデータベースの整備	151
2-4-1	人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究	155
2-4-2	人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究	159
2-4-3	人工バリアのナチュラルアナログ研究	163
2-5-1	TRU核種を含む放射性廃棄物処分の安全評価の信頼性向上に向けたデータ及び評価手法の整備	165
2-5-2	ヨウ素の高度保持廃棄体・人工バリア材に関する研究	169

## その他（「ふげん」の廃止措置）

社-1-1	原子炉の廃止措置に関するエンジニアリング支援システムの開発	171
-------	-------------------------------	-----

## 高速增殖炉

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

2-1-1

## 【研究課題名(Title)】

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  
(A study on safety design requirements for FBRs utilizing risk information)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 大洗工学センター システム技術開発部 リスク評価技術開発グループ

[氏名] 丹羽 元 (にわ はじめ)

[連絡先] 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 029-267-4141

(Name) NIWA Hajime

(Title of function) Nuclear System Safety Research Group, System Engineering Technology Division, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita, O-arai, Ibaraki-ken, JAPAN 311-1393,

Tel: 029-267-4141

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

高速増殖炉における安全性の確保を目的として、高速増殖炉の安全研究及び確率論的安全評価研究の成果を集約・分析して安全確保の基本的考え方並びに安全要求レベル等を検討する。また、リスク情報を活用しつつ、設計概念案に対応した安全確保方策への要求を含む安全設計方針の検討を行い、適切な指針類の整備に資する。

## 【研究内容】

### イ. 安全確保の基本的考え方と安全要求レベル等の調査・検討

将来炉に関する既存情報の調査を基に、高速増殖炉の特性を考慮して、将来の高速増殖炉における安全確保の基本的考え方や定性的、定量的な安全性能の要求レベルを設定するための検討を行う。

### ロ. 安全設計方針案の検討・整理

経済性の向上を指向して簡素化されるプラント概念を対象に、イ. で設定した安全性のレベルを確保するため、概略的信頼度評価や既往PSA研究の成果等のリスク情報を考慮して、各安全機能に関連する設備に対する設計要求条件の検討を行い、安全設計方針案として整理する。

### ハ. 安全上の重要事象に対する検討

高速増殖炉に特有な安全上の重要事象（再臨界事象、ナトリウム漏えい燃焼、ナトリウム-水反応等）を対象として、上記イ. 及びロ. と整合をとりつつ、安全確保の考え方、設計対応方針等を検討・整理する。

## 【研究の必要性】

原子力安全委員会では定量的安全目標の検討が開始され、国際的にも安全設計や運転における安全確保のためにリスクの考え方を活用する国が増えてきている。新たに設計される高速増殖炉においても、安全目標に適合し、かつ合理的により高い安全性を目指すために、設計の初期段階からリスクを評価し、設計に反映させて行くことが必要である。本研究では高速増殖炉が満たすべき安全性の要求レベルを検討し、これに沿って、設計概念案における安全設計方針を整理するものであり、



上記ニーズに適っている。また、本研究を実施することにより高速増殖炉の安全設計・評価審査指針類の整備に反映できる。

【成果の達成目標】

- イ. 将来の高速増殖炉における安全確保の基本的考え方や定性的、定量的な安全性能の要求レベルを暫定的に設定する。
- ロ. 各安全機能（止める、冷やす、閉じ込める）に関連する設備に対する設計要求条件の検討を行い、安全設計方針案として整理する。
- ハ. 高速増殖炉に特有な安全上の重要事象（再臨界事象、ナトリウム漏洩燃焼、ナトリウム水反応等）に対して、安全確保の考え方、設計対応方針等を検討・整理する。

【成果の活用方策】

- イ. 将来の高速増殖炉における安全確保の基本的考え方や定性的、定量的な安全性能の要求レベルに係わる検討内容は、原子力安全委員会にて議論される定量的安全目標の検討の参考とすることができる。
- イおよびロ. 高速増殖炉の実用化段階における安全確保の基本的考え方や安全性能の要求レベル等の検討に基づいて安全設計方針等を検討することにより、理解し易い体系的な安全論理の構築に資する。
- ロおよびハ. ここで検討される安全設計方針案等は、高速増殖炉の安全設計・評価審査指針類の整備に反映できる。また、今後の高速増殖炉の設計において、所要の安全性を確保した上で、経済性の向上を指向した簡素化されたプラントへの設計自由度の増大に寄与できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 安全確保の基本的考え方と安全要求レベルにつき、国内・外の文献調査を行う。 ロ. 対象プラントの過渡解析結果に基づき、各安全設備への要求条件を検討する。	
平成14年度	イ. 文献調査結果に基づく検討により、基本的考え方と安全要求レベルの1次案を作成する。 ロ. 対象プラントの予備的レベル1 P S A 結果に基づき、各安全設備への要求条件を要求信頼度を含めて整理する。	
平成15年度	ロ、ハ. 前年度までの成果と炉心損傷事象評価結果に基づき、炉心損傷事象に関わる安全確保の考え方、設計対応の方針を検討する。	イ. 将来のF B Rにおける安全確保の基本的考え方と安全要求レベルの1次案 ロ. 各安全設備への要求条件の整理
平成16年度	ロ、ハ. 炉心損傷事象に関わる安全確保の考え方、設計対応方針を検討し、関連する設備の安全設計の方針として整理する。同様に、Na漏えい燃焼、Na-水反応についても検討を行う。	

平成17年度	<p>イ. 前記1次案の見直し  ロ、ハ. Na漏えい燃焼、Na-水反応に関わる安全確保の考え方、設計対応の方針を検討し、関連する設備の安全設計方針として整理する。</p>	<p>イ. 基本的考え方と安全要求レベルの見直し結果（2次案）  ロおよびハ. 高速増殖炉に特有な安全上の重要事象に関わる安全確保の考え方、設計対応の方針、関連する設備の安全設計方針案の整理</p>
平成18年度以降	<p>対象とする実用FBRプラントの設計の進捗に合わせて、安全評価方針の検討を行う。</p>	<p>安全評価方針案の設定</p>

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

2 - 2 - 1

## 【研究課題名(Title)】

高速炉心の安全性に係わる核特性評価に関する研究

(An Investigation on the evaluation of nuclear parameters regarding the fast reactor core safety)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】大洗工学センター システム技術開発部 炉心技術開発グループ

【氏名】石川 眞 (いしかわ まこと)

【連絡先】〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話:029-267-4141 (内線5720)

(Name) Makoto Ishikawa

(Title of function) Core Physics Research Group, System Engineering Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-Cho, O-arai-Machi, Higashi-Ibaraki-Gun, Ibaraki,  
311-1393, Japan. Tel. 029-267-4141 (Ext.5720)

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

高速炉心の定常運転特性、過渡時応答特性及び事故時安全評価において重要となる核特性（臨界性、出力分布、ドップラー反応度、ナトリウムボイド反応度等）の予測精度を定量的に評価するために、解析手法と基本データベースを体系的に整備して安全審査等における判断資料とするとともに、予測精度の向上を行うことにより高速炉設計の安全裕度の一層の適切化に資する。

## 【研究内容】

- 高速炉心の安全上重要な核特性に関して、所用の評価精度を有する効率的な標準的解析手法並びに臨界実験及び実機の測定・解析データを体系的に整備する。
- 上記の解析手法及び基本データベースを用いて、ナトリウム冷却MOX燃料高速炉心及び将来の実用化炉心の概念について、核特性予測精度を定量的に評価する。
- 解析手法の改良及び基本データベースの拡充により、核特性予測精度の向上を図る。

## 【研究の必要性】

高速炉の性能及び経済性を向上させるためには、解析手法及び核データの誤差に基づく不確かさを低減させ、設計裕度の合理化を図る必要がある。また、近年、サイクル機構において実用化戦略調査研究が開始され、様々な概念に基づく高速炉が研究対象として挙げられており、幅広い分野にわたって調査・検討が継続して行われている。他方、従来の高速炉用核特性解析システムに関しては、Na冷却MOX燃料の炉心設計への適用を中心に開発・整備が進められてきており、多様な高速炉に対する適用はあまり考慮されていなかった。そこで、将来の実用化炉に対する炉心設計精度を十分に担保するために、以下に示す積分実験データの拡充、次世代炉定数システム、統合炉定数システムの高度化を図る必要がある。

【成果の達成目標】

- ①最新の炉定数及び解析手法を用いて、JUPITER・FCA・MASURCA・BFSなどの臨界実験、「常陽」・「もんじゅ」などの実機核特性を最新の評価済断面ライブラリを用いて最も詳細なレベルで解析する。これらを炉物理的整合性の観点から総合的に評価して、汎用的に核設計基本データベースとして整備し、公開する。（研究内容「イ」、「ロ」）
- ②共鳴領域・エネルギー群構造の取扱いを改良して、高速中性子から熱スペクトル領域までを一貫して精度良く評価できる次世代の炉定数システムを新たに開発する。このシステムの適用により、特に炉心の安全性評価において保守側に上積みされる可能性のあるドブラー反応度及びNaボイド反応度の解析で見られる20～40%に及ぶ解析値の不確かさの低減を図り、安全性の観点からの実用化炉心概念の成立性に資する。（研究内容「ハ」）
- ③精度評価に必要な核データの共分散データを、原研との協力により整備する。これまで整備してきた燃焼核特性及び温度核特性の感度解析コード群を改良し、実用化する。燃焼核特性、温度核特性を追加し、精度向上の対象となる核特性数を拡張した統合炉定数を作成し、核設計裕度、及び、安全裕度の合理化（設計予測誤差の半減）に資する。（研究内容「ロ」、「ハ」）
- ④MA・FPの核変換を行う炉心について、実機照射データ並びにこれまでに実施した断面積測定データを用いて、炉心安全性に関する核特性量の解析精度の評価、及び、その向上を図る。（研究内容「イ」、「ロ」、「ハ」）

【成果の活用方策】

- ①得られた解析結果は、現状の解析システムの精度評価の裏付け、及び、安全審査等における判断資料となるほか、③の統合炉定数作成に反映される。
- ②③④次世代炉定数・解析システム、設計基本データ、統合炉定数は、実用化戦略調査研究で対象とされる多様な炉心、実用化炉の強力な設計ツールとして使用される。更に、高速炉設計の安全裕度の一層の適切化に資することも可能である。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ) 臨界実験（JUPITER・FCA・MASURCA・BFS等）及び実機（「常陽」・「もんじゅ」等）データの次世代炉定数等の最新の解析手法による解析	
平成14年度	イ) 臨界実験（JUPITER・FCA・MASURCA・BFS等）及び実機（「常陽」・「もんじゅ」等）データの最新の炉定数による解析 ロ) 設定されたNa冷却MOX燃料炉心の最新の炉定数及び次世代炉定数等の最新の解析手法による核特性評価	
平成15年度	イ) 解析手法及び測定・解析データベースの総合評価、整備、及び、公開。 ロ) 設定されたNa冷却MOX燃料炉心に対する現状の核特性予測精度の定量的な評価、及び、将来の実用化炉心の核特性予測精度評価に必要な核データの共分散の整備	共鳴領域・エネルギー群構造の取扱いの改良された次世代炉定数システムの確立

平成16年度	<p>イ) 解析手法及び測定・解析データベースの総合評価、整備、及び、公開。</p> <p>ロ) 将来の実用化炉心の核特性予測精度評価に必要な核データの共分散の整備、及び、それらの炉に対する現状の核特性予測精度の定量的な評価</p> <p>ハ) 統合炉定数の作成、及び、それをを用いることによる核特性予測精度の向上に関する評価。統合炉定数を次世代炉定数へ反映させる方法に関する検討</p>	
平成17年度	<p>ハ) 統合炉定数の作成、及び、それをを用いることによる核特性予測精度の向上に関する評価。統合炉定数を次世代炉定数へ反映させる方法に関する検討</p>	<p>汎用核設計基本データベースの公開</p> <p>精度向上の対象となる核特性数を拡張した統合炉定数の完成</p> <p>統合炉定数を基本とする次世代炉定数システムの確立</p>
平成18年度以降	<p>ハ) 炉心設計システム（ツール）、次世代炉定数システム、統合炉定数の高度化</p>	<p>実用化炉設計手法確立</p> <p>実用化炉設計用統合炉定数の完成</p>

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

2-2-3

## 【研究課題名(Title)】

高速増殖炉燃料の破損限界に関する研究  
(Study on the breach criteria of fast breeder reactor fuel)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター システム技術開発部 燃料材料技術開発グループ  
(Nuclear Fuel Research Group, System Engineering Technology Division,  
O-arai Engineering Center)

【氏名】 浅賀 健男 (あさが たけお : ASAGA Kakeo)

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 高速炉安全工学グループ  
(Fast Reactor Safety Engineering Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center)

【氏名】 佐藤 一憲 (さとう いっけん : SATO Ikken)

【連絡先】 311-1301 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 029-267-4141  
(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun,  
Ibaraki-ken, Japan 311-1301

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断基準としての活用）

## 【研究目的】

定常条件下及び過渡条件下における燃料要素の破損限界について、既存データ及び新たな炉外試験データを評価することにより解明し、安全性を確保しつつ高燃焼度化、高線出力化等の高性能化を達成するためのMOX燃料に適用できる安全基準類の整備に資する。

## 【研究内容】

### イ. 定常及び除熱能力低下型過渡条件下での破損限界

オーステナイト鋼並びに実用化炉心の候補材料であるフェライト鋼及びODS鋼について、未照射及び照射済被覆管を用いた材料物性に係わる炉外実験を行い、機械的強度、延性等に及ぼす照射効果を明らかにするとともに、破損限界を支配する主要因子を評価する。また、急速加熱バースト試験データを拡充し、既存データと合わせて評価することにより、除熱能力低下（流量減少）型の過渡条件下における燃料要素の健全性判断基準について検討する。

### ロ. 過出力条件下での破損限界

CABRI炉、TREAT炉及びEBR-II炉での既存の過出力型炉内試験データについて、実験結果の解釈、上記イ.を含む関連物性データのサーベイ及び解析評価からなる総合評価を行い、破損に係わるメカニズムの一般化と燃料条件／過渡条件に依存した破損限界の定量評価手法整備を図る。

## 【研究の必要性】

高速炉燃料集合体構造設計方針は、通常運転時および運転時の異常な過渡変化時に燃料被覆管の健全性が確保されるように定められているが、高速炉の実用化に向け、燃料の高燃焼度化と高線出力化を図るためには、構造設計方針の合理化が不可欠である。安全性を確保しつつ、これを達成するため、過去5年間の研究において過渡条件の模擬試験を実施し、破損限界の主要支配因子を明ら

かにしてきた。今後の5年間では既存炉内試験データの総合評価により破損限界の定量評価手法を整備するとともに、新たに実用炉用燃料被覆候補材料の強度データを炉外試験の実施により蓄積する必要がある。これらの実施により、実用炉用材料に応じた破損判断基準案の検討が可能となるため本研究を実施する必要がある。

【成果の達成目標】

イ. 定常および除熱能力低下型条件での破損限界

高照射量への材料データベースの拡充により、オーステナイト鋼の材料強度基準を改良・合理化する。また、既存の知見・データと合わせ、定常及び除熱能力低下型過渡条件下での被覆管の健全性判断基準の合理化案を策定する。フェライト鋼およびODS鋼について材料強度基準を整備する。

ロ. 過出力条件下での破損限界

既存炉内試験データに基づく外挿ベースでの破損限界の定量評価手法を整備する。また、燃料設計や照射条件を反映した破損判断の暫定案を提示する。さらに、実用化戦略調査研究の進展に合わせて多様な燃料概念について破損限界を予備的に評価し、候補選定に反映する。

【成果の活用方策】

イ. 定常および除熱能力低下型条件での破損限界

高照射量への外挿精度を向上させたオーステナイト鋼被覆管の材料強度基準及び被覆管健全性判断基準の合理化案は、燃料の高燃焼度化と高線出力化を図る「もんじゅ」高度化炉心の燃料設計、安全評価に反映できる。また、ODS鋼、フェライト鋼の材料データベースは実用炉炉心燃料被覆管候補材料の破損限界評価手法の整備に反映する。

ロ. 過出力条件下での破損限界

燃料条件に依存した破損限界評価手法の整備、及び既存データに基づく破損限界の暫定案は、実用炉に対する燃料設計の合理化に反映できる。また、より一層の高燃焼度条件での破損限界評価に向けた新たな炉内試験計画案の策定に活用できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. オーステナイト鋼について被覆管強度試験を実施し、高照射量領域における被覆管の短時間強度データを拡充する。 ロ. 中空燃料のFCMI低減特性をモデルに採り入れるための方策を検討する。	
平成14年度	イ. オーステナイト鋼被覆管強度試験を継続し、被覆管の短時間強度に及ぼす照射環境効果を評価する。 ロ. 中空燃料のFCMI低減特性を反映したモデルを構築する。	
平成15年度	イ. オーステナイト鋼被覆管について短時間強度評価のまとめを行なうとともに、ODS鋼、フェライト鋼について被覆管強度試験を実施する。 ロ. 既存炉内試験データに基づく改良モデルを検証する。	イ. 高照射量材料データベースの拡充によるオーステナイト鋼材料強度基準の改良・合理化 ロ. 燃料条件依存性を反映した破損限界評価手法の整備

平成16年度	<p>イ. オーステナイト鋼被覆管の健全性判断基準の合理化案を検討する（設計応力制限値、LOF時の許容設計限界の合理化手法検討）。また、ODS鋼、フェライト鋼について被覆管強度試験を継続する。</p> <p>ロ. 改良モデルの検証を完了し、評価手法としてのまとめを行う。</p> <p>イ、ロ.より一層の高燃焼度条件での破損限界の解明に向け、新たな炉内試験計画について検討する。</p>	
平成17年度	<p>イ. オーステナイト鋼被覆管の健全性判断基準の合理化案の策定を行なうとともに、ODS鋼、フェライト鋼について被覆管強度試験を継続し、材料強度基準として整備する。</p> <p>ロ. 評価手法としてのまとめを完了する。</p> <p>イ、ロ. 高燃焼度化の達成に向けた炉内試験計画案を策定する。</p>	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーステナイト鋼被覆管健全性判断基準の合理化案の策定</li> <li>・ODS鋼、フェライト鋼の材料強度基準の整備</li> </ul> <p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・破損判断の暫定案の提示</li> <li>・多様な燃料概念について破損限界の予備的評価</li> </ul> <p>イ、ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高燃焼度化の達成に向けた炉内試験計画案の策定</li> </ul>
平成18年度以降	高燃焼度化の達成に向けた新たな炉内試験計画の実施、及び結果の評価	高燃焼度化の達成に必要な破損判断基準類の整備



# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

2-2-4

## 【研究課題名(Title)】

機器・配管の寿命予測評価に関する研究

(Life Prediction Methods of Fast Reactor Components and Piping)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 機器・構造安全工学グループ

【氏名】 青砥 紀身 (あおと かずみ)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 tel: 029-267-4141

(Name) AOTO KAZUMI

(Title of function) Structure Safety Engineering Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Ibaraki-ken, Japan

Tel:+81-29-267-4141

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

高速増殖炉の主要機器・配管の寿命予測に必要なデータベース拡充及び予測・測定技術開発を行うことにより、それらを踏まえた現実的な長寿命プラント設計手法の構築に資する。

## 【研究内容】

### イ. 材料強度及び損傷組織データベースの整備・拡充

高速増殖炉の主要構造材料及びその溶接継手について、長時間領域における強度特性データの拡充を継続するとともに、材料の経年化及び寿命予測の観点から解体試験施設及び構造物試験体からの採取試料分析データベース、並びに各種損傷組織データベースの構築を行う。

### ロ. 寿命予測・測定技術開発

実用材料の高温環境における損傷シミュレーション・プログラムを開発し、イ. で整備したデータベースを活用することで、精度の高い材料経年化予測を行う。また、損傷蓄積に伴う材料特性変化を測定する技術（磁気等）を検討し、実用化の見通しを判断する。

### ハ. 高速増殖炉プラント維持基準の検討

イ. 及びロ. の成果並びに先行する軽水炉プラントを対象とした維持基準を参考に高速増殖炉維持基準が具備すべき内容等についての検討を行う。

## 【研究の必要性】

高速増殖炉の機器・配管等の長期にわたる構造健全性を確保するためには、その寿命を予測評価するための研究が必要である。これまでの一連の研究では、主に既存プラントの定検合理化や長寿命化を目的としてきた。しかし、余寿命診断技術を単に供用中の構造健全性評価技術に留めず、設計体系に組み込むことにより格段の経済性・信頼性を有する長寿命プラント設計を達成できる可能性がある。このための安全研究の展開が必要となる。

【成果の達成目標】

イ. 材料強度及び損傷組織データベースの整備・拡充

長時間領域における強度特性データを継続的に取得し、また損傷組織および分析データの継続的な取得および構築された損傷組織データベースへの蓄積を行い、長時間領域の材料強度特性予測及び材料寿命予測の基盤的情報として活用する。

ロ. 寿命予測・測定技術開発

高速増殖炉構造材料の高温環境下における損傷組織変化シミュレーションプログラムを開発し、高速増殖炉構造材料の経年化予測を行う。

損傷蓄積に伴う材料特性変化を測定するために磁気等を用いた非破壊損傷検出技術の検討を行い、高温環境下で損傷を受ける材料劣化挙動を検出できる手法を提示する。

ハ. 高速増殖炉プラントの維持基準の検討

高速増殖炉維持基準が具備すべき内容を検討し、その結果をまとめる。

【成果の活用方策】

イ. 及びロ. における金属の組織学的な変化と材料強度特性の劣化の相関を正確に把握した上での寿命、余寿命評価法を確立することにより、プラントの信頼性向上ばかりでなく、非破壊検査技術の高度化の方向や合理的な定期検査のあり方の検討に反映できる。また、対象高速増殖炉プラントにおける経済的かつ安全な実用構造材料選定手段に明確な根拠を与えることができる。さらには、長寿命プラント設計手法の体系の構築に反映できる。

また、ハ. を活用することにより、高速増殖炉の維持基準の策定に反映できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長時間領域における材料強度特性データの取得を継続する。</li> <li>高速増殖炉構造材料の損傷組織データベース構築および損傷組織データの取得を行う。</li> </ul> <p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高速炉構造材料の損傷シミュレーションプログラム基本設計を行う。</li> <li>オーステナイト系ステンレス鋼の非破壊損傷検査技術の検討を行う。</li> </ul>	<p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高速増殖炉構造材料の損傷シミュレーションプログラムの基本設計をまとめる。</li> </ul>
平成14年度	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長時間領域における材料強度特性データの取得を継続する。</li> <li>高速炉増殖構造材料の損傷組織データベース構築および損傷組織データの取得を行う。</li> </ul> <p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基本設計に従い高速増殖炉構造材料損傷シミュレーションプログラムの基本構成プログラムの開発を行う。</li> <li>オーステナイト系ステンレス鋼の非破壊損傷検査技術の検討を行う。</li> </ul>	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高速増殖炉構造材料の損傷組織データベースの構築を完了させる。</li> </ul>

平成15年度	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長時間領域における材料強度特性データの取得および損傷組織データの取得を継続する。</li> </ul> <p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基本設計に従い高速増殖炉構造材料損傷シミュレーションプログラムの基本構成プログラムの開発を行う。</li> <li>・ オーステナイト系ステンレス鋼の非破壊損傷検査技術の検討を行う。</li> </ul>	<p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高速増殖炉構造材料損傷シミュレーションの基本構成プログラムの開発終了させる。</li> <li>・ オーステナイト系ステンレス鋼の高温環境下で損傷を受ける材料劣化挙動を検出できる非破壊損傷検出手法を提示する。</li> </ul>
平成16年度	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長時間領域における材料強度特性データの取得および損傷組織データの取得を継続する。</li> </ul> <p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基本構成プログラムを基に高速増殖炉構造材料の経年変化プログラムの開発を行う。</li> </ul> <p>ハ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高速増殖炉維持基準が具備すべき内容についての検討を行う。</li> </ul>	
平成17年度	<p>イ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長時間領域における材料強度特性データの取得および損傷組織データの取得を継続する。</li> </ul> <p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基本構成プログラムを基に高速増殖炉構造材料の経年変化プログラムの開発を行う。</li> </ul> <p>ハ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高速増殖炉維持基準が具備すべき内容についての検討を行う。</li> </ul>	<p>ロ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高速増殖炉構造材料の経年変化プログラムの開発を終了させる。</li> </ul> <p>ハ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高速増殖炉維持基準が具備すべき内容の検討結果をまとめる。</li> </ul>
平成18年度以降	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非破壊損傷検出システムの開発・整備を行う。</li> <li>・ 長寿命プラント設計手法の体系化を行う。</li> <li>・ プラント寿命管理規格・基準の体系化を行う。</li> </ul>	

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

2-2-6

## 【研究課題名(Title)】

L B B 評価手法に関する研究  
(Study on Evaluation Methods of Leak Before Break)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 大洗工学センター 要素技術開発部 機器・構造安全工学グループ

[氏名] 青 砥 紀 身(あおと かずみ)

[連絡先] 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話：029-267-4141(内線5910)

(Name) Kazumi Aoto

(Title of function) Structure Safety Engineering Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) Narita 4002, Oarai, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-1393,  
Japan, Tel. 029-267-4141(ex.5910)

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究(指針・基準類への反映)
- ・原子力施設の安全性の向上を目低とした研究

## 【研究目的】

高速増殖炉構造を対象に、高温低圧システムという特徴を適切に考慮したL B B（破断前漏えい）論理及びその適用範囲の明確化を図る。

## 【研究内容】

### イ. 初期欠陥の評価

溶接部を含む実機配管における初期欠陥を、適切かつ安全側に包絡して評価する手法の整備を図る。

### ロ. 漏えい評価手法の改良

実機負荷条件下の配管要素き裂進展データ取得・充実に継続するとともに、模擬冷却材を用いた漏えい試験を実施する。試験データに基づき、必要な漏えい口と冷却材漏えい量に関するモデル開発や手法の改良を行い、評価プログラムの高度化を図る。

### ハ. 適切なL B B論理の検討

イ.及びロ.の成果を踏まえて、ナトリウム冷却型高速増殖炉の特徴を考慮した将来の適切なL B B論理の構築を図るとともに、その適用範囲を明確化する。

## 【研究の必要性】

L B B論理の高度化を達成し、その適用範囲を明らかにすることにより、実用高速炉の安全論理構築基盤を適切に与えることが可能となる。それにより、プラントの安全系、検出装置類、並びに検査基準類等の適正化が図れ、プラントの経済性を信頼性が高い安全基盤の上に追求できるようになる。

次期5ヵ年においては、実用プラント高経済性追求の鍵となる類例のない新材料大口徑配管のL B B成立見通しを示すとともに、評価ツールの充実、並びに最終目的である実用プラントに対するL B B論理構築の検討、及びその高度化見通しを得る。

【成果の達成目標】

- イ. 破壊判定評価暫定案の提示
- ロ. 高速炉用オーステナイト鋼に関する破壊力学パラメータライブラリの充足
- ハ. 新材料を適用した大口径配管におけるLBB成立範囲評価  
 実用高速炉LBB論理構築のための概要構成要素に対する高度化見通しを得る。

【成果の活用方策】

- イ. 及びロ. 実用化高速増殖炉における安全論理の暫定構築に資する。
- ハ. 実用プラントの安全系の合理化に暫定的ながら論拠を与えることにより、コスト低減を見通す。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 高速炉LBB論理高度化検討を行う イ. 及びロ. 試験装置類(微小漏えい、模擬冷却材漏えい)の整備を行う	
平成14年度	イ. 及びロ. 試験装置類(微小漏えい、模擬冷却材漏えい)の整備を行う ハ. 高速炉LBB論理高度化検討を行なう	
平成15年度	イ. 初期き裂標準モデルの検討 ロ. 各種破壊力学試験(熱クリープ疲労き裂進展、模擬冷却材漏えい挙動、微小漏えい挙動、熱時効を含めた破壊靱性)実施	ハ. 新材料を適用した大口径配管におけるLBB成立範囲暫定
平成16年度	イ. 初期き裂標準モデルの検討 ロ. 各種破壊力学試験(熱クリープ疲労き裂進展、模擬冷却材漏えい挙動、微小漏えい挙動、熱時効を含めた破壊靱性)実施 ハ. 荷重区分の検討	
平成17年度	イ. 初期き裂標準モデルの検討 ロ. 各種破壊力学試験(熱クリープ疲労き裂進展、模擬冷却材漏えい挙動、微小漏えい挙動、熱時効を含めた破壊靱性)実施 ハ. 荷重区分の検討	イ. 破壊判定評価暫定案 ロ. 高速炉用オーステナイト系鋼に関する破壊力学パラメータライブラリの充足 ハ. 実用プラントに対するLBB論理構築の検討、及びその高度化見通しを得る
平成18年度以降	各種破壊力学試験(熱クリープ疲労き裂進展、模擬冷却材漏えい挙動、微小漏えい挙動、熱時効を含めた破壊靱性)実施 初期き裂標準モデルの検討 荷重区分の検討	高速炉LBB論理高度化暫定案 適正な開口量評価と冷却材漏えい量評価手法提案 き裂評価指針暫定案

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-2-7

### 【研究課題名(Title)】

「常陽」を用いたATWS模擬試験の実施計画に関する研究  
(Planning of the ATWS Simulation Tests by using Experimental Fast Reactor Joyo)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 大洗工学センター 照射施設運転管理センター 実験炉部 技術課

[氏名] 大戸 敏弘 (オオド トシヒロ)

[連絡先] 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話：029-267-4141(ext.5410)

(Name) Odo Toshihiro

(Title of function) Reactor Technology Section, Experimental Reactor Division,  
Irradiation Center, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002 Narita, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki-ken,  
311-1393 JAPAN Tel 029-267-4141(ext.5410)

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

将来、「常陽」を用いたATWS模擬試験を実施して高速炉の固有の安全性を実証していくために、フィードバック反応度特性評価、プラント構造健全性評価等を進めて試験の実施計画を策定する。また、ATWS事象等で有効性が期待される自己作動型炉停止機構（SASS）について炉内特性を把握する。

### 【研究内容】

イ. フィードバック反応度評価精度の向上に関する研究

MK-II炉心の運転経験を通して整備・検証した動特性解析システムを、MK-III性能試験で実施する過渡試験、MK-III炉心において実施する反応度成分の定量評価を目的とした試験等により検証する。

ロ. UTOP模擬試験の実施計画に関する研究

MK-III炉心において低出力でのUTOP予備試験を実施し、試験結果を用いてイ. の解析システムを検証する。この解析システムを用いた評価、プラント構造健全性評価等に基づきUTOP模擬試験の実施計画を策定する。

ハ. ULOF模擬試験の実施計画に関する研究

MK-III炉心で検証した動特性解析システムを用いた評価、プラント構造健全性評価等に基づきULOF模擬試験の実施計画を策定する。

ニ. SASSの炉内特性に関する研究

「常陽」にSASS試験体を設置し、高温ナトリウム・照射環境下での保持力特性データを取得するとともに、主要構成材料の照射データを蓄積する。

### 【研究の必要性】

炉心及びプラントの核熱流動挙動に係わる安全特性データを取得することにより、高速増殖炉固有の安全性、あるいは受動的な安全特性の検証を行うことが、事故防止及び緩和の観点から重要である。

受動的安全性の研究では、手法の確立及びその検証に実炉での測定、実証が非常に大きな位置

を占めることから、「常陽」を用いたATWS模擬試験の実施が必要であり、この試験計画を策定する。

また、炉停止に係る受動的安全方策として有効性が期待されているSASSについて、「常陽」MK-III炉心で機能試験を実施し、その性能を実証する。

**【成果の達成目標】**

- イ. フィードバック反応度評価精度の向上に関する研究  
MK-II炉心の運転経験を通して整備・検証した動特性解析システムをMK-III炉心に適用し、MK-III性能試験結果等を用いて同解析システムを検証する。
- ロ. UTOP模擬試験の実施計画に関する研究  
MK-III炉心において低出力でのUTOP予備試験を実施し、この結果等に基づき、MK-III炉心におけるUTOP模擬試験の実施計画を策定する。
- ハ. ULOF模擬試験の実施計画に関する研究  
MK-III炉心におけるULOF模擬試験の実施計画を策定する。
- ニ. SASSの炉内特性に関する研究  
SASSの電磁石構成材料の照射データを蓄積するとともに、炉内環境下での保持力特性を測定することにより、システムとしての信頼性を確認する。

**【成果の活用方策】**

- イ. 高速炉におけるフィードバック反応度評価精度の向上が図れ、大型ナトリウム冷却型高速炉の固有の安全性評価に活用できる。
- ロ. 及びハ. 実験炉としての「常陽」を活用したATWS模擬試験の実施の道を開く。この成果は、安全解析手法、シビアアクシデント評価手法の実炉のデータを用いた検証を可能とする。
- ニ. 炉停止に係る受動的安全方策として期待されているSASSについて、実炉使用条件での特性データが得られ、実用性が確認できる。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>イ. MK-III性能試験時の反応度係数、炉心湾曲反応度の予測解析を実施する。</li> <li>ロ. 及びハ. MK-III炉心におけるUTOP、ULOF模擬試験の実施条件を検討する。</li> <li>ニ. SASS保持力特性試験装置を製作する。</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>イ. MK-III性能試験を実施し、反応度係数測定値と解析値の比較評価を行う。</li> <li>ロ. 及びハ. 改造後のMK-III冷却系のプラント試験データを基に動特性解析コード“Mimir-N2”の冷却系計算モデルを整備する。実機データを踏まえたUTOP、ULOF模擬試験時プラント条件の評価を行う。</li> <li>ニ. SASS保持力特性試験装置の製作を終了し、炉内設置作業を開始する。</li> </ul>	

平成15年度	<p>イ. MK-III初期炉心を用いたフィードバック反応度成分評価のための特性試験の実施とその結果を踏まえた”Mimir-N2”の整備を行う。</p> <p>ロ. 及びハ. UTOP、ULOF模擬試験時の構造健全性評価を進める。</p> <p>ニ. SASS保持力特性試験装置を炉内に設置し、保持力特性試験を実施する。</p>	<p>イ. MK-III炉心のフィードバック反応度特性の把握（MK-II炉心のデータを基に評価した特性のMK-III炉心での確認）と”Mimir-N2”の整備を終了させる。</p> <p>ロ. 及びハ. 実機データを踏まえたUTOP、ULOF模擬試験時プラント条件を把握する。</p>
平成16年度	<p>イ. 燃焼依存性評価の観点から、フィードバック反応度成分特性試験を実施し、その結果を基に”Mimir-N2”を整備する。</p> <p>ロ. UTOP予備試験を実施し、試験結果の評価を行う。</p> <p>ハ. ULOF模擬試験の実実施計画の策定を進める。</p> <p>ロ. 及びハ. UTOP、ULOF模擬試験時の構造健全性評価を終了させる。</p> <p>ニ. SASSについて、保持力特性試験結果の評価を行うとともに、材料照射試験装置を炉上部に設置し、照射試験を開始する。</p>	
平成17年度	<p>イ. MK-III炉心が平衡に至るまでの各サイクル炉心の反応度特性データを分析し、解析評価を継続する。</p> <p>ロ. 及びハ. UTOP、ULOF模擬試験の実実施計画を策定する。</p> <p>ニ. SASS材料照射試験を終了し、照射後試験を行い、その結果を評価する。</p>	<p>ロ. 及びハ. UTOP、ULOF模擬試験の実実施計画を策定する。</p> <p>ニ. SASS保持力特性試験結果からシステムとしての信頼性を評価し、材料照射試験結果から電磁石構成材料の磁気特性等への中性子照射効果を評価し、SASSの実用性を確認する。</p>
平成18年度以降	<p>イ. MK-III炉心のフィードバック反応度特性の解析・評価を継続する。</p> <p>ロ. 及びハ. UTOP、ULOF模擬試験を実施する。</p>	<p>イ.～ハ. UTOP、ULOF模擬試験を実施する。</p>



## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-3-1

### 【研究課題名(Title)】

過渡伝熱流動現象評価に関する研究  
(Study on Transient Thermohydraulic Analyses)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター システム技術開発部 熱流体技術開発グループ

【氏名】 山口 彰 (やまぐち あきら)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002、電話：029-267-4141

(Name) Akira Yamaguchi

(Title of function) Thermal-Hydraulics Research Group, System Engineering Technology Division, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002 Narita, O-arai, Ibaraki 311-1393 Japan, Tel : 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・ 安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・ 安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

高速炉プラントシステム内の定常運転時から事故時にわたる各種過渡伝熱流動現象について、流体と構造の境界領域における複合挙動を評価する手法の開発・整備及びこれに係わる実験を実施する。これにより、高速炉プラントシステムの熱過渡に対する安全性の評価と安全裕度の一層の適正化の検討に資する。

### 【研究内容】

- 流体-構造連成挙動に対する安全評価手法の開発・整備  
冷却材バウンダリの健全性評価に重要な熱過渡特性等について、冷却材側から構造材側まで一貫して過渡伝熱流動現象を機構論的に評価できる解析手法を開発・整備する。
- 熱過渡に伴う流体-構造応答特性に関する試験  
流体と構造の境界領域における熱流動挙動の変動・減衰特性、及び長周期の流体温度変動に対する構造物の温度応答特性を水・ナトリウム試験により明らかにし、解析手法を含む熱荷重評価手順の構築に資する。
- 解析コードを用いた安全裕度適正化手順の検討  
上記課題等に関して、既存データを含めた各種基礎試験による解析コードの検証手順と解析コードの信頼性を定量的に評価する手順の検討を行うとともに、解析コードを用いて安全裕度を一層適正化するための手順を検討する。

### 【研究の必要性】

高速炉において冷却材として用いる液体金属ナトリウムは、常圧での沸点が約 880℃と高いため、運転圧力をほぼ常圧とすることができるものの、プラントシステム内での温度差が約 150℃と大きいため、構造設計においては熱荷重に対する配慮が必要となる。

現在の高温構造設計手法は、従来の耐圧構造設計手法を拡張する形で発展してきたため、耐圧構

造設計手法で考慮される安全裕度に加え、熱荷重評価における不確定要因（流体－構造間での熱的連成効果など）に起因した過剰な裕度を勘案したものとなっている。さらに、熱荷重算定法については、これまで設計基準の範疇に含めてこなかった経緯から、設計者自身の評価・判断に委ねられているため、熱荷重評価における不確定性が構造強度評価でのそれを上回る可能性がある。

他方、熱荷重印加に起因した実プラントでのトラブルの発生（仏国フェニックス炉（1992年）、原電敦賀2号炉（1999年）など）に伴い、国は熱疲労による損傷防止規定・基準類を、さしあたって軽水炉プラントを対象として早急に策定しようとする動きにある。

今後の高速炉プラントの合理化や革新的構造・設備の採用などを勘案すると、液体金属ナトリウムを冷却材とした場合の熱疲労による損傷防止規定・基準類の策定に向け、解析手法の開発・整備を含む合理的な熱荷重評価手順の構築が急務である。

【成果の達成目標】

- イ. 冷却材から構造材側まで一貫して過渡伝熱流動現象などを機構論的に評価できる解析手法の開発を完了する。
- ロ. 水およびナトリウム試験により構造壁近傍及び流体と構造壁との熱伝達における温度変動メカニズムを解明するとともに、温度変動の減衰効果を定量化する。
- ハ. 熱荷重に対する配管合流部設計手順として、合理的・実用的な方法論を確立する。

【成果の活用方策】

- ・イ. およびロ. の成果により、主に配管合流部における流体－構造熱的連成挙動を冷却材側から構造材側までを一貫して高精度で評価することが可能となり、従来保守的に見積もられていた安全裕度などが適正化され、合理的な安全裕度を持つ実用炉の配管合流部の設計・評価に活用できる。
- ・ハ. の成果により、解析コードの標準化や信頼性の定量化などのデータベースとしての活用が可能となり、主に配管合流部に対する設計・評価手順が確立できる。
- ・本研究で得られる知見は、日本機械学会において進行中の熱疲労に起因した構造物の損傷防止規定・基準類の策定作業に積極的に反映することができる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 開発中の流体－構造熱的連成挙動に対するDNS解析評価システムつき、各種基礎試験データを用いた検証を継続実施するとともに、評価精度要求レベルに応じて使分けが可能な実用的・工学的な新規LES（大渦シミュレーション；Large Eddy Simulation）解析コードの開発に着手する。 ロ. 流体－構造熱的連成メカニズム（乱流混合、熱伝達非定常挙動など）解明のための各種の基礎試験を実施する。 ハ. 解析コードの信頼性を定量的に評価するため、モデル化レベルの異なる複数の解析手法の精度評価を行う。また、日本機械学会による構造物損傷防止に関わる検討作業に参画し、軽水炉を対象とした基準類を策定する。	

平成14年度	<p>イ. 開発中の流体—構造熱的連成挙動に対する DNS (直接数値シミュレーション; Direct Numerical Simulation) 解析評価システムの実験検証および新規 LES 解析コードの開発を継続する。</p> <p>ロ. 流体—構造熱的連成メカニズム (乱流混合、熱伝達非定常挙動など) 解明のための各種の基礎試験を継続する。</p> <p>ハ. 解析コードの信頼性を定量的に評価するための精度評価解析を継続する。また、日本機械学会による構造物損傷防止に関わる検討作業に参画し、ナトリウム炉を対象とした基準類策定のための検討を開始する。</p>	
平成15年度	<p>イ. 流体—構造熱的連成挙動に対する DNS 解析評価システムおよび新規 LES 解析コードにつき、実験データによる評価精度の定量化を完了する。</p> <p>ロ. 流体—構造熱的連成メカニズム解明のための各種の基礎試験を完了し、試験データに基づいて構造壁近傍での熱輸送メカニズムを解明する。</p> <p>ハ. 評価精度要求レベルに応じて使分けが可能な解析コード群を、安全裕度を適正化するための手法としてシステム化する。また、熱荷重に対する配管合流部設計手順として、評価チャートの枠組みを構築する。</p>	<p>イ. DNS 解析評価システムの実験検証および新規 LES 解析コードの開発を完了する。</p> <p>ロ. 水およびナトリウム試験により構造壁近傍及び流体と構造壁との熱伝達における温度変動メカニズムを解明する。</p> <p>ハ. 解析コード群を、安全裕度を適正化するための手法としてシステム化する。また、熱荷重評価チャートの枠組みを構築する。</p>
平成16年度	<p>イ. 新規開発した LES 解析コードにつき、各種基礎試験データを用いた検証を継続実施する。</p> <p>ロ. 熱荷重に対する配管合流部の設計評価手順の完成に向け、必要に応じて配管合流部を対象とした追加水試験を実施する。</p> <p>ハ. 安全裕度を適正化するためにシステム化した解析コード群に対し、システムとしての信頼性を定量化するための試験解析を実施する。また、熱荷重に対する配管合流部設計手順として構築した評価チャートの信頼性を定量化するための検討を行う。</p>	

平成17年度	<p>イ. 冷却材から構造材側まで一貫して過渡伝熱流動現象などを機構論的に評価できる手法として、評価精度要求レベルに応じて使分けが可能な解析コード群の開発・検証を完了する。</p> <p>ロ. 熱荷重に対する配管合流部の設計評価手順の完成に向け、試験データの評価を完了する。</p> <p>ハ. 熱荷重に対する配管合流部設計手順として、解析コードと評価チャートを組み合わせた合理的・実用的な方法論を確立する。</p>	<p>イ. 冷却材から構造材側まで一貫して過渡伝熱流動現象などを機構論的に評価できる解析手法の開発を完了する。</p> <p>ロ. 実験から得られた温度変動の減衰効果を定量的に示す。</p> <p>ハ. 熱荷重に対する配管合流部設計手順として、合理的・実用的な方法論を確立する。</p>
平成18年度以降	<p>今後の高速炉プラントの更なる合理化や革新的構造・設備が採用されることを勘案し、平成17年度までに整備される配管合流部に対する熱荷重評価手順を、その他の部位に対する評価手順として一般化する。</p>	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-3-2

### 【研究課題名(Title)】

高燃焼炉心内熱流動現象の評価に関する研究

(Study on thermohydraulics in a core with high burn-up)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 原子炉工学グループ

【氏名】 荒 邦章 (あら くにあき)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、Tel. : 029-267-4141

(Name) Kuniaki ARA

(Title of function) Reactor Engineering Group, Advanced Technology Division, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) Narita 4002, O-arai, Ibaraki, 311-1393, Japan, Tel. : 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

高燃焼度化・高線出力化を目指した炉心の開発においては、燃料ピンのスエリングなどによる燃料集合体内の冷却材流路変形に対する熱流力特性の変化や、集合体の炉内長期滞在化などによる集合体ダクトの熱的変形の影響評価が必要である。本研究は、これらの変形やその影響を予測するための熱流動評価手法を開発し、高速炉の安全性向上と高性能化、並びに安全評価指針類の検討に資する。

### 【研究内容】

- イ. 高燃焼時の燃料ピンバンドルの変形に伴い冷却材流路の狭窄やピン接触などが生じた場合、あるいは流路閉塞が発生した場合の燃料ピン温度を評価する手法を開発する。燃料集合体内熱流動特性に影響の大きい変形モードの想定に基づいて炉外試験を計画・実施し、過渡時・異常時を含む熱流動特性の解明を行う。また、これらの変形モードを有する燃料集合体内の熱流動解析手法を開発し、試験データに基づいて検証する。これらにより高い燃焼度まで、より適切な安全裕度をもって使用できる高性能な炉心の実現に寄与する。
- ロ. 燃料集合体ダクトの熱的変形及び照射変形の評価に必要なダクトの温度分布を精度良く予測するため、様々な運転モードにおける集合体内部や集合体間ギャップ部を含む炉心全体の熱流動特性を評価する解析手法の開発を行う。また、炉外試験データによる検証を行う。
- なお、本研究のイ. については、大学における基礎研究の成果等を活用していくものとする。

### 【研究の必要性】

高燃焼度化・高線出力化を目指した炉心の開発においては、燃料ピンのスエリングなどによる燃料集合体内の冷却材流路変形に対する熱流力特性の変化や、集合体の炉内長期滞在化などによる集合体ダクトの熱的変形の影響評価が必要である。これまでの研究では照射によるピンの変形に対する予測手法の開発が行われてきているが、変形による熱流動への影響評価については十分な研究がなされていない。本研究では、これらの変形による影響を予測するための熱流動評価手法を開発し、高速炉の安全性向上と高性能化、並びに安全評価指針類の検討に資することができる。

【成果の達成目標】

イ. 集合体内熱流動の評価

燃料ピン束の変形や流路閉塞に伴って変化する集合体内全体の熱流動特性（温度分布など）を評価する解析手法の開発を完了するとともに、手法の妥当性を炉外試験データにより検証する。また、局所詳細解析手法の開発を行い、プロトタイプを完成する。

ロ. 炉心内熱流動の評価

集合体ダクトの変形や炉心槽内の熱流動場を考慮し、炉心全体の熱流動特性を評価できる手法を開発する。手法の妥当性を炉外試験データにより検証する。

これらにより高燃焼度化による経済性向上を図る上で、集合体や炉心全体での温度特性を合理的に評価し、高い安全性が確保できることを示す。これを通して高速炉の高性能化と安全性向上並びに、安全評価指針類の検討に資する。

【成果の活用方策】

燃料ピンのスウェリングなどによる流路変形が生じた場合の集合体内の熱流動特性や炉心槽を含む炉心全体の熱流動特性を評価することが可能となり、高い燃焼度を達成できる高性能炉心の設計評価に活用できる。また、これらの評価手法・実験データベースにより高性能炉心の安全評価や安全裕度の適正化のための技術基盤を提供する。さらに、もんじゅ高燃焼度炉心評価にも活用される。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<p>イ. 集合体内の熱流動評価</p> <p>集合体内にクロスフローが生じる部分閉塞 集合体におけるサブチャンネル間混合現象を 実験的に解明する。複雑形状流路内の熱流動 計測手法を開発する。</p> <p>燃料ピン束の変形を考慮できるサブチャン ネル解析手法の開発を行う。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価</p> <p>全炉心熱流動解析コードについて上部プレ ナムと炉心部の接続モデルを多次元化する。 集合体間ギャップ領域の流れに関する試験デ ータを用いた検証を行う。</p>	
平成14年度	<p>イ. 集合体内の熱流動評価</p> <p>クロスフローを含むサブチャンネル間混合 現象について実験データに基づく多次元解析 手法の検証を行う。</p> <p>燃料ピン束の変形を考慮できるサブチャン ネル解析手法の開発を継続する。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価</p> <p>全炉心熱流動解析コードについて、モデル化 できる集合体数を拡張し、全炉心体系での予備 解析を実施する。</p>	

平成15年度	<p>イ. 集合体内の熱流動評価 燃料ピン束の変形をモデル化した水流動試験体を製作し、基本的な流動特性を把握する。 燃料ピン束の変形を考慮したサブチャンネル解析手法について、試験データに基づく機能検証解析を行う。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価 強制循環時のインターラッパフローについて実験データに基づき検証解析を行う。</p>	<p>イ. 集合体内の熱流動評価 部分閉塞試験装置を用いたバンドル内クロスフローに関する知見をまとめる。 燃料ピン束の変形を考慮したサブチャンネル解析手法を構築する。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価 全炉心を対象とする解析手法を構築する。</p>
平成16年度	<p>イ. 集合体内の熱流動評価 変形ピンバンドルにおける流動現象を実験的に解明する。 サブチャンネル解析手法の検証を継続する。 変形バンドルに対する詳細解析手法を開発する。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価 インターラッパフローを含む自然循環時の炉心部熱流動現象について実験データに基づき解析手法の検証を行う。</p>	
平成17年度	<p>イ. 集合体内の熱流動評価 変形ピンバンドルにおける流動現象を変形モードなどをパラメータとして実験的に解明する。 詳細解析手法の開発を継続し、機能検証を行う。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価 炉心部熱流動現象について全炉心体系の予測解析を行う。</p>	<p>イ. 集合体内の熱流動評価 変形バンドルにおける熱流動現象の特性を明らかにする。 解析手法としてサブチャンネル解析手法を確立するとともに詳細解析手法の基本体系を構築する。</p> <p>ロ. 全炉心の熱流動評価 検証解析、予測解析の結果を評価し、全炉心熱流動現象の評価手法を完成させる。</p>
平成18年度以降	<p>イ. 集合体内の熱流動評価 詳細解析手法開発を継続するとともに、変形バンドルでの熱流動現象をまとめ、評価手法を確立する。また、燃料ピンバンドル変形評価解析手法とのカップリングを検討する。</p>	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-3-3

### 【研究課題名(Title)】

ナトリウム燃焼及びソースタームに関する研究  
(Study on Sodium Fire and Source Term Evaluation)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 プラント安全工学グループ

【氏名】 三宅 収 (みやけ おさむ)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話：029-267-4141

(Name) Osamu Miyake

(Title of function) Plant Safety Engineering Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun,  
Ibaraki-ken, Japan, Tel: 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制から要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

ナトリウム漏えい燃焼挙動の詳細現象把握による評価手法高度化、漏えい検出システムの高度化及びソースターム評価手法の高度化を進めることにより、高速増殖炉のナトリウム漏えいに関する安全性向上方策及び線源想定を検討に資する。

### 【研究内容】

#### イ. ナトリウム漏えい燃焼評価手法の整備

ナトリウム燃焼挙動をより詳細に把握するために、典型的な燃焼形態（液滴燃焼、プール燃焼等）を対象として詳細実験を実施する。また、これまで個別に開発を進めてきたナトリウム漏えい燃焼及びそれに伴う種々の化学反応、エアロゾル挙動等に関する解析手法を統合するとともに、その検証及び適用性評価を行い、ナトリウム漏えい燃焼解析コードの高度化を図る。

#### ロ. 微小漏えいの検出信頼性評価

高感度かつナトリウム選択的検出性を有する手法（レーザ利用）について、検出系の適用性を評価し、微小漏えい燃焼時における検出信頼性の向上に資する。

#### ハ. ナトリウム・コンクリート反応試験

ナトリウムとコンクリートが接触した場合の実験データの拡充と評価手法の高度化を図るため、ナトリウムとコンクリートの反応現象や発生する水素の挙動に着目した試験を実施し、解析モデルを改良・整備する。また、炉外のナトリウム・デブリ・コンクリート相互作用についての検討を開始する。

#### ニ. ソースターム移行挙動評価手法の整備

ソースターム移行挙動評価手法を高度化するために、燃料からの放射性物質放出挙動を定量化するための実験等を実施するとともに、関連する解析モデルの改良・検証を行う。

なお、本研究のイ. については、大学における基礎研究の成果等を活用していくものとする。



### 【研究の必要性】

これまでの研究によりナトリウム漏えい燃焼の影響を適切な裕度のもとで評価することが可能となっているが、燃焼挙動に対する理解を向上させ、影響緩和方策をより高度なものとするためには、挙動の詳細を把握する実験的知見、解析手法の統合・高度化、高信頼性の微小漏えい検出系等が求められている。

放射性物質移行挙動評価については、高速増殖炉の安全向上方策及び立地に関する社会の受容性を高めるために、事故時の影響をより現実的に評価する手法の整備が必要である。

### 【成果の達成目標】

- イ. ナトリウムの着火と燃焼挙動の現象論的理解を可能とするような詳細実験データの取得を完了し、データベースとして整備する。また、各種ナトリウム燃焼解析コードを実験で検証し、燃焼現象と影響評価を様々な角度から検討することのできるナトリウム燃焼解析コードの体系を確立する。
  - ロ. ナトリウムを選択的に検知しうる検出系の適用性、その場合の漏えい判断に要する時間の短縮及び信頼性向上の可能性を評価し、安全論理の補強及び構築に必要なデータや知見を整備・拡充する。
  - ハ. 空気雰囲気でのナトリウム・コンクリート反応に関する試験データを取得するとともに、それを活用した当該解析モデルの改良整備を完了させる。また、ナトリウム・コンクリート反応に熔融炉心物質が添加された場合の影響評価について、研究計画策定のために必要な情報収集を完了する。
- 二. 燃料からの放射性物質放出挙動に関する実験データをもとに炉内ソースターム解析コードの当該モデルを完成させ、より適切な線源想定案を提示する。

### 【成果の活用方策】

- イ. ナトリウム燃焼挙動の理解促進を図るための直接的手段になると同時に、事故の影響緩和方策の設計検討、安全性の定量的評価を行うために活用できる。
  - ロ. 微小漏えい検出系の漏えい判断に要する時間及び信頼性の向上が期待でき、LBB論理の補強及び適用範囲の立案評価、漏えい対策設備設計要求に対して判断材料を提供できる。
  - ハ. ナトリウム漏えい対策設備の重要度の検討、過酷事故時の影響評価における判断材料を提供できる。
- 二. 過酷事故を対象とした現実的な線源想定案の提示が可能となると同時に、影響評価とその緩和方策の設計検討を行うためのツールを提供できる。

### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. ナトリウム液滴燃焼とプール燃焼を対象とした詳細実験の実施及び燃焼解析コードの整備・統合 ロ. 微小漏えい検出に関するナトリウム試験の実施 ハ. 空气中ナトリウム・コンクリート反応の予備試験の実施 二. 燃料からの放射性物質放出挙動試験のデータ分析	

平成14年度	<p>イ. ナトリウム液滴燃焼とプール燃焼を対象とした詳細実験の継続及び燃焼解析コードの検証</p> <p>ロ. 微小漏えい検出に関するナトリウム試験の継続</p> <p>ハ. 空气中ナトリウム・コンクリート反応試験の実施</p> <p>ニ. 燃料からの放射性物質放出挙動に関する解析モデルの改良検討</p>	
平成15年度	<p>イ. ナトリウム液滴燃焼とプール燃焼を対象とした詳細実験の継続及び燃焼解析コードの検証</p> <p>ロ. 検出器単体でのナトリウム量に対する検出時間及び信頼性の評価</p> <p>ハ. ナトリウム・コンクリート反応計算モデルの改良整備</p> <p>ニ. 燃料からの放射性物質放出挙動に関する解析モデルの改良と検証</p>	<p>イ. ナトリウム燃焼の現象論的理解のために必要な実験的知見の取得完了およびナトリウム燃焼解析コード体系の確立</p> <p>ロ. 検出器単体の検出時間および信頼性を明確化</p> <p>ハ. 空气中でのナトリウム・コンクリート反応評価手法の整備を完了</p>
平成16年度	<p>イ. 着火・消火過程の解析的検討</p> <p>ロ. 実機適用想定で漏えい判断に要する時間及び誤信号に関する信頼性を評価</p> <p>ハ. ナトリウム・デブリ・コンクリート相互作用に関する解析的検討</p> <p>ニ. 放射性物質の炉内移行に関する解析モデルの検証・整備</p>	
平成17年度	<p>イ. 着火・消火過程の解析的検討</p> <p>ロ. 実機適用想定で漏えい判断に要する時間及び誤信号に関する信頼性評価を完了</p> <p>ハ. ナトリウム・デブリ・コンクリート相互作用に関する解析的検討</p> <p>ニ. 放射性物質の炉内移行に関する解析モデルの検証・整備</p>	<p>イ. ナトリウム燃焼実験のデータベース確立及び着火・消火時の反応速度の評価</p> <p>ロ. 実機適用時の検出時間及び信頼性を明確化</p> <p>ハ. ナトリウム・デブリ・コンクリート相互作用に関する研究計画策定のための情報収集を完了</p> <p>ニ. 炉内ソースターム評価手法の完成</p>
平成18年度以降	<p>・ナトリウム漏えい燃焼解析手法の整備</p> <p>・ソースターム及び格納系安全評価手法の整備</p>	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-3-4

### 【研究課題名(Title)】

ナトリウム-水反応評価技術の高度化に関する研究  
(Enhancement of Safety Evaluation in Sodium-Water Reaction)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 プラント安全工学グループ

【氏名】 三宅 収 (みやけ おさむ)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話：029-267-4141

(Name) MIYAKE Osamu

(Title of function) Plant Safety Engineering Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002 Narita, O-arai, Ibaraki, 311-1393 Japan, Tel:029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制から要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

蒸気発生器でのナトリウム-水反応事象に関して、反応ジェットの熱的挙動、伝熱管の破損伝播現象、水リーク検出特性等の試験研究と解析モデル開発を行うことで、影響の緩和と安全評価技術の高度化を図る。

### 【研究内容】

#### イ. ナトリウム-水反応試験

ナトリウム-水反応現象のメカニズムを解明するため、ナトリウム-水反応試験施設を用いて、反応ジェットの熱的挙動、反応界面不安定特性や未反応水の効果、水リーク検出特性等に関する試験データを取得する。

#### ロ. 蒸気発生器水リーク試験

蒸気発生器水リーク試験施設を用いて、蒸気発生器のナトリウム流動やブローダウン効果を含めた水リーク試験を実施し、実機条件に則した条件で蒸気発生器水リーク時の総合的な安全性の実証を行うとともに、ハ. の評価手法の検証データを取得する。

#### ハ. ナトリウム-水反応評価手法の高度化

ナトリウム-水反応現象を機構論的に評価するため、反応ジェットに関する化学反応を伴う多成分多相流の解析コードを開発整備して、イ. 及びロ. の試験データにより検証を行う。これらのモデルにより、伝熱管破損伝播評価手法及び大リーク時影響評価手法の高度化を図る。

なお、本研究のハ. については、大学における基礎研究の成果等を活用していくものとする。

### 【研究の必要性】

蒸気発生器(SG)は、冷却材ナトリウムを使用する高速増殖炉プラントの主要機器であり、その信頼性はプラントの安全性及び経済性に大きく影響する。特にSG水リークに起因する事故は、欧米各国で経験しているように、プラント寿命中に発生しうる頻度の事故であり、その未然防止、拡大抑

制、影響緩和、事故終息といった対応が不可欠となる。

SG水リーク事故に対する安全評価は、設計基準水リーク（DBL）の妥当性確認と大リーク事故時の影響評価について行われる。前者については、原型炉SGを対象とした試験研究により、ウェステージ（損耗）が主な破損メカニズムであることを確認し、それに基づく破損伝播評価手法を確立して、保守的に伝熱管4本破断相当のDBLを選定した。しかしながら、原型炉SGと設計の異なる大型炉SGについては、水蒸気系の高温・高圧化、ナトリウム系の高温化、高クロム系鋼等の新伝熱管材が指向されており、これらはいずれも、英国PFR過熱器で発生したような内圧破裂（高温ラプチャ）型破損伝播の起こりやすい条件となる。従って、大型炉SGのDBLを現実的に評価するためには、高温ラプチャ現象の解明とそのモデルを取り入れた破損伝播評価手法の確立が必要とされる。高温ラプチャは短時間で複数の伝熱管が同時に破損する可能性を有することから、DBLへ及ぼす影響も大きく、大リーク時影響評価に際しても、瞬時の均一反応を仮定していた従来の保守側モデルを見直して、未反応水の存在を考慮するなど不均一反応モデルを取り入れた現実的な評価手法の確立が必要となる。

#### 【成果の達成目標】

- イ. 小規模のナトリウム-水反応試験により、水リーク率等をパラメータとして反応ジェットの温度分布、伝熱管への熱伝達特性、および新型水リーク検出計（音響計等）に関するデータ取得を完了する。また、反応界面不安定挙動や未反応水の存在による発生圧力の緩和効果に関する試験データを取得する。
- ロ. 大規模の蒸気発生器水リーク試験により、定格運転条件及び部分負荷運転条件を模擬した伝熱管の破損伝播挙動データの取得（2ケース）及び評価を終了する。また、注水条件やナトリウム条件等の異なる破損伝播試験データ取得のための詳細試験計画を作成する。
- ハ. 高温ラプチャを考慮した破損伝播解析コードの開発を完了するとともに、多成分多相流モデルに基づく反応ジェット解析コードの検証を終了する。さらに、大リーク解析コードの開発・整備に向けて、未反応水効果を考慮した基本モデルを作成する。

#### 【成果の活用方策】

- イ. ナトリウム-水反応試験データは、高温ラプチャ評価手法、反応ジェット解析コード、大リーク解析コード開発のためのモデル化と検証データに活用される。
- ロ. 蒸気発生器水リーク試験データは、下記解析コードの総合検証、SG水リークに対する安全設計、および安全な運転方法の確立に反映される。
- ハ. 高温ラプチャ評価手法と反応ジェット解析コードは、破損伝播解析コードの高度化に反映され、破損伝播解析コードはDBLの妥当性確認などの安全設計・評価に活用される。反応ジェット解析コードは大リーク解析コードの高度化に反映され、大リーク解析コードは冷却系バウンダリの健全性確認など安全設計・評価に活用される。

#### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>イ. 注水率をパラメータとして、ナトリウム-水反応試験を継続する。</li> <li>ロ. 定格運転条件での蒸気発生器水リーク試験（第1回）を実施する。</li> <li>ハ. 破損伝播解析コード、反応ジェット解析コードを用いた予備解析を行う。</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>イ. カバーガス圧をパラメータとして、ナトリウム-水反応試験を継続する。</li> <li>ロ. 部分負荷運転条件での蒸気発生器水リーク試験（第2回）を継続する。</li> <li>ハ. 破損伝播解析コード、反応ジェット解析コードを用いた検証解析、予備解析を行う。</li> </ul>	

平成15年度	<p>イ. 構造物や注水ノズル形状等をパラメータとして、ナトリウム-水反応試験を継続する。</p> <p>ロ. 蒸気発生器水リーク試験データの整理・評価を行う。</p> <p>ハ. 破損伝播解析コード、反応ジェット解析コードを用いた検証解析を行う。</p>	<p>イ. 反応ジェットに及ぼす主要パラメータ（注水率や圧力等）の影響を試験的に明らかにする</p> <p>ロ. 定格および部分負荷運転条件での注水試験データの評価を終了する。</p> <p>ハ. 高温ラプチャを考慮した破損伝播解析コードを完成させる。</p>
平成16年度	<p>イ. 大型炉SG固有の条件をパラメータにして、ナトリウム-水反応試験を継続する。</p> <p>ロ. 注水条件を変えた蒸気発生器水リーク試験計画を検討する。</p> <p>ハ. 反応ジェット解析コードのモデル改良、大リーク解析コード用新モデルの開発を行う。</p>	
平成17年度	<p>イ. 反応界面の不安定現象を明らかにするための、ナトリウム-水反応試験を継続する。</p> <p>ロ. ナトリウム条件を変えた蒸気発生器水リーク試験計画の検討を継続する。</p> <p>ハ. 反応ジェット解析コードの検証、大リーク解析コードの計算モデル改良を行う。</p>	<p>イ. 反応ジェット解析コード開発のための注水試験を完了して、大リーク解析コード開発のための注水試験に着手する。</p> <p>ロ. 破損伝播評価のための詳細試験計画を作成する。</p> <p>ハ. 反応ジェット解析コードの検証を終了し、大リーク解析用の未反応水モデルを作成する。</p>
平成18年度以降	<p>イ. 未反応水効果を明らかにするための、ナトリウム-水反応試験を継続する。</p> <p>ロ. 大リーク条件での蒸気発生器水リーク試験を継続する。</p> <p>ハ. 大リーク解析コードの検証とモデル高度化を行う。</p>	

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

2-4-1

## 【研究課題名(Title)】

炉心損傷時の事象推移評価に関する研究

(Study on Evaluation of Core-Disruptive-Accident Sequences)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 高速炉安全工学グループ

(Fast Reactor Safety Engineering Group, Advanced Technology Division, O-arai Engineering Center)

【氏名】 佐藤 一憲 (さとう いっけん: Ikken Sato)

【所属】 大洗工学センター システム技術開発部 リスク評価技術開発グループ

(Nuclear System Safety Research Group, System Engineering Technology Division, O-arai Engineering Center)

【氏名】 丹羽 元 (にわ はじめ: Hajime Niwa)

【連絡先】 311-1301 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話：029-267-4141

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki-ken, Japan 311-1393, Tel. 029-267-4141

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断基準としての活用）

## 【研究目的】

FBR実用炉の安全論理構築のために、炉心損傷事故評価の標準的安全評価手法を開発・検証・確立する。また、開発した安全解析コードを実用炉の安全解析に適用することにより、実用炉の炉心設計、成立性評価及び安全評価の考え方の整備への反映を行う。

## 【研究内容】

### イ. 安全性試験データの総合評価

CABRI 炉内試験を中心としたこれまでの国内外の実験データベースを総合的に分析・評価するとともに、SAS及びSIMMERコードの検証・改良に反映する。

### ロ. 起因過程解析コードの開発・検証

既存の試験データを用いたSAS4Aの検証を行うとともに、実用炉評価に必要な空間依存動特性等のモデル高度化を行い、標準的解析手法として整備する。

### ハ. 炉心崩壊過程解析コードの開発・検証

既存及び新たな試験データを用いたSIMMER-IIIの検証を行うとともに、併せて3次元コードSIMMER-IVの開発を行い、標準的解析手法として整備する。

### 二. 大型炉安全評価への適用性検討

イ.～ハ.の成果を大型炉の安全解析に適用することを通じて、実用炉の炉心設計への反映事項及び炉心損傷事故評価の考え方を整理する。

なお、本研究のハ.については、大学における基礎研究の成果等を活用していくものとする。

【研究の必要性】

安全性と経済性を兼ね備えた高速炉の実用化像を示すためには、高速炉が炉心損傷事象時においても、再臨界問題の排除を初めとしてその影響が適正に抑制されることを示すこと、あるいはそのための設計条件を明確にすることが重要である。そのためには、実験的根拠に裏付けられた物理メカニズムの把握と、これを適切に反映したモデルによる解析評価が必要であり、本研究はこのような評価手法を整備するものである。本年次計画においては、既存の研究成果に基づく手法をベースとして、熔融炉心プールの挙動と炉心からの熔融物質の流出挙動に係わる最新の実験データ（研究課題「炉心損傷時の融体放出移行挙動に関する研究」において併行して実施される）を反映して評価精度を抜本的に改善することにより、再臨界問題排除の見通しを確認するとともに、安全性の観点から炉心設計自由度の範囲を明確にする。これにより、実用化段階での炉心損傷事象推移が把握でき、安全評価手法の提供、安全性の判断基準類への反映が図られる。

【成果の達成目標】

- イ. CABRI-RAFT炉内試験評価を完了させるとともに、融体放出移行挙動に係わる炉内・炉外試験等の解析評価を行い、ロ. ハ. で行うSAS/SIMMER両コードの検証・改良に反映することにより、安全評価に含まれる不確かさ、過大な保守性の適正化に反映する。
- ロ. 、ハ. 上記の試験解析を通じた検証に加え、SAS4Aコードの空間依存動特性のモデル高度化を行うとともに、SIMMER-IIIを3次元化したSIMMER-IVを開発し、標準的解析手法として整備する。
- 二. このような解析手法整備と並行して大型実用炉への適用評価を行い、炉心損傷事故評価の考え方を整理するとともに、再臨界問題の排除に見通しを得る。

【成果の活用方策】

- イ. ～ハ. FBR実用炉の基準的概念である大型MOX炉を対象とした炉心損傷事故評価に用いる炉心安全解析コードを完成し、評価手法体系を確立することにより、炉心安全性に係わる成立性検討の技術基盤を整備する。
- 二. 開発・整備した安全解析コードを用いて、大型実用炉で重要な再臨界排除の概念に早期に見通しを得ることにより、実用化時代の新たな安全論理の構築に資する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<p>イ. ～ハ.</p> <p>CABRI-RAFTプロジェクトで実施する、起因過程末期での物質配位、及び燃料／スチール混合プールの伝熱・流動に係わる試験の一部（H12年度実施分）について、SAS4A、SIMMER-III両コードによる概略評価を行い、試験における物理メカニズムを把握する。</p> <p>二. 炉心設計に係わる研究の推移を見極め、上記コードを大型炉評価に適用する上でのモデル改良や評価条件選定のポイント明確化を進める。</p>	
平成14年度	<p>イ. ～ハ.</p> <p>CABRI-RAFTプロジェクトで実施する試験全般について、SAS4A、SIMMER両コードによる評価を行い、試験における物理メカニズムを確認する。</p> <p>二. 上記コードを大型炉評価に適用する上での機能拡充など、モデル改良の具体化検討を進める。</p>	

平成15年度	<p>イ. ～ハ. CABRI-RAFTプロジェクトで実施する試験全般について、SAS4A、SIMMER両コードによる評価を行い、これらのモデルを改良・検証する。</p> <p>二. 上記コードを大型炉評価に適用する上での機能拡充の具体化案を固める。</p>	<p>イ. ～ハ. 実験的裏付けに基づく、不確定性を大幅に低減した評価手法の整備。</p> <p>二. 基本的な設計と過渡条件についての、再臨界問題排除の概略見通し提示。</p>
平成16年度	<p>イ. ～ハ. 前述のモデル機能拡充の具体化案に基づき、SAS/SIMMER両コードの改良を進めるとともに、カザフで炉内・炉外試験等の評価を実施し、機能を拡充したモデルを検証する。</p> <p>二. 上記改良モデルの大型炉評価への適用評価を行い、実用化段階での安全論理構築に係わる考え方を整理する。</p>	
平成17年度	<p>イ. ～ハ. 実機適用性を備えたSAS/SIMMER両コードの検証・整備を完了し、標準化された評価手法としてまとめる。</p> <p>二. 上記手法の大型炉評価への適用評価を実施し、再臨界問題の排除の見通しを示すとともに、実用化段階での安全論理構築に係わる考え方をまとめる。</p>	<p>イ. ～ハ. 広範な過渡条件に対して適用性を有する標準的な評価手法の整備。</p> <p>二. 実用化段階での大型炉に係わる再臨界問題排除の見通し及び安全論理提示。</p>
平成18年度以降	<p>炉心設計の進展に応じて、新たな燃料・炉心概念の評価が必要な場合には、これに対応した試験研究と解析評価研究が必要にある。</p>	<p>炉心設計の進展に応じた安全性評価手法の整備と安全論理の提示。</p>



## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-4-2

### 【研究課題名(Title)】

炉心損傷時の融体放出移行挙動に関する研究

(Study on Molten Core Materials Behavior in Core Disruptive Accident)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 大洗工学センター 要素技術開発部 高速炉安全工学グループ

[氏名] 佐藤 一憲 (さとう いっけん)

[連絡先] 311-1301 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 029-267-4141

(Name) Ikken Sato

(Title of function) Fast Reactor Safety Engineering Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki-ken,  
Japan 311-1393, Tel. 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断基準としての活用）

### 【研究目的】

高速増殖炉の炉心損傷時に形成される熔融炉心物質が炉心領域から排出される際の初期条件及びその後の固化・分散・再配置挙動を実験的に解明し、早期燃料排出による再臨界問題排除の見通しを得るための根拠を提供する。

### 【研究内容】

#### イ. 模擬物質を用いた炉外基礎試験

模擬物質を用いた炉外での融体放出移行挙動試験を実施し、炉心からの排出経路中での融体の放出・移行・固化現象に係わる基本メカニズムの解明を行い、解析モデルの改良・検証のための基礎データとして活用するとともに、その知見を下記ロ.における試験条件の選定に反映する。

#### ロ. IGR 炉内・炉外試験

カザフ共和国、国立原子力センターの IGR 炉内試験施設及び炉外試験施設を用いて、実燃料を用いた融体排出挙動試験を実施し、上記イ.の基礎データと合わせて再臨界問題排除に係わる基本メカニズムを実験的に把握するとともに、解析モデルの改良・検証のためのデータベースを構築する。

なお、本研究のイ.については、大学における基礎研究の成果等を活用していくものとする。

### 【研究の必要性】

安全性と経済性を兼ね備えた高速炉の実用化像を示す上で、高速炉が炉心損傷事象時においても、再臨界問題の排除を初めとしてその影響が適正に抑制されることを示すこと、また、そのための設計条件を明確にすることが重要な課題の一つである。そのためには、実験的根拠に裏付けられた物理メカニズムの把握と、これを適切に反映したモデルによる解析評価が必要であるが、本研究は炉心からの熔融物質の流出挙動に焦点をあてた実験データを取得するとともに、その内容に係わる

基本的な物理メカニズムを解明するものである。本年次計画においては、可視観測が可能な基礎試験と実燃料物質を用いた炉内・炉外試験を順次実施し、これらを相補的に組み合わせて、再臨界問題の排除に必要な実験的知見を取得する。

【成果の達成目標】

- イ. サイクル機構におけるMELT-II試験装置を用い、水を用いて可視化した基礎試験を実施することにより、熔融燃料の放出移行に係わる基本メカニズムの解明を行うとともに、炉心安全解析コードの検証データを提供する。
- ロ. イ. の試験から得た知見を反映して、実燃料物質によるカザフ国、国立原子力研究センターでの炉内・炉外試験（EAGLEプロジェクト）を実施する。これらの炉内・炉外試験の実施後は、過渡後の試験体に対する破壊／非破壊検査を実施し、評価モデル検証のためのデータベースとしてまとめることにより、実用炉における再臨界問題の排除に係わる技術的見通しを得る。また、この成果を併行して実施する研究課題「炉心損傷時の事象推移評価に関する研究」に適宜反映することにより、実用炉に対する炉心損傷安全評価体系の技術基盤を提供する。

【成果の活用方策】

炉心損傷事故時の熔融炉心物質の炉心からの排出挙動及び熔融炉心プールの拡大挙動に関する実験的データを取得し、炉心内の構造壁の破損評価手法や SIMMER 等の安全解析コードの改良・検証に反映することにより、実用炉で目指す再臨界問題排除の見通しを得る。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 水を用いた可視化基礎試験（物理メカニズム解明のための基本的な体系）の実施 ロ. 炉内・炉外試験の準備（炉外でのナトリウムを使用しないドライ試験の実施）	
平成14年度	イ. 水を用いた可視化基礎試験（下記ロ. での挙動模擬のための体系）の実施 ロ. 炉外試験の実施と炉内試験の準備（炉内でのナトリウムを使用しないドライ試験の実施）	
平成15年度	イ. 試験体の破壊／非破壊検査を行うとともに、ロ. の進捗を踏まえて必要と判断された場合には高温条件等での追加試験を実施する ロ. 炉外試験の試験体に対する破壊／非破壊検査及びナトリウムを用いた炉内試験の実施	可視化基礎試験と実燃料物質を用いたカザフ炉外試験の結果により、炉心物質流出挙動に係わる物理メカニズム把握と再臨界問題排除のための概略条件を明らかにするための情報を提供する。
平成16年度	イ. 追加試験の実施、及びこれらの試験結果のまとめ ロ. H15年度炉内試験の成果を踏まえ、ナトリウムを用いた炉内試験を追加実施し、炉心物質流出挙動への境界条件への依存性解明に有効なデータを得る。また、炉外試験結果のまとめを行う。	

平成17年度	イ. 及びロ. MELT-II試験及びカザフでのIGR炉内・炉外試験結果のまとめを行い、実機評価において相補的に活用できるデータベースとして整備する。	実用炉の再臨界問題排除見通しを示すための試験データベースを整備する。
平成18年度以降	炉心設計の進展に応じて、新たな燃料・炉心概念の評価が必要な場合には、これに対応した試験研究が必要にある。	炉心設計の進展に応じた再臨界問題の排除に係わる実験裏付けの確保。

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-5-1

### 【研究課題名(Title)】

燃料破損時の運転手法最適化に関する研究

(Study on Optimization of FFD/FFDL System and RTCB Plant Operation)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 照射施設運転管理センター 実験炉部 技術課

【氏名】 大戸敏弘 (オド トシヒロ)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002、電話：029-267-4141

(Name) Toshihiro Odo

(Title of function) Reactor Technology Section, Experimental Reactor Division,  
Irradiation Center, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) Narita-cho, Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken, Japan,  
Tel:029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

破損燃料を精度良く高信頼性で短時間に同定し得る破損燃料検出法を確立するとともに、最近の技術を取り入れて高度化する。高度化した破損燃料検出法を取り入れた場合の燃料破損時の高速増殖炉プラントにおける最適な運転手法を策定することによって、プラント運転における安全性と信頼性を向上させる。

### 【研究内容】

イ. FFD/FFDLシステムの高度化に関する研究

「常陽」の運転を通して破損燃料検出システムの信頼度の向上を図る。特に、レーザ共鳴イオン化質量分析システム(RIMS)について、「常陽」のカバーガス等を用いた評価により、その適用性を確認する。

ロ. 燃料破損時のプラント運転手法の最適化に関する研究

燃料破損模擬試験により、破損燃料検出システムも含め、燃料破損発生時から破損燃料の取り出し、貯蔵までのプラント運転手法の検証を行う。

イ. で高度化した破損燃料検出法を取り入れた場合の燃料破損時の最適なプラント運転手法を策定し、RTCB (Run to Cladding Breach) 試験で実証する。

### 【研究の必要性】

原子炉内で燃料破損が発生した場合、発生時点及びその規模をいち早く検知し、さらにその破損した燃料集合体の位置を知ることが、稼働率向上及び安全上の観点から重要である。破損燃料を検知する方法(FFD)と破損燃料集合体の位置決め法(FFDL)は、FBRプラントの設計に少なからぬ影響を及ぼすことから、破損燃料から放出される核分裂生成物(FP)の炉内挙動の把握に基づく検出法の開発と実炉での実証も重要な課題である。

「常陽」には、FFDとして遅発中性子法、プレシピテータ法等、FFDLとして SHIPPING 法による設備が設けられており、これまでに、燃料破損模擬試験等でこれらの性能確認や炉内FPの挙動評価を実施してきた。さらに、タグガスの放射化核種をオンラインγ線モニタにより検出する方法や、レーザを用い

てXe、Krの同位体組成比を分析する高感度希ガス分析技術の開発を進めている。

これらを背景として、FBRプラントにおける燃料破損時の最適な運転手法を策定することによって、プラント運転における安全性と信頼性を向上させる。

【成果の達成目標】

イ FFD/FFDLシステムの高度化に関する研究

破損燃料検出システムの信頼度の向上を図る。特に、破損燃料の同定に関し、「もんじゅ」で採用されているタグガス法の高精度化や、「常陽」で採用されている SHIPPING 法の測定対象集合体の絞り込みに用いることが可能なレベルまでレーザ共鳴イオン化質量分析システム(RIMS)の感度を向上させる。

ロ 燃料破損時のプラント運転手法の最適化に関する研究

平成12年度（前年次計画）までに策定した燃料破損発生時から破損燃料の取り出し、貯蔵までのプラント運転手法を、燃料破損模擬試験で確認する。さらに、イ項で高度化した破損燃料検出法を取り入れた場合の燃料破損時の最適なプラント運転手法を策定し、RTCB（Run to Cladding Breach）試験で、その実証を行う。

【成果の活用方策】

イについて、RIMSの導入等により、濃縮操作を伴わずに核分裂生成ガスやタグガスの質量分析が実施できるため、短時間に高信頼度で破損燃料を同定できる破損燃料検出システムを確立できる。また、本破損燃料検出システムの導入により、燃料破損時のプラント運転手法の高度化が可能である。イ及びロについて、これらの成果は、「常陽」、「もんじゅ」及び将来の高速炉の運転信頼性を向上させるための技術基盤となる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. RIMSの開発として、前年次計画で終えたXeに加えて、Kr検出部の整備・調整を行う。 ロ. 燃料破損模擬試験の実施計画の策定、試験用集合体製作等の準備を行う。 ロ. RIMSを取り入れた場合の燃料破損時の運転手法の検討を行う。	
平成14年度	イ. 「常陽」の過去の試験で採取したガスを用いてRIMSの性能を評価する。 ロ. 燃料破損模擬試験の実施要領作成、試験用集合体製作等の準備を進める。 ロ. RIMSを取り入れた場合の燃料破損時の運転手法の検討を継続する。	
平成15年度	イ. RIMSのシステムとしての整備を完了する。 ロ. 燃料破損模擬試験を行い、得られたデータに基づき前年次計画で策定した燃料破損時のプラント運転手法（従来手法）の検証を行う。 ロ. RIMSを取り入れた場合の燃料破損時の最適な運転手法を策定する。	イ. RIMSのFFDLシステムとしての整備を完了する。 ロ. 従来手法を検証する。 ロ. RIMSを取り入れた場合の燃料破損時の運転手法を策定する。
平成16年度	ロ. RTCB試験によりRIMSの装置としての性能を実証する。 ロ. RTCB試験によりRIMSを取り入れた場合の運転手法を検証する。	

平成17年度 *	□. RTCB試験によりRIMSの装置としての性能を実証する。 □. RTCB試験によりRIMSを取り入れた場合の運転手法を検証する。	□. RIMSを取り入れた場合の燃料破損時運転手法の最適化を図り、試験により検証する。
平成18年度 以降*	□. RTCB試験によりRIMSの装置としての性能を実証する。 □. RTCB試験によりRIMSを取り入れた場合の運転手法を検証する。	□. RIMSを取り入れた場合の燃料破損時運転手法の最適化を図り、試験により検証する。

\* RTCB試験での燃料破損時期はこの年度にずれこむ可能性がある。

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

## 【分類番号】

社内研究5-2

## 【研究課題名 (Title)】

「もんじゅ」の破損燃料検出装置の信頼性に係る検討  
(Study on Reliability of the Failed Fuel Detection and Location System of Monju)

## 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address and Tel.No.)】

【所属】 高速増殖炉もんじゅ建設所 技術課

【氏名】 弟子丸 剛英

【連絡先】 〒919-1279 福井県敦賀市白木2丁目1番地、電話：0770-39-1031

(Name) Takehide DESHIMARU

(Title of function) Reactor and Systems Engineering Section, Monju Construction Office

(Address and Tel.) 2-1, Shiraki, Tsuruga-shi, Fukui-ken, 919-1279 Japan, Tel.: 0770-39-1031

## 【研究の範囲・分類】

原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

「もんじゅ」で採用している破損燃料検出装置の検出能力を評価することにより破損燃料検出装置の信頼性を把握するとともに、破損燃料検出装置の運用方法の最適化を図る。

## 【研究内容】

- イ. 「常陽」における燃料破損模擬試験を基に、もんじゅにおける燃料破損時の核分裂生成物やタグガスの1次冷却材中への放出割合およびカバーガス空間への希ガスFP等の移行割合などを評価する。
- ロ. イ. の評価結果等を基に、もんじゅで採用している破損燃料検出装置（遅発中性子法、カバーガス法及びタギング法）の燃料破損の検出能力や破損燃料の位置同定能力を評価し、破損燃料検出装置構成の信頼性を把握する。また、破損燃料検出装置の最適な運用方法などについて検討する。

## 【研究の必要性】

今日、破損燃料の検出、破損燃料位置の同定機能の重要性は「もんじゅ」の設計当時よりも増しており、「もんじゅ」の破損燃料検出装置の燃料破損検出能力や破損燃料位置検出性能を確認し、その運転方法の最適化を図っていくことは高速増殖炉の安全性と信頼性を向上させる上できわめて重要である。

「もんじゅ」の破損燃料検出装置は、海外先行炉の運転経験及び大洗工学センターでのR&D等によって得られた知見に基づき、十分な性能が確保できるように設計されている。

「もんじゅ」の破損燃料検出装置における「燃料破損時のFP核種等の1次冷却材中への放出割合及びArカバーガス空間への移行割合」に関しては、海外炉(EBR-II等)での燃料照射実験により得られた結果を用いて設計が行われているが、その後、「常陽」において燃料破損模擬試験が実施されているため、その結果を反映することにより当該装置の信頼性向上を図る必要がある。

また、破損燃料検出装置の運転方法の最適化に向けて、「もんじゅ」の性能試験で得られた知見を有効に反映させていく必要がある。

## 【研究の達成目標】

- イ. 「常陽」で実施された燃料破損模擬試験結果に基づき、「もんじゅ」における燃料破損時のFP核種等の1次冷却材中への放出割合及びArカバーガス空間への移行割合を評価する。
- ロ. 燃焼に伴うタグガスの組成変化量及び希ガスFPの燃料ピンガスプレナム部への移行量等を解析的に求め、タグガス組成の妥当性評価に必要なデータを取得する。

ロ。「もんじゅ」の性能試験結果等に基づき、遅発中性子法破損燃料検出装置及びタギング法破損燃料検出装置等の燃料破損検出能力及び最適な運転方法について評価する。

【成果の活用方策】

イ. 及びロ. 燃料破損時の核分裂生成物の放出割合等の評価を行い、併せて、「もんじゅ」の破損燃料検出装置の最適な運用方法について検討することにより、燃料破損の検出能力、破損燃料の位置同定能力について信頼性が向上し、FBRの運転安全のための技術基盤の提供が可能となる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<p>ロ. 燃焼に伴うタグガスの組成変化が、破損燃料検出性能に対してどのような影響を及ぼすかを確認するために、炉心燃料集合体中のタグガスの燃焼量を評価する。</p> <p>ロ. 「もんじゅ」の性能試験結果に基づき、遅発中性子法破損燃料検出装置の燃料破損検出能力及び最適な運転方法について検討する。</p>	
平成14年度	<p>イ. 「常陽」で過去に実施されたFFDL炉内試験等の結果を燃料破損時のFPの放出割合等の評価に反映させる。</p> <p>ロ. 希ガスFP等の燃料ピンガスプレナム移行量を評価する。</p>	
平成15年度	<p>イ. 「常陽」で行われる燃料破損模擬試験の結果を燃料破損時のFPの放出割合等の評価に反映させる。</p> <p>ロ. 燃料破損時のタグガス回収の信頼性向上に向けた運転方法の検討を行う。</p>	<p>イ. 燃料破損時のFPの放出割合等の評価を完了する。</p> <p>ロ. 燃料破損の検出能力についての評価を完了する。</p>
平成16年度	<p>ロ. 破損燃料検出装置の信頼性向上に向けた運用方法の検討を行う。</p> <p>ロ. 「もんじゅ」再起動に向けて破損燃料検出装置を最適な状態に設定する。</p>	
平成17年度	<p>ロ. 破損燃料検出装置の信頼性向上に向けた運用方法の検討を行う。</p>	<p>イ. 「常陽」で実施された燃料破損模擬試験結果に基づき、「もんじゅ」における燃料破損時の希ガスFP等の1次冷却材中への放出割合及びArカバーガス空間への移行割合を評価する。</p> <p>ロ. 燃焼に伴うタグガスの組成変化量及び希ガスFPの燃料ピンガスプレナムへの移行量等を解析的に評価する。</p> <p>ロ. 「もんじゅ」の性能試験結果等に基づき、遅発中性子法破損燃料検出装置及びタギング法破損燃料検出装置等の燃料破損検出能力及び最適な運転方法について評価する。</p>
平成18年度以降	<p>ロ. 使用済燃料の照射後試験に基づき、燃焼に伴うタグガスの組成変化を評価する。</p>	



## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

高速増殖炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

2-5-2

### 【研究課題名(Title)】

高速炉のナトリウム洗浄及び処理に関する研究  
(Research on sodium removal and disposal in FBR)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 大洗工学センター 要素技術開発部 施設保全グループ

【氏名】 仲井 悟 (なかい さとる)

【連絡先】 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 電話：029-267-4141

(Name) Satoru Nakai

(Title of function) Environmental Management Group, Advanced Technology Division,  
O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun,  
Ibaraki-ken, Japan, Tel: 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

高速炉のメンテナンスや廃炉時における放射性物質を含む機器付着ナトリウム及び大量のナトリウムを安全かつ経済的に洗浄・処理する技術基盤を確立するために、反応現象や影響を与えるパラメータの明確化、モニタリングや制御技術の高度化及び保管・貯蔵技術の検討を行う。

### 【研究内容】

#### イ. ナトリウム洗浄技術に関する試験

機器付着ナトリウムの洗浄に影響を与える被洗浄物に付着するナトリウムの性状の効果や圧力、温度、洗浄溶媒等の洗浄条件の効果を確認するための試験を実施する。

#### ロ. ナトリウム処理技術に関する試験

大量のナトリウムを化学的に安定な化合物に変換するための反応に関する現象把握、影響を与える各種因子を把握するための試験を実施する。

#### ハ. 廃棄物保管体に関する検討

放射性ナトリウム化合物の長期保管を可能とするため、保管用固化体の構造健全性、最終生成量、コストについて調査を行うと共に試験に着手する。

### 【研究の必要性】

イ.、ロ.、ハ.

高速増殖炉において機器の補修時や廃止措置時に発生する放射性物質を含むナトリウムを、安全かつ効率よく洗浄、処理及び保管用固化体とするための技術を確認しておくことは、運転時の安全の確保及び将来の高速増殖炉廃止措置技術開発の観点から重要である。ここでは、機器に付着するナトリウムの洗浄効率の向上や、大量のナトリウムの化学的安定化を目的とした試験を実施し、これらに係る支配因子を明確にし、技術基準や安全評価に係る判断材料に資する。

【成果の達成目標】

- イ. 洗浄基礎試験を実施し、洗浄に影響を及ぼすパラメータを把握し、最適な洗浄条件を決定し、洗浄技術を確認する。
- ロ. ナトリウム転換基礎試験を実施し、苛性ソーダへの転換現象の把握やシステムの最適化条件を確認することにより、ナトリウム転換技術を確認するための基礎データを取得する。
- ハ. 廃棄物保管体とするための有望な固化法に対して固化特性を評価し、固化手法の見通しを得るとともに、試験により安全評価のためのデータ取得に着手する。

【成果の活用方策】

イ.、ロ.、ハ.

化学的に活性かつ放射性物質を含むナトリウムを安全に、経済的にかつ廃棄物処理を考慮した洗浄及び処理を行うことにより、高速炉の各種機器のメンテナンスを容易にし信頼性を向上させるとともに、運転時のみならず廃炉時においても環境への負荷が少ないナトリウム冷却高速炉の実用化に資する。本研究で得られる洗浄、処理及び保管用固化体に関する技術を確認し、安全性の判断材料として活用する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ：ナトリウム性状及び洗浄条件をパラメータとした洗浄基礎試験の実施。 ロ：ナトリウムを苛性ソーダに転換する際の反応特性を把握するための試験装置製作と装置性能確認。 ハ：ナトリウム化合物を固化体として長期保管するための固化手法を調査する。	
平成14年度	イ：ナトリウム性状及び洗浄条件をパラメータとした洗浄基礎試験の実施。 ロ：ナトリウムを苛性ソーダに転換する際の反応現象把握のための基礎特性試験を実施する。 ハ：有望な固化手法についての固化特性を評価する。	
平成15年度	イ：ナトリウム性状及び洗浄条件をパラメータとした洗浄基礎試験の実施。 ロ：ナトリウムを苛性ソーダに転換する際の反応特性に影響を与える各種パラメータ試験を実施する。 ハ：固化体製作性、固化体性能評価のための試験装置を製作する。	イ：洗浄に影響を及ぼす各種因子の把握。 ロ：ナトリウムを苛性ソーダに転換する反応現象の把握。 ハ：固化手法の見通し
平成16年度	イ：洗浄に影響を及ぼす各種因子の評価 ロ：ナトリウムを苛性ソーダへ転換する最適な条件を決定するため、システム性能試験を実施する。 ハ：固化体製作性、固化体性能評価のための試験装置を製作する。	

平成17年度	<p>イ：各種機器システムに適用可能な洗浄技術をまとめる。</p> <p>ロ：ナトリウムを苛性ソーダへ転換するシステムの反応現象のモデル化及び最適化検討を行う。</p> <p>ハ；固化体製作及び性能評価試験を実施する。</p>	<p>イ：洗浄技術の確立</p> <p>ロ：ナトリウムを苛性ソーダへ転換するシステム特性の把握</p> <p>ハ：固体廃棄物としての安全評価データの蓄積</p>
平成18年度以降	<p>ロ：ナトリウムを苛性ソーダへ転換するシステムの技術をまとめる。</p> <p>ハ：保管体に関する技術をまとめる。</p>	<p>ロ：ナトリウムを苛性ソーダへ転換するシステムの技術の確立</p> <p>ハ：廃棄物保管固化体の技術の確立</p>

## 核燃料施設

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-1-3

### 【研究課題名(Title)】

MOX加工施設等の臨界管理に関する研究

(Study on Criticality Safety for Nuclear Fuel Cycle Facilities)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 安全研究グループ

【氏名】 岡 努 (おか つとむ)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33, 電話: 029-282-1111

(Name) Tsutomu OKA

(Title of Function) Safety Study Group, Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-Mura, Naka-Gun, Ibaraki, 319-1194,

Tel: +81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）

### 【研究目的】

MOX加工施設の実用化へ向けて、臨界安全解析コード、核データ等の拡充・整備及び臨界安全データの整備を実施し、施設の臨界安全設計における信頼性の向上及び施設運転における臨界安全性の向上並びに臨界安全評価に係る安全審査の判断資料の整備に資する。

### 【研究内容】

イ. 臨界安全解析手法の高度化整備

臨界安全解析コード、核データ等の拡充・整備を行い、MOX加工施設等への適用性検討のための検証計算を実施する。

ロ. 臨界安全データの整備

MOX加工施設を対象とした臨界安全データの整備として、MOX非均質系データの整備を実施する。

また、核種の同位体組成、反射条件等の設定における臨界安全データの安全裕度の評価・検討及び裕度を考慮したデータ整備を行う。以上のデータの整備により、1996年に公開したMOX取扱施設臨界安全ガイドブックの充実を図る。

### 【研究の必要性】

現在その設置が予定されている商業用MOX加工施設の安全審査、設計及び工事の方法の認可及び使用前検査等の許認可において、臨界安全設計は、最も重要な項目の一つである。臨界解析コードのMOX加工施設への適用性確認は、MOX加工施設の臨界安全設計の信頼性の向上に資することができる。MOX非均質系データ等を整備することにより、1996年に公開したMOX取扱施設臨界安全ガイドブックの充実を図ることができ、当該施設の安全審査等の基礎データとして活用が期待される。また、臨界安全データの裕度を把握することにより、MOX加工施設の臨界安全設計の妥当性、最適化等の判断に資することができる。

【成果の達成目標】

最新の計算コード及び核データライブラリを用いた検証計算を実施し、解析手法の精度、特性を把握するとともに、推定臨界下限増倍率を得る。また、MOX非均質系のデータを整備し、1996年に公開したMOX取扱施設臨界安全ガイドブックの充実を図るとともに、臨界安全データの裕度を把握し、裕度を考慮した臨界安全データを整備することにより、施設設計、運転(臨界)管理の安全裕度について定量的評価が可能となる。

【成果の活用方策】

計算コードの適用性確認及び臨界安全データの整備は、商業用MOX加工施設の安全審査へ貢献できる。

従来より、臨界因子の設定を安全側にみることにより、安全裕度を保っているが、各臨界因子の影響を把握することにより、施設の安全設計・評価にも貢献できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 臨界安全解析手法の高度化整備 解析コード等の導入・整備、検証問題の調査 ロ. 臨界安全データの整備 MOX非均質系データ等のデータの調査	
平成14年度	イ. 臨界安全解析手法の高度化整備 解析コード等の導入・整備、検証・比較計算 ロ. 臨界安全データの整備 MOX非均質系データ等のデータの整備、臨界安全データの安全裕度評価の検討、MOX加工施設の工程を考慮したモデル作成のための調査	
平成15年度	イ. 臨界安全解析手法の高度化整備 解析コード等の導入・整備、検証・比較計算 ロ. 臨界安全データの整備 MOX非均質系データの整備、臨界安全データの安全裕度評価の検討	解析コード等の拡充・整備、 検証計算 MOX非均質系データ等の整備
平成16年度	イ. 臨界安全解析手法の高度化整備 解析コード等の導入・整備、検証計算 ロ. 臨界安全データの整備 安全裕度を考慮したデータの整備 臨界安全ガイドブックのデータの追加	
平成17年度	イ. 臨界安全解析手法の高度化整備 解析コード等の導入・整備、検証計算 ロ. 臨界安全データの整備 安全裕度を考慮したデータの整備 臨界安全ガイドブックのデータの追加	解析コード等の拡充・整備 検証・比較計算 非均質系データ、安全裕度を 考慮したデータの整備、ガイド ブック(改訂版)の公開
平成18年度 以降	イ. 臨界安全解析手法の高度化整備 解析コード等の導入・整備、検証計算の継続 ロ. 臨界安全データの整備 新燃料に対応したデータの整備	技術の継承

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-1-4

### 【研究課題名(Title)】

未臨界度モニタの開発  
(Development of Sub-Criticality Monitoring Method)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 再処理センター 技術部 技術開発課

【氏名】 野尻 一郎 (のじり いちろう)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33、電話：029-282-1111

(Name) Ichiro Nojiri

(Title of function) Technology Development Section, Technology Co-ordination Division,  
Tokai Reprocessing Center, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Ibaraki-ken  
029-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

未臨界度の解析手法の開発と未臨界度測定技術の開発を行い、実用化を目指した未臨界度モニタを開発することによって、再処理施設、核燃料加工施設等の臨界安全管理技術の向上及び臨界安全に係る設計の合理化に資する。

### 【研究内容】

イ. 未臨界度測定技術の適用性評価

モンテカルロ法による未臨界度測定シミュレーション計算手法を未臨界度測定技術の実体系への適用性評価に利用できるように整備する。

重水臨界実験装置を用いて平成12年度までに得られた未臨界度測定技術の開発成果及びシミュレーション計算を利用し、未臨界度測定技術の再処理施設への適用性を評価する。

ロ. 未臨界度モニタの開発

イ. で検討された未臨界度測定技術を用いた未臨界度モニタシステムを整備し、再処理施設等の実体系での実証試験を実施する。

### 【研究の必要性】

未臨界度測定技術については原子炉体系においては確立されており、この技術を核燃料サイクル施設の臨界安全に適用するための研究がなされてきた。核燃料サイクル施設の未臨界度の直接測定が可能になれば、従来間接的に把握していた施設の臨界安全性の度合いが定量的に把握できる。これにより、施設の臨界安全管理技術が向上し、臨界安全設計の合理化が図れる。

再処理施設においては、IC0臨界事故をふまえ、臨界事故の発生が想定される箇所に、事故を収束させるための中性子吸収材を供給するための設備を追加設置している。臨界事故の対応は臨界警報装置もしくはその他の放射線モニタにより事故の発生を検知した後に行うことにおいて、事故発生以前の臨界安全上の異常を直接検知し、事故の発生を未然に防止するようにはなっていないが、未臨界度モニタシステムを用いることによりこれが可能になる。

【成果の達成目標】

イ. 未臨界度測定技術の適用性評価

モンテカルロ法による未臨界度測定シミュレーション計算により、再処理施設に適用可能な未臨界度測定技術の明確化を図る。

ロ. 未臨界度モニタの開発

未臨界度モニタシステムの整備と実体系における適用性を把握する。

【成果の活用方策】

イ. 未臨界度測定技術の適用性評価

計算機シミュレーションにより未臨界度モニタシステムの設計・評価が行え、臨界安全設計の合理化に活用できる。

ロ. 未臨界度モニタの開発

未臨界度モニタシステムを用いて実体系の未臨界度測定を行えることから、施設の臨界安全上の安全裕度に係る知見が直接得られる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 未臨界度測定技術の適用性評価 ・再処理施設における炉物理パラメータの同定 ・シミュレーション計算手法の適用検討 ロ. 未臨界度モニタの開発 ・未臨界度測定系の適用検討	
平成14年度	イ. 未臨界度測定技術の適用性評価 ・シミュレーション計算手法の整備 ・未臨界度測定技術の実体系への適用性評価 ロ. 未臨界度モニタの開発 ・未臨界度測定系の適用検討	
平成15年度	イ. 未臨界度測定技術の適用性評価 ・未臨界度測定技術の実体系への適用性評価 ロ. 未臨界度モニタの開発 ・未臨界度測定系の適用検討	再処理施設に適用可能な未臨界度測定技術の明確化
平成16年度	イ. 未臨界度測定技術の適用性評価 ・未臨界度測定技術の実体系への適用性評価 ロ. 未臨界度モニタの開発 ・未臨界度モニタシステムの整備 ・実体系実証試験	
平成17年度	イ. 未臨界度測定技術の適用性評価 ・未臨界度測定技術の実体系への適用性評価 ロ. 未臨界度モニタの開発 ・未臨界度モニタシステムの整備 ・実体系実証試験	実体系における未臨界度モニタシステムの適用性の把握
平成18年度以降	未臨界度モニタシステムの実用化	



## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-2-1

### 【研究課題名(Title)】

核燃料施設における中性子線量評価に関する研究  
(Study on Neutron Dosimetry in Nuclear Fuel Cycle Facilities)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 線量計測課

【氏名】 林 直美 (はやし なおみ)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33、電話 029-282-1111

(Name) Naomi HAYASHI

(Title of function) Radiation Dosimetry and Instrumentation Section,  
Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33, Muramastu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1194 JAPAN

Tel: +81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

MOX製造加工施設の実用化及びMOX燃料の軽水炉利用に向けて、中性子被ばく線量測定・評価手法の高度化、及び実規模プラントにおける線量データ集の整備を実施し、中性子被ばく線量の低減化並びに中性子線量評価に係る基準の整備に資する。

### 【研究内容】

イ. 臨界事故時の中性子線量評価手法に関する研究

体内中に生成されるナトリウム-24放射能から中性子被ばく線量を算出する手法及び個人携帯型放射化検出器の改良研究、並びに大線量を簡便かつ迅速に評価できるTLD内蔵積算型中性子線当量計の適用検討を行う。

ロ. 中性子個人線量計及びサーベイメータ類の高度化研究

MOX燃料製造加工施設などで使用される個人線量計及びサーベイメータ類の高度化研究（精度検証、軽量化等の改良）を行い、その諸性能を評価・検証できる減速型中性子標準校正場及び臨界事故を模擬した簡易モックアップ照射設備の開発・整備を行う。

ハ. MOX燃料加工施設における中性子線量データ集の整備

MOX燃料加工施設内外で測定したこれまでの中性子スペクトル情報、線量率情報などを体系的に整理し、既存の線量計の有用性並びに遮へい設計に用いる計算コード類の適用性を検証する。

### 【研究の必要性】

民間のMOX燃料製造加工施設の建設あるいはMOX燃料の軽水炉利用計画に伴い、サイクル機構の有する中性子線量評価に係る一連の技術の移転が望まれている。このとき、国内唯一のMOX燃料製造加工施設において、これまでに得られた知見などを体系的に整理するとともに、現時点での技術上の課題を整理・解決しておく必要がある。

【成果の達成目標】

イ. 臨界事故時の中性子線量評価手法に関する研究

体内に生成される<sup>24</sup>Na放射能から中性子線量を求める手法について、JCO臨界事故対応で得られた知見をまとめるとともに、その知見を基に、臨界事故発生後数時間以内に暫定的な線量評価が可能、かつ想定される全ての臨界事故に対応可能な公開マニュアルを作成する。また、中性子の入射ジオメトリ別に体内<sup>24</sup>Na放射能と個人線量計レスポンスとの相関について調査する。

大線量を簡便かつ迅速に評価できるTLD内蔵型中性子線量当量計について、MOX燃料施設内への配備を進めるとともに、従来から利用している個人線量計/箔放射検出器等と組み合わせて、施設内の適切な線量（率）情報を得るための応用検討を行う。さらに、臨界事故時用線量計の国際相互比較（仏IPSN主催）に参加し、本線量計の性能検証を行う。

ロ. 中性子個人線量計及びサーベイメータ類の高度化研究

種々の球形減速材とRI中性子線源を利用した減速中性子校正場等を開発・整備し、その場の中性子エネルギー分布等を計算・実験により精度良く評価する。さらに、その場を利用して既存の個人線量計、サーベイメータの諸性能を検証し、成果はJIS/ISOなどの規格に反映させる。また、本校正場を利用した個人線量計等の校正手法について検討する。

また、より軽量型の中性子サーベイメータの実用化検討を行う。

ハ. MOX燃料製造加工施設における中性子線量データ集の整備

球形多減速材付き中性子スペクトロメータを用いてMOX燃料施設内外で測定した中性子スペクトル、線量（率）に関する情報を体系的に整理し、その結果をロ. の減速中性子校正場の設計に反映させるとともに、既存の個人線量計/サーベイメータの実作業現場での性能検証並びに遮へい設計に用いる計算コードの適用性を検証する。

また、よりエネルギー分解能に優れる中性子スペクトロメータによる測定も合わせて行う。

【成果の活用方策】

イ. に係る研究開発成果は、臨界事故時における中性子線量評価手法の集大成として、臨界事故や防災対策、原子力緊急医療に係る基準類整備に資する。

ロ. ハについては、中性子個人線量計やサーベイメータ等の特性試験、諸性能の評価・検定に利用でき、国際的にも未だ充実していない性能規格の策定にも反映することができる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. <sup>24</sup> Na放射能から中性子線量を評価する手法についてJCO臨界事故時の知見をとりまとめると共に、 <sup>24</sup> Na放射能から中性子線量を評価する手法について一般向けのマニュアルを作成する。	・マニュアル作成（公開資料）
	ロ. 中空円筒型含鉛アクリル材を利用した簡易型減速中性子校正場の開発・整備と、本校正場を利用した各種の個人線量計等の特性試験を実施する。さらに種々の球形減速材を用いた校正場（以下「減速中性子校正場」と記す）の設計を行う。	
	ハ. 中性子スペクトロメータを用いてMOX燃料施設内外で測定した中性子スペクトル情報を体系的に整理し、減速中性子校正場の設計に反映する。	

平成14年度	イ. 臨界事故時用線量計の国際相互比較（仏IPSN主催）に参加し、TLD内蔵中性子線量当量計の精度を検証する。	
	ロ. 減速中性子校正場の製作と据付作業（線源更新を含む）。	
	ハ. MOX燃料施設での各種の個人線量計/サーベイメータ等のフィールド照射試験、高分解能中性子スペクトロメータによる中性子スペクトル測定を行う（ロ. の進捗に合わせ平成17年度まで適宜継続する）。	・中性子スペクトルデータ集の公開資料作成
平成15年度	ロ. 減速材中性子校正場の特性（エネルギー分布、線量分布、室内散乱線の寄与検討）を実験及び計算により評価する。	・種々の球形減速材を用いた校正場の整備、運用開始
平成16年度	ロ. 減速中性子校正場を利用した各種の個人線量計等の特性試験と校正手法の具体化に関する検討を行う。	
平成17年度	核燃料施設における中性子線量評価手法について、一般向けハンドブックを作成する。	・「核燃料施設における中性子線量評価ハンドブック」作成
平成18年度以降	安全研究テーマとしては継続しないが、外部からの依頼等に基づく各種の中性子個人線量計、サーベイメータ等の性能検定を適宜行う。 第三者機関による個人線量測定サービスの認証制度の発足に向け必要な研究（研究課題「個人線量計/サーベイメータの性能の規格化並びに検定に関する研究」）を行う。	・「核燃料施設における中性子線量評価ハンドブック」公開

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-3-2

### 【研究課題名(Title)】

プロセス内化学物質に係る異常事象評価研究  
(Study on abnormal chemical reactions in nuclear reprocessing processes)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 再処理センター 技術部 技術開発課

【氏名】 野尻 一郎 (のじり いちろう)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 Tel:029-282-1111

(Name) Ichiro Nojiri

(Title of function) Technology Development Section, Technology Co-ordination Division,  
Tokai Reprocessing Center, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33, Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1194,  
Japan Tel:+81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・ 原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

再処理施設のプロセス等で使用される化学物質や混合物（アスファルト硝酸塩混合物等）の熱安定性に関する研究、それら化学物質・混合物の万一の異常時における挙動の評価手法の検討、並びにプロセス内で生成する可能性のある不安定微量生成物の熱安定性やプロセス内挙動に係る研究を実施し、指針・基準類整備のための基礎データの整備を行い、施設の安全性の向上・安全裕度の適切化に資する。

### 【研究内容】

#### イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究

再処理施設のプロセス等で使用される化学物質（除染廃液等）や混合物（アスファルト硝酸塩混合物等）の実工程における物性・性状等の調査、高感度熱量計等による化学物質・混合物（実試料・模擬試料）の熱安定性に関する基礎データの確認、並びに万一の発熱挙動を予測するための解析手法・モデル等の検討及び発熱挙動の評価を行い、化学物質・混合物の安定操作範囲を確認する。

#### ロ. 化学物質・混合物の異常時における挙動に係る研究

再処理施設のプロセス等で使用される化学物質及びそれらの混合物（アスファルト硝酸塩混合物等）の火災・爆発時の事象挙動並びに伝播挙動を評価するための手法の調査・検討を行う。

#### ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討

再処理施設のプロセス等で使用される可能性のある化学物質の混合により生成する可能性のある不安定微量生成物の熱安定性及びプロセス内挙動に係る調査を行い、不安定微量生成物のプロセス内での生成・消滅過程及びプロセスに与える影響を検討する。

### 【研究の必要性】

再処理施設のプロセス等では、硝酸等の酸化剤、ヒドラジン等の還元剤、TBP等の可燃物が存在し、潜在的な異常反応の危険性があり、施設の閉じ込め機能を確保するためにもその反応の挙動を的確に把握する必要がある。現在、TBP等の有機溶媒と硝酸との反応については研究事例も多く、基礎データも

数多く取得されているが、その他のヒドラジン等の反応について詳細な分析を行っている例は少なく、発熱挙動を把握するための基礎データを取得する必要がある。また、それら化学物質の反応挙動を簡便に評価するための発熱挙動解析手法を確立、整備することは、化学物質の危険性を実データと計算データから多角的に検討し、安全なプロセス運転範囲を把握するためにも必要である。

現在の湿式再処理にて還元剤として使用されるヒドラジンからは、アジ化水素、アンモニアが生成する可能性がある。ただし、以上のような生成物はプロセス内では微量であり、実工程における挙動を実験により検討することは困難である。よって、このような微量生成物の挙動を評価するための基礎データを取得するとともに、挙動を解析できる手法を検討、整備することは、施設の安全性を向上させるために必要である。

【成果の達成目標】

イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究

プロセス内で使用される潜在的火災・爆発危険性を持つ化学物質・混合物の熱的な基礎データを取得するとともに、化学物質の混合危険性予測手法等の調査、整備を行い、より簡便な化学物質の危険性予測手法を構築する。

ロ. 化学物質・混合物の異常時における挙動に係る研究

化学物質の発熱挙動・圧力挙動解析手法の確立、整備を行うことにより、より簡便な化学物質の危険性予測手法を確立する。

ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討

プロセス内で生成する可能性のある不安定微量生成物の挙動を解析するための基礎データを取得するとともに、解析手法を確立する。

【成果の活用方策】

基礎データの整備、化学物質の混合危険性及び発熱挙動、圧力挙動の予測解析手法の整備及び実験では得ることが困難である不安定微量生成物の挙動解析手法の整備を行うことにより、施設の安全裕度の適切化及び施設の更なる安全性の向上に資することができる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究 ・ プロセス内における反応性化学物質及び混合物の調査 ・ 混合危険性予測手法の調査 ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討 ・ ヒドラジン分解挙動の調査 ・ ヒドラジン、アジ化水素、アンモニアの分析方法の確認 ・ コールド条件でのヒドラジン分解挙動確認試験 ・ ヒドラジン分解式(アジ化水素、アンモニア生成式)の検討	イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究 ・ 熱安定性に関する基礎データを取得すべき物質の決定
平成14年度	イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究 ・ プロセス内における反応性化学物質及び混合物の熱安定性に関する基礎データの取得 ・ 混合危険性予測手法の調査・整備 ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討 ・ Pu等の触媒下でのヒドラジン分解挙動確認試験 ・ ヒドラジン分解式(アジ化水素、アンモニア生成式)の検討 ・ 微量生成物挙動解析手法の検討	

平成15年度	<p>イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス内における反応性化学物質及び混合物の熱安定性に関する基礎データの取得</li> <li>・ 混合危険性予測手法の調査・整備</li> </ul> <p>ロ. 化学物質・混合物の異常時における挙動に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発熱挙動予測解析手法の調査・整備</li> </ul> <p>ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Pu等の触媒下かつ加熱条件でのヒドラジン分解挙動確認試験</li> <li>・ ヒドラジン分解式(アジ化水素、アンモニア生成式)の見直し</li> <li>・ 微量生成物挙動解析手法の検討</li> </ul>	<p>イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 混合危険性予測手法の調査の完了</li> </ul> <p>ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ヒドラジン分解挙動に関するコールド条件における基礎データの取得の完了</li> </ul>
平成16年度	<p>イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス内における反応性化学物質及び混合物の熱安定性に関する基礎データの取得</li> <li>・ 混合危険性予測手法の整備</li> </ul> <p>ロ. 化学物質・混合物の異常時における挙動に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発熱挙動予測解析手法の調査・整備</li> <li>・ 整備した発熱挙動解析手法による発熱挙動等の評価</li> </ul> <p>ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Pu等の触媒下かつ加熱条件でのヒドラジン分解挙動確認試験</li> <li>・ ヒドラジン分解式(アジ化水素、アンモニア生成式)の見直し</li> <li>・ 微量生成物挙動解析手法の検討</li> <li>・ 微量生成物挙動解析を行うモデルプラントの検討</li> </ul>	
平成17年度	<p>イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス内における反応性化学物質及び混合物の熱安定性に関する基礎データの取得</li> <li>・ 混合危険性予測手法の整備</li> </ul> <p>ロ. 化学物質・混合物の異常時における挙動に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発熱挙動予測解析手法の調査・整備</li> <li>・ 整備した発熱挙動解析手法による発熱挙動等の評価</li> </ul> <p>ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ヒドラジン分解式(アジ化水素、アンモニア生成式)の見直し</li> <li>・ 微量生成物挙動解析手法の検討</li> <li>・ 微量生成物挙動解析を行うモデルプラントの検討</li> <li>・ モデルプラントにおける微量生成物挙動解析の実施</li> </ul>	<p>イ. 化学物質・混合物の熱安全性に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス内反応性化学物質及び混合物の熱安定性に関する基礎データの取得の完了</li> <li>・ 混合危険性予測手法の構築</li> </ul> <p>ロ. 化学物質・混合物の異常時における挙動に係る研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発熱挙動解析手法の構築</li> </ul> <p>ハ. 微量反応生成物の安全性に係る調査・検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 微量生成物挙動解析手法の検討の完了</li> </ul>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-3-6

### 【研究課題名(Title)】

異常事象時における換気系の安全性に関する研究  
(Study on the Safety of Ventilation Systems in Emergency)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 安全管理部 安全研究グループ

[氏名] 岡 努 (おか つとむ)

[連絡先] 〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33, 電話: 029-287-0470

(Name) Tsutomu OKA

(Title of function) Safety Study Group, Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan,

Tel: 029-287-0470

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

火災等の異常事象時における換気系の挙動や閉じ込め等の安全性評価に係る研究を行い、施設の安全性向上及び指針、基準類の整備に資する。

### 【研究内容】

イ. 換気系安全性の高度化に関する研究

MOX加工施設の換気系を対象に最新の設備や新技術の調査を行い、実工程を模擬したグローブボックス換気試験設備を整備し、火災時の異常事象を想定した換気系性能の評価試験を実施する。この試験結果をもとに、グローブボックス換気系の異常時における挙動特性を把握する。

ロ. 換気系評価コードの高度化整備

グローブボックス内火災等の異常時における換気系の挙動として、温度分布、圧力変動等を詳細に評価するため、従来の評価コードに3次元熱流体モデルを基本とした評価モデルを付加する等の整備を行う。

### 【研究の必要性】

核燃料サイクル施設、特にMOX加工施設では、その工程の特徴としてグローブボックス（GB）内でのプルトニウム、ウラン等の核燃料物質を開放状態で取り扱うこととなり、当該GB内での火災あるいはGB周辺（外部）での火災等の異常事象が発生したとしてもGBの包蔵性及び室、建物の閉じ込め機能を確実に担保しなければならない。

既存施設においては、火災の発生防止対策、火災発生時の拡大防止のための消火設備、外部への放射性物質（核燃料物質）の漏洩、飛散防止のための高性能フィルタ等の除去設備が設けられ多重の安全対策が施され、今後の新規施設も基本的に同様の対策が講じられるものと予想されるが、核物質の取扱量の増加、施設建設・運転の経済性等の観点から、安全対策の最適化、合理化が要求されることから、GB及びその換気系、GB設置室及びその換気系といった総合的な体系にかかわる試験の実施が必要である。

特に換気系については、負圧を維持して室内、外部環境への放出放射能の増大を防ぐために運転を継続する必要があるため、異常事象時の健全性や放射性核種（核燃料物質）の挙動、安全評価に必要なパラメータ類等の基礎的なデータ取得についての試験研究を実施する必要がある。

【成果の達成目標】

イ. 実工程を模擬したグローブボックス系内で火災等の異常事象が発生した場合に異常が発生したGBから系内のGBへの圧力、温度の伝播状況及び換気系の応答挙動特性を把握する。

ロ. 試験結果をもとにグローブボックス内火災等の異常事象時における換気系の評価コードの整備を行う。

【成果の活用方策】

MOX加工施設等の核燃料取扱い施設の中で現在用いられているGB及び換気系、今後用いられるGB及びその換気系における火災等の異常事象時の施設の安全性の向上や指針、基準類整備のための基礎データ、安全解析のツールとして活用する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 換気系安全性の高度化に関する研究 換気系及び新技術の調査及び実験設備の設計 ロ. 換気系評価コードの高度化整備 コードの調査、適用性検討、改良設計	実験設備の設計
平成14年度	イ. 換気系安全性の高度化に関する研究 換気系及び新技術の調査 試験設備の整備及び試験計画の策定 ロ. 換気系評価コードの高度化整備 コードの調査、適用性検討、改良設計	試験設備の整備 試験計画の策定
平成15年度	イ. 換気系安全性の高度化に関する研究 連結型グローブボックス内火災時の熱伝搬等に関する試験 ロ. 換気系評価コードの高度化整備 異常時における換気系の熱伝搬等に関する評価	熱伝搬特性の把握 熱伝搬特性の解析
平成16年度	イ. 換気系安全性の高度化に関する研究 連結型グローブボックス内火災時の圧力伝搬等に関する試験 ロ. 換気系評価コードの高度化整備 異常時における換気系の熱伝搬等に関する評価	圧力伝搬特性の把握 圧力伝搬特性の解析
平成17年度	イ. 換気系安全性の高度化に関する研究 連結型グローブボックス内火災時の換気系の特性に関する試験 ロ. 異常時における換気系の評価 異常時における換気系の特性等に関する評価	異常時における換気系の評価
平成18年度以降	民間MOX施設の建設、運転状況によるが、異常時における各種データの収集、評価コードの改良等	



# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

## 【分類番号】

3-3-7

## 【研究課題名 (Title)】

負圧監視・管理のシステム開発に関する研究  
(research on ventilation system for under pressure surveillance and administration)

## 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Fuel Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 再処理センター 施設管理部 施設保全第一課  
[氏名] 伊波 慎一 (いなみ しんいち)  
[連絡先] 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33 Tel : 029-282-1111  
(Name) Shinichi Inami  
(Title of function) Facility Maintenance Section, Technical Services Division,  
Tokai Reprocessing Center, Tokai Works  
(Address, and Tel. No.) Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan, Tel : 029-282-1111

## 【研究の範囲・分類】

・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

核燃料施設の動的閉じ込め機能としての換気設備において、送排風機の異常により停止及び再起動等の過渡的变化に対して、施設（主にセル）の負圧の変化を調べる等して、換気設備のシステムに関わる基礎データを取得する。これにより、動的閉じ込め機能としての換気設備のシステムの制御等に関する検討を行い、換気設備の設計における安全裕度の基礎となる情報を提供する。

また、換気設備等に関して、安全評価に適用するための故障解析データを取得する。

## 【研究内容】

イ. 負圧監視・管理システムの開発

核燃料施設の動的閉じ込め機能は、送排風機等からなる換気設備で行われているが、この送排風機が異常等により停止、再起動等の過渡的变化を生じて、負圧がこれに伴って変動する。このときの負圧等のデータを採取して、換気設備のシステム、特にダンパ制御、起動制御等とリンクした機能について検討することにより、より閉じ込め安全性を向上させた換気設備のシステムの概念を構築する。

ロ. 送排風機等保全データの整理

東海再処理施設で蓄積された換気設備等に関する機器の故障データを解析し、確率論的安全評価 (PSA) に適用できるようにする。

## 【研究の必要性】

核燃料施設においては、換気設備により施設内を負圧に保つことによって放射性物質を施設（セル等）内に閉じ込めている。このような換気設備による閉じ込め機能には、定常運転状態時の静的な閉じ込め機能と、送排風機の故障或いは再起動時の過渡的な状態変化を伴う動的な閉じ込め機能がある。現行の核燃料施設においては、定常運転時における負圧の確保や換気流の安定などの静的な閉じ込め機能に主眼を置いた設計がなされている一方で、送排風機の故障などによる急激な圧力変動を伴う過渡的变化に対する動的な閉じ込め機能に対して、十分な設計が行われているのかについて検討する必要がある。

このため、核燃料施設の動的閉じ込め機能としての換気設備において、急激な圧力変動を伴う過渡的变化に対して、施設（主にセル）の負圧の変化を調べることによって、換気設備のシステムに関わる基礎データ、知見を取得し、動的閉じ込め機能としての換気設備のシステムに関わる検討を行い、安全裕度を

向上した換気設備の設計概念を構築する必要がある。

また、放射性物質の閉じ込め機能に関わる換気設備において、送排風機などの回転機器に関して、確率論的安全評価に適用するための故障解析データ及び保全データを取得することによって、回転機器の保全形態を整備する必要がある。

**【研究の達成目標】**

イ. 負圧監視・管理システムの開発

換気設備における制御機構、特にダンパー制御及び送排風機の起動制御について調査・検討を行い、安全裕度を向上した換気設備のシステムについての概念を構築する。

ロ. 送排風機等の保全データの整理

東海再処理工場で蓄積された換気設備に関する故障解析データ及び保全データを解析することによって、確率論的安全評価に適用できるデータベースを整備する。

**【成果の活用方策】**

イ. 換気設備において過渡的な変化に対して調査した基礎データ及び安全裕度を向上した換気設備のシステムについての概念の構築は、今後設計される再処理施設における換気設備の安全裕度を向上した設計に利用できる。

ロ. 東海再処理工場で蓄積された換気設備に関する故障解析データ及び保全データを確率論的安全評価に適用することによって、計画的な保全を行うための判断材料となるとともに、施設管理の信頼性並びに保守技術を向上させることに利用できる。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成 13 年度	イ. 現行の東海再処理施設において換気設備における過渡的な変化に対して負圧等の必要なデータを測定し、その挙動・変化について把握する。 ロ. 換気設備等における故障解析データ及び保全データの収集を行う。	
平成 14 年度	イ. 現行の東海再処理施設において換気設備における過渡的な変化に対して負圧等の必要なデータを測定し、その挙動・変化について把握する。 ロ. 換気設備等における故障解析データ及び保全データの収集・整理を行う。	
平成 15 年度	イ. ①東海再処理施設における換気設備の動的閉じ込め機能について把握すると共に、過渡的な変化に対する安全性の向上に関する検討を行う。 ②不足したデータを収集する。 ロ. 換気設備等の（確率論的）安全評価に基づく、データの処理及び整理を行う。	イ. 東海再処理施設における過渡的な変化に対する動的閉じ込め機能についての把握を完了させる。 ロ. 安全評価へ適用させるためのデータ整理を完了させる。
平成 16 年度	イ. 過渡的な変化に対する制御機構等について検討し、安全性の向上させた換気システムの概念について検討を行う。	
平成 17 年度	イ. 過渡的な変化に対する安全性の向上させた換気システムの概念を構築する。	換気システムの概念の構築を完了する。

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-3-8

### 【研究課題名(Title)】

グローブボックス等解体技術の開発  
(The development of the grove box dismantling technology)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 プルトニウム燃料センター 環境保全部 技術開発室  
【氏名】 植松 真一 (うえまつ しんいち)  
【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 電話： 029-282-1111  
(Name) Shinichi Uematsu  
(Title of function) Waste Technology Engineering Section, Waste Management Division,  
Plutonium Fuel Center, Tokai Works  
(Address and Tel. No.) Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan, Tel:029-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

プルトニウム燃料施設では、建家建設後約40年を経過した施設があるとともに、ふげん燃料製造等のプロジェクトの終了に伴って、今後建家及びグローブボックスのデコミッションが予想される。

その際、グローブボックス等内装設備の切断については、作業の安全性、迅速性及び発生廃棄物低減の観点から、プラズマ切断、レーザー切断等の電気切断方式を採用した遠隔解体手法が考えられる。

このような電気切断方式では、金属等を高温で溶かして切断するため、切断部の金属及びその表面に付着している放射性物質は昇華し、ヒューム状の微粒子となって移行する。

本研究では、切断時に発生する微粒子の挙動を把握するとともに、施設フィルタの捕捉性能を確認する。

### 【研究内容】

#### イ. 基礎試験

基礎試験では、プルトニウム等を模擬する物質の選定を行い、プラズマ切断及びレーザー切断試験によって発生する微粒子の挙動を把握するとともに、粒子径の確認を行う。

#### ロ. 評価試験

基礎試験データを基にプルトニウムを用いて、プラズマ切断機による切断試験を実施する。

また、イ. 及びロ. の試験データから各切断機の粒子特性、粒子の移行評価及び施設フィルタの切断粒子に対する捕捉性能評価を行う。

### 【研究の必要性】

電気切断方式の主要課題は、核燃料物質が施設外に放出される懸念である。現在の社会情勢では、事業者責任として、産業廃棄物は可能な限り低減することが望まれており、本試験において微粒子が捕捉されることを確認することは重要な知見の取得となる。

**【成果の達成目標】**

- イ. 電気切断方式により発生する微粒子の挙動を把握する。
- ロ. 現行の施設フィルタによって、発生粒子が捕捉されていることを確認する。

**【成果の活用方策】**

今後の核燃料取扱施設のデコミッショニング技術を検討するうえでの検証データとして利用する。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 基礎試験における模擬物質の選定。 イ. 基礎試験計画の作成。	
平成14年度	イ. 基礎試験の実施。 イ. 試験データの評価。	
平成15年度	イ. 基礎試験データに基づく評価試験の検討。	・ 基礎試験データ評価の終了 ・ 評価試験計画の作成終了
平成16年度	・ 現有設備の改造。	
平成17年度	ロ. 評価試験の実施。 ロ. 取得データのまとめ	・ 微粒子挙動の把握 ・ 施設フィルタでの捕捉能力確認

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

## 【分類番号】

社内研究 3 - 5

## 【研究課題名(Title)】

核燃料施設への静的安全機器の適用性に関する研究  
(Research on the Application of Apparatuses with Static Safety for Nuclear Fuel Cycle Facilities)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】東海事業所 安全管理部 安全研究グループ

【氏名】岡 努 (おか つとむ)

【連絡先】〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33, 電話: 029-287-0470

(Name) Tsutomu OKA

(Title of function) Safety Study Group, Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan, Tel: 029-287-0470

## 【研究の範囲・分類】

- ・ 原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

再処理施設の高レベル廃液貯蔵施設等で発生する放射線分解水素や崩壊熱の除去について、電気や動的機器を用いない静的除去システムの成立性、適用性について、その可能性を検討する上で基礎的な試験を継続し、データを収集、整理し、当該システムの詳細かつ現実的な解析のためのモデルの構築、コードの整備を図り、システム設計や安全解析に資する。

## 【研究内容】

### イ. 静的水素除去システムの研究

水素酸素再結合触媒について、組成や形状効果に関する試験を実施し、静的システムに最適な触媒の検討を行なう。また、触媒に対するNO<sub>x</sub>の影響、水素濃度による特性等について、さらなるデータを収集し、既存のデータとともに整理し、解析コードの整備への活用を図る。

### ロ. 静的熱除去システムの研究

分離型熱サイフォン式ヒートパイプを用いた除熱性能試験装置を用いた試験を継続し、低温度、減圧下でのデータを収集し、既存のデータとともに整理を行ない、解析コードの整備への活用を図る。

### ハ. 解析コードの整備

当該静的システムの熱流動特性、水素濃度変化に係る解析コードを整備し、上記実験データを用いて必要な改良、検証を行ない精度の向上により、同一、類似システムの解析ツールとしての利用を図る。

## 【研究の必要性】

再処理工場の高レベル排液貯蔵施設等では、核分裂生成物 (FP) により放射線分解水素や崩壊熱が発生する。現在はこれらの除去システムとして動力を用いた強制換気や冷却水循環設備等の動的機器を用いている。しかし、動的機器の機能喪失、万一の全電力喪失事故時には、これらの除去システムの機能が喪失する可能性があるため、動力源を必要としない静的な原理に基づく除去システムの研究が電源喪失事故時等の安全性向上を図る上で必要である。また、本システムの特徴として、水素酸素再結合触媒の運転条件は、除去する水素の濃度が低いことや運転温度や触媒の雰囲気等も一般産業よりも厳しい環境のもとにある。熱除去に使用されているヒートパイプの運転条件も過熱

部、冷却部の温度差が小さいため、ヒートパイプ内部を減圧条件下で運転する必要が有るなど一般産業利用と差異が有るため、基礎的な研究が必要である。

【成果の達成目標】

- イ. 静的水素除去システムの研究  
システムに適用する水素酸素再結合触媒の選定及び水素酸素再結合触媒特性データの整理
- ロ. 静的熱除去システムの研究  
分離型熱サイフォン式ヒートパイプの低温度、減圧条件下での特性データの収集及び特性データの整理
- ハ. 解析コードの整備  
静的システムの熱流動特性、水素濃度変化に係るコードの整備

【成果の活用方策】

- ・新規設備への利用
- ・放射線分解水素の安全管理

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 静的水素除去システムの研究 課題の整理及び試験計画の策定 ロ. 静的熱除去システムの研究 課題の整理及び試験計画の策定 ハ. 解析コードの整備 コードの改良設計	試験計画の策定  試験計画の策定
平成14年度	イ. 静的水素除去システムの研究 触媒の組成による効果の確認試験 ロ. 静的熱除去システムの研究 試験装置の改造及び除熱性能特性試験 ハ. 解析コードの整備 コードの改良設計及び検証計算	コードの改良項目の確定
平成15年度	イ. 静的水素除去システムの研究 触媒の組成及び形状による確認試験 ロ. 静的熱除去システムの研究 試験装置の改造及び除熱性能特性試験 ハ. 解析コードの整備 コードの改良及び検証計算	触媒組成による特性把握  除熱特性の把握
平成16年度	イ. 静的水素除去システムの研究 触媒の形状による特性試験 ロ. 静的熱除去システムの研究 試験装置の改造及び除熱性能特性試験 ハ. 解析コードの整備 コードの改良及び検証計算	触媒形状による特性把握  除熱特性の把握
平成17年度	イ. 静的水素除去システムの研究 触媒特性試験データの整備 ロ. 静的熱除去システムの研究 除熱性能特性試験データの整備 ハ. 解析コードの整備 マニュアルの整備	触媒特性データの整備  除熱特性データの整備  マニュアルの整備

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

## 【分類番号】

3-4-3

## 【研究課題名 (Title)】

臨界監視技術の高度化に関する研究

(Research on Criticality Accident Detecting Technologies)

## 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 線量計測課

(Radiation Dosimetry and Instrumentation Section, Environment and Safety Division, Tokai Works)

【氏名】 林 直美 (はやし なおみ : Naomi Hayashi)

【所属】 東海事業所 安全管理部 放射線管理第二課

(Reprocessing Radiation Control Section, Environment and Safety Division, Tokai Works)

【氏名】 宮部 賢次郎 (みやべ けんじろう : Kenjiro Miyabe)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 電話 : 029-282-1111

(Address, and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1194, Japan,  
Tel: +81-29-282-1111

## 【研究の範囲・分類】

原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

臨界事故の未然防止、発生検知のための監視装置の高度化開発を行い、核燃料サイクル施設の臨界安全管理技術の信頼性向上、施設の運転安全性の向上に資する。

## 【研究内容】

### イ. 臨界警報装置の高度化

既存の臨界警報装置について作動条件の把握、誤作動の防止措置等信頼性向上のための調査・試験を行い、装置の高信頼性を図る。また、臨界警報装置の高度化（検知対象、高信頼化システム等）のため、調査・検討を行い、次世代型臨界警報装置開発のための知見を得る。

### ロ. 臨界安全監視システムの開発

臨界事故時の放出等に関する放射線管理情報をより迅速及び的確に把握するため、放射性希ガスの放出などの放射線状況の評価・検討を行う。また、臨界事故時の最適な放出量の測定及び評価方法等の調査を行い、臨界事故時の放出量測定装置等の開発のための知見を得る。

## 【研究の必要性】

### イ. 臨界警報装置の高度化

既設臨界警報装置の老朽化や廃止部品の増加及び機器構成が複雑なため、これらに伴う保守性の困難さに対する改善、作動条件の把握や更なる誤動作の防止措置による信頼性向上を図り、既設臨界警報装置の更新時の設備設計へ反映する。

### ロ. 臨界安全監視システムの開発

事故時の施設からの放射性物質の放出量の情報は、施設周辺環境への影響を把握し、迅速かつ適切な措置を決定するためにも重要である。また、環境影響のレベルによって退避等の対応も必要となり、その社会的な影響は大きい。臨界事故時には多種類の放射性希ガスが放出されるが、影響評価には迅速な核種毎の放出量の把握が重要である。このため、臨界事故時の放射性希ガスの測定及び評価方法の開発を行い、臨界安全管理技術の向上を図る。

【成果の達成目標】

イ. 臨界警報装置の高度化

既設臨界警報装置の更新時の設備設計へ反映できる知見を得る。

ロ. 臨界安全監視システムの開発

臨界事故時に発生する放射性希ガスについて、迅速な核種毎の放出量の評価方法、校正等の保守方法を確立し、臨界事故時の測定・評価システムを構築する。

【成果の活用方策】

イ. 臨界警報装置の高度化

臨界警報装置の設備設計へ反映するとともに、臨界警報装置に係る技術基準類の整備に資する。

ロ. 臨界安全監視システムの開発

核燃料サイクル施設の臨界事故時に発生する放射性希ガスの測定・評価システムの設計に反映する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成 13 年度	<p>イ. 既設臨界警報装置の作動条件について、把握・調査する（原研東海における照射試験をも考慮する。）。</p> <p>ロ. 臨界事故時に発生する放射性希ガスについて、計算コード（ORIGEN）等を用いて組成、放出量等を評価するとともに、計算コード（EGS4）を用いて、放射性希ガスの測定体系における計算値と実測値との比較、各種検出器の基本的性能の評価、多種類の放射性希ガス混在状態での評価方法の検討を行う。</p>	
平成 14 年度	<p>イ. 既設臨界警報装置の作動条件について、把握・調査を継続するとともに、入手した作動条件等のデータ等を基に、試作器の基本設計を行う。</p> <p>ロ. 試作測定器について、前年度の成果及び計算コード（EGS4）を用いて詳細設計を行う。</p>	
平成 15 年度	<p>イ. 前年度実施した基本設計を基に、詳細設計を行い、試作器を製作する。</p> <p>ロ. 放射性希ガスの試作測定器の製作及び試験を行う。</p>	<p>イ. 詳細設計書、試作器の製作</p> <p>ロ. 試作測定器の試験により設計方法等の妥当性を確認する。</p>
平成 16 年度	<p>イ. 試作器の作動条件について、把握・調査するとともに他の特性試験を実施する。また、保守性、コストの最適化に関する検討を行う。</p> <p>ロ. 試作測定器の試験データを基に、測定・評価のシステムの再検討を行う。</p>	
平成 17 年度	<p>イ. 前年度に引き続き、特性試験、検討を行い、次世代装置へ反映すべき点等をまとめる。</p> <p>ロ. 再検討した測定・評価のシステムの性能を確認するとともに、臨界事故時に発生する放射性希ガスの測定・評価システムとしてまとめ、開発を完了する。</p>	<p>イ. 成果のまとめ</p> <p>ロ. 臨界事故時に発生する放射性希ガスの監視システムの構築を完了する。</p>



# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

## 【分類番号】

3-4-4

## 【研究課題名 (Title)】

走行式放射線モニタの高度化に関する研究  
(Development of the Self Moving Survey System)

## 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 放射線管理第一課

【氏名】 野田 喜美雄 (のだ きみお)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 電話:029-282-1111

(Name) Kimio Noda

(Title of function) Plutonium Radiation Control Section, Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-Ken, Japan, Tel: +81-29-282-1111

## 【研究の範囲】

・原子力防災対策に資する研究

## 【研究目的】

大規模かつ自動化されたプルトニウム燃料施設の放射線状況を効率的に確認するとともに作業員の被ばく低減化のため、走行台車と放射線測定器を組み合わせた走行式放射線モニタを開発し、プルトニウム燃料施設における放射線管理に利用している。

一方、ウラン加工工場臨界事故を受けて、異常時における遠隔での放射線モニタリング機能の強化が必要であることから、現在平常時に利用している走行式放射線モニタを高度化し、臨界事故や有害物質漏えい等の異常時の放射線モニタリングに資する。

## 【研究内容】

### イ. 走行台車の高度化

建屋図面を入力することで走行ルートが平坦な場所についての走行が可能な走行台車を、図面や段差、エレベータ等の有無に係わらず走行可能となるよう高度化を行う。

### ロ. 情報伝送システムの開発

モニタリング情報の伝送システムを、走行中に蓄積されモニタリング終了後に回収されるバッチ方式から、リアルタイム方式に変更する。特に事故時等の放射線状況に関する情報をより迅速かつ的確に把握するため、映像、放射線測定データの伝送方法や地下室等の密室からのデータ伝送状況について試験・評価する。

### ハ. ハンドリング装置の開発

走行ルート上の障害物に対する自己回避機能を持つ走行台車の走行範囲拡大を図るため、障害物を遠隔作業により排除（扉の開放、物品の移動等）するハンドリング装置の開発を行う。

### 二. 走行式放射線モニタの高度化

イ.～ハ.の結果を組み合わせ、走行式放射線モニタの高度化を図る。

## 【研究の必要性】

原子力施設での重大事故発生時においては、事故対応活動を行う上で施設及びその周辺における放射線状況を把握することは重要であり、JCO事故の教訓からも現場状況が不明の中で現場作業を開始するには作業員の被ばく等の問題が上げられた。これら高汚染及び高線量区域における放射線情報収集活動の課題から

も、遠隔による測定監視が望まれる。

そこで、これまで放射線測定の自動化の一環として技術開発を行ってきた、走行式放射線モニタの更なる高度化を図り、事故時モニタリングを考慮したモニタ整備の安全研究展開が強く要請されている。

【研究の達成目標】

- イ. 走行台車部については事故発生現場の放射線状況把握のため、不整面区域の走行が予想されることから、施設階段及び段差等での走行が可能な台車部の設計を行い試作機を完成させる。なお、走行制御は無線等による遠隔操作方式とする。  
また、実用機開発に向けた性能確認試験を試作機により行いデータ収集を図る。
  - ロ. 放射線データ、映像を迅速及び的確に把握するための、リアルタイム方式の情報伝送システムを完成させる。
  - ハ. 障害物(扉、物品等)の排除を行い走行範囲の拡大を図るため、遠隔作業が可能な走行台車搭載用ハンドリング装置を完成させる。
- 二. 事故現場等での放射線測定(線量当量率、表面密度)を考慮し、耐放射線性及び耐環境性の放射線測定器を完成させる。

【成果の活用方策】

- ・原子力施設で発生した事故・災害時に、施設内・外の高線量及び高汚染箇所での放射線測定を、遠隔地からの操作により無人測定台車で任意な箇所の測定が行えるため、測定作業者の内部・外部被ばくを防止することができる。
- ・酸欠区域や有害ガス発生のある有害なエリアにおいて、作業員が立入らなくても放射線等の測定作業を行うことができる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 原子力施設内の作業環境下(階段・不整面も考慮した)での走行が可能な走行台車(試作機)の設計を行う。 ロ. モニタリング情報の伝送方法について、既存技術の事前調査を行う。 ハ. 走行台車の障害物等(物・扉等)を除去又はハンドリングを行なう装置製作のため、既存技術の事前調査を行う。	イ. 走行台車(試作機)の設計を完了する。 ロ. 動向調査結果をまとめる。 ハ. 動向調査結果をまとめる。
平成14年度	イ. 不整面の走行可能な台車の製作(試作機)を行う。また、走行性能の確認試験をプルトニウム燃料センター内で行う。 ロ. リアルタイム情報伝送システムの設計を行う。 ハ. 障害物除去機能を有した装置(ハンドリング装置)の設計を行う。 二. 事故時の放射線モニタリングに対応した測定装置の設計を行う。	イ. 走行台車(試作機)の製作を完了する。 ロ. 伝送システムの設計を完了する。 ハ. ハンドリング装置の設計を行う。 二. 測定装置の設計を完了する。
平成15年度	イ. 走行台車(試作機)の改良型の設計を行う。また、制御方法は遠隔制御で行える形式とする。 ロ. リアルタイム情報伝送システムの試作機を製作する。 ハ. 障害物除去装置(ハンドリング装置)の試作機を製作する。 二. 事故時対応型の放射線測定装置の製作を行う。	イ. 走行台車(試作機改良型)の設計を完了する。 イ. 伝送システムの製作を完了する。 ロ. ハンドリング装置の製作を完了する。 二. 放射線測定装置の製作を完了する。

平成16年度	<p>イ. 走行台車の改良型試作機を製作し、走行性能の確認試験をプルトニウム燃料センター内で行う。</p> <p>ロ. リアルタイム情報伝送システムについて、プルトニウム燃料センター内の既設PHS設備を用い走行台車の遠隔操作、データ、映像伝送の試験を行う。</p> <p>ハ. ハンドリング装置の性能試験を行う。</p> <p>ニ. 放射線測定装置の性能試験を行う。</p>	
平成17年度	<p>ホ. 前年度までの研究結果で製作した、各種試作機を組み合わせ、走行式放射線モニタとしての総合的な試験を行うとともに、運用機製作に向けた概念設計を行い、開発を完了する。</p>	<p>ホ. 走行式放射線モニタの試作機の完成</p>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

社内研究 4 - 3

### 【研究課題名(Title)】

現場放射線管理の高度化 (Advancement of Radiation Control in the Field)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】大洗工学センター 安全管理部 放射線管理課

【氏名】進藤 勝利 (しんどう かつとし)

【連絡先】〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 電話番号：029-267-4141

(Name) Katsutoshi Shindou

(Title of function) Radiation Control Section, Health and Safety Division, O-arai, Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki-ken, 311-1393, Japan, Phone:+81-29-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究
- ・原子力防災対策に資する研究

### 【研究目的】

原子炉施設や核燃料物質取扱施設における放射線作業、特に中性子線、ベータ線、ガンマ線の混在場に的確に適用できる放射線測定技術を開発し、それによる放射線作業管理の高度化を図り、放射線作業の安全性の向上に資する。

### 【研究内容】

#### イ. 中性子線量測定技術の高度化

熱中性子と高速中性子の両方に対して感度を有する検出器を用い、中性子の線量情報とエネルギー情報を同時に測定できる測定器を開発し、現場に適用する。中性子のエネルギー情報が得られることにより、現状より精度の高い線量評価を行う。また、現状のレムカウンタ方式のものよりも小型で軽量にし、より安全に現場での測定を行えるようにする。

#### ロ. ガンマ線混在場におけるベータ線測定技術の開発

トリプルコインシデンス手法を用いて、ガンマ線バックグラウンドの高い場所でのベータ線放出核種の検出を行う装置を開発する。PIE施設などの純ベータ線放出核種とガンマ線放出核種の混在場における汚染管理の高度化を図る。

#### ハ. シンチレーションファイバによる線量監視システムの開発

シンチレーションファイバ技術、マルチチャンネル型レートメータなどの技術を利用し、広範囲における線量変動を、空間的、かつ時間的に連続監視するエリアモニタを開発する。広い放射線作業現場における作業中の線量監視を効率的に行うことができるようにする。

#### ニ. ゲートモニタの高度利用手法の開発

ゲートモニタの応答を詳細に評価し、使用方法や感度評価手法の改良を検討する。スポット状汚染に対する感度の向上、ゲートモニタ指示値と表面汚染密度との相関の向上を図る。

### 【研究の必要性】

放射線作業現場における放射線測定、管理手法は、現状において必ずしも不十分なものではない。しかしながら、一方で放射線測定技術、被ばく影響の評価に関する思想と手法が進展を遂げているにも関わらず、その成果は現場に十分に反映されていない。中性子の測定評価、線量分布の評価、β線測定など、現在の技術を適用すればより高度で合理的な被ばく管理が期待できるが、適用が進んでいない技術は少なくない。これらの知見を効果的に取り入れることで、放射線管理をより高度に展開させ、放射性物質を取り扱う施設の放射線安全性の向上と作業中のより適切な被ばく管理を図り、引いては周辺環境の放射線安全にも効果をもたらすことが期待できる。安全管理に係るコストも今後重要な要素となってくると考えられ、現状の管理レベルを維持しながら省力化を図るためにも、新しい技術の取り入れは不可欠である。また、放射線作業現場で活用されている放射線管理技術は、原子力施設における緊急事態の際にも大いに活用可能であり、現場の放射線管理技術の高度展開は、原子力防災技術の向上にも結びつくものである。

### 【成果の達成目標】

- イ. 熱/高速中性子同時検出型中性子検出器を開発し、中性子線量率計としての適用を図る。
  - ロ. β線/γ線混在場におけるβ線汚染測定及びβ線被ばく量測定手法を開発する。
  - ハ. シンチレーションファイバとマルチチャンネルレートメータを用いた、位置・時間連続型エリアモニタを構築する。
- 二. ゲートモニタの出力の高度利用を図り、表面汚染測定精度の向上を図る。

### 【成果の活用方策】

- イ. 熱/高速中性子同時検出型中性子検出器により、線量情報と同時に中性子線量評価を行う上で重要なエネルギーに関する情報を収集することができるので、核燃料取扱などの作業における作業員の中性子被ばくの的確な管理を主眼とするより高度なモニタリングができる。また、測定装置自体も従来よりも小型軽量のものになることが期待でき、取扱時の機動性が向上する。さらに、原子力災害時の中性子モニタリングを従来よりも緻密に展開することができる。
  - ロ. β線/γ線混在場において、β線による局部被ばくが無視できないような場合におけるβ線による被ばく量の測定及び汚染測定を迅速かつ適切に行うことができる。
  - ハ. 位置・時間連続型エリアモニタは、大型機器の取扱や線源物質の移動等による線量の変動を伴う作業での線量管理に適用できる。特に、局所的に高線量箇所が発生するおそれのある作業の管理に有効である。また、原子力災害時の線量分布に関するモニタリングを従来よりも緻密に展開することができる。
- 二. ゲートモニタの高度利用を図ることにより、管理区域の出入管理を、現状よりも的確に展開させることができる。また物品等の搬出管理への適切な応用も期待できる。

### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	1) 熱/高速中性子同時検出型中性子線量率測定器について、応答特性の計算評価に基づく設計を行う。 2) β線測定装置やゲートモニタの応答特性を評価するために、β線検出過程を適切に評価できるように計算コードEGS4の改良を進める。 ハ) 線量監視に必要なマルチチャンネル型レートメータの試作機を製作し、機能を確認する。 ハ) シンチレーションファイバの経年劣化特性の調査を始める。	

平成14年度	<p>イ)熱/高速中性子同時検出型中性子線量率測定器試作機の製作を行う。</p> <p>ロ)EGS4による計算結果などに基づき、トリプルコインシデンス型β線測定装置の設計、試験機製作を行う。</p> <p>ハ)マルチチャンネル型レートメータとシンチレーションファイバを接続し、線量分布の連続監視システムとしての総合試験を行う。</p> <p>ニ)シンチレーションファイバの経年劣化特性の調査を続ける。</p> <p>ホ)ゲートモニタの詳細な応答特性評価を、計算と実試験の両面から進める。</p>	
平成15年度	<p>イ)熱/高速中性子同時検出型中性子線量率測定器の総合試験を行う。</p> <p>ロ)トリプルコインシデンス型β線測定装置試験機を用いた試験を行い、機能確認を行う。</p> <p>ハ)マルチチャンネル型レートメータとシンチレーションファイバを接続し、線量分布の連続監視システムとしての総合試験を行う。</p> <p>ニ)シンチレーションファイバの経年劣化特性の調査を続ける。</p> <p>ホ)ゲートモニタの詳細な応答特性評価を計算と実試験の両面から進める。</p>	<p>イ)熱/高速中性子同時検出型中性子線量率測定器の成立性、有効性を確認する。</p> <p>ロ)トリプルコインシデンス型β線測定装置について、機能試験結果より、実機製作に関する評価を行う。</p> <p>ハ)線量分布の連続監視システムの開発を完了する。</p>
平成16年度	<p>ロ)トリプルコインシデンス型β線測定装置の実機設計、製作を行う。</p> <p>ハ)シンチレーションファイバの経年劣化特性の調査を続ける。</p> <p>ニ)ゲートモニタの高度利用のための、ハード、ソフト面での改良を施す。</p>	<p>ニ)ゲートモニタのデータに関する高度利用手法の開発を完了する。</p>
平成17年度	<p>ロ)トリプルコインシデンス型β線測定装置の特性試験を行う。</p> <p>ハ)シンチレーションファイバの経年劣化特性の調査を続ける。</p>	<p>ロ)トリプルコインシデンス型β線測定装置について、実機の評価を行う。</p>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

3-5-3

### 【研究課題名(Title)】

再処理施設低レベル廃棄物処理技術に関する研究

(Study on the Treatment Technology Development of Low Level Waste generated from Tokai Reprocessing Plant)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 再処理センター 技術部 技術開発課

【氏名】 野尻 一郎 (のじり いちろう)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33、電話：029-282-1111

(Name) NOJIRI ICHIRO

(Title of function) Technology Development Section, Technology Co-ordination Division,  
Tokai Reprocessing Center, Tokai works

(Address and Tel. No.) Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan, Tel:029-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

再処理施設で発生する低レベル廃棄物は一部の廃棄物(低レベル廃棄物(アスファルト固化体)、廃溶媒(プラスチック固化体)、可燃固体廃棄物(焼却灰)等)を除き、大部分の廃棄物は施設内に未処理のまま保管されており、将来これら未処理廃棄物を含む低レベル廃棄物を安全、安定に処分する必要がある。本研究では低レベル廃棄物の廃棄体を選定するために必要な各種データを取得し、適切な廃棄体の選定に資することを目的とする。

### 【研究内容】

#### イ. 低レベル廃棄物の性状調査

必要に応じて再処理施設で発生する低レベル廃棄物の性状(種類、発生量、発生形態、放射能量等)を調査する。

#### ロ. 固化方法の調査検討

国内外の固化処理方法(コスト、固化方法、固化材、廃棄物充てん率、物理的強度、化学的特性等)を調査し、東海再処理施設の低レベル廃棄物それぞれの特性に応じた、適切な固化方法の検討を行う。基本的には東海事業所の「低レベル廃棄物管理プログラム」に則したものとする。

#### ハ. 各種パラメータ試験

##### (イ) コールド基礎試験

上記ロ. 固化方法の調査検討で選定した固化処理方法について、固化材、廃棄物充てん率、物理的強度、化学的特性等をパラメータとした試験を実施し、固化材毎の基本データを取得する。

##### (ロ) ホット基礎試験

廃棄体の化学的特性のうち、浸出率については放射性核種の極微量の挙動を追うことはコールド試験では難しいため、必要に応じて放射性同位元素もしくは実廃棄物を用いたホット基礎試験により浸出率データを取得する。

## 二. 成果報告書作成

### 【研究の必要性】

再処理施設で発生する大部分の低レベル廃棄物については現在、その処理方法を平成12年度に策定される「低レベル放射性廃棄物管理プログラム」において検討が進められている。しかし、再処理施設内に建設が予定されている低放射性廃棄物処理技術開発施設(以下LWTF)で発生する使用済みCs吸着剤及びSr吸着剤は、再処理施設で発生する低レベル廃棄物としては特異な廃棄物であり、これまでに処理方法の研究開発は行われていない。よって、「低レベル放射性廃棄物管理プログラム」に鑑み、使用済み吸着剤を安定な廃棄体とするための適切な廃棄体化方法の選定及び廃棄体の基本的なデータの取得をLWTFの運転開始予定の平成17年度までに行う必要がある。

### 【成果の達成目標】

・前述イ～ハの成果からLWTF運転開始予定の平成17年度までに、LWTFにおいて発生する使用済み吸着剤を安定な廃棄体とするための固化方法を開発する。

### 【成果の活用方策】

・LWTFで発生する使用済み吸着剤の安全、安定な処理法の開発を行い、処分時のデータに資する。

### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	Ⅰ. 低レベル廃棄物の性状調査 LWTFから発生する使用済み吸着剤の性状（発生量、発生形態、放射エネルギー等）を調査する。 Ⅱ. 固化方法の調査検討 国内外の固化処理方法（固化方法、固化剤、コスト等）を調査する。	
平成14年度	Ⅲ. 固化方法の調査検討 固化処理方法（廃棄物充填率、物理的強度、化学的特性）の調査を継続する。調査結果からいくつかの固化処理方法を選定する。 Ⅳ. 各種パラメータ試験 その固化処理方法で固化体を作製し、固化体の物理的強度、化学的特性等の評価を行う（コールド試験）。	
平成15年度	Ⅴ. 各種パラメータ試験 コールド試験を継続する。固化体中の放射性核種の浸出率をRIまたは実廃棄物を用いたホット試験により評価する。	調査結果をふまえ、処理方法を選定し、この方法で作製した固化体の基本的なデータを取得する。
平成16年度	Ⅵ. 各種パラメータ試験 ホット試験を継続する。ホット試験での評価が困難であるもの（スケールアップ時の影響、統計的評価が必要なもの）は、コールド試験でデータを補う。	
平成17年度	Ⅶ. 各種パラメータ試験 ホット試験を継続する。 Ⅷ. 成果報告書作成 成果報告書を作成する。	使用済み吸着剤の安定な廃棄体とする方法の開発を終了する。



## 安全研究計画調査票（平成13年～平成17年度）

### 【研究分野】

核燃料施設の安全性に関する研究

### 【分類番号】

社内研究5-2

### 【研究課題名 (Title)】

ヨウ素除去技術に関する研究  
(Development of Advanced Iodine Removal Process)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Fuel Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 再処理センター 施設管理部 施設保全第一課

【氏名】 伊波 慎一 (いなみ しんいち)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33 Tel : 029-282-1111

(Name) Shinichi Inami

(Title of function) Facility Maintenance Section, Technical Services Division, Tokai Reprocessing Center, Tokai Works

(Address, and Tel. No.) 4-33 Muramatu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan

Tel : +81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・ 原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

東海再処理施設の換気系でヨウ素除去に用いられている吸着材、銀ゼオライト (AgX) 吸着材及びその他の吸着材 (Halsorb、銀アルミナ (AgA) 等) の性能比較試験の結果、現運転条件で銀の利用率を低下させる原因として、NO<sub>x</sub> の影響が示唆された。本研究では各吸着材のNO<sub>x</sub> による影響評価を行い、銀利用率向上のための検討を行う。その検討結果から効率的な運転条件を提案する。また、吸着後のヨウ素の保持性能について試験評価を行い、保管廃棄方法の検討を行う。

### 【研究内容】

#### イ. NO<sub>x</sub> 影響評価試験

現在、実用化されている銀ゼオライト (AgX) を含む各種吸着材を選定し、各サンプルを用いて再処理施設の実廃気を用いた性能評価試験及びコールドでの試験を行い、NO<sub>x</sub> による影響を調査する。この結果から、今までに行ってきた各パラメータ (温度、線速) による試験結果とあわせて銀利用率を向上するための検討を行い、効率的な運転条件を提案する。

#### ロ. ヨウ素保持性能試験

上記でヨウ素を吸着した各サンプル及び再処理工場で実使用され保管容器に保管されている AgX 吸着材の保持性能試験を行う。サンプル試験についてはエアブローを行い、ヨウ素の脱離量を測定する。また、使用後保管されている AgX 吸着材については、容器内の空気を採取してヨウ素を測定する。この結果から吸着材のヨウ素保持性能について評価し、保管廃棄方法について検討する。

### 【研究の必要性】

本研究は東海再処理施設のヨウ素の放出低減化に資するだけでなく、今後建設される民間再処理施設において、放射性ヨウ素除去に関する吸着材の選定、運転条件の確立等に反映できるものである。さらに、吸着材の長寿命化による廃棄物の低減化を図るため、ヨウ素吸着材の銀利用率向上についての検討は重要な課題となっている。このため、吸着材について、東海再処理実オフガスを用いた性能確認試験を行い性能データを取得し、銀利用率の向上に関する検討を行う必要がある。また、実使用し保管容器に保管されている吸着材のヨウ素脱離量についてのデータを取得して、廃棄物としての使用済吸着材の安全性評価の検討も重

要である。

**【研究の達成目標】**

- イ. 吸着材の銀利用率向上化の検討を行う。
- ロ. 使用済吸着材の保管廃棄方法の検討を行う。

**【成果の活用方策】**

- イ. 吸着材の銀利用率を向上させ高性能化することにより再処理施設からの放射性ヨウ素放出量低減及び廃棄物についても低減することが出来る。
- ロ. 使用済吸着材のヨウ素脱離量データを取得することより、今後の使用済吸着材の廃棄についての安全性評価につながる。
- イ.ロ. 本研究は六ヶ所再処理施設へ反映することが出来る。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成 13 年度	イ. 再処理の運転スケジュールと合わせて各吸着材について NOx の影響を含めた性能評価のためのデータ収集試験を行う。 イ. 収集したデータの整理を行う。	
平成 14 年度	イ. 再処理の運転スケジュールと合わせて各吸着材について NOx の影響を含めた性能評価のためのデータ収集試験を行う。 ロ. 吸着後の各吸着材サンプルについて、保持性能試験を行い、ヨウ素の脱離量測定を行う。 イ.ロ. 収集したデータの整理を行う。	
平成 15 年度	イ. 前年度までのデータから銀利用率を向上させる為の検討を行う。 ロ. 保管容器中の使用済 Ag X 吸着材についての保持性能試験方法の検討を行う。	イ. 収集したデータより銀利用率の向上のための検討案を作成する ロ. 各吸着材の保持性能の評価
平成 16 年度	イ. 前年度に検討した銀利用率向上の為の検討策の試験を行う。 ロ. 実使用し、保管容器にて保管中の Ag X 吸着材について、ヨウ素の保持性能試験を行い、ヨウ素の脱離量測定を行う。 イ.ロ. 収集したデータの整理を行う。	
平成 17 年度	イ. 銀利用率を向上させる為の検討策のまとめ ロ. 使用済吸着材の保管廃棄方法についての検討	イ. 吸着材の銀利用率向上の為の検討策の提案 ロ. 使用済吸着材の保管廃棄方法についての検討策の提案

耐震

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

原子力施設の耐震等の安全性に関する研究

### 【分類番号】

5-3-1

### 【研究課題名(Title)】

核燃料施設免震構造に関する高度化研究

(Improvement of Seismic Isolation Safety Design of Nuclear Fuel Facilities)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 建設工務管理部 建設グループ

[氏名] 瓜生 満 (うりゅう みつる)

[連絡先] 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33

TEL 029-282-1111

(Name) Uryu Mitsuru

(Title of function) Construction Group, Construction and Maintenance Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33, Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1194, Japan  
Tel. +81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

核燃料サイクル開発機構で前期年次計画（平成8年度～平成12年度）において策定した免震構造用の設計用入力地震動は、防災方面での実績や信頼性のある複数の手法を用いて策定した。しかし、最近では耐震設計分野において新しい知見に基づく地震動スペクトル（上下動含む）の提案等も始まりつつあり、免震構造を対象にした適合性評価、影響評価等を行い、得られた知見を免震構造設計用入力地震動の策定に適宜反映させていく必要がある。

また、免震システムが将来にわたり確実に免震機能を発揮し、建物の健全性を維持させるため、供用期間中における免震システムの信頼性評価の手法を整備・確立する必要がある。

### 【研究内容】

#### イ. 免震構造設計用入力地震動策定手法の高度化

新しい知見に基づく上下動を含む地震動スペクトルを調査するとともに、核燃料サイクル開発機構で所掌する免震建物（大洗工学センター及び東海事業所）を対象に地震観測及び地盤の地震動解析、建家の地震応答解析を行い、適合性評価、影響評価等の総合的な検討を加える。

上記研究で得られた知見を現行の免震構造設計用入力地震動策定手法に適切に反映する。

#### ロ. 供用期間中における免震システムの信頼性評価手法の高度化

免震構造では、免震システムが将来にわたり確実に安全機能を発揮させるために、施設の供用期間中に適切な検査（ISI）を行っていく必要がある。検査範囲、検査程度、検査方法、判定基準及び結果の措置を適切に定めるための調査及び手法の整備を行う。

また、供用期間中を通じて地震観測を行い、上記ISI手法と併用して得られるデータを用いて免震システムの信頼性評価手法の整備、確立を図る。

### 【研究の必要性】

サイクル機構では、核燃料施設へ免震構造を採用すべく、これまで確証試験や設計手法に関する

研究等を進め、その成果を再処理施設ユーティリティ施設の設計、建設に反映してきた。しかしながら、原子炉施設の耐震設計分野の進歩には著しいものがあり、これを参考に免震構造の設計手法にも新しい知見を取り入れる必要がある。

また、免震システムが将来にわたり確実に免震機能を発揮し、建物の健全性を維持させるため、供用期間中における免震システムの信頼性評価の手法を整備・確立する必要がある。

【成果の達成目標】

- イ. 燃料施設免震構造物に対する、上下動を含む地震動スペクトルを提案し、設計用入力地震動策定手法の高度化を図る。
- ロ. 核燃料施設における免震システムの信頼性評価手法を整備・確立する。

【成果の活用方策】

核燃料施設免震構造物の耐震信頼性の向上に資する。また、設計及び維持技術基準に反映させる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 地震動スペクトル、直下地震等に関する資料収集等の調査を行う。 ロ. 核燃料施設における I S I 手法に関する調査検討を行い、再処理ユーティリティ施設への適用性を検討する。	
平成14年度	イ. 得られた地震動スペクトルの核燃料施設免震構造に対する適用性検討を行う。 ロ. 核燃料施設における I S I 手法に関する調査検討を行い、再処理ユーティリティ施設への適用性の検討を継続する。	
平成15年度	イ. 再処理ユーティリティ施設を検討対象として、解析モデルの作成、地震応答解析を行い適合性、影響等を評価する。 ロ. 再処理ユーティリティ施設を利用した I S I の検討及び実施	イ. 地震動スペクトルを提案し、再処理ユーティリティ施設の地震応答解析を行う ロ. 再処理ユーティリティ施設を利用した I S I 手法の素案を提案する
平成16年度	イ. 再処理ユーティリティ施設を検討対象として地震応答解析を行い、地震動スペクトルの適合性、影響等の評価を継続する。 ロ. 再処理ユーティリティ施設を利用した I S I を継続する。	
平成17年度	イ. 免震構造設計用入力地震動策定手法に適切に反映させる。 ロ. 免震システムの信頼性評価手法の整備、確立を図る。	イ. 核燃料施設免震構造物に対する、上下動を含む地震動スペクトルを提案し、設計用入力地震動策定手法の高度化を図る。 ロ. 核燃料施設における免震システムの信頼性評価手法の高度化を図る。

## 確率論的安全評価等

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究

### 【分類番号】

6-1-3

### 【研究課題名(Title)】

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  
(Research on risk informed operation and maintenance in FBR plants)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 大洗工学センター システム技術開発部 リスク評価技術開発グループ

[氏名] 丹羽 元 (にわ はじめ)

[連絡先] 〒311-1393 茨城県東茨城郡 大洗町成田町 4002 Tel 029-267-4141

(Name) Hajime NIWA

(Title of function) Nuclear System Safety Research Group, System Engineering Technology  
Division, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002 Narita, Oarai-machi, Ibaraki-ken, 311-1393, Tel 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

高速増殖炉に特有な機器を中心に信頼性データを収集・整理して母集団の拡充を図るとともに、信頼性データの分析・評価及び確率論的安全評価の結果から得られる情報を高速増殖炉の運転または保守に活用できる形に整理することによって、リスク情報に基づく運転・保守技術の確立に資する。

### 【研究内容】

#### イ. 信頼性データの収集・整備

高速増殖炉原型炉「もんじゅ」及び高速実験炉「常陽」を対象として機器の信頼性データを継続して収集・整備する。

#### ロ. 信頼性データの分析・評価

新規故障データの蓄積に応じて機器故障モード、共通原因故障、経年変化、人的因子等に関する信頼性データの分析・評価を行う。

#### ハ. リスク情報に基づく運転・保守管理方策の検討

ロ.の結果に加えて、異常の早期検知に寄与し得る設備の状態量を故障率あるいは故障確率の評価に取り入れることにより、リビングPSA手法の高度化を図る。この手法を用いて、リスク情報に基づく高速増殖炉プラントの運転管理方策、保守管理方策を考案し、実機への適用を検討する。この際、リスク情報としては、炉心損傷リスクのみならず、ダウンタイムや例えばナトリウムの漏えいといった他の指標の活用についても検討する。

### 【研究の必要性】

軽水炉分野では、国内外においてリスク情報を活用したプラント管理や規制が検討されている。これは、安全性のレベルを定量的に把握するためにはリスク評価が重要であるとの認識が高まったためと考えられる。高速増殖炉についても、リスク評価の重要性は同じである。リスク評価を行うためには、機器故障率データを常に最新の運転・故障統計に基づいて更新する必要がある。特に運転経験の少ない高速増殖炉について機器信頼性データの整備は極めて重要である。

また、リスク情報をプラントの運転や保守、さらには規制活動へ活用する場合、活用先によって、求められるリスク情報の種類と精度が異なる。このため、活用先に応じて適切なリスク情報を提供できるように、評価モデル、データ、および手法を整備することによって、リスク情報の活用方法を整備する必要がある。

### 【成果の達成目標】

イ. 高速実験炉「常陽」及び高速増殖原型炉「もんじゅ」の機器について平成17年度までの運転故障データを継続して収集することによって機器信頼性データ母集団の拡充を図る。

ロ. リスク情報をプラントの運転や保守、さらには規制活動へ活用する際に必要となる信頼性データについて、不確かさを考慮した推奨値を根拠とともに整理する。

ハ. 高速増殖炉のモデルプラントについて、運転及び保守にリスク情報を活用する方法として以下を整備し、規制の参考情報（例えば、保安規定の策定に関する技術的知見）としてまとめるとともに、5カ年で実プラントへ反映できるレベルに持っていく。

- (1) 安全性のレベルに影響を及ぼす設備の点検周期をリスク情報を活用して設定する方法。
- (2) 原子炉の運転中に補修可能な設備について、原子炉の運転を止めずに補修するための要求条件（例：補修に対する制限時間、リスク管理のための安全系に対するサーベイランス強化）をリスク情報を活用して設定する方法。
- (3) 定期検査時の系統運用構成について、リスク情報を活用して制限条件（例：特定の工程に対する継続時間の制限）を設定する方法。
- (4) リスク情報を活用してアクシデントマネージメントを設定する方法

### 【成果の活用方策】

- ・信頼性データの母集団の拡充は、FBR 実用炉の基準概念であるナトリウム冷却炉を対象とした確率論的安全評価の技術基盤を提供する。
- ・高速増殖炉の実用化時代を念頭に置き、リスク情報を積極的に活用した運転・保守方策を検討することによって、リスク情報を活用した自主保安及びリスク情報を活用した規制の参考情報として、高速増殖炉の運転安全に資する。
- ・高速増殖原型炉「もんじゅ」及び高速実験炉「常陽」の運転安全性の向上

### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 「常陽」及び「もんじゅ」の機器信頼性データの収集・整備 ロ. これまでの PSA の経験を基に、高速炉 PSA において重要な故障事象やヒューマンエラー事象の発生確率の定量化方法とデータを整理し、それらについて PSA から得られるリスク情報を運転・保守へ活用する際の課題（例：データ設定根拠の妥当性）を検討する。 ハ. 供用期間中検査や予防保全効果等を PSA に取り入れる評価モデルを検討する。定格出力運転時を対象としたリビング PSA 実施のための詳細なシステムモデルを整備する。	



平成 14 年度	<p>イ. 「常陽」及び「もんじゅ」の機器信頼性データの収集・整備</p> <p>ロ. 高い信頼性を有する理由から、統計的に発生確率を推定することが困難な低発生確率事象として、安全上重要な機器の共通原因故障や静的機器の故障が挙げられる。これらの発生確率について、定量化方法と得られる定量値の持つ意味を検討する。</p> <p>ハ. 定格出力運転時の詳細なリスク評価に基づき、設備の点検周期の検討、運転中の補修の検討、及びアクシデントマネジメントの検討。</p>	
平成 15 年度	<p>イ. 「常陽」及び「もんじゅ」の機器信頼性データの収集・整備</p> <p>ロ. 直接故障統計が得られるものについて、イ. で得られた故障データに応じた事例分析を実施することにより機器信頼性データを更新する。</p> <p>ハ. 原子炉停止時を対象としたリスク評価のシステムモデルを整備するとともに、原子炉停止時リスクの低減に有効なアクシデントマネジメントを検討する。</p>	<p>イ. 平成 15 年度までの機器信頼性データを収集・整備する。</p> <p>ロ. 最新の機器信頼性データや手法に基づく PSA 評価用データを整備する。</p> <p>ハ. 運転・保守において定格出力運転時リスクを適切に管理するための方法を整備する。</p>
平成 16 年度	<p>イ. 「常陽」及び「もんじゅ」の機器信頼性データの収集・整備</p> <p>ロ. 計器校正や分解検査等の保全活動は、人が機器へ影響を与える大きな因子である。また、集中的に保全活動を実施する定期検査においては、起因事象としての人的因子のみならず、リスク低減のためのアクシデントマネジメントについても、点検中の系統を復帰する等、運転員や保守員による多様な活動に期待しなければならないと考えられる。このため、リスクの観点から重要な人的因子について検討する。</p> <p>ハ. 原子炉停止時の系統運用構成についての制限条件の検討。プラント管理の意志決定に用いるべきリスク指標（瞬時リスクと積分リスク）についての検討。</p>	
平成 17 年度	<p>イ. 「常陽」及び「もんじゅ」の機器信頼性データの収集・整備</p> <p>ロ. 低発生確率事象の定量化の検討を継続するとともに、イ. で収集した故障データを基に共通原因故障の兆候や有意な経年変化が認められないかどうかを分析し、その結果を反映して機器信頼性データを更新する。</p> <p>ハ. ダウンタイムの低減、炉心損傷リスクの低減とともに達成するようリスク管理のための方策をまとめる。</p>	<p>イ. 平成 17 年度までの機器信頼性データを収集・整備する。</p> <p>ロ. 最新の機器信頼性データや手法に基づく PSA 評価用データを整備する。</p> <p>ハ. 運転・保守においてプラントの全運転状態を対象とした炉心損傷リスクとダウンタイムを適切に管理するための方法を整備する。</p>
平成 18 年度以降	<p>「常陽」及び「もんじゅ」の機器信頼性データの収集・整備</p>	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究

### 【分類番号】

社内研究1-2

### 【研究課題名(Title)】

実用化候補プラントのレベル1 PSAに関する研究  
(Research on level-1 PSA for various designs of commercialized FBR plants)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 大洗工学センター システム技術開発部 リスク評価技術開発グループ

[氏名] 丹羽 元 (にわ はじめ)

[連絡先] 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 Tel 029-267-4141

(Name) Hajime NIWA

(Title of function) Nuclear System Safety Research Group, System Engineering Technology  
Division, O-arai Engineering Center

(Address and Tel. No.) 4002 Narita, Oarai-machi, Ibaraki-ken, 311-1393, Tel 029-267-4141

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・その他（高速増殖炉の開発研究において、候補概念の絞り込みに活用する）

### 【研究目的】

様々な安全上の特徴を有する概念設計段階の高速増殖炉実用化候補プラントを対象としたレベル1 PSAを行うための評価モデルの作成や信頼性データの設定について、考え方を整理する。

### 【研究内容】

#### イ. システムモデルの作成

概念設計段階の実用化候補プラントを対象に、炉心損傷防止の観点から安全上の特徴（例えば、被覆粒子燃料の持つ固有の安全性）を分析する。そして、それらの特徴について確率論的評価のための取り扱い方を検討して整理する。その結果を用いて、炉心損傷発生頻度を評価するためのシステムモデルを作成する。

#### ロ. 系統・機器の信頼度評価の検討

実用化候補プラントの炉心損傷発生頻度を定量化するために必要な信頼性データのうち、運転・故障経験が存在するものについてはデータを調査、収集する。運転・故障経験が希有な系統・機器（ガス炉や重金属炉の系統・機器、自己作動型炉停止装置等）について、既存の類似機種に関する信頼性データの適用を含めた信頼度評価の考え方を検討して整理する。

#### ハ. 炉心損傷発生頻度の解析評価

イ. で作成したシステムモデルに対して、ロ. で整理したデータや考え方を基に定量値データを設定することにより、候補として考えられている設計オプションが炉心損傷発生頻度の低減にどれだけ貢献しているか、その優劣を定量的に解析する。また、炉心損傷発生頻度に対する寄与因子を分析することによって、設計要求を達成しつつ設備を合理化するための方策を検討する。

**【研究の必要性】**

高速増殖炉についての実用化戦略調査研究の中で、様々な高速増殖炉の設計概念が提案されており、その中から有望な概念を絞り込む際に、炉心損傷発生頻度が考慮される。このため、ナトリウム冷却型高速増殖炉以外の概念も含めて様々な設計概念についての炉心損傷発生頻度を定量評価するためのレベル1 PSA手法を整備する必要がある。特に、評価上の課題と考えられるのは、安全上の特徴がこれまで我が国が開発してきたナトリウム冷却型炉と異なる設計概念についての炉心損傷シナリオの考え方や運転・故障経験が希有な系統・機器の故障発生確率評価の考え方であるため、この点を重視した研究を行う必要がある。

**【成果の達成目標】**

様々な安全上の特徴を有する概念設計段階の高速増殖炉実用化候補プラントを対象として、概念設計に関わる主要素のリスク感度を整理することによって、安全性の観点から候補プラントを絞り込むための要素について具体的な情報を整理する。

**【成果の活用方策】**

- ・実用化戦略調査研究のフェイズ2における実用化候補プラントの絞り込みに対して、炉心損傷防止の観点から情報を提供する。
- ・本研究において整理される概念設計段階の高速増殖炉プラントに対するリスク分析のプロセス自体を、リスク情報を活用した安全規制の参考情報として活用する。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. 概念設計情報を基に各種実用化候補プラントについて炉心損傷の定義と炉心損傷に至るシナリオ上の特徴を検討する。 ロ. 先行PSA等を参考にガス冷却炉や鉛ビスマス冷却炉の冷却系の故障確率、起因事象発生頻度の設定について検討する。	
平成14年度	イ. 炉心損傷シナリオに現れる安全系を構成する設備の特徴を信頼度の観点から整理するとともにシステムモデルを構築し、解析条件を設定する。 ロ. 系統・機器の非信頼度の予備的定量化解析を実施。 ハ. 上述のイとロを基に各種感度解析を実施することによって、炉心損傷発生頻度評価における信頼性データや設計上の特徴の感度を把握する。	
平成15年度	イ. システムモデルや解析条件を見直す。 ロ. ハ. ・事故シーケンスの定量化解析を実施する。 ・不確かさ解析及び感度解析を実施する。 ・リスク低減の観点から、設計や運転についての提言事項を検討するとともに、リスクの観点から候補概念を絞り込むための根拠を整理する。	イ. 設計概念に応じた炉心損傷シナリオを整理する。 ロ. 機器信頼性データの設定の考え方を整理する。 ハ. 概念設計における設計上の特徴に対する概略的なリスク感度を整理することによって、リスクの観点から候補概念を絞り込むための根拠を整理する。

平成 16 年度	<p>イ. 設計概念の違いによって、定期検査における系統運用にリスクの観点から有意な差異が生じるか否かを検討するとともに、定期検査時における炉心損傷シナリオを検討する。必要に応じてリスク定量化のためのシステムモデルを作成する。</p> <p>ロ. 上記イで述べたリスクの定量化に必要な系統・機器の非信頼度を定量化する。また、いずれの設計概念についても、受動安全を強化する方針であることから、受動的炉停止機構や冷却材バウンダリの信頼度評価の精度向上が候補プラントのリスク評価にとって重要と考えられる。このため、設計の特徴（例えば、高圧と低圧）を考慮できる解析的な非信頼度評価（例：受動的炉停止機構付き炉心の過渡感度解析に基づく非信頼度の評価、応力解析と確率論的破壊力学解析を基にした冷却材バウンダリにおける破損確率評価）を検討する。</p> <p>ハ. 上記イとロの内容を反映したリスクの感度解析を実施する。</p>	
平成 17 年度	<p>イ. 原子炉運転時及び定期検査時を含めたプラント状態における炉心損傷シナリオ評価の考え方をまとめる。</p> <p>ロ. 故障統計のみならず、設計の特徴を考慮できる解析的な非信頼度評価を実施することによって、系統・機器の非信頼度として考慮すべき不確かさ幅を検討する。</p> <p>ハ. 上記イとロを踏まえて、各種実用化候補プラントについて、内的起因事象に対する炉心損傷リスクが設計上の特徴に対してどの程度の感度を持つか分析してまとめる。</p>	<p>イ. リスク評価のためのシステムモデルを整備する。</p> <p>ロ. 設計上の特徴を考慮した系統・機器の非信頼度の定量化法を整備する。</p> <p>ハ. 概念設計における設計上の特徴に対するリスク感度を整理する。</p>
平成 18 年度以降	<p>外的起因事象に対するリスクについて検討する。</p>	

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究

## 【分類番号】

6-1-5

## 【研究課題名(Title)】

核燃料施設の信頼性評価手法に関する研究

(Development of Reliability Analysis Method for Nuclear Cycle Facilities)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 再処理センター 技術部 技術開発課

[氏名] 野尻 一郎 (のじり いちろう)

[連絡先] 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33, 電話: 029-282-1111

(Name) Ichiro Nojiri

(Title of function) Technology Development Section, Technology Co-ordination Division,  
Tokai Reprocessing Center, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan,  
Tel: 029-282-1111

## 【研究の範囲・分類】

- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究
- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）

## 【研究目的】

核燃料施設の確率論的安全評価を合理的、効率的に実施するためのシステム開発、データベース整備を行い、施設の運転安全性の向上、指針等の整備の際のデータ提供に資する。

## 【研究内容】

イ. システム分析手法の高度化

核燃料施設を対象としてハザード同定、システム解析を効率的に行える分析システムの整備を行い、実プラントへの適用を通じて手法の高度化を図る。

ロ. 信頼性データの収集・整備

国内外の文献データ並びに施設からの収集・整備したデータ等を基に機器の故障率、人的過誤率等のデータベースの拡充・整備を行う。

## 【研究の必要性】

定量的安全目標の設定、リスク情報を参考とする規制の考え方の導入が検討される中で、PSAの活用は今後一層促進される状況にある。

核燃料サイクル施設のPSAに関しては、評価のための基本となる手法については、HAZOP、FTA等従来手法の適用性が確認されているものの、これらを用いて実際の施設の評価を行うにあたっては、多大な労力を必要になることが認識されている。このため、これらの手法を用いて評価を効率的かつ効果的に行うには、システム解析支援ツールの導入が不可欠であることから、再処理施設を対象とした解析システム開発のための研究を行うものである。

信頼性データについては、原子力施設に加えて一般産業施設等に設備の信頼性データについてはすでに公開されたものが数多くあり、これらを用いた評価は可能となっているが、再処理施設のPSAの実施においては、その評価精度の向上のためには、実プラントの運転実績に基づく信頼性データが不可欠であることから、東海再処理施設等実プラントにおける運転データに基づいた信頼性データの収集・整備を行うものである。

【成果の達成目標】

イ. システム分析手法の高度化

- ・再処理施設を対象としたHAZOP、FTAを基本としたシステム解析支援ツールを構築する。
- ・上記システムを用いて実プラントの評価を行い、施設の運転安全性向上のための知見を得る。

ロ. 信頼性データの収集・整備

- ・東海再処理施設の機器について、保全履歴データを継続収集、運転データの調査・収集を行い、機器信頼性データ整備のためのデータの拡充を図る。
- ・再処理施設等の保全履歴データ、運転データ等を信頼性データとするためのシステムを構築し、上記データの活用を図る。

【成果の活用方策】

イ. システム分析手法の高度化

リスク情報を活用した運転・保守方策の検討が効率的に行えることとなり、施設の運転安全性の向上のための知見が得られることに加えて、リスク情報を参考とする規制情報の提供に活用できる。

ロ. 信頼性データの収集・整備

再処理施設等の核燃料サイクル施設のPSAの基盤技術を提供する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. システム分析手法の高度化 ・ 解析支援システム開発 ロ. 信頼性データの収集・整備 ・ データベースシステム調査 ・ 保全履歴データ収集、運転データ調査・収集	
平成14年度	イ. システム分析手法の高度化 ・ 解析支援システム開発 ロ. 信頼性データの収集・整備 ・ データベースシステム開発 ・ 保全履歴データ収集、運転データ調査・収集	
平成15年度	イ. システム分析手法の高度化 ・ 解析支援システム開発 ・ 実プラントへの適用検討 ロ. 信頼性データの収集・整備 ・ データベースシステム開発 ・ 保全履歴データ収集、運転データ収集	システム解析支援ツールプロトタイプ の構築  信頼性データベースシステム構築
平成16年度	イ. システム分析手法の高度化 ・ 解析支援システム開発 ・ 実プラントへの適用検討 ロ. 信頼性データの収集・整備 ・ 保全履歴データ収集、運転データ収集	

平成17年度	イ. システム分析手法の高度化 ・ 解析支援システム開発 ・ 実プラントへの適用検討 ロ. 信頼性データの収集・整備 ・ 保全履歴データ収集、運転データ収集	システム解析支援ツールの構築と汎用化  信頼性データベースシステムの充実
平成18年度以降	核燃料サイクル施設を対象とした総合安全評価システムの構築	

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

原子力施設等の確率論的安全評価等に関する研究

## 【分類番号】

6-1-6

## 【研究課題名(Title)】

MOX加工施設の確率論的安全評価の適用研究  
(Study on the Application of PSA to MOX Fuel Fabrication Plant)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 安全研究グループ

【氏名】 岡 努 (おか つとむ)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33, 電話: 029-287-0470

(Name) Tsutomu OKA

(Title of function) Safety Study Group, Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan,

Tel: 029-287-0470

## 【研究の範囲・分類】

- ・ 安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・ 安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・ 原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

## 【研究目的】

MOX加工施設を対象としたPSA適用検討として、事故シーケンスの抽出及びその発生確率の定量化、異常事象推移解析等を行い、民間MOX加工施設の安全審査の判断材料の提供に資する。

## 【研究内容】

### イ. MOX加工施設PSA実績調査

国内外のMOX加工施設について、施設の安全評価、PSAの適用実績について調査を行い、異常事象・事故シナリオの検討を行う。

### ロ. 事象シーケンスの抽出・定量化

モデルプラントの設定及びシステムモデルの作成を行い、事故シーケンスの抽出及びその発生確率の定量化を行う。

### ハ. 異常事象推移解析及び放射性物質の移行評価

異常事象等の推移を解析・評価するための手法の開発・整備を行い、これらを用いてモデルプラントにおける放射性物質の移行評価等を行う。

### ニ. 主要なリスク因子の分析・整理

事象発生確率、放射性物質放出リスクの結果等を用いて、主要なリスク因子について分析・整理する。

## 【研究の必要性】

現在核燃料施設の安全評価については、国内外の評価実績、関連の研究成果、既存同類及び類似一般産業施設の異常、事故例を基に決定論的な安全評価が実施され、種々の保守的な因子を考慮して十分な安全余裕を有するべく設計が行われている。研究開発に係わる施設においてはかかる保守的な評価に基づく設計、建設、運転に対する経済的な問題は少ないと予想されるが、実規模、民間運営による施設に



においては、経済性の向上は重要な課題であり、十分な安全と経済性の両立が要求される。

一方、原子炉においては軽水型発電炉を中心に、上記決定論的な安全評価に加え、機器の故障確率等のデータに基づき、異常・事象の発生確率を定量的に評価する確率論的安全解析・評価が国内外において、非常に多くの実績を有しており、プラント設計、運転、保守・点検の最適化、安全性の向上、合理化に貢献している。

核燃料施設の場合、国内外全体をみてもその基数が少なく、またその設計、運転方法等についても国情等による差異があり、上記の軽水型発電炉のように、評価手法の標準化、データの蓄積、標準化、共用化を図ることが困難な面があるが、当該確率論的安全評価により、定量的なデータに基づき、国として安全規制における施設設計、安全対策の妥当性について相互相関的な判断が可能であり、施設の検査、運転管理に対する計画の最適化、合理化に資することが期待される。

また、施設所有者に対しても施設設計、安全設計、安全対策、運転管理、保守・点検計画の最適化、合理化への寄与が期待される。

### 【成果の達成目標】

- イ. MOX加工施設PSA実績調査によって、国内外のMOX施設及び類似施設に対する施設情報及び定量的な安全解析手法並びにそのデータ等を調査し、入手可能な情報は取得し、その適用性を検討すると共に、異常事象・事故のシナリオを検討し、事象の分類及び代表事象の選定を行う。
  - ロ. 事象シーケンスの抽出・定量化では、解析の対象とすべきモデルプラントの設定を行い、異常事象・事故想定、その代表事象の抽出、機器の故障率データ等信頼性にかかわる基礎データの整備、上記イの調査に基づく解析手法の改良・整備により定量的な事象発生確率の算出を行う。
  - ハ. 異常事象推移解析及び放射性物質の移行評価では、異常事象推移及び施設内から外部環境への放射性物質移行挙動を解析、評価するための手法（ツール）の開発、関連データ整備を行う。
- 二. 主要なリスク因子の分析・整理では、上記の解析、評価結果に基づき発生確率（頻度）の高い可能性を有する事象、影響の大きな事象に対するリスク因子を分析、整理する。

### 【成果の活用方策】

- ・ 体系的な安全評価、異常事象・事故事象選定及びその定量的な評価結果は施設の運転、点検、検査、補修の合理化、安全性向上に役立つ。
- ・ 国内外MOX施設及び類似施設の安全解析、評価実績（手法とそのデータ）は、国の安全審査等において、施設の安全評価を検討する際の基礎的な参考情報、判断材料として役立つ。
- ・ 事象シーケンスの抽出、定量化、放射性物質の移行評価結果も、上記同様安全審査等において、施設の安全評価を検討する際の基礎的な参考情報、判断材料として役立つ。
- ・ 異常事象推移解析、放射性物質評価手法（ツール）は、安全評価のツールとして利用できる。
- ・ 定量的な信頼性データ及び上記解析、評価結果は、施設の検査、点検等の重要度、優先度等の検討の基礎データとして利用可能であり、検査計画策定の合理化に資する。

### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. MOX加工施設PSA実績調査 国内外MOX加工施設、類似施設の安全解析、評価におけるPSAの適用実績、当該評価に用いる機器の故障率データ等信頼性にかかわる基礎データの調査、収集、解析手法の適用性検討	プラント設計データ、解析手法、信頼性データ等の調査、取得可能情報の入手、整理
平成14年度	イ. MOX加工施設PSA実績調査 同上、事故シナリオの検討、解析手法の適用性検討、必要な改良 ロ. 事象シーケンスの抽出・定量化 モデルプラントの設定	プラント設計データ、解析手法、信頼性データ等の調査、取得可能情報の入手、整理 モデルプラントの設定

平成15年度	<p>ロ. 事象シーケンスの抽出・定量化  モデルプラントを対象にした異常事象，事故事象の想定，故障率データ等信頼性にかかわる基礎データの整備，解析手法の整備</p> <p>ハ. 異常事象推移解析及び放射性物質の移行評価  解析，評価手法の検討</p>	<p>事故事象の想定  信頼性データの整備</p>
平成16年度	<p>ロ. 事象シーケンスの抽出・定量化  故障データの整備，事故事象の発生確率の定量的評価</p> <p>ハ. 異常事象推移解析及び放射性物質の移行評価  解析，評価手法の開発継続，試解析</p> <p>二. 主要なリスク因子の分析・整理  事象発生確率，放射性物質放出量の低減化に有効な機器，設備等の検討（洗い出し）</p>	
平成17年度	<p>ハ. 異常事象推移解析及び放射性物質の移行評価  解析，評価手法の完成</p> <p>二. 主要なリスク因子の分析・整理  発生確率の高い事象，放出放射能の大きな事象の原因機器，設備，クリティカルパスの分析，整理</p>	<p>確率論的安全解析，評価手法  信頼性データベース  リスク因子の整理</p>
平成18年度以降	<p>民間MOX施設の建設，運転状況によるが，実データを反映した故障率データ，事象発生確率の見直し等</p>	

## 環境放射能

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

## 【分類番号】

1-2-1

## 【研究課題名(Title)】

環境中のラドン・トロン及びその壊変生成物の測定、挙動評価などに関する研究  
(Study on measurement methods and behavior evaluation of radon, thoron and their progeny in environment.)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 人形峠環境技術センター 安全管理課

【氏名】 古田定昭 (ふるた さだあき)

【連絡先】 〒708-0698 岡山県苫田郡上斎原村1550

電話: 0868-44-2211

(Name) Sada-aki Furuta

(Title of function) Environment and Safety Section,

Ningyo-toge Environmental Engineering Center

(Address and Tel. No.) 1550 Kamisaibara, Tomata-gun, Okayama 708-0698, Japan

Phone: +81-868-44-2211

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）
- ・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究。
- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・その他（放射線計測技術の向上）

## 【研究目的】

自然放射線源からの被ばくとして最も寄与が大きいとされているラドン・トロン及びその壊変生成物による被ばく線量を高い精度で評価するため、様々な環境におけるこれら放射性核種の存在形態、挙動、分布などを明らかにする。

## 【研究内容】

ラドンの壊変生成物の挙動については、大気中のエアロゾルの性状に強く関与しているという観点から、これらの放射性核種について屋外環境で測定、調査する。

屋外環境については、壊変生成物を長期間測定するための積分測定器を用いた調査を行う。得られたデータについて解析を行い、それぞれの環境におけるラドン及びその壊変生成物の分布、挙動を明らかにする。

このほか、数値計算によるラドン拡散評価コードを高度化して、種々の環境における拡散計算を行い、測定結果と比較検証を行う。

これらの結果より、ラドン及びその壊変生成物による被ばくの実態を解明する。

## 【研究の必要性】

施設運営に関わる環境影響評価の観点から、環境放射能の水準把握は重要である。屋内環境におけるラドン測定・評価は、国内でも系統的に行われ、また報告例も多い。一方、屋外環境でのラドン測定・評価の報告例は少なく、特にラドン壊変生成物については、国内の報告例がほとんどない。これは、ラドン及びその壊変生成物濃度測定手法が標準化されていないこと、特に、ラドン壊変生成物については、長期間の測定が可能な簡便な測定器がないことに起因している。

一方、サイクル機構はウラン鉱山開発に伴って発生した捨石のたい積場などを所有し、その管理が必要である。ラドンはこれらの施設に起因する周辺環境影響評価において重要な核種である。ラドンの環境影響評価で最も特徴的なことは、天然のラドンによる被ばくが既に1 mSv/y程度あり、またその濃度の空間的、時間的な変動幅が大きいことである。従って、施設影響を評価するためには、一般環境中濃度の水準把握及び施設周辺環境での継続的な測定が必要であるとともに、拡散計算による施設影響評価が重要である。

以上の理由から、環境データの蓄積及び校正手法まで含めた測定・評価手法に関する研究開発が必要である。

【成果の達成目標】

- (1) 環境データの蓄積。
- (2) 定常的な測定管理手法をラドン濃度測定から平衡等価ラドン濃度測定へ移行することが可能な技術の確立。
- (3) 山岳地域など、複雑地形において適用可能な拡散コードの開発。

【成果の活用方策】

- (1) 環境データの蓄積により、安全性の判断材料としての環境放射能影響評価の基礎資料として寄与できる。
- (2) ラドン及びその壊変生成物測定技術の向上に寄与できる。
- (3) 山岳地域など、複雑地形における施設影響評価技術の向上に寄与できる。
- (4) ウラン系廃棄物の処理・処分計画においてラドン影響評価は必要であり、研究成果が利用可能である。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	(1) 環境測定の継続。 (2) ラドン壊変生成物濃度の積分測定器の実証器製作と環境測定。 (3) 拡散コードの高度化に必要な調査（テストランによるデータ取得）。	
平成14年度	(1) 環境測定の継続。 (2) ラドン壊変生成物濃度の積分測定器の実証器による環境測定。校正手法の検討。 (3) 拡散コードの高度化に必要な調査（解析・評価手法の検討）。	
平成15年度	(1) 環境測定の継続。 (2) ラドン壊変生成物濃度の積分測定器の実証器による環境測定。校正手法の検討。 (3) 拡散コードの高度化に必要な調査（評価・問題点等の抽出）。	(1) 環境データの蓄積。 (2) 実証データの蓄積・評価。校正手法の検討。 (3) 現コードの性能評価と改善点等の把握。
平成16年度	(1) 環境測定の継続。 (2) ラドン壊変生成物濃度の積分測定器の実証器による環境測定。校正手法の検討。 (3) 拡散コードの高度化に必要な改造。	
平成17年度	(1) 環境測定の継続。 (2) ラドン壊変生成物濃度の積分測定器の実証器による環境測定。校正手法の検討。 (3) 拡散コードの高度化。	(1) 環境データの蓄積。 (2) 一部測定点への導入。校正手法確立。 (3) 拡散コードの開発終了。

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

### 【分類番号】

1-3-15

### 【研究課題名 (Title)】

海洋における放射性核種の挙動と拡散予測モデルに関する研究

(Study on The Diffusion Model for Prediction of The Behavior of Radioactive Materials)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 環境監視課

(Environmental Protection Section, Environment and Safety Division, Tokai Works)

【氏名】 圓尾 好宏 (まるお よしひろ : Yoshihiro MARUO)

【連絡先】 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 電話 : 029-282-9377

(4-33 Muramatsu Tokai-mura Naka-gun Ibaraki-ken 319-1194, phone:+81-29-282-9377)

### 【研究の範囲・分類】

・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

海洋中の拡散、移行、沈降、堆積などの諸過程をモデル化するとともに、モデルのパラメータに必要となる海流、濃縮係数などについて観測的な研究を行う。

### 【研究内容】

海水中の放射性核種の鉛直及び垂直濃度分布を調査する。また、沿岸の海水及び海底土中の放射性核種の濃度を測定し、蓄積量の評価を行う。

これらの観測的研究を基に、地域ごとの沿岸域、外洋における放射性物質の移行拡散シミュレーションモデルを構築し、そのモデルの検証を行う。なお、沿岸からの放射性物質の移行については、別途沿岸モデルを開発する。沿岸から放出された放射性物質が地球規模でどのように拡散できるかを把握できるよう、これら3つのモデルのリンク法を開発する。さらに、各種のシナリオを想定し、長期的な観点からの環境影響を定量化する。

### 【研究の必要性】

海洋放出に関する環境影響評価は、ごく狭域を対象に行われており、地球規模の長期的な核種移行挙動に関しての研究は殆ど行われていない。地球規模での拡散評価には、核燃料サイクル施設からの放射性物質の放出と沿岸での拡散に関する放出源情報が必要である。しかし、沿岸での拡散は地形など地域の特性に応じて異なることから、地球規模での環境影響を評価するためには、沿岸拡散評価モデルを構築し、地球規模モデルと連携させることが必要不可欠である。

### 【研究の達成目標】

- ・沿岸域における流動変動要因の解明
- ・沿岸拡散評価モデルの構築及び、地球規模モデルとの連携手法の構築

### 【成果の活用方策】

- ・核燃料サイクル施設からの海洋放出における地球規模の環境影響評価

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	・東海沖での流動変動要因についての知見の取りまとめ。	
平成14年度	・上記知見を基にした、放射性物質の移流拡散に関する沿岸拡散評価モデルを検討する。	
平成15年度	・沿岸拡散評価モデルを構築するとともに、同モデルに用いるパラメータを検討する。	・沿岸拡散評価モデルの作成。
平成16年度	・地球規模モデルとの連携手法を検討する。	
平成17年度	・地球規模モデルと連携させ、その特性を解析する。	・沿岸拡散評価モデルの構築及び、地球規模モデルとの連携手法の構築。

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

### 【分類番号】

1-3-16

### 【研究課題名 (Title)】

地球規模の海洋環境における放射性物質移行モデルに関する研究  
(Study on The Transfer Model for Radioactive Materials in Global Ocean)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 環境監視課

(Environmental Protection Section, Environment and Safety Division, Tokai Works)

【氏名】 圓尾 好宏 (まるお よしひろ : Yoshihiro MARUO)

【連絡先】 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 電話 : 029-282-9377

(4-33 Muramatsu Tokai-mura Naka-gun Ibaraki-ken 319-1194 phone:+81-29-282-9377)

### 【研究の範囲・分類】

・原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

海洋環境における放射性物質の移行プロセスについて、長期的な観点で移行プロセスを捉え、地球規模の環境影響を評価できる環境を整備する。

### 【研究内容】

スキヤベンジングを考慮した全球海洋拡散モデルを核実験場に適用し、海水中放射性物質の実測値とシミュレーションによる計算値を比較検討し、その妥当性を確認する。

さらに、各種のシナリオを想定し、長期的な観点からの環境影響を定量化する。

### 【研究の必要性】

海洋放出に関する環境影響評価は、ごく狭域を対象に行われており、地球規模の長期的な核種移行挙動に関しての研究は行われていない。今後、核燃料サイクルを戦略的に進めるにあたっては、放出に対する長期的及び広域的风险を定量的に評価し、そのリスクが十分に小さいことを示すことが必要であるため、そのためのモデル及び計算コードを作成する。

### 【研究の達成目標】

- ・ 全球 (2×2度格子) 及び日本海モデル (2度格子では日本海地形を表現しきれないため、0.5×0.5度の格子で地形を表現) の作成、並びにCs, Puによる検証。
- ・ 近海モデル (全球あるいは日本海モデルでは粗くて表現できない沿岸地形を0.25×0.17度の格子で表現) と全球及び日本海モデルとの結合。
- ・ 各種シナリオ (核燃料施設からの定常・非定常放出、輸送船からの放出等) に対するリスク (集団線量) の試算の実施。

### 【成果の活用方策】

- ・ 長期的な観点からの環境影響の定量化。
- ・ 海洋における物質移行プロセスの解明。



【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>モデルの改良（混合層の考慮など）</li> <li>地球規模及び局地規模での検証</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本海モデルの作成</li> <li>上記モデルの検証(Cs)</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本海スキヤベンジングモデルの作成</li> <li>上記モデルの検証(Pu)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全球及び日本海モデルの作成、及びCs及びPuによる検証。</li> </ul>
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>近海（0.25×0.17度格子；気象研）と全球との結合</li> <li>テストラン</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>定常及び非定常放出における長期的リスク（集団線量）の試算</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>近海モデルと全球及び日本海モデルとの結合。</li> <li>各種シナリオ（核燃料施設からの定常・非定常放出、輸送船からの放出等）に対するリスクの試算の実施。</li> </ul>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

### 【分類番号】

1-6-3

### 【研究課題名 (Title)】

環境試料の迅速分析及び測定技術の高度化に関する研究

(Study on The Rapid Analytical Method and Measuring Technique for Environmental Samples)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 環境監視課

(Environmental Protection Section, Environment and Safety Division, Tokai Works)

【氏名】 圓尾 好宏 (まるお よしひろ : Yoshihiro MARUO)

【連絡先】 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 電話 : 029-282-9377

(4-33 Muramatsu Tokai-mura Naka-gun Ibaraki-ken 319-1194 Phone : +81-29-282-9377)

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究 (指針・基準類への反映)
- ・原子力防災対策に資する研究

### 【研究目的】

原子力施設から放出された放射性物質を迅速に定量する方法を開発し、緊急時モニタリング指針にマニュアルとして反映させる。

### 【研究内容】

アルファ線放出核種、ベータ線放出核種、ガンマ線放出核種の迅速定量法並びに全アルファ放射能及び全ベータ放射能の迅速計測法を開発する。特に、核分裂反応により生成される長半減期核種及び超ウラン元素については、キレート樹脂、クラウンエーテル等抽出法の検討及び測定手法の検討を行い、迅速にこれらの濃度を把握できるよう分析技術の高度化を図る。

### 【研究の必要性】

プルトニウム等アルファ線放出核種の定量には、化学分析を行い、電着後に測定を行うため、結果を得るまでに数日を要していた。このため、原子力施設から環境中へ放出されたアルファ線放出核種は、その濃度を迅速に把握することができなかった。

そこで、平常時の環境モニタリングの充実及び事故時における環境モニタリングへの迅速な対応を図るため、環境試料の迅速分析及び測定技術の高度化に関する研究が必要である。

### 【研究の達成目標】

- ・時間間隔解析法を取り入れたスペクトロメータの開発
- ・時間間隔減算法を取り入れた大気塵埃中長寿命核種の定量法の開発

### 【成果の活用方策】

- ・環境放射能モニタリング指針への反映
- ・迅速測定による原子力防災への対応

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	時間間隔解析及び減算の原理の構築	
平成14年度	時間間隔解析によるラドン壊変生成物の定量法の開発	時間間隔解析法の開発
平成15年度	時間間隔減算法による全パルスから天然核種由来のパルス除去法の開発	時間間隔減算法の開発
平成16年度	大気塵埃捕集方法の確立	試作器の製作
平成17年度	試作器の改造	
平成18年度以降	大気塵埃採取装置の開発及びモニタリングステーション等への設置	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

### 【分類番号】

1-6-5

### 【研究課題名(Title)】

緊急時における個人被ばくモニタリング手法に関する研究  
(Study on monitoring for the worker/the public in a radiological emergency)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 線量計測課

【氏名】 林直美 (はやし なおみ)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33、電話 029-282-1111

(Name) Naomi HAYASHI

(Title of function) Radiation Dosimetry and Instrumentation Section,  
Environment and Safety Division, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33, Muramastu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken,  
319-1194 JAPAN

Tel: +81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・原子力防災対策に資する研究

### 【研究目的】

緊急時における個人被ばくモニタリング手法及び設備に係る研究を行い、迅速かつ適確な対応に資する。

### 【研究内容】

一般公衆などの個人内部被ばくのモニタリング計画及び手法に関する研究を行うとともに、施設別の核燃料物質核種の組成情報などの内部被ばく線量評価支援データベースの開発を行うとともに、半導体検出器を用いた全身スキャン型ホールボディカウンタ及びその校正法の開発を行う。また、キレート剤投与などの医療処置を考慮した内部被ばく線量評価法を開発する。

### 【研究の必要性】

原子力緊急時における個人被ばくモニタリングでは、不特定多数のモニタリング対象者について線量評価を考える必要があり、体格が成人と異なる幼児等を含む一般公衆の測定に際して、体外計測機器の計数効率の補正方法について検討が必要である。

さらに、内部被ばく線量評価においては、吸入する放射性エアロゾルの粒径が大きく影響する。よって、線量評価上の精度を高めるために、放射性エアロゾルの迅速な測定法についての検討が必要不可欠である。

また、過度の放射性物質吸入に際しては、現在キレート剤の適用が考えられているが、我が国では使用経験は皆無であり、諸外国の使用経験等に基づき、キレート剤適用による内部被ばく線量換算係数の評価が必要である。

【成果の達成目標】

- (1) 体格依存性を考慮した体外計測技術の確立
- (2) キレート剤適用による被ばく線量換算係数の評価
- (3) 核燃料サイクル施設における放射性核種の種類、取扱状況及び粒子性状データのレビュー及びデータベース化

【成果の活用方策】

「原子力施設等の防災対策について」（防災指針）に基づいて制定される、国、地方自治体、原子力事業者、医療機関等の原子力防災対策について実施される緊急時被ばく医療活動における個人線量評価に資する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキャニング型全身カウンタの製作。</li> <li>・ 人体数学ファントムによる体外放射能測定機器の検出効率評価。</li> <li>・ 放射性エアロゾルの粒径測定法の検討。</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキャニング型全身カウンタの計数効率評価。</li> <li>・ キレート剤に関する調査。</li> <li>・ 核燃料施設における迅速な放射性エアロゾル粒径測定法の検討。</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキャニング型全身カウンタの運用及び線量評価法の整備。</li> <li>・ 一般公衆の体外放射能測定に関する検討。</li> <li>・ キレート剤適用に際しての被ばく線量評価法の検討。</li> <li>・ 核燃料施設における迅速な放射性エアロゾル粒径測定法の検討。</li> </ul>	(1) スキャニング型全身カウンタの整備及び運用。
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キレート剤適用に際しての線量換算係数の計算評価。</li> <li>・ 核燃料施設における放射性エアロゾル粒径測定法の試験。</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キレート剤適用に際しての線量換算係数の計算評価。</li> <li>・ 核燃料施設における放射性エアロゾル粒径測定法の試験。</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 個人の体格を考慮した体外計測法の確立。</li> <li>(2) キレート剤適用に関する線量換算係数の評価。</li> <li>(3) 放射性エアロゾル粒径分布測定結果の取りまとめ。</li> </ol>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

### 【分類番号】

社内研究 6 - 3

### 【研究課題名(Title)】

緊急時遠隔空中モニタリング手法に関する研究

(Research on Environmental Monitoring Technique using Unmanned Aerial Vehicle in Emergency)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名, 所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 敦賀本部 技術企画部 環境監視課

【氏名】 鳥居 建男(とりい たつお)

【連絡先】 〒919-1279 福井県敦賀市白木2丁目1番地, 電話:0770-39-1031

(Name) Tatsuo Torii

(Title of function) Environmental Monitoring Section, Planning Division, Tsuruga Head Office

(Address and Tel. No.) 2-1, Shiraki, Turuga, Fukui, 919-1279 Japan, Tel: 0770-39-1031

### 【研究の範囲・分類】

・原子力防災対策に資する研究

### 【研究目的】

原子力災害発生時における遠隔での放射線モニタリング機能の強化を目的として、無人ヘリコプター等を利用できる野外モニタリング手法を開発し、緊急時モニタリング設備、体制の整備に資する。

### 【研究内容】

無人ヘリコプター、無人飛行船（以下、無人ヘリ等という）に搭載可能な緊急時モニタリング設備を開発し、緊急時における遠隔空中モニタリング手法の整備を行う。

#### イ. 無人空中モニタリング手法に関する調査研究

民生用無人ヘリ等を利用した種々の観測手法について調査し、空中モニタリングへの適用性の課題を調査し、問題点及びモニタリング設備の開発課題を検討する。

#### ロ. 無人ヘリ等搭載用放射線測定システムの開発

小型軽量のガンマ線・中性子線測定器、GPS、高度計、CCDカメラ等を組み込み、無線にて測定結果、位置情報を伝送できるシステムの開発を行う。また、これらの機器の放射線場における特性試験を実施する。

#### ハ. 放射線分布マッピングシステムの製作

前記の無人ヘリ等搭載用放射線測定システムからの伝送結果を解析し、放射線状況が迅速に把握できる放射線分布マッピングシステムを製作する。

#### ニ. 無人ヘリ等操縦支援システムの開発

ロ. のGPS、高度計を用い、無人ヘリ等の飛行、測定地点、経路をプログラム化し、飛行位置の目視確認が困難な場所での操縦者の支援を行うシステムの検討、開発を行う。

### 【研究の必要性】

原子力災害発生時には、周辺住民の放射線防護のために様々な手法により、放射線や放射性物質の放出源に関する情報の迅速な把握が必要となる。

原子力災害発生時においては、放射線レベルが高い、また放出源情報の把握が困難などの理由により人が容易に近づけない場所が発生することも考えられる。このような状況において安全、迅速に放射線モニタリングを実施し放出源情報を把握することは防災上重要であり、これを可能とする遠隔空中モニタリング手法を開発研究することが必要である。

**【成果の達成目標】**

- ・イ 無人ヘリ等を利用した種々の観測手法について調査し、空中モニタリングへの適用性の課題を調査し、問題点及びモニタリング設備の開発課題を検討する。
- ・ロ 上記の検討結果を元に無人ヘリ等搭載用放射線測定システムを開発する。
- ・ハ 上記のシステムからの測定結果を解析し、放射線の状況が迅速に把握できる放射線分布マッピングシステムを製作する。
- ・ニ 無人ヘリ等が、目視確認困難な場所でも飛行を可能となる操縦支援システムを開発する。また、無人ヘリ等の姿勢制御が困難になった場合の安全着陸支援システムを開発する。

**【成果の活用方策】**

- ・無人ヘリ等による空中モニタリングの開発は、原子力災害発生時の緊急時のモニタリングに利用でき、原子力防災上の有力な手法となる。
- ・放射線分布マッピングシステムは、空中モニタリングのみならず種々のモニタリングに適用可能であり迅速で安全なモニタリングを可能とし、緊急時における初期モニタリングのデータ収集に利用できる。
- ・本システムの開発により原子力施設のみならず、化学工場プラント、密集するビルの火災現場及び自然災害での放射線情報等の情報収集等の利用も可能となる。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公開資料を基に、遠隔空中モニタリング適用可能な無人ヘリ等を調査し、現状の課題をまとめる。</li> <li>・既存の無人ヘリ等の運転に対す放射線測定機器のノイズ特性を調査しまとめる。</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無人ヘリ等へ搭載を可能とする小型軽量の機器（ガンマ線、中性子線測定器等）の調査、仕様書の作成及びガンマ線測定用試作機を製作する。</li> <li>・無人ヘリ等の実フライト試験を行う。</li> <li>・放射線分布マッピングシステムの開発・設計を行う。</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無人ヘリ等搭載用放射線測定システムの試作機の製作を行う。</li> <li>・放射線分布マッピングシステムの試作機の製作を行う。</li> <li>・無人ヘリ等操縦支援・安全着陸支援システムの設計・製作を行う。</li> </ul>	試作機の完成試験を行う。

平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無人ヘリ等搭載用放射線測定システムの試作機の実動試験を行い，課題問題点の改善を図る。</li> <li>・放射線分布マッピングシステムの試作機の実動試験を行い，課題問題点の改善を図る。</li> <li>・無人ヘリ等操縦支援・安全着陸支援システムの試作機の実動試験を行い，課題問題点の改善を図る。</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無人ヘリ等搭載用放射線測定システム・放射線分布マッピングシステム及び無人ヘリ等操縦支援・安全着陸支援システムの設計・製作を完了させる。</li> <li>・原子力施設において，実フライト試験を行う。</li> <li>・オフサイトセンター，支援センター等への無人ヘリの配備化を検討する。</li> </ul>	原子力施設において，試作機の完成試験を行う。



# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

環境・線量研究及び被ばく低減化研究

## 【分類番号】

1-6-12

## 【研究課題名 (Title)】

極低濃度長半減期放射性核種の定量法に関する研究

(Study on The Determination Method for Ultra-low Level and Long Half-life Nuclides)

## 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 安全管理部 環境監視課

(Environmental Protection Section, Environment and Safety Division, Tokai Works)

【氏名】 圓尾 好宏 (まるお よしひろ: Yoshihiro MARUO)

【連絡先】 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 電話: 029-282-9377

(4-33 Muramatsu Tokai-mura Naka-gun Ibaraki-ken 319-1194 Phone: +81-29-282-9377)

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究 (指針・基準類への反映)
- ・その他 (クリアランスレベルに関する研究)

## 【研究目的】

核燃料施設からの廃棄物管理及びその環境放射能モニタリングへの影響を評価するため、従来の放射線測定では検出困難な極低濃度長半減期放射性核種の定量法を開発する。

## 【研究内容】

前処理の迅速化を図るとともに、質量分析法などを適用することにより、極低濃度長半減期放射性核種の定量法を開発する。

## 【研究の必要性】

これまで、環境中の<sup>129</sup>I, <sup>99</sup>Tc, <sup>237</sup>Np, <sup>236</sup>U, <sup>239</sup>Pu等長半減期核種の分析法を開発してきたが、現行質量分析器の測定条件では検出感度に限界がある。これまで定量が不可能であった野菜や海産物中の長半減期放射性核種を定量し、実際の移行係数を算出するために検出感度を向上させる必要がある。

また、これら研究成果は、クリアランスレベルの検認技術に適用できるため、環境試料分析のみならず核燃料施設のデコミッショニング時の廃棄物管理にも応用可能であり、研究の必要性は高い。

## 【研究の達成目標】

- ・前処理方法や精製方法の改善による長半減期放射性核種の定量法の高度化

## 【成果の活用方策】

- ・国の標準分析法への反映
- ・環境モニタリング指針への反映

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	ICP-MSによるI-129領域のバックグラウンド低減化	
平成14年度	MIP-MSによるヨウ素の感度上昇	I-129定量方法の確立
平成15年度	Se-79分析方法の開発	
平成16年度	Se-79測定方法の開発	Se-79定量方法の確立
平成17年度	クリアランスレベル検認への本法の適用	その他核種を含めた長半減期核種の分析マニュアルへの反映
平成18年度以降	環境移行が類似している核種を用いたモニタリング技術の高度化研究	

## 廃棄物処分

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-1-1

### 【研究課題名(Title)】

安全評価の基本的考え方等に関する調査研究  
(Study on a basic strategy for post-generic safety assessment)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 経営企画本部 バックエンド推進部 地層処分研究計画グループ

[氏名] 清水 和彦 (しみず かずひこ)

[連絡先] 〒100-8245 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) Tel. 03-5220-3311

(Name) Kazuhiko Shimizu

(Title of function) Geological Isolation Research Project Group,  
Nuclear Cycle Backend Division, Executive Office for the  
Policy Planning and Administration, Head Office

(Address and Tel. No.) NKK BLDG., 1-1-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo  
〒100-8245 Phone:3-5220-3311

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全確保に関する考え方や安全基準等について、諸外国の事例等を調査・整理するとともに、安全目標、評価時間枠及び評価時間枠に応じた安全指標の考え方、補完的安全指標等に関する検討を行い、具体的な安全基準・指針類の策定に資する。

### 【研究内容】

ロ) 安全評価の基本事項に関する検討

制度的管理の有効期間や地質環境が安定と見なせる期間を考慮し、時間スケールに応じた評価の考え方をシナリオに応じて整理し、適切な安全指標について検討するとともに、安全基準・指針類を策定するために必要な情報を整理する。また、天然に存在する放射性物質や化学物質の濃度、フラックスの補完的安全指標としての適用性について検討する。

### 【研究の必要性】

地層処分は、人工バリアと天然バリアで構成される多重バリアシステムによって、半減期が数万年以上にも及ぶ放射性核種を含む高レベル放射性廃棄物を人間の生活環境から隔離することにより、安全を確保するとの考え方に基づいている。地層処分の安全評価においては、適切なサイト選定と工学的対策を踏まえ、システム固有の性能を確保し、地層処分の安全性に影響を及ぼす可能性のある種々の現象を考慮したシナリオに対して合理的に設定したモデルとパラメータによる解析により、システムのロバスト性を確認する。この解析結果に基づき、人間環境への放射能や放射線による影響が最大となる時期においても、あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認することが安全性を判断するうえでの基本となる。

人間環境への影響が最大となるまでには、極めて長い期間（例えば $10^6$ 年以上）を要すると考えられるため、安全評価では時間の経過とともに増加するシナリオやモデル、パラメータに関する不確実性を考

慮する必要がある。システムのロバスト性を確認するためには、シナリオ、モデル、データの不確実性を考慮する必要がある。とくに評価で考慮するシナリオについては、以下の点の信頼性を示すことが求められている。

- ・ある現象による影響が一定の期間生じないこと
- ・モデルやパラメータの不確実性を考慮してもその現象の影響や可能性が基準に比べ小さいこと
- ・ある現象の影響が基準と同等かそれを上回るものの発生の可能性が極めて小さいこと
- ・ある現象の影響が基準と同等かそれを上回るものの現象そのものの影響の方がずっと大きいと考えられること

ある現象の影響が基準と同等かそれを上回ると考えられ、その発生の可能性が現状よくわかっていない場合には、今後の研究開発において問題とならないことを示すことができるとの見通しを明らかにしておくことが重要となる。一方、影響が大きく発生の可能性も大きい場合、処分概念や評価手法そのものの見直しが求められることとなる。

影響の大きさについて評価する指標として線量を用いた場合、将来の人間の生活様式や環境条件についての仮定は評価期間が長くなるにしたがい不確実性が大きくなる。例えば、地質環境や生活環境等の不確実性が増大する時期（例えば1万年）以降は、その評価値を安全性を判断するための「参照値」のように位置付けたり、また、環境への放射性物質の放出量（フラックス）を指標として評価することにより、安全評価を補完することが考えられている。また、地質環境が安定とみなせる期間を超えた長期の評価を行う場合、天然現象の影響に関わる適切なシナリオの選定とそれに見合う評価指標の設定が重要になる。

地層処分研究開発の第2次取りまとめでは、わが国の幅広い地質環境を考慮して構築した地層処分システムに対し、「地下水移行シナリオ」（高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境へ地下水を介して影響を及ぼすことを想定したシナリオ）と、「接近シナリオ」（高レベル放射性廃棄物が天然現象や人間活動に起因して人間の生活環境に到達する可能性を想定したシナリオ）に区分して安全評価を行った。地下水シナリオにおいては、わが国の幅広い地質環境や設計の幅、モデル、データの不確実性や天然現象、工学的対策の欠陥、将来の人間活動の影響を考慮して解析ケースを設定し、それぞれが確率1で発生するとして決定論的に評価した。これらのすべての解析ケースにおいて線量の評価結果は諸外国で提案されている防護レベルを下回ることを確認した。一方、接近シナリオについては適切なサイト選定と設計により影響を回避できることを示すとともに、サイト選定や設計によって適切な地質環境を選定することの重要性を示すため、簡略なシナリオを設定して解析を行い、接近シナリオの発生の可能性が極めて小さいことを示すとともに、その影響の大きさを天然の放射性元素によるフラックスなどと比較することにより例示した。

地層処分に関する放射線防護の考え方について国際的な検討が進められており、ICRPの最新の勧告では、自然のプロセスに伴う影響と人間侵入による影響については区別して評価すべきこと、発生する可能性の小さいシナリオについては、線量の評価結果とそれらの発生可能性とを別々に考察して評価すべきことなどが示されている（ICRP Publ. 81, 2000）。第2次取りまとめにおける接近シナリオの取扱いにおいてもこの勧告と同様の考え方を採用している。

第2次取りまとめを技術的な拠り所として、原子力安全委員会は地層処分に関する安全規制の基本的考え方（第1次報告：平成12年11月）を策定した。安全規制の基本的考え方では、安全審査基本指針の策定に合わせて、国際的動向を踏まえながら、安全評価のための安全指標及び基準値の設定等を行うこととしている。このため、以下の評価・検討などが必要であるとしている。

- ・処分地がもつ地質環境条件を適切に考慮した設計、シナリオに基づく評価
- ・緩慢な天然現象による地質環境の長期にわたる変化を考慮した評価
- ・モデル、パラメータの不確実性に配慮した指標の検討
- ・科学的合理性のある範囲での地下水シナリオの設定
- ・天然現象に関連して想定される接近シナリオの適切な選択
- ・地下水シナリオの評価とは別に位置付けた人間活動に起因する接近シナリオの評価

処分システムのロバスト性と安全評価の信頼性は、概略、以下の段階を踏んで高められると考えられている。

- (1) 幅広い地質環境を対象とした処分概念の成立性の提示と安全評価手法の整備
  - (2) 幅広い地質環境を対象とした処分システムのロバスト性の提示と安全評価の信頼性の向上
  - (3) 具体的な地質環境を対象とした処分システムのロバスト性の提示と安全評価の信頼性の向上
- わが国においては、第1次取りまとめにおいて(1)のレベル、第2次取りまとめにおいて(2)のレベルが達成されたと考えられる。今後は、深地層の研究施設等から得られる情報を参考にしつつ構築される地質環境モデルをベースに(3)の具体的な地質環境を対象とした処分システムのロバスト性の提示と安全評価の信頼性の向上に取り組んでいくことが重要である。

具体的には、地質環境の情報に基づき詳細な安全評価を行うことにより、シナリオの信頼性を示すとともに、時間スケールに応じた安全指標の例示、天然現象や人間侵入シナリオのより詳細な取扱いについて検討する。この検討結果と第2次取りまとめで示した概略的取扱いと比較することで、具体的な地質環境に対する安全評価の中での取扱いの考え方を明らかにし、総合的にシステムのロバスト性を示すための安全評価の考え方とその信頼性評価において重要となる視点を整理する。

本研究の実施により、上記のICRPの勧告やIAEAにおける補完的指標の検討状況など最新の国際的な動向を適切に取り込みつつ、安全規制の基本的考え方で示された上記検討課題に応えるための手法、考え方、情報などを整備し、安全審査基本指針の策定に資することとする。

#### 【成果の達成目標】

- ・時間スケールに応じた安全評価指標の例示
- ・天然現象や人間侵入が処分システムに及ぼす影響の考え方の整備
- ・地上からの調査による地質環境情報に基づく安全評価の考え方の整備

#### 【成果の活用方策】

- 高レベル放射性廃棄物処分に関わる安全審査基本指針の策定に必要な以下の情報を資する。
- ・具体的地質環境条件を対象とした安全評価及びその信頼性に関する基本的考え方
  - ・緩慢な天然現象による地質環境の変遷やモデル/パラメータの不確実性に配慮した指標
  - ・天然現象や人間侵入に起因する接近シナリオの安全評価における取扱いに関する考え方

#### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	システムのロバスト性の確認とその信頼性を示す基本的考え方の整理	
平成14年度	具体的な地質環境の情報(2-2-1~3参照)に基づく、天然現象の影響(2-3-1参照)、地質環境の予測的把握(2-2-2, 3参照)、概略的設計、予備的性能評価(2-3-1~5参照)の考え方の整理	
平成15年度	評価シナリオ(2-3-1参照)と評価期間、評価指標の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・具体的な地質環境を対象とした安全評価の基本的考え方の整理</li> <li>・天然現象や人間侵入が処分システムに及ぼす影響評価の考え方の整理</li> <li>・時間スケールに応じた安全評価指標設定の考え方の整理</li> </ul>
平成16年度	予備的性能評価解析(2-3-1~5参照)の実施	

平成17年度	システムのロバスト性とそれに基づく安全性を信頼性をもって示す考え方，並びに地下での調査の段階への課題の提示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・具体的な地質環境を対象とした安全評価における，安全評価指標，天然現象の影響の考え方の提示</li> <li>・具体的な地質環境を対象とした安全評価の考え方とその信頼性評価において重要となる視点の提示</li> </ul>
平成18年度以降	安全審査指針及び技術指針に資するための研究	

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

地層処分

## 【分類番号】

2-2-1

## 【研究課題名(Title)】

環境変動に伴う地質環境の安定性評価に関する研究  
(Study on Long-term Stability for Geological Environment)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東濃地科学センター(Tono Geoscience Center)

地質環境長期予測研究グループ(Neotectonics Research Group)

【氏名】 中司 昇(Nakatsuka Noboru)

【連絡先】 〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31、電話：0572-53-0211(ex.3300)

959-31 Jorinji, Izumi-cho, Toki-shi, Gifu-ken Japan 509-5102

TEL: +81-572-53-0211(ex.3300)

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

## 【研究目的】

地震・断層、隆起、火山等の天然現象に関するデータを統合的に整備・解析するとともに、環境変動シミュレーション手法の開発を行い、地層処分システムの長期的な安全評価手法の信頼性の向上と安全基準・指針類の策定に資する。

## 【研究内容】

### イ) 環境変動評価システムの開発

地震・断層活動、隆起運動、火山活動などの天然現象の変化（プロセス・メカニズム）及びそれらによる地質環境への影響に関するデータを収集・整備する。また、それらのデータを用いて、環境変動シミュレーション手法の開発を行う。

### ロ) 環境変動モニタリング

長期安定性に関するデータ及び環境変動シミュレーション手法の信頼性を高めるため、地殻変動観測及び地下水観測を行い、長期安定性に関するデータの精度の向上及び環境変動シミュレーション手法の改良に必要なデータを取得する。

## 【研究の必要性】

高レベル放射性廃棄物の地層処分に關しては、平成12年10月の地層処分実施主体の設立に伴い、今後は具体的に処分候補地（概要調査地区）選定作業が進められる。

このため、処分事業の進展に応じた安全確保に係わる基準・指針類（安全確保に係わる指針、基本的考え方等の原則的事項の策定、具体的な安全確保の手法としての基準、具体的な指針の策定等）の段階的な整備や安全評価手法の確立に資するための研究は喫緊の課題である。

特に、処分事業の初期の段階においては、長期安定性の観点から処分地に要求される具体的な地質環境要件を明らかにすること、処分候補地における地質環境の長期的な安定性評価手法の整備を行うことは重要な課題である。



【成果の達成目標】

- ①長期安定性の観点から処分地に要求される具体的な地質環境要件の明確化に必要な基礎データの収集・提供
- ②具体的な地質環境を想定した長期的な安定性の評価手法の整備

【成果の活用方策】

- ①長期安定性の観点から処分地に要求される具体的な地質環境要件の明確化に必要な基礎データの収集・提供
  - 処分候補地（概要調査地区）選定の妥当性、安全性の評価に反映
- ②具体的な地質環境を想定した長期的な安定性の評価手法の整備
  - 処分予定地（精密調査地区）選定のための安全審査基本指針の策定に反映

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ) ・天然現象の変化，地質環境への影響に関するデータの収集（事例研究） ロ) ・環境変動モニタリング手法の検討	
平成14年度	イ) ・天然現象の変化，地質環境への影響に関するデータの収集を継続（事例研究） ロ) ・環境変動モニタリング手法の検討を継続	
平成15年度	イ) ・天然現象の変化，地質環境への影響に関するデータの収集の継続（事例研究）及びデータベースの整備 ・環境変動シミュレーション手法の開発・整備を開始 ロ) ・環境変動モニタリング手法の検討を継続	地質環境要件の明確化に必要な基礎データの収集・提供
平成16年度	イ) ・環境変動シミュレーション手法の開発・整備を継続 ロ) ・環境変動モニタリング（モデル地域の選定）	
平成17年度	イ) ・環境変動シミュレーション手法の開発・整備を継続 ロ) ・環境変動モニタリングを開始（モデル地域）	安定性評価手法の整備
平成18年度以降	イ) ・環境変動シミュレーション手法の改良 ロ) ・環境変動モニタリングを継続（モデル地域）	安定性評価手法の信頼性向上

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-2-2

### 【研究課題名(Title)】

結晶質岩に関する地質環境評価手法に関する研究  
(Methodology development for the characterization of crystalline rock)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東濃地科学センター 地質環境特性研究グループ

【氏名】 武田 精悦 (たけだ せいえつ)

【連絡先】 〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 電話0572-53-0211

(Name) Takeda Seietsu

(Title of function) Geoscience Research Group, Tono Geoscience Center

(Address and Tel. No.) Jorinji, Izumi-cho, Toki-shi, Gifu-ken, Japan, Tel: 0572-53-0211

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

結晶質岩を対象とした地質環境に関するデータを整備し、これらを基に地質環境評価手法を開発することにより、安全基準・指針類の策定及び安全評価手法の確立と関連する地質環境評価手法の信頼性向上に資する。

### 【研究内容】

#### イ) 地質環境調査手法に関する研究（広域スケール）

地下水の主要流動経路の特定や水質形成機構を解明するため、広域（地下水流動に関係する涵養域から流出域を含む数km四方以上の領域）における地表から地下深部までの地質・地質構造を把握するための文献調査、空中写真判読、空中物理探査、地上物理探査、地表踏査、試錐調査を実施し、地下深部の地質構造、水理地質学特性、地下水の地球化学的特性データを取得する。これらのデータを基に、地質構造概念モデル、水理地質構造モデル、地下水の地球化学モデルを構築し、広域スケールの結晶質岩を対象とした地表からの調査技術、モデル化手法を開発する。併せて、ボーリング孔を用いて測定されたデータに関し、品質管理技術、精度評価手法について調査を行うとともに、構築されたモデルの妥当性の評価手法について、海外での事例の調査を含めて検討を行う。

#### ロ) 地質環境調査手法に関する研究（地下研究施設スケール）

地表からの調査により取得される地質環境に関するデータを基に、地下の地質環境を推定し、地下施設建設に伴う影響を予測するとともに、海外での事例の調査を含めて予測結果の評価方法を検討する。

坑道からの調査により地質環境のデータを取得し、地表からの調査による予測の妥当性を評価するとともに、地下施設の設計・建設技術の有効性を確認し、また、掘削影響修復技術の有効性を確認する。さらに、ボーリング孔等を用いて測定されたデータに関し、品質管理技術と精度評価手法について調査を行う。

### 【研究の必要性】

本研究は、深部地質環境に関する知見を一層充実させることにより、国が進める安全基準の具体

化や処分事業の安全評価などに必要な最新の技術や成果を提供するものである。安全基準の策定等の安全規制への反映については、本研究からは、

- ・ 地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理
- ・ 地下深部の地質環境のモデル化
- ・ 地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測

等の成果が得られ、処分候補地選定の要件、処分予定地選定基準の策定において基準を設ける際の科学的根拠の整備に反映できる。具体的には、調査手法、モデル化手法、解析コードの妥当性の考え方、地下水の採水仕様に関する知見に情報の提供が可能である。

**【成果の達成目標】**

本研究の全体目標は、地質環境の総合的な調査技術を確立することである。平成13～17年度については、以下の成果を得ることとする。

- ・ 地表から地下深部の地質環境データの取得・整理
- ・ 地表から地下深部の地質環境に関するモデルの構築および妥当性の評価
- ・ 地下施設建設が地質環境に与える影響の予測結果の提示

**【成果の活用方策】**

本研究は、深部地質環境に関する知見を一層充実させることにより、国が進める安全基準の具体化などに必要な最新の技術や成果を提供するものである。安全基準の策定等の安全規制への反映については、本研究からは、

- ・ 地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理
- ・ 地下深部の地質環境のモデル化
- ・ 地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測

等の成果が得られ、処分候補地選定の要件、処分予定地選定基準の策定において基準を設ける際の科学的根拠の整備に活用される。また、安全評価の基本的考え方に関する調査研究など、他の安全研究課題への基礎情報の提供を行う。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ) 広域スケール ・ 地質・地質構造に関する調査研究：断層露頭調査、地上物理探査、地質構造モデルの更新、地質構造発達史の検討。 ・ 地下水の水理に関する調査研究：表層水理調査、深層水理調査、地下水水圧の長期観測、水理地質構造モデルの構築、地下水流動解析。 ・ 地下水の地球化学に関する調査研究：地表水、降水を対象とした地球化学調査、地下水を対象とした地球化学調査、固相を対象とした地球化学調査、地下水水質の長期観測、地球化学モデルの作成。 ロ) 施設スケール 「第1段階」 ・ 地質・地質構造に関する調査・研究 ・ 地下水の水理に関する調査・研究 ・ 地下水の地球化学に関する調査・研究 ・ 岩盤の力学特性に関する調査・研究 ・ 物質移行に関する調査・研究 ・ 調査技術・調査機器の開発 ・ 深地層における工学技術の基礎の開発 ・ 研究成果の統合化	

<p>平成14年度</p>	<p>イ) 広域スケール</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関する調査研究：地質構造モデルの更新、地質構造発達史の検討。</li> <li>・地下水の水理に関する調査研究：表層水理調査、深層水理調査、地下水水圧の長期観測、水理地質構造モデルの構築、地下水流動解析。</li> <li>・地下水の地球化学に関する調査研究：地表水、降水を対象とした地球化学調査、地下水を対象とした地球化学調査、固相を対象とした地球化学調査、地下水水質の長期観測、地球化学モデルの作成。</li> </ul> <p>ロ) 施設スケール</p> <p>「第1段階」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関する調査・研究</li> <li>・地下水の水理に関する調査・研究</li> <li>・地下水の地球化学に関する調査・研究</li> <li>・岩盤の力学特性に関する調査・研究</li> <li>・物質移行に関する調査・研究</li> <li>・調査技術・調査機器の開発</li> <li>・深地層における工学技術の基礎の開発</li> <li>・研究成果の統合化</li> </ul> <p>「第2段階」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関する調査・研究</li> <li>・地下水の水理に関する調査・研究</li> <li>・地下水の地球化学に関する調査・研究</li> <li>・岩盤の力学特性に関する調査・研究</li> <li>・物質移行に関する調査・研究</li> <li>・調査技術・調査機器の開発</li> <li>・深地層における工学技術の基礎の開発</li> </ul>	
<p>平成15年度</p>	<p>イ) 広域スケール</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関する調査研究：地質構造モデルの更新、地質構造発達史の検討。</li> <li>・地下水の水理に関する調査研究：表層水理調査、深層水理調査、地下水水圧の長期観測、水理地質構造モデルの構築、地下水流動解析。</li> <li>・地下水の地球化学に関する調査研究：地表水、降水を対象とした地球化学調査、地下水を対象とした地球化学調査、固相を対象とした地球化学調査、地下水水質の長期観測、地球化学モデルの作成。</li> </ul> <p>ロ) 施設スケール</p> <p>「第2段階」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関する調査・研究</li> <li>・地下水の水理に関する調査・研究</li> <li>・地下水の地球化学に関する調査・研究</li> <li>・岩盤の力学特性に関する調査・研究</li> <li>・物質移行に関する調査・研究</li> <li>・調査技術・調査機器の開発</li> <li>・深地層における工学技術の基礎の開発</li> </ul>	<p>イ) 広域スケール</p> <p>深部地質環境を総合的に精度良く理解するための地質環境データセットの基本的考え方（案）の提示。</p> <p>ロ) 施設スケール</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地表からの調査における地質環境データセットの基本的考え方の提示。</li> <li>・地下深部までの地質環境を総合的に理解するための研究プロセスの具体化、研究実施領域を事例とした地質環境理解するための調査体系の例示。</li> </ul>

平成16年度	イ) 広域スケール ・研究成果の統合化 ロ) 施設スケール 「第2段階」 ・地質・地質構造に関する調査・研究 ・地下水の水理に関する調査・研究 ・地下水の地球化学に関する調査・研究 ・岩盤の力学特性に関する調査・研究 ・物質移行に関する調査・研究 ・調査技術・調査機器の開発 ・深地層における工学技術の基礎の開発	
平成17年度	イ) 広域スケール ・研究成果の統合化 ロ) 施設スケール 「第2段階」 ・地質・地質構造に関する調査・研究 ・地下水の水理に関する調査・研究 ・地下水の地球化学に関する調査・研究 ・岩盤の力学特性に関する調査・研究 ・物質移行に関する調査・研究 ・調査技術・調査機器の開発 ・深地層における工学技術の基礎の開発	イ) 広域スケール 研究実施領域を事例とした地質環境を理解するための調査体系の例示。 ロ) 施設スケール 地下深部までの地質環境を総合的に理解するための研究プロセスの具体化、研究実施領域を事例とした地質環境理解するための調査体系の例示。
平成18年度以降	ロ) 施設スケール ・第2段階、第3段階の研究の実施	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-2-3

### 【研究課題名(Title)】

堆積岩に関する地質環境評価手法に関する研究  
(Understanding the Undisturbed Deep Geological Environment of Sedimentary Rocks)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 経営企画本部 バックエンド推進部 深地層研究所施設計画グループ  
(Underground Research Laboratory Project Group, Nuclear Cycle Backend Division,  
Executive Office for the Policy Planning and Administration)

[氏名] 山崎 眞一 (やまさき しんいち: Shinichi Yamasaki)

[連絡先] 〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49 電話: 029-282-1449 FAX: 029-282-7491  
(Address and Tel. No.) 4-49, Muramatsu, Tokai-Mura, Naka-Gun, Ibaraki, 〒319-1184 Japan  
Tel: +81-29-282-1449 Fax: +81-29-282-7491

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究 (指針・基準類への反映)
- ・安全規制からの要求に応える研究 (安全性の判断材料としての活用)

### 【研究目的】

堆積岩を対象とした地質環境に関するデータを整備し、これらを基に地質環境評価手法を開発することにより、安全基準・指針類の策定及び安全評価手法の確立と関連する地質環境評価手法の信頼性向上に資する。

### 【研究内容】

イ) 地表からの調査によるデータ取得、モデル化

堆積岩を対象に物理探査手法やボーリング調査等の地表からの調査技術を適用し、地表から地下深部までの体系的な地質環境データを取得し、これらのデータを基に地質構造、岩盤力学、地下水流動、地下水地球化学、地下施設掘削影響領域などの地質環境をモデル化することを通じて、地表からの調査技術及びモデル化技術の開発を行う。

ロ) モデルの妥当性評価手法の検討

坑道掘削を伴う次の段階で使用するこれらモデルの妥当性の評価手法を検討する。

ハ) モニタリングシステムの検討

調査活動や地下施設の建設が地質環境に与える影響を観測するためのモニタリングシステムを検討する。

### 【研究の必要性】

平成11年11月にサイクル機構が取りまとめた「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次とりまとめ-」に示された地層処分の技術的信頼性や技術的拠り所を実際の堆積岩中の深地層研究施設での試験研究を通じて確認する。ここで得られるデータ取得からモデル化に至る一連の調査・評価フロー、地下水位変動などのモニタリングの方法、地下施設の設計例、設計方法などの成果は、処分の事業と並行して国が進める安全審査基本指針、安全審査指針、処分場の技術基準の策定に反映する。

【成果の達成目標】

- ①地表から地下深部までの地質環境データの取得・整理
- ②地表から地下深部の地質環境に関するモデル化手法の妥当性の確認
- ③地下施設建設が地質環境に与える影響に関する予測手法の妥当性の確認
- ④地質環境モニタリング機器の開発・設置と観測の開始

【成果の活用方策】

本研究で得られるデータ取得からモデル化、モデルの妥当性の評価に至る一連の調査・評価フロー、地下水位変動などに関するモニタリングの方法などの成果は、処分の事業と並行して国が進める安全審査基本指針、安全審査指針、処分場の技術基準策定のための技術情報として提示する。

また、安全評価の基本的考え方等に関する調査研究、安全評価におけるシナリオ・モデルの不確実性に関する研究等、他の安全研究に情報を提供する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深地層研究所（仮称）設置地区を選定するため、幌延町内で空中物理探査・地上物理探査、地質調査、試錐調査を行う。</li> <li>・地質環境モニタリングシステムの仕様の検討を行う。</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深地層研究所（仮称）設置地区およびその周辺地区において、地表からの調査研究として地質調査、地上物理探査、試錐調査を実施して地質環境データを取得する。</li> <li>・地質環境モデル（地質構造モデル、水理地質モデル、地球化学モデル、岩盤モデル）を作成する。</li> <li>・地質環境モニタリングシステム（間隙水圧計、水質連続観測装置等）を設置する。</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深地層研究所（仮称）設置地区およびその周辺地区において、地表からの調査研究として地質調査および試錐調査を継続し、地上物理探査については総合解析を行う。</li> <li>・地質環境モデルを更新する。</li> <li>・地質環境モニタリングシステムによるデータ取得を継続する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深地層研究所（仮称）設置領域及びその周辺について、地表からの調査に基づく地質環境モデルを完成する。</li> <li>・信頼性の高い地質環境モニタリングデータを取得する。</li> </ul>
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深地層研究所（仮称）設置地区およびその周辺地区において、試錐調査を継続する。</li> <li>・地質環境モデルを更新する。</li> <li>・地下施設の建設が地質環境に与える影響に関する予備的な予測解析を行う。</li> <li>・地質環境モデルおよび坑道掘削による予測解析結果の妥当性評価方法を検討する。</li> <li>・地質環境モニタリングシステムによるデータ取得を継続する。</li> </ul>	

<p>平成17年度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深地層研究所（仮称）設置地区およびその周辺地区において、地表からの調査研究として試錐調査を継続する。</li> <li>・ 地下施設建設時の実測された地質環境データ、地質環境モニタリングデータによる地質環境変化の予測結果の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 統合化された地質環境モデルを作成する。</li> <li>・ 地下施設建設による地質環境変化を予測する。</li> <li>・ 地質環境モニタリングシステムによるデータの蓄積・機器の耐久性等を評価する。</li> </ul>
<p>平成18年度 以降</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地表からの調査で予測した地質・地質構造、水理地質、地球化学、岩盤力学と地下施設建設によって取得した実際のデータとを比較検討する。</li> <li>・ 地下施設建設前、建設中、建設後に実測された地質環境モニタリングデータと建設前に予測した地質環境変化の予測結果とを比較検討する。</li> <li>・ 坑道からの詳細な調査計画の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深地層研究所（仮称）設置領域及びその周辺について、地表からの調査および坑道掘削により確認された地質環境モデルを完成する。</li> <li>・ 地表からの調査手法、解析手法の妥当性を確認する。</li> <li>・ 地下施設の建設が地質環境に与える影響の予測手法、解析手法の妥当性を確認する。</li> <li>・ 地下施設の建設が地質環境に与える影響の予測手法、解析手法の妥当性を確認する。</li> </ul>



## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

【研究分野】  
地層処分

【分類番号】  
2-2-5

【研究課題名(Title)】  
地質環境におけるナチュラルアナログ研究  
(Natural Analogue Study of Natural Barrier)

【実施機関(Organization)】  
核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】  
【所属】 東濃地科学センター 地質環境特性研究グループ  
【氏名】 武田 精悦 (たけだ せいえつ)  
【連絡先】 〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 電話0572-53-0211  
(Name) Takeda Seietsu  
(Title of function) Geoscience Research Group, Tono Geoscience Center  
(Address and Tel. No.) Jorinji, Izumi-cho, Toki-shi, Gifu-ken, Japan, Tel: 0572-53-0211

【研究の範囲・分類】  
・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）  
・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

【研究目的】  
ウラン鉱床や断層を利用し、想定される地質環境下における物質の固定・移行特性を明らかにするとともに、これらの特性を評価するための調査・解析手法を開発することにより、地層処分の安全評価手法の信頼性向上に資する。

【研究内容】  
イ) 岩盤中の物質移行に関する研究  
ウラン鉱床を利用して、還元環境下での地質環境中のウラン系列核種をはじめとする微量元素の長期にわたる移行挙動を把握するための地球化学データを取得する。  
ロ) 断層に関する研究  
断層及びその周辺部の力学特性、水理特性、地球化学特性、物質移行特性に関する調査結果を総合し、断層及びその周辺の地質環境特性を定量的に評価し得る調査手法を構築する。

【研究の必要性】  
本研究は、深部地質環境に関する知見を一層充実させることにより、国が進める安全基準の具体化や処分事業の安全評価などに必要な最新の技術や成果を提供するものである。また、本研究の実施により、地層処分サイトが具備すべき地質環境条件を明確化することが可能となる。

【成果の達成目標】  
イ) 岩盤中の物質移行に関する研究  
・ウラン鉱床を利用して、還元環境下での地質環境中のウラン系列核種をはじめとする微量元素の長期にわたる移行挙動を把握するための地球化学的データの取得。  
・ウラン濃集部における地質/水理/水質/放射非平衡調査、ウラン濃集部における地下水調査、ウラン濃集部の酸化-還元状態調査並びに水-岩石反応試験等による堆積岩の酸化-還元緩衝能力把握。  
・還元環境下の地質環境中のウラン系列核種をはじめとする微量元素の長期にわたる移行挙動を表現する場のモデル及び解析手法の構築。

ロ) 断層に関する研究

- ・月吉断層周辺の応力測定、物性試験、掘削影響調査等による断層周辺部の力学特性に関するデータの収集（岩盤力学的特性調査）。
- ・室内及び原位置透水試験による断層周辺部の水理特性データの取得（水理学的特性調査）。
- ・断層周辺の地下水／岩石の地球化学特性データの取得および断層部の有する還元能力の把握（地球化学的特性調査）。
- ・断層部周辺レジン注入試験やコールドトレーサー試験などによる物質移行特性の把握（物質移行特性調査）。

【成果の活用方策】

本研究は、深部地質環境に関する知見を一層充実させることにより、国が進める安全基準の具体化などに必要な最新の技術や成果を提供するものである。また、本研究の実施により、地層処分サイトが具備すべき地質環境条件を明確化することが可能となる。また、安全評価の基本的考え方等に関する調査研究などの他の安全研究課題へ基礎情報を提供する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ) 岩盤中の物質移行に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウラン濃集部における地質／水理／水質／放射非平衡調査</li> <li>・ウラン濃集部における地下水調査</li> <li>・室内試験（酸化還元緩衝能調査）</li> </ul> ロ) 断層に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤力学的調査</li> <li>・水理学的特性調査</li> <li>・地球化学的特性調査</li> <li>・物質移行特性調査</li> </ul>	
平成14年度	イ) 岩盤中の物質移行に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウラン濃集部における地質／水理／水質／放射非平衡調査</li> <li>・ウラン濃集部における地下水調査</li> <li>・室内試験（酸化還元緩衝能調査）</li> </ul> ロ) 断層に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤力学的調査</li> <li>・水理学的特性調査</li> <li>・地球化学的特性調査</li> <li>・物質移行特性調査</li> </ul>	
平成15年度	イ) 岩盤中の物質移行に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウラン濃集部における地質／水理／水質／放射非平衡調査</li> <li>・ウラン濃集部における地下水調査</li> <li>・室内試験（酸化還元緩衝能調査）</li> </ul> ロ) 断層に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤力学的調査</li> <li>・水理学的特性調査</li> <li>・地球化学的特性調査</li> <li>・物質移行特性調査</li> </ul>	モデル化や評価のための地質／水理／地球化学／力学／物質移行に関するデータセットの作成。

平成16年度	イ) 岩盤中の物質移行に関する研究 ロ) 断層に関する研究	
平成17年度	研究成果の統合化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地質環境における微量元素の移行挙動を解析する手法の例示。</li> <li>・断層およびその周辺の地質環境特性を定量的に評価する手法の例示。</li> </ul>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-3-1

### 【研究課題名(Title)】

安全評価シナリオに関する研究  
(Research on Scenario for Safety Assessment)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 システム解析グループ

【氏名】 内田 雅大 (うちだ まさひろ)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村4-33 電話：029-282-1111

(Name) Masahiro Uchida

(Title of function) Repository System Analysis Group, Waste Isolation Research Division,  
Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan

Tel: (+81)29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に答える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に答える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

安全評価の対象とすべき評価シナリオについて、個別現象などに関する最新の知見に基づき、シナリオ設定に係る知識ベースの拡充を進めるとともに、サイト固有な状況を的確に記述できるようシナリオ開発手法を高度化し、安全評価手法の信頼性向上と安全基準・指針類の策定に資する。

### 【研究内容】

#### イ. シナリオ構成要素の拡充

地層処分システムの性能に影響する可能性のある事象、プロセス、特性等に関する最新の知見・データを段階的に取り込むことにより、シナリオの構成要素を拡充し、シナリオの記述内容の信頼性向上を図る。

#### ロ. シナリオ開発手法の改良

地層処分システムの長期的な不確実性を考慮した評価シナリオを効率的に設定するため、シナリオ開発手法の改良を行う。

#### ハ. 特定の状況に対応するシナリオのケーススタディ

改良されたシナリオ開発手法を用いて、サイトスペシフィックなシナリオ設定についての事例研究を行い、得られた知見をシナリオ開発手法の改良に反映させる。

### 【研究の必要性】

評価シナリオは、地層処分システムの長期的な安全性を評価するための枠組みを定めるものであり、安全規制等においても重要課題の一つとなる。シナリオの開発においては、場所毎の特徴を勘案しつつ、基本シナリオにおいて考慮する地下深部での様々な特性やプロセス、および変動シナリオや接近シナリオで考慮する天然現象や人間侵入などに起因する不確実性について、それらの安全評価における考え方や取り扱いを定めることが必要になる。このようなシナリオの検討を安全規制等において効率的に進

めるためには、地層処分システムの長期安全性に関係する可能性のある特性、事象、プロセスについての情報の拡充、シナリオ開発手法の拡充およびシナリオ開発のケーススタディを行うことにより、必要な情報とその情報に基づくシナリオ開発の知見を知識ベースとして蓄積していくことが必要となる。

【成果の達成目標】

- ・シナリオ作成に係わる基盤情報を拡充するとともに、活用しやすい形で整理・統合する。
- ・評価シナリオを効率的に設定するためのシナリオ開発手法の改良を行う。
- ・上記手法をシナリオ開発のケーススタディとして特定の地質環境に適用し、得られた知見を体系的に整理するとともに、シナリオ設定に係る知識ベースを拡充する。

【成果の活用方策】

- ・シナリオ作成に係わる基盤情報の拡充は、安全規制等に係わる検討において基礎データとして活用できる。
- ・シナリオ開発手法は安全規制等に係わる検討のためのツールとして、またその手法を用いたシナリオ開発実施の経験は、安全規制等に係わる地層処分の長期的な安全性の検討に資する情報として利用できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオ作成に係わる基盤情報の拡充・整理</li> <li>・シナリオ開発に関する国内外の動向調査</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオ作成に係わる基盤情報の拡充・整理の継続</li> <li>・シナリオ開発手法の改良とその適用試行【主に、基本シナリオ】</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオ作成に係わる基盤情報の拡充・整理の継続</li> <li>・シナリオ開発手法の改良とその適用試行【主に基本シナリオ】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基盤情報の拡充・整理</li> <li>・基本シナリオに対する開発手法の改良と適用例の蓄積</li> </ul>
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の地質環境を想定したシナリオ作成に係わるケーススタディ</li> <li>・シナリオ開発手法の改良とその適用試行【主に、変動シナリオ、接近シナリオ】</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の地質環境を想定したシナリオ作成に係わるケーススタディの継続</li> <li>・シナリオ開発手法の改良とその適用試行【主に、変動シナリオ、接近シナリオ】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基盤情報の拡充・整理</li> <li>・シナリオ全体に対する開発手法の改良と適用例の蓄積</li> </ul>
平成18年度以降	<p>具体的な地質環境条件や安定性および設計条件の取得に応じた基盤情報の拡充・整理の継続と、安全規制等の要求に則したシナリオ開発手法の見直し、適用性確認および適用例蓄積を行う。</p>	

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

地層処分

## 【分類番号】

2-3-2

## 【研究課題名(Title)】

安全評価モデルの体系化・高度化に関する研究

(Study on Integration and Advancement of Methodology for Safety Assessment)

## 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 システム解析グループ

【氏名】内田 雅大 (うちだ まさひろ)

【連絡先】〒319-1194 茨城県那珂郡東海村4-33 電話：029-282-1111

(Name) Masahiro Uchida

(Title of function) Repository System Analysis Group, Waste Isolation Research Division,  
Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan

Tel : (+81)29-282-1111

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に答える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に答える研究（安全性の判断材料としての活用）

## 【研究目的】

サイトが特定された場合に得られると考えられる個々の地質環境の特性やそれに基づく設計情報及び地表環境条件を的確に安全評価に反映することにより、より現実的で詳細な評価が実施できる安全評価モデルを構築し、安全裕度の把握や安全評価手法の信頼性向上に資する。

## 【研究内容】

### イ) 人工バリア中核種移行モデルの高度化

人工バリア中核種移行モデルに関して、沈殿／溶解反応などの速度論的な反応や腐食生成物中への収着挙動、廃棄体間の濃度干渉効果等を考慮し、より詳細かつ複合的な評価ができるようにモデルの改良を行い、人工バリアシステムの安全裕度の向上を図る。

### ロ) 天然バリア中核種移行モデルの高度化

亀裂や断層の内部構造／充填物質、地球化学特性、コロイド等の天然バリア特有の諸要因が核種移行に与える影響について、室内試験や国内外の研究機関との共同研究及び文献調査を通して、これらの特性や重要性を把握する。また、これらのモデル化について検討を行い、性能評価モデルの高度化に反映させる。

### ハ) 生物圏評価モデルの高度化

生物圏での核種移行／線量評価の観点から、サイトが特定された場合に得られると考えられる詳細な情報を想定し、コンパートメントモデルの適用性を確認し、モデルの高度化を図るとともに、安全評価上重要なサイト固有のデータ項目の抽出を行う。

なお、上記イ)～ハ)で検討したモデルを統合し、総合的な安全評価手法としてのモデルの体系化を図る。

## 【研究の必要性】

地層処分の安全評価の信頼性を向上させるためには、地下深部での様々な特性やプロセスに関する最新の知見を適宜取り込むとともに評価の妥当性と合理性の向上を勘案し、人工バリア、天然バリア及び

生物圏における個別現象の評価手法を高度化することが必要である。また、あわせて、瑞浪や幌延等の地下研究施設から得られる地質環境条件や設計条件に関する情報を有効に利用して、将来的に選定される地層処分サイトの総合的な安全評価を行えるように、人工バリア、天然バリア及び生物圏における個別現象評価手法を整備・体系化し、安全裕度の把握や安全評価手法の信頼性を向上させることが重要である。

**【成果の達成目標】**

- ・既存および最新の知見を踏まえて、人工バリア、天然バリア及び生物圏における個別現象評価手法の妥当性や安全裕度の知見を蓄積するとともに、妥当性や安全裕度の向上に資する主要な個別現象を対象として評価手法の高度化を行う。
- ・地質環境条件や設計条件を適切に取り込んで総合的な安全評価を行うための安全評価手法の体系化の方法論とそれを具体化した評価技術システムを整備する。

**【成果の活用方策】**

- ・人工バリア、天然バリア及び生物圏における個別現象評価手法の妥当性や安全裕度の知見は、安全規制等に係わる検討において基礎データとして活用できる。
- ・人工バリア、天然バリア及び生物圏における個別現象評価手法の高度化とそれらを体系化した総合的な安全評価を行うための評価技術基盤は、安全規制等に係わる検討のためのツールとして利用できる。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工バリア、天然バリア及び生物圏における重要な個別現象のモデル化と安全評価手法の高度化・合理化のための課題整理</li> <li>・安全評価手法体系化の方法論構築と体系化に必要な科学的知見あるいは技術の抽出</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工バリア、天然バリア及び生物圏における重要な個別現象のモデル化と安全評価手法の高度化・合理化のための課題整理の継続。</li> <li>・安全評価手法体系化の構築に着手</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工バリア、天然バリア及び生物圏における重要な個別現象を考慮することによる安全評価手法の高度化。</li> <li>・安全評価手法体系化の構築の継続及びプロトタイプ作成</li> </ul>	
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工バリア、天然バリア及び生物圏における重要な個別現象を考慮することによる安全評価手法の高度化の継続。</li> <li>・安全評価手法体系化プロトタイプの改良</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工バリア、天然バリア及び生物圏においてそれぞれ高度化した評価手法を用いた安全裕度評価</li> <li>・安全評価手法体系化の試運用と課題の整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全評価手法の高度化及び安全裕度評価</li> <li>・安全評価方法論の体系化及び評価システム整備。</li> </ul>
平成18年度以降	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体系化した評価手法に基づく安全裕度評価</li> <li>・安全評価手法体系化の運用及び具体的地質環境条件への適用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体安全裕度評価</li> <li>・具体的地質環境条件への適用</li> </ul>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-3-3

### 【研究課題名(Title)】

安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究  
(Study on the Effect of Uncertainties for Scenario and Model on Safety Assessment of Geological Disposal System)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属および連絡先(Name, Title of function, address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 システム解析グループ

[氏名] 内田 雅大 (うちだ まさひろ)

[連絡先] 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村4-33 電話：029-282-1111

(Name) Masahiro Uchida

(Title of function) Repository System Analysis Group, Waste Isolation Research Division,  
Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan

Tel : (+81)29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に答える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に答える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

地層処分の安全評価に内在するシナリオ、モデルの不確実性について、定量的な解析を実施するための手法を検討することにより、地層処分システムの長期的な安全性の評価手法の高度化及び安全基準・指針類の策定に資する。

### 【研究内容】

イ) 安全評価シナリオ、モデルの不確実性の整理

安全評価に用いるパラメータの不確実性の評価に加え、地層処分システムの将来挙動を表現するシナリオ、モデルの不確実性として考慮すべき要因（水理地質構造モデル、核種移行プロセスモデル等）を網羅的に整理する。

ハ) 不確実性の定量的評価の検討

イ) で開発・整備した手法を用いて、シナリオ、モデル及びパラメータの不確実性を考慮した確率論的な安全評価を行い、処分システム全体の長期安全評価に伴う不確かさを定量化するための検討を行う。

### 【研究の必要性】

地層処分の安全評価においては、シナリオ、モデル、およびパラメータに含まれる不確実性をできるだけ小さくすること、およびその影響を適切に定量化することが重要な課題である。しかしながら、これまで行われてきた感度解析／不確実性解析は、地下水移行シナリオに限定した上で、主にパラメータの不確実性に焦点が当てられてきた。地層処分システムは、時間の経過に伴う地質環境条件の変化によって時間的／空間的な不確実性が増大することは明らかであり、安全評価の中でシナリオやモデルの不確実性を考慮することにより、不確実性の要因を適切に安全評価に取り込めるようにしていく必要がある。



【研究の達成目標】

- ・地層処分システムに係わる時間的・空間的な場の不確実性や評価に付随する不確実性を整理し、それらをシナリオ、モデルおよびパラメータの不確実性として具体化するとともに、安全指標・指針の策定において対象とすべき不確実性の要因を明らかにする。
- ・不確実性の影響評価および影響の伝播を分析することのできるツールを整備する。
- ・上記ツールを用いた評価・分析を実施し、不確実性の影響を定量的に把握するための運用手順を構築する。

【成果の活用方針】

- ・不確実性の影響評価および影響の伝播を分析することのできるツールとその運用手順は、安全性等に係わる検討のためのツールとして利用できる。
- ・不確実性の影響評価結果や影響伝播の分析結果は、安全規制等に係わる検討において基礎データとして活用できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・諸外国の安全基準，国内外での最新の研究成果，および幌延地下研究施設で得られた情報を踏まえたシナリオ・モデルの不確実性の取扱いに関する整理・検討</li> <li>・シナリオ・モデルの不確実性を定量的に取り扱うための概念検討</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・諸外国の安全基準，国内外での最新の研究成果，および幌延地下研究施設で得られた情報を踏まえたシナリオ・モデルの不確実性の取扱いに関する整理・検討の継続</li> <li>・シナリオ・モデルの不確実性を考慮した影響評価手法の検討</li> </ul>	安全審査指針等で考慮すべき不確実性の整理
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不確実性の影響についての評価・分析手法の検討，およびツールの整備</li> <li>・シナリオやモデルの不確実性の設定方法の検討</li> </ul>	不確実性の影響評価および影響の伝播を分析することのできるツールの整備
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオやモデルの不確実性の設定方法の検討継続</li> <li>・幌延地下研究施設等を用いた，不確実性の影響に関する評価・分析のケーススタディ</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオやモデルの不確実性の設定方法の検討継続</li> <li>・幌延地下研究施設等を用いた，不確実性の影響に関する評価・分析のケーススタディの継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不確実性の影響評価と影響伝播分析におけるツールの運用手順の整備</li> <li>・不確実性の影響評価結果や影響伝播の分析結果の蓄積</li> </ul>
平成18年度以降	<p>特定のサイトの情報に応じた不確実性の影響評価を効率的に実施するための検討，および評価結果の信頼性を向上させるための基盤情報の整理・拡充を行う。</p>	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-3-4

### 【研究課題名 (Title)】

地下水水質形成モデルの検証及び高度化に関する研究  
(Model development and validation for Groundwater evolution)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ  
(Barrier Performance Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works)

[氏名] 油井 三和 (ゆい みかず: Mikazu YUI)

[連絡先] 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33、電話: 029-282-1111 (内 67300)  
(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, +81-29-287-1540

### 【研究の範囲・分類】

・安全規制からの要求に応える研究 (指針・基準類への反映)

### 【研究目的】

深部地下水の水質形成モデルの改良・高度化を行うとともに、地下水と人工バリア材料との長期の相互作用及びそれに伴う緩衝材空隙水水質の変化のメカニズムを解明することにより、処分場の長期的な地球化学環境を明らかにし、安全評価手法の信頼性向上に資する。

### 【研究内容】

原位置で取得されるデータ等を利用し、以下の研究を行う。

#### イ) 地下水地球化学モデルの開発

実測された深部地下水データの熱力学的・速度論的解析をもとに、深部地下水の水質形成モデルの改良、高度化を行う。モデルの開発に必要な鉱物の熱力学データ、溶解・沈殿速度データの調査・評価を行い、データベースとして整備する。また、微生物、有機物が地下水水質に及ぼす影響、深部地下水でのコロイドの安定性や存在状態に関する検討を行う。

#### ロ) ニアフィールド地球化学モデルの開発

地下水と人工バリア材料の長期の相互作用に関する長期室内試験や類似する天然現象の観察を行うことを通じて、ニアフィールドにおける間隙水の水質推定モデルの高度化及び検証を行う。

### 【研究の必要性】

地層処分システムを構成する材料の長期挙動、放射性核種の移行挙動の評価における不確かさを低減するためには、場の化学的な環境条件を精度よく把握し、その変化を推定することが重要である。本研究においては、地下水水質および緩衝材空隙水水質形成過程を地球化学的な手法により解釈することで、地層処分システム中の化学的環境の変化に関するモデルを構築し、処分システムの安全評価手法の確立と信頼性の向上に資する。

また、核種移行評価の前提となる地下水でのコロイドの存在状態について、基本情報を整理することで、安全評価手法の確立と信頼性の向上に資する。

### 【研究の達成目標】

- ・具体的地質環境を対象として水質形成過程の理解を行ない、地球化学モデルを構築する。
- ・地下水の地球化学モデルの構築に必要な基礎データのデータベース化を行う。
- ・天然事象の観察等を通じ、地下水水質とコロイド安定性の関係を明確にする。
- ・緩衝材空隙水水質の時間空間変化を定量的に推定できる地球化学モデルを構築する。

【成果の活用方策】

- ・地層処分システムの地球化学的環境条件に関する安全評価ツールとなる。
- ・地球化学基礎データのデータベースは、評価のための基本データとして利用できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深部地下水実測データの調査</li> <li>・地球化学基礎データの調査・収集</li> <li>・天然地下水中のコロイドデータの収集</li> <li>・緩衝材間隙水水質の時間空間変化に関する室内試験の実施および関連する天然事象の観察</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深部地下水実測データの調査およびモデル化</li> <li>・地球化学基礎データの調査・収集継続</li> <li>・天然地下水中のコロイドデータの収集継続</li> <li>・間隙水水質の時間空間変化データの地球化学-物質移行連成コードを用いた解析</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深部地下水実測データの調査およびモデル化継続</li> <li>・地球化学基礎データのとりまとめ</li> <li>・天然地下水中のコロイドデータのとりまとめ</li> <li>・緩衝材間隙水水質データ、解析結果のとりまとめ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データのとりまとめ、モデル開発に関するとりまとめと中間評価を実施する。</li> </ul>
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水地球化学モデルの改良</li> <li>・地球化学基礎データの調査・収集継続</li> <li>・天然地下水中のコロイドデータの収集継続</li> <li>・緩衝材間隙水水質評価モデルの改良</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水水質形成過程のモデル化手法のとりまとめ</li> <li>・地球化学基礎データの調査・収集結果のとりまとめ、データベース化</li> <li>・地下水水質とコロイドの存在状態に関する研究のとりまとめ</li> <li>・緩衝材間隙水水質の時間空間変化を考慮した評価モデルの構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・具体的な深部地質環境を対象に、地下水水質形成過程の評価手法を例示する。</li> <li>・最新の地球化学基礎データ（熱力学データ、反応速度データ）のデータベース化を終了する。</li> <li>・地下水水質とコロイドの存在状態の関係に関する研究のとりまとめを終了する。</li> <li>・緩衝材間隙水水質の評価モデルの開発を完了する。</li> </ul>
平成18年度以降	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球化学基礎データの調査・収集に関しては、継続して、最新の知見の取り込みを実施する。</li> <li>・地下水水質のモデル化、コロイドの存在に関する評価に関しては、概要調査地区の調査における適応を試み、モデルの妥当性確認を行なうとともに、必要に応じて信頼性向上のための研究を継続する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・継続したデータベースの更新と公開（情報提供）</li> <li>・処分予定地におけるモデルの適応</li> </ul>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-3-5

### 【研究課題名 (Title)】

深部地下環境下における核種移行データの取得及びデータベースの整備  
(Data Acquisition and Database Development for The Radio-Nuclide Transport in Geological Environment)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 放射化学研究グループ

【氏名】 山田 一夫(やまだ かずお)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 電話：029-287-3695

(Name) Kazuo Yamada

(Title of function) Radiochemistry Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan,

Tel: 029-287-3695

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に答える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に答える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

地層処分の安全評価に必要となる、深部地下環境下における熱力学的基礎データ、核種挙動評価データ等の取得を行うとともに、国際的な最新情報の調査・評価を実施し、情報をデータベース化することにより、地層処分の安全評価に用いるデータの信頼性向上に資する。

### 【研究内容】

#### イ) 熱力学的基礎データの取得

安全評価に必要な核種の移行挙動評価データ（溶解度、分配係数、拡散係数）の信頼性を向上させるため、熱力学的基礎データ（溶解生成物の安定度定数、錯生成定数、表面錯体平衡定数、イオン交換定数等）を深部地下環境を模擬した系において取得する。さらに、データ取得方法の標準化を検討する。

#### ロ) 核種移行挙動評価データの取得

実ガラス固化体、原位置の地下水及び岩石等を用いて、処分環境を模擬した条件での核種移行試験等を実施し、ガラスからの核種の浸出挙動やガラス近傍での溶解制限固相の生成に関する評価、岩石基質中のマトリクス拡散深さの評価、核種移行に及ぼすコロイドの影響評価等を行う。また、熱力学的な基礎データを用いて、溶解・拡散等の現象理解と安全評価のためのモデルの確立を行う。

#### ハ) 核種移行評価に係るデータベースの整備

OECD/NEA等の国際機関における熱力学データ整備の情報や、上記イ)及びロ)で得られるデータを含む国内外の研究機関における核種移行関連研究を広範に調査・評価し、熱力学データ、放射性核種の溶解度、岩石・人工バリア材料への吸着データ等の核種移行関連データを、データベースとして整備する。

### 【研究の必要性】

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、その技術的信頼性を示すことを目的として「第2次取りまとめ報告書」を作成し、国の評価を受けた。また、処分事業法が制定されると共に、処分の実施主体も設立され処分事業が本格化している。これに伴い、今後は処分事業を視野に入れた処分場の技術的選定基準及び安全基準の策定等が今後重要な課題となっている。第2次取りまとめでは、広範な地質環境条件、地下水条件、設計条件などジェネリックな条件に対して安全解析を行っていることから、これまでに蓄積された知見やデータに

基づいて入力データやモデルが設定されている。このため、これまでに報告された核種移行関連の実測データをまとめた各種のデータベースが整備され、データの不確実性を考慮した上で保守的に入力データが設定されている。これらの作業を通じ、今後より充実することが望まれるデータや、安全裕度を把握するためにより詳細な現象理解が求められる項目が明らかとなりつつある。したがって、これから行なわれる、安全基準・指針類の策定に向けて、基盤となるデータのより一層の信頼性の向上、データベースの充実、および鍵となる核種移行プロセスのより詳細な現象理解とモデル化が必要である。また、最終的な安全評価は、標準化された手法あるいは手順によって得られたデータに基づいて行われると予想される。このためには、早急に深部地下環境下における核種移行データの取得及びデータベースの整備、安全評価のための核種移行に関するモデルの整備、並びにデータ取得方法の標準化に向けた検討が不可欠である。

#### 【研究の達成目標】

- イ) 安全評価に必要な、溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を深部地下環境を模擬した系において取得・整備する。また、核種移行に関するデータ取得方法の標準化に向けて、データ取得の手順、解析方法及び理論、限界などについて整理する。
- ロ) 実ガラス固化体、原位置の地下水及び岩石等を用いて、処分環境を模擬した条件での核種移行試験等を行い、ガラスからの核種の溶解・浸出挙動やガラス近傍での溶解度制限固相の生成に関する評価、岩石基質中のマトリクス拡散深さの評価、核種移行に及ぼすコロイドの影響評価等を行うとともに、溶解・拡散等の現象理解と安全評価のためのモデルを整備する。
- ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を広範に調査・評価し、熱力学データベース、収着データベース、拡散係数データベースを整備する。

#### 【成果の活用方策】

- イ) 深部地下環境を模擬した系で得られる溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ並びに知見は、安全評価及びデータベース整備のための基礎データとして利用できる。また、データ取得方法の手順、解析方法及び理論、限界などについて整理する情報は、データ取得方法の標準化に関する検討に利用できる。
- ロ) 実ガラス固化体、原位置の地下水及び岩石等を用いた核種移行試験等から得られる実測データや知見は、安全評価及びデータベースのための基礎データとなるとともに、溶解・拡散等の現象理解及び核種移行モデルの妥当性評価に利用できる。
- ハ) 各種整備されるデータベースは、安全基準・指針類の策定の基礎データとして利用できるとともに、安全評価のための基礎データとしても利用できる。

#### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成 13 年度	イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を核種の化学的性質を考慮しつつ取得する。また、核種移行に関するデータ取得方法について整理するための方法論や必要情報等を検討する。 ロ) 実ガラス固化体等を用いた核種移行試験を行うとともに、核種移行に及ぼすコロイドの影響評価に着手する。 ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を調査し、熱力学、収着、拡散係数の各種データベース整備を進める。	
平成 14 年度	イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を核種の化学的性質を考慮しつつ取得を継続する。また、核種移行に関するデータ取得の手順、解析方法及び理論、限界などについて調査・整理に着手する。	

	<p>ロ) 実ガラス固化体等を用いた核種移行試験及び核種移行に及ぼすコロイドの影響評価を継続する。</p> <p>ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を調査し、熱力学、収着、拡散係数の各種データベース整備を継続する。</p>	
平成 15 年度	<p>イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を核種の化学的性質を考慮しつつ取得を継続する。また、核種移行に関するデータ取得の手順、解析方法及び理論、限界などについての調査・整理を継続する。</p> <p>ロ) 実ガラス固化体等を用いた核種移行試験及び核種移行に及ぼすコロイドの影響評価を継続する。</p> <p>ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を調査し、熱力学、収着、拡散係数の各種データベース整備を継続する。</p>	<p>イ) 一部の核種に対して核種移行データ及び熱力学的基礎データを取得する。</p> <p>ロ) 部分的に実ガラス固化体等を用いた核種移行データが取得される。</p> <p>ハ) これまでに報告されている核種移行データがデータベースに反映される。</p>
平成 16 年度	<p>イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を核種の化学的性質を考慮しつつ取得を継続する。また、核種移行に関するデータ取得の手順、解析方法及び理論、限界などについての調査・整理を継続する。</p> <p>ロ) 実ガラス固化体等を用いた核種移行試験等を進めるとともに、コロイドの影響評価のための概念モデルの検討に着手する。</p> <p>ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を調査し、熱力学、収着、拡散係数の各種データベース整備を継続する。</p>	
平成 17 年度	<p>イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を核種の化学的性質を考慮しつつ取得を継続する。また、核種移行に関するデータ取得の手順、解析方法及び理論、限界などについての調査を終了し、整理した結果をまとめる。</p> <p>ロ) 実ガラス固化体等を用いた核種移行試験等及びコロイドの核種移行に及ぼす影響評価のための概念モデルの検討を進める。</p> <p>ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を調査し、熱力学、収着、拡散係数の各種データベース整備を継続する。</p>	<p>イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等について、主要な核種に対するデータの取扱いが終了する。また、核種移行に関するデータ取得の手順、解析方法及び理論、限界などについて調査した結果がまとまる。</p> <p>ロ) 実ガラス固化体を用いた核種移行試験がほぼ終了する。</p> <p>ハ) 主要な核種に対する熱力学、収着、拡散係数の各種データベース整備がほぼ終了する。</p>
平成 18 年度以降	<p>イ) 溶解度、分配係数、拡散係数などの核種移行関連データ及び熱力学的基礎データ等を核種の化学的性質を考慮しつつ取得を継続する。</p> <p>ロ) コロイドの核種移行に及ぼす影響評価のためのモデルの検討を進める。</p> <p>ハ) 国内外の研究機関における核種移行関連研究を調査し、熱力学、収着、拡散係数の各種データベースの整備・更新を継続する。</p>	

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

地層処分

### 【分類番号】

2-4-1

### 【研究課題名 (Title)】

人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究

(Study of Long-Term Behavior of Engineered and Geological Barrier systems)

### 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

[所属] 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ

[氏名] 油井 三和 (ゆい みかず)

[連絡先] 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33

(Name) Mikazu Yui

(Title of function) Barrier Performance Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu Tokai-mura, Nakagun, Ibaraki, Japan,

Tel: +81-29-282-1111

### 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類の反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

### 【研究目的】

具体的な地質環境条件を対象に人工バリアや地下施設に対して、長期予測モデルの検証等を行い、安全評価基準・指針類の策定及び安全評価モデル・データの信頼性向上に資する。

### 【研究内容】

人工バリアや地下施設を対象として、以下の研究を行う。

#### イ) 緩衝材の長期物理的・化学的安定性に関する研究

緩衝材の変質挙動や塩水に対する影響等の長期物理的・化学的安定性に係る現象モデル及びデータの検証を室内において実施するとともに、原位置における検証計画を立案する。

#### ロ) オーバーバックの腐食挙動に関する研究

オーバーバックの処分環境下における長期腐食挙動について、腐食機構を解明するための研究を行う。また、腐食挙動に係る現象モデル及びデータの検証を室内において実施するとともに、原位置における検証計画を立案する。

#### ハ) ガス移行挙動に関する研究

人工バリア中及び周辺岩盤中のガス移行挙動に係る現象モデル及びデータの検証を室内において実施するとともに、原位置における検証計画を立案する。

#### ニ) 岩盤長期変形挙動に関する研究

ニアフィールド環境条件を模擬した温度・圧力・間隙水圧条件において、三軸圧縮応力下での岩石のクリープ特性、疲労特性に関する実験的研究を実施し、それらの特性を明らかにするとともに、基礎データを蓄積する。また、これらのデータに基づき長期岩盤強度及び変形予測手法の開発を行う。

#### ホ) 再冠水挙動に関する研究

人工バリア埋設後の再冠水挙動に係る現象モデル及びデータの検証を室内において実施するとともに、原位置における検証計画を立案する。

なお、これらの研究によりえられたデータは体系的にデータベースとしてとりまとめ、モデルとあわせて体系的解析ツール構築に資する。

### 【研究の必要性】

これまでの研究によって、我が国における地層処分概念の成立性を判断するための技術的根拠の整備ならびに処分事業を開始するための技術情報の集約がなされた。今後は処分事業のスケジュールに合わせ、特定の地質環境に適用していくための技術として実用性を高めて行くとともに、地層処分システムにおいて想定される様々な現象の解析評価を容易かつ柔軟に行うことができるような評価手法の技術的確認を進めていくことが必要である。そのため、人工バリアの安全設計及び施工に係わる指針等の整備に必要となる基準項目の設定と設定根拠及びその定量化、さらには品質管理基準（項目、基準値）のための基盤情報や安全評価のための信頼性のあるツールの整備等を行う必要がある。

### 【研究の達成目標】

- ・緩衝材の変質挙動や塩水等に対する化学的影響に係るデータを取得するとともに、物理的及び化学的両側面からのデータベースの整備を実施する。
- ・オーバーパックの処分環境下における長期腐食挙動について、腐食機構を解明するための研究を行い、現象モデル及びデータの検証を実施する。
- ・人工バリア中及び周辺岩盤を対象に化学的要因ならびに処分環境条件を考慮したガス移行挙動に係るデータを取得するとともに、これらの結果をもとに現象モデルを検証する。
- ・ニアフィールド環境条件を模擬した温度・圧力・間隙水圧条件において、三軸圧縮応力下での岩石のクリープ特性に関する基礎データを蓄積するとともに、これらのデータに基づき長期岩盤強度及び変形予測手法の開発を行う。
- ・熱、水、応力、化学を連成させたモデルの開発を行うとともに、人工バリア埋設後の再冠水挙動に係る原位置での検証計画を立案する。

### 【成果の活用方策】

- ・人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究から取得するデータ・知見は、安全評価にあたっての安全裕度の定量的把握ならびに安全評価基準・指針策定のための基礎データとして利用できる。
- ・検証される各評価モデルは、人工バリアの安全設計及び安全評価のための有力なツールとなる。

### 【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ) 塩濃度をパラメータとした試験により緩衝材の化学的安定性に関するデータを取得する。 ロ) オーバーパックの処分環境下における主に環境因子による長期腐食挙動への影響に関するデータを取得する。 ハ) 温度、背圧条件を考慮したガス移行試験を行いデータの拡充を図るとともに、応力連成モデルの開発を実施する。 ニ) 評価手法の取りまとめや軟岩の挙動測定事例、測定手法の抽出を行うとともに、クリープ試験を実施する。 ホ) 熱 水 応力 化学連成モデル構築のための基盤調査及び基礎データを取得する。	
平成14年度	イ) 塩濃度をパラメータとした試験により緩衝材の化学的安定性に関するデータ取得を継続する。 ロ) オーバーパックの処分環境下における主に環境因子による長期腐食挙動への影響に関するデータ取得を継続する。 ハ) 温度、背圧条件を考慮した試験を継続するとともに、可視化研究を開始しガス移行メカニズムを詳細に捉え、モデルの妥当性に関する評価を実施する。 ニ) 最新の情報収集を実施するとともに、クリープ試験の継続と評価手法との比較検討を行う。 ホ) 熱 水 応力 化学連成モデル開発に着手するとともに基礎データを取得する。	



平成15年度	<p>イ) 塩濃度に加えpHをパラメータとした試験により緩衝材の化学的安定性に関するデータを取得する。</p> <p>ロ) オーバーパックの処分環境下における主に材料因子による長期腐食挙動への影響に関するデータを取得する。</p> <p>ハ) 塩濃度やpHをパラメータとしたガス移行試験を開始し、化学的影響に係るデータを取得する。また、試験結果や可視化研究によるモデル評価の継続並びに二相流モデルとの統合化に関する検討を行う。</p> <p>ニ) 最新の情報収集を継続するとともに、クリープ試験の継続と評価手法の比較検討を行う。</p> <p>ホ) 熱水 応力 化学連成モデル開発及び基礎データ取得を継続する。</p>	<p>・物理的及び化学的種々の因子が人工バリアの長期安定性に及ぼす影響について検討するとともに、影響因子の重要度分類を行い、データベースの骨格を構築する。</p>
平成16年度	<p>イ) pHをパラメータとした試験により緩衝材の化学的安定性に関するデータ取得を継続する。</p> <p>ロ) オーバーパックの処分環境下における主に材料因子による長期腐食挙動への影響に関するデータ取得を継続する。</p> <p>ハ) 塩濃度やpHをパラメータとしたガス移行試験を継続するとともに、モデルの改良並びに二相流モデルとの統合化に関する検討を行う。</p> <p>ニ) クリープ試験及び評価手法の比較検討を継続する。</p> <p>ホ) 熱水 応力 化学連成モデル開発及び基礎データ取得を継続する。</p>	
平成17年度	<p>イ) 緩衝材の化学的安定性に関するデータの取りまとめを実施する。</p> <p>ロ) オーバーパックの処分環境下における長期腐食挙動に関するデータの取りまとめを行うとともに原位置試験計画を検討する。</p> <p>ハ) 試験を継続するとともに、評価手法の取りまとめを行う。</p> <p>ニ) クリープ試験を継続するとともに、評価手法の取りまとめを実施する。</p> <p>ホ) 熱水 応力 化学連成モデルを用いて処分場ニアフィールドの長期挙動解析を行うとともに、評価手法の取りまとめを行う。</p>	<p>・人工バリア及び岩盤の長期挙動に関するデータを体系的に取りまとめたデータベースを完成させる。</p> <p>・現象モデルを安全評価解析ツールとして整備する。</p> <p>・これらの研究をベースに原位置における検証計画を立案する。</p>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

【研究分野】

地層処分

【分類番号】

2-4-2

【研究課題名 (Title)】

人工バリア等の性能保証に係わる工学技術研究

(Engineering technology research on the performance guarantee for the Engineered Barrier System (EBS))

【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ

【氏名】 油井 三和 (ゆい みかず)

【連絡先】 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 029-287-1540

(Name) Mikazu Yui

(Title of function) Barrier Performance Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel. No.) Muramatsu 4-33, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-1194, +81-29-287-1540

【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究（指針・基準類への反映）
- ・安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

【研究目的】

具体的な地質環境条件下において、人工バリアや処分施設的设计・施工のうち枢要技術について検証を行い、処分場の設計に適用すべき安全基準・指針類の策定に資する。

【研究内容】

イ) 施工に係る性能保証研究

オーバーパックの製作、緩衝材の製作・施工、埋め戻し、処分場建設等に関するデータを地上施設での要素試験及び原位置での試験を通じて取得するとともに、得られたデータを基盤情報として体系的に整理する。

ロ) 処分場管理／モニタリングに関する研究

操業前から処分場閉鎖までの各段階における安全確認のための体系的なシナリオ構築を図り、安全確認すべきモニタリング項目の抽出、モニタリングに使用される計測機器、モニタリングすべき項目が具備する必要がある技術要件等のモニタリングに関する基本的な考え方を整理する。

【研究の必要性】

第2次とりまとめでは、処分場の位置を限定しない一般論として、処分施設が現状技術や将来において予想される技術によって成立することが提示された。しかしながら、実際の処分場のように地下深部に掘削される岩盤の中では、机上や地上での検討では考えられない事象が起こることも予想される。とくに、人工バリアの搬送・定置技術に関しては、オーバーパックや緩衝材を設計通りに施工する技術はもちろんのこと、安全規制としての設計への許容値や緊急時の対策等、施工の性能を確保するための情報整理が必要となっている。これらの情報は、人工バリアの搬送・定置機械の設計に係わる安全規制策定のための基本材料を提供するものになることから、安全研究として実施していく必要がある。

一方、処分場の管理に関しては、処分場を閉鎖するための判断材料としてモニタリングが考えられているものの、その概念、具体的な測定技術、測定項目を含めたシステムがこれまで構築されていない。処分場の管理を目的としたモニタリングを実施するためには、安全規制としてどれだけの情報を取得することが出来るのか見極めることが重要となる。これらに関する情報は、これまでのところ整理されておらず、

情報の収集とともに、それらに基づく処分場管理/モニタリングの基本的な考え方を安全研究として整理する必要がある。

【研究の達成目標】

イ) 施工に係る性能保証研究

- ・緩衝材の定置に対する定置機器設備の要求性能に関する要件を要素試験から導出することにより、定置機器設備への安全規制へ反映することの出来る要件項目を整理する。
- ・地下研究施設における原位置試験で計画されている人工バリア試験で使用する定置機器設備への設計要件を抽出することにより、地下施設での稼働を考慮した安全規制項目への反映要件を整理する。

ロ) 処分場管理/モニタリングに関する研究

- ・諸外国における最新の処分場管理手法に関する情報を収集し、これら各国のモニタリングに対する考え方を、日本の処分場管理をどのように展開することが安全規制の観点から求められるのか整理する。
- ・モニタリング技術(計測技術)に関する最新情報を収集し、処分場管理手法に関する情報と同様に、日本の地質環境条件および人工バリア仕様に適合した計測システムをどのように構築していくことが安全規制の観点から求められるのか整理する。
- ・以上のような処分場管理手法および計測システムの現状を考慮し、安全規制の観点から求められるモニタリングの基本的なシナリオ、基本的な考え方について取りまとめる。

【成果の活用方策】

本研究の実施により、施工に係わる性能保証研究からは緩衝材の搬送・定置機器設備への要求項目を抽出することが出来、これらの情報は機械設計の処分場の技術基準や安全審査基本指針策定のための技術情報として反映することが出来る。処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、諸外国における処分場管理の考え方をとりまとめて提示することにより、わが国における処分管理のための安全審査基本指針策定のための技術情報として提示する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、緩衝材定置に対する定置機器設備の要求性能を把握するため、要素試験を実施する。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、これまでに報告されている諸外国の基本的考え方を調査するとともに、モニタリング技術の現状について調査する。</p>	
平成14年度	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、緩衝材定置に対する定置機器設備の要求性能を把握するため、要素試験継続して実施し、データの収集を図る。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、モニタリング技術の最新動向について引き続き調査する。</p>	
平成15年度	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、緩衝材定置に対する定置機器設備の要求性能を把握するため、要素試験結果をとりまとめる。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、これまでに報告されている諸外国の基本的考え方を調査するとともに、モニタリング技術の現状について調査する。</p>	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、緩衝材定置に対する定置機器設備の要求性能に関する要件を要素試験結果から導出する。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、諸外国における処分場管理/モニタリングの考え方を整理するとともに、モニタリングのための計測技術の最新動向を整理する。</p>

平成16年度	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、条件をパラメータとした要素試験を継続するとともに、スケール効果に着目した試験の検討を行う。また、地下研究施設における原位置試験での人工バリア試験で使用する定置機器設備への設計要件を抽出に関して検討を進める。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、昨年度までにとりまとめた成果に基づき、モニタリングの基本的なシナリオ、基本的な考え方について検討を行う。</p>	
平成17年度	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、要素試験結果に基づき、地下研究施設における原位置試験での人工バリア試験で使用する定置機器設備への設計要件を抽出する。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、モニタリングの基本的なシナリオ、基本的な考え方をとりまとめる。</p>	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、地下研究施設における原位置試験での人工バリア試験で使用する定置機器設備への設計要件を抽出する。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、モニタリングの基本的なシナリオ、基本的な考え方をとりまとめる。</p>
平成18年度以降	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、前年度までに抽出された地下研究施設での人工バリア試験のための定置機器設備設計要件を確認するための設備の試作等を行う。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、前年度までに整理したモニタリングの基本的なシナリオおよび基本的な考え方を深地層研究施設等への適用性を含めて具体的なデータの取得方法について検討を行う。</p>	<p>施工に係わる性能保証研究に関しては、地下研究施設での使用を考慮した人工バリアの定置機器設備設計要件を枢密機器の試作等により安全規制のための要件を具体的に例示する。</p> <p>処分場管理/モニタリングに関する研究に関しては、深地層研究所等の具体的な地質環境条件下でのモニタリングの基本的なシナリオおよび基本的な考え方の適用性を示す。</p>

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

## 【研究分野】

地層処分

## 【分類番号】

2-4-3

## 【研究課題名 (Title)】

人工バリアのナチュラルアナログ研究  
(Natural Analogue Study on Engineered Barrier Materials)

## 【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## 【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

〔所属〕 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ  
(Barrier Performance Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works)

〔氏名〕 油井 三和 (ゆい みかず: Mikazu YUI)

〔連絡先〕 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 電話: 029-282-1111 (内 67300)  
(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, +81-29-287-1540

## 【研究の範囲・分類】

- ・安全規制からの要求に応える研究 (指針・基準類への反映)
- ・安全規制からの要求に応える研究 (安全性の判断材料としての活用)

## 【研究目的】

人工バリアの各要素について、履歴の明らかな天然類似現象を調査・研究することにより、人工バリアの長期的な核種閉じ込め機能及び人工バリア相互作用等に係る安全評価手法の信頼性の向上に資する。

## 【研究内容】

### イ) ガラスの溶解・変質に関する研究

廃棄物ガラスの長期挙動に関するナチュラルアナログとして、発掘調査で出土する古代ガラスを対象とした調査・研究を行う。また、古代ガラスと廃棄物ガラスの類似性に関する比較試験を実施する。

### ロ) 金属の腐食に関する研究

オーバーパックの長期挙動に関するナチュラルアナログとして、粘土質土壌環境に長期間埋まっていた鉄製品の腐食調査を行うとともに、海水環境で長期間使用されたチタン製品、発掘調査で出土する鉄製及び青銅製遺物を対象とした調査・研究を行う。また、土中の溶存酸素濃度などの埋設環境因子のうち、現在測定が困難な項目の原位置測定手法を開発する。

### ハ) ベントナイトの変質に関する研究

緩衝材の長期挙動に関するナチュラルアナログとして、鉄、コンクリートと長期間接触していたベントナイトを対象とした調査・研究を行う。また、イライト化事例の情報をさらに蓄積する。

### ニ) 比較試験

ナチュラルアナログ研究によるデータを処分環境での人工バリア材料の長期挙動モデルの検証に役立てるため、材質と環境条件を変数として比較検討のための試験を行う。

## 【研究の必要性】

人工バリアの耐久性について、ナチュラルアナログ研究から得られる長期データは、時間に関して直接的データであるという点で、安全評価モデルの信頼性向上にきわめて大きな説得力を有し、地層処分システムの安全基準策定に重要な基礎データを提供できる。また、このことは、結果として社会的な合意形成にも大きな役割をはたすものと期待できる。

**【研究の達成目標】**

- ・人工バリア各要素に関して、履歴の明らかな天然類似現象（ナチュラルアナログ）を調査・研究し、人工バリアの長期的な核種閉じ込め機能ならびに人工バリア相互作用に関する安全評価モデルの信頼性を向上する。
- ・ナチュラルアナログ研究によるデータを、処分環境での人工バリア材料の耐久性に関する安全評価モデルの検証に役立てるために、材料組成や、環境条件を変数とした長期の比較試験を実施し、ナチュラルアナログデータの有用性を確かめる。

**【成果の活用方策】**

- ・地層処分システム、特に人工バリア材料の核種閉じ込め性能に関する安全評価モデルの信頼性の検証および、同性能の安全基準策定に有用な基礎データの提供。
- ・地層処分システムの核種閉じ込め性能に対する、専門家をはじめとする社会的合意形成への寄与。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究対象候補の選定調査</li> <li>・測定すべき環境条件の選定調査</li> <li>・測定すべき環境条件の測定技術の調査</li> <li>・長期比較試験の試験項目検討</li> </ul>	
平成14年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究対象候補の現地予備調査</li> <li>・測定すべき環境条件の測定技術の開発実施</li> <li>・長期比較試験の実施</li> </ul>	
平成15年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究対象の調査（環境条件、変質データ）</li> <li>・測定すべき環境条件の測定技術の現場への適用</li> <li>・長期比較試験の継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究対象の選定，データ取得，中間評価</li> <li>・環境条件測定技術の確立，現地データ取得</li> <li>・長期比較試験実施，試料分析，中間評価</li> </ul>
平成16年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究対象の追加調査</li> <li>・長期比較試験の継続</li> </ul>	
平成17年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究対象の追加調査および研究結果のまとめ</li> <li>・長期比較試験の継続および試験結果のまとめ</li> <li>・天然事例と比較試験結果の対比</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究結果評価，資料化</li> <li>・長期比較試験試料分析評価，資料化</li> <li>・ナチュラルアナログデータの有用性確認</li> </ul>
平成18年度以降	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規研究課題に対する天然事例調査実施</li> <li>・長期比較試験の継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規研究課題に対するデータ取得</li> <li>・長期比較試験4年以降試料分析評価</li> </ul>

# 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

【研究分野】

地層処分

【分類番号】

2-5-1

【研究課題名 (Title)】

TRU核種を含む放射性廃棄物処分の安全評価の信頼性向上に向けたデータ及び評価手法の整備  
(Date acquisition and development of assessment method for the safety assessment of TRU waste)

【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分材料研究グループ

(Materials Research Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works)

【氏名】 宮本 陽一 (みやもと よういち: Yoichi Miyamoto)

【連絡先】 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 TEL: 029-282-1111 (内3139)

(Address) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Nka-gun, Ibaraki 319-1194

(Tel. No) +81-29-287-0928

【研究の範囲・分類】

・安全規制から要求に答える研究 (指針・基準類への反映)

【研究目的】

TRU核種を含む放射性廃棄物の性状に起因して起こる特有な現象に着目し、信頼性の高い核種移行データ等を取得・整備するとともに性能評価モデル/コードの開発及び解析評価を実施し、TRU核種を含む放射性廃棄物の地層処分に係る安全評価手法の確立及び関連する安全基準・指針類の策定に資する。

【研究内容】

TRU核種を含む放射性廃棄物の性状に起因して起こる特有の現象を考慮したデータ取得・整備及び性能評価解析のため、以下の研究を実施する。

イ) セメントの長期的溶解変質に関する研究

セメントの変質を定量的に把握するため、既存のセメント変質モデルの妥当性を評価検討する。

ロ) 高pH、硝酸塩環境下における人工バリア及び岩盤の長期的変質に関する研究

セメント成分の溶出によって生成される高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質挙動を把握するとともに核種移行パラメータへの影響を把握する。廃棄体を起源とする硝酸塩の分解挙動を把握するとともに硝酸塩による人工バリア及び岩盤特性への影響や核種移行パラメータへの影響を把握する。

ハ) 有機物の影響に関する研究

地下水中の天然有機物及び廃棄体や人工バリア材を起源とする有機物の地下水中での挙動を把握するとともに、核種移行プロセスやパラメータへの影響を把握する。

ニ) 微生物活動の影響に関する研究

地下深部での微生物の活動状況に関する情報をもとに核種移行プロセスやパラメータへの影響を把握する。

ホ) ガス発生及び移行の影響に関する研究

廃棄体や人工バリア材の劣化に伴い発生するガス発生とその移行挙動に関するデータの拡充を行い、既存のガス移行モデルの妥当性を評価する。

ヘ) 評価モデル及びコードの開発並びに性能評価

イ)～ホ) で得られた知見やデータを評価シナリオの設定や性能評価モデルの開発に反映させるとともに、モデルの妥当性について検証する。また、感度解析等の実施により、処分システムを性能評価する。

**【研究の必要性】**

数年後に予想されるTRU廃棄物の処分事業に関連した法整備に、TRU廃棄物処分方策の確立に関する詳細かつ具体的な研究成果を反映させるために、早急かつ着実に研究を進める必要がある。

**【研究の達成目標】**

- イ) セメントの長期的な変質を定量的に評価するための合理的なセメント変質モデルを整備する。
- ロ) 高pH地下水の影響に係わる共同研究や高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質及び核種移行パラメータへの影響評価に基づいた処分システムの性能評価の実施により、処分システムの安全評価に資する知見を整備する。硝酸塩の分解挙動や硝酸塩による人工バリア及び岩盤特性への影響や核種移行パラメータへの影響評価に基づいた処分システムの性能評価の実施により、処分システムの安全評価に資する知見を整備する。
- ハ) 地下水中の天然有機物及び廃棄体や人工バリア材を起源とする有機物の地下水中での挙動及び核種移行パラメータへの影響評価に基づいた処分システムの性能評価の実施により、処分システムの安全評価に資する知見を整備する。
- ニ) 微生物の核種移行プロセスや核種移行パラメータへの影響評価に基づいた処分システムの性能評価の実施により、処分システムの安全評価に資する知見を整備する。
- ホ) 処分システム内でのガスの移行挙動を定量的に評価するための合理的なガス移行モデルを整備する。
- ヘ) TRU廃棄物処分に関する上記の知見に基づいた処分システムの安全評価の実施により、安全基準・指針類の策定に資する知見を整備する。

**【成果の活用方策】**

上記研究成果を数年後に予想されるTRU廃棄物の処分事業に関連した法整備に反映させる。

**【研究計画】**

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	1) 既存のセメント変質モデルの調査・整理 2) 高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質挙動の調査及び試験。硝酸イオンの変遷/影響の調査・試験。 3) 天然有機物及び人工有機物の特性・挙動調査及び試験。 4) 地下深部での微生物調査並びにアルカリ環境での微生物の生育検討 5) 金属からのガス発生速度の取得及び人工バリア中のガスの移行モデルの調査。 6) TRU廃棄物処分の評価シナリオ/性能評価モデルの整理。	
平成14年度	1) セメント変質モデルの改良/開発 2) 高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質挙動の調査及び試験継続。硝酸イオンの変遷/影響の調査・試験継続。 3) 天然有機物及び人工有機物の特性・挙動調査継続及び試験継続。 4) 地下深部での微生物調査並びにアルカリ環境での微生物の生育検討継続。 5) 金属からのガス発生速度の取得継続及び人工バリア中のガスの移行モデルの調査。 6) TRU廃棄物処分の評価シナリオ/性能評価モデルの改良/高度化。	



平成15年度	<p>イ)セメント変質モデルの妥当性検討  ロ)高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質挙動の評価。硝酸イオンの変遷/影響評価。  ハ)天然有機物及び人工有機物の特性・挙動評価。  ニ)地下深部/アルカリ環境での微生物の活性評価  ホ)金属からのガス発生速度の取得継続及びガスの人工バリア中の移行モデルの妥当性検討。  ヘ)TRU廃棄物処分システムの性能解析/課題のとりまとめ</p>	<p>イ)セメント変質モデルについての中間整理  ロ)硝酸塩の変遷/影響の概括的整理  ハ)天然有機物及び人工有機物の特性についての中間整理  ニ)地下深部並びにアルカリ環境での微生物活動の中間整理  ホ)金属からのガス発生速度及び人工バリア中のガス移行についての中間整理  ヘ)TRU廃棄物処分システムの性能に関する中間整理</p>
平成16年度	<p>イ)合理的なセメント変質モデルの整備  ロ)高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質挙動に係るデータ追加/評価。硝酸イオンの変遷/影響に係るデータ追加。  ハ)天然有機物及び人工有機物に係るデータ追加/評価  ニ)地下深部/アルカリ環境での微生物の影響評価  ホ)金属からのガス発生速度の取得継続及び人工バリア中のガスの移行評価  ヘ)TRU廃棄物処分システムの性能/安全解析</p>	
平成17年度	<p>イ)セメント変質評価  ロ)高pH地下水による人工バリア及び岩盤の長期変質挙動に係る影響ならびに硝酸イオンの影響の詳細評価。  ハ)天然有機物及び人工有機物の影響評価  ニ)地下深部/アルカリ環境での微生物の影響評価継続  ホ)ガス発生及び移行の影響評価  ヘ)TRU廃棄物処分の安全評価</p>	<p>イ)セメント変質モデルのまとめ  ロ)高pH地下水及び硝酸イオンの影響評価のまとめ  ハ)天然有機物及び人工有機物の影響評価のまとめ  ニ)地下深部並びにアルカリ環境での微生物の影響評価のまとめ  ホ)金属からのガス発生速度及びガス移行の影響評価のまとめ  ヘ)安全基準・指針類の策定に資するTRU廃棄物の処分システムの安全性に関する知見のまとめ</p>
平成18年度以降	<p>イ)合理的なセメント変質モデルを用いた詳細解析  ロ)高pH地下水及び硝酸イオンの影響の詳細評価。  ハ)天然有機物及び人工有機物に係る詳細影響評価  ニ)地下深部/アルカリ環境の微生物の詳細影響評価  ホ)ガス発生及び移行の詳細影響評価  ヘ)TRU廃棄物処分システムの詳細安全評価</p>	<p>イ)セメント変質評価の詳細とりまとめ  ロ)高pH地下水及び硝酸イオンの影響の詳細とりまとめ  ハ)天然有機物及び人工有機物の影響の詳細とりまとめ  ニ)地下深部/アルカリ環境の微生物の影響の詳細とりまとめ  ホ)ガス発生及び移行の影響の詳細とりまとめ  ヘ)安全基準・指針類の策定に係わる知見の詳細とりまとめ</p>

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

【研究分野】  
地層処分

【分類番号】  
2-5-2

【研究課題名(Title)】

ヨウ素の高度保持廃棄体・人工バリア材に関する研究  
(Research on Advanced Waste Form and Engineered barrier for Iodine)

【実施機関 (Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

【研究者名、所属及び連絡先 (Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分材料研究グループ

【氏名】 宮本 陽一 (みやもと よういち)

【連絡先】 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33、電話：029-282-1111

(Name) Yoichi Miyamoto

(Title of function) Materials Research Group, Waste Isolation Research Division,  
Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

(Address and Tel. No.) 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1194 Japan,  
Tel:029-282-1111

【研究の範囲・分野】

安全規制からの要求に応える研究（安全性の判断材料としての活用）

【研究目的】

ヨウ素の移行抑制機能に優れた廃棄体、人工バリア候補材について、ヨウ素の浸出率や収着挙動等の移行抑制に係るデータを取得し、処分システムの信頼性向上に資する。

【研究内容】

銅マトリックス固化体やヨウ素を含有させた鉱物等について、処分環境を模擬した条件下における材料の化学的安定性やヨウ素の浸出率、収着係数、溶解度等のデータを取得する。また、得られたデータをもとに処分システム構成要素としての適用性を検討する。

【研究の必要性】

使用済燃料に含まれる放射性ヨウ素のうち再処理施設でオフガス系に移行するものは銀系ヨウ素吸着剤で捕獲される。

ヨウ素 129 は、半減期が約 1600 万年と長く、処分場の安全評価上重要な放射性核種である。従って、処分の安全性を向上し、我が国の幅広い地質環境条件に柔軟に対応していく上で有効となり得るヨウ素の移行抑制機能に優れた廃棄体・人工バリア材が求められている。

廃棄体・人工バリア材の高度化という社会的要請に国が応えるためには、安全性の判断材料となるデータ、知見の取得、ヨウ素移行抑制機能の評価手法の整備が必要である。このための安全研究の展開が必要である。

【研究の達成目標】

- ・材料の化学的安定性やヨウ素の浸出率、収着係数、溶解度等のデータを取得する。
- ・処分システム構成要素としての適用性を判断する。

【成果の活用方法】

銅マトリックス固化体，ヨウ素を含有させた鋳物及びヨウ素の拡散係数が小さい人工バリア材のヨウ素の移行抑制に係るデータや移行抑制メカニズムに関する知見は，国の安全審査等において，処分の安全性を評価するための基礎データとして利用できる。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成 13 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 模擬の銅マトリックス固化体やヨウ素ソーダライト及びアパタイトマトリックス固化体を作製する。浸出率等測定試験を開始する。</li> <li>・ ヨウ素の見かけの拡散係数，実効拡散係数の小さい粘土鋳物を調査する。</li> </ul>	
平成 14 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ヨウ素の拡散係数が小さい粘土鋳物中の見かけの拡散係数，実効拡散係数測定試験を開始する。</li> </ul>	
平成 15 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 銅マトリックス固化体，ヨウ素ソーダライト及びアパタイトマトリックス固化体及びヨウ素の拡散係数が小さい粘土鋳物のヨウ素の移行抑制に係るデータを取得する。</li> </ul>	<p>材料の化学的安定性やヨウ素の浸出率，収着係数，溶解度等のデータを取得する。</p>
平成 16 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 銅マトリックス固化体，ヨウ素ソーダライト及びアパタイトマトリックス固化体及びヨウ素の拡散係数が小さい粘土鋳物のヨウ素の移行抑制メカニズムを検討する。</li> </ul>	
平成 17 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内外のヨウ素の移行抑制に係る研究について情報を収集，整理し，銅マトリックス固化体，ヨウ素ソーダライト及びアパタイトマトリックス固化体及びヨウ素の拡散係数が小さい粘土鋳物を比較，評価し，処分システム構成要素としての適用性を検討する。</li> </ul>	<p>処分システム構成要素としての適用性を判断する。</p>

その他（「ふげん」の廃止措置）

## 安全研究計画調査票（平成13年度～平成17年度）

### 【研究分野】

水炉の安全性に関する研究

### 【分類番号】

社内研究 1 - 1

### 【研究課題名(Title)】

原子炉の廃止措置に関するエンジニアリング支援システムの開発  
(Development of an Engineering Support System for Decommissioning)

### 【実施機関(Organization)】

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

### 【研究者名、所属及び連絡先(Name, Title of function, Address, and Tel. No.)】

【所属】 敦賀本部 新型転換炉ふげん発電所 環境保全課

【氏名】 渋谷 進 (しぶやすすむ)

【連絡先】 〒914-8510 福井県敦賀市明神町3 TEL. 0770-26-1221

(Name) Susumu SHIBUYA

(Title of function) Waste Management Section, Fugen Nuclear Power Station, Tsuruga Head Office

(Address and Tel. No.) 3 Myojin-cho, Tsuruga-shi, Fukui 914-8510 Japan  
Tel. +81-770-26-1221

### 【研究の範囲・分類】

原子力施設の安全性の向上を目的とした研究

### 【研究目的】

これまでに原研で開発したCOSMARDを新型転換炉「ふげん」の廃止措置計画の検討に適用することにより、原子力施設の廃止措置計画の最適化に資する。また、原研が開発を進めている解体作業シミュレーションシステムの手法とサイクル機構が準備している「ふげん」の3次元画像データ、バーチャルリアリティ技術を用いた解体作業シミュレーションシステムの開発により、廃止措置計画の検討に資することを目的とする。

### 【研究内容】

#### イ. COSMARDの適用性評価

「ふげん」の物量及び作業データベースを構築し、解体工法、作業期間などをパラメータにして、COSMARDにおいて、「ふげん」用の各種管理データ（人工数、被ばく線量、廃棄物発生量など）を計算し、「ふげん」の最適な廃止措置計画を検討する。また、COSMARDの圧力管型重水炉への適用性を評価する。

なお、平成13年度末までに、計算結果の評価検討を行う。

#### ロ. 解体作業シミュレーションの開発

原研の解体作業シミュレーションシステムの手法と「ふげん」の3次元画像データ、最新のバーチャルリアリティ技術を用いて、作業者の被ばく線量、作業性評価等も評価可能な、解体作業シミュレーションシステムを開発する。

なお、平成15年度末までに、システムの総合評価を実施する。

### 【研究の必要性】

原子力施設の廃止措置は、経済的かつ安全に進める必要がある。このためには、解体等の廃止措置計画を事前に詳細に検討する必要がある。

特に原子炉施設のように膨大な物量の機器や構造物の解体計画の立案については、作業工数、被ばく、廃棄物発生量等を考慮して、手順や工法等を選定し、最適化を図るシステムエンジニアリン

グの手法が有効である。

したがって、これらのシステムを構築するため、廃止措置計画の評価システムのCOSMARD及びバーチャルリアリティを用いた解体作業シミュレーションシステムを開発し、「ふげん」の合理的な廃止措置計画の策定に反映する必要がある。

【成果の達成目標】

- イ. COSMARDによって、「ふげん」の解体計画の作業量、被ばく、廃棄物量等を適切に評価できることを確認する。
- ロ. 解体作業シミュレーションシステムの開発により、解体作業の被ばく評価、作業量の評価が適切に評価でき、COSMARDの精度向上に寄与することを確認する。

【成果の活用方策】

「ふげん」の合理的な廃止措置計画の検討に資する。

【研究計画】

	研究実施内容	達成目標
平成13年度	イ. COSMARDによる計算結果の評価検討 ロ. 解体作業シミュレーションシステムの開発	・解体計画の作業量、被ばく、廃棄物量等を適切に評価できること。 ・解体作業シミュレーションシステムの開発機能の確認。
平成14年度	ロ. 解体作業シミュレーションシステムの開発の継続	・解体作業シミュレーションシステムの開発機能の確認。
平成15年度	ロ. 解体作業シミュレーションシステムの開発の評価	・解体作業の被ばく評価、作業量の評価が適切に評価でき、COSMARDの精度向上に寄与すること。

※ 本研究は、平成15年度で終了予定。