

JAERI-Review

2005-017



JP0550140



基礎・基盤研究専門部会
総括評価結果報告書

2005年3月

研究評価委員会

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

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2005

編集兼発行 日本原子力研究所

基礎・基盤研究専門部会総括評価結果報告書

日本原子力研究所
研究評価委員会

(2005年3月3日受理)

研究評価委員会は、原子力二法人統合により設立される新法人での事業の開始に向け、中期計画作成の参考とするため、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」に基づき、9名の外部専門家で構成される基礎・基盤研究専門部会を設置し、基礎・基盤研究に関して原研から新法人へ引き継がれると想定される事業について、総括評価を実施した。

基礎・基盤研究専門部会は、平成16年6月から平成16年8月にかけて、当該部門の評価活動を実施した。評価は、事前に提出された評価用資料及び専門部会会合（平成16年7月28日開催）における被評価者の説明に基づき、研究評価委員会によって定められた評価項目、評価の視点、評価の基準に従って行われた。

同専門部会が取りまとめた評価結果報告書は、平成16年12月1日に行われた研究評価委員会会合に提出され、審議された。審議の結果、研究評価委員会は、この評価結果を妥当と判断した。本報告書は、その評価結果である。

Report of the Summative Evaluation by the Advisory Committee
on Basic and Fundamental Research

Research Evaluation Committee

Japan Atomic Energy Research Institute
Suehiro-cho, Kashiwa-shi, Chiba-ken

(Received March 3, 2005)

The Research Evaluation Committee of the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) set up an Advisory Committee on Basic and Fundamental Research in accordance with the "Fundamental Guideline for the Evaluation of Research and Development (R&D) at JAERI" and its subsidiary regulations. The Advisory Committee on Basic and Fundamental Research evaluated the adequacy of the plans of basic and fundamental research to be succeeded from JAERI to a new research institute which will be established by integration of JAERI and the Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC).

The Advisory Committee consisted of nine specialists from outside the JAERI conducted its activities from June 2004 to August 2004. The evaluation was performed on the basis of the materials submitted in advance and of the oral presentations made at the Advisory Committee meeting which was held on July 28, 2004, in line with the items, viewpoints, and criteria for the evaluation specified by the Research Evaluation Committee.

The result of the evaluation by the Advisory Committee was submitted to the Research Evaluation Committee, and was judged to be appropriate at its meeting held on December 1, 2004.

This report describes the result of the evaluation by the Advisory Committee on Basic and Fundamental Research.

Keywords: Research Evaluation Committee, Advisory Committee, Evaluation of Research and Development, Summative Evaluation, Basic and Fundamental Research

目 次

評価の経緯について

平成16年度研究評価委員会委員

はじめに	1
総合所見	2
1. 総括評価の目的	4
2. 評価の方法	4
2.1 基礎・基盤研究専門部会の構成	4
2.2 評価対象分野	4
2.3 評価対象期間	4
2.4 評価の視点	4
2.5 評価のプロセス	5
3. 評価対象内容	6
3.1 基礎・基盤研究における研究開発等の計画	6
3.2 先端基礎研究	6
3.3 原子力基盤研究	8
4. 評価結果	13
4.1 基礎・基盤研究における研究開発等の計画	13
4.2 先端基礎研究	14
4.3 原子力基盤研究	16
おわりに	19
参考:専門部会からの計画内容修正提言	37

Contents

Evaluation Process

FY2004 Evaluation Committee Member List

Introduction	1
Executive Summary	2
1. Purpose of Summative Evaluation	4
2. Evaluation Method	4
2.1 Organization of the Advisory Committee	4
2.2 Target of Evaluation	4
2.3 Target Term	4
2.4 Evaluation Items	4
2.5 Evaluation Process	5
3. Materials for Evaluation	6
3.1 Plans for Basic and Fundamental Research	6
3.2 Advanced Basic Research	6
3.3 Fundamental Research	8
4. Results of Evaluation	13
4.1 Plans for Basic and Fundamental Research	13
4.2 Advanced Basic Research	14
4.3 Fundamental Research	16
Concluding Remarks	19
Reference: Suggestions by the Advisory Committee to the Proposed Plan	37

評価の経緯について

研究評価委員会事務局
(企画室 研究評価推進室)

研究評価委員会（委員長：西澤潤一 岩手県立大学長）は、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」（平成10年4月策定）及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」（平成10年4月策定、平成11年4月改正）に基づき、基礎・基盤研究に関して原研から新法人へ引き継がれると想定される事業について総括評価を実施するために、「基礎・基盤研究専門部会」を平成16年6月に設置した。

基礎・基盤研究専門部会（部会長：齋藤鐵哉 物質・材料研究機構監事）は、9名の外部専門家で構成され、平成16年7月28日に専門部会会合を開催した。同専門部会は、研究評価委員会によって定められた方法に従って評価を実施し、評価結果を研究評価委員会に提出した。

研究評価委員会は、平成16年12月1日に第13回研究評価委員会を開催し、基礎・基盤研究専門部会長から「基礎・基盤研究専門部会総括評価結果報告書」の説明を受け、審議を行った。その結果、研究評価委員会は、同専門部会の評価結果が妥当なものと判断し、研究評価委員会委員長は、同報告書を平成17年2月7日付けで日本原子力研究所理事長に答申した。

平成 16 年度研究評価委員会委員

委 員 長	西澤 潤一	岩手県立大学長
委員長代理	秋山 守	(財)エネルギー総合工学研究所理事長
委 員	秋元 勇巳	三菱マテリアル(株)名誉顧問
	菊田 惺志	(財)高輝度光科学研究センター参与
	草間 朋子	大分県立看護科学大学学長
	小林 敏雄	(財)日本自動車研究所長
	齋藤 鐵哉	物質・材料研究機構監事
	白木 良一	電気事業連合会原子力開発対策委員会委員長
	代谷 誠治	京都大学原子炉実験所長
	田川 精一	大阪大学産業科学研究所教授
	田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
	本島 修	自然科学研究機構核融合科学研究所長
	山崎 敏光	東京大学名誉教授

(委員については五十音順)

はじめに

研究評価委員会は、日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構を統合して新たに設立される法人（以下「新法人」という。）での事業の開始に向け、中期計画作成の参考とするため、「原子力二法人の統合に関する報告書」で述べられている「新法人の業務とその推進の方向」及び新法人設立に係る現法人による準備検討を踏まえ、平成17年度から平成21年度の5年間で実施が想定される計画について、これまでの日本原子力研究所（原研）の研究開発の成果を考慮しながら総括的にその計画を評価することとした。そのため原研から新法人へ引き継がれると想定される事業を6部門（基礎・基盤研究、原子力エネルギー研究開発、安全研究、放射線利用研究、核融合研究開発、研究支援・連携活動等）に区分して、各専門部会を設置し、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」に基づき、その計画の評価を実施した。

本評価結果報告書は、そのうち基礎・基盤研究に関する評価結果である。本評価は、研究評価委員会の定めた実施要領に従って、平成16年6月から8月にかけて評価を実施し、専門部会会合は平成16年7月28日（水）に開催した。

本評価対象分野は、原研が実施して来た基礎・基盤研究のうち、新法人へ引き継ぐことが想定される以下の分野である。

評価対象分野1：先端基礎研究

評価対象分野2：原子力基盤研究

評価に当たっては、本部門全体としての計画の妥当性を評価するとともに、各研究開発分野の目的・意義、設定目標、研究開発等の進め方の妥当性について評価・検討した。

評価の具体的な進め方としては、まず、被評価部門から提出された評価用資料に基づき、各委員から第一次の評価所見・質問を求めて、これを集約した。次いで、専門部会会合を開催し、被評価部門から評価用資料の説明及び一次評価で委員から出された質問に対する補足資料を用いた回答がなされ、これに対する質疑応答が行われた。その際、各委員から出されていた質問に対する詳細な回答書が別にあらかじめ用意された。その後に各委員から最終的な評価コメント及び5段階評価点を得て、これを評価結果として集約した。また、多様な意見は相互に矛盾する thing があってもできるだけそのまま収録することとして、報告書案を取りまとめた。さらに、委員全員の報告書案のレビューを踏まえて、本報告書を完成させた。

本専門部会による評価の結果が、今後の新法人での研究開発の活動に役立てられ、日本唯一の原子力研究開発機関での新たな研究開発に寄与することを願うものである。

本専門部会の委員各位には、限られた研究評価期間の中で熱意溢れる御協力を賜ったことに対し、ここに深甚なる謝意を表する。

平成16年10月
基礎・基盤研究専門部会
部会長 斎藤 鐵哉

総合所見

新法人における原子力の基礎・基盤研究の分野は、原子力二法人の統合に関する報告書に示されているように、プロジェクト的研究開発の推進と原子力利用の新たな領域の開拓に寄与するものであり、我が国の原子力研究、開発及び利用を支える新法人の中核となる研究分野の一つとして位置付けられる。

原研から示された平成17年度からの5カ年の計画は、基礎・基盤研究を「原子力の多様な可能性を引き出し、将来の技術革新に繋がるようなシーズを生み出す基礎研究の推進」と「原子力分野のプロジェクト的研究や関連する先端的な科学技術分野の発展に寄与する基盤研究の推進」とに大別されている。この両者のバランスを適正に保ちながら、二法人統合に関する報告書に示された方向と合致した研究開発等の計画が立案されており、目標設定も妥当なもので、新法人に引き継ぐべき研究開発課題としては納得のいく計画である。先端的基礎研究及び基盤研究の推進は、他の先端的な科学技術分野にとって、また安全性を重視される原子力の分野にあって極めて重要な課題であり、これを推進するために明確な目標を設定した本計画は高く評価できる。

しかし一方で、「基礎・基盤研究」が明確な目標を設定した中期計画に縛られ、逆に5年間、身動きできないようなことにならないかという危惧が残る。すなわち、「基礎・基盤研究」の領域では、5年間には新たな研究の展開、新たな学問的ニーズなどにより、新しい課題が出てくる可能性があることから、そのような課題に対して、中期計画に矛盾しないでとり組むことのできるフレキシブルな「研究開発等の進め方」が必要である。また、「基礎・基盤研究」は新法人の「体力を養う」極めて重要な分野であるとともに、国民の原子力に対する信頼の根源を成す分野であるとの認識から、新法人での研究資源の配分に当たっては、プロジェクト的研究に偏ることなく、「基礎・基盤研究」の重要性に十分配慮する必要がある。中期計画においては、このような、中期計画の枠内での研究推進の柔軟性の確保や研究資源の配分計画等について、基本的な手法を明確にしておくべきである。以下、計画に示された2分野について個々に所見を示す。

先端基礎研究では、原子力利用の高度化・多様化のシーズを発掘するという基本的考え方は妥当なものであり、国際的COEを目指して、独創性と国際的優位性の堅持のため研究領域の重点化を図っている点、また新原理、新現象の発見、新物質の創生、新技術の創出を目指している点は評価される。これまでの実績・成果に基づき、従来の研究領域を、1)重元素核科学、2)アクチノイド物質科学、3)極限物質制御科学の3つに整理・集約し、4)ソフトマター環境科学、5)環境生物分子科学の2つの研究領域を新設したことは極めて妥当である。

新法人は、超重元素・ウラン、超ウラン元素関連の本格的研究が行えるわが国でほとんど唯一の拠点としての特徴を大いに生かし、海外の類似研究拠点との競争関係・協力関係を保ちつつ独創的研究を進めてほしい。

原子力基盤研究では、原子力基盤研究推進の目的を、原子力システムの高度化による

エネルギーの安定確保と地球環境問題の解決に置き、且つ、技術基盤の形成・強化と原子力利用技術の創出を目指していることは、大いに評価される。研究領域についても、1)革新的原子炉開発のための基盤研究、2)分離変換技術開発のための基盤研究、3)次世代核燃料サイクル開発のための基盤研究、4)原子力の発展と平和利用に係わる基盤研究、5)安全性評価の高度化のための基盤研究、6)原子力の共通基盤技術の高度化に係わる基盤研究の6項目を設定しているのは適切である。

なお、原子力基盤研究は、現行の原子炉システムと直結する部分があるので、原子力基盤研究の理念に基づいた原子炉あるいは原子力の理想像を提示していくことが重要であり、新法人においても原子力基盤研究の位置付け、重要性を強調してほしい。また、実績のある材料分野においては、総合的に効率よく研究を進められるように、スクラップ・アンド・ビルトの形式を取っている点は高く評価されるので、今後各工学分野で、社会のニーズを的確に捉え、研究内容自体に新規性を持たせる、絶え間ない、創意・工夫を望みたい。

1. 総括評価の目的

新法人での事業の開始に向け、中期計画作成の参考とするため、「原子力二法人の統合に関する報告書」で述べられている「新法人の業務とその推進の方向」及び新法人設立に係る現法人による準備検討を踏まえ、原研から新法人へ引き継がれると想定される事業のうち、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」に基づいて、「基礎・基盤研究専門部会」を設置して、新法人において日本原子力研究所が引き継ぐと想定される研究開発に必要な「基礎・基盤研究」関連の活動で平成17年度から平成21年度に実施すると想定される事業について評価する。

2. 評価の方法

2.1 基礎・基盤研究専門部会の構成

専門部会長	齋藤 鐵哉	物質・材料研究機構監事
評価委員		
専門委員	家 泰弘	東京大学物性研究所教授
〃	植田 洋匡	京都大学防災研究所教授
〃	長我部 信行	(株)日立製作所基礎研究所所長
〃	小柳 義夫	東京大学大学院情報理工学系研究科教授
〃	関村 直人	東京大学大学院工学系研究科教授
〃	福谷 耕司	(株)原子力安全システム研究所経年劣化研究プロジェクト主席研究員
〃	森田 健治	名城大学理学部教養教育科教授
〃	山田 和芳	東北大学金属材料研究所教授

2.2 評価対象分野

基礎・基盤研究専門部会の評価対象分野は以下の通りである。

評価対象分野1：先端基礎研究

評価対象分野2：原子力基盤研究

2.3 評価対象期間

平成17年度から平成21年度までの5年間を評価対象期間とする。

2.4 評価の視点

評価の視点は、以下のとおりとする。

(a) 目的・意義の妥当性

- (b) 設定目標の妥当性
- (c) 研究開発等の進め方の妥当性
- (d) その他の所見

2.5 評価のプロセス

1次評価及び2次評価の2段階で評価を実施する。1次評価では、評価用資料に基づき、上記「2.4 評価の視点」に示す4項目について評価を行うとともに、質問事項があれば、これを示す。2次評価では、専門部会での説明及び質疑応答を踏まえ、最終評価を行うとともに、5段階評価(5:優れている、4:やや優れている、3:普通、2:やや劣っている、1:劣っている)を行う。

3. 評価対象内容

3.1 基礎・基盤研究における研究開発等の計画

原子力二法人の統合に関する報告書にも述べられているように、原子力を取り巻く極めて厳しい社会的環境の中で、新法人の発足を原子力に対する国民の信頼を回復する転換期として捉え、新法人において社会の要請と期待に沿った研究を推進する必要がある。同報告書及び原子力長期計画に謳われるとおり、原子力の基礎・基盤研究には、原子力の多様な可能性を引き出し、将来の技術革新に繋がるようなシーズを生み出す基礎研究の推進と、原子力分野のプロジェクト的研究及び他の科学技術分野の発展に寄与する基盤研究の推進が要求される。これらに対応すべく原子力利用の高度化及び多様化を促進するために、原子力科学の発展の方向性や将来的ニーズ、及び経済社会の動向、ニーズを踏まえながら、かつ国際的な原子力研究開発の中核拠点 COE としての期待に応えつつ、次の先端基礎研究と原子力基盤研究を遂行する(図 1-1、「別添」参照、以下同じ)。

(1) 先端基礎研究

将来の原子力の萌芽となる未踏分野の開拓を目指し、新原理や新現象の発見、新物質の創製や新技術の創出を目的とする、重元素核科学、アクチノイド物質科学、極限物質制御科学、ソフトマター環境科学、及び環境生物分子科学の先端基礎研究を推進する(図 1-2)。これにより人類共通の知的資産の形成、独創的、革新的技術の創出とともに、原子力基礎科学分野での国際的 COE を構築する。

(2) 原子力基盤研究

原子力システムの高度化によるエネルギーの安定確保と地球環境問題の解決に資するため、原子力の技術基盤を形成、強化し、さらに新たな原子力利用技術を創出することを目的として原子力基盤研究を推進する。具体的には、革新的原子炉の開発、分離変換技術の開発、次世代核燃料サイクルの開発、原子力開発・平和利用のための環境動態予測・環境監視技術の高度化、安全性評価の高度化、並びに原子力分野の共通的技術基盤としての原子力材料評価技術、計算科学技術、遮蔽・線量評価技術の高度化にとって不可欠な、核工学、炉工学、材料工学、核燃料・核化学工学、放射線工学、原子力環境工学、及び原子力シミュレーション工学領域の基盤研究を行う。

3.2 先端基礎研究

3.2.1 実績

先端基礎研究センター(平成 5 年度設立)で、放射場科学、重元素科学、基礎原子科学の分野に属する計 44 件の研究テーマを推進した。放射場科学では、世界最高性能(分解能 1.5Å)の生体高分子中性子回折装置を開発してタンパク質の水和構造の決定に成功し、新しい中性子構造生物学研究領域を開拓した(図 2-1)。ここで開発したタンパク質育成法は、経済産業省「地域事業新生コンソーシアム研究開発事業」の基盤技術として地域産業の発展に貢献した。大型放射光施設 SPring-8 の世界最高エネルギー(2.4 GeV)の逆コンプトンγ線を用いて 5 個のクォークで構成される未知の重粒子を発見し、素粒子物理学の進展に貢献した(図 2-2)。重元素科学では、高純度ウラン化合物結晶(UPt_3 や

UPd_2Al_3)の作製に成功し、同結晶を用いて従来型超伝導とは機構の全く異なる p 波型超伝導現象や磁気を介する超伝導現象を発見した(図 2-3)。タンデム加速器を用いてラザホージウム(104 番元素)を合成し、その化学的挙動の特徴から同元素が周期律表第 4A 族に属することを解明した(図 2-4)。廃棄物低減を可能とする超臨界二酸化炭素を分離媒体として用いて、溶液、固体からウラン、プルトニウム等を 99%以上の効率で分離する方法を開発し、本法に基づく固体ウラン廃棄物の除染法開発の実用化研究に繋げた(図 2-5)。基礎原子科学では、超重力場(120 万 G)の発生に成功し、より重い原子が効率良く沈降することによる結晶構造変化を発見し、超重力場によるナノ構造制御の可能性を見出した。また、物質科学研究部で、タンデム加速器による重イオン照射法とクーロン励起完全核分光法を用いて、質量数 60~100 の中重核の変形と、複数の変形が共存する現象を解明するとともに、変形核の融合反応と生成核(質量数 200~230)の崩壊特性を解明し、超重元素合成に向けて重元素原子核物理を進展させた(図 2-6)。

当該分野において、平成 11~15 年度の 5 年間で、学術論文 1,125 報、特許出願・公開 13 件、プレス発表 12 件、学会等の外部機関による表彰 13 件の成果を収めた。

3.2.2 今後の計画

3.2.2.1 背景・目的・意義

原子力を取り巻く厳しい社会的環境を打破し、新法人が将来にわたって原子力利用の発展に貢献し続けるためには、基礎に立ち返った研究を進めることが重要である。これによって新原理に基づく技術開発や新物質の創製、利用を可能とし、原子力の高度化、多様化に寄与できる。このような先端的な基礎研究を効果的に推進するために、原子力科学の中核となる基礎研究領域や原子力利用技術の創出を目指した研究領域を設定する(図 1-2)。領域の選定に当たっては、それぞれの研究課題が独創的であり、かつ新法人がその領域において国際的 COE として優位性を堅持できること等を基準にして、研究領域の重点化を図る。

3.2.2.2 設定目標

上記の目的を効果的に達成するのに適した課題であり、かつ原子力研究機関が取り組むべき課題であることを選定基準として厳選した、(1)重元素核科学、(2)アクチノイド物質科学、(3)極限物質制御科学、(4)ソフトマター環境科学、及び(5)環境生物分子科学の 5 つの領域の先端基礎研究を、以下の設定目標のもとに推進する。

(1)超重元素核の反応、構造、特性を解明し、未知重核の合成に挑戦する(図 2-7)。

タンデム加速器や中性子源を利用し、重元素の原子核構造の解明、106~113 番領域の超重元素の合成とそれらの反応機構、核構造や化学的特性の解明、 Am 、 Cm などの長寿命核種の核と熱外中性子との反応特性の解明を行う。これらを達成するために、タンデム加速器を高度化し研究の拠点化を図る。また、天体における元素合成過程を多体ハドロン理論で解明する。

(2)ウラン、超ウラン元素化合物の磁性と超伝導物性を解明し、新たな f 電子系物質科学体系を構築する(図 2-8)。

アクチノイド化合物について、これまで培ってきた単結晶育成技術や精密物性測定技術を駆使して、化合物の創製からそれらの微視的物性解明までの研究を総合的に推進する。具体的には新規な磁性や超伝導等のエキゾチックな物性の発現が期待される20種類以上のウラン・超ウラン元素を含む二元系、三元系金属間化合物を合成し、独自の技術で育成した単結晶を用いて、それらの磁性や超伝導の機構を解明する。

(3) 極限環境における物質の挙動を解明し、極限環境を利用する新機能性材料を創製する(図2-9)。

重イオン照射による微視的極限環境、及び超重力場などによる巨視的極限環境の下での物質、同位体の挙動を解明し、これらの極限環境を利用して新しい機能を有する物質を創製し、原子レベルでの物性、反応機構を解明する。これらの原子力研究機関独特の技術群によるナノテクノロジーの新しい領域を開拓する。

(4) ソフトマターの構造と物性を解明し、ソフトマター新材料を創製する(図2-10)。

生体の様々な生命活動の原理の解明、及び新規な環境応答・適合性材料の創製と機能解明、並びに両成果を総合することによって生命科学と物質科学を橋渡しするソフトマター物質科学新領域を開拓する。特にソフトマターの階層構造、各階層構造の運動、階層構造の時間・空間組織化等を究明し、生体の形態形成の仕組み、形態をめぐる様々な生命活動の根源を解明する。

(5) 放射線、重元素の生物効果を分子レベルで解明する(図2-11)。

放射線や重元素等の環境因子の生物効果を分子レベルで解明する。放射線による損傷DNAの修復機構、修復され難いクラスターDNA損傷機構、微生物との相互作用によるアクチノイドの化学状態変化、及び生体活動への影響機構を解明する。

以上の研究領域における成果をまとめ、学術論文1,350件、特許出願40件、プレス発表15件の外部公表を行う。

3.2.2.3 研究開発等の進め方

先端基礎研究分野では、その統括者の強力な研究指導力と人材を含む研究資源の柔軟な運用により、将来の萌芽となる課題を含む原子力科学の発展の方向性を先取りする厳選した研究課題に先導的に挑戦し、顕著な成果を挙げることを目指す。また、先端基礎研究で得た成果を単発的なものとして終わらせることなく、成果を基盤研究、プロジェクト研究等における技術革新に活かして原子力利用の高度化に繋げるとともに、逆に基盤研究、プロジェクト研究などの他部門の成果や将来的ニーズから先端基礎研究のシーズを摘出して発展させ、その成果を還元するなど、他部門との密接な連携を図りながら研究を進めていく。本部門では特に、任期付き研究員の活用、文科省科学研究費補助金などの外部資金の投入、連携大学院制度の拡充等による大学との連携、大学院学生等の受け入れによる人材育成などを促進する。

3.3 原子力基盤研究

3.3.1 実績

エネルギーシステム、物質科学、環境科学部、保健物理部、大強度陽子加速器施

設開発センター、計算科学技術推進センターの基盤研究を実施してきたグループで、高速炉、核融合炉、革新的水冷却炉等の持続的、安定的なエネルギー源としての原子力システムの高度化・多様化の促進、及び現行軽水炉の安全性確保を目的とする研究、大強度陽子加速器施設 J-PARC の開発、バックエンドの負担軽減を目的とする分離変換技術の開発、原子力高度計算科学技術の開発などの原子力基盤研究を実施してきた。

核工学分野の炉物理・核データ・核変換の研究(図 3-1、3-2)で、標準的データ・コードとしての評価済核データライブラリー JENDL-3.3、核設計コード SRAC、世界最速モンテカルロコード MVP を開発した。臨界実験装置(FCA、TCA)での炉物理実験で、データと解析手法を高度化し、高速炉開発、軽水炉プルトニウム利用研究に貢献した。加速器駆動システム(ADS)による核変換技術を世界に先導して開発するとともに、J-PARC に設置を計画している核変換実験施設を検討し、分離変換技術の開発に貢献した。

炉工学分野の熱流動研究(図 3-3)で、軽水炉の事故解析コードの整備、受動的安全炉、核融合実験炉の熱流動安全解析を検証し、革新的水冷却炉の熱工学的成立性を評価した。詳細二相流解析コードを開発し、複雑な二相伝熱流動現象の機構論的解析手法を発展させた。

材料工学分野の研究(図 3-4)で、軽水炉、核融合炉、再処理プラント用材料の腐食及び照射環境下での耐久性の評価とその向上策を検討した。照射誘起応力腐食割れ(IASCC)について、その支配因子の探索、国のプロジェクトへの参画、照射下試験技術の開発を行った。革新的水冷却炉燃料被覆管用の耐照射性 Fe-Cr-Ni 系合金を開発した。高照射量域での材料挙動を評価し、核融合炉や大強度陽子加速器の材料選定に貢献するとともに、耐照射性低放射化フェライト鋼等を開発した。再処理施設での硝酸使用機器の寿命評価法を開発し、高耐久性の代替材料を開発した。

核燃料・核化学工学分野の燃料・再処理・核種分離の研究(図 3-5)で、高レベル放射性廃液の 4 群分離法の開発、新規抽出剤の開発とそれを用いる新概念の再処理・核種分離プロセスの開発、及び窒化物燃料と乾式再処理を組み合わせたマイナーアクチノイド(MA)の核変換サイクルの技術開発を進め、国のオメガ計画を進展させた。低コスト化等を目指した湿式再処理プロセスフローの構築、余剰プルトニウム量の削減に有効な岩石型燃料・軽水炉燃焼システムの開発を行った。

放射線工学分野の遮蔽・線量評価の研究(図 3-6)で、遮蔽設計法 BERMUDA を開発し、また JRR-4、核融合炉物理用中性子源施設(FNS)等で遮蔽基礎データを取得し、原子炉、核融合炉、核燃料施設の遮蔽設計に反映させた。J-PARC の遮蔽設計用の高エネルギー加速器施設設計手法を開発し、イオン照射研究施設 TIARA、米国ブルックヘブン国立研究所の強集束シンクロトロンで基礎データを取得した。高エネルギー加速器施設の放射線防護技術に関し、高エネルギー中性子用新型モニターの開発、200 GeV までの陽子、中性子等に対する実効線量換算係数の評価、浮遊性核破碎核種の性状解明を行った。

原子力環境工学分野の研究(図 3-7)で、精密核種分析法、同位体比測定法、レーザー計測技術を開発し、核不拡散分析、環境試料分析に適用するとともに、高度環境分析研究棟の整備を進めた。緊急時環境放射能予測システム SPEEDI を開発し、原子力事故及び環境問題における物質移行の予測に適用した。

原子力シミュレーション工学分野の研究(図 3-8)で、並列計算機の高度利用のための共通基盤技術の開発、地球シミュレータ及び IT を利用する仮想研究室 (IT-based Laboratory、ITBL) プロジェクトの推進、超高速コンピュータ網構築への協力等を進め、原子力エネルギー研究開発や基盤研究の発展に貢献するとともに、国の施策である科学技術・学術情報基盤の整備に貢献した。

当該分野において、平成 11~15 年度の 5 年間で、学術論文 881 報、特許出願・公開 65 件、プレス発表 27 件、学会等の外部機関による表彰 39 件の成果を収めた。

3.3.2 今後の計画

3.3.2.1 背景、目的、意義

原子力を取り巻く社会的環境と、原子力研究開発の国際的 COE としての新法人への要請を背景に、原子力システムの高度化によるエネルギーの持続的、安定的確保と地球環境問題の解決、及び新たな原子力利用技術の創造を目指す基盤研究を推進する。具体的には、現行の原子力システムの安定的な運転及びプルトニウム利用等の喫緊の課題への対応、次世代原子力システムの開発に貢献するための技術的基盤の整備を推進する。また、国際的原子力平和利用に貢献する研究を進めるとともに、研究開発の合理的、効率的推進のための原子力分野の共通的基盤技術の高度化を推進する。

3.3.2.2 設定目標

(1)革新的原子炉開発のための基盤研究を進める(図 3-9、図 3-10)。

核工学分野で、モックアップ臨界試験に拠らない実炉核設計精度予測を実現するため、非均質中性子輸送計算コードを中心とする炉物理解析コードシステムの開発、FCA 等での炉物理実験及び 100 炉心以上の既存実験データを活用する核設計精度評価システムを構築する。核分裂生成(FP)核種や MA 核種について誤差データの充実した汎用評価済み核データライブラリー JENDL-4 を完成させ、これに基づく炉定数セットを作成する。

炉工学分野で、熱流動特性データ取得のための大規模実験に拠らない炉心熱流動設計を実現するため、燃料集合体内の沸騰二相流の解析手法、3 次元熱流動計測技術を開発し、燃料集合体の除熱限界を誤差 15% 以下(現在 30% 程度)で予測する。そのため 1000 CPU 以上の大規模シミュレーション用並列計算技術の整備を含む詳細二相流解析法の開発、中性子ラジオグラフィ及び光ファイバーを用いる 3 次元熱流動計測法の開発、解析手法検証用データの取得、熱設計コード用の熱水力相關式の検定法の開発を行う。

材料工学分野で、低減速、超高燃焼度、超臨界圧水利用等を念頭に置いた高性能炉心用材料の経年劣化型現象を支配する照射場水-材料界面反応の機構を解明し、材料の使用限界を評価するほか、耐酸化性及び耐照射性に優れた超高純度仕様のステンレス鋼やニッケル基合金の製造技術を開発する。

核燃料・核化学工学分野で、革新的水冷却炉用高 Pu 富化($\geq 10\%$) MOX 燃料試料の製造、高温での照射挙動に影響を及ぼす燃料ペレットの熱的、機械的特性データ取得、MA 添加による燃料物性の変化について評価する。

(2) 分離変換技術開発のための基盤研究を進める(図 3-11)。

核工学分野で、核燃料サイクルと整合する分離変換システム概念を構築し、分離変換技術の導入効果を明らかにする。核変換対象の MA 核種や FP 核種の核データについて誤差を含めた評価を実施するとともに、入射エネルギー 3 GeV までの高エネルギーファイルを完成させる。陽子加速器、液体重金属、未臨界炉心等に係る技術開発により、ADS の工学的成立性評価のためのデータを取得する。大強度陽子加速器計画における核変換実験施設の建設に必要な技術を開発し、安全評価のためのデータを取得する。

材料工学分野では、大強度陽子加速器で用いる各種材料の照射挙動を解明するとともに、核変換実験施設の建設に関連して、陽子・中性子の照射環境下での鉛・ビスマス核破碎ターゲット技術を開発する。

核燃料・核化学工学分野では、MA の高選択的分離用の新規抽出剤を開発し、それを利用する核変換対象 MA の湿式分離プロセスを創出する。また、核変換用の MA 含有窒化物燃料の熱物性データの取得、高速炉照射試験による燃料健全性評価を行う。窒化物燃料乾式再処理プロセスの技術的成立性を明らかにする。

放射線工学分野では、J-PARC での安全対策及びそれを利用する研究への応用を目的として、ADS 用遮蔽基礎データを取得し、ADS 用遮蔽設計法及び放射線挙動解析手法を開発する。1GeV まで測定可能な新型中性子モニタシステムの開発、浮遊性核破碎核種の挙動解明を行い、高エネルギー加速器に係る線量測定・評価法を確立する。

(3) 次世代核燃料サイクル開発のための基盤研究を行う(図 3-12)。

核燃料・核化学工学分野で、湿式再処理プロセスにおける超ウラン元素の挙動データを整備するとともに、高性能抽出剤を創製し、これを利用する経済的分離プロセスの構築、新しい分離プロセス原理の創造を行う。溶融塩中の MA の熱力学的、電気化学的性質を解明し、乾式再処理プロセスの基盤データを取得する。TRU 含有燃料の物性を測定して新型燃料を開発する。

(4) 原子力の発展と平和利用を支える環境動態予測・環境監視技術高度化のための基盤研究を行う(図 3-13)。

原子力環境工学分野で、環境放射能をトレーサーとして物質の動態を解明し、放射性物質、重金属等の環境負荷物質の大気・陸域・海洋中移行の包括的循環機構解析手法を開発するとともに、環境有害物質の分離・濃集技術を開発する。核不拡散対応の分析の高度化のため、 $10^{-12} \sim 10^{-15}$ g 領域の極微量核物質の同位体比測定法、U 含有微粒子(径が 1μm 以下)の検出法を開発する。同位体存在比 10^{-9} レベルの難分析長寿命核種検認技術の開発とその標準化を行う。加速器質量分析(AMS)法の環境試料への適用を行うとともに、他の部門からの要請に応えて、保障措置関連試料などの依頼分析に対応する。

(5) 安全性評価の高度化のための基盤研究を行う。

材料工学分野で、軽水炉材料の IASCC 機構を照射試験で解明する。原子力用低炭素ステンレス鋼の応力腐食割れ(SCC)の支配因子を特定する。

核工学分野で、ウラン及び TRU 廃棄物の処理処分に関連して、ウラン等の非破壊測定技術を開発する。

(6) 原子力分野の共通的技術基盤として、材料工学(図 3-14)、原子力シミュレーション工学(図 3-15)、及び放射線工学分野の基盤研究を行う。

各種原子力材料の照射挙動データを取得し、それらを総合して、機器の設計指針や健全性評価に必須な照射挙動シミュレーションコードを開発する。原子力システムに共通な極限環境における耐食性を有する新材料を開発する。

原子力シミュレーション工学分野で、計算科学手法の高度化のために、ITBL グリッド技術による並列分散計算技術の開発、原子力施設の耐震評価用仮想振動台の構築、解析設計用総合プラットフォームの構築を行う。ミクロ～マクロスケールの計算手法を統合したマルチスケーリングモデル手法を構築し、関連する実験研究グループと連携して、原子炉材料の亀裂進展形式の階層性、核燃料の細粒化現象や材料の照射誘起による機能性発現の機構解明、ゲノム情報解析用のバイオインフォマティクスシステムの構築とDNA 修復タンパク質の機能解明、などの先端的研究を進める。

放射線工学分野では、TeV から meV の広いエネルギー領域において、重イオン、中間子を含む各種の放射線種に対する物質内放射線挙動解析法(PHITS)を開発するとともに、重イオン被ばくに対する線量評価システム及び線量評価・測定法の開発を進め、中性子科学や医療、宇宙関連研究等の放射線利用研究に応用する。

以上の研究領域における成果をまとめ、学術論文 880 件、特許出願 75 件、プレス発表 30 件の外部公表を行う。

3.3.2.3 研究開発の進め方

原子力基盤研究部門では、現行の原子力システムの円滑な稼動にとって必要な技術課題の解決、今後の原子力エネルギー技術の高度化、多様化に資するための技術開発、及び新たな原子力利用領域の開拓に必要な基盤研究を、適正なバランスをとりながら進める。特に現原子力システムの喫緊の課題に取り組む短中期的研究の遂行に当たっては、社会の情勢及びニーズに的確に対応するために、電力や原子力機器メーカー、燃料メーカーとの協力を強化する。また、これまで培ってきた技術、知識の有効活用を図るために、柔軟な人員配置を行うとともに国内外の研究機関等との連携を一層密にする。所内においては、関連する基礎研究部門からプロジェクト開発部門まで広く連携するが、特に原子力エネルギー研究開発部門の目標を効果的に達成させるため、必要な技術的基盤の形成、設計手法の高度化、データベースの整備、長期的な技術オプションの提示、などを推進する。さらに、多くの基盤技術が関連する革新的原子炉や核変換技術の開発などにおいては、横断的連携体制のもとで、分野間の整合性及び柔軟な資源配分に留意しつつ、それぞれの分野に共通な目標を明確にして、幅広い協力を進める。

4. 評価結果

4.1 基礎・基盤研究における研究開発等の計画 (評価点 : 4.6)

提示された計画は、原子力二法人の統合に関する報告書に示された方向と合致するものであり、基礎・基盤研究を、「原子力の多様な可能性を引き出し、将来の技術革新に繋がるようなシーズを生み出す基礎研究の推進」と「原子力分野のプロジェクト的研究や関連する先端的な科学技術分野の発展に寄与する基盤研究の推進」とに大別し、両者のバランスを適正に保ちながら研究開発等の計画が立案されており、高く評価できる。先端的基礎研究および基盤研究の推進は新法人にとって極めて重要な課題であり、これを推進することは必要不可欠である。原子力は総合技術なので、一定の戦略の基に、広い分野の研究を統合して、原子力研究に資することが期待される。ただし、新法人が、我が国唯一の原子力に関する総合的かつ中枢研究機関であるとの認識のもと、その誕生を原子力に対する社会の信頼回復の好機と捉え、基礎・基盤研究をその根源としてもつと明確に打ち出す必要がある。

現在および将来のエネルギー供給を考えるとき原子力は極めて重要な国の大幹技術であり、安全性を重要視されるこの分野にあっては基礎・基盤研究の力を保ち、伸長させることはとりわけ重要である。基礎・基盤と応用・実用の研究ポートフォリオは、納税者への説明性やコストの問題もからんで常に議論の対象となるが安定した基礎・基盤力の維持の必要性は常に忘れてはならない。国民の原子力に対する不信感を払拭し、逆に原子力に対する大きな可能性を提示出来るのが基礎・基盤研究であるとの確固たる認識が、特に計画責任者、立案者そして推進者には必要である。

研究開発のアウトプットが多様になっていることを踏まえて、研究開発計画をより一層柔軟に構築することが重要である。すなわち、5年間には新たな研究の展開、新たな学問的ニーズなどにより新しい課題が出てくる可能性があり、新しい課題に対して、中期計画に矛盾しないでとり組むことのできるフレキシブルな「研究開発等の進め方」を検討しておくべきである。また、新法人においては、斬新な仕組みと施策の立案とそれを遂行する人材の確保と、それを達成するための人材交流のシステムの構築が求められる。その意味では、国立大学の法人化に伴う大学の改革を視野に入れて、大学との連携協力等を通じた原子力分野の人材育成や研究施設および設備の共用を掲げていることも高く評価する。

国民への説明責任という意味で、各種メディアを通じての発表も活性化すべきであり、わかりやすい形での国民全体への研究成果の開示も努力すべきである。科学ジャーナリストと意見交換の場を設けるなど、活動を正しく報道してもらうための努力も必要である。

4.2 先端基礎研究

(a) 目的・意義の妥当性

(評価点：4.8)

原子力利用の高度化・多様化のシーザーを発掘するという基本的考え方は妥当なものであり、「原子力科学の中核となる基礎研究領域や原子力利用技術の創出を目指した研究領域を設定する」との計画は、「基礎・基盤研究における研究開発等」の項に示されている記述とも整合しており、極めて明解で分かりやすい。国際的 COE を目指して、独創性と国際的優位性の堅持を判断基準とし、研究領域の重点化を図っている点も優れており、また新原理、新現象の発見、新物質の創生、新技術の創出を目指すことを目的としている点も妥当である。

総合技術としての原子力先端基礎研究においては、新法人としての中・長期的な研究目標との整合とともに、研究プロジェクトの基礎部分を担う研究との連携が重要である。また、新法人における基礎研究はどうあるべきかとの理念を、非専門家にも理解できる形で明確に表現すべきである。現行の原子力システムと直結する分野を持つ原子力基盤研究との関連性も明確にする必要がある。

原子力関連研究のさまざまな有用性を開拓することにより、原子力研究の総合的貢献に対する理解を得るよう引き続き努力して欲しい。

(b) 設定目標の妥当性

(評価点：4.6)

これまでの実績・成果に基づき、従来の研究領域を、(1)超重元素核の反応、構造、特性の解明を通しての未知重核の合成、(2)ウラン、超ウラン元素化合物の磁性と超伝導物性の解明を通しての新たな f 電子系物質科学の体系化、(3)耐極限環境機能材料の創製の 3 領域に整理・集約し、それに加えて(4)原研が開発した高性能生体高分子中性子回折装置等の活用によるソフトマターの構造と物性の解明とソフトマター新材料の創製、(5)放射線や重元素の生物効果の分子レベル的解明の 2 つの新研究領域を設定している。すなわち、従来のテーマを重点化し継続するものと新規に取り上げるものとで、先端基礎研究として 5 領域を設定しているのは極めて適切な選択であると評価するが、何故これら 5 領域の研究を推進するかについては、説得力ある説明・記述を工夫する必要がある。

重元素科学、アクチノイド物質科学については、これまでの実績との連続性、方法や手段がある程度具体的にわかるが、極限物質制御科学、ソフトマター、環境生物についてはそれが不明確に見えるので、キーとなる物質、現象、技術などは示すべきである。また、限られた人員で実施するためにはもう少し領域を絞り込むあるいは優先順位をつける工夫が必要である、あるいは、研究のためのハードウェア整備は研究目標そのものとは区別されるべきであるなどの意見もあった。

重要なことは研究者のレベルを維持し、モチベーションを高めて、独創的研究を進めることである。その意味から、上記 5 研究領域の設定は極めて適切であり、基礎科学面で独創的研究成果が期待できる。

新法人は、超重元素・ウラン、超ウラン元素関連の本格的研究が行えるわが国でほとんど唯一の拠点としての特徴を大いに生かし、海外の類似研究拠点との競争関係・協力

関係を保ちつつ独創的研究を進めてほしい。

(c) 研究開発等の進め方の妥当性 (評価点 : 4.0)

示された研究開発等の進め方の基本方針は妥当であるが、中期計画の中での研究推進の柔軟性や研究資源の配分計画等について、基本的な手法を明確にしておくべきである。また、優れた指導者のもとに良い研究チームを組織すること、ピアレビュー等を通して高い使命感をもって研究者のレベルの維持・向上に臨むこと、研究マネージャーは、得られた研究成果の意義や広がりを十分理解して正しいタイミングで研究の拡大や共同研究などの広がりを持たせることなどは、研究開発等を効率よく進める上で極めて重要である。研究マネジメントに MOT(技術経営)の視点なども取り入れて考えてみてはどうか。

アクチノイド物質科学とソフトマター環境科学は、いかに高度な中性子散乱が行えるかに大きく依存している。世界の研究用原子炉では、定常中性子源の最適化、ビーム輸送法などの改良が急速に行われ、実効的ビーム強度の向上を実現しており、世界との競争に打ち勝つためには、JRR-3M の定常ビームの高輝度化や、散乱装置の高精度化を進めるべきである。J-PARC のパルス中性子源の完成後にあっては、定常ビームとパルスビームの相補利用こそが、最も有効な中性子散乱の活用法である。

新法人の発足を機に、長期的には、研究統括者にある程度の権限を与え、人事交流を通して、優れた人材を全国から確保できるようなシステムの方策が望まれる。国立大学が法人化されたことを踏まえて、今後大学の中堅研究者の受入、あるいは期限付きの交換をさらに積極的に検討すべきである。

(d) その他の所見

- ・「先端基礎研究」が他の部門の研究開発と密接に関係していることを理解できるよう記述を工夫する必要がある。
- ・若手の研究者のキャリア形成・流動性は良く機能しているように思われる。
- ・外部資金の獲得は、そのこと自体は必ずしも必須とは思わないが、研究活動が外からの目で評価される貴重な機会として、今後も一層努力を続けることが望ましい。
- ・世界的な研究拠点として機能するために、適切な研究計画が設定されていることは高く評価できる。
- ・着実な計画を進めるために、優秀な人材の確保に努めていただきたい。また、柔軟な研究成果評価手法を構築していただきたい。
- ・原研の人事制度の中に、主任研究員や副主任研究員の業績審査に大学からの委員が加わる優れたシステムがあり、結果として原研から大学への人材の流出の効果を齎していると判断される。人材の交流は、研究の活性化に役立つので、新法人になってもこのような制度は、人材交流のため存続させるべきである。また、大学等から原研への人材流入を可能にする新たなシステムの導入が望まれる。

4.3 原子力基盤研究

(a) 目的・意義の妥当性

(評価点：4.2)

原子力基盤研究推進の目的は、優れた研究成果に基づいて適切に設定されていると評価する。原子力システムの高度化によるエネルギーの安定確保と地球環境問題の解決に目的を置き、且つ、技術基盤の形成・強化と原子力利用技術の創出を目指しているのは、極めて適切な選択である。また、従来の工学領域を原子力にとって重要な材料評価技術、計算科学技術、遮蔽・線量評価技術に不可欠な工学領域の基盤でもあると捉え、これらを推進すると謳っている点も高く評価される。

ただし、「基礎・基盤研究における研究開発等の計画」の項で述べられている「原子力分野のプロジェクト的研究や関連する科学技術分野の発展に寄与する基盤研究の推進」と、わかり易く整合した記述になるよう工夫する必要がある。先端基礎研究との連携(創成されたシーズに対応する技術基盤研究、実用化など)についても検討しておくべきである。また、新法人における原子力基盤研究の位置づけ、重要性をもっと強調すべきである。特に原子力基盤研究では、現行の原子炉システムと直結する部分があり、この点の重要性は明確に示すべきである。

原子力関連システムは巨大工学の典型である。近年、従来わが国の最も得意とするところであった巨大工学のマネージメントにかけりが見えている。あらゆる意味で国民から信頼される工学システム構築の基盤を固めるよう期待する。そのためにも、原研における原子力基盤研究の理念に基づいた原子炉あるいは原子力の理想像を提示し、独自性を打ち出す必要がある。

(b) 設定目標の妥当性

(評価点：4.2)

具体的な設定目標として、(1)革新的原子炉開発のための基盤研究、(2)分離変換技術開発のための基盤研究、(3)次世代核燃料サイクル開発のための基盤研究、(4)原子力の発展と平和利用に係わる基盤研究、(5)安全性評価の高度化のための基盤研究、(6)原子力の共通基盤技術の高度化に係わる基盤研究の6項目を掲げているのは適切であると評価する。ただし、これらの目標が、なぜ設定されたのか、あるいは、設定される必要があるのかについては、説得力のある記述を工夫して欲しい。その際、研究の展開ともいえる安全研究・エネルギー研究開発に対する寄与を適切に記述しておくことが望まれる。また、環境科学や計算科学の設定目標が個別的、断片的であるので、原子力基盤研究に課せられる原子力システムの高度化、原子力利用の技術的基盤確立などの大目標のなかで位置づけできるような記述が必要である。原子力にとって「革新的」とは何かを明らかにし、現行のシステムの抱えている課題を具体的に整理し指摘する必要もある。

実績のある材料分野においては、シミュレーション研究を生かした研究が計画されており、今後の発展が大いに期待できる。また、総合的に効率よく研究を進められるように、スクラップ・アンド・ビルトの形式を取っている点は高く評価されるので、今後各工学分野で、社会のニーズを的確に捉え、研究内容自体に新規性を持たせる、絶え間ない、創意・工夫を望みたい。

(c) 研究開発等の進め方の妥当性

(評価点：4.1)

着実な研究開発計画が立案されており、今後の発展が期待される。また、安全研究等との連携も明確にされていることは、評価できる。ただし、中期計画の枠内での研究推進の柔軟性の確保や研究資源の配分計画等について、基本的な手法を明確にしておくべきである。また、GEN-IVにおける国際協力などのリーダーシップなど、国際的視野にたった研究開発等の進め方や基盤研究が現行の原子炉システムと基礎研究を結ぶインターフェイスとしての役割をも担っていること等については、もっと具体的に記述しあるいは強調すべきである。

国立大学が法人化されたことを踏まえて、今後大学の中堅研究者の受入れ、あるいは期限付きの人事交流を積極的に検討する必要がある。また、国内外の研究機関との連携、電力やメーカーなど民間企業との協力強化、それらの横断的連携体制をどのように構築するかを具体的に検討するとともに、柔軟な人員配置の努力をすることが肝要である。

新法人の目標である原子力に対する国民の信頼回復を達成し、社会の要請と期待に応えるためには、基盤研究の役割が極めて大きいと判断されるにも拘わらず、従来と同様に、組織の手直しで対処する計画のように読み取れる。これは、新法人がスタートする前であるためと理解できるが、スタート後の議論の中で理念に沿った体制作りを望みたい。

最後になったが、具体的な研究開発手法として計算機シミュレーションの活用が、今一層推進されることを望みたい。従来、理論や実験的なアプローチでは対応が困難な原子力の複雑な諸問題(耐震、経年変化等)の解決を図ることが重要である。モデルの精密化、複雑化とともに、コンピュータ技術の成果を取り入れて、実験のみではなしえなかった成果を挙げることを期待する次第である。

(d) その他の所見

- ・追加資料の提示がありよく理解することはできたが、本文を読めば、「原子力基盤研究」が、いろいろな分野で他の部門の研究開発と密接に関係していることを理解できるように、記述を工夫する必要がある。
- ・「研究の成果をまとめて、学術論文880件、特許75件・・・」とあるが、実績では「学術論文881件、特許65件・・・」となっており、特に、学術論文については、横ばいの目標値が設定されている。目標値再考の必要があると思う。
- ・将来にわたって原子力を安全かつ有効に利用して行くためには、適切な人材育成を行っていくことが肝要である。原子力研究・原子力技術が若者にとって魅力ある分野となるよう一層の努力を期待する。
- ・着実な計画を進めるために、優秀な人材の確保に努めていただきたい。また、柔軟な研究成果評価手法を構築していただきたい。
- ・原研の人事制度の中に、主任研究員や副主任研究員の業績審査に大学からの委員が加わる優れたシステムがあり、結果として原研から大学への人材の流出の効果を齎していると判断される。人材の交流は、研究の活性化に役立つので、新法人になってもこのような制度は、人材交流のため存続させるべきと思う。また、大学等から原研への

人材流入を可能にする新たなシステムの導入が望まれる。また、特に研究資源について、基盤研究費は競争原理に基づき獲得するのが通常困難に思われる所以で、法人の内部裁量で、社会経済がどのように変化しても、絶えず推進する仕組みの構築を期待する。その方法の一つとして、基盤研究は新法人が推進するプロジェクト的開発研究を支えることになるのであるから、将来を見越してその計画予算の一定割合を基盤研究費に振り向けることを考えるべきである。

おわりに

基礎・基盤研究専門部会は、原研から新法人へ引き継がれると想定される事業のうち、基礎・基盤研究の分野に関する平成17年度から平成21年度の5年間の研究開発課題を評価した。この分野は、プロジェクト的研究開発の推進に寄与する基盤研究と原子力利用の新たな領域の開拓に寄与する基礎研究を実施するもので、提示された研究開発等の計画は、原子力二法人の統合に関する報告書に示された方向と合致しており、妥当であると判断できる。新法人における原子力の基礎・基盤研究の分野は、我が国の原子力研究、開発及び利用を支える新法人の中核となる研究分野の一つとして位置付けられるものであり、今後の着実な研究開発の推進を期待する。

最後に、あらためて、本専門部会による評価の結果が、今後の新法人での新たな研究開発の遂行に寄与することを願う。

別表

基礎・基盤研究専門部会評価点一覧

項目	評価点	標準偏差
1. 基礎・基盤研究における研究開発等の計画	4.6	0.50
2. 先端基礎研究 (a) 目的・意義の妥当性	4.8	0.42
(b) 設定目標の妥当性	4.6	0.50
(c) 研究開発等の進め方の妥当性	4.0	0.47
3. 原子力基盤研究 (a) 目的・意義の妥当性	4.2	0.42
(b) 設定目標の妥当性	4.2	0.63
(c) 研究開発等の進め方の妥当性	4.1	0.57

別添

表1. 1 基礎・基盤研究部門（先端基礎研究）
の平成16年度予算・人員

予算単位：百万円

分野／項目	予算					人員			
	補助金			外部 資金	特別 会計	合計	職員	その 他	
	研究 経費	維持 費	施設 整備 費						
先端基礎研究	474	0	0	347	0	821	65	35	100

注：1) 外部資金には、競争的資金、公募特会、受託を含む。

2) 人員の「その他」は、常勤者で、業務協力員、博士研究員、任期付き研究員、特別研究生、外来研究員、特別会計要員、研究フェロー、リサーチフェローの合計人数。

表 1. 2 基礎・基盤研究部門（原子力基盤研究）
の平成 16 年度予算・人員

予算単位：百万円

分野／項目	予算					人員			
	補助金			外部 資金	特別 会計	合計	職員	その 他	
	研究 経費	維持 費	施設 整備 費						
原子力基盤研 究 (下記項目の 総計)	742	42	0	862	1,299	2,945	165	91	256
(項目)									
・核工学（炉物 理・核データ・ 核変換）	120	0	0	181	0	301	25	12	37
・炉工学（熱流 動工学）	20	0	0	0	20	40	5	2	7
・材料工学	108	0	0	173	500	781	26	17	43
・核燃料・核化 学工学（燃料・ 再処理・核種分 離）	104	0	0	325	229	658	38	21	59
・放射線工学 (遮蔽・線量評 価)	32	0	0	4	0	36	11	1	12
・原子力環境工 学	161	42	0	87	570	860	47	20	67
・原子力シミュ レーション工学	197	0	0	92	0	289	12	18	30

注：1) 外部資金には、競争的資金、公募特会、受託を含む。

2) 人員の「その他」は、常勤者で、業務協力員、博士研究員、任期付き研究員、特別研究生、外来研究員、特別会計要員、研究フェロー、リサーチフェローの合計人数。

基礎・基盤研究

原子力利用の高度化及び多様化の推進に貢献する。経済社会の動向、ニーズを踏まえ、かつ国際的な原子力研究開発のCOEとしての要請に応えつつ先端基礎研究と原子力基盤研究を遂行する。

先端基礎研究

将来の原子力の萌芽となる未踏分野の開拓を目指し、新原理、新現象の発見、新物質の創製、新技术の創出を目的とする先端基礎研究を推進する。原子力基礎研究分野での国際的COEを構築する。

原子力基盤研究

原子力システムの高度化によるエネルギーの安定確保と地球環境問題の解決などに資するために、原子力開発の基盤を構築し、新たな原子力利用技術を創出するために原子力基盤研究を推進する。

図1-1 基礎・基盤研究の概要

先端基礎研究センター(H5~)における研究

今後進めるべき 先端基礎研究

放射場科学

重元素核科学

重元素科学

アクチノイド物質科学

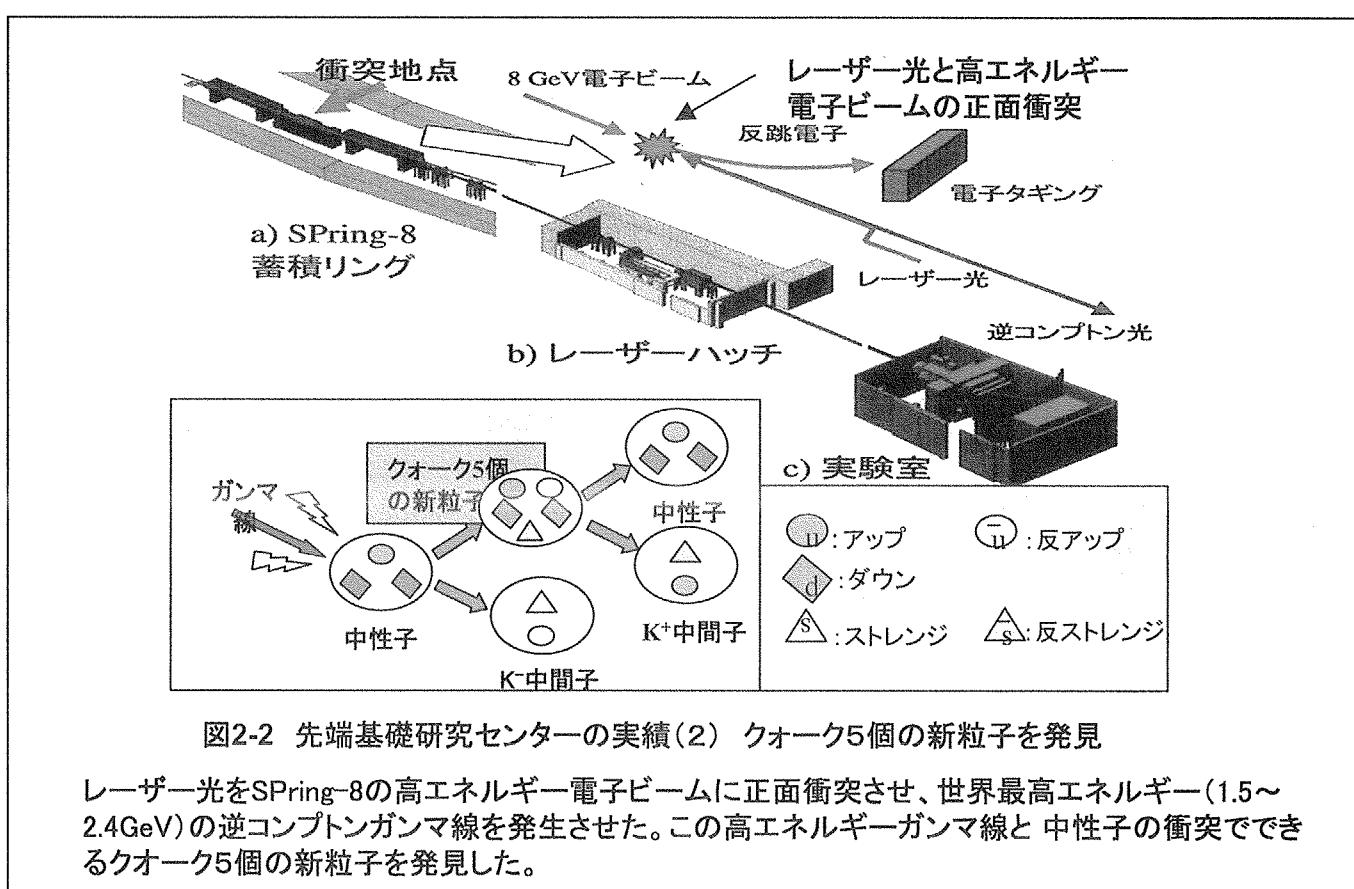
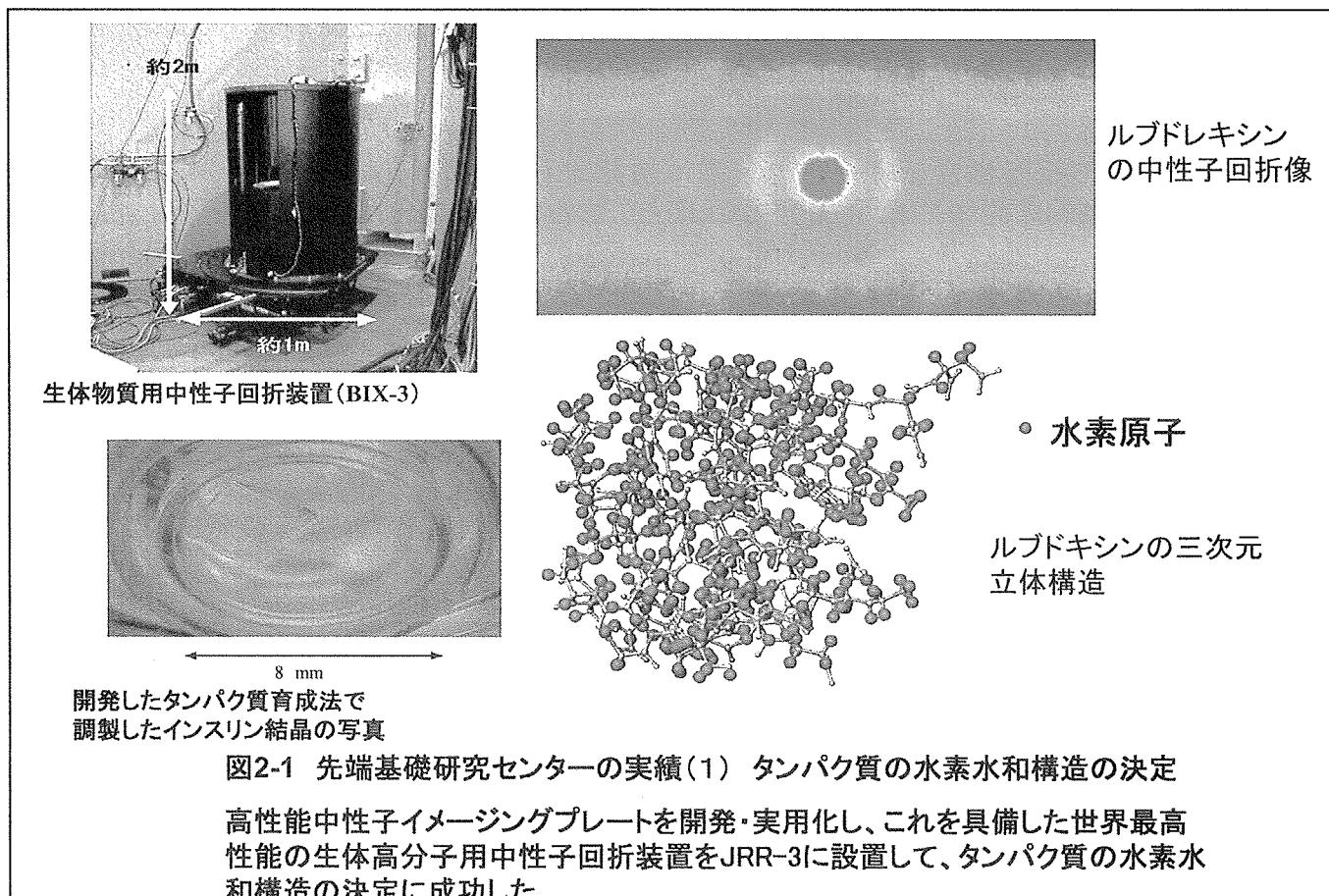
基礎原子科学

極限物質制御科学

ソフトマター環境科学

環境生物分子科学

図1-2 今後進めるべき先端基礎研究



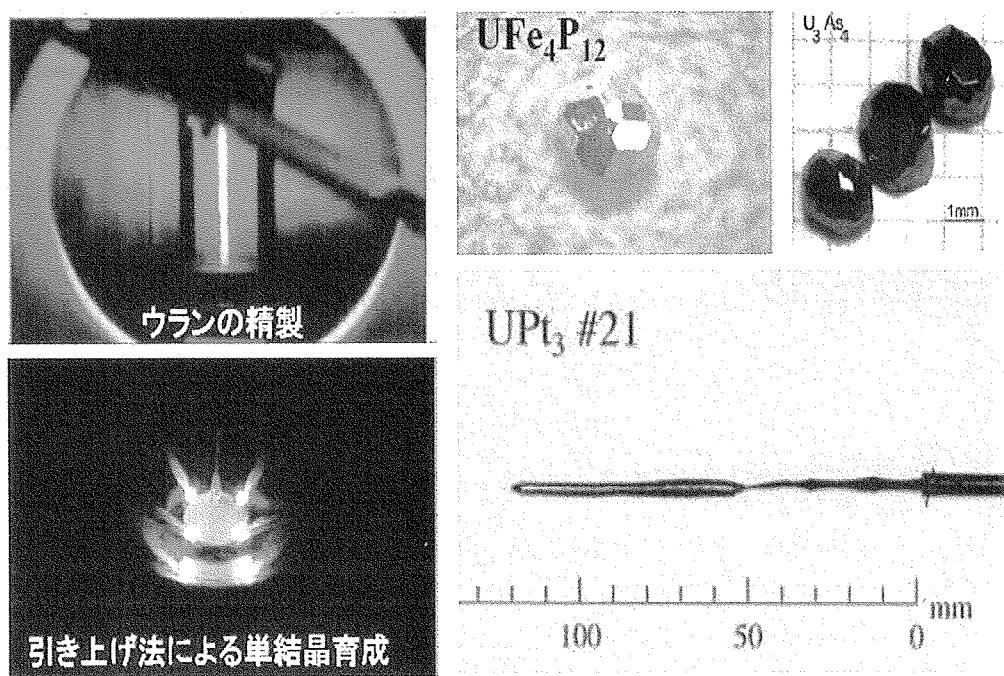


図2-3 先端基礎研究センターの実績(3) 従来型超伝導とは全く異なるp波型超伝導を発見。
超高真空エレクトロントランスポート法により精製したウランを用い、アーク溶融引き上げ等により育成した純良単結晶ウラン化合物(UPt_3 単結晶など)を用いて磁性・超伝導を研究を展開し、従来型超伝導とは機構の全く異なるp波型超伝導を発見した。

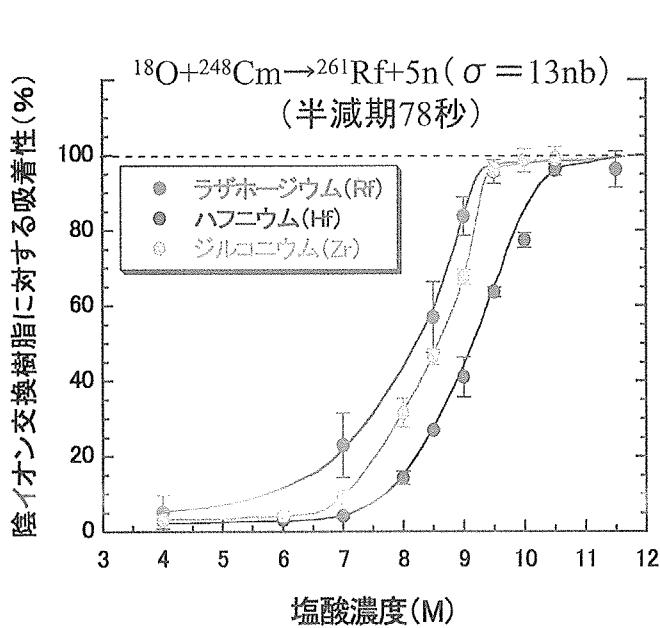


図2-4 先端基礎研究センターの実績(4)
104番元素の化学的挙動の解明に成功

タンデム加速器を用いて合成した超アクチノイドの104番元素 ^{261}Rf のイオン交換挙動を一原子化学反応に基づき決定し、周期表4A族に位置することを解明した。

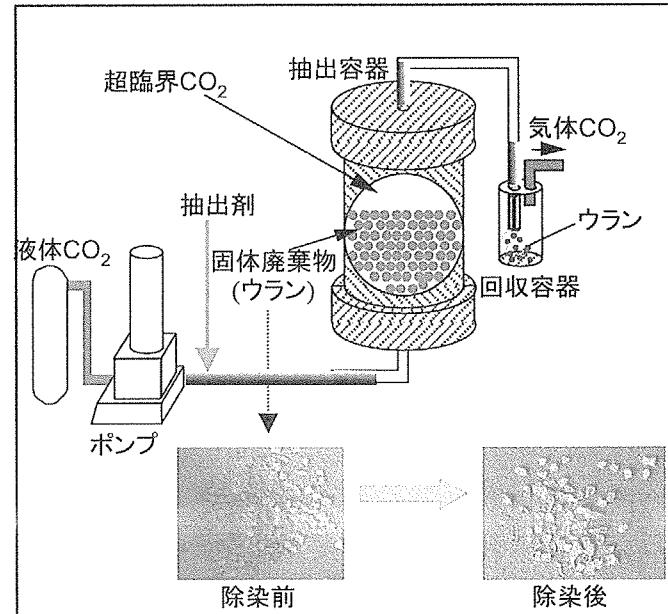


図2-5 先端基礎研究センターの実績(5)
ウランの超臨界抽出分離に成功

超臨界二酸化炭素を媒体として、U、Puを99%以上の効率で分離回収できることを示しウラン廃棄物除去法を開発した。

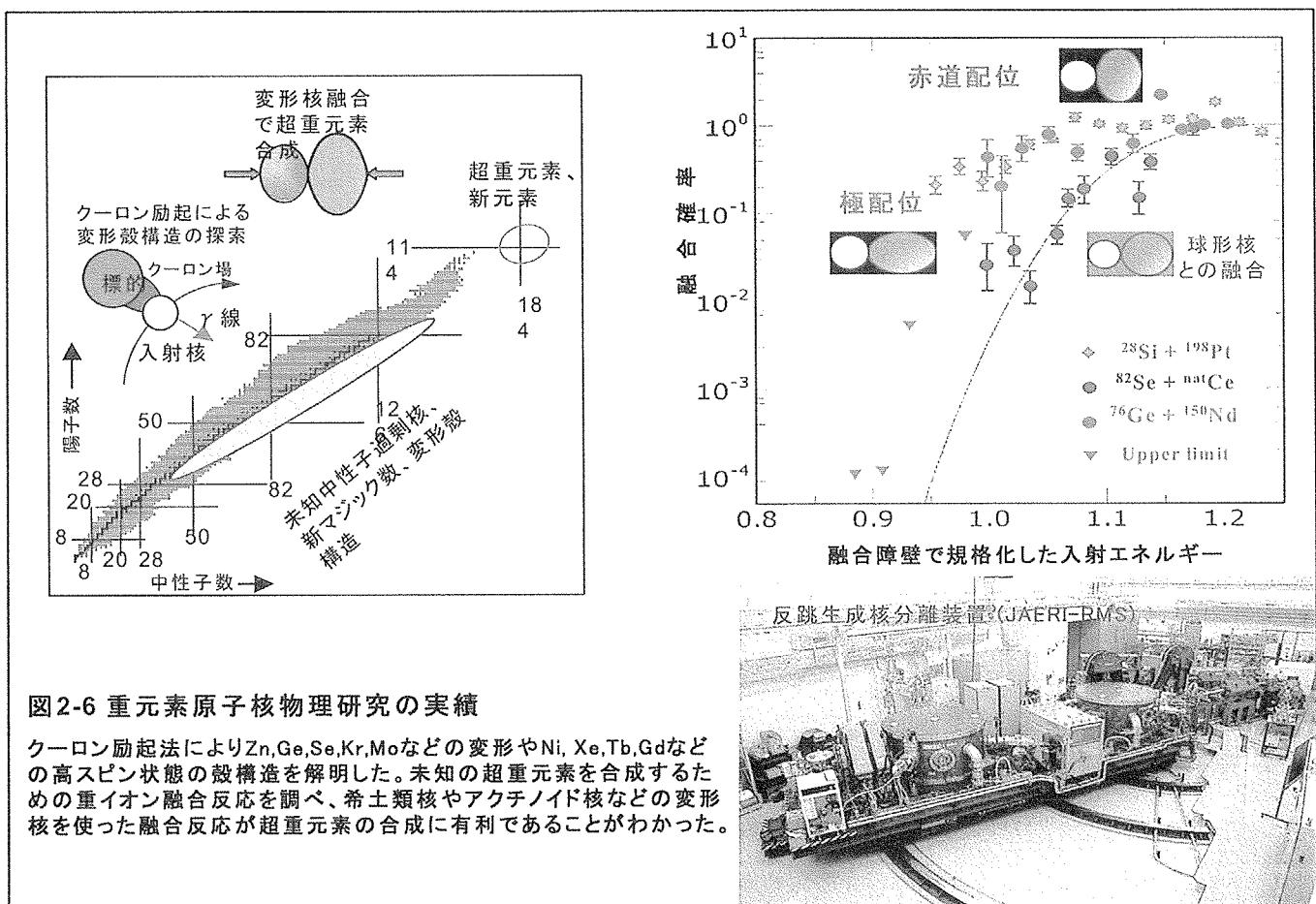


図2-6 重元素原子核物理研究の実績

クーロン励起法によりZn, Ge, Se, Kr, Moなどの変形やNi, Xe, Tb, Gdなどの高スピン状態の殻構造を解明した。未知の超重元素を合成するための重イオン融合反応を調べ、希土類核やアクチノイド核などの変形核を使った融合反応が超重元素の合成に有利であることがわかった。

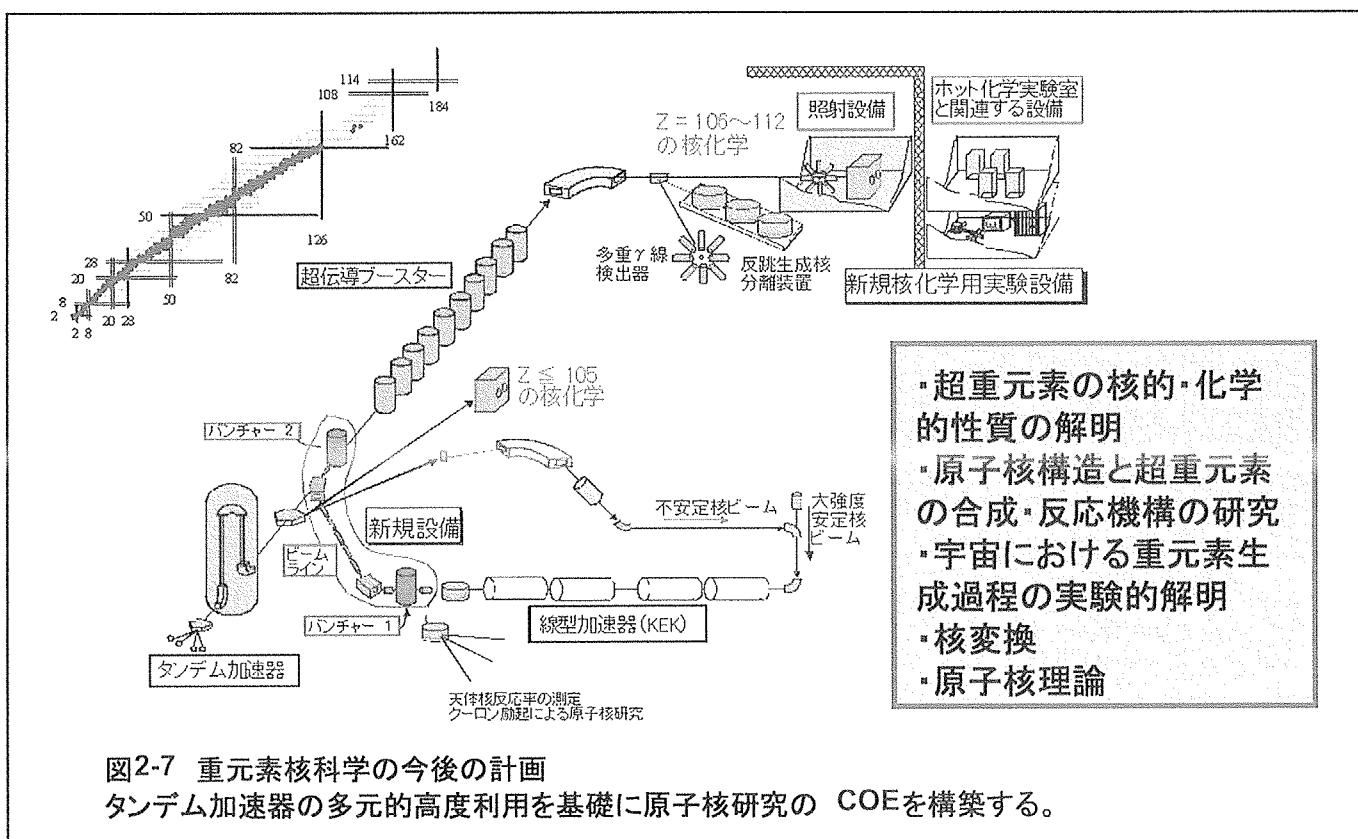


図2-7 重元素核科学の今後の計画

タンデム加速器の多元的高精度利用を基礎に原子核研究の COEを構築する。

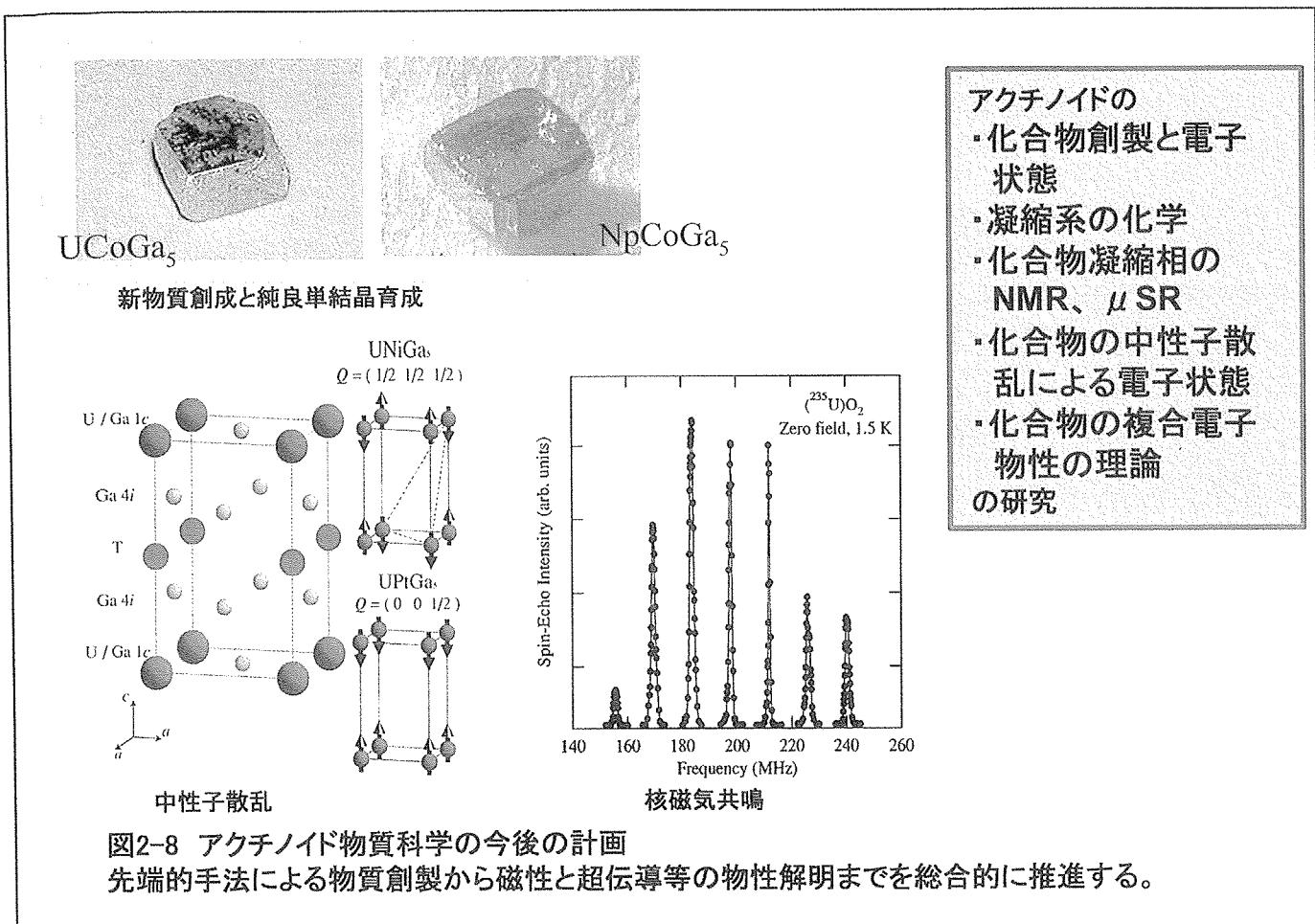
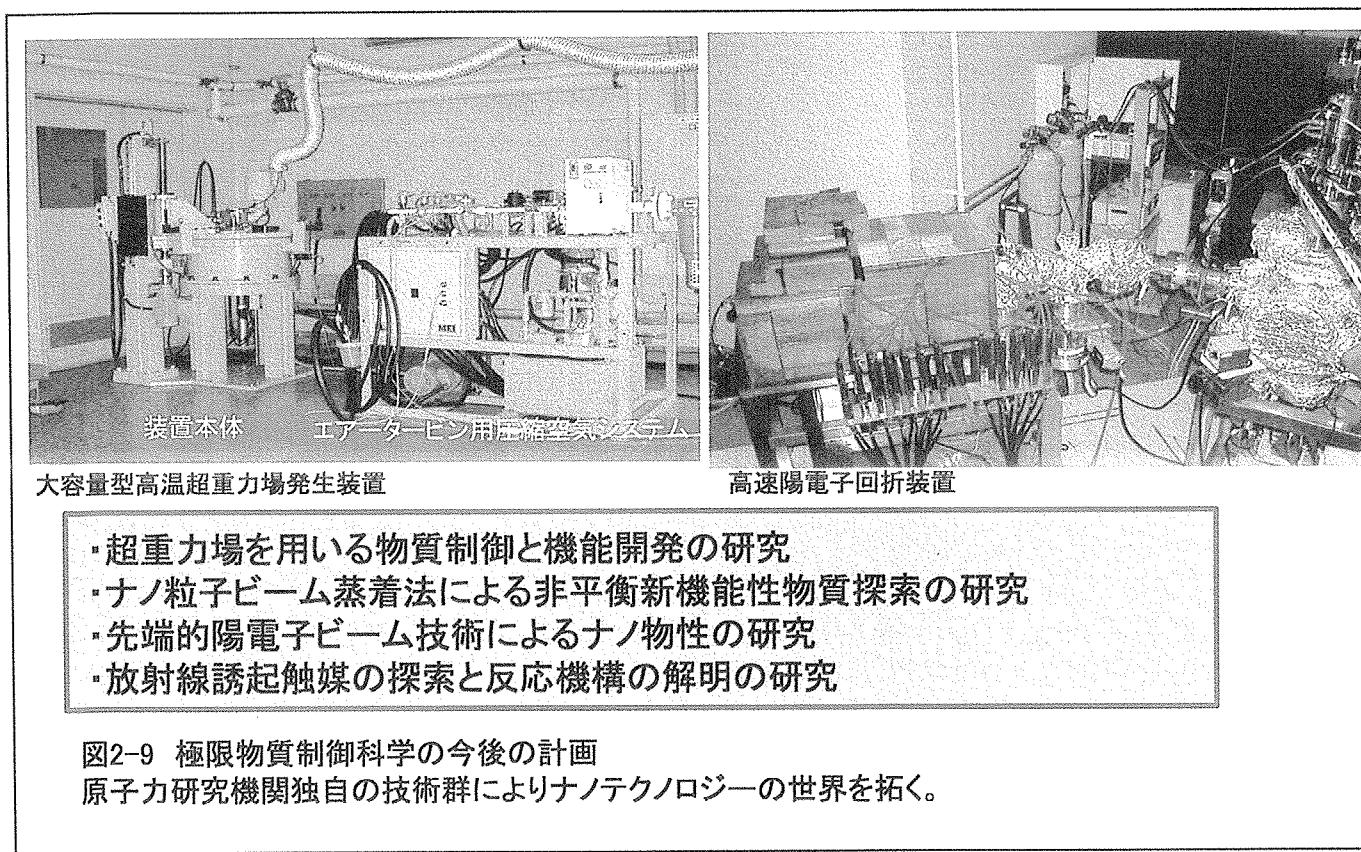
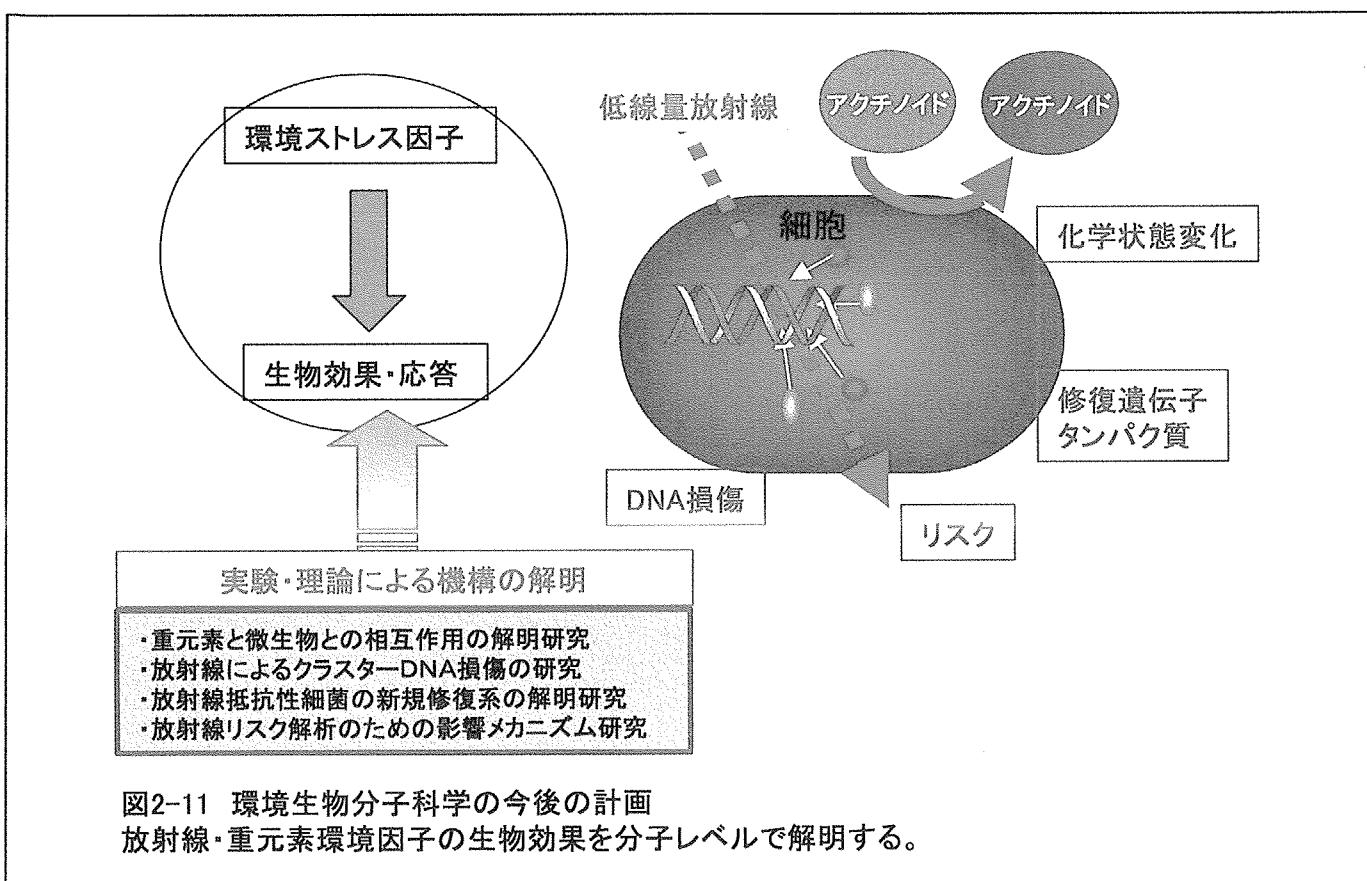
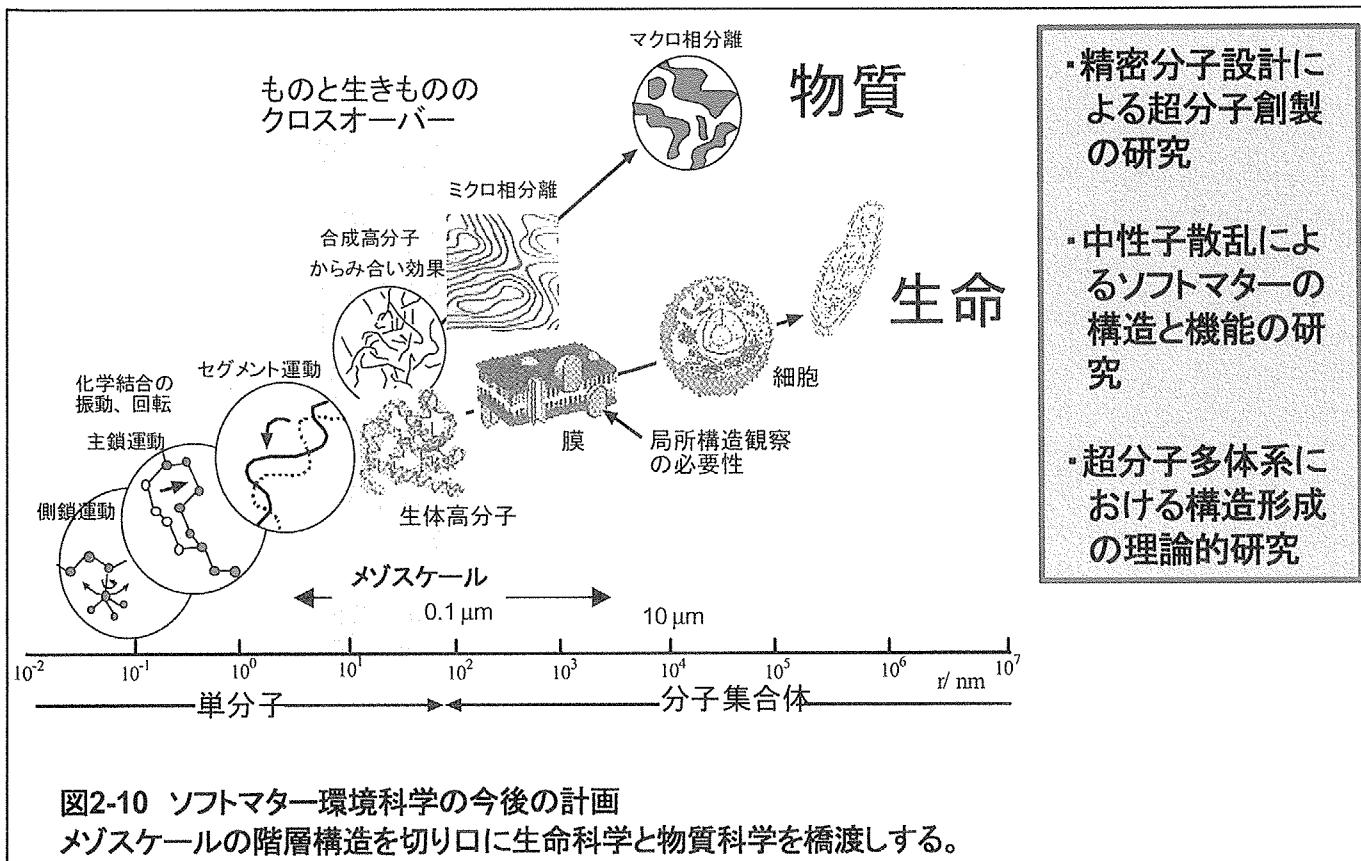


図2-8 アクチノイド物質科学の今後の計画
先端的手法による物質創製から磁性と超伝導等の物性解明までを総合的に推進する。





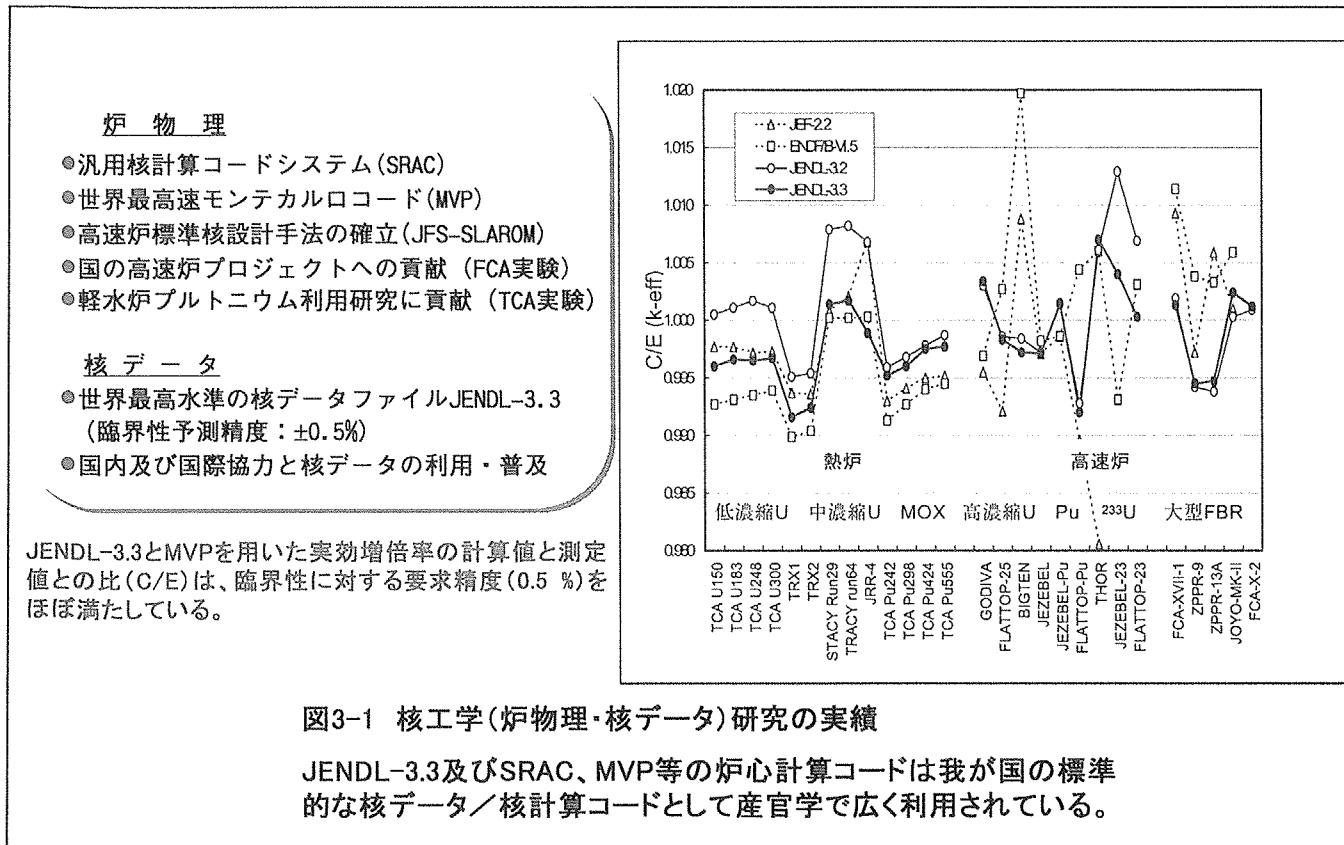
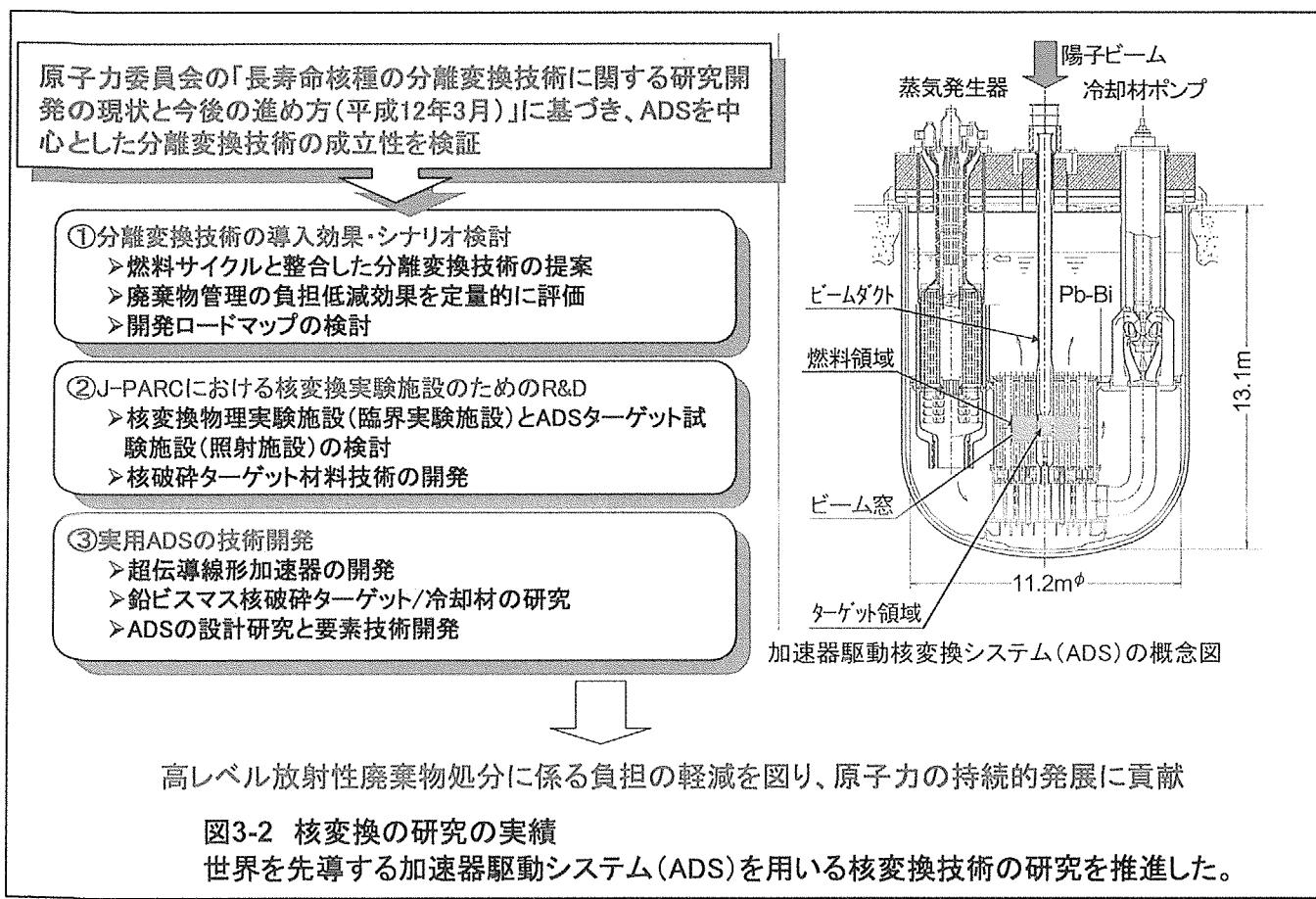


図3-1 核工学(炉物理・核データ)研究の実績

JENDL-3.3及びSRAC、MVP等の炉心計算コードは我が国の標準的な核データ／核計算コードとして産官学で広く利用されている。

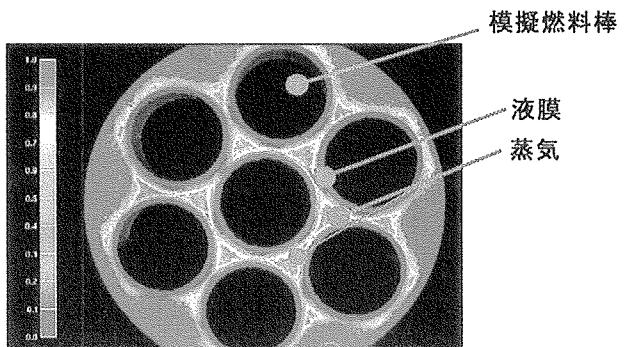


- 将来炉の熱工学的成立性評価
 - ・稠密炉心の限界出力試験を実施し
・除熱限界等の熱的性能を確認
- 機構論的な解析手法の開発
 - ・地球シミュレータによる炉心内の
詳細二相流動解析を実現
 - ・中性子ラジオグラフィ法による
沸騰流計測技術を開発し、
炉心内での流動状況を把握

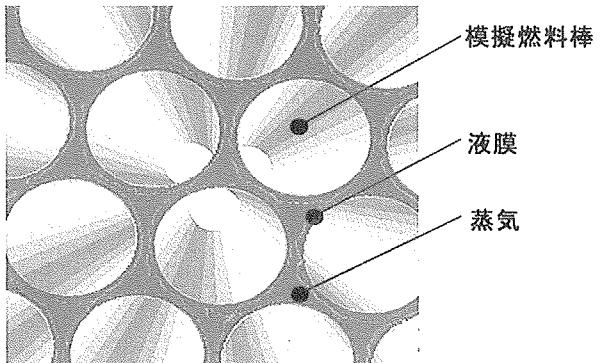
「中性子ラジオグラフィを用いたサブクール沸騰二相流のボイド率計測に関する研究」で日本機械学会奨励賞受賞(平成14年4月)

図3-3 炉工学(熱流動工学)研究の実績

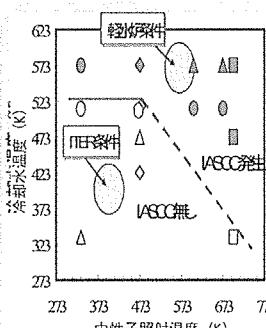
革新的水冷却炉等の将来炉の熱工学的成立性を確認するとともに、複雑な二相伝熱流動現象の機構論的解析手法を発展させた。



中性子ラジオグラフィ法による測定例



地球シミュレータによる解析例



応力腐食割れ(SCC)の研究

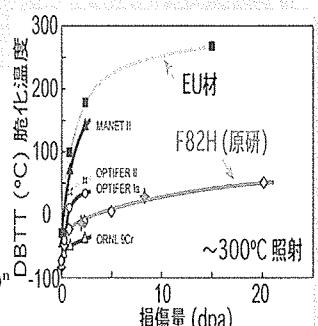
- ◆ 照射誘起応力腐食割れ(IASCC)
挙動とその影響因子の研究
- ◆ SCC試験技術の開発・高度化
例：照射下SCC試験技術開発
- ◆ 実機プラント損傷原因調査

IASCC支配因子の明確化

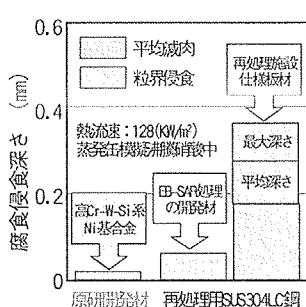
材料照射効果の研究

- ◆ 性能評価、材料開発：
低放射化フェライト鋼
耐照射性セラミックス
- ◆ 挙動解析/モデル化

例：照射後塑性: $\sigma = A(\varepsilon_0 + \varepsilon)^n$



照射効果解析・新材料提案



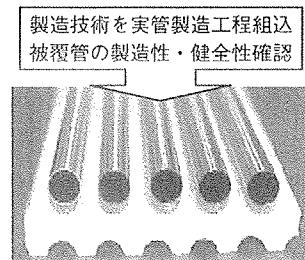
先進再処理材料の開発

- ◆ 再処理硝酸中の材料寿命
評価技術、防食技術(耐硝酸性合金の開発)
- ◆ 腐食監視技術(腐食減肉
その場解析技術)

沸騰伝熱面腐食・SCC抑制

先進被覆管材料の開発

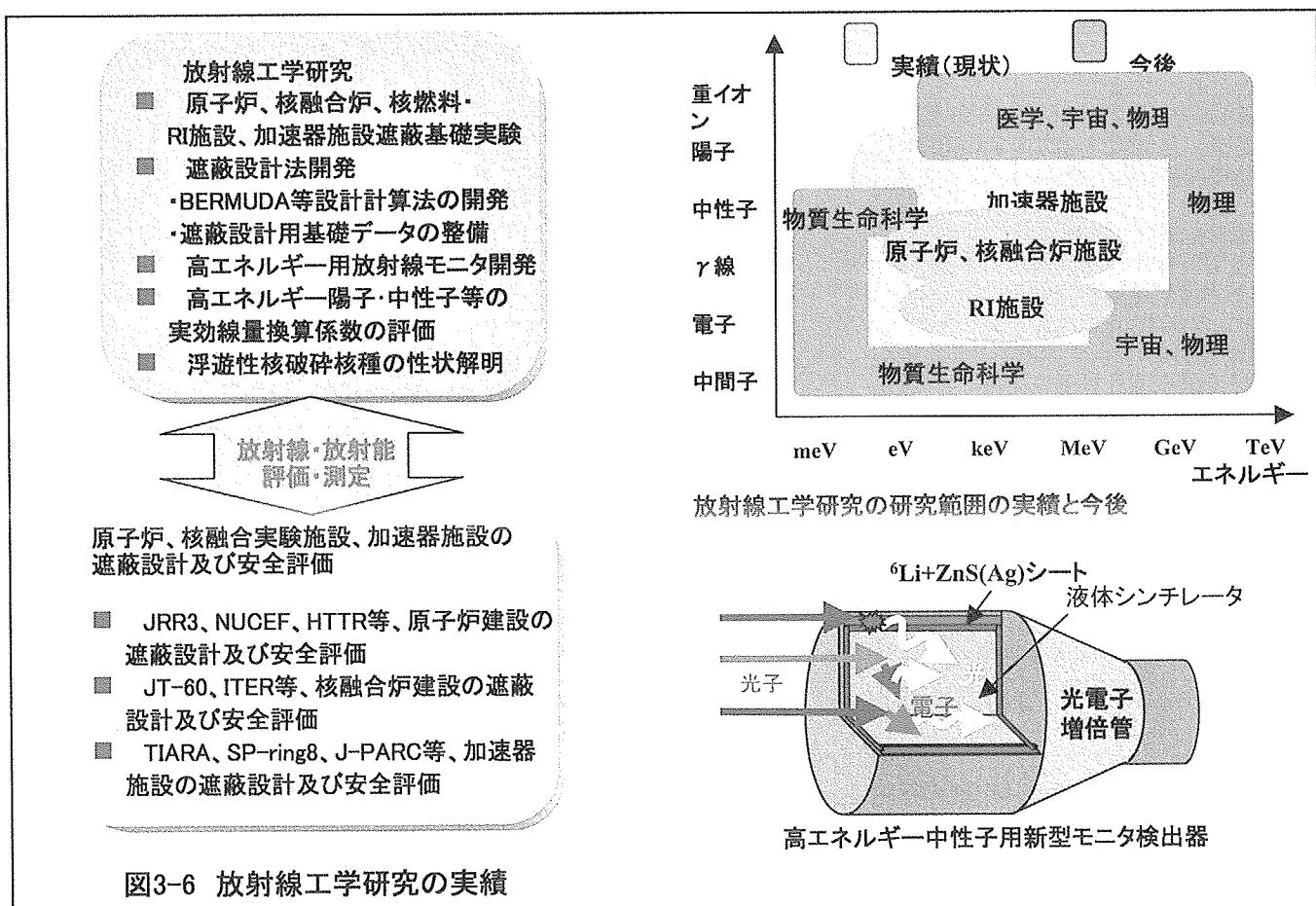
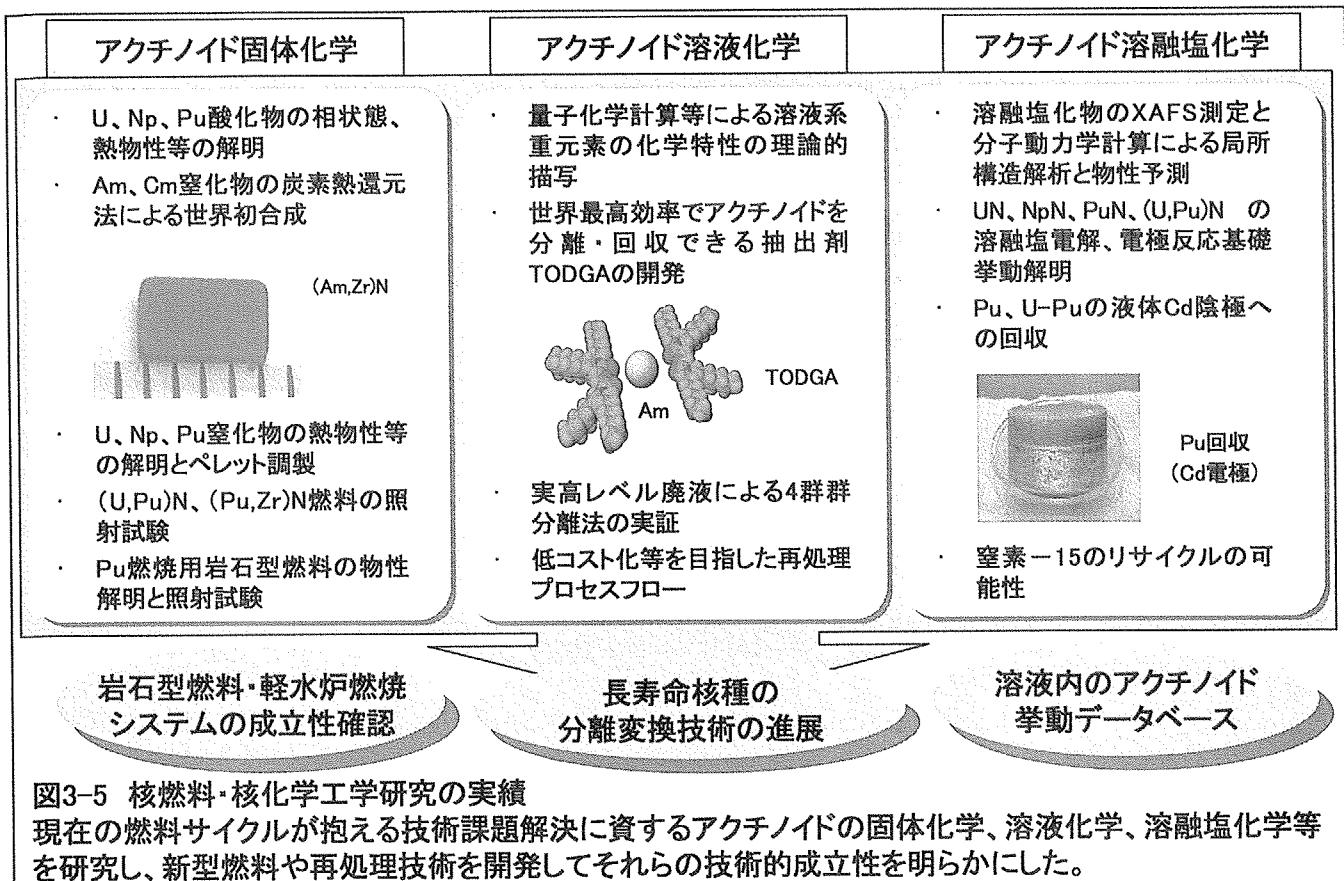
- ◆ 超高燃焼度及び革新的
水冷却炉用被覆管
要求特性評価
- ◆ 高耐食性・耐照射性
ステンレス鋼被覆管開発
- ◆ 耐PCI用ライナー&耐摩耗性高強度合金開発



放射線励起表面反応の抑制

図3-4 材料工学研究の実績

現行の軽水炉、再処理プラントや先進的な炉における材料問題の主原因である、腐食/SCCと照射損傷が関与する材料劣化・損傷現象の基盤的研究を行うとともに、対策候補材料の開発等を行った。



- アクチノイド等の精密分離技術、高正確度同位体比測定法、レーザー分光分析技術、極微量核物質の精密な同位体比測定法等の開発、AMSの¹⁴C、¹²⁹Iの測定性能で世界最高を達成、海水試料前処理法の確立、北太平洋の海水循環の解明
- 高度環境分析研究(CLEAR)の整備
- CTBT国内データセンター(NDC)の整備、CTBT高崎放射性核種監視観測所の認証・運用開始
- リアルタイム大気中有害物質、微粒子計測技術、蒸留による元素分離の原理実証、重金属の選択的吸着材料の開発
- 数値環境システムSPEEDI-MPの開発、三宅島火山ガス(SO₂)の大気拡散と地表面沈着量の解明、稻ウンカの発生源の推定と飛来予測
- 環境負荷物質の陸域移行挙動予測コードMOGRAの開発、河川流域分布型水・物質流出モデルの開発
- 日本海海洋環境評価システムの開発とその適用、日本海海洋調査、人工放射性核種分布の概要把握

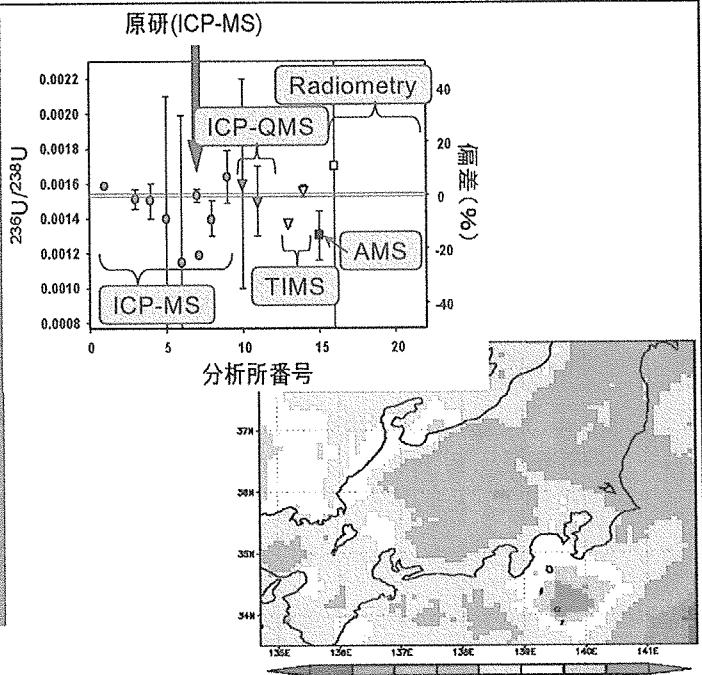


図3-7 原子力環境工学研究の実績

同位体比測定の国際比較実験結果 原研の測定結果(ICP-MS)は認証値(赤線)からの偏差が最も小さく、国際的に非常に優れた分析技術を有することを示した。三宅島火山ガス(SO₂)の大気拡散シミュレーション 大陸起源のSO₂も考慮して、3年間におけるSO₂の積算湿性沈着量(mg/m²)を計算。三宅島火山ガスの影響で、関東平野で2~3倍、東海・北陸地方で1.5~2倍増加していることを明らかにした。

高度計算科学技術の推進
計算科学技術の研究は、科学技術庁(当時)の施策に基づき、平成7年より原研がその中核機関の役割を果たした。

- 並列処理共通基盤技術
 - ・並列計算機の高度利用を実現する並列処理共通基盤技術開発
 - ・H12年第30回石川賞受賞
- 「地球シミュレータ」(ES)
 - ・世界最高速計算機の開発
 - ・H15年第32回日本産業技術大賞
- ITBL(仮想研究環境): e-Japan重点計画
 - ・資源共有による研究環境高度化
 - ・30機関、約500名が参加

優れた計算科学資源とその利用技術を活用し、原子力科学技術の発展に貢献
●ITBLを活用したバイオインフォマティックス

- ・タンパク質情報解析システム

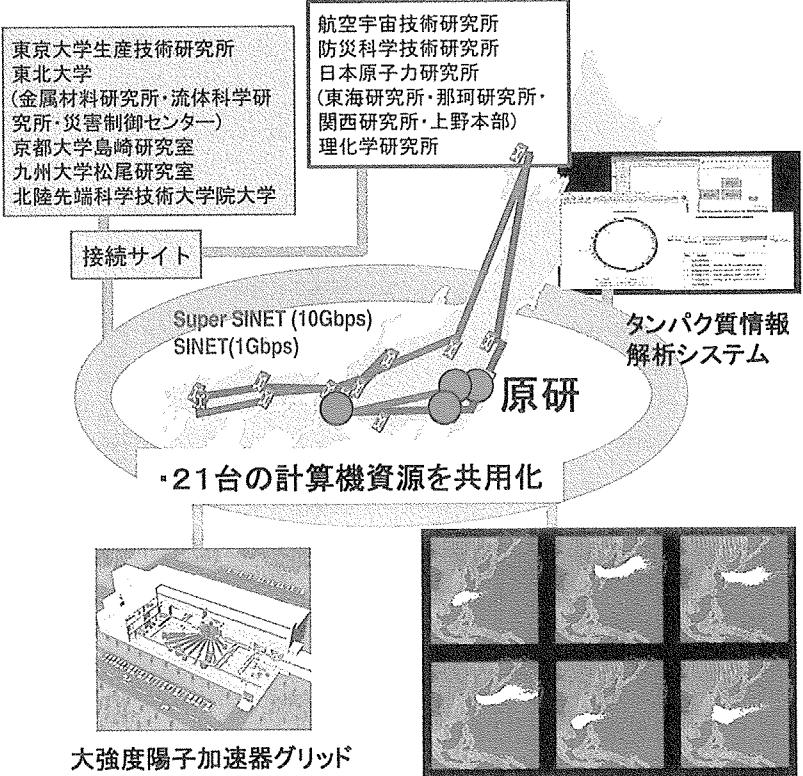
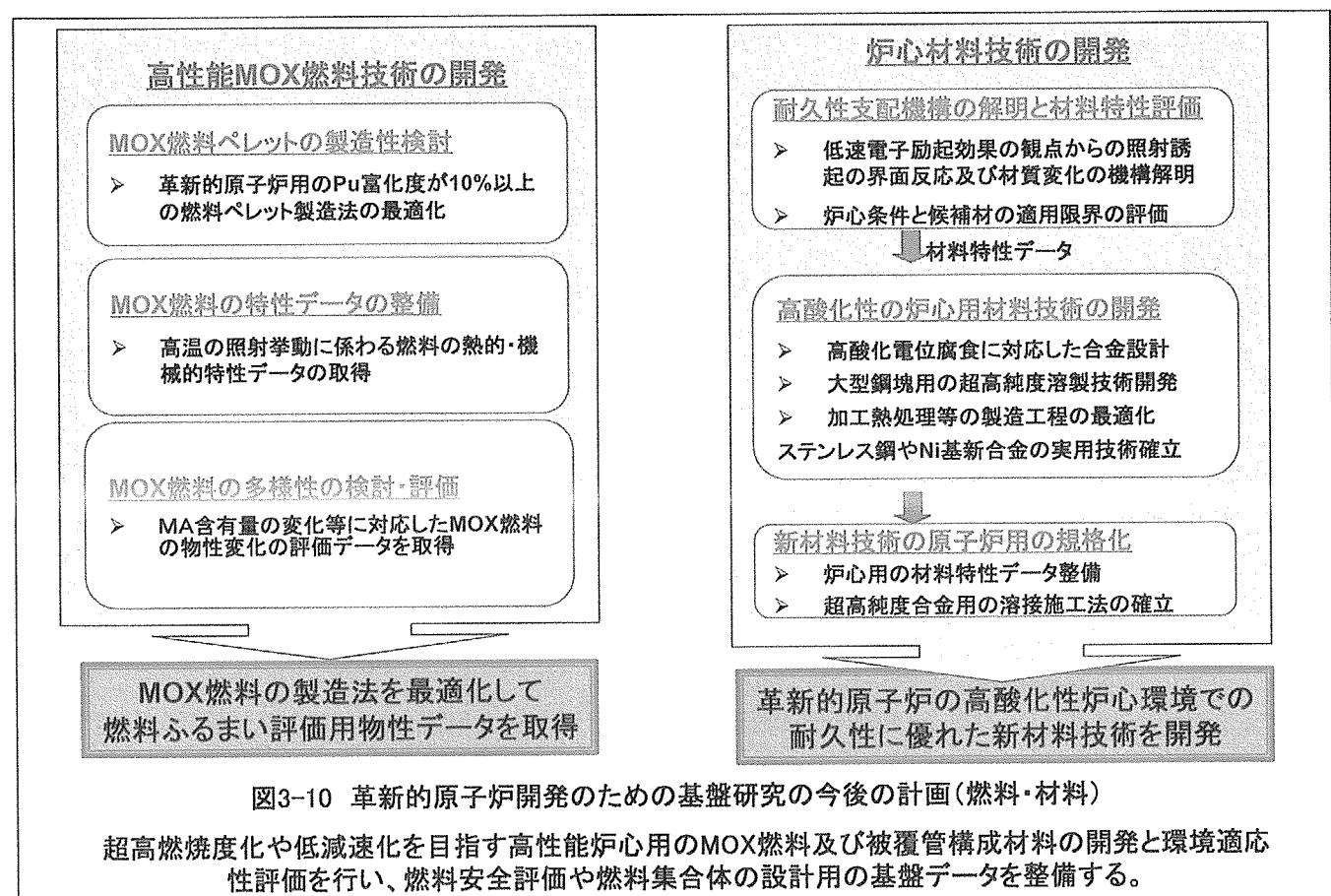
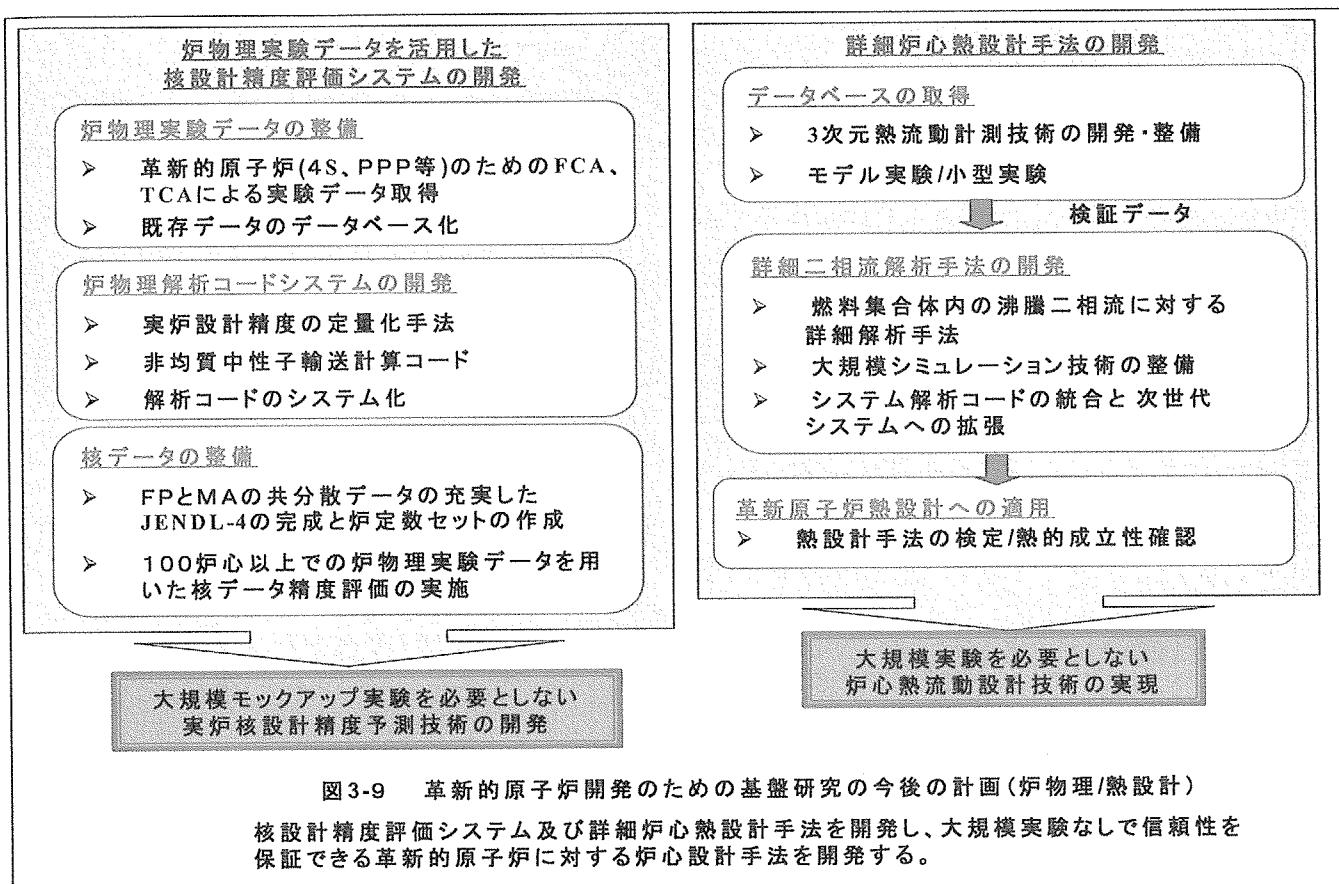


図3-8 原子力シミュレーション工学研究の実績



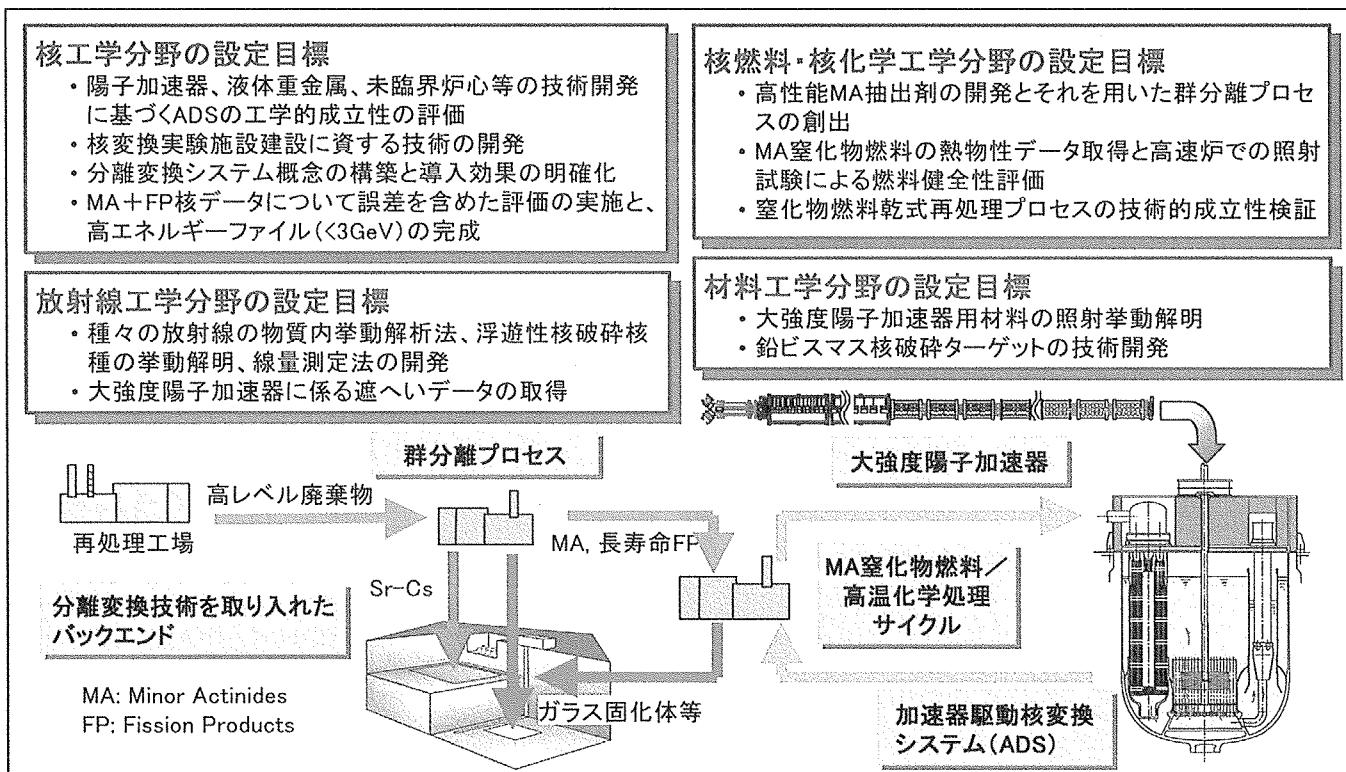


図3-11 分離変換技術の開発のための基盤研究の今後の課題

国内外の研究機関等と連携し、分野間の整合性と柔軟な資源配分に留意し幅広い研究開発を進める。

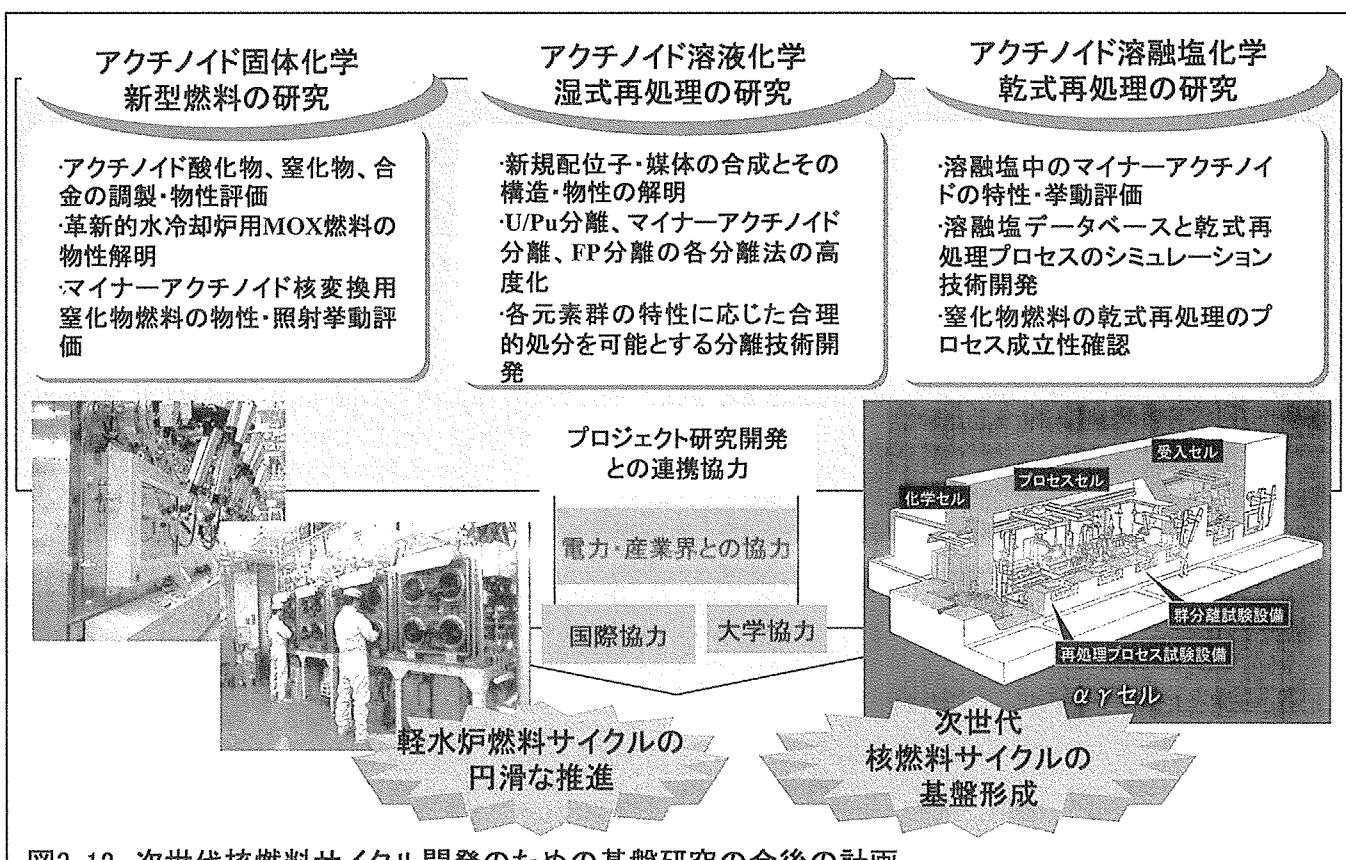
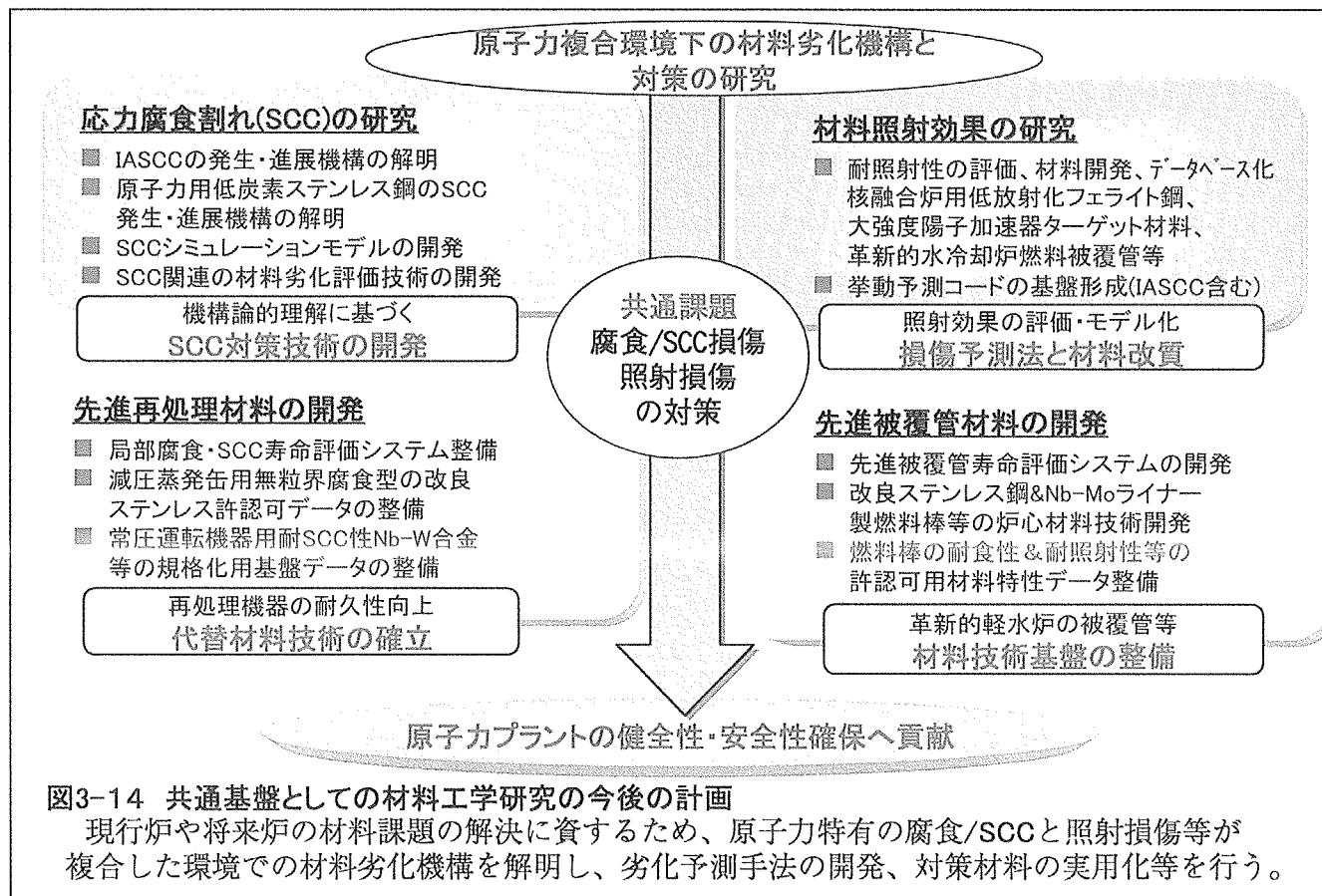
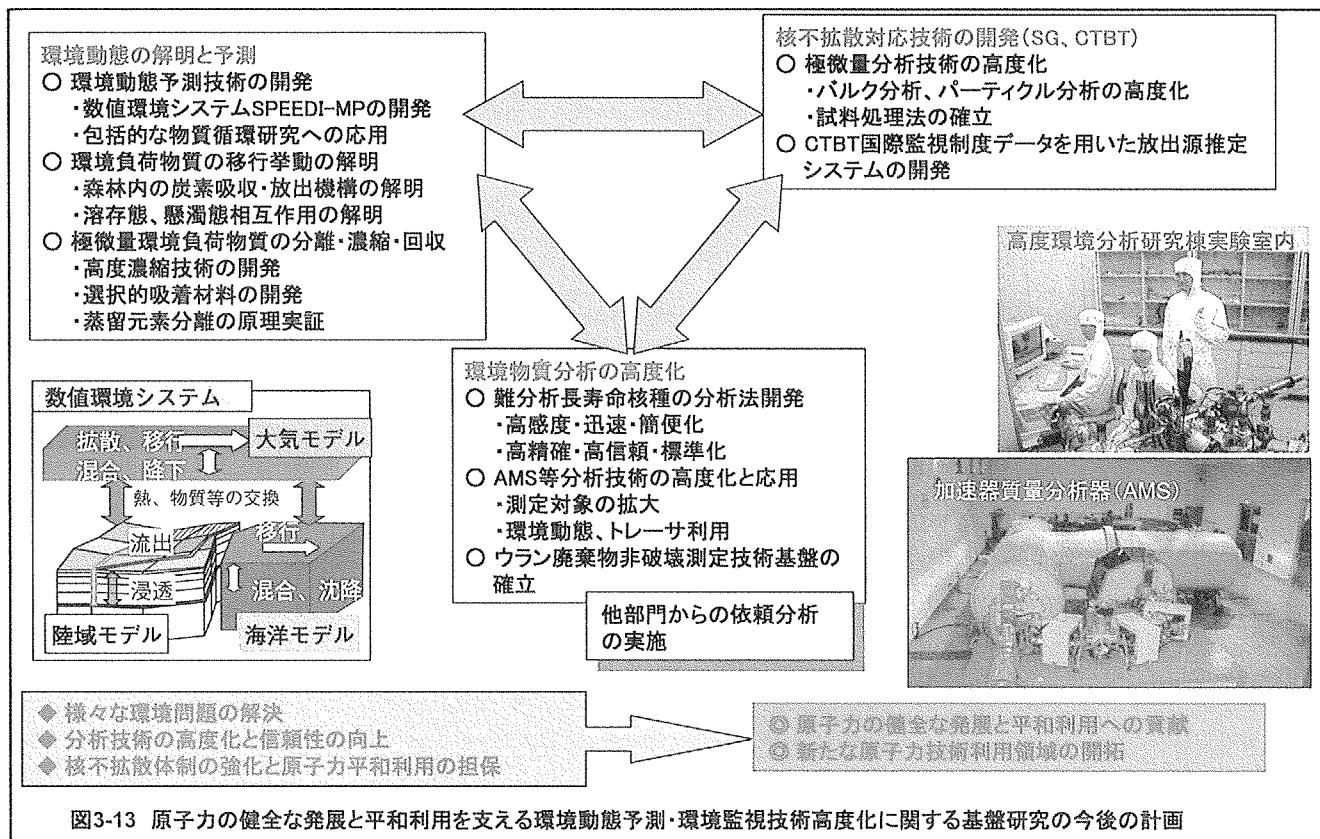
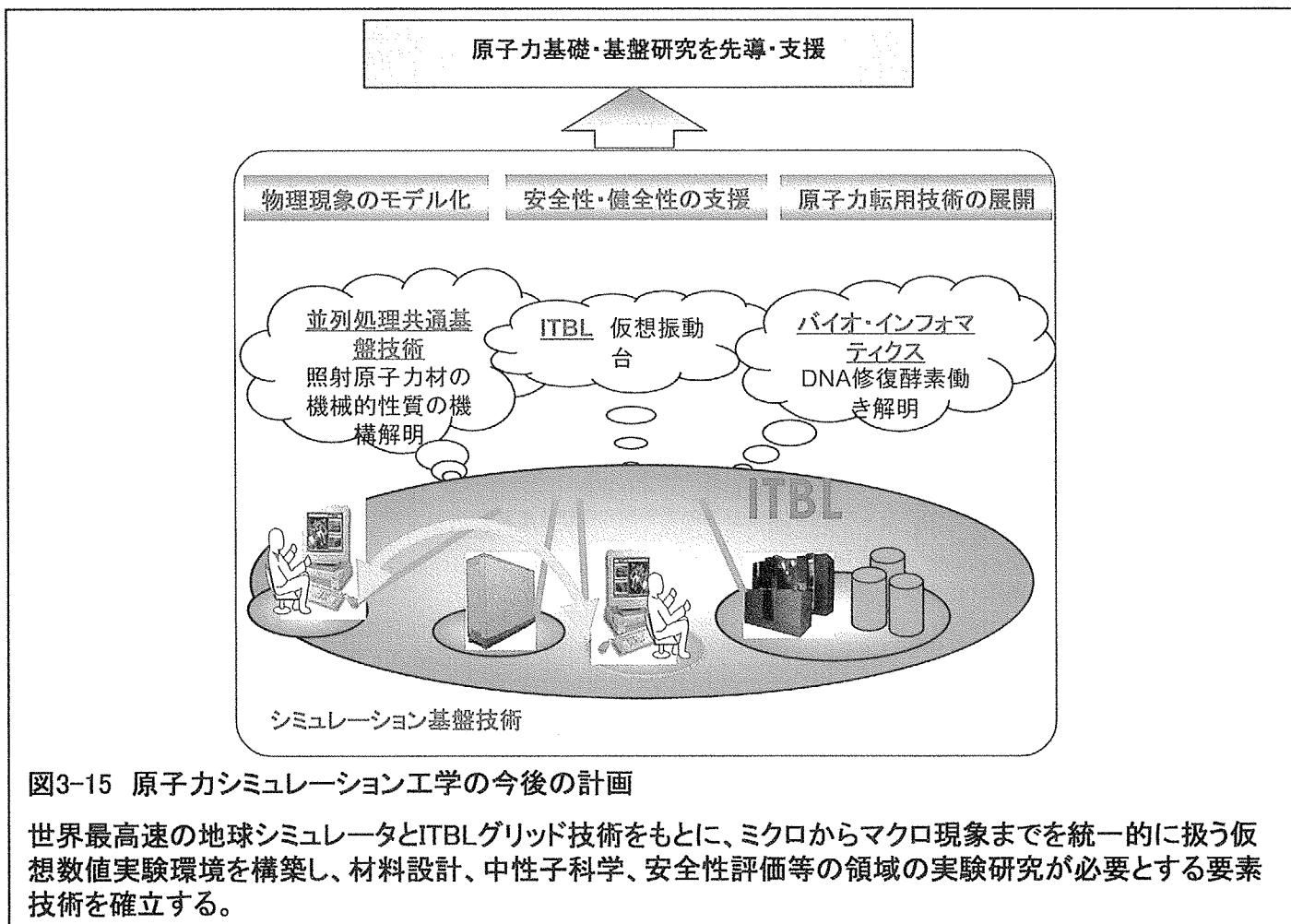


図3-12 次世代核燃料サイクル開発のための基盤研究の今後の計画

既存の研究資源を活用し外部との連携を一層強化して、軽水炉サイクルの円滑な推進と次世代核燃料サイクルの技術基盤形成に資する基盤研究を推進する。





参考

専門部会からの計画内容修正提言

当専門部会は、原研から提示された平成17年から5カ年の計画を対象とした評価を行い、本報告書の4章に示す評価結果を得た。提示された計画及び本評価を参考に作成されると想定される新法人の中期計画が、より優れた計画になることを願うものである。その意味で、当部会は、原研側から評価の過程で示された説明や得られた評価結果を反映させて、計画内容の修正を提言することとし、本評価報告書に参考資料として掲載した。

提言-1

基礎・基盤研究における研究開発等の計画に関する「新法人が、我が国唯一の原子力に関する総合的かつ中枢研究機関であるとの認識のもと、その誕生を原子力に対する社会の信頼回復の好機と捉え、基礎・基盤研究をその根源としてもっと明確に打ち出す必要がある。」、「国民の原子力に対する不信感を払拭し、逆に原子力に対する大きな可能性を提示出来るのが基礎・基盤研究であるとの確固たる認識が、特に計画責任者、立案者そして推進者には必要である。」との評価を反映し、取り消し線部の削除、下線部の加筆を提言する。

3. 評価対象内容

3.1 基礎・基盤研究における研究開発等の計画

原子力二法人の統合に関する報告書にも述べられているように、原子力を取り巻く極めて厳しい社会的環境の中で、新法人の発足を原子力に対する国民の信頼を回復する転換期として捉え、新法人において社会の要請と期待に沿った研究を推進する必要がある。とりわけ基礎・基盤研究部門には、原子力に対する安心感を醸成する科学・技術的根拠を提供し、また人類がその恩恵を享受できるような原子力の大きな可能性を提示することによって、国民の原子力に対する不信感を払拭し、原子力開発の必要性の理解につなげるという大きな使命がある。このような原子力の基礎・基盤研究は、同報告書上記の報告書及び原子力長期計画に謳われるとおり、原子力の基礎基盤研究には、原子力の多様な可能性を引き出し、将来の技術革新に繋がるようなシーズを生み出す基礎研究の推進と、及び原子力分野のプロジェクト的研究及び他の科学技術分野の発展に寄与する基盤研究の推進が要求されるとして推進される必要がある。これらに対応すべく原子力利用の高度化及び多様化を促進するために、原子力科学の発展の方向性や将来的ニーズ、及び経済社会の動向、ニーズを踏まえながら、かつ国際的な原子力研究開発の中核拠点COEとしての期待に応えつつ、次の先端基礎研究と原子力基盤研究を遂行する。

提言-2

先端基礎研究に関する「従来のテーマを重点化し継続するものと新規に取り上げるもの

のとで、先端基礎研究として5領域を設定しているのは極めて適切な選択であると評価するが、何故これら5領域の研究を推進するかについては、説得力ある説明・記述を工夫する必要がある。」との評価を反映し、取り消し線部の削除、下線部の加筆を提言する。

3.2 先端基礎研究

3.2.2 今後の計画

3.2.2.1 背景・目的・意義

原子力を取り巻く厳しい社会的環境を打破し、新法人が将来にわたって原子力利用の発展に貢献し続けるためには、基礎に立ち返った研究を進めることが重要である。これによって新原理に基づく技術開発や新物質の創製、利用を可能とし、原子力の高度化、多様化に寄与できる。このような先端的な基礎研究を効果的に推進するために、原子力科学の中核となる基礎研究領域や原子力利用技術の創出を目指した研究領域を設定する(図1-2)。領域の選定に当たっては設定した領域及びそれを構成する研究課題は、それぞれの研究課題が独創的であり、かつ新法人がその領域において国際的COEとして優位性を堅持できること等を基準にして、研究領域の重点化を図るため、新法人で進める必要があるとの判断に基づいて重点化されたものである。

3.2.2.2 設定目標

上記の目的を効果的に達成するのに適した課題であり、かつ原子力研究機関が取り組むべき課題であることを選定基準として厳選した、(1)重元素核科学、(2)アクチノイド物質科学、(3)極限物質制御科学、(4)ソフトマター環境科学、及び(5)環境生物分子科学の5つの領域の先端基礎研究を、以下の設定目標のもとに推進する。それぞれの領域には、前述の課題選択基準に沿って、従来のテーマを重点化して継続する課題と、新規に取り上げる課題が含まれる。

提言-3

先端基礎研究に関する「重元素科学、アクチノイド物質科学については、これまでの実績との連続性、方法や手段がある程度具体的にわかるが、極限物質制御科学、ソフトマター、環境生物についてはそれが不明確に見えるので、キーとなる物質、現象、技術などは示すべきである。」との評価を反映し、取り消し線部の削除、下線部の加筆を提言する。

3.2 先端基礎研究

3.2.2 今後の計画

3.2.2.2 設定目標

(3)極限環境における物質の挙動を解明し、極限環境を利用する新機能性材料を創製する(図2-9)。

重イオン照射による微視的極限環境固体表面における非平衡な極限環境下での新物質創製過程、及び超重力場などによる巨視的極限環境の下での物質、合金等の原子沈降や同位体の挙動を解明し、これらの極限環境を利用して新しい機能を有する物質を創製し、する。更に陽電子ビーム技術等を用いて極限環境下における原子レベルで

の物性、反応機構を解明する。これらの原子力研究機関原研独特の技術群によるを有機的に連携させナノテクノロジーの新しい領域を開拓する。

(4) ソフトマターの構造と物性を解明し、ソフトマター新材料を創製する（図2-10）。

生体の様々な生命活動の原理の解明、及びや新規な環境応答・適合性材料の創製と機能解明、並びに両成果を総合することによってに関する総合的な研究を通して生命科学と物質科学を橋渡しする新しいソフトマター物質科学新の領域を開拓する。特にソフトマターの階層構造、各階層構造の運動、階層構造の時間・空間組織化等を JRR-3 の小角中性子散乱装置などを用いて究明し、生体の形態形成の仕組み、形態をめぐる様々な生命活動の根源を解明する。

(5) 放射線、重元素の生物効果を分子レベルで解明する（図2-11）。

放射線や重元素等の環境因子の生物効果を分子レベルで解明する。原研が有する各種放射線源を有効に利用した放射線照射技術や分子生物学的手法、分析化学手法を駆使して、放射線による損傷DNAの修復機構、修復され難いクラスターDNA損傷機構、微生物との相互作用によるアクチノイドの化学状態変化、及び生体活動への影響機構を解明する。

提言－4

先端基礎研究に関する「「先端基礎研究」が他の部門の研究開発と密接に関係していることを理解できるように、記述を工夫する必要がある。」、「現行の原子力システムと直結する分野を持つ原子力基盤研究との関連性も明確にする必要がある。」、及び原子力基盤研究に関する「「基礎・基盤研究における研究開発等の計画」の項で述べられている「原子力分野のプロジェクト的研究や関連する科学技術分野の発展に寄与する基盤研究の推進」と、わかり易く整合した記述になるよう工夫する必要がある。先端基礎研究との連携(創成されたシーズに対応する技術基盤研究、実用化など)についても検討しておくべきである。」との評価を反映し、取り消し線部の削除、下線部の加筆を提言する。

3.2 先端基礎研究

3.2.2 今後の計画

3.2.2.3 研究開発等の進め方

先端基礎研究分野では、その統括者の強力な研究指導力と人材を含む研究資源の柔軟な運用により、将来の萌芽となる課題を含む原子力科学の発展の方向性を先取りする厳選した研究課題に先導的に挑戦し、顕著な成果を挙げることを目指す。また、先端基礎研究で得た成果を単発的なものとして終わらせることなく、成果を基盤研究、プロジェクト研究等及び原子力エネルギー研究等の他の部門、分野における技術革新や実用化促進に活かして原子力利用の高度化に繋げるとともに、逆に基盤研究、プロジェクト研究などの他部門他の部門、分野の成果や将来的ニーズから先端基礎研究のシーズを摘出して発展させ、その成果を還元するなど、他部門、分野との密接な連携を図りながら研究を進めていく。本部門では特に、任期付き研究員の活用、文科省科学研究費補助金などの外部資金の投入、連携大学院制度の拡充等による大学との連携、大学院学生等の受け入れによる人材育成などを促進する。

提言－5

原子力基盤研究に関する「具体的な設定目標として、(1)革新的原子炉開発のための基盤研究、(2)分離変換技術開発のための基盤研究、(3)次世代核燃料サイクル開発のための基盤研究、(4)原子力の発展と平和利用に係わる基盤研究、(5)安全性評価の高度化のための基盤研究、(6)原子力の共通基盤技術の高度化に係わる基盤研究の6項目を掲げているのは適切であると評価する。ただし、これらの目標が、なぜ設定されたのか、あるいは、設定される必要があるのかについては、説得力のある記述を工夫して欲しい。」及び総合所見の「原子力基盤研究は、現行の原子炉システムと直結する部分があるので、原子力基盤研究の理念に基づいた原子炉あるいは原子力の理想像を提示していくことが重要であり、新法人においても原子力基盤研究の位置付け、重要性を強調してほしい。」との評価を反映し、取り消し線部の削除、下線部の加筆を提言する。

3.3 原子力基盤研究

3.3.2 今後の計画

3.3.2.1 背景、目的、意義

原子力を取り巻く社会的環境と、原子力研究開発の国際的 COE としての新法人への要請を背景に、原子力システムの高度化によるエネルギーの持続的、安定的確保と地球環境問題の解決、及び新たな原子力利用技術の創造を目指す基盤研究を推進する。具体的には、現行の原子力システムの安定的な運転及びプルトニウム利用等の柔軟な利用を可能にする革新的水冷却炉の開発などの喫緊のな課題への対応、及び放射性廃棄物処分の負担軽減を可能にする長寿命放射性核種の分離変換技術の開発などの次世代原子力システムの開発に貢献するための技術的基盤の整備を推進するにとって不可欠である技術的基盤の整備を促進する基盤研究を進める。また、国際的原子力平和利用に貢献する研究を進めるとともに、研究開発の合理的、効率的推進のための原子力分野の共通的基盤技術の高度化を推進する。

3.3.2.2 設定目標

(1)革新的原子炉開発のための基盤研究を進める(図 3-9、図 3-10)。

プルトニウムの柔軟な利用を可能にする革新的水冷却炉の開発などに不可欠な技術基盤としての、以下の基盤研究を進める。

核工学分野で、モックアップ臨界試験に拠らない実炉核設計精度予測を実現するため、非均質中性子輸送計算コードを中核とする炉物理解析コードシステムの開発、FCA 等での炉物理実験及び 100 炉心以上の既存実験データを活用する核設計精度評価システムを構築する。核分裂生成(FP)核種や MA 核種について誤差データの充実した汎用評価済み核データライブラリー JENDL-4 を完成させ、これに基づく炉定数セットを作成する。

(2)分離変換技術開発のための基盤研究を進める(図 3-11)。

放射性廃棄物処分の負担の大幅軽減を可能とする長寿命放射性核種の分離変換技術の開発に関連する以下の基盤研究を進める。

核工学分野で、核燃料サイクルと整合する分離変換システム概念を構築し、分離変

換技術の導入効果を明らかにする。核変換対象の MA 核種や FP 核種の核データについて誤差を含めた評価を実施するとともに、入射エネルギー 3 GeV までの高エネルギーファイルを完成させる。陽子加速器、液体重金属、未臨界炉心等に係る技術開発により、ADS の工学的成立性評価のためのデータを取得する。大強度陽子加速器計画における核変換実験施設の建設に必要な技術を開発し、安全評価のためのデータを取得する。

提言－6

原子力基盤研究に関する「GEN-IV における国際協力などでのリーダーシップなど、国際的視野にたった研究開発等の進め方や基盤研究が現行の原子炉システムと基礎研究を結ぶインターフェイスとしての役割をも担っていること等については、もっと具体的に記述しあるいは強調すべきである。」、「国内外の研究機関との連携、電力やメーカーなど民間企業との協力強化、それらの横断的連携体制をどのように構築するかを具体的に検討するとともに、柔軟な人員配置の努力をすることが肝要である。」との評価を反映し、取り消し線部の削除、下線部の加筆を提言する。

3.3 原子力基盤研究

3.3.2 今後の計画

3.3.2.3 研究開発の進め方

原子力基盤研究部門では、現行の原子力システムの円滑な稼動にとって必要な技術課題の解決、今後の原子力エネルギー技術の高度化、多様化に資するための技術開発、及び新たな原子力利用領域の開拓に必要な基盤研究を、適正なバランスをとりながら進める。特に現原子力システムの喫緊の課題に取り組む短中期的研究の遂行に当たっては、社会の情勢及びニーズに的確に対応するために、電力や原子力機器メーカー、燃料メーカーとの協力を強化する原研が新しく産み出す成果やこれまでの技術的蓄積を基に、工学的技術に実績を有する産業界と連携を強化することによって、電力のニーズ、社会からのニーズに的確に対応する。また、これまで培ってきた技術、知識の有効活用を図るために、柔軟な人員配置を行うとともに、OECD/NEA、IAEA、IEA 等との国際協力で主導的役割を果たすなど、国内外の研究機関との連携を一層密にする。所内においては、関連する基礎研究部門からプロジェクト開発部門まで広く連携するが、基盤研究部門に期待される基礎研究部門と原子力エネルギー研究開発部門とのインターフェイスとしての役割の重要性を認識し、両部門と密に連携する。特に原子力エネルギー研究開発部門との連携においては目標を効果的に達成させるため、必要な技術的基盤の形成、設計手法の高度化、データベースの整備、長期的な技術オプションの提示、などを推進する。さらに、多くの基盤技術が関連する革新的原子炉や核変換技術の開発などにおいては、横断的連携体制のもとで、分野間の整合性及び柔軟な資源配分に留意しつつ、それぞれの分野に共通な目標を明確にして、幅広い協力を進める。

This is a blank page.

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
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	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	m·kg/s ²
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー、仕事、熱量	ジユール	J	N·m
功率、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	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, l
トントン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表 5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	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 1u 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、ヘクト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 のカテゴリに分類されている。
- E C 関係理事会指令では bar, barn および「血圧の単位」mmHg を表 2 のカテゴリに入れている。

換 算 表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
9.80665	1	2.20462	
4.44822	0.453592	1	

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}(N\cdot\text{s}/\text{m}^2)=10 \text{ P(ボアズ)}(\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s}=10^4 \text{ St(ストーカス)}(\text{cm}^2/\text{s})$$

圧	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	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 cal = 4.18605J (計量法)
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻¹²	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸	= 4.1844J(熱化学)
9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻¹³	7.23301		6.12082 × 10 ¹⁹	= 4.1855J(15°C)
3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶		2.24694 × 10 ²⁵	= 4.1868J(国際蒸気表)
4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747		2.61272 × 10 ¹⁹	仕事率 1 PS(仏馬力)
1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172		6.58515 × 10 ²¹	= 75 kgf·m/s
1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1		8.46233 × 10 ¹⁸	= 735.499W
1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻³²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹		1	

放射能	Bq	Ci	吸収線量	Gy	rad
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹		100	
3.7 × 10 ¹⁰	1		0.01	1	

照射線量	C/kg	R	線量当量	Sv	rem
	1	3876		100	
	2.58 × 10 ⁻⁴	1	0.01	1	

(86年12月26日現在)

