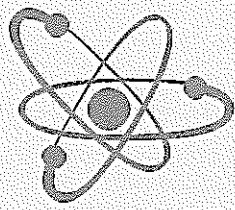
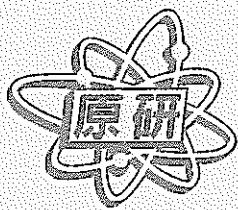


JAERI-Conf
2004-013

JNC TN1200
2004-002



第2回
原研－サイクル機構合同安全研究成果報告会講演集
2004年2月6日、東京

2004年8月

(編) 第2回原研-サイクル機構合同安全研究成果報告会合同事務局

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy
Research Institute

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

本レポートは、日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構が発行する成果報告書です。

本資料の入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課¹⁾、もしくは核燃料サイクル開発機構技術展開部技術協力課²⁾あてお申し越し下さい。

なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター³⁾で複写による実費頒布を行っております。

1) 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4

2) 〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

3) 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4 日本原子力研究所内

This report is issued by Japan Atomic Energy Research Institute and Japan Nuclear Cycle Development Institute.

Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute¹⁾, or Technical Cooperation Section, Technology Management Division, Japan Nuclear Cycle Development Institute²⁾.

1) 2-4 Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan

2) 4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1184, Japan

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2004

© Japan Nuclear Cycle Development Institute, 2004

第2回原研-サイクル機構合同安全研究成果報告会講演集

2004年2月6日、東京

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター

核燃料サイクル開発機構安全推進本部

(編) 第2回原研-サイクル機構合同安全研究成果報告会合同事務局*

(2004年7月1日受理)

原子力安全委員会の定める安全研究年次計画及び規制行政庁等のニーズを踏まえ、原研とサイクル機構が実施している安全研究について、原子力関係者及び一般を対象に、最近の成果を報告するとともに、統合後の新法人における安全研究の進め方に関する総合討論を行うことにより、今後、新法人が進める安全研究に資することを目的として、2004年2月6日に東京で合同の研究成果報告会を開催した。本報告会には原子力関係者をはじめ規制行政庁を中心に、昨年の188人を大幅に上回る259人の参加があった。

本報告会は、研究成果の報告、特別講演、総合討論より構成した。まず、原研とサイクル機構の安全研究の成果の概要について、それぞれの機関より報告した。その後、原子力施設等、環境放射能、放射性廃棄物の各安全研究の成果について、原研及びサイクル機構から報告した。続いて、東原子力安全委員会委員より高レベル放射性廃棄物処分に対する防護基準の概要について特別講演があった。最後に、木村原子力安全委員会安全研究専門部会長が議長を勤め、規制行政庁、産業界、学界からのパネリストに原研及びサイクル機構からの各1名を加え、フロアからの参加も交えながら「新法人における安全研究の進め方」についての総合討論を行った。

原研及びサイクル機構以外のパネリストから新法人における安全研究の進め方に関する考え方が示され、期待の大きいことが明確になった。新法人の安全研究計画の策定に際して参考となる多くの貴重な意見が得られた。本報告書は、上記合同報告会における特別講演、報告、質疑応答、総合討論及び使用された発表資料を取りまとめ、講演集としたものである。

日本原子力研究所東海研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

核燃料サイクル開発機構 : 〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4-49

※第2回原研・サイクル機構合同安全研究成果報告会合同事務局メンバー

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター：杉本 純、安濃田良成、新谷文將、
山口紀雄

核燃料サイクル機構安全推進本部 : 佐藤義則、石川敬二

Proceedings of Second JAERI-JNC Joint Conference on Nuclear Safety Research
- February 6, 2004, Tokyo -

(Ed.) Secretariat of Second JAERI-JNC Joint Conference on Nuclear Safety Research^{*}

Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken
and
Japan Nuclear Cycle Development Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 1, 2004)

The second JAERI-JNC Joint Conference on Nuclear Safety Research was held on February 6, 2004 in Tokyo for those who are relevant to nuclear industries and regulatory organizations, and general public. The nuclear safety research has been conducted in both institutes according to the Five-Year Program for Nuclear Safety Research established periodically by the Nuclear Safety Commission (NSC) and needs from the regulatory organizations. The objectives of the conference are to present its recent results and to collect views and opinions from the participants for its future program through the discussion after each presentation and panel discussion on how to conduct efficiently the nuclear safety research in the New Organization. A total of 259 people participated in the conference mainly from the nuclear industries and regulatory organizations and the number was much larger than that in the last conference of 188.

The conference consisted of presentations on the safety research results, a special lecture and a panel discussion. First, the overview of safety research results was presented from each institute. Then, the results in the field of nuclear installations, environmental radioactivity and radioactive waste were presented from each institute. Then, Dr. Higashi, the Nuclear Safety Commissioner, made a special lecture on the radiation protection from the high-level radioactive waste disposal. Finally, a panel discussion was conducted with the title of "how to conduct efficiently the nuclear safety research in the New

^{*}Member of Secretariat of the Conference:

JAERI Tokai Research Establishment, Nuclear Safety Research Center:

Jun SUGIMOTO, Yoshinari ANODA, Fumimasa ARAYA, Toshio YAMAGUCHI

JNC Safety Promotion Project :

Yoshinori SATO, Keiji ISHIKAWA

Organization" chaired by Prof. Kimura, the chairperson of Standing Committee on Nuclear Safety Research under the NSC. The panelists from the regulatory organizations, nuclear industry, JAERI and JNC discussed the subject together with the participants on the floor.

The panelists not from JAERI and JNC expressed their views and opinions on how to conduct efficiently the nuclear safety research in the New Organization that were valuable inputs for developing the research program in the New Organization. The present report compiles the summaries of papers presented, special lecture, questions and comments and panel discussion in the conference.

Keywords: Nuclear Safety Research, Nuclear Installations, Radioactive Waste, Environmental Radioactivity

目 次

1. まえがき	1
2. 講演要旨及び質疑応答	3
2.1 成果の概要	3
2.1.1 原研の安全研究成果の概要 (野村 正之)	3
2.1.2 サイクル機構の安全研究成果の概要 (鈴木 治夫)	7
2.2 セッションI 「原子力施設等安全研究」	12
2.2.1 軽水炉の熱水力安全評価技術の高度化に関する研究 (中村 秀夫)	12
2.2.2 過渡伝熱流動現象評価に関する研究 (村松 壽晴)	18
2.3 セッションII 「環境放射能安全研究」	24
2.3.1 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 (栗原 治)	24
2.3.2 高エネルギー放射線の線量測定・評価に関する研究 (山口 恭弘)	29
2.3.3 質疑応答	34
2.4 セッションIII 「放射性廃棄物安全研究」	35
2.4.1 放射性廃棄物処分における長期的安全評価手法の研究 (木村 英雄)	35
2.4.2 人工バリア等の性能に関する長期挙動評価 (油井 三和)	41
2.4.3 質疑応答	47
2.5 特別講演「安全規制における最近の話題」(東 邦夫)	48
2.6 総合討論「新法人における安全研究の進め方」	54
2.6.1 議長による開会宣言 (木村 逸郎)	54
2.6.2 パネリスト基調報告と原研及びサイクル機構からの回答の要旨	56
(1) パネリストによる基調報告 1 (渡辺 格)	56
(2) パネリストによる基調報告 2 (平岡 英治)	60
(3) パネリストによる基調報告 3 (村田 貴司)	63
(4) パネリストによる基調報告 4 (武藤 栄)	67
(5) パネリストによる基調報告 5 (鳥井 弘之)	71
(6) 基調報告に対する原研からの回答 (石島 清見)	73
(7) 基調報告に対するサイクル機構からの回答 (石黒 勝彦)	77
2.6.3 質疑応答	80
3. あとがき	84
謝辞	85
付録1 プログラム	86
付録2 参加者数	87
付録3 アンケート集計結果及びアンケート用紙への記載事項に対する回答	88

Contents

1.	Introduction	1
2.	Summaries of Presentations and Discussions	3
2.1	Overview of Safety Research	3
2.1.1	Overview of Safety Research Results at JAERI (Masayuki NOMURA)	3
2.1.2	Overview of Safety Research Results at JNC (Haruo SUZUKI)	7
2.2	Session 1 "Safety Research on Nuclear Installations"	12
2.2.1	Research for Improvement of LWR Thermal-hydraulic Safety Evaluation Methods (Hideo NAKAMURA)	12
2.2.2	Study on Transient Thermohydraulic Analyses (Toshiharu MURAMATSU)	18
2.3	Session 2 "Safety Research on Environmental Radioactivity"	24
2.3.1	Study on Monitoring for the Worker/the Public in a Radiological Emergency (Osamu KURIHARA)	24
2.3.2	Research on Radiation Dosimetry for High-energy Radiations (Yasuhiro YAMAGUCHI)	29
2.3.3	Discussions	34
2.4	Session 3 "Safety Research on Radioactive Waste"	35
2.4.1	Research on Long-term Safety Evaluation Methodology in Radioactive Waste Disposal (Hideo KIMURA)	35
2.4.2	Studies on Long-term Performance of the Engineered Barrier System (Mikazu YUI)	41
2.4.3	Discussions	47
2.5	Special Lecture: Recent Topics in Safety Regulation (Kunio HIGASHI)	48
2.6	Panel Discussions: How to Conduct Efficiently the Nuclear Safety Research at the New Organization	54
2.6.1	Opening Remarks by Chairman (Itsuro KIMURA)	54
2.6.2	Presentations by Panelists and Responses from JAERI and JNC	56
(1)	Presentation by Panelist 1 (Itaru WATANABE)	56
(2)	Presentation by Panelist 2 (Eiji HIRAKA)	60
(3)	Presentation by Panelist 3 (Takashi MURATA)	63
(4)	Presentation by Panelist 4 (Sakae MUTO)	67
(5)	Presentation by Panelist 5 (Hiroyuki TORII)	71
(6)	Response to Panelists' Presentations from JAERI (Kiyomi ISHIJIMA) ..	73
(7)	Response to Panelists' Presentations from JNC (Katsuhiko ISHIGURO) ..	77
2.6.3	Discussions	80
3.	Concluding Remarks	84

Acknowledgements.....	85
Appendix 1 Program of Conference.....	86
Appendix 2 Number of Participants.....	87
Appendix 3 Summary of Questionnaire Results and Responses to Them.....	88

1. まえがき

日本原子力研究所（以下「原研」）及び核燃料サイクル開発機構（以下「サイクル機構」）は、原子力安全委員会が策定する安全研究年次計画及び規制行政府のニーズを踏まえて、実施している安全研究について、昨年に引き続き第2回の合同成果報告会を、2004年2月6日に東京で開催した。本報告会は、原子力関係者及び一般を対象に、最近の成果を報告するとともに、統合後の新法人における安全研究の進め方に関する総合討論を行うことにより、今後、新法人が進める安全研究に資することを目的として実施した。本報告会には原子力関係者をはじめ、規制行政府を中心に昨年の188人を大幅に上回る259人の参加があった。

報告会では、まず、原研とサイクル機構の安全研究成果の概要について、野村副所長兼安全性試験研究センター長と鈴木特任参事より報告した。続いて、原子力施設等安全研究、環境放射能安全研究、放射性廃棄物安全研究の最近の成果について、原研及びサイクル機構からそれぞれ1件ずつ報告をした。次に、東原子力安全委員会委員より高レベル放射性廃棄物処分に対する防護基準の概要について特別講演があった。最後に、木村原子力安全委員会原子力安全研究専門部会長の議長による「新法人における安全研究の進め方」をテーマに総合討論を行った。

以下に成果報告、特別講演、総合討論の概要を記す。

(1) 成果の概要

初めに、原研における安全研究の位置付け、主な分野と課題、成果の指針・基準等への反映例について全体的な概要を報告した。続いて、最近の研究成果の例として、再処理施設の臨界安全に関する実験研究と環境放射線測定器の校正技術に関する研究の成果について説明した。最後に、新法人における安全研究の展望について、原子力二法人統合準備会議報告書を基に基本的な考え方を述べた。

サイクル機構における安全研究の基本方針について触れ、続いて、原子力施設等、環境放射能、放射性廃棄物処分の安全研究について、それぞれ最近の研究成果例を説明した。続いて、成果の指針・基準等への反映例を示し、最後に、新法人におけるプロジェクト研究開発の中で一体として実施する安全研究の考え方について述べた。

(2) セッションⅠ 「原子力施設等安全研究」

水炉の安全性に関する研究として、原研より「軽水炉の熱水力安全評価技術の高度化に関する研究」及びサイクル機構より「過渡伝熱流動現象評価に関する研究」を報告した。

(3) セッションⅡ 「環境放射能安全研究」

サクル機構より「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」と原研より「高エネルギー放射線の線量測定・評価に関する研究」を報告した。プルトニウム被ばく事故の線量評価の必要性及び原研とサイクル機構の統合効果に関する質疑があった。

(4) セッションⅢ 「放射性廃棄物安全研究」

原研より「放射性廃棄物処分における長期的安全評価手法の研究」とサイクル機構より「人工バリア等の性能に関する長期挙動評価」を報告した。原研とサイクル機構の研究の共同での早期実施に関する質疑があった。

(5) 特別講演：「安全規制における最近の話題」（東原子力安全委員会委員）

講演演題から個別具体例として、「高レベル放射性廃棄物処分に対する防護基準の概要」の講演

があった。はじめに、浅地中処分の防護基準、固体廃棄物処分に係る制度化の状況及び地層処分の概念について説明があった。続いて、防護基準の共通的事項として、線量拘束値、リスク拘束値、時間枠、評価期間、人間侵入、再取り出しの可能性について説明があった。最後に、今後の取り組みとして、高レベル放射性廃棄物、TRU廃棄物、高 β γ 廃棄物、ウラン廃棄物に関する防護基準を挙げ、これらの課題への新法人からの協力の必要性が強調された。

(6) 総合討論：「新法人における安全研究の進め方」（議長：木村原子力安全システム研究所技術システム研究所長）

原子力安全委員会原子力安全研究専門部会の木村部会長が議長を務め、文部科学省研究開発局原子力課渡辺課長、経済産業省原子力安全・保安院原子力安全技術基盤課平岡課長、原子力安全委員会事務局総務課村田課長、電気事業連合会原子力部武藤部長、東京工業大学原子炉工学研究所鳥井教授及び原研原子炉安全工学部石島部長とサイクル機構バックエンド推進部石黒次長をパネリストとして、「新法人における安全研究の進め方に」についてパネル討論を行った。先ず、木村議長より総合討論の趣旨説明があり、その後、渡辺、平岡、村田、武藤、鳥井の各パネリストが基調報告を行い、これに対し、原研とサイクル機構の各パネリストから新法人における安全研究の進め方について基本的考え方を示した。続いて、議長から示された論点に関して、パネリストとフロアを交えた討論を行った。原子力安全基盤機構（JNES）の設立に係わる役割分担、他の法人や大学の成果の利用の重要性、研究の多様性と重点化の両立、中核的研究機関（COE）としての先見性の重要性等、多岐にわたる活発な議論があった。

本報告書は、上記第2回の合同成果報告会における研究成果報告、特別講演、総合討論及び使用された発表資料を取りまとめ、講演集としたものである。アンケートの集計結果についても付録にまとめた。

2. 講演要旨及び質疑応答

2.1 成果の概要

2.1.1 原研の安全研究成果の概要

(原研 東海研究所副所長 安全性試験研究センター長 野村正之)

原研の安全研究は、国の安全規制を技術的に支援することを目的として、安全性試験研究センターが中核となり、原子力安全委員会の定める安全研究年次計画や規制行政当局からの要請に応え、燃料の高燃焼度化に伴う安全評価や高経年化機器の健全性評価等の研究課題に取り組んでいる。この他、原子力エネルギー研究開発として、高温ガス炉、革新的原子炉といった開発プロジェクトを実施しているが、これらの研究においても、安全設計研究など、安全性に関する研究を実施しており、こうした研究は安全研究と情報交換をしながら進めている。規制への反映という安全研究の目的達成のためには、幅広い技術基盤が必要であり、このため原研は、原子力の総合研究所であるという特徴を活かして、炉物理、熱流動、燃料・材料、保健物理など、安全性に関わる基礎・基盤研究も展開している。また、これらの研究では、大型安全性研究施設や試験研究炉などの研究施設を最大限に活用して進めている。

原研は、こうした研究を通じて得た知見や経験に基づき、国や地方自治体を技術的に支援している。安全審査指針の策定に必要なデータの提供など、原子力安全委員会や規制行政庁を支援しているほか、防災施設への協力も行っている。また、1979年の米国スリーマイル島原子力発電所をはじめ、1999年のジェー・シー・オ一臨界事故時の対応、一昨年の国内BWRのシュラウド問題におけるサンプル調査や健全性評価などにも貢献してきた。

原研が実施している安全研究の主な分野には、原子力施設等、環境放射能、放射性廃棄物の3つの主要な研究分野がある。原子力施設は、軽水炉、核燃料施設、さらに核燃料の輸送に関する安全研究に分かれている。

軽水炉に関する安全研究としては、高燃焼度燃料やMOX燃料を対象とした高度化燃料の性能評価、将来型原子炉の熱水力安全、高経年化構造機器の健全性、確率論的安全評価に基づくリスク評価と管理等に関する研究を実施している。核燃料施設では、再処理施設、燃料加工施設等を対象として、臨界安全性や放射性物質の閉じ込め安全性に関する研究を実施している。

環境放射能では、線量・放射線計測技術、内部被ばく防護、外部被ばく防護、放射線リスクに関する研究を実施している。放射性廃棄物処分では、処分に係る安全評価手法の開発・整備や人工や天然のバリア性能に関する研究を実施している。

これまでに原研が実施した安全研究の成果は安全審査指針類の策定・改訂に反映されている。例えば、軽水炉の冷却材喪失実験や原子炉安全性研究炉による反応度実験の成果を関連する評価指針の整備に反映した等がその例である。最近では、燃料サイクル工学施設による臨界実験の成果がMOX燃料加工施設の指針の策定に役立てられた。今後も国の規制上の重要課題に適時・的確に応えるため、安全研究を着実に実施していく。

続いて、最近の安全研究の成果の二例を、以下に述べる。

原研では、再処理施設を対象とした臨界安全性に関して、定常臨界実験装置STACYを用いた実験研究を実施している。溶解工程を対象として、低濃縮ウランの非均質格子に溶液ウランを給液

して臨界量を測定することにより、臨界安全ベンチマークデータを取得している。一方、原研では臨界解析システムを開発しており、これによる解析結果は、実験結果を高い精度で再現できることが確認できた。また、臨界安全ハンドブックの臨界安全制限値の算出に用いた JACS システムは実験値よりも過少評価するが、ハンドブックの推定値よりも大きな値になっており、ハンドブックが妥当であることが実証できた。今後は、使用済燃料中に含まれる核分裂生成物や溶解槽で用いられるガドリニウムを用いた実験を計画しており、これにより臨界安全設計手法の合理化を図ることが可能となり、ガドリニウム使用頻度の大幅な低減が期待できる。

次の例は、環境放射線測定器の校正技術に関する研究である。放射線防護における計測では、被ばく線量を正しく評価するため、測定値の信頼性を確保すること、すなわち品質保障体系を確立することが重要である。中性子は、X線やγ線に比べて線量測定が難しく、一般に線量計のエネルギー特性が良好ではないため、エネルギー特性をあらかじめ測定・評価しておく必要がある。この特性試験を行うための単色中性子校正場の整備を進めている。単色中性子校正場としては、国際規格で定められた、8keV～20MeVまでの約10点を整備する予定で、これまでに、3点について校正場を構築し、国家標準から基準を移行した。質の高い校正場を整備するため、目的とするエネルギー以外の中性子ができるだけ発生しないような低散乱ターゲットの設計・製作、加速電圧を精密に調整し、安定させる技術の開発を行った。また、基準フルエンスの測定方法及び国家標準からの基準移行方法を確立した。今後、順次エネルギー点を増やしていくとともに、使用可能なエネルギーから供用を開始していく予定である。

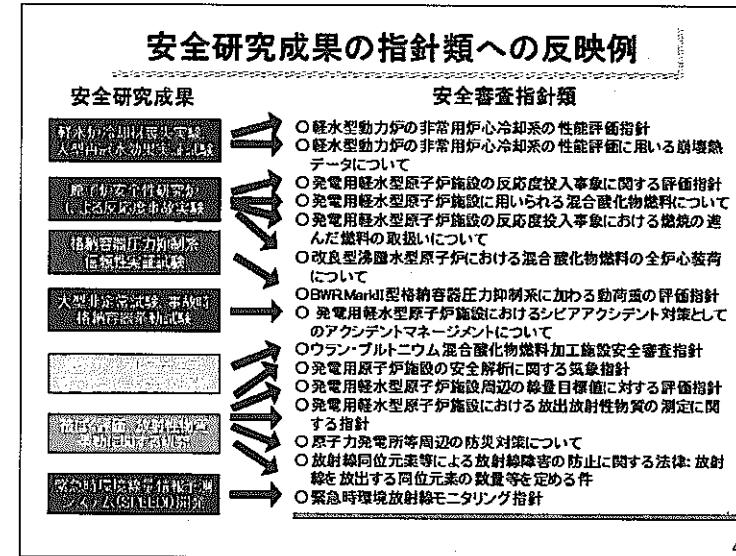
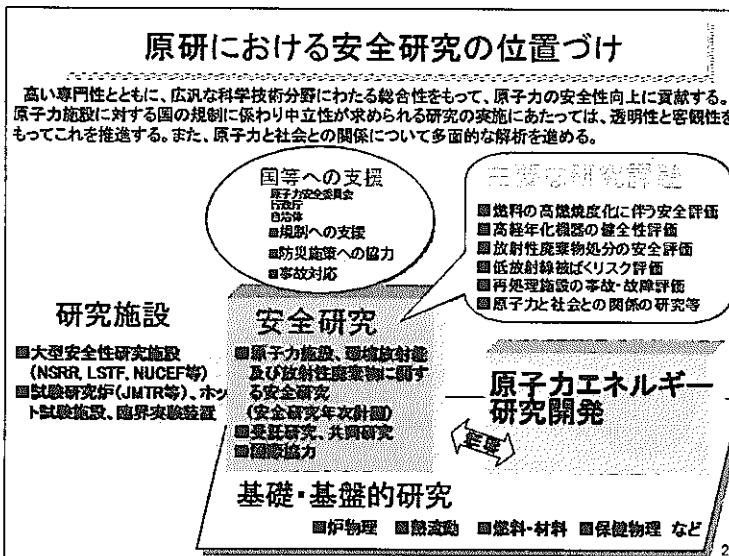
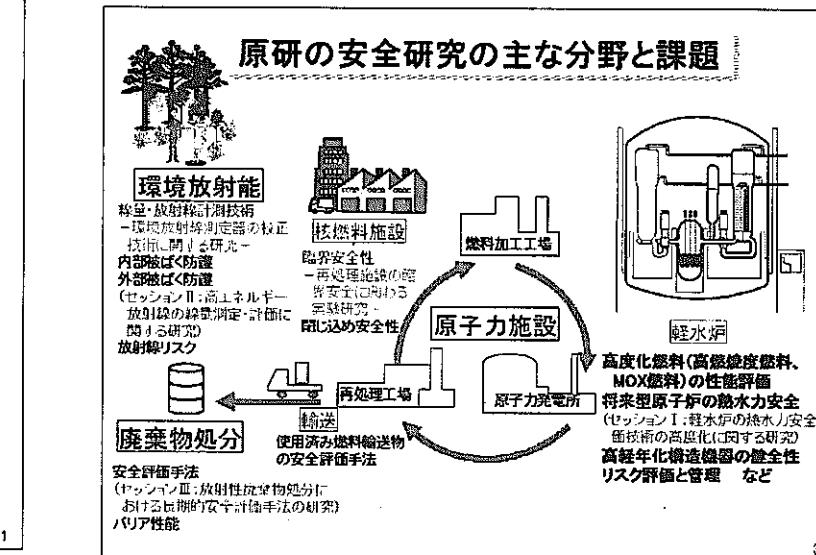
最後に、新法人における安全研究についてであるが、新法人の役割やあり方については、国の原子力二法人統合準備会議において一昨年2月以来検討され、昨年9月の報告書では、概ね次のように記述されている。

- ・原研におけるこれまでの実績を踏まえ、新法人は引き続き、安全研究分野における中核的機関としての役割を果たすことが期待される。
- ・原子力安全委員会はこれまで5年毎に安全研究年次計画を策定してきたが、新法人の設立を契機として新しく原子力安全研究計画を策定することとしている。この安全研究計画や規制当局の要請に基づき安全研究を実施することが求められている。
- ・また、安全研究の成果を活用することにより、国の原子力安全規制や事故・故障の原因究明などを人的、技術的に支援することが求められる。
- ・安全研究を実施するに当たっては、新法人の研究資源を最大限活用し、新法人が一体となって実施することが重要である。
- ・最後に、規制支援に係る活動は、新法人の業務の透明性及び中立性の確保に特段の配慮をすること。

新法人における安全研究のより具体的な進め方については、本日最後の総合討論において、原子力安全委員会、規制行政庁、産業界、国民各界のニーズ、要望等を踏まえて議論頂き、今後の安全研究計画の策定に役立てて行きたいと考えている。

原研の安全研究成果の概要

日本原子力研究所
東海研究所 副所長
安全性試験研究センター長
野村 正之



再処理施設の臨界安全に関する実験研究
—溶解槽の臨界設計手法の検証と燃焼度クレジット(FP効果)導入による経済性向上—

OSTACYによる溶解槽模擬実験(平成14年度～)

- ・溶解工程の臨界安全ベンチマークデータの取得
- ・臨界解析システムと臨界安全制限値の評価
- ・FP元素の中性子吸収効果に関する基礎データの整備
- ・非均質体系での可溶性毒物効果の把握(硝酸ガドリニウム)

タンク内燃料荷配置
実験値
MCNP4C-JENDL-3.3
JACSシステム
JACSシステム平均濃度過渡フラン格定臨界下限堆積率

臨界液位の変化(格子間隔:1.5cm, 水反射条件)

■ 臨界安全ハンドブックの臨界安全制限値の妥当性を実証
■ FPを燃焼度クレジットに取り込む効果を実証する実験を予定
■ 臨界設計手法の合理化によりGd使用頻度の大幅低減が期待

*本報告は、文部科学省からの委託研究(再処理施設臨界安全技術開発等)の研究成果の一部を含んでいる。

新法人における安全研究
—原子力二法人統合準備会議報告書(15年9月)より—

■これまでの実績を踏まえ、新法人は、安全研究分野の中核的機関としての役割を果たすことを期待

■原子力安全委員会の策定する原子力安全研究計画等に基づき安全研究を実施

■研究成果を活用することにより、国の原子力安全規制、事故・故障の原因究明などを支援

■新法人の研究資源を最大限活用し、新法人が一体となって安全研究を実施

■規制支援は、透明性及び中立性の確保に配慮

環境放射線測定器の校正技術に関する研究
—中性子計測の品質保証の確立に貢献—

エネルギー特性試験のための単色中性子校正場の開発

整備済み中性子エネルギー
○整備予定の中性子エネルギー
144keV
T(d,n)
D(d,n)
5MeV
7Li(p,n)
14MeV
T(p,n)
565keV
中性子エネルギー (MeV)

基準フルエンス算出用
モニタ検出器
基準移行用測定器
(国家標準で校正法)
技術開発事項

- 低散乱ターゲットの設計・製作
- 加速電圧の精密調整・安定化
- 基準フルエンス測定方法
- 国家標準からの基準移行方法

校正対象測定器
電子、中性子ビーム
ターゲット
電源

2.1.2 サイクル機構の安全研究成果の概要

(サイクル機構 特任参事・安全推進本部長代理 鈴木治夫)

サイクル機構における安全研究は、国の安全研究年次計画に整合した安全研究基本計画を定めて、4つの基本方針「施設の安全性の向上、特に運転安全に関する安全研究を推進し、国民の信頼性の増進を図る」、「安全技術の高度化・体系化を実施し、民間への技術移転や技術協力に資する」、「設計裕度や評価基準を適切化し、原子力の信頼性、経済性の向上に資する」、「成果を統合し、指針・基準類の整備に資するなど、安全規制へ貢献する」に則って推進している。

原子力施設等の安全研究のうち高速増殖炉の研究分野においては、「適切な安全設計・評価方針の策定に関する研究」「事故防止及び緩和に関する研究」などを行っている。「事故評価に関する研究」のうち、「過渡伝熱流動現象評価に関する研究」の成果はセッションⅠで報告する。「ナトリウム燃焼及びソースタームに関する研究」では、ナトリウム漏えい燃焼挙動の詳細現象を把握し、評価手法の高度化を図るものである。ナトリウム燃焼時に放出される燃焼エアロゾルの量は、安全評価上重要だが、酸素濃度や温度分布、流速分布などに影響されるため定量化が困難だった。本研究では、数値シミュレーションによりナトリウム燃焼反応、ふく射や伝導などによる伝熱、自然対流を解析することにより、エアロゾル粒子群の挙動を解析し、それが大気中に放出される量を定量化した。さまざまなナトリウムプール温度と酸素濃度に関して実験と比較した結果、両者は良好に一致することを示し、またエアロゾル粒子群の移流メカニズムを解明した。この成果を受けて、数値実験を行って開発したエアロゾル放出割合の代数法方程式モデルをナトリウム燃焼の安全評価コードに反映した。今後は、データベースの整備とモデルの検証を行う。

核燃料施設分野では、「臨界安全性に関する研究」「遮へい安全性に関する研究」などを行っている。「未臨界度モニタの開発」では、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ことを目的としている。大洗工学センター重水臨界実験施設において整備された未臨界度測定シミュレーションコードの汎用化整備を行い、模擬時系列データが測定時系列データを炉物理的に正しく模擬できることを確認した。また、東海再処理施設の工程内に設置されている中性子インラインモニタのパルス信号を処理することにより未臨界度の測定が可能などを確認した。今後は、東海再処理施設において実施設での適用性を確認する。

耐震分野では、「新構造システムに関する研究」として免震構造に関する研究を行っている。確率論的安全評価分野では、「原子炉施設」と「核燃料施設」について、確率論的安全評価の適用研究を行っている。

環境放射能の研究分野では、「ラドン・トロン及びその壊変生成物の分布と挙動に関する研究」「放射性物質の分布と移行に関する研究」などを行っている。「環境放射線測定、放射性物質の分析・測定等のモニタリング技術開発に関する研究」のうち、「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」はセッションⅡで報告する。

「極低濃度長半減期放射性核種の定量法に関する研究」では、従来の放射線測定法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ことを目的に行っている。本研究では、中性子放射化分析法に代わりマイクロ波導入質量分析法を用いた土壤中のヨウ素-129の分析法

を開発し、簡便かつ迅速に定量できるようになった。本分析法の特徴としては、原子炉が不要であること、測定の迅速性が向上することである。今後は、ヨウ素分析法の高度化と質量分析法を用いたセレンー79の定量法の開発を行う。

放射性廃棄物処分に関する安全研究分野では、「安全規制の基本的事項に関する研究」「地質環境評価手法に関する研究」などを行っている。「処分場の設計要件に関する研究」のうち、「人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究」、「人工バリアのナチュラルアナログ研究」などをまとめた成果はセッションⅢで報告する。

平成15年9月にまとめられた原子力二法人統合準備会議最終報告書では、研究開発に係る安全研究は、プロジェクト研究開発の中で一体として実施するよう求められている。原子力安全委員会では、新法人の発足に合わせて平成17年度から実施する「新しい原子力安全研究計画」の策定を行っている。新法人は、日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構がこれまで担ってきた役割を維持しつつ、原子力安全研究の中核的機関として新しい原子力安全研究計画に積極的に貢献したいと考えている。現在サイクル機構が推進している研究開発に係る安全研究についても継続して実施したいと考えている。今後、これらの要望等を十分踏まえて、二法人間でさらに緊密に検討を進める。

サイクル機構の安全研究成果の概要

核燃料サイクル開発機構
特任参事・安全推進本部長代理
鈴木 治夫

1

安全研究の基本方針

- 施設の安全性の向上（特に運転安全）による原子力に対する国民の信頼性の増進
- 安全技術の高度化及び体系化による民間への円滑な技術移転及び技術協力
- 設計裕度及び評価基準等の適切化による原子力の信頼性、経済性の向上
- 成果の統合化による指針・基準類の整備等、原子力安全規制への貢献

2

原子力施設等の安全研究

（高速増殖炉）

- 適切な安全設計・評価方針の策定
- 事故防止及び緩和
- 事故評価
 - 過渡伝熱流動現象評価
 - ナトリウム燃焼及びソースターム
- シビアアクシデント
- 運転管理及び施設管理

（耐震）

- 新構造システム（免震）

（核燃料施設）

- 臨界安全性
 - 未臨界度モニタの開発
- 遮へい安全性
- 閉じ込め安全性
- 運転管理・保守及び放射線管理
- 放射性廃棄物の管理

（確率論的安全評価）

- 原子炉施設
- 核燃料サイクル施設

3

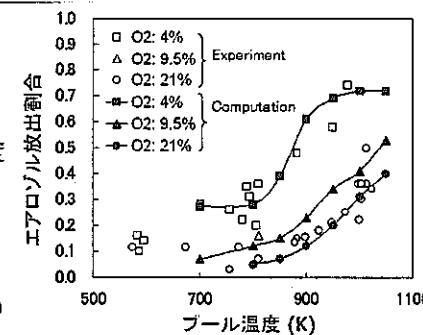
ナトリウム燃焼及びソースターム

（研究の目的）

ナトリウム漏えい燃焼挙動の詳細現象を把握し、評価手法の高度化を図る。

（研究の成果）

ナトリウム燃焼に伴い発生するエアロゾルの霧囲気中への放出割合についてのモデル化の見通しを得た。



プール温度とエアロゾル放出割合

4

未臨界度モニタの開発

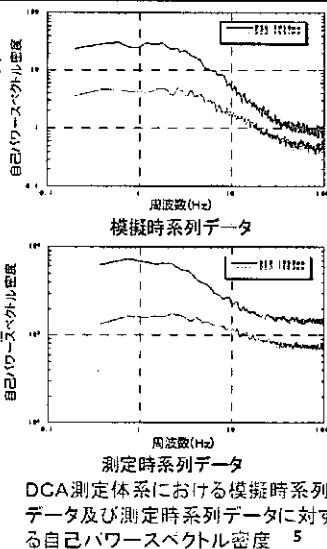
(研究の目的)

実用化を目指した未臨界度モニタを開発する。

(研究の成果)

- 重水臨界実験施設で整備した未臨界度測定シミュレーションコード(MCNP-CR)の汎用化整備によって作成された模擬時系列データが測定時系列データを炉物理的に正しく模擬できることが確認された。

- 未臨界度の測定が可能なことが確認できた。



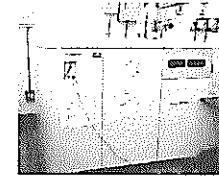
DCA測定体系における模擬時系列データ及び測定時系列データに対する自己パワースペクトル密度 5

環境放射能の安全研究

- ラドン・トロン及びその壊変生成物の分布と挙動
- 放射性物質の分布と移行
- 環境放射線測定、放射性物質の分布・測定等のモニタリング技術開発
 - 緊急時における個人被ばくモニタリング手法
 - 極低濃度長半減期放射性核種の定量法

極低濃度長半減期放射性核種の定量法に関する研究

中性子放射化分析法(NAA)に代わりマイクロ波導入質量分析(MIP-MS)法を用いた土壤中ヨウ素-129の分析法を開発し、簡便かつ迅速に定量できるようになった。



MIP-MS法と中性子放射化分析法(NAA)による土壤中ヨウ素-129定量結果の比較

試料	方法	I-127 (ppm)	I-129 ($\times 10^3$ Bq/kg-dry)
No.1	MIP-MS	93±21*	24±0.10*
	NAA (既存法)	92	23
No.2	MIP-MS	88±16*	19±0.063*
	NAA (既存法)	82	19

* MIP-MS測定における誤差は10回の測定における標準偏差

放射性廃棄物処分の安全研究

- 安全規制の基本的事項
- 地質環境評価手法
- 地層処分の安全評価手法
- 処分場の設計要件
 - 人工バリア及び岩盤の長期挙動
 - 人工バリアのナチュラルアナログ
- TRUを含む放射性廃棄物の安全評価

安全研究成果の指針・基準類等への反映例	
安全研究成果	指針・基準類等
事故時のMOX燃料の健全性研究	○「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」
「ふげん」で照射したMOX燃料を用いた反応度投入試験	○「改良型沸騰水型原子炉における混合酸化物の全炉心装荷について」
ナトリウム漏えい燃焼試験	○「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」の解説
配管内構造物の流力振動評価研究	○「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針」
MOX施設の臨界安全性研究	○「MOX取扱施設臨界安全ガイドブック」
環境放射能研究	○放射能測定法シリーズ(国の標準分析法)に採用
地層処分研究	○地層処分の事業に向けて処分予定地の選定と安全基準の策定に資するための技術的取り扱い

9

新法人における安全研究	
●研究開発に係る安全研究は、プロジェクト研究開発の中で一体で実施(原子力二法人統合準備会議最終報告書)	
●原子力安全委員会は、新しい原子力安全研究計画を策定中(平成17年度から実施予定)	
●新法人は、	
○中核的機関として新しい原子力安全研究計画に積極的に貢献	
○サイクル機構が推進している研究開発に係る安全研究を継続して実施	

10

2.2 セッションI 「原子力施設等安全研究」

2.2.1 軽水炉の熱水力安全評価技術の高度化に関する研究

(原研 热水力安全研究室長 中村 秀夫)

軽水炉の热水力安全評価では、複雑な多次元の気液二相流动を扱うが、従来は現象を单纯化ないし簡略化して扱うことが一般的であった。ところが最近では、原研をはじめ、複雑な現象をそのまま高精度で解析する技術が開発されつつある。また、局所的な現象に応じてさまざまな解析コードが開発されているが、それらを結合することでシステム全体の挙動理解につなげるなど、解析技術は進展している。一方、軽水炉の安全に関して最近は、リスク情報に基づいた安全余裕の現実的評価や热水力最適評価手法の安全評価解析への適用が検討されつつあり、事故時の迅速な現象解明と対策も依然として重要である。これらは热水力最適評価技術の解析精度や解析範囲に依存しており、最近の技術の進展を鋭意反映することが大切である。このため原研では、規制への情報提供や事故時に生じる現象の理解、将来炉の安全性の確認のため、軽水炉の安全評価に必要な技術基盤の確立と高度化を目的として、軽水炉の热水力安全評価技術の高度化に関する研究を進めている。原子力施設等安全研究年次計画では、安全評価技術の高度化に関する研究およびシビアアクシデントに関する研究を行っているが、ここでは、各々において実施中の下記の2件のテーマにつき、最近の主要な成果を紹介する。

(1) 次世代型BWR用 静的格納容器冷却系(PCCS)の性能評価

静的格納容器冷却系(PCCS)は、万一、炉心が溶ける様なシビアアクシデントが生じた場合でも、高温の溶融炉心のまわりに生じる蒸気によってドライウェルとウェットウェルの間に自然に生じる圧力差を利用して、その水蒸気を熱交換器に導いて凝縮し、格納容器の過圧破損を防止するとともに、長期冷却を行う受動的安全機器である。熱交換器としては耐震性に優れ、かつ経済的な横型の熱交換器が検討されているが、そもそも、窒素ガスや水素ガスといった非凝縮性のガスの混入による凝縮の劣化等、熱交換器の基礎的な伝熱流動に関する知見が不足していた。このため原研は、まず1本の伝熱管を用いた基礎伝熱試験を10年度に開始し、良好な除熱能力や円滑な排気や排水など、横型熱交換器の成立性を確認した。この様な成果を基に、実機サイズの試験体を用いた大型モデル試験を13年度に開始した。

15年度まで実施予定の大型モデル試験では、110万キロワット級の加圧水型原子炉(PWR)を、同一の高さ、体積比1/48で模擬した世界最大の模擬試験装置であるROSA計画LSTF装置に実規模の管群試験体を設置し、最大9MWの蒸気を空気と共に供給して設計条件などで試験を行うことで、熱交換器の総合性能を評価した。特に、3次元的な分布をもって激しく沸騰する熱交換器の二次側冷却水プールでの伝熱流動挙動が熱交換器の除熱の安定性に与える影響などを調べた。ここではまず、軽水炉の冷却材喪失事故時のシステム热水力解析に用いられている1次元2流体モデルコードであるRELAP5/MOD3に、基礎伝熱試験で開発した高精度の蒸気凝縮伝熱モデルを組み込み、伝熱管内の凝縮除熱が高精度で解析できる様に改造した。熱交換器では、伝熱管入口から蒸気凝縮が進むにつれて非凝縮性ガスの濃度が上昇し、水蒸気の飽和温度が低下するが、改造したコードは大型モデル実験で観測された温度低下の様子を大変良く再現した。ところが、1次元コードのRELAP5は二次側の多次元的な沸騰二相流を充分な精度で解析できない。一方、

原研では、3次元の沸騰や対流も解析可能な、3次元2流体コードである ACE-3D を開発している。今回新たに、これら2つの異なる特徴のコードを伝熱管温度を通じて熱的に結合することで、二次側の冷却水プールでの3次元的な伝熱流動と1次側の伝熱管群内凝縮流動との相互作用を調べ、設計の現実的な評価が行える最適評価手法を開発した。

今回開発した結合コードはさらに、熱交換器の向きを縦に変えることで、加圧水型原子炉(PWR)の蒸気発生器への応用を検討中である。

(2) 溶融炉心／冷却材相互作用(FCI) 評価手法の高度化と影響評価

炉心溶融を初め、シビアアクシデントでは大変複雑な現象が生じる可能性が有るが、1979年のTMI事故以降、重点課題として精力的に研究が行われ、多くの現象について解明が進み、知見が蓄積されてきた。しかし、万一、溶融炉心が炉外で水蒸気爆発を生じた場合、格納容器が破損して核分裂性生物が早期にかつ大量に放出される可能性が指摘されている。格納容器が破損する可能性は極めて小さいものの、仮に発生した場合の影響が大きいため、原子炉の代表的な事故であるかの様に言われることが有る。原研ではこの様なシビアアクシデント時に炉外で発生する水蒸気爆発について、影響予測での不確実さを低減してリスク評価の信頼性を向上させるため、特に実機への適用性の向上を目指して、評価手法の開発を重点的に進めている。

炉外の水蒸気爆発が関与するリスク評価を行う場合、事故シーケンスの選定に始まって水蒸気爆発に至る一連の解析を行い、格納容器の耐力の検討と併せて、格納容器の条件付き破損確率やソースターム評価を行うが、水蒸気爆発が構造に与える機械的負荷や溶融炉心の微粒化の評価がキーポイントとなる。

水蒸気爆発は、2000°Cを超える高温の溶融炉心が水中で分裂する「粗混合過程」と破壊的な衝撃波と急速な膨張を伴う「爆発過程」の互いに大きく異なる2つの過程から成る。原研では、この様な異なる時間スケールの混在する複雑現象を単一のJASMINEコードを使って解析するため、本コードは多くのモデルを組み合わせた構造を持つ。水プールの多次元二相流解析には、PCCSの解析でも利用中の3次元の熱水力コードACE-3Dを用いるとともに、水中に落下する高温の融体ジェットとキャビティ底部に形成される溶融物プールには各々、CIP法や差分法といった1次元流動モデル、水中で分散する溶融物液滴の粒子群の挙動追跡にはラグランジュモデルをそれぞれ組み合わせ、円筒座標系で同時に解析を行う。

ところで、この様な水蒸気爆発は国際的にも研究が続けられており、OECDでは大型実験などの解析を通じて解析技術の現状と課題を整理する SERENA 計画が実施されている。原研はこのSERENA 計画に参加し、入手した大型実験のデータを基に JASMINE コードの検証を行っている。解析例として、酸化ウランを模擬融体として EC の JRC Ispra で実験が行われた FARO-L33 の解析結果を示すが、JASMINE コードは水中に落下した高温の模擬融体の粗混合時の分散の様子を良く表現するとともに、水プールの底で発生した水蒸気爆発開始後の水プール内の圧力伝播の様子を良く解析した。

以上の様に原研では、安全研究年次計画に沿った研究として熱水力安全評価技術の高度化を進めており、今回紹介した横型熱交換器を有する次世代 BWR 用の PCCS の性能評価に関する研究では、PWR にも応用可能な ACE3D/RELAP5 結合コードなど、実機システム挙動の予測手法を

開発した。得られた成果は、安全審査でのクロスチェック解析や、軽水炉での事故防止のための詳細解析ツールとして利用が期待される。さらに、FCI 評価手法の高度化と影響評価に関する研究では水蒸気爆発解析コード JASMINE を中心に、実機での水蒸気爆発の影響評価を行う最適評価手法の枠組みを構築した。得られた成果は、リスク評価の信頼性向上や防災にかかる事故影響評価での利用が期待される。

今後は、万一の事故において生じる可能性がある複雑な熱水力現象の解明に必要な高精度の評価手法として開発をすすめるとともに、現行の安全解析で用いられている保守的な評価手法に代わり、安全余裕の現実的評価が可能な最適評価手法として整備するとともに、解析結果の不確かさ確認の手法を確立して、安全審査解析への適用の検討を行う予定である。

さらに、ROSA/LSTF 装置については、軽水炉事故時に生じる可能性の高い多次元・非平衡などの多様な流動を高精度で予測する新しい安全評価手法を構築するとともに、最適評価手法の不確かさの検討等に用いるため、OECD において国際共同研究プロジェクトを 17 年度に開始し、各国に共通する課題を含め、新しい安全評価手法の開発に必要なデータベースの構築を図る計画である。

- 15 -

第2回原研-サイクル機構
合同安全研究成果報告会
平成16年2月6日

軽水炉の熱水力安全評価技術の 高度化に関する研究

日本原子力研究所 安全性試験研究センター
原子炉安全工学部 热水力安全研究室

中村 秀夫

1

研究の目的

- 軽水炉の安全評価に必要な
技術基盤の確立と高度化
- 規制への情報提供
- 事故時の現象理解
- 将来炉の安全性確認

原子力施設等安全研究年次計画 (13? 16年度)

安全評価技術の高度化に関する研究

- 受動的安全系を有する軽水炉の安全性評価
 - ✓ 次世代型BWRの静的格納容器冷却系(PCCS)の性能評価
- 核热水力最適評価手法の高度化

シビアアクシデントに関する研究

- 溶融炉心／冷却材相互作用評価手法の高度化と影響評価
 - ✓ 水蒸気爆発が格納容器健全性に及ぼす影響の評価

3

背景

热水力解析技術の進展

- ✓ 多次元複雑流動の解析技術
- ✓ 異種コードの結合 など

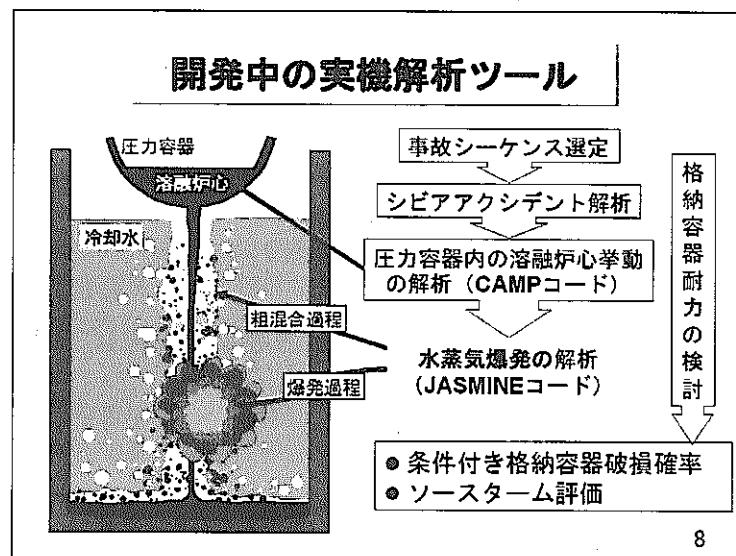
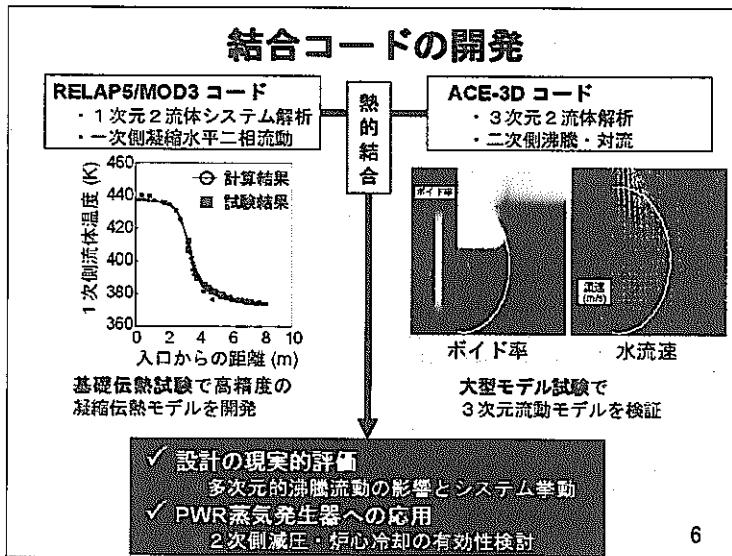
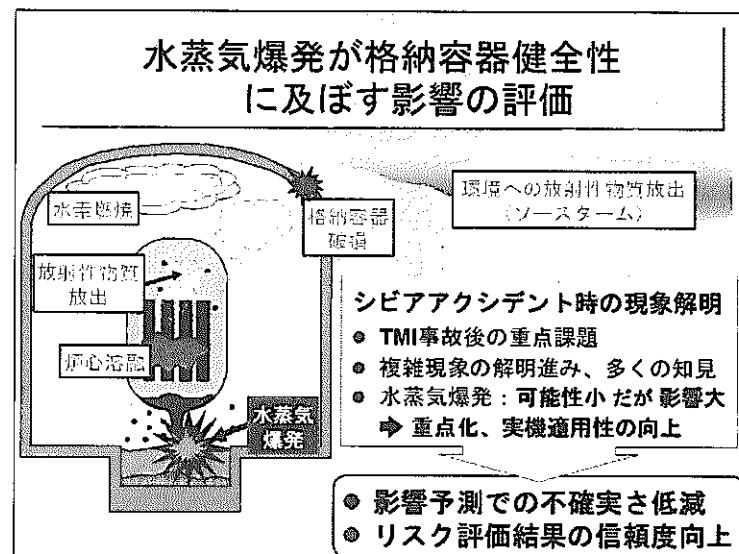
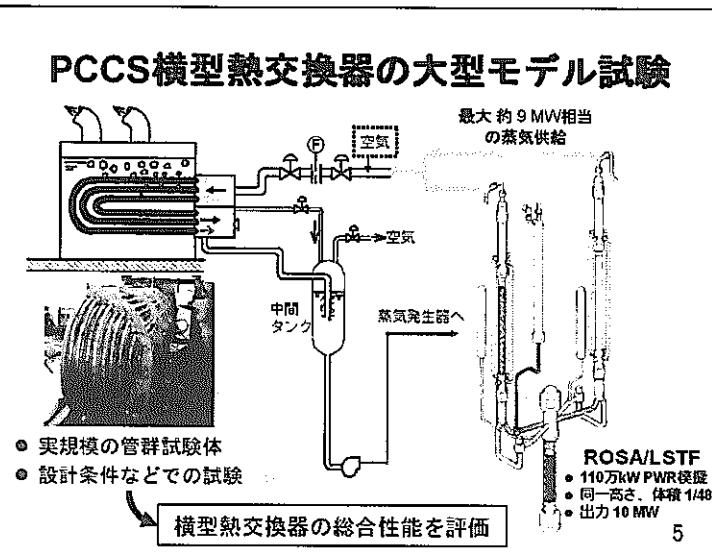
軽水炉の热水力安全にかかわる動き

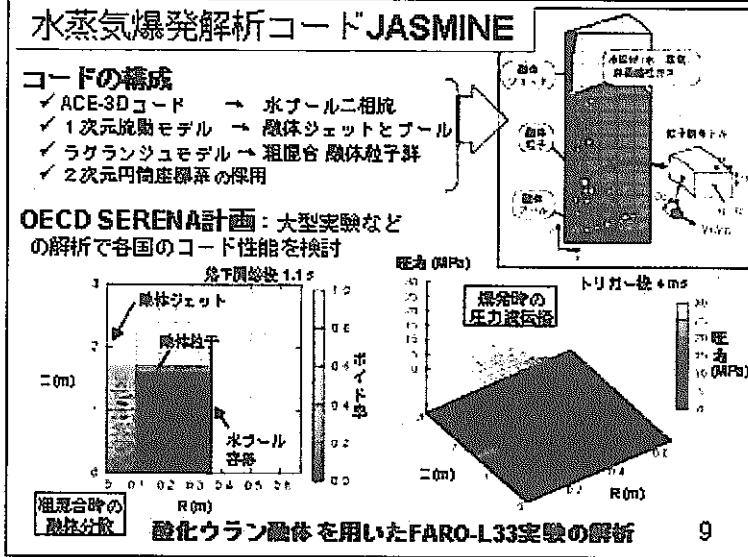
- ✓ リスク情報に基づく安全余裕の現実的評価
- ✓ 热水力最適評価手法の安全評価解析への適用
の検討
- ✓ 事故時の迅速な現象解明と対策

2

**次世代型BWR用 静的格納容器冷却系
(PCCS)の性能評価**

- シビアアクシデント対応機器
 - ✓ 静的な蒸気凝縮で過圧防止、長期冷却
 - ✓ 橫型熱交換器：非凝結性ガス混入条件等
での知見が不足
- 基礎伝熱試験 (10? 12年度、単一伝熱管)
 - ✓ 先行研究（横型熱交）
を凌ぐ除熱性能
 - ✓ 円滑な排気・排水
を確認
- 大型モデル試験 (13? 15年度、管群伝熱管)
 - 実機サイズ試験体で
性能実証
 - 広範な条件で
安定動作を確認





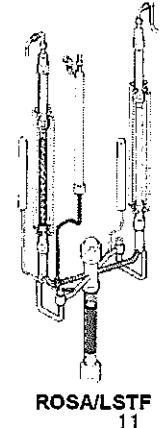
成果のまとめと反映

- 受動的安全系を有する軽水炉の安全性評価に関する研究
 - ✓ BWR用機器の研究を通じ、PWRにも応用可能な実機システム挙動の詳細解析ツールを開発
 - ✓ 安全審査でのクロスチェック解析
 - ✓ 将来炉の安全確認
- 溶融炉心／冷却材相互作用評価手法の高度化と影響評価に関する研究
 - ✓ 水蒸気爆発解析コード JASMINEを中心に、実機での水蒸気爆発の影響評価を行う最適評価手法の枠組みを構築
 - ✓ リスク評価結果の信頼度向上や事故影響評価

10

今後の課題

- 事故時の現象解明に必要な高精度な安全評価手法の整備
- 保守的評価手法に代り、安全余裕の現実的評価が可能な最適評価手法の安全審査解析への適用の検討
- ROSA/LSTFを用いたOECDでの国際共同研究プロジェクトを17年度に開始して、国際的に共通な課題を含め、新しい安全評価手法の開発に必要なデータベースの構築を図る
 - ✓ 多次元・非平衡など、多様な流動の高精度予測
 - ✓ 最適評価手法の不確かさ検討



用語解説

- ・受動的安全系： 経済性と安全性を共に向上させるため、ポンプ等の動的機器の代りに重力や圧力差等の自然の力を用いて冷却材注入や炉心冷却を行う安全系。
- ・静的格納容器冷却系(PCCS)： 格納容器ブレイ系等の動的機器が使用できない事態において受動的に蒸気凝縮を行ない、格納容器の過圧防止と長期冷却を行う。
- ・溶融炉心／冷却材相互作用(FCI)： 炉心が溶融する様なシビアアクシデントにおいて、溶けた炉心と冷却材が接触して生じる現象で、衝撃波伴う急速な爆発を生じる水蒸気爆発などが含まれる。
- ・ROSA計画： 軽水炉での冷却材喪失事故(LOCA)時に生じる熱水力現象を調べることで、非常用炉心冷却系(ECCS)やアクシデントマネジメントなどの有効性を確認し、最適評価手法の開発・整備を行う熱水力安全性に関する研究計画。
- ・LSTF（大型非定常試験装置）： 110万kW級PWRを体積比1/48、同一高さで模擬し、実炉と同じ温度・圧力でLOCA時の熱水カシスシステム挙動の模擬試験を行う世界最大の試験装置。平成17年度から国際共同研究としてOECDプロジェクトを開始する計画。
- ・リスク評価： 原子力施設で発生する可能性のある事故について、発生頻度と影響の大きさを確率論的に推定してリスクを求め、施設の安全性を総合的に評価する手法で、確率論的安全評価(PSA)とも呼ばれる。
- ・ソースターム： シビアアクシデント時に損傷炉心から放出される核分裂生成物(FP)が環境へ漏れ出る量の評価に必要な、FPの種類、化学形、炉心からの放出量の総称。
- ・OECD（経済協力開発機構）： 前身の欧州経済協力機構(OECEC)が発展的に改組されて1960年に設立された国際機関。OECD傘下のフォーラムである原子力機関(NEA)には28ヶ国が加盟し、原子力安全等に関する情報交流や国際研究開発が行われている。

12

2.2.2 過渡伝熱流動現象評価に関する研究

(サイクル機構 流体計算工学研究グループ 主任研究員 村松 壽晴)

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 °C と高いため、運転圧力をほぼ常圧とすることができる、耐圧設計の観点からは原子炉機器を薄肉構造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 °C と大きいため、耐熱設計の観点からは機械荷重とともに熱荷重に対する配慮が必要となる。

従来の原子炉機器設計に関わる熱流動研究は、構造設計に対して精度の高い機械的・熱的境界条件を提供するとの動機に基づいて進められ、その努力は主に、構造物の幾何形状や境界条件が一定の下で、発生する現象を高精度に模擬できる手法の開発に払われてきた。

一方実現象として、境界条件が構造物の応答挙動によって変化するような、いわゆる流体-構造連成現象は、空間的あるいは時間的に熱流動挙動が変化する全ての箇所で発生し、また流体と構造物とのカップリングの程度は、流体および構造物に関わる多くの熱流体的なパラメータの影響を受ける。この従来の設計評価における連成効果の把握は、プラントシステム内において熱流動現象が急激に変化する箇所をあらかじめ同定し、この箇所を実寸大で模擬した装置による実験を通して行われるのが大半であった。しかしながら、このような実験による効果の把握では、多くの支配パラメータを分離して機構論的に評価することが困難であるため、設計においては保守的な包絡線を使用し、結果として大幅な安全裕度を見込んだ設計となっていた。

本研究は、従来の研究では考慮されなかった熱流動現象に及ぼす構造物応答挙動等の効果を適切に評価し、更に精度の高い熱流動境界条件を構造側に提供して原子炉機器の設計合理化を達成する観点から実施するものであり、以下の 3 項目から構成されている。

- (1) 流体-構造熱的連成評価手法の開発・整備
- (2) コード検証用水・ナトリウム基礎実験の実施
- (3) 高サイクル熱疲労評価指針（案）の策定

ここでは、各研究項目の主要な成果について報告する。

(1) 流体-構造熱的連成評価手法の開発・整備

流体温度ゆらぎに起因する高サイクル熱疲労挙動（サーマルストライピング）を高精度で評価できるようにするために、複数の数値解析コードから成るシステムを開発した。

このシステムの特徴は、汎用多次元コードの役割と直接シミュレーションコードの役割を明確に分離し、後者が計算機に要求する性能を可能な限り低減させていることにある。すなわち、汎用多次元コード AQUA に温度ゆらぎ強度の定量的な推定と、これに基づく評価対象領域の限定の役割を持たせることによってサーマルストライピング評価上の解析対象領域を縮小・限定し、これを受けて直接シミュレーションコード DINUS-3 が境界層内での温度ゆらぎ減衰効果を考慮した時系列挙動の評価を行うものである。これによって、原子炉構造物表面での温度ゆらぎ挙動の時系列挙動を、現在の計算機能能力の範囲内で得ることができ、構造物熱的応答解析コード BEMSET との連成評価によって構造物の定量的な応答特性を評価することが可能となる。

(2) コード検証用水・ナトリウム基礎実験の実施

フランス高速原型炉フェニックスの配管合流部で発生した高サイクル熱疲労挙動の事後評価結果から、当該領域に低周波温度ゆらぎが発生する可能性が示唆された。これを系統的に調査・確認するため、配管口径比 (α)、流速比 (β) およびレイノルズ数 Re をパラメータとした基礎水実験を実施した。この結果、合流部でのフローパターンは、衝突流、偏向流および付着流に大別できるとともに、上記実験パラメータを用いることによりそれらの発生条件を一般化できることを確認した。さらに、偏向流条件では、枝管噴流端からの周期的な渦放出により形成されるアーチ状渦列の発生が確認された。これは、枝管噴流背後に生じる低圧死水領域への主流流入により循環渦が形成され、この循環渦の回転によって大規模渦塊が枝管噴流端から離脱することによって発生するもので、この主流方向輸送時間は上記実験パラメータを用いることによりストローハル数 St により一般化できることを確認した。

以上より、フェニックス炉での高サイクル熱疲労挙動では、低周波温度ゆらぎを伴うアーチ状渦列が有意な影響を及ぼしていた可能性を確認した。

(3) 高サイクル熱疲労評価指針（案）の策定

高サイクル熱疲労挙動の機構論的観点に立脚した評価指針（案）を構築した。この評価指針（案）の特徴は、高サイクル熱疲労挙動に対する各種影響因子を伝達関数として一般化した点にあり、これにより温度ゆらぎ周波数によって変化する高サイクル熱疲労特性を高精度で評価することができる。

同評価指針（案）を既往水実験に適用した結果、この評価指針（案）は、実験データを解析モデルに直接入力した場合と同等の結果となることを確認した。これは、今後の配管合流部設計・評価において、安全性と信頼性を担保した上で安全裕度を適正化できる可能性を示唆している。

以上の研究成果は、「もんじゅ」および「常陽」の安全総点検（ナトリウム内包壁の構造健全性評価）や実用化戦略調査研究に用いられるとともに、数値解析評価システムの一部は国内外の各種機関からの公開要請に基づいて貸与されている。また、日本機械学会による軽水炉用評価指針（2003. 12 公開）の策定では、本研究での手法・手順の考え方を提示するとともに、基礎水実験データを随時提供した。なお、温度の異なる流体が混合する配管合流部は、原子力分野のみならず多くの一般産業プラントでも多用されていることから、本研究の成果の適用が可能である。

第2回原研-サイクル機構
合同安全研究成果報告会
平成16年2月6日

過渡伝熱流動現象評価に関する研究

核燃料サイクル開発機構 大洗工学センター
要素技術開発部 流体計算工学研究グループ

村松 齊晴

研究目的

過渡伝熱流動現象につき、熱流体と構造物との境界領域における複合挙動を評価する数値解析手法の整備、検証に必要となる基礎実験の実施、および高サイクル熱疲労評価指針(案)の策定を実施

- 1. 流体-構造熱的連成評価手法の開発・整備**
 - 支配方程式を分離するとともに、機構論的に現象を評価することが可能な数値解析コードシステムの開発および検証
- 2. コード検証用ナトリウム基礎実験の実施**
 - 熱流体と構造物との境界領域における複合挙動の解明および特性の一般化
- 3. 高サイクル熱疲労評価指針(案)の策定**
 - 機構論的観点に立脚するとともに、数値解析手法を利用する配管流部を対象とした高速炉用評価指針(案)の構築

背景

液体金属高速増殖炉の安全設計

- 低圧システムであることから薄肉構造を採用
 - 地震などに起因した機械的荷重に対する配慮が必要
- システム内温度差が大きく($\sim 150^{\circ}\text{C}$)、ナトリウムの熱伝導度が良好(水の約100倍)であることから、流体中で発生する温度ゆらぎが構造物に到達しやすい
 - 熱的荷重に対する配慮が必要

実プラントでの高サイクル熱疲労破損の発生事例

- 高速炉: 仏 PHENIX (1992)、露 BN-600 (1993)
- 軽水炉: 仏 CTAUX (1998)、敦賀2号炉 (1999)、泊2号炉 (2003)

機構論的観点に立脚した高サイクル熱疲労評価手法構築の必要性

- 妥当な根拠に基づいた合理性を有する評価指針を策定する観点
- 適切な安全裕度を採用する耐熱疲労設計手法の一般化・標準化
- 革新機器設計における安全性・信頼性・経済性の向上の観点
- 高精度な熱流動境界条件を構造設計に受渡し、機器設計の合理化達成

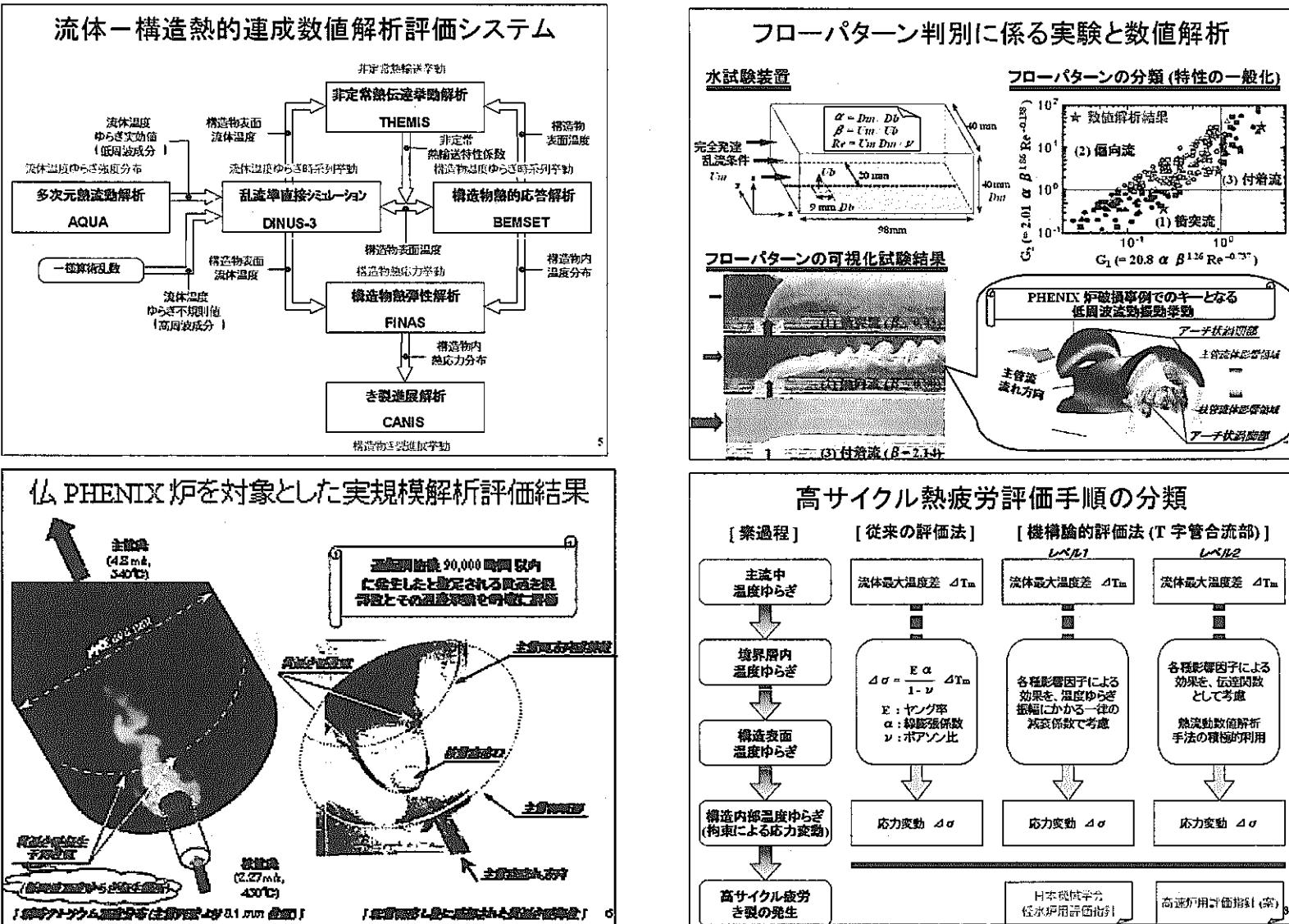
動的過程と影響因子

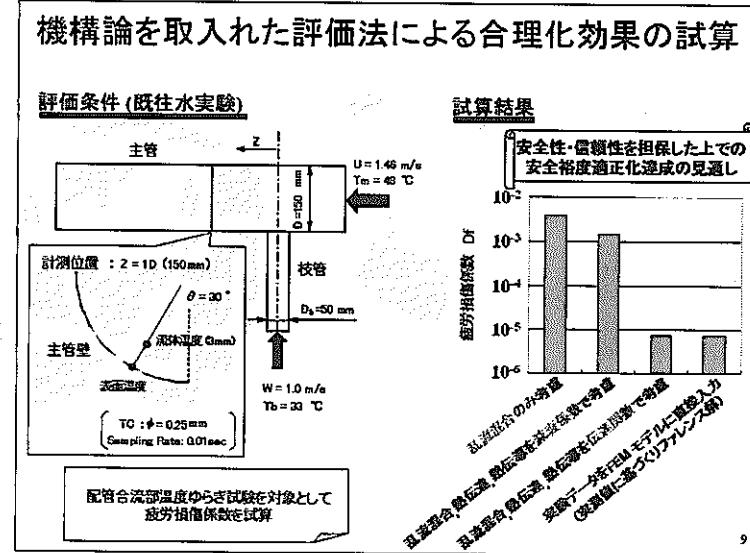
The diagram illustrates the relationship between flow processes and influencing factors. On the left, a schematic shows a vertical pipe with a flow direction from bottom to top. A temperature profile is shown with a high-temperature region at the bottom and a low-temperature region at the top. Four arrows point from this schematic to four boxes labeled [素過程] (Flow Process). These boxes are connected by arrows pointing downwards to a final box labeled [影響因子] (Influencing Factor). The boxes are:

- 主流中 温度ゆらぎ (Temperature fluctuation in the main stream)
- 境界層内 温度ゆらぎ (Temperature fluctuation in the boundary layer)
- 構造表面 温度ゆらぎ (Temperature fluctuation on the structure surface)
- 構造内部 温度ゆらぎ (Temperature fluctuation inside the structure)

Each of these four boxes has a corresponding box on the right labeled [影響因子] (Influencing Factor), which is connected to the main process box by a double-headed arrow:

- 乱流混合による 温度ゆらぎ速度 (Temperature fluctuation speed due to turbulent mixing)
- 境界層内粘性による 温度ゆらぎ速度 (Temperature fluctuation speed due to viscous dissipation in the boundary layer)
- 非定常熱輸送による 温度ゆらぎ速度 (Temperature fluctuation speed due to non-stationary heat conduction)
- 熱伝導による 温度勾配の緩和 (Relaxation of temperature gradient due to heat conduction)





成果のまとめ

1. 流体一構造熱的連成評価手法の開発・整備

- 複数の数値解析コードからなる評価システムを構築するとともに、実プラントで発生した高サイクル熱疲労による貫通き裂挙動を適切に評価できることを確認した(熱流動場、き裂の発生・進展)。
- 配管合流部の耐熱疲労設計では、低周波温度ゆらぎを伴うアーチ状渦などの発生に留意が必要である。

2. コード検証用水・ナトリウム基礎実験の実施

- 配管合流部を対象とした水実験から、主配管-枝管間での口径比、流速比などのパラメータにより熱流動特性の一般化が可能である。

3. 高サイクル熱疲労評価指針(案)の策定

- 機構論的観点に立脚した高速炉用評価指針(案)を構築し、安全性・信頼性を担保した上ででの安全裕度適正化達成の見通しを確認した。

10

成果の反映

1. 流体一構造熱的連成評価手法の開発・整備

- もんじゅおよび常陽の安全終点検(ナトリウム内包壁の構造健全性評価)に利用
- 実用化戦略調査研究における革新機器の熱流動設計評価に利用
- 評価システムを構成する解析コードの一部を、日仏政府間協力協定の枠組みで仏原子力庁(CEA)に貸与するとともに、国内外の大学(茨城大学、米国マサチューセッツ工科大学、同ミズーリ大学)からの公開要請に基づき貸与
- 「構造物の熱設計方法およびその設計に最適な数値計算装置」として、日米欧で特許を取得

2. コード検証用水・ナトリウム基礎実験の実施 および

3. 高サイクル熱疲労評価指針(案)の策定

- 日本機械学会による軽水炉用評価指針(2003.12公開)の策定の場において、評価手法・手順の考え方を提案するとともに、基礎実験データを随時提供

11

今後の課題

1. 流体一構造熱的連成評価手法の開発・整備

- 低周波温度ゆらぎ挙動などの発生を防止する装置の数値解析および提案

2. コード検証用水・ナトリウム基礎実験の実施

- 流体温度ゆらぎ特性の一般化(社内ならびに大学で分担実施)
- ナトリウム試験によるき裂発生・進展挙動に関する流体温度ゆらぎ周波数の影響評価

3. 高サイクル熱疲労評価指針(案)の策定

- 機構論的観点に立脚した高速炉用評価指針(案)の妥当性検討および汎用化

12

用語解説

高サイクル熱疲労	1,000,000 回程度以上の熱サイクル負荷による構造物の熱疲労破壊形態。
境界層	構造物表面近傍に生じる速度勾配の大きな空間領域の総称。
熱応力	構造物内部での不均一温度分布などにより生じる力。
AQUA	時間平均操作を施した Navier-Stokes 方程式を利用する汎用多次元熱流動解析コード。
DINUS-3	局所瞬時の Navier-Stokes 方程式を利用する汎用多次元準直接シミュレーションコード。
THEMIS	流体 - 構造物間での非定常熱輸送特性を評価する直接シミュレーションモンテカルロコード。
BEMSET	流体温度変動に対する構造物内の温度分布および熱応力分布を評価するための境界要素法コード。
FINAS	構造物内の熱応力挙動を評価するための有限要素法コード。
CANIS	構造物のき裂進展挙動を評価するための破壊力学コード。
伝達関数	任意システムにおける入力と出力の関係を、周波数領域で関連づけた関数。
疲労損傷係数	荷重負荷によって材料が受けける疲労損傷の大きさを示す係数。
ヤング率	弾性範囲内での応力とひずみの比 ($= \sigma / \varepsilon$)。
ボアン比	垂直ひずみと横ひずみとの比 ($= -\varepsilon_y / \varepsilon_x$)。

13

2.3 セッションⅡ「環境放射能安全研究」

2.3.1 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

(サイクル機構 線量計測課 副主任研究員 栗原 治)

原子力緊急事態のみならず、原子力緊急事態に至らない場合にも、包括的で一元的な対応を図り、異常事態の発生時に人の健康と命を守る原子力のセーフティネットであること（緊急時被ばく医療のあり方より）に基づき、実効性のある緊急被ばく医療の整備や核燃料サイクルの事業化に伴うプルトニウム利用に向けて、公衆を対象とした個人モニタリング技術の整備や内部被ばく線量低減技術の整備を行う必要がある。

本研究の目的は、原子力緊急時に際して、公衆を対象とした個人モニタリング手法を整備することにより、原子力防災に活用すること、並びにプルトニウム内部被ばく事故時における線量評価の精度向上に向けた技術開発を行うことにより、被ばく医療に活用することである。

体外計測技術に係る技術開発では、①肺モニタ・全身カウンタ統合システムの開発、②数値シミュレーションによる校正手法の適用検討を行った。

線量評価技術に係る技術開発では、①内部被ばく線量評価コードの開発・整備、②キレート剤(DTPA)投与に伴う線量低減効果の評価法検討を行った。

本研究では、以下の成果が得られた。

- ・肺モニタ・全身カウンタの開発により、体外測定法の精度向上が期待できるとともに、モニタリングの迅速化が図られた（実務に適用）。
- ・数値シミュレーションによる体外計測機器の校正について、適用の見込みが得られた。
- ・代謝特性の個体差を考慮できる線量評価コードの開発により、医療投与に伴う線量低減効果について、その評価方法を検討した。
- ・これらの成果は、緊急被ばく医療における治療方針の策定や原子力施設等の防災対策に資する。

今後の課題としては、体外計測技術に係る技術開発では、①身体部位別放射能の定量方法の構築、②ボクセルファントムの適用検討、③被検者の数学モデル化検討があり、線量評価技術に係る技術開発では、①薬物投与時の代謝特性の変化に関する考察、②代謝特性以外の個体差の検討がある。

第2回原研-サイクル機構
合同安全研究成果報告会
平成16年2月6日

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

核燃料サイクル開発機構 東海事業所
放射線安全部

栗原 治

研究目的

- 原子力緊急時に際して、公衆を対象とした個人モニタリング手法を整備することによって、原子力防災に活用する。
- プルトニウム内部被ばく事故時における線量評価の精度向上に向けた技術開発を行うことにより、被ばく医療に活用する。

背景

原子力緊急事態のみならず、原子力緊急事態に至らない場合にも、包括的で一元的な対応を図り、異常事態の発生時に人の健康と命を守る原子力のセーフティネットであること（緊急被ばく医療のあり方より）

- 実効性のある緊急被ばく医療の整備
- 核燃料サイクルの事業化に伴うプルトニウム利用

↓

- 公衆を対象とした個人モニタリング技術の整備
- 内部被ばく線量低減技術の整備

研究の概要

緊急被ばく医療支援

- ①リスク量の評価
- ②治療方針の策定支援

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

体外計測
(精度の高い摂取量評価)

- ①体外計測機器の開発整備
- ②校正技術の開発

内部被ばく

線量評価
(実効線量・吸収線量の評価)

- ①線量評価コードの整備
- ②線量評価コードの高度化
(キレート剤投与モデル)

研究概要(その1)

体外計測技術に係る技術開発

課題

- ①放射性物質の体内分布を考慮した測定法が未検討
- ②個人の体格に応じた物理ファントムによる校正の限界

本研究

- ①可動式検出部を有する全身カウンタの開発
- ②数値シミュレーションによる効率評価方法の開発

数値シミュレーションによる計数効率評価法の開発

数値シミュレーションによる適用検証 → 汎用数学ファントム(MIRD)との結合 → 個人数学ファントム(VOXEL)との結合

計算コード: MCNP4C

数値シミュレーションの妥当性を確認

5

6

7

8

可動式検出部を有する全身カウンタの開癆

肺モニタ・全身カウンタ統合システム(IHMS)

肺モニタシステム

全身カウンタシステム

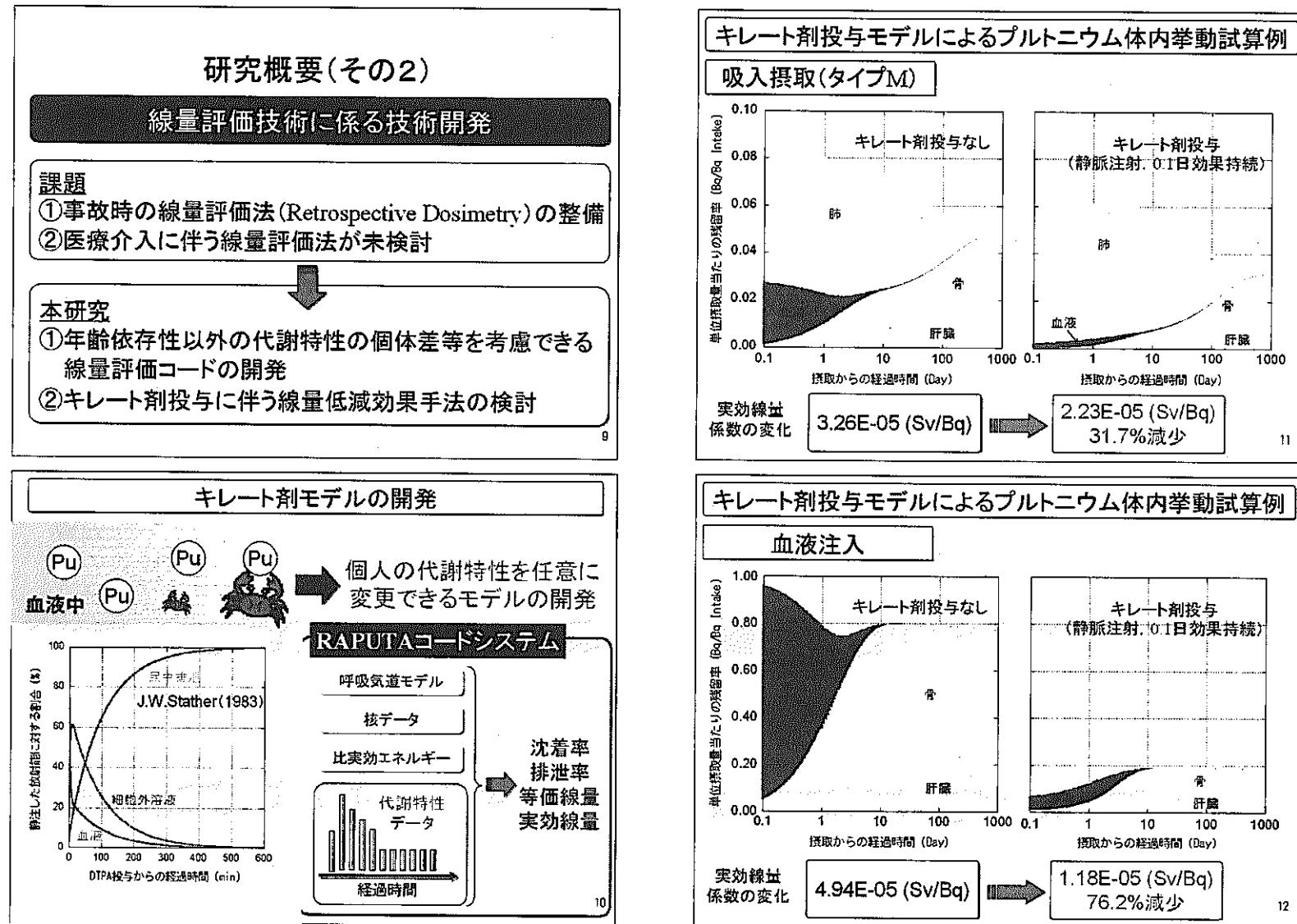
9

数値シミュレーションの適用例

- IAEA主催の体外計測国際相互比較プログラム
- 世界38カ国、約70研究機関の参加
- 同一のファントムを各機関で巡回測定、相互比較

JNC東海の校正用ファントム(赤色)とIAEAファントム(水色)

10



成果のまとめ

体外計測技術に係る技術開発

- ①肺モニタ・全身カウンタ統合システムの開発
- ②数値シミュレーションによる校正手法の適用検討

線量評価技術に係る技術開発

- ①内部被ばく線量評価コードの開発・整備
- ②キレート剤(DTPA)投与に伴う線量低減効果の評価法検討

13

今後の課題

体外計測技術に係る技術開発

- 身体部位別放射能の定量方法の構築
- ボクセルファントムの適用検討
- 被検者の数学モデル化検討

線量評価技術に係る技術開発

- 薬物投与時の代謝特性の変化に関する考察
- 代謝特性以外の個体差を検討

15

成果の反映

- 肺モニタ・全身カウンタの開発によって、体外測定法の精度向上が期待できるとともに、モニタリングの迅速化が図られた(実務適用)。
- 数値シミュレーションによる体外計測機器の校正について、適用の見込みが得られた。
- 代謝特性の個体差を考慮できる線量評価コードの開発により、医療投与に伴う線量低減効果について、その評価方法を検討した。
- これらの成果は、緊急被ばく医療における治療方針の策定や原子力施設等の防災対策に資する。

14

用語解説

- 内部被ばく：吸入、経口摂取等によって体内に取り込まれた放射性物質が体内の各所に沈着し、体内組織(甲状腺、肺、骨髄、腎臓等)が放射線を受ける場合の被ばくをいう。主に電離効果の高い α 線による被ばくが問題となる。
- 全身カウンタ：内部被ばくの際に、体内に取り込まれた放射性物質から体外に透過してくる放射線を放射線検出器で測定することによって、全身中の放射能量を定量する装置。 α 線や β 線しか放出しない核種には、全身カウンタは適用できない。ホールボディカウンタ(Whole Body Counter)ともいう。
- ファントム：人体を模擬した全身カウンタの校正用線源。
- キレート剤：キレートの語源はカニのハサミである。キレート剤は、カニがハサミでものを挟むような形で重金属と結合する薬剤。キレート剤を投与すると、體体形成により人体から重金属属性の放射性同位元素の排泄を促進する。代表的なものとして、ブロトニウムなどに対するジエチレントリアミン5酢酸(DTPA)がある。
- ブロトニウム：原子記号Pu、原子番号94。基本的に、地球上には天然には存在せず、原子炉内でウランが中性子を吸収して生成する。軽水炉で生成するブロトニウムも質量割合で約60%は質量数が239のもので、核分裂性であり、再び核燃料として利用できる。ブロトニウムの多くはアルファ線を放出するため、ブロトニウムの微粒子を摂取した場合は、主に肺、骨表面及び肝臓に沈着して癌を引き起こすおそれがあるので、その取扱いは厳重な注意が払われている。

16

2.3.2 高エネルギー放射線の線量測定・評価に関する研究

(原研 外部防護被ばく研究室長 山口 恒弘)

高エネルギー加速器施設の遮へい設計、安全評価、放射線管理においては、高エネルギー放射線に対する線量評価、線量測定が重要である。原研では、高エネルギー放射線の線量計算に不可欠な様々な線量換算係数を計算評価するとともに、放射線管理のための高エネルギー中性子用新型モニタの開発を行っている。

高エネルギー加速器施設における主な外部被ばく源は、非常に高いエネルギーまで幅広いエネルギー分布を持つ中性子である。国際放射線防護委員会(ICRP)は、中性子に対する線量換算係数に関して 180 MeVまでのデータしか与えていない。そこで、数学的に人体各部を定義したモデルと、人体内での高エネルギー放射線の核反応及びエネルギー付与を計算するコードを用いて、200 GeVまでの中性子、陽子、パイオニアに対する線量換算係数を計算評価した。これらの計算結果は、現在原研が高エネルギー加速器研究機構と共同で建設を進めている大強度陽子加速器(通称 J-PARC)の各施設の遮へい設計等に反映されている。また、ここで開発された線量計算手法は、宇宙飛行士の被ばく線量評価や粒子線を用いた治療における精密な線量計算にも応用することができる。そこで、今後はこれらの分野で問題となる高エネルギーイオンに対する線量計算コードを開発する予定である。

高エネルギー加速器施設の遮へい体外側で、放射線管理のために中性子の線量を適切に測定するモニタの開発を行っている。試計算によると、3 GeV 陽子加速器施設の遮へい体外側における中性子の実効線量は、100 MeVまでのエネルギー成分が全線量の約 75%を占める。そこで、第1段階として、熱エネルギー～100 MeVまでの線量測定が可能な中性子検出器の開発を行った。直径及び長さ 5 インチの有機液体シンチレータの周囲に Li-6 と ZnS(Ag)を混ぜてシート状にしたものを作ったホスウィッチ型の検出器を開発した。数 MeV以上の速中性子による有機液体シンチレータの発光量分布をスペクトル荷重関数(G 関数)を用いて線量に変換する。また、液体シンチレータ内で減速された中性子が Li-6との反応で生成した α 線が ZnS(Ag)を発光させ、この信号も線量に変換することによって、幅広いエネルギー範囲の中性子の線量測定が可能となる。この検出器を原研高崎研究所の TIARA 施設等の中性子場で試験した結果、数 MeV以上で目標とする周辺線量当量 H*(10)に一致する応答を持つことが実証された。また、熱中性子に対しては十分な感度を有するものの、中間エネルギー領域の感度改善が必要であることも分かった。次に、モニタ開発の第2段階として、対応エネルギー範囲を 500 MeVまで拡張することを検討している。このためには、100 MeV以上の中性子に対する検出器の応答関数と G 関数を計算して、その妥当性を実験で検証する必要がある。現在、応答関数計算コード SCINFUL-QMD を開発しており、平成 16 年度に放射線医学総合研究所 HIMAC 施設の中性子場で検証実験も予定している。今後は、対応エネルギー範囲を 500 MeVまで拡張したモニタのプロトタイプを製作し、性能試験を経た後に実用化する予定である。また、中性子の検出の際に弁別・分離した γ 線に対する発光量分布の信号を線量に変換し γ 線モニタとしての機能も付加することも検討している。

第2回原研-サイクル機構
合同安全研究成果報告会
平成16年2月6日

高エネルギー放射線の線量測定・評価 に関する研究

日本原子力研究所 保健物理部
外部被ばく防護研究室

山口 恒弘

研究の目的

- ◎ 高エネルギー加速器施設の設計、安全評価、放射線管理に必要な外部被ばく線量評価法の開発

そのためには、

- 高エネルギー放射線に対する線量換算係数の評価
 - ・ 中性子線量計算のための実効線量換算係数
- 高エネルギー中性子用新型モニタの開発
- 放射線管理のための中性子線量測定

研究の背景

高エネルギー加速器施設

大強度陽子加速器施設
(J-PARC)

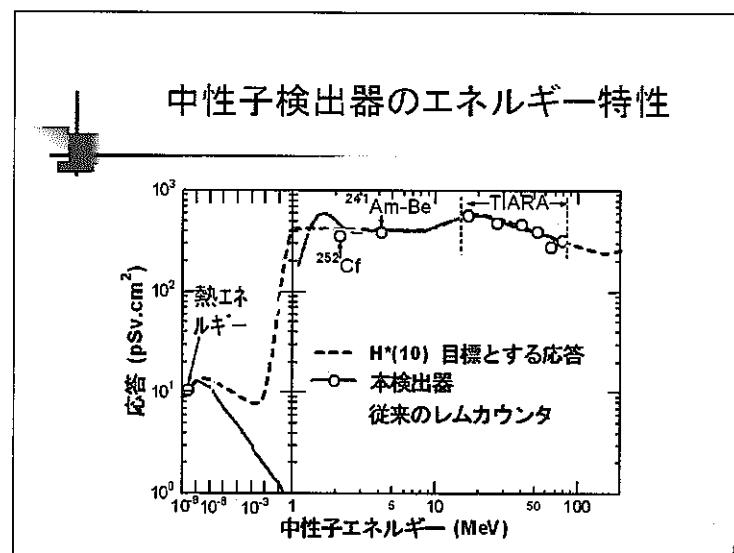
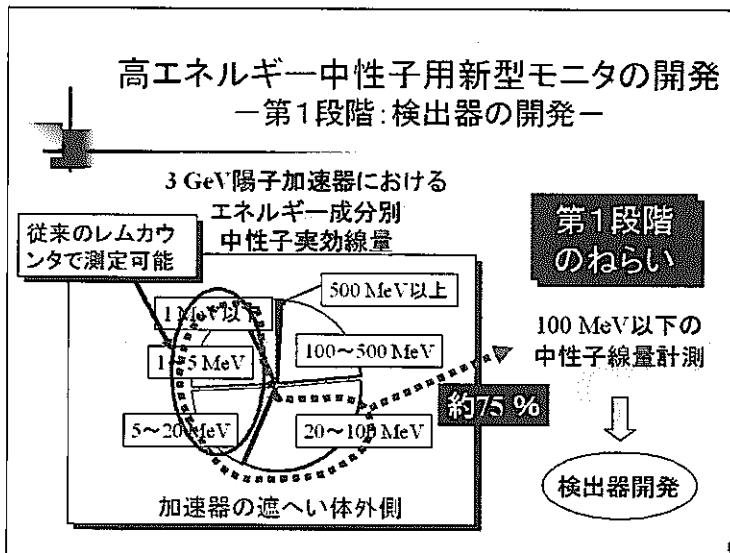
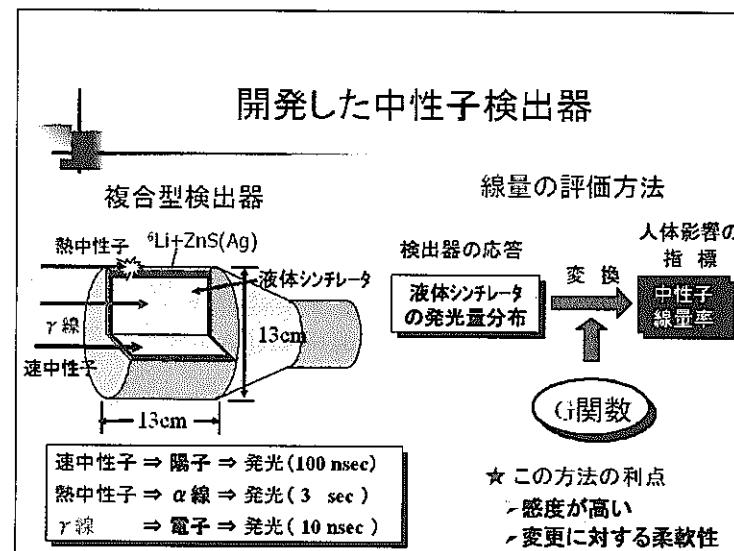
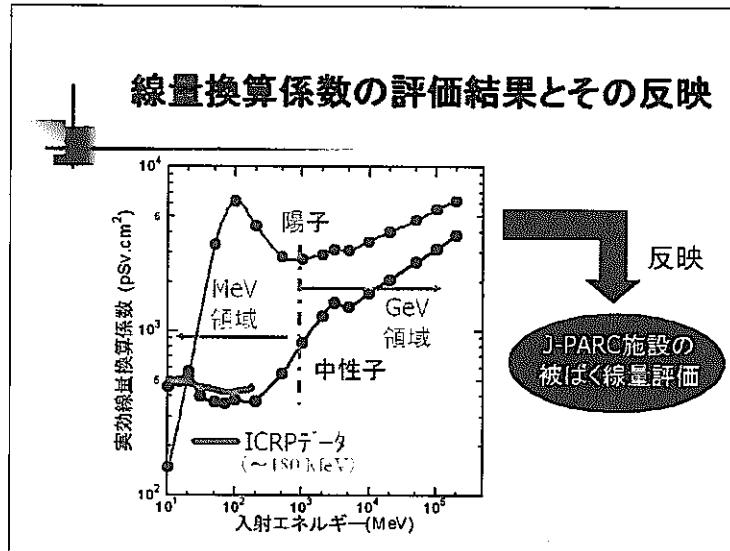
放射線安全上の課題

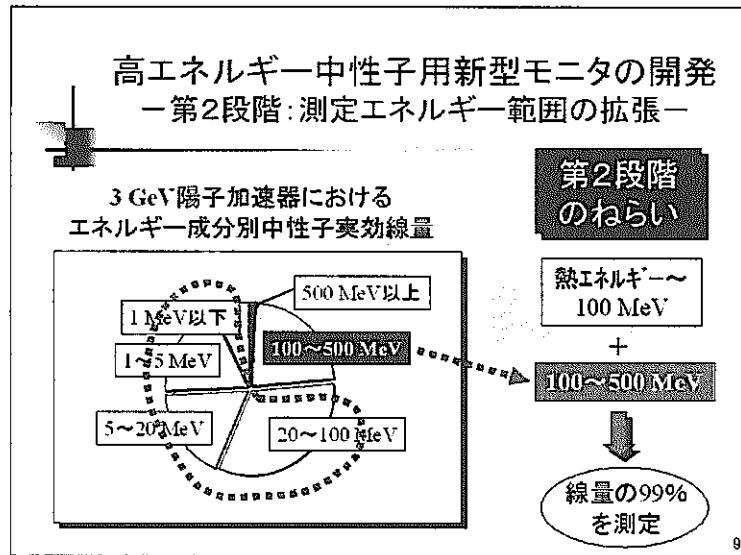
- 放射線遮へい
- 放射化対策
(機器、施設、土壤、空気)
- 線量評価、測定
(特に高エネルギー中性子)

高エネルギー放射線に対する 線量換算係数の評価

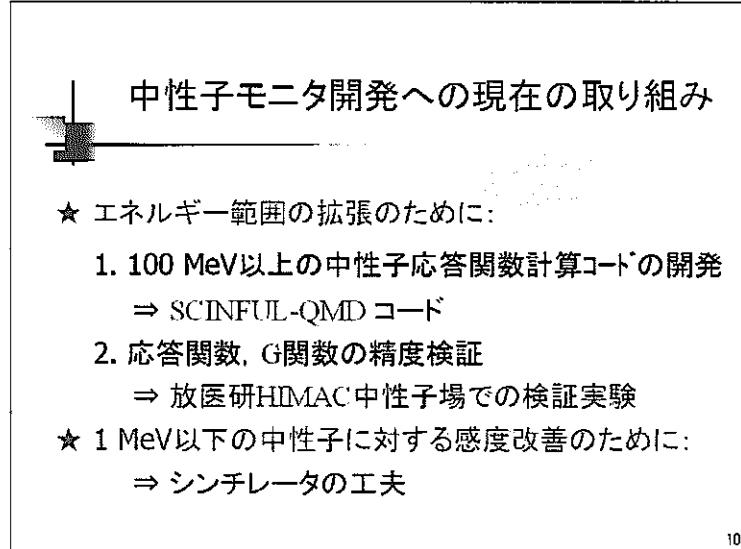
計算方法

- 入射放射線
 - ・ 中性子、陽子、パイオン等
(~200 GeV)
- 計算コード
 - ・ PHITS, HETC, MCNPX
(核反応、二次粒子発生、エネルギー付与)





9



10

成果のまとめと反映

- 高エネルギー放射線に対する線量換算係数の評価
 - 高エネルギー中性子、陽子、バイオニア等に対する実効線量換算係数を計算評価
 - J-PARC施設の被ばく評価に反映
- 高エネルギー中性子用新型モニタの開発
 - 熱エネルギー～100 MeV中性子の線量計測原理を実証

11

今後の課題

- 高エネルギー放射線の線量計算手法の開発
 - 宇宙飛行士の精密被ばく計算、医学分野への応用
 - イオンの輸送計算、線量計算コードの開発
- 高エネルギー中性子用新型モニタの開発
 - 新型モニタのプロトタイプの製作、実証試験
 - モニタの多機能化(γ 線の線量計測)

12

用語解説

- ✓J-PARC: 原研が高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同で建設を進めている大強度陽子加速器施設群の総称。
- ✓線量換算係数: 人体に入射する放射線の粒子密度当たりの人体の被ばく線量を表す係数。
- ✓実効線量: 放射線の種類や人体の各臓器・組織の放射線感受性の違いを考慮に入れて計算した人体の全身平均被ばく線量。
- ✓液体シンチレータ: 放射線が入射すると発光する有機液体で、放射線検出器として高エネルギー中性子の測定に利用できる。
- ✓G関数(線量変換演算子): 液体シンチレータの発光量を被ばく線量に変換する関数。

2.3.3 質疑応答

Q (フロア1)：サイクル機構の研究について、対象としてこれから六ヶ所で始まるサイクル事業を念頭に置いたものなのか、過去にプルトニウムで困った経験があつて行っている研究なのか。背景を知りたい。

A (栗原)：放射線毒性の高いプルトニウムに対して、今、キレート剤の検討がなされているが、キレート剤に関しては国内で厚生省の認可が下りていないため、実際の事故事例としてはない。しかし、キレート剤の投与については技術が確立されてきているため、事故時に投与する方向で動いているが、その場合に、どのくらい線量が低減できたかを確認することが本研究の目的である。そこが今の技術ではよくわかっていないので、研究を進めている。キレート剤とプルトニウムとの代謝に係わる情報が国内では得られないし、海外でも得られないということで、独自に研究開発しているところ。

Q (杉本・司会)：この分野（線量測定、モニタリング手法等）での統合効果の具体的な検討状況を示してほしい。

A (山口)：サイクル機構と原研では、線量評価という言葉では同じだが、それぞれ違った色合いの研究を進めている。原研では、最近では加速器の放射線防護に重点を置いた中性子の線量評価の研究を行っている。サイクル機構では、プルトニウム等のアクチノイドの内部被ばくの研究を行っている。それぞれ特徴、得意なところがある。統合されると、それぞれの力が融合されて、核燃料サイクル施設や加速器の線量評価等、多面的な研究が展開できるとともに、それぞれの機関が持っている研究施設を利用して、より程度の高い研究ができると思う。その下準備の相談を行っている。

2.4 セッションⅢ「放射性廃棄物安全研究」

2.4.1 放射性廃棄物処分における長期的安全評価手法の研究

(原研 廃棄物安全評価研究室長 木村 英雄)

(1) はじめに

高レベル放射性廃棄物等の地層処分における安全性評価では、その評価期間が数万年以上の長期に及ぶため、バリア材の劣化、断層活動等の様々な不確かさの影響を評価する必要がある。また、ウラン、TRU 核種などの長寿命核種を含む放射性廃棄物の浅地中処分では、十万年以降にビルドアップする子孫核種の影響も含めた長期的安全評価が必要である。このため、長期評価に伴う不確かさを定量化し、処分の安全規制に貢献することを目的に、確率論的な安全評価手法及びデータベースの開発を行っている。

ここでは、最初に高レベル廃棄物地層処分に関して、地下水移行シナリオの確率論的評価コード GSRW-PSA を用いたモデル及びパラメータ不確かさ解析結果を報告し、次に浅地中処分の長期的安全評価手法を用いたウラン廃棄物のクリアランスレベル評価結果について報告する。

(2) 高レベル廃棄物地層処分の確率論的安全評価

評価は地層処分の第2次取りまとめをベースとして、高レベル廃棄物固化体4万本が結晶質岩の深さ1000mに処分されると設定した。パラメータ不確かさ解析では、人工バリア、天然バリア、生態圏のパラメータの空間的変動特性を考慮して解析を行った。評価点は、人工バリアの出口、母岩の出口、断層帯の出口におけるフラックス、そして生態圏における被ばく線量の4点である。

最重要核種である Cs-135 の各バリアの閉じ込め効果を示すために、各バリアの出口における Cs-135 フラックスのピーク値の時間変化の散布図を示すとともに、その結果を補累積分布関数として表現した（後掲の発表資料の6枚目参照）。母岩の効果によりフラックスの分布形が大きく変化し、閉じ込め性能が高くなっていることがわかる。

生態圏における被ばく線量を、ガラス固化体4万本を処分した場合の各被ばく経路ごとに評価した（同7枚目参照）。一番大きな線量寄与を与えているのは、河川の灌漑による農作物摂取である。この結果から、 $10 \mu\text{Sv}/\text{y}$ を上回る確率はほとんど0であることが分かる。

次に最大の線量寄与であった農作物摂取経路における重要パラメータを偏順位相関係数として評価した（同8枚目参照）。重要度はマトリックスの分配係数、河川水流量、亀裂内実流速の順であることがわかった。

(3) ウラン廃棄物のクリアランスレベル評価

ウラン廃棄物の多くは、極めて長い半減期を有し、子孫核種にラドンを生成するという特徴があり、特に原子炉施設から発生する低レベル廃棄物と違って、十万年以降に廃棄物インベントリのピークが発生する。評価シナリオとしては、産業廃棄物並みに埋設処分する、資源リサイクルの観点から再利用・再使用するの2つを想定した。ここでは、被ばく寄与の最も大きな埋設処分の跡地利用シナリオについて報告する。評価モデルでは、ラドンが半減期3.8日のガス状核種であることを考慮して、ラドンガス吸入被ばくモデル及びラドンガスの散逸を考慮した現実的な外部被ばくモデルを開発した。特に外部被ばくでは、汚染土壌の表面近くでラドンが拡散で散逸す

ることにより α 線の強い子孫核種が生成しにくくなることを考慮した。評価パラメータは基本的に原子炉クリアランスに準拠し、ラドンに関するパラメータはUNSCEAR、IAEA報告書等を参考に設定した。

クリアランスレベルの確率論的評価を行った（同11枚目参照）。現行の六ヶ所の評価では、跡地利用のピーク線量は埋設直後であるので、単純に処分場から核種流出はないものと仮定している。しかしながらウラン廃棄物の場合は、十万年以降にピークが発生するという特徴を考慮し、保守的に処分場から核種が流出しない場合と、現実的に流出するとした場合にわけて評価した。横軸は $10 \mu\text{Sv/y}$ 相当の廃棄体中濃度で、縦軸はその場合に $10 \mu\text{Sv/y}$ を上回る確率を示す。この結果から、ラドンガス吸入の決定論的評価は、パラメータのばらつきを考慮すると極めて保守的な結果になっていることがわかる。また確率論的評価では、外部被ばく経路が最大の寄与を与えているが、ラドンガス散逸の影響を考慮すると、線量は大きく低下することもわかる。数万年以上の長期を考え、現実的に核種の流出を考慮した場合、線量は大きく低下することも分かり、ラドンガスの散逸を保守的に評価した場合のクリアランスレベルは 0.66Bq/g となった。

(4) 今後の課題

地層処分に関しては、今後、時間的変動要因の確率論的評価として、人工バリア材劣化の影響評価、地質学的変動要因を考慮した確率論的評価手法の開発を考えており、地層処分の安全審査基本指針等の貢献、サイト選定に関する規制行政庁審査への貢献、さらに評価手法の開発を通して、安全審査に貢献したいと考えている。

ウラン廃棄物に関しては、今後、ウラン、TRU廃棄物の濃度区分値検討として、浅地中処分及び余裕深度処分を対象とした確率論的評価を実施し、規制行政庁における当該廃棄物の基準策定に貢献したいと考えている。

第2回原研一サイクル機構
合同安全研究成果報告会
平成16年2月6日

放射性廃棄物処分における 長期的安全評価手法の研究

日本原子力研究所 安全性試験研究センター
燃料サイクル安全工学部 廃棄物安全評価研究室

木村英雄

* 本報告は、原子力安全・保安院受託研究「放射性廃棄物処分の
長期的評価手法の調査」の成果を含む。

研究目的

- 長寿命核種を有意に含む放射性廃棄物の処分に係る長期安全評価において、不確かさの定量化のための評価手法及びデータベースの開発・整備を行うことにより、安全評価手法の信頼性向上に資する
- 開発した手法を用いた安全解析を通して、安全基準・指針等の策定に貢献

背景

- 地層処分の安全評価では、その評価期間が長期に及ぶため、様々な不確かさ（バリア材劣化、断層活動等）の考慮が必要
- ウラン、TRU核種等の長寿命核種を含む放射性廃棄物の浅地中処分では、子孫核種の影響（10万年以降にビルドアップ）も含めた長期的安全評価が必要

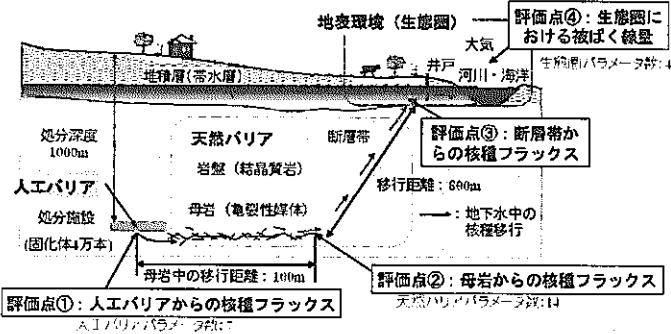
長期的安全評価手法開発の考え方

```
graph TD; A[長期影響評価用データ取得<br>(実験的研究)<br>・バリア材の変質影響試験<br>・核種移行データの取得] --> B[データベース整備: 文献調査等<br>(人工バリア、天然バリア、生態圈)<br>・空間的及び時間的な変動要因]; B --> C[評価手法の開発(確率論的評価)<br>・ソースタームモデル、天然バリアモデル、生態圈モデルのシステム化<br>・不確かさ解析]; C --> D[評価手法の開発(詳細モデル)<br>・バリア材の変質影響を考慮<br>・外的要因(隆起・浸食、海水準変動など)の影響]; D --> E[廃棄物処分の確率論的評価]; E --> A
```

The flowchart illustrates the methodology for developing long-term safety evaluation methods. It starts with data acquisition for long-term effects through experiments, focusing on barrier material degradation and radionuclide migration. This leads to database development, specifically for artificial, natural, and ecological barriers, and spatial and temporal variation factors. The next step is the development of probabilistic evaluation methods, which include source-term modeling, natural barrier models, ecological circle models, and uncertainty analysis. Finally, detailed model development considers barrier material degradation and external factors like subsidence and flooding. The entire process culminates in a probabilistic evaluation of waste disposal.

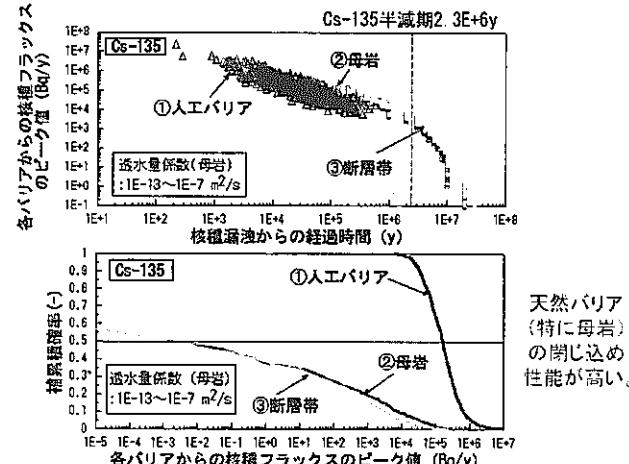
高レベル廃棄物地層処分の確率論的安全評価

- 地下水移行シナリオの確率論的評価コードGSRW-PSAによるモデル及びパラメータ不確かさ解析
- 第2次取りまとめをベース



5

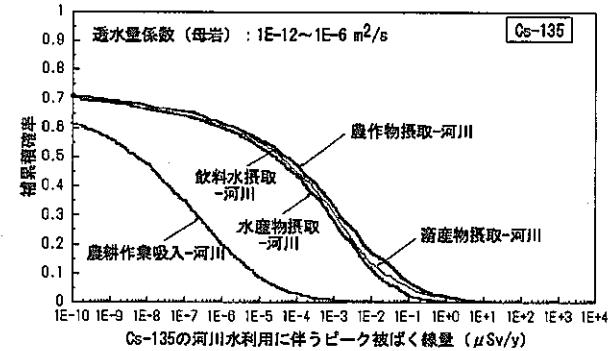
各バリアの閉じ込め効果(最重要核種Cs-135) (亀裂性媒体モデルによる評価)



6

Cs-135による被ばく(補累積分布関数)

④生態圏における被ばく線量

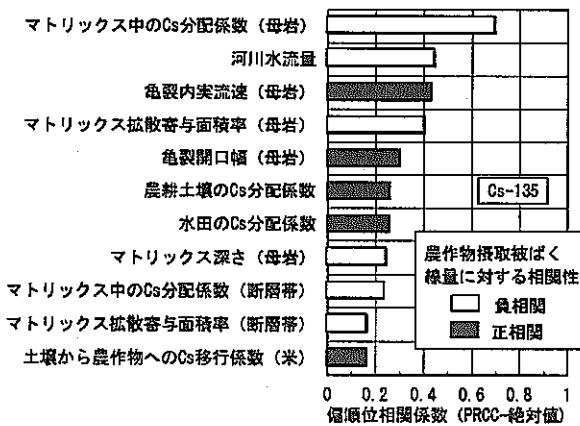


○ガラス固化体4万本を処分

○10 μSv/aを上回る確率~()

7

不確かさ解析によるパラメータ重要度解析結果 (パラメータ数 人工バリア:7、天然バリア:14、生態圏:45)



Cs-135の農作物摂取経路における重要パラメータ

8

地層処分: 成果のまとめ

- 地層処分の確率論的評価（第2次取りまとめをベース）
- ・確率論的評価手法GSRW-PSAの開発
 - ・被ばく線量の変動範囲を同定
 - ・重要パラメータの同定
母岩マトリックス分配係数、河川水流量、亀裂内流速など

今後の課題

時間的変動要因の確率論的評価

- 人工バリア材劣化の影響評価（モデル不確かさ）
- 地質学的変動要因の考慮（シナリオ不確かさ）

9

ウラン廃棄物のクリアランスレベル評価

ウラン廃棄物の特徴

- 多くは低放射能濃度、極めて長い半減期
- 子孫核種にラドンを生成
(原子炉低レベル廃棄物との違い: ~10万年以降にピーク)

評価シナリオの構築

- 埋設処分: 地下水移行シナリオ、跡地利用シナリオ
- 再利用・再使用シナリオ（資源リサイクル）

評価モデルの開発（主な特徴）

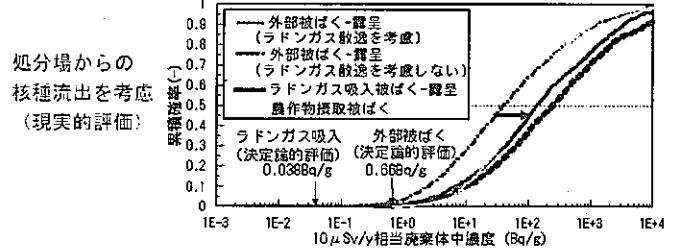
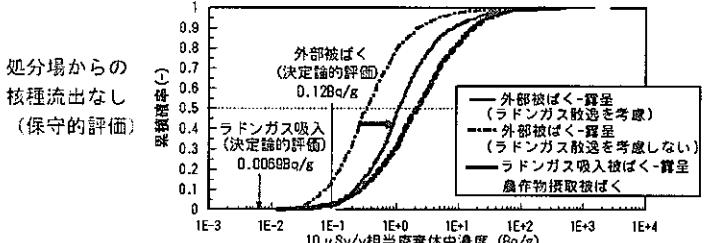
- ラドンガス吸入被ばくモデル
- ラドンガス散逸を考慮した現実的な外部被ばくモデル

評価パラメータの設定

- 原子炉クリアランスに準拠（不確かさを考慮）
- ラドン: UNSCEAR、IAEA報告書等

10

クリアランスレベルの確率論的評価（跡地利用）



11

ウラン廃棄物: 成果のまとめ

ウラン廃棄物のクリアランスレベル評価

- ・決定論的手法によるラドンガス吸入被ばくの影響は過大（確率論的評価結果）
- ・より現実的な外部被ばくモデルの提案
- ・現実的なクリアランスレベルの試算
10 μSv相当濃度: 0.66Bq/g（処分場からの流出を考慮）

今後の課題

ウラン、TRU廃棄物の濃度区分値検討

- 浅地中処分（トレンチ、ピット処分）
- 余裕深度処分（50~100m程度）

12

成果の反映

地層処分の確率論的評価

- ・地層処分の安全審査基本指針等への貢献
- ・サイト選定に関する行政庁審査への貢献
- ・安全審査への貢献（評価手法の開発）

ウラン廃棄物のクリアランスレベル評価

- ・クリアランスレベル検討への反映
(原子力安全委員会、行政庁の基準策定)

13

用語解説

- ・高レベル廃棄物：使用済燃料を再処理し、UとPuを抽出した後の残りをガラス固化した廃棄物。
- ・地層処分：放射性廃棄物を地下数百メートルの安定な地層岩盤中に処分する方法。
- ・地下水移行シナリオ：埋設処分された廃棄物から放射性核種が漏出し、地下水によって運ばれることにより、影響が生物圏へ及ぶことを想定したシナリオ。
- ・第2次取りまとめ：JNCが2000年に取りまとめた高レベル廃棄物地層処分の技術的信頼性に関する報告書。
- ・人工バリア：放射性核種が廃棄物から外部に漏れにくくするためのもので、固化体、容器などを指す。
- ・天然バリア：放射性核種の生物圏への移行を阻らせたり、妨げたりする性能を有する天然の障壁としての地層をいう。
- ・急製性媒体モデル：亀裂（割れ目）を含む岩盤中における地下水及び物質の移行を表現するモデル。
- ・捕獲分布関数：横軸の値を上回る捕獲率（縦軸）を示す。
- ・ウラン廃棄物：核燃料加工施設等から発生するウラン核種を含む放射性廃棄物。
- ・クリアランスレベル：廃棄物に含まれる放射性核種の濃度が低く、その放射線影響を考慮する必要がない放射性核種濃度。
- ・跡地利用シナリオ：制度的管理終了後の跡地中処分場の跡地に、家屋等を建設し、居住することを想定して被ばく評価を行うシナリオ。
- ・ラドン：Ra-226の子孫核種で、半減期3.8日の気体状放射性核種、子孫核種として α 線の強い核種Bi-214（半減期20分）等を生成する。

14

2.4.2 人工バリア等の性能に関する長期挙動評価

(サイクル機構 処分バリア性能研究グループリーダー 油井 三和)

本研究の背景には、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術においては、従来の化学工学や土木工学等では経験のない1,000年、10,000年といったシステムの長期健全性が求められている。したがって、人工バリアや周辺岩盤に関する長期的な現象のメカニズムを理解し、支配法則や経験則を見出した上で、信頼性の高いモデルやデータベースにより評価を行う必要がある。

本研究の目的は、処分場の安全基準、技術基準に資することを目的に人工バリア等の処分場の長期挙動に関する評価手法、予測手法及びデータベースの信頼性向上（長期的なメカニズムの理解、リアリティ向上による安全裕度や安全機能の確認等）を図ることである。

本研究では、「人工バリア等の変形・変質等の長期的挙動に関する研究」、「熱-水-応力-化学連成挙動に関する研究」、「人工バリア性能が維持される限界に関する研究」及び「人工バリア等のナチュラルアナログ研究」を行った。

炭素鋼の腐食挙動については、低アルカリ性セメントを用いていれば全面腐食で評価可能なことを、普通セメントを用いた場合でも孔食係数による評価の見通しがあることを示した。緩衝材の透水係数については海水系の場合、降水系より1桁程度上がることがわかった。緩衝材の亀裂岩盤中の流出・侵入挙動をX線CTにより捉えることに成功するとともに、海水系の基本データを拡充し降水系と比較し顕著でないことを示した。緩衝材/岩盤のクリープ現象については、評価モデルの比較・選定を行った。ナチュラルアナログ研究では、これまで存在しなかった700年以上前の鉄製鋳物の研究より、第2次取りまとめの腐食評価(40mm/1,000年)の妥当性が示された。緩衝材中のガス移行挙動については、有効粘土密度とガス破過圧力の関係を明らかにした。断層影響による緩衝材のせん断応答挙動については、C級断層を想定した1/20規模の室内試験及びモデル化によりオーバーパックの回転とせん断の両者の効果は見られるもののオーバーパック回りの緩衝材は残存していることがわかった。熱-水-応力連成現象モデルに化学反応モデルを追加した4連成モデルのプロトタイプコードを開発し、米国ユッカマウンテン検証解析を行うとともに、第2次取りまとめの設計の妥当性を確認した。

今後の課題としては、以下のことが挙げられる。

- ・人工バリア等の長期挙動評価の信頼性を向上させるため処分場で起こりうる各現象（熱移動、水移動、力のつりあい、地球化学反応、ガス発生移行等）の基本メカニズム、法則を明らかにし現象解析モデルの高度化、データベースの拡充を図る。
- ・地下研究施設を活用した具体的な地質環境条件での評価手法の適用性を確認する。
- ・緩衝材等の熱、水、応力特性の測定手法の標準化に関する基盤情報を整備する。

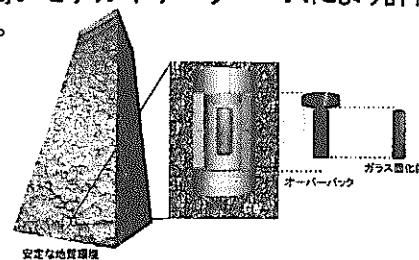
人工バリア等の性能に関する長期挙動評価

核燃料サイクル開発機構 東海事業所
環境保全・研究開発センター 処分研究部

油井 三和

背景

高レベル放射性廃棄物の地層処分技術においては、従来の化学工学や土木工学等では経験のない1,000年、10,000年といったシステムの長期健全性が求められる。したがって、人工バリアや周辺岩盤に関わる長期的な現象のメカニズムを理解し、支配法則や経験則を見出した上で、信頼性の高いモデルやデータベースにより評価を行う必要がある。



2

研究目的

処分場の安全基準、技術基準に資することを目的に人工バリア等の処分場の長期挙動に関する評価手法、予測手法及びデータベースの信頼性向上(長期的なメカニズムの理解、アリティ向上による安全裕度や安全機能の確認等)を図る。

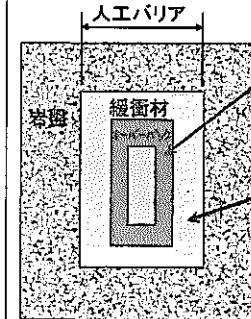
本日報告内容

- 人工バリア等の基本特性データベース
- 人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

3

研究項目

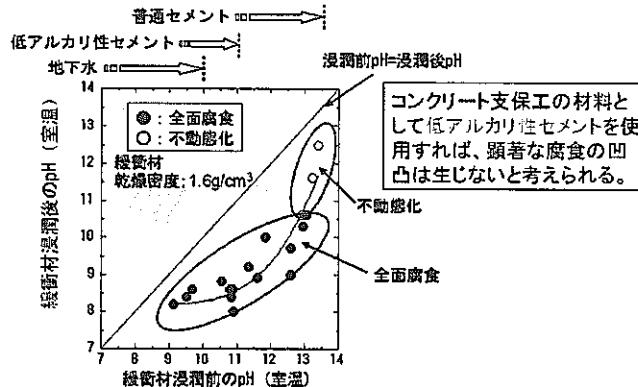
－人工バリアの基本特性データベース－



- ・炭素鋼オーバーパックの腐食挙動に関する研究
特に、セメントによる影響（アルカリ性環境）
- ・緩衝材の海水系に対する基本的な特性に関する研究
特に、海水系での透水性

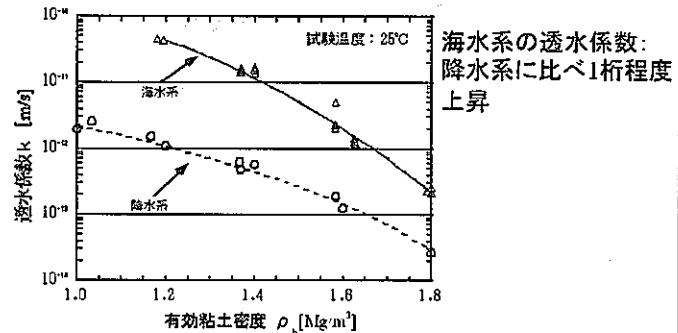
4

-セメントによる炭素鋼腐食形態への影響-



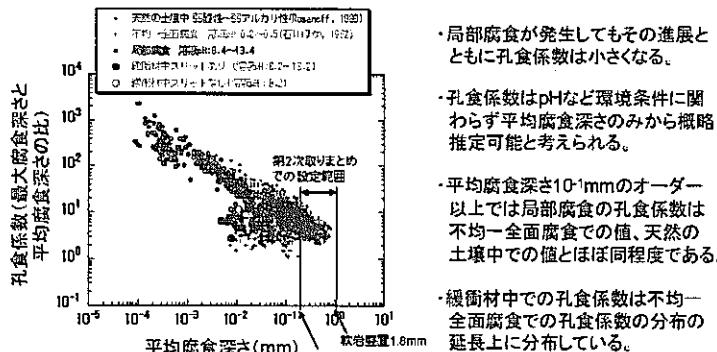
5

-海水系における緩衝材の透水特性-



7

-アルカリ性環境(約8< pH < 約13)での炭素鋼の局部腐食進展挙動-



6

研究項目

-人工バリア等の長期複合挙動に関する研究-

- ・人工バリア等の変形・変質等の長期的挙動に関する研究
 - 緩衝材/岩盤の力学的変形挙動に関する研究
 - 緩衝材の流出・侵入現象に関する研究
 - 人工バリアの変質・劣化挙動に関する研究
- ・熱-水-応力-化学連成挙動に関する研究
- ・人工バリア性能が維持される限界条件に関する研究
 - 緩衝材中のガスの流動に関する研究
 - 人工バリアのせん断変形現象に関する研究
- ・人工バリア等のナチュラルアナログ研究

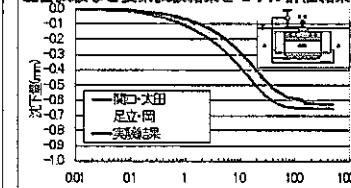
8

-緩衝材のクリープ挙動に関する適用性の高い既存モデル抽出-

既存モデルの適用性を評価し閑口・太田モデル、足立・岡モデルを抽出

要求項目	モデル名称	Com-Clay		その他		
		Flow-Surface	Over-Stress	大久保モデル	Tresca	Dudka-Prager
クリープ挙動-貫通圧密挙動(2次圧密)	x	o	o	x	x	x
クリープ挙動-塑性挙動	x	o	o	o	x	x
緩速挙動-クリープ応答	x	o	o	o	x	x
緩速挙動-せん断破壊(支持力限界など)	o	o	o	o	o	o
有効応力解析への適性	o	o	o	x	x	△
実績	o	o	o	o	o	o

圧密試験など要素試験結果とモデル評価結果を比較



- 両モデルにおける評価は大きな差がない、試験結果を概略評価可能
- ただし、圧密試験の評価とクリープ試験の評価を同一パラメータセットで実施することが困難

9

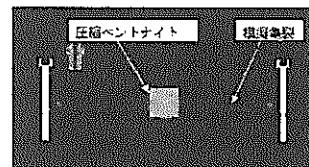
-緩衝材の変質・劣化挙動に関する研究-

既存情報について整理・議論した結果

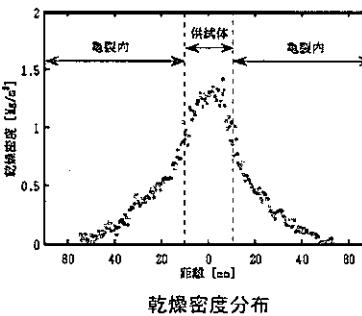
- 温度条件: 100°C以下の条件を推奨。但し普通セメントを使用する場合を除き、100°C以上の環境に短期間さらされても緩衝材の健全性は保たれると考えられる。
- オーバーパック腐食生成物の影響: Fe型化等の性能への影響は顕著でないと考えられる。
- セメント影響: 低アルカリ性セメントを推奨。普通セメントを用いた場合でも岩盤、埋戻し材、スメクタイト以外の鉱物を含めたアルカリ消費バランスや圧縮系での物質移行抑制により1万年程度であればその影響は顕著でない可能性がある。

11

-緩衝材の亀裂への侵入密度分布の把握-



X線CTによる撮影画像



乾燥密度分布

降水系における亀裂に侵入したペントナイトの密度分布をX線CTを用いて計測し、密度勾配があることを確認。海水系は顕著な侵入はない。

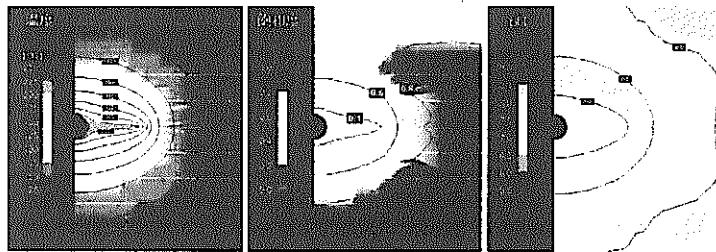
10

-熱-水-応力-化学連成挙動解析モデルに関する国際共同研究を通じた取り組み-

「ユッカマウンテンDrift Scale Test(DST)」:
廃棄体からの発熱によって生じる連成挙動を模擬するため、深度約250mのユッカマウンテン地下坑道で実施されている坑道規模の加熱試験。

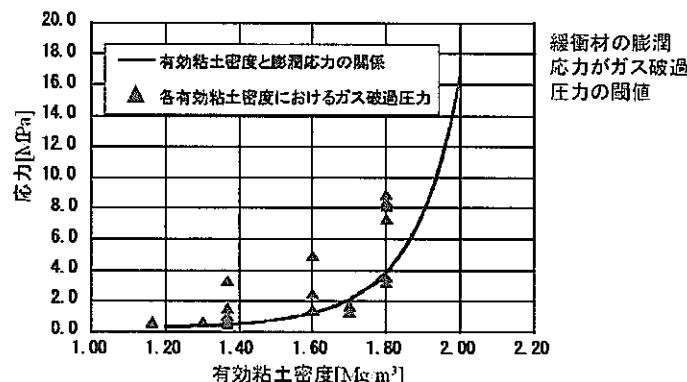


Drift Scale Testの連成解析結果(試験開始4年後)



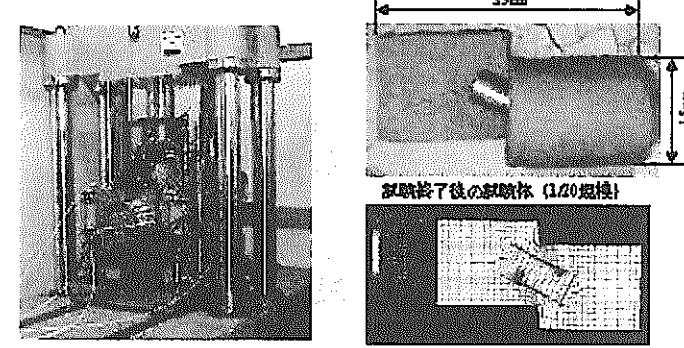
12

-水素ガス移行挙動に関する降水条件における緩衝材の有効粘土密度とガス破過圧力の関係-



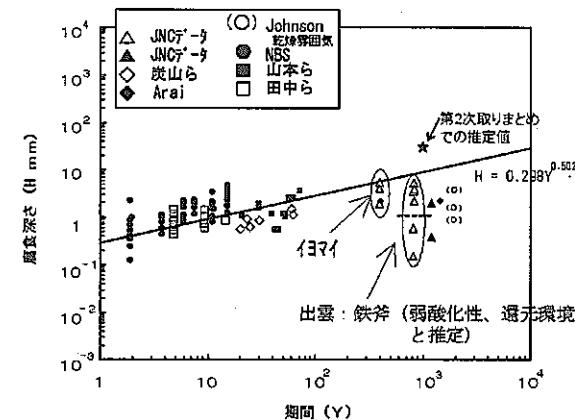
13

-縮小模型試験及びシミュレーションによる断層影響評価-



14

-ナチュラル・アナログ研究による鉄製品の最大腐食深さの経年変化-



15

成果のまとめ(1/2)

- 炭素鋼の腐食挙動については、低アルカリ性セメントを用いれば全面腐食で評価可能なことを、普通セメントを用いた場合でも孔食係数による評価の見通しがあることを示した。
- 緩衝材の透水係数については海水系の場合、降水系よりも1桁程度上ることがわかった。
- 緩衝材の亀裂岩盤中の流出・侵入挙動をX線CTにより捉えることに成功するとともに、海水系の基本データを拡充し降水系と比較し顕著でないことを示した。
- 緩衝材 岩盤のクリープ現象については、評価モデルの比較・選定を行った。

16

成果のまとめ(2/2)

- ナチュラル・アナログ研究では、これまで存在しなかった700年以上前の鉄製鋳物の研究より、第2次取りまとめの腐食評価(40mm:1,000年)の妥当性が示された。
- 緩衝材中のガス移行挙動については、有効粘土密度とガス破過圧力の関係を明らかにした。
- 断層影響による緩衝材のせん断応答挙動については、C級断層を想定した1/20規模の室内試験及びモデル化によりオーバーパックの回転とせん断の両者の効果は見られるもののオーバーパック回りの緩衝材は残存していることがわかった。
- 熱-水-応力連成現象モデルに化学反応モデルを追加した4連成モデルのプロトタイプコードを開発し、米国ユッカマウンテン検証解析を行うとともに、第2次取りまとめの設計の妥当性を確認した。

17

今後の課題

- 人工バリア等の長期挙動評価の信頼性を向上させるため処分場で起こりうる各現象(熱移動、水移動、力のつりあい、地球化学反応、ガス発生移行等)の基本メカニズム、法則を明らかにし現象解析モデルの高度化、データベースの拡充を図る。
- 地下研究施設を活用した具体的な地質環境条件での評価手法の適用性を確認する。
- 緩衝材等の熱、水、応力特性の測定手法の標準化に関する基盤情報を整備する。

19

成果の反映

- 処分場の安全基準・技術基準の基盤となる評価手法やデータベースの信頼性が向上した。
- 人工バリア等の性能保証に関する担保項目(案)や担保の方法(案)(評価手法、データベース)を整理するとともに課題の整理を行った。
- 処分場の安全確保に関してこれまで不足していた海水系等の基礎データを拡充した。
- シナリオ評価の妥当性を確認するための一手法として熱-水-応力-化学連成現象数値実験コードのプロトタイプを作成した。

18

用語解説

- オーバーパック**
ガラス固化体を込み込み、ガラス固化体に地下水が接触することを防し、地圧などの外力からガラス固化体を保護する容器。
- 緩衝材**
オーバーパックと岩盤の間に充填し、地下水の侵入と放射性物質の溶出・移行を抑制するもの。さらに岩盤の変位を物理的に緩衝するクッションの働きや、地下水の水質を化学的に緩衝して変化を抑える働きをもつ。候補材料はペントナイトなどの粘土である。
- クリープ**
一定の外力または応力が作用している状態で、時間の経過とともに物質(例えば、緩衝材や岩盤等)が長期にわたって非常にゆっくりと変形していく現象。
- ナチュラルアナログ**
廃棄物埋設後の放射性核種の挙動や人工バリアの腐食・変質など、地層処分システムにおいて想定される現象と類似した、自然界で過去に起こった長期的変化に関する現象。

20

2.4.3 質疑応答

Q (フロア2)：原研の研究で、0.66Bq/g は放射平衡を仮定したような場合で、ウラン濃度はどれくらいになるか。

A (木村)：加工メーカーから出てくるウラン廃棄物の濃度とほぼ同じレベル。

Q (フロア2)：ケミカルな濃度、1 g の物質の中にどれくらいのウランが入っているか。

A (木村)：今詳しい数字を持っていない。

Q (総合討論議長)：原研の研究で、高レベル廃棄物の地層処分の確率論的評価についてタイムリーな研究をやっていて、今後の課題のところで人工バリア材劣化の影響評価と地質学的変動要因の考慮を挙げているが、誰が聞いてもここが問題である。これがなかったら、最初のデータを見ても誰も安心しなかったと思う。一方、サイクル機構から人工バリアの報告があり、部分的には断層の検討もあったので、折角、確率論的評価をやるのだから、二法人が統合する前から共同で一緒にやってほしい。

A (木村)：人工バリアの劣化については、両法人とも中間的な段階で評価モデルに反映するという段階まで至っていない。情報交換等は行っているので、統合後は知見を共有して評価手法の開発をしていく。

A (油井)：今も核種移行などの評価に関する情報交換を行っている。折角統合するので、もっと強力に連携を図っていきたい。

Q (フロア3)：サイクル機構の研究で、低アルカリコンクリートの評価の報告があったが、どれくらいの実用化の見通しがあるか。

A (油井)：低アルカリ性セメントでpH11を目標に開発している。本当は10以下がほしいところだが、セメントの特性が発揮できないと困るので、幌延の深地層の研究施設の施工で一部使うことを想定し開発を進めている。強度は十分に出るし、施工にも使える。ただし、色々な組成を変えたときにpHが11まで下がる時間が1~2年かかるので、実験でなかなかできないのでモデルでそこまで下がるかどうかの確認をしている。国際的にも、高レベル廃棄物の処分に結晶質岩を考えているところでは、低アルカリ性セメントがいいとされている。土木学会では聞いたことがないということでなかなか受け入れられないが、地層処分では、地層に馴染む、評価できる技術開発を進めて、できるだけ皆さんに安心してもらえるようなシステムにしたい。幌延の深地層の研究施設で一部施工する予定があるので、今後とも興味を持って見守ってほしい。

2.5 特別講演 「安全規制における最近の話題

－ 高レベル放射性廃棄物処分に対する防護基準の概要』

原子力安全委員会 委員 東 邦夫

放射性廃棄物処分に関しては、ネガティブな話が多い中、高レベル放射性廃棄物に関して、最近ポジティブと思われる話がある。それは、高レベル放射性廃棄物処分地の選定の第一歩として、原子力発電環境整備機構（NUMO）が調査地の公募をした所、ある自治体が興味を示してくれたということである。立地の問題が具体化してくると、環境を守るために我々から子孫までどのように安全を確保し、それをどのように保障するのか、また、NUMO が実施することに対して国としてどういう規制を以って対応していくかとしているのかと言う質問が来るのではと想定している。しかし、残念ながら国にはこれに対する準備ができていない。現在国にある処分に対する防護基準は浅地中処分に対するものであり、高レベル放射性廃棄物処分、高 β γ （余裕深度処分）、TRU 処分に関して、あるいはウラン廃棄物に関しても早期に基準を策定する必要がある。そこで、本日のテーマである「安全規制における最近の話題」として、現在、原子力安全委員会で検討中の高レベル放射性廃棄物処分に対する防護基準を中心に報告する。

基準を作るに当っては、IAEA、ICRP 等の国際機関や、すでに規制を持っている国々の例を参考にしながら進める。本日は個々の紹介ではなく、これらに共通する部分について報告する。まず、比較のため、我が国における浅地中処分の考え方について話す。時間の経過とともに放射能レベルが減衰し、300 年も経てば問題にしなくとも良いほどに低下するので、これに合わせて管理の手も第 1 から第 2、第 3 段階と緩めていくことになっている。第 3 から第 4 段階への移行まで、300 年位と考えられている。また、第 1 段階で、万一人工バリアが損傷した場合には修復することとし、最も放射能レベルの高いところではきちんとした物を作つて、きちんと閉じ込めて、第 2、第 3 段階を迎えるという考え方である。第 3 段階までの線量値は 1mSv/y とし、第 4 段階では $10\mu\text{Sv/y}$ である。特に第 1 段階では、埋めたら土をかぶせ、損傷は修復するため、殆どゼロを要求していると考えて良い。発生頻度の小さい事象については線量評価値が $10\mu\text{Sv/y}$ を著しく超えないことを目安とすることとしている。

放射性固体廃棄物の処分に係る制度化の状況を見ると、高レベル放射性廃棄物、比較的レベルの高い原子炉廃棄物、TRU 廃棄物などについては今後検討が必要である。

高レベル放射性廃棄物の地層処分の概念であるが、中心にガラス固化体があり、これをオーバーパックという厚さ数 10cm の鉄で囲み、更にペントナイトなどの可塑性の緩衝材で包んだものを、地層 300m 以上、実際には 500m かそれ以上の地層に埋めることになると考えられている。

各国では防護基準が整備されつつあり、どれも同じものは無いが、共通に考慮されているものとして、線量拘束値やリスク拘束値、時間枠や人間侵入（人為過程）、再取り出しの可能性、集団線量等がある。以下にそれぞれ簡単に説明する。

まず、最も重要な線量拘束値に関してであるが、これは安全評価を行った際にこの線量よりも低いということを確かめるための値で、諸外国では $100\sim300\mu\text{Sv/y}$ 程度である。ただし、低頻度シナリオに関してはこの基準を著しくは超えないこととしている。この値は、京都と東京の自然放射線量の違い程度である。最も高い岐阜県と最も低い青森県の違いは $300\mu\text{Sv/y}$ 程度である。

時間枠あるいは評価期間に関しては、サイクル機構がとりまとめた 2000 年レポートを参考にすることができ、最初の 1000 年までは正確に不確実さが少ない計算ができるところから、例えば $10 \mu\text{Sv/y}$ 以下にするという規制ができると考えられ、1000 年をひとつの区切りとして考える事ができる。また、原子炉から取り出した最初の 1000 年間は放射能レベルが高いと言ったこともその理由のひとつである。また、原子炉から取り出した廃棄物の放射能レベルは、数万年経過すると元の天然ウランとその崩壊系列とを合わせたレベルまで減少することから、1 万年をもうひとつ重要な期間として扱うこともできる。

次は、人間侵入についてであるが、人間の行動を正確に予測する事はできないので、防護能力の評価は、様式化したシナリオについて評価することが考えられている。これは、例えば、ガラス固化体をボーリング作業中に貫いて、破損し、これが持ち上がることによって水の流路ができ、汚染した水が湧き上がってきて、帯水層を汚染する。これが地下を流れて川に流れ込み、それが水道水や灌漑の水となり稻に取りこまれ人々に影響を与える、といったようなルートを想定して解析するものである。ペントナイトのような粘土質は、穴が開いても地中でかかる圧力で自然に修復されることが考えられるが、こうしたことを考慮した評価結果を基に、防護策の妥当性を考える。

再取り出しの可能性とは、処分後に、知見の蓄積や必要性等により再び取出したい場合にどう対処するかということである。各国の状況を見ると、期間を限定して必要としている国、原則として必要としている国、必要としない国がある。日本では、「処分場の閉鎖に際しては、建設段階及び操業段階に得られたデータを追加し、安全評価の結果が妥当であることの確認を行う。また、その妥当性を確認するまでの期間は、高レベル放射性廃棄物の回収の可能性を維持することが重要である。」（原安委第 1 次報告 H12.11 より）とされている。

集団線量に関する規制を考えている国もある。本事項は、同じ線量でも、10 人が被ばくする場合と 1000 人の場合、あるいは時間的な差でも影響が異なって来ることを示すものである。本評価には、将来においては人口分布や生活様式などが異なってくると言ったような困難さが存在する。

評価には時間的な長期性によって紛れ込んでくる不確実性が存在する。しかし、この不確実性が存在したまま安全評価を行わなければならない。つまり、その不確実さを勘案した上でなお安全確保上支障が無いという設計であり、サイト選択であるかということをどのように確認して納得し、人をも納得させられるかが根本的な困難な点である。困難であるが、重要で克服していくかなければならない問題であると考える。

また、炉内構造物は、高 β γ 廃棄物となるが、六ヶ所村において、所謂、余裕深度処分の調査活動が行われている。

統合法人は日本で最も重要な原子力研究開発機関になる。また、統合法人を抜きにしては日本の規制活動が成り立ちにくいと考えている。本日行われた研究成果の報告のような地道な研究活動の積み重ねとして規制が成り立つと考えている。今後とも協力をお願いしたい。

高レベル放射性廃棄物処分に対する防護規準の概要

平成16年2月6日



原子力安全委員会委員
東 邦夫

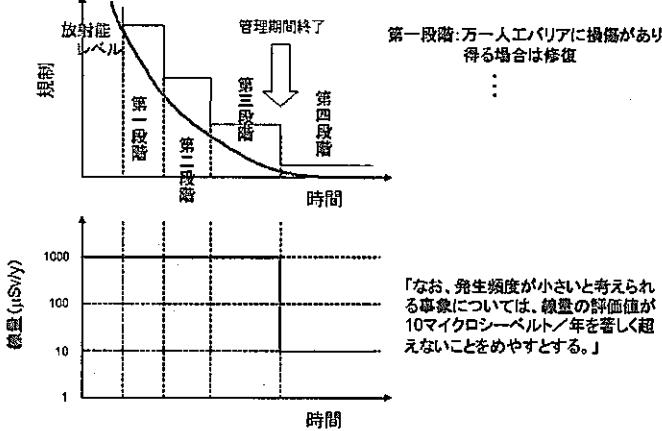
放射性固体廃棄物の処分に係る制度化の状況

廃棄物の区分	廃棄物の例	原子力安全委員会			
		安全規制の考え方	濃度上限値	安全審査指針	
高レベル廃棄物	ガラス固化体	検討済み (2000.11)	共通的な審査事項 (検討中)	今後検討	
	炉内構造物等	検討済み (2000.9)		検討済み (2000.9)	
	均質固化体	検討済み (1985.10)		今後検討	
	充填固化体			検討済み (1987.2)	
	コンクリート			検討済み (1988.3)	
	金屬			検討済み (1992.6)	
	TRU廃棄物	廃機材等		検討済み (1993.1)	
	ウラン廃棄物	廃機材等		今後検討	
	RI廃棄物	廃機材等		今後検討	
	研究所等廃棄物	廃機材等		今後検討	

-50-

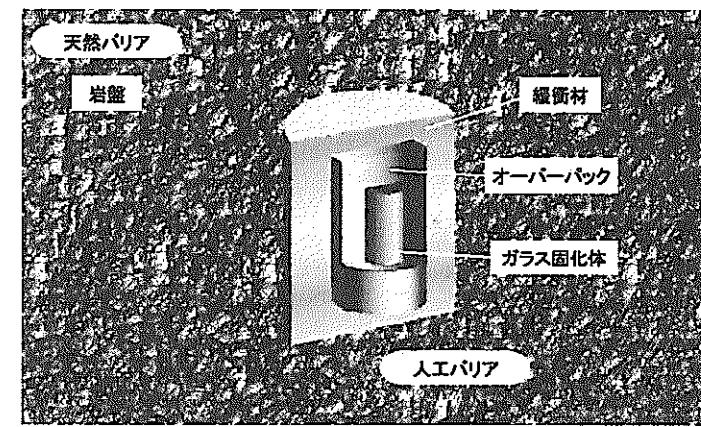
浅地中処分に対する我が国の防護規準

四段階管理



1

地層処分の概念図



3

防護規準の共通的事項

- I 線量拘束値、リスク拘束値
- II 時間枠、評価期間
- III 人間侵入(人為過程)
- IV 再取り出しの可能性
- V 集団線量
- VI その他

4

I 線量拘束値、リスク拘束値

○国際機関(ICRP、IAEA)

線量拘束値 0.3 mSv/y (を超えないように)
リスク拘束値 $10^{-5} / \text{y}$ のオーダー

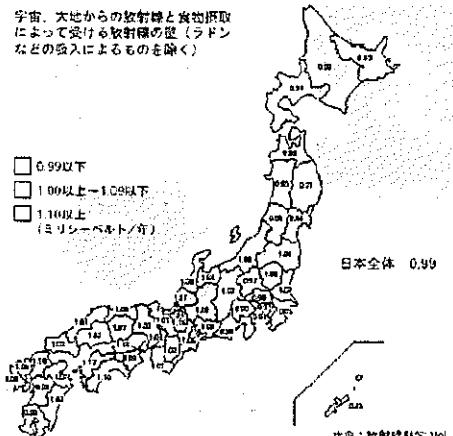
○諸外国

多くは、 $100 \sim 250 \mu\text{Sv/y}$ の程度

発生頻度の高い通常シナリオと低頻度シナリオとで、
発生の可能性の大きさに応じて、放射線防護上の要件
の充足性を判断するリスク論的評価の考え方

5

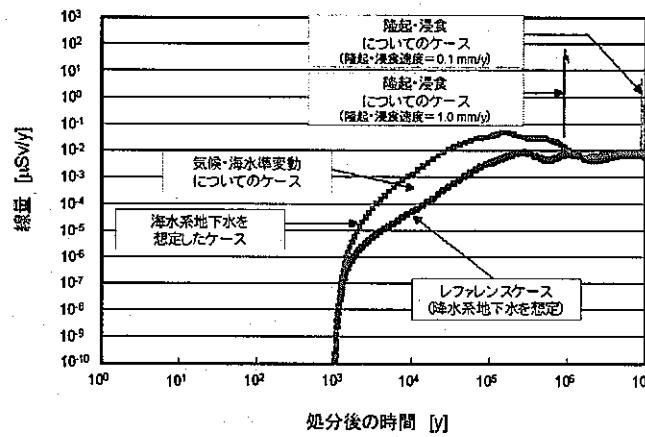
全国(都道府県別)の自然放射線量



出典：放射線科学 Vol. 32, No. 4, 1989

6

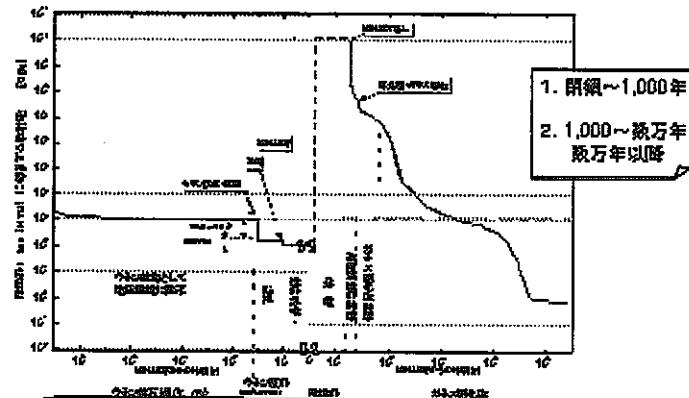
隆起・浸食、気候・海水準変動についての解析結果



(隆起・浸食については、花崗岩(処分深度1,000 m)の結果。ガラス固化体4万本あたり)

7

II 時間枠、評価期間



図：放射能の推移から眺めた高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の特徴
〔活性度+5%の燃焼料1MTU相当〕

8

IV 再取り出しの可能性

○再取り出しの可能性に係る各国の動向

【期間限定で必要としている国】

- ・米国
(定置開始から50年間)
- ・フィンランド
(人エバリアの閉じ込め性能を要求する期間まで)
- ・フランス
(まだ具体的な期間の規定なし)

【必要としていない国】

- ・ドイツ
(閉鎖後)

【原則必要としている国】

- ・スウェーデン
- ・スイス

(日本)
「処分場の閉鎖に際しては、建設段階及び操業段階に得られたデータを追加し、安全評価の結果が妥当であるとの確認を行う。また、その妥当性を確認するまでの期間は、高レベル放射性廃棄物の回収の可能性を維持することが重要である。」
(原安委第1次報告H12.11より)

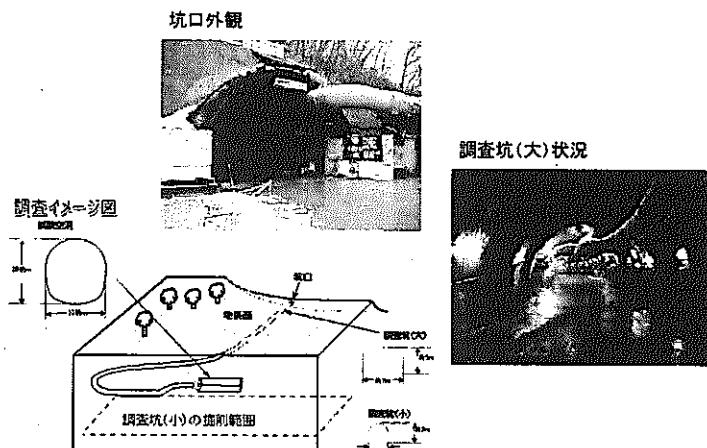
10

III 人間侵入(人為過程)

- ・意図的侵入は安全評価の対象から除外
- ・人間侵入を起こりにくくするための配慮や措置
(深さの効果、マーカー、地下資源、法的措置等)
- ・防護能力を評価するための様式化したシナリオについての評価

9

六ヶ所村における余裕深度処分についての調査状況



11

今後の取り組み

- ・高レベル放射性廃棄物
- ・TRU廃棄物
- ・高 β γ 廃棄物(炉内構造物等)
- ・ウラン廃棄物

ご協力をよろしくお願ひいたします。

12

2.6 総合討論「新法人における安全研究の進め方」

2.6.1 議長による開会宣言 (株)原子力安全研究所 技術システム研究所 所長 木村 逸郎

(1) 総合討論の趣旨

本日の総合討論の趣旨は、平成17年度に発足する新法人が実施する安全研究に対し、規制行政（原子力安全委員会、原子力安全・保安院、文部科学省）、産業界、学界、一般国民からのニーズ、要望、提言等を踏まえ、安全研究の進め方について討論することにより、新法人の安全研究計画に役立てることである。

(2) 全体の流れ

総合討論の全体の流れは次のようにしたい。今、議長の私から、総合討論の趣旨説明を行ったが、この後パネリストを紹介する。次に、各パネリストから、各5分を目処に、規制行政、産業界、学界、一般国民の立場からのニーズ、要望、提言等に関して基調報告を行っていただく。これに対して、原研、サイクル機構から応答していただく。続いて、主な論点毎に、フロアを交えて自由討論を行う。最後に、議長が討論のまとめを行う。

(3) 主な論点

主な論点としては、原子力安全研究とは何か、安全研究重点計画の設定、重点安全研究の進め方、及び研究成果の活用を取り上げる。安全研究重点計画の設定については、現在検討している「I. 現行ニーズ対応型分野」、「II. 将来計画対応型分野」、「III. 基礎・基盤型分野」という3区分の内容と意義、及び留意すべき点として共通課題、人文社会的課題などをどう考えるかがある。重点安全研究の進め方については、役割分担、特に新法人の役割と責務、及び留意すべき点として、産学官の協力、及び他分野との協力がある。研究成果の活用については、成果の公表、説明責任、及び評価の方法、並びに安全規制への利用、及び国際貢献をどうするか、がある。

このような論点で議論をお願いしたい。

総合討論 「新法人における安全研究の進め方」

第2回原研－サイクル機構合同安全研究成果報告会

平成16年2月6日

原子力安全システム研究所 技術システム研究所長
木村逸郎

全体の流れ

1. 総合討論の趣旨説明(議長)
2. パネリストの紹介(議長)
3. 基調報告:規制行政、産業界、学界、一般国民の立場からのニーズ、要望、提言等(各パネリスト、各5分)
4. 基調報告に対する原研、サイクル機構からの応答(原研、サイクル機構パネリスト、各5分)
5. 自由討論:主な論点毎に、フロアを交えて討論
6. 討論のまとめ(議長)

総合討論の趣旨

平成17年度に発足する新法人が実施する安全研究に対し、規制行政(原子力安全委員会、原子力安全・保安院、文部科学省)、産業界、学界、一般国民からのニーズ、要望、提言等を踏まえ、安全研究の進め方について討論することにより、新法人の安全研究計画に役立てる。

主な論点

1. 原子力安全研究とは何か
2. 安全研究重点計画の設定
 - ・ 3区分の内容と意義
 - ・ 留意すべき点(共通課題、人文社会的課題など)
3. 重点安全研究の進め方
 - ・ 役割分担、とくに新法人の役割と責務
 - ・ 留意すべき点(産学官の協力、他分野との協力)
4. 研究成果の活用
 - ・ 成果の公表、説明責任、評価
 - ・ 安全規制への利用、国際貢献

2.6.2 パネリスト基調報告と原研及びサイクル機構からの回答の要旨

(1) パネリストによる基調報告1（文部科学省 研究開発局 原子力課長 渡辺 格）

1) 原子力二法人の統合

政府が平成13年12月に閣議決定した「特殊法人等整理合理化計画」を受けた日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構の原子力二法人の統合に関して、平成16年度中に（平成17年3月までに）法案を国会に提出し、平成17年度中に（平成18年3月までに）新法人を設立することが決まっている。

2) 新法人の業務

文部科学大臣が開催を決定した原子力二法人統合準備会議は平成15年9月に最終報告書を取りまとめた。この報告書の中で、新法人の業務として以下の項目が挙げられている。

- ・核燃料サイクルの確立を目指した研究開発
- ・原子力の基礎・基盤研究等（安全研究を含む）
- ・自らの原子力施設の廃止措置と自らの放射性廃棄物の処理処分
- ・原子力安全規制、原子力防災、国際的な核不拡散への協力
- ・大学との連携協力等を通じた原子力分野の人材育成
- ・原子力に関する情報の収集、分析及び提供
- ・研究施設及び設備の共用
- ・研究成果の普及とその活用の促進

3) 原子力安全規制に対する協力活動における「透明性」、「中立性」と「独立性」への配慮

上記報告書によると、新法人に求められる業務運営の在り方として、原子力安全規制に対する協力活動においては「透明性」、「中立性」と「独立性」への配慮が必要とされており、以下の趣旨の内容が記述されている。

- ・新法人は、自らも原子力活動を行い法令に基づく安全規制を受ける立場
- ・原子力安全委員会、規制行政庁等から直接要請を受けて行う安全規制に関する協力活動（原子力事故の原因究明のための調査等）が、原子力の推進活動から適切に分離独立していることが必要
- ・例えば、新法人内部の独立したセンター的な組織を活動の中核とするなど、を配慮

4) 安全研究と安全規制協力活動の進め方

以上を踏まえ、新法人における安全研究と安全規制協力活動の進め方について、以下の点を強調したい。

- ・新法人は、安全研究の実施及び国が行う安全規制への協力を通じて積極的に社会に貢献。
- ・原子力安全委員会において、具体的な安全規制への活用を見据えたプライオリティが付けられた原子力安全研究年次計画が策定されることを期待。新法人では、安全研究年次計画に従い、重要性の高い課題から優先的に安全研究を実施。

- ・事故原因究明のための調査等の国が行う安全規制への協力については、規制当局等からの要請に基づき、新法人が持つ資源を最大限に活用して実施。

原子力二法人統合と安全研究

平成16年2月

文部科学省研究開発局原子力課長
渡辺 格

新法人の業務

- ・核燃料サイクルの確立を目指した研究開発
- ・原子力の基礎・基盤研究等(安全研究を含む)
- ・自らの原子力施設の廃止措置と自らの放射性廃棄物の処理処分
- ・原子力安全規制、原子力防災、国際的な核不拡散への協力
- ・大学との連携協力等を通じた原子力分野の人材育成
- ・原子力に関する情報の収集、分析及び提供
- ・研究施設及び設備の共用
- ・研究成果の普及とその活用の促進

3

原子力二法人の統合

- ・平成16年度中に(平成17年3月までに)
法案を提出
- ・平成17年度中に(平成18年3月までに)
新法人を設立

2

原子力安全規制に対する協力活動における 「透明性」、「中立性」と「独立性」への配慮

- ・新法人は、自らも原子力活動を行い法令に基づく安全規制を受ける立場
- ・原子力安全委員会、規制行政庁等から直接要請を受けて行う安全規制に関する協力活動(原子力事故の原因究明のための調査等)が、原子力の推進活動から適切に分離独立していることが必要
- ・例えば、新法人内部の独立したセンター的な組織を活動の中核とするなど、を配慮

4

安全研究と安全規制協力活動の進め方

- ・新法人は、安全研究の実施及び国が行う安全規制への協力を通じて積極的に社会に貢献。
- ・原子力安全委員会において、具体的な安全規制への活用を見据えたプライオリティが付けられた原子力安全研究年次計画が策定されることを期待。新法人では、安全研究年次計画に従い、重要性の高い課題から優先的に安全研究を実施。
- ・事故原因究明のための調査等の国が行う安全規制への協力については、規制当局等からの要請に基づき、新法人が持つ資源を最大限に活用して実施。

(2) パネリストによる基調報告2

(経済産業省 原子力安全・保安院 原子力安全技術基盤課長 平岡 英治)

1) 原子力安全規制の強化

平成13年1月の原子力安全・保安院発足から3年が経過した。原子力安全・保安院は行動指針として、「強い使命感」、「科学的・合理的判断」、「透明性の確保」及び「中立・公正性」を掲げ、原子力安全規制行政を推進している。

昨年10月には、9項目に亘る制度整備を行い、規制を抜本的に強化した。今後、さらに規制の質的向上に努力していく。

原子力安全規制の強化の方向として、より「科学的・合理的な規制」を実現するためには、最新の技術や研究開発成果を安全規制に取り入れていくことが重要と認識している。

2) 安全研究の重要性

「科学的・合理的な規制」の基礎となるのは、適切な安全研究の実施とその成果の反映である。原子力安全・保安院は、従来から特別会計による実証試験・確証試験を実施し、規制に活用してきた。平成13年7月にまとまった原子力安全・保安部会の報告においては、原研、民間等を含めて効果的な役割分担と連携・協力のもとで「安全基盤研究」を推進すべきと提言されている。

原子力安全委員会が現在審議している「安全研究重点計画」は、実証試験等も対象とすることとなっていることから、原子力安全・保安院も同計画の検討に積極的に参画していきたい。

3) JNESの設立と安全研究

昨年10月に設立された「独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）」は、原子力安全・保安院とともに原子力安全規制の役割を担う機関であり、原子力安全規制に伴う検査の一部、クロスチェック解析、防災支援等の規制業務を担当するとともに、調査、研究、試験、研修や情報の収集・提供等を実施する。また、JNESは、規制のニーズに対応した安全研究を主体的に計画・実施し、その成果は規制に的確に活用していく。

4) 統合法人への期待

新法人への期待として、以下の3点を挙げたい。

第一に、将来に涉る原子力安全の確保には、技術的・人的に高い水準を有する技術集団の存在が不可欠であるため、統合準備会議の報告を踏まえ、新法人が、安全研究を含めた原子力の基礎・基盤研究等の中核的機関であり続けることを強く期待する。

第二に、基礎・基盤研究等を通じて蓄積される研究資源（人材・設備等）を、JNES及び原子力安全・保安院が行う安全研究の実施に活用させていただきたい。

第三に、原子力安全・保安院の安全規制活動に対して、人的・技術的支援と協力をお願いしたい。

原子力安全・保安院における 安全研究の取り組み

平成16年2月6日

原子力安全・保安院
原子力安全技術基盤課長
平岡英治

1. 原子力安全規制の見直し

- 平成13年1月の保安院発足から3年。行動指針として、「強い使命感」「科学的・合理的判断」「透明性の確保」「中立・公正性」を掲げ推進
- 昨年10月、規制を抜本強化(9つの制度整備)
- 今後、さらに規制の質的向上に努力
- より「科学的・合理的な規制」を実現するため、最新の技術や研究開発成果を安全規制に取り入れていくことが重要と認識

2

2. 安全研究の重要性

- 「科学的・合理的な規制」の基礎となるのは、適切な安全研究の実施とその成果の反映
- 従来から、特別会計による実証試験・確証試験を実施し規制に活用
- 13年7月の原子力安全・保安部会報告では、原研、民間等を含めて効果的な役割分担と連携・協力のもとで「安全基盤研究」を推進すべきと提言。
- 原安委の「安全研究重点計画」は、実証試験等も対象とすることとなり、保安院も検討に積極的に参画

3

3. JNESの設立と安全研究

- 昨年10月に設立された「独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)」は、保安院とともに原子力安全規制の役割を担う機関
- 検査の一部、クロスチェック解析、防災支援等の規制業務を担当するとともに、調査、研究、試験、研修や情報の収集・提供等を実施
- JNESは、規制のニーズに対応した安全研究を主体的に計画・実施。その成果は規制に的確に活用

4

4. 新法人への期待

- ・ 将来に涉る原子力安全確保には、技術的・人的に高い水準を有する技術集団の存在が不可欠
- ・ このため、統合準備会議報告を踏まえ、新法人が、安全研究を含めた原子力の基礎・基盤研究等の中核的機関であり続けることを強く期待
- ・ 基礎・基盤研究等を通じて蓄積される研究資源(人材・設備等)を、JNES・保安院が行う安全研究の実施に活用させていただきたい
- ・ 保安院の安全規制活動に対して、人的・技術的支援と協力をお願いしたい

(3) パネリストによる基調報告3（原子力安全委員会事務局 総務課長 村田 貴司）

1) 原子力安全委員会の二法人統合に関する考え方

原子力安全委員会の二法人統合に関する基本的考え方は、「原子力二法人統合に関する原子力安全委員会の意見」(H14.5) 及び「日本原子力研究所及び核燃料サイクル開発機構の廃止・統合と独立行政法人化の制度設計にあたり、国の原子力の安全確保に関する基本に係る観点から考慮すべき事項について」(H15.6) に述べられている。

2) 本日の主題「新法人における安全研究の進め方」に関連する指摘

安全研究の進め方に関する指摘として、安全研究の着実な実施のための中核的役割、産学官の連携、人的基盤も含めた知的基盤の維持・強化のための人材育成と適切な評価、研究施設・設備等の研究基盤の継続的な維持・強化及び代替機能確保、原子力防災・緊急時対応への技術的支援、放射性廃棄物処理処分に関する安全性の確保・向上に長期的視点から確実に取組むことを挙げることができる。ここで、こうした安全研究の成果が規制活動に適切に活用されるためには、その研究の実施形態、プロセスの十分な中立性、透明性、信頼性が統合法人で確保されることが重要である。特にプロセスの透明性が重要と考える。これにより、社会より安全確保の信頼性が得られると考えられるからである。

3) 安全研究年次計画(H13年度～H17年度)の中間評価(H15.9)

現行の安全研究年次計画については中間評価が行われた。概ね計画通り進んでいるが、中には計画通り進んでいないものもある。これらには、構造的な原因が存在していると考えられる。例えば、本当に必要な研究が含まれているか、必要な研究で抜けているものは無いのかなどがある。また、短期間では明確な成果が得られないもの、継続的なデータ収集が必要なものなどの評価について、「評価なんかされたら、たまらない」といったことが言われるが、これらも安全研究の構造的な課題と関係している。

4) 國際対応、基礎的な研究、多様性と選択・集中、産学官の連携

現在のように投入資源に限界が明らかになっている時代に作られる計画は、視点を明確化しなければならない。これらを列挙すると、国際対応、基盤的な研究、多様性と選択・集中、産学官の連携としての役割分担と協働の俯瞰図(計画)といった視点を挙げができる。最初の国際対応についてであるが、これは従来国際協力と言われていたもので、ここでは敢えて国際対応と表現する。もちろん国際対応において協調することは重要だが、同時に従来の日本では戦略的な発想が乏しかったのではないか。ある種の世界標準と言ったものを意識して勝ち取っていくといった対応が必要である。また、基盤的な研究としての安全研究の地道な側面をどう評価するかという視点も十分考慮する必要がある。更に、多様性と選択・集中という観点からは、国際的に見て自らの得手・不得手な領域を評価できているのかとの疑問が湧いてくる。もし欧米に大きく水をあけられてしまっている分野があるとした時、右肩上がりでは無い時代では、現状を冷静に見定めた上で将来何をすべきかと言った意味で、重点化された計画であるべきと考える。産学官の連携については、適切な産学官の役割分担に基づく協働の俯瞰図としての計画を作ることが必要である。そのためには、机上の空論ではなく、実際に共に働く研究活動の場としてのアリーナ作りが必要と考える。この点は統合法人に大きく期待している。

5) 新しい安全研究の計画の策定

現在、17年度の二法人の統合を踏まえ、今春を目途に、重点化をポイントとして、現行の年次計画の改定作業が進められている。ここでは、安全研究の重点化を目指したマッピングと言った議論も行われている。

我が国の安全研究は、統合法人が中心になるので、その活動に大いに期待している。

総合討論：
新法人における安全研究の進め方

2004年2月

内閣府原子力安全委員会事務局総務課長
村田 貴司

原子力安全委員会の2法人統合に関する考え方

- 「原子力二法人統合に関する原子力安全委員会の意見（H14.5）」
- 「日本原子力研究所及び核燃料サイクル開発機構の廃止・統合と独立行政法人化の制度設計にあたり、国の原子力の安全確保に関する基本に係る観点から考慮すべき事項について」（H15.6）

本日の主題に関連する指摘

- 安全研究の着実な実施：中核的役割
- 産学官の連携
- 人的基盤も含めた知的基盤の維持・強化・人材育成＋適切な評価
- 研究施設・設備等の研究基盤の継続的な、維持・強化＋代替機能確保
- 原子力防災・緊急時対応への技術的支援
- 放射性廃棄物処理処分関係：安全性の確保・向上に長期的視点から確実に取組むこと

※安全研究の成果が規制活動に適切に活用されるためには、その研究実施形態、プロセスの十分な中立性、透明性、信頼性が必要

安全研究年次計画（H13年度～H17年度）の中間評価
(H15.9)

（原子力施設等安全研究分野）

- ・80件中61件はおおむね計画どおり
- ・予算削減・予算措置なしのため、研究の遅れないし未実施のものあり
- ・研究資源が充足しているにもかかわらず、計画達成見込みに課題があるものあり

（環境放射能安全研究分野）

- ・153件中127件はおおむね計画どおり
- ・予算・研究員不足、組織改変のあおりで、計画の見直しが必要なものあり
- ・短期間にでは明確な成果が得られないもの、継続的なデータ収集が必要なもの
- ・短期間にでは評価できないもの
- ・評価なんかされたら、たまらない。

（放射性廃棄物安全研究分野）

- ・40件中30件はおおむね計画どおり
- ・諸般の事情により、実施されない研究、中断された研究がある

井の中の蛙たちの自己満足？

1. 國際対応・自律性
 - ニコニコして「筋力」するほど、世の中は甘くないのではないか、「協調」と「歓迎」の双方が必要
 - 一安全分野で世界標準を構築するより、日本発のデータネットはどうだにあんのか？
2. 基礎的な研究
 - 先端でない分野に研究者は魅力を感じない。安全研究の地道な側面をどう評価するか
3. 多様性と選択・集中
 - 我が国の安全研究で、国際的に見ても手・不得手の評価はできているのか、独自の戦い？
4. 進学官の進路・役割分担と協働の実践図=計画
 - 今情報・データはどこにあるか？ 一情報流通のぎしき
 - 「公共の空間」の共有問題(何か、どこまでが「秘密」なのか)、原子力が生きていくために、それが提供する「安全」の成果を社会に明らかにする必要があると考えるのなら、民間資金をもとに商業ベースで行うものについても、適切な官民の役割分担に基づく成果の共有・情報・スキームが構築されらるべきではないのか、アーリー作りが課題

新しい安全研究の計画の策定

1. 現行の安全研究年次計画
 - ① 研究実施機関から安全研究として提案された課題をとりまとめ
 - ② その上で原子力安全委員会として重点研究分野を決定

→ 原子力安全委員会及び規制行政庁のニーズに直結した安全研究の推進が必ずしも図られてはいなかつた
2. 新しい原子力安全研究の計画<安全研究重点計画>
 - 原子力安全委員会及び規制行政庁が原子力安全の確保のために必要とするニーズ、研究成果を踏まえた上で、重要な安全研究分野を原子力安全委員会自らが提示(重点安全研究分野)
 - 独立行政法人等の行う安全研究の目標を提示
 - 平成17年度中の日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構の統合・独立行政法人化を踏まえ、本年春頃を目標に安全研究重点計画を策定

安全研究重点計画における重点安全研究(案)

(Ⅰ. 現行ニーズ対応型分野)
現行の規制に直接必要とされるもの、現行の規制のニーズに対応することを目的としたもの及び現在の原子力施設の安全水準を維持・向上させるためのニーズに対応することを目的としたもの

- 1-1. 共通分野
 - 1. 建築論的・安全評価(PSA)技術
 - 2. 放射線健康影響評価技術
 - 3. 原子力防災技術
 - 4. 人間・組織要因解析評価技術
- 1-2. 軽水炉分野
 - 5. 安全評価技術
 - 6. 材料劣化及び高経年化対策技術
 - 7. 断層安全技術
- 1-3. 核燃料サイクル分野
 - 8. 安全評価(臨界安全、火災・爆発、データベース等)技術
- 1-4. 高速增殖炉分野
 - 9. 安全評価(ナトリウム取扱、炉心損傷等)技術

(Ⅱ. 将来計画対応型分野)
新たな規制体系のための研究、現在技術開発が行われており結果運用が計画されているもの

- 10. 高レベル放射性廃棄物の処分
- 11. 高Bマネーベルト、TRU廃棄物、ウラン廃棄物の処分
- 12. 戻止措置技術
- 13. 新型炉の安全規制
- 14. 新規制システム

(Ⅲ. 基礎・基礎型分野)
原子力安全に関する技術移転及び安全技術の基礎研究の維持・向上のため、実施されることが望まれるもの、人材育成及び国民の啓蒙普及に寄与する研究

- 15. 売物理、炉工学
- 16. 燃料材料工学
- 17. 保健物理、環境科学

統合法人の活動に大いにご期待申し上げます。

(4) パネリストによる基調報告 4（電気事業連合会 原子力部長 武藤 栄）

原子力発電、原子燃料サイクルの事業を担う電気事業者にとっても、規制と事業はケルマの両輪と言われるとおり、適切な規制が行われて初めて事業がうまくいくという側面がある。このため規制は、科学的、合理的でなければならず、それをささえる安全研究は重要であると考えている。このような視点から、新法人にどのようなことを期待するか述べる。

1) 新法人の研究開発に対する期待

新法人への電力としての期待であるが、まず、唯一の研究機関として、長期的視点に立ったFBR開発に代表されるようなプロジェクト的な技術開発を続けて欲しい。

これと並んで重要と考えている事は原子力の安全確保・開発利用のための技術基礎基盤の維持である。例えば、プルトニウム扱うことは誰にでもできるものではなく、産業界だけでできることは限りがあり、サイクル事業全体を支える基盤の維持を国の機関で実施して欲しい。

国際的な取組についてであるが、新法人には我が国を代表する機関として、次世代炉の開発や保障措置の枠組み構築などを実施して頂くことが重要と考えている。新型炉については、過去の事例でも結局は皆が使う技術、炉型が生き残る事になっている。国を代表して世界の動向を見ながら世界的デファクトを作り上げる上で日本を良いポジションに着けるという戦略を持って、資源を投入する分野を選んだ努力を期待したい。

また、良い研究を行うことにより良質の人材を世の中に提供していただきたい。また、社会から人材を引き取り教育をして送り返すといった機能も期待したい。原研ではこれまで、このようなことを行ってきており、今後も継続していただければと思う。

最後に社会的理解獲得についてであるが、原子力に携わる人すべてが行わなければならないことであるが、特に安全研究に関わる方は、その成果を積極的に社会に分かりやすく説明していただきたい。学術論文として社会に出していくこともあるだろうが、一般を対象に安全研究の意味するところも付け加えて分かりやすい形で説明を行っていただきたい。

2) 新法人に期待する研究開発

次に、新法人における具体的な研究開発についての期待を述べる。

まず、商用ベースで事業が進んでいる分野、即ち軽水炉発電、軽水炉使用済燃料再処理、ウラン濃縮等に関してであるが、この分野に関しては、民間での円滑な事業遂行に必要となる基礎基盤研究や安全研究を適切に支えていただきたい。さらに適時適切な技術移転や技術支援を行い、産業界と一緒に研究開発を進めていただきたい。

公的機関が主に主体的に実施していただきたいと考える分野であるFBRサイクルの確立や、水素製造等の原子力の潜在的可能性的探求や実用化を目指す研究は、引き続き新法人で実施していただきたい。これらの分野に関連して、適切な開発基盤の維持や人材育成も重要と考えている。

3) 期待される個別研究開発テーマの例

次に、期待される個別研究開発テーマの例について述べる。

まず、商用ベースで事業が進んでいる分野については、軽水炉発電に関して、燃料開発のための基礎基盤研究、高経年化及び材料に関する研究、シミュレーション基盤研究、さらには材料試験炉等、技術開発基盤の維持等を期待している。

原子燃料サイクル分野に関しては、サイクル事業を支える基礎基盤研究として、例えば耐食材

料の開発や Pu 分析技術開発等の保障措置技術開発などを期待している。安全研究として、より合理的科学的規制を目指した基盤整備及び規格・基準の整備に必要な基礎的データの取得、更に Pu 関連研究施設等、技術開発基盤の維持についても期待をしている。

次に、将来に向け政府・公的部門で開発が期待される分野については、原子燃料サイクル確立に向けた研究開発として、使用済 MOX 燃料再処理技術の開発・実証に関する研究が期待される。高速増殖炉及び関連する燃料サイクル技術に関して、FBR 実用化概念構築、技術開発、経済性向上、軽水炉サイクルからの移行を考慮したサイクル技術開発、放射性廃棄物低減に関する研究が期待される。放射性廃棄物処理処分、廃止措置に関して、合理的な規制基準の導入に必要なデータ取得及び廃止措置技術に関する研究が期待される。高レベル放射性廃棄物処理処分研究開発に関して、地層処分技術の信頼性向上、安全性評価手法の高度化に向けた研究などが期待される。また、次世代炉などに関しても日本を代表して研究に当って欲しい。その他、繰り返しになるが安全研究成果を積極的に分かりやすく公表していただき、社会の理解を獲得していくことが重要と考える。

最後に、産業界と研究開発部門が整合的に活動を行っていくことが、原子力全体をうまく動かしていく鍵と考えているので、引き続きよろしくお願いしたい。

新法人における 原子力安全研究への期待

電気事業連合会 原子力部
武藤 栄

1

新法人に期待する研究開発

- ・商用ベースで事業が進んでいる分野
(軽水炉発電、軽水炉使用済燃料再処理、ウラン濃縮等)
 - 民間の円滑な事業遂行に必要な基礎基盤研究、安全研究等、さらに、適時適切な技術移転、技術支援を期待
- ・将来に向け政府・公的部門で開発が期待される分野
(原子燃料サイクルの確立、原子力の潜在的可能性を探求し実用化を目指す研究開発等)
 - 高速増殖炉サイクル、原子力を利用した水素利用技術開発等について必要な基礎基盤研究、プロジェクト研究開発、国際的取り組みに期待
- ・双方に関連し、適切な開発基盤維持や人材育成を期待

3

新法人の研究開発に対する期待

- ・長期的視点に立った技術開発
- ・原子力の安全確保・開発利用のための技術基礎基盤の維持
- ・国際的な次世代炉開発や保障措置枠組み構築等への協力
- ・人材育成
- ・社会的理解獲得

2

期待される個別研究開発テーマの例 (商用ベースで事業が進んでいる分野)

軽水炉発電	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料開発のための基礎基盤研究 ・高経年化及び材料に関する研究 ・シミュレーション基盤研究 ・材料試験炉等、技術開発基盤の維持 等
原子燃料サイクル	<ul style="list-style-type: none"> ・サイクル事業を支える基礎基盤研究 <ul style="list-style-type: none"> →耐食材料の開発など →Pu分析技術開発等の保障措置技術開発 ・安全研究 <ul style="list-style-type: none"> →より合理的科学的規制を目指した基盤整備 →規格・基準の整備に必要な基礎的データの取得 ・Pu関連研究施設等、技術開発基盤の維持

4

期待される個別研究開発テーマの例
(将来に向け政府・公的部門で開発が期待される分野)

原子燃料サイクル確立に向けた研究開発	・使用済みMOX燃料再処理技術の開発・実証
高速増殖炉及び関連する燃料サイクル技術	・FBR実用化概念構築、技術開発、経済性向上 ・軽水炉サイクルからの移行を考慮したサイクル技術開発 ・放射性廃棄物低減
放射性廃棄物処理処分、廃止措置	・合理的な規制基準の導入に必要なデータ取得 ・廃止措置技術
高レベル放射性廃棄物処理処分研究開発	・地層処分技術の信頼性向上、安全性評価手法の高度化に向けた研究
次世代炉	・高温ガス炉による高温利用、水素生産技術の開発等 ・第四世代炉の要素技術の開発・評価
その他	・社会受容性向上のための外部経済性評価、組織安全文化研究など ・安全研究成果の説明を通じた社会的受容性の確保

(5) パネリストによる基調報告 5 (東京工業大学 教授 鳥井 弘之)

1) 安全規制のあり方に関する研究

科学技術と社会との関係と言う視点から述べる。まず、安全規制はどうあるべきかということは、ある種の政策研究の成果を反映したものでなければならないと考える。これは社会的現象であるから実験をするわけにはいかないので、できるだけ他分野の規制体系のあり方を調べ、それぞれどのような特色を持っているのか、どのような規制体系ならどのような信頼感を得られるかと言ったことを調べるとともに、技術の特性に合わせた規制体系はどうあるべきかといったことを考えていかなければならない。原子力においても規制体系を進化させていく必要があるのではないかと考える。現在の規制体系を考えると、かつては、保安院と安全委員会があって、国民の目からするとどちらが責任を持ってくれているのかが良く分からなかった。また、これも外からの全く違った要因で、今度、原子力安全基盤機構ができた。今度は三重になる。ダブルチェックというと聞こえは良いが、相互に無責任だと言うこともある。そこが信頼を欠いているところかもしれないという気がする。進化の中で、守れない安全規制を排除していくことも必要である。

2) 人為ミスに関する体系的研究

色々な分野の事故を調べてみると人為ミスが大きな要因になっている。さまざまな分野の事故や失敗の記録はたくさんあるので、それを調べてみる必要がある。多くの分野で、このような人為ミスがあったというところまでは分析されているが、なぜそのミスに至ったかまで踏み込んだ記録は無いのが現状である。身近な事故を見ると、どういう心理的要件が働いたのか、環境がそのミスにどのように繋がっているのかを考える必要がある。このようなことを行っていくと、現在の原子力の作業現場の再点検が必要になってくる。切尔ノブイリでも TMI でもそうであったが、ミスがミスを呼ぶと言う構造を持つわけであるが、どうしてミスがミスを呼ぶのかと言うメカニズムは良く分らない。また、最近技術者倫理とか品質管理システム ISO9000 がはやりになっているが、これらとミスとどういう関係にあるのかということは、今のところ分かっていない。

3) 悪意の防止に関する研究

頭の痛い問題で、犯罪、サボタージュ、テロなどを心配しなくてはならない時代に入っている。これにどう対応するのかというと、全部技術で対応できるわけがない。技術の役割とか制度とか警備体制などを考えていく必要がある。

4) 確率的安全評価の大衆理解に関する研究

専門家ですら、他分野の事になったら確率論は通じないと考えている。このため、確率論は説得の材料にはなるかもしれないが、納得の材料にはなっていないのが現状である。安全は社会的なことである。特定の個人が事故のとき被害を受けるかどうかと言う事については何も言っていない。しかし、一人ひとりの個人が心配な事は自分が被害に遭うかどうかである。安全は社会的な評価であるが、安心は、「私にとって」、「あなたにとって」、「家族にとって」という評価である。そうすると安全という社会的情報を、「あなた」に変換するプロセスがないと安心にはならない。その変換をどのようにするかという研究をやらなければならない。不安要因を分析してみて、どのようにして確率的な安全情報を、個人の情報に結び付けていくかを考えていく必要がある。

総合討論:新法人における安全研究の進め方

平成16年2月6日
東京工業大学 烏井 弘之

●安全規制のあり方に関する研究

- 他分野(外国も含め)の規制体系の実態
- それぞれの特色は何か
- 技術の特性と規制体系のあり方
- 現行の原子力規制体系を見直すべき点は何か
- 守れない安全規制はないか
- なぜ守れないのか

1

●確率的安全評価の大衆理解に関する研究

- 安全と安心に関する概念整理の研究
- 安全は社会的評価、安心は個人的評価
- 不安要因の分析

私(家族、仲間)が被害者になるかも

慣れない、知らないもの

なぜ私だけ

不安が現実になった例の認知

みんなが心配している

安全情報を安心情報に変換する手法の研究

3

●人為ミスに関する体系的研究

- 様々な分野の事故や失敗を人為から再評価
- ミスを犯す周辺環境の影響についての研究
- 人がミスを犯す心理的要因の研究
- 上記の視点から原子力作業現場の再点検
- ミスが次のミスを呼ぶメカニズム研究
- 技術者倫理がミスを防止できるか
- ISO9000的世界とミス

2

●悪意の防止に関する研究

- 悪意防止における技術と制度の役割

(6) 基調報告に対する原研からの回答（原研 原子炉安全工学部長 石島 清見）

1) 安全研究に対する要請（原子力二法人統合準備会議報告書）

統合法人では、原子力二法人統合準備会議報告書に記載されている要請に応えて安全研究を実施する事は当然の事である。原子力委員会及び原子力安全委員会のポリシーに沿った安全研究の遂行が要請されている。これは、当然、原子力委員会の長計とか安全委員会の年次計画に則って行うと言うことであり、これまでこのように行ってきたところである。今回の議論において安全委員会から新法人の中期目標の作成とか研究成果の評価等について関与するという表現がなされている。これは、他の独立行政法人にはなかったことであり、その意味で、現在進められている重点安全研究計画は新法人にとって非常に重いものであると認識している。

2) 安全研究のポイント

安全研究には様々な側面がある。その中で重要と考えているポイントを2点を挙げると以下のようである。第一は、原子力安全規制における現在及び近い将来の課題に適時・的確に応えていくことである。第二は、軽水炉利用の長期化・高度化や原子力利用の多様化を踏まえ、様々な要請に対応し得る高度な技術基盤の構築と維持である。

3) 安全研究の方向性

次に、安全研究の方向性について挙げると以下のようである。第一は、重点課題の優先的遂行である。これまで原研は国内の原子力関連機関への協力、共同研究、あるいは産業界と様々な共同研究を行っているところであるが、その中で、現在のニーズ、あるいは近い将来どのようなものがあるかを考えながら実施してきている。この点は、今後ますます重要になり、プライオリティーを付けて結果を出していく必要がある。第2は、総合的研究あるいはこれまでの研究の統合化で、これまでと違った視点を加えた見方などもひとつの方針性であると考えている。例えば、整合性のある安全規制のあり方等の検討である。現在、安全目標が検討されているが、これをどのように適用していくかということも、総合的視点から検討していく必要がある。第3は、ソフト研究と実験研究のバランスである。これは安全評価手法の高度化というところに視点を置いた研究の評価も必要ではないか、また、評価手法を作った上で、コストエフェクティブに検証する方法を考えていく必要があるのではないかということである。第4は、開発研究と安全研究の分離と協調である。規制支援を行うためには、ある程度開発と分離した研究が必要である。ただし、開発研究で得られた成果は、安全研究に有効に使えるものが多いので、安全評価に使うために新たにデータを取り直すと言った事は経済的にも考えなければならない。透明性のあるプロセスを考えつつ、協調関係をどうして行くかと言う点も一つの方向性と考える。第5は、国際協力と貢献である。安全研究にはお金がかかるところもあるので、国際協力で成果を得られるところは成果を上げていく。逆にこちらから提供できるところは積極的に提供していく、効率的な研究を考えしていく必要がある。最後は、国民への原子力安全の説明責任である。これまでも研究成果を開示しているが、もう少し、社会への説明責任の仕事も分担していくかなくてはいけないと考える。

4) 考慮すべき課題

最後に考慮すべき課題について述べる。信頼性の高い安全研究を実施していくためには、それを可能とする高い技術基盤が必要である。この点は、安全研究だけではなく、幅広い技術分野に

おける人材が作られ、それが高度なもので、その上に立っての安全研究であると考えられることから、基盤研究の維持を図っていくことが重要である。次は研究インフラの確保である。要請された成果を出すのが使命であるが、そのためには適切な実験施設の維持、あるいは安全評価に携わる有能な人材の育成・確保、特に今後続く原子力利用を考えると、適時に人材の育成を行わないといふと安全研究の遂行あるいは安全規制の支援ができなくなる。第3に、産学官連携の強化とそのためのフレームワークの構築である。これはこれまで全くやって来ていなかつたわけではなく、個別には行ってきた。今後、連携を強化する必要があり、そのために、フレームワークを作る必要がある。

ここに挙げた点だけでも一法人できることではないと思うので、今後とも、ご支援をお願いしたい。

新法人における安全研究の進め方 (私見)

平成16年2月6日

日本原子力研究所 原子炉安全工学部長
石島 清見

安全研究に対する要請 (原子力二法人統合準備会議報告書)

- ・原子力安全研究の着実な推進などによる国の方針への貢献
- ・国の原子力安全規制や原子力防災対策などを支援
- ・原子力委員会及び原子力安全委員会のポリシーに沿った安全研究の遂行

安全研究のポイント

- ・原子力安全規制における現在及び近い将来の課題に適時・的確に応えること
- ・軽水炉利用の長期化・高度化や原子力利用の多様化を踏まえ、様々な要請に対応し得る高度な技術基盤の構築と維持

安全研究の方向性

- ・重点課題の優先的遂行
- ・総合的視点からの研究
　整合性のある安全規制の在り方等
- ・ソフト研究と実験研究のバランス
- ・開発研究と安全研究の分離と協調
- ・国際協力と貢献
- ・国民への原子力安全の説明責任

考慮すべき課題

- 基盤研究の重要性
高い技術基盤が、信頼性の高い安全研究を可能にする
- 研究インフラの確保
適切な実験施設の維持及び安全評価に携わる有能な人材の育成・確保は、安全研究の遂行と安全規制の支援にとって不可欠
- 産学官連携の強化とそのためのフレームワークの構築

(7) 基調報告に対するサイクル機構からの回答

(サイクル機構 バックエンド推進部次長 石黒 勝彦)

1) 原子力安全研究の定義

原子力安全研究は、広義的には「原子力利用に伴う国民の安全確保を目的とする研究」と定義でき、狭義的には「国の原子力安全規制及び原子力防災計画に資する研究」或いは「原子力安全委員会、規制行政庁の規制ニーズに基づく研究」というように考えることができる。

2) 原子力安全研究の全体フレーム

上述のような定義で原子力安全研究の全体フレームを考えると、まず「安全研究」があり、集合的には更にその内側に原子力安全委員会で現在検討中の「重点安全研究」があると考えられる。一方、安全規制や防災計画に資する研究情報は、必ずしも安全研究のみから供給されるものではなく、より基礎的な研究や全く別の目的で実施された研究が重要な情報を提供することもある。そのような意味で、安全規制や原子力防災に資する研究情報全体を「安全研究関連情報」とすれば、それは「安全研究」による研究情報より広い情報集合となり、ここから必要な情報を吸い上げる仕組みも必要であることを指摘しておきたい。

また、原子力安全研究の役割が有効に機能するためには、まず、安全規制ニーズがあり、それに沿った安全研究の実施（資金、施設、組織・要員等）と評価の枠組みが必要である。更に、安全研究成果が安全規制や施設の安全性向上に活用される仕組みを構築する必要がある。

3) 重点安全研究の留意点

原子力安全委員会で検討中の新しい安全研究計画案においては、安全研究を「I. 現行ニーズ対応型分野」、「II. 将来計画対応型分野」、「III. 基礎・基盤型分野」に3区分することを考えている。この区分は、安全規制活動に計画的に取り組むことを考える時、第1区分は安全規制計画上、緊急性のあるもの、第2区分は長期的、段階的に取り組むことが重要なもの、第3区分は基礎・基盤的な側面を考えて重要なものと対応付けることができる。

4) 新法人の役割

新法人に期待されている役割として、安全研究に関するものでは、国の原子力安全規制や防災対策に貢献すること、原子力安全研究の中核的役割を担う機関として活動すること、国際貢献となる情報を発信することなどが挙げられる。

5) 安全研究の進め方と課題

新法人における安全研究の進め方は現在検討しているところであるが、以下のことを考えている。

原子力安全委員会や規制行政庁の要請に基づく直接的な規制支援は独立したセンター的組織を活動の中核とすることが考えられる。

また、開発研究に係る安全研究は、プロジェクト開発研究の中で一体として実施する。高速増殖炉サイクル開発研究、高レベル放射性廃棄物処分研究等の分野がこの例として考えられる。

また、新法人において安全研究を進める上で、以下のような課題について考えていく必要がある。

まず、新法人における規制支援部門と開発研究部門とは互いの分離と連携のバランスを考えることが重要である。また、安全研究関連部門、これらは基礎・基盤研究部門とプロジェクト開発

研究部門であるが、これらの部門間の連携も重要である。

次に、研究成果の信頼性確保及び国民への説明責任は、全部門が実施すべき共通事項であるが、安全研究については特に留意が必要な事項である。

最後に、国、研究機関、事業者、民間等安全研究に様々な関わりを持つ関係者間の議論や情報交換の場が必要であり、そのような場が設けられることを期待したい。

新法人における安全研究の進め方 (私見)

第2回原研－サイクル機構合同安全研究成果報告会

平成16年2月6日

核燃料サイクル開発機構 バックエンド推進部
石黒 勝彦

1

1. 原子力安全研究の定義

- ・原子力利用に伴う国民の安全確保を目的とする研究(広義)
- ・国の原子力安全規制及び原子力防災計画に資する研究(狭義)
- ・原子力安全委員会、規制行政庁の規制ニーズに基づく研究(狭義)

2. 原子力安全研究の全体フレーム

- ・「安全研究関連情報」>「安全研究」>「重点安全研究」
- ・**安全規制ニーズ**
 - ⇒ **安全研究の実施・評価(関連情報整備含む)**
 - ⇒ **安全研究成果の活用**

2

3. 重点安全研究の留意点(3区分に対応して)

- ・安全規制活動の計画的な取り組みにおける
 - ① 安全規制計画上の緊急性
 - ② 長期的(段階的)取り組みの重要性
 - ③ 基礎・基盤的な側面の重要性

4. 新法人の役割

- ・国の原子力安全規制や防災対策に貢献
- ・原子力安全研究の中核的役割を担う機関としての期待
- ・国際貢献となる情報発信

3

5. 安全研究の進め方と課題

- ・規制支援は独立したセンター的組織を活動の中核とする考え方
- ・開発研究に係る安全研究は、プロジェクト開発研究の中で一体として実施(例、高速増殖炉サイクル開発研究、高レベル放射性廃棄物処分研究等)
- ・規制支援部門と開発研究部門との分離と連携のバランス
- ・安全研究関連部門間の連携(基礎・基盤研究とプロジェクト開発研究)
- ・研究成果の信頼性確保と国民への説明責任は共通事項
- ・関係者間(国、研究機関、事業者、民間等)の議論や情報交換の場必要

4

2.6.3 質疑応答

木村議長：最初に約束したように、総合討論の時間を延長してでも是非フロアからも意見を伺いたいが、まずパネリスト間で議論があると思う。特に鳥井先生のご意見については規制側から何かあるのではないか。

平岡課長：鳥井先生の原子力安全基盤機構（JNES）の設立は、原子力安全委員会（安全委）も原子力安全・保安院（保安院）も誰も責任をとらないという構図が増えただけではないか等のご発言は、どれも耳の痛い内容であり、参考になる。体制の問題は色々と議論もあるが、我々としては、JNES ができたことでむしろ規制体制がより明確になったと思っている。保安院と JNES が一体となって規制を執行する、つまり規制行政庁と考えていただくと良いと思う。規制のニーズに基づく研究を、JNES から、統合法人や色々な研究機関に分担して実施してもらい、こうした活動を安全委のダブルチェックの下で透明に行うという構造になったことで、よりわかりやすくなったのではないかと思う。

木村議長：原子力安全とは何か、そのための安全研究とは何かというのが非常に大きな課題である。パネリストの発言の中でも具体的な軽水炉の問題や燃料サイクルに直接関連するもの、安全規制がどうあるべきか、プロセス論的な見方も話題として出た。現在、安全委において新しい安全研究年次計画（年次計画）の策定をしている。今までの年次計画は、安全委の安全研究のカテゴリとしては、日本原子力研究所（原研）、核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）、放射線医学総合研究所（放医研）等の国の研究機関で実施する研究を中心であり、各機関から実施する内容が提案されて、それを並べたという印象がなくもなかつた。今回の計画は、今までの反省もあって、少なくとも保安院が JNES 等によって特別会計予算でも進める研究や民間で実施されている安全研究なども検討対象として日本全体として進めている。学会の協力を得て、安全研究のマッピングもしている。そういう観点のご意見を承りたい。

フロア4：今日は貴重なご意見を聞かせていただいた。文部科学省（文科省）の渡辺課長や安全委の村田課長など、多くの方が産官学の協力を述べているが、それについて質問したい。2つの研究機関が統合して新しい研究機関になると同時に日本における安全研究の中核機関になると言われており、皆さんからも期待されている。新法人と放医研が国の安全研究の中核機関になってくるのではないかと思う。1つは、新法人は放医研との連携が重要であること。もう1つは、法人となった場合の独自の運営形態が重要である。その場合に、実施機関で行う安全研究と国の安全規制上重要な研究が乖離してしまうと、安全委で研究評価をすることはできないという意見になってくる。また、大学との連携も重要であるが、我が国で、これまで大学が安全研究に積極的に参加したことは構造的になかった。予算面から大学を除外してきた外国には例のない安全研究の研究体制、予算体制、行政体制である。それを今後どういう風にするか、個人的には、これを機会にもう少し大学が参加できる体制が必要ではないかと思っている。現実に安全規制の根本になっている国連

科学委員会の報告書を見ると、放射線（能）のモニタリング技術については、日本の技術が非常に高く引用されていて全体の14%であり、そのほとんどが原研とサイクル機構によるものである。もう一方の放射線影響研究になると、全体の引用数は、4~5%と少ないが、その内の80数%が大学から出てきた研究が引用されている。そういう面も念頭に置いて新法人の国の安全研究における立場を考えてほしい。

渡辺課長：今のご指摘は非常に重要である。本日は、原研とサイクル機構の合同の報告会であり、かつ二法人統合の話をメインにしてしまったので、新法人の話が中心になったが、あくまでも、新法人は安全研究の中核になるとは思うが、安全研究の全てを新法人が行うということではない。放医研、民間機関、JNES、大学が実施する部分もあり、全体として安全研究が行われることになると見える。鳥井先生のご発言の通りヒューマンファクタや社会科学の面は非常に重要だと思うが、新法人が得意とする分野はホットの（放射性物質を取り扱う）施設を活用した部分であり、新法人にしかできないところが中心になると思う。新法人も協力するが、ホットでない新法人以外でもできる部分は、JNESなり他の機関が行い、放射線影響であれば放医研といった具合にそれぞれ得意な分野があり、協力してやっていくということになるのではないか。また、新法人においては大学との連携を強化することが謳われており、安全研究についても大学が得意とする分野での協力はあろうかと思う。安全規制上必要な研究と新法人が独立法人としてやるべき研究との乖離の問題があるが、独立行政法人なので個々の事業は各法人が独立性をもって実施するという建前である。しかしながら、中期目標は国が作って法人に与えるので、それに基づき中期計画を各法人が作って国が認可するというシステムになっている。その中期目標の中で国が安全規制上必要な研究についてはきちんとやるようにという、具体的な書き方については議論があるが、中期目標で枠をはめて、安全研究を行うことになる。そのためには、安全委が国として規制として何が必要かを示していただきたい。どうしても研究者は、自分がやりたいような方向で今までの経験では、例えば炉心まわりとか核反応とかが研究の中心になる。一方で、実際の事故・トラブルは、いわゆる端っこの方、配管のひび割れなど、どちらかというと炉心から遠いところで色々な問題が起こるという傾向があるので、規制側の要求をきちんと示していく。その中で法人の経営上必要なことと上手くミックスしながら安全研究を進めていくことになると思う。

村田課長：渡辺課長から独立行政法人のシステムに関する発言があった。大学についても、今年の4月1日から国立大学法人となり、基本的に考え方は同じとなるので、今説明のあった通りである。1点申し上げるとすれば、現行の年次計画は3つの分野に分かれており、それぞれ、どの機関が主体的に実施している割合が強いかでその分野の趣が決まっていることは理解していただけると思う。その中で環境放射能分野においては、個別の研究は大学が多い。年次計画の策定や今後の検討の中でも、各機関のやり方まで議論はできないが、何らかのエンカレッジするシステムがあるのではないかという議論ができればと思っている。

鳥井教授：H2ロケットが落ちた時、水素を送るポンプに渦ができて壊れた。宇宙をやっている人達はそんな事は起きないと言っていた。探してみたら、日本の大学の中にそのようなことを研究している人がいた。つまり、大学の研究は多様性を持っていることが極めて大事である。例えば、安全研究で言うと、想定されていないようなリスク要因を発見するという事は重点化された研究からは出てこない。多様な研究からしか出てこない。その多様性と重点化をどのようにして両立させていくかが大きな課題であると考えている。安全研究という名前で研究をやろうと、開発研究という名前でやろうと良いが、大学が独立行政法人になっても、いかに多様性を持つかが重要であり、多様性という評価軸を評価の中に入れたらいのではないかと大学の中で話している。

村田課長：いま話のあったH2事故のあと、宇宙政策課長を務めており、キャビテーションの話をしていた。直前のポストでは、医学教育課長をやっていたので、大学の多様性についていろいろ考えさせられた。もちろん、大学は宝の宝庫だと思っていたが、全て右肩上がりの時代であれば、多様性と重点化という問い合わせに伴う問題は全部先送りすることができる。しかし、今はそう言つていられない時代である。この中で、多様性と選択と集中をどう両立させるかという困難な議論を私たちはしなくてはいけない。これは今までの人達は経験しないで済んだ問題であり、容易に解決できるものではない。しかし私たちはこの問題に正面から向かわなければいけない。従って、諸先輩には叱咤激励していただきたいけれども、温かく、寛容な目で見守っていただきたい。

渡辺課長：安全研究に関して昨年秋に行われた総合科学技術会議の評価においては、あまり高い評価を頂いていない。その理由は、総合科学技術会議の先生方からすると、安全研究の名の下に、研究者が最終目的もあまりはっきりしないまま、ばらばらに研究が為されているのではないかというようなイメージを持っておられるようである。従って、安全研究が規制上、何の役に立つかを常に認識した上で、アピールをしていかないと、今の世の中、なかなか受け入れてもらえないのではないかと思う。新法人を作る時も、その点がはっきりしていないと、新法人の中での安全研究の位置付けができるのではないかと考える。というのは、新法人は、中期目標を設定して研究計画を作り、その後で評価をしなくてはいけない。これは、独法の制度である。従って、何のために、ここまでやると言うことが明確になっていなければいけない。でなければ、後で評価できないし、続けられないことになる。その辺、計画を立てる上で、皆様に認識を持っていただければと思う。

木村議長：私のスライドでは、成果のところに説明責任を書いてあるが、それ以前に、最初に書いた「原子力安全研究とは何か」というところで、今度の安全研究年次計画では、安全研究の目的の中に、国民に理解される安全研究というのを入れようというように相談している。一方、科学行政の中で安全行政の説明ができるようではいけないので、国民に対してはもちろんあるが、役所の中でもできるということは、他の分野でも重要であるが、安全研究でも重要である。

フロア5：かつて私は原研で働いておりましたし、今また、安全委で働いている。今日話を聞いていて、統合法人への皆様の中核機関としての期待が非常に大きいと感じた。統合機関に私も期待したい。中核機関として、科学技術的側面で言うと、COEであるから、COEの一番重要なのは、先見性を持つことだと思う。中期目標は行政が作るわけであるが、実は研究機関として先見性を持つ場合には、行政機関より更に高い先見性を持っていただきたい。行政機関が作る中期目標の中には、先見性が取り込まれるという位にしていただきたい。そういう気概で統合機関を作っていただきたい。

平岡課長：今の議論に關係して、規制当局としてニーズを示すべしと言うこともあるので、コメントしたい。規制当局としては、規制として必要なものを明確にして研究をお願いしていくと言う事は、やっていかなければいけないと考えている。ただ、これを受けていただく研究機関の側は、規制機関のニーズに沿った研究だけをやっている機関にお願いするというものでは全くない。規制当局としては、鳥井先生のご指摘にもありましたように、安全規制そのものが、今の形で良いのかということについても、研究成果を頂かなければいけない。その意味では、むしろ自由闊達な研究が行われていると言う状態が在って、初めて、そこに研究をお願いできる。それによってより意味のある研究ができ、成果が出てくると考えている。もちろん、ニーズは私どもも出していくが、それにとらわれすぎるのは、むしろマイナス面が強いのではないかという感覚を、私は持っている。それによって、安全規制のあり方とか、思いもよらない問題とか、そういうものに対する取組が実現していく。規制当局としても、こうした研究成果をしっかり受け止めていくことが非常に大事であると考えている。

早田理事：統合法人に対する要望、希望がこれほど明確に色々な立場の方々からうかがえたのは、ここしばらくでは、初めてではないかと思う。特に壇上に居られる行政庁の方々、産業界、鳥井先生、フロアからの意見を心に受け止めて、新法人が期待に沿えるようにしたいと思うので、今後とも、宜しくお願ひしたい。

3. あとがき

本報告会は、原子力安全委員会、規制行政庁等のニーズを踏まえ、原研とサイクル機構が自ら実施している安全研究について、最近の安全研究の成果を報告するとともに、各界からの意見を今後の安全研究に資することを目的に、昨年に引き続き合同成果報告会として開催したものである。

成果報告、特別講演、及び総合討論を通じ、新法人における安全研究の進め方として、以下の意見、要望等が得られた。

(文部科学省より)

- ・安全研究の実施及び安全規制への協力を通して積極的に社会に貢献
- ・具体的な安全規制への活用を見据えた安全研究年次計画に従い、重要性の高い課題から優先的に実施
- ・安全規制に関する協力活動が原子力の推進活動から適切に分離独立していることが必要
(原子力安全保安院より)
- ・安全研究を含めた原子力の基礎・基盤研究等の中核機関であり続けること
- ・保安院の安全規制活動に対する人的・技術的支援と協力
- ・J N E S・保安院が行う安全研究に、新法人の研究資源（人材・設備等）を活用できるよう希望

(原子力安全委員会事務局より)

- ・安全研究実施の中核的役割
- ・産学官の連携強化
- ・知的基盤の維持・強化
- ・研究施設等の研究基盤の維持・強化
- ・原子力防災・緊急時対応への技術的支援
- ・知的基盤の維持・強化
- ・放射性廃棄物処理処分の安全確保・向上に長期的視点から確実に取組む
- ・安全研究の成果が規制活動に適切に活用されるためには、その研究実施形態、プロセスの十分な中立性、透明性、信頼性が必要

(電気事業連合会より)

- ・商用ベースで事業が進んでいる分野に関し、民間の円滑な事業遂行に必要な基礎基盤研究、安全研究等について、適時適切な技術移転、技術支援を期待
- ・将来に向け政府・公的部門で開発が期待される分野に関し、原子燃料サイクルの確立、原子力の潜在的 possibility を探求し実用化を目指す研究開発等を期待

(大学、マスメディアより)

- ・安全規制のあり方に関する研究、人為ミスに関する体系的研究、悪意の防止に関する研究、確率論的安全評価の大衆理解に関する研究を期待

(フロアより)

- ・放医研や大学との連携の重視
- ・COE には先見性が重要なので、中期目標への先見性の取り込みが必要
アンケート結果にもあるように、本成果報告会について出席者から概ね高い評価を得ており、

関係各位のご指導とご協力により、初期の目的を達成できたと認識している。今後も、頂いたご意見、要望等を参考にして、合同成果報告会を開催したいと考えている。

関係各位のさらなるご指導とご支援をお願いしたい。

謝辞

本合同安全研究成果報告会では、東委員（原子力安全委員会）には特別講演をお願いし、また、木村部会長（原子力安全委員会原子力安全研究専門部会）、鳥井教授（東京工業大学）、平岡課長（経済産業省原子力安全・保安院原子力安全技術基盤課）、武藤部長（電気事業連合会原子力部）、村田課長（原子力安全委員会事務局総務課）、渡辺課長（文部科学省研究開発局原子力課）には、議長や、パネリストをお願いし、それぞれ貴重な時間を割いて頂いた。会合には大学、官庁、研究機関、電力、メーカーをはじめ多くの参加を得るとともに、数多くの貴重なコメントを頂いた。原子力安全委員会、文部科学省量子放射線研究課、核燃料サイクル研究開発課、原子力安全・保安院からは、会合開催等について貴重なアドバイスを頂いた。ご指導、ご協力頂いたこれらの方々に、深く感謝する。

また、本会合の準備、開催及び事後処理にご協力頂いた原研及びサイクル機構の多くの関係者に感謝する。

付録1 プログラム

第2回原研－サイクル機構合同安全研究成果報告会プログラム

日時：平成16年2月6日(金) 13:15～17:00 場所：星陵会館(千代田区永田町2-16-2)

13:15～13:20	開会挨拶	サイクル機構 理事・菊田 滋
13:20～13:30	原研の安全研究成果の概要	原研 東海研究所 副所長・野村 正之
13:30～13:40	サイクル機構の安全研究成果の概要	サイクル機構 特任参事・鈴木 治夫
セッションI 原子力施設等安全研究		
13:40～14:10	軽水炉の熱水力安全評価技術の高度化に関する研究 過渡伝熱流動現象評価に関する研究	原研 热水力安全研究室長・中村 秀夫 サイクル機構 流体計算工学研究G 主任研究員・村松 薫晴
セッションII 環境放射能安全研究		
14:10～14:40	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 高エネルギー放射線の線量測定・評価に関する研究	サイクル機構 線量計測課 副主任研究員・栗原 治 原研 外部被ばく防護研究室長・山口 恭弘
セッションIII 放射性廃棄物安全研究		
14:40～15:10	放射性廃棄物処分における長期的安全評価手法の研究 人工バリア等の性能に関する長期挙動評価	原研 廃棄物安全評価研究室長・木村 英雄 サイクル機構 処分バリア性能研究 GL・油井 三和
15:10～15:30	特別講演：安全規制における最近の話題 原子力安全委員会委員・東 邦夫	
15:30～15:40	—休憩—	
15:40～16:55	総合討論：新法人における安全研究の進め方	
	パネル議長： 嵐原子力安全システム研究所 技術システム研究所 所長・木村 逸郎	
	パネリスト： 東京工業大学 原子炉工学研究所 教授・鳥井 弘之	
	経済産業省 原子力安全・保安院 原子力安全技術基盤課長・平岡 英治	
	電気事業連合会 原子力部長・武藤 栄	
	原子力安全委員会事務局 総務課長・村田 貴司	
	文部科学省 研究開発局 原子力課長・渡辺 格	
	(以上、五十音順)	
	原研 原子炉安全工学部長・石島 清見	
	サイクル機構 パックエンド推進部次長・石黒 勝彦	
16:55～17:00	閉会挨拶	原研 理事・早田 邦久

付録 2 参加者数

区分	分類	人數
外部	大学関係	10名
	官庁・地方自治体関係	36名
	プレス	2名
	電力関係	6名
	メーカー等	72名
	法人、他	50名
	小計	176名
内部	原研	48名
	サイクル機構	35名
	小計	83名
参加者総数		259名

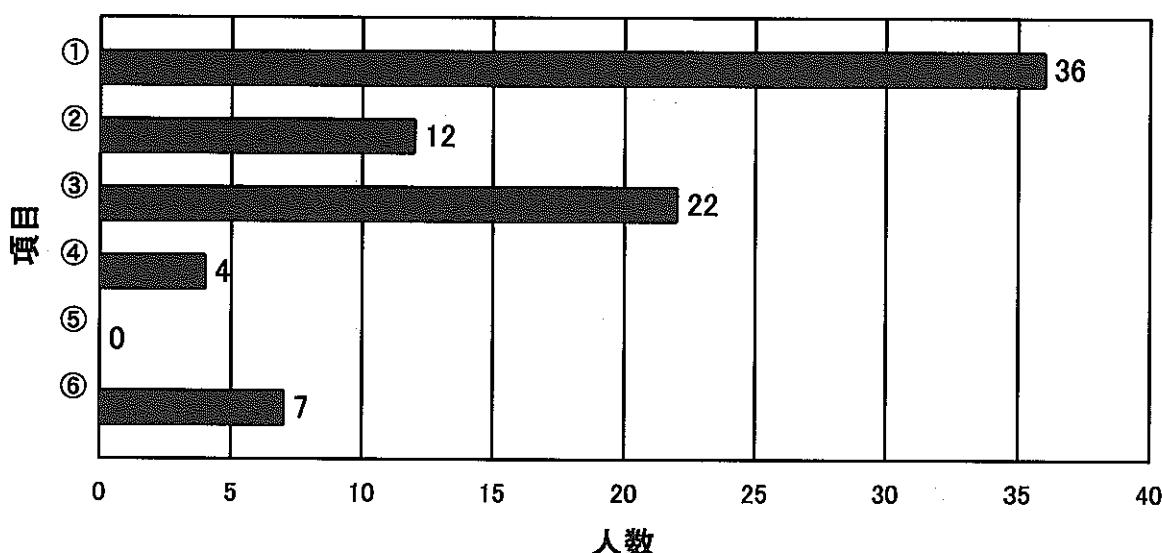
付録3 アンケート集計結果及びアンケート用紙への記載事項に対する回答

アンケートの回収数は78であった。以下に、回答の集計結果を記す。

1. 報告会の運営等について

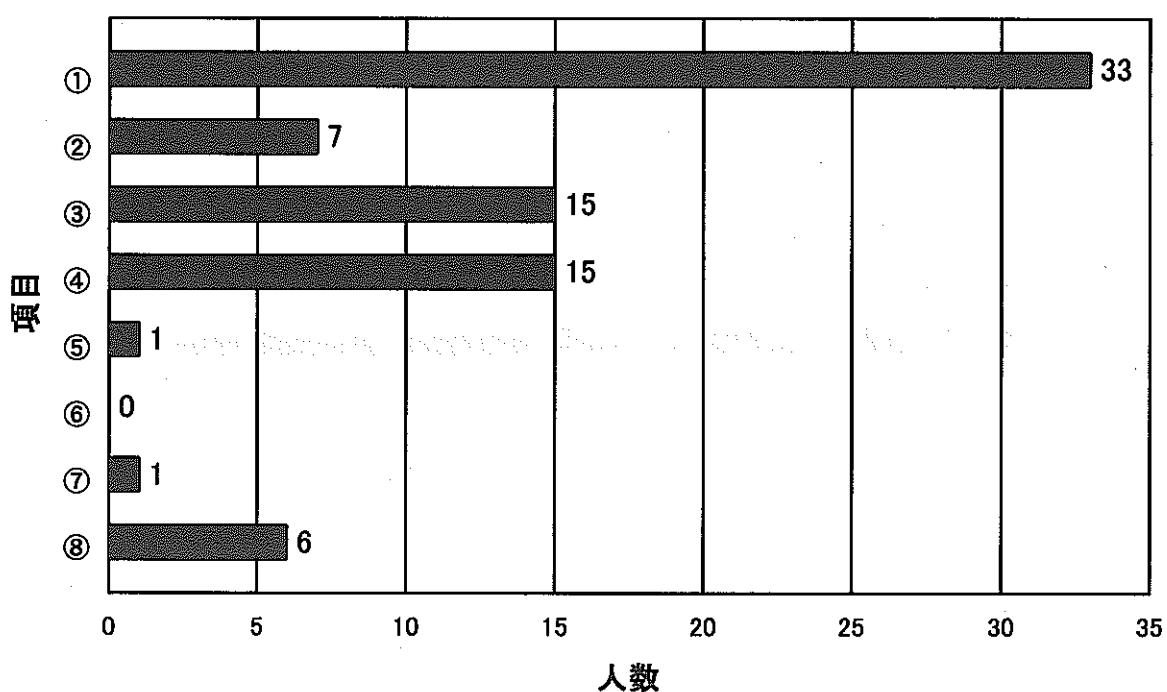
(1) この報告会をどこでお知りになりましたか (回答数: 81、複数回答あり)

- | | | |
|---------|-------|-----------|
| ①案内状 | ..... | 36 |
| ②ホームページ | ..... | 12 |
| ③電子メール | ..... | 22 |
| ④学会誌 | ..... | 4 |
| ⑤新聞 | ..... | 0 |
| ⑥その他 | ..... | 7 (原研、知人) |



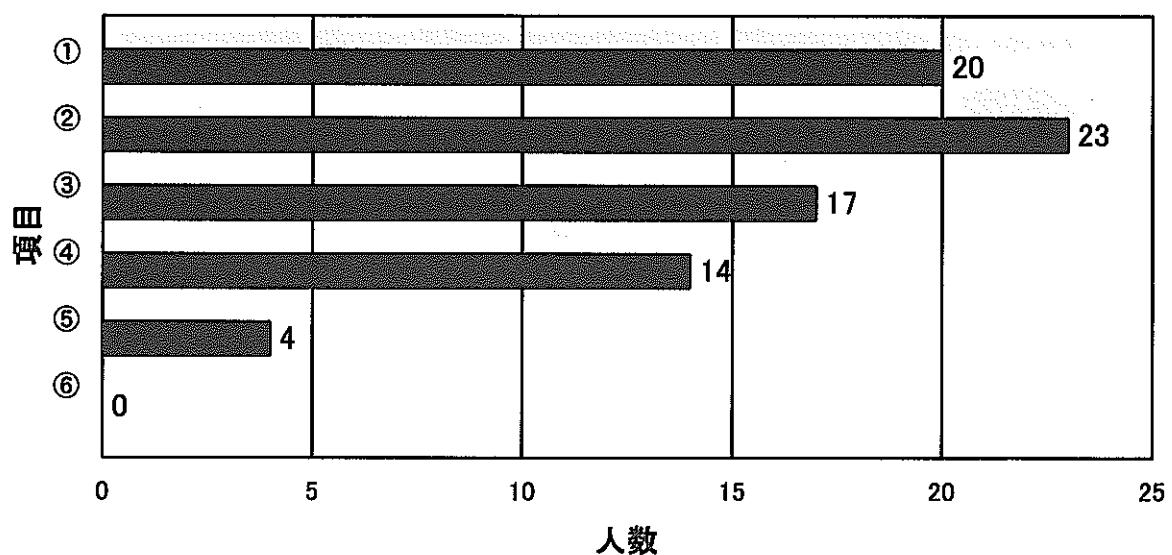
(2) あなたのご職業は (回答数: 78)

- | | | |
|-------------|-------|-------------------------------|
| ①会社員（原子力関係） | ..... | 33 |
| ②会社員（原子力以外） | ..... | 7 |
| ③公務員 | ..... | 15 |
| ④法人・団体職員 | ..... | 15 |
| ⑤大学・教育関係 | ..... | 1 |
| ⑥報道関係 | ..... | 0 |
| ⑦学生 | ..... | 1 |
| ⑧その他 | ..... | 6 (無職、PNCOB、元原子力屋、CONSULTANT) |



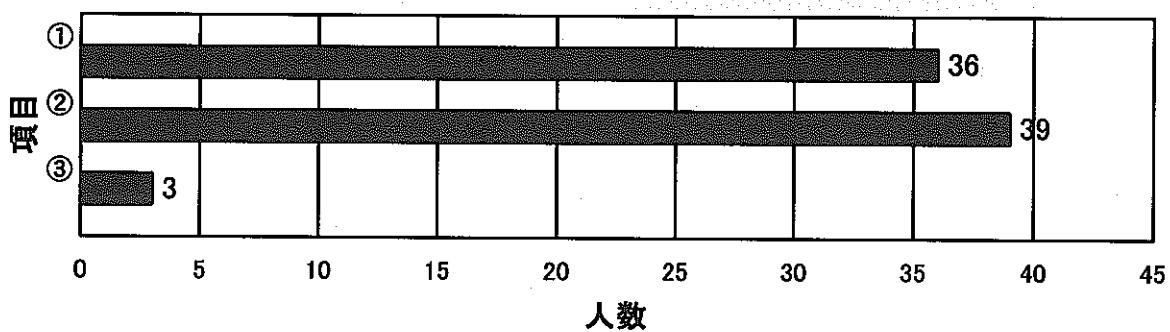
(3) あなたの年齢は (回答数 : 78)

- | | |
|--------|----|
| ①60歳以上 | 20 |
| ②50歳代 | 23 |
| ③40歳代 | 17 |
| ④30歳代 | 14 |
| ⑤20歳代 | 4 |
| ⑥10歳代 | 0 |



(4) 会の全体構成(プログラム)はいかがでしたか (回答数: 78)

- ①良かった ······ 36
②普通 ······ 39
③良くなかった ······ 3

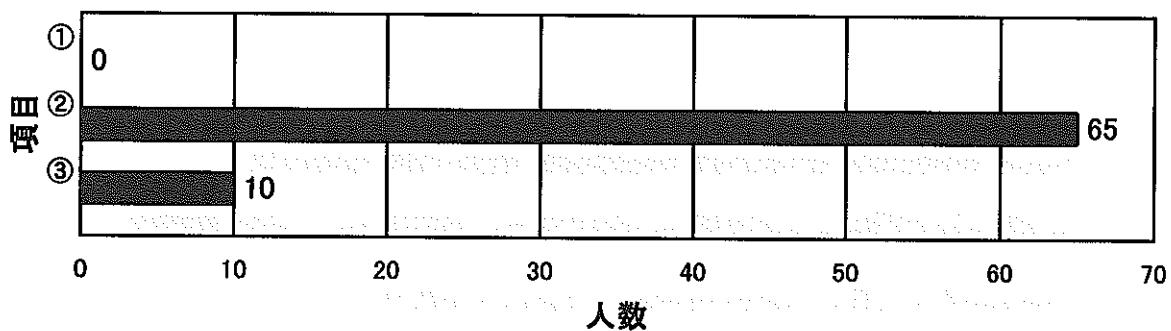


(その理由は)

詰めすぎ。忙しい。間に少しずつ時間をあけよ。休憩も長くして2回。範囲が広すぎる。
総合討論の時間が短い。

(5) 会全体の開催時間はいかがでしたか (回答数: 75)

- ①長すぎる ······ 0
②良い ······ 65
③短い ······ 10

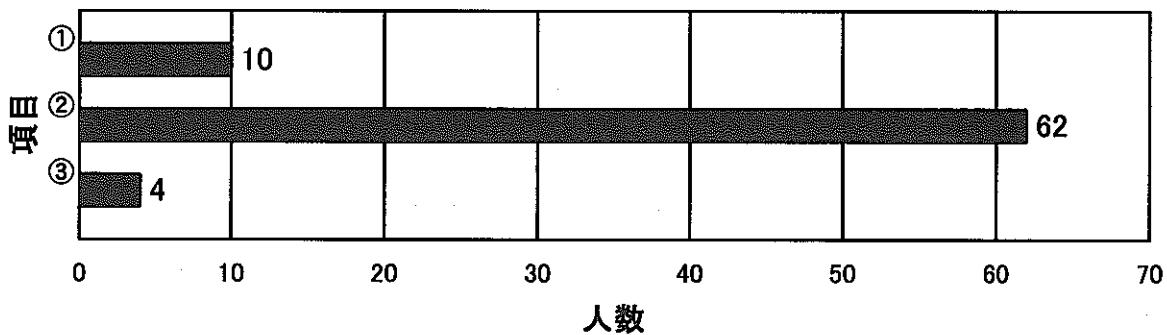


(何時間程度が適当ですか)

1件30分。1件20~30分・質疑10分。1件の発表に+5分程度ほしい。
3. 5時間。6時間。7時間程度。13:00~17:30がよい。

(6) 報告テーマ数はいかがでしたか (回答数: 76)

- ①多すぎる・・・・・・・・・・・・ 10 (やや多すぎる・・・1 を含む)
②良い・・・・・・・・・・・・ 62
③少ない・・・・・・・・ 4

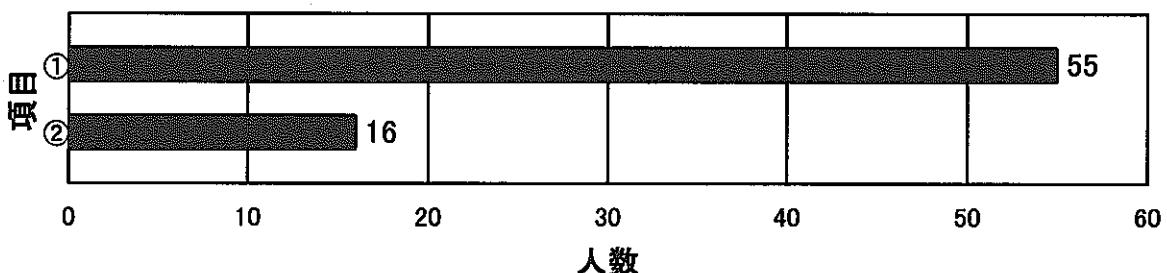


(何件程度が適当ですか)

3件(半分)。3~4件。4~5件。セッションは2つ位でどうか。やや時間が足りない。
レベル3 PSAとかホットな安全規制上のトピックスを出してほしい。

(7) テーマ設定について (回答数: 71)

- ①今回のような全般をカバーする設定で良い・・・ 55
②特定のテーマを設けるべき・・・・・・・・ 16



(その場合どのようなテーマが適当と思いますか)

- ・熱流動、計算物理
- ・分野を持ち回りで特定テーマをもう少し多くの演題が有ることが望ましい。
- ・地層処分について、公募開始に伴う技術・社会的な研究。
- ・統合化による研究の展開など。廃棄物処分。各分野毎に行う。
- ・二法人の統合に伴う問題点、地盤調査手法の開発、現状等のテーマを取り上げてほしい。
- ・その年に生じたイベントなどに関係するテーマを1つ考える。
- ・毎回いろいろな形ですれば良いと思います。大きなテーマがあればトピックス中心として、そうでないときもあり、ということが良いと考えるため。

- ・テーマの分野は自信のあるものを選べばこだわらない。2法人のバランスにとらわれなくてよい。今回は、たすきがけ的すぎてやや苦しかったと思う。

2. 報告内容について

設問「今回報告した内容について、ご意見をお聞かせ下さい。」

(1) テーマ設定及び発表に関するコメント・要望等

①テーマ設定に関するもの

- ・今後の課題をねらった研究テーマであり、タイムリーな報告であった。
- ・近年原子力安全の関心ある課題の報告として適切であった。
- ・テーマが多過ぎて、個々の内容があとに残らない。少し話題をしぼって報告し、あとはパネル展示等にしてはどうか？
- ・各セッションで発表テーマが選ばれた理由が必ずしも明らかでない。
- ・大旨良かったが、もう少し細い内容もほしかった。
- ・できれば両機関の統合に対する期待が持てるような説明がほしかった。
- ・明らかに各法人が連携していくべき研究報告だけでなく、これまで連携していなかったが、連携できそうなことについて報告し、連携の道をさぐることもあってよいのではないか。
- ・トピカルなテーマであり、専門分野ではないものの興味深くきました。
- ・全体的にバックエンド、放管が多い様な気がした。プラント施設（FBR、PWR、BWR等）が多くてもよかったです。（産業界のニーズを多くする観点）

②研究成果の発表に関するもの

- ・それぞれの報告内容は良いのだが、報告の時間が短く、十分に説明し切れない点が多く見られた。発表時間に余裕が欲しい。
- ・パワーポイントがどれも分かりやすかった。
- ・ちょうど良い長さだと思った。
- ・安全研究の成果の発表においては、科学技術的成果とともに、規制への貢献、関連をより具体的、明確に示していただきたい。
- ・安全研究といってもPJ（プロジェクト）の内容の一つというものもあり、安全研究の本当の姿の議論が必要だと感じました。
- ・わかりやすく説明されていた。全般的に良かった。
- ・早口で聞きとりにくい場合があった。スライドの枚数を考慮されてはどうかと思います。
- ・内容はそれぞれ充実していたものと思いますが、時間が足りなくて説明不足のものもあったと思います。
- ・レジメがよく整備されてよかったです。さらに結果を示す図などが多いとさらに判りやすいと思う。東先生の話は条理をついて話されたので判りやすく、問題点が判った。
- ・1件当たりの時間をもう少し長くして、もう少し多面的な内容にしてもらった方が良いように思う。

- ・2つずつ同じ分野の研究が並べられて発表されたため、相互に協力できそうなテーマがあることが理解できた。
- ・東安全委員の講演に失望。何の根拠も持たない「様式化されたシナリオ」の解析をして、それで何を評価したことになるか、東委員ご自身が「これで納得が得られるとは思っていない」と発言しているが、そのような無根拠の話を安全委員の立場でするべきではない。

(2) 研究内容に関するコメント・要望等

- ・非常に力強いご報告に感心しました。特に気になっていた防災に関してプルトニウムのキレート剤の研究成果が出て来たのは時宜よく、非常に参考になりました。ただ代謝特性の研究など、やるべきことは多いですね。MOX燃料の導入迄に間にあうでしょうか。
- ・サイクルのNa燃焼は、常陽・もんじゅの安全審査は昔に終り、今頃どういう位置づけか分らない。安全委員報告は、指針作成に何があり、何が不足かストレートに出されるべきと思う。
- ・専門外であっても理解しやすい報告であったと思います。特に村松氏、山口氏の報告が印象的であったと感じました。個々の研究テーマが安全研究のどの部分を担っているのか、など全体的な流れ、つながりが良く分かったと思います。
- ・「高エネルギー放射線の線量測定・評価に関する研究」の発表は非常に要領よくまとめられ、研究の位置づけ成果の反映とも明解であった。
- ・各研究の世界のレベルと原研・サイクル機構の研究の位置。研究の最終目標と現研究の位置づけ。2法人統合によるメリット、デメリットについて知りたい。
- ・類似テーマ（重複テーマ）についての今後の住み分けを考えて欲しい。
- ・PCCSについて、想定される稼働時間は？（圧力平衡までか温度平衡までか？）圧力平衡直前で起こりうる水撃については設計で考慮するのか？

（原研よりの回答）

稼働継続時間は格納容器外に設置するPCCSの2次側水プールの容量に依存しますが、1日間以上、安定して除熱可能な水量を確保するように設計されます。ただし、PCCSの2次側プールは大気圧状態にあるため容易に給水可能であり、給水によって稼働時間を延長することができます。ご質問の圧力平衡の定義が不明瞭ですが、PCCSはシビアアクシデント時に格納容器スプレイが作動しない状況を想定しており、主に冷却下の溶融炉心などから崩壊熱によって水蒸気が発生し続けるため、ドライウェルとウェットウェル間には常に圧力差が生じ、圧力平衡にはなりにくい。一方、ガス発生量は比較的小ないと予想されることから、ウェットウェルはPCCSを通じたガス移行によってガス分圧が高く、ドライウェルは水蒸気分圧が圧倒的に高いため、温度平衡にもなりにくい。PCCSは格納容器雰囲気がこの様な非平衡条件のまま、ドライウェルとウェットウェル間に生じる圧力差を作動原理として水蒸気の凝縮を通じた格納容器の長期冷却を行い、過圧破損防止に寄与します。なお、PCCSの熱交換器入口側の水蒸気には、常に窒素や水素などの非凝縮性ガスが混在します。このため、熱交換器内部は常に蒸気凝縮によって非凝縮性ガス分圧が高い状態に保たれます。このような状況は、伝熱管内の流速がゼロになって停滯する状況でも、変わらないため、水撃は生じません。

3. 総合討論について

設問「総合討論について、ご意見をお聞かせ下さい。」

(1) パネリスト及び進め方等

- ・これも全体時間が不足。パネラーの話だけで所要時間を使い切ってしまっている。ディスカッションの時間が一番大事なところであるので、十分時間を与えられないか。
- ・総合討論において、会場との意見交換の時間が足りなかつたのではないか？
- ・時間不足。
- ・時間が短くて、討論にならなかった。→パネル討論中心の報告会が良いと思う。
- ・あいさつが多く、同じような発表がくりかえされたのは時間のムダ。
- ・時間不足。前半を短くしても良い。
- ・討論の時間がより長く確保できるようにした方がよいと思った。
- ・討論の時間が短い（パネリストが多く、同じ意見のくり返しはさける）
- ・時間が不充分、意をつくせない議論あり。
- ・いつもながらこの種のパネルはもう少し時間が長い方がよいと思う。短時間では、よほどテーマをしぼらないと中途半端の感じが残る。
- ・人選も適切で積極的な意見表明があり、良かった。
- ・パネリストの人数に対して時間が短い。
- ・多様な立場から多様な意見が聞けた。
- ・自由討議の時間が少なかったのは残念でしたが、有意義な議論がなされたと思います。
- ・「守れないルールはないか」との指摘があったが、パネル討議の進め方にもルールがあるはず、パネリストのスピーチが終わった時には、パネルの予定時間も切れているというのは何が悪かったのか。最後、松浦安全委員長と平岡課長のコメントでうまくおさまって良かったけれども。
- ・形式や、既に決定されている項目、常識的な項目の説明に時間をとられすぎて、本来の討論にはならなかつたのは残念。
- ・非常に有意義だった。
- ・パネリスト間の意見交換の時間がもっと必要か。（要工夫）
- ・最初に全員が意見を言うスタイルは時間がかかり過ぎると思う。議論も活発には行えないのではないか。
- ・良かったと思います。
- ・もっと時間をさいても良いと思いました。
- ・議論の時間が短く、中途半端な感じ。パネル討論で半日使ってもよい。
- ・時間が短いのでは。
- ・なんとなく各界からの要望が述べられただけで討論にまで至つてないと感じました。

(2) 総合討論の内容等

- ・原子力安全・保安院平岡氏から紹介のあったJ N E S 設立の経緯が良く分からず保安院の役割を丸投げにした感じである。

- ・討論の主旨にそぐわないプレゼンテーションがあった。原研・サイクルのプレゼンテーションは私見とは言いながら具体的課題の提起に欠けた。
- ・鳥井氏の意見が興味深かった。
- ・議論が並列的で何を中心にして議論しようとしているのかアイマイ、かみ合わない。統合によって何が変るのか語られていない。
- ・鳥井先生のご意見は見方が専門家と違った観点でおもしろかった。
- ・討論と各方面が求める業務（進むべき方向についての要望）は分けた方が良かったのではないかと思う。
- ・バランスのとれた議論だったと感じました。
- ・役所の人の活発な発言があり有意義であったと思います。
- ・規制当局の考え方が聞けたことは非常に良い。パネルでの両法人代表の発言はあまりにも一般的すぎた。聞きたいのは、具体的に何を重点に、力を入れてやっていこうとしているかである。
- ・それぞれ明確に論的がでていた。おもしろかった。
- ・内容は濃かった。

(3) 新法人に対する要望等

- ・人材育成も重要であるが、新法人の中で育成された人材の活用について検討して下さい。
- ・統合法人に対しては直接具体的に安全研究試験を委託すべきと思う。各パネラーの意見は統合法人に對し基本的に一致した期待をしていると思う。統合法人は十分に意を汲んで実行して貰いたい。
- ・合併を直前にしているのであるから、すみ分けと連係をどのようにする考え方を触れて欲しかった。
- ・将来の統合機関（新法人）は科学・技術的側面においてCOEとして最高の先見性を有してもらいたい。安全研究でも行政のニーズを待ち、受け取るのでなく、行政に先見性をもってニーズを示していただきたい。
- ・安全委員会事務局の案はきちんと議論されたものであるのか？私案ならきちんと書くべきである。基礎・基盤研究と安全研究を混同していないか。安全研究は基礎・基盤の応用の一つであり、活用であり、基礎・基盤そのものではない。規制のための安全だけでなく、産業界の安全に資するよう配慮すべきである。そうしないと国民が信頼しなくなる。

(4) 安全研究の位置付け等

- ・これまで廃棄物、環境、保物等々にて競合をして来たことの反省は聞かれなかった。反省していないことは併存されるつもり？役所はどう考えているのか？
- ・特会は開発と安全研究の両者が含まれるがどのように区別するか。JNES（原子力安全基盤機構）は安全規制の実行部体になりうるか。年次計画のプロセスは妥当か。次世代炉はFBRだけか？安全対策の困難（災いは忘れていたころにやってくる）。安全研究は研究の対象になるか。人材の確保の戦略が見えない。
- ・安全研究の成果の他分野への波及。50年以上の原子力研究の他分野へのすばらしい応用・適用等の情報→明るい原子力安全研究へ。

- ・鳥井教授からの意見は関心を引くとともに、耳が痛いものでした。今後はいわゆる「原子力村（他分野の技術者との知識の共有や交流が少ないことのたとえ）」の壁をいかに取り払うかが新法人の国民に向けての課題になると思います。
- ・米国では、必要な研究について全て原子力分野について、網羅的に課題が列挙されて、特にその必要時期や重要性について採点が与えられている。我が国で、今までこうしたリストが提案されていないのは残念で、今後改善を望みたい。開発研究と安全研究は基礎的な知識の獲得は勿論、共通する部分が多いので、村田課長の指摘のようなプロセスの明確化により、独立性を担保する方向に賛成である。
- ・保安院と文科省の意見が異なること、予算の構造についての論議がなかったことが大変気になったものである。

4. その他

設問「ご意見等、ご自由にお書き下さい。」

（1）報告会、テーマ、進め方等

- ・話が速すぎる。
- ・原研、JNCとも多くの研究テーマを実施していると思いますが、この様な機会を多く持つてほしい。
- ・発表された方々は国、行政に貢献するという事を述べられるが、社会的中立性を期待されている組織として、社会、一般に対し直接貢献する研究発表の視点が必要ではないだろうか。身内のための研究発表と誤解されないだろうか？
- ・東安全委員のお話を2時間位の講演で詳しく聞きたいものです。大分はしゃれてしまい、消化不良の感あり。
- ・JAERI/JNCの対比が興味深い。
- ・原研・サイクル機構の一般的な案内（パンフレットのようなもの）を配布して欲しいと思った。
- ・会場が狭い。
- ・東先生の講演は親しみやすく、理解しやすく、廃棄物処理・処分が抱える問題を理解する上でたいへん参考になりました。
- ・合同で成果報告会をすることの意義づけの説明が不足。「統合による安全研究の相乗効果、協力、効果的推進」を目指すためのものでは？
- ・原研－サイクル機構の規模、内容を考えれば、会全体はもう少し長くても良いと思います。
- ・会場が狭い。場所が不便。統合法人は競争相手がない独占機関となる。独善的にならないようきちんとコントロールるべき（この役割は大学・民間にお願いすべきである）
- ・研究の全体における位置は、何故したか、問題は何かなど、話の始めにあるともっと判り易いと思う。
- ・新法人への統合の進歩状況（概要）について現状報告があっても良かったのではないか。

(2) 研究の進め方等

- ・開発を考えた安全性研究（もんじゅ、再処理、高温ガス炉・・・）についても、もう少し積極的に実施いただければと考えます。また夫々の安全性研究が指針類に役立つとのご発言がありますが、本当にそうでしょうか。
- ・新法人での安全研究は開発・推進部門と完全に独立して、遠慮なくやるように組織面で考慮すること。（例えば、従来の原研の軽水炉関係は信用できるが、旧動燃の高速炉関係はやや甘く、原研の今後も、高温ガス炉や低減速炉などは懸念を生じる。開発推進部門に煙たがられてもシビアにやれるようになります）
- ・日本発のデータベース、解析コードの話があったが、軽水炉の分野で独自のコードの開発が望まれる。FBRの分野は独自のものを開発している感じがする。

(3) 新法人に対する要望等

- ・新法人のために「研究開発」の語を入れると、目的意識が限定されて、安全性を含めた中立性が疑われる。「原子科学技術」という語を用いた法人名とせよ。それは原子科学の更なる可能性探究のためにも枠を広くしておいた方がよいかからでもある。（原子力と限らず）
- ・何のための統合？
- ・安全研究も含めて統合法人の実施する事項・業務をどのようにして国民に評価して貰い理解を得るか考えて貰いたい。
- ・原研・サイクル機構は類似研究、類似業務部分が多くながらそれぞれの存在の主張のため、税金が二重に投資されてきた。一方は事業団の名称が示すように研究所ではなく、事業化要素の技術確立を使命とするはずであり、職員が研究者の様にふるまっていることは問題である。今後は両者の分野を区切り、成果と経済性にポイントを置いて税金を使って欲しい。
- ・トップランクの研究機関に終身雇用はなじまないと感じます。研究テーマを決めて研究者を公募し、3年、5年等の期間採用を行うべきでは？それによって人材交流が活発になり活力をもたらすものと思います。それなりの成果の研究者が高い年俸で低い打率に安住していることはいかがかと思います。合併すると人員が増えてますますその色を濃くすると懸念します。
- ・新法人は規制側と推進側両面を持つ法人であり、その中立性、透明性を担保することは大きな問題である。早い段階でそれが出来る仕組み、組織を示していただきたい。
- ・産学官という中で統合2法人は“学”をめざそうとしているのか？コーディネーターなのか？聞いていて良くわからなかった。総合討論の中で、鳥井教授が「大衆は確率を理解できない」という話をしていたが、安全とは何もおこらないことを保証させるものととらえるなら、これは悪魔の証明を求めていることになる。それが出来ないかをいかにPAするか、考えさせられた。
- ・新法人は規制支援と開発研究を一つの法人で実施する組織となるが、一方で規制支援研究は独立性、中立性が求められている。処分の規制支援体制に関する保安院の報告書（2003年）でも強い独立性を求めている。保安院は具体的に規制支援研究組織は新法人でどのように考えておられるか。

国際単位系 (SI) と換算表

表 1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長 質 量	メートル	m
時 間	キログラム	kg
電 流	秒	s
熱力学温度	アンペア	A
物 質 量	ケルビン	K
光 度	モル	mol
平 面 角	カンデラ	cd
立 体 角	ラジアン	rad
	ステラジアン	sr

表 3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周 波 数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	kg·m/s ²
圧 力、応 力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N·m
工 率、放 射 束	ワット	W	J/s
電 気 量、電 荷	クーロン	C	A·s
電位、電圧、起電力	ボルト	V	W/A
静 電 容 量	ファラード	F	C/V
電 気 抵 抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁 束	ウェーバ	Wb	V·s
磁 束 密 度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス 温度	セルシウス度	°C	
光 束 度	ルーメン	lm	cd·sr
照 度	ルクス	lx	lm/m ²
放 射 能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸 収 線 量	グレイ	Gy	J/kg
線 量 等 量	シーベルト	Sv	J/kg

表 2 SIと併用される単位

名 称	記 号
分、時、日	min, h, d
度、分、秒	°, ', "
リットル	L
ト ン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV=1.60218×10⁻¹⁹J

1 u=1.66054×10⁻²⁷kg

表 5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁰	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ²⁰	テラ	T
10 ³⁰	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ⁰	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表 1～5 は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eV および 1 u の値は CODATA の 1986 年推奨値によった。
- 表 4 には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- bar は、JIS では流体の圧力を表わす場合に限り表 2 のカテゴリーに分類されている。
- E C 閣僚理事会指令では bar, barn より「血圧の単位」mmHg を表 2 のカテゴリーに入れている。

換 算 表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
9.80665	1	2.20462	
4.44622	0.453592	1	

粘 度 1 Pa·s(N·s/m²)=10 P(ボアズ)(g/(cm·s))

動粘度 1 m²/s=10⁴St(ストークス)(cm²/s)

圧 力	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50862×10 ³	145.038
0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233	
0.101325	1.03323	1	760	14.6959	
1.33322×10 ⁻⁴	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1	1.93368×10 ⁻²	
6.89476×10 ⁻³	7.03070×10 ⁻²	6.80460×10 ⁻²	51.7149	1	

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10 ⁻⁷	0.238889	9.47813×10 ⁻⁴	0.737562	6.24150×10 ¹⁸
9.80665	1	2.72407×10 ⁻⁶	2.34270	9.29487×10 ⁻³	7.23301	6.12082×10 ¹⁹	
3.6×10 ⁶	3.67098×10 ⁵	1	8.59999×10 ⁵	3412.13	2.65522×10 ⁶	2.24694×10 ²⁵	
4.18605	0.426858	1.16279×10 ⁻⁶	1	3.96759×10 ⁻³	3.08747	2.61272×10 ¹⁹	
1055.06	107.586	2.93072×10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515×10 ²¹	
1.35582	0.138255	3.76616×10 ⁻⁷	0.323890	1.28506×10 ⁻³	1	8.46233×10 ¹⁹	
1.60218×10 ⁻¹⁹	1.63377×10 ⁻²⁰	4.45050×10 ⁻²⁶	3.82743×10 ⁻²⁰	1.51857×10 ⁻²²	1.18171×10 ⁻¹⁹	1	

1 cal= 4.18605J (計量法)

= 4.184J (熱化学)

= 4.1855J (15°C)

= 4.1868J (国際蒸気表) ...

仕事率 1 PS(仏馬力)

= 75 kgf·m/s

= 735.499W

放射能	Bq	Cl
	1	2.70270×10 ⁻¹¹
3.7×10 ¹⁰	1	

吸 収 線 量	Gy	rad
	1	100
0.01	1	

照 射 線 量	C/kg	R
	1	3876
2.58×10 ⁻⁴	1	

線 量 当 量	Sv	rem
	1	100
0.01	1	

第2回原研—サイクル機構合同安全研究成果報告会講演集

2004年2月6日、東京



古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用しています